

南极南设得兰群岛

中一新世代岛弧火山-侵入杂岩

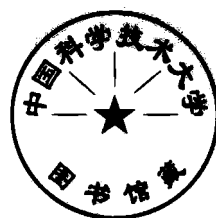
邢光福 著



地质出版社

南极南设得兰群岛中一新 生代岛弧火山—侵入杂岩

邢光福 著



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书主要介绍了南极南设得兰群岛中、新生代火山地质、火山-侵入杂岩岩浆活动的时空分布、成因演化及其大地构造背景;首次在乔治王岛凯勒半岛和巴顿半岛发现并解剖了两个火山机构(破火山);首次提出了该地区上地幔存在 EM1 组分和 Dupal 同位素异常,并确认它们是由于俯冲洋壳上的大洋沉积物释放的富 CO₂ 流体交代上地幔而产生的。

本书适合于从事南极地质调查研究,从事火山地质与岩浆岩研究的科研、生产人员及高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

南极南设得兰群岛中—新生代岛弧火山—侵入杂岩/邢光福著. —北京:地质出版社, 2003.4
ISBN 7-116-03745-4

I. 南… II. 邢… III. ①南极—侵入岩—岩石成因—研究—中生代②南极—侵入岩—地球动力学—研究—中生代 IV. P588.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 110854 号

NANJI NANSHEDELAN QUNDAO ZHONG—XINSHENGDAI DAOHU HUOSHAN—
QINRU ZAYAN

责任编辑:赵崇贺 郁秀荣

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508(邮购部); (010) 82324557(编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs @ gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 9.75 图版: 2 页

字 数: 234 千字

印 数: 1—600 册

版 次: 2003 年 4 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 32.00 元

ISBN 7-116-03745-4/P·2338

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

南极是人类最后发现的大陆，也是地球上惟一一块基本上未受污染的世外桃源般的净土；在科学技术日新月异的今天，她也正在成为开展全球性科学研究的重要基地。

多少世纪来，南极这一晶莹剔透的冰雪世界一直掩隐于重重朦胧的面纱之下。在历史跨入 21 世纪之际，她依然是“犹抱琵琶半遮面”，留给世人无穷的遐想空间，诱惑着无数热爱大自然的人们，尤其让以探奇寻幽、揭示大自然之谜为天职与人生无上之乐趣的科学家们心驰神往。一代又一代探险家、科学家为之不避艰险，朝觐圣地般地奔赴南极。中国人虽然起步较晚，但急起直追，于 1983 年向南极派出了第一支正式的中国南极科学考察队，并建立了中国第一个南极考察站——长城站，实现了中国人“长城向南延伸”的梦想，此后每年都派出一支远征的科考队伍，不断为我国的南极事业这一无形的万里长城添砖加瓦。

笔者于 1990 年 10 月~1991 年 5 月参加中国第七次南极考察队，赴南设得兰群岛地区开展地质考察。南设得兰群岛（South Shetland Islands）是南极洲向北延伸的、离其他大陆最近的部分，介于西南极南极半岛（Antarctic Peninsula）和南美大陆之间，曾是早期探险家们向南极大陆纵深进军的跳板。我们考察队伍由原地质矿产部独立组队，主要由原地矿部（现为国土资源部）所属的广州海洋地质调查局、青岛海洋地质研究所、中国地质科学院地质研究所和南京地质矿产研究所等单位人员组成，依托广州海洋地质调查局“海洋四号”科考船，同时开展大规模海洋—陆地地质考察，将以往的站区调查扩展为区域性地质与矿产资源的全面调查，实现了由点到面

的突破。

陆地地质调查是此次被命名为“海洋四号”HY4-901航次的南极考察活动的重要组成部分，由南京地质矿产研究所南极研究中心原主任金庆民任负责人，考察队员有南京地质矿产研究所郭坤一、阮宏宏、匡福祥、谢华光、邢光福、邱金荣和中国地质科学院地质研究所古生物研究室周统顺等，共计8人。我们利用南极短暂的夏季，从1991年1月7日到2月13日，在南设得兰群岛9个登陆点系统开展了火山地质与矿产、构造、地层古生物等多学科地质调查，这9个登陆点是：乔治王岛（King George Island）中部阿德默勒尔蒂湾（Admiralty Bay）地区的凯勒半岛（Keller Peninsula）、阿尔曼岬（Ullman Spur）、亨内奎因角（Point Hennequin）和西部麦克斯韦尔湾（Maxwell Bay）北侧的菲尔德斯半岛（Fildes Peninsula）与东侧小海湾玛丽安湾（Marian Cove）地区的巴顿半岛（Barton Peninsula）和威弗半岛（Weaver Peninsula），以及半月岛（Half Moon Island）、格林尼治岛（Greenwich Island）和迪塞普申岛（Deception Island）。其中除迪塞普申岛为由南设得兰群岛于约2Ma前从南极半岛分离出来而形成的边缘海盆地布兰斯菲尔德海峡（Bransfield Strait）扩张轴海底火山喷发而成，因而与俯冲活动无关外，其余地区均广布岛弧型中、新生代火山-侵入杂岩。

