

科学大洋钻探的成就和深远影响

姜衍文 朱忠德 吴智勇

(江汉石油学院 湖北荆沙 434102)

本文对过去 25 年来 DSDP/ODP 的运行作了概要的历史性回顾,指出大洋钻探是全新的地学思维——全球地质学的摇篮。遍及世界各大洋的总长度 182 km 的深海岩芯为全球板块构造学说提供了直接证据;孕育了古海洋学,为全球演化、高分辨率全球地层学、深海沉积理论、全球事件及世界油气资源的分布和成因等重大地学课题提供了巨量信息。对新世纪大洋钻探的前景作了展望。

关键词 大洋钻探 全球地质学 全球板块构造学说 高分辨率地层学 古海洋学 全球演化

第一作者简介 姜衍文 男 55 岁 副教授 古生物学 现代地层学

大洋钻探计划(ODP)及其前身深海钻探计划(DSDP)迄今已经运行了四分之一世纪,留下了内容浩瀚的 182 卷科学航次报告。科学史上这一最宏伟的国际合作地学项目,以其巨大的成就和当代地学各个领域所产生的深远影响,把地球科学带进了世纪之交。它提供了新的地学思维模式,把经历了近两个世纪漫长发展的经典地质学提高到全球地质学(Global Geology)。它将作为地球科学史上一座里程碑而载入史册。

1 简要历史回顾

科学大洋钻探——深洋底取样的思想,可以上溯到本世纪 50 年代末期。

1.1 前 DSDP 时期——Mohole 计划

近代地质学理论的建立、发展和完善,经历了差不多两个世纪的历程,建立了以陆地露头的直接观察和描述为基础的静态的、动态的和历史的经典地质理论体系。本世纪前半期,新地学思想的先驱者们逐渐意识到,只有当把观察思考的视角从陆地扩展到覆盖地球表面积 72% 的大洋之时,才能真正揭开地球起源和演化之谜,但这在当时只不过是一种直觉^[1]。宏观的水陆分布表明,南半球大约 81% 被大洋覆盖,北半球大洋则占 61%;以新西兰为极的半球海陆分布分别为 89% 和 11%。地球上大陆区域几乎总是(95%)同大洋区域呈对称关系,大陆平均高程 850 m,大洋平均深度约为 3 700 m。但是,从圈层结构的意义上,无论大陆还是大洋,都不过

是地球这个巨大星体的一个饰面而已^[1]。1957年,美国加州大学 Scripps 海洋研究所的 W. Munk 教授和普林斯顿大学的 H. Hess 教授率先提出了壳/幔界线的深洋底取样计划——钻穿洋底之下约 10 km 的莫霍面(通常位于陆壳之下 30~40 km 深度),这一思想便是稍后推出的 AMSOC Mohole 计划。1961年4月, Mohole 计划的作业船 CUSS I 号在墨西哥湾 Guadalupe 岛海域水深 3 800 m 之下首次钻探,钻穿了 200 m 厚的沉积物(时代为 25 Ma)以及其下伏的 14 m 玄武岩^[2]。尽管 Mohole 计划随后由于接踵而来的决策思想上的分歧,以及技术上和经济上的困境而不幸夭折,但它毕竟是一种探索,成为尔后的科学大洋钻探的先驱。

