

范存辉 杨西燕 苏培东 / 主编
张哨楠 王兴志 / 主审

izhixue
Gailun

地质学概论



科学出版社

地质学概论

范存辉 杨西燕 苏培东 主 编
张哨楠 王兴志 主 审



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书内容分两大部分：普通地质部分，包括地球系统与地质作用、岩浆作用与岩浆岩、变质作用与变质岩、外动力地质作用与沉积岩、地质年代与地层系统五章；构造地质部分，包括构造运动与地质体产状、地层接触关系、构造力学分析原理、褶皱、节理、断层、地震与板块构造七章。

本书可作为勘查技术与工程、资源勘查工程、地质学、地质工程、土木工程、地下空间工程等高校地学相关工科专业的教材，也可供相关科研院所、现场地质技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地质学概论 / 范存辉, 杨西燕, 苏培东主编. —北京: 科学出版社, 2016.5
ISBN 978-7-03-048299-0

I. ①地… II. ①范…②杨… ③苏… III. ①地质学-高等学校-教材
IV. ①P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 105312 号

责任编辑: 张 展 罗 莉 / 责任校对: 邓丽娜 刘莉莉

责任印制: 余少力 / 封面设计: 墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年9月第 一 版 开本: 787*1092 1/16

2016年9月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 466 千字

定价: 42.00 元

《地质学概论》编委会

主 编：范存辉 杨西燕 苏培东

主 审：张哨楠 王兴志

参编人员：陈 伟 胡 明 陈晓慧 葛玉辉

连承波 黄 勇 许 建 陆廷清

吴亚子 王喜华 周小军 李世琴

曾德铭 王占磊 黄 程 孟立丰

前 言

现代地球科学已经进入坚持可持续发展前提下的环境型和社会型地球科学时代，现代地球科学不仅需要研究地壳或岩石圈的物质组成、内部构造、外部特征、各圈层之间的相互作用，更要注重其动态演变过程及对人类生产生活的影响。因此，地质类工科学子掌握这方面的理论知识和工作技能尤为重要。本书主要以地球-地质作用-矿物、岩石和地层-地质构造为主线，强调地球系统各要素之间的相互联系和作用过程，突出地质学基本理论和基础知识，并强化理论在实践应用中的方法性和适用性。

本书主要由普通地质和构造地质两大部分内容组成。普通地质部分包括地球系统与地质作用、岩浆作用与岩浆岩、变质作用与变质岩、外动力地质作用与沉积岩以及地质年代与地层系统；构造地质部分包括构造运动与地质体产状、地层接触关系、构造力学分析原理，褶皱、节理、断层等主要地质构造的类型、特征、组合和形成机理以及地震与板块构造。本书将普通地质学、地球科学概论、地质学基础和构造地质学等课程教学内容有机结合在一起，强调地质学的综合性、系统性和实用性，是一门理论性与实践性并重的课程。

本书由西南石油大学地球科学与技术学院范存辉、杨西燕、苏培东主编。具体分工为：绪论、第六、第七、第九、第十、第十一章由范存辉编写，第二、第三、第四章和第五章第一节由杨西燕编写，第一章第一、第二节由许建、吴亚子、曾德铭、黄勇编写，第一章第三、第四节由范存辉、王喜华、陈晓慧、葛玉辉、连承波编写，第五章第二节由王占磊、陆廷清、黄程编写，第八章由苏培东、陈伟、李世琴、孟立丰编写，第十二章由范存辉、杨西燕、胡明、周小军编写。书中图件清绘工作由研究生卢丹阳、朱梦月、王晓蕾、刘志毅、毛凯兰、方昉、王瀚等完成，全书由范存辉统稿定稿。

