

国家南极考察委员会
地质科学研究成果之二

西南极乔治王岛 菲尔德斯半岛火山岩

李兆甬 郑样身 刘小汉 著
尚如相 金庆民 王碧香

国家自然科学基金资助项目



科学出版社

国家南极考察委员会
地质科学研究成果之二

西南极乔治王岛
菲尔德斯半岛火山岩

科学出版社

1992

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是中国南极科学考察地质成果之一,是我国第一部论述西南极地区地质特征的专著。书中以大量资料系统论述了长城站所在地区火山岩地层、构造、岩石学特征等基础地质问题,用确切的岩石化学、地球化学证据阐明了该区火山作用过程和岩浆生成演化机理。书后另附由我国地质学家完成的第一幅南极地质图。

全书共分五章,分别论述研究历史、火山地质、岩石学特征、岩石地球化学和岩浆生成演化机理。

本书可供地质科研人员、大专院校师生、极地科学考察和组织人员参考。

西南极乔治王岛菲尔德斯半岛火山岩

李兆熊 郑祥身 刘小汉 著

尚如相 金庆民 王碧香

责任编辑 李文范

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100707

宏伟胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992年7月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1992年7月第一次印刷 印张: 14 1/2 插页: 4
印数: 1-1000 字数: 341 000

ISBN 7-03-003260-8/P·637

定价: 24.00 元

序 言

1984年末到1985年初,中国国家南极考察委员会第一次南极科学考察队,在西南极南设得兰群岛乔治王岛南端菲尔德斯半岛的东海岸建立了中国第一个南极综合科学考察基地——长城站,其地理坐标为南纬 $62^{\circ}12'59''$,西经 $58^{\circ}57'52''$ (图版I-1)。

1984—1987年间,中国南极科学考察队的地质考察组,利用南极的夏季,先后三次在菲尔德斯半岛进行了野外地质工作,绘制了半岛1:15 000的地形地质图,测制了9条剖面,对63条路线的443个地质点做了系统观测,并采集了1465件标本和样品。在全面的野外地质工作基础上,对该区火山岩层的划分和对比,火山构造和岩相分析,火山岩岩石学和地球化学,岩浆作用机制,以及古火山—地热作用与蚀变矿化作用关系等方面作了系统的研究,并在前人工作的基础上,取得了一系列新的进展,提出了相应的新认识。

参加历次野外地质考察的人员有:第一次考察队(1984—1985)刘小汉(中国科学院地质研究所);第二次考察队(1985—1986)李兆鼎(中国地质科学院地质研究所)和刘小汉;第三次考察队(1986—1987)郑祥身(中国科学院地质研究所)、金庆民(中国地质科学院南京地质矿产研究所)和李果(中国国家南极考察委员会办公室)。菲尔德斯半岛地质图(1:15 000)南部由刘小汉和李兆鼎测制(1985.10—1986.3),北部由郑祥身、金庆民和李果完成,半岛南、北以智利站机场跑道为界。室内研究工作除上述参加考察的人员外,尚如相(中国地质科学院地质研究所)参加了岩石化学、地球化学和岩浆成因演化的研究;王碧香(中国地质科学院地质研究所)进行了矿物包裹体的研究工作,还有许多同志协助完成了各项分析和测试。

本研究报告的序言、第一章和第二章由李兆鼎执笔,郑祥身提供了半岛北部地层和构造部分初稿。第三章由郑祥身执笔,李兆鼎提供了岩相学部分和熔岩结构部分初稿;金庆民提供了半岛北部辉石、长石的部分资料;矿物包裹体部分资料主要根据王碧香的研究成果。第四章和第五章由尚如相执笔,李兆鼎提供了地球化学演化和高位岩浆房分带结构的部分初稿。研究报告最后的结论部分由李兆鼎执笔。

野外考察由中国国家南极考察委员会办公室具体组织,室内研究经费系由中国国家南极考察委员会、中国国家自然科学基金委员会、中国地质行业科学技术发展基金会、中国科学院和中国地质科学院共同资助的。在野外地质考察过程中,第一和第三次考察队的郭琨队长,第二次考察队的高钦泉队长、李振培副队长以及其他队领导给予了极大的关怀和支持。在室内研究工作中,中国科学院地质研究所、中国地质科学院地质研究所、南京地质矿产研究所、岩矿测试技术研究所和地质力学研究所等有关方面都给予了许多帮助。本研究报告译成了英文,附于书后,其中序言、第一、二章由赵五零(中国科学院地质研究所)翻译,费振璧(中国地质科学院)校稿;第三、四、五章及结束语由费振璧翻译,王赞(中国科学院地质研究所)校稿。特在此一并表示衷心感谢。

目 录

序言	(i)
第一章 地质研究简史	(1)
第二章 火山地质学	(6)
第一节 火山岩的地层层序和岩相特征	(6)
第二节 古火山机构和次火山岩体	(20)
一、古火山机构	(20)
二、次火山岩体	(23)
第三节 火山作用的时代、阶段和对比	(26)
一、火山岩的时代	(26)
二、火山作用阶段划分及主要依据	(28)
三、关于地层组的划分和对比	(32)
第三章 火山岩相学及岩石学	(35)
第一节 火山岩相的划分	(35)
一、火山通道相	(35)
二、次火山岩相	(37)
三、喷溢相	(39)
四、爆发相和火山沉积相	(41)
第二节 岩石学特征	(43)
一、概述	(43)
二、熔岩和玢岩	(43)
三、火山碎屑岩及火山碎屑沉积岩	(45)
四、熔岩结构和结晶过程分析	(48)
第三节 主要造岩矿物的矿物学特征	(50)
一、概述	(50)
二、斜长石	(51)
三、辉石	(63)
四、橄榄石及其他副矿物	(70)
五、矿物熔融包裹体	(71)
第四章 火山岩、次火山岩的岩石化学和地球化学	(74)
第一节 主要氧化物	(74)
一、各类岩石中主要氧化物的基本特征	(81)
二、各火山作用阶段主要氧化物的基本特征	(84)
三、主要氧化物的相关变化	(85)
第二节 微量元素	(89)
一、稀土元素	(89)

