

56.2535
03096

高等学校试用教材

地震地质学基础

黄培华 金凤英 丁宝田 韩 健 编



2535

地震出版社

高等学校教学用书

地震地质学基础

黄培华 金凤英 丁宝田 韩 健 编

地震出版社

1982

内 容 提 要

本书扼要地讲述了地质学和地震地质学的基本理论和研究方法,并对卫星影像解释、古地震研究、构造地震成因及其力源的探讨等方面的较新科研成果作了介绍。本书内容全面,浅显易懂,为地震地质学科的入门书。

地震地质学基础

黄培华 金凤英 编
丁宝田 韩 健

地震出版社出版

北京复兴路63号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

787×1092 1/16 15.25印张 1插页 371千字

1982年9月北京第一版 1982年9月北京第一次印刷

印数: 0001—5500

统一书号: 13180·181 定价: 1.60元

前 言

本教材是根据高等院校地球物理和地壳形变测量等专业的教学需要编写的。对于从事地震预测预报的地球物理和地壳形变测量工作者来说，除了要掌握本专业的知识外，还必须懂得地质学的基本原理，掌握地震地质方面的专业知识。本教材的内容就是基于这一要求而编写的。

全书共八章。第一、二章介绍地球的形状、结构和物质组成，由武汉测绘学院丁宝田编写；第三章是地质年代、地史，由天水地震学校韩健编写；第四章是地质构造，由北京大学金凤英编写；第五、六章是地震活动的构造背景和对活动构造的研究，由中国科学技术大学黄培华编写；第七章是地震烈度区划和宏观调查，由北京大学金凤英编写；第八章介绍有关大地构造假说对地震活动规律和构造地震成因的探讨，以及有关的构造运动动力来源问题，由中国科学技术大学黄培华编写。另外，云南大学杨朝樑、天水地震学校白启圣、中国科学技术大学周导之等也参加了部分章节的编写。书中插图由韩健、俞霞芳、刘少惠等清绘。全书由黄培华主编。

本教材吸取了部分国内外新的科研成果，加强了对高温高压矿物、板块接触带的蛇绿岩套和混杂岩、卫星图象解释、古地震研究、构造地震成因及其力源问题等近年来发展较快的几个方面的阐述。全书内容比较简要，亦可作为培训地震工作人员使用的教材。

本书经全国地震专业教材编审委员会审定。在编写过程中和完稿后曾得到长春地质学院谢宇平、云南大学杨朝樑、武汉地质学院彭一民和赵其强、河北地质学院魏世英、国家地震局地质研究所高名修等同志的热情帮助和审阅。此外，国家地震局分析预报中心强祖基、国家地震局地震地质大队刘光勋、南京大学丁幼文和安徽省地震局刘盛武等同志也对本教材提出了宝贵意见。在此一并致谢！

对于地震地质学基础这一类型教材的编写，在我国尚属初次尝试。由于编者的经验和水平有限，缺点错误在所难免，希望使用本教材的广大师生和各方面的同志批评指正，以便今后进一步修订。

编 者

一九八〇年五月于北京

目 录

绪 论	(1)
第一章 地球的形状和结构	(3)
第一节 地球的形状	(3)
第二节 地球外部圈层结构	(4)
第三节 地球表面的特征	(6)
第四节 地球的物理性质	(10)
第五节 地球内部圈层结构	(16)
第二章 地球的物质组成	(20)
第一节 矿物	(20)
第二节 岩石及其形成过程	(33)
第三节 地球内部各圈层的物质组成	(57)
第三章 地质年代与我国地史概述	(59)
第一节 地层的划分和对比	(59)
第二节 地层单位与地质年代表	(66)
第三节 我国地史概述	(70)
第四章 地质构造	(82)
第一节 地壳运动与岩层产状	(83)
第二节 褶皱构造	(93)
第三节 断裂构造	(98)
第四节 地质构造图	(117)
第五章 地震构造与地震成因	(122)
第一节 地震分布与成因类型	(122)
第二节 活断层与地震	(127)
第三节 岩石力学性质的实验研究	(129)
第四节 活动构造区的某些深部构造特征	(135)
第五节 诱发地震	(140)
第六章 活动构造研究	(145)
第一节 地质地貌法	(145)
第二节 陆地卫星图象的应用	(148)
第三节 地壳形变测量资料的分析	(155)
第四节 古地震研究	(162)
第五节 现今构造应力场研究	(168)
第七章 烈度区划和地震宏观调查	(176)

第一节 烈度区划.....	(176)
第二节 地震宏观调查.....	(181)
第三节 震害预测.....	(192)
第八章 几种大地构造假说对地震活动规律的解释	(197)
第一节 我国发生强震地区的地震地质特征.....	(197)
第二节 地质力学观点对地震活动规律的解释.....	(208)
第三节 断块观点对地震活动规律的解释.....	(213)
第四节 板块观点对地震活动规律的解释.....	(219)
第五节 构造地震成因问题和构造运动的力源问题.....	(229)
主要参考文献	(237)

