

全国普通高等教育师范类地理系列教材

GEOLOGY AND GEOMORPHOLOGY

地质与地貌学

张祖陆 主编



科学出版社

内 容 简 介

本书遵循现代地球系统的认识论,把岩石圈的研究置于固体地球系统整体之中开展教学。依此将地球内动力系统为主导的“地质学基础”课程与强调地球表面外动力系统调控的“地貌学”课程合并为一门课程。这既体现了这部分教学内容的科学系统性,又利于学习者地球系统性思想的形成,而且便于对教学内容的理解和掌握。全书共分十一章,对岩石圈物质组成、结构与构造、地质构造活动、地壳地质历史演化以及各类地质动力作用下岩石圈表面地貌的形成机理、形成过程、特征等作了全面系统的介绍与论述;对原先两门课程的教学内容进行了系统调整与融合,作了一定的增补,适当地增加了地质资源与地质环境保护等内容。针对高师地理科学专业的教学特点与要求,教学内容力求突出深入浅出、简明、系统的特点。

本书适合于高等师范院校地理学类专业及其他相关学科作为专业课程的教材,也可以用作农业林业科学、环境科学等专业的专业基础课教材或教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

地质与地貌学/张祖陆主编. —北京:科学出版社,2012.1

全国普通高等教育师范类地理系列教材

ISBN 978-7-03-032520-4

I. ①地… II. ①张… III. ①地质学—高等学校—教材 ②地貌学—高等学校—教材 IV. ①P5②P931

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第206029号

责任编辑:许健 韩芳 / 责任校对:刘珊珊
责任印制:刘学 / 封面设计:殷靓

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

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

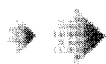
2012年1月第一版 开本:889×1194 1/16

2012年1月第一次印刷 印张:20 1/2

字数:711 000

定价:44.00元

《地质与地貌学》编委会名单



主 编

张祖陆

副 主 编

周学军 吕惠进

编写人员

(按姓氏笔画排序)

王 学(山东师范大学)

王茂香(山东师范大学)

石立岩(聊城大学)

吕惠进(浙江师范大学)

杨 炯(泰山学院)

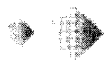
张祖陆(山东师范大学)

周学军(湖南师范大学)

彭远新(枣庄学院)

韩军青(山西师范大学)

《全国普通高等教育师范类地理系列教材》 专家委员会



主任

曾从盛(福建师范大学)

副主任

明庆忠(云南师范大学)

任建兰(山东师范大学)

周国华(湖南师范大学)

委员

(按姓氏笔画排序)

万鲁河(哈尔滨师范大学)

石培基(西北师范大学)

毕 华(海南师范大学)

李玉江(山东师范大学)

杨 新(湖南师范大学)

沙晋明(福建师范大学)

张 果(四川师范大学)

张军海(河北师范大学)

张祖陆(山东师范大学)

陆 林(安徽师范大学)

陈健飞(广州大学)

姜世中(四川师范大学)

骆高远(浙江师范大学)

袁书琪(福建师范大学)

高传喜(天津师范大学)

康建成(上海师范大学)

葛京凤(河北师范大学)

舒晓波(江西师范大学)

管 华(徐州师范大学)

毛德华(湖南师范大学)

仝 川(福建师范大学)

李小娟(首都师范大学)

李永化(辽宁师范大学)

杨玉盛(福建师范大学)

张 戈(辽宁师范大学)

张永清(山西师范大学)

张述林(重庆师范大学)

张雪萍(哈尔滨师范大学)

陈晓玲(江西师范大学)

金海龙(新疆师范大学)

宫辉力(首都师范大学)

秦树辉(内蒙古师范大学)

高 峻(上海师范大学)

海春兴(内蒙古师范大学)

梁雨华(吉林师范大学)

程道平(山东师范大学)

温家洪(上海师范大学)

翟有龙(西华师范大学)



正值中国地理学会在北京人民大会堂举行百年庆典之际,欣闻科学出版社组织全国高等师范院校共同编写地理科学类系列精编教材,以适应我国高等师范院校教学改革和综合化发展的需要,我作为教育部地球科学教学指导委员会主任委员感到由衷的高兴和鼓舞。

