

天山羊背石上冰蚀痕迹分布与冰底过程的初步研究

熊黑钢

(新疆大学地理系, 乌鲁木齐 830046)

张兵

(昆明工学院地质系, 昆明 650093)

刘耕年 崔之久

(北京大学城环系, 北京 100871)

宋长青

(中国科学院植物研究所, 北京 100044)

提 要 本文根据羊背石上的冰蚀痕迹的资料,着重探讨了其冰蚀痕迹分布规律和冰底动力过程。羊背石迎冰面顶部的擦痕多、长度大且平直,而尾部多为新月型裂纹、新月型凿口、颤痕、凿口和较短的钉头状擦痕。羊背石的背冰面受拔蚀作用强,裂隙的密度、宽度、深度大。背冰面的横剖面,从上向下可分为强烈挤压破碎带、强烈剪切破碎带和微弱挤压—剪切破碎带,而从中到两侧分别是破碎带、裂隙擦痕带和擦痕带。

关键词 羊背石 冰蚀痕迹 冰底过程 天山

冰川底部突起的羊背石对冰川的运动起着明显的阻挡作用。当冰川从其上经过时,必然产生磨蚀、拔蚀、挤压等动力过程。这些过程对羊背石的表面形态、分布的冰蚀痕迹及特征起着控制作用。因此,从冰蚀擦痕、裂隙等分布规律的细致分析、研究中可以推知冰川底部的动力机制及动力分布的规律。

1 羊背石上冰蚀痕迹的分布状况

1.1 擦痕分布与底冰流动

羊背石为一流线型的冰底突起物,可造成底部冰流动方向的局部变化。据 Embleton 等(1978)研究,“在羊背石、鲸背岩等冰下基岩阻碍物的顶部冰的流线不变,而侧部冰流线转向。”一般在羊背石侧部的磨蚀带,常常可以见到两组或多组总方向向前的擦痕,它们相互交错,而在羊背石平坦的顶部常常仅有一组向前的擦痕。这也充分反映了在弧度大的侧部冰川底部局部分流较强,顶部冰的分流作用弱。

这种局部的分流作用,使得冰川底部富含碎屑的冰向不同的方向流动,因而造成擦痕密度在阻碍物顶部和侧部的差异。由于羊背石顶部比较平坦,弧度小,碎屑主要受冰川向下的压力及向前的力影响,擦痕保持一定的密度。而侧部由于弧度大,在分流作用下,向前运动的

• 国家自然科学基金、中国科学院冰川所天山站基金资助项目(49671075)。
收稿日期:97-08-05;修回日期:98-01-10

力分解为向前和向侧方的两个力。同时,侧向上底部含碎屑的冰加厚,使得正压力减小,部分早期刻蚀羊背石表面的碎屑,在侧部脱离擦痕的小凹槽进入含碎屑的底冰层,造成侧部擦痕密度相对减小。冰川底部流动方向的局部变化也造成了羊背石侧部与顶部擦痕长度的差异。在羊背石顶部冰川运动笔直向前,受巨大正压力的碎屑在较平坦的面上刻蚀出的擦痕密度较为均一,呈平直状,长度大。侧部弧度很大的岩面上,碎屑在向前和向侧方两个力的影响下,经过一小段距离后便脱离基岩界面,进入冰体。因此,形成的擦痕长度短而且少(表1)。其它地区的研究也显示了类似的规律(Chorley et al, 1984)。

表1 古班博格多河谷上游羊背石上擦痕长度统计表

Tab. 1 The length of stria on the roche moutonnee at the head area of Gubanbogdo River

统计部位	长度 <10cm	长度 <20cm	长度 <30cm	长度 <40cm	长度 >50cm	统计条数
顶部	3	5	8	11	73	100
左侧	10	21	23	21	25	100
右侧	17	27	26	13	17	100
前部	53	23	11	5	3	100
后部	49	31	15	2	3	100

