

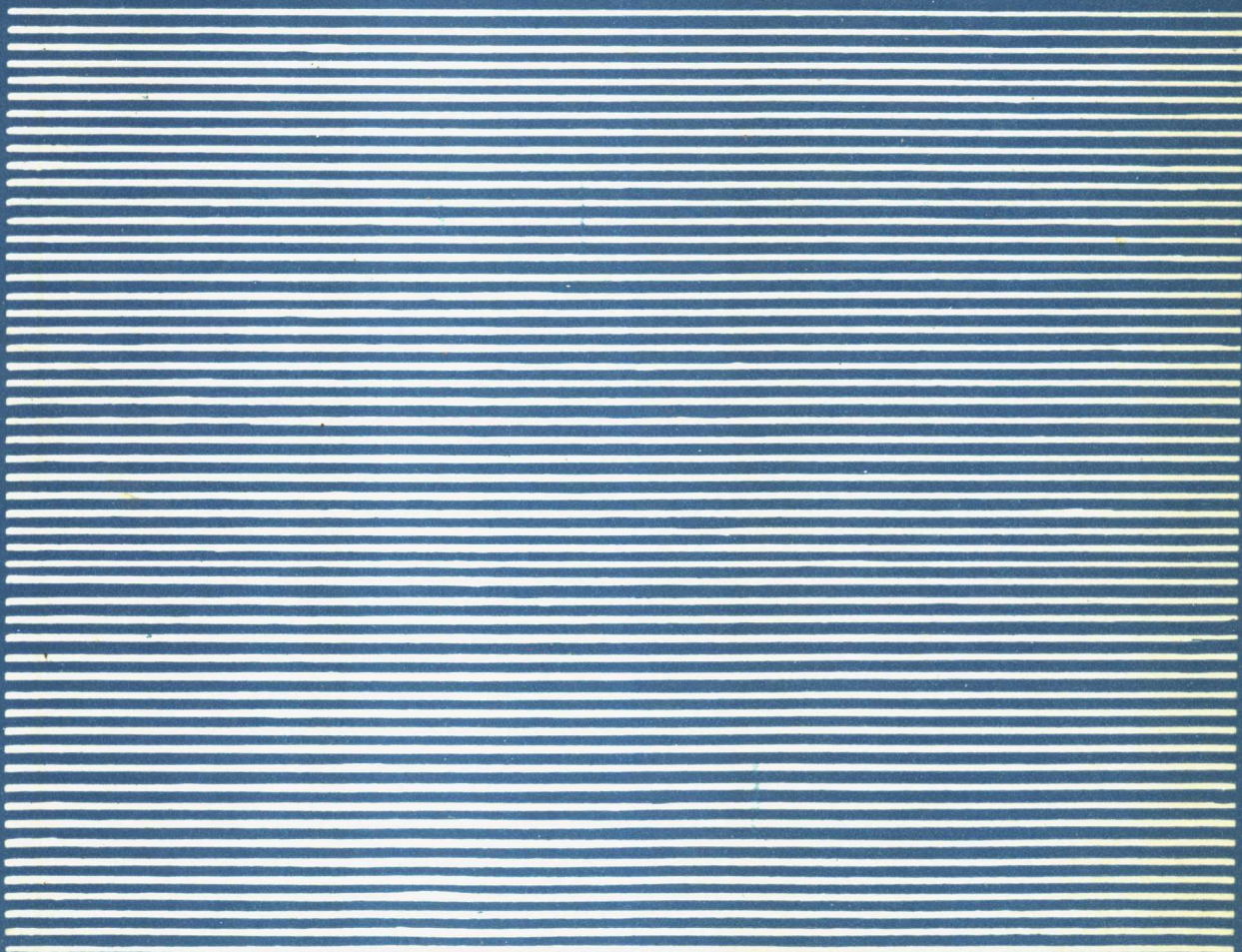


地球概论

★ 刘南编著



高等教育出版社



★ GAODENG JIAOYU CHUBANSHE

中学教师培训教材

• 卫星电视教育、教育学院、函授、自学通用 •

地 球 概 论

刘 南 编著

高等教育出版社

(京)112号

地 球 概 论

刘 南 编著

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张16.75 字数386,000

1987年7月第1版 1992年10月第7次印刷

印数 41604—52614

ISBN 7-04-000237-X/K·15

定价 5.60 元

前 言

一、地理和自然地理教育

地球表面(严格说是一个表层),是人类赖以生存、活动,并对其有巨大反作用的地理环境。地理学就是研究地理环境的科学。地理环境是一个相当复杂的多层次系统,由相互联系并不断发展变化的多种自然要素、经济和人文要素有机构成,从多方面、多层次与人类息息相关。因此,地理环境中的很多事物,实际上也是其他很多学科所分别关注和研究的对象。然而与这些学科不同,地理学关心的是地理环境要素的各种空间关系和分布、结构特征、区域配置或类型划分,强调将各种环境成分或要素联系起来进行综合研究