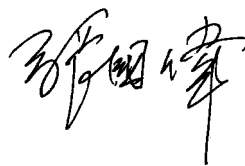
众所周知,高等师范院校的设置和发展可以说是中国高等教育在世界上的特色之一,为我国开展基础教育、提高国民素质教育作出了杰出贡献。地理科学类专业最早于1921年在东南大学(今南京大学的前身)设立了我国大学中的第一个地理学系,随后清华大学、金陵大学、北平师范大学纷纷增设地理学或地学系,因此地理科学类专业教育迄今已有八十多年的历史,培养了一大批服务于地理、环境与社会经济的地理科学人才。现今随着日益凸显的全球性的资源环境问题与人地关系矛盾的加剧和地理信息技术的迅速兴起、发展与应用,地理科学新的快速发展与拓展,地理科学类专业由原较单一的地理教育专业发展为地理科学、地理信息系统、资源环境与城乡规划管理等三个本科专业,并在综合性大学、高等师范院校、农林类高校等都有广泛开办。其中,高等师范院校较完整地设立了三个专业,在培养地理科学类的地理教学师资、地理信息系统、资源环境和城乡规划管理等人才方面发挥了主力军的作用,成为了我国培养这一型人才的重要阵地,多被誉为“教师的摇篮”;与此同时,高等师范院校根据我国师范院校的性质和发展战略方向,以及我国高等教育改革的趋势,依托各区域的地理特点和文化积淀,针对社会的迫切需求,办出了不同于综合性大学的立足本土与本身的基础教育师资和区域性应用人才的特色。

由高等师范院校的资源环境与地理科学类的学院联合撰编系列精品教材,可紧密结合高等师范院校地理科学类专业的特点,量体裁衣,因校制宜,形成高等师范院校不同于综合性大学的自己系列精品教材;同时,可充分发挥师范院校教师们在师范院校地理科学类专业教学经验丰富和服务于基础教育及地方社会经济发展等的优势,将多年来精品课程建设、实践(实验)教学、专业建设、教学研究与教学改革等成果融入其中,形成真正的精品教材;再者,高等师范院校共同搭建系列精品教材编写平台,每本教材以1~2校为主编单位,多家院校参与、相互学习、相互交流、相互借鉴,取长补短,优势互补,共同提高,不仅利于每本教材编写水平的提升,也可促进师范院校专业建设和整体教学水平的提高,将提高本科教学质量、培养高素质人才、服务于地方基础教育和社会经济发展

Preface

落到实处,推动我国高等教育的改革和发展。

我相信,科学出版社和高等师范院校精诚团结,真诚合作,各院校相互交流协作,一定能编出适合中国国情与需要、适应我国高等教育发展、适合高等师范院校的一系列精品教材。



中国科学院院士

教育部高等学校地球科学教学指导委员会主任委员

前 言

地质学是地理科学专业的一门重要的专业基础课,地貌学是地理专业中与地质学联系最为密切的一门主干专业课。随着地理学科教学改革的不断发展,国内许多高师院校依据现代地球系统思想指导下地理学科教学内容改革的方向,紧密结合高等师范院校地理专业基础课程教学的实际需求,将原《地质学基础》与《地貌学》融合为一门课程。为此,我们编写了本教材《地质与地貌学》,以迎合这种教学改革发展的需要。本教材编写中努力实现两门课程原教学内容的科学融合,针对高师地理专业的特点与教学实际,力求简明、易懂、实用。

本书汇集多所高师院校地理专业地质学与地貌学的教学成果,是全体编写老师与研究生辛勤劳动的结晶。全书的编写结构与章节安排由张祖陆拟定,在充分征求了各位编写老师的意见后所形成。其中第一章和第八章由张祖陆编写,第二章和第十一章由吕惠进编写,第五章和第七章由周学军编写,第三章由石立岩编写,第四章和第十章由韩军青编写,第六章由杨炯编写,第九章由彭远新编写。王学、王茂香等研究生为本书的排版及图件清汇做了大量工作。在本书各章节编写完成以后,由张祖陆对各章内容做了适当的修改与调整,并最后统一定稿。

在此我们对所有为本书修改、编辑、出版付出艰辛与努力的同志们深致谢意。由于我们的水平有限,本教材中不妥及错误之处在所难免,恳请教学同仁及读者批评指正。

目 录

序 前言

第一章 引 论

1

- 第一节 地球的基本特征与圈层构造** /1
- 一、地球的基本特征 /1
 - 二、地球的圈层分化 /3
- 第二节 地球系统** /5
- 一、地球的圈层结构 /5
 - 二、地球系统及其基本特征 /8
- 第三节 地球的岩石圈与板块构造** /9
- 一、岩石圈物质组成 /9
 - 三、岩石圈板块构造 /10
 - 二、岩石圈与软流层 /10
- 第四节 地质作用** /10
- 一、岩石圈活动 /10
 - 三、地质作用的分类 /11
 - 二、地质作用的概念 /11

