



“南北极环境综合考察与评估”专项

01-02

南极周边海域 海洋地质考察



国家海洋局极地专项办公室 编



海洋出版社



“南北极环境综合考察与评估”专项

南极周边海域海洋地质 考察

国家海洋局极地专项办公室 编

海洋出版社

2016·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

南极周边海域海洋地质考察/国家海洋局极地专项办公室编. —北京: 海洋出版社, 2016. 5
ISBN 978-7-5027-9444-6

I. ①南… II. ①国… III. ①南极-海洋地质-科学考察 IV. ①P736

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 098747 号

责任编辑: 方 菁

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店北京发行所经销

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

开本: 889 mm×1194 mm 1/16 印张: 21.25

字数: 530 千字 定价: 128.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

极地专项领导小组成员名单

组 长：陈连增 国家海洋局
副组长：李敬辉 财政部经济建设司
曲探宙 国家海洋局极地考察办公室
成 员：姚劲松 财政部经济建设司（2011—2012）
陈昶学 财政部经济建设司（2013—）
赵光磊 国家海洋局财务装备司
杨惠根 中国极地研究中心
吴 军 国家海洋局极地考察办公室

极地专项领导小组办公室成员名单

专项办主任：曲探宙 国家海洋局极地考察办公室
常务副主任：吴 军 国家海洋局极地考察办公室
副主任：刘顺林 中国极地研究中心（2011—2012）
李院生 中国极地研究中心（2012—）
王力然 国家海洋局财务装备司
成 员：王 勇 国家海洋局极地考察办公室
赵 萍 国家海洋局极地考察办公室
金 波 国家海洋局极地考察办公室
李红蕾 国家海洋局极地考察办公室
刘科峰 中国极地研究中心
徐 宁 中国极地研究中心
陈永祥 中国极地研究中心

极地专项成果集成责任专家组成员名单

- 组 长：潘增弟 国家海洋局东海分局
- 成 员：张海生 国家海洋局第二海洋研究所
- 余兴光 国家海洋局第三海洋研究所
- 乔方利 国家海洋局第一海洋研究所
- 石学法 国家海洋局第一海洋研究所
- 魏泽勋 国家海洋局第一海洋研究所
- 高金耀 国家海洋局第二海洋研究所
- 胡红桥 中国极地研究中心
- 何剑锋 中国极地研究中心
- 徐世杰 国家海洋局极地考察办公室
- 孙立广 中国科学技术大学
- 赵 越 中国地质科学院地质力学研究所
- 庞小平 武汉大学

“南极周边海域海洋地质考察”专题

承担单位：国家海洋局第一海洋研究所

参与单位：国家海洋局第三海洋研究所

同济大学

国家海洋局第二海洋研究所

国家海洋局东海分局

国家海洋局南海分局

国家海洋局北海分局

南极周边海域海洋地质考察

编写人员： 陈志华 王汝建 李云海 韩喜彬 王百顺
颜 彬 李国刚 葛淑兰 黄元辉 唐 正
王豪壮 刘合林 聂森艳 武 力 肖文申
黄梦雪 尹希杰 徐勇航 王昆山 王春娟
陈金霞 金秉福 刘忠诚 刘轶莹 王爱军
王 凤 方建勇 叶 翔 陈 敏 李东义
赖志坤 王 亮 初凤友 章伟艳 杨海丽
赵 军 张平萍 黄 玥 许 冬 葛 倩
边叶萍 唐灵刚 赵建如 叶黎明 戴清清
张月平 陈 亮 许春玲 李晓明 陈 静
张少均 谢明芮 汤 偲 李蕙新 毕建强
布如源 赵仁杰 张亚龙

序 言

“南北极环境综合考察与评估”专项（以下简称极地专项）是2010年9月14日经国务院批准，由财政部支持，国家海洋局负责组织实施，相关部委所属的36家单位参与，是我国自开展极地科学考察以来最大的一个专项，是我国极地事业又一个新的里程碑。

在2011年至2015年间，极地专项从国家战略需求出发，整合国内优势科研力量，充分利用“一船五站”（“雪龙”号、长城站、中山站、黄河站、昆仑站、泰山站）极地考察平台，有计划、分步骤地完成了南极周边重点海域、北极重点海域、南极大陆和北极站基周边地区的环境综合考察与评估，无论是在考察航次、考察任务和内容、考察人数、考察时间、考察航程、覆盖范围，还是在获取资料和样品等方面，均创造了我国近30年来南、北极考察的新纪录，促进了我国极地科技和事业的跨越式发展。

