

南极科学考察论文集

南极维斯特福尔德丘陵区 晚第四纪地质和地貌研究

中国科学院地理研究所 编

科学出版社

南极科学考察论文集

南极维克斯特福德丘陵 晚第四纪地质和地貌研究

中国科学院地理研究所 编

张青松 主编

科学出版社

1985

内 容 简 介

“南极维斯特福德丘陵地区晚第四纪地质和地貌研究”是我国科学工作者实地考察的科学总结，也是我国第一本关于南极第四纪地质和地貌研究的专题著作。本书共十七篇论文，其中第四纪地层和沉积物六篇，古生物和微体古生物四篇，地貌四篇，古地磁两篇，碳同位素地质、岩石和自然环境演变各一篇。它们从不同的方面比较系统地揭示了南极东部维斯特福德丘陵地区第四纪地质、地貌、古冰川、古地磁、岩石和自然环境的特征及其演变历史。

本论文集可供大专院校地质、地理系及有关地学研究单位的教学和研究参考。

南极科学考察论文集 南极维斯特福德丘陵地区 晚第四纪地质和地貌研究

中国科学院地理研究所 编

张青松 主编

责任编辑 严梵璠 朱升堂

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年2月第一版 开本：787×1092 1/16

1985年2月第一次印刷 印张：15 插页：17

印数：0001—1,640 字数：342,000

统一书号：19031·2818

本社书号：3866·13—13

定价：5.00元

序 言

南极洲是地球上唯一尚未开发、没有居民的大陆。它是一个广袤的大陆，其面积约1400万平方公里，相当于中国加上南亚次大陆面积的总和。由于我们居住在北半球，南极洲对我们一向是陌生的。

南极洲不仅对中国，而且对世界上许多国家的人民来说，都还是一个谜。直到十九世纪末、二十世纪二十年代才有一些探险家到南极探险。这一段时期被称为南极考察的“英雄时代”。

第一次世界大战后，许多国家对南极进行了一系列的考察。1957—1958年的国际地球物理年，将南极的考察提高到一个崭新的阶段。这是一次国际间协调合作的涉及各有关科学领域的综合性科学考察，从此，南极洲被作为世界上最大的自然科学实验室展现在人们的眼前。在国际地球物理年之后，迄今已有十三个国家在南极洲边缘和内陆建立了40多个常年考察站和百余个夏季考察站，对气象、冰川、地质、地貌、生物、大地测量及地球物理、大气物理、极光、宇宙射线、地球化学和海洋等学科进行了考察和研究，获得了在其它任何大陆所不能得到的科学资料。有些学科研究成果可作为其它大陆科学研究的补充和发展，实际上有的成果已得到了具体应用。

近几年来，我国在经济上实行对外开放政策，在科学上加强了对外交流与合作。1980年应澳大利亚政府的邀请，我国首次派两名科学家出访南极。到目前为止已有19名科技工作者参加澳大利亚、新西兰、智利和阿根廷等国家组织的南极考察队到南极地区进行科学考察，取得了一定的成绩。1981年5月，国务院批准成立了国家南极考察委员会，统一领导我国的南极考察研究。从此我国开始了有计划的独立自主的南极考察工作。我国开展南极考察是为了了解和认识南极，为我国科学技术的发展和四化建设服务；为和平利用南极作出贡献。因为工作才刚刚开始，还缺乏经验，我们当前的任务是努力向开展过南极考察的各友好国家学习先进经验，培训人才，做好各项准备，为进一步开展南极的科学考察创造条件。

三年来，我国赴南极的科技人员，进行了气象、冰川、地质、地貌、地球化学、生物、物理海洋、海洋地球物理和建筑等学科的考察，较好地完成了预定的计划。他们采集了大量的标本、拍摄了大量的照片、收集了许多其它宝贵资料。他们考察回来以后，都认真完成了考察报告，撰写了学术论文。这个论文集和将要出版的其它论文集对我们了解和认识南极洲，探索南极洲的奥秘将起到积极的作用。在这里我谨向我国参加南极考察的科学工作者们和论文的作者和编者表示衷心的祝贺和感谢。中国的科技工作者是勤劳、智慧、勇敢的。我们有信心在不久的将来攀登南极科学考察研究的高峰，为人类和平利用南极做出应有的贡献。

国家南极考察委员会主任 武 衡

1983年5月

编 者 的 话

在我国第一部关于南极科学考察方面的论文集将要出版的时候,我首先要感谢国家南极考察委员会、中国科学院地理研究所、科学出版社和澳大利亚南极局对我和我的合作者给予的支持和帮助。

1980年12月,我第二次应澳大利亚政府的邀请,参加了澳大利亚戴维斯站南极越冬考察队。从1981年1月至12月,我在戴维斯站附近的维斯特福尔德丘陵区(Vestfold Hills, $68^{\circ}22'-68^{\circ}40'S$, $77^{\circ}55'-78^{\circ}30'E$)进行了第四纪地质、地貌和古冰川等方面的考察,采集了各类第四纪沉积物、岩石和动、植物化石标本,共九百余公斤。这些标本由澳大利亚南极局于1981年7月和1982年3月经海运和空运抵达北京。之后,标本的鉴定、分析和测试工作即由中国科学院地理研究所、南京地质古生物研究所、地球物理研究所、北京大学、中国地质科学院地质研究所分头来进行。上述各单位参加该项研究的人员都是中年人,他(她)们都担负着繁重的科研任务。为了我国的南极事业,他(她)们加倍努力工作,广泛收集和查阅过去未曾接触过的文献资料,并用较短的时间出色地完成了工作。

我之所以把以上情况写出来,为的是要向读者说明一个问题:本文集的出版实实在在是国际和国内大协作的结果。除了十几位论文的作者以外,参加实验工作,帮助审阅修改论文、清绘图表、编辑出版以及协助我野外考察的同志和朋友,多达几十人。没有澳大利亚南极局和戴维斯站南极越冬考察队的帮助,个人的野外考察根本不能进行。没有上述研究单位的通力合作,就不可能取得这样的研究成果。因此,我深深地感到,个人的能力是有限的,团结合作的力量是无穷的。

