

Guoxue Juyao

主编●汤一介■副主编●蒙培元

134

術

国学举要

术卷

●历史概要●思想精要●知识辑要

杨文衡 陈美东 郭书春 著

湖北教育出版社



術



我国有很长的文化发展的历史
其内容之丰富

在世界各种文化传统中也是数一数二的

它已成为中华民族的精神支柱

对此自古以来

人们都对它非常珍惜

要把我们的国家

建设成为一个

文明·繁荣·富强的国家

是不能离开对其

自身传统文化的继承和发扬的

这是因为中华民族的传统文

化是我们这个民族赖以生存发展的根

是我们这个民族生命力的源泉

因此很需要

大家了解它和爱护它



ISBN 7-5351-3320-7



9 787535 133205 >

定价：36.00元

责任编辑·陈雅峰 策划组织·胡伟 陆才坚
美术编辑·牛红 封面设计·曹小冬+承忠德

Guoxue Juyao

本书列为国家“九五”重点图书选题出版规划

E125.1
T322

術

国学举要

主编◎汤一介■副主编◎蒙培元

术卷

湖北教育出版社

杨文衡 陈美东 郭书春 著



20031899

(鄂)新登字02号

图书在版编目(CIP)数据

国学举要. 术卷 / 杨文衡, 陈美东, 郭书春著.
—武汉: 湖北教育出版社
(国学举要 / 汤一介主编)
ISBN 7-5351-3320-7

I. 国... II. ①杨... ②陈... ③郭...
III. 科学技术—技术史—中国 IV. Z126

中国版本图书馆CIP数据核字 (2001) 第090845号

出版 发行: 湖北教育出版社
网 址: <http://www.hbedup.com>

武汉市青年路277号
邮编:430015 传真:027-83619605
邮购电话:027-83669149

经 销: 新 华 书 店
印 刷: 精 一 印 刷 有 限 公 司 (130031·武汉市发展大道32号)
开 本: 880mm×1230mm 1/32 5 插 页 17.75 印 张
版 次: 2002年9月第1版 2002年9月第1次印刷
字 数: 392千字 印 数: 1-3 000

ISBN 7 5351 - 3320 - 7 / z · 6

定 价: 36.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换



总序

《国学举要》是由八卷本组成的一套介绍中国传统文化的丛书。这套丛书分为“儒”、“道”、“佛”、“文”、“史”、“艺”、“医”、“术”八卷，每卷又分概要、精要、辑要等三篇。我们希望用较准确，但又较通俗易懂的语言把中国传统文化的基本内容奉献给读者。在我们设计这套丛书时就想到，希望它能体现“举要”的特点。所谓“举要”，大体上说，应能把某一主题的基本内容的要点介绍给读者，并且方便读者了解其内容，所以它在一定程度上又可以作为工具书使用。

我国有很长的文化发展的历史，其内容之丰富在世界各种文化传统中也是数一数二的，它已成为中华民族的精神支柱，对此自古以来人们都对它非常珍惜。要把我们的国家建设成为一个文明、繁荣、富强的国家，是不能离开对其自身传统文化的继承和发扬的。这是因为中华民族的传统文化是我们这个民族赖以生存发展的根，是我们这个民族生命力的源泉，因此很需要大家了解它和保护它。但是对我们的传统文化仅仅去了解和保护是不够的，还必须去发展它，使之适应今天世界和中国发展的要求，这样就要对传统文化给以新的诠释。这就是说，今天我们肩负着文化上的“继往开来”的伟大使命。“继往开来”的文化使命，

当然不是我们这套丛书可以完全担当的，它是我们全民族和整个国家的任务，但我们这套丛书多少体现着这一“继往开来”的精神，我们希望这套丛书能在这一伟大事业中起点添砖加瓦的作用，希望读者能通过它大体上了解中国传统文化的过去，而且能从这出发来考虑当今中国文化的发展问题。

德国哲学家雅斯贝尔斯(Karl Jaspers,1883—1969)曾经提出“轴心时代”的观念。他认为，在公元前一千年至前五百年，在古希腊、以色列、印度和中国几乎同时出现了伟大的思想家，他们都对人类关切的问题提出了独到的看法。古希腊有苏格拉底、柏拉图，以色列有犹太教的先知们，印度有释迦牟尼，中国有孔子、老子，从而形成了不同的文化传统。这些文化传统经过两三千年的发展已经成为人类文化的主要财富，而且这些地域的不同文化，原来都是独立发展起来的，并没有互相影响。“人类一直靠轴心时代所产生的思考创造一切而生存，每一次新的飞跃都回顾这一时期，并被它重新燃烧起火焰。”(雅斯贝尔斯《历史的起源与目标》，华夏出版社1989年版，第14页)在人类社会进入21世纪时，我们也许可以说，人类文化又将进入一个新的“轴心时代”。在可以预见的一段时间里，各民族、各国家在其经济发展的

同时一定会要求发展其自身文化，因而经济全球化将会加强文化多元的格局。从今后世界文化发展的总趋势看，将会出现一个在全球意识观照下的文化多元发展的新局面。21世纪的文化发展很可能形成若干个重要文化区：欧美文化区（西方文化）、东亚文化区、东南亚文化区、中东与北非文化区（伊斯兰文化区），以及以色列（包括散在各地的犹太人）希伯来文化等等。这几种大的文化潮流将会成为主要影响世界文化发展的力量。在这一新的历史时期，中国文化如果要实现新的飞跃，使它得以复兴，就必须回顾中国文化发展的源头，这就像欧洲的文艺复兴正是回顾到希腊文化那样而重新燃起火焰。但是，这个新的“轴心时代”的文化发展与公元前一千年至前五百年之间的那个“轴心时代”的情况会有很大的不同。在这个新的“轴心时代”，由于经济全球化，科技一体化，信息网络的发展，把世界联成一片，因而世界文化将不是各自独立发展，而是在相互影响和相互吸收的情况下形成多元共存、“你中有我，我中有你”的局面。各种文化将由其吸收他种文化的某些因素和更新自身文化的能力决定其对人类文化贡献的大小。原先的“轴心时代”的几种文化在初创时虽无互相的影响，但在其后的二千多年中，却都是在互相影响中发展

的。罗素在《中西文明比较》中谈到西方文化的发展时说：

不同文明之间的交流过去已经多次证明是人类文明发展的里程碑。希腊学习埃及，罗马借鉴希腊，阿拉伯参照罗马帝国，中世纪的欧洲又模仿阿拉伯，而文艺复兴时期的欧洲则仿效拜占庭帝国……

欧洲到17、18世纪又曾吸收过印度文化和中国文化。可以毫不夸大地说，欧洲文化发展到今天之所以有强大的生命力，正是由于它能不断地吸收外来文化而得到发展。同样，中国文化也是在不断地吸收外来文化而得到发展的。众所周知，在历史上，印度佛教传入中国促进了中国文化的诸多方面的发展。近代在西方文化的冲击下，中国文化又在不断地吸收西方文化，更新自己的文化。因此，我们在了解本国传统文化的同时也很需要了解其他国家与民族的文化。如果可能的话，希望湖北教育出版社能组织力量接着出版《西学举要》、《印度学举要》等等，这也是很有意义的。

《国学举要》这套丛书的倡议者是原湖北教育出版社编辑胡

伟同志,他要我作主编。我认为他的倡议很有意义,就答应了。于是我以北京大学中国哲学与文化研究所的名义进行了组稿工作,但由于种种原因一拖就是五年,现在总算基本完成了。胡伟同志现在已调离湖北教育出版社,而由该社副总编陆才坚同志负责审订和出版工作。我想,如果没有胡伟和陆才坚两位同志的努力,大概这套丛书很难完成。在此,我作为主编对他们两位同志以及各位作者表示深深的敬意。

汤一介

2001年4月15日

国学举要·术卷



目 录

总序	1
----------	---

· 历史概要 ·

一、概述	3
二、先秦时期科技思想的萌芽与产生	14
(一) 先秦时期科技思想的萌芽	14
(二) 先秦时期科技思想的产生	22
三、秦汉时期科技思想的发展	36
四、三国两晋南北朝时期的科技思想	49
五、隋唐五代时期的科技思想	62
六、宋元时期的科技思想	80
七、明清时期的科技思想	97

国学举要·术卷

術

(一)中国传统科技思想	98
(二)西方科学技术思想的传入	111
八、中国科学史简介	124

·思想精要·

一、仰观天文与天文学思想	135
二、传统数学思想	236
三、俯察地理与地学思想	306
四、格致、炼丹与物理、化学思想	400
五、以农为本与农学思想	428
六、多识鸟兽草木之名与生物学思想	440

国学举要·术卷



七、巧夺天工与技术科学思想 459

· 知识辑要 ·

一、著名人物 481
二、经典著作 507

主要参考文献 535
后记 557

历史概要



国 学 举 要 · 术 卷

一、概 述

中国古代科学思想源远流长，在新石器时代就出现了某些科学思想概念，涉及天文、数学、地理等学科。如天圆地方、数字概念、环境卫生观念等。这些观念的出现，有的是人们直观的感觉，这种感觉不一定正确，如天圆地方；有的是生产生活的需要，如数字；有的是为了人类自身健康而采取的措施，如保护水井清洁，用沙石过滤的办法使井水水质干净，反映了当时的人所具有的环境卫生观念。新石器时代在生产技术上，有制造石器及其它工具的技术，制陶技术，捕猎技术，开采岩石矿物的技术，农业技术，制造装饰品的技术，建筑技术等，有了许多的发明创造。

奴隶社会的科学思想在新石器时代的基础上有很大发展，表现在天文、数学、地学、建筑、冶铸、水利、采矿等方面。天文方面观天象以授人时，制定历法，指导生产；观天象见吉凶，顺天、法天成为神圣的理念。数学方面，不仅是计数、运算，还产生了数字的神秘化。数字与天地相配，形成了天数、地数；数字与阴阳相联系，形成了阳数和阴数；数字相乘，形成九九术等。地学方面，出现了山川、区域的描述，找矿经验的总结。建筑方面除了宫殿、城池、民居建筑外，还有许多别的建筑技术。青铜冶铸技术此时发展到了高峰阶段，出现了许多令后人惊叹的艺术品和生产生活用品。水利方面，大禹治水是这个时期的代表人物之一。此

后兴修水利是历代都不可缺少的事情。采矿方面,这个阶段发展迅速,坑道采矿技术为中国传统采矿技术奠定了基础。这个时期文字的出现,给科学思想的交流与传播提供了极为重要的条件。中国最早的文字甲骨文就保存了这个时期的许多科学思想,其中有农业、气象、医学、天文、数学、手工业等方面的科技思想。

到奴隶社会与封建社会交接的时期,出现了思想大解放,百家争鸣的局面,科学思想也不例外。儒家、道家、墨家、阴阳家、名家、法家都有各自的科学观念。各家的科学观念在各家的著作中有明确的反映。如《周易》、《禹贡》、《夏小正》、《诗经》、《道德经》、《墨经》、《庄子》、《孟子》、《管子》、《荀子》、《考工记》、《礼记》、《慎子》、《吕氏春秋》等,具体记载了这个时期各家的科学技术思想,是我们研究中国古代科学思想的必备文献。

秦汉时期经学、史学比较发达,其中包含的科学思想也相当丰富。董仲舒、刘安、司马迁、扬雄、刘歆、桓谭、王充、班固、张衡、郑玄、魏伯阳等人,是秦汉时期科学思想的代表人物,他们流传下来的著作是研究这个时期科学思想的主要文献。如《春秋繁露》、《淮南子》、《史记》、《法言》、《七略》、《新论》、《论衡》、《汉书》、《灵宪》、《浑天仪图注》、《周礼郑注》、《郑氏周易注》、《周易参同契》等。

这个时期,我国古代传统的农、医、天、算四大学科已形成了自己独特的体系或框架,有了专著。如农学专著有《汜胜之书》,历法著作有《太初历》(《三统历》)、《四分历》和《乾象历》,形成了历法的独特体系。数学著作有《周髀算经》、《九章算术》、《许商算术》和《杜忠算术》,后两种早已失传。《九章算术》的出现,标志着中国古代以算筹为计算工具的数学框架已经形成。

地理方面,出现了以“地理”命名的著作《汉书·地理志》,有

经济地理内容的《史记·货殖列传》、《汉书·食货志》，有域外地理和边疆地理内容的《史记·大宛列传》、《汉书·西域传》，班勇的《西域记》。放马滩和马王堆出土的几幅地图，为论证秦汉地图的测绘水平提供了实物依据。

中国四大发明之一的造纸术，是在这个时期发明推广的。纸的发明是书写材料的一场革命，它成为人们交流思想，传播文化，发展科学技术的强有力工具，是中国人民对世界文明的巨大贡献。其代表人物是蔡伦。建筑技术方面，这个时期著名的建筑有万里长城、咸阳新宫、阿房宫、驰道、栈道等，在修建这些建筑工程的过程中，出现了许多技术上的发明创造，体现了这个时期技术思想的进步。

魏晋南北朝时期，玄学、道教、佛教的自然观与其他自然观展开了激烈的争辩，这种争辩对科学思想的发展很有利。以宇宙理论来说，这个时期是中国历史上探讨宇宙理论最活跃的时期。围绕自汉以来形成的盖天说、浑天说和宣夜说的争论，出现了安天论、穹天论、昕天论以及浑盖合一论。杨泉的《物理论》，用“气”和“水”来说明宇宙的本原及天地万物的生成，用元气理论来解释自然界的各种物体的形成以及各种运动变化现象。

这个时期，出现了几位著名数学家，如赵爽，刘徽、张丘建、祖冲之、祖暅之和甄鸾，他们发展并充实了数学体系。刘徽在《九章算术注》中，不但整理了各项解题方法的思想系统，全面证明了《九章》的解法公式，提高了《九章算术》的学术水平，而且创立了许多新方法，开辟了数学发展的道路。祖冲之对于圆周率、球体积和开带从立方，都有重大贡献。祖暅之继承父业，写成《缀术》，书已失传。甄鸾著有《五曹算经》、《五经算术》等。

这个时期农学取得了巨大发展，出现了一部划时代的农学

著作——贾思勰的《齐民要术》。此书的问世，标志着农学体系的成熟。这部书的最大特点是既讲理论原理，又讲操作技术，使理论与实际相结合。作者认识到要尊重和顺应自然规律，协调好天、地、人之间的关系，把天地人有机地结合起来。这种在尊重和掌握自然规律的基础上，发挥人的主观能动性的思想，成为中国传统农学中的指导思想。

地学方面，这个时期出现了海陆变迁即沧海桑田思想，指示植物找矿思想，制图思想和以水为纲描述区域地理的思想。代表人物有葛洪、裴秀、郦道元。葛洪在《神仙传》中明确提出“沧海桑田”的概念。裴秀首次提出“制图六体”理论，这是中国传统制图学的理论基础，影响中国制图学达一千多年。郦道元用给《水经》作注的形式，以水道为纲，撰写了一部内容十分丰富的地理著作——《水经注》。它详细地记录了河流流经地区的地形、物产、地理沿革等。这个时期地理著作的另一个特点是记述各地山川的“地记”大量出现，尤其是描述长江流域和长江以南各州、郡的为多。还出现了几部全国性的总志。可惜这些著作基本上全部散失了。

这个时期瓷器制造、冶炼、纺织、建筑等技术有些突破，工艺技术水平有所提高。此时的瓷器制造南方以青瓷为主，北方以白瓷为主。窑具匣钵的应用可以防止烟熏和尘埃的污染，还可以避免釉的分解、碱类挥发、硅酸析出而减少光泽。这在制瓷技术中是一项突破。

这个时期的寺院建筑、石窟建筑都反映了印度建筑技术与中国建筑技术融合的特点。印度的塔式建筑与中国的楼阁建筑融合，成为中国特有的楼阁式塔。这种引进吸收的好经验，至今仍可借鉴。



隋唐五代时期，柳宗元关于宇宙本原和宇宙演化机制的猜想，具有新的创见。他认为世界是由混沌状态的、庞大的、运动着的元气演化生成的，没有任何神灵参与其事！而是由阴阳和天三者自然交错会合而成。收入《云笈七签》卷五六无名氏的《元气说》，是隋唐时期的作品。此文是中国古代关于元气生成天地之前，宇宙的演进具有阶段性的最早思想。这种思想以前没有过，是隋唐时代天文学思想的新见解。此时，外来的地圆思想已在中国传播，而且少数学者对它有所论述。

隋唐时期，历法改革思想比较活跃。隋朝刘焯制定的《皇极历》是当时最好的历法。唐朝290多年中，共改订历法8次。李淳风对浑仪作了重大改进，使浑仪由二重变为三重，梁令瓚又改进了李淳风的黄道浑仪，创制了黄道游仪，使之“动合天运，简而易从”。僧一行制订的历法达到了新的水平。他重视观测、测量工作，指导南宫说等人在河南进行实测，得出南北两地相差351里80步，北极高度相差一度，即南北相距131.11公里，北极高度相差1度的结论。这实际是地球子午线一度的长度。这个数据与现在测量值一度长111.2公里相较，误差还比较大，但这是世界上用科学方法进行的第一次子午线实测，意义非常重大。一行初步意识到，在很小的有限空间范围得到的认识，不能任意向大范围甚至无际的空间推演，这是中国科学思想史上的一个重大进步^①。

这个时期数学的进步与天文学有密切的关系。隋朝天文学家刘焯在《皇极历》中创立了推算日、月、五星行度的等间距二次内插公式，比东汉末刘洪求月行度数的公式精密得多。僧一行在《大衍历法》中，在刘焯内插公式的理论基础上，又创立了不等间

① 杜石然等：《中国科学技术史稿》（上册），科学出版社，1982年，第331页。

距的二次差内插公式。

隋唐之间,王孝通著有《缉古算经》,这是一本中国人开带从立方现存最古的书。隋唐王朝在国子监中设立“算学”,是5世纪以后数学获得高度发展的教育基础。但科举考试明算科及第的人社会地位不高,待遇也很差,对学生个人利益驱动不够,故应试者少。算学博士、助教和学生等对数学的发展没有起到很大的推动作用。唐高宗时期,李淳风奉命注释十部算经,对读者有一定的帮助。

隋唐五代,道教兴盛,炼丹术也随之大发展。其表现是:第一,炼丹人数众多,代表人物有孙思邈。第二,炼丹术著作大量涌现。第三,服食丹药的人数大量增加。第四,炼丹所用药品品种增加。炼丹术是一种具有实验性的活动。不管炼丹家的本意如何,他们用实验方法探索物质转化关系,从而获得物质性的正确理解,增加人类科学知识的积累,这是完全应该肯定的。另外,炼丹术直接导致了火药的发明。这项发明改变了人类社会的发展进程,具有非同寻常的社会意义。

地学思想方面,这个时期比较突出的有6项:第一,唐朝颜真卿用化石论证海陆变迁;第二,唐朝窦叔蒙、卢肇的潮汐理论;第三,唐朝俞文俊的山脉成因论;第四,杜佑纠正黄河伏流重源说;第五,李淳风关于风速的分级思想;第六,唐朝的风水思想有了新内容。

这个时期农学思想有两个方面的特点:一是重视农田水利,除了修建大运河外,还在全国兴修中、小型水利灌溉工程一千多起。其中长江以南和太湖地区水利系统的完善,促进了中唐以后南方农业迅速发展,经济重心向南方转移。二是农书增多,农业工具受到重视。据统计,隋唐五代出现农书17部,可惜大部分失

传。今存者有韩鄂的《四时纂要》，陆羽的《茶经》，陆龟蒙的《耒耜经》。其中《耒耜经》是我国第一部农具专著。《茶经》则是我国第一部茶的专著，也是世界上最早的茶专著。

雕板印刷术、火药、指南针也于这个时期发明或初露端倪。造船、纺织、造纸、陶瓷、建筑等技术领域都有较程度的发展。这些生产技术的发明与提高，直接促进了生产的发展，也促进了科学文化的繁荣和发展。

宋元时期是中国科学技术发展的高峰时期，也是中国科学思想颇为活跃的时期。在这个时期，天文学思想中对宇宙本原和演化理论的探讨，以邵雍、周敦颐、张载、朱熹为代表。特别是朱熹关于天地生成、演化的理论，关于天地结构学说，对后世产生了巨大的影响。元代史伯璿在《管窥外篇》中，对天地结构作了十分有趣的推测。宋末刘辰翁在《核山堂记》中论述了天地仅占宇宙的一部分，而且强调了天地在宇宙中、人在天地中的中心地位。此外宋元间的俞琰、元代邓牧、伊世珍等都持有宇宙是由众多的天地所组成的思想。

这个时期数学思想相当活跃，解高次方程的增乘开方法比西方早800年，多元高次方程组解法和一次同余式的解法比西方早500余年，高次有限差分法比西方早400余年。其代表人物是贾宪、刘益、秦九韶、李冶、杨辉、王恂和朱世杰。主要著作是《黄帝九章算经细草》、《议古根源》、《数书九章》、《测圆海镜》、《益古演段》、《详解九章算法》、《杨辉算法》、《算学启蒙》、《四元玉鉴》等。

地学思想方面，这个时期突出的特点有4个：第一，石刻地图制作兴盛，如“华夷图”、“禹迹图”、“地理图”、“九域守令图”、“静江府城图”、“平江图”等，这是任何时代都不能比拟的。著名地图学家有沈括和朱思本。第二，地方志开始兴盛，并创立了比较系

统的体例和修志理论。第二,石谱涌现,其中以《云林石谱》的科学价值最高。第四,水文学蓬勃发展,特别是黄河源的探寻有了新的突破。

这个时期物理思想的特点是:第一,磁性指南器有了重大发展,出现了罗盘的应用。沈括在《梦溪笔谈》卷二四中有详细论述。第二,关于光的直线传播思想,沈括观察了动态的小孔成像。而元初赵友钦在《革象新书·小罅光景》中记载了他作的光学实验,也是当时世界上最大规模的光学实验。通过实验得出了若干正确的结论。他的实验思想是中国古代最接近近现代物理实验思想的思想,他是中国古代伟大的科学家。第三,沈括通过实验探究过凹面镜焦点的性质,在《梦溪笔谈》卷三中有记录。第四,在杨亿的《杨文公谈苑》、寇宗奭的《本草衍义》、范大昌的《演繁露》中记述了他们的色散思想。

农学思想方面,这个时期陈旉首次提出“地力常新壮”、“用粪犹用药”等理论。这些理论和实践对中国农学思想的进一步发展起了重大的作用。这个时期重要的农书有:陈旉《农书》、《农桑辑要》、王桢《农书》、《居家必用事类全集》和《农桑衣食撮要》。

宋元时期,制瓷技术完全成熟,青瓷、白瓷、彩色瓷、青花瓷都是世界名品。宋元时期的白铜,是用铜与砒石按一定比例配制冶炼而成,有可能是铜砷合金,或铜镍合金,或铜锌镍合金。18世纪,西方依我国的方法才仿制成白铜。五代至北宋年间,我国发明了胆水浸铜法,开创了人类水法冶金的历史。五代轩辕述的《宝藏论》、宋代沈括的《梦溪笔谈》卷二五,《宋史·食货志》、《宋会要》、《宋会要辑稿》、张潜的《浸铜要略》等书均记载了胆水浸铜法和产地。北宋毕昇发明了活字印刷术,在《梦溪笔谈》卷十八中有具体记载。元代王桢《农书》记载了用木活字印刷的工艺和



方法。宋代,四川盐井开凿技术发生了重大变革,发明了卓筒井,它是当今世界盛行的深井钻凿和钻探技术的先声,具有重大的经济价值和社会效益。这项发明在《东坡志林》卷四,《丹渊集》卷三四中有记载。北宋颁布的《营造法式》是中国最早的一部建筑工程规范,它反映了宋代建筑技术成就,也是中国古代管理学上的成功范例。元代薛景石著的《梓人遗制》,是一部木工技术专著,它所记载的纺织机具,按照书上讲的尺寸大小和附图,即可复制。此外,造船技术、水工技术、采矿技术都有很大发展。

宋元时期,火药配方已进入成熟阶段,有了比较合理的定量配比。火药和火器制造成为军事工业的重要部门。曾公亮等人编著的《武经总要》,不仅有各种火药配方,而且有各种火器的记载。

明清时期,科学思想既有传统的,又有外来的,是中国传统科学向近代科学过渡的时期。以天文学来说,明末清初之后,欧洲古典与近代宇宙本原与演化观先后传入中国。其中近代宇宙演化论在中国社会产生了巨大的反响。在傅泛际(Francois Furtado)著、李之藻笔录的《寰有诠》中就有西方古典宇宙本原与生成理论的介绍。清朝光绪二十四年(1898),严复在《天演论》“导言二”的按语中介绍了英国斯宾塞尔(H.Spencer)的宇宙演化论。康有为在《诸天讲》中介绍了西方近代宇宙演化理论,如康德(I.Kant)和拉普拉斯(P.S.Laplace)的星云说。张伯伦(T.C. Chamberlin)和摩尔顿(F.R.Moulton)关于太阳系起源的星子说。乔治·达尔文(G.H.Darwin)的月亮起源说。

中国古代的地圆说不被人重视,西方的地球观念在隋唐时期已传入我国,元代扎马鲁丁制造的地球仪传入中国。明末,意大利传教士利玛窦(Matthaeus Ricci)再次把西方地圆说传入中

国。利玛窦还把西方的地心宇宙体系传入中国。不久,丹麦第谷(Tycho Brahe)创立的宇宙体系也传入中国。18世纪中期,哥白尼(Copernicus)的日心太阳系学说传入中国,19世纪初,哥白尼日心说开始在中国社会流传。道光二十四年(1844),魏源在《海国图志》中公开肯定哥白尼日心说,使该学说在中国的传播进入了一个新时期。

明代商业数学得到发展,其标志是吴敬的《九章算法比类大全》。珠算术得到推广,其著作以程大位的《算法统宗》为代表。西方数学思想的传入以欧几里得几何学、算术笔算法、对数和三角学为主,如《几何原本》、《同文算指》、《圜容较义》和《测量法义》等。清代数学家在吸收西方传入的数学思想之后,又有自己的创新,如明安图的《割圜密率捷法》,董祐诚的《董方立遗书》,项名达的《象数一原》,王锡阐的《晓庵新法》,梅文鼎的《梅氏丛书辑要》,焦循的《里堂学算记》,汪莱的《衡斋算学》,李锐的《李氏算学遗书》,戴煦的《求表捷法》,李善兰的《则古昔斋算学》等。

地学方面,这个时期强调经世致用,反对空谈理性。郑和七下西洋的航海活动,推动了地理学的发展。王士性、徐霞客等一大批旅行家的考察活动,促进了地理学家走了解大自然,探索大自然的的道路,开辟了地理学研究大自然的新思路、新方向。在此基础上,清代出现了顾炎武、刘献庭、孙兰、梁份等人的地理学新思想。清代乾嘉学派对历史地理的研究也作出了新贡献。西方地学的传入出现了3次高潮:一是明朝万历年间利玛窦传入的西方制图学,它是建立在地球说思想基础上的,跟中国古代建立在地平说思想基础上的制图学不是同一个系统。二是清朝康熙、乾隆年间传教士传入的西方测绘制图学和地理学。三是鸦片战争后西方近代地质学、地理学、气象学和测量制图学的传入。这些西

方地学传入后,在中国都有不同程度的吸收和反响。特别是鸦片战争后,中国对西方地学的吸收更快。在吸收的基础上,中国学者创立了中国近代地学,成就了不朽的功绩。

明清时期的物理学、化学、生物学、农学、工程技术等也和天文学、数学、地学类似,经过中西交流与融合,在中国产生了中国近代的物理学、化学、生物学、农学以及工程技术,使中国的传统科学过渡到近代自然科学,并与世界科学技术接轨,走向科学技术现代化。



二、先秦时期科技思想的萌芽与产生

(一) 先秦时期科技思想的萌芽

1. 旧石器时代

中国古人类最早的技术发明是制造石器,距今约170万年云南元谋人的石器有刮削器和三角形尖状器。距今约70—50万年北京人的石器有砍砸器、尖状器、雕刻器、刮削器、两端刃器和球形器等,不论种类和数量都比元谋人迅速增加。打制石器的方法,元谋人只有锤击法,北京人则有碰砧法、锤击法和砸击法。这个时期的科学仅仅是存在技术中的萌芽。在选择石料,打制和使用石器中,蕴含有力学、矿物岩石学和地质学知识的萌芽。在采集狩猎生产中,会积累一些动植物和地理的初始知识,产生动植物的种类概念,地理分布概念和形态概念。在使用火的过程中,会产生物质变化的思想:草木在火中变成炭、变成灰;生的东西变成熟的,味道也起了变化;火还能去寒,照明,给人类带来了温暖,带来了光明。由于火的作用巨大,所以人类自然产生崇拜心理,奉为火神。

旧石器时代另一项重大发明是弓箭,距今约28000年前的山西峙峪人文化遗物中出现了石镞,这是箭头,是弓箭发明的证



据。弓箭的发明使狩猎生产得到迅速发展,且其中蕴含着力学思想。

旧石器时代晚期,距今约18000年前的北京周口店山顶洞人已发明了骨针和其它骨器,骨针长82毫米,针身圆滑,针尖锐利,针孔是用尖状器挖刻成的。针的发明表示当时的人会缝制衣服,其中蕴含着力学思想。山顶洞人还制作了许多钻孔石珠,用砾石、牙齿、鱼骨等制作装饰品。比如用白色石灰岩制成的石珠,一面磨光,一面打制,钻孔处用赤铁矿染成红色。这些装饰品一方面反映了当时的人已有爱美的意识,另一方面则反映了当时的矿物岩石知识和力学思想。

2. 新石器时代

距今约1万年前,中国的先民们先后进入新石器时代。跟旧石器时代相比,新石器时代的进步是一次飞跃,各种重大的发明促使人类社会突飞猛进,而科学思想也在多方面出现萌芽。

第一,石器制造更为先进。由打制石器进步到磨制石器,石器的形制准确合用,有较锋利的刃口,提高了生产率。磨制石器中蕴含着力学思想和设计思想。石器按照不同的用途设计了专门的工具,如农业工具犁、刀、铲、锄、耘田器和镰,手工业工具斧、镑、凿,渔猎业工具镞、矛头、网坠,纺织工具纺轮,粮食加工工具磨盘、磨棒等。制造石器使新石器时代的居民所利用或认识的矿物岩石总数为90种,比旧石器时代增加了53种。

第二,农业生产技术的发明。植物的种植是采集经济发展的结果,是从事采集活动的妇女们的功劳。驯养动物的畜牧业,则是狩猎经济发展的结果,是在捕获量增加,食用稍有赢余之后,

才逐渐产生了“拘兽以为畜”^①的驯养方法。农业生产技术中蕴含着地区差异的思想，并促成了物候、天文和数学知识的早期积累。新石器时代的农业，并不是一个模式，而是根据各地自然条件的不同来发展适合当地自然条件的农业。如北方黄河流域比较缺水，于是发展了以种植耐干旱的粟为主的旱作农业。距今六七千年前的西安半坡遗址出土有储存粮食的带盖陶罐，其中有保存完好的粟粒，这是新石器时代黄河流域栽种粟的实物证据。在同一个地方，还发现了储存白菜或芥菜子的陶罐，说明蔬菜种植和谷物种植是同时的。在南方长江流域，水量充中，于是发展了以种植水稻为主的稻作农业。距今七千年前的浙江余姚河姆渡遗址，发现了大量稻谷、稻壳、稻秆和稻叶，是长江流域为稻作农业的证据。出土的稻、粟经鉴定都是人工栽培的品种。江苏、湖北、安徽、江西、云南、四川、湖南、广东等省都发现有新石器时代的水稻遗迹。

第三，发明了制陶技术。制陶技术蕴含着物理、化学思想，它是用化学方法烧成，比以前的石器、骨器、木器高级、复杂。陶器比较容易制成大型、合式、美观的日常用具，可以用来贮水或保存食物、种子，可以用来烹煮食物。在原始农业时代，谷子、稻谷不可能一粒一粒地用火烤着吃，必须用陶器煮熟了吃。因此，陶器的发明对原始社会的进步，对人类自身的进化起了很大的促进作用。制陶业使新石器时代的居民认识了红土、沉积土、黑土、粘土、瓷土、高岭土，同时认识了矽和料如滑石、石英、云母等矿物。距今六千年左右的半坡人，制造了陶质提水罐，它尖底、腹大、口小，在腹部中央偏下处有两个系绳用的环耳。罐可以在水

^① 刘安等：《淮南子·本经训》。



中自动汲水而毋需外加力量,体现了重心与平衡的物理学原理,是一项了不起的创造发明。

第四,出现了纺织技术。不少新石器遗址中,出土了大量的纺轮、网坠、骨针等物,能够纺织麻布,编织席子、渔网。浙江吴兴钱山漾出土了丝片、绢带,说明新石器时代已有蚕桑业,有了纺织技术。

第五,出现了建筑技术。新石器时代的人逐渐由洞穴生活中走出来,创建了简陋的茅草屋。他们选择靠山近水又向阳的地方,建造村落。他们用泥土、木柱、茅草等材料盖房子,发明了榫眼连接的木结构建筑,如河姆渡的榫卯结构房屋。屋内地面用夯夯实,墙壁抹一层草拌泥或“白灰面”。它不仅可以挡风避雨,而且温暖干燥,比住洞穴强多了。

第六,发明了计量方法,出现了数的概念。

新石器时代随着生产和交换的发展,逐渐有了数和量的概念,发明了计数的符号1.2.3.4.5.6.7(见图1)等。发明了关于长度、容量、重量、时间、体积等计量方法。距今六千年左右的西安半坡遗址,出土的陶器中已有各种复杂的几何图形和一些原始符号,这些几何图形和原始符号可能与数量有关。在姜寨遗址中,有4座大型房屋结构相同。有一间正方形的房子,其边长为9.1米,四边尺寸都很准确,说明当时人们已有了一定的计量水平。当时的人依靠手、脚、眼或人体的某一部分与外界比较,来判断事物的大小、远近。正如《大戴礼记·主言》说的:“布指知寸,布手知尺,舒肘知寻。”《孔丛子·小尔雅》也说:“跬,一举足也,倍跬谓之步”,“一手之盛谓之溢,两手谓之掬,掬,一升也。”这里讲的尺、寸、寻和跬、步、掬都是古老的计量单位。

第七,出现了有关天文和历法的思想萌芽。

距今六千多年的河南濮阳西水坡45号墓,墓主人骨架两侧,有用蚌壳摆塑的龙虎图案^①,是符合真实天象的特殊天象图。冯时认为,第一,45号墓内存在着“二宫与北斗”的天象布局。二十八宿归属四陆,也叫四宫。四宫与四灵相配,即东宫苍龙、西宫白虎、南宫朱雀、北宫玄武。每宫七宿,共二十八宿。北斗七星在中宫范围。45号墓的天象图,反映了仰韶文化时期,人们为确定时间和生产季节已掌握了一定的天文知识。第二,45号墓反映了“天圆地方”的观念。墓主人葬卧的方向为头南足北。头、南为天,足、北为地。墓穴平面图南部呈圆形,北部呈方形,象征天圆地方^②。

距今五千年前郑州大河村仰韶文化遗址中,发现了彩陶天象图。陶钵肩上的太阳都是排列均匀的12个。彩陶钵上的月亮纹都是新月和残月,两种月牙都相对应地绘在一起,应该有一定的含义。彩陶钵上的星座图案是二个或三个以上的圆点和直线、曲线相连而成。据推测可能是北斗星尾部的形象写照。另外还发现了几片绘有月晕纹的陶片^③。陶钵上12个太阳,或许与岁星纪年有关^④。

距今5400—4800年的辽宁喀左东山嘴红山文化遗址中,有一处大型祭坛建筑基址,整个布局由中心、两翼和前后两端组成,按南北轴线对称分布,中心和两翼主次分明,南圆北方^⑤,也体现了天圆地方观念。

① 濮阳市文物管理委员会等:《河南濮阳西水坡遗址发掘简报》,《文物》,1988年,第3期。

② 冯时:《河南濮阳西水坡45号墓的天文学研究》,《文物》,1990年,第3期。

③ 郑州市博物馆发掘组:《谈谈郑州大河村遗址出土的彩陶上的天文图像》,《河南文博通讯》,1978年,第1期。

④ 许顺湛:《黄河文明的曙光》,中州古籍出版社,1993年,第226页。


⑤ 《文物》,1997年,第8期,第48~56页。



距今5000—4800年的浙江余杭瑶山良渚文化祭坛遗址,由红土台、灰土围沟、砾石面组成,形状近方形,反映了当时“天圆地方”观念^①。

在《尚书·尧典》中,记载了四千多年前通过观测鸟、火、虚、昴这四颗星在黄昏时正处于南中天(即过子午圈)的日子定出二分二至作为划分季节、定农时的标准。这种依靠观测某些确定恒星的出没南中来决定时令季节、制订历法的方法,称之为观象授时。据中国天文学史整理研究小组的专家研究,认为最有利于观测大火昏见来决定春分的时代是公元前2400年前后^②,这是新石器时代末期的历法思想。

第八,发明了文字。

距今8500—7500年的河南舞阳贾湖遗址出土的龟甲和骨、石器上有契刻符号,很可能具有原始文字的性质。其中如“”形符号等与安阳殷墟甲骨卜辞中的目字极为相似^③。仰韶文化遗址出土的陶器上常有刻画符号,如西安半坡、临潼姜寨、零口、垣头、长安五楼、郃阳莘野、铜川李家沟、宝鸡北首岭等,已不是个别现象。其中半坡遗址出土的刻画符号有27种,113件;姜寨出土的刻画符号有27种,129件;关中地区共发现刻画符号52种,这52种刻画符号应该说具有文字的性质,是初级阶段的文字。其中|、||、|||、||||、⊗、∧、+(1.2.3.4.5.6.7)等很可能是我国最早的记数符号。

① 《文物》,1988年,第1期,第32页。

② 中国天文学史整理研究小组编著:《中国天文学史》,科学出版社,1981年,第10页。

③ 《文物》,1989年,第1期,第1页。



图1 关中地区仰韶文化陶器上的刻画符号^①

距今4800—4200年的大汶口文化晚期，在陶器上已有比较复杂的意符刻文或称刻画符号。有的学者认为是比较成熟的意符文字，表明海岱地区少昊氏族已经使用了文字。文字的发明反映了当时的人想借助文字来帮助人们记忆各种事物的思想，它极大地促进了科学技术和科技思想的积累、传播和发展。

第九，漆器的发明与化学思想的萌芽。

距今约七千年的浙江余姚河姆渡遗址，出土了一个内外涂有漆的木碗^②，这是我国发现的最早漆器。漆器的使用是我国化学思想的先驱。

第十，环境保护思想的萌芽。

在各地发掘的新石器时代遗址中，普遍发现居住地与公共墓地和制陶、制石器的手工业工场分隔开，饲养家畜的栏圈也与居住房屋分开。有的遗址还有倾倒垃圾的灰坑、灰沟或废弃物的

① 张之恒：《中国新石器时代文化》，第47页。

② 《余姚河姆渡村发现距今7000年的原始遗址》，《光明日报》，1978年5月19日，第三版。



窖穴。淮阳平粮台龙山文化古城有排泄污水的地下管道或明、暗沟设施。河姆渡的水井用桩木作护壁,上盖顶棚,对饮用水作保护。嘉善新港遗址一眼良渚文化古井,用剖开的原木挖去中心部分做井壁,井底铺有河蚬贝壳,以过滤净化地下水,具备了饮水卫生观念。上述事例说明,新石器时代的居民已有了环境保护思想的萌芽。

第十一,有关地理学思想的萌芽。

新石器时代,由于居住地点的选择,使居民们有了一些地貌概念,如河流沿岸的台地或阶地,河曲、向阳坡、背阴坡、土墩、高阜、岗丘、山地、平原等。

由于聚落的建筑,新石器时代的居民有了一定的聚落规划思想,在一个聚居区内,房屋、墓葬、陶器生产都有一定的地理位置,统一安排,规整有序。

新石器时代晚期,出现了城市萌芽。如距今6000—4600年的湖南澧县城头山古城址,平面呈圆形,由护城河、夯土城墙、东南西北四门和城西南部的夯土台基组成。河南辉县市孟庄镇的龙山文化中期城址,呈正方形,城墙长和宽均约400米,面积约16万平方米。城墙外有一周护城河。此外,湖北荆州市有阴湘城遗址,山东阳谷县有景阳岗龙山文化城址,江苏淮阴有平粮台城址等。

新石器时代的凿井技术,反映了当时居民已有地下水文知识,利用地下水的思想反映在凿井技术上。居民们选择房屋朝向,说明当时的人已有方向观念,具体选择的方向有东、南、西、东南、西南,没有朝北和西北的。总的方向已能分别八个。学会辨别方向,这对原始人来说是非常重要的地理概念,它可以帮助人们了解自己随处所在的地理位置,便于相互联系,便于在海上航行,便于陆上交通等等。新石器时代出现了玉石、宝石的追求,

出现了玉敛葬的现象,使中国成为用玉大国,也使中国原始社会的矿物岩石知识迅速增长,人们爱美的观念迅速扩展。

(二) 先秦时期科技思想的产生

1. 夏 朝

公元前21世纪建立的中国奴隶社会第一个朝代——夏朝,从禹开始到桀灭亡,约经历400多年。其活动地区西起今河南西部和山西南部,沿黄河东去至今河南、河北、山东交界之地,南接湖北,北入河北。

夏朝已发明了由铜、锡合金铸成的青铜器,这是由龙山文化晚期的红铜过渡而来的。青铜器的发明具有重大的意义,它使中国的原始社会进步到奴隶社会,使中国从石器时代进步到青铜器时代,使中国的化学思想从萌芽进步到产生和应用阶段。传说大禹曾下令在昆吾(今河南濮阳西南)铸九鼎,鼎上铸有冀、豫、雍、兖等九州的花鸟兽木,有人认为,这可以作为中国的原始地图看待。禹铸九鼎标志着当时青铜冶炼技术已比较发达,对青铜的物理、化学性质也有了认识。

夏朝已产生了水利思想,禹则是一位伟大的治水专家。大禹治水和整理沟洫的传说,说明当时有了治水思想,懂得了防止水患,变患为利,有了一些治水的技术。《中国水利史稿》上册,对禹治水的技术措施作了总结,认为禹采用以疏导为主的治河方法,比共公氏和鲧的“壅防百川,堕高堙庳”的治河办法前进了一大步,从单纯的消极防洪进到积极的治河,已经部分地改变了河流的自然状况。经过人工疏浚后的河道,排水能力增加,防洪的效



果好多了。

《中国水利史稿》上册还进一步指出,相传禹治水时,已经出现了原始的测量,使用一些原始的测量工具,产生了古代测量思想。测量思想产生于治水实践中,数学思想也产生于水利实践中。《周髀算经》指出:“故禹之所以治天下者,此数之所生也。”汉代赵君卿注解:“禹治洪水,决疏江河,望山川之形,定高下之势,除滔天之灾,释昏垫之厄,使东注于海而无浸逆,乃勾股之所由生也。”^①

《大戴礼记》中的《夏小正》,相传是夏朝的历法,反映了夏朝历日制度。它把一年分为十二个月(一说十个月),每月都记载有月初的星象出没动态。《夏小正》中用以确定季节的最主要的星象是北斗星、参星和大火星。

《夏小正》中还有不少物候知识,它是我国现存最早的一部物候历,按月记载物候和农事活动,产生了中国的物候思想。

二里头文化多数学者认为是夏文化,在河南偃师二里头遗址中心有宫殿和宗庙建筑遗迹,是夏代建筑水平的体现。宫殿内有殿堂,廊庑,牌坊式宫殿大门。据杨鸿勋研究,宫殿中主体建筑殿堂,是反映至尊至贵的“四阿重屋”。殿堂内部的结构已形成“前朝后寝”的格局;殿堂梁架结构采用了叉手(人字木)支承檩、椽;殿堂采用木骨泥墙,并出现榫卯交接技术^②。宗庙建筑包括廊庑、大门、中心殿和大墓。大墓的主人是宗庙里的祖先神。许顺湛认为,宫殿和宗庙建筑,是设计者、建筑者、技术工匠和大批奴隶的一项划时代的杰作^③。反映了建筑专业队伍的壮大和技术水平

① 钱宝琮校点:《算经十书》,中华书局,1963年。

② 杨鸿勋:《建筑考古学论文集》,文物出版社,1987年。

③ 许顺湛:《黄河文明的曙光》,中州古籍出版社,1993年,第200页。

的提高,反映了当时已产生建筑设计思想和建筑技术思想。

目前中国最早的石磬和鼉鼓是从山西襄汾陶寺墓地的大型墓葬中出土的,属中原龙山文化^①。鼉鼓是用鳄鱼皮做的。石磬是用青灰色石灰岩做的。在山西夏县夏代遗址出土了石磬一件^②。在同一个县的夏代墓葬中出土石磬一件,声音清脆悦耳^③。在辽宁建昌一个村庄中发现距今四千多年的泥板岩石磬一件^④。石磬和鼉鼓都是古代的乐器,是通过敲击受振动后发出的声音,鼉鼓是膜(鳄鱼皮)振动,石磬是板振动。这些乐器的出现,表明夏代已产生了声学思想,虽然他们还不知道是什么机理形成了不同的声音,但已经知道不同物质的物体会发出不同的声音,并用这种知识制成乐器。

2. 商 朝

商朝的农业和青铜铸造业有了很大的发展,是奴隶社会的鼎盛时期。除青铜器外,还有铅器、金器、铁器(陨铁),金属矿物的开采远比夏朝发达。非金属矿物的开采也很发达,如玉矿、丹砂矿、石灰石矿、大理石矿、陶土、瓷土等都是夏代无法比拟的。矿业的兴盛自然促进了采矿技术的发展,产生了采矿技术思想。据1989年1月27日《中国文物报》报道,江西瑞昌铜岭发现一处商代中期大型铜矿遗址,是目前发现的中国最早的一处采铜遗址。遗址面积25万平方米,在已发掘的300平方米范围内,有竖井24口,平巷3条,露天采矿坑1处,选矿槽1处。说明当时已采用竖井、

① 《考古》,1983年,第1期,第30页。

② 《文物》,1978年,第7期,第77页。

③ 《考古》,1980年,第2期,第97页。

④ 《文物》,1983年,第9期,第66页。

平巷、坑采等联合开采方法。井巷有木材支护结构,井壁贴有扁平木板或小木棍,井体采用榫卯式和内撑式方框支架组接,井深大都在8米以上。还有一条斜巷。提升工具有辘轳,采掘工具有青铜弧刃钺形斧。形成了一套初具规模的采矿技术系统,反映了当时采矿技术的设计思想和技术思想。

商朝的青铜铸造技术也初步形成了系统。出土和传世的商朝青铜器数以万计,主要是礼、乐、兵、车、工具、生活用具6大类。这些青铜器的铸造从单范到双面范又发展到用多件范、芯组合成复合铸范,进而采用分铸法,这是陶范铸造从低级到高级的发展序列,奠定了中国古代冶铸技术的基础,反映商朝产生了冶铸技术思想和冶铸设计思想。

商朝已有一定规模的水陆交通,运输工具有车和木板船。从河南安阳孝民屯、大司空村等处发掘的车马坑来看,车马同坑,车用马为动力。车的形制为双轮、独辕,上有车舆(车箱),并配有铜轭、辔和当卢、铃等马具,为后世马车奠定了技术基础。商朝甲骨文中已有舟字,形状像一只由多块木板联接面成的木板船。由独木舟发展到木板船,是造船技术的一大进步。

商朝的建筑在夏朝的基础上有所发展,从商朝甲骨文的高、京、亨等字来看,屋顶均为人字形,下有墙、柱,屋盖可能用茅草铺成。郑州商城遗址中,宫殿夯土台基长80米,进深14.5米,柱础用石料或铜质,建筑物本身由木梁、柱、门窗和夯土墙构成,用立柱、横梁组成骨架,全部重量由柱子承接,传到地面,墙体不承重,只起隔断作用,这是夏、商建筑技术的特点,也是中国古代建筑技术最突出的特点。这种建筑思想影响中国达三千多年。

商朝已有成熟的文字——甲骨文,从甲骨卜辞中可以了解当时天文、数学、气象、地理等方面的科学思想。

商朝在天干记日的基础上进一步使用干支记日法，把十天干和十二地支相配，组成六十干支，用它来记日。六十日一个循环。商代已有大小月之分，已经用大小月和连大月来调整朔望，用置闰来调整朔望月和回归年的长度，这是阴阳合历的特点，这种历法思想影响中国三千多年。

商朝用一至十以及百、千、万这十三个单字记十万以内的任何自然数，甲骨文中现已发现的最大数字是三万，复数位已记到四位，大于十的自然数都用十进制，没有例外。当然甲骨文的形体和现在的文字不同，一至四是象形文字，五至九是假借字（见第238页，图3）。英国科学史家李约瑟博士认为：“总的来说，商代的数字系统比古巴比伦和古埃及同一时代的字体更为先进、更为科学的。”^①商代已有奇数、偶数和倍数的概念，说明当时人们已掌握了初步的运算技能。商朝已经使用了非自然数，1945年董作宾在《殷历谱》中指出，商代的人已经知道一年的长度为365又1/4日，写作三百六十五又四分之一。

卜辞中不仅有雨字，而且按雨量分为大雨、小雨、毛毛细雨、延绵不断的雨、不断的小雨等。有了初步的雨量分级思想。此外还有多雨、雨少、疾雨、密雨、猛雨等不同的描述。也有晴字，有白天晴、晚上晴、连续晴天等记载。还有云、雪、雹、虹、雾、晕、风等字，对风力大小已有分级的思想，如小风、大风、暴风、狂风等。有的连续记载18天的气象变化，有的记录了110天的天气变化。这种连续不断的气象记录，是商朝人首创，是世界上最早的气象记录之一，也是我国后世气象记录的先声。

卜辞中记载的地名约500多个，有“土方”、“邛方”、“鬼方”、

① 李约瑟：《中国科学技术史》中译本，第三卷，科学出版社1978年，第29页。



“羌方”、“尸方”等29个。可见商王朝对它统治的地区与周围其他民族活动区的地理方位已有明确的概念。还有地理专有名词,如邦、土、田、石、井、泉、水、川、州、邑、丘、麓、鄙、国等,反映了当时水文、地形的概念,领土观念和土地规划思想。还有“井”字,象征打井灌溉。又有“正河”的记载,郭沫若、李亚农以为是治河^①。甲骨文的“录”字,象征着井上设桔槔汲水灌溉。“洗”字的意思是“泼水于地”,也是灌溉。“洗田”即“负水浇稼”,灌溉农田。“圳”字说明殷人已知利用天然积水灌溉农田。“畴”字代表田中的沟洫。“作沮”表示筑堤堰蓄水。“方商”则是筑堤防水以卫商都。“正河新圩”则是治理河道,修补圩堤^②。可见商朝的水利思想已经确立,水利工程已有不少,除了农田水利,治理河道外,还有城市防洪、排涝工程。

3. 周 朝

周朝是一个过渡时期,由青铜器时代过渡到铁器时代。其前期西周为青铜器时代,而后期的东周(即春秋战国时期)已进入铁器时代。由于社会性质不同,所以在阐述周朝科学技术思想的发展过程时,应该把社会性质不同的西周与东周分开叙述。

(1) 西周

《诗经》记载的天象,反映了西周的历法知识,如《小雅·十月之交》不仅记载了日食,而且反映当时已确立了朔的概念,所谓“朔月辛卯,日有食之”。朔是一种比较抽象的天文概念,它必须

^① 吴浩坤等:《中国甲骨学史》,上海人民出版社,1985年,第275页。

^② 温少峰、袁庭栋:《殷墟卜辞研究——科学技术篇》,四川省社会科学出版社,1983年,第200~206页。

在对日、月运动有较多认识的基础上,用一定的数学方法来推求才能得出。所以,能提出和确定朔的概念,乃是当时阴阳合历历法有了很大进步的结果。此外,在《邶风·柏舟》中提到的“日居月诸,胡迭而微”,很可能是关于公元前667年前后发生的日月连食现象。《诗经》中关于恒星的记述已提到了后世28宿中的火(心宿)、箕、定(室宿和壁宿)、毕、参、昂等十个星宿名称,还有牛郎、织女、北斗七星和银河等。从中可以看出古人把若干恒星用假想的线连接起来,构成某种图形,并与生产、生活中某一事物相比拟的星宿命名思想。如北斗七星源于挹酒浆的勺子,箕四星源于簸扬谷物的簸箕,毕八星源于捕猎小兽用的毕网,定四星源于锄头刀片等等^①。

商周时期的天文工作往往是由巫、祝、史、卜等宗教人员或记述历史的专业人员兼任的,因此此时的天文学思想不能不带有迷信色彩,科学的天文学思想与反科学的占星术思想同时存在,一起发展。

西周产生了数学教育思想,把数学列为“六艺”(礼、乐、射、御、书、数)之一,是“士”阶层受教育必修的课程,这对普及与促进数学的发展极为有利。在政府机构中出现了专职会计“司会”和掌管天文历法与数学的“畴人”^②。算筹记数和简单的四则运算可能在这个时候产生。

根据《尚书·洛诰》的记载,西周不仅有地图,而且在城市规划设计中测绘了地图。西周厉王时《散氏盘铭》记载了矢国用田去向散国赔偿时,把田地画成地图,送给散氏^③。可见西周已有不

① 杨文衡等编著:《中国科技史话》上册,中国科学技术出版社,1988年,第67页。

② 《周礼·天官冢宰》。

③ 郭沫若:《十批判书》,人民文学出版社,1961年,第49页。



同种类的地图,使用地图的范围也比较广了。当时可能已有一些基本绘图原则和方法,绘制地图已不是太难的事。西周人伯阳父对地震的成因作了探索,认为是“阳伏而不能出,阴迫而不能蒸,于是有地震”^①。反映了当时阴阳思想比较普遍地用来解释地震成因。这是中国最早的地震成因论。

西周人已学会了烧石灰,对石灰岩性质的认识是一次飞跃^②。西周人对煤也有所认识,他们用煤玉(煤精)制造装饰品^③。《诗经·小雅·十月之交》有“高岸为谷,深谷为陵”的地形变迁思想,这种思想的形成与地震有关,周幽王二年陕西岐山一带发生强烈地震,使山崩河枯,山陵川谷发生变化,这种自然界的变化的印象很深,很容易让人产生地形变迁思想。

商、周之际,产生了阴阳、八卦、五行和气学说,这四种学说具有朴素唯物自然观,是古代朴素唯物主义哲学的基础,也是古代自然科学的理论基础。中国古代许多自然科学理论都离不开这四种学说,特别是阴阳、五行和气的学说。这是中国科学技术思想的一大特点。上述四种学说既促进了中国古代科学技术的发展,也在一定程度上制约了中国科学技术的发展,使中国古代科学技术未能向近代科学技术迈进,在一定程度上造成了机械、僵化、停滞不前的局面。

(2) 春秋战国

春秋战国时期,由青铜器时代进入了铁器时代,由奴隶社会进入了封建社会,生产力蓬勃发展,思想极为活跃。政治上诸侯争霸,思想上百家争鸣,科技思想也进入了蓬勃发展的时期,出

① 《国语·周语》。

② 考古所编:《新中国的考古发现和研究》,1984年,第250页。

③ 赵承泽等:《关于西周的一批煤玉雕刻》,《文物》,1978年,第5期。

现了中国古代科技思想发展的第一个黄金时代。

促进铁器时代到来的是冶铁术的产生和发展，其中生铁铸造技术至迟在春秋末期已产生。生铁的冶炼在冶金史上是一个划时代的进步，它是在青铜冶铸技术的基础上发展起来的。生铁冶铸技术为铁器的普及打下了基础，也为中国古代冶铁术的发展开拓了独特的道路。春秋末期出现了钢，炼钢技术给人们带来了比铁更为锐利、坚韧的材料，使农业、手工业工具和兵器的质量更加优良、耐用，大大提高了生产力。战国早期出现了铸铁柔化技术，这是通过一定的热处理脱炭，使性脆、易断裂的铸铁变成了韧性铸铁，这在冶金史上又是一个划时代的事件。它使生铁得以广泛用于生产工具，大大增长铁器的使用寿命，加快了铁器替代铜器的历史进程。

铁器农具的使用，耕作制度的改革，使农业生产走上了精耕细作的道路。农学思想出现了专门谈“神农之学”的以许行为首的农家学派。这派的重农思想过于狭隘，主张人人从事农业生产或副业生产，自食其力，不承认独立的脑力劳动存在，否定脑力劳动与体力劳动的分工。他们的思想脱离了社会现实，并不代表先进的生产关系，而是代表原始社会末期落后的生产关系，是一种倒退思想。管仲、商鞅等人提出的重农思想，与农学派的观点不同，他们虽然也以农业生产为本，强调“强本”，即把发展农业生产放在首位。但同时强调采取各种措施富国富民，农战结合，甚至农为战服务，农为社会现实服务，使重农思想符合时代潮流。这个时期最具代表性的农学思想是荀况的“强本论”，它包括生产技术，也包括经营、管理制度；既有政策、措施，又有理论和论证，形成了一个较为完整的体系。《吕氏春秋·上农篇》讲了农业理论和政策，反映了作者的重农思想。



春秋战国时期,将天空恒星背景划分成若干特定区域,以建立一个统一的坐标系统的思想付诸实施。人们沿黄、赤道带将临近天区划分成二十八个区域的二十八宿体系已经齐备。除二十八宿体系外,对其他天区也作了区划,指明了各官的星数以及相邻官之间的相对位置。石申学派的《石氏星表》记载了121颗恒星的赤道坐标值和黄道内外度,这是中国古代早期恒星定量观测的重大成果,表明石申所处的时代天文学已经数量化。

由于农业生产对天时的需求,历法有了进步。古四分历采用一回归年长度为 $365\frac{1}{4}$ 日,十九年七闰。这两个基本数据在当时世界上是先进的。二十四节气也是在此时确立的,它反映了太阳一年内在黄道上视运动的24个特定位置,是一种特殊的太阳历,对农业生产起了重要的指导作用。

关于宇宙理论,这个时期进行了热烈的讨论,反映了天文学的进步,详细情况将在思想精要中叙述。

此时筹算已经成熟,应用相当普遍。有关方田、粟米、衰分、少广、商功等实用数学也已产生。在《考工记》中,有分数、角度和标准量器的资料。《墨经》中有几何学名词的定义,这是数学理论的萌芽。还有类似极限观念的思想出现。

《考工记·矢人》中已有空气动力学的思想,书中讨论了箭的结构与飞行的关系,认为箭的结构会直接影响它的飞行状况,因而影响射击的准确性。《考工记·辀人》中有了惯性思想,它是从考察阻力的过程中认识了惯性。在《考工记·轮人》中讲到了滚动摩擦力与滚动物体之间的关系。《考工记·鳧氏》讲到了发声体的形状、厚薄、大小同发声的关系,适当改变发声体的形状、厚薄、大小就可以调音。这是音调高低与振动频率的关系问题,对于板振动来说,振动的频率正比于它的厚度。

《墨经》中的物理学思想是非常精妙的。第一,以“端”的概念作为自然界物质的始原,“端”是构成物质世界的不可再分的最小微粒。这个概念跟古希腊的原子论类似,是中国古代朴素的原子论思想。第二,已掌握了“重乘重臂等于力乘力臂”这样的杠杆公式原理。第三,对“力”下了科学的定义。第四,突出的几何光学理论。第五,提出了运动与时空的关系。第六,论述了滑轮和轮轴工作原理。第七,论述了斜面原理及其妙用。第八,论述了建筑材料的力学规律。总之,《墨经》是春秋战国时期物理学思想的杰出代表,是中国古代物理学的经典著作。此外,《管子·地员》中有“三分损益法”,采用损益弦长的办法来确定十二律。《庄子·天下》有物质无限可分的思想。宋研和尹文等人则提出了“元气说”。

地理著作《山海经》和《禹贡》都体现了自然区划思想,他们依据河流、山脉、海洋等自然分界线来划分“九州”或地区,又以州或地区为单元描述其中的地理现象,体现了区域地理的特点,反映了地区之间的差异。此外,这两本著作中还有“导山”、“导水”思想。所谓“导山”是指把中国分散的山脉编排成为有秩序、有规律的山系概念。《山海经》的山系秩序主要以方向排列,形成东、南、西、北、中五个方位的山系。这种编排很可能受五行思想的影响,因为五方与五行可以处于对应关系,即东与木、南与火、西与金、北与水、中与土。《禹贡》的山系秩序则不受五行思想的影响,而是依据我国地形总的趋势西高东低来安排山系,从高处走向低处,即山系从西向东走。第二个依据则是以大河来划分山系,把同流域的几个大山列为一个山系,从北向南有四个山系。“导水”思想,《山海经》不如《禹贡》那么系统、成熟,没有主支流的区别,它只讲每条水的源和尾,即从什么地方流出,注入什么



地方,缺少主支流和流经什么地方。《禹贡》的“导水”则既讲源头,又讲流向、流经地、河口和主支流,讲得很完整、系统,开我国古代水文地理著作的先河。

《考工记》和《管子·地员》提出了生物地理分布界线的思想,包括水平(纬度)分布界线和垂直分布界线。《禹贡》和《管子·地员》有土壤分类思想。土壤分类的根据是土壤的颜色、质地、结构、孔隙、有机质、酸碱性和肥力,并密切结合地形、水文、植被等自然条件。其缺点是受五行学说的影响,每类都是五种,甚至与五音配合以合五行,这样不仅使土壤分类机械,而且脱离实际。

在《管子·地数》中,有通过矿苗寻找矿床的思想,其中一部分是通过金属矿产的共生关系寻找矿床,其余则是通过矿产之间空间位置的相对关系来寻找矿床^①。

《春秋左传》、《考工记》和《管子》中有城市选址和城市规划思想。《春秋左传·成公六年》曰:晋人要迁都,理由是郇瑕氏土薄水浅,居住条件差。而新田土厚水深,居住条件好,不生病,同时有汾、浍两条河排污,又有山泽林盐之利,故迁都新田。《考工记·匠人营国》曰:匠人修建都城,方九里,旁三门,都城中南北东西方向各有街道九条,街道宽七丈二尺。左边修建宗庙,右边修建祭祀坛,前面是行政机关,后面是市场。前后面积各一百亩。这种都城规划思想影响中国达两千多年。《管子·乘马》曰:凡立国都,不是在大山脚下,就是在大河岸边,地形不要太高以至缺水,水源要充足,也不要过于低洼,以免修堤防水沟。要充分利用自然条件,因地制宜,因此城郭不一定要四方四正,道路也不一定要笔直。这种城市规划思想与《考工记》不完全相同,强调因地制

^① 夏湘蓉等:《中国古代矿业开发史》,地质出版社,1980年,第319页。

宜,有很高的适用价值。

《周易》、《春秋左传》和《吕氏春秋》中有环保思想。《周易·井卦》卦、爻辞按李镜池《周易探源》的说法是反映了当时的饮水卫生。“井泥不食”、“井渫不食”是说井水不干净,被污染了不能喝。用什么办法治理呢?用掏井汲水的方法除去污染,使井水清洁。为了保持井水清洁,不使井壁崩塌,又用砖垒井壁,叫做井甃。经过整治的井水不仅清洁,而且寒凉。为了保护饮用水源,又在井上加栏杆或井盖,不让泥沙尘埃及不干净的东西落入井中^①。《春秋左传》鲁襄公二十五年(公元前584年)楚蒍掩任鲁国司马时,提出保护环境的主张,对自然资源进行合理的开发和利用。《吕氏春秋·十二纪》提出要保护生物资源,在生物生长季节,不要滥砍滥杀,要注意保护幼子幼苗,使之成熟。

《五藏山经》把矿物分为金、玉、石、土四类,这是世界上最早的矿物分类思想。战国时齐国人邹衍提出大九州说,反映了这个时期人们地域观念在扩大。“所谓中国者,于天下乃八十一分居其一分耳。”^②《周易·系辞》、《管子·形势解》和《礼记·礼器》中都出现了“地理”一词,唐以前的文献对“地理”的解释是描述山河大地形态特点及其规律的知识。可见,作为一门学科,地理跟天文、数学、医学一样,已经在春秋战国时期产生,有了《禹贡》、《山海经》这类地理专著。

在《周礼·地官》中有土地规划与行政区划的思想和方法。在《老子》和《孙子兵法》中有流水侵蚀作用的思想。在《吕氏春秋·圉道》中有水循环理论,认为海上云气自东往西行,冬夏不断。西行的云变成雨水降落,成为水泉,水泉东流,日夜不休,从江河归

① 李镜池:《周易探源》,中华书局,1982年,第215~218页。

② 司马迁:《史记·孟子荀卿列传》。



入大海。大海上水气又不断蒸发,上升成云,于是水完成了循环。《管子·度地》中有水文思想,首先是河流水系分级思想,它把河流水系分为四级:川水——经水——枝水——谷水。第二,提出了计算坡降的方法。第三,论述了曲流中流水的特性。《管子·地图》中有军事地图思想,强调地图在军事上的重要性。

《周礼·大司徒》中有环境选择思想,历代都城地址的选择也体现了环境选择思想。《周易》、《荀子》中的三才论,是人地关系思想之一,它对中国古代方志学有很深的影响。

《周易》、《墨子》中有科学方法思想。《周易·系辞下》讲,古代伏羲氏(即包牺氏)发明八卦的方法是“仰则观象于天,俯则观法于地,观鸟兽之文与地之宜,近取诸身,远取诸物”。就是对自然界的一切现象进行广泛的观察,从观察中总结经验,发现规律,形成科学道理。《墨经》中的“言有三表”、“察类明故”讲的也是科学方法。“三表”又称三法,即要从本、原、用三个方面来对一切理论进行考察。“本”指历史事实,“原”指众人的直接经验,理论要符合人们共同的感觉经验。“用”指应用的社会效果。“察类明故”是考察各种事物的类别,明了事物所以然之故。《墨经》还有“异类不比”的原则^①。这些都是科学方法问题。

^① 周瀚光著:《中国古代科学方法研究》,华东师范大学出版社,1992年,第13、18页。

三、秦汉时期科技思想的发展

秦王嬴政用了十年时间,统一六国,建立了高度中央集权的中国第一个封建王朝,自称秦始皇。秦朝建立后,地方实行郡县制,这种地方行政区划制度对中国区域地理学有很深的影响。秦始皇采取的“车同轨,书同文”以及统一度量衡和货币的政策,不仅是对秦朝政治、经济、文化、思想的统一有利,而且对中国此后两千多年的发展有深远的影响。秦始皇为了加强思想控制,反对是古非今,打击异己力量,采取焚书坑儒行动。他北面修长城,国内修驰道、直道,咸阳修阿房宫,繁重的徭役使人民不堪重负,激起了陈胜、吴广为首的农民起义,秦王朝很快覆灭,被刘邦建立的汉朝取代。西汉统治者也需要一种占统治地位、有利于统治的思想,故汉武帝时推出“罢黜百家,独尊儒术”的政策,使儒家思想成为汉代的正统思想。中国古代的科学技术思想不能不受这种正统思想的影响。

1. 天文

秦朝颁行颛顼历,汉初继续沿用。汉武帝时改行太初历,西汉末太初历改名为三统历。太初历已具备了气朔、闰法、五星、交食周期等内容。它首次提出了以没有中气(雨水、春分、谷雨等十二节气)的月份为闰月的原则,把季节和月份的关系调整得十分



合理,这个方法在农历中一直沿用到现在。太初历还第一次明确提出了135个朔望月中有23个食季的食周概念。建立了一套推算五星位置的方法。这些都为后世历法树立了范例。

西汉已形成了月亮每日运行平均度值的概念。在《淮南子·天文训》中记载月亮每天运行十三度又十九分之七,由此可推得一恒星月长度为27.3218504日,与理论值之差约为17秒。

东汉早期,天文家李梵、苏统等人发现月亮视运动的不均匀性,而且已定量地认识到每经一近点月,月亮的近地点向前推进3度。至于月亮视运动不均匀性的原因,他们认为是月道有远近造成的,这是一个很重要的创见。

东汉晚期刘洪在乾象历中首次利用李、苏等人的重要发现来推算交食。他第一次明确给出一近点月长度的数据为27.5533590日,与今推值27.5545689日相差约百秒。在依平均速度推算月亮位置的基础上,加上他的改正项,就可以得到较准确的月亮位置,从而提高了推算日月食发生时刻的准确度。刘洪还发现了白道(月行轨道面)同黄道(太阳视行轨道面)之间有一个六度左右的夹角,这跟现在测量数据也很相近。他首次指出黄白交点退行现象,实际上已经给出了一个交点月的长度值。他提出了食限的概念,对为何不是每次朔望都发生交食的问题提供了解答。

从太初历到乾象历,人们会清楚地看到,两汉历法确已为后世历法提供了楷模,形成了体系。

汉代论天有三家,即盖天、浑天和宣夜。汉代的盖天说是春秋战国时期产生的第二次盖天说,比第一次盖天说(天圆地方说)有进步,但已为越来越多的天文观测事实所否定。成书于公元前一世纪的《周髀算经》是这个学派的代表作,使第二次盖天

说系统化和数学化。其要点是：半圆形的天，拱形的大地，日月星辰附着天而平转，不能转到地的下面。西汉末扬雄提出难盖天八事，给盖天说以致命的打击。

浑天说在西汉有了很大发展，经落下闳、鲜于妄人、耿寿昌、扬雄等人的努力，它渐为人们所接受。浑天说的杰出代表则是东汉的张衡（78—139），他在《浑天仪注》中指出大地是个圆球，形象地说明了天与地的关系。又指出天体每天绕地旋转一周，总是半见于地平之上，半隐于地平之下。但他说“天表里有水”的说法，却是一个重大的缺欠。张衡在《灵宪》中又指出，浑圆的天体并不是宇宙的边界，“宇之表无极，宙之端无穷”，明确表达了宇宙无限的思想。浑天说是一种地球为中心的宇宙理论，在当时的历史条件下，它能比较近似地说明天体的运行，故对后世产生了很大的影响。

宣夜说由东汉的郗萌作了系统的表述，他否认有“固体”的天球，从而打破了有形质的天的概念，他指出“日月众星，自然浮生虚空之中，其行其止皆须气焉。”^①日月众星悬浮于宇宙空间，并依靠气的作用运动，描述了一幅日月众星在物质的无限空间运动的图景。宣夜说的这些思想在人类认识宇宙的历史上有极其重要的意义，可惜它没有对天体运动的规律作更具体的论证，还只是一种思辨性的论述，所以它的影响远远不及浑天说。

2. 数 学

秦汉数学思想有两大特点：第一，这个时期数学思想的发展与社会有密切的关系。社会变革和生产发展给数学提出了不少

^① 李淳风：《晋书·天文志》。



急需解决的测量和计算问题。如实行按田亩多寡纳税的政策,就需要测量和计算各种形状的土地面积;合理地摊派税收就需要进行各种按比例分配和摊派的计算;大规模的水利工程、土木工程需要计算各种形状的体积以及如何合理地使用人力、物力;商业、贸易的发展,需要解决各种按比例核算等问题^①。这些问题在湖北江陵张家山出土的竹简《算数书》中就有涉及。《算数书》抄写于西汉初年(约公元前2世纪),成书时间更早。全书采用问题集形式,共有60多个小标题,90多个题目,包括整数和分数四则运算,各类比例问题,各类面积和体积问题等。它与《九章算术》有些关系,有些内容(如“合分”、“少广”等)与《九章》相近,甚至文句都很相似,但有些内容(如“相乘”、“增减分”等)则是《九章》没有的。《九章算术》大约成书于东汉初年(公元一世纪)。它也采用问题集形式,列举了246个数学问题及其答案,并在若干具体问题之后,叙述这类问题的解题方法。在这部书中提出的负数概念,开平方和开立方的方法,多元一次联立方程组问题及解法都是世界上最早的。负数的出现,反映出对意义相反数量的正确理解,从而实现了数的范围的一次新扩充^②。第二,这个时期数学思想的发展与天文学有密切的关系。天文历法的进步促进了数学的发展,而数学的发展也为天文历法提供了有力的工具。大约成书于公元前一世纪的《周髀算经》,就是一部解释盖天说的天文学著作,但里面有许多数学内容。如勾股定理及其在测量上的应用,相似直角三角形对应边成比例的定理,开平方和等差级数,复杂的分数运算等,都是中国古代杰出的数学成就和数学思想。

① 杜石然等编著:《中国科学技术史稿》上册,科学出版社,1982年,第182页。

② 白寿彝总主编:《中国通史》第四卷下册,上海人民出版社,1995年,第631页。

东汉晚期,天文学家刘洪在《乾象历》中用“强”、“弱”来表示某数的过剩近似值和不足近似值。他的“强弱”概念与“正负”概念是相通的,其运算与《九章》中的正负数加减运算完全一致。刘洪为了解决由于月球绕地球运行不等速运动问题,提出了一次内插法,这实质上是盈不足术,它使历法精度有所提高,并为研究二次和高次内插法,不等间距内插法,提供了新方向。

3. 物 理

秦汉时期的物理学思想,在《淮南子》、《淮南万毕术》、《黄帝内经》、《论衡》、《春秋繁露》、《潜夫论》等著作中有一些表述。

在《淮南子·主术训》中已认识到移动物体所需之力比举起物体所需之力少:“夫举重鼎者,力少而不能胜也;及至其移徙之,不待其多力者。”这里隐含着摩擦力的思想,举重鼎时,所用之力与鼎重相等;移动鼎时,鼎的重量为地面承担,移动者只需克服鼎与地面的摩擦力即可,故所用之力少。

《淮南子·主术训和说林训》中有动能和势能的思想,如“夫舟浮于水,车转于陆,此势之自然也。”“夫七尺之桡,而制船之左右者,以水为资。天子发号,令行禁止,以众为势也。”这里讲的是动能。“是故得势之利者,所持甚小,其存甚大;所约甚守,所制甚广。是故十围之木,持千钧之屋;五寸之键,制开阖之门。岂其材之巨小足哉,所居要也。”这里讲的是势能。对于弓矢之势,视远近而有别:“矢之于十步,贯兕甲;及其极,不能入鲁缟。”就是说,矢至最大射程时,动能为零,虽薄如鲁缟,亦无力穿人。

秦汉时期,人们对水的浮力和空气浮力都有所认识,如《淮南子·说林训》曰:“抱壶而渡水”,《淮南万毕术》曰:“鸿毛之囊,可以渡江”。《淮南子·齐俗训》曰:“长竹之性浮,残以为牒,束而



投之水则沉,失其体也;金之性沉,托之于舟上则浮,势有所支也。”王莽当政时,为抗击匈奴,曾招募奇术之士,“或言能飞,一日千里,可窥匈奴”。王莽要这个人试飞,此人“取大鸟翮为两翼,头与身皆著毛,通引环纽,飞数百步坠”^①。虽然没有做到日飞千里,但也飞了数百步,是了不起的思想与试验,是人类第一次利用空气浮力作仿生滑翔飞行。

秦汉时期,人们已经有了水的表面张力思想,《淮南万毕术》曰:“首泽浮针”。高诱注云:“取头中垢以涂针,塞其孔,置水即浮。”因头垢有油脂,涂在针表面并塞其孔,针与水便不浸润,当针足够轻的时候,由于水的表面张力作用,便能使针浮于水面。

东汉灵帝中平年间(184—189),掖庭令毕岚曾作“渴乌”,李贤等注云:“渴乌,为曲筒,以气引水上也。”^②这是利用大气压力面制成的虹吸管。

汉代《尚书纬·考灵曜》有一段文字反映了当时的地动思想和运动相对性思想,说:“地恒动不止,人不知,譬如人在大舟中,闭牖面坐,舟行,不觉也。”^③

在《论衡·效力》中有关于物体的内力不能使物体自身产生运动的思想,说:“力重不能自称,须人乃举。……古之多力者,身能负荷千钧,手能决角伸钩,使多自举,不能离地。”《论衡·状留》中有外力的作用因物体重量不同而不同的思想:“湍濑之流,沙石转而大石不移。何者?大石重而沙石轻也。……金铁在地,焱风不能动;毛芥在其间,飞扬千里。”还有物体的形状会影响物体的运动:“圆物投之于地,东西南北,无之不可,策杖叩动,才微辄

① 班固:《汉书·王莽传下》。

② 范曄:《后汉书·张让传》。

③ 李昉等:《太平御览》卷三六引。

停；方物集地，一投而止，及其移徙，须人动举。”又有截面积对压力有直接影响，截面积越大，压力越小的力学思想：“针锥所穿，无不畅达；使针锥末方，穿物无一分之深矣。”《论衡·寒温》中有热的传导思想，明确指出，热是靠气来传导的，愈远，热在传导中损失就越大，因而渐微。

在《春秋繁露·同类运动》中有弦线共振共鸣的思想：“琴瑟报弹其宫，他宫自鸣而应之，此物之以类动者也。”

在《潜夫论·赞学》中有目能视物是由于借物之光，若无外光，目即不见。在《潜夫论·释难》中有两个光源照度叠加的思想：“偶烛之施明于幽室也，前烛即尽照之矣，后烛入而益明，此非前烛昧而后烛彰也，乃二者相因而成大光。”

在《淮南子·览冥训和说山训》中有磁石不能吸引铁以外的物体的思想：“若慈石之能连铁也，而求其引瓦则难矣。”“慈石能引铁，及其于铜则不行也。”

4. 化 学

秦汉时期是中国古代化学的奠基时期，也是中国古代化学思想比较活跃的时期。西汉刘安的《淮南万毕术》中有“白青得铁即化为铜”的话。东汉著作《神农本草经》也提到铁取代铜的现象。这是金属取代作用的典型例子。在《神农本草经》中，提到了某些无机药物的化学性质，如“丹砂，能化为汞。”丹砂是硫化汞，加热后能分解为汞。“空青，能化铜、铁、铅、锡作金。”“曾青，能化作铜。”“石胆，能化铁为铜。”空青、曾青、石胆都是铜盐，它们在一一定的反应条件下，能和别种活性强的金属起作用，取代出金属铜来。多余的活性强的金属又可以在较高的温度下，和生出来的铜成合金。“石硫黄，能化金、银、铜、铁、奇物。”石硫黄就是元素



状硫,它能和多种金属直接起化学变化而生成硫化物。“水银,杀金、银、铜、锡毒,熔化还复为丹。”水银能溶解多种金属而成合金,即“汞齐”。汞能氧化为红色的氧化汞,所以说它“熔化还复为丹”^①。

炼丹术作为原始形式的化学,兴起于战国,经过秦皇汉武的提倡,到东汉已成为一门独立的学问。汉代“五毒方”的升炼,标志着中国医药化学的开端。西汉的炼丹术著作《三十六水法》记载有溶解 34 种矿物和两种非矿物的 54 个方子,从这些方子可以看到,当时已知利用硝石和醋的混合液来溶解金属或矿物。东汉魏伯阳等人著的《周易参同契》,奠定了中国炼丹术的理论基础,它以周易卦象、道家学说、外丹炉火三者合一。东汉末年,狐刚子著的《五金粉图诀》讲了硫能与银、汞化合生成硫化银和硫化汞。硫化汞是“灵丹”之一。在狐刚子的《出金矿图录》中,讲了通过干馏石胆制取硫酸的方法,这是世界上最早的用干馏法制硫酸法。在这部书中还首次提出了冶炼金银的“吹灰法”。

中国古代四大发明之一的纸,是在秦汉时期发明的,最初是用蚕丝作原料造丝纸,后来逐渐采用了植物纤维麻和麻织品作原料造麻纸,又用树皮、鱼网和破布作原料造蔡伦纸(作麻纸、谷纸、网纸)。造纸术的发明是中国人对人类文化的重大贡献。

5. 生物

秦汉时期,生物分类思想比较突出。《尔雅》将植物分为草、木两大类,又按植株形态把木本植物分为三型:高耸的“乔木”,

^① 袁翰青:《中国化学史论文集》,生活、读书、新知三联书店,1956年,第240~242页。

丛生的“灌木”和无枝的“檉木”。将动物分为虫、鱼、鸟、兽四大类,大类之下又分小类,如兽类中又分鹿、虎、熊、狸、猩猩、马、鼠、牛、羊、犬、豕等,相当于现在的“目”和“科”。这种分类方法比较完整地反映出动物分类阶元思想,有许多内容符合近代的分类体系。

在《淮南子·天文训》、《论衡·顺鼓》中有月亮周期对水生生物有影响的论述。在《尔雅·释鸟》中有动物共栖的记载。《汜胜之书》中有植物生态环境如水、土壤、阳光、空气、温度等对植物生长发育有影响的论述,并把这种理论应用到农业生产中去,使农作物增产。《论衡·物势》中有生物遗传思想,明确指出各种不同生物种类性状的遗传性。《论衡·奇怪》中有不同种类的生物不能交配和繁殖的思想。《尔雅》、《论衡·讲瑞》中有生物变异思想,认为“种类无常”。《汜胜之书》则利用生物的遗传和变异性来选育良种,把科学成果转化为生产力。《淮南子·地形训》中有生物进化思想,据苟萃华的研究^①,《淮南子》中已有明确的“类”的概念。更重要的是,已把每类动物、植物的系统进化过程作了描述,尽管并不准确,但已意识到所有的动物都有一个共同的祖先类型,叫湿玄。湿玄派生出两支即“毛风”和“羽风”。“毛风”又演变出肢(人类)和毛(兽类);“羽风”又演变出羽(鸟类)、鳞(鱼类)、介(龟鳖类)。而且每一类动物、植物也都有一个原始型,如人类的原始型是“肢口”,兽类的原始型是“毛犊”等等。最后归纳为:“五类杂种兴乎外,肖形而蕃。”认为这五类不同的动物各按其自身性状特征而繁衍下去。虽然在植物方面说得不如动物那样明确,但不

^① 苟萃华:《再谈〈淮南子〉书中的生物进化观》,《自然科学史研究》1983年,2卷2期。

难看出作者已经有了一个生物是在变化发展的进化观念。

6. 农 学

秦始皇统一全国后,采取重农政策,把从六国贵族手中没收的大量土地分配给农民,不论耕种与否,一律按授田数目缴纳租税。用法律保护农民土地所有权不受侵犯。鼓励移民垦荒,把农民的余粮集中在国家手中,农民“家不积粟”。秦朝的重农政策是为战争服务的。

汉代也推行重农政策,但不是为战争服务,而是为了治国安天下,为了发展国民经济,促进社会繁荣。

汉代已形成了我国传统农学体系,据《汉书·艺文志》记载,西汉的农书有《董安国》十六篇、《蔡葵》一篇、《汜胜之书》十八篇,前两种已散失,只有《汜胜之书》流传到北宋初年。现在的《汜胜之书》是后人辑佚的。东汉的农书现在只有《四民月令》辑佚本流传。《汜胜之书》的农学思想主要是以系统的观点,将整个农作物栽培过程作为一个有机整体进行安排和实施,从理论和技术上阐明了掌握农时,疏松土壤,施肥、保墒、及时中耕除草、及时收获的重要性,提出了各种耕作方法,如区田法、溲种法、耕田法、种麦法、种瓜法、种瓠法和种芋法。创造了穗选法,为人工选择培育良种开了先河。此书为我国传统农业在作物栽培总论和各论方面奠定了基础。

《四民月令》按一年12个月和节气先后安排农事活动和手工业、商业经营事项,还夹杂有祭祀、社交、子弟教育、社会关系处理、习射、饮食、采药、晒书、晒衣服、保藏弓箭衣服等内容。对农业生产有一定的指导作用。书中最早记载了水稻移栽和树木压条繁殖法。这种形式的农书,是《四民月令》首创,它也是汉代

农书的代表作。它主要体现掌握农时这样的农学思想。

7. 地 学

秦汉时期水文学思想比较活跃,秦朝的水系著作《水经》^①描述了26条水道的发源地、流向和归宿,叙述的基本地理事实与《汉书·地理志》及汉代《水经》没有矛盾。所记水道分布范围,大体与秦的疆域相当。

汉末《水经》是一部争议较多的作品,它的写作年代和作者,至今无定论。按《唐六典注》的说法,此书共记水道“百三十七”,每条水道各成一篇。描述时以水道为纲,记述每条水道的发源地、流向、流经地区、归宿、主支流的分布关系等,反映了作者重视水系的整体研究思想。

秦汉时期人们对地图很重视,刘邦入咸阳,萧何“独先入,收秦丞相御史律令图书藏之”。秦朝有《秦地图》,汉代有《舆地图》、《军阵图》、《地形图》、《驻军图》、《城邑图》、《郡图》、马援用米堆成简易地理模型等,地图的种类和使用范围都比较广泛。特别是用米堆成简易地理模型则是一种创新,是后世地理模型的发端,是新的地图思想火花。

西汉著名历史学家司马迁在《史记》中体现了他创新的3种地理思想:第一,经济地理思想。《史记·货殖列传》是中国古代经济地理学的发端,描述了两千年前中国经济地理的概貌。第二,水利思想。他首创的《史记·河渠书》,系统论述了前代治水史实和当代(西汉)的防洪、航运、治理黄河、全国各地的农田水利建设等。第三,域外地理思想。他根据张骞出使西域的报告,写成了

① 周振鹤:《被忽视了的秦代〈水经〉》,《自然科学史研究》,1986年,第1期,第49~53页。



《史记·大宛列传》，这是中国最早的域外地理著作。而匈奴、南越、朝鲜等列传则是中国最早的边疆和域外地理著作。

东汉历史学家班固首创《汉书·地理志》，这是中国第一部以地理命名的著作，是历代记述疆域政区地理的始祖，又是中国沿革地理的发端。这种体例，为中国两千年来沿革地理著作树立了规范。在这部著作中，还体现了巩固的人口地理、矿产地理、手工业地理、灾害地理、经济地理和域外地理思想。

中国历史与地理相结合，产生了方志著作。秦汉时期，由于中央集权制度的确立与发展，特别是郡县制度的确立与发展，使中央政权迫切需要了解全国各地的地理情况和政治经济情况，从而促进了地方志的产生与发展。东汉有全国性的区域志，如应劭的《十三州记》和《地理风俗记》。《后汉书·西域传》中已有“方志”的正式名称，汉代方志数量据《中国古方志考》载，至今有名可查的两汉方志约 50 种，可惜绝大部分失传了，现存辑佚本有《三辅黄图》、《辛氏三秦记》等。

秦汉时期气象学思想有了显著的进步，人们不仅仅是观察、记录天气现象，而且要探究产生天气现象的原因，有了初步的天气预报活动。如风是什么？王充《论衡·感虚》指出：“风者，气也。”风是一种物质，这种物质就是气。关于云、雨的成因，《黄帝内经·素问》回答说：“地气上为云，天气下为雨，雨出地气，云出天气。”《论衡·说日》曰：“雨之出山，或谓云载而行，云散水坠，名为雨矣。夫云则雨，雨则云矣。初出为云，云繁为雨。”董仲舒在《雨雹对》中讲了雹的成因：“雹，霰之流也。阴气暴上，雨则凝结成雹焉。”^①在《黄帝内经·素问》中有大气成层的思想，说：“地有高下，

^① 《古文苑》卷十一引。

气有温凉,高者气寒,下者气热。”汉代谈天气预报的书主要有《淮南子》、《易飞候》、《周地图记》、《论衡》、《农家谚》等。预报的方式是:第一,以动物的活动方式作天气预报;第二,观察云的形状作天气预报。

8. 技 术

秦汉时期的技术思想表现在5个方面:第一,技术为政治服务。秦汉时期的建筑技术为军事防御服务,修建了万里长城。为皇帝服务,修建了宏伟、华丽、壮观的宫殿。为军事服务,制造了各种兵器,开展测量制图。第二,为生产服务。为农业服务,修筑了水利工程,制造了各种农具。为交通运输服务,修筑了驰道和直道,制造了各种车、船。为手工业服务,制造各种手工业工具。第三,为统治者和民众生活服务,制造各种生活日用品。第四,为科学研究服务,制造各种科研仪器。如浑天仪、浑象、圭表、漏刻、风向仪(相风乌)、候风地动仪等。第五,为环境保护服务。1968年河北满城西汉中期中山王刘胜的妻子窦绾墓中出土一件长信宫灯,其设计不仅美观,而且考虑到了环境污染问题。宫女的右臂和身躯中空,烛火的烟炱通过右臂进入体内,从而保持室内的清洁。长沙东门外柳家大山出土西汉鬲翁主缸镫,也是一种可以保护室内空气清洁的铜灯,点燃时,烟焰通过灯盖进入烟管,到达缸内,溶于水中,可以防止室内空气污染,有利人体健康。此外,在长沙北门桂花园出土的牛灯,长沙杨家大山墓出土的两个铜灯,广西合浦出土的两件风灯,都是西汉产品,其原理跟鬲翁主缸镫一致^①。充分展现了西汉铜灯制造技术为保护环境服务的思想。

^① 《文物》,1979年,第7期,第92页。

四、三国两晋南北朝时期的科技思想

与秦汉时期的政治大一统相反，三国两晋南北朝时期总的趋势是分裂割据，南北对峙，只有西晋(266—316)短暂的统一，约占这个时期的 1/7 年限。换句话说，在 361 年中，只有 51 年是统一的，其余 310 年均处于分裂割据状态。战争和分裂割据不可避免地对科学技术的研究和科技文献的流传有所破坏，造成损失。但由于各个分立、对峙的政权也有相对稳定的时候，也有发展生产，繁荣经济，发展科学技术的政策，再加上战乱迫使人口迁移，民族融合，所以这个时期的科学技术思想在秦汉的基础上仍有所进步，有所发展，出现了一批杰出的科学技术专家，科技思想比较活跃。

1. 三 国

三国吴人赵爽作《周髀算经注》时，在注文中写了 500 余字的《勾股圆方图》说，简练地总结了两汉时期勾股算术的辉煌成就，使勾股定理和其他关于勾股弦的恒等式获得了相当严格的证明，也为二次方程解法提供了新的思路。东汉末徐岳写了《九章算术注》二卷，惜已失传。

刘徽在魏陈留王景元四年(263)作《九章算术注》，注文对《九章算术》的大部分数学方法作出了相当严密的论证，对一些

概念给出了明确的解释，从而为中国古代数学奠定了坚实的理论基础。所提出的许多新思想、方法、原理和获得的新成果，对后世数学发展产生了积极而深远的影响。此外，他还有《重差》一卷，后来改名为《海岛算经》，对重差术作了系统的总结，用以解决复杂的测量问题。重差术是当时世界上最先进的用于测量的数学方法。刘徽把极限思想和极限概念运用于解决实际的数学问题，是一个创举。他运用极限思想证明圆面积公式，并由此发现圆周率的正确求法，求出了 $\pi=157/50$ ， $\pi=3927/1250$ 。运用极限方法完满地证明了在一个堑堵内阳马（四棱锥）与鳖臑（三棱锥）的体积之比为 2:1，从而由堑堵（楔形）体积公式证明出阳马、鳖臑体积的公式。他处理弧田术（弓形面积公式）的求微数作法，是极限思想在近似计算中的应用。开方不尽时求微数的思想，以及对两立体截面积与体积关系的认识，无不与极限和无穷小分割的思想紧密地联系在一起^①。这些数学思想是解析几何、微积分等现代数学方法的基础，是非常杰出的数学思想。

三国魏时，杨伟在《景初历》(237)中，明确提出了计算交食亏起方位角和食分的方法，在交食推算与预报进一步数量化道路上迈出了重要的一步。

孙吴两晋的太史令陈卓汇集甘、石、巫咸三家星图，编成 283 官、1464 颗星的星表，并绘制出总括三家星官的圆形盖天式全天星图，还写了占卜文字。他的成果在我国历史上沿用了一千多年。陈卓还撰著有星占著作《天官星占》十卷、《万氏星经》七卷。上述星表、星图和星占著作均已失传。

^① 郭书春：《古代世界数学泰斗刘徽》，山东科学技术出版社，1992 年，第 226-249 页。



孙吴时,葛衡曾制造过一架别致的浑象,它是一个直径比人体身高大些的空心球,在球面上布列星宿,各星均穿成孔窍。有人居于空心球内时,可以看到从孔窍中透过来的光,就宛如看到天上的星星一般。此浑象形象地演示了星宿的出没运行,是近代天文馆中天象仪的远祖。

三国时,有一些巧妙用力的力学思想,如魏明帝时,建造凌云台之前,预先做出精密的设计,建台时又“先称平众木轻重”,楼台建成后,“无锱铢相负揭”,即高低之差很微小。尽管台建得很高,常随风摇动,但仍保持了力系的平衡,不会倾倒。后来魏明帝登台,惧其势危,令人用大材扶持,结果楼台反而倒塌了。当时的人议论说,台之所倒塌,是由于“轻重力偏”的结果^①。这个事例反映了当时建筑师具有较高的力系平衡知识,有巧妙利用力系平衡的设计思想。

在《三国志·邓哀王冲传》中记载了曹冲用船称象的故事,说明当时已有利用水浮力称量重物的思想。

在《三国志·吴书》中,记载年仅12岁的虞翻就听人说琥珀不取腐芥,反映了当时人们所具有的静电知识。草芥要被琥珀吸引,必须是在干燥的条件下,用毛皮、丝绸摩擦琥珀,产生静电,在带静电的琥珀接近草芥表面时,草芥表面也形成带相反极性的静电层,电荷的特性是同性相斥,异性相吸,这样极性相反的草芥就被琥珀所吸引。而腐芥含有水分,本身已成为导体,不可能形成带相反极性的静电层,故不能被琥珀吸引。

三国魏曹植有一首《矫志》诗,说“磁石引铁,于金不连。”此处的“金”是指铁以外的金属。表明当时的人已知磁石只能吸铁,

^① 刘义庆:《世说新语·巧艺·第三一》。

不能吸其它金属。

《三国志·魏书》中有乌丸、鲜卑、东夷等列传,记述了当时我国的边疆和邻国地理。在《东夷列传》中,所述倭(今日本)地理情况比较详细,是我国记载日本地理的最早文献。

三国时期的地方志,比较有名的有譙周的《巴蜀异物志》、《三巴记》,万震的《南州异物志》,沈莹的《临海水土异物志》,吴人顾启期的《娄地记》等。由于这些著作所记长江以南的草木、禽兽、矿物不同于中原,所以被认为是“异物”。

三国吴人陆机,写了一部专门针对《诗经》中提到的动物和植物进行注释和描述的专著《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》,原著已佚,今有罗振玉辑本,分上、下两卷。在这部著作中既有动植物分类思想,又对所记动植物的形态、生态、产地和用途进行了描述。

曹魏时扶风(今陕西兴平东南)人马钧是一位杰出的机械发明家,他改进了织机和翻车,制造了指南车、水转木偶百戏,改进了连弩和发石车。

2. 两 晋

公元第四五世纪的《孙子算经》和《夏侯阳算经》两部数学书,反映这个时期的数学思想。传本《孙子算经》不完全是原本内容,而是有后人改窜和附加的内容。其中“物不知数”问题的解法被西方数学家称为“中国的剩余定理”。大约在3世纪中历法工作者开始应用剩余定理计算上元积年,因此《孙子算经》中“物不知数”问题解法很可能是依据当时天文学家的上元积年算法写出来的^①。

^① 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1992年,第78~79页。



唐初立于学官的《夏侯阳算经》于北宋初失传，元丰七年（1084），误取公元8世纪中的算术书作为《夏侯阳算经》刊刻，其中征引了《夏侯阳算经》原文约600余字。这600余字概述了筹算乘除法，分数法则，解释了“法除”、“步除”、“约除”、“开平方除”、“开立方除”五个名词的意义。其它内容则无法查考了。

东晋天文学家虞喜（281—356）领悟到经过一个回归年之后，太阳并未在天上走一周天而回到原处，应该“每岁渐差”，于是提出“天自为天，岁自为岁”的新概念。经过他的估算，得出天周与岁终岁岁微差，每50年会差一度，名为岁差。岁差的发现是这个时期最重要的天文学思想的进步，它使太阳在黄道上运行一周的恒星年和四季变化的周期——回归年这两个概念区分开来，对于历法推算和恒星位置的测定都有重大的作用^①。

虞喜提出的“安天论”，发展了宣夜说的宇宙无限思想，认为天高没有边际，地深无法勘测，天在上有安定的形态，地在下有静止的实体，天地彼此覆盖，形象相似，天圆地方的说法是不对的。日月星辰各自运行，有它们自己的规律，就像江海有潮汐，万物有行止一样^②。

晋朝人葛洪在《抱朴子·内篇·杂应》中记载了当时人们利用空气的反作用力制成飞行器飞车的事，飞车是类似竹蜻蜓之类的玩具，状如现在的电风扇，其叶片从轴心按一定方向顺次斜插，可借助空气浮力升空。其中所说的“剑”是通过牛革绳以旋动轴心的拉弓。近人王振铎对此飞车作了精审的考证和复原^③。此

① 白寿彝总主编：《中国通史》第五卷下册，上海人民出版社，1995年，第949页。

② 李淳风：《晋书·天文志》。

③ 王振铎：《葛洪〈抱朴子〉中飞车的复原》，《中国科技史料》，1985年，第1期。

外在晋人郭璞的《山海经注》“海外西经”和张华的《博物志·外国》中也有飞车的记载,说明当时人们对空气浮力有较深的理解^①。

西晋孟康是第一次发现十二支律管的内径不应完全相同的学者。他在注《汉书·律历志》中试图以缩小管内径的方法校正律管,可惜史书没有留下他的全部数据。西晋荀勖第一次发现了管口校正数,正确地解决类似笛的管口校正问题。他创建了笛律,并且第一次以缩短管长的方法正确而成功地校正了他的复杂的笛。他的成功是中国声学史上的一大成就^②。

晋人张华对共鸣现象具有一定的知识,并且知道用磨掉振动体体积,改变重量,达到改变固有频率来消除共鸣的科学方法^③。

晋人郭璞对磁石吸铁,琥珀取芥的解释是“气有潜通”,认为是由于两种物体均有“气”的“潜通”的缘故,这是对先秦元气说的发展和具体运用。

葛洪的《抱朴子·内篇》是中国也是世界炼丹术史和化学史的重要文献。他通过对炼丹术的体验和思考,已朴素地认识到物质变化是自然界的普遍规律。他记载的炼制黄色铜砷合金的过程,是中国关于砷黄铜炼制法的最早记录。他对炼制彩色金(SnS_2)的记载是世界上现存最早的记录。他记载的用硝石、玄胴肠(猪大肠或猪脂)和松脂按不同组合顺序处理雄黄,可分别得到单质砷或氧化砷。这些化学反应已经为模拟实验所证实^④。这

① 白寿彝主编:《中国通史》第五卷下册,上海人民出版社,1995年,第959页。

② 戴念祖:《中国声学史》,河南教育出版社,1994年,第228、349、352页。

③ 刘敬叔:《异苑》卷二。

④ 郑同、袁书玉:《单质砷炼制史的实验研究》,《自然科学史研究》,1982年,第2期。



是我国人工制取纯净砒霜的最早记录，在制药化学上具有重要意义。

葛洪在《抱朴子·黄白篇》中提出了人工可以用药物造雨、造冰、造雪的思想是现代人工降雨、人造冰雪的先声，其影响非常深远。葛洪还从化学实验和其他实物的变化中产生了物种变化思想。如驴和马交配可以产生非驴非马的骡。

嵇含著的《南方草木状》，徐衷著的《南方草物状》已有把南岭作为我国南北植物分布界线的思想。指出芜青不能生长在南岭以南，即使种植到南岭以南，也要发生变异。在《南方草木状》中，记载了南方果农利用捕食性昆虫防治害虫的生物防治思想，至今仍有很高的现实意义。

这个时期，地学方面出现了一些新的思想，如裴秀的制图思想，葛洪的“沧海桑田”地壳变动思想，利用信风航海的最早文献《法显传》，对地方志体例创新的《华阳国志》等。

裴秀的制图思想是“制图六体”，影响中国地图学达 1500 多年。西方学者赞誉他是“中国科学制图学之父”，“完全可以和欧洲古代著名地图学家托勒密(Ptolematus Claudius)相提并论^①。“制图六体”的具体内容是：第一，分率，即比例尺；第二，准望，即方位；第三，道里，即人行道路的距离。第四，高下，第五，方邪，第六，迂直，后三条连在一起，彼此关系密切，是将人行道路距离变成水平直线距离的具体演算方法。“制图六体”在中国地图学发展史上具有划时代的意义，裴秀是中国古代地图学理论的奠基人。

葛洪在《神仙传》中提出了“东海三变为桑田”的地壳变动思

^① 李约瑟：《中国科学技术史》中译本，第五卷，第一分册，科学出版社，1976年，第108、115页。

想,后来演变出“沧海桑田”这个成语。它正确地表达了中国古代的海陆变迁思想,在地质学史上有重要意义。

《法显传》是中国关于信风和南洋航船最早最系统的记录。书中对全部海程和航路航船有明确记载,特别是从印度恒河口南航斯里兰卡,从斯里兰卡东航苏门答腊,从苏门答腊北航山东半岛的连续三次因季节转换而乘不同方向的信风航海记录,在中国文献中是首次。

晋人常璩写的《华阳国志》对地方志体例的创新主要有两个方面:第一,历史、地理、人物三结合,开创了地方志综合记载一个地区政治、经济、军事、文化、人物、地理、科技等各项史实的先例。第二,地理志、编年史、人物传三结合。这是常璩对中国方志编纂学的一个重要贡献。

两晋时期,佛教寺院盛极一时,多建筑在洛阳、建康一带。寺院里多建有浮图,佛殿僧房也模仿天竺形制。石窟建筑最早是新疆库车的克孜尔石窟,其次是甘肃敦煌的莫高窟。这是印度宗教建筑思想传入中国的结果。

3. 南北朝

5世纪中叶成书的《张丘建算经》主要贡献有3项:一是等差级数求和与项数的解法;二是直接解盈不足问题;三是百鸡术。书中有些创设的问题和解法超出了《九章算术》的范围,这是本书在数学上的特殊贡献。

刘宋时祖冲之钻研了《九章算术》刘徽注之后,认为数学还应该有所发展。他把自己的想法写成数十篇专题论文,附缀于刘徽注之后,叫它“缀述”,也就是他的九章注。他在33岁以前,对于圆周率和球体积已有深入的研究,是“缀述”的重要组成部分。



其子祖暅之继承父训,写成《缀术》六卷(或五卷)。《缀术》包含父子二人的精心杰作,问题解法比较深奥,可惜此书早已失传。祖冲之在数学方面的重大贡献有三项:一是圆周率,二是球体积,三是开带从立方。刘徽在注《九章》时指出,《九章》中的“开立圆术”所使用的球体积公式是错误的,他设计了牟合方盖,指出了解决球体积的正确途径,但是他未能求出牟合方盖的体积。刘徽的未竟之业,由祖冲之父子完成了。祖暅之在刘徽的基础上提出等高的两立体,“幂势既同,则积不容异”的原理,即祖暅之原理,并借助此原理求出了牟合方盖的体积,从而彻底解决了球体体积的计算问题。

北周的甄鸾著有《五曹算经》、《五经算术》和《数术记遗》三种数学书。

公元6世纪,张子信发现“日行在春分后则迟,秋分后则速”的太阳视运动不均匀现象,这是继岁差之后又一划时代的天文发现。张子信还发现了五星运动的不均匀性和视差对交食的影响。他的三大发现在历法史上都有重大的意义。

北凉赵馥在《元始历》中第一次打破旧闰法,提出每600年中有221个闰月的闰周,使回归年和朔望月之间的关系得到更好的调整。祖冲之在《大明历》中更进一步提出每391年设置144个闰月的闰周,得到了更为精密的结果。《大明历》是第一部将岁差引入历法的创新历法,并为后世历家所遵循。刘宋元嘉二十二年(445)颁用何承天的《元嘉历》,改进了虞喜的岁差值,推得岁差每百年差一度。采用回归年长度为365.2467日。创用定朔算法,使朔望与月球实际位置相符,是中国历法史上的一大进步。

南北朝时期成书的《关尹子》载:“瓶有二窍,以水实之,倒

泻,闭一则水不下,盖不升则不降;井虽千仞,汲之水上,盖不降则不升。”这是一个有关大气压力的实验。当瓶倒覆时,二孔之中只有一孔进入空气,另一孔才可出水;若闭其一孔,即不让空气进入瓶内(不升),则另一孔的孔面就会被空气所阻,水也不会流出(不降)。井筒汲水,气从筒外降至井之水面,则水可从筒汲上;若气不降(把井口密封,空气进不去),则井水汲不上(不升)。当时虽然还没有明确的“大气压力”概念,但已知空气具有阻遏水流动的能力,或者说具有浮托水孔中的水的能力^①。

刘宋名臣何承天在音乐方面创制了新律。他将三分损益的古代音差(0.1212寸)平均分作十二份,然后将平均值(0.0101)累加到各律的旧律度上,照此,他经过三分损益十二次计算之后,使第十三律黄钟和起始律的黄钟同长。从而“十二旋宫,声韵无失”。其效果很接近十二等程律^②。

刘宋朝雷敦应用静电知识来辨别琥珀真假的的思想是可贵的,他说:“琥珀如血色,熟于布上拭,吸得芥子者真也。”^③就是说,只有真琥珀经过摩擦才会产生静电,可以拾芥,假的不行。

南北朝时人们对雷击现象有了新的发现和思考,《南齐书·五行志》载:“永明八年(490)四月六日,雷震会稽山阴恒山保林寺,刹上四破,电火烧塔下佛面,而窗户不异也。”保林寺塔顶因为有金属,佛面有金粉或金箔,都是导体,当雷暴时,高能量的雷电使塔顶及佛面形成瞬时强电流,导致金属、金粉熔化,而木质窗户无恙。

① 白寿彝总主编:《中国通史》第五卷下册,上海人民出版社,1995年,第958页。

② 戴念祖:《中国声学史》,河北教育出版社,1994年,第238页。

③ 雷敦:《雷公炮炙论·琥珀》,王兴法辑校,上海中医学院出版社,1986年。



刘宋陶弘景在炼丹过程中积累了许多化学知识,体现了他的化学思想。如汞齐,他说:“水银有生熟……今烧粗末朱砂所得,色小白浊,不及生者,甚能消化金、银,使成泥,人以镀物是也。”^①说明当时金、银汞齐的应用比较普遍。他用燃烧法鉴别硝石(硝酸钾),说:“强烧之,紫青烟起,仍成灰,不停沸如朴消,云是真消石也。”^②这种方法是近代化学用火焰法鉴别钾盐的先河。

陶弘景编著的《本草经集注》收入药物 730 种,他打破《神农本草经》的三品分类法,把动、植物纳入草木、虫兽、果菜、米食等五大类。在大类中再分上、中、下三品,把三品分类降到很次要的位置。

刘宋时戴凯之著《竹谱》,讲了竹类植物的特点,地理分布,各种竹的名称、形态、生境、产地和用途。据《初学记》记载,《竹谱》原书记载了 61 种竹,今本所见只有 30 多种,所记竹种类之多是空前的。作者还认识到竹林有 60 年开花枯死,再经过 6 年又自然复新的现象。这是我国最早的竹类植物专著,对后世各种植物谱的产生有深远的影响。

梁代出现了新的探矿理论著作《地镜图》,原书已佚,现在只能从后人的引文中看到部分内容。主要思想观点是把地表植物与地下矿藏联系起来,开创了地植物找矿的新领域、新思想和新方向。它的理论是现代指示植物找矿或生物地球化学找矿方法的肇端。

在陶弘景的《本草经集注》中,记载矿物 43 种,大部分矿物名称沿用至今。书中记载的琥珀成因学说也是比较早的。

① 李时珍:《本草纲目》卷九,朱砂条引。

② 陶弘景:《本草经集注》。

北魏酈道元著的《水经注》，是以替《水经》作注的形式写成的地理名著。他以水道为纲，将河流流经地区的古今历史、地理、经济、政治、文化、社会风俗、古迹等作了尽可能详细的描述。河流数目由《水经》的 137 条增加到 1252 条，而文字则 30 倍于《水经》，达到 31 万多字，成为当时一部内容空前丰富的地理巨著，是北魏以前中国地理的总结。酈道元的地学思想主要有 4 个方面：第一，环境变迁思想。认为环境是不断变化的，不是静止不变的。同时环境变迁是可以认识的。第二，人地关系思想。认为人类能够改造自然，变不利为有利。社会变迁对地理有很大影响，如社会上朝代更替，造成政区变化、地名变化。第三，关于流水侵蚀、搬运和沉积作用的思想。酈道元从分析与看到的地理现象中阐明了流水侵蚀、搬运和沉积的原理，把流水侵蚀、搬运和沉积作用有机地联系起来。这种把三项流水作用联系起来的思想在中国和世界是最早的^①。第四，地名学思想。他总结了前人郡级命名六个方面的原则，其它地名命名的 24 类原则，可见他的地名学思想非常丰富，至今仍有参考价值。

南北朝的农学思想体现在 7 个方面：第一，改进农具。改进的办法一是提高制造农具的原材料质量；二是增加农具的种类，以适应各种农活的需要；三是以水为动力的农产品加工机械普遍应用，促进了食物构成的变化和麦类作物种植的推广。第二，北方干旱地区创制了耨一耙一耨，一整套土壤耕作技术，在一定程度上起到了保墒防旱的作用。第三，发展轮作复种制。在南方水稻区开发了双季稻或三季稻；在黄河中下游地区采用两年三

^① 杨文衡：《酈道元的科学思想》，《科学技术与辩证法》，1992 年，第 2 期，第 1~5 页。



熟制,实行间、混、套种方式,充分利用地力和太阳光能。第四,广泛栽培绿肥,培养地力。第五,选种育种,培育新的优良品种。第六,提高田间管理技术。在水稻生产中出现了烤田技术;在北方中耕除草趋向精细,注意冬灌和冬雪蓄墒,注意防治病虫害。第七,提高粮食储存技术。这些农学思想在《齐民要术》中都有记载。

南北朝时期,佛教寺院建筑在各地普遍兴起,甘肃、陕西、山西、河南、河北、山东、辽宁、江苏、四川、云南等地相继出现石窟建筑。著名的有山西大同云岗石窟、河南洛阳龙门石窟、山西太原天龙山石窟等。石窟的壁画、雕刻、前廊和窟檐等方面所表现的建筑形象,是研究这个时期建筑思想的重要资料。

建造自然风景式的园林成为这个时期的时尚,北魏末期贵族住宅后部往往建有园林,园中有土山、钓台、曲沼、飞梁、重阁等,或叠石造山,或聚石引泉,企图制造一种比较朴素自然的意境。

北魏时期,青瓷烧造技术传到中原,以后又发展了黑瓷和白瓷。白瓷的产生,为我国制瓷业开辟了广阔的前程。

五、隋唐五代时期的科技思想

经过三国两晋南北朝 300 多年的分裂割据,至公元 581 年,隋文帝灭周建立隋朝,统一全国。隋朝虽然只存在 37 年,但在统一的政治局面下,干了几件大事:第一,改地方三级制为两级制;第二,兴建大兴城;第三,开南北大运河;第四,对外交通。这几件大事反映了隋朝的科学技术成就和科技思想。隋朝虽然短暂,但正如范文澜讲的它“对历史是一个有贡献的朝代”^①。由于隋炀帝的暴虐,迫使农民起义,最后李渊父子于公元 618 年建立唐朝。

唐朝 290 年的统治中,有治也有乱。贞观之治,开元之治,使唐朝经济繁荣,科学文化发达,国力强盛。而安史之乱,藩镇割据,朝官与宦官之争,朋党之争,导致唐王朝衰落,最后统一的唐朝崩溃,出现分裂的五代十国。

1. 天文

隋朝的刘焯是位在数学和天文学上都有较深造诣的科学家,其著作有论述“历家同异”的《稽极》十卷,《历书》十卷。他制定的《皇极历》,是当时最好的历法。他在此历中采用了定朔(对

^① 范文澜:《中国通史简编》修订本,第二编第一册,人民出版社,1965年,第30页。



平朔进行月亮和太阳视运动不均匀性的修正所得到的朔称为定朔)的方法代替平朔法(只按日月的平均视运动来计算朔望的方法),并创立了二次等间距内插法,用以推定五星位置和日月食起讫时刻及食分等,还采用定气法来计算日行度数和交令时刻。但在制历中却未考虑定气,直到清代才以定气入历。刘焯先进的历法并没有被采用,而是用曾帮助杨坚夺取政权的星占家、道士张宾制作的《开皇历》。开皇十四年(594),经过比较,证实开皇历粗疏,但杨坚父子仍用开皇历,不用刘焯的历法。

刘焯的许多卓越学术成果到唐朝李淳风制定麟德历时才得到继承和发展。麟德历继承了何承天、祖冲之和刘焯三家的历法成果,是当时较精密的历法。它简化了计算过程,采用定朔方法,废除闰周,直接以无中气的月分置闰月。从此定朔代替了平朔,在后世历法中一直被沿用。

开元年间,唐玄宗强征僧一行入京,令其“考前代诸家历法,改撰新历”^①。一行俗名张遂,从小刻苦学习,“博览经史,尤精历象、阴阳、五行之学”,因不愿与武三思交往而出家为僧,隐居河南嵩山,精研历算。入京后,在前人的基础上,大胆创新。他组织专业人员从事观测,取得了一系列关于日月星辰运动的第一手资料,发现恒星的位置与汉代相比较有了相当大的变化。这个发现使他在制定新历法中废弃了沿用800多年的二十八宿距度数据,采用了新的数据,从而提高了新历法的精度。

一行认识到日月星辰的运动是有一定规律的,通过细心的观测,可以初步了解这些规律,但因人们认识水平所限,对这些规律的认识还有一定的局限性,所以根据这些规律推算出来的

^① 刘昫:《旧唐书·一行传》。

结果,会与实际观测存在误差。从实测中可以修正认识的不足,通过反复观测、修正,就可以得到比较正确的认识。一行在这种思想指导下,从事天文学研究工作,并突破了前人的水平,取得了重大成就。

为了使新编的历法适用于全国各地,一行领导了一项大规模的大地测量。测量地点选择了13处,分布在唐朝疆域的南北两端。测量内容为:第一,每个测点的北极高度;第二,每个测点的冬夏至昼夜漏刻与晷影长度。其中南宫说等人在河南白马、扶沟、浚仪、上蔡四处的测量,证实了自何承天起就被怀疑的汉以前关于“南北地隔千里,影长差一寸”的说法是错误的,纯属臆测。一行从实测中得出了南北两地相差351里80步,北极高度相差一度的结论。这实际上已经创立了子午线一度长度的新概念。换算成现代单位,即南北相距131.11公里,北极高度相差一度。这比现代的测量值偏大约20.17公里。这个成果虽然误差较大,但这是世界上第一次对子午线一度的长度进行实测。据陈美东的研究^①,一行的天文学思想主要有6个方面:第一,他十分重视观测实践,特别是直接的、第一手的实测结果。为此,他从设计制造新天文仪器入手,仪器铸成后便充分利用它们进行测量。他也十分珍视前人观测实践的间接成果,尽量详尽地收集和整理前人的记录。第二,他十分重视接受天象的检验,强调历法不仅必须“有验于今”,而且要“有证于古”。第三,他善于吸收前人的研究成果。他曾对先秦的天文遗产以及“太初(历)至于麟德(历)二十三家之众义”进行广泛、深入的比较研究,汲取其精华,为大

^① 陈美东:《一行》,载杜石然主编《中国古代科学家传记》上集,科学出版社,1992年,第370~371页。

衍历的编制奠定基本的模式。他也曾对印度天文历法知识予以足够的重视,从中获取新思想和新概念。第四,他勇于创新,不满足原有的结论,善于发现疑点,提出问题,而且敢于提出新的结论或解决问题的新方法。第五,他对外国传入的天文学知识,既不排斥,也不盲从。而是通过实践谨慎地加以鉴别和证实之后,才接受下来并赋予它们新的形式和新的内涵,纳入中国传统天文历法体系之中。这是对待外来文化十分正确的态度。第六,一行存在消极的天文学思想。他对日月五星失行之说深信不疑,认为在一般情况下,日月五星的运行是合乎常规的,是可以用历法加以预推的,但是人间政治的清明或腐败,教化高尚或堕落,都将使日月五星的运行突然加速或减速,这就是所谓失行,是历法不能推知的。这是一行把天人感应学说引入天文历法领域造成的恶果。失行说为历法失误提供了主观的、随心所欲的辩护,它阻碍了人们对日月五星运动规律进行精益求精的探索,也对一行的天文历法工作产生了不良的影响。一行还认为,只要天下太平,就不会发生日食等异常天象,还把所谓大衍之数作为历法必须与之吻合的又一根本原则,严重影响了由实测而得的天文数据的本来精度,动摇了大衍历的客观基础,给大衍历蒙上了一层神秘的、主观随意性的色彩。当然,瑕不掩瑜,一行在天文学上的重大贡献使他在中国天文学史上占有重要地位。

唐代天文仪器的设计思想有所进步。贞观七年(733)李淳风设计制造的浑天黄道铜仪充分体现了他的设计思想,主要有两点:第一,吸收北魏铁浑仪底座上设有十字水准的优点,使仪器水平基准得到保障。第二,装置了三个同心圆环。最外是“六合仪”,包括天常、天经、地纬三个圆环。第二重是“三辰仪”,由黄道、白道、赤道三个圆环相交而成,其中黄道环用以量度太阳的

位置,白道环用以量度月球的位置,赤道环是与地球赤道平行的天球大圆,是用以量度除日月以外的其他星辰的位置,环上各有刻度。最后一层是“四游仪”,其中装有窥管和旋转机括。三辰仪可以绕极轴而在六合仪里旋转,作为观测用的四游仪则可以在三辰仪中旋转。这座表里三重包括七八个圆环的浑仪比较复杂,可以用来观测日月星辰在各自轨道上的运行。为了使黄道与白道的交点在黄道上有较快的移动,特在黄道环上打了 249 对小洞,每过一个交点月就把白道移过一对小洞。构思非常巧妙。然而由于设置的圆环过多,有时会阻碍人们从窥管中观测天象的视线,以致看不清楚。所以后来沈括、郭守敬对之作了改正。

开元年间,一行、梁令瓚设计了黄道游仪,于开元十三年(725)用铜制成,置于灵台。这座黄道游仪基本是依照李淳风的浑天黄道铜仪而改正制造的,型号比较小,外重三环圆径均为五尺四寸四分;中间的赤道环圆径四尺九寸,黄道环为四尺八寸四分,白道环为四尺七寸六分;最内的圆径四尺五寸九分。在赤道环和黄道环上都每隔一度打一个洞,使黄道环可以沿赤道环移动,白道环可以沿黄道环移动。一行说它“动合天运,简而易从”。

一行与梁令瓚还设计制造了一架浑象,它是东汉张衡的水运浑象的发展,以巧妙的轮轴结构构成,注水激轮,令其自转,一日一夜运转一周。又安装了自动报时器,似乎已具有类似现代钟表上的擒纵器装置,这在天文史和机械史上是一大创造。

2. 数 学

唐初算学博士、太史丞王孝通经过长期研究,利用开带从立方(即求三次方程的正根)的运算方法,解决工程建设中上下宽狭不一,前后高低不同的坝体或沟渠等工程的施工计算问题以



及勾股问题。他撰注的《缉古算经》一卷,是我国现存最早的开带从立方的算书,凡二十术。

随着天文观测的进步,要求有更精确的方法来进行计算。隋朝开皇二十年(600)刘焯在制定皇极历时,创立推算日月五星运行度数的等间距二次内插法,比东汉刘洪创立的一次内插法精密。但是历法中的节气不是等间距的,日月五星的视运动也不是匀加速运动,所以等间距二次内插法得到的数值仍然有较大的误差。为了提高历法的精确度,唐代一行又在等间距二次内插法的基础上进行创新,在大衍历中创立了不等间距的二次内插法。晚唐时徐昂在长庆二年(822)制定宣明历时,所用内插公式又有所改正,比一行的公式形式上更为简便。内插法的创立和应用,是中国数学思想史上一项重大的创新与突破,是中国数学史上一项重大成就。

隋唐时期进行的数学教育也是值得称道的。隋朝在国子寺设立算学,置博士、助教,招收学生。唐朝显庆元年(656)也在国子监设置算学馆,由算学博士招收学生,学习十部算经。这在我国历史上是首创,在世界史上也是少见的。

为了满足数学教育的需要,唐高宗令太史令李淳风与算学博士梁述,太学助教王真儒等注释《周髀算经》、《九章算术》等10部算经,在“国学行用”^①。李淳风等人在注释《周髀算经》的过程中,根据实际观测,指出了经文和前人对经文作注中的缺陷,有的还逐条校正前人的种种误解。他们的注文还保存了前人的宝贵资料。经过李淳风等注释的“十部算经”,被政府规定为教科书,使这些古算书得以流传至今,是不可磨灭的功绩。

^① 刘昫:《旧唐书·李淳风传》。

唐朝中、晚期,实用算术有所发展,如龙受益的《算法》,江本的《一位算法》,陈从运的《得一算经》,韩延的算书等。这些算术适应商业发展的需要,在简化筹算乘除运算方面作出了可贵的努力,开辟了筹算横列算法之先河,还使用了十进小数。韩延的算书在宋元丰七年(1084)被安上《夏侯阳算经》之名而流传到现在,实际成书于大历五年(770)左右,书中引证了不少算书和当时的法令,结合当时的实际需要,为地方官吏和普通百姓提供了适用的数学知识和计算技术。体现了数学普及思想。

