

裂谷作用与层控多金属矿床

——情报调研报告



中国有色金属工业总公司矿产地质研究院

情报室 李志锋

一九八六年十一月

P611
L2

目 录

一、裂谷作用通论

I. 现代裂谷作用	(1)
I) 现代大陆裂谷	(1)
II) 现代大洋裂谷	(5)
III) 主动大陆边缘	(5)
II. 古代裂谷作用	(9)
I) 拗拉槽	(9)
II) 地槽带的现代概念	(12)
III) 大陆伸展新模式	(14)

二、成矿作用现代实验室

I. 洋盆 张开早期的成矿作用	(18)
1. 红海阿特兰蒂斯 II 海沟	(18)
2. 加利福尼亚湾	(19)
3. 索尔顿湖地热体系中的 Fe-Zn-Cu-Pb 矿化。	(20)
II. 洋盆 张开成熟期的成矿作用	(21)
I) 慢速扩张中心, 大西洋中脊 TAG 热液矿田	(21)
II) 中—快速扩张中心	(23)
a. 东太平洋隆起 EPR 热液矿田, b. 加拉帕戈斯的 Mounds 热液矿田。	
III. 小结	(24)

三、裂谷与层控贱金属矿床

I. 大陆裂谷作用早期的有关矿床	(26)
I) 层状铜矿床	(26)
II) 碳酸盐岩容矿型 Pb、Zn 矿床	(28)
II. 大陆裂谷作用成熟期的有关矿床	(30)
I) 沉积岩容矿型块状硫化物矿床	(30)
II) 火山岩容矿型块状硫化物矿床	(33)
III. 洋盆 张开成熟期的有关矿床	(35)
I) 发散板块边缘的大洋壳贱金属矿床	(35)
II) 会聚板块边缘与岛弧盆地有关的矿床	(37)
1. 黑矿型矿床	
2. 别子型矿床	

四、研究方法

I. 古裂谷的鉴别	(41)
II. 古裂谷带断裂构造的研究	(44)

III、矿床及成矿热液体系的研究	(47)
IV、裂谷研究实例	(52)
I) 攀西裂谷带	(52)
II) 赞比亚铜带	(57)
III) 布罗肯希尔	(59)
五、编后话	(59)

前 言

裂谷是全球性构造现象，它出现在大陆内部，如东非裂谷，也分布于海洋，如红海和东太平洋隆起。这些张性的非造山环境的裂谷带有特定的岩浆活动，构造作用和成矿作用。十九世纪六十年代，人们在对海洋的调查中，发现大洋中脊是平分各大洋的连绵不断的大型构造，两侧为与洋脊平行的一系列年令上对称的磁异常，由脊向外，其排列自新到老，这就产生了洋底扩张的概念。从此，十八世纪魏格纳根据大西洋两岸地形相似性和生物群分布提出的大陆漂移说得到越来越多的支持。1968年摩根提出地壳可划分成六大板块，提出太平洋周围岛弧、海沟、新造山带等是板块会聚洋壳向下潜设的概念。近二十年来，板块学说在大地构造学上逐渐取得了统治的地位。

1948年瑞典在红海发现热卤水，1965年，美国等在阿特兰蒂斯海盆内的热卤水层下面取出了含金属层状沉积物岩心。1978年，法—墨—美在下加利福尼亚以南东太平洋隆起北纬21°首先发现已熄灭的深海热液喷口及Zn、Cu、Fe硫化物；1979年第一次发现了活动喷口及“黑烟囱”和“白烟囱”，还检测出喷出的液体主要来源于海水。它们分布在席状或枕状玄武岩上。这些“现代成矿实验室”的发现给人们提供了直接观察研究层控多金属矿床成矿的机会。近几年来，对大洋裂谷即洋底扩张中心的特征已能通过潜水器直接进行观察，从东太平洋隆起到大西洋中脊，也包括红海，对热液活动，成矿作用等已进行了多方面的研究。

根据这些新认识，地质学家们对一些成矿带、成矿省或某些类型的矿床重新进行了研究，在成矿理论和找矿工作上取得了新的进展。如澳大利亚南部奥林匹克坝铜—铀—金矿床的发现，欧洲西部多金属矿床的新一轮找矿实践所获得的成就等。

一、裂谷作用通论

I. 现代裂谷作用

裂谷是地壳或整个岩石圈的裂缝，是狭长的、张性组合的、具深部成因的一种全球构造。现代裂谷可分为大陆裂谷和大洋裂谷。

I.1) 现代大陆裂谷：

东非裂谷是最大的大陆裂谷（图1），自莫桑比克向北，分东西两支至亚丁湾，然后经红海与死海裂谷系相连，全长超过6000公里，最宽可达几百公里。但就裂谷本身而言，一般宽只有40—60公里，东非裂谷一般30公里，沉积物充填厚度可达3000米，贝加尔裂谷沉积物厚度可达5000米（宽50公里）。