本文集是南极东部维斯特福尔德丘陵区第四纪地质和地貌研究的专集,共十七篇论文。它们分别从不同的方面揭示了该区第四纪地质、地貌、古冰川、古地磁、岩石和自然环境的特征及其演变历史。在该区和整个南极东部过去还缺乏这方面的系统研究。所以,本文集的出版将对南极以至全球的第四纪气候和自然环境的研究有所裨益。

我国的南极考察还刚刚开始。我们对南极的了解还很少。限于本人的知识和经验,文集中存在的缺点和错误可能很多,恳请读者指正。如果本文集的出版对读者了解和研究南极,增进国际交流和进一步开展我国的南极考察事业能起些微薄作用的话,我和我的同事们将感到十分愉快。

最后,对王乃樑、侯祐堂教授,陈永宗、邢嘉明、滕吉文、张淑媛、陈楚震、王乃文、齐雨藻和仇仕华副教授审阅本文集的有关论文,赵冬老师审校全部英文摘要,在此一并表示诚挚的谢意。

张青松

1983年9月

• v •

序言.....	武 衡 (iii)
编者的话.....	张青松 (v)
南极东部维斯特福德丘陵地貌.....	张青松 (1)
南极东部维斯特福德丘陵的冰缘地貌.....	张青松 (18)
南极东部维斯特福德丘陵的第四纪地层.....	张青松 (27)
南极维斯特福德丘陵第四纪沉积物的 C^{14} 年龄.....	金 力 (39)
南极维斯特福德丘陵晚更新世沉积物的古地磁研究.....	朱志文 (47)
南极维斯特福德丘陵全新世有孔虫及其生态环境的初步探讨.....	李元芳、何希贤 (53)
南极瓦兹湖 DWI 剖面全新世介形类.....	勾韵翔、李元芳 (74)
南极维斯特福德丘陵地区第四纪双壳类动物群.....	蓝 秀 (91)
南极维斯特福德丘陵地区第四纪硅藻植物群的初步研究.....	李家英 (105)
南极维斯特福德丘陵地区第四纪风化壳的沉积学特征.....	谢又予 (145)
南极维斯特福德丘陵地区第四纪沉积物的粒度特征.....	谢又予 (153)
南极维斯特福德丘陵地区第四纪碎屑矿物及粘土矿物的初步研究.....	谢又予、刘燕君 (166)
南极维斯特福德丘陵地区第四纪沉积物的地球化学特征.....	谢又予、吴淑安、康立文 (180)
电子扫描镜下南极维斯特福德丘陵地区第四纪石英砂的表面结构特征.....	谢又予 (196)
南极维斯特福德丘陵地区的岩石类型及断裂系统.....	刘燕君 (204)
南极维斯特福德丘陵地区前寒武纪岩石的古地磁测定结果.....	朱志文 (211)
晚更新世以来南极维斯特福德丘陵的自然环境.....	张青松 (218)
南极维斯特福德丘陵地区汉英地名对照.....	(230)

COLLECTING PAPERS ON ANTARCTIC SCIENTIFIC RESEARCH

STUDIES OF LATE QUATERNARY GEOLOGY AND GEOMORPHOLOGY IN THE VESTFOLD HILLS, EAST ANTARCTICA

(目次)	Contents
(前)	Preface
(序)	Editor's Word
(1)	Geomorphology of the Vestfold Hills, East Antarctica
(2)	Periglacial Landforms in the Vestfold Hills, East Antarctica
(3)	Late Quaternary Stratigraphy of the Vestfold Hills, East Antarctica
(4)	Radiocarbon Dates of Quaternary Sediments in the Vestfold Hills, Antarctica
(5)	A Preliminary Study on the Palaeomagnetism of the Late Pleistocene Sediments in the Vestfold Hills, Antarctica
(6)	Preliminary Study on the Holocene Foraminifera Assemblages and Their Ecological Environment in the Vestfold Hills, Antarctica
(7)	The Holocene Ostracoda from Section DWI of Lake Watts in the Vestfold Hills, Antarctica
(8)	Quaternary Bivalve Fauna from the Vestfold Hills, Antarctica
(9)	Preliminary Study of the Quaternary Diatoms Assemblages from the Vestfold Hills, Antarctica
(10)	Features of Quaternary Weathering Crust in the Vestfold Hills, Antarctica
(11)	Characteristics of Grain Size of Quaternary Deposits in the Vestfold Hills, Antarctica
(12)	Characteristics of the Detrital Mineral and Clay Mineral of the Quaternary Deposits in the Vestfold Hills, Antarctica
(13)	Some Geochemical Features of Quaternary Sediments from the Vestfold Hills, Antarctica
(14)	Texture Surface of the Late Quaternary Quartz Sand of the Vestfold Hills, Antarctica, by Scanning Electron Microscope
(15)	Rock Types and Rift System in the Vestfold Hills, Antarctica
(16)	Some Palaeomagnetic Results of Pre-Cambrian Rocks in the Vestfold Hills, Antarctica
(17)	A Preliminary Study on the Environment of the Vestfold Hills, Antarctica, Since Late Pleistocene
(18)	Contrasts of Chinese-English Place Names of the Vestfold Hills, Antarctica

南极东部维斯特福德丘陵的地貌*

张 青 松

(中国科学院地理研究所)

维斯特福德丘陵位于南极东部 ($68^{\circ}22' - 68^{\circ}40'S$, $77^{\circ}55' - 78^{\circ}30'E$) 普雷兹湾东侧的沿海地带, 面积约 400 平方公里, 是南极东部较大的非冰盖区。该基岩裸露区呈三角形, 南界索斯达尔冰川东接大陆冰盖, 西北靠海 (图版 I, 图 1)。

自 1957 年澳大利亚在该地建站以来, 已有不少人对该区的自然地理、地质和地球物理作过调查和研究^[1], 但对第四纪地层和地貌尚缺乏研究。

本文根据作者 1981 年 1—12 月调查获得的资料, 着重阐述该区的地貌特征及其演化过程。第四纪地层将另文叙述。有关第四纪以前的地质概况则根据奥利弗 (Oliver et al., 1982)^[2] 等人的研究结果, 在文中作简要说明, 以作为该区地貌发育的基础。

