

〔美〕 P. J. 威利 著

动力地球学

地质出版社

动力地球学

〔美〕 P. J. 威利 著

朱 夏 译 陆恩泽 校

地质出版社

内 容 提 要

本书从地球物理学、地球化学等方面,论证了地壳构造运动,特别是论证了板块构造的机制。全书共分十五章,对地球表面的特征、内部的物理性质、地壳和地幔的物质成分、岩石的相转换、岩浆的发生,对地壳运动的传统观点、大陆漂移学说以至板块构造的基本论据都作了比较系统的论述和介绍。本书对于从事地质、地理工作的生产、科研和教学人员都有参考意义。本书由朱夏翻译,陆恩泽校订。

The Dynamic Earth Textbook in Geosciences

Peter J. Wyllie 1971

动力地球学

[美] P. J. 威利 著

朱 夏 译 陆恩泽 校

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1978年7月北京第一版·1978年7月北京第一次印刷

统一书号: 15038·新274·定价: 2.00元

序

这本书是从我1967年在芝加哥大学组织的一门课程——“固态的地球”——的教材发展而成的。这门课程的目的是要使一年级研究生概括地复习一下地质学，并对球体地球物理学能有概括的理解使他们得以确定在矿物学、岩石学、或地球化学方面的专门化研究课题。现在已经有许多“物理地质学”初级课本对地球作出了很好的、概略的描述，但是，在从这些课本中采用一种课本进行讲授以后，学生们通常就要逐步地接受专门化的课程，在达到大学毕业水平时，他们已经学了不少的地质学，这时，他们就会正确地判断：他们在过去几年中曾经学过、但又理解得不多的那些材料究竟有多大的重要性。有鉴于此，我准备了一本在某些方面同初级的“物理地质学”课本相似、而又较为高深的教材，来专门地处理地球科学中的重大问题——在那些为博士学位而规定的课程中所未能涉及的问题。

地球科学中的“革命”是在1967年宣布的，正好是在我第一次准备这份教材的时候。从那时起，全球构造理论的许多新发展使我相信J. 杜·卓·威尔逊（J. Tuzo Wilson）所说的“地质学的课程表必须修正”这句话是说对了。我把这个课本作为地质学课程的一项革新的设计，这个设计强调了地球的主要单元和主要的地质作用而不顾传统的课程分科。这个课本是为地质学、地球化学和地球物理学的研究生设计的，但也可供有素养的高年级大学生作为基础教材或补充课本之用。

一本包罗所有适当材料的教本必然是庞大的。所以我在本书中所选择和组织的只是那些在我看来是有用的论题和材料；我知道，对一个好教师说来，没有一本课本是完美无缺的，希望教师们能把我所选择的材料作为他们的教材的基础，根据自己的经验、自己所爱好的研究论题以及当前的文献而酌予增减。许多领域的专家们可能感到他们的专题在这里未能得到应有的重视。例如古生物学家、地层学家和同位素地球化学家就肯定会有这种感觉；他们这样想是有道理的。地球物理学家可能因为本书对于一些物理论题论述得很不深入而感到不满，但是，从另一方面说来，地质学家和地球化学家又可能因本书对他们说来比现有的地球物理学教本更有综合性而感到方便。此外，还可能有些人指出，本书缺少英文以外的参考文献并引为遗憾。对于这些和别的缺陷，我只能表示歉意，并辩解说：编著者“生也有涯”，选材还是必不可少的。

自始至终我采用了讲授式的办法。学生不可能什么都学，重要的事情是要学会怎样来批判地对待证据和观点。对于所介绍的每一个主要论题，我都试图表明彼此相关的观点是怎样发展起来的，在有争论存在时，我把争论的双方一并介绍。我不想评述所有有关的文献，相反地，我曾特别努力，使所引证的文献数量保持在最低限度，只选择一些详细而明确的论文来加以考察。过去的理论已只有历史的意义，当前的理论又将成为明天的历史。因此在探讨当前的理论时，我只是试图把它们看作是历史的一页，而不是象某些热情的研究者那样，总是把它们称为具有决定性意义的答案。

有一句流行的、给高级教本和专著抹黑的时髦话，“早在它出版以前就已过时了”。这本书的最后一次修改稿是从1969年10月开始写的，可以肯定，当我在1970年8月把它提交

