

板块构造概论

安延恺 编

石油工业出版社

板块构造概论

5408/b6 安延恺 编

石油工业出版社

本书就板块构造中的几个问题，进行了探讨性地论述，主要内容有：板块构造的基本概念，大洋中脊与转换断层，用板块构造观点分析前寒武纪的构造演变，板块构造与地槽演变，岛弧和边缘海（盆）的特征与发展，以及板块构造与石油聚集等。

可供石油地质和地质专业技术人员、有关科研人员及院校师生参考。

板块构造概论

安延恺 编

石油工业出版社出版

（北京安定门外外馆东后街甲36号）

北京印刷一厂排版

大厂回族自治县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米32开本 2³/₈印张 49千字 印15,951—19,850

1979年2月北京第1版 1983年5月北京第3次印刷

书号：15037·2651 定价：0.27元

编者的话

新全球大地构造，也称板块构造，自国外近十几年来提出后，已成为地质科学上的一种新思潮。它比较完善地解释了过去长期以来悬而未决的许多重大地质问题。这是国外集中各有关学科的力量经多年协作后才总结归纳出来的。它利用了最新技术的成果，如古地磁和人造地球卫星的资料。从新技术这一角度来讲，由于众多的卫星资料对全球大地构造的全貌有了新的认识，从而使得过去的大地构造理论，不得不一改旧貌。

我国地质界过去曾经在地质力学方面作出了突出的成绩，并在实际工作中，发挥了这一理论的指导作用。但受旧的固定论的束缚在国外地质科学上是普遍存在的。譬如，关于矿床分布的规律，艾孟斯分带论早已不能自圆其说，斯米尔诺夫脉动成矿论也并不能用之四海。直到六十年代，国外才认识到来自硅铝层与来自硅镁层的矿床与沉积后再改造的矿床的重要性与根本差别。在石油成因方面，国外直到六十年代后期才正式承认陆相淡水环境完全可以生油，并逐渐认识到三角洲沉积与油、气藏的密切关系。至于大地构造方面，国外视为最复杂的阿尔卑斯构造，以前对于其中上百公里的错断都长期争论不休；那么相对于近年识出的上千公里的转换断层，就显见当时眼光的局限了。

板块构造这一新说，决非大陆漂移说的简单复活，它不可避免地还有一定缺陷，但毕竟使人们对全球大地构造的认识向前推进一步，这是基于客观存在的事实。

本书从国外较新的资料中，选择了板块构造的几个论题，作了初步探讨。初稿完成后，承蒙李汉瑜同志审阅全稿，并给以各方面的帮助，特此表示感谢。

由于笔者接触的资料不够完全，对此一新说的理解也未必确切，文中内容及笔者的认识如有欠妥之处，敬希读者指正。

安延恺

一九七八年

序 言

新全球大地构造 (The New Global Tectonics) 是综合大陆漂移说、地幔对流说和洋底扩张说所构成的新的大地构造体系, 有人也称做板块构造 (plate tectonics)。它是随着有关地球的各种观测技术的发展、研究和分析问题日趋现代化而兴起的。这里应当特别提到的是近 10~20 年来人们对于大洋底部和地球深部的有关知识日益增进, 同时对有关地表的自然地理、地质、气象和地球化学等各种现象也有着进一步的认识。

板块构造的基本立足点是建立在承认地壳水平运动占有主导地位, 因而在研究方法上则具备一种独特的模式化。

从 1960 年以来, 在地质科学领域内, 逐渐改变着那种长期以来对于大陆和大洋位置是固定不变的看法。根据当时所掌握的各种事实, 提出了有关地壳和地幔对于地质构造演化方面具有重大意义的新解释。从而使人们重新注意大陆的位置曾经存在过变动、它们所具有的增生方式以及面积与体积的改变, 特别是从距今 1 亿年到 700 万年这一段时间内更有明显的证据。有关大陆和大洋变化的图景, 尽管目前尚有着不同的认识和理解, 但是这种变化, 必然要影响着世界上生物圈和大气圈的演变, 当然更主要的是有关岩石圈的演变, 这对于矿产勘探工作是非常有用的。