绪 论

一、地质学和地震地质学的研究对象

(一) 地质学的研究对象

地质学是一门研究地球及其演变的科学。目前研究的重点仅仅是地球表层——地壳和上地幔顶部厚约几十至百公里的岩石圈。近年来,随着高温高压实验和陨石研究的进展,以及航天技术的发展和登月的成功,地质学研究的领域不仅从地球表层深入到了地幔和地核,而且还扩展到了对月球和太阳系行星的研究。

地质学研究的内容十分广泛,随着生产的需要和科学技术的发展,其研究的范围也在逐渐扩大,新的分支学科不断涌现,特别是在应用地质方面表现更为突出。现将与本课程有关的地质学的主要分支学科简述如下:

矿物学和岩石学——前者研究矿物的化学成分、物理性质、分类、成因和用途,后者主要研究岩石的化学成分、矿物组合、成因、分类和用途。

构造地质学 and 大地构造学——前者研究岩层及岩体的产状、变形,各种构造型式分布、成因和发展过程;而后者则研究地壳及上地幔顶部构造的发生、发展及其原因。

古生物学——研究地质时代的古动物和古植物的分类、鉴定、分布及其演化的历史。

此外,还有结晶学、矿床学、地史学等等。

与地质学相近的一些边缘学科有:地貌学、地球物理学、地球化学和地球动力学等等。在应用地质学方面最主要的分支学科有:石油地质学、煤田地质学、水文地质学和工程地质学等等。后来,在地质学的范畴内又增加了不少新的学科,如地震地质学、环境地质学、海洋地质学、同位素地质学、深部地质学、数学地质学、遥感地质学和行星地质学等等。

(二) 地震地质学的对象和内容

地震是地壳运动的一种表现形式。地震地质学是一门介于地震学与地质学之间的边缘学科,是用地质学的基本理论指导研究地震发生及其活动过程的物质基础、地质构造条件和动力学过程,探索地震成因及其活动的规律,为地震预测和预防服务的一门科学。

地震地质学涉及的问题十分广泛,研究的内容概括起来有以下几个方面:

(1) 研究地震活动的空间分布、迁移、活动周期和地震活动的各种统计规律,寻找与地质环境,特别是与活断层(活构造)间的关系;(2) 研究活断层(活构造)的活动原因、活动方式、活动幅度、断层活动的动力过程和应力条件,探索其与地震力源、地震孕育及发生的内在联系;(3) 研究地震成因,进行地震区划,为地震预报、震害预测和工程抗震服务。

为了完成地震地质学的上述研究内容,实现这一目的,还需要借助于邻近有关学科的理论和方法。它不仅与地震学和地质学有直接亲缘关系,而且与地球物理学、测量学、地球化学、地貌学、考古学、断裂力学、地球动力学以及遥感遥测技术等关系也十分密切。此外,在考虑工程抗震时,还涉及到土质学与土力学、水文地质学、工程地质学、工程力学等有关学科。

显然,应用地球物理学和测量学从事地震研究时,也必须具备地质学和地震地质学的基

本理论知识。没有地质学的知识,就不能正确地解释所观测到的地球物理现象。另外,地震与断层(活构造)的活动有直接关系,对活断层进行形变测量和地球物理场的动态观测,无疑是揭示地壳运动最有效的手段。从这方面来说,对于未来从事研究地震成因和地震预测的地球物理和测量工作者来说,如果不具备必要的地震地质知识是很难胜任这一重任的。

二、本课程设置的目的是要求

本课程主要为地球物理和形变测量等专业的学生以及从事地震工作的有关人员学习地震地质学而开设的。全书共分八章。第一章介绍地球的形状和结构,以初步建立地球的整体概念;第二章概述地球的物质组成,重点是认识矿物和岩石,了解地壳、地幔和地核的物质组成;第三章用地壳演化的观点阐述了地质年代与我国地史;第四章介绍地质构造,特别是断裂构造;第五章讨论地震与地质构造的关系;第六章介绍有关活动构造的研究;第七章讲述烈度区划和地震宏观调查,重点介绍地震现场的宏观调查方法;第八章阐述地质力学观点、断块观点和板块观点的基本理论,及其对地震活动规律的解释,并扼要介绍有关构造地震成因及其动力来源等问题的研究概况,以开阔学生的思路。

通过本课程的学习要求达到:(1)认识主要的矿物和岩石;(2)识别构造的基本类型,特别是断裂构造类型;(3)学会分析一般地质图;(4)理解地震与活动断裂的关系;(5)了解地震地质工作方法;(6)掌握不同学术观点对地震活动规律的解释。

地震地质学在我国是在解放后,特别是1966年邢台地震以来通过对多次强烈地震的实践发展起来的一门新兴学科。在短短的十多年间,已经取得了很大的进展,积累了丰富的实际资料。但是,也应该看到,这门学科目前在理论上还不够成熟,方法上也不很完善。因此,本教材中所采用的有些研究成果和论点,有的还有待于今后实践的检验。可以相信,随着科学技术的发展,地震地质学在反复的实践中,必将日益得到发展和趋于完善。

