

高等学校教材

地质学概论

夏邦栋 刘寿和 编著

高等教育出版社

高等学校教材

地质学概论

夏邦栋 刘寿和 编著

高等教育出版社

(京) 112 号

内 容 提 要

本书系统地阐述了各种地质作用及其结果或产物,并以内力地质作用为主,突出了矿物、岩石、地质构造等基本内容的阐述,注意了矿床学、地质图及中国区域地质概况等综合性与技能性知识的介绍。同时还介绍了板块构造理论的形成与发展,以及环境地质学的基本概念。全书内容反映了地质学教学与科研的新成就,并做到深浅适度、分量适中、结构紧凑、图文并茂、便于教学。

本书适合作为高等院校地理类各有关专业普通地质学课程的教材,还可供中学地理教师及其他科技工作者学习地质知识的参考。

高等学校教材

地 质 学 概 论

夏邦栋 刘寿和 编著

*

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

上海中华印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 340,000

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数 00,001—1,620

ISBN 7-04-003707-6/K·177

定价 4.90 元

前 言

本书是根据原教育部地理教材编审委员会的教材规划及受高等教育出版社的委托进行编写的。本书除作为综合大学地理系各专业地质学课程教材外,可供高等师范院校有关专业师生使用,中学地理教师及地质工作者也可作为参考。

《地质学概论》是地质学各学科的导论,它的任务是说明地质学的基本内容,并为学好地理学有关专业课程打下地质学基础。本教材是在总结编者多年从事地质系及地理系普通地质学的教学经验,并广泛听取地理系各专业教师对教材内容意见的基础上进行编写的。为了适应地理系教学的要求,本书内容包括了:(1)地壳的物质组成,矿物、岩石及其形成的作用与原理;(2)地球及地壳的构造;(3)古生物及地球历史的基本知识;(4)矿产及其形成的一般原理;(5)地质图等地质学领域的基本技术性知识等。可以看出,其中若干内容已超出普通地质学的范围,而普通地质学教材中所应有的部分内容在本教材中并未普遍涉及。所以本教材称为《地质学概论》。

在编写深度和广度方面,笔者力求能满足地理系各专业对地质学教学的需要,但又做到分量适中。在编写体系方面,笔者掌握以讲地质作用的原理与讲地质作用的产物和结果有机地联系为原则,努力做到脉络清晰,结构紧凑,并避免前后重复和脱节。

当代地质学发展迅速,其内容日新月异。教材须反映地质学的新成就和新动向,为此,本书辟有“海底扩张与板块构造”、“环境与地质”、“板块构造与成矿关系”等章节。同时,在其它章节的叙述中也注意体现上述原则。

本书编写的分工是:夏邦栋编写第一、三、四、五、六、八、九、十、十四章及十一章的一部分;刘寿和编写第二、七、十二、十三、十五章及十一章的一部分,并为书稿作编辑的技术性处理工作。全书由夏邦栋统纂和定稿。书稿完成后,高教出版社及国家教委理科地理教材编委会约请王乃梁教授为主审,并有钱祥麟教授、孙肇春教授及朱亮璞教授对书稿进行了审定。根据审者提出的意见,笔者对书稿作了增删和修改。南京大学地理系绘图室帮助清绘了部分图件。罗谷风、陈智娜、姜凤琪、林天瑞请同志为本书提供了若干有关的插图、照片等地质资料。在此谨向所有帮助和关心过这本教材出版的同志致以诚挚谢意。

编者于南京大学

1991年3月

目 录

✓第一章 绪论..... 1	复习思考题.....31
第一节 地质学的研究对象与任务..... 1	第四章 岩浆作用与火成岩.....33
一、地质学的研究对象..... 1	第一节 喷出作用与喷出岩..... 33
二、地质学的任务..... 1	一、岩浆的概念.....33
第二节 地质学的内容与分科..... 2	二、喷出作用与喷发产物.....33
第三节 地质学研究对象的特点与研究方法..... 3	三、岩浆的类型及其喷发特征.....37
一、地质学研究对象的特点..... 3	四、火山喷发的间歇性.....39
二、地质学的研究方法..... 4	五、世界火山的分布.....41
复习思考题..... 5	第二节 侵入作用与侵入岩.....41
✓第二章 地球概述..... 6	一、侵入作用概述.....41
第一节 地球在宇宙中.....6	二、侵入岩的产出状态.....44
一、太阳系.....6	第三节 火成岩的结构与构造.....46
二、地球的卫星——月球.....10	一、火成岩结构的概念.....46
第二节 地球的一般特征.....12	二、火成岩结构的主要类型.....46
一、地球的形状和大小.....12	三、火成岩的构造.....47
二、地球的表面特征.....13	第四节 火成岩的主要类型.....47
三、地球的圈层构造.....14	第五节 岩浆的形成与地球的内热.....49
第三节 地质作用概述.....15	一、岩浆的形成.....49
一、内力地质作用.....15	二、地球的内热.....50
二、外力地质作用.....16	三、地热的成因.....51
复习思考题.....16	复习思考题.....58
✓第三章 矿物.....17	✓第五章 外力地质作用与沉积岩.....54
第一节 元素.....17	第一节 外力地质作用的类型.....54
一、元素和同位素.....17	一、风化作用与剥蚀作用.....54
二、地壳中的元素与克拉克值.....18	二、搬运作用.....55
第二节 矿物的概念.....18	三、沉积作用.....56
一、矿物的定义.....18	四、固结成岩作用.....57
二、晶体与非晶质体.....19	第二节 沉积岩的特征.....58
第三节 矿物的特性.....20	一、沉积岩中的矿物.....58
一、矿物的形态.....20	二、沉积岩的结构.....58
二、矿物的光学性质.....22	二、沉积岩的原生构造.....60
三、矿物的力学性质.....23	第三节 常见的沉积岩.....63
四、矿物的其它性质.....25	复习思考题.....68
第四节 常见矿物.....26	第六章 变质作用与变质岩.....69
	第一节 变质作用概述.....69

