

# 南极冰盖的晚第三纪历史：干谷的例证

G. H. 登顿等

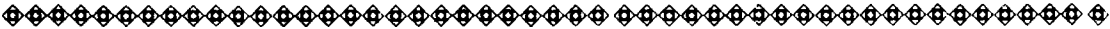
**干谷的叠覆** 南极横断山脉的干谷有两种主要冰川侵蚀痕迹（图1, 2），在山脉两侧是较早的部分遗迹。目前西侧山谷位于内陆冰川之下，而东侧是无冰干谷。干谷之间的山脉呈现为高山冰川侵蚀特征，这些冰川侵蚀特征是较早一期冰川活动的完整痕迹。

局部冰川覆盖了这些广泛遭受切割的山谷系统，很象北维多利亚陆地或布鲁斯高原的山谷系统（图1），并没有被广泛的厚冰所覆盖。因为山谷低于山脉西侧冰盖之下的内陆，我们认为靠近冰盖边缘被堕入边缘各深部而形成冰川出口并逐渐显露谷内山脉。小型高原和高山冰川侵蚀了这些山脉，以后冰盖中心不断消耗，而使高山和山谷冰川边缘缓慢的扩展。

冰川侵蚀的较晚期痕迹反映出由北东向流动的冰的叠覆（图2），我们推测为一个广泛的冰盖，并有足够的厚度覆盖山脉及斜流横入山谷。部分冰盖流过生成谷。我们得到位于伯德冰川和康沃依（Convoy）山之间横贯南极山脉的同样角状叠覆的野外证据（图1），这进一步表明为一广阔的冰盖。

在奥隆德和奥林波斯山脉及大四方山（Quartermain）和库克里丘陵区叠覆冰改造了早期高山地形，并形成了冰川下沉积和侵蚀特征。干谷东部的高山，冰斗以及花岗岩和变质岩山脊都受到冰川的改造，磨光及褶皱。西部高山，冰斗和比肯超群（Beacon Supergroup）沉积岩石及费勒粗玄岩床构成的山脊受到强烈的侵蚀。面向上行冰川的高山冰斗和山坡被磨成平坦的鼻状斜坡，冰下溶化改造了背着冰流方向的冰斗和山脊形成了背冰川面槽，山溪分水岭以及孤立的的山脊和角峰。在奥林波斯山脉中部前进的冰川侵蚀，形成了孤立的的山脊和角峰，峰脊之间为谷地。

叠覆冰盖堆积形成了底碛沉积。在背坡上和背槽中，系统的排列着冰碛岩碎片和冰川弄皱的基岩，延伸于靠近里上格利冰川和泰勒冰川，由高山峰顶向下至更新世的冰碛岩，这是一个未曾遭受破坏的类型。费勒粗玄岩覆盖山峰形成的漂砾带下延至背冰川面槽部1—3公里。背冰川面槽一般呈现巨大的锅穴跌水



人为两个基本模式（图8）。所有的平原带和山区森林带具有自然模式的特征，在这种条件下侵蚀仅能克服河床的阻力，但是在流域上融解和降雨的暂时流是不能克服。由于岩石、土壤特别是植物引起的侵蚀活动的阻力，因此这儿的流域侵蚀是不大的。形成泥河的基本作用是在河床和河岸上的侵蚀。大陆性气候越强，径流越小，植物密度越小，流域侵蚀就越小。研究表明：这样的条件下，悬移质径流模数的增加与径流量和流域面积成正比。

自然植物的破坏使表面径流增加，侵蚀作用的阻力明显地减小，由此，流域的侵蚀强度成数十倍、百倍甚至成千倍的增长。流域侵蚀的物质首先进入小河，随之泥沙搬运到大河的干流部分，就沉积在河漫滩上和河床上，结果出现悬移质径流模数和流域面积的反相关系。对于经济开发程度相当高的地区和平原区更加如此，它同样合乎无森林的山区景观的自然条件，那里有强烈的流域机械剥蚀作用（泥流、滑坡、岩屑锥、崩塌、泥石流）。

流域侵蚀的物质成为河流的固体径流是具有自然—人为模式的特点，人为因素影响的变化明显地表现在侵蚀强度与径流和地形的关系上。不仅在平原上，而且在山区人为作用成为侵蚀强度和固体径流的地带性分布的主要因素之一。

