

普通高等学校规划教材

煤矿地质学

Coal Mining Geology

主 编：杨孟达

副主编：刘新华 王 瑛 胡绍祥

CMG

煤炭工业出版社

责任编辑：田 园
封面设计：王 滨

ISBN 7-5020-1910-3



9 787502 019105 >

ISBN 7-5020-1910-3/TD12
社内编号：4681 定价：28.00元

普通高等学校规划教材

煤 矿 地 质 学

主 编 杨孟达

副主编 刘新华 王 瑛 胡绍祥

煤炭工业出版社

内 容 提 要

全书共十四章,分两部分:与煤矿建设、生产相关的基础地质理论和煤矿应用地质工程技术。基础地质理论部分包括:地球概况、地质作用、矿物岩石、古生物地史、地质构造、煤与煤系等。应用地质工程技术部分包括:影响煤矿生产的主要地质因素、矿井水文地质与防治水、煤矿环境地质、地质勘探、主要地质图件、储量管理、地质编录、地质报告与说明书、煤矿地质信息技术等。

本书可作为普通高等学校采矿工程、测量工程、建井工程等非地质类专业教学用书。

普通高等学校规划教材

煤 矿 地 质 学

主 编 杨 孟 达

副主编 刘新华 王 瑛 胡绍祥

责任编辑:田 园

*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

北京密云春雷印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/16}$ 印张 $24\frac{5}{8}$ 插页 1

字数 583 千字 印数 3,001—5,000

2000 年 8 月第 1 版 2003 年 1 月第 3 次印刷

ISBN 7-5020-1910-3/TD 12

社内编号 4681 定价 28.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

本书是根据第四届煤炭普通高等学校地质工程学科教材编审委员会下达的任务，为采矿工程、测量工程、建井工程等非地质类专业编写的地质基础课程教科书。

全书共十四章，分为两个部分：与煤矿建设、生产相关的基础地质理论和煤矿应用地质工程技术。基础地质理论部分包括：地球概况、地质作用、矿物岩石、古生物地史、地质构造、煤与煤系等。应用地质工程技术部分包括：影响煤矿生产的主要地质因素、矿井水文地质与防治水、煤矿环境地质、地质勘探、主要地质图件 储量管理、地质编录、地质报告与说明书、煤矿地质信息技术等。本书内容广泛，简明扼要，突出基本理论、基本知识、基本技能，便于学生自学，不同专业可以根据教学大纲要求予以适当取舍。

参加本书编写的有：湘潭工学院杨孟达（绪论，第二章）；黑龙江科技学院王连元（第一章第一、二、三节，第十四章）；焦作工学院汤友谊（第一章第四节，第十一章，第十三章）；太原理工大学赵理中（第三章，第六章）；西安科技学院王瑛（第四章、第八章）；山东科技大学胡绍祥（第五章、第九章）湘潭工学院刘新华（第七章、第十二章）；淮南工业学院胡宝林（第十章）。本书主编杨孟达，副主编刘新华、王瑛、胡绍祥。

本书蒙中国矿业大学田宝霖教授审阅；编写过程中，从始至终得到湘潭工学院院长王文祥教授的支持与指导，在此一并表示衷心的感谢。

编 者

2000年3月

目 录

绪论	1
一、煤矿地质学的研究对象	1
二、煤矿地质学的研究内容	1
三、煤矿地质学的任务	2
第一章 地球	4
第一节 地球概况	4
一、宇宙和地球	4
二、地球的形状和大小	9
三、地球的表面特征	10
第二节 地球的圈层构造	14
一、地球内圈的划分及其主要特征	14
二、地球外圈的划分及其主要特征	17
第三节 地球的物理性质	20
一、密度	20
二、压力	21
三、重力	21
四、地磁	22
五、地电	24
六、地热	25
七、放射性	26
第四节 地质作用概述	26
一、内力地质作用	27
二、外力地质作用	38
第二章 矿物与岩石	47
第一节 矿物的概念及性质	47
一、地壳中的元素	47
二、矿物的概念	47
三、晶体与非晶体	48
四、矿物的主要性质	49
第二节 常见矿物	55
一、矿物分类	55
二、常见矿物特征	56
第三节 岩石的概念及其分类	61
一、岩石的概念	61
二、岩石的分类	62
第四节 火成岩	63

