

高等学校教学用书

煤矿地质学

阎琇璋 编

中国矿业大学出版社

TPI
Y-899

高等学校教学用书

煤矿地质学

闫琇璋 编



中国矿业大学出版社

714836

内 容 简 介

全书共分三篇十五章。第一篇基础地质，重点叙述了沉积岩，以及构造地质及地质制图的基本技能。第二篇煤田地质与勘探，在扼要介绍了煤的形成理论和煤系、煤层、煤田及煤产地等基本概念的基础上，为了获得煤矿生产所需的高级储量，着重阐述了勘探工程的布置原则、各类图纸的编制方法及其在指导生产上的地质意义和作用。第三篇矿井地质及矿井水文地质，主要介绍了煤矿生产建设各阶段的矿井地质工作方法及其应取得的成果，并通过对成果的综合分析，编绘出图纸，预测推断影响煤矿生产的各种地质因素和发展规律，以便根据不同情况，分别拟定解决煤矿生产中地质问题的具体措施；为防治矿井水造成的水患事故，重点叙述了地下水的运动规律、影响矿井的涌水因素，以运用各种参数预计钻孔涌水量的方法和防治水患的措施。

为了满足今后综采工作对地质资料高准确性的要求，本书引进了较多的现场经常遇到的各种影响煤矿生产的实例资料，并分别对这些资料的研究方法及处理意见作了适当的说明，因而本书可满足“普采”和“综采”在内和各井型工对地质的要求，为解决煤矿地质问题提供了有指导意义和实用意义的精选内容。

本书是采矿工程专业、矿井建设专业、矿山测量专业，以及露天开采专业的教材，亦可作为有关大专成人教育教学用书，供从事煤矿生产的地质和采煤技术人员参考。

责任编辑：宋 德 淑

高等学校教学用书

煤 矿 地 质 学

阎 琇 璋 编

中国矿业大学出版社 出版

(江苏省徐州市中国矿业大学内)

江苏省新华书店 经销 中国矿业大学印刷厂 印刷

开本787×1092毫米1/16 印张23 字数:549千字

1989年6月第一版 1989年6月第一次印刷

印数:1-8000册

ISBN 7-81021-107-2

TD·41 定价: 4.55元

前 言

《煤矿地质学》是根据煤炭系统高等学校制订的教学大纲编写的。本书是采矿工程专业、矿井建设专业、矿山测量专业，以及露天开采专业的教材，同时也可作矿井地质专业的主要参考用书，供从事煤矿生产的现场地质及采煤人员参考。

全书共三篇十五章。为了满足采煤、建井及矿测等非地质专业对地质知识的特殊需要，本书第一篇是以地质学基础理论为主要内容，其内概略介绍了地壳的物质组成、内外力地质作用、地球发展简史外；重点阐述与煤形成环境有密切关系的沉积岩，以及对煤层赋存起控制作用的各种地质构造。第二篇是以煤田地质与勘探为内容，书中一般介绍了煤的形成过程、种类、物理化学性质及主要的经济技术指标；着重阐述了勘探阶段各类地质图件的编制方法及用途。第三篇包括矿井地质、矿井水文地质及煤矿工程地质等三部分内容；其中，重点论述了矿井地质工作方法，影响煤矿正常生产的各种地质因素，以及矿井地质三大图件的编制及用途、断层断距的预测；在矿井水文地质部分，概略地介绍了地下水的基本知识，着重阐述了矿坑充水因素、矿井涌水量计算及矿井水的防治等；在煤矿工程地质部分，首先叙述了与煤矿建设有直接关系的滑坡、岩溶、流砂及各类不稳定土层的特性，其次对岩土的工程地质性质及地下硐室围岩的稳定性作了适当的介绍。

编写本书的立意是：通过对本教材的学习，再经过一定时期的现场实践后，应能够独立进行煤矿地质的现场观测工作，并运用已掌握的各种作图技能，预测推断影响煤矿正常生产的各种地质因素，并能结合实际提出处理意见。

本书是按120学时进行编写的。其中，讲课82学时，实习24学时，实验6学时，课堂作业8学时。由于各地区地质条件的差异性较大，因而在学时分配上，应根据总学时范围及各章节学时的上、下限，可酌情调整，适当安排。

该书承蒙淮南矿业学院地质系主任胡德瑗副教授进行了评审，其中第十五章是由中国矿业大学地质系郑世书副教授审阅，在此表示感谢。

本书在编写过程中，陈广夫、邹月清、任宝山、孟繁顺、邹乔冲、伍耀忠、傅宗连及刘丙彦等诸位教师先后提出了许多宝贵的修改意见，现一并致谢。

由于知识水平及知识范围的限制，书中不足之处不可避免，敬请读者批评指正。

编 者

1988年5月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 地质学基础

第一章 地球	5
第一节 地球概况	5
第二节 地球的圈层构造	10
第三节 地表特征	13
第二章 地壳的物质组成	16
第一节 元素在地壳中的分布	16
第二节 矿物	16
第三节 岩石	24
第三章 地质作用概述	41
第一节 地质作用概述	41
第二节 内动力地质作用	41
第三节 外动力地质作用	52
第四章 地史的基本知识	59
第一节 地层的划分和对比	59
第二节 地层单位、地质年代单位及地质年代表	62
第三节 古生物简介	65
第四节 地壳发展史概述	71
第五章 地质构造	77
第一节 岩层产状	77
第二节 褶皱构造	90
第三节 断裂构造	98

