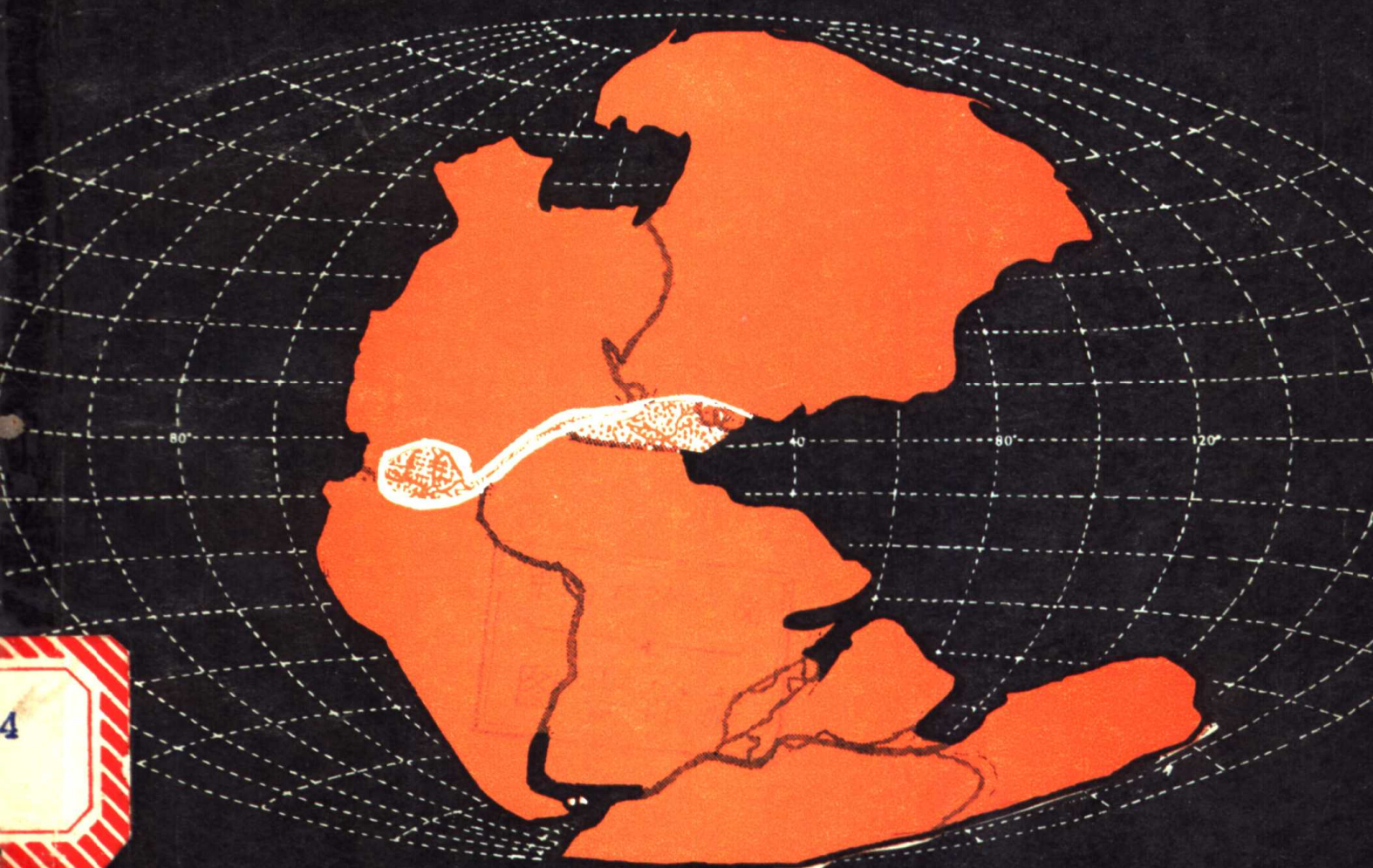


特提斯构造带地质学

—— 廿六届国际地质大会论文选译



地质出版社

特提斯构造带地质学

——廿六届国际地质大会论文选译

中国地质科学院地质研究所 译

地 质 出 版 社

特提斯构造带地质学

——廿六届国际地质大会论文选译

中国地质科学院地质研究所 译

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：张义勋

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：8³/₄ 字数：194,000

1983年9月北京第一版·1983年9月北京第一次印刷

印数：1-2130册 定价：1.30元

统一书号：15038·新975

译 者 的 话

特提斯构造带地质学，历来为国内外地质学家所关注。1980年巴黎举行的第26届国际地质大会将此作为重点地质课题进行了讨论。举世瞩目的喜马拉雅地区正处于特提斯构造带的东段。为了更好地推动这一地区的工作，我们从第26届国际会议专辑(5)《Geology of the Alpine Chains born of the Tethys》中，选译了十余篇文章，以《特提斯构造带地质学》出版。本书选译的文章基本上反映了国际上著名地质学家，用板块构造观点研究西起加勒比，向东经地中海、喜马拉雅到印度尼西亚整个特提斯构造带的最新研究成果。由于中生代以来，我国处于环太平洋和特提斯—喜马拉雅两大构造域的控制之下，因此，通过这些论文可以较系统地了解特提斯构造带的地质构造特征及其演化历史；对研究中新生代构造和成矿规律，特别是对我国青藏高原及其邻区的工作将会有直接帮助。

此外，本书还译载了法国著名构造学家莫里斯·马托埃发表在《科学美国人》杂志上的“山链的形成”。作者按力学机制将山链分为四种类型：俯冲型、仰冲型、碰撞型和陆内型，认为这是继板块学说以来新出现的一种以山链为基础的大地构造学说。这些观点对我国地质工作者将会给予有益的启示。

本书在编译和出版过程中，得到地质出版社、武汉地院构造教研室及地质科学院有关科技人员的大力支持；地质所绘图组担任部分图件绘制，照相室复印文稿图件、翻拍照片，我们在此表示感谢。另外，对译文中的不妥之处，欢迎读者指正。

中国地质科学院地质研究所

中国地质科学院喜马拉雅地质研究队

1983. 1

目 录

特提斯阿尔卑斯山链的地质概述	J. 奥布安 J. 德伯尔马斯 M. 拉特雷伊 (1)
特提斯洋的形成及其早期演化	D. 贝努利 M. 莱穆耶 (7)
欧亚大陆和阿拉伯—非洲大陆间中生代特提斯的张开	I. 阿尔让里亚迪斯等 (18)
“大西洋特提斯”的形成和演化	Y. 朗斯洛 (33)
加勒比特提斯海的张开——加勒比海和墨西哥湾的发生和发展	A. 萨尔瓦多 A. R. 格林 (42)
喜马拉雅到东亚岛弧特提斯带造山特征的比较	M. G. 奥德利—查尔斯等 (48)
环印度缝合带	A. 甘塞尔 (58)
爱琴海和阿曼之间的中东阿尔卑斯	S. 阿达米亚等 (68)
非洲岬角亚得里亚的古构造演化	B. 达尔热尼奥等 (83)
迪纳拉褶皱带各时期变形作用、变质作用和岩浆作用的对比	J. 帕尼克 (103)
中阿尔卑斯	R. 杜伦佩 E. 尼格里 (105)
东阿尔卑斯的演化阶段	P. 福珀尔等 (107)
喜马拉雅的构造运动	A. 甘塞尔 (110)
山链的形成	M. 马托埃 (112)