1.2 深海钻探计划——DSDP 时期

Mohole 计划的失败留下了深刻的反思:像深海钻探这样耗费巨额资金,需要最先进技术和多学科联合的大型地学项目,必须建立在集团合作甚至国际合作的基础上,否则难以摆脱失败之厄运。1964年,美国四所最著名的海洋研究机构,加州大学 Scripps 海洋研究所、Woods Hole 海洋研究所、迈阿密大学 Rosenstiel 海洋及大气科学研究生院和哥伦比亚大学 Lamont-Doherty 地质观测站,联手组成了“地球深部取样联合海洋研究所”(简称 JOIDES)。次年, Lamont 代表 JOIDES 提出立项报告并获得美国科学基金(NSF)的资助;1966年,由 Scripps 作为 JOIDES 的首任作业方,正式确立了深海钻探计划(DSDP)。在稍后的几年中,DSDP 的合作伙伴迅速扩展,1968年,华盛顿大学加盟;1975年,夏威夷大学、罗得岛大学、俄勒冈大学和得克萨斯 A & M 大学相继加入;1982年又增加了新伙伴——得克萨斯奥斯汀大学。至此,DSDP 发展成为联手开展海洋研究的十姐妹集团(JOI)。

在 DSDP 运行的最初八年间,美国科学基金(NSF)提供经费支持,年耗资达 3300 万美元。1976年,DSDP 新增了国际合作伙伴;联邦德国、法国、日本、英国和前苏联(初期)。随后,加拿大和欧洲科学基金共同体(荷兰、瑞典、瑞士和意大利)相继加盟。至此,DSDP 已扩展成为大型国际合作项目,揭开了科学大洋钻探的国际合作(IPOD)的序幕。

1968年7月28日,DSDP 的作业船“格洛玛·挑战者号”从得克萨斯州奥兰吉港启航,自此开始了大洋钻探的新纪元。在随后(1968~1983)的 15 年间,“挑战者号”完成了 96 个钻探航次,总航程逾 60×10^4 km。在 624 个钻位上钻探了 1 092 个深海钻孔,采获深海岩芯总长度超过 97 km^[2],覆盖了除北冰洋之外的全球各大洋。DSDP 的最初一批航次的直接成果便证实了海底扩张学说,孕育了新的地学分支——古海洋学,并以此为突破,带来了深刻的地球科学革命。

1.3 大洋钻探计划——ODP 时期

1983年11月,在完成了 DSDP 第 96 航次之后,“挑战者号”退役。接替它的是一艘更壮观更先进的作业船“JOIDES 坚定号”(SEDCO/BP471)。此前由加州大学 Scripps 海洋研究所主持的 DSDP,随即改称为“大洋钻探计划”(ODP),项目的科学作业方由得克萨斯 A&M 大学接替。

ODP 具有更广泛的国际性。除美国之外,参加方还有:加拿大、澳大利亚、法国、德国、日本、英国,以及欧洲科学基金组织(包括瑞典、芬兰、挪威、冰岛、丹麦、比利时、荷兰、西班牙、瑞士、意大利、希腊和土耳其)^[2]。至此,ODP 已经扩展成为一个 19 个伙伴国联手的空前广泛的国际合作项目。

在“挑战者号”退役18个月之后,“坚定号”于1985年1月从美国佛罗里达州劳得戴尔堡启航,它的第1个钻位是巴哈马斯,编序101航次。每个航次历时约8周。当前正在进行的是第160航次(1995-05~1995-06),目标是钻探Crete以西、以南和以东的地中海碰撞边缘。

截至1993年,已有来自25个国家的1200多位科学家登船从事科学研究。发表航次报告182卷;采获岩芯总长逾182 km,这些宝贵的科学资料已经并且继续对当代地球科学的进步产生深远的影响。

2 全球地质学的摇篮

DSDP/ODP开创了从深部洋底直接钻探取芯的新纪元。覆盖全球各大洋的深海岩芯蕴涵着揭示大洋起源和演化、大洋环流体系及地球气候的长周期变化、壳/幔物质交互作用及地球岩石圈板块动力学演化过程,以及海底资源特别是烃类资源形成和分布等一系列的地学基础问题的巨量信息。科学大洋钻探的成果提供了从地球各圈层——岩石圈、水圈、冰圈、大气圈和生物圈的演化重新审视和解释地球动力学演化历史的契机;它把地球科学从经典地质学的支离破碎的定性描述,提升到系统的成因机理分析,开创了新的地学思维——全球地质学的新纪元。