第二篇 煤田地质与勘探

第六章 成煤的控制因素与成煤作用	119
第一节 成煤的控制因素	119
第二节 成煤作用	120
第三节 煤的物质组成和性质	122
第四节 煤的分类及用途	128
第五节 开采煤矿床的工业技术要求	131
第六节 煤系和煤层	133

第七节 煤田	139
第七章 煤田普查与勘探	148
第一节 煤田普查与勘探阶段的划分及其各阶段的任务	148
第二节 煤田普查与勘探的技术手段	148
第三节 煤矿勘探类型及勘探工程的布置	152
第四节 地质编录	161
第五节 基础地质图件的编制	167
第六节 储量计算	177

第三篇 矿井地质、矿井水文地质及煤矿工程地质

第八章 矿井地质工作方法	186
第一节 穿层巷道的地质编录	187
第二节 顺层巷道的地质编录	194
第三节 回采工作面的地质编录	198
第四节 矿井原始地质资料的整理	198
第九章 矿井地质制图	200
第一节 矿井地质剖面图	200
第二节 水平切面图	206
第三节 煤层底板等高线图	210
第四节 煤层立面投影图	218
第十章 矿井储量管理	223
第一节 矿井储量分类和特点	223
第二节 三量管理工作	224
第三节 煤炭损失的统计与分析	227
第四节 矿产储量表的编制	232
第五节 加强储量管理工作	233
第十一章 矿井地质勘探及地质说明书	234
第一节 矿井地质勘探	234
第二节 地质说明书的编制	238
第三节 矿井地质工作	248
第四节 地质预报与图板管理	253
第十二章 影响煤矿生产地质因素的研究	255
第一节 矿井地质构造	255
第二节 煤层厚度变化	276
第三节 岩浆侵入煤层	281
第四节 矿井瓦斯	286
第五节 岩溶陷落柱	293

第十三章	地下水的基本知识	300
第一节	地下水的概念	300
第二节	岩石的空隙性及水理性	301
第三节	地下水的物理性质和化学成分	303
第四节	地下水的分类及各类地下水的特征	305
第十四章	矿井水文地质简介	312
第一节	矿坑充水水源的分析	312
第二节	矿井涌水通道分析	313
第三节	影响涌水量大小的因素	315
第四节	地下水运动的基本规律	317
第五节	矿井涌水量的预计方法简介	322
第六节	矿井涌水量的测量方法	326
第七节	矿井水的防治	327
第十五章	煤矿工程地质	333
第一节	岩石的工程地质性质	333
第二节	潜蚀与流砂	342
第三节	滑坡及斜坡的稳定性	343
第四节	地下硐室围岩稳定性简介	346
主要参考文献	351

绪 论

煤矿地质学是运用地质学的基础理论，根据煤矿的生产、建设及矿山测量的实际需要，研究和解决影响煤矿开发的地质问题，其性质属于综合性、实用性及方法性均较强的地质学的分支学科。

一、煤矿地质学的研究对象及研究内容

煤矿地质学主要研究煤矿生产建设过程中的各类地质问题。具体来说，它的研究对象是影响煤矿生产建设的煤层赋存、地质构造、水文地质、工程地质，以及水、火、瓦斯、煤尘等矿害方面的情况。这些问题是关系到煤矿能否安全正常生产的关键，对煤炭工业的经济效益具有决定性的作用。

实践证明，凡是将煤矿地质工作贯穿于煤矿建井、开拓、掘进、回采直到矿井报废各阶段的矿井，其生产建设就能正常安全顺利地进行；相反，凡是未认识到煤矿地质工作在煤矿生产建设中的重要性，没有将地质工作贯穿于煤矿开发的全过程，则该煤矿的生产建设常由于缺乏足够的地质资料，对地质情况不清，而造成施工中的被动局面，甚至出现不必要的损失。因此，必须加强煤矿地质工作，以防止煤矿生产建设施工中被动局面的出现。

