



时空 与相对论

TIME AND SPACE WITH THE THEORY OF RELATIVITY

主编 李 颂

主审 方靖淮

时空与相对论

主 编 李 颂

副主编 杨建华 谭志中 周 玲

主 审 方靖淮

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是一本有关相对论的通俗读物。本书分为上、下两篇,上篇阐述了时空观念演变的历史过程以及相对论的基本概念和基本原理;下篇通过严密的数学推导,提示了相对论原理的合理性,论证了相对论理论的正确性。本书既能满足文、理各科学学生对相对论基本知识(第一、二、三章)初步了解的要求,又能满足理科学生对相对论基本理论(第四、五、六章)掌握的要求,其中所用到的数学推导,只需读者具备一般的微积分知识即可读懂。

本书既可作为相对论初学者的入门教材,也可作为相对论爱好者及一般科技人员和中等以上学校物理教师的普及读物。

图书在版编目(CIP)数据

时空与相对论/李颂编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2015.6
ISBN 978 - 7 - 5606 - 3690 - 0

I. ① 时… II. ① 李… III. ① 时空—相对论—研究 IV. ① O412.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 112528 号

策划编辑 秦志峰

责任编辑 买永莲 秦志峰

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印张 13.5

字 数 276千字

印 数 1~2000册

定 价 28.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3690 - 0/O

XDUP 3982001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

笔者隐约记得一九七九年全世界曾隆重纪念一位伟大的科学家——阿尔伯特·爱因斯坦，那一年是其诞辰一百周年，而那一年自己也正好考上了大学。在大学里，笔者对爱因斯坦和相对论怀有极大的好奇心，因此于一九八三年初在大学毕业前选修课程时，毫不犹豫地选修了“广义相对论”这门课程，尽管当时学完的结果是云里雾里（课时太少只能了解），但也了却了笔者的心愿。三十多年过去了，最近几年，笔者猛然发觉如今的大学生同样面临笔者当年的情形，那就是对爱因斯坦和相对论有着同样的好奇心，但遗憾的是他们和当时的笔者一样，没有机会系统地学习相对论，而此课程只有在读研究生时才有可能触及（特别是广义相对论），因此他们只能无奈地通过课外阅读，一知半解地自学，了解一点相对论来欺骗和满足自己的求知欲。笔者个人以为，时至今日，特别是在广义相对论建立约一百年后的今天，大学没有专门开设“相对论”的课程，尽管原因很复杂，也不能不说是一种缺陷。

鉴于此种情形，笔者决定编写一本适合大学生实际需求的简明的相对论方面的教材。在编写的过程中，笔者翻阅了国内有关相对论的书籍，发现这类书虽然不少，但不是专著就是人物传记和科普性质的读物，要么难度大，要么简单通俗，都不适合作教材。因此，笔者将本书定格在这样一个框架下：（1）主要对象是文、理各科大学生，主要内容是相对论的初步知识；（2）教材内容由浅入深、循序渐进，注重讲解、论述和推导，杜绝演绎模式，既适合作教材，又适合读者自学；（3）由于相对论涉及的内容较多，读者在学习时经常会碰到读不懂的内容，或需要参阅其他书籍，这样就常因资料短缺而导致学习中断，本书尽力弥补这一不足，编入相对论（狭义、广义）的基本内容及读者需要用到的数学知识，以方便读者随时查阅资料，顺利完成学习。所以本书实际上也具有工具书的特点。

为了增加读者的亲切感，笔者觉得应将相对论的内容与接近实际生活的一般观念相结合，这样自然就想到了时空观，而时空观的发展过程就是相对论的发展过程，也是物理学的发展过程，想到这里，全书贯穿的一条主线——物理学的发展史就清晰地展现出来了。读者可以从时空观演变和发展的视角，来考察物理学的发展过程，并顺利得出相对论的科学结论，从而理解、掌握相对论的有关内容，完成相对论的学习。所以，从物理学发展史的角度学习相对论是本书的又一特点，这样，本书的书名也就应运而生了。