2.1 海底扩张学说的直接验证

本世纪60年代,大洋地球物理的一系列重要发现把地球科学推向了重大突破的前夜。声纳测深技术的成熟和深洋底制图的进展导致的重要成就之一,便是大洋中脊体系和中央裂谷的发现。与此同样重要的发现是平行于中脊轴两侧对称式的海底磁异常条带。洋底沉积物的层序、厚度和地质年代同样也呈现出以中脊轴向两侧呈对称式增大的规律。测年数据表明,洋底沉积物的年龄最老也不超过200 Ma,即不到地球自身年龄的1/20,这意味着,洋底的年龄远比海洋自身的年龄小得多。在古老的大洋水体之下,洋底连同它所荷载的沉积物一直在不断地更新;一条长达64 400 km,宽数百公里的大洋中脊纵贯大洋中部,地磁、地震和地热资料表明,中脊顶部的中央裂谷,玄武岩浆从地幔深部向上涌升,成为新洋壳的生长点,新增生的洋壳自中脊轴向两侧缓慢扩张;另一端,洋底俯冲消减形成深海沟,并消逝在地球的深处。这个过程持续不断,洋底更新的周期大约为200 Ma。这便是60年代初由普林斯顿大学的H. H. 海斯教授以及稍后的R. 迪茨率先提出,1963年剑桥大学研究生F. 万因和他的导师D. H. 马修斯用地磁测量图谱验证的“海底扩张假说”。海底扩张说,连同与之相关的地幔对流、转换断层和板块构造诸说一道被纳入了“全球板块构造”的理论体系。至此,沉寂了长达半个世纪的活动论再度以挑战者的姿态成为新地学理论的主流学派,揭开了地学革命的序幕。

全球构造的理论模型是建立在大洋岩石圈的各种非直接证据——海洋测深、地震、地磁和重力资料基础上的,它的正确性仍然有待于钻探的检验。钻探业已证实,180 Ma以来,大西洋底的某些部位已经移动了数千公里。海底扩张过程导致了各大陆之间的相对位置的不断变换和洋盆面积的改变。太平洋盆地中板块移动的速率高达10 cm/a。随着大西洋的不断拓宽,欧洲、非洲和美洲不断地远离大西洋中脊,随着非洲板块与欧洲板块的碰撞,地中海正缓慢地消逝;澳洲板块与东南亚的相撞形成了印度尼西亚火山岛群。

深海岩芯的测年数据为海底扩张理论模型提供了直接证据。自1985年以来,ODP部署了

三个航次(航次 106, 航次 109 和航次 153)在大西洋和中脊部位钻探取样, 前两个航次各取岩芯 12 m, 后一航次(1993-11~1994-01)钻探大西洋中脊顶部, 获取橄榄岩及辉长岩岩芯各 100 m, 证实了扩张中心部位无沉积物覆盖的、年龄为“零”的新生洋壳及其深源属性。

70 年代, 根据大洋地震资料与陆地造山带蛇绿岩套的对比研究, 提出了大洋岩石圈的多层结构模式, 即: 最上层(层 I)由沉积物组成; 层 II 为细粒玄武岩(喷发枕状熔岩或侵入岩墙); 层 III 为与层 II 同源的深成-结晶粗粒玄武岩。按照多层洋壳模式的解释, 莫霍面即层 III 的辉长岩同残留的上地幔橄榄岩之间的岩石界面^[3]。自 1979 年 DSDP 第 69 航次在东太平洋哥斯达黎加裂谷钻探 504 B 孔以来, 相继有 8 个航次(DSDP 航次 69、70、83、92; ODP 航次 111、137、140、148)对同一钻孔进行过钻探取芯, 为上部洋壳的多层结构模式提供了一个范例。迄今, 该孔已钻达海底之下 2 111 m, 揭示了第 I 洋壳层 275 m 为深海软泥和燧石; 第 II 洋壳层则包含了约 600 m 的枕状熔岩和块状熔岩, 其下是席状岩墙, 代表自岩浆房至海底之间的固化通道(1 200 m)过渡段^[4]。遗憾的是, 该孔尚未钻达辉长岩。不过, 西南印度洋的 735B 孔(ODP 航次 118)和大西洋中脊的 670 孔(航次 109)获取的岩芯, 显示可能属于第 III 洋壳层的高温塑性变形地幔橄榄岩的特征^[3]。