第一章 地球形状和结构

第一节 地球的形狀

地球是宇宙中的一颗很小的星体，是太阳系行星家族中的一个成员。宇宙飞船所拍摄的地球形态照片，显示地球形态略呈扁圆球形。



照片 1-1 阿波罗宇宙飞船拍摄的地球照片

地球凹凸不平的表面，有高 8848.13 米的世界最高峰——喜马拉雅山的珠穆朗玛峰，也有深 11034 米的世界最深渊——太平洋的马里亚纳海沟。两者高差近 2 万米。若将这样的起伏幅度与地球半径（6371 公里）相比，约占三百二十分之一。因此，它仅对地球形状的细节有所影响，而对地球的基本形状无重大改变。

地球是一个近似于绕椭圆短轴旋转的椭球。由于地球内部物质分布不均匀，致使它的形状呈不规则的旋转椭球。

地球的形状，是指全球大地水准面所构成的形状。大地水准面，即是与平均海面重合并伸展到大陆以下的水准面。测量结果表明，全球大地水准面所组成的形状是很不规则的。

为了具体表示地球形状的不规则性，可以先确定一个与地球形状最接近的旋转椭球体作参考扁球体。它的表面，称为参考扁球面。然后，再确定一个全球性的大地水准面，将两者

相对比。根据大地水准面对参考扁球面的偏离,就可以确定地球的真实形状。

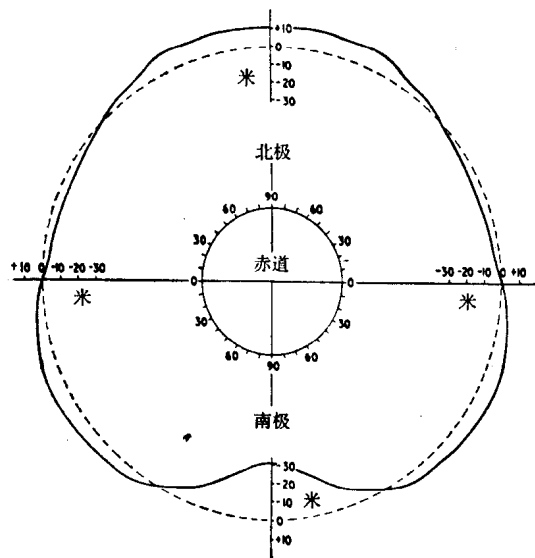


图 1-1 大地水准面(实线)和参考扁球面(点线)的偏离

人造地球卫星轨道资料表明,大地水准面所构成的地球形状近似梨形(图 1-1)。北极略隆起,大地水准面对参考扁球面的偏离是 +10 米;南极略凹进,偏离为 -30 米。上述两者的偏离与地球半径相比是很小的,以南极的偏离来说,仅为地球半径的二十一万分之一。

有关地球形状的数据,目前一般采用:

赤道半径(a)=6378.164 $\pm$ 0.03 公里;

极半径(c)=6356.779 公里;

赤道半径:极半径($a:c$)=300:299;

平均半径 $[(a^2c)^{1/3}]$ =6371.03 公里;

扁率 $[(a-c)/a]$ =1/298.25=0.0033529;

表面积=5.1007 $\times 10^8$ 平方公里;

体积=1.0832 $\times 10^{12}$ 平方公里。

1975 年在第 16 届国际大地测量与地球物

理协会上,进一步建议下列数值作为代表性估计数值:

赤道半径(a)=6378.140 $\pm$ 0.005 公里;

扁率=1/(298.257 $\pm$ 0.0015)。

第二节 地球外部圈层结构

整个地球在结构上,根据物质的不同状态和组成可以分为若干个同心圈层。由外到内有:大气圈、水圈、生物圈、地壳、地幔和地核。本节主要介绍外部圈层。

一、大气圈

环绕地球的空气层称为大气圈。总质量估计为 5.136×10^{15} 吨,占地球总质量的 0.00009%。由于地球有强大的地心吸引力,大气圈 79% 的质量都集中在海平面以上 18 公里范围内。自大气圈再向外,无明显的边界,而是逐渐向星际空间过渡的。根据人造地球卫星资料,在二、三千公里的高空仍有稀薄的空气存在;甚至到了一万六千公里的高空,也还存在着极稀薄的气体。

大气的密度和压力与高度成反比。在 0°C 条件下,干燥空气的气压直减率为每上升 20 公里,气压减小 10 倍(限于 60 公里高度以下)。另外,气压也与温度成反比。大气的温度随高度变化而变化,通常根据大气中温度随高度垂直分布的特征,可将大气圈划分为对流层、平流层、中间层、热层和外大气层等(图 1-2)。