一、变质作用的概念	69
二、引起变质作用的因素	70
第二节 变质作用中原岩的变化	71
一、物质成分的变化	71
二、变质岩的特征矿物	72
三、岩石结构的变化	73
四、岩石构造的变化	74
第三节 变质作用类型及其代表岩石	76
一、接触变质作用	76
二、区域变质作用	77
三、混合岩化作用	79
第四节 岩石的演变	81
复习思考题	82
第七章 地质年代	83
第一节 相对地质年代的确定	83
一、地层层序律	83
二、生物层序律	83
三、切割律	84
第二节 绝对地质年代的测定	85
第三节 地质年代表	86
一、地质年代表的建立	86
二、地质年代名称的来源、含义和代号	89
三、岩石地层单位的概念	90
复习思考题	91
第八章 地震及地球内部构造	92
第一节 地震的基本概念	92
一、地震概况	92
二、地震的类型	93
第二节 地震波与地震仪	94
一、地震波	94
二、地震仪	96
第三节 地震的强度	98
一、地震的震级	98
二、地震的烈度	98
第四节 地震的分布	100
一、环太平洋地震带	100
二、地中海—印尼地震带	102
三、洋脊地震带	102
第五节 地震的预报与预防	102

一、地震预报	102
二、地震预防	103
第六节 地球的内部构造	104
一、地球内部地震波速度突变的主要界面	104
二、地球内部各层圈的物质成分	106
三、均衡原理	107
复习思考题	109
第九章 构造运动与地质构造	110
第一节 构造运动的基本方式	110
一、水平运动	110
二、垂直运动	110
第二节 岩石的变形与地质构造	111
一、岩石的空间位置	111
二、褶皱	112
三、断裂	117
第三节 地层的接触关系	123
第四节 槽台学说的基本概念	125
一、地槽的基本特征	125
二、褶皱带	126
三、地台的基本特征	127
四、大陆的成长	127
五、地壳发展的旋回性	128
复习思考题	129
第十章 海底扩张与板块构造	131
第一节 海底扩张说的兴起	131
一、大陆在漂移	131
二、海底地质的考察	135
三、海底在扩张	136
四、海底扩张说的提出	142
第二节 海底扩张的新论证	143
一、古地磁学的论证	143
二、深海钻探所揭示的海底年龄	145
三、洋中脊考察的发现	146
四、转换断层的发现	147
五、海洋的开闭旋回	148
第三节 板块构造	150
一、板块构造的含义	150
二、板块划分的依据	150
三、全球板块的划分	151