根据上述研究对象的需要，煤矿地质学的研究内容，主要包括以下各学科中的部分内容：

普通地质学 概略介绍地球概况，地壳的物质组成、结构及地表特征；着重阐述地球的内、外力地质作用及其对地壳的影响。

构造地质学 扼要介绍组成地壳各类岩层的产状；着重阐述由于地壳运动所引起的构造变动及其发展规律，如褶皱、节理裂隙及断层的形态类型、力学性质、发育规模及其控矿作用。

矿物学 着重叙述与煤矿地质有关的造岩矿物的化学成分、物理性质、分类、成因及用途。

岩石学 一般介绍三大类岩石的形成、分类、特性、矿物成分及其组合规律；着重阐述与煤矿地质关系密切的沉积岩类。

古生物学 一般介绍古生物的基本概念、分类及其发展演化规律；着重阐明保存在含煤地层中且具有指相意义的动、植物标准化石。

地史学 概略介绍地壳的发展史及其演变规律；着重论述在漫长的地质历史时期中含煤地层的形成过程、主要特征及含煤情况。

上述各学科均属基础地质学的范畴。研究任何地质学的分支学科，都必须认真研读、牢固掌握，在奠定地质学的理论基础后，方可对煤矿地质学进行系统而深入的研究，以便解决煤矿建井及煤矿生产等工程中出现的地质问题，为煤炭开发服务。

煤田地质与勘探 煤矿开采的对象是煤炭。煤是赋存在地壳中的地质体，属煤田地质学的研究内容。为了查清煤层在地壳中的赋存状态及煤矿生产中的地质问题，煤矿地质学必须研究煤田地质与勘探方面的内容，主要研究：成煤的原始物质，煤的形成过程及形成

环境、煤炭的种类及其主要经济技术指标；为了查清煤层在地下的赋存状态及其主要特征，必须进行煤田地质勘探阶段的一系列工作。其中，主要包括原始地质资料的归纳、分析、综合；并根据精选资料写出文字说明，编制地质构造图、煤系柱状图及各级储量分布图等。

水文地质学 煤的开采方式，有地下开采及露天开采两种。为了顺利地排除水对煤矿开采的干扰，应研究矿井水文地质的基本知识。其中，主要是地下水的基本知识和矿坑水的充水因素，以及矿井涌水量预测、矿井水的防治。

矿井地质工作方法 煤矿地质工作是在矿井中进行的，因而其工作方法不同于地表地质工作方法。它主要包括：地质编录方法；矿井地质制图方法；矿井储量管理方法；各种地质说明书的编制方法；煤矿生产建设过程中地质问题的预测及处理；各种矿害的观测研究及处理。

工程地质学 为了保证煤矿工程建设的合理性和坚固性，顺利地进行煤矿生产，主要应研究与煤矿生产有关的工程地质问题。如硐室围岩的变形与破坏，以及防治措施。

二、煤矿地质工作的特殊性及其方法

煤矿地质工作是在地下坑井直接调查、观测由井巷开凿出来的新地质资料，因而矿井地质工作方法不同于地表地质工作方法，它具有以下特殊性：

(1) 在煤矿地质工作中，要具备采煤、建井及矿测等各专业的知识。

(2) 煤矿开采的煤层是蕴藏在地壳中，而地壳在地质历史时期曾经历了一系列的复杂变化过程，使煤层及其围岩均变形或破坏，造成构造的复杂化，给地质观测增加了困难。同时，在照明条件不良、且观测又受巷道空间限制的矿井中，地质观测工作的困难程度较大：

(3) 煤矿地质工作是与多工序、连续进行的井巷掘进及煤层回采同时进行，且工作地点经常改换，因此当有新的地质现象出现时，必须在井巷闭帮或喷浆前及时进行观测，收集地质资料，解决地质问题。

(4) 煤矿井下存在有不同程度的水、火、瓦斯、煤尘及巷道围岩变形等自然灾害。这些矿害的产生，都与煤矿地质有关。

为了保证煤矿安全、顺利地进行生产，现根据上述特殊性提出煤矿地质工作的方法。

(1) 根据煤矿地质学具有实用性及综合性较强的特点，煤矿地质工作者首先必须具备地质学的基础理论及采煤、建井、矿测及制图等学科的基本知识；其次，必须掌握解决煤矿生产、建设过程中各类地质问题的方法和操作技能；其三，要求在矿井下作地质调查时，必须掌握由点到面、由简单到复杂、由个别到一般、由已知到未知的工作步骤，逐步深入，直到彻底解决问题。

(2) 在地壳的不同部位有不同的物质基础和外界因素，也有不同的变化过程。各地区的地质发展有其一定的规律性，也有其差异性，故在研究不同地区的煤矿地质时，既要认识它们的共性，也要分析它们的差异性，才能正确地解决问题。

(3) 为了认识和掌握煤矿地质的规律，首先必须深入坑井，作细致的现场调查研究，积累原始材料；然后加以去粗取精，去伪存真地整理分析，综合归纳出规律，并提高其理论认识；最后再用这些理论去指导生产实践，同时在实践中检验、充实、丰富进一步发展这些理论。只有这样，才可以逐步得出更深刻、更正确、更完善地反映矿井中地质情况的

本质。

(4) 随着科学飞速向前发展，在地质科学领域的研究中，应在采用对宏观现象研究的同时，还必须加强对微观现象的研究，即使用宏观与微观相结合的方法来研究地质现象及其规律。