(一) 对流层 该层是大气圈底部对流运动显著的大气层,与地表联系最密切,受地表影响最大。它的厚度随纬度、季节及其他条件而异。在赤道地区约为 16—18 公里,中纬度地区约为 10—12 公里,两极约为 7—10 公里。一般夏季较厚,冬季较薄。对流层的温度主要来自地面辐射热(即地面受太阳照射并以辐射形式向上空放出的热量,地面温度愈高,辐射愈

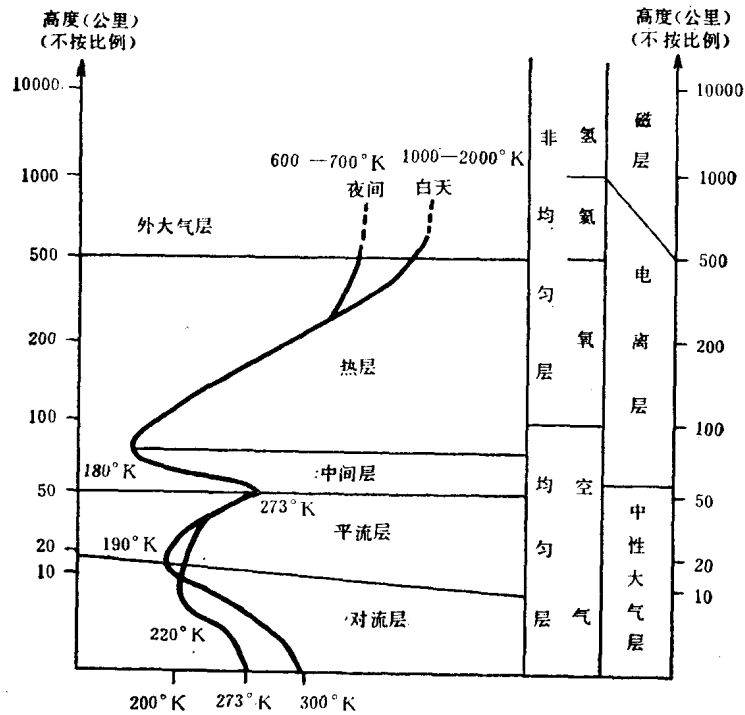


图 1-2 大气圈分层示意图

强), 所以温度随高度增加而递减。从地面起, 至对流层上部止, 每升高 100 米, 温度降低 0.6°C 。在与平流层之间的过渡层——对流层顶, 温度略有升高。由于地面辐射热的加温作用, 使地面空气的体积膨胀和密度减小, 进而上升; 而上面的冷空气则因密度较大下降, 于是形成了热空气和冷空气的对流作用。这是对流层的主要特征。一切风、云、雨、雪、冰雹等天气变化, 都发生在该层中。

(二) 平流层 从对流层顶到距离地面约 50 公里的范围内, 大气多呈平流运动, 故称为平流层。该层是臭氧集中的层次, 它虽不受地面辐射热的影响, 但由于臭氧最能吸收太阳的紫外辐射热, 致使气温增高, 到平流层顶部温度达最大值。

(三) 中间层 系指平流层以上到 80—90 公里间的大气层。该层空气极其稀薄, 温度随高度增加而降低。

(四) 热层 系指中间层以上到 500 公里的大气层。由于该层氧分子大量吸收太阳紫外辐射热, 温度随高度增大而迅速升高。

(五) 外大气层 系指位于热层以上, 离地面约 500 公里以上的大气层。外大气层多为带电粒子组成, 其运动受地球磁力线所控制, 因此又称为磁层。该层上部边界在磁赤道上空向太阳一侧可高达 60000—70000 公里, 在地磁极附近稍低。外大气层的高度受太阳磁场影响而有变化。空气微粒在该层边缘磁力较弱部分可以渗漏逸散出去。自该层再向外, 便逐渐过渡到星际空间。

划分大气圈的方法很多。除上述划分方法以外, 也可以将离地面 100 公里以上的大气层, 按气体成分的重量划分为氧、氮、氢三层。另外, 还可根据大气粒子的电磁特性, 将大气圈

从下往上划分为：(1) 由地面至 60 公里高度的、有少量带电粒子的中性大气层；(2) 50—60 公里至 100 公里受太阳照射、气体分子电离为正离子和自由电子的电离层，其中以离地面 80—500 公里处电离密度最高；(3) 离地面 500 公里以上受地球磁力线控制，多为带电粒子组成的磁层。

二、水圈

地球表面大部分为海洋、江河、湖泊、沼泽、冰川等水体所占据，总称为水圈。水圈的质量约 1.45×10^{18} 吨，占地球总质量的 0.024% 左右。其中，海水占 97.2%，冰川占 2.1%，陆地水占 0.629%。由此可见，海水在水圈中占主要地位。假定地球表面是平坦的，全球水体均匀覆盖在地球平面上，则平均水深可达 2745 米。如果地球上的冰雪全部融化，则海水水面将普遍升高 70 米。海水的盐度平均为 3.5%，其中以氯化钠为主，其次是氯化镁、硫酸钙、氯化钾，以及少量的碳酸钙、溴、碘等。