多数大陆裂谷都有强裂的火山活动，裂谷期自始至终有复杂的多期的岩基侵入和喷发活动，东非裂谷在埃塞俄比亚、肯尼亚和乌干达都有著名火山（图2~4）。高峰期能形成高原玄武岩被。在裂谷的两缘，一般出现碱性岩，碱性正长岩和碳酸岩的侵入。

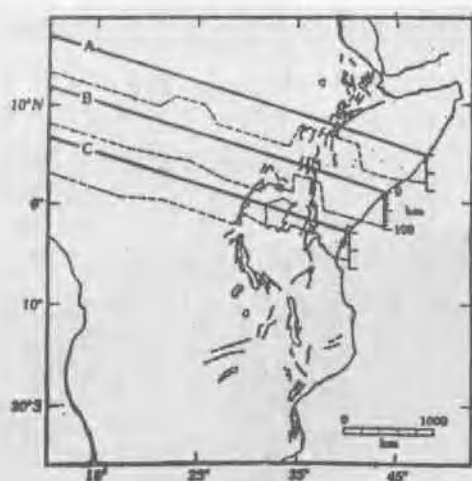


图1 东非裂谷断裂分布及岩石圈变薄状况
三个剖面是根据重力(见图5)作的,它表明
在东非裂谷下岩石圈变薄区的性质变化很大。

(据 R. W. Girdler)



图2 东非裂谷内的 Longonot 火山,
位于内罗毕以北约 50 公里 (李志峰摄, 1983)



图3 东非裂谷东支景观
(李志峰摄, 1983)



图4 东非裂谷东支肩部的层状火山碎屑岩
(李志峰摄, 1983)

大陆裂谷的喷出岩以溢流玄武岩组合或双峰火山杂岩这二种组合或其中之一为特征。双峰组合是基性岩和酸性岩紧密共生，很少有中性岩。在肯尼亚裂谷酸性和基性的比例相当，大多数双峰组合的酸性较基性岩少。玄武岩主要是拉斑系列和碱性系列，大陆裂谷带拉斑玄武岩比洋脊拉斑玄武岩更富钾，大陆的 $K_2O \approx 0.06\%$ ， $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.7033 - 0.7110$ ，大洋的含 $K_2O < 0.4\%$ 。

大陆裂谷的特征及其在发展上存在着下面一些问题：

1. Burke (1973) 注意到，在非洲有几处大范围隆起没有裂谷现象，说明隆起的形成可能与裂谷无关，因此，在隆起与裂谷一起出现的地方，很可能在时间上隆起是先形成的。与这一概念相反，Baker等人 (1972) 注意到埃塞俄比亚裂谷起始时是沉降区，说明穹状隆起是后来进行的，或是与裂谷作用同时进行的。

2. 从东非裂谷来看，非洲地震活动明显地表示出，活动裂谷作用区域在南部，而不在北部（岩石圈最薄的地方），从图5—6可以看出，在南纬约 12° ，最大变薄轴的方向转向西，这与安哥拉古老裂谷区和金伯利岩带有关。此外，东西裂谷都有变薄作用，因此，断层作用和裂谷作用早于岩石圈变薄作用，而形成过程是不连续的。

3. 在冰岛、阿法尔、肯尼亚、西非和贝努埃海槽及喀麦隆线状火山有跃迁现象。如肯尼亚裂谷在约1千万年前就已向东跃迁了100公里，而目前正继续向东跃迁。大陆裂谷跃迁距离大致等于当地岩石圈的厚度。

4. 裂谷作用形成机制有主动和被动之说（图7）。主动裂谷作用机制认为，慢流上升，冲击大陆岩石圈底部，造成岩石圈的破裂和地壳的成拱作用，地壳底部大陆岩石圈的变薄需要50—75百万年，时间似乎太长。被动裂谷机制认为，张应力引起大陆岩石圈