本次陆地地质考察在凯勒半岛停留14天，以巴西费拉兹站（Ferraz Station）为基地，完成了凯勒半岛1:2000地质剖面测制和1:17000地质填图，同时对新生代火山地质、火山构造及黄铁矿化等作了详细考察。在乔治王岛西部，仅用3天时间（平均每天上陆工作10小时左右）完成了巴顿半岛1:25000地质简图测制10km²和威弗半岛地质简测，同时考察了火山-侵入杂岩地质，对黄铁矿矿化蚀变带进行了圈定和采样。另外，对半月岛、格林尼治岛发现湾（Discovery Bay）和迪塞普申岛进行了地质考察。总计此次考察完成

1:1000、1:17000和1:25000等不同比例尺地质填图19.3km²，1:2000实测地质剖面3713.5m，路线剖面20km，采集各类分析测试样品993件，包括Rb-Sr和K-Ar同位素年龄样、化学分析大样、古地磁样、岩石与矿石标本、化石标本及孢粉样、人工重砂样、自然重砂样、水样及土样等。野外工作初步成果如下：

(1) 对调查区中、新生代火山岩地层作了进一步划分。

(2) 对区域中、新生代火山-侵入杂岩进行了系统考察。

(3) 初步查明了区域构造基本特征，并对典型古火山机构作了解剖。

(4) 对区内黄铁矿化蚀变带作了深入考察，确定和划分了矿化蚀变类型和分带、形态及矿石矿物种类，初步探讨了矿化与火山活动的关系。

(5) 根据对迪塞普申岛现代活火山形态、喷发产物及其特征等的观察，对现代火山活动及破火山构造与演化有了感性认识。

由于“海洋四号”科考船没有抗冰能力，而南设得兰群岛海区尤其是南极半岛沿岸冰山众多等，为了安全起见，有些拟议中的考察计划如在南极半岛北端希望湾（Hope Bay）登陆考察等只好临时取消。总的来讲，本次考察完成的工作量已远远超过了原定计划。

在此次调查的岛屿中，迪塞普申岛已有包括英、美、西班牙等国的许多地质学家开展过详细地质考察，并出版了地质图，本书对此不再作讨论。另一登陆点乔治王岛菲尔德斯半岛，是中国南极长城站所在地，也是以往中国地质学家开展地质研究最集中、最详细的地区，已发表大量文章和专著，不是本次考察的重点地区，本书也不再作论述。

鉴于迄今为止虽然已有相当多的地质学家在南设得兰群岛开展过调查工作，但系统的地球化学研究尤其是同位素地球化学以及岛弧岩浆形成机理的研究依然相当薄弱，为此本书选取有代表性的南

设得兰群岛中、新生代岛弧火山-侵入杂岩样品，除常规化学分析外，重点进行了系统的 Rb-Sr、Sm-Nd、Pb、氧同位素测试，以探讨它们的同位素地球化学行为，进而结合其他方面的特征，如岩石学、矿物学、微量元素与稀土元素地球化学及野外地质等，讨论岩浆源区成分特征、岩浆起源与演化过程及与大地构造背景之间的关系等等。

本书是在作者博士学位论文的基础上改编而成的。在构思与写作过程中自始至终得到了导师王德滋教授、沈渭洲教授、金庆民教授和陶奎元教授的亲切关怀和精心指导，同时还得到了周新民教授、刘昌实教授、周金城教授和薛纪越教授等的指教，受益匪浅。徐夕生教授、于津海副教授、汪湘副教授、董传万副教授、赵广涛博士、唐红峰博士等与笔者进行过多次讨论与交流，得到许多启迪。中国科学院地质与地球物理研究所郑祥身研究员给作者许多指点。另外，在南极考察过程中，得到了原地矿部（现国土资源部）广州海洋地质调查局以王光宇（教授级高工）为首的“海洋四号”科考船全体工作人员及中国南极长城站的全力支持与热情帮助，在工作中还得到南京地质矿产研究所各级领导、各职能部门及有关人员的大力扶持，以及本所南极研究中心同事匡福祥、阮宏宏、谢华光、邱金荣、荆福建、黄俊杰、鲁胜梅、梁勇、任爱军等同志的通力合作。文中有关分析测试承蒙中国科学院地质与地球物理研究所同位素实验室与 Ar-Ar 定年实验室、中国地质科学院宜昌地质矿产研究所同位素实验室、中国科学院高能物理研究所核技术应用研究部、中国地质大学（北京）电子探针实验室、中国地质科学院天津地质矿产研究所同位素实验室、南京地质矿产研究所化学分析实验室和同位素实验室及 X 光实验室、南京大学现代分析中心、南京大学地球科学系中心实验室、江苏省地质矿产局中心实验室等单位及有关人员协助完成，在此笔者谨向他们表示衷心的感谢！