特提斯阿尔卑斯山链的地质概述

J. 奥布安 J. 德伯尔马斯 M. 拉特雷伊

摘 要

特提斯是从太平洋西部的“永久特提斯”开始，在联合古陆上由东向西呈剪刀状张开的，三叠纪时先在西欧亚大陆和非洲大陆之间，到早、中侏罗世时在北美洲和南美洲之间，演变为“再生特提斯”。

从侏罗纪末直至早第三纪，大西洋由南往北的剪刀状张开，中断了上述演化进程。这时，加勒比地区和欧亚大陆南部进入闭合状态（挤压作用）；而在中大西洋地区，大西洋的张开叠加在特提斯张开之上。

特提斯—阿尔卑斯山链受其周围各主要板块所限，分成了相应的一些地段：环加勒比山链、地中海山链（环非洲造山带）、环阿拉伯新月形蛇绿岩带、环印度缝合带、环澳大利亚蛇绿岩带。

特提斯阿尔卑斯山链构成了当今世界上两大造山带之一。它自加勒比海到印度尼西亚，横贯欧亚大陆的南部。这些山脉都是陆间山脉且向大陆翘曲，它与环太平洋造山带的陆缘山脉形成鲜明对照。这两大造山带一处在中美洲汇合，另一处在西南太平洋汇合。从构造角度看，这两个汇合处是世界上最具有意义的地区。

一、特提斯阿尔卑斯山链是特提斯地质历史 发展形成的一个地质单元

特提斯是华力西造山运动后，古生代末期联合古陆由西太平洋开始剪状张开而形成的一个大洋（图1）。因此可以分出两个特提斯：一是“永久特提斯”，纯属于古生代太平洋，从古生代到中生代均为大洋相，无不整合；一是“再生特提斯”，是一个在联合古陆上打开的大西洋型的大洋。

1. 特提斯的再生，自三叠纪开始到侏罗纪止，其方向由东往西。它具有三个明显的演变阶段：陆相（红色砂岩）—蒸发相（石膏、盐）—海相（陆缘的）。这三个阶段分别代表大陆裂谷的产生，首次海侵以及晚期海侵三个过程。晚期海侵时大洋已经张开。环地中海山链的三叠纪地层为其典型特征，环加勒比山链的侏罗纪也具这一特点，只是地质时代略有不同。在大西洋未张开时的北美和西北非的大西洋陆缘上，也发现了这种特征。特提斯的再生是随环加勒比地区发生牛津期全面海侵而完成的。但是还没有地质依据来证实特提斯和太平洋是否相通，即大洋是否已完全张开。不过，在环加勒比地区上侏罗统和下白垩统中所见到的生物群更接近于特提斯型，而不是更接近于太平洋型（例如，东太平洋地区无Calpionelles，而加勒比地区则极为丰富）。

在第一阶段，特提斯边缘的沉积是大西洋被动边缘型序列。由于侏罗纪时中大西洋的

边缘也就是特提斯本身的边缘(图1),故沉积序列的对比就更为准确。此外,中大西洋边缘见有特提斯沉积岩系,它类似于阿尔卑斯山脉中所见到的(例如:Ammonitico rosso 相灰岩)。根据国际海洋钻探计划在北大西洋的美洲海岸所进行的第1和11航次以及在西北非海岸所进行的第41航次所获得的资料,进行了对比研究。

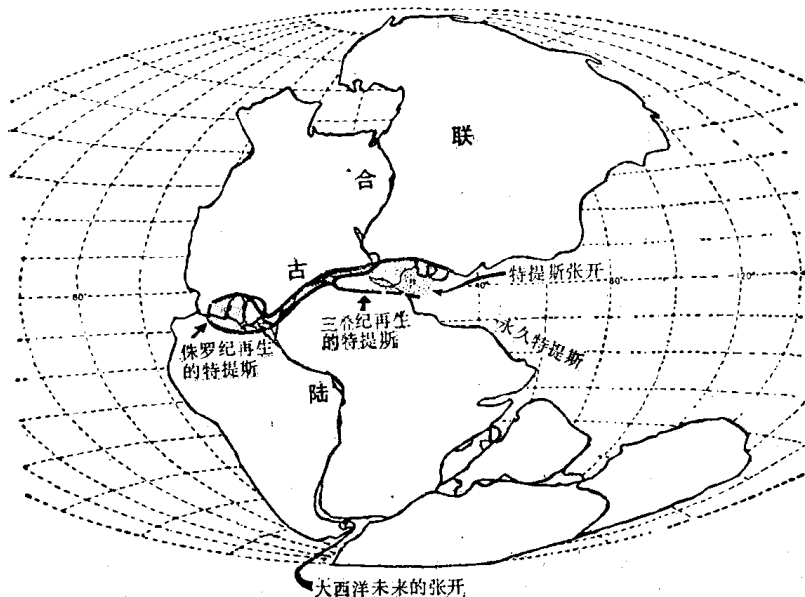


图1 “永久特提斯”和“再生特提斯”

(引自J.奥布安、R.布朗西、J.-F.斯提凡、M.塔尔迪的文章,法国科学院,1977, D285,第1025—1028页)

(联合古陆复原图,采用地球物理杂志1970年第75期,第4939—4956页, R.S.迪埃, J.-C.奥尔当所做的图)

特提斯山系的历史有叠加的两次大洋张开:特提斯张开,由东向西,时代为三叠纪到侏罗纪;大西洋张开,由南往北,时代为白垩纪到第三纪

2.从侏罗纪末期开始,白垩纪和第三纪期间,大西洋的张开导致特提斯的演变进入第二阶段:大西洋的张开是从南部开始的,时间为侏罗纪—白垩纪之间。张开的三阶段标志是:下白垩统为陆相,其后是蒸发相,阿普第阶为海侵相。中白垩世时,张开延至大西洋中部。此时,大西洋切断特提斯,并在晚白垩世时越过特提斯往北推进,于始新世时达到北冰洋。

