



ZOUJINTIANWENXUE

走进天文学

钟大新 著



山西出版传媒集团
山西人民出版社

ZOUJIN TIANWENXUE

走进天文学

钟大新 著



山西出版传媒集团
山西人民出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

走进天文学 / 钟大新著. —太原: 山西人民出版社,
2012. 7

ISBN 978 - 7 - 203 - 07750 - 3

I. ①走… II. ①钟… III. ①天文学 - 普及读物
IV. ① P 1 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 101548 号

走进天文学

著 者: 钟大新
责任编辑: 梁晋华
助理编辑: 张 洁
装帧设计: 段振亮

出 版 者: 山西出版传媒集团·山西人民出版社
地 址: 太原市建设南路 21 号
邮 编: 030012
发行营销: 0351 - 4922220 4955996 4956039
0351 - 4922127 (传真) 4956038 (邮购)
E - mail: sxskecb@163.com 发行部
sxskecb@126.com 总编室
网 址: www.sxskecb.com

经 销 者: 山西出版传媒集团·山西人民出版社
承 印 者: 山西出版传媒集团·山西新华印业有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16
印 张: 18.5
字 数: 300 千字
印 数: 1 - 5 000 册
版 次: 2012 年 7 月第 1 版
印 次: 2012 年 7 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978 - 7 - 203 - 07750 - 3
定 价: 35.00 元

如有印装质量问题请与本社联系调换

前言

天文学是研究天体和宇宙的科学。它与数学、物理学、化学、地理学、生物学共同组成自然科学的六大基础学科。这六大基础学科通常简称为数理化天地生。目前,我国的中小学尚未单独开设天文课,只是在高中地理课中讲到一些有关宇宙与地球的知识,但其重点是讲与地球运动相关的知识,因为它是整个教材的难点,亦是历年来高考命题的重点。

正如著名的科普作家萨根所说,人类的未来取决于我们对这个宇宙理解的程度。学习天文知识,不仅有助于人们了解天体和宇宙的奥秘,而且有助于人们树立科学的宇宙观。在人类进入航天飞行的时代,如果一个人对现代天文学的伟大成就一无所知,他就不能算受过完整的现代教育。正因为如此,世界上不少国家把天文学列入中小学课程。自古以来,博学之士都是“上知天文,下知地理”。天文学的基本知识对于每一位关心人类未来、有志于不断提高自己科学素养的现代人,都是值得学习的,对于肩负我们祖国未来希望的青少年学生与从事青少年教育工作的中小学教师来说更是如此。

上海天文台前台长、中科院院士、著名天文学家叶叔华先生在谈到天文科普工作时指出:“天文学和其它科学一样不仅是知识本体,更重要的是一种思维方法。”“让天文学从神秘高深的科学殿堂里走出来,成为人们生活中不可缺少的一部分,以达到净化精神、陶冶情操、提升素质的目的。这是历史和社会赋予天文学家、推广教育人士、科普工作者以及所有具有天文知识的人的崇高责任和义务。”

本书为青少年学生、中小学教师和有志于不断提高自己科学素养的人们选修天文学而编写,着重介绍天文学的基础知识,并具有以下几个特点:

(1)本书由近及远地介绍从地球到宇宙各个层次的天体系统,着重介绍中学

教学大纲所要求掌握的天文知识,并对这方面的知识作了扩充和提升。

(2)本书虽谈不上图文并茂,但力求多用图表,尽可能多配一些精美的插图,以有助于读者对知识的理解,增加对阅读本书的兴趣。

(3)本书对有关月全食的时间和银河系的质量等天文学问题没有省略求解所必需的计算过程,旨在有助于我们的读者,特别是中学生了解,有不少看似难度很大的天文学重要问题是可以中学的数学物理知识巧妙解决的,从而更自觉地通过对天文知识的学习促进对中学数学物理的学习。

本书的编写历时多年,几经易稿。中国天文学会前常务理事兼普及工作委员会主任、北京天文馆前馆长崔振华研究员和天津市天文学会专家组组长林愿先生为本书的编写提供了许多精美的插图和所需的文字资料,并对书稿进行了审阅、校对和修改。本书的编写还曾得到天津市天文学会资深天文专家厉国青先生、刘玉仁先生、虞志球先生、史志成先生和天津科技大学朱献松副教授、前中国天文学会普委会委员许慧麟老师、天津市地理教研室主任王丽老师、天津市天文学会理事长闫为国老师、副理事长李梅丛老师、天津科技馆天文办公室的领导和工作人员以及北京师范大学天文系的许多同学校友的帮助、指点和鼓励。在此,一并致以谢意。