西南石油大学张哨楠教授和王兴志教授对本书进行了详细的审阅，提出了许多宝贵的修改意见和建议，在此深表谢忱。

本书的出版得到了西南石油大学地球科学与技术学院领导、专家和西南石油大学教务处、地球科学与技术学院基础地质教研室领导和同事的支持。在此，表示感谢！

书中难免有错误和不当之处，衷心希望读者不吝赐正。

2016年4月

目 录

绪论	1
一、地质学的研究对象、内容及分科	1
二、地质学的特点	1
三、地质学的研究方法	2
四、“地质学概论”课程的任务和内容	3
第一章 地球系统与地质作用	4
第一节 地球的基本特征	4
一、地球的形状和大小	4
二、地球的表面形态特征	5
三、地球的物理性质	8
第二节 地球的圈层结构	12
一、地球的外部圈层	12
二、地球的内部圈层	13
第三节 地壳的物质组成	17
一、元素	17
二、矿物	17
三、岩石	30
第四节 地质作用	31
一、地质作用的概念和类型	31
二、内动力地质作用	32
三、外动力地质作用	32
第二章 岩浆作用与岩浆岩	34
第一节 喷出作用与侵入作用	34
一、岩浆的概念及特征	34
二、喷出作用	35
三、侵入作用	38
第二节 岩浆岩的基本特征	41
一、岩浆岩的矿物成分	41
二、岩浆岩的结构	41
三、岩浆岩的构造	43
第三节 岩浆岩的分类和主要类型	44

一、岩浆岩的分类	44
二、岩浆岩的主要类型	46
第三章 变质作用与变质岩	50
第一节 变质作用概述	50
一、变质作用的概念	50
二、引起变质作用的因素	50
第二节 变质岩的特征	53
一、变质岩中的矿物成分	53
二、变质岩的结构	54
三、变质岩的构造	55
第三节 变质作用类型及其代表性岩石	57
一、接触变质作用	57
二、区域变质作用	59
三、动力变质作用	60
四、混合岩化作用	60
第四章 外动力地质作用与沉积岩	62
第一节 外动力地质作用	62
一、引起外动力地质作用的因素	62
二、外动力地质作用的类型	64
第二节 沉积岩的基本特征	78
一、沉积岩的化学成分	78
二、沉积岩的矿物成分	80
三、沉积岩的颜色	80
四、沉积岩的结构	81
五、沉积岩的构造	81
第三节 沉积岩分类和主要沉积岩	90
一、沉积岩的分类	90
二、陆源碎屑岩及其特征	91
三、碳酸盐岩及其特征	96
四、其他沉积岩及其特征简述	100
第四节 三大类岩石的互相转化	101
第五章 地质年代与地层系统	103
第一节 地质年代的确定	103
一、相对地质年代的确定	103
二、绝对地质年代的确定	107
第二节 地层单位与地质年代	108
一、岩石地层单位和地层系统	109
二、年代地层单位和地层系统	110

三、年代地层表和地质年代表	112
第六章 构造运动与地质体产状	116
第一节 构造运动	116
一、构造运动的基本概念	116
二、构造运动的基本特征	116
三、地质构造	119
第二节 地质体的产状要素及测定	120
一、面状构造的产状及表征	120
二、线状构造的产状及表征	123
第三节 岩层的产状类型及特征	124
一、岩层的原始产状	124
二、水平岩层	125
三、倾斜岩层	127
四、直立岩层和倒转岩层	134
第七章 地层接触关系	136
第一节 地层接触关系的概念及类型	136
一、地层接触关系的概念	136
二、地层接触关系的类型	136
第二节 不同地层接触关系的特征及形成过程	137
一、整合接触	137
二、平行不整合接触	137
三、角度不整合接触	138
第三节 不整合的研究	140
一、不整合存在的标志	140
二、不整合的研究内容和方法	143
第八章 构造力学分析原理	145
第一节 应力分析	145
一、力的基本概念	145
二、应力分量	148
三、应力状态	149
四、平面应力状态	149
五、平面应力莫尔圆	152
六、应力场与构造应力场	153
第二节 变形和应变	155
一、变形	155
二、应变	158
第三节 岩石的变形习性	160
一、岩石的变形阶段	160

