



大陆边缘问题

范时清

(中国科学院海洋研究所)

1980年4月,在美国德克萨斯州布鲁恩市(BRYAN),召开了一次“断裂大陆边缘的起源与演化讨论会”(SYMPOSIUM ON RIFTED MARGIN: ORIGIN AND DEVELOPMENT)。会上,美国和加拿大学者宣读了二十多篇论文,提出了许多有关大陆边缘的新资料和新见解。

笔者参加了这个会议,学到了不少新知识,现结合国际上某些见闻和考察成果,就大陆边缘问题谈些认识。

一、大陆边缘及其演化

“大陆边缘”是大陆和大洋盆地之间的过渡带,包括陆架、陆坡和陆隆。有的大陆边缘(如西太平洋活动的大陆边缘),具有海沟-岛弧-弧后盆地这种鲜明的地貌特色。

根据构造变动程度、性质以及岩石圈板块相对运动的不同机制,将大陆边缘分为“太平洋型”(活动的大陆边缘)、“大西洋型”(被动的大陆边缘)、“转换型”(相邻岩石圈板块在这里发生相背运动,没有俯冲,岩石圈不增加或减少)。

太平洋型大陆边缘地处岩石圈板块碰撞带或消减带,在晚近地质时期有强烈构造活动。这里一再出现的构造运动幕和相应的岩浆活动使晚第三纪以前的地层全都发生了强烈褶皱。并往往造成海沟-岛弧-弧后盆地系统。

太平洋型大陆边缘具有强烈的火山和地震活动。环太平洋地震带的地震集中在一个深度甚至达七百公里的活动面上,这是一个自岛弧下面向大陆方向倾斜的震源面,称作“贝尼奥夫带”(BENIOFF ZONE)。这一个面与海平面的角度由上面的 5° — 10° ,向下变为 30° ,

有的达 60° ,甚至近乎垂直。板块构造理论认为,这个震源面是太平洋板块俯冲到大陆板块下面造成的(也有人说这是大陆板块相对于大洋板块发生仰冲造成的)。为什么震源最深只到七百公里呢?一些学者认为在七百公里以下,由于温度高岩石圈已经软化,物体不会发震,因而在七百公里以下没有震源。

从数量和能量上来看,绝大多数的地震都分布在岛弧靠大洋一侧。而火山的分布只限于岛弧靠大陆一侧。火山岩又分玄武岩和安山岩等类,普通是安山岩,尤其是智利安底斯山有这种特点。此外,从海沟和岛弧地区热流量分布的特点来看,在一般情况下,是靠大洋一侧的热流量低,而靠大陆一侧的热流量高。



三十年代初期, Lake, PH (1931), Lawson, A. C. (1932) 等曾提出大陆地壳向大洋地壳上面伸展而形成岛弧的基本观点。东印度群岛周围海域的重力负异常带 (F. A. Venning Meinesz 等, 1934) 和日本周围深源地震带的发现 (本多, 1934. 和达, 1935), 给岛弧研究注入了新的内容。荷兰地球物理学家维宁·曼纳兹为了说明重力负异常带, 考虑

了大陆地壳向下弯曲 (down-buckling) 的机制, 即密度较小的陆壳受地幔对流的影响而向下弯曲, 在海沟靠陆的一侧聚集了很厚的轻物质, 因而造成了重力不足的地壳。荷兰哥罗宁根大学地质学教授 PH. H. 奎年把地壳向地幔内延伸的部分称作“深拗槽”。奎年用石蜡地壳浮在水上所作的实验, 表明了强度不大的可塑性地壳在挤压的作用下首先出现微弱的起伏, 其后沿着其中一个向斜突然向下弯曲, 形成一个深陷的“山根”。D·格里格斯也根据地壳向下弯曲的模拟实验阐述了“地幔内部对流”引起岛弧造山运动的论点。他指出, “从岛弧的地学特点来看, 它也是地幔对流俯冲的好地方”。荷兰学者 J. H. F 乌姆布格洛夫 (1938) 考虑到重力异常和深源地震等重要因素, 对以东印度群岛为中心的岛弧, 作了广泛论述。

