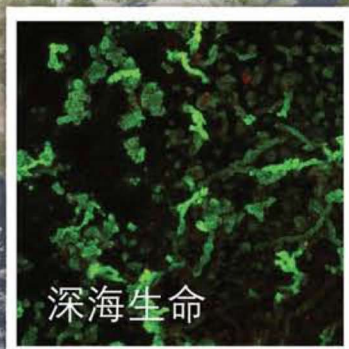


照亮地球

过去、现在与未来



国际大洋发现计划

探索海底的奥秘

2013—2023 年科学计划

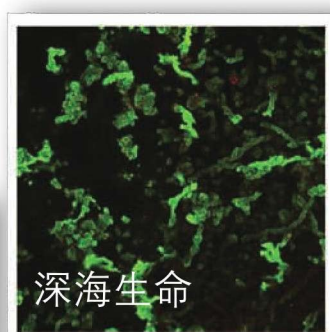
中国综合大洋钻探计划办公室
海洋地质国家重点实验室 译
广州海洋地质调查局



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

照亮地球

过去、现在与未来



深海生命



行星动力学



地质灾害

国际大洋发现计划

探索海底的奥秘

2013—2023 年科学计划

IODP-MI 授权翻译

中国综合大洋钻探计划办公室
海洋地质国家重点实验室 译
广州海洋地质调查局

图书在版编目(CIP)数据

照亮地球: 过去、现在与未来 = Illuminating Earth' s
past, present, and future / 中国综合大洋钻探计划办公室,
海洋地质国家重点实验室, 广州海洋地质调查局译. -- 上海:
同济大学出版社, 2013.1

ISBN 978 - 7 - 5608 - 4072 - 7

I. ①照… II. ①中… ②海… ③广… III. ① 地球科学-
文集 IV. ①P-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第022407号

照亮地球

——过去、现在与未来

中国综合大洋钻探计划办公室 海洋地质国家重点实验室 广州海洋地质调查局 译
责任编辑 李小敏 责任校对 徐春莲 装帧设计 潘向葵

出版发行	同济大学出版社	www.tongjipress.com.cn
	(地址: 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	上海盛隆印务有限公司	
开 本	890mm×1194mm 1/16	
印 张	5.75	
字 数	184 000	
版 次	2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷	
书 号	ISBN 978 - 7 - 5608 - 4072 - 7	

定 价 80.00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

本书由中国综合大洋钻探计划办公室、同济大学海洋地质国家重点实验室和广州海洋地质调查局组织人员翻译。其中前言、计划概要、第1章、第6章和第7章由拓守廷、田军和广州海洋地质调查局共同翻译，第2章由翦知湑负责翻译，第3章由张传伦负责翻译，第4章由李春峰负责翻译，第5章由苏翔、党皓文、范维佳负责翻译。田军负责全书的最后定稿。

本科学计划书的由来

国际大洋发现计划于2009年初开始规划，呼吁国际社会对新的大洋钻探计划所要解决的科学问题贡献力量。2009年9月，来自21个国家的大约600多名科学家在德国不莱梅召开INVEST大会，探讨一系列需要在海底深部进行钻探并安置设备的科学问题（<http://www.marum.de/page7894.html>可以下载INVEST报告的完整副本）。会后，成立了一个科学计划编写团队，成员来自综合大洋钻探计划各成员或组织在地质学、地球物理学、地球生物学、古气候学、气候模拟和地球化学等领域的领军科学家。

该编写委员会于2010年年末完成了科学计划的草稿，供科学界评审。在2011年初，外审专家小组评审了经修改后的草稿，评审的补充意见和讨论对该科学计划书的最终定稿助益良多。这一过程体现了科学大洋钻探的基础实力：通过同行评审和择优排序的严格过程，体现了科学大洋钻探群体高屋建瓴、敢于挑战和集思广益的能力。



Preface

On behalf of IODP Management International, I congratulate IODP-China for publishing this full Chinese translation of the Science Plan of the International Ocean Discovery Program for 2013—2023 originally published in English in June 2011. As they say, science sees no national borders. It seems particularly true for marine sciences such as IODP. However, when it comes to communicating science, the language barrier is real as non-native speakers of English are acutely aware of. We, therefore more than welcome this Chinese version; Chinese is by far the top spoken language of the world. This document allows reaching out to more than 1 billion people!

