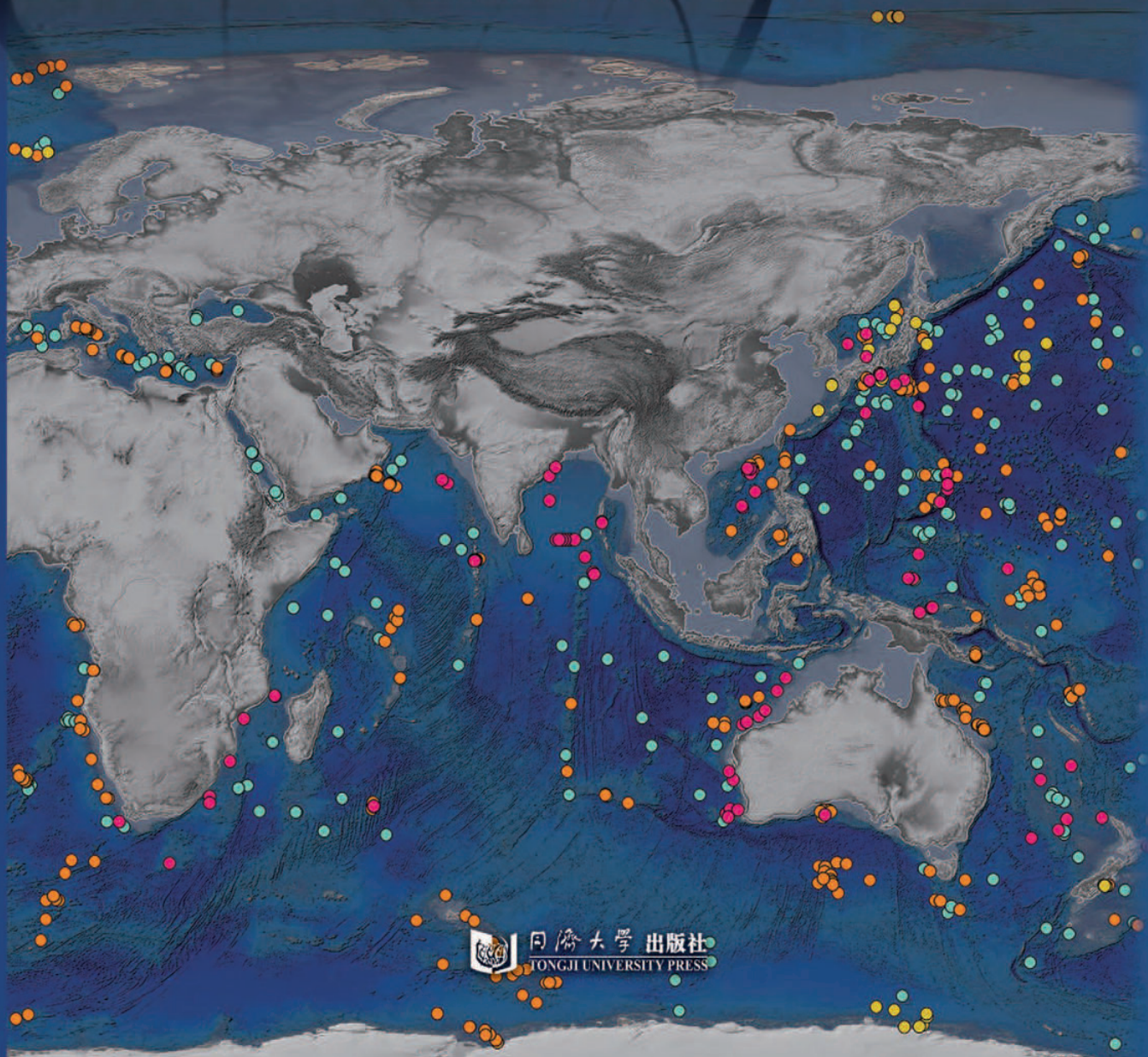




大洋钻探五十年

中国大洋发现计划办公室 编著
海洋地质国家重点实验室(同济大学)



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

大洋钻探五十年

中国大洋发现计划办公室
海洋地质国家重点实验室（同济大学）

编著

内 容 提 要

本书从大洋钻探的发展历史、组织运作、科学进展以及技术发展的角度回顾大洋钻探五十年的发展历程，在科学进展方面着重介绍“气候环境演变”“地球动力学”“岩石圈与深部”“深部生物圈与洋底下的海洋”等四个领域的最新研究进展和未来展望。

本书既总结过去，又展望未来，既可作为地球科学专业人员了解大洋钻探及地球科学发展的概述性读物，也可作为面向大众的科普性读物。

图书在版编目 (CIP) 数据

大洋钻探五十年 / 中国大洋发现计划办公室，海洋地质国家重点
实验室（同济大学）编著—上海：同济大学出版社，2018.11

ISBN 978-7-5608-8209-3

I . ①大… II . ①中… ②海… III . ①深海钻探—普及读物
IV . ①P756.5-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 238415 号