目 录

前 言

第 1 章 区域地质研究简史	(1)
第 2 章 区域地质	(6)
2.1 区域基底岩石组成	(7)
2.2 区域大地构造环境	(8)
2.3 区域岩浆活动与岩石组合	(10)
第 3 章 火山地质	(14)
3.1 乔治王岛火山地质	(14)
3.1.1 阿德默勒尔蒂湾地区	(15)
3.1.2 玛丽安湾地区	(20)
3.2 半月岛和格林尼治岛火山地质	(22)
3.2.1 半月岛	(22)
3.2.2 格林尼治岛	(24)
第 4 章 火山 - 侵入杂岩岩石学与岩石化学	(26)
4.1 岩石学特征	(26)
4.1.1 乔治王岛	(26)
4.1.2 半月岛和格林尼治岛	(29)
4.2 岩石化学	(31)
4.2.1 乔治王岛	(31)
4.2.2 半月岛和格林尼治岛	(39)
第 5 章 火山 - 侵入杂岩矿物学	(41)
5.1 斜长石	(41)
5.1.1 斜长石化学成分特征	(41)
5.1.2 X 粉晶衍射法测定的斜长石成分与结构态	(44)
5.1.3 斜长石稀土元素和微量元素地球化学特征	(47)
5.1.4 斜长石成分的成因意义	(51)
5.2 辉石	(52)
5.3 角闪石	(55)
5.3.1 化学成分与角闪石种类	(55)
5.3.2 稀土元素与微量元素	(57)
5.4 黑云母	(57)
5.4.1 化学成分和定名	(57)
5.4.2 稀土元素与微量元素	(59)

5.5 其他矿物 (59)

第 6 章 稀土元素和微量元素地球化学 (60)

6.1 稀土元素 (60)

6.2 微量元素 (67)

6.2.1 过渡金属元素 (67)

6.2.2 大阳离子亲石元素 (70)

第 7 章 火山 – 侵入杂岩同位素地球化学 (75)

7.1 研究现状 (75)

7.2 样品测试条件 (76)

7.3 Rb – Sr、Sm – Nd 同位素 (76)

7.3.1 测试结果 (76)

7.3.2 岩浆源区推断 (76)

7.3.3 地壳混染与地幔源区不均一的判别 (79)

7.4 铅同位素 (80)

7.4.1 测试结果 (80)

7.4.2 地壳混染与岩浆源区的判别 (81)

7.4.3 铅同位素的 Dupal 异常 (85)

7.5 氧同位素 (89)

第 8 章 火山 – 侵入杂岩成因与演化 (92)

8.1 岩浆形成与分异的物理化学条件 (92)

8.1.1 温度 (92)

8.1.2 压力 (93)

8.1.3 氧逸度 (f_{O_2}) (94)

8.2 岩浆源区特征 (94)

8.2.1 源区物质组成 (94)

8.2.2 俯冲沉积物组成及参与方式：派生流体还是熔融体 (98)

8.2.3 Dupal 异常的形成与流体性质 (103)

8.3 岩浆起源 (110)

8.3.1 高铝玄武岩研究概况及研究区高铝玄武岩类型归属 (110)

8.3.2 岩浆形成的物理化学过程 (112)

8.4 岩浆分异演化与矿物结晶分离 (116)

8.4.1 高铝玄武岩 (HAB) 中斜长石成分与 H_2O 含量 (116)

8.4.2 斜长石堆晶形成机制 (119)

8.4.3 高铝玄武岩 (HAB) 岩浆结晶分异及其成分特征 (120)

8.5 岛弧岩浆成因与地幔交代及板块构造的动力学关系 (123)

主要结论 (129)

参考文献 (130)

照片说明 (148)

第 1 章 区域地质研究简史

发现南极、认识南极是一段既充满了艰难险阻又洋溢着英雄主义色彩的历程。早在 1772~1775 年，著名的英国航海家库克（Cook）船长在位于南美洲南端火地岛西侧的南乔治亚岛（South Georgia Island）附近发现了大量海豹，从而吸引了大批捕猎者的到来。1819 年 2 月英国另一航海家史密斯（Smith）首次发现南设得兰群岛，并于同年 10 月的第二次航行中登上了乔治王岛。1820 年一位在智利铜矿工作的工程师 Miers 根据史密斯及其他船员的观察推断，南设得兰群岛和南桑威奇群岛（South Sandwich Islands）主要都是由“角闪板岩”组成，但随后由探险者带回英国的岩石标本经鉴定属火山成因。有证据表明，在 1820 年左右美国的 N. 帕尔默（Palmer）船长、俄国的别林斯高晋（Bellingshausen）船长及英国的 E. 布兰斯菲尔德（Bransfield）上校就相继来到了南设得兰群岛一带并发现了南极大陆。1809~1831 年间帕尔默考察队中的一位年轻科学家詹姆斯·埃茨（James Eights）在南设得兰群岛进行了地质、植物和动物等的调查，找到了南极地区的第一块化石。1839 年 3 月美国第一支官方南极考察队在海军上尉威尔克斯（Wilkes）率领下也来到了南设得兰群岛。1872~1875 年英国海军挑战者号在对南大洋考察中从海底采集了大量岩石标本，经鉴定为大陆型石英砂岩、砂岩等，直接证实了南极地区确实存在陆地。