景可译自《Геоморфология》，1983，第四期，美国元校

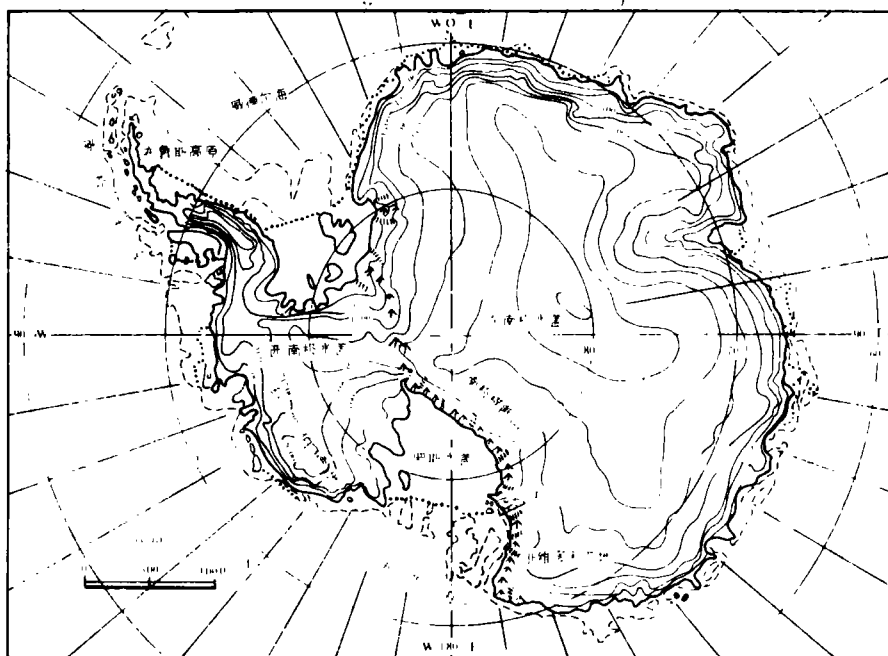


图1 现代南极冰盖，用米表示表面标高等高线

潭和溶化冰水的大峡道，全被冰川下溶冰切割，而且一般毗连冰碛岩碎片和冰川褶皱的基岩。许多野外单个砾石的波痕记录了冰川下溶化冰水的冰流。

鼻状斜坡具有平坦磨光的基岩，稀少的表面漂砾和不规则的冰碛岩碎片，一般缺气波痕，趋皱基岩，冰川下水道和洞穴。

大方山和奥萨德山脉的背冰川面槽内，叠覆冰部分地覆盖了冰川下侵蚀残留的山麓堆积扇和冰川石流。奥萨德山脉叠覆冰表面冰碛的冰舌凸出进入西里格利谷的背冰川面槽口，在冰川超复前里格利谷的注出冰川堆积了这些冰舌。在下部侵蚀的背水槽内超复堆积物表明有多次超复，仅一部分冰下侵蚀可能属于末次超复。

**中里格利谷的岩石地层** 里格利谷的基岩底部最低标高在王达湖以下3米，其上部顶界在里格利下部冰川之下130—270米（图2）。里格利上部冰川在西部谷底堆积的更新世的冰碛物，记录在东南极穹丘的西部山上（图2）。里格利下部冰川的冰碛和高山冰川覆盖了东谷底，因为没有被后期的冰川前进所覆盖，中里格利谷出露的表面冰碛记录着叠覆的冰碛层。在140个探槽基础上，据沉积物的物理特征和地层位置和干谷钻探计划（DVDP）的岩芯4a，进行地质填图，每个探槽1—12米。

在谷壁上冰海混杂陆源沉积物，断续出露达220米的高程（图3）。在贾森山的方山，奥尼克斯槽和DVDP 4a做了详细研究，其最大平均厚6米。在奥尼克斯槽和DVDP 4a，冰海混杂陆源沉积物直接覆盖在冰川起皱基岩之上，分选很差，仅有少量卵石质泥各种层理，轻微的压实以及滴石表明为静水沉积，滴状碎屑的形状和岩石分析表明沉积来自里格利谷西部的浮冰。

在奥尼克斯槽和普罗斯佩克特方山的冰海沉积内，含有蠕行平洞，在贾森山和普罗斯佩克特方山的蠕行管道中还有贝壳碎壳。混杂沉积物也含海洋和非海洋硅藻，前者较丰富。海洋和非海洋硅藻一般是和贾森山的冰海混杂陆源沉积物及DVDP 4a的冰海期间比较广泛。但其他地带比较缺乏。海绵骨针出现在所有

