

天山乌鲁木齐河源区冰川擦痕级配特征及其空间分布探讨

李英奎

(北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

摘要 通过对天山乌鲁木齐河源区一号冰川和七号冰川羊背石上冰川擦痕实测数据的统计分析, 探讨了基岩磨光面上冰川擦痕的级配特征, 得出冰川擦痕级配服从指数分布, 擦痕级配指数分布的参数可以作为描述擦痕密度的指标。在此基础上进一步探讨了擦痕级配参数的空间分布特征及其对冰川动力状况的指示意义。

关键词 冰川擦痕 级配 指数分布 冰川动力状况

冰川擦痕作为一种重要的冰川侵蚀形态, 一直受到冰川学研究的重视, 对冰川地貌和冰川动力的研究具有重要意义。冰川擦痕是鉴定古冰川作用存在与否的重要指标^[1], 同时根据冰川擦痕的特征和空间分布可以反演和推断古冰川的底部动力和热量状况^[2~6]。

但越来越多的研究表明, 其他的一些作用和过程(如泥石流、滑坡等)也能形成擦痕形态, 这给冰川地貌学的研究带来了不便, 也是一些地区存在古冰川争论的症结所在^[7], 同时也促使人们对冰川擦痕的形态特征和形成机制进行更为深入的研究。

目前对于冰川擦痕的成因机制和形态特征已有了比较明确的认识^[8], 但仍主要停留在机理分析和定性描述的阶段, 对擦痕的统计特征和定量研究方面仍有不足。

本文从冰川擦痕的统计特征入手, 以发育于基岩磨光面上的擦痕为研究对象, 以天山乌鲁木齐河源区一号冰川和七号冰川羊背石上冰川擦痕的实测数据为基础, 探讨基岩磨光面上冰川擦痕的级配关系, 以期能够揭示冰川擦痕的组合特征, 获取描述冰川擦痕的量化指标, 使冰川擦痕的研究朝定量化方面更进一步。

1 区域背景简介

天山乌鲁木齐河源区经历了上望峰冰期、下望峰冰期、新冰期和小冰期等多次冰川作用, 形成了大量的冰川侵蚀形态^[9], 同时随着现代冰川的不断退缩, 一些新的冰川地貌形态也不断出露(如羊背石、擦痕等), 是进行冰川侵蚀地貌研究的理想地区。

冰川擦痕是本区主要的冰川侵蚀地貌之一, 主要包括两种, 一种分布在冰坎、羊背石等冰蚀地貌的表面(基岩磨光面), 是冰川携带砾石磨蚀底部基岩形成的。擦痕规模大, 常

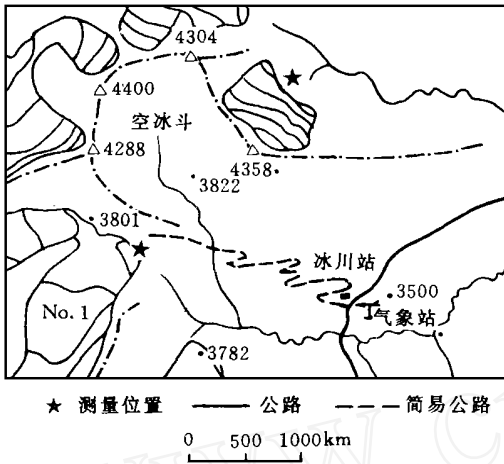


图 1 研究区域及实测位置图

Fig 1 The research area and surveying positions

呈平直、平行分布, 便于测量和统计; 另一种发育在冰碛石上, 是冰川内部冰碛砾石差异运动, 相互摩擦形成的 擦痕规模小, 分布不均匀, 方向各异, 不便测量和统计. 本文主要研究发育于基岩磨光面上的擦痕

为了排除风化作用对冰川擦痕的改造以及土壤、植被等覆盖物对研究带来的不便, 本文以发育于一号冰川和七号冰川末端新近出露的羊背石上的冰川擦痕为研究对象, 对其进行测量和统计(图 1).