二、岩石的断裂方式	162
第四节 影响岩石力学性质的因素	165
一、岩石性质	166
二、围压	166
三、温度	167
四、溶液	168
五、孔隙压力	168
六、时间	169
第九章 褶皱	173
第一节 褶皱及其要素	173
一、褶皱基本类型	173
二、褶皱的基本要素	174
第二节 褶皱分类	176
一、褶皱的产状分类	176
二、褶皱的形态分类	179
三、同沉积褶皱和底辟构造	183
第三节 褶皱的组合型式	185
一、褶皱在平面上的组合型式	185
二、褶皱在剖面上的组合型式	188
第四节 褶皱的形成机制	190
一、纵弯褶皱作用	190
二、横弯褶皱作用	194
三、剪切褶皱作用	195
四、柔流褶皱作用	196
第五节 影响褶皱形成的主要因素	196
一、层理	196
二、厚度	197
三、岩石力学性质	197
四、岩层埋藏深度	198
五、应变速率	198
六、基底构造	199
第六节 褶皱的观察和研究	200
一、褶皱形态的研究	200
二、褶皱形态的纵深变化	202
三、褶皱形成时代的确定	203
第十章 节理	205
第一节 节理的分类	205
一、节理形成的地质原因分类	205

二、节理的几何关系分类	206
三、节理的力学性质分类	207
四、节理的组合类型分类	213
第二节 不同地质背景上发育的节理	214
一、与褶皱有关的节理	214
二、与断层有关的节理	217
三、与区域构造有关的节理	218
第三节 节理的分期与配套	220
一、节理的分期	220
二、节理的配套	222
三、节理的分期与配套注意事项	223
第四节 节理的观测与研究	223
一、节理的观测	224
二、节理测量资料的整理与研究	226
三、节理资料的计算机处理	228
第十一章 断层	230
第一节 断层的基本要素	230
一、断层面	230
二、断盘	231
三、断层位移	231
第二节 断层分类	233
一、断层与有关构造的几何关系分类	233
二、断层两盘的相对位移关系分类	233
第三节 断层的发育和组合特征	235
一、正断层	235
二、逆断层	240
三、平移断层	247
四、同沉积断层	249
第四节 断层形成机制	250
一、安德森模式	251
二、哈弗奈模式	252
第五节 断层效应	255
一、正(逆)断层引起的效应	255
二、平移断层引起的效应	255
三、平移-正(逆)断层和正(逆)-平移断层引起的效应	256
四、走向断层引起的断层效应	257
五、横断层错断褶皱引起的效应	258
第六节 断层的观察和研究	259

一、断层的识别	259
二、断层面产状的测定	264
三、断层两盘相对运动方向的确定	265
四、断层作用的时间性	268
第十二章 地震与板块构造	270
第一节 地震	270
一、地震的基本概念	270
二、地震波与地震仪	276
三、地震的预报和预防	279
第二节 板块构造	280
一、大陆漂移学说与海底扩张学说	281
二、板块构造学说	286
参考文献	299

绪 论

一、地质学的研究对象、内容及分科

地球科学是以整体的地球系统作为研究对象的一门自然科学。所谓地球系统，是指由固体地球、水和生物圈构成的一个复杂的开放系统。目前，由于探测的深度有限，地球科学主要局限于地球的表层，即大气圈、水圈、生物圈和岩石圈。地球科学是一门重要的基础自然科学，包括地质学、地理学、气象学、海洋学、土壤学、地球物理学等众多分支。

地质学作为地球科学的一个重要分支，是以地球的岩石圈为主要研究对象的科学。地质学的研究内容包括：地球内部组成物质的成分及其形成、分布和演化规律；地球内部的结构和构造；地表形态及其发展变化规律；勘查地下资源的技术方法等。