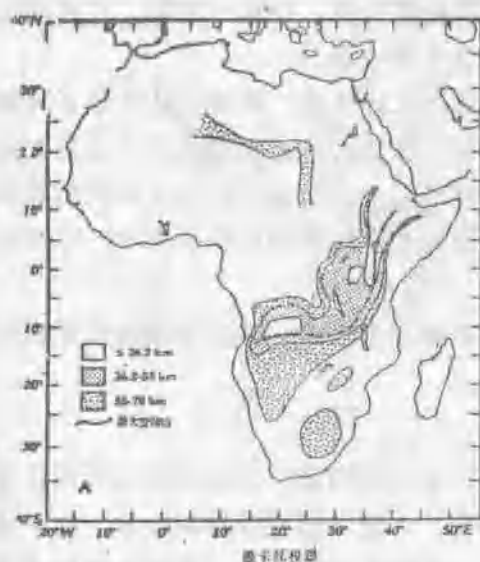


图5 非洲大陆岩石圈的变薄作用

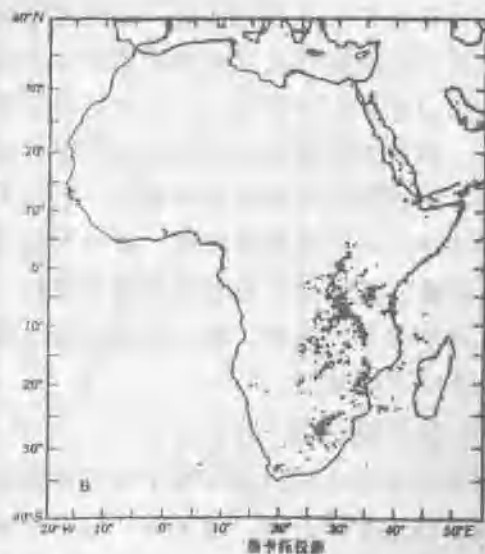


图6 非洲地震震中分布图

由Brown和Girdler 1980年所获得的重力资料推断（反映了1964—1975年间非洲的地震活动，世田较）

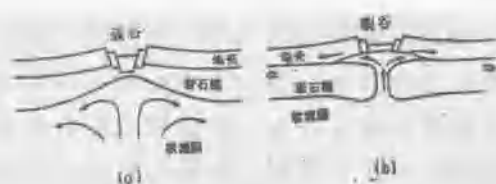


图7 裂谷作用模式

- a. 主动裂谷作用机制。岩浆上升使岩石圈变薄，造成岩石圈的破裂和地壳的穹窿构造。
- b. 被动裂谷作用机制。张应力引起大陆岩石圈的破裂，地幔底辟穿过岩石圈到达底部，造成地壳的变薄作用。

的破裂，地幔底辟穿透岩石圈到达地壳底部，造成地壳的变薄作用。底辟渗透形成的张应力又使岩石圈和地壳变薄导致裂谷的扩张。

被动机制把岩石圈的张裂归因于早先存在张应力，据此，地壳的穹窿作用和火山作用是次生过程，上拱是靠近莫霍面底部岩石的侧向扩张造成的。

II.) 现代大洋裂谷：

一般指大洋中脊裂谷，是地球表面最大的线状隆起体系，它的脊峰与地球上浅震中带的分布是吻合的。它包括大西洋中脊，印度洋中脊和东太平洋隆起等，全长65000公里（图8），宽一般为1000—4000公里，脊峰比洋盆高起约2—3公里，沿脊峰有深海沟宽约1—4公里，两边为阶梯状断层。

板块学说认为，大陆裂谷属裂谷发展的初始阶段，红海，亚丁湾是其进一步的发展称陆间裂谷，加利福尼亚湾亦为陆间裂谷，陆间裂谷进一步张开则形成大洋裂谷，如大西洋中脊裂谷和东太平洋隆起，称洋盆张开的成熟阶段。在这一阶段，在板块潜没的地方，在弧后盆地能形成大陆边缘型裂谷，如日本海裂谷。

大陆边缘分二种类型：主动大陆边缘和被动大陆边缘。被动大陆边缘在地震上是不活动的，这里的大陆和大洋岩石圈已焊接成同一板块的一个组成部分，这是大陆破裂时的边缘，但被新形成的洋壳焊接在一起而不再是板块的边缘了；如大西洋裂谷张开后沿美洲和非洲大陆边缘即属此例，被动大陆边缘大都被巨厚的沉积所覆盖，可见有过强烈的沉降现象。这些地方是石油勘探的靶区。

大洋扩张至极限时，被动大陆边缘会破裂造成潜没带，潜没带即为会聚板块边缘，也就是主动大陆边缘。

III.) 主动大陆边缘

大部分主动大陆边缘分布于太平洋的东、北、西边缘，典型的主动大陆边缘如美洲大陆西面的太平洋沿岸，靠大洋一边有深海沟，大陆一边有安第斯山脉。在主动大陆边缘上安山岩火山作用发育，一般有岛弧体系。其他大洋的岛弧，有地中海的爱琴岛弧，印度洋的巽他岛弧、班达岛弧，大西洋的加勒比岛弧和斯科舍岛弧等。

1) 深海沟：在大陆边缘和岛弧的向海一边，有很长的线型沉降形迹，连续性也很



图 8 岩石圈板块的划分, 1. 洋中脊—转换断层 2. 俯冲带 3. 深源地震区 4. 中源地震区 5. 扩张带 (厘米/年)



图9 西太平洋的边缘盆地(据 Kang, 1971, 改绘)

1. 边缘盆地; 2. 海沟

好, 如秘鲁—智利海沟长4500公里, 汤加海沟长700公里, 深9,000米, 海沟宽约100公里, 呈不对称V字型, 靠大陆一边较陡。海沟靠大陆一侧往往与岛弧为邻。陆棚很窄或缺失, 出现的是陡立在海岸的安第斯型山脉, 这种由安山岩构成的山脉离海沟轴约150公里, 深海沟向下有一朝大陆方向倾斜的地震带, 倾角约 45° , 这个带称为贝尼奥夫带, 深海沟轴就是板块边缘, 贝尼奥夫带是大洋岩石圈潜没的形迹。

