

海底地貌图

板块构造

讲稿

李春昱 郭令智 朱 夏 等

中国地质科学院

一九八二年

板塊構造

——

前言

板块构造理论是现代地球科学研究重大进展的里程碑。它是多学科相互结合、相互渗透和相互协作形成和发展起来的全球构造理论，板块构造理论的发展冲击了几乎所有地球科学各分支，因而板块构造学说的建立不愧是地球科学领域中的革命。为使这一地球科学的现代理论能较系统地在广大地质科技人员进行传播，我院于一九八一年十一月十八日至十二月十二日在河北燕郊组织了《板块构造学习班》，聘请了李春昱、郭令智教授等十八名同志讲课，比较系统地讲授了板块构造学说的基本原理及其在我国的实际应用。为了使更多的地质工作者学习和掌握这一新的地质理论，使之在地质找矿工作中发挥应有的作用，应广大地质科技人员和学习班学员的要求，我们将这次学习班的讲课内容汇编成册，内部出版发行。

本书以讲座题材汇编而成。内容包括：（一）当前国际上板块构造学的研究现状和发展趋势；（二）板块构造的基本原理及其与有关地质学科的关系；（三）板块学说在我国的实际应用。

本书整理编辑过程中，基本上以原讲课内容为准，对于文稿中前后内容有重复处做了适当调整与删减，排字打样后经作者本人进行了核校。由于作者们的学术观点有一定差异，因此前后文中观点有一定矛盾，为保留原作精神，编者未做统一处理。

参加这次讲课的老师不辞劳累、精心备课，并在百忙中写成文稿，为编辑出版此书给予大力支持。本书由地质所张勤文同志负责业务编审、院刊编辑室郑闰轲、邢瑞玲等同志负责出版编辑，地质所八室负责出版发行工作，情报所机修印刷厂负责印刷装订工作。本书封面由院资料室颜建国同志设计。文稿编纂过程中得到地质所绘图组翁慧华、杨芸等和照相室康育民、王少兰、以及院部李力军等同志的大力协助。地质所张德全同志协助审阅本书第四篇文稿。在举办《学习班》过程中得到地质部 562 综合队领导和广大职工的热情支持，在此一并致谢。

由于时间仓卒和我们的业务水平及编辑能力都很有限，书中错误和不当之处，谨请广大读者批评指正。

中国地质科学院科技处

一九八二年九月

目 录

(一)

1. 板块构造学说中几个基本问题……………李春昱 (1)
2. 板块构造学说建立的深部构造基础……………肖庆辉 (27)
3. 混杂堆积……………汤耀庆 (47)
4. 双变质带的岩石矿物特征……………吴汉泉 (59)
5. 古地磁的一般原理、基本方法及其研究实例……………张正坤 (99)
6. 裂谷和裂谷作用……………唐连江 (107)
7. 论古海沟岛弧系的研究方法及对鉴定古板块敛合碰
撞俯冲带的意义……………施央申、郭令智、马瑞士 (127)
8. 论华南区域大地构造格架形成和地壳演化规律
……………郭令智、施央申、马瑞士 (153)

(二)

9. 蛇绿岩及其研究方法……………鲍佩声、王希斌 (165)
10. 板块构造和岩浆活动……………王 荃 (189)
11. 板块构造与沉积作用……………张勤文 (219)
12. 中国古生物地理与板块构造……………王乃文 (235)
13. 论板块构造与成矿作用……………刘雪亚 (263)
14. 板块构造与成矿作用及其某些实例……………施央申、郭令智、马瑞士 (281)
15. 板块构造和油气矿床
——板块构造在中国石油地质中的应用——……………陈焕疆、朱夏 (293)
16. 论西太平洋弧后盆地的基本特征和形成机理与油气
藏形成的关系……………郭令智、施央申、马瑞士 (317)

(三)

17. 板块构造与地槽学说……………任纪舜 (327)
18. 三十年来地球科学进展与未来展望……………张勤文 (337)

板块构造学说中几个基本问题

李 春 昱

(中国地质科学院地质研究所)

一、地壳上的各个部位相对地移动的主要标志

早在七十多年以前，德国气象学家 A. 魏格纳提出了大陆漂移学说，原书名为《海陆起源》，他认为大陆在漂移。

实际上，不仅大陆在漂移，大洋也在漂移，地壳是在地幔上移动或漂移。为了进一步认识这个问题，我们先来看一看地球内部的构造和物质组成（图 1）。

从地心到地球外部，除了大气圈和水圈之外，就是地壳，厚几十公里。地壳以下直到 2900 公里深处为地幔，可分为上地幔和下地幔，从 2900 公里到地心约 6370 公里处，为地核。它可分为内核和外核。

与构造直接有关的是地壳和上地幔，所以我们在这里只谈地壳与上地幔的关系，地壳再加上莫霍面以下，上地幔的固体部分合称为岩石圈。岩石圈在海洋区厚数公里，在大陆区厚数十公里至一百几十公里。所谓构造圈就是指岩石圈。岩石圈刚性较大，岩石圈之下为多少带点塑性和流动性的软流圈。现在的所谓大陆漂移，是指岩石圈在软流圈上漂移（图 1）。

那么地壳是否在漂移呢？可以从下面几个方面得到证明：

（一）古气候方面：如印度有一套地层，冈瓦纳系，时代部分属晚古生代。印度现在处在热带，靠近赤道，不会生成冰川，但在冈瓦纳系的上石炭统地层中却有大陆冰川的遗迹，它们的冰积物形成时位于南纬 50° — 60° 左右，冰川形成之后移动到现在部位。另外，在非洲西北的撒哈拉大沙漠，现在为热带，气候酷热、干燥，但在 1970 年发现有奥陶纪冰川遗迹，也是从当时南极附近漂移到赤道附近来的。古气候可证明地壳在移动。

（二）古生物方面：1. 海相生物化石：以珊瑚较典型，它与温度关系密切的，一般生活在热带，赤道两侧南北纬度 30° 之内。但在极圈内的乌拉尔北端新地岛，有泥盆纪珊瑚化

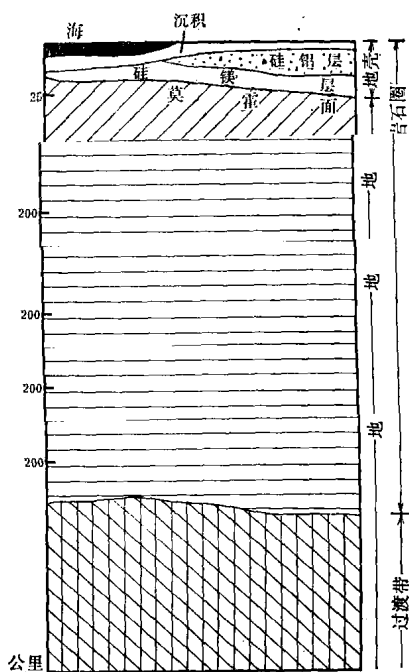


图 1 岩石圈（构造圈）、软流圈与地壳、地幔关系示意图

石，另外在北极圈内还有北地岛和西伯利亚西北的太梅尔半岛也在志留纪和奥陶纪地层中产珊瑚化石。这些珊瑚化石不可能生活在 75° 纬度以上。应当是生活在 30° 纬度以下。显然是生成以后漂移来的。古地磁证明当时乌拉尔不是南北向的，而是近东西的，后来移动到这里形成乌拉尔。