因此,大西洋是拼接而成的。它的形

成过程是:南大西洋在侏罗纪末期至早白垩世,北大西洋在晚白垩世至始新世简单张开,中大西洋则产生了两次张开的叠加:一次是侏罗纪—早白垩世时期的特提斯张开,另一次为中—晚白垩世时的大西洋张开。洋底地质年代图反映了上述现象(图2)。中大西洋的侏罗纪洋底和早白垩世洋底是独立存在的,往南或往北两者均无联系。也就是说,这部分的大西洋不是后来张开的。它往东与特提斯有联系,往西与太平洋可能(?)也有联系。

大西洋的张开引起了特提斯在侏罗纪末—白垩纪初的一次突变。这次突变极大地改变了特提斯的演化进程。

南大西洋的诞生使非洲和南美洲向北部大陆推移(北部大陆可作为相对运动的标志),特提斯进入挤压状态。一段是北美和南美之间的挤压;另一段是冈瓦纳大陆和欧亚大陆之间的挤压并伴随着一向西右移、向东左移的分量。这表明先是特提斯洋底的消亡,继而是特提斯周边的各大陆发生碰撞,特提斯进入了造山运动期。

相当于新细末利期的这次突变,总的标志是早白垩世复理石的发育。有时,通过研究洋壳逆掩,蓝片岩相的高压—低温变质作用,花岗闪长岩的深成作用以及安山岩的火山作用(例如在迪纳拉地区),可以弄清侏罗纪末期的消亡现象。

从晚白垩世开始,北大西洋的张开使各大陆的相对运动增加了一定程度的复杂性,从

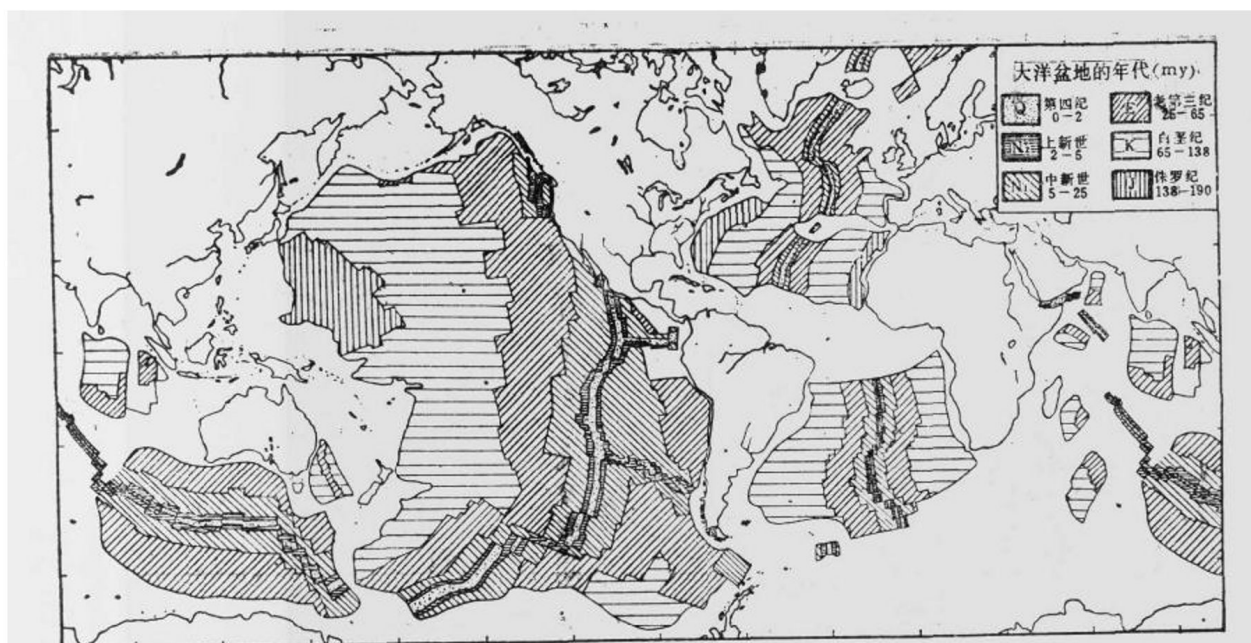


图 2 大西洋中的特提斯洋壳和大西洋洋壳

(摘自 W.C. 比特芒, R.L. 拉尔松, E.M. 埃尔龙一文, 美国地质协会, 图和表. MC3, 1974)
唯独中大西洋有侏罗纪洋壳, 它与特提斯张开有关, 而与大西洋张开无关, 中大西洋是由特提斯张开和大西洋张开叠加形成的

而使得特提斯山链的形成过程分为不同发展阶段。这些相对运动的逻辑联系（时而挤压、时而平移）已成为各种模式的研究对象。

大西洋两侧地质时代之所以相同，实际上正是这一演化进程的结果，但两侧所显示的构造却不一定相似。在大西洋两侧的环加勒比和环地中海地区可见到晚侏罗世、中白垩世、晚白垩世、晚始新世和晚中新世等各期造山运动幕（此外，在美洲西部的科迪勒拉山脉中也可见到）。

3. 从印度洋的张开也可作出同样的分析。实际上，只是在有着共同边界的板块周边，才能够见到地质时代相同的地层。所以，大西洋两侧，是指南北美洲、非洲和欧亚大陆周边；印度洋两侧，则是指印度次大陆和亚洲大陆周边。另外，印度板块又使“永久特提斯”重新闭合，除非在那里事先不曾张开过（参见下文）。

二、特提斯及其产生的山脉可分为 数段(从东往西为)

1. “永久特提斯”发育的山脉，其历史自中生代一开始就是太平洋型的，没有首先经过大西洋型的大洋张开，但这并不排除太平洋型边缘海的形成。它们的历史是一系列俯冲消亡的历史，随后伴有或不伴有碰撞。

2. “再生特提斯”发育的山脉，其历史分为二个时期：一个是张开期(大西洋型的)，另一个是闭合期（太平洋型的，不排除形成边缘海）。它们的历史是一个稳定陆块边缘的大洋史，从某个时期起，开始发生一系列俯冲消亡，其随后伴有或不伴有碰撞。