一、概 况

维斯特福德丘陵被两个东西向的海湾——长湾和莫里斯湾分隔为三部分, 即长半岛、宽半岛和莫尔半岛。莫尔半岛南侧又为克鲁克特海湾^[3] 所限 (图 1)。沿海地带多岛屿。这些岛屿的地貌形态与内陆相似。有些岛屿, 如地磁岛具有明显的羊背石等冰川侵蚀地貌。

该区地形和缓, 由许多丘陵和谷地构成。最高丘陵海拔 158 米。丘陵山脊和谷地具有明显的方向性, 主要是北东东、北东和北西向。这同断裂构造和地层产状有关 (详见后叙)。从谷地中富含化石的海相沉积地层说明, 这些与现代上升海滩相接的谷地早先是古海湾。后来由于冰盖消融引起大陆均衡上升, 使它们残留在谷地中, 成为湖泊, 再因极地气候干燥, 蒸发量远远大于降水和冰融水的补给, 日趋盐化, 最后变成为咸水湖和盐湖。深湖便是其中最突出的一个, 湖水的总含盐度为 274 克/升, 相当于正常海水的 8 倍, 湖水水面低于现代海面 56 米。然而, 在维斯特福德丘陵地区约 700 个大小湖泊中, 绝大多数是淡水湖。其中有些是冰川刨蚀湖, 湖底为基岩, 或者覆盖砂和巨砾层。该区最大的淡水湖是靠近大陆冰盖的克鲁克特湖, 长 9 公里 (面积约 10 平方公里), 主要是靠索斯达尔冰川的冰融水补给。而该区西部的盐湖或咸水湖, 只靠少量的降雪和风积雪作为淡水补给来源。

总的说来, 从沿海到大陆冰盖, 地面海拔递增, 分割加剧, 地形日趋复杂, 湖泊亦由盐

* 笔者 1981 年在南极康维站越冬, 曾得到澳大利亚南极局的诸多帮助和支持, 撰写本文过程中得到澳大利亚莫纳什大学地理系彼得森博士的指导, 中国科学院地理研究所陈永宗同志绘图全页, 任其林同志帮助编辑附图, 谨此致谢。

1) 克鲁克特海湾目前为索斯达尔冰川所充填。据新的物探资料证实, 该海湾深达 750 米^[4]。因此, 它具有海槽的性质, 与西邻海沟相连。水团成因与海沟水团类似。

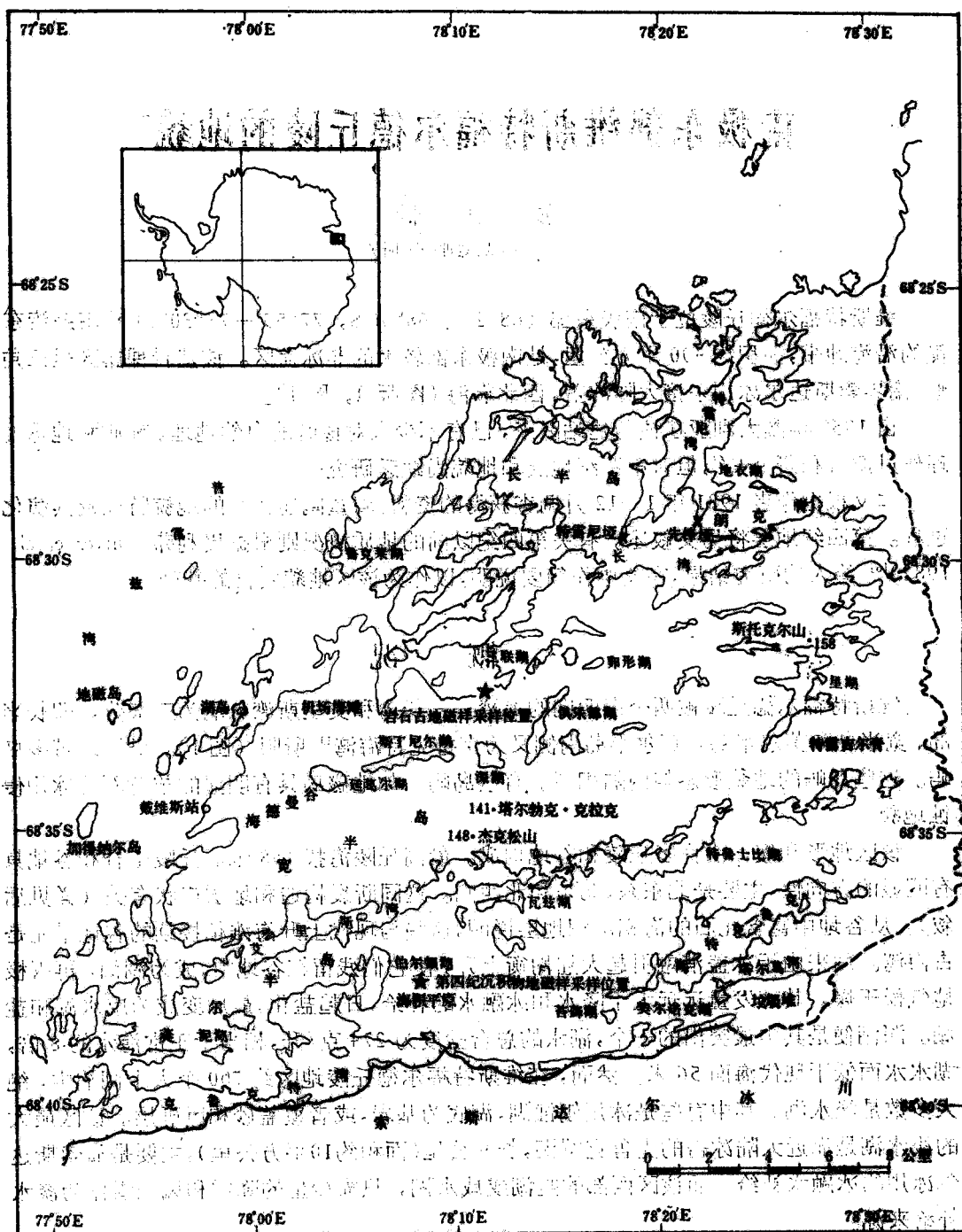


图1 维斯特福德丘陵地图

湖、咸水湖向淡水湖过渡。在三个半岛中,宽半岛的西部和中部,100米以上的丘陵较多,因而平均海拔高于其它地区。

冰川作用、寒冻风化(包括冰劈、冻胀、热融等)和风蚀作用是该区现代地貌作用的主要营力。然而,正如菲力普·劳^[1]指出的那样,覆盖全区的更新世冰盖对现代地貌的形成有

