



高等院校通识教育核心课程教材系列

自然科学史概要

林德宏 著



清华大学出版社

高等院校通识教育核心课程教材系列

自然科学史概要

林德宏 著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

这是一本概述自然科学发展史的书，从中国古代的盖天说叙述到霍金的量子宇宙论。古代科学比较简略，现代科学（如基本粒子研究、量子力学、相对论、现代宇宙学、弦理论、板块构造学说、分子生物学）比较详细。有全景式的鸟瞰，也有特写镜头。自然界的奥秘无比神奇，科学家的探索精彩纷呈，知识创新的过程引人入胜，这里有曲折的情节，也蕴含着深邃的哲理。科学家的奇思妙想和人格魅力融为一体，给读者以启迪。

本书适合于广大青年读者，尤其是文科大学生和研究生阅读。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目（CIP）数据

自然科学史概要/林德宏著. --北京：清华大学出版社，2010.9
（高等院校通识教育核心课程教材系列）
ISBN 978-7-302-22937-7

I. ①自… II. ①林… III. ①自然科学史-世界-高等学校-教材 IV. ①N091

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 101705 号

责任编辑：王巧珍

责任校对：宋玉莲

责任印制：孟凡玉

出版发行：清华大学出版社

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编：100084

社 总 机：010-62770175

邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：三河市金元印装有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：170×240 印 张：24.25 插 页：2 字 数：465 千字

版 次：2010 年 9 月第 1 版 印 次：2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数：1~4000

定 价：33.00 元

目 录

第一章 中国古代天文学	001
一、天地模型的探索	003
二、关于天象的认识	012
三、天文历法的制订	017
第二章 古希腊天文学	019
一、古希腊早期的天文学	020
二、毕达哥拉斯学派的天文学	024
三、亚里士多德的地心说	027
四、阿利斯塔克的日心说	032
五、托勒密的地心宇宙模型	034
第三章 哥白尼	037
一、哥白尼日心说的历史背景	038
二、哥白尼的研究方法	041
三、哥白尼日心说的基本内容	043
第四章 开普勒	045
一、布鲁诺	046
二、第谷	047
三、开普勒行星运动三定律	049
四、开普勒的研究方法	052
第五章 伽利略	055
一、用望远镜观察天体	056
二、用力学捍卫哥白尼学说	058
三、伽利略的力学研究	062
第六章 牛顿	067
一、从人手之力到自然之力	068
二、牛顿的动力学研究	071
三、牛顿的万有引力研究	072
四、牛顿的绝对时空观	076
五、牛顿的光学研究	077

六、牛顿力学的验证	079
第七章 从燃素说到氧化学说	085
一、斯塔尔的燃素说	086
二、布莱克与卡文迪什的发现	089
三、舍勒与普里斯特列的实验	091
四、拉瓦锡的氧化学说	095
五、对水的组成的认识	099
第八章 从热素说到热动说	103
一、热素说的基本观点	104
二、伦福德、戴维的实验	105
三、焦耳的热功当量	107
第九章 能量守恒与转化学说	109
一、用物力取代体力	110
二、永动机幻想的破灭	111
三、迈尔	112
四、赫尔姆霍茨	113
第十章 热力学	117
一、热机的应用	118
二、卡诺	119
三、热力学三定律	120
四、熵的概念	121
第十一章 电磁学	125
一、弗兰克林	126
二、吉尔伯特与库仑	127
三、奥斯特	128
四、安培	128
五、法拉第	129
六、麦克斯韦	133
七、赫兹	135
第十二章 19 世纪化学的三大成就	137
一、道尔顿的化学原子论	138
二、味勒人工合成尿素的实验	141
三、门捷列夫的化学元素周期律	143
四、惰性气体的发现	146
第十三章 银河系与河外星系的研究	149
一、超出太阳系	150