根据万有引力法则，月球和太阳对地球会产生附加引力作用，地球表面的水体对此十分敏感。在此引力作用下，水面可发生周期性的升降变化，这就是所谓的潮汐现象，它不仅可由验潮站记录到，就是肉眼也能观察到。大陆地壳有类似的现象，称之为固体潮，但反应不如水体表面灵敏，起伏较小。引力的大小符合万有引力法则，与太阳、月球和地球的质量成正比，与彼此间的距离的立方成反比。就质量来说，太阳是月球的 2600 万倍，太阳引潮力是月球的 2600 万倍；就距离来说，日地距离是月地距离的 390 倍，即月球的引潮力是太阳的 390^3 倍（约 5932 万倍）。据二者综合结果，月球引潮力约为太阳引潮力的 2.17 倍。在朔望日，月球和太阳对地球的引潮力相叠加，发生大潮；而在上弦和下弦日，月球和太阳对地球的引潮力相互抵消，形成小潮。一些统计研究和实际观测表明，这种由太阳和月球的引潮力对地球施加的附加应力，在一定条件下对地震有触发意义。事实上，有不少地震发生在朔望日前后。因此，在某些地震活动与潮汐作用相关的地区，这可以作为预报发震时间的一种判据。

三、生物圈

生物圈是地球表面有机体（包括细菌）及其生存环境的总称。在大气圈、水圈、土壤和地壳岩石中，都有大量生物存在。它们生存的范围在大气中可达 6 公里以上的高空，在地壳岩石中，也可达到几百米的深度。自地球上出现生物以来，生物的活动，特别是人类大规模大规模的农业、工业和采矿活动，就成了改造地面最积极的因素。因此，生物也是促进地球表面演化的一种营力。

第三节 地球表面的特征

地球表面由陆地和海洋组成。地表总面积 (5.1×10^8 平方公里) 中，陆地面积为 1.49×10^8 平方公里，占 29.2%；海洋面积为 3.61×10^8 平方公里，占 70.8%。两者略成 1 与 2.4 之比。陆地多集中在北半球，占陆地总面积的 67.5%。一般把全球的大陆及其附属岛屿划分为七大洲，它们各自所占的面积及其最大高度如表 1-1 所示。

地球表面的海洋基本上是互相沟通的。洋是地球上广大连续水体的中心部分和主要部分，其深度大，透明度大，盐度和温度不受大陆影响。海是大洋的边缘部分，面积较小，深度也较小，盐度和温度受大陆的影响显著，占海洋总面积的 11%。在全世界，根据海岸线的

表 1-1 各大洲大陆和岛屿的面积及其最大高度

各大洲名称	总面积 (万平方公里)	大陆面积 (万平方公里)	岛屿面积 (万平方公里)	最大高度 (米)
亚洲	4420	4150	270	8848
欧洲	995	920	75	5633
非洲	2982	2920	62	6010
北美洲	2410	2000	410	2234
南美洲	1775	1760	15	6187
大洋洲	890	760	130	7035
南极洲	1407	1400	7	4572
总计	14900	13910	990	

表 1-2 各大洋的面积和深度

大洋名称	面积 ($\times 10^6$ 平方公里)	占海洋总面积 (%)	占全球面积 (%)	最大深度 (米)	平均深度 (米)
太平洋	166.2			11034	4188
太平洋连同相邻各海	181.3	50.1	35.4		3940
大西洋	86.1			8750	3736
大西洋连同相邻各海	94.3	26.0	18.4		3575
印度洋	73.4			7450	3872
印度洋连同相邻各海	74.9	20.5	14.5		3840
北冰洋	9.5			5180	1330
北冰洋连同相邻各海	12.3	3.4	2.4		1117

轮廓、底部起伏和水文特征共为四大洋。各大洋的面积和深度列于表 1-2。

一、陆地地形

按照高程和起伏变化，陆地地形可分为山地、丘陵、平原、高原、盆地和洼地等类型。

山地是海拔高度在 500 米以上和相对起伏在 200 米以上的各种山体的总称。其中海拔高度为 500—1000 米、相对高度为 200—500 米的山体称为低山；海拔高度为 1000 米—3500 米、相对高度为 500—1000 米的山体称中山；海拔高度大于 3500 米、相对起伏大于 1000 米的山体称为高山；海拔高度大于 5000 米的山体称为极高山。我国的山地在西部大多为高山和极高山，中山大部分分布在兰州—成都—昆明一线以东和太行山—雪峰山一线以西，低山主要分布在东部地区。

具有线状延伸的山体称为山脉，如喜马拉雅山脉。在世界上，高大的山脉是地壳运动强烈隆起的地带，年青的山脉则往往是现今地震活动频繁的地带，有的还伴有火山活动。

丘陵的海拔高度一般不超过 500 米，相对高度小于 200 米，如我国东南沿海丘陵地区。

平原的地势平坦或略有起伏，一般分布在山地与海洋之间，或内陆山地之间。其中，海拔在 200 米以下的称低平原，如华北平原；海拔 200—600 米的称高平原，如成都平原。