2.2 古海洋学的兴起及进展

古海洋学是 70 年代以来最新崛起的一个地学分支。它从直接研究大洋沉积物入手, 解释和重建地史时期的海洋水文、海洋化学、海洋生物和海洋沉积的演化过程, 其研究范围涉及岩石圈、水圈、冰圈、大气圈和生物圈等各个圈层, 它自诞生之日便呈现出强烈的跨学科性质和国际合作的时代色彩。古海洋学的出现被誉为继 60 年代全球板块构造学说之后的当代地学革命的又一项突破。

如果说大洋地球物理的成就和大洋钻探的证实, 是全球板块构造学说的两大支柱的话, 那么, 以深海沉积物作为研究手段的古海洋学便是诞生于 DSDP/ODP 摇篮里的产儿。60 年代末期, 随着 DSDP 最初一批航次的陆续完成, 深海取芯从最初的表层沉积物扩展到洋底深部, 古海洋学的研究成果相继问世, 1971 年 3 月, 美国经济古生物学家及矿物学家协会(SEPM)于休斯顿举行了关于“大洋地质历史”的学术年会。提交这次会议的 10 篇论文于 1974 年以 SEPM 特刊(SEPM Special Publication)的形式发表, 取名为《古海洋学研究论文集》^[5]。它是第一部古海洋学学术专著, 内容涉及大洋浮游生物、大洋化学、大洋沉积及古海洋学事件等多个领域。翌年, Van Andel 等发表了《赤道太平洋中部新生代构造、沉积及古海洋学》。1980 年, 美国哈佛大学出版社出版了第一本《古海洋学》教科书。两年后, Kennett 教授的《海洋地质学》专著问世。该书最后一章对全球古海洋演化和大洋历史中若干关键性事件作了详尽阐述。1983 年 7 月, 第一届国际古海洋学学术会议在瑞士苏黎世召开, 标志着古海洋学学科日趋成熟。

古海洋学研究的迅速进展不仅受益于 DSDP/ODP 带来的新的地学思想, 而且更直接地受益于深海取芯技术和井下测试手段的进步。自 70 年代末期以来, 液压活塞取芯器(HPC)成功地应用于 DSDP, 自此, 从深洋底获取未受扰动的连续的沉积物长岩芯成为可能。这种高质量的 HPC 岩芯可以同时满足生物地层学研究、磁性地层学测定和同位素年代校正三种研究项目的技术要求。取芯技术的这项突破, 导致了高分辨率磁性生物地层学(Magnetobiostratigraphy)的应运而生。进入 ODP 阶段之后, HPC 进一步改进成为高级活塞取芯技术(APC)。1991 年, 东赤道太平洋上的 ODP 第 138 航次采用这种方法获取了完好无损的层纹状

硅藻软泥(ODP 航次 138, 钻位 851), 这些层纹状软泥代表在表层海水高产率期间, 硅藻(*Thalassiothrix*)藻垫周期性地覆盖洋底所形成的产物^[6], 这一发现改变了以往将层纹状沉积物千篇一律地解释为缺氧环境的传统观点。