二、银河系概念的确立	156
三、宇宙岛之争	157
第十四章 近代地质学的三次大争论	163
一、化石本质的争论	164
二、水成论与火成论的争论	165
三、居维叶的地质激变论	168
四、赖尔的地质渐变论	171
第十五章 早期的生物进化论	177
一、亚里士多德的积微渐进论	178
二、林奈的物种不变论	179
三、预成论	180
四、沃尔夫、贝尔的发育论	182
五、布丰的原始类型	183
六、圣提雷尔的统一图案	184
七、居维叶的器官相关律	185
八、拉马克的用进废退论	187
第十六章 达尔文的物种进化论	191
一、贝格尔舰环球考察	192
二、人工选择的考察	195
三、功利主义选择观	196
四、自然选择学说	198
五、《物种起源》的写作与出版	201
六、人类的起源	203
第十七章 生命起源的探讨	207
一、自生论	208
二、微生物的发现	209
三、巴斯德的胚种论	212
第十八章 细胞学说	215
一、细胞的发现	216
二、施莱顿与施旺	217
三、微尔肖	219
第十九章 近代遗传学研究	221
一、孟德尔遗传定律	222
二、遗传物质的探索	225
第二十章 分子生物学的发展	229
一、孟德尔定律的重新发现	230

二、摩尔根的基因理论	231
三、核酸结构与功能的认识	233
四、DNA 双螺旋模型的提出	235
五、遗传密码的破译	237
六、人工生命研究	239
第二十一章 从大陆漂移说到板块构造学说	245
一、魏格纳的大陆漂移说	246
二、古地磁学研究	249
三、地幔对流说	250
四、海底扩张说	251
五、板块构造学说	252
第二十二章 狭义相对论	255
一、牛顿力学与电磁学的冲突	256
二、爱因斯坦的思想境界	260
三、狭义相对论的两个假设	264
四、时空测量的相对性	265
五、质能关系式	268
第二十三章 广义相对论	273
一、等效原理	274
二、光线的弯曲	276
三、空间的弯曲	277
四、惯性系与非惯性系的统一	279
五、新的引力理论	280
六、对相对论的歌颂与攻击	281
第二十四章 现代宇宙学	285
一、爱因斯坦的有限无边宇宙模型	286
二、弗里德曼的宇宙模型	289
三、哈勃定律	291
四、宇宙学原理	292
五、宇宙大爆炸模型	294
六、稳恒态宇宙模型	297
七、暗物质的探讨	299
第二十五章 原子结构与基本粒子研究	301
一、放射线与放射性元素的发现	302
二、电子的发现	305
三、卢瑟福原子模型	307

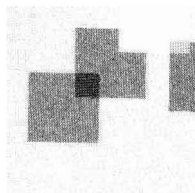
四、质子与中子的发现	309
五、汤川秀树的介子理论	311
六、狄拉克的反粒子理论	313
七、夸克模型	317
第二十六章 量子力学的发展	323
一、普朗克的能量子	324
二、爱因斯坦的光量子	327
三、玻尔的氢原子模型	331
四、德布洛依的物质波	333
五、量子力学的诞生	336
六、玻恩的统计解释	338
七、海森伯的测不准原理	341
八、玻尔的互补原理	343
九、爱因斯坦与哥本哈根学派的争论	344
十、薛定谔之猫	346
第二十七章 弦理论	351
一、多维空间的构想	353
二、弦理论的发展过程	355
三、弦理论的基本观点	360
四、对弦理论的不同评价	362
第二十八章 霍金	365
一、黑洞研究的历史	367
二、霍金的黑洞研究	369
三、霍金的膜理论	371
四、虫洞与时间旅行	372
后 记	380

第一章 中国古代天文学

一、天地模型的探索

二、关于天象的认识

三、天文历法的制订



天文学是最古老的学科。这颇令人奇怪：为何在时间、空间尺度上都很渺小的人，很早就对巨大时空尺度的天空发生了浓厚兴趣？人类世代更迭，为何却对此乐而不疲？原因有二：一是生存需要，这是物质需要；二是探索愿望，这是精神需要。远古人类最关心的是身边的食物，最好奇的是深邃的星空。功利心与好奇心常常纠缠在一起，食物与星空也有内在的联系。这是天文学研究的动机，也是整个自然科学研究的动机。