为落实财政部对极地专项的要求，极地专项办制定了包括极地专项“项目管理办法”和“项目经费管理办法”在内的4项管理办法和14项极地考察相关标准和规程，从制度上加强了组织领导和经费管理，用规范保证了专项实施进度和质量，以考核促进了成果产出。

本套极地专项成果集成丛书，涵盖了极地专项中的3个项目共17个专题的成果集成内容，涉及了南、北极海洋学的基础调查与评估，涉及了南极大陆和北极站基的生态环境考察与评估，涉及了从南极冰川学、大气科学、空间环境科学、天文学以及地质与地球物理学等考察与评估，到南极环境遥感等内容。专家认为，成果集成内容翔实，数据可信，评估可靠。

“十三五”期间，极地专项持续滚动实施，必将为贯彻落实习近平主席关于“认识南极、保护南极、利用南极”的重要指示精神，实现李克强总理提出的“推动极地科考向深度和广度进军”的宏伟目标，完成全国海洋工作会议提出的极地工作业务化以及提高极地科学研究水平的任务，做出新的、更大的贡献。

希望全体极地人共同努力，推动我国极地事业从极地大国迈向极地强国之列！

陈连增

目 次

第1章 总论 (1)

1.1 任务来源 (1)

1.2 专题目标和在专项中的作用 (1)

1.3 考察的主要范围 (2)

1.4 考察时段和时间 (2)

1.5 工作内容 (2)

1.6 工作量和分工 (3)

1.6.1 外业考察 (3)

1.6.2 内业分析 (6)

1.7 取得的主要成果 (8)

1.7.1 样品 (8)

1.7.2 数据 (8)

1.7.3 成果图件 (8)

1.7.4 报告 (9)

1.7.5 图册 (9)

1.7.6 论文撰写与发表情况 (9)

1.8 存在的主要问题与建议 (11)

第2章 考察的意义和目标 (12)

2.1 考察背景和意义 (12)

2.2 我国南极海洋地质考察与研究简要历史回顾 (13)

2.2.1 海洋地质考察 (13)

2.2.2 主要研究进展 (15)

2.3 考察海区概况(区域环境特征) (18)

2.3.1 南大洋概况 (18)

2.4 考察目标 (21)

第3章 考察的主要任务 (22)

3.1 考察区域、断面、站位及路线 (22)

3.1.1 南极半岛东北部海域 (23)

3.1.2 普里兹湾海域 (23)

3.1.3 罗斯海及邻近海域 (24)

3.2 考察内容 (25)

3.2.1 悬浮体考察 (25)

3.2.2 表层沉积物考察 (25)



3.2.3 多管沉积物考察	(25)
3.2.4 柱状沉积物考察	(25)
3.3 考察设备	(25)
3.3.1 船用设备	(25)
3.3.2 主要调查仪器设备	(26)
3.4 考察人员及分工	(28)
3.5 考察完成工作量	(31)
3.6 考察航次(路线)及考察重大事件介绍	(31)
第4章 考察主要数据与样品	(33)
4.1 样品及获取方式	(33)
4.1.1 悬浮体样品	(41)
4.1.2 箱式沉积物样品	(42)
4.1.3 多管沉积物样品	(42)
4.1.4 柱状沉积物样品	(42)
4.2 数据及获取方式	(42)
4.2.1 获取的主要数据	(42)
4.2.2 主要分析方法与程序	(45)
4.3 质量控制与监督管理	(49)
4.3.1 组织管理措施	(49)
4.3.2 质量控制	(50)
4.4 数据总体评价情况	(50)
第5章 南极半岛周边海域悬浮体与海底沉积物特征	(51)
5.1 区域概况	(51)
5.2 表层海水悬浮体特征	(52)
5.2.1 悬浮体浓度分布特征	(52)
5.2.2 悬浮体组成特征	(53)
5.2.3 基本分布规律	(55)
5.3 表层沉积物特征	(56)
5.3.1 沉积物粒度特征	(56)
5.3.2 表层沉积物矿物特征	(62)
5.3.3 表层沉积物地球化学特征	(71)
5.3.4 考察区现代冰海沉积作用	(91)
5.3.5 有机地球化学特征与早期成岩作用	(94)
5.4 柱状沉积物特征	(101)
5.4.1 近代沉积特征	(101)
5.4.2 全新世沉积特征	(107)
5.4.3 第四纪沉积特征	(128)
第6章 普里兹湾海域悬浮体与海底沉积物特征	(155)
6.1 区域概况	(155)