希望本书出版后能够对广大读者有一定的使用价值，但在编写本书的这段时间里，笔者才逐渐发现要达到理想的预期是何等艰难。虽然经过多次的整理和修改，但终因自身条

件的限制，无论是科学性还是逻辑性甚至知识性等方面都无法达到理想的水准，错误之处更是难免，因此恳请读者朋友们见谅并给予批评指正，笔者期待能够再向前迈进一步。

本书的编写得到了学校有关部门的支持，特别是南通大学教材建设项目和理学院的经费资助。感谢杨建华、谭志中、周玲等教授在本书编写过程中给予的多方支持、帮助和建议，如果没有他们的参与，本书不会这么快就与读者见面。理学院的方靖淮教授不论在工作中还是在学术上都给予了极大的帮助，而且在百忙中抽出时间对本书进行了审阅，在此深表敬意。本书在出版的过程中，还得到了理学院纪宪明教授的关心和支持，同时也得到了王全副教授的支持和帮助，在此一并致谢！承蒙各位的厚爱，谢谢了！

编 者

2014 年 9 月

于狼山脚下

目 录

上 篇 时空观的演变

第一章 文明诞生初期的时空观	5	2.2.1 导致变革的要素	35
1.1 四大古文明	5	2.2.2 文艺复兴	36
1.1.1 古巴比伦	5	2.2.3 哥白尼的革命	38
1.1.2 古埃及	6	2.3 经典力学(近代科学)诞生的脉络	41
1.1.3 中国	7	2.3.1 运动学研究	41
1.1.4 古印度	7	2.3.2 行星运动三定律的发现	46
1.2 东方文明之时空观的形成和发展	8	2.3.3 碰撞理论	47
1.2.1 东方文明的宇宙学说	8	2.4 经典力学的建立	48
1.2.2 东方文明最早的时间计量	11	2.5 经典时空观	50
1.2.3 东方文明最早的空间计量	13	2.5.1 时空参考系统	50
1.2.4 东方文明对时间、空间和		2.5.2 力学定律的不变性	51
运动的认识	14	2.5.3 经典时空观(绝对时空观)	53
1.3 西方文明之时空观的形成和发展		思考题	54
.....	16	第三章 相对时空观	55
1.3.1 西方文明的宇宙学说	16	3.1 经典力学遇到的困难	55
1.3.2 西方文明之时空计量	20	3.1.1 万有引力理论的困难	55
1.3.3 西方文明早期的科学	21	3.1.2 经典时空观的不合理性	56
1.3.4 西方文明对时间、空间和		3.1.3 两朵乌云	58
运动的认识	24	3.2 狭义相对论诞生的脉络	58
1.4 东西方古代时空观之异同	29	3.2.1 光速研究	58
思考题	30	3.2.2 迈克尔逊-莫雷实验及其结论	
第二章 经典时空观	31		59
2.1 欧洲的中世纪	31	3.3 狭义相对论的建立	62
2.1.1 基督教	32	3.3.1 狭义相对论基本原理的提出	
2.1.2 经院哲学的产生	33		62
2.1.3 经院哲学的衰落	33	3.3.2 洛伦兹变换的数学形式	65
2.2 文艺复兴和哥白尼革命	34	3.4 狭义相对论的重要结论	65

3.5 狭义相对论时空观	70	3.8 广义相对论时空观	78
3.6 广义相对论诞生的脉络	73	3.9 广义相对论的实验验证	83
3.7 广义相对论的建立	75	3.10 宇宙理论简介	86
3.7.1 广义相对论的两条基本原理 ..	75	3.10.1 黑洞	86
3.7.2 等效原理	75	3.10.2 宇宙的创生	88
3.7.3 广义相对性原理	77	思考题	92