第二章 岩石圈的物质组成

14

- 第一节 概述** /14
- 一、地壳化学元素组成及其赋存形式 /14
 - 三、矿物与岩石的形成 /16
 - 二、矿物与岩石的基本概念 /16
- 第二节 矿物** /18
- 一、矿物的基本特征 /18
 - 三、矿物的肉眼鉴定 /25
 - 二、矿物的分类与命名 /25
 - 四、重要矿物简述 /26
- 第三节 岩浆岩** /32
- 一、岩浆、岩浆作用与岩浆岩 /32
 - 三、岩浆岩的分类命名 /42
 - 二、岩浆岩的基本特征 /37
 - 四、主要的岩浆岩 /43
- 第四节 沉积岩** /45
- 一、沉积岩的形成过程 /46
 - 三、沉积岩的分类及主要的沉积岩 /55
 - 二、沉积岩的基本特征 /52
- 第五节 变质岩** /58
- 一、变质作用及其成岩过程 /58
 - 二、变质岩的基本特征 /60

Contents

- 三、变质作用类型与主要的变质岩 /61
- 第六节 岩石的循环与演化 /64

第三章 构造运动与地质构造

66

- 第一节 构造运动 /66
 - 一、构造运动的概念 /66
 - 二、构造运动的基本特点 /67
- 第二节 构造运动的痕迹——地质构造 /68
 - 一、岩层及岩层的产状 /68
 - 二、岩石变形 /70
 - 三、褶皱构造 /71
 - 四、断裂构造 /75
- 第三节 构造运动与地质构造判识 /80
 - 一、构造运动的证据 /80
 - 二、地质构造的野外识别 /83
 - 三、地质图读图 /86
- 第四节 地震 /90
 - 一、有关地震的基本概念 /90
 - 二、地震成因与分布规律 /92
 - 三、地震灾害 /95
 - 四、地震预报 /96
 - 五、抗震防灾 /98
- 第五节 大地构造学说简介 /98
 - 一、地槽-地台学说 /98
 - 二、板块构造学说 /102
 - 三、中国大地构造学说简介 /111

第四章 地层分析与地壳演化简史

115

- 第一节 地层 /115
 - 一、地层与地层叠置体 /115
 - 二、地层时间标尺的建立(相对地质年代) /115
 - 三、地层的划分对比 /117
 - 四、地层的岩相古地理与构造历史分析 /119
- 第二节 地层系统与地质年代表 /121
 - 一、地层系统 /121
 - 二、地质时代单位 /122
- 第三节 前寒武纪地壳演化简史 /124
 - 一、前寒武纪 /124
 - 二、太古宙 /125
 - 三、元古宙 /127

目 录

- 第四节 古生代地壳发展简史 /131**
- 一、古生代的时代划分 /131
 - 二、早古生代 /132
 - 三、晚古生代 /135
- 第五节 中生代地质历史概况 /143**
- 一、概述 /143
 - 二、生物界的大变革时期 /143
 - 三、中生代全球大地构造和古地理演化 /146
 - 四、中生代古气候概况 /148
 - 五、主要的矿产资源 /148
 - 六、中生代中国地史概况 /148
- 第六节 新生代地质历史 /151**
- 一、新生代地质历史时期的划分 /151
 - 二、古近纪 /152
 - 三、新近纪 /155
 - 四、第四纪 /156

第五章 构造地貌

164

- 第一节 板块构造与海洋构造地貌 /164**
- 一、大陆架、大陆坡 /164
 - 二、洋底构造地貌 /167
 - 三、大陆边缘构造地貌 /169
- 第二节 陆地构造地貌 /173**
- 一、陆地构造地貌分区 /173
 - 二、陆地构造地貌类型 /174
- 第三节 岩石与地质构造地貌 /175**
- 一、岩石与岩层地貌 /175
 - 二、地质构造地貌 /178
 - 三、火山与熔岩地貌 /182

第六章 重力作用与坡地重力地貌

185

- 第一节 块体运动形成的地貌 /185**
- 一、崩塌 /185
 - 二、地面塌陷 /187
 - 三、地面沉降 /188
 - 四、地裂缝 /189
- 第二节 泥土流动及其形成的地貌 /190**
- 一、土体蠕动 /190
 - 二、滑坡 /191
 - 三、泥石流 /195