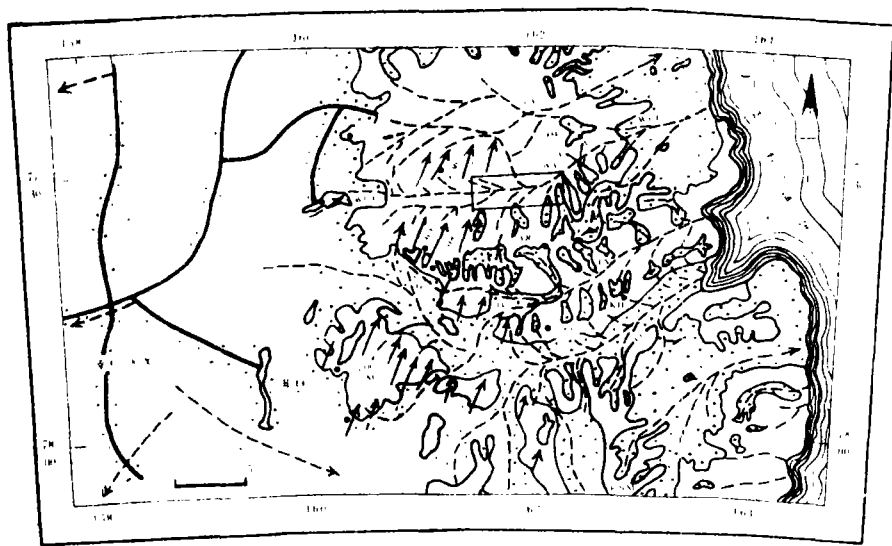


图2 冰盖期和冰盖叠覆期干谷区内主要冰流方向

据Drewrg (1982) 的内部冰盖划分和埋藏冰谷: VV: 维多利亚谷; WV: 里格利谷; WUG: 里格利上部冰川; WIG: 里格利下部冰川; AR: 奥萨德山脉; TG: 泰勒冰川; KH: 库克利丘陵; FG: 费勒冰川; QM: 大四方山; RSM: 皇家学会山; V: 干谷内270米标高的火山锥 图例: 1. 现代冰川和冰盖; 2. 冰盖期主要冰流方向, 流线为据东部裸露谷和西部冰埋谷的推测; 3. 冰盖期主要冰流方向, 箭头表示被保护得最好的冰流; 4. 山峰标高(米); 5. 现在分冰岭。

地方, 因岩石和生物证据表明没有受其他沉积单元的海洋硅藻的作用, 推断它们为海洋沉积。

在普罗斯佩克特方山的冰海混杂陆源沉积物, 向上通过一偶然夹层与楔状砾石接触, 其最大厚度为7米, 砾石分布高度达165米, 由各种层理的复合指状层, 砂质砾石和泥砾组成, 在10个不同层位发现了已灭绝的海洋软体动物介壳。三层保存完好的软体动物壳瓣和大量有孔虫的介壳以及少量硅藻碎屑认为这三层中的海洋动物生存于当地, 与韦布有关砾石为峡湾内沉积的解释一致。

中里格利谷的冰碛突然覆盖了奥尼克斯槽和贾森山的沉积物, 以及普罗斯佩克方山的砾石。最大可见厚度6米, 主要为分选极差的泥质—砂石—卵石砾石, 质地均匀, 中等至微密结构, 无层理并易分裂。碎屑形状表明为冰川下搬运。碎屑岩性和漂砾带具有鼻状形态, 表明这种底碛是来自西部的冰川堆积而成。

在贾森山和DVDP 4a的冰海混杂沉积物中海洋硅藻Denticulopsis Lauts及D. Hustebtii共生, 堆积物形成的年代为中新世中期约1500万年, 地磁年代为9百万年, 属晚中新世早期, 根据普罗斯佩克特方山含底栖有孔虫的砾石, 韦布(1974)估计为中上新世, 布雷迪(1979, 1982)估计为早上新世。这些砾石在峡湾内沉积, 可能不到3.5或4.2百万年, 有可能是火山锥喷发时在东里格利谷的底部近地面的堆积物(图3)。2百万年前的巴特利冰川冰碛覆盖了冰川底碛。根据泰勒谷的冰川沉积的K-Ar数据对比, 基底冰碛最大年令为9—15百万年, 因为这类底碛覆盖在王达湖附近的冰海混杂堆积物之上。