首次对南设得兰群岛进行较详细地质调查的是 D. Ferguson，他受雇于一家捕鲸公司，于 1913~1914 年捕鲸季节来到南设得兰群岛，他主要调查了乔治王岛并认为该岛存在较早的（可能为中侏罗世）层状沉积岩和互层的熔岩以及较新的（新生代）玄武岩和安山岩，他还提到了闪长岩侵入体及其广泛的石英-黄铁矿化。但后来 Tyrrell（1921）对 Ferguson 的标本进行岩相学描述时发现，其中沉积岩只有很少一部分，大部分是火山岩类，由此提出南设得兰群岛中的布里奇曼岛（Bridgeman Island）、迪塞普申岛以及列文斯顿岛（Livingston Island）的爱丁堡山（Edinburgh Hill）还存在更晚的古近纪玄武岩。J. Innes - Wilson 在 1916~1917 年捕鲸季节内在罗伯特岛（Robert Island）带回了一些岩石样品，经 Thomas（1921）鉴定为沸石化橄榄玄武岩。此后 N. A. Mackintosh 和 J. W. S. Marr 于 1934 年和 1937 年在乔治王岛、纳尔逊岛（Nelson Island）、列文斯顿岛和斯诺岛（Snow Island）采集了许多岩石样品并作了研究，随之由 Tyrrell（1945）描述了他们的标本，并根据他本人建立的南设得兰群岛存在侏罗纪、新生代和第四纪—现代三期主要火山活动的框架，初步建立了该地区的地层层序（见表 1-1）。

表 1-1 Tyrrell（1921，1945）提出的南设得兰群岛地层层序

岩 性	时 代
橄榄玄武岩和安山质岩石	第四纪—现代
厚层安山岩和火山碎屑岩及闪长岩侵入体	新生代
安山质-流纹质熔岩和火山碎屑岩及局部互层的沉积岩	侏罗纪
未出露的基底：结晶片岩和片麻岩及碎裂变质的沉积岩	

1927~1928年挪威南极考察队也在南设得兰群岛做了地质调查，但主要限于迪塞普申岛。

二次大战期间，南极考察活动基本上处于停滞状态。战后对资源及领土的要求使得国际上又掀起了南极考察热，同时为了避免彼此争端，各有关国家（主要是地理上离南极洲近或已在南极从事过考察活动的国家）进行了商讨和妥协，决定在南极洲的工作少些政治色彩而多些国际间的科学合作，这直接导致了1957年7月1日开始的国际地球物理年和1959年12月1日在华盛顿会议上签订的《南极条约》（1961年6月23日开始生效），条约规定南极洲为“仅用于以和平为目的”的非军事区，这极大地推动了对南极洲的多学科的科学考察，其间地质学家们扮演了相当重要的角色。表1-2列出了1945~1974年间在南设得兰群岛开展的一些主要的地质考察活动。

表 1-2 1945~1974 年间在南设得兰群岛的地质调查统计表

人次与时间	地 区	调 查 内 容
Diaz 和 Terrugi, 1956	乔治王岛	局部地区观察
Caballero 和 Fourcade, 1956	罗伯特岛	Coppermine 火成岩岩石学
Olsacher 和 Quartino, 1959	纳尔逊岛	Harmony 湾火成岩岩石学
Fourcade, 1960	乔治王岛	Potter 湾火成岩岩石学
Hawkes, 1961	乔治王岛	全岛火成岩岩石学和地层学
Schauer, Fourcade 和 Dallinger, 1961	乔治王岛	菲尔德斯半岛火山岩岩石学
Orlando, 1963, 1964	乔治王岛	菲尔德斯半岛新生代古植物学
Schauer 和 Fourcade, 1963, 1964	乔治王岛	菲尔德斯半岛地层学
Barton, 1964	乔治王岛	新生代古植物学
Araya 和 Herve, 1965	列文斯顿岛和斯诺岛	局部地层学
Barton, 1965	乔治王岛	全岛地层学
Fuenzalida, 1965	列文斯顿岛和斯诺岛	中生代古植物学
Araya 和 Herve, 1966	群岛全区	局部地质研究与地层学
Villaroel, 1966	罗伯特岛, 格林尼治岛和半月岛	矿物学
Orlando, 1967, 1968	列文斯顿岛	中生代（主要为三叠纪）古植物学
Grikurov 和 Polyakov, 1968a	乔治王岛	菲尔德斯半岛构造
Grikurov 和 Polyakov, 1968b	乔治王岛和半月岛	局部地质学
Hobbs, 1968	列文斯顿岛	全岛地质勘查和地层学
Covacevich 和 Lamperein, 1969~1972	乔治王岛	菲尔德斯半岛新生代古生物学
Dalziel, 1969	列文斯顿岛	Hurd 半岛构造与放射性年龄
Valencio 和 Fourcade, 1969	乔治王岛	古地磁学
Gonzalez-Ferran 和 Katsui, 1970	乔治王岛和罗伯特岛	年轻火山岩的地球化学
Gonzalez-Ferran, et al., 1970	列文斯顿岛	Byers 半岛地层学和中生代古生物学
Grikurov, et al., 1970	乔治王岛和半月岛	放射性定年
Tavera, 1970	列文斯顿岛	Byers 半岛中生代古生物学
Covacevich 和 Hernandez, 1971	乔治王岛、列文斯顿岛和斯诺岛	古生物学