大洋钻探五十年

中国大洋发现计划办公室 海洋地质国家重点实验室（同济大学） 编著

责任编辑 李小敏 责任校对 徐春莲 装帧设计 潘向蓁 封面设计 温廷宇 郭 楨

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(上海市四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 上海安兴汇东纸业有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 25.5

字 数 636 000

版 次 2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-8209-3

定 价 280.00 元

本书若有印装质量问题，请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

编者的话

值此国际大洋钻探五十年和中国大洋钻探二十年之际，由中国大洋发现计划（中国 IODP）办公室和海洋地质国家重点实验室（同济大学）组织编写《大洋钻探五十年》。中国 IODP 办公室和海洋地质国家重点实验室具有总结大洋钻探研究进展的传统，对吸引国内学者了解和参与大洋钻探研究，促进我国深海科学学科发展起到积极的推动作用。早在 1995 年，就在《地球科学进展》上组织编撰了“大洋钻探专辑”（1995 年 6 月）；同年，由当时的同济大学海洋地质开放实验室金性春、周祖翼和汪品先编著出版了《大洋钻探与中国地球科学》（同济大学出版社），介绍自深海钻探（DSDP）至大洋钻探（ODP）阶段的科学研究进展，在国内地球科学界引起热烈的反响。1998 年起，不定期印发“中国大洋钻探通讯”，及时提供国际进展信息。进入新世纪综合大洋钻探（IODP）阶段以来，中国 IODP 办公室和海洋地质国家重点实验室先后组织翻译出版了《地球、海洋与生命——IODP 初始科学研究计划（2003—2013）》和《照亮地球：过去、现在与未来——国际大洋发现计划 2013—2023 年科学计划》，及时向国内介绍大洋钻探的十年科学规划。同时，中国 IODP 专家咨询委员会在《地球科学进展》期刊开设“IODP 研究”固定专栏，组织专辑，介绍大洋钻探航次调查进展和前沿领域的综述成果。至今已组织了 5 期专辑，包括“深海地球科学研究前沿”（2003 年 10 月）、“综合大洋钻探五周年”（2009 年 12 月）、“中国参加大洋钻探十年回顾（2014 年 3 月）”、“巽他陆架：古气候与古生态意义”（2017 年 11 月）和“大洋钻探科学目标展望”（2017 年 12 月），赢得了我国地球科学界的高度评价。

本书围绕大洋钻探的发展历史、组织运作、科学进展以及技术发展等主题，力求从多方位回顾大洋钻探的发展历程，在科学进展方面着重介绍“气候环境演变”“地球动力学”“岩石圈与深部”“深部生物圈与洋底下的海洋”等四个领域的最新研究进展和未来展望。本书邀请汪品先院士撰写前言；第 1 章“大洋钻探的发展历史”和第 2 章“大洋钻探计划的组织和运作方式”分别由刘志飞和拓守廷组织编写；第 3 章“气候环境演变研究”分别由刘丰豪、赵玉龙和黄恩清组织编写；第 4 章“地球动力学研究”分别由汪品先、林间和黄奇瑜组织编写；第 5 章“岩石圈与深部研究”分别由周怀阳和俞恂组织编写；第 6 章“深部生物圈与洋底下的海洋研究”分别由周怀阳、宋海斌和王风平组织编写；第 7 章“大洋钻探的技术发展”分别由拓守廷、赵西西、钟广法和方家松组织编写。参加编写这些章节的其他作者名单见于本书相关章节的首页，各章节的参考文献汇编于书后，本书附录部分由中国 IODP 办公室提供。全书由刘志飞、拓守廷和翦知潜组织统编，刘志飞和俞恂承担全书各章节的文字编辑，吕璇统计大洋钻探全部航次的调

查数据，郭桢帮助联络出版工作。本书的编写得益于中国 IODP 专家咨询委员会的指导，得到了同济大学和同济大学出版社的关心和支持，编著者谨在此一并致以深切的感谢。

大洋钻探经过五十年的繁荣发展，已在世界大洋执行了 286 个航次，钻取超过 40 万米的岩芯，获得海量的观测和分析数据，发表的研究成果数以万计，是地球科学的宝贵智库。本书涉及的只是大洋钻探五十年发展中的若干侧面，加之编撰时间有限，各章节撰写风格也有些差异，而且难免因理解失当而所述有误，欢迎读者提出建议和批评。

前言

1968年8月11日，“格罗玛·挑战者号”钻探船启航，驶向墨西哥湾执行深海钻探第一个航次。船上的8位美国科学家没有一位会想到，当时他们开创的居然是历史上最重要的、改变整个地球科学走向的国际科学计划。一个星期之后在地球另一边的中国，校园里的师生包括笔者在内，也绝不可能猜到有朝一日中国也会去到海上打钻，也会参加大洋钻探。的确，半世纪的世界巨变惊天动地，五十年的大洋钻探也使得地球科学脱胎换骨，真的是“一条船引起了科学革命”。大洋钻探接连带来科学奇闻：六百万年前地中海一度变成干涸的盐池，五千万年前北冰洋曾是个暖温带淡水湖。但是科学远不只是奇闻：通过从深海底里取上来的岩石样品，人类第一次看到深海底下的另一个世界。大洋钻探让我们明白：只有把大陆和深海结合起来，方才能够懂得陆地；只有解读了深海里的沉积记录，方才能够懂得历史。从此，大洋钻探一艘学海神舟，照亮了半世纪来地球科学前进的航程。