三、煤矿地质学的基本任务

煤矿地质学的基本任务，包括煤矿地质工作、煤矿水文地质工作及煤矿工程地质工作等。

1. 煤矿地质工作任务

煤矿地质工作是指从矿井基本建设开始，直到开采结束为止期间的全部地质工作。为了更好地解决煤矿生产建设中的各种地质问题，以适应煤矿生产建设的需要，煤矿地质工作的任务概括如下：

(1) 研究矿区(煤矿井)煤系地层、地质构造、煤层和煤质的变化规律，查明影响煤矿井生产建设的各种地质因素。

(2) 进行矿井地质勘探、地质观测、地质编录和综合分析，提交煤矿井生产建设各阶段所需的地质资料，解决采掘工作中的地质问题。

(3) 计算和核实矿井储量，掌握储量动态，提高储量级别，扩大煤矿井储量，及时提出合理开采和利用煤炭资源的意见。

(4) 开展煤矿水文地质及工程地质调查，查清矿井水的来源、涌水量及水质；了解矿区(井田)内影响采矿工程建筑物的规划、设计、施工的工程地质条件，为解决煤矿井施工中的水文地质及工程地质问题作好准备。

(5) 调查研究含煤地层中伴生矿产的赋存情况和利用价值。

在煤矿开采的全过程中，按其工程目的及其性质的不同，常分为煤矿建设及煤矿生产两大阶段。因而，煤矿地质工作也相应分为建井及生产两大阶段，它们各有其不同的地质工作任务和工作内容。

1) 建井阶段的地质任务 建井阶段的地质工作是指从建井准备工作开始，直到矿井建成投产全过程的地质工作。其主要任务是，系统编录揭露的一切地质资料，及时预报并解决施工中出现的地质问题；编制建井地质报告和移交生产的全部地质资料。

2) 生产阶段的地质任务 指从煤矿井正式移交生产直至矿井结束整个过程的全部地质工作。其主要任务是根据矿井生产建设的需要，及时提供各种地质报告及地质说明书，并开展地质预测预报工作。

2. 煤矿水文地质及工程地质工作的任务

煤矿水文地质及矿井工程地质工作均是保证煤矿安全正常生产建设的一项重要技术基础工作。为了掌握煤矿水文地质规律及煤矿工程地质条件，研究解决煤矿生产建设中的水文地质及工程地质问题，现将煤矿水文地质及矿井工程地质的工作任务概述如下：

(1) 开展矿区(井田)水文地质补充调查、补充勘探，为矿井建设、采掘、开拓延深及改扩建提供所需的地质资料或专题报告。

(2) 在采掘过程中进行水害分析、预测和防探水工作。

(3) 为解决和改善煤矿区生产、生活供水，进行水源的调查、勘探，提供水源资料。

(4) 根据需要开展老矿区水文地质调查和研究。

(5) 查明煤矿区(井田)滑坡、崩塌、流砂、岩溶等物理地质现象的发生、发展规律, 以及分布范围及其危害程度。

(6) 研究煤矿区(井田)地质构造对煤矿井工程建筑物的沉降变形及安全稳定的影响。

(7) 根据建筑物场地的地层岩性特征, 结合矿井工程建筑物的形态和规模, 预测工程地质问题的形成和发展趋势。

(8) 提供煤矿井工程规划、设计、施工所需要的工程地质资料。

煤矿地质学是直接为煤矿生产建设服务的。它是通过各种地质手段, 收集地质资料, 研究井下地质情况, 为煤矿生产建设提供地质情报。因此, 煤矿地质学是关系到煤矿开发的正常高速发展及煤炭资源的合理开发和利用。

我国煤矿地质学起萌于本世纪 50 年代初, 经过 30 余年的努力, 已积累了大量煤矿地质资料, 总结了煤矿地质工作的经验, 相应地具备了较系统的基础理论知识和一套完整的工作方法, 对于促进煤炭工业的发展、充实完善煤矿地质学及培养煤矿地质人才, 都具有重要的意义。

第一篇 地质学基础

第一章 地球

第一节 地球概况

一、地球和宇宙

根据辩证唯物主义的观点，宇宙是物质的总和，不论在时间上或空间上都是无穷的，并处于不断运动和发展之中。地球是太阳系中的一颗行星，太阳系是银河系中的一个成员，银河系是宇宙中的一个星系。地球处于宇宙之中，与其它天体既是互相联系，又是互相影响。研究地球就应了解宇宙中星系之间的关系及太阳系的组成。

1. 太阳系的组成

太阳系中，只有一颗恒星，就是太阳；有九颗行星(自内向外依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星；以及 33 颗卫星和许多小行星(约 2000 颗)、慧星(总数在 10 万个以上)、流星等；还有星际物质(尘埃、气体)。它们在以太阳为中心的万有引力下，遵循自己的轨道运动并互相影响，按自然法则构成一个永不停息的行星系统(图 1-1)。