四十年代前后提出的岛弧演化理论, 概括起来说, 大部份是“向下弯曲”的观点与 H. 贝尼奥夫的冲断层的观点相结合的产物。进入五十年代以后, M. 塔尔瓦尼吸收了海底地球物理的新资料, 并经大量计算后, 也认为“下拉作用”可能是存在的。要使陆壳下弯, 就好像要使木材往水底沉似的, 不是从上边往下压, 那就是从下面往下拉。而往下压的力量显然在地表是不存在的, 所以不得不设想在地球内部是否有一种拉力。地幔对流说认为这种拉力是地下深处的下降流产生的。

至于岛弧内侧的岛后盆地的起源, 也有若干不同解释。其中, 许多学者认为, 当大洋板块俯冲时, 把整个地幔热的分布状况打乱了, 使地幔物质在岛弧内侧上升, 导致海底拉裂和微型扩张, 或叫弧后扩张, 生成新洋壳, 并把岛弧推离大陆, 久而久之, 便形成弧后盆地。卡里格特别强调高温低密度的地幔物质上升形成了“热”底辟对造成弧后盆地的重要作用。此外, 高温的地幔物质在上侵以后的缓慢冷却, 解释了在地表构造运动终止后, 高热流仍能维持相当长时间的现象。

由于地球动力学状态的不同, 太平洋型大

陆边缘的演化形式又有“智利型”(图 2) 和“马利亚纳型”(图 3) 之分。后者具有海底微型扩张引起的弧后盆地。而前者没有弧后盆地, 受强烈挤压。

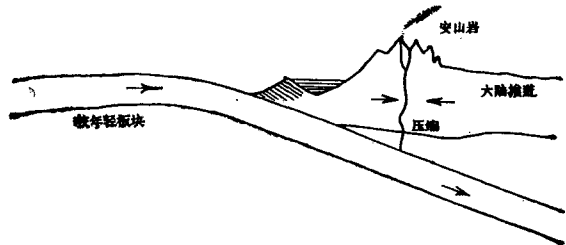


图 2 智利型活动的大陆边缘

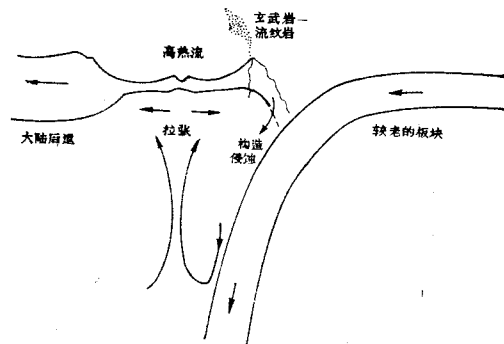


图 3 马利亚纳型活动的大陆边缘

大西洋型大陆边缘的形成与岩石圈板块的拉开或大陆漂移有关。大西洋型大陆边缘在过去曾是板块扩张(分离)边界, 而目前则是不活动的或被动的的大陆边缘。如大西洋沿岸的北美东部大陆边缘, 它不是板块的边界, 而是在板块中间, 因此很少地震。这里的构造活动处于长时期的稳定状态。

大西洋型大陆边缘出现在南、北大西洋, 北极, 挪威海, 印度洋(巽他弧除外)和南极四周的陆缘地带。此外, 地中海部分边缘、澳大利亚西部、南部和东部陆缘地带, 亦属大西洋型大陆边缘。

大西洋型大陆边缘在构造性质上与相邻大陆的中、新生代陆台一致。一般陆架宽阔、平缓。在这里所形成的各种沉积盆地(或边缘槽地)受区域性的塌陷和张裂构造控制, 是巨大的沉积物堆积区。例如, 澳大利亚西北部, 就有大陆边缘断块和沉陷的典型例子, 陆相和浅海沉积岩现已陷落在深水之下。这里, 陆架和

陆坡下面被薄层第三纪沉积岩所覆盖的很厚的古生代和中生代沉积岩层。也就是说, 充填有大陆碎屑的边缘槽地, 是大西洋型大陆边缘的特色之一。这里, 沉积层的构造扰动通常是和缓的, 现代火山活动和地震都是从属的。在大的流域系统前面, 例如尼日尔河、刚果河、亚马逊河和密西西比河前面往往有很厚的碎屑沉积楔, 它构成那里大陆边缘的重要特色。