给出版者的时候，和那些正在印刷中的研究论文比起来，书中记载的许多事实已经显得过时了。11月份的小修改不可能使它恰如其分地赶上时代，虽然我曾竭力增添了地球深部取样联合海洋学机构最近成果的一章。这本书包括了六十年代地球科学革命的记录，这个年代无疑地是地质学史中最突出的十年。我相信：尽管每年都有大量新资料不断涌现，对于学生和教师说来，象这样的、关于资料积累和观点发展的记录仍是有长远价值的，估计许多在六十年代中忙于本身工作的专业科学家们将会发现有了这本书就可以不必花费很多时间在图书馆中查资料。有关地球科学革命的历史的叙述将为他们提供充分的背景情况，从而估量七十年代的新发展。

P. J. 威利

1971年2月

于伊利诺州，芝加哥大学

目 录

第一章 绪言：全球的研究方法	1
第二章 地球表面的特征	4
引言	4
大陆和大洋的分布情况	4
固体地球的表面起伏	5
主要构造单元和地文特征	7
大陆	9
大洋盆	9
大陆边缘	10
构造上的活动带：造山带和世界裂陷体系	10
世界裂陷体系和主要断层	11
火山的分布情况	11
地震的分布情况	11
G. E. 鲁斯和R. E. 比斯奎的全球构造	13
第三章 地球及其内部的物理性质	15
引言	15
地震学与地球的内部	15
地震波	15
进程—时间曲线	17
地震速度剖面与地球的内部结构	17
上地幔中的侧向变化	20
地球内部的性质	22
密度分配	23
弹性、压力及重力	26
地球内的温度	27
粘性	29
磁性、重力和热流	29
磁场	30
重力场	32
重力校正与异常	33
热流	35
第四章 地质作用与地质年代表	41
引言	41
地质旋迴	41
地质作用	43
岩石物质	44
矿物反应	44

火成作用	49
沉积作用	49
变质作用	49
地质年代表	52
地层的划分	52
同位素年龄测定	52
第五章 地壳-地幔边界的性质与辉长岩-榴辉岩的相转换	56
引言	56
构造活动地区的地壳-地幔边界	57
是化学不连续还是相转换?	60
作为化学不连续的莫霍	60
作为相转换的莫霍	61
H. H. 赫斯的橄榄岩-蛇纹岩模式	62
作为莫霍的辉长岩-榴辉岩相转换	64
J. F. 拉甫林的陨石比拟	64
G. C. 肯尼迪的模式	65
关于辉长岩-榴辉岩相转换的实验研究	67
地壳硅酸盐在高压下的不稳定性	68
矿物组合之间的反应	70
辉长岩与榴辉岩的稳定极限	71
从辉长岩到榴辉岩的转换	74
相转换假说的发展	77
J. F. 拉甫林与G. C. 肯尼迪的重新提出	77
根据H. S. 约德与C. E. 蒂利的成果而做出的修改	77
A. E. 林格伍德与D. H. 格林的反对	79
F. 普雷斯、K. 伊藤与G. C. 肯尼迪恢复了相转换假说的生命力	80
D. H. 格林与A. E. 林格伍德的答辨	80
第六章 地幔的成分和矿物学	81
引言	81
关于地球成分的地球以外的证据	81
元素在宇宙和太阳中的丰度	83
陨石的分类与化学成分	83
陨石之间的成因关系	88
地球的起源与分异	89
地核和地幔的成分	90
超镁铁质岩石与上地幔	92
橄榄岩的矿物学及其野外组合	92
超镁铁质岩石的岩石成因论	92
外推到上地幔	96
地幔的成分	97
根据地球上的岩石做出的估计	97