按照板块构造的观点, 主要的构造运动是由于板块之间相对运动的结果。假如地磁场与地球的自转轴是相对固定的话, 那么自转轴对于地球主体来讲也应当是固定的。因之, 古地磁

纬度的变化，大致上可以表明板块的运动情况，这对于认识距今1亿年来有关岩石圈板块运动的问题是有意义的。

板块构造学说问世还不到二十余年，随着研究工作的日益深入，新资料不断出现，有些问题即使还不能得到满意的解释，但也总算是前进了一步。由于这个假说能解释若干过去长期以来不能解决的关键问题，因而具备着新的生命力，那些未能解决的问题将随着新技术、新方法的改进，而会有所进展的。

值得注意的是：板块构造与矿产资源的形成和产出有着密切关系，甚至可以认为是起着重要的控制作用，例如由于板块的扩张产生的矿带分布，对指导找矿是有意义的。

我国在七十年代初期已有过关于板块构造方面内容的介绍，为了不再重复，这里着重介绍最近几年来国外对板块构造的主要论点，作为了解目前研究板块构造现状的一点说明。由于目前国外有关板块构造方面的文章很多，不可能详尽地介绍，这里仅举笔者认为重要者，以使读者了解其梗概。

目 录

序言

一、板块构造的基本概念.....	1
二、大洋中脊与转换断层.....	11
三、用板块构造观点分析前寒武纪的构造演变.....	21
四、板块构造与地槽演变.....	29
五、岛弧和边缘海(盆)的特征与发展.....	37
六、板块构造与石油聚集.....	53
结语.....	66
参考资料.....	67

一、板块构造的基本概念

根据地质和地球物理研究，地球表层可分为三个层圈，即由地壳和地幔的最上部所组成的刚性岩石圈（深可达 100 公里左右），地幔中部所组成的软流圈（深可达数百公里），以及由地幔下部所组成的刚性中圈^①。软流圈是刚性岩石圈的基础，它具有较弱的弹性和略低的地震波速，属地球物理的低速带。很多人认为，这里是导致地壳运动和变化的根源。

至于刚性中圈，部分具有弹性而且也有比较高的地震波速，这可能是因为它们居于那个控制或引起构造变动的软流圈的下面，存在着物质的阶段转换，从而引起地震波速的变化。关于岩石圈、软流圈的分层情况可参见图 1-1。

通常认为地球是原始星云物质通过收缩、凝聚而成。有人估计，大约距今 50~40 亿年前，这种收缩和凝聚作用达到了一个新的阶段，正是在这个时候，才产生了最初的地球。在地球的形成过程中，通过了由于微星物质的碰撞以及由于重力收缩所产生的热能，导致了地球本身在当时有着大约 1000°C 左右的最初温度。由于温度较低，所以没有使地球内部的铁、镍等物质发生大规模的熔融作用，还未产生层圈（即地核、地

^① 应该说，刚性岩石圈、软流圈并不等同于地壳、地幔，但它们的具体涵义至今未能统一。有人将刚性岩石圈称做构造圈（Tectosphere），而把余下来的地幔部分叫做软流圈（Asthenosphere）。但也有人将刚性岩石圈及其下的软流圈（相当于低速层部分）合称为构造圈。

