



高等学校教材

工程师地质学

[英] F. G. H 布利兹 M. H. de 福雷特斯 著

清华大学 戚筱俊 主编译

水利电力出版社

高等学校教材



工程师地质学

清华大学 戚筱俊 主编译

A Geology for Engineers

F. G. H. 布利兹
M. H. de 福雷特斯

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

内 容 提 要

全书共十八章,主要内容有:地球、地质历史、地表地质作用、矿物、火成岩、沉积岩、变质岩、地质构造、地质体的强度、现场勘察、实验室工作、地质图、地下水、边坡稳定性、水库和坝、开挖工程、地基处理及支护、开发与改建中的地质问题。

本书是英属联邦各国及地区的高等院校土木工程系及矿山工程系的必修课教材。可供我国高等及中等院校城市建设及环境保护、土木工程、矿山工程、水利水电工程、道路及铁路工程、海港工程、国防工程等专业,以及地质矿产部门的工程地质及水文地质专业师生及科技人员参考。

高等学校教材

工程师地质学

清华大学 戚筱俊 主编译

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路 6 号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 301 千字

1995 年 9 月第一版 1995 年 9 月北京第一次印刷

印数 0001—1000 册

ISBN7-120-02178-8/TV·854

定价 7.70 元

工程与地质相结合，确
保建筑安全可靠、经济
合理、方便合用、有益
环境。

张咸恭 一九九二年
十月

前 言

《工程师地质学》原名《A Geology for Engineers》，是英属联邦各国及地区，以及欧美各国的高等工科院校的教科书。由英国皇家科学与技术学院的布利兹（F. G. H. BLYTH）和福雷特斯（M. H. de FREITAS）编著。这本教材第一次出版是在1943年，最近出版是在1993年，已不断更新、改编、和再版十二次版本。为了学习国外的教学经验，提高我国的教学水平，水利部科技教育司及教学委员会已决定将本书列入“1990~1995年高等学校水利水电类专业本科、研究生教材选题和编审出版规划”中地质类教学参考书。结合我国的实际情况，在编译过程中对本书的部分章节内容，做了适当的删节和重编工作，但全书的体系和结构未做变更。

本书是为培养高等工科院校工程师而编写的《工程地质学》教材，主要适用于土木工程（包括水利水电工程及城建工程）及矿业建设各系或专业。主要内容可归纳为三个部分：

（1）基础地质知识：如1~9章几乎用了本书一半以上篇幅来阐述地球的形成和构造、地质历史、内动力及外动力地质作用，矿物及岩石，地质构造等基本知识。本书原作者明确指出：“作为一名好的土木或矿业工程师必须学好《工程地质学》，而学好工程地质首先应学好基础地质方面的知识”。

（2）工程地质勘察：如10~12章，若为工程地质专业，本部分应列为重点章节，但本书是针对土木及矿业工程各专业而编写的，所以作者在内容的取舍方面是有的放矢和精心安排的。对工程地质勘察的目的、任务、程序、阶段划分、勘察步骤的基本内容应有明确的了解，以便学会与专业地质人员密切合作，应用不同的地质资料或成果进行设计和施工。关于工程地质勘察的手段和方法，仅作了一般性介绍，未详述。对于常用的地质图和资料，则要求学会阅读、分析及应用，而不要求去编制。

（3）岩土工程及环境地质：如13~18章，分别论述了两个问题，其一是施工地质问题，包括地基开挖、加固、防渗、灌浆、排水以及喷锚支护等；其二是环境地质问题，如水库的环境地质问题、地面沉降、地下室储存油气，垃圾和放射性同位素等处理问题。此外，本书还特别重视天然建筑材料的调查以及弃土、废石渣的处理和应用。显然，这些都是现代工程地质学发展的必然趋势和时代的需要。

本书在编译过程中，曾得到全国许多兄弟院校的支持和帮助，特别庆幸的是本书还得到全国工程地质专业委员会副主任委员、中国地质大学教授张咸恭先生的大力支持和亲笔题词，在此一并致谢。

本书由清华大学戚筱俊教授负责主编译工作，浙江工业大学史如平教授负责主审校工作。参加翻译的教师有温庆博（第1、2、3、4、15章），边庆年（第5、6、7章），李华晔（第8、9章），刘培泰、王乃光（第10、11、12、13、14章），戚筱俊（第16、17、18

章)。全书编译完后由戚筱俊负责全部编辑及统稿工作。由于水平有限、时间仓促，书中编译不当之处，恳请批评指正。

编译者

1994. 2.