二、大离子亲石元素	(94)
三、过渡族金属元素	(97)
第五章 岩浆演化及形成机制	(101)
第一节 岩浆的成因	(101)
一、同位素地球化学及其对岩浆成因的启示	(101)
二、岩浆生成的区域构造背景	(105)
三、岩浆成因的推测	(107)
四、深部岩浆房的分离结晶作用	(107)
第二节 高位岩浆房的分带结构及其形成机制	(108)
一、高位岩浆房中岩浆的化学成分	(109)
二、高位岩浆房的分带结构特征	(110)
第三节 岩浆喷发作用过程及与基底构造的关系	(113)
一、导浆基底断裂的分布	(113)
二、构造-岩浆活动史	(113)
结束语	(115)
参考文献	(219)
图版	(225)
附:菲尔德斯半岛地质图(1:20 000)	

VOLCANIC ROCKS OF THE FILDES PENINSULA, KING GEORGE ISLAND, WEST ANTARCTICA

Contents

Preface	(117)
Chapter I A Brief History of Geological Research	(119)
Chapter II Volcanic Geology	(125)
Section 1 Stratigraphic Sequence and Lithofacies of Volcanic Rocks	(125)
Section 2 Paleovolcanic Edifices and Subvolcanic Bodies	(145)
I. Paleovolcanic Edifices	(145)
II. Subvolcanic Bodies	(150)
Section 3 Ages and Phases of Volcanism and Their Correlation	(154)
I. Ages of Volcanic Rocks	(154)
II. Phases of Volcanism and Main Grounds for Phase Division	(155)
III. Stratigraphic Classification and Correlation of Stratigraphic Formations	(157)
Chapter III Volcanic Facies, Petrography and Petrology	(161)
Section 1 Classification of Volcanic Rock Facies	(161)
I. Volcanic Conduit Facies	(162)
II. Subvolcanic Facies	(164)
III. Effusive Facies	(167)
IV. Explosive Facies and Volcano-sedimentary Facies	(170)
Section 2 Petrology	(171)
I. Introduction	(171)
II. Lavas and Porphyrites	(172)
III. Pyroclastic Rocks and Pyroclastic-sedimentary Rocks	(175)
IV. Lava Textures and Process of Crystallization	(179)
Section 3 Mineralogy of Major Rock-forming Minerals	(181)
I. Introduction	(181)
II. Plagioclase	(182)
III. Pyroxene	(185)
IV. Olivine and Other Accessory Minerals	(188)
V. Melt Inclusions of Minerals	(189)
Chapter IV Petrochemistry and Geochemistry of Volcanic and Subvolcanic Rocks	(191)
Section 1 Major Oxides	(191)
I. Basic Features of Major Oxides in Various Rock Types	(192)

II. Basic Features of Major Oxides in Various Phases of Volcanism	(194)
III. Correlative Variations of Major Oxides	(195)
Section 2 Trace Elements	(196)
I. Rare Earth Elements (REE)	(196)
II. Large Ion Lithophile (LIL) Elements	(198)
III. Transition Metallic Elements	(199)
Chapter V Evolution of Magmas and Formation Mechanism of Volcanic Rocks	(201)
Section 1 Origin of Magmas	(201)
I. Isotope Geochemistry and Its Suggestion About the Origin of Magmas	(201)
II. Regional Tectonic Settings for the Generation of Magmas	(203)
III. Speculations on the Origin of Magmas	(204)
IV. Fractional Crystallization in the Deep Magma Chamber	(205)
Section 2 Zonation in the High-level Magma Chamber and Its Formation Mechanism ...	(206)
I. Chemical Composition of Magmas in the High-level Magma Chamber	(206)
II. Zonal Features of the High-level Magma Chamber	(208)
Section 3 Relation Between the Process of Eruption of Magmas and Basement Structure ...	(212)
I. Distribution of Magma-conducting Basement Faults	(212)
II. History of the Tectono-magmatic Activity	(212)
Concluding Remarks	(215)
References	(219)
Plates	(225)
Appendix: Geological Map of the Fildes Peninsula (1:20 000)	

第一章 地质研究简史

南设得兰群岛(South Shetland Islands)位于南极半岛(Antarctic Peninsula)的西北海域中,两者之间为布兰斯菲尔德海峡(Bransfield Strait)。南设得兰群岛主要由下列岛屿组成,自西南朝北东方向依次为:娄岛(Low Island)、史密斯岛(Smith Island)、斯诺岛(Snow Island)、迪塞普申岛(Deception Island)、利文斯顿岛(Livingston Island)、格林威治岛(Greenwich Island)、罗伯特岛(Robert Island)、纳尔逊岛(Nelson Island)和乔治王岛(King George Island)。其中除史密斯岛出露的是侏罗纪变质岩之外,其他岛屿主要出露的是新老不同的中、新生代火山岩。

乔治王岛是南设得兰群岛中最大的一个岛屿,菲尔德斯半岛位于该岛的最南端,其地理坐标为南纬 $62^{\circ} 10' - 62^{\circ} 13'$ 和西经 $58^{\circ} 53' - 59^{\circ} 01'$ 。半岛西依德雷克海峡(Drake Passage),东临长城湾(Great Wall Bay, 又称 Bay Maxwell)、北接柯林斯冰盖(Collins Glacier),南隔菲尔德斯海峡(Fildes Strait)与纳尔逊岛和纳尔逊冰盖遥遥相对(图 1-1)。乔治王岛的 90% 以上为冰雪所覆盖,冰雪平均厚达 100m 左右。仅该岛边缘很有限的地段在夏季冰雪融化,基岩出露。菲尔德斯半岛是夏季基岩出露面积较大的地区之一。