第七章 流水的地质作用与地貌

198

- 第一节 流水的地质作用 /198
 - 一、暂时性水流的地质作用 /198
 - 二、河流地质作用 /200
 - 三、流水的溶蚀作用 /202
- 第二节 暂时性水流地质作用形成的地貌 /203
 - 一、山地坡面侵蚀地貌的演化 /203
 - 二、散流的侵蚀与堆积地貌 /204
 - 三、暴雨的侵蚀与堆积地貌 /205
- 第三节 河流侵蚀地貌及其演化 /207
 - 一、河谷的发育过程与河谷地貌 /207
 - 二、分水岭的迁移和河流袭夺 /209
 - 三、流域地貌 /210
 - 四、河流侵蚀地貌的演化 /212
- 第四节 河流形成的沉积地貌 /214
 - 一、河床地貌 /214
 - 二、河漫滩 /217
 - 三、河流阶地 /218
- 第五节 河口地貌 /222
 - 一、河口地区水动力基本特征 /222
 - 二、河口三角洲 /223
 - 三、河口湾 /226
- 第六节 水流溶蚀作用与喀斯特地貌 /226
 - 一、水流的喀斯特作用 /226
 - 二、喀斯特作用的主要影响因素 /229
 - 三、地表喀斯特地貌 /230
 - 四、地下喀斯特地貌 /234
 - 五、喀斯特地貌发育的阶段性与地带性 /238

第八章 海岸带水动力地质作用与海岸地貌

242

- 第一节 海岸带水动力地质作用概述 /242
 - 一、海岸带与海岸地貌 /242
 - 二、波浪、潮汐与潮流作用 /242
 - 三、近岸流 /245
 - 四、海岸带泥沙搬运与堆积作用 /246
- 第二节 海蚀作用与海蚀地貌 /248
 - 一、海蚀作用 /248
 - 二、海蚀地貌 /249
 - 三、侵蚀基岩海岸类型和侵蚀海岸形态 /251
- 第三节 海岸堆积地貌 /253

目 录

- 一、泥沙堆积海岸 /253
- 二、海滩(砾、沙、泥海滩)与滨岸堤 /253
- 三、水下沙坝、离岸堤、堡岛与潟湖 /255
- 四、沙嘴、连岛沙堤 /256
- 五、生物作用形成的海岸 /256

第九章 寒旱区地貌

259

- 第一节 冰川与冻融地质作用 /259**
 - 一、冰川地质作用概述 /259
 - 二、冰川的形成演化与第四纪古冰川活动 /260
 - 三、冻融活动的地质作用 /261
- 第二节 冰川地貌 /261**
 - 一、冰蚀地貌 /261
 - 二、冰碛地貌 /263
 - 三、冰水堆积地貌 /264
- 第三节 冰缘地貌 /265**
 - 一、冻土及其分布 /265
 - 二、冰缘地貌 /266
- 第四节 风沙地质作用 /268**
 - 一、风沙流和沙尘暴 /268
 - 二、风蚀作用和风沙的搬运、堆积 /268
- 第五节 风沙地貌 /269**
 - 一、风蚀地貌 /269
 - 二、风积地貌 /270
- 第六节 黄土堆积与黄土地貌 /271**
 - 一、黄土概述 /271
 - 二、黄土堆积地貌 /272
 - 三、黄土侵蚀与水土流失 /274
 - 四、黄土高原地区水土流失综合治理 /274

第十章 地质资源

276

- 第一节 地质矿产资源 /276**
 - 一、矿产资源基本概念 /276
 - 二、内生矿床 /277
 - 三、外生矿床 /283
 - 四、变质矿床和多成因矿床 /287
 - 五、能源矿产 /289
- 第二节 地下水资源 /294**
 - 一、地下水的类型 /294
 - 二、地下储水构造 /296
 - 三、地下水资源 /298