**冰川超复和岩石地层** 通过对比山岳冰川地质及里格利谷中部地层关系, 我们推测在9—15百万年前和区内发生了广阔冰川叠覆, 不能排除多时相和偶然的冰川活动。

地质填图表明中里格利谷广阔的基底冰碛和毗连奥拉波斯及奥萨德山脉基底冰的沉积, 二者代表最晚期的叠覆。中里格利谷的基底冰碛由底谷连续延伸至靠近巴特利冰川南谷高1150米处(图3), 此地和其他谷壁缺乏侧碛, 表明冰沉积到达较高位置, 有下列证据: 复杂类型的基底冰碛和冰川起皱的基岩碎片(许多有波浪的砾石)从奥萨德山谷底一直延入背川面槽内, 具有冰碛叠覆的漂砾带和鼻状及背冰川面侵

蚀的特征,这种不连续型的冰碛分布反映叠覆基底冰的热方式及其本来面目。

据大四方山和奥萨德山区的研究推测,较早期的冰川超复在万达湖及其附近形成了冰海混杂堆积,其年代为9—15百万年。中央谷在冰川侵蚀的谷底上堆积冰海混杂沉积物前,已经形成了近似于现代的地貌景观。我们认为这些堆积不可能保存到侵蚀的奥萨德和奥拉波斯山脉地带的冰川超复时期。另一方面,混杂沉积物保持到最晚期的叠覆时期,那使得附近山脉受到的侵蚀程度相对较弱。

**南极冰盖推测** 我们提出干谷区的角状叠覆以及伯德冰川及康沃依山脉之间类似的角状叠覆,反映了一个规模巨大的大陆冰盖,借助于早期的冰流方向和地面高度以及现代地形(图1)和南极的晚威斯康辛冰盖,我们拟重建了末次叠覆冰盖。

为确定冰面轮廓,我们估算了构造上升和冰层厚度,因为年代学和冰川同位素年代的复杂性,没有利用泰勒和里格利谷内冰川沉积的化石及从中生代和早第三纪磷灰石的裂变年令来推测构造上升速率,原来的估算,没有确定个别断块的差异上升历史必须校定海平面差异,我们首次认为里格利谷下部的冰斗底部高程在现代海拔800米的高程内,泰勒谷在500米处,皇家学会山东部在600米处,这些冰斗的形成年代都可追溯到冰盖时期。因为这些冰斗不能在海平面下雕刻,自从冰盖结束以来,海底高度对构造上升提供了最大数据。中里格利谷含化石的砾石层在普罗斯佩克特方山的标高为165米,韦布(1974)根据封闭底栖有孔虫估计最大水深为100米,该处与峡湾一起最高水面在265米,这是末次叠覆以来构造上升的最大数值。最后出现在里格利谷以东270米处陆上火山锥的年代为4.2和3.5百万年(图3),提供了自那时以后构造上升的上限。因此,我们估计叠复后构造上升最高为300米,相应的正好是山的标高。通过进一步估计,该地最高山脉被500米的厚冰掩埋,形成了现在还可见的冰下特征,可获得近似的冰盖表面高程。

南极横断山脉为何被冰川叠覆?只有当罗斯海(和西南极)的巨大冰体加厚东南极冰体,并覆盖南极横断山脉时,斜向东北流动的冰流才能穿越伯德冰川和康沃依山脉之间的主要谷系和山脉。这样将促使南极冰盖与中部穹丘的联合(图4)。因为露出的山将不再分隔东、西南极冰盖,早期的冰川超复也许具有同样冰盖特征。我们正在恢复的冰川作用过程与梅耶伍斯克(1975)在不同资料基础上正在恢复的毛德皇后地冰川作用基本一致。