地理环境的复杂性、多层次和多元性,决定地理学在研究内容、研究方法和研究层次上,以及相应地,在分支学科的划分上呈现出特别明显的多样性。不过,按研究对象的差异,地理学可大体划分为自然地理和人文地理两大关系密切的分支。其中,自然地理学研究人类的自然地理环境(包括人与这个环境的关系及人类活动对这个环境质量的影响)。自然地理环境由相互联系、相互渗透的气候、水体、生物、岩石和土壤等成分所构成。在这个环境中,物质和能量不断转移、循环,同时,这个环境还与外层空间和地球内部不断进行着物质或能量的交换。因此,自然地理研究势必涉及到很多有关学科,如气象、地质、水文、地球物理和大地测量等地球科学分支,以及天文、生物等非地学的学科。不过,自然地理与这些学科的关系,与一般意义上的学科间相互交叉、相互渗透的关系还有点不同,自然地理是按自己的研究需要选取其他学科的有关知识,并将它们作为环境要素或因素,而用于对自然地理的空间分布研究或综合考察之中,或者说用于自己的区域性、综合性的研究之中。人文地理同与之有关的各学科的关系,也与此类似。

地理学的性质,决定它不仅具有深远的理论意义,而且在国民经济规划和普及教育中有重要的作用。

中学地理教育是地理学普及教育最重要的途径。它给予学生有关地理环境的基本知识,培养学生综合分析地理环境中的实际问题的能力;它使学生了解如何利用、保护和改造环境,初步建立合理的资源观、人口观和环境观;使学生认识宇宙、地球和世界各国,更加了解、热爱自己的祖国。不仅如此,由于地理学“综合性”这一特点,地理教育为达到上述目的,还必须给出多种自然和人文的有关学科的基础知识。就拿自然地理来说吧,它就给出了气象、地质、水文等地球科学以及天文学和环境科学部分基础知识。在数、理、化、天、地、生六大基础自然科学的普及教育中,中学自然地理教育就身兼其二。由此可见,地理学普及教育对每个现代中国公民来说,是起码的、必要的,理应受到应有的重视。自然地理教育不应仅是自然地理工作者和地理教师的事,而且也应得到地学、天文学各部门的关心和支持。

二、高等师范院校《地球概论》课在自然地理教育中的作用

高等师范院校《地球概论》是自然地理的一门专业基础课。这门课介绍有关地球整体的基

基础知识,或自然地理环境的全球性背景知识。《地球概论》的主要内容是:地球(作为一个行星)的宇宙环境、地球和地月系在该环境中的位置、运动及其在球形天空上的反映、地球的形状、结构和物理性质,以及上述诸方面的地理意义。

《地球概论》所提供的地球整体基础知识,是考察自然地理环境或其某个局部、成分所需的,因而也是学习自然地理其他专业基础课(如气象、地质等)和专业课的基础的一部分。例如,地球运动和地球形状所决定的地表上地理位置和地理方向的描述方法、地球运动和太阳辐射相结合所导致的地球上日变化、季节变化及其纬向经向效应,以及该课程所阐述的地转偏向力、地球重力、引潮力、地磁场和地表活动的能源等,都是今后学习某些自然地理课程不可缺少的基础知识。所以在自然地理教学中,总是先讲有关地球整体的基础知识,然后再顺理成章地分别考察大气、岩石和水体等,最后再区域性、综合性地考察自然地理环境。由此缘故,《地球概论》不仅是一门专业基础课,而且是一门先行的专业基础课。

《地球概论》的内容,决定它必将涉及一些天文学、地球物理学(包括地球形状学,它广义上也属于地球物理的范畴)知识。事实上,向广大中、小学生普及部分天文学和某些地球物理基础知识的课堂教学任务,主要是由《地球概论》来承担,并通过众多地理教师来完成的。因此,《地球概论》课程对帮助我国青少年正确认识宇宙和地球,破除迷信,培养辩证唯物主义宇宙观有着特殊的意义。不过应当指出,《地球概论》并不是部分天文学、地球物理知识的简单引述和罗列,它是按自然地理的需要来取材,并在“地球整体”或“行星地球”的题目下将所取之材有机组织起来,且一一落实到地理基点上——阐述地理意义或与自然地理的关系。总之,《地球概论》的性质是“地理化”的,是为地理学服务的。

在目前的条件下,《地球概论》中的天文学知识,同地球物理知识相比,仍占较大的比重。

三、关于本课程和本教材

高等师范院校本科和师专(及各种大专层次的成人教育)地理专业都开设《地球概论》课程。那么,本科的和大专的《地球概论》之间的关系如何呢?我们认为,二者之间应是大同小异的关系:在基本问题和基础训练的要求上,二者应当相同,但大专《地球概论》中横向扩展和纵向加深的概念(和名词),应比本科的要少一些,即所收集的“信息量”应比较少,因而取材范围应小一些。此外,考虑到大专毕业生主要从事初中地理教学,教材中那些与初中地理教材直接挂钩的内容,就应写得更详尽一些。本书作为大专层次的教材,就是按照这种认识编写的。

本教材虽然面向各种大专层次成人教育及师专的地理专业,但在目前的情况下,更偏重于为在职教师的卫星电视教育服务。根据国家教委的有关精神,在卫星电视教育中,一方面教材要利于自学,宜适当减少信息量,但教材篇幅可以增加一些,以使用较多的文字详尽解说基本问题;另一方面,电视课课时应较正常课堂教学课时为少,主要讲重点、难点,尽可能借助于画面帮助学员理解。为贯彻上述精神,我们已在本教材上作了很大的努力,而且,还将在电视课录相工作中继续努力,以尽可能达到要求。所以,我们希望学员们能立足于教材自学,并借助于收看电视课解决自学中的障碍和难点。