四、板块的运动及其驱动力	152	第六节 风化矿床	185
五、板块构造学说所需要解决的问题	153	一、风化矿床的基本特征	185
复习思考题	154	二、风化矿床的类型	186
第十一章 地球的演化简史	155	第七节 沉积矿床	187
第一节 地球的天文时期	155	一、沉积矿床的基本特征	187
一、重力分异	156	二、沉积矿床的类型	187
二、陨星的撞击作用	156	第八节 变质矿床	189
三、热流值的迅速衰减	156	一、变质矿床的基本特征	189
四、火山作用与地球外部圈层初成	156	二、变质矿床的类型	190
第二节 隐生宙时期	157	第九节 板块构造与成矿关系	191
一、生命的出现	157	一、板块边缘的成矿作用	191
二、大气圈与水圈成分的演化	157	二、板块内部的成矿作用	192
三、陆核和地盾的形成	158	复习思考题	192
第三节 显生宙时期	159	第十三章 地质图	193
一、生物的全面繁荣和快速演化	160	第一节 地质图概述	193
二、构造运动的频繁性	167	一、地质图的定义与种类	193
三、地槽和地台的分异	168	二、地质图的比例尺	194
第四节 古地理研究概述	169	第二节 地质图的测制	194
复习思考题	176	一、比例尺的选择	194
第十二章 矿床概述	177	二、填图前的准备	195
第一节 有关矿床的若干概念	177	三、野外地质填图	195
一、矿产	177	四、地质剖面图	196
二、矿床	178	五、地层柱状图	197
三、矿体	178	六、地质图的图例	198
四、围岩、母岩、矿源层	179	第三节 如何读地质图	199
五、矿石、脉石、夹石	179	一、读图步骤	199
六、矿石的基本特征	179	二、读图要点	200
七、成矿作用	180	复习思考题	202
第二节 岩浆矿床	181	第十四章 中国区域构造概要	203
一、岩浆矿床的基本特征	181	第一节 中国的地形	203
二、岩浆矿床的类型	181	一、地势	203
三、矿床实例	182	二、山脉的走向	205
第三节 伟晶岩矿床	182	第二节 中国区域构造轮廓	205
一、伟晶岩矿床的基本特征	182	一、中国区域构造格架	206
二、矿床实例	183	二、中国区域构造分区	207
第四节 热液矿床	184	第三节 各大构造区特征简介	209
一、热液矿床的基本特征	184	一、华北地台	209
二、矿床实例	184	二、塔里木地台	210
第五节 矽卡岩矿床	185	三、扬子地台	211

四、兴蒙天山地槽褶皱区	211
五、秦祁昆地槽褶皱区	213
六、滇藏地槽褶皱区	213
七、华南地槽褶皱区	214
八、滨太平洋地槽褶皱区	216
第四节 中国的深断裂	216
一、古亚洲断裂体系	216
二、滨太平洋断裂体系	216
三、特提斯-喜马拉雅断裂体系	217
复习思考题	217
第十五章 环境与地质	218
第一节 环境与地质环境的一般概念	218
一、环境与地质环境	218

二、环境地质学的概念	219
第二节 地质作用所造成的灾害性环境	219
第三节 人类的地质作用对环境的影响	222
一、大型工程建设带来的影响	220
二、毁林及盲目开荒的危害	221
三、地下资源的开采所带来的影响	221
四、各种废物的排放造成地质环境的污染	222
第四节 地质环境与生命	222
一、人体中元素的分布	223
二、微量元素对人体健康的影响	224
三、地质环境与地方病	224
复习思考题	225
参考读物	226

第一章 绪 论

第一节 地质学的研究对象与任务

一、地质学的研究对象

地质学的研究对象是地球。目前主要是研究固体地球的上层。

人们生活在地球上,衣食住行都离不开地球。如人们要从地球中开采矿物资源,要适应大自然的环境和条件,要与地球上发生的各种自然灾害作斗争。因而,在长期的实践中逐步认识了地球,并形成了地质学。

研究地球的学科,除地质学外,还有地理学、生物学、气象学、天文学等。可以说,地质学着重研究地球的地下部分,而自然地理学着重研究地表的景观,生物学着重研究地球表面的有机界,气象学着重研究地球的外圈——大气圈,天文学着重研究天体,并从天体的角度研究地球,研究地球的起源。地球,包括固体地球以及环绕着它并与其密切联系、相互影响的水、生物与大气,是一个复杂的天体。因此,上述各学科是从不同侧面研究地球,无疑都有密切的联系。

二、地质学的任务

地质学在理论上和解决实际问题上都担负着重大的使命。如天体的起源与生命的起源属于当代自然科学的基本理论问题,这些问题的最后解决都离不开地质学的研究。因此,地质学是处于自然科学理论前沿的科学。

地质学更具有重大的实践意义,它与国家的建设及人民的生活息息相关。

1. 地质学要用自己的理论和方法,指导人们寻找更多、更经济适用的矿物资源,为发展生产和科学技术事业,为国家建设以及改善和提高人们的生活服务。

众所周知,黑色金属、有色金属、稀有金属以及其它许多金属与非金属矿产是工业的原料,它们与发展科学技术以及国防建设都有密切关系。磷、钾等非金属矿产则是发展农业所不可缺少的肥源。某些矿产,如黄金,除工业用途外,还是充实国库的重要财源。石油、天然气、煤炭是当前主要的能源物资,尤其具有重要的意义。

地下水是生活与生产不可缺少的资源。我国许多地区,尤其是西北,地表水相当缺乏。在这些地区,可以说,找到了地下水,就无异于找到了粮食,就能促使人们生活快速改善。

上述所有金属与非金属矿产、能源与地下水资源都需要用地质学的理论和实践去查明。

2. 应用地质学知识能够查明若干重要自然灾害的规律。如地震、火山爆发、山崩、地滑、流水对地面的侵蚀、风沙的灾害、地面的沉降等的发生规律。这些规律都与地质作用有关，因而地质学应当而且能够指导人们和这些自然灾害进行有效的斗争。