重大影响。覆盖全区的冰川作用可能发生过多次,但叙述比较详细的则是最后一次,其时代大约为距今 30000 年至 10000 年^[8,9]。因此,冰川侵蚀和堆积地貌到处可见。尽管如此,岩石和地质构造对本区地貌的形成仍有重要的控制作用。

无论是现代冰川冰的形成作用、海水和湖冰的消长过程,还是该区冰缘作用的类型,都同气候条件密切相关,可以说,现代地貌作用的外营力是受该区气候条件控制的。

1. 地质概况

和南极恩德比地 (Enderby Land) 的纳皮尔杂岩 (Napier Complex) 一样,维斯特福尔德地块是迄今已经肯定的南极东部前寒武纪地盾中几个古陆块之一^[10]。据奥利弗等的划分,该区太古界片麻岩杂岩是由几次变质的不同岩石类型组成。主要有以下四类(它们的走向均为北东东)(图 2):

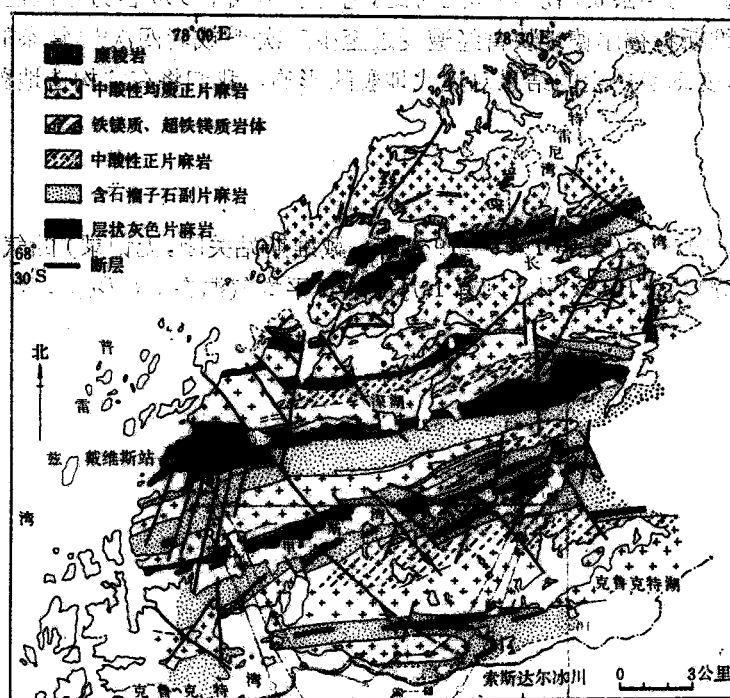


图 2 维斯特福尔德丘陵地质图

(据 Oliver et al., 1982)

(1) 灰色层状片麻岩,夹薄层或透镜状的基性喷发的沉积变质岩。这种成层性极好的沉积变质岩(层厚 1—20 厘米)是因石英、长石的含量变化和结构不同所致。

(2) 层状含石榴子石副片麻岩和基性片麻岩夹层。以含石榴子石的沉积变质岩为主。由薄层、细晶至中晶石英-长石-黑云母-石榴子石-正长辉石片麻岩夹粗晶(平均约 1 厘米)石英-长石-石榴子石片麻岩组成。

(3) 似层状酸性至中性正片麻岩。原岩为中晶至细晶花岗岩和闪长岩。似层状而不连续的展状构造是因拉长的石英-长石组分和结构的不同而造成的。

(4) 酸性至中酸性结构比较均一的正片麻岩。岩石以中粒矿物为主,结构均一,灰白

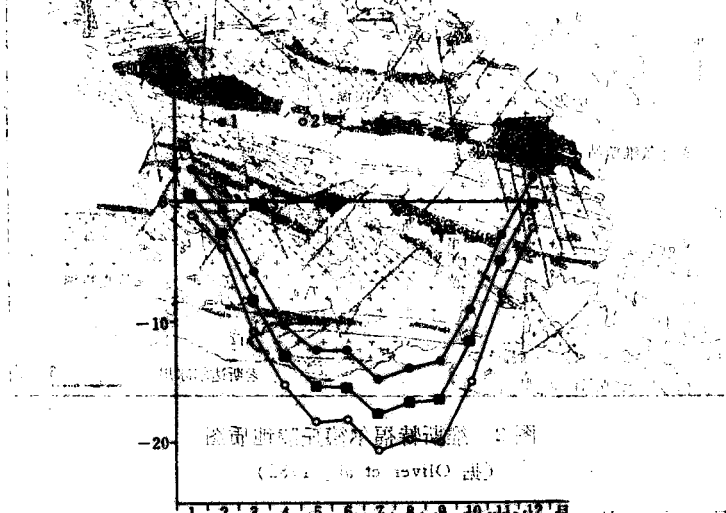
色至浅黄色,并垂直节理发育。此外,还常见到由中酸性岩体侵入片麻岩中的辉绿岩和辉长岩脉十分普遍。较大的岩脉,宽20—30米,延伸可达数公里,在航空象片上也清晰可见。其走向有北北东和北西两组,与主要断裂构造方向一致。辉绿岩比较致密,抗风化,所以它们常常形成岩墙陡壁。花岗岩和伟晶花岗岩脉也曾有所见,但规模很小。侵入时代也晚于辉绿岩(图版B-1)。此外,还见有石英岩脉。