下 篇 相对论基础

第四章 数学基础	96	5.2.1 迈克尔逊-莫雷实验	120
4.1 矢量及相关知识	96	5.2.2 洛伦兹变换	122
4.1.1 预备知识	96	5.3 狭义相对论的时空理论	127
4.1.2 矢量	97	5.4 狭义相对论的重要推论	131
4.2 直线坐标系中的矢量	97	5.4.1 相对论力学	131
4.2.1 矢量的分量与投影	97	5.4.2 相对论的质量	132
4.2.2 基矢量与共轭基矢量	98	5.4.3 相对论的动量和能量	133
4.2.3 矢量的逆变分量和协变分量 ..	101	5.4.4 其他推论	136
4.3 曲线坐标系中的矢量	101	5.5 四维时空	138
4.3.1 基矢量	102	5.5.1 四维时空间隔	139
4.3.2 共轭基矢量	103	5.5.2 四维速度与四维加速度	139
4.4 矢量的坐标变换	104	5.5.3 四维动量	141
4.4.1 笛卡尔直角坐标系中矢量的		5.5.4 四维力	142
坐标变换	104	5.5.5 爱因斯坦质能公式	142
4.4.2 曲线坐标系中矢量的坐标变换		5.5.6 洛伦兹力的四维形式	143
.....	107	5.5.7 电磁场方程的协变形式	145
4.5 张量运算	110	思考题	152
4.5.1 张量的定义	110	第六章 广义相对论	153
4.5.2 赝张量	112	6.1 广义相对论基本原理	153
4.5.3 张量的变换规律	113	6.2 引力的等效性研究	153
4.5.4 张量代数	116	6.2.1 物体的引力质量和惯性质量 ..	153
4.6 张量判别法——商定则	118	6.2.2 厄缶实验	154
思考题	119	6.2.3 等效原理	155
第五章 狭义相对论	120	6.3 空间的内禀性质	156
5.1 狭义相对论基本原理	120	6.3.1 度规张量	156
5.2 洛伦兹变换	120	6.3.2 任意空间的度规张量	158

6.4 四维时空的度规张量	162	6.8 曲率张量与毕安基恒等式	176
6.4.1 惯性参考系中的度规张量	162	6.9 引力场方程	183
6.4.2 引力场中的度规张量	162	6.9.1 引力场中运动方程的牛顿极限	183
6.5 度规张量和仿射联络之间的关系	165	6.9.2 引力场方程	186
6.5.1 度规张量的协变形式和 逆变形式	165	6.9.3 弱场线性近似	189
6.5.2 仿射联络 $\Gamma_{\alpha\beta}^{\gamma}$ 的变换	167	6.10 球对称引力场中场方程的解—— Schwarzschild 解(施瓦西解)	194
6.5.3 度规张量和仿射联络之间的 关系	168	6.11 广义相对论观测结果的理论证明	198
6.6 引力场中的时间和长度	169	思考题	206
6.7 协变微分	171	参考文献	207
6.7.1 矢量的协变导数	171		
6.7.2 张量的协变导数	174		

上 篇

时空观的演变

时间和空间是物质存在的基本形式，是物质的固有属性。人类的一切活动都离不开时间与空间，一切客观过程总是在时间、空间中进行的，对时间和空间的认识是人们认识物质世界的极为重要的方向，而时间和空间观念的演变过程就反映着人类的进步历程。

在研究物质和物质运动的规律中，人们逐渐形成了时间和空间的概念。随着对物质及其运动规律研究的深入，时间和空间的概念也在不断发展和完善。

人类对时间的感知，离不开物质和物质的运动。从一切事物发展的持续性、阶段性与顺序性之中，都可以感知到时间的存在。可以设想，在一个没有任何物质存在的空荡荡的死寂世界之中，时间还有什么意义？任何物质的一定形态都会持续一段时间，任何物质的运动形式也有这种特性，这就是它们的持续性。大到星系、太阳或地球，小到分子、原子甚至基本粒子都能持续一段时间，这就是它们各自的年龄。时间就是物质持续存在的形式。任何物质或物质的任何运动过程都有开端和终了，这就是它们的阶段性。在物质自身运动的各个阶段之间，在不同物质的运动之间也存在着顺序性。没有了阶段性和顺序性，物质世界将是单调的、死寂的和一成不变的，在这样的世界中，时间概念也不会出现。可以用一个参量描述事物发展的持续性、阶段性和顺序性，这个一维参量就是时间。

选择某一种事物的变化周期作为标准去比较另一种事物的变化所持续的时间，就可以计时。被选作周期标准的就是时钟。比如，普通的时钟是将单摆的摆动周期作为标准的，称为1秒；地球钟则是将其自转周期作为标准的，称为1天，用这个标准计量地球绕太阳公转一周持续的时间，就会得出“1年等于365.25天”的结论。

同样，人类对空间的感知也离不开物质和物质的运动。我们周围的物体都有各自的形状、大小和远近，这些常被称做物质的伸张性和广延性；同时，在不同物体之间，甚至在一个物体的这部分与那部分之间，也表现出顺序性，这些都是物质存在的空间特性。一般来说，可以用三个参量（上下、前后、左右）来表述事物的空间特性，因而常称空间是三维的。