一、火成岩的基本特征	63
二、火成岩的分类	69
三、火成岩的主要类型	71
第五节 沉积岩	72
一、沉积岩的基本特征	72
二、沉积岩的分类	76
三、沉积岩的主要类型	76
第六节 变质岩	78
一、变质岩的基本特征	78
二、变质岩的分类	79
三、变质岩的主要类型	79
第三章 地层 古生物	81
第一节 古生物的地质意义	81
一、古生物及古生物学的概念	81
二、古生物化石在划分对比地层上的意义	82
三、古生物化石在研究古地理及沉积环境中的意义	82
四、古生物的发展演化是地质发展史的重要组成部分	82
第二节 地层划分、对比及地质年代表	83
一、地层划分与对比的概念	83
二、地层划分与对比的方法	84
三、地层单位的分类	88
四、年代地层表与地质年代表	91
第三节 地壳演化简史	91
一、太古宙	91
二、元古宙	91
三、早古生代	93
四、晚古生代	95
五、中生代	99
六、新生代	103
第四章 地质构造	105
第一节 岩层的产状	105
一、岩层产状的概念	105
二、岩层产状要素	106
三、产状的测定和表示方法	108
第二节 褶皱构造	113
一、褶皱构造的概念	113
二、褶曲分类	115
三、褶皱构造的观测与研究	119
第三节 断裂构造	121
一、节理	122
二、断层	126
第五章 煤与含煤岩系	137

第一节 成煤作用	137
一、成煤植物	137
二、成煤作用	137
三、成煤的必要条件	140
第二节 煤的物质组成、性质与分类	142
一、煤岩成分和宏观煤岩类型	142
二、煤的性质	143
三、煤的分类	150
第三节 含煤岩系和煤田	153
一、含煤岩系及其类型	153
二、含煤岩系的组成	154
三、煤田、聚煤期及聚煤区	157
第六章 影响煤矿生产的主要地质因素	161
第一节 煤层厚度变化	161
一、煤层厚度变化的原因及变化特征	161
二、煤层厚度变化对煤矿生产的影响	164
三、煤层厚度变化的研究和处理	165
第二节 矿井地质构造	171
一、褶曲构造	171
二、断裂构造	174
第三节 岩浆侵入煤层	186
一、岩浆侵入对煤矿生产的影响	186
二、岩浆侵入煤层的观测与研究	186
三、岩浆侵入煤层的处理	188
第四节 喀斯特陷落柱	189
一、陷落柱的成因	189
二、陷落柱的特征	190
三、陷落柱的观测与研究	192
四、陷落柱对煤矿生产的影响及处理	194
第五节 矿井瓦斯	195
一、瓦斯的形成与分带	196
二、煤层瓦斯含量的影响因素及其预测	197
三、矿井瓦斯涌出量及矿井瓦斯等级	200
四、防治煤（岩）与瓦斯突出的地质工作	201
第六节 煤层顶底板	202
一、煤层顶底板对煤矿生产的影响	202
二、煤层顶底板条件的研究	203
第七节 地温与矿山压力	206
一、地温	206
二、矿山压力	209
第七章 矿井水文地质与防治水	211
第一节 地下水的基本知识	211
一、自然界中水的循环	211

二、地下水的概念	212
三、含水层与隔水层	212
四、地下水的分类	213
五、地下水的物理性质和化学成分	218
六、泉	220
第二节 矿井充水条件	222
一、矿井水的来源	222
二、矿井充水通道的分析	224
三、影响矿井涌水量大小的因素	226
第三节 矿井水文地质观测及其水害的防治	228
一、矿井水文地质观测	228
二、矿井水的综合治理	233
第八章 煤矿环境地质	240
第一节 煤矿环境地质研究内容	240
一、煤矿原始环境地质条件和环境质量	240
二、煤矿生产活动引起的环境地质问题	240
三、煤矿环境地质灾害	240
四、煤矿资源保护和环境污染防治方法	241
五、煤矿环境地质监测和分析评价技术	241
第二节 煤矿环境污染因素和危害	241
一、煤矿环境污染因素及其特点	241
二、煤矿环境污染的危害	246
第三节 煤矿环境监测与质量评价	248
一、煤矿环境监测	248
二、煤矿环境质量评价	250
第四节 煤矿环境地质工作	254
一、矿区环境污染的地质调查	254
二、矿区环境污染治理效果的地质调查	256
三、煤矿环境污染源资源化利用地质评价	256
四、矿区环境地质图件编制	256
第九章 地质勘探	260
第一节 地质勘探技术手段	260
一、遥感地质调查	260
二、地质填图	260
三、坑探工程	261
四、钻探工程	262
五、巷探工程	263
六、地球物理勘探技术	263
第二节 煤田地质勘探	264
一、煤田地质勘探阶段	264
二、煤田地质勘探类型	266
三、储量级别和储量分类	269
四、煤田地质勘探程度	271