Contents

第三节 地质环境资源 /299

一、地质景观、地质遗迹资源 /299

二、地质空间资源与地质生态资源 /301

第十一章 人类活动对地质环境的影响

302

第一节 地质环境与环境地质 /302

一、地质环境的内涵 /302

二、环境地质与环境地质学 /304

第二节 人类活动与地质环境问题 /304

一、地质资源开采利用活动造成的地质环境破坏 /305

二、工程建设带来的地质环境问题 /309

三、人类活动对地球化学环境的影响 /310

第三节 地质环境保护与可持续发展 /311

一、地质环境保护面临的严峻形势 /311

二、地质环境保护与可持续发展 /312

第一章 引 论

第一节 地球的基本特征与圈层构造

宇宙是我们周围的物质世界,宇宙是无限的,也是物质的。太阳是宇宙中一颗普通的恒星,存在于银河系中。地球则只是银河系中太阳系的一颗普通的行星。地球沿椭圆形轨道绕太阳运动,太阳处在椭圆轨道的一个焦点上。地球自形成以来经历了漫长的演变时期,根据地球和陨石中所含的放射性元素测定的结果,目前认为地球年龄至少为 46 亿年。

一、地球的基本特征

(一) 地球的形状和大小

地球的形状在地球物理学中指地球整体的几何形状,即其大地水准面的形状,这种形状主要是由地球的引力和地球自转所产生的离心力所决定的。

人们对地球形状的认识经历了反复曲折的过程。确定地球的形状为圆球形是历史上人类认识上的一大进步,并将此定为是地球形状的第一级近似。后来,人们假想将地球绕地轴(短轴)飞速旋转形成表面光滑的球体,在数学上计算方便,称为旋转椭球体,此为地球形状的第二级近似。但地球不是流体,所以旋转椭球体并不与真实的地球相似。而地球物理学中所指的大地水准面,是平均海平面延伸到大陆内部所构成的假想的面,与地球表面形状十分接近,具有明显的物理意义,其实质是一个起伏不平的重力等位面,它包围的形体称为大地体,这是对地球形状的第三级近似。

但大地水准面仍然是介于旋转椭球体与地球真实形状之间的一个中间形态。近代空间技术的发展为研究地球的形状提供了新的手段,同时,天文大地测量、地球重力测量、卫星大地测量等精密测量,也取得了大量数据。概括起来说,地球并不是一个正球体,而是一个极半径略短、赤道半径略长,北极略突出、南极略扁平,近于梨形的椭球体。从整体上看,地球是个三轴椭球体,即赤道面也是一椭球体,长轴比短轴约长 430 m,且长轴指向 20°W 和 160°E。

通常采用的部分大地测量常数值如下:

地球赤道半径(a): 6 378. 140 km

地球极半径(c): 6 356. 779 km

扁率(e): 1/298. 257

此外,地球表面积为 $5. 10 \times 10^8 \text{ km}^2$,其中,海洋面积为 $3. 61 \times 10^8 \text{ km}^2$,占地球总面积的 70. 8%;陆地面积为 $1. 49 \times 10^8 \text{ km}^2$,占地球总面积的 29. 2%。地球的体积为 $1. 083 \times 10^{12} \text{ km}^3$,质量为 $5. 976 \times 10^{21} \text{ t}$,平均密度为 $5. 517 \text{ g/cm}^3$ 。

(二) 地球的物理性质

地球的物理性质主要通过地球固体外壳以内的密度、重力、地磁、地热等用仪器能够测量的地球物理数据来表达。

1. 地球的密度和重力 地球的平均密度为 $5. 517 \text{ g/cm}^3$,和水星的平均密度 $5. 4 \text{ g/cm}^3$ 近似,但明显大于月球 $3. 341 \text{ g/cm}^3$ 和火星 $3. 95 \text{ g/cm}^3$ 的平均密度。地球上部岩石圈的平均密度是 $2. 65 \text{ g/cm}^3$,由此推知,地球内部的密度会更大。根据深部地震资料,地球密度随深度增加而增大,且在地下若干深度位置密度呈现跳跃式变化,推测地核部分密度可达 13 g/cm^3 左右。

地球表面的重力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,该质点的重力为: $P = F + C$ 。由万有引力公式 $F = GMm/r^2$,把地球质量(M)与平均地球半径(R)带入公式中,则地表质点单位质量受到的地球引力公式为: $F = GM/R^2$;由于地球自转,地表质点单位质量受到的地球自转离心力公式为: $C = \omega^2 R \cos \vartheta$,其中, ω 为地球自转角速度, ϑ 为该质点的纬度。地表各地的重力都是不相等的,一般随纬度的增大而增大。