神话是古代科学的来源之一，日月星空、海洋大地都是创世神话（起源神话、自然神话）的主题。远古人类关于天地的观念，带有浓厚的神话色彩。

早在两千三百多年以前，中国诗人屈原就在诗篇《天问》中，提出了一连串关于天地起源的问题：“曰遂古之初，谁传道之？上下未形，何由考之？冥昭瞢暗，谁能极之？冯翼惟像，何以识之？明明暗暗，惟时何为？阴阳三合，何本何化？圜则九重，孰营度之？惟兹何功，孰初作之？”郭沫若把它译成白话文：

请问：关于远古的开头，谁个能够传授？

那时天地未分，能根据什么来考究？

那时是浑浑沌沌，谁个能够弄清？

有什么在回旋浮动，如何可以分明？

无底的黑暗生出光明，这样为的何故？

阴阳二气，渗合而生，它们的来历又从何处？

穹窿的天盖共有九层，是谁动手经营？

这样一个工程，何等伟大，谁个是最初的工人？^①

在中国的神话中，盘古是开天辟地的英雄。“天地浑沌如鸡子，盘古生其中。万八千岁，天地开辟，阳清为天，阴浊为地，盘古在其中，一日九变。神于天，圣于地。天日高一丈，地日厚一丈，盘古日长一丈。如此万八千岁，天数极高，地数极深，盘古极长。……故天去地九万里。”（《艺术类聚》卷一引《三五历记》）我国神农架一带流传的民间史诗《黑暗传》，对盘古的伟大创举做了生动的描述：“乾坤黑暗如鸡蛋，迷迷糊糊几千层。……盘古昏昏如梦醒，伸腿伸腰出地心。睁开眼睛抬头看，四面黑暗闷沉沉。站起身来把腰伸，一头碰得脑壳疼。天为锅来地为盆，青丝严缝扣得紧。盘古心中好纳闷，要把天地来劈分。”

盘古其实是人类的象征。有了人，宇宙便分为天和地。头顶为天，脚踏为地，人生活在天地之间。

^① 郭沫若：《屈原〈天问〉的译文》，载《人民文学》，1953年5月号。

一、天地模型的探索

天地是人类的父母，各个古老民族都有关于天地的神话，许多神话谈到大地的形状与太阳的东升西落，这同先民的生存关系密切，是最原始的地球观与宇宙观。古巴比伦人把宇宙比喻为一只大箱子，天是箱盖，地是底板。古迦勒底人想象大地如平板，中央是大陆，四周是海洋，海洋之外的陡峭山脉称为“世界之山”，支撑着天穹。古埃及神话说天像个帽子，平面大地漂在水上。有的埃及神话说平面大地由四根天柱支撑，星斗是用铁链悬挂在天上的灯。古希伯来人也认为大地是块平板。古印度神话说大地是平面圆盘，中央是抵天的苏迷卢山（又译为须弥山）。围绕苏迷卢山有九层环形山，其高度由中心向外侧依次递减。每两层环形山之间有一个环形大海，水平面高度相同。天也是个大圆盘，同大地平行。苏迷卢山正对着北极星。天上有一系列同心圆称为天轮，是日月星辰运行的轨道。据说这个模型起源于公元前5世纪的耆那教的传说，后为印度佛教所吸收。印度神话说宇宙最初是个金色的蛋，蛋壳裂开，上半部为天，下半部为地。守护神毗瑟拿化作一只大海龟，背上站着一头大象，大象驮着大地。海龟又站在作为水的象征的眼镜蛇上面。大地的周围全是水。

如何解释白昼与黑夜的交替？古希腊神话说太阳神驾驭着金色马车，从东到西在空中运行。古埃及神话有的说神仙乘车辇行驶在天空，有的说一条大河环绕大地，一艘大船载着太阳在河上往返于东西方。印度传说中的苏迷卢山其实就是喜马拉雅山，印度位于喜马拉雅山南部，因此印度位于世界的南方。白天太阳出现在喜马拉雅山南部，照耀着印度。夜晚太阳则隐藏在喜马拉雅山北部，所以印度一片黑暗。最有趣的是古迦勒底的神话，说大地下面有一条从东到西的又长又粗的管子，是太阳运行的通道。

