

海洋钻探计划和大陆深钻计划的新进展

徐九华

(北京科技大学·北京)

海洋钻探计划(Ocean Drilling Program,以下简称 ODP)和大陆深钻计划(Continental Deep-drilling Project)是第 29 届国际地质大会(日本京都,1992 年 8 月 24 日~9 月 3 日)“国际地球科学计划总结、要点和进展”专题的两个重要学术会议。与会期间,这两个专题学术会分别发表了 25 篇和 30 篇文章,报道了这两个计划的新进展。

海洋钻探计划

P.D.Rabinowitz 和 J.G.Francis 总结了 ODP 实施 8 年的科学技术要点。ODP 科学钻探船“JOIDES Resolution”已航行了大西洋、东西太平洋和印度洋,并穿过地中海、加勒比海、苏禄群岛、西里伯岛、菲律宾和日本等地。考察的科学问题包括全球环境变化、幔/壳相互作用,地壳流体循环和全球地球化学平衡,岩石圈的应力和变形,以及海洋演化过程等。

ODP 科学考察船现已完成 42 个国际考察队 7 年以上的海洋科学钻探。定位 250 个点,揭露了 70000m 的物质。1000 多名参加国际合作的科学家获得了 400000 件岩心样品。此外,该船还经受了北极圈以北和南极圈以南的高纬度操作。ODP 的科学成就包括:获取地球气候历史的资料;修改海平面波动模式的数据;被动板块边界早期裂谷和活动边界增生棱体的认识;从洋脊中轴“0”岁地壳上取样;洋壳钻孔的地球物理和测井数据;证实盆地年龄的磁异常解释;洋中脊活动地热体系的首次钻探考察;阿曼和秘鲁大陆边缘巨大海底囚水记录;地球海底高原的构造演化资料;沿印度洋热点轨迹的基础取样和年龄;弧前地体和弧后地区成因和演化资料。

J.Erzinger 报道了洋壳中最深钻进的 ODP 进展。提出的洋壳模型主要根据蛇绿岩岩石学和完整的地球物理资料而得出的。这个模型阐述了深海沉

积物(1层)覆盖着溢出的枕状熔岩(2A层和2B层),向下进入辉绿质岩脉杂岩体(2C层),然后是辉长岩和超镁铁质堆积岩(3层)。钻探船在哥斯达黎加洋脊以南 201km 创造了最深钻进 2000.4m。该处的洋壳年龄为 5.9Ma。钻孔 Hole 540B 是刺透枕状熔岩和进入席状岩脉杂岩体的唯一钻孔,它提供了在席状岩脉和下伏辉长岩之间过渡带取样的完整洋壳剖面。根据蚀变矿物的变化,粒度增大,阳起石含量增加,岩脉边界由冷却产生的玻璃质减少,以及 Zn 含量系统减少,均表明钻进已到达席状岩脉的较低部位。Hole 540B 孔底下面 50~350m 处,已识别出强烈的地震反射波,很可能是 2 层/3 层的转换带。此外还表明这里洋壳比平均厚度要薄 1~2km,因而也许是通过洋壳进入地幔的理想钻进位置。

在进入大西洋及其邻近海的首次考察中(J.A. Austin)ODP 提出了 3 个表现完全不同的离散型大陆边缘裂谷:伊比里亚半岛西部 Galicia Bank 南部缺沉积物的断块地体;西 Øring 高原典型的向海倾斜的倒转层序(reflector sequence)撒丁岛东岸的第勒尼海弧后盆地西侧。尽管大陆边缘年龄可从中生代至晚第三纪,离散量/块体移动时间、裂谷作用同期充填物的厚度有明显差别,岩浆侵入的范围也很宽广(即,可从无明显侵入的 Galicia,到厚达 1km 夹杂少量沉积物的岩流/岩墙侵入的 Norwegian 海 642 号点)但一些惊人的相似性是显见的。例如,637 和 651 号点蛇纹石化辉长岩的发现暗示伊比利亚西部和第勒尼海地区,地幔的底辟作用和/或上地幔的蚀顶作用,也许是壳内分离的非对称发展结果。北大西洋裂谷边缘(NARM)可能成为 1993 年开始的 ODP 计划中一个永久的组成部分。建议的钻进将侧重于 NARM 两个主要类型的地质历史:东南格陵兰—西北欧洲与羽状有关的 2 共轭火山边缘;和非常明显的纽芬兰东南—伊比利亚西北共轭的非火山边缘。