3. 地质环境与人体健康有密切关系。一些地方性疾病，或某些地区的高发性疾病，如四川的克山病及大骨节病，是与该区岩石和土壤中某种元素缺乏或过多有关，这些都是地质作用造成的。我国某些地区的癌症发病率高也有类似的地质原因。地质环境中对人体健康也有有利的一面，如温泉水往往含有某些元素，可用于治疗一些疾病。

因而，地质学在矿产、能源和环境三方面均具有重大意义。中华人民共和国成立以来，地质工作取得了光辉成就，它为国家建设的发展，为人民生活的提高做出了巨大贡献。当前，我国全面开展社会主义现代化建设，在这一壮丽事业中，地质工作处于先行和战略地位。查明我国地质和矿产资源情况，对于经济建设的布局 and 规模有决定性影响，在一定程度上还决定着我国经济技术发展的道路。

第二节 地质学的内容与分科

地质学的研究包括六方面的内容。

1. 研究组成地球的物质。目前着重研究的是地壳和上地幔。元素、矿物、岩石(包括矿石和矿床)、建造、地壳是地壳物质分类的不同级别。各级物质的存在形式、特征、形成条件、分布规律及其利用是研究的基本内容。研究这方面的有地球化学、结晶学、矿物学、岩石学、矿床学、地质建造学等分支学科。地球化学研究组成地壳的各种元素，和元素在地壳中的行为。矿物学研究元素的组合——矿物，它着重研究矿物的特征、形成条件及其利用。结晶学是矿物学的分支，它着重研究矿物的晶体、内部构造和由之而决定的各项特征。岩石学研究矿物的组合——岩石，研究岩石的特征及其形成和演化规律。岩石中有开采、利用价值的部分便是矿石，矿石与非矿的岩石以一定规律结合在一起便形成矿床。矿床学研究矿床的特征、形成条件及其开发利用。岩石的自然共生组合称为建造。地质建造学研究各种地质建造的特征、形成条件与实用意义。

2. 研究岩石或建造在地壳以及在整个地球内部的空间分布。即阐明地壳以及地球的构造，阐明这些构造的形成条件与演变规律。这方面的分支学科有构造地质学、区域地质学、地球物理学等。

构造地质学综合性地研究地壳中的地质构造。区域地质学(或称区域构造学)分别研究各地区地壳的构造。地球物理学是利用物理的方法研究地壳与整个地球内部的结构、物质性状，以及地球的内热、重力、磁性等物理性质。

3. 研究地球的历史。地球形成至今已有 46 亿年, 其中 3000 Ma^① 以来的历史是重点研究的对象。地球历史的研究可以通过下列学科来进行: 古生物学——研究地质时期的生物及其演变; 地史学——研究地球历史的变迁与地质时期内的重大地质事件; 岩相古地理学——研究地质时期由自然地理状况所决定的沉积特征及自然地理本身的特征; 第四纪地质学——研究与人类关系最为直接的 2 Ma^② 来的地质历史。

4. 应用地质学的研究。水文地质学、工程地质学、地震地质学、环境地质学等都属于应用地质学的研究范畴。水文地质学研究地下水的分布、开发和利用。工程地质学研究工程建设所需要的地质条件, 以保证工程的稳固与安全。地震地质学研究地震发生的地质背景, 为预报地震服务。环境地质学是一门新兴的地质学分科, 它重点研究环境质量的地质因素, 为保护环境 and 人们的健康服务。

从应用角度看, 矿床学也可列入应用科学领域。随着研究矿种的专门化, 还形成了煤田地质学、石油地质学、铀矿地质学等等。

5. 研究地质科学工作的方法与手段。在这一领域中, 同位素地质学、数学地质学、遥感地质学、实验地质学等日益显示其突出的作用和生命力。

6. 综合性研究。现代科学发展的一个趋势是由分科走向综合, 许多普遍性的和重大的问题只有用综合的方法才能解决。地质学也正在经历着这一过程。从全球的角度将物质的研究、地壳与整个地球构造的研究, 以及地球历史的研究融为一体的板块构造学是地质学进行综合性研究的重要体现。此外, 现代地质学已经将自己的研究领域从大陆扩大到海洋, 从地球扩大到宇宙, 从而诞生了海洋地质学和宇宙地质学。这是进行综合性地质研究的新领域, 在其研究内容上包括了地质学的各个方面。

以上六个方面的研究是相互影响、相互关联的。它们共同促进地质学向前发展。

第三节 地质学研究对象的特点与研究方法

一、地质学研究对象的特点

1. 地质现象的地区特色。地质现象的发生和发展具有共同的规律, 但是地质现象又具有很强的地区性或地区特色, 这表现为不同地区发育不同的地质现象, 而同一类地质现象在不同地区往往也具有其特殊性。研究地质学就必须仔细地观察各种地质现象。然而, 人们要全面地、完整地观察到所有地质现象是困难的, 甚至是不可能的, 因为, 还有若干地质现象发生在地下深处, 难以直接进行观察。