随着生产的发展和科学的进步，地质学的研究内容越来越广泛和深入，并随之出现了很多分支学科。按其研究内容和任务的不同，主要分为以下分支学科：

(1) 研究岩石圈的物质组成、分布和变化规律。对应的分支学科包括矿物学、结晶学、岩石学、矿床学、地球化学等。

(2) 研究局部地区、大陆以至整个岩石圈和地球的发展及演化史。对应的分支学科包括地史学、古生物学、地层学、同位素年代学、古气候学、古地理学、第四纪地质学等。

(3) 研究区域地质构造、岩石圈的结构和运动规律等。对应的分支学科包括动力地质学、地球动力学、构造地质学、区域构造学、大地构造学、地震地质学、板块构造学、构造物理学、地质力学等。

(4) 研究地质学的应用问题。对应的分支学科包括矿床学、石油地质学、煤田地质学、水文地质学、环境地质学、工程地质学、探矿工程学、灾害地质学等。

(5) 研究地球矿产资源勘探的理论和方法。对应的分支学科包括地质制图学、地震勘探原理、地球物理勘探、地球化学勘探、矿产调查与勘探、油气田开发地质学等。

二、地质学的特点

1. 时间的漫长性

据科学测算，地球的年龄长达 46 亿年。在这漫长的时间里，地球上曾发生过许多重要的自然事件，如岩石形成、海陆变迁、山脉隆起、海底扩张、生物进化等，这

些事件的发生过程多数是极其缓慢的,往往要经过数百万年甚至数千万年的时间才能完成,短暂的人生很难目睹这些事件发生的全过程。因此,地质学中一般以百万年(Ma)为单位来计算时间,如喜马拉雅山脉从海底隆起至今约有 25Ma;大西洋的形成至今约 200Ma;恐龙的灭绝发生在 65Ma 前。有些地质作用看起来其表现时间很短,如地震、火山爆发等,但其能量骤然释放之前的能量聚集则需很长的时间。因此,许多地质作用和地质过程是很难详细观察的,也很难在实验室中再现。

2.空间的广泛性

地质学的研究对象是整个地球岩石圈。地质现象在空间上分布广阔,可以发生在地表和地下深处的每一角落。此外,一些地质系统非常大,难以在实验室内复制,如火山、大陆、海洋等。所以,地质学的研究对象体现了空间广泛性的特点。

3.地质现象的复杂性

地质现象的产生往往是多种因素、多种作用综合影响的结果,如海陆的变迁、板块的运动等。因此,地质结论常常是概率性的,而不是确定性的。同时,各种地质现象的形成因素非常复杂:从性质上,包括物理的、化学的、生物的;从规模上,大到全球乃至太阳系的宏观现象,小至原子和离子的微观过程。另外,地质学涉及生物、气象、天文、地理等一系列学科,知识领域极其广阔。

三、地质学的研究方法

1.野外实践出真知

地质学是实践性非常强的一门学科。野外地质现象的观察是地质学研究的基本工作方法。早期的地质工作者凭着地质锤、放大镜和罗盘(地质三件宝),对地表出露的矿物、岩石和地质现象仔细观察和综合研究,总结出规律性的认识。虽说现代科学技术已高度发展,但对地质学的研究来说,直接到野外去识别矿物、岩石、地层、构造和多种地质现象仍然是理解和掌握地质学基本原理和基础知识的重要方法和手段。

2.室内实验和模拟

实验和模拟是指对野外采集的矿物、岩石、古生物、矿产以及其他各种分析化验样品进行鉴定、测试,了解它们的形成、特征及控制因素,近似地模拟某些地质构造的形成和历史,再现地质作用的过程,它是地质学非常重要和应用较广的一种研究方法。

3.历史比较法

历史比较法最早是由英国地质学家 C.Lyell(1797~1875 年)提出来的,又叫“将

今论古”和“现实主义原则”，是指通过各种地质事件遗留下来的地质现象与结果，利用现今地质作用的规律，反推古代地质事件发生的条件、过程及其特点。

4.掌握辩证的思维方法

地质现象是复杂的，地质作用的发生也是多种因素综合影响的结果，研究地质问题必须具有全局的、发展变化的观念以及由表及里的辩证唯物主义思维。要真正认识某一地质产物，必须了解它是在哪一个地质时代形成的，是在什么样的条件(古气候、古地理、温度、压力等)下形成的，哪种因素占主导地位等。