像测量时间一样，也可以选择空间的周期来比较被测量空间的大小，例如，利用有标度的尺去测量被测物的长度。

用时钟测量时间或用尺测量长度是生活中司空见惯的事。比如使用一只尺测量火车车身的长度或用一只时钟测量这辆车行驶一段距离所花费的时间，并不是什么困难的事。有人以为，只要在测量中遵守一定规程或选择充分精确的计量标准，就完全可以使结果达到预想的精度。但是事实并不这么简单，当选择时钟和尺作为计量标准时，人们自然希望在测量过程中，时钟和尺能保持不变；同时还希望，在用它们对不同的对象进行测量时，标准也不变，即无论在什么情况下，一米长度总是一样的，一只时钟的快慢也不发生变化，因为只有这样，才能把它们当作公认的计量标准。然而这个愿望是不可能实现的，这就是时间和空间所具有的奇特性质。

时间、空间和物质密不可分，它们的性质随着物质和物质运动的变化而变化，物质的存在与分布方式，都直接影响到其所在区域中的时间和空间；物质运动状态的改变，也会

使时间和空间受到影响。由于世界上物质的分布与运动状态的千变万化，不存在长度绝对不变的尺与速率不变的时钟，也就是说绝对精准的测量是不存在的。

我们在研究物质结构、物质相互作用和运动规律时，必须将时间和空间作为物质存在及其任何形式的相互作用和运动进行的基本前提，讨论物质的相互作用和运动规律，都不可能脱离时间和空间这两个因素，不管研究者自己的愿望如何，在其研究工作中，都自觉或不自觉地反映着他们的时空观。从历史的发展来看，时空观和物理学的发展息息相关，一个旧理论所出现的危机，往往表现在与它相应的时空观的局限上；物理学的重大变革与进展，又往往伴随着新时空观的诞生，从亚里士多德到牛顿、从牛顿到爱因斯坦的几次重大进展，无不证明了这一点。

第一章 文明诞生初期的时空观

1.1 四大古文明

在历史的黎明期,文明首先在几条大河流域从蒙昧中诞生出来,这是由于水及其周围的环境提供了生存所必需的各种基本条件,四大古文明也由此诞生:中国(黄河),古巴比伦(幼发拉底河、底格里斯河),古印度(印度河),古埃及(尼罗河)。居住在这些流域的各民族当中,有关古埃及人民和古巴比伦人民的活动,主要来自希腊历史学家著作中的记载。^①

原始人在生产活动中为了在迁徙和夜间活动中辨别方向,或为了确定时间和季节,首先选取的参照物就是天空中的太阳、月亮和行星,这些参照物在运行中的一些周期性的变化很容易观察到,并且恒星的方位相对固定。经过长期观察,人类逐渐积累并形成了最初的天文学知识。这些知识相当重要且对生活具有促进作用,其中就包含了人们对时间和空间的认识。

1.1.1 古巴比伦

公元前 4000 年左右,古巴比伦人对时间进行了系统的测量。随着农业的发展,耕种谷类需要适应季节,又需要大量的水,因此,掌握有关季节的知识变得愈来愈重要,历法变得不可或缺。当时的居民已能区分恒星和行星,并留下了对金星、火星、木星运动的观察记录。^②公元前 4700 年左右,古巴比伦人已将一年定为 360 天,或 12 个月,时常还加入闰月,作必要的调整。同时,他们还发明了简单的日晷(一根直立的表杆)来标志时间,把从日出到正午和从正午到太阳落山的时间段各分为 6 等份,这样,就将太阳照射的白天又分为 12 小时。到新巴比伦时期(公元前 627 年—公元前 539 年),人们已能预测日、月甚至行星在一定时刻的位置和新月及满月的时间,这被认为是古代世界最伟大的科学成就之一。这时,阴历也改进成一年 12 个月,共 354 天;每个月分为 4 周,每周 7 天,分别与 7 个星神即月神、火星神、水星神、木星神、金星神、土星神和太阳神相对应。他们还规定一天为 12 时辰,每个时辰为 120 分钟,每分钟为 120 秒。这一计时体系成了全人类计时方法的基础,后来也只是把每天 12 小时变成了 24 小时。到公元 4 世纪,置闰已正规化,每 19 年置

^① (英)丹皮尔 W C. 科学史:上册. 李珩,译. 北京:商务印书馆,2009: 33.