天与地是各个古老民族所共同关心的课题，想法虽然幼稚，但却体现了人类的探索愿望。

在中国古代天文学中，有丰富的关于天地形状及位置的猜想。《晋书·天文志》写道：“古言天者有三家，一曰盖天，二曰宣夜，三曰浑天。”后又有昕天、穹天、安天三家，即所谓“论天六家”，若再加上王充的平天说，就有七家。但主要是盖天、浑天、宣夜三大家。“仰以观于天文，俯以察于地理。”“在天成象，在地成形。”对天象与地形的认识，就是古代人对宇宙的认识，对时间与空间的认识。他们关于天地形状与相互位置关系的模型，就是古代最早的宇宙模型。

古代科学是一种最初的专业知识。古代的专业知识来自生活常识。生活常识是人们在日常生活中自发甚至是不经意形成的感性经验。对古代常识的解释，便是古代的科学知识。常识来自经验，解释需要想象。神话是远古人类想象的结

晶，这种想象也是在生活常识的基础上进行的。关于自然的神话和关于常识的解释，经常交织在一起。经验与想象从一开始便是科学存在与发展的基础，这可以比喻为科学认识的天和地。经验似地，想象如天。

中国古代天文学家在思考天地形状与相互位置关系（即天地的空间形态）时，所具有的背景常识是：天在上，地在下，沿水平方向看天地连在一起，太阳晨升夕落，中午悬在空中。对这些常识需要做出解释。用常识来解释常识，是古代科学的第一阶段；用非常识来解释常识是古代科学发展的第二阶段。

中国古代的宇宙理论上属于古代天文学的第一阶段，用来解释上述常识的，是以下这些常识。重物往下落，古人认为物体有重量，所以会自发垂直下落，既不会向上，也不会沿别的方向移动。《墨经》说：“力，形之所以奋也。”“形”指具体的物体，“奋”是动的意思。力是使物体运动的原因。“重之谓。下，举，重奋也。”物体的下落和举起，都同重量有关。“挈，有力也。引，无力也。”向上举称“挈”，往下落谓“引”。举起物体需要用力，因为物体有重量。物体下落无需用力，也是因为重量的关系。古人认为凡物皆有体，有体就有重，有重就会自行直线下落。

水往低处流，水总是自发地从高处流向低处，而不会相反。当水成平面时，水就停止了流动。古时中国人大多生活在内陆，很少见到大海，缺乏水成曲面的直观。生活在地中海区域的古希腊人阿基米德，却把容器中的水面画成微微突起的曲线。清代数学家华蘅芳 1839 年在送表弟出洋的诗句中说：“经过赤道知冬暖，渐露青山识地圆。”在大海中航行，才看到了“渐露青山”，这同“冬暖”一样，都超出古代中原人的常识。

这样，一根垂直线，一根水平线，再加上太阳移动的一根曲线，古中国人就用这三根线编织出古代中国的第一个天地空间模型——盖天说。《晋书·天文志》说：“天圆如张盖，地方如棋局。”大地是方形平面，天是半球体，圆形的天盖在方形的大地上。

认识天地宇宙，首先是认识地，因为人们生活在地上。在古代中国人看来，重物下落说明上是上，下是下，上下界线绝对分明，只有把大地想象成平面，才会满足这个条件。水成平面恰恰是地平说的证明。

古人无法想象大地呈球形，因为这同常识相悖。若大地为球面，就会出现“对蹠人”，即脚底对着脚底站着的人们。那站在下半球的人岂不要掉下去？那里如何下雨？熟了的苹果又会落向何方？当然今人会说地球无所谓上下，但古人根据重物下落的常识，则认为地球有上半部与下半部之分。《易纬·凿乾度》曰：“不易者其位也。天在上，地在下。”