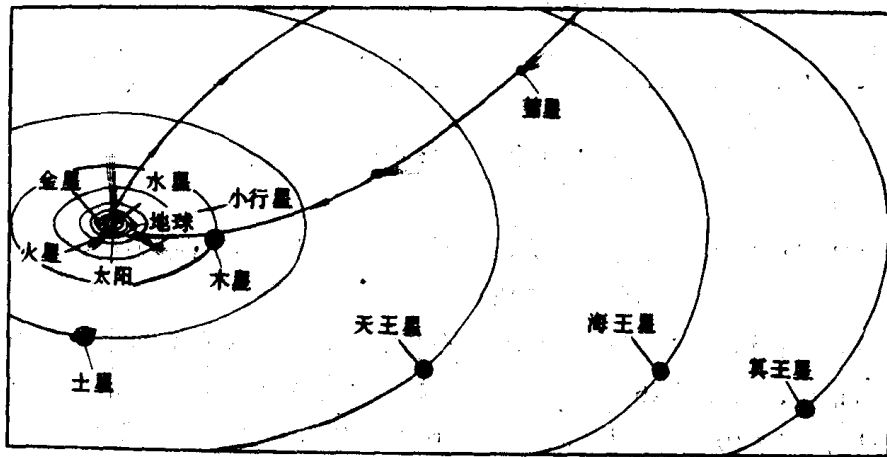


图 1-1 太阳系

(行星轨道位置按比例表示)

目前太阳系是以冥王星轨道为边界，直径有 1.18×10^{10} km，太阳发出的光需 5.5h 才能穿过太阳系。九大行星体积相差很大，最大的木星比最小的水星大 7.35×10^4 倍(图 1-2)。

现将太阳系中一些星体的主要特征简述于下：

1) 太阳 太阳是太阳系中唯一的恒星。其直径为 1.39×10^6 km，是地球直径的 109

倍；体积为地球体积的 1.3×10^6 倍；质量为地球质量的 3.33×10^5 倍；密度却只有地球密度的 $1/4$ 。

2) 月球 月球是地球唯一的卫星。它距地球 384400km；其直径为 3476km；质量为 7.35×10^{25} g；体积为地球体积的 $1/49$ ；密度为地球密度的 $3/5$ ；表面重力为地球重力的 $1/6$ 。月球的公转周期和自转周期相同，所以总是同一面向着地球。自宇宙飞船绕月球飞行以后，才直接看到了月球的背面。

3) 彗星 彗星是太阳系中特种星体。彗星和行星一样绕太阳运行，其轨道为椭圆形。太阳系的彗星很多，每年平均新发现一颗。

彗星是由慧核、慧发(或慧头)和慧尾三部分构成。其在外形上的特征是具有一条长尾，且越接近太阳时尾巴越长，背离太阳方向形似扫帚，故亦称扫帚星。

4) 陨星 在晴朗无月的夜空，经常看到流星又叫陨星，它们是遨游于宇宙空间的星际尘埃。在接近地球时，陨星被地球引力俘获吸向地球。大多数小陨星未到地面前便燃烧成灰烬；大陨星未完全烧尽的剩余部分落到地面叫陨石。例如 1976 年 3 月 8 号，在我国吉林省降落的石陨石是世界上罕风的陨石雨，陨石猛烈冲击地面形成大坑。

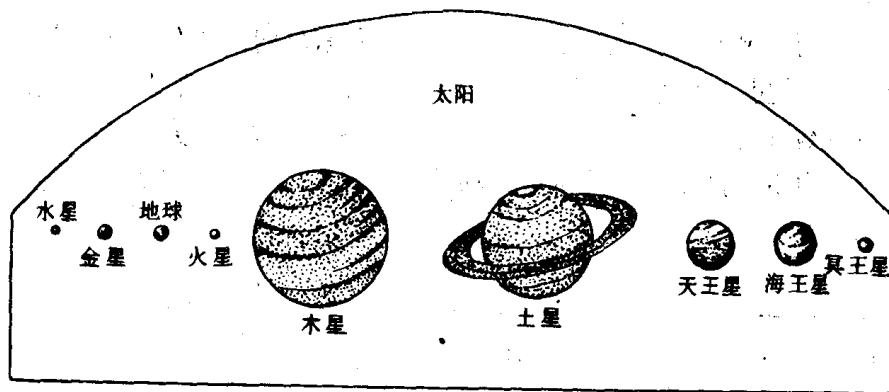


图 1-2 太阳系行星大小比较

2. 银河系

夏夜无月的晴空从北到南有一条宽窄不一的银白色光带，称为银河。它是由无数恒星密集起来的一个星系，太阳就是其中的一颗恒星。所有这些恒星组成一个庞大的恒星系统，称银河系。银河系中，约由 1400 多亿颗恒星组成。银河系的直径有 10^5 光年(光年是光走一年的距离，等于 9.46×10^{12} km)，是太阳系直径的 1.6×10^8 倍，银河系总质量是太阳系总质量的 1.4×10^{11} 倍。由此可见，太阳系在银河系中是何等渺小。