由于编著者自身水平所限,再加上科学本身在日新月异地发展,书中必有不少不足和不当之处,敬请前辈、同行和读者批评指正。

钟大新

2011年12月

目 录

第一章 绪 论

§ 1.1 天文学简介	3
§ 1.2 人类怎样认识宇宙	8
§ 1.3 地理坐标系与天球坐标系	16
§ 1.4 天体辐射与天文观测	23
§ 1.5 天文观测的第一步:认识星空	30

第二章 地月系

§ 2.1 宇宙中的地球	45
§ 2.2 地球的自转运动及其相关现象	55
§ 2.3 地球的公转运动及其相关现象	64
§ 2.4 极移、岁差和章动	76
§ 2.5 月球概况	79
§ 2.6 趣谈科学赏月	91
§ 2.7 潮汐	99
§ 2.8 时间、历法、干支纪法与节气	102

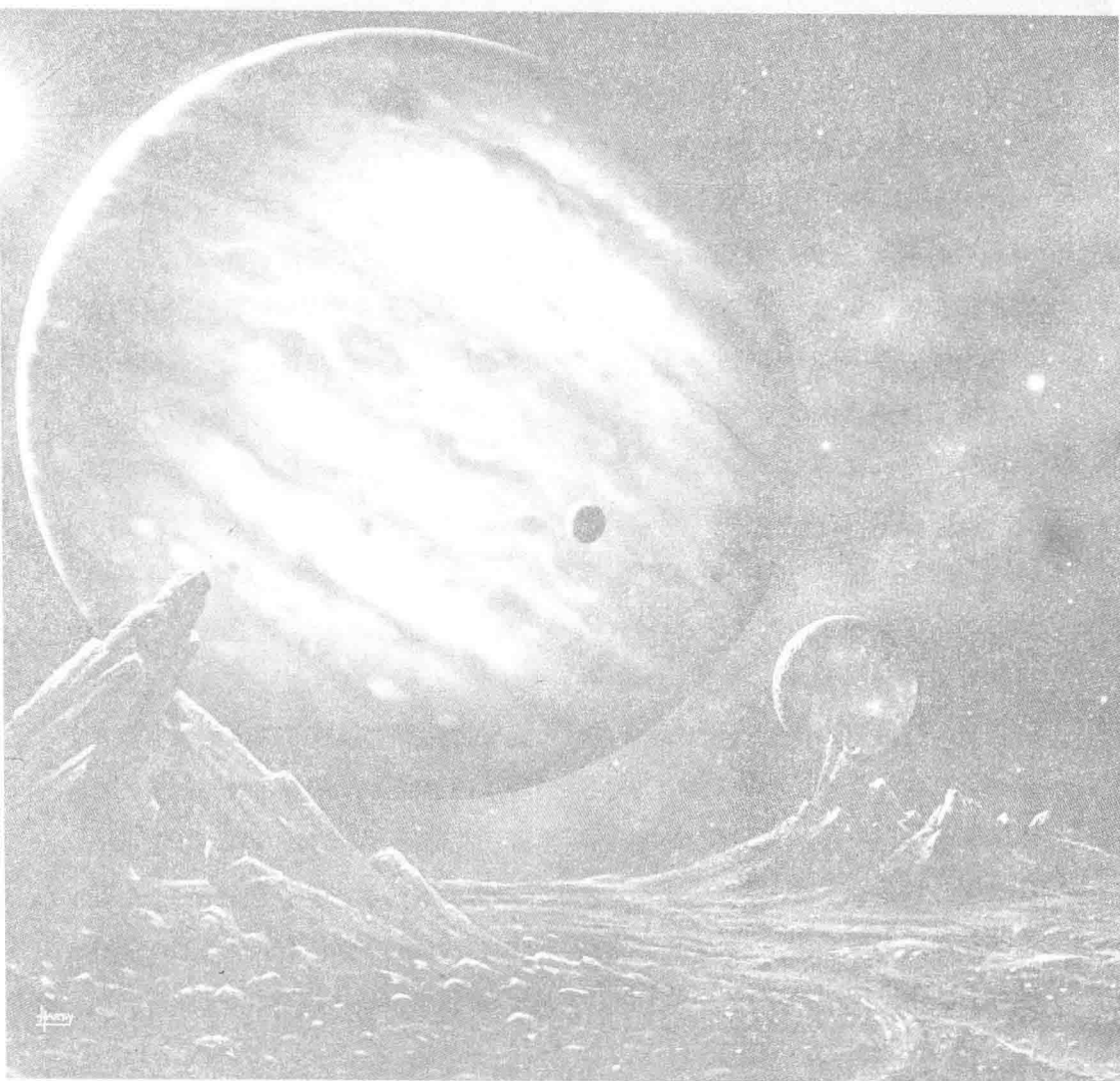
第三章 太阳系

§ 3.1 太阳系概貌与太阳系行星重新定义	115
§ 3.2 太阳	121
§ 3.3 地内行星	132
§ 3.4 最近的地外行星:红色的火星	140
§ 3.5 巨行星	149

§ 3.6 远日行星与矮行星	160
§ 3.7 太阳系的小天体	168
§ 3.8 日食和月食	183
§ 3.9 太阳系的起源和演化	194
 第四章 恒星、星云与星系	
§ 4.1 恒星概说	203
§ 4.2 恒星的一生	210
§ 4.3 星云	216
§ 4.4 银河系	223
§ 4.5 河外星系	228
§ 4.6 星系的分布	235
 第五章 宇宙学与对宇宙的新探索	
§ 5.1 宇宙学概说	241
§ 5.2 宇宙的起源、演化与未来走向	252
§ 5.3 运用航天技术,叩开宇宙之门	255
§ 5.4 探索地外生命与地外文明	261
 附录一:天文常数与相关常数	
1.1 物理常数	275
1.2 时间	275
1.3 数学常数	276
1.4 物理量的单位与符号	277
1.5 单位的换算	277
 附录二:太阳系主要天体数据	
2.1 太阳、地球与月球的常用数据	278

2.2 八大行星与冥王星的物理参数	279
2.3 太阳系的主要卫星	280
2.4 四颗最大的小行星	280