根据重力与纬度的关系,将地球视为一个圆滑均匀的球体,以其大地水准面为基准计算出的地球表面的重力值称为理论重力值。但由于各地海拔高度、周围地形和地下岩石密度不同,导致实测重力值与理论值之间存在着明显的差异,称为重力异常。将某地的实测重力值通过高程及地形校正后再减去理论重力值,其差值称为重力异常值。重力异常值大于理论值的称为正异常,小于理论值的称负异常。地下赋存诸如铁、铜、铅、锌等密度较大的金属矿产地区,往往表现为正异常;而存在诸如石油、煤、盐类以及大量地下水等密度较小的矿产地区就常表现为负异常。异常值的大小取决于矿体与周围岩石的密度差、矿体的大小以及矿体的埋藏深度等。根据这个原理即重力探测,可以开展找矿和地质调查等工作。

2. 地磁 地球是一个磁性物体,其周围存在着一个巨大的地磁场。但地磁南北极与地理南北极的位置不一致,并且磁极的位置逐年变化,呈现向西缓慢移动的趋势(表 1-1)。

表 1-1 近代地磁极位置

年份	北磁极	南磁极	年份	北磁极	南磁极
1831	70.1°N, 96.8°W		1960	74.9°N, 101.0°W	67.1°S, 142.7°E
1841		75.0°S, 153.7°E	1965	75.5°N, 100.5°W	66.5°S, 139.9°E
1904	70.5°N, 96.5°W		1970	76.2°N, 101.0°W	66.0°S, 139.1°E
1909		72.4°S, 153.3°E	1975	76.2°N, 100.6°W	
1912		71.2°S, 150.8°E	1975	76.1°N, 100.0°W	65.8°S, 139.4°E
1948	73.0°N, 100°W		1980	78.2°N, 102.9°W	65.6°S, 139.4°E
1952		68.7°S, 143.0°E	1983		65.2°S, 138.7°E

资料来源:宋春青等(2005)。

地球上的地磁子午线与地理子午线间存在一个夹角,称为磁偏角,以指北针为准,偏东为正,偏西为负。磁针只有在地磁赤道附近才是水平的,越靠近磁两极,倾斜程度越大。磁针与所在地的水平面的夹角称为磁倾角。磁倾角在两磁极为 90°,在磁赤道为 0°,随纬度而变化,以指北针为准,下倾者为正,上仰者为负。单位磁极在地球上某一点所受的磁力大小,称为该点的地磁场强度。

磁偏角、磁倾角及磁场强度称为地磁三要素。从理论上,地面上每一点都可以计算出它的地磁三要素的正常值。而实测数值与正常值不一致的现象叫地磁异常。地磁异常通常是地下磁性矿床存在或地质构造发生变化的反映,因此,可以利用地磁异常来勘测磁性矿床和地质构造情况。此外,通过研究亿万年所形成的岩石中剩余磁性的方向和强度,可以判断地球磁场的方向和强度的演化,此即古地磁学;再配合其他方法,利用古地磁学可以探索地球岩石圈构造发展的历史。

关于地磁场形成的原因,曾有种种推测。很早以前,人们认为地球的地核部分是由具有磁性的镍铁物质组成,这些物质形成了地球磁场。但是,地内温度高达几千摄氏度,远远超过铁磁性矿物的居里点,不可能产生磁场。目前所知,可以产生铁磁性的岩石圈部分局限于 20 km 范围内,其所产生的磁场强度不可能达到地磁场强度的数量级。还有些学者也否定了巨大质量的物体转动可以导致电磁效应的看法。现在对地磁的认识倾向于:地核的外核部分是一种导电流体,即液态的金属铁镍物质,在地球旋转过程中,这些物质产生感应自激,形成地球磁场,同时,又因在地球转动过程中,流体地核比固体地幔略有滞后,因此产生的地球磁场逐渐向西漂移。但这些假说均有待于继续研究证实。

3. 地球的温度和地热 地球的热能主要有两个来源,即来自太阳的辐射热能和地球内部放射性元素衰变所释放的热能。

地球表面的温度主要是吸收太阳辐射热能得来的,因而地球表层温度随外界温度的变化而有日变化和年变化。在达到地表以下一定深度处,温度不再随外界温度而变化,这一深度称为常温层。常温层的深度因

地而异,一般为 10~20 m,在内陆地区可达 30~40 m。但在常温层以下,温度会随深度增加而呈有规律的上升趋势,这种变化通常用地热增温级或地热梯度表示。地热增温级指在常温层以下,温度每升高 1℃所增加的深度,单位是 m/℃,其全球平均值为 33 m/℃。地热梯度是地热增温级的倒数,即深度每增加 100 m 温度增高的数值,单位是 0.01℃/m,其平均值是 0.03℃/m。上述地热增温规律仅适用于地壳部分或岩石圈。

