初探青藏高原特殊的冰缘现象

崔 之 久
（北京大学地理系）

青藏高原冻土区是一个突出在中、低纬度的巨大的“冻土岛”，是一个统一的冰缘地貌单元．它有适合于多种冰缘现象发育的良好气候条件．目前已知世界上50余种冰缘现象，除少数发育于极地区的类型（如冰楔多边形等）外、本区都有．这种情况是罕见的．经过近几年的考察、勘探和定位观测，发现有些冰缘现象是本区特有的或虽非新的类型，但其所具有的性质和条件，却别具特色．本文仅就这些特有的冰缘现象作一探讨．

一、石冰帽或称覆盖型石冰川

昆仑山惊仙谷西侧4973米高地，顶部有40米厚的中更新世冰碛物和早更新世洪积物．这些松散物质顺北坡宽浅沟谷蠕流而下，形成了16条石冰川（图1）．平均长296.56米，最长438米．平均宽98.93米，最宽204米．平均厚度30米．最厚40—45米．巨砾达4米以上．前缘陡坡20—40°．平均运动速率20—30厘米/年，规模与阿尔卑斯的类似[1]．但因气候干燥，温度低，含水量少，冻融频率低，故运动速度慢，体积小．由于组成石冰川的物质与覆盖在山顶的物质联成一片，便形成一种特有的石冰帽（Rock ice-cap）或称覆盖型石冰川（Covered rock glacier）．形态极似冰岛的 Vatna 冰帽及其边缘伸出的冰舌（图2、3）．

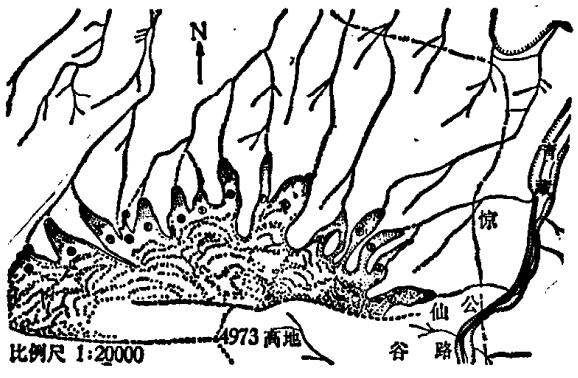

图1　昆仑山惊仙谷西侧4973米高地上的石冰帽和石冰川



图2　昆仑山的石冰帽及流出的石冰川

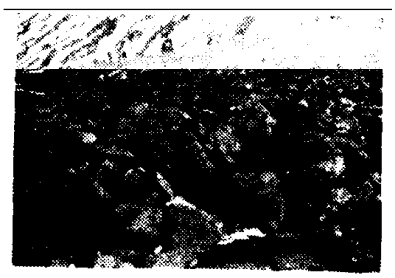

图3　石冰川的边缘巨砾集中，互相挤压

本文1979年12月20日收到．

早在 1909 年，Howe 在 Colorado San Juan 山就发现了石冰川. 但他以为是滑坡（land slide）. 紧接着 Capps（1910）首次把“石冰川”（Rock glacier）一词用于阿拉斯加. 那里最长的石冰川长达 3 公里，末端相对高 60 米，最大石块达 8 米. Chaix（1923—1943）用了 20 年对石冰川的运动进行测量，得知其末端运动速率为 1—1.5 米/年. 据 Barsch（1978）报道，阿尔卑斯山（瑞士）石冰川长 200—400 米，宽 100—150 米，厚 40—50 米，最大厚度 80—100 米，巨砾大于 1 立方米. 前缘陡坡达 30°—40°，一般运动速率为 5—100 厘米/年. 最大是 500 米/年[1].

在 1978 年 Corte 所拟石冰川分类中有两大类和相应的亚类[2]：

（1）典型石冰川（True rock glacier）：由沟谷源头陡坡坡麓的倒石堆、岩屑锥，在冻融作用下逐渐蠕流而成. 它又分为：沟谷陡崖型（Valley-wall type）和倒石锥或岩屑坡型（Talus or scree slope type）. 前者指沟谷源头洼地中由陡崖下的倒石堆或岩锥演变而成. 后者指一般山坡的坡麓处由倒石堆或岩屑锥演变而成.