序

本教科书是为了土木工程及矿山工程各专业的大学生——未来的工程师初次学习地质学而编写的，故称为《工程师地质学》。本书在内容安排上，不仅包括了地质学的基础知识，而且包括现代工程建设中所必须掌握的岩土工程方面的基本知识。如岩土力学、水文地质、以及城市规划发展中的各种工程地质问题等。这本书自1943年首次出版以来，已修改并再版了十一次，其中最后三章（16、17、18三章）是最近新编的，简要概括了当今工程地质学及岩土工程学方面的发展趋势。为便于学习本书引用了大量图表及资料文献，供师生们参考，并将全部计量单位，采用国际统一标准单位。

对于教师来说，我们希望通过本书能为培养学生掌握工程师所必须的地质学知识，提供必要的教学资料，包括上课、实习、实验以及参观某些工程的现场情况等。此外，本书有以下三个特点：其一，本书的编写体系，基本上包括两大部分，其所占的篇幅大体相等。其中第一部分的1~8章主要是讲授关于地球地质方面的基础知识；还有第9章主要介绍了一些有关岩土力学方面的基本知识。并列举了一些插图和实例，作为参考资料，但对工程设计方面的问题未做详述。第二部分中的第10~18章，主要阐述了有关工程地质及岩土工程方面的问题，如工程地质勘察、边坡稳定性、开挖工程及环境地质等方面的基本知识。其二，本书绘制了许多典型的插图和实例，供教师在上课时使用，这些插图很容易制成幻灯片或透明胶片，在课堂上放映，以提高教学效果。其三，本书还引用一些实例，可以帮助教师指导学生在实验室及野外地质实习时应用。如矿物、岩石实验实习、地质图读图分析、以及现场参观各种工程地质勘察工作和现场实习，如去水库大坝，开挖及支护工程，边坡工程等。

对于大学生来说，本书也有三个特点：其一，希望同学们通过本书的学习，能掌握地质学的基本知识，将来成为一位优秀的工程师。即要求学会应用地质学的知识去评价土木或矿山工程，并保证建筑物的安全。同时学会应用地质学常用的科学术语、综合词汇，以备在未来的实际工作中，能与地质专家、岩土工程专家有共同的语言和相互交流情况。其二，本书在编辑中采用大小标题，引导学生去学会综合词汇，即在每一章中用主标题表示要研究的问题，而用小标题表示有关的主要内容。这样在学习时翻阅大小标题即可很快找到所需要的内容。这对地质学一无所知或初学的人，显然是有用的。其三，为便于学生熟悉其他方面的工程地质或岩土工程方面的信息、资料以及专业期刊杂志，在每章后而还列举了参考文献，供学生查阅，以解决他们在课文中遇到的困难问题和感兴趣的问题。