清初时，哥白尼学说已经诞生，可是仍有人坚持地平说。汤若望在中国宣传地球说，新安卫官生杨光先反驳汤若望：“请以楼为率，予顺立于楼板之上，若

望能倒立于楼板之下，则信有足心相对之国。……此可见大地之非圆也。”“今夫水，天下之至平者也，不平则流，平则止。则四旁及在下国土洼处之海水，不知何故得以不倾。……苟有在旁在下之国，居于平水之中，则西洋皆有鱼鳖，而若望不得为人矣。”（杨光先：《肇镜》，见《不得已》）反对的论据仍然是水至平，足心不能相对，如此而已。可谓言词尖刻，近乎谩骂。清代女科学家王贞仪 18 岁时曾在宣化知府的客厅里，听到一位老者对地球说的质疑：“现今中西天文学都已相信，我等所居之处，形同日、月，亦为一球体。既为球体，若吾等居其上方，则离吾较远之处者，岂不皆成斜立？而居圆球下方者，岂不皆要倾跌哉？此疑难敝人思索甚久，终不能解，现在大家谈天说地，特意提出来，愿闻赐教。”王贞仪答道：“人顶皆天，足履皆地。”^①她在《地圆说》一文中指出：地球四周皆为空间，没有绝对的上下之分。

为什么盖天说把大地比作正方形的棋盘？古人很少在上下方向运动，他们的生活空间实际上是二维空间，东西南北四个方向比上下两个方向更有现实意义。《尸子》曰“四方上下曰宇”，把上下同四方区别开来了。《墨经·经说》写道：“宇，莫东西家南北。”《诗经·商颂·玄鸟》说：“古帝命武汤，正域彼四方。”这都是强调四个方向。古代中国分封土地与建造城池一般皆为方形与矩形。《考工记》说：“匠人营国，方九里。”“笼罩四野”的民歌也讲的是“四野”。我们的祖先喜爱象形。用什么几何图形来表征这四个方向呢？当然是正方形。《易经》坤卦讲地，六二爻辞说“直、方、大”，认为大地平直方正。所以在我们祖先看来，用方形棋盘表征平面大地，是十分自然贴切的。《周髀算经》说大地是一个正方形，每边八十一万里，天顶高八万里。《尚书纬·考灵曜》写道：“从上临下八万里，天似圆覆，地以方载。”

相传大禹治水后，把中国分为九州。战国时邹衍认为这九州组成一个大州，大州也有九个。小九州指中国，大九州指天下。大九州的边界是八极，有八座高山。大小州的周围均是海水。这可能是根据“地方如棋局”所做的构想。

古中国人认为天同地一样，有体也有形。他们想象天是个半球形的曲面，太阳在半球面上从东向西移动。这样太阳的东升西落、中午悬在空中就得了令人信服的解释。那时古人没有球面、半球面的概念，就把半球面表述为“圆”，以圆形张盖作为天的象征。太阳从东方地平线升起，又从西方地平线落下，天地相连，这是因为天盖在地上的缘故。

盖天说模型可用“天圆地方”来概括。《周髀算经》载有周公与商高（勾股定律的发现者）的对话，商高说：“方属地，圆属天，天圆地方。”《淮南子》曰：“以天为盖，以地为舆。”李白诗：“故人西辞黄鹤楼，烟花三月下扬州。孤帆远

^① 徐伯春：《江苏古代科学家》，205 页，南京，江苏科学技术出版社，1983。

影碧空尽，唯见长江天际流。”看来李白相信盖天说。如果当时有人对李白说：“孟浩然一直往东走，最后会从西边来到你的背后。”这是连这位浪漫主义大诗人也无法想象的。

“天圆地方”在很长的历史时期，已经成为一种文化。庄子曰：“周闻之，儒者冠圜冠者，知天时；履句屨者，知地形。”（《庄子·田子方》）南北朝的一首民歌唱道：“天似穹庐，笼盖四野。”可见那时盖天说已相当普及。北京的天坛是圆形建筑，地坛则是方形建筑。小小的铜钱也是天圆地方的缩影。