续表

人次与时间	地 区	调 查 内 容
Hernandez 和 Azcarate, 1971	列文斯顿岛	Byers 半岛中生代古植物学
Ashcroft, 1972	布兰斯菲尔德海峡	海洋地球物理
Dalziel, 1972	列文斯顿岛	Hurd 半岛构造
Davey, 1972	布兰斯菲尔德海峡	海洋重力调查
Fuenzalida, et al., 1972	斯诺岛	中生代古植物学
Gusev, et al., 1972	乔治王岛	古地磁学
Valenzuela 和 Herve, 1972	列文斯顿岛	Byers 半岛地层学
Camino, et al., 1973	列文斯顿岛	Hurd 半岛构造
Dalziel, et al., 1973	列文斯顿岛	Barnard 角放射性定年与古地磁学
Schopf, 1973	列文斯顿岛	Hurd 半岛古植物学
Del Valle, et al., 1974	列文斯顿岛	Hurd 半岛矿产地质

(据 Smellie, et al., 1984)

这期间值得一提的是，智利地质学家的古生物学与地层学研究表明南设得兰群岛西端广泛分布中生代岩石，如列文斯顿岛和斯诺岛火山岩和火山碎屑岩层序中含中侏罗世到早白垩世的植物化石（Hernandez 和 Azcarate, 1971；Fuenzalida 等, 1972）和晚侏罗世－早白垩世的海洋软体动物化石（Gonzalez－Ferran 等, 1970；Tavera, 1970；Covacevich, 1976）；在乔治王岛鉴定出了 6 种古近纪植物化石（Fourcade, 1960；Barton, 1964；Orlando, 1963, 1964）。Grikurov 等（1970）和 Dalziel 等（1973）根据不多的同位素年龄认为南设得兰群岛具有复杂的岩浆侵入活动，不仅在晚白垩世时即已进行，而且在古近纪时还伴随着火山活动而发生。Griffiths 等（1964）、Ashcroft（1972）和 Davey（1972）等根据有限的陆地地球物理资料及多次的布兰斯菲尔德海峡海洋地球物理调查提出南设得兰群岛位于从南极半岛分离出来的一个小板块上，扩张中心即在布兰斯菲尔德海峡。更突出的是，Barton（1965）在 Hawkes（1961）和其他人工作的基础上经进一步考察建立了更详细的乔治王岛地层层序（表 1－3）。

表 1－3 乔治王岛地层层序

企鹅岛（Penguin Island）群	更新世—全新世
Lions Rump 群	上新世
亨内奎因角群	
菲尔德斯半岛群	
埃兹库拉湾（Ezcurra Inlet）群	晚白垩世—中新世
Dufayel 岛群	
安第斯侵入岩套	晚白垩世—古近纪
侏罗纪火山岩	晚侏罗世

(据 Barton, 1965)

Barton（1965）建立的这套地层层序成了此后许多人在南设得兰群岛开展地质调查的

基础,但有时也因其过于简单而得出错误的结论,例如认为凡是侏罗纪的岩石都因安第斯型侵入活动而蚀变,因此 Hobbs (1968) 曾将拜尔斯 (Byers) 半岛未蚀变的火山岩的时代都归为新生代,实际上后来在这套火山岩系中发现了晚侏罗世—早白垩世的动植物化石 (Smellie, et al., 1984)。

鉴于早期据 Barton (1965) 的方案所作的地层划分存在诸多错误,以及多年来通过大量资料积累发现了一系列有待解决的重要问题,英国地质学家 P. D. Clarkson、R. E. S. Davies、J. L. Smellie、M. R. A. Thomson、A. D. Saunders、S. D. Weaver、M. J. Littlefair 等在 1974~1975 和 1975~1976 年间对南设得兰群岛开展了从西南端的劳岛 (Low Island) 到中部的乔治王岛的较全面的大区域地质调查,其间 Tarney (1982) 和 R. J. Pankhurst (1983) 参加了他们的室内研究。他们的集体成果最后由 Smellie 等在 1984 年左右写成 “The Geology of the South Shetland Islands”。