早在 20 世纪的前 50 年中,已经有一些地质学家开始在乔治王岛和南设得兰群岛进行野外地质调查,值得提出的有: 1913—1914 年, D.Ferguson 分出两套岩系,较老的为沉积岩和熔岩的互层,怀疑它是中侏罗世产物;较新的为玄武岩和安山岩,划归白垩纪(D.Ferguson, 1921)。H.H.Thomas (1921)描述了由 J. Innes-Wilson 于 1916—1917 年由罗伯特岛的 Coppermine 湾采集的沸石化橄榄玄武岩。G.W.Tyrrell(1945)总结了由 N.A.Mackintosh 和 J.W.S.Marr 在 1934 年和 1937 年从乔治王岛、纳尔逊岛、罗伯特岛、利文斯顿岛和斯诺岛收集的资料,并结合 D.Ferguson 的工作,对南设得兰群岛的地层层序提出了框架性的意见,自下而上依次为:未出露的基底结晶片岩和片麻岩,侏罗纪安山质一流纹质的熔岩、火山碎屑岩和沉积岩夹层,白垩纪的厚层安山岩和火山碎屑岩,第三纪至近代的橄榄玄武岩和安山质火山岩,在侏罗纪和白垩纪火山岩之间有闪长岩侵入体形成。

50 年代至 70 年代前期,在南设得兰群岛特别是乔治王岛进行地质考察的人数不断增加。H.Fuenzalida 等(1972)研究了斯诺岛的中生代古植物;M.A.Caballero 等(1959)研究了罗伯特岛 Coppermine 湾的火成岩;H.S.Villaroel(1966)研究了罗伯特岛、格林威治岛和 Half Moon 岛的矿物。对利文斯顿岛及其邻岛地质进行过研究工作的有:R.Araya 等(1965)研究了火山沉积岩和古植物;H.Fuenzalida(1965)和 H.A.Orlando (1967 和 1968)都对中生代古植物作了研究;G.J.Hobbs(1968)对利文斯顿岛的地质作了总结;I.W.D.Dalziel (1969, 1972)结合 Scotio 弧的构造,研究了 Hurd 半岛的构造和岩石同位素年龄;O. Gongzalez - Ferran 等(1970), J. J. Tavera (1970) 和 P. J. Hernandez 等(1971)都研究了 Byers 半岛中生代地层和古生物;E. Valenzuela 等(1972)研究了 Byers 半岛的地质;I.W.D.Dalziel 等(1973)研究了 Barnard 角的岩石同位素年龄和古地磁;J.M.Schopf(1973)研究了 Hurd 半岛的古植物;R.Del Valle 等(1974)研究了 Hurd 半岛的经济矿物学。在乔

治王岛和毗邻的纳尔逊岛进行过考察和研究工作的地质学家较多,其中有: H.Diaz 和

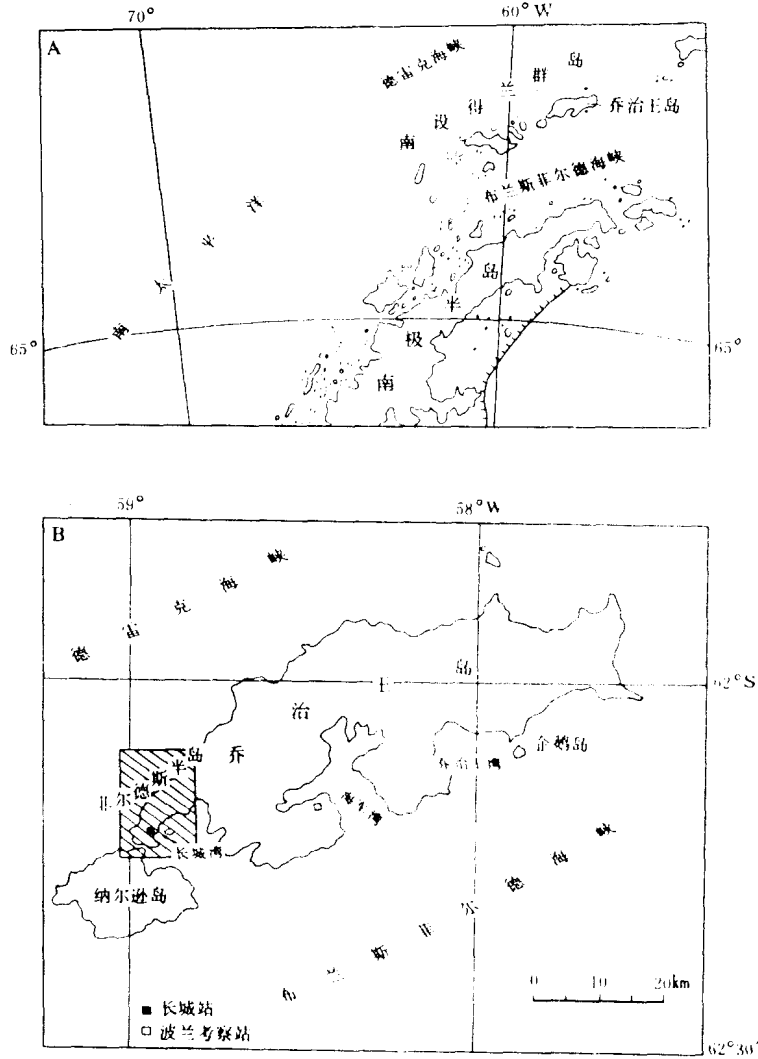


图 1-1 菲尔德斯半岛地理位置

A. 乔治王岛位置; B. 研究区位置

Fig. 1-1 Schematic map showing the geographical setting of the Fildes Peninsula

A. Setting of King George Island; B. Setting of studied area

M.E.Teruggi(1956)作了局部地区地质调查; J.Olsacher(1958)和 B.J.Quartion (1959) 对 Harmony 小海湾进行了火成岩岩石学研究; N.H.Fourcade (1960) 对 Potter 小海湾进行了火成岩岩石研究; D.D.Hawkes(1961) 对乔治王岛全岛的地层学和火成岩岩石学做了实验室研究; O.C.Schauer 和 N.H.Fourcade 等 (1961)研究了菲尔德斯半岛火成岩的岩石学; H.A.Orlando (1963,1964) 研究了菲尔德斯半岛和阿德雷 (Ardley) 岛的古植物; O.C.Schauer 和 N.H.Fourcade (1963,1964)研究了菲尔德斯半岛的地层; C.M.Barton (1964,1965) 对乔治王岛的地层和古生物作了较系统的总结; G.E.Grikurov 和 M.M.Polyakov (1968) 对菲尔