Decades preceding the European explorers Columbus and Da Gama, Admiral Zheng He had sailed his incredible large fleet west across the Indian Ocean a number of times to reach east Africa. China has a fascinating history of pioneering the Age of Ocean Exploration. This next phase of the international scientific ocean drilling will seamlessly follow earlier phases of increasingly international program; an important distinction is that this science plan will succeed and replace the current Initial Science Plan to be the official guiding document in planning scientific expeditions. I sincerely hope and invite our Chinese colleagues to read this plan and propose bold new ideas and methods to advance our understanding of the Earth and participate in IODP expeditions of discoveries in the spirit of Zheng He.

Kiyoshi Suyehiro

前言

我谨代表综合大洋钻探计划国际管理公司，祝贺综合大洋钻探计划中国办公室出版国际大洋发现计划2013—2023年科学计划的中文版，该计划最初于2011年6月用英文出版。正如书中所说，科学没有国界，对于大洋钻探这样的海洋科学来说尤其如此。然而，英语非母语的人强烈意识到，在科学交流中语言障碍确实存在。中文是世界上使用人数最多的语言，我们热忱欢迎该书中文版的出版，因为世界上用中文的人数遥遥领先，它将使这份科学计划直接面对十多亿的公众。

早在欧洲的探险家哥伦布和达伽马之前几十年，中国的郑和将军就率领他庞大的舰队多次向西穿越印度洋，到达了东非。中国作为海洋探险的先驱，有过开创海洋探索时代的迷人历史。下一阶段的国际科学大洋钻探计划，将对早期的国际合作计划进行无缝连接，一个重要区别在于这份文件将不再是目前的初始科学计划，而将成为科学航次的正式官方指南。我诚恳地希望并邀请我们的中国同行阅读这本科学计划书，大胆贡献新的科学想法和研究方法，以提高我们对地球的认知程度，并在郑和精神的鼓舞下积极参与国际大洋发现计划的科学航次。

综合大洋钻探计划国际管理公司总裁 末広潔

目录

前言	
计划概要.....	1
1 回顾过去，展望未来.....	6
2 气候与海洋变化：解读过去，预示未来.....	9
挑战.....	9
引言.....	9
挑战1：地球气候系统对大气CO ₂ 浓度增高如何响应？	11
挑战2：冰盖和海平面对气候变暖作何反应？	15
挑战3：降水分布由什么控制？比如季风和厄尔尼诺的降水分布是受什么控制的？	19
挑战4：大洋化学成分发生变动后，是如何恢复的？	22
参考文献.....	24
3 生物圈前沿：深部生命、生物多样性和环境驱动的生态系统.....	25
挑战.....	25
引言.....	25
挑战5：海底群落的起源、组成及全球意义是什么？	27
挑战6：海底深部的生命极限是什么？	30
挑战7：生态系统和生物多样性对环境改变的灵敏程度如何？	32
参考文献	35
4 地球联系：深部过程及其对地表环境的影响.....	36
挑战.....	36
引言	36
挑战8：地球上地幔的组成、结构和动力学是什么？	40
挑战9：海底扩张和地幔熔融如何与洋壳结构相联系？	42
挑战10：洋壳与海水之间化学交换的机制、程度和历史是什么？	44
挑战11：俯冲带如何开始形成？挥发性物质如何循环？陆壳如何形成？	47
参考文献.....	50
5 活动的地球：人类时间尺度上的灾害与过程.....	51
挑战.....	51
引言.....	51
挑战12：破坏性地震、滑坡、海啸发生的控制机制是什么？	54
挑战13：支配碳在海底以下储存和运移的因素和过程有哪些？	58
挑战14：流体与海底以下构造、热和生物地球化学过程的联系如何？	61
参考文献	63
6 教育与科普：为未来做准备	64
7 项目实施	68
钻探能力.....	68
科学群体、站位特征和岩芯档案.....	78
科学实验的精细化发展.....	82
计划管理和运行.....	83