第三节 煤矿地质勘探	272
一、煤矿地质勘探的任务及特点	272
二、煤矿地质勘探分类	273
第十章 主要地质图件	280
第一节 地形地质图	280
一、地形地质图的概念、内容及作用	280
二、地形地质图的编制方法	281
三、各种地质现象在地形地质图上的表现	281
四、地形地质图阅图步骤	286
第二节 地质剖面图	286
一、地质剖面图的概念、内容及作用	286
二、地质剖面图的编制方法	287
三、各种地质现象在地质剖面图上的表现	290
第三节 水平切面图	291
一、水平切面图的概念、内容及作用	291
二、水平切面图的编制方法	292
三、各种地质现象在水平切面图上的表现	296
第四节 煤层底板等高线图	296
一、煤层底板等高线图的概念、内容及作用	296
二、煤层底板等高线图的编制原理及方法	297
三、各种地质现象在煤层底板等高线图上的表现	300
四、煤层底板等高线图的应用	303
第五节 煤层立面投影图	306
一、煤层立面投影图的概念、内容及作用	306
二、煤层立面投影图的原理及特点	306
三、煤层立面投影图的编制方法	307
第六节 其它图件	309
一、地层综合柱状图	309
二、煤岩层对比图	309
三、水文地质图	312
第十一章 矿井储量管理	313
第一节 矿井储量的分类和特点	313
一、矿井储量的分类	313
二、矿井储量的特点	313
第二节 矿井三量管理	314
一、三量管理的意义	314
二、三量的划分和计算	314
三、三量可采期	315
四、三量的统计与分析	317
第三节 储量动态管理	318
一、储量的动用与损失	318
二、矿产储量表的填报	321
第十二章 地质编录	323

第一节 原始地质编录的内容及要求	323
一、原始地质编录的内容	323
二、原始地质编录的要求	323
第二节 勘探工程地质编录	324
一、坑探工程地质编录	324
二、钻探工程地质编录	324
第三节 井巷工程地质编录	334
一、井巷工程地质编录方式及其选定依据	334
二、井巷编录步骤与方法	337
三、穿层井巷地质编录	342
四、顺层井巷地质编录	343
五、回采工作面地质编录	343
第四节 原始地质资料整理	344
一、检查、补充和誊清地质记录	345
二、清绘原始地质图件	345
三、建立原始地质资料档案	345
第十三章 地质报告及地质说明书	346
第一节 地质报告	346
一、地质报告的类型	346
二、井田精查地质报告的主要内容及其使用	346
三、矿建地质报告的主要内容	351
四、矿井地质报告的主要内容	353
第二节 地质说明书	358
一、地质说明书的类型与基本要求	358
二、各类地质说明书的主要内容	359
第十四章 煤矿地质信息技术	365
第一节 矿井物探	365
一、坑道无线电波透视法	365
二、槽波地震法	366
三、地质雷达法	368
四、其它方法简介	369
第二节 数学地质	370
一、多元统计分析方法及其在煤矿地质中的应用	370
二、煤矿地质常用的多元统计分析方法	371
第三节 遥感地质	377
一、遥感技术与遥感地质	377
二、遥感图象的地质解译	379
参考文献	382

绪 论

我国煤炭资源丰富，储量和产量均居世界前列。近年来随着国民经济的发展和综合国力的提高，石油、天然气、水力、核电等其他能源有了较大发展，但是煤炭仍然是我国的主要能源，预计在今后相当长的一段时期内这种状况不会有根本性改变。进入 21 世纪，要求我国煤炭工业深化改革，尽快摆脱粗放经营的旧模式，步入低投入、高产出、高效益的良性循环轨道。煤炭工业的发展依赖煤炭科学技术的进步，其中包括煤矿地质工程技术的进步，加强煤矿地质的理论研究和发发展煤矿地质工程技术，对促进煤炭科学技术的进步有十分重要的意义。煤炭行业的工程技术人员（包括采矿、测量、建井、环保等非地质类专业的工程技术人员）掌握扎实的地质理论基础知识，在生产实践中不断深化对煤矿建设、生产中地质规律的认识是十分必要的。

