

走近南海

中国海洋学家南海考察笔记

王东晓 主编

陈俊昌 罗琳 副主编



长江出版传媒 湖北科学技术出版社



走近南海

中国海洋学家南海考察笔记

王东晓 主 编

陈俊昌 罗 琳 副主编

长江出版传媒
湖北科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

走近南海 / 王东晓主编. — 武汉: 湖北科学技术出版社, 2016.8

ISBN 978-7-5352-8990-2

I. ①走… II. ①王… III. ①南海 - 普及读物
IV. ①P722.7-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第185726号

策 划: 何 龙 刘 玲

责任编辑: 杨瑰玉 何少华

封面设计: 胡 博

出版发行: 湖北科学技术出版社

地 址: 武汉市雄楚大街268号出版文化城B座13-14层

网 址: www.hbstp.com.cn

电 话: 027-87679468

邮 编: 430070

印 刷: 武汉市金港彩印有限公司

开 本: 710×1000 1/16

印 张: 13.25

字 数: 258千字

版 次: 2016年8月第1版

印 次: 2016年8月第1次印刷

定 价: 68.00元

本书如有印装质量问题, 请向出版社市场部反映调换

前言

PREFACE

走近南海

掬起海水，足可打捞出

中华血液中厚重的秦砖，青色的汉瓦

走近南海

海的语言便在身前身后

盛开，充满灵秀的蓝色呀

追逐着天边的云彩

“于疆于理，至于南海。”走近南海，走向深蓝。21世纪是海洋的世纪。随着科技的进步，人类与海洋的联系也越来越紧密。认知海洋、开发和利用海洋已经成为我国解决资源与环境相关问题、维护国家权益、实现可持续发展的一个重要课题。要承担和完成这一使命，首要任务就是进行海洋科学考察，获取现场数据和样品，并长期积累和保存，以开展持续有效的研究。

科研工作者是如何研判海洋的呢？在物理海洋研究者眼中。海洋是永不停歇的物质与能量的流动和输送；在海洋生物研究者眼中，海洋是神奇丰富的生物、微生物宝库；在海洋地质研究者眼中，海洋是亿万年的生命累积和尚未真正发掘的无尽宝

藏……但是海洋界有一句老话说得好，一个没有真正出过海、进行过海洋科考的人，是无法称作一个真正的海洋研究学家的。只有亲身走进海洋的怀抱，才能懂得并深刻了解什么是海洋科学研究，怎样才能更好地进行海洋科研。

海洋科学考察是一项繁重而有趣的任务。南海，时而如一位文静的少女，安详静谧，浪花朵朵，时而如一头愤怒的雄狮，巨浪如山，狂风怒卷，势不可挡；温柔平静的时候，她是可爱的，瑰丽的日升日落、热闹的鸟飞鱼跃，还有夜空中那万千繁星，让人沉醉赞叹的银河；当狂风暴雨汹涌而至的时候，她是危险的，在惊涛骇浪中千吨级的科考船也似一叶扁舟。不同程度的晕船、一些突发的疾病都会给科考队员带来精神上 and 身体上的双重痛苦。然而，每一个新的发现，每一次猜想得到印证，巨大的成就感会给科考队员带来无可比拟的喜悦。