2) 岛弧: 岛弧呈弧状, 凸边指向海洋, 岛弧与大陆之间相隔一边缘海, 典型的边缘盆地如日本海下伏的是大洋壳, 爪哇和苏门答腊与大陆之间为一陆棚海, 下伏的是大陆壳碎片(图9), 为火山所穿切。有的火山岛弧如小安得列斯群岛是穿切原有洋壳形成的。

海沟—岛弧—弧后盆地的格架见图10，以火山岛弧为分水岭，靠大海一侧为前弧地区，包括增生柱和深海沟等，靠大陆一侧为后弧区，弧后盆地等。

在岛弧区，玄武岩—安山岩—英安岩—流纹岩套和相应的深成岩等，是构成岛弧的主要组分。岛弧中安山质火山活动常与深海沟及岩石圈的俯冲带伴生。活火山总位于贝尼奥夫带上大约80—150公里的地方。

海沟—岛弧—弧后盆地体系（图10）热流的分布是外带的热流一般稍低于正常值，内带则高，高热流带的外部边界与“火山前锋”一致，双变质带由一个外带（低温高压变质带）与一个内带（高温低压带）所组成。

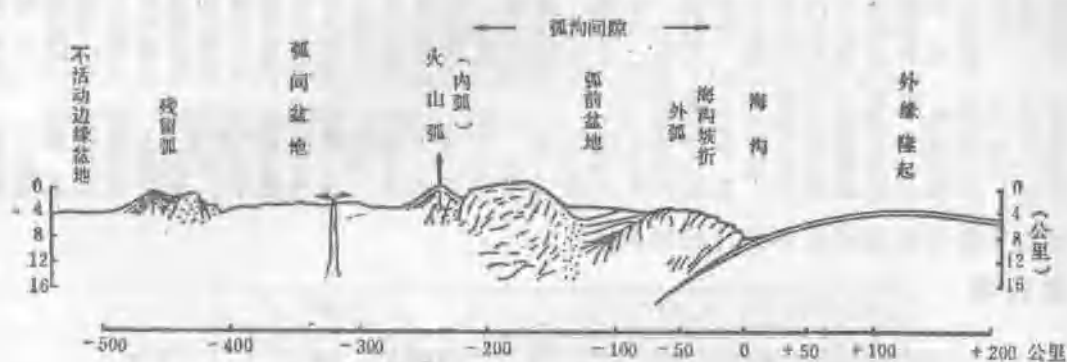


图10 岛弧—海沟系横剖面示意图(据 D. E. Karig et al., 1975)

岛弧内带地区中生代花岗质岩石的广泛产出同样支持内带是高温带。这是太平洋型造山作用的特征，亦是最重要的造山作用类型。

3) 弧后盆地：盆地下的洋壳可能是裹胁在岛弧和大陆之间的老洋壳（如白令海、加勒比盆地）也可能是弧后海底扩张作用形成的盆地，后者可能是大部分边缘盆地的形成机制。在西太平洋还发育二个弧后体系。据盆地发育状况，可分为（见图9）：

未发育盆地：如阿留申盆地，阿留申岛弧下的俯冲作用只是在上新世晚期才出现，俯冲时间不长，深度不够，弧后盆地还没有发生扩张。

活动盆地：有明显的活动扩张中心，沿扩张中心地形呈轴状隆起，与海沟和岛弧的走向平行。如马里亚纳海槽和拉乌—哈佛海槽。

成熟盆地：有一个大范围的热流异常，有扩张的证据，但现在无正在扩张的显示。如日本海盆，鄂霍茨克海盆，帕里西维拉海盆和北斐济海盆。

不活动盆：都是一些较老的盆地，有一些过去扩张的证据，但热流值是正常或接近于正常的，如南斐济海盆、西菲律宾海盆等。

4) 与弧后盆地扩张作用有关的矿产：目前已发现矿化现象的海盆有，马里亚纳海盆，西菲律宾海盆和拉乌海盆。具体情况是：

马里亚纳海槽，为弧后活动扩张中心，在水深3700 m处的沉积物和结壳中，有Mon-

ironite, 蒙皂石和锰氧化物。

西菲律宾海盆: DSCP 291 和 294/295 处, 水深 5000 多米, 构造上位于弧后盆地非活动扩张中心, 洋壳第二层上覆盖的底部沉积物中, 有针铁矿/赤铁矿, 石英、蒙皂石等, Cu, 60—1200ppm; Zn, 88—520ppm。

拉马盆地: 在弧后盆地活动扩张中心破裂带上的玄武碎屑岩中, 有重晶石等产出。

边缘海盆的扩张作用与洋底扩张作用的差别在于, 边缘海盆的磁性条带较不明显, 强度低而不规则。

II. 古代裂谷作用

地球历史中的裂谷作用在规模、形态、建造、构造组合分布规律和演化上均随时间而变化。一般可分成五大阶段, 其中三个时期是比较强裂的全球性拉张活动期, 这三个时期为太古代、晚元古代和中—新生代。