最后，谨对英国伦敦皇家科技学院的同行们和出版社的同事们对本书所给予的帮助，致以诚挚的谢意。

F. G. H. 布利兹
M. H. de 福雷特新

目 录

前 言 序

第一章 地球.....	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 地球表面	(1)
第三节 地球内部	(2)
第四节 地震	(3)
第五节 地壳均衡理论	(5)
第六节 大陆漂移	(6)
第七节 海底扩张	(7)
第八节 岩石的磁性	(8)
第九节 源移机制	(9)
第十节 板块构造	(9)
第二章 地质历史	(12)
第一节 地层序列及地质年代	(12)
第二节 早古生代	(15)
第三节 晚古生代	(15)
第四节 中生代	(17)
第五节 新生代	(18)
第三章 地表地质作用	(21)
第一节 概述	(21)
第二节 风化作用	(21)
第三节 河流的地质作用	(28)
第四节 海洋的地质作用	(33)
第五节 风的地质作用	(38)
第六节 冰川的地质作用	(40)
第四章 矿物.....	(43)
第一节 矿物的物理性质	(43)
第二节 造岩矿物	(46)
第五章 火成岩	(50)
第一节 火山与喷出岩	(50)
第二节 侵入岩及其产状	(51)
第三节 火成岩的结构和成分	(53)
第四节 火成岩的分类	(55)

第五节	常见的火成岩	(56)
第六节	火成岩的成因	(61)
第六章	沉积岩	(63)
第一节	沉积岩的物质组成	(63)
第二节	沉积岩的成岩过程	(63)
第三节	沉积岩的结构	(64)
第四节	沉积相及沉积环境	(65)
第五节	沉积岩分类	(66)
第六节	碎屑沉积岩	(69)
第七节	化学及生物化学沉积物	(73)
第八节	沉积物组合	(78)
第七章	变质岩	(80)
第一节	变质作用	(80)
第二节	变质岩的晶体形态与结构	(81)
第三节	变质岩的分类	(81)
第四节	接触变质岩	(82)
第五节	区域变质岩	(84)
第六节	动力变质岩	(87)
第七节	研究变质岩的实际意义	(87)
第八章	地质构造	(89)
第一节	最简单的地质构造	(89)
第二节	褶皱构造	(90)
第三节	次生构造	(93)
第四节	断层	(94)
第五节	节理	(96)
第九章	地质体的强度	(99)
第一节	地质历史的影响	(99)
第二节	排水效应	(101)
第三节	岩石和土的特性	(103)
第四节	结构面的特征	(110)
第五节	工程失事的经验和教训	(111)
第十章	工程地质勘察	(114)
第一节	概述	(114)
第二节	勘察工作的步骤和项目	(115)
第三节	勘察技术的分类	(116)
第四节	施工地质编录	(117)
第五节	勘探及试验工作	(119)
第十一章	实验室工作	(124)
第一节	试样及采集	(124)
第二节	岩土试验	(126)

第三节	岩石的工程地质分类	(130)
第十二章	地质图	(133)
第一节	常用地质图	(133)
第二节	地质图的阅读与分析	(136)
第三节	地质剖面图的绘制方法	(138)
第四节	专题图	(138)
第十三章	地下水	(141)
第一节	水循环	(141)
第二节	地下水的物理、化学性质	(142)
第三节	含水层和隔水层	(146)
第四节	地下水位变化	(147)
第五节	地下水运动	(149)
第六节	地下水储量	(150)
第七节	水文地质调查	(151)
第十四章	边坡的稳定性	(154)
第一节	边坡失稳	(154)
第二节	影响边坡稳定的主要地质因素	(155)
第三节	滑坡实例	(158)
第四节	边坡调查	(163)
第十五章	水库和大坝	(165)
第一节	水库的地质问题	(165)
第二节	大坝的地质条件和问题	(168)
第三节	筑坝材料	(170)
第四节	地下水库	(171)
第十六章	开挖工程	(173)
第一节	岩石与土的开挖	(173)
第二节	地下水的控制	(175)
第三节	地面开挖的地质条件	(176)
第四节	地下开挖的地质条件	(177)
第十七章	地基处理及支护	(183)
第一节	地基排水	(183)
第二节	灌浆	(185)
第三节	地基的固结与加固	(186)
第四节	地基的强度处理	(188)
第五节	支护处理	(189)
第十八章	开发与改建中的地质问题	(193)
第一节	供水资源	(193)
第二节	天然建筑材料	(197)
第三节	地基与基础	(200)
第四节	垃圾的堆积与处理	(203)