（2）“碎屑覆盖冰川”（Debris covered glacier），是山谷冰川消融，以致被大量碎屑覆盖所成. 内部仍含有冰川冰的冰核. 这也被称作石冰川（Barsch, 1969），但 Potter（1972）建议称为“有冰核的石冰川”（Ice-cored rock glacier）更妥. 以上各种石冰川在我国西部山地都有发育. 唯昆仑山所见石冰帽类型，尚未见于任何已有分类中. 据此我们认为可把石冰川首先划分为类似冰盖或冰帽的“石冰帽”或“覆盖型石冰川”和类似山地冰川的“石冰川”两大类. 而后者即包括 Corte（1978）分类中的两类和有关亚类.

二、热融滑塌体

在昆仑山-唐古拉山之间，特别是在风火山粘性土地区，有大量平行地表的透镜状地下冰分布. 最大厚度 5 米，顶部距地表 1.5—2 米左右，基本上与冻土上限一致. 由于埋藏浅易受气温变化影响，在目前本区辐射平均值为正值的情况下，上述地下冰的融化便导致多种热融现象. 热融滑塌体（Thaw slide mass）的产生是由透镜状地下冰融化引起的. 它沿地下冰的顶面滑动，并由坡脚向坡上溯源直到坡顶才逐渐停止. 坡度在 9°—15° 之间. 因此是后退式的滑塌. 平面上呈“铙铃状”. 发展速度很快，一般地它们是“短命的”. 它们开始发生后仅在 3—5 个夏季之内就可形成. 它们比极地区的“地下冰滑塌”[3]（Ground ice slump）快十倍. 它由三部分组成：即顶部的较宽敞的形成区，中间为较窄的通过区，下端为扇形的堆积区（图 4、5）.

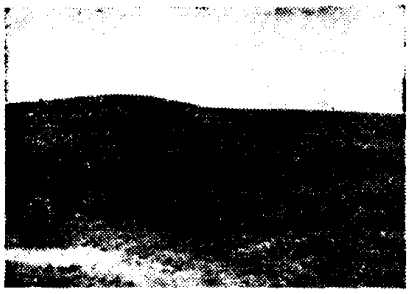

图 4　热融滑塌体
（风火山，4900 米）



图 5　昆仑山垭口附近的热融滑塌体，规模较小

全长 200—300 米，宽 50—80 米．堆积体达数千立方米．根据在昆仑山的定位观测，堆积体停积后仍顺坡向下蠕动，每年达 1.6 米．这种类型也明显地区别于极地区的块体错落成崩塌．那里近地表的楔状"冰楔"．平面上由冰楔组成多边形．一般楔深 7—8 米，宽 2—3 米．当其出露在河、湖、海岸上，且辐射平衡值为正值时亦产生融化（Jahn，1972），并导致岸坡的块体错落或崩塌[4]．其过程和形态完全不同于热融滑塌体．