宇宙里象银河系这样比较明亮的恒星系有 600 个，称河外星系，简称星系。所有星系合起来构成一个星系团，现已观测到 2700 个星系团。每个星系团含有几十个至几千个星系，离我们最近的星系团距离有 6×10^7 光年。由此可见，银河系在星系团中又是多么渺小。

3. 天体的运动和年龄

宇宙中，一切大小天体都是按一定规律永无休止地运动。它们相互吸引又相互排斥，在万有引力下旋转运行。卫星绕行星运行，行星、小行星、彗星等绕太阳运行，构成了太阳系；太阳系和其它恒星、星云等绕银核运行，构成银河系。这种运动叫公转。每个天体

自身又在旋转，叫自转。天体的自转和公转有一定周期和速度(表1-1)。这些运动，对地球上发生的地质作用都有直接或间接关系。

表 1-1 主要天体的运行数据

天 体	自转速度 km / s	自转周期	公转速度 km / s	公转周期
月 球	0.005	27.32d	1	1月
地 球	0.465	1d	29.8	1a
太 阳 系	4.7	247.7a	250	2.5×10^8 a
银 河 系	银 核	200	3.2×10^7 a	
	太阳附近	250	2.5×10^8 a	
	边 缘	139	1.8×10^9 a	

现代天文学告诉人们，宇宙中各天体的物理特征的差别，说明它们不是同一个时候产生的，也不是生成后就一成不变、永运如此，它们都是在不断新生、演变和衰亡。

根据月球、地球和陨石中所含放射性元素，测定出它们的年龄为 4.5×10^9 a(不是最大年龄)。根据近代恒星演化理论估计，太阳的年龄约 5.0×10^9 a；银河系的年龄约为 1.2×10^{10} a；星系团及总星系的年龄可能更长，这是由于它们的组成更复杂，变化更多样。

二、地球的大小和物理特性

(一) 地球的形状和大小

地球是旋转椭球体，赤道半径较长，两极半径较短。其主要参数为：

赤道半径(a)	6378.1724km;
两极半径(b)	6356.7986km;
平均半径	6371.229km;
扁率 $[a=(a-b)/a]$	1: 298.3km;
子午线周长	40008.6km;
赤道周长	40075.696km;
地球面积	5.1×10^8 km ²
地球体积	1.083320×10^{12} km ³ ;
地球的质量	5.974×10^{27} g;
物体脱离的临界速度	11.2km / s;
赤道上点的线速度	465m / s;
地球沿轨道运动的平均速度	29.76km / s.

(二) 地球的物理性质

1. 地球的密度

地球的质量除以地球的体积可得地球的平均密度为 5.517g/cm^3 ，按实际测得地表岩石的平均密度为 2.65g/cm^3 ，故知地球内部必有密度大于 5.517g/cm^3 的物质。

根据地震资料得知，地球内部密度随深度增加而逐渐增加，但并非均等增大，大约在400km、600km、2900km和4640km深度有较明显的变化。其中2900km处变化最大，