计划概要

地球系统的所有组成部分，包括固体地球、水圈、大气圈、冰圈和生物圈，都通过物质、能量流和生命的流传联系在一起。这些圈层的相互作用影响了地球的发展和演化，并最终决定了地球的居住环境。埋藏在海底之下的沉积物记录了上亿年以来的地球气候、生物、化学和地质演变历史。通过科学大洋钻探获得这些记录，研究人员进行分析研究和推理，并检验描述地球系统的数值模型是否可行。通过在钻孔中安装仪器设备，研究人员也可通过科学大洋钻探获得海底下的流体、微生物、地球物理和地球化学数据，并利用钻井之间的连接网络开展有效实验，认知钻孔中沉积物的重要性质和变化过程。人口增长驱动资源需求量增大，激发人类深入探索地质灾害机制、获取气候变化规律，因此，通过科学大洋钻探来获取数据和样品成为非常重要的途径。

出版这本科学计划书，其目的在于指导科学大洋钻探在2013—2023年的多学科国际合作。新计划将向科学界抛出一系列基础性问题，比如，地球上生命的极限是什么？生态系统如何响应快速环境变化？地球深部过程如何影响地球表层环境？地质灾害的根本机制是什么？我们如何提高灾难性事件的危险评估和预测水平？在大多数海底表面分布

的流体对联系地质与生物系统有何贡献？科学大洋钻探将在空间上（从区域到全球）和时间上（从十年到千年尺度）对地球预测系统模型的检验、改进和提高起到关键作用。国际大洋发现计划建立在过去的成就之上，去迎接面向当代和未来的全球性挑战，使用新技术，扩大科学群体，并继续发展独特的合作模式。

应24个成员国资助机构的要求，我们组织地球、海洋、大气和生命领域的科学家共同编写了这本国际大洋发现计划2013—2023年科学计划（这24个国家占据了世界经济总量的75%）。新计划中的海底研究已经超越了回答基本科学问题、确定各个航次和实验的科学目标的范畴。国际大洋发现计划还将通过促进多学科国际合作和教育等举措，发展智能建设。再者，国际大洋发现计划还将帮助我们更好地理解地球的去，以便更好地预测地球的未来。同时，对国际大洋发现计划提出的科学问题的深入理解，将有助于对当今社会面临的一些重要环境议题做出决策。



研究主题

国际大洋发现计划的执行期共10年，聚焦4个重要主题，每个主题包含一系列最紧迫的科学挑战问题，具体如下：

- 气候与海洋变化：解读过去，预示未来
- 生物圈前沿：深部生命、生物多样性和环境驱动的生态系统
- 地球联系：深部过程及其对地表环境的影响
- 活动的地球：人类时间尺度上的灾害与过程

左图：科学家获取岩芯，IODP第325航次，恢复大堡礁海平面和气候变化历史。图片由IODP/ECORD提供。

右图：对岩芯进行自然伽马射线扫描。IODP第317航次，Canterbury盆地海平面变化研究。图片由IODP/USIO提供。

国际大洋发现计划的研究主题与一些国家和国际研究计划的研究主题重叠，比如以海洋为背景的多个海洋观测计划、过去全球变化、国际大洋中脊计划和国际大洋边缘计划等，以及以陆地

为背景的国际大陆钻探计划。与这些研究计划的合作和双边互利的实验将促使国际大洋发现计划提出最基本的科学问题，总结如下。

气候与海洋变化聚焦当今社会最为关注的问题之一：气候、海洋和冰盖怎样响应目前持续增加的温室气体？即便在十年时间尺度上，气候变化趋势依然难以预测。如某些科学家所说，如果人类正在进行一项地球气候系统的“实验”，那么至少目前在学术界还没达成共识，认为这项实验的一部分已经在过去完成。地质记录蕴含了地质历史时期大量显著而快速的气候变化事件，它们是对地外驱动和地内反馈机制的响应。只有科学钻探才能获得空间上分布广泛、时间上具有高分辨率的样品和数据，从而理解过去全球气候变化的原因及其影响。重建不同时期的重大气候变化将使数值模拟者面临挑战，促使他们改进模式中的物理和化学过程。大洋钻探正在生产空间和时间上越来越精细的古环境数据群，揭秘我们这个星球上不同气候状态和时间段内的气候动力系统。