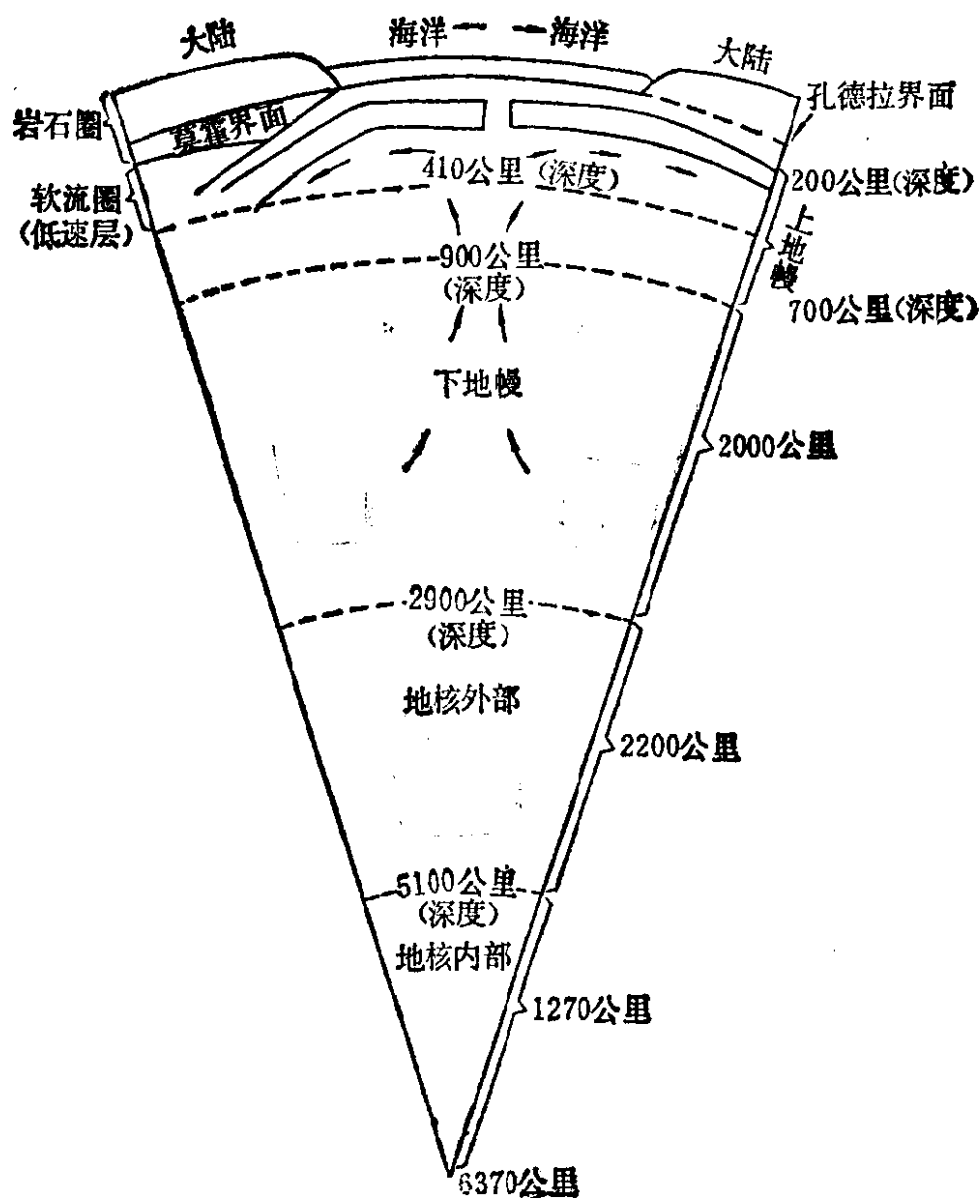


图 1-1 地球分层示意图 (表示板块构造与地幔对流的关系。转引自张文佑, 1974 年, 图经简化)

幔①、地壳三大层)状态, 大约当时内部和外部具有基本相同的成分。自此以后, 由于继续存在着诸如重力收缩的加强、吸收陨星的碰撞能以及地球内部由于放射性元素衰变而产生的能量, 于是, 地球内部的温度便会逐渐升高起来。有人估计, 大约在距今 40 亿年前, 在地表下的 400~800 公里深处的地温业已升高到足以熔化铁、镍等物质的程度, 于是它们便开始大规模的熔融; 再加上重力的影响, 很容易产生重物质的向下聚集与流动。这一系列过程所释放出来的能量, 可以转变为热能, 从而提高了地球内部的温度, 大约可达到 2000°C 左右的程度(已经属于铁和镍等重质物质熔融的范畴)。这种作用的继续, 势必导致它们不断地移入地核, 并使较轻的氧、硅、铝向上运移, 最后形成以硅铝质为主的外壳(即地壳)。留在中间的那种仍处于分异状态的物质, 则构成地幔。显然, 这种分异作用至今仍未停止。上面提到的这个演变过程, 可以通过变质岩石学、地球化学和同位素地质学的研究得到一些证明。根据这些资料所推定的地球的热力学变迁史可以看出, 在整个地史期间热能量是有变化的。在最古老的岩石形成期间②, 有人估计放