大西洋本身未经历过这种演化过程。其部分原因是在这里产生过两次张开作用的叠加：一为特提斯张开；一为大西洋张开。

“永久特提斯”和“再生特提斯”之间，在南亚山脉的界线尚未确切查明。因而，将整个山系作为同一板块边界来考虑就更为恰当。据此，从东到西分为(详见图3)：

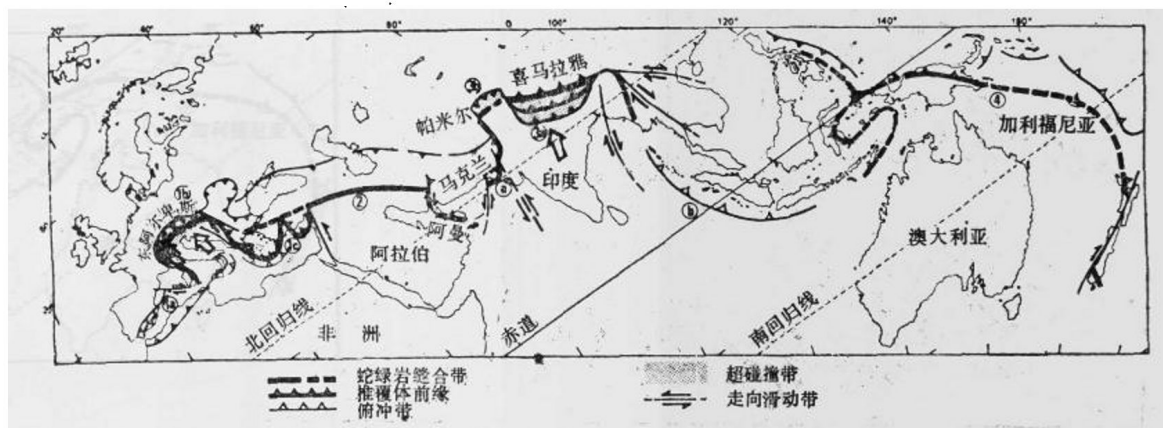


图3 欧亚大陆南部的阿尔卑斯山系

相当于南欧亚大陆系统各板块的地段：

1. 由于意大利-迪纳拉大陆凸出地带的特殊作用，地中海山系的出现被认为与非洲大陆有关。山系可分为三小段：
 - 1a. 西地中海山系；
 - 1b. 中地中海山系（与意大利-迪纳拉地带有关），其主要特征是存在东阿尔卑斯超碰撞带；
 - 1c. 东地中海山系，其主要特征是可能存在爱琴海弧形次碰撞带；
 - 2—环阿拉伯新月形蛇绿岩带，它与阿拉伯板块和中东的走向滑动有关；
 - 3—环印度缝合线，它与印度板块以及巴基斯坦和缅甸的走向滑动有关，其主要特征是存在喜马拉雅超碰撞带；
 - 4—与澳洲板块有关的环澳大利亚环形蛇绿岩带，它向太平洋过渡。
- 无碰撞作用地段也应占有一个位置：
- a. 马克兰地段(?)，其性质尚不很清楚；
 - b. 西印度尼西亚，它在中生代以及从第三纪至今都处在持续消亡中(?)。

从特提斯到太平洋过渡的环澳大利亚的环形蛇绿岩带和印度尼西亚地区，又可分成两段：

一段是特提斯消亡之后以欧亚板块与澳洲板块碰撞为标志的地段（环澳大利亚蛇绿岩带以及印尼东部至帝汶岛）；

另一段是以特提斯消亡，随之印度洋俯冲于欧亚板块之下为标志的地段（印度尼西亚西部）；

环印度缝合线。其一系列最为显著的特征是由于特提斯消亡于欧亚板块之下以后，印度板块与欧亚板块碰撞而造成的；

“环阿拉伯新月型蛇绿岩带”。它与特提斯消亡于欧亚板块之下，阿拉伯板块与欧亚板块碰撞有关；

环地中海山链。其特征是在三叠纪时曾经张开的特提斯消亡。在非洲板块和欧亚板块之中的某一板块边缘之下，非洲板块与欧亚板块发生了碰撞；

环加勒比山链。其特征是在侏罗纪时曾张开的特提斯消亡在南、北美洲板块之下以后，南、北美洲发生了碰撞（至少是局部碰撞?）。

不论哪一地段，特提斯阿尔卑斯山链均是由特提斯洋的闭合作用所造成的。先是俯冲消亡，继而是制约特提斯的大陆发生碰撞。这种序列是典型的特提斯式，或更确切地说是阿尔卑斯式构造的特色。在那里，与碰撞有关的最为壮观的构造总是改造了早先俯冲消亡作用形成的构造，人们始终不能将这些现象归属于两者中的哪一种。

三、阿尔卑斯山链的产状取决于最终碰撞的规模

1.最通常的情况是，当大陆边缘一旦相接，碰撞即停止，这时特提斯洋只是简单地闭合。由此便形成了一条蛇绿岩缝合线。而从缝合线处产生的大洋推覆体便超覆到陆缘上面。最多，碰撞作用的停止可以表现为陆缘断块的变形，使这些大洋推覆体弯曲和断裂，从而使晚期构造的基底产生一系列褶皱。

2.有时由于陆缘形态的影响，特别是在大陆凸出的地方，于蛇绿岩缝合线形成和大洋推覆体超覆之后，达到了一个“超碰撞阶段”。在应力继续存在的情况下，应力超过晚期构造的基底褶皱阶段，大陆岩石圈发生了广泛的水平剪切作用，从而导致基底产生极大的逆掩作用，这些逆掩作用可深达陆壳下部。东阿尔卑斯地区就是这种情况，那里的剪切作用产生于蛇绿岩缝合线的后方，而又掩盖了缝合线。喜马拉雅地区也是这种情况，连续的剪切作用发生在大洋闭合的前方。这样的大陆凸出部位，都以广大的平移带为界，如位于意大利—迪纳拉山脉两侧的塞斯特里—沃尔塔吉奥(Sestri-Voltaggio)(?)和瓦尔达尔河(Vardar)控制了东阿尔卑斯；印度大陆两侧的巴基斯坦和缅甸地段控制了喜马拉雅。在某些方面说，中东断裂带在阿拉伯板块西侧也处于同样相似地位。

3.与上述情况相反，也可能存在一些“次碰撞”地段。在那里，由于陆缘的形态关系，仅仅局部发生碰撞，东地中海的某些地段就可能属这种情况。这些地段由于环爱琴海的俯冲消亡作用，时至今日才自身终结；部分加勒比地区可能也属此种情况。

4.最后一种情况是完全没有发生过碰撞；这种情况（即只有持续消亡？）似乎在伊朗—巴基斯坦接界的马克兰(Makran)弧形地带以及西印度尼西亚地区可以见到。从这点来看，尽管印度尼西亚其自身的地理单元呈一弧形，但仍可分成两部分：在西部，西印尼的特征是持续消亡；在东部，东印尼是环澳大利亚环形蛇绿岩带的起点，其特征是亚洲板块和澳洲板块碰撞之后产生的逆掩断层超覆在澳洲大陆之上。

四、特提斯演化而来的阿尔卑斯山系与阿尔卑斯造山期特点不同

断层的新构造作用普遍发育是中新世末开始的新的演化特点。可能只有次碰撞地带或无碰撞地带例外。

如在整个地中海-红海地区，人们见到了一个自中新世开始的新的演化过程：红海张开，开口穿越阿尔卑斯山南部的山前地带，而达到与地中海本身一致的阿尔卑斯地区，这个过程不免使人联想起三叠纪时特提斯的诞生过程。这里存在的问题是：红海的这一张开，与仍在活动的消亡作用之间是什么关系？（这与“永久特提斯”和“再生特提斯”接