第一章 地 球

第一节 引 言

地质学是研究地球的科学，包括不同地质历史时期岩石的形成过程，以及地球表层从古至今的发展模式。地球不是静止不变的，在其表层和深部总是不停地在变动。

工程师和地质学家都能看到：地表的变动，侵蚀活动是最主要的。长期的侵蚀作用冲去了海岸的岩壁，削减了陆地的高度，把剥蚀下来的物质搬运到海洋或内陆盆地沉积下来。地表以下的变动就不那么容易观察到了。有些变动的原因是大陆在地球表面的缓慢移动，还有一些剧烈的变动与火山喷发及地震有关。

变动是能量转换的结果，其中最重要的列于表 1-1（根据 Smith，1973）。

表 1-1

	J/a
(1) 接受和反射的太阳能是地表 30km 深度以上发生的地质作用的能量来源，尤其是风化作用和剥蚀作用。	10^{25}
(2) 地内逸出的热能，导致许多深部的运动，影响着海陆的相对位置及其升降。	10^{21}
(3) 地球自转速度变慢时损失的能量。	10^{19}
(4) 地震释放的能量。	10^{18}

在漫长的地质年代中，地质作用在岩石中曾留下了记录，如从保留下来的动植物遗体 and 遗迹所反映的地质历史情况，所以从某种意义上说，地质学也就是地球历史学。

地壳是由岩石组成的。根据岩石的成因可分为三大类：

(1) 火成岩 来自地下的炽热岩浆在地表或地表附近凝固后形成（如：玄武岩、花岗岩等）。

(2) 沉积岩 主要是由更古老的岩石的破坏产物，经过水或风的分选并堆积下来（如砂岩、页岩），还有的是化学沉积形成的（如石灰岩）。曾经生活在水陆中的生命，如海贝壳或植物碎片，随沉积物保留下来，也就是现在看到的化石。

(3) 变质岩 产生于更早的火成岩或沉积岩，但由于高温及高压已使原来岩石发生改变，出现了新的变质特征（如板岩、片岩、片麻岩）。

本章把地球作为一个整体来看待，研究其地质构造、表面形态，以及它们的成因和年代。

第二节 地 球 表 面

地球的赤道半径是 6370km，在两极比它小约 22km，所以地球不是一个完全的圆球。地球表面积为 $510 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，其中 29% 为陆地。如果加上陆地周围浅海大陆架区的面积，大陆总面积可达全球表面积的 35%。换句话说，地表近 2/3 由深海洋所覆盖。

地球表面地势变化很大，有高出海平面以上几公里的山，最高的珠穆朗玛峰高约

8.9km。陆地的平均海拔高度是0.86km，而洋底的平均深度约为3.8km，某些地方洋底很深，形成狭长的深槽或海沟，太平洋西北部的马里亚纳海沟是已知最深的地方，深达11.04km。同地球半径比，这些山的高度及洋底的深度相对很小，并且只存在于少数几个地方。海洋、湖泊和河流构成水圈，而水圈又被包围在大气圈之中。

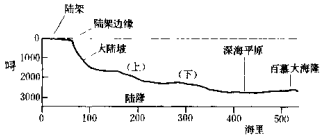


图 1-1 从大陆架到深洋底的大陆边缘剖面
根据北大西洋的资料 (根据 Heezen, Tharp 和 Ewing)。
水平比例尺以海里为单位 (1 海里=1.853km)；
竖直比例尺以呎 (ft) 为单位 (1ft=1.83m)

五六十年前，对洋底地形的了解是非常粗略的。现在可以应用声波折射方法，详细地测画出洋底的起伏轮廓，还能够得到从深海钻取的岩样和其上覆松软沉积物的组成及分布资料。大陆边缘的地形特征 (如北大西洋的大陆边缘) 示意于图 1-1。大陆架是大陆在水下的自然延伸，其倾斜很缓 (千分之一或更小)，宽度也各处不等。大陆架延伸到大约 180m 深度左右，有一个明显的坡度变化，称为陆架边缘。