20 世纪 70 年代后期至 80 年代,南设得兰群岛地质研究总的特点是产生了两个新的发展趋势,一是对具体某地区或某些问题进一步深化研究;二是面上的系统对比和总结 (李兆鼎等, 1992)。

波兰地质学家 K. Birkenmajer 等自 20 世纪 70 年代末以来对乔治王岛特别是其中部的阿德默勒尔蒂湾 (Admiralty Bay) 地区做了大量地质调查,由 K. Birkenmajer (1977~1980)、A. Pauioetal (1979~1980) 先后在阿德默勒尔蒂湾地区和全岛范围内分别进行了 1:2000~1:2500 和 1:50000 的地质填图,并重新做了地层划分。另外,以 Fensterseifer 为首的巴西南极考察队于 1968~1986 年间也在南设得兰群岛开展了全区地质考察和地球物理测量。

最后应该提及的是,从 20 世纪 80 年代初开始,中国地质学家们在南极研究中渐露头角,虽然起步较晚,但成绩斐然。早在中国第一次南极考察队 (1984~1985) 赴南极考察并建站之际,刘小汉就在中国第一个南极考察站长城站所在的乔治王岛菲尔德斯半岛进行了 5 条路线剖面的地质观察和标本采集,摄制了大量火山地貌和冰蚀地貌的照片,并取了水化学样品,为在菲尔德斯半岛做进一步地质考察准备了良好的条件。此后,李兆鼎和刘小汉 (1985~1986) 在中国第二次南极考察队考察期间填制了菲尔德斯半岛南部 1:15000 地质图,将 Smellie 等 (1984) 划分的菲尔德斯半岛群进一步分解为 5 个岩性段,即碧玉山段、玛瑙滩段、化石山段、岩块山段和长山段,并指出上述 5 个岩性段与拉斑玄武岩、钙碱性玄武岩和两者之间的过渡性成分的玄武岩 3 个岩浆作用阶段有关。郑祥身和金庆民 (1986~1987) 在中国第三次南极考察队赴长城站地区考察期间填制了菲尔德斯半岛北部 1:15000 地质图,并查明北部地层与南部相应地层层位可以对比。同时上述中国学者还合作或分别作了同位素年龄测定 (包括 K-Ar 法、Rb-Sr 等时线法和 ^{39}Ar - ^{40}Ar 同位素法等)、孢粉鉴定、古地磁测定、系统的主元素、微量元素和稀土元素分析以及 Rb-Sr、Sm-Nd、Pb 和 O 同位素测试与研究等,获得了大量成果,在国际上产生了广泛的影响。郑祥身并于 1988 年 6 月完成了题为“西南极长城站地区新生代火山岩地质、岩石学特征及岩浆的生成与演化”的博士学位论文,成为国内从事南极地质研究而获得博士学位的第一人。以上诸位中国地质学家的研究成果最后集中反映在分别由李兆鼎等 (1992) 和金庆民等 (1992) 编写的两本专著《西南极乔治王岛菲尔德斯半岛火山岩》和《南极菲尔德斯半岛岛弧火山作用与岩浆演化》中。

表 1-4 列出了 1974~1992 年在南设得兰群岛开展的主要地质调查活动。应该指出的是,直到现在许多中国地质学家如刘小汉、郑祥身等依然还在继续从事南极地质研究,为我国的南极研究能在世界上占有一席之地做出了重要贡献。

表 1-4 1974~1992 年间在南设得兰群岛开展的主要地质调查统计表

人次与时间	地 区	调 查 内 容
Davies, Smellie, Thompson, Clarkson, Saunders Weaver, 1974~1975	全区	系统区域地质考察
Davies, Smellie, Littlefair, 1975~1976	全区	考察
Barker, et al., 1975	迪塞普申岛	火山作用特征和历史的总结
Dalziel, 1976	全区	大范围基底研究
Birkenmajer, 1977~1979, 1980~1981	乔治王岛	阿德默勒尔蒂湾地区地质考察
Paio, Rubinowski Tokarski, 1979~1980	乔治王岛	全岛基岩露头考察与填图
Fensterseifer, et al., 1981~1986	全区	地质考察与地球物理测量
Pankhurst, et al., 1980	列文斯顿岛	Byers 半岛岩浆岩 K-Ar 法定年
Lucas 和 Lacey, 1980	乔治王岛	火山-沉积岩系中的古植物化石
Tanner, et al., 1982	全区	俯冲杂岩的同位素年代学
Askin, 1983	全区	上侏罗统顶部和下白垩统的孢子花粉和微体浮游生物
刘小汉, 1984~1985	乔治王岛	菲尔德斯半岛地质考察与样品采集
李兆薰和刘小汉, 1985~1986	乔治王岛	菲尔德斯半岛南部 1:15000 地质填图
郑祥身和金庆民, 1986~1987	乔治王岛	菲尔德斯半岛北部 1:15000 地质填图
Kang, 1988	乔治王岛	巴顿半岛地质踏勘
Park, 1989	乔治王岛	巴顿半岛和菲尔德斯半岛地质初查
金庆民和邢光福等, 1990~1991	乔治王岛、半月岛、格林尼治岛及迪塞普申岛	系统地质考察与填图及测制剖面