现代裂谷格局是第五阶段裂谷演化的结果, 它与大陆的解体和“次生”大洋盆地(如大西洋盆)的形成密切相关。和前中生代裂谷带不同的是, 大多数中、新生代大陆裂谷和大洋裂谷没有构造回返和挤压的现象。

I) 拗拉槽



图 11 晚元古代古地台上的裂谷和似裂谷带

1=前元古地台; 2=晚元古代(约10和5—6亿年前)古地台上的构造—岩浆活动带; 3=同上, 约10或5—6亿年前受到构造回返作用; 4=拗拉槽; 5=同上, 约10或5—6亿年前受到构造转化作用; 6=陡的大断层带; 7=逆断层和辗折断层; 8=拗拉地槽, 受到早或晚贝加尔褶皱作用; 9=晚元古代地槽带; 10=早贝加尔褶皱作用现象的地槽区; 11=具晚贝加尔和Sardinia (Sardinia) 褶皱作用的地槽区。

最古老的太古代裂谷作用的线状构造是在厚度不大的、比较活动的原始陆壳上发生的，这些最早的古活动带可能以紫苏花岗岩—麻粒岩带和窄而短的绿岩带作代表。

晚元古代是地史上第二个裂谷作用强化期（图11）。在古地台上，发生了许多大陆裂谷带和（或）拗拉槽，在劳亚大陆和澳大利亚地台上发生了许多拗拉槽。这些拗拉槽和地槽带一样分割了古地台，拗拉槽往往是地槽带的分支，在冈瓦纳古陆群（南美、非洲）也有复杂的拗拉槽体系。

拗拉槽（aulacogen）或裂陷槽是地台上线状地堑型的凹陷，一般拥有巨厚的沉积物，并有火山岩，其早期为大陆破裂并溢出碱性火山岩、底部粗碎屑岩及较高层位的蒸发岩，是典型裂谷特征的大洋张开幕的产物。

沙茨基把拗拉槽用来指受断裂限制的从地槽伸入相邻克拉通的深槽，板块学说诞生后，许多人用来指从海洋楔入大陆的三联裂谷的残脊（failed rift arm）。

第聂伯—顿涅茨拗拉槽（图12—图14），在初始阶段为线状地堑，断裂伴随有火山活动。地堑拗陷可达1—2或5—15公里。在泥盆纪时，有再生现象，连续的沉降作用，

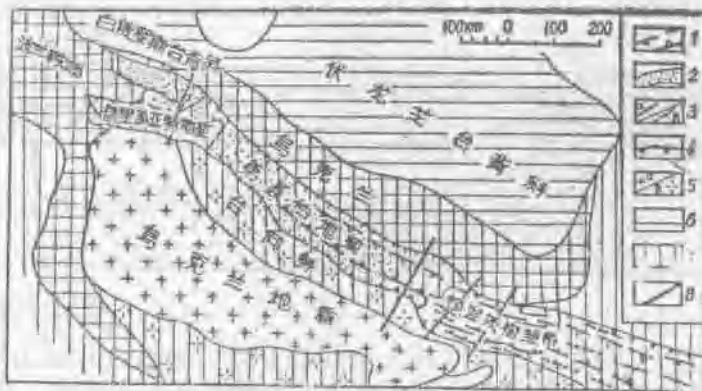


图12. 东欧地台第聂伯—顿涅茨裂陷槽示意图。米兰诺夫斯基编制。1 = 晚元古代(?)裂陷槽边缘；2 = 晚盆泥纪普里派亚特—第聂伯—顿涅茨裂陷槽及其边缘断层；3 = 晚古生代顿涅茨褶皱带在表面(a)和在中新世地台盖层之下(b)；4 = 顿涅茨褶皱带边缘晚古生代—中生代上冲和逆掩断层；5 = 乌克兰地槽的前寒武纪基底在表面(a)和在斜坡上的中—新生代地台盖层之下；6 = 乌克兰地槽的台背斜和斜坡，主要为古生代沉积物所覆盖；7 = 被中新世沉积物充填的台向斜和地后斜放以及被它们覆盖台背斜；8 = 图13、14所示地质横剖面的大致位置。