ODP 的另一重大技术进步是井下测试和监控。从 1991 年 ODP 航次 138 起, 每采收 9.5m 岩芯之后, 便现场测试高分辨率 GRAPE(伽马射线衰减孔隙度评价仪)密度、磁化率和数字化颜色反射扫描。这些现场测试不仅提高了分辨率, 而且从中可以获得井孔周围更大范围沉积物的物理和化学特征, 从而更准确地了解周围环境岩石圈应力状态和流体成分的变化, 提供更精确的气候变化的信息。所有这些技术上的进展, 正在把古海洋学的研究领域从第四纪扩展到重建新第三纪(20 Ma)以来的高分辨率古海洋学。ODP138 航次提供了一个良好的范例。

2.3 全球气候与环境演化

导致洋壳形成的岩浆活动和火山作用, 对于控制大洋中的元素分配和热通量具有重要的影响。正是这类岩浆物质在地表条件下的脱气过程, 产生了最初的海洋和大气。岩浆冷却过程释放的热量潜入海底热泉和黑烟口之下的热液系统产生了矿床, 并维系着无光线海底的生态系。很可能, 正是海底火山的这种放热效应诱发了周期 4~7 年的全球气候变化的“厄尼诺现象”——秘鲁沿岸暖水洋流的周期性事件。进一步揭示全球气候变化之谜, 正有待 ODP 来提供有关地幔岩浆的产生、结晶造壳, 以及洋壳断裂与热海水循环等方面的更多的关键信息。

ODP 的科学目标之一是钻探高纬度海域, 以获取影响气候和大洋长周期和短周期演化的关键信息。极区气候变化既是全球气候变化的驱动力, 又通过复杂的反馈机制使气候变化进一步加强。1985 年先后在西班牙海域、挪威海域和拉布拉多海/巴芬湾进行的 ODP 航次 103, 104 和 105, 获得了解释地球长周期变化的关键信息。研究表明, 大洋表层环流方式以及地外因素均能对地球气候施加敏感的影响。太阳系行星(主要是木星)引起的地球轨道摄动可能触发并控制地球气候的周期性变化。根据深海岩芯, 可以测出古洋流系统的实际温度变化, 这类数据将成为建立全球气候模式和预测未来气候的重要基础。ODP 的南极海域和环南极海域航次(航次 113, 114, 119, 120)清晰地界定了南极大陆气候演化的几个主要阶段: 始新世森林覆盖的温暖气候至早渐新世进入冰期, 随后又持续发展成大的永久性冰席。造成气候改变的动力学机制究竟是 CO₂ 浓度所引起的温室效应? 还是大陆漂移所产生的大洋通道和洋流格局的重组? 答案正有待 ODP 提供更进一步的信息。气候学家们认为, 甚至大洋/大气系统的边界条件渐次改变也能够引起平衡模式的快速转换, 由于大洋/大气系统中物理的和化学反馈作用, 可能导致平衡模式的瞬时性过量调整^[7]。

米兰柯维奇理论的阐述和逐步证实, 是本世纪的重要科学成就之一^[8,9]。ODP 提供了解释第四纪气候变迁的米氏理论的新证据。1990 年西赤道太平洋海域(Ontong 爪哇高原)的 ODP 航次 130(钻位 806)获得了令人满意的信息。岩芯氧同位素分析数据清楚地呈现出控制冰量变化的偏心率周期(100 ka)和黄赤角周期(41 ka)。自下而上, 三分性气候变化, 分别被称为米兰科维奇时(41 ka 周期)、柯勒尔时(过渡段)和拉普拉斯时(100 ka 周期)。

2.4 高分辨率全球地层学

高分辨率全球地层学的迅速进展, 是 DSDP/ODP 最直接的又一贡献。迄今已获取的总长逾 180 km 的高质量深海岩芯, 成为大洋浮游生物地层学的基石。连续的未受扰动的 HPC 长