^② 陈晓红,毛锐. 失落的文明:巴比伦. 上海:华东师范大学出版社,2001: 137.

7 个闰月。^①

公元前 2500 年以前,古巴比伦人就已经认识到固定的度量衡单位的重要性,于是就利用王室的权威,公布了长度、重量和容量的标准。古巴比伦的长度单位是“指”,约相当于现在的 1.65 厘米或 $\frac{2}{3}$ 英寸;1 尺等于 20 指,1 腕等于 30 指;1 竿等于 12 腕,而单位“绳”则等于 120 腕;1 里是 180 绳,等于 6.65 英里。(在重量单位方面,1 粟等于 0.046 克;1 舍克等于 8.416 克;1 达伦等于 30.5 千克或 $67\frac{1}{3}$ 磅。)

古巴比伦人以为宇宙是一个密封的箱子或小室,大地是它的底板;底板中央矗立着冰雪覆盖的区域,幼发拉底河就发源于这些区域;大地四周有水环绕,水之外复有天山,以支撑蔚蓝色的天穹。不过,随着观测和记录的不断深入,有些古巴比伦星象家已经认识到地球是一个球体。

1.1.2 古埃及

古埃及文明的最初阶段,距今已有一万多年了。公元前 8000 年,当时的埃及使用初级历法,规定一年有 12 个月,每月 30 天,共 360 天。到公元前 4000 年左右,他们对自己原有的历法做了修订,变成了 365 天,每年在岁末加上 5 个附加日,这 5 个附加日是分别献给俄赛里斯家族诸神的。^②同时还使用恒星年:古埃及人注意到,当尼罗河水上涨到孟斐斯城附近时,天狼星和太阳会同时出现在东方的地平线上,于是就把这一天当作一年的开始。这样一个恒星年共分为 365 天,36 周,每周 10 天。阴历由月亮月(约 29.5 天)来确定(每月 29 天或 30 天),12 个月总共约 354 天,一年大约要少 10 天,因此通常是每三年加一个 13 月来补上。

古埃及人把一天分成 24 小时,即 12 个“白天小时”和 12 个“夜间小时”。划分白天或夜晚的时刻,其测定方法各种各样。白天,若晴天则采用最简单明了的影钟(或称日晷)进行粗略的测定。夜间,除观察星象外,主要使用水钟测定。水钟是一个形如花盆状的容器,使用时,将水灌至一个特定记号处,然后让水从底部附近的一个小孔逐渐滴出,水平面降至某一刻度,即表示夜间某一时刻。

古埃及的度量单位极其复杂,几乎每一种事物都使用特殊的度量标准。古埃及最重要的长度单位是钦定的腕尺,长度是从肘至中指尖,约合 20.62 英寸。虽然在王朝时代初期就已非常精确,但当时的测量仪器却没有留存下来,现在见到的是第十八王朝(公元前 1570—公元前 1295)的木制腕尺,标有很深的刻度。容量的实际测量至迟在阿姆拉

^① 黄民兴. 中东国家通史: 伊拉克卷. 北京: 商务印书馆, 2002: 62.

^② (德)汉尼希. 人类早期文明的“木乃伊”: 古埃及文化求实. 朱威烈, 等, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 1988: 307.

(Amratian)时代(公元前 3000 年以前)就开始了,当时已经能制作土制量具。古埃及人主要的容量单位是合努(henu),合 29.0 ± 0.3 立方英寸,10 合努为 1 合加特(heqet)。(在重量计量方面,古埃及人早在公元前 5000 年以前就发明并使用了天平。)

古埃及人心目中的宇宙大体上和古巴比伦人心目中的宇宙一样。他们认为宇宙是一个方盒,南北的长度较长,底面略呈凹形,古埃及就处在凹形的中心;天是一块平坦的或穹隆形的天花板,四方由四个天柱(即山峰)所支撑,星星是用链缆悬挂在天上的灯;在方盒的边沿上,围着一条大河,河上有一条船载着太阳来往;尼罗河是这条河的一个支流。