阿伦斯 (Arriens, 1975)^[11] 用铷-锶法测定该区片麻岩的年龄为2500百万年,辉绿岩脉为1400百万年。在此以前,哈丁(Harding)和麦克里奥德(McLeod)(1967)^[12] 用钾-氩法测定的辉绿岩脉的年龄为1000百万年。最近,柯洛孙(Collerson, 1982)^[13] 研究了该区几种主要的辉绿岩和辉长岩脉之后认为,它们属元古代早中期和中期的产物。关于片麻岩的时代,柯洛孙等根据铷同位素的比值推知,至少形成于两期太古代花岗岩相的构造热变质作用以前,分别为2800—3000百万年和2400—2500百万年。该区尚缺乏花岗岩和伟晶花岗岩脉的年龄资料。与邻区对比,它可能形成于500百万年以前^[13]。

由此可见,维斯特福德地块曾经遭受过至少三次^[10]或者四次^[14]复杂的构造变动和变质作用。这些变动所产生的结果对现代地貌的影响,我们将在“构造地貌”一节中叙述。

2. 气候

根据1957—1974年(其中1965—1966年戴维斯站关闭,无记录)的气象资料,戴维斯站的年平均气温为 -10.26°C 。只有1月份的平均气温在 0°C 以上,达 1°C 。12月份



极端最高气温为 13°C ,极端最低气温为 -40°C 。极端最高和最低气温分别出现在7月和1月(图3)。

图3-1 戴维斯站月平均气温(1957—1974年) (据 Barton and Campbell, 1989)

1. 日平均最高气温; 2. 日平均最低气温; 3. 每日观测8次的平均气温。
该站的气候特征与南纬同纬度的其它地区类似。这是因为在非冰盖区,地面的光照反射率较低,岩石的热容量较大。据作者观察,地面从十月中旬开始融化,到次年2月底地面完全冻结。永久冻土活动层(厚0.4—0.7米)的融冻作用,每年可长达100天左右。

戴维斯站区的年平均风速为5米/秒。风速大于17米/秒的大风主要出现在冬季,约占全年天数的4%。1957年以来记录到的最大风速达55米/秒。大风风向均为东北,与大陆冰原的下降风有关。但在不同季节,风向也时有改变。暴风夹带的雪停积在山丘的背风坡,融水渗入地面,便成为促使冰缘地貌发育的有利因素。

维斯特福尔德丘陵虽然地处海滨,但降水量很少。据观察资料计算¹⁾,年降水量(由降雪量折合)仅70—130毫米。降水形式几乎都是下雪,即使在夏季,降雨也很少见。

二、构造地貌

地质构造对地貌的控制,最明显的当然是新构造运动强烈的地区。因为那里的侵蚀和堆积作用还进行得不充分。然而老的地质构造,甚至前寒武纪地质构造对地貌的控制作用,也到处可见。因而人们得以借助地貌形态判别地质构造。因此,从成因上分析,构造地貌可以分为两大类^[4]:(1)原生构造地貌,直接由构造运动造成,地貌形态尚未遭到外营力的严重破坏和改造;(2)次生构造地貌,或剥露构造地貌,已受各种不同外营力的改造,但地貌形态仍受地质构造的控制。

维斯特福尔德丘陵的构造地貌属于第二类。因为该区是南极东部地质的一部分。从大约500百万年以来,除了晚第四纪的冰川消融所引起的大陆均衡上升外,没有发生过任何建造地貌的地壳运动。该区的构造地貌乃是长期风化剥蚀、侵蚀的残余。冈瓦纳大陆自中生代至第三纪分裂以后,曾遭受多次冰川作用。第四纪冰盖极盛时期,维斯特福尔德丘陵完全为巨厚冰盖所覆。而在中生代和早第三纪,南极沿海地带气候温和,山毛榉森林茂盛^[5],蕨石动物群繁衍^[6]。这表明,在第三纪以前的漫长地质历史时期,维斯特福尔德丘陵主要经受温和气候的侵蚀、剥蚀作用。冈瓦纳大陆的部分地区,包括南极大陆,因有足够长的时间,形成剥夷面。

1. 剥夷面或侵蚀面

克隆(Crohn, 1959)^[7]曾经提到“海拔100英尺和300英尺的山顶面似乎代表该区两级古老侵蚀面”。据笔者调查,在维斯特福尔德丘陵,两级老侵蚀面的分布十分广泛。高级侵蚀面由浑圆、平坦的丘顶面组成,海拔100—120米,自东向西,即从大陆冰盖向海岸缓缓倾斜(图4,图版II-2)。该侵蚀面为谷地所分割。谷地中充填了厚度不等的冰川漂砾或基岩碎块。在一些宽大谷地中还有含海洋生物化石的晚第四纪沉积。低级侵蚀面由海拔40—50米的被谷地分割的和缓丘陵顶面组成(见图版II-2)。

这两级古侵蚀面由于受新生代冰盖的强烈刨蚀,风化壳等证据已不复存在。因此,关于它们的成因,尚缺乏资料作详细讨论。不过,把这种地貌形态视为夷平面也是常有的。在长期的地貌形成过程中,它们只是经过第四纪冰盖(在更新世末次冰期,冰盖厚度至少有160米^[8],甚至几百米^[18,19])刨蚀以后的残余。