岩芯,同时满足生物地层学研究、磁性地层测试和数字同位素年代测定三者的技术需要,建立浮游生物事件基准面(FAD和LAD)与磁极反向事件之间的直接结点(tie point)并提供数字年龄(同位素)标定,孕育了高分辨率地层学分支——磁性生物地层学^[10]。1980年,DSDP航次73,根据HPC岩芯首次实现了南大西洋早第三纪生物地层带同磁极年表之间的相互校准^[11]。迄今,新生代全球年表的分辨率已接近生物地层学分辨率的理论极限^[10]。磁极年表的研究还表明,不同时期磁极反向事件的频率各不相同。例如,中白垩世(118 Ma)超级热柱期,洋壳增生速率加快,磁极倒转中断,出现了被称为“超时”(历时长达35 Ma)的中白垩世正向期^[12]。从83 Ma以来,反向事件的频度重趋规律,平均为5次/Ma,与此相反,某些时期,反向事件的时域可以短至数万年。迄今,在某些海洋磁异常剖面上可分辨出时域短至20 ka的,被称为“微时”的反向事件^[11]。在最近3 Ma以来的地史时期内,已鉴别出至少10个时域不到30 ka的这类“微时”事件。当前,磁性地层学的一项重大目标便是进一步证实这类“微时”事件的存在。然而迄今在布朗世(780 ka)尚未报道过全球性的、可以编入磁极年表的这类“微时”事件。最近几年ODP运行过程中发展的几项旨在提供沉积物测试精度的新技术(X-射线、磁化率和颜色反射率)可望进一步提高时间对比的分辨率(ODP航次138),展示了建立超高分辨率全球地层学的良好前景。

2.5 深海沉积研究进展

深海沉积过程及其相关理论的研究,随着DSDP/ODP的成功运行已取得了长足进展。遍及全球各大洋的深海岩芯表明,深海中的陆源物质,大部分是浊流沉积作用的产物。地震或风暴潮引发的水下崩塌,可能触发强大的、能够携带数百立方公里的砾石级沉积物的浊流;强大的飓风能够使平静的环礁和珊瑚岛礁掀起巨浪,掀起浊流;在巨大江河的入海口,荷载沉积物的河水能够以超重流的形式顺坡泄入海底形成浊流;此外,由于这类河流快速沉积形成的三角洲也倾向于周期性的垮塌而引发浊流^[13]。所有这些机理所产生的浊流均可在深海平原产生厚的浊积层序。DSDP/ODP的深海岩芯提供了验证浊流机理及其产物的有效途径。迄今,ODP的不少航次(ODP航次113,135,123)已经以高的岩芯收获率成功的钻探了泥质为主的浊流沉积层序,提供了解释深海沉积过程以及物源区的构造隆升和剥蚀过程的大量信息^[13]。1987年,ODP航次116在孟加拉深海扇进行钻探,采收岩芯总长度996.1 m,揭示了喜马拉雅山脉隆升和剥蚀史以及相关海域洋底的构造活动过程。DSDP航次96(1983)钻探了密西西比扇,证实了其极端快速的沉积速率(距河口500 km,11m/ka),同时也证实了大规模滑坡对深海扇层序具有重要影响。扇谷区的岩芯样品还进一步证实,冰期后的海平面上升引起了沉积过程(沉积速率和沉积类型)的显著改变。1994年春,ODP航次155在规模更大的亚马逊海底扇进行了钻探^[14],提供了海底扇的相分布以及亚马逊盆地第四纪气候变迁史的重要信息。

另一类型深海沉积——冰筏碎屑沉积物是大陆冰川活动的直接证据。DSDP最初一批在北大西洋、白令海和挪威海域的钻探航次(DSDP航次12,18,19,38,49),获取了冰筏碎屑沉积物岩芯,证实了中、晚上新世北半球的冰川活动。1981年完成的DSDP航次81以及80年代中期的其它几个航次所获得的精确的年代学数据表明,北半球的冰筏作用起始于松山时—高斯时(2.6 Ma)^[15]。

1982年西北太平洋海域的DSDP航次86,首次获取了新生代风成沉积的完整记录——红色粘土风尘沉积物。钻探揭示:白垩纪末和新生代大部分时间,风尘通量极低;从3 Ma开始,