南海，从远古走来，她在包容中演绎博大精深。南海，向未来走去，她在天地间诠释富饶美丽。

上船吧，让我们出发，听听海洋科考人带来的南海故事，去看看他们引以为豪的科研成果。

上船吧，让我们勇立潮头，踏浪走进南海！



七彩绚烂的珊瑚礁 1

南沙群岛珊瑚礁钻探记 2

2007 年南沙群岛珊瑚礁考察记 8

揭开西沙群岛珊瑚礁的神秘面纱 14

奇妙的微生物世界 19

大海中的微观艺术品 20

探秘海底爱吃甲烷的微生物 27

深海环境中的微生物 31

海洋中的绿色和古代特使 43

大海的生命之源——叶绿素 44

古代的海洋特使——海马 54

新奇无尽的海洋能源 67

“闻”出海底石油的技术 68

神奇南海“可燃冰”的探索 74

钻孔里看南海 78

探索海洋的神奇利器 89

卫星指点、按图索骥，探索海洋涡旋 90

追寻珠江冲淡水的踪迹	94
海底热流探针	98
探秘中国首个载人深潜器蛟龙号	105
闪光的明灯：海上浮标	113
大海对科学的挑战——海洋数值预报	123

海洋中的隐秘杀手 131

深海里面的巨澜——海洋内孤立波	132
从力学视角观察海洋平台结构的健康	142

上船，让我们出发 149

海气联合驾驭气候	150
最后一片净土气候	164
祖国最南海疆	177
海上丝绸之路：印度洋科学考察航次	194
海洋科考，厚重人生	200

走近南海

万顷碧波之中

朵朵翠莲镶嵌

七彩的珊瑚礁

犹如蓝色的卫士

在大海的心潮澎湃中

树一样的身躯

寂寞地坚守

七彩绚烂的
珊瑚礁

美丽的珊瑚礁因为具有极高的生物多样性而被誉为“海洋中的热带雨林”和“蓝色沙漠中的绿洲”，不仅向人类社会提供丰富的海产品、药品等资源，而且属于集环境调节、休闲娱乐、国土安全、矿产油气和科学文化等于一体的极其重要的海洋生态系统。



南沙群岛珊瑚礁 钻探记

赵焕庭

在茫茫大海中如何形成一座珊瑚礁？它们是什么时候开始形成的？珊瑚礁里面有没有宝贵的矿产资源？在珊瑚礁形成过程中是否曾经发生过重大事件，比如是否出现过大的灾难呢？要想知道这些问题的答案，就需要进行钻探，即取得珊瑚礁的岩芯。下面，我将和大家一起分享当年我们观测队在我国南沙群岛获取珊瑚礁岩心的过程，以及其中经历的惊险故事。

前期计划

1990年5—6月，中国科学院南沙综合科学考察队将进行第12航次科考，此次科考的任务之一就是南沙群岛进行钻探采集岩芯。

周密的前期计划是钻探任务成功的关键。出发前5个月，我们根据以往考察的经验，并参考了有关文献，首先写出了《永暑礁钻孔采芯及分析研究设计书》，全面阐述了钻探任务的目的、意义、钻孔深度设计依据、推测设计钻孔岩芯的地质柱状剖面图、钻孔施工及岩芯编录、岩芯测试项目、经费预算、主要研究内容及预期成果、组织和时间安排等，并明确了几个关键问题：

1) 研究目的

建立我国第一个南沙群岛礁相地层剖面，以研究该区第四纪晚更新世以来的珊瑚礁的沉积、古环境、地质演化和工程地质。

2) 钻探地点选定永暑礁

永暑礁是典型的珊瑚礁，并且可以满足钻探施工人员食宿所需的起码条件，施工用物资及采集的岩芯有场地堆放，发生施工事故时有救援系统支应。永暑礁还具有港口码头和锚地，能保证施工人员与物资进出井场安全和顺利。

3) 确定钻探深度

钻探深度至少要达到更新世末的末次冰期最低海面位置。从南海各地已知末次冰期最低海面深度，以及由区域地质资料推测南永1井不同深度的地

层系统与侵蚀面后，我们的设计孔深为 150 米。

那个时候永暑礁上的食宿与用水条件每次只能接待 6 人，这就给我们出了个难题，也就意味着我们这个钻探组最多只能有 6 个人。我们的最终安排是，钻探组分设组长 1 人，采芯编录与装箱 1 人，机长 1 人，钻工 3 人。按 1 班 4 人操纵钻机，只能安排白天干 1 班。由于第 12 航次的“实验 3 号”船在海上只能工作 50 天，因此，留给我们钻探组进退珊瑚礁的时间只有 40 天。初步估计用 30 天钻进 150 米是可能的。就此确定钻孔深度设计为 150 米。

4) 确定承钻单位

我们比较了几个可承钻单位的技术条件、工作经验、收费等情况，最后确定了承钻地质队，并于当年 4 月 7 日签署了《地质钻探协议书》，立即生效实施。根据承钻单位编写的《钻孔施工的技术实施方案》，钻孔位置要离人工岛北护岸坡麓 15 米，大潮水深 1.8 米，故要用钢架构建高 2.5 米的固定平台与连岛引桥。确定各项指标，对工程进度、劳动组织、安全生产等各项均作出规定，经多方评估后，演习一次，确定无误后组织实施。