假想的橄榄岩	99
地幔成分	100
化学变化图解	101
微量元素与挥发组分	103
地幔橄榄岩和榴辉岩中的相转换	103
关于橄榄岩矿物相的实验	104
水的影响	105
橄榄石-尖晶石转换	107
Fe_2SiO_4 的相图	107
Mg_2SiO_4 的转换	108
橄榄石 $\text{Fe}_{90}\text{Fa}_{10}$ 的转换	110
400至1000公里深处的地幔转换带	112
地幔的矿物学与岩石学	114
上地幔, 转换带与低速带	114
下地幔	119
第七章 地壳的结构、岩石学与成分	120
引言	120
地壳的结构	120
通过大陆的切面	121
通过大洋地壳的切面	123
通过大陆边缘的切面	127
整个地壳的示意的结构划分	127
地壳的岩石学和矿物学	129
地壳的成分	131
地壳各分层的成分	132
地壳单元和整个地壳的成分	132
K, U和Th在大陆地壳中的垂直分布	134
地壳中的热的产生	135
大陆的深部结构	137
元素向地壳中集中的情况	138
大陆基底的年代	139
第八章 岩浆发生	143
引言	143
火成岩石组合	143
二十世纪中岩石成因理论的发展	144
世纪的前半叶: 原生的和衍生的岩浆	144
1950年以来高压实验的影响	146
作为岩浆发生标志的岩石——水体系	148
无水和多水体系	148
缺水体系	150
$P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{全}}$ 和 $P_{\text{H}_2\text{O}} < P_{\text{全}}$ 等条件	152

地壳岩石中的岩浆发生	155
地壳岩石中的矿物变化	155
花岗岩体系	156
花岗闪长岩体系: 矿物学的影响	158
花岗闪长岩—水体系	160
地壳中的深熔	161
地幔中的岩浆发生	162
地幔和玄武岩的矿物学	163
橄榄岩和玄武岩的熔融关系	164
玄武岩质岩浆的发生和分化	168
水的影响	173
玄武岩的岩石成因论	179
岩基和安山岩的发生	179
第九章 地槽和造山旋迴: 传统的看法	181
引言	181
地槽的分类	181
构造单元	182
变质作用与火成活动	185
地槽的演化	185
地槽偶	186
J. 奥布英所提出的地槽的演化过程	187
K. A. W. 克鲁克的“太平洋”地槽	190
大陆的演化	190
现代地槽	192
下沉和上升的原因	195
地槽的下沉	195
作为地槽条件的标志的变质岩	196
全球构造的理论	197
第十章 相转换的构造意义	199
引言	199
温度扰动的影响	200
H. H. 赫斯的橄榄岩—蛇纹岩模式	200
G. C. 肯尼迪的辉长岩—榴辉岩模式	201
压力扰动的影响	202
沉积物的沉积作用: 沉降继之以上升	203
R. J. 奥康内尔与G. J. 沃塞堡所提出的相界限运动的动力学	203
G. J. F. 麦克唐纳与N. F. 内斯及G. W. 威瑟里尔的模式	204
W. J. 范德林特的时间—相关解法	205
W. B. 乔伊纳的时间—相关解法	208
震荡运动	210
重力和相转换: H. 拉姆伯格的离心模式	210

穹隆模式	211
下沉板片模式	212
相转换和地幔对流: J. 维虎根的分析	213
J. G. 丹尼斯与C. T. 沃克所提出的、引起地震发生的准稳定相转换	215
第十一章 大陆漂移: 本世纪中的论争	217
引言	217
1950年以前的论争	217
大陆漂移理论	218
大陆漂移说所引证的证据	219
为大陆漂移说设想的机制	220
1950年以来的发展	222
大陆的几何性适应	222
在大陆重建图上配比年代省	224
地球科学中的革命	226
第十二章 古磁学、极游移及扩张的海底	227
引言	227
五十年代: 古磁学和极游移	227
岩石中的剩余磁性	227
古磁测定	228
古磁极位置的解释	230
1960年以来的古磁学: 磁转向	233
极游移与大陆漂移	233
古磁与地球的半径	239
火成岩中的磁转向	240
深海沉积物中的磁转向	247
六十年代: 海底扩张的概念	252
先驱者于1960年开始行动	252
H. H. 赫斯与R. S. 迪茨的文章	252
另外一些对流模式	255
第十三章 大洋盆中的磁异常	259
引言	259
1958—1968: 线状磁异常	260
1958, R. G. 梅森在太平洋发现的磁成果	260
1963, F. J. 凡因, D. H. 马修斯和L. W. 莫尔莱的解释	264
1965—1966, 被F. J. 凡因与J. T. 威尔逊的证实	266
1965—1966, J. R. 黑泽勒与拉蒙特观察站的协作者们的怀疑与转变	272
1968, J. R. 黑泽勒, G. O. 迪克森, E. M. 赫伦, W. C. 皮特曼第Ⅲ及 X. 勒皮琼的推演	275
1968年以来的问题与解释	282
玄武岩的磁化	282
几种解释	283