三、冰丘（又名冰核丘）和自喷性冰丘

Müller（1959）划分冰丘为两类[5]：东格陵兰型和麦肯胥型．前者有固定的地下水通道，源源供给水源．属开放系统的冻胀作用，如火山锥似的．冰丘内的冰核大，冰丘也高，可高达 50米．塌陷后还可在同一地方重复出现．冰核下部有承压水和气体．后者内部的冰核系分凝冰，故冰核小，冰丘也较低，属封闭系统．昆仑山垭口，青藏公路 62 道班附近所见我国目前已知的最大冰丘属于前者，高 18 米．通过定位观测及 1956 年和 1974 年航片的对比，查明该冰丘东北角新生的部分，每年增高约 20 厘米，推测已有 70 年的历史．其增长速率与生长年限与加拿大北部的冰丘近似（Mackay，1973）[6]．线路工程通过该处均以绕避为宜．该冰丘的特点在于，在北美主要是发育在不连续冻土区．在本区该冰丘则发育在连续冰土区的边缘，位于两条断裂交叉处的早更新世湖相层中．当青海水文一队在 1974 年钻透该冰丘厚达 14 米的冰核时，水、气、冰、土等混合物上喷高达 22 米．如此壮观的景象是极为罕见的．此外，在本区乌丽山和唐古拉山南北麓，还广泛发育自喷性冰丘．这亦属罕见的．这是一种一年生的，开放系统的冰丘，高 3 米左右．每年冬季隆起，6—7月中旬发生自喷，喷起的土块飞起高达 10—15 米，半径 20 余米．在地面留下一深坑．自喷时有响声，由于经常发生自喷，致使位于乌丽山区的青藏公路 86 道班为安全起见而迁移房址．据考察发现此类冰丘下部土层中含大量泥灰岩和灰岩碎块．水中 CO_2 含量亦高．可能是冰核下部充填了大量 CO_2 气体，导致内压超过外压而引起爆炸．据此，可在 Müller 所划分的东格陵兰型中增加一个新的亚类——乌丽型（Wuli type）自喷性冰丘．

四、成层岩屑

成层岩屑（Stratified scree）一词最初是由法国人 Guillien（1951）提出的．在欧洲对此有较广泛的研究．Dylik（1955，1960）认为，韵律式成层岩屑的研究，对精确划分第四纪地层的气候阶段有很大意义．据描述，欧洲的成层岩屑的单层厚十几厘米到几十厘米．倾角较小，不同于普通的岩屑锥，所以它们不是重力造成的[7]．我们在昆仑山小南川所见的成层岩屑堆积，其韵律性之强，层理之薄都是罕见的，在高仅 1.51 米的露头上单层有 302 层（图 6），正好 151 个韵律组合．细层主要是粗、中砂．在电子扫描显微镜下发现其中有约 40% 是风成磨圆砂粒（图 7）．粗层主要是 1—3 毫米的细砾，皆来自当地山坡．剖面中部有沉积间断，下部层理倾斜 16°，上部层理倾斜 13°．我们认为粗层系片流冲刷，而细层的形成主要是风力作用．以前国际上也未明确指出韵律究竟是季节的，还是多年的．但据昆仑山所见，如此强烈的韵律和极薄的层理应是季节变化的产物．即此处总厚约 10 米的成层岩屑堆纪录了近千年的历史．据附近相当层位的地层年代为 7530±300 年．可知此韵律性成层堆积的时代属早全新世．那



图 6　昆仑山山南川的成层岩屑堆积剖面



图 7　扫描电镜下细层中的风成磨圆石英砂粒 $\phi 700\mu m$

时的风力作用比现在强。

上述各种冰缘现象都发育在昆仑山-唐古拉山之间的地区，所以这里是世界上有代表性的冰缘地貌区之一。

主 要 参 考 文 献

[1] Barsch, D., *Third International Conference on Permafrost*, Edmonton, Alberta, Canada, 1978, 349—353.
[2] Corte, A.E., *Third International Conference on Permafrost*, Edmonton, Alberta. Canada. 1978, 263—269.
[3] French, H. M., *The Periglacial Environment*, 1978, 105—133, 145—149.
[4] Jahn, A., *Processus Periglaciaires*, 1972, 167—176.
[5] Müller, F., 转引自 Davies, J. L., *Landforms of Cold Climates*, 1969, 57.
[6] Mackay, J. R., *J. Earth Sci.*, **10** (1973), 979—1004.
[7] Tricart, J., *Geomorphology of Cold Environments* (Tansl. E. Watson), 1970, 101.

1980 年全国计算力学会议文集征订启事

1980 年全国计算力学会议文集将于 1981 年二季度出版。文集由中国力学学会副理事长钱令希教授主编，北京大学出版社出版，国内外公开发行。内容包括：理论与方法、流场计算、结构分析与程序系统、结构优化，以及其他领域的应用等五个部分。每册定价人民币贰元左右。欢迎各地读者于今年年底以前，向中国力学学会力学学报编辑部预订。

地址：北京西郊中关村中国科学院力学研究所。