合处存在的是同一性质的问题)。整个地中海-红海系统现与阿尔卑斯系统呈斜交,这如同特提斯和海西山系(华力西期)过去也曾是斜交的方式一样。因而可以设想,各板块现在正开始重新分布,其结果也就是产生新的造山带。

五、特提斯阿尔卑斯山链在中美洲和西太平洋同环太平洋山链相接

1.在东部,环澳大利亚的环形蛇绿岩带开始于东印尼,确切地说,它起自帝汶岛,经由新几内亚、新喀里多尼亚,直至新西兰,环绕澳洲大陆。从这条向澳洲大陆逆冲的蛇绿岩带的现状来看,它所呈现的机制极类似于特提斯地区俯冲消亡萌发时期的情况,如迪纳拉地区于侏罗纪末发生的情况。凡发生特提斯延伸,且与太平洋相接的地方,具有这种相似性是可以理解的。

在西太平洋也存在两个明显的地带:西南太平洋地区,见有环澳大利亚环形蛇绿岩带,其特征是向澳洲大陆逆冲,且如今仍在向太平洋俯冲消亡;西太平洋地区,其特征是向太平洋逆冲,并向亚洲大陆俯冲消亡。

2.在西部,环加勒比山系被太平洋海岸、中美洲地堑和中美洲火山岩带所斜切。

加勒比推覆体分别在危地马拉(危地马拉横向剖面)以及哥伦比亚与委内瑞拉交界处(巴基西姆托横向剖面)伸展为北美洲科迪勒拉和南美洲科迪勒拉,但这一现象与太平洋俯冲消亡作用之间的关系不清楚。如果说,中美洲地堑从其目前的形状看是在中新世末就已经形成的话,那么,一定在白垩纪时有一个构造机制使它伸长了,并有一部分出露在哥斯达黎加的尼科亚半岛,其构造形迹业已被国际海洋钻探计划67号项目的工作所发现。

特提斯阿尔卑斯山链-板块碰撞山脉的模式,在时间上和空间上经历了大洋张开-俯冲消亡-大陆碰撞等一系列复杂过程。它是重要的全球造山运动模式之一。

马成发 译

芮仲清 陈廷愚 校

特提斯洋的形成及其早期演化

D. 贝努利 M. 莱穆耶 (Bernoulli & Lemoine)

摘 要

按照Neumayr (1885) 和Suess (1893) 的设想, 特提斯的概念是指东西走向的侏罗纪—早白垩世的赤道洋而言的。特提斯洋是在晚三叠世—早侏罗世期间由于板块边界的重新调整形成的, 其走向与较早期的古构造方向不同。从加勒比海、中大西洋到西地中海, 它大致沿华力西缝合线延伸。早期裂谷作用及其后的火山活动均发生在基本上是大陆的环境中。向东, 特提斯横穿了沉降的冈瓦纳大陆的陆缘海; 在晚三叠世—侏罗纪特提斯张开的同时, 由于冈瓦纳大陆的一些碎片向北漂移, 较早的古特提斯洋沿基米里—印支缝合线消失。

特提斯洋大致可分为三段: 在中大西洋和皮埃蒙特—利古里亚海为NE—SW方向; 从瓦尔达尔到印度河—雅鲁藏布江缝合线的特提斯为NW—SE走向; 在加勒比、西地中海为E—W走向。前两段, 特提斯的两侧均为大西洋型的沉降边缘; 在后段, 特提斯被左旋的和张、压交替的运动所控制。晚白垩世—第三纪时期南、北大西洋和印度洋的打开导致了大部分特提斯的消失。

一、引 言

(一) 特提斯最初的含义

特提斯的概念是由认识一条中生代的古海道而发展起来的。这条海道跨越现在的阿尔卑斯到喜马拉雅的大陆地区。M. Neumayr于1885年首次系统而明确地阐述了特提斯这一概念。他假定存在一个赤道洋, 并将其命名为“中地中海”, 它从中美洲、加勒比经阿尔卑斯—地中海延伸到印度, 把北边的北极大陆同南边的巴西—埃塞俄比亚以及中国—澳大利亚大陆块隔开 (图1)。热带和亚热带的地中海以其侏罗纪和早白垩世独特的动物群与北温带的浅海以及北欧和俄罗斯的北部地区相区别 (Neumayr, 1883)。

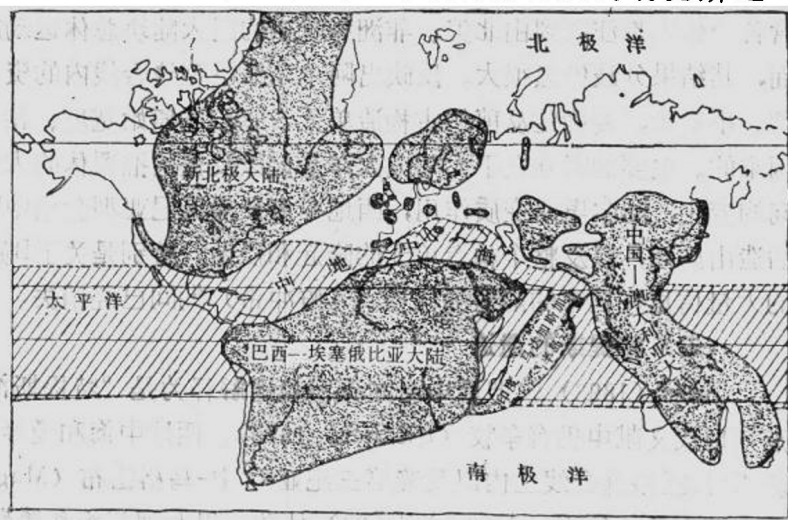


图1 中生代特提斯的第一张复原图

Neumayr(1887)的“中地中海”, 根据Jenkyne(1979)。斜线阴影区表示赤道气候带。

E. Suess早在19世纪60年代就已注意到, 阿尔卑斯同喜马拉雅的中生代, 特别是三叠

纪的动物群有密切的亲缘关系 (Jenkyns, 1979)。他 (1875) 还认识到, 阿尔卑斯的许多中生代沉积物是深海沉积。同时, 挑战者探险队的调查结果也向Suess周围的地质工作者证实了阿尔卑斯的许多沉积相, 尤其是侏罗纪时期的沉积相具深水性质 (Fuchs, 1883; Neumayr, 1887)。因此, 当Suess (1893) 把地中海的名字最终改为特提斯之后,