N. D. 沃特金斯与A. 理查森的警告	285
得自“鱼式仪”的近底磁资料	287
第十四章 板块构造	290
引言	290
球体上的构造概念	291
D. P. 麦肯齐和R. L. 帕克: 北太平洋的铺路石	291
W. J. 摩尔干提出的、世界上的非地震性地壳块体	292
X. 勒皮琼: 表面运动的全球格局	292
B. 伊萨克斯、J. 奥利弗和L. R. 赛克斯所提出的新全球构造论	294
P. 莫尔纳和L. R. 赛克斯所提出的小地壳板块	297
D. P. 麦肯齐和W. J. 摩尔干所提出的板块三接合说的演化	297
深海钻探的成果	298
板块构造的机制	299
洋中脊和地幔对流	301
温度结构	302
岩石学结构	303
岛弧下面的岩石圈消亡	304
温度结构	304
岩浆发生	306
同洋沟伴生的构造	308
地槽、造山运动与海底扩张	310
第十五章 七十年代的全球地质学	316
引言	316
从1969年的彭乐斯座谈会和1970年的地球动力学委员会看全球构造论的前景	317
V. V. 别洛乌索夫和E. W. 范贝梅伦比较支持“大洋化”的理论	317
A. A. 迈耶霍夫坚持大西洋已经张开了八亿年	319
结束语	320

第一章 绪言：全球的研究方法

地球是太空中一个近乎球状的物体。它运动着。它绕自身的轴旋转，并沿着一个椭圆形的轨道通过太阳系绕太阳旋转；太阳是在银河系中心周围旋转的百亿多颗星球之一。

地球的结构可以认为是一系列同心的壳层，有一个内部地核，一个外部地核，一个分为几个壳层的地幔，和一个地壳。水圈、气圈、和磁圈形成了围绕固态地球的外套，它们保护地球，使之免受大量辐射、并防止为数众多的陨石从空间向地球轰击。大部分水圈充填了地球表面上的凹地，形成大洋，但这一壳层既同大气圈相重叠又和地壳相重叠。每一壳层中都有运动发生。

气圈内的运动，如风，是我们所熟悉的；大气在全球规模上的循环及其更为局部性的旋转运动是地球表面天气和气候所不可缺少的组成部分。大洋中风驱动的面流影响大洋的环流。洋流把热能从赤道地区带向两极，影响了气候和水旋迴中的能量平衡。水旋迴包括水在水圈内的循环，水从大洋中蒸发出去以后，最后又从大气中降落下来，并在重力控制下通过地表和经过地壳流回大洋里。地球固态表面的风化和向下侵蚀大部分都是由运动着的大气和在水旋迴中的运动着的水完成的。

太阳的辐射为气圈和水圈的循环提供了能量，因此也就是为地球表面的侵蚀作用提供了能量。如果地球内部没有一些力量来引起上升，并使岩石一再暴露于太阳辐射、气圈和水圈的作用之下的话，那末，侵蚀作用就会在地质时间尺度来说很短的时期（按地质时间尺度来说）内使出露的固态表面降低到海平面。

对岩石所做的地质学方面的研究证实，岩石曾被褶皱和升起，这样就确定了地壳内的局部运动。通过古地磁研究和磁异常而做出的、地球的以往磁场的记录，为以往大陆块体和大洋地壳相对于两极的移动提供了证据。地球磁场的存在可用动力理论来解释，后者又以液态的外地核中的运动为先决条件。这些运动都是由地球旋转而引起的科略利斯力(Coriolis force)控制。学者在试图解释大洋盆、大陆和山脉的起源及其现在的分布情况时，都假定运动也发生在上地幔中，这些运动可能属于循环的性质。这些运动的能源是热，后者可能是由于地球内放射性物质的衰变而产生的。