6.1.1 地理概况	(155)
6.1.2 水团特征	(156)
6.1.3 海流特征	(157)
6.1.4 海冰	(157)
6.2 表层海水悬浮体特征	(157)
6.2.1 悬浮体含量分布特征	(157)
6.2.2 POC 与 PON 分布特征	(157)
6.2.3 $\delta^{13}\text{C}_{\text{POC}}$ 与 $\delta^{15}\text{N}_{\text{PON}}$ 分布特征	(159)
6.2.4 悬浮体颗粒物组成	(161)
6.2.5 悬浮体有机碳同位素的物源与环境指示意义	(168)
6.2.6 悬浮颗粒物类型及分布的控制因素	(171)
6.2.7 悬浮颗粒物絮凝集合体的絮凝沉积作用	(173)
6.3 表层沉积物特征	(174)
6.3.1 表层沉积物类型与粒度特征	(174)
6.3.2 表层沉积物矿物特征	(180)
6.3.3 表层沉积物地球化学特征	(193)
6.3.4 表层沉积物微体古生物特征	(215)
6.3.5 普里兹湾现代冰海沉积过程	(224)
6.3.6 普里兹湾表层沉积物来源与输运	(231)
6.3.7 有机地球化学特征与早期成岩作用	(238)
6.4 柱状沉积物特征	(239)
6.4.1 近代沉积特征	(239)
6.4.2 第四纪沉积特征	(260)
第7章 罗斯海西部悬浮体与海底沉积物特征	(267)
7.1 区域概况	(267)
7.1.1 地理概况	(267)
7.1.2 冰架特征	(268)
7.1.3 水文特征	(268)
7.1.4 初级生产力特征	(269)
7.2 表层海水悬浮体特征	(270)
7.3 古环境与古气候演变特征	(271)
7.3.1 罗斯冰盖的形成与退缩	(271)
7.3.2 罗斯海周围的“两极跷跷板”证据	(272)
7.3.3 罗斯海周边记录的千年尺度和百年尺度的气候变化	(273)
第8章 考察的主要成果、经验与建议	(275)
8.1 主要考察成果	(275)
8.1.1 考察取得的重要成果	(275)
8.1.2 主要科学认识与结论	(275)
8.2 对专项的作用	(280)



8.3 考察的主要成功经验	(281)
8.4 考察中存在的主要问题及原因分析	(281)
8.5 对未来科学考察的建议	(281)
参考文献	(283)
附件	
附件1 考察区域及站位	(307)
附件2 主要仪器设备一览	(311)
附件3 样品、档案、影像片等一览	(312)

第1章 总 论

1.1 任务来源

南极和北极是地球表面的两大冷源，是全球气候变化的重要驱动器和响应器，其特殊的地理位置、环境和气候决定了极地在地球系统和全球变化中具有不可替代的重要作用。与此同时，两极地区蕴藏着丰富的资源，是未来重要的资源发展空间。已有研究表明，南极气候环境过程与我国的气候变化存在遥相关；北极气候环境变化对我国气候有着更直接的影响，与我国的工农业生产、经济活动和人民生活息息相关。加强对南北极环境的多学科综合考察，系统掌握南北极环境第一手资料，增进对极地-全球气候之间相互作用和驱动过程的理解，综合评价极地在全球和我国气候变化过程中的作用，切实提高应对气候变化的能力，是关系到我国的国计民生、防灾减灾、国民经济和社会可持续发展的大事。面对当前国内国际形势，深入落实科学发展观和国务院批准的国家海洋局“三定”方案，充分调动国内外优势资源与能力，促进我国极地科技和事业快速发展，2012年5月，经国务院批准，由国家海洋局极地考察办公室组织实施“南北极环境综合考察与评价”专项（简称“极地专项”）。

极地专项主体工作计划在“十二五”期间（2011—2015年）完成，将有计划、分步骤完成南极周边重点海域、北极重点海域和南极大陆考察站周边地区的环境综合考察及评估。该专项由南极周边海域环境综合考察与评估、南极大陆环境综合考察与评估、北极环境综合考察与评估、南北极环境/资源综合评价与国家利益战略评估等四大基本任务（4个项目）组成，下设24个专题。“南极周边海域海洋地质考察”是极地专项的主要考察专题之一，该专题通过招投标方式由国家海洋局第一海洋研究所牵头，国家海洋局第三海洋研究所、同济大学、国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局东海分局、国家海洋局南海分局和国家海洋局北海分局共同承担。