从这里海底坡角变为 1/40 或更大一些。陆架边缘标志着大陆坡的开始。大陆坡向下直到坡度又变缓而进入陆隆区，陆隆区常有几百公里宽。在约 5km 深度之下，是深海平原，也就是洋底。

第三节 地 球 内 部

目前，我们关于地球内部的认识，主要是根据地表以下几公里深度的直接勘探及对更深层的推测。大多依据热流、地应力以及地震的研究，和用地壳均衡理论所做的判断。

通过深层采矿可知，地温向下以平均每公里 30℃ 的梯度递增。靠近热源的地方 (如活火山中心)，递增速度更大一些。假设地温持续地以这个梯度递增，那么到 30km 深度左右，高温将使绝大部分岩石开始熔化。然而，由于那一深度的高压及地内岩石向地表的热传导，使其岩石物质相对地保持着固态；往下岩石将变成粘滞流体，这就是岩石圈的底界。如图 1-2。

估计地球的平均密度是 5.527g/cm³，这比地表绝大多数岩石的密度都大，地表岩石密度一般不超过 3；沉积岩平均为 2.3，最常见的花岗岩为 2.7。为了使平均密度达到

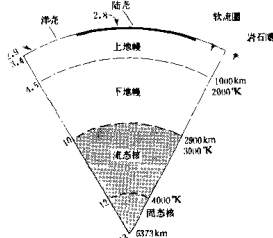


图 1-2 地球的构成
(根据 Bott, 1982)

地表向下深度以 km 为单位，温度单位是 K，
左边的数字为密度，单位是 10³kg/m³

5.5, 地球内部必然有更致密的物质。对地球内部的认识大都来自地震弹性波的研究, 尤其是研究地震波穿透地球内部(某些界面)时的转折性状。它告诉我们, 地球内部有一个密度约为 8 的核, 估计主要由铁和镍组成。这个重核之外由地幔包围着, 地幔之上覆着一层地壳。地壳的平均厚度在大陆区为 30km, 海洋区为 10km。如图 1-2 所示, 地幔的密度在地壳和地核之间。

第四节 地 震

地壳岩石中的连续的大规模震动, 是由于沿其中断裂发生应力释放的结果。当各种原因导致的应力聚集超过岩石的强度之后, 便会沿薄弱面发生破坏和滑动。地震可以是很小的震动, 从而没什么危害; 也可以大到能引起滑坡, 使建筑物破裂和倒塌, 切断供应管道及运输线; 更有甚者, 导致山崩地裂, 造成毁灭性的破坏。

现在大多数的活动地震中心分布在地球表面的两个带上: 一个是从东印度通过菲律宾、日本、阿留申群岛, 然后向南延伸到南北美洲西岸; 另一个是从欧洲(阿尔卑斯山脉)通过东地中海到喜马拉雅山脉, 并在东印度与第一带相接(图 1-3)。上述地震带基本上和年青的山系平行, 在这些地方与褶皱岩体相伴, 发育着大量的断裂; 另外, 地震带上也分布着众多的火山。据估计全球 75% 的地震活动发生在环太平洋地震带上, 还有 22% 在阿尔卑斯地区。也有许多小震, 发生在与洋脊有关的海洋断裂活动带(如在大西洋中脊)及陆地的断裂带(如中非裂谷)。在远离地震带的地方, 通常只能记录到强度不大的小震。大部分地震发生在地下 60km 深度之内。

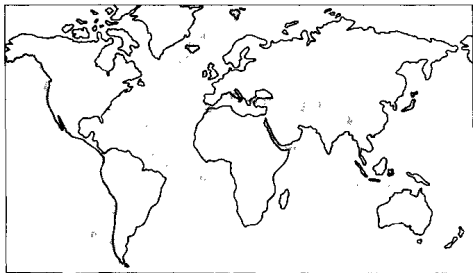


图 1-3 地震分布(阴影区是活动震中带)

地震的烈度可由观察者所感受和看到的情况来判断, 综合这样的观察判断还能够用来确定震中。麦氏(Mercalli)分级把地震的烈度由小到大分为十二烈度(表 1-2):