德斯半岛的构造进行了研究; V.Covacevich 和 C.Lamperein (1969,1970,1972)研究了新生代的古生物; D.A.Valencio 和 N.H.Fourcade (1969) 进行了乔治王岛岩石的古地磁研究; O.Gonzalez-Ferran 和 Y.Katsui (1970) 对乔治王岛和罗伯特岛年轻火山岩的地球化学作了评论; G.E.Grikurov 等 (1970)开展了放射同位素年龄方面的研究; V.Covacevich 和 P.Hernandez (1971) 对乔治王岛、利文斯顿岛和斯诺岛的古生物作了评论; B.V.Gusev 等 (1972)对乔治王岛作了古地磁研究。值得指出的是 C.M.Barton(1965)在 Hawkes (1961) 研究成果的基础上, 结合自己以及 J.S.Bibby(1961) 的工作, 提出了乔治王岛的地层层序由老到新依次为: 晚侏罗世辉石安山岩; 晚白垩世到早第三纪的石英闪长岩的侵入岩套; 晚白垩世到中新世的火山岩包括 Dufayel 岛群的凝灰岩和集块岩, Ezcurra 湾群的玄武安山岩, Fildes 群的玄武安山岩和 Hennequin 角群的二辉安山岩; 上新世的 Lions Rump 群的橄榄玄武岩; 更新世的 Penguin Island 群的橄榄玄武岩。在 Barton (1965)发表的菲尔德斯半岛地质略图 (比例尺约为 1:56 000)中把侏罗谷及以南的火山岩时代定为晚侏罗世, 其他地区的火山岩均划为菲尔德斯群, 时代定为中新世。

70年代后期至80年代, 南设得兰群岛和乔治王岛的考察和研究在前人工作基础上有两个新的发展趋势, 一个趋势是在某个地区或针对某些问题, 进一步深化研究; 另一个趋势是对某个火山岛乃至整个南设得兰群岛进行系统的对比和总结。在此期间, P.E.Barker 等 (1975) 对迪塞普申岛的火山作用演化作了总结; I.W.D.Dalziel (1976) 研究了南设得兰群岛的“基底”岩石; R.J.Pankhurst 等 (1980)对 Byers 半岛岩石进行了 K-Ar 年龄测定; R.C.Lucas 和 W.S.Lacey (1981) 根据乔治王岛火山-沉积岩中的植物群提出可能属于早第三纪的看法; P.W.Tanner 等 (1982)对南设得兰群岛和南奥克尼岛的俯冲带杂岩进行了同位素年代学研究; R.A.Askin (1983) 对南设得兰群岛上侏罗统顶部和下白垩统的孢子、花粉和微体浮游生物作了研究; S.Czajkowski 和 O.Rosler (1986), 对前人在菲尔德斯半岛所做的古植物研究结果作了综合归纳, 其结论认为可能属于早第三纪; C.S.Lyra (1986), 对菲尔德斯半岛的孢粉种属和相对含量作统计研究, 结论也认为可能属早第三纪。值得着重指出的是以 K.Birkenmajer 为首的波兰考察队自 1977 年以来在乔治王岛尤其是在海军湾 (Admiralty Bay) 周围做了大量地质调查工作, 由 K.Birkenmajer (1977—1979, 1980—1981), A.Pauio, Z.Rubinowski 和 A.K.Tokarski (1979—1980) 先后完成海军湾附近地区 1:2 000—1:2 500 地质图和乔治王岛全岛露岩区 1:50 000 的地质制图工作。但他们填图的范围没有包括菲尔德斯半岛, 而且其中 Potter 半岛系由 Fourcade (1960)、Gonzalez-Ferran 和 Katsui (1970) 填制, Barton 半岛、菲尔德斯半岛、Melville 海角与山峰一带和 Trowbridge 岛均由 Barton 绘制 (1961, 1965)。Birkenmajer 等发表了一系列有关海军湾及其邻区的论文, 内容涉及火山岩地层、时代、岩相、矿物和岩石化学等方面, 并探讨了整个乔治王岛的地层划分和对比, 以及基底构造和重大地质事件等问题, 提供了大量实际资料, 提出了不少新的认识。Birkenmajer 在 Barton (1965) 和 Adie (1964) 划分的地层方案基础上, 结合 1977—1981 年波兰南极考察队工作, 对乔治王岛的地层划分提出以下意见: 晚侏罗世为 Cardozo 湾杂岩; 晚白垩世到古新世早期为石英闪长岩和石英辉长岩; 始新世为 Hennequin 角群; 中新世中、晚期到上新世早期为 Admiralty 湾群; 上新世晚期到早更新世为 Lions Rump 群; 晚更新世到全新世为 Penguin 岛群。与 Barton 1965 年的方案比较, Birkenmajer (1980) 的方案主要区别是: 把原 Ezcurra 湾群分为三个群, 即 Paradise 湾群、

Parnowski 冰川群和 Ezcurra 湾群;新增了 Admiralty 湾群;对原菲尔德斯群进行了解体。Birkenmajer(1982)通过对比认为菲尔德斯半岛南端和阿德雷岛的“上侏罗统火山岩”按同位素年龄应为晚白垩世;半岛上含古植物和飞鸟足迹的凝灰质砂岩为中新世的产物;半岛中、北部的熔岩和火山碎屑岩可与 Ezcurra 湾群对比,应属渐新世中、晚期;Suffield 角的橄榄玄武岩和火山碎屑岩相当于中新统到上新统;半岛所有的浅成侵入岩都划归海军湾群。总之,国外地质学家在南设得兰群岛和乔治王岛的研究持续了很长时间,但对菲尔德半岛的研究程度并不高。

