

深海底和大陆架

海洋地质调查局

目 录

第一章 海底地形	1
一、大陆和海洋.....	1
二、海底地形.....	4
第二章 板块构造	8
一、板块构造的基本原理.....	8
二、板块运动的方向和速率.....	9
三、板块和板块运动的变化.....	14
第三章 中央海岭的板块构造	19
一、中央海岭系.....	19
二、转换断层.....	21
三、断裂带地形.....	25
四、海岭和海隆的地形.....	28
第四章 海沟的板块构造	31
一、板块俯冲.....	31
二、海沟附近的地震.....	32
三、重力异常.....	34
四、地壳热流量和火山活动.....	36
五、海沟斜坡地形和加积体.....	37
六、边缘海.....	41
七、俯冲边界的类型.....	41
八、俯冲边界的演化.....	44
第五章 洋底地形	45
一、海底火山活动.....	45

二、海底平顶山和环礁·····	48
三、火山群·····	50
四、孤立的高地·····	53
第六章 海洋的演化 ·····	54
一、海洋的形成·····	54
二、幼年期的海洋·····	55
三、壮年期的海洋·····	55
四、老年期的海洋·····	56
五、消亡期的海洋·····	57
第七章 深海沉积物 ·····	59
一、深海沉积物分类·····	59
二、陆源沉积物·····	60
三、生物源沉积物·····	64
四、化学源沉积物·····	69
五、宇宙源沉积物·····	75
六、沉积物的层序·····	75
七、沉积物和古环境·····	78
第八章 大陆边缘 ·····	82
一、大陆边缘·····	82
二、大陆架·····	83
三、深大陆架·····	96
四、大陆架成因·····	99
五、大陆边界地·····	106
六、大陆波·····	108
七、大陆隆·····	113
第九章 联合国海洋法会议和海底地形 ·····	115
一、内海、领海、公海·····	115

二、领海基线·····	116
三、领海界限线和边界线·····	120
四、经济水域和大陆架·····	122
第十章 海底利用 ·····	127
一、航海和海图·····	127
二、海洋土木工程·····	131
三、海底地形和渔业·····	134
四、海底矿产资源·····	136
五、地震预报·····	139
六、海洋开发和基础科学·····	146

第一章 海底地形

一、大陆和海洋

1. 假如没有海水

海洋是千变万化的，有时波浪滔天，有时风平浪静。那么，在碧蓝的海水下面隐藏着什么东西呢？地球表面的三分之二被海水所覆盖，假如没有海水，海底地形又是什么模样的呢？约在150年以前，我们就从科学的角度开始对海底进行过调查。近十年来，海底资料日益增多，本文根据这些资料来论述海底地形。

没有海水的海底是广阔的大洋底。地球表面高度的频率分布有二个峰值，即陆上为海拔0—1,000米，海中为水深4,000—5,000米，在此范围内，平坦面面积宽广（图1.1）。

2. 洋底的内部结构

地球表面的地形差异，实质上是地球内部结构在地表的反映。宛如用手指叩击西瓜的外皮，就能判断西瓜的成熟度一样，人们利用自然地震和人工地震，就能了解地球内部的情况。从地震调查资料来看，地球的结构与鸡蛋的结构相同。地核（最内部的称为内核）相当于蛋黄，地幔相当于蛋白，地壳相当于蛋壳。

陆壳和洋壳的差异甚大，陆壳由比重较小的花岗岩质层和比重较大的玄武岩质层组成。但是，洋底没有花岗岩质层，在玄武岩质层之上覆盖着薄薄的沉积层。陆壳的平均厚度为33公里，洋壳的平均厚度为7公里（图1.2）。