1.1.3 中国

中华文明大约在公元前 10 000 年至公元前 3000 年间出现了仰韶文化、红山文化、龙山文化等。仰韶文化是黄河中游地区重要的以农业为主的新石器时代文化;红山文化是辽河流域的农业文化;龙山文化泛指中国黄河中下游地区新石器时代晚期的一类文化。大约公元前 700 年成书的中国最早农事历书《夏小正》,就已记载了以正月为岁首,一年十二个月,提到了干支以及天上星象与季节的关系,还有草木鱼虫的生长及四时农作物所宜,说明公元前 1600 年以前中国夏代已有历法和农事,已经掌握了回归年的长度,但因文字记载罕有,故其内容还处于研究之中。从殷商时期开始(约公元前 1300 年),干支纪日方法就已普遍采用且较为成熟,该方法一直延续至今,未曾中断,是与中国文明史相伴随的历史悠长而有效的纪日法。^① 大约在春秋末期战国初期(公元前 500 年以前),中国已定出一个回归年为 365 天,并发现了 19 年设置 7 个闰月的方法。

公元前 211 年,秦始皇统一中国后便统一“度量衡”,当时人们通常将中指的指端到第一横纹的长度定为一寸,拇指和中指之间的距离(即一拃)定为一尺,两臂伸开长为八尺,称为一寻。后来又细化为:蚕吐丝为忽,十忽为一丝,十丝为一毫,十毫为一厘,十厘为一分,十分为一寸,十寸为一尺,十尺为一丈,十丈为一引,五十尺为一端,四十尺为一匹,六尺为一步,二百四十步为一亩,三百步为一里。容量单位分为斛、斗、升、合、龠,其关系是,两龠为一合,十合为一升,十升为一斗,十斗为一斛。重量单位有黍、铢、两、斤、钧、石等,其关系是一百黍为一铢,二十四铢为一两,十六两为一斤,三十斤为一钧,四钧为一石。

中国古代的宇宙学说主要有盖天说、浑天说与宣夜说。秦以后的 1000 多年中,在它们的基础上又派生出许多支系。后来,浑天说以其解释天象的优势,取代了盖天说而上升为主导观念(后面章节将详细讨论)。

1.1.4 古印度

早在公元前 2000 年以前,在印度河流域就产生了印度河文明,它是在哈拉帕遗址上首

^① 陈美东. 中国科学技术史:天文学卷. 北京:科学出版社,2003:19.

先发现的,因而又称“哈拉帕文化”。公元前1000年以前已成书的印度上古文献的总集《吠陀》中,就有十三个月的记载。古印度人不间断地观察太阳的运动,以太阳的视运动为依据,把一年定为360天,又以月亮的圆缺变化为依据,把一个月定为30天,以此编制历法。月亮运行一周不足30天,所以有的月份实际上不足30天,古印度人称为消失一个日期,大约一年要消失5个日期,但习惯上仍然称一年为360天。

位于印度河下游的摩亨佐,有公元前1800年以前的达罗遗址,曾发现古印度人使用的石尺,因此尺可能是古印度人最早发明的。

吠陀时代人们就认为须弥山为天地的正中央,日月环绕须弥山运动而不入地下,日绕行一周为一昼夜。在一个相当长的时期内,佛教在古印度传播很广,佛经中表述的传统宇宙观念,与中国古代的盖天说较为接近。印度最著名的天文学著作《太阳悉昙多》(悉昙多是一切义成的意思)成书于公元5世纪左右,据说在佛教产生的时代就已具雏形,此后几百年中经历代学者的增改,成了印度天文学的范本。这本书相信大地为球形,北极是众神的住所,称为墨路山顶,一股宇宙风驱动日月和五星旋转,一股更大的宇宙风驱动所有的天体旋转。不过,此书中的内容已经充分吸收了希腊—罗马人的知识。

1.2 东方文明之时空观的形成和发展

在四大古文明中,只有中华文明独树一帜,延续数千年,未曾间断。其文化体系的连续性、积累性、严密性和深邃性,是其他古文明所没有的;其地下文物的埋藏量和出土文物之多,古迹留存之广,古文献积存之丰,世界上也是没有一个民族和国家能与之相比的。宋、元(1200—1300)时期以前,中华文明的成就在很多领域都占据世界文明的最高峰,是与西方文化体系相对应的强大的东方文化体系的代表,是靠中华民族自己的辛勤劳动创造出来的,没有如西方文化体系的发展温床(建筑在其他民族灵魂与智慧的结晶之上),其辉煌成就始终散发着中华大地的泥土气息和人民汗水的芳香。