英国极地研究所 J.L.Smellie 等(1984)在前人工作的基础上,结合 1974—1975 年和 1975—1976 年的重点调查,对南设得兰群岛的地层、地球化学和地质演化做了较系统的总结,将南设得兰群岛的地层由老到新分为:1)基底变质岩,出露在史密斯岛,由多次变形的蓝片岩、千枚岩和燧石岩所组成,时代未定。2)石炭纪—三叠纪的碎屑岩和火山碎屑—沉积岩。3)晚侏罗世—早白垩世,在斯诺岛东部和利文斯顿岛西部晚侏罗世为褶皱的海相和陆相的泥岩、砂岩和砾岩,早白垩世为玄武质和安山质熔岩,安山质和流纹质的集块岩、凝灰岩和熔结凝灰岩。4)晚白垩世到早第三纪深成岩为辉长岩、石英辉长岩、英云闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩和石英二长岩。5)上白垩系到下第三系,在利文斯顿岛东北,格林威治岛北部和罗伯特岛北部,晚白垩世为橄榄玄武岩、复合侵入体、少量集块岩和砾岩;在纳尔逊岛和乔治王岛,早第三纪为玄武岩—安山岩或安山质熔岩、凝灰岩、集块岩和少量的页岩和砾岩。J.L.Smellie 等(1984)按上述层序分别描述了整个南设得兰群岛火山岩的岩石、主要氧化物和微量元素的特征。在发表的菲尔德斯半岛 1:50 000 地质图中作者把半岛火山岩分成三个岩性段,1)下部为粗斑玄武岩和玄武安山岩;2)中部主要为火山碎屑岩(局部含化石)夹少量玄武岩和玄武安山岩;3)上部为细粒、微斑安山岩和英安岩。在该半岛的地质图中,下部岩性段广布全区,中、上部岩性段都局限在东北角,而且上部比中部分布的范围更窄。

以 H. G.Fensterseifer 为首的巴西南极考察队,1981—1986 年在南设得兰群岛作了较系统的地质考察和某些地球物理测量工作。1987 年 8 月在第五次南极地球科学国际讨论会上,巴西地质学家向大会展示了菲尔德斯半岛地质图的初稿,该图件和有关文字总结当时尚未出版。S.Czajkowski 和 O.Rosler(1986)对前人在菲尔德斯半岛所做古植物鉴定资料作了系统综合分析,结论认为化石的时代可能为早第三纪,代表一个温湿的气候环境。C.S.Lyra(1986),对菲尔德斯半岛的孢粉种属和相对含量作了统计研究,认为孢粉组合的时代主要为早第三纪。

鉴于中国在菲尔德斯半岛建立了第一个南极综合性的科学考察站——长城站,因此有必要首先对长城站周围即菲尔德斯半岛的地质特征作较全面深入的了解和研究。第一次考察队刘小汉(1984—1985)除了参加建站工作外,还对半岛作了为期一周的踏勘性考察,在五条路线剖面上作了观察和采集标本工作,摄制了大量反映火山地貌和冰蚀地貌的照片,并取了水化学样品,为第二次全面考察研究准备了良好条件。第二次考察队李兆鼎和刘小汉(1985—1986)在长城站工作时间为 130 天,不包括室内整理的纯野外观测时间为 49 个工作日(每个工作日为 10 小时),在此期间填制了菲尔德斯半岛南部 1:15 000 地质图,测制火山地层剖面七条,系统观察了 49 条地质路线,对 323 个地质点作了观测记录,并采集了 1100 件样品和标本。通过这些实际工作,建立了该区火山地层层序,由老到新依次为碧玉山段玄武质

熔岩和火山角砾岩,玛瑙滩段杏仁状玄武质熔岩和火山角砾岩,化石山段火山-沉积岩(含植物化石),岩块山段玄武安山质和安山质熔岩、角砾熔岩,以及长山段玄武岩。确定了化石山段与玛瑙滩段之间存在火山不整合和沉积间断的一系列证据。对半岛南部曾被认为是“上侏罗统火山岩”的地层作了研究,确定可分解为玛瑙滩段、化石山段和岩块山段三个组成部分,并指出在玛瑙滩段和化石山段之间,存在着明显的沉积间断。对该区火山岩的岩相类型作了划分,并在地质图上圈定了大量次火山岩体。对火山期后的蚀变和矿化类型做了划分和研究。初步研究了工作区的主要含水层与夹在熔岩之间的火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩有关,共3—4层,这些含水层与工作区19个淡水湖有相互补给关系。第三次考察队郑祥身和金庆民(1986—1987)在长城站时间为77天,除参加站区基建工作外,纯野外地质工作时间为15天,在此期间填制了菲尔德斯半岛北部1:15 000地质图,测制了2条地层剖面,观测地质路线14条,地质点120个,采集岩石标本365块、古地磁样品38个,测定地表温度105组。通过实际工作证明北部地层与南部相应的层位可以对比,将半岛北部的火山岩划分为玛瑙滩段、化石山段和岩块山段,而且在北部化石山段与玛瑙滩段之间也存在明显的间断面。对以上三次考察采集的样品,分别由李兆鼎、郑祥身和金庆民组织在各自单位独立地开展了全面的实验室研究。除了系统的薄片观察、同位素年龄(K-Ar法、Rb-Sr法和 ^{39}Ar - ^{40}Ar 法)、孢粉鉴定和古地磁测定之外,还系统地进行了主量元素、微量元素和稀土元素以及 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 等同位素研究,获得了大量分析数据。因此,1987年8月,在第五届南极地球科学国际讨论会上(英国剑桥),李兆鼎和刘小汉第一次代表中国地质学者,就菲尔德斯半岛中南部新生代火山作用的地质和地球化学演化问题宣读了研究成果,将Smellie等1984年划分的菲尔德斯群进一步划分为五个岩性段,提出这五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玄武岩三个岩浆作用阶段有关。1988年6月,郑祥身完成了题为“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和演化”的博士学位论文,提出菲尔德斯半岛火山岩地层可以划分为二个地层组和四个岩性段的观点,同时详细讨论了岩浆在下地壳和上地壳两个岩浆房内发生分离结晶作用的过程。1989年5月在我国主持召开的南极研究国际学术讨论会上(杭州),李兆鼎、郑祥身、金庆民等再一次公布了他们近期的研究成果。此后,有20余篇专题研究论文陆续在国内外地学刊物上发表和在国内、外学术会议上宣读。本研究报告便是在上述工作的基础上完成的。