生物圈前沿包含在海底下发掘深部生命，在那里，与光合作用隔绝的微生物生活在极端环境下。海底生物圈研究从早期的探测工作发展到系统的研究基因组、生活环境、生态位和代谢途径。这些研究得益于DNA技术、复杂脂类分



析技术以及其他技术的快速发展。科学大洋钻探也将生态系统对环境驱动的响应纳入研究范畴。研究样品和数据将来自气候和海洋化学在短时间尺度上发生巨变的时段内。钻探将会致力于研究此类事件对单个微生物群落以致整个生态系统的影响，包括人类演化。

地球联系窥探地球表层、岩石圈和地球深部过程之间的联系。提高钻探能力对于扩展垂向上的海底研究、获取新鲜的上地幔样品至关重要。海底和海水的相互作用取决于地壳结构，而地壳结构则受制于地球动力过程，在这些方面我们依然所知有限。例如，洋壳在与海水的反应过程中吸收 CO_2 ，但反应的速率和地点却很难被观测到。这些动力学过程决定 CO_2 和水进入俯冲带的量，而当它们从俯冲带返回到地表时又影响了火山作用和热液过程。反过来，火山喷发又可用于检验俯冲触发模式以及大洋岛弧向大陆壳的转化机制。钻探是一个基本工具，可用于理解固体地球系统发展和演化的地质、地球化学、岩浆和水文过程。

活动的地球与人类时间尺度上的动力过程相关，包括引发和来自地震、滑坡以及海啸的过程。科学大洋钻探将致力于研究这些事件的频率、幅度、机制和影响，包括与断层破碎相关的地震周期中的原位性质变化。这一主题同样探索海底沉积物中的流体运动和火山壳、



天然气水合物的形成和稳定，以及在深海储库中封存巨量 CO_2 的潜力。活动的地球主题将利用安装在钻孔中的海底观测装置，开展单个或联网的长期实时观测，这也是从火山洋壳上采集新鲜流体和微生物样品的唯一手段。这些系统也能提供临界信息，比如应力积累和产生的应变、大规模的地壳运动，以及从秒到十年尺度上流体传输与这些过程之间的联系。观测网络将通过光纤与陆地连接，用于对活动地球过程的实时监测和响应实验。

国际大洋发现计划的科学家开展的由本科学计划四大主题涵盖的研究，对于研究框架的建立和地质过程的理解发挥了非常重要的作用，这对于扩大资源开发的可能性非常必要，同时也为政府、学术界和产业界提供了一个合作的平台。

左图：正在进行微生物取样工作。IODP 第329航次，南太平洋环流微生物研究。图片由IODP/USIO提供。

右图：科学家正在检验从钻孔获取的岩芯。IODP 第319航次，Nankai海槽地震区实验。图片由IODP/JAMSTEC提供。



左图：不莱梅岩芯库，ECORD夏令营的在校研究生和青年科学家正在使用综合大洋钻探计划提供的特殊设备。图片由IODP/ECORD提供。

中图：五年级学生正在兴致勃勃地研究科学大洋钻探获取的海底化石。图片由美国马萨诸塞州阿莫斯特大学M.Leckie提供。

右图：深部地球学院的岩石学校，这是一个为教师在“决心号”船上或在美国海湾岩芯库举行的为期一至两周的亲身体验项目。图片由IODP/USIO提供。

教育和科普

教育和科普将是国际大洋发现计划的重要组成部分。该计划拥有丰富的资源进行教育和科普活动，例如装备先进实验室的科学考察船、分布于三大洲的岩芯库、共享的数据库、数以千计的科学家和海洋技术专家，以及大量积极参与大洋钻探计划的其他专业人员。教育和科普活动将着重关注以下三个方面。