2. 陆相生物化石：在南半球中生代地层中，常有相同或近似的陆生动物或植物化石，发现在不同的大陆上。如在非州、南美、澳大利亚等地都常发现在中生代有相同的陆相生物，这些生物是如何漂洋过海迁移的？从前有人用“陆桥说”来解释或用“冰筏说”来解释，现代可用大陆漂移说来解释。认为南大陆(冈瓦纳大陆)包括非州、阿拉伯、印度、澳大利亚、南美洲、南极洲等陆块曾经连在一起，是后来才分开的。

(三) 古地磁方面：从古地磁可以看出地壳是移动的，古代的岩石在形成过程中，磁性矿物在当时磁场方向下定向，然后固结。现在可以测算出某地区当时古磁极的位置，从而计算出该地区的古纬度。

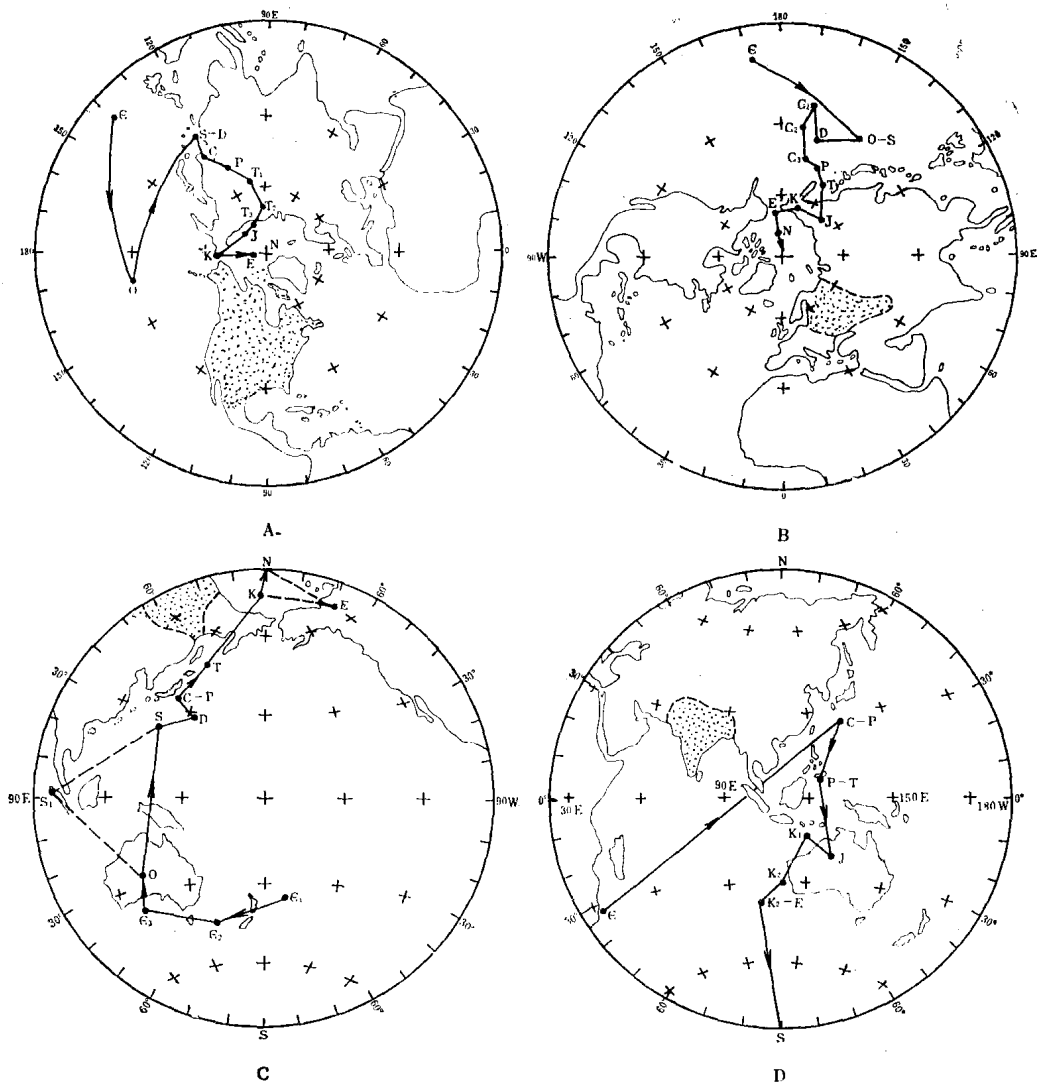


图 2 显生宙极移轨迹图

A、北美洲北极；B、俄罗斯地台北极；C、西伯利亚地台北极；D、印度半岛南极

岩石的剩磁性可分几种：1. 热剩磁：岩浆岩中含有磁性元素，主要是铁。当岩浆温度下降到居里点时，这些矿物便产生磁性，受地磁极影响，向着磁极定向排列，当温度再下降时，矿物磁极受地磁方向而固定。最后的结果是，熔岩在冷却后仍保留了它当初地球磁场的记录，故称热剩磁；2. 沉积剩磁：有些沉积岩，如红色砂岩，含有许多铁质矿物，具有磁性，当他们沉积时，矿物磁性同样受古地磁极影响而定向排列，当沉积物固结硬化时，定向的磁化颗粒被固定在这些位置上。沉积剩磁的强度要比岩浆岩的磁化强度微弱的多；3. 化学剩磁：化学沉积岩层中的磁性，磁化强度更弱。

这几种剩磁中最好的是基性岩、玄武岩磁性最强，可干扰罗盘。从前我在四川作地质测量时，到峨嵋山顶上，发现罗盘失灵，原来是峨嵋玄武岩所影响。

从古地磁的测量发现，每个地区的磁极在同时代是不同的，欧洲、北美与亚洲古地磁同期所指的北磁方向不同。同一地区不同时期的磁极也不相同。把这些不同时期的磁极点用曲线连接起来就得到北极或南极移动曲线（图2）。实际上北极、南极不移动，而是所在大陆在移动。从磁极游移曲线可以推断各大陆的移动方向和古纬度变化。

从古地磁可以确定出该陆块的古纬度，现在编制古地理图离不开古纬度，如没有古纬度资料，编制古地图就无多大意义。现在有了古地磁资料，我们就要应用这些资料。比如说，我们编制亚洲早古生代古地理图，把产珊瑚化石的地层画在北极圈内。现在有了古地磁，就可以测定珊瑚化石产地的古纬度了。

古地磁还有一种奇特的现象，即磁极倒转。通过对不同年龄岩石的古地磁磁性研究，已经证实，在整个地质历史中，地球磁场的方向曾多次发生倒转，这种时间间隔不尽相同。对此地球物理学研究有不少解释，尚无定论。但这种现象是存在的。从古地磁测算可知，在近7—8千万年中倒转了170多次，正向与负向可以从洋底岩石中测出，大洋玄武岩中可以测量出这种磁极方向异常，从三个大洋测量的结果来看，同期的正向三个大洋是一致的，而同时期负向三个大洋也是一致的，这并非偶然，大洋脊二侧形成对称的“磁带”，这些磁异常条带正负相间（图3）。