时至今日大洋钻探可谓功高业成，但是一项年逾半百的国际计划，是不是已经到了暮年尾声？答案取决于今后地球科学的去向。地球科学来自地球表层，今天90%的人类挤在地球表面10%的陆地上奢谈可持续发展，而对于决定地球未来环境的深海却几乎是视而不见。地球的主体是地幔，占据着地球体积的4/5、质量的3/4，然而人类至今没有能够穿过地壳，一睹原位地幔的真相。我们关于人类生存环境预测的争论，归根结底是因为观测的时间太短；而正是地球内部与表层之间能量和物质的交换，在长尺度上决定着地球的命运。因此，向地球的深部进军，是地球科学下一个目标；揭示表层系统和深部的连接，是地球科学下一个突破口。由于深海海底的地壳最薄，靠近地球内部最近，因此人类想要直接探测地球内部，大洋钻探迄今为止还是无可替代的最佳途径。可以预见，国际大洋钻探的合作规模、组织形式都可能发生变化，唯一不变的是科学探索，在可以预见的未来必将继续进行。

中国在大洋钻探领域里不占优势，我们是在美国开始30年后方才加入的新兵。岂止大洋钻探，在整个国际海洋界我们几乎处处都因为迟到而被动。其实中国的航海事业有过历史上的辉煌，但是明朝实施海禁以来一落千丈，直到近些年来方才扭转方向，在重振华夏的大旗下提出了建设海洋强国的国策，地球科学也吹响了向深海进军的号角。好在我们的效率不凡，就在1998年加入国际大洋钻探计划之后，下一年春天就在中国科学家的建议、设计和主持下，实施了南海第一次大洋钻探，首次在西太平洋获得了三千万年高质量的连续沉积记录。最近四年（2014—2017年），又是在我国科学家的建议和主持下，再度在南海成功完成了三次、总共六个月的大洋钻探，采集从大陆破裂到洋盆形成的地质记录，钻入数千米深海底下的岩石基底，得到了南海洋壳形成前后都有岩浆活动的证据，进而形成了对南海成因的新观点。中国参加大洋钻探

20 年来，已经有 34 个单位 130 位科学家上船参加航次，发表了至少 420 篇第一作者的国际论文，以高速度进入了国际深海科学的前沿，成为我国海洋科学发展中的亮点。如果要问这亮点的由来，那就是两条：一是各系统各单位举国上下的合作精神，二是突出中国特色瞄准国际热点的学术方向。

今天中国的科学界正在摩拳擦掌，准备以更大的力度投入大洋钻探的国际合作，争取早日进入大洋钻探的领导核心。2014 年我国大洋钻探拟定了“三步走”的战略目标：第一步在南海实现 2～3 次钻探航次，这在 2017 年已经顺利实现；第二步是仿效欧洲，争取成为大洋钻探又一个“平台提供者”；第三步是建造中国自己的大洋钻探船。当前正在走的就是第二步，争取成为美、日、欧之外的第四个大洋钻探“平台提供者”。具体说，我们一方面准备在南海南部的巽他陆架，由我国出船执行大洋钻探航次；另一方面由我国发起主办国际大会，为 2023 年后大洋钻探科学计划的制定进行科学准备。随着第二步的成功，中国将和美、日、欧三家并列，成为国际大洋钻探计划的四大支柱，同时也为实现第三步做好准备。所有这些举措的实施，都要求我国的海洋界进一步提高学术水准和运作能力，争取在深海科学和技术上实现跨越式发展。

“中国人来了！”这是近年来世界不少地方出现的新闻，指的是我们出境旅游者涌现海外，其实某种程度上这也适用于科学界。最近四年（2014—2017 年）里，美、欧组织的大洋钻探航次上船科学家的人数，中国占到第二位，仅次于美国。当前世界的大洋钻探群体里，中国人是一支最有活力和潜力的队伍，也是后十年国际大洋钻探主要推动力的所在。然而就像出境游客一样，各国科学家在大洋钻探的国际合作里亮相，产生的效果褒贬不一，我国也有个别科学家在国外的吹嘘浮夸，已经造成了不良影响。好在整体上我们在深海科学的实践中，已经形成了一支高质量的研究队伍，深深懂得科学的真谛在于务实，尤其在国际合作中更来不得虚假。为此，我国迫切需要从大洋钻探半世纪的科学成绩和运作经验中虚心学习，以期在前人的基础上继续前进。今年正好是国际大洋钻探五十年、中国大洋钻探二十年纪念双喜临门，刘志飞教授等共同编写此书对大洋钻探进行综述，试图为我国读者提供浓缩的精神食品，以期通过自己的母语了解国际进展。相信此举不仅有助于从事大洋钻探的工作者，同时也为广大地球科学工作者与有关专业的师生，从五十年大洋钻探中吸取养料而提供捷径。为此，衷心祝愿《大洋钻探五十年》的出版能够得到广大读者的欢迎，能够为我国深海事业的发展，为我国地球科学的转型做出贡献！