2 擦痕级配关系

2 1 擦痕指标选择

由于擦痕的大小、深浅、长短等都各不相同, 因此在进行擦痕测量和统计之前

必须找出一个能够反映冰川动力状况的擦痕指标, 在此基础上的测量和统计才能较好地反映冰川的动力特征

实测表明擦痕的长度、深浅易受基岩表面形态的影响, 可变性大, 不能作为统计分析的指标, 但擦痕宽度明显易见、相对稳定又便于测量, 同时受基岩坡度等因素的影响较小, 可以作为描述擦痕形态的指标 因此本文采用擦痕宽度作为擦痕测量和统计分析的指标

2 2 擦痕宽度分级

由于擦痕的宽度不同, 并在很多情况下常相互包含, 因此在测量和统计中首先要对它们进行分级 熊黑钢等曾根据擦痕宽度将擦痕划分为三级 三级擦痕的宽度范围分别对应于: 2.5~10cm、0.4~2.5cm、<0.4cm^①. 但是这种分级方案在对擦痕级别的定量研究方面仍有不足: 首先是擦痕的级别太少, 不能满足擦痕级别定量分析的要求; 其次是用于界定不同级别的擦痕宽度之间不具备明确的量化关系, 不便于擦痕级别的定量分析

我们在擦痕的实测过程中发现, 对于粗的擦痕, 宽度的少许差别对擦痕特征的影响不大, 而对于细的擦痕, 同样的差别则可能带来较明显的变化, 因此对擦痕分级不宜采用线性方法 类比于沉积物粒度的分级方法, 本文采用对数方式将擦痕级别定义为:

$$\Psi = -\lg W$$

其中 W 为擦痕宽度(mm), Ψ 为擦痕级别 这样对于擦痕宽度 0.5mm、1mm、2mm、4mm、8mm、16mm 分别对应于擦痕级别(Ψ) 1、0、-1、-2、-3、-4

利用这一分级方法, 笔者对天山乌鲁木齐河源区一号冰川和七号冰川的羊背石上的冰川擦痕进行了测量(表 1).

① 熊黑钢 天山冰川地貌过程及冰碛与泥石流沉积的比较研究, 博士论文, 1991

表 1 一号冰川、七号冰川末端擦痕统计表

Table 1 Statistic table of striae at the tem inal of Glacier No. 1 and Glacier No. 7

位置	编号	测量部位	不同级别擦痕的密度(条/m)									
			> 1	0~1	- 1~0	- 1~- 2	- 2~- 3	- 3~- 4	- 4~- 5	- 5~- 6	< - 6	
7 号冰川	71	羊背石左侧		212.5	137.5	50	25	27.5	32.5	10	2.5	
	72	羊背石中部	168	160	132	68	40	32	24	8	8	
	73	羊背石顶部		140	100	60	40	32	32	12	4	
	74	羊背石顶部		150	140	75	35	55	25	15	0	
	75	羊背石顶部		250	50	80	70	30	35	15	5	
	76	羊背石顶部		200	90	50	50	35	30	15	5	
1 号冰川	11-2	羊背石左侧			257.1	71.4	71.4	37.1	37.1	17.1	8.6	
	11-1	羊背石顶部			450	175	90	60	40	15	10	

2.3 擦痕级配

冰川磨光面上不同级别擦痕的数目分布称为擦痕级配,它是冰川磨光面上擦痕群体特征的一种标度。利用上述冰川擦痕的测量和统计数据,通过回归分析发现擦痕级配与指数曲线有较好的拟合关系(图 2,表 2),较好地符合指数分布:

$$y = A e^{Bx}$$

其中 y 为各级擦痕密度(条/m),x 为擦痕级别(Ψ),A、B 为回归系数

擦痕级配的指数分布表明,发育于基岩磨光面上的擦痕粗细分布是有规律的,粗的擦痕越多,相应的细擦痕数目也多,反之亦然。参数 A、B 的大小直接反映了擦痕密度的大小,A、B 值越大,擦痕密度越大。参数 A、B 的大小可以作为衡量擦痕密度的指标。

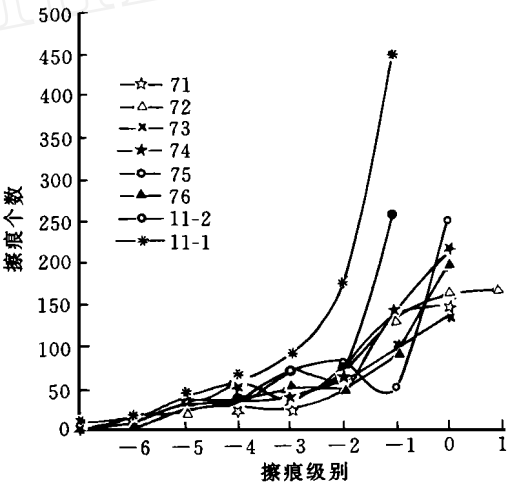


图 2 一号冰川和七号冰川末端擦痕级配分布图
Fig. 2 Graduation distribution of striae at the tem inal of Glacier No. 1 and Glacier No. 7