现在已将容易鉴别的异常从洋脊开始编了号，洋脊为1号，一直到30号异常。后来又增加M₁—M₂₀。再结合同位素年龄和深海钻探取心年龄研究，就可以对这种磁异常条带

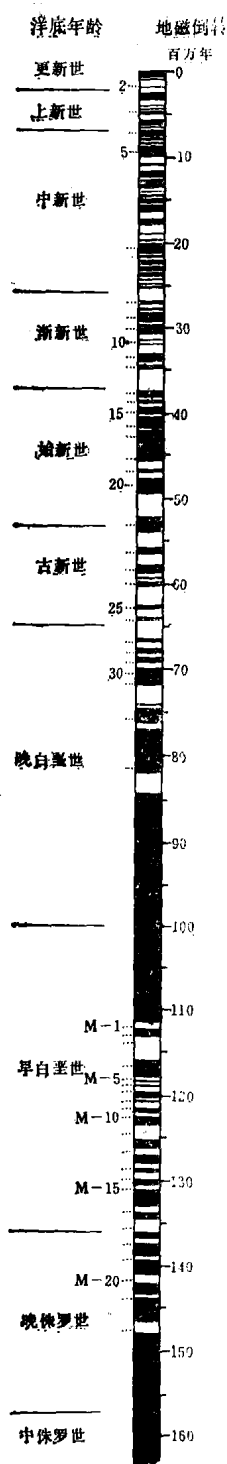


图3 中侏罗世以来地磁倒转年表
图中黑白条带分别代表正负异常，黑色条带为正向，正向指北针向北，白色为负向指北针指向南

计算它们的时代，研究发现随着远离大洋脊，时代愈来愈老，利用这种磁异常，就可以编制大洋地质图，确定大洋底下各地的地质时代。就现在资料太平洋中没有老于侏罗纪的洋壳。现在各大洋中磁极性线均有编号，就是表示当地的地质年龄。

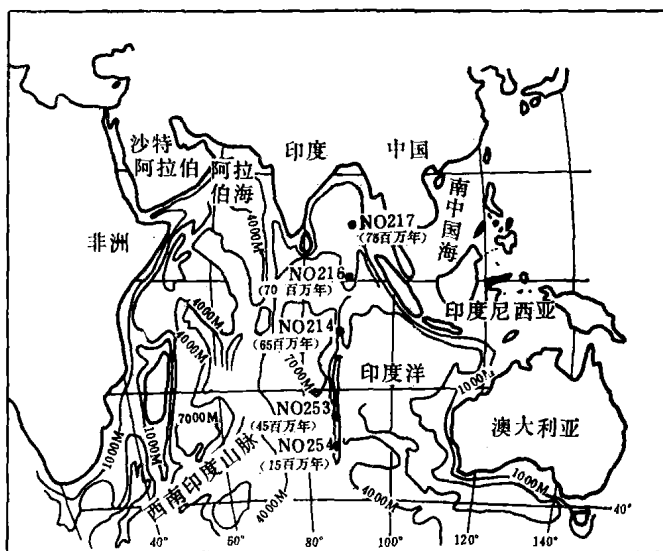


图 4 东经 90° 海岭是向北移动的板块位于不动热点上的产物

号4500万年，254号1500万年，同一个水平洋壳上时代不一样，往北边一个比一个老，这说明洋壳生成以后向北移动。印度半岛就是沿这条线向北转动的。同位素年龄已提供了向北移动的确切证据。

南极海的钻探研究表明（图 5），钻孔位置越向南，海底岩石年龄越老。如南部 268 号5000 万年，267是4200万年，266号是2400 万年265 号是1300万年。南极洲与澳大利亚之间以中印度洋脊为界，南侧南极洲向南移动，北侧澳大利亚向北移动，这些事实都很好地说说明地壳在运动。

上面述及的只是地壳移动的部分例子，具体的例子还很多，不多详列。

有人提出，大洋中没有老于侏罗纪的岩石，为什么大西洋中拖网拖上来元古代片麻岩？用来作为反对大陆漂移的理由。我们说，这很简单，深海钻探打的都是基底，比较可靠，而拖网拖上来的则有可能相当于转石，不算数。实际上，目前来看，随着板块构造的发展，这种反对意见则日趋减少，反对的文章也比较少了。

（四）深海钻探：海洋地质

近几年发展很快。深海钻探岩心也可以证明海底在移动。一个地方与另一个地方的时代不同，而且沉积物的厚度也有变化，在中脊上沉积物薄或没有，远离中脊，越来越厚，时代越来越老。

沿印度洋中的东经 90° 断裂钻探结果表明（图 4），东经 90° 海岭可能是一条平移断层。

图上黑点就是钻孔旁有编号。217 号年龄为 7500 万年，216 号钻孔打出岩心年龄是7000万年，214号钻孔年龄为6500万年，253

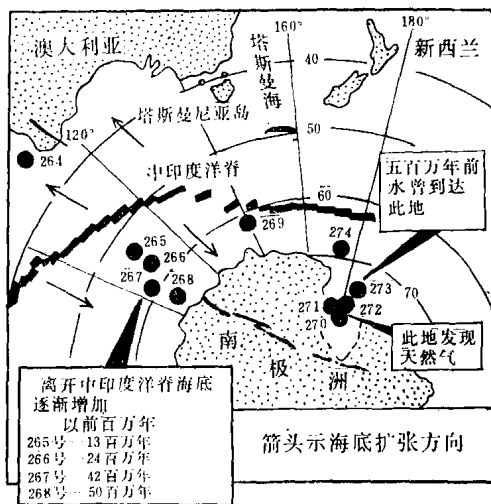


图 5 南极海底钻孔位置

二、地壳移动的驱动力问题

什么力量推动地壳转动呢？多半认为是地幔对流，对于地幔对流目前否定意见不多，所不同的是地幔是怎样对流的。有几种看法，有人认为从2900公里往上的整个地幔都在对流，对流的机理是重力，在重力作用控制下，密度大的物质下沉，轻的物质上升，但重的物质下沉就不会再上升，所以有人提出对流环越来越小。也有人提出，地幔对流只发生在软流圈内。现在有较多的人相信热对流，提出“热柱”（Hot plume）说。

Hot plume 指的是地幔底部的放射性物质，发生原子裂变，产生巨量热能，这种热能促使地幔中物质变热、变轻、然后向上移动，到达岩石圈底部以后分裂，产生水平方向上的分流，从而形成对流环。

下部产生热流的地方，热流上升之处称为“热点”。plume 英文原意为羽毛，我估计这种热柱上来时象一缕羽毛。这种热柱的上升情况与烧杯中水加热产生热流的现象相似（图6）。杯子里的开水，底部加热以后，从加热处向上流动，到了顶部以后就向周围移动。到杯子边部，变冷而向下流。

地幔中的这种热对流现象也恰是这样，当热柱上升到岩石圈底部以后，就发生水平分流，相背运动，形成对流环，如果单一热柱，就在地表形成一个三岔分裂点，如果某一方向上热柱呈线状排列，则可能使这些三连点中某方向上联成一线，形成扩张脊，相对对流的地幔就拖曳岩石圈分成二半，相背运动，生成扩张脊（图7）。