一、煤矿地质学的研究对象

地质学的研究对象主要是地球。地球包括固态地球及其表层的水圈、生物圈和外部的
大气圈。固态地球分为外部的地壳、中间的地幔和内部的地核三个圈层。目前主要研究固
态地球外部的地壳和地幔的上部。概括地讲，地质学是研究固态地球外层部分的物质组成、
构造形态、发展演化以及矿产资源的形成和分布规律等内容的自然科学。

煤矿地质学的研究对象主要是煤矿建设、生产过程中出现的各种地质问题，包括煤层
赋存、地质构造、水文地质、工程地质、瓦斯地质、煤尘等方面的情况。煤矿地质学运用
地质学的基础理论，查明影响煤矿建设、生产的各种地质因素及其规律性，研究相应的处
理方案和措施，保证煤炭资源的正常开采与合理利用。

二、煤矿地质学的研究内容

随着生产的发展与科学技术的进步，地质学的研究领域日渐扩大，针对研究内容的不同，
划分出越来越多的分支学科，当今的地质学实际上已经发展成为一系列既互有区别又
互有联系的学科体系。

煤矿地质学作为地质学的一个分支学科，基本上属于矿产地质学的范畴，其重要特点
之一是研究内容有很强的综合性，即研究范围广泛，不仅涉及地质学的基础理论，而且涉
及到地质学的许多应用分枝。

煤矿地质学主要研究内容包括：

(1) **矿物学、岩石学** 研究岩石圈的物质成分、形成机理、时空分布特征和变化规律。
重点研究与煤矿产有关的造岩矿物和沉积岩。

(2) **构造地质学** 研究构造运动和构造运动引起的岩石圈的构造变动及其发展演化规
律。重点研究与煤矿产关系密切的节理、断层、褶皱的形态特征、力学性质、发展规律及
其对煤矿产的破坏与控制作用。

(3) **古生物学、地史学** 研究生物起源、发展、演化的规律和地球形成、发展、演变
的历史。重点研究含煤地层中有代表性的动物、植物化石，含煤地层在地质历史时期中的

形成过程与演变规律。

(4) **煤田地质与勘探** 研究煤的物质组成、性质、分类,成煤作用,聚煤环境,含煤地层与煤田的时空分布特征;研究煤田地质勘探与矿井地质勘探的技术手段与勘探方法。

(5) **水文地质学** 研究地下水的赋存状态和分布规律。重点研究矿井水的来源、特征、涌水量变化规律与防治水措施。

(6) **瓦斯地质学** 研究煤层瓦斯的形成机理、赋存状态和分布特征。重点研究煤层瓦斯含量变化规律及其控制因素。

(7) **矿井地质学** 研究矿井地质编录、矿井地质制图、矿井地质报告及说明书的编制、矿井储量管理等。

近年来,越来越多的信息技术引入地质学的研究领域,逐步形成一些地质学与信息学相结合的地质信息技术分支学科,如遥感地质学、数学地质、应用地球物理学等。地质信息技术已在煤矿地质工作中逐步得到推广应用,成为煤矿地质学的重要研究内容,并且很可能成为学科发展的新的生长点。煤矿地质信息技术丰富和增强了解决煤矿地质问题的手段和能力,提高了煤矿地质预测预报的精度和可靠性。尽管煤矿地质信息技术目前还不够完善,但其强大的生命力和广阔的应用前景是不容置疑的,预计煤矿地质学今后将进一步朝信息化方向发展。

三、煤矿地质学的任务

煤矿地质学的任务是研究从矿井基本建设开始直至开采结束为止全过程中的所有地质现象,找出其规律,解决煤矿建设、生产中出现的各种地质问题。

煤矿地质学的主要任务如下:

(1) **研究煤矿地质规律** 根据地质勘探部门提供的原始地质资料和煤矿建设生产中披露出来的地质现象,研究矿区煤系地层、地质构造、煤层和煤质的变化规律,查明影响煤矿建设、生产的各种地质因素。