高原的海拔高度在 600 米以上，地面宽阔平坦或略有起伏。如我国青藏高原，海拔 4000 米以上，是世界上最高的高原。

四周为高原或山地、中央低平、形似盆状的地形类型为盆地，如四川盆地。有的盆地地势低洼，甚至低于海平面以下，称为洼地，如我国新疆吐鲁番盆地中的鲁克沁洼地，其中艾

丁湖湖面在海平面以下 154 米。

地球表面的陆地地形以 100 米以下的低山、丘陵和平原分布最广，共有 1.06×10^8 平方公里，占地球总面积的 20.5%。其中又以平原地形为主，面积达 0.944×10^8 平方公里，约占地球总面积的 18.5%。大于海拔 5000 米的极高山，所占的面积最小，为 0.5×10^6 平方公里，仅占地表总面积的 0.1%。

二、海底地形

近年来，由于海底探测技术的迅速改进和发展，获得了大量的可贵的海底地形资料。海底地形并非象过去想象的那样平坦，而是与陆地一样起伏不平，高低相差更甚于陆地。根据海底地形的基本特征，把海底分为大陆边缘、大洋盆地和洋脊三大类型。它们的面积及其所占的百分比见表 1-3。

表 1-3 海底地形类型的面积

地形类型		面积($\times 10^6$ 平方公里)	占海洋面积(%)	占地球面积(%)
大陆边缘	大陆架、大陆坡	55.4	15.3	10.9
	大陆阶	19.2	5.3	3.8
	岛弧、海沟	6.1	1.7	1.2
大洋盆地	深海盆地	151.5	41.8	29.7
	火山、海峰	5.7	1.6	1.1
	海底高地、海岭	5.4	1.5	1.1
洋脊		118.6	32.7	23.2

(一) 大陆边缘 它是大陆与大洋连接的边缘地带，包括大陆架、大陆坡、大陆阶以及海沟和岛弧。

1. 大陆架或大陆棚是指水深 200 米以内的围绕大陆的平坦海底，坡度小于 0.1° (图 1-3)。大陆架的宽度在各大洋边缘并不是相等的，有些地区宽达 1000 公里，如北冰洋的欧亚大陆沿岸；有些地区则很窄，甚至缺失，如南美大陆西岸与太平洋盆地之间仅以海沟相隔。我国大陆架的宽度为 100 多公里到 500 公里以上。

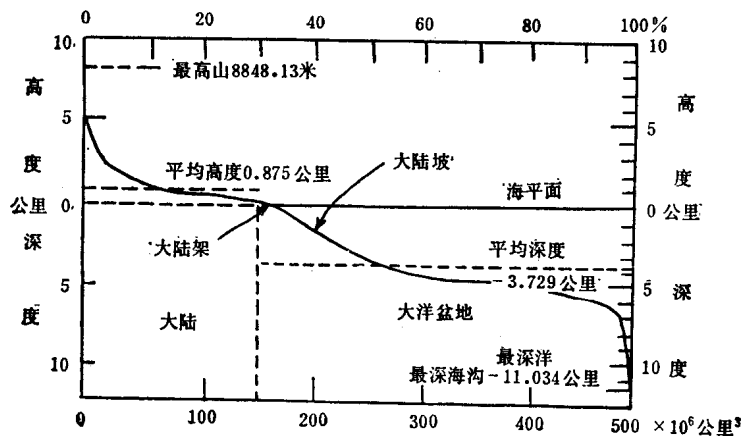


图 1-3 海陆起伏曲线图

2. 大陆坡系大陆架的外缘,坡度较陡,平均为 4.3° , 最大可达 20° 以上,深度可达 1400—3200 米,宽度为 20—90 公里,平均 28 公里。

3. 大陆阶处于大陆坡与大洋盆地之间较平坦的地区, 坡度仅 $1/700$ — $1/100$, 一般水深 2000—5000 米,平均 3700 米。地球物理测量表明,许多大陆阶是由沉积物充填海沟所形成的。因此,存在海沟的地区没有大陆阶地形,如太平洋是现在海沟发育的地区,大陆阶就不断发育;而在海沟不发育的地区,如印度洋和大西洋,大陆阶便较为发育。此外,在注入海洋的大型河流水下延伸部位,常有切过大陆架和大陆坡的海底峡谷,通过峡谷的海流携带出的物质,一部分覆盖在大陆坡上,一部分堆积成大陆阶。

4. 海沟和岛弧,位于大陆地壳和大洋地壳的过渡地带。岛弧以西太平洋环亚洲大陆边缘的一系列弧形岛链最为典型。在岛弧靠近大洋一侧,无例外地分布着一条条深海沟。宽不过几十到一百多公里,可是深度一般都在 6000 米以上。海沟的横剖面成 V 形,底部仅宽约 0.5—3 公里(如图 1-4 所示),长度可达数百公里至数千公里。最长的海沟——南美洲西岸秘