3. 物理、化学

唐代柳宗元以回答屈原《天问》的形式,写了《天对》。在这篇文章中,柳宗元在王充元气说的基础上,进一步论证了元气是宇宙的本原。他把阴、阳、天三者统一于元气,由于元气的作用,才有黑夜与白昼的更替,才有万物蒙昧状态的变化,才有天气的炎热和寒冷。刘禹锡则补充、发展了柳宗元的元气思想,在《天论》中阐述了天也是一种有形的物质^①。

唐代王冰对大气压力有较深的理解,他在《素问注》中说:“虚管溉满,捻上悬之,水固不泄,为无升气而不能降也;空瓶小口,顿溉不入,为气不出而不能入也。”这就是说,把一根空管子灌满水后,将一端严密堵死朝上,然后悬于空中,另一端口向下,管中的水不会往下泄。为什么?因为空气进不去,大气压力迫使水降不下来。又比如,用一个小口空瓶,一下子浸入水中,水灌不进去,为什么?因为瓶子中有空气,一下子浸入水中,瓶中的气体压力不让水浸入。王冰虽然没有用气压这个名词,但他所说的气

^① 郭金彬:《中国传统科学思想史论》,知识出版社,1993年,第103页。

已包含有气压的意思。

唐代已出现利用大气压强制造大型虹吸管来运输河水,灌溉农田,可以为离水源较远的农田吸水,对此,《通典·兵·隔山取水》有详细记载:“渴乌(即虹吸管)隔山取水,以大竹筒雄雌相接,勿令漏泄,以麻漆封裹,推出山外,就水置筒,入水五尺,即于筒尾取松桦干草,当筒放火,火气潜通水所,即应而上。”这里讲的“于筒尾取松桦干草,当筒放火”的作用是把筒中的空气排挤走,就像拔火罐一样,筒中空气排出后,大气压力减小,筒外的大气压力就能把水往上推进,直到筒内外大气压力相等时水才会停止往上走。

唐初孔颖达(574—648)在《礼记注疏》中对彩虹成因作出了科学的解释,曰:“若云薄漏日,日照雨滴则虹生。”这是世界上关于彩虹成因最早的记载。它正确地指出了彩虹成因的三个条件:日照、雨滴、云薄。

隋代耿询,唐代马待封、李皋等人曾造过欹器,体现了重心与平衡的物理原理。隋朝临孝恭还著有《欹器图》三卷,刘暉著《鲁史欹器图》一卷。惜两书均失传。

关于声音,孔颖达在《礼记·月令注疏》中谈到声音要由空气传播才能听见,而空气要有声音来鉴别它的存在,所以,音和气二者相须。唐代成书的《乐书要录》是中国古代声学的重要典籍,惜宋亡佚,但部分传入日本,日本以活字版印刷,仅存第五、六、七三卷。在此书卷五中有一段话讲了3个内容:第一,“声源”,说有形的物与无形的气都可以为声源。第二,讲到声音产生的原因需要两个条件同时存在:有形物的运动或振动;空气随之因循这种运动。第三,讲了音调问题,认为风速则音调高,风缓则音调低,不速不缓则音调适中。上述第二项见解在古代是极为高明

的。南唐(937—975)谭峭在《化书》中谈到由于声音而人们知道气的存在,声音由于空气而使人们能听到它。其中“气振”一词表明他熟知声音与振动的关系,而“风行”一词可能包含有声音在空气中传播的概念。谭峭的这些见解是对古代声学的一大贡献^①。在唐人韦绚(9世纪时人)的《刘宾客嘉话录》中讲了曹绍夔消除共振的故事,反映了曹氏有丰富的声学知识。9世纪晚唐南卓在《羯鼓录》中讲了鼓面张力对羯鼓发声的影响,说若铁捲不匀不刚,造成鼓面拉力不匀,那么鼓声所受的影响就像琴徽不恰好是在泛音音位上一样,这种顽病就很难修治了。

隋唐时期炼丹术蓬勃发展,其中伏火法所体现的化学思想硕果是中国古代四大发明之一的火药的诞生。在唐朝的丹经中,《丹房镜源》记载了用炭伏火硝石的方法,《孙真人丹经》中记载了孙思邈(581—682)的“伏硫黄法”。炼丹家们对伏火法的研究,导致了我国原始火药的发明。炼丹家伏火的方子就是原始火药配药的方子。他们把硝、硫、炭三种物质混合,会出现剧烈的燃烧现象。孙思邈等人用硝石、硫黄各2两,加入3个炭化了的皂角的伏火法,可视为黑色火药的初期配方^②。

隋唐时期,不仅是青瓷、白瓷生产的高峰期,而且开创了有名的唐三彩釉陶,实际上不只三彩,而是多彩陶器。唐三彩的产生据《中国陶瓷史》作者的推测可能是适应唐朝厚葬风气而兴起的,在不太长的时期有了很大的发展^③。唐三彩的产生反映了这个时期化学思想在创新产业中发挥了积极作用,它是一种低温釉陶器,用白色粘土作胎,用含有铜、铁、钴、锰等元素的矿物作

① 戴念祖:《中国声学史》,河北教育出版社,1994年,第54~57页。

② 郭金彬:《中国传统科学思想史论》,知识出版社,1993年,第167页。

③ 中国硅酸盐学会编:《中国陶瓷史》,文物出版社,1982年,第215页。



釉料的着色剂,在釉里加入很多的炼铅熔渣和铅灰作助熔剂,经过约 800℃ 的温度烧制而成。釉色呈深绿、浅绿、翠绿、蓝、黄、白、赭、褐等多种色彩。当然,并不是每件器物都有多种色彩,有的只具备上述色彩中的一种,称为单彩或一彩,有两种颜色的称为二彩,有两种以上颜色的才称为三彩。

中国古代对漆的化学成分及其产生的化学变化过程不清楚,但他们从漆器的外表发生的变化,了解了漆的性能,从而制造发明了各种各样很精美的漆器。隋唐五代的漆器除了在秦汉金银扣器的基础上发展了“金银平脱”(先把金银薄片雕成花纹,胶粘在漆胎之上,上漆后打磨抛光)外,还创造了“剔红”技术,即把朱漆层层涂在木胎或金属胎上,每上一道漆就用刀剔出深浅花纹图案,故称剔红。五代朱遵度著有《漆经》,是世界上最早的漆工专著,惜已失传。

五代初轩辕述著的《宝藏论》中,已有用苦胆水浸制铁铜的记载。苦胆水即硫酸铜(CuSO_4)溶液,把铁放入苦胆水中,铁和铜盐溶液起反应,把铜置换出来。这种化学变化西汉就已经认识了,但将此原理应用于生产,创办新产业则是五代以后的事。五代时期,胆水浸铜法还处于初创阶段,到北宋才广泛应用。胆水浸铜法起源于中国,开创了一种崭新的冶金方法——水法冶金,在世界冶金史上写下了光辉的一页。

4. 生物学

隋唐五代时期生物学知识和生物学思想都比较分散,现将这个时期各种零散的生物学思想收集起来,大致有 7 项内容:

第一,出现了我国也是世界上第一部论述茶叶的科技专著,作者陆羽(728—804)。全书分十经,7000 余字。主要内容有两个

方面：一是茶树的植物学特性及茶叶的加工制造；二是烹茶和饮茶。其中茶树的植物学特性是中国古代生物学的主要内容，体现了陆羽的生物学思想。

第二，对海洋动物的共栖现象有细微的观察和记载，如刘恂的《岭表录异》、段公路的《北户录》和陈藏器的《本草拾遗》都有关于水母与虾共栖现象的记述。段成式在《酉阳杂俎》中记述了蟹和螺类的共生，这种共生体，现在还可以在沿海地区采集到。《岭表录异》中记载了窗贝与蟹的共生关系，并指明了蟹对窗贝的依赖关系。

第三，有关食用菌栽培技术的记载。如《四时纂要》记载了冬菇和两种构菌的栽培技术，《新修本草》记载人工繁殖木耳技术。

第四，生物生态的论述。唐朝孔志约在《唐本草序》中论述了生物生态方面的3个内容：1)由于生长地势不同，生物体所产生的性能也不同。2)由于季节变化，植物所接受的温度、光照、水分不同，人和动物服食之后所产生的功效也不同。3)即便是同一种属的植物，如果离其本土，引种于他地，性质虽同，所产生的功效却有差异。这就把生物的生态条件与生物机体的性能、功效有机地联系起来，而孕含有现代生态系统中关于生物生产的思想萌芽^①。

第五，关于人体寄生虫的论述。隋朝巢元方在《诸病源候论》中论述了蛭虫(蛔虫)的形态和蛔虫病病症。还讨论了寸白虫和蛲虫等多种寄生虫。寸白虫就是寄生在肠中的绦虫。书中指出，“灸食牛肉或食生鱼”都可能感染此病，这是很正确的。无论是牛或是鱼，都可以是绦虫的中间宿主，人类感染绦虫，有的就是由

^① 尙萃华等：《中国古代生物学史》，科学出版社，1989年，第40页。

于吃了没有煮熟的牛肉或鱼肉所致。书中论述了蛲虫的形态,寄居“胴肠”(即大肠)。这也是很正确的。现代医学证明,蛲虫成虫寄生在人的回肠末端盲肠和结肠。此外,这部书中还讲了赤虫(即姜片虫)。

第六,段成式《酉阳杂俎》中的生物学思想。《酉阳杂俎·广动植》中含有以下生物学思想:1)生物分类思想,他把动物分为羽、毛、鳞、虫四类,把植物分为木、草两类;2)生物形态和生态思想;3)生物进化思想;4)生物地理分布思想。

第七,隋唐五代今已失传的生物学著作。《隋书·经籍志三》中有《芝草图》一卷,《种神芝》一卷。在《新唐书·艺文志》中有杨嗣复《毛诗草木虫鱼图》二十卷,王方庆《园庭草木疏》二一卷,缺名《五藏诀》一卷,裴璉《五藏论》一卷,缺名《种芝经》九卷,缺名《芝草图》一卷,段元亮《五藏镜源》四卷。在《旧唐书·经籍志》中有缺名《黄帝十二经脉明堂五藏图》一卷、《五藏诀》一卷、《五藏论》一卷、《种芝经》九卷、《芝草图》一卷。从这些书名中可以看到这个时期人们注重哪些方面的生物研究。

5. 农 学

隋唐五代的农学思想体现在5个方面:

第一,重农政策。隋文帝时,在全国推行均田法。狭乡每丁受田二十亩,宽乡每丁受田八十亩。农民有了土地,也就有了生产积极性,所以隋朝的农业有较大的发展。唐朝建立后也实行均田制,使全国各地大量荒地得以开垦,耕地面积增加。对于积极开垦荒地的农民,即使占地超过了规定的数量,也不加以处罚或收回多占的土地。武则天时,还规定考核地方官吏升降的标准是当地农业生产是否发展。

第二,重视改良农具。农业生产技术的进步,首先要求农业生产工具得到改良。唐朝耕地的主要农具犁,经过不断改良,已经相当完备。在陆龟蒙的《耒耜经》中,所记唐后期江东犁的结构已由 11 个部件组成,已经成熟定型。除犁外,还有新农具铁铧,用来掘土,比牛耕还深。砺砮也是新农具,用以“破块滓,混泥涂也”^①。

第三,重视兴修农田水利。隋唐时期,南方北方都很重视兴修农田水利,据《中国水利史稿》中册第 25 页上的统计,唐朝兴修农田水利工程 253 处,其中灌溉面积千顷以上的 33 处,灌溉面积五百至千顷的 15 处,大量的灌溉面积百顷以下的小型农田水利工程。这些农田水利工程是唐朝农业发展的基础。

第四,创立新的农业经济——茶业。在我国茶树栽培和茶叶加工虽然有悠久的历史,但是作为一个农业经济部门向政府纳税,却是唐朝才创立的。唐朝种植茶树的州郡已有 50 多个,出现了官营的茶园。由于茶叶的生产和加工已成为农业和农产品加工的一个重要部门,所以,唐德宗建中四年(783),唐朝政府建立了茶税制度,成为国家一项重要的财税收入。

第五,众多的农学著作。隋唐五代共计有农书约 20 多种,其中既有综合性的一般农书,也有畜牧兽医、园艺、经济作物、农具等专业性的农书。比较重要的有诸葛颖的《种植法》七七卷、《相马经》六十卷,周思茂等人的《兆人本业》三卷,韦行规的《保生月录》一卷,李淳风的《演齐民要术》卷亡,王方庆的《园庭草木疏》二一卷,裴澄的《乘舆月令》一二卷,孙思邈的《孙氏千金月令》三卷,李焯的《秦中岁时记》一卷,韩鄂的《四时纂要》五卷,陆羽的

^① 王桢:《王桢农书·农器图谱·砺砮条》



《茶经》三卷,陆龟蒙的《耒耜经》一卷。惜大部分农书亡佚,仅有最后三种。

6. 地 学

隋唐五代的地学思想体现在9个方面:

第一,中央政府重视地理学。“隋大业中,普诏天下诸郡,条其风俗、物产、地图,上于尚书。”^①唐朝设有专门官吏掌管图经,并规定全国各州府每三年(一度改为五年)一造图经,送尚书省兵部职方。“如州县有创设及山河改移,即不在五年之限”^②。“凡地图委州府三年一造,与板籍皆上省。其外夷每有番客到京,委鸿胪讯其人本国山川风土,为图以奏焉”^③。

第二,地理学家强调地理为政治服务。李吉甫(758—814)认为:“成当今之务,树将来之势,则莫若版图地理之为切也。”他研究地理是为了“佐明王扼天下之吭,制群生之命,收地保势胜之利。”^④元稹(779—831)为了皇帝阅览地图方便,纂撰《京西京北图经》四卷,让皇帝“衽席之上,欹枕而郡邑可观。游幸之时,倚马而山川尽在,又太和公主下嫁,伏恐圣虑,念其道途,臣今具录天德城已北到回鹘衙帐已来,食宿井泉,附于图经之内,并别写一本,与图经序,谨同封进”。为了让皇上查找烽镇城堡方便,元稹绘制了详细的京西京北州镇烽戍道路等图,“纤毫必载,尺寸无遗。若边上奏报烟尘,陛下便可坐观处所”^⑤。

① 魏征等:《隋书·经籍志》。

② 《唐会要》卷五九职方员外郎。

③ 《唐六典》卷五职方郎中。

④ 李吉甫:《元和郡县图志序》。

⑤ 《元氏长庆集》卷二四。

第三,贾耽(730—805)在继承裴秀“制图六体”的基础上,开创了以黑色书写古地名,以红色书写当代地名的历史地图的绘制方法,这个方法为后世历史沿革地图所沿用。

第四,颜真卿(709—785)以实地观察到的事实,“高石中犹有螺蚌壳”,来证明葛洪讲的“沧海桑田”的思想是正确的。这是中国古代首次用化石论证“沧海桑田”这种海陆变迁地质思想。

第五,这个时期的潮汐学思想有发展,出现了窦叔蒙、封演、卢肇、丘光庭等人论潮汐的著作:《海涛志》、《说潮》、《海潮赋》和《海潮论》。他们的论述较前人深刻,特别是《海涛志》对海洋潮汐学作出了四项贡献:1)进一步阐明了潮汐与月亮运行的关系;2)对潮汐周期的计算很精确;3)阐述了分点潮;4)发明了推算潮时的图表法。

第六,侯君集、刘元鼎对黄河源的探寻,杜佑首次力辩黄河伏流重源说错误,使中国古代对河源的认识进入了一个新阶段。

第七,李淳风关于风速分级的思想在中国古代是首创,他定了八级风速,加上静风、和风一共是十级^①。这与1804年英人蒲福(Sir F Beau fort)所定蒲氏风级相近,但李淳风早1100多年。

第八,唐朝矿物学思想有所发展,出现了矿物专著《金石簿五九数诀》和《石药尔雅》。前者记载矿物45种,对矿物的名称、产地、形状、颜色、透明度、光泽、品质优劣、敲击声音、粗细感觉、干燥湿润程度、断口形态、鉴别方法、磁性、口味、气味、共生关系、用途等有所描述,具有较高的科学价值。后者是把炼丹用的矿物药隐名通释成普通常用名,这些矿物及化合物有68种,而隐名、别名、异名却达347个。此书为炼丹矿物药名的通俗化作

① 李淳风:《乙巳占》卷十。

出了贡献。

第九,沿革地理学思想得到发展。杜佑打破历代正史地理志只记本朝或稍往上追溯的局限性,将一个行政单位的历史沿革由近及远地向上追溯,一般追溯到春秋战国时期。他著的《通典·州郡典》和《通典·边防典》是中国最古老的沿革地理专篇。

7. 技 术

隋唐五代时期的技术思想主要有5个方面:

第一,城市规划设计思想。隋朝宇文恺(555—612)规划设计的大兴城,在方整对称的原则下,沿南北中轴线将宫城和皇城置于全城的主要地位,郭城则围绕在宫城和皇城的东、西、南三面。这种把宫城、官署和居住区严格分开,划区整齐明确的布局方式,是宇文恺城市规划设计思想的一大特点。另外,宇文恺的城市规划设计受风水思想的影响。据宋代张礼在《游城南记·永乐坊》后注中说:“宇文恺城大兴,以城中有大土岗,东西横亘,象乾之六爻,故于九二置帝王之居,九三置百司,以应君子之数,九五贵位不欲常人居之,故置玄都观、大兴善寺以镇之。”就是说,他把六条岗阜看作是乾卦的六爻,最高的一条九二置宫阙,给皇帝住居;稍低的第二条九三立百司,为中央各部办公之地;九五这一条虽然比九三低,但在乾卦中九五位贵,不是凡人居住地,故在此建庙宇,让菩萨去住。这种设计实质上使最高统治者皇帝及其统治机构处于全城最高点,显示出统治者无上的权势,主宰天下,传之万世的思想 and 气派。从安全上说,统治者在上位,监视下层百姓很方便。从地理环境来说,地势高,干燥,不易生病。可见宇文恺为封建统治者规划设计大兴城达到了呕心沥血的程度。此外,大兴城的规划设计还考虑到了环境美化和排水问题,他根

据当地河道情况,开凿了三条渠道引水入城,分别经宫苑再注入渭水,渠两岸植柳树,使景色十分宜人。

第二,桥梁建筑设计思想。隋朝著名桥梁建筑工匠李春于开皇中(591—599)设计建造的赵州安济桥,俗称赵州桥,是世界上现存最古、跨度最长的敞肩圆弧拱桥。李春为了减低桥梁坡度,改变石拱桥多用半圆形拱的传统,提出了割圆式(即圆弧的一段)桥型设计。安济桥的拱矢只有7.23米,大大小于半径,与拱的跨度之比约为1:5,成为坦拱,适应了北方车辆行走的要求。李春又对“拱肩”进行重大改革,把实肩拱改为敞肩拱,在桥两端各建两个小拱作为拱肩,这是世界上敞肩拱桥型的开端。敞肩拱式结构可减少主拱圈的变形,提高桥梁的承载力和稳定性,体现了李春高明的设计思想。同时,敞肩拱比实肩拱节约石料,又减轻了桥身的自重,从而减少了对桥台与桥基的垂直压力和水平推力,增强了桥的稳固性能,汛期中又可以协助泄洪,并增加了桥梁的美观形象。“弧形拱桥”后来传到欧洲,是中国人对世界文明作出的一大贡献。

第三,开创介质印花技术。介质印花是以助剂为印染原料,不能直接印染,必须根据染料的性能进行浸染。介质印花有三种方式:1)碱剂印花;2)媒染剂印花;3)清除媒染剂印花。

第四,开凿大运河的水利思想。隋朝开凿大运河不是某个人的奇想,也不是隋炀帝杨广想要游山玩水的个人意志的产物,而是社会生产发展和军事的需要,又具备了坚强的物质基础,经过千千万万劳动人民流血流汗甚至牺牲生命才修成的。我国开凿运河的历史很长,春秋时期就开始了。从春秋到南北朝,经过历代劳动人民的不断兴建和维修,已经形成了一个沟通江、淮、黄、海四大水系的人工运河轮廓。在此基础上,隋朝在宇文恺、苏孝

慈和元寿等人的规划设计下,在隋文帝和隋炀帝的强权副迫下,劳动人民用血汗开凿了大运河。

第五,雕版印刷术的发明。中国古代四大发明之一的雕板印刷术在隋唐时期已经发明,这是人类文明史上划时代的事件。它的发明对人们的经济生活和科技文化生活起了很大的促进作用,特别是对科技文化的发展和传播起了极大的推动作用。



六、宋元时期的科技思想

经过 57 年的分裂割据,五代十国于公元 960 年被赵匡胤建立的北宋取代,经过几十年的兼并战争,北宋才在一定范围内实现统一。经过 167 年以后,公元 1127 年,北宋京城被金人攻破,宋王朝向东南迁移,建都临安(今浙江杭州),成为南宋。与宋朝同时存在的我国少数民族政权有辽、西夏、金、大理和吐蕃,因此,宋朝存在的时期并不是中国大统一的时期。直到 1276 年元朝灭南宋,才建立了全国统一的王朝。但元朝的阶级矛盾和民族矛盾都很尖锐,统治 92 年后,被朱元璋领导的军队消灭,历史进入明朝。

宋元时期经济发达,科学技术高度发展,是中国古代科学技术发展的高峰时期,因此科技思想也非常活跃。

1. 天文

宋元时期天文学思想主要体现在 3 个方面:

第一,重视恒星观测。北宋在 1010—1106 年间进行了 5 次大规模的恒星位置观测,精确度比以前有很大提高。1078—1085 年间的第四次观测结果被黄裳于 1190 年绘成星图。1247 年左右由王致远按黄裳原图刻石,这就是闻名世界的苏州石刻天文图。图中有 1430 多颗星。苏颂《新仪象法要》中的星图也是这次观测



的结果,共有 1464 颗星。1102—1106 年间的第五次观测精度最高,其结果在姚舜辅的纪元历中有记载。其中二十八宿距度误差绝对值平均只有 0.15 度。姚舜辅明确指出二十八宿距度从古至今一直在变化,各个时代的“天道”是不同的。这是姚舜辅根据天文观测提出的新的天文学思想。

元代郭守敬等人在 1276 年进行了一次大规模的恒星位置测量,精度比宋代提高了约一倍。他除了测量传统恒星位置外,还测量了前人未命名的恒星一千余颗,使记录的恒星数从传统的 1464 颗增加到 2500 颗。而西欧到 14 世纪文艺复兴前观测的恒星数只有 1022 颗,两相对比,中国的先进水平就体现出来了。

第二,天文仪器设计思想空前活跃。1031 年燕肃发明了莲花漏,在漏壶中首次使用了漫流系统(在漏壶上部开孔,使多余的水由此溢出,以保持漏壶有恒定的水位),基本上消除了漏壶水位变化对流量的影响,大大提高了漏壶计量时间的准确度,这在漏壶的发展史上是十分重大的革新。前此,979 年张思训在他所制浑仪中采用水银为动力,即他所用的漏壶以水银代替水,因为水银的粘滞系数随温度的变化比水小得多。元代詹希元制“五轮沙漏”,以沙代水,也是避免温度变化对水流量的影响。

在圭表测影技术中,为克服表端的影子因日光散射而模糊不清的问题,沈括提出使用“副表”,以增加影子的清晰度。苏颂提出了“于午正以望筒指日,令景透筒窍,以窍心之景,指圭面之尺寸为准”^①的方法。郭守敬则创用 4 丈的高表,发明“景符”测影器,高表顶上是一根直径 3 寸的横梁。用这组仪器测影,其精确度在±2 毫米以内。圭表测影技术的进步,为回归年长度、黄赤交

^① 苏颂:《新仪象法要》。

角值等天文常数的测量精度的提高创造了条件。

北宋,对浑仪结构进行了改革,减少不十分必要的环,改变一些环的位置。到郭守敬时,则设计制造了简仪,既简化了仪器结构,又提高了测量精度。

1088年,苏颂、韩公廉等人设计制造的水运仪象台,能用多种形式反映及观测天体运行,它既能演示天象,观测天象,又能计时、报时。它赢得了三项世界第一:1)现代天文台圆顶的自由启闭屋顶;2)机械钟表的锚状擒纵器;3)跟踪机械转仪钟。

第三,活跃的历法改革思想。宋朝的历法改革很频繁,平均二十年就要修改一次,反映当时对历法精确度的要求提高了。南宋杨忠辅的统天历,废除了上元积年,提出一回归年长度等于365.2425日,其后300余年出现的格里高利历亦取此值。杨忠辅还提出了回归年有消长的概念。金大定二十一年(1181)颁行的赵知微重修《大明历》,在描述月球运动方面达到了很精密的程度,成为元代《授时历》的主要源泉之一。元代王恂、郭守敬等人于1280年编修的《授时历》,是中国古代最精密的历法,它彻底废除了上元积年,废除了繁重的分数运算,改用百进位制,使用了三次差内插当,引进了类似球面三角的公式等。

2. 数 学

宋元时期数学思想非常活跃,是中国古代数学发展的高峰时期,其成就是中世纪数学史上最辉煌的一页。其中高次方程数值解的增乘开方法比西方早800年,多元高次方程组解法和一次同余式的解法早500余年,高次有限差分法早400余年。代表人物是贾宪、秦九韶、李冶、杨辉和朱世杰。这个时期的数学思想主要体现在6个方面:



第一,高次方程的数值解法。在古代开平方、开立方、开带从平方、开带从立方等算法的基础上,11—13世纪中国数学家创造出一种新的高次方程的数值解法。首先是北宋贾宪用“增乘开方”开任意高次幂,后经刘益、秦九韶研究,发展成为求解任意高次方程的“正负开方法”。在贾宪的著作中(1050年前),可以看到有关开高次幂的“开方作法本源”图(见图2),图下的五句注解,是对如何应用图中各行系数来进行高次幂开方的一个说明。贾宪利用“开方作法本源”中所列各廉,已将自古沿用下来的开平方、开立方法推广至任意高次幂的开方。“开方作法本源”是一种算表,今称贾宪三角,它比法国帕斯卡(Pascal)三角早600年左右,是中国数学家的一项杰出贡献。



图2 “开方作法本源”图^①

① 解缙等纂:《永乐大典》卷一六二四四。

第二,创造了“天元术”和“四元术”。天元术大约产生于12世纪末,金元之际,数学家李冶(1192—1279)的《测圆海镜》和《益古演段》,是现存最早使用天元术的著作,是以天元术为工具的著作。“天元术”是一种普遍的列方程的方法。它列方程的方法“立天元一为某某”,和现代通常列方程的代数方法是相同的。欧洲到了16、17世纪才作到这点。^①

元朝数学家朱世杰在《四元玉鉴》中创立了四元术,并对它作了系统的叙述。四元术是多元高次方程组的建立和求解方法,解方程组时,要运用消元法,经过方程变换,逐步化成一个一元高次方程,再用增乘开方法求出正根。在欧洲,直到18世纪法国数学家别朱(E.Bezout)才对多元高次方程组的消元法作了系统的研究。

第三,创立垛积术。北宋著名科学家沈括(1031—1095)在《梦溪笔谈》卷十八中首创隙积术和会圆术,开辟了中国传统数学新的研究方向。隙积术是一种求解垛积问题的方法,属于高阶等差级数求和问题。会圆术则是已知弓形的圆径和矢高,求弧长的问题。南宋数学家杨辉在《详解九章算法》和《算法通变本末》中,丰富和发展了沈括的隙积术,提出了一些新的垛积公式。高阶等差级数的研究,在杨辉之后一般称为“垛积术”。朱世杰对垛积术作了进一步的研究,并得到一系列重要的高阶等差级数求和公式,这是元代数学的一项突出成就^②。

第四,创立招差术。招差术是中国数学史上具有世界意义的伟大成就,它是高次内插法。元代王恂、郭守敬在《授时历》中为

① 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1992年,第172页。

② 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1992年,第187~189页。



精确推算日月五星运行的速度和位置,根据“平、定、立”三差,创用三次差内插公式。朱世杰又作了深入研究,在《四元玉鉴》中把高阶等差级数的研究成果运用于内插法,得到了四次的插值公式,这就是招差术,其用途不仅仅限于内插法。朱世杰发表的公式与牛顿插值公式在形式上和实质上都是完全一致的,而牛顿晚朱世杰 300 多年。

第五,创立大衍总数术。秦九韶在《数书九章》中首次系统介绍了大衍总数术,并把它推广到解决各种数学问题中去。它涉及的理论就是现代通常所说的一次同余式理论,它是中国古代求解联立一次同余式方法的发展。

第六,发明珠算。珠算是什么时候什么人创造的?根据现有史料至今还不能作确切回答。元朝中叶后,一些文学和戏剧绘画作品中已经提到珠算。元代原刊明初重刊的《对相四言杂字》有算盘图,共十档,上二珠下五珠。这是目前发现最早的算盘图。根据这些材料推断,珠算大约产生于元朝中叶以前不太久的一段时间。珠算盘和珠算术的发明,是中国数学思想与实际应用结合的最好范例,是一项意义重大,影响深远的突出贡献。珠算替代筹算,完成我国计算工具的改革,是筹算乘除捷算法发展到一定阶段的必然结果,筹算捷算法及十进小数,是宋元一项重要成就。

第七,理学对数学的影响。刘钝认为,宋代理学与中国古代代数学的进一步发达有一定的因缘。宋代理学门派众多,各家观点互有出入。就本体论而言,宋元数学家似乎更倾心于早期具有唯物色彩的气一元论理学家。天元术、四元术以“元”或“太”字来标识特定的代数项就是这种影响在形式上的反映。

宋元数学中的一些成果,又与理学家推崇的《周易》有直接

的关系。邵雍托名伏羲作先天图,首先开启易图的数理研究。在杨辉《续古摘奇算法》中,不但给出3—10阶的标准纵横图,还包括一些非标准纵横图和异形纵横图,作者并就若干图的构成规律进行了讨论。这一工作完全抛开了形而上学的框架而体现了对数学美的追求。秦九韶对《周易》筮法进行了研究,作“蓍卦发微”,对其程序作了新的解释,又从纯数学的角度解决了一次同余式组算法中的求乘率问题,为了表明这种算法与《周易》筮法的关系,他特意把自己的方法命名为“大衍求一术”。

宋元时期一系列代数学成果,如开方作法本源图的出现,增乘开方法的完善和垛积招差术的表格化,都向人们显示了当时数学家对构造性问题的关心;他们在多大程度上受到理学家探索易图结构的影响,这是一个值得深入研究的方向^①。

3. 物理、化学

宋元时期的物理学思想主要有7项:

第一,应用浮力的思想。宋朝皇祐五年(1053)修建泉州洛阳桥(又名万安桥)时,把每根重20—30吨的石梁放在木排上,利用潮水上涨,送至桥墩间,潮落木排下降,石梁落于桥墩上。这是现代浮运架桥法的肇端。宋僧怀丙打捞蒲津桥铁牛,是应用浮力起重的例子。沈括在《梦溪笔谈·补笔谈》卷二中记述在船坞修船的方法:把船驶入坞,然后抽去坞内水,船落在坞内梁架上,即可修理。修毕,放水入坞,船浮而驶出坞。应用浮力测定液体的浓度在宋元时期也比较普遍。由于某种特定物体的比重是固定的,以该物体在液体中的浮沉状态来确定液体浓度或比重,这种方法

^① 刘钝:《大哉言数》,辽宁教育出版社,1993年,第75~78页。



正是现代液体比重计的雏形。乐史、姚宽记载以鸡蛋、莲子、桃仁测试液体浓度或比重的方法,正是近代浮子式比重计的始祖。元代陈椿记述的用莲管测盐水浓度的方法,极类似于近代浮子式比重计^①。

第二,空气动力学思想。宋元时期吴自牧的《梦粱录》、周密的《武林旧事》、金盈之的《醉翁谈录》都记载了走马灯或马骑灯,此灯点燃后,由于热空气上升,形成空气流,推动叶轮旋转,于是剪纸随轮轴转动。它们的影子投射在灯笼纸罩上,从外面看即成车驰马骤,团团不休。其原理就是空气动力学思想。

第三,应用大气压的思想。宋朝俞琰在《席上腐谈》卷上记载了类似中医拔火罐的事例,说“剧烧片纸纳空瓶,急覆银盆水中,水皆涌入瓶,而银盆铿然有声,盖火气使之然也。又依法放于壮夫腹上,挈之坠。”这里讲的火气,是指燃烧纸片时把空瓶中的空气排挤出去了,把氧气消耗了,于是造成了空瓶内外有气压差。瓶外大气压迫使水进入气压小的瓶内,所以“水皆涌入瓶”。火气的解释虽然不够清晰,也不准确,但俞琰企图寻找此事原因,探讨事物原理的精神则是十分可贵的。宋朝曾公亮(999—1078)在《武经总要前集·守城》中记载了唧筒和猛火油柜,苏轼(1036—1101)在《东坡志林》卷四中记载了“水鞴”(水泵),都是以大气压差推动液体的工具,是应用大气压思想的具体体现。

第四,有关振动的思想。北宋沈括曾作声音共振实验,他用纸剪一小人,放在琴瑟的基音弦线上,拨动相应的弦,则小纸人跳动,拨动其他弦,则纸人不动。西方类似的实验比沈括晚6个世纪。沈括还告诉人们,共振是一种自然现象,不值得惊异,“二

① 戴念祖:《中国力学史》,河北教育出版社,1988年,第400-401页。

十八调但有声同者即应”^①。沈括对中国编钟采用“合瓦”形状即横截面为椭圆形,而不采用圆形作了解释,说“钟圆则声长,扁则声短;声短则节,声长则曲;节短处皆相乱,不成音律。后人不知此意,悉为圆钟,急叩之多晃晃尔,清浊不复可辨。”^②沈括的解释很有道理,为中国编钟的形状找到了声学和力学的根据。宋朝李照(11世纪人)对钟上枚乳的作用作了论述,认为枚乳是用来“节余音”的,也就是说,枚乳可以使钟的振动加快衰减,使多余的延长音被节制^③。

第五,建筑物反映的力学思想。宋朝建筑师喻皓在开封造了一座斜塔叫做开宝寺塔,“塔初成,望之不正,而势倾西北。人怪而问之。皓曰:京师地平无山而多西北风,吹之不百年当正也。”^④喻皓在设计开宝寺塔时就考虑到了在长期风力作用下地面会有沉降,因此大胆地让塔的重心轴与地平面不垂直,成为斜塔。一百年后,在西北风的作用下,地面下沉,斜塔自然会成为正塔。

宋朝李诫的《营造法式》关于横梁截面高宽比的规定取得了世界领先的力学成就,他将梁的断面形式严格地数字化,规定无论何种建筑物的梁,其断面的高宽比为3:2。此外,该书还含有大量的技术规范,是一本饱含力学原理的建筑技术专著。

第六,光学思想。沈括曾作过凹面镜成像的实验,发现了焦点(“碍”),知道物在凹面镜焦点之内得正像,在焦点上不成像,而在焦点之外得倒像^⑤。元代赵友钦曾进行过针孔成像的大型实

① 沈括:《梦溪笔谈》卷六。

② 沈括:《梦溪笔谈·补笔谈》卷一。

③ 王黼:《博古图》卷之三。

④ 欧阳修:《归田录》卷一。

⑤ 沈括:《梦溪笔谈》卷三。

验,详细研究了各种情况下成像的规律^①。这是中世纪最大型的光学实验,其研究方法是科学的,见解也是正确的。他还用实验模拟研究了月亮的盈亏^②,用通俗的语言解释了科学道理。元代吾丘衍在《闲居录》中对镜面材质不同而反射率有所不同这一透光原理的认识也是正确的。

第七,磁学思想。沈括在《梦溪笔谈》卷二四中曾提出有地磁偏角存在,这是世界上最早发现地磁偏角的人。他还提出有4种支挂磁针的方法,其中以线悬挂法最好。现代磁强计中悬挂的小磁铁,就采用了与此相似的方法。

宋元时期的化学思想主要体现在炼丹术中。宋代是炼丹的繁盛时期,也是金丹术西传时期。宋朝少数炼丹书不仅讲炼丹,讲丹砂、硫黄、铅等不同物质的化学反应,而且还有插图或设备图,如《丹房须知》(1163)中,除了讲炼丹的注意事项外,还有几幅炼丹仪器设备图,如丹台图,抽汞的蒸馏器图,既济炉和未济炉图(水火鼎或火水鼎),沐浴器图(研钵一类)等。南宋白玉蟾(即葛长庚)的《金华冲碧丹经秘旨》(1225)中有“石榴罐”、“水海”等多种仪器图。这些仪器图从20世纪30年代以来,为曹元宇、袁翰青、黄子卿、何丙郁、李约瑟等人所注意,作出了化学史分析^③。炼丹家发明的火药,在宋朝已应用到军事上,战争中用火药这是一次革命,使中国的武器由冷兵器时代进入火器时代,先后发明了火箭、火球、火蒺藜、霹雳球、火炮、火枪(喷火器)、铁火炮、震天雷、突火枪、火筒等。火药不仅用在军事上,还用在娱乐上,如爆仗、流星和烟火。

① 赵友钦:《革象新书》卷五。

② 赵友钦:《革象新书》卷三。

③ 孟乃昌:《道教与中国炼丹术》,北京燕山出版社,1993年,第89页。

元代炼丹术已开始衰落,但陶宗仪的《墨娥小录》卷十一中记载了一些与炼丹有关的化学思想,如抽砂出汞法,是升炼汞的一种新方法,是中国用蒸馏法生产汞的最早记载。还有制轻粉(氯化亚汞 Hg_2Cl_2)法。轻粉俗称甘汞,无毒。此书详细记述了制甘汞的原料配方、原料处理、设备装置、掌握火候等。还记载了两种制粉霜法,粉霜即氯化高汞($HgCl_2$),俗称升汞,有剧毒。

4. 生 物

宋元生物学思想体现在4个方面:

第一,植物谱录大量出现。如欧阳修的《洛阳牡丹记》、陈翥的《桐谱》、蔡襄的《荔枝谱》、王观的《芍药谱》、刘蒙的《菊谱》、韩彦直의《橘录》、范成大的《范村菊谱》和《范村梅谱》、陈仁玉的《菌谱》、李衍的《竹谱详录》、柳贯的《打枣谱》等。这些谱录涉及的内容有植物形态学、植物生理学、植物解剖学和植物分类学等。宋代郑樵(1102—1160)的《昆虫草木略》涉及生物分类思想、编写动植物志的体例原则等,对谱录作了理论概括。元代王恽的《宫禽小谱》介绍了17种鸟的形态和别名,是我国最早论述鸟类的专著。陆佃的《埤雅》和罗愿的《尔雅翼》是专门考述各种动植物名称、形态、生理的专书,许多论述胜过前人。

第二,昆虫的利用与防治思想。元初的《务本新书》最早论述了营养和温度对蚕的发育有影响,论述了湿度对蚕的发病有影响。宋代王禹偁的《记蜂》对蜂群的内部组织相当了解,已知蜂有蜂王,分王时群蜂拥着蜂王飞去。为了防止蜜蜂分巢,只要用棘刺关住王台,让王子死亡,蜂群就不再拆开。元末刘基在《郁离子》卷上中,描述了当时的养蜂技术。宋代周密在《癸辛杂识》中记述了白蜡虫的产地、饲养方法、收取白蜡的时间和方法等。宋



代开始掘卵灭蝗,颁布了除蝗法规,1193年颁布了《捕蝗法》,开展了大规模的人工治蝗工作。

第三,对人体结构进行解剖观察研究的思想。北宋庆历年间(1041—1048),广西欧希范等600多人因参加叛军,被官兵诱杀。其中56具尸体被当作标本进行解剖研究,宜州(今广西宜山县)推官史吴简令画工把解剖情况绘成图,叫作《欧希范五脏图》。原图已佚,全貌不得而知。现仅从后世医书所引,了解一点梗概。当时的观察很粗糙,有错误,但对脏腑的位置及其比邻关系的记述则基本上正确。沈括对《欧希范五脏图》中的错误提出了批评和纠正¹,说明宋代学者很重视对人体解剖构造和生理的研究。崇宁年间(1102—1106),泗州(今安徽泗县)处决人犯,郡守查夷行派医生和画工去刑场作解剖观察并绘图,当地名医杨介把图和解剖情况校以古书,编著成《存真图》,在社会上产生了很大的影响。后来《存真图》也散佚,解剖图则被元代孙涣重刻的《玄门脉诀内照图》保存,明代王圻《三才图会》、钱雷《人镜图》等书都有引用。

第四,生物遗传变异的思想。北宋时人们对金鱼的祖先“金鲫”引起了注意,利用生物有遗传变异的特性,经过人工选种培育,到南宋时已有白色和花斑两个金鱼新品种。在植物方面,宋朝刘蒙在《菊谱》中已经知道,菊花和牡丹古代的品种不如现在多,它们时常产生变异,只要人们年年选取并保存其变异,就可以得到新品种。这种把生物遗传变异思想应用于生产的作法,不仅发展了中国古代生物学,而且也发展了中国古代的经济。这点很有现实意义。

1 沈括:《梦溪笔谈·药议》。

5. 农 学

宋元时期的农学思想体现在3个方面：

第一，重农思想。宋元时期继承了前人的重农思想，实施一些重农政策。宋太宗时，准许每个县从农民中推选一名农师，指导一县的农事。农师的租税和徭役均免除。宋代一些著名文人、官僚也都以重农为己任，如真德秀、朱熹等都写了《劝农文》。元世祖忽必烈施行崇本抑末政策，至元七年（1270），政府设立大司农司，专司劝课农桑之事，从这里派出劝农官，巡行郡邑，考核地方官员是否重视农业，作为户部提升官员的依据。

第二，陈旉提出的农学思想。随着宋朝复种指数的提高，存在着土壤肥力与生产扩大的矛盾，存在着“地久耕则耗”，“其力已乏”的现实。这种现实矛盾对扩大复种面积非常不利。但是当时平原地区人口多与土地不足的矛盾，必须靠提高复种指数来解决。为了克服土壤肥力与生产扩大的矛盾，为了维护提高复种指数来发展生产这条道路，陈旉提出了“地力常新壮”与“用粪犹用药”的农学思想。这种思想不是他凭空想出来的，而是在历代有关施肥与土壤肥力思想的基础上产生的，是对历代施肥与土壤肥力关系实践经验的科学总结。

第三，正确对待风土说。风土说是指生物的生长与地理环境或环境条件的关系，它包括一个地区的气候、降雨量、水利、土质、光、热等条件与生物生长的关系。正确认识生物生长与环境条件的关系，这是风土说科学的一面。如果把风土说强调到极端，变成唯风土论，那就走到了它的反面，成了谬误。宋元时期人们能够正确对待风土说，比如官修农书《农桑辑要》既承认风土说有合理的一面，又不唯风土说，扫清了人们在引种问题上“唯

风土说”的迷雾,对当时发展农业生产有非常大的现实意义和积极的影响。

6. 地 学

宋元时期地学思想比较活跃,主要有7个方面:

第一,方志学的新思想。宋元时期是我国方志学的转折点,它不仅以著作门类多、数量多引人注目,而且涌现出不少优秀的方志理论和志书体例,为明清时期方志学的大发展奠定了基础。一些学者提出,地方志的功能是资治、补世。地方志的性质是属于史的范畴,而不是简单的地理书。编纂方志的原则是“干于治而施于用”,要“详今略古”。这些观点是宋元学者的新思想。

第二,地图学思想的发展。宋元时期的制图理论在继承裴秀“制图六体”的基础上有所发展,代表人物是沈括、朱思本和郭守敬。在测绘地图技术方面,首先出现了指南针、地螺(罗盘)等新的仪器。郭守敬则首次提出了海拔高程的概念,在测量学上有重要意义。在地图载体上,宋元石刻地图最多,是中国地图学史上的一大特点。而沈括、黄裳、朱熹、扎马鲁丁等人对地理模型特别是地球仪的制作在中国地图学史上具有重大的意义。

第三,水文学思想相当活跃。宋元时期水文学思想相当活跃,具体表现是:1)重视河流水汛观测,有测水位高低的水尺、水则碑和石鱼题记。2)范成大首次描述了洪水横断面的形状。3)形成了一套以物候命名的水汛名称。4)有防洪警戒水位的设置,水位至此,则调集民工和军队保堤防洪。5)制定政策保护湖泊。6)官方首次派人考察黄河源,对黄河源的探寻和研究进入了新阶段。7)对水质的考察,对流水侵蚀与沉积作用的探索进入了新阶段,沈括的华北平原成因论是这种探索的突出成就。8)海洋潮汐

理论在唐朝人的基础上有所发展。代表人物是张君房、燕肃、吕昌明、沈括、余靖、宣昭等。

第四,气候学思想进一步发展。宋元时期气候学思想有了进一步的发展,其表现是:1)朱熹等人提出了降水成因说。2)出现了中国最早的一部每天实际观测物候的著作,吕祖谦(1137—1181)的《庚子辛丑日记》。3)沈括阐述了物候与高度、纬度、植物品种的关系。4)朱熹、范成大明确提出地形影响气温。5)天气预报比较普遍。

第五,宋元时期地质学思想的进步。主要表现有6个方面:1)杜绾的《云林石谱》是宋朝矿物岩石代表作。2)北宋张师正提出了科学的鱼化石成因论。3)苏颂首次提出石棉与滑石共生论。4)北宋末寇宗奭提出4种鉴定矿物的方法。5)朱熹用化石推论地质变迁的思想既是唐朝颜真卿思想的继续,又比颜氏思想更成熟。6)孙天举、朱熹提出山脉成因论。

第六,宋元时期航海思想活跃。宋元时期海上交通发达,对外贸易大部分依靠海上航运。海上行船主要依靠指南针定方向,这种技术传到西欧以后,影响了世界的航海事业。元代开辟海运,把江南的粮食由海路运到大都(今北京市)。

第七,沿革地理学思想继续发展。宋元时期,沿革地理学思想继续发展,沿革地理著作不断涌现。如郑樵的《通志·地理略和都邑略》、王应麟的《通鉴地理通释》、马端临的《文献通考·舆地考和四裔考》都是著名的沿革地理著作。

7. 技 术

宋元时期的技术思想主要体现在4个方面:

第一,宋元时期瓷器制造技术达到纯熟的地步,在青瓷、白



瓷的基础上,又创新出影青白瓷、青花瓷、彩瓷和黑瓷,形成了八大窑系,即北方的定窑、磁州窑、均窑、耀窑;南方的景德镇窑、越窑、龙泉窑和建窑。宋元瓷器制造技术的进步和创新,使它在中国瓷器发展史上有一种特殊的地位,是中国瓷器发展过程中一个十分重要的阶段。

第二,宋元时期的冶金技术有较大的进步,表现在4个方面:1)在有色金属的开采和冶炼方面,赵彦卫的《云麓漫钞》卷二记载了当时银的开采和冶炼技术,特别是用“吹灰法”炼银,这是最早见诸文字的详细记载。2)胆水炼铜法的推广。宋代胆铜产量百分比由20%增加到85%,出现了胆水浸铜技术专著张甲的《浸铜要录》一卷,惜已失传。3)白铜的冶炼。11世纪末,何适在《春渚纪闻》卷十中记载了砷白铜的制法,在冶炼时氧化砷被还原为砷,溶解在铜中,成为砷白铜,何适称之为“烂银”。白铜的冶炼成功,是中国古代冶炼合金技术的出色成就。4)灌钢技术。在沈括《梦溪笔谈》卷三中,详细记载了灌钢技术。灌钢是一种高硬度、性能比较好的钢。

第三,宋元时期建筑技术发展达到高峰。具体体现在4个方面:1)在城市规划,特别是都城规划上有变化,打破了唐代里坊和夜禁制度,在大街上建立了商店,出现了商业街,有夜市,更加适应商业的发展,更具有开放的意识。2)李诫编修的《营造法式》对北宋建筑技术进行了总结,图文并茂,反映了中国古代木构建筑的构架体系,标志着宋代建筑技术向标准和定型方向发展。3)这个时期的砖塔建筑有较多的改革和创新,如形式上既有壁内折梯式,又有回廊式、穿壁式、穿心式、旋梯式等。在材料结构上,既有砖木混合结构,也有砖石混合结构。这些改革和创新是在吸取了唐代砖塔采用空筒式结构存在很大缺陷的基础上进行的,

故能克服唐代砖塔不稳固的缺点,使宋塔坚固稳定。山西应县辽代木塔,高 67.31 米,历经 900 多年,至今仍然屹立,显示出当时建筑技术具有很高的水平。4)这个时期的桥梁建造技术也有一些突破和创新,如北宋汴梁的虹桥,是木梁相接成拱,不用支柱,长跨径,在世界桥梁史上也是十分罕见的。北宋皇祐五年(1053)兴建的福建泉州洛阳桥,首创“筏形基础”,是现代桥梁工程中“筏形基础”的先声。又发明了种蛎固基的方法,解决了桥基和桥墩如何联结稳固的大难题。还发明了浮运架梁法,使桥面 300 余块重约 20—30 吨的大石梁架设成功。此桥经历 900 多年,至今仍在使用。北京西南著名的卢沟桥,于金朝明昌三年(1192)建成,为联拱式石桥,全长 265 米,宽 8 米多,造型美观,坚实稳固,经历 800 多年,至今作为文物保存。

第四,出现了纺织机械名著《梓人遗制》。此书为元代薛景石编写,所载纺织机械有华机子(提花机)、立机子(立织机)、小布卧机子(用于织造丝麻织物的木机)、罗机子(专门织造罗类织物的木机)和掉簏座与泛床子(用于穿综、修纬一类机具)。对机械中每一个零件都有详细的尺寸大小和安装位置说明,图文并茂,一目了然。

七、明清时期的科技思想

明清两代都是全国统一的封建大帝国，是中国封建社会走向衰落的时期。从朱元璋洪武元年（1368）到清朝宣统三年（1911），一共有 543 年，其中明朝 276 年，清朝 267 年，清朝只比明朝少 9 年。明清两代共同的特点是：（1）前期比后期兴盛。明代前期有著名的郑和下西洋的壮举，这是当时政治、经济、文化兴盛的体现。清朝前期则有康、乾盛世，是清朝的鼎盛时期。（2）中外思想的交流，特别是西方科学技术思想在中国的传播比较活跃，中国的有识之士认识到中国科学技术落后西方，主张开放，学夷长技以制夷。清末，掀起了学习外国科学文化的高潮，这个学习潮流促进了中国人的思想进步，促进了中国放眼世界，要求改革，直至孙中山领导的资产阶级民主革命推翻清王朝，建立民国。（3）随着封建帝国的衰落，中国传统科学技术大部分也走向衰落。虽然其中也不乏有列在世界前列的科技成就，但总体上已落后西方，特别是与西方近代科学技术的差距越来越大，最后只能走学习、引进、消化西方近代科学技术的路子，达到建立中国近代科学技术的目的。

(一)中国传统科技思想

1. 天文

明清时期传统天文学思想已基本衰落，明初颁行的大统历在以后的二百年中出现了多次与实际天象不符的事，说明历法精度不高。在明朝封建专制统治下，历法改革不能进行，民间天文学家的活动受到极大的压制，明令禁止民间私习天文，严禁民间私习历法，“习历者遣戍，造历者殊死”^①。直到晚明，上层官吏邢云路上书请求改历时，仍受到钦天监官员的攻击。这种政治环境造成了明代天文学思想的沉寂，天文学停滞不前。晚明至清代，中国传统天文学体系逐渐被近代天文学体系所取代，与国际接轨，成为近代天文学的一部分。

2. 数学

明代，数学也处于停滞状态，宋元时期高度发展的代数学，明代却成了绝学。只是由于商品经济的发展，使商业数学得到发展。景泰元年(1450)吴敬的《九章算法比类大全》的出现，是明代商业数学得到发展的具体体现。明清时期，珠算在元朝的基础上得到充分的发展，应用广泛。珠算术著作中最著名的是程大位(1533—1606)的《算法统宗》(1592)十七卷，流传非常广泛。

清代乾嘉学派对古算书的整理取得了一些成绩，经过戴震、阮元等人的努力，使我国失传的数学著作，如算经十书、宋元数

^① 沈德符：《野获编》。



学家秦九韶、杨辉、朱世杰、李冶的主要著作都得以整理出版,不少数学家很重视这些古算书,纷纷为之注释校勘和研究,提出了不少独到的见解,澄清了古算中陈述不清的一些问题。而焦循(1763—1820)在《加减乘除释》中,提出了一些有关加减乘除的基本运算律,向理论算术的发展迈出了重要的一步。李锐、汪莱关于高次方程实根个数判定的研究,虽然在时间上晚于西方,但他们的独立研究,突破了宋元数学的原有范围,开辟了方程理论研究的新方向。汪莱的《叁两算经》是中国数学史上第一次系统探讨非十进制算术的论文,是清代数学中一项重要成就。

清代数学家明安图(?—1763)、董祐诚(1791—1823)、项名达(1789—1850)、戴煦(1805—1860)、徐有壬(1800—1860)、李善兰(1811—1882)等人已基本解决了初等函数的幂级数展开式问题,已经有了微积分思想的萌芽,从而为顺利接受解析几何和微积分学等近代数学知识,实现由传统数学向近代数学的演变,奠定了重要的思想基础。如李善兰的《方圆阐幽》等创造的尖锥术,是接触西方微积分思想之前中国人独立地提出定积分公式。在画法几何方面,康熙时的数学家年希尧(?—1739)在钻研了西方透视画法后,写出了我国第一部透视学专著《视学》(1729),把我国的制图理论和方法提高到一个新的水平。^①

3. 物理、化学

明清时期传统物理学思想比较活跃,主要体现在5个方面:
第一,由于火药武器的应用,使得这个时期力学思想有所发

^① 白寿彝总主编:《中国通史》第十卷下册,上海人民出版社,1996年,第980~988页。

展。当时的军事家和兵器制造家掌握了有关发射炮弹的经验法则,定性地懂得了射程、射高与发射角的关系,知道炮膛的曲直糙滑对发射炮弹有影响,知道炮膛内火药爆炸时的压力与反冲现象,已经定量地总结了火药重量与其发射子弹数的比例关系。明代茅元仪的《武备志》中有明确的合力概念;揭暄对惯性现象及惯性力有所论述;明代建造的广西全州燕子窠楼非常符合重心与平衡原理。王廷相以回转磨上两个质点为例,说明角速度和线速度的初步概念。

第二,关于相对论和物质与运动守恒的思想。朱载堉在前人的基础上,更进一步说明相对运动与相对速度的问题。王夫之在《张子正蒙注》中提出了物质与运动守恒的思想。方以智在《物理小识》卷二中提出了“宇中有宙,宙中有宇”的接近相对论的时空观念。

第三,水力学思想。明清时期的治河实践,使这个时期的水力学思想比以前有了提高。明朝治河专家潘季驯发展了汉代张戎的水力思想,提出了较为完整的“筑堤束水,以水攻沙”的水力学理论,明确地肯定了流速与泥沙运动成正比关系,提出了计量河水流量的方法。徐霞客从地理考察中发现了流速与流程(河床比降)成反比关系,正确地论断喷泉管的喷水高度与泉源高度相等。揭暄知道河流横断面上各部分流速不同,提出“中流者恒迅于边”的正确论断,这个论断与近代圆形管层流理论极为吻合。他还作了水流漩涡实验,得到漩涡中各质点的流速与漩涡中心距离的正确关系。清代陈潢曾提出河水流量的测量与计算方法。程瑶田对弯道水流的解释含有弯道泥沙运动的正确思想^①。

^① 戴念祖:《中国力学史》,河北教育出版社,1988年,第15-17页。

第四,声学思想。明清时期中国传统声学取得的最伟大的成就是明朝朱载堉创建的十二等程律的数学理论,并制造了按十二等程律发音的音高标准器,即“新制律准”和律管。他的理论传到西方后,启迪并影响了西方数学家和音乐家建立相同的十二等程律。朱载堉还提出了纯律的计算方法,他从管长和管径两个方面作出管口校正,发现两支成倍半长度的同径管其发音正好是八度,而是约略大七度;又发现,当相邻两支律管的管径之比为 $12\sqrt{2}$ 时,管律与弦律可以同长同调。这些都是世界声学史上开创性的成果,对世界声学史和音乐史产生了重大影响。

清代徐寿在朱载堉管口校正思想指导下,以实验证明,两支成八度的同径管,其管长之比为4:9,他的成果在英国《自然》(Nature)杂志发表后,引起欧洲声学家和音乐家的惊讶^①。

第五,光学思想。明末清初方以智(1611—1671)在《物理小识》卷八“阳燧倒影”条讲凸透镜的折射,棱间的色散,并联系日射飞泉,向日喷水,虹霓现象,说明是同一原理。据《虞初新记》记载,清初黄履庄(1656—?)曾发明“瑞光镜”,这是世界上最早的探照灯,光射数里。明末清初,孙云球曾用水晶创制眼镜,包括远视镜和近视镜。在此基础上,他造了“千里眼”(即望远镜)。此外,他还制造了存目镜、察微镜、万花镜、多面镜、放光镜、夜明镜等70种镜子。又撰写了《镜史》一卷,惜已失传。道光二十二年(1842)郑光复写成《费隐与知录》,里面有光学知识。道光二十六年(1846)又写成《镜镜玲痴》,是当时输入中国的西方光学知识和我国固有的光学知识的集大成者,是一部较系统的几何光学著作。邹伯奇(1819—1869)毕生从事光学实验,制造了不少光学

^① 戴念祖:《中国物理学史大系·声学史》,湖南教育出版社,2001年,第17页。

仪器,如折射望远镜、显微镜、回光铁镜、观象仪、“摄影器”等。还写了两篇光学论文《格术补》和《摄影之器记》,前者讨论光学理论和光学仪器,后者记述他制造的“摄影器”。他还是我国照相工艺的最早发明者^①。

化学方面,明朝宋应星的《天工开物》,曹学佺的《蜀中广记》卷六六谈到了四川火井(天然气井)和用火井煮盐。清朝文献讲四川使用天然气和石油的就更多了,如段玉裁的《富顺县志》卷二,严如煜的《三省边防备览》卷十,吴鼎立的《自流井说》,李榕的《自流井记》等。

明清时期是中国瓷器制造业的黄金时代,江西景德镇是当时的瓷业中心。明朝永乐年间(1403—1425),用外国原料烧造的“祭红”,是一种美丽的红紫色瓷器。到宣德年间(1426—1435),用“苏泥勃青”(含钴的矿物)做画料,烧造了著名的青花瓷器。明朝还有一种红紫色釉是用金粉制成的,这是一个新发明。

清朝康、雍、乾三朝官窑生产的瓷器,是中国瓷器史上最精美的。如康熙时生产的“洒蓝”瓷,先上白釉,次上蓝釉,再上薄釉,加绘金彩,极为美观富丽。康熙二十年(1681)臧窑生产的瓷器,用氧化锑加入釉中,得到美丽的黄釉;又把釉中铁分调整一下,可得到橙至橙黄各色,这是一项发明,一个新的成就。乾隆年间,修圆明园佛塔的瓷砖是分别用钴、锰、铜、锑等发色剂加入釉中烧造的,成品有红、绿、黄、紫等艳丽颜色。

明朝景泰年间(1450—1457)生产的“景泰蓝”,是中外技术相结合的产物,是新的创造,是我国工人学习阿拉伯窑器的结

^① 蔡宾牟、袁运升主编:《物理学史讲义——中国古代部分》,高等教育出版社,1985年,第227~232页。



果。它以铜器身上的金银线为界线,施以青绿色厚釉烧制而成。清朝乾隆年间(1736—1793),“古月轩”的珐琅器(即景泰蓝)最为有名。

清朝康、雍、乾期间,云南镍白铜生产有了很大的发展,引起了西方人的注意^①。

4. 生物

明清时期传统生物学思想主要有4个方面:

第一,生物分类思想。明初朱橚(1360—1425)著的《救荒本草》(1406)是一部记述野生植物的地方性植物志,记载植物414种,其中草类245种、木类80种、米谷类20种、果类23种、菜类46种。李时珍著的《本草纲目》所用分类方法是“以纲统目”“析族区类”的综合分类法。就整体看,是以16部为纲,60类为目;就具体每种药物来说,是以正名为纲,释名为目;以大名为纲,以附品为目。所以它的分类是纲中有目,目中有纲,纲目交错,构成一部“博而不繁,详而有要”的体系。从分类等级看,已经区别出界、纲、目、类、种5级。这种分类方法比林奈《自然系统》(1735)分植物为2部24纲早170年,在当时是比较先进的。

清代吴其濬(1789—1847)著的《植物名实图考》把植物分为谷、蔬、草、果、木5大类,草之下又分山草、隰草、石草、水草、蔓草、芳草、毒草、群芳8个亚类。不难看出,他的分类基本上是由草本到木本,体现“从微至巨”的原则。从当时世界生物学发展水平来看,《植物名实图考》已经落后了。

第二,植物生理学思想。明代《沈氏农书》已认识到水分临界

^① 曹元宇编著:《中国化学史话》,江苏科学技术出版社,1979年,第52~57页。

期的存在,如水稻孕穗期必须供水充足,收成才有保证,不然植株水分平衡受到破坏,叶片光合能力下降,妨害花粉和子房的健全发育,抑制了上部节间的伸长,致使个体矮小,有效分蘖减少,穗小粒少,显著减产。明代戴羲《养余月令》卷十二对午间忌浇水的道理说得很明白:“凡花草浇水,宜清晨暮夜,即阴晦,亦不宜于日中。恐冷热相遇,花卉俱枯。”徐光启《农政全书》主张利用山泉水灌溉梯田水稻时,要委曲导水,经过阳光晒暖后流入田中,以免因灌水而降温受害^①。

清代陈淏子(1612—?)在《花镜》中说,移栽花木大树时,要“趁春初未发芽时,或霜降后,根旁宽深掘开,斜将钻心钉地根截去,惟留四边乱根,转成圆垛,仍覆土筑实,不但移栽便,而结实亦肥大”。这样做,减少了树冠水分蒸发量,保持了水分平衡,移栽的花木容易成活。《花镜》还谈到凤尾蕉如果少萎黄即以铁烧红钉其木上,则依然生活。“平常不浇壅,惟以生铁屑和泥壅之自茂,且能生子,分种易活。”这种用铁治疗萎黄的方法是正确的,因为铁元素是形成叶绿素的必要条件之一,植物缺铁,叶片就会变为黄色。补充了铁元素,植物生长就正常了。《花镜》、《广群芳谱》都提到用钟乳粉(碳酸钙)、硫黄埋在花的根部,可有助花的生长,这是符合科学道理的。因为铁、硫、钙都是植物生长发育过程中不可缺少的元素。

第三,遗传育种思想。明代叶子奇在《草木子·观物》中对生物性状的遗传机理作了初步的探讨,说:“草木一菱(根)之细,一核之微,其色、香、葩、叶相传而生也。”“草木一核之微,而色香臭味,花实枝叶,无不具于一仁之中。及其再生,一一相肖。”

^① 苟萃华等:《中国古代生物学史》,科学出版社,1989年,第99—100页。

在育种方面,清朝《康熙几暇格物编》记载康熙年间乌刺地区的人曾发现“树孔中忽生白粟一科”,后用这颗白粟播种,结果“生生不已,遂盈亩顷。味既甘美,性复柔和”。康熙命人在山庄里试种,果然白粟的茎、叶、穗都比他种大一倍,且成熟快。后来康熙帝又用这种单株选择法,选育成功了一种早熟、高产、“气香而味腴”的水稻优良品种“御稻”,以后“内膳所进,皆此米也”。

第四,人体解剖生理学思想。人体解剖生理学思想在战国就产生了,唐代有“桐人”模型,宋代有吴简的《欧希范五脏图》,杨介有《存真图》。明代处于停顿;清代,王清任(1768—1831)通过对尸体的解剖观察,绘制了25幅图,又把古人画错了的图也一起收入《医林改错》中,订正了前人在人体内脏结构上的一些错误。他正确地区分了胸腔和腹腔,首次观察到肺管及其逐级分枝,这相当于现代的气管、支气管及细支气管。强调脑是智慧中枢,“灵机记性,不在心在脑”,正确地理解了思维记忆与脑的关系。在解剖尸体和动物实验的基础上,他肯定了听觉、视觉和嗅觉都“归于脑”。他了解了动脉和静脉的分布及其与心脏的联系,特别是对颈动脉、主动脉、肱动脉及肾动脉的位置和形态描绘更接近实际。王清任这些人体解剖生理学思想对中国医学的发展作出了杰出的贡献。

5. 农 学

明清时期传统农学思想主要体现在3个方面:

第一,人力胜天的思想。明代马一农在《农说》中提出:“力不失时,则食不困;知时不先,终岁仆仆尔。故知时为上,知土次之。知其所宜,用其不可弃;知其所宜,避其不可为,力足以胜天矣。知不逾力者,虽劳无功。”在这里,马一农的“力足以胜天”的思想

是有条件的,这就是强调手脑并用,强调知识的重要,要“知时”、“知土”、“知物性之宜”。用力要不失时,“用其不可弃”;又要适应自然,“避其不可为”,这样才能收到事半功倍之效果。如果无知,虽然用力很勤,结果却可能是“虽劳无功”。王象晋在《群芳谱牡丹栽培篇序论》中提出“人力夺天工”的思想,这当然也是有条件的,就是要依照植物对光照、温度、水分、空气、土壤等要求的种种特性,采取适当的技术措施——选种、栽植、嫁接、修剪、防治病虫害等等,就可以培育出作物的新品种,取得“人力夺天工”的奇迹。

第二,开展了对“风土不宜”说的批判。“风土不宜”说并不全是谬论,有它存在的道理。“风土不宜”一般指某个地方的自然环境不适宜某种作物生存、生长,如热带植物不宜在寒带地区生存、生长,反之亦然。但这不是绝对的,如果把它绝对化那就是谬论了。因为自然环境在小范围内是可以人为改变的,寒带地区也可以人为地造一个热带环境,这样热带作物就可以在寒带地区的人造热带环境中生存生长了。明代开展对“风土不宜”说的批判,指的也是不要把它绝对化。这在徐光启《农政全书》中有较多的论述。他列举外国作物引种和我国南方作物移栽北方为例来说明“风土不宜”说不能绝对化,只要种植方法对头,种的季节适当,满足作物生长的条件,就能把外国作物引进来或把南方作物移栽到北方。这实际上是现代农业生物学上的“风土驯化”原理^①。

第三,防治病虫害的思想。明代已有利用某些作物杀草的思想,如《农政全书》玄扈先生曰:“有一种米赤最能杀草。”《便民图

^① 中国农业遗产研究室编著:《中国农学史》初稿下册,科学出版社,1984年,第102—108页。



纂》曰：“凡开垦荒田，须烧去野草，犁过先种芝麻一年，使草木之根败烂，后种五谷，则无荒草之害，盖芝麻之于草木，若锡之于五金，性相制也。”这个时期，用棉子油拌种，用砒霜、灰烬拌种防虫杀虫也比较普遍。清朝除了人工防治蝗蝻、豆虫、蚜蚘之类害虫外，还用砒霜、烟草水、青鱼头粉、柏油、芥子末等防治害虫。《齐民四术》认为烤田能减轻稻苞虫的危害。《广东新语》、《岭南杂记》则谈到用黄赤大蚁防治柑橘、柠檬等果树虫害。《区田试种实验图说》谈到用雪水、盐水浸种和用黑矾当作肥田料来防治霉病的方法^①。

6. 地 学

明清时期传统地学思想主要体现在 7 个方面：

第一，郑和下西洋的壮举推动了域外地理学的发展。明朝永乐三年至宣德八年（1405—1433），郑和在明王朝派遣下，七下西洋（指文莱以西的海洋），到过的地方有今越南、泰国、马来西亚、印度尼西亚、孟加拉、印度、斯里兰卡、马尔代夫、伊朗、阿曼、也门、沙特阿拉伯、索马里、肯尼亚等。随行人员把郑和下西洋时沿途各国的地理情况作了记载，如《瀛涯胜览》、《星槎胜览》、《西洋番国志》、《华夷胜览》等。并绘制了郑和航海图。这些著作和图，是明朝重要的域外地理著作，使我国对东南亚特别是对东非各国的地理环境认识有了显著的进步。

第二，旅行考察促进了地理学的发展。明朝中后期，出现了旅行考察的风气，出现了一群好写游记的旅行家和地理学家，其

^① 白寿彝总主编：《中国通史》第十卷：上海人民出版社，1996年，第409—411页。

中杰出的代表是王士性和徐霞客。王士性的著作《五岳游草》、《广游志》、《广志绎》是明朝杰出的人文地理著作，《徐霞客游记》则是明朝杰出的自然地理著作。他们两人为中国传统地理学开辟了新方向，作出了新贡献。

第三，明末清初，一批主张“经世致用”的地理学家，写出了一批具有实用价值和新思想的地理著作，如顾炎武(1613—1682)的《肇域志》和《天下郡国利病书》，顾祖禹(1631—1692)的《读史方輿纪要》，刘献庭的《广阳杂记》，孙兰的《柳庭輿地隅说》等。

第四，清朝乾、嘉地理学派对地理古籍的考释取得一些成就，如全祖望的《全校水经注》、赵一清的《水经注释》、戴震的《殿本水经注》、胡渭的《禹贡锥指》、毕沅的《山海经新校正》、郝懿行的《山海经笺疏》等。

第五，方志学大发展。明清时期是方志学大发展的时期，从数量上说，据《中国地方志联合目录》统计，全国现存地方志约8100多种，其中明代992种，占12%；清代5600种，占69%。明清两代占现存方志的81%。从种类上说，一应俱全，从一统志到各级行政单位的地方志，从边务志到盐场志，从寺观志到名胜古迹志都有。从方志理论说，经过方志学家章学诚等人的努力，建立了较为完整而系统的方志学理论，为中国方志学奠定了基础。

第六，水系著作出现高潮。清代水系著作出现高潮，如黄宗羲的《今水经》、齐召南的《水道提纲》、戴震的《水地记》、万斯同的《昆仑河源考》、徐松的《西域水道记》、孙彤的《关中水道记》、李诚的《云南水道考》、蒋子潇的《江西水道考》、纪昀的《河源纪略》等。其中以《水道提纲》最有名，也最有价值。

第七，重视研究边疆和域外地理。明清时期，学者们比较重

视边疆和域外地理的研究,出现了一大批这方面的著作。著名的边疆地理著作有郑若曾的《筹海图编》、许论的《九边图论》、霍冀的《九边图说》、杨宾的《柳边纪略》、吴振臣的《宁古塔纪略》、西清的《黑龙江外纪》、徐松的《新疆识略》、松筠的《西招图略》、姚莹的《康輶纪行》、何秋涛的《朔方备乘》、黄沛翘的《西藏图考》、曹廷杰的《东北边防辑要》和《东三省舆地图说》等。域外地理著作除了上述郑和随行人员写的4部外,还有黄曾省的《西洋朝贡典录》、黄衷的《海语》、张燮《东西洋考》、薛俊《日本考略》、郑若曾《日本图纂》、李言恭、郝杰《日本考》、侯继高《日本风土记》、郑舜功《日本一鉴》、魏源《海国图志》、徐继畲《瀛环志略》等。

7. 技 术

明清时期传统技术思想体现在4个方面:

第一,造船和航海技术。明朝郑和下西洋,率领27000多人,分乘船只100至200多艘,其中长度超过100米的大型宝船40—60多艘,最大的长达150米,舵杆长11.07米,张12帆,船体采用水密隔舱。为了增加船的稳定性,创设了披水板(即腰舵)、梗水木(设在船底两侧)和太平蓝(竹制,平时挂在船尾,遇风浪装石块置水中)。这种船顺风逆风都能行驶,反映了这个时期造船技术水平很高。明代初期我国的航海技术处于世界先进水平,它包括使用罗盘、计程法、测探器、牵星板、记载针路、绘制航海图等。

第二,采矿技术。明清时期矿业发达,采矿技术比以前大有进步。具体表现有9点:1)在矿体崩落方面,据《唐县志》卷3记载,可能已用火药爆破技术采矿。2)矿井深度由宋代约200米提高到1000米以上。矿井深度的增加,反映了当时掘进技术有了提高,并

下通风、排水、提升、运输技术也有了提高。3)选矿技术已很讲究,先用碓粉碎矿石,使成矿末,次用大桶搅粘,使矿末分级沉淀,再用水淘汰石头,存真矿。4)据《天工开物》记载,采煤时,已用巨竹凿去中节,用来排泄矿井中的毒气。5)坑道支护比较牢固。6)排水、照明、通风已有专门的工具。7)矿井有竖井、斜井和气井的区别。8)已有对付断层的办法。9)井采技术获得空前的发展^①。

第三,建筑技术思想。明清时期建筑技术思想活跃,建筑业兴旺发达。北京皇宫建筑群富丽堂皇。十三陵的陵寝建筑群,地上是木石砖建筑,地下宫殿是砖、石建筑。明代万里长城的建筑,是城防工程的发展,使用砖和石灰浆砌筑,使砖构建筑技术进入一个新的发展阶段。园林建筑力求精巧,设计自然,富有曲折,利用对景手法造景。园内引水,堰闸、驳岸、瀑潭、溪涧、喷泉等使景观活泼。叠造假山,使园景丰富多彩。园内建筑物相互构成对景,所占比重比较大。注意园区绿化,花草树木多姿多彩,色香俱佳。著名的皇家园林有承德避暑山庄、北京颐和园、玉泉山静明园、香山静宜园、圆明园、畅春园等。著名的私家园林有苏州拙政园、留园、狮子林,无锡寄畅园,扬州个园等。这个时期少数民族的建筑与汉族有区别,如藏族的石砌高碉,蒙古族的喇嘛庙,维吾尔族的穹窿结构建筑,傣族的佛寺和塔寺,都具有独特的风格。

第四,冶金技术思想。明代发明了使生熟铁连续生产的工艺,这是明朝冶铁技术的一项重要成就。具体工艺过程在《天工开物》中有详细记载。明代的灌钢法与沈括记述的不同,有了进一步的发展。这在《物理小识》和《天工开物》中有详细记载。中国

^① 杨文衡:《我国古代采矿技术史〔坑采〕》,《中国古代史论丛》1982年第二辑,福建人民出版社,1982年。



是火法炼锌最早的国家,中国古代把锌叫做“倭铅”,在《天工开物》中有关于炼倭铅的详细记载和插图,其冶炼方法和现在的横罐炼锌法相似^①。

(二)西方科学技术思想的传入

明朝万历年间,西方科学技术思想开始传入我国,代表人物是耶稣会传教士利玛窦(Matthaeus Ricci,1552—1610)、阳玛诺(Emmanuel Diaz,1574—1659)、熊三拔(Sabbathinus de Ursis,1575—1620)、龙华民(Nicolaus Longobardi,1559—1654)、邓玉函(Joannes Terrenz,1576—1630)、庞迪我(Did de Pantoja,1575—1618)、罗雅谷(Jacobus Rho,1593—1638),清朝顺治、康熙、乾隆年间,则有汤若望(Jean Adam Schall von Bell,1591—1666)、南怀仁(Ferdinandus Verbiest,1623—1688)、艾儒略(Julius Aleni,1582—1649)、戴进贤(Ignatius Kogler,1680—1746)、蒋友仁(Michael Benoist,1715—1774)、穆尼阁(Nicolas Smogolenski,1611—1656)、张诚(Joan Franciscus Gerbillon,1654—1707)、白晋(Joach,Bouvet,1656—1730)、雷孝思(Joan Bapt Régis,1663—1738)、巴多明(Dominicus Parrenin,1665—1741)、杜德美(Petrus Jartoux,1668—1720)等。下面分学科叙述。

1. 天文学

利玛窦介绍了日月蚀的原理,七曜与地球体积的比较,西方

^① 杜石然等编著:《中国科学技术史稿》下册,科学出版社,1982年,第128—134页。

测知的恒星和天文仪器制造等,著有《浑盖通宪图说》、《经天该》和《乾坤体义》,这些著作多为李之藻笔述。阳玛诺著有《天问略》,用问答形式解说天象原理,并有附图。熊三拔著《简平仪》和《表度说》,详细说明了简平仪的用法,说明立表测日影以定时的简捷方法。

崇祯二年至七年(1629—1634),徐光启、李天经先后主持历局工作,聘请耶稣会士龙华民、邓玉函、汤若望、罗雅谷到历局工作,编译了《崇祯历书》一三七卷,比较系统地介绍了欧洲天文学知识。它标志着欧洲天文学已被吸收和融合到中国天文学中,使中国天文学计算体系发生了根本变化,从传统代数学体系转变为欧洲古典几何学体系。但当时介绍的欧洲天文学知识是第谷的宇宙体系,比哥白尼的太阳中心说落后了几十年。由于明王朝的覆灭,《崇祯历书》未能颁行。清军进入北京后,汤若望把《崇祯历书》删改、压缩成一〇三卷,进呈清帝顺治,改名为《西洋新法历书》。而据此编出的日用历书则称为《时宪历》。

康熙八年(1669),命南怀仁制造新的天文仪器共6件,即赤道经纬仪、黄道经纬仪、地平经仪、地平纬仪、纪限仪和象限仪。为此,南怀仁写了《灵台仪象志》,介绍这些仪器的制作原理和使用方法,书后附一份全天星表。

最先把哥白尼学说介绍到中国的是穆尼阁,但只是私下透露,范围很小。一百年后,1760年蒋友仁借着向乾隆皇帝献《坤輿全图》的机会,在地图四周布置了天文学内容的插图和文字说明,明确宣布哥白尼学说是唯一正确的学说,又介绍了开普勒三定律,地球为椭圆形等。这时距哥白尼的《天体运行论》发表已经两百多年了。表演哥白尼太阳系的仪器浑天合七政仪和七政仪也传入中国。但这些图和仪器都锁在皇宫内院,没有产生任何影

响。又过了三四十一年,钱大昕把润色《坤輿全图》说明文字稿定名为《地球图说》出版发行,由于阮元在此书序中反对哥白尼学说,故哥白尼学说的传播仍然受阻。又过了四十多年,1842年魏源编成《海国图志》,书中译载了好几篇有关哥白尼学说的文章,并附有地球沿椭圆形轨道绕日运行图。这是第一批公开肯定哥白尼学说的中国文字。又过了十几年,1859年伟烈亚力、李善兰合译《谈天》之后,地球绕太阳运动的真理才在中国广泛传播,哥白尼学说在中国站稳了脚跟,牛顿万有引力理论、正确的开普勒定律首次传入中国。近代天文学开始在中国传播。晚清王韬与伟烈亚力(Alexandre Wylie,1815—1887)合译《西国大学源流》。

2. 数 学

万历十八年(1590),利玛窦在韶州(今韶关)教瞿汝夔(字太素)学同文算法、浑盖图说和欧几里得几何学,前后约两年。通过学习,瞿翻译了《几何原本》第一册,但没有刊刻。万历三十四年(1606)利玛窦在北京与徐光启合译《几何原本》前六卷,第二年付印。同年两人还合作编著了《测量法义》,这是关于陆地测量的著作。万历三十六年(1608),利玛窦、李之藻合译《圜容较义》,讲比较图形关系几何学。万历四十一年(1613),利玛窦与李之藻合编的《同文算指》刊行,这是利玛窦用他老师克拉维斯(Clavius)著的《实用算术纲要》为底本编译的,全书十卷。

清初顺治八九年(1652—1653)穆尼阁在南京把对数传授给薛凤祚(1600—1680),薛则把学到的数学知识编入《历学会通》中,主要有《比例对数表》、《比例四线新表》和《三角算法》各一卷。

康熙二十九年(1690—1721),在康熙皇帝的支持

下,由梅穀成等人根据张诚、百晋等人的译稿汇编成《数理精蕴》五三卷,这是一部介绍西方数学知识的百科全书,主要介绍17世纪初传入中国的西方数学,包括几何学、三角学、代数以及算术知识。这是西方数学思想传入中国的前一阶段。后一阶段则是鸦片战争以后。

清朝咸丰二年(1852),李善兰(1811—1882)在上海墨海书馆与伟烈亚力等人合作,翻译出版了《几何原本》后九卷,还有《代数学》和《代微积拾级》。其中《代微积拾级》是第一部译成中文的解析几何和微积分学著作,为近代数学在我国的引进与传播作出了贡献。

3. 物理、化学

明朝天启三年(1623)艾儒略编著了《职方外积成》,介绍西方力学知识。又撰写了《西学凡》,称物理学为“弗西加”,完全按西文 Physics 音译。天启七年(1627),由邓玉函口授、王徵笔译并绘图的《远西奇器图说》出版,专门论述力学知识、简单机械原理和各种实用机械的构造及原理,是当时西方物理学、力学与机械学知识的汇编。

清朝康熙十三年(1674)南怀仁写的《新制灵台仪象志》中有西方的力学、热学和光学知识,有些内容引用了伽利略的著述。

咸丰二年(1852)艾约瑟、李善兰合译英国威廉·惠威尔(William Whewell)的《重学》二十卷,1859年初刊,后毁于兵,1866年重刻印行。这是我国第一部系统翻译出版的力学著作。全书分静重学、动重学和流质重学三部分。咸丰五年(1855)出版合信译著的《博物新编》第一集中有物理学的内容。

同治五年(1866)丁韪良(William A.P.Martin)译著的《格物



入门》七卷,除第六卷为化学外,其余都是物理学的最基本的知识。

光绪五年(1879)上海江南制造局刊行了林乐知、郑昌棨合译的英国鲍尔弗·斯图尔特(Balfour Stewart)《科学启蒙丛书·物理学》,中译名为《格致启蒙·格物学》第二卷。同治五年丁韪良译著《格物测算》八卷,光绪九年北京京师同文馆刊。该书首次将微积分应用于物理学,是明清时期唯一一本以测算为主要内容的物理学著作。

崇祯五年(1632)汤若望译的《远镜说》出版,标志着西方光学开始输入中国。所说远镜就是望远镜。咸丰三年(1853)张福僊与艾约瑟合译《光论》,光绪二十二年(1896)由江标刊入《灵鹫阁丛书》第二集。这是我国最早翻译的系统光学著作。光绪二年(1876)上海江南制造局初刊金楷理(Carl.Kreyer)赵元益合译约翰·丁铎尔的《光学》二卷,讲几何光学与波动光学,特别是波动光学,对当时的中国可以说是完全新的知识^①。

天启五年(1625)金尼阁(Nicolas Trigault,1577—1628)撰写《西儒耳目资》并译成中文,这是一部与语言声学有关的书。康熙五十二年(1713)音乐中的五线谱传入我国。咸丰三年左右,张福僊与艾约瑟曾合译《声论》,只有抄本,未刊行。同治十三年(1874)傅兰雅(John Fryer,1839—1928)徐建寅合译丁铎尔《声学》八卷,江南制造局出版。这是一本将声学的一些基本概念、和音与差音、语言声机制、耳与发音器官的构造等作了浅显易懂的介绍,成为晚清各地书院的格致教科书之一。光绪十九年(1893)

^① 王冰:《明清时期[1610—1910]物理学译著书目考》,《中国科技史料》,1986年,第5期。

登州文会馆出版美国教士赫士(W.M.Hayes)口译、朱葆琛笔述、周文源校订的《声学揭要》，原为法国加诺(Adolph Ganont)的《初等物理学》英译本第14版，中译本略去了原著中难度较大的章节，图文并茂，通俗易懂。光绪三年(1877)傅兰雅和徐寿又分别翻译了当时欧美新闻中有关声学器械的创造发明。光绪二十四年这些译文汇集成册，题为《审音精说》载入《格致丛书·声学》中。

光绪五年(1879)上海江南制造局初刊傅兰雅、徐建寅合译英国亨利·诺德(Henry M.Noad)的《电学教科书》，中译名为《电学》十卷，有插图402幅，比较系统地介绍了静电学、静磁学、生物电流、电流的化学效应、热效应、磁效应、电磁感应、电报等。为19世纪60年代以前的电学知识。

光绪二十年前出版了傅兰雅、周郇合译约翰·丁铎尔的《电学七讲教程讲义》(1875)，中译书名为《电学纲目》，概述电流、电流的化学磁热效应、电阻、电磁感应、电报、稀薄气体放电等内容。

光绪二十五年上海江南制造局出版傅兰雅、王季烈合译莫顿(William James Mortom)、汉莫尔(Edw.W.Hammer)合著的《X射线，不可见的照相术，及其在外科术的价值》第5版，中文译名为《通物电光》四卷，插图91幅，介绍电学基本概念、发电机、感应圈、显光器、照相器、各部件的制作、装置的连接，X光的发现、X光照相的方法、X光在医学上的应用等。

根据王冰《明清时期物理学译著书目考》的统计，明清300年间翻译了外国物理学著作达100种，其中学术著作12种，应用著作19种，通俗读物36种，教科书33种。上面所列的只是其中的代表而已。这些著作传入中国，对中国近代物理学的诞生起

了积极的作用。

化学方面,明朝崇祯十一至十三年(1638—1640),在李天经主持下,由汤若望、杨之华、黄宏宪翻译了德国科学家乔治·阿格里柯拉(Georgius Agricola,1494—1555)的《矿冶全书》,中译名为《坤輿格致》。前三卷为采矿内容,后一卷为冶金内容,于崇祯十六年(1643)刊行。冶金内容多与化学有关,其中对金、银、铜、铁、锡、铅、汞、锑和铋的制取、提纯和分离都属于化学内容,因此,这是一部最早将西方化学知识传入我国的著作^①。

鸦片战争后,西方化学知识传入中国的数量不断增多。咸丰五年(1855)合信(Benjamin Hobson)出版了《博物新编》,其中第一集讲化学知识。

同治五年(1866)丁韪良译著的《格物入门》第六卷为化学内容。同治八年,傅兰雅和徐寿合译《化学鉴原》,同治十年刊行。书中第一次提出了化学元素汉译名的原则,首创以西文首音或次音译元素名的造字法,为元素汉译名作出了贡献。

嘉约翰(John Kerr)与何了然合译的《化学初阶》四卷,于同治十年博济医院刊行,这是一部有系统内容的普通化学书籍。同治十二年由毕利干(Anatole Adrien Billequin)与联子振合译的《化学指南》十卷在北京同文馆刊行。

光绪五年上海江南制造局刊行了林乐知、郑昌棧合译的《格致启蒙》中有化学内容的一卷。

根据《东西学书录》统计,19世纪西方传入中国被译成中文的化学书籍有30多部,对中国近代化学的诞生起了积极的

^① 潘吉星:《阿格里柯拉的《矿冶全书》及其在明代中国的流传》,《自然科学史研究》,1983年,第1期,第32~44页。

作用。

4. 生物学

西方生物学思想的传入,以人体解剖生理学知识为最早。如明朝万历二十三年(1595)利玛窦在南昌出版的《西国记法·原本篇》中论述了脑的位置和功能。崇祯八年(1635)邓玉函、毕拱辰合译包因(Gaspara Bauhin)《解剖学》,中译名为《泰西人身说概》二卷,是一部较好的解剖生理学专著,论述了骨骼系统,肌肉系统,神经系统,循环系统和感觉器官的形态结构及其功能,在我国产生了一定的影响。而罗雅谷、龙华民、邓玉函则译述了《人身图说》一卷,论述脏腑、脉络、溺液、女人子宫、胚胎、脐络等,还有五脏躯壳图形 21 图。清雍正年间巴多明用满文翻译了皮理(Pierre)的《人体解剖学》,但未刊行。鸦片战争后,由合信、陈修堂编译的《全体新论》于咸丰元年(1851)出版,是生理解剖学著作^①。

在动植物学方面,合信于咸丰五年在上海出版的《博物新编》第三集为动物学。咸丰八年韦廉臣(Alexander Williamson)李善兰合译了英人林德理(John Lindley,1799—1865)的《植物学原理》,中译名为《植物学》八卷,这是传入我国的第一部西方近代植物学著作。光绪二十一年(1895)傅兰雅译有《植物图说》四卷。光绪三十年(1904)杜亚泉翻译有《植物学》,黄英译有《动物学》。

在西方生物学思想传入中国的过程中,最重要的是达尔文(Charles Robert Darwin,1809—1883)的生物进化论。同治十年(1871)出版的《地学浅释》中已提到达尔文及其学说。光绪十七

^① 赵璞珊:《中国古代医学》,中华书局,1983年,第250-253页。



年(1891)出版的《格致汇编》“博物新闻”栏内正式报道了进化论的观点。光绪二十一年严复在《原强》中介绍了达尔文的《物种起源》。同年,严复翻译了进化论的支持者赫胥黎(Thomas Henry Huxley,1825—1895)的《进化论和伦理学》前半部,中译书名为《天演论》,也就是进化论。书正式出版后,很受欢迎。进化论思想成了当时变法维新者的思想武器,推动了变法维新运动。

5. 农 学

近代农学思想主要是从日本传入,从西欧传入者较少。江南制造局刊行有《农学理说》(美国德怀特福利斯撰)、《农学初级》(英国贝尔恒理著,英国秀跃春与范熙庸合译)、还有《农务化学问答》、《农务土质论》、《农务全书》、《农学津梁》等。

清末戊戌变法时,罗振玉于光绪二十二年(1896)创办《农学报》,把国外发展农业科学的经验介绍到中国来,建议政府仿行。这样他俨然成了农学专家,并由此升了官。当然,他对近代农学思想传入中国也起了重要作用。《农学报》上翻译的内容包括农学总论,农作物栽培,园艺,植保,土壤肥料,畜牧兽医,蚕、蜂、茶、药,农业气象,农具,农产品加工,林业,渔业等,范围比较广泛^①。后来罗振玉又编纂出版了《农学丛书》,收入译书235种,译书总数可能还要多,加上《农学报》的译文,这在当时向中国传播西方近代农学思想上应该说起了巨大作用。重要的著作有:日人稻垣乙丙著《农学入门》、英国黑球华来思著《农学初阶》、傅兰雅的《种植学》、日人横井时敬的《农学种子学》、日人森要太郎《日

^① 朱先立:《我国第一种专业性科技期刊——〈农学报〉》,《罗振玉与〈农学报〉》,《〈农学报〉主要篇目索引》,均载《中国科技史料》,1986年,第2期。

本农业书》等。光绪二十九年(1903)出版的《普通百科全书》中收集了日本各级农业学校的教科书,如《植物新论》、《植物营养论》、《农艺化学》、《土地改良论》、《肥料学》、《畜产通论》等。

6. 地 学

明清时期西方地学思想的传入主要有3个方面:

第一,以地圆说为基础的测量制图学思想的传入。明朝万历十一年(1583)9月,利玛窦由澳门到肇庆后,就根据绘有五大洲的西文世界地图制成一幅较原图大,用中文注释的世界地图,由王洋刊印。以后又多次刊印,而以万历三十年(1602)刊印的《坤輿万国全图》最为完善。他把西方的经纬度制图法、地圆说传入中国。康熙、乾隆年间,由中、西科技人员组成测绘队伍,进行全国地图测绘。西方科技人员都是当时的传教士,如白晋、雷孝思、杜德美、亚洛沙等人。中方有喇嘛、刘统勋、何国宗、明安图等。康熙五十七年(1718)完成了《皇輿全图》,也完成了全国三角测量,这是一件了不起的大事,走在世界前列。但是测绘技术被封锁,未能推广。直到鸦片战争后才由魏源、胡林翼、邹伯奇、邹代钧、丁文江、翁文灏、曾世英等人逐渐把近代测绘制图学推广普及,最后完全取代了传统制图学,建立了中国近代测绘制图学。

第二,地理学思想的传入。利玛窦把地球说和地球五带、五大洲的知识传入中国。继利玛窦之后,有艾儒略的《职方外纪》五卷,是翻译利玛窦《万国图志》的文字,这是明末传入中国的第一本世界地理著作。清初有南怀仁的《坤輿图说》和《坤輿外纪》,蒋友仁的《坤輿图说稿》。道光、咸丰年间,慕瑞(Hugh Murray)的《世界地理大全》被林则徐请人译成《四洲志》,玛吉士(Martins Marquez, Jose)用中文写了《新释地理备考》十卷,一~三卷为通



论，相当于自然地理，余为世界地理。慕维廉(Muirhead William)用中文写了《地理全志》，上编为世界地理，下编除第一卷为地质学外，余为自然地理。据艾素珍的《清末自然地理学著作的翻译和出版》^①和《清末人文地理学著作的翻译和出版》^②两文的统计，自1871—1911年共翻译出版自然地理著作38部，人文地理著作43部，为中国近代地理学的建立创造了条件。

第三，地质学思想的传入。上面提到咸丰三年英人慕维廉用中文写了《地理全志》，其中下编第一卷为地质学内容，是最早传入中国的西方地质学知识，属于构造地质的范畴。他划分地层的方法是赖尔以前的方法。最早传入中国的近代地质学是赖尔(Charles Lyell)的《地质学纲要》，由玛高温、华蘅芳合译，中译书名为《地学浅释》三八卷，1871年出版。这是赖尔生前第一部被译成中文的著作，是第一次系统地、完整地、详细地把近代地质学的基本知识介绍给中国人。最早传入中国的近代结晶矿物学是代那(James Dwight Dana)的《矿物学手册》，玛高温、华蘅芳合译，中译书名为《金石识别》十二卷，1871年出版。这是代那生前被译成中文的第一部著作，是第一次把矿物晶体理论系统和测试手段介绍给中国人。此后傅兰雅写了《矿石图说》，虞和钦、虞和寅翻译了日本横山又次郎的《地质学教科书》，沈纮从日文翻译了《矿物学教科书》。据艾素珍《清代出版的地质学译著及特点》^③一文的统计，自1871—1911年共翻译出版地质学著作65部，为中国近代地质学的建立创造了条件。

地震方面，天启六年(1626)龙华民出版了《地震解》一卷，这

① 《中国科学史料》，1995年，第3期。

② 《中国科技史料》，1996年，第1期。

③ 《中国科技史料》，1998年，第1期。

是第一本传入中国的西方地震学著作。

7. 技 术

明朝万历年间利玛窦传入的地图测绘技术和崇祯年间汤若望、杨之华、黄宏宪合译的《坤輿格致》传入的采矿、冶金技术，是西方比较系统的技术思想传入中国的开始。此后有《火攻奇器图说》，汤若望、南怀仁曾奉命设计铸造铳炮，崇祯十六年（1643）汤若望、焦勛辑译《火攻挈要》，讲火炮的铸造、运用、安置以及子弹、地雷的制造等。清初南怀仁编译了《神武图说》，讲铳炮的原理并有附图。

清朝光绪年间，有舒高第、郑昌楨合译的《水雷秘要》（1880）、《炮药纪要》（1879）、颜邦国译的《洋枪浅言》（1886）等。

造船航海方面，凤仪、徐家宝合译《航海章程》（1895）、徐建寅译了《造船全书》二十卷，傅兰雅、钟天伟合译了《船坞论略》，还有《航海通书》、《航海简法》、《行船要术》等。

铁路方面的译著有《行军铁路工程》、《铁路汇考》、《铁路记要》等。

采矿方面的译著有《开煤要法》、《开煤器法图说》、《井矿工程》、《宝藏兴焉》、《银矿指南》、《求矿指南》、《探矿取金》等。

机器工艺方面，有《汽机发轫》、《汽机新制》、《汽机必以》、《西艺知新》、《电器镀镍》、《电器镀金略法》等。

冶金方面有《炼钢要言》、《炼金新语》、《炼石编》等。

总之，中国学者经过把西方各国及东方日本的科学技术思想和科技著作引进、吸收、消化之后，逐渐建立了中国近代科学技术体系。19世纪末至20世纪初，中国传统天文学、数学、测绘制图学、化学、物理学、生物学和地学基本消亡，被近代天文学、



数学、测绘制图学、化学、物理学、生物学和地学所替代。有生命力的传统中医药学、农学、手工艺技术、建筑等则仍然全部或部分保留,或中西融合,形成新的学科。在这个过程中,主体是中国学者,但西方传教士起了他们预想不到的作用,为中国近代科学技术的建立作出了重要的贡献。

中国科学技术与世界科学技术接轨之后,中国科学技术的发展进入了新的阶段。中国学者为赶超世界科学技术水平,为中国科学技术的现代化作了不懈的努力,涌现了一大批有贡献的科技专家,流传着许多可歌可泣的奋斗故事。研究中国科学技术发展的过程和规律,总结中国科学技术的成就,评价中国科学技术在世界科学技术发展史中的地位,这是中国科学史的任务。

八、中国科学史简介

中国科学史至迟在秦汉时期已经萌芽，宋代出现了科学史专著，清代的《畴人传》是一部空前的大型天文数学家传记，有大量的科学史资料。20世纪前后，开创了中国科学史研究事业。根据郭金彬、王渝生的统计，20世纪上半叶大约发表了有关中国科学史研究的论文和资料有2000多篇，出版专著40余种^①。

现将这40余种科学史专著列成表1。

表1 20世纪上半叶出版的主要中国科学史专著表^②

分 类	书名和卷册	作 者	出版者	出版时间
科学史总论	先秦自然学概论	陈文涛	商务印书馆	1928
同上	中国科学史举隅	张孟闻	上海中国文化服务社	1947
数学史	古算考源	钱宝琮	商务印书馆	1930
同上	中国算学小史	李 俨	同上	1931
同上	中算史论丛四册	李 俨	同上	1931— 1941
同上	中国数学史上篇	钱宝琮	中央研究院历史语言研究所	1932
同上	中国数学史导言	李 俨	上海中华学艺社	1933

① 郭金彬、王渝生：《自然科学史导论》，福建教育出版社，1988年，第260页。

② 《1900—1980八十年米史学书目》，第475—486页。



分类	书名和卷册	作者	出版者	出版时间
数学史	二十年来中算史料之发见	李 俨	中国科学社	1933
同上	唐宋元明数学教育制度	李 俨	同上	1933
同上	古算法之新研究	许纯舫	中华书局	1935
同上	中国算学史	李 俨	商务印书馆	1937
天文历法	汉志三统历表	廖 平	四川存古书局新订六译馆丛书本	1921
同上	天文图考四卷	吴之英	名山吴氏寿栎庐丛书本	1920
同上	天文考古录	朱文鑫	商务印书馆	1933
同上	中国人之宇宙观	崔朝庆	同上	1934
同上	历法通志	朱文鑫	同上	1934
同上	史记天官书恒星图考	同上	同上	1934
同上	历代日食考	同上	同上	1934
同上	中国上古天文	新城新藏著, 沈璇译	同上	1936
同上	古历管窥二卷	刘师培	宁武南氏刘申叔先生遗书本	1936
同上	周初历法考	刘朝阳	成都华西协合大学	1944
同上	晚殷长历	同上	同上	1945

分类	书名和卷册	作者	出版者	出版时间
大文历法	殷历谱	董作宾	中央研究院历史语言研究所	1945
化学	中国炼丹术考	约翰生著、黄素封译	商务印书馆	1937
同上	中国化学史	李乔萃	长沙商务印书馆	1940
地质地理	云南地震考八十五册	童振藻	不详	1926
同上	中国地势变迁小史	李四光	商务印书馆	1933
同上	地质学小史	叶良辅	同上	1934
同上	中国地理学史	王庸	同上	1938
农学	中国农书	王建新译	同上	1940
水利学	中国历代水利述要	张念祖	华北水利委员会图书馆	1932
同上	历代治黄史六卷	林修竹、徐振声	山东河务总局	1921
同上	治水述要十卷	周馥	周恂慎公全集本	1922
同上	中国水利史	郑肇经	长沙商务印书馆	1939
同上	古今治河图说	吴君勉	水利委员会	1942
同上	历代治河方略述要	张含英	商务印书馆	1946
建筑	中国建筑史二卷	乐嘉藻	自刊	1933



分类	书名和卷册	作者	出版者	出版时间
建筑	中国建筑史	伊东忠太著、 陈清泉译补	商务印书馆	1937
同上	明代建筑大事年表	单士元、王璧 文	京城书局	1937
同上	清式营造则例	梁思成	北京中国营造学 社	1941
印刷术	中国印刷术源流	卡德著、刘麟 生	商务印书馆	1931
陶瓷	中国陶瓷史	吴仁敬、李安 潮	商务印书馆	1936
同上	古今瓷器源流考 十卷	邵贻民	不详	1938
度量衡	中国度量衡史	吴承洛	商务印书馆	1937

由表 1 可知,这个时期科学史专著不是很多,最多的是天文学、历法、数学、水利、地质地理、建筑这几项,缺少的学科有物理、生物、纺织、机械、冶金、铸造、造船、桥梁、造纸、采矿等。从出版时间上统计,则 20 年代只有 6 种,占 13.33%;30 年代 29 种,占 64.44%;40 年代 10 种,占 22.22%。30 年代是一个高峰。当年从事科学史研究的学者,都是业余研究,没有组织机构,没有科研经费,没有资料。不少学者如李俨等人,自费收购古籍,或亲自上门求有资料的人允许抄录备用。加上社会动乱,日本帝国主义人侵,连年战争,天灾频繁,民不聊生,条件十分艰苦。在这样艰苦的环境中,学者们能作出这些成绩,为中国科学史事业奠了基,令人肃然起敬。如李俨、钱宝琮的中国数学史研究,为中国数学史这个学科奠定了基础。

中华人民共和国成立至 1979 年,是中国科学史事业的发展时期。1954 年成立了中国自然科学史研究委员会,由 17 位历史学家和自然科学家组成,主任竺可桢,副主任叶企孙、侯外庐。在历史研究所第二所内设立自然科学史组,一些高等院校和科研机构也开展了自然科学史的研究,使中国科学史的研究结束了过去那种孤立、分散、无组织的状态,进入了有组织、有计划、有专业队伍的研究阶段。1957 年 1 月,在自然科学史组的基础上,组建了中国自然科学史研究室,李俨任室主任,直属中国科学院。1975 年改称自然科学史研究所。与此同时,南京农学院成立了中国农业遗产研究室,中医研究院成立了医史研究室,水利科学院成立了水利史研究室,其他科研机构和高等院校也先后成立了各相应的科学技术史研究组织,中国科学史的研究队伍基本形成。

这个时期由于研究人员的不懈努力,取得了一些成绩。根据严敦杰主编的《中国古代科技史论文索引》统计,这个时期发表的文章(包括论文、科普文章、资料、书评、科学家评传等)数目列成表 2,表中每十年为一个阶段。

表 2 1950—1979 年全国发表科技史文章数目统计表

时间 分类	1950—1959	1960—1969	1970—1979	总 数	占总数的%
总论	11	8	96	115	3
四大发明	65	47	44	156	4
数学史	163	60	62	285	7.5
物理学史	34	24	65	123	3.24
化学史	30	21	28	79	2

时间 分类	1950—1959	1960—1969	1970—1979	总 数	占总数的%
天文学史	60	49	156	265	7
地学史	69	76	146	291	7.67
水利史	41	37	85	163	4.3
生物学史	53	24	75	152	4
农学史	136	286	183	605	16
技术史	298	296	399	993	26.19
科学家评传	138	163	264	565	14.9
总 计	1098	1091	1603	3792	
占总数的%	28.96	28.77	42.27		

由表 2 可知, 这个时期研究中国古代科学史的文章已达 3792 篇, 加上研究近现代中国科学史的文章, 总数已超过 4000 篇。以学科史来说, 最多的是技术史, 其次是农学史、科学家评传、地学史、数学史和天文学史。最少的是化学史, 因为其中火药、造纸已归入四大发明, 故数量减少。从时间段来说, 以 20 世纪 70 年代的数量最多, 因为一场批判运动促进了文章数量激增。这里边有的文章还是有一定学术水平的, 但有的文章则是挂羊头卖狗肉, 政治观点很坏, 因此, 年青的读者要了解当时的历史背景, 切莫上当。50 和 60 年代基本持平, 但不同学科有差异。

这个时期的中国科学史专著, 根据《1900—1980 八十年来史学书目》的资料和自然科学史研究所图书馆馆长吴佩卿提供的资料统计, 列成表 3。

表3 1950—1997年全国出版的中国科学史专著数目统计表

时间 分类	时间					总 数	占总数的 %	名次
	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代			
通史或 总论	11	12	34	63	117	237	13.3	4
技术史	35	18	32	264	220	569	31.8	1
农学史	29	25	12	105	81	252	14.1	3
水利史	7	3	10	28	20	68	3.8	8
化学史	5	4	3	6	6	24	1.3	11
物理学 史	1	2	1	10	15	29	1.6	10
天文历 法史	9	2	22	38	43	114	6.4	5
数学史	19	8	1	28	49	105	5.9	6
生物学 史	3	0	1	12	19	35	2.0	9
地学史	7	7	5	43	38	100	5.6	7
科学家 研究	17	14	18	106	99	254	14.2	2
总计	143	95	139	703	707	1787	100	
占总数的 %	8.0	5.3	7.8	39.3	39.6	100		
名次	3	5	4	2	1			

说明:1)表中技术史包括矿业工程、冶金、金属加工、青铜器、铜镜、铜鼓、机械、陶瓷、食品、手工业、纺织、造纸、印刷、建筑、桥梁、造船、航海、航空、军事技术等20项内容,非常广泛。2)表中不列医药科技史,因为在这套《国学举要》丛书中列有医药卷专论,但科学家栏目中有医药科学家。3)资料来源主要是吴佩卿馆长提供的,《1900—1980八十年史学书目》只供参考、补充。4)90年代的资料只收集到1997年,个别有1998年的,很不完全。5)资料中包括了台湾的部分内容。



由表3可知,90年代虽然资料没有收全,但专著数目已占第一,80年代位居第二,这两个时段的专著数目几乎占了总数的80%,说明这两个时段是研究中国科学史的黄金时段,是中国走向兴盛的一种反映。50年代居第三,是中华人民共和国成立后科学史研究的起步阶段,起步走得不错,取得了一定的成绩。60与70年代,先是三年困难时期,接着就是史无前例的“文革”运动,知识分子被列为臭老九,不得安居,何谈科学研究?这两个时段位列最末,是当时社会情况的客观反映,符合历史实际。

80、90年代,不仅科学史专著数量增加,而且研究内容也相应迅速扩大,除了研究通史、学科史、断代史、科学家、科学著作、科技成就外,又兴起了科学思想史、科学方法论、科技与社会、科技与仪器、科技与教育、科技与社团、科技与机构管理、科技交流、中外对比、科技文献的整理研究、科技考古、少数民族科技等方面的研究,内容十分丰富,基本上形成了全面、系统地研究中国科学史的局面,形成了探索中国科技发展规律,探索中国科学史为现实服务的学术环境和学术境界,由描述型科学史向理论型科技史转变。应该说这是国学研究在这个时期取得的新进展和新成就,使国学得到了发扬光大,获得了新的活力。

从学科史来看,最活跃的是技术史研究,因为它在为现实服务中最有活力,故受社会的亲睐。其次是科学家的研究,历代科学家的崇高品质和进取精神是现代人的精神食粮,是进行爱国主义教育的生动教材。第三,农学史对于中国这样的人口大国和以农业为基础的国家有很好的借鉴作用,故农学史研究位列第三是非常符合国情的。第四,天文、数学在中国传统科学中是基础最好,成就最高的学科,天文、数学史的研究位列5、6位也是符合实际情况的。第五,中国古代的物理、化学不太发达,故物

理、化学史的研究也相对落后。

总之,20世纪中国科学史的研究,走过了一条从无到有,从创业到发展繁荣的道路。中国科学史事业的兴衰繁盛,跟祖国的兴衰繁盛同呼吸、共命运。中国的国学没有消亡,也不会消亡。在新形势、新环境下,中国国学也以新的面貌,新的姿态出现,它仍然具有很强的生命力,它是中华民族的精神食粮,不仅中国学者研究它,全世界的学者也在研究它,从中汲取营养,开创新文化。

思想精要



国 学 举 要 · 术 卷

一、仰观天文与天文学思想

1. 观象授时

根据《周易·系辞上》记载,包牺氏的首项要务便是借助于天文以治理天下。

所谓“观象于天”有两个意思:一是观天象以授人时,简称观象授时;二是观天象以见吉凶。这是天文学的两大社会功能,与治理社会、巩固统治有密切的关系。

日月星辰的运行有明显的规律性,即如战国时期荀况说的“天行有常”^①。它们提供了毋庸置疑的一年四季变化、一月和一日长短的客观尺度,是那样有信、有准,人们自古奉为神。于是天行有常含有一种秩序的典范的神圣意义。人们发现,依据这些客观的时间尺度,调节、安排生产和生活的节律,是那样的有理、有效,于是敬天、顺天、顺时施政的观念油然而生,成为统治者和被统治者共同接受的理念。而且统治者更以法天常为已任,或者说视之为专利,以此作为建立秩序、进行治理的重要依据。又因为日月星辰的运动,时而出现人们认为反常的或异常的现象,如日月食、彗星的突然出现等等,这势必引起人们的疑惑和恐惧。在

^① 荀况:《荀子·天论》。

尚无法解释这些天变原因的时代，在对正常天象奉若神明的古代，人们对于天变的含义颇多猜测，以为天变是对人事的某种预示，或是凶或是吉，并试图以此作为指导自己行动的指南。既然天象（无论是正常的或反常的天象）具有如此重要的意义，于是观天象自然就成为一种极其重要的工作，顺应天象行事也就成为一种神圣的理念。

西汉早期刘安等在《淮南子·要略》中说：“天文者所以和阴阳之气，理日月之光，节开塞之时，列星辰之行，知逆顺之变，避忌讳之殃，顺时运之应，法王神之常，使人有以仰天承顺，而不乱其常者也。”这里把天文学节时、知变的两大功能，仰天承顺、应时、避殃的具体运作，和最终达到不乱其常的目的，都作了精辟的论述。

东汉班固在《汉书·艺文志》中说：“历谱者，序四时之位，正分至之节，会日月五星之辰，以考寒暑杀生之实。故圣王必正历数，以定三统服色之制，又以探五星日月之会，凶厄之患，吉隆之喜，其术皆出焉。此圣人知命之术也。”这就是说历法也具有两大功能，一是序正时节，以顺应气候的寒暑变化，生物的成长、衰亡规律，以定服色等礼制。二是推算五星之行、日月之会，以预知吉凶之所在。这二者都是圣人知命之术。这里所谓“命”，指的是天之道和与之相应的行为准则。

西晋司马彪在《续汉书·律历志下》说：“夫历有圣人之德六焉：以本气者尚其体，以综数者尚其文，以考类者尚其象，以作事者尚其时，以占往者尚其源，以知来者尚其流。大业载之，吉凶生焉。是以君子将有兴，咨焉而以从事，受命而莫之违也。”这里前三德指的是历法的特征：有体可依，有数可推，有象可据。后三德指的是历法的功能：对“作事者”而言，它给予时节的指导，对“占

往者”和“知来者”而言,它给予源与流的说明。两者的综合性结果是“大业载之,吉凶生焉”。所以君子要有所作为,都要探究其事,从其所指。

同样的理念,五代后晋刘昫等人在《旧唐书·天文志上》中也有所表述:“《易》曰:观乎天文以察时变。是故古之圣王,法垂象以施化,考庶徵以致理,以授人时,以考物纪,修其德以顺其度,改其过以慎其灾,去危而就安,转祸而为福者也。”这里所谓“时变”,指四时节候之变,又指阴阳吉凶之变。刘昫等人认为通过对天文的观测、研究,以了解、掌握这些“时变”,进而采取相应的修德、改过等举措,便可以达到治理天下,去危就安,转祸为福的目的。

以上是古人对天文学两大功能的论述。至于怎样观象授时,古人也有许多论述。

西汉司马迁在《史记·历书》中说:颛顼帝“乃命南正司天以属神,命火正黎司地以属民。使复旧常,无相侵渎”。这是中国古代最早以观测大火星(天蝎座 α 星)昏见东方来确定一年起始的记述。这当是初始的观象授时的方法,其所要达到的目的很清楚,就是要使民众行而有常。其时约在公元前24世纪。而在此后约四个世纪,又出现了以观测鸟、火、虚、昴四颗恒星昏见南中天的日子,分别确定春分(仲春)、夏至(仲夏)、秋分(仲秋)、冬至(仲冬)来临的方法。据《尚书·尧典》记载,作这种观测的缘起和目的是:“乃命羲和,钦若昊天,历象日月星辰,敬授人时……允厘百工,庶绩咸熙”。帝尧命令羲仲、羲叔、和仲、和叔去四方观测太阳和四仲中星,为的是敬顺上天,告诉民众四季的来临,以顺时节,有效地治理从事各种劳作的人们,使各种事功都得以兴盛发达。这把观象与授时的关系,及其对于社会生产、生活的重要

性作了极其明确的论述。

相传源于夏代的《夏小正》记述了一年十二个月(一说十月)的星象、物候、气象以及所应从事的农事、政事等等。这是一部内容丰富的天文、物候历,而且是一部有关生产的行为规范。它给观象授时的含义以十分清晰与具体形象的阐释。把通过观象来规范、指导人们的生产与生活的理念反映得一清二楚。当然,《夏小正》成书于春秋末年,它并不就是夏代的历法,但它所反映的天文思想源之于夏代,是可以想像的。正如夏纬瑛指出的,《夏小正》“意思就是夏的小政。这个书名并非原有,是后人所加,他们认为经文中讲的事情琐碎,所以名为小正。我认为《夏小正》中罗列的事情多是有关生产的大事,是大正,不该是小正”^①。既是大政,则观象之事的重要性则是不言而喻的。

在西周曾实施一种颁朔制度,为当时的大政。天子颁朔,诸侯受朔有一套严格的规定,是周天子行使统治权的一种形式。这也是后世将颁布历法作为皇权象征的来由。颁朔制度实施的一个直接结果,是在全国范围内行使一种统一的历日制度。这对于中华民族的融合、国有的统一有着极其重大的意义。历日制度的统一,促成一种统一的时间观念和诸多统一的节庆活动等等,对整个社会生产、生活的步调起着统一的指导作用。不论中国处于统一或分裂的状态,历日制度均处于大体统一或相对统一的状况,而颁朔之举则一直延续不辍。

周朝幽、厉之后,中央政权衰落,各诸侯国开始自行其事,以各自的历法颁用于其管辖的地域之内。

观象——授时——施政——统治权就这样有机地联系在一

^① 夏纬瑛:《夏小正经文校释》,农业出版社,1981年,第4页。



起,成为中国古代天文学与社会政治关系的显著特征之一。

春秋战国时期,天文学有了长足的进步。人们对历法功能的论述,仍重在它的授时、施政等层面上。《易·观卦》曰:“观天之神道,而四时不忒。圣人以神道设教,而天下服矣。”所谓“神道”,应指日月星辰运行变化的规律,这种不依人的意志为转移的、变化有常、有信的自然现象,人们奉之以为神是不足为怪的。故效法之、顺应之,以及设教施政,自可使万民宾服,天下得以治理。当然,在观象、治历、设教之后,则要认真加以执行。

《左传·文元年》指出:“履端于始,序则不愆,举正于中,民则不惑,归余于终,事则不悖。”只有正确处理历法的历元和置闰问题,才能做到有序而不失误,民众无迷惑,事功不紊乱。这也就是历法所应起到的作用。又说:“闰月不告朔,非礼也。闰以正时,时以作事,事以厚生,生民之本,于是乎在矣。不告闰朔,弃时政也,何以为民?”^①不告闰朔是“非礼也”、是“弃时政也”,问题的性质十分严重。而且他把授时——作事——厚生有机地联系起来,并把它提高到“生民之本”的重要地位。

在春秋战国时期,还有三正论与五德终始论的兴起,这更使历法同天命、皇权联系起来。特别是在改朝换代的时候,历法问题有时鲜明地成为政治问题。三正论与五德终始论的流行,在历法与皇权的牢固结合上,曾起了推波助澜的作用。

秦汉以后,人们对于观象、治历以授人时的功能有进一步的论述。西汉晚期刘向在《洪范五行传》中说:“历者,圣人所以揆天行而纪万国。”“揆”指度量,“纪”是综理之意。即观测日月星辰的运动制定历法以治理天下。东汉班固在《汉书·律历志上》说:“夫

^① 《左传·文六年》。

历春秋者，天时也。列人事而因以天时……治历明时，所以和人造也”，“顺其时气，以应天道”。他认为历法要顺应天道，合于天行的客观规律，并以之治理天下。

曹魏杨泉在《物理论》中说：“神农始治农功，正节气，审寒温，为早晚之期，故立历日”^①。杨伟于曹魏明帝景初元年(237)在上历法表中指出：“臣揽载籍，断考历数，时以纪农，月以纪事，其所由来，遐而尚矣……由此观之，审农时而重人事者，历代然也”^②。他们不约而同地强调了历法与农业生产的密切关系。二杨之论可谓简明扼要，突出农业生产需要历法，历法服务于农业生产的重点。

隋初，刘孝孙、刘焯更明确地论及历法的最重要组成部分及其功能的要点：“历数所重，唯在朔气。朔为朝会之首，气为生长之端”^③。他们把确定一月之始的“朔”、和厘定24节气的“气”，作为历法的重点和须加最认真测算的课题。月朔关系到各种政治、社会活动的时间安排，而节气则关系到农事活动的安排，突出概括了历法的要点和关键功用。这是两位历法名家的带有权威性的论述。

宋代程颢、程颐兄弟曾论及：“事之最大、最先，在推测天道，治历明时，万事莫不本于此。修齐治平，治之道也。顺时治历，创制立度，治之法也”^④。他们把观象、治历、明时视作万事的根本，治国的要求，以为唯此为大，唯此为先。这是对历法功能的又一高度评述。欧阳修、刘义叟在《新唐书·历志一》中指出：历法“其

① 王应麟：《玉海》卷九。

② 李淳风：《晋书·律历志下》。

③ 李淳风：《隋书·律历志中》。

④ 陈栎：《书集传纂疏》卷一引。

要在于候天地之气,以知四时寒暑,而仰察天日月星之行运,以相参合而已”,非常明确地把观象仅视作治历的手段。“四时寒暑无形而运于下,天日月星有象而见于上”,即由“有象”的天体运动,而推知“无形”的气节变迁。他们对历法的性质及其功能作了很鲜明的阐释。

综上所述,观象——治历——明时,顺时施政,指导农功,综理人事,乃是中国古代历法的主要功能。中国古代以农为本,因而对指导农业生产具有关键作用的历法,也被视作立国之本并不为过。而且还被视为应天受命的标志,统治权的象征,更加强了历法的神圣色彩和重要地位。这些就是古人关于历法功能与性质的基本理念。

2. 宇宙本原

生活在天地之间的人们,自古就对天、地的由来这一深奥难解的命题产生了兴趣。春秋末老子《道德经》对宇宙万物生于无的思想作了明确论述:“无名,天地之始”;“天下万物生于有,有生于无”。即认为宇宙万物的本原是无,从无中生有,而后才有天下万物的衍生,这就是所谓虚无创生的观念。《道德经》还提出“道”的概念:“有物混成,先天地生。寂兮寥兮,独立而不改,周行而不殆,可以为天地母。吾不知其名,强字之曰道。”“道之为物,惟恍惟惚。惚兮恍兮,其中有象;恍兮惚兮,其中有物。窈兮冥兮,其中有精。”“视之不见曰夷,听之不闻曰希,搏之不得名曰微,此三者不可致诘,故混而为一。其上不皦,其下不昧,绳绳不名,复归于无物,是谓无形之状,无物之象,是谓恍惚。”这四段话表述了3个重要的思想:第一,天地是一种生成的事物,存在一个未曾有天地的时期,这个时期只有道存在,道是生成天地之母。第

二,道既寂寞静谧,深奥幽远,又无象无形,它看不见,听不见,也摸不着,既不明亮清晰,又不昏暗模糊,是人的感官不能感觉到的。所以,可以把它归之于无。第三,虽然如此,道中则蕴含有象、有物、有精,也就是其后生成的天地万物,已经蕴含在道之中。由此看来,道的概念是对天下万物生于无中的无的描述,它是一个非物质性的存在,是未有天地之前就已存在着的实在,也就是所谓绝对精神的观念。

《道德经》又进一步指出:“道生一,一生二,二生三,三生万物。万物负阴而抱阳,冲气以为和。”这是关于宇宙万物如何由无生成过程的论述:由道生成气,故曰道生一,气生成阴和阳,故曰一生二,阴、阳和合生成冲气,故曰二生三,阴、阳和冲气生成万物,故曰三生万物,万物无不后负阴、前抱阳、中含冲气。这里,《道德经》虽未明确言及天地的生成,但它已经勾画了万物生成的重要思路,引进了气、阴阳等重要的观念,这对后世宇宙演化理论有巨大的影响。

老子关于宇宙万物生于无的思想,得到了庄周的充分肯定与进一步阐发:《庄子·天地》曰:“太初有无,无有无名,一之所起,有一而未形,物得以生,谓之德。”《庄子·庚桑楚》曰:“天门者,无有也。万物出乎无有。有不能以有为有,必出乎无有。”《庄子·至乐》曰:“芒乎芴乎,而无从出乎?芴乎芒乎,而无有象乎?”庄子在这里提到了“太初”的概念,这是天地生成之前的一个时间性的概念。他还提到一起于无,但一不是无,而已是有,只是“未形”而已,而“有象”的物,则是从“未形”的“一”衍生出来的。

与老、庄的观念相反,战国时期有一批学者主张宇宙万物生于有,这个有,或指元气,或指水。《管子·内业》指出:“精也者,气之精者也。凡物之精,比则为生,下生五谷,上为列星;流于天地