训练下一代科学家

国际大洋发现计划不仅为国际科学家和工程师提供船上和岸上的研究机会，也为刚参加工作的科学家、研究生和本科生进行科学和技术培训搭建平台。由于环境挑战对全球化解决方案的持续需求，无论对个人、学术界还是政府，通过参加钻探计划而接受的多学科、国际化的培训对于未来的科学领导者都具有无穷的价值。

培养地球的管家

国际大洋发现计划提供接触上述资源的途径，帮助教育工作者针对各种年龄层次的孩子更新地球科学、生物科学以及相关科学的教学材料。它同样也为教育工作者提供在海上和岩芯库亲身参与科学研究的机会，在那里他们将与科学家一起工作，接触真实的样品和数据，开展教学活动。

鼓舞公众

国际大洋发现计划将建立并维持一个充满活力的公众交流计划，利用印刷品、音像、媒体、公共研究所和社会网络来宣传、影响和鼓舞公众增强地球系统和生命科学的知识。

实施

没有一个平台可以满足所有四个科学主题的钻探要求。为了尽量扩大钻探能力，国际大洋发现计划将使用三个基本平台，包括执行多重任务的非立管钻探船“决心号”（*JOIDES*），执行超深钻探任务的立管钻探船“地球号”（*Chikyu*），以及在浅海和极地钻探的特定任务平台。美国提供的“决心号”是一个灵活的多功能钻探平台，是国际科学钻探的主力，可以执行这本计划书中提出的许多挑战性任务，并将尽可能全年运行。日本提供的“地球号”装备精良，属于深水立管钻探船，有望每年实施5个月的科学钻探任务。“地球号”的作业区域包括洋壳、地幔上部和俯冲带环境以及与上述环境相关联的地震带，也包括生烃地区的地质和生物系统。特定任务平台每年执行一个航次，将继续在具有挑战性钻探环境的区域开展工作，包括北冰洋和浅水珊瑚礁区。

长期钻孔观测是历代研究者在科学钻探成就之上建立的另一个研究平台，随着技术进步和思想变革，这个平台可用来获取新的样品和放置新的观测仪器。科学家和工程师在海底观测平台上开展研究，并利用他们的专长和经验提高海底实验室的使用寿命。

科学界针对科学计划提出建议书，具体钻探航次将根据科学建议书进行安排。由国际科学咨询机构负责组织科学建议书的同行评审，并从中筛选出最具有科学意义的建议书。分布在美国、日本和欧洲的三家经验丰富的运行机构负责钻探的实施。每年大约有200名来自各个成员国的科学家参加航次。新计划获得的岩芯将与以前的钻探计划获得的岩芯一道存放在全球的三个岩芯库里。每个航次采集的数据将被储存在数据库，面向公众开放。

左图：立管钻探船“地球号”。图片由IODP/JAMSTEC提供。

中图：特定任务平台。图片由IODP/ECORD提供。

右图：非立管钻探船“决心号”。图片由IODP/USIO提供。





1 回顾过去，展望未来

2003年 到2010年，
IODP 共收到 2638 份样
品申请，为科学界提供
了617535 件样品。

科学钻探船可搭载科学家们到地球上最具挑战性的环境里采集数据、沉积物、岩石、流体和海底下的生物样品。通过解答一系列与地球动力学历史、过程和结构相关的基础性科学问题，钻探航次的科学成果改变了我们对这个地球的一些认识。钻探科学家和工程师发展了一些可跨陆地和海洋地球科学使用的工具和方法，它们甚至在私营部门也被应用。同样重要的是，科学大洋钻探已经建立起长期的国际合作，培养了多学科的新一代学生和科学家，并在世界范围内鼓舞公众关注科学发现。