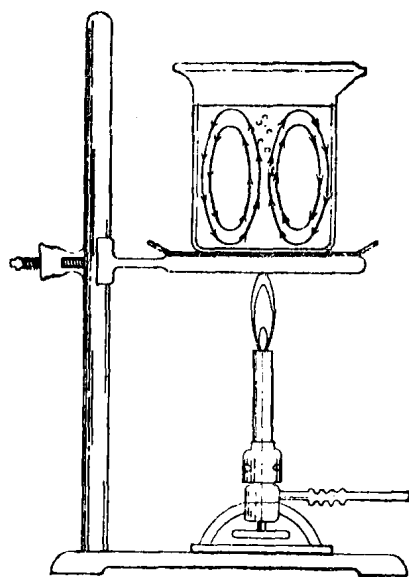


图6 在烧杯中水加热发生对流

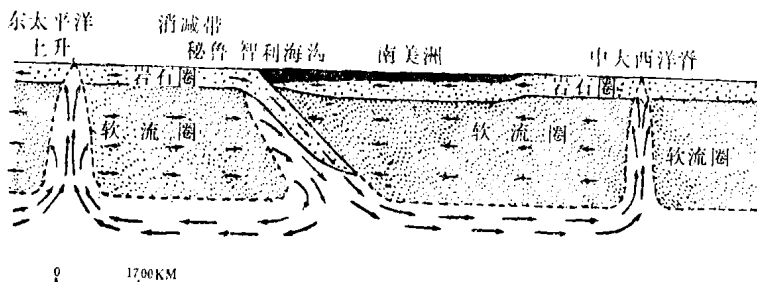


图7 通过地壳和上地幔的假想横剖面，表示地幔内部的挤入对流运动可以产生巨大板块水平运动

然后岩石圈板块就在这种对流地幔上被动地漂移，正如浮在水上的筏子一样。

在两个对流环相遇之处，形成一个下降环流，软流圈及其上岩石圈从这儿下沉到深部，对流环的这种运动产生巨大的向下拖曳力和水平挤压力，这时就在物理性质差异较大的大陆边缘形成一个很深的海沟。密度大、厚度小的海洋地壳俯冲到大陆地壳之下，形成一条俯冲

带（图7、图8）。

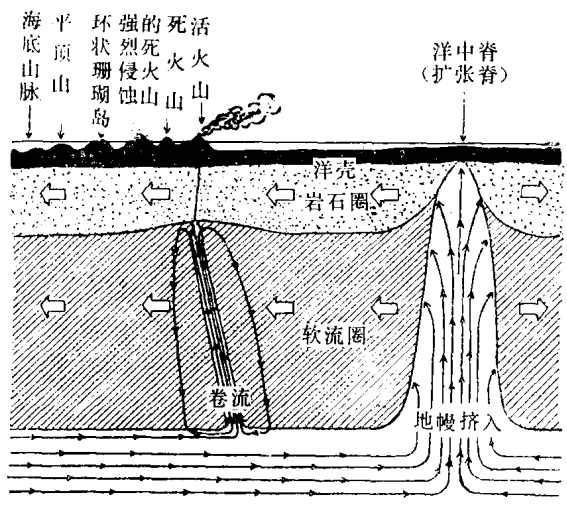


图8 板块在地幔卷流上的运动形成线状火山岛链或无震脊示意图

另外，如果在地幔底部有一个孤立而固定的热点时，它上升到岩石圈以后，热物质喷溢在地表上形成孤立的火山。如果板块在持续不断地漂流，那么这个固定的热点继续不断地涌上岩浆就可以在活动的板块上记下它移动的方向和速度，成为测量板块运动的标志，海底的一些火山链就是这样形成的。

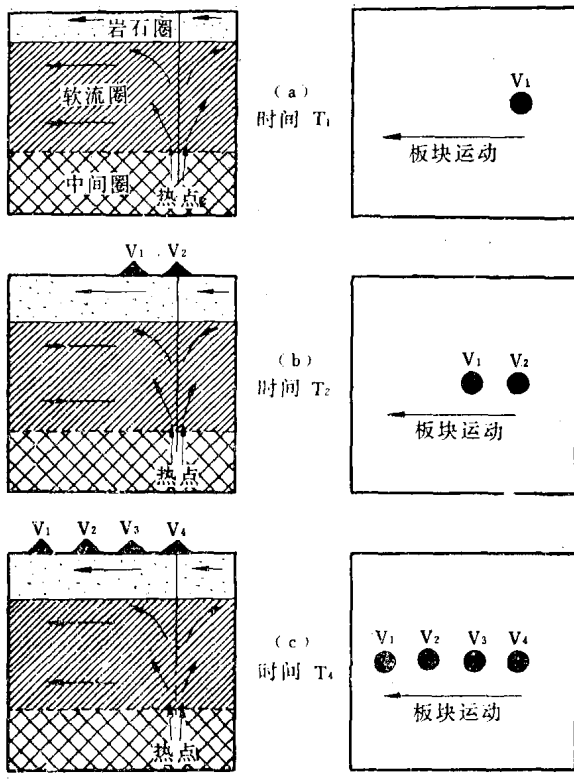
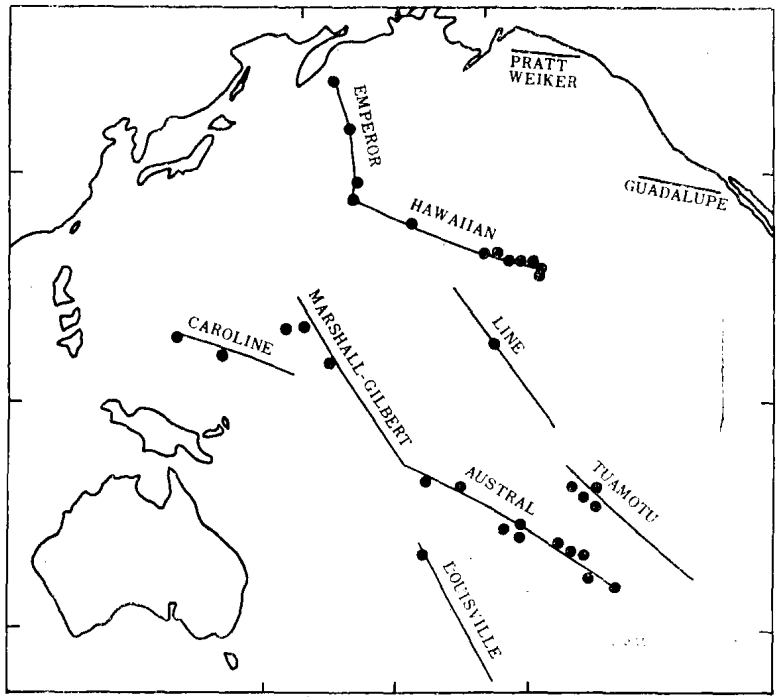


图9 一个固定的热点如何形成一条火山岛链



太平洋中帝王山、夏威夷火山链的移动方向很清楚（图10），先是北北西，然后是北西向移动，这种海底火山链的形成与热点的关系可用图10表示。图上四个火山，一个比一个老。

图10 太平洋板块上的火山岛链及海山
(据 Clague和Jarrard, 1973)
黑点表示放射性年代测定位置。

摩根 (Morgan 1972) 在全球画出了21个热点 (图11)。威尔斯在另一篇文章中画出了64个热点, 他划分热点的条件是: 1), 地形上为高原, 热点上来从底下一拱, 成为高原; 2), 周围有断层带; 3), 有火山。他根据这三点划分了64个热点。其中有一个在中国的鄂尔多斯和陕北。现在我们分析一下中国的热点。第一, 地形上为高原, 鄂尔多斯叫陕北黄土高原。实际上我们知道, 黄土高原是从黄土高原中切割的河谷中来看, 它在地形上是高原, 而在地层沉积上却是个盆地, 周围老, 中间新。从大区地形论, 也是周围高, 中间低。北边有阴山、大青山, 西边有贺兰山, 东边有吕梁山, 南边有秦岭, 都比它高; 第二, 周围的山脉不是断下去的, 而是升上来的; 第三, 山西大同有火山, 但远在鄂尔多斯东部, 时代也比较老。因此, 看来威尔斯的这64个热点不一定可靠, 也可能摩根的21个点较为合理些。对于这个问题目前正在研究和探索之中。