1.2 专题目标和在专项中的作用

通过对南极半岛邻近海域和普里兹湾等重点海域的底质和悬浮体调查，系统掌握南极周边海域的底质特征、沉积环境及变化规律，重建该地区（晚）第四纪古海洋、古冰川（冰盖/海冰）和古气候演变历史，为南极环境综合分析与评价提供第一手资料，为南极周边海域海洋地球物理考察专题、海洋化学与碳通量考察专题、海洋生物多样性和生态考察专题、南极磷虾考察专题等提供样品和资料。



1.3 考察的主要范围

考察区域为南极半岛东北部海域（60°—64°S，60°—42°W）、普里兹湾海域（64°—70°S，65°—82°E）、罗斯海西部海域（66°—78°S，163°—175°E）及南大洋走航断面。

1.4 考察时段和时间

考察时段和时间集中在每年的 11 月至次年 4 月，为南半球的夏季。各航次具体考察时段和时间见表 1-1。

表 1-1 极地专项历次南极海洋地质考察区域与时间

航次	航次执行时间	地质考察执行时间	考察海域	考察时段
ANT28	2011-10-29 至 2012-04-08	2011-10-29 至 2012-04-08	南极半岛	2011-12-30 至 2012-01-29
ANT29	2012-10-30 至 2013-04-09	2013-01-18 至 2013-03-26	普里兹湾	2013-01-31 至 2013-03-03
ANT30	2013-11-07 至 2014-04-15	2014-02-02 至 2014-03-25	南极半岛	2014-02-08 至 2014-02-14
			普里兹湾	2014-03-02 至 2014-03-04
ANT31	2014-10-29 至 2015-04-10	2014-11-18 至 2015-01-18	罗斯海西部	2014-12-28 至 2015-01-11
ANT32	2015-11-07 至 2016-04-12	2016-01-20 至 2016-03-28	阿蒙森海-罗斯海	2016-01-30 至 2016-02-25

1.5 工作内容

主要考察内容包括悬浮体、表层沉积物和柱状沉积物考察与研究。

(1) 悬浮体考察与研究。通过现场考察（表层海水过滤），获取悬浮体样品；分析悬浮体含量、物质组成及分布，为沉积物物源示踪等提供基础资料。

(2) 表层沉积物及现代沉积环境考察与研究。通过现场考察，获取表层沉积物样品；分析沉积物的粒度、矿物、地球化学、微体古生物等参数，绘制有关基础图件，揭示考察区海底沉积物类型、物质组成、沉积物来源和主要输运路径，探讨极区冰（冰盖-冰架-冰山-海冰）-海（水团、海流、底层水、生物生产力）相互作用下的沉积环境与沉积作用特点。

(3) 柱状沉积物及古环境考察与研究。通过多管、箱式插管获取短柱状沉积物，通过重力取样器获取长柱状沉积物。在建立精细年龄框架的基础上（²¹⁰Pb 和 AMS¹⁴C 测年等方法），通过沉积物粒度、矿物、地球化学、微体古生物、古地磁、有孔虫（优势种）壳体的碳-氧同位素等分析重建第四纪不同时间尺度（百年至万年等）的古环境与古气候记录，揭示该地区海洋与冰冻圈演变规律及其对全球变化的影响和反馈。

(4) 早期成岩作用与成矿环境分析。通过对表层沉积物和柱状沉积物的粒度、常量元

素、有机组分、分子标志物组成与分布特征等分析，了解考察区有机质的空间分布特征及其控制因子，对有机质来源、成熟度以及早期成岩与成矿环境等进行定性分析和评价。

1.6 工作量和分工

1.6.1 外业考察

1.6.1.1 计划工作量及完成情况

极地专项南极周边海域海洋地质考察一年一次，自 2011 年 10 月至 2016 年 4 月共执行 5 次。其中，前 4 次（第 28~31 次）计划进行悬浮体取样 87 站，实际完成 197 站；计划箱式取样 51 站，实际完成 68 站；计划多管取样 16 站，实际完成 22 站；计划柱状取样 28 站，实际完成 36 站；各航次均圆满或超额完成了外业考察任务（表 1-2）。