考虑到成人教育的特点,本教材还采取了下述两点措施:其一,尽可能避免数学推导和难懂的物理概念,主要用图解法,尽量深入浅出的定性说明,以及应用少许现成的不复杂公式来

解决问题;其二,教材分为正文和小字两部分,后者占总字数的1/4左右,不作为学习本课程的基本要求。但应当指出,本教材的小字内容基本上均非延拓和加深性内容,它们本是基本问题完整说明的一部分,只是因为这些内容或者并非基本问题的本身(仅是为之服务的),或者是成人教育中较为难懂的内容,加以这些内容虽然对理解正文大有好处,但即使删去它们,也并不影响教材的大体完整和连续性,所以才与正文有所区别。例如,小字内容中有不少是不可避免的或帮助理解正文的物理概念,但可以不必作为初中教师的考试要求。由此缘故,望读者在自学时,不要放过小字内容不读,即使不能全懂,对理解正文亦有好处。当然,能温习一下高中物理更好。

本教材也可供那些希望在有关的基本概念上再下功夫的高中地理教师和地理专业本科学生自学或参考。将某些小字内容看作正文,本教材也可供高师地理本科使用。

本书共分五章。第一章介绍人类经过观测、推理所了解到的宇宙真实状况和地球的真实空间位置和运动。但地球上的人并不能直接看到这种真实位置和运动,摆在他们眼前的,是一个球形天空和众多球形分布的天体。所以,第二章主要讨论地球观测者用肉眼实际上所看到的宇宙形象或天象,以及地球真实位置和运动在球形天空上的反映和表现。在此基础上,第三章全部和第一、二和四章的某些段落讨论地球运动的地理意义。第四章主要介绍地球的形状、结构和物理性质。第五章集中阐述月球及其对地球的影响。

利用卫星电视教育手段培训在职中、小学教师,是国家教委下达的较紧迫的任务。在地理专业诸课程中,《地球概论》又是教材动笔较晚,但电视教学录相却要求最早播出的一门大专层次级地理课。所以,无论是编写教材,还是制作电视录相,时间都是相当紧迫的。本教材从去年4月开始正式动笔,今年2月交稿,包括完成油印讲义参加审稿会和近一个月的绘图时间在内,前后总计不到11个月。

编写这类教材除受本人学术水平限制之外,更重要的是,作者在编写教材的过程中未能较快地从自己课堂教学的“框框”中跳出来,以适应成人教育自学的需要。这个转变过程是以不少时间为代价的。在高教出版社汪安祥、黎勇奇同志的指点下,又经参加去年9月审稿会的同行们的热情帮助,最后在去年10月得知并学习了国家教委领导关于卫星电视教材的新精神之后,作者四易,部分章节甚至五易、六易其稿,才一步步将教材转化为现今的模样。由此缘故,最后阶段的定稿、抄稿和审稿工作,是在争分夺秒地完成的。时间紧迫和作者水平有限这两项因素,决定本教材一定有很多不足,甚至错误之处,热望读者批评指正。

本教材在适应成人教育自学需要这一点上,比去年的初稿已大大前进了一步,与审稿会上的油印讲义也大不相同了。每念及此,作者对参加审稿会并给以指点、帮助的老师们的感激之情便油然而生。他们是:金祖孟、应振华、洪国平、王多文、方明亮、庄天通、陈星垣、杨东和、周振玲和蔡尤等老师。

作者特别要提到华东师大金祖孟教授。前年承蒙他为拙作《行星地球概观》审稿并作序;去年又承蒙他担任本教材之主审,并及时发现和指出油印稿的存在问题。这些年来,作者从他那里得到了指点、教益、关心和帮助,在此谨致由衷的感谢。

作者十分感激高教出版社的黎勇奇同志。他不仅多次指点教材的编写,而且对本教材和《行星地球概观》作了大量的审查和加工工作,提出了很多修改意见。高教社绘图室为本书全部插图清绘付出了巨大劳动,一并致谢。

作者还特别感激陕西师大应振华教授。承蒙他亲自参加审稿会,并承允与我共同担当本次电视课的主讲教师。不仅如此,前不久在京与他碰头时,他又细致地审定了教材稿,指点我修改稿件并发现了几处重大的笔误。