(2) **矿井地质工作** 进行矿井地质勘探、地质观察、地质编录和综合分析,提交煤矿建设、生产各阶段所需的地质资料,处理采掘工作中的地质问题。

(3) **矿井储量管理** 计算和核实矿井储量,测定和统计储量动态,分析储量损失,编制矿井储量表,为提高矿井储量级别和扩大矿井储量提供依据,为生产正常接替、资源合理利用服务。

(4) **水文地质调查** 地面与井下相结合,开展矿区水文地质调查。查明矿井水的来源、涌水通道、涌水量大小及其影响因素与变化规律,研究和制定防治水措施与方案,同时为煤矿生产、生活寻找和提供优质水源。

(5) **地质灾害预测预报** 对危及煤矿建设生产的各种地质灾害,如瓦斯突出、水害、热害、煤尘、崩塌、滑坡等,查明其形成机理,对各类地质灾害的分布范围、突发时间及危害程度进行预测预报,提出防范措施与治理方案。

(6) **环境地质调查** 开展矿区(井)环境地质调查工作,查明污染矿区(井)环境的地质因素及其危害程度,研究环境地质的治理措施,配合环保部门提出矿区(井)环境保护方案。

(7) **矿产资源综合利用** 调查研究煤系地层中伴生矿产资源的性质、特征、储量、分布规律和利用价值,为化废为宝、综合利用、保护环境、提高煤矿经济效益提供依据。

自然界的地质现象是十分复杂的，不同的煤矿区（井）之间其地质规律既有共同性，又有特殊性。煤矿地质工作方法应该遵循实践—理论—再实践的原则，在深入地下坑井调查研究、系统全面积累原始资料的基础上，经过去粗取精、去伪存真、由表及里、由此及彼地整理归纳和综合分析，最后上升为理论认识。并且，要运用这些理论去指导生产实践，使其在实践中得到检验、充实、完善和发展。只有使理论认识逐步深化，才能更深刻、更客观地反映煤矿区（井）的地质规律。

总之，煤矿地质学是随着煤矿建设生产、煤炭资源开发利用而逐步形成与发展起来的，相信煤炭科学技术的日益进步将促进煤矿地质学进一步发展和完善，为中国煤炭工业的腾飞发挥越来越大的作用。

第一章 地 球

矿产是人类赖以生存和发展的重要资源，它赋存于地壳（地球表面的一层薄壳）之中。地壳中各种矿产资源的形成都与地球表面以及地球内部的地质作用有关。地质作用的能源既有来自地球内部的能源，也有来自地球外部的太阳能及宇宙能。在系统学习煤矿地质学的主要内容之前，应了解有关地球的知识。

第一节 地 球 概 况

一、宇宙和地球

地球处于广袤无垠的宇宙之中，是太阳系的一个行星，而太阳又是银河系中的一颗普通恒星，宇宙则是由许许多多像银河系甚至更庞大的星系团所组成。因此，要正确认识地球就应首先了解宇宙中的天体。

（一）宇宙中的天体

宇宙是指我们周围的物质世界。“宇”是空间的概念，“宙”是时间的概念。宇宙在空间上是无边无际的，它没有形状，没有中心，在任何一个方向上都没有终点；宇宙在时间上是无始无终的，因为时间是伴随物质的运动和变化而产生的概念。宇宙空间包罗万象，大至地球、太阳系、银河系、总星系，小至分子、原子、基本粒子，举凡一切客观存在，皆包含于宇宙之中。

宇宙空间充满着形形色色的物质，它们处在不断的运动和变化之中。随着科学技术的发展，人类对宇宙的认识范围不断扩大，目前我们所观测到的宇宙范围称为总星系，半径约100多亿光年。总星系内的星体并不是均匀分布的，一群一群的恒星组成旋涡状、椭圆状、透镜状以及其它不规则形状，称为星系。总星系中约有十亿个星系。星系有大有小，小的由几万个恒星组成，大的由上千亿个恒星组成。星系与星系之间的平均距离约为1.6亿光年。太阳所在的星系叫银河系，银河系以外的星系叫河外星系。

（二）银河系

银河系是一个巨型旋涡状星系，正面呈旋涡形，侧面呈扁饼形。银河系大约包含1500多亿颗恒星，除此以外，还有星云等星际物质和各种射线。银河系的直径约10万光年，是太阳系直径的8000万倍，中心厚度约0.66万光年。太阳距银河系中心约27700光年。