汪品先

海洋地质国家重点实验室（同济大学），上海 200092

E-mail: pxwang@tongji.edu.cn

目 录

前 言

第 1 章 大洋钻探的发展历史	/ 002
1.1 深海钻探计划 (DSDP) 阶段	/ 004
1.1.1 DSDP 的起源和实施	/ 004
1.1.2 DSDP 的主要成就	/ 006
1.2 大洋钻探计划 (ODP) 阶段	/ 014
1.2.1 ODP 的提出和执行	/ 014
1.2.2 ODP 的主要成就	/ 016
1.3 综合大洋钻探计划 (IODP) 阶段	/ 023
1.3.1 IODP 多平台计划的形成和实施	/ 023
1.3.2 IODP 的突出科学成绩	/ 025
1.4 国际大洋发现计划 (IODP) 阶段	/ 036
1.4.1 IODP 多平台计划的改革和实施	/ 036
1.4.2 互补性项目建议 (CPP)	/ 038
1.4.3 IODP 前五年的主要科学进展	/ 039
1.5 前景展望	/ 047
第 2 章 大洋钻探计划的组织和运作方式	/ 050
2.1 组织构成	/ 052
2.2 总部和科学咨询机构	/ 055
2.3 平台提供与运作	/ 059
2.3.1 “乔迪斯·决心号”的运行情况	/ 059
2.3.2 “地球号”的运行情况	/ 061
2.3.3 特定任务平台的运行情况	/ 062
2.4 岩芯库与科普	/ 065

第 3 章	气候环境演变研究	/ 068
3.1	冰盖演变与冰期旋回	/ 070
3.1.1	“暖室期”到“冰室期”	/ 071
3.1.2	冰期旋回与轨道周期	/ 078
3.1.3	千年尺度气候波动	/ 081
3.1.4	高纬与低纬联动：推动冰期旋回背景下的气候变化研究	/ 082
3.2	暖室期与极端气候	/ 084
3.2.1	中晚白垩纪暖室期	/ 086
3.2.2	中晚白垩纪的极端气候事件——大洋缺氧事件（OAEs）	/ 090
3.2.3	早新生代暖室期极端气候事件	/ 094
3.3	水文循环和季风演变	/ 099
3.3.1	季风的替代性指标	/ 100
3.3.2	区域季风大洋钻探的亮点成果	/ 101
3.3.3	未来展望：推动季风研究进入 IODP 新十年的学术规划	/ 110
第 4 章	地球动力学研究	/ 112
4.1	被动大陆边缘	/ 114
4.1.1	从海底扩张到大陆边缘	/ 114
4.1.2	富岩浆型被动大陆边缘	/ 117
4.1.3	贫岩浆型被动大陆边缘	/ 120
4.1.4	转换型被动大陆边缘及其他	/ 124
4.1.5	回顾与前瞻	/ 128
4.2	俯冲带活动碰撞边界大洋钻探	/ 129
4.2.1	大洋钻探对研究俯冲带的重要作用	/ 129
4.2.2	俯冲带大洋钻探亮点航次	/ 130
4.2.3	俯冲带大洋钻探综合成果	/ 140
4.2.4	对我国大洋钻探发展规划的启示	/ 145
4.3	边缘海的形成机制	/ 147
4.3.1	菲律宾海：周期性弧间扩张	/ 147
4.3.2	日本海：陆缘弧走滑拉分与弧后扩张	/ 150
4.3.3	南海：小大西洋？	/ 152
4.3.4	澳大利亚东部陆缘：陆缘张裂与俯冲带后撤	/ 154