之间,谓之鬼神;藏于胸中,谓之圣人,是故名气。杲乎如登于天,杳乎如入于渊,淖乎如在海,卒乎如在于配。”《管子》此篇为齐国稷下宋研、尹文学派的作品,约作于公元前三四世纪间。这里指出万物乃是由精气结合而生成的,下至五谷,上至星宿,无不如此。气流行于天地之间,这便是鬼神,若能藏之于心胸中者,便为圣人,它可以光明照耀于天空,可以幽暗隐没于深渊,可以柔弱如在汪洋大海,可以刚强如在荒山秃岭。宋研与尹文显然摒除了老庄万物生成论中由无生出气的论说,以为气就是宇宙万物的本原,气则是一种无形的物质,具有明暗刚柔兼备的特质。在《管子》这篇文章中,宋研、尹文还对老子关于道的观念加以改造:“凡道,无根无茎,无叶无荣,万物以生,万物以成,命之曰道。”他们用没有根茎花叶这种朴实的词汇来形容道,同老子用恍惚、寂寥、窈冥等虚幻的字眼描述道相比,明显地赋予道的物质性的含义。这一论述显然是与用气替代虚无作为宇宙本原的思想相呼应的。

在《管子·宙合》中用“宙合”一词来论述宇宙万物生成问题,说:“天地,万物之橐也,宙合有橐天地。天地苴万物,故曰万物之橐。宙合之意,上通于天之上,泉于地之下,外出于四海之外,合络天地以为一裹,散之至无间,不可名而山,是大之无外,小之无内,故曰有橐天地,其义不传。”看来宙合的特征与气的特征颇为相似,此论应属于宇宙万物生于有的流派。

《管子·水地》把水作为包括生物界在内的万物的本原,说:“水者何也?万物之本原也,诸生之宗室也。”

尹文与宋研以气作为宇宙本原的思想在后世得到了充分的发展,由于气被认为是一种极其精微的、无所不在的物质,它以比较抽象的形态出现,为古人对物质世界的复杂性和多样性作

比较合理的解释,提供了有很大自由度的理性基础。由于“宙合”本原论,在当时就已“其义不传”,故后世几乎无人再提及。而水本原说,是用一种人们所熟知的物质去说明丰富多彩的物质世界,它试图把复杂的自然界统一于水这种单一的物质之中,是关于世界的统一性思想的体现,但对于世界的多样性的解释往往要遇到难以克服的困难。水本原说在后世仍有人提及,但一般又对它作了某种改进。

综上所述,春秋战国时期关于宇宙本原的观念,主要是老庄学派与《管子》学派的对立,前者以为万物生于无,后者以为万物生于有,这两种见解对后世产生了巨大的影响,人们从各自不同的角度对之有所阐发,形成长期争论不休的局面。

西汉《淮南子·天文训》关于宇宙本原的思想是:未生成天地之前,原始的宇宙是处于一种无形、无序和无边无际的混沌状态中,这一阶段(或状态)名叫“太昭”,也叫做“虚廓”,在“虚廓”之中就已有精神性的“道”的存在,同时在“虚廓”的某一部分衍生出叫做“宇宙”的空间,在这部分空间中又生出“气”这种物质来,这“气”有一定的边际,其后,“气”中的轻清部分扩散而形成天,“气”中的重浊部分凝聚而形成地。由于轻清的气易于扩散,而重浊的气较难凝聚,所以天较先形成,地较晚形成。在天地形成的过程中,天和地各自生出和谐合好的精气、阳气和阴气,其中热的阳气积聚在一起生成火,火气的精气生成太阳,而冷的阴气积聚在一起生成水,水气的精气生成月亮。又由太阳和月亮流散出来的精气生成满天的星辰。此外,阳气和阴气的精气彼此推移而成春夏秋冬四季,四季中阴阳两气的消长盈缩而生成地上万物。

这些论述显然继承了先秦时期宇宙本原和演化的总体思想,并予以充实和发展:第一,它认为在天地生成之前,就有道和

气的存在,道与气之间并不存在衍生的关系,而是并存、并行不悖的。第二,它认为气是有限的,只是在有气的这一部分“虚廓”中形成天与地,换句话说,天地仅仅是无边无际的“虚廓”的一部分。第三,它认为轻清为天,重浊为地,引用轻清者上扬、重浊者下沉这一人所共知的自然现象,作为天地分判的物理机制。第四,它认为先形成天,后形成地,以散易、聚难作为论据。第五,这提出了生成太阳、月亮的两个序列,分别引进阳积热生火与阴积寒生水的机制。对于星辰的生成也作出了说明。第六,它把地上万物的生成看作是阴阳两气运动与变化的结果。质言之,它在宇宙本原的问题上,对无中生有和元气泛取兼容的态度。

《黄帝内经·阴阳应象大论》对于天地形成也引进了轻清者上扬,重浊者下沉的机制,但它与《淮南子·天文训》的见解不相同,即认为先有阴阳之气,后有天地,天地分别是由阴阳之气积聚而成的。阳气积而生热,热气轻清上升为天,阴气积而生寒,寒气重浊下沉为地。

在《淮南子·原道训》中,对于无形、无形与有形的关系曾作了十分精彩的阐述,认为“无形”是宇宙的本原,也就是“一”,万物是由无形的物质生成的,其明亮照遍天下的“光”,其柔顺且浩浩荡荡的水,亦无不如此。这里把有形无质的光,说成是无形之子,把有形有质的水,看作是无形之孙,隐含有从无形到物质生成有一个过程的思想,即:无形→有形无质→有形有质之物。无形是一个独立的单元,又广阔无边而且无穷无尽,不为人的感官所察觉,没有确定的形象,处于一种混沌的状态,是它生成了枝繁叶茂的天地万物,它自身就是天地万物的本原,再也没有比它更原始的原始,如果给它一个名字,就叫做“一”。这是中国古代关于无形,也就是关于物质性的宇宙本原的形态、性质的精彩论

述之一。这一论述是对庄周关于“未形”概念的发展,并且对之作根本性的改造,即认为无形本身就是“物之大祖也”,是“卓然独立”的、“无限”的,并不是由虚无创生出来的。

在《文子·道原》中,也有关于有形与无形的辩证关系的论述:它把无形与有形的数量关系,质地与构成形态以及两者的依从关系都作了准确的概括。这可与《淮南子·原道训》的论述互为补充,交相辉映。

东汉张衡的《玄图》和《灵宪》对宇宙本原说作出了新的总结和发展。他把“无形”命名为“玄”,认为它就是宇宙的本原,包括道德、天地、阴阳、元气、万物在内无不由之生成。“无形”自然不是无,而是物质性的存在。张衡继承了《淮南子》等关于“无形”的概念并有所发展,他甚至把道德也视作“无形”的衍生物,这是前人所未及的。

王符在《潜夫论·本训》中对宇宙本原是气给予极明确的论述,而且也认为气还是“道者之根也”,这与张衡的见解相同。

杨泉在《物理论》中将元气为宇宙本原说融合到水为宇宙本原说之中,认为元气是由水派生出来的,比元气更为基本的物质是水。这大约是中国古代关于水为宇宙本原的经典性论述,其中水“吐元气”是一个关键环节,把元气本原说纳入它的思想体系中,克服了用水这种单一的物质解说物质世界复杂性和多样性的困难。

唐代柳宗元(773—819)关于宇宙本原的猜想,大约是具有创意的论述之一。在《天对》中认为世界是由混沌状态的、庞大的、运动着的元气演化生成的,没有什么神灵参与其事!而是由阴、阳和天三者自然交错会合而成。

北宋初年张君房所撰《云笈七签》卷五六中收有《元气说》一

文,该文何时为何人所作尚难判定,不过当作于南北朝隋唐间无疑。该文是中国古代最为详备的关于元气生成的论述,也就是关于天地生成之前,宇宙阶段性演进思想的最详细的表述。主要观点是三点:1)主张有生于无,这个阶段叫做“太无”。尔后从无中生出“一”,“一”是为孕育元气的最基本单元,它处于静谧的、随机分布在广阔无垠的空间。2)认为元气自身的孕育也有一个过程,先从有“一”(“太和”阶段),到有由三个“一”合成的“元”,和由六个“一”合成的“气”(“太易”阶段)。既是组合,哪怕是最简单的组合,则必是某种运动、某种亲合力作用的结果。也就是说,从这一阶段开始,已有运动和力作用的存在,其时的形态是无形、深远而幽暗的,再到“元”和“气”开始合成无形、无质的元气(“太初”阶段)。3)提出了两个阶段分划的标准,“太极”和“太一”都以气、形、质兼备为特征,而两个阶段的区别在于,前者元气还处于弥漫状态,而后者则处于“结胚象卵,气圆形备”的状态,这就廓清了两汉之际《孝经·钩命诀》含糊不清的“太素”和“太极”两个阶段划分法。混沌的元气从起始经历了很长时期的弥漫状态,只是到了后期(即“太一”阶段)才聚凝成圆形的气团,而且这一气团蕴含着胚卵一样无限的生机,并从中孕育出天地来。

在《云笈七签》卷二中还有一部道家经典《灵宝经》,文中也有元气生成论:

“一气分为玄、元、始三气,而理三宝,三宝皆三气之尊神。号生三气,三号合生九气,九气出乎太空之先,隐乎空洞之中,无光、无象、无形、无名、无色、无绪、无音、无声。导运御世,开辟玄通。三色混沌,乍存乍亡。运推数极,三气开光。气清高澄,积阳成天,气结凝滓,积滞成地。九气列正,日、月、星宿、阴阳、五行、人民、品物并受成生。天地万物自非三

气所育，九气所导，莫能生也。三气为天地之尊，九气为万物之根，故三合成德，天地之极也。”

该文认为宇宙的本原乃是一气，这一气一分为三，为玄气、元气和始气，这三气又各一分为三，合为九气，由此再化育、导运出天地万物来。这九气的形态特征是如上所述的八无，它们处于空洞之中。九气在不断运动，形成一种混沌的状态，并渐生成三种颜色。这里所谓“乍存乍亡”，不是说混沌时有时无，而是指混沌一会儿从一种颜色变成另一种颜色，混沌呈现的三种颜色轮番交换，这是九气在不断运动与变化的表征，如此经历了一定的时间，“运推数极”，从量变到质变，三气变得明亮起来，由是开始了天地分判的过程，这是对地的形成用“气结凝滓，积滞成地”解说，明确提出气凝滞而成渣滓，又经积滞成地的概念，这同前人“浊阴为地”、“重浊成地”的见解有所不同，即以为气原无清浊之分，而只有是否凝结的区别，未曾凝结的、单一的气积而成天，凝结的气成为渣滓聚而成地。

北宋张载(1020—1077)认为宇宙的本原是气，气充满于太虚之中，气无形，太虚也无形，而气有聚有散，于是表现出千差万别的万物。聚散都有一个过程，所以表现为宇宙万物的演化过程。气聚而为物，好像水结而成冰；物散而为气，宛如冰融而为水。太虚之气有待聚而成物，就像水有待凝而成冰一样，物和冰一样都不是从无中来。气或聚或散，则有其自身的机制与不可抗拒的规律。他还认为，太虚中的气在作无休止的运动，这种或升或降、或快或慢的运动，是气的聚散演化的根本动向，也是阴阳、刚柔分判的根本原因。阴的本性为凝聚，阳的本性为发散。天是由阳中的轻清者发散上浮而成，阳又主动，故天运转于外；地是由阴中的重浊者凝聚下沉而成，阴又主静，故地静居于天的中



央。张载在《正蒙·太和篇》中还明确地对老子的虚无创生说和佛家的天地万物为人心的虚幻感觉的论说进行批判，认为二者的根本错误在于把无当作天地万物的本原，这势必造成无与有的断然割裂，缺乏必要的中间环节，遂使万物与太虚、形(形体)与性(精神)的依存关系相脱节，所以气为宇宙之本原，宇宙的演化为气的聚散是合理的、合乎逻辑的论说。

南宋朱熹(1130—1200)的宇宙本原与演化理论，颇具特色，他吸收继承前人的有关论点并有新的阐发。他同意张载的气聚成物，物散成气的观点，但他认为既散之气要归之于无，而聚成物的气则是新由无中产生，而不是由原有的物散成的气。这一观念是取自程颐之说。所以朱熹关于宇宙本原的调和论实际上是很脆弱的，而其基本观点还是“理在气先”之说，还是“理”为宇宙本原之说。

朱熹关于天地生成的论述非常精彩，可视为康德和拉普拉斯星云说的滥觞。他认为未生成天地之前的混沌状态是含有阴阳二气的气团，由于阴阳二气在运行中相互碰撞、磨擦，便产生出许多气的渣滓，这些渣滓被旋到这个气团的中央，凝结成地。而气的轻清者，则在地的外周作圆周运动，便形成了天以及日月星辰。气团的运动速度加快，也就加剧了阴阳二气的碰撞与磨擦，产生出越来越多重浊的渣滓，重浊者下降，再加上向心力的作用，重浊者便向气团的中心凝聚，最后终于形成了地。

朱熹还提出，天先成，地后定的观念。认为天地初间乃充满了气，在天先开以后，气之渣滓在天中央凝结成地。对结成地的具体机制则略而不提。而提出了地初始柔软，后才渐渐坚实的观点，是颇有创新意味的见解。不过其中当今山形高低起伏如水漾沙之势，似难以作为“先有天方有地”的证据，而且天地初间“只

是气塞”，也难以造成地形“如水漾沙之势”，也许正由于这两点难处，朱熹又提出天地生成的另一种见解：

“天地初始，混沌未分时，想只是水火二者。水之滓脚便成地。今登高而望，群山皆为波浪之状，便是水泛如此。只不知因甚么时凝了，初间极软，后来方凝得硬。问：想得如潮水涌起沙相似？曰：然。水之极浊便成地，火之极清便成风霆雷电日星之属。”^①

这里以水火代替阴阳二气，大约朱熹也察觉到此说不够严谨，于是他又说：“阳变阴含，初生水火，水火，气也，流动闪烁，其体尚虚，其成形犹未定。次生木金，则确然有定形矣。水火初是自生，木金则资于土，五金之属，皆从土中旋生出来。”“大抵天地生物，先其轻清，以及重浊。天一生水，地一生水，二物在五行中最轻清。”^②这就大体上弥合了前后二说的矛盾，即天地初间，是只有阴阳二气，并依前说生成天和地，而后天一生水，地一生火，于是才有了水火二者，并依后说生成了地形的波浪起伏之状。当然，前后二说仍有不一致之处，前者以为日月星辰乃“气之清者”所成，而后者认为是“火之极清”者所生，只得二者并存之。

朱熹关于宇宙本原与演化的论述，对后世产生了巨大的影响，学者大多以朱熹之说为本，也有小异者，但仍循朱熹的思路为说。如南宋末年姚勉《送葛仙人说》曰：“太极剖开，阴降阳升，其初也，天地间皆水也，得风而凝，柔者始坚，故今之山皆波涛汹涌之状，而山之巅，凿之即有水，山盖清气之中有渣滓者，故凝，水则纯乎清者，故流也。”^③

这里强调天地初间皆水，而且引进了风的作用，这一点显然

① 李光地：《朱子全书·理气一·天地》。

② 李光地：《朱子全书·理气一·五行》。

③ 姚勉：《雪坡文集》卷六。



受到佛家宇宙生成论的影响。同朱熹之说有所不同,但它又是脱胎于朱熹之说则是不言而喻的。

王柏(1197—1274)的《天地万物造化论》中,则有更为简易的论说:“天地初分,只有水火,水便是地,火便是日、星也。土之所附,其气融结,则峙而为山,水之所趋,其势蓄泄,则流而为川。”^①王柏径直以水与火作为生成地与天上的日月星辰的原质,而对地上的土,又认为是气的融合与集结。这些论述似乎表明水与火在宇宙演化理论中的地位被突显出来,这同朱熹的有关论说和佛家之说不无关系。

元明时期,人们关于宇宙本原与演化的讨论大多基于宋儒之说,而且深受佛家的影响。明末清初之后,欧洲古典与近代宇宙本原与演化观先后传入中国,其中近代宇宙演化论,在中国社会产生了巨大的反响。

明朝崇祯元年(1628)刊行的《寰有诠》六卷,是葡萄牙耶稣会士傅汎际(Francois Furtado)译义,李之藻(1565—1630)笔录的。它是传入中国最早、影响颇大的有关西方宇宙学著作,其中有西方古典宇宙本原与生成理论的介绍。该书是亚里士多德《论天》的一个注释本的译本。书中主张万物生于有,有是由火、气、水、土四大元素和组成天体的“形天之有”构成的。“形天之有”无轻无重,无生无灭,所以,天体是永恒不变的。

《寰有诠》所论及的宇宙本原观,与宋明以来流行的组构天地的五行说有同有异,一为火、金、土、水和无轻无重、无生无灭的“形天之有”,一为金、木、水、火、土和气或阴阳之气或水气。这一点似易为中国学者所理解和接受。《寰有诠》所主张的宇宙上

^① 钦定:《古今图书集成·乾象典》卷六。

帝创造说,同传统的佛、道、儒宇宙神创说在细节上有所不同,但从总体上却同属于一种理论范畴。至于宇宙完满、永恒之说,则与中国传统宇宙论的主导思想相矛盾。清代揭暄(约1621—1702)在其《旋玑遗述》卷十中指出:“凡物之落于形气者必有始终,必有成坏。天地皆未离乎形气,皆未离乎物,故必有成坏。”这是依据传统的思想,对《寰有诠》宇宙永恒论的批评,反映了中西古代宇宙论的基本差异与冲突。

在19世纪西方物理学界盛行一种“以太”的假说,认为“以太”是一种充满宇宙的极微小的质点,这种质点没有质量,但却是一种有完全弹性的刚体。这种观念也传到了中国。启蒙思想家严复(1853—1921)引进了“以太”的假说,并把“以太”作为物质的本原,将中国古代传统的元气与“以太”相比拟,而且认为宇宙间的“以太”总是不增不减的。这是元气为宇宙本原说在新时期里以新的形式的再现。

西方近代宇宙演化理论,一直到晚清才由康有为(1858—1927)在《诸天讲》中作了较多的介绍。该书初成于光绪十一年(1885),1926年定稿,1930年初刻出版。书中简要介绍了1755年和1796年康德(I.Kant,1724—1804)和拉普拉斯(P.S.Laplace,1749—1827)先后提出的星云说。其介绍是比较准确的。康德—拉普拉斯星云说是在当时僵化的形而上学自然观上打开的第一个缺口,是对宇宙神创论的断然否定,不论在西方还是在中国,都具有极重大的科学意义。

在《诸天讲》中还介绍了1900年美国张伯伦(T.C. Chamberlin,1843—1928)和摩尔顿(F.R.Moulton,1872—1952)关于太阳系起源的星子说,其介绍大体是准确的。它认为太阳系的形成是由于一颗恒星经过太阳附近,恒星的起潮力在太阳上吸



引出两股螺旋状的气流,进而形成围绕太阳转动的气盘,然后气盘内的气体逐渐冷却凝聚而形成行星和卫星。

《诸天讲》又介绍了1879年英国乔治·达尔文(G.H.Darwin, 1845—1912)提出的月亮起源说。

维新派的另一代表人物谭嗣同(1865—1898)也吸取了“以太”的假说。他在《仁学》中认为万事万物均出自以太,以太乃宇宙之本原。他还主张物质不生不灭,但是有成有毁。这些又可以说是对传统的气为本原与气聚散说的重申。

光绪二十五年(1899),资产阶级革命派理论家章炳麟(1869—1936)出版《诂书》,鼓吹革命,内中专辟《天论》篇,讨论宇宙万物形成问题。他认为天不过是聚积起来的气体,这气体来源于地球,地球又是从太阳那儿生出的。他又认为宇宙中的恒星都是一个个太阳,这里恒星都有像地球一样的行星环绕,人和地上的万物是从太阳产生的,但太阳并没有意志,所以它与人间的祸福无关。章炳麟这些论述是以宇宙的自然演化否定天有意志论,否定神圣的天的概念,进而为他的“革天”和“人定代天”论奠定基础。

资产阶级革命领袖孙中山也接受和宣传以太为宇宙本原说和星云说。他以传统宇宙本原与演化理论的专门术语“太极”作为“以太”的释名,是颇有见地的。不但如此,他显然还吸收了北宋邵雍、周敦颐等太极动而生阴阳的观念,以及凝、合等物理机制,来说明以太—电子—元素—物质这一系列的开端及其演进的动因,而且很自然地令人联想到两汉之际《易·乾凿度》等关于太易—太初—太始—太素等演化过程的论述。由此看来,孙中山的这一论述颇有中西合璧的意味。至于天体的演化,孙中山则取星云说,而他所理解的星云是一个有庞大中心体太阳的星云,由

于太阳的收缩,在太阳周围空出了广袤的空间,这一空间充满了气体,以后再由这些气体凝结成包括地球在内的诸行星^①。

近代的著名思想家、维新派人士或资产阶级革命家都对新出的宇宙本原、演化理论赋予特别的关注与热情,他们乐于接受、阐发与宣传这些理论,是因为这些理论是与宇宙万物永恒不变论相对立的,是与他们的改革思想相一致的,这些理论正可作为他们要求变革的有力论据。他们对中国传统的宇宙本原与演化理论,自如地理解、融会新理论的科技文化与历史背景,形成中西方宇宙演化理论的融合,在晚清社会变革中起了意想不到的推动作用。

3. 宇宙演化

(1) 宇宙循环论

在中国古代宇宙演化思想中,有一种理论认为,宇宙的演化存在明确的周期性,每一个周期均经历相同的时间长度,而且又都重复相同的生成、发展至毁灭的历程,如此循环往复,无始无终。

1) 儒、道宇宙循环论

儒家宇宙循环思想的肇端,与所谓上元概念的提出有关。司马迁《史记·天官书》在论述金星运行状态时有“其纪上元”之说。唐代司马贞《索隐》和张守节《正义》都认为这里所说的上元,指“古历初起上元之法也”,即是历法中为推算有关天体运行而设置的初始的起算点,其说应无异议。而把上元的概念赋予宇宙演化含义的明确记述则见于西汉末年刘歆(?—23)的三统历中^②。

① 《孙中山选集》上、下卷第141、66页,人民出版社,1956年。

② 班固:《汉书·律历志上》。



刘歆认为宇宙的本原乃是元气,在天地未分之时,天地人三者均蕴含于元气之中。而天地万物的生成变化则是元气随着时间推移而演进的结果。刘歆所说自子至亥的变化,既适用于某一特指的事物,也适用于天地万物整体,即都有一个孕育、萌芽、发育、生长、兴旺、茂盛、壮实、成熟、衰退、萎缩、凋零的过程。

刘歆解说“元”,既是历法的原始起算点,又是太极的起始,这就把上元和太极有机地联系起来。“元”还有施育万物的原质的含义。此外,因一元分为三统,所以它又有三统之原本的意思。

刘歆还认为天地人生成过程中有时间先后的意义,即天生于子半,到丑初生成;地生于丑初,到辰完成;人生于寅初,完结于申。这是对天先成、地后定、人再后生的演化思想在时间上数量化的描述。这里所谓子半、丑初等等是指相对时间而言。刘歆以为“三统二千三百六十三万九千四十,而复于太极上元”,则一辰(如从子半到丑半)为 1969920 年,每经三统亦即十二辰又回复到太极上元的状态。由此看来,刘歆是主张宇宙循环说的,其循环周期为 23639040 年。刘歆还认为,太阳是与天同时诞生的,子半时,太阳显红色;到了丑初,太阳开始变成黄色;到丑半,太阳开始变成白色;到寅初,太阳开始变成黑色;及至寅半,太阳开始变成青色,每经 984960 年发生一次颜色的变化。这是关于太阳自身也有一个前后演化过程的思想,是十分珍贵的。

汉代的纬书中,也有宇宙循环论。如《诗·推度灾》、《礼·斗威仪》。

在一些纬书中,也有将上元与天地开辟的时刻联系起来的论述,如《尚书·考灵曜》、《尚书·中候》等。日月如合璧,五星如连珠,这是历法上元所要求的经典天象,在它们看来,这也正是天地开辟时的状况。东汉郑玄(127—200)在注《礼·含文嘉》时指

出：“上元，太素以来至所求年”^①，也把上元与天地未分时的太素相联系，这里讲的是上元积年数，即从天地开辟起到当时的年数。这种把上元与天地开辟相联系的思想到东晋仍在流行。

道家关于宇宙循环的论述在东晋张湛《列子·天瑞篇》中有明确的阐述，他把天地在辽阔无垠、浩浩元气中所占的地位描述得更加明晰，而且认为天地既是有形之物，则必有始有终，有一个演化的过程，“天地不得不坏”，总“会归于坏”。这是对后世产生极大影响的精辟论述。

《列子·天瑞》认为，天地万物的出入，始终都决定于一个自然的机制。天地万物从生成到毁坏或终结，经历了一系列变化的过程。这一过程开始时，并非凭空而来，它们只是由无形的元气使然，在这一过程中经历了复杂的变化，天地万物生生不息；而在这一过程终结时，天地万物毁坏，也并非归于无有，它们只是又回归到无形的元气。接着，又开始新一轮的生成与毁坏过程，如此往复无穷。

宇宙循环论在宋代邵雍和朱熹等人的提倡下，产生了巨大的影响。他们认为天地是有限、有始、有终的，又认为天地一成一毁，循环往复，是无休无止的^②。邵雍认为天地演化循环成毁的周期为 129600 年，是为一元，一元等于 12 会，一会等于 30 运，一运等于 30 世，一世等于 12 年。从思想本质而言，邵雍并没有比刘歆有什么改进，他所依据的思想是与刘歆一脉相承的。

南宋朱熹等人十分推崇邵雍的宇宙循环论，力图予以阐发与论证。朱熹在被问及天地会不会坏时，他回答说，天地既是形

① 李昉等：《太平御览》卷一。

② 邵雍：《皇极经世书·观物篇五·一》、张九韶：《理学类编》卷一。



气之物,则不得不坏;但又说天地本不会坏,只是将相、人们无道至极,就会导致人物消尽,天地又成混沌状的后果。朱熹的回答自相矛盾,而后一个回答显然受到佛家的影响。不过他的两种回答都认为天地一旦坏了之后,还会重新生出一个天地来。朱熹所理解的坏,并不是天地被打成混沌状便了结,而是要归之于无,再由无中生有,又重新开始天地生成演化的过程。

朱熹还引用五峰(即胡宏,1105—1155或1102—1161)的论述,试图以高山上有螺蚌壳化石作为邵雍宇宙循环生成说的证明,可是这是一种极不成功的证明,因为高山上螺蚌壳化石的存在,并不能证明宇宙从无到有、从有到无循环往复的变化,而它却证明所谓“鸿荒之世”中还是有物,譬如有螺蚌,而不是混沌,更不是一切虚无。充其量它只能说明在大地形成时,曾有所谓类似水漾沙的过程,螺蚌原系水中之物,后被凝在石中。可惜,朱熹在论述大地形成过程中,并未利用化石存在的事实立论^①。

南宋另一位学者双峰饶氏也曾论及天地是在某一周期中生成的。认为天地未剖,从子开始,天先成,地亦开始形成初胚,只是还处于凝聚的过程,并未坚实,到丑,才形成具有山川之类的地。这同邵雍所说稍有不同,但其基本思想并无区别^②。

宋元之际,吴澄(1249—1333)对邵雍以来的天地循环论作了归纳总结,并有所发展。他与邵雍、朱熹最大的差异是不认为天地的终、始自无开始,而是以“清浊之气混合为一而分”作为天地的终了和起始状态,即以为宇宙的本原乃是元气。此外,吴澄认为日月星辰与天差不多同时由轻清之气上腾而成。对于天开

① 李光地:《朱子全书·理气一·天地》。

② 张九韶:《理学类编》卷一。

于子、地辟于丑，则取饶氏相同的理解，但其论述远较饶氏明细。此外，吴澄还补充描述了邵雍所空缺的从戌到子时段的状态：从戌到亥初，人物俱无；从亥初到亥，大地融散浑沌始，并清浊相混日渐加剧；从亥到子初，混沌昏暗渐至极点。极则变，自子初开始，混沌往清明方向转化，开始新一轮天地生成的过程。这一论述较《易·推度灾》和《广雅·释天》还要精细。关于水、火、土、石的形成，吴澄也作了与朱熹不同的描述。吴澄的这些论述可视为中国古代关于宇宙循环生成说最完整和明晰的表达。^①

明代王文禄在《海沂子·仪曜篇》中对宇宙循环论的机理作了进一步申述：“天何也？清气浮也。地何也？浊沫聚也。何依也？大气举之也。……混沌何也？气烦而薄消之也。天辟何也？气积而充息之也。开辟混沌何也？犹人惺而睡，睡而惺也。”

在宋、元、明时期，也有一些学者对天地循环论持否定态度：

宋元之际俞琰在《书斋夜话》卷二中认为：天地在空间和时间上都是无穷无尽的，“《春秋纬》谓开辟至获麟凡三百二十七万六千岁，吾固未之信。若邵康节十二万九千六百年之数，吾亦未敢以为然也”。

元代赵友钦指出：“元会运世，初无其事……其以三十年为世，尤非天道……两朔相距止二十九日五十三分有奇，邵子例以三十为用，是以一定之数推不齐之运……故历家不取其说。”^②明代孙穀也认为：“康节先生要以十二时分元会运世，而以尧舜世为已中，宋受命遂当申初，恐天地之大，终难以年代限也。”^③

此外，明代章潢（1527—1608）在《图书编·诸儒论天地总说》

① 张九韶：《理学类编》卷一。

② 赵友钦著、王祎删定：《重刊革象新书·元会运世》。

③ 孙穀：《古微书》卷三三。



中指出：“天地乃无始无终者也。止有一明一暗耳。明了又暗，暗了又明，所谓万古者一日之气象是也。到明暗时，虽然昏黑，不曾坠败。然虽昏黑，天地之形质未尝败坏，春华秋实之草，并凡有血气者，皆不生了。”这是对宇宙循环论的根本性改造，认为天地大时段的明暗变化，是生物圈成毁循环的直接原因，他只承认地上生物圈一成一毁的循环，而否定天地自身的成毁循环，所以实际上是否定了宇宙循环论。

2) 佛教宇宙循环论的传入及其影响

古印度宇宙循环论至迟在两晋时已传入我国。西晋法炬译《楼炭经》^①就论及：宇宙一成一毁为一大劫，一大劫又分为成劫（长生期）、住劫（存在期）、坏劫（衰变期）和空劫（消亡期）四个阶段，每个阶段又各经历 20 别劫（又称中劫），1 别劫为 1.68 千万年^②，即成、住、坏、空四劫各经 3.36 亿年，宇宙一成一毁则经 13.44 亿年。关于成、住、坏、空四劫的状况，诸佛经的描述各异，现取一些佛经之说略作说明。

关于成劫，隋代闍那崛多等译的《起世经》^③有十分详细的描述。它认为每一个大千世界的初始，起于小云，渐成广大而厚密的云，充满大千世界的空间，这经历了极其久远的时间。其后是云渐化而为雨，水便占满大千世界的空间，这也经历了久远的时间。这庞大无比的水体由风轮扶持致使不坠。此后，水体自上而下渐次自行消退，每消退一程后，则有大风起，吹起水面的聚沫，在水面上方，聚沫结成粗细不一的七宝，依次形成梵天、摩身天、

① 道世：《法苑珠林》卷三。

② 巫白慧：《印度自然哲学》，《外国哲学》第 11 辑，商务印书馆，1992 年，第 9 页。

③ 道世：《法苑珠林》卷三。

他化天、自在天、兜率天和夜摩天等六天。其后，又依次造成须弥山、三十三天、日月、夜叉、四面阿修罗城，余大宝山，和四大洲、八万小洲、大轮围山等等，四大洲等均有大海环绕。

关于坏劫和空劫，东晋佛陀跋陀罗译《观佛三昧经》^①云：“火灾将起，一切人民皆背正向邪，竞行十恶。天久不雨，所种不生，依水泉源乃至四大驶河皆悉枯竭。久久之后，风入海底取日上天，”逐个取出7个太阳：“一日出时，百草树木，一时凋落”；二日至五日出时，海水“乃至竭尽”；六日出时，“此地厚六万八千由旬，皆悉烟出，从须弥山乃至三千大千刹土及八大地狱靡不烧灭烟尽”，“七日出时，大地、须弥山渐渐崩坏百千由旬，永无遗余，山皆洞然，诸宝爆裂，烟焰震动至于梵天……十四天以下尽成灰墨”。再往后，则是“无日月星宿，亦无昼夜，唯有大冥，谓之火劫”。再往后，不知经过多少岁月，“欲成时，火乃自灭，更起大云，渐降大雨滴如车轴”，于是开始了新一轮的成劫。

在唐代的《瑜珈论》中也有类似的描述^②。

佛经中的这些宇宙循环说传播颇广，亦为一些学者所接受。如梁代江淹《邃古篇》^③云：“闻之邃古，大火然兮。水亦溟滓，无涯也兮。”这显然是受佛家宇宙循环论的影响。大火燃，相当于空劫，而后一句相当于成劫的早期。

明代王文禄在《海沂子·仪曜篇》中对佛家宇宙循环论作了简要介绍并有所发挥，他强调了太阳在消退大水形成大地过程中的作用，他提出了土色不同决定了离太阳远近的猜想。对于石的形成，他则引用了传统的气融结的观念。

① 道世：《法苑珠林》卷二。

② 道世：《法苑珠林》卷三。

③ 《广弘明集》卷三。



宇宙循环论是中国古代宇宙本原与演化论中的一个重要流派。儒、佛两家的宇宙循环论的差异是很明显的,佛家所认定的循环周期是儒家说的 57—10370 倍,演化的细节和机理也各不相同,虽然如此,两家的总体思想却是共同的,而且两家均以天地的自然演化为特征,没有给神的干预留下余地,也是它们的共同点。两家相互呼应,在社会上产生巨大的影响。

(2) 宇宙神创论

在中国古代,宇宙神创论原起于对天地形成动因的迷惑,后起于人们对神灵的崇拜。同时跟人体与天地相比附的思想有关,而神灵总是被拟人化了的,于是将神灵的躯体与天地万物相比附的思想也由之而生。随着佛教的传入,宇宙神创说便大行其道,而道家更推波助澜,从而融合成宇宙神创论这一流派。

战国时期的《山海经·海外北经》认为昼夜的明暗变化是神灵睁眼放光与闭目吸光的结果,冬夏的冷暖更替则是神灵吹气或哈气造成的,把一些自然现象归因于神灵的干预或显化。在《山海经·大荒南经》中有“羲和者,帝俊之妻,生十日”之说,《山海经·大荒西经》中又有“帝俊妻常羲,生月十有二”之说。此外,战国时期还有“羿仰射十日”^①的传说,这些则是圣人参与天体的生成与安排的记述。由此看来,战国时期关于宇宙神创已具雏形。

西汉早期,女娲补天的传说广为流行,说明圣人可以干预天地生成的意识有增无减。西汉时期,将人体与天地相比附的论述层出不穷:

《淮南子·本经训》曰:“天地宇宙,一人之身。”《淮南子·精神

^① 屈原:《天问》,王逸注。

训》曰：“头之圆也像天，足之方也像地。”

《文子·下德》曰：“天地之间，一人之身也；六合之内，一人之形也”。

董仲舒(前 179—前 104)指出：“人之为人，本于天，天亦人之曾祖父也，此人之所以乃上类天也”^①，这就是说，天按照自己的模样创造了人类，人和天最类似，人是天的副本。类似的思想亦见于《黄帝内经》之中。

两汉之际的纬书《孝经·援神契》说得更具体：“人头圆像天，足方像地，五脏像五行，四肢法四时，九窍法九分，目法日月……发法星辰，节法日岁，肠法铃。”^②。

这些论述既表达了人体法于天，与天相像的思想，也含有天地与人身相似的见解。这些论述是盘古尸解而成天地说的前奏。

最先讲到神创论的是西汉刘安等人的《淮南子·精神训》，它对天地未生成前的原始宇宙混沌状态作了进一步的描述，除了无形、无序和无边无际之外，还是幽暗和寂静无声的。先从混沌中生出二神，由这二神分别经营天和地，这二神的活动在空间和时间上都不知其所止极。后来，它们才分别出阳气和阴气，分离出东、西、南、北、东南、东北、西南、西北八极，又依阴阳刚柔的特性，相和合而生成有形的万物，又以烦气生成生物，以精气生成人类。这应是宇宙神创论的明确表述。

在纬书《遁甲开山图》中也有宇宙神创论的叙述：“有巨灵者，偏得元神之道，故与元气一时生混沌”^③。“有巨灵胡者，遍得

① 董仲舒：《春秋繁露·为人者天》。

② 李昉：《太平御览》卷三六三。

③ 李昉：《太平御览》卷一。



坤元之道,能造山川,出江河”^①。“丽山氏分布元气,各生次序,产生山谷”^②。这里讲的“巨灵”,应指超自然的神,元神可能指元气之神。它认为混沌是巨灵和元气共同生成的,即在生成天地之前,巨灵已经存在,并参与运作。而在天地分判以后,地上万物的形成,似乎也是各种神干涉的结果,山川江河便为巨灵所造,丽山氏则是产生山谷之神,它据以生成山谷的原材料则是元气。

孙吴时期徐整在《三五历纪》中讲到,在天地未分之前就有盘古生于状如鸡卵的混沌之中,而且这种混沌状态经历的时间为18000年。天地开辟以后,天在上,地在下,盘古在天地之间,极尽变化之能事,比天地还要神圣。由于盘古的这些变化,使天地和盘古自身均日长一丈,如此亦经历18000年。若一年以365.25日计,1里合180丈,依此计算天之高、地之深和盘古之长均应等于 $18000 \times 365.25 \div 180 = 36525$ 里。在此后才有三皇五帝的出现。而徐整又以天地之数加以推论,得到天地相去9万里的结论,致使前后自相矛盾。或许徐整是将前一种传说和后一种推论漫不经心地堆积在一起,才造成了这种前后不一的状况。此外,《三五历纪》关于天地生成的描述显然是不完整的,因为依其所述,在天地开辟18000年以后,我们看到的情景是:离地数万里的天、深厚数万里的地,中间还充塞着长数万里的盘古,这与当今世界的图景还有很大差距^③。有趣的是,在梁代任昉的《述异记》卷上中,我们看到了弥合这一差距的记述:

“昔盘古氏之死也,头为四岳,目为日月,脂膏为江海,毛发为草木。秦汉间俗说,盘古氏,头为东岳,腹为中岳,左

① 张衡:《西京赋》李善注引,载萧统:《文选》卷二。

② 《太平御览》卷一。

③ 欧阳询:《艺文类聚》卷一。

臂为南岳,右臂为北岳,足为西岳。先儒说盘古氏,泪为江河,气为风,声为雷,目瞳为电。古说盘古氏,喜为晴,怒为阴。吴楚间说盘古氏,夫妻阴阳之始也。”

这就是说充塞天地之间的盘古原本长成人的模样;后来尸解了,盘古身体的不同部位和喜怒哀乐分别化解为天上的日月,地上的山岳、江海、草木及风、雷、电、阴、晴等等。依任昉所述,关于盘古氏的传说由来已久,自先秦以来,不同的年代和不同的地域存在不同的说法,但有一点却是共同的,即“盘古氏天地万物之祖也”,这是这些传说的基本指导思想。

徐整关于盘古开天辟地的论述,对后世产生了极大的影响。在东晋葛洪(284—364)的《枕中书》^①中,我们看到对徐整说的发展与改造。书中关于天地生成以前的混沌状态如同鸡卵,以及有盘古(即元始天王)生其中的说法与《三五历纪》类同。天地分离,天日高一丈,地日厚一丈,经四劫,天地相去36000里(应为36525里,此为约数)也大约相同。不同的是盘古并没有与天地俱长,也没有尸解,而是高居“在天中心之上”,地的生成则是自化以及太元玉女运作的结果,这则是另一种神创论的表述。

《枕中书》所转述的《真书》之说与《三五历纪》最大的差异,也是最令人感兴趣的见解在于:它认为天地是由元气生成的,没有元气也就没有天地,而且天地在辽阔无垠的、浩浩元气中仅仅占一部分的空间,天地无所根系(“上无所系,下无所根”),天地悬浮在其中,并在不断地运动(“天地得其中,展转无方”)。这些则是对《淮南子·天文训》“气有涯垠”思想的继承与发展。

关于“混沌如鸡子”的思想以及天地由神灵尸解之说,在一

^① 《道藏·元始上真众仙记》。



些佛教经典中也有明确的论述,它与前述宇宙循环说,同是古印度宇宙本原和演化思想的组成部分。

魏晋之后,道家对于宇宙神创说多所申述,大书特书其教主造立天地的功迹。

《太上老君造立天地初记》曰:“……老子遂变形,左目为日,右目为月,头为昆仑山,发为星宿,骨为龙,肉为兽,肠为蛇,腹为海,指为五岳,毛为草木,心为华盖,乃至两肾合为真要父母。”^①

这是在儒、佛说的基础上,以老子替代盘古或佛家的神灵,为日月万物之祖。老子变形前,早已有日月星宿山海和动植物的存在,故甄鸾笑之。

成书于隋唐以前的道家经典《太上老君开天经》^②将宇宙的演化分为若干个阶段,每个阶段都有太上老君的干预。

宇宙神创论只是中国古代宇宙演化理论中的一个流派,总的说来并不占重要地位,而占主要地位的则是不借助神力的自然演化思想。明末清初随传教士东来传人的上帝创造宇宙论,也是宇宙神创论的一种,并不为当时的大多数士人所接受,而在清末时,西方新宇宙演化说却在知识界引起强烈的共鸣,这同中国传统宇宙演化思想发展的背景不无关系。

(3) 宇宙膨胀说

上述轻清上为天,重浊下为地的天地演化说中,实际上已含有天地逐渐分离,天逐渐向外膨胀扩展的思想,而对宇宙膨胀作出明确论述者,则是东汉王充的《论衡·谈天》。书曰:“如说易之家、儒书之言,天地始分,形体尚小,相去近也。含气之类,无有不

① 甄鸾:《笑道记》引,见严可均:《全上古三代秦汉三国六朝文》卷二十。

② 张君房:《云笈七签》卷二。

长,天地含气之自然也。从始立以来,年岁甚多,则天地相去,广狭远近不可复计。”这里有王充对前人之说的转述,也有王充自己的申述,可见天地由小变大、天逐渐向外扩展的思想,在汉代,人们并不陌生。

孙吴徐整《三五历纪》认为,天地初生时未相离,而随着时间的推移,天离地愈来愈远,天地各以每日一丈的速度各自向上或向下扩展,这种扩展是有限的,从时间上说以 18000 年为限,扩展的高度以数万里为限。这是宇宙膨胀思想数量化的描述。

到元代,史伯璿则以为“天之始开,理宜自小而大,故无始开气即无涯之理”^①,这自然也是主张宇宙膨胀说的,而且天的扩展似无垠涯。

林辂于元成宗大德八年(1304)著成《谷神篇》上下卷^②,在下卷中有《元气说》一文,备论元气的产生、运动、变化、聚散,以之说明宇宙天地山川人物的生成演化。其中有关于宇宙膨胀的精彩论述,一改盘古开天辟地的神话意味,而充满质朴、合理的宇宙理论意义。他的宇宙演化观点分为四个阶段:

第一,“元气始生,犹一黍也、露珠也、水颗也”,这三个连续的比喻,一是言刚刚产生的元气其形状大小为半径约 1 毫米的圆球;二是言其内蕴含着无穷的生机;三是言其本质乃是宇宙万物之本原的水。他认为,这一小点元气并非从虚无中产生,其由来“盖自无始旷劫、霾翳搏聚之,内含凝一点之水质也”,即认为它系经由极其久远的时间、由弥散的水质微粒集结而成的。这一小点元气便是宇宙万物的初胚,其形态特征是:“内白而外黑”,

① 史伯璿:《管窺外篇》下卷。

② 《道藏·光下》。



“阴含而阳抱也”，即内属阴、色白，外属阳、色黑。由于阴之性静，阳之性动，动静相佐，导致阴阳相互渗透，彼此混合，其“外之阳，俟阴之静而践入”，“其内之阴，因阳之动而随出”，这不但造成了“内非纯阴，外非纯阳”的状态，而且造成了那一小点元气逐渐向外扩展，“混质而成朴，积小而为大”的态势。又由于“阴气之为情，好舒畅、好缓散”，“阳气之为性，好涵养、好圆融”，更加速了阴气不断向外扩张，阳气不断向内集结的过程。还由于阴气化作寒、湿之气，阳气演成温、热之气，则形成其外部寒湿、内部温热，自表及里温度渐次升高的状态。阴气还有“欲尽出”，但又“不舍其子”的特性，所以阴气不能无限制地向外扩张，在内向引力的制约下，它只能扩展到一定的范围；阳气则还有“欲尽入”，但又“莫能离其母”的特性，所以阳气不会无止境地向内集结，在外向拉力的作用下，它势将形成具有一定大小的凝聚体。于是，在其外表组构成一个“胚腓”，宛如胚膜，同时在其内部形成一个“朕兆”，乍若胚胎。后来，随着阴气的尽出和阳气的尽入，造就“外阴愈搏，内阴愈凝”的状态，遂“结成混沌”。

第二，“混沌未破之时，大只百里也”。林辂指出，混沌的形态特征是：其外色玄为水，其内色黄为火。其外之水乃由“元气之至精”受寒湿凝积而成，其内之火系由“余气之生神”受温热燃烧而成。这样，“混沌之内，惟水中沉一日光者矣”，即混沌的四周充盈着水，而中央为一炽热光亮的火。这时，由于“阴气在天之外，故不能静，则庞庞然常扇，如母拍子眠；阳气在液之内，故不能动，则蠢蠢然常听，如雏候雉乳”，说的是混沌的水与火的表层均处于轻微的波动状态，它们又具相对的稳定性，这是混沌生成后的初始情形。自此到“混沌未破之时，大只百里也”。

混沌形成之后，“化育兹久”，在其内部发生了一系列变化，

渐渐地“黄之内生燥气”，燥气愈积愈多，“燥极而雷作焉”。燥气又令周围的水蒸发，而使周围的空间虚实不一，则引致“风生焉”。于是，在混沌之内具备了风、水、火、雷“四象”。初时，由于受混沌相对稳定性的局限，“风欲扬而不能鼓，水欲洑而不能决，火欲炎而不能升，雷欲荡而不能发”。但是，飞扬而鼓动之，充溢而冲决之，燃烧而升腾之，震荡而发散之，这毕竟是“四象”之性，欲止而不能，而且有愈演愈烈之势。它们“渐相刑剋，甚至战争。风助水之力，而作澎湃，雷助火之力，而加奋迅”，从而不断加剧混沌内外的振荡。随着“四象”在混沌内的“激搏”，终使混沌失去固有的相对稳定性“而破矣”。“破乃分之”，“是天开也”。

第三，天高“莫啻其几千万里矣”。混沌因由内部压力的剧增而发生爆炸，“四象”自混沌体内向四周迸发出来，“雷震而阐，风扬其旷，火气得以升沉，水液得以流注”，遂使“元气化气之轻者，自下而升，结成梵宇也。元气积液之资重者，随底所载，乃真水也”。林辇以为，雷与火每日传播速度为百里，而水与风“可日流万里”，其中助元气化气升腾者，为风和雷，“风随方以展之，雷逐位以荡之”，遂令“外之余气施张以措之，内之元气兆运以局之”，把元气化气向四周的空间扩散与填充，使天不断向外延伸，先是“千里矣，渐至万里矣”，随后“致令莫啻其几千万里矣”。在天不断向外扩展的同时，混沌中的火升腾结为太阳，水气凝而“北辰出焉”，“而后，水之气、日之影感化而生月焉”，即太阳、北斗星与月亮差不多与天同时生成。

下沉的水在风、雷、日、月的反复作用下，渐生杂质（沫与滓）、水生植物（萍）、尘埃（坳）和低等动物（融蠕），它们都化作泥土日渐沉积，并逐渐露出水面。又在风、日、水、土的滋育下，“始生苔藓，次有蕘芜（草本植物）、至于荏苒（木本植物），”它们渐次

生灭,使得“土斯厚矣”。再有花草竹木“春荣秋剥,俱腐化土,土愈埤(增益)而地域场矣”。后是“木根、土垒盘礴交固,久之而化为石”。再往后是老木“化禽、化龙、化犴、化男子”,赭石“化螭、化虎、化羊、化女子”。再往后是“木男石女,既有伉合,孕生男女,得以全身”。人类、生物世代的生衍繁殖,自然不断增加地的厚度,而且,林辘认为,化生诸气升腾郁结于穹廓之隅,集久则下坠,其中“得日月寒暑之气陶镕而成矿”,“因秽浊气干之,而坠为丘陵”等,也是地渐加厚的重要因素。

第四,几经“休息”,“天高而愈远”。林辘认为,自开天辟地以后,“天之积气万年,而休息于八百年矣”,即在前一万年间,天不断向外延展,并由化生诸气聚成穹廓,地也在不断沉积加厚。而后八百年,则发生地坠天崩的事件,即为天地之“休息”。在这八百年内,地先坠,天后崩,随后开始新一轮的万年积气,八百年休息的过程,如是循环往复。他把天地坠崩看作是自然的、也是必然的过程。

在林辘看来,“天地不休息,无从而开展也”,这如同“婴孩不寢寐,无从而变蒸”一样。在每次休息的过程中,由于曾起屏障作用的穹廓崩坠,天得以在原有穹廓的位置上迅速地向外延伸,逐渐形成新的穹廓;地的厚度也无疑得以剧增。也就是说,每经过一次休息之后,“天高而愈远,地卑而愈厚,山积而愈巍”。

综上所述,林辘的宇宙膨胀说具有以下特征:

第一,该说是对古已有之的宇宙膨胀思想的充实与发展。它以为宇宙始自弥散的水质微粒凝聚而成的、如一黍大小的原始元气,随后膨胀成大百里的混沌,随后进一步膨胀成大数千万里的天。伴随时间的推移,天还在间歇性地逐渐向外延伸。从混沌胀破天开以来,天向外的延展以 10800 年为周期,在每一个周期

的前 10000 年中,天的尺度都在原有的基础上,迅速向外扩展,如此循环不已。地的沉积加厚亦与之同步。

第二,该说以孕育化生的理论作为立论的基本思路,贯彻始终。元气始生,以“孕于其间,如筐载卵,自底而生”论之。混沌的形成过程,以阴气“不舍其子”,阳气“莫能离其母”,以及外有“胚晖”,内有“朕兆”说之。混沌的相对稳定状态以外之阴气“如母拍子眠”,内之阳气似“雏候雉乳”喻之。混沌的内部变化过程,以“化育”言之。地上万物的生成也以化育说明之,其中关于生物的演化还颇富生物从低等向高等逐渐进化的意味。对于天地的休息与延展则同婴孩的睡眠与成长相比拟,等等。这些论述不但具有理论意义,而且便于人们理解。

第三,它以阴阳学说作为立论的基本依据。在从始生的元气膨胀为混沌的过程中,它充分应用了阴之性静、好舒畅、好缓散,阳之性动、好涵养、好圆融等加以阐述。混沌的相对稳定性以阴阳的相对平衡与相互制约予以说明。对于天地的休息,则以阴阳“二气化生太过”说其起因,以“阴阳交接之道”言其必然。又分别以“生气绝而寒气行”,“阴静极而阳复动”,“湿气盛而热气兆”等,说明地坠、天崩和天崩后 81 年期内所发生变化的缘由。阴阳的性情、休息与变化在林辀的笔端纵横捭阖、左右逢源,成为立论的有力武器。

第四,林辀指出,“先圣曰:近取诸身,远取诸物,世诵其言,莫螻味也”,他正是以此作为立论的方法。在论述元气始生后的演变时,他引用云雾含湿、晨曦生热等现象,说明阴阳之气分别化为寒、湿、温、热气的机制。他以水、火、风、雷的自然特性,为混沌的爆破及随后天地的膨胀,提供了动力的说明。他以“釜底停煤之状”,作为穹廓聚气久则下坠成矿、成丘陵等的论据。对于天

崩的机理,他以“废窑受湿而摧也”,予以解释。关于天地休息,他的依据是:“常观山冈之势,一层石上又一层土,重叠间积,则可见天地之废坏有自来矣”。这些论述表明,林辘力图把他的宇宙膨胀说建立在对自然现象的观察与对自然力的理解的基础上。

第五,数量化是该说的特征之一,但其数量的设定却是以臆想为依凭。如混沌未破时大只百里,是以“大率今时人一日可行百里路”为据。又如雷、火日传百里,水、风日流万里之说,仅仅是一种猜测。再如关于 10800 年天地一休息,则以“尝闻老人语,开天一万八百年,然后有地”为之说。至于坠地 360 年、天崩 360 年以及随后的 81 年,且这三者加起来是 801 年而不是 800 年,所以,更是一种主观的凑数。其实,这 10800 年的说法,应得自北宋邵雍的天地大阖辟论,邵雍以 129600 年为一次天地大阖辟、为一元,一元又分十二会,10800 年适合一会之数。

第六,林辘是一位云游四方的道士,他当然是一个有神论者,但在他的宇宙膨胀说中,只给神灵们留下极其有限的位置。他相信女娲补天的传说,“女祸氏之炼石,取其元气以补天,遗其质璞在世,谓之五金、珍宝,其末经炼锻者,乃丹砂、铅矾、硝石众类是也”,只把五金与丹砂等的区别归因于女祸氏。他相信盘古为神,但他只承认盘古仅是风与雷的化身。他信道家诸仙的存在,他征引道家经典:“浮黎元始天尊与元始天尊相去几劫,勿信不诬矣”,他仅以此作为天地休息之说的一个论据。

总之,林辘的宇宙膨胀说是建立在孕生化育思想、阴阳学说、对自然现象与自然力的理解及其经验的外延的基础上的,它基本上排除了神灵们对宇宙自身演化的干预,但也存留不少臆想的成分。它是中国古代朴素的、思辨的与精彩的关于宇宙膨胀

的学说。

4. 天地结构学说

(1) 盖天说

盖天说是中国古代发生最早的天地结构理论，是最重要的论天学派之一。盖天学派自身有一个发展、演变的过程，其内部又可分为不同的流派，它们之间有诸多共性，却又各具个性，彼此之间时有辩难，似有不容两立之势。梁代祖暅在其《天文录》中就曾指出：“盖天之说又有三体：一云天如车盖，游乎八极之中；一云天形如笠，中央高而四边下；一云天如欹车盖，南高北下”^①。这里讲了三个流派，其实属于盖天学派的还不止于此，如虞氏穹天说，佛家须弥山说以及萧衍的金刚山说等均为该学派的流派之一。此外，在同一个流派中，有的也还有前后发展的过程。

1) 周髀家盖天说

在唐代李淳风所撰《晋书·天文志上》与《隋书·天文志上》中，均载有一种被称为“周髀家”的盖天说，此说最重要的观点之一是“天圆如张盖，地方如棋局”，也就是说天圆地方的观念。

所谓天圆地方，是指高悬在上的半圆形的天穹与稳居在下的平面大地，这观念源于人们对天地相对位置及其形状的最直观的感觉。在先秦诸多文献中可以看到有关的论述。

成于西周末年的《诗·小雅·正月》云：“谓天盖高，不敢不局。谓地盖厚，不敢不踏。”局，拘束、拘谨之意；踏，后脚紧跟着前脚，用极小的步子走路。表达了人们对于天与地的崇敬之情以及天高高在上，地其厚无比的认识。

^① 李昉：《太平御览》卷二。

《易·系辞上》曰：“天尊地卑，乾坤定矣。高卑以陈，贵贱位矣。动静有常，刚柔断矣。”这是以天地的尊卑、高下论证人间万物贵贱是天然合理的，它当然反映了人们对于天以刚阳、高居于上，恒动不止，地以柔阴，卑处在下，静而不动的认识。

《易·说卦》曰：“乾为天，为圆”，“坤为地”，“为大舆”。认为天是半圆形的，地像是平整方正的大车厢。此说被屡屡提及，如：战国宋玉《大言赋》：“方地为舆，圆天为盖。”^①又如《周礼·考工记·辘人》曰：“軫之方也，以像地也，盖之圆也，以像天也。轮辐三十，以像日月也，盖弓二十有八，以像星也。”軫是车厢底部四面的模木，正如唐贾公彦疏所说：“軫之方也，以像地也者，据舆方而言，不言舆、言軫者，軫是舆之本，故举以言之”。即以軫比喻地，同以舆比喻地是一回事。这里把天地的相对位置与形状，以车辆上张开的半圆形的车盖，以及平整方正的车厢（或軫）作为比喻。还把车盖的 28 根骨架比作 28 宿的星辰等等，表达了星宿乃附丽于半圆形的天上的思想。至于日月亦附丽于天，在《易·离卦》中则有明确的阐述：“日月丽乎天，百谷草木丽乎土”。由此看来，日月星辰均附丽于天，至迟在战国时期已不是什么新奇之论。

《周礼·春官·大司乐》中用圆丘象征天，方丘象征地，方丘建于沼泽之中，很可能是要表达大地的四周是水或地在水中这一观念。说明天圆地方观念的产生大约可以推至西周时期。

周髀家盖天说可能成于秦汉间，而其渊源则可追溯至西周时期。

周髀家盖天说的具体内涵根据《晋书·天文志上》和《隋书·天文志上》的记载有 5 项：

^① 虞世南：《北堂书钞》卷一四九。

第一，“天圆如张盖，地方如棋局。”说的是天与地的总体形态和二者的相对位置，天像一个半圆球居于地之上，地方直平正像棋盘一样承载上天。

第二，“天旁转如推磨而左行，日月右行，随天左转，故日月实东行，而天牵之以西没。譬之于蚁行磨石之上，磨左旋而蚁右去，磨疾而蚁迟，故不得不随磨以左迴焉。”这里讲的是天每日都自东向西运转（左行）一周，日月星辰附丽于天上，与天一起左行，其中，日月又在天上各自以不同的速度由西往东运行（右行），只是右行的速度慢得多，所以还是每天东出西没。这里，它引进了极其通俗易懂的磨蚁之喻，天如磨，日如蚁。磨左转快，蚁在磨上右行慢，所以看起来蚁还是向左行了。

第三，“天形南高而北下，日出高，故见；日入下，故不见。天之居如倚盖，故极在人北，是其证也。极在天之中，而今在人北，所以知天之形如倚盖也。”这是讲天有极，这个极相当于磨上的轴，磨绕轴转动，天则绕极运转。这个极在人之北，于是天不像磨沿竖直的轴转动，则是斜向北，绕北斜的极轴运转。

第四，“日朝出阳中，暮入阴中，阴气暗冥，故没不见也。”这是讲太阳朝出暮入的原因：太阳在东方出到一定的高度时，阴气挡不住太阳的光辉，则表现为日出；天的南方一带，阴气更少，故太阳一直可见。而当太阳运行到西方降到一定的低度时，阴气淹没了太阳的光辉，则表现为日入。天的北方一带，阴气更多，故太阳一直不可见，而当太阳运行到东方一定高度时又表现为日出，如此循环往复。

第五，“夏时阳气多，阴气少，阳气光明，与日同辉，故日出即见，无蔽之者，故夏日长也。冬天阴气多，阳气少，阴气暗冥，掩日之光，虽出犹隐不见，故冬日短也。”这是讲夏天昼长，冬天昼短



的原因,和第四项一样,以阴阳说来解释昼长昼短。

2)《周髀算经》盖天说

《周髀算经》约成书于公元前100年^①,书中含有十分详尽的盖天说内容,是盖天说的一部代表作。中国古代诸多论天学说,大都缺乏明确的数学模型,带有很强烈的定性描述的色彩,甚至带有思辨的性质,而在《周髀算经》中,作者力图利用数学工具来说明有关的天文现象,从而建立起一个数学化的盖天模型,这是区别于中国古代论天各家的显著特征,因此它在中国天文学史上占有特殊的地位。

《周髀算经》盖天说也经历了发生、发展的历史过程,战国末年吕不韦等人的《吕氏春秋·有始览》中就有“天极”、“极星”、“当枢之下”、“天地之中”等术语,其内涵相当于《周髀算经》中的“天中”、“北极璇玑”、“极下”、“南戴日下”等。

《周髀算经》在论述天地形态时说:“天像盖笠,地法覆盘”,认为天像一顶戴着箬帽,地像一个伏倒的盆子,是两相平行的曲面,这与它假设天地为两相平行的平面为前提而算得的各项数据发生重大扭曲。对此,唐朝李淳风提出批评:“此乃语与述违”,“地既不平,而用术尤乖理验”。他还指出千里差一寸的假定不可靠。其实《周髀算经》盖天说中还有诸多假定并非实测的结果,而是作者虚拟的,这在钱宝琮与薄树人的论文中已有详细论述^②。

3)王充平天说

东汉早期,王充在《论衡·说日》中明确提出平天说,这既不

^① 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1964年,第29页。

^② 钱宝琮:《盖天说源流考》,《科学史集刊》第1期,科学出版社,1958年。薄树人:《再谈“周髀算经”中的盖天说》,《自然科学史研究》1989年,第4期。

同于周髀家盖天说,也不同于《周髀算经》盖天说,而是又一种盖天说。

对于周髀家言,王充提出了批评。首先是对以阴阳说解释日出入与昼长度的否定,其理由是:据周髀家言,北方的阴气最浓重,故看不见太阳,可是为什么“旱小犹见,日大反灭”呢?这是以子之矛攻子之盾,是很有说服力的。他还以夜晚在北方举火,其“光不灭焉”,说明北方阴气浓重使太阳淹没不见的不可靠性。同理亦可证“日之长短,不以阴阳”。

其次,王充认为“天不若倚盖之状”,其理由有二:一是天“既以倚盖喻,当若盖之形也。极星在上之北,若盖之葆矣,其下之南,有若盖之茎者,正何所乎?”即以为天如盖,绕极运转,则应当有极轴,那么极轴在哪里呢?二是天如倚盖运转,“其北际(不)(“不”当为衍文)着地者触碍,何以能行?”前者似较牵强,后者则确使周髀家难以应付。

王充既不同意周髀家言的“天圆如张盖,地方如棋局”,也不同意《周髀算经》中的“天像盖笠,地法覆盘”,而主张“天平正与地无异”,也就是《周髀算经》中所假定的天地是两相平行的平面。且看他的论证:“人望不过十里,天地合矣。远,非合也。”“临大泽之滨,望四边之际与天属,其实不属,远若属矣。夫视天之居,近者则高,远者则下焉。极北方之民以为高,南方为下,极东、极西,亦如此焉。皆以近则为高,远者为下。从北塞下近仰视斗极,且在人上。匈奴之北,地之边陲,北上视天,天复高北下南,日月之道亦在其上。”“立太山之上,太山高,去下十里,太山下。夫天之高下,犹人之察太山也。平正四方,中央高下皆同。今望天之四边若下者,非也,远也,非徒下若合矣。”王充这些关于天地并无相合之处的观点与论证都是可取的,但由此而得的推论应是

多样的,譬如天地为两相平行的曲面可以是推论之一,当然天地是两相平行的平面,也是可能的推论,但这一推论是否成立,王充实际上并没有作什么讨论。

王充对于太阳的出没与昼夜长短的解释,基本思路是与《周髀算经》盖天说相同的,有关具体数据正源于《周髀算经》,但未明言。王充也许是看到了《周髀算经》天地为平行曲面与数据计算法之间的不相容性,于是改立平天说,并对之作进一步论证。

4) 虞耸兄弟的穹天论

穹天论是晋代出现的盖天论的又一变种,此论亦有前后的变异,可权且称之为第一次和第二次穹天论。

第一次穹天论曰:“天形穹隆如笠而冒地之表,浮元气之上,譬覆奩以抑水而不没者,气充其中也。日绕辰极,设西(南)而还东,不入地中也。”^①此论作者为虞鬲或虞汜。

虞耸则创立了第二次穹天论,依《晋书·天文志上》记载,内容为:“虞喜族祖河间相耸又立穹天论云:天形穹隆如鸡子,幕其际,周接四海之表,浮于元气之上。譬如覆奩以抑水而不没者,气充其中故也。日绕辰极,没西而还东,不出入地中。天之有极,犹盖之有斗也。天北下于地三十度,极之倾在地卯西之北亦三十度,人在卯西之南十余万里,故斗极之下不为地中,当对天地卯西之位耳。日行黄道绕极。极北去黄道百一十五度,南去黄道六十七度,二至之所舍以为长短也。”

从第一和第二次穹天论的可比之处看,两者的区别在于:天形一如笠,一如半个鸡子,前者同于《周髀算经》盖天说的“天似盖笠”的说法,而后者则借用了浑天说的“天如鸡子”的概念,但

^① 李昉:《太平御览》卷二。

又砍了一刀,剩下半个鸡子;一个是天覆盖于地之上,一个是天浮于四海之上,地则浮于海上,前者同于周髀家盖天说的天地承接论,而后者则借用了浑天说的天地均浮于水的说法。但从本质上看,第二和第一次穹天论并无区别,它们都是盖天说的变种,其立意均在于试图给盖天说的天地结构之所以不坠不陷一个物理的解释,以为因天内充斥元气故不坠。第二次穹天论还涉及地所以不陷的载体问题,是从当时流行的浑天说那里借用来的。从认识论的角度考察,虞氏兄弟之所以力主穹天论,重要原因之一是不能接受天及日月星辰能够出入地中或水中的观念,而转向盖天说。可是这种转向并没有接近真理一步,却走向了另一个死胡同。应该说,第二次穹天论还吸收了一些浑天说的语言与概念,如认为太阳沿黄道运行。又如它所说的“天北下于地三十度”,也比较符合在吴国的都城建业(今南京)一带北极出地高度的实际情况。但他试图调和浑、盖二说的穹天论是极不成功的。

5)佛家须弥山说及地—水—风—空轮说

随着佛教传入中国,古印度的天地结构理论亦随之而来,其中最重要的可称为须弥山说和地—水—风—空轮说,它们具有盖天说的基本特征,但又与中国本土产生的盖天说有所不同。

据后秦佛驮耶舍译《长阿含经》与隋阇那崛多等译《起世经》等记载,须弥山说是佛家所说的一国土结构模式的一个侧面。就一国土而言,它是以须弥山为中心,又以须弥山的遮挡来解释日月星辰的隐现,同《周髀算经》盖天说以日月远近解释日月隐现有异曲同工之妙。

对于四季昼夜长短的变化,佛氏以阇浮提洲地形的宽狭为理由,是很不得当的。因为在阇浮提洲上能够见到太阳的时间与人所在地形的宽狭并无关系,而决定于太阳在须弥山半腰可见



时间的长短。人们对《周髀算经》盖天说的批评,同样适用于对须弥山说的批评。如道家的一部经典《三界图》在引述了须弥山说之后指出:“初出日既映山,其日合如立竖半镜”,而日没时实为横半镜。对于须弥山说“冬夏二至昼夜不等”^①的解释更不以为然。

国土结构模式的另一个侧面,为地—水—风—空轮说。东晋佛陀跋陀罗译的《华严经》十分简明地介绍了此说的要旨:“大地依水轮,水依风轮,风依空轮,空无所依,然众生业感世界安住”^②。其意为大地为水轮所包围,浮之于水上,水轮为风轮所包围,因风的旋转而使大地与水轮保持稳定,风轮之外则为虚空,它能起稳固风轮的作用,但它自身则无所依托。这样,住在大地上的人们可以感觉安然无恙。此说之要为阐释天地之所以不坠不陷。

佛家须弥山说对于日月运动及其有关的昼夜长度等现象的阐述是比较粗疏的,其详备程度甚至不如中国本土的盖天说。无论周髀家盖天说、《周髀算经》盖天说或是平天说,实际上均未涉及大地稳定性问题的讨论,在这一方面,佛家的地—水—风—空轮说,则远比中国本土盖天说优越,此说比张衡浑天说也要合理得多,而且对新浑天说的产生似有重要的影响。

6) 萧衍金刚山说

梁武帝萧衍(464—549)是以最高统治者和虔诚佛教徒的双重身份提出金刚山说的,其说见于唐代瞿昙悉达《开元占经》卷一中。

作为最高统治者,他也推崇儒家经典。从《易·系辞》“易有太

^① 张君房:《云笈七签》卷二一。

^② 道世:《法苑珠林》卷四。

极，是生两仪”出发，他以为“元气已分，天地设位，清浮升乎上，沉浊居乎下”，所以，天上、地下乃是必然之理，而且只有这样才能“辨尊卑贵贱之道，正内外男女之位”。

作为虔诚的佛教徒，梁武帝对佛家的须弥山说十分熟悉，成为他设金刚山说的又一重要基石。他说：“四海之外有金刚山，一名铁围山，金刚山北又有黑山。日月循山而转，周迴四面，一昼一夜，围绕环匝，于南则现，在北则隐。”这是以日月绕金刚山运转，用金刚山的遮挡，来解释日月的隐现，与须弥山说毫无二致，只是改须弥山为金刚山而已。梁武帝看来不满足于仅对日月的隐现有所说明，还企图解释太阳四季南中天高度和出没方位的变化、四季昼夜长短以及冷暖替更等问题。为此，他引进了日月星辰不附丽于天的宣夜说思想：

“三辰之外，理系阴阳，或升或降，随时而动。至于天气清妙，无所不同，虽自运动无间，日月星辰迟疾各异，晷度多少，不系乎天。”

不过，他认为天也在不停地运转，这又与宣夜说不同。于是，梁武帝就给太阳高度有升降的自由，并为昼夜长短变化的解释准备了条件。他说：

“夏则阳升，故日高而出山之道远；冬则阳降，故日下而出山之道促。出山远则日长，出山促则日短。二分则合高下之中，故半隐半现，所以昼夜均等，无有长短。”

梁武帝的意思是，金刚山山形为上小下大的梯形。日高时，人们可以看见较长的日道；日低时，只能看见较短的日道；日不高不低时，则可看见半个日道。为进一步说明四季太阳出没方位和昼夜长短变化，他作了以下设想：

“黑山之峰正当北极之南，故夏日虽高而不能不至寅



而现,又至戌而隐。春秋分则居高下中,朝至金则山之外,虽与山平,而去山犹远,故为金刚山所障,日未能出,须至卯然后乃见,西方亦复如此。冬则转下,所隐亦多,朝至于辰则出金刚之上,夕至于申则入金刚之下。金刚四面略齐,黑山在北,当北弥峻,东西连峰,近前转下。所以日在北而隐,在南而现。夫人目所望,至运则极,二山虽有高下,皆不能见。”

在北极之南、金刚山之北,梁武帝曾设一座北面高峻,东西连绵的宽度与金刚山的中腰相当、南向逶迤而下的黑山,有两层用意:一是当在夏至日高时,让黑山遮挡住太阳,不至于因为金刚山高处较狭小,造成日出于寅之前、日入于戌之后的情形。二是为说明冬寒而夏暖的现象:“日照于南,故南方之气燠,日隐在北,故北方之气寒。南方所以常温者,冬日近南而下,故虽寒而犹温,夏则日近北而高,故虽夏犹不热。北方所以常寒者,日行绕黑山之北(原作“黑山之南”,据义改),黑山之南日光常自不照,积阴所聚,熏气远面不及,无冬无夏,所以常寒。”即由于黑山的遮挡,使北方经常照不到太阳,致使常阴寒。

这自然是一种想当然的模型,它除了不能应对人们关于须弥山说的所有责难以外,它也不能回答在夏至到春分间,为什么日出后即向西转?日入迳向西北?因为依据梁武帝之说,其间日出需先向东而后西转,日入先向西而后西北转。它还不能回答在黑山与金刚山之间的北方并不是“日光常自不照”,而且依梁武帝所说,北方一天之中将有两个黑夜和两个白昼,这也是不符合事实的。更何况黑山之北的北极地区,依梁武帝之说也应成为与南方一样常温的地带。实是漏洞百出,矛盾重重。

7)元明清时期的盖天说

隋、唐及宋,由于盖天说自身的缺欠和浑天说的兴盛,盖天说无可奈何地衰落下来,只偶尔被人提起(如柳宗元重申平天说),而在大多数情况下则处于被批评、被否定的境地。

金末元初,丘处机(1148—1227)力主“日不入地”说:“天上日月常出无没,人间常有出没,此间东方日出时,西向千里之外,犹未万里之外犹昏。”^①丘处机从自己的经历中推知,对不同地点而言,日出没的时间各不相同:东方日出时,西方还未见日出,西方见日出时,东方见日已高照甚至日已西斜,于是太阳的出没是就某一特定地点而言的,而太阳自身并无出没,它总是高高居于天上,从这个角度来说,日不入地自然是正确的。可是丘处机却以此来证明就某一特定地点而言太阳的出没也不是出入于地。但对某一特定地面而言,为什么会有太阳出没的现象呢?丘处机则避而不谈。

他又指出:“轻清者上腾为天,重浊者下凝为地,万物有形,重浊者附于地,三光轻清,悉上于天,既上于天,如何却沉于地乎?”这是从天地生成演化的角度,论证太阳高高居于天上,不可能沉入于地。

丘处机的见解没有什么新意,在东汉王充的论述中已有类似的说法。丘处机是以大地为平面,天在上、地在下等十分陈旧的观念作为立论的依据的,而且在讨论中采取回避关键问题的手法,如对某一特定地点而言,为什么会有太阳出没的现象呢?对此,丘处机未置一词,却王顾左右而言他。丘处机的这些论述,意在批评浑天说,而当时的浑天说也是主张太阳在天上行,并且认为天与地不以上下分,而以内外别,至于日入地中说也早已为

^① 杨慎:《丹铅总录》卷一。

之摒弃,所以,丘处机的批评是无的放矢。令人诧异的是,明代杨慎(1488—1559)对丘处机此说大加赞赏,以为丘处机“之识,卓矣”。差不多同时,明代的一些学者亦对浑天说表示怀疑,倾向于盖天说或重申佛家须弥山说,形成了一股颇有势力的潮流。

明代王廷相(1474—1544)在《阴阳管见辩》中认为,天是有体的,而且确然在上,以为天包地外,天左右旋转等浑天说的观点都是不可信的。王廷相虽然提及郝萌的名字,但也不同意宣夜说,所以他是主张盖天说的。

王文禄在《海沂子·仪曜》中主张须弥山说,只是他把须弥山改作昆仑山:“昆仑在天地中,若亭结顶,下有大海环绕”。他还提出了反对浑天说的一个重要理由,若认为地在气中,日月星辰绕地而行,那么地底有倒立的生物呢?简直是不可思议。这同西方中世纪反对地圆说者的最主要质疑——关于对蹠人的疑惑颇为相似。

章潢在《图书编·天地运旋变化》中提出“明都”、“幽都”的观念来论证盖天说的可靠性,所谓“明都”、“幽都”,章潢则以阳盛或阴盛之处为训,所以,章潢所主张的实质就是周髀家盖天说。自丘处机开始至章潢对浑天说的质疑,和向盖天说的回归,或出于对浑天说的误解,对浑天说自身还存在的缺欠的反思,或出于对佛教的笃信。诚然,主张盖天说亦为一种学术上的抉择,问题是他们没有对盖天说作任何超出前人的新论证,也没有对前人已经指出的盖天说的致命伤作任何解释或辩护,也就是说他们的抉择带有极大的盲目性,这种盲目性是他们对日月运行的规律,以及天地结构学说所要解释的天文学问题所知甚少的表现,而这种状况又与明初以来严厉执行的对天文历法的禁锢政策有关,明代中晚期盖天说得以回光返照,正是在这样的历史背景下

产生的。

明末清初以后,由于受到传入中国的西方天文学的刺激,盖天说和浑盖合一说又曾一度得到一些学者的青睐。李之藻发现西方古代的测量仪器——星盘“貌则盖天,而其度仍从浑出”,星盘地盘上的刻画与《周髀算经》盖天说的七衡六间图的用意有共通之处。于是他便认为星盘乃是中国传统的浑天说与盖天说合为一体的表现形式,而且把盖天说和球面天文学等同起来,拔高了盖天说的历史地位,并为西学中源说埋下了伏笔。

入清以后,梅文鼎(1633—1721)从《周髀算经》所论及的、与西方传入的数学与天文学知识的比较中,力图证明西方数学与天文学源于古盖遗法。他还认为,“盖天即浑天也。其云两家者,传闻误耳!天体浑圆,故惟浑天仪唯肖。然欲详求其测算之事,必可记于平而,是为盖天,故浑天如塑像,盖天如绘像,总一天也,总一天之度也,岂得有二法哉?”^①他力图合浑、盖为一。其实,他主要是从数学方法上,即球面和平面可以互相转换的角度作出论证,并未涉及浑、盖二说的实质性观点。梅文鼎是沿着李之藻的思路前行,只是走得更远,更显得偏激。在当时西方天文学传入,而传统天文学几成绝学并备受曲解与嘲弄的情势下,梅文鼎等人在阐明传统天文学的真谛与成就方面作了大量工作,实令人敬佩。但是,真理再向前迈出一步便是谬误,在盖天说问题上,梅文鼎显然犯了这一大忌。实际上,梅文鼎既没有修补盖天说的致命弱点,也没有、也不可能弥合浑、盖二说,他的主要着眼点在于西学中源说,不过,他对盖天说以及浑、盖合一说的提倡,在社会上产生了相当的影响,造成了盖天说复活的虚假态势。

^① 梅文鼎:《历学疑问·论盖天与浑天同异》。

综上所述,盖天说作为中国古代天地结构学说的重要学派,有悠久的历史。在西汉以前,它曾是占主导地位的学派,在解释有关天文学问题中曾起过重要的历史作用。但由于盖天说存在的重大缺欠,以及宣夜说、浑天说的兴起,它逐渐退居次要的地位。在梁代,由于佛学须弥山说的影响与梁武帝的极力提倡,盖天说曾经一度得到中兴,但又很快衰微下去。明代中晚期因为对天文学的长期禁锢;明末清初,由于西方传入天文学的刺激,出现了盖天说复活的虚假现象。这便是盖天说历史发展的大体轮廓。

(2) 宣夜说

宣夜说是中国古代天地结构理论的又一重要学派。东汉蔡邕在提及宣夜说时指出:“宣夜之学绝无师法”^①。而唐代李淳风在《晋书·天文志》上则说:“宣夜之书亡,惟汉秘书郎郗萌记先师”之文,宣夜说才为人知晓。若依李淳风之意,宣夜说是一种带有神秘色彩的、几乎绝传的学派,而以郗萌所记,以为正宗。其实,宣夜说并无神秘可言,它多少还有渊源可追,更有流脉可寻。而且稍晚于郗萌的黄宪也有十分精彩的关于宣夜说的论述。

1) 郗萌——黄宪宣夜说

据梁代萧统《文选》卷四八引班固《典引》开篇的话,可知郗萌主要治动于东汉早年,是与班固、贾逵等同时的学者,有星占著作传世,是当时颇有名气的占星家。郗萌说他只是转述其“先师”的论说,恐非自谦之词,宣夜说当自有前人的论述,并不自郗萌始。据《晋书·天文志上》记载,郗萌所传宣夜说为:

“天了无质,仰而瞻之,高远无极,眼瞽精绝,故苍苍然

^① 司马彪:《续汉书·天文志上》注引。

也。譬之旁望远道之黄山而皆青，俯察千仞之深谷而窈黑，夫青非真色，而黑非有体也。

“日月众星，自然浮生虚空之中，其行其止皆须气焉。

“是以七曜或逝或往，或顺或逆，伏见无常，进退不同，由乎无所根系，故各异也。故辰极常居其所，而北斗不与众星而没也。摄提、填星皆东行，日行一度，月行十三度，迟疾任情，其无所系著者可知矣，若缀附天体，不得尔。”

以上三个自然段，表达三个层次的重要观点：

第一，天是无形、无体、无质的，其高远无极。在人眼看来是浑圆而蔚蓝的天空，实际上是人的错觉，是人眼昏花、视力所不及造成的。远望青山近却黄，俯察深谷实无底，这是人们的经验之谈，也正是视觉错误的显明事例。所以郗萌认为天实际上是没有形体、没有质地的虚空，它广阔无垠，高远无极。

第二，天上的日月星辰是自然生成的，它们悬浮在无边无际的虚空之中，这虚空中充满了气，日月星辰或者运动、或者停止不动，都是气作用的结果，是气推动或者维持它们的行止。

第三，北极是不动的，北极附近的星，如北斗星等等与其它恒星一样都绕北极旋转，但它们与其它恒星不同的是常见而不没。所有的恒星自然分布于虚空之中，并不附着于天体，因为没有天体可以附着。这从日月五星的运动状况可以看得更为清楚。它们在恒星之间向东穿行，其速度有慢有快，月亮每天行十三度，最快；太阳每天行一度，次之；其后是水星、金星、火星、木星（摄提）和土星（填星），依次减慢。特别是五星还有伏、见、顺、逆、留等不同的运动形态，当然这些运动并非杂乱无章，而是有一定的情性可依。郗萌认为这种状况是不能用它们附着于同一个天体来解释的，却是它们无所根系、不缀附天体的证明。反过来，这

又为前两个观点提供了论证。

由此看来,这三个自然段所表达的论点是鲜明的、自洽的,前后又互为印证,是自成系统的。它打破了盖天说形如车盖或盖笠的天壳,也打破了浑天说球形的天壳,描绘了一幅日月星辰在充满气的无限空间、按各自的规律运动的壮丽图景,比较起来更接近我们今天对于天的总体状况的认识,具有重大的理论意义。可是,郗萌的宣夜说对于地、对于天与地的关系却未置一词,这不能不说是一个大缺憾。此外,对于日月星辰运动具体状况的描述,只是泛泛而谈,对于其具体机制与规律的讨论,仅有“皆须气焉”和“迟疾任情”八个字,带有极大的思辨色彩,在解释有关天文现象方面,也没有提供什么必要的说明。这些缺点大大局限了它天文学意义和社会影响。

稍晚于郗萌的黄宪(75—122)在《天文》^①中也给出了与郗萌的宣夜说相表里,有异曲同工之妙的论述:

“曰:然则天地果有涯乎?曰:日月之出入者,其涯也。日月之外,则吾不知焉。曰:日月附于天乎?曰:天,外也,日月,内也,内则以日月为涯,故躔度不易而四时成,外则以太虚为涯,其涯也,不睹日月之光,不测躔度之流,不察四时之成,是无日月也,无躔度也,无四时也,同归于虚,虚则无涯,是以日月之外,圣人不能范围之而作历,日月之内圣人不能损益之而成象,故历者循其迹而作者也。

“曰:天之旋也,左耶右耶?曰:清明不动者谓天,动也者,其日月星辰之运乎。是故言天之旋非也。规天而作历,犹非也,验诸运焉云尔已矣。”

^① 《古今图书集成·乾象典》卷六。

黄宪认为,人眼所能及的日月星辰所在的空间是有限的,人们可以对它进行观测与度量,并据以制定历法,以察四时之成。而在其外的空间则是无涯无尽的太虚,那里无日月之光,人们肉眼看不到那样远,所以无法度量。这些与郗萌天无限性的论述是相通的,而且更具层次感。

黄宪也认为日月星辰不附丽于天体,天的范围是日月星辰活动的范围所无法比拟的,日月星辰居于天之内,所以并不附于什么天体之上。

黄宪还指出,天是不动的,只是日月星辰在其间运动不息,所以并不存在天是向左转还是向右旋的问题,这一点似较郗萌的论述更为明确。

自然,郗萌、黄宪都不知道所谓天体每日东升西落的转动仅仅是地球自转的反映,而他们主张天是不动的,是从天无形、无质而且无限的观点出发的。

黄宪在《天文》中还有“是地无穷而物亦无穷也”的说法,虽然他所说地无穷只是相对于日月星辰运动的范围内而言的,也就是说明他的地体极其深广的大地观。这也大约就是宣夜说者的大地观。

由此看来,黄宪的论述是对郗萌所说的宣夜说诸多要点作了更鲜明的表述,而且还作了极好的补充,所以我们称之为郗萌——黄宪宣夜说是适当与合理的。

2) 虞喜安天说

晋成康年间(335—342)虞喜对汉代已有的盖天、浑天与宣夜三家之说作了一番考察之后,反对盖天与浑天之说,惟以宣夜可信,他恐“宣夜之说绝灭,有意续之”。他“近见姚元道(即姚信)造昕天说,又观族祖河间(即虞耸)立意穹天”,也以为“鄙意

多”^①，于是提出了新说，名曰安天说。

安天说的核心观点在《晋书·天文志上》、《隋书·天文志上》与《太平御览》卷二中均有相同的记述：“天高高于无穷，地深深于不测。天确乎在上，有常安之形；地魄焉在下，有静居之体。当相覆冒，方则俱方，圆则俱圆，无方圆不同之义也。其光耀布列，各自运行，犹江海之有潮汐，万品之有行藏也。”

虞喜认为天高无极，而且是静而不动的，即所谓“天有常安之形”，这一点是对宣夜说的明确而重要的申述，虞喜又把天地截然分开，天高高在上，地静居于下，而且地是无穷的深厚，这些在当时虽已是一种落后的古老观念，但它确是宣夜说的大地观。中间一句是他对盖天、浑天、昕天、穹天四说天地相覆冒观点的批评，并以“无方圆不同”的思辨式论说，批评天半圆（或球形）配地方的主张。后一句中，虞喜以潮汐的涨落和万物的行止有各自的规律，来证论日月星辰的布列与运行也是自然而然的和有规律的。如此说来，安天说对于郗萌——黄宪的宣夜说有少许的发展，但却没有什么令人信服的论据，对诸多天文现象仍未作任何具体的论证，对于宣夜说仅有小补而已。

（3）浑天说

浑天说是中国古代最重要的关于天地结构学说的学派。浑天说一些要素的出现可以追溯到战国时期，西汉及东汉前期，浑天说逐渐形成，特别在与盖天说的辩难中，得以发展。东汉张衡的归纳与总结，确立了浑天说的重要地位，从此以后至唐代，是对张衡浑天说不断进行论证、充实、改造或修订的时期，也就在这一时期，浑天说除了偶尔受到挑战以外，大都居于主要的地

^① 李昉：《太平御览》卷二。

位。自五代开始,浑天说在克服自身缺欠方面,取得了突破性的进展。此后,又经历了不断论争与完善的过程。这大约便是浑天说发生、发展的漫长而曲折过程的总体轮廓,内中交织着众多学者的智慧,有繁杂的情节与丰富的内容。

1)张衡的浑天说

张衡浑天说出现之前,与浑天说有关的思想陆续出现,逐渐发展。如天圆如弹丸,地体有限,天包地外,天可以运行入地中,日月沿黄道运行,水包裹天地(或地在气中,或水在天外)等等思想均已出现,这些为张衡的总结与归纳准备了十分丰富的素材。另一方面,在张衡之前人们对于盖天说的怀疑与批判也推动了浑天说的产生。

张衡在《灵宪》和《浑天仪注》中,给出了浑天说经典性的描述:

第一,天是圆的,“如弹丸”。天又是在运动着的,《灵宪》强调因天属阳,故顺动左行。《浑天仪注》则强调天是绕极轴运转的,两者都用了“浑”来形容天形的特征。

第二,天有南北两极,天绕于地之下。《浑天仪注》把天半在地上、半在地下以及北极出地高度、南北规的度数等等,讲得很清楚。《灵宪》讲了月食是由于太阳“蔽于地”而生的“暗虚”遮掩月亮造成的,即以为天绕于地下是毋庸置疑的。

第三,认为地是浮在水上的。《灵宪》把水与地体合称为地。《浑天仪注》则明确讲地浮于水上,它讲的地也是水和地体的合称。《灵宪》说天上有水,但不是一般的水,是水精。而《浑天仪注》则认为天下也有水,这是为解决天为什么不坠的重要物理因素之一,即天和地一样也浮在水之上,同时,天与地又因为天地之间存在的气,以及天以外的气的作用,维持着某种平衡,而不坠

不陷。至于天上有水精,《浑天仪注》大约也作如是观,但它比《灵宪》更注重维持天与地现有状况原因的说明。

第四,认为天大地小,天外地内,天包地外。《灵宪》强调地体属于阴,且平而静,居于天之内。天具东西稍长、南北略短的椭球状,颇有点像鸟卵或鸡子的样子,但未明言。地则是平面向上的、与天等大的半个椭球体,它的外部是水,与天的下半部密合,地体则浮于水上。《浑天仪注》则明确以鸡子比喻天地,这是张衡认为天地是在不断演化与生长着的思想的很好比喻,而且它又是天与地相对位置同鸡蛋壳与鸡蛋黄的相对位置相似的形象比喻。就是说天与地的相对位置与形态是协调一致的。

第五,《浑天仪注》说,太阳运行的轨道,同时又是月和五星大体沿着运行的轨道,而《灵宪》说的是日月五星的运行有快有慢,与天的距离有远有近,自近到远次序为:月、水与金、日、火、木和土星。两者并不矛盾,只是各有侧重。

张衡浑天说的出现,标志着浑天说的发展进入了一个崭新的时期,是在与盖天说的论争中取得基本胜利的一个里程碑。是浑天说确立其主导地位的起点,具有十分重要的意义。

2)陆绩、王蕃、葛洪等对于张衡浑天说的论证

张衡的浑天说在东汉后期经三国到两晋,得到许多学者的支持,东汉末的蔡邕、郑玄、孙吴的陆绩、王蕃、陈卓,以及东晋的葛洪等均从各自的角度进行论述,或力予论证,以固其说,造成了很大声势。但是,针对浑天说天运于地中或水中的严重缺欠,也有不少学者实难苟同。于是有重申盖天说者,如孙吴、两晋间的虞况、虞曷和虞耸兄弟主穹天说;有转向宣夜说者,如东晋的虞喜主安天说。在浑天学派的内部也发生了分化,出现了孙吴姚信的昕天说,东晋刘智的《论天》,后秦姜岌的《浑天论》等等。姚

信、刘智、姜岌等对张衡浑天说作了改造，而从何承天到一行则对张衡浑天说作了修正。

3) 从何承天到一行对张衡浑天说的修正

何承天《论浑象体》在浑天说的发展史上占有独特的位置，特别是地体为馒头状物之说，将左旋说引进浑天说，对于宋元时期浑天说有重要的影响。

隋唐二代，浑天家的主要工作是对作为盖天说与浑天说共同基础的千里差一寸的假设提出了质疑，并以实测证明了它的谬误，从而把浑天说建立在新的基础之上。隋代刘焯(544—610)作《浑天论》，指出交州、爱州离地中阳城距离不及万里，而影差已达一尺五寸，他建议作实测，可惜建议未被及时采纳，刘焯就去世了。

唐朝开元十二年(724)，在一行(683—727)和南宫说的主持下，在大约处于同一经度线上的河南滑州白马(今河南滑县)、汴州浚仪太岳山(今河南开封市)、许州扶沟(今河南扶沟县)和蔡州上蔡县武泽馆(今河南上蔡县)等四处，进行了北极出地高度，冬夏至和春秋分晷影长度，以及冬夏至昼夜漏刻长度的实测工作，同时还用测绳丈量这四处彼此间的水平距离。对测量结果的简单计算，一行等便得到了夏至时“大率五百二十六里二百七十步，影差二寸余”的重要结论，并指出：“旧说王畿千里，影差一寸，妄矣”^①，从而推翻了先前的盖天说与浑天说据以推算天地大小的基本数据。他们发现不同地点之间的里差和影差并不存在线性关系，而各地里差与北极高度之间则存在稳定的线性比例关系：“大率三百五十一里八十步，而极差一度”^②，这实际上是说

① 欧阳修：《新唐书·天文志一》。

② 欧阳修：《新唐书·天文志一》。

子午线 1° 长度等于131.11公里,虽然这一数值比现代人的测量结果偏大约20.17公里,但也仍是一个重要的成果,况且它还是世界上第一次对子午线 1° 长度的实测工作。但很遗憾,一行等人的分析到此便戛然而止,未能深究这项工作的重要含义,因为在测知北极出地高度每变化一度地南北相距里数的情况下,是可以进一步作出地球大小的推论的。

4) 邱光庭——朱熹新浑天说

虽然对于张衡浑天说的改造或修正,历代未曾间断,但是张衡浑天说长期居于主流派的地位并未改变,以致成为大多数人所共认的天地观。自五代邱光庭开始,对张衡浑天说的重大欠缺进行改革的思潮才渐成不可阻挡之势,中经北宋邵雍、张载、程颢和程颐兄弟等的推动,及至南宋朱熹,形成了一种新浑天说,遂替代张衡浑天说而成为占主导地位的主流派。

邱光庭在《海潮论》中对盖天说与宣夜说取批评的态度,认为只有浑天说是正确的。他认为,地是一中空含气的中高外卑的物体,天大于地数倍,天外没有水,天仅仅是“乘气而立”。天在空中旋运不已,“日月右旋而天左转,日月行迟而天转速”,“周天之气皆刚,非独地之上也。是知日月星辰,无物维持而不落者,乘刚气故也”。他不赞成日月星辰并入于水的说法,主张“气之外有天,天周于气,气周于水,水周于地,天地相将,形如鸡卵”。

邱光庭的论述第一次将张衡浑天说中的水体缩小,在天与水之间充满刚气,给天和日月星辰周于下,留出一条宽敞的通道,避免了天运入水中的诸多疑难,也为月受日光提供合理些的说明。同时对子天地的稳定性问题也作了新的力学论证,从而揭开了新浑天说的初始一章。

邵雍主张浑天说,以为水是地体的一部分,水并不起承载地

的作用,而包括水在内的地体是由气依托的。地悬于空中,天上有地,地上有天,并以天与地相互依附,视为天地不坠不陷的机制。

程颢、程颐兄弟也是浑天说论者,他们认为地为天中一物,云气亦天中一物,地也和天上的云气一样,是悬于空中的,只是由土聚积而成的,不像云气那样很快就散开。程颢还反对阳城为地中之说,以为“地形有高下,无适而不为中,故其中不可定下”^①。既然认为地是天中一物,则其形体必有限。对于一个有限的物体,要满足无适而不为中的条件,只能是一个正圆体,因为正圆体表面的任意一点,都可视为该正圆体的中心。由此我们似乎可以认为,程颢是认为地体为球形。但他们也认为地体是向四方无限延展的平面,又认为地是方形的,看来二程对地体形状的描述是处在十分矛盾与尴尬的境地。

邵雍、二程兄弟对于浑天说的论述各有特色,但他们的共同点都是地在气中,从而把邱光庭肇始的新浑天说推进了一步。在此基础上,朱熹作了带有总结性、又有所创新的论述:“天之形圆如弹丸,朝夜运转,其南北两端,后高前下,乃其枢轴不动之处,其运转者亦无形质,但如劲风之旋”^②。

“问:天有形质否?曰:只是个旋风,下软上坚。道家谓之刚风。”

“问:天有形质否?曰:无。只是气旋转得紧,急如风,然至上而极高处,转得愈紧。若转才慢,则地便脱坠矣。”^③

在朱熹看来,天形圆并绕极轴运转不已。天只是急速旋转的

① 杨时:《二程全书·遗书二上》。

② 张九韶:《理学类编》卷一引。

③ 李光地:《朱子全书·理气一·天地》。

气,从这个角度看,天并无形质,这多少含有宣夜说的意味。但朱熹又认为,从低处到高处,这气从较浊到至清,从较暗到至明,从较软到渐硬到成为硬壳,于是极高处的气也就成了圆形的天壳,完成了向浑天说的回归。朱熹认为,天急速旋转本身又是天不致坠下的力学原因。

关于天地关系,朱熹认为:“地则气之渣滓,聚成形质者,但以其束于劲风旋转之中,故得以兀然浮空,甚久而不坠耳。”^①“天以气而依地之形,地以形而附天之气,天包乎地,特天中之一物尔。天以气运乎外,故地榘在中间,隤然不动,使天之运有一息停,则地须陷下。”“天只是气,非独是高,只今人在地上,便只是如此高,要之连地下亦是天。”“天却四方上下都周匝无空隙,逼塞满皆是天,地之四面底下却靠着天。”“恐人道下而有物,天行急,地阁在中。”^②这里重申了天包地外,地在气中的思想,并对地之所以不陷提供了两种力学的说明:一是受地周围的气的扶持,二是气的急速旋转而生的向心力的作用。而且提出了在人居住的地的另一面可能也有生物存在的猜测,这是一种十分重要而且大胆的思想。

关于地,朱熹认为“地虽是坚,然却虚,所以天之气流行乎地之中”,“地形如肺形,质虽硬而中本虚,故阳气升降乎其中,无所障碍”^③。由此看来,地具有一种多孔含气的结构,朱熹说此主要是说明地如何承受天气的,同时这也为地之所以能悬浮于空中作进一步的解释。

① 朱熹:《楚辞集注》卷三。

② 李光地:《朱子全书·理气一·天地》。

③ 李光地:《朱子全书·理气一·天地》。

朱熹还指出：“地在天中，不为甚大。”^①但是究竟有多大，他未作具体说明。他又说：“大抵地形如馒头，其捻尖则昆仑也。”^②

从邱光庭到朱熹，我们看到新浑天说逐渐成熟的过程，先是把天与地、水分开，中间加一层气圈，后把海水视作是地的一部分，取消水承地的作用，设地直接在气中，这样就克服了太阳运入水中的理论困难，并为月相、月食等现象的合理解释开辟了道路，对于地体的描述也从地平向馒头形进展，这些都是浑天说崭新面貌的反映。

此后新旧浑天说的论争还持续了很长时间，如李如麓、俞琰、鲍云龙、方回、陈栎、黄氏、赵友钦、陈致虚、史伯璿、张九韶、王可大和章潢等 12 家之说，其中主新浑天说者凡 7 家，回归张衡浑天说者凡 4 家，游移于两说之间者 1 家。可见，新浑天说在朱熹以后迄明代乃是多数学者所赞同，并有所发展。

5. 天论与天体论

(1) 天论

中国古代的天论包括天地与宇宙、天地的大小、天或天体的层次论、日月五星左旋说与右旋说之争、西方宇宙体系的传入等部分。这里只介绍天地与宇宙和西方宇宙体系的传入两项内容。

1) 天地与宇宙

战国时期的尸佼(约前 4 世纪)曾给宇宙下了一个定义：“四方上下曰宇，往古来今日宙”^③，即“宇”指的是向东、西、南、北、

① 李光地：《朱子全书·理气一·天度》。

② 张九韶：《理学类编》卷四。

③ 《尸子》，《世说新语·挑调篇》注引。

上、下六个方向延伸的空间，“宙”包括过去、现在与将来的时间。这个定义对时空是否存在界线、开端或终点的问题没有作出明确的回答，对此，战国时期的墨家以及庄周、惠施、尹文、宋钐等人则有过明确的论述。

墨家认为“宇，弥异所也”，“久(宙)，弥异时也”^①。就是说“宇”包括所有不同的场所，“宙”包括所有不同的时间。这样，宇宙就包括了所有不同的空间和时间，包括了无限时空的初步认识。墨家还认为：“宇或(域)徙，说在长宇久”^②，“长宇，徙而有处，宇南宇北，在旦有(又)在莫(暮)，宇徙久”^③。意即物体的移动，必然经过一定的空间和时间，而且随时都有其特定的场所，空间上由南向北，相应地时间上由旦到暮，空间位置的变迁是同时间的流逝紧密地结合在一起的。这些论述把空间和时间统一于物质的运动之中，是有关时空之间辩证统一关系的精彩论述。

庄周指出：“有实而无乎处者，宇也。有长而无本剽者，宙也”^④。即认为宇是有实而无边际的，指空间之无限，宙是有长而无本原的，指时间之无穷。庄周还曾虚拟商汤与棘的对白：“汤问棘曰：上下四方有极乎？棘曰：无极之外，复无极也”^⑤。这表达了空间无限性思想。庄周又认为天是“远而无所至极”(同上)的。如果把此二说联系起来看，庄周实际上是认为天在空间上是无穷无尽的，若要说其上下四方(即六合)有一定的范围，则六合之外也还是无限的。庄周关于时间无限性的推想是指从某一特定的

① 墨子：《墨经·经上》。

② 墨子：《墨经·经下》。

③ 墨子：《墨经·经说下》。

④ 庄周：《庄子·庚桑楚》。

⑤ 庄周：《庄子·逍遥游》。

时间开始往前推,永不会有尽头。而往后延则有“时无止”^①之说,可见也应是永不会有尽头的。

惠施曾有“至大无外”^②之说,即认为空间是没有它的外边缘的,这也是关于空间无限性的精辟论述。尹文、宋钐也有“道在天地之间也,其大无外”^③的说法,既然在天地之间的道是无穷尽的,那么天地在空间上自然也是无穷尽的。

质言之,把天或天地同宇宙等量齐观,认为其在空间上都是无穷无尽的,是在战国时期出现的一种思想。然而在春秋战国时期,关于天地有一个生成演化过程的思想已为不少人所论及,这就是说天地在时间上并不是无限的,相对于整个宇宙而言,天地至少在时间上是有限的,这大约是当时许多学者的基本看法。至于就整个宇宙而言,天地在空间上也是有限的思想,大约产生于西汉早期,这从《淮南子·天文训》的有关论述可以看得很清楚,即认为天地是宇宙的部分空间中“有涯垠”的气演化生成的,而宇宙在空间和时间上却是无穷无尽的。

东汉桓萌和黄宪的宣夜说认为天地在空间上都是无限的,如果说有涯,只是针对日月出入的范围而言,而日月之外的天或者叫做太虚则是无涯的。这同上述战国时期一些人的观念是相通的。

王充的平天说以为天地是相互平行的、互相延展的两个平面,这是一种特殊的天地无限论。

关于宇宙空间的无限性,张衡认为在他所给出的天地八极里数之外,是他所未知的领域,那便是无穷无极的宇宙,他极其

① 庄周:《庄子·秋水》。

② 庄周:《庄子·天下》。

③ 《管子·心术上》。

明确地把天地与宇宙区分开来,是对《淮南子·天文训》所表述的思想的再论述。

东晋葛洪承认对一般事物而言是有始必有终的,而天地例外,天地有始,却是无终的,天地一旦生成,便将永远存在下去。看来,葛洪可以算半个天地永恒说论者。关于天地的空间属性,葛洪认为“天地之间,无外之大”^①,亦把天地与宇宙等量齐观。这就是说,这种观念同天地乃宇宙一部分的见解,在中国古代是并存的,只是后一种见解在后世得到了长足的发展。

《列子·天瑞》提出“夫天地空中之一细物也”的思想,这是对《淮南子》和张衡说的更形象、更生动的引申。而在《列子·汤问》中则有更精彩的论述:“汤曰:然则上下八方有极尽乎?革曰:不知也。汤故问。革曰:无则无极,有则有尽。朕何以知之?然无极之处复无无极,无尽之中复无无尽。无极复无无极,无尽复无无尽,朕以是知其无极无尽也,而不知其有极有尽也。汤又问曰:四海之外奚有之?革曰:不异是也,故大小相含,无穷极也,含万物者亦如含天地,含万物也故不穷,含天地也故无极,朕亦焉知天地之表不有大天地者乎,亦吾所不知也。”这段问答十分精辟地论述了空间有极与无极之间的辩证关系。更为重要的是提出了人们所在的天地是否包含在另一个更大的天地之内的重大命题,而且给出了有小天地、有大天地,天地“小大相含,无穷极也”的初步推测。与这一思想相类者,有佛家的三千大千世界之说,此说随佛教的东来,应较早便传入中国。

唐代柳宗元在《天对》中对天的无限性有所论述,认为天广阔无垠,东、西、南、北四个方向都没有止境,天没有青黄赤黑之

^① 葛洪:《抱朴子·论仙》。

分,也没有中心和边缘,怎么能划分哪里是天的边界呢?其中关于天没有所谓中心的思想,是对空间无限性问题的独到见解。可惜柳宗元的这些论述是以他的平天说为出发点的,即以为天是一无限延展的平面,这就大大降低了他关于无限性论述的价值。

道家也有相当精辟的论述,宋元之际李道纯(1219—1296)在《中和集》卷三中从天地演化的角度对天地与宇宙的关系进行描述,以为天地形成之前和形成之后,天地的初胚或天地所占据的空间同样是有限的,都只占宇宙空间的一部分。他更形象地以人的胚胎和人为喻,如同胚胎或人之外是太虚一样,天地未分的混沌或天地之外也同样是太虚。

北宋时有人与邵雍提及“天地之外别有天地,万物异乎此天地万物”^①的猜想,而邵雍以“吾不得而知之也”作答。这位无名氏的思想确可谓活跃,不但认为有不同天地系统的存在,而且认为不同天地系统中的万物形态又是各不相同的。对此,连颇以推测天地万物之理闻名的邵雍也只好老实实在地承认他不得而知。无名氏的推测自有可称道处,而邵雍的回答也不失学者风度。

程颢、程颐兄弟对宇宙空间的无限性也有论述,认为由于人类的视力有限,所以只能看到有限的天体和有限的范围,但这并不是天体的真正的数量或天的尽头,它们都是不可穷尽的^②。虽然他们所列举的论据并不合适,在海上见南天的亮星,是观测者所处地理位置偏南使然,与人的视力无关。但是,他们认为人类的视力局限了人们对宇宙深处的观测与了解的想法却是有意

① 邵雍:《皇极经世书·观物篇五二》。

② 朱熹编:《二程遗书》卷二下。

南宋朱熹把六合之内理解为太阳出没运动的范围以内,但他以为这并不就是天的范围,天应是无外的^①。显然朱熹与张衡对六合有不同的定义,这反映了他俩对天的理念的差异。

宋末刘辰翁在《核山堂记》^②中把天地与广阔的元气关系、人与天地的关系,都比作果核与果实,即认为元气包裹着天地,天地乃处于中心之处,而人则处于天地的中心。这既继承了天地仅占宇宙的一部分的思想,而且强调了天地在宇宙中、人在天地中的中心地位,这是颇具新意的。

宋元间俞琰在《书斋夜话》卷二中把天地等同于宇宙,对其空间与时间的无限性作了更通俗的描述,并以此批评《春秋·元命包》的天地开辟论和邵雍的天地循环说。

元代邓牧于1302年作《伯牙琴·超然馆记》,以通俗的比喻阐明:对宇宙而言,天地不过是瀛海之一粟而已;天地虽大,但它却如一棵树所结的众多的果子中的一个,又如一个国度中众多人民之一员。人们之所以不能轻易察知其它的天地,这正如居于人腹中的虫子很难知晓一人之外还有许多人一样。这些论述十分形象生动地表述了宇宙是由众多的天地所组成的思想。

元代伊世珍在《琅嬛记》^③中,有与邓牧相似但更精彩的论述。他认为宇宙是由无穷多个天地组成的。由于人居于某一定的天地之内,只能观测到本天地的现象,这正像蛔虫在人腹之内,不知道人之外还有人。他还强调天地是物质性的,因此要遵守物质世界的普遍规律,即有成有毁,各天体系统成毁的时间各异,一天体系统始成,另一天体系统正盛,又一天体系统趋毁,好像

① 李光地:《朱子全书·理气一和》“总论”与“天地”两节。

② 刘辰翁:《须溪集》卷五。

③ 钦定:《古今图书集成·乾象典》卷七。

人有少壮老,又比如各种林木之花有开有谢一样,是没有穷尽的。这则是关于宇宙中各天体系统生生不息,此毁彼生的精辟推测。

明代刘基在《郁离子》中讨论了天有限或无限的问题,他认为,若说天有极,那么极之外又是什么?若说天无极,则刘基的逻辑是,因为天是有形的(大约指的是圆球形的),有形的东西必定会有极限,所以天也应该有极。前后两种逻辑的推论产生了完全背反的结论。所以,刘基认为这是“天之所闕”的、最为幽深的、“人无术以知之”的难题。

其实,前人对于后一个问题有过种种推测,以上所介绍的各家学说即为此而设,归纳起来有两条思路:一是认为天不是有形的,而是无形的,这一派学者的推论是天地即宇宙;一是认为天地确是有形的,而基于无穷个有形的总和便是无限的思考,这一派学者的推论则是天地之外别有天地,宇宙则是由无穷的天地系统所组成。应该说这两种推论在逻辑上都是通顺的、合理的,这便是形成中国古代传统的关于天地与宇宙关系论述两大派别的逻辑基础。只是刘基均不同意这两种推论,却把问题绝对化了,而自陷于左右为难的境地。而对于“六合之外,圣人不言”之说,刘基明确地指出,圣人是不知,而不是不言,这当是人木三分的评述。

明代著作《豢龙子》认为,就某一个天地系统而言,在时间上是有始有终的,但是对于由无穷个天地系统组成的宇宙来说,那便是无始无终的了。这是关于宇宙与天地在时间上无限与有限的辩证关系的精彩论述。

综上所述,中国古代关于宇宙在空间与时间上无限性的思想是十分丰富多彩的。将天地与宇宙等量齐观,是一部分人的观

念；而更多的学者认为天地仅是宇宙的一部分，进而认为宇宙乃由众多的、以至无穷的天地系统所组成，它们之间存在辩证统一的关系，这些天地系统在宇宙中有成有毁、生生不息，勾绘了一幅十分壮丽的宇宙图景，这同我们现今所认识的宇宙图景在总体思想上有诸多共同之处。

2) 西方宇宙体系的传入

明末耶稣会士来华，最先传入的是同心叠套水晶球组成的地心宇宙体系。利玛窦在《乾坤体义》卷上介绍的即为此说。这几乎是亚里士多德《论天》一书有关部分的直译。所谓九重则指月、水、金、日、火、木、土、恒星、宗动天，而地居其中心。这同元明时期渐渐完善的天体层次论确有某些共同之处。但传入之说确较传统之说更具系统性和理论性，最重要的区别在于：关于地体，一是以地平说为主导，一则明确主地圆说。

在徐光启、李天经先后主持，龙华民、邓玉函、汤若望、罗雅谷等耶稣会士参与编修的《崇祯历书》(1634)中，采用了丹麦第谷(Tycho Brahe, 1546—1601)所创立的宇宙体系。这个体系是介于哥白尼(N. Copernicus, 1473—1543)的日心体系和托勒玫(C. Ptolemaeus, 约 100—约 170)的地心体系之间的折衷体系。它认为，地球是宇宙的中心，月亮、太阳和恒星在不同的层次上绕地球运转，而五大行星则绕太阳运转。它采用本轮、均轮等一整套小轮系统来解释天体运动的速度变化，力求解释日、月、五星视运动的迟疾变化，以及五星的顺—留—逆—留—顺等天文现象^①。这是比利玛窦、阳玛诺等人介绍的水晶球说要准确和进步的理论，但比哥白尼的日心体系要落后。

^① 中国天文学史整理研究小组编著：《中国天文学史》，科学出版社，1981年，第222页。

在清初薛凤祚(1600—1680)的《历学会通》中,介绍了波兰耶稣会士穆尼阁(Nicolas Smogolenski,1609—1656)传入的一种很奇特的宇宙体系,它同哥白尼、第谷的宇宙体系均不相同,大约是一种既要维持地心说,又要保持日心说计算行星位置等的准确性而设计的数理模式。

清代王锡阐(1628—1682)在《五星行度解》中构建了他的宇宙体系^①,该体系关于五星的运动与第谷宇宙体系稍有不同。王锡阐的宇宙体系在今天看来自然是不正确的,但却是中国学者试图改善西方传入的宇宙体系的最初尝试。

清乾隆七年(1742)由耶稣会士戴进贤、徐懋德负责,明安图、梅穀成等中国学者参与修订的《历象考成后编》问世,书中摒弃了本轮、均轮等小轮系统,采用了开普勒行星运动的第一、二定律——椭圆运动定律和面积定律,但是仍维持地心系统,形成地心、天体沿椭圆运动的奇特的宇宙体系。此事发生在英国布拉德雷(J.Bradley,1693—1762)于1728年公布发现光行差现象之后,而该发现是哥白尼日心说取得决定性胜利的标志,耶稣会士至此仍对哥白尼日心说讳莫如深,秘而不宣,表明了一些耶稣会士的无知以及比无知更可怕的偏见。

乾隆二十四年(1759)成书的《皇朝礼器图式》中,著录有两件西方奉献给清廷的演示哥白尼太阳系的仪器,一件叫“浑天合七政仪”,一件叫“七政仪”,可以自动表演地球和行星绕太阳的运动。稍后,法国传教士蒋友仁(Michael Benoist,1715—1774)于1760年向乾隆皇帝奉献的一幅世界地图《坤輿全图》四周插图

^① 江晓原:《王锡阐》,载杜石然主编:《中国古代科学家传记》下集,科学出版社,1993年。

中,附有哥白尼日心太阳系图及文字说明,内中宣称哥白尼学说是唯一正确的理论,正确地介绍了开普勒三定律、地球为椭圆形等等。应该说在欧洲哥白尼日心说已取得决定性胜利的情势下,一些开明的耶稣会士已经在中国开始宣传哥白尼日心说,是吸收还是拒绝这一新学说的主要责任则在中国社会自身。

蒋友仁的《坤輿全图》在置于深宫三四十年后,由钱大昕(1728—1804)编印成《地球图说》出版,哥白尼日心说才开始在社会上流传。然而阮元(1764—1849)在该书的序中,对哥白尼日心说取批评的态度,劝读者“不必喜其新而宗之”。嘉庆四年(1799)又在他编著的《畴人传·蒋友仁传》卷四六中尖刻地批评哥白尼日心说是“上下易位,动静倒置,离经叛道,不可为训,固未有若是甚焉者”。钱大昕本人也对开普勒椭圆运动定律亦取实用主义的态度,他认为:“此假象也。以本轮、均轮推之而合,则其象为本轮、均轮。以椭圆面积推而合,则设其象为椭圆、面积。其实不过假以推步,非真有此象也”^①。认为行星沿椭圆轨道运动并非真实的存在,而是一种纯粹的数学假设。即对发展了的哥白尼日心说采取怀疑以致否定的态度。

由于钱大昕、阮元都是在当时中国学术界占统治地位的乾嘉学派的重要人物,他们的这些观点,大大冲淡了《地球图说》的影响,阻碍了哥白尼日心说在中国的传播。

道光二十四年(1844),魏源(1794—1856)编成《海国图志》,书中译载了好几篇有关哥白尼日心说的文章,并附有地球沿椭圆形轨道绕日运行图,这是中国第一批公开肯定哥白尼日心说的文字之一。这才开始了传播哥白尼日心说的新时期。

^① 李善兰、伟烈亚力译:《谈天·李善兰序》。

咸丰九年(1859),李善兰和英国传教士伟烈亚力(A.Wylie, 1815—1887)合译《谈天》,李在序文中把批判的矛头指向阮元和钱大昕,虽未点名,却直攻其论点。又用力学原理和科学事实,证明地动和椭圆运动已是“定论如山,不可移矣”。《谈天》的出版标志着哥白尼日心说在中国站稳了脚跟。

(2)天体论

天体论的内容包括太阳、月亮、五星、恒星、银河、彗星、妖星、流星雨、陨石和天体引力思想等。这里主要就天体引力思想作些叙述。

唐代柳宗元在《非国语》中谈到天地生成演化的机理时,曾提出聚合与离散、吸引与排斥两极对立作用的思想,认为这是一种于天地万物之间普遍存在的机制。自然,这一思想对于天体而言,也是适用的。

在潮汐生成理论方面,古人曾提及日、月与地上的水相招引的机制。其中唐代窦叔蒙有“月与海相推”^①之说,封演有月与水“潜相感致”^②之说,而宋代虞裕更有“太阳、太阴之鼓怒之气所起”^③之论,等等。这则是关于日、月与地上的水之间存在一种相招引的机制的探索。这就是说,中国古代对于天体之间存在一种相互吸引机制的论题,无论在其普遍性还是具体细节上都有过初步的思考。而这种吸引机制或者是一种超距的作用,或者是通过“气”而发生作用,元代赵友钦则倾向于后者。在《重刊革象新书·月体半明》中,赵友钦指出:“阴阳精气之潜通,如吸铁之石,感霜之钟,莫或问之也。”这是赵友钦对于日、月之间存在一种如

① 窦叔蒙:《海涛志》,见俞思谦:《海潮辑说》卷上。

② 封演:《说潮》,见董诰:《全唐文》卷四四〇。

③ 虞裕:《谈撰》,见陶宗仪:《说郛》卷三五下。

东晋刘智所说的“引受之气”^①而作的发挥,即认为由于阴阳精气的作用,像磁石吸引铁或铜钟凝结霜一样,使两个距离遥远的、似乎难以沟通的天体之间建立起联系。其中磁石吸引铁,自然含有磁引力的意义。这是对中国古代传统的阴阳学说充之以磁引力的思想,用以说明天上物体之间的相互作用的有价值的论述。

在赵友钦之前,五代时的王朴曾说过:“星之行也,近日而疾,远日而迟,去日极远,势尽而留”^②。这里,王朴是试图对五星复杂的视运动作理论上的说明,他认为五星顺行的快慢以及留而不动等动态,是五星离太阳的远近造成的。离太阳近时,因太阳的“势”强,故五星行疾;离太阳远时,因太阳的“势”弱,故五星行迟;离太阳极远时,因太阳的“势尽”,故五星留而不行。王朴所说的远近,是就五星和太阳的视距离而言。他在这里引进了“势”的概念,这种“势”对五星运动的影响,显然是一种超距的作用,而影响的大小则与两者视距离的大小呈类似于反比的关系。那么,这种“势”究竟是什么?王朴没有作进一步的说明,而且他对五星视运动的这种理论说明也并不正确。虽然如此,它却是太阳与五星之间存在某种制约、牵系机制的有价值的思想表述。及至明代晚期,邢云路则进一步指出:“月道交日道,出入于六度,而信不爽。五星去而复留,留而又退而伏,而期无失,何也?太阳为万象之宗,居君父之位,掌发敛之权,星月借其光,辰宿宣其气,故诸数壹禀于太阳,而星月之往来,皆太阳一气之牵系也。故日至一正,而月之闰、交、转,五星之率,皆由是出焉,此日为月与五星之原也”^③。他认为黄白交角恒定不变,月亮和五星作有规律性

① 瞿县悉达:《开元占经》卷一。

② 薛居正:《旧五代史·历志》。

③ 邢云路:《古今律历考》卷七二。

的周期运动,都是由于受到太阳牵引的结果,而这种牵引是太阳通过气而作用于月亮和五星的。这是将太阳作为主体的引力思想的明确表述。

明末,在徐光启主持编修的《崇祯历书》中,介绍了开普勒天体引力思想,这在清代产生了很大影响。开普勒认为太阳和行星均为一巨大磁体,太阳的一个磁极位于其中心,另一个则布满表面;而行星的磁轴则和自转轴重合。由于磁体间同性相斥,异性相吸,故随着太阳的自转就引着行星向东公转^①。

王锡阐在《五星行度解》中认为,宗动天是动力源之所在,它通过气吸引日月五星,就好像磁石吸引铁针一样。当日月五星行至宗动天的不同部位时,宗动天对日月五星分别施以吸力或斥力,于是,日月五星运动的轨道离宗动天有时近,有时远;离地则有时远、有时近。王锡阐的这一解释,是西方传人的宗动天总挈诸天之说、中国传统的气及磁引力的作用说和开普勒的磁引力说的混合论。他摒弃了西方关于宗动天的神秘性理念,改以物质性的说明。这无疑是一种进步。但他不把太阳作为动力源,却扭曲了开普勒的磁引力说,则无疑是一种退步。

与王锡阐同时的梅文鼎、杨文言等也曾以磁引力说对行星运动的理论作过探讨。认为行星之所以沿本轮运动,是因为被“最高”(行星运行离地最远的一点)处的气所吸引。这里他们引用了中国古代传统的气的作用概念,并明确指出是气的吸引作用。他俩又认为,行星之所以绕次轮运动,则是因为受到太阳的吸引所致^②。太阳像磁铁吸引铁珠一样,吸引行星绕次轮旋转。这

① 江晓原:《开普勒天体引力思想在中国》,《自然科学史研究》1987年,第2期。

② 杨文言:《历象图说旧本·五星次轮图说》。

则是汲取了中外磁引力说的思想。

应该说，清代一些学者对于新传入的磁引力说的反应是敏锐的。他们乐探此说，把它组织到中国传统的关于气的作用大系统中，并将气的作用改造成气的引力，从而把传统的有关论述推进了一步。

6. 天象论

(1) 月相论

1) 月相生死说。月亮每月盈亏变化，周而复始，这是最为明显的、人所共见的天象之一，人们自古就关注月相变化的原因，试图给予理论说明，经过长期的探求，自粗及精，得到了基本正确的认识。

早在西周时期，人们对于不同的月相就给予专门的名词，《尚书·周书》“武成”有旁死魄、哉生明、既生魄，“康诰”和“顾命”有哉生魄等记载，这些在西周铜器的铭文中时常可见，此外，还有既死魄、旁生魄、始生魄等名称。关于与这些名称相应的具体月相的含义，至今学术界众说纷纭，暂且不议。我们关心的是其中所反映的月相生死的概念。这里所谓“魄”又作“霸”，古代就曾有不同的理解^①，一认为指月体光明部分，一认为指月体黑暗部分。后一种理解约始自西汉末年的刘歆。这些月相名称毋庸置疑地表明月亮的光明部分或黑暗部分有一个渐生又渐死的过程，即认为月相的变化是月亮明暗生死的结果，可称之为月相生死说。这自然是一种较原始的对月相变化的说明，但它毕竟引起了死生的概念，从而带有朴素的理论色彩。