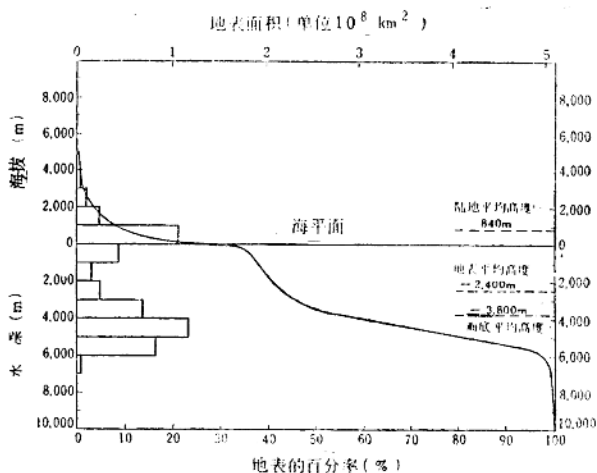


图1.1 地球表面的高度分布。左侧长方形的间距为1,000米，累计面积由曲线表示。

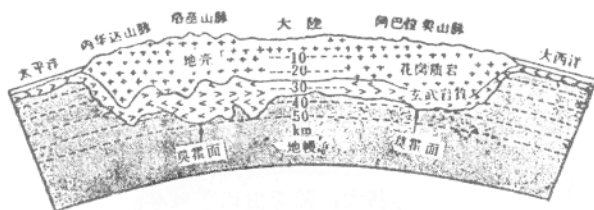


图1.2 陆壳和洋壳的厚度

地壳之下为地幔，纵波在其中的传播速度很快，为每秒为8公里以上。地壳和地幔以莫霍面为分界。最近，由于地幔内部的观察资料大量积累，所以能对地幔作详细划分。从地震波的传播状况来看，上地幔以地下约60—90公里为界，其上为坚硬的岩石圈，其下为柔软的软流圈。软流圈之下再次出现坚硬的中间层（中间圈）。在其边界附近，深约400公里及650公里处存在过渡层，但其确切的界限不清楚。中间圈底部约在2,900公里处，再往下为地核，现在对地核内部的划分比以前更详细了（图1.3）。

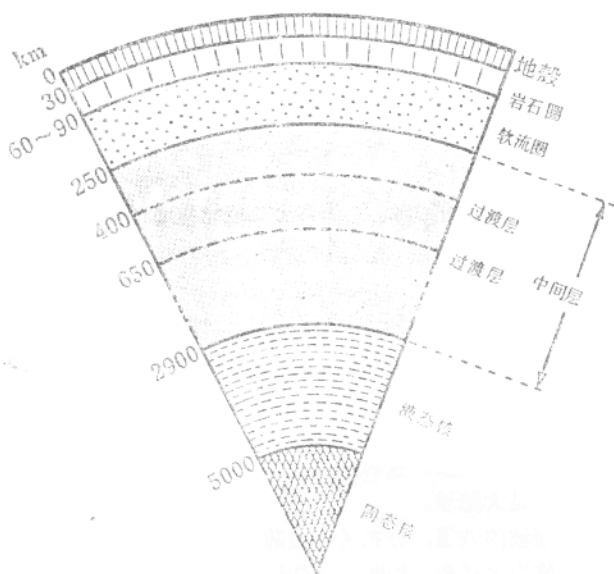


图1.3 地球内部结构

3. 板块

地球表面覆盖着坚硬的岩石圈壳。岩石圈又分为几个块段，就好像石板路上铺着石板一样，本文称之为板块。如果将地球切开观察，那么，板块是由岩石圈和地壳组成。海洋区域的板块具有大洋型地壳，大陆区域的板块具有大陆型地壳。我们分别称之为大洋板块和大陆板块。大陆板块比软流圈轻，大洋板块比软流圈重，并以不稳定的状态悬浮在软流圈之上。

大陆和海洋的内部结构有差异，尤其是地壳的质量和厚度差别很大。这种内部结构的差异表现为大陆和海洋高度的差异，结果使低的大洋板块被海水所淹没。

二、海底地形

根据模式图（图1.4），简要介绍经常提及的海底地形名称。

1. 大陆边缘的地形

大陆表面和海底表面之间的斜坡是地球上最大的斜坡。在太平洋周围地形表现尤为明显，分布在南美西海岸的陡崖的深度是喜马拉雅山脉高度的二倍，在三陆岸外，陡崖的比高为7,000米以上。上述特殊例子除外，通常洋底比大陆低5—6公里，并与全世界周围大陆相连接，这种平均比高为5公里，平均宽度为50公里的斜坡就是大陆坡。

