

南极东部拉斯曼丘陵区的地貌

李 栓 科**

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)
(国家计划委员会)

提 要 拉斯曼丘陵地处极地永久冻土带, 风力作用频繁。各种冰缘过程主宰了现代地貌特征的形成, 无冰区历史短暂及南极东部古老结晶地盾的相对稳定性, 使风化微弱, 并以寒冻风化为主。风力地貌、冰缘地貌、冰川地貌、湖泊地貌、海岸地貌和构造地貌组成本区主要的地貌类型, 各种堆积地貌形态均不发育。西部地区地貌形态相对年轻, 残存的冰碛物地表分布特征指示冰盖后退依东北到西南方向进行, 海岛、半岛及冰陆过渡带构成该丘陵三个差异明显的地貌单元。

关键词 南极 极地地貌 寒冻地貌 地貌类型

拉斯曼丘陵区 (69°21'S—69°28'S, 76°00'E—76°25'E) 位于南极东部伊丽莎白公主地, 是全新世才形成的无冰区, 由五大半岛和 130 余个小海岛组成 (图 1)。

1986 年 2 月, 澳大利亚在拉斯曼丘陵的米洛半岛建立了该地区第一个夏季科考站——劳基地 (Law Base)^[1], 1986 年 12 月—1987 年 2 月, 澳大利亚学者在该地区进行野外调查采样^[2]。

1986 年 12 月—1987 年 4 月, 前苏联在该区建立了第一个常年科考基地——进步一号站, 1989 年开始建立进步二号站, 他们在该区开展了大量的地质学、矿产学、地球物理学、测绘学和气象学研究。中国南极中山站 (69°22'24"S, 76°22'40"E) 建于 1989 年 2 月, 作者于 1990 年 11 月—1993 年 4 月先后在该站进行渡夏和越冬考察, 本文即是有关地貌问题的初步总结。

1 地貌发育背景的分析

拉斯曼丘陵区的地貌形态、结构和组合特征是在南极东部大陆独特的自然背景下形成的, 频繁的冰川作用, 极端干冷的气候, 稀少的生物以及古老结晶地盾, 构成了地貌发育的主要内、外营力。