随着亚洲的干旱化和北半球的冰川作用,风尘输入量呈数量级增高。风尘粒径变化提供了风强度的信息。DSDP 航次 86 获得的古新世/始新世之交风尘粒径的减小,表明始新世初期的大气环流强度比晚古新世大大降低。南太平洋的 DSDP 航次 92,印度洋的 ODP 航次 121,以及西太平洋 ODP 航次 130,所获得的自 60 Ma 以来的低风尘通量资料表明了新生代澳洲大陆的风蚀过程。粒径数据表明,晚中新世南半球的信风强度加大。ODP 航次 108 揭示了晚新生代期间风尘自撒哈拉向东部北大西洋搬运的记录,证实了几百万年以来非洲大陆的干旱史^[15]。

活跃的深海等深流和大洋底流所产生的巨大等深流沉积——漂积体是最近几十年才被认识的一个新领域^[16]。沿着下部陆坡和大陆隆分布的长条形的漂积体长度可达数百公里,宽数十至数公里,构成了深洋底的地貌景观。其经过筛选的砂质组分具有明显的远洋生物成因,清楚地表明了其非浊流成因的属性。尽管在南大西洋和南太平洋也鉴别出了等深流漂积体,但迄今,这类沉积类型的信息几乎全部来自北大西洋。DSDP 航次 12, 49, 93 和 94; ODP 航次 104 和 105,揭示了北大西洋自早渐新世开始便发生了活跃的等深流沉积作用,至中新世流速进一步加强^[15]。北太平洋的 ODP 航次 145 证实了在性状和几何形态方面与北大西洋相似的漂积体的存在,表明自早渐新世以来,一直活跃着自白令海向南流入北太平洋的一支底流。北印度洋航次(DSDP 航次 22, 23; ODP 航次 116, 117 和 121)所获取的半远洋泥,揭示了喜马拉雅山脉隆升剥蚀过程:在 11Ma 或 12 Ma 之前,沉积速率缓慢而均匀,自 9 Ma 起,陆源输入速率加快,从而表明喜山自晚中新世进入了快速隆升和剥蚀期。

2.6 全球事件与世界油气资源——以中白垩世事件为例

迄今,DSDP/ODP 的钻探成果为阐明中白垩世事件,以及中白垩统巨量油气资源的相关性研究提供了丰富的信息。钻探揭示,从 Barremian 期(121 Ma),Cenomanian 期,至 Turonian 期,全球大洋沉积物中普遍发育了富含有机质的黑色页岩,它们几乎遍布各大洋盆地和陆间水道。这类黑色页岩被解释为“大洋缺氧事件”(简称 OAE)的产物。研究表明,白垩纪至少发生过三幕 OAE: Barremian 期—早 Albion 期;晚 Cenomanian 期—Turonian 期,和 Coniacian 期—Santonian 期,三幕 OAE 分别与三次全球规模的海侵对应,并且与三次有机碳 $\delta^{13}\text{C}$ 峰值相呼应;海侵期间,氧的过量耗竭和有机碳的大量保存导致世界范围的烃源岩的形成。从 Albion 期至 Coniacian 期(即 110~80 Ma),这段时间跨度仅占显生宙 5% 的短暂时期,却形成了整个显生宙油气资源量的 60%。过去 25 年来 DSDP/ODP 的钻探成果已为揭示古海洋学事件同全球油气资源之间的成因关系提供了大量的直接证据。

3 新世纪大洋钻探——展望

历时四分之一世纪的科学大洋钻探将在 10 年之内接近尾声。新的 ODP 长期计划已安排到新世纪之初。新世纪大洋钻探将进一步沿着跨学科科学探索和更大规模的国际合作的方向开拓前进:“全球地震网络”(GSN)正在与 ODP 协调(在 ODP 钻孔中部署井下地震仪)以便使全球地震监测从陆地扩展到大洋;近期,ODP 正在同“Nansen 北极钻探计划”合作,推动在这片尚未探索的大洋盆地获取长岩芯,鉴于 ODP 着重于全球气候和大洋历史,因而被公认为“美国全球变化研究计划”的主要贡献者;ODP 正在同大陆钻探界扩大合作,以面对“高温环境钻探作业,发展新的测井技术和实验项目”等共同的难题。此外,“洋中脊跨学科全球实验计划”