在大陆坡的坡麓，分布着由大陆搬运来的沉积物形成的平缓的平原，称为大陆隆。切割了大陆坡之后形成的深谷叫做海底谷。它们有的延伸至大陆坡坡麓，有的则穿过大陆坡，终止于深海平原。在这些深海谷的终端，可见到类似冲积扇的圆锥状斜



图1.4 海底地形模式图

坡，称为海底冲积扇。

在大陆坡的上部，分布着呈平缓平原状的地形。这就是大陆架。其定义为，自大陆周边的低潮线开始，至海底坡度朝深海方向显著增加的浅水区域。正如后面叙述的那样，大陆架是在海平面下降时期由波浪侵蚀和沉积作用造成的地形。坡度变陡的边缘部分为大陆架外缘。然而，大陆架并非迅速就转变为大陆坡的，在大陆架和大陆坡之间可看到不规则起伏的地区。这种地区则为既不是大陆坡又不是大陆架的区域，称为大陆边界地（或者大陆边缘地区）。所谓大陆边缘，是指包括大陆架、大陆边界地、大陆坡、大陆隆在内的海底地形。

2. 海底地形

大陆边缘外侧即为洋底。通常，洋底代表了大洋板块的一般

深度,水深4,000—5,000米并具有一定起伏的区域较为宽阔。其中靠近大陆的部分被沉积物覆盖,形成了平缓的海底,称为深海平原。

几乎在世界大洋的中央都存在着巨大的海底山脉,这就是中央海岭。在中央海岭的山顶上,可见到有称为中轴谷的深谷。海岭的原意是指斜坡陡峭而狭长的海底高地。其定义是根据其形态命名的,该名称与地形规模及其地质构造没有关系。目前,有这样一种倾向,认为海岭的规模是相当大的。海隆是指坡度比海岭小、隆起幅度相当大的高地。中央海岭分为海岭型和海隆型两种,在海隆型的中央海岭上不具有中轴谷。宛如在中央海岭没有海岭一样,在海隆也没有中央海岭。中央海岭的概念不仅是指地形,而且还包括以后要叙述的组成板块边界的海岭,这方面要引起注意,不能混为一谈。

横切中央海岭的陡崖或海底崖、山、凹地三者相连接形成的狭长地带叫做断裂带。

中央海岭斜坡的洋底富有小的起伏,在远离中央海岭的地方,由于沉积物的覆盖,形成了平缓的地形。所谓海山,是指耸立在洋底之上比高为1,000米以上的孤立高地。其顶部的面积较小。其中,山顶是平坦状的海山,称为平顶海山(或者海底平顶山)。而比高在1,000米以下的海山称为海丘,但其界限不严密。海山密集分布的地带称为海山群,呈直线状排列的海山叫做海山列。

另外,凹地也是根据其形态进行分类的。尽管地形规模有大有小,但海盆的形状类似于正方形或者圆形,既浅又宽阔的长条状凹地称为海槽。

四周被陡坡所包围的狭长而深邃的凹地称为海沟。通常,海沟分布在大陆和大洋的边界上,与它相对应的为伴有活火山及深

源地震带的岛弧。在洋底之上还分布有斜坡很陡的狭长的凹地，有的人把它称为海沟，但大多数人认为是一种断裂带。海沟一词仅仅应用于俯冲板块的边界，这样就容易理解了。

此外，还有很多海底地形的术语，将在有关章节中分别加以阐述。

第二章 板 块 构 造

一、板块构造的基本原理

板块边界

地球表面覆盖着若干个不同的冷而坚硬的板块。这些板块漂浮于炽热而柔软的软流圈之上。这就是导致板块相对运动的原因。

板块相对移动时，板块间的相对运动只有会聚、离散、转换三种类型。由于板块是刚体，故它受到应力后，就会发生破坏并引起地震，而软流圈具有柔性，受到应力后缓慢地发生形变，不发生地震。那么，地震发生于板块边界还是板块内部？从地震的分布特征来看，确认多数地震分布在板块边界。据地震分布所划分的板块如图 2.1 所示。兹将三种类型的板块边界分别叙述如下。

a、会聚边界

在会聚边界，一个板块俯冲到另一个板块之下，或者两个板块发生重叠结为一体。由于具有较轻陆壳的大陆板块比软流圈轻，所以不发生沉陷。大洋板块较重，并以不稳定的状态漂浮着，当板块碰撞时，下沉到软流圈之中，最终熔化后被软流圈同化。俯冲板块的边界为海沟，伴有岛弧及科迪勒拉型山脉。另外，由于俯冲是大洋板块本身的重量引起的，所以，构成洋底的板块被逐步曳入软流圈，认为这是板块移动的原动力。在大陆板块之间的会聚边界，板块的双方都不发生俯冲，隆起粘合成大的山脉，喜马拉雅山脉那样的造山带就是这利例子。