2. 地质现象复杂。从性质上看, 包括物理的、化学的、生物的; 从规模上看, 大至全球甚至

① Ma 为百万年代号。

② 第四纪的延续时间目前尚有争议, 有人认为 180 万年, 也有人认为可延续 800 万年或更长。

是太阳系的宏观现象,小到原子和离子的微观过程。同时地质学涉及到生物、气象、天文、地理等一系列学科,知识领域极其广阔。

3. 地质作用发生和延续的时间一般很长。例如,海陆的变迁,山脉的隆起,洋底的扩张等过程时间较长,往往以百万年计算。如喜马拉雅山,从海底隆起至今约有 25 Ma, 大西洋的形成至今约 200 Ma。有些地质作用如地震、火山爆发等,看起来其表现时间很短,但在其出现之前能量的聚集过程则很长。因而,人们往往难以对正在进行的地质作用的全过程做完整的观察,对于地质历史中的地质作用更不可能直接了解。

二、地质学的研究方法

1. 观察地质现象。这是研究地质的基础和前提。从观察事实中可以找出问题,找出规律,找出答案。因而,野外考察是研究地质的基本手段。大自然就是最好的地质博物馆,在某种意义上也是实验室。野外考察一般是从点、线扩大到面和多学科进行;也可以是专题性的,为了解决某种特定问题而有重点地进行某种专门考察。

2. 运用测试、实验手段。要运用一切可用的物理学、化学、生物学及数学的手段,提高分辨能力、穿透能力、鉴定能力、模拟能力、计算能力。如现代电子显微镜能放大 80 万倍,分辨能力达 $1.44 \text{ \AA}$, 对于矿物中原子、离子的排列能够直接观察。高温高压及超高压技术^①同地球化学与地球物理学的理论知识相配合,已应用在模拟地幔的物质性状及组成。放射性同位素年龄测定方法可以有效地测定地质作用发生的时间。

3. 运用“将今论古”的原理。这一原理的基本思想是:“现在是认识过去的钥匙”,即用现在正在发生的地质作用去推测过去,类比过去,认识过去。如现在的河流将大量的泥沙带到下游,带到海盆中沉积下来并形成有一定特征的沉积物,推测过去的河流也应有类似的作用,形成类似特点的岩石;又如干旱区内陆盐湖里有各种盐类矿物正在沉淀并形成盐层,推测古代岩石中所见的盐层也应该是在干旱地区的产物。

“将今论古”是进行地质研究的传统方法。地质学的现有成果很大程度上是建立在这一方法论之上的。但是随着人们对客观现象认识的深入,已经发现,不同地质时期内,条件是不同的,地质作用的规律也有相应的变化。现在并不是简单地重复着过去。因而不能将过去的地质作用规律和现代正在进行的地质作用规律不加分析地机械地等同起来。如海百合现在只生长在深海,但是在数亿年前,海百合却同造礁珊瑚等典型的浅海生物生活在一起。

因此,在运用将今论古原理时,必须具有发展和变化的观点,必须运用辩证唯物论。因为辩证唯物主义正确地阐明了世界上一切事物的共同规律:世界是物质组成的,各种物质之间是相互联系相互制约的,物质是在不断变化发展的,发展是经由量变到质变的过程,并按否定之否定的规律进行的。正确的地质思维一定要符合这些客观规律。根据这种认识论,就能推动地质科学顺利地向前发展。

^① 目前已能提供 10^6 巴以上的压力, 10^4 °C 的温度。

上面论述的是地质学研究方法的一般原则,对于地质学各学科来说还有各自特定的方法。如研究地壳的物质成分时要用化学分析、电子探针分析、光谱分析、差热分析、X 射线分析及偏光显微镜、电子显微镜鉴定等。研究地球的内部结构和构造时要用地球物理的理论和方法、深部钻探技术及高温高压模拟实验等。研究地球发展历史要用同位素年龄测定及生物地层学方法及古地磁法等。

地质学研究往往需要精密的测量与严密的实验,但是,地质学实验是将复杂的自然条件简化后进行的。这是在运用实验成果时必须考虑到的。

地质学概论的内容涉及到地质学的主要方面。它将地质学中各个学科的主要内容贯串起来,给以综合性的阐述。通过学习,可以对地质学有系统性的了解,从全局中认识地质学各分科的基本内容、意义及其相互关系,学习和掌握地质思维方法。并为野外地质认识实习做好地质知识的准备。

对于地理学科的学生来说,学好地质学概论就为学习地理学的专业知识准备了地质学的基础,而这种基础是成长为一个地理科学工作者所不可缺少的。

复习思考题

1. 地质学的研究对象是什么?
2. 地质学研究的主要内容有哪些?
3. 试述研究地质学的意义。
4. 地质学的特色是什么? 它和地理学有何关系? 地理系学生为什么要学地质学?
5. 你怎么理解“将今论古”原理?