可以把地震影响区内各处的烈度标定在地图上, 然后画出等烈度线, 形成一个等震图。

地震时所释放能量的大小用震级 M 来表示。现在常用的里氏(C. F. Richter, 1952)

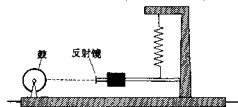
表 1-2

I	仅仅仪器能测到。
II	有些静止的人能感觉到,悬挂物会摇晃。
III	室内有明显感觉,像卡车通过时所产生的震动。
IV	室内大多数人能感觉到,室外一些人能感觉到;窗和门会发出震动。
V	几乎人人能感觉到;有些窗子被震破;摆钟停走。
VI	所有人都能感觉到,许多人震惊;一些重家具会被移动,有些墙皮被震落;大体上破坏较轻。
VII	所有人都跑出户外;薄弱的建筑物被破坏,有些不结实的烟囱倒塌。
VIII	除了少数结构特殊的以外,一般建筑物破坏很严重。高的烟囱、柱子倒塌;沙子和泥浆从地缝里冒出。
IX	坚固的建筑物也有相当的破坏;地面开裂,地下管道被破坏。
X	灾难性的;框架结构的建筑物被摧毁,铁道弯曲,发生小滑坡。
XI	很少有建筑物能幸存下来;地面张开大裂缝,伴随有地陷和滑坡。
XII	全部摧毁;地面弯曲,看上去像水波一样地起伏,物体被抛向空中。

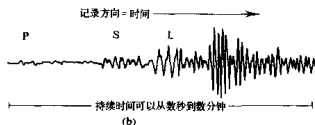
震级是依据标准地震仪上记录的最大振幅定义的。这是一个与弹性波能(E)相关的对数分级,能量以尔格(erg)计($1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$)。它们之间的大体关系式是:

$$\log E = 11.8 + 1.5M$$

M 从 0 级 ($8 \times 10^9 \text{ erg}$) 到 9 级 ($1.2 \times 10^{25} \text{ erg}$)。最小有感地震的震级 $M = 2 \sim 2.5$ 。破坏性地震的 $M = 5$ 或更大一些; M 大于 7 的地震,将造成大的灾难性破坏。里氏的震级和麦氏



(a)



(b)

图 1-4

(a) 地震仪示意图; (b) 远距离地震的记录图谱(地震波曲线),表示依次到达的 P 波、S 波和 L 波

的烈度不是能严格对应的,但 $M = 5$ 级(破坏烟囱、墙的粉刷层等)大体上与 Mercalli 的 VI 度烈度相对应。

地震发生时,弹性震动(或波动)从震源向四周各个方向传播。震源之上正对着的地面点称为震中。这里有三种形式的振动:①压缩性(或纵向)的振动,称为主波或 P 波,这种波速最快,最先到达监测站;②横向或剪切振动,称为 S 波(次波),它比 P 波稍慢一点;③表面波或 L 波,是一种沿地表行进的长周期横波,它传播最慢,但振幅很大,在地表造成的破坏最大。地震波由地震仪测量记录,如图 1-4。

对于远距离地震,地震仪在距震中 105° 弧范围之内能记录到 P 波、S 波和 L 波(图 1-5)。在 105° 弧到 142° 弧范围,即称为“遮蔽带”的区域,没有 P 波或 S 波,但 142° 以上又可以收到 P 波了。这部分 P 波的传播时间偏长,所以必定是在通过地球某些部位的路程中其速度被减慢了。R. D. Oldham(1906)解释这种现象,是由于地球中心有个核存在,其物质构成使得比 105° 弧的传播路径更深的 P 波,因为进入了这个核部而减慢速度。横(S)波不能通过地核,说明它有流体的性质(流体不通过剪切波)。现代研究工作指出,地核外部是流态的,而地心部分大概是固态的(图 1-2),主要由压得十分紧密的铁组成。地核的范围在地表 2900km 之下,也就是说,它的半径占地球半径的一半还多(图 1-2)。地核与其上面的地幔之间有一个明显的突变。地幔既能传播 P 波也能传播 S 波。