1.1 短暂的无冰区历史

对南极大冰盖的形成时间虽有多种看法^[3-5], 但均承认在第四纪初期就已存在, 第四纪

• 八五科技攻关项目、中国科学院八五重大项目、中国科学院地理研究所所长基金项目成果。

** 初稿得到张青松、韩慕康、李炳元先生审阅, 野外考察承蒙刘小汉、国晓港、贾根整、万国才、全来喜同志帮助, 谨致谢意。

来稿日期: 1993 08, 收到修改稿日期: 1994 10。

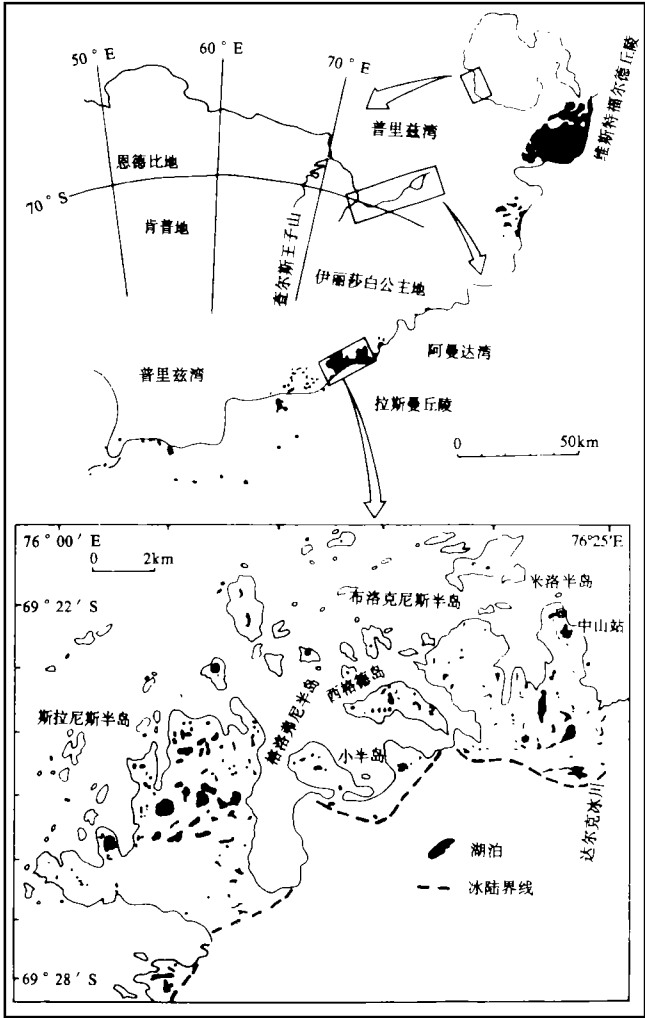


图 1 拉斯曼丘陵区的地理位置图

Fig. 1 Location map of the Larsemann Hills, East Antarctica

冰盖进退对地貌的作用主要表现在沿海地带，不同地区冰川作用规模、期次不尽相同。1988 年 SSP 实施的 SODP 测线 Leg119 对普里兹湾进行了钻探，结果表明该地区最早的冰碛物出现在中始新世，普里兹湾离艾默里冰架 (Amery Ice Shelf) 150—170km 的范围曾被冰盖占据，冰盖前缘推进到现今 1 500—2 000m 等深线附近 (MJ Hambrey et al, 1989)^[5]，据此，拉斯曼丘陵区被冰盖覆盖的时间应不晚于始新世中期。冰盖后退的最早时间不超过一万年^[6-9]，已有松散堆积物的¹⁴C 测年值均未超出全新世范围^{[7]、①②}。而且冰盖是向西南方向渐次后退，这与普里兹湾东岸其它无冰区的研究结果是一致的^[10、11]。

1.2 极端干燥寒冷，风力频繁强盛

拉斯曼丘陵区地处高纬高寒(年平均气温-10℃)的永久冻土带，极端最低温-39.6℃，

① 耿侃 (1994)。
② 金力 (1993) 等的¹⁴C 测年报告。

极端最高温为 8.9℃。每年地表封冻期长达 300 天,影响了冻融交替的进程,即使在短暂的消融季节(每年 12 月下旬到次年 2 月中下旬),也因气温的日较差较小(5—7℃),限制了冻融和冻胀作用的强度。

气候干燥,中山气象站 1989—1993 年观测记录表明,年平均相对湿度为 51%,最高在 1 月,而最低在 7 月,据估算,年降雪折合成水深约为 250mm。蒸发量相当于降水量的 10—15 倍^[8]。极端干燥使得岩石和松散堆积物孔隙持水量稀少^[2],冰劈作用和冻胀冻融作用的强度大大降低,以致在永久冻土带中出现较广泛的冷岩和寒土斑块。

最常见的风力类型为绕极东风和下降风。前者常年存在,以 E 和 ENE 方向为主,较稳定。后者则主要出现在 11 月到次年 3 月每天的早晨和傍晚,是南极大冰盖的热力效应和东南极地形结构相叠加的结果,以 SE 和 ESE 向为主,风速极不稳定。此外,逆温风和地形屏障风也对地貌发育产生影响。中山气象站量大风速 46.2m/s (1991 年 4 月),各月平均风速介于 5—10m/s,4 月和 8 月的风速最大,可达 8m/s,1 月份风速最低为 5m/s,9—12 月和 2—3 月的平均风速介于 6.0—7.0m/s 之间。风向频数以偏东向为最高,占 67% (图 2)。广泛发育的各种风蚀地貌形态和风蚀穴的定向排列特征是在这种强盛、高频、方向稳定的风力条件下形成的。各月平均风速均超过粗砂级以上碎屑起动的临界值^[12]。全年大风日数 188 天,即半年多时间内每天的风力都能起动细砾以上的碎屑颗粒^[9,12]。本区最具代表性的砾堆(砾滩)、沙堤(沙地)等风积形态都与较高的风速起动值有关^[9]。