^① 陈久金：《西周月名日名考》，《自然科学史研究》1985年第2期。

月相生死说在春秋战国以至西汉早中期,乃为人所取用。东汉刘熙《释名》认为,月亮的光明死而成灰,于是光尽,随后月光又死灰复燃,光明又复苏生。

2)月受日光说。约成书于西汉中期的《周髀算经》卷下曰:“故日兆月,月光乃出,故成明月”,这是中国古代最早的关于月亮自身不发光,由于太阳的照射而发光的记述,对月受日光说的最主要观点已作了十分明确的论述。

西汉晚期京房在《易传》中有进一步的论述:“月与星,至阴也。有形无光,日照之乃有光。喻如镜照日,即有影见。月初光见西方,望已后,光见东,皆日所照也。”^①“日照处则明,不照处则暗。”^②这些论述已对月受日光说作了更明确的阐发,而且已经论及月亮的光明部分总是朝着太阳,即已涉及月相变化同日月相对位置的变化有关的重要思想。

两汉之际的纬书《春秋·元命包》曰:“月为阴精,体自无光,藉日照之乃明。”^③“月日行十三度,常舐任受明,阳精在内,故金水内景。”^④这是应用关于月亮本质的有关论述,对月受日光说作理论性的阐释。而另一部纬书《易·韩坤凿度》卷上曰:“月,坎也,水魄。圣人画之二阴一阳,内刚外弱。坎者,水,天地脉,周流无息。坎,不平,月水满而圆,水倾而昃。”它认为月亮是“内刚外弱”的,内刚指月亮有一个质地坚硬的、凹凸不平的内核,这个内核里还有供水川流不息的管道。外弱指在这个内核外面经常有水的存在。这是一种颇富想像力并含合理成分的月球结构理论。在

① 李昉等:《太平御览》卷四引刘向《别录》。

② 《尔雅·释天》疏引。

③ 《五行大义》卷四。

④ 李昉等:《太平御览》卷四。

这个理论基础上,作者对于月相的生成作这样的解释:当水充满内核的表面时,则表现为满月,而当水流进管道、仅覆盖内核表面的一部分时,则表现为弦、弯月等等。迹其意,当水满或水落部分内核外露时,月亮还是因太阳的照射而发光,只是它认为只有水才能反射太阳光,所以,这是月受日光说的一种,是一种很奇特的月受日光说。

东汉张衡的《灵宪》曰:“故月光生于日之所照,魄生于日之所蔽,当日则光盈,就日则光尽也。”^①此说是对京房之说的简明扼要的重申,自然也是对《易·乾坤凿度》之说的否定。这对于后世月受日光说的发展产生了积极的影响,并奠定了月受日光说的主导地位。

曹魏杨泉对于月受日光说作了极其明确的阐述,他在《物理论》中写道:“月,阴之精,其形也圆,其质也清。禀日之光而见其体,日不照则谓之魄。故月望之日,日月相望,人居间,尽睹其明,故形圆也,二弦之日,日照其侧,人观其旁,其半照半魄也,晦朔之日,日照其表,人在其里,故不见也。”^②这就把月体自己不发光,受日光而明,以及因日月和观测者相对位置不同,而呈现月相变化的图像,作了精到的描述。

北宋沈括著名的银丸实验,证明月体是球形体,也是对月受日光说的十分有说服力的证明,是对后世产生广泛和深远影响的关于月体为球体和月受日光说的模拟实验。

南宋朱熹指出:“月常有一半光,月似水,日照之,则水面光倒射壁上,乃月照也。”^③这是月光乃太阳照射到月体上的反射光

① 司马彪:《续汉书·天文志上》刘昭注引。

② 瞿县悉达:《开元占经》卷一一。

③ 李光地:《朱子全书·理气二·天文》。

的明确论述。

元代赵友钦《重刊革象新书·月体半明》曰：“月体并无圆缺，如悬黑漆丸于檐下，映日必有光转射暗壁，其半边因映日故有光，而半边元暗也。遇望与日躔度相对，半边之光全向于地，普照人间，半边之暗全向于天，人不可见也。及渐相近而侧相映，则向地之边，光渐少矣。至晦望(朔)则与日同经，日与天近，月与日近，其半边之光全向于天，半边之暗则向与地。及渐相远而侧相映，则向地之边，光渐多矣。故月体之光暗，半轮转旋，人目所不及，因谓其有圆缺耳。”这是中国古代月受日光说的经典论述之一。

(2)月影说

由于月亮绕地球运行的周期与月亮自转的周期几乎相同，所以月亮大体上总是以它的半个球面面对地球，这样人们看见月亮上朦胧的阴影形态也就基本上是不变的。这月影是什么？是怎样形成的？自古以来引起人们的好奇与猜测。

至迟在战国时期就流传月中有兔，所以会有月影的传说。西汉早期流传着月中有蟾蜍，所以会有月影的另一种传说。西汉晚期刘向在《五经通义》中说：“月中有兔与蟾蜍”^①。这些传说反映了人们对月影总体形态的构想。

月影的成因有阴阳论、精气论、嫦娥化生论等。见于《五经通义》、《春秋·元命包》、《春秋·演孔图》、《淮南子·览冥训》和《灵宪》。

东汉许慎《说文解字》提出月影的总体形态像一只蟾蜍和一株桂树，东晋虞喜《安天论》以为月影是仙人与桂树，唐代段成式

^① 李昉等：《太平御览》卷四。

《酉阳杂俎·天咫》提出日影中的仙人叫吴刚,伐砍桂树,树随创随合的神话故事。同时还提到一山野高士论及月影成因的科学论述,即认为月体明亮的部分是日光所照处,较暗的部分是月面上凸起的部位遮挡住日光面生成的阴影。这一惊人之论,把中国古代关于月影本质的认识推向了高峰。

月影的本质对古人而言的确是一个其深莫测的难题,因为人们的肉眼实在看不清月影的真切情况。正因为如此,段成式提到的那位山野高士的推测更显得有科学价值。人类在发明望远镜以后,月影的真谛才由伽利略揭示出来。1609年,伽利略通过望远镜观测月球表面,得知其表面“有凸而明者,有凹而暗者,盖如山之高处,先得日光而明也”^①。十年之后,伽利略的发现通过耶稣会士汤若望介绍到中国。在《远镜说》中还刊出了伽利略于1610年前后据望远镜观测成果而绘制的月面图,在中国产生了重要的影响,并诱发了中国学者自己用望远镜进行观测并绘制月面图的工作。

在揭暄(约1621—1702)于康熙十四年(1675)左右完成的《璇玑遗述》中,有一幅“月体内外黑像图”,它应就是揭暄借助望远镜绘制的,是中国学者独立完成的第一幅月面图^②。虽然揭暄关于月影成因的认识是错误的,但他的月面图却标志着中国学者对月影探索新阶段的开始,是中国天文学史上的一个重要事件。

(3) 日、月食理论

日月交食是不常发生、但却是悬象著明、人可共见的异常天

^① 汤若望等译:《远镜说》。

^② 石云里:《中国人借助望远镜绘制的第一幅月面图》,《中国科技史料》1991年,第4期。

象。自古以来人们便十分重视对日月食现象的观测与研究,并试图对此作出解释,走过十分曲折的探索路径,形成了精芜参半的关于日月食的思想与理论。在四千多年前,人们就极其注意对日食的观测与预报,设立了专门的官职。自战国至晋代,日月食的预报方法特别受到星占家的重视,其基本思想则是物类相感。此外,大约也与把两种偶然发生的天象绝对化的错误思想方法有关。在汉代,还有由日、月的晕气或北斗七星的状态等来预报日月食。对日月食的原因,古人曾提出过种种非科学的论说。

1)阴阳说与日月食。以阴阳说来解释日月食,是中国古代影响深远的关于日月食理论。此说在战国时期已见端倪。西汉早期《淮南子·说山训》认为月食是阴败阳胜所致。及至两汉之际,日月食的阴阳解说更大行其道。东汉末年刘洪的乾象历(206)问世以后,人们对于日月食发生规律及科学预报方法的探索,取得了重大的进展,但是由于天地结构学说存在的缺欠,日月食预报的准确度还不尽如人意,阴阳说在相当长的时期内仍流行不辍。

2)月掩日则日食。关于日食原因的理性认识在战国时期已见端倪。由于对月食的长期观测与记录,人们很早就知道日食应发生在朔日左右,这是日食的必要条件,但在朔日左右并不都发生日食,所以日食还应有其他条件的配合才能发生。关于后一点,战国时期的石申夫似最先论及:“日月以二月、八月出房南,过其度、其冲,日月以晦食;出房北、过其度、其冲,日月以朔食”^①。这里,石申夫的解释并不正确,这应是当时的历法在推求朔日时不够准确造成的。但其论述却明确地反映了石申夫关于日月必须过其度且当其冲才发生日食的理念。所谓“过其度”,

^① 瞿昙悉达:《开元占经》卷九。

就是日月必须同在一经度上,而过“其冲”,就是日月还必须同在黄白道的一个交点处或者其附近。这一认识为日食原因的理论探索奠定了最重要的基石。在石申夫以后大约 300 年,建立在此基础上的日食理论才被西汉晚期的京房和刘向等人所阐述。

京房在《易传》中把日食归因于暗暗的月体遮住了太阳,使太阳失光而成日食。刘向在《论九道》中明确指出是月掩日而成日食。在《五经通义》中,刘向更明确地写道:“日食者,月往蔽之。”^①此说一出,反响非凡。两汉之交的纬书《春秋·感精符》即曰:日食“日光沉晦,皆月所掩毁伤”^②。东汉王充在《论衡·说日》中不仅转述了刘向等人的观点,而且由之导出了“日在上,月在下”的正确推论。这一推论是中国古代科学日食论最精到的论述之一。可是王充本人并不同意他转述的这个精彩的观点。

月掩日说在东汉以后成为历家据以推算日食的理论,且日益精进,也为一般士人所接受。晋代杜预的“日月相会,月掩日,故日食”之说^③,广为士人所引述。

明代邢云路对日月相值、月外日内等观点提出了十分中肯的批评,认为“此论似是而非”。并指出:“天在外,日在天内,月又在日内,一定之体也,则岂有日在内而月在外者耶?”“交食者,日月同度相合,对度相冲,而其交道适相值焉,则食矣。古云,同经、同纬则食,同经不同纬则不食,是也。”“日高于月,月由下而过,月体掩日几分则食几分,掩尽则食既,非日月正相对而食也。”^④这些是对天体层次论和科学的月掩日则食说的明晰论述,可视

① 瞿县悉达:《开元占经》卷九。

② 瞿县悉达:《开元占经》卷九。

③ 司马彪:《续汉书·五行志六》注引。

④ 邢云路:《古今律历考》卷八、六四。

为中国古代科学的日食论的精彩总结。

3)暗虚与月食

与日食一样,月食也是既显著又动人心弦的异常天象,对它的观测与记录也有十分悠久而漫长的历史。人们很早就从实践中知道,月食应该发生在望日前后,《易·丰卦》指出:“月盈则食”,可见这一认识的获得当不晚于春秋早期。这当然还只是了解月食成因的一个起点。直到西汉晚期的京房才在科学的月食论上走出了重要的一步。他在《京氏占》^①中的论述虽然还掺杂着天人感应的意味,但他却明确指出了月食发生的必要与充分条件:一是日月必须相冲,即其所处位置的经度必须正好相距180度,也就是月望之时;二是日月必须同“循黄道”之上,即必须分别位于黄道与白道的两个交点或其附近。更为重要的是,他还明确地提出了暗虚的概念,而且认为正是这黑暗的暗虚遮掩在月体之上,遂有月食的发生。至于这暗虚为何物又如何生成,则未明确述及,但从“月与日相冲,分天下之半”一句看,这暗虚理应与处天之中的地体有关,可是京房并未点破这一点。中国古代月食论的许多篇章,正是围绕着暗虚本质的证认与论争而展开的。

东汉中期,张衡的《灵宪》一文,把科学的月食论推到一个新的阶段。他把暗虚的产生与地体联系起来,认为由于日光被地体所遮蔽而生成黑暗的暗虚,当月亮正好运行过暗虚时便发生月食。西汉晚期月亮为暗虚所食的观念已见端倪,张衡则在此基础上明确提出了暗虚乃地体生成的重要见解。

东晋刘智在《论天》的问答中,至少透露了4个重要信息:一是,阴阳说与暗虚说是关于月食论的两大学派。二是,在晋代,持

^① 瞿县悉达:《开元占经》卷十七。

暗虚说者不用“因水转光”的晦涩理论,明确主张暗虚乃是“地体之荫”,即是地体的投影。三是,刘智淋漓尽致地指出了暗虚为地体投影说与张衡浑天说的天体结构理论的不相容性,他的质疑是很有说服力的。四是,阐明了刘智退回到阴阳说的认识论原因^①。

元代史伯璿是一位地体投影暗虚说的代表人物,在《管窥外篇》卷上提出了也许是中国古代关于地体投影暗虚说最详细的论述。其说层次分明,比起其先辈的相关论述都要有说服力。史伯璿是在对天地结构作了新的阐发之后,对月食论作出上述思考的,他已经克服了张衡等人日光必须在水中穿行的巨大困难,大大提高了他的暗虚说的可信度,也就把科学的月食论提高到一个新的水平。但是在他的天地结构说中,地体还是太大,这不仅是他的天地结构说的重要弊病之一,而且也成为他的暗虚说的致使伤。

元末明初,大学者宋濂在《文宪集·楚客对》卷二八中提出了科学月食论的最精彩的论述,在当时产生了较大影响。

西方传教士来华,促进了科学的月食说的完成与普及。由阳玛诺条答、周希令、孔贞时、于应熊等同阅的《天文略》(1615),介绍了有关月食的原理,在当时产生了很大影响,科学的月食说日渐广为人们所接受。

清康熙六十年(1722)完成的《御制历象考成》“交食总论”论及月食成因时,似乎是对中国千余年的月食理论论争史作了一次总结。

(4) 太阳黑子论

^① 瞿县悉达:《开元占经》卷一。

在中国发现在太阳面上时有黑影的现象，可以追溯到很久远的古代。有人认为在殷墟甲骨文中就已有太阳黑子的记载^①。长沙马王堆一号汉墓出土的帛画中有阳乌造型，这是西汉早期关于日中三足乌的形象图画。稍后，在《淮南子·精神训》中有“日中有踰乌”之说，东汉高诱注曰：“踰，犹跗也，谓三足乌”。这则是最早的日中有三足乌的文字描述。所谓三足乌，即指太阳黑子而言。

两汉之际的《春秋·元命包》认为：“天一阳成于三，故日中有三足乌”^②。“日中有三足乌者，阳精倮呼也”^③。倮呼为温润生长之意。即以为太阳黑子是阳精，但不如太阳的阳精那么火爆，而显得温润，含有太阳黑子是太阳中温度较低的部分之意，这是很有见地的推测。

太阳黑子本质是什么？新莽地皇三年（22年），王莽“因天变下书”曰：“乃者日中见昧，阴薄阳，黑气为变”^④。“昧”指幽暗不明，也指太阳黑子。王莽诏书以为太阳乃是阳之精气，而太阳黑子乃是阴之精气侵入太阳本体的结果，阴色黑，即太阳黑子是侵入的阴之精气变化而成。

成书于唐代以前的《太公阴秘》曰：“日中有黑气，若一若二至四五者，此阳中伏阴。”^⑤这同王莽诏书所说略同，但它似乎更强调阴是太阳中固有的，它蕴含于阳之中，偶尔出现而已。《太公阴秘》对于太阳黑子形态的描述可分为6类：“乌见者”，“双乌见

① 陈梦家：《殷墟卜辞综述》，科学出版社，1956年。

② 翟县悉达：《开元占经》卷五。

③ 徐坚：《初学记》卷三〇。

④ 班固：《汉书·王莽传下》。

⑤ 翟县悉达：《开元占经》卷六。

者”，“入斗者”，“乌动者”，“黑气若一若二至四五者”和“有黑气”。这6类的划分，实际含有太阳黑子从出现到消失的不同阶段所具有的形态特征的意义。所谓“乌见者”，应指一个太阳黑子活动周期开始时，日面上存在一个半影黑子的情形；“双乌见者”，则指日面上存在有半影的双极黑子；“入斗者”，应指双极黑子形态发生变化，若即若离，好像双乌相斗一样；“乌动者”，应指这种变动愈趋强烈，黑子结构复杂且变动快；“黑气若一若二至四五者”，应指黑子发生分裂现象；而“有黑气者”，应指黑子呈弥散状，行将消失。这6类显然是从大量的太阳黑子观测事实中归纳出来的，是对太阳黑子进行分类的最早尝试。

7. 历法思想

(1) 历本说

什么是历法之本？换言之，什么是制定历法所应遵循的基本准则？在中国古代，人们对此有不同的回答。历法需以合天为本，即应以正确地反映天体运动的客观规律为基本准则，这是中国古代历本思想的主流。历代历家多循此指导自己的实践，从而不断把历法推向前进。同时，历法需以合黄钟、律吕、乾象、大衍、阴阳之数为本，应以合讖纬之言、合经典之说为本的思想亦有人提倡，它们作为中国古代历本思想的支流，其不良影响不可低估。两种不同的历本思想是两种不同认识论的反映，前者以客观的存在为依据，后者以主观的设想为前提，在中国古代它们相互交叉，彼此论争，谱写了多彩的篇章。

1) 合天为历法之本

自远古的传说时代开始，观象授时就是中国历法的一大特征。相传颛顼帝曾命火正以观测大火星（天蝎座 α 星）黄昏时见

于东方地平线上之时为一年之始。唐尧曾命羲和观测四仲中星以定一年四个季节的来临。人们都把历法的制定与对天体的观测直接联系起来,两者之间的依从关系毋庸置疑。这是观象授时时代朴素的、但又是鲜明的历本观念的体现。

随着人们对日月星辰运动规律了解的进展,历法的制定不再完全依赖对于天象的随时的直接观测。到殷商时期,按一定之规编订历法的愿望与自信日益增强,并已被付诸实施。但是,以经常性的观测成果,修订历法的原有安排的情况屡见不鲜。这说明以合天为本的思想仍起着关键的作用。

春秋战国时期,四分历的出现,是人们长期对回归年长度、朔望月长度等的观测与推算的结果,在此基础上产生了比较规整的历法,它在日历的安排上已经比较成熟,依该历法,约经历310年朔望才差1日,约经130年节气才有一日之差。所以,四分历在当时是相当精到的历法。战国时期有黄帝历、颛顼历、夏历、殷历、周历和鲁历等6种历法(统称古六历),在不同的诸侯国颁用。它们都采用四分历的三个基本数据(回归年长度为365.25日,朔望月长度为 $29\frac{499}{940}$ 日和19年7闰法),但各历法均经由实测确定各不相同的历元和岁首,力求与当时的天象吻合。这是人们在已经获得比较准确的若干天文数据之后,仍由实测以求合天的思想反映。

战国末《吕氏春秋·贵因》曰:“夫审天者,察列星而知四时,因也。推历者,视月行而知晦朔,因也。”这是关于因果关系的认识论描述,把历法的成立,建筑在“察列星”、“视月行”的基础之上,前者是果,后者是因。可见关于历法以观天、合天为本的思想是为人们普遍接受的。

汉武帝元封六年(前105),颛顼历失天益远,公孙卿、壶遂、

司马迁等人大声疾呼“历纪坏废，宜改正朔”，汉武帝遂诏“议造汉历”。这次改历最主要的环节有4项：第一，造历伊始，先观测日、月之运行，28宿距星间的距离等等，取得第一手的、客观的天象资料，以为制定历法的基本素材。第二，召集朝野明于天文历算者“凡二十余人”，共同参与改历。利用上述素材以及各自的研究心得，他们分别提出了18种改历方案，经“观新星度、日月行，更以算推”，证明邓平与落下闳“所造八十一分律历”合于天，于是“罢废尤疏远者十七家”，初步选定邓平、落下闳法。第三，以实际天象考验，证明邓平、落下闳法最密，于是太初元年（前104）正式颁行，命名为太初历。第四，再经过一段时间的复核考验。汉昭帝元凤三年（前78），太初历行用了27年后，太史令张寿王上书言：“历者天地之大纪，上帝所为。……今阴阳不调，宜更历之过也。”这是中国古代第一次明确以为历法不是凡夫所测而是上帝所为、同时又是第一次明确地不以是否合天作为取舍历法的判据的言论。这一言论虽然不为当时的天文历法界所认同，但也引起了一阵混乱。张寿王提出了据他认为是上帝所为的黄帝调律历，又有10家亦提出各自的历法，均自称其是。在这种情况下，由鲜于妄人主持，自“元凤三年十一月朔旦冬至”至元凤六年的3年多时间内，“杂候日月晦朔弦望、八节二十四气”，“课诸历疏密”，结果证明“太初历第一”，其余11家“课皆疏阔”。太初历又一次经受了天象的检验，这才“是非坚定”，得以继续颁行。

自元封六年议造汉历，到元凤六年的30年间，太初历编制的前三个环节，以合天为本殆无异议，特别是经过第四个环节的考验，在有人提出不同的历本之说的情况下，人们更明确、坚定

地得出了“历本之验在于天”^①的理论性总结,这对于后世历法的发展,具有极重要的理论指导意义。而且,太初历编制的前三个环节,实际上为后世大多数历法的制定提供了经典的范例:从第一手的观测资料出发,提出历法,在提出的诸多历法中以实际天象考验之,择密近者用之,再经过一段时间的复核检验,证明合天,最后颁行之。应该说太初历制定的程序及其所体现、所总结的历本思想对后世的影响,比起太初历自身的成就,甚至具有更重要的意义。

光和二年(179),刘洪把历法之制作以及历法之兴废,与历法是否顺天、合天紧密联系起来,是对合天为历本思想的明晰而深刻的论述。刘洪也正是基于此而制作成著名的乾象历。在刘洪看来,历法是在古今实测的基础上,对这些天体运行真实状况的模写。如果历法能够对古今天体运行作正确的描述,则历法兴;如果不能,则历法当废,这就是“明历兴废,以天为节”^②。

西晋杜预(222—284)在《春秋长历》中提出:“当顺天以求合,非为合以验天。”^③他认为应当以日月星辰运动自身的规律为出发点,制定出能够尽量好地反映其规律的历法来。换句话说,历法的推算结果应能与实际天象相吻合,如有不合,则“不得不改宪以从之”,而不是先有一个主观的历法模式,仅把验天作为证明这种历法正确性的手段,如有不合,则以曲解天象以饰之,“此无异于度己之迹,而欲削他人之足也”。杜预的命题几乎成为后世许多历家的座右铭,对于历法的发展产生了巨大的影响。

北魏信都芳认为必须经过较长时间的观测与研究,才能去

① 班固:《汉书·律历志上》。

② 司马彪:《续汉书·律历志中》。

③ 李淳风:《晋书·律历志下》。

粗存精，较好地掌握天体运行的客观规律，进而制定出较准确的、可行用较长时间的历法来。如果仓促行事，对天体运动的真切状况只能一知半解，制定出的历法充其量可以一时合天，稍后便要露出破绽，疏阔而不可用。^①这里他强调了尽量多掌握第一手观测资料对于历法合天的重大意义，从而把合天为历本的思想提高到新的层次。

元代郭守敬、王恂等人制定的授时历，是中国古代最优秀的历法之一。其制定的基本原则正是合天为历本的思想。授时历废除上元积年法、和以分数表示天文数据的传统方法，而以实测历元法、和以小数表达的万分法取代之，也正基于这一思想。郭守敬等人的追求目标，是使历法“取其密合，不容偶然”^②。他们从创制新观测仪器开始，到对天体作长期、仔细的观测，及中平之数的求取，各项改革措施的出台，无不以此为目标。他们的思想前提、工作路线与最终成果是有机统一的，也就是说授时历是在顺天求合思想指导下制定的，同时在制定的过程中又进一步阐发了合天为历本的思想内涵，从而获得了理论—实践—理论的巨大丰收。

除了合天为历法之本外，还有以律吕、大衍之数为历本，以爻纬为历本和历元论。主张以律吕、大衍之数等为历本者，如邓平、落下闳、刘歆、刘洪、一行、王朴以致朱载堉等在中国古代历法史上均非等闲之辈，他们又无一例外地是以合天为历本的信奉者，也就是说他们是历本的二元论者。在积极进行实测、顺天求合的同时，他们基于历、律、《易》互通的思想，欲融会贯通之，

① 魏收：《魏书·律历志下》。

② 脱脱：《元史·历志二》。

并使历法披上神圣的色彩,于是苦心积虑以求之,自以为是画龙点睛之笔。只可惜,用有限的简单数码毕竟难以圆通十分精细的天文数据。于是,在具体操作过程中,难免顾此失彼,牵强附会,从而损害了由实测而得的天文数据的原有精度,遂沦为画蛇添足之举。

中国古代大多数历家对于以律吕、大衍之数一类为历本之说是取批评态度的。他们中的一些人(如李淳风)虽然也对历、律、《易》相通的思想表示赞同,但却敬而远之。另有一些人则明确提出反对意见,如明代宋濂、邢云路、章俊卿等。邢云路、章俊卿对以律吕、大衍之数等为历本的思想的弊病及其后果作了很好的总结。

东汉时期,历法必须合于讖纬之说曾经成为一种时髦的理论。汉末刘洪不但以合天的权威否定图讖的神圣,而且指出图讖之文本身还是不可靠的。说明此时图讖之说的权威性已经发生了很大的动摇,它在历法领域的影响已开始削弱了。后世虽还有人主张以图讖为历本之说,但已是强弩之末,而更多的人则对之取批判态度。

历元是为历法诸问题的起算点,它素来为历家所重视是理所当然的。历元这一概念及其算法的提出,应是历法定量化的产物,就是说,对于阴阳历而言,至少是在一些最基本的天文数据(如回归年长度、朔望月长度)有了定量化的认识之后,才可能提出来。春秋战国之际,大约是历元这一概念产生的年代。

自祖冲之以后,上元论在历法历元的设置中逐渐占据了主导地位,但多历元法以及实测历元法仍不绝如缕,顽强地展现其思想的生命力。

唐代初年,在中国古代历法的历元论史上出现了一件重大

的事件,即傅仁均所制戊寅历,“以武德元年(618)为历始,而气朔、迟疾、交会及五星皆有加减差”^①。这是直接以唐高祖武德元年作为历元,由实测推算出冬至、平朔、月亮过近地点和黄白交点时刻、五星晨见时刻,同这一年十一月朔日夜半之间的时间差,并分别以之作为这些历法问题的起算点。这是十分缜密的实测历元法。更为可贵的是,这一历元法真真切切地正式行用了八九年。可惜这一重大事件未能引起后人的足够重视!大约百年之后,才有人重提实测历元法。

元代郭守敬等人在授时历中给出了由实测而得的七应,这七应的概念继承了杨忠辅的七差,但比七差更鲜明地得之于实测,不再作迎合上元法的表面文章,在理论与实践两个方面都真正竖起了讲求实用的、便捷的、自然合天的实测历元法的旗帜,实现了历元论的一次真正革命。自此以后,上元论一蹶不振,实测历元论占据了主导地位。

总之,在元代授时历以前,上元论是中国古代占主导地位的历元论。经西汉末刘歆的倡导,初始以质朴、直观为特色的历元思想让位于上元之说。又经刘宋祖冲之的提倡,以追求统一性、理想化和神秘化的上元论得以完善。其前后,有曹魏杨伟,后秦姜岌,刘宋何承天,北魏张龙祥和李业兴,隋代张宾,唐代傅仁均、瞿昙悉达、曹士蒟,五代马重绩,宋代王处讷、吴昭素、史序、杨忠辅等14家,从各自不同的角度,对上元论提出挑战,不断滋育、发展出以追求实用性、便捷性与合理化为特色的实测(或近距、或多元)历元思想。为元代郭守敬等人登高一呼,功业垂成,创造了必要的、充分的条件。

^① 欧阳修:《新唐书·历志》。

(2) 历法改革论

历法不符合天象是中国古代历法改革的最主要原因，其中又以交食、气朔、五星之验最为人们所重视，至于改朝换代等人为因素，仅仅是次要原因。

王朝更迭成为改历的原因之一，其所依据的理论则是三正论或五德终始论。所谓三正论，按《尚书大传》的说法是：“夏以孟春月为正，殷以季冬月为正，周以仲冬月为正。”就是说夏、商、周三代分别以含有冬至之月的前二月、一月和当月为每年的正月（岁首）。三正论以为历法改革在夏、商、周三代就是一种正常的、自然而然的、古已有之的事。三正论的产生年代至迟在春秋后期。可是三正论的历史真实性是大可怀疑的。钱宝琮指出，三正论实际上是春秋战国时期不同地域的历日制度，不应看作是三个王朝改变正朔的故事^①。我们认为此说是有道理的。这不但因为冬至日的测定最早大约也只能追溯到殷商时期，而且对殷商历法的研究也得不出商代是以冬至前一个月为岁首的结论。此外，在春秋时期确实存在各诸侯国选用不同的岁首的情况，如晋国历法以冬至之月的前二月为岁首，而鲁国历法则以冬至所在之月为岁首^②。所以三正论是事出有因，只不过是理想化、神圣化了，并长期成为古人所崇信的史实。西汉儿宽、司马迁等人都认为历法的改革是关系到顺天之意、受天之命的头等大事。三正论不但适用于王朝的更迭之时，而且在同一王朝内，帝王登基继位也同样有顺天受命的问题，所以改正朔、易服色是天经地义的大事。

① 钱宝琮：《从春秋到明末的历法沿革》，《历史研究》1960年第3期。

② 杨宽：《月令考》，《齐鲁学报》1941年第2期。

三正说起自春秋,盛于汉代,其后对改历或改元产生了一定的影响,但其影响是有限的。而它同五德终始论一起,对于历法的进一步神秘化,历法与天命、皇权的稳固联系,却起了极其重要的作用。

五德终始论为战国时期邹衍所创,并最先被秦始皇用来作为历法改革的依据。这在司马迁的《史记·历书》中有记载。

西汉末刘歆认为,邹衍的五德终始论是以五行相胜说为基础的。即木德胜土德,金德胜木德等等。可是五德终始论对于历法改革的指导作用在西汉初年就受到挫折:依据五德终始论,汉代秦而起,应为土德,理应改正朔,色尚黄。可是,汉高祖却自以为也获水德之瑞,故沿用秦代正朔,服色不变。在服色问题上汉高祖一会儿要尚黑,一会儿却尚赤。由是,张苍提出了折衷的方案,别出心裁令“色外黑内赤”^①。汉高祖和张苍等人虽然表面上也依从五德终始论,但实际上却对之作随意的修改,而且打破了三正论和五德终始论关于改朝换代必须改正朔、易服色的基本规则,从而大大冲淡了该二论的神圣色彩。

邹衍旧说强调的是新朝革旧代的命,以新代旧,以相克相胜立本;刘向父子的新说则强调新朝对旧代的承继,皇统相续,以相承相生为义。两派各执一词,又无客观的标准可以分判其是非优劣。后人只好仁者见仁,智者见智,各取所需。

(3) 历法检验说

接受实际天象的检验,以判别历法的是非优劣,是中国古代历家的主导思想之一。对此,历代历家提出过不少精辟的理论,并进行了大量的、认真的实践活动。随着时间的推移,天象检验

^① 司马迁:《史记·封禅书》。

的内容有一个逐渐多样化的趋势，检验的方法与标准有一个由低到高、趋向严密化的演进过程。这些检验的理论与实践，是合天为本的历本说的自然延伸，是促进天文历法发展的重要杠杆。中国古代对历法的检验，依检验内容出现的先后，主要有气朔之验、交食之验、五星之验以及综合之验4个层面。

1)气朔之验。气朔之验，指验气与验朔而言。验气，指验节气以及与之相关的太阳运动状况。验朔，指验月朔晦弦望以及与之相关的月亮运动状况。其中节气、月朔等的准确与否，同中国古代社会政治、人们的生活与生产活动有很密切的关系，而且对历法自身又是至关重要的，“必使气之与朔无毫发之差，始可演造新历”^①。所以，对历法的检验，首重于此，是十分自然的。

2)交食之验。交食(包括日食和月食)的预报是否准确，是检验历法的最为显明与可靠的方法。大约到东汉早期人们才逐渐认识到它对历法检验的重要性。对于交食的预报与检验，应包括关于食时早晚、食分多少、亏起方位、交食所处恒星背景上的位置等等，当然这些内涵并不是从一开始就完备的，而是有一个不断充实提高的过程。

东汉早期，对于交食的检验被广泛作为验朔望的一种重要方法。东汉中期，太史令虞恭等把以交食检验弦朔望的思想表述得十分清楚。

把日食作为独立的检验历法的标准，始见于汉灵帝熹平年间(约178)。当时刘洪所作的预报与检验，已包括日食的食时、亏起方位和食分等内容。刘洪取得了如此重大的成功，自然引起了巨大的震动，产生了深远的影响。随后不久，“效历之要，要在日

^① 脱脱：《宋史·律历志十五》。

食”^①的观念，便成为人们的共识。它同月食之验一起遂成为历法检验的极为重要的方法而备受青睐。

曹魏杨伟明确地把交食之验作为最重要的建历方法和判别历法是否精审的最主要证据。西晋杜预也认为日食之验乃是验朔的最精确、最有效的天设之作。后秦姜岌更把交食之验视为唯一可靠的验历方法。

自北宋晚年至南宋晚年的大多数历法，均以交食之验作为改历的唯一原因或原因之一。交食之验的活力与权威性还是无与伦比的。交食之验的内容则包括初亏、生光、复满的时刻和方位，食分的大小，若带食出入地平，亦需作相关的检验。可见南宋时期关于交食之验的内容也较前代全面、细密。元代，对于交食之验的重视，也不亚于前此各个朝代。

明代三百余载，历无一改，均用元代授时历，改历思想一潭死水，黑白不分。到明代中期，还是熟视无睹、麻木不仁，古代传统的交食之验失去了它的权威性，与之相应的是历法自身停滞不前，陷人困境。万历三十八年(1610)，开始了以中西之法改革大统历的新时期，改历的主角由西法承担。徐光启把交食之验的广度和深度均提高到一个新的水平。清初，交食之验的重要性为学者普遍承认，在民间也备受重视，达到了相当高的精度。

3)五星之验。在中国古代，对于五星位置预报的准确性如何也很早成为辨别历法优劣，并决定取舍的检验手段与标准之一。

汉魏之际，董巴就把五星之验提到与验朔同等重要的地位。因五星的伏见昭然易验，无容模棱两可，所以被作为五星之验的方法最先被提到日程上来。

^① 李淳风：《晋书·律历志中》。

曹魏初年,徐岳以为乾象历的五星法优于黄初历。由这次比较看,乾象历和黄初历对木、土、金、水四星见伏推算的平均误差分别为6.5日、5.7日、23.5日和6.8日。其误差还是比较大的,其中尤以金星为最。

至迟刘宋祖冲之时,五星之验已扩展到对五星留、顺行、逆行时所在宿度的检验。祖冲之批评元嘉历五星法“留逆进退,或移两宿”^①,正是依此而言。

北魏信都芳认为,五星在一个会合周期中有所谓“一迟、一疾、一留、一逆、一顺、一伏、一见之法”,称为“七头”。应该说这“七头”是五星一个会合周期内的7个关节点,是十分敏感和重要的动态标志。信都芳又说:“造历者必须测知七头,然后作历。得七头者造历为近,不得(七)头者其历甚疏,皆非一二日能知是非”^②。这是关于必须进行较长时间的观测,并至少对“七头”有较准确的描述,才能得出较好的历法的明确论述。

唐代,五星之验所重者除“七头”之外,又有所发展,还包括任一时日的五星所在宿度。宋代,频频对五星行度作实测,以验历疏密。此时五星之验的方法则是取验任一时日五星行度的随机抽样检验法,故其检验结果更具可靠性与合理性。

4)综合之验。所谓综合之验,包含有3层意思:其一是指就某一种检验方法而言,不以一时一事的得失为判据,而以往古、当时与将来的天象为验,也就是强调作较长时间跨度的多次检验;其二是指使用验朔、验气、验交食、验五星等方法作多方面的综合性评估,以判别历法的优劣是非;其三则是前二层意思的再

① 萧子显:《宋书·律历志下》。

② 魏收:《魏书·律历志下》。

综合,即指一种多方面的、古往今来的长时间跨度的全面检验。这里所说的三层意思,在历史上当然不是各自孤立地、机械式地出现,而是相互交叉地、有机地出现。

对西汉太初历的检验,曾经历3年,并以验晦朔弦望和验24节气为法,这便是上述第二层意思的初始状况。面对东汉四分历的检验与充实,验月朔已增加用往古的史料,且涉及冬至点、24节气漏刻、交食等的检验,则已见上述第三层意思的端倪。东汉晚年,刘洪同时取验气与验交食之法。曹魏初年,徐岳同时取验交食与验五星之法,也都是对第二层意思的发展。此后直至明代都有使用综合之验的事例,可见综合之验确是颇深入人心的历法检验论。

(4)月令思想

所谓月令思想是中国古代一种顺应天时、亦即顺应一年四季的变化而行事的思想。而月令则是这种思想的规范化、政令化的产物,它又实际上成为一种治国的方略。月令思想有其发生、发展、嬗变的历史过程。

月令思想的文字记述至迟可以追溯到春秋早期。春秋时期这类思想的表述已比较普遍。战国时期的著作《管子》中已有春、夏、秋、冬四时政令的内涵,这是“四时令”的初胚,而在《管子·五行》中已有五季政令的记载。在《管子·幼官》中已有30时节等政令的记述。可以说《管子》有关篇章已经对月令思想作了相当全面、系统和深入的论述。其中四季、五季或30时节政令的出现,则是月令思想发展到一定阶段的产物,是把月令思想政令化,以图干预时政的一种努力。

月令作为一种治国方略,阴阳家为之津津乐道。据容肇祖、

杨宽研究^①，战国末吕不韦等人的《吕氏春秋》十二纪之首章、稍后成书的《礼记·月令》和西汉早期刘安等人的《淮南子·时则训》中所载的月令之文，应是阴阳家的作品。我们认为这一见解是正确无误的。不过《淮南子·时则训》还反映了阴阳家中不同流派的不同见解^②。

东汉末蔡邕的《月令明堂纪》曰：“因天时，制人事，天子发号施令，祀神受职，每月异礼，故谓之月令。所以顺阴阳、奉四时，效气物，行王政也。”^③此说甚为精当。

从月令之文看，它所主张的顺时施政思想，包含人们应该把握并利用天体运行的客观规律，顺乎自然，保护生态环境，以求得人与自然的协调发展等等重要思想，确实是它的显著特点和长处。不过，它的规定明显带有简单化、机械化和神秘化的倾向。因为人与自然的关系远非它的规定所能规范，也不能用一成不变的模式去处理，气候的反常也与施政的得失无关。而且，人类社会的复杂性，使它的众多规定实际上难以施行，同时，另一些十分重大或紧迫事件的处理并没有在它规定的范围之内。所以，司马谈父子和刘歆等人批评它缺乏必要的灵活性、带有很大的局限性，是颇有见地的。

8. 星占思想、天人感应说及其影响

从中华民族的先民们有意识的观测天象那一天起，天文现象就与人事结下了不解之缘，对天文的关心本是出于人类对自

① 容肇祖：《月令的来源考》，《燕京学报》，1935年，第18期。杨宽：《月令考》，《齐鲁学报》，1941年，第2期。

② 陈美东：《月令、阴阳家与天文历法》，《中国文化》，1995年，第2期。

③ 蔡邕：《蔡郎中外集》卷十。

身命运的关怀。在中国古人的观念中,天不是独立于人的存在,天文现象也不是独立于人的现象, 中国人研究天是为了研究人,对天的探索从来没有脱离对人的探索。《周易·系辞上》曰:“天垂象,见吉凶,圣人象之。”天象预示着人间的吉凶祸福,统治者要通过观察天象来趋吉避凶。天象是天数的反映,周期性出现的天象可以通过定数求得。中国的星空就是象的星空。中国的星和星官主要是以地上的事物和国家职官命名,这种命名法决不是简单的比喻,而是天地对应、天人感应思想的反映。正是这一观念支持了中国传统的占星术系统。

中国古代占星术主要是依象占断,这反映了一种非常重要的宇宙论根基。由象又产生了类的概念,同类相感是天人感应思想的基本命题。

天人感应思想对于异常天象观的影响有两个共同特征:第一,天人感应说并没有用于解释异常天象是如何产生的,而只是表现在人对能以自己的行为消除异常天象的信念之中;第二,消除异常天象的过程中有神的干预,实际上是人感动了神,神改变了天象。

天人感应的系统理论是在汉代建立起来的,这一理论体系基本上抛弃了神的干预,用自然解释自然。天人感应思想的而貌为之一新。

天人感应理论是在西汉中期成熟完善起来的,董仲舒对天人感应理论的建立和完善起了重要作用。天人感应理论的基本假设是:“人副天数”、“同类相动”^①。“类”是天人感应说的一个关键概念,首先要认定天地万物的类别所属,分类的原则主要是按

^① 董仲舒:《春秋繁露》。

阴阳分,此外,也有按五行分类的。在天人感应说看来,天与人之间相互感应是以阴阳或五行之气为纽带的。《春秋繁露·同类相动》曰:“气同则会……阴阳之气固可以类相益损也,天有阴阳,人亦有阴阳。天地之阴气起而人之阴气应之而起,人之阴气起而天地之阴气亦应之而起,其道一也。”

天人感应说在宋代有了新的内容。汉代天人感应讲事应,相信某一灾异是由某一具体事件不当所致,因此汉代的“天”是外在于人的。宋代理学家为天人感应论注入了新的精神,这就是“感格天心”,“天”是内在于人的。灾祥不是起于五行,也不是出自阴阳,而是出于人心。

星占术对中国古代天文学思想的影响非常深远,自西周至清末,天文学一直没有摆脱占星术的束缚。

自汉以来,国家天文机构都担负着占候灾祥的任务,占星术使天文学成为一门国家垄断的学问。晋以后屡有天文之禁。西晋泰始三年(267)“禁星气、讖纬之学”^①。唐代以后,关于天文、历法的禁令很多,说明天文学一直在星占思想的影响之下,统治者加以垄断,以达到巩固统治的目的。

天文学的方方面面都与占星术相关。占星术除渗透于历法、天文观测等领域外,它本身还有一个独特的理论,即分野论。分野不是天文学的需要,完全是为占星术而存在的。

分野的基本思想是在天上的区域与地上的区域之间建立起对应关系。分野是占星术实践的需要,占星术要通过天象的变化来预言人间的吉凶祸福,天穹只有一个,如何确定天象所预示的事件发生在什么地域呢?这就需要一种天与地的对应模式,使天

^① 房玄龄:《晋书·武帝纪》。

上的区域与地上的区域有固定的对应关系。分野观念起源十分古老,到汉代,分野模式基本上固定。

有人把我国古代的恒星分野归纳成三种学说,总共包含八种模式:干支说——包含十干分野、十二支分野、十二月分野;九宫说——只包含九宫分野;星土说——包含单星分野、五星分野、北斗分野、十二次和二十八宿分野^①。实际上这八种分野模式概括起来不外是时间和空间两种分野说。

^① 李勇:《对中国古代恒星分野和分野式盘研究》,《自然科学史研究》,1992年,第1期。

二、传统数学思想

1. 道术,言约而用博

提起中国传统数学,许多人,即使对之有较好评价的人,都认为是一些应用问题的堆砌。这实在是对中国数学缺乏深入了解的肤末之见。实际上,在中国传统数学中起主导作用的是抽象程度不同的术,即计算法则,应用题是术的例题。《周髀算经》卷上陈子关于术的论述再清楚不过地说明了这个问题。陈子向荣方说,“知日之高大”等观测天象的方法,“此皆算术之所及”。要荣方回去思考。荣方思考了几天而不能得,又来请教陈子。陈子回答说:

子不能得,则子之于数未能通类。是智有所不及,而神有所穷。夫道术,言约而用博者,智类之明。问一类而以万事达者,谓之知道。今子所学,算数之术,是用智矣。^①

道、术、道术,都是同义词,陈子都是指的数学中的术,宋元之后有时称为法。陈子所说的“算术”,广义地说是当时的数学学科,这就是“算数之术”;狭义地说很可能是由“九数”发展起来的当

^① 郭书春、刘钝校点:《算经十书》(二),辽宁教育出版社,1998年。繁体字修订本,台北:九章出版社,2001年,第37页。

时存在的《九章算术》，就是刘徽所说的“暴秦焚书”前的《九章》，当时大约只是叫《算术》，也就是现存《九章算术》的主体部分。^①

陈子的话含有几个明显的意思：

首先，学习与研究数学，必须“通类”。人们将相近的数学问题，归纳成一种数学模型，给出统一的解法，这就是术，如《九章算术》的方田术、圆田术、约分术、合分术、衰分术、今有术、少广术、开方术等，《数书九章》的大衍总数术、正负开方术，等等。然后又根据数学的对象与问题的性质将同类的术文与例题归到同一类，比如，先秦时人们将各种数学方法分成九类——方田、粟米、衰分、少广、商功、均输、盈不足、方程、旁要（汉之后改为勾股），称为“九数”，也就是数学的九个分支。陈子认为，必须先弄通要解决的问题属于什么类，哪一种术，问题便可迎刃而解。

其次，数学的术都有“问一类而以万事达”的特点，也就是以一应万的特点。比如，《九章算术》少广术有12个例题，今有术有31个例题。刘徽认为今有术是“都术”，他将《九章算术》许多其他术文，以及大量题目都归结为今有术。其他的术文也都有以一应万的特点。

再者，数学的术都是“言约而用博”，也就是表述得非常简洁，而用处却非常广泛。传统数学著作中的术大都非常简洁，如阳马术：“广袤相乘，以高乘之，三而一。”^②简洁到了减一字则不足表述清楚，增一字则显得赘疣的地步。

《周髀算经》虽不是专门的数学著作，而是一部数理天文学著作，陈子的话却很好地概括了数学中术的特点。应该说，这是

① 郭书春：《〈九章算术〉译注》，辽宁教育出版社，1998年，第18页。

② 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第286页。

当时所存在的以“九数”为主体的数学的实际情况的反映,同时,也规范了以后中国传统数学的体例与特点。

2. 十进位置值制与筹算、珠算

中国传统数学长于计算,在各种算法的研究上取得举世瞩目的杰出成就,其形式上与研究方向上与古希腊数学有相当大的差别。其原因是多方面的,应该进一步探讨。但是,不容置疑的一个重要原因是,中国古代有优越的记数制度、先进的计算工具以及表达上的位置值制。

1) 十进位置值制记数法

顾名思义,所谓十进位置值制主要有两个方面的内容,一是十进制,即逢十进位;二是位置值制,即同一个数字,放在不同的位置上便表示不同的值。两者结合起来,一个数字,比如 n ,放在个位上表示 $n \times 10^0$;放在十位上,便表示 $n \times 10$;放在百位上,便表示 $n \times 10^2$;总之,放在不同的位置上,便表示 $n \times 10^m$ ($m=0, 1, 2, \dots$)。显然,这种记数制度比古巴比伦的六十进位置值制简便,也比古希腊、古罗马的十进非位置值制先进,在电子计算机发明以前是世界上最优越的记数制度。公元前三四千年西安、半坡等遗址的陶文数字,就采取十进制,殷商甲骨文(公元前14—11世纪以前)数字有13个记数单字,这就是:

十、百、千、万的倍数用合文,如:

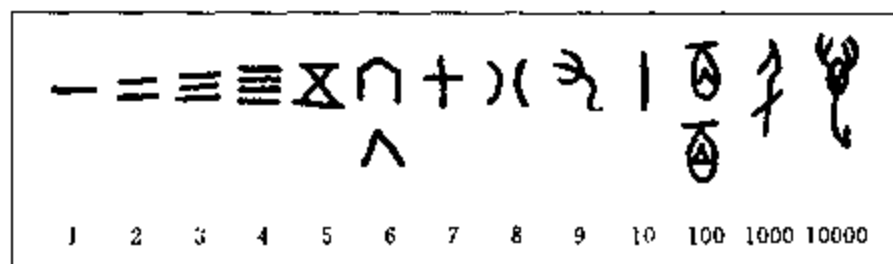


图3 殷商甲骨文13个记数单字

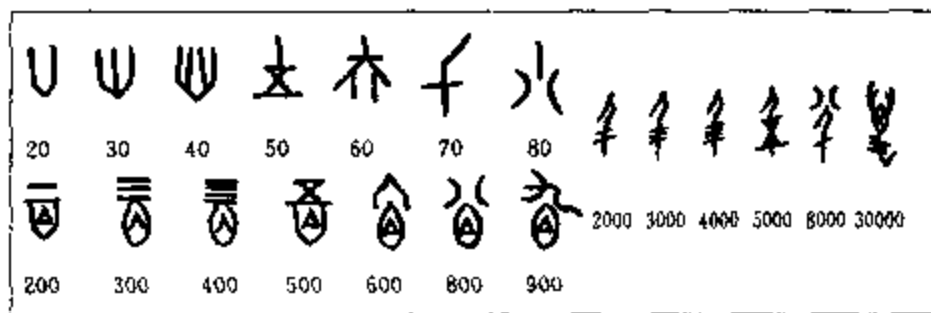


图 4

显然,这是十进制^①,还不是完备的位置值制,但已有位置值制萌芽。

应该说,十进位置值制记数法是随着算筹的发明与使用完备起来的。

2)算筹

算筹产生于何时,已无可靠记载。《老子》说:“善数不用筹策。”^②这说明春秋末年以前,算筹作为主要计算工具已使用很久了。算筹记数采用纵横两式:

纵式						丁	卅	卌	卍
横式	一	二	三	≡	≡	上	𠄎	𠄎	𠄎
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

其记数制度的完整表述出现在《孙子算经》(约400)中:“凡算之法,先识其位。一从十横,百立千僵,千十相望,万百相当。”^③《夏侯阳算经》又补充说:“满六已上,五在上方,六不积算,五不单张。”^④就是说,用上述18个符号,纵横交错,以及用空位表示零,

① 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1964年,第5~7页。

② 《老子》二十七章,见《二十二子》,上海古籍出版社,1986年,第3页。

③ 郭书春、刘钝校点:《算经十书》(二),辽宁教育出版社,1998年。繁体字修订本,台北:九章出版社,2001年,第262页。

④ 郭书春、刘钝校点:《算经十书》(二),辽宁教育出版社,1998年。繁体字修订本,台北:九章出版社,2001年,第463页。

则可以表示任何一个自然数。如1999便是一 Ⅲ ≡ Ⅲ, 2002便是二 Ⅱ Ⅱ。显然,这是完备的十进位置值制记数法。许多学者认为,印度—阿拉伯数字的创造,借鉴于中国古代的十进位置值制记数法。

算筹通常用竹,也有用木、骨、石、象牙等制成的。《汉书·律历志》说:“其算法用竹,径一分,长六寸。”^①分别合今天0.23厘米与13.8厘米。陕西千阳等地出土的算筹证实了这种记载。然而,算筹太长,布算面积过大;截面为圆形,容易滚动,造成错乱。因此,人们不断改进算筹,使之由长变短,截面由圆改方。河北石家庄出土的东汉算筹,截面已变成方形,长度已缩短为7.8~8.9厘米^②。

用算筹可以表示分数、负数、小数。分数的表示是分子在上,分母在下,如 $\frac{2}{3}$ 就是 $\begin{array}{c} \text{II} \\ \text{III} \end{array}$ 。负数产生后,用红筹表示正数,黑筹表示负数;有时也用正置的筹表示正数,邪置的筹表示负数。算筹还可以表示开方式(一元方程)、方程(线性方程组)。这在后面还要谈到。

用算筹进行计算,便是筹算。中国传统数学的主要成就,大都是借助于筹算取得的,因此,常把中国传统数学称为筹算数学。

筹算的加减乘除法则与今天大同小异,都是三行布算,只是乘法中两相乘数分置上、下行,积在中行,并且是自高位向低位起算。

3)珠算

人们改进计算工具的努力,除了改进算筹外,还试图创造新

① [东汉]班固等:《汉书·律历志》,中华书局,1962年,第956页。

② 郭书春等:《石家庄东汉墓及其出土的算筹》,《考古》,1982年,第3期。

的计算工具。东汉末三国初,徐岳《数术记遗》记载了许多新的计算工具,大都用不同的位置,以算筹或算珠表示不同的数值。其中最方便的是珠算。据北周甄鸾注,它的算盘分3栏,若干位,每位有5珠,上栏1珠,下栏4珠,上下栏的珠的颜色不同,中栏为计算结果^①。显然,它是由筹算演变而来的,但是,它的算珠不穿档,不同于后来的珠算盘,而且,不见得比筹算方便,因此没有推广开来。

唐中叶之后,随着商业数学的发展,人们开始改进筹算乘除法,创造了各种捷算法,经过几百年,若干世代无数人的努力,到南宋、元初,这些捷算法日臻成熟,并编了若干歌诀。算法的改进,使口念歌诀很快,但手摆弄算筹却很慢,得心不能应手,珠算盘便应运而生,一直使用到现在。它的某些功能,比电子计算器还优越。现代珠算盘是什么时候产生的,无可靠记载。比较稳妥的看法是产生于宋末元初。实际上,将徐岳珠算的三栏改成二栏,将算珠穿档,便成为现代的算盘。宋元间人们创造的捷算口诀便成为它的算法语言。各档就表示数字的各位。珠算术与筹算一样遵循位置值制进行运算。

4)位置值制

位置值制是中国传统数学中数学表达式的重要原则,不仅数字的记数法,而且其他复杂的表达式的表示都遵循位置值制。比如开方式,即一元方程,自上而下依次排列实(即被开方数)、法(即未知数的一次项系数)、一廉(未知数的二次项系数)、……隅(即未知数的最高次项系数)。那么:

^① 郭书春、刘钝校点:《算经十书》(二),辽宁教育出版社,1998年。繁体字修订本,台北:九章出版社,2001年,第450页。

a_n a_{n-1}

⋮

 a_1 a_0

就表示方程： $a_0x^n+a_1x^{n-1}+\cdots+a_{n-1}x=a_n$

列方程的天元术中的天元多项式的表示也采用位置值制：在常数项旁记一“太”字，或在一次项旁记一“元”字，其他项的系数便由其与“太”或“元”的相对位置确定，如：

a	a
b 太	或 b
c	c 元
d	d

便表示多项式 $ax^{-1}+b+cx+dx^2$ 。这种表示法对以天元的幂次乘或除一天元多项式特别方便：只要向上或向下移动“太”字或“元”字即可。如以 x^2 乘上述多项式，便将“太”或“元”字向上移动二步，分别变成：

		o 太
a 元		a
b	与	b
c		c
d		d

位置值制还体现在方程术(即线性方程组)与四元术(即多元高次方程组)的表示中。《九章算术》按分离系数法表示线性方

程组,比如:

$$\begin{array}{ccc} c_1 & b_1 & a_1 \\ c_2 & b_2 & a_2 \\ c_3 & b_3 & a_3 \\ C & B & A \end{array} \quad \text{就是} \quad \begin{cases} a_1x+a_2y+a_3z=A \\ b_1x+b_2y+b_3z=B \\ c_1x+c_2y+c_3z=C, \end{cases}$$

相当于将线性方程组写成矩阵的形式。多元高次方程组在《四元玉鉴》中将每一个方程按如下方式排列:“太”字居中,表示常数项。其下方记天元,左方记地元,右方记人元,上方记物元,各元的幂次与天元多项式的表示类似,由其与“太”字的位置决定。相邻两元的乘积置于相应行列的交叉处。如作为三元术(三元高次方程组)范例的“三才运元”问^①的三个方程就是(用阿拉伯数字):

$\begin{array}{cccc} - & \text{太} & -1 \\ & 1 & \\ -1 & 0 & -1 \end{array}$	$\begin{array}{ccc c c} -1 & \text{太} & -1 & 1 & 0 & \text{太} & 0 & -1 \\ & 1 & 1 & & & 0 & & \\ & -1 & & & & 1 & & \end{array}$	$\begin{array}{cccc} 0 & \text{太} & 0 & -1 \\ & 0 & & \\ & 1 & & \end{array}$
今式	方式	三元式

表示三元高次方程组:

$$\begin{cases} -xy^2+xyz-x-y-z=0(\text{今式}) \\ -x^2+x+xz-y-z=0(\text{方式}) \\ x^2+y^2-z^2=0(\text{三元式}) \end{cases}$$

位置值制在中国传统数学的表达中占有重要地位,也是其重要特点。有了位置值制,使筹算与珠算如虎添翼,更加发挥了

^① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第1册,河南教育出版社,1993年,第1210页。

长于计算的优势，创造了许多领先于世界其他文化传统数学百年甚至上千年的成就。

由于中国古代有当时世界上最先进的记数制度，最方便的计算工具，以及强烈的位置值制，这就决定了在古希腊数学的衰微，中国数学的崛起，不仅意味着世界数学重心在地域上的转移，也意味着数学研究方向的转变，即从研究空间形式为主转变为研究数量关系为主。中国传统数学（及后来发展起来的印度、阿拉伯数学）都长于计算。而体现计算方法的术不仅具有“言约而用博”的特点，而且具有强烈的程序化、机械化特点，这就使许多术文稍加改变，便可用于电子计算机。中国传统数学的程序化、机械化特点对当前的数学研究与教学仍有启迪作用。当代数学大师吴文俊正是受到中国传统数学的启迪，在数学机械化方面作出杰出贡献。

3. 率与齐同原理——算之纲纪

1) 率

中国传统数学长于计算。要计算错综复杂的问题，必须找到一种量作标准，进而找出各种量在这个标准下的关系。“率”承担了这个职责。

率的本意是标准、法度、准则。《孟子·尽心上》：“大匠不为拙工改废绳墨，羿不为拙射变其彀率。”^①弓满曰彀，彀率是相对于弦而言的。彀率与弦率的相对关系的大小，反映了射手的膂力，对羿这样的优秀射手，它应该是一个常数。这已有数学上率的萌芽。《墨子·备城门》说：“城下楼卒，率一步一人，二十步二十人。

^① 《孟子·尽心上》，见《十三经注疏》，中华书局，1980年，第2770页。

城大小以此率之。”^①前一个“率”已完全具有数学上率的含义,后一个“率”则是用“率”计算的意思。《周髀算经》、《九章算术注》的计算中都使用了率。尤其是《九章算术》中,率的应用之广泛深刻,成就之大是空前的。魏刘徽《九章算术注》给出了率的明确的定义:“凡数相与者谓之率。”^②这里的“数”实际上是现今数学中的“量”。“相与”实际上是相关。比例无疑是一种最直观、最常用的率关系,如圆的周率与径率,相似勾股形的勾率、股率与弦率,今有术中的所有率与所求率,等等。但是,率关系的涵义比比例关系要宽广得多,古希腊数学与现代数学中没有能与之完全对应的术语。

刘徽给出了率的性质:“凡所得率知,细则俱细,粗则俱粗,两数相抱而已。”^③就是说,构成同一率关系的各个量同时扩大或缩小同一不为零的倍数,其率关系不变。由这一重要性质出发,刘徽又提出了相与率的概念,并提出了求相与率的方法。他说:“率知,自相与通。有分则可散,分重叠则约也。等除法实,相与率也。”^④“法”即除数,“实”即被除数,“等数”就是现今的公因子。因此,所谓相与率就是呈率关系的各数为没有公因子的一组正整数。中国古代没有素数概念,实际上,两个量的相与关系,就是互素的两个数。在某种意义上说,相与率起着互素的作用。中国传统数学著作中,尤其是《九章算术》和刘徽等第一流数学家的著作中,凡不是相与率的,一般都要化成相与率。怎样求出相与率呢?根据刘徽的话,有两种情形。一是最初求出的率关系中有分

① 《墨子·备城门》,见《二十二子》,上海古籍出版社,1986年,第272页。

② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第187页。

③ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第244页。

④ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第187页。

数,则必须实施散分——刘徽所说的“散分者,必令两分母相乘法实也”^①,化成没有公因子的正整数。如《九章算术·均输》“客去忘持衣”问,刘徽注中先得出主人用日率 $\frac{5}{24}$,客人用日率 $\frac{13}{24}$,化成主人用日率5,客人用日率13,便是相与率^②。二是最初求出的率关系中有公因子,则必须先求出公因子,以公因子约诸数,得到相与率。如求圆周率时,刘徽先由径200,援引圆面积公式求出周628,令周、径相约,周得157,径得50,“则其相与之率也。”^③有时候要先散分,后相约,才能求到相与率。如在求更准确的圆周率时,刘徽先求出周 $628\frac{8}{25}$,径200,则先散分,再求公因子相约,得周3927,径1250^④。

2) 齐同原理

由率的定义和性质,刘徽提出了关于率的三种等量变换,这就是“约以聚之,乘以散之,齐同以通之。”^⑤这三种等量变换都源于分数运算。刘徽在《九章算术·方田》约分术注中说:“分之为数,繁则难用。设有四分之二者,繁而言之,亦可为八分之四;约而言之,则二分之一也。虽则异辞,至于为数,亦同归尔。”^⑥将 $\frac{2}{4}$ 化成 $\frac{4}{8}$ 是将分数单位化小,就是“乘以散之”,也就是上面说的

① 郭书春:《〈九章算术〉译注》,辽宁教育出版社,1998年,第18页。

② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第330页。

③ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第193页。

④ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第194页。

⑤ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第184页。

⑥ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第183页。

“散分”；而将 $\frac{2}{4}$ 化成 $\frac{1}{2}$ 是将分数单位增大，就是“约以聚之”。所以刘徽又说：“约而言之者，其分粗；繁而言之者，其分细。”^①

“齐同以通之”就是应用齐同原理，刘徽称之为“齐同术”。它源于分数的加减法运算。分数加法《九章算术》称为“合分术”，减法称为“减分术”。分数单位不同的几个分数不能直接进行加减，必须将它们化成同一分数单位，才能加减。这就是通分。正如刘徽所说：“众分错杂，非细不会。乘而散之，所以通之，通之则可并也。”^②这里要进行两步运算：一步是使诸分母同一，成为公分母，汉魏时期通常通过诸分母相乘得到，这就是“同”，刘徽称为“同其母”。第二步是使各分数的分数值保持不变，汉魏时期通过母互乘子得到，这就是“齐”，刘徽称为“齐其子”。通过这两步，做到“势不可失本数”^③。读者已经注意到，这里没有使用诸分母的最小公倍数作为公分母。在求最小公倍数问题上，《九章算术·少广》少广术进了一大步，后来在《张丘建算经》、《数书九章》中完全解决了这个问题。

在刘徽看来，分数的分子与分母也是相与关系，因此可以看成率关系。事实上，刘徽关于率、相与率的定义及其求法，都是在经分术（分数除法）注中给出的。现代算术理论中关于分数的定义是：第一量与第二量两量之比是一个分数，分子表示第一量含公度的倍数，分母表示第二量含公度的倍数。^④这个定义与刘徽

① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第184页。

② 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第184页。

③ 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第184页。

④ [法]唐乃尔著，朱德祥译：《理论和实用算术》，上海科技出版社，1982年，第131页。

的思想惊人地一致。分数的分子与分母既然是率关系,因此,关于分数运算的三种等量变换,自然地被拓展到率的运算之中。刘徽在合分术注中说:

齐同之术要矣,错综度数,动之斯谐,其犹佩纆解结,无往而不理焉。乘以散之,约以聚之,齐同以通之,此其算之纲纪乎?①

刘徽把齐同原理等三种等量变换看成运算的纲纪,那么,率通过这三种等量变换在数学运算中发挥了纲纪的作用②。

3) 今有术——都术

《九章算术·粟米》卷首提出了今有术。

今有术曰:以所有数乘所求率为实。以所有率为法。实如法而一。③

设所有数、所求数分别为 A, B ,所有率、所求率为 a, b ,并且 $A:B=a:b$,今有术给出:

$$B = \frac{Ab}{a}$$

这种方法传到西方后称为三率法。

刘徽把“今有术”称为“都术”,即普遍方法。他认为:

诚能分诡数之纷杂,通彼此之否塞,因物成率,审辨名分,平其偏颇,齐其参差,则终无不归于此术也。④

“平其偏颇,齐其参差”就是齐同术。这是说,对复杂的数学问题,只要找出各个量的率,各率之间的关系,通过齐同术,都可以化

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第184页。

② 郭书春:《古代世界数学泰斗刘徽》,山东科技出版社,1992年,第150页。繁体字修订本,台北:明文书局,1995年,第146~147页。

③ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第214页。

④ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第214页。

为今有术求解。这在下面可以看到,刘徽不仅用今有术统率了衰分术、均输术、盈不足术、各种复杂的算术问题,而且用来解决了线性方程组解法,面积问题,体积问题,勾股容方、容圆与勾股数组问题,方程的列出,以及重差问题。

首先来看一般算术问题如何应用今有术。

有的问题很复杂,但经过分析,可以直接归于今有术。如《九章算术·均输》“客去忘持衣”问:“今有客马日行三百里,客去忘持衣。日已三分之一,主人乃觉,持衣追及与之而还;至家视日四分之三。问主人马不休,日行几何?”《九章算术》的术文

用现代数字写出就是:主人马日行 $=\frac{\left[\frac{1}{2}\left(\frac{3}{4}-\frac{1}{3}\right)+\frac{1}{3}\right]\times 300}{\frac{1}{2}\left(\frac{3}{4}-\frac{1}{3}\right)}$ 里。

刘徽认为, $\frac{3}{4}-\frac{1}{3}=\frac{5}{12}$ 是主人追客还用日率。“去其还,存其往”,

$\frac{1}{2}\left(\frac{3}{4}-\frac{1}{3}\right)=\frac{5}{24}$ 是主客均行用日率。加客去主人未觉之前独行

用日 $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}\left(\frac{3}{4}-\frac{1}{3}\right)+\frac{1}{3}=\frac{13}{24}$ 为客人追及前客人用日率。“主人

用日率者,客马行率也;客用日率者,主人马行率也。”两者分母已经相同,因此客马行率5,为所有率;主人马行率13,为所求率;客马日行300里为所有数^①;问题归结为今有术。

有的是复比例问题,也可化作今有术问题。比如《九章算术·均输》“取佣负盐”问:

今有取佣,负盐二斛,行一百里,与钱四十。今负盐一斛

^① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第230~231页。

七斗三升少半升,行八十里。问:与钱几何?

显然是个复比例问题。《九章算术》的解法是:与钱数=

$\frac{40\text{钱} \times 173\frac{1}{3}\text{升} \times 80\text{里}}{200\text{升} \times 100\text{里}}$ 。刘徽从另一个角度,认为200升×100里相

当于负盐1升所行里数,为所有率,173 $\frac{1}{3}$ 升×80里,相当于今负盐1升所行里数,为所有数,40钱为所求率,化成用今有术解决的问题^①。

有的是连锁比例问题,比如《九章算术·均输》“络丝”问:“今有络丝一斤为练丝一十二两,练丝一斤为青丝一斤一十二铢。今有青丝一斤,问本络丝几何?”《九章算术》的解法是:络丝数=(青丝1斤铢数×练丝1斤两数)×络丝1斤÷(练丝12两×青丝1斤12铢),没有使用率。刘徽注含有三种方法,第三种方法是解释《九章算术》方法的。而第一种方法是:根据问题的条件求出三种丝两两的率,练率:青率=384:396,络率:练率=16:12,先应用今有术求出青丝1斤为练丝之数:练丝数=青丝1斤×384÷396;再应用今有术由练丝数求出络丝数:络丝数=练丝数×16÷12。两次应用今有术,因此称为重今有术。第二种方法不用重今有术,而是使诸率悉通,直接应用今有术。刘徽先求出络、练二丝的相与率:络:练=4:3,再求出练、青二丝的相与率:练:青=32:33,然后,“齐其青丝、络丝,同其二练”:络:练:青=128:96:99,“即三率悉通矣”。以青丝1斤为所有数;络率128为所求率,青率99为所有率,应用今有术。刘徽认为,这种通过齐同使三率悉通的方法,可以推广到任意多个连锁比例的问题:“凡率错互不通者,皆积齐同用之。放此,虽四

^① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第324页。

五转不异也。”^①

对同一问题,齐同的方式可以有多种。比如《九章算术·均输》“乘传委输”问:“今有乘传委输,空车日行七十里,重车日行五十里。今载太仓粟输上林,五日三返。问太仓去上林几何?”《九章算术》的解法是:里数 $= (70\text{里} \times 50\text{里} \times 5\text{返}) \div [70\text{里} + 50\text{里} \times 3\text{返}]$ 。刘徽认为,空车日行70里,重车日行50里,则行 70×50 里,空车用50日,重车用70日。这实际上是齐其日,同其里。因此,往返 70×50 里一次用 $(50+70)$ 日,约简,往返175里一次,用6日。将5日为所有数,175为所求率,6为所有率,用今有术,便求出3返的里数。这是一种齐同方式。刘徽又用齐同原理从另一途径解决这个问题。空车日行70里,行一里用 $\frac{1}{70}$ 日;重车日行50里,行一里用 $\frac{1}{50}$ 日。

“齐而同之”,空、重行一里之路,往返用 $(\frac{1}{70} + \frac{1}{50})$ 日 $= \frac{6}{175}$ 日。用

整数表示,亦为175里,往返用6日,亦归结为今有术^②。刘徽在《九章算术·均输》中鳧雁类问题时也用了“齐其至,同其日”,与同其距离之分,齐其日速两种方式,并总结说:“其为同齐有二术焉,可随率宜也。”^③

4) 衰分术与均输术

衰分亦是九数之一,原称为差(cī)分,就是现今的按比例分配问题。《九章算术·衰分》提出衰分术:

衰分术曰:各置列衰,副并为法。以所分乘未并者各自为实。实如法而一。不满法者,以法命之。

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第326~327页。

② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第325~326页。

③ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第338页。

设所分的为 A ,列衰是 $a_i(i=1,2,\dots,n)$,那么所分的每份

$$A_i = A a_i \div \sum_{j=1}^n a_j, i=1,2,\dots,n$$

刘徽认为：“列衰，相与率也。”“于今有术，列衰各为所求率，副并

($\sum_{j=1}^n a_j$)为所有率，所分为所有数。”^①将衰分术归结为今有术。在

《九章算术》中，衰分术与今有术的地位是同等的，经过刘徽用率的理论重新梳理，衰分术变成了今有术的统属，是低于今有术的一类。以《九章算术·衰分》“牛马羊食人苗”问为例。“今有牛、马、羊食人苗。苗主责之粟五斗。羊主曰：‘我羊食半马。’马主曰：‘我马食半牛。’今欲衰偿之，问各出几何？”设牛食1，则马食 $\frac{1}{2}$ ，羊食

$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 。刘徽说“通其率以为列衰”，牛、马、羊所食分别为4，

2,1,作为列衰，代入衰分公式，便求出了答案^②。

若各部分按 $\frac{1}{a_1}, \frac{1}{a_2}, \dots, \frac{1}{a_n}$ 的比例分配，《九章算术》称为返衰

术，所给出的公式是：

$$A_i = A a_1 a_2 \cdots a_{i-1} a_{i+1} \cdots a_n \\ \div (a_2 a_3 \cdots a_n + a_1 a_3 \cdots a_n + \cdots + a_1 a_2 \cdots a_{n-1})$$

刘徽说这是“动者为不动者衰”^③。

政府要征收赋税，赋税有的缴粮食，有的是徭役。各县户口数不等，运输距离有远近，粮食的价格有差异，如何分配才能使

① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第235页。

② 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第236~237页。

③ 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第240页。

各户的负担公平合理呢?这就是均输问题。过去认为它产生于汉武帝实施均输法之后,近年出土秦与汉初简牍中已有均输律,否定了这种看法。实际上,均输也是九数之一。《九章算术》用衰分术求解,因为它也是一种比例分配问题,只是各县的分配比例 a_i ($i=1,2,\dots,n$)不是预先给定,而是要根据各县已有的条件计算出来。比如《九章算术·均输》“均赋粟”问,该地区有5个县,各县的户数分别为 p_1, p_2, \dots, p_5 ,运输距离为 q_1, q_2, \dots, q_5 ,每斗谷物的价格为 r_1, r_2, \dots, r_5 ,一车载25斛,人工价每里1钱,5县赋输粟10000斛,“欲以县户赋粟,令费劳等。问县各粟几何?”《九章算术》先求出各县将一斛粟运至目的地所花的总费用: $\frac{1\text{钱}\times q_i}{25} + r_i, i=1, 2, \dots, n$ 。那么 $p_i \div \left\{ \frac{1\text{钱}\times q_i}{25} + r_i \right\}$ 为第*i*县的分配比例。刘徽指出,这样可以使 $\frac{1\text{钱}\times q_i}{25} + r_i$ 户共出1斛,“计其所费,则皆户一钱,故可为均赋之率也。”也归结为今有术求解^①。

5) 盈不足术

盈不足是九数之一,《九章算术》的一章。盈不足术一直是中国传统数学的一类重要问题。《九章算术》给出盈不足术、两盈两不足术,盈适足、不足适足术。其盈不足术是:

盈不足术曰:置所出率,盈、不足各居其下。令维乘所出率,并以为实。并盈、不足为法。实如法而一。有分者,通之。盈不足相与同其买物者,置所出率,以少减多,余,以约法实。实为物价,法为人数^②。

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第318~320页。

② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第359页。

假令所出率分别为 A, B , 盈、不足分别为 a, b , 《九章算术》给出了三个公式。第一个公式:

$$\text{不盈不朒之正数} = \frac{Ab+Ba}{a+b},$$

这是就一般盈不足问题而提出的求不盈不朒之正数的公式。而第二、三个公式是针对多人共同买物的情形

$$\text{物价} = \frac{Ab+Ba}{|A-B|},$$

$$\text{人数} = \frac{a+b}{|A-B|}。$$

两盈两不足, 以及盈适足、不足适足情形的公式与此类似。显然, 这是在人们掌握正负数加减法则以前提出的, 因此要分三种情形。盈不足术不仅用来解决典型的盈不足问题, 而且可以解决一般算术问题。因为任何一个算术问题, 假设一个答案, 代入原题验算, 都必定会出现盈、不足、适足三种情形, 两次假设, 便肯定会化成一个盈不足问题。上述求不盈不朒之正数的公式就是为此而设的。事实上, 《九章算术·盈不足》的后半章都是一般算术问题, 化成盈不足问题求解。盈不足术实际上是线性插值法, 它对线性问题, 可以求出精确解, 而对非线性问题, 则只能求出近似解。然而, 即使在高等数学中, 对复杂的问题用盈不足术求解, 也不失为一种有效的方法。如求 $f(x)=0$ 的根的假借法或弦位法, 其原理便是盈不足术^①。盈不足术传入西方后, 在很长时期内, 成为人们解数学问题的主要方法。

刘徽将不足称为“朒”(一作𦵑), 将所出称为“假令”。刘徽用齐同原理证明了《九章算术》解法的正确性。他说:“盈朒维乘两

^① 钱宝琮主编:《中国数学史》, 科学出版社, 1964年, 第41页。

设者,欲为齐同之意。”假令所出为 Ab ,则盈为 ab ,假令所出为 Ba ,则不足亦为 ab 。刘徽认为这是使盈、不足相同,而使所出率分别与盈、不足相齐。因此,以盈、不足维乘所出率实际上就是“齐其假令,同其盈朒”。^①这相当于 $a+b$ 次假令,共出 $Ab+Ba$,则既不盈亦不朒,故每次假令 $\frac{Ab+Ba}{a+b}$ 即为不盈不朒之正数。而 $a+b$ 是众人之

差,它是由一人之差 $|A-B|$ 积累而成的,因此 $\frac{a+b}{|A-B|}$ 便是人数。

6) 方程术

方程也是“九数”之一,方程术是《九章算术》最杰出的成就。是中国传统数学的重要分支。所谓方程术就是现今的线性方程组解法。古代采用位置值制将方程表示成行列,如《九章算术·方程》第1问:“今有上禾三秉,中禾二秉,下禾一秉,实三十九斗;上禾二秉,中禾三秉,下禾一秉,实三十四斗;上禾一秉,中禾二秉,下禾三秉,实二十六斗。问上、中、下禾实一秉各几何?”各行自右向左表示成:

$$\begin{array}{r} | \quad || \quad ||| \\ || \quad ||| \quad || \\ ||| \quad | \quad | \\ =T \quad 三||| \quad 三||| \end{array}$$

相当于现今的矩阵,这种表示法现在称为分离系数法。这就是线性方程组:

$$\begin{cases} 3x+2y+z=39 \\ 2x+3y+z=34 \\ x+2y+3z=26 \end{cases}$$

^① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第357页。

《九章算术》用直除法消元。首先用右行首项系数3乘左、中两行整行,再用右行分别反复与左、中两行对减(这叫做直除),直到该两行首项系数化为零。同样,由左、中行再用直除法消去左行中项系数,左行只剩余末项及实,就求出了末项的未知数。然后,《九章算术》用相当于现今代入法的方法由中行、右行分别求出中项、首项的未知数。^①

刘徽用率概念给方程作出了明确的定义,并用齐同原理证明了方程术的正确性。刘徽说:“程,课程也。群物总杂,各列有数,总言其实。令每行为率,二物者再程,三物者三程,皆如物数程之。并列为行,故谓之方程。行之左右无所同存,且为有所据而言耳。”^②这是刘徽关于方程的严谨定义。“方”的本义是“并”,“程”的本义是“标准”,作为动词就是“求其标准”,“方程”的本义就是“并而程之”,细言之,就是将诸物的各个数量关系并列起来求诸物的标准。可见,刘徽的定义完全符合“方程”的本义。^③刘徽提出方程中“令每行为率”,每行中的诸未知数系数与常数项都有确定的顺序,就是说具有方向性。因而,“令每行为率”与现今线性方程组理论中的行向量概念有某种类似之处。刘徽将率概念拓展到方程术中,把每行看成率,因而可以对方程中的整行施行“乘以散之,约以聚之”,并且进而对诸行之间施行“齐同以通之”这些关于率的基本等量变换,从而说明了常数(包括负数)与整行的乘除运算,以及两行之间的加减运算的根据。^④刘徽说:

- ① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第385~386页。
 ② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第385页。
 ③ 郭书春:《古代世界数学泰斗刘徽》,山东科技出版社,1992年,第43~44页。繁体字修订本,台北:明文书局,1995年,第40~41页。
 ④ 郭书春:《古代世界数学泰斗刘徽》,山东科技出版社,1992年,第159~160页。繁体字修订本,台北:明文书局,1995年,第156~157页。

“先令右行上禾乘中行,为齐同之意。为齐同者,谓中行直减右行也。从简易虽不言齐同,以齐同之意观之,其义然矣。”^①这里的“齐”是使一行中其他诸未知数的系数及常数项与该行中欲消去的未知数的系数相齐,通过用与之相减的那行的某系数乘该整行实现;这里的“同”是通过反复直减的运算,使该行欲消去的未知数的系数与相减的那行相应未知数的系数所减去的总和相同。后来李淳风等在《张丘建算经注释》中用“同行首,齐诸下”^②概括之。为了说明两行相减不影响方程的解,刘徽提出了一条重要原理:“举率以相减,不害余数之课也。”^③这是直除法的理论基础,刘徽把它当作无需证明的真理。

刘徽又创造了互乘相消法。《九章算术·方程》“牛羊直金”问“今有牛五、羊二,直金十两;牛二、羊五,直金八两。问牛、羊各直金几何?”刘徽注曰:“假令为同齐,头位为牛,当相乘。”方程为:

$$\begin{cases} 5x+2y=10 \\ 2x+5y=8 \end{cases} \quad \text{首项系数互乘化成} \quad \begin{cases} 10x+4y=20 \\ 10x+25y=40 \end{cases}$$

“以少行减多行”, $21y=20, y=\frac{20}{21}$ 。这就是互乘相消法。刘徽进而

指出:“以小推大,虽四、五行不异也。”^④就是说,这是一个普遍方法。刘徽的创造长期未引起人们的重视,直到近800年后的北宋贾宪,大量使用互乘相消法。贾宪同时还继续使用直除法。事实上,正像增乘开方法以随乘随加代替使用贾宪三角的系数进行

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第386页。

② 郭书春、刘钝校点:《算经十书》(二),辽宁教育出版社,1998年。繁体字修订本,台北:九章出版社,2001年,第328页。

③ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第386页。

④ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第391~392页。

开方,更具程序化,然有时不如后者简便一样,有时,直除法比互乘相消法简便、整齐,贾宪正是因题制宜,有时使用直除法,有时使用互乘相消法。贾宪在使用互乘相消法时,有时互乘后先进行约简,再相消。如他为《九章算术·方程》第5问作细草时,先列出方程:

$$\begin{cases} 6x-10y=18 \\ -5x+15y=5, \end{cases}$$

“互乘两行,皆十约之”:

$$\begin{cases} 30x-50y=90 \\ -30x+90y=30, \end{cases} \quad \begin{cases} 3x-5y=9 \\ -3x+9y=3, \end{cases}$$

两行相加, $4y=12, y=3$ 。①

秦九韶则完全废止了直除法,全部使用互乘相消法解方程。有时,他在互乘前先求出互乘两数的公因子,约简后再互乘,更为简捷。如《数书九章·市易》“均货推本”问列出方程:

$$\begin{cases} 5x+y & =2650 \\ 33y+100z & =13250 \\ -525x +52104z & =2353200 \\ 175x & +156u=318000, \end{cases}$$

欲以第1行消去第3行 x 的系数525,两行中 x 的系数有公因子5,便以5约简,再互乘相消。②

刘徽在《九章算术·方程》“麻麦”问注中提出了方程新术。所谓方程新术,是通过各行相加减,借助某行消去其他各行的常数

① 郭书春:《中国古代数学》,山东教育出版社,1991年;修订本,北京商务印书馆,1997年,第95~96页;台北商务印书馆,1994年,1995年。

② 郭书春:《中国古代数学》,山东教育出版社,1991年;修订本,北京商务印书馆,1997年,第96~97页;台北商务印书馆,1994年,1995年。

项及某些未知数,使每行中只剩下两个未知数,求出两两相当之率,分别对换,求出了两两相与之率。再通过齐同,求出了诸未知数的相与之率。然后,就某一行,或利用今有术化成同为某物之数,或利用衰分术,最后求出诸物的量。麻麦问有5个未知数,雀燕问有2个未知数,也使用了方程新术。前者太冗长,谨以后者为例。此问是:“今有五雀六燕,集称之衡,雀俱重,燕俱轻。一雀一燕交而处,衡适平。并雀、燕,重一斤。问雀、燕一枚各重几何?”列出方程,损益之,得:

$$\begin{cases} 3x-4y=0 \\ 5x+6y=16。 \end{cases}$$

第1行已无常数项,由此得出雀、燕的相与率 $x:y=4:3$ 。将第2行化为 x 的关系, $5x+6\times\frac{3}{4}x=16$,求出 $x=1\frac{13}{19}$ 。①

“雀燕”问比较简单,用方程新术很简捷,这是因为不必经过消元便得到了诸物的相与率。但是,在实际问题中,由于求诸未知数的相与率的消元过程较复杂,方程新术并不见得比直除法简便。如麻麦问中,刘徽用直除法运算需77步,用新术需124步。他提出新术的目的,不在于要推广这种方法,而是要告诉人们一个道理:必须深刻掌握数学方法的基本原理,才能像庖丁解牛那样,“游刃有余”,“故能历久其刃如新”。“夫数,犹刃也,易简用之则动中庖丁之理。故能和神爱刃,速而寡尤。”②

7)不定问题

中国传统数学借助率解决了不少不定问题,比如勾股数组、五家共井、百鸡术和大衍求一术。

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第393页。

② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第399~402页。

勾股数组

勾股定理 $a^2+b^2=c^2$ 有无数组正整数解,因此是不定问题。满足勾股定理的有理数组 (a,b,c) 通常称为勾股数组,西方称为毕达哥拉斯数组。如何表示出勾股数组,是两千多年来数学家们关注的问题。公元前五六世纪,毕达哥拉斯以 $\frac{1}{2}(m^2-1), m, \frac{1}{2}(m^2+1)$ 表示勾股数组;后来,柏拉图以 $2m, m^2-1, m^2+1$, 欧几里得以 $\sqrt{uv}, \frac{1}{2}(u-v), \frac{1}{2}(u+v)$ 表示勾股数组。显然,这些表达式并未给出全部勾股数组。世界上第一个给出勾股数组通解公式的是《九章算术·勾股》“二人同所立”问。此问是:“今有二人同所立。甲行率七,乙行率三。乙东行,甲南行十步而邪东北与乙合。问甲、乙行各几何?”《九章算术》给出:“术曰:令七自乘,三亦自乘,并而半之,以为甲邪行率。邪行率减于七自乘,余为南行率。以三乘七为乙东行率。”显然,这是已知 $(c+a):b=m:n$,则

$$a:b:c = \frac{1}{2}(m^2-n^2):mn:\frac{1}{2}(m^2+n^2)。$$

然后《九章算术》根据已知的南行步数,用今有术求出东行步数和邪行步数^①。现代数论证明,当 m, n 是互素的奇数时,《九章算术》所给出的表达式就是勾股数组的通解公式。《九章算术·勾股》有两个勾股数组的题目, (m, n) 一为 $(7, 3)$,一为 $(5, 3)$,都符合互素的奇数这一条件。国外被认为最早给出勾股数组通解公式的是公元3世纪希腊的丢番都,他的公式是 $a = \frac{2mc}{m^2+1}, b = ma - c =$

$\frac{m^2-1}{m^2+1}c$,若令 $m = \frac{u}{v}, c = u^2 + v^2$,则可得到与《九章算术》等价的公式,

^① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第425-426页。

比《九章算术》晚了四五百年。

《九章算术·勾股》还有一个已知勾股差与弦求勾、股的问题,后来也发展为以勾股差率和弦率表示的勾股通解公式。已知 $c:(b-a)=p:q$, 则 $a=\frac{1}{2}(\sqrt{2p^2-q^2}-q)$, $b=\frac{1}{2}(\sqrt{2p^2-q^2}+q)$, $c=p$ 。若 p, q 为互素的奇数, $2p^2-q^2$ 是完全平方数时, 则它与上述公式等价。13世纪秦九韶《数书九章·测望》“遥度圆城”问的解法中提示“以勾股差率求之”^①, 说明秦九韶以此解决了十次方程的造术^②。美国数论专家迪克森1894年提出另一勾股数组通解公式: $a=\sqrt{2st+s}$, $b=\sqrt{2st+t}$, $c=\sqrt{2st+s+t}$ 。它的雏形是《九章算术·勾股》已知勾弦差、股弦差求勾、股、弦的公式。^③

五家共井

《九章算术·方程》“五家共井”问:“今有五家共井,甲二绠不足,如乙一绠;乙三绠不足,以丙一绠;丙四绠不足,以丁一绠;丁五绠不足,以戊一绠;戊六绠不足,以甲一绠。如各得所不足一绠,皆逮。问井深、绠长各几何?”“术曰:如方程。以正负术入。”设五家绠长及井深分别为 x, y, z, u, v, w , 列出方程为:

$$\begin{cases} 2x+y & =w \\ 3y+z & =w \\ 4z+u & =w \\ 5u+v & =w \\ x & +6v=w \end{cases}$$

① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第1册,河南教育出版社,1993年,第522-525页。

② 郭书春:《学习〈数书九章〉札记》,《科技史文集》第8集,上海科学技术出版社,1982年。

③ 郭书春:《古代数学泰斗刘徽》,山东科技出版社,1992年,第78-83页。繁体字修订本,台北:明文书局,1995年,第77-80页。

6个未知数,5行方程。刘徽指出:“此率初如方程为之,名各一逮井。”这是先将井深看成已知的,按照方程术求解,得出:

$$\begin{aligned} 721x &= 265w \\ 721y &= 191w \\ 721z &= 148w \\ 721u &= 129w \\ 721v &= 76w \end{aligned}$$

只要给出井深的不同值,就会求出五家绳长的不同数组,因而有无穷多组正整数。《九章算术》只给出了最小的一组正整数解,因此刘徽说这是“举率以言之”^①。这是中国数学史上第一次明确指出不定方程问题。

百鸡术

公元6世纪《张丘建算经》提出了世界数学史上著名的百鸡问题:“今有鸡翁一直钱五,鸡母一直钱三,鸡雏三直钱一,凡百钱买鸡百只。问鸡翁、母、雏各几何?”依术列出方程:

$$\begin{cases} x+y+z=100 \\ 5x+3y+\frac{1}{3}z=100 \end{cases}$$

作者已认识到这是一个不定方程,给出了(4,18,78),(8,11,81),(12,4,84)三组解,是其全部正整数解。张丘建提示了其解法:“术曰:鸡翁每增四,鸡母每减七,鸡雏每益三,即得。”^②文字太简括。其具体解法,后人有多种猜测。19世纪中叶,宋元数学复兴,人们才用大衍求一术找到了一般解法。

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第395~396页。

② 郭书春、刘钝校点:《算经十书》(二),辽宁教育出版社,1998年。繁体字修订本,台北:九章出版社,2001年,第340~341页。

大衍总数术

大衍总数术是完整的一次同余式组解法。早在汉代,人们在制定历法时,就需要解某些一次同余式组,但方法不完备,正如秦九韶指出的,“历家虽用,用而不知”^①,有的还以为是方程术。在世界数学史上,第一次明确提出一次同余式问题的,是《孙子算经》卷下“物不知数”问:“今有物不知数,三三数之剩二,五五数之剩三,七七数之剩二。问物几何?”用现代符号表示,这是要求满足以下同余式组的最小正整数 N :

$$N \equiv 2 \pmod{3} \textcircled{2} \equiv 3 \pmod{5} \equiv 2 \pmod{7}$$

《孙子算经》的解法是:

$$N = 2 \times 70 + 3 \times 21 + 2 \times 5 - 2 \times 105 = 23。$$

其根据是: $70 = 2 \times 5 \times 7 \equiv 1 \pmod{3}$, $21 = 3 \times 7 \equiv 1 \pmod{5}$, $15 = 3 \times 5 \equiv 1 \pmod{7}$ 。^③可见,《孙子算经》的作者在一定程度上理解了剩余定理。

在中国数学史上,也是世界数学史上,首先完整地解决同余式组问题的是南宋的秦九韶。他在《数书九章·大衍》卷首提出的大衍总数术^④包含了如下的剩余定理:

若 $A_i (i=1, 2, \dots, n)$ 是两两互素的正整数, $R_i < A_i$, R_i 也是正整数

① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》,第1册,河南教育出版社,1993年,第439页。

② 表示整数 N 以3除余2,即 N 与2同除以3余数都是2;一般地说, $N \equiv r \pmod{m}$ 表示整数 N 除以正整数 m 余 r ,即 N 与 r 同除以 m 余数相等;这就是“同余式”中“同余”的含义。

③ 郭书春、刘钝校点:《算经十书》(二),辽宁教育出版社,1998年。繁体字修订本,台北:九章出版社,2001年,第282页。

④ 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第1册,河南教育出版社,1993年,第444~445页。

($i=1, 2, \dots, n$), 正整数 N 满足同余式组

$$N \equiv R_i \pmod{A_i} \quad i=1, 2, \dots, n$$

如果能找到诸正整数 $k_i (i=1, 2, \dots, n)$, 使

$$k_i \frac{A_1 A_2 \cdots A_n}{A_i} \equiv 1 \pmod{A_i} \quad i=1, 2, \dots, n,$$

则

$$N \equiv \sum_{i=1}^n R_i \frac{A_1 A_2 \cdots A_n}{A_i} \pmod{A_1 A_2 \cdots A_n}.$$

秦九韶将 $A_1 A_2 \cdots A_n$ 叫做衍母, $\frac{A_1 A_2 \cdots A_n}{A_i}$ 叫衍数, $k_i (i=1, 2, \dots, n)$ 叫

乘率。求 k_i 的方法称作大衍求一术, 这是大衍总数术的核心。秦九韶创造了通过辗转相除的求乘率的程序, 其中利用了现代用余式理论中称作传递性的性质。求乘率的程序因最后要算到奇一而止, 故称作“求一术”。

在上述方法中, 诸定数必须是两两互素的正整数, 但在实际问题中所给出的原始数据不一定互素, 甚至不一定是整数, 可能是分数或小数。秦九韶针对不同的情况, 提出了化约各种不同的情形为两两互素的定数的程序。^①由于中国古代没有因数分解的概念, 化约过程走了点弯路, 但毕竟成功地解决了这个问题。

秦九韶不仅将大衍总数术用于历法的推算, 而且用于建筑、行程、粟米交易、库额利息, 甚至断案等问题。秦九韶的同余式解法超前其他文化传统五六百年, 直到18、19世纪数学大师欧拉、高斯才达到或超过秦九韶的水平。

^① 钱宝琮:《秦九韶〈数书九章〉研究》,《宋元数学史论文集》,科学出版社,1966年,第66-77页。

8) 勾股相与之势不失本率

率在面积、体积、勾股容方、容圆及测望、重差中都有应用。面体、体积问题中的应用后面会谈。这里只谈勾股容方、容圆以及测望、重差中率的应用。

在勾股容方、勾股容圆以及测望重差问题中率的应用，都基于勾股形的一个重要性质，这就是刘徽所提出的勾股“相与之势不失本率”^①。亦即，若两相似勾股形的勾、股、弦分别是 a_1, b_1, c_1 与 a_2, b_2, c_2 ，则：

$$a_1:b_1:c_1=a_2:b_2:c_2。$$

以下分别简要介绍：

勾股容方

《九章算术·勾股》“勾股容方”问是：“今有勾五步，股十二步。问勾中容方几何？”“术曰：并勾、股为法，勾、股相乘为实。实如法而一，得方一步。”设勾中容方的边长为 d ，这就是：

$$d = \frac{ab}{a+b}$$

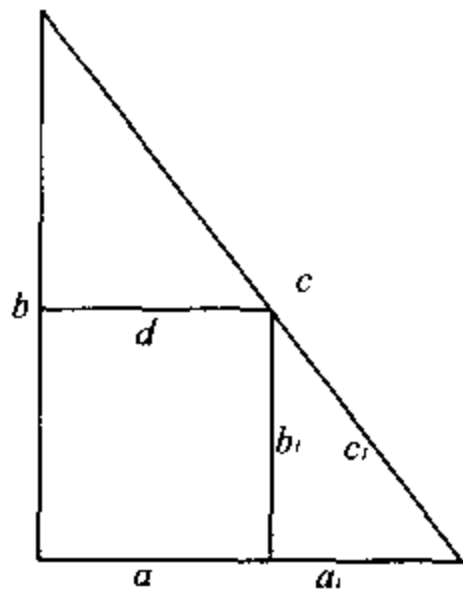


图 5

刘徽认为，勾股形所容的正方形分别与勾、股形成两个小勾股形，它们与原勾股相似（如图5）。因此，“其相与之势不失本率”。

考虑以勾上小勾股形，设其勾、股、弦为 a_1, b_1, c_1 ，则 $\frac{a}{b} = \frac{a_1}{b_1}$ ，因此

^① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第426页。

$$\frac{a+b}{b} = \frac{a_1+b_1}{b_1}。由于 a_1+b_1=a, b_1=d 显然 d=b_1 = \frac{b(a_1+b_1)}{a+b} = \frac{ab}{a+b}。①$$

勾股容圆

《九章算术·勾股》“勾股容圆”问题是“今有勾八步，股十五步。问勾中容圆径几何？”“术曰：八步为勾，十五步为股，为之求弦。三位并之为法。以勾乘股，倍之为实。实如法得径一步。”设勾股之内切圆的直径为 d ，则

$$d = \frac{2ba}{a+b+c}。$$

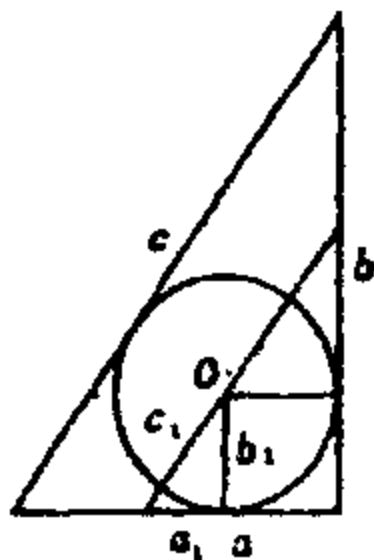


图6

刘徽“又画中弦以观除会”。中弦是过圆心平行于弦的线段，它与勾、股分别形成小勾股形(如图6)。这两个小勾股形与原勾股形相似，考虑勾上小勾股形，其三边为 a_1, b_1, c_1 。由于 $a_1:b_1:c_1=a:b:c, a_1+b_1+c_1=a$ ，由衰分术， $b_1 = \frac{ab}{a+b+c}$ ，于是 $d = 2b_1 = \frac{2ab}{a+b+c}$ 。②

勾股容圆问题在后来得到极大发展，到宋元时期，发展为“洞渊九容”。李冶便在洞渊九容基础上演绎出《测圆海镜》，除《九章算术》的勾股容圆外，还有：勾上容圆： $d = \frac{2ab}{b+c}$ ，股上容圆： $d = \frac{2ab}{a+c}$ ，弦上容圆： $d = \frac{2ab}{a+b}$ ，勾股上容圆： $d = \frac{2ab}{c}$ ，勾外容圆： $d = \frac{2ab}{b+c-a}$ ，股外容圆： $d = \frac{2ab}{a+c-b}$ ，弦外容圆： $d = \frac{2ab}{a+b-c}$ ，勾外容圆半：

① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第426页。

② 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第426-427页。

$d = \frac{2ab}{c-a}$, 股外容圆半: $d = \frac{2ab}{c-b}$, 李冶展开了170个问题(如图7)。①

可谓集中国古代勾股容圆知识之大成。

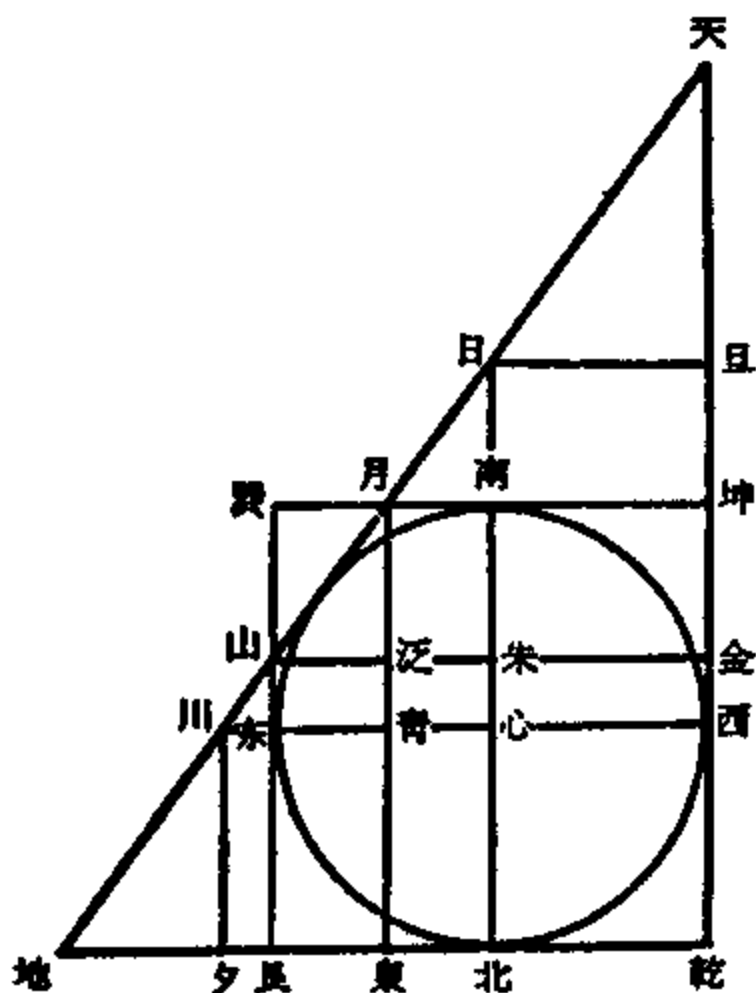


图7 圆城图式

一次测望

《九章算术·勾股》有许多测望方色的问题,是古“九数”中“旁要”的内容,还有因木望山等一次测望问题。刘徽都用勾股“相与之势不失本率”的原理证明其解法的正确性。谨以最复杂

① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第1册,河南教育出版社,1993年,第730-808页。

的“出邑南北门”问为例：“今有邑方不知大小，各中开门。出北门二十步有木，出南门一十四步，折而西行一千七百七十五步见木。问邑方几何？”“术曰：以出北门步数乘西行步数，倍之，为实。并出南、北门步数，为从法。开方除之，即邑方。”^①设出北门 C' 至木 B 处为 k ，出南门 C'' 至折西处 C 为 l ，折西处 C 至见木处 A 为 m ，邑西北隅为 A' （如图8）。《九章算术》认为邑方 x 满足二次方程：

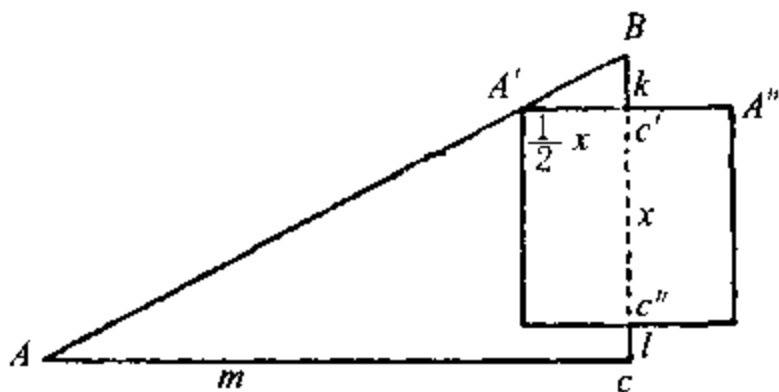


图 8

$$x^2 + (k+l)x = 2km$$

这是中国数学史上首次出现带一次项的方程。刘徽的证明十分简便。他认为 $\triangle FBD \sim \triangle ABC$ ，故 $BD:FD = BC:AC$ ，即 $k:\frac{1}{2}x = (k+l+x):m$ ，便得出了上述二次方程。

重差

重差方法是从测望太阳高远发展起来的。西汉刘安《淮南子·天文训》便有这种方法的雏形。刘徽认为，《九章算术》的测望对象都是“端旁互见”，没有超邈如太阳这样可望而不可及的对象，从而发展完善了重差术，他指出：

^① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第428页。

凡望极高,测绝深而兼知其远者,必用重差、勾股,则必以重差为率。

他概括出测日高、远的方法和公式:在洛阳的平地南北方向上竖立两根表,高8尺。同一天中午测量两表的影子,“以景差为法,表高乘表间为实,实如法而一。所得加表高,即日去地也。以南表之景乘表间为实,实如法而一,即为从南表至南戴日下也。”^①此即:

$$\text{日高} = \frac{\text{表高} \times \text{表间}}{\text{景差}} + \text{表高}$$

$$\text{南表至戴日下} = \frac{\text{南表景} \times \text{表间}}{\text{景差}}$$

公式中都有 $\frac{\text{表间}}{\text{景差}}$, 为两个差之比, 故称为重差术。戴日下即太阳

直射大地之点。这两个公式基于天圆地方、大地为平面的盖天说, 不符合实际, 但在数学理论上是正确的。刘徽所著《海岛算经》第1问为测望一海

岛的高、远, 其方法、公式与上述日高术完全相同。这就是所谓重表法。刘徽的证明方法已佚。如图9, 钱宝琮认为, 刘徽是用比率的理论证明上述

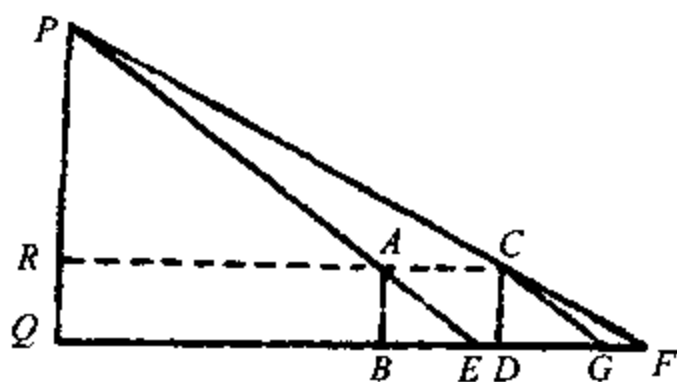


图9

公式的。设日为P, 戴日下为Q, 南表为AB, 北表为CD, 南表影BE, 北表影DF。自D量DG=BE, 相当于过C作CG//AE、 $\triangle APR \sim$

^① 郭书春汇校:《九章算术》, 辽宁教育出版社, 1990年, 第178页。

$\triangle GCD$, 因此 $\frac{PR}{CD} = \frac{RA}{DG} = \frac{PA}{CG}$ 。 $\triangle PAC \sim \triangle CGF$, 于是 $\frac{PA}{CG} = \frac{AC}{GF}$, 因此, $\frac{PR}{CD} = \frac{AC}{GF}$, $\frac{RA}{DG} = \frac{AC}{GF}$, 于是 $PQ = PR + RQ = \frac{AC \cdot CD}{GF} + CD$, $RA = \frac{AC \cdot DG}{GF}$ 。这正是要证明的公式。^①

刘徽还使用了连索法、累矩法。并总结道：“度高者重表，测深者累矩，孤离者三望，离而又旁求者四望。触类而长之，则虽幽遐诡伏，靡所不入。”^②他又设计了几个3次测望、4次测望的例题。应该说，重表、累矩等方法不是刘徽的创造，是他以前的学者已掌握的，而3次测望、4次测望的题目，是刘徽创造的。后来，李淳风等又创造斜面重差法，秦九韶改人目薄地测望为人站立自人目测望。秦九韶设计了许多更为复杂的测望题目，如“遥度圆城”问需借助勾股差率，用十次方程求解。

4. 出入相补原理

“出入相补”，是刘徽注《九章算术·勾股》时使用的术语^③。他在方田章注中称作“以盈补虚”^④，在商功章注中称作“损广补狭”^⑤。这三种名称的不同或是不同应用对象的固有区别，或是刘徽“采其所见”的内容的不同时代的痕迹，不过，以“出入相补”的提法最为科学。近20年来，许多学者把“出入相补”原理看成刘徽的创造，这是不符合事实的。它是《九章算术》成书时代便已使用

① 钱宝琮主编：《中国数学史》，科学出版社，1964年，第72~73页。

② 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第178页。

③ 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第419页。

④ 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第189页。

⑤ 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第280页。

的论证面积、体积乃至勾股、测望等解法的一种传统方法,后来的注释者不断发挥、拓展。赵爽、刘徽“采其所见”,加以概括、提高。前者注《周髀算经》,写出了“勾股圆方图”说;后者为《九章算术》卷1、4、5、9写出了大量优秀的注文。可惜,刘徽、赵爽以前的资料已佚,他们的注是我们现在所能看到的最早记述,许多人不察,误以为是他们的创造。

1) 面积

《九章算术·方田》提出了若干直线形和曲线形的面积问题。刘徽对其中正确的公式作了证明,对错误的作了驳正。值得注意的是,对长方形(《九章算术》称为方田,刘徽及后来称为直田)的面积公式,刘徽没有试图证明,只是提出了“幂”的定义:“凡广从相乘谓之幂。”^①幂概念不是刘徽最先使用的,刘歆为王莽所作铜斛的铭文中已使用“幂”,显然,它与现今表示指数不同,而是表示面积。在定义了长方形的面积之后,刘徽通过出入相补,将其他直线形变换成长方形求其面积。如《九章算术·方田》提出圭田即三角形的面积公式:“半广以乘正从。”设广为 a ,正从即高为 h ,则面积 $S = \frac{a}{2} \cdot h$ 。刘徽说:“半广知,以盈补虚为直田也。”其出入相补方式如图10(1)。刘徽又提出另一公式:“亦可半正从以乘广。”^②即 $S = \frac{h}{2} \cdot a$ 。其出入相补方式如图10(2)。秦九韶《数书九章》卷五“三斜求积”术是已知三角形的三边 a, b, c ,求其面积:“以小斜幂并大斜幂,减中斜幂,余半之,自乘于上。以小斜幂乘大斜幂,减

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第181页。

② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第189页。

上,四约之,为实。一为从隅,开平方得积。”^①用现代符号表示,便是:

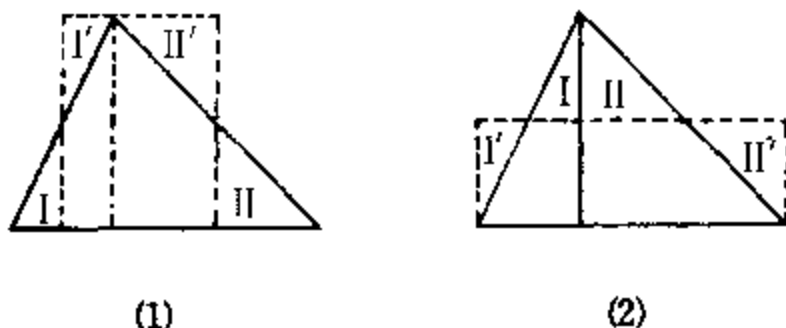


图 10

$$S = \sqrt{\frac{1}{4} \left[a^2 b^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2} \right)^2 \right]}$$

根号下的多项式分解因式就是 $\frac{1}{2}(a+b+c) \cdot \frac{1}{2}(a+b-c) \cdot \frac{1}{2}(c+a-b) \cdot \frac{1}{2}(b+c-a)$ 。可见它与古希腊的海伦公式是等价的。^②秦九韶用三斜求积术解决了四不等田的面积问题。

刘徽还记载了用出入相补原理证明梯形面积的方法。

《九章算术》提出了圆面积的4种公式,这就是:“半周半径相乘得积步”,即 $S = \frac{1}{2}lr$, 其中 S, l, r 分别为圆面积、周长、半径;“周径相乘,四而一”,即 $S = \frac{1}{4}ld$, d 为直径;“径自相乘,三之,四面一”,即 $S = \frac{3}{4}d^2$;“周自相乘,十二而一”,^③即 $S = \frac{1}{12}l^2$ 。前二个公式

① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第1册,河南教育出版社,1993年,第497页。

② 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1964年,第167页。

③ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第191~195页。

是准确的公式,只是例题中周、径之比为3;后二个公式以周三径一为基础,是不准确的。根据刘徽的记载,《九章算术》时代,是以圆内接正6边形的周长为圆周长,以圆内接正12边形面积为圆面积,利用出入相补原理,将正12边形拼成以正6边形周长的一半为长,以圆半径为宽的长方形证明第一个公式的。如图11,将Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ,Ⅴ,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11依次移到Ⅱ',Ⅲ',Ⅳ',Ⅴ',2',3',4',5',6',7',8',9',10',11',而使Ⅰ,1保持不动,类似可以证明第三、四个公式。^①

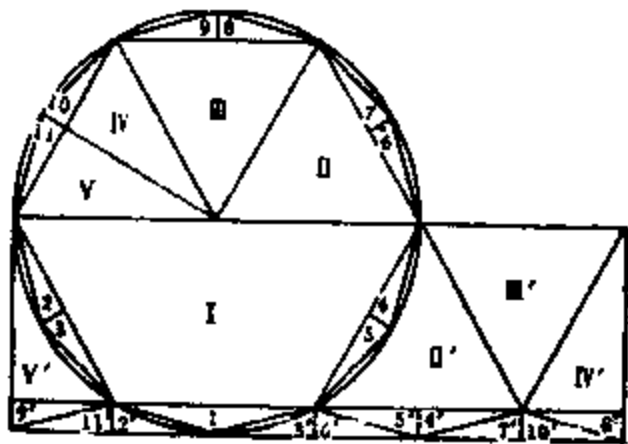


图 11

2) 多面体体积

《九章算术》提出了若干多面体体积的公式,都是正确的。如城(矮墙)、垣、堤、沟、塹、渠等城防工事、水利工程等用处不同的多面体,然而形状都相同(如图12·1),因此《九章算术》指出它们“皆同术”:

术曰,并上下广而半之,以高若深乘之,又以袤乘之,即积尺。

^① 郭书春:《古代世界数学泰斗刘徽》,山东科技出版社,1992年,第129-132页。繁体字修订本,台北:明文书局,1995年,第125-128页。

此即 $V = \frac{1}{2}(a_1 + a_2)bh$ 。《九章算术》给出了方堦埽(如图12·2即正方柱体)的体积公式,并有一般长方体(如图12·3)的运算,使用了公式 $V = abh$ 。《九章算术》还给出了埽堵(如图12·6)的体积公式:

术曰:广袤相乘,以高乘之,二而一。

此即 $V = \frac{1}{2}abh$ 。阳马(如图12·7)的体积公式:

术曰:广袤相乘,以高乘之,三而一。

此即 $V = \frac{1}{3}abh$ 。鳖臑(如图12·8)的体积公式:

术曰:广袤相乘,以高乘之,六而一。

此即 $V = \frac{1}{6}abh$ 。刍童(如图12·11)的体积公式:

术曰:倍上袤,下袤从之;亦倍下袤,上袤从之,各以其广乘之,并,以高若深乘之,皆六而一。

此即 $V = \frac{1}{6}[(2b_2 + b_1)a_2 + (2b_1 + b_2)a_1]h$ 。刍童、盘池、冥谷等都是用途不同的土方工程,然而形状相同,曲池是曲面形,可以化成刍童的形状,《九章算术》亦指出它们“皆同术”。刍童中若上广、袤相等,即 $a_2 = b_2$,下广、袤相等,即 $a_1 = b_1$,则称为方亭(如图12·4);刍童中若无上广,即 $a_2 = 0$,则称为刍薨(如图12·10);《九章算术》都给出了它们的体积公式。《九章算术》还给出了羨除(如图12·9)的体积公式:

术曰:并三广,以深乘之,又以袤乘之,六而一。

此即 $V = \frac{1}{6}(a_1 + a_2 + a_3)bh$ 。图12的顺序按《九章算术》,而上述介绍

的顺序则按刘徽的逻辑系统。^①《九章算术》时代主要用两种方法

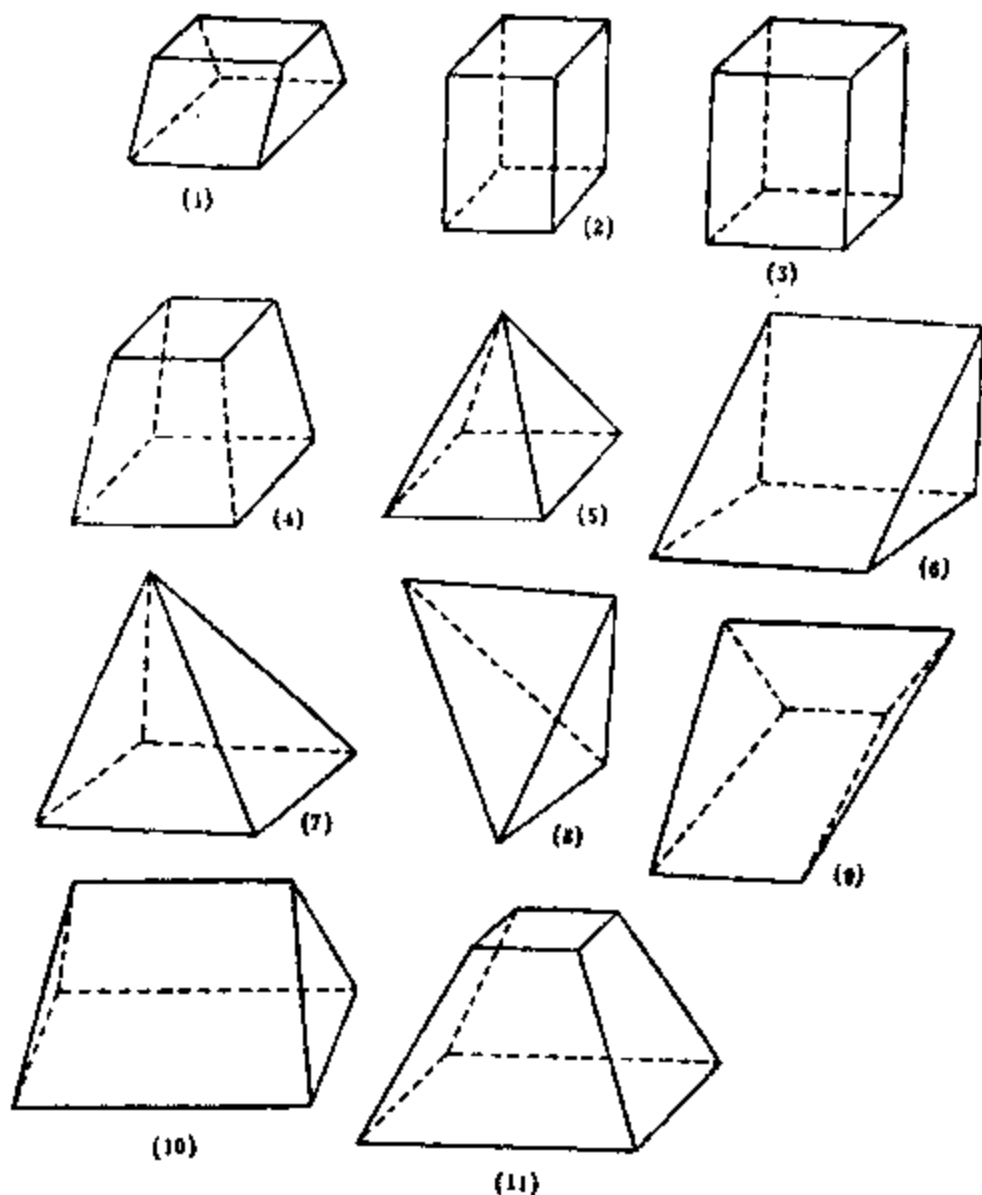


图 12 多面体

推导这些公式：一是“以盈补虚”，将城、甍等分割拼补成长方体，如图13。二是棋验法。所谓棋验法是取能分解成或拼合成长、宽、高均为1尺的正方体、甍堵、阳马的标准型多面体，将其分解或拼合成这三种立体（称为三品棋），然后，构造一个或几个长方体，

^① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第279~290页。

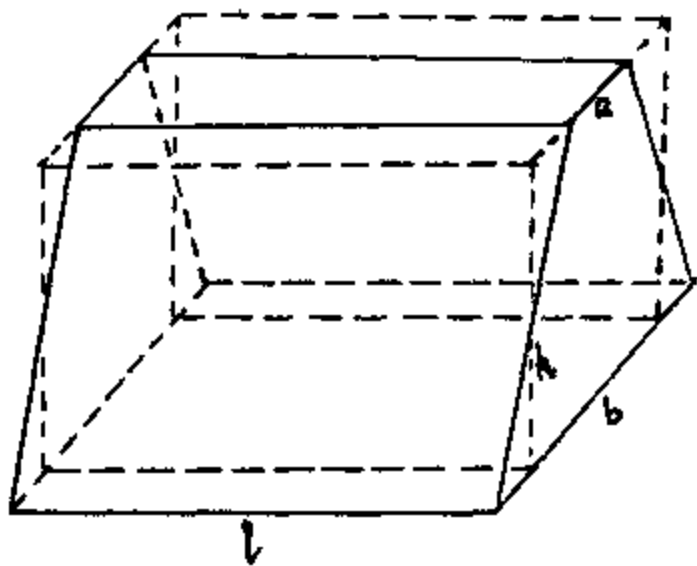


图 13 甍之出入相补

使其所含三品棋的个数分别是标准型多面体所含三品棋的同一倍数，那么标准多面体的体积就是这一个或几个多面体的该倍数之一。^①如标准型的甍是上袤1尺，无广，下袤3尺，广2尺，高1尺。它可分解成2个甍堵棋，4个阳马棋(如图10·1)。取6个标准型甍，分解成甍堵、阳马后，可以重新拼合成长为 $(2 \times b_1 + b_2) = (2 \times 3 + 1)$ 尺，宽为 $a_1 = 2$ 尺，高为 $h = 1$ 尺的长方体(如图14·2)。因此，一个标准型甍的体积就是这长方体的 $\frac{1}{6}$ ，即 $V = \frac{1}{6} (2b_1 + b_2) a_1 h$ 。显然，这个推导过程中，只用到长方体的体积公式，没有用到甍堵、阳马的体积公式；同时，这种推导只对标准型多面体适应，而对一般多面体无能为力。有人把棋验法说成是刘徽创造的，是不对的；也有人将棋验法看成解决一般多面体体积公式的有效方法，也是不妥的。

① 郭书春：《古代世界数学泰斗刘徽》，山东科技出版社，1992年，第134-135页。繁体字修订本，台北：明文书局，1995年，第130-131页。

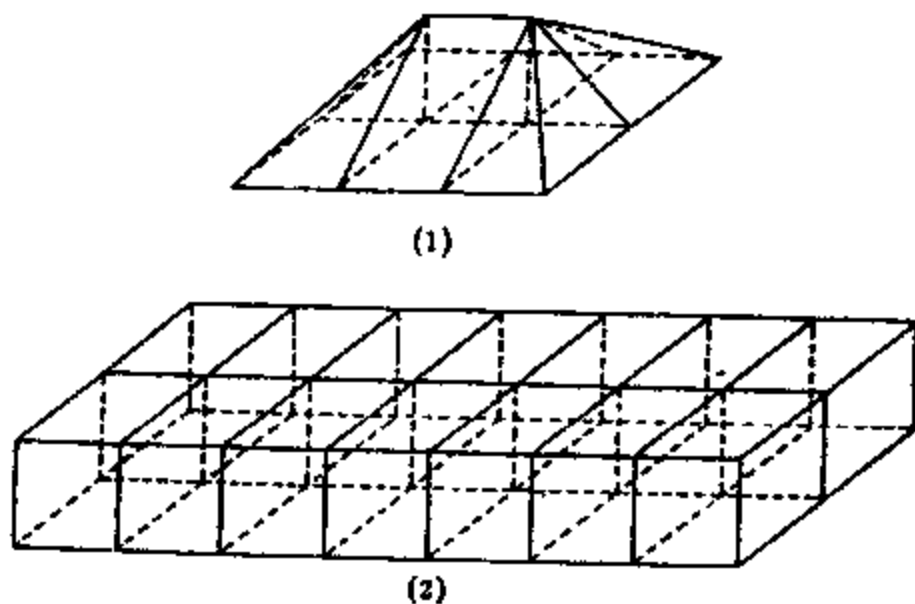


图 14 台童之棋验法

刘徽认识到棋验法的局限性，他在用无穷小分割方法证明了阳马与鳖臑的体积公式后，采用将多面体分割成有限个长方体、堑堵、阳马、鳖臑，求其体积之和的方法最终证明了多面体的一般公式。以台童为例，刘徽说：