盖天说是许多古老民族都曾提出过的想法，它的出现与流传是符合认识发展规律的。我国一些少数民族的歌谣与传说就有类似盖天说的记载。拉祜族的《牡帕密帕》说：“天像一个罩子，地像一块木板。”《苗族古歌》：“天刚刚生来，像个大撮箕；地刚刚生来，像张大晒席。”布依族神话《辟地撑天》：“天边靠着高山，天顶圆圆像把伞。”《梅葛》：“天像一把伞，地像一座轿。”

但盖天说也遇到了一些问题，同常识抵触，很难自圆其说。

例如，既然天圆地方，那圆形的天又如何盖在方形的大地上？在日常生活中，人们不可能为方形容器制造一个圆形盖子。天盖地不能盖得很吻合，那方形大地未被天盖到的四只角是一种什么状态。孔子的弟子曾参就发现了这个问题，他说：“天圆而地方，则是四角不揜也。”他的解决方法是把“形”改为“道”。“夫子曰：天道曰圆，地道曰方。”（《大戴礼记·曾子天圆》）形而上者谓之道，“形”与“道”怎能混为一谈？彝族史诗《查姆》认为天地要吻合：“地要造成簸箕样，天要造成箴帽圆。箴帽簸箕才合得拢，箴帽簸箕合成天和地。”鄂西神农架流传的民间史诗《黑暗传》说：“天为锅来地为盆，青丝严缝扣得紧。”的确，天盖地一定要严丝合缝，否则就不协调。

为了解决这个困难，有人就把天穹升到空中，不是天盖地，而是天高悬于地之上，这就不存在盖得是否吻合的问题了。后来出现的盖天说就属于这种模型。随着人们视野的不断扩大，人们逐渐认识到大面积的水面呈拱形，于是就把地平修改为地拱。《晋书·天文志》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，三光隐映，以为昼夜，天中高于外衡冬至日之所在六万里。北极下地高于外衡下地亦六万里。外衡高于北极下地二万里。天地隆高相从。日光地恒八万里。”天像斗笠，地像倒扣着的盘子，天地都呈拱形。“天中”指天穹的至高点，天穹下端的圆面称“外衡”，天中高于外衡六万里。“北极下地”指大地隆起的至高点，拱形大地下端的圆面称“外衡下地”，北极下地高于外衡下地六万里。外衡高于北极下地二万里，所以大地各处的天高均为八万里。这个盖天说模型有两处重大修改：一是从地方改为地圆，二是从天盖地改为天悬于大地之上空。这种模型实际已不能称为盖天说了。

这种“悬天论”模型又遇到了问题：天为何不掉下来？天既然有体，为何悬

而不落？古代中国有杞人忧天的故事，李白也有“杞国无事忧天倾”的诗句。有人把用柱子支撑屋顶的盖房子的经验搬到天文学中来，想象用八根擎天柱来支撑天穹，相传共工触倒的那座不周山就是其中之一，这种说法带有浓厚的神话色彩。可是其余七根擎天柱又竖在何处？这些高山真的能顶着天吗？屈原问：“天极焉如？八柱何当？”（《天问》）

现在保存下来的一些民族史诗、传记，常常是研究古代文化的“化石”。用柱子撑天也是我国少数民族普遍流传下来的说法。纳西族《创世纪》：“东边竖起白螺柱，南边竖起碧玉柱，西边竖起墨珠柱，北边竖起黄金柱，中央竖起一根撑天大铁柱。”彝族《阿细的先基》：“天上的阿底神，拿了四根金柱子，拿了四根银柱子，拿了四根铜柱子，拿了四根铁柱子，东边竖铜柱，南边竖金柱，西边竖铁柱，北边竖银柱。用柱子去抵天，把天抵得高高的。”《苗族史诗》说：在那茫茫的太初，支天用的是桦槁树，但支天天摇晃，一日要坍塌六回，最后用十二根金柱子来撑天。天若塌下来，就需要重新开天辟地。为了防止天地重新连体，苗族《创世大神和神子神孙》说巨神纳罗引勾用木柱撑天，不久木柱被虫蛀断，天塌了下来，他改用铁柱。不久铁柱生锈，天又塌了，他改用石柱。不久石柱断裂，天再次下塌。他使用四足撑天。瑶族神话《密洛陀》说，密洛陀用“师傅”的手足顶着天的四角。在彝族《梅葛》中，撑天柱是虎骨。在布朗族神话《顾米亚》中，撑天柱是犀牛骨。布依族则设想用大楠竹撑天。国外埃及与巴比伦的神话也有高山撑天之说，埃及神话中还有女神用四肢撑天的故事。