2. 线性陡崖

受断裂或片理构造控制的线性陡崖在该区较为常见(图版II-3)。与本区北东方向

1) 据 M. Whitehouse 1961 年资料。只计自然降雪,不计风吹雪。

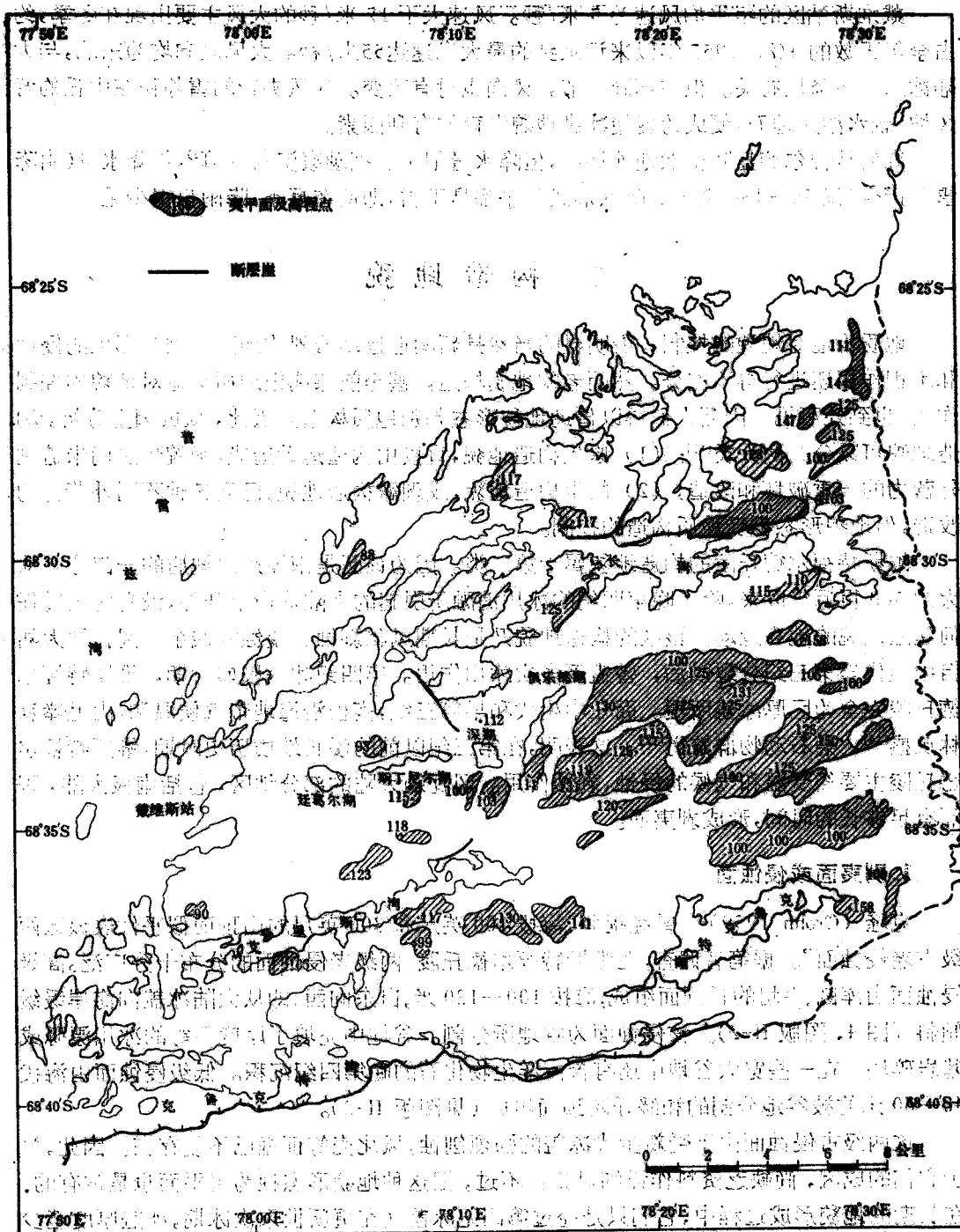


图 4 维斯特福德丘陵的剥夷面及断层线崖分布图

的主要构造线一致的断层和片理相当发育。在某些海湾的北侧，北东东向延伸的陡崖高达 100 米，长几公里。例如，长湾东头北侧的朗克脊断层线崖长 5 公里。该崖面是一个向南倾斜的高角度断面，硅化断层角砾岩清晰可辨。从艾里斯海湾向东，沿特鲁士比湖北

侧,北东东向断层线崖延续 8 公里,高差 60—100 米。据观察,该陡崖是沿右行滑动的断层发育的。在特鲁士比湖西端,两条北西向延伸的辉绿岩脉在该断层两侧,相对水平移距达 250 米(北侧东移,南侧西移)。从特鲁士比湖东端至大陆冰盖西缘的一条长约 6 公里的断层线崖也具有同样性质,是为特雷吉尔脊。其南侧即为断裂谷地。两者地形高差达 80—100 米(图版 II-3)。这两条雁形排列断层,可能是艾里斯海湾断裂带的东延部分。

其它的北东东向线性陡崖还有斯丁尼尔湖北侧至斯抬克尔丘陵及若干规模较小的线性陡崖。它们多半是与片理构造,或者陡倾斜的岩层界线有关。

3. 线性谷地(断层线谷)

线性谷地比线性陡崖更普遍。除了上面提到的北东东向的海湾和盆地外,还有两组线性谷地:北东向和北西向。它们都位于断裂带内。

两条北东向伸展的线性谷地十分显著。第一条,沿柯洛森湖(Lake Collerson)、俱乐部湖和卵形湖展布,向东北穿过长海湾到先锋垭,再向东北延伸,总长约 14 公里。第二条,顺塔西湖、三联湖和回波湖向北越过长海湾至特雷尼亚口,并与北东东向的特雷尼海湾断裂带相接,总长 15 公里以上。在这两条线性谷地里,地形高差达 100 米的断层线崖,如塔尔勃克·克拉克和里德·勃拉夫等,与长数公里的线性盆地,均很醒目。此外,在长半岛和宽半岛,还有许多规模较小的北东向断裂谷地。据调查,这些延伸很长的北东向谷地和北东东向谷地一样,在全新世中期均为古海湾(详见另文)。

北西向线性谷地规模较小,不及北东向谷地发育。谷地与两侧丘陵间的地形起伏也较和缓,但受断裂构造控制的性质却很明显。其代表有二:(1)从威德尔湾起,向东南经深湖至塔尔勃克·克拉克之西,长约 6 公里;(2)长半岛东部的地衣谷,长 3.5 公里。