通过这些成就，科学大洋钻探已经对许多研究领域产生重要影响，并开辟了新的研究路线（表1.1）。科学大洋钻探的主要贡献体现在解决了以下一些重大的科学问题：

- 检验和证实了板块构造理论，引起20世纪晚期地球科学的革命。
- 获得了埋在巨厚海洋沉积物之下的第一块未受扰动的火山洋壳样品，揭示了洋壳建造过程的复杂性。
- 发现了地中海海底之下大范围埋藏的盐层，证实地中海曾经历数次干涸。
- 通过古地磁记录、放射性测年和海洋微体化石等手段建立了高精度的地质时间标尺。
- 揭示了2亿年的海洋沉积历史，重建了重大变化和适宜期高分辨率地球演化史和生命史。
- 证明了地球的气候变化受地球轨道参数的控制。
- 利用深海沉积物和珊瑚样品重建了1亿年以来的全球海平面变化历史，揭示了冰盖的快速融化过程，证明海平面的升高是全球性的现象。
- 实现了大火成岩省的浅层取样，尽管岩浆的大范围喷发可能对地球

表1.1 出版物列表

发表时间	·《自然》 ·《科学》 ·《自然-地球科学》*	·《地球与行星科学通信》 ·《地质学》 ·《地球物理学研究通信》 ·《地球物理研究学报》 ·《微体古生物学》 ·《古气候》 ·《古生态》 ·《古地理学》 ·《古海洋学》	所有经过 评审后发 表的文章
1968–1974	18	14	1582
1975–1981	69	124	3616
1982–1988	95	163	4474
1989–1995	63	415	5835
1996–2002	75	568	5840
2003–2010	117	840	5464
合 计			
1968–2010	437	2124	26 811

* 2008 年开始出版

的气候造成灾难性的影响，但它同时也是我们了解地球深部过程的窗口。

- 使我们对大陆的打开、分裂、裂解以及伴生的岩浆活动的认识产生了革命性的改变。
- 科学大洋钻探的科学家和工程师建立了第一个海底井下观测系统，获得了用于探测远程环境和过程的长期样品和数据记录。
- 对俯冲板块在汇聚板块边缘循环利用何种物质进行了初步评估。
- 查明了爆发地球上最大规模的地震和海啸的活动板块边界处断层带的特征以及相关的构造活动过程。
- 发现从大洋中脊到深海海沟的海底下均存在大规模的流体活动。
- 发现在海底下1600m深的沉积物中，甚至在洋壳和火山壳里，存在以前不为人知的生物圈。

国际大洋发现计划拥有多个钻探平台，拥有验证过的成熟钻探和取样技术和长期观测技术，可通过研究海底下的地球开展多学科的研究，国际大洋发现计划将在这些成就的基础上加快我们理解地球和获得新发现的步伐。接下来的四章详细阐述了14个科学挑战问题，它



们都是科学钻探界公认的2013—2023年间最重要、最值得探讨的科学议题。这些科学议题分布广泛，包括气候变化如何影响海洋生态系统、海平面变化和季风系统；深部微生物生态系统在全球碳循环中起什么作用；矿物资源如何形成，流体如何在地幔、地壳和地球表层之间运动；大陆边缘的地震和其他威胁海岸带社会安全和生计的地质灾害问题。在讨论科学挑战的章节之后，是有关教育、科普和加强交流以及运行政策的章节，旨在促进该计划在基础构架和合作关系等科学目标上获得进展。

左图：在采样桌上操作一个岩芯样品。IODP第324航次，研究沙茨基海岭（一个大火成岩省）的形成。图片由IODP/USIO提供。

右图：在狭窄的过道上进行岩芯采样。IODP第324航次，研究凯特伯雷盆地海平面变化。图片由IODP/USIO提供。



专题1.1 | 21世纪的资源

当今社会，人口增长和生活水平的提高导致了我们对食物、水、能源、金属、生物化合物资源和废物储存（例如CO₂，核废料）等需求的大量增加。能源安全和战略矿物的供应是各国政府和工业界最关心的问题。海洋覆盖了地球70%的面积，如果进行有责任的开发，海底既是一个潜在的重要资源来源，也是一个废物储存的场所。

科学大洋钻探将继续在建立研究框架和寻找更多资源所需的地质解释两方面发挥重要作用，特别是在前沿和非传统的资源环境领域。在海洋岩石和沉积物中正在进行的活动过程与形成我们正在使用的矿物资源的过程相似。通过大洋钻探不断加深对这些相似过程的理解，有利于在海洋和陆地中寻找新的资源。