2.5 出现过 10 次以上的周期彗星	281
2.6 夜间出现的流星群	281
附录三:星座与亮星	282
3.1 全天 88 个星座表	282
3.2 最亮的 21 颗恒星	284
主要参考文献	286

第一章 绪论



§ 1.1 天文学简介

什么是天文学?天文学是一门研究天体和宇宙的科学,它研究天体的分布、位置、运动规律、化学组成和物理状态以及天体和宇宙的结构与演化。下面分别对天文学的研究对象、天文学的分支学科和研究天文学的意义作简要介绍。

一、天文学的研究对象

从研究对象看,天文学研究涉及宇宙空间中的各类天体和其他宇宙物质以及整个宇宙。什么是宇宙?《淮南子·原道训》注曰:“四方上下曰宇,古往今来曰宙,以喻万物。”用现代科学术语来说,宇就是空间,宙就是时间。宇宙就是客观存在的物质世界,通常作为天地万物的总称。什么是宇宙空间?宇宙空间是指地球大气层外广袤无垠的空间,即通常所称的太空。什么是天体?天体是指太空中的切实体,既包括在太空中运行的日月星辰等自然天体,又包括人造卫星和太空站那样的人造天体。

就自然天体而言,通常可由近及远将其分为三个层次:(1)太阳系中的天体:包括太阳、行星、矮行星、卫星、小行星、彗星、流星体等。(2)银河系中的天体:包括恒星、星团、星云等。(3)在银河系外还有无数与银河系相似的河外星系及其所组成的星系团和超星系团等。除了天体之外,天文学也探测和研究处于行星间和星系间的弥漫物质和各种辐射流以及作为物质存在形式的电磁场和引力场等。

人类居住的地球是太阳系的八大行星之一,也是一个运行于宇宙空间中的天体。天文学也研究地球,但研究的角度和内容与地球科学的各专门学科有所不同。天文学是把地球作为一颗代表性的行星研究的,是用天文方法来研究地球的有关问题。地球科学各学科(如地质学、地理学、气象学等)则专门从事地球某方面问题的研究。常有人把天文现象与地球大气现象混为一谈,把天文学与气象学

混淆起来。其实,气象学属地球科学,它的研究对象是地球大气层中的各种物理过程及变化规律,而天文学则以地球大气层之外的天体作为研究对象。所以,预报天气的阴晴冷暖风霜雨雪是气象部门的事,而预报太阳活动、日食、月食、彗星和流星雨是天文部门的事。