出发 开工

我们的施工装备重约 10 吨，随“实验 3 号”船抵达永暑礁后，在驻军部队帮助下我们将这些设备于 5 月 17 日运到永暑礁。当天夜间开始架设平台与引桥，安置机件，一切工作安排停当后，于 23 日开钻。

- ① 在南沙群岛永暑礁礁坪上构筑“南永 1 井”钻井平台
- ② “南永 1 井”钻探中，钻杆下井
- ③ 铺在钻井平台栈桥上的“南永 1 井”新钻取的岩芯段

险情 常伴

勘探工作进行到关键时刻，风暴来了。6月13日，大家像往常一样早早起来干活。不料，突然海面刮起了大风，根据风向推测这是西南季风。据之前统计，永暑礁缘外夏季风力可达8级以上，可引起有效波高超过6米。不幸的是，我们却在紧要关头遇上了它，当即发现情况不妙——引桥有被波涛冲走的危险。尽管狂风大浪正在作祟，钻工们还是冒着风雨、迎着波浪，不惜体力和狂风暴雨争斗，最终还是将引桥牢牢系住。不过，我们也因此被迫停止了工作。



后来才知当天潮中最大风力达11级，瞬时最大风速31米/秒，港口外东南海面瞬时最大波高6.7米。风浪传至礁缘，卷起了高达3~4米的浪墙，传至礁坪水上仍有高达1米的余波。直冲至人工岛护岸斜坡，一些浪花越过人工岛缘胸墙，溅落陆地，岛上的菜园子也蒙受重大损失。我们钻井平台至引桥下最大流速估测超过1米/秒。在风吹、浪打和海流侵蚀下，平台的18条支柱和

- ④ 钻工们拖系牢栈桥
- ⑤ 西南季风潮，风浪大作。南永1井钻井平台受波浪冲击，栈桥加宽部分那条支柱桩被淘蚀脱落了，桥歪斜，有被冲走的危险。钻工们冒着风雨和波浪，拖系牢栈桥
- ⑥ 永暑礁人工岛上的菜园

引桥的4条支柱的脚座下的礁砂砾层被淘蚀去30~100厘米不等，悬空了！仅靠2根支柱和井口套管（内悬钻杆）三足鼎立，引桥则只剩下5根支柱支撑；平台整体向东南方向位移8厘米，钻机转盘口错位，套管内的钻杆斜压套管壁的一侧；引桥也向东南方向位移了几十厘米。

在随后的2天时间里（17—18日），水深、风力、波高和潮流虽减小了，但海况还是不容人员下海劳作。

19—21日，全组成员不畏烈日与浪打，连续3天下海，在水中摸索着寻找和收集礁块，寻找在建筑人工岛时失落水中的水泥包（已经结成混凝土块）和石块。重新将所有悬空的支柱脚都垫好，还将引桥所有悬空的支柱更换为口径大些和长些的套管，使它们重新站稳在礁坪上。22日上午，在驻军5位战士的协助下，把机台整体向西北方向撬移8厘米，使转盘口与套管口吻合，中午时分终于恢复了钻进。

事后想想，幸好之前没挂帆布帐篷，否则问题将更加严重。因为若挂上帆布帐篷，大风前来不及扯下来，势必招风，井架、机台与平台和引桥整体可能被风刮倒，设备被解体、漂走、沉于潮沟或港池，或被推向深海，最终使本航次无法恢复钻探。虽然连续数日在烈日下工作，队员们皮肤晒伤脱皮，但是事后想想一切还是值得的。

6月23日，我们终于完成全部工作，并于25日离礁回到如期来接的母船。从头到尾，我们一共在礁上停留了40天。

本次钻井编号“南永1井”，实际进钻152.07米，岩芯直径大于70毫米。采芯率超过协议要求。完钻后拆卸和包装设备，一切按计划指标保质保量完成。

收获

钻探结束后，我们组织了国内有关单位的科技人员对本次岩芯进行了多学科鉴定、分析和测试，获得了许多宝贵资料，撰写了一大批论文和《南沙群岛永暑礁第四纪珊瑚礁地质》专著（1992出版）。这些研究成果建立了我国第一个南沙群岛第四纪珊瑚礁地层剖面，系统阐述了早更新世晚期90多万年以来的地质与古环境变化历史。不仅达到了预期目标，该项成果还获1994年中国科学院自然科学二等奖。