“特提斯” (或阿尔卑斯特提斯) 这一术语就主要指的是深海相, 且通常是宽阔海洋分布的深海相地区。今天, 大陆边缘的、大洋成因的和各种深海的热带和亚热带海相动物群和沉积物一般都被看作是“特提斯型”的 (Jenkyns, 1979)。

由深海沉积组成的巨大洋区的消失, 使人们对当时大多数英、美地质学家所坚持的大陆和洋盆永存的信条产生了怀疑 (Suess, 1893)。事实上, Suess (1901) 曾把特提斯的消亡与古老的安卡拉大陆同冈瓦纳大陆的印度断块的拼合联系起来。这种观点正是大陆运动和造山作用的活动论概念。然而, 这一概念在大约20年之后随着Wegener (1915) 的大陆漂移假说的问世才由E. Argand合乎逻辑地运用到特提斯带上。Argand把阿尔卑斯—喜马拉雅带看作是非洲和印度向北漂移并与欧亚大陆碰撞而形成的一条中—新生代巨型缝合线 (Bally, 1975)。Steinmann (1905, 1925) 有关超铁镁质和铁镁质火山岩来自深海的解释与这些观点是一致的。然而, 在60年代板块构造发展以前, 在阿尔卑斯地区以外, 这些观点在反对地质学主流方面并没有取得多少进展, 当时, 主流派僵死地把地质学局限于非现实主义的地槽概念之中。

(二) 特提斯与板块构造

阿尔卑斯型山脉是由于从前的大洋盆地消失和大陆边缘变形而形成的 (Laubscher, 1969; Dewey和Bird, 1970)。这是海底扩张和大陆漂移的必然结果之一 (Le Pichon, 1968)。尽管以前已经提出了“地槽”的一些现实模式 (Drake等, 1959), 但只有中—新生代海洋扩张的历史事件才为运动学的再造提供了某些必要条件。在Pitman和Tawani (1972) 提出大西洋打开的模式之后, 人们曾多次试图对特提斯的地中海部分进行运动学的再造 (Dewey等, 1973; Biju-Duval等, 1977; Laubscher和Bernoulli, 1977)。尽管各个作者都注意到由北美、非洲和欧亚的巨大陆块总体运动所确定的同一边界条件, 然而, 其结果分歧仍然很大。反映出阿尔卑斯巨型缝合线内的资料有许多空白, 解释也不确切。事实上, 要确定从前的古构造单元、它们的原始宽度、相对位置及其地壳构造是十分困难的。主要的困难在于大陆或大洋基底以及盖层推覆体的大规模异地生成, 构造运动方向的变化, 阿尔卑斯变质作用, 西地中海及潘诺尼亚型盆地中阿尔卑斯推覆体大部分遭受后造山破坏, 以及整个构造单元的隆起和侵蚀, 特别是关于B俯冲带 (Bally, 1975) 早期的大量信息在后来的陆对陆碰撞 (A俯冲带) 期间已经消失。

(三) 特提斯的遗迹

Suess (1893) 曾把地中海的深海盆地解释为是“特提斯海的最新继承者”。但这一点在现代文献中仍有争议 (Fischer, 1975)。西地中海和爱琴海的这些深海盆地位于中—新生代巨型缝合线之内以及晚第三纪亚平宁—马格雷布 (Magrebide) 和海伦褶皱系的弧后。基于这一原因, Argand (1924) 认为, 巴利阿里海和第勒尼安海是在渐新世陆—陆碰撞之后形成的后造山盆地, 并与科西嘉—撒丁和意大利的旋转有关。即使对科西嘉—撒丁旋转所做的较为保守的估计今天看来是恰当的 (Laubscher, 1975; Biju-Duval等, 1977), 这些盆地及其边缘时代的年轻已由深海钻探完全确定。

Argand (1924) 还把东地中海解释为是新第三纪的一个引张构造, 这一构造将非洲边缘部分, 即他所谓的“非洲岬角”, 与非洲大陆分开。然而, 地中海的各部分中只有东部盆地主要位在阿尔卑斯带之外。东地中海在其南部以及马尔他和利凡特悬崖以被动的并且可能是转换的边缘为界, 事实上, 它可能是中生代海洋的遗迹。沿以色列和北非海岸, 低热流的古老地壳 (Erickson等, 1978) 和中生代的深水相 (Bein和Gvirtzman, 1977) 表明, 这是一个古老的盆地。但是, 由于较深的构造大部分被巨厚的沉积层覆盖, 加之地壳成分尚不清楚 (Lort, 1977), 因而, 还不能做出最终的解释。东地中海是否是中生代特提斯南支的一部分 (Dewey等, 1973; Monod等, 1974; Biju-Duval等, 1971), 或者是Argand所谓的非洲岬角沉没的碎片 (Ricou等, 1974; Channell和Horvath, 1976), 这一问题主要取决于对安塔利亚—塞浦路斯—哈塔伊蛇绿岩成因的解释 (Argyriadis等)。

加勒比从三叠纪至今一直是以侧向运动为主, 扩张期和挤压期交替出现的地区 (Salvador和Green)。在大安的列斯群岛见有晚白垩世以前的大洋岩石, 但是巨大的加勒比盆地的基底是否至少有部分是侏罗纪或早白垩世的还不能肯定。从深海盆地钻到的玄武岩一般属晚白垩世 (Edgar, Saunders等, 1973), 但是海盆下的地震反射资料表明, 它们不可能组成大洋基底。

对墨西哥湾的解释一直是各不相同的。有人认为它是以薄陆壳为基底, 有人认为它的基底是古生代洋壳的残余, 也有人认为它是侏罗纪形成的洋壳。然而, 象东地中海一样, 基底的特征也被巨厚的沉积层掩盖了, 其基底的海洋性质主要是根据间接的论据推测的。

在Neumayr所谓的中地中海 (图1) 或我们称之为侏罗纪—早白垩世的特提斯 (图4) 中, 无疑只有一部分不曾卷入后来的俯冲作用和造山运动, 它们是北美和非洲之间的中大西洋最古老的部分。从单纯的板块运动学观点来考虑, 大西洋地区的张开运动同非洲—欧亚边界带的张开运动显然有密切的联系 (Smith, 1971; Dewey等, 1973), 这一点以前曾有人提到。的确, 将中大西洋和阿尔卑斯—地中海带的中生代岩相进行比较就会发现, 这两个系统有些部分在古构造和古海洋地貌演化方面是极为相似的 (Bernoulli, 1972; Bernoulli和Jenkyns, 1974)。因此, 在我们看来, 中大西洋作为特提斯唯一未变形的部分将具有头等重要的意义 (Lancelot)。中大西洋以前的中生代盆地还构成了西加勒比特提斯 (Salvador和Green) 和阿尔卑斯—喜马拉雅地区 (Argyriadis等, Bassoulet等) 之间的古地理通道, 现在已被晚白垩世—新生代大西洋所隔开。