1.3 微弱的风化过程

低温严寒、冰雪覆盖、干燥多风、冰结期长以及缺少液态水分,限制并减弱了生物风化和化学风化过程,物理风化,尤其是冰劈、冻胀、冻裂、重力崩塌等占主要地位。但是,拉斯曼丘陵区独特的气候条件,东南极古老结晶地盾的岩体构造以及短暂的无冰区历史,使风化作用微弱,表现在:其一,风化碎屑稀少,且颗粒粗大,风化壳很薄(<10m)。其二,风化碎屑及松散沉积物的化学组份与母岩相似^[13,2]。其三,沉积颗粒粗化,多为细砾中粗砂类型,极少有粘土物质,可以认为本区现代地貌发育的初始性除与特殊的气候有关外,主要与风化过程的初始、微弱有关^[10,13]。

1.4 相对稳定的地盾、多期变质的岩体

地质研究表明,拉斯曼丘陵所在的东南极太古代结晶地盾曾是冈瓦纳古陆的一部分。目前,本区至少可分辨出高低两级古剥蚀面(图 3),可能代表本丘陵区在冈瓦纳古陆裂解前后的地貌作用面。晚新生代以来,冰川作用对本区及古剥蚀面进行了多期次的改造,全新世以来,冰缘营力占据重要地位。

本区基底自形成后,经历三次强烈的混合变质作用^[2,6],其间伴有花岗岩体的侵入。岩石主要类型是各种片麻岩,本区片麻岩的组份、岩组结构和颗粒排列的均匀性较高,相对降低了孔隙度,限制了各种冷冻地貌营力的作用,尤其是降低了热胀冷缩对岩石的崩解破碎,但历经多期强烈混合变质的岩体,发育了大量的构造裂隙,有利于冰劈作用、风蚀作用和雪蚀作用的进行。北东和北西两组构造线控制了本区地貌形态的空间格局。

2 主要地貌类型与空间分布特征

海岸地貌、湖泊地貌、冰缘地貌、冰川地貌、构造地貌和风力地貌构成本区主要的地

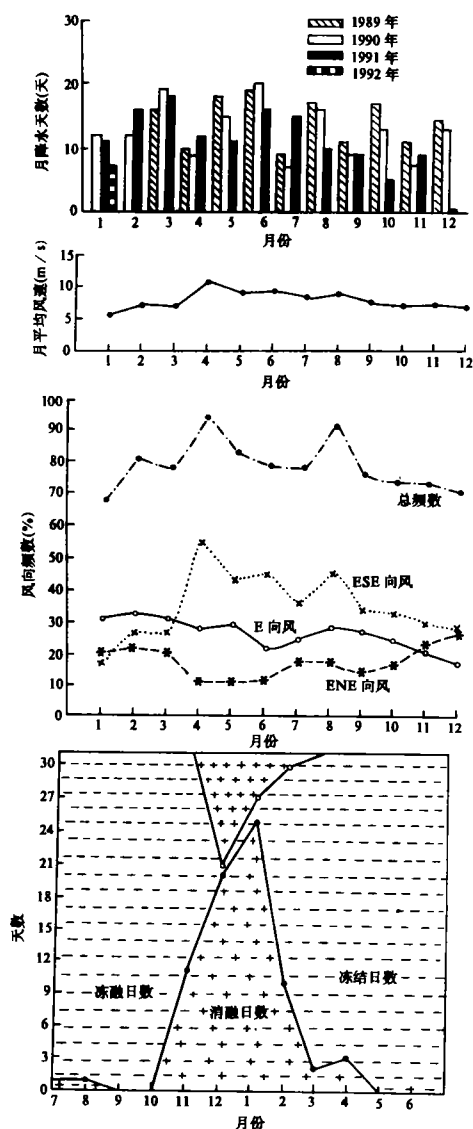


图2 拉斯曼丘陵(中山气象站)综合气候特征

Fig. 2 Climatic sketch of the Larsemann Hills (Zhongshan meteorological observatory)

2.2 湖泊地貌

拉斯曼丘陵区大小湖泊 150 余个, 湖泊总面积 6.3km^2 ^[14,15]。湖泊的地区分布不均匀, 东部湖盆少, 但湖泊深而大; 西部则以众多的浅小湖盆为特征。湖盆发育时间短, 但湖水理化性状却很复杂^[14]。从成因上看, 有:

构造湖: 如内拉湖和长湖, 湖盆深大, 最深分别为 18.2m 和 11.0m, 内拉湖在本区面积最大, 约为 0.1km^2 。构造湖湖岸线陡直, 湖盆宽深, 湖底起伏较和缓^[14,15]。

貌类型(图 4)。

2.1 海岸地貌

本区的海岸绝大部分是侵蚀海岸, 侵蚀营力以浪蚀、海冰刨蚀与掘蚀为主; 局部地段终年被冰雪覆盖, 冰蚀和雪蚀也构成岸线发育的动力, 海湾段有少量的碎屑物堆积。全区的海岸呈现岬角侵蚀后退与峡湾轻微淤积相交错, 并向岸线长度缩短、平直的方向发展。海蚀崖和海岸阶地, 即是海岸侵蚀及基底相对抬升过程的产物, 海岸堆积砂砾石(滩)及常年积雪可视为堆积海岸带的标志。

冰蚀海岸: 主要指被现代冰盖或冰川前缘覆盖的岸线, 冰的刨蚀和掘蚀是塑造该类海岸的主要营力。

雪蚀海岸: 受本区风向的影响, 主要分布在半岛或海岛的西南岸。

海蚀海岸: 拉斯曼丘陵区陆地近期呈现相对上升的趋势, 除了冰蚀和雪蚀海岸带外, 本区大部分海岸均受海蚀改造。海冰的冰劈和冻拔作用在此类海岸带的发育中占有重要的地位, 较陡的海蚀平台及平台后缘凹壁等不同于一般的海蚀岸线。