第二章 火山地质学

菲尔德斯半岛面积虽然不很大,但“夏季”基岩出露条件非常好,火山地层出露连续性较强,各种沉积和侵入的接触关系比较清晰,对于建立一个比较可靠的地层层序,进行岩相类型的划分,圈定次火山岩体和进行地质制图工作,是乔治王岛和南设得兰群岛中不可多得的理想选区之一。

第一节 火山岩的地层层序和岩相特征

正确地认识和建立火山岩的层序,是深入研究火山作用特点和演化阶段的基础。关于菲尔德斯半岛火山岩的层序划分、时代,及其与邻区的对比,前人存在着不同的意见。Barton (1965) 把半岛南端火山岩划为上侏罗统,半岛其他地区的火山岩归入菲尔德斯群,时代未加明确,笼统地把 Dufayel 岛群、Ezcurra 湾群、菲尔德斯群和 Hennequin 群都划为晚白垩世到中新世。Hawkes(1961) 把菲尔德斯群划为早中新世。Adie (1964) 把该群划为晚渐新世。Birkenmajer(1980) 把他的 Admiralty 湾的地层划分方案中的 Ezcurra 湾群上部和 Hennequin 群的下部与 Barton (1965) 和 Adie(1964) 的菲尔德斯群对比。Smellie 等 (1984) 则把菲尔德斯群改为菲尔德斯组,时代定为早第三纪。

我们根据火山岩的岩性组合,岩相特征和接触关系,把菲尔德斯半岛火山岩分为五个地层单元,由老到新依次为: I. 碧玉山段玄武质熔岩和火山角砾岩 (Eb); II. 玛瑙滩段杏仁状玄武质和玄武安山质熔岩和火山角砾岩 (Em); III. 化石山段火山角砾岩、凝灰岩和火山碎屑沉积岩 (Eh); IV. 岩块山段玄武安山质、安山质和英安质熔岩、角砾熔岩 (Ey); V. 长山段玄武安山质熔岩 (Ech) 和相应的次火山岩 (SV)。各岩性段的分布请参阅菲尔德斯半岛地质图及插图 2-1。鉴于南极野外观察记录十分珍贵,故下面描述拟尽量详细。

I. 碧玉山段 (Eb)

碧玉山段玄武质火山岩分布在半岛西南部的地理湾和碧玉山一带,岩层产状平缓,倾向 NE, 倾角 $10-15^{\circ}$, 厚度约为 53—107m。在海水面以上,最底部为暗灰紫色的集块岩和杂色的火山角砾岩,厚约为 14—25m (未见底),其上多为玄武岩岩流,岩流部分厚约 39—82m。火山角砾岩和集块岩都是玄武质的,碎屑粒度变化较大,为棱角状和次棱角状的熔岩碎块,角砾的块度由南向北明显变粗,即碧玉山南麓以细的火山角砾为主,但向北到地理湾东侧陡坡之上,出现集块岩和粗火山角砾岩。熔岩单层厚度变化范围很大,可以从 2.5—35m。熔岩普遍有明显的分相性,即熔岩的顶部、中央和底部结构构造有明显的区别。顶部相的厚度与熔岩的厚度成正相关,一般为 1—3m,同中央相比较,斑晶的粒度和密度较小,并具角砾熔岩构造或球状构造,球体直径一般为 1.5—5cm,个别可达 7cm,球体和周围介质的岩性相同,结构相似,其风化露头呈球状凸起。底部相普遍比较薄,通常为 0.1—0.5m,有时几乎不存在,其结构构造特征与顶部相相似。在顶、底板与中央相过渡的部位,有时可以出现一个宽窄不等的杏仁体带。中央相为致密块状构造