最后,作者还要向对教材编写提供帮助的本校同事,和支持、关怀此项工作的校系领导表示衷心感谢。

刘 南
于杭州大学
1987年3月

目 录

前言	1
第一章 在宇宙中运动的地球	
第一节 地球的宇宙环境	1
111 我们的宇宙	1
112 恒星和星系	3
1. 恒星	3
2. 银河系以及太阳在银河系中的位置 和运动	4
3. 星系和总星系	6
113 太阳	7
1. 太阳表层和太阳风	7
2. 太阳活动	8
3. 太阳常数和太阳辐射	9
4. 太阳和地球的关系	10
114 太阳系和太阳系天体	11
1. 太阳系	11
2. 行星的运动和分布大势	11
3. 行星性质、分类和行星的卫星	14
4. 太阳系的小天体	15
115 人造卫星和人造天体	17
1. 人造卫星和人造天体概况	17
2. 人造天体的发射和宇宙速度	18
3. 人造卫星在地质上的主要应用	19
思考题和练习题	19
第二节 地球的运动	20
121 地球的公转运动	20
1. 开普勒三定律	21
2 * . 有关开普勒定律的应用问题	22
3. 地球公转运动的轨道	23
4. 地球公转的方向、周期和速度	25
5. 地球公转运动的变化和近点年	26
122 地球的自转运动	26
1 * . 类地行星自转运动的一般特点	26
2. 地轴和地理坐标	28
3. 地轴空间位置和地球自转方向	29
4. 地球自转的周期和速度	32
123 地球运动的综合分析之一	33
1. 地球上的四季交替和直射点回归 运动	33
2. 回归年和岁差	35
3. 地轴和地球公转轨道的配置关系	37
4. 地球运动的图示问题	38
124 地球运动综合分析之二	39
1. 地球上的太阳高度日变化和昼夜更替	39
2. 太阳日和地球自转周期	41
3. 日变化现象的因地制宜和因时而异	42
4. 同一日期日变化的纬向差异和经向差 异	43
5. 日变化现象的纬向差异和季节变化	44
思考题和练习题	46
第二章 从运动的地球上观察宇宙 和天球	
第一节 人类直接观测到的宇宙	49
211 肉眼中的宇宙和天体	49
1. 天球和天体视位置	49
2. 地平	50
3. 天体视运动	51
4. 天体的亮度和可见天体	52

5. 天体的视大小和天体的颜色	53	3. 地平坐标和时角坐标的对应	80
212 天体的周日视运动和恒星		4. 地平、时角坐标系的关联和比较	81
星空	54	思考题和练习题	82
1. 地球自转在天球上的反映——周日视		第三节 太阳回归运动和周日运动 ... 84	
运动	54	231 太阳回归运动	84
2. 天体在不同地点的周日旋转和升落运		1. 天球上的黄赤交角和二分二至点	84
动	56	2. 天极和二分点西移, 太阳回归运动 ...	85
3. 恒星星空的周日视运动	58	3. 太阳回归运动和太阳直射点回归运动	
4. 星座的划分	59	的一致性	86
213 太阳系天体的视运动	61	232 太阳回归运动的定量分析	87
1. 太阳周年视运动	62	1. 赤道坐标系	87
2. 太阳系其他天体相对星空的视运动 ...	63	2. 太阳黄经和廿四(节)气	89
3. 太阳系天体和星空周日视运动		3. 太阳回归运动中赤经、赤纬的变化 ...	91
的差别	64	233 太阳周日视运动	92
4. 相对视运动和周日视运动之比较 ...	66	1. 太阳同分至点或星空周日视运动的差	
思考题和练习题	67	异	92
第二节 地球、天球上方向和位置的		2. 太阳高度、昼夜长短的季节变化	94
表达	68	3. 不同纬度昼长和太阳高度的	
221 地球、天球上方向和位置的定性		年变化	95
描述	68	4. 恒星日和太阳日	96
1. 地平系统和地平面内的地理方位 ...	69	5. 不同经度地点的太阳周日视运动 ...	98
2. 地、天球上方向和运行方向的统一描		思考题和练习题	100
述	70		
3. 地球、天球上点的东西南北的统一描		第三章 地球运动的地理意义	
述	71	第一节 时间和地理经度	104
4. 地平方位和全球地理位置统一描述的		311 几种建立在周日视运动基础上	
关系	73	的计时系统	105
222 地球、天球上点的位置的定量表		1. 真太阳时	105
达	74	2. 恒星时	106
1. 球面坐标系的建立和球面坐标度量		3. 真太阳时和恒星时之比较	107
75		4. 平太阳时	109
2. 球面坐标的空间几何意义	76	312 地方时和全球通用时	111
3. 从球面坐标的角度看地理坐标	77	1. 地方时的概念和换算公式	111
223 两种天球坐标系	78	2. 世界时	112
1. 地平坐标系	78		
2. 时角坐标系	79		

3 * . UT1、原子时、力学时和世界协调时	113	1. 什么是历法	140
313 地球上的标准时制度	113	2. 历法工作中的特殊矛盾和排历方法要点	140
1. 概论	113	3. 阴历、阳历和阴阳历	141
2. 理论时区和区时	114	332 公历和回历	143
3. 实际时区和法定时	115	1 * . 回历太阴历	143
4. 日界线和地球上标准日期的排定	117	2. 公历	144
5. 地球上太阳时的流逝与日期更新	119	3. 关于公历的讨论	144
思考题和练习题	121	333 中国传统历法	145
第二节 地球上的季节变化和五带 ...	122	1. 月日序数、闰月和闰年的主要排定方法	146
321 天文辐射及其分布和变化 ...	122	2. 干支纪时制度	147
1. 天文辐射	122	3. 讨论	148
2 * . 天文辐射瞬间分布	123	4 * . 传统历法的近似推算和练习	149
3 * . 天文辐射分布随时间的变化	124	思考题和练习题	149
4 * . 天文辐射分布变化对地球的影响	126	第四节 地球上物体的运动偏转现象	151
322 季节变化和天文节令	127	341 本节所讨论问题的实质	151
1. 影响天文辐射年变化的全球性、半球性因素	127	1. “大地上运动偏转”的含义	151
2. 地球上的季节变化	129	2 * . 参照系问题	152
3. 天文节令、农时和阳历	130	342 地球上物体自由运动的偏转现象	153
323 天文辐射年变化的纬向分布	131	1. 自由垂直运动的偏转	153
1. 有关讨论方法的说明	131	2. 自由水平运动的偏转	154
2. 昼长的季节变化及其纬向差异	132	3. 讨论	156
3. 太阳高度的季节变化及其纬向差异	134	4. 傅科摆	157
4. 天文辐射年变化的纬向分布特点	135	343 科氏力和地转偏向力	157
324 地球上的五带和四季划分 ...	136	1. 科氏力	157
1. 纬度地带性和五带的划分	136	2. 水平运动和地转偏向力	158
2. 五带分论	137	3 * . 地转偏向力在不同的水平运动中的作用	159
3. 地球上的四季递变和四季划分	137	思考题和练习题	160
思考题和练习题	139	第四章 地球的结构、形状和物理性质	
第三节 历法	140	第一节 地球的结构	162
331 历法总论	140		