以下密度逐渐增大，达地心的最大密度值为 138g/cm^3 (图 1-3)。

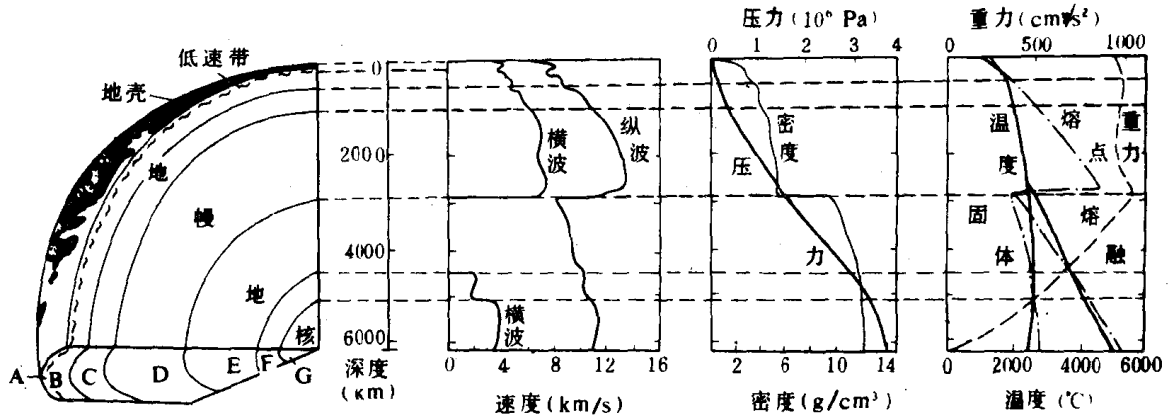


图 1-3 地球物理性质变化曲线

A—地壳；B—上地幔上部；C—上地幔下部；D—下地幔；E—外核；F—过渡带；G—内核

2. 地球内部的压力

地球内部压力主要是静压力，这是由上覆物质的重量所产生的压力。按静力平衡公式 $P = h\rho_0 g_h$ (静力等于某深度和该深度以上的地球物质平均密度与平均重力加速度的连乘积)，计算出来的数值大致为一匀滑曲线。其中，10km 深处的压力大致为 $3.03975 \times 10^8 \text{Pa}$ ；35km 深处的压力大致为 $1.01325 \times 10^9 \text{Pa}$ ，岩石变软；2900km 深处的压力大致为 $1.519875 \times 10^{11} \text{Pa}$ ；地心的压力可达 $3.769025 \times 10^{12} \text{Pa}$ ，物质的原子结构完全破坏了。

3. 地球的重力

地球的表面重力是指地面某处所受地心引力和该处的地球自转离心力的合力 (图 1-4)。地球引力与质量成正比，与地心距离的平方成反比，可用万有引力公式表示，即

$$F = G \frac{M_1 M_2}{R^2} \quad (1-1)$$

式中 F —万有引力；
 G —万有引力常数；
 M_1 —地球的质量；
 M_2 —地表物体的质量；
 R —物体与地心的距离。

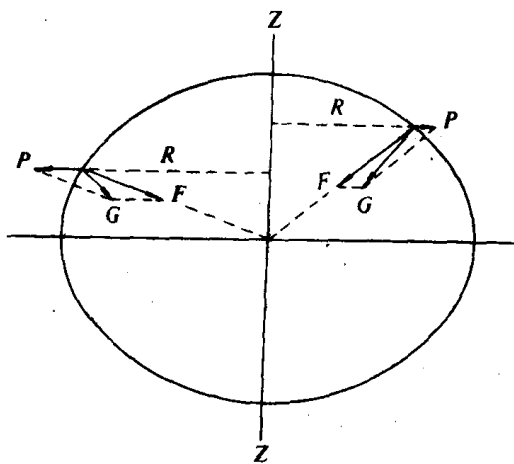


图 1-4 重力与地心引力和离心力关系示意图

ZZ—地球自转轴；G—重力；F—地心引力；

P—离心力；R—纬度圆半径

由此可见，地心引力以赤道最小，两极最大。地面某处的地心引力与该处地球自转线速度的平方成正比，因此赤道离心力最大，两极离心力为零。离心力比地心力小得多，如赤道为最大的离心力，也只有该处地心引力的 $1/289$ 。即是说，如果地球自转速度比现在快 17 倍，则赤道的离心力就增大 289 倍 (即 17^2)，此时与地球引力相等，物体也就没有重量了。

地表各地的重力并不相等，它是随海拔高度和纬度的不同而发生变化，地面重力场的

变化是随纬度增加而增加，随高度增加而减小。

如果把地球看作一个均质体，从理论算出地表各处的重力值，这种重力称为正常重力。但由于组成地壳物质成分的不同和结构的差异，则会引起引力和离心力的变化，从而导致实际的重力不同于理论数值，这种现象称为重力异常。比正常理论值大的，称正异常；比正常理论值小的，称负异常。存在一些密度大的物质的地区，如铁、铜、铅、锌、等金属矿区，常表现为正异常；存在一些密度较小物质的地区，如石油、煤、盐及地下水等区，常表现为负异常。重力探矿就是利用这一原理。

4. 地球的温度

深矿井温度增高，以及由地下流出的温泉水和火山喷出炽热的物质等都证明地内是热的。根据地内温度分布状况，可分为以下三个层：

1) 外热层(变温层) 地球表层的温度主要来自太阳热能，热量约有 10^{25}J/a 。其中，绝大部分热能又辐射回空中，而透入地下增高岩石温度的极少。因此，外热层的温度是从地表向下降低；温度的变化幅度是随深度的增加而减小，到一定深度就不明显了。

2) 常温层(恒温层) 是外热层的最下界。此深处太阳热年变化幅度为零，即温度常年保持不变，相当当地的年平均温度。

3) 内热层(增温层) 在常温层以下，温度随深度的增加而逐渐增高。这种增温主要是受放射热的影响，且增温是有规律的。即内热层内每往下一定深度，便增高一定温度。计量这种增温大小的表示方法，通常有以下两种：

(1) 地温梯度(或地热增温率)，即深度每增加 100m 时，温度所升高的度数，以摄氏度表示。

(2) 地温级(或地热增温级)，即温度每升高 1°C 时所增加的深度，以米表示。

地内热能常通过火山活动、热水活动及构造运动等不同的形式进行释放，以消耗地热。上述方式所释放的热能，只占整个地球放热量的一小部分。

热流量较大的地区(如温泉，火山等地区)，称为地热异常区。这些地区通过勘测后，可用人工打钻把地下热气、热水开发出来，用于发电、医疗卫生、生活饮用及提取稀有元素等，它们是主要天然热动力资源，也是世界上新能源之一。