海蚀穴: 高出海面 4—5m 的海蚀穴, 是波浪、潮汐以及海冰冻拔和冰劈作用共同塑造而成, 穴壁呈凹形, 且下部稍突出, 而上部则急剧凹下, 与常态海穴正相反。

一级海蚀阶地: 海拔高 5—8m, 分布在米洛半岛东岸、布洛克尼斯半岛东北岸、斯托尼斯半岛北岸以及众多小海岛沿岸地带。阶地面保存较完整, 局部地段尚有冰碛漂砾。

二级海蚀阶地: 海拔高 10—12m, 分布地区与一级海蚀阶地相近, 后期外力改造明显, 阶地面较破碎。

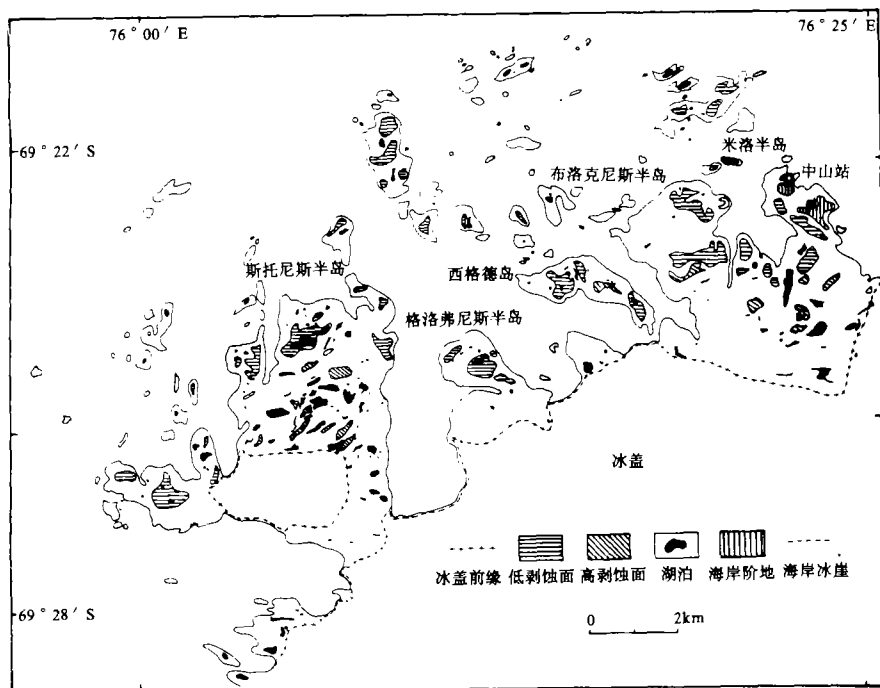


图3 古剥蚀面分布图

Fig. 3 Distribution of paleo-denudation surfaces

冰蚀湖：常沿岩性软弱带或 NE、NW 和构造线成串珠状延展。平面形态为长条状，湖面较宽阔，但深度较小，如法里斯湖、冰封湖、奥斯卡湖等。冰蚀湖湖岸平缓，常有漂砾残存，部分湖岸地带现代冰缘形态非常发育，如法里斯湖岸的石环和多边形土。

雪蚀湖：由积雪反复冻融拔蚀作用形成。湖盆浅小，但数量众多，常在冰缘剥蚀坡面上成群出现。雪蚀湖盆的发育过程目前仍可观察到，许多浅小洼地夏季融雪充水成池塘，夏末当年积雪融化殆尽时，强烈的蒸发作用使其成干池塘，至次年 3 月初又为积雪占据，如此周而复始，遂使洼地不断加深展宽。湖盆形态近圆形。

冰面湖：是夏季融冰化雪水在冰盖或冰丘表面低洼处储存而成。湖盆浅平，涨缩变化快，湖泊随周年冻结、融化循环而呈展宽加深趋势。

海迹湖：海面相对下降而使原滨海低洼地形成潟湖。海迹湖湖盆浅平，湖面面积较广，湖底堆积物夹有海积层，如普·勒古恩湖、4 号湖、5 号湖、6 号湖和 7 号湖等。海迹湖平面形态近园形。