(inter RIDGE)和英国的“BRIDGE”计划的实施,也期待着 ODP 的合作,以便进一步发展对新生洋壳的钻探工艺和测试手段^[17]。

可以预期,新世纪的科学大洋钻探将会以更宏伟、更辉煌的丰功伟绩,以浓墨重彩写入人类探索大自然的科学史册。

参 考 文 献

- 1 Kennett J P. Marine geology. Englewood, Prentice-Hall, 1982. 1~813
- 2 Maxwell A E. An abridged history of deep ocean drilling. *Oceanus*, 1993, 36(4): 8~12
- 3 Mevel C, Cannat M. Oceanic crust and mantle structure. *Oceanus*, 1993, 36(4): 66~69
- 4 Pezard P A. DSDP/ODP downhole measurements in hole 504 B. *Océanus*, 1993, 36(4): 79~81
- 5 Hay W W. Studies in paleo-oceanography. SEPM Special Publication, 20, 1974. 1~218
- 6 Shackleton N, Crowhurst S. Details that make the difference. *Oceanus*, 1993, 36(4): 45~48
- 7 Zhachos J C. From the greenhouse to the icehouse. *Oceanus*, 1993, 36(4): 57~61
- 8 姜衍文, 朱忠德, 肖传桃等. 全息地层学——新的挑战. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 110~118
- 9 Pias N G, Imbrie J. Orbital geometry, CO₂ and Pleistocene climate. *Oceanus*, 1987, 29: 43~49
- 10 姜衍文, 吴智勇. 第三纪年代地层学进展. 石油与天然气地质, 1992, 13(2): 182~190
- 11 Gallety, Y, Valet J - P. From the superchron to the microchron. *Oceanus*, 1993, 36(4): 99~102
- 12 姜衍文, 吴智勇. 大洋钻探与世界油气资源. 地球科学进展, 1995, 10(3): 251~253
- 13 Normark W R, Piper D J W. Turbidite sedimentation. *Oceanus*, 1993, 36(4): 107~110
- 14 Firth J. Ocean drilling news. *Jour. Nannoplankton Research*, 1994, 16(2): 54
- 15 Rea D K. Terrigenous sediments in the pelagic realm. *Oceanus*, 1993, 36(4): 103~106
- 16 姜衍文, 吴智勇, 王泽中. 深海等深流沉积研究进展. 西安: 西北大学出版社, 1993. 1~183
- 17 Malfait B. The times, they are a - changing, 25 years of ocean drilling. *Oceanus*, 1993, 36(4): 6~7

ACHIEVEMENTS AND PROFOUND IMPRESSION OF SCIENTIFIC OCEAN DRILLING

Jiang Yanwen Zhu Zhongde Wu Zhiyong
(Jiangnan Petroleum Institute, Jingsha, Hubei)

Abstract

A brief review for twenty five years of Deep Sea Drilling Project and Ocean Drilling Program (DSDP/ODP) was made in present paper. It is believed that the scientific ocean drilling has been the cradel of the modern geoscientific thought and global geology. About 182 km of deep sea cores recovered from the drilling of every ocean have verified directly the theory of global plate tectonics, carried within itself the newly-emerged geoscience branch-paleoceanography, and provides a great quantities of information for such fundamental geoscience problems as the global changes, the high-resolution global stratigraphy, the deep ocean sedimentology, the global events and the origin of hydrocarbon resources in the world's oceans. Finally, brief prospects for the 21st century's ocean drilling program is discussed as well.