第5章 岩石圈与深部研究 / 154

5.1 洋壳结构与大洋钻探 / 160

5.1.1 洋壳结构 / 160

5.1.2 岩浆与洋壳增生 / 167

5.1.3 地球物理的局限性 / 169

5.1.4 展望 / 171

5.2 洋底高原——大火成岩省 / 175

5.2.1 大火成岩省的定义及其重要性 / 175

5.2.2 大洋大火成岩省：洋底高原 / 176

5.2.3 洋底高原的基本特征和成因模式 / 178

5.2.4 典型洋底高原的研究进展 / 187

5.2.5 洋底高原对地球表层系统影响 / 197

5.2.6 洋底高原地球动力学意义 / 198

5.2.7 洋底高原研究展望 / 199

第6章 深部生物圈与洋底下的海洋研究 / 202

6.1 海底热液循环与块状硫化物成矿 / 204

6.1.1 Middle Valley 热液区 / 205

6.1.2 TAG 热液区 / 210

6.1.3 PACMANUS 热液区 / 216

6.1.4 展望 / 220

6.2 天然气水合物与冷泉系统 / 222

6.2.1 天然气水合物的分布 / 222

6.2.2 天然气水合物探测 / 225

6.2.3 科学大洋钻探与天然气水合物 / 227

6.2.4 大洋钻探航次在天然气水合物与冷泉系统研究中的作用 / 233

6.2.5 研究展望 / 234

6.3 深部生物圈——暗能量深部生态系统 / 236

6.3.1 大洋钻探与深部生物圈 / 236

6.3.2 深部生物圈的重大研究进展 / 246

6.3.3 深部生物圈研究的挑战与展望 / 254

第7章 大洋钻探的技术发展 / 256

- 7.1 大洋钻探船 / 258
 - 7.1.1 格罗玛·挑战者号 / 260
 - 7.1.2 乔迪斯·决心号 / 262
 - 7.1.3 地球号 / 264
- 7.2 钻探和取芯技术 / 266
 - 7.2.1 不断革新的钻探技术 / 266
 - 7.2.2 取芯技术和设备 / 269
 - 7.2.3 井下取芯工具和方法 / 272
 - 7.2.4 展望 / 284
- 7.3 测井技术 / 285
 - 7.3.1 大洋钻探测井的特点和优势 / 285
 - 7.3.2 测井仪器介绍 / 286
 - 7.3.3 测井资料的科学应用 / 290
- 7.4 深海钻探和井下观测 / 306
 - 7.4.1 海底观测装置——CORK / 307
 - 7.4.2 CORK 海底观测网的成功实例 / 309