G.Einsele 和 A.Wetzel 对现代世界最壮观的剥蚀-沉积体系,喜马拉雅主体部分的碎屑和其东南山前及巨大的孟加拉深海扇沉积物提出了看法。通过 ODP 计划的 Leg116 孔结果,探索该体系质量均衡所允许的山区剥蚀速率和深海扇的生长速率,发现喜马拉雅山的上升和深海扇的沉积都在 20Ma 前已开始。还发现扇内沉积物的不整合(由于下伏洋壳形变产生的)年龄约 7.5~8.0Ma。恒河三角洲现代冲积平原下伏的孟加拉盆地沉积物,是由原孟加拉深海扇沉积物组成的,上覆着向海的前进复式三角洲。这两大单元形成一个楔状体,厚度从西北的几公里或更小,到现代河口的 10km 以上(最大为 15km)。

1993~1998 年间,ODP 计划的更新已成为可能(J.A.Austin)。由于钻探船已于 1991 年完成了它首次环球航行,ODP 计划的重点已改变,即从区域方面转向专题研究。包括:①地壳和上地幔的成分;②岩石圈的流体循环;③岩石圈动力和变形;④海洋和气候变化的原因和影响。

大陆深钻计划

德国的大陆深钻计划(KTB)包括(Bram 等, 1992)①在 10000m, 300℃ 条件下进行测井工作;②已经研制包括流体、细粒级的岩粉取样及自动取样体系;③建立以数据库为核心的信息系统。该计划将取得 10000m、可能到 12000m 的陆壳资料。

A.Krivstov 报道了原苏联含矿地区超深钻计划的主要结果。2 个深钻孔(2984m, 3600m)研究了 Almalyk 斑岩铜矿床成矿体系的热液循环,这些钻孔区分了两个矿化水平(0~840m, 2260~3000m)在矿物学和地球化学上都不相同,它们分别与斑岩和显晶质岩浆岩有关。在另一个地区,通过 4000m 的深钻穿透了一个铅矿床。在 Kola 和 Murunta 地区,两个超深钻研究了变质热液体系:第一个钻孔在 9.5~10.6km 深处发现了 7.4g/t Au 的高异常值;另一个钻孔(4km)及其卫星钻孔(2km)揭露了一个巨大的蘑菇状金矿体(2.4km 深, Au 品位 15g/t) 乌拉尔的深钻(4km)穿透了海洋成矿流体体系的块状硫化物矿床。在 Vorotilovskaya, 4.7km 的超深钻还达到了

古陨石坑的上部。V.Naztikoev 报道,在 Kola 半岛的超深钻 SG-3(9350-10670m)剖面发现金矿化,引起科学家的关注。

A.K.Alexanda 从独联体不同地区 9 个超深钻(4~12km)中总结了地壳深层流体和岩石相互作用的要点:①深埋岩石因脱水作用分离的同变质流体,由于增温而引起巨大的流体压力,可阻止母岩固化,并产生含矿流体;②低水花岗质岩浆的结晶是从岩体顶、底向中心进行的,这时 H₂O 的含量从 2.6% 变到 10%,岩浆结晶温度从 895℃ 降到 670℃。在岩体中心残浆房,水富集了 2~5 倍,并富集了成矿元素;③有经济意义的矿化富集发生在硅酸盐变质脱水和黄铁矿-磁黄铁矿相变(320℃ 或略低)这样的物理化学障,矿化富集取决于流体中 H₂O、Fe 和 S 的初始成分。

美国新泽西州 Newark 大陆裂谷盆地的深钻计划(D.V.Kent 和 P.E.Olsen)于 1990~1991 年冬春继续进行。在该盆地的 6 个地区布置了 10 个钻孔, 19610ft 上三叠统至下侏罗统的岩心记录了裂谷的演化, 25Ma 的周期性沉积和地磁极倒转的痕迹。近 20000ft 沉积物的研究,获得了 Newark 盆地晚三叠世地层年代学和古气候的历史。

研究地壳构造也是大陆深钻计划的重要内容。日本岛弧区是研究造山作用的理想地方(N. Niitusuma)近年来研究了岛弧较低部位的韧性变形特征,与沿着洋壳俯冲带岩浆作用有关,变质岩石是在地壳韧性变形带中形成的。地震反射波分析表明,下地壳和莫霍面附近具纹层构造(laminated structure)这与韧性变形有关。纹层构造的深度小于 10000m。在美国,圣安德烈断层带的深孔钻进(M. Zoback 和 S.Hickman)发现在 Cajon Pass 钻孔 3.5km 深处,平行断层面的剪应力很小,没有摩擦热的产生。

参考文献

- [1] Austin, J. A. It and Taira. (Presiding), Ocean Drilling Program (ODP), 1992, vol.1, p.19~22.
- [2] Emmermann, R., Krivstov, A. L., Nitusuma, N., and Zoback, M. D., Continental Deep-drilling Projects. 1992, vol.1, p.29-34.