四、“地质学概论”课程的任务和内容

地质学概论是勘查技术与工程、资源勘查工程等相关专业的必修课程，其任务是为地球物理勘探原理、地球物理资料综合解释与应用、石油地质学等后续课程奠定地质学的基本理论、基本知识和基本技能。

地质学概论课程内容包括普通地质和构造地质两部分，普通地质部分包括地球系统与地质作用、岩浆作用与岩浆岩、变质作用与变质岩、外动力地质作用与沉积岩、地质年代与地层系统五个部分；构造地质部分包括构造运动和地质体产状、地层接触关系、构造力学分析原理、褶皱、节理、断层、地震与板块构造七个部分。

勘查技术与工程、资源勘查工程的研究工作中，数据的处理与解释必须要结合地质资料和地质学原理进行，只有对地质体有了深刻的了解，对地质规律有了比较深刻、全面的把握之后，才能保证数据处理与解释工作的正确性和合理性。由此可见，掌握的地质知识越丰富，在专业工作中就越有成效。

第一章 地球系统与地质作用

从地质学的角度上说,地球是我们研究的对象。地球是太阳系中的八大行星之一。围绕着太阳旋转的八大行星,自内向外依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星。地球是目前发现的太阳系中唯一具有浓密大气、大量液态水和有生命存在的星球。

关于地球的起源有几种不同的看法,如康德(1755年)与拉普拉斯(1796年)的星云假说、吉恩兹(1916年)的潮汐假说和施密特(1946年)的俘获假说。目前流行的观点认为,地球是在大约 46 亿年前,由太阳星云中分化出的原始地球逐渐演化而成,即星云假说。

第一节 地球的基本特征

一、地球的形状和大小

地球的外表被一层大气所环绕,透过大气则为崎岖不平的固体地球表面,其大部分为海水所覆盖。地球的几何形状一般是用大地测量方法测得的,为便于测算,以平均海平面通过大陆延伸所形成的封闭曲面(即大地水准面)作为参考面,地球的形状和大小就是指大地水准面的形态和大小。

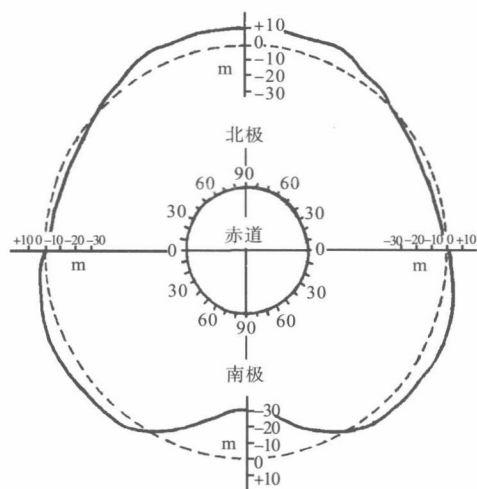


图 1-1 地球形状示意图(据 King-Hele et al., 1969)

实线为大地水准面的圈闭形状,虚线为地理理想旋转椭球体

通过对人造卫星轨道参数进行分析和测算，一般认为地球的真实形状为北极略凸、南极略凹的极近似于旋转椭球体的星体。地球的实际形状与该椭球体稍有差异，赤道一带稍微凸出，南北半球也不对称，北极凸出约 10m，南极凹进约 30m，中纬度地区在北半球稍凹进，而在南半球稍凸出(不到 10m)，看似一个梨形(图 1-1)。

地球的外形是其内部特征的反映：第一，地球接近于旋转椭球体，说明地球具有一定的塑性，是地球自转离心力作用的结果；第二，地球的实际外形与旋转椭球体并不完全重合，说明地球内部物质是不均匀的。

1980 年，国际大地测量和地球物理学联合会(International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG)修订和公布的关于地球大小的数据如表 1-1 所示。