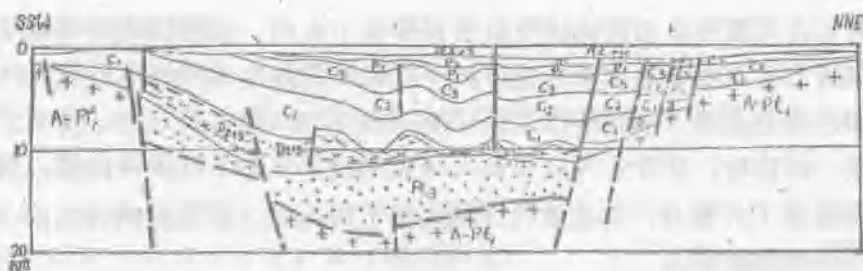


图13 等聂伯地堑凹陷东部的深部地震地质横剖面，其上为乌克兰台向斜（沙洛格布和吉洪诺夫，1975）。

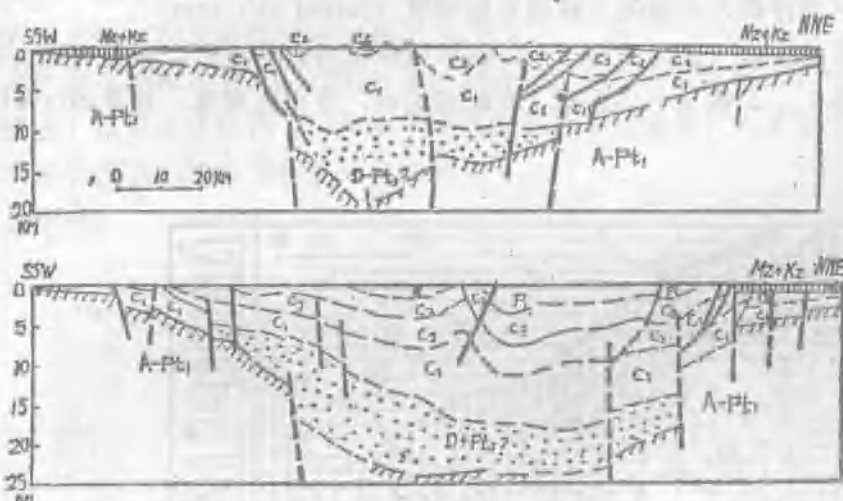


图14 顿涅茨盆地（褶皱带）的两个深部地质—地球物理横剖面（米哈列夫和包若杜林，1976）

伴随有剧烈的碱性基性或碱性超基性岩浆活动。上述均是拉伸阶段，即在裂谷的张开时期，最后为挤压时期，或称回返阶段。

拗拉槽的含义现已扩大一些，它还包括下列二类，一类拗拉槽把地台分割成两个不同部分，另一类是盲的，两端均在地台内衰减（图15）。

据苏联学者研究，地台上拗拉槽就其旋回特征有许多类型，但主要可分为多旋回和单旋回两大类（图16）。

总之，大陆壳残留着地球演化历史的记录，在地球40多亿年的历史中，大陆壳经历了多少个威尔逊旋回呢？一种意见认为，根据地台上存在的裂谷和缝合（线），可以解开地台的解体和组合的历史。另一种意见认为，地壳无多大的横向水平运动，而是以升降运动为主，在稳定地台内，以发育各类型拗拉槽为主，拗拉槽与同期形成的地槽带在成因上和构造上密切相关。如上所述，在大多数情况下，拗拉槽是地槽带的分支。