地球内部储存着巨大的热能,即地热。地热的主要来源是地球内部放射性元素的衰变,放射性元素中铀、钍、钾的放射性同位素是衰变热源的主要供应者;其次是地球内部物质运动的机械能和重力作用过程产生的大量热能;此外,地球自转的动能和地球物质不断在进行着的化学作用等也可以产生大量的地热;还有人认为地热是地球形成之初时热量的残余,即所谓的“残余热说”。地球内的热能可以通过不同的形式释放,如火山活动、热水活动以及构造运动等,但地热释放最经常和持续的形式是大地热流,即地球内部热能从地球深部向地表的传输。热流量的单位是 $4.1868 \times 10^{-6} \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,通称地热流量单位(HFU)。整个地球表面在一年中释放的热流总量可达 $9.63 \times 10^{20} \sim 1.09 \times 10^{21} \text{ J}$,相当于燃烧 300 多亿吨煤放出的热量,可见地球本身是一个庞大的热库。

由于岩石圈构造原因,地球表面的热流量分布是不均匀的。如果某地的地热梯度大于该地区的平均值,该地就称为地热异常区;如果该地再具备盖层、储层与导热、导水构造等地质条件,就可能形成地热矿床,可以进行地热资源的开发利用。就全球来说,地热资源的分布是很不平衡的。全球范围内地热梯度大于 $30^\circ\text{C}/\text{km}$ 的地热异常区,主要分布在岩石圈板块生长、开裂,大洋扩张脊和板块碰撞—衰亡—消减带部位。环球性的地热带主要有 4 个:① 环太平洋地热带,是世界上最大的太平洋板块与美洲板块、欧亚板块、印度板块的碰撞边界,那里有许多著名的地热田;② 地中海—喜马拉雅地热带,是欧亚板块与非洲板块和印度板块的碰撞边界,中国西藏的羊八井及云南腾冲地热田都在这个地热带中;③ 大西洋中脊地热带,是大西洋海洋板块的开裂部位,冰岛的克拉弗拉、纳马菲亚尔和亚速尔群岛等一些著名地热田就位于这个地热带;④ 红海—亚丁湾—东非裂谷地热带,包括吉布提、埃塞俄比亚、肯尼亚等国的地热田。

二、地球的圈层分化

(一) 地球形成的假说

地球的起源、地球上生命的起源和人类的起源,被喻为地球科学的三大难题。关于地球的起源,长期以来被上帝创造世界的神创说所统治,直到哥白尼、伽利略等人的研究、发现之后,关于宇宙中地球和太阳系的假说才不断出现。

1755 年,德国的哲学家康德的假想认为较为致密的质点组成凝云且相互吸引而成为球体、因与其他星云排斥而使星云旋转,这是关于地球起源的第一个假说。之后,1796 年法国数学家兼天文学家拉普拉斯提出行星由围绕自己轴旋转的气体状星云形成的假说,统治了整个 19 世纪。还有英国天文学家金斯的假说,他认为地球是太阳抛出的,而抛出的机制在于某个恒星从太阳旁边经过,两者间的引力在太阳上拉出了雪茄状的气流,气流内部冷却凝聚成陨石块,逐步凝聚成行星。由于被拉出的气流中间粗两头细,故大行星在中间,小行星在两端。

当然还有其他形形色色的假说,但德国哲学家康德和法国天文学家拉普拉斯提出的星云说是目前被认为较为合理的地球形成假说。

(二) 地球的圈层分化

按照上述较普遍接受的观点认为,大约在 47 亿年前,宇宙中尘埃聚集,许多小行星围绕着太阳旋转,这些行星互相撞击,形成了地球及其所在太阳系的其他星球。原始地球刚从太阳系中分化出来之时是一个接近均质的物体,主要由碳、氧、镁、硅、铁、镍等元素组成,且各种物质并没有明显的分层现象。地球圈层的分化过程同整个地球的温度变化过程有密切的关系。放射性元素的辐射能量在地球内部的长期积累,使内部的温度逐渐升高,因为物质具有可塑性,重物质下沉,轻物质上升,逐渐造成地球的圈层分化。