银河系的主要成员是恒星。恒星是由炽热气体组成的能自己发光的球状天体。维持恒星辐射的能量来自氢的热核反应。夜空中所见的点点繁星绝大多数是恒星。太阳在银河系中是一颗中等恒星。恒星的大小、质量、密度、发光强度、表面温度等有着很大的差异。银河系中有些恒星体积比月球还小，亮度只是太阳亮度的几十万分之一，密度却比太阳大几十万倍；有些恒星体积比太阳大100亿倍，亮度也比太阳大几十万倍，而密度却只有太阳的几亿分之一；有的恒星表面温度高达几万度，而有的恒星表面温度只有几千度。

银河系中除恒星外，还有很多星云。星云是由气体和尘埃物质组成的呈云雾状外表的天体。同恒星相比，星云具有质量大，体积大、密度小的特点。星云有各种形状，有的大星云直径为太阳系的 26 300 倍，而密度却只有太阳的几十分之一到几百分之一。星云有发光的亮星云和不发光的暗星云。

在恒星和星云等星体之间的广阔空间并非虚空无物，而是充满着星际物质。它是由星际尘埃（直径 $0.3\sim 3\mu\text{m}$ ）和星际气体（主要有 Ca、Na、K、Ti、Fe、H 等元素）组成，密度很小，只有地面大气的万亿亿分之一。近年来在星际空间还发现了各种复杂的有机分子，如氨基、氨、甲醛、甲醇等，说明宇宙中并不只是单纯的无机世界，这对观测研究生命起源问题有重要意义。星际物质能吸收可见光和 X 射线，但不吸收红外线和无线电波。

宇宙射线是来自宇宙的高能粒子，主要是质子（氢原子核），占射线的 87%；其次为 α 粒子（氦原子核），占 12%；还有少量其它原子核、电子和高能粒子（如 X 射线、 γ 射线等）。宇宙射线的能量一般小于 10^{17}eV 。宇宙射线的带电粒子传播到地球时与大气层的原子相互碰撞使能量大大削弱，减至约 10^{10}eV ，并使大气电离产生新的粒子。

（三）太阳系

太阳系是银河系的一个普通成员。太阳是太阳系的中心天体，它的质量巨大，能发出强烈的光和热。围绕太阳旋转的是一个行星体系（图 1-1）。此外，还有许多小行星、彗星、陨星等小天体。太阳系目前以冥王星轨道为边界，直径为 $11.8\times 10^9\text{km}$ 。在太阳系的九大行星中以木星最大，水星最小（图 1-2）。

太阳系中主要成员的特征如下：

1. 太阳

太阳是离地球最近的一颗恒星，它与地球之间的平均距离为 $1.5\times 10^8\text{km}$ （这个距离称为 1 个天文单位），光从太阳发出传播到地球需时 8 分 16 秒。太阳的直径为 $1.39\times 10^6\text{km}$ ，约为地球直径的 109 倍；体积约为地球体积的 130 万倍；质量是该系各行星系总质量的 150 倍，是地球质量的 33.3 万倍，占太阳系总质量的 99.86%；平均密度是地球平均密度的 $1/4$ ；太阳表面的重力加速度为地球表面重力加速度的 27.9 倍。

根据对太阳的光谱分析，得知太阳大气中有 73 种元素，其中以氢、氦为最多，氢占太阳总质量的 71%，氦占 26.5%，氧、碳、氮、氖等气体约占 2%，镁、镍、硅、硫、铁、钙等约占 0.4% 以上，其余 60 多种元素不足 0.1%。太阳是个炽热的气体球，我们能直接观测到的是太阳的大气层。它从内向外分为光球、色球和日冕三层。人们看到的太阳圆轮为光球层，色球、日冕只有在日全蚀时用特殊仪器才能观测到。光球层通常被称为太阳表面。太阳表面的平均温度约为 $6\ 000\text{K}$ ，它中