为术又可令上下广袤差相乘，以高乘之，三而一，亦四阳马；上下广袤互相乘，并而半之，以高乘之，即四面六堑堵与二立方，并之，为台童积。^①

这就是将台童分解成四角4个阳马，四面6个堑堵和中央2个立方(如图15)。分别求出阳马、堑堵、立方的体积，求它们的体积之和，便得到公式：

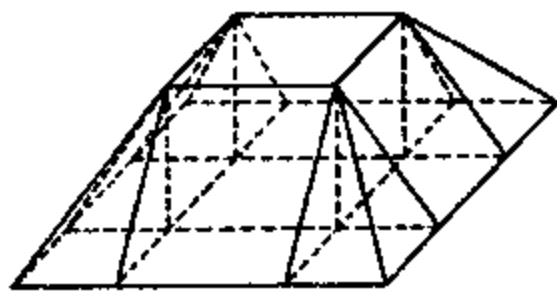


图 15 一般型台童的分解

^① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第290页。

$$V = \frac{1}{3}(a_1 - a_2)(b_1 - b_2)h + \frac{1}{2}(a_1 b_2 + b_1 a_2)h$$

它与《九章算术》的公式是等价的。同时,我们看出,只要将刍童分割成四角4个阳马,四面4个堑堵,中央1个立方就够了,刘徽分解中四面6个堑堵,中央2个立方,是棋验法分解中残存的痕迹。

3) 勾股

刘徽、赵爽记述了《九章算术》时代与他们自己用出入相补原理证明勾股定理与各种解勾股形的公式。以已知勾股差与弦求勾、股的公式为例。《九章算术》提出公式:

$$\begin{cases} a = \sqrt{\frac{1}{2} \left[c^2 - 2 \left(\frac{b-a}{2} \right)^2 \right]} - \frac{b-a}{2} \\ b = \sqrt{\frac{1}{2} \left[c^2 - 2 \left(\frac{b-a}{2} \right)^2 \right]} + \frac{b-a}{2} \end{cases}$$

刘徽记录了采其所见的出入相补方法,又提出了自己对公式的改进及其证明方法:

按图为位,弦幂适满万寸。倍之,减勾股差幂,开方除之。其所得即高广并数。以差减并而半之,即户广;加相多之数,即户高也。^①

这是将弦幂 c^2 分解成:4个勾股形,即朱幂;1个以勾股差 $b-a$ 为边长的小正方形,即黄方。再取1个弦幂,除去黄方,将剩余的4个朱幂拼补到上面那个弦幂上,则成为一个以勾股并 $b+a$ 为边长的大正方形(如图16),其面积为 $(b+a)^2 = 2c^2 - (b-a)^2$,

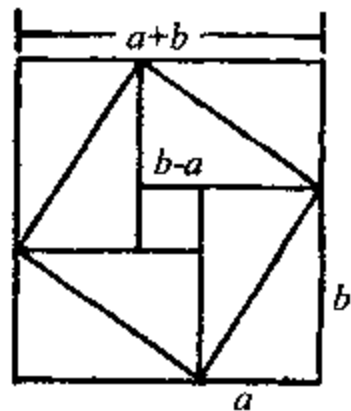


图 16

^① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第423页。

因此:

$$b+a=\sqrt{2c^2-(b-a)^2}。$$

$$\text{由于 } a=\frac{1}{2}[(b+a)-(b-a)], b=\frac{1}{2}[(b+a)+(b-a)],$$

故

$$\begin{cases} a=\frac{1}{2}[\sqrt{2c^2-(b-a)^2}-(b-a)] \\ b=\frac{1}{2}[\sqrt{2c^2-(b-a)^2}+(b-a)]。 \end{cases}$$

刘徽还记述了用出入相补原理证明勾股容方、勾股容圆公式的方法。

4) 测望重差

刘徽所记述的用出入相补原理对测望问题的证明,要用到一个重要原理。这个原理尽管目前见到的最早资料是在贾宪的《黄帝九章算经细草》中,却在《九章算术》和刘徽时代早已运用娴熟了。贾宪说:

直田斜解勾股二段,其一容直,其一容方,二积相等。^①

杨辉又进一步明确为其一容直,其一容横,二积相等。因此,可以将之称为容直容横原理,如图17。就是说,在一长方形中,由对角线所分成的两勾股形所容的在对角线上有共点的两长方形,其面积相等。这个原理贾宪称之为

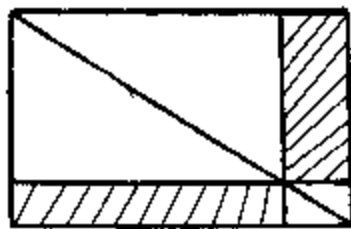


图17 容横容直原理

勾股旁要法,应该是古九数中“旁要”的主要方法。用这个原理证

^① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第1册,河南教育出版社,1993年,第980-981页。

明测望重差问题,特别方便。仍以《九章算术·勾股》“出邑南北门”问为例。刘徽说:

此术之冪,东西如邑方,南北自木尽邑南十四步。之冪各南、北步为广,邑方为袤。故连两广为从法,并,以为隅外之冪也。^①

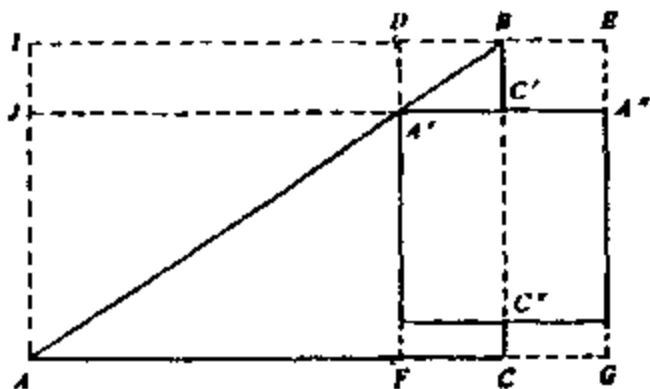


图 18

如图18,由容直容横原理,长方形 $A'C'CF$ 与 $A'DIJ$ 面积相等,都加上长方形 $A'C'BD$,因此,长方形 $FCBD$ 与 $IJC'B$ 面积相等。长方形 $FGED$ 的面积是 $FCBD$ 的两倍,故

$$(A'A'')^2 + (BC' + CC'')A'A'' = 2BC' \times AC。$$

这正是《九章算术》关于 $A'A''$ 的开带从平方式。

用容直容横原理证明日高重差术亦很方便。如图19,在长方形 $PQFJ$ 中, $\square CJ = \square CQ$,在长方形 $PQEK$ 中, $\square AK = \square AQ$,相减得 $\square CJ - \square AK = \square BC$ 。由此,

北表日影 \times (日高-表高)

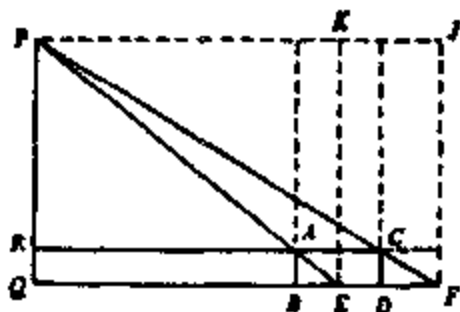


图 19

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第476页。

-南表日影 \times (日高-表高)

=表间 \times 表高,

由此得日高公式。又从 $\square AK = \square AQ$,得

前表去戴日下 \times 表高=南表日影 \times (日高-表高)

由此得南表去戴日下距离。^①

5) 开方术与天元术

《周髀算经》中已用到开平方,《九章算术》在世界上最早提出了开(平)方术和开立方术程序,与现今基本一致。刘徽给开方术以几何意义,以开立方为例。他认为开立方是“立方适等,求其一面也”,如图20·1。而“开立方术”中“议所得,以再乘所借一算为法而除之”的意义是“再乘者,亦求为方幂,以上议命而除之,则立方等也”。即从正方体中除去以第一位得数 a_1 为边长的正方体 a_1^3 ,如图20·2。继续开方,求出定法 $3a_1^2$,折而下的意义是“复除者,三面方幂以皆自乘之数,须得折、议,定其厚薄尔”,即先确定以第二位得数 a_2 为边长的小正方体 a_2^3 的旁边三个扁平长方体的面, a_2 就是其厚薄,如图20·3。中行 $3a_1$ 的意义是“设三廉之定长”,即先确定三廉的长,就是三个以 a_1 为长,以 a_2 为方的长方体,如图20·4。“复借一算,置下行”是“欲以为隅方,立方等未有定数,且置一算定其位”,即求第二位得数 a_2 ,除去位于原正方体一角的小正方体 a_2^3 ,如图20·5。^②

① 吴文俊:《(海岛算经)古证探源》,《吴文俊论数学机械化》,山东教育出版社,1995年,第154~155页。

② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第261~262页。

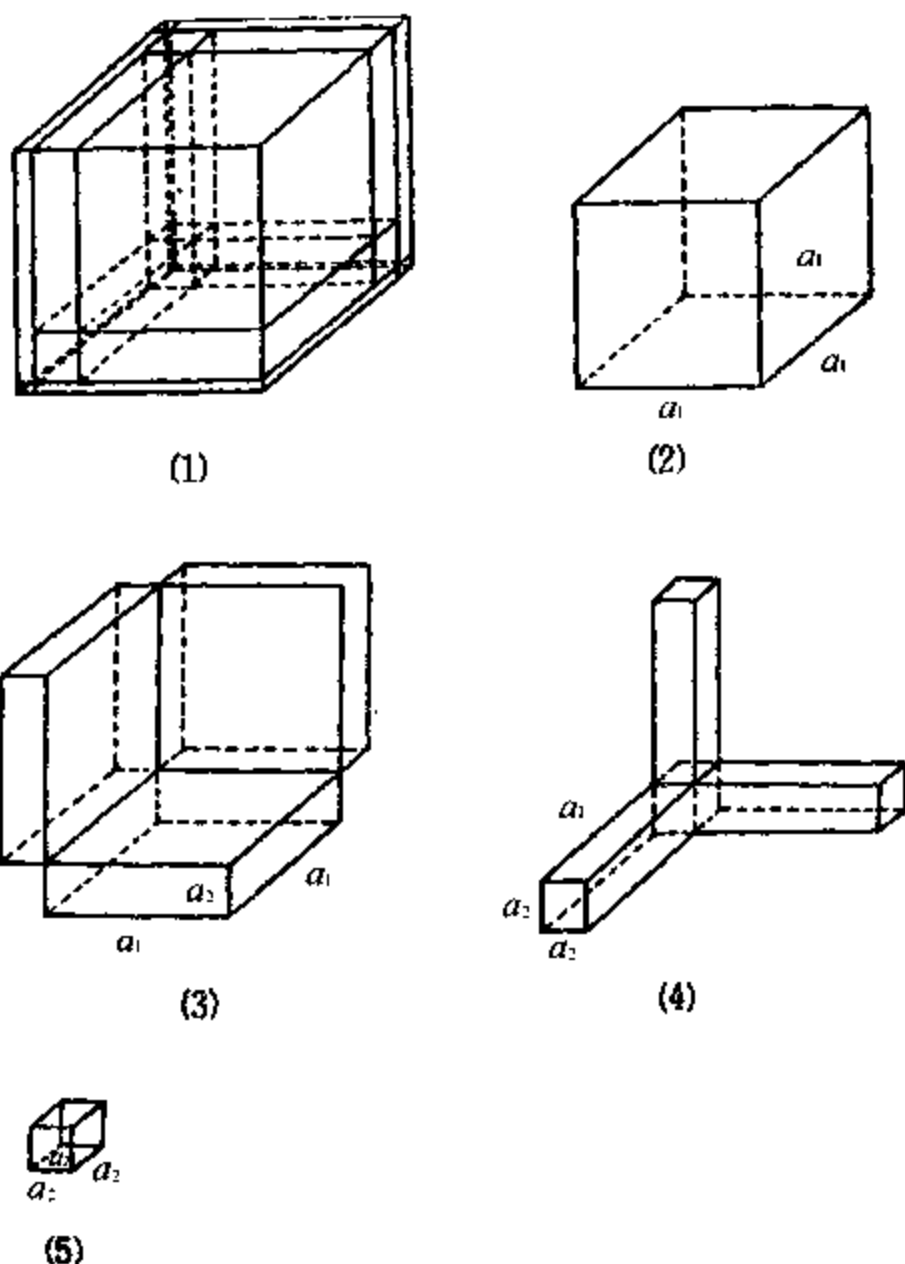


图 20 开立方之图解

开方术后来发展为开高次方,求解一元 n 次方程就称作开 $n-1$ 次方。北宋,贾宪创造开方作法本源(今称贾宪三角,见图22)作为开高次方的算表(当时叫立成)。贾宪三角在西方称为帕斯卡三角,晚出五六百年。贾宪又创造增乘开方法,这是以随乘随加的方式代替使用贾宪三角的系数求减根方程,更具程序化、机械化。南宋秦九韶(约1202~1261)提出正负开方术,把以增乘方法为主导的求高次方程正根的方法发展到十分完备的程度。开方

术是宋元数学最发达的分支。

宋元时代,发展到开高次方,其几何解释显得困难。对贾宪提出的开四次方,杨辉说:“三度相乘,其状匾直。”^①刘益引入负系数开方式,并创造益积开方术与减从开方术,亦用出入相补原理证明其开方程序的正确性。这种出入相补的方法,常称为演段,由此进一步发展为天元术。所谓天元术与今天设未知数列方程的方法相类似。首先列天元一,即设未知数 x ,根据问题的条件,列出两个相等的天元多项式,两者“如积相消”,便成为一个开方式,即一元高次方程。

6) 垛积术与招差术

垛积术是现今高阶等差级数求和的方法。《九章算术》、《张丘建算经》等著作已经讨论过若干等差级数问题,提出了几乎所有的等差级数各要素的互求公式。但是,中国传统数学中的高阶等差级数问题不是从等差级数问题发展起来的,而是从体积的比类引出的。

北宋沈括(1031—1095)最先提出了隙积术,开此项研究之先河。当时手工业发达,制作的坛、罐、酒瓶之类,常常堆垛起来,

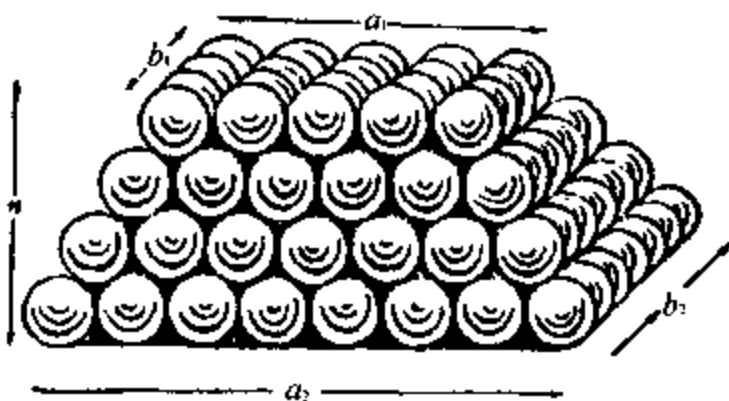


图 21 隙积

^① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第1册,河南教育出版社,1993年,第1426页。

形成刍童的形状,如图21。怎样计算它们的数目呢?沈括研究了《九章算术》的刍童术,发现因这种垛有空隙,若用刍童术求积,数值偏小。他便创造了隙积术。所谓隙积术,就是求积之有隙者的数量的方法。设隙积的上底宽 a_1 ,长 b_1 ,下底宽 a_2 ,长 b_2 ,高 n 层,且 $a_2 - a_1 = b_2 - b_1 = n - 1$,沈括提出的隙积术:

$$\begin{aligned} S_n &= a_1 b_1 + (a_1 + 1)(b_1 + 1) + \cdots + a_2 b_2 \\ &= \frac{n}{6} [(2a_1 + a_2)b_1 + (2a_2 + a_1)b_2 + (a_2 - a_1)], \end{aligned}$$

即刍童状隙积中物件的数量比刍童体积多 $\frac{n}{6}(a_2 - a_1)$,隙积术是一个二阶等差级数求和问题^①。沈括没有记载他推导隙积术的过程,对此,近人有各种推测。笔者认为是通过出入相补,拼补成《九章算术》已知多面体的形状而求其积的。

南宋杨辉将沈括的隙积类问题称作垛积,以后一直沿用这个名称。他在1261年著《详解九章算法》,以各种菓子垛比类《九章算术》的多面体。其中刍童形菓子垛求法与沈括的隙积术相同。比类于方锥、阳马的四隅垛求积公式是:

$$S_n = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \cdots + n^2 = \frac{1}{3} n(n+1)(n + \frac{1}{2}),$$

比类于方亭的方垛的求积公式是:

$$\begin{aligned} S_n &= a^2 + (a+1)^2 + (a+2)^2 + \cdots + (b-1)^2 + b^2 \\ &= \frac{n}{3} (a^2 + b^2 + ab + \frac{b-a}{2}) \end{aligned}$$

比类于鳖臑的三角垛的求积公式是:

^① 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1964年,第187-188页。

$$S_n = 1+3+6+10+\cdots+\frac{n(n+1)}{2}$$

$$= \frac{1}{6}n(n+1)(n+2)$$

这都是二阶等差级数求和问题。杨辉怎样求得这些公式,尚不清楚。但是,根据刘徽揭示的,杨辉用之与各种垛积相比类的《九章算术》的各种多面体的关系,可以推得各垛积的关系。事实上,在沈括的隙积术中,令 $a_1=b_1=1, a_2=b_2=n$,便是四隅垛公式;令 $a_1=b_1, a_2=b_2$,便是方垛公式;令 $a_1=1, b_1=2, a_2=n, b_2=n+1$,便成为二个三角垛之和,

$$1 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 3 \cdot 4 + \cdots + n(n+1)$$

$$= 2 \left[1+3+6+10+\cdots+\frac{n(n+1)}{2} \right]$$

$$= \frac{1}{3}n(n+1)(n+2)$$

两端除以2,便是三角垛公式^①。

元代朱世杰将宋元时期垛积术的研究推向最高峰。他在《四元玉鉴》卷中“茭草形段”、“如象招数”和卷下“果垛叠藏”三门33个问题中,以及《算学启蒙》中,提出了一系列三角垛公式:

$$S_n = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(i+1)!} r(r+1)(r+2)\cdots(r+i-1)$$

$$= \frac{1}{(i+1)!} n(n+1)(n+2)\cdots(n+i)$$

$$i=1, 2, 3, 4, 5。$$

^① 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1964年,第188~189页。

古法七乘方圖

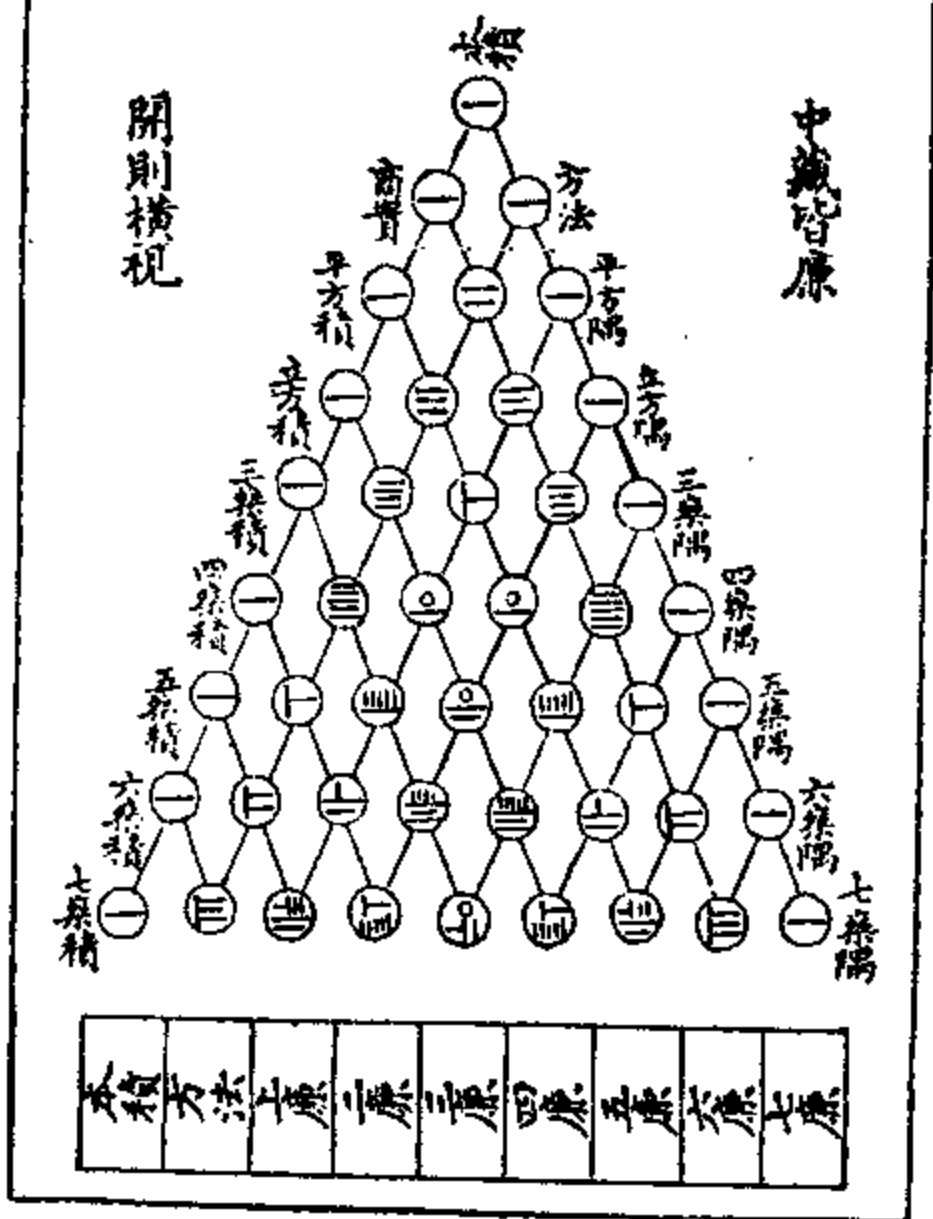


图22 朱世杰改进的贾宪三角

分别叫作茭草垛、落一形垛(三角垛)、三角落一形垛(撒星形垛)、撒星更落一形垛(三角撒星形垛)、三角撒星更落一形垛。显然,这些垛积尽管在朱世杰书中似乎没有条理。但是,从它们的

名称,后者称作前者的落一形垛,即前一个的前 r 项之和是后一个的第 r 项来看,它们在朱世杰的头脑中形成了一个完整的体系。朱世杰在《四元玉鉴》卷首列出了贾宪三角,并用两组平行于左、右两斜的平行线将贾宪三角的各个数联结起来,如图22^①。这提示了上述三角垛的造术:上述各级数依次是贾宪三角第2,3,4,5,6条斜线上的数字,而其和恰恰是第3,4,5,6,7条斜线上的第 n 个数字。可见,朱世杰可以求出任意阶的三角垛公式。

朱世杰还解决了以四角垛之积为一般项的一系列高阶等差级数求和公式,以及岚峰形垛等更复杂的级数求和问题^②。

人们将高阶等差级数求和的知识用于高次内插法,这就是招差法。《九章算术》的盈不足术,实际上是线性插值法。隋刘焯在制定《皇极历》时创造了等间距内插公式,唐僧一行制定《大衍历》时创造了不等间距内插公式。钱宝琮都用面积的出人相补证明其正确性。元王恂、郭守敬在制定《授时历》时使用了三次内插公式,即三次招差公式。朱世杰则在《四元玉鉴》中首次给出了四次招差公式:

$$f(n) = n\Delta + \frac{1}{2!}n(n-1)\Delta^2 + \frac{1}{3!}n(n-1)(n-2)\Delta^3 \\ + \frac{1}{4!}n(n-1)(n-2)(n-3)\Delta^4$$

这一公式与现今通用的招差公式完全一致,格雷果里、牛顿是先后在1670年、1676年提出的。朱世杰指出,上述公式的各项系数

① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第1册,河南教育出版社,1993年,第1027页。

② 钱宝琮主编:《中国数学史》,科学出版社,1964年,第197~200页。

恰恰依次是各三角垛的积^①。

5. 无穷小分割与极限思想

各个文化传统的早期，都或多或少地产生了无穷小分割思想，古希腊还产生了潜无穷小与实无穷小的争论。但是，古希腊数学家无法解释芝诺悖论，便把无穷小分割思想排除在数学之外。因此，古希腊数学家并没有无穷小分割和极限方法。中国先秦的许多思想流派都有无穷小分割和极限思想，如名家的“一尺之捶，日取其半，万世不竭”^②的命题，墨家的无限分割一尺之杆，最后归结为“不可斲”的“端”的命题^③。汉司马迁也有“破觚为圆”的说法^④，描述了多边形通过无限次削割转化为圆的过程。而魏刘徽则在世界数学史上最先将无穷小分割与极限思想引入数学证明。

1) 割圆术与圆周率

刘徽认为，以前以圆内接正6边形周长作为圆周长，圆内接正12边形面积作为圆面积，通过出入相补原理推证《九章算术》圆面积公式 $S = \frac{1}{2}lr$ 的方法“合径率一而弧周率三也”，因而是严格的。他创造了新的方法。

刘徽从圆内接正6边形开始割圆，得到一个正 $6 \cdot 2^n$ 边形序列。设 S_n 是 $6 \cdot 2^n$ 边形面积， P_n 是每边长，如图23·1。显然，割得次数愈多，即 n 越大，则 $S - S_n$ 愈小，所谓“割之弥细，所失弥少”。而“割之

① 钱宝琮主编：《中国数学史》，科学出版社，1964年，第200~201页。

② 《庄子·天下篇》，见《庄子全译》，贵州人民出版社，1991年，第620页。

③ 《墨子·经说下》，见《二十二子》，上海古籍出版社，1986年，第260页。

④ [汉]司马迁：《史记·酷吏列传》，中华书局，1959年，第3131页。

又割,以至于不可割,则与圆周合体而无所失矣。”用现代符号,这就是:

$$l = \lim_{n \rightarrow \infty} 6 \cdot 2^n P_n,$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = S_0.$$

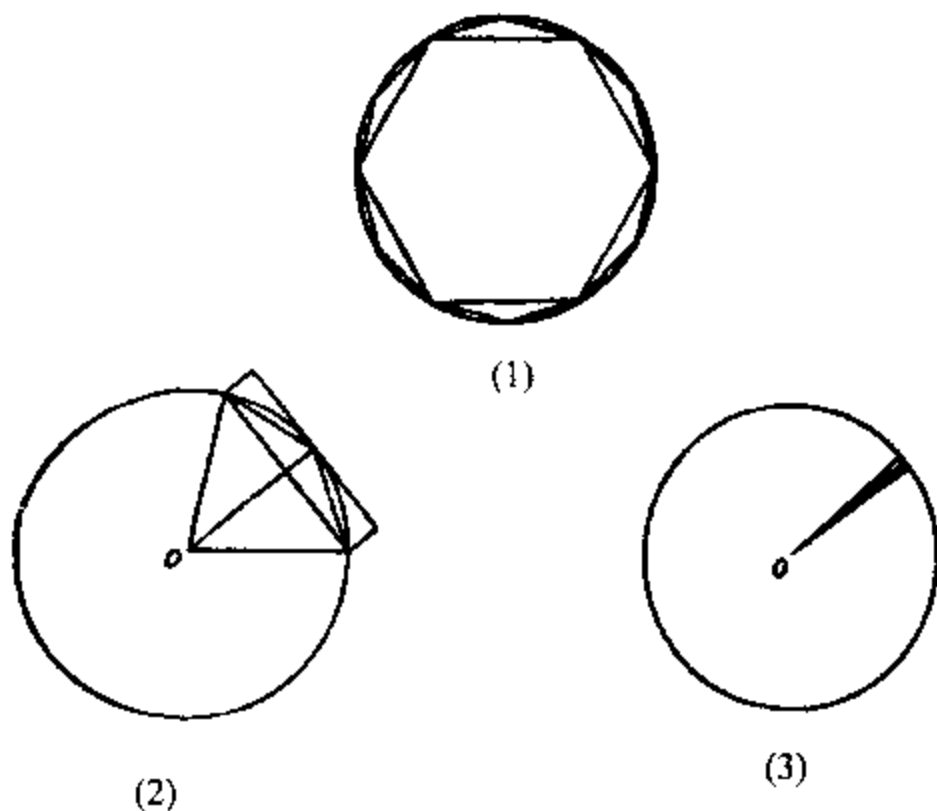


图 23 圆面积公式的证明

$6 \cdot 2^n$ 边形的每边与圆周间有余径 r_n , 以边长乘余径, 加到 $6 \cdot 2^n$ 边形的面积上, 则大于圆面积:

$$S_n + 6 \cdot 2^n \cdot P_n \cdot r_n = S_n + 2(S_{n+1} - S_n) > S_0.$$

如图 23·2。而当 n 无限大时, $\lim_{n \rightarrow \infty} r_n = 0$, 则:

$$\lim [S_n + 2(S_{n+1} - S_n)] = S_0.$$

所谓“若夫觚之细者, 与圆合体, 则表无余径。表无余径, 则幂不外出矣。”这就证明了圆面积的下界序列与上界序列的极限都是

圆面积。最后,将与圆合体的边数无限的正多边形分割成无限多个以圆心为顶点,以该多边形的每边为底的小等腰三角形,如图23·3。由于以每边乘半径是小等腰三角形的2倍,而与圆合体的正多边形的所有边长之和是圆周长 l ,所有小等腰三角形的面积之和就是圆面积 S ,因此, $lr=2S$,于是 $S=\frac{1}{2}lr$ 。所谓“以一面乘半径,觚而裁之,每辄自倍,故以半周乘半径而为圆幂。”最后完成了证明^①。不难看出,这里有几个严谨的极限过程,并且通过对圆面积的无穷小分割,再求其和证明圆面积公式。这与微积分正式诞生前的面积元素法相当接近^②。著名数学史家史密斯把微积分的发展概括为穷竭法、无穷小方法、流数法和极限4个阶段。刘徽已完成了前两个阶段,并已有了明显的极限过程,而古希腊最高明的数学家也只完成了穷竭法这第一个阶段。

刘徽指出,《九章算术》圆面积公式中的周径“谓至然之数,非周三径一之率也。”因此需要求这个至然之数,即圆周率。《周髀算经》、《九章算术》使用周三径一,西汉末刘歆为王莽造铜斛时实际上使用了3.1547,东汉张衡求出圆周率 $\sqrt{10}$,与刘徽大约同时的王蕃使用 $\frac{142}{45}$ 。这些值的误差都比较

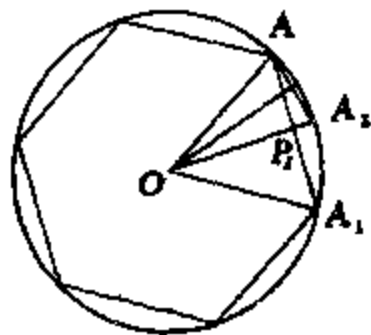


图24 求圆周率

大,可见都不是用正确方法求出的。刘徽批评道:“世传此法,莫肯精核,学者踵古,习其谬失。”^③他在中国数学史上第一次给出

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第191页。

② 郭书春:《古代世界数学泰斗刘徽》,山东科技出版社,1992年。

③ 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第191页。

了求圆周率的科学方法。

刘徽取直径为2尺的圆,其圆内接正六边形的每边长是1尺。他仍采用上述割圆程序割圆,利用勾股定理,算出正6边形的边心距,进而求出余径 r_0 。再次运用勾股定理,求出圆内接正12边形的边长 p_1 ,如图24。重复上述过程,依次求出圆内接正12、24、48边形的边心距、余径、边长,正96边形的边长、面积及正192边形的面积:

割次	$r - r_n$ 边心距(忽)	r_n 余径(忽)	p_n 边长(忽)	S_n 面积(寸 ²)
0	866025 $\frac{2}{5}$	133974 $\frac{3}{5}$	1000000	
1	965925 $\frac{4}{5}$	34074 $\frac{1}{5}$	$\sqrt{267949193445}$	
2	991444 $\frac{4}{5}$	8555 $\frac{1}{5}$	$\sqrt{68148349466}$	
3	997858 $\frac{9}{10}$	2141 $\frac{1}{10}$	130806	
4			65438	313 $\frac{584}{625}$
5				314 $\frac{64}{625}$

$S_5 - S_4 = 314 \frac{64}{625} \text{寸}^2 - 313 \frac{584}{625} \text{寸}^2 = \frac{105}{625} \text{寸}^2$, $S_4 + 2(S_5 - S_4) = 313 \frac{64}{625} \text{寸}^2 + 2 \times \frac{105}{625} \text{寸}^2 = 314 \frac{169}{625} \text{寸}^2$ 。因此,确定314寸²为圆面积近似值。“以半径一尺除圆幂,倍所得,六尺二寸八分,即周数。”“又令径二尺与周六尺二寸八分相约,周得一百五十七,径得五十,则其相与

之率也。”^①就是说,求得圆面积之后,刘徽利用他已经证明了的圆面积公式,由圆径反求出圆周长。两者相约简,求得 $l:d=157:50$,相当于 $\pi=\frac{157}{50}=3.14$ 。许多学者认为,刘徽在求得 $S=314r^2$ 后利用公式 $S=\pi r^2$ 求得 $\pi=3.14$,这离开了刘徽注原文,因而是错误的。而且,刘徽在求圆周率时,尚未证明公式 $S=\pi r^2$ 。恰恰相反,刘徽用 $\pi=\frac{157}{50}$ 将与 $S=\pi r^2$ 相当的《九章算术》的另一公式 $S=\frac{3}{4}d^2$ 修正为 $S=\frac{157}{200}d^2$ 。显然,那种离开刘徽注原文的叙述会把刘徽置于他从未犯过的循环推理的错误之中。

刘徽认为,上述圆周率值中,“周率犹为微少也”,又求出了 $\pi=\frac{3927}{1250}=3.1416$ 。^②

刘徽求圆周率的方法奠定了中国圆周率计算领先世界数坛千余年的基础。南朝祖冲之(429~500)进一步将圆周率值精确到8位有效数字,相当于求出 $3.1415926<\pi<3.1415927$ 。据推测,祖冲之是用刘徽割圆术求得此值的。那么,祖冲之要计算圆内接正6144、12288边形的面积 $S_{10}=314159251\text{厘}^2$, $S_{11}=314159261\text{厘}^2$, $S_{10}+2(S_{11}-S_{10})=314159271\text{厘}^2$ 。祖冲之又确定 $\pi=\frac{355}{113}$ 为密率, $\pi=\frac{22}{7}$ 为约率。约率早已被古希腊数学家阿基米德所认识,中国南北朝刘宋的何承天也使用过这个值。而密率则是个空前的创造,这是

① 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第191~193页。

② 郭书春汇校:《九章算术》,辽宁教育出版社,1990年,第194页。

分母小于16604的一切分数中最接近 π 的真值的分数^①。但是,祖冲之如何求出密率的,尚是学术界争论的问题。祖冲之的圆周率值在世界上领先近千年。1427年,阿尔·卡西的圆周率值超过了8位有效数字,16世纪末,德国奥托、荷兰安托尼兹先后提出了密率 $\pi = \frac{355}{113}$ 。

刘徽还证明了《九章算术》提出的弧田(弓形)术是错误的,利用类似的割圆程序,创造了求弧田密率的方法,实际上与求圆周率一样,是极限思想在近似计算中的应用。

2) 刘徽原理与多面体体积理论

对《九章算术》提出的阳马体积公式与鳖臑体积公式,刘徽认为,在 $a=b=h$ 的情况下,由于正方体可分解为3个全等的阳马,6个三三全等两两对称的鳖臑,用棋验法便可证明,“盖易了也”。而在 $a \neq b \neq h$ 的情况下,“鳖臑殊形,阳马异体。然阳马异体,则不可纯合。不纯合,则难为之矣”。就是说,用棋验法无法证明一般情况下的阳马、鳖臑的体积公式。刘徽另辟蹊径,用无穷小分割方法完成了证明。为此,刘徽首先提出了一个重要原理:

邪解堑堵,其一为阳马,一为鳖臑。阳马居二,鳖臑居一,不易之率也。

即在一个堑堵中,恒有

$$V_{\text{阳马}}:V_{\text{鳖臑}}=2:1$$

这就是刘徽原理。显然,只要证明了刘徽原理,由于堑堵的体积公式是 $V_{\text{堑堵}} = \frac{1}{2}abh$,利用今有术或衰分术,则 $V_{\text{阳马}} = \frac{1}{3}abh$, $V_{\text{鳖臑}} = \frac{1}{6}abh$ 是不难证明的。刘徽用无穷小分割方法证明了刘徽原理,

^① 梁宗巨:《世界数学史典故》,辽宁教育出版社,1992年,第242~357页。

他说：

其使鳖臑广、袤、高各二尺，用堑堵、鳖臑之棋各二，皆用赤棋。又使阳马之广、袤、高各二尺，用立方之棋一，堑堵、阳马之棋各二，皆用黑棋。棋之赤、黑接为堑堵，广、袤、高各二尺。于是中斂其广、袤，又中分其高。令赤、黑堑堵各自适当一方，高一尺，方一尺，每二分鳖臑，则一阳马也。其余两端各积本体，合成一方焉。是为别种而方者率居三，通其体而方者率居一。虽方随棋改，而固有常然之势也。按：余数具而可知者有一、二分之别，即一、二之为率定矣。其于理也岂虚矣。若为数而穷之，置余广、袤、高之数各半之，则四分之三又可知也。半之弥少，其余弥细。至细曰微，微则无形。由是言之，安取余哉？^①

可能受手头棋的限制，刘徽在这里仍然使用了 $a=b=h=1$ 尺的棋，而没有使用 $a \neq b \neq h$ 的模型。可是，刘徽说明他的论述“虽方随棋改，而固有常然之势也”，完全适用于 $a \neq b \neq h$ 的情形，并且就是为一般情形而提出的。如图25·1，刘徽用一个阳马与一个鳖臑拼合成一个堑堵，再用3个互相垂直的平面平分堑堵的长、宽、高，则其中的阳马分成一个小长方体Ⅰ，两个小堑堵Ⅱ、Ⅲ和两个小阳马Ⅳ、Ⅴ，鳖臑分成两个小堑堵Ⅱ'、Ⅲ'和两个小鳖臑Ⅳ'、Ⅴ'。它们可以拼合成4个全等的小长方体：Ⅰ，Ⅱ-Ⅱ'、Ⅲ-Ⅲ'，(Ⅳ-Ⅳ')-(Ⅴ-Ⅴ')如图25·2,3,4,5。显然，在前3个小长方体中，亦即堑堵的 $\frac{3}{4}$ 中，属于阳马与属于鳖臑的体积之比为2:1，刘徽原理成立。第4个小长方体中也就是原堑堵的 $\frac{1}{4}$ 中，两者之比尚未知，

^① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第286~287页。

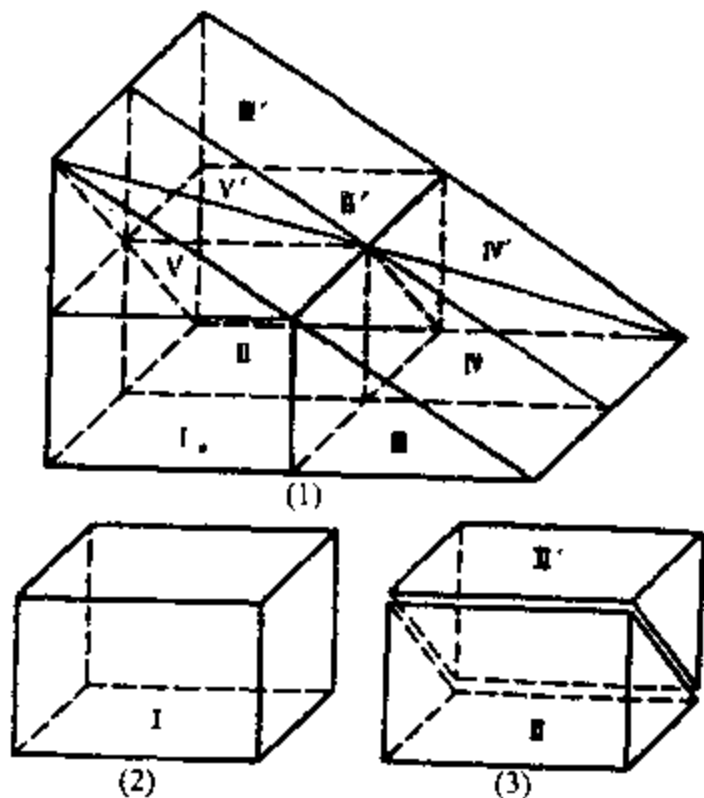
但它的两小堑堵的构成与原堑堵完全相似,且其长、宽、高是原堑堵的一半。对这两个小堑堵重复上述的分割、拼合,又可以证明在其中的 $\frac{3}{4}$ 中两者体积之比为2:1,也就是原堑堵的 $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$ 中

刘徽原理成立,而其中 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ 中尚未知。这个过程可以无限继续

下去。第 n 次分割后,可以证明在原堑堵中的 $(1 - \frac{1}{4^n})V_{\text{堑堵}}$ 中刘徽

原理成立,只剩 $\frac{1}{4^n}$ 中尚未知。显然, $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{4^n} = 0$,于是在整个堑堵中

证明了刘徽原理^①。



① 郭书春:《古代世界数学泰斗刘徽》,山东科技出版社,1992年,第230~233页。繁体字修订本,台北:明文书局,1995年,第229~233页。

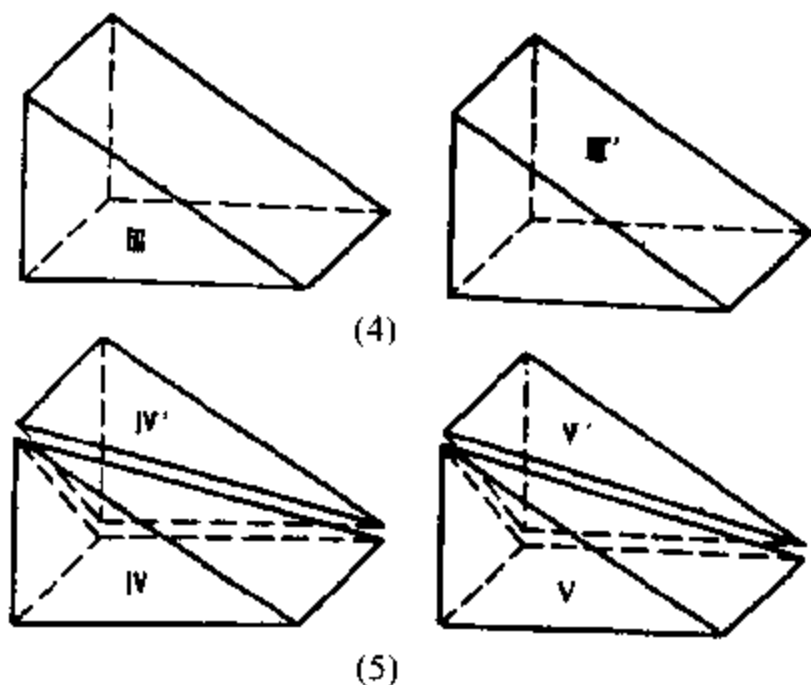


图25 刘徽原理之证明

刘徽原理是刘徽多面体体积理论的基础。他说：

不有鳖臑，无以审阳马之数。不有阳马，无以知锥亭之类，功实之主也。^①

将四面体看作解决多面体体积的关键，与现今数学的体积理论完全一致。刘徽在《差除术注》中又证明了若干其他形状的四面体（亦称为鳖臑）的体积公式仍为 $V = \frac{1}{6}abh$ ，接近于提出，任何四面体体积公式都是如此。

刘徽在证明了鳖堵、阳马、鳖臑的体积公式之后，将其他多面体分解成长方体、鳖堵、阳马、鳖臑，求其体积之和，以解决其体积问题。他的多面体体积理论形成了一个完整的体系，其推导

^① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第287页。

系统如图26所示。这个系统与《九章算术》以棋验法为核心的推导系统是迥然不同的^①。

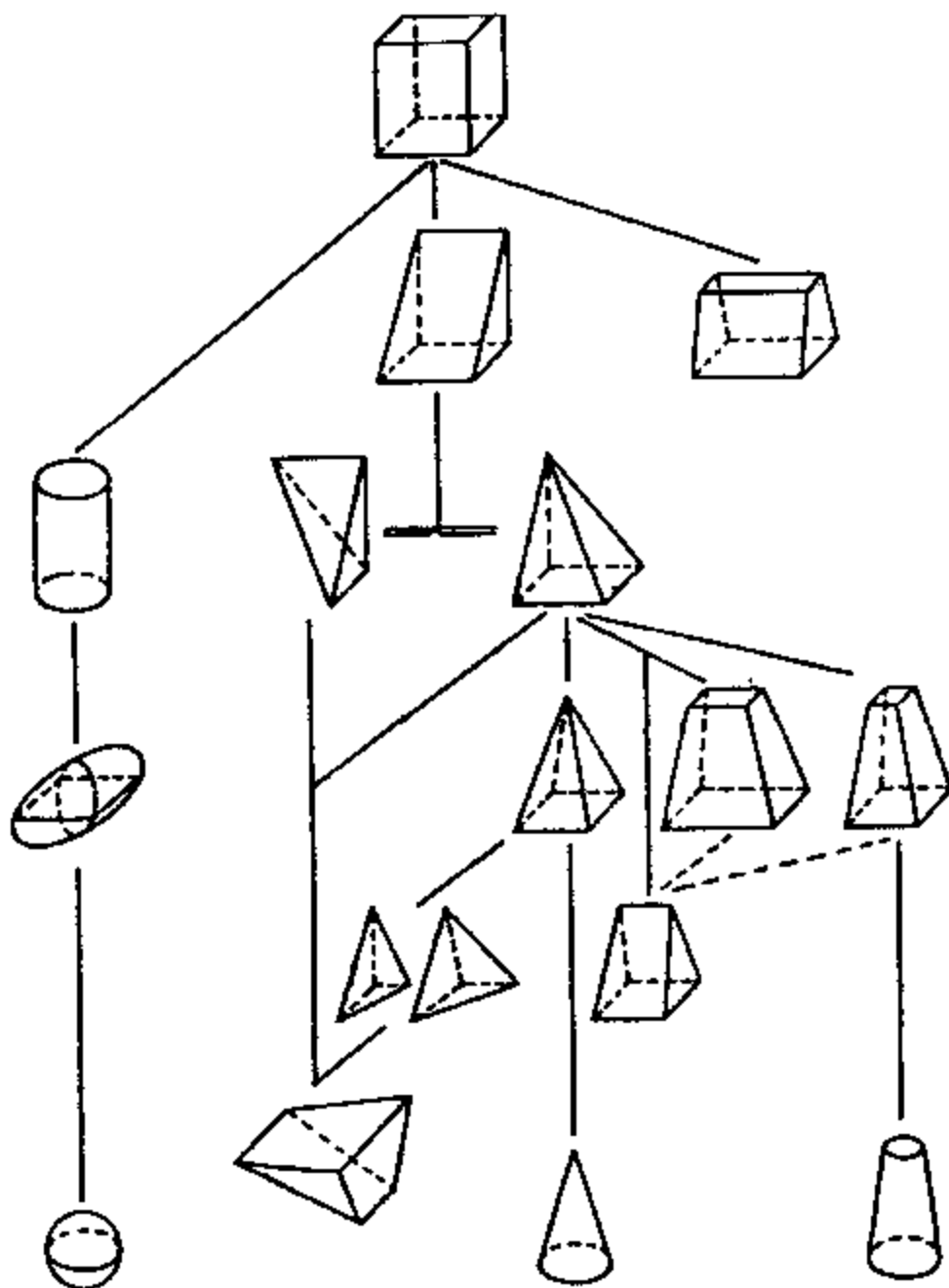


图26 刘徽的体积理论

^① 郭书春：《古代世界数学泰斗刘徽》，山东科技出版社，1992年，第309~314页。繁体字修订本，台北：明文书局，1995年，第311~316页。

不言而喻,通过刘徽原理,刘徽已把多面体体积理论建立在无穷小分割基础之上。这与现代数学的多面体体积理论亦惊人地一致。现代数学大师高斯(1777—1855)提出,多面体体积的解决不借助于无穷小分割是不可能的猜想。希尔伯特(1862—1943)在1900年提出的《数学问题》中的第三个问题便以这个猜想为基础。不久,希尔伯特的学生德恩(1878—1952)给予了肯定的答案。刘徽在公元3世纪就开始考虑19、20世纪的数学大师们所考虑的问题。

3) 祖暅之原理与球体积

祖暅之原理,西方称作卡互列利原理,认为是卡互列利(生卒年不详)提出的,是说等高的两组立体,若其等高处的截面积相等,则其体积必相等。祖冲之的儿子祖暅之已概括出这个原理,并成功地解决了球体积问题。

祖暅之之前,中国人对这个原理已有相当的认识。在《九章算术》中,圆柱(称为圆堞堦)与方柱(称为方堞堦)、圆锥与方锥、圆亭与方亭都是成对地出现;再由刘徽注所记录的某些信息,说明是通过比较两者的底面积,从后者的体积推导前者的体积的。刘徽则明确认识到,不仅要比较两立体的底面积,而且必须比较两立体任意等高处的截面积。就是说,刘徽已认识到,两立体若任意等高处的截面积相等或成定比,则其体积相等或成定比。由此,刘徽由方锥、方亭的体积公式证明了圆锥、圆亭的体积公式。刘徽在羡除术注中求一种特殊的鳖臑体

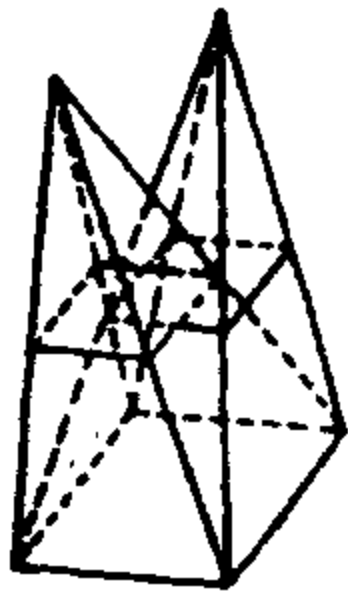


图 27 方锥与阳马同实

积时提出：“推此上连无成不方，故方锥与阳马同实。”成，训层。这是说，同底等高的方锥与阳马每一层都是相等的方形，故其体积相等，如图27。刘徽进而提出：若一立体的每一层都被一平面平分，则其体积被平分^①。刘徽还指出了《九章算术·少广》开立圆术所依据的球体积公式是错误的。其错误的原因是将球与外

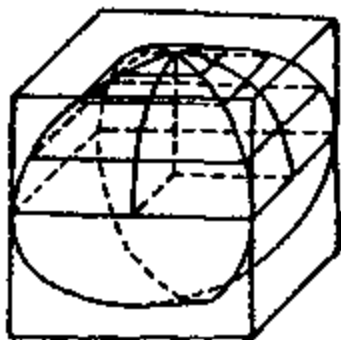


图 28 球与牟合方盖

切圆柱体的体积之比误认为 $\pi:4$ 。他用两个相等的圆柱体正交，其公共部分称为牟合方盖，如图28。他指出：“合盖者，方率也；丸居其中，即圆率也。推此言之，谓夫圆困为方率，岂不阙哉！”^②就是说，球体积：外切方盖体积= $\pi:4$ 。显然，只要求出牟合方盖的体积，便会求出球体积的正确公式。刘徽未能求出牟合方盖的体积，表示“以俟能言者”，表现了一位伟大科学家实事求是的胸怀。很显然，刘徽所以能认识《九章算术》开立圆术的错误，所以能设计出与球体积之比为 $\pi:4$ 的牟合方盖，就在于刘徽比较球与外切圆柱体及球与外切方盖的等高处的截面积。可见，刘徽已掌握了祖暅之原理，同时，所设计的牟合方盖，为祖暅之彻底解决球体积指出了正确的途径。

刘徽所俟的能言者便是200年后的祖暅之。他彻底解决了球体积公式问题。这一工作可能是祖暅之与其父的共同创作。祖冲之在《驳议》中说：“立圆旧误，张衡述而弗改。”^③可见他研究过球体积问题。李淳风等《九章算术注释·少广》记载的祖暅之开立圆

① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第289页。

② 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第264页。

③ [梁]沈约：《宋书·律历志下》，中华书局，1974年，第306页。

术是：考虑正方体与牟合方盖的 $\frac{1}{8}$ ，即小立方棋 $ABCDEFGO$ ，如图29·1，按刘徽的分割方法，牟合方盖的 $\frac{1}{8}$ 为 $A E F G O$ ，祖暅之称为内棋，如图29·2。小立方棋剩余的部分在分割出牟合方盖的同时被分成三部分： $A D E F$ ， $A B G F$ ， $A B C D F$ ，祖暅之称为外棋，如图29·3,4,5。祖暅之发现高 AO 上任一点 N 处的横截面积 $NIJK$ ，其面积为球半径之平方 r^2 ，它由四块组成：内棋横截面正方形 $NMHL$ ，外三棋横截面 $LH Q K$ ， $M I P H$ ， $H P J Q$ 。设内棋横截面积为 b^2 ， $ON=a$ ，那么外三棋横截面积之和应为 r^2-a^2 。而由勾股形 ONM ， $r^2-b^2=a^2$ ，面 a^2 恰恰等于一个长、宽、高均为 r 的阳马距顶点为 a 处的横截面积，如图29·6。在此，祖暅之提出了现今以他的名字命名的原理：

夫叠棋成立积，缘幂势既同，则积不容异。^①

根据此原理，外三棋体积之和与此阳马的体积相等，即 $\frac{1}{3}r^3$ 。那么

内棋即牟合方盖的 $\frac{1}{8}$ 的体积为 $\frac{2}{3}r^3$ ，整个牟合方盖的体积为

$\frac{2}{3}D^3$ 。于是球体积 $V=\frac{\pi}{4} \cdot \frac{2}{3}D^3=\frac{\pi}{6}D^3$ 。最终圆满地解决了球体

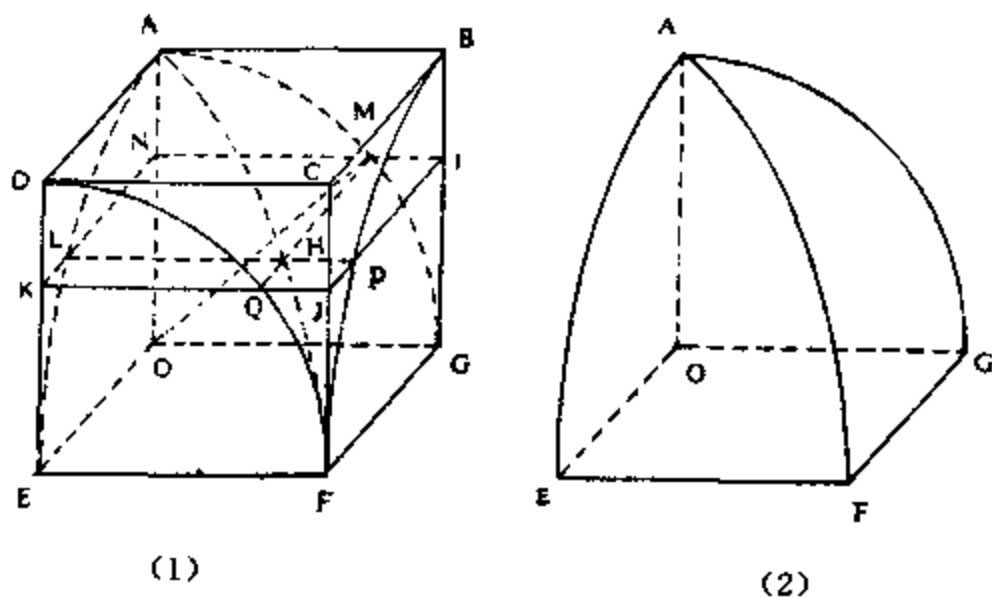
积问题。若取 $\pi=3$ ，则球体积为 $\frac{1}{2}D^3$ 。祖暅之取后者。

4) 尖锥术

刘徽和祖冲之父子之后一千二三百年来，极限和无穷小分割思想不但没有什么明显的进步，甚至没有再达到刘、祖的水平。祖冲之父子的无穷小分割思想达到怎样的高度，至今是未知

^① 郭书春汇校：《九章算术》，辽宁教育出版社，1990年，第266页。

数。他们的《缀术》因唐朝算学馆“学官(相当于现今大学数学系教授)莫能究其深奥,是故废而不理”^①而失传。上述李淳风所引祖暅之开立圆术,应该只是唐朝算学馆学官所能看得懂的一部分。元赵友钦从圆内接正4边形割圆求圆周率,只是验证了祖冲之的密率比较精确,理论贡献不大。18世纪初,法国传教士杜德美(1668—1720)传入了牛顿、格雷果里创造的3个三角函数的幂级数展开式,但未传入其证明方法。蒙古族数学家明安图(?—1766?)以及董祐诚(1791—1823)、项名达(1789—1850)、戴煦(1805—1860)、徐有壬(1800—1860)、李善兰(1811—1882)、夏鸾翔(1823—1864)等以极大的精力研究这类问题及对数函数、指数函数的幂级数展开式,有若干独创,超过了刘徽、祖冲之的水平。



① [唐]魏徵等:《隋书·律历志上》,中华书局,1973年,第388页。

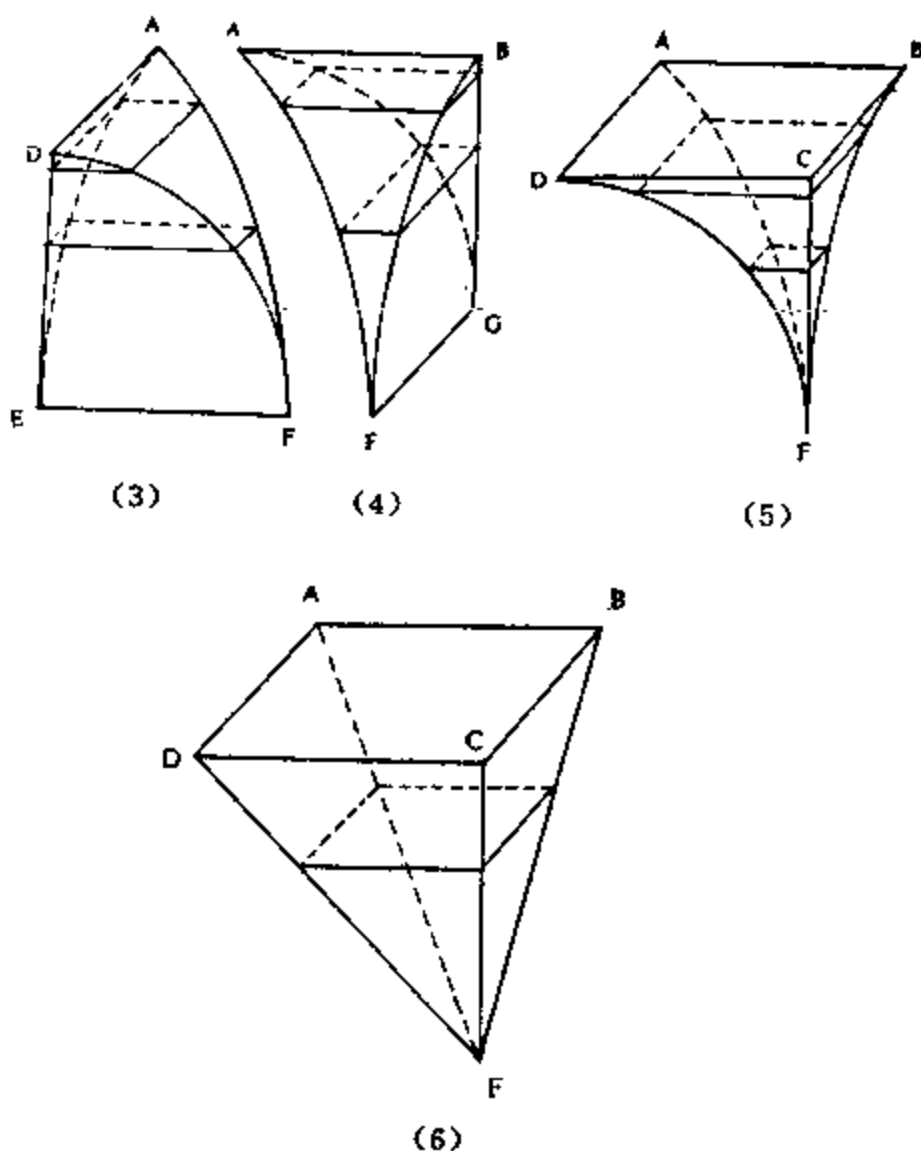


图 29 牟合方盖之求积

清代数学家中，在用无穷小分割和极限思想解决数学问题上，成绩最为卓著的是李善兰的尖锥术。他在《方圆阐幽》中提出：“当知诸乘方皆可变为面，并皆可变为线。”即，若 x 为任意正数， n 为任意正整数，那么 x^n 的数值可以表示成一个平面积，也可以表示成一条直线段。他进而指出：“当知诸乘方皆有尖锥。”“当

知诸尖锥有积迭之理。”^①也就是说,当 x 在区间 $[0, h]$ 内时,表示 x^n 的平面积迭成一个尖锥体。他提出了尖锥的算法:由平面积 ax^n 积迭起来的尖锥体,高为 h ,底面积为 ah^n ,其体积为 $\frac{ah^n \times h}{n+1}$ 。这个命题相当于定积分:

$$\int_0^h ax^n dx = \frac{ah^{n+1}}{n+1}。$$

它还提出了相当于:

$$\int_0^h a_1 x dx + \int_0^h a_2 x^2 dx + \cdots + \int_0^h a_n x^n dx \\ = \int_0^h (a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n)$$

的命题。

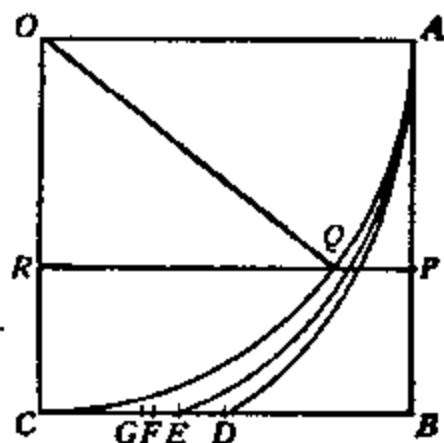


图30 尖锥术

李善兰将他的尖锥术应用于圆面积的计算。为此,他考虑单位圆的 $\frac{1}{4}$,如图30。 $OABC$ 为边长为1的正方形,其内切圆的 $\frac{1}{4}$ 为 $OAQC$ 。为求 $OAQC$ 的面积,他先计算正方形内、圆外的部分 $ABCQ$ 的面积。这是一个尖锥。该尖锥是 ABD 、 ADE 、 AEF 、 AFG 、 \cdots 等无数个尖锥之和。诸尖锥之底为: $BD = \frac{1}{2}BC = \frac{1}{2}$, $DE = \frac{1}{4}DC = \frac{1}{2 \cdot 4}$, $EF = \frac{1}{6}EC = \frac{3}{2 \cdot 4 \cdot 6}$, $FG = \frac{1}{8}FC = \frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8}$, \cdots 依尖锥求积术,它们的面积依次为 $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}$, $\frac{1}{2 \cdot 4} \cdot \frac{1}{5}$, $\frac{3}{2 \cdot 4 \cdot 6} \cdot \frac{1}{7}$, $\frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \cdot \frac{1}{9}$, \cdots 。因

^① 郭书春主编:《中国科学技术典籍通汇·数学卷》第5册,河南教育出版社,1993年,第861~862页。

此，尖锥 $ABCQ$ 的面积应为 $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{2 \cdot 4} \cdot \frac{1}{5} + \frac{1}{2 \cdot 4 \cdot 6} \cdot \frac{1}{7} + \frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \cdot \frac{1}{9} + \dots$ 。因此，单位圆的面积为：

$$\pi = 4 - 4 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{2 \cdot 4} \cdot \frac{1}{5} + \frac{3}{2 \cdot 4 \cdot 6} \cdot \frac{1}{7} + \frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \cdot \frac{1}{9} + \dots \right)$$

在《对数探源》中，李善兰还用尖锥求积术解决了对数函数的幂级数展开式。他求出了一尖锥合积

$$L(y) = by + \frac{by^2}{2h} + \frac{by^3}{3h^2} + \frac{by^4}{4h^3} + \dots$$

并证明了当 y_1, y_2, y_3, \dots 成等比级数时，与其相对应的 $L(y_1), L(y_2), L(y_3), \dots$ 成等差级数，故 $L(y)$ 具有对数的性质。

若 $by=1, y=\frac{n-1}{n}h$ ，则：

$$L\left(\frac{n-1}{n}h\right) = \frac{n-1}{n} + \frac{1}{2} \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{n-1}{n}\right)^3 + \dots$$

这是 n 的自然对数 \ln^n ，它相当于定积分：

$$\int_0^{\frac{n-1}{n}h} \frac{1}{h-y} dy = \ln^h - \ln\left(h - \frac{n-1}{n}h\right) = \ln^n. \quad \textcircled{1}$$

李善兰的这些工作大体与牛顿、莱布尼茨完成微积分学之前欧洲数学家关于前微积分的工作相类似，是他在接触西方微积分学之前完成的。尽管李善兰完成这些工作的数学知识中有明末以来传入的西方初等数学，但总的说来是在中国传统数学基础上完成的。那种认为中国传统数学无法发展为近代数学的

① 钱宝琮主编：《中国数学史》，科学出版社，1964年，第318-323页。



看法是站不住脚的。

以上从三个方面简要叙述了中国传统数学的主要方法及主要思想。应当提出,不仅同一方法从不同的角度,既可以用这种思想解决,又可以用那种方法解决,而且,有的方法是许多思想综合的结果。如中国传统数学中极其重要的成就四元术,即多元高次方程组解法,就是方程术与天元术的思想结合的结果,或许还有其他的思想。应当指出,许多方法,如大衍总术等,其造术途径,我们至今还不十分清楚,需要进一步研究。

三、俯察地理与地学思想

1. 大地形状和地动说

中国古代对大地形状的看法有 3 种观点：一是地平（或地方）说，二是地扁平说，三是地圆说。

（1）地平（或地方）说

中国古代的地平（或地方）观念起源很早，距今六千多年的河南濮阳西水坡 45 号墓就反映了“天圆地方”的观念。墓主人葬卧的方向为头南足北，头、南为天，足、北为地。墓穴平面图南部呈圆形，北部呈方形，象征天圆地方^①。

距今五千多年的辽西东山嘴牛河梁红山文化遗址中，也有象征“天圆地方”的圆形和方形祭坛^②。这是原始社会的人对天地形状的直觉观念。这种观念一代代往下传，就成了后人常见的观点被记录在古文献上。

《周易·说卦传》曰：“坤为地”，“为大舆”。认为地像是平整方正的大车厢。此说为后人屡屡提及，如：

战国宋玉《大言赋》曰：“方地为舆。”

① 《文物》1990 年，第 3 期。

② 《光明日报》1986 年 7 月 25 日。

《周礼·考工记·辘人》曰：“軫之方也，以象地也”。軾是车厢底部四面的模木，唐朝贾公彦疏曰：“軾之方也，以象地也者，据輿方而言，不言輿，言軾者，軾是輿之本，故举以言之”。即以軾比喻地，同以輿比喻地是一回事。

《晋书·天文志》引周髀家的话说：“地方如棋局”。就是说地方直平正像棋盘一样。

《周髀算经》曰：“方属地，圆属天，天圆地方”。意思也是地方直平正。

《大戴礼·天圆》篇记载了曾子对地方说提出的质疑：“如诚识天圆而地方，则是四角之不揜也。”揜是覆盖之意，曾子说，如果真是天圆而地方，那地的四个角岂不是不能被天所覆盖了吗？

此后，地平（或地方）说成为主流派，直到清朝末年还有市场，流传非常广泛。

（2）地扁平说

地扁平说在中国古代流传不广，出现在西汉《周髀算经》中，说是“地法覆盘”，即地的形状好像一个覆扣在地上的圆盆，天和地都是曲而，不是平面，中高外低，像是倒扣的半球形。此后刘宋何承天认为“地中高外卑”。唐代李淳风认为地“中高而四隤”。《晋书·天文志》引《周髀》的话说：“天似盖笠，地法覆盘。天地各中高外下，北极之下为天地之中，其地最高，而滂沲四隤。”五代邱光庭认为“地形中耸而边下”。南宋朱熹认为“地形如馒头”等等。表明这一思想在时断时续地向前发展。地扁平说虽然也不正确，但比地平（或地方）说进了一大步。

（3）地圆说

地圆说在中国古代不受重视，常常遭到批评。直到现在，仍有人不承认中国古代有地圆说。

自春秋时期曾子对地平说提出质疑之后，中国逐渐出现了地圆说。最初的地圆说表述不够明确，比较含糊。如战国《庄子·天下》载惠施有关地圆问题的思辨性言论就是如此。惠施说：“天与地卑，山与泽平”。意思是说，天和地一样卑矮，山和湖泽一样持平。这种情况只有地是圆球形才可能。此外，“南方无穷而有穷”，“今日适越而昔来”，“我知天之中央，燕之北、越之南是也”。这些现象都只有地为圆球形的前提下才可能产生。

《周髀算经》引陈子的话说：“东方日中，西方夜半。西方日中，东方夜半。”“日运行处极北，北方日中，南方夜半；日在极南，南方日中，北方夜半。昼夜易处，加时相反。”这也只有地是圆球形才可能。

东汉张衡《浑天仪注》曰：“浑天如鸡子，天体圆如弹丸，地如鸡子中黄，孤居于内，天大而地小。天表里有水，天之包地，犹壳之裹黄。”^①这里比较明确地指明了大地形状是圆球形。

在东汉晚期的画像石中，有一块画一个人立在半圆形球体上，球上刻有山峦、河流。半圆形球体象征地球^②。这幅画起码反映了当时的大地为半圆球的思想，如果结合张衡的论述，那么此画就是反映了当时的地圆思想。

东晋咸康中(335—342)，虞喜反对天圆地方，主张“方则俱方，圆则俱圆，无方圆不同之义也”^③。

北周甄鸾于天保五年(570)作《笑道论》，内引《文始传》云：“天地午子相去九千万万里，卯酉两隅，亦令转形。”即认为天为圆形，地亦为圆形。对此，甄鸾批评说：“天圆地方，道家恒述，今

① 瞿昙悉达：《开元占经》卷一引。

② 《考古》，1985年，第9期。

③ 李淳风：《晋书·天文志》。

四隅与方等量,则天地俱圆矣。”

《文始传》乃道家著作,作者以地圆立说,批评者以天圆地方说讥之。这是我国古代最早最明确的地圆说,只是它处于被批评和受嘲弄的境地。

唐代李淳风的浑天说中,可能就认为地为球形。而李华的《无疆颂》之八中,我们看到了这样的句子:“地博天崇”(一作“天博地崇”)^①。博,团也;崇,高也。李华很可能是说地圆天高,是以地圆思想立说的。

有人指出,在我国曾出土过数十枚东罗马时代的金币,其中有6枚属于北齐承光元年(577)到唐玄宗开元元年(714)间者,墓葬中出土的金币上铸有地球的图案^②。这表明,西方关于地球的观念早在隋唐时期已传入我国,它对接触到这些金币的人大约会有某种影响。开元年间九执历的传人和大衍历的编制,其中在关于月食计算的讨论中,都提及地体暗虚半径的概念,这则是古印度地圆说对历法界影响的反映。这些情况说明,隋唐时期外来的地圆思想已在中国传播,而且少数中国学者依稀对地圆思想有所论述。

五代邱光庭在《海潮论》中说:“天地相将,形如鸡卵。”后人对这句话的注文曰:“黄即地,白即水,膜即刚气,壳即天也。”^③注文不知何时何人所为,但它基本上反映了邱光庭的浑天说,但又有所不同,一是大地不再是中空的陶器状物,二是气圈被压缩成膜状。其中最值得注意的是“黄即地”之说,它明确无误地把大地

① 李昉等:《文苑英华》卷七七四。

② 江前进:《从出土东罗马金币上的地球图案探讨西方地圆概念隋唐时期在中国的传播和影响》,《科史薪传》,辽宁教育出版社,1995年。

③ 董诰等:《全唐文》卷八九九。

比作鸡蛋黄,这是大地为球形的毋庸置疑的表述。

北宋程氏兄弟关于“适而不为中”的论述,也似乎触及到关于地圆的概念。

南宋末年,李如篴在《东园丛说》卷中里谈及他以前无名氏的天地结构说,以及他自己的看法:“旧说:天形如卵,地形如卵黄,中高而四隤。予尝深究之,天形如卵,是也。谓如卵黄,中高而四隤,非也。”这里所谓“旧说”,不知为何人所说,它把对天形和地形的比喻明确分开加以描述,一为卵壳,一为卵黄,和前人将天地的相对位置比作卵壳与卵黄的关系有根本的差别。李如篴本人是力主地平如饼的,所以他认为“地形如卵黄”之说“非也”。由此看来,李如篴所引“旧说”是为地圆说的明确论述当无疑问。只是地圆说又一次处于被批评、被否定的地位。

元代,西方地圆说的思想再次传入。元世祖至元四年(1267)扎马鲁丁造西域仪象7件上呈,其中有地球仪一件:“苦来亦阿儿子,汉言地理志也。其制以木为圆球,七分为水,其色绿,三分为土地,其色白。画江河湖海,脉络贯串于其中。画作小方井,以计幅圆之广袤、道里之远近。”^①

这一回则是反映地圆说的仪器的传入,它比一般的地圆思想更加形象与具体地反映大地的细部状况,即便它仅呈现在深宫之中,但其意义和影响均不可低估。

元代李冶(1192—1279)在《敬斋古今劄》卷一中明确地提出天地均为正圆形,说:“天地正圆如弹丸。地体未必正方,令地正方,则天之四游之处,定相窒碍。”他认为大地的形状接近于球体。

^① 《元史·天文志一》。

伊世珍在《瑯嬛记》中有一段有趣的对话：“姑射谪女曰：天上地下而人在中，何义？九天先生曰：谓天外地内则可，谓天上地下则不可。天地人物不犹鸡卵乎？天为卵壳，地为卵黄，人物为卵白。”这里九天先生讲得很明确：地乃是悬于天内之一物，于是，地上的天是在地之上，地下的天却是在地之下，所以不能笼统地说天上地下。他的比喻非常恰当：天地人物总体的相对位置与鸡卵的卵壳、卵黄、卵白的状况相类似，而且天形像卵壳，地形似卵黄，而人物则好比附着于卵黄（即地）周围的卵白。这自然是明确的地圆说，而且还明确地表述了地球的四周均有人物生存的重要思想。

黄镇成（1287—1362）在《尚书通考》卷一中有以圆圈代表地体的图像，把地体画作两个同心圆圈，并注明“地内”、“道静”字样，以示圆形的地孤居于天内并静止不动之意。在图的说明文字中，黄镇成亦明确指出：“内轮像地，不动，以定正南之位”。这就是说，黄镇成是明确无误地把地体画成了球状的图像。

明代，宋濂在论及月食和与之密切相关的天地结构时说：“月圆如珠”，“月上地中，而日居下，地影既隔，则日光不照”，“盖地居天内，如鸡子中黄，其形（影）不过与月同大。地与月相当，则其食既矣”。^①意思是说，地形如鸡子中黄，而且其大小与月同大，对地体形状大小的描述直接而且明确。宋濂关于地为球体之说，是否受到当时来自西域学者地圆说的影响，不得而知。但宋濂一定知道扎马鲁丁在元初传入的地球仪，则是毋庸置疑的。

明代黄润玉在《海函万象录》中对于他的浑天观作了一段形象的描述：“予幼时戏将猪尿胞盛半胞水，置一大干泥丸在内，用

^① 宋濂：《文宪集》卷二八；唐顺之：《荆川稗编》卷四九。

气吹满胞，毕见水在胞底，泥丸在中，其气运动如云，是即天地之形状也。”他也认为地体为一球体，但地球则浮于水之上。在天地结构的总体框架上，黄润玉回归到张衡浑天说，但地为球体则是对张衡浑天说的重大修正。这是用实验方法验证地圆说。

朱载堉在《律历融通·黄钟历议·月食》中直截了当地指出有一种旧说认为大地为球体的观念，曰：“旧说：日月与地，三者形体大小相似，地体亦圆而不方，其大止可当天一度半。而天周当地径二百四十余倍也。”

中国古代的地圆说，有从中国传统天文学内部发生、发展的机理存在，它又不断受到外域地圆说的刺激与影响，隋唐和元明时期是如此，明末西方传教士东来以后更是如此。

明末，最先把西方地圆说传入中国的是意大利传教士利玛窦，他在《山海輿地图自序》(1598)中指出：“地形本圆球”，随后在利玛窦的《乾坤体义》(1605)、熊三拔的《简平仪说》(1611)和《表度说》(1614)，以及《职方外纪》(1623)，傅泛际、李之藻的《寰有诠》(1628)等著作中都作了进一步的介绍。入清以后，介绍地圆说的著作就更多了。南怀仁、汤若望、蒋友仁等传教士继续在中国传播西方的大地球形说。不少中国学者向这些传教士学习西方的科学知识，接受了大地球形说，如孙兰、杨岫等。此后，地圆说在中国站稳了脚跟，并逐渐取代了地平说。该说的传入，大多数人还是采取欢迎的态度，如利玛窦传人的世界地图一版再版，便是证明。又如方以智、梅文鼎、李光地等人在有关著作中均申述此说，有的还指出地圆说在中国古已有之，甚至是源于中国，多为牵强之论，但这却在表明地圆说还是广被重视的。但鉴于中国传统的占主导地位的天圆地方观念，以及对地圆说本身的不理解或由之而引起的疑虑，也有一些人对地圆说提出种种

驳难^①。杨光先(1597—1669)在《不得已·孽镜》中提出的问题就颇具代表性:

“(地)球上国土人之脚心与球下国土人之脚心相对,……竟不思在下之国土人之倒悬。……人夫顶天立地,未闻有横立之人也。

夫水天下之至平者也,不平则流,平则止,满则溢,水之性也。果大地如圆球,则四旁与在下国土洼处之海水不知何故得以不倾?

(地)如以为浮于虚空,则此虚空之大地必为气之所鼓,运动不息,如天之行一日一周,方成安立。既如天环转不息,则上下四旁之国土、人物随地周流,昼在上而顺,夜在下而倒,人之与物亦不成其为安立矣。”

这三个问题:对踱人问题,地四旁和地下之水将流泄不止的问题,以及人与物将在地上飘移的问题,都是在西方认识地球说和地球自转说的过程中遇到的难题,这些难题只有在牛顿万有引力学说成立以后才最终得以解决。所以,杨光先提出这些问题本是无可厚非的。但是,杨光先的思想也过于保守,以致回归到地浮水上,天包水外的旧浑天说上去:

“天之一气浑成如二碗之合,上虚空而下盛水,水之中置块土焉,平者为大地。”

这种结构所存在的无法解释的问题当然并不比地球说为少,杨光先对此却不假思索地重提旧说。杨光先甚至还在主张尾闾之说:

^① 郭永芳:《西方地图说在中国》,《中国天文学史文集》第4集,科学出版社,1986年。

“水输东注，泄于尾闾，闾中有气机为水所冲射，故轮转而不息，而天运以西行，此动闾之理也。……水泄于尾闾，气翕之而轮转为泉以出于山谷。”

这种设想的具体机制也困难重重，杨光先亦不假思索地旧话重提。这些则证明了杨光先确实带有一种偏见，而偏见比无知则更为可悲。

(4)地动说

关于大地运动的思想，战国时期《管子·侈靡篇》提出：“天地不可留，故动”。

在《尸子·君治》中载有战国时期尸佼的一段话：“天左舒而起牵牛，地右辟而起毕昴。”^①他认为天左旋的起点在牛宿，而地右动的起点在毕宿和昴宿之间。牵牛初度是战国时期人们公认的冬至点的所在，说天左旋起自牵牛，当是就天在一年中左旋的起点而言，那么，地右动起自毕昴，也应指地在一年右动的起点。所以，这可能是关于地有四游思想的最早的论述。

秦代李斯《仓颉篇》说：“地日行一度，风轮扶之。”这条资料有人指出是不可靠的，其误解源自清代的谭嗣同^②。显然，谭嗣同是将一部题名为“庖牺氏先文，公孙轩辕氏演古籀文，仓颉修并注”的《易·乾坤凿度》的一段注文误解为“仓颉云：地日行一度，风轮扶之”。其实这段注文的意义应是说天“每一日行一度，以假风轮扶之”。所以不应当以谭嗣同的误解为准。

后秦姜岌《浑天论》中，在介绍原先的地有四游、升降说时指

① 李昉等：《太平御览》卷三七。

② 石云里：《中国传统地动说及其引起的分歧与争论》，《自然辩证法通讯》，1992年，第1期。

出,它们乃是《周髀》所云^①。唐代孔颖达在《礼记·月令》疏中也指出:“然郑(玄)四游之极,原出《周髀》之文”,即认为郑玄对《尚书·考灵曜》所作注释中关于地体与星辰四游之说源自《周髀》之说。唐代杨炯在《浑天赋》中更指出:“有称《周髀》之术者曰:阳动而阴静,天回而地游,天如倚盖,地若浮舟”^②,明确地把地游之说作为周髀家盖天说所包涵的内容,其中所谓“地若浮舟”大约与《尚书·考灵曜》所说的人在大舟中,舟行人不觉的比喻有关。姜岌等人之说可以互为补充,要旨则一,都以为地有四游之说先由盖天家所提出。果若如此,则地有四游之说是在两汉之际被浑天家加以改造纳入自己的体系之中,自此成为一个不容忽视的学派。它是与地静说相对立的,而地静说是中国古代占主导地位的观念。

西汉末《尚书·考灵曜》明确提出,地有四游,有升降。该书早已失佚,现只能依据清代马国翰《玉函山房辑佚书》的引述窥其一斑。书曰:

“地有四游,冬至地上,北而西三万里;夏至地下,南而东复三万里;春秋二分其中矣。地恒动不止,而人不知,譬如人在大舟中闭牖而坐,舟行而人不觉也。”

对于“冬至地上”、“夏至地下”和“春秋二分其中矣”,郑玄的解说是:“地盖厚三万里,春分之时,地正当中,自此渐渐而下,至夏至之时,地下游万五千里,地之上畔与天中平;夏至之后,地渐渐而上,至秋分,地正当天之中央,自此渐渐而上,至冬至上游万五千里,地之下畔与天中平,自冬至后,地渐渐而下”。即认为地

① 裴县悉达:《开元占经》卷二。

② 《玉海》卷四,引《文粹》。

在一年内，自春分—夏至—秋分—冬至—春分，分别作向下一上一上一下的循环往复的升降运动。冬至和夏至时，地分别升至最高处和最低处，春秋分时，地体中心正好在四表天球的水平中心线上。每经一个季节地升降的幅度均为“万五千里”。

关于“北而西三万里”和“南而东复三万里”，说的是地在作升降运动的同时，自冬至—春分—夏至—秋分—冬至，地还分别作向南向西—向东向南—向北向东—向西向北的平移闭合运动。春分、夏至、秋分和冬至时，地分别行至最西、最南、最东、最北点。地体中心向东、向南、向北、向西移动与四表中心的最大距离是多少？这可以有两种理解：一是1.5万里，即从冬至到春分，地体向南、向西各移动1.5万里，合而为3万里，所以说“北而西三万里”云云；二是3万里，即从冬至到春分，地体向西移动3万里，所以说“北而西三万里”云云。虑及郑玄明言地体每经一个季节升降的幅度均为1.5万里，我们倾向于认为理解一是更可取的。

关于“地恒动不止”云云，这是以运动相对性原理，对地动说作十分精彩的论证。《尚书·考灵曜》的作者认为，在一个封闭的系统内（如在一个封闭的大船中），人居其中是很难判定该系统是否在运动，即便这个系统在平稳地运动，人也难以察觉。这一认识显然来自作者的切身体验。这正可以作为人虽无知觉，而地却在作四游、升降运动的证明。在欧洲，伽利略在1632年发表的《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》中，也曾以类似的描述证明哥白尼日心地动说的正确性。

在另一部纬书《春秋·元命包》中有“天左旋，地右动”^①。“地

^① 徐坚：《初学记》卷五。

所以右转者，禀浊精少，含阴而起迟，故转右迎天，佐其道”^①。这同《尚书·考灵曜》所说的恒星天球自东向西运转，及地体自西向东运行是大体一致的。而且它从阴辅佐阳的观点，对地体之所以右动作了说明。

又一部纬书《河图·括地象》中也有与之相似的记载。它们所表述的都应是相同的观念。看来，在两汉之际地有四游的思想是相当流行的。

后秦姜岌是地动说的真挚信奉者，在《浑天论》^②中他给出了另一种天地运动的模型。他认为日行不行赤道，只是由于一年内不同时间里地体和恒星天球四游、升降的不同状态，造成了以下日行的视现象：夏至时，日在赤道极北，随后南移，秋分时经过赤道还继续南移，冬至时南移至极，旋即北移，春分时经过赤道，仍继续北移，夏至时北移至极，如此循环往复。

对于地体的升降运动和南北运动对太阳地平高度的影响，姜岌作了专门的论述。对于恒星天和地体的四游、升降，他也给出了与《尚书·考灵曜》完全不同的描述。由此可知姜岌天地结构与运动模型可以解释一年中太阳地平高度的变化，以及日出没方位和昼夜长短的变化。姜岌模型是对《尚书·考灵曜》模型的重大改造，它坚持了地动说，并应用了浑天说的若干重要数据。不过，由于它毕竟不是对地球、太阳等运行的真实反映，所以难免捉襟见肘，处于一种牵强凑数与含糊不清的状况。

唐代孔颖达在为《礼记·月令》作疏解时，在不改变《尚书·考灵曜》天地结构总模型和尺度的前提下，提出了地体和恒星天球

① 李昉等：《太平御览》卷三六。

② 瞿昙悉达：《开元占经》卷二。

四游、升降的新模式。在孔氏模型中,地体与恒星天体同步四游、升降,这一点与姜岌模型相同,故它能解释包括北极在内的所有恒星相对位置不变的天象,当然同样也不能说明恒星周年位置变化。孔氏模型与《尚书·考灵曜》模型相同者仅有:春秋分时,地体分别西游、东游至极,且地体的升降适中,以及冬、夏至时,地体分别居最高和最低处等,其余则全然不同。依孔氏模型,自立春到立夏,以及自立秋到立冬,地体并无升降,在这两段时间内,地体上表面某处与日道的距离的远近变化很小,所以很难解释其间太阳地平高度的变化。即便考虑地体上表面某些与日道距离的远近变化,有时尚可对太阳地平高度的变化勉强作定性的说明,如自春分到立夏,太阳地平高度应在日渐增大,依孔氏模型,此时地体与日道的距离日渐减小,人们尚可见到太阳地平高度在增大;可是,有时却起到相反的作用,如自立春到春分,太阳地平高度也应在日渐增大,而此时地体与日道的距离却日趋增大,人们却看到太阳的地平高度在减小。

孔颖达模型基本上不能说明太阳地平高度的四季变化。与《尚书·考灵曜》模型、姜岌模型比较起来,孔氏模型是更为粗疏和不合理的。

以上提及的地有四游、升降说均为浑天说的一个特殊流派,它认为天体如弹丸,日月星辰均附着于天球之上(与正统浑天说的区别在于,它认为日另附于四表天球)。地有四游、升降说的着重点是为日、恒星周年运动的状况提供别具一格的说明。

可是,地有四游、升降说的天地结构与运动模型也存在许多重大的欠缺,它没有对地球的运动作正确的描述,对若干天象的解释存在顾此失彼的弊病,对太阳地平高度变化等的解释也只能是半定量的,甚至只是定性的,而且对于月亮、五星的运动未

置一词,也是其一大弱点。

在唐代的诗文中,也可见到不少关于地动的描述。张说《进浑仪表》有“究天地之斡运,极乾坤之变化”^①的说法。杜甫的《江涨》诗云:“大声吹地转,高浪蹴天浮。”^②武元衡《刘商郎中集·序》曰:“天运地转,刚柔生焉。”刘允济的《地赋》有“功宜右转,道叶上升”之句。赵冬曦《三门赋》有“合如地转,散若天裂”^③之说。元稹《望云雕马歌》则有“天旋地转日再中,天子却坐明光宫”^④之句。这些诗文表明,在唐代一些士人心目中,地体的运动是自然而然的,而且颇具浪漫色彩。

宋代以后,人们对地有四游、升降说发生了争论。北宋仁宗景祐年间(1034—1038),太史局杨惟德等人编成《景祐乾象新书》中,对四游、升降说作了明确的否定,而且是以官方著作的权威面目出现的。但其后不久,张载又重申了五代邱光庭的地有升降之说。地有四游、升降之说并未因官方的否定而消失。

南宋赵与时在《宾退录》卷四中写道:“古今论天体者人人殊,然天主于动,地主于静,未有谓地动者也。惟《考灵曜》曰地有四游……,其说独异。”这大约反映了当时一般士人的心态,一方面主张地静而不动,一方面又不能无视地动观点的存在。

朱熹在地静或地动之间也处于矛盾的境地。一方面他明确无误地论述地在天之中间,静止不动;另一方面他又赞同地有四游、升降之说,并为地体的运动作软弱的辩护。

朱熹以后,宋元时期的学者中,在论及地时,主四游说者有

① 李昉等:《文苑英华》卷六一三。

② 《九家集注杜诗》卷二二。

③ 李昉等:《文苑英华》卷三四。

④ 《长庆集》卷二四。

之，坚决反对者有之，游移于二者之间者亦有之。如：

王应麟在《六经天文编》卷七中主地动说。

车若水在《脚气集》中主张天是动中有静，地是静中有动。一天昼夜的变化，与天静有关，一年寒暑的变迁，则与地动有关。天静是受地体的牵制，地动是受天运的带动。

李如篴在《东园丛说》中反对地动说，认为地有四游之说“非至当之论也”，“殊不知地至静之体，安得有迁动转移而上下升降、南北往来之理哉！”

元代陈师凯在《书蔡氏传旁通》卷一中也否定地动说，曰：“天动地静，地气虽升降，而地之体则隤然不动。所谓四游，决无此理”。

除了地有四游、升降说以外，中国古代关于大地在运动着的思想，在一些文献中有所记述。如天旋地转说、地轴论、大地升降说、地旋说等等，它们分别表述了大地周年运动或大地自转思想。

元代杨维桢在《虚舟记》中记述了地体自转说，曰：“客欲知夫舟之神且大乎？天一气也，气，水也。地一舟也，地至重而浮游于一气旋薄之中，未尝溺也。”^①在《书画舫记》中又说：“大地表里皆水也，大罗境界一渣之浮，急旋水中央而人不悟，悟者必在旋之外也。吁！天一大瀛也，地一大舫也。至人者以道为身，入乎无穷之门，超乎无初之根，斯有以见大舫于舫之外，子能能之乎？”^②

杨维桢以凡人的身份承认大地是至重之物，他又以至人的身份指出大地在茫茫太虚之中只不过是一浮渣而已。他认为大

① 杨维桢：《东维子集》卷十八。

② 杨维桢：《东维子集》卷十五。

地是浮游于天之中、在气之中旋转不已的一重物,或者说像是快速旋转于水中央的一浮渣。他指出,凡人是感觉不到大地的这种快速转动的,而至人则可以置身于大地之外,看到大地在快速地旋转。杨维桢把大地比作一大舫,把天比作一大水,他说凡人感觉不到大地的急速转动,显然是依据《尚书·考灵曜》等提及的运动相对性原理。如果人跳出大舫之外,就能看到大舫的运动,这就是至人能够看清大地在快速旋转的原因。杨维桢对大地自转的描述和论证都是十分精到的,是为中国古代关于大地自转的明确无误的论述。

关于地轴说,两汉之际的纬书《河图·括地象》最先提及地轴的概念,曰:“地下有八柱,柱广十万里,有三千六百轴,互相牵制”^①。“昆仑之山为地首,上有握契。满为四渎,横为地轴。上为天镇,立为八柱。”^②

这里所谓三千六百轴应分属于承托地体的八柱。古人认为昆仑山是地体的最高处,所以说是为地首。“握契”可能是“握楔”之意,其意大约是地首之上有可供执握的楔子状的东西,这相当于地体转轴的一头。既称之为轴或地轴,也许可以理解为地体可绕之旋转。如果这种理解无误,《河图·括地象》的这些说法是表述了地体作某种形式自转的观念。另一部纬书《易·乾坤凿度》也有“坤母运轴”之说,表述的也是同一观念。

西晋木华在其《海赋》中有“又似地轴挺拔而争回”^③之句,他所理解的地轴当是地体绕之运转的轴。

① 肖统:《文选》卷十二“海赋”注引。

② 李昉等:《太平御览》卷三八。

③ 肖统:《文选》卷十二。

北周王褒在《善行寺碑》^①中把天枢和地轴相提并论,认为群星绕天枢北辰运转,群星均依附于天球,故即天球绕通过北辰的天轴旋转;而地轴当指昆仑山而言,“争环”可理解为江汉百川绕地轴昆仑山运转,也可以理解为地体绕通过昆仑山的地轴旋转,百川江汉均依附于地体,也就一起绕地轴昆仑山运转。王褒还曾有“天回地旋”之说,虑及此可知后一种理解当是可信的。

差不多与王褒同时的北周庾信(513—581),在其诗文中更屡屡申述地体自转的观念。他常常把地轴与天关、天枢等相提并论,用回、转等形容地轴的运转,认为地体是方形的,形如方珪,而且地体是左转的。即把方形的地体绕地轴从东向西自转的思想表述得十分清楚。

唐代,关于地轴及地体自转思想在一些士人的诗文中继续得到反映,表明地体自转的思想在唐代相当普及。此外,在瞿昙悉达主编的《开元占经》卷六一中,引有《地轴》一书的占文,该书的全貌已不得而知,但以地轴为书名这一事实本身,也说明在唐代或其前人们对地轴的观念是并不陌生的。

元代还有人在讲地轴,侯克中的《八阵图说》就有“地轴天衡各有冲,前为虎翼后飞龙”^②之句。可见地轴说依然保留在当时人的观念之中。

2. 人地关系思想

中国古代的人地关系思想包括4个方面的内容,即:环境选择、环境决定论、三才论和环境保护。

^① 欧阳询:《艺文类聚》卷七六。

^② 《良斋诗集》卷一。

(1) 环境选择

中国古代的环境选择思想可以追溯到旧石器时代。虽然那时的人对生存环境的选择还谈不上是自觉的,只能说是古人类的一种本能,是人类为了适应生存环境,而被迫去寻找既能躲避自然灾害,又有丰富食物资源的地方居住。这是一种下意识的环境选择。由下意识的选择逐步过渡到有意识的选择,经历了旧石器时代上百万年的时间。

新石器时代,人们已经积累了一些选择环境的知识,比如:居住地点基本上都选择在河流沿岸的台地或阶地上;或河流曲流的地形部位;或依山傍水,背风向阳的地方;或大河下游平原的土墩上;或沿海岸边的高阜冈丘上。此时人们对环境的选择大多数是有意识的选择,具备了一定程度的环境选择思想。也可以说出现了最原始的相地术。

商代甲骨卜辞中有卜问在唐土作新邑是否合适的文字,也是环境选择思想的反映。

周代曾多次迁都和营建新邑,每次都要相地,勘察地理环境是否合适。《周礼·大司徒》把当时相宅(选择地址)的目的讲得很清楚,说相宅是为了选择一个好地方发展生产,使生活更富裕。书中写道:“以土宜之法,辨十有二土之名物,以相民宅,而知其利害,以阜人民,以蕃鸟兽,以毓草木,以任土事。”

1) 历代都城的选址

历代都城地址的选择,具体体现了古人的地地关系思想。

周成王选择洛邑建都,背山面河,处天下之中,四方人贡道里均等^①,具有重要的战略地位。

^① 司马迁:《史记·周本纪》。

秦都咸阳，依山面水，是关中东西大道的分界线，也是控制关中平原的要害地区。这正如《管子·乘马》所说的：“凡立国都，非于大山之下，必于广川之上。高毋近旱而水用足，下毋近水而沟防省。因天材，就地利，故城郭不必中规矩，道路不必中准绳。”这就是说，凡是选择国都地点，不是在大山脚下，就是在大河岸边，高度不要因为太高缺水而干旱，要确保用水充足；也不要过于低洼靠近水边，而是选择洪水线以上的地方，这样可以省去堤防工程。因地制宜，就地取材，城郭形状不必是正方形，道路不必笔直。这是从实际出发确立的选择都城地址的原则，有很高的实用价值。也是从自然环境考虑确立的都城选址原则。

除了从自然环境条件来确立都城选址原则外，秦朝的都城选址原则还要考虑社会思想意识，这就是当时已非常流行的“天人合一”思想或“地法天”思想。“地法天”理论来自老子，《老子·第二十五章》曰：“人法地，地法天，天法道，道法自然。”这里的“法”就是效法，天上有什么，地上也要有什么。天上有银河，地上也可以找一条河象征银河。《三辅黄图》记载：“（始皇）二十七年作信宫渭南，已而更命信宫为极庙，象天极。自极庙道骊山，作甘泉前殿，筑甬道，自咸阳属之。始皇穷极奢侈，筑咸阳宫，因北陵营殿，端门四达，以则紫宫，象帝居。渭水贯都，以象天汉；横桥南渡，以法牵牛。”这就是从规划设计上贯穿“天人合一”思想，把地上的宫殿与天上的星座对应起来，每年十月，天象恰与咸阳城的布局吻合。此时天上的银河与地上的渭水相对应，阁道与经由横桥通达信宫的复道交相辉映，而咸阳宫则与紫微宫相对应，横桥像鹊桥。秦始皇居住在这里，犹于置身在一个天地人间一体化的世界，把天上、人间最美好的地方占为己有，满足了他的物欲，更满足了他的政治野心。从此以后，都城选址的这条思想原则就一

直影响到中国整个封建时代。

汉都长安,左殽函,右陇蜀,沃野千里,南有巴蜀之饶,北有胡苑之利,阻三面而守,独以一面东制诸侯。用娄敬的话来说是:“夫秦地被山带河,四塞以为固,卒然有急,百万之众可具。因秦之故,资甚美膏腴之地,此所谓天府。陛下入关而都之,山东虽乱,秦故地可全而有也。夫与人斗,不搯其亢,拊其背,未能全胜。今陛下入关而都,按秦之故,此亦搯天下之亢而拊其背也。”^①田肯也说:“秦,形胜之国,带河山之险,县隔千里,持戟百万,秦得百二焉。地势便利,其以下兵于诸侯,譬犹居高屋之上建瓴水也。”^②从战略上看,从自然环境条件看,都是很理想的都城地址。但它位于龙首原北麓,近渭水南岸,地势较低,土地咸卤,在生产上、军事上不利。在城市设计布局上,汉长安城的四边除东边稍直外,其余三边均有曲折,尤以北边和南边为甚。这种不规则的形状,被《三辅黄图》的作者说成是“城南为南斗形,北为北斗形,至今人呼汉京城为斗城是也”。

隋文帝杨坚看到了汉长安城的缺点,去旧图新,把都城迁到龙首原南麓。这样,汉都城的缺点克服了,隋都城则处在高燥、临水的优越地理环境中。在都城设计上,宇文恺利用龙首原南麓大兴地区六条冈阜的地形特点,结合易学理论进行设计。他把六条冈阜看作是乾卦的六爻,地形上最高的一条九二置宫阙,是皇帝居住的地方;稍低的第二条冈阜九三立百司,为中央各部门办公之地。九五这一条虽然在地形上比九三低,但在乾卦中九五位贵,不是凡人居住之地,所以在此地盖庙宇,修玄都观、兴善寺

① 《汉书·娄敬传》。

② 司马迁:《史记·高祖本纪》。

等,让神灵去住。这种设计,使统治机构处于全城制高点上,宫室、百官衙署都占据高地,显示出统治者高高在上,主宰天下,传之万世的思想 and 气派。从安全上说也是可靠的,处于监视下层百姓的位置。由于大兴城环境条件好,故唐朝也定都大兴城,改名为长安城。

洛阳城从诞生至今,至少有 3600 多年的历史了。这在中国六大古都中是首屈一指的^①。东汉光武帝选择洛阳作都城的理由是:

第一,与周朝选洛阳建王城的理由一样,认为洛阳是天下之中,地处中原,距四方的道里大致相等,便于控制全国。正如娄敬对汉高祖说的:“成王即位,周公之属傅相焉,乃营成周都雒,以为此天下中,诸侯四方纳贡职,道里钧(均)矣。”^②

第二,洛阳附近有伊、洛、廛、涧诸水,自古水利方便,农业发达,给养充足。

第三,它“左据成皋,右阻澠池,前乡(向)嵩高,后介大河”^③。就是说洛阳平原东有巩县的虎牢关可供扼守,西有新安的函谷关为屏障,南有嵩山辘轳(今十八盘)和伊阙(今龙门口)当天然门户,北有逶迤的邙山和黄河天险。“河山控戴,形势甲于天下”^④。军事上防守比较容易,比较安全。

缺点正如娄敬说的,面积太小,不过数百里,一旦四面受敌,非用武之地。

东汉洛阳城的规划设计是按易学理论安排的。全城呈南北

① 《洛阳日报》1984年4月24日。

② 司马迁:《史记·刘敬列传》。

③ 《汉书·翼奉传》。

④ 顾祖禹:《读史方輿纪要》。

长方形,南临洛水,北抵邙山,东西六里,南北九里,又叫九六城。为什么要选九、六这两个数字呢?因为在《易经·系辞》中,九代表天,六代表地,九六城就是一个小天地。九又代表皇帝,六代表皇后,因此,九六城意味着皇宫。隋炀帝大业元年(605)命宇文恺设计建筑东都城,“东直洛水之口,北倚邙山之塞,东出廛水之东,西出涧水之西。洛水贯都,有河汉之象焉”^①。

三国时,东吴大臣张纮曾劝孙权定都秣陵(今南京市),说:“秣陵,楚武王所置,名为金陵。地势冈阜连石头(城),访问故老,云昔秦始皇东巡会稽经此县,望气者云:金陵地形有王者都邑之气,故掘断连冈,改名秣陵。今处所具存,地有其气,天之所命,宜为都邑。”孙权说,你的意见很好,但我不能照此办理。后来刘备来东吴,宿于秣陵,周观地形,亦劝孙权定都秣陵。孙权曰:“智者意同。”遂定都于此。^②《建康实录》引张勃《吴录》则说:“刘备曾使诸葛亮至京,因观秣陵山阜曰:钟山龙盘,石头虎踞,此帝王之宅也。”

从地形上看,南京北濒长江,号称天堑;东依钟山,天然屏障;南控秦淮河,北临玄武湖。地形复杂,山川险固,气象雄伟。周围有肥沃的平原,有发达的农业,供给充足,的确是建都的好地方。据《明太祖实录》卷四五记载,明初为选择都城地址曾有过一番讨论:“初,上召诸老臣问以建都之地。或言关中险固金城天府之国;或言洛阳天地之中,四方朝贡道里适均,汴梁亦宋之旧京;又或言北平元之宫室完备,就之可省民力者。上曰:所言皆善,惟时有不同耳。长安、洛阳、汴京实周、秦、汉、魏、唐、宋所建国,但

① 《历代宅京记》卷九。

② 《历代宅京记》卷十三。

平定之初，民未苏息。朕若建都于彼，供给力役悉资江南，重劳其民；若就北平，要之宫室，不能无更作，亦未易也。今建业长江天堑，龙盘虎踞，江南形胜之地，真足以立国。”洪武元年(1368)明朝定都南京，其主要依据是自然环境条件。

古都北京，历代选择它定都的依据也主要是自然环境条件。如《金史·梁襄传》曰，燕都地处雄要，北依山险，南压区夏，若坐堂隍，俯视庭宇。《元史·木华黎传》曰，幽燕之地，龙盘虎踞，形势雄伟，南控江淮，北连朔漠。《元史·郝经传》曰，燕东控辽东，西连三晋，背负关岭，瞰临河朔。《明太宗实录》曰，北京河山巩固，水甘土厚，民俗淳朴，物产丰富，诚天府之国。它北枕居庸，西峙太行，东连山海，南俯中原，沃野千里，山川形胜，诚帝王万世之都。《读史方輿纪要》说北京是“视中原，居高负险，有建瓴之势”。

选择北京作都城除了自然条件外，古代人还很注重是否符合风水理论，是否符合天人合一原则。如：

唐代著名风水师杨益说：“燕山最高，像天市，盖北平之正结。其龙发昆仑之中脉，绵亘数千里……以人中国为燕云，复东行数百里起天寿山，乃落平洋，方广千余里。辽东辽西两枝关撒，黄河前绕，鸭绿后缠，而阴、恒、太行诸山与海中诸岛相应，近则滦河、潮河、桑干河、易水并诸无名小水，夹身数源，界限分明。以地理之法论之，其龙势之长，垣局之美，干龙大尽，山水大会，带黄河，扞天寿，鸭绿缠其后，碣石钥其门，最是合风水法度。以形胜论，燕蓟内跨中原，外控朔漠，真天下都会。形胜甲天下，扞山带海，有金汤之固。”^①

南宋朱熹分析说：“冀都是正天地中间，好个大风水。山脉从

^① 《人子须知》引。

云中发来,云中正高脊处,自脊以西之水则西流入于龙门西河,自脊以东之水则东流入于海。前面黄河环绕,右畔是华山耸立为虎。自华来至中原为嵩山,是为前案。遂过去为泰山,耸于左,是为龙。淮南诸山是第二重案,江南诸山及五岭及为第三、四重案,正谓此也。”^①

明朝大学士李时勉在《北京赋》中盛赞北京好风光:“仿成周之卜洛……右挟太行,左据碣石,背叠险兮重关,面平原兮广泽;宗恒岳其巍巍,镇医闾而奕奕,冠九州之形势,实为天府之国……于是仰瞻析木,俯测地灵,龟筮兆吉,天人协应……识景表营。方位既正,高下既平。群力毕举,百工并兴……其东则潞河通漕,控引江淮。肥如滦涿,灌注萦回……而蛮商番舶,帆樯隐天,上下不绝而往来……其西则崇山郁翠,高挹泰岱。北接居庸,南首河内。奇峰拥关,龙门阻隘。玉泉垂虹,青烟浮黛。”

清人吴长元论述北京风水时说:“北京青龙水为白河,出密云,南流至通州城。白虎水为玉河,出玉泉山,经大内出都城,注通惠河,与白河合。朱雀水为卢沟河,出大同桑干,入宛平界。玄武水为湿余,高粱,黄花,镇川,榆河,俱统京师之北,面东与白河合。”^②

上述诸人的论述,基本上对北京的形势和环境有了比较准确的把握,特别是杨益、朱熹从全国范围来看北京山川形势和地理环境,更高人一筹。因为从全国范围来看,北京山水形势更符合紫微垣局,更符合天人合一的原则。

① 《人子须知》引。

② 丁等编著:《中国古代风水与建筑选址》,河北科技出版社,1996年,第176页。

历代选择都城地址时,还要贯彻“择中”原则。最先提出这个原则的是周成王。《吕氏春秋·慎势》也说:“古之王者,择天下之中而立国,择国之中而立宫,择宫之中而立庙。”

2) 聚落、村庄、住宅的选址

选择聚落、村庄、住宅地址的原则是“依山傍水”。所谓“依山”,并不是在崇山峻岭上,相反,乃是在山前平原或山间盆地上。在此基础上,再看周围的山势,要求背靠大山,前低后高,四围山高,中央低平。即使是大平原,也要四周有水或稍高的冈垆围绕,形成封闭式的环境单元。所谓“傍水”,也有几条原则:第一,位于两条河交汇处;第二,位于河的一岸或两岸;第三,位于海滨、港湾;第四,注意水质。^①

宋代郭象在《睽车志》中提出五箭之地不宜居住的观点。所谓五箭之地乃是:“一曰风箭,峰巔岭脊,陵首陇背,土囊之口,直当风门,急如激矢之地。二曰水箭,峻溪急流,悬泉泻瀑,冲石走沙,声如雷动,昼夜不息之地。三曰土箭,坚刚烁燥,斥卤沙渍,不生草木,不泽水泉,硬铁腥锡,毒虫蚁聚,散若坏壤之地。四曰石箭,层崖叠嶂,峻壁崦岩,锐峰峭岫,拔刃攒愕,耸齿露骨,状如浮屠之地。五曰木箭,长林古木,茂樾丛薄,翳天蔽日,垂罗蔓藤,阴森肃冽,如墟墓间之地。”这里讲的五箭之地,显然环境很差,如风大、水急、土壤贫瘠、岩石裸露、阴森少阳光等。这些地方当然不适宜人们长期居住。

3) 宗教胜地的选址

宗教胜地选址与居民选址有区别,它要根据宗教的要求来决定选什么地址。宗教胜地选址,总的来说是在宗教教义指导

^① 《人子须知》、《玉髓真经》等。

下,按风水理论办事,但不同的宗教又有不同的要求。比如:

道教宫观选址遵循《道德经》提倡的崇尚自然、顺应自然、返璞归真的基本思想,运用风水理论来选择宫观地址。道教宫观是道教徒祭神礼拜的场所,也是道士们修身隐居之处,为了便于修身养性,宫观大多建于幽静秀丽的山林之中,宫观建筑多采取按天然地形顺其自然来布局,或依山就势,或见水筑桥,或因高建殿,或就洞修宫,布局灵活,就地取材。如号称“天下幽”的青城山,号称“神仙窟宅”的崂山以及华山、武当山、四川灌县二郎庙等就是因山就势而建,既保存了自然山林的宏伟秀丽,又突出了道教宫观的幽静神圣;既给人以地设天成之感,又不乏巧夺天工之作。

道教认为,高山的顶峰高耸入云,与天庭只有咫尺之差,他们将此视为天地交汇处,神仙真人往往在那里出没。因此,这种地方最容易见到神仙,自然也有成神仙的机遇。然而,道观的选址在满足它本身要求接近仙界的条件之后,仍然重视其环境形势。于是不少宫观被修在山巅,如武当山的金顶、千山的“观顶”玉皇阁以及岱顶的碧霞祠与玉皇观等。

道教还认为,著名的山洞乃神仙真人修真养性、烧炼金丹的洞天福地,这些地方不仅风景秀美,而且清静幽深,既可以远离尘世的喧嚣,还可以及时受到神灵的启示。因此,借洞筑观,以洞名观,或在洞旁建观,则是常有的事。如齐云山利用天然洞窟,将太素宫、玉虚宫等建在洞穴之中,成为我国道教建筑中借洞筑观的典型。青城山天师洞前面建有古常道观;浙江楠溪江的陶公洞内建有文昌阁、广福灵真宫和胡公殿。即使建造在城镇中的道教宫观,为了能够接近自然,体现自然,也要千方百计地栽种树木,广植花草,或尽可能地修建花园、假山。如北京的白云观,成都的

青羊宫,苏州的玄妙观等,不愧为闹市中的洞天。^①

在山巅的道教官观,也要选择封闭式的地理环境,四个方向上要有四灵兽。如安徽齐云山太素宫左有钟峰,右有鼓峰,背倚翠峰,前视香炉峰。江西龙虎观左为龙山,右为虎山,前有朱雀山,后有玄武山。《穹窿山志》卷四“形胜”中有一段文字说:

“大峰刚直,二峰峻急,开帐出峡,顿断再起,星峰体秀身圆土石和美者是三矛峰,右臂石骨东行,转身作白虎,案是名岗,上真观三楹,旧基在三峰之下,压于当胸之白虎,向为庚申,堂局倾泻,香火几绝。”于是施师苦行:“就峰前高处立基,而以尧山最高峰为对眉之研,明堂开旷,白虎伏降,左臂就本山势回拱如抱,故从山口入者不见殿场,从殿场出者不见水口……前以尧峰、皋峰、九龙诸山为列屏,而上方一山固捍门锁钥也……百香山胥口,则巽水从入之路也。”这是讲原来旧基上的三楹观地址不好,因“堂局倾泻”,故“香火几绝”。后经改造,“明堂开旷”,而周围的山包围得很好,形成了封闭式的地理环境。

佛教寺庙选址也深受风水思想影响,也遵循风水理论进行。佛教与道教不同,其寺庙很少建在山顶上,因为“气之所聚非顶也”^②。由于佛教需要一个安静的修道环境,所以追求封闭式的环境单元,尽量减少外界的干扰。除了选择封闭式的环境外,在寺院外面还要有护法山,或有竹木高墙,进一步达到保护寺院、排除干扰的目的。佛教寺庙选址的总模式仍然是“四灵兽”式,要求“环若列屏,林泉青碧”,“宅幽而势阻,地廊而形藏”的优美而安静的环境。

① 顾军、朱耀廷:《古代仙山道观》,辽宁师范大学出版社,1996年,第21-22页。

② 《明州阿育王山志》。

佛教寺庙选址有两大特点：

第一，偏重“发脉”。佛教寺庙一般都建在环境幽静的名山上，名山从风水上讲常有好的来脉。比如浙江慈溪保国寺所在的古灵山，“其发脉之祖，乃从四明大兰而下，至陆家埠过江百余里凸而为石柱山，为慈邑之祖山，转南折东崔嵬而特立者，贸山之顶也，顶之下复起三台，若隐若伏，越数百丈为寺基，……又名八面山，堪舆家谓是山乃西来之结脉处”^①。

兴福寺所在的虞山，“为海隅之镇发脉，自北而西迤邐南迈，其首则邑治在焉，其中支最为深秀，以山形磅礴，环抱灵气所钟也”^②。

第二，注重形局。佛寺选址在满足佛教本身所要求的幽静和远离尘世的条件的基础上，同样注重风水环境的形局。如天台山大智寺“溪山排闥，一峰孤秀，面势宽广，远山矗立，绝喧尘，离溃闹”^③。

庐山东林寺的形局是：“正对香炉峰，峰分一枝东行，自北而西，环合四抱，有如城廓，东林在其中，相地者谓之倒挂龙格”^④。

(2) 环境决定论

在战国时期的著作中已有环境决定论的思想。如人的形体大小、胖瘦、美丑由土壤决定：“坚土之人肥，虚土之人大，沙土之人细，息土之人美，耗土之人丑”^⑤。

《周礼·大司徒》则说，地区不同，人的形体、肤色也不同。山

① 《慈溪保国寺志》卷一“形胜”。

② 《虞山兴福寺》卷一“李杰重建空心亭记”。

③ 《天台山方外志》。

④ 陆游：《入蜀记》卷四。

⑤ 《大戴礼记·易本命第八十一》。

林地区的人毛而方(方,谓性行趋一),川泽地区的人黑而津(津,润滑也),丘陵地区的人专(专,圆也)而长,汶衍(汶,小土堆,衍,平坦)地区的人皙(皙者,白也)而瘠,原湿地区的人丰肉而癯(癯,麻木之类的病)。

《管子·水地》认为水能决定人的品德、性格和体质。如齐之水道躁而复,故其民贪,粗而好勇;楚之水淖弱而清,故其民轻果(不满足温饱)而贼;越之水浊重而洿,故其民愚,疾而垢……。

上述这些用地理条件来说明或肯定某种社会现象的观点,正属于地理环境决定论。

秦汉以后,地理环境决定论的突出表现是风水学说。从皇帝到老百姓都相信有风水宝地。风水宝地可以保证皇权永存,可以保证升官发财,子孙昌盛等等。

地理环境决定论在一定范围内、一定条件下是符合客观实际的,但如果把它绝对化,超过了所属范围和条件,那就成了谬论,成了迷信。墓地风水之说就是典型的迷信。

(3)地学中的三才论

三才指天、地、人。古代三才论是研究天、地、人三者之间相互关系的理论。《周易·系辞下》指出:“古者包牺氏之王天下也,仰则观象于天,俯则观法于地,观鸟兽之文与地之宜,近取诸身,远取诸物,于是始作八卦,以通神明之德,以类万物之情。”就是说从包牺氏开始,人们就注意观察天、地、人之间的关系了。而《周易》这本书更是内容广泛,“有天道焉,有地道焉,有人道焉。兼三才而两之,故六;六者非它也,三才之道也”^①。

荀子对三才的看法是:“天见(见,同现,显现)其明,地见其

^① 《周易·系辞下》。

光(光,通广),君子贵其全也”^①。

三才论对中国古代方志学的影响很深,从《汉书·地理志》开始,就奠定天(分野)、地(疆域、物产)、人(人口、风俗、经济)的内容。其后历代方志基本上遵循这一体例。天的部分名称不一,有分野、星野、星舆、天文、星象、纬象、时等。地的部分有疆域、建置、沿革、形势、城池、山川、关隘、土产、古迹等。人的部分有人口、户口、人物、学校、职官、风俗、艺文、田赋等。清初刘献廷强调,地理学不能只记山川人事,而且还必须阐发天、地、人三者的关系及其发展规律。只有这样,地理学才具有深厚的科学内涵,才能解释天地间的各种地理现象。

(4)环境保护思想

中国的环境保护思想可以追溯到新石器时代,那时已有环保思想的萌芽。在各地发掘的新石器时代遗址中,普遍发现居住地与公共墓地和制陶、制石器的手工业工场分隔开的现象,饲养家畜的栏圈也与居住房屋分开。如半坡和姜寨遗址就是如此,距今五六千年。山东潍县狮子行龙山文化遗址出土了陶畜舍模型。有的遗址还有倾倒垃圾的灰坑、灰沟或弃废物的窖穴。淮阳平粮台龙山文化古城,有排泄污水的地下管道或明、暗沟设施。距今约七千年左右的河姆渡遗址中的水井,用桩木作护壁,上盖顶棚,对饮用水作保护,防止尘埃、落叶、动物污染。浙江嘉善新港遗址一口良渚文化古井,用剖开的原木挖空做井壁,井底铺有河蚬贝壳,以过滤净化地下水,具备了饮水卫生观念^②。这些事实充分说明,新石器时代的居民已有环境卫生和环保思想的萌芽。

① 《荀子·劝学》。

② 《文物》1984年2期94页。

传说中的舜时代，舜任命伯益作了管理山林川泽草木鸟兽的第一任官员——虞^①。

夏代已有“春三月，山林不登斧斤，以成草木之长；夏三月，川泽不入网罟，以成鱼鳖之长”的禁令^②。说明夏代的环保思想很重时节，什么时候可以砍伐树木，什么时候禁止砍伐树木；什么时候可以用网捕鱼，什么时候禁止用网捕鱼。这就是后来的“以时禁发”的环保思想。

《国语·鲁语上》讲了一个关于鲁宣公违反禁令捕鱼，大臣里革割网，保护生物资源的故事，说明春秋时期保护生物资源的法令已深入人心，上下都要遵守，国君也不能例外。里革还说，古时大寒以后可以用大网和鱼笼捕鱼，当鸟兽怀孕后，禁止用细网捕捉鸟兽鱼虾，只能用叉捕捉鱼类。这是为了让动物繁殖。山上刚生出来的树枝不准砍伐，湖泊里未长成的水草不准采割，禁止捕捉小鱼、幼兽，让它们长大。这是自古就有的准则。

春秋前期齐国管仲的环保言论保存在《管子》中。《管子·七臣七主》讲了一年四季中不能做的事项。《管子》中的环保思想有三个明确的原则：一是保护自然资源，以满足社会需求。二是开发利用自然资源要有节制，保护与利用相互兼顾，不能偏废。《管子·八观》曰：“山林虽近，草木虽美，官室必有度，禁发必有时。”这里的“度”，就是节制，不要过度，要适度。三是为了人类自身的健康。《管子·小匡》曰：“掘新井而柴焉。”柴的意思是用柴薪把井盖上，以保持井水洁净，人饮用不生病，身体健康。《管子·度地》讲得更明白，“其田及宫中皆盖井，毋令毒下及食器，将饮伤人。”