1. 地球内部圈层的分化 目前认为地球的地核是由聚集于地心的铁元素形成的。因为原始地球的温度超过了铁的熔点,使得铁以液态出现,液态铁因密度大而向地心移动,首先形成地核。重物质向地心集中的同时,地球深处的硅酸盐物质浮到地球上部,形成原始地幔。物质的对流运动伴随着大规模的化学分离。最后,地球内部就分化为地核、地幔和地壳三个圈层。之后,各圈层进一步分化,地核分化成外核、内核,地幔分化成上地幔、下地幔,地壳分化成硅铝层、硅镁层。地壳中较轻的硅铝物质同地幔中的上移物质结合形成原始大陆壳,继续演化则形成现在的大陆壳,并逐渐产生水圈和大气圈。

2. 地球外部圈层的分化 在地球内部圈层的分化过程中,地球内部喷出的携带大量水蒸气的气体,形成了一圈包围在地球外围的大气层,即原始大气。原始大气以一氧化碳、二氧化碳(碳酸气体)、甲烷和氨气为主要成分,气压是现在的 100 多倍。微生物的出现破坏了岩石中的含氮化合物,并将氮释放到大气中。直到绿色植物出现以后,植物在光合作用中释放出的游离氧对原始大气发生缓慢的氧化作用,使一氧化碳变为二氧化碳,甲烷变为水汽和二氧化碳,氨变为水汽和氮。光合作用持续进行,氧气又从二氧化碳中逐渐分离出来,最终形成了以氮和氧为主要成分的现代大气。

地球上的水主要是从原始大气中分化出来的,原始大气温度下降过程中,其中的水蒸气以尘埃微粒为凝结核凝结成水,降到地面形成原始海洋。后来,由于水量增加和地表物质、地表形态变化,原始水圈逐渐演变成今天由海洋、河流、湖泊、沼泽和冰川组成的水圈。

在原始的地壳、大气圈和水圈中,早就存在着碳氢化合物。这些孕育着生命的物质不断变化,直至原始生命出现,逐渐扩展到陆地和低层大气中,形成了生物圈。

地球就这样逐渐形成了现在的圈层结构。

(三) 地球的表面结构

原始地球形成之后,经过 40 多亿年的发展,形成了现在的状态。

1. 地球表面的海陆分布 地球距离太阳的位置远近适中,使地球表面的水能够以三种不同的状态(液态、气态和固态)同时存在,存在于地球表面的液态水形成了广大的海洋。地球上的海洋连成一片,形成统一的世界大洋,而陆地则是彼此分离的,海陆比约为 7:3。地球上海陆分布的大势是海洋包围陆地。

由于海洋和陆地面积悬殊,所以任何一个地球大圆所划分的半球,海洋面积均大于陆地面积。南半球海洋面积占 80.9%,陆地面积占 19.1%;北半球海洋面积占 60.7%,陆地面积占 39.3%(图 1-1)。

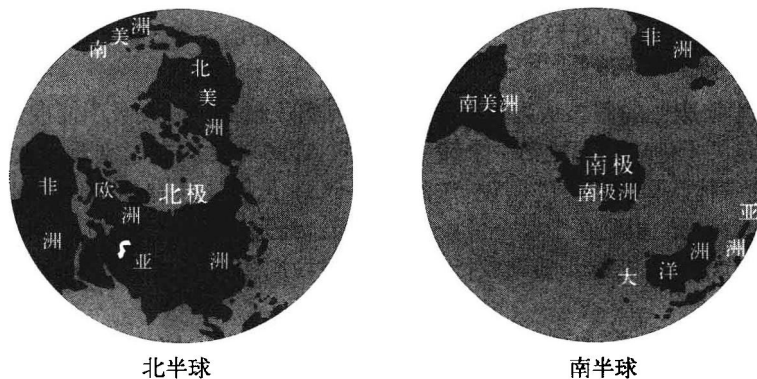


图 1-1 南北两半球的海陆对比

海洋不仅在面积上超过陆地,而且深度远远超过陆地的平均高度。海洋的平均深度达 3 729 m,而陆地的平均高度仅 875 m。如果将地球的固体面表夷平,那么它将被一层 2.44 km 深的水层所覆盖。

地面的海陆起伏特征综合表现于海陆起伏曲线图(图 1-2)。图 1-2 中纵轴表示深度(和高度),横轴表示面积。海陆起伏曲线图不仅表示出海洋的平均深度和陆地的平均高度、海陆面积的对比,而且还表示出陆地的各个高度带和海洋的各个深度带占地球总面积的百分比。

2. 陆地 地球表面的陆地根据面积大小的不同,可以分为大陆和岛屿。面积广大的陆地称为大陆,面积小且散布在海洋、河流或湖泊中的小块陆地称为岛屿。大陆和岛屿之间的划分并没有明确的面积界限,