4. 不对称谷

许多构造谷地,特别是北东东方向的断裂谷,它们的横剖面不对称。例如,特雷吉尔谷北侧为高达 100 米以上的陡崖(断层线崖),南侧为缓坡(最大坡度约 20°),无陡崖(图版 II-3)。北陡南缓的不对称形态十分显著。这类不对称谷在北东和北西向延伸的谷地中亦可见到。

对于高纬度永久冻土地区的不对称谷的解释,必须十分慎重,不能一概归因于冰缘作用^[20]。就维斯特福德丘陵而言,不对称谷的形成乃是多种因素长期联合作用的结果。在第四纪以前,它经过多次侵蚀循环,又遭受几次第四纪冰盖的刨蚀,最终造成与地质构造相吻合的线性陡崖。地形上的这种差异,从根本上说,还是受控于地质构造本身(高角度的断层或片理,以及断层两侧的岩性)。从晚更新世末次冰期冰盖消融以后,维斯特福德丘陵的冰缘作用相当强烈,不对称谷,尤其是北东东方向的谷地,受到不同程度的改造。这可能是该区北东东方向的不对称谷地比其它方向更显著的原因之一。但是,该区在冰期以后所经历的冰缘作用时间仅几千年,冻融作用尚不足以形成如此规模的不对称谷。它不同于北极的某些地区,如阿拉斯加,那里在第四纪冰期和间冰期始终存在冰缘作用,因此,维斯特福德丘陵的不对称谷乃是地质构造控制、冰川和冰缘叠加作用的结果。其中构造控制是基本的。

[illegible]

三、冰川地貌

在维斯特福尔、德丘峡谷、冰川、湖泊地貌和冰蚀地貌均有分布。

早期冰盖的遗迹有冰川侧碛丘陵、冰蚀谷地、羊背石、冰溜面以及遍布各地的冰川漂砾和其它堆积物^[14]。距今大约 30000—10000 年的晚更新世冰期^[15]，或称“维斯特福德冰期”^[22]，冰盖厚度至少比现在大 150 米^[16]，可能达数百米^[17]。由于该期冰盖的推进，覆盖了维斯特福德丘陵全区，把以前的地貌形态大部分被磨灭了。因此，现在所见的冰川侵蚀地貌是更新世末次冰期的产物，但同期冰川堆积地貌保存极少。目前分布在大陆冰盖前缘和索斯达尔冰川北侧的冰川堆积地貌可能是距今 3000—2000 年的新冰期^[8]或切尔诺克冰期^[22]所形成的。

1. 冰川侵蚀地貌

晚第四纪冰川的侵蚀作用,使维斯特福尔德丘陵区的岩石表面的风化壳剥蚀无遗。冰期以后的冰劈和冻融作用又塑造新的冰缘地貌。即使如此,小型冰蚀地形,如平行冰蚀槽谷,羊背石等,在该区仍大量遗存。晚更新世末次冰期的冰流方向依然可以根据冰裂隙、羊背石和冰溜面等得以恢复(图版 III-1, 2)。

冰川刻蚀槽谷

在维斯特福尔德里陵东南部与现代冰盖毗邻的地带,长100—1000米、宽数十米的北西向平行排列的冰刃刻蚀槽谷非常发育。一个典型实例介于切尔诺克湖和克鲁克特湖之间,数条北西向平行排列的槽谷横切片麻岩岩层。它们的横剖面均呈“U”型,与槽谷平行的丘陵脊顶被刨光蚀圆,擦痕众多。脊顶高出谷底20—50米(图版III-3)。

刨蚀盆地与不规则突起

据统计,在维斯特福尔福德丘陵,大小湖泊多达700多个。其中绝大多数湖水面积小于0.01平方公里,水深不足10米,甚至3米以内。湖底堆积巨砾、泥沙。有的湖底基岩露出。这表明它们的成因与冰川刨蚀有关。湖泊的排列方向,除了与冰流方向——北西南一致的以外,还有北东东和北东向的。这再一次说明,冰盖的剥蚀是沿构造软弱地带进行的。

造性和构造的控制也表现在冰蚀丘陵和基岩突起的塑造上。许多高大的冰蚀丘陵，如斯托克尔丘陵(158米)、里德勃拉夫(125米)、塔伯克·克拉葛(141米)和瞭望丘陵(90米)等，并不具有象单背石那样明显的不对称形态，而主要是受地质构造控制的残余丘陵。在塔伯克·克拉葛丘陵，冰川擦痕方向为北西，与丘陵脊的走向(北东)恰好垂直。可见冰流方向并不总是可以根据线性冰蚀丘陵的方向来判断^[10]，而必须从测量冰擦痕的大量统计数字中求得。

羊背石

在塔尔葛河谷以及克鲁克特湖和星湖附近,羊背石最为发育(图版 III-4)。塔尔葛河谷中成群出现的羊背石,高5—20米,长数十米至百余米。一般说来,对着冰流方向(东南东)一侧,岩面光滑和缓,背冰流方向(北西西)的一侧,坡陡,破碎。与塔尔葛河谷平行的轴

向为东西的羊背石的形成,可能同新冰期索斯达尔冰川伸展到谷地有关。在克鲁克特湖和星湖附近,还有许多“反向”羊背石,迎冰流面陡峻、破碎;背冰流面平缓光滑。德莫累斯特 (Demorest, 1939)^[25] 认为这同前冰期地质构造的控制有关。但是埃姆勃莱顿和金氏 (Embleton & King, 1968)^[26] 以及亨德和哈立特 (Hanshaw & Hallett, 1978)^[27] 则认为这类“反向”羊背石可能是冰下冻融作用造成的。根据维斯特福尔德丘陵区“反向”羊背石的特点,作者认为,岩石和地质构造的控制是主要的。

2. 冰川堆积地貌

维斯特福尔德丘陵的冰碛地貌,按其堆积地貌形态,分为两类。

第一类,冰碛平原,以地形起伏微小为其特征^[28]。最显著的实例是克鲁克特海湾以北的“海积平原”。该平原面积约 4.5 平方公里,海拔 20 米 (图版 IV-1)。下伏地层是海相上更新统 (C⁴, 年龄为 31000 年 BP¹⁾), 厚度大于 8 米 (未见底)。上面不整合地覆盖 0.5—2 米的冰碛层^[29]。它的南缘和西缘,又被距今大约 7000 年的海相沉积所覆。因此,可以肯定,该冰碛平原是在晚更新世冰盖退缩过程中形成的^[28]。