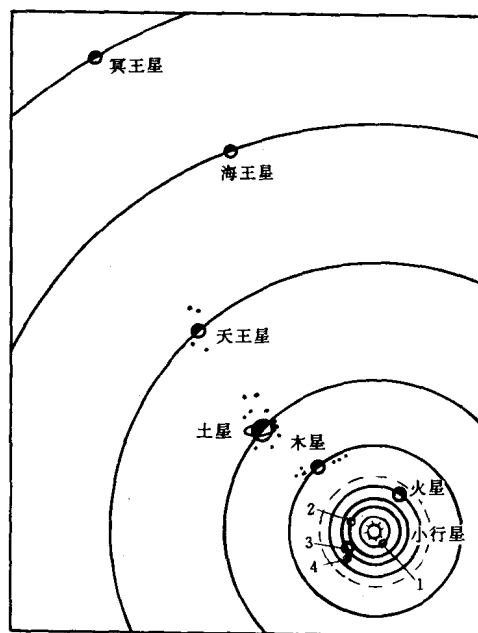


图 1-1 行星围绕太阳旋转示意图

1—水星；2—金星；3—地球；4—月亮

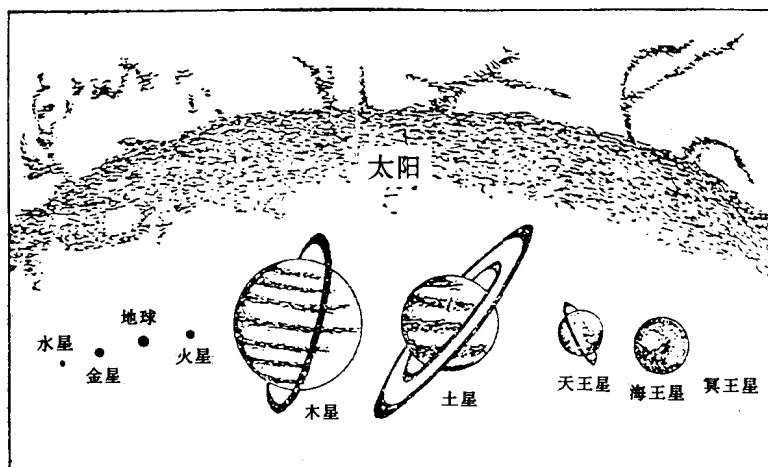


图 1-2 太阳和九大行星大小比较

心的温度高达 $1.5 \times 10^7 \text{K}$ 。所以，太阳上的物质不可能凝固，而是一个炽热的气体球，既没有岩石圈，也没有水圈。太阳的中心压力可达 10^{11}Pa ，太阳内的物质在这样高的温度和压力条件下产生核反应，即由 4 个氢原子聚变为一个氦原子，这是太阳发光发热的能量来源，所以太阳能向周围连续地辐射能量，其中只有 22 亿分之一辐射到地球上，而这些能量却给地球以极大的生命力，并引起各种外力地质作用。

在太阳表面赤道及其附近的光球层中，常可出现黑子，在色球层中常见耀斑。黑子是太阳光球上巨大的旋涡状气流，它的温度比光球表面温度低 $1\ 000 \sim 1\ 500 \text{K}$ ，因此在明亮光球的衬托下它显得阴暗些；当黑子最多时，在黑子群上空色球层中出现温度达 $1.5 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^6 \text{K}$ 的亮点即耀斑。由于地球距太阳较近，太阳辐射中大量的宇宙射线、X 射线等微粒流和表面上的活动变化对地球都有很大影响。大量的微粒流会影响地球高空大气层的物理反应。例如，太阳上突然出现耀斑和黑子大量增多时，会引起地球上空电离层发生变化、地球两极地区出现极光、地球磁场受扰动产生磁暴等，并对气候变化产生影响。

2. 行星

目前已知太阳系有九大行星。按照它们与太阳的距离，由近到远，依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星。地球排在第三位，位置适当，温度适宜，还有氧气和水，适于生物生长，成为太阳系中唯一有生命存在的天体。

太阳系的九大行星在空间分布的距离有着高度的规律性；各大行星绕日运行的方向都同太阳的自转方向一致，它们绕日运行的轨道（除冥王星外）都是扁率不大的椭圆，而且轨道平面都和太阳的赤道平面很接近；各大行星除绕日公转外都绕固定的轴自转，除金星外它们的自转方向均相同。例如，地球一方面绕着地轴自西向东作自转，同时又绕太阳公转。地球绕太阳公转时始终是侧着身子（地轴与公转轨道平面斜交，目前其交角为 $66^\circ 34'$ ）在公转轨道上运行。地球公转轨道全程长约 $9.4 \times 10^8 \text{km}$ ，地球约以 30km/s 的平均速度在公转轨道上运行，公转一周需 365 日 5 时 48 分 46 秒。地球自转一周需 23 时 56 分 4 秒。根据长期观测的结果，地球自转速度是不均匀的，一年中秋季稍快而春季稍慢（春、秋季就