第二章 地球概述

地球是宇宙中运行着的星体，隐藏在地球中无数的奥秘与宇宙的物质和运动有关，所以，首先我们得从宏观上、总体上认识地球。

第一节 地球在宇宙中

一、太 阳 系

(一) 太阳系概况

太阳系是由太阳及围绕它旋转的行星、小行星、彗星、流星体及星际物质所组成。太阳能发热，发光和辐射出各种电磁波。太阳的质量估计为 $2.0 \times 10^{30} \text{g}$ ，为地球质量的 33 万倍，几乎占太阳系质量的 99.9%。其直径为 1 890 000 km，约为地球直径的 109 倍。其体积为地球体积的 130 万倍。组成太阳的主要元素是氢和氦，它们占太阳质量的 98.3%，其余还有氧、碳、氮等。太阳的组成物质完全处于气态。

太阳系有九大行星，由太阳往外其顺序是：水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星(图 2-1)。最近，苏联天文学家和数学家根据“行星运动统一相对论”原理，推测在冥王星轨道之外还存在第十颗行星。

行星可分成内行星和外行星两组。以离太阳的距离为序，内行星包括水星、金星、地球、火星；外行星包括木星、土星、天王星、海王星。从表 2-1 中可以看出，四个内行星的特点是密度高，体积小，质量小，自转速度慢，温度高，卫星少，其内部物质成分主要是硅酸盐，并具有固体外壳。外行星的特点是密度低，体积大，质量大，自转速度快，温度低，卫星多，由气体组成。仅冥王星有所不同，它的密度、体积、卫星数等近似于地球，但它离太

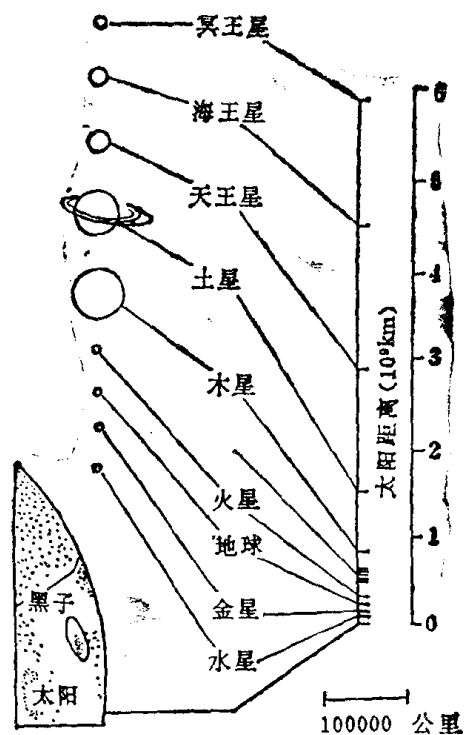


图 2-1 太阳系中行星的相对大小和离太阳的相对距离(据 F.J. Sawkins, 1978)

阳的距离及运转周期等类似于木星(表 2-1)。

表 2-1 太阳系成员的特征

	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星	太阳	月球
距太阳平均距离 (10 ⁶ km)	57.8	108.2	149.6	227.9	778.3	1 427	2 870	4 497	5 990		
公转周期 (地球日或年)	88 (日)	224.7 (日)	365.3 (日)	687 (日)	11.86 (年)	29.46 (年)	84 (年)	164.8 (年)	248 (年)		365.3 (日)
自转周期 (地球时或日)	59 (日)	*-243 (日)	23.9 (时)	24.6 (时)	9.9 (时)	10.4 (时)	-10.8 (时)	16 (时)	6.4 (日)	27 (日)	27.3 (日)
赤道直径(km)	4 847	12 118	12 756	6 761	142 870	119 399	51 790	49 494	1 230	1890 000	3 460
质量(以地球为1)	0.055	0.815	1	0.108	317.9	95.2	14.6	17.2	0.0016	333 166	0.012
平均密度(水=1)	5.4	5.2	5.5	3.9	1.3	0.7	1.6	1.655	1.034	1.434	3.36
表面最高温度 (°C)	3.15	315	60	24	-145	-168	-183	-195	-217	5 540	100
表面重力 (地球=1)	0.37	0.88	1	0.38	2.64	1.15	1.15	1.12	0.04	27.9	0.17
卫星数	0	0	1	2	15	12	12	2	1	0	0

据 J. E. Sanders, 1981.