① 地幔系由具高密度和高地震波速的岩浆岩所构成, 其密度与波速度一般随深度的增加而增加。在化学成分上, 可能属于超铁镁物质, 横向上成分也比较均匀。但据目前资料可知, 除地幔上部的低速带业已证实外, 还看到上地幔中速度分布是相当复杂的, 其间存在着几个间断面。另外, 还发现地震波速度分布有着区域性的差异, 从而表明上地幔的构造在横向上也有某些变化, 但并不影响宏观上比较均匀这一特征。至于上地幔下部, 地震波速度增加很快(在大约 400~600 公里深处), 地震波速度随深度的增加而加大, 其物质组分可能已有改变。由下地幔中地震波速度呈现平缓增加情况看, 又可用物质的压缩来进行解释, 估计该处可能含有较多的铁, 所以密度较大。

② 利用变质岩再结晶时的压力和温度的推测值, 再加上上复层的密度值, 通过计算, 不仅可以推算出古地热梯度和古热流, 而且可以用来计算古重力值(将压力换算成上复岩层的厚度, 再利用压力、深度和密度三者来进行计算)。

放射性元素衰变作用产生的热量要比现代高 4 倍，甚至在寒武纪时的热能也要较现在高得多。地球热力历史表明：大约距今 6 亿年左右是一个大的突变时期（地壳受热最高时期是距今 36~24 亿年间，从那时形成的岩层来看，显然都经历了再次遭到热作用的影响）。

有人提出，与海洋地壳有着明显区别的大陆地壳（主要是以花岗岩为主）上部的 10 公里左右是具脆性的，在这个深度以下则是塑性的^①。在大陆地壳内，重力所产生的应力，在远离大陆边缘处并未减小。通过实验室内不同的压力、温度条件，对矿物和岩石的地球物理性能变化的研究，可以推测，岩石圈^②是处于异常缓慢的形变过程中，可以引起塑性形变，那些较深和较热的地区，于极端缓慢的形变过程中开始活动^③。另外，根据地磁学研究成果获知，在岩石圈范围内确实存在着相对的水平移动，同时也可看到不同地带的磁异常存在着很大差异，各处的岩浆岩的富集程度也有所不同。当然，地壳本身和上地幔之间从内部组成来讲也有某些差别，这是因为地震波通过莫霍界面的速度变化是由于组成地壳的沉积岩和岩浆岩在持久的静压力下而引起的变化。有人曾指出大陆地区地壳下部和上部地幔是由非均匀的变质岩所组成的。

岩石圈的厚度，各处有所不同，在地盾区可达 190 公里（其中属于地壳的约 40 公里，其余属上地幔的橄榄岩层），在大洋区——例如太平洋仅有 100 公里（其中属于地壳的约 5 公

① 有人提出在主应力差值超过强度时，由热蠕变可以引起形变。大陆地壳的中、下部应力差所产生的热蠕变，能向大洋地壳下的地幔流动，致使地壳变薄。同时，更由于上复脆性层中的正断层作用，则可能产生局部下沉，这也可能是产生沉积盆地的原因。

② 一般人们对“岩石圈”这个概念，限定为 50~70 公里厚的地壳表层。

③ 这里有人证明，对流现象不是与普遍的热度有关，而是与引力变异有关。

里，其余属上地幔的橄榄岩层)。整个岩石圈包括了现今所看到的大陆和海洋在内，由于它们所具有的高弹性和高地震速度，而且遭到多次断裂的作用，因而能凝固成若干块体，这些块体即是通称的板块。有人提出，在地球自转运动以及重力作用、热力作用的影响下，岩石圈形成后，即遭到破坏，形成了许多板块(断块)，它们彼此之间存在着相对运动，而且其内部必然存在着剪切、拉伸和挤压应力。

目前，通常将全球的岩石圈划分为六大板块(太平洋、欧亚、印度洋、非洲、美洲、南极洲)，每个板块基本上包括一个大洲及其相邻的海底(图1-2)。当然，还有其他划分板块的意见，例如美洲板块分为南美和北美两个板块，或者再多划