为了进一步了解珊瑚礁礁体地质，1994年在永暑礁人工岛陆上实施了南

永 2 井钻探，井深 413.69 米，已钻进第三纪中新世晚期地层，但仍未钻透礁体。经研究确定了第三系与第四系的界线在井深 268 米处，约距今 248 万年。暂定中新统和上新统的界线在井深 369.83 米处。其中还发现和讨论了更新世时附近可能发生过古火山和古地震活动事件。

1999 年 4 月，“实验 3 号”船驶入永暑礁潟湖中锚泊，岛礁研究组依托母船，组构了简易的、可机动航行的小型浅水地质钻探平台（图 7），平台上安置了 NFDIO-MEK 型钻机，配备了国家专利产品软土砂砾倒卡式自控离合长筒工程地质采样器，驶去小潟湖（图 8）。

4—5 月，在小潟湖实施了全采芯钻探工程，其中南永 3 井水深 11.47 米，井深 5.90 米，连续的潟湖碎屑沉



- 7 永暑礁潟湖里，依托“实验 3 号”调查船组装潟湖地质钻探机动平台
- 8 永暑礁潟湖里，组装好的机动钻井平台驶向预定的小潟湖“南永 3 井”井位



积岩芯直径 7.5 厘米，是我国第一个环礁潟湖完整的原状沉积柱样。对柱样分层采样，做古地磁、粒度、生物组分、矿物成分、高精度热电离质谱（简称 TIMS）铀系测年、有孔虫、微软体动物、氨基酸、常量与微量元素分析研究。还专门挑出每个样品中的底栖有孔虫茸刺距轮虫（*Calcarina hispida*）壳，做氧碳稳定同位素测定，计算了公元 330 — 1999 年（历时 1670 年）来 108 个时段平均的表层海水温度与大气温度，首次提出了 1 条南沙群岛地区 1670 年以来的量化的高分辨历史气候温度变化曲线，并将公元 330 年以来的时间划分为 4 个冷和 4 个热的气候期，还细分出 37 个气候冷热波动亚期。

2007 年南沙群岛珊瑚礁

考察记

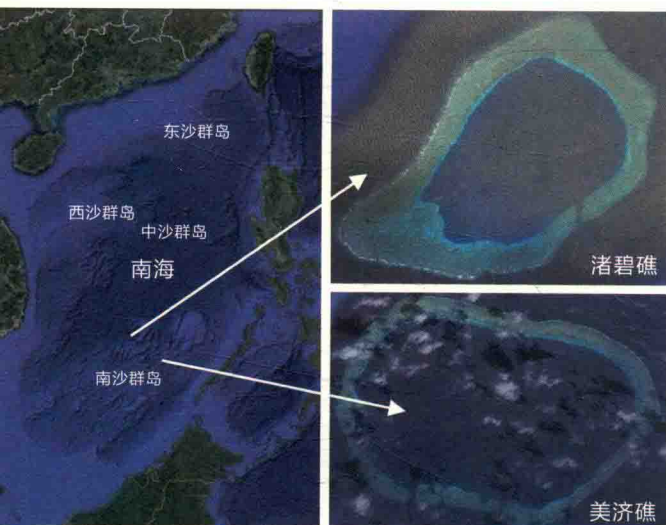
陈天然 李淑 施祺 余克服

我们的祖国幅员辽阔，不仅有广袤的山川，也有辽阔的海洋，仅南海的面积就有 350 万平方千米。从北到南，有东沙群岛、西沙群岛、中沙群岛和南沙群岛，它们就像洒在盘里的珍珠，星罗棋布，形态万千，而这些群岛其实就是由珊瑚礁发展而成的。

珊瑚礁是由能够分泌碳酸钙骨骼的生物建造的。这些生物死亡后留下的骨骼不断堆积，历经千年、万年甚至百万年的漫长岁月，从基底岩石上逐渐架起壮观的珊瑚礁。这类生物主要是石珊瑚，以及钙质藻类、贝类等。珊瑚礁是宝贵的海洋资源，受到全球的海洋科学家和政府部门的重视，如何有效保护和持续利用珊瑚礁生态资源即是前沿的科学问题，也是重要的决策问题。珊瑚礁之所以重要，最主要是因为具有极高的生物多样性，被誉为“海洋中的热带雨林”和“蓝色沙漠中的绿洲”。此外，出露海面的珊瑚礁是南海唯一的陆地型