宇宙中的天体具有多样性。它们在大小、质量、光度、温度、变化规律等方面有很大差别。天文学的研究对象具备地面实验室难以达到的条件,诸如高真空、高密度、高强磁场、高强引力场、超高温、超高速、超高能量等,提供了人类发现与验证自然法则的无法模拟的场所。

天文学研究对象的一个重要方面,就是由各种天体组成的天体系统。首先要指出的是,形成天体系统的天体之间必须具有相互吸引和相互绕转的关系,否则就不能称为天体系统。例如,地月系就是由地球和围绕地球运转的月球所组成的天体系统。猎户星座、北斗七星都不是天体系统,单独一个天体也不能构成天体系统。其次,天体系统有大有小,分为不同的层次,由低往高排列依次为地月系、太阳系、银河系、星系团、超星系团、总星系。

现代天文学不仅研究宇宙中的各类天体及其所组成的天体系统,而且还研究其他宇宙物质形态和整个宇宙。从我们的天文观察已经知道,我们人类能感受到的常规物质的能量,只占整个宇宙能量的 4%,其他 96% 的能量是由我们所不了解的暗物质和暗能量构成的。

暗物质是指那些不发射任何光及电磁辐射的物质。暗物质对所有我们能测量的光、电场、磁场都不起任何作用,可是它有引力场。第一次发现宇宙暗物质存在的证据是在 1933 年。当时,弗里兹·扎维奇发现,大型星系团中的星系具有极高的运动速度,除非星系团的质量是根据其中恒星数量计算所得到的值的许多倍,否则星系团根本无法束缚住这些星系。之后几十年的观测分析证实了这一点。由此可知,在宇宙中必定存在着大量我们所不知道的暗物质,其总能量比我们知道的常规物质的总能量大五倍以上,占整个宇宙能量的 23%,可是对暗物质的其他性质,我们完全不知道。

通过对遥远的超新星的观测和研究,天文学家发现,我们的宇宙不仅在不断地膨胀,而且是在加速膨胀。宇宙加速膨胀的发现是具有深远意义的一项重大发

现。为此项发现作出突出贡献的三位天体物理学家理所当然地被授予 2011 年度的诺贝尔物理学奖。从宇宙膨胀的加速度可以推算出,它是由于一种负压力,也就是暗能量的存在才加速膨胀的。而这暗能量的总量竟占到整个宇宙能量的 73%!

正如著名科学家李政道所指出的那样,21 世纪初科学最大的谜是暗物质和暗能量。它们的存在,向全世界年轻的科学家提出了挑战。由此可见,我们人类对宇宙的探索依然是任重道远,目前有可能正处于将要取得突破性进展的前夜。

二、天文学的分支学科

天文学按研究方法分类主要有三个分支学科:天体测量学、天体力学和天体物理学。

天体测量学是天文学中最先发展起来的一个分支学科,它的主要任务是研究和测定天体的位置和运动,建立和维持基本参考坐标系,确定地面点的坐标以及提供精确、标准的时间服务。

天体力学也是天文学中较早形成的分支学科,主要研究天体运动的动力学问题,包括天体的力学运动和形状。天体力学的理论基础是牛顿的经典力学和爱因斯坦的狭义相对论与广义相对论。天体力学除用来确定天体的运动和长时间内轨道变化的情况外,还用于人造天体的轨道设计,计算彗星、小行星轨道,预报日、月食,预报太阳系内天体碰撞事件等特殊天象以及编制天文年历等。

天体物理学是天文学中最年轻、也是最活跃的分支学科,它应用物理学的技术、方法和理论,研究天体的形态、结构、化学组成、物理状态和演化规律。天体物理学可分为实测天体物理学和理论天体物理学。在天文学各分支中,天体物理学是取得天文学成果最多的一个分支。从 1964 年至今,在诺贝尔物理学奖中有 12 项天文课题获奖,获奖项目都是天体物理学的课题。

天文学按观测手段分类主要有三个分支学科:光学天文学、射电天文学和空间天文学。天文学按研究对象分类还可分出一系列分支学科。图 1.1.1 就是引自《中国大百科全书·天文卷》关于按不同分类法所划分的天文学各分支学科及其相互交叉关系的示意图。