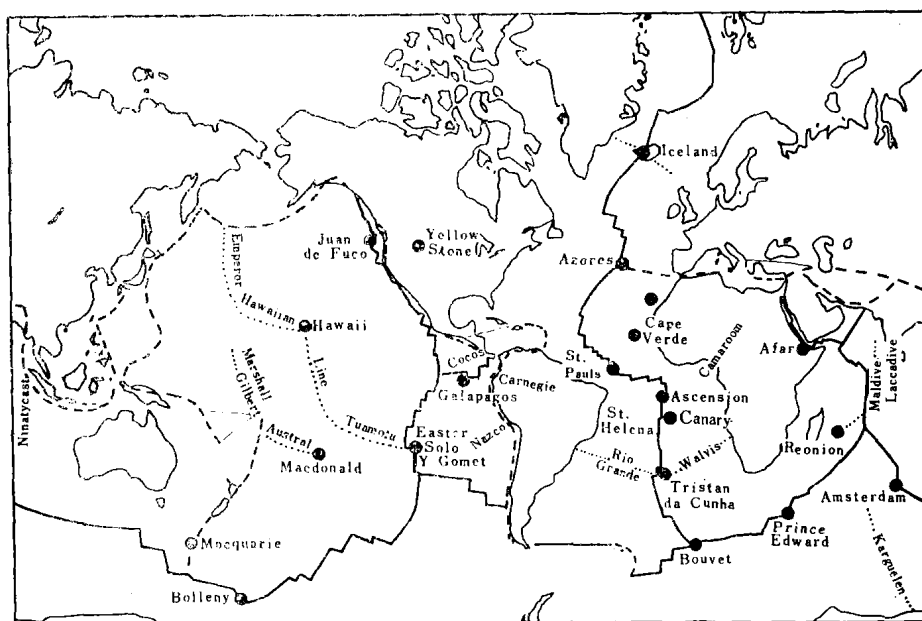


图 11 21个地幔羽的分布图
(据Morgan, 1972) 点线表示热点轨迹的线状火山链

三、板块运动所产生的主要地质图象

(一) 扩张脊:

热柱上来到岩石圈以后, 产生的拉张应力在海洋中形成扩张脊, 在大陆上形成裂谷。扩张脊位于海洋中间, 故又称海洋中脊。大西洋扩张脊位于大西洋中间故又称为大西洋中脊。太平洋中脊稍偏东。印度洋中也有扩张脊。扩张脊面积约占整个大洋面积的 $\frac{1}{3}$, 它们凸起在洋壳上, 形成规模巨大的海下山岭或高原 (图12)。

(二) 海沟与俯冲带:

当二个对流环相遇以后, 产生一种强烈的向下推动力, 使一个板块, 往往是海洋板块俯

冲下去，在大陆边缘的地表，形成一种深而长的深海沟，最深可达 11000 米。大海中海水一般 4000 米深。这种深海沟在太平洋两岸都有发育，沿着海沟，大洋板块下插俯冲和消亡。故称为俯冲带。这个俯冲带下插深度一般为 200—300 公里，最深可达 700 公里。这种深度是通

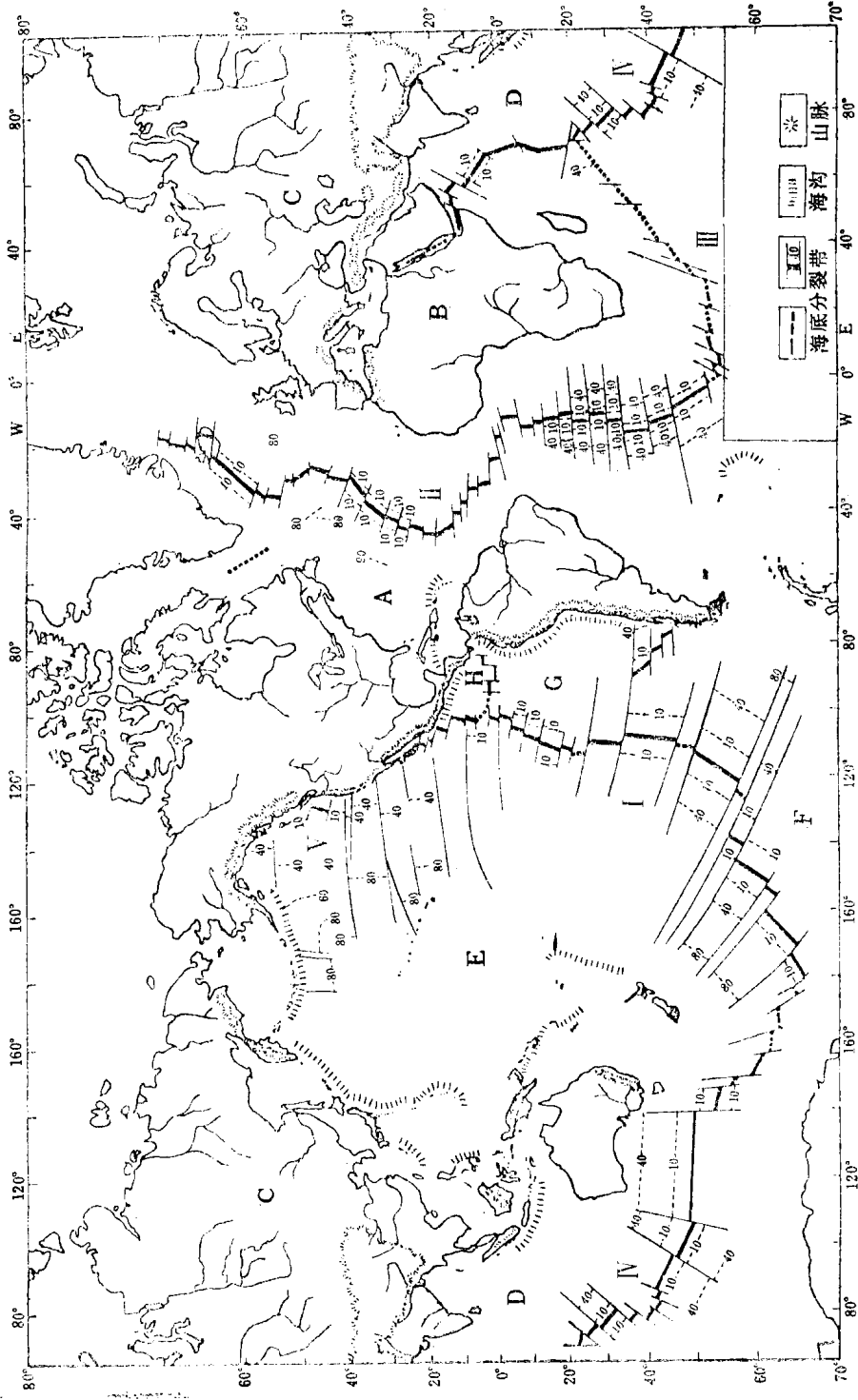


图 12 全球板块构造图
A—美洲板块，B—非洲板块，C—亚欧板块，D—印度洋板块，E—太平洋板块，F—南极洲板块，G—纳兹卡（智利）板块，H—科科斯板块

过地震测量确定的。

俯冲带 (Subduction zone) 通常指海洋板块俯冲于大陆板块之下的构造带, 亦有人称为消亡带或消减带, 因为这个板块从地表俯冲下去逐渐熔融消亡了。也有人称贝尼奥夫带或毕鸟夫带。因为地震学家贝尼奥夫首次测量出该带的地震而得名。这几个名词都是同义的。而有时有些洋壳推到大陆板块之上, 称为逆冲带 (obduction zone)。