国土，对我国在南海维护国家权益、行使国家主权等方面具有无可替代的作用。

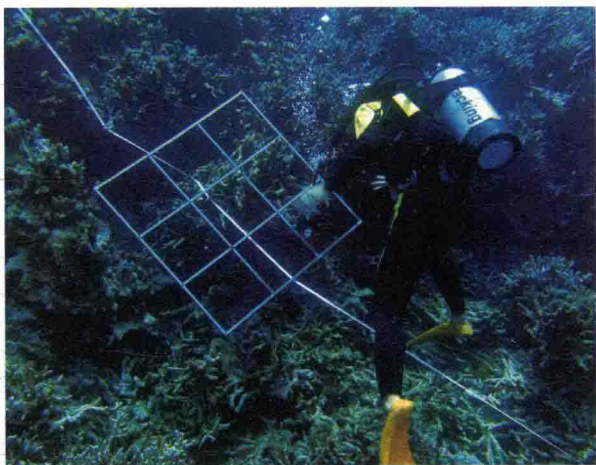
在南海的 4 个群岛中，以南沙群岛的珊瑚礁最多，分布面积最大，生态多样性最为丰富，一直是我们珊瑚礁科研工作者心中向往的“圣地”。笔者受“国家科技支撑计划”研究项目的支持，搭载中国科学院南海海洋研究所的“实验 3 号”科考船，于 2007 年 6 月前



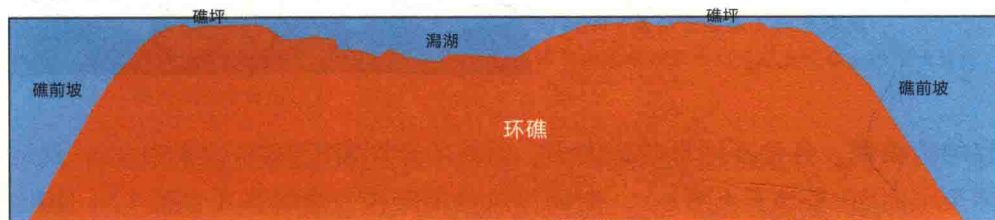
① 南海中的渚碧礁和美济礁卫星照片（底图来源于 Google Earth）

往南沙群岛的渚碧礁和美济礁展开了科学考察。

渚碧礁和美济礁为近似椭圆型的环礁，中间是潟湖（图1）。渚碧礁自东北到西南约6.5千米，宽约4千米，潟湖中水色蓝绿，故称“渚碧”。美济礁东西长约9千米，南北宽约6千米，礁坪上的一些礁石在退潮时可露出水面。此次科学考察的任务主要有两个，一是水下生态调查（图2），获得珊瑚礁地貌分布、生物多样性等数据资料，为进一步评估珊瑚礁健康状况提供有价值的科学依据；另一个是完成大型块状珊瑚的岩芯采样工作（图3），为研究气候变化获取记录材料。



珊瑚礁地貌带主要分为礁前坡、礁坪，如果是环礁则中间还有潟湖（图4）。礁前坡是珊瑚礁上水动力最强的地段，浪较大，也是珊瑚生长最为繁



- ② 潜水员手持样方沿着水下布设的断面开展珊瑚礁生态调查
- ③ 潜水员水下操作钻机钻取块状滨珊瑚的岩芯样品
- ④ 环礁的简略结构图



- 5 美济礁的礁前坡珊瑚生长繁盛
- 6 (镜头沿着礁前坡一直延伸到蓝茫茫的深处)
- 7 美济礁礁前坡水下50米处光线已经很暗但仍然有珊瑚分布
- 8 美济礁礁前坡的鱼群
- 8 海葵和居住其中的小丑鱼，它就是电影《海底总动员》中的主角“Nemo”

盛的地貌带，各种不同形状、大小、颜色的珊瑚密密麻麻（图5），一直延伸至水面50米以下（图6）。时而可见鱼群穿梭，热闹非凡（图7）。相比礁前坡的“喧闹”，礁内潟湖里就要“恬静”许多。由于礁坪的消能作用，潟湖内的海水更加平静。许多喜欢静谧的“居民”就在这里安家落户（图8）。很多鱼类的幼年阶段会在这里度过，它们为了寻求庇护就群居在树枝状珊瑚