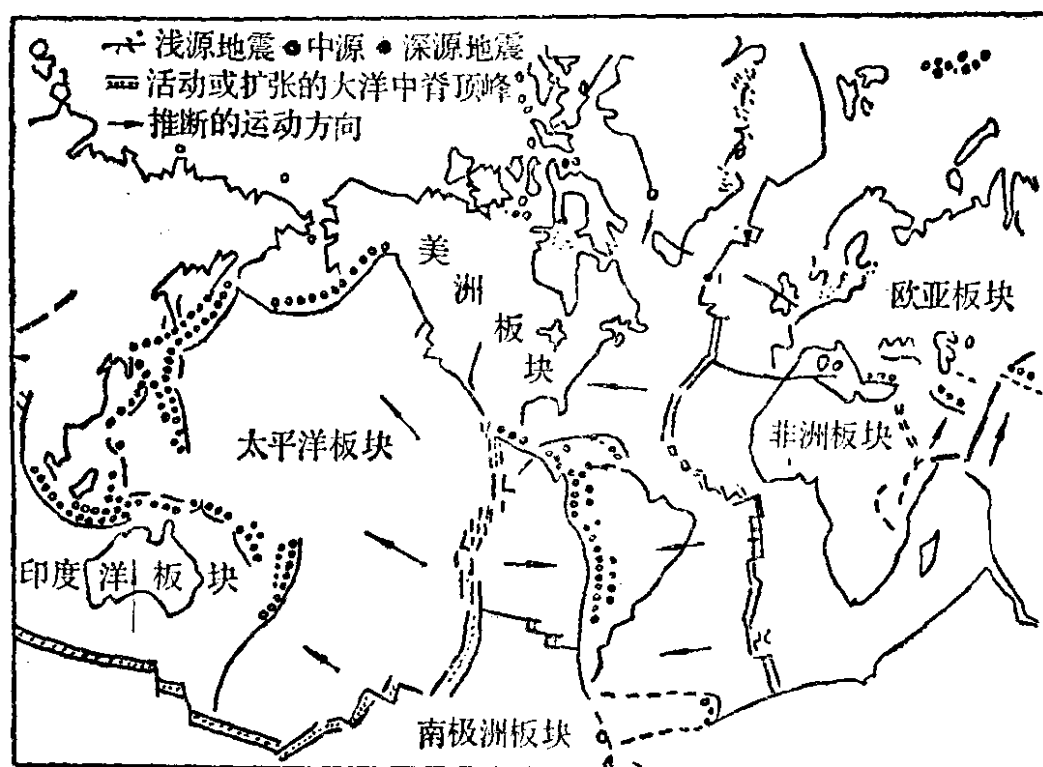


图 1-2 岩石圈六大板块分布示意图

(转引自 F. P. Shepard, 1973)

出一些小的板块。至于板块的分界，可以沿着现代的海岸线，也可以沿着其他构造分界线。通常板块界面有三种型式：(1) 张性界面——它是海底扩张形成的或属于扩张的中心地带，例如许多大洋中脊（即中央海岭）、洋隆和东非大裂谷等都是这种张性界面的实例；(2) 剪切界面（或走向滑动的界面）——例如转换断层便是这类界面的代表；(3) 压性界面——包括深海沟-火山岛弧界面，如阿留申群岛；海沟-火山弧大陆边缘界面，如智利安第斯山脉与邻近的海沟；大陆与大陆碰撞的界面，也称为接合带，例如喜马拉雅山以北的接合带。

显然，这些岩石圈板块界面地带，其活动性最大，不仅有强烈的深成作用、沉积作用、变质作用、造山作用、地震现象、火山活动，而且也是有利的成矿地带。

有人认为，板块构造的作用可追溯到距今 20 亿年前，它是随着当时这些大规模的地壳物质运动而产生的，由于当时地壳物质运动相当剧烈，才分裂成板块。例如在距今 27 亿年前的第一个阶段，是最活动的阶段，那时候发生着极强烈的岩浆活动；至于距今 27~20 亿年间的第二个阶段，则表现为岩石圈的厚度增加，开始形成了克拉通（大陆地台），同时还有沉积层和火山岩的存在；到距今 20 亿年左右时，由于岩石圈基本上已经变硬，导致了分裂成具镶嵌状的板块。