多数湖岸发育有湖蚀崖，部分湖盆尚有 3—5 级湖岸堤存在，反映湖面收缩下降现象。

2.3 冰缘地貌

冰缘过程是本区现代地貌发育中的主要过程，既有继承性又有新生性，许多冰缘形态是在古冰川或冰盖塑造的地貌基础上发育而成。

雪被：是指常年积雪覆盖的地区，多为低洼地或谷地，下伏形态大都与古冰川作用有关。雪被厚度不等，较厚的雪被下部已有成冰现象。

雪蚀洼地：是由季节性积雪侵蚀而成的低地，部分雪蚀洼地夏季积雪融化并充水成为

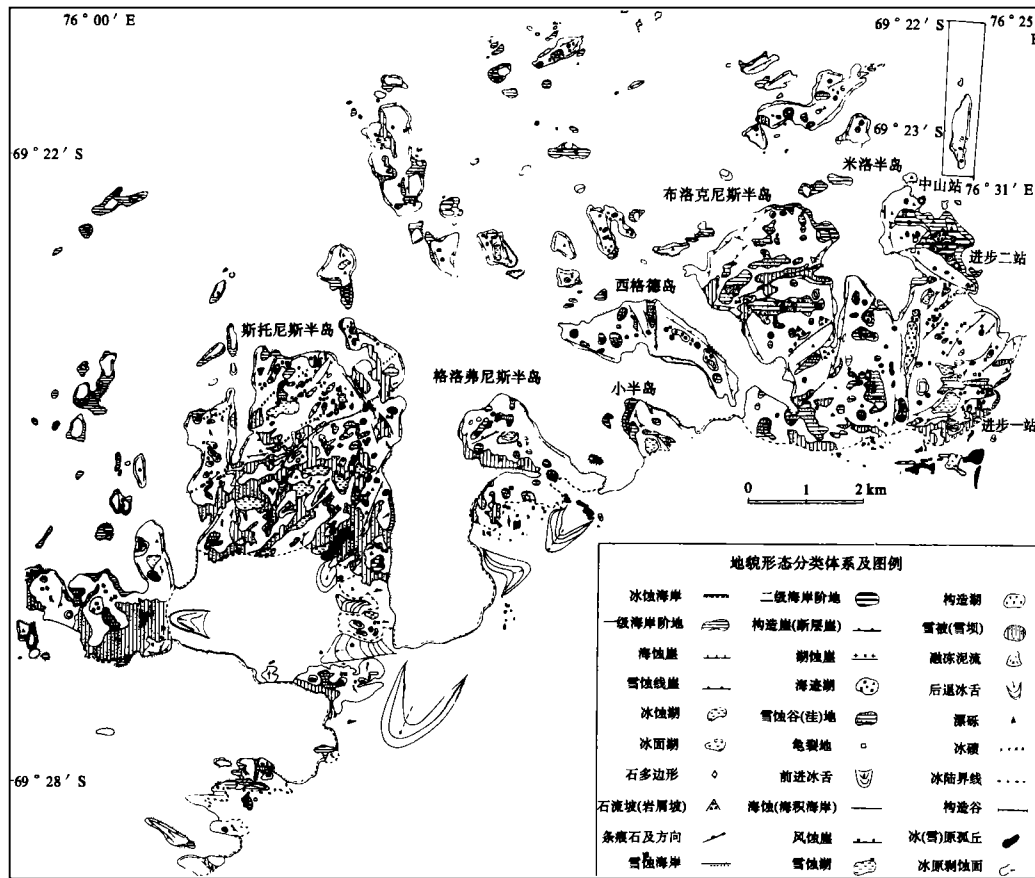


图 4 拉斯曼丘陵地貌类型及其地区分布

Fig. 4 Landform types and distributions in the Larsemann Hills area

季节性湖泊。大型雪蚀洼地多是在古冰川侵蚀低地的基础上发育而成。

石多边形：分布在松散堆积物覆盖的低洼地，如滨海低地、近湖洼地、谷地底部等地貌部位，是冻胀作用的产物，本区石多边形发育初始，分选很差，直径多介于 20—60cm。石多边形中央部位常下伏有小冰丘。

龟裂地：分布地区与石多边形相近，是冻裂作用的产物，直径 40—70cm，裂痕较浅，多在 5cm 左右。

融冻泥流扇：是松散堆积物经冰融蠕动作用而成并逐渐向谷底方向缓慢下移。融冻泥流扇体发育的坡度多在 15°—20°范围内，最典型的见于劳基地东北侧，长 25m，最宽 12m，前缘蠕动舌体高 80—120cm，表面形成 3—4 道蠕流褶坎。

岩屑坡：是冰缘崩解作用形成的，大小石块覆盖的坡面，多分布在基岩陡坡地段，规模较小，重力作用及冻胀作用在坡面块体运动中也占有较重要的地位。

冰缘剥蚀面：是冰缘冻胀力、冻融力的崩解作用及风蚀和雪蚀作用共同塑造的剥蚀面，倾斜度多在 5°—15°，表面裸露基岩，鲜有松散碎屑覆盖。

2.4 冰川地貌

由于本区曾广泛被冰盖覆盖,并历经多期冰盖进退或古冰川作用,部分地区目前仍受冰盖和冰川作用。形成的地貌形态有:

前进冰舌和后退冰舌:这两种冰舌的确定依据野外调查、地形图分析和航空照片判读,后退冰舌在地形图上的等高线向冰盖或冰丘核心凹入,在野外可见到前缘留有一道冰碛物,并有小型储水洼地成群或呈串珠状分布。前进冰舌的等高线形态则正相反。本区所见的几条多是后退冰舌。

冰川擦痕石:是古冰流研磨和刻蚀作用的产物,据野外调查统计,指示本区古冰川古冰盖流动方向,主要存在两组:一是 NW30°—50°,另一组是 NE20°—25°,表明全新世本区主要有两期冰川进退事件。

漂砾和冰碛物:均是冰盖或冰川进退的遗迹,漂砾分布较广,最高位置是 143m a. s. l.,岩性与本区相同,为近源搬运。许多漂砾表面发育密集的风蚀穴。本区尚有两道断断续续的冰碛条带,其中见有玄武岩碎块,源自查尔斯王子山,说明古冰盖、古冰川活动范围较广。

冰原孤丘:是突兀于冰盖或冰丘表面之上的基岩丘陵,受冰缘风化剥蚀作用明显,孤丘表面尚有零星冰碛物、漂砾存在。

2.5 构造地貌

构造崖:形态高耸陡直,以 NE 向延伸为主,次为 NW 向,与本区地质构造走向一致^[2]。

构造谷:中央谷地和大峡谷是本区最典型的构造谷地^[9],曾受古冰川改造,目前为各种冰缘过程所代替。构造谷以 NE 向最为发育,次为 NW 向,与本区构造主要走向一致。