地质学和冰川学研究表明,当海面升降变化反复摩擦陆架边缘而厚度不影响掩埋横贯南极山脉,主要

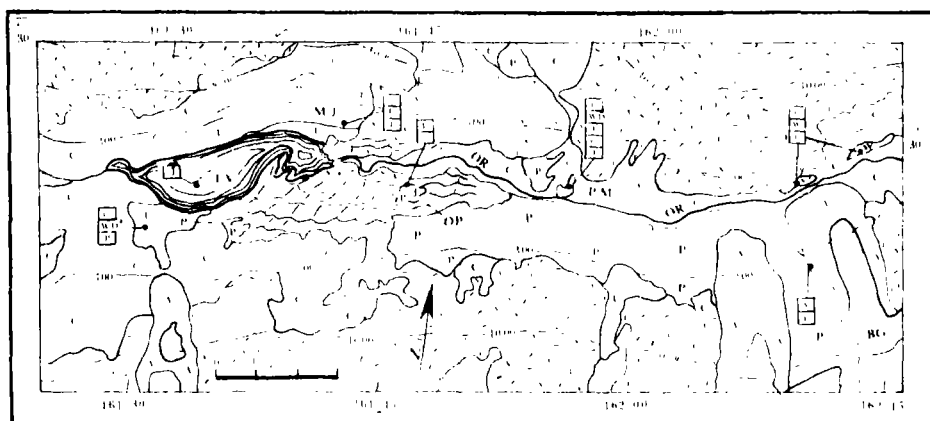


图3 里格利谷中部地表地质和岩石地层柱状图

J: 冰海混杂沉积物; G: 普罗斯佩克特方山含化石砾石; P: 冰碛岩; WD: 沉积于水中的混杂陆源沉积物; A: 高山冰碛; W: 里格利冰川冰碛; C: 崩积层和冲积层, 波状线表示冰川褶皱基岩; 不规则折线表示基岩; 点画表示冰川; DVD P 4a: 干谷钻探计划孔位 4a; PM: 普罗斯佩克特方山; OP: 奥尼克斯槽区; MJ: 贾森山; BG: 巴特利冰川; LV: 万达湖; OR: 奥尼克斯河。等高线以米记。

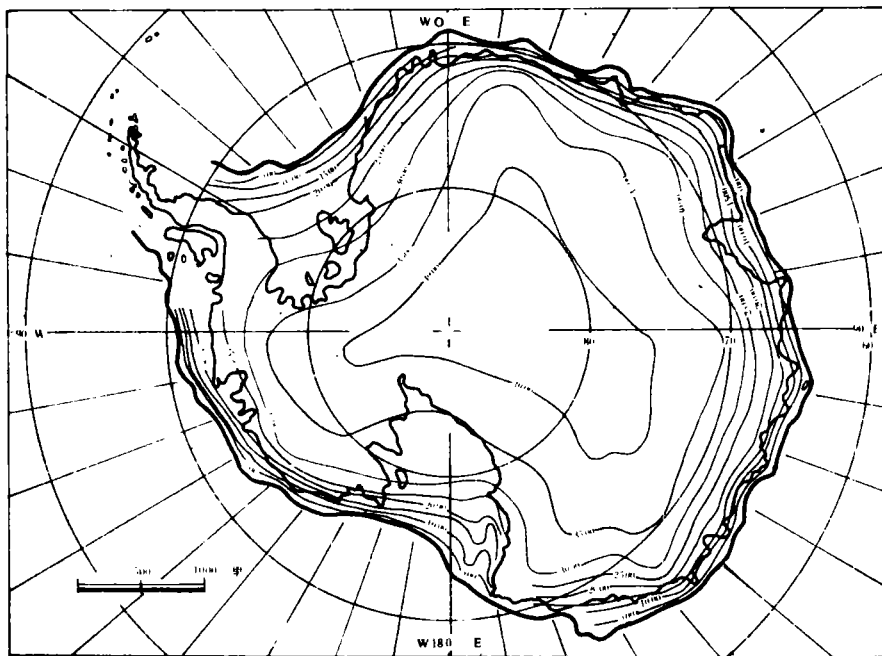


图4 末次超复期南极冰盖略图

表面标高等高线用米表示这一重建结果没有扣除由巨厚冰层引起的均衡下沉。

由北半球冰盖引起的海面升降变化是造成南冰盖晚更新世波动变化的主要原因。我们认为在晚期冰川超复时间海平面的升降变化也可由叠覆冰盖变化所引起，因其特征（冰水、水道和岩屑流道）反映叠覆冰块的急剧溶化，而且比目前不出现叠覆冰盖的气候更温暖，如果我们的看法正确，则末次叠复期以及早期冰川区与北半球的冰盖同时发生。

石其光译自《Geology》，1984，NO 5，曹银针校