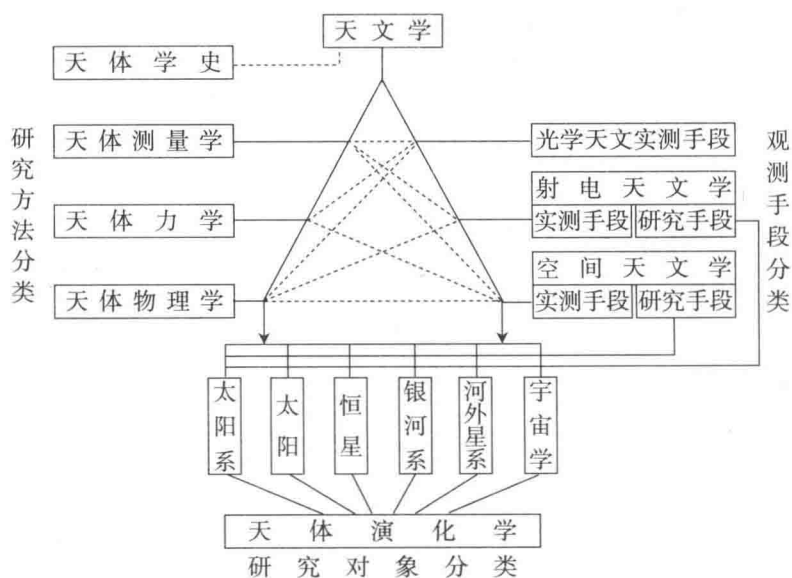


图 1.1.1 天文学各分支学科相互关系示意图

三、研究天文学的意义

天文学是一门既古老又充满活力的自然科学。概括起来说,研究天文学的意义主要表现在以下三个方面:

1. 研究天文学是因为人类社会的实际需要

如同其他自然科学一样,天文学是适应人类社会的实际需要而诞生和发展的。正如恩格斯在《自然辩证法》中所说:“首先是天文学——游牧民族和农业民族为定季节,就已经绝对需要它。”无论在我们中国,还是在埃及、巴比伦、印度、希腊等几个文明古国,都早在几千年前就开始进行天象观测,并在此基础上制定历法,指导农、牧业生产,同时创造了古代天文学的辉煌成就。在当代,天文部门的许多工作都直接为国民经济、国防建设和人民生活服务。例如:提供精确、标准的时间服务,编制年历和星表,为人造卫星和空间探测器作轨道设计和监控,帮助考古学家进行历史年代考证,进行太阳活动预报和近地小行星监测,这些重要的实际问题的解决都离不开对天文学的研究,离不开天文工作者的辛勤工作。由此可见,天文学的研究不仅直接为国民经济、国防建设和人民生活服务,而且还

关系到我们人类未来的安全和发展。

2. 天文学是自然科学中重要的基础学科,它有力地促进其他学科的发展

数学、物理学、化学、天文学、地球科学、生命科学是自然科学中六大基础学科。天文学作为其中之一,不仅在人类认识自然,探索物质世界的客观规律中发挥着重要的作用,而且还推动了其他学科的发展。当然,其他学科的发展也促进了天文学的发展。19世纪以前的天文学与数学、物理学的发展息息相关;到了现代,科学技术高度发展以后,天文学更深深地渗透到其他学科。众所周知,正是哥白尼的地动日心说打破了神学的枷锁,使近代科学进入飞跃发展的新时代。牛顿正是根据哥白尼的学说,特别是开普勒的行星运动三大定律,总结出万有引力定律,建立了经典力学体系,促成了天体力学的诞生。20世纪初,爱因斯坦先后提出了狭义相对论和广义相对论,这是物理学上的一个里程碑,它深刻地改变了人类的时空观,正是天文观测的结果给了爱因斯坦相对论有力的支持。20世纪60年代天文学的四大发现——类星体、脉冲星、微波背景射和星际有机分子的发现,向物理学、化学和生物学等学科提出了新的课题,有力地推动了这些学科的发展。

3. 帮助人们确立科学的宇宙观,提高人们的人文素养

天文学是人类认识宇宙的科学,它通过对各种天象的观测研究揭示宇宙的结构,探索宇宙的起源与演化。它在帮助人们确立科学的宇宙观方面起着不可替代的重大作用。天文学不仅在自然科学领域中起着引领其他学科不断发展的重大作用,而且还对人文科学的发展产生深刻的影响。