有人提出，板块构造的特征可以表现在板块的三个级别上：第一级板块（包括与其邻近的大陆边缘、地槽和造山带）可延伸达几千公里，延续时间可长达 1 亿年；第二级板块（包括与其毗邻的大陆边缘和盆地）也可延伸达几百公里，通常延续时间亦可长达 1~2 千万年；第三级板块则是范围更小的断块（包括小盆地在内），一般小于 100 公里，甚至它们属于大板块的一部分。考虑到上面提到的各级板块的基本特征而将板

块的边缘再次划分为重叠、破坏、敛合、连续等四种类型^④。在两个板块之间，由各板块的边缘来区分接合带是非常重要的。例如，一个板块是俯冲板块，由于俯冲到另一板块的下面，正趋于消亡；与之相对的那一个仰冲板块，由于受到下伏的岩浆活动和构造运动的影响，把那些来自俯冲板块的大洋型沉积物堆积起来，从而产生了增长。至于属于走向滑动的接合带，其板块边缘是既未扩大岩石圈，也未破坏岩石圈。这里应当说明的是，板块接合带或其附近的大陆边缘是具有活动性的，而那些处于岩石圈板块之中的大陆边缘则不具活动性。

通常认为：板块是沿着大洋中脊，从地幔中来的岩浆增生而成，由于它们有时在大洋的海沟中消亡，也即在那里又返回（流入）地幔中，正是由于岩石圈板块的增长，导致使大洋盆地裂开，并且发育有地堑和大陆台地，这可以归入板块的扩张阶段；其后由于板块进入海沟中消亡，于是便归入板块的扩散-压缩阶段（见图 1-3）；再后由于岩石圈板块上的热作用，导致海沟的大陆一侧的板块前缘上部的形变，从而产生了造山带。换言之，这种增长了了的板块，最终要潜入海沟中，最后产生了大陆和岛弧或大陆与大陆间的碰撞。

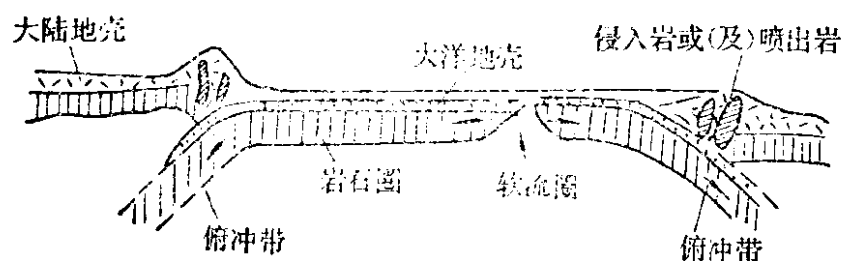


图 1-3 板块的形成与消失示意图

④ 有人还提出了建设的、破坏的、保留的、废弃的四种板块边缘类型。

应当说，一个板块的成因还是不够知的，而且板块活动的结果，目前所知者也少。譬如，板块活动的动力是来自地球冷却的原因，还是其他的原因？以及整个地壳是包括在一个大的板块中，然后再破裂分为几个板块？还是岩石圈开始形成后便有几个板块同时并存。所有这些，都未能得到明确的答案。此外，其中涉及到板块的驱动力问题，这是目前尚未能解决的。图 1-4 是用板块构造学说解释地壳基本特征的示意图。

如果从两个板块之间的关系来看，可以分为三种类型：(1) 敛合型：两个相邻板块互相靠近，并且产生碰撞，其中一个板块显然潜伏^①于另一板块之下，最后进入地幔之中被吸收；(2) 分离型：两个板块互相分离；(3) 平行型：相邻的板块沿同一方向漂移。

根据上面简单的说明可知：岩石圈的板块的基本运动（分散、聚敛和走向滑动）以及这些运动的产生的结果，必然会得出对有关海洋、大陆边缘、裂谷、中脊、海沟、岛弧、褶皱山系、转换断层等许多重要地质现象的解释。在解释过程中，由于选用资料方面存在着一些偏向，以及有一些论据目前看来尚不那么令人信服（如自然地理，生物地层，特别是古地磁方面），显然需要进行更全面和更细致的工作。但板块构造对地震、火山现象满意的解释，却足以弥补上述缺陷，因而有着广