2.6 风力地貌

拉斯曼丘陵区广泛发育了多种风力地貌(风蚀和风积形态),风砂(雪)流塑造了特殊的地貌形态,如风蚀壁穴、风蚀崖、风积砂地、风积雪坝和雪堆等。

3 区域地貌差异的分析

海岛、半岛与冰陆过渡带的地貌营力组合与形态特征有明显的差异,构成拉斯曼丘陵区三个不同的地貌单元。冰盖后退的方向与时间差异又使得丘陵区东部与西部地貌特征明显不同,表现为两大特点。

3.1 冰盖逐步后退导致东西部地貌差异

野外考察发现,该丘陵区见有两道冰碛物和漂砾组成的条带(图 4),在西部地区保存较完好,东部地区近冰盖的条带依稀可辨;冰碛条带的分布为 NW—SE 走向,说明冰盖后退的方向依 NE—SE 进行,亦即东部地区无冰区历史比西部长。这与普里兹湾沿岸其它地区的研究结果一致^[7,10]。因此,东部区地貌发育的时间稍长于西部,表现在湖泊地貌^[15]、风力地貌^[12]、冰缘地貌等形态发育程度的明显差异,风化过程^[13]、沉积物^[13]也有显著的不同,不仅各种剥蚀地貌形态因发育时间不同而程度差异,就是堆积地貌形态在西部区也不如东部区发育^[13]。

3.2 剥蚀地貌远盛于堆积地貌

总体而言,拉斯曼丘陵区剥蚀作用的规模和强度远大于堆积作用。冰体静压均衡调整

与地壳的相对抬升,使构造崖和构造谷地的裂点明显发育^[9];高速极不饱和气流使各种风力吹蚀形态普遍发育;冰川侵蚀谷地(盆洼地)、羊背岩分布广泛,冰碛形态更显稀少;海岸呈侵蚀型,即使在有局部堆积的峡湾,海积形态也不甚明显。

地处海滨的岛屿和半岛上的地貌则显示海、冰、风、湖蚀的联合侵蚀作用盛行,但部分海岛的轮廓和半岛上的部分湖盆则仍显示有构造的作用。只在个别岸段发育有堆积的海滩。海蚀、海冰侵蚀、风蚀与冰缘剥蚀是其主要的地貌营力。

在半岛区高低两级剥蚀面非常清晰(图5)。布洛克尼斯半岛和米洛半岛低级剥蚀面被强烈切割,裸岩区覆盖较薄的风化壳和粗砂细砾物质,低洼地冰缘形态发育广泛,相对较多的碎屑物质为湖泊沉积提供了物源,许多湖盆发育有湖蚀崖和多级湖岸堤,高出现湖面最高达3—4m,指示湖面收缩下降过程。进步湖和内拉湖深分别为38m和18m,均是构造

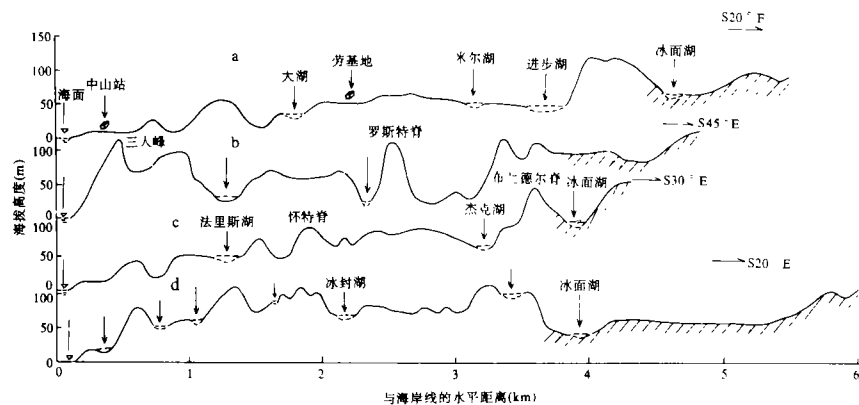


图5 拉斯曼丘陵半岛区地势剖面

Fig. 5 Relief profiles of the peninsulas in the Larsemann Hills area

湖。米洛半岛沿海地带带有该丘陵区发育较好的海岸沙滩。而在冰盖前缘区(图5),由于受冰面进退波动及季节性冻融交替的作用,冰面湖、冰前湖发育,多成串状沿冰盖前端分布,湖水较浅,形态变化大。羊背石和冰碛漂砾分布较广。因而出现在冰湖作用下的侵蚀与堆积两种地貌均较发育的冰陆过渡地貌区。