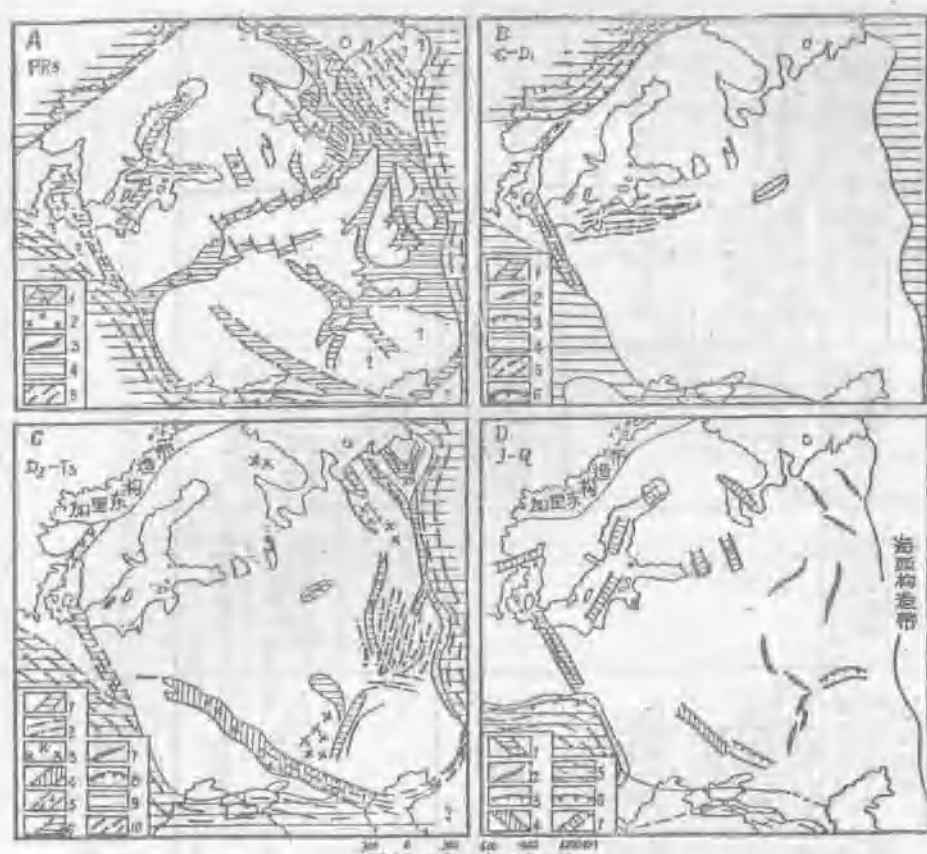


图15 东欧地台裂陷槽发展阶段。芬兰诺夫斯基编制，1979。

A. 前元古代 B. 寒武—早泥盆纪 C. 中泥盆—晚三叠纪 D. 侏罗纪——第四纪

II) 地槽带的现代概念

地槽是1857年J. Hall所提出，他在研究北美阿巴拉契亚山时，发现这里受过强烈褶皱的古生代沉积层厚达2,500米，而西面密西西比河谷只有1,500米，因此认为这些褶皱山系在早期是一不断拗陷和接受沉积的沉降地带。地槽由下降到上升回返，从接受沉积到形成褶皱带，称为一个旋回。

板块学说的地槽概念是（见图17）：裂谷作用形成海洋，在陆缘地带形成地倾斜（Geocline），并接受巨厚的沉积。据墨西哥湾和北美东海岸的资料，这些陆缘地带的沉积厚度比以往估计的要厚得多，如巴尔的摩海槽沉积物厚度，可能超过12,000米。由于板块的会聚，使相距很远的沉积组碰撞在一起构成“地槽”形态。中间隔了一条缝合带。

阿巴拉契亚褶皱带分东西二带，东带为优地槽区，是由岛弧发育而成，含有洋壳碎片，包括有大陆壳地段，西面为冒地槽带。中间为一缝合带所分隔。在约八亿年前的晚里菲期，该地槽中Lynchburg-Ocoee盆地中有以拉斑玄武岩为主的火山活动和岩墙群的侵位，这是裂谷带形成的证据。至奥陶纪和泥盆纪时期，在西阿巴拉契亚山形成深深的拗陷，即Martinburg-Normanskill海槽，东阿巴拉契亚有岛弧安山岩—玄武岩火山