二、古构造再造的前提与局限性

(一) 板块再造

我们的讨论是以岩石圈板块活动性的概念和板块运动再造的原理为依据的, 而再造则是根据大陆块 (Bullard等, 1965) 的原始拼合与增长的板块边缘的磁异常模式的演化 (Pitman和Talwani, 1972) 推导出来的。因此, 我们接受欧亚大陆、南北美洲、非洲和印度 (图2) 最初 (三叠纪) 是拼合在一起的说法, 并同意联合古陆的大陆碎片在随后的不同运动阶段又分裂漂移的观点 (图4)。Biju-Duval等 (1977) 探讨了再造方法上的一些疑难问题, 然而, 在阿尔卑斯带内仅仅根据地质资料而做的再造复原, 其误差可能要大于广袤的大陆地区的再造。

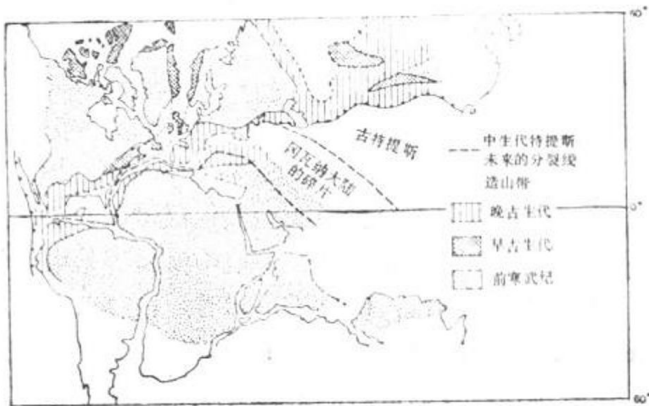


图2 中生代特提斯张开前，三叠纪大陆的再造复原草图
(大陆的轮廓根据Smith和Briden, 1977)

(二) 古洋壳的蛇绿岩

阿尔卑斯带的蛇绿岩组合被解释为是大洋地壳和岩石圈构造侵位于从前大陆边缘后的残余。尽管这种一般性的解释现已被广泛接受，但是关于洋壳的形成时代，从前大洋区的宽度和分布、大洋的成因（扩张洋脊及弧后盆地）、构造侵位的时间与侵位模式等，在大多数情况下仍然是不清楚的。特别是，到目前为止还没有可靠的地球化学标准来区分哪种洋壳是在扩张洋脊上形成

的，哪种是在边缘海中形成的。不过，在许多情况下，具有典型大西洋型大陆边缘序列的宽阔相带的蛇绿岩组合，可作为确定从前的洋脊和大陆边缘的指南。

(三) 变形的与非变形的大陆边缘

从非变形的大陆边缘和大洋盆地所获得的地震以及深海钻探资料，为变形边缘与非变形边缘的比较分析提供了一个基础（Bernoulli, 1972; Bernoulli等, 1979; Graciansky等, 1979）。沿增长着的板块边缘发育的洋盆和大陆边缘的演化阶段，包括由陆间裂谷作用形成的盆地和从幼年到成年各个阶段的洋盆。这一演化最终将导致大洋盆地和大陆边缘在俯冲作用和造山运动中消失。总的演化过程在细节上将是各式各样的，这取决于先前存在的古构造状况横跨从前大陆地区的裂谷作用，或与此相对的横跨从前的大陆边缘或有巨厚沉积物的大洋盆地的裂谷作用。当然，研究大陆非变形边缘和变形边缘的方法是各不相同的。在非变形边缘，沉积物的直接观测被局限于直径只有几厘米的深海钻得的岩心，地质状况和区域关系不得不从地震反射资料推测。相反，阿尔卑斯带的古代沉积物却广泛出露，因而经常可以详细研究它们的地质状况，诸如大的沉积构造、同沉积构造和相变。

然而，在阿尔卑斯带，由于后来的挤压褶皱作用、断裂作用和变质作用歪曲了原始的结构和构造，先存构造几何形态的详细再造常常受到干扰。

特提斯边缘与大西洋型的被动边缘，如布莱克高原（Beourbon, 1978）、加利西亚（Graciansky等, 1979）和澳大利亚西北部（Veevers, 1974; Bernoulli等, 1979）等非补偿边缘，所进行的比较，一直是很有成效的。至于中大西洋，回溯过去就能再造一部分年轻的侏罗纪—白垩纪特提斯洋。

(四) 造山带中的运动转换

显然，大陆的现代布局和介于其间的造山带的现代构造是过去所有构造运动的结果。在中—新生代巨型缝合线内，这些运动可能使海洋成因和大陆边缘成因的基底和沉积盖层推覆体的布局错综复杂。例如，在阿尔卑斯，如果将组成大陆边缘岩石的推覆体和褶皱展平，那么将会发现，现在被挤压在阿尔卑斯的原始陆壳最少有500公里宽（Laubscher, 1970）。向西，其宽度可能变窄；但往东，宽度则相当大（在东地中海地区达到900公里以上，Le Pichon和Blanchet, 1978）。由于大洋岩石一般只保存在大陆岩石之间的狭窄的缝合带内，

因此,要估计它们从前的延伸情况和复原位置仍是相当困难的。与Dewey等(1973)相反,我们认为,大陆碎片和海洋通道(Diju-Duval等, 1977; Laubscher和Bernoulli, 1977)无论如何是有限的,蛇绿岩带和异地生成的大陆基底推覆体的现今分布是由于造山带弯曲复杂变形的结果,这种弯曲变形与第三纪时非洲大陆和欧亚大陆之间的南北向挤压和右旋运动的同时作用有关。在导致特提斯消亡的所有这些运动中,只有最新的、第三纪的矢量毫无疑问是可以确定的,而较早的、碰撞前的蛇绿岩仰冲的范围和方向往往只是根据保存在多幕复合推覆体系统中的间接证据和资料推测出来的,这些推覆体是在后来的陆-陆碰撞期间形成的。