此外，按照盖天说，大地下面并没有什么空间，那太阳傍晚在西边地平线落下后，第二天又是如何跑到东边去的？太阳的通道在哪里？太阳在哪儿过夜？它穿过地下时为何火焰不熄灭？屈原又问：“角宿未旦，曜灵安藏？”盖天说无法回答这些来自常识的问题。

王充的天平说则提出了一种解释，他认为“天平正与地无异”，即天与地是两个平行的平面。“今望天之四边若下者，非也、远也。”看遥远的天与地，以为天地相连，这是错觉。“今视日入，非人也，亦远也。”（《论衡·说日》）傍晚太阳并未落入地平线，只是因为太远，我们看不见的缘故。古希腊学者也有类似的想法。阿那克西美尼认为太阳并未入地，而是在天空环行。克塞诺芬尼认为太阳环行于上空，每日清晨开始燃烧，傍晚熄灭。亚里士多德在《气象学》中写道：“许多古代的气象学家认为，有些迹象表明，大地的北部是比较高的。他们相信，太阳并不是在大地的下面通过，而是绕着大地的北部旋转，因为那里高，挡住了太阳，就成为黑夜。”^①古迦勒底人提出了“大地隧道”的设想。

太阳在哪儿过夜的问题，对于盖天说来是致命的，可是浑天说却巧妙地化解

^① 汪子嵩：《希腊哲学史》，235页，北京，人民出版社，1988。

了这个难题。

东汉天文学家张衡说：“浑天如鸡子。天体圆如弹丸，地如鸡中黄，弧居于内，天大而地小。天表里有水，天之包地，犹壳之裹黄。天地各乘气而立，载水而浮。”（《浑天仪图注》）三国时的王蕃说：“天地之体，犹如鸟卵，天包于地外，犹卵之裹黄。周端无施，其形浑浑然，故曰浑天。其术以为天半覆地上，半在地下，其南北极持其两端，其天与日月星宿斜而回转。”（《浑天象说》）天地像只鸡蛋，蛋壳是天，蛋黄是地，天包着地。同盖天说相比，浑天说对天地形状的认识从二维的面到三维的体，天的形状从半个球面到完整的天球，地的形状从正方形平面到圆球，天地关系从天盖地到天包地。

浑天说究竟如何想象大地的形状，科学史界有不同的理解。张衡在《灵宪》中说：“八极之维，径二亿三万二千三百里，南北则短减千里，东西则广增千里。自地至天，半于八极，则地之深亦如之。”有的学者认为从这句话来看，张衡认为大地像半球上的切面。

浑天说的精髓是把天看作一个完整的球，太阳在天球上运转。这就排除了太阳在地下过夜的困难，同样能解释太阳的东升西落。人们看到二十八宿一个接一个地经过南中天，角宿开头，最后是轸宿，接着又是角宿，这有助于形成天球的观念。《吕氏春秋·圆道》说：“二十八宿，轸与角宿，圆道也。”汉代《尔雅·释天》说天球的直径是三十八万七千里，这比张衡估计的“八极之维”要小多了。

浑天说的另一个具有重要意义的观点，是认为大地也呈球形。在中国历史上，最早提出地球观念的是谁？可能是战国时的惠施。惠施的著作全无存留，我们只能在《庄子》中看到他的几个命题，含义不很明确，常使人费解。如“南方无穷而有穷”，“我知天下之中央，燕之北，越之南是也”，“天与地卑，山与泽平”。天下的中央怎么会在北国之北，南国之南呢？在许多人看来这不仅违背常识，而且为常理所不容，纯属诡辩。但胡适先生认为，若用大地球形的观念来解释这三个命题，那就很好理解了，胡适在《中国古代哲学史》第八编第四章中说：“当时的学者，不但知道地是动的，并且知道地是圆的。”“因为地圆，所以南方可以说有穷，可以说无穷，是地的真形。”“燕在北，越在南。因为地是圆的，所以无论哪一点，无论是北国之北，南国之南，都可说是中央。”“惠施空间，似乎含有地圆和地动的道理……如‘天与地卑，山与泽平’，更明显了。地圆旋转，故上面有天，下面还有天；上面有泽，下面还有山。”^①