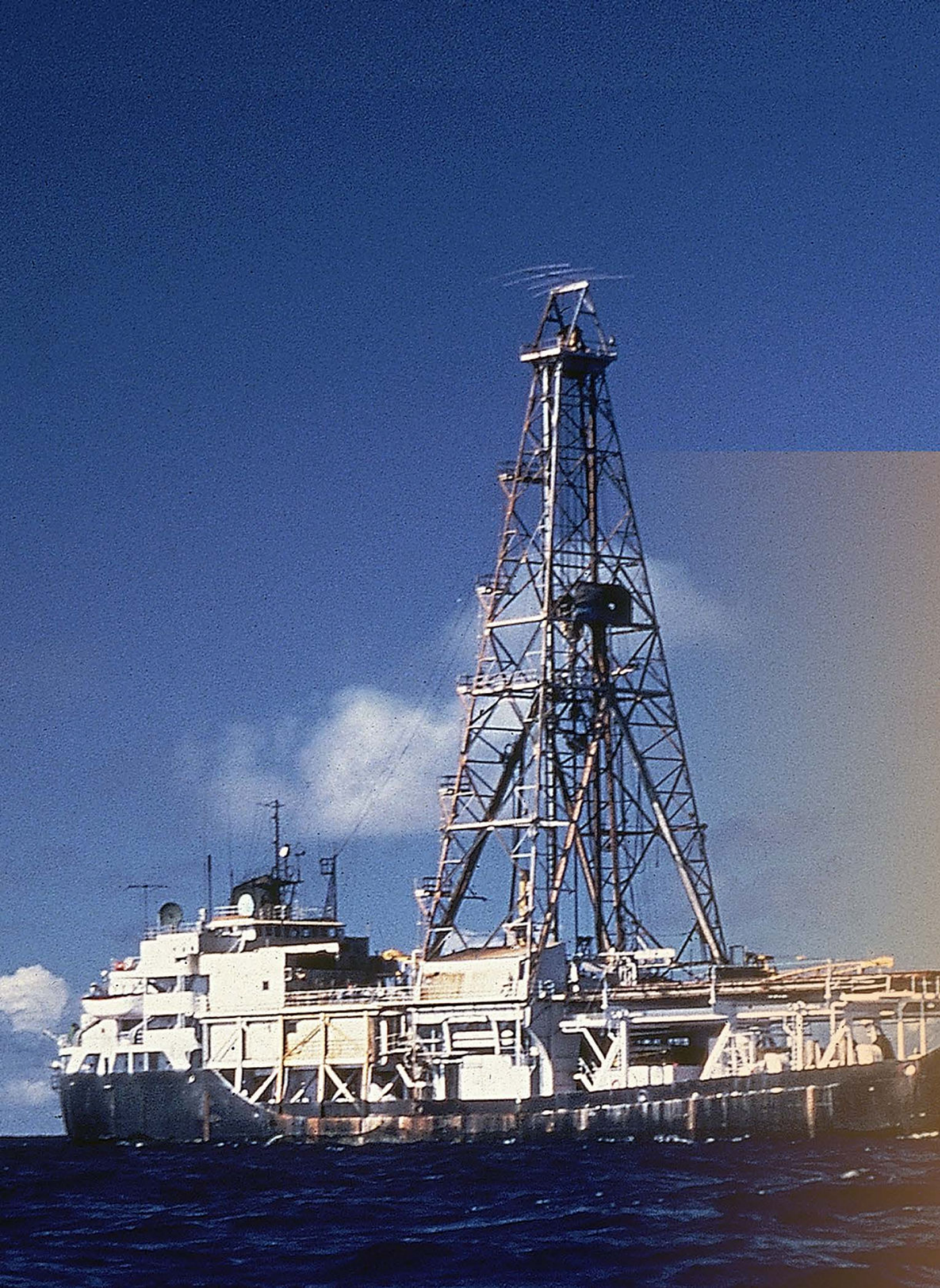
参考文献 / 316


附录 / 364

- A1 五十年大洋钻探航次总表和站位图 / 364
 - 表 A1-1 深海钻探计划 (DSDP, 1968—1983) 航次信息列表 / 364
 - 表 A1-2 大洋钻探计划 (ODP, 1985—2003) 航次信息列表 / 367
 - 表 A1-3 综合大洋钻探计划 (IODP, 2003—2013) 航次信息列表 / 371
 - 表 A1-4 国际大洋发现计划 (IODP, 2013—2023) 航次信息列表 / 373
 - 图 A1-1 深海钻探计划 (DSDP, 1968—1983) 航次站位图 / 374
 - 图 A1-2 大洋钻探计划 (ODP, 1985—2003) 航次站位图 / 375
 - 图 A1-3 综合大洋钻探计划 (IODP, 2003—2013) 航次站位图 / 376
 - 图 A1-4 国际大洋发现计划 (IODP, 2013—2023) 航次站位图 / 377

A2 南海四个大洋钻探航次的钻井剖面简介 / 378

- 图 A2-1 南海大洋钻探 ODP184、IODP349 和 IODP367/368 航次
站位图 / 378
- 表 A2-1 南海大洋钻探 ODP184、IODP349 和 IODP367/368 航次
站位信息 / 379
- 图 A2-2 ODP184 航次 1143 站岩性地层、堆积速率和岩石物理参数 / 380
- 图 A2-3 ODP184 航次 1144 站岩性地层、堆积速率和岩石物理参数 / 381
- 图 A2-4 ODP184 航次 1145 站岩性地层、堆积速率和岩石物理参数 / 382
- 图 A2-5 ODP184 航次 1146 站岩性地层、堆积速率和岩石物理参数 / 383
- 图 A2-6 ODP184 航次 1147 站岩性地层、堆积速率和岩石物理参数 / 384
- 图 A2-7 ODP184 航次 1148 站岩性地层、堆积速率和岩石物理参数 / 385
- 图 A2-8 IODP349 航次 U1431 站岩性地层和岩石物理参数 / 386
- 图 A2-9 IODP349 航次 U1432 站岩性地层和岩石物理参数 / 387
- 图 A2-10 IODP349 航次 U1433 站岩性地层和岩石物理参数 / 388
- 图 A2-11 IODP349 航次 U1434 站岩性地层和岩石物理参数 / 389
- 图 A2-12 IODP349 航次 U1435 站岩性地层和岩石物理参数 / 390
- 图 A2-13 IODP367 航次 U1499 站岩性地层和岩石物理参数 / 391
- 图 A2-14 IODP367 航次 U1500 站岩性地层和岩石物理参数 / 392
- 图 A2-15 IODP368 航次 U1501 站岩性地层 / 393
- 图 A2-16 IODP368 航次 U1502 站岩性地层 / 394
- 图 A2-17 IODP368 航次 U1504 站岩性地层 / 395
- 图 A2-18 IODP368 航次 U1505 站岩性地层 / 396





第1章 大洋钻探的 发展历史

- 1.1 深海钻探计划 (DSDP) 阶段
 - 1.1.1 DSDP 的起源和实施
 - 1.1.2 DSDP 的主要成就
- 1.2 大洋钻探计划 (ODP) 阶段
 - 1.2.1 ODP 的提出和执行
 - 1.2.2 ODP 的主要成就
- 1.3 综合大洋钻探计划 (IODP) 阶段
 - 1.3.1 IODP 多平台计划的形成和实施
 - 1.3.2 IODP 的突出科学成绩
- 1.4 国际大洋发现计划 (IODP) 阶段
 - 1.4.1 IODP 多平台计划的改革和实施
 - 1.4.2 互补性项目建议 (CPP)
 - 1.4.3 IODP 前五年的主要科学进展
- 1.5 前景展望

第 1 章

大洋钻探的发展历史

刘志飞* 马鹏飞 吴家望

海洋地质国家重点实验室（同济大学），上海 200092

*E-mail: lzhifei@tongji.edu.cn

大洋钻探是地球科学领域迄今为止历时最长、成效最大的国际科学合作计划。自 1968 年以来，大洋钻探历经了深海钻探计划（Deep Sea Drilling Project, DSDP, 1968—1983 年）、大洋钻探计划（Ocean Drilling Program, ODP, 1985—2003 年）、综合大洋钻探计划（Integrated Ocean Drilling Program, IODP, 2003—2013 年）和国际大洋发现计划（International Ocean Discovery Program, IODP, 2013—2023 年）等四个阶段（图 1-1）。从 20 世纪 60 年代的美国独家运营，到 70—80 年代苏联、英国、法国、