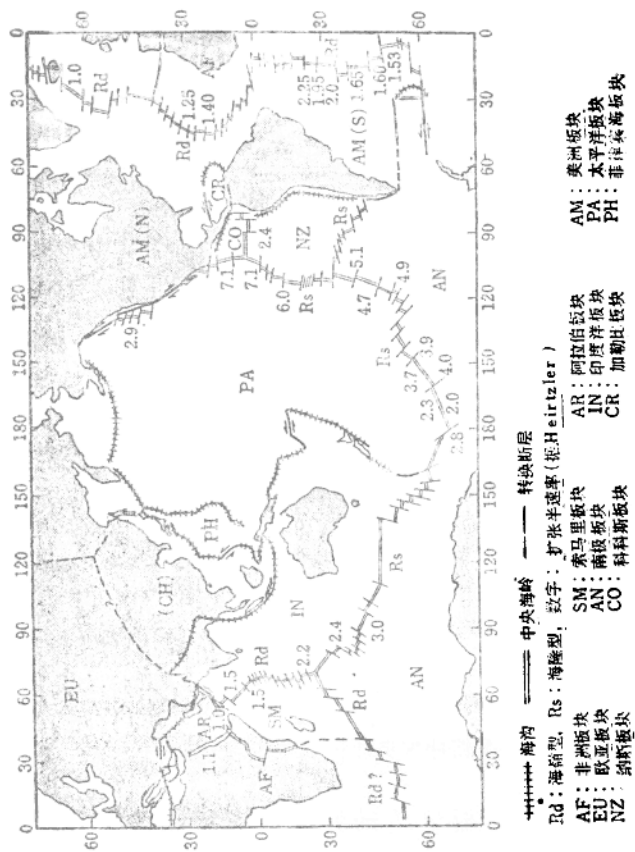


图2.1 世界板块的分布

b、离散边界

在离散板块边界，下部的软流圈上升到地表附近，在压力下降的同时形成了岩浆，并引起火山活动。由于炽热的软流圈向上隆起，故在地表形成了海岭和海隆。在中央海岭的中轴部，岩浆一面喷出地表一面在地下形成岩脉，其冷却后固结形成新的板块。中央海岭产生的新的板块向两侧离散，在移动过程中冷却，体积逐渐收缩且向深处下沉。随着板块的冷却，地下等温线变深，在板块底面，由于来自软流圈的熔融物冷却固结后粘附在板块上，故板块的厚度与年代同时增大。磁异常调查和深海钻探资料证实，离中央海岭越远，板块的形成年代就越老。

c、转换边界

在转换边界，板块既不产生又不消亡，两侧的板块相互碰撞引起地震，这就是转换断层。它意味着转换断层使地球表面形状发生变化。地球表面铺满了板块的块体，那么，所有的板块边界呈何种形式相连接呢？即，以海沟和海沟（T—T）、海岭和海岭（R—R）、海沟和海岭（T—R）的形式，通过转换断层相连接。从转换断层来看，转换断层的终点则成为海沟和海岭形状变化之处。

如上所述，板块产生于中央海岭，消亡于海沟。板块运动的模式如图 2.2 所示。板块运动也是一种热对流，但就板块构造运动而言，它不同于以往的地幔对流说，这是因为板块不是依靠地幔对流而移动，而是俯冲拖曳使板块本身发生运动。