(三) 转换断层:

从图12中可看到的这些垂直于扩张脊并且切割了扩张脊的这些水平错动断层称为转换断层, 它们与水平断层的性质还不一样 (图13), 平移断层是剪切性质的纯相对错动。而转换断层则具有一面拉张, 一面平错的特征。它们的形成是由于球面上扩张速度不同而形成的, 是球面扩张不均匀的一种表现。转换断层是由威尔逊 (1965) 提出来的, 他还把转换断层划分了几种类型: 主要有洋脊与洋脊之间的转换断层, 还有洋脊与俯冲带之间, 俯冲带与俯冲带之间的转换断层。

根据深海沟, 扩张脊和转换断层的特征, 摩根 (1968)、勒皮松 (1968) 把全球的岩石圈分为六大板块 (图12), 即欧亚板块、太平洋板块、非洲板块、南极板块、南美和北美板块。后来有人又划出几个小板块, 如菲律宾、澳大利亚、纳兹卡、科科斯及加勒比海等板块。这些板块都是划分出的现代板块。古代的板块当然就更多了。因为许多板块后来结合在一起了, 老的板块划分除了上述现象外, 还有许多其它重要证据, 由后面叙述。

(四) 钙碱性岩浆活动:

在俯冲带上, 海洋板块俯冲到深度达150公里左右, 俯冲板块前缘就由于温度升高而发生熔融。熔融以后的轻物质沿着仰冲板块中的裂隙上升, 形成一系列钙碱性的岩浆, 它们或喷出地表形成火山, 或侵入到上覆地层中形成岩浆侵入体。这类钙碱性岩浆活动在俯冲带上呈带状分布。这个问题在岩浆活动与板块构造的关系将还要述及。

另外, 当这个俯冲带与大陆边缘有一定距离时, 这种火山喷发就在海洋中形成一系列的火山岛, 若把这些火山岛联结起来就成为岛弧, 这是环太平洋西部的一个构造地貌特征 (图14)。这些岛弧因为现在发现在海洋中, 故称为岛弧。实际在陆地上也有这种火山弧如南美洲的安第斯山脉。岛弧后面为弧后盆地。如果俯冲带紧紧位于大陆边缘之下, 那么就形成前面所述的安第斯山型的大陆边缘。就不能叫作岛弧, 也没有弧后盆地。

(五) 双变质带:

在深海沟, 洋壳俯冲下去很深, 洋壳上冷的物质被带下去, 温度很低, 同时由于板块运动挤压力很大, 再加上上边的重量压力, 在这种情况下, 形成高压低温变质作用形成一些特征的高压低温变质矿物。如兰闪石、硬柱石、硬玉、绿帘石和文石等。

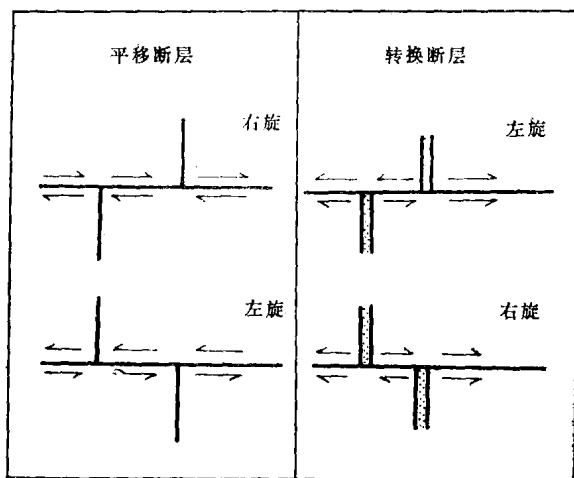


图 13 转换断层与平移断层的区别

与此相对，在俯冲带前端熔融物质上升区，由于熔融物质的上升，岩浆和火山作用频繁，从下面带上来

的物质温度很高，形成区域上的高地热梯度，同时在地表，压力又相对较低，这就形成区域性的高温低压变质作用，产生高温低压变质带，特征矿物有红柱石。

日本都城秋穗 (A. Miyashiro) 把这种现象称为成对变质带 (Paired metamorphic belts) 或双变质带，高压变质带常位于海洋一侧。高温变质带位于大陆一侧，而后者一般较常见，前者并不常见。自从在祁连山和秦岭发现兰闪石以后，很多地区 (如新疆、内蒙等地) 陆续也发现了兰闪石。目前，研究变质岩，不但要研究恢复原岩，而且还应该研究变质作用的压力与温度及与之有关的矿物。

(六) 混杂体:

两个板块碰撞或板块边缘俯冲时，在板块边界上发生混杂堆积，即在同一个地方，不同岩性、不同时代的岩石混杂在一起，它是构造作用形成的，

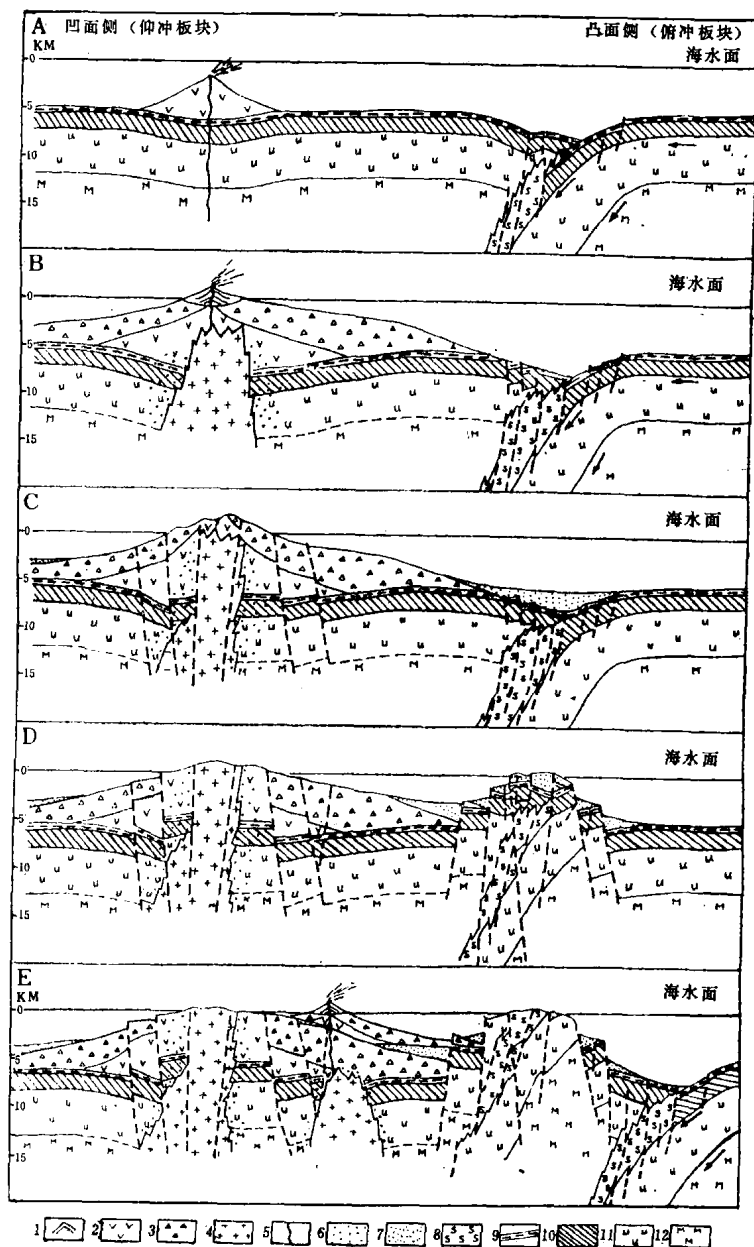


图 14 岛弧的地质发展示意图
(据 Mitchell 及 Reading)