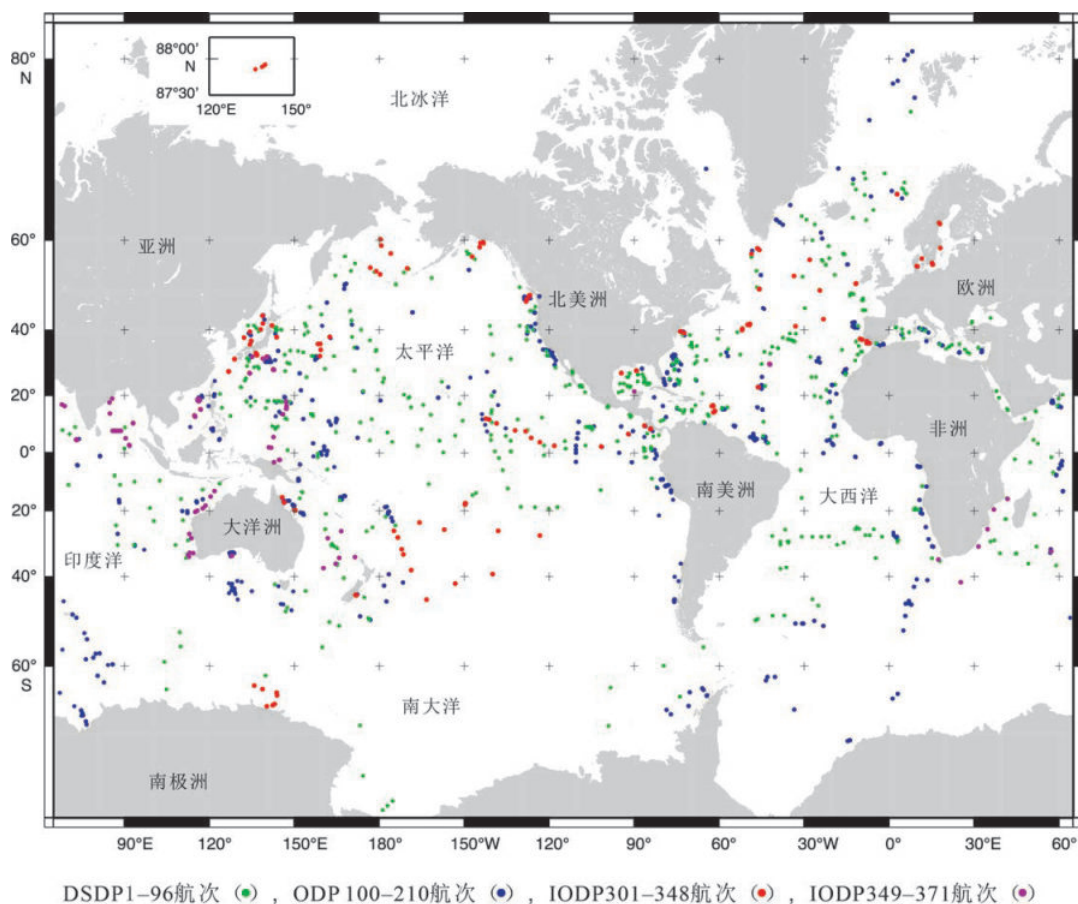


图 1-1 大洋钻探截至 2018 年 1 月执行的全部航次站位分布图

引自 <http://www.iodp.tamu.edu>

德国、日本各国逐步加入，再到目前全球 26 个成员国共同参与，大洋钻探已经走过了 50 年，吸引着越来越多国家和组织的加入。大洋钻探的执行过程也从美国运营的“格罗玛·挑战者号”（*Glomar Challenger*，简称“挑战者号”）和后来的“乔迪斯·决心号”（*JOIDES Resolution*，简称“决心号”）独立承担钻探任务，发展到了美国“乔迪斯·决心号”、日本“地球号”（*Chikyu*）、欧洲特定任务平台（*Mission-Specific Platforms*，MSP）三方联合运作的局面。

截至 2018 年初，这些钻探平台已经在世界各大洋执行了 286 个航次、钻穿了接近 100 万米的沉积物和基岩，并采集了超过 40 万米的岩芯和大量的观测数据（表 1-1）。各国科学家们利用这些地质资料实现了一系列科学突破，如验证海底扩张和板块构造、重建地质历史时期气候演化、证实洋壳结构、发现深部生物圈等。这些科学成就不仅让我们更加全面地认识地球的去与现在，也为预测未来全球变化提供了重要参考。本章将分别从上述四个阶段的具体执行和取得的科学突破等方面介绍大洋钻探的发展历史。