① 《尚书·舜典》、《史记·五帝本纪》。

② 严可均：《全上古三代秦汉三国六朝文》卷一“禹禁”。

在《管子·八观》中还谈到人口与环境的关系,认为国家必须对人口进行必要的管理,使人口与土地相适应,使人口与土地保持适当的比例。“凡田野万家之众,可食之地,方五十里,可以为足也。”如果城市太大,人口过多,农村土地狭小,农民也少,那么农村生产不了那么多粮食来养活城市人口。“夫国城大而田野浅狭者,其野不足以养其民。”用今天的话来说,人口过多,自然资源有限,土地上生产的东西养活不了那么多人,这是很现实的问题。全世界都要控制人口,不然,世界会因人口问题而发生灾祸。应该说,《管子》的这种观点是有远见的。

战国时期,孟子主张合理地利用自然资源,所谓合理就是要有一定的季节时间,不是任何时候随便利用,那样就无法节制了。还要在工具上有限制,过细的网不要用,让小鱼继续生长。他说:“不违农时,谷不可胜食也。数罟(细网)不入洿池,鱼鳖不可胜食也。斧斤以时入山林,林木不可胜用也。”^①

战国时期,荀子明确提出“以时禁发”和“谨其时禁”的口号,《荀子·王制》曰:“修火宪,养山林藪泽草木鱼鳖百索,以时禁发,使国家足用而财物不屈。”“谨其时禁,故鱼鳖优多而百姓有余用也。”荀子提出的第二个环保思想是“不夭其生”,就是不要捕捉还没有长大的动物,“不夭其生,不绝其长也”,这样,“百姓有余用也”。“五谷不绝”,则“百姓有余食也”。“斩伐养长不失其时”,则“百姓有余材也”。荀子还进一步指出:“强本而节用,则天不能贫;养备而动时,则天不能病。”^②这是说加强农业生产又处处注意节用,则自然界不会变贫穷。生产和生活资料很完备,勤劳而

① 《孟子·梁惠王上》。

② 荀况:《荀子·天论》。

且适时,则自然界不会出什么毛病,不会有大的灾害。这样做,就实现了天(即自然)人之间的和谐关系,也就是自然和人类之间的和谐关系。

战国末,《吕氏春秋·十二纪》中,按不同时间,不同月份,有不同的环境保护措施。如:

孟春之月,“禁止伐木,无覆巢,无杀孩虫,胎夭飞鸟,无麋无卵”。

仲春之月,“无竭川泽,无漉陂池,无焚山林”。

季春之月,“无伐桑柘”。

根据李恩军、王洁生的研究,在天人关系上,《吕氏春秋》提出了“法天地”、“因则无敌”的思想。

“法天地”是说人的活动应该和天地的性质相适应,人应该将天地作为楷模进行仿效。为了达到天地和人的一致,《吕氏春秋》提倡“无为而行”,这里的“无为”和老子讲的“无为”意义不一样。《吕氏春秋》的“无为”是“无为之道曰胜天”。王念孙注曰:“胜犹任也”。意思是说,人们要按照自然规律去办事,不要违反自然事物的本性。因此,《吕氏春秋》强调人类活动必须遵循自然规律,要合理利用自然资源,其中的环境保护思想就是建立在这种“法天地”的思想基础之上。

在《淮南子·主术训》中,重申了前人保护环境的“先王之法”,这就是:“畋不掩群,不取麋夭;不涸泽而渔,不焚林而猎;豺未祭兽,罟罟不得布于野;獾未祭鱼,网罟不得入于水;鹰隼未挚,罗网不得张于溪谷;草木未落,斤斧不得入于山林;昆虫未蛰,不得以火烧田;孕育不得杀,鵠卵不得探;鱼不长尺不得取,彘不期年不得食。”经过这番环境保护之后,就会出现“草木之发若蒸气,禽兽之归若流泉,飞鸟之归若烟云”的生物繁茂局面。

为了获得自然资源,《淮南子·说山训》主张要优化自然环境。比如“欲致鱼者先通水,欲致鸟者先树木;水积而鱼聚,木茂而鸟集”。这种思想比“先王之法”有了发展,变被动保护为主动保护,充分发挥了人的主观能动性,正确地处理了生产与环境保护的关系,使环境保护具有很高的经济价值。这个观点对今天的环保工作仍然具有现实意义。

《淮南子·本经训》还提出乱世会使环境变坏的观点,说:“逮至衰世,鑿山石,鑿金玉,擿蚌蜃,消铜铁,而万物不滋。刳胎杀夭,麒麟不游;覆巢毁卵,凤凰不翔;……构木为台;焚林而田,竭泽而渔;……而万物不繁,兆萌芽卵胎而不成者,处之太半矣。”这个观点与历史事实是相符的。凡乱世,法制混乱,有权者各行其政,分裂割据,无统一的权威,无统一的法制,自然资源得不到保护,破坏则不遗余力。因此,环境的好坏与社会的治乱紧密相连。

反过来,自然资源遭到破坏,环境变坏也会引发社会动乱,这在《淮南子·本经训》中也作了阐述。曰:“凡乱之所由生者,皆在流遁(即流失)。流遁之所生者五”下面就是具体的5种流遁:

第一,大修宫室、楼台、栈道,装饰华丽,雕梁画栋,极尽木工之巧,使木材流遁。

第二,人工开凿湖泊、河流,修建人工流泉瀑布,以满足“龙舟鹤首,浮吹以娱”的生活,结果造成水的流遁。

第三,大修城郭,人工设置险阻;大修台榭、苑囿,以穷要妙之望;闾高如青云,大厦如昆仑,墙垣、甬道相连,积土为山;大修道路,直道夷险,“终日驰骛而无蹊陷之患”。结果造成土的流遁。

第四,开矿山,冶炼金属,铸造精美的器具饰品,这当中固然有生产工具,是发展生产少不了的,但许多饰品则是为了满足少

数人的欲望,使金(属)流通。

第五,熬盐制糖,造酸制酒,“焚林而猎,烧燎大木”这样造成“山无峻干(大木),林无柘梓”;还要用木材烧炭,用草烧灰,造成“野莽白素,不得其时”。火烧草木,使空气受到污染,达到“上掩天光”的程度。地上的财物遭到毁坏,这就是火的流通造成的。最后,作者强调:“此五者,足以亡天下矣。”把环境看得如此重要,把环境好坏与天下存亡联系在一起,这在历史上是第一次。当然,正常的生产、生活还要保证,作者反对的是那种少数人为了满足私欲而毫无节制的掠夺自然资源,造成环境变坏的情况。所以紧接着作者提出了与《周易》一致的节制观点,强调整节。

《汉书·贡禹传》记载了贡禹关于环境保护的观点,认为开采矿物“凿地数百丈,销阴气之精,地藏空虚,不能含气出云;斩伐林木,亡有时禁,水旱之灾未必不由此也”。在这里,他提出采矿会导致气候变坏的观点是传统阴阳学说的推论,不符合实际。但他提出如果毫无节制地砍伐森林,会导致水旱灾害的观点则是十分正确的,至今仍然如此。

汉代,除了文献中记载的环保思想外,还有出土文物也反映了当时的环保思想,是环保思想在工艺上的体现。如:

1949年在长沙北门桂花园出土的铜牛灯,为西汉文物。它的耳下垂,腿矮小,两角从背上两侧以圆管状向上竖起并曲折会合为一,再向下扩大呈覆碗状,作为烟管。背中心有一圆洞,洞上置一带把圆灯盘,盘中有锥体,盘边缘设槽,用以放置挡风板,以防灯火被风吹灭。腹中空,可放置清水。在点灯时,烟通过烟管(即牛角)到达腹中,经过水洗排空,可以起到消烟除尘的作用^①。是

^① 高至喜:《牛灯》,《文物》1959年第7期。



西汉环境保护生活用品。

1968年在河南满城汉墓出土的“长信宫灯”也是环保生活用品。灯形是一个宫女双手执灯的形象,可以拆卸,灯盘可以转动,灯罩可以开合,因而可以随意调整灯光的亮度和照射的角度。宫女头部也可以拆卸,体内空虚,右臂与烟道相通。通过烟道来的蜡烛烟煤被容纳于体内,以保持室内的清洁^①。

此外,还有山西朔县西汉墓出土的雁鱼灯,广西合浦汉墓出土的凤灯,江苏邗江甘泉汉墓出土的牛灯^②。陕西神木出土的雁鱼灯,山西襄汾县吴兴庄汉墓出土的雁鱼灯^③。长沙东门外柳家大山出土鬲翁主缸镗铜灯,长沙杨家大山西汉墓出土的铜灯^④。上述出土灯具结构基本相同,都是室内环保用品。出土这类铜灯数量之多,是别的朝代无法相比的。这就更加证明了汉朝人的环保观念很浓,环保思想比较普遍深入人心。

西晋时,杜预已认识到,由于人口增多,土地开垦加快,落后的烧荒耕作制度使植被严重破坏,结果水土流失,原来的水利设施因年久失修,堤坝溃决,更加使下游的良田遭到破坏,“变田变生蒲苇,人居沮泽之际,水陆失宜,放牧绝种,树木立枯”。植被破坏后,“土薄水浅,潦不下润。故每有水雨,辄复横流,延及陆田”^⑤。他建议:第一,对毁坏的陂塘加以修整,以便蓄水。第二,陂塘过多的地方,因堤坝溃决而造成平陆积水的地方,则要疏浚河道,开渠引水,使平陆干燥可耕。

① 《考古》1972年,1期,8页。

② 《文物》1987年,6期,1页。

③ 《考古》1989年,11期,981页。

④ 《文物》1979年,7期,92页。

⑤ 房玄龄等:《晋书·食货志》。

隋炀帝修了东都(洛阳)至江都(扬州)的大运河后,在河畔筑大道,种植了大量的柳树。这些柳树对改善环境所起的作用,在《炀帝开河记》中说得很清楚:“一则树根四散,鞠护河堤;二乃牵船之人阴凉;三则牵舟之羊吃叶。”还有一则,《炀帝开河记》没有说,那就是美化了环境。《大业杂记》说运河沿途“二千余里,树荫交加”,千里运河上,如丝似带的柳树与波光粼粼的河水相映成趣,美景如画。杜牧《隋堤柳》诗云:“夹岸垂杨三百里,只应图画最相宜。”

唐代,初春时节在大运河两岸的河堤上种榆、柳,以坚固堤岸。还制定了相应的保护法规。如“斫护岸树木……皆有罪罚”^①。

唐代保护林木的意识比较普遍,中央政府部门有时要砍伐道路两旁的林木用,县官可以出来反对、阻止,使中央政府部门的砍伐计划停止。比如贞元中(785—805)度支打算砍伐两京路旁的槐树造车,更栽小树。县尉张造出来反对,说:“近奉文谍,令伐官槐,若欲造车,岂无良木?恭惟此树,其来久远。东西列植,南北成行。辉映秦中,光临关外。不惟用资行者,抑亦曾荫学徒。拔木塞源,虽有一时之利;深根固蒂,须存百代之规。况神尧人关,先驻此树;玄宗幸岳,见立丰碑。山川宛然,原野未改。且邵伯所憩,尚自保全;先皇旧游,宁宜翦伐?思人爱树,诗有薄言;运斧操斤,情所未忍。”^②

张造不仅叙说了道路两旁林木在风景旅游方面的好处,而且对行人有荫凉的利益,又是宝贵的历史文化遗产,在维系民族

① 《长安志图》。

② 李肇:《唐国史补》。

文明方面有良好的作用。张造说得有理,得到当时皇帝的支持,使度支的砍树计划告吹。这件事反映了唐朝从上到下各级官吏的环境保护意识很浓,才有可能出现张造的反对意见,皇帝则听取了反对意见,这点,对当今的中国仍有现实意义。

唐朝李群玉的《石渚》诗反映了作者对环境遭到破坏的忧虑,反映了作者的环保思想,希望美好的环境能长久保存,不要人为破坏。全诗如下:

古岸陶为器,高林尽一焚。焰红湘浦口,烟浊洞庭云。

田野煤飞乱,遥空爆响闻。地形穿凿势,恐到祝融坟。^①

北宋时期,人们已注意到了燃烧煤、石油会对环境产生污染。如沈括在《梦溪笔谈》卷二四中说:“鄜延境内有石油……然(即燃)之如麻,但烟甚浓,所沾幄幕皆黑……石炭(即煤)烟亦大墨人衣,余戏为延州诗云:‘化尽素衣人未老,石烟多似洛阳尘’。”可见当时延州烧石油和煤对空气的污染已经比较严重,跟洛阳的尘埃相似。

宋代苏颂的《本草图经》谈到丹砂矿对环境的污染:“春州(今广东阳春)、融州(今广西融水)皆有砂,故其水尽赤,每烟雾郁蒸之气,亦赤黄色,土人谓之朱砂气。尤能作瘴疠,深为人患也。”^②这里说了丹砂矿对水和空气的污染,对人体有害。稍后,陈承在《本草别说》中讲了信州(今江西上饶)玉山炼制砒霜时对周围环境的污染:“初取飞烧霜时,人在上风十余丈外立,下风所近草木皆死。”^③可见炼砒对生态环境的破坏是十分严重的,人必须

① 《全唐诗》卷五六九。

② 《重修政和经史证类备用本草》卷三引。

③ 《重修政和经史证类备用本草》卷五引。

站在上风十余丈外,否则,站在下风或太近都有生命危险。

庄绰在《鸡肋篇》卷上指出,用桐油点灯,其烟污染环境严重:“江湖少胡麻,多以桐油为灯,但烟浓污物,画像之类尤畏之。沾衣不可洗,以冬瓜涤之,乃可去”。孔平仲在《谈苑》中谈到汞中毒和矽肺病的症状:“后苑银作镀金,为水银所熏,头手俱颤……贾谷山采石人,石末伤肺,肺焦多死”。

南宋魏峴对森林砍伐后水土流失,江河淤塞,环境变坏的认识比较深刻,他在《四明它山水利备览》中说:四明它山原是“万山深秀,昔时巨木高森,沿溪平地竹木亦甚茂密。虽遇暴雨湍激,沙土为木根盘固,流下不多,所淤亦少”。可是“近年以来,木值价高,斧山相寻,靡山不童,而平地竹木亦为之一空”。结果,一遇“大水之时,既无林木少抑奔湍之势,又无包纜以固沙土之积,致使浮沙随流奔下,淤塞溪流,至高四五丈,绵亘二三里”。“两岸积沙侵占,溪港皆成陆地”,“舟楫不通,田畴失溉”。环境变坏对人们的生产、生活带来了很大的损失和灾害。这种教训应该记取。

明代,人们已知开采煤矿有毒,采取了避免毒气伤人的措施。如李时珍在《本草纲目·石部·石炭》中说:“人有中煤气毒者,昏瞽至死。”宋应星的《天工开物·燔石》中已有排除煤矿井下毒气的设施:“初见煤端时,毒气烁人。有将巨竹凿去中节,尖锐其末,插入炭中,其毒气从竹中透上,人从其下施镬拾取者。”这是用竹筒来排除煤矿井中的瓦斯气体。

在《天工开物·燔石》中,宋应星进一步阐述了陈承关于炼砷对人体伤害的后果,说:“烧砷之人经两载即改徙,否则须发尽落。此物生人食之五厘立死。”

李时珍在《本草纲目》卷八中谈到铅矿对工人的毒害:“铅生山穴石间,人挟油灯,人至数里,随矿脉上下曲折斫取之,其气毒

人,若连夜不出,则皮肤痿黄,腹胀不能食,多致疾而死。”

明朝阎绳芳在《镇河楼记》^①中对昌源河环境变迁作了对比,说明森林对保持水土的重大作用。说:“东南麓台上下诸山,正德前树木丛茂,民寡开采。山之诸泉汇为盘沱水,而为昌源河。嘉靖初,……南山之木采无虚日,而土人利之濯濯以为田,寻株尺藁必铲削无遗。天若暴雨,水无所碍,朝落南山而夕即平壤;延涨冲决,流无定所。”

明末清初,顾炎武把发生在明代广东从化流溪河的环境变化作了对比,环境未破坏前,“流溪地方深山绵亘,林木翳茂,居民以为润水山场,二百年斧斤不入”当地百姓对水源林自觉保护。万历年间,“有奸民戚之勋等,招集异方无赖烧炭市利,烟焰冲天,在在有之……不数年间,群山尽赭”。保存了两百多年的水源林仅用数年就砍伐殆尽,可见林木的保护很难,破坏却很快。结果“山木既尽,无以缩水,溪源渐涸,田里多荒。奸民陷一时小利,貽不救之大灾若此”。林木毁坏后,环境迅速变坏,“溪源渐涸,田里多荒”,形成了“不救之大灾”。对此,顾炎武建议:“宜永为申禁,以图安靖,斯地方赖之矣”^②。

清代,屈大均在《广东新语·木语·山木》中论述了林木与水的关系,说:“西宁(今广东郁南)稻田所以美,以其多水,多水由于多林木也。凡水生于木,有木之所,其水为木所引,则溪涧长流。故《易》曰,木上有水,井。”他还指出:“川竭由于山童,林木畅茂,斯可以言水利。”这的确是真知灼见,有很高的现实价值。

清代梅曾亮在《记棚民事》^③中,对森林的作用,对乱开荒的

① 觉罗石麟:《山西府志》卷二九。

② 顾炎武:《天下郡国利病书·广东》。

③ 《柏枧山房文集》卷十。

危害也作了生动的阐述。曰：“未开之山，土坚石固，草树茂密，腐叶积数年可二三寸，每天雨从树至叶，从叶至土、石，历石罅滴沥成泉，其下水也缓，故低田受之不为灾。而半月不雨，高田犹受其浸溉。今以斤斧童其山，而以锄犁疏其土，一雨未毕，沙石随下，奔流注壑，涧中皆填污，不可贮水，毕至洼田乃止。及洼田竭，而山田之水无继者。是为开不毛之土而病有谷之田，利无税之佃，而瘠有税之户也。”他把环境与经济挂钩，论点很有价值。

清末，陶保廉在《辛卯侍行记》中，对祁连山水源林遭到破坏后的恶果深表哀伤。说：“甘州（今甘肃张掖）少雨，特祁连山积雪以润田畴。盖山木阴森，雪不骤化，夏日渐融，流入弱水，引为十二渠，利至溥也。”后来因派兵在那里采伐木材作电杆，摧残太甚，树木消损“无以荫雪，稍暖遽消，即虞泛滥；入夏无雨，又虞旱叹。怨咨之声，彻于四境”。可见几天工夫可以把一个好环境破坏殆尽，而要再把破坏了的环境恢复过来，治理好，却要几十年，几百年。

清代，采矿、冶炼生产规模扩大，对环境的污染自然比前代或古代严重得多。屈大均在《广东新语·货语》中说，广东炼铁炉的火焰烛天，“黑浊之气，数十里不散”。而宁夏中山卫因烧煤炭炊爨，“障目笼雾，至冬春则数里不见城郭”^①。

清末，沈日霖在《粤西琐记》中谈到开矿对环境的污染，说：“开矿之役，其利有三，其害亦有三。上而裕国，下而利民，中而惠商，此三利也。然而开山设厂，每不顾田园庐墓之碍，而且洗炼矿砂之信水，流入河中，凝而不散，腻如脂，毒如鸩，红黄如丹漆，车以粪田，禾苗立杀，其害一。又开矿之役，非多人不足以给事，每

^① 乾隆《中山卫县志》。



一厂不下百数人,奸宄因而托迹,么麽得以乘机祸,其害二。又开矿者,每在山腰及足,上实下虚,势必崩塌。昔年回头山穿穴太甚,其山隆然而倒,数百人窀穸其中。长平之坑,不加其酷,况乎砂非正引,土性松浮,随掘随塌,更属可危。则矿而冢也,匠而鬼也。利藪而祸坑也,不亦大可哀乎!其害三。”他讲的这三害,其中一害是社会问题,属于社会环境。其余两害是自然环境问题,至今仍然存在。沈日霖的分析、看法都是对的。在发展经济,开矿取宝的同时,要注意它对环境的污染与破坏。沈日霖没有谈治理环境问题,这是因为他那个时代还不可能谈,没有这方面的科学技术基础,也没有这方面的要求,这是不能苛求前人的。

3. 环境变迁思想

中国古代环境变迁思想,包括3个方面的内容:一是地表形态变迁,二是海陆变迁,三是人类活动造成的环境变迁。

(1) 地表形态变迁

最早记载地表形态变迁的是《诗·小雅·十月之交》,曰:“烨烨震电,不宁不令。百川沸腾,山冢岸崩。高岸为谷,深谷为陵。”这是对大雷雨造成山崩,洪水又侵蚀河流两岸,使地表形态发生变迁的歌吟。《周易·谦卦彖辞》曰:“地道变盈而流谦”。有人认为,这句话跟“高岸为谷,深谷为陵”的意思一样,是“地之道也”^①,是地理规律。可见古人很早就认识到水在地表形态变迁中的巨大作用。

河水的侵蚀、搬运和沉积作用造成了地表形态变迁,在北魏郦道元的《水经注》中已有多处记载与论述。如徐水流经石门时,

^① 李鼎祚:《周易集解》引崔憬语。

“飞水历其间，倾涧泄注七丈有余，触石成井”^①。这里解释了高七丈多的“飞水”(即瀑布)往下倾注，把下面的岩层侵蚀成井形地貌。在义阳县固成山上，“洪涛灌山，遂成巨井”^②。这是洪水侵蚀使山石成井形地貌。

郦道元对安喜县(今河北定县)城角下面出现成堆积木的解释，体现了他的流水侵蚀、搬运和沉积思想。他说：“余考记稽疑，盖城(指安喜县城)地当初，山水滂荡(侵蚀作用)，漂沦巨楫(搬运作用)，阜积于斯，沙息壤加，渐以成地(沉积作用)。板筑既兴，物固能久耳。”(《水经·滏水注》)秦氏建元中(374年前后)又发大水，冲崩两岸，安喜县城崩了一角，露出了古代沉积下来的积木。这是一个地方在几十年、几百年的时间内地表形态所发生的变迁，是短时间内所发生的变迁，人们比较容易观察出来。

北宋沈括对流水侵蚀地貌作了理论阐述，认为浙江雁荡诸峰与黄土高原地区的沟谷地形都是流水侵蚀造成的。他说：“温州雁荡山，天下奇秀，然自古图牒，未尝有言者。祥符(1008—1016)中，因造玉清宫，伐山取材，方有人见之，此时尚未有名。……此山南有芙蓉峰，峰下芙蓉驿，……山顶有大池，相传以为雁荡；下有二潭水，以为龙湫。又有经行峡、宴坐峰，皆后人以贯休诗名之也。谢灵运为永嘉守，凡永嘉山水游历殆遍，独不言此山，盖当时未有雁荡之名。余观雁荡诸峰，皆峭拔险怪，上耸千尺，穹崖巨谷，不类他山，皆包在诸谷中。自岭外望之，都无所见。至谷中，则森然干霄。原其理，当是为谷中大水冲激，沙土尽去，惟巨石岿然挺立耳。如大小龙湫、水帘、初月谷之类，皆是水凿之

① 郦道元：《水经注》卷十一。

② 郦道元：《水经注》卷三十。

穴。自下望之，则高岩峭壁；从上观之，适与地平，以至诸峰之顶，亦低于山顶之地面。世间沟壑中水凿之处，皆有植土龛岩，亦此类耳。今成皋、陕西大涧中，立土动及百尺，迥然耸立，亦雁荡具体而微者，但此土彼石耳。”^①

明朝末年，徐霞客对流水侵蚀形成不同地貌作了生动的论述。如“江自北来，自是西折，山受啮，半剖为削崖。”“江流击山，山削成壁”，“水啮成矶”，“其麓为水所啮，石崖逼削”^②。他用“啮”、“击”等词说明水的侵蚀作用，十分形象。

风力对地表形态的变迁也有很大作用，在风力作用下，形成了各种风蚀或风积地貌。如《沙州志》曰：“水东即是鸣沙山，其山流动无定，峰岫不恒。俄然深谷为陵，高崖为谷。或峰危似削，孤岫如画。夕疑无地，朝已干霄。”^③这是对流动沙丘的真实描述。《元和郡县志》卷四十对流动沙丘也作了描述：“流沙者，风吹流行，故曰流沙。”“鸣沙山一名神沙山，在（敦煌）县南七里，今按其山，积沙为之峰峦，危峭逾于山石。四面皆为沙垆，背有如刀刃，人登之即鸣，随足颓落，经宿风吹，辄复如旧。”

元代李志常的《长春真人西游记》记载了新疆及中亚的沙漠地貌，如昌八刺城附近的沙漠，“其沙细，遇风则流，状如惊涛，乍聚乍散，寸草不萌”。

清末光绪《靖边县志》讲了乌兰布和地区几种类型的沙漠地貌，如“明沙者，细沙飞流，往往横亘数十里。扒拉者，沙滩陡起，忽高忽陷，累万累千，如阜如坑，绝不能垦。碱滩者，低平之地，土粗味苦，非碱非盐，百草不生。”

① 沈括：《梦溪笔谈》卷二四。

② 徐弘祖：《徐霞客游记》。

③ 载《敦煌石室遗书》。

地壳升降运动造成的地表形态变迁是地球上最主要的地质营力,这种变迁有升有降。如晋代干宝的《搜神记》记载了秦始皇时下沉地貌,曰:“由拳县(今浙江嘉兴)秦时为长水县,始皇时童谣曰:城门有血,城当陷没为湖。”后来果然沦为湖。后人的记载也证实了此事。如明代曹安在《谰言长语》中说:“三泖乃古由拳县沉没,每天晴月朗,舟过者,分明见其中井栏街砌宛然。正统九年(1444)余赴举之南京,舟过泖中,予适倚舷,忽见水清处井栏街砌如故。”^①

江苏苏州阳澄湖也是秦以后陷落的。清代汪瑩的《寄蜗残赘》卷3曰:“阳澄湖秦时乃阳城县也,后陷为湖。每遇月明之夜,湖面现出城形如海市。又水色澄清之日,其下隐隐有街衢故道。乾隆五十年(1785)苏州大旱,湖水深只数尺,渔人人水淘摸,见井栏石数十枚,四散布列。”

《淮南子·淑真训》记载“历阳之都,一夕反而为湖”的事。历阳是淮南国名,在今安徽和县。

张勃《吴地记》记载当湖(今上海松江县东)是在汉时陷落为湖的,“亢旱水涸,其街陌遗迹隐隐可见”。

合肥县东南的巢湖,“本居巢县地,后陷为湖”^②。

《后汉书·西南夷传》记载:“邛都夷者,武帝所开,以为邛都县。无几而地陷为汗泽,因名为邛池。”

清代郁永河《采硫日记》卷中记台北盆地因地震下陷成为湖泊:“距今不三年耳,指浅处,犹有竹树梢出水面,三社旧址可识”。

① 《说郛续》卷十九。

② 范曄:《后汉书·地理志》。



地壳上升成山,最早的记载是《诗·小雅·十月之交》中的“深谷为陵”。唐代武则天时,“新丰县东南露台乡因大风雨雹震,有山踊出,高二百尺,名为庆山”^①。在玄奘的《大唐西域记》卷一中,记载了迦毕试国阿路鞞山的上升现象,曰:“其峰每岁增高数百尺”。数字可能过于夸大了。

南宋朱熹认为高山乃是上升运动形成的,说:“尝见高山有螺蚌壳,或生石中,此石即旧日之土,螺蚌即水中之物。下者却变而为高,柔者却变而为刚。”^②这是根据动物壳体化石来推论地壳上升运动,其见解是可贵的。

古人还认识到湖水、海水的侵蚀、搬运和沉积作用跟河水一样,也会造成地表形态的变迁。如明朝沈懋在《吴江水利考》中,论述了湖泊的侵蚀与淤积:“本县(吴江县)西有坍湖,东有新涨。东涨(淤积)之土,即西坍之田。”海水侵蚀海岸,使海岸地形发生变化的现象,在元朝陈旅《海塘记》中有记载:“余姚北枕大海……盖海濡自宝庆(1225—1227)内移,大德(1297—1307)以来,复益冲溃。今(指至正元年,即1341年)濡去旧涯之垫海中者十有六里。”从1225—1341年,117年间海岸内移8公里,平均每年内移68米。嘉靖《海塘论略》载:“海内汹涌,沙岸崩圯,沧桑之变,岁且有之,故老相传,天妃宫已见三徙,每造黄册必开除塌海若干。”

关于海水堆积的现象,在《元史·河渠志》中有5天淤沙7里的记录:“文宗天历元年(1328)十一月十五日至十九日,海岸涨沙,东西长七里余,南北广或三十步,或数十百步。”

① 刘昫:《旧唐书·五行志》。

② 李光地:《朱子大全》卷四九。

关于地震造成地表形态变迁的记载始于《国语·周语》，周幽王二年(前780年)三川皆震，“三川竭，岐山崩”。此后正史《五行志》中有大量的记载。清朝孙之騄在《二申野史》中记载，1556年渭南地震使“城郭房屋陷入地中，或平地突起成山阜”。清初孙兰把这一类变化归之为“因变而变”，“如土壅山崩，地震川竭，忽然异形，山川改观”^①。

(2) 海陆变迁

“沧海桑田”这个成语正确地表达了中国古代海陆变迁的地质观点。它出现在汉代，如徐岳《数术记遗》曰：“未知刹那之賒促，安知麻姑之桑田？”这里既有“桑田”一词，也有海陆变迁的意思。

晋代葛洪在《神仙传》卷二“王远传”中写道：“……麻姑说云：‘接待以来，已见东海三为桑田；向到蓬莱，又水浅于往日会时略半耳；岂将复为陵陆乎？’远叹曰：‘圣人皆言海中行复扬尘也。’”作者借王远、麻姑的对话，提出了“沧海桑田”概念，说“已见东海三为桑田”，以此说明沧桑(也就是海陆)变迁的地质现象。而王远、麻姑只不过为子虚乌有的神话人物而已。

唐代大历六年(771)颜真卿在《抚州南城县麻姑山仙坛记》中，首次以化石为证据，证明“沧海桑田”这种地质现象确实存在，把葛洪借神仙之口提出的假说提高到了科学理论的高度，说：“……东北有石崇观，高石中犹有螺蚌壳，或以为桑田所变。”^②

北宋沈括又把海陆变迁思想推向新阶段。他以化石和磨圆度很好的卵石为证据，论证了华北平原由海变陆的事实，说：“予

^① 孙兰：《柳庭輿地偶说》卷上。

^② 《颜鲁公文集》卷十三。

奉使河北，遵（一作边）太行而北，山崖之间，往往衔螺蚌壳及石子如鸟卵者，横亘石壁如带。此乃昔之海滨，今东距海已近千里。所谓大陆者，皆浊泥所湮耳。尧殪鲧于羽山，旧说在东海中，今乃在平陆。凡大河、漳水、滹沱、涿水、桑干之类，悉是浊流。今关、陕以西，水行地中，不减百尺，其泥岁东流，皆为大陆之土，此理必然。”^①这一科学论断，处于当时世界先进水平。

南宋朱熹认为沉积在海洋中的柔软淤泥，长期埋藏在地下，会凝结成坚硬的岩石，然后被抬升为高山。

元代于钦以山东济南大云顶崖壁上衔蚌壳结石为例，进一步证明沈括的论述是正确的。他说：“府城南五里上方，号大云顶，有通穴如门，可容百余人，远望如悬镜，泉极甘冽，崖壁上衔蚌壳结石，相传海田所变。如沈存中（沈括字）《笔谈》（即《梦溪笔谈》）载太行山崖螺蚌石子横亘如带之类，齐地尤多。”^②

（3）人类活动造成的环境变迁

人类活动造成的环境变迁，有好的一面，也有坏的一面。好的一面是有利于人类生存发展，如大禹治水，兴修水利，凿井泉，垦原田，开沟渠等。

李冰主持修筑都江堰，使原来经常发生水旱灾害的成都平原成了“旱则引水浸润，雨则堵塞水门，水旱从人”的“天府之国”^③。霜冻为害时，用“放火作煨”的办法，使空气“少得烟气，则免于霜矣”^④。冰雹为害时，用火炮消雹^⑤。这些都是人类活动使环境变好

① 沈括：《梦溪笔谈》卷二四。

② 于钦：《齐乘》卷一“云门山”。

③ 常璩：《华阳国志·蜀志》。

④ 贾思勰：《齐民要术·栽树》。

⑤ 《武进阳湖县志》。

的事例。人类活动也可以使环境变坏,如滥伐森林,滥猎野生动物,滥采滥挖各种矿藏,无节制的人口生育,无节制的使用各种化工用品,无制节的排放工业有毒废水和生活污水,都会破坏大自然的生态平衡,使环境恶化。

为了保持美好的生存环境,良渚文化时期已有净化井水的措施。春秋战国时期明确提出了环境保护问题,主张对大自然的财富只能适当索取,不能无限制的采伐。为了保护环境,以后历代制定了各种法规,强制人类的活动向有利于保护环境的方向发展。清初,孙兰在论述地形变迁时,已把人的因素考虑在内,说:“因人而变者,如凿山通道,排河入淮,壅水溉田,起险设障,久久相因,地道顿异。”^①

4. 成因论

中国古代的成因论大致有7个方面的内容,这就是化石、矿物、山脉、地震、气象、地貌和潮汐。

(1) 化石成因

中国古代对化石的记载很早,春秋战国时代的《山海经·中山经》就记载了新生代晚期的哺乳动物骨骼及牙齿化石“龙骨”,但对化石的成因认识则晚得多。

北宋沈括首次提出延州永宁关的“竹笋”化石是由旷古以前的竹子变成的。他说:“近岁延州永宁关大河岸崩,入地数十尺,上下得竹笋一林,凡数百茎,根干相连,悉化为石……不知其何代物?无乃旷古以前,地卑气湿而宜竹邪?”^②据现代古生物学者

^① 孙兰:《柳庭舆地偶说》卷上。

^② 沈括:《梦溪笔谈》卷二一。

考证,沈括说的“竹笋”乃是中生代地层中的新芦木或拟带蕨化石^①,因其外形似竹,故沈括误以为是竹子变来的。

北宋张师正提出了很有创见的鱼化石成因论,说:“鱼龙,古之陂泽也,岂非鱼生其中,山颓塞,渐久而土凝为石,故破之有鱼形。”^②这个观点与现代地质学的观点完全一致。900多年前能有这样科学的地质理论,是中国古代地质学的杰出成就。

(2) 矿物成因

西汉刘安在五行学说影响下,提出了矿物气成说,讲了五种颜色矿物的成因。如黄色矿物的成因是:“正土之气也,御乎埃天,埃天五百岁生硃,硃五百岁生黄埃,黄埃五百岁生黄灏,黄灏五百岁生黄金,黄金千岁生黄龙,黄龙入藏生黄泉。”(《淮南子·地形训》)此外还有青、赤、白、玄诸色矿物的成因。现将5种矿物的生成关系列成表4。

表4 五种颜色矿物的成因

方位	气之种类	颜色	五行	生成过程
中央	正土之气	黄	土	埃天五百岁生硃,硃五百岁生埃,黄埃五百岁生黄灏,黄灏五百岁生黄金,黄金千岁生黄龙,黄龙入藏生黄泉。
东方	偏土之气	青	木	青天八百岁生青曾,青曾八百岁生青灏,青灏八百岁生青金,青金千岁生青龙,青龙入藏生青泉。

① 尹赞勋:《中国古生物学之根苗》,载《尹赞勋文集》科学出版社,1984年,第112页。

② 《倦游杂录》,载《说郛》宛委山堂本卷三三。

方位	气之种类	颜色	五行	生成过程
南方	牡土之气	赤	火	赤天七百岁生赤丹,赤丹七百岁生赤湏,赤湏七百岁生赤金,赤金千岁生赤龙,赤龙入藏生赤泉。
西方	弱土之气	白	金	白天九百岁生白矾,白矾九百岁生白湏,白湏九百岁生白金,白金千岁生白龙,白龙入藏生白泉。
北方	牝土之气	玄	水	玄天六百岁生玄砥,玄砥六百岁生玄湏,玄湏六百岁生玄金,玄金千岁生玄龙,玄龙入藏生玄泉。

从表4可见,五种气生成五种颜色矿物,按照严格的五行模式进行,生成时间也是固定的。两千多年前能用这种观点解释矿物成因是难能可贵的,当然它不完全正确,但可取之处则有三点:首先,它是唯物的观点,肯定矿物是由物质生成的。其次,它指出矿物是从物质变化来的,不是固定不变的。第三,它认为矿物生成需要一定的环境条件,包括物质条件和时间条件。刘安的矿物气成和互变理论,对后世影响深远。如刘宋建平王《典术》曰:“天地之宝,藏于中极,命曰雌黄,雌黄千年化为雄黄,雄黄千年化为黄金。”^①此后唐宋时代的《鹤顶新书》、《土宿本草》也有类似的论述,涉及的矿物有丹砂、铅、银、金、铜、(铜)绿、锡、砒、慈石、铁、白金等。而《造化指南》更认识到自然铜、氧化铜矿物和硫化铜矿物三者之间存在着某种相互转化的关系,这在中国古代矿物学史上是非常重要的^②。书中写道:“铜得紫阳之气而生绿,绿二百年而生石绿,铜始生其中焉。曾、空二青则石绿之得道者,

① 李昉等:《太平御览》卷九八八。

② 复湘蓉等:《中国古代矿业开发史》,地质出版社,1980年,第247~248页。

均谓之矿。又二百年得青阳之气,化为瑜石。”^①如果说两千多年前刘安提出矿物气成说是难能可贵的,那么一千多年以后人们仍用这种观点来解释矿物成因就显得有点落后了,必须用新的理论来代替旧理论。

南宋杜绾提出了矿石因薰蒸而成的新理论,说:“韶州石绿色,出土中。一种色深绿,可铸砮为器;一种青绿相兼,磊块或如山势者;一种色稍次……大抵穴中因铜苗气薰蒸,即此石共产之也。”^②

明代李时珍提出的岩石与矿物的关系,符合现代矿物学原理,是一种创见。他的矿物气成理论较前人也有所不同。前人的气论都是说某种矿物经过多少年生成另一种矿物,李时珍则是分类讲矿物的气成理论。如岩石与矿物的生成关系,他说是“石者气之核,土之骨也。大则为岩岩,细则为砂尘。其精为金为玉,其毒为矾为砒”。这种认识与实际情况比较符合,比起刘安来大有进步。接着他又说:“气之凝也,则结而为丹青;气之化也,则液而为矾汞。其变也,或自柔而刚,乳卤成石是也;或自动而静,草木成石是也;飞走含灵之为石,自有情而之无情也;雷霆星陨之为石,自无形而成有形也。”^③这里讲的盐卤变石、草木变石(煤炭)、动物变石(化石)等都是很具体的。

清代,檀萃继承和发展了张师正的鱼化成因理论,于1804年提出了煤炭成因论。他说:“滇(云南)多地震,地裂尽开,两旁之木,震而倒下,旋即复合如平地,林木人居皆不见。阅千年化为

① 李时珍:《本草纲目》卷十引。

② 杜绾:《云林石谱》卷上。

③ 李时珍:《本草纲目》卷八。

煤(实际远不止千年,而是上亿年)。”^①虽然他对成煤时间的估计过短,但由植物变成煤的基本原理和过程是正确的。这是世界上最早提出的煤由植物原地生成的理论,比德国梅西特于1875年才提出煤由原地生成学说早70多年。

(3) 山脉成因

中国古代关于山脉成因的论述最早是《诗经》中的“深谷为陵”。虽然没有明确的成因说明,但其所含的意思则是地壳升降形成山陵。

唐朝武则天时,新丰因风雷震电,有山涌出,高二十丈,乃改县名为庆山^②。俞文俊上书曰:“臣闻……地气不和而埴阜出。”^③这是气成说。

北宋末姚宽《西溪丛语》卷下载:“孙天举云,尝见吴天用家藏一易书,不知何人作。云东南之山,皆水冲激而成,有连亘三四十山不绝者,乃地脉也。”这是流水浸蚀作用造成山脉说,与沈括论述雁荡山的成因一致。

南宋朱熹关于山脉成因的观点是:“天地始初混沌未分时,想只有水火二者,水之滓脚便成地。今登高而望,群山皆为波浪之状,便是水泛如此。只不知因甚么时候凝了。”^④这是从开天辟地时讲起,认为山脉是水之滓脚凝结而成,可以称之为“水成论”。

明代叶子奇也是水成论者,他的观点比朱熹更明确。说:“水中滓浊,历岁既久,积而成土,水土震荡,渐加凝聚。水落土出,遂

① 檀萃:《滇海虞衡志》。

② 《新唐书·五行志》。

③ 刘昫:《旧唐书·俞文俊传》。

④ 李光地:《朱子全书》卷四九。

成山川。故山形有波浪之势焉。”^①

明代陆深也是水成论者,并为其论说提供了证据。他在《玉堂漫笔》中说:“薛文清公观崖石,每层有纹,横界而层层相沓,谓为天地之初,阴阳磨荡而成。若水之漾沙,一层复一层也。殊不知实是水所漾耳。盖天地之初,混沌一物,惟有水火二者。开辟之际,火日升,水日降,而天地分矣。凡山阜毕从水中洗出,观江河间沙洲可见。”^②

嘉靖三十五年(1556)进士马出图曰:“问何以知山谷土石为水之凝结?曰,今山之重重叠叠,高高下下,水之波澜之形尚在,尝经过山中,见石之层层缕缕,逼真水之波流潏洄之状。又尝见陡崖空峒之中,条石下垂,宛然雨注,非水为之而何?此理甚易见,人自不察耳。”^③这也是典型的水成论者,并通过观察岩石层而水波形状来立论,体现了求实的科学精神。

上述水成论者的基本观点是:山是由水的冲激或水中的“淬脚”凝聚而成。这种观点与18世纪德国水成论有相似之处,但却早了200—600多年。欧洲后来出现了火成论,中国没有火成论。

此外,中国古代山脉成因论中还有地震说。如清朝孙之騄在《二申野史》中说,1556年渭南地震,使“城郭房屋陷人地中,或平地突起成山阜”。1856年湖北恩施地震,“有平地忽涌出小阜十余者”^④。

上述四种山脉成因论中,以水成论比较普遍、深入,其余三种则几乎是少数特例,因此,中国古代山脉成因论以水成论为主

① 叶子奇:《草木子·管窥》。

② 载《纪录汇编》卷一三一,第六函万历刊本。

③ 《格物绪语》乾隆二十四年刊。

④ 民国《湖北通志》卷七六。

要内容。

(4)地震成因

根据吕子方《古代有关地震原因的解说》^①的分析,认为中国古代的地震成因有5类:

1)阴阳五行论

西周末,太史伯阳父第一次用阴阳观解释地震成因,曰:“阳伏而不能出,阴迫而不能蒸,于是有地震”^②。

西汉,刘向用五行相克的观点来解释地震成因,曰:“金、木、水沴土,地所以震”^③。沴的意思是相害,相克,不和。

2)日月论

西汉,董仲舒《灾异占》曰:“日黄无光……名山崩,地动。”石氏曰:“月晕房、箕,风,地动。”《春秋感精符》曰:“日光青赤,后大旱,地动摇。”《春秋纬》曰:“日青赤,其后久旱,地动摇。”这里讲的都是根据日月在天上呈现的状况来判断是否有地震,是一种预报、预测,不一定是地震的成因。地震的前兆现象跟地震的成因也不一定一致。

3)日蚀论

《礼斗威仪》曰:“日蚀无光,地动。”京氏曰:“日蚀地拆。”“日蚀后雾雾不解,地必震,不过旬中。”《春秋潜潭巴》曰:“己巳日蚀,地动。”“戊申蚀,地动摇”。

4)行星、客星、彗星和恒星论

东汉郗萌曰:“岁星(木星)入亢,或东或西,去亢一尺若三尺,地大动。”黄帝占曰:“岁星舍亢南,地动。”荆州占曰:“荧惑

① 载《中国科学技术史论文集》下册,四川人民出版社,1984年。

② 《国语·周语上》。

③ 刘向:《旧唐书·五行志》引。

(火星)逆行氐,地动。”郗萌曰:“荧惑守氐,地震动。”“填星(土星)逆行色变,地动。”甘氏曰:“填星经天而逆行,地大动。”文曜钩曰:“辰星(水星)小而色黄,地大动。”地轴占曰:“客星守牵牛,地大动。”

5) 海浪击拍论

战国时期,庄子曰:“海水三岁一周,波流相薄,故地动。”^①

上述五类关于地震成因的论述,除第一类属于理论推测外,其余四类都有一定的观察基础,通过观察天象与海象,寻求与地震的关系,从而解释地震的成因。

(5) 气象成因

西汉刘安在《淮南子·天文训》中提出了风、雨、雾、露、霜、雪、雷的成因,曰:“天地之偏气,怒者为风;天地之合气,和者为雨。阴阳相薄,感而为雷,激而为霆,乱而为雾。阳气胜则散而为雨露,阴气胜则凝而为霜雪。”这段文字中,“怒”作动讲,“阴阳”作寒、暖或两种电荷讲,则其意为:天地之间的空气流动可形成风,天地之间的水气和合可形成雨。阴阳两种电荷感应而形成雷,激射而形成闪电。寒暖两种水气混乱形成雾。暖气胜则散而形成雨露,寒气胜则凝结而形成霜、雪。这与现代气象学原理基本一致或相近。

《淮南子·俶真训》又说:“周云之笼苾,辽巢彭薄而为雨。”意思是说密云经过聚合和蕴积作用以后即形成雨,这也基本上符合气象学原理。

董仲舒关于雨雪成因的论述也很有道理。他说:“二气之初蒸也,若有若无,若实若虚,若方若圆,攒聚相合,其体稍重,故雨

^① 李昉等:《太平御览·地部》。

乘虚而坠。风多则合速，故雨大而疏；风小则合迟，故雨细而密。其寒月（冬季）则雨凝于上，体尚轻微，而因风相袭，故成雪焉。寒有高下，上暖下寒，则上合为大雨，下凝为冰霰雪是也。”^①这就是说，雨滴的形成系云中水滴互相拼合而成，风愈大，则拼合愈快，水滴体积及重量均愈大而较疏，反之风小则合缓，故雨细而密。最后水滴因受到地心引力而下坠成雨。这些观点基本上与现代暖云降雨理论相符合。雪与雨的成因相同，但大气温度在摄氏零度以下时，云中水汽则凝结为雪及霰。雹的成因与此类似：“雹，霰之流也，阴气暴上，雨则凝结成雹焉。”^②

东汉王充在《论衡·说日》中指出云和雨不是从天上来的，而是从地上产生又降到地上的。他说：“儒者又曰：‘雨从天下，正谓从天坠也’。如实论之，雨从地上，不从天下。见雨从上集，则谓从天下矣，其实地上也。然其出地起于山……雨之出山，或谓云载而行，云散水坠，名为雨矣。夫云则雨，雨则云矣。初出为云，云繁为雨……云雾，雨之征也。夏则为露，冬则为霜，温则为雨，寒则为雪。雨露冻凝者，皆由地发，不从天降也。”这里，既说明了云雨从地起，又说明了云雨关系，季节变化。这在当时是十分正确的认识。

南北朝时，周兴嗣在《千字文》中说：“云腾致雨，露结为霜。”这也是雨、霜成因论。他的观点是正确的。这两句的意思是：地上的水气在上升过程中，遇冷凝结成云，云再遇冷即变成雨，故曰“云腾致雨”。草或树叶上的水气在夜间遇冷即凝结成露水，气温若冷至冰点以下时，露水即结成霜。

① 葛洪：《西京杂记》卷五引。

② 葛洪：《西京杂记》卷五引。

南宋朱熹对降水的成因有所论述,说:“气蒸而为雨,如饭甑盖之,其气蒸郁,而汗下淋漓。气蒸而为雾,如饭甑不盖,其气散而收。”这里前面四句似乎与地面水汽蒸发而为云,再降落为雨之理暗合。但后面三句说明朱子对于成雨之理,似乎尚未十分了解。以今日之气象学而言,雾系水汽凝结成小水滴而浮游于空中之层云,其与雨之区别,并非如朱熹饭甑盖与不盖之喻所可解释。朱氏以此喻雾与雨之区别,不特将雾之成因诠释,即其对于雨之见解,亦令人觉得彼并非真知雨者也。^①朱熹又说:“或问高山无霜露,其理如何?曰,上而气渐清,风渐紧,虽微有雾气,都吹散了,所以不结。若雪,则只是雨遇寒而凝,故高寒处,雪先结也。”^②这里,朱子以为露为雾所凝结是不对的,高山顶上无露的原因是由于空气中湿度达不到饱和点所致。最后四句关于雪的成因说得完全对,是真理。

明代,王逵在《蠡海录》论述了雨雪的成因,曰:“雪者,雨之凝也,因高而寒极,故雨凝而为雪也。其雨雪相杂者,云有高低之异也,低者为雨,高者为雪。”^③王逵的论述是正确的。

(6) 流水地貌成因

中国古代,人们从大自然的观察中,获得了比较深刻的流水地貌成因知识。首先,认识到流水有冲刷、侵蚀的力量,这种力量可以雕塑岩层,冲走土壤,使地貌发生变化,形成流水侵蚀地貌;第二,认识到流水有搬运作用,它携带泥沙从上游到下游,进行地壳物质转移工作;第三,认识到流水有沉积作用,当流速减缓后,它会把携带的泥沙沉积下来,形成流水堆积地貌。下面我们

① 刘昭民:《中华气象学史》,台湾商务印书馆,1980年,第145页。

② 李光地:《朱子全书》卷五十。

③ 载《说郭》卷二十三宛委山堂本。

介绍古人在这三个方面的认识。

1) 流水侵蚀与侵蚀地貌

这方面的内容在前面“地表形态变迁”一节中已有一些论述,此不重复,只作一些补充。

关于流水侵蚀力量,春秋末老子就指出:“天下柔弱莫过于水,而攻坚强者莫之能胜”^①。《孙子兵法》也说:“激水之疾,至于漂石者,势也。”《水经·河水注》也指出:“古之人有言,水非石凿而能入石,信哉!”这些论述都清楚地指明,流水在流动时会产生力量,这种力量可以攻坚强,可以漂石,可以像石凿一样凿开(或凿入)石头。

《管子·度地》明确指出流水的特性是:“水之性,以高走下,则疾至于漂石。”就是说,水的侵蚀和搬运力量必须是流水,而且要有一定流量和流速的情况下才有这种力量,如果是静水或水量太小则没有这种力量。

北魏郦道元和北宋沈括关于流水侵蚀作用的论述,前面已讲了,此略。

明末徐霞客论述了流水侵蚀力量大小与流速的关系,说:“宁洋之溪,悬溜迅急,十倍建溪。盖浦城至闽安入海,八百余里;宁洋至海澄入海,止三百余里;程愈迫则流愈急。”^②这就是说,宁洋之溪(即九龙江)和建溪(即闽江)这两条河发源的高度大致相等,但河长不等,九龙江是300里,闽江是800里。这样两条河的河床坡度差别较大,九龙江的坡度大于闽江。在水量相差不大的情况下,坡度大的侵蚀力大,所以九龙江的险滩比闽江多。这样

① 老子:《道德经》。

② 徐弘祖:《徐霞客游记》,上海古籍出版社,1980年,第60页。

的论述,在中国古代,徐霞客是第一个。而欧洲直到 19 世纪才有这种认识。

关于流水侵蚀地貌,《尚书》、《诗经》以下历代不少古籍均有记载,这里主要是流水地貌的成因,故具体的流水地貌从略。

2) 流水搬运作用

前面《孙子兵法》、《管子》讲的水流急了可以“漂石”的话,就是流水的搬运作用。《汉书·沟洫志》曰:“泾水一石,其泥数斗。”说明泾水中含沙量很大,搬运作用很强。据现代观测资料统计,泾水多年平均含沙量为每立方米 180 公斤(张家山测站),最大断面含沙量达每立方米 1430 公斤。按张戎的说法,“河水重浊,号为一石水而六斗泥”^①。据钱宁提出的资料,黄河三门峡站平均含沙量是每立方米 37.6 公斤,黄河水的含沙量比泾水少得多。郦道元的说法是“山水湍荡,漂沦巨伐?”

宋代,岳珂对长江洪水期水流的巨大搬运能力有了明确的认识,《程史》曰:“瞿唐滟滪,天下至险。每春夏涨潦,砂磧巨石如屋者,皆一夕随波去。”这个观点是正确的,据现代陆地水文学推算,河床推移质的输沙率与流速的四次方成正比。因此,长江三峡在洪水期把“砂磧巨石如屋者,皆一夕随波去”是正常现象。

3) 流水沉积作用和沉积地貌

黄河由于含沙量大,流入中、下游后,因地势平坦,流速减缓,故泥沙沉积迅速,使河床不断提高。战国时期,人们习惯把黄河称作浊河^②,可见那时黄河的含沙量已相当大。到两汉时期,《汉书·沟洫志》的记载已是“河高出民屋”了,已成了一条悬河。

① 班固:《汉书·沟洫志》。

② 《战国策·燕策》。

北宋沈括在《梦溪笔谈》卷二五中详细记载了黄河的淤积情况：“自汴流堙淀，京城东水门下至雍丘、襄邑，河底皆高出堤外平地一丈二尺余。自汴堤下瞰民居，如在深谷。于京城东数里白渠中穿井，至三丈方见旧底。”白渠于公元前131年开凿，至北宋已有1200年，其间淤高3丈，平均每年淤高0.25寸。历史事实启发了沈括，又经他亲自考察，使他首次用沉积相来说明华北平原由黄河泥沙沉积而成。《梦溪笔谈》卷二四曰：“所谓大陆者，皆浊泥所堙耳。”“凡大河、漳水……桑干之类，悉是浊流……其泥岁东流，皆为大陆之土，此理必然。”

欧阳修已认识到河流的淤积作用自下游开始。说：“河本泥沙，无不淤之理。淤常先下流，下流淤高，水行渐塞，乃决上流之低处，此势之常也。”^①

欧阳修虽然指出了下游先淤的现象，但没有说明原因。元祐年间，范百禄提出了原因，说：“河遇平壤滩漫行，流稍迟，则泥沙留淤”^②。这个观点是很对的。河水流到平原后，流速减缓，水中所含泥沙则沉积下来。

关于具体的沉积地貌，从《诗经》开始，历代的文献都有记载，如洲、沚、渚、坻、渚、岸等，这里从略。

(7) 潮汐成因

中国古代潮汐成因论包含3方面的内容：一是潮汐生成的神话传说；二是潮汐生成的元气运动说；三是日月生成潮汐论。现分述如下：

1) 潮汐生成的神话传说

① 脱脱：《宋史·河渠志》。

② 脱脱：《宋史·河渠志》。

东汉王充在《论衡·书虚》中讲到春秋时期吴国伍子胥死而为神，“驱水为涛”的故事。这大约是产生较早、流行颇广的民间传说。东汉赵晔在《吴越春秋》中记载：“吴(王)赐子胥剑而死，乃投之江中。子胥因扬波成涛，随潮往来”^①。王充对此传说取否定的态度，认为潮汐现象“上古有之”，并非自伍子胥死后才有。

两汉之际的《易·乾坤凿度》讲到银河与地上的水脉环流不息，认为“潮为涔，随气而濡”，以为潮汐像是水注入沟中，润湿则随气而至。另一部纬书《春秋·元命包》曰：“牛女为江潮。江潮者所以开神润化，故其意遄速。”^②它认为潮汐乃是在银河旁的牛郎、织女所推动，所以来势急速。这个神话的基础之一也是银河与地上的海是相连通的。

西晋周处(240—299)《风土记》云：“俗说魼，一名海鲙，长数千里，穴居海底。入穴则水溢为潮，出穴则水入潮退。出入有节，故潮水有期。”^③这是以巨大的海鲙定期出入海底穴中的民间传说，作为潮汐生成的原因。《说郭》卷三四上还提及佛家以为潮汐乃是神龙之变化而成，也是神话式的解说。

东晋葛洪基于银河与海相通的观念，认为潮汐是银河之水随天转运入海，激荡而生的^④。与《春秋·元命包》所述比较，葛洪排除了牛郎、织女的神力，而以银河转运入海的冲击力替代，即以新的幻想代替老的神话。不过，他试图以自然力取代神力的尝试则不容否定。

唐代以前的文献《洞冥正一经》认为，大地的“地机”收敛与

① 李昉等：《太平御览》卷六八。

② 欧阳询：《艺文类聚》卷八。

③ 李昉等：《太平御览》卷六八。

④ 葛洪：《抱朴子·外佚文》。

扩张,导致了潮汐的涨落,认为潮汐的产生是大地自身存在的某种机制造成的^①。这“地机”是什么?不得而知,大约也只是一种幻想而已。

北宋燕肃在《海潮说》中提到的僧隐之有《泛海记》,据清代周春《海潮论》下载:“僧隐之以为海底一山,渐入云汉,波涛随之而上,经三时久,其山忽下,波涛亦随之”。此论与海鲭出入海穴相类似,故周春批评它“此说最诞者也”。

2) 潮汐生成的元气运动说

西汉枚乘(?—前 140)在《七发》中太子发问:“然则涛何气哉?”发问中隐含有潮汐乃是为某种气所驱动的观念,这是把潮汐与元气联系起来的早期表述。

两汉之际,《易·乾坤凿度》指出:“月阴精,水为天地信,顺气而潮。潮者,水气往来,行险而不失其信者也”^②。这里依稀提到月亮与潮汐的关系,但重点是“顺气而潮”的思想,认为潮汐是天地之间有节奏的水气往来运动的结果。

东汉王充在《论衡·书虚》中发展了“顺气而潮”的思想,他把潮汐现象用人的血脉流行起伏以及有节奏的呼吸相比拟,认为是元气一出一入的运动,使百川之水或盈或虚,产生有节度的变化,于是有潮汐周而复始的涨落。他说:“夫地之有百川也,犹人之有血脉也。血脉流行,泛扬动静,自有节度。百川亦然,其朝夕往来,犹人之呼吸,气出人也。”王充之说把潮汐生成的元气运动说更形象与具体化了。

唐代卢肇在《海潮赋》中说:“天地噫气,有吸有呼,昼夜成

^① 《说郛》卷三四上。

^② 《丛书集成选》一五二,新文丰出版公司,1987年。

候，潮乃不逾，岂由日月之运？”^①显然，他主张元气生成潮汐说，不同意日月生成潮汐说。

南宋末年，朱中有在《潮颐》中不同意日月生成潮汐论，主张元气运动说：“元气之运周流乎脉络，而血乃随之。……一身之血，随气而进，昼夜未尝息也。……元气无形，而非出入之息也。天地虽大，具于吾身，气之所至血亦随之。水者，天地之血，海为水之所归，元气升降而水有进退。故潮者元气之升而血之溢也。人之血气，分昼夜而行阴阳，潮亦昼夜再至，信斯理之必也。元气有大升降，一岁之终为节候者二十四，潮之汛亦二十四，此灼然之明验而非出于臆也。”^②

元代，史伯璿在《管窥外篇》卷上中，以浑天说否定了卢肇太阳入海激而生潮的说法。亦反对北宋余靖的“潮系乎月”之说，只承认“潮与月相应”，并不认为两者之间存在相从属的关系。他指出：“凡天地间有形之物，未有不随气而运动者，岂有潮汐往来而独不由乎气哉！”他完全赞同潮汐的生成是气运动的结果，但气的运动不是作升降运动，而是在海中作南北向的收缩与扩张运动：“虽然潮特有形之物耳，非有气以运之，水亦不能自行也。气即水之气耳，是故气有翕张，张则潮有长。方其气之始张于北也，则水为气所拥而南奔，而潮以为之长。张至极则水益南而潮以平。张极而翕，翕则水北运而潮落，及翕极后张，张极复翕，则潮又长而又落矣。”即以为海水在元气一张一翕的驱使下而作周而复始的南北运动，是潮汐生成的原因。这显然是一种不切合实际的推测。

① 卢肇：《文标集》卷上。

② 《会稽续志》卷七。

明代初年,刘基是元气运动生成潮汐说的支持者,他在《郁离子》中说:“天地之呼吸,吾于潮汐见之”。

明代张燮在《东西洋考》卷八中提及周翠渠的见解:“海居地上,地有俯仰,潮因有往来。气升于北,则北盈而南虚,地必北俯,故潮皆北趋”。周翠渠认为潮汐是元气的盈虚导致大地作周期性的俯仰运动而生成的。这同样是一种想当然的推测。

3)日、月生成潮汐论

在春秋战国时期,认为月亮系水精气所组成的观点业已出现,而把月亮与潮汐现象有机联系起来的明确论述则见于战国后期的《黄帝内经》,书中写道:“月满则海水西盛(盛,海水上涨也)”,“月郭空(郭,物体的四周。月郭空即是朔,看不见月亮)则海水东盛”^①。

东汉王充在同气相感论的基础上,首次提出“涛之起也,随月盛衰,大小满损不齐同”^②的观点,已经观察到潮汐运动与月球运动同步的规律,首次明确地把潮汐大小的变化与月亮盈亏的周期性变化联系起来,并且把后者作为前者的动因,开启了后世得到进一步发展的月生潮汐论的先河。我们知道,潮汐的涨落与月亮的圆缺之间并不存在简单的对应关系,所以把两者有机地联系起来是需要胆识的。王充的见解不能不说是一种卓越的创见。

王充此说一出,即受到人们的重视。孙吴虞翻(164—233)在注释《易·坎卦》时云:“水性有常,消息与月相应,故不失其信矣”。稍后,杨泉在《物理论》中也认为:“月,水之精。潮有大小,月

① 《黄帝内经·灵枢·岁露》。

② 王充:《论衡·书虚》。

有亏盈”^①。

东晋葛洪也说：“月之精生水，是以月盛满，而潮涛大。”^②他认为月为水的精气，当月圆时，月之精气生水多，故潮大；月亏时，月之精气生水少，故潮小。这一见解将月亮与水相混同，又以月与地相连通作为立说的前提，自然是不正确的。但它却是关于月盈亏与潮大小相关性的具体机制的最初探索。

葛洪在《抱朴子·外佚文》中还说：“麋氏云：潮者，据朝来也；汐者，言夕至也。见潮来去，或有早晚，辄言有参差，非也。水从天边来，一月之中，天再东再西，故潮来再大再小也。又，夏时日居南宿，阴消阳盛，而天高一万五千里，故夏潮大也。冬至日居北宿，阴盛阳消，而天卑一万五千里，故冬潮小也。春日居东宿，天高一万五千里，故春潮渐起也。秋日居西宿，天卑一万五千里，故秋潮渐减也。”

这里葛洪引述麋氏的意见，认为潮汐大小是有规律的。就一个月而言，潮汐的大小与月亮的盈亏有关；就一年而论，则与不同的季节有关，此中已含有与太阳所处的位置有关之意。应该指出，此说对于一年四季潮汐大小变化的描述是不合乎实际的，而且是以阴阳的消长来说明潮汐的盛衰。但它已注意到一年四季潮汐大小变化的现象，并试图给予理论说明，是日、月生成潮汐说的先声。

自葛洪以后，日、月生成潮汐说经历了较长时间的沉寂期，到唐代中期（约8世纪中后期），窦叔蒙《海涛志》^③面世，才出现活跃的景象。窦叔蒙曰：“潮汐作涛，必符于月……晦明牵于日，

① 虞世南：《北堂书钞》卷一五〇。

② 李昉等：《太平御览》卷四。

③ 俞思谦：《海潮辑说》卷上。

潮汐系于月，若烟自火，若影附形，有由然矣……月与海相推，海与月相期，苟非其时，不可强而致也，时至自来，不可抑而已也。”他认为潮汐涨落与月亮盈亏之间存在如同火与烟、形与影相伴相随的关系。正像昼夜明暗因太阳而生一样，潮汐因月亮而生。这里所谓“月与海相推”，含有月亮给海水一种推力而生成潮汐的意义，也就是认为月亮与潮汐之间关系的具体机制是存在至期必显的一种力的作用。这是一种很有价值的推测。

由于他给出了虚拟年、月相应的“积日”和“积涛”值，故可算出潮汐每一次涨落相距的时间为12小时25分14秒，也就是说每日潮水所推迟的时间是50分28秒。这同现代一般计算正规半日潮每日推迟50分钟的数值已相当接近。

对于每日潮水推迟的原因他认为这是由于月亮每天要比太阳向东多运行13度左右造成的现象，也就是说，在太阳运行一周天（即24小时），月亮还处于太阳东边约13度的地方，必须约再经过51分钟，月亮才正好回到原先的方位上。因为窦叔蒙所说“月差十三度”仅举约数而言，若由他所说的每天潮水推迟值为50分28秒反推，“月差十三度”的准确值应为12.8度。由此看来，窦叔蒙也就认为每天潮水的推迟正好是日东行迟于月所致，要等月行至原先所处的位置时，才出现大潮。这是对潮汐系于月这一理论的极好证明。

窦叔蒙还说，二月和八月朔日，日月分别在降娄（春分点附近）和寿星（秋分点附近）之时将要发生一年中的大潮，同我们现今所说的分点潮有类似之处。他还认为真正大潮的出现是在二月和八月朔后的第三日，这一点是关于大潮滞后出现的正确描述。但他对这些现象的理论解释还受银河与大海相通之观念的影响，未能作出正确的解释。他用积热而致极热、积寒而致极寒



来解释大潮滞后的现象也是不正确的。

窦叔蒙无疑是中国古代最重要的潮汐理论家之一。他关于“月与海相推，海与月相期”之说，他所给出的正规半日潮推迟值以及“日差迟月，故涛不及期”的阐释，都是对月亮与潮汐关系理论的极重要发展。他对分点潮和大潮滞后现象的论述，实际上是关于太阳与潮汐关系的反映，可惜他并未明确论及于此。窦叔蒙《海涛志》的问世，是中国古代潮汐论发展进入一个新时期的标志。

与窦叔蒙同时代的封演，在《说潮》^①中提出，天上的月与地上的水，潜存一种相互感应和招引的作用，遂形成盈亏、涨落相应的结果。这也是一种颇有创见的论述。

晚唐卢肇在《海潮赋》^②中提出太阳出入海中激荡而成潮汐。这与葛洪当年所论银河入海激荡成涛之说同属幻想之列。依据此说，潮汐起时均应在日入、日出之际，这显然与潮汐现象的基本事实相违背。他对潮汐与太阳相关的理解是虚幻的，他对潮汐与月亮相关的理解也是虚幻的，他对潮汐的基本规律模糊不清，所以《海潮赋》的论说是失败的。

五代邱光庭在《海潮论》^③中提出潮汐大小系于日月的观念是明确的，而对于二月、八月时太阳所处位置与潮汐的关系的认识仍不甚了了。他的元气盛衰出入地体之说，则是关于月亮盈亏与潮汐涨落之间从属关系的具体机制的一种推测，也就是把元气运动说引入日月生成潮汐论中的尝试。邱光庭还提出“先感而后应”的机制，说明大潮“常于朔望之后”的现象，是颇有合理的

① 董诰等：《全唐文》卷四四〇。

② 卢肇：《文标集》卷上。

③ 董诰等：《全唐文》卷八九九。

成分的。

北宋早年张君房著有《潮说》^①，认为窦叔蒙之说“最得其旨”，亦以为潮汐之“本则系属于月焉”。对于朔望大潮的原因作了进一步的探讨，其观点包含有潮汐乃是日、月共同作用的结果这一合理思想内核。

北宋燕肃在《海潮论》^②中提出，阴阳二气主要来自于日、月，这是对元气运动说引入日月生成潮汐论的又一种尝试，其具体机制是日月通过阴阳二气直接作用于水，同邱光庭的机制不同。

他还认为，每日涨潮的时间向后推移 53 分 47 秒。此值虽不如窦叔蒙值准确，但他指出该值并不是每天都恒定不变的，而是有“小异”，这是更严格的、正确的见解，因为每天日、月相对位置的变化并不是恒定的。这是依日月运动的理论对每日涨潮时间后移现象的严格阐述，也就对日月生成潮汐论作了更准确的论证。此外，他指出月亮位于某特定地点的子午方向时，正是该地点潮最大之时，而当月亮处于卯酉方向时，正是该地点潮最小之时，这也是对潮汐每月涨落规律的精辟概括，又是对潮汐涨落主要决定于月亮的有力证明。

北宋余靖(1000—1064)在《海潮图序》^③中批评卢肇“日入海而潮生”之说，以为这是“出于胸臆”。他认为每日大潮推后的现象，就是每天月亮较太阳多东行十二度有奇造成的。他十分准确地描述了一个月内潮势起伏的真切状况，这是对卢肇说的有力批驳。但他把这种状况归因于朔、望前后月亮运行速度较快(“月行差疾”)、和月弦前后月亮运行速度较慢(“月行差迟”)，这则是

① 俞思谦：《海潮辑说》卷上。

② 姚宽：《西溪丛语》卷上。

③ 《武溪集》卷三。

不正确的，这并不符合当时历家已经得知的月亮运行迟疾变化的认识。他主张潮汐的生成完全决定于月亮，而与太阳无关。他提出了“月之所临，水往从之”的重要思想，即水顺从月亮所在的方位涨起，这十分形象和生动地描述了潮汐与月亮的依从关系和潮汐生成的具体机制。他认为水体升起的部分总是与月亮所处的位置相一致，即随着月亮的运行，造成水体与之同步的此起彼伏，这是对月亮运动方位与水体涨落之间有机联系的很好论述，说的“实际上就是近代的潮汐椭球”^①。

北宋邵雍、张载关于潮汐的生成理论与邱光庭类似，但也有不同之处。沈括则对一日内出现的两次大潮作了明确的定义：“月正午(上中天)而生者为潮，则正子(下中天)而生者为汐”，这同以涨潮为潮，落潮为汐之说有所不同。

北宋末徐兢以阴阳之说解释为什么月临子、午而潮涨的观点，自然不如余靖之说科学合理。但他认为每月的大潮在朔日，同太阳有关，因为这时日、月同时临子或临午之位，这则较余靖之说高过一筹。是日月都对潮汐的大小产生影响的重要论述。

元代虞裕在《谈撰》^②中提出：“潮者，太阳、太阴鼓怒之气所起。盖日月运行，阴阳鼓怒，朝夕为常，故潮来有信。”他认为太阳和月亮有一种“鼓怒”之气，“鼓”有鼓动、振作、凸起、涨大之意，“怒”形容气势强盛。即日月运行所临之处，有气势强盛的、起鼓动、振作、凸起、涨大作用的气作用于其下的水体之上，这便是生成潮汐的具体机制。虞裕此说是中国古代日月生成潮汐具体机制的最精彩论述之一。可惜，除了虞裕之说外，元代以后，潮汐论

① 中国古潮汐史料整理研究小组：《中国古代潮汐论著选择·前言》，科学出版社，1980年。

② 《说郭》卷三五下。

从总体上呈停滞不前的状态。元、明、清各家如宣昭、王佐、陈天资、弧燮、周亮工、屈大均、周春、周煌等人多在前人论说中作出选择,无一创新之处。

中国古代潮汐论自东汉王充开始进入了科学的、理性的阶段,奠定了潮汐与日月之间关系的基本理论。到唐代中期的窦叔蒙和封演取得突破性的进展,其标志是月招引水说的提出,正规半日潮的发现以及由此作出的潮汐与月亮关系的进一步论证。自五代邱光庭到北宋沈括,是潮汐说发展的鼎盛期,其间人才辈出,各种学说都得到充分的发展,其中又以余靖的类似潮汐椭球的论述最为精到。可以说中国传统潮汐论在这时业已完成。从南宋以后,中国传统潮汐论渐渐走向停滞,如果说南宋时期还勉强维持较高的水平,那么到元明清时期则已是日薄西山,学者多只是重复高潮期学者的论说,而无所进取。

5. 地区差异思想

中国古代关于地区差异的思想包含有6个方面的内容:即生物分布、地貌、水文、气候、土壤、物产等。现分述如下:

(1) 生物分布

生物的地理分布反映了地区之间各种自然条件的差别,最容易为人们发现。春秋战国时期的《山海经》就记录了各地不同的植物,其中“南山经”、“东山经”和“中山经”所记载的植物,显示了热带和亚热带的特征:那里“多桂”,“多橘柚、多竹、多桑柘、多漆”;“西山经”所记载的植物显示了温带的特色:那里有“谷柞、柟檀、松柏、荆杞、榛、桔”;“北山经”所记载的植物有草原和干旱区的特点:那里“多机木、多韭薺(山菜)、多茈草、多草蓍芎、多秦椒”。



2000多年前的《尚书·禹贡》对当时我国东部从北到南各区域间的植被差异作了描述：兖州（今华北平原东部一带）是“厥草惟繇，厥木惟条”。说明这个地区有桑树，草长得很茂盛，树木高大。往南到徐州（今鲁南、苏北、皖北一带）境内是“草木渐包”，即草木丛生，覆盖大地。再往南到扬州（长江下游）是“篠荡既敷，厥草惟夭，厥木惟乔”。这里竹类丛密，草很茂盛，树木是高大的乔木。同时“厥包橘、柚，锡贡”，以橘、柚为贡品。

春秋战国之际的著作《考工记》卷上，提出了生物分布界线的思想，曰：“橘逾淮而北为枳，鸛鹑不逾济，貉逾汶则死，此地气然也。”这段话中既讲植物的分布界线，也讲动物的分布界线。

首先我们看植物，“橘逾淮而北为枳”，是说橘这类植物，只能生长在淮河以南，如果把它移植到淮河以北，就会变成另一种植物枳了。很显然，这里第一次提出了植物南北分布以淮河为界线的思想，这种思想符合科学道理。我们知道，在地理学上，秦岭、淮河是我国暖温带和亚热带的分界线，许多亚热带植物如竹子、茶叶、杉木、柑橘等，统统只能在这条分界线以南生长。间有例外，也只限于一些受到适当地形庇护而有良好小气候环境的地方。可见《考工记》的观点是正确的。

《晏子春秋·内篇杂下》记载，晏子对楚王曰：“婴闻之，橘生淮南则为橘，生于淮北则为枳，叶徒相似，其实味不同，所以然者何？水土异也！”《晏子春秋》的观点跟《考工记》一致，只是在解释原因上稍有不同。《考工记》认为是“地气然也”。“地气”具体指什么？作者没有明说，只能推测可能指气温一类的自然条件。《晏子春秋》则认为“所以然者何？水土异也！”具体指出，之所以出现这种现象，其原因是淮河南北水土有差异造成的。如果单指水土，不包括气温，则不全面。同为影响植物分布的主要原因是气温，

其次才是水土。

第二,关于动物分布界线。《考工记》中具体讲了“鸛鹄不逾济”和“貉逾汶则死”这两种动物的分布界线。“鸛鹄”现在俗称“八哥”,“济”指济水,中国古代四渎之一。一般情况下,鸛鹄是不逾济而北的。它只留居我国中部、南部各省平原和山林间。貉是生活在北方的毛皮兽,即以狐貉为裘之貉。貉不居住南方较暖的地方。汶是汶水,今名大汶水,在山东西部,古汶水西流经东平县南至梁山东南入济水。“貉逾汶则死”,意思是貉这种动物不能越过汶河以南,如果越过汶河以南,就会由于不适应较暖的生活环境而死亡。

西汉刘安《淮南子·原道训》也说:“故橘树之江北,则化而为枳;鸛鹄(即鸛鹄)不过济,貉(与貉同)渡汶而死;形性不可易,势居不可移也。”

晋代,戴凯之在《竹谱》中探讨了南方为什么多竹,北方为什么少竹甚至不长竹的原因。他认为,竹“性忌殊寒”,所以“九河鲜育,五岭实繁”,“北土寒冰,至冬地冻,竹根类浅,故不能植。唯箴(竹)根深,故能晚生淇园、卫地,殷纣竹箭园也。”《竹谱》还阐述了各种竹的分布地域,如“苏麻竹,五岭左右偏有之。盖竹所生,大抵江东;籊、箬二竹,皆出云梦之泽;浮竹,彭蠡以南,大岭以北偏有之”。从这里可以看出,戴凯之大致已把淮河、秦岭作为竹子分布的北界了。

晋代,嵇含在《南方草木状》中,把南岭作为我国植物分布的又一条界线。曰:“芜菁,岭峤已南俱无之,偶有士人因官携种,就彼种之,出地则变为芥,亦橘种淮北为枳之义也。”^①这里讲的“岭

① 嵇含:《南方草木状》卷一,见《百川学海》本。



峤”就是南岭。嵇含说南岭以南没有茺菁，有的人因去南岭以南作官，带了茺菁种子到那里去种，结果长出来的不是茺菁，而是发生了变异的芥。嵇含所说是道理的，在地理学上，南岭是中国中亚热带与南亚热带的分界线，岭南、岭北不仅气温相差较大，而且植物分布也有较大的差别。

北魏贾思勰在《齐民要术》中引俞益期给韩康伯的信说：“(槟榔)，性不耐霜，不得北植，必当遐树海南”。说明当时人们已经知道热带植物只能生长在热带，不能生长在亚热带乃至更北的地区。

明末清初，屈大均(1630—1696)明确指出大庾岭是我国植物分布的一条分界线。曰：“(榕树)性畏寒，逾梅岭则不生。故红梅驿有数榕，为炎塞之界。又封川西三十里分界村，二广同日植一榕，相去三丈许，而东大西小，东荣西瘁，东榕又不落叶。咫尺间，地之冷暖已分如此。自韶州西北行，榕多直出，不甚高，与广州榕婆婆偃蹇者异。”^①这里，屈大均把大庾岭作为榕树分布的北界是有科学道理的，因为榕树只能生长在热带和南亚热带。梅岭是“炎塞之界”，意思是炎热地区的边界，即指南亚热带的北界，榕过此不能生长。另外，屈大均还观察到榕树随着气温的变低而逐渐发生变态，在广州婆婆偃蹇的榕树，到了韶关西北就变得“直出，不甚高”了。

康熙时，吴震方也有类似的论述。曰：“榕树，闽广最多，他省则无。故红梅驿以北无榕”^②。

康熙三十八年(1699)，林登虎修的《漳浦县志》卷四也谈到

① 屈大均：《广东新语》卷二五。

② 《岭南杂记》卷下。

榕树的分布,说:“此树生至海州而止。谚云:榕不过剑(延平府,今南平市)。”施鸿保也说:“俗传榕树至水口驿即不能植,故水口已上无之。”^①这话是对的,因为福建南部沿海属于热带和亚热带范围,南亚热带的西界到南平。显然,榕树在福建沿海的分布界线已被古人观察认识到了。

除了榕树外,荔枝在福建沿海的分布也有一条界线。这条分布界线与榕树的分布界线大致相近。宋代蔡端明曰:“荔枝之于天下,唯闽、粤、南粤、巴蜀有之。闽中唯四郡有之,福州最多,而兴化军最为奇特,泉、漳时亦知名。然性畏高寒,不堪移植……福州之西三舍(一舍三十里,三舍九十里)曰水口,地少加寒,已不可殖。”^②宋代梁克家的《三山志》说得更具体,曰:“荔枝之属,州北自长溪、宁德、罗源至连江北境,西自古田、闽清,皆不可种,以其性畏高寒。连江之南,虽有植者,其成熟已差晚半月。直过北岭,官舍民庐及僧道所居至连山接谷,始大蕃盛。温厚之气盛于东南,故闽中所产比巴蜀、南海尤为殊绝。”

明代,王世懋对福建这条植物分布界线也有记载,曰:“地气莫暖于东南,若福南(福州以南)四郡,地居东南偏,飞霜所不洒,故生荔枝。水口离郡城稍西北,仅两程许,荔枝绝种矣”^③。这里说的福州以南四郡“飞霜所不洒”,即全年无霜期。地理学上曾有以“无霜线”来定热带北缘的,所以福州以南四郡均在热带,荔枝多。水口在福州西北只有两程许(约一百里),荔枝不能种,甚至绝种了。水口无荔枝,除了纬度稍偏北以外,主要是地形上比福

① 褚华:《闽杂记》卷十一。

② 《荔枝谱》,见《丛书集成初编》一四七〇本。

③ 《闽郡疏》。



州高,而荔枝又“性畏高寒”,所以水口不能生长荔枝,产生了植物分布的地区差异。

荔枝也以南岭为分布界线。南岭西部,以湖南、广西两省的交界处为北界,这在南宋范成大的《桂海虞衡志》中有记载:“荔枝自湖南界入桂林才百余里便有之,亦未甚多。昭平出樵核,临贺出绿色者尤胜。自此而南,诸郡皆有之,悉不宜干,肉薄味浅,不及闽中所产”。

南岭中部,荔枝分布只到韶州(今韶关)。明正德年间的《琼台志》载:“荔枝,南果也。地理愈南愈美,韶州于岭南为极北,荔枝亦希产。”^①

明代郭子章也说:“龙(眼)荔(枝)二种,越(今广东省)止于韶州,至南雄则无。闽止于福州,至延平则无。大都近海之郡则生,不近海不生。如潮属十县,程、平二县近山则无。盖生荔之乡,管子所谓五埜也。”^②

从上述记载中不难看出,从广西、广东到福建这一荔枝分布界线,恰好在南岭的南部,相当于南亚热带的北界。对这条界线的认识从宋以后就很清楚了。

中国古代对植物分布界线的认识除了水平纬度分布界线外,还有垂直分布界线。如《管子·地员》曰:“山之上,命之曰县泉,其地不干,其草如(茹)茅与走(蘆),其木乃楠……山之上,命之曰覆萎,其草鱼肠与菰,其木乃柳。山之上,命之曰泉英,其草蕲,白昌,其木乃杨。山之蔚,其草兢(荳)与蕃,其木乃格(楸)。山之侧,其草蒿与菱,其木乃枢榆。”

① 唐胄:《琼台志》卷八。

② 《青螺公遗书》卷二二。

这段话叙述了五种山地植被分布情况,从高往低,最高的是县泉,在这个山体部位上,生长着禾本科与莎草科的草及落叶松林。落叶松在华北山地中是一种分布最高的树种,常生于海拔2000米以上至3000米之间,成为纯林。在覆萎这个山体部位上,生长着紫莞属的草和有气味的草以及柳属的丛生灌木。再往下在泉英这个山体部位上,生长着伞形科植物和水菖蒲以及山杨木。在我国北方,山杨生于海拔1500—2000米的高度,常成纯林。在山之蔚这个山体部位上,生长着稀荳草和麦门冬或天门冬一类的药材以及檟楸等树木。在最低的山之侧这个山体部位上,生长着旋花属的草和萎蒿,树木有刺榆。(见图31,《管子·地员》中植物垂直分布示意图)这五个不同高度的山地,由于地势不同,气温不一样,因而分布着不同的植被类型。

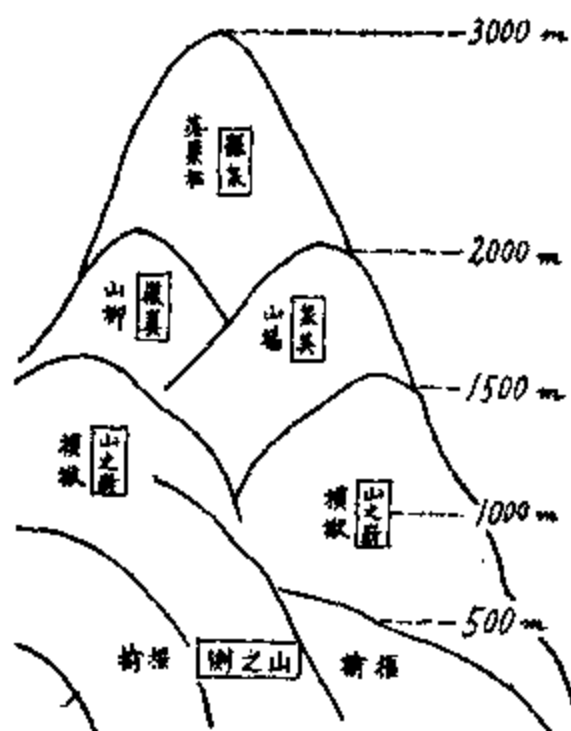


图31 《管子·地员》中所记植物垂直分布示意图^①

① 夏纬瑛:《管子地员篇校释》,农业出版社,1981年,第29页。



(2) 地貌差异

地貌的地区差异容易发现,因此,地貌地区差异的思想出现也比较早。在《淮南子·天文训》中以神话的形式说明中国的地形是西北高东南低。书中写道:“昔者共工与颛顼争为帝,怒而触不周之山,天柱折,地维绝。天倾西北,故日月星辰移焉;地不满东南,故水潦尘埃归焉。”

这个神话在《列子》中也有记载,内容基本一致,只有一两句话不同。曰:“共工与颛顼争为帝,怒而触不周之山,天柱折,地维绝,地不满东南,故百川归焉。”

晋代,杨泉《物理论》曰:“地,天之根本也。形西北高而东南下。”^①明确指出(中国)地形是西北高而东南下,已去掉了神话内容。

晋代张华《博物志》指出:“中国之域,左滨海,右通流沙。”^②把中国东西方不同的地貌差别作了明确的表述。

上述几位都是从全中国的范围来讨论地貌的差异,下面介绍的则是在较小的范围来讨论地貌差异。如:

明朝王士性在《广志绎》卷三中,谈到关中黄土原地貌与东南地区冈阜地貌的差别,曰:“关中多高原横亘,大者跨数邑,小者亦数十里,是亦东南冈阜之类。但冈阜有起伏而原无起伏,惟是自高而下,牵连而来,倾跌而去,建瓴而落,拾级而登。”卷四谈到浙江的地貌差异时,曰:“杭、嘉、湖平原水乡,是为泽国之民;金、衢、严、处丘陵险阻,是为山谷之民;宁、绍、台、温连山大海,是为海滨之民。”王士性的观点是正确的,这三个地区的地貌差

① 李昉等:《太平御览》卷三六。

② 李昉等:《太平御览》卷三六。

异基本如此。

明朝末年,徐霞客指出湖南祁阳至零陵之间的地貌有差别:在祁阳东面,“江两岸啖水之石,时出时没”;“盖入祁阳界,石质即奇,石色即润。过祁阳,突兀之势,以次渐露,至此(零陵)而随地涌出矣”。^①又指出广西柳州、桂林、阳朔三个地区的岩溶地貌差异。阳朔佛力司之南,“山益开拓,内虽尚余石峰离立,而外俱绵山亘岭,碧簪玉笋之森罗,北自桂林,南尽于此。闻平乐以下,四顾皆土山,而巉厉之石,不挺于陆,而藏于水矣”。柳江西北,“两涯多森削之石,虽石不当关,滩不倒壑,而芙蓉倩水之态,不若阳朔江中俱回崖突壑壁,亦不若洛容江中俱悬滩荒碛也”。徐霞客讲的这三个地方的地貌差别是正确的。因为桂林、阳朔处在槽谷峰林区,所以漓江切入石灰岩山地,形成了奇伟的峰林景观。柳州为台地孤峰区,峰林分散,孤立分布在台地上。孤峰低矮,比高一般在50—100米之间。山麓地面常有第四纪沉积物覆盖,看上去就像“如锥处囊中”。^②

徐霞客还进一步指出云南、贵州、广西三省岩溶地貌的差别,说:“粤西之山,有纯石者,有间石者,各自分行独挺,不相混杂。滇南之山,皆土峰缭绕,间有缀石,亦不一二,故环洼为多。黔南之山,则界于二者之间,独以逼耸见奇。滇山惟多土,故多壅流成海。而流多浑浊,惟抚仙最清。粤山惟石,故多穿穴之流,而水悉澄清。而黔流亦界于二者之间。”^③徐霞客的这个论断是正确的,因为岩溶地貌在海拔2000—2500米以上的高原面上(即云南),主要是小洼地、漏斗和落水洞,并分布有一些低矮的峰林。

① 徐弘祖:《徐霞客游记》。

② 徐弘祖:《徐霞客游记》。

③ 徐弘祖:《徐霞客游记》。



这就是徐霞客讲的“滇南之山，皆土峰缭绕，间有缀石，亦十不一二，故环洼为多。”广西的典型峰林地形主要分布于岩性较纯的灰岩地区，而不纯灰岩或灰岩夹可溶岩的地区，则峰林地形不典型，甚至呈缓坡丘陵景观。这就是徐霞客讲的“粤西之山，有纯石者，有间石者，各自分行独挺，不相混杂”。而贵州则界于二者之间，“独以逼耸见奇”。

清代，陈伦炯对中国海岸地貌的差别作了阐述。渤海区段的海岸地貌是：“登州（今蓬莱）与旅顺口南北隔海对峙，东悬皮岛，西匝两京、登莱，是为辽海。登州一郡，陡出东海，尽于成山卫。”苏北区段的海岸地貌是：“海州（今江苏东海）而下，庙湾（今江苏阜宁东南）而上，则黄河出海之口（指 1855 年前的黄河口）。河浊海清，沙泥入海则沉实，支条缕结，东向纤长，潮满则没，潮汐或浅或沉，名曰五条沙。”江、浙区段的海岸地貌是：“内狼山，外崇明，锁钥长江，沙坂急潮，其概相似。”福建区段的海岸地貌是：“洋大而山低，水急而流回。”台湾的海岸地貌是：“西面一片沃野，自海至山，浅阔相均，约百里。”广东、广西的海岸地貌是：“暗礁暗沙，难以悉载”，“处处沉沙，难以名载”，“廉（今合浦）多沙，钦（今钦县）多岛”。海南岛的海岸地貌是：“自海口港之东路沿海，惟文昌之潭门港……西路沿海，惟澄迈之马袅港……可以湾泊船只，其余港汊虽多，不能寄泊；而沿海沉沙，行舟实为艰险。”陈伦炯的论述与实际基本相符。

（3）水的差异

中国古代对水的差异的论述在春秋战国时代就有了。如：

《管子·水地》曰：“齐之水道躁而复（水道急躁不安静又多回复）”，“楚之水淖弱而清（淖，柔和）”，“越之水浊重而洿（水很混浊而且向外浸润）”，“秦之水汔最而稽，淤滞而杂（意为秦水绝甘

而味可停留，又泥淤沉滞与水相杂也)”，“齐、晋之水枯旱而运(意为其水渗漏而无光也)”，“燕之水萃(聚集)下而弱”，“宋之水轻劲(有力)而清”，等等。这是从水的性质上来谈各地水的差异。

汉代，《河图括地象》曰：“九州殊题，水泉刚柔各异。青、徐其泉酸以咸；荆、扬其泉酸以苦；梁州其泉苦以辛；兖、豫其泉甘以苦；雍、冀其泉甘辛以醉酸。”^①这是从水味来谈各地水的差异。水味不同，是由于水中含的矿物质、有机质不同所致。

晋代，张华《博物志》曰：“水有浊有清，河淮浊，江汉清。南阳有清冷之水，丹水、泉水。汝南有黄水，华山南有黑水，天下之水皆类五色，今载其名也。”^②这是从水的颜色上来谈各地水的差异。

唐代，陆羽在《茶经》卷下中论述煮茶水的优劣时，把水分为三等：“山水为上，江水中，井水下。其江水取去人远者，井取汲多者。”

元末明初，李继本说：“予尝观于海，浮于江，乱于河淮，知中冷之水居天下第一，而庐山之泉次之。与夫渭之清，泾之浊，汤泉之不火而热，醴泉之非饴而甘，弱水之不胜芥，贪泉之蠹人心，潢汗行潦之朝满而夕除。岂非由于土壤之厚薄欤？”^③李继本认为各地水质不同是由于土壤有厚薄的缘故。这有一定的道理，因为泉水溶解了土壤中的元素或矿物质，自然会影响水质。

明代，卢若腾引麻知几《水解》云：“蜀江濯锦则鲜；济源烹楮则晶(皎洁、光明)；南阳之潭渐于菊，其人多寿；辽东之涧通于蓂(人参)，其人多发(多头发)；晋之山产礬石，泉可愈疽；戎之麓伏

① 《汉唐地理书钞》。

② 李昉等：《太平御览》卷五九。

③ 《一山文集》卷八



硫黄,汤可浴疔。”^①这一段讲得很有道理,各地水质不同,是由于水流经地区的植被、矿物不同所致。水中溶解了不同的元素或矿物质,自然表现出不同的功效。

明代王士性在《广志绎》卷一中谈到长江、黄河水量有差异,主要原因有三个:第一,黄河支流、湖泊少,而长江比黄河多,故长江水量大于黄河。第二,黄河流域干燥,雨量少;而长江流域雨量多。第三,土壤不同,“江南泥土粘,故江不移;河北沙土疏,故河善决。”

明末,徐霞客对水质的地区差异也很注意,说:“滇山惟多土,而流多浑浊。粤山惟石,而水悉澄清。而黔流亦界于二者之间”^②。这是从地质地貌方面论述水质清浊的原因,论点是正确的。

徐霞客经过“逾淮涉汴”的亲自考察之后,看到“河流如带,其阔不及江三之一”;他继续考察,“北历三秦,南极五岭,西出石门、金沙”,然后知道,“入河之水,为省五;入江之水,为省十一,计其吐纳,江既倍于河,其大固宜也”。这是从流域面积大小来论证长江水量大于黄河,是正确的。所论比王士性精确。他还从两条河的长短来论述它们之间的水量差别。强调考察与确认江源的重要性,“不探江源,不知其大于河;不与河相提而论,不知其源之远。谈经流者,先南而次北可也”^③。

(4) 气候差异

中国古代关于气候差异的思想,可以追溯到新石器时代。那时人们盖房子时要把门窗开在南面,因为南面的阳光比北面充

① 《岛居随录》卷上。

② 徐弘祖:《徐霞客游记》。

③ 徐弘祖:《徐霞客游记》。

足,南面的气温也比北面高,显示出了南北地区差异。

商代,甲骨文中讲的四种风,实际上是指四种气候,同时也是四季的象征。四方与四风都有专名,见于善斋旧藏大骨,其文为:

东方曰析,风曰飏。

南方曰因,风曰荒。

西方曰棗,风曰彝。

北方曰勺,风曰郛。^①

商代的四方神名与四风,见于《山海经·大荒经》,“大荒东经”曰:“日月所出,名曰折丹……东方曰折,来风曰俊……处东极以出入风。”“大荒南经”曰:“有神名曰因乎,南方曰因,来风曰民,处南极以出入风。”“大荒西经”曰:“有人名曰石夷,来风曰韦,处西北隅以司日月长短。”“大荒东经”曰:“有人名曰觜,北方曰觜,来之风曰狹,是处东极隅以止日月,使无相间出没,司其短长。”

战国末,《吕氏春秋·有始览》讲了风的地区差异。曰:“东北曰炎风,东方曰滔风,东南曰熏风,南方曰巨风,西南曰凄风,西方曰飏风,西北曰厉风,北方曰寒风。”八个方向的风不一样,都有专名,比商代讲的四个方向的风增加了一倍。

《周礼·地官》中曾谈到用土圭来判定南热北冷的办法,指出“日南则景短多暑,日北则景长多寒。”“日南”、“日北”分别指地理位置的南北,南、北寒热有差异,气温有差别。

西汉,刘安在《淮南子》中两次讲到八风。在《淮南子·天文训》中,八风与节气相连。曰:“距日冬至四十五日,条风至;条风

^① 《京津》五二〇。



至四十五日,明庶风至;明庶风至四十五日,清明风至;清明风至四十五日,景风至;景风至四十五日,凉风至;凉风至四十五日,闾阖风至;闾阖风至四十五日,不周风至;不周风至四十五日,广莫风至。”在《淮南子·地形训》中,八风与方位相连。曰:“东北曰炎风,东方曰条风,东南曰景风,南方曰巨风,西南曰凉风,西方曰飏风,西北曰丽风,北方曰寒风。”八风的名称不完全相同,相同的只有三个。

汉代,班固在《白虎通义》卷下中对八风的解释,说明八风与节气、气温有密切的关系。八风也是一种物候,可以据此指导农业生产。班固曰:“条风至地暖,明庶风至万物产,清明风至物形干,景风至棘造实,凉风至黍禾干,闾阖风至生荠麦,不周风至蜚中匿,广莫风至则万物伏。”班固这里讲的八风与《淮南子·天文训》中的八风名称相同,这八节风的风向,基本符合我国东部地区的实际季风转换情况,说明汉代人对于季风变化的特点已有了认识。

《汉书·晁错传》曰:“胡貉之地,积阴之处也,木皮三尺,冰厚六尺,食肉而饮酪,其人密理,鸟兽毳毛,其性耐寒。扬粤之地,少阴多阳,其人疏理,鸟兽稀毛,其性耐暑。”这不仅具体指出了南热北冷的气候差异,而且气候的差异还影响了人畜的皮毛及饮食习性的差异。

在《隋书·天文志》中进一步指出:“远日下而寒,近日下而暑”。这里强调了“日下点”,也就是强调了太阳光在地面的直射与斜射问题,已较接近于现代解释各地冷暖与纬度关系的科学道理了^①。

^① 中国科学院自然科学史研究所地学史组主编:《中国古代地理学史》,科学出版社,1984年,第112~113页。

明代冯应京《月令广义·方輿高下寒热界》引唐朝王冰《皇帝内经释文》曰：“地高多寒，地卑多热，故高山多雪而寒，平川多雨而热。中华地三分：一自汉蜀江南至海，二自汉江至平遥县，三自平遥山北至蕃界、北海也。南方大热，北方大寒，中央兼寒热。东西高下亦三别：一自汧源县西至沙洲，二自开封县西至汧源，三自开封县东至沧海。东方大温，西方大凉，寒热不同，阴阳多少不一。”这段话把我国南北和东西都分成三个气候有差异的地区，显示出纬度愈高，气温愈低；高度愈高，气温也愈低的规律。

宋代，人们对气温地区差异的认识比较普遍，记载颇多。如：北宋庞元英在《文昌杂录》中说：“洞庭（指太湖中的洞庭山）四面皆水也，水气上腾，尤能避霜，所以洞庭柑橘最佳，岁收不耗。”^①这是讲水体对气温的影响，观点是对的。

南宋朱熹曰：“闽中之山，多自北来，水皆东南流，故闽中冬暖夏凉。江浙之山，多自南来，水多北流，故江浙冬寒夏热。”^②这是讲山脉对气温的影响，观点也是对的。

南宋范成大在考察峨眉山时，亲自体验了气温随高度增高而降低的事实。他上山时，“初衣暑绌（粗葛布），渐高渐寒；到八十四盘则骤寒；比及山顶，亟挟纁（棉絮）两重，又加毳（鸟兽的细毛）衲（僧衣）驼茸（一层一层地驼着）之裘，尽衣笥中所藏，系重巾，蹶毡靴，犹凛慄不自持，则炽炭护炉危坐”。下山时，“渐觉暑气，以次减去绵衲。午至白水寺，则绌（细葛布）绌如故”^③。

范玉壶《上都诗》云：“上都（今内蒙古正蓝旗东北闪电河北

① 《古今说海》第三函。

② 黎靖德：《朱子语类》卷二。

③ 《吴船录》。

岸)五月雪飞花,顷刻银妆十万家,说与江南人不信,只穿皮袄不穿纱。”^①生动形象地描画了塞北与江南的气候差异。

《金史·梁襄传》载:“金莲川(今河北沽源县)在重山之北,地积阴冷,五谷不殖,郡县难建。盖自古极边荒弃之壤也。气候殊异,中夏降霜,一日之间寒暑交至,特与上京(今内蒙古巴林左旗南)、中都(今北京)不同。”三个地方的气候有明显的差异。

明代,王士性在《广游志》卷上“杂志·风土”条曰:“南北寒暑,以大河为界,不甚相远。独西南隅异,如黔中则多阴多雨,滇中则乍雨乍日;粤中则乍暖乍寒,滇中则不寒不暖。”把全国各地气候的差异作了介绍,并探讨了原因。

明代谢肇淛在《五杂俎》中把南方、北方的气候作了比较,差异非常明显。他说:“燕齐之地,无日不风,尘埃涨天,不辨咫尺。江南人初至者,甚以为苦。土人殊不屑意也。楚蜀之地,则十日九雨。江干岭侧,行甚艰难,其风日晴朗者,一岁不能三十日也。”

清初,《康熙几暇格物编》下之上“风随地殊”条讲了风的地区差异,曰:“谚云:‘千里不同风,百里不同雨。’昔人谓:雨有咫尺之殊,何必百里?不知风亦不可以‘千里’论也。尝记验风候,如畿内是日为西北风,山东去京为近,而其日风乃东南。盖风随地起,随地而殊。《抱朴子》谓:‘鸣条之风百里,折枝之风五百里’,是言风之有无,初不论方向也。朱子曰:风与天相似,旋转未尝息。此处无风,或旋在他处,或旋在上面,都未可知。兹论最善。又上下之间亦有不同,如起火初迸裂时,其烟南向,及升云计,烟又北向,此其验也。”

清代,肖雄在《听园西疆杂述诗》卷四“气候”中把新疆各地

① 杨瑀:《山居新话》。

气候的差异作了介绍,曰:“新疆气候不齐,哈密犹属东陲。而冬之寒、夏之热皆倍于内地。即如夏日,晴则酷热难禁,若天阴风起,忽如冬令,即值暑天晴日,昼中大热,早晚仍需棉服,即当炎日卓午,城中挥汗不止,出城北行三十里,至黑帐房地方,又寒气逼人,气候大约如此。……巴里坤在大谷中,为新疆极寒处,冬不待言,即夏日晴明,犹宜春服,若阴霾辄至,飞雪著裘者有之。吐鲁番之热,不但迥异各城,并倍于南省。……伊犁虽在北路之西,而地当岭外,气候较北路和平多矣。”

(5) 土壤差异

中国古代最早讲土壤地区差异的著作是《尚书·禹贡》,它讲了九州不同的土壤种类,如冀州是白壤,兖州黑坟,青州白坟、海滨广斥,徐州赤埴坟,扬州、荊州涂泥,豫州壤、坟垆,梁州青黎,雍州黄壤。根据近代土壤学者的考证,认为书中讲的九州土壤是符合实际的,反映了地区自然条件的差异。

在《管子·地员》中,根据平原地区地下水位的高低讲了六种不同的土壤,即黑埴、赤埴、黄唐、赤垆、淩田、坟延。这是以地下水位作标志来看土壤的地区差异。

西汉刘安在《淮南子·地形训》中,根据不同的方位,讲土壤的地区差异,即不同方位上分布着不同的土壤种类。书中写道:“东南神州曰农土,正南次州曰沃土,西南戎州曰滔土,正西兖州曰并土,正中冀州曰中土,西北台州曰肥土,正北姊州曰成土,东北薄州曰隐土,正东阳州曰申土。”上述有些土类,在大自然中不易找到,夹杂了作者某些主观想像的成分,同时明显地、机械地按九个方位顺序排列,失去了实际价值,这是不可取的。

从东汉到元代,很少有人谈论土壤的地区差异,有 1300 多年的空缺。

明代,袁黄在《宝坻劝农书》中提出,不仅全国的土壤有差别,就是一州一县,土壤也有差异。他举例说,宝坻西北的土壤是白壤,而东南是黑色的涂泥。他进一步观察发现,就是西北地区也不全是白壤,而是按地形的高低又有差异,“高者白壤而或兼赤,下者青垆”;东南地区也不全是黑色的涂泥,而是“高者埴垆,下者纯涂泥”^①。这种分析是符合实际的。

清初,张标也持袁黄的观点,曰:“盖风行地上,各有方位。土性所宜,随气而化。所以九州之土各有别也。然禹亦辨其大概耳(指《禹贡》讲的九州土壤)。一州之中,土脉常异。岂惟一州,即一邑一乡,地气亦有不齐者”(《农丹》)。

(6) 物产差异

中国古代,最早论述物产差异的是战国荀况(约前 313—前 238)的《荀子·王制》,曰:“北海则有走马吠犬焉,然而中国得而畜使之。南海则有羽翮、齿革、曾青、丹干(丹砂)焉,然而中国得而财之。东海则有紫紵(即缜、绌,细粗麻布)鱼盐焉,然而中国得而衣食之。西海则有皮革、文旄焉,然而中国得而用之。”这是从四个方位上讲物产差异,这些物产都是人民生活的必需品,不可缺少。

西汉初,刘安在《淮南子·地形训》中讲了九个方位上的物产差异,曰:“东方之美者,有医毋闾之珣玕琪焉。东南方之美者,有会稽之竹箭焉。南方之美者,有梁山之犀象焉。西南方之美者,有华山之金石焉。西方之美者,有霍山之珠玉焉。西北方之美者,有昆仑之球琳琅玕焉。北方之美者,有幽都之筋角焉。东北方之美者,有斥山之文皮焉。中央之美者,有岱岳以生五谷桑麻,鱼盐出焉。”

^① 《授时通考》卷十引。

西汉,司马迁在《史记·货殖列传》中,不仅讲了各地的物产差异,而且对各地的人口、生产水平、贫富、风俗等作了比较,对地区差异的了解渐趋全面。他首先把全国分为四个经济区,即山西、山东、江南和龙门、碣石北,讲它们的物产差异。如:“山西饶材、竹、谷、纩(练过的麻线)、旄(牦牛尾)、玉石;山东多鱼、盐、漆、丝、声色;江南出楠、梓、姜、桂、金、锡、连、丹砂、犀、玳瑁、珠玑、齿革(象牙、皮革);龙门、碣石北多马、牛、羊、旃裘、筋角。”然后又把全国划分为九个较小的经济区,即关中、巴蜀、三河、漳河、勃碣、齐鲁、邹鲁、鸿沟以东及三楚,并讲了它们的物产差异。

《晋书·食货志》在追述夏禹时代各地的物产差异时,说:“东吴有齿角之饶,西蜀有丹沙之富,兖、豫漆丝之膾,燕、齐怪石之府,秦、邠旄羽,迺带琅玕,荆、郢桂林,旁通竹箭,江干橘柚,河外舟车,辽西旃罽之乡,葱右蒲梢(骏马名)之骏,殖物怪错,于何不有。”

明代,王士性在《广志绎》卷一中谈到中国各地物产的差异,说:“东南饶鱼盐、秔稻之利,中州、楚地饶渔,西南饶金银矿、宝石、文贝、琥珀、朱砂、水银,南饶犀、象、椒、苏、外国诸币帛,北饶牛、羊、马、羸、绒毯,西南川、贵、黔、粤饶梗楠大木。江南饶薪,取火于木,江北饶煤,取火于土。”又说:“苏、杭之币(丝织品),淮阴之粮,维扬之盐,临清、济宁之货,徐州之车羸(骡),京师城隍、灯市之骨董,无锡之米,建阳之书,浮梁之瓷,宁、台之蚕,温州之漆器。”这里既讲了大范围的物产差异,也讲了具体州县的物产差异。

6. 地学中的阴阳五行思想

中国古代地学与阴阳五行思想有密切的关系。阴阳观念的产生直接来自人们对地理环境的观察。在北半球,就一座山,一幢房屋,一个地区来说,向南阳光好,温暖;向北少阳光,多阴,多

寒。为了争取阳光,新石器时代的居民已知选择南边开门窗,向阳而居。《周易》发展了阴阳观念,用阴阳概括宇宙间那些既对立又统一的事物,使阴阳成为哲学范畴,成为宇宙间的基本法则。故庄子曰:“《易》以道阴阳。”^①春秋时期,老子提出:“万物负阴而抱阳,冲气以为和。”^②就是说,天地万物都是在阴阳相反相成的作用中化生出来的。《淮南子·精神训》的说法与《老子》的话只有一字之差,即:“万物背阴而抱阳,冲气以为和”。“背”字似乎更让人容易理解。庄子也说:阴阳“两者交通成和,而物生焉”^③。中国古代地学中就是运用阴阳的这种哲学理论来解释地学现象,成为地学中的基本理论之一。如:

《国语·周语》记载伯阳父第一次用阴阳二气解释地震原因。

秦汉时期,人们对雷电的成因大多是阴阳交争的观点。如《谷梁传》曰:“阴阳相薄,感而为雷,激而为霆。霆,电也。”^④

《淮南子·天文训》曰:“阴阳相薄,感而为雷,激而为霆,乱而为雾。阳气胜则散而为雨露,阴气胜则凝而为霜雪。”

董仲舒关于雹的成因也是用阴阳学说作解释,说:“雹,霰之流也,阴气暴上,雨则凝结成雹焉。”^⑤

东汉王充也认为,雷电是阴阳交争的结果,“阴阳分争则相较轸(转动),校轸则激射,激射为毒,中人辄死”^⑥。

古人将阴阳学说运用于气象领域时,虽然对我国古代天气

① 庄周:《庄子·天下》。

② 《老子》第四十二章。

③ 庄周:《庄子·田子方》。

④ 徐坚:《初学记》卷一引。

⑤ 《西京杂记》卷五引。

⑥ 王充:《论衡·雷虚》。

理论的形成和发展有一定的贡献与影响，但存在以哲学结论代替具体科学原理的倾向，显示出生搬硬套的弊端，不能披露具体事物所包含的具体科学原理。

此外，阳阴观念还在地貌、地名领域得到广泛的运用，用以说明某种地貌类型的空间位置以及某个地点的地理位置，如《山海经》中的阳山、阳水、阳曲、华阴、华阳、淮阴、滌阳、山阳等。《禹贡》中的岳阳、衡阳；《汉书·地理志》中的阴晋、晋阳、海阳、渔阳、桂阳、雒阳、荥阳、平阴、短阴山等。

五行最初是指水、火、木、金、土五种物质，如《尚书·大禹谟》把水、火、金、木、土与谷并列，作为养民的六种必需物质。从地理学角度看，五行所列五种物质都是地理环境中不可缺少的地理因素。从这个意义上讲，五行一开始就和地理有紧密的联系。《尚书·甘誓》首次出现“五行”名称。《尚书·洪范》明确标明五行是水、火、木、金、土，并指明每种物质的具体性能。战国时期，五行学说流行，出现了五行相生相胜的理论。《吕氏春秋·应同》记载了邹衍的五行学说体系。西汉董仲舒又将五行学说与儒学结合，成为一种理想的世界模式。

春秋至秦汉，记述五行学说与地学关系的著作有《左传》、《黄帝内经》、《禹贡》、《管子·地员》、《淮南子》、《白虎通》等。它们或记五行与五方气候的关系，或记五行与土壤的关系，或记五行与五方矿物的关系。这些记述虽然有一定的事实基础，但已表现出牵强附会、机械唯物论的倾向，对地学的发展不是起促进作用，而是起一定程度的阻碍作用。

从西周开始，用五色与土壤相配，分布在五个方位（东、西、南、北、中），作为全国疆域的一种理想区划。由于一方土代表一方的疆域，故古代帝王使用五色土作为封建仪式中必备的道具。

分封一方的诸侯在接受周天子的封建时,在国中建立大社坛,坛上分五方堆放五色土,即东方青土、南方赤土、西方白土、北方骊(黑)土、中央黄土。分封既定,被封的诸侯从坛上凿取属于自己的那一方带颜色的土壤,作为取得对那块地方的管理权的象征,带回封国,放在社坛上,受到国人的顶礼膜拜。这个故事在《周书·作雒》上是这样写的:

“周公建太社于国中,其壝(即坛)东青土、南赤土、西白土、北骊(黑)土、中央以黄土。将建诸侯凿其方一面土,苴以白茅,以土封之,故曰裂土。”^①

这种五色配五方和五土的规定,也不是随意性的,而是有一定的事实根据。据万国鼎的文章《中国古代对土壤种类及其分布的知识》说:

“古代都城所在地的陕西与河南,是黄土区域,南方有红壤,北方有黑色灰化土,都很明显,西方有盐渍土,干燥时土而现白色,西北大面积的沙丘、灰钙土、漠钙土等颜色也较浅,东方则湿润时土现青灰色,也还勉强说得通。也许古代创建五色方位的时候,是参照实际土色分布的。”^②这是一种说法。

此外,还有两种说法:

其一,《吕氏春秋·十二纪》中的农事说。认为五方、五行与五色土相配跟农事有密切的关系。比如东方配木,其土色青,而孟春的农事为:“命田舍东郊,皆修封疆,审端径术,善相丘陵阪险原隰,土地所宜,五谷所殖,以教道民,必躬亲之。”往下是南方配火,其土色赤。西方配金,其土色白。北方配水,其土色黑。中央

① 李昉等:《太平御览》卷三七引。

② 万国鼎:《中国古代对土壤种类及其分布的知识》,《南京农学院学报》1956年9月第1期。

配土,其土色黄。这种依据季节来组配五方、五行与五色土的关系,是符合生物生长规律的。

其二,《吕氏春秋·有始览·应同》中以五行相胜说或叫五德终始说来组配五方、五行与五色土的关系。其文曰:“凡帝王之将兴也,天必先见祥乎下民。黄帝之时,天先见大螾大蝼,黄帝曰‘土气胜’,土气胜,故其色尚黄,其事则土。及禹之时,天先见草木秋冬不杀,禹曰‘木气胜’,木气胜,故其色尚青,其事则木。及汤之时,天先见金刃生于水,汤曰‘金气胜’,金气胜,故其色尚白,其事则金。及文王之时,天先见火,赤乌衔丹书集于周社,文王曰‘火气胜’,火气胜,故其色尚赤,其事则火。代火者必将水,天且先见水气胜,水气胜,故其色尚黑,其事则水。水气至而不知,数备,将徙于土。”

在二十四史中,自从班固在《汉书》中创立《五行志》开始,从《汉书》至《明史》,有 14 部史书写了《五行志》^①,内容有各种各样的自然现象或自然灾害,如山崩、地震、水灾、旱灾、雹灾、虫灾、气候异常、天象异常、生物异常、风灾、蝗灾、火灾、日食、月食、陨石等。这些都与地学有关,是难得的地学资料。这在世界上是独一无二的,是两千多年的自然灾异史,它所记录的地震史、水旱史、天象变化史、蝗螟灾害史等等,为我们研究自然的变化规律提供了宝贵的资料,是一系列极有价值的文献,应该引起学术界和科学界的高度重视。比如:

1)世界上一致公认的第一次关于太阳黑子的记录是在《汉书·五行志》中记录的:“成帝河平元年(前 28)三月乙未,日出黄,有黑气大如钱,居日中央。”更大的太阳黑子出现在东汉中平四

^① 《魏书》称:“《灵征志》”。

年。《后汉书·五行志》曰：“中平四年(187)三月丙申，黑气大如瓜，在日中。”次年五月，又“月色赤黄，日中有黑气如飞鹊，数月乃销。”这些记载为研究太阳黑子的历史演变规律提供了特例。

2)在历代《五行志》中，有日食和日晕的不间断记载，为今人了解两千余年前的日食情况提供了第一手资料。

3)在《五行志》中，记录了某些奇特的天象。《汉书·五行志》曰：“成帝建始元年(前32)，八月戊午，晨漏未尽三刻，有两月重现。”《后汉书·五行志》曰：“灵帝时，日数出东方，正赤如血，无光，高二丈余乃有景，且入西方，去地二丈，亦如之。”

4)历代《五行志》中记录的地震史料，是今人研究地震史、认识地震规律的可靠资料。

5)历代《五行志》记录的气象、气候异常史料，是今人研究气象、气候史，探索气象、气候演变规律的可靠资料。

6)历代《五行志》中记录的生物异常现象，是今人探索生物变异原因的难得史料。

7)历代《五行志》中记录的山崩、地陷的资料，为今人选择大型建筑地址提供了参考文献，有了历史依据。

关于历代《五行志》所能提供的资料，除上述7种外，还能举出若干，足见其文献价值之高，这方面的研究应该得到支持，应该加强，使之能更直接地为现实服务。

当然，也应该看到，历代《五行志》对所记录的各种自然现象的解释，大多数是错误的，甚至是迷信的。它们不是从自然现象中寻找自然规律，而是在天人合一思想影响下，把社会现象与自然现象硬扯在一起，认为自然灾害或异常是天对人做了错事的一种儆诫或惩罚。两千多年中，《五行志》都停留在这个水平。对地学的贡献，除了保存珍贵的史料外，没有更多、更特别的发展。

四、格致、炼丹与物理、化学思想

1. 物质结构观

(1) 物质不可无限分割论

中国古代关于物质不可无限分割的思想，可以追溯到公元前 13 世纪。殷商甲骨文中已有“小”字，按东汉许慎《说文解字》对“小”字的解说，认为“小，物之微也。从八丨，见而分之。”意思是说，小字写作三点，两边各一点成八字，是分的意思；将中间一根木杆分了又分的微点，便是“小”的形象。从“小”字造形的原意看，很可能早在殷商时期就有关于物质不可无限分割的思想。^①

传说战国前期子思的著作《中庸》曰：“语大，天下莫能载焉；语小，天下莫能破焉。”这里讲的“莫能破”的意思是指不能再分，即今日所说的“不可分”。对此，南宋朱熹曰：

“莫能破，是极其小而言之。今以一发之微，尚有可破而为二者。所谓莫能破，则足其小。注中谓其小无内，亦是说其至小无去处了。

“莫能载，是无外；莫能破，是无内。谓如物有至小而尚可破

^① 戴念祖：《中华文化通志·物理与机械志》，上海人民出版社，1998年，第178页。

作两边者，是中着得一物在。若云无内，则是至小，更不容破了。”^①

这里讲了两个词，一是“莫能破”又谓“莫破”，二是“无内”。从语义上来说，“莫能破”就是不能再分割了。“无内”最早见于《庄子·天下篇》，惠施曰：“至大无外，谓之大一；至小无内，谓之小一。”惠施说的“小一”，言其小到极点；而“无内”，言其至小而不能分割。两者意思一样，都是讲的物至小而不可分割，这同古希腊人心目中的原子没有什么本质区别。

近代学者章太炎(1869—1936)根据19世纪末的科学水平对“至小无内”作了解释，认为“点小者至原质(即元素)，以化学法分之，不可破，是为无内”。这个解释是合理的。

以墨翟为创始人的墨家学派，在《墨经》中提出了“端”的概念。

对“端”的定义是：“端，体之无序而最前者也。”(《经上》)意思是说，把一物分至于极微，没有与之相比次者。

《经说上》的解释是：“端，是。无同也。”文中的“是”通“题”，即“题”之省文。意为物之初生，即最前者。“无同”讲端之为物，已分至无余，再没有可以与之比次者，因而也没有与之相同者。

综合《经上》、《经说上》这一条的意思，是专述“端”的定义，端，是说将物分之又分，直至无可再分，成为构成物质的最小单位。

怎样才能分出“端”来呢？

《经下》曰：“非半弗薪？则不动，说在端。”意思是说，因为端为最小，薪至最小，不可再薪，即成非半，已不能动；是非半则弗薪也。^②

① 《朱子大全·中庸第十二章》。

② 谭戒甫：《墨辩发微》，中华书局1964年，第318页。

《经说下》曰：“非：薪半，进前取也。前则中无为半，犹端也。前后取，则端中也。薪必半，毋与非半，不可薪也。”这一段讲“薪半”的方法与过程。薪的方法有两种，即进前取和前后取。进前取，其端在最前，前后取则端在中间。^①

墨家学派关于端的思想为后世学者所接受和继承。如晋代司马彪在《庄子·天下篇注》中写道：“无外不可一，无内不可分，故而谓之一”，“若其可析，则常有两；若其不可析，其一常在。”这里讲的“一”与“小一”、“端”的意思一样，都是“不可析”或不可分割的物质最微细的粒子。

北魏张湛在《列子·仲尼篇注》中曰：“在于粗有之域，则常有有；在于物尽之际，则其一常在，其一常在而不可分。”这里讲的“一”与司马彪讲的“一”意思一样，指不可分割的物质最微细的粒子。

(2) 物质无限可分论

战国时期，公孙龙等人与惠施论辩时，针对墨家的“端”，即物质不可无限分割的思想提出了物质无限可分论。《庄子·天下篇》载：“一尺之捶，日取其半，万世不竭。”这里“捶”，指杖。就是说一根只有一尺长的有限物体，每天分割一半，万世不竭，永远分割不完。

(3) 元气说

中国古代的元气说，反映了古人的物质是无限可分的连续的观念。春秋战国时期，《管子·枢言》先提出“气”的概念，说：“有气则生，无气则死，生者以其气。”用气的有无来说明生死，这和

^① 杨仲春，申先甲主编：《物理学思想史》，湖南教育出版社，1993年，第50~51页。



《庄子·知北游》讲的“人之生，气之聚也；聚则为生，散则为死”，以气的聚散来说明生死的情况相似。后又在《管子·内业》中提出“精气”说，可以认为“精气”是元气说的滥觞。书曰：

“凡物之精，此则为生。下生五谷，上为列星；流于天地之间，谓之鬼神；藏于胸中，谓之圣人。是故此气，杲乎如登于天，杳乎如入于渊，淖乎如在于海，卒乎如在于已。”

意思是说，万物得到精气就可以存在，地上的五谷，天上的星辰，都是精气所形成。精气流布于天地之间，神妙莫测；藏于人们胸中，就成为圣人。其光耀如同在天上，幽微似潜入深渊，湿润像大海，高峻如山峰。这是企图用气来解释万事万物。《庄子·知北游》则认为“通天下一气耳”。意思是天下的一切事物都是气在起作用，都是气的存在形式。

战国末，《吕氏春秋·季春纪·尽数》把“精气”的具体内容作了阐述。曰：

“精气之集也，必有人也。集于羽鸟与为飞扬，集于走兽与为流行，集于珠玉与为精朗，集于树木与为茂长，集于圣人与为复明。精气之来也，因轻而扬之，因走而行之，因美而良之，因长而养之，因智而明之。”

这就是说，精气从自然进入到各个个别的物体之中，就成为个别物体活动的源泉。

精气还不是元气，从气到元气有一个发展过程。据董仲舒（前 197—前 104）在《春秋繁露·玉英篇》讲，最先是孔子“变一谓元”，即把一改成元。在《春秋繁露·王道篇》中首次出现了“元气”一词，曰：“王正则元气和顺，风雨时，景星见，黄龙下。”接着，刘安（前 179—前 122）在《淮南子·天文训》中也使用了“元气”一词，并提出元气本原论，又说元气是宇宙生成的。书中写道：“天