看来，地球表面的主要面貌是由那些在两种能源驱动下的作用相互影响而产生的。地球内的内部热引起地幔中的运动，后者影响了大陆块体的分布和高程。地球外的太阳辐射驱动了气圈和水圈的循环，后者促使固态地壳产生细部刻削。地壳是一个被夹在地幔与由气圈和水圈所组成的外套之间的、薄而脆的壳层。

地质学所探讨的范围包括从事于对地表地文特征和岩石的研究以及对它们形成的作用和历史推断。通过对地球的这些可以接近的部分的直接观察使我们得出以下的结论，即，大陆的目前形状和位置、象山脉那样的特征的分布、以及各种各样岩石类型的分布，都是发生在地幔内的主要作用的次一级的结果。因此，当我们考虑地球表面时，我们已经涉及到地球的内部，并因此关联到地球的起源，后者又把我们导向太阳系和宇宙的起源。这些

都是复杂的问题，我们不能对宇宙学付以太多的篇幅。我们的注意力将集中于地壳和那个看来是控制了地壳性态的上地幔。

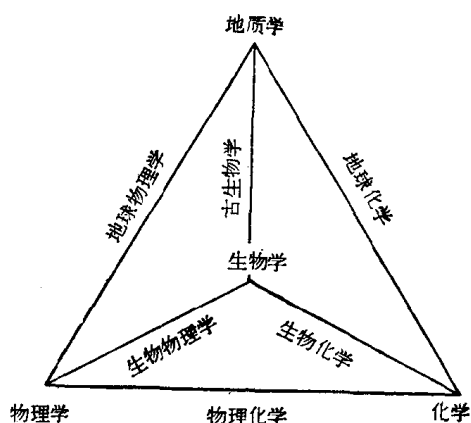


图 1—1

物理科学四面体。引自B. F. 豪厄尔的
“地球物理学概论”，1959。

这本书是对整个地球提供一个概观的课本，同时也论述那些通常在地质学和地球科学中讲授的各种论题。图1—1是一个“物理科学四面体”，它包括所有用来研究地球的学科。多年来，地质学中的大部分在研究途径上一直是描述性和历史性的，只是在最近，在采用了物理的和化学的方法和技术以后，才使得地球物理学和地球化学得到发展。我们将主要探讨这一四面体的正面，而较少地论述古生物学和生命科学。

地球科学的巨大进展使得大学课程迅速增长。许多专门的论题现在已被承认为“学科”了；每一学科在图1—1中只占有很小的空间，但都已有了相应的课程和教本。学生们为越来越多的事实和越来越多的

多的收集资料的手段而感到负担加重。

A. D. 斯图尔特在1968年三月九日写给《自然》杂志的、题为“英国大学中的地质学”的一封信中曾注意到这个问题。八个月后，这封信又在《地质时代》上发表，这件事说明，这一问题不仅限于英国。斯图尔特指出，大多数大学地质系都在他们想让学生建立自己对地球的看法的领域内设置一系列半独立的、专门化的课程。每门课程配备了一个教师，每门课程都同相邻课程全部分开。标准的课程门类包括矿物学、岩石学、地球化学、构造地质学、地层学、地球物理学、沉积学和古生物学。这种体系趋向于自行发展，因为随着资料的积累，原来的一门课便分成了几门，各有一个指定的教师。例如古生物学，就可以分为大古生物学和微古生物学，另外再加上一门脊椎古生物学。按照斯图尔特的看法，我们所需要的是把教学和科研引导到地质资料的综合。这一方面，使之达到高于各门课程的水平。他提出了另外一种主要依研究对象的规模大小而区划的三级方案，他主张地质学应按各种地质作用来讲授，而不应是描述性的。第Ⅲ级水平所探讨的是标准的科目和技术；第Ⅱ级水平所探讨的是一些较宽广的题目如地核、地幔和地壳、水圈和气圈以及生命的演化之类；第Ⅰ级水平所探讨的是作为行星的地球和一些有关行星的问题。