主要资料来源: Smellie 等 (1984)、李兆薰等 (1992) 和金庆民等 (1992)。

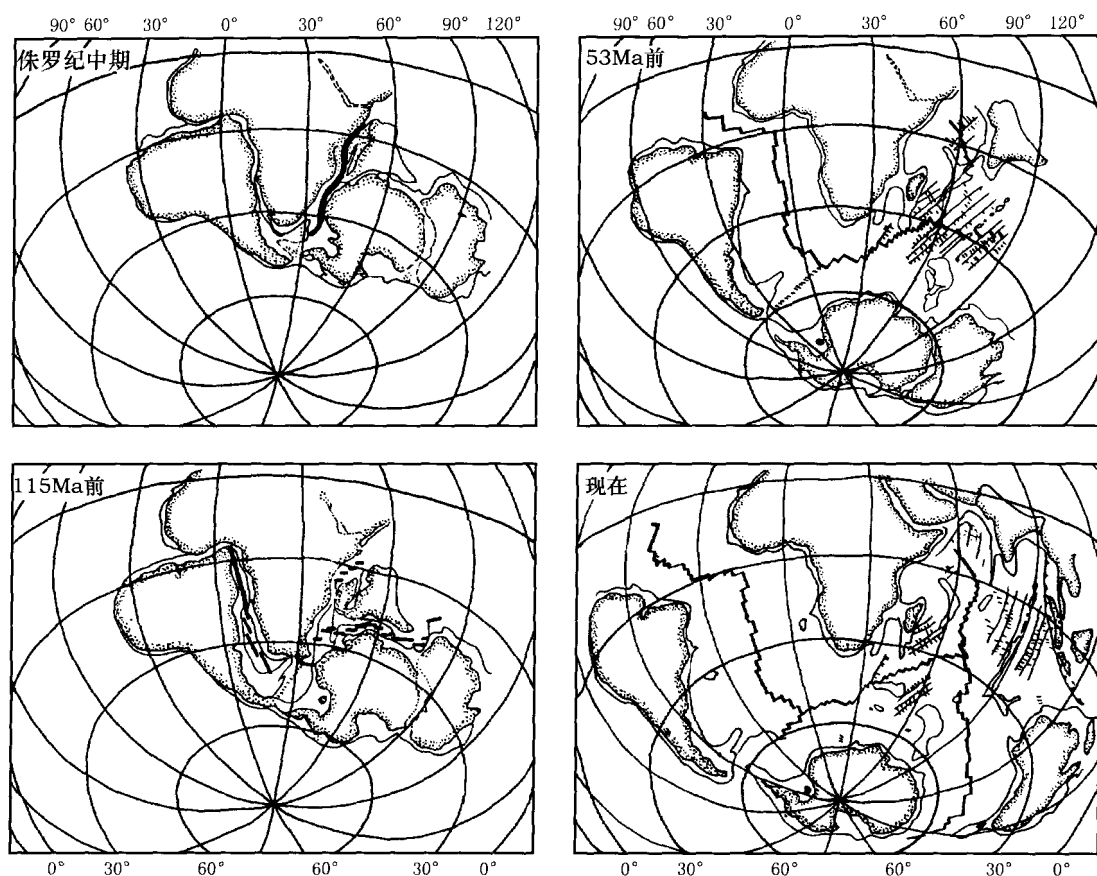


图 2-2 古冈瓦纳大陆的解体与演变示意图
(转引自位梦华, 1986)

流形成, 气候急剧恶化, 因而虽然南极可能自早中生代以来即已处于极地位置, 但直到约 25Ma 时才成为孤独的冰雪世界 (Holden, 1976; Dalziel and Elliot, 1982; Craddock, 1983)。

本文研究区南设得兰群岛原是南极半岛的一部分, 后在第四纪时由于布兰斯菲尔德海峡张开而分离出来, 故欲讨论南设得兰群岛中、新生代岩浆活动, 必须首先对包括南极半岛在内的区域地质有整体性了解。