参 考 文 献

- 1 Christensen L. My last expedition to the Antarctic 1936—1937, with a review of the research work done on the voyages in 1927—1937. A lecture delivered before the Norwegian Geographical Society 22 September, 1937. 16.
- 2 Stuwe k, Braun H-W, Peer H. Geology and structure of the Larsemann Hills area, Prydz Bay, East Antarctica. *Australian journal of Earth Sciences*, 1989 (36): 219—241.
- 3 高登, 罗宾主编, 秦大河等译. 极地冰盖中的气候记录. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1991.
- 4 张青松. 第三纪前的南极古地理与南极冰盖. *南极研究*, 1988, 1(1): 3—12
- 5 Hambrey MJ et al. Forty million years of Antarctic glacier history yielded by Leg 119 of the ODP. *Polar Record*, 1989, 25(153): 99—106.
- 6 Moriwaki K, Yoshida Y, Harwood DM. Cenozoic glacial history of Antarctica—A correlative synthesis. In: Yoshida Y, et al (ED.). *Recent Progress in Antarctic Earth Science*, 1991.

- 7 Gillieson D et al. Australia Antarctic Division. ANARE Research Notes. 74. 1990.
- 8 Gillieson D, Burgess J, Spate A. Geomorphology and limnology of the Larsemann Hills Antarctica. Paper presented to International Geographical Union Congress. Sydney. 1988. 14.
- 9 李栓科. 东南极拉斯曼丘陵里斯托尼斯半岛地貌特征初论. 南极研究. 1993. **5** (1).
- 10 张青松主编. 南极维斯特福德丘陵晚第四纪地质和地貌研究. 北京: 科学出版社. 1985.
- 11 Australia Antarctic Division. *ANARE News*. 1991 (67): 19—20.
- 12 李栓科. 东南极拉斯曼丘陵区的风力地貌. 南极研究. 1994. **6** (1).
- 13 李栓科. 东南极拉斯曼丘陵区的沉积. 地理研究. 1994. **13** (4).
- 14 Burgess J et al. On the thermal stratification of freshwater lakes in the Snowy Mountains. Australia and the Larsemann Hills. *Antarctic Search*. 1988 (19): 47—149.
- 15 李栓科. 东南极拉斯曼丘陵区的湖泊. 湖泊科学. 1994.

GEOMORPHOLOGY RESEARCH ON THE LARSEMANN HILLS , EAST ANTARCTICA

Li Shuanke

*(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and the State Planning Commission
of P. R. China, Beijing 100101)*

Key words Larsemann Hills , geomorphic factors, landforms, regional composition

Abstract

The Larsemann hills are a series of gneiss islands and peninsulas extending into Prydz Bay, with an ice free area of approximately 200 km² at 69°21' S—69°28'S and 76°00'E—76°25'E on the Ingrid Christensen Coast of Princess Elizabeth Land in East Antarctica. The area lies in the pole permafrost zone, aeolian action is very frequently and generally. The characteristics of modern landform are controlled by periglacial processes. Because of the short history of ice free area and the relatively stable older Archean Shield, the weathering process is very weak with mainly mechanical weathering, especially frost process. The major geomorphic types consist of aeolian landforms, periglacial landforms, glacial landforms, lake landforms, coast landforms and geological structure landforms, etc. The deposited landforms have not been developed successfully and fully. The landforms on the west hills are relatively young. The direction of glacial retreat is from NE to SW, according to the distribution of glacial relics, i. e. , moraines and rub traces. Islands, peninsulas and ice-land transition zone are three geomorphic regions.