地未形,冯冯翼翼,洞洞浊浊,故曰太始。太始生虚廓,虚廓生宇宙,宇宙生元气。元气有涯垠(《太平御览》卷1“元气”条作“元气无有涯垠”),清阳者薄靡而为天,重浊者凝滞而为地……天地之袭精为阴阳,阴阳之转精为四时,四时之散精为万物。”此后,“元气”一词就广泛出现在各种文献中。

东汉王充(27—约97)在《论衡·四讳》中对元气是什么作了解释,说:“元气,天地之精微也”。就是说,元气是天地之间最微细的物质。这种最微细的物质“气”,“若云烟”^①,而“万物之生,皆禀元气”^②。“人未生,在元气之中;既死,复归元气。元气荒忽,人气在其中。”^③

《河图》曰:“元气无形,汹汹蒙蒙,偃者为地,伏者为天。”《礼统》曰:“天地者,元气之所生,万物之所自焉。”^④明确指明天地、万物都是元气形成的。

东汉张衡(78—139)在《灵宪》中说:“元气剖判,刚柔始分,清浊异位,天成于外,地定于内。天体于阳,故圆以动;地体于阴,故平以静。动以行施,静以合化,埤郁构精,时育庶类。”他认为元气生天地和万物。

王符(约85—162)在《潜夫论·本训》中说:“上古之世,太素之时,元气窈冥,未有形兆,万精合并,混而为一,莫制莫御。若斯久之,翻然自化,清浊分别,变成阴阳。阴阳有体,实生两仪。天地壹郁,万物化淳。和气生人,以统理之。”他的说法比王充、张衡的说法更为系统。

① 王充:《论衡·自然》。

② 王充:《论衡·言毒》。

③ 王充:《论衡·论死》。

④ 李昉等:《太平御览》卷一。



东汉末年轻学大师何休曰：“元者，气也。无形以起，有形以分，造起天地，天地之始也。”^①

三国时期，嵇康(224—263)在《明胆论》中说：“大元气陶铄，众生禀焉。”^②“浩浩太素，阳曜阴疑。二仪陶化，人伦肇兴。”^③

晋代杨泉《物理论》曰：“元气浩大，则称皓天，皓天，元气也，皓然而已，无他物焉。”^④

南北朝时期，陶弘景在《真诰·甄命授》中说：“道者混然，是生元气，元气成然后有太极，太极则天地之父母，道之奥也。”

唐代，孔颖达在《周易正义·系辞传上》曰：“太极，谓天地未分之前，元气混而为一，即是太初、太一也。”这是把《易》的“太极”和《老子》的“道”一体化。

唐代中期，佛教学者宗密(780—841)在《原人论》中说：“道法自然，生于元气。元气生天地，天地生万物。”把元气生成论理解为儒道共同的学问。

唐代柳宗元(773—819)在回答屈原的《天问》时，明确指出：“在天地以前，晷黑晰眇，往来屯屯，厖昧革化，惟元气存”。元气经过“吁炎吹冷，交错而功”^⑤，便形成天地。“彼上而玄者，世谓之天；下而黄者，世谓之地。浑然而中处者，世谓之元气。”^⑥

明代，王廷相(1474—1544)认为元气包含太虚真阳之气和太虚真阴之气，真阳之气感于真阴之气形成天。“一化而为日、

① 《春秋公羊传解诂》。

② 《嵇康集校注》。

③ 《太师箴》。

④ 李昉等：《太平御览》卷一。

⑤ 《天对》。

⑥ 《天说》。

星、雷、电”，成为火；“一化而为月、云、雨、露”，成为水。水火相感，如同“日卤之成鹺，炼水之成膏”一样，水中的渣滓沉淀蒸结成地，地就是土。土既含金又能长木，金木是水火土“三物之所自生”。王廷相运用当时自然科学的成就，把“五行”这一哲学范畴引入他的宇宙演化论，提出“一(元气)一二(阴阳二气)一五(即火、水、土、金、木)一万(即万物)”的宇宙演化模式^①。王廷相的原文如下：

“天者，太虚气化之先物也，地不得而并焉。天体成，则气化属之天矣；譬人化生之后，形自相禅也。是故太虚真阳之气感于太虚真阴之气，一化而为日、星、雷、电，一化而为月、云、雨、露，则水火之种具矣。有水火，则蒸结而土生焉。日卤之成鹺，炼水之成膏，可类测矣。土则地之道也，故地可以配天，不得以对天，谓天之生之也。有土，则物之生益众，而地之化益大。金木者，水火土之所出，化之最末者也。”^②
“愚尝谓天地、水火、万物皆从元气而化，盖由元气本体具有此种，故能化出天地、水火、万物。”^③

杨慎(1488—1559)同王廷相一样，是明代著名的元气论者。从本原论上，他提出了“元气者，天地之极”^④和“万物中皆有元气”^⑤的命题，认为元气(即太极)是宇宙万物的本原。在他看来，作为宇宙本原的“太极”，不过是无限之元气而已。就其实质来说，太极既不是有形有限之一物，也不是空无所有之虚无，而是无限之实有——元气。他说：“元气者，天地之极，故曰太极，言非

① 葛荣晋：《王廷相和明代气学》，中华书局，1990年，第99页。

② 《慎言·道体篇》。

③ 《内台集》卷四《答何柏斋造化论》。

④ 《丹铅总录》卷十二《太极无极》。

⑤ 《升庵外集》卷46《长生》。

寻常之极也。周子恐后人滞于有，故曰“太极本无极”。犹庄子名元气曰‘大块’，块犹极也，大犹太也。……《易》之太极岂有物！谓之曰太极，本无极可也。”

与王廷相同时代的韩邦奇（1479—1555）也是一位元气论者，认为天地万物是从元气演变出来的；从宇宙本体论看，他认为气是本体，气是天地万物存在的根据。他说：“混沌之初也，一元之气，渣滓融尽，湛然清宁，而万象皆具一极中，所谓太极，天之性也。及其动静继成之后，气化形生，并育并行，是天率天之性而行，是之谓天道。”^①“一元未辟，混混沌沌，太极之未形也，是天之性也。……一元既动，二气五行，化生万物，无一息之间，河岳奠，动植遂，无一物之欠，此天之事业也，是天之道也。”^②

2. 时空与运动观

(1) 时空观

中国古代最早表述时空观的是春秋时期的老子。《老子·第五章》曰：“天地之间，其犹橐籥乎！虚而不屈，动而愈出。”他把天地之间的空间及其流行的元气比喻成风箱的运动，越空虚就越不会穷竭，越鼓动风量越大。老子的这种思想被管子所继承。

在《管子·宙合篇》中多次提到老子的比喻，并由此而论述时空的性质。书云：“天地，万物之橐；宙合有橐天地。”“宙合有橐天地，天地苴万物，故曰万物之橐。宙合之意，上通于天之上，下泉于地之下，外出于四海之外，合络天地以为一裹。”“是大之无外，小之无内，故曰有橐天地。”这段话的意思是说，天地包容万物，

① 《苑洛集》卷一《正蒙拾遗序》。

② 《正蒙拾遗·太和篇》。

所以称为万物囊橐。宙合的涵意，上可通达天上，下可穷尽地下，外面出于四海之外，里面联络天地作为一个包裹，散发开以后可至于无限，大得没有外围，小得没有里面，所以说包容天地。“宙合”即空间。

庄子首次将“宇”(空间)、“宙”(时间)对举，指出“有实而无乎处者，宇也；有长而无本剝者，宙也。”^①意思是说空间上有实在而没有止境的上下四方就是宇；时间上有长短而没有终始的古往今来就是宙。

战国时，尸佼给宇宙下了一个定义，《尸子》曰：“天地四方曰宇，往古以来曰宙。”这就明确了空间的三维性和时间的一维性，后人常把宇宙连用来表示时空。

墨家的时空观在《墨经》中作了阐述。《经上》曰：“久，弥异时也。”“宇，弥异所也。”《经说上》曰：“久，合古今旦莫。”“宇，东西家南北。”意思是说，久，涵盖一切时间，遍及古、今、早、晚；宇，涵盖一切处所，遍及东西南北。久，是《墨经》中专指时间的特定词语。

《墨经》指出，空间是既有穷又是无穷的。《经上》曰：“穷，或有前不容尺也。”《经说上》曰：“穷，或不容尺，有穷。莫不容尺，无穷也。”《经说下》曰：“宇，伋不可偏举，宇也。”这里，先是讲有穷和无穷的区别，然后说到在无穷的宇中，不可偏举一个区作标准。区是有穷的，而宇是无穷的。

墨家认为，时间也是既有穷又无穷的。《经说下》曰：“久，有穷，无穷。”就是说，就一段具体时间而言，是有穷的；就整个的时间延绵来说，是无穷的，无始无终的。

① 庄周：《庄子·庚桑楚》。

《墨经》还将有时间间隔和无时间间隔分别定义为“有久”和“无久”，并将即时的概念定义为“始”。《经上》曰：“始，当时也。”《经说上》曰：“始，时：或有久；或无久。始，当无久。”

墨家还讨论了时间和空间的相互联系以及运动和时空的关系，认为空间区域内物体的运动（“宇或徙”）要有广延的空间（“长宇”）和连续的时间（“长久”）两个条件，才能使运动物体“徙而有处”。在空间运动的物体需要有时间（“行修以久”），这是时间本身有先有后（“说在先后”）的缘故；该物体的运动必先近而后远（“行者必先近而后远”），因此“远近”就是路程或空间（“修也”），“先后”就是时间（“久也”），所以物体在空间运动必定需要时间（“民行修必以久也”）。^①原文为：

《经下》曰：“宇或徙，说在长宇久。”《经说下》曰：“宇，长徙而有处，宇。南北在旦有在莫。”《经下》曰：“行修以久，说在先后。”《经说下》曰：“行，者行者必先近而后远。远近，修也。先后，久也。民行修必以久也。”

原文的意思是说，空间只有在运动当中体现出来。运动又必然需要时间，时间愈长，移动的空间愈远，故曰“长宇久”。运动总是在空间进行，且总需一定时间，如一物动，朝在东而暮在西，既有空间的位移，又有时间的绵延，因而空间和时间同运动是密不可分的。走路的人由近及远，时间由先及后，走路越长，费时愈多。远近表现为空间的延伸，先后表现为时间的连续。“民行修必以久也”是说运动既表现为空间的延伸，又表现为时间的延绵。

综观墨家的时空观，可归纳为3点：

1)空间是既有限又是无限的，其远近是可计量的。

^① 戴念祖：《物理与机械志》，上海人民出版社，1998年，第30页。

2)时间是既有限又是无限的,可以有时间间隔(点截),可以计量。

3)空间和时间是运动存在的形式,并在运动中表现自己,因而时间、空间、物质运动是不可分割的统一体。(《物理学思想史》第57页)

西汉,刘安在《淮南子·原道训》中论述了时间流逝的客观性问题。他说:

“时之反侧,间不容息,先之则太过,后之则不逮。夫日回而月周,时不与人游。故圣人不贵尺之璧,而重寸之阴,时难得而易失也。”

这里讲的“间不容息”,表明时间流逝是连续的;“太过”、“不逮”之语,则是说时间在均匀流逝,其流逝是客观的,独立于人的意识之外。这个认识非常重要,因为只有均匀而客观的流逝,才能保证时间成为讨论物质运动的基本概念。

由于时间流逝是客观存在,因此,人们对时间流逝快慢的主观感觉是不可靠的。对此《淮南子·说山训》中也有一段论述。曰:

“拘圜圜者,以日为修;当死市者,以日为短。日之修短有度也,有所在而短,有所在而修也,则中不平也。”

这就是说,一天的长短本来是一定的,蹲监狱的人感觉它长,即将被处死的人感觉它短,这是由于他们内心不平静的缘故。这段话把时间流逝的客观性及人们对之主观感觉的不确定性作了清晰区分,表明了这个时期人们对时间概念的认识有了深化。

元初,耶律楚材首次提出里差(地方时)概念。有一次观察日食,根据当时通行历法《大明历》的推算,食甚应发生在子夜前后,而耶律楚材在塔什干城观察的结果是,“未尽初更而月已蚀



矣”。他认为这不是历法推算错误,而是由于地理位置(经度)差异造成的。对于日食,各地是同时看到的,但在时间表示上则因地而异,据此,他提出了里差概念,认为在地面上东西相距较远的两地有不同的地方时。这是我国时间概念向前发展的标志^①。

明末,方以智在《物理小识》卷一中对地方时讲得很清楚,说:“每日绕地一周(实际应该是地球自转一周,方的说法不对),天下国土,非同时出入也。东方先见,西方后见,东西相去,7500里,则差一时。相去45000里,则东方为午时,西方为子时。普天下,时时晓,时时午,时时晡,时时黄昏,时时夜半,知之乎?”这里讲的东西相去7500里则差一时的算法,只适合于赤道一带。由于每度经线的间距,在不同纬度处是不相等的,在赤道处最大,在两极为零。因此,他算出的时差比实际时差大一些。

明末,徐光启提出“时刻之原”的概念,要求人们选择最能反映时间均匀流逝特征的物质运动形式作为计时之本。《明史·历志》记载:

“定时之术,壶漏为古法,轮钟为新法,然不若求端于日星。昼则用日,夜则任用一星,皆以仪器测取经纬度数,推算得之。”

文中讲的“端”就是本原。在《崇祯历书·浑天仪说》中徐光启又说:“太阳依左行分昼夜,故此独为时刻之原。”左行,指太阳的东升西落,它与恒星周日视运动一样,都是地球自转的反映。徐光启提出的“时刻之原”概念,反映出16世纪中国人对时间本原的探讨,已进入理论化阶段。

关于宇宙空间是有限或无限的问题,在老、庄、管子之后,东

^① 关增建、马芳:《中国古代科学技术史纲——理化卷》,辽宁教育出版社,1996年,第142~144页。

汉王充认为宇宙是无限的，他在《论衡·变动》中说：“天去人高远，其气茫苍无端末”。唐代柳宗元在《天对》中明确指出，宇宙空间是无限的，说：“无极之极，莽弥非垠；”“东西南北，其极无方。”南宋朱熹说得更明白，曰：“四方上下曰宇，古往今来曰宙。无一个物似宇样大，四方去无极，上下去无极。是多少大？无一个物似宙样长远，亘古亘今，往来无穷。自家心下须常认得这个意思。”^①

明末，方以智在《物理小识》卷二中也论述了时空关系。曰：“《管子》曰，宙合，谓宙合宇也。灼然宙轮于宇，则宇中有宙，宙中有宇。春夏秋冬之旋轮，即列于五方之旁罗盘。”这里把时间比成轮子，认为时间的推移在空间进行，空间中有时间，时间中有空间，二者浑然一体，强调了时空的相关性。

(2) 运动观

《墨经》中对运动与静止关系的论述有两条：

第一，《经上》曰：“动，或从也。”《经说上》曰：“动，偏祭从，若户枢免瑟。”“或”为古“域”字，“祭”即“际”。“偏祭从”即指一物在非重心点纵之以力，必发生转动。“户枢免瑟”当指一门去其横木而启户，其运动当然是转动。这条是说，何谓动？空间的变动之谓也。除了人们通常理解的平动外，这里特举出转动的例子。这里所讨论的运动是机械运动，它又可分为三大类：移动、转动和振动。移动是物体从空间的一个位置移动到另一个位置。门户绕着轴运动，为转动，在转动中，门户上的各点都在作圆周运动，处于圆心位置的枢轴则是不动的。

第二，《经上》曰：“止，以久也。”《经说上》曰：“止，无久之不止，当牛非马，若矢过楹。有久之不止，当马非马，若人过梁。”这

^① 李光地：《朱子全书·太极》。

条讨论了运动与静止的辩证关系，一物运动，欲止之，必须经过一定时间才能停下来，因为有惯性的缘故。“无久”指极短促的时间；“有久”指较长的时间，“若矢过楹”，指古人射箭时，箭矢飞行穿过两楹之间的空隙，其速度很快，在很短的时间内前进了很大距离，其“不止”非常明显，这就如同牛不是马一样，任何人对此都不会发生怀疑。至于“若人过梁”，即人走过河上的桥梁这种运动，人在过桥时，小心谨慎，一步一止，每一步之间都有短时间的静止，但就整个过桥的过程看，静止是暂时的，相对的，通过每一步中的相对静止来完成过桥这个运动。^①

中国古代对相对运动的研究颇具特色，得出了类似于后来伽利略的运动相对性原理。

东汉王充在《论衡·说日》中对运动的相对性作了这样的描述：“盖望远物者，动若不动，行若不行。何以验之？乘船江海之中，顺风而驱，近岸则行疾，远岸则行迟。船行一实也，或疾或迟，远近之视，使之然也。”这是由于角速度的不同而对运动有不同的观察效果。

东汉时期的纬书《尚书纬·考灵曜》曰：“地恒动不止，而人不知，譬如人在大舟之中，闭牖而坐，舟行而人不觉也。”这段话揭示了这样的原理：在一个惯性系统内，不能以任何力学实验来察觉该系统是否运动，即无法知道该系统是静止还是作匀速直线运动。“舟行而人不觉”，明确而精辟地抓住了这一原理的核心。

晋代，葛洪在《抱朴子》中说：“云游西行，而谓月之东驰。”

梁元帝萧绎在《早发龙巢》诗中曰：“不疑行舫动，唯看远树来。”

^① 李亚彬：《中国墨家》，宗教文化出版社，1996年，第309页。

上两例明确地讲了运动的相对性。

五代时有一首敦煌曲子《浣溪沙》写道：

五里竿头风欲平，
长空举棹觉船行。
柔艣不施停却棹，
是船行。
满眼风波多闪烁，
看山恰似走来迎。
子细看山山不动，
是船行。

在这首词中，描述了两种物理现象，上半阙讲的是惯性运动，下半阙讲的是相对运动。

五代，邱光庭在《海潮论》中回答“地有动息上下矣，然则人不觉之，何也？”的问题时，引用了“夫人居大舟之中，闭牖而坐，则不知舟之动”的旧说，并补充说：“且人居大舟中，尚不知舟动，而况地之广大，曾不睹其边，何以知其上下哉”，十分自如地应用运动相对性原理为其说论证。

元代，杨维桢在《书画舫记》中说：“大地表里皆水也，大罗境界一渣之浮，急旋水中央而人不悟，悟者必在旋之外也。吁！天一大瀛也，地一大舫也。至人者以道为身，人乎无穷之门，超乎无初之根，斯有以见大舫于舫之外，子能能之乎？”^①他指出，凡是感觉不到大地快速转动的，而至人则可以置身于大地之外，看到大地在快速地旋转。他把大地比作一大舫，把天比作一大水，依据《尚书·考灵曜》提及的运动相对性原理，来解释大地的运动。

^① 杨维桢：《东维子集》卷十五。

3. 格物致知

“格物致知”是中国古代认识论的重要命题,也是中国古代重要的科学思想。它最早见于先秦经典《礼记·大学》:“致知在格物。物格而后知至。”“格物致知”强调的是通过对事物的考察、检验或穷究,来获取正确认识,这是它的本义。

汉代,郑玄对“格物致知”的注疏有较大的偏差,曰:“知谓知善恶吉凶之所终始也。”“格,来也;物,犹事也。其知于善深,则来善物;其知于恶深,则来恶物。言事缘人所好来也。”郑玄的偏差有两点:其一,它缩小了“知”的范围,认为“知”仅限于“知善恶吉凶之所终始”,而在《大学》中没有这种限制。其二,它颠倒了“格物”与“致知”的因果关系,认为“格物”是由“致知”所致。这个观点影响到宋代人,如杨时曾强调:“致知必先于格物。”

北宋司马光在《致知在格物论》中,对格物致知的解释是:“《大学》曰:‘致知在格物’。格,犹扞也,御也。能扞御外物,然后能知至道矣。”他批评郑玄的观点,说:“郑氏以格为来,或者犹未尽古人之意乎?”司马光认为格物就是抵御物质生活的引诱,不为物欲遮蔽自己的聪明才智,然后能知深刻的道理。这种解释虽然没有颠倒格物与致知的关系,但也不符合古人原意。

宋明理学对“格物致知”的看法分为两派,程(颢、颐)朱(熹)和陆(九渊)王(阳明)。

程朱释“格物致知”为“即物穷理”。

二程曰:“格犹穷也,物犹理也,若曰穷其理云尔。穷理然后足以致知,不穷则不能致也。”^①这里,二程把“格物”的过程改为

^① 《程氏粹言》卷一。

“穷理”的过程。如何“穷理”？回答是：“凡一物上有一理，须是穷致其理，穷其理亦多端，或读书讲明义理；或论古今人物，别其是非；或应接事物而处其当，皆穷理也。”^①这是一个静思的过程，并非对客观事物的考察与研究^②。

朱熹说：“所谓致知在格物者，言欲致吾之知，在即物而穷其理也。”

他们所讲的“即物穷理”，是要求人们运用已知的知识，深思客观事物，达到自己内心的豁然领悟。这是一种内省式的思考过程，这点朱熹讲得很明白：“《大学》始教，必使学者即凡天下之物，莫不因其已知之理而益穷之，以求至乎其极。至于用力之久，而一旦豁然贯通焉，则众物之表里精粗无不到，而吾心之全体大用无不明矣。此谓格物，此谓知之至也。”^③朱熹所追求的是通过“即物”，达到自己内心的豁达贯通，而不是对客观事物具体内涵、特征的掌握。

王阳明依照朱熹的方法坐在窗前“格”院子里的竹子，冥思苦想七昼夜，仍然不得要领，人也累病了。他不去反思这种格物方法不对，反而连物也不格了。他说：“天下之物本无可格者，其格物之功，只在身心上做。”^④“若鄙心所谓‘致知格物’者，致吾心之良知于事事物物也。吾心之良知，即所谓天理也。致吾心良知之天理于事事物物，则事事物物皆得其理矣。致吾心之良知者，致知也；事事物物皆得其理者，格物也；是合心与理而为一也。”^⑤他所说的

① 朱熹：《近思录》卷三。

② 林文照、郭永芳：《“格物致知”学说及其对中国古代科学发展的影响》，《自然科学史研究》1988年，第4期。

③ 《大学章句·补传》。

④ 《传习录下》。

⑤ 《传习录中·答顾东桥书》。

“致知格物”，不是要通过研究客观事物获得知识，而是要把“心”的“良知”和“天理”强加到事物上去，使事物与“心”、“良知”、“天理”相符合。完全排斥了实践的过程，只有“内省”的功夫。这样的“格物致知”与科学风马牛不相及^①。

明朝的王廷相尖锐地批评了程朱的格物说，指出：“格物之解，程、朱皆训‘至’字。程子则曰‘格物而至于物’，此重叠不成文义；朱子则曰‘穷至事物之理’是‘至’字上又添出一‘穷’字，圣人之言直截，决不如此。不如训以‘正’字，直截明当，义亦疏通，既无屋上架屋之烦，亦无言外补添之扰。”“格物，《大学》之首事，非通于性命之故，达于天人之化者，不可以易而窥测也。诸士积学待叩久矣，试以物理疑而未释者议之，可乎？天之运，何以机之？地之浮，何以载之？月之光，何以盈缺？山之石，何以欹侧？经星在天，何以不移？海纳百川，何以不溢？吹律何以回暖？悬炭何以测候？夫遂何以得火？方诸何以得水？龟何以知来？猩何以知往？……是皆耳目所及，非聘思于六合之外者，不可习矣而不察也。请据其理之实论之。”^②可见，王廷相所谓“格物”，是指接触、观察和探索外界事物的客观规律而言。上至天文、下至地理，从动物到植物，从地质到物候，都存在着“物理”，只有通过人们的感官去接触观察客观事物，才能获得对客观规律的理性认识。

王廷相对“致知”明确提出两点：1)“致知”的目的和内容，既不是通过“格物”去“推极吾之知识”，也不是“致吾心良知之天理于事事物物”，而是“明道”即探究客观事物的固有规律性。2)“致知”的方法和途径，既不是通过一件一件地“格物”去体认“天

^① 关增建、马芳：《中国古代科学技术史纲·理化卷》，辽宁教育出版社，1996年，第166页。

^② 《王氏家藏集》卷三十《策问》五。

理”，也不是通过“去人欲，复天理”去获得“良知”，而是通过后天的“博文强记”，“审问明辩”、“精思研究”等方法获得对客观事物的认识。特别是他强调把“人事酬应得其妙”的实践活动作为“致知”的重要途径，更是一种真知灼见。他说：

“明道莫善于致知，……不徒讲究以为知也，而人事酬应得其妙焉，斯致知之实地也。

“君子之学，博文强记，以为资藉也；审问明辩，以求会同也；精思研究，以致自得也，三者尽而致知之道得矣。”^①

王廷相的“格物致知”论，虽然基本上坚持了唯物主义路线，但有两个方面的缺陷是后人完成的。

第一，他对格物与致知之间的辩证关系尚未加以说明，是后来王夫之进一步提出了格物、致知“不可偏废”的观点。王夫之说：

“孟子曰：‘梓匠轮舆，能与人规矩，不能使人巧。’规矩者，物也，可格者也；巧者，非物也，知也，不可格者也。巧固在规矩之中，故曰‘致知在格物’；规矩之中无巧，则格物、致知亦自为二，而不可偏废矣。”^②

又说：“大抵格物之功，心官与耳目均用，学问为主，而思辨辅之，所思所辨者皆其学问之事。致知之功，则唯在心官，思辨为主，而学问辅之，所学问者乃以决其思辨之疑。‘致知在格物’，以耳目资心之用而使有所循也，非耳目全操心之权而心可废也。朱门诸子，唯不知此，反貽鹅湖之笑。”^③

在王夫之看来，“格物”阶段只是初步感知事物，尚不能穷得

① 《慎言·潜心篇》。

② 王夫之：《读四书大全说·大学》。

③ 王夫之：《读四书大全说·大学》。



“物之固然，事之所以然。”有待依心之思辨能力上升为“致知”阶段，去把握事物的本质和规律。而要认识事物之理，还必须通过“多闻而择、多见而识，乃以启发其心思而会归于一，又非徒恃存神而置格物穷理之学也。”^①这样，王夫之就比较正确地解决了格物和致知之间的辩证关系。

第二，在王廷相的格物致知论中，虽然包含有“行”的思想萌芽，但正式以“行”解格物说的，是清初的颜元。颜元认为，格物就是亲自去做，亲自去行。“格物”之“格”，既不是如程朱训为“至”，也不是如陆王训为“正”，而是“格即‘手格猛兽’之格，‘手格杀之’之格”。即通过亲自“履行”而获得事物之理，“手格其物而后知至”^②。这比王廷相的通过接触、观察事物而穷理的格物说，在认识深度上又前进了一步^③。

王夫之还认为：“密翁（方以智）与其公子为质测之学，诚学思兼致之实功。盖格物者，即物以穷理，唯质测为得之。若邵康节、蔡西山，则立一理以穷物，非格物也。”^④他很赞赏方以智父子的质测之学，认为质测之学才是格物致知的真谛，而邵雍、蔡元定的格物之学，“非格物也”。这就把格物致知学说和自然科学联系起来，使之进入自然科学范围。

什么是质测之学？方以智有明确的回答：“物有其故，实考究之，大而元曾，小而草木蠹蠕，类其性情，征其好恶，推其常变，是曰质测。”^⑤这才是本来意义上的“格物致知”。

① 《张子正蒙注·大心篇》。

② 《四书正误·大学》。

③ 葛荣晋：《王廷相和明代气学》，中华书局，1990年，第170~172页。

④ 《搔首问》。

⑤ 方以智：《物理小识·自序》。

自明末清初西方科学技术传入中国之后，“格物”、“格致”等词变成了科学或物理学的代名词，如鲁迅在《呐喊自序》中讲的“格致”，就是指自然科学。体现了“格物致知”的原意。因此，谈中国古代的科学思想时，应该谈“格物致知”的源流与演变经过。

4. 物质不灭理论

中国古代在元气说的基础上，提出了物质不灭观念，认为在形和气的转化过程中，气的总量不生不灭，在量上是守恒的。

西汉刘安在《淮南子·精神训》中说：“吾生也有七尺之形，吾死也有一棺之土。吾生之比于有形之类，犹吾死之沦于无形之中也。然则吾生也物不以益众，吾死也土不以加厚。”为什么会如此呢？刘安解释说：

“夫造化者之攫援物也，譬犹陶人之埴埴也。其取之地而已，为盆盎也，与其未离于地也无以异；其已成器而破碎漫漶而复归其故也。”这里讲的“造化者之攫援物”，是指自然界物质的生成。刘安以陶器的制成和毁灭为喻，形象地说明了物质在转化过程中的不生不灭原理，表述了十分清晰的物质不灭观念。

刘安以后，有关物质不灭原理的论述以北宋张载和明末清初的王夫之为代表。

张载在《正蒙·太和》中说：“太虚不能无气，气不能不聚而为万物，万物不能不散而为太虚。循是出入，是皆不得已而然也。”这里张氏认为太虚和万物乃是同一实体即气的不同状态，太虚虽然无形，但它是气的本体状态，气聚而为万物，万物散而为气。总而言之，世界统一于气。有固定形状的万物，和看来似乎空虚无物的太虚，都是气的一种状态，两种状态的相互转化是自然而然的，并不是由什么上帝在主宰。



张载接着说：“聚亦吾体，散亦吾体。”这里讲的“体”，不是身体，《诚明篇》说，“未尝无之谓体”，体是本体或实体之意。这两句是说，气聚而为人物，固是存在；即散而为太虚，又何尝不是存在？气只有聚散，没有生灭。这个观点接近于物质不灭的科学原理。

王夫之对物质不灭原理的论述比张载更明晰，说：“车薪之火，一烈已尽，而为焰、为烟、为烬，木者仍归木，水者仍归水，土者仍归土，特希微而人不见尔。一甑之炊，湿热之气，蓬蓬勃勃，必有所归，若盒盖严密，则郁而不散。汞见火则飞，不知何往，而究归于地。有形者且然，况其细缊不可象者乎！”王夫之在这里举了三个例子，来说明物质不灭。这三个例子中，给人的直观感觉是，原来的物质消失了，实际上并非如此。王夫之强调指出，这些物质并没有消亡，它们只不过是转化成了稀微无形的气，人看不见而已。物质本身也是气，在这些转化过程中，气总体并没有减少。气“聚散变化，而其本体不为之损益”，“散而归于太虚，复其细缊之本体，非消灭也”。“未尝有辛勤岁月之积，一旦悉化为乌有，明矣。”^①

王夫之特别指出，气存在着各种形式的运动，但没有生灭。对于气，可以“曰往来、曰屈伸、曰聚散、曰幽明，而不曰生灭。生灭者，释氏之陋说也，倘如散尽无余之说，则此太极浑沦之内，何处为其翕受消归之府乎？又云造化日新而不用其故，则此太虚之内，亦何从得此无尽之储，以终古趋于灭而不匮邪？”（同上）这里“造化日新而不用其故”，是宋儒的语言，王夫之反对此论，质问道，如果说气可以消灭，在宇宙之中何处是其转移消亡的地方？

^① 《张子正蒙注·太和》。

如果说它不断地被产生出来,宇宙中怎么会有这么多的储藏来供它不断消耗而不匮乏?王夫之的这些论述虽然是思辨产物,但它们所表述的“气”、“形”总和不生不灭,亦即物质不可创造、不可消灭的思想还是比较明确的^①。

5. 炼丹术

中国炼丹术源远流长,上溯可到新石器时代的气功导引,距今已有 4000 多年。它以贵生思想为指导,发展为两个分支。一为呼吸、吐纳、导引、周天运转等心理、生理型炼丹术,即后来所称的内丹术、道家养生功法或气功术;一为金石药物烧炼金丹、黄白的实验型炼丹术,即后来所称的外丹术。两个分支使用同一理论、概念、名词、术语,但意义迥别。外丹术是中国化学的前身,也是这一节讨论的主要内容。

据《韩非子·说林上》记载,战国后期楚国已有“不死之药”,即长生药物。这个长生药物可能就是金石药物^②。

《史记·秦始皇本纪》明确记载了方士炼制长生药。汉武帝时代,制炼黄金和长生药物结合起来,奠定了中国炼丹术以金丹和黄白结合为起点的基础。《史记·封禅书》曰:“是时,李少君亦以祠灶、谷道、却老方见上。上尊之。……少君言上曰:‘祠灶则致物,致物而丹沙可化为黄金,黄金成以为饮食器则益寿,益寿而海中蓬莱仙者乃可见,见之以封禅则不死,黄帝是也。臣尝游海上,见安期生,安期生食巨枣,大如瓜。安期生仙者,通蓬莱中,合则见人,不合则隐’。于是天子始亲祠灶,遣方士入海求蓬莱安期

① 关增建、马芳:《中国古代科学技术史纲·理化卷》,辽宁教育出版社,1996年,第158页。

② 孟乃昌:《道教与中国炼丹术》,北京燕山出版社,1993年,第4-5页。

生之属，而事化丹沙诸药齐为黄金矣。”从这段话中可知，当时制备丹药黄金的大致方法。从病理解剖马王堆一号汉墓出土女尸得知，死者有慢性铅汞积蓄，说明女尸生前服食了丹药。由此证明公元前2世纪已有铅汞为主要原料的丹剂炼制。

炼丹术的目的，包括外丹和内丹，就是成仙。中国炼丹理论是在道家时空观的相对主义思想下构造起来的。道家认为，时间是不均匀流逝的，是不等分刻度的。“洞中方七日，世上已千年。”说明仙人洞府和人间世界的空间位置不同，时间坐标也不同。

《周易》阴阳学说促进了炼丹理论的定型，阴阳学说是炼丹家化学观的基础。

《周易参同契》所奠定的周易阴阳学说、道家神仙幻想和炼丹操作实践“三合一”的理论，成为其后炼丹理论的构架。

炼丹家在五行中是崇金派，金属至高无上，“金性不败朽，故为万物之宝”。他们从古代的地质和冶金知识中吸取营养，受到启发，认为金属互变，自然成熟。《淮南子》说，五色水银（汞）随时间而完善。炼丹家以金属铅为主体，提出“铅为五金之祖”^①，“故铅外黑，内怀金华”^②。

炼丹家笃信长生可求、神仙可致，在此基础上构筑了炼丹理论。他们认为，自然界一切都在变化，人的生老病死也是一种变化。自然界的一些变化可以通过人的努力实现，例如烧炼丹砂就是如此。对于人体，也可以用类似的方法，借助外物的力量使之永生，这就是服食金丹。这个观点，在葛洪的《抱朴子·金丹》中讲得很明白。曰：“夫金丹之为物，烧之愈久，变化愈妙。黄金入火，

① 《金中吕传道集》和《造化指南》。

② 魏伯阳：《周易参同契》。

百炼不消，埋之，毕天不朽。服此二物，炼人身体，故能令人不老不死。此盖假求于外物以自坚固，有如脂之养火而不可灭。铜青涂脚，人水不腐，此是借铜之劲以扞其肉也。金丹人身中，沾洽荣卫，非但铜青之外傅也。”这段话是炼丹术的基本思想，虽然它在实践中行不通，但却是多少年来一直为炼丹家们所笃信的。

阴阳五行学说在炼丹理论构架中，形成了中国炼丹家的化学观。如：

“一金一石谓之丹，亦合天地也。”“如丹唯一阴一阳，龙虎二物。”^①

“诀曰，一阴一阳之为道，一金一石之为丹。石乘阳而热，金得阴而寒，此乃魂魄相应，理势必然。”^②

“铅汞互相感发，交相制伏，皆不离于天地牝牡之理。”“坎为铅，为水，为月；离为汞，为火，为日。坎离会用，日月相合，铅汞相搏，龙虎相交，不偏其用，互相制伏。”^③

“易云，二女同居曰革，乾坤交会曰泰。故天地氤氲，万物化醇，男女媾精，万物化生；阴阳不测之谓神，一阴一阳之谓道。故能陶铸万物，挺殖生灵，此并造化之神功，阴阳之妙力；神丹秘要，亦同此义。太阴者，铅也；太阳者，丹砂也。二物相生，成其大药，九鼎之法，长生之道，厚始要终，莫不皆以丹铅二物为主也。”^④

上述这些都是对《周易参同契》的阐发，以能起化学反应的药物代表阴阳两种力量，用龙争虎斗、男女爱情、呼吸饮食比喻

① 张君房：《云笈七签》卷七三《大还心镜》。

② 《通幽诀》。

③ 《庚道集》卷四《金丹秘诀》。

④ 《黄帝九鼎神丹经诀》卷十。

它们相互作用,相互制伏,相互调和,成为新的物质。这里承认阴阳学说为一切事物的指导原则,运用以说明化学反应。这和阴阳学说在其他领域,比如医学中的运用,没有多大的区别^①。

炼丹家面对实际,由《周易·文言·乾》“同声相应,同气相求”的观念中得到启发,提出“以类辅自然,物成易陶冶。……类同者相从,事乖不成宝。是以燕雀不生凤,狐兔不乳马,……杂性不相类,安肯合体居”(《参同契》),提出物质必须“相类”,才能有分别代表阴阳的物质间化学反应产生,认识深入了一步。

“相类”思想指导下的炼丹家,对物质的阴阳分析更为深入细致。“金经曰:一石之中分阴阳,为金玉,故谓一阴一阳之道。”^②这是一个极为重要的论断。中国炼丹家从实验事实概括出不同层次的规律性认识。

《参同契五相类似秘要》说:“雄类于硃砂”原注曰:“雄得硃砂,入锅子内,须臾成水,如血汁。日夕火烧,闭塞已伏,故知不谬矣。”注解是实验手续的简述,原文是手续的理论概括。

又如“其四黄遇于赤盐,大鵬砂,则伏质归本,不易其色。若遇石盐、马牙硝、石胆,亦伏于火,则变质为白色,如轻粉。”这是几个反应的概括。再广泛一些,则概括出:

“化石,谓能消化金石,故号化石,是太阴之极气,至阴之精……功能制极阳之金石。”

“马牙硝,亦是阴极之精,其功亦能制伏阳精,消化火石之气;独用则力稍微,合于阴毒则甚矣。”

“北庭砂,所禀阴石之气,性含阳毒之精,功能销破五石

① 孟乃昌:《道教与中国炼丹术》,北京燕山出版社,1993年,第120~121页。

② 《金华玉女说丹经》。

之精，……力颇并于硫黄。”

“大鹏砂者，虽禀阳精，从阴所养……若合硫黄、赤盐变炼其阳精，转转增光益色。”^①

虽然原文无注，也可以看出，这是试剂与一系列物质反应后，得到阴阳属性的概括认识。所谓阴，指熔融剂、烧结剂，或指金属性，阳则指今天所说的非金属性。

进一步的简练、抽象，就是：

“北庭砂，秉阴石之气，含阳毒之精，能化五金八石，去秽益阳，其功甚著，力并硫黄。”^②

硝石为“七十二石之将”^③，或者硫黄“此七十二石之将也”^④，都极言能与许多矿物岩石起反应。

中国炼丹家从反应物质与反应产物的计量中，得出质量守恒的认识。金陵子在《龙虎还丹诀》中就自始至终贯彻了这种认识。比如丹砂定量抽汞，书中写道：“某光明砂一斤只含石气二两，抽取水银十四两；其白马牙砂一斤含石气四两，抽得水银十二两；紫灵砂含石气六两，抽取水银十两……石气者，火石之空气也。如水银出后，可有石胎一两，青白灰耳。”金陵子从质量守恒思想出发，认为丹砂是水银、石气（烧石生成的气体）和石胎三部分组成，三者反应前后总量是不变的。

中国炼丹家注意到了反应物相互作用或物之间量的关系，并以阴阳学说来解释。比如“夫硫黄三两，能制水银一斤，故知汞力不如硫黄。……真铅五两，能制水银二斤，信水银力不如铅也。

① 《大洞炼真宝经九还金丹妙诀》。

② 李时珍：《本草纲目》引《张果玉洞要诀》。

③ 张君房：《云笈七签》卷六八《九还金丹》。

④ 《大洞炼真宝经九还金丹妙诀》。

故知阴(水银)能伏阳(硫黄),非阳能伏阴,此之为反也。”(《丹论诀旨心鉴》)“凡生八石一斤,不如伏火硝石一两;伏火硝一斤,不如伏火礞一两……”(《真元妙道要略》),这些都可以看作是认识化学反应中化合量关系的萌芽^①。

炼丹术的最大成就是黑色火药的发明,它以木炭、硝石、硫黄为原料,按一定比例配制而成。火药的发明是中国人对世界文明的一大贡献,它改变了人类社会的发展进程,而它的源头却是炼丹术。

^① 孟乃昌:《道教与中国炼丹术》,北京燕山出版社,1993年,第127页。

五、以农为本与农学思想

1. 农本论

农本论是中国古代的重农思想,以农为本,反映了中国古代以农立国的历史背景。春秋战国时期,中国农本思想形成了一整套理论,也有一系列农本政策措施。春秋中期,管仲就提出了“强本”、“抑末”的思想。“强本”即是加强农业,“抑末”即是抑制商业。

《管子·五辅》曰:“明王之务,在于强本事,去无用,然后民可使富。”这里讲的“强本事”就是把发展农业生产放在首位,而且是明王的主要事务。

为什么要实行“强本”、“抑末”的重农政策?《管子·治国》作了回答:“凡治国之道,必先富民,民富则易治也,民贫则难治也……夫富国多粟生于农,故先王贵之。凡为国之急者,必先禁末作文巧。末作文巧禁,则民无所游食。民无所游食则必农。民事农则田垦,田垦则粟多,粟多则国富。国富者兵强,兵强者战胜……故禁末作,止奇巧,而利农事。”

对精通农业技术的农民给予奖励,免除他们的兵役。对农业技术人员非常重视,比如“能明于农事者”、“能蕃育六畜者”、“能树艺者”、“能树瓜瓠、荤菜、百果,使蕃育者”、“通于蚕桑使蚕不

疾病者”以及能预测年景丰歉者，都“置之黄金一斤，直食八石，谨听其言而藏之，使师旅之事无所与”。

商鞅更加鲜明地提出“事本禁末”的口号，推行一系列固本抑末的政策，如制定法令严禁商人经营粮食买卖，提高粮食价格，加重商人的封建劳役，“令民归心于农”，对一心从事农业生产的农民，免除其劳役以资奖励，对从事商贾技巧而又懒惰致贫者，收为官奴以示处罚。

战国时期，荀子提倡的重农思想，有4个特点：

1)他所说的农业是指广义的农业，包括粮食及各种经济作物，还包括林、牧、副、渔、猎等生产。《荀子·富国》曰：“今是土之生五谷也，人善治之，则亩数盆，一岁而再获之；然后瓜桃李一本数以盆鼓，然后荤菜、百蔬以泽量，然后六畜禽兽一而剗车，鼃鼃、鱼鳖、鳅鳍以时别一而成群，然后飞鸟、凫雁若烟海，然后昆虫万物生其间，可以相食养者不可胜数也。夫天地之生万物也，固有余足以食人矣；麻葛、茧丝、鸟兽之羽毛齿革也，固有余足以衣人矣。”

2)重农要提高农业生产技术水平和改善农业生产条件。

首先是改良土壤，铲除杂草，多施肥料，如《荀子·富国》讲的：“刺草殖谷，多粪肥田”。

其次要选用良种，因地制宜，如《荀子·王制》讲的：“相高下，视肥磽，序五种，省农功”。

第三，改进工具，提高农具质量。《王制》曰：“论百工，审时事，辨功苦（指辨别产品质量好坏），尚完利，便备用。”

第四，兴修水利，加强管理。《王制》曰：“修堤梁，通沟浚，行水潦，安水藏，以时决塞。”这样，才能“高者不早，下者不水”（《富国》）。

3)重农要国家对农业进行宏观管理调控。

首先，国家要设立专门机构和官吏对农业生产活动进行检查、督促、管理和帮助。比如司空负责农田水利设施的修建和维护；工师负责检查农具制造；虞师负责监督自然资源的开发、利用及保护；治田负责检查和监督农民按季节进行各项农业生产活动。

其次，国家要制定并推行有利于农业生产的政策，为农民的生产经营活动创造条件。如《王制》所说：“轻田野之税……罕兴力役，无夺农时”，“田野什一……山林泽梁，以时禁发而不税”，“相地而衰征，理道之远近而致贡”等，都是制定适当的财税政策，减轻农民负担，使农民有足够的精力安心农业生产。

第三，要保持生态平衡，国家要制定保护自然资源的法规，禁止滥伐林木和任意捕捞水生动物。就像《王制》讲的：“草木荣华滋硕之时，则斧斤不入山林……鼃鼃鱼鳖鳅鱓孕别之时，网罟毒药不入泽”。

4)重农要充分发挥农民自身的生产积极性和主动性，政府既要管理又不能管得太死，“农夫众庶之事”，政府不要过多干涉。

战国末，韩非的“重本抑末”论趋向狭隘，“本务”单指粮食生产，“重农”与“贵粟”成了同义语，把荀况的广义农业概念排斥在外，是一种思想倒退。《韩非子·五蠹》曰：“夫明王治国之政，使其商工游食之民少而名卑，以趣本务而寡趋末作。”此后，“抑末”与“抑工商”成了同义语。这种思想为后来秦汉的基本经济思想——“贵粟论”奠定了理论基础。

汉承秦制，继续推行重本抑末政策。《史记·平淮书》曰：“天下已平，高祖乃令贾人不得衣丝乘车，重租税以困辱之。孝惠高

后时,为天下初定,复弛商贾之律,然市井之子孙亦不得仕官为吏。”重本抑末思想被确认为统治阶级的治国思想。

西汉晁错(约前 205—前 154)提出“贵粟论”,认为“粟者,王者大用,政之本务”。“欲民务农,在于贵粟。”具体措施是:“贵粟之道,在于使民以粟为赏罚。今募天下入粟县官,得以拜爵,得以除罪。”这样,人们就乐意务农。

东汉中期王符(约 106—约 168)主张务本抑末,在《潜夫论·务本》中说:“凡为治之大体,莫善于抑末而务本,莫不善于离本而饰末。”王符的务本抑末论与狭隘的重农思想不同,他认为“农桑”、“力田”固然是本业,但工商业并不完全就是“末业”,要看生产经营的内容来定。凡生产“致用”产品的各类手工业,仍然属于本业,只有从事“巧饰”的手工业才属于末业。在商业中,则以“通货”的商业为本,而以“鬻奇”的商业为末。《潜夫论·务本》曰:“夫富民者以农桑为本,以游业为末。百工者以致用为本,以巧饰为末。商贾者以通货为本,以鬻奇为末。三者守本离末则民富,离本守末则民贫。”

南宋叶适(1150—1223)坚持“重本”,反对“抑末”,是一千多年来第一个出来否定“重本抑末论”的人,在中国农学思想史上具有重开新风的独特作用。叶适对“重本抑末论”的否定,只否定“抑末”的一面,而对“重本”他从来没有表示否定。他一再宣扬“重本”是“王业”的基础,“未有不先知稼穡而能君其民。”^①

叶适反对“抑末”,首先表现在他否认春秋以前有“抑末”思想,其次是反对官府对工商业活动的干涉,反对国家直接经营和控制工商业的轻重政策。第三,他不但大力主张商贾经营取利,

^① 《习学纪言序目·毛诗》。

而且主张让商贾参加国家政权的治理，替富商大贾争取政治权利。这在中世纪的中国可以说是独一无二的^①。

2. 农学中的三才论

“三才”一词最早见于《易经·系辞下》：“易之为书也，广大悉备；有天道焉，有地道焉，有人道焉。兼三才而两之，故六；六者，非它也，三才之道也。”

明确把“三才”与农业生产联系起来论述的是《吕氏春秋·审时》：“夫稼，为之者人也，生之者地也，养之者天也”。把稼（即农作物）、天地、人看作是组成农业生产不可缺少的诸因素。这一概括已触及到农业的本质^②。

两汉至魏晋南北朝时期，关于天时、地利、人力相互间关系的认识又进了一步，贾思勰在《齐民要术·种谷》中说：“顺天时，量地利，则用力少而成功多。任情返道，劳而无获”。表明人们发挥主观能动性必须了解和掌握自然规律，这样才能用力少而成功多。如果违背自然规律，那将是劳而无获。可见天、地、人三才中，起决定作用的是天、地，人必须顺应天、地。

南宋《陈旉农书》提出“耕稼盗天地之时利”的命题。“盗”，含有主动夺取、巧妙利用的意思。“天地之时利”就是天时、地利，是客观自然条件，有它自身的规律性，人不能改变它，只能巧妙地利用它。对此，《陈旉农书》进一步指出：天时的变化，人虽不能左右，但“能知时宜，不违先后之序，则相继以生成，相资以利用，种

^① 阎万英：《中国农业思想史》，中国农业出版社，1997年，第148页。

^② 汪子春、范楚玉：《中华文化通志·农学与生物学志》，上海人民出版社，1998年，第216页。

无虚日,收无虚月,绵绵相继,尚何匮乏之足患”。这一积极进取的观点,是“三才”理论的重大发展。

关于“相资以利用”的含义,是指利用农作物之间互利互养的关系,这在以前的“三才”论中没有提及。只有随着轮作间套作制的推行,尤其是多熟种植的发展,才能总结概括出这一条来。

明、清时期,“三才”理论的发展表现在3个方面:

第一,对“天时”、“地利”的本质有了较明确的论述,如《知本提纲》认为,“天时”即气候季节的变化是由太阳在天球上所处位置不同引起的;太阳的光能(日阳)是农业生产所需的根本能源;地由“水土合成”,是农作物赖以生长的载体(“居中面承载生化者,地之职也”)。上述表白虽然还缺乏近代实验科学的精确依据,但确实已开始接触到“天时”和“地利”的本质。

第二,对农业生产中人的主观能动性与客观自然规律之间的关系,进一步提出了“人定胜天”的观点。明代马一龙在《农说》中说:“故知时为上,知土次之。知其所宜,用其不可弃;知其所宜,避其不可为,力足以胜天矣”。又说:“知不逾力者,劳而无功”。意思是说,在农业生产中还须靠知识,光靠力气是不行的。清代陆世仪在《思辨录辑要·论区田》中论述天时、地利、人力与农业生产的关系时说:“三者之中,论其重则莫过于人和,而地利次之,天时又次之”,“论其要则莫过于天时,而地利次之,人和又次之”。从农业生产既为自然再生产,又为经济再生产的两个角度看,陆世仪对天、地、人关系的分析是符合辩证法的。

第三,提出了“物性”^①、“物情”^②的概念,并将之纳入构成农

① 马·龙:《农说》。

② 张标:《农丹》。

业诸要素中。至此,终于完整明确地把农业生产当作农业生物、自然环境和人类劳动的各种因素相互联系的整体看待了,从而人们也就能从总体上更好地把握农业生产的本质。这种有机观的“三才”理论,是中国传统农业科学技术经验的深刻总结,是中国传统农学理论的总纲,中国古代的农书无不以它为立论的基础^①。

与“三才”论密切相联的还有“三宜”、“三度”原则。“三宜”即因时制宜、因地制宜、因物制宜。其实质就是人们在农业生产中必须根据天时、地利的变化和农作物生长发育的规律,采取相应合适的措施和方法。

“时宜”就是“审时以举事”;“时至而作,竭时而止”^②。古人对天时还无能力控制(今人亦然),只能从实际观察中找出天时的变化规律,利用有利于农业生产的天时,叫做顺应天时,人们只能适应,不能违背,不能失时。明代《农说》指出:“时一失,则缓急先后之序,皆倒行而逆施矣,安得顺畅而不困苦哉”。农事操作适时,可收到事半功倍的效果。故《吕氏春秋·任地》曰:“皆时至而作,竭时而止,是以老弱之力可以尽起,其用曰半,其功可使倍。”耕作适时,还可以增加产量,提高质量。《吕氏春秋·审时》曰,粟、黍、稻、麻、菽、麦六种作物,凡得时者就生长好,收获多,质量高;失时者则生长不好,产量低,质量差。“是故得时之稼兴,失时之稼约。茎相若(而)称之,得时者重,粟亦多。量粟相若而舂之,得时者多米。量米相约而食之,得时者忍饥。是故得时之稼,其臭(气味)香,其味甘,其气章,百日食之,耳目聪明,心意睿智,四卫

① 汪子春、范楚玉:《中华文化通志·农学与生物学志》,上海人民出版社,1998年,第217页。

② 《管子·五辅》。

变强, 殒气不入, 身无苛殃。”

战国时期, 已有“地宜”一词。周朝的“土会之法”^①, 就是因地制宜地制定发展农、林、牧、副、渔的规划, 组织生产。《荀子·儒效》有“相高下, 视硗肥”, 分别种植各种农作物的“土宜之法”。

西汉《汜胜之书》明确指出粟的播种时间要“因地为时”。《齐民要术·种谷》指出, 播种量要根据土壤肥瘠不同而有差异。

宋代, 因土施肥的思想比较普遍, 《陈旉农书》曰: “土壤气脉, 其类不一, 肥沃硗埆, 美恶不同, 治之各有宜也。”

关于“物宜”, 在《管子·地员》中已有“草土之道, 各有谷造”, “或高或下, 各有草土(物)”的说法, 意思是说, 不同植物各有其一定的生态条件。明确提出“物宜”概念比较晚, 为明朝马一龙的《农说》。书中写道: “合天时、地脉、物性之宜, 而无所差失, 则事半而功倍。”

“三宜”原则是人们在农业生产中, 按照自然条件和农业作物的不同特点, 来采取相应的技术措施的生产原则, 这一农学思想到明、清时期才完善, 也是“三才”理论的发展^②。

关于“三度”原则, 在《管子·五辅》中已有明确论述。曰: “所谓三度者何? 曰, 上度之天祥, 下度之地宜, 中度之人顺。此所谓三度。故曰天时不祥, 则有水旱; 地道不宜, 则有饥馑; 人道不顺, 则有祸乱。”这是“三才论”的另一种表述方式。

3. 风土论

风土是土地、山川、风俗、气候的总称, 即风俗习惯和地理环

^① 《周礼·地官·大司徒》。

^② 汪子春、范楚玉: 《中华文化通志·农学与生物学志》, 上海人民出版社, 1998年, 第220页。

境。中国古代的风土论含有两重意思：一种认为，风土的意思是风土化，是讲生物从一个地区引入另一个地区后逐渐适应、繁衍的现象。一种生物的风土化，取决于它能否适应新的环境及移入地区的温度、湿度、食物和敌害等是否同原来生活地区相似。另一种认为，风土是固定不变的，就是“唯风土论”。典型的例子是《周礼·考工记》说的“橘逾淮而北为枳，鸕鹚不逾济，貉逾汶则死，此地气然也”。“风土”一词在中国出现较早，《国语·周语上》曰：“是日也，瞽师、音官以(省)风土。”注云：“风土，以音律省土风，风气和则土气养也。”《后汉书·西域传》曰：“班超遣掾甘英穷临西海而还，皆前世所不至，山经所未详，莫不备其风土，传其珍怪焉。”这里讲的风土都是指风俗习惯和地理环境。“风土论”有它合理的一面，即生物的生长的确受到环境条件的限制，因此才有生物分布的地区差异；但也有它不合理的一面，即过分强调环境条件对生物的限制，没有看到生物不是绝对固定不能改变的，只要满足了生物生长的条件，生物可以逐步改变习性，适应新的环境。因此，过分强调风土的作用，就成了“风土限制”论或“唯风土论”了。

中国古代，受“唯风土论”的影响很深远，禁锢着人的思想，直到元代，仍然怀疑可以向黄河流域推广种植棉花，用“率以风土不宜为解”，拒绝引种。有的地区，把没有掌握好植棉技术，造成失败，也归之于风土。因此，《农桑辑要》首先起来突破“唯风土论”。

《农桑辑要·论苧麻木棉》中，首先承认风土对动植物的生长发育有影响，“谷之为品不一，风土各有所宜”。但同时指出，不是所有作物都不能引种，比如，“苧麻本南方之物，木棉亦西域所产。近岁以来，苧麻艺于河南，木棉种于陕西，滋茂繁盛，与本土无异。二方之民，深荷其利。”“悠悠之论，率以风土不宜为解。盖



不知中国之物,出于异方非一。以古言之,胡桃、西瓜是不产于流沙、葱岭之外乎?以今言之,甘蔗、茗芽是不产于牂柯、邛笮之表乎?然皆为中国珍用,奚独至于棉、麻而疑之。虽然托之风土,种艺之不谨者有之;抑种艺虽谨,不得法者亦有之”。这段话,把当时人们与“唯风土论”作斗争,要求突破的情形作了展现。

明代,徐光启在反对“唯风土论”方面又有新的发展。他也承认“风土”条件对某些作物和品种异地引种具有限制作用,但只是“千百中之一二”,如“荔枝、龙眼不能逾岭(指南岭);橘柚橙柑,不能过淮;他若兰、茉莉之类”;并指出“风土”条件中,主要是气候的作用,“其中亦有不宜者,则是寒暖相违,天气所绝;无关于地”。然后对以“风土不宜”为借口,因循守旧,反对引种新作物和新品种的“唯风土论”进行批驳,说:“若谓土地所宜,一定不易,此则必无之理。立论若斯,固后世惰窳之吏,游闲之民,媮不事事者之口实耳”^①。“古来蔬果,如颇陵、安石榴、海棠、蒜之属,自外国来者多矣。今姜、荸荠之属,移栽北方,其种特盛,亦向时所谓‘土地不宜’者也。”^②

徐光启对“唯风土论”的批驳,对中国农学及农业生产起了推进作用,为明、清之际从国外引进和推广玉米、番薯、烟草、番茄、马铃薯等新作物在思想上铺平了道路,对中国农学思想和农学理论作出了贡献。

4. 肥力说

中国古代关于肥力的认识有两个方面:一是指土壤的自然

^① 《农政全书·农本·诸家杂论下》。

^② 同注^①。

肥力,如《管子·立政》讲的“相高下,视肥硗,观地宜”;《管子·宙合》中讲的“高下肥硗,物有所宜”;《荀子·王制》讲的“相高下,视肥硗,序五种”,指的就是土壤的自然肥力。二是通过加入人畜粪便或其他人造肥料,使土壤由瘠变肥,这就是人们常说的施肥,也就是肥力说。

肥力说的产生、形成和发展有一个比较长的历史过程,它是随着农业生产技术的发展而产生的。最初,古人发现,凡是在住宅附近有人畜粪便的地方,或是抛弃过草木灰的地方,庄稼都长得很好。这个事实启发人们,庄稼需要粪便一类的肥料,于是开始把粪便、草木灰有意识地撒到庄稼地里,这就是“上粪”,是施肥的开始。又叫“粪田”、“粪壤”。

我国农田施肥起源很早,在殷墟甲骨文中,已有“粪田”一词^①。西周则有粪种的具体方法,《周礼·地官·司徒》曰:“凡粪种,骀刚用牛,赤緹用羊,坟壤用麋,渴泽用鹿,咸漚用豕,勃壤用狐,埴垆用豕,强槩用蕢,轻爨用犬。”除粪肥外,绿肥也开始为人们所注意。《诗·周颂·良耜》曰:“以薅荼蓼,荼蓼朽止,黍稷茂止”。意思是拔掉田里的野草野菜,让它腐烂,野草野菜腐烂后,黍稷等农作物就长得茂秀。《礼记·月令》又说:“夏季,大雨时行,乃烧薙行水(“薙”,指割下的草;“行水”,指用水浸泡),利以杀草。如以热汤,可以粪田畴,可以美土疆。”说的是把青杂草割下来,用水浸泡腐烂,沤制草肥。当时人们已懂得草肥的两个作用:一可以粪田畴,作肥料;二可以美土疆,改变土壤的物理结构,使之更适合于作物生长。草除掉后,用水、火两种方法处理,使野草变成肥料。其中水化野草就是绿肥的诞生。

^① 胡厚宣:《再论殷代农作施肥问题》,《社会科学战线》,1981年,第1期。

春秋战国时期,施用粪肥已很普遍。“多粪肥田”^①已深入人心。已知“树落则粪本”^②的道理。战国末《吕氏春秋·任地》明确提出:“地可使肥,又可使棘(瘠)”的观点,即土壤肥力可以变化的辩证观点。西汉《汜胜之书》已总结出施用基肥、种肥、追肥、杂草压青作绿肥的经验,并把“务粪泽”(即施肥)提到与“趋时”、“和土”一样重要的地位。施肥工作已经定型化、普遍化。

晋朝郭恭义的《广志》已记载了人工栽培绿肥,曰:“苕草色青黄,紫华,十二月稻下种之,蔓延殷盛,可以美田,叶可食”^③。苕草是蚕豆属的一种植物,又称小巢菜,至今仍是我国稻田的主要绿肥品种。北魏时期,《齐民要术》记载当时种绿豆作绿肥,使谷子的产量提高了3倍以上。此外,小豆、胡麻也是很好的绿肥品种。

南宋《陈旉农书》指出:“土壤气脉,其美不一,肥沃硗埆,美恶不同,治之各有宜也。”他还针对农田种三五年后,地力会衰退的观点进行批驳,说:“或谓土敝则草木不长,气衰则生物不遂,凡田种三五年,其力已乏。斯语殆不然也,是未深思也。若能时加新沃之土壤,以粪治之,则益精熟肥美,其力常新壮矣,抑何敝何衰之有!”“地力常新壮”理论是肥力说的完美体现,反映了人们的积极进取精神。

元代,《王桢农书·粪壤篇》指出了施肥与培肥土壤的关系,说:“田有良薄,土有肥硗,耕农之事,粪壤为急,粪壤者,所以变薄田为良田,化硗土为肥土也。”他也赞同陈旉的观点,认为“后世井田的变法,土敝气衰,生物不遂。为农者必储粪朽以粪之,则地力常新壮而收获不减”。

① 荀况:《荀子·富国》。

② 荀况:《荀子·致土》。

③ 贾思勰:《齐民要术》卷十引。

六、多识鸟兽草木之名与生物学思想

孔子曾经说过：“诗，可以兴，可以观，可以群，可以怨”，还可以“多识于鸟兽草木之名”。孔子讲的“诗”，是指《诗经》。说人们读《诗经》，可以从中认识许多鸟兽草木的名称。《诗经》中确实记载了丰富的动植物知识，所记动物有 109 种，植物 143 种^①。三国时吴人陆机写的《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》，是中国古代一部重要的生物学著作，有很高的科学价值。惜原著已佚，今存罗振玉的辑本，分上下两卷，记载植物 114 种，动物 60 种。类似《诗经》这样的著作在中国古代出现过许多，保存至今的也不少，并且形成了系列，如谱志系列，本草著作系列，相书系列等。这些文献反映了中国古代丰富的生物学知识。南宋初学者郑樵称这些著作为“鸟兽草木之学”^②。本书就中国古代的主要生物学思想作些阐述。

1. 生命起源论

中国古代关于生命起源的探索，据甄朔南的研究^③，曾有过 4

① 汪子春、范楚玉：《中华文化通志·农学与生物学志》，上海人民出版社，1998 年，第 244 页。

② 郑樵：《通志·昆虫草木略》。

③ 荀萃华、汪子春、许维枢等：《中国古代生物学史》，科学出版社，1989 年，第 199~203 页。



种学说,即生命起源于物质说,天帝或神创造生命说,生命起源于精气说,生命起源于理气说。

1) 生命起源于物质说

成书于春秋时期的《大戴礼记·夏小正》,里面有“鹰则为鸠”、“田鼠化为鴽”、“鸠为鹰”、“鴽为鼠”、“雀入于海为蛤”、“玄雉入于淮为蜃”等内容,反映了人们认为某种动物是由另一种动物变化而来的思想,虽然在自然界不可能存在这种事情,但却表现了当时人们认为生命来源于物质的进步思想。在《史记·殷本纪》中说殷契是他母亲简狄“见玄鸟堕其卵”,“取吞之,因孕生契”。《史记·周本纪》说,周朝的祖先后稷,名弃,其母姜原“见巨人迹,心忻然说,欲践之,践之而身动如孕者。居期面生子”。《史记·秦本纪》说,“秦之先,帝颛顼之苗裔孙曰女修。女修织,玄鸟陨卵,女修吞之,生子大业。”反映了原始居民以为自身来源于某种鸟类或巨人,生命起源于物质,而不是神。

春秋时期孔子写的《周易大传》,对生命起源问题也阐述了他的观点。《周易·咸卦·彖传》曰:“天地感而万物化生”,天地互相感应,发生变化,则产生了万物。万物不是神创,而是天地感应自然生成的。天地就是自然界,就是乾坤。《周易·乾卦·彖传》曰:“大哉,乾元,万物资始”,《周易·坤卦·彖传》曰:“至哉,坤元,万物资生。”《周易·系辞传上》进一步指出:“乾道成男,坤道成女。乾知大始,坤作成物。”乾象天,天最明显的代表是太阳。坤象地,在太阳的照射下,万物生于大地。《周易·益卦·彖传》曰:“天施地生。”唐孔颖达《周易正义》曰:“天施气于地,地受气而化生。”具体讲了气在天地感而万物生之中的作用与过程。

《周易·说卦传》云:“神也者,妙万物而为言者也。动万物者莫疾乎雷,桡万物者莫疾乎风,燥万物者莫燥乎火,说万物者莫

说乎泽，润万物者莫润乎水，终万物始万物者莫盛于艮。故水火相逮，雷风不相悖，山泽通气，然后能变化既成万物也。”这就是说，所谓大自然的神奇造化，是说它在于能够奇妙地化育万物。鼓动万物者没有比雷更迅猛的，吹拂万物者没有比风更疾速的，干燥万物者没有比火更炎热的，欣悦万物者没有比泽更和悦的，滋润万物者没有比水更湿润的，最终成就万物又重新萌生万物者没有比艮更美盛的。所以水火异性而相互济及，雷风异动而不相违逆，山泽异处而流通气息，然后自然界才能变动运化而形成万物。《周易·说卦传·韩康伯注》曰：“于此言神者，明八卦运动、变化，推移莫有使之然者。神，则无物；妙万物而为言也，则雷疾风行，火炎水润，莫不自然相与为变化，故万物既成也。”《汉上易传》引郑玄注，谓“神”指“乾坤”，认为两者“共成万物，物不可得而分，故合谓之‘神’。”所以这个“神”不是指神灵，而是指乾、坤，即天地、自然界，是自然界物质的运动变化产生万物。

《国语·郑语上》曰：“以土与金、木、水、火杂，以成百物。”《国语·鲁语上》曰：“地之五行，所以生殖也。”这是用五行思想来解释生命起源，说明宇宙万物不仅是由五种物质所组成，而且还强调了“土”在万物（包括生命在内）的生长、繁殖中起着主要的作用。

管仲学派认为，“水”是万物的根源，生命的基础。《管子·水地》曰：“水者何也？万物之本原也，诸生之宗室也。”这里把水看成是生命的摇篮和发祥地是正确的。

2) 天帝或神创造生命说

《风俗通》记载了女娲造人的传说，曰：“天地开辟，未有人民，女娲搏黄土作人”^①《帝王世纪》曰：“神农氏姜姓也，母曰任

^① 李昉等：《太平御览》卷七八。



姒,有乔氏之女,名女登,为少典妃,游于华阳,有神龙首感女登于常,生炎帝。”^①这是神造生命的传说。

西汉董仲舒认为“天”是至高无上的神,它是有意志的。他在《春秋繁露·顺命》中说:“天者,万物之祖,万物非天不生。”人也是天生的,《春秋繁露·为人者天》曰:“为人者天也,人之为人,本于天,天亦人之曾祖父也。”这种天创造生物和人类的说法,对后世有一定的影响。

3) 生命起源于精气说

战国时期,宋钘、尹文学派继承和发展了老子的“道生一,一生二,二生三,三生万物”的思想,提出了精气说,明确指出“道”就是“气”,“精气”是构成万物和生命的根源。“精也者,气之精者也。”“凡物之精,比则为主,下生五谷,上为列星。”人类也是由精气产生的,“人之生也,天出其精,地出其形,合此以为人。”^②形也是气,称为形气。以天之精气和地之形气相和就产生了人类。所以,精气是构成万物不可缺少的一种气。

荀子接受了宋、尹的“精气”说,承认世界万物都是由于气产生的,并且指出自然界的无机物、植物、动物和人类之间有质的差别。《荀子·王制》曰:“水火有气而无生,草木有生而无知,禽兽有知而无义;人有气、有生、有知亦且有义,故最为天下贵也。”

西汉初,刘安进一步发展了精气说,认为“道始于一”^③,“道者一立而万物生矣”^④。“一”是什么?它是“卓然独立,块然独处,上通九天,下贯九野,员不中规,方不中矩”的浑然一体

① 李昉等:《太平御览》卷七八。

② 《管子·内业》①。

③ 刘安等:《淮南子·天文训》。

④ 刘安等:《淮南子·原道训》。

的“气”^①。“天地之合和，阴阳之陶化万物，皆乘一气者也。”^②在《淮南子·精神训》中，刘安明确提出：“烦气为虫，精气为人”的观点。由于各类动物所禀受的气不同，因而产生各种不同的动物类别，“同出于一，所为各异，有鸟，有鱼，有兽，谓之分物。”^③

东汉，王充在精气说的基础上提出了元气说。认为“元气”是构成天地万物包括生物的生命在内的原初物质基础。“元气”是什么？他认为是和云烟云雾相似的东西，是不生不灭的物质元素。“人未生，在元气之中；既死，复归元气。元气荒忽，人气在其中。”他还对精气作了具体解释，说：“血者，生时之精气也。”“人之所以生者，精气也，死而精气灭，能为精气者，血脉也，人死血脉竭，竭而精气灭。”^④在他看来，“精气”不是神秘的东西，而是一种具体的物质。这就进一步发展了精气说的思想。

唐代，刘禹锡在《天论》中对人类起源说得更加明确，曰：“天，有形之大者也；人，动物之尤者也。”又说：“乘气而生，群兮汇从，植类曰生，动类曰虫。倮虫之长，为智最大，能执人理，与天交胜，用天之利，立人之纪。”他认为，天、地、人都是物质性的，天地相互作用，产生了动植物和人类，而人是动物中最有智慧的，所以能与天争胜，能利用自然资源，从事社会活动。柳宗元在《天对》中提出了人和生物是由物质性的元气构成，反对女娲造人的传说，指出殷的祖先也是受精怀孕而胎生的。

明代，张景岳在《类经》卷三《本神》中说：“凡万物生成之道，莫不阴阳交而后神明见。故人之生也，必合阴阳之气，构父母之

① 刘安等：《淮南子·原道训》。

② 刘安等：《淮南子·本经训》。

③ 刘安等：《淮南子·诠言训》。

④ 王充：《论衡·论死》。



神,两精相搏,形神乃成。”这就是说,人类个体的诞生,是两性的精气即阴气和阳气的结合,并不是什么神创造的。他还继续说,男女两性的结合,就像农作物中的种子与土壤的关系,人类一代一代的繁衍生殖都是两气结合后在母体内进行的。

4)生命起源于理气说

南宋朱熹提出了“理”是生成万物和生命的本源。“理”是通过“气”的作用而生万物和生命的。

朱熹说:“人物草木禽兽,其生也莫不有种,定不会有种子,白地生出一个物事,这个都是气。”^①显然“气”就是产生万物的种子。人类有“人种”,这“人种”是在“天地之初……自是气蒸结成两个人,后方生许多万物。当所若无那两个人,如今如何有许多人,那两个人……是自然变化出来的”^②。人种是“气化”产生出来的,有了人种以后,才生出许多人来,许多人是“形化”而生出来的。朱熹说:“人物之始,以气化而生者也,气凝成形,则形气交感,逐以形化,而人物生生,变化无穷也。”^③

人与万物是同时产生的,人与生物之不同,是受气之不同所致。朱熹说:“无极是理,二(指阴阳)五(指五行)是气……二气五行,经纬错综于其间也,得其气之精英者为人,得其渣滓者为物。”^④

朱熹的这段话用图表示更清晰(见图 32)。

① 黎靖德编:《朱子语类》卷九四。

② 黎靖德编:《朱子语类》卷九四。

③ 李光地:《朱子全书》卷一“太极图说解”。

④ 黎靖德编:《朱子语类》卷九四。



图 32 朱熹生命起源说

2. 生物进化观

西汉初期,刘安在《淮南子·地形训》中有一段论述生物进化的文字,原文有脱误,经夏纬瑛等人校订,其文如下:

“腓口生海人,海人生若菌,若菌生圣人,圣人生庶人,凡腓者生于庶人。羽嘉生飞龙,飞龙生凤凰。凤凰生鸾鸟,鸾鸟生庶鸟,凡羽者生于庶鸟。毛嫫生应龙,应龙生建马,建马生麒麟,麒麟生庶兽,凡毛者生于庶兽。鳞薄生蛟龙,蛟龙生鯤鯁,鯤鯁生建邪,建邪生庶鱼,凡鳞者生于庶鱼。介潭生先龙,先龙生玄鼈,玄鼈生灵龟,灵龟生庶龟,凡介者生于庶龟。燠湿生腓口。燠湿生于毛风。毛风生于湿玄。湿玄生羽凤。羽凤生燠介,燠介生鳞薄,介潭生于燠介。五类杂种兴乎外,肖形而蕃。日冯生阳阙,阳阙生乔如,乔如生于木,于木生庶木,凡木者生于庶木。招摇生程若,程若生玄玉,玄玉生醴泉,醴泉生皇辜,皇辜生庶草,凡根菱草者生于庶草。海閼生屈龙,屈龙生容华,容华生蕞,蕞生藻,藻生浮草,凡浮生不根菱者生于萍藻。”

这段话用图 33 表示更清楚:

湿玄	毛风	煖湿	蛄口—海人—若菌—圣人—庶人—蛄(人类)
			毛犊—应龙—建马—麒麟—庶鱼—毛(兽类)
			羽嘉—飞龙—凤凰—鸾鸟—庶鸟—羽(鸟类)
	羽风	煖介	鳞薄—蛟龙—鲲鲵—建邪—庶鱼—鳞(鱼类)
			介潭—先龙—玄鼈—灵龟—庶龟—介(龟鳖类)
			日冯—阳阙—乔如—干木—庶木—木(木本植物)
			招摇—程若—玄玉—醴泉—皇宰—庶草—根芟草(草本植物)
			海闾—屈龙—容华—蕪—藻—浮草—浮生不根芟者(藻类)

图 33

由图 33 可知：

第一，各类动物都来源于一种原初物质状态的“气”，这就是《地形训》中所说的“湿玄”。所谓“湿”，正是一种物质状态的“气”，古人称为“湿气”。《淮南子·说林训》曰：“悬羽与炭而知燥、湿之气”即是。王充也说：“然夫虫之生也，必依温、湿。温、湿之气，常在春、夏。”“夫春、夏非一，而虫时生者，温、湿甚也。”^①“玄”与“元”同，《说文》曰：“元，原也”。董仲舒曰：“唯圣人能属万物于一而系之元也，终不及本所从来而承之，不能遂其功，是以《春秋》变一谓之元。元犹原也，……故元为万物之本。”^②所以，“玄”有起始、本原之意。湿、玄连用，自是表示一种原初状态的气。这是《淮南子》作者虚构出来的一种原初物质状态的“气”。

第二，由“湿玄”派生出“毛风”和“羽风”。所谓风，亦即气也。

① 王充：《论衡·商虫》。

② 董仲舒：《春秋繁露·重政》。

古人以“风”为气,《汉书·律历志》曰:“天地之气,合以生风,天地之风气正,十二律建。”古人以为动物是由风气所生,故《论衡·商虫》曰:“夫虫,风气所生。”所以,“毛风”和“羽风”同样是该书作者虚构出来的两种不同的“气”。然后,再由这两种不同的“气”分别派生“胙”、“毛”、“羽”、“鳞”、“介”五类不同的动物。

第三,由于动物所禀受的“气”有清浊、轻重之不同,其性状亦随之而各异,因而有胙、毛、羽、鳞、介诸类别之区分。

第四,这些不同类别的动物,虽然其性命各有不同,但都“形于有”,是看得见、摸得着的东西。它们之间“隔而不通”,有着严格的界限,不能任意“通变”。因此,按照这些不同的性状特征,“分而为万殊”,区分为形形色色的不同种类。

第五,这些不同种类的动物在不断地变化和发展着,然而,在它们各自的变化发展过程中,却“莫能及宗”,不能再回复到原初物质状态的“气”。只能是“肖形而蕃”,按照各自的形、色、大小而繁衍生息。^①

总之,刘安利用当时已达到的分类学知识,把分类学与朴素的生物进化观统一起来,把动物分为5类:胙(人类)、毛(兽类)、羽(鸟类)、鳞(鱼类)、介(龟鳖类)。把植物分为3类:藻类、草类和木类。虽然这些分类方法与今天的生物分类学还有很大的差距,但在《淮南子》中已有明确的“类”的概念。更重要的是,已经把每类动物、植物的系统进化的过程作了描述,尽管不准确,但已意识到所有的动物都有一个共同的祖先类型,叫湿玄。湿玄派生出两支即“毛风”和“羽风”。毛风又演变出胙(人类)和毛(兽

^① 苟萃华:《再谈〈淮南子〉中的生物进化观》,《自然科学史研究》,1983年,2卷2期第149页。

类);羽风又演变出羽(鸟类)、鳞(鱼类)、介(鱼鳖类)。而且每一类动物、植物也都有一个原始型,如人类的原始型是“腓口”,兽类的原始型是“毛犊”等等。最后归结为:“五类杂种兴乎外,肖形而蕃”。即这五类不同的动物各按其自身性状特征而繁衍下去。虽然在植物方面说得不如动物那样明确,但不难看出作者已经有了一个生物是在变化发展的进化观念。而且这些动物、植物在发展过程中是不可逆的,不能再回到原始的物质状态。刘安他们的最大成就是在“精气说”的基础上,运用变化发展的观点,凭借想像和臆测描绘了一幅生物界的“进化”发展的图像,即由简单到复杂、由低等到高等的变化发展图像。这实在是我国古代生物学史上,闪烁着进化思想火花的第一人。^①

3. 生物分类思想

三千多年前,中国人通过观察,依据动、植物的外部形态特征,分植物为草、木两类;分动物为虫、鱼、鸟、兽4类。这是殷墟甲骨文中反映的中国早期动、植物分类的雏形。

春秋时期,《周礼·地官》首次出现了“植物”和“动物”两个名称,是生物的两个大类。植物下面又分皂物、膏物、覈(通核)物、荚物、丛物5类。皂物是指柞、栗之属,现在称为山毛榉科的植物,果实都具有壳斗(古名皂斗)。膏物指生有囊萼的莲芡之属,这类植物都具有膨大的花托,将果实包含在内,故叫囊物。覈物是具有核果的梅李之属。荚物指芥荚、王棘之属,主要指生有豆荚的植物,即现在的豆科植物。丛物是指萑苇之属。这是根据植物果实形状进行分类的最早记载。

^① 苟萃华等:《中国古代生物学史》,科学出版社,1989年,第205-206页。

动物下面又分毛物、鳞物、羽物、介物、羸物 5 类。毛物是指虎豹之属,即兽类;鳞物指鱼类(古代常把龙、鱼作为一类);羽物指鸟类;介物指龟鳖之属;羸物指人类。用现代分类学观点看,这 5 类动物都是脊椎动物。这种把脊椎动物分为羸、毛、羽、介、鳞 5 类的分类法,与现在把脊椎动物分为人、哺乳类、鸟类、爬行类、鱼类基本相近。不仅如此,《考工记》还分动物为大兽和小虫两类。大兽相当于今天的脊椎动物,小虫相当于今天的无脊椎动物,反映了古代动物分类的进步^①。

战国时期,《尔雅》根据动、植物的形态特征,把生物分为植物和动物两大类,草、木为植物;虫、鱼、鸟、兽(畜)为动物,继承了前人的分类方式。

把植物分为草、木两大类,同现在的分类学基本是一致的,并且可以看到对植物自然分类的萌芽。对于木类,还提出了灌木、乔木、檉木的概念。如《尔雅·释木》曰:“灌木,丛木”,“木族生为灌”。“小枝上繚为乔”,“无枝为檉”等。

《尔雅》把动物分为虫、鱼、鸟、兽 4 类,大致相当于无脊椎动物和脊椎动物的鱼纲、两栖纲、爬行纲、鸟纲、哺乳纲。提出“二足而羽,谓之禽”,“四足而毛,谓之兽”(《尔雅·释鸟》)的分类定义。还进一步提出了“属”的概念(尽管与现代分类学的属不完全相同),如《释兽》提出“寓属”(如鹿科的鹿、麋、麕)、“鼠属”(如啮齿目的鼯鼠、鼯鼠、鼯鼠、鼯鼠、鼯鼠、鼯鼠);《释畜》列出“马属”、“牛属”、“羊属”、“狗属”,以显示出分类的又一阶层。再往下“马属”中把马细分至 40 多种,说明了当时在分类思想上的进步与飞跃。

^① 荀萃华等:《中国古代生物学史》,科学出版社,1989年,第61-62页。

《尔雅》释草等7篇的排列顺序是草、木、虫、鱼、鸟、兽、畜，反映了由植物到动物，由低等到高等的发展思想。

西汉初年，刘安在《淮南子·时则训》中创五虫分类法，曰：“孟春之月，盛德在木……其虫鳞……孟夏之月，盛德在火……其虫羽……季夏之月，盛德在土……其虫羸……孟秋之月，盛德在金……其虫毛……孟冬之月，盛德在水……其虫介”。这里总称动物为虫，并把动物区分为鳞、羽、羸、毛、介五虫，分别纳入春、夏、季夏、秋、冬五个不同的时节，不同于《尔雅》的分类系统，显然是受了五行思想的影响，把动物分类也纳入五行系统中，脱离了实际，谈不上科学性。

继刘安之后，董仲舒也把动物分为鳞、羽、倮、毛、介5大类。他在《春秋繁露·五行逆顺》中说：“木者春，恩及鳞虫，则鱼大为（“大为”，繁盛之意）……火者夏，恩及羽虫，则飞鸟大为……土者夏中，恩及倮虫，则百姓亲附……金者秋，恩及毛虫，则走兽大为……水者冬，恩及介虫，则鼃鼃大为”。文中的“倮虫”指人类。很明显，这也是五行分类系统。

《大戴礼记·易本命》阐发董仲舒的五虫说，提出“有羽之虫三百六十而凤凰为之长，有毛之虫三百六十而麟鳞为之长，有甲之虫三百六十而神龟为之长，有鳞之虫三百六十而蛟龙为之长，倮之虫三百六十而圣人为之长。此乾坤之美类，禽兽万物之数也。”将“禽兽万物”归纳为羽、毛、甲、鳞、倮5大类。

西汉末年成书的《神农本草经》创三品分类法，它是根据药物性能和使用目的以及实际效用为标准，人为地把药物分成上、中、下三品。“上药一百二十种为君，养命为主以应天。无毒，虽多服、久服，亦不伤人。欲轻身益气不老延年者宜据上经。”“中药一百二十种，为臣，养性为主以应人。无毒、有毒，斟酌得宜。欲遏病

补虚羸者宜据中经。”“下药一百二十种为佐使，治病为主以应地。不宜多服、久服。欲除寒、热、邪气，破积聚、愈疾者，宜据下经。”在各品细目中，分类按药物自然属性分列先后：玉石等无机物第一，其次草木、虫兽、果菜，最后米食，有机物在后。这种分类方法，为后代本草著作所沿用。

南朝陶弘景的《本草经集注》，突破了三品分类法，参考《尔雅》的分类模式，“分别科条，区畛物类”，按药物本身自然属性，先分成玉石、草木、虫兽、果菜、米食和有名未用等7类，然后在每类中再按功效分上、中、下三品。这种分类系统为后世《新修本草》、《证类本草》等沿用达千年之久。

宋代，陆佃的《埤雅》有释鱼、释兽、释鸟、释虫、释马5卷，与《尔雅》的分类基本相同，只多一篇“释马”，却不见用毛、鳞、羽、介、羸作类名，也没有《尔雅》再分类的优点。

《埤雅》之后，罗愿于淳熙元年(1174)编著了《尔雅翼》，书中关于动物分类的次序是鸟、兽、虫、鱼，不再将马单独分出。兽类包括鼯鼠，鱼类包括蛇及蜥蜴，虫类只列节肢动物而大部分为昆虫，这些都胜于《埤雅》。

元代，牛衷作《增修埤雅广要》，动物分类部分比《埤雅》增加篇幅。

明代，李时珍的《本草纲目》不按三品分类，而是创造了综合分类方法。先将药物分为十六部，植物分草、谷、菜、果、木五部；动物分虫、鳞、介、禽、兽五部，另有人部。然后各部再进行分类，植物三十类，动物十八类。整体上，以部为纲，以类为目，具体上，以正名为纲、释名为目，大名为纲、附名为目。书中动物界的五部十八类是：

1)虫部：卵生类、化生类、湿生类

2)鳞部:龙类、蛇类、鱼类、无鳞鱼类

3)介部:龟鳖类、蚌蛤类

4)禽部:水禽类、原禽类、林禽类、山禽类

5)兽部:畜类、兽类、鼠类、禽类、怪类

《本草纲目》中的“部”，相当于现代分类上的“门”或“纲”，而“类”又相当于“目”。“门”和“纲”，李时珍称为部，是根据动物分化的复杂过程而设立的。李时珍的分类，和现代的高级分类阶元划分，大体上有着同一的途径和标准。例如：在兽部最后，把猿猴列入，称“寓怪类”，并引用“猴类渐肖于人，寄寓山林，故曰寓属”，这就指出猿猴类动物和人类相似的某些特点和行为。又如，书中谈到猕猴“手足如人，亦能竖行”；说猩猩“人而入足，长发；头颜端正”等等^①，和现代灵长目分类特征完全一致。因此，《本草纲目》中所反映的动物分类系统，是我国生物学史上的一个突出进展^②。

4. 生物的遗传和变异

选种，在我国新石器时代已经流行。而选种的实质，就是对生物遗传变异的不断选择。尽管人们最初并没有意识到这一点，但是人们通过选种实践，逐渐对生物的遗传性和变异性有了认识。

《诗·大雅·生民》曰：“种之黄茂，实方实苞”，“诞降嘉种，维秬维秠，维糜维芑”。意思是说，预备播种的种子，要选取光亮完好、肥大饱满的。黍的良种是秬和秠，粟的良种是糜和芑。这些诗

① 李时珍：《本草纲目》卷五一。

② 苟萃华等：《中国古代生物学史》，科学出版社，1989年，第93~94页。

句说明,西周已广泛进行了选种工作。

战国末,《吕氏春秋·用民》曰:“夫种麦而得麦,种稷而得稷,人不怪也。”这话跟流传很广的谚语“种瓜得瓜,种豆得豆”的意思一样,是古代人对生物遗传现象的具体描述。对生物遗传现象,人们习以为常,不觉得奇怪。把它看作是正常的自然规律。

东汉王充,明确地谈到了各种不同生物种类性状的遗传。《论衡·讲瑞》曰:“或曰:‘凤凰、麒麟,生有种类,若龟龙有种类矣。龟故生龟,龙故生龙。形色大小,不异于前者也。见之父,察其子孙,何为不可知?’夫恒物有种类,瑞物无种适生,故曰德应,龟龙然也。人见神龟、灵龙而别之乎?”在这里,王充反对有什么瑞物存在,在自然界中,正常存在的生物是有种类相传的,但所谓的瑞物是找不到种类的,是不存在的,是人们虚构的。王充的议论,说明东汉时期人们对生物种类性状遗传已有相当清楚的概念。

王充又将上述类生类的遗传,称之为“物生自类本种”。他在《论衡·奇怪》中说:“万物生于土,各似本种”,“上徒养育之也,母之怀子,犹土之育物也……物生自类本种”。这就是说,繁殖生长于土地上的各种植物,天生的就像它们本来的种类,这并不受土地的影响,作为环境的土地只是起着营养生物的作用。王充所说的“本种”,显然是指性状相类同的一群生物,这明显地包含有“种”的概念。王充的这种“种”的概念,竟与1600多年后林奈(Linne, Carl von 1707—1778)的“物种”概念有些相似之处。^①

王充在《论衡·奇怪》中还说:“且夫含血之类,相与为牝牡,

^① 汪子春、范楚玉:《中华文化通志·农学与生物志》,上海人民出版社,1998年,第340页。

牝牡之会，皆见同类之物……天地之间，异类之物，相与交接未之有也。”这里明确指出，能进行交配的，都是同种类生物。不同种类的生物是不能进行交配的。他举例说：“若夫牡马见牝牛，雌雀见雄鸡，不相与合者，异类故也。”牛和马，雀和鸡，都属不相同种类的生物，它们是“异类殊性”，所以“情欲不相得”，即异种通常是不能交配的。

王充在《论衡·物势》中说，万物“因气而生，种类相产，万物生天地之间皆一实也”。这里的“实”指果实，即种子。就是说，生物种类的性状是遗传的，万物的生殖，都是通过种子实现的。在《论衡·初稟》中又说：“草木生于实核，出土为栽蘖稍生茎叶，成为长、短、巨、细，皆由核实。”就是说，植物的个体发育是以种子开始的。种子萌发生长出茎叶，表现出的各种性状，都是由种子决定的，生物特性的遗传通常是通过种子(生殖细胞)实现的。

明代，叶子奇继承了王充的“种类相产”的理论。他在《草木子·观物》中说：“草木一茎(根)之细，一核之微，其色、香、葩、叶相传而生也。”和王充一样，他也把种子看成是生物性状传递的桥梁。在同一书中他又说：“草木一核之微，而色香臭味，花实枝叶，无不具于一仁之中。及其再生，一一相肖。”这里对生物性状的遗传机理作了初步探讨。

王廷相在前人认识的基础上，提出了遗传物质的“气种说”。他在《慎言·道体》中说：“人化生之后，形自相禅。”指出了性状遗传的连续性。又说：“人有人之种，物有物之种。如五金有五金之种，草木有草木之种，各个具足，不相凌犯，不相假借。”这是讲物种的稳定性和特异性。物种为什么稳定？他回答说：“万物巨细刚柔各异其才，声色臭味各殊其性，阅千古而不变者，气种之有定也。”他认为这是由于遗传物质——气种的稳定所致。王廷相讲的

“气种”，已经很接近我们现在知道的遗传物质了，只是由于缺乏必要的科学手段和科学实验，未能从实体上加以证实罢了。“气种说”和德国魏斯曼(Weismann, August 1834—1914)于1892年提出的“种质说”已经很相似了，这在当时是很可贵的，在时间上比魏斯曼早300多年。“气种”已是呼之欲出的“遗传因子”或“基因”了^①。

清代，戴震也有类似的论述。他在《孟子字义疏证》中说：“如飞潜动植，举凡品物之性，皆就其气类别之。……桃与杏，取其核而种之，萌芽甲坼，根干枝叶，为花为实，桃非杏也，杏非桃也。无一不可区别，由性之不同是以然也。其性存乎核中之白，形色臭味，无一或阙也。”^②这里，戴震明确指出，世界上各种不同种类的生物性状，是由遗传性决定的。这种遗传性包含在果仁之中。

中国古代，人们不仅发现了生物普遍存在的遗传现象，而且也认识到了生物遗传的对立面——变异。战国时期成书的《周礼》，已经记载了各种不同的马，如种马、戎马、齐马、道马、田马和驽马等。《尔雅》记载的有品种差异的马就更多了，达到36个品种。

东汉王充在《论衡·讲瑞》中，明确地谈到了生物的变异，还举了许多例子。曰：“瑞物皆起和气而生，生于常类之中，而有诡异之性。”“越常献白雉，白雉，雉生而白色耳，非有白雉之种也。”

在中国历代古籍中，记载谷类作物分枝变异现象的屡见不鲜。如《后汉书·光武本纪》记载建平元年(前7)在济阳(今山东峰

① 汗子春、范楚玉：《中华文化通志·农学与生物学志》，上海人民出版社，1998年，第341页。

② 《戴东原集》。

县)发现嘉禾,一茎九穗。这种例子太多,不胜枚举。贾思勰在《齐民要术·种谷》中不仅指出谷物的成熟期差异,而且指出了其它各种性状的变异。

宋代,刘蒙在《菊谱》(1104)中描述了菊花的35个品种,讲到了菊花的变异。曰:“花大者为甘菊,花小而苦者为野菊。若种园蔬肥沃之处,复同一体,是小可变为大也,苦可变为甘也。如是,则单叶变而为干叶,亦有之也。”他还认识到,无论是菊花或是牡丹,现在都还在发生变异,将来也还要发生变异,所以只要“好事者”继续不断地进行选择,那么新品种就还要形成。这种把变异和变异的选择看成是生物所以由少数类型发展为多数类型的原因,反映了我国古代关于生物进化发展的观念。他说:“余尝怪古人之于菊,虽赋咏嗟叹见于文词,而未说其花怪异如吾谱中所记,疑古之品未若今日之富也。今逐有三十五种。又尝闻子蒔花者云,花之形色变异如牡丹之类,岁取其变者以为新。今此菊亦疑所变也。今之所谱,虽自谓甚富,然搜访有所未至,与花之变异后出,则有待于好事者焉。”

明代,夏之臣总结了我国历代园艺实践的经验,意识到了“忽变”(突变)与园艺植物品种日新月异的关系。他在《评亳州牡丹》中曰:“吾亳土脉宜花,无论园丁、地主,但好事者,皆能以子种,或就根分移。其捷径者,惟取六寸之芽,于下品牡丹根上,如法接之。当年盛者,长一尺余,即着花一二朵,二三年转盛。如‘娇容三变’之类,皆以此法接之。其种类异者,其种子之忽变者也。其种类繁多者,其栽培之捷径者也,此其所以盛也。”400多年前,夏之臣就已经以“忽变”来解释牡丹种变的差异,这是十分宝贵的。“忽变”一词与荷兰植物学家德弗里斯(H. de Vries)于20世纪初年创用的“突变”(Mutation)一词相当。当然,由于时代的限

制,明代学者还不可能像德弗里斯那样,提出一套完整的突变学说。^①

① 汪子春、范楚玉:《中华文化通志·农学与生物学志》,上海人民出版社,1998年,第347页。

七、巧夺天工与技术科学思想

1. 总体观念

中国古代对技术的看法,深受当时哲学思想的影响,其总体观念与它同一时代的哲学思想紧密相连。董光璧在《易学与科技》中说:“‘科学’和‘技术’概念是近代输入的‘舶来品’。中国古代本无作为整体的‘科学’和‘技术’这种概念。所以,我们所说的‘科学技术’观是在古今类比意义上,对古代有关科技思想作出的并非无意义的某种选择。”根据董光璧的选择,我们认为,中国古代技术科学思想的总体观念也体现在3个方面:即“制器尚象”观、“天工开物”观和“道术一本”观。

1)“制器尚象”观

“制器尚象”观直接来源于《周易·系辞上传》,曰:“《易》有圣人之道四焉:以言者尚其辞;以动者尚其变,以制器者尚其象,以卜筮者尚其占。”这里把“制器尚象”列为《易》的四道之一。制器者,从字面上看,从狭义上看,指制造器物的人,就是工匠。然而从广义上看,“器”在中国并不只是器械、器物、器具这些实物,而是显道的实体,一切有一定格局的东西。“器”既代表一定格局的典章制度,也代表科技上的一切创制,无论理论或器械。那么如何去创制呢?这就要观察透视自然或人文世界中天所显现出来

的“象”。“尚象”就是取象，一则表示“敬天法地”，二则表示中国的“制器”是“具象抽离”式的，因为“象者像也”，“像”不见得就是实物，可能符号化了，但中国的符号不抽象，而有具象的意涵^①。《周易·系辞上传》对“象”的定义是：“圣人有以见天下之赜，而拟诸其形容，象其物宜，是故谓之象。”就是说，圣人发现天下幽深难见的道理，就把它譬拟成具体的形象容貌，用来象征特定事物适宜的意义，正像如今用示意图、模型来解释复杂、深奥的科学道理一样，是用各种相当、合适的形象表达出幽深的道理，让人们容易认识、理解，所以称作“象”。这是文义的象。《周易·系辞下传》曰：“象也者，像也。”就是说，象征的意思是模像外物。万物虽多，而八卦无不像之也。这是狭义的象。实际上“象”绝非仅指卦象，卦象不过是自然物象的一种符号。面对纷纭复杂的万物，圣人要理出个条理，找出秩序，需先有所“拟”，也就是取象。使用的是广义的象。

《周易·系辞下传》有一段话可视为是对“制器尚象”的一个注释。曰：“古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文，与地之宜，近取诸身，远取诸物，于是始作八卦，以通神明之德，以类万物之情。作结绳而为网罟，以佃以渔，盖取诸《离》。包牺氏没，神农氏作，斫木为耜，柔木为耒，耒耨之利，以教天下，盖取诸《益》。日中为市，致天下之民，聚天下之货，交易而退，各得其所，盖取诸《噬嗑》。神农氏没，黄帝、尧、舜氏作，通其变，使民不倦；神而化之，使民宜之。《易》穷则变，变则通，通则久，是以‘自天祐之，吉无不利’。黄帝、尧、舜垂衣裳而天下治，盖取诸《乾》、《坤》。剡木为舟，剡木为楫，舟楫之利以济不通，致远

^① 刘君妯：《谈科技思想史》，台北：明文书局，1986年，第140页。

以利天下,盖取诸《涣》。服牛乘马,引重致远,以利天下,盖取诸《随》。重门击柝,以待暴客,盖取诸《豫》。断木为杵,掘地为臼,臼杵之利,万民以济,盖取诸《小过》。弦木为弧,剡木为矢,弧矢之利,以威天下,盖取诸《睽》。上古穴居而野处,后世圣人易之以宫室,上栋下宇,以待风雨,盖取诸《大壮》。古之葬者,厚衣之以薪,葬之中野,不封不树,丧期无数,后世圣人易之以棺槨,盖取诸《大过》。上古结绳而治,后世圣人易之以书契,百官以治,万民以察,盖取诸《夬》。”

这里将上古的 13 项重大发明即网罟、耜耒、集市、衣裳、舟楫、服牛乘马、重门击柝、杵臼、弧矢、宫室、棺槨、书契归之为包牺、神农、黄帝、尧、舜五帝以及后世圣人受卦象启迪而发明。用具体事例说明“制器尚象”的含义,并把“制器尚象”作为创造理论、制定典章、发明器物的一种指导原则和运作程序。

“制器尚象”在科学方面的体现不少,如历法、音律、中医学、数学、天文图、地理图等。而在技术科学中的体现主要有两个方面:

第一,工程图。宋代李诫在《营造法式》中说:“别立图样;以明制度”。书后六卷附图可称为中国第一套建筑工程图,其内容之丰富令人惊叹。主要有 6 类:

一是建筑平、立、剖面图,即《营造法式》中的地盘图、正样图、侧样图。

二是构架的节点大样图,如一组组斗拱图。

三是构件的单体图,如梁、柱、拱、料的图样。

四是门窗、栏杆大样图。

五是彩画及雕刻纹样图。

六是测量仪器图。

曾公亮(998—1078)著《武经总要》，绘制图样“以纪新制”。

苏颂(1021—1101)的《新仪象法要》有机械图和星图约60幅。

郑樵(1104—1162)的《通志·图谱略》是具有代表性的图学专著，他在书中强调，“非图无以见天象”，“非图无以见地之形”，“非图无以作室”，“非图无以制器”，“非图无以明章程”、“非图无以明制度”，“非图无以别经界”，“非图无以正其班”。

第二，取自然物象，法天地，用圆方。

中国新石器时代的居民已形成了天圆地方的观念，并在墓葬、玉琮、祭坛建筑中体现出了取自然物象，法天地，用圆方的“制器尚象”思想的萌芽。如：

河南濮阳西水坡45号墓，墓主人葬卧的方向为头南足北，头、南表示天，足、北表示地。墓穴的平面图则清楚地表示出南部(人骨头部)呈圆形，北部(足部)呈方形，象征天圆地方。时间距今六千多年。^①

距今五千多年的辽宁喀左东山嘴红山文化遗址中，有一处大型祭坛建筑基址，整个布局由中心、两翼和前后两端组成，按南北轴线对称分布，南圆北方，也体现了天圆地方观念^②。

距今五千年左右的浙江余杭瑶山良渚文化祭坛遗址，形状近方形，主要用于祭天礼地，反映了当时的地方观念^③。

良渚文化墓葬中，出土了大小不等的玉琮，它外方内圆，寓意也是天圆地方观念^④。

① 许顺湛：《黄河文明的曙光》，中州古籍出版社，1993年，第227页。

② 《文物》，1997年，第8期第48—56页。

③ 《文物》，1988年，第1期第32页。

④ 《文物》，1987年，第10期第1页。

商、周时期的青铜器,有些造形则是取自然物象,如晚商的四羊尊、春秋中期的莲鹤方铜壶等。

西汉至南北朝时期盛行的式盘,是中国古代天圆地方观念的典型体现,式盘中的天盘为圆形,地盘为方形。

各地出土的汉朝铜灯,绝大多数以实物取象,有牛、雁、鱼、宫女等形状。

自汉以后,历代制造的风向标,都取象鸟形,名为向风鸟。为什么要取鸟形?唐朝李淳风在《乙巳占》卷十中有较详细的解释,曰:“羽必用鸡,取其属巽,巽者号令之象,鸡有知时之效。羽重八两,以做八风。竿长五丈,以做五音,鸟象日中之精,故巢居而知风,鸟为先首。淮南子曰,天欲风,巢居先翔。”由此可见,一般取象不是随便任意而为,而是有某种理论、观念、传说作根据,取象即表现这些理论或观念。

中国古代的船舶,其外形的取象也有多种,如龙舟的外形取象龙形,大型客船的外形取象鸟形,名为鹤首。“船上屋曰庐,像舍也。其上重室曰飞庐,在上故曰飞也。又在其上曰雀室,于中候望,若鸟雀之惊视也。”^①

在建筑上,体现天圆地方观念的地方不少。如皇城、内城和外城的城门,均呈现“上圆下方”的形状,以像天地。紫禁城城门之“内圆外方”造型,表示紫禁城内外的差别犹于天上人间,城内为天,城外为地。紫禁城中最高大的太和殿内,有“上圆下方”的藻井(又称龙井),这种结构,即所谓“上仿像夫天体之圆,下效法乎坤德之方”。

在承德普乐寺中,有仿北京天坛祈年殿式样的“旭光阁”,阁

^① 李昉等:《太平御览》卷七六八“叙舟上”。

内正上方有一圆形藻井,其结构与太和殿藻井之上圆部分类似。阁内圆形藻井的正下方,是一架方形木质的立体曼陀罗。这种上下对应之方圆建筑,是一种宇宙结构的立体模型。在其它寺庙建筑造型中,天圆地方观念也有多种体现。如北海琼华岛上的善因殿,大钟寺内的钟楼等,均为上圆下方之重檐建筑。

在礼制建筑中,祭祀天、地的建筑分别是“圜丘”和“方泽”,即通常所称的“天坛”和“地坛”。现在的祈年殿,是清代的建筑物。这些以圆形为基调的主体建筑,都是“天圆”观念的外在体现。而“地坛”建筑则以“方形”为基调,方形像地。“太岁坛”、“先农坛”、“观耕台”都是方形。

在明堂建筑中,以自然为师,以天地为本,以气象为节,以四时为准。因此,其建筑设计以法天地、象四时为原则。明堂建筑造型,“上圆下方”、“五户八窗”、“八窗四牖”。“上圆法天,下方法地”。这种建筑造型,是对帝王顺天地、应四时,以求四季风调雨顺、年年国泰民安、世代江山永固的美好愿望的象征。

中和殿的方圆造型,象征天地交而万物生,寓意天地合气,万物化生,风调雨顺,五谷丰登。而交泰殿之方圆造型,所象征的则是夫妇合气,子女化生,人丁兴旺,万事兴隆。

在景山公园内,山上东边是“万春亭”,西边是“千秋亭”,其造型都是上圆下方。它们象征帝王的江山千秋万代长治久安。

北海公园的五龙亭,又称天地亭,是君臣垂钓之地。五亭之首位于正中,名为龙泽亭,它上圆下方的重檐形制,即上檐呈圆形,下檐呈方形。圆形像天,象征皇位,只有皇帝才能在此垂钓。左右各有两座方形亭子,方形像地,象征臣民,这四座亭子是文武大臣陪皇帝垂钓之处。因此,五龙亭是一组以方圆造型为象征的等级建筑。即使是陪皇帝消遣,也有严格的等级地

位之分。^①

在明朝黄成著的《髹饰录》中,作者认为髹饰之中包含着与天地造化同功,四时五行相通的大道理。因此,他把种种自然物象当作标题使用,把一些工具、物质故意用物象取名。如旋床冠以天运,金冠以日辉,银冠以月照,蒂冠以宿光,活架冠以星缠,砖石冠以雷同,锉冠以电掣,各色料冠以云彩等。使一些通俗名词变得深奥难懂,这是不可取的,对技术的进步与传播十分不利。

2)“天工开物”观

“天工开物”是宋应星为其著作所取的名字,体现了作者的技术经济观。他主张通过人巧与自然力的互补结合来开发物产,繁荣经济。强调技术的重要性,把技术看作是沟通人类与自然的桥梁。“天工开物”这种技术经济观是“天人合一”思想的继承与发展。

“天工”一词最早出现在《尚书·皋陶谟》中,曰:“无旷庶官,天工人其代之”。意为不要空废官职,而应代天行事。这里的“天工”作天职或自然解。“天工”的第二个含义是造物者,也写作“天公”。宋黄庭坚《山谷内集》五《蜡梅》云:“天工戏剪百花房,夺尽人工更有香。”“天工”的第三个含义是自然形成的工巧,相对人工而言。元赵孟頫《松雪斋集》五《赠放烟火者》云:“人间巧艺夺天工,炼药燃灯清昼同。”

“开物”一词最早见于《周易·系辞上传》,曰:“夫易开物成务,冒天下之道,如斯而已也”。金景芳解释说:“开物”是创造,过去没有,今天创造出来。“成务”,事务完成,有总结的意思,有集

^① 韩增禄:《易学与建筑》,沈阳出版社,1997年,第137-152页。

大成的意思。“冒”有覆盖、笼罩、包括的意思。“天下之道”应包括“天之道”(自然规律)与“民之故”(人类社会发展变化的道理)。总之,《周易》这本书既讲创造,又讲总结,把自然界和人类社会的知识都包括了。^①

宋应星把“天工”、“开物”这两个词结合起来,表达他的技术经济观。《天工开物》这个书名有3个含义:

第一,崇尚天工。认为自然界蕴藏有丰富的资源和人所不及的潜力。《天工开物·序》曰:“天覆地载,物数号万,而事亦因之曲成而不遗,岂人力也哉!”“曲成而不遗”,语出《周易·系辞上传》“曲成万物而不遗”,意思是说,天地以各种不同的方式形成万物,造得很周到,毫无遗漏。此外,书中崇尚自然力的词句还不少,如“以见天心之妙”、“造化之巧已尽”、“人力不至于此”等。在《天工开物·燔石·序》中宋子曰:“矾现五色之形,硫为群石之将,皆变化于烈火,巧极丹铅炉火,方士纵焦劳唇舌,何尝肖像天工之万一哉!”