表 2 一号冰川、七号冰川末端擦痕级配回归参数表

Table 2 Statistic parameters of striae graduation at the tem inal of Glacier No. 1 and Glacier No. 7

位置	编号	参数B	参数A	相关系数(R)
7 号冰川	71	0.540	5.050	0.942
	72	0.422	4.810	0.980
	73	0.448	4.859	0.957
	74	0.381	4.918	0.952
	75	0.437	4.979	0.915
	76	0.437	4.922	0.960
1 号冰川	11-1	0.612	6.224	0.992
	11-2	0.490	5.471	0.966

3 擦痕级配参数的空间分布

崔之久、熊黑钢等较为详细地研究了天山乌鲁木齐河源区冰川擦痕密度的空间分布, 得出冰川动力状况与冰川擦痕密度之间具有密切的联系, 并以此为基础探讨了冰川底部的动力过程^[5~6]。擦痕级配的指数分布表明擦痕级配参数 A 、 B 可以反映擦痕密度的大小, 因此, 擦痕级配参数 A 、 B 的空间分布也可以反映擦痕密度空间分布的差异。

本文对天山乌鲁木齐河源区一号冰川和七号冰川羊背石上冰川擦痕的测量和统计资料表明不同冰川、不同测量部位, 擦痕级配参数不同:

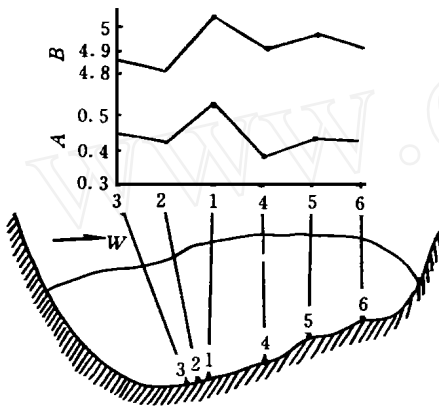


图3 七号冰川谷擦痕级配参数分布图

Fig. 3 Variation of striae gradation parameters at the trough of Glacier No. 7

(1) 一号冰川的擦痕级配参数 A 、 B 值大于七号冰川

(2) 羊背石顶部的擦痕级配参数 A 、 B 值大于侧部

(3) 冰川槽谷从中部到边缘, 擦痕级配参数 A 、 B 值有变小趋势, 但受测点微形态的影响, 对应于槽谷凸出形态的级配参数较大, 凹入形态的级配参数较小(图3)。

上述结果表明擦痕级配参数的大小与冰川规模大小、羊背石的部位、槽谷中的位置等因素密切相关。一号冰川的规模大于七号冰川, 所以一号冰川的擦痕级配参数 A 、 B 值大于七号冰川。熊黑钢等^[6]利用冰川运动的分流作用从机理上详细分析了羊背石顶部与侧部的动力差异,

认为羊背石顶部擦痕密度大, 羊背石侧部擦痕密度小。本文的结果进一步印证了这一结论。冰川槽谷从中部到边缘存在明显的动力分异, 中部以磨蚀作用为主, 边缘以拔蚀作用为主。一般说来, 擦痕密度应该在中部较大, 边缘较小, 但是冰川擦痕的形成还受许多其他因素(如冰川携带碎屑的多少、坡度等)的影响, 使擦痕密度中部大边缘小的趋势并不明显。本文七号冰川槽谷从中部到边缘擦痕级配参数 A 、 B 值的波动变化也说明了这一点。

4 讨论和结论

基岩磨光面上擦痕的级配关系服从指数分布并不偶然, 基岩磨光面上的擦痕是冰川携带碎屑颗粒在基岩表面形成的, 与流体运动不同, 冰川的运动类似于塑性或伪塑性体的运动, 冰川携带碎屑颗粒在冰体内的相对位移较为缓慢, 冰川携带碎屑颗粒磨蚀基岩表面就好像用钉有粗细不同钉子刻画其它物体一样, 大的砾石常形成粗擦痕, 小的砾石形成细擦痕。擦痕级配与冰川携带物的级配关系有关。