2.1 区域基底岩石组成

南极半岛是一狭长的由大陆壳碎片组成的半岛, 西部濒临太平洋, 东部为威德尔海 (图 2-1)。据 Hamer (1978) 研究, 南极半岛东海岸岩浆岩所含的石榴子石中有些是同化围岩捕获的, 而另一些则是在约 25km 深处的岩浆中早期结晶的, 两者都表明南极半岛东部下伏有厚层大陆地壳, 甚至是在中、新生代岛弧形成之前即已存在了; Thomson (1983) 据此推断南极半岛火山弧基底厚度至少为 25km。新的地震资料已证明南极半岛地壳厚度为 38~43km, 且有由东向西减薄的趋势, 至南设得兰群岛地壳减薄到 30~33km (Guterch, et al., 1991; Grad, et al., 1993)。地球物理模拟显示这是正常陆壳, 其上部地震波速为

6.0~6.4km/s 的部分被认为代表了早古生代和（或）前寒武纪的结晶基底（Birkenmajer, et al., 1990）。

南设得兰群岛地区中、新生代岩浆弧的基底岩石主要是前侏罗纪（晚古生代—三叠纪）的浊流相沉积岩和低级到高级变质岩，这一套基底岩石广泛分布于南极半岛北部、南设得兰群岛、亚历山大岛（Alexander Island）和南奥克尼群岛（South Orkney Islands），此外，还有一些灰岩和枕状熔岩（Thomson, et al., 1982）。浊积岩被认为是前侏罗纪弧前环境中沉积形成的（Smellie, 1981）。变质岩包括各种正、副片麻岩和混合岩等，原岩可能是中生代火成岩，而据出露于南极半岛格雷厄姆地（Graham Land）东部的混合岩全岩 Rb-Sr 同位素定年，可能存在 600Ma 的火成岩原岩或相应时代的古老沉积岩；在南极半岛南部与埃尔斯沃思山脉（Ellsworth Mts.）之间的 Haag 冰原岛峰也出露全岩 Rb-Sr 等时线年龄达 1200~1000Ma 的前寒武纪正片麻岩（Storey, et al., 1988）。侵入岩 Sr、Nd 同位素组成（Hole, et al., 1991）和增生杂岩年代学资料（Loske, et al., 1990）也表明，在格雷厄姆地应存在古生代及可能的元古宙基底。但总的来说，南极半岛北部（包括南设得兰群岛）的古老基底相当稀少，目前有可靠年龄资料的最老基底为 420Ma 的正片麻岩（Milne, et al., 1991），而主要的基底时代为晚石炭世到早—中侏罗世，但是，至少 65°S 以南均缺失古老大陆基底（Willan and Swainbank, 1995）。该地区最老的沉积岩是地层时代可能为晚二叠世—三叠纪的特里尼蒂半岛群（Trinity Peninsula Group），主要为硅质碎屑浊流沉积，在特里尼蒂半岛分布较广，厚度为 1200m，而在南设得兰群岛的列文斯顿岛则厚达 3000m（Birkenmajer, 1994）。特里尼蒂半岛位于南极半岛最北部，出露的侵入岩中的变质捕虏体经放射性测龄表明基底变质作用发生于晚石炭世（约 300Ma）（Loske and Miller, 1991; Herve, et al., 1991）。

南设得兰群岛中、新生代岩浆弧共同的基底为 Miers Bluff 建造，是一套晚石炭世—早侏罗世浊积岩，相当于南极半岛北部的特里尼蒂半岛群；它已经历了多期变质变形作用，原岩主要为厚层硬砂岩和页岩，形成于浊积扇环境中，集中出露于列文斯顿岛中部的赫得半岛（Hobbs, 1968; Smellie, et al., 1984; Smellie, 1991; Arche, et al., 1992）。Thomson (1992) 提到南设得兰群岛已发现的最古老地壳岩石时代为晚石炭世—三叠纪；Loske 等 (1988) 报道的该地区最古老的残留锆石 U-Pb 年龄为 320Ma。

2.2 区域大地构造环境

南极大陆边缘主要形成于中生代冈瓦纳大陆解体期间，且大部分是被动大陆边缘，只有西南极的南极半岛和埃尔斯沃思地的濒太平洋边缘是例外，它们在古冈瓦纳大陆解体之前即已受到太平洋板块的俯冲，如南设得兰群岛就是一已存在 200Ma 的俯冲大陆边缘（Storey, et al., 1985; Grunow, et al., 1992; Lawver, et al., 1992）。南极半岛和南设得兰群岛与智利最南部安第斯斯科迪勒拉山脉在地质上有诸多相似之处（Weaver, et al., 1983），地球化学与同位素资料也证明在南极半岛和南美南部存在一共同的时代为晚侏罗世的与俯冲作用有关的岩浆省（Storey and Alabaster, 1991; Grunow, et al., 1992）。这显然是因为在新近纪以前南极半岛和南美大陆是相连的濒太平洋大陆边缘（Dalziel and Elliot, 1982）。

虽然有证据表明南极半岛早在早古生代即已发育与俯冲有关的岛弧火山活动（Harri-