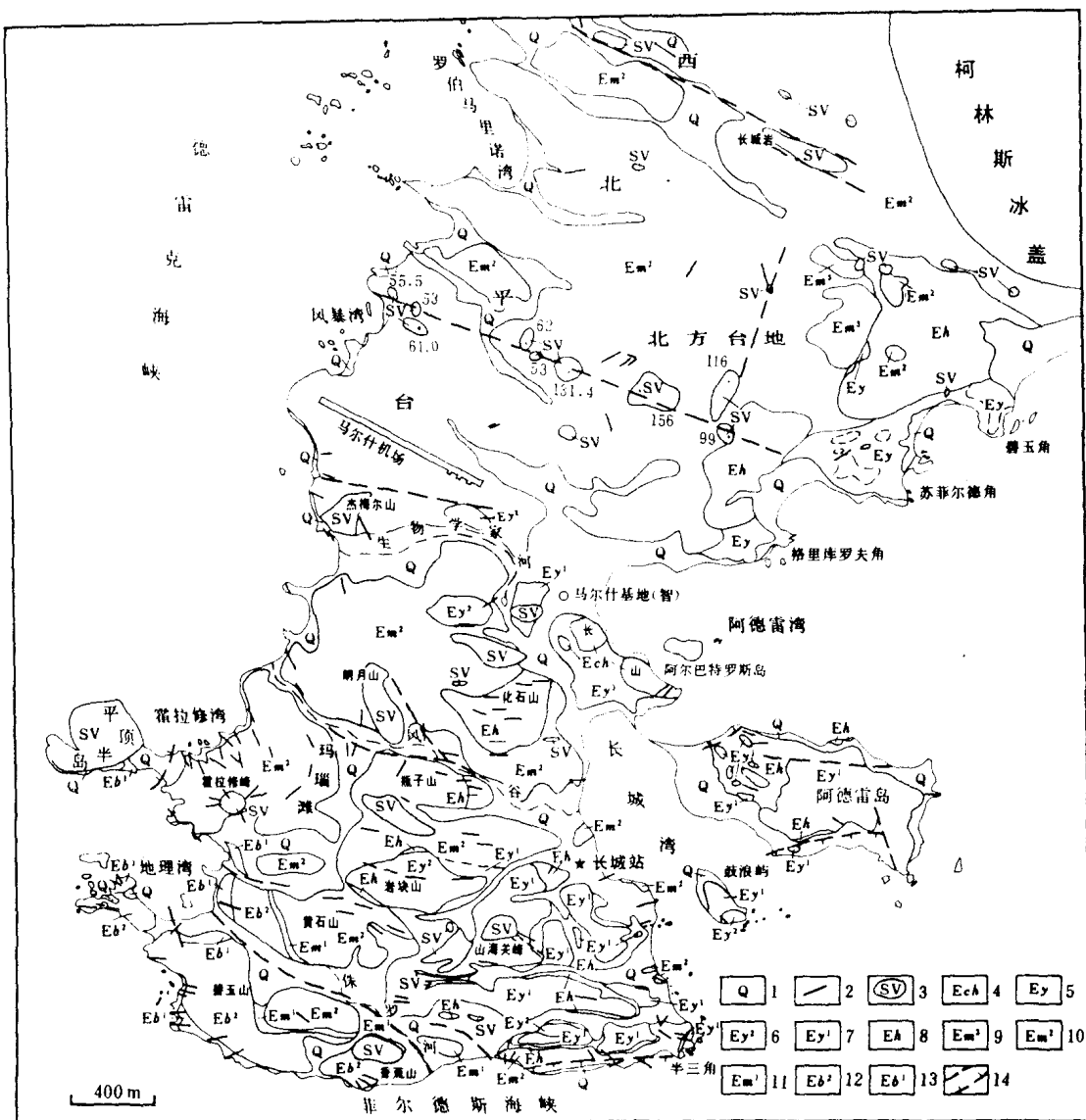


图 2-1 菲尔德斯半岛地质略图

- 1、第四系；2、岩墙；3、次火山岩；4、长山段；5、岩块山段；6、岩块山段上部；
7、岩块山段下部；8、化石山段；9、玛瑙滩段顶部；10、玛瑙滩段中部；11、玛
瑙滩段下部；12、碧玉山段上部；13、碧玉山段下部；14、实测和推测断层

Fig.2-1 Schematic geological map of the Fildes Peninsula

- 1.Quaternary; 2.dyke; 3.subvolcanics; 4.Long Hill Member; 5.Block Hill Member;
6.upper part of Block Hill Member; 7.lower part of Block Hill Member; 8.Fossil Hill Member;
9.top part of Agate Beach Member; 10.middle part of Agate Beach Member;
11.lower part of Agate Beach Member; 12.upper part of Jasper Hill Member;
13.lower part of Jasper Hill Member; 14.fault (ascertained and conjectured)

的辉石玄武岩,有时含少量橄榄石,多数为细密斑结构,可含适量斜长石中斑,及少量斜长石粗斑或辉石粗斑(部分是聚斑)。在碧玉山和地理湾地区,普遍可以见到砖红色和朱红色的铁碧玉,呈脉状、囊状和团块状充填在玄武岩的裂隙交汇处,但在上覆的玛瑙滩段玄武岩中则不发育。现以碧玉山西南坡和地理湾东侧剖面为代表,进行逐层描述(据李兆鼎和刘小汉 1985—1986 年野外记录)。

碧玉山西南坡碧玉山段玄武岩剖面,总厚 107 m,自上而下依次为:

第 8 层 深灰色中细斑玄武安山岩,厚 2.3m。出露在碧玉山顶,此层熔岩顶部相已剥蚀掉,地表直接见到的是中央相,具稠密的斜长石、辉石细斑和少量斜长石中斑,块状-柱状节理较为发育。底板相厚薄不均,约为 0.1—0.5m,具角砾熔岩构造。

第 7 层 深灰色中细斑玄武岩,厚 9.8m。结构构造分相明显,斑状结构的中央相以微细斑为主,中斑稀疏,具柱状节理。顶板相厚为 1—2m,底板相厚 0.1—0.5m,均具角砾熔岩构造,角砾近等轴球形,粒径 1.5—3cm。

第 6 层 深灰色粗中斑玄武岩,厚 6.3m。中央相具柱状节理,斜长石斑晶密度中等,以中粒为主,少数颗粒粗大。顶部相厚 2—3m,底板相厚 0.1—0.4m,均具角砾熔岩构造,在顶板相内侧有一定数量的杏仁体。

第 5 层 深灰色微细斑玄武岩,厚 16.3m。中央相上部具柱状节理,局部还出现平行层面的薄板状节理,岩石具稠密微细粒斜长石斑晶。顶板相厚 2—3m 不等,底板相厚 0.1—0.6m,均具角砾熔岩构造。

第 4 层 深灰色中细斑玄武岩,厚 5 m。中央相具柱状节理,细斑稠密,中斑稀疏,顶板厚 2—2.5 m,底板相厚 0.1—0.2 m,均具角砾熔岩构造,角砾直径约为 1—3 cm。

第 3 层 深灰色中细斑玄武岩,厚 7.5m。中央相发育柱状节理,见有管状气孔,断面达 $7 \times 40 \text{ cm}^2$,内壁充填有薄层乳状石英和石英晶簇。顶板厚 2—3m,底板厚 0.2—0.4 m,均具角砾熔岩构造,角砾近球形,直径约为 1—3cm。