第二,赞誉人巧。认为“人为万物之灵”(《乃服》),“人巧造成异物”(《乃粒》)。在《天工开物》中,他记述了30种技术创造,赞精巧的提花工艺为“天孙机杼,传巧人间”,“天孙机杼,人巧备矣”。(《乃服》)赞誉各种水利设施为“汲灌之智,人巧已无余”、“水碓之法巧绝”(《乃粒》)。

第三,主张人巧与自然力协调,以人力补天工,以天工取人力。五谷不能自生,靠“生人生之”(《乃粒》);草木之实里的膏液不能自流,需“假媒水火、凭借木石,而后倾而出焉”(《膏液》)。自然界的万物“巧生以待”(《作咸》),“人工运旋”(《野议·民财

^① 《周易讲座》,吉林大学出版社,1987年,第60页。



议》),“或假人力,或由天造”(《作咸》),“天泽不降,则人力挽水以济”(《乃粒》),连蜜蜂都采花酿蜜,“使草木无全功”(《甘嗜》)。

这种崇尚天工,赞誉人巧,主张天工与人工互补的思想,在宋应星以前已经出现,实际上是“天人合一”、“经世致用”思想进一步发展的体现。唐代,诗人沈佺期有“龙门非禹凿,诡怪乃天功”(《过蜀龙门》)这种崇天工的诗句。高适则有“用材兼柱石,开物象高深”(《题杨主簿新厅诗》)这种赞誉人巧的诗句。宋代,陆游有“天工不用剪刀催,山杏溪桃次第开”(《新燕诗》)。元代,赵孟頫有“人间巧艺夺天工,炼药燃灯清昼同”。明代,帅念祖有“以人力尽地利,补天工”(《区田编》)的说法。“天工与人工”互补观,是把技术看作天人联系的中介,给中国古代的人生哲学向技术论发展开辟了道路。

3)“道术一本”观

这里讲的“道”,指自然界和人类社会所遵循的规律、准则、原理,宇宙本原等。“术”,指技术。在中国古代,“道”与“术”、“学”与“艺”,既有区别又认为“道术一本”,但强调“道本术末”、“德上艺下”,主张“道以御术”和“艺以明道”。这种思想观念的形成,有一个历史演变过程。“道本术末”有两层意思,狭义上指学理指导技艺,广义上指道德指引科技。

《礼记·乐记》提出“德成于上,艺成于下”的技艺从属于道德的观点。西汉初,贾谊在《新书·道术》中讲了“道”与“术”的关系,认为“道者,所以接物也。其本者谓之虚,其末者谓之术。虚者,言其精微也,平素而无设储也。术也者,所以制物也,动静之数也。凡此皆道也。”至此,道本术末、道术非二的思想基本形成。

三国时期,数学家赵爽将道术关系发展为“以道御术”。“御”,这里作驾驭、控制解。

晋代,葛洪在《抱朴子·明本》中说:“道者,儒之本也;儒者,道之末也。”又说:“体道以匠物,宝德以长生”。葛洪在这里明显地推崇道家,抬高道的地位,但“寓道于术”的思想,跟“以道御术”思想类似。他的炼丹活动,是他“寓道于术”思想的实践。

南宋数学家秦九韶主张“数与道非二本”,“大则可以通神明,顺性命,小则可以经事务,类万物。”^①宋元之际,数学家李冶也把算学这种技艺看作道之所在:“由技兼于事言之,夷之礼,夔之乐,亦不免为一技;技近乎道者言,石之斤,扁之轮,非圣人之所与乎?”^②医学家朱震亨把医术看作“仁术”,认为“士苟精一艺,以推及物之仁,虽不仕于时,犹仕也”。宋代明相范仲淹有“不为良相,当为良医”之说,把术看成与仕同等重要的地位。

宋以后,道器之辩,德艺之争纷起。苏轼认为:“道者,器之上达者也;器者,道之下见者也,其本一也”。南宋哲学家叶适以“周官言道兼艺”为依据,辩论曰:“上古圣人之治天下,至矣,其道在于器数……无考于器者,其道不化”^③。“道术相通”、“德艺相济”的思想非常明显。

清代,在实学思潮影响下,“经世之学”和“经济之学”兴起,“通经致用”和“明道救世”的思想上升。乾嘉学派大师钱大昕曰:“数为六艺之一,由艺以明道,儒者之学也。自世之学者卑无高论,习于数而不知其理,囿于今而不通乎古,于是儒林之实学下同方技,虽多运算如飞,又遏足贵乎。”^④

“道术一本”观对中国传统科学技术的发展有深远的影响。

① 秦九韶:《数书九章·序》。

② 李冶:《测圆海镜·序》。

③ 《进卷·总义》。

④ 李锐:《三统术衍铃》跋。

一方面它妨碍科学技术专业化深入发展,比如6世纪末,颜之推在《颜氏家训·杂艺》中就提出:“算术亦六艺要事,自古儒士论天道,定律历者,皆学通之。然可以兼明,不可以专业。”北宋沈括曾强调学要专,说“人之于学,不专则不能,虽百工其业至微,犹不可兼而善”。沈括一个人的声音太微弱,不足以扭转“道术一本”的传统,以致中国传统科技长期沦为儒学的附庸,不能独立成为科学或技术科学。另一方面,“道术相通”、“德艺相济”的思想,在当今科学技术发展的新形势下,又有极为重要的意义^①。

2. 建 筑

中国古代建筑思想与古代哲学、《周易》、风水、天文、地理、宗教等有密切的关系,现分述如下:

1) 哲学、天文与建筑思想

影响中国古代建筑思想最明显的哲学思想是阴阳五行。中国古代把活人居住的房屋称做“阳宅”,把埋葬死人的坟墓称做“阴宅”。斫木以为阳宅,垒土以作阴宅,这是中国古代人世代相袭的世俗法则,成了祖宗遗训。在五行中,木或木气位于东方,是太阳升起的方位,体现植物生长的颜色——青色,体现春天和早晨,是阳气的体现和生命所在,所以中国古代人用木头盖房子居住,图个阳气和生命的旺盛,图个吉利。

在五行中,土或土气有能使“万物归无(死)和万物出生”的两层象征意义。它具有生死循环、生生不息的作用,有着阴阳两重属性。于是,用土或土制品(砖)来制造此世业已“归无”,来世尚待“出生”的死者的坟墓,是我们的祖先认为最合适的了。因

^① 董光璧:《易学与科技》,沈阳出版社,1997年,第59页。

此,中国古代木建筑得到很大发展,而砖石建筑相对来说得不到应有的发展,不是技术问题,而是社会思想意识问题,是中国古代哲学影响了建筑思想^①。

在建筑选址、定朝向时,更是强调位于阳坡、向阳,宫殿要坐北朝南,面南而王。在中国,坐北朝南的房屋,可以收到冬暖夏凉的效果。在北京一带,至今民间仍流传着“有钱不盖东西房,冬不暖来夏不凉”的说法。

“天人合一”是中国哲学的特异学说,是关于人与宇宙的关系之学说。它含有两层意思:一是天人相通;二是天人相类。天人相通,发端于孟子,大成于宋代道学。天人相类,则是汉代董仲舒的思想。

“天人合一”在历代都城建筑中体现非常明显,如秦都咸阳,据《史记·秦始皇本纪》记载:“三十五年,……于是始皇以为咸阳人多,先王之宫廷小,……乃营作朝宫渭南上林苑中,先作前殿,……为复道,自阿房渡渭,属之咸阳,以象天极阁道绝汉抵营室也。”

《三辅黄图》也说:“(始皇)二十七年作信宫渭南,已而更命信宫为极庙,象天极,自极庙道骊山。作甘泉前殿,筑甬道,自咸阳属之。始皇穷奢极侈,筑咸阳宫,因北陵营殿,端门四达,以则紫宫,象帝居。渭水贯都,以象天汉;横桥南渡,以法牵牛。”

从以上描述中可知,咸阳的布局是沿着北原高亢的地势,营造殿宇,宫门四达,以咸阳城为中心,建造象征“天帝常居”的“紫微宫”;渭水自西向东横穿都城,恰似银河亘空而过;而横桥与

^① 徐伯安:《中国古代建筑与周易哲学·序》,吉林教育出版社,1991年。

“阁道”相映,把渭水南北宫阙林苑连为一体,像“鹊桥”使牛郎织女得以团聚,建阿房以像“离宫”,天下分三十六郡又似群星灿烂,拱卫北极。咸阳的平面布局 and 空间结构成了天体运行的缩影,每年十月,天象恰好与咸阳城的布局完全吻合,使人置身于一个天地人间一体化的神奇世界,把“天人合一”的思想在建筑上发挥得淋漓尽致。

明清时期的北京城,其布局以皇城为中心,紫禁城作为皇城的核⼼居于全城正中心部位,以此象征居天中心的帝居紫微垣。位于皇城南北中轴线上的南、北二城门,分别以天、地命名,即“天安门”和“地安门”;皇城外面的内城,四周分设“天、地、日、月”四坛;紫禁城内的建筑规划布局,宫殿、宫门的命名,也以宇宙天象为象征。如乾清宫、坤宁宫象征天、地;乾清宫东西两庑的日精门、月华门象征日、月;东、西六宫,合起来象征十二辰;皇宫建筑中之所以如此追求“天人合一”原则,一方面是为了渲染、体现皇权天授,皇帝是天子,神圣不可侵犯的森严面孔,吓唬老百姓不要起来造反;另一方面是在追求一种和谐的理想境界。所谓“天人合一”,实际上是“天人和一”,即天人之间构成一个和谐的、有机统一整体。人作为天(即自然)的一部分,理应与其和谐相处。

“天圆地方”是原始社会形成的一种错误的宇宙观,然后世代相传,竟然成为一种牢不可破的社会观念。从新石器时代开始,就在建筑中体现这种观念。汉代长安明堂遗址中,太室平面方形,屋圆顶,符合“天圆地方”的宇宙观。明清时期,北京的天坛,是帝王祭天之地,初名天地坛,合祭天地。其平面南为方形,北为圆形,象征天圆地方。明嘉靖九年(1530),在城北郊另建方泽坛(地坛)祭地,南郊原有的天地坛只用于祭天,故改名为天

坛。天坛主要建筑的布局,就是日月天象的写照:祈年殿是夏至时的太阳位置,皇穹宇是月球,圆丘坛则是冬至时的太阳位置。

此外,体现“天圆地方”观念的建筑还有:北京北海琼华岛上的善因殿;北京西北郊大钟寺内的钟楼;均为上圆下方的重檐建筑。乾隆二十六年建的仁寿寺,其殿“中圆外方”。乾隆二十七年建的宝相寺,其大殿为“外方内圆”。

2)《周易》、风水、地理、宗教与建筑思想

《周易》与风水有密切的亲缘关系,两者都是关于天地之道与人道之间相互关系的学问。风水最先称堪舆,即天地之道或天地之学,它主张“法天地,象四时”。将风水用在建筑上,就意味着从建筑选址到规划、设计和营造,都要周密地考虑到天文、地理、气象等环境因素,从而有一个融天时、地利、人和为一体的良好的居住环境。

风水所涉及的环境包括自然和人文两种环境。在建筑选址、规划设计中,诸如住宅、村落、城镇、都城等聚落的选址和规划设计,都要遵循《周易》和风水所阐述的一些基本理论和原则,比如八卦的方位原则,风水的龙、砂、穴、水原则,藏风聚气原则,负阴抱阳原则等。

以都城来说,风水家认为,国都乃至尊之地,地理之大,莫先于此。它的选址和规划设计,必上合天星垣局,下钟正龙王气,然后可建立。因为在天为帝座星宫,在地为帝居都会,这才是天象地形相配合。凡建都之地,其山川形势必须符合上述要求,才体现出天地自然与人间融为一体的理想环境。上面讲的秦都咸阳,其选址和规划设计都符合天象地形相配合这个原则。

西周成王派召公在洛河流域选址,修建王城,即后来东汉的都城洛阳。城址背山面河,与风水讲的“负阴抱阳”原则符合。洛

阳是天下之中,地处中原,距四方的道里大致相等。因此,选洛阳为都城地址,还符合自商周以来形成的“择中建都”的原则。《吕氏春秋·慎势》曰:“古之王者,择天下之中而立国(国都),择国之中而立宫,择宫之中而立庙。”择中思想不仅体现在“择天下之中而立国”,尤其体现在城市本身的规划之中。“择国之中而立宫”,就是城市总体规划的指导思想,它广泛地指导和规定着城池的布局。

西周淹国都城——淹城,遗址位于今江苏省常州市西南,属武进县湖塘乡淹城村。它有三重城墙,分王城(子城)、内城、外城。每重城垣外都有护城河,三重城垣都只开一个旱路城门。三个城门的方向也不同,王城门南向,城内地势高,中间有块高地,可能是宫室遗址。内城为不规则圆形,门西南向。外城也是不规则圆形,门西北向。这个遗址表明,当时的城市规划设计已受后天八卦思想的影响。将淹城遗址图与后天八卦图对照,即明白当时城市规划设计者的意图。第一,王城门向南开,八卦为离,离的意思是明,表明王向明而治,即向南而治或面南而王。这个门的朝向代表人。第二,内城门西南向,八卦为坤,坤代表地,代表阴。地要顺应天,阴要顺阳,臣要顺王。坤居西南为母道,母道在养育万物。西南是万物长养的方位。第三,外城门西北向,八卦为乾,乾代表天,代表阳。乾居西北为君道,为父道,天道尊严。所以,淹城的规划设计体现了天、地、人的关系,遵循着《周易》的理论和原则。

在《周易》中,六十四卦均由阴、阳二爻构成。其中阳爻称“九”,阴爻称“六”。九又代表天,六代表地。在传统建筑,特别是皇家建筑中,用“九”象征天、象征皇帝。后人用“九门”、“九重”或“九重城阙”来泛指皇宫或京城。古代的皇宫,在平而空间的划分

上,也往往采取“九进”院落的最高规格。在明、清北京城内城中,正阳门、天安门建筑高度,均为九丈九尺。正阳门、天安门、端门、午门的中间重楼,太和殿、保和殿、乾清宫、坤宁宫等,均为九开间。紫禁城的四个角楼,皆为九梁十八柱(两个九)七十二道脊(八个九),加起来正好是九十九。这些建筑规划显然是受了《周易》的深刻影响。

北京作为都城地址符合风水原则。唐代风水师杨益说:“燕山最高,像天市,盖北干之正结。其龙发昆仑之中脉,绵亘数千里……以入中国为燕云,复东行数百里起天寿山,乃落平洋,方广千余里。辽东辽西两枝关截,黄河前绕,鸭绿后缠,而阴、恒、太行诸山与海中诸岛相应,近则滦河、潮河、桑干河、易水并诸无名小水,夹身数源,界限分明。以地理之法论之,其龙势之长,垣局之美,干龙大尽,山水大会,带黄河,扞天寿,鸭绿缠其后,碣石钥其门,最是合风水法度。以形胜论,燕蓟内跨中原,外控朔漠,真天下都会。形胜甲天下,扞山带海,有金汤之固。”^①

在选择阳宅地址时,风水要求具备封闭式的环境单元,这种环境单元风水家称为太极。它跟地理学上的地貌单元相类似。《地理知止》曰:“既有天地,天一太极,地亦一太极,所生万物又各一太极。故地理(即风水)太祖,一龙之终始,所占之疆域,所收之山水,合成一圈,此一太极也。少祖一龙之终始,所开之城垣,合成一圈,此又一太极也。父母、主星所开之龙虎,合成一圈,此又一太极也。”这是按地貌单元的大小来划分太极等级。太祖为一级,少祖为二级,祖宗为三级,父母、主星为四级。在同级太极中,又按地形结构分三层:外太极、中太极和内太极。这点在清朝

^① 《人子须知》引。



人张澐的《地理》中讲得很清楚。他说：

“物物有太极，于风水言太极尤肖焉。太极有三层，风水有外罗城，为外太极；龙虎砂为中太极；护穴砂为内太极。其穴坪处，为太极中间一点。”

风水家根据太极大小来安排都城、城镇、乡聚、民宅。一级太极可建都城，二、三级太极可建城镇、乡聚，四级太极宜建民宅。各级太极有一定的地域面积要求，如帝都要求大局（垣局），垣局必落平原。平原面积要求四周在一百里以上；府州要求四周有数十里的平原；郡县要求四周有十数里至二三十里的平原；乡村市井所在地的平原，四周亦不下数里。

风水家选择封闭式地理环境的目的，是为了达到藏风聚气。《人子须知》曰：“山水翕集，四势团近有情，而真穴必居包裹拥从之中，所谓藏风聚气者也。”

庭院建筑仿照小聚的格式设计，由三面或四面的建筑物围成庭院，用墙及回廊连接，形成封闭的空间，既有隔声、挡风及遮阳作用，又可在院内栽植花草树木，安设山石盆景，造成宁静的居住环境。这种格式一层套一层，称为大聚、中聚和小聚。

道教宫观选址，遵循《道德经》提倡的崇尚自然、顺应自然、返璞归真的基本思想，运用风水理论来选择宫、观地址。道教宫、观是道教徒祭神礼拜的场所，也是道士们修身隐居之处。为了便于修身养性，宫、观大多建于幽静秀丽的山林之中，宫、观建筑多采取按天然地形顺其自然来布局。或依山就势，或见水架桥，或因高建殿，或就洞修宫。布局灵活，就地取材。如号称“天下幽”的青城山，号称“神仙窟宅”的崂山以及华山、武当山等就是因山就势而建，既保存了自然山林的宏伟秀丽，又突出了道教宫、观的幽静神圣；既给人以地设天成之感，又不乏巧夺天工之作。

道教认为,著名的山洞乃神仙真人修身养性、烧炼金丹的洞天福地,因此,借洞筑观,以洞名观,或在洞旁建观,则是常有之事。如齐云山利用天然洞窟,将太素宫、玉虚宫等建在洞穴之中,成为我国道教建筑中借洞筑观的典型。

在山巅的道教官观,也要按风水理论的要求,选择封闭式的地理环境,四个方向上要有四灵兽。如安徽齐云山太素宫左有钟峰,右有鼓峰,背倚翠峰,前视香炉峰。

佛教寺庙的选址也深受风水理论的影响。佛教与道教不同,其寺庙很少建在山顶上,因为“气之所聚非顶也”。由于佛教需要一个安静的修行环境,所以追求封闭式的环境单元,尽量减少外界的干扰。因此,佛教寺庙选址总的模式仍然是“四灵兽”式,要求“环若列屏,林泉青碧”,“宅幽而势阻,地廊而形藏”的优美而安静的环境。

3. 水 利

中国古代的水利思想,最早可以追溯到传说中的夏禹父子时代。传说夏禹的父亲鲧是一个治水专家,尧时封在崇(今陕西祁县东)为方伯,人称“崇伯鲧”。有一年发大洪水,尧派鲧去治水,他用堙和障的办法治水,即拿泥土填塞与堵截洪水,结果失败了。到了舜的时代,禹接替父亲又去治理洪水,他总结了父亲治水失败的经验教训,把鲧单一的堙障法改为堙障与疏导相结合的方法,即该堵的地方堵,该开沟挖河的地方就开沟挖河,把洪水排泄出去。禹的治水思想获得了成功,成为我国最早最伟大的水利专家,夏禹治水的故事,也流传了四千多年。

西汉末年,著名水利专家贾让提出了“治河三策”。他不仅提出了防御黄河洪水的对策,而且提出了放淤、改土、通漕等多方



面的措施；他不仅从经济上论证，而且提出了移民补偿的概念。他是治黄史上第一个提出除害兴利的水利思想的人。

北宋郑亶批评前人“唯知治水而不知旱”的片面观点，指出常熟、太仓沿江有大面积高田常有旱灾，应该学习古人“治高田，蓄雨泽”的方法，使“高田常无枯旱之患，而水田亦减数百里流注之势”。提出了旱涝并重，高低兼顾的治水思想。

明代，徐贞明在《潞水客谈》中提出在海河流域发展水利，认为“水在天壤之间本以利人，非以害之也。惟不利，斯为害矣。人实贻之，而咎水可乎？盖（水）聚之则害，而散之则利。弃之则害，而用之则利。如血之在人身，流贯于肢节，而润泽其肌肤。一有壅注则上而为痲，下而为痔，又或溢出于口鼻，而因以戕其躯。遂曰血之于人害矣，亦舛矣。”

明代，潘季驯的治河理论源于西汉张戎和明代万恭的“水力刷沙”说，在此基础上，他提出了系统的“束水攻沙”理论，将治理黄河泥沙提到了全面治河的高度，更新了堤防的概念。从实践上改变了过去治河单纯治水，不注重治沙的传统，将堤防功用由防洪挡水扩展为治河治沙，堤防类型更加丰富。

清代，陈潢提出，黄河洪水和泥沙主要来自黄河中游山、陕地区，为后人把治河的眼光移向黄河中游和上游地区奠定了基础^①。

^① 周魁一、谭徐明：《中华文化通志·水利与交通志》，上海人民出版社，1998年，第151~155页。

知
识
辑
要



国 学 举 要 · 术 卷

一、著名人物

1. 天文

1) 张衡

张衡(78—139)东汉天文学家,曾任主簿、郎中、尚书侍郎、太史令、公车司马令、侍中、河间相、尚书等职。他在天文、历法、数学、地学、机械、文学、绘画等方面都取得了很高的成就。他的天文学著作有《灵宪》和《浑天仪注》。文学著作有《温泉赋》、《二京赋》、《归田赋》、《古都赋》、《应间》、《思玄赋》、《同声歌》、《四愁诗》等。数学著作有《算罔论》(已佚)。机械制造有候风地动仪、浑天仪、水运浑象、记里鼓车、指南车、木鸟等。地学著作绘制有地形图。

张衡在天文学上的巨大成就主要有两个方面:一是对天文学理论问题的探索,包括宇宙起源、演化理论和无限性的论述;关于天地结构的学说,是我国古代浑天说的第一次经典性的论述;关于日、月、五星运动的理论,以及由此推衍出的日、月、五星离地远近的认识;关于月食的理论;关于陨石和彗星的理论;对日月出没和中天时视大小变化的理论说明,等等。他把天文学理论研究提高到一个崭新的水平,成为中国古代不多见的天文学理论家。二是对天文学观测与推算问题的探索,使他成为著名的

天文学观测家、历法家和仪器制造家。^①

2) 刘洪

刘洪(129?—210?)东汉杰出的天文学家,曾任郎中、长史、谒者、都尉、太守等职。根据陈美东的研究,刘洪的天文学成就有10项:(1)朔望月、回归年长度的测定;(2)近点月长度的测算和月行迟疾表的制定;(3)黄白交点退行值的测定;(4)黄白交角的测定和月亮去极度推求术的创立;(5)关于食限的发现与规定;(6)关于交食食分和亏起方位预报方法的探索;(7)关于交食周期的研究;(8)“消息术”之谜;(9)关于五星的研究;(10)二十四节气对太阳在恒星间的位置等5种天文数据的测算及计算法。主要著作是《乾象历》。^②

3) 张子信

张子信(生平不详,北魏、北齐间人)著名天文学家。主要成就是3项:(1)关于太阳视运动不均匀性的发现;(2)关于五星运动不均匀性的发现;(3)视差对交食影响的发现。这三大发现,在中国古代天文学史上具有划时代的意义,它们使人们对于太阳、五星运动的认识提高到一个崭新的水平,又为一系列历法问题计算的突破性进展开拓了道路。^③

4) 刘焯

刘焯(544—610)是隋代著名天文学家。主要成就有5项:(1)一批天文数据与表格的改良和创新;(2)若干数学方法的发明和应用,其中主要是等间距二次差内插法、等差级数法和坐标变换法;(3)交食推算法的重大突破;(4)五星位置计算的新方

① 陈美东:《张衡》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

② 陈美东:《刘洪》,出处同上。

③ 陈美东:《张子信》,出处同上。

法；(5)新浑天说。他的皇极历虽未被颁用，但有许多创新，是中国古代最著名的历法之一。^①

5)李淳风

李淳风(602—670)，初唐著名天文学家。他在天文、气象、星占、历算、仪器等方面都有成就。主要著作有《历象志》、《法象志》、《乙巳占》、《晋书》和《隋书》的天文律历志与五行志、《乙巳元历》、《麟德历》等。此外还有10部算经的注释和编定，为中国数学的发展作出了贡献。^②

6)一行

一行(683—727)，俗姓张名遂，唐朝著名天文学家。主要天文学成就有9项：(1)天文仪器的制造和恒星位置的测量；(2)对太阳盈缩规律的描述；(3)岁差论以及冬至日所在宿度和冬至时刻的测定；(4)晷漏之研究；(5)月食和日食食差之研究；(6)四海测验及子午线长度的实测；(7)月行九道术；(8)五星运动之研究；(9)若干数学方法的改进。主要天文学著作有《开元大衍历经》、《长历》、《历议》、《立成法》、《天竺九执历》、《古今历书》、《略例奏章》等。此外还有佛学著作十数卷。^③

7)边冈

边冈(生卒年不详)唐末著名天文学家。他编制的崇玄历，不但对若干天文数据和表格作了重要的改进，而且充分发挥了他的数学才能，对历法的一系列算法进行了大胆和成功的改革，奠定了对后世历家产生重大影响的新算法的基础。它是中国古代

① 陈美东：《刘焯》，《中国科学技术史·人物卷》，科学出版社，1998年。

② 刘金沂、赵澄秋：《李淳风》，出处同上。

③ 陈美东：《一行》，出处同上。

有诸多创新和影响深远的一部历法。^①

8) 沈括

沈括(1031—1095)北宋著名科学家,曾任主簿、县令、司理参军、校书郎、检正中书刑房公事、司天监秋官正、兼判军器监、权三司使等职。他在数学、物理、化学、天文学、地学、生物学、医药学、工程技术等方面都有出色的成就,其创见归纳起来有10项:(1)采用太阳历的建议;(2)关于漏刻的讨论和研制;(3)对凹面镜成像的讨论;(4)对透光镜的探讨;(5)立体地形模型的研制;(6)对若干地质现象的解释;(7)关于化石的讨论;(8)对盐类晶体的论述;(9)对若干动物、植物形态和生态的描述;(10)各种药方的搜集和整理。现存主要著作有《梦溪笔谈》二六卷、《补笔谈》二卷、《续笔谈》一卷、《长兴集》十九卷、《苏沈良方》十卷。^②

9) 郭守敬

郭守敬(1231—1316)元代杰出科学家。曾任提举诸路河渠、副河渠使、都水少监、都水监、工部郎中、同知太史院事、太史令等职。主要成就为:(1)天文仪器的创制;(2)天文实测工作;(3)计算方法的改进;(4)对前代历法的批判性继承;(5)水利工程的成就。主要著作有授时历、《时候笺注》、《修改源流》、《仪象法式》、《二至晷景考》、《五星细行考》、《古今交食考》、《新测二十八舍杂座诸星入宿去极》、《新测无名诸星》、《月离考》等。^③

10) 徐光启

徐光启(1562—1633)明朝后期著名科学家。曾任翰林院检讨、詹事府少詹事兼河南道监察御史、礼部左侍郎、礼部尚书、礼

① 陈美东:《边冈》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

② 杜石然:《沈括》,出处同上。

③ 陈美东:《郭守敬》,出处同上。

部尚书兼东阁大学士、太子少保、太子太保、文渊阁大学士兼礼部尚书等。他在天文历法、数学、农学、军事技术等方面都取得了很大的成就。主要著作有崇祯历书、翻译《几何原本》、编译《测天约说》、《大测》、《日躔历指》、《测量全义》、《日躔表》、《农政全书》、《甘薯疏》、《农遗杂疏》、《农书草稿》、《泰西水法》、《火攻要略》、《制火药法》等。^①

11) 王锡阐

王锡阐(1628—1682)明末清初天文学家,因怀念亡明,终生不仕清。他的天文学成就主要体现在《晓庵新法》中,这是一部熔中西学说于一炉的天文学著作,在月体光魄定向、金星凌日、凌犯等计算方法中表现出巨大的创造才能。1722年《历象考成》采用了他的“月体光魄定向”方法。其著作除《晓庵新法》外,还有《五星行度解》、《历策》、《历说》一至五等。^②

2. 数 学

1) 张苍

张苍(?—前 152)西汉初年政治家、数学家、天文学家。阳武(今河南原阳)人。少年时师从荀子(?—前 238)学习《春秋左氏传》,入汉,传于贾谊。张苍在秦代为御史,掌管文书及官藏图书。公元前 207 年参加刘邦起义军,因功封北平侯,迁为计相,为主计,掌管各郡国的统计工作。他精通数学,长于律历,受高祖之命“定章程”;删补《九章算术》,建议施行《颛顼历》,又确定度量衡制度,“汉家言律历者,本之张苍”。他好读书,人称无所不观,无

① 杜石然:《徐光启》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

② 江晓原:《王锡阐》,出处同上。

所不通,著《张苍》十八篇,已失传。公元前182年迁为御史大夫。不久,与周勃等平诸吕,立文帝。后为丞相10余年。公元前152年卒,享年百余岁。

刘徽说:“周公制礼而有九数,九数之流,则《九章》是矣。往者暴秦焚书,经术散坏。自时厥后,汉北平侯张苍、大司农中丞耿寿昌皆以善算命世。苍等因旧文之遗残,各称删补。故校其目则与古或异,而所论者多近语也。”张苍等工作主要是收集秦火遗残,加以整理,并译成当时的语言,同时补充适合当时需要的题目,尤其是衰分章的非衰分问题,均输章的非均输问题,勾股章的解勾股形问题,并改“旁要”为“勾股”,成为我们现今所见到的《九章算术》。《九章算术》含有上百条抽象的公式、解法,246道例题,对中国和东方的数学影响极大,在分数理论,比例和比例分配算法,盈不足术、开方术、线性方程组解法、正负数加减法则、解勾股形等方面居世界领先地位。

2)刘徽

刘徽,淄乡(今山东邹平)人。生卒不详。自述“幼习《九章》,长再详览,观阴阳之割裂,总算术之根源,探曠之暇,遂悟其意,是以敢竭顽鲁,采其所见,为之作注。”《隋书·律历志》记载刘徽于魏景元四年(263)注《九章算术》。刘徽《九章算术注》原十卷,第十卷名“重差”,系他本人自撰自注。后来第十卷单行,称为《海岛算经》,与《九章算术》并列于《算经十书》中的两部。还著《九章重差图》一卷,已佚。

刘徽全面论证了《九章算术》的公式、解法,在数学理论上贡献极大。他发展了传统的出入相补原理,用以证明面积、体积、解勾股形的公式以及测望问题的解法;他拓展了《九章算术》的率概念,用以统一阐述《九章算术》的大部分术文与例题,将率称为



“算之纲纪”；他创造了解线性方程组的互乘相消法。他将无穷小分割引入数学证明，用以证明圆面积公式和他自己提出的刘徽原理，后者使他把多面体体积理论建立在无穷小分割基础之上，与现代数学的多面体理论完全一致；他创造了开方不尽求微数的方法，不仅开十进小数之先河，而且是求精确圆周率程序中必要的计算前提；他创造了求圆周率的正确方法，求出 $\frac{157}{50}$ 和

$\frac{3927}{1250}$ 两个近似值，并用前者修正了《九章算术》中与圆有关的粗

疏公式；他指出并证明了《九章算术》所使用的球体积公式是错误的，设计了牟合方盖，为祖冲之父子彻底解决球体积指出了正确的方向；他提出体积理论中的截面积原理，为祖暅之原理作了充分准备，并用以解决圆体与某些锥体的体积问题。他发展完善了重差术，提出了重表、累矩、连索3种方法，设计了使用2次、3次，以至4次测望的题目。刘徽给出了大量严格的数学定义，他的证明以演绎推理为主，使《九章算术》以来的数学知识形成了一个完整的理论体系。刘徽是中国传统数学理论的奠基者。

3)祖冲之

祖冲之(429—500)南朝宋齐数学家、天文学家、机械制造专家、经学家。祖籍范阳道(今河北涿水)人，自曾祖父祖台之起南迁，至祖冲之，一直仕东晋、宋、齐，有的担任主管建筑工程的大匠卿。同时，祖家历代对历算有研究。祖冲之自幼受到良好的家庭教育，并且“专攻数术”，研究古今文献。成年后在刘宋的学术机关华林学省工作，后来任南徐州(今江苏镇江)从事史，公府参军，娄县(今江苏昆山)县令，谒者仆射等职。入齐，官至长水校尉。大明六年(462)他完成了《大明历》，上表给刘宋王朝，请求颁行。《大明历》“改易之意有二”，这就是将沿用近千年的19年7

闰,改为 391 年 144 闰,并将晋代虞喜发现的岁差现象首次引入历法。《大明历》的回归年长度为 365.24281481 日,在南宋《统天历》以前是最好的数值;朔望月日数为 29.5305915,误差仅为 0.0000056 日。此外,冬至时刻、交点月日数,以及五星周期的数据,也都比以往的历法精确。《大明历》是有史以来最好的一部历法,却遭到权臣戴法兴的反对。他认为古人制定的历法“万世不易”,指责祖冲之“诬天背经”。祖冲之不畏强暴,写下了著名的《驳议》,逐条驳斥了戴法兴的谬论。他认为日月五星的运行“非出神怪,有形可检,有数可推”,不应该“信古而疑今”,表示“愿闻显据,以核理实”,“浮辞虚贬,窃非所据”。由于种种原因,直到公元 510 年《大明历》才得以颁行。祖冲之还注《九章》,著《缀术》,被称为“算氏之最”,可惜由于隋唐数学家看不懂而失传。他将圆周率精确到 8 位有效数字,并提出密率 $\frac{355}{113}$;在刘徽的基础上,与他的儿子祖暅之一道,彻底解决球体积问题;引入负系数二、三次方程,等等。祖冲之还造过指南车、木牛流马、千里船,水碓磨等机械。他对《老子》、《庄子》、《论语》等都有研究,并有著述,可惜已失传。晚年还著《安边论》。

4) 贾宪

贾宪,北宋数学家,籍贯、生平不详。他是当时天算大家楚衍的学生,仁宗时作过左班殿直,是朝廷中的八品武官。著有《黄帝九章算经细草》九卷(约在 1023—1034 年间),现存约三分之二(存《永乐大典》与宜稼堂本杨辉《详解九章算法》中)。贾宪在刘徽、李淳风注的《九章算术》的术、例题之后,根据需要,进一步对其方法进行抽象,有时设立新的例题,提高了《九章算术》的理论水平。他将传统开方法推广到任意高次,提出立成释锁法,并创造

“开方作法本源”即今所谓的贾宪三角作为其立成。贾宪三角在西方叫帕斯卡三角,晚出五六百年。他又创造增乘开方法,这是一种比传统开方法更加整齐更具程序也更简便的开方法。贾宪的数学思想与方法对宋元数学家影响极大,是宋元数学高潮的开创者与主要推动者之一。贾宪还著《算学教古集》二卷,已佚。

5)秦九韶

秦九韶(约 1202—约 1261)字道古,自称鲁郡(今山东曲阜一带)人,生于普州安岳(今四川)。离开四川后在长江中下游作过地方官,多负责军事方面。他天资聪明,从小受到良好的家庭教育,时人称他“性极机巧”,“星象、音律、算术以至营造之事,无不精究”,“游戏、毬、马、弓、剑,莫不能知”。秦九韶生活在宋蒙激烈斗争的南宋末年,他不甘寂寞,时刻想以自己的知识为国为民效劳,从而卷入了南宋统治集团主战主和两派的斗争,支持抗战派吴潜,屡遭追随贾似道的刘克庄弹劾。贾似道专权后,秦九韶作为吴潜党人被贬到梅州(今广东),在梅“力政不辍”,死于任所。他死后又被贾似道门人周密丑诋不堪,蒙受千古奇冤。秦九韶 1247 年完成《数书九章》。在其序中,他多次主张施仁政,认为数学是开源节流,制止财政混乱,防止官员横征暴敛,避免施工浪费的重要手段。他以当时最高深的数学知识,设计了若干军事题目,为抗蒙战争服务。秦九韶总结历法制定中计算上元积年的方法,创造大衍总术,系统解决了一次同余式组解法;他提出的正负开方术,把以增乘开方法为主导的求高次方程正根的方法发展到十分完备的程度;他还使用了完整的十进小数表示法;这都是有世界意义的杰出成就。他是 13 世纪中叶南方数学中心的主要代表人物。

6)李冶

李冶(1192—1279)字仁卿,号敬斋,真定栾城(今河北)人,生于大兴(今北京)。李冶自幼受到良好的教育,且爱好数学,青年时便成为名重中原的学者,金词赋科进士,权钧州(今河南禹州)知事。入元,隐居于山西北部,在极为艰苦的条件下研究数学及各种学问。1251年主持封龙书院(今河北元氏)。他两次受到元主忽必烈召见,发表了立法度,正纲纪,进君子,退小人,减刑罚,止征战,反对种族偏见的主张。他被聘为翰林学士,然而他羞于作唯天子、宰相之命是听的御用文人,不久便以老病为辞回到封龙山。1248年著《测圆海镜》,在洞渊九容的基础上考虑了勾股形与圆的10种基本关系,就15个勾股形与圆的关系提出了170个求圆径长的问题。这些问题大都用天元术解决。《测圆海镜》是现存最早的使用天元术的数学著作。李冶以天、地、乾、坤等汉字表示图形的点,是个创举。他在卷一所写的识别杂记692条中,除8条外,都是正确的,集历代关于勾股形与圆的关系研究之大成。1259年,李冶又著《益古演段》,以天元术阐释蒋周(可能是北宋人)《益古集》的方程列法。他是13世纪中叶北方数学中心的代表人物之一。李冶还有大量文史著作,现仅存《敬斋古今劄》。

7)杨辉

杨辉,字谦光,钱塘(今浙江杭州)人。生平不详,只知在今江浙一带作过管钱粮的小官吏,为政清廉,与其他大家相比,杨辉偏重于数学教育与普及。1261年,杨辉以刘徽注、李淳风等注释、贾宪细草的《九章算术》为底本,撰《详解九章算法》十二卷,今约存三分之二。次年又撰《日用算法》,已佚。1274年撰《乘除通变本末》三卷,次年又撰《田亩比类乘除捷法》二卷,《续古摘奇算法》二卷。后3部又常合称为《杨辉算法》。收集、整理民间改进乘除捷法及其口诀,是杨辉最大的贡献。此外,他的垛积术发展了沈

括的隙积术,在高阶等差级数求和研究中起着承前启后的作用;他总结并给出了3~10阶的纵横图造法;提出了数学教学计划“习算纲目”。

8)朱世杰

朱世杰,字汉卿,号松庭,燕山(今北京)人,生平不详。他在元朝统一中国后,以数学名家的身份周游全国20余年,向他学习数学的人很多。朱世杰先是受北方数学中心的陶冶,到南方后又接受了南方数学中心的长处,集两个数学中心之大成,1299年、1303年先后在扬州刊刻《算学启蒙》、《四元玉鉴》。前者是普及性著作,后者则反映了宋元数学高潮中,也是中国传统数学中的最高水平。朱世杰学习、总结了当时流传的天元术、二元术即二元高次方程组解法、三元术即三元高次方程组解法,创造了四元术即四元高次方程组解法,超前其他文化传统的同类成就几个世纪。他系统解决了垛积术即高阶等差级数求和问题,并用以解决高次内插法即招差法,17世纪牛顿等才获得同样的结果。他注意总结民间的乘除捷算法及其口诀,许多口诀与现代珠算口诀已完全一致,为珠算术的发生、普及作出了贡献。

3. 物理、化学

1)墨子

墨子(约前490—前405)春秋战国之交杰出的科学家。他在数学、物理、工程建筑和机械制造等方面都取得了丰硕的成果。特别是在物理方面,他是中国最早对物理现象进行定性研究的科学家,也是世界上最早的物理学家之一。他在力学、光学和声学领域进行了一系列研究和总结,给出了不少物理学上的科学

定义,有不少重要的发现。其著作作为《墨经》。^①

2) 蔡伦

蔡伦(62—121)东汉革新与推广造纸术的专家。曾任中常侍、尚方令,主管宫廷中制作各种器物的作坊。他系统总结了自西汉以来民间制造低级麻质纤维纸的经验,创造性地开发了新的造纸原料来源,摸索出一套比较成熟的制纸工艺流程,成功地造出了一批质地优良、价格低廉的书写用纸——蔡侯纸,成为造纸技术发展史上一个划时代的里程碑。他还大力提倡和推广新型的造纸技术,促进了民间造纸行业的蓬勃兴起,推动了造纸技术的传播。^②

3) 魏伯阳

魏伯阳(147—167)东汉炼丹家。其著作《周易参同契》是世界炼丹史上最早的一部理论著作,被称为“万古丹经王”。他认为,物质变化是自然界的普遍规律,炼丹过程正如以檠染黄,煮皮草为胶,用曲蘖作酒等等一样,是“自然之所为”,“非有邪伪道”。此外,他还著有《魏伯阳内经》、《周易五相类》,惜均已失传。^③

4) 葛洪

葛洪(283—343)东晋炼丹家。曾任都尉、伏波将军、主簿、参军等职。他从炼丹实践和其他事物变化的观察中,认识到物质变化是自然界的普遍规律。他在《抱朴子内篇·仙药》中记录了我国人工制取纯净砒霜(As_2O_3)的方法,在制药化学史上占有重要地位。他知道黄丹(铅丹, Pb_3O_4)及胡粉(碱式碳酸铅)是由铅经过化学变化而制作的。他对化学反应的可逆性已有初步的认识。他在

① 金秋鹏:《墨子》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

② 李亚东:《蔡伦》,出处同上。

③ 曾敬民:《魏伯阳》,《中国古代科学家传记》上集,科学出版社,1992年。

中医学上有一定的贡献，是我国最早记录天花、结核病的医学家。此外，他还研究天文和潮汐。主要著作有《抱朴子·内篇和外篇》、《肘后备急方》、《神仙传》、《西京杂记》、《浑天论》、《潮说》、《玉函方》、《肘后救卒方》等。^①

5) 曾公亮

曾公亮(999—1078)北宋火器(用火药制成的兵器)专家。曾任知县、侍讲、待制、翰林学士、知州、知府、给事中、参知政事、侍郎、枢密使、同中书门下平章事、集贤殿大学士、尚书、太傅等多种官职。主要著作是《武经总要》这部军事著作，其中第一次完整地记录了火药的三种配方及其制造工艺，记载了由我国研制的世界上第一批火器，初步完成也是最早解决人类将火药应用于军事后的一些重大理论和实践问题。^②

6) 朱载堉

朱载堉(1536—1611)明朝中晚期的科学家。其最大贡献是在世界上第一个攀登上十二等程律的数学理论高峰，解决了音乐理论上的旋宫转调问题，是他在律学、声学、物理学、音乐和文化上的最伟大的成就。此外，他在数学、天文历法、地理学方面也取得了突出的成就。主要著作有《律历融通》、《律学新说》、《律吕精义》、《圣寿万年历》、《万年历备考》、《乐律全书》、《乐谱》、《舞谱》、《瑟谱》、《嘉量算经》、《律吕正论》、《律吕质疑辨惑》、《圆方勾股图解》、《韵学新说》等。^③

7) 赵士桢

赵士桢(约 1554—约 1611)明朝中晚期杰出的火器研制家。

① 曾敬民：《葛洪》，《中国科学技术史·人物卷》，科学出版社，1998年。

② 毛元佑：《曾公亮》，出处同上。

③ 戴念祖：《朱载堉》，出处同上。

创制成掣电铳和迅雷铳,又先后研制成各有特色的火绳枪 10 多种,战车 10 多种。他对制造火器所用钢材的冶炼、火药的配制,以及枪管的制造工艺,都进行了深入的研究,取得了成就。其著作有《神器谱》、《续神器谱》、《神器谱或问》、《备边屯田车铳议》等。^①

8)茅元仪

茅元仪(1594—约 1644)明朝晚期的军事科学家。他在火药学理论方面有突出的贡献,主要包括 3 个方面:一是火药配方的研究;二是火药配制技术的研究;三是火药配制理论的研究。主要著作是《武备志》240 卷,200 余万字,附图 738 幅,成为我国古代容量最大的军事百科性兵书。书中除了茅元仪的研究成果外,还搜集了我国古代的各种火器资料,图文并茂,成为我国古代火器发展的历史画卷。^②

9)徐寿

徐寿(1818—1884)清朝晚期近代化学翻译家。其贡献主要是翻译近代化学书籍,制定元素符号和化学名词。他一生翻译近代化学及其它科技书籍近 30 种,约 250 万字。他是把西方近代化学系统地介绍到中国的先驱者。他译的《化学鉴原》、《化学鉴原续编》、《化学鉴原补编》、《化学求质》、《化学求数》等,把当时西方近代无机化学、有机化学、普通化学、定性分析、定量分析、物理化学部分内容,以及化学实验方法和仪器使用等知识比较系统地介绍到中国。这些译著,为开展近代化学教育,提供了一批较好的教科书。^③

① 王兆春:《赵士桢》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998 年。

② 王兆春:《茅元仪》,出处同上。

③ 王扬宗:《徐寿》,出处同上。

4. 地 学

1) 裴秀

裴秀(224—271)西晋著名地图学家。曾任掾、黄门侍郎、散骑常侍、尚书令、司空等职。其主要贡献是,总结西晋以前绘制地图的经验,创造性地把这些经验归纳为系统的制图理论,提出了著名的“制图六体”学说。这个学说在明末清初欧洲测绘地图技术传入中国之前,一直是中国古代绘制地图所遵循的基本原则,影响中国传统制图学达一千多年。它在中国地图学史上具有划时代的意义。裴秀是中国传统地图学理论的奠基人。主要著作有《禹贡地域图》18篇、《冀州记》、《易》及《乐》论等,但均已失传,仅在《晋书·裴秀传》、《艺文类聚》和《初学记》中保存有《禹贡地域图》的序文,“制图六体”学说即在此文中。^①

2) 酈道元

酈道元(?—527)北魏杰出地理学家。曾任尚书主客郎中、治书侍御史、长史、太守、刺史、尹、安南将军、御史中尉等职。他的著作《水经注》以水道为纲,将河流流经地区的古今历史、地理、经济、政治、文化、社会风俗、古迹等作了尽可能详细的描述,成为当时一部内容空前丰富的地理巨著,是北魏以前中国地理的总结。其成就有4项:(1)水文地理;(2)地质、地貌;(3)生物地理;(4)人文地理。除《水经注》外,酈道元还有《本志》13篇和《七聘》诸文。但流传至今的只有《水经注》一种。^②

3) 贾耽

^① 曹婉如:《裴秀》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

^② 杨文衡:《酈道元》,出处同上。

贾耽(730—805)唐代杰出地理学家。曾任尉、度支判官、侍御史、员外郎、郎中、刺史、鸿胪寺卿、尚书、尚书右仆射同中书门下平章事、尚书左仆射同中书门下平章事等职。主要贡献是地图学,著名的《海内华夷图》是其代表。此外,在边疆地理、历史地理、外国地理方面也有不少成就。主要著作有《古今郡国道县四夷述》、《贞元十道录》、《皇华四达记》等,但都失传了。^①

4)杜绾

杜绾(生卒年不详)北宋末南宋初矿物岩学家。其贡献体现在他著的《云林石谱》中。这是一部中国古代保存至今最完整、最丰富的一部石谱,约14000余字。被描述的石头共计116种,详略不等地叙述其产地、采取方法、形状、颜色、质地优劣、敲击时发出的声音、坚硬程度、文理、光泽、晶形、透明度、吸湿性、用途等。他对化石的认识有相当高的水平,详述了岩体的层状结构,化石形态,鉴别方法,化石成因等。^②

5)郑和

郑和(1371—1433)明朝早期伟大的回族航海家。原姓马,后因明成祖赐姓而姓郑。在宫中当过内宫监太监,出使西洋时为钦差总兵太监,明仁宗时曾为南京守备。世称三保太监。在他63岁的生命中,有28年的航海生活。他7下西洋,率领200余只船舰、27000余人的庞大船队,航行在我国南海、东南亚各国沿海和印度洋上。郑和的航海活动,开扩了中国人的地理视野,丰富了中国的域外地理知识,开拓了中国的航海地图学,促进了中国与亚非沿海各国的经济与文化交流,与有联系的各国人民建立了

^① 郑锡煌:《贾耽》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

^② 杨文衡:《杜绾》,出处同上。

深厚的友谊,是具有重大历史意义的伟大事件,在世界航海史上留下了光辉的一页。^①

6)徐霞客

徐霞客(1587—1641)明朝末年卓越的旅行家和地理学家。他从20岁开始旅游,到53岁从云南病归,30余年经常在野外旅游,足迹遍及现在的19个省、市、自治区。他不畏艰苦,遇盗、断粮,睡寺庙、牲圈,冒险入洞、攀崖,几欲再生,都阻止不了他旅游的决心。在十分艰苦的环境中,他探索大自然的奥秘,勤于思索,寻求自然现象的种种原因和规律。他坚持在旅行过程中写日记体裁的游记,把他看到的自然现象和他思索探求的心得记录下来,成为有名的《徐霞客游记》。书中涉及山川地貌、水道源流、生物土壤、矿产资源、温泉地热、城镇聚落、工农业生产、交通运输、民族风俗等。特别是对岩溶地貌的考察和研究,达到了当时世界的最高水平,为地理学的发展作出了卓越的贡献。^②

7)刘献廷

刘献廷(1648—1695)清朝初年的地理学家。其主要贡献是敢于冲破旧传统,讲求实用,为地理学提出了探索自然规律即研究“天地之故”的研究方向。其著作有《广阳杂记》和《广阳诗集》。《广阳杂记》的内容有天文、地理、音韵、医药、朝代兴衰、典章制度、游历见闻、民间风俗等。从中可以看到他强调经世致用,详今略古,反对空谈性命,反对虚浮不实的学风。他不满旧的舆地著作,提出在地方志的开头部分,要有各地的经、纬度,划出经、纬线表,以此推求各地节气之先后,日蚀之分秒和星位之变化等。

^① 杨文衡:《郑和》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

^② 唐锡仁:《徐霞客》,出处同上。

为中国地理学的发展提出了新方案。^①

8) 图理琛

图理琛(1667—1740)清朝康乾时期满族旅行家。康熙五十一年(1712)他奉命去沙俄伏尔加河下游地区探望土尔扈特部落。后又奉命将这次旅游途中所见所闻写成《异域录》一书,书中所记比较突出的有两点:一是河流水文;二是动植物的种类和分布。书中卷首有一幅俄罗斯地图,图上绘有河流、山脉和地名。这部书是中国游记中第一本介绍俄国地理情况的著作,成为清政府和当时人们了解俄罗斯情况的重要著作。^②

5. 农 学

1) 汜胜之

汜胜之(生卒年不详)西汉晚期农学家。曾任议郎、御史等职。著有《汜胜之书》18篇,早已散失。经后人从古籍中收集引文,得3700字左右,这就是今天所见到的《汜胜之书》。从现存文字看,《汜胜之书》基本上是以区田法为核心,以“趣时,和土,务粪泽,早锄,早获”为指导思想来论述的,包括耕田、区田、收种、溲种、栽培等方面的内容,把春秋、战国以来所形成的传统农业科学技术提高到新的高度,是整个汉朝400多年间最杰出的农书。^③

2) 贾思勰

贾思勰(约473—约543)北魏杰出的农学家。永熙二年至武定二年(533—544)写成《齐民要术》这部卓越的农学著作,其贡献有3个方面:一是汇集总结了西周至北魏时期农业生产的知

① 唐锡仁:《刘献廷》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

② 唐锡仁:《图理琛》,出处同上。

③ 曾雄生:《汜胜之》,出处同上。



识；二是总结了园艺、蚕桑、畜牧兽医、植树以及农产品加工等方面的先进技术；三是所引用的书大致地保存着原来引用的模样，没有经过多少删改，因而为校勘古籍提供了很好的考证资料。《齐民要术》还是一部古代地主家庭经济学，书中有许多经营管理田庄的内容。它是“百科全书式的农书”。^①

3)陈旉

陈旉(1076—?)南宋著名农学家。所著《农书》有3大特点：一是总结了南方农业生产的经验；二是实践性很强，符合当地生产上的需要；三是具有相当高水平的农学理论。《农书》的农学理论体现在5个方面：(1)阐述了农业经营理论；(2)为南方农业发展创制了经营模式；(3)提倡“地力常新壮”理论；(4)提出要想使农业生产增产，技术是关键的理论；(5)研究农业生产的方法有所创新。这是我国南方水稻地区现存第一部综合性农书，是第一流的古农书之一。^②

4)王桢

王桢(生卒年不详)元代出色的农学家。曾任承事郎、县尹等地方官职。所著《王桢农书》是中国第一部兼论南北、注重技术方法比较、从全国范围总结农业生产经验的农书。书中的“农器图谱”部分，则是流传至今的中国最早的图文并茂的人畜(水)力农具典籍。^③

5)张履祥

张履祥(1611—1674)清朝初期农学家。隐居终身，著有《补农书》。现在通行的《补农书》一般分上下两卷，上卷为抄录《沈氏

① 范楚玉：《贾思勰》，《中国科学技术史·人物卷》，科学出版社，1998年。

② 李长年：《陈旉》，出处同上。

③ 杨直民：《王桢》，出处同上。

农书》，下卷是张著《补农书》。张履祥在农业技术上取得的成就有两个方面：一是发明了松棚式木架养蚕法，二是提出了一套农业经营管理技术。他的著述很多，除《补农书》外，其他著作收入《杨园全集》中。^①

6. 生物学

1) 陆机

陆机(生卒年不详)三国时期吴国生物学家。著有《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》，分上、下两卷。其主要贡献有4项：(1)对动、植物形态、生态、地理分布，以及栽培、驯化和利用，具有一定深度的认识；(2)对动、植物的形态描述翔实，突出了动、植物的形态特征，可据之以辨别其种属；(3)书中不仅记载了动、植物的生长地和栖息地，而且特别着重记载了动物的种群生态现象；(4)特别注意动、植物的经济用途。总之，陆机使生物学从经学中分离出来成为一个分支，在学术上作出了历史性的贡献。^②

2) 郭璞

郭璞(267—324)晋朝生物学家。曾任著作佐郎、尚书郎、记室参军等职。为多部古籍作注，其中《尔雅注》含有大量生物知识，对中国古代生物学的发展起了促进作用。主要贡献有3项：一是以晋代通行或当时某地方言的动植物名称，来解释古老的动植物名称，使古名与晋代的名称具有一定实物为基础的含义；二是丰富和发展了《尔雅》对各种动物的具体描述；三是开创了动植物分类研究的图示法。此外，郭璞在文学上也很有造

① 曾雄生：《张履祥》，《中国古代科学家传记》，科学出版社，1993年。

② 荀萃华：《陆机》，出处同上。

诣。^①

3)戴凯之

戴凯之(生卒年不详)南北朝刘宋时期植物学家。曾任参军与南康相这种低级官职。著有《竹谱》1卷,述及我国竹类植物61种(实为40余种),涉及分类、形态、生境和地理分布、功用等内容,是我国历史上第一部全面研究竹类植物的专著。此外,戴凯之有高度的文学修养,有《戴凯之集》六卷,惜早已佚失。^②

4)朱橚

朱橚(1361—1425)明朝早期的植物学家。他主编的《救荒本草》每页附一插图,描绘一种植物,图文配合,有点像今天的植物志。其描述来自直接观察,不作繁琐的文献考证。他开创了野生食用植物的研究,书中共记载植物414种,其中有近三分之二是以前本草书所没有记述过的。书中用细土与煮熟的植物同浸,以除去植物中的有毒物质的方法,被后人认为是近代植物化学领域中吸附分离法应用的肇端。此外,朱橚还主编过《普济方》、《袖珍方》,著有《元宫词》百章。^③

5)屠本峻

屠本峻(生卒年不详)明朝中晚期生物学家。曾任太常寺典籍、礼部郎中、福建盐运司同知等职。著有《闽中海错疏》、《海味索隐》、《闽中荔枝谱》、《野菜笺》、《离骚草木疏补》、《瓶史月表》等。内容涉及植物、动物、农学、园艺等领域。其中代表作是《闽中海错疏》,共记载海产动物200多种,以海洋经济鱼类为主,此外,还有两栖动物,软体动物的贝类,节肢动物的虾类,少数爬行动物。还

① 汪子春:《郭璞》,《中国古代科学家传记》,科学出版社,1993年。

② 荀萃华:《戴凯之》,《中国古代科学家传记》,科学出版社,1993年。

③ 罗桂环:《朱橚》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

有燕窝、海粉等。它是中国古代现存最早的海产动物志。^①

6) 吴其濬

吴其濬(1789—1847)清代中期植物学家。曾任翰林院修撰、入直南书房、乡试正考官、学政、巡抚等职。著有《植物名实图考长编》和《植物名实图考》。前者为植物历史文献资料汇编,后者则是在广泛收集本草学、农学、经学、史志等文献资料的基础上,结合实践经验,对植物名实进行引证、考核、证实、鉴别的植物学专著。全书三八卷,记录植物 1714 种。每种植物都记载其名称、形色、性味、产地和用途等,并附有精确插图。这两部书成为联结我国古代植物学与近代植物学的桥梁,对我国乃至世界植物学的发展都有重要影响。此外,吴其濬在水利学、矿业学和采矿学方面也有成就和贡献。^②

7. 技 术

1) 李冰

李冰(生卒年不详)战国末期秦国水利工程专家。曾任蜀郡太守。公元前 277—前 250 年,他率领蜀地(今四川成都一带)人民兴修了举世闻名的都江堰水利工程,这是世界上最古老的水利工程之一,至今仍在发挥巨大的效益。都江堰工程包括鱼嘴、飞沙堰和宝瓶口组成的渠首工程及渠道网。都江堰修成后,李冰又总结了一套工程管理和维修的经验,世代遵守。如“深淘滩,低作堰”就是其中之一。此外,李冰在凿井煮盐、修筑桥梁方面也有许多贡献。^③

① 刘昌芝:《屠本峻》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

② 汪子春、程宝璋:《吴其濬》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

③ 艾素珍:《李冰》,出处同上。

2) 马钧

马钧(生卒年不详)三国时期魏国杰出的机械发明家和制造家。曾任博士、给事中。主要成就是改革绂机、复原指南车、制作翻车及水转百戏、设计轮转式发石车等。人们称赞他是“巧思绝世”、“天下之名巧”。^①

3) 宇文恺

宇文恺(555—612)隋朝著名建筑学家。曾任御正中大夫仪同三司、匠师中大夫、营宗庙副监、太子左庶子、营新都副监、刺史、检校将作大匠、仁寿宫监、将作少监、营东京副监、将作大匠、开府仪同三司、工部尚书等职。由他负责建筑的工程有宗庙、大兴城、广通渠、仁寿宫、显仁宫、皇陵太陵、东京洛阳、长城、明堂等。其著作有《东都图记》、《明堂图议》、《释疑》等。除《明堂图议》有部分内容保存在史书中外,其余均已失传。^②

4) 李春

李春(生卒年不详)隋朝桥梁建筑专家。他建造的安济桥(俗称赵州桥),全长 50.38 米,宽 9 米,它是世界上现存最古、跨度最长的敞肩圆弧拱桥。其修造之精、之难、可谓神工鬼斧,现已列为世界文化遗产。安济桥在中国和世界桥梁史上作出了艺术上和技术上开创性的卓越贡献,成为现代拱桥的典范。^③

5) 蔡襄

蔡襄(1012—1067)北宋桥梁学家。曾任推官、大理评事、著作郎、知谏院兼修起居注、知州、福建路转运使、判三司盐铁句院、起居舍人知制造、知府、翰林学士权三司使、礼部郎中、三司

① 徐英范:《马钧》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

② 金秋鹏:《宇文恺》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

③ 杜方:《李春》,出处同上。

使、礼部侍郎等职。主要贡献是主持修建万安桥。在这项工程中，他首创筏形基础，应用和发展尖劈形石桥墩，利用潮汐的涨落浮运和架设石梁，发明用繁殖牡蛎以胶固桥基和桥墩的方法。此桥在中国乃至世界桥梁史上，是一座里程碑式的建筑，它掀开了桥梁史中建造石构长梁桥的新篇章，也是在江河入海口建桥的肇始。此外，他还著有《荔枝谱》、《茶录》以及诗、文、奏议等。其书法为宋代四大书法家之一。^①

6)李诫

李诫(?—1110)北宋建筑工程技术和专家。曾任郊社斋郎、县尉、将作监正监等职。他完成的建筑工程有尚书省、龙德宫、棣华宅、朱雀门、景龙门、九成殿、开封府廨、太庙、慈钦太后佛寺等。他有许多著作，如《续山海经》、《续同姓名录》、《琵琶录》、《马经》、《六博经》、《古篆说文》、《营造法式》等。除《营造法式》流传至今外，其余均已失传。《营造法式》是一部中国古代建筑工程法规性质的重要典籍，闪烁着科学光辉的建筑法典，蕴藏着丰富的科学知识和理论，涉及到材料力学、化学、工程结构学、建筑学、测量学等领域，在封建时代所遗存的有关建筑技术的著作中，它是无与伦比、空前绝后的。^②

7)计成

计成(1582—?)明末园林学家。所建著名园林有东第园、寤园、影园等处，另有零星小品若干。其著作《园冶》，是造园实践与理论相结合的造园学体系专著，是一部充满古典文学形式的科技著作。书中把创作原则概括为“巧于因借，精在体宜”，进而追

① 金秋鹏：《蔡襄》，《中国科学技术史·人物卷》，科学出版社，1998年。

② 郭黛姪：《李诫》，出处同上。

求一种“虽由人作，宛自天开”的境界，造成一种“天然之趣”。即创造自然和谐、含蓄、深邃、变幻所体现的别有天地的趣味，进而取得幽静、雅致、闲逸的情调与风格。这是世界园林艺术中别具一格的中国园林学思想的重要特色。^①

8) 宋应星

宋应星(1587—约 1661)明末卓越的科学技术专家。曾任教谕、推官、知州等职。他对文学、历史、语言、艺术和科学技术都有研究，著作有《天工开物》、《画音归正》、《卮(zhi)言十种》、《杂色文》、《原耗》、《野议》、《思怜诗》、《观象》、《乐律》、《春秋戎狄解》、《美利笈》、《论气》、《谈天》等。其中《天工开物》真实记录了明代以前工农业各生产部门所取得的技术成就，内容广泛系统，插图生动活泼，是中国古代科学技术史著作的代表，是一部技术百科全书。^②

9) 样式雷

样式雷(生卒年不详)是清代活跃于皇家宫廷、陵园建筑工程中的著名巧匠世家雷氏家族，其始祖雷发达(1619—1693)，发达长子雷金玉(1659—1729)为雷氏从江南建昌(今江西永修)迁人北京的祖先。以下是雷声澂、雷家玮、雷家玺、雷家瑞、雷景修、雷思起、雷廷昌(1845—1907)，一共九代。由样式雷建造的工程有三殿、畅春园、颐和园万寿山、静明园玉泉山、静宜园香山的园庭工程、避暑山庄、昌陵、圆明园楠木建筑、南苑楠木工程、定陵工程、惠陵金券合龙、隆恩殿上梁、普祥普陀二陵、北海万寿山庆典工程等。雷氏家族是制作纸硬样模型的世家，雷氏在主持“样

① 孙剑：《计成》，《中国科学技术史·人物卷》，科学出版社，1998年。

② 潘吉星：《宋应星》，《中国科学技术史·人物卷》，科学出版社，1998年。

式房”、“楠木作”的工作时,便将上述技术运用于建筑设计,从而在皇家建筑的设计与营造及器服典礼工程的设计工作中,取得了高度的建筑设计艺术成就。^①

^① 孙釗:《样式雷》,《中国科学技术史·人物卷》,科学出版社,1998年。

二、经典著作

1. 综合性的科技著作

1)《夏小正》

《夏小正》的经文载《夏小正传》中,《夏小正传》载《大戴礼记》中。《夏小正》用夏历的月份,分别在十二个月(有人认为是十个月)中记载各个月份中的物候、气象、天文及政事、农事等。星象分别记载旦中星、昏中星、恒星的状况,北斗斗柄指向与时令的关系,银河位置及太阳在星空中所处位置等。是我国最古老的科技文献之一,在天文、历法、物候、农学等方面都有一定价值。

2)《考工记》

《考工记》是我国先秦时期的科技著作,作者不详,成书于春秋末年。西汉时,因《周礼》缺“冬官”篇,以《考工记》补入,成为儒家经典,得以流传。书中总结了当时官营手工业生产的规范,对各个生产部门的分工,用材,各道工序和成品的规格、检验与收管等,都有详细的记载。其内容除技术工艺外,还包含有丰富的物理学、化学、生物学、天文学、地理学、数学及度量衡知识。它是研究中国科学技术史、手工业发展史和质量管理史的重要典籍。

3)《墨经》

《墨经》是春秋战国时期墨翟及其门人的著作,包括“经上”、

“经下”、“经说上”、“经说下”。内容很广泛,是中国先秦哲学、自然科学和社会学名著。就自然科学而言,它又涉及宇宙论、数学、力学、光学等领域。提出了许多科学的定义、定理、公理,具有很高的理论水平。可以说这是中国历史上第一部自然科学专著,在世界自然科学发展史上有崇高的地位。

4)《梦溪笔谈》

《梦溪笔谈》,北宋沈括著,包括“笔谈”二六卷,“补笔谈”三卷,“续笔谈”一卷。这是一部百科全书式的著作,内容有社会科学、人文科学和自然科学的许多领域。就自然科学来说,它涉及天文、历法、数学、音律、物理、化学、生物、农学、地理、地质、地图、气象、矿物、冶炼、水利、医药、军事、建筑等。自然科学内容条目占全书三分之一,是北宋科学技术成就的总结。英国科学史家李约瑟(Joseph Needham)称赞《梦溪笔谈》是“中国科学史上的坐标”,这是很恰当而又当之无愧的。它是中国古代最优秀的科学文化遗产之一,是无可计值的精神财富。

2. 天 文

1)《史记·天官书》

《史记·天官书》,司马迁撰。他总结了西汉以前的天文知识,详细叙述了全天星官星名,全天五官及各宫恒星分布,共列出 90 多组星名,500 多星。指出了北斗和各星宿相对应的关系,根据北斗的观测可判定各星宿的位置。描述了恒星大小和颜色,叙述了众多的天象、彗孛流陨、云气怪星等。首次记载了五大行星的运动规律,日月食的周期性,二十八宿与十二州分野等。

2)《汉书·天文志》

《汉书·天文志》,马续撰。关于全天恒星统计有 118 官,783

星,其文字与《史记·天官书》相同。但该志详细记录了各种天象出现的时间,尤其是行星在恒星间的运行、太白昼见、彗孛出现的时间和方位。《汉书·五行志》与《后汉书·五行志》着重记述日食、月食、日晕、日珥、彗孛流陨等天象,特别对日食的食分和时刻记载更详细。对太阳黑子出现的时间、形状的描述很有价值,是早期天象记录的重要来源。

3)《晋书·天文志》

《晋书·天文志》,唐李淳风撰,是晋以前天文学史的一个总结。其中有关于天地结构的探讨,浑天盖天宣夜之说及其他三家论天学说,各说之间的争论和责难;有各代所制浑象的结构、尺寸、沿革情况;有全天恒星的重新描述,计 283 官,1464 星,为陈卓总结甘、石、巫三家星以后直至明末之前我国恒星名数的定型之数;有银河所经过的星宿界限;十二次与州郡与二十八宿之间的对应关系;还有各种天象的观测,首次指出“彗体无光,傅日而为光,故夕见则东指,晨见则西指”,正确认识彗星是因太阳而发光,彗尾总背向太阳的道理;最后还记录了大量天象,使历代天象记录延续不断。

4)《灵宪》

《灵宪》,张衡著,是浑天学说的代表作。它描述了一个天圆地平的模型,成为后代浑天说的基础。书中有宇宙起源的各阶段认识,道根、道干、道实的阶段论以动态的观点认识宇宙的原始,这比传说故事前进了一步。书中有些地方互相矛盾,因此,对它的研究和应用要审慎地做些鉴别。

5)《乙巳占》

《乙巳占》十卷,唐李淳风撰。前八卷基本上是天文星占内容,包括天体、太阳、月亮、行星、流星、彗星的占卜条文;后两卷

是云气、风方面的占验,有不少气象学的知识,是气象史资料。星占条文多来自古代星占书,而关于天文、历法、仪器等内容多是李淳风的研究成果,因而对了解李淳风的科学成就很有用。

6)《开元占经》

《开元占经》亦称《大唐开元占经》,一二〇卷,瞿昙悉达撰。作者为祖居长安的印度血统天文学家,他一家数代供职于唐司天监,在天文历算方面颇有影响。他们对中国天文学和中印文化交流有重大贡献。其书内容丰富。首卷引录张衡的《灵宪》和《浑天仪注》,接着叙述唐以前各家对天的认识和描写,可算是唐以前天文星占大全。收集了当时可见的70余种著作,分类编录,使许多现已失传的书籍能知其大概。书中还有许多天文历法史料,《甘石星经》就是后人从此书辑录的。还有《古六历》、《麟德历》的资料,翻译了印度的《九执历》,把印度的天文学和数学知识传入中国。

7)《大明历》

《大明历》,祖冲之撰修,南北朝时期一部先进的历法。规定一回归年长度为365.2428日,并首先将岁差(45年11个月差1度,现代值为70年差1度)引入历法中。采取了每391年设置144个闰月的新闻闰周,使之更符合天象。精密测出交点月的日数为27.21223日,与现代值27.21222相差不到1秒。测定木星公转周期为11.858年,与现代值很相近。给出了水星和木星会合周期。此历载《宋书·律历志》中。

8)《大衍历》

《大衍历》,唐僧一行撰修,唐代一部先进历法。有历术7篇,另有总结历史经验,发挥议论的略例1篇和历议10篇。历术7篇包括平朔望和平气,七十二候,太阳和月球每天位置与运动,

每天观察到的星象和昼夜时刻,日食、月食和五大行星的位置。编排得结构严谨,条理分明,为后世历法的典范。此历载《新唐书·历志》。

9)《授时历》

《授时历》是元朝郭守敬等人撰修的。它集古代历法之大成,全凭实测,开后世新法之源。为编《授时历》,郭守敬等人创制了十几件天文仪器,组织了四海测验,进行了大量的天文观测和研究。在历中运用了招差术求出太阳、月亮和行星日运行的度数,并采用弧矢割圆术来处理黄经、黄纬与赤经、赤纬之间的换算,其精度很高。此历载《元史·历志》。

10)《浑天仪注》

《浑天仪注》是张衡写的一本仪器结构说明书,它不仅是浑天学说的重要著作,也是我国第一本天文仪器著作。

11)《新仪象法要》

《新仪象法要》是北宋苏颂撰的一本天文仪器专著,讲述水运仪象台的结构和原理,并附零件图样 60 幅。

3. 数 学

1)《周髀算经》

《周髀算经》二卷,原名《周髀》,唐初列入算学馆教材,遂改为现名。作者不详。实际上是一部以数学方法阐明盖天说和四分历的数理天文学著作。一般认为它不是一人一时之作,而是在浑天说已经产生并逐步占上风时,以盖天说为主,也融会了浑天说的某些内容而形成的,最晚成书于公元前 100 年。有的学者认为上、下两卷所反映的宇宙模式是不同的,也有人认为全书形成了一个自治的整体。卷上首先阐述了数学在测天量地、制定历法中

的巨大作用,勾股、圆方的基本知识及用矩之道。接着提出学习数学要能“通类”,“类以合类”,因此数学中的术要“言约而用博”。这种思想既是已有的数学知识的总结,也在实际上规范了中国传统数学的形式与特点。卷上还提出了勾股定理以及用比率计算太阳高与直径的方法,接着以准公理化的方法描述了盖天说的宇宙模式,并用来解释有关天文现象。卷下系统记述了四分历的基本数据、二十四节气的晷影长度及其计算方法。其中的黄图是以北极为中心的全天星图,后世被称为盖图。

传本《周髀算经》中有吴(一说汉)赵爽注,北周甄鸾重述,唐李淳风等注释。赵爽补绘了“日高图”和“七衡图”,使盖天说昭然若揭。其“勾股圆方图”说集此前勾股知识之大成,与刘徽注的同类内容基本相同。李淳风等注释批评了《周髀》中八尺之表千里日影差一寸的成说,同时指出测望地点不可能是同一平面,引进了斜面重差术,还指出赵爽用等差级数插值法推算二十四节气的晷影长度与实际测量结果不符。

2)《九章算术》

《九章算术》中国传统数学中最重要的数学经典,历来被尊为算经之首。魏刘徽认为:“周公制礼而有九数,九数之流则《九章》是矣。”后遭秦朝焚书的破坏,西汉张苍(?—前152)、耿寿昌(前1世纪)等删补而成。全书分九章:方田,各种面积公式,以及世界上最完整的分数四则运算法则;粟米,各种谷物的互换,提出“今有术”等比例算法及其他计算法则;衰分,提出衰分术和反衰术等比例分配法则;少广,已知面积、体积求其一边或直径的方法,其中开平方术、开立方术是世界上最早的多位数开方法则;商功,各种体积公式,以及土石工程的分配方法;均输,提出均输术等合理摊派赋税的比例分配法则,以及若干算术难题的

解法；盈不足，提出盈亏类问题解法法则，以及化成盈亏类问题解决的其他算术问题解法；方程，提出方程术即线性方程组解法，损益术即列线性方程组的方法，以及解方程中要用到的正负数加减法则；勾股，提出勾股定理，各种解勾股形问题，以及简单的测望问题。《九章算术》有约百条相当抽象严谨的公式、解法，246个例题，其主体采取术文统率例题的形式。它构筑了中国传统数学的体系的基本框架，确立了以机械化、程序化的计算为中心的特点和理论密切联系实际的长处，奠定了中国与东方数学的基础。《九章算术》的出现，标志着世界数学研究的中心由地中海东部沿海的古希腊转移到太平洋西岸的华夏大地，数学以研究定性为主转移到研究定量为主，从公理化体系转移到算法体系。

《九章算术》成书后，注家蜂起。其中最著名、现存最早的是刘徽注(263)。刘徽以演绎推理为主要逻辑方法，全面论证了《九章算术》的公式、解法，驳正了其中的错误及粗疏之处，建立了它的理论基础，在数学方法和数学思想上有若干独到的贡献。他发展了传统的出入相补原理，用以证明了若干面积和体积公式；他发展了率的理论，将《九章算术》大部分术文与例题归结为率的运算，将率视为算之纲纪；他首次将无穷小分割方法引入数学证明，证明了圆面积公式，以及四面体的体积公式，从而把多面体体积理论建立在无穷小分割基础之上；他创造了求圆周率的正确方法，奠定了中国在这一领域领先世界千余年的理论基础；他设计了牟合方盖，为祖冲之父子彻底解决球体积问题指出了正确方向；他还提出了开方不尽“求微数”的思想，开十进小数之先河。刘徽《九章算术注》的完成标志着中国传统数学理论体系的完成。唐朝李淳风等奉敕注释《九章算术》，公元656年完成，引

用了祖暅之开立圆术,是其最可贵之处。

唐之后,刘徽注、李淳风等注释与《九章算术》一体行世。现存南宋鲍澣之刻本(前五卷),清中叶戴震根据《永乐大典》整理的《武英殿聚珍版丛书》本、《四库全书》本,戴震重新整理的微波榭《算经十书》本。1963年中华书局出版了钱宝琮校点的《算经十书》本。1990年辽宁教育出版社出版了郭书春汇校《九章算术》,1998年出版了《九章算术译注》。

3)《数术记遗》

《数术记遗》一卷。传本题东汉徐岳(3世纪初)撰,北周甄鸾注(6世纪)。自清中叶戴震起,一些学者认为系伪书,或谓甄鸾自撰自注;也有一些学者坚持认为不是伪书。本书阐述了大数的上、中、下3种进位制度,以及14种算法。其积算即筹算,珠算虽不同于元明时代的珠算,但是其雏形,当无可疑。甄鸾关于“计数”的注释提供了一些传统数学著作中所没有的测望方法。

4)《海岛算经》

《海岛算经》,魏刘徽撰(263),原为《九章算术注》第十卷,名“重差”。后单行,因第一问为测望一海岛之高远,改称《海岛算经》。刘徽认为,《九章算术》的测高望远的题目,其对象都是端旁互见,而不是如太阳那样可望而不可及的目标。他发现古代“九数”有“重差”之名,是用来测望太阳高远的,提出“凡望极高,测绝深而兼知其远者必用重差、勾股”,遂造“重差”,并为注解,缀于《九章算术》勾股章之下,是为第十卷。它包括了测高望远中的重表、累矩、连索3种基本方法,以及使用2次、3次,乃至4次测望的题目。在西方测望方法于明末清初传入之前,中国传统数学的测望理论没有在《海岛算经》基础上有大的突破。

现存本是清中叶戴震从《永乐大典》中辑录出来的,只剩9

个题目,刘徽的图及注解已佚。

5)《孙子算经》

《孙子算经》三卷,作者不详,约成书于公元400年前后。这是一部数学入门书,其序称数学为“天地之经纬,群生之元首”,“万物之祖宗,六艺之纲纪”,充分肯定了数学在各方面的巨大作用。卷上给出了筹算的十进位置值制记数法、乘除法则及九九乘法表,是为预备知识。卷中、下共64个应用题,涉及整数、分数的四则运算及开平方法。其开平方法比《九章算术》有所改进。而“河上荡杯”、“鸡兔同笼”、“物不知数”等是中国历史上长期流传的趣题。“物不知数”是中国也是世界数学史上最早的同余式问题。其版本流传详见《算经十书》。

6)《张丘建算经》

《张丘建算经》三卷,6世纪北魏清河张丘建撰。是一部水平略高于《孙子算经》的入门书。解决了等差级数各因素的互求问题,以及百鸡术,是本书最大的成就。百鸡术是不定方程解法,在世界数学史上影响极大。

7)《缉古算经》

《缉古算经》一卷,唐王孝通撰(7世纪初)。凡20题,按其本意,是《九章算术》的续篇。第1问是历法问题,第2—14问是土木工程及仓房地窖的体积容积问题,第15—20问是比《九章算术》复杂的勾股问题。后二类问题都要归结到求解正系数3次或4次(两次开平方)方程。在《缀术》(祖冲之撰,5世纪)失传后,在现传中国古代数学著作中,这是首次出现3次方程。

8)《算经十书》

《算经十书》,中国汉、唐算经之总集,汇集了中国传统数学奠基时期的主要著作,包括《周髀算经》二卷,《九章算术》九卷、

《海岛算经》一卷(刘徽)、《孙子算经》三卷、《张丘建算经》三卷(张丘建)、《夏侯阳算经》三卷、《缀术》(一作《缀述》)六卷(一说五卷,祖冲之撰,一说祖暅之撰)、《五曹算经》五卷(甄鸾)、《五经算术》二卷(甄鸾)、《缉古算经》一卷(王孝通)等十部算经,以及各家注。唐李淳风等于公元656年奉敕注释,成为国子监算学馆的教材与科举中明算科的考试科目。1084年,北宋秘书省将其刊刻,是为世界上首次印刷数学著作。时《夏侯阳算经》、《缀术》已佚,前者以唐中叶的《韩延算术》充任,后者付之阙如。1200、1212、1213年南宋鲍澣之翻刻了这些算经,又补刻了《数术记遗》。现存《周髀算经》、《九章算术》(半部)、《孙子算经》、《张丘建算经》、《五曹算经》、《数术记遗》6种,是为现存世界上最早的印刷本数学著作。清中叶编纂《四库全书》,戴震从《永乐大典》中辑录出《九章算术》等6部算经,又发现其他算经的明刻本或影宋本,详加校勘,收入《四库全书》,其中《周髀算经》、《九章算术》等7部收入《武英殿聚珍版丛书》。孔继涵将戴震重校本刊刻,定名为《算经十书》,收入除《缀术》外的9部,以《数术记遗》作为附录;1963年中华书局出版钱宝琮校点《算经十书》,收入《周髀算经》、《九章算术》等8部,并以《数术记遗》、《夏侯阳算经》作为附录。1998年辽宁教育出版社出版郭书春、刘钝重校的《算经十书》,2001年台湾九章出版社出版了其修订本。

9)《数书九章》

《数书九章》原名《数术》,又名《数术大略》、《数学大略》、《数学九章》,十八卷,一作九卷。南宋秦九韶于1247年撰。全书分9类:大衍类,创造大衍总术,即一次同余式解法,并用于解决历法、天象、土木工程、商功、利息、粟米、程行等问题;天时类,有关天文、历法和雨雪测量等问题,其中有世界上最早的测雨器的记

载；田域类，田地面积问题；测望类，勾股、重差和其他测望问题；赋役类，均输及田赋、户役问题；钱谷类，谷物征购、运转及仓库问题；营建类，土木建筑施工问题；军旅类，兵营布置和军需供应问题；市易类，商品交换和利息问题。每类都是9个问题，共81个问题。《数书九章》问题之复杂，方法之高深都超过以往的著作，有的问题已知条件达88个，有的答案多至180个，反映南宋社会经济条件之翔实，不亚于《宋史·食货志》。同时，适应抗元战争的需要，设军旅类，其题目之多，方法之复杂，为中国数学史上所仅见。《数书九章》使用的最重要的方法是大衍总数术和正负开方术。这是两项领先于世界的重大成就。前者是在《孙子算经》“物不知数”问题的基础上，总结历法制定中计算上元积年的需要提出的系统的一次同余式组解法，其核心是大衍求一术；后者是以贾宪增乘开方法为主导的高次方程数值解法，有的方程高达10次。此外，《数书九章》有完整的小数记法；发展了刘徽开方不尽“求微数”的思想，以十进小数表示无理根的近似值；在刘徽互乘相除法基础上改进了线性方程组解法；提出了与海伦公式等价的三斜求积公式，等等。

10)《测圆海镜》

《测圆海镜》十二卷，元李冶(1192—1279)于1248年撰。金元数学家发展了《九章算术》勾股容圆问题，讨论了勾股形与圆的9种相切关系，称为洞渊九容。李冶以此为基础演绎成170个问题，取天临海镜之义，遂成《测圆海镜》。全部问题的问答都是同一圆城的直径，因此相同，但是题目各异。大多数问题都用天元术，即设未知数列出高次方程求解。《测圆海镜》是现存最早全面使用天元术的数学著作，这是该书的主要价值所在。天元式即今之多项式，列方程的过程含有天元多项式的加减乘除运算。该

书卷一首先给出了圆城图式,给出了 15 个勾股形与圆的图形关系,并用天、地、乾、坤、日、月等汉字表示点,是个创举。“总率名号”给出了各线段的名称,“识别杂记”则提出了 692 条命题,除 8 条外,都是正确的,反映了金元时代人们丰富的几何知识。这是全书的理论基础,卷二以后的 170 个问题都要用到这些知识。此外,本书有完整的小数记法。

11)《详解九章算法》

《详解九章算法》十二卷,1261 年南宋杨辉撰。杨辉取魏刘徽注、唐李淳风等注释、北宋贾宪细草的《九章算术》为底本,并对其中 80 题作详解,作为卷二~十,又撰图、乘除分别作为卷首、卷一,撰“九章纂类”作为卷末,凡十二卷。今卷首图,卷一乘除,卷二方田、卷三粟米、卷四衰分的衰分类及卷五商功的委粟类等内容已佚;卷四衰分的异乘同除类问题,卷五少广存现传《永乐大典》中,其余各卷存《宜稼堂丛书》本《详解九章算法》中。其卷二~十包括《九章算术》本文、刘徽注、李淳风等注释、贾宪细草、杨辉详解 5 种内容(前 3 种详见《九章算术》)。贾宪细草实际上就是《黄帝九章算经细草》,在《九章算术》的术文、例题及其刘、李注之后,提出了若干新的术(或法)及细草,进一步提高了《九章算术》的抽象程度,还设立了一些新的例题。其中“开方作法本源”即贾宪三角及其造法,与增乘开方法是两项具有世界意义的重大创造。杨辉的详解含题解、比类、注释等项内容。题解是对问题本身作一些说明,比类或取其应用对象不同而其算法相同的题目,或取其相似的问题作比附,所谓“僭比类题以通俗务”,其中最突出的是以各种垛积比类于商功章的多面体,实际上是二阶等差级数术和问题;“九章纂类”则将《九章算术》的方法与题目按其算法性质分成乘除、分率、合率、互换、衰分、叠积、盈不足、

方程、勾股 9 类,虽有不尽善之处,但首次突破了“九数”的格局,是个进步。

12)《杨辉算法》

《杨辉算法》七卷,南宋杨辉撰。是其后期著作《乘除通变本末》(1274 年)、《田亩比类乘除捷法》(1275 年)、《续古摘奇算法》(1275 年)的合集。《乘除通变本末》,又称《乘除通变算宝》三卷,各卷又各有卷名。卷上《算法通变本末》,首先给出了“习算纲目”,是一个从九九表到《九章算术》各种方法的教学计划,包括学习重点、学习方法与日程安排,是为中国数学教育史上的重要文献。还有垛积及乘除捷算法。卷中《乘除通变算宝》,是全书之主干,介绍各种捷算法及口诀。卷下《法算取用本末》为与史仲荣合编,是为阐发卷中而作。《田亩比类乘除捷法》二卷,系为推广北宋刘益《议古根源》(12 世纪)而作。《议古根源》以直田演段,《缀术》失传后,在中国数学史上首次引用负系数方程,并提出益积术与减从术等新的开方法。卷上提出了各种多边形面积公式,可以看作《九章算术》方田章的续篇。卷下批评了《五曹算经》的 3 个错误方法,接着引用了《议古根源》的 22 个题目,给出了解这些题目的图草,对读者理解刘益的方法大有裨益。《续古摘奇算法》二卷,与刘碧涧、丘虚谷合著。卷上是各种纵横图造法,卷下是各种算法口诀,尤其是海岛题解中在贾宪基础上总结出容横容直原理,在出入相补原理中特别有用。

13)《算学启蒙》

《算学启蒙》三卷。元朱世杰撰,1299 年刻于扬州。卷前为总括,列出归除歌诀、斤两化零歌、筹算识位制度、大小数进位法、正负数加减乘法法则、开方法则等 18 条预备知识。许多歌诀比杨辉的更加准确、完整,有的已与现代珠算口诀完全一致。全书

分为二十门,二五九问。卷上八门,一一三问,包括各种乘除捷算法和歌诀的应用题,以及各种比例算法。卷中七门,七一问,是面积、体积及各种算术问题。卷下五门,七五问,是关于分数运算、垛积术即高阶等差级数求和法、盈不足术、方程术即线性方程组解法、天元术及增乘开方法的应用题。全书将从乘除捷算法到天元术、增乘开方法等当时基本的数学知识系统化,有方法,有例题,由浅入深,是一部较好的启蒙教材。

14)《四元玉鉴》

《四元玉鉴》三卷。元朱世杰撰,1303年刊于扬州。本书继承发展了我国13世纪北方太行山两侧和南方长江中下游两个数学中心的数学成就,是中国传统数学乃至中世纪世界数学史上水平最高的著作。卷首列出今古开方会要之图(梯法七乘方即七增乘开八次方图、古法七乘方即九层贾宪三角图,2幅),四元(勾、股、弦、黄方即勾股和与弦之差)自乘演段之图,五和(弦与勾股差之和,勾股和,勾弦和,股弦和,弦与勾股和之和)自乘演段之图,五较(勾股差,股弦差、勾弦差,勾股和与弦之差,弦与勾股差之差)自乘演段之图等4种5幅图。又列出“四象细草假令之图”,给出了一气混元、二仪化元、三才运元、四象会元4个例题,分别是天元术(一元高次方程)、二元术(2元高次方程组)、三元术(3元高次方程组)、四元术(4元高次方程组)的解题模式,举例发凡,贯穿全书。本书分二六门,二八八问。卷上七门,七五问(包括假令细草),解决各种田亩面积、商功修筑、谷物容积及各种交换问题;卷中十门,一〇三问,有关各种复杂的面积、体积、勾股测望,以及垛积术、招差术的问题;卷下八门,一一〇问,解决各种更复杂的面积、体积、勾股、垛积及各种高深的数学问题。全书都用天元术、二元术、三元术与四元术解决,在世界上首

次提出了完整的高次方程组解法。许多问题在用天元术求解时，必须用到垛积术，因此，高阶等差级数求和成为本书的另一重要成就。书首所列出的贾宪三角用两组平行于两斜的平行线将各廉联结起来，表明了他的求和思路，也表明该书的一系列高阶等差级数求和公式形成了一个完整的体系。本书将高阶等差级数求和公式用于高次招差问题，在王恂、郭守敬三次招差基础上，给出了四次招差公式。并且从其结构看，朱世杰可以给出任意高次招差公式，成为全书最精彩的部分之一。

15)《算法统宗》

《算法统宗》十七卷。全名为《直指算法统宗》，明程大位撰，1592年刊刻。全书5959个应用题，大都采自传本数学著作，而以珠算术求解。卷一、二为数学术语之解释、大小数记法、珠算口诀等预备知识及其用法举例。卷三~十二为应用问题解法汇编，以《九章算术》章名命名，唯将“粟米”改为“粟布”；卷三方田记述了他创制的测量田地的丈量步车；卷六、七记载了珠算的开平方、开立方法。卷十三~十六为难题汇编，采用诗歌形式，意义隐晦。卷十七为杂法，是不能归于前几类的各种算法。最后附录“算经源流”，著录他所见闻的元丰（1078—1085）、绍兴（1131—1162）、淳熙（1174—1189）以来刻本数学著作51种，是极为宝贵的资料，可惜只有10余种流传到现在。本书的珠算术以定位、留头乘法、归除为重点，甚适合当时商业发展的需要，又由徽商带至全国，流入朝鲜、日本，一时风行海内外。清朝出版的珠算术书，多是本书的翻刻本或改编本，其流传之广泛、久远，在中国数学史上是罕见的，为珠算术的普及、发展发挥了巨大的作用。

16)《则古昔斋算学》

《则古昔斋算学》，清李善兰自编的数学、天文著作集，包括

《方圆阐幽》、《弧矢启秘》、《对数探源》、《垛积比类》、《四元解》、《麟德术解》、《椭圆正术解》、《椭圆新术》、《椭圆拾遗》、《火器真诀》、《对数尖锥变法解》、《级数回求》、《天算或问》等 13 种著作，凡二四卷。1869 年在南京刊刻。1845 年前完成的《方圆阐幽》等 3 部著作，创造尖锥求积术，在西方微积分学传入中国前，独立创造了几个相当于定积分的求积公式。《垛积比类》、《四元解》等都是朱世杰《四元玉鉴》工作的发展，对四元消法和高阶等差级数求和的研究，获得了相当于现代组合数学中的某些成果，其中李善兰恒等式在 20 世纪仍受到国际数学界的重视。有关椭圆的几部著作研究了天体的椭圆轨道运动，并用无穷级数求解开普勒方程。《麟德术解》是研究唐李淳风制定的历法的著作，《天算或问》回答了学生们的 20 个天文数学问题。

4. 物理、化学

1)《周易参同契》

《周易参同契》，东汉魏伯阳著。是我国和世界上现存最早的炼丹著作。作者用《周易》爻象的思想来论述炼制金丹的方法，把“大易”、“黄老”、“炉火”三家理法契合而一。作者认为，易经的理论、道家的哲学和金丹方术三者是统一的。书的内容既有内丹，也有外丹，但外丹的成分多于内丹。外丹是主要的，它的理论首先是与外丹结合。因此，它同时具有医学史和化学史的意义。内外丹结合，是中国炼丹术早期的特征之一。

2)《抱朴子内篇》

《抱朴子内篇》二十卷，东晋炼丹家葛洪的代表作。其中讲金丹的只有“金丹”、“仙药”、“黄白”三卷。“金丹”讲利用无机物质炼制所谓的长生仙丹。“仙药”讨论一些植物的“五艺”与延年益

寿。“黄白”讲人造黄金和白银。作者作了大量的金丹实验,从而熟悉了许多无机物质的组成和一些比较简单的化学反应,掌握了一些化学知识,成了中国金丹术发展中一个承前启后的人物。

3)《北山酒经》

《北山酒经》三卷,北宋朱肱著。是中国古代酿酒工艺的第一部篇幅较大、内容丰富的专著。上卷讲酿酒的起源、历代闻名的酒事以及酿酒技艺的演进。中卷集中介绍了酒曲的分类和具体制法。下卷对整个酿酒工艺作了详尽的记述。书中讲的内容与近代绍兴酒酿造方法基本一致。

4)《酒谱》

《酒谱》,北宋初年窦革著。全书分十二节,记述与酒有关的12个问题,类似于中国酒史的小百科。这十二节是:“酒之源”、“酒之名”、“酒之事”、“酒之功”、“温克”(饮酒应有节制)、“乱德”(酗酒乱德)、“诫失”、“神异”、“异域”(不同地区的酒和饮酒风俗)、“性味”(谈酒的生理功效)、“饮器”(酒具及其典故)、“酒令”。

5)《律学新说》

《律学新说》,明朝朱载堉撰。在此书中,记载了朱载堉在世界上首创十二等程律的理论。十二等程律朱氏称之为“新法密率”。“新法”是相对旧法即三分损益法而言;“密率”就是十二等程律的公比数,也是十二等程律的半音比例数。十二等程律完满地解决了律学上周而复始,旋宫转调的问题。这是音律学上的重大变革,奠定了近现代音乐发展的基石。

6)《物理小识》

《物理小识》十二卷,明朝末年方以智撰。内容涉及自然科学的许多部门。就物理学而言,即含有力学、光学、声学、热学、电磁

学等方面的内容。

7)《陶冶图说》

《陶冶图说》，清朝康熙、乾时期唐英著。是一部关于清朝陶瓷生产过程图文并茂的专著。全书有图 20 幅，对采石、制泥、淘炼泥土、炼灰、配釉、制造匣钵、制坯、采取和拣选青料、绘画、蘸釉、吹釉、成坯入窑、烧窑、洋彩、束草装桶等工序作了形象生动的记载。

8)《镜镜论痴》

《镜镜论痴》五卷，清朝中晚期郑复光著的光学专著。全书分明原、类镜、释圆、述作四部分。“明原”阐述几何光学的基本概念；“类镜”概述光学实验器械，介绍各种镜子的质地与性能；“释圆”阐述凹、凸透镜以及透镜组的成像规律；“述作”介绍 17 种光学仪器的构造、制作方法以及使用方法等。反映了当时中国几何光学的水平。

5. 地 学

1)《山海经》

《山海经》十八卷，作者不详，分三大部分：一是《五藏山经》，简称《山经》，五卷，成书最早，大约在春秋战国时代，地理价值最高，是中国最古老的地理著作。二是《海经》，八卷；三是《大荒经》，四卷，附《海内经》一卷。这两部分成于西汉。《山经》以山为纲，对黄河流域、长江中下游、珠江三角洲地区的地理现象进行综合描述。内容有地形、水文、气候、野生动植物、矿产、医药、民族、神话传说等。

2)《尚书·禹贡》

《尚书·禹贡》，作者不详，大约是战国时期的著作。全文由

“九州”、“导山”、“导水”和“五服”四个部分组成。是中国现存最古老的一部全国性区域志。“九州”部分依据河流、山脉、海洋作为天然界线,将全国分为九个区域(即九州),然后依次叙述九州内的地理内容。书中强调各地自然条件的差异,不仅山脉、河流、湖泽不同,而且气候、土壤、植被、物产也不同。它在记载九州土壤分布的同时,还记载土壤的分类和命名原则。这是中国第一部讲土壤分布和分类的著作,也是世界上最早的土壤地理著作。

3)放马滩出土的地图

1986年甘肃天水放马滩一号秦墓出土的地图,绘在木板上,一共7幅,属于小区域图,绘制时间为战国末年。图上已有方位、比例尺和统一的图例,相当准确,应是经实地测量后绘制的。内容相当丰富,有水系、山脉、分水岭、道路、关隘、居民点等。文字注记有山名、谷名、溪名、居民点和行政建制名、森林分布地区、道里数字、图的上下方位等。制图水平也是出色的。

4)《史记·货殖列传》

《史记·货殖列传》,是西汉司马迁首创的中国古代经济地理著作,描绘了两千年前中国经济地理的概貌。其主要观点有4个:一是讲经济是有规律的;二是发展经济能“上则富国,下则富家”,社会风气也会有好转;三是国家的统一促进了经济发展;四是全国各地的经济发展有地区差异,明确划分了关中、巴蜀、天水、陇西、北地、上郡、楚、越等经济区及其经济特点。

5)《汉书·地理志》

《汉书·地理志》,东汉班固著,是中国第一部以地理命名的著作,也是历代记述疆域政区的始祖。其体例为中国两千年来沿革地理著作树立了规范。内容有3项:一是叙述从黄帝时代至汉初这段时间疆域变迁概况,转录《禹贡》、《周礼·职方》的全文。二

是叙述汉朝地理,是该书的主体。记述了 103 个郡(国)和所辖的 1587 个县(道、邑、侯国)的建置沿革以及各郡县的户口数字、山川水泽、物产、水利设施、古今重要聚落、关塞和名胜古迹等。三是转录刘向的《域分》及朱赣的《风俗》。

6) 马王堆出土的地图

1973 年湖南长沙马王堆三号汉墓出土了 3 幅西汉地图,均绘在帛上,距今已 2100 多年。后经学者研究,取名为《地形图》、《驻军图》、《城邑图》。3 幅地图中,前两幅已基本复原,后一幅由于破损严重,至今还没有复原。《地形图》是以实测为基础的古地图,图上有方位、比例尺、统一的图例,绘有山脉、河流、居民点、道路等。图上主区的精度相当高。《驻军图》是世界上现存最早的彩色帛绘地图,其显著特点是用不同颜色区别不同的地理要素。

7) 裴秀的“制图六体”

西晋裴秀首创的制图理论“制图六体”,是中国古代传统制图学唯一的系统制图理论,影响所及,直至清代。所谓“制图六体”,就是绘制地图时必须遵守的六项原则,包括分率(比例尺)、准望(方位)、道里(地物之间人行道路里程)、高下、方邪、迂直(后三项是三种把道里换算成水平直线距离的方法)。这六项原则是互相联系,互相制约的,它把制图学中的主要问题都接触到了,其影响和意义都是非常大的。

8) 《水经注》

《水经注》四十卷,北魏郦道元著,是北魏空前的地理巨著。其地理学成就有 4 个方面:一是水文地理成就;二是地质地貌成就;三是生物地理成就;四是人文地理成就。此外,该书在历史学、民族学、考古学、碑版学、语言学、文学等方面也有突出的成就,是一座异常丰富的文化宝库。

9)《元和郡县志》

《元和郡县志》四二卷,唐朝中期李吉甫撰,是我国现存最早的一部地理总志。原书各卷首都附有图,北宋时图亡,书名由《元和郡县图志》改为《元和郡县志》。南宋时文字有缺佚,但仍保持四二卷的结构。宋以后,目录已佚,又缺了六卷,所以今天流传的只有三四卷。其内容是当时全国十道所属各府州县的等级、户乡数目、政区地名沿革、四至八到的方里、山川、开元与元和时的贡赋、盐铁、垦田、军事设施、古迹等。体例最善,对后世方志的编纂有很大影响。

10)《大唐西域记》

《大唐西域记》十二卷,唐朝初期佛教旅行家玄奘撰。记录玄奘游过的110个和传闻得知的28个以上的城邦、地区、国家的情况,其地理成就有四项:一是新的地理内容;二是对中亚、印度等国地理的记述,超过了以前任何著作;三是既有自然地理的内容,又有人文地理的内容;四是既有边疆地理,又有域外地理,是研究边疆和域外历史地理的重要文献。

11)《太平寰宇记》

《太平寰宇记》二〇〇卷,北宋初期乐史撰,是现存宋代5部全国总志之一。它以十道为纳,以州(军、监)为目,以县为子目,叙述政区沿革、四至八到、户数、风俗、姓氏、人物、土产、山川、名胜、关隘、道路、寺观等。它把历史与地理相结合,在中国方志史上起了里程碑的作用。

12)《徐霞客游记》

《徐霞客游记》十卷,明朝末年徐弘祖(别号霞客)著。这是一部以日记体裁写的游记,含有丰富的地学内容,涉及地貌、地质、水文、气候、生物地理、人文地理、民族、风俗等。它是中国岩溶地

貌巨著,论述的科学水平处于当时世界最高位置,领先世界各国约一百至二百年。

6. 农 学

1)《吕氏春秋》“上农”等四篇

《吕氏春秋》“上农”等四篇,是战国末年吕不韦组织门客写的农学论文。“上农”即“尚农”,论述重农抑商的政策,是我国现存最早的农业政策论文之一。其余三篇“任地”、“辩土”、“审时”是我国保存至今最早的农业技术论文,主要讲精耕细作的技术,如土壤耕作的原则和方法,播种方式和技术,中耕技术,重视与掌握农时等。

2)《齐民要术》

《齐民要术》十卷,北魏贾思勰撰,是我国现存最早、最完整的综合性农书。内容涉及农作物栽培、耕作技术、农具、畜牧、兽医、食物加工、蔬菜、果树、茶竹等。较系统地总结了六世纪以前黄河中、下游地区的农业经验,从耕种到农副产品加工,书中应有尽有,包罗万象。有人称它为中国古代的农业百科全书,是恰当的。

3)《四时纂要》

《四时纂要》,是唐朝中期韩鄂著的一部农家历式的农书。它广泛集中了农业生产和农家副业生产,以及日常生活所需的各方面应有尽有的知识,按月列举应做的事项。其中嫁树法、种大葫芦、种茶、种菌子、做麸豉、造蓝淀等技术,都是首次记载,有很高的历史文献价值。

4)《陈旉农书》

《陈旉农书》三卷,南宋陈旉著。它是我国现存最早论述南方

水稻地区农业生产技术和经营的农书。内容有农作物生产,经营原理和操作技术;养牛的重要性及养牛技术;种桑养蚕的技术。第一次明确提出了地力常新壮的思想,具有创新意义。

5)《农桑辑要》

《农桑辑要》七卷,是我国现存最早的官修农书。内容有典训、耕垦、播种、栽桑、养蚕、瓜菜果实、竹木药草、畜牧等。特别重视蚕桑,把它与农并列。它继承了以前几部农书的丰富遗产,博采经史诸子,资料丰富,但新添资料不多。

6)《王祯农书》

《王祯农书》三六卷,元朝王祯撰。全书分《农桑通诀》、《百谷谱》、《农器图谱》三大部分。《农桑通诀》相当于农业总论;《百谷谱》分论各种作物,除粮食、果树、蔬菜外,还包括林木、药材、食用菌栽培等,内容十分广泛。《农器图谱》是全书的重点,共二二卷,所述农器,除耕作、栽培用的工具外,还包括仓库、农车以及各种农田灌溉设施和纺织机具。它是我国古代有关农具最详的农书。

7)《农政全书》

《农政全书》六十卷,明朝晚期徐光启撰,是徐光启总结我国三千年来农业科学的成果,并吸收西方科学知识写成的。内容有农本、田制、农事、水利、农器、树艺、蚕桑、种植、牧养、制造、荒政等。其篇幅之大,超过《齐民要术》七倍,《王祯农书》六倍,是我国古代农书中篇幅最大的一部。

7. 生物学

1)《尔雅·释草》等七篇

《尔雅·释草》等七篇,是秦汉间的学者缀辑春秋战国秦汉旧

文而成。包括释草、释木、释虫、释鱼、释鸟、释兽、释畜。这7篇不仅著录了590多种动物和植物,指出它们的名称,而且还根据它们的形态特征,纳入了一定的分类系统之中。在大类之下,又进行更深一层的分类,即在每一大类中,往往把同一科属的动、植物编排在一起,还提出了“属”的概念,是两千多年前中国分类知识的一次飞跃。

2)《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》

《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》,三国吴人陆机著。原著已佚,今有罗振玉的辑本,分上下两卷。上卷描述植物90余种,下卷描述动物60余种。注释方式是先列出《诗经》中提到的生物句子,再解释其中的生物。内容包括动植物的别名、分布地点、形态特征和经济用途等。也解释一些古代生物学术语。在生物学史上占有重要地位。

3)《南方草木状》

《南方草木状》晋嵇含著。它是中国现存最早的地方植物志之一。共记植物80种,大多是亚热带植物。除少数从国外引进驯化的以外,主要生长于广东番禺、南海、合浦、林邑等地。作者根据植物的特征,描述了它们的形态、生境、用途和产地等。还首次记载了中国古代用黄猄蚁防治柑橘害虫的生物防治法。

4)《广志》

《广志》,西晋郭义恭著,是记述各地物产的著作。原书已佚,经后人辑出的有260多种,大部分与动植物有关。对生物产品的记载,包括名称、产地、形态、生态、习性、用途等,还首次记录了绿肥植物苕等。对经济作物的描述较重视生长节律,器官颜色,果实大小、构造、风味等。还注意比较不同产地的各种物产品质的优劣,对中国园艺学的发展有重要意义。

5)《竹谱》

《竹谱》一卷,晋朝戴凯之著,是中国现存最早的竹类专著。记录了我国南岭周围 70 多种竹类,描述了竹的形态和生理特征,竹的地理分布以及生境对竹的影响,竹子的用途和分类等,是一部很有生物学价值的竹类专著。

6)《埤雅》

《埤雅》二十卷,宋朝陆佃著。分释鱼、释兽、释鸟、释虫、释马、释木、释草、释天 8 部分,对动植物形态描述很仔细,还提到了獾与貉的共栖现象,提供了前人没有记述的材料,在生物学上有一定的价值。

7)《尔雅翼》

《尔雅翼》三二卷,南宋罗愿著。分释草、释木、释鸟、释兽、释虫、释鱼 6 大部分,其中记草名 120 种,木名 64 种,鸟名 58 种,兽名 85 种,虫名 40 种,鱼名 55 种,共计 422 种。作者把当时的书本知识与亲身经历和民间资料结合起来,对动植物的名实考证,较前人有较大发展。把动植物形态和分类的研究向前推进了一步。

8)《桐谱》

《桐谱》十篇,北宋陈翥著。这是我国和世界上最早论述桐树的科技著作。它从桐树的形态特征和生物学特征,到桐树的种类及其分类、苗木繁育、造林技术、幼林抚育,到采伐和加工利用,比较全面、系统地总结了北宋及以前种植和利用桐树的一整套经验。

9)《禽经》

《禽经》一卷,原题周代师旷撰,晋张华注。但从引文来看,一般都认为是唐宋间的托名之作,是中国最早的鸟类学著作。所记

鸟类有 70 多种,大多数鸟类名称和现在所知种类相符。记述内容有鸟类名称、形态特征、生理活动、生活习性和种类等。对鸟类的食性、筑巢、育雏、迁徙等复杂行为,以及鸟类活动与环境的关系也有记述。

10)《救荒本草》

《救荒本草》二卷,明朝朱橚著。它记述河南开封附近的各种野生可食植物 414 种,其中三分之二是以前本草书没有提到过的。书的编排方式是一页为图,一页为说明文字,颇类今天的地方植物志。书中插图是由画工绘制的,大多比较准确,有些相当逼真,因而提高了本书的植物学价值和实用价值。

11)《植物名实图考》

《植物名实图考》三八卷,清朝吴其濬著,是清代最好的植物学图谱和最好的植物学著作。全书记载植物 1714 种,每种植物都配有插图。其中谷类 52 种,蔬类 176 种,山草类 201 种,隰草类 284 种,石草类 98 种,水草类 37 种,蔓草类 235 种,毒草类 44 种,芳草类 71 种,群芳类 142 种,果类 102 种,木类 272 种。此书为纯学术性著作,开始摆脱单纯为实用而编写的目的。

8. 技 术

1)《蚕书》

《蚕书》北宋秦观撰,我国现存最早的有关养蚕与缫丝方法的专著。对缫车结构和缫丝工艺均有详细的记载。

2)《营造法式》

《营造法式》三四卷,北宋李诫主持编修。是官方制订的建筑设计、管理、施工技术专书。首二卷为总释和总例,第三卷为壕寨制度和石作制度,四五两卷是大木作制度,六~十一卷为小木作



制度。十二~十五卷依次有雕作、旋作、锯作、竹作、瓦作、泥作、彩画、砖作、窑作制度。十六~二五卷为诸作功限。二六~二八卷是诸作料例。最后六卷为诸作图样。它全面地总结了历代工匠的土木工程营造经验,确立了建筑造型的技术和艺术规则,管理制度,并影响到后世的建筑工程规范。

3)《梓人遗制》

《梓人遗制》宋末元初薛景石撰,是我国现存唯一的织机专著。原书已佚,《永乐大典》中辑入三卷,并有附图。第一卷讲各类纺车的制造法;其余两卷讲格子门和板门的制作方法。它与《营造法式》的有关内容既有区别,又可看出传承关系。

4)《多能鄙事》

《多能鄙事》十卷,元末明初刘基撰,是一部记述日常生活百科小知识的著作。其中第四卷里的“染色法”,记载了各种染色方法 13 条,包括染小红、枣褐、椒褐、明茶褐、暗茶褐、艾褐、荆褐、砖褐、青皂、用皂矾法、染白蒙丝布法、染铁骊布法、染皂巾法等。文中记述染料、助剂、用量和工艺过程尤其详细,是古代染色技术的珍贵史料。

5)《盐井图说》

《盐井图说》明朝中期马骥著,是现存第一部反映中国开采并盐的技术专著。内容有 4 个部分,一是相地凿井、固井的基本操作和所用工具;二是地下淡水、咸水的基本情况;三是架设天滚,用畜力提取咸水的设备和操作;四是打捞落物和淘井的操作要点及工具。

6)《天工开物》

《天工开物》三卷,明朝末期宋应星著,这是我国古代一部关于农业、手工业技术的百科全书。内容包括乃粒(五谷)、乃服(纺

织)、彰施(染色)、粹精(粮食加工)、作咸(制盐)、甘嗜(制糖)、陶埴(陶瓷)、冶铸(铸造)、舟车、锤锻、燔石、膏液(油脂)、杀青(造纸)、五金(冶金)、佳兵、丹青(朱墨)、曲蘖、珠玉。可见该书门类较多,技术范围较广,具有十分重要的价值。

7)《顺风相送》

《顺风相送》约成书于16世纪,作者不详。这是中国古代航海科技专著。内容包括气象观察,潮汐测量,指南针导航,天文导航,地文导航,测程测深,航线以及航线上的州府山形水势,岛礁等。反映了中国古代的航海科技水平。

8)《髹饰录》

《髹饰录》乾、坤两集,明朝漆工黄成著,是中国现存唯一的古代漆工专著。内容广泛,涉及髹饰历史,原料,工具,工艺技法,品种及漆工禁忌、过失等方面。它的价值有4个方面:一是研究漆工史的重要文献;二是为继承传统漆工艺提供了材料;三是为漆工艺提出了比较合理的分类;四是为漆器定名提供了比较可靠的依据。

9)《滇南矿厂图略》

《滇南矿厂图略》二卷,清代吴其濬著。这是中国古代保留至今关于传统矿业分布、开采、冶炼技术及管理制度的唯一专著。书后附有采矿技术、工器图,图文并茂。内容有金属矿与露头的相互关系,井巷及其支护形式,开凿、运输、通风、照明、排水及其工具、有色金属矿的性状和种类、炼炉结构及构筑方法、冶炼工具、银等金属冶炼技术、用工制度及各种管理章程等。



主要参考文献

参考书目

- 钱宝琮主编 《中国数学史》，科学出版社 1964 年。
- 杜石然等编著 《中国科学技术史稿》(上、下册)，科学出版社 1982 年。
- 黄世瑞著 《中国古代科学技术史纲——农学卷》，辽宁教育出版社 1996 年。
- 关增建、马芳著 《中国古代科学技术史纲——理化卷》，辽宁教育出版社 1996 年。
- 郭金彬著 《中国传统科学思想史论》，知识出版社 1993 年。
- 杨文衡等编著 《中国科技史话》(上、下册)，中国科学技术出版社 1988, 1990 年。
- 杨仲善、申先甲主编 《物理学思想史》，湖南教育出版社 1993 年。
- 中国农业科学院、南京农学院、中国农业遗产研究室编著 《中国农学史》(初稿，上、下册)，科学出版社 1959, 1984 年。
- 杨文衡主编 《世界地理学史》，吉林教育出版社 1994 年。
- 安金槐主编 《中国考古》，上海古籍出版社 1992 年。
- 容榕编著 《中国上古时期科学技术史话》，中国环境科学出版社 1990 年。
- 李兆华 《中国数学史》，台北明文书局 1995 年。



- 许顺湛著 《黄河文明的曙光》，中州古籍出版社 1993 年。
- 戴念祖著 《中国力学史》，河北教育出版社 1988 年。
- 曹元宇编著 《中国化学史话》，江苏科学技术出版社 1979 年。
- 中国天文学史整理研究小组编著 《中国天文学史》，科学出版社 1981 年。
- 陈久金等著 《彝族天文学史》，云南人民出版社 1984 年。
- 白寿彝总主编 《中国通史》，上海人民出版社 1989—1998 年。
- 吴浩坤等 《中国甲骨学史》，上海人民出版社 1985 年。
- 李约瑟 《中国科学技术史》(中译本 1—5 卷)，科学出版社 1978 年。
- 温少峰、袁庭栋 《殷墟卜辞研究——科学技术篇》，四川省社会科学出版社 1983 年。
- 戴念祖著 《中国声学史》，河北教育出版社 1994 年。
- 李璠著 《中国古代科技思想史稿》，陕西师范大学出版社 1995 年。
- 阎万英编著 《中国农业思想史》，中国农业出版社 1997 年。
- 孙中原著 《墨学通论》，辽宁教育出版社 1993 年。
- 周瀚光著 《中国古代科学方法研究》，华东师范大学出版社 1992 年。
- 董英哲著 《中国科学思想史》(上、下册)，陕西人民出版社 1990 年。



年。

董光璧著 《易学与科技》，沈阳出版社 1997 年。

袁翰青著 《中国化学史论文集》，生活·读书·新知三联书店 1956 年。

孟乃昌著 《道教与中国炼丹术》，北京燕山出版社 1993 年。

侯外庐主编 《中国思想通史》(1—4 卷)，人民出版社 1957, 1959 年。

郭金彬、李赞和 《中国数学源流》，福建教育出版社 1990 年。

勒生禾著 《中国历史地理文献概论》，山西人民出版社 1987 年。

中国硅酸盐学会编 《中国陶瓷史》，文物出版社 1982 年。

汪子春、程宝璋 《中国古代生物学》，山东教育出版社 1991 年。

蔡宾牟、袁运开主编 《物理学史讲义——中国古代部分》，高等教育出版社 1985 年。

黎难秋著 《中国科学文献翻译史稿》，中国科学技术大学出版社 1993 年。

赵匡华主编 《中国古代化学史研究》，北京大学出版社 1985 年。

杨根编 《徐寿和中国近代化学史》，科学技术文献出版社 1986 年。

赵璞珊著 《中国古代医学》，中华书局 1983 年。

苟萃华等著 《中国古代生物学史》，科学出版社 1989 年。



侯仁之主编 《中国古代地理学简史》，科学出版社 1962 年。

王成组著 《中国地理学史》上册，商务印书馆 1982 年。

中国科学院自然科学史研究所地学史组主编 《中国古代地理学史》，科学出版社 1984 年。

郭金彬、王渝生著 《自然科学史导论》，福建教育出版社 1988 年。

中国社会科学院历史研究所编 《1900—1980 八十年来史学书目》，中国社会科学出版社 1984 年。

夏纬瑛校释 《夏小正经文校释》，农业出版社 1981 年。

石声汉校点 《四民月令校注》，中华书局 1965 年。

容肇祖 月令的来源考，燕京学报，1935(18 期)：98—105 页。

杨宽 月令考，齐鲁学报，1941(2 期)：1—36 页。

钱宝琮 盖天说源流考，科学史集刊，1958(1 期)：29—46 页。

唐如川 张衡等浑天家的天圆地平说，科学史集刊，1962(4 期)：47—58 页。

席泽宗等 日心地动说在中国——纪念哥白尼诞生五百周年，中国科学，1973(3 期)：270—279 页。

席泽宗 宣夜说的形成和发展——中国古代的宇宙无限论，自然辩证法，1975(4 期)：70—85 页。

陈久金 《浑天仪注》非张衡所作考，社会科学战线，1981(3 期)：139—146 页。



- 王毓瑚 《中国农学书录》，农业出版社 1964 年。
- 郑文光等 《中国历史上的宇宙论》，人民出版社 1975 年。
- 郑文光 《中国天文学源流》，科学出版社 1979 年。
- 中国潮汐史料整理研究组 《中国古代潮汐论著选择》，科学出版社 1980 年。
- 游国恩主编 《天问纂义》，中华书局 1982 年。
- 陈遵妫 《中国天文学史》，上海人民出版社 1984 年。
- 张立文 《中国哲学范畴发展史(天道篇)》，中国人民大学出版社 1988 年。
- 关增建 《中国古代物理思想探索》，湖南教育出版社 1991 年。
- 江晓原 《天学真原》，辽宁教育出版社 1991 年。
- 饶宗颐 《梵学集》，上海古籍出版社 1993 年。
- 徐凤先 《中国古代异常天象观及其社会影响》，博士论文 1994 年。
- 祝亚平 《道家文化与科学》，博士论文 1994 年。
- 陈美东 观测实践与我国古代历法的演进，《历史研究》，1983(4 期)：85—97 页。
- 孙述圻等 论汉代的天地起源说，载中国天文学史文集编辑组编：《中国天文学史文集》，科学出版社 1983(3 期)：176—204 页。
- 王立兴 浑天说的地形观，载《中国天文学史文集》，科学出版社



1986(4期):126—148页。

李志超等 《灵宪》的天体物理思想,载方励之主编:《科学史论集》,中国科技大学出版社1987年,287—306页。

陈美东 《浑天仪注》为张衡所作辨——与陈久金同志商榷,载《中国天文学史文集》,科学出版社1989(5期):196—216页。

薄树人 再谈《周髀算经》中的盖天说,自然科学史研究,1989(4期):297—305页。

张光直 连续与破裂:一个文明起源新说的草稿,《中国青铜时代》二集,三联书店1990年。

石云里 中国传统地动说及其引起的分歧与论争,自然辩证法通讯,1992(1期):43—49页。

胡铁珠 《历学会通》中的宇宙模式,自然科学史研究,1992(3期):224—231页。

石云里 《襄有论》及其影响,载《中国天文学史文集》,科学出版社1994(6期):232—260页。

石云里 中国人借望远镜绘制的第一幅月面图,中国科技史料,1991年第4期。

江晓原 明清之际中国人对西方宇宙模型之研究及态度,载《近代中国科技史论集》台湾1991年。

李勇 中国古代恒星分野和分野式盘研究,自然科学史研究1992



年第1期。

杜石然主编 《中国古代科学家传记》，科学出版社1992年。

卢嘉锡总主编、金秋鹏主编 《中国科学技术史·人物卷》，科学出版社1998年。

杨文衡 《中华文化通志·地学志》，上海人民出版社1998年。

汪子春、范楚玉 《中华文化通志·农学与生物学志》，上海人民出版社1998年。

何堂坤、赵丰 《中华文化通志·纺织与矿冶志》，上海人民出版社1998年。

常青 《中华文化通志·建筑志》，上海人民出版社1998年。

戴念祖 《中华文化通志·物理与机械志》，上海人民出版社1998年。

周魁一、谭徐明 《中华文化通志·水利与交通志》，上海人民出版社1998年。

周嘉华、王治浩 《中华文化通志·化学与化工志》，上海人民出版社1998年。

卢嘉锡、路甬祥主编 《中国古代科学史纲》，河北科学技术出版社1998年。

韩增禄 《易学与建筑》，沈阳出版社1997年。

刘沛林 《风水——中国人的环境观》，上海三联书店1996年。



张岱年 《中国哲学大纲》，中国社会科学出版社 1982 年。

吴枫主编 《简明中国古籍辞典》，吉林文史出版社 1987 年。

陈江风 《天人合一——观念与华夏文化传统》，生活·读书·新知三联书店 1996 年。

李亚彬 《中国墨家》，宗教文化出版社 1996 年。

陆玉林、唐有伯 《中国阴阳家》，宗教文化出版社 1996 年。

陈丕显、张友渔总主编，马大猷主编 《中华大家读科技卷——中国文化的基本文献》，湖北人民出版社 1994 年。

葛荣晋 《王廷相和明代气学》，中华书局 1990 年。

(日)小野泽精一等编著、李庆译 《气的思想》，上海人民出版社 1990 年。

一丁等 《中国古代风水与建筑选址》，河北科学技术出版社 1996 年。

郭书春、刘钝主编 《李伊、钱宝琮科学史全集》10 卷，辽宁教育出版社 1998 年。

刘钝 《大哉言数》，辽宁教育出版社 1993 年。

郭书春 《中国古代数学》，山东教育出版社 1991 年。

郭书春 《古代世界数学泰斗刘徽》，山东科技出版社 1992 年。

郭书春译注 《九章算术》，辽宁教育出版社 1998 年。



阅读书目

- 《十三经注疏》，中华书局影印 1980 年。
- 国学整理社 《诸子集成》，中华书局 1954 年。
- 崇文书局 《百子全书》，浙江人民出版社 1984 年。
- 董仲舒 《春秋繁露》，四部备要子部(54 册)，中华书局 1936 年。
- 二十五史，上海古籍出版社和上海书店，1986 年。
- 钱宝琮校点 《算经十书》，中华书局 1963 年。
- 蔡邕 《蔡郎中外集》，四部备要子部(67 册)，中华书局 1936 年。
- 张揖 《广雅》，影印文渊阁四库全书(1184 册)，台湾商务印书馆 1983 年。(以下出版社与此同者，均简写为：四库全书(1184)等等。)
- 肖统 《文选》，中华书局 1977 年。
- 虞世南 《北堂书钞》，光绪十四年(1888)刻本。
- 欧阳询 《艺文类聚》，中华书局 1965 年。
- 徐坚 《初学记》，咸丰四年(1854)刻本。
- 道世 《法苑珠林》，四部丛刊初编子部，上海商务印书馆 1936 年。
- 李淳风 《乙巳占》，光绪三年(1877)刻本。
- 瞿县悉达 《唐开元占经》(影印本)，中国书店 1989 年。
- 李昉等 《文苑英华》，中华书局 1966 年。



- 李昉等 《太平御览》(影印本),中华书局 1960 年。
- 张君房 《云笈七签》,四部丛刊初编子部,上海商务印书馆 1936 年。
- 邵雍 《皇极经世书》,四库全书(803)。
- 张载 《张子全书》,四库全书(697)。
- 朱熹编 《二程遗书》,四库全书(698)。
- 沈括 《梦溪笔谈》,四库全书(862)。
- 李光地 《朱子全书》,康熙五十二年(1790)刻本。
- 郑樵 《通志》(影印本),浙江古籍出版社 1988 年。
- 王应麟 《玉海》,乾隆三年(1737)成都王氏用元刻本重刊本。
- 鲍云龙 《天原发微》,四库全书(806)。
- 陈栎 《定宇集》,四库全书(1205)。
- 吴澄 《吴文正集》,四库全书(1197)。
- 马端临 《文献通考》(影印本),浙江古籍出版社 1988 年。
- 俞琰 《书斋夜话》,四库全书(865)。
- 赵友钦著、王祎删定 《重修革象新书》,四库全书(786)。
- 许谦 《读书丛说》,四库全书(61)。
- 黄镇成 《尚书通考》,四库全书(62)。
- 杨维禎 《东维子集》,四库全书(1221)。
- 史伯璿 《管窺外篇》,四库全书(709)。



- 张九韶 《理学类编》，四库全书(709)。
- 唐顺之 《荆川稗编》，四库全书(953—955)。
- 孙穀 《古微书》，四库全书(194)。
- 邢云路 《古今律历考》，王云五主编：《丛书集成初编》(1311—1322册)，上海商务印书馆 1935—1937年。
- 朱毅堉 《律历融通》，四库全书(786)。
- 章潢 《图书编》，四库全书(968—972)。
- 杨光先 《不得已》，康熙三年(1664)抄本。
- 李先地 《榕村语录》，四库全书(725)。
- 王锡阐 《晓庵遗书》，木犀轩丛书刻本。
- 钦定 《古今图书集成历象汇编乾象典》(影印本)，上海中华书局 1934年。
- 揭宣 《璇玑遗述》，刻鹤斋丛书刻本。
- 严可均 《全上古三代秦汉三国六朝文》，中华书局 1958年。
- 马国翰 《玉函山房辑佚书》，光绪九年(1883)长沙榔嬛补校刻本。
- 侯失勒著、李善兰删述 《谈天》，咸丰九年(1859)墨海活字版。
- 康有为 《诸天讲》，中华书局 1990年。
- 老子 《道德经》。
- 《管子》。
- 庄周 《庄子》。



墨子 《墨经》。

荀况 《荀子》。

《山海经》。

屈原 《楚辞·天问》。

吕不韦等 《吕氏春秋》。

《黄帝内经》。

刘安等 《淮南子》。

陆贾 《新语》。

苏天爵 《元文类》。

刘向 《说苑》。

扬雄 《太玄经》。

桓谭 《新说》。

王充 《论衡》。

班固 《白虎通德论》。

徐干 《中论》。

《列子》。

葛洪 《抱朴子》。

庾信 《庾子山集》。

董诰等 《全唐文》。

《道藏》。



- 李如麓 《东园丛说》。
宋濂 《文宪集》。
庄元臣 《叔苴子》。
刘基 《郁离子》。
陆深 《玉堂漫笔》。
叶子奇 《草木子》。
王文禄 《海沂子》。
《计然万物录》，龙溪精舍丛书。
法显 《法显传》(又名《佛国记》)。
酈道元 《水经注》。
杨衒之 《洛阳伽蓝记》。
常璩 《华阳国志》。
《地镜图》。
玄奘 《大唐西域记》。
无名氏 《金石簿五九数诀》。见《道藏》第 589 册。
杜佑 《通典》。
杜环 《经行记》。
李吉甫 《元和郡县志》。
樊绰 《蛮书》。
刘恂 《岭表录异》。



- 黄子发 《相雨书》，大德八年(1304)刊本。
- 乐史 《太平寰宇记》。
- 宋敏求 《长安志》。
- 王存等 《元丰九域志》。
- 欧阳忞 《舆地广记》。
- 杜绾 《云林石谱》。
- 范成大 《桂海虞衡志》。
- 周去非 《岭外代答》。
- 赵汝适 《诸蕃志》。
- 丘处机、李志常 《长春真人西游记》。
- 耶律楚材 《西游录》。
- 潘昂霄 《河源志(记)》。
- 周达观 《真腊风土记》。
- 汪大渊 《岛夷志略》。
- 娄元礼 《田家五行》。
- 于钦 《齐乘》。
- 马欢 《瀛涯胜览》。
- 费信 《星槎胜览》。
- 巩珍 《西洋番国志》。
- 林有麟 《素园石谱》。四库全书·子部·谱录类。



- 张燮 《东西洋考》。
王士性 《广志绎》、《黔志》。
徐弘祖 《徐霞客游记》。
刘献廷 《广阳杂记》。
顾祖禹 《读史方舆纪要》。
顾炎武 《天下郡国利病书》、《肇域志》。
孙兰 《柳庭舆地隅说》。
郁永河 《采硫日记》。
陈伦炯 《海国闻见录》。
吴振臣 《宁古塔纪略》。
图理琛 《异域录》。
黄叔瓚 《台海使槎录》。
齐召南 《水道提纲》。
俞思谦 《海潮辑说》。
檀萃 《滇海虞衡志》。
谢清高 《海录》。
徐松 《西域水道记》。
《尚书·禹贡》。
《神农本草经》。
袁康 《越绝书》。



《周礼·考工记》。

崔豹 《古今注》。

葛洪 《神仙传》。

苏敬 《新修本草》。

梅彪 《石药尔雅》。见《道藏》第 588 册。又见《别下斋丛书》。

唐玄宗撰 《唐六典》。

李珣 《海药本草》。

莫休符 《桂林风土记》，《学海类编》本。

曾公亮 《武经总要》。

唐慎微 《证类本草》。

孟元老 《东京梦华录》。

吴自牧 《梦粱录》。

《宋会要辑稿》，北平图书馆影印 1933 年。

何逮 《春渚纪闻》。四库全书·子部·杂家类

陶宗仪 《南村辍耕录》。

许慎 《说文解字》。

刘熙 《释名》。

顾野王 《玉篇》。

陆佃 《埤雅》。

陆德明 《经典释文》。



- 陈仁玉 《兰谱》。
范成大 《菊谱》。
欧阳修 《牡丹谱》。
刘贡父 《芍药谱》。
沈立 《海棠谱》。
范秋 《梅谱》。
张翊 《花经》。
周叙 《洛阳花木记》。
叶廷桂 《香谱》。
戴凯之 《竹谱》。
范成大 《桂海草志》。
谭峭 《化书》，四库全书·子部·杂家类。
崔敦礼 《白言》，四库全书·子部·杂家类。
马竊 《中华古今注》，四库全书·子部·杂家类。
丘光庭 《兼明书》，四库全书·子部·杂家类。
李上交 《近事会元》，四库全书·子部·杂家类。
朱翌 《猗觉寮杂记》，四库全书·子部·杂家类。
周履靖编 《群物奇制》，丛书集成初编第 1345 本。
李时珍 《本草纲目》。
宋应星 《天工开物》。



- 谷应泰 《博物要览》，丛书集成初编第 1560 本。
- 陈霆 《两山墨谈》。
- 王圻、王思义 编辑 《三才图会》，上海古籍出版社 1988 年。
- 郁澹 《石品》，四库全书·子部·谱录类。
- 韩彦直 《橘录》。
- 蔡襄 《荔枝谱》。
- 范成大 《桂海果志》。
- 陈仁玉 《菌谱》。
- 陆羽 《茶经》。
- 毛文锡 《茶谱》。
- 陶弘景 《名医别录》。
- 魏伯阳 《周易参同契》。
- 罗欣 《物原》，丛书集成初编第 0182 本。
- 陈元龙 《格致镜原》。
- 汪汲 《事物原会》。
- 王桢 《王桢农书》。
- 杨维德 《荃原总录》。
- 路振 《九国志》。
- 周密 《武林旧事》。
- 陈元靓 《事林广记》。



- 邓玉函口授、王徵译 《远西奇器图说》。
方以智 《物理小识》。
郑复光 《镜镜论痴》。
吴悞 《丹房须知》。
贾思勰 《齐民要术》。
陶宗仪 《墨娥小录》。
赵学敏 《本草纲目拾遗》。
徐继畲 《瀛环志略》。
魏源 《海国图志》。
曹昭著、舒敏编、王佐增 《新增格古要论》。
黄衷 《海语》。
郎瑛 《七修类稿》。
曹学佺 《蜀中广记》。
邝露 《赤雅》。
谢肇淛 《滇略》。
黄宗羲 《今水经》。
屈大均 《广东新语》。
严如煜 《三省边防备览》。
吴其濬 《滇南矿厂图略》。
汜胜之 《汜胜之书》。



- 嵇含 《南方草木状》。
陆龟蒙 《耒耜经》。
韩鄂 《四时纂要》。
陈翥 《桐谱》。
陈旉 《陈旉农书》。
官修 《农桑辑要》。
马一龙 《农说》。
沈氏 《沈氏农书》。见《杨园先生集》。
张履祥 《补农书》。见《杨园先生集》。
刘应棠 《梭山农谱》。
潘曾沂 《潘丰豫庄本书》。
《康熙几暇格物编》。
杨岫 《知本提纲》。
李诫 《营造法式》。
茅元仪 《武备志》。
郑若曾 《筹海图编》。
徐兢 《宣和奉使高丽图经》。
朱或 《萍洲可谈》。
郭义恭 《广志》。
《周易》。



- 陆机 《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》。
罗愿 《尔雅翼》。
师旷 《禽经》。
朱楠 《救荒本草》。
吴其濬 《植物名实图考》。
秦观 《蚕书》。
薛景石 《梓人遗制》。
马骥 《盐井图说》。
《顺风相送》。
黄成 《髻饰录》。
徐光启 《农政全书》。
无名氏 《鸡谱》(乾隆丁未年抄本)。
《战国策》。
谭贞默 《谭子雕虫》。
皇甫访 《解颐新语》。
张松 《山蚕谱》。
王元之 《小畜集》。
周密 《癸辛杂识》。
段成式 《酉阳杂俎》。
苏轼 《东坡志林》。



- 潘之恒 《广菌谱》。
张谦德 《朱砂鱼谱》。
刘天和 《问水集》。
万恭 《治水筌蹄》。
潘季驯 《河防一览》。
靳辅 《治河方略》。
《周髀算经》。
刘徽 《九章算术注》。
王孝通 《缉古算经》。
杨辉 《杨辉算法》、《详解九章算法》。
秦九韶 《数书九章》。
李冶 《测圆海镜》。
吴敬 《九章算法比类大全》。
刘基 《多能鄙事》。
屠本峻 《闽中海错疏》。
陆容 《菽园杂记》。
王象晋 《群芳谱》。
程大位 《算法统宗》。
赵彦卫 《云麓漫钞》。
朱世杰 《四元玉鉴》。

后 记

1996年7月汤一介教授来函,邀我为他主编的《国学举要》八卷之一的“术”卷撰稿,我考虑再三,才答应接受这项颇为艰难而又很有意义的任务。

说它艰难,是因为我的专业知识太窄,而《国学举要·术卷》要求写国学中全部科学技术思想的学术内容,这对我来说是十分艰难的新任务。常言说得好,隔行如隔山。我这次接受任务,不仅是隔山,而且隔着大河,隔着海洋。为了跨山越海,达到彼岸,我只好求助于朋友和同事中的内行,先后邀请陈美东、郭书春两位博导为我撑腰,为我助威,以减少我的担心害怕心理。他们以豪爽的乐于助人的精神,满口答应,积极支持,承担了本卷中有关天文和数学思想的写作任务,并审阅“历史概要”中有关内容的稿件,提出修改意见,使本卷写作不仅顺利完成,而且质量得到了保证。在此,特向他们两位致以衷心的感谢。

说它很有意义,因为现在还没有像《国学举要》这么写的一套书,它反映了中国古代的学术思想精华,概括了中国传统的学术思想,给当代中国人提供了一套基本的、比较完整的国学读物,这对于把建设有中国特色的社会主义事业推向21世纪大有帮助。对于继承和发扬中华民族生生不息的人文精神也大有

裨益。

虽然 1996 年 7 月就接到了汤先生的邀请函,但真正由湖北教育出版社出面运作已是 1997 年 5 月了。这年 5 月 11 日在北京大学哲学系召开了首次三方(主编、出版社代表、作者)会议,确定了这套书的内容、规模、读者对象、体例、交提纲的时间、交定稿的时间等。提纲经过反复修改,于 1997 年 11 月基本敲定,进入写作准备阶段。4 个月后,1998 年 4 月进入写作阶段。由于社会活动、学术活动占用了一部分时间,因而写作断断续续,但时间抓得很紧,不敢有丝毫放松。常常是活动一结束,马上取笔写作,有时还要挑灯夜战,弄得老伴有意见,说我退了休比不退休还忙。就这样,花了将近一年半的时间把书稿写完。修改了两次之后定稿,向出版社交差。效果如何?等待广大读者评判。衷心希望读者批评指正,以匡谬误。

杨文衡

1999 年 10 月 5 日

封面
书名
版权
前言
目录
正文