* 自转与公转反向,即所谓行星逆转时用“-”号表示。

(二) 太阳系的起源

太阳系起源是自然科学的基本理论问题。对这一问题虽然已经研究了两百多年,但到目前为止,对这一问题的认识仍处于假说阶段。一切合理的假说都必须满足对下列基本事实的回答。

1. 行星都按逆时针方向沿着近似圆形的轨道围绕太阳公转(近圆性),并且几乎都位于同一轨道平面上运行(共面性)。只有水星和冥王星的轨道平面有较大的倾斜。

2. 行星在围绕太阳公转的同时,还绕轴自转,自转方向除金星和天王星是顺时针外,其它行星都是逆时针(同向性)。大多数卫星也按与行星公转的方向绕行星旋转。

3. 太阳与行星角动量(角动量是角速度与质量及转动半径的乘积)分配的不均一性。太阳质量虽占太阳系总质量的 99.8%,但太阳的角动量只占太阳系角动量的 2%;总质量仅为太阳系质量 0.13% 的行星却具有太阳系总角动量的 98%。

4. 行星之间的间隔随着行星离太阳距离的增大而增加。

5. 太阳系各星体的元素在地球上都存在,即太阳系各个成员具有组成元素的一致性。但是,内行星基本上是由氧、铁、硅和镁组成;外行星基本上是由氢和氮组成。

太阳系起源的假说大体可分为两类:一类认为太阳系是逐渐演化形成的;另一类认为其形成归因于灾变性作用。前一种如康德-拉普拉斯提出的星云说,后一种如摩尔顿和张伯伦提出的星子说等。

德国哲学家康德(I.Kant)于1755年在《自然通史与天体理论》一书中,根据万有引力原理,

提出了微粒假说。康德认为：宇宙中弥漫着由气体和尘埃组成的原始微粒物质。由于引力作用，它们逐渐聚集，形成大大小小的团块。由于大团块吸引小团块便慢慢形成团块中心。由于团块聚结时产生的撞击以及相伴而生的排斥力，使团块中心成为旋转体，这就是原始太阳。大量的微粒物质在原始太阳的引力作用下，继续在太阳的赤道面上集中，便形成了以原始太阳为中心的扁平旋转状星云。在扁平星云里，从云状物质中又逐渐聚集成大小不同的团块，从这些团块中产生了行星和围绕行星运行的卫星。行星在引力和斥力共同作用下绕太阳旋转（图 2-2）。太阳是在星际物质聚集过程中才发热和发光的。密度较大的行星因受到太阳的吸引力大，故离太阳近；密度较小的则离太阳远。

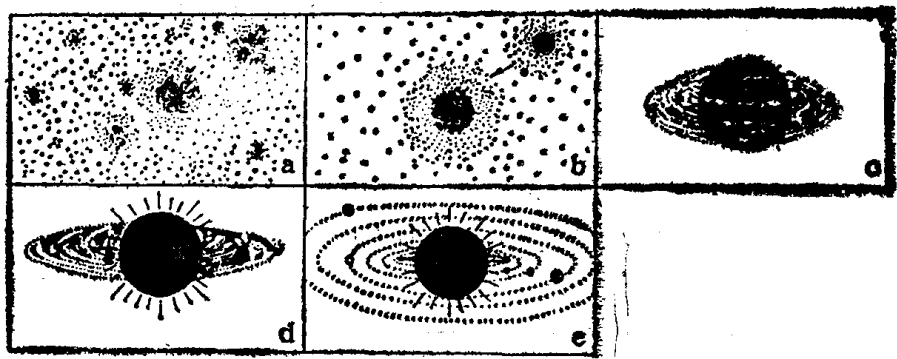


图 2-2 康德的微粒假说

a. 宇宙中弥漫着原始微粒物质，由于引力作用形成大小不同团块； b. 原始太阳开始出现； c. 扁平旋转状星云形成； d. 星云物质聚集而形成行星； e. 行星在引力作用下绕太阳旋转

康德假说的基本观点是可取的。它能说明行星运行轨道具有的共面性、近圆性、同向性等特点。但它解释不了太阳系的角动量来源。因为按照角动量守恒定律，一个没有定向转动的封闭系统，不能由其内部组分的相互碰撞而使整体转动起来。

1796 年，法国数学家拉普拉斯(P. S. Laplace)在他的《宇宙体系论》一书中，提出了关于太阳系起源的星云说（图 2-3）。拉普拉斯认为，太阳系的原始物质是一个灼热的缓慢旋转的球状星云，它们所占的空间比整个太阳系要大。星云因逐渐失热冷却而收缩，变得致密，转动