表 1-1 地球特征大小的参数

地球大小参数	数值
赤道半径(a), km	6378.137
两极半径(c), km	6356.752
平均半径(R), km	6371.012
扁平率 $[(a-c)/a]$	1/298.253
赤道周长($2\pi a$), km	40075.7
子午线周长($2\pi c$), km	40008.08
表面积($4\pi R^2$), km^2	5.101×10^8
体积($4\pi R^3/3$), km^3	1.0832×10^{12}
质量(m), kg	$(5.9742 \pm 0.0006) \times 10^{24}$

二、地球的表面形态特征

地球表面形态最明显的特征是高低起伏不平。以平均海平面为界，地球表面明显地分为大陆和海洋两大地理单元(图 1-2)。海洋盆地总面积为 $3.61 \times 10^8 \text{km}^2$ ，占地表面积的 70.8%，其平均水深约为 3729m，最深处是西太平洋的马里亚纳海沟，水深为 11034m。大陆面积为 $1.49 \times 10^8 \text{km}^2$ ，占地球表面积的 29.2%，平均海拔为 875m，最高处为喜马拉雅山脉的珠穆朗玛峰，海拔为 8844m。

(一) 大陆地形

按照高程和起伏特征，大陆地形可分为山地、高原、盆地、丘陵、平原等类型。

1. 山地

山地是海拔超过 500m，具有明显山峰、山坡和山麓的地形单元。线状起伏延伸

的山体叫山脉，成因上相联系的若干相邻山脉组成山系。其中 500~1000m 为低山区，1000~3500m 为中山区，3500~5000m 为高山区，超过 5000m 为极高山区。

2.高原

高原是指海拔超过 600m，广阔而平坦的地区。全球最高的高原是我国的青藏高原(海拔超过 4000m)，面积最大的高原是南美洲的巴西高原(面积为 $5\times 10^6\text{km}^2$)。

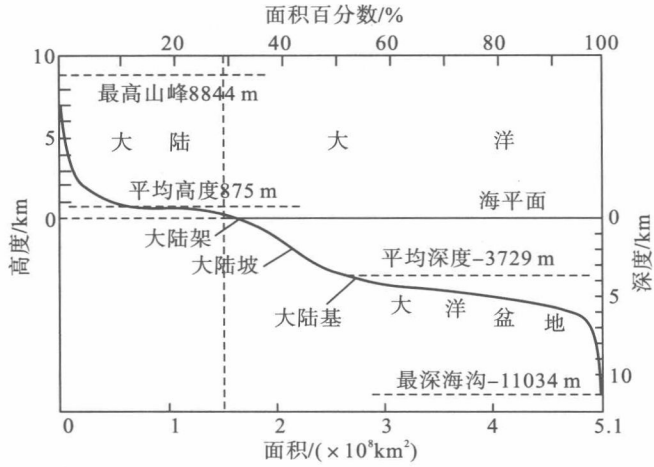


图 1-2 海陆起伏曲线图

3.盆地

盆地是指四周被高原或山地包围，中央较低且起伏不大的地区。全球面积最大的盆地是非洲中部的刚果盆地(面积为 $337\times 10^4\text{km}^2$)。我国主要的盆地有塔里木盆地、四川盆地、柴达木盆地、准噶尔盆地、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地、松辽盆地等。盆地是石油、天然气勘探和开发的主要场所和目标。

4.丘陵

丘陵是指海拔在 500m 以下，具有一定起伏(相对高差不超过 200m)的地区，如川中丘陵、闽浙丘陵等。

5.平原

平原是指海拔在 200m 以下，内部相对高差不超过数十米，地形广阔而平坦的地区，如成都平原、华北平原、松辽平原、西西伯利亚平原等。

除此之外，在陆地表面还有一些规模宏伟的线状低洼谷地，这是板块运动过程中地壳被拉张而裂开的地区，其延伸可达数千千米，宽度仅数十千米，这类谷地称为裂谷或大陆裂谷系统。