基岩磨光面上冰川擦痕的形成机制是其它作用营力难以具备的, 因此擦痕级配的指数关系是区分冰川作用形成的擦痕与其它作用营力形成的类似形态的重要指标。用擦痕密度的空间分布研究冰川底部的动力过程已取得了重要进展^[3,4]。已有的研究在对擦痕统计中采用一定宽度范围内的擦痕数目作为擦痕密度的度量, 由于宽度范围的确定以及固

定宽度范围统计擦痕数目的随机性等,使有些研究很难继续深入。本文认为擦痕级配指数关系的参数 A 、 B 的大小可以作为衡量擦痕密度的指标,并且可以排除宽度范围确定和统计随机性等因素的干扰,使获取的数据更加科学、准确。笔者利用这些参数对天山乌鲁木齐河源区一号冰川和七号冰川的羊背石上冰川擦痕的统计分析所得到的结论与已有研究的结果比较吻合,也进一步说明了利用这些参数研究冰川擦痕以及冰川底部动力过程的可行性。

应当说明的是,本文的研究还只局限于发育于新近出露的基岩磨光面上的冰川擦痕,对于受到后期风化作用影响的古冰川作用形成的基岩磨光面以及冰碛石上的擦痕特征,还有待于更进一步的研究。

致谢 论文得到北京大学城市与环境学系崔之久教授、刘耕年博士和新疆大学地理系熊黑钢博士的指导,野外工作得到中国科学院天山冰川站的支持,在此表示衷心的感谢。

参考文献

- 1 李四光 冰期之庐山(中文). 国立中央研究院地质研究所专刊,乙种第二号, 1937
- 2 Mattsson Ake. Glacial striae, glacialigenous sediments and Weichselian ice movements in southernmost Sweden. *Sedimentary Geology*, 1997, 111: 285~311
- 3 Lawson J. Glacial striae and former ice movement; the evidence from Assynt, Sutherland. *Scottish Journal of Geology*, 1996, 32(1): 59~65
- 4 McCabe M. Striae at St. Mullin's Cave, County Kilkenny, southern Ireland; their origin and chronological significance. *Geomorphology*, 1998, 23(1): 91~96
- 5 崔之久,熊黑钢,刘耕年. 关于山谷冰川冰-岩界面地貌过程与冰川动力耦合模式——以中天山冰川为例. *冰川冻土*, 1997, 19(3): 193~201
- 6 熊黑钢,刘耕年,崔之久等. 天山羊背石上冰蚀痕迹分布与冰底过程的初步研究. *干旱区地理*, 1998, 21(2): 1~7
- 7 施雅凤,崔之久,李吉均等. 中国东部第四纪冰川与环境问题. 北京: 科学出版社, 1989
- 8 李吉均. 论冰川擦痕. *冰川冻土*, 1982, 4(1): 29~34
- 9 崔之久. 天山乌鲁木齐河源冰川侵蚀地貌与槽谷演化. *冰川冻土*, 1981, 3(增刊): 1~15

Discussion on the Graduation Character and its Spatial Distribution of Glacial Striae at the Head of Urumqi River

L I Yingkui

(Department of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

Based on surveying data of glacial striae on roches moutonnees near the terminus of Glacier No. 1 and Glacier No. 7 at the head of Urumqi River, Tian Shan Mt., the statistical graduation character of glacial striae is discussed in this paper.

It is shown that the statistical graduation character of glacial striae conforms to the

exponent model, and the parameters (A and B) of this model can be used as indexes to describe the density of glacial striae and the glacial dynamics. The larger A and B are, the larger the density of glacial striae is.

The spatial distribution of the parameters (A and B) of glacial striae is influenced by the size of glacier, location in the trough, and position on the roches moutonnee. It is shown in this area that the A and B values are larger in the larger glacier (Glacier No. 1) than those in the smaller (Glacier No. 7), and larger on the top side of the roches moutonnee than those on the lateral side. At the same time, the A and B values are also varied from the center to the edge in glacial troughs influenced by the micro-forms in glacial valleys.

Keywords glacial striae, graduation, exponent model, glacial dynamics