① 两个板块相接，其中一个板块沿接触带俯冲到另一板块之下，这个板块的俯冲部分叫做俯冲带(Subduction zone)，有人也称做下降带(Descending plate 或 Underthrusting plate 或 stab)。由于俯冲进入地幔，其前缘便逐渐消失，也有人称它为消亡带、消减带或消失带。这里需要提出的是：在俯冲带上面的那一部分，则通称贝尼奥夫带(Benioff zone)。根据目前所掌握的震源深度资料可知，一般的俯冲带要俯冲到海面以下 300 公里，少数地区最深可达 700 公里，但也有不到 300 公里便消失的。有人统计过俯冲的角度，开始约 30° ，到深处渐变为 $50^\circ \sim 60^\circ$ ，一般为 45° ；个别地区最小仅 7° ，最大则近于直立。

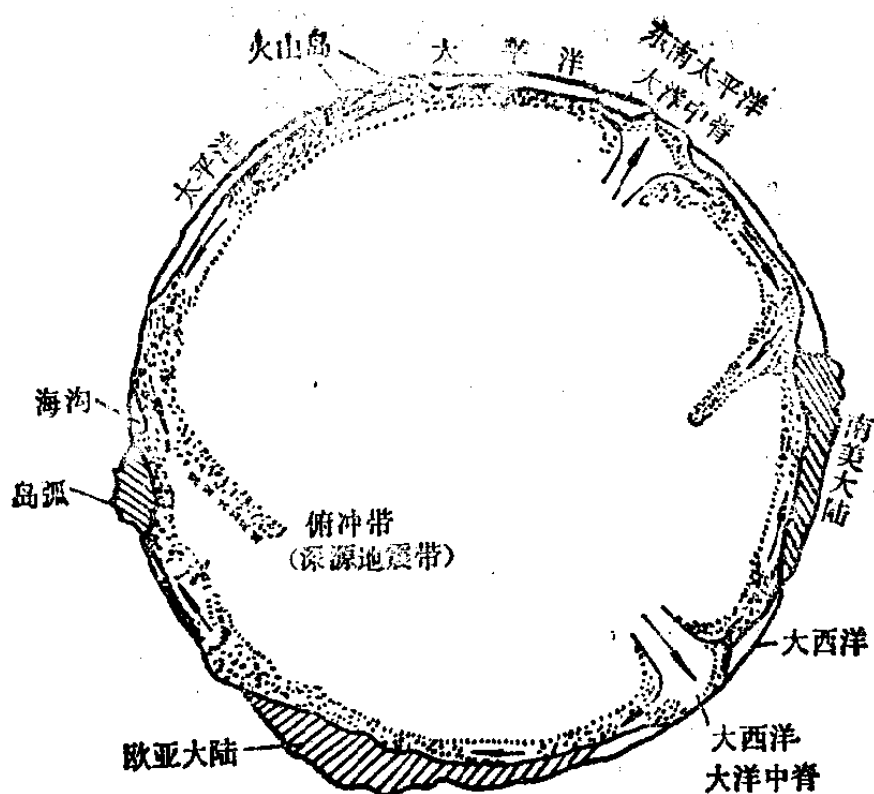


图 1-4 用板块构造学说解释地壳基本特征的示意图
(垂直比例放大)

阔的前景。

必须指出，在研究板块运动和构造的基本方法中，有些是利用分析地震的活动性和有关的大地震的断面图解进行的，因为地震带往往标志着板块的边缘^①。另外，为了了解板块运动的动力和板块构造产生的各种必然的结果，因此，全面探索板块演化在结构上和运动方式上的特征是非常重要的。在这方

① 不少人认为板块构造可用来解释地震现象。岩石圈中各板块由于存在着不同的位移方式，也会产生不同类型和程度的地震，这是值得注意的。至于板块边界应当是地壳表层，甚至也可说是地壳深部的主要构造活动带。这种边界有的是属于增生性质——即板块彼此分开后，形成新的地壳(例如大洋中脊)；有的则具消亡性质——即一个板块俯冲到另一个板块下面，在分界处形成岛弧。还有的则以转换断层相接触，表现为沿着转换断层走向发生滑动。