三、有关古特提斯的问题

Suess (Mojsisovics等, 1895)早已认识到三叠纪时大西洋并不存在。在华力西造山作用之后,中大西洋和西地中海地区曾是一个巨大陆块的一部分,这个地区没有发现前侏罗纪洋壳的残余,二叠-三叠纪主要是陆相沉积,仅夹有少量的浅海沉积。然而,往东在非洲和欧亚之间,大陆漂移前的轮廓表现为一个楔形海域(图2)。较早期的地质学家,像Mojsisovics等(1895),没有把这个巨大的三叠纪海与侏罗纪-白垩纪的特提斯区别开来。无论如何,他们没有用图2所描绘的方式来构想当时的海洋。一些作者还一直把三叠纪海称为特提斯海,至少把三叠系一部分归入了从瓦尔达尔带到亚洲南部巨大的蛇绿岩带中(Smith, 1971; Biju-Duval等, 1977)。为了有别于侏罗-早白垩世洋区,另一些作者给三叠纪海以各种命名:特提斯 I (Dewey等, 1973),永久特提斯(Aubouin等, 1977),或古特提斯(Stöcklin, 1974; Laubscher和Bernoulli, 1977)。这些术语中,看来古特提斯意思最为清楚。正如Jenkyns(1979)所指出:“出现于西藏喜马拉雅的印度河缝合线的中生代特提斯相,显然不是沉积在从古生代继承下来的这一大洋盆地内,而可能是沉积在冈瓦纳内的一些较小盆地中,它们同侏罗纪期间在欧洲与非洲侧向裂开的大陆之间形成的盆地相似。因此,特提斯的概念无论如何不是来自古生代的V形海洋。”

不论其地壳的成分如何,这一整片海洋地带在后来的消失都是同侏罗-白垩纪洋盆的张开和冈瓦纳各个碎片向北漂移有关。这一地带的一部分地区无疑是以陆壳为基底的,为此,需要从阿尔卑斯到东南亚复原从前的大陆碎片以及大陆边缘成因的中新生代不同基底和沉积盖层推覆体的沉积区域。这反过来正说明了大量陆壳下部物质的消减。

此外,古特提斯洋的位置还受到古地理条件的控制。二叠纪时,从南边的主要是陆相的冈瓦纳(“后贝加尔”)区,到北边的主要是海相的滨华力西区是连续过渡的。这在阿普利亚地块和从瓦尔达尔到印度河-雅鲁藏布江蛇绿岩带残余露头之北的冈瓦纳大陆碎块上都清楚可见,蛇绿岩带相当于中生代的特提斯洋(Argyriadis, 1975; Colchen, 1977)(图2)。这一情况表明,晚古生代时期没有特提斯洋,它只是在三叠纪或更晚的时候才形成的。因此,Biju-Duval等(1977)所提出的瓦尔达尔带地区在三叠纪时就已经有一大洋存在的说法是绝不可信的。

由于沿古特提斯相应的缝合线以及沿冈瓦纳大陆边缘到滨华力西带的二叠纪沉积相的连续走廊均未发现晚古生代和三叠纪蛇绿岩,因而,Argyriadis等人就完全否定了在阿拉伯和俄罗斯之间有古特提斯洋的存在。事实上,代表古特提斯洋消失的缝合线可能位于阿尔

卑斯—喜马拉雅蛇绿岩残余露头之北和在伊朗及以东地区已查明的二叠—三叠纪冈瓦纳碎片之北(Bassoullet等)。在最近的文献综述中, Sengör(1979)汇集了古特提斯洋三叠纪—侏罗纪时关闭的证据。但得承认, 证明蛇绿岩存在的证据一般说来是不足的。然而, 从罗多皮山脉经蓬蒂褶皱带, 沿克里米亚—高加索带至中亚及更远地区, 基米里—印度支那缝合线(许和Bernoulli, 1978)却得到了三叠纪和侏罗纪的挤压变形、钙-碱性火山活动、变质作用、不整合、复理石和磨拉石沉积的证实。事实上, Bassoullet等人的构造再造模式也表明, 冈瓦纳各个碎片都是向北漂移的, 并沿晚古生代到晚白垩世及第三纪不同的缝合带与欧亚大陆拼接。尽管这些冈瓦纳碎片(其中只有印度碎片看来最年轻)占据了伊朗和中亚的大片地区, 但是, 它们在板块运动的再造模式上一般还没有出现。然而, 它们独特的演化过程和向北漂移具有重要的含义。在三叠纪大陆(联合古陆)最新的再造模式中, 沿古特提斯的南部只有一段被动大陆边缘出现, “联合古陆”的其余部分都是以主动边缘为特征的。当然古特提斯的这一被动边缘并不象这些再造模式所假设的那样, 一直持续到白垩纪或更晚, 而是被后来的板块运动所破坏, 并被中生代特提斯的年轻大陆边缘, 甚至更年轻的印度洋边缘所代替。其演化的时代表明, 澳大利亚西北部始终未变形的边缘也是沿印度洋或特提斯的晚侏罗世分支形成的(见图4中图例5)。

四、早期裂谷作用

导致侏罗—白垩纪特提斯洋演化的早期裂谷运动在时间和空间上与先前存在的古构造格局显然是不一致的(图2)。从东地中海地区到印度河—雅鲁藏布江缝合线, 早期的拉张运动起始于早—中三叠世, 由东到西逐渐发展, 并横切了冈瓦纳大陆的北部边缘(Argyriadis, 1975, Colchen, 1977)。从地中海西端到加勒比海, 拉张运动的时代逐渐年轻, 均发生在由于晚古生代造山作用而固结的大陆环境中。事实上, 这儿大陆块的分裂大致是沿晚古生代华力西缝合线发生的, 而阿普利亚断块以东则不是这样。

(一)三叠纪的运动

穿过阿普利亚断块向东, 早期拉张运动延续了大约20百万年以上的相当长的时间。但这些早期的裂谷许多都已夭折, 而未发展成扩张区。此外, 在拉张运动之前, 这里并没有发生上升与侵蚀, 而是一个急剧沉降的海侵地区。二叠纪和早三叠世期间, 浅海海域西边达到西西里和突尼斯(Argyriadis等, 图2)。中三叠世, 特别是拉丁期, 一般说来是加速沉降和巨厚碳酸盐沉积的形成时期。其间还夹有深水远洋灰岩和放射虫燧石, 陆源的、火山质的、碳酸盐的重力流和浊流沉积以及海底火山岩(Argyriadis等)。一些小盆地, 生存时间短, 由于浅水碳酸盐台地(Norian Hauptdolomite)的重新出现而消失; 但是另一些盆地则比较宽广, 持续时间长, 其中有的持续整个中生代, 如品都斯—皮查昆(Pichakunl)带的盆地(Argyriadis等)。由于它们的海底形态明显地与张性断裂有关, 且常与碱性火山岩伴生(Juteau等, 1973), 因此, 一般都被解释为是早期裂谷作用的产物(Bernoulli和Jenkyns, 1974; Bechstädt等, 1978)。另一方面, 一些中三叠世火山岩表现为一种钙-碱性趋势(Bebien等, 1978), 因而Blanchet(1977)认为, 这些火山岩与三叠纪的俯冲带有关。由于这一岩相带挤压运动的证据极为不足, 因此, 把三叠纪盆地的形成解释为张裂现象看来似乎更有道理, 它预示着冈瓦纳大陆边缘的分裂。