411 地球的内部结构	163
1 * . 弹性波基本知识	163
2. 地震波和地震体波波速随深度的变化	165
3. 地球内部的主要分层	166
4. 地壳和岩石圈	168
412 地球的外部结构	169
1. 大气圈	169
2. 水圈	170
3. 生物圈	170
413 地球表面的主要结构特征	171
1. 地球自然表面和固态地球表面	171
2. 海陆及其分布	172
3. 海陆高差和固态地表的起伏	173
思考题和练习题	175

第二节 地球形状、大小和表面重力

..... 175

421 地球的形状和大小	175
1. 大地水准面	175
2. 大地水准面对研究地球形状的意义	177
3. 地球椭球体与大地水准面	178
4. 地球形状的几级近似	180
422 地球的表面重力	181
1. 地表重力及其同表面形状的关系	181
2. 重力与自引力,地球的质量和平均密度	182
3. 地球自转与重力随纬度的变化	183
4. 地表实际重力的不规则性	185
423 * 关于地理坐标的说明	186
1 * . 三种经纬度	186
2 * 什么是地理坐标	187
思考题和练习题	189

第三节 地球的其他物理性质

..... 189

431 地球内部的重力、压力

. 4 .

和密度	189
1. 地球内部的重力及其随深度的变化趋势	190
2. 地内压力、密度及其随深度的变化趋势	191
3. 地内密度、重力和压力的研究结果	191
432 固态地球的温度和热源	193
1. 固态地表浅层的温度和热流	193
2. 地热能与太阳能,内营力和外营力	193
3. 地球内部的温度	194
4. 地球内部的热源	195
433 地球的磁场	196
1. 地磁场概况和地磁要素	196
2. 近地面磁场的空间分布	198
3. 地磁场随时间的变化	199
4. 地球的高空磁场和内部磁场	200
思考题和练习题	201

第五章 地球和月球

第一节 月球

..... 202

511 地月系的真运动	202
1. 地月系的绕转运动	202
2. 地月系运动和地月系统绕日公转	204
3. 月球的自转运动	206
512 月球的视运动和月相变化	206
1. 月球相对于恒星星空的视运动	206
2. 日月会合运动	208
3. 月相	209
4. 月球的周日视运动	211
513 月球的结构和物理性质	213
1. 月面物理条件和自然状况	213
2. 月球的“地质”概况	213
3. 月球的地表形态	214
思考题和练习题	215

第二节 日食和月食

..... 216

521	日月食的成因和类型	216
1.	月球和地球的影锥	216
2.	日食类型及其直接成因	218
3.	月食类型及其直接成因	219
4.	日月食发生的条件	220
522	各种日月食具体分析	221
1.	日全食	221
2.	其他类型的日食	222
3.	月全食和月偏食	223
523	日月食比较分析	224
1.	日食和月食的食分	224
2.	日、月食在视象和观测上的异同	225
3.	日食和月食可见机会比较	226
	思考题和练习题	227

第三节 地球的潮汐变形和海洋潮汐

现象

531	引潮力和潮汐变形	229
1.	引潮力的概念和潮汐变形的成因	229
2.	引潮力的分布	230
3.	潮汐椭球	232

4.	不同天体引潮力的大小和潮汐变形的幅度	233
----	--------------------------	-----

532 海洋潮汐现象

1.	海洋潮汐现象	235
2.	为什么能观测到海洋潮汐现象	236
3.	海洋潮汐的太阴日变化	237
4.	海洋潮汐的朔望月变化	239
5.	实际海洋潮汐现象的复杂性	239

533 * . 引潮力和重力

	思考题和练习题	242
--	---------------	-----

(带“*”者是用小字排出的章节,不作基本要求。)

附录 I : 天体视位置的细微变化

附录 II : 全球各纬度极昼极夜日数和各纬度在夏至、冬至日之昼夜长

附录 III : 由年和日的“天干”确定当年各月干支和当日各时辰干支

附录 IV : 最亮恒星表

附录 V : 我国主要城市的经纬度

第一章 在宇宙中运动的地球

人类直接观测到的宇宙,表现为一个球形天空,天体看上去都分布在这个球形天空上。但是,人类通过长期、大量的观测、分析和研究,了解到各种天体的真实空间分布、空间速度和物理化学本质,从而认识到我们这部分宇宙的真实情况;得知人类借以生活的“大地”原来是一个球形天体,并相当详尽地推证出这个球形天体——地球在宇宙空间的真实位置和运动特征。本章将概略阐述现代观念中的宇宙真实景象,并在此基础上,较详细地介绍地球的真实空间位置和空间运动,一般不考究球形天空上的观测现象问题。