第二类,包括带状冰碛垄、复合冰碛垄和冰碛丘陵等^[30]。冰盖边缘正在形成时冰核冰碛垄表明,大陆冰盖前缘在退缩、变薄,高 5—20 米,长约 20 公里的带状冰碛垄就是沿这一带分布的。它距冰盖前缘很近,冰碛物下面还有冰核 (死冰川冰)。可以肯定它形成不久,可能是小冰期 (公元 15 世纪至 19 世纪) 以后的产物 (图版 IV-2)。

在索斯达尔冰川北侧,可见两道冰碛垄和冰碛丘陵。它们均形成于晚全新世新冰期的不同阶段。在塔尔葛河谷中断续分布的孤立冰碛垄,高 10—25 米,东西向延伸数十米至百余米,距索斯达尔冰川 2 公里,可能代表新冰期早期冰川向北扩张的边界。位于索斯达尔以北 100—500 米的复合冰碛,从切尔诺克湖东北缘向西延续到克鲁克特海湾北岸,全长约 12 公里,宽 100—200 米,由二、三道侧碛复合而成,相对高度为 20—70 米,内侧尚保存冰核。它们显然是新冰期早期索斯达尔冰川几次扩张和退缩形成的 (图版 IV-3)。

在维斯特福尔德丘陵东南角,距索斯达尔冰川与冰盖接合部的北侧,有一个巨大的冰碛丘陵,叫“垃圾堆”,略呈椭圆形,东西长 2.5 公里,南北宽 1 公里,高 120—160 米。丘陵西部可见冰核。该丘陵表面起伏很大。一方面存在若干略呈东西向的脊 (可能是冰碛物沿冰盖前缘的剪切带堆积而成的); 一方面,冰碛丘陵形成以后,又形成许多热融洼地和湖泊^[29]。这个巨大冰碛丘陵的形成可能同大陆冰盖前缘冰碛与索斯达尔冰川的侧碛的叠加有关。其时代大约为全新世新冰期的中期。

此外,在塔尔葛河上游北面的若干谷地里,还有许多小规模弧形终碛垄,高 40—50 米,宽 100—200 米,像水坝一样横亘在冰川湖前 (图版 IV-4)。这些冰川湖由残留在塔尔葛河谷中的死冰川冰和积雪补给。很显然,这些终碛垄是大陆冰盖前缘舌状冰川的遗迹。其时代应当早于现代冰盖边缘的带状冰碛垄,晚于索斯达尔冰川以北的孤立冰碛垄、复合侧碛垄和冰碛丘陵,属全新世新冰期的晚期。

1) 本文利用的 C¹⁴ 年龄数据,除注明者外,均由中国科学院地理研究所 C¹⁴ 实验室提供。

四、冰缘地貌

与本区的其它地貌类型相比,冰缘地貌形成时代较晚(始于全新世中期,形态细小,只是对早先地貌形态,如滩地、谷地和坡地等的改造和修饰。但是冰缘地貌类型却不少,共有 12 种,分别由冰劈、冻胀,热融和风等冰缘作用造成。关于冰缘地貌的类型、特征以及发育过程,将在本文集中另文叙述。

盛献璋等编, 1984

五、海岸和湖泊阶地

1. 大陆架

迄今为止,对南极东部大陆架的研究不多,资料欠缺。1981 年作者调查的范围也限于陆地。所以下面的叙述主要是根据 1960 年国际海洋学会测绘的大陆架海底地形图所作的分析。

如图 5 所示,在维斯特福德丘陵沿海有一个深 400 米、宽约 200 公里的平坦陆架。但在离海岸几十公里的带内,陆架水深仅 200 米,地形起伏和陆架坡度均较大。在近岸带 5 公里范围内,还有许多岛屿,从 200 米等深线向北,陆架平坦一直延续到南纬 67° 附近。再向北,陆架北缘即为坡度很陡的大陆坡,从 400 米陡降至 3000 米深的大洋盆地。

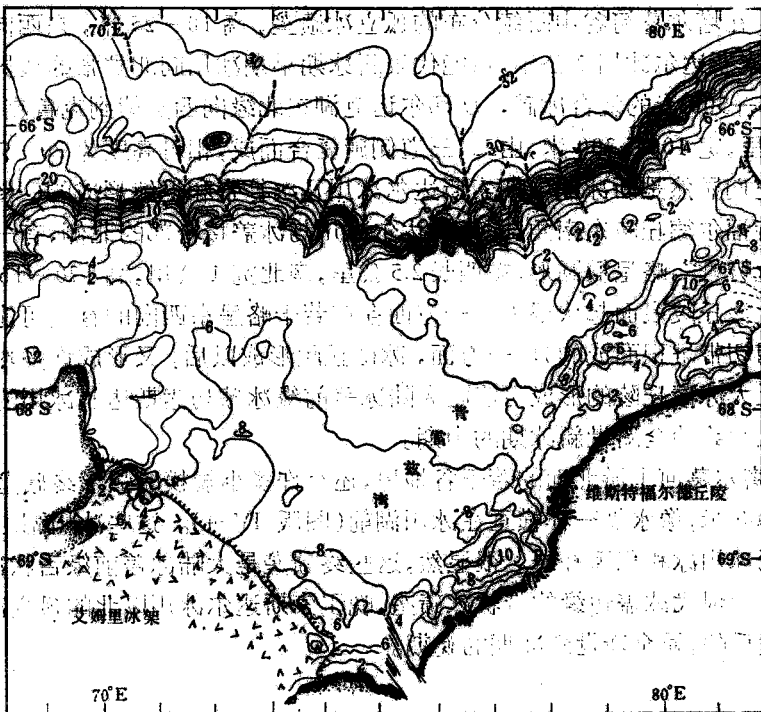


图 5 维斯特福德丘陵大陆架海底地形图

(据 GEBCO, Chart, 1960)