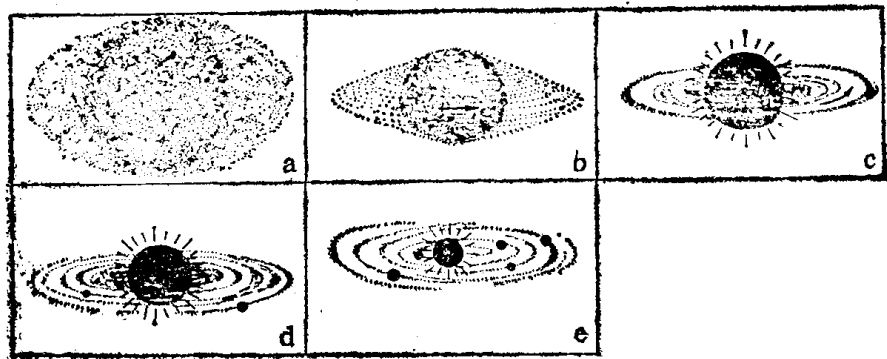


图 2-3 拉普拉斯的星云假说

a. 星球状的原始灼热星云缓慢地自转着； b. 星云缓慢变成星云盘； c. 形成旋转的气环； d. 形成行星气环； e. 形成行星

加快,离心力随之增加。结果,星云变成扁平的盘状。当边缘物质的离心力大于中心物质对它的吸引力时,由外而内从边缘分出一个个气环。星云的中心最后成为太阳,各气环在围绕太阳旋转的过程中便聚集成行星。热的行星以同样的方式分离出气环,并由之而凝结成卫星。

拉普拉斯假说能解释行星运行的各项特点,太阳、地球、行星和卫星的组成元素的一致性,以及太阳系角动量的由来。但是,它解释不了角动量分配的上述特点。另外,人们已深知宇宙中许多星云的温度并不高,收缩不是由于冷却,而是由于吸引力的作用。星云在收缩过程中,温度不是降低而是升高。

美国地质学家张伯伦(T. C. Chamberlin)和天文学家摩尔顿(F. R. Moulton)于1905年提出,太阳系是因原始太阳与另一星体发生碰撞而形成。金斯(J. H. Jeans)于1919年将上述碰撞说加以修改,认为太阳系的形成是由于某一个星体与原始太阳在一次很近的遭遇中从原始太阳中吸出一股巨大的气流潮,并由之而逐渐聚集成一个个行星并围绕太阳旋转。然而,两星体相碰或相遇的可能性极小,这一假说未能得到众多人的承认。

我国著名天文学家戴文赛长期从事太阳系起源的研究,他于1977年提出了新的“星云说”。他认为整个太阳系是由一个星云形成的,其中心部分收缩凝集成太阳,外部形成星云盘及行星与卫星,其主要论点如下:

(1) 4700 Ma 以前,银河系通过星际物质彼此吸引而收缩,形成一个旋转的原始星云。原始星云不断收缩而越转越快,并逐渐变扁(图 2-4a)。

(2) 变扁的原始星云在赤道的离心力等于引力时,赤道部分的物质便不再收缩,而其它部分继续收缩,最后形成了周边厚而中心薄的旋转星云盘(图 2-4b)。

(3) 原始星云中的 97% 物质通过收缩在星云盘的中心聚集成太阳,其余物质中细微的固体质点通过相互碰撞和引力作用便聚集成行星(图 2-4c)。

(4) 离太阳较近的空间因温度高,原始星云物质中的挥发物质大都散逸,剩下的铁、硅、镁、硫及氧化物就组成体积和质量小而密度大的内行星。离太阳远的空间因温度低,原始物质

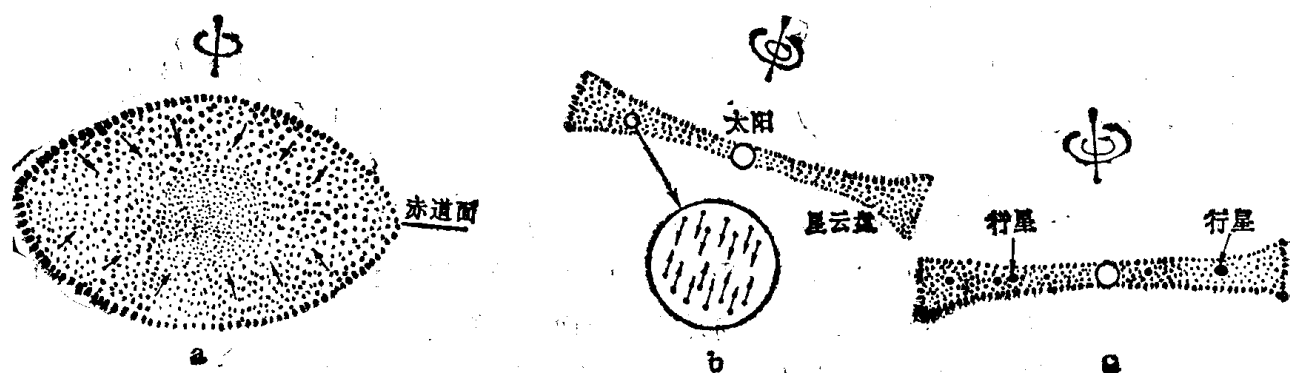


图 2-4 戴文赛的太阳系起源假说示意图

- a. 原始星云由于自转而变扁; b. 变扁的星云由于收缩不均而形成旋转星云盘, 颗粒向赤道沉降;
c. 星云盘中心收缩为太阳, 两侧聚集成行星