二、板块运动的方向和速率

1. 板块运动的方向

由于板块上的任何一点都在运动，所以，只能测定板块之间

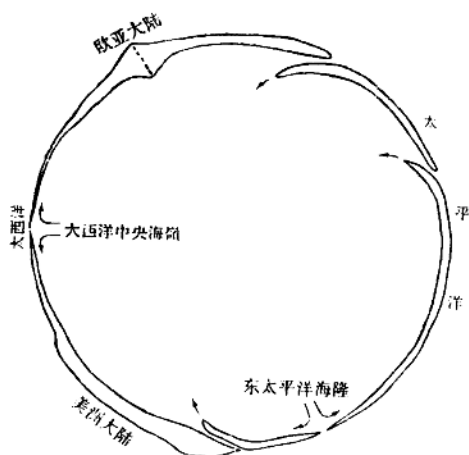


图2.2 板块移动及其边界布局示意图

的相对运动（板块的运动都是相对运动）。据其各种各样的现象，能推断出板块运动的方向和速率。

在转换板块边界（转换断层），板块运动的方向与其边界相平行。转换断层有R—R型、R—T型、T—T型三种类型，海沟侧的板块俯冲方向是不同的，可分为六种状态（图2.3）。随着时间的推移，图中所示的六种转换断层发生怎样的变化呢？R—R型时，R和R之间的距离不变，但其两侧转换断层的痕迹向远处延伸，这就是断裂带。因此，断裂带可表示板块的运动方向。断裂带能在R—T型的条件下产生，而不能在T—T型的条件下产生。

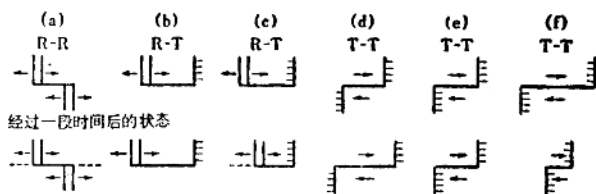


图2.3 各种转换断层及其时间变化

2. 板块运动的速率

根据磁异常及深海钻探资料，可获得该区域的形成年代，若去除至中央海岭的距离，就可求出板块运动的速率。

但是，因为板块运动是球面上的刚体位移，所以，通过以某一旋转轴为中心的旋转运动，原来的位置与移动后的位置重合。从平面上来解释这一问题容易理解的。当平面上的某图形移动时，两个图形对应点的连线的垂直二等分线往往相交于一点，如果把该点作为旋转中心，则通过适当的旋转，图形能重合。如把平面看作是无限大的球面，则上述情况是能够理解的。

调查能够证实，实际的板块运动是否作旋转运动，作为板块运动轨迹的断裂带是否构成小圆。与大西洋断裂带相直交的一系列大圆几乎相交在一个点上，这表明实际的板块运动是以该交点为极点，作旋转运动的（图2.4）。假如板块运动是旋转运动，那么，旋转轴附近的板块运动的速率变慢，赤道附近的旋转速率加快，已知它与磁异常所推断的实际板块运动速率相吻合。

另外，了解板块运动特性的方法是，首先根据海沟区域的地震，求出引起地震的断层移位，然后推断板块运动的方向和速率。

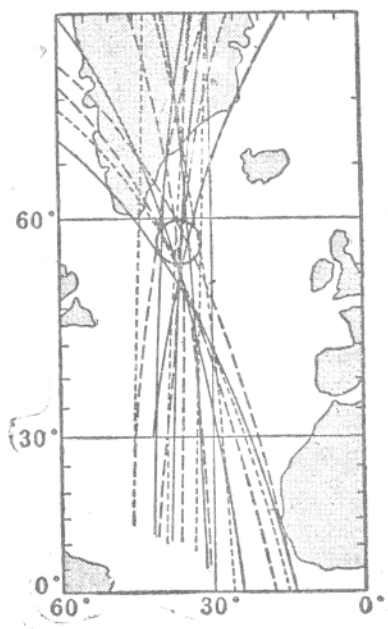


图2.4 与大西洋中央海岭的转换断层相直交的大圆

率。其结果，在一般情况下，海沟地形的延伸方向与板块运动的方向相斜交。在多数情况下，中央海岭中轴部的方向与板块运动的方向相直交。应该说原来的中央海岭与断裂带及转换断层并非相直交。但是，在相当长的时间内，中央海岭可能呈与板块运动的方向相直交的形状排列。是什么原因呢？那是因为该方向的反作用小的缘故。