地球科学的新近发展，特别是同海洋地球物理和古地磁有关的发展，已促使学者从事第Ⅱ级水平的大量的综合研究工作，后者肯定地已经渗透到大学的课程中。已经有了一些优秀的、供初学者使用的教科书，这些教科书提出了和第Ⅱ级水平范围内的题材联系得更密切（和它们与传统的各门课程的联系相比）的材料。不过，遗憾的是，在此以后通常还要学习一系列越来越专门化的课程，而第Ⅱ级水平范围内的各种题材的陈述可能对那些已经有了一些有关地质作用和岩石类型等知识的学生更为有用，而对于地球科学的初入门者说来，则可能意义较小。这本书也正是为此编写的。我尽量使所陈述的材料适合于那些即将从大学毕业或刚开始从事于地球科学研究工作的人们。

我们看到了许多有关地球科学中科学革命的文章，J. 杜卓、威尔逊认为，这一革命正在震撼着经典的地史学的基础。在一个革命的时代，传统的分科教学计划肯定地需要修

改。即使我们不是生活在大革命中，我认为学生们也必须懂得各种专门研究题目在球体的地球物理框架中所占的位置，并熟悉那些包括所有学科在内的全球性地质假说。

地质学是地球的科学，而地球是在物理作用下的化学体系。因此我试图把地球物理学和地球化学合并到以全球的规模来考虑的地质学中。这种研究可以三种不同的规模进行。

1. 我们已经有了区域地质学的标准研究途径，在从局部露头到山脉或别的主要构造单元的范围内考察岩石。

2. 这种单元的历史取决于全球的地质学，它所探讨的是大陆和洋盆的大小、分布以及在可能范围内探讨它们的运动情况。

3. 第三种规模关系到作为一个球体的地球，它所研讨的是那些控制地壳运动的地幔和地核中的运动。

为了完整地了解地质学，我们必须阐明那些发生在地球之内作用。

本书主要从事于第二种规模，即大陆和洋盆的发育和分布。下面的六章论述了地幔和地壳的化学、物理学和地质学。地球的物质在第四章中综述地质作用时一并论述。上述地质作用大部分都包括在造山旋迴里。地槽和造山作用的经典概念在第九章中论述。关于地球内部性态的理论能说明地槽历史的复杂性。

地幔和地壳深处的温度改变引起了相的改变，它们可能对地表有重大的影响，在第八章和第十章中我们探讨了深处的部分熔融的产物、它们所产生的影响和固态相转换在大地构造中的重要性。由深处相转换所引起的垂直运动可能对造山作用有所贡献，但六十年代中支持大陆漂移理论——改装成为海底扩张和板块构造理论——的证据，使得地质学者们不得不认真地考虑，在解释山脉和更局部的问题时是多么需要球体运动理论。就是在这一阶段宣布了地球科学的革命。

第十一、十二、十三和十四章包括与大陆漂移和极游移有关观点的发展历史，在这些章中，特别注意于海底扩张的概念、大洋盆中线状磁异常的解释以及板块构造理论的形成。新全球构造理论包括大陆和山脉的起源和演化以及所有的传统地质学科目的运用。在第十四章和第十五章中，我们考查了地质科学中的革命在经典概念的重新审查和重新解释等方面所起的影响，并且指出了没有为新证据和新观点所说服的地质学家们开始反抗的情况。

第二章 地球表面的特征

引言

在六十年代的地质学革命中亲眼目睹了海底扩张和板块构造的球体理论发展情况的作者；在革命末期编写这一本书时，必然要主要探讨：“大洋是否从一个中央裂隙成长和扩张”和“古老的大陆块体是否曾随着一个年青的、扩张着的洋底漂移”等问题。不过，我们首先还得从地球今天的状态谈起。

关于地球起源和历史的理论必须首先解释现代的大陆和大洋盆的分布情况，其次要解释在地球固态表面和它的气圈、水圈外套之间的界面的主要地文特征和地质特征。地球物理证据的解释，特别是那些通过古地磁研究、大洋盆中线状磁异常和地震研究而获得的证据的解释都表明了：大陆和大洋盆在相对位置上曾经发生过极大的变化。

上述相对运动可能目前仍在进行，我们所观察到的、地球表面的稳定区为一些长条的不稳定带所穿过的现象可以为此提出证明。火山和地震的分布规定了活动带，而褶皱造山带的地质研究则规定了大陆块体上较早活动带的位置。不过，活动性不一定就意味着能动性，我们可以根据一些地质证据证明：大陆和大洋盆的相对位置至少在几亿年中并没有发生过变化。