第一节 地球的宇宙环境

1.1 我们的宇宙

人类认识的触角,现在已伸展到 100 多亿光年以远的极其辽阔的空间。这里,“光年”是一个大尺度长度单位,它等于光行一年的距离,或

$$\begin{aligned} 1 \text{ 光年} &= 1 \text{ 年} \times (3 \times 10^5 \text{ 公里} / \text{秒}) \\ &= 9.46 \times 10^{12} \text{ 公里} \end{aligned}$$

人类观测所及的这部分宇宙,常被称为“我们的宇宙”,它正是我们目前已知的地球的宇宙环境。当然,我们的宇宙只是无限的物质宇宙的一个小小局部。

在我们的宇宙中,物质以各种形式存在着:一部分物质以电磁波、星际物质(气体、尘埃)等形式弥散在广漠的空间,另一部分物质则积聚、堆积成团,表现为各种堆积形态的积聚实体,如地球、月球、行星、恒星和星云等(为叙述方便,下文中将这类积聚实体简称为积聚态天体)。通常将包括星际物质和各种积聚态天体在内的所有宇宙星体,通称为天体。换言之,我们的宇宙是由各种形态的天体和电磁波等物质构成的。

从宇宙看,地球也是一个天体。不过,对人类来说,它是一个特殊的天体,因为它是人类的居住地和观测宇宙的基地。从这个意义上说,地球是“地”,而不属于“天”,地球上的物体、物质不属于天体的范畴。在太空飞行的人造卫星、宇宙飞船、空间实验室和探测器等,也是天体,但它们是人工制造的,因而被总称为人造天体,以区别于宇宙间大量的自然天体。

在天文学中,“天体”一词的用法比较灵活。例如,在观测天象时(参见第二章),“天体”专指地球以外的天

体；当涉及天体形体时，“天体”不包括星际物质，因为它们无确定形状。有时，还将某些天体系统称为天体，如星系等。但电磁波等物质一般不算“天体”。

在我们的宇宙中，天体常常聚集成群，结成一个个天体群或集团。在这些群或集团中，运动着的天体成员由于相互吸引而不断地相互绕转。这样的天体群或天体集团，通称为天体系统。天体系统有不同的级别。例如，地球和绕之运转的月球、人造卫星，行星和绕之旋转的卫星，形成较低一级的天体系统；太阳和绕之公转的地球、行星等组成了较高级的天体系统——太阳系；太阳和大量恒星、恒星际物质等进而组成再高级的天体系统——银河系；而银河系和众多的星系又是更高一级天体系统的成员。

观测表明，在我们的宇宙中，质量主要集中在积聚态天体上和天体系统中。总体上看，如果我们把茫茫太空比作汪洋大海，那么积聚态天体就象是宇宙间相距很远的小岛，天体系统则类似于相距很远的岛群。这些天体和天体系统的大小（直径、半径等）与它们之间的距离相比，通常要小得不可比拟。在这些宇宙“小岛”和“岛群”之间，是极其稀薄、广漠的空间。所以，我们的宇宙从总体上看，是极其空旷的，密度极低。

积聚态天体内的物质和天体系统中的天体，之所以通常积聚或聚集在广漠空间的一个个小局部，是由于万有引力的作用（天体总体上常是电中性的，宇宙天体间电力作用一般远不及万有引力显著）。根据牛顿万有引力定律，宇宙中质点和天体都在相互吸引着，引力大小 F 同吸引双方的质量乘积 m_1m_2 成正比，与两者距离 r 的平方成反比：

$$F = Gm_1m_2 / r^2$$

这里，引力常数 $G = 6.67 \times 10^{-11}$ 牛顿·米²/千克²。在积聚态天体或天体系统内部，由于相互靠近，物质之间或天体之间的吸引力比来自遥远的其他天体的引力要强得多，而且，内部愈密集，内部相互引力愈强。反过来，由相互靠近所导致的内部引力增强，又有利于进一步积聚或聚集。积聚态天体的物质和天体系统的成员就是靠这种内部的吸引力——自引力而维持在一起的。

当然，天体或天体系统也不会因自引力而无限密集、无限收缩，因为它们自身或内部还存在着各种反抗压缩的排斥力量，如自转或绕转运动所产生的离心力、向外的辐射压力、热膨胀力和原子、分子间抵抗压缩的作用力等等。后一种力在生活中也常可观察到，且不谈固体、液体，就是气体也有着抗压缩的力量。例如，用气筒给自行车充气时，我们就能感受到这种力。当然，不同天体或天体系统的抗压缩排斥力的表现形式不尽相同。在某些情况下，天体或天体系统的斥力还可能超过自引力，导致天体或天体系统膨胀、瓦解，甚至爆发。

研究表明，虽然在地球和某些天体上，氢、氦以外的元素占绝大部分，但是，在恒星、星云、星系乃至我们整个宇宙中，总体上看，最多的元素是氢和氦，它们分别占宇宙总质量的 $3/4$ 和 $1/4$ 左右。其他化学元素加起来，总量也很小。