表 1-1 大洋钻探截至 2018 年 1 月执行的全部航次工作量汇总

钻探平台	DSDP (1968 年 8 月— 1983 年 11 月)	ODP (1985 年 1 月— 2003 年 9 月)	IODP (2004 年 6 月—2013 年 9 月)			IODP (仅包括 2013 年 10 月—2018 年 1 月航次)		
	格罗玛·挑战者号	乔迪斯·决心号	乔迪斯·决心号	地球号	特定任务平台	乔迪斯·决心号	地球号	特定任务平台
航次总数	96	111	35	14	5	19	3	3
站位总数	624	669	145	37	67	91	3	14
总体钻进深度	325 548 m	438 631 m	89 231 m	43 966 m	6 343 m	86 505 m	3 428 m	3 345 m
尝试取芯长度	170 043 m	321 482 m	69 557 m	8 440 m	5 567 m	57 778 m	906.7 m	2 842 m
成功取芯长度	97 056 m	222 704 m	57 289 m	4 864 m	4 131 m	42 623 m	659.75 m	2 208 m
总取芯率	57%	69%	82%	58 %	74 %	74%	73 %	78 %
总取芯数	19 119	35 772	8 491	1 024	2 673	7 369	130	871
最大钻孔深度	1 741 m, 47B 航次 398D 孔	2 111 m, 148 航次 504B 孔	1 928 m, 317 航次 U1352C 孔	3 059 m, 348 航次 C0002P 孔	755 m, 313 航次 M0029A 孔	1 806 m, 350 航次 U1437E 孔	1 180 m, 370 航次 C0023A 孔	1 334.69 m, 364 航次 M0077A 孔
最大钻探水深	7 044 m, 60 航次 461A 孔	5 980 m, 129 航次 802A 孔	5 707.5 m, 329 航次 U1365 C 孔	6 897 m, 343 航次 C0019D 孔	1 288 m, 302 航次 M0004A 孔	4 775 m, 352 航次 U1440A/B 孔	4 775.5 m, 370 航次 C0023A 孔	1 458 m, 357 航次 M0075 A/B 孔
总航行距离	695 670 km	658 906 km	234 998 km	—	—	103 863 km	—	—

注：表格归纳自 <http://www.iodp.tamu.edu> 和 <http://publications.iodp.org/>

1.1 深海钻探计划 (DSDP) 阶段

深海钻探计划 (DSDP) 是 1968 年至 1983 年期间一项由美国主导的海洋钻探计划, 其目的是在世界大洋大量布设钻井, 广泛采集沉积岩芯, 取得洋底地壳上层的资料。在该计划实施的 15 年时间里, 科研人员依靠 DSDP 专用钻探船“格罗玛·挑战者号”顺利完成了 96 个航次, 并在除北冰洋以外的各大洋 624 个站位上钻井 1 092 口, 获取岩芯 97 056 m (图 1-1, 表 1-1)。这些资料验证了海底扩张说和板块构造说的基本论点, 提供了中生代以来古海洋学的第一手资料, 极大地推动了海洋地质学的发展, 为近代地质理论和实践作出了卓越的贡献。

1.1.1 DSDP 的起源和实施

DSDP 始于美国学者 W. Munk, H. Hess 等在 20 世纪 50 年代推动的一项雄心勃勃的“莫霍计划”(Project Mohole)。该计划提出了钻穿洋壳和莫霍面来获取地球上地幔样品的建议, 并于 1958 年获得了美国国家科学基金会 (National Science Foundation, NSF) 的资助。1961 年, 莫霍计划使用“卡斯 1 号”(CUSS I) 钻井船在墨西哥瓜德罗普岛近海 3 558 m 水深处钻了 5 口深海钻井, 最大井深 183 m, 穿透了 2 500 万年的深海沉积层, 并钻取了 13 m 基底玄武岩。这是有史以来首次在深海海底打钻成功, 不仅验证了一系列海洋钻探技术的可行性, 也证实了海底沉积层下的洋壳是由玄武岩构成的。当“卡斯 1 号”船返航回到洛杉矶时, 美国总统肯尼迪专门致电祝贺, 称此举是科学史上划时代的里程碑。尽管获得了初步的成功, 但是该计划受到了来自政治和经济上的影响, 最终美国众议院于 1966 年否决了对该计划的拨款, 莫霍计划最终搁浅。其实, 在莫霍计划实施之初, 一些学者已经质疑耗巨资直取莫霍面的工作方案是否明智, 如以普林斯顿大学 H. Hedberg 为首的一个评价莫霍计划委员会建议分阶段实现目标, 第一阶段先钻探大洋地壳之上的沉积层, 采集深海沉积岩芯, 积累深海钻探经验。另一方面, 迈阿密大学的 C. Emiliani 在 1962 年向 NSF 等机构提出了一项以研究气候变化历史为目标的深海底长岩芯采样计划 (Long Cores, LOCO), 并获得了广泛的关注和支持。同年, 为指导这一计划的顺利实施, 美国主要海洋研究机构的科学家组成了 LOCO 委员会。1963 年, LOCO 在 NSF 资助下, 使用小型钻探船“沙玛瑞克斯号”(SUBMAREX) 成功在加勒比海 610 m 海底钻取了 55 m 的深海沉积物, 这是纯地层目的的深海钻探和取芯的首次尝试, 这一在科学和技术层面均取得了成功的钻探仅花费了 10 万美元。随后, LOCO 委员会逐步演变为由迈阿密大学海洋科学研究所、哥伦比亚大学拉蒙特—多尔蒂地球观测所、加利福尼亚大学斯克里普斯海洋研究所、伍兹霍尔海洋研究所在 1964 年主导成立的地球深部取样联合海洋研究所 (Joint Oceanographic Institutions Deep Earth