第 2 层 深灰色中细斑玄武岩,厚 35m。中央相岩石细斑稠密,中斑稀疏。中央相的中部具块状节理,上部和下部发育柱状节理。顶板相厚 5 m,底板相厚 0.5—2 m,均具角砾熔岩构造,角砾近等轴球形(直径 1.5—2.5 cm)。在顶底板相与中央相的过渡区,有厚约 20—40 cm 的气孔、杏仁体带。

第 1 层 暗褐色和杂色玄武质火山角砾岩,厚 25m。下部火山角砾岩的粒度分选较差,一般角砾粒度为 2—3 cm,少数为 3—10 cm 的岩块,两者共约占全岩体积的 30—40 %,其他均为 < 2 cm 的岩屑、晶屑。较粗的碎屑多为次棱角状或次浑圆状,具中斑或中细斑状结构;较细的碎屑多半为棱角状,具微细斑或无斑隐晶质结构。上部的火山角砾岩的碎屑粒度分选较好,粒度比较均一,一般粒度 < 1 cm,而且主要由微细斑和无斑隐晶质的岩屑组成。

在碧玉山的西南坡,玄武岩的中央相常常形成陡壁,而相邻两层熔岩的顶板和底板角砾熔岩,因容易发生寒冻风化,往往形成碎石缓坡。因此在与碧玉山段地层倾向相反的山坡上,可以见到阶梯状地貌,玄武岩的层数,可以根据陡坡的数量来检测。地理湾东侧的碧玉山段玄武质火山岩剖面(据李兆鼎和刘小汉 1985—1986 年的野外记录),自上而下依次为:

第 8 层 深灰色中细斑玄武岩,厚 9m,风化露头呈黄灰色。中央相岩石斜长石的细斑

稠密，中斑较少，少数辉石聚斑颗粒粗大。中央相具貌似侵入体的块状节理，顶板相厚 3 m，具角砾熔岩构造，底板相不发育。

第 7 层 深灰色中细斑玄武岩，厚 2m，风化表面为黄灰色。中央相具块状节理，中细粒斜长石斑晶密度中等，个别斜长石和辉石（聚合）斑晶比较粗大。顶板相厚 0.8m，具有角砾熔岩构造，角砾近球形。底板相 < 0.1 m，但与中央相之间有一个厚 0.3—0.5 m 的具杏仁构造的过渡带。

第 6 层 深灰色中细斑玄武岩，厚 3m。中央相中、细粒斑晶以斜长石为主，还有不少辉石，见有个别伊丁石化橄榄石斑晶假象，岩石具块状节理。底板相不发育。顶板相厚 1.8—2m，具角砾熔岩构造，与中央相之间有一个宽约 0.3—0.4m 的稀疏杏仁体带。

第 5 层 深灰色中细斑玄武岩，厚 4 m，风化表面为黄灰色。中央相具稠密中细斑结构，少数斜长石斑晶较粗大，个别见橄榄石的伊丁石假象。顶板相灰紫色，紫红色，具角砾熔岩构造，角砾近球形。顶板约厚 2m，与中央相之间，有一个厚 0.2—0.3m 的杏仁体带，杏仁体呈椭圆形和云朵状，可长达 10—20mm。

第 4 层 深灰色粗中斑玄武岩，厚 7m。中央相具稠密的中、细斑，少数斜长石和个别辉石（聚合）斑晶特别粗大。顶板厚 2.5 m，灰紫色、紫红色，具角砾熔岩构造，角砾直径达 2—8 cm。顶板相和中央相之间，除零星气孔之外，没有出现杏仁体带。底板相不发育。

第 3 层 深灰色中斑玄武岩，厚 7 m。中央相具块状—柱状节理，斜长石斑晶以中粒为主，少数粗粒。顶板相厚 1.5—2 m，红紫色，具角砾熔岩构造，角砾近圆形，直径 1.5—5 cm。底板不发育。无杏仁体带。

第 2 层 深灰色粗中斑玄武岩，厚 7m。中央相具块状—柱状节理，粗中斑晶以斜长石为主，少数辉石（聚合）斑晶特别粗大。顶板相厚 2.5 m，为紫灰色角砾熔岩，角砾近球形或椭圆形，顶板和中央相之间无杏仁体带，底板相不发育。

第 1 层 深紫灰色、紫褐色和杂色的集块岩和火山角砾岩，厚约 14m。下部为集块岩，岩块粒度为 180—100cm 者占 5—10%；100—50 cm 者占 20—25%；50—10cm 者占 20—25%；10—5 cm 者占 5—10%，其他均 < 5cm，其中 > 1 cm 的岩石碎屑以斑状结构的玄武质熔岩碎块为主，而 < 1 cm 的碎屑则以微斑或无斑隐晶质为主，其胶结物多半以细粒岩屑和晶屑为主。上部为玄武质火山角砾岩，灰褐色和杂色，角砾占 70—80%，胶结物为 < 2mm 的岩屑和晶屑，约占 20—30%。角砾中粒度 70—50cm 者占 5%；50—10cm 者占 25—30%；10—5cm 者占 20%；5—1cm 者占 10%；1—0.2cm 者占 10—15%。在火山角砾岩中夹有角砾凝灰岩和凝灰岩的薄层和透镜体。

从地理湾到碧玉山，本段玄武质火山岩的岩性是一致的，岩石结构变化也不很大，主要的区别是：地理湾更接近火山喷发中心，其火山碎屑岩的组合为集块岩和粗火山角砾岩，向碧玉山相变为细火山角砾岩。地理湾附近熔岩单层厚度较薄，底板相不发育，中央相为块状或柱状节理，顶板相的厚度比中央相小（1: 1—1: 3），靠上部的熔岩顶板有时出现氧化的“红顶”，在边缘相和中央相之间，有时出现厚度不大的杏仁体带。而碧玉山附近熔岩厚度及其变化都较大，中央相发育柱状节理，顶板相和中央相的厚度比例为 1: 2—1: 7，顶部球状构造和球状角砾熔岩构造发育。这可能与当时古地形的高低和坡度大小对熔岩流动速度的影响，以及海水涨潮和退潮对熔岩结晶条件的影响有关。