天文学研究证实，我们宇宙中所有的天体系统和天体，包括地球在内，都在永恒地运动、变化之中，各种天体和天体系统，都有着产生、发展和衰亡的历史。

下面,分述各种天体和天体系统。

112 恒星和星系

1. 恒星

恒星是我们的宇宙中最重要的天体,这个宇宙相当部分的质量就是以恒星这种天体形态呈现的;恒星是银河系、星系的主要成员。太阳系的最重要天体——太阳,也是一颗恒星。因此,认识宇宙,把握天体系统的几个基本层次,关键的一环就是了解恒星。

我们平日所看到的星辰,绝大部分是恒星。它们之所以看上去是一个个光点,仅仅是因为其距离我们太远的缘故。事实上,恒星是由炽热气体所组成,能自身大量发光的、相当大的球状或类球状天体,象一颗颗遥远的太阳。由于太阳恰好是一颗各方面比较适中的恒星,太阳的大小、质量、密度等(具体数值见下节),正大致体现着恒星这种天体的大小、质量和密度等的平均量级。多数或大多数恒星在上述诸方面同太阳相去不远,但也有不少恒星差异较大。例如,小质量恒星仅百分之几个太阳质量,大质量恒星可达一百多个太阳质量,两者相差三个数量级(一个数量级之差就是十倍之差);大、小恒星的直径差异可达数百万倍;一些恒星在体积、密度上的差异更为惊人,最大最小可相差若干亿倍。

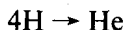
恒星的光是从恒星表面发出的。恒星之所以能发光,是由于其表面温度高达 2600 至 40000 度,就象白炽灯泡的钨丝通电时温度很高而能发光一样。在恒星内部,温度、压力和密度(这些量是相互关联的)都随深度而增加。所以,恒星中心的温度更高,研究表明,可达 700 万度至若干亿度。

正如白炽灯发光需要电能一样,恒星发光也需要能源,如果没有能源,恒星的高温和发光是不能维持下去的。现在认为,恒星内部的能源是热核反应能。所谓热核反应,乃是较轻元素的原子核在极高温下聚合成较重原子核(新的元素)的反应。在热核反应中,反应物和生成物的质量不相等。不过,这并不意味着物质不灭定律不成立,因为物质可能以质量和能量(例如电磁波等)两种形式存在,而且质量和能量可以相互转化。其关系式是

$$\text{能量} = \text{质量} \times \text{光速}^2 \quad (11 \cdot 1)$$

由于光速高达 3×10^8 米/秒,不多的质量所对应的能量数值非常大。正因此,热核反应中的质量亏损所转变成的能量,是相当惊人的。

例如,在 700 万度或以上的高温条件下(例如在即将爆炸的氢弹内部),4 个氢原子核可以聚合成 1 个氦原子核,即



根据氢和氦原子核质量的实验数据,可以算得,1 克氢参加反应,转化为 0.9931 克的氦,质量亏损为 0.0069 克。可就这么一点质量亏损,按(11·1)式计算,转化的能量却高达

$$\begin{aligned} & (0.0069 \times 10^{-3} \text{千克}) \times (3 \times 10^8 \text{米/秒})^2 \\ & = 6200 \text{亿焦耳(或 1500 亿卡)} \end{aligned}$$

在上面的计算中,用到了下述关系:

$$1 \text{ 焦耳} \approx 0.24 \text{ 卡}$$

$$1 \text{ 千克} \times (1 \text{ 米} / \text{秒})^2 = 1 \text{ 米} \cdot 1 \text{ 千克} \cdot 1 \text{ 米} / \text{秒}^2 = 1 \text{ 焦耳}$$

后者是因为:

$$1 \text{ 千克} \cdot \text{米} / \text{秒}^2 = 1 \text{ 牛顿} (\text{质量} \times \text{加速度} = \text{力})$$

$$1 \text{ 牛顿} \cdot \text{米} = 1 \text{ 焦耳} (\text{力} \times \text{距离} = \text{功或能})$$

此外,将化学反应与上述核反应比较一下是有益的。在化学反应中,原子或元素不变,只是由原子组成的分子或化合物发生变化。化学反应也会释放(或吸收)能量。因此,其反应物和生成物的质量也不应绝对相等。然而化学反应涉及的能量同核反应不可比拟,反应中的质量亏损(或增加)小得完全可以忽略不计。因此,化学反应可以说是质量守恒的,正如中学所学的那样。

现在认为,恒星内部都发生着热核反应。上述氢聚变为氦的反应,就是各种恒星内部最普遍、最基本的热核反应。这是因为,一般恒星最多的元素是氢,氢聚变为氦的热核反应有着最充足的原料供应,因而能长期、持久地进行。太阳以及很多恒星,现在就是以这种反应为能源的。另有一些恒星的内部(温度更高),除氢聚变为氦以外,还同时进行着一种或数种其他热核反应,如氦聚变为碳等。人们不仅证实热核反应能够释放巨大的能量,而且还证明,这些能量的确足以在相当长的时期内,稳定地为恒星提供必需的能量。