1.2.1 东方文明的宇宙学说

1. 盖天说

盖天说可能起源于殷周时期甚至更早,约成书于公元前100年的《周髀算经》记载:“天圆如张盖,地方如棋局。天旁转如推磨而左行,日月右行,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,故不得不随磨以左回焉。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。日朝出阴中,暮入阴中,阴气暗冥,故从没不见也。夏时阳气多,阴气少,阳气光明,与日同晖,故日出即见,无蔽之者,故夏日长也。冬时阴气多,阳气少,阴气暗冥,掩日之光,虽出犹隐不见,故冬日短也。”其意思是

说天是圆的，像一顶华盖(大伞)；地是方的，像一块棋盘。天向左侧运转好像推磨一样，太阳和月亮向右旋转，但它们又随着天体的旋转而向左转，所以太阳和月亮实际上是向东运行的，都因受天体牵制而向西沉没。就好像蚂蚁在磨盘上爬行，磨盘向左旋转而蚂蚁向右爬，磨盘转得快，蚂蚁爬得慢，所以不得不随着磨盘的方向向左边转去。天体的形状是南面高而北面低，太阳从高处升起，所以能看见；它向低处隐没，所以看不见。天的整体形状就像一个倾斜的大伞，所以极点在人的北面，这就是证明。

极点本来在天体正中，天绕着这个中心(极点)向左旋转，而现在又在人的北面，所以可以知道天的形状就像一个斜倚着的大伞。早晨太阳从阳中升起，晚上落入阴中，阴气幽暗冥晦，所以隐没看不见。夏天阳气盛，阴气弱，阳气光照明亮，与太阳一样辉煌，所以太阳一出来就可以看见，没有能遮蔽它的，所以夏季白天的时间就长。冬天阴气盛，阳气弱，阴气幽暗冥晦，掩蔽住了太阳的光辉，太阳虽然出来了，但还是像隐没看不见，所以冬季白天的时间就短。这就是古老的天圆地方说，显然，这里也清楚表明了方形的大地是静止的，如图 1-1 所示。

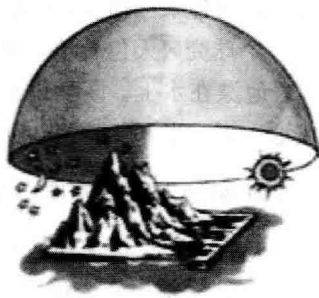


图 1-1 盖天说示意图

随着古人生活经验的逐渐积累和活动范围的不断扩大，地“方”的说法难以让人信服，由于天地要相连接，不能是天圆地方，就变成了天地都是圆的，发展成为后来新的盖天说：“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，而滂沱四隤，三光隐映，以为昼夜。”其意思是说天像一顶斗笠，地像一个反扣的盘子，天和地都是圆的，中间高而四周低。北极是天穹的中央，是最高处，就像笠顶一样，天以北极为中心旋转，地上的雨水向四周低处流淌，日月星辰随着天盖一起旋转，近见远不见，形成了昼夜变化，如图 1-2 所示。该学说还认为太阳在随天旋转的同时，还要变换轨道，一年中向南变换六次，再向北变换六次，所以太阳共有七条轨道。此说认为天地都是穹形，其间相距八万里。夏至日时，没有表影处距地理北极 11.9 万里。冬至日时，没有表影处距地理北极 23.8 万里。中国则距地理北极 10.3 万里。盖天说还认为，太阳光的照射范围是有限的，其范围半径只有 16.7 万里。同时，人所能看见的距离也是 16.7 万里，这意味着在此范围以外的天体不会引起视觉反应。

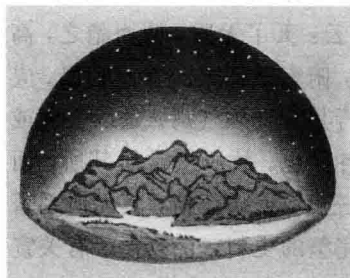


图 1-2 盘状大地示意图

用盖天说进一步描述天体的运动规律时，遇到了许多无法解释的问题。譬如春分和秋分时，太阳夜晚转的速度比白天的快一倍；而冬至日时太阳的运动速度要比夏至日时的快一倍。再譬如太阳绕到北极以北不可见，而星星绕到北极以北则可以见到。所以，盖天说经不起推敲。