在中国神话中也有类似浑天说的叙述。有则汉族神话说：“老早老早以前，没天，没地，没日，也没夜，通天下就像个硕大硕大的大鸡子。大鸡子里头是鸡

^① 胡适：《中国古代哲学史》，205页，合肥，安徽教育出版社，2006。

子黄，中间是鸡子清，外头包着个石硬石硬的鸡子壳。”鸡子黄里孵出个盘古，“把个鸡子壳给砸了个稀烂，鸡子清、鸡子黄都流出来了。鸡子清轻，浮在上面变成了天，鸡子黄重，沉在下面变作了地；鸡子壳呢，被盘古砸了个末末碎，都杂到清和黄里去了。杂在黄里的变成了岩石，杂在清里的就变成了星星，鸡子清中杂有两块稍大的碎壳，一块变作日头，一块变作月亮”。^①盘古不受硬壳的束缚，从而创造了日月星辰。唐代欧阳询等人撰写的《艺文类聚》也说：“天地浑沌如鸡子，盘古生其中。”

古中国学者对日月星辰的形状也做了猜测。战国时的慎到说：“天体如弹丸。”此处的“天体”若指“天的体”，那就只有弹丸之地，太小了。若同今日所说的天体相近，那日月星辰看起来就如同弹丸，这同常识没有尖锐的矛盾。西汉后期的京房说：“先师以为，日似弹丸，月似镜体。或以为月也似弹丸。”（《尔雅注疏》卷六《释天》注引，见《十三经注疏》）三国时的姜岌说：“星月及日，体质皆圆，非如圆镜，当如丸矣。”（瞿昙悉达《开元占经》）

浑天说虽然比盖天说前进了一大步，但也有一些问题，这些问题仍然是来自常识的诘难。地球孤居于天球之内，为何不下坠？盖天说的主要困难是如何撑天，浑天说的主要困难则是撑地。明清之际著名哲学家王夫之驳斥浑天说时说：“浑天家言天地如鸡卵，地处天中犹卵黄。黄虽重浊，白虽轻清，而自能涵黄使不坠于一隅尔，非谓地之果为而圆如弹丸也。利玛窦至中国而闻其说，执滞而得其语外之意，遂谓地形之果如弹丸，因此其小慧附之，而为地球之象。”（《思问录》）如果说古人对天以及日月星辰的体积、重量没有感性认识，对地球之大则有切身体会，所以“忧地”是个严重的问题。

为了摆脱困境，有人就想象用柱子撑地。明代王廷相认为前人说的那八根大柱不是擎天柱，而是撑地柱。清代丁晏在《楚辞天问笺》中引经据典证明八柱确实在地下。

张衡对这个问题的回答是：“天地各乘气而立，载水而浮。”他引进了气的概念，并想象地球的上半部浮于水上，处于气中，下半部则在水下。初唐诗人杨炯在《浑天赋》中说：“天若倚盖，地若浮舟。”司马光童时把水注入深洞，使球上浮而取出的故事，表明水可浮物是连孩子都知道的常识。明代黄润玉还用实物来展示这种天地模型。他在《海涵万象录》中写道：“予幼时戏将猪尿胞盛半胞水，置一大干泥丸于内，用气吹满胞毕。见水在胞底，泥丸在中，其气运动如云，是即天地之形状也。”

人们不难发现，浑天说的天地模型还有两个疑点。其一，若地球浮于水面，这岂不是说我们只能生活在露出水面的地球上半部？这对浑天说并不构成挑战。

^① 陶阳、钟秀编：《中国神话》，1页，上海，上海文艺出版社，1990。