所以,恒星长时期的高温状态和巨量辐射,就是由内部热核反应来维持的。正是由于恒星内部热核反应所产生的巨大能流、高温高密度状态,以及其他因素所产生的内部斥力和膨胀力,抵抗着使恒星收缩的力量——自引力或重力,恒星作为炽热的气体球,生存于这两种主要力量的抗衡之中。

制约上述抗衡斗争的规模和剧烈程度的主要因素是恒星质量。研究表明,恒星质量愈大,自引力愈强,与之抗衡的斥力相应也愈强,包括核反应产能过程在内的各种内部物理过程也将愈加迅猛、激烈,恒星将愈快地“挥霍”掉自身的能量。因此,质量过大的恒星难于稳定或持久。反之,小质量恒星内部的矛盾斗争比较缓和,内部过程比较温和、持久。一般认为,质量小于0.07个太阳质量的星体,中心温度达不到700万度——这个温度是恒星内部最基本的热核反应,即氢聚变为氦的反应所要求的起码温度——因而不能成为长期大量发光的恒星,只能是基本不发(可见)光的行星。在整个宇宙中,恒星和行星的概念区别通常就是这样划定的。不过,在本课程中,“行星”一词仍然专指太阳系行星。

在大多数恒星上,自引力和斥力双方是均衡的,这些恒星是稳定恒星。但也有部分恒星正处于内部矛盾发生质变或调整的阶段,因而不稳定。它们在发光度、温度、直径或其他物理量上,表现出周期性或不规则,甚至爆发性变化。

2. 银河系以及太阳在银河系中的位置和运动

人类观测到的几乎所有恒星,包括太阳在内,都属于一个巨大的天体系统——银河系,我

们平日在星空上所看到的环天光带——银河,就是由银河系内大量恒星密集而成的。银河系所包含的恒星总数,估计达一、两千亿颗之多。

银河系主要成员是恒星,因为它的90%的质量集中在恒星上。除恒星外,银河系还包含着大量的星际物质和星云。星际物质是弥散在恒星之间的星际气体和星际尘埃,前者指气态原子、分子、离子或电子等,后者是直径约 10^{-5} — 10^{-6} 厘米的各种化合物分子积聚而成的固态质点。星际物质密度极低,平均约 10^{-24} 克/厘米³左右。但星际物质分布不尽均匀,当它们相对浓集且密度高出一至几个数量级时,就表现为一种可观测到其轮廓的积聚态天体——星云。所以,星云可说是星际物质的密集形态(参见书末附图II)。

银河系主要由三部分组成。最主要的部分是铁饼状的银盘(图1.1a),在那里集中了银河系85—90%的恒星和星际物质。银盘的直径约8万光年,厚度从内向外递减,最厚处约6千多光年。银盘中心平面称为银道面。银盘内分布着四条旋臂(图1.1b),旋臂是星际

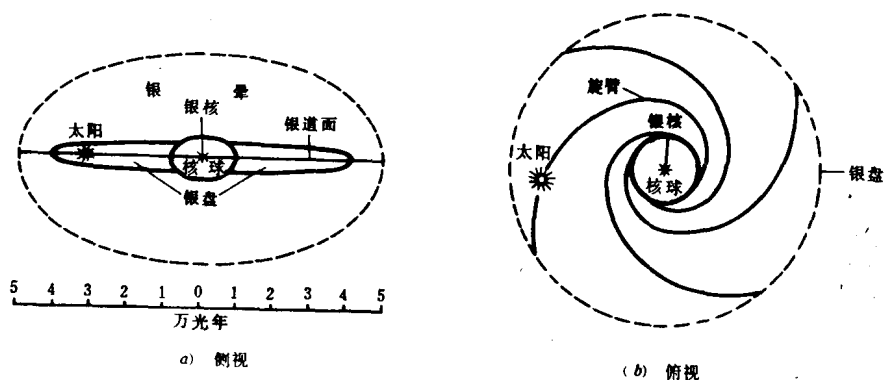


图1·1 银河系结构示意图

物质和一些恒星相对浓集的地带,一些(年轻的)亮星也主要分布于其上。所以,如果从银河系外,倾斜或垂直于银盘的方向来观察,比较醒目的就是几条旋臂,正如我们看类似银河系的一些其他星系的形象那样(见书末附图III)。

核球是银河系内恒星较密集的、近球状的中心区域,其直径约1万多光年。核球中心还有一个很小的高密高能核心——银核。在核球和银盘外还有银晕,银晕是一个直径约10万光年的近球状区域,总体上看,那里的恒星和星际物质都相当稀疏。

银河系(大多数天体)大体顺着银道面绕银核旋转着,这种运动称为银河系自转。但银河系自转与固体转动不同。例如,银盘内各部分旋转角速度就不同。由旋转速度分布,可以估算银河系总质量约为 1.4×10^{11} 个太阳质量。

在上述恒星分布区外,还包围着范围更大、物质更稀薄的区域——银冕。

银河系内的恒星不少是单个存在的,但也有相当部分的恒星聚集成群,组成银河系内的各级恒星系统:由两个相互靠近、相互绕转的恒星组成的系统,称为双星系统;由3—10颗恒星组成的,称为聚星系统。在太阳系附近空间,估计结成双星、聚星的恒星达半数或半数以上。由十颗以上恒星组成的恒星集团,称为星团,其中,由数千至数十万颗恒星密集成球状的大型