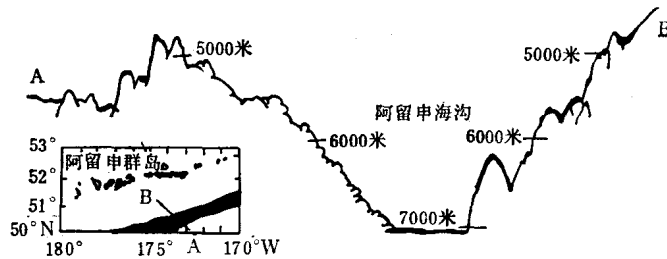


图 1-4 阿留申海沟横剖面

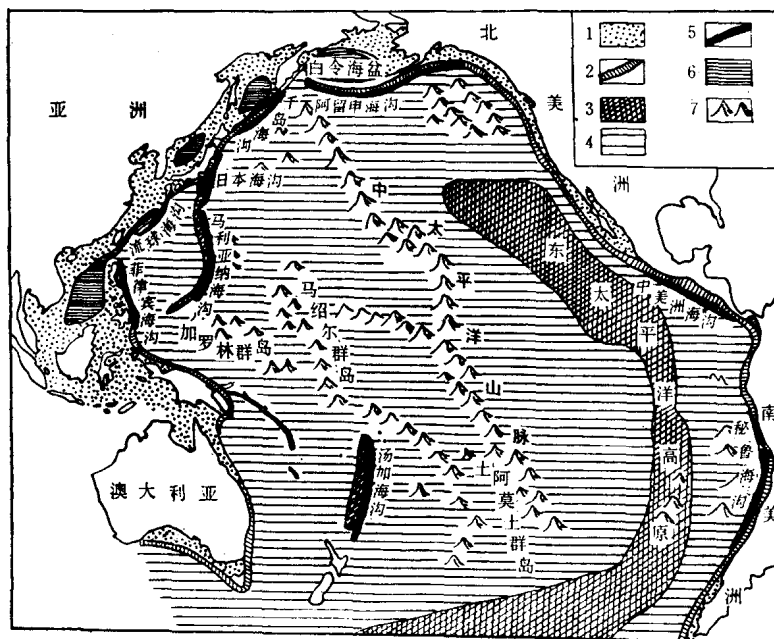


图 1-5 太平洋底地貌

1. 大陆架; 2. 大陆坡; 3. 海底山脉或高原; 4. 海盆; 5. 海沟; 6. 大陆边缘海; 7. 海底山脉

鲁—智利海沟，长达 5200 公里，最大深度为 8064 米。世界上深度大于 7000 米以上的海沟有 23 条，它们大多数位于太平洋边缘(图 1-5)。最深的海沟是西太平洋带的马里亚纳海沟(见表 1-4)。

表 1-4 太平洋边缘深度超过九千米的海沟

海 沟 名 称	最 大 深 度 位 置 (米) (经纬度)	长 (公里)	宽 度 (公里)
马里亚纳海沟	11034 (11°20.9' N, 142°11.5' E)	2550	70
汤加海沟	10882 (23°15.3' S, 174°44.7' W)	1400	55
千岛—堪察加海沟	10542 (44°15.2' N, 150°34.2' E)	2240	120
菲律宾海沟	10265 (10°23.8' N, 126°40.5' E)	1400	60
克马德克海沟	10047 (31°52.8' S, 177°20.6' W)	1500	60
小笠原海沟	9810 (29°05.9' N, 142°53.5' E)	850	90
沃尔卡诺海沟	9156 (24°17' N, 143°23' E)		
布干维尔海沟	9140 (6°34.5' S, 153°55.8' E)	500	50

(二) 大洋盆地 它是海洋的主体，约占海洋总面积 45%，主要由深海盆地和海底高地所构成。深海盆地为水深 4000—5000 米开阔的水域盆地，盆地中有地势极为平坦的深海平原，其坡度小于 1/1000，甚至为 1/10000。在深海平原上，分布有孤立的高地或高山，主要有两种类型：一种是呈锥状突起的、高于海底平原 1000 米以上的海峰；另一种是火山成因的、被海浪削平且盖有生物碎屑灰岩的海底平顶山，亦称盖约特。它在太平洋中最为发育。海底高地，系指没有火山活动的较开阔的隆起区。如大西洋中的百慕大海底高地。此外，还有一种属大陆地壳性质的长条状隆起高地，它是陆地下沉到海底的残余部分，与洋脊有本质的区别。