5. 地球的磁性

地球是一个球形磁铁，磁力线分布在地球周围，形成一个偶极地磁场(图 1-5)。偶极地磁场的南北两极与地理南北两极不在一处，且相距很远，同时地磁极的位置也在不断变动。地磁场的范围可延伸到地球以外 10000km 以上的高空。

罗盘上磁针所指的南北方向不是地理上的南北方向，而指的是地磁南北方向，它与地理南北方向之间有一个角度偏差，这个角度偏差称做磁偏角。指北针偏在经线东边的叫东偏角，符号为“+”；偏在经线西边的叫西偏角，符号为“-”。在使用罗盘测定方向时，应加以校正，才能得到地理方向。

磁针的空间位置与水平面之间有一个夹角，称磁倾角。由于磁针的空间位置完全与磁力线重合，当地磁赤道很接近地理赤道时，磁力线在地磁赤道上才与水平面平行；向南向北都与水平面相交，纬度愈高其交角越大；在磁极上磁力线便与水平面垂直。因此，磁针在地磁赤道附近呈水平位置。在两极上便竖立起来；其磁倾角则由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。指北针向下倾者为正(在北半球)，向上仰者为负(在南半球)。

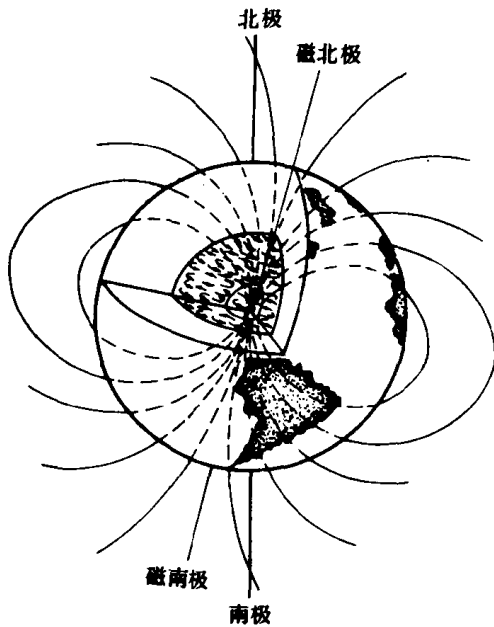


图 1-5 地磁场及其成因

生明显的潮汐现象(液体的变形)。用精密仪器能观测到地球固体表层在日月引力下也有潮汐现象,可引起地壳升降达几十厘米(称固体潮),说明固体地球具有弹性。

固体地球在一定条件下还表现为塑性体。例如在长期受力条件下,地球会象液体那样变形而成为一个旋转椭球,这表明地球不是完全的刚体。在野外,可看到很多岩体发生剧烈而复杂的弯曲,这也是岩体的塑性表现。

第二节 地球的圈层构造

一、地球的圈层构造

地球不是一个均质体,而是由不同物质组成的,且具有圈层构造。以地表为界,分为内圈和外圈。它们又可分为几个圈层,每个圈层都有自己的物质运动特征和物理、化学性质,并对地质作用各有程度不同的、直接或间接的影响。所以,必须了解每个圈层的基本特征,才能更深刻地理解地质作用的原理。

地震波速度变化明显的深度,即反映该深度上、下的地球物质在成分上或物态上的改变,或两者都有改变的这个深度,在地球物理学上称做不连续面,或称界面。地球内部有两个波速度变化最明显的界面,即:第一个界面是南斯拉夫地球物理学家莫霍罗维契奇(A.Mohorovicic, 1857~1936)于1909年发现的,叫做莫霍罗维契奇不连续面,简称莫霍面,其深度不相一致,在大陆区较深(60km以上),大洋区较浅(最浅不足5km);第二个界面是美国地球物理学家古登堡(B.Gutenberg, 1889~1960)于1914年提出的,所以称为古登堡不连续面,其深度在2900km处。根据这两个界面,把地球内部分为三个圈层,即地壳、地幔和地核。再根据次一级界面,把地幔分为上地幔和下地幔;把地核分为外核、过渡带和内核。

二、地球外圈层的特征

(一) 大气圈

包围地球的大气所组成的一个圈层为大气圈。其厚度达几万公里以上。由于受地心引

磁偏角、磁倾角和磁场强度是地磁场的三个要素。

地面上的每一点,都可从理论上计算出它的磁偏角和磁倾角。当实测的地磁要素数值与理论上计算的数值不一致时,说明正常磁场里有一个局部异常磁场存在,它使地磁要素产生偏差,这个现象称做地磁异常。根据地磁异常,可以勘测出地下的磁性岩体或矿体。反映出的异常值小于正常值的叫负异常。利用地磁异常来勘探有用矿物的方法,称磁法勘探,它是地球物理勘探方法之一。

6. 地球的弹、塑性

地球具有弹性,表现在能传播地震波(即弹性波)。地表海水在日月引力下,发