的，对于这种地质体没有合适的名称，最早外国有人称为杂岩 (Complex)，这个名称不合适，易与变质杂岩相混。后来美籍华人许请华为解释美国西部弗兰西斯科的混杂岩时，引用了一个法文名称 M $\acute{e}$ lange，弗兰西斯科的混杂体是由硬砂岩和蛇绿岩组成 (图15)。

现在通常把这种混杂岩体称为 M $\acute{e}$ lange，许认为这种地质体是由于板块俯冲下去或两个板块碰撞以后，俯冲板块上的岩石犹如推土机一样，刮下来的杂乱堆积在俯冲板块界线上或海沟中形成的。也有人认为是仰冲板块上一系列的迭瓦状构造逆掩而形成的，总而言之，

与板块运动有关，是板块边界上的一种产物。是比较可靠的鉴别板块构造特征的标志。

我们对Mélange也应该给它一个恰当的中文名称，但这个词不好译，1973年我首先译成“混杂沉积”。后来有人说，“这是构造成因的，译成混杂沉积不太好”，后来我又译成“混杂堆积”。现在多数人译成混杂岩，我认为也不好，岩石有一定的成分，一定的结构构造，我们在野外打一块标本，要么是灰岩、砂岩或者是岩浆岩，而不能打一块混杂岩。野外几公里，几百米的外来岩块夹在基质中，如何能采取标本呢？许靖华前时来中国

也认为译成混杂岩不好。现在是否可考虑译成“混杂体”好一些、总之，这个译名没很好解决。

后来甘塞尔（Gansser, A.）提出蛇绿混杂岩（Ophiolite Melange）的概念，认为没有蛇绿岩的不叫混杂岩，叫

泥砾岩（滑积层 Olistostrome）。许靖华的《混杂岩与泥砾岩的区别》一文中提出，泥砾岩有一定层位关系。苏联学者提出：“悬崖滨海落块沉积”，但这种沉积岩中的岩块不会很大，分布也不会很宽，而混杂堆积中的岩块可大几公里。

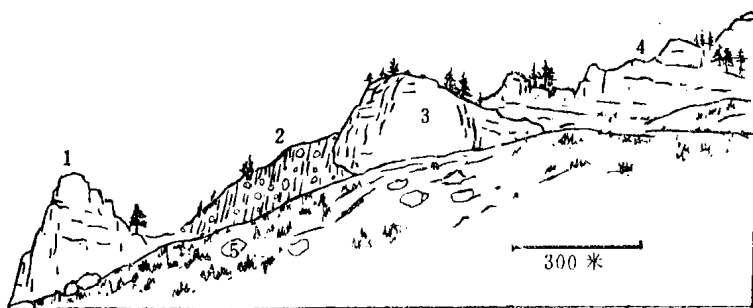


图 16 甘南夏河县麻隆沟混杂体素描图

我们首先在甘南发现了这种混杂现象。大块的二叠纪岩呈外来岩块被包围在三叠纪的页岩或板岩中，岩块常可达 700—800 米，甚至一公里(图16)，二叠纪的灰岩成弧山耸立在山上。甘肃省地质队的同志们形象地称为“上海大厦”，当时野外工作同志们不好解释，在它四周都画了断层，但记录中却没有看到断层。如果是飞来峰，顾名思义应该在山顶上，而实际上石灰岩包在板岩内，有的在山底部，有的在山坡上，而且如果是飞来峰，它应该有来源，但是过了土门关断层，北边皋兰系是老地层，没有这个二叠、泥盆纪的灰岩。有人提出是否为透镜体呢？如果是透镜体，石灰岩的层理应该与板岩层理平行，实际况情也不是。而且看来也不是砾岩和冰积物，只能是 Mélange。但是又没有看到蛇绿岩，又不是甘塞尔所提的蛇绿混杂岩。

对于甘南的这套混杂岩体，我们曾经设想了一种生成模式（图17），甘肃加里东褶皱带经过了加里东运

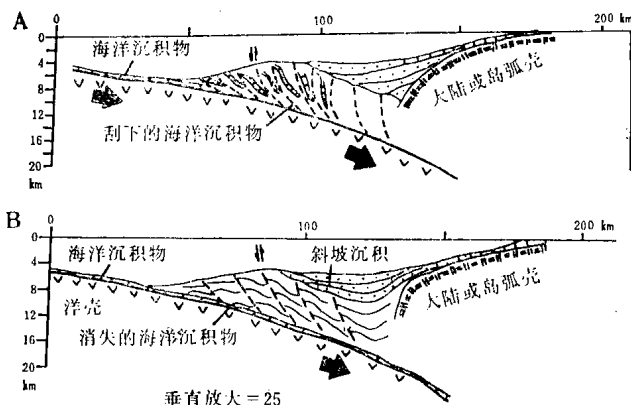


图 15 俯冲板块上沉积物被刮下来的模式

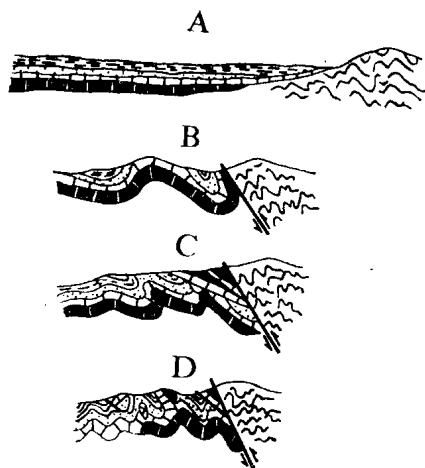


图 17 甘南混杂体生成模式

动，以后有泥盆系、石炭系、二叠至三叠系沉积，最后发生俯冲作用，由于相对运动推挤，就把地层推成倒转向斜，再推挤就形成碎块，进一步形成了混杂体。

后来在我国其它地方也陆续找到了这种混杂体，如四川金沙江，西藏雅鲁藏布江等地。在成都附近的彭县和灌县一带，有泥盆、石炭、二叠系的灰岩夹杂在晚三叠、侏罗系页岩板岩中，跟甘南情况相似，有的在山顶上，如天台山，有的扎在河沟底下，如白水河小鱼洞、灌县的旋口等。这种现象是否也是混杂体有待研究。