表 1-2 极地专项南极海洋地质考察外业考察计划工作量及实际完成情况 站

航次	考察区	悬浮体		箱式样		多管样		柱状样	
		计划站位	获取样品	计划站位	获取样品	计划站位	获取样品	计划站位	获取样品
ANT28	南极半岛	19	19	10	11	4	4	7	6
ANT29	普里兹湾	30	61	18	21	6	10	9	10
ANT30	南极半岛	18	33	7	16	4	3	7	6
	普里兹湾		7		0		2		2
ANT31	罗斯海西部	20	29	16	19	2	3	5	8
	普里兹湾		6		1				
	南大洋		42						4
合计		87	197	51	68	16	22	28	36

1.6.1.2 现场执行人员与分工

专项海洋地质考察任务以海洋地质专业考察队员为主导，由大洋队后甲板工作组共同完成，各次海洋地质专业考察队员见表 1-3。

表 1-3 第 28~32 次南极海洋地质专业考察队员一览

航次	执行时间	现场执行人、单位及专业			备注
ANT28	2011-10-29 至 2012-04-08	黄元辉	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	海洋地球物理、海洋生物与磷虾专业配合
		韩喜彬	国家海洋局第二海洋研究所	海洋地质学	



续表

航次	执行时间	现场执行人、单位及专业			备注
ANT29	2013-01-18 至 2013-03-26	陈志华	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	海洋地球物理、海洋生物与磷虾专业配合
		刘欣德	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	
		李云海	国家海洋局第三海洋研究所	海洋地质学	
		章陶亮	同济大学	海洋地质学	
		王百顺	国家海洋局东海分局	海洋地质学	
ANT30	2014-02-02 至 2014-03-25	唐 正	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	海洋地球物理、海洋生物与磷虾专业配合
		王豪壮	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	
		王爱军	国家海洋局第三海洋研究所	海洋地质学	
		朱志敏	国家海洋局第二海洋研究所	海洋地质学	
		武 力	同济大学	海洋地质学	
ANT31	2014-11-18 至 2015-01-18	陈志华	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	海洋地球物理专业配合
		黄元辉	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	
		刘合林	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	
		尹希杰	国家海洋局第三海洋研究所	海洋地质学	
		孟 飞	同济大学	海洋地质学	
ANT32	2016-01-30 至 2016-02-25	刘乐军	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	海洋地球物理专业配合
		赵仁杰	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质学	
		李云海	国家海洋局第三海洋研究所	海洋地质学	
		徐晓晖	国家海洋局第三海洋研究所	海洋地质学	
		孙烨忱	同济大学	海洋地质学	

(1) 第 28 次南极考察。第 28 次海洋地质考察专题现场任务由国家海洋局第一海洋研究所黄元辉博士和国家海洋局第二海洋研究所韩喜彬博士负责，其他协助人员包括裴彦良、阚光明、宋普庆、陈帅等（图 1-1）。

(2) 第 29 次南极考察。第 29 次海洋地质考察现场执行人员为陈志华、刘欣德、李云海、章陶亮、王百顺、郑彦鹏、赵强、高金耀、吴招才、王威、胡毅、刘强、何雪宝、黄丁勇、



图 1-1 第 28 次南极考察海洋地质工作组（后甲板）成员合影

李灵智、杨桥，其中海洋地质专业 5 人，海洋地球物理专业 7 人，底栖生物专业 2 人，磷虾研究专业 2 人。海洋地质组组长陈志华（图 1-2）。



图 1-2 第 29 次南极考察海洋地质工作组（后甲板）成员合影

（3）第 30 次南极考察。第 30 次南极海洋地质考察任务由大洋队后甲板工作组联合执行。其中，海洋地质专业人员包括唐正、王爱军、朱志敏、武力、王豪壮，海洋地球物理专业人员包括韩国忠、沈中延、卫小冬、马龙，海洋底栖生物专业人员包括王建佳、张然，海洋浮游生物专业人员包括刘梦坛、张晔，磷虾研究专业人员为陈帅，多管取样工作得到舢甲板化学组张海峰和胡佶的大力支持。海洋地质组组长唐正（图 1-3）。

（4）第 31 次南极考察。第 31 次南极海洋地质考察任务由大洋队海洋地质和地球物理专业人员共同完成。现场执行人员包括陈志华、黄元辉、刘合林、李天光、尹希杰、李国刚、