此外, 一些学者认为, 大西洋型大陆边缘的下沉, 是发生在裂开的大陆块从扩张脊漂移开来的时候, 是上地幔与地壳冷却和热差异的结果。如美国学者A.R.Green (1977) 指出, 在美国大西洋岸观察到的下沉速率, 是以约五千万年为时间常数呈指数下降的。

关于大西洋型大陆边缘的形成模式, 可以下图(图4)表示。

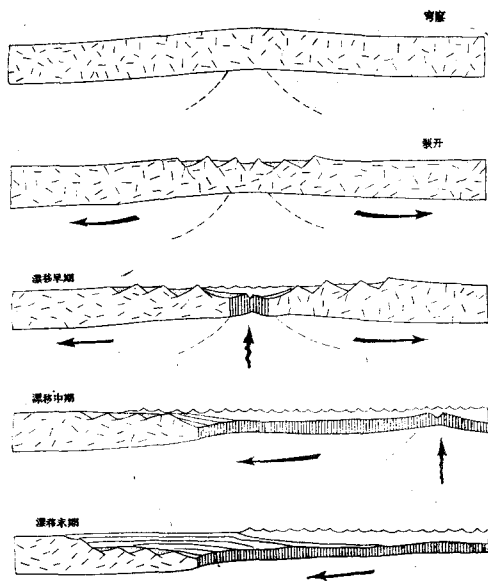


图4 大西洋型大陆边缘形成过程图

二、世界瞩目的大陆边缘探索

对大陆边缘探索, 正逐渐发展为一股国际性的新热潮。

“地球动力学计划”(GDP)期间, 人们研究了板块内部和边缘的构造活动, 研究了太平洋大陆边缘地震活动带及它与近代构造史的关系, 研究了岛弧、裂谷带和幼年褶皱山系等狭窄活动带的作用力和作用过程等。在“国际

海洋调查十年计划”(IDOE, 1970—1980)期间, 世界上亦有许多学者致力于更好地认识大陆边缘和海洋深处的地质过程和矿物富集过程。在IDOE期间, 人们研究了大西洋大陆边缘, 旨在发现非洲是怎样及何时与南美洲分离的, 以便揭示大陆边缘及邻近的深海底后来的历史与发展, 并探出经济矿床来。

本世纪八十年代, 国际上正发起一项规模宏大的“国际固体地球科学研究计划”(PROGRAM OF INTERNATIONAL RESEARCH IN THE SOLID EARTH SCIENCE)。在此项计划中亦包括“大陆边缘岩石圈的形成与演化”、“板块边缘或构造活动区的应变积累和应力释放”、“岩石圈和软流圈的构造和成分”等课题。可以认为, 通过此项宏大的国际联合研究计划的实施, 人们对大陆边缘问题的理解将跨进一个新的更为深化的阶段。

(上接第36页) 模型(3), 这种做法表面上看是合理的, 但实际上是错误的。因为方程(3)与方程(10)属于有本质不同的两类随机微分方程, 不能用简单的直接替换来代替⁽²⁾。

也就是说, 如果在数学模型(10)中 $Z(t)$ 有宽的频带想用白噪声近似它, 则不能简单地用(3)代替(10)而应该用

$$\frac{dN}{dt} = (a + \pi S_0 + Y(t))N \quad (23)$$

来代替方程(10), 其中 S_0 是所用白噪声 $Y(t)$ 的谱密度值, 若 $Y = \frac{dB}{dt}$, B 是维纳过程, $E\{(dB)\} = 0$, $E\{(dB)^2\} = \sigma^2 dt$, 则 $\pi S_0 = \frac{\sigma^2}{2}$, 模型(23)才是宽带有色噪声模型(10)的近似。

我们认为May的模型问题可能在这里, 所以按照他提出的模型(3), 当 $\sigma^2 > 2a$ 时灭种的概率趋于1 (当 $t \rightarrow \infty$), 对于本文提出的模型(10)就没有这种结论。

参考文献

- [1] J. M. 史密斯, 1979. 生态学模型. 科学出版社。
- [2] L. Arnold. (1974) Stochastic Differential Equations Theory and Applications. John Wiley, New York.