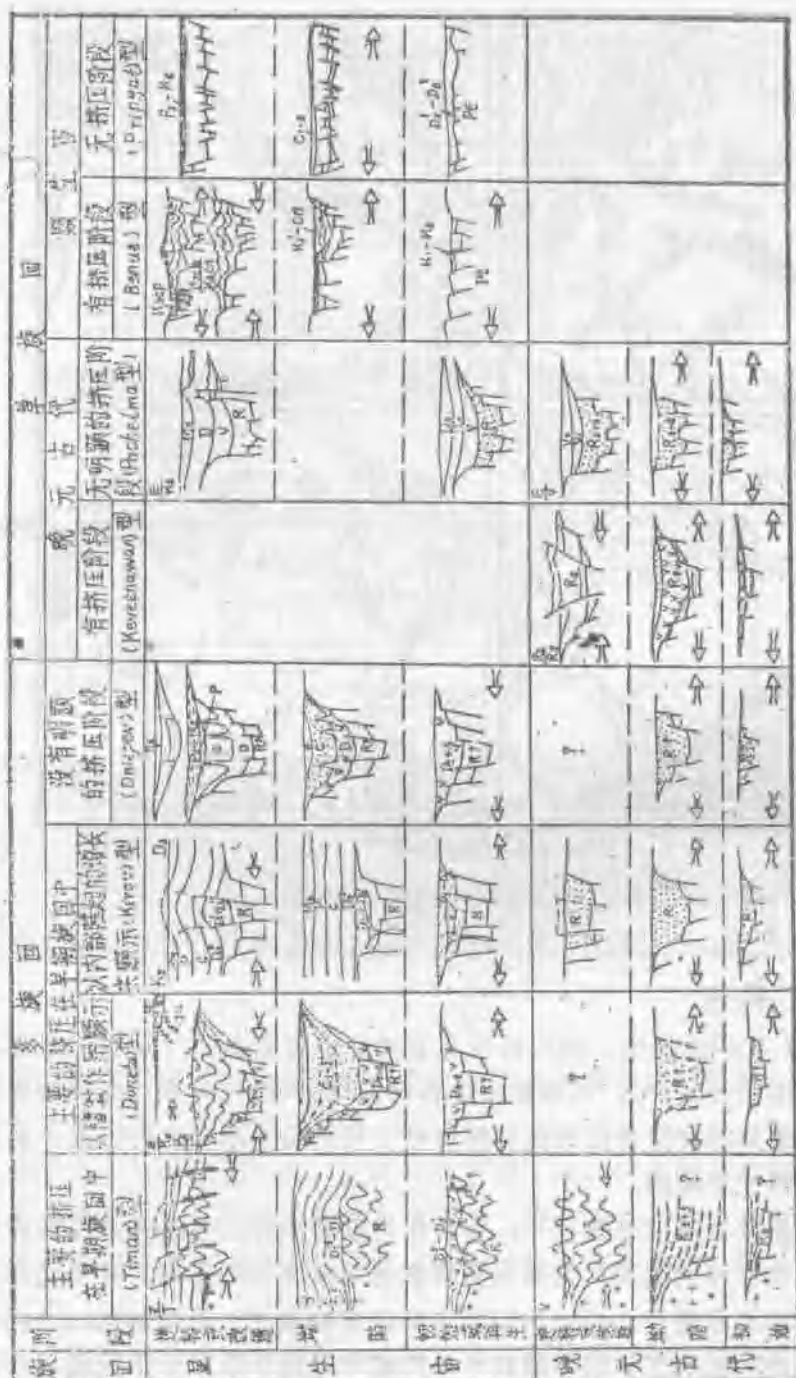


图16 地槽谷发展的阶段、旋回和类型 (Milanovsky, 1981)。横剖面图以任意比例表示地槽谷的理想化的构造。垂直比例相对地放大。R代表正非系

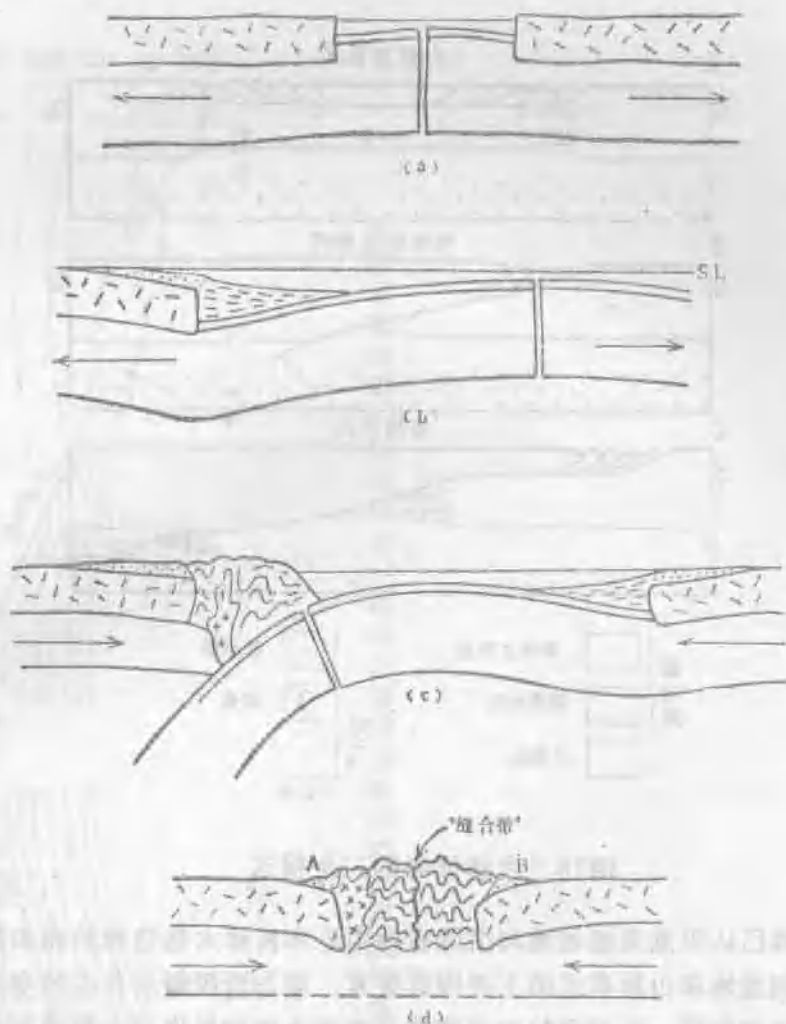


图 17 北阿巴拉契亚板块构造的图解说明, 据Bird and Dewey (1970) 和Diets (1972)。
(a) 一在晚前寒武纪时大陆壳的裂谷作用。(b) 一原始大西洋的张开和大陆边缘的沉积作用。
(c) 一当早古生代期间, 由于安第斯型的造山运动使原始大西洋发生闭合作用。(d) 一当大
西洋两侧大陆碰撞所引起的喜马拉雅型造山运动, 使原始大西洋消失。〔据R. S. Dietz (1972)〕

活动, 说明该处在下古生代时由被动边缘转变为潜没带, 进而洋盆关闭, 该海槽东部受挤压发生逆掩。但西部却变形甚微。

III) 大陆伸展新模式

在大陆伸展、解体过程中裂谷是如何扩张, 被动大陆边缘又是怎样发生的, 1978年 Mckenzie 为了解释地壳的变薄作用、断裂作用和沉降作用, 提出了岩石圈的伸展作用模式, 他认为地壳的变薄作用、正断层作用会造成大规模的拉伸现象。伸展作用伴随着大陆的解体, 会造成被动大陆边缘, 这是对称的纯剪切拉伸模式 (图18A)。但这一模式不能解释下述现象: 边缘台地、滑脱大陆条带、沉没大陆碎片等。在地表反射剖面上, 明显地缺少对称的断裂构造, 在对应的被动大陆边缘上一般无对等构造出现。因此可以说, 对称拉伸模式的可用范围是有限的。被动大陆边缘的发展可能在构造上是不对称的。