尽管我们正在寻找可替代的、经济可靠的能源，但碳氢化合物仍将是21世纪的主要能源。大陆张裂及初始洋盆形成的机制是石油和构造学界的兴趣所在，因为这正是碳氢化合物储存空间的形成阶段。科学大洋钻探发现，一些裂谷大陆边缘与大火成岩省的形成相关，而另一些则并不伴随明显的火山活动。这些发现，连同科学钻探界与工业界之间的合作努力，将继续指导能源公司的勘探战略。

天然气水合物是储量最大的碳氢化合物之一，但作

为有潜力的能源或可能的地质灾害，我们需要提高对其形成机制、程度和稳定性的理解（图5.4）。同样，海底的页岩气和煤层气环境也有助于理解微生物群落在产生和降解碳氢化合物以及提供CO₂的潜在储存环境上的特征和作用。在海洋、海底玄武岩以及橄榄岩之间正在发生和已经发生的反应，可能是一种不寻常的储存CO₂的方式。大洋钻探可以实施概念验证性实验，这对工业化尺度的测试来说是非常必要的。

海底扩张中心蕴含丰富的地热资源，但利用它却极具挑战。海水与地幔岩石反应形成氢气，这些非生源烃是替代性能源研究的研究对象。海水和岩石之间的相互作用可以形成主要的基本金属（铜、铅、锌）和贵金属（金、银）以及非金属沉积，大洋钻探已对其中的一些开展研究。一些极端环境（如高温、高/低 pH、高盐度）和许多其他的海底环境（如深的沉积盆地、泥火山）已经造成了高适应性微生物群落的演变，极可能产生具备医药和工业价值的化合物组分。照片由科学和工业研究组织联盟的C.Yeats提供。



2 气候与海洋变化

解读过去，预示未来

挑 战

1. 地球气候系统对大气CO₂浓度增高如何响应？
2. 冰盖和海平面对气候变暖作何反应？
3. 降水分布由什么控制？比如季风和厄尔尼诺的降水分布是受什么控制的？
4. 大洋化学成分发生变动后，是如何恢复的？

海底沉积物岩芯提供了过去环境和气候条件的记录，对于了解地球系统过程是必不可少的。

引 言

深海岩芯是最重要、分布最广泛、也最连续的地球气候历史档案。科学大洋钻探所取得的沉积物使得我们能重建生物圈、水圈、大气圈、冰圈以及固体地球等各个圈层之间关键的生物地球化学循环、通量和相互作用。以往的科学大洋钻探研究已经揭示出过去 1 亿年以来地球气候发生了巨大的变化，发现约3百万年前的中上新世暖期存在持久的类厄尔尼诺气候状态，证明约4800万年前北冰洋是一个漂浮着蕨类孢子“满江红”的亚热带淡水湖。这些古环境资料提供了自然气候变化的记录，是了解有仪器监测的近代气候变化的关键。海洋沉积物岩芯使得我们可以研究年际到千年尺度气候变化的空间格局，并提供了可与陆地记录（例如冰芯、湖泊岩芯和陆地剖面）进行比较的海洋基本资料。最为重要的是，只有通过大洋钻探取得更长的记录，才能提供几百乃至几

千万年之前大气CO₂浓度和全球温度都要比现在高得多的关键时期的环境信息（图2.1，图2.2）。

科学家正在研究预测气候系统如何响应自然气候变化背景下的人类干扰。通过对大洋钻探岩芯与预测未来气候的数值模型进行数据整合，科学家可以通过“反演”实验来评估和改进模式的性能。岩芯数据对于理解气候敏感性以及气候反馈的性质和强度特别有用，有助于确定潜在的可能触发快速气候变化的阈值。更加先进的分析技术的发展正在不断提高我们重建过去环境的能力，使得我们能够减少与这些重建相关的不确定性（专题2.1）。钻探策略，其中包括经向、纬向和垂向的断面，结合更长、更详细的时间序列，将使我们越来越详细地重建过去气候变化的时空模式。