在本章中，我们将介述地球表面的主要物理特征和穿越它们的活动带。由于这些特征只不过是深在作用的表面表现，因此我们将在下一章中论述地球内部的物理特征。这两章在一起为以下几章所讨论的题目提供了球体的框架 (global framework)。

大陆和大洋的分布情况

本书中所复制的世界地图，会使读者对大陆和大洋的相对面积和分布情况产生误解；为了了解所论述的统计数字的意义，必须在地球仪上进行观察。图2—3表示大陆和大洋的分布情况，表2—1列举了它们的面积。

亚洲和欧洲常被分开来考虑，但从地文方面说来，我们必须把它们连结起来作为一个接合的欧亚大陆来考虑，后者大约比那个仅次于它的非洲大陆大一倍。不同的作者以不同的方式来划分大洋；表2—1列举了太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋的面积。表中分别列举了每一大洋的面积和每一个大洋加上边缘海、海湾和海峡的面积。另外的体系以赤道为界、把太平洋和大西洋分为北洋和南洋，并包括一个人为地以平行于南纬 55° 线为界的南部洋（南冰洋）。

地表的70%以上为大洋所覆盖，三个主要大洋中的每一个都大于欧亚大陆。太平洋正好占全部大洋面积的一半多一点点。它比所有的大陆面积总和还大一些；它和相邻的海在一起共占有地球表面面积的35.4%。

表 2—1 大陆和大洋的面积及大洋的平均深度*

	面积 (10 ⁶ 公里 ²)	占陆地或海洋的%	世界面积的%	平均深度 (公里)
世界面积	510	—	100	—
所有的大陆	148	100	29.2	—
所有的大洋	362.0	100	70.8	3.729
欧、亚洲	54.8	36.8	10.8	—
亚洲	44.8	29.8	8.7	—
欧洲	10.4	7.0	2.1	—
非洲	30.6	20.5	6.0	—
北美洲	22.0	14.8	4.3	—
南美洲	17.9	12.0	3.5	—
南极洲	15.6	10.5	3.1	—
澳洲	7.8	5.2	1.5	—
太平洋	166.2	—	—	4.188
连同相邻各海	181.3	50.1	35.4	3.940
大西洋	86.6	—	—	3.736
连同相邻各海	94.3	26.0	18.4	3.575
印度洋	73.4	—	—	3.872
连同相邻各海	74.1	20.5	14.5	3.840
北冰洋	9.5	—	—	1.330
连同相邻各海	12.3	3.4	2.4	1.117

* 大洋的数据是根据米纳尔德和史密斯 (1966) 的资料列出的。

大陆在地球表面上分布得并不均匀。65%以上的陆地北半球，大陆物质正好在北极圈一面集中。北美洲和南美洲、非洲、亚洲和附属于它的印度，在形状上大致是三角形的，顶点向南。所有陆地表面的81%左右位于一个陆半球上，它的极在西班牙附近0°E，38°N处；这一半球包含了47%的陆地和53%的海。相反的半球，水半球，包含11%的陆地和89%的海，它的极在新西兰。总地说来，地球上约45%的表面是海对海的，仅有1.5%是陆对陆的。全部陆地表面中有95%的对极是海。北极和南极的相反性质就是一个突出的例子——南极洲大陆集中在南极上，并为大洋所包围，而北极则位于北冰洋中，并差不多完全为陆地所包围。

固体地球的表面起伏

如果水从地球表面上流掉，我们就可以看到，大陆块体是从大洋底上陡峭地升起的。大陆存在的原因是我们求解的问题之一。除掉大洋水还可以揭示出大洋下面的固体表面的起伏，使环绕球体的洋脊和洋隆体系暴露出来。

自从人类能够测定陆地的高度和海洋的深度以来，固体地表的高程分配曾是许多科研工作的课题。虽然高程的分配已经确定了五十多年，但因大洋盆中的测深的量级在过去一、二十年中已增加了好几倍，所以米纳尔德和史密斯 (1966) 利用现代的测深图并考虑了特定的地文省和构造省重新考查了大洋深度的分配。