光辉的太阳,明媚的月光,灿烂的星空,深邃的宇宙,启迪了古往今来无数文人墨客、英雄豪杰的灵感,推动他们创造出许多动人的传世佳作。我们从屈原的《天问》、柳宗元的《天对》和李白、苏轼等大诗人歌颂日月星辰的众多佳作中,不仅可以领悟到天文学研究的各种天象所具有的无与伦比的审美价值,而且引发我们对人生、对人类命运进行深入、有益的思考。

德国哲学家康德认为:“世界上有两件东西能够深深地震撼人们的心灵:一件是我们心中崇高的道德准则;另一件是我们头顶上灿烂的群星。”当代著名天文学家萨根则认为:“人类的未来命运取决于我们对宇宙的理解程度。”2007年

5月14日,温家宝总理在同济大学向师生们作了一个即席演讲,其中讲到:“一个民族有一些关注天空的人,他们才有希望;一个民族只是关心脚下的事情,那是没有未来的。我们的民族是大有希望的民族!我希望同学们经常地仰望天空,学会做人,学会思考,学会知识和技能,做一个关心世界和国家命运的人。”

由此可见,天文学是自然科学和人文科学的一个结合点,无论在帮助人们确立科学的宇宙观方面,还是在提高人们的人文素养方面,都起着不可替代的重大作用。在人类进入航天飞行的时代,如果一个人对现代天文学的伟大成就一无所知,他就不能算受过完整的现代教育。正因为如此,世界上很多国家把天文学列入中小学课程。天文学的基本知识对于每一位关心人类未来、有志于不断用知识充实自己的现代人,都是值得学习的,对于以学习为己任、肩负我们祖国未来希望的青少年来说更是如此。

§ 1.2 人类怎样认识宇宙

请问:开天辟地之初的往事谁能把它传述?

既然天地尚在未分之际又何从考知它呢?

天地混沌,阴阳未辨,一团大气,仿仿佛佛,

谁能够穷究而识别它呢?

昼夜初分之时,冥冥中开始进行着什么?

宇宙之间,什么是本体?什么是变化?

天宇为什么有九重之高?

那么,这九重的天宇是谁来测量过的呢?

又是谁当初作成它的呢?……

——引自林庚《天问论笺》对屈原《天问》之译文

2300年前,我国伟大诗人屈原(公元前340年~公元前278年)在他的著名长诗《天问》中对天地的形成和宇宙的结构等一系列问题提出了质疑,表达了屈

原本人和古往今来很多人对探索宇宙的关注、思考和强烈兴趣。天文学告诉我们,我们人类居住的地球并不是孤立地存在于宇宙之中,而是和其他天体相互依存,相互制约的。我们要了解人类在宇宙中所处的位置,乃至人类的起源、进化、未来前景和如何趋利避害,就必须由近及远地了解各类天体及其所组成的天体系统在宇宙中的空间分布及其特性与共性,了解宇宙的起源和演化。为此,我们人类曾经历过一个漫长而艰难的探索过程,并且还将继续不断深入探索下去。

一、古人的宇宙观

在远古时,人们虽然还谈不到能对我们的宇宙进行系统的观测和深入的研究,但却不乏富有启示意义的猜测和设想。我国古代先民的宇宙观主要有三种:盖天说、浑天说和宣夜说。

盖天说出现于殷末周初。当时的人们凭着直觉,认为“天圆如张盖,地方如棋盘”。因此,这种盖天说又被称为“天圆地方说”。按此说法,天是圆的,地是方的,二者就不能连接,于是就提出天地相隔8万里,天是由8根柱子支撑的。盖天说是一种原始的宇宙观,它有不少明显的漏洞,不能解释日月星辰从何处升起,又从何处落下去这样的问题。于是,才产生了后来的浑天说。

浑天说始于战国时期。浑天说主张大地是个球形,外面裹着一个球形的天穹,地球浮于天表内的水上。汉代天文学家张衡在《浑天仪图注》中说:“浑天如鸡子,天体圆如弹丸,地如鸡子中黄,孤居于天内,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……天转如车毂之运也,周旋无端。其形浑浑,故曰浑天。”三国时有个名叫徐整的人,还对天地的形成作出这样的描述:“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。如此万八千岁,天数极高,地数极深,盘古极长。故去地九万里。”由此可见,我们的古人很早就有了天地膨胀的思想。

宣夜说是古人通过对昼夜现象的观测而总结出来的一种宇宙观。东晋天文学家虞喜对宣夜二字的解释是:宣,明也;夜,幽也。幽明之数,其术兼之,故曰宣