(三) 洋脊 又称为海岭。它是矗立在大洋中部洋底的巨大山脉，高出海底 2000—4000 米，宽达 1000 公里以上，呈线状绵延于四大洋，长达六万多公里，可谓星球规模的巨型构造。研究表明，洋中脊是熔融的地幔物质涌出地壳后冷凝而形成的，它既是地球表面最重要的火山活动带，同时也是地震带。按其发育特征可分为两种基本类型：一种是洋脊轴部具有宽数十公里，深 1000—2000 米的中央裂谷的，称为中脊，以大西洋中央分布的中脊最为典型；另一种地势比较平缓，中央裂谷不发育，称为中隆，如东太平洋中隆。洋脊常被一系列横向断裂所错开，错动规模达数百公里，甚至上千公里，如太平洋中的门多西诺断层，长达 1140 公里。现在把这类断层叫转换断层。

第四节 地球的物理性质

一、地球质量和平均密度

根据牛顿万有引力定律，可以用下式求得地球的近似质量(M)：

$$M \approx gr^2/G$$

式中： g (重力加速度)=981 厘米/秒²； r (地球平均半径)=6371.03 公里； G (引力常数)= 6.672×10^{-8} 达因·厘米²/克²。由此算得： $M \approx 5.97 \times 10^{27}$ 克。

更精确的计算，应当考虑地球的自转和扁率的影响，即与 $\omega^2 r_e / g_e$ 有关(ω 为地球自转

角速度, r_e 为地球赤道半径, g_e 为地球赤道重力加速度)。这样算出的地球质量 $M = 5.976 \times 10^{27}$ 克。

地球的平均密度 $\bar{\rho} = M / (4/3)\pi r^3 = 5.517$ 克/厘米³。

从地表岩石密度来看, 常见的花岗岩密度为 2.67 克/厘米³, 玄武岩密度为 2.85 克/厘米³, 它们仅是地球平均密度的 1/2。这清楚地表明, 地球内部物质的密度不但高于花岗岩和玄武岩, 而且高于地球的平均密度。一般而言, 地球内部的密度随深度而逐渐增加。

目前, 地球内部的密度是根据地震波在地下各深度的速度变化(图 1-6) 和给出的某些假设而推导出来的。例如, 布伦的密度分布模式(K.E.Bullen, 1970)就包括以下一些假设:(1)

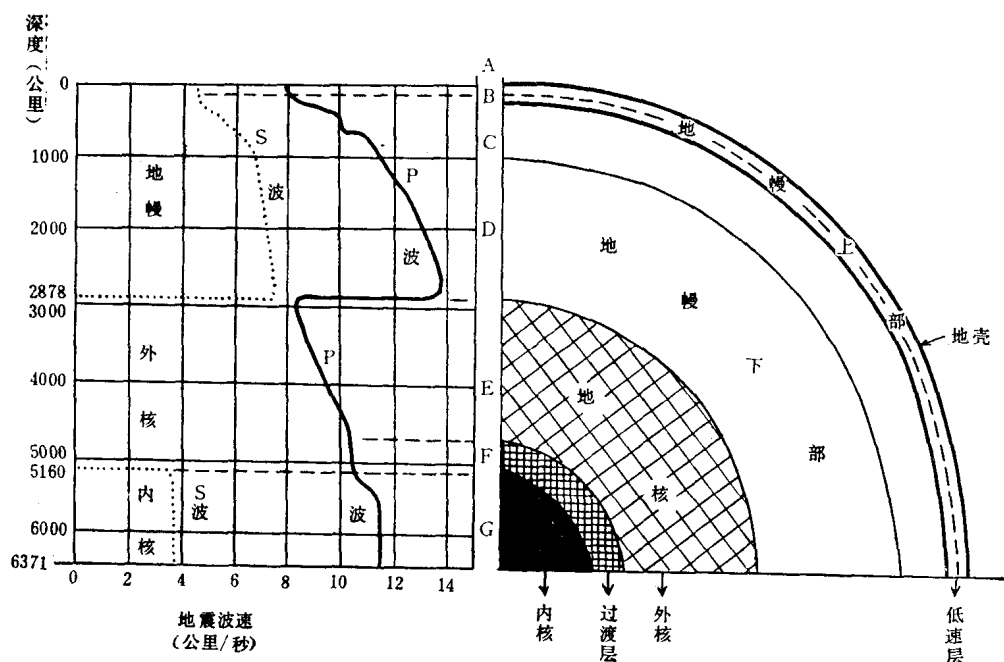


图 1-6 地球内部结构及 P 波和 S 波的速度分布

把地球近似地看作是由同心球层组成的, 平均地壳厚度为 15 公里; (2) 设地幔顶部的密度为 3.31 克/厘米³; (3) 设地心的密度为 13 克/厘米³; (4) 取地球的转动惯量为 $0.3309 Mr^2$ 。此外, 还采用了各种经验关系式和其他有关数据。他得出的地球内部密度分布如图 1-8 D 和表 1-5 所示。

表 1-5 地球内部的密度分布(据布伦)

深 度 (公 里)	密 度 (克/厘米 ³)
0—15 (地壳)	2.84
15—350	3.31—3.52
350—850 } (地幔)	3.56—4.44
850—2878	4.44—5.62
2878—4711 (外核)	9.89—12.26
4711—5161 (过渡层)	12.26—12.70
5161—6371 (内核)	12.70—13.00