（七）热流值：

热流值与板块构造有密切的关系，根据全球热流值测量，发现在扩张脊处热流值很高，可达1.8—3.0 HFU，在板块俯冲带上热流值很低，特别是海沟处不到1 HFU。在俯冲带前端地表的岛弧和火山弧上，由于下部熔融物质的上升而热流值也很高。而全球平均来看陆地与大洋的热流值近于相等，约1.3—1.5 HFU（图18）。

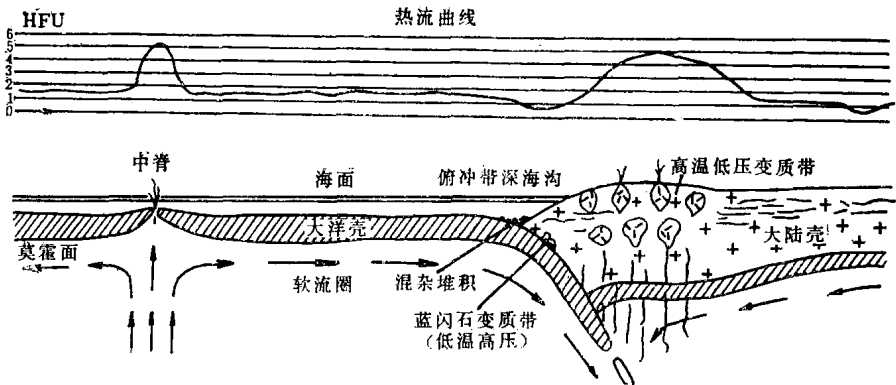


图 18 热流曲线及板块构造关系示意图
一个热流值=1 微卡/秒、平方厘米 其中HFU是热流值单位

因此，看来对于地热，也应该从板块观点来研究。
综上所述，板块构造与地壳移动可以产生以上几种主要的地质现象。

四、地壳活动与岩浆活动的关系

我们都知道大陆上多是酸性岩浆岩，而为什么大洋里边95%是基性玄武岩，即硅镁质岩石呢？六十年代以前，主要接受的是重力结晶分异观点，在重力作用控制下，密度大的向下，密度小的往上，几十年来似乎无可怀疑。但海洋图出来以后，我们就产生了疑问，重力分异是一种垂直分异作用，而大陆上中酸性岩与大洋上的基性岩、超基性岩，横向可达几千公里，横向分异能到这种程度吗？显然不可能，而板块构造理论对这种现象给了很好的解释，当然也不彻底，还需研究探索。

根据前面所谈的板块构造理论，就不难理解大洋中基性岩的分布了。绵亘于三大洋中的大洋扩张脊，长约6万多公里，由于它们的扩张作用，就给上地幔物质上升地表造成了极有利的条件，扩张脊就成为底部岩浆上升的通道。从这些大洋脊下部涌上来的岩浆都是基性玄武岩。三大洋几乎毫无例外是这样上来的岩浆。有个别例外，如大西洋北段的冰岛位于扩张脊

上，但出来岩浆除玄武岩外，还有流纹岩，在玄武岩中有花岗岩包体。就有人因此说板块构造不能成立，这未免有点苛求，我们说五万九千多公里上正确成立的东西能被一小处的例外否定吗？何况这种个别现象还值得讨论呢。

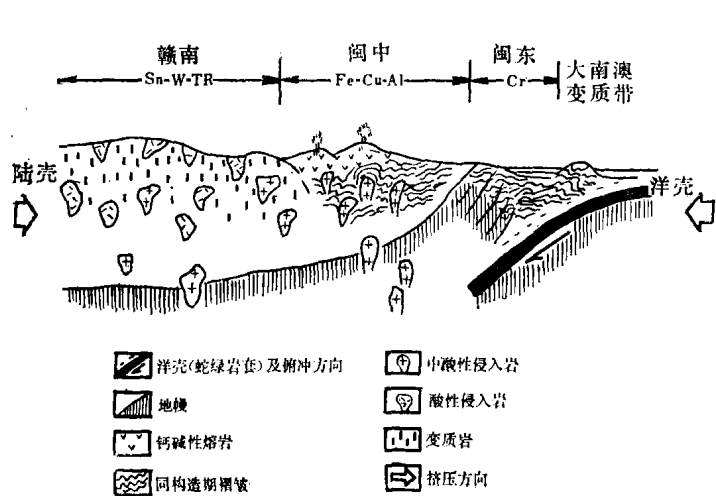


图 19 华南中生代晚期板块构造与成矿关系示意图

物质有一种很独特的地质现象，就是这种上来的岩石中 K_2O 含量与其至俯冲带的距离成正比关系，越远则 K_2O 含量越高（图20）。同时这种 K_2O 含量还与部分熔融的岩浆源的深度有关。它成为岩浆形成深度和俯冲带距离的函数，这种 K_2O 含量或 $\frac{K_2O}{K_2O+NaO}$ 的比值变化，直接影响到岩石中化学成分的变化和岩石类型的变化。如美国西海岸有人画了一条石英闪长岩线，线以西为闪长岩、石英闪长岩。而线以东为花岗岩、二长岩，二长花岗岩。原来不知其成因，有了板块构造，就可以用俯冲模式来解释了。由于太平洋板块向东俯冲以后，形成了这种越往东，钾含量越高的现象。因此，板块构造俯冲模式形成上述中酸性岩浆的化学成分变化，为我们研究岩石学，特别是岩石的成因提供了一种方向。

我们从前曾计算过秦岭以北火成岩的钾含量。用了大量数据，最后由于对 不同时代

（华力西、印支、燕山期）和不同成因类型岩石（原生和次生）未加区分而结果不太理想。

岩浆侵入时代与褶皱构造分期问题；岩浆活动期与构造旋回的划分，很难说有那么明确

我们上面谈到，当俯冲板块前缘到达 150 公里深度以后，由于温度升高，发生局部熔融。上升到地表形成钙碱性火山岩，或侵入于地壳而形成各种产状的中酸性岩浆岩，而且呈带状分布，这种作用就是大陆上中酸性岩形成的基本作用。而且这种上升的热能还可以使未俯冲板块地壳中物质产生熔化、混杂，而形成新的混合岩和混合岩化花岗岩（图19）。

从俯冲和熔融而上来的这种

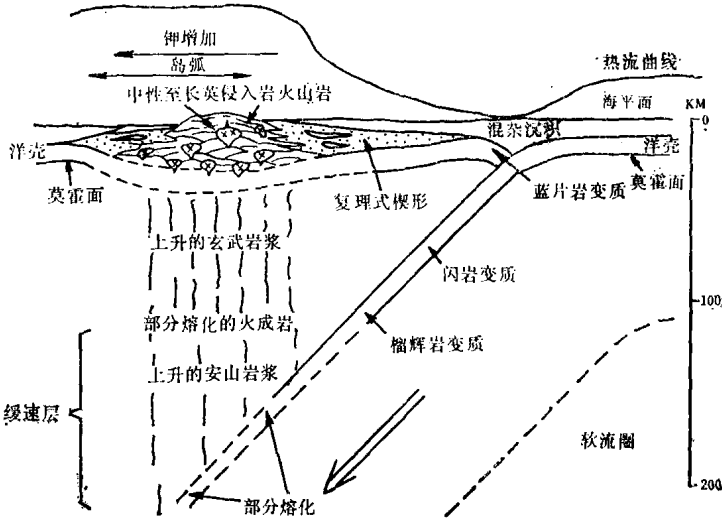


图 20 海洋板块与岛弧间俯冲带的构造与岩浆活动关系示意图 (Sawkins根据Dewey修改)