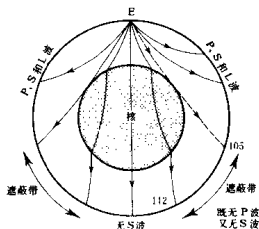


图 1-5 地震波在地球内部的传播路径
从震源 (E) 发出的无数地震波中, 只画出了其中几条。
注意地震波穿过地幔与地核的界面时发生的折射

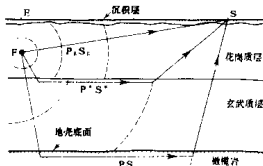


图 1-6 地震波从地壳中断裂发生的地方 (震源 F) 出发, 分别以 P, S, P^*, S^* 和 PS 在陆壳和地幔顶层中传播
E—震中, 位于震源之上; S—地震仪

与远距离地震不同, 从近距离地震 (距震中 1000km 之内) 记录到的地震波的大部分是在地壳岩石中传播的, 从而提供了有关地壳的信息。南斯拉夫地震学家莫霍洛维奇 (A. Mohorovičić) 1909 年发现, 有时能记录到两组 P 波和 S 波, 这两组波的传播时间稍有不同。他指出, 这反映其中一组波是从震中直接传播过来的; 而另一组是通过另外一个途径。在图 1-6 中, P_s 和 S_s 这一组波是在上层 (花岗岩层) 中沿捷径传播过来的, 而 P 与 S 这一组, 沿着下层的底界面, 以更大的速度折射传播 (因为下层介质密度更大些)。人们认为这个界面标志着地壳的底面, 称为莫霍洛维奇不连续面或简称莫霍 (Moho) 而。

有些地震记录还能接收到第三组波, 称为 P^* 波和 S^* 波, 其速度在前两组之间。这一组波在花岗岩层之下传播 (图 1-6)。

最快的 P 波和 S 波, 主要是在莫霍面下的地幔橄榄岩质物质中传播。 P^* 波和 S^* 波在莫霍面之上的玄武质地壳中传播。在组成大陆地壳上部的花岗质层中传播的是 P_s 和 S_s 波。花岗岩层之上, 大多覆盖着传播速度更小 ($2 \sim 4 \text{ km/s}$) 的沉积岩。地壳的厚度在不同地方变化相当大。陆区地壳的平均厚度是约 20km, 在山体之下地壳可以厚到 35km; 海洋区地壳较薄, 约 10km, 由玄武岩组成, 上面有一层薄的沉积覆盖, 而且没有花岗岩层。对地震波的研究表明, 地球是由一些不同密度的同心层组成, 最轻的一层即是外岩石圈, 它由覆在上地幔顶部 (致密岩石) 之上的洋壳和陆壳组成。

第五节 地壳均衡理论

均衡理论这个术语用来说明地壳不同部分之间的一种理想平衡状态。可以把大陆看做一个主要由花岗岩组成的宽广的板块或筏, 由地壳下的下伏物质托着。由于两种物质密度不同, 使得大陆大部分沉没在密度更大的壳下物质里, 就像冰块浮在水中那样。在一个称为补偿面的位置之上, 物质保持平衡状态。所以在图 1-7 中, 山区 A 点剖而柱上的物质重量应该

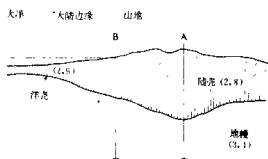


图 1-7 大陆的部分示意剖面图
密度单位是 10^3kgm^{-3}

与 B 点的相等(B 点处的地壳较薄,而下伏重物质层部分则相对加厚)。两处的剖面柱在某个深度(即均衡面)上重量一样,达到均衡。均衡现象表明,在大陆剥蚀区,当陆地变轻时,由于下面重物质的流入,使这个地方有一个小小的抬升。由于上下比重不同(2.8 和 3.4),剥失去的花岗质壳,比如是 300m,会被流入的 247m 更大密度的物质补偿;当补偿最后完成时,地面仅仅比原来低 53m。例如喜马拉雅山就是由于这一机制而保持着它的高度。