编制图2—1中频率分配曲线和累积高深曲线的资料列于表2—2。表2—2列举了在海平面上和海平面以下每一公里间距内地球固体表面的面积以及每个高度段或深度段占全部

表面面积的百分数。在图2—1a 中这些百分数绘在水平间距的中点上，连接 它们的线表明固体地球的表面高度集中在两个水平上：一个相当于大陆地台，另一个相当于大洋盆底。

表2—2中举出的、在每一高度或深度下限之上的全部表面面积的累积面积是通过把所有较高或较深的面积相加而得出的；例如高度大于海平面上 3 公里的全部面积（以百万平方公里计）为8.5，即0.5、2.2和5.8的总和。这种积累面积在图2—1b中 相对于 高度或深

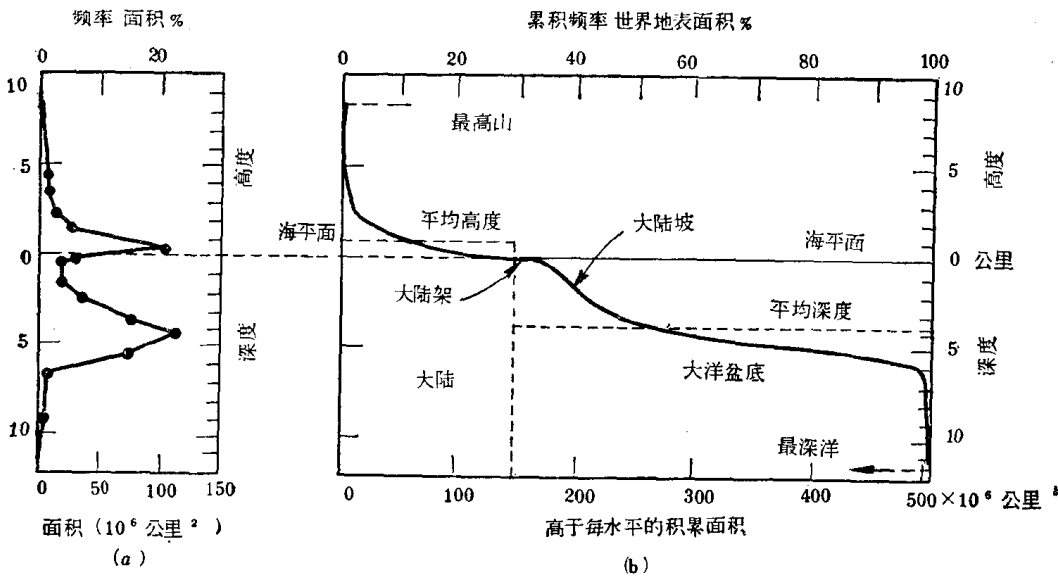


图 2—1 固体地球各个水平间的面积分配

(a) 频率分配；(b) 累积高深曲线。

表 2—2 地球表面的高、深度*

高度或深度段 (公里)	面 积		累积面积 (高于每段的下限)	
	$\times 10^6 \text{公里}^2$	%	$\times 10^6 \text{公里}^2$	%
海平面以上，最大高度，珠穆朗玛峰，8.848公里，平均高度，0.875公里				
> 5	0.5	0.1	0.5	0.1
4—5	2.2	0.4	2.7	0.5
3—4	5.8	1.1	8.5	1.6
2—3	11.2	2.2	19.7	3.8
1—2	22.6	4.5	42.3	8.3
0—1	105.8	20.8	148.1	29.1
海平面以下，最大深度，马里亚纳洋沟，>11公里，平均深度，3.729公里				
0—0.2	27.1	5.3	175.2	34.4
0.2—1	16.0	3.1	191.2	37.5
1—2	15.8	3.1	207.0	40.6
2—3	30.8	6.1	237.8	46.5
3—4	75.8	14.8	313.6	61.5
4—5	114.7	22.6	428.3	84.0
5—6	76.8	15.0	505.1	99.0
6—7	4.5	0.9	509.6	99.9
7—11	0.5	0.1	510.1	100.0

* 大洋数据是根据米纳尔德和史密斯(1966)的资料列出的。大陆数据是根据E. 科西纳引自沙伊德格(1963)的资料。