在冰期时,厚厚的冰原覆盖着北半球的大部分陆地,冰的重量导致沉降。当冰融化从而使这些重量失去时,均衡作用慢慢通过这一地区的再抬升,使之获得平衡。许多滨海地区,如斯堪地那维亚和苏格兰海岸一带,在冰川融化之后,随着陆地一步步地上升,也被抬到了现在的高山海平面的位置。

第六节 大陆漂移

魏格纳 (Wegener) 1912 年首先对地质历史上大陆之间可能发生过相对运动作了详尽

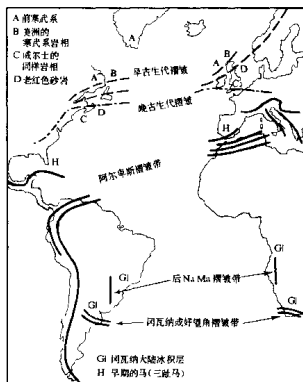


图 1-8 大西洋两侧地质特征的相似

(根据 A. L. du Toit, 1937)

的阐述，并导致了许多年的争论。到60年代终于有新的证据，证明了这种飘移确实发生过，它的主要根据，是对地表岩石的磁性研究和对洋底的详细勘探。

魏格纳等人提出：非洲和南美洲的海岸，虽然现在为大西洋所隔，但其形态相近，如果这两个大陆，原来是一块大陆的相接的两部分，这种现象便得到了解释。他设想原来有一个称为“Pangaea”的泛大陆。两大陆的某些地质特征也是相对应的，如在南非和北非海岸出露的强褶皱岩带，在南美洲也有对应。还有化石群也表现出相近的特征，其中一个例子是在大西洋两岸都发现了原始马（Hipparion）遗迹（图1-8）。现代研究工作表明，非洲和南美大陆架边缘吻合得相当精确（图1-9）。从图上还可以看到，在大陆分离的过程中，还存在一块大陆相对于另一块大陆的转动。同样，北美和欧洲也有这样的特征，它们在北大西洋开裂之前是相邻接的。把原来的位置恢复一下，一些山脉，如北美的古生界褶皱带，就与挪威和芬兰的加里东褶皱带连了起来，两者有相近的地质特征（图1-8）。

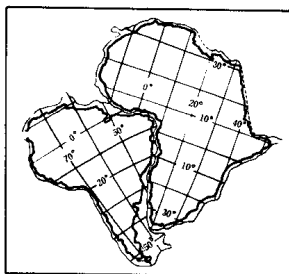


图 1-9 在1000fa水深线上，南美洲和非洲的吻合
(Bullard, 1965; 根据 S. W. Carey, 1958)

第七节 海底扩张

现代海洋探测表明：各个大洋里都有洋脊，好像是水下山脉。在北大西洋，一条洋脊从冰岛向南通过北大西洋一直延伸到南大西洋的非洲和南美中间（图1-10）。这条洋脊在非洲南面向东转入印度洋。如图1-10所示，东太平洋底以及澳大利亚与南极之间也有洋脊；另外，在印度洋里，一条洋脊向北伸到红海。大西洋中脊比洋底高出约2.3km，距离洋面不到2.2km（图1-11）。沿脊峰有一条深深的裂谷，称为中央裂谷，其深度在450m以上。在裂谷附近取到的主要岩样是火成岩，如玄武岩，人们认为，这是从这一带的裂缝里涌出并聚集在洋底的物质。通过放射性方法测定年龄，知道这种玄武岩向裂谷两边随距离增加而愈来愈老。设想火山物质沿裂谷一线上升，并被随后的喷出物水平地推向两边，以这种形式形成新的洋壳。这个过程称为“海底扩张”。