1.2 各种冰蚀痕迹与底部动力

突起在冰川底部的羊背石,由于迎冰面各个部位曲率的差异,对冰底碎屑的阻力大小不同,造成其上的动力过程也有所不同。因此,冰川流经后,形成的各种类型的冰蚀痕迹在表面分布有一定的规律性。一般冰川的厚度都在几十米到上百米,在同一时间段它施加于某一羊背石上的力变化很小,可以看成是一个常数。由图1中的表面受力图可知,冰川向前的推挤力 F 可以分解成与羊背石表面平行的分力 E 和垂直于表面的分力 D 。从羊背石迎冰面的前部向后,因坡度的不同,推挤力 F 与分力 D 之间的夹角 Q 以及分力 D 逐渐减小($Q_1-Q_2-Q_3$), ($D_1-D_2-D_3$),而分力 E 渐渐增大($E_1-E_2-E_3$)。一般羊背石迎冰面前部坡度较陡,冰底碎屑在向前运动过程中,遇到的阻力大、垂直施加于羊背石表面的分力 D_1 大。碎屑对基岩表面以压为主,在强大的压力下岩石破裂形成颤痕、凿口、新月型凿口、新月型裂纹等。同时,碎屑在冰川推挤下,仍要向前运动。在反复的应力集中—释放过程中,碎屑沿冰岩界面作断断续续的粘—滑运动。在此断续的颤动中,碎屑在基岩表面上刻压出一组组的新月型裂纹、新月型凿口、颤痕。迎冰面中前部坡度变缓,分力 D_2 小,刻蚀在羊背石表面基岩中的碎屑在分力 E_2 的作用下,脱离基岩,形成较短的擦痕。羊背石顶部平坦,冰底碎屑受阻不大,平行羊背石表面的分力大,故多形成长度大且平直的擦痕,很少有颤痕和凿口(图1)。冰底的碎屑在羊背石表面向前运动,并有规律的刻蚀出不同痕迹的过程,是其对羊背石施加的

力不断变化的过程,正是冰川底部这种局部动力过程的变化控制了基岩表面冰蚀痕迹的分布规律。

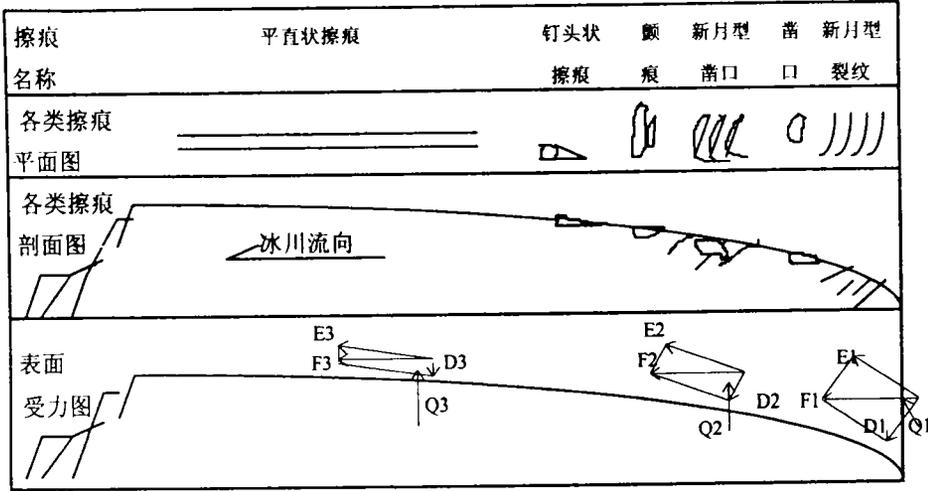


图 1 羊背石表面各种冰蚀痕迹及动力分布图

Fig. 1 Mark of the glacial erosion and force on the roche moutonnee

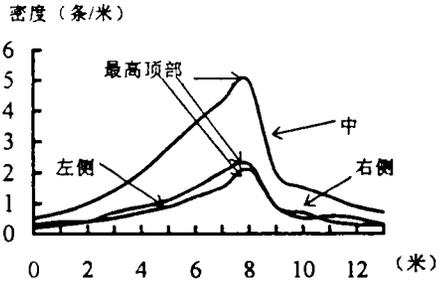
2 羊背石上裂隙特征

2.1 裂隙统计

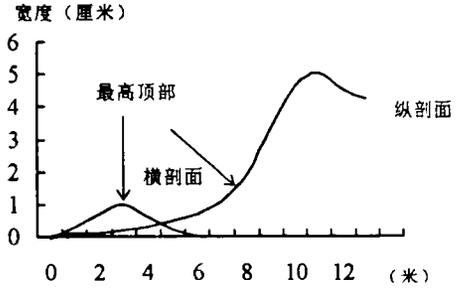
乌鲁木齐河源气象站大冰坎总高度为 35~40m。据推测应是玉木冰期(上、下望峰期)时乌鲁木齐河源冰川的冰坎(崔之久,1981)。其上布满了各种纵向、横向、垂向的裂隙。在此本文对一个岩性单一的羊背石上的裂隙进行了密度、宽度和深度的细致量测,分别取得了纵向、横向和垂向三组裂隙的数据。量测时,纵剖面均是以羊背石迎冰面最前端为起始点(零点),横剖面是以羊背石右侧最下部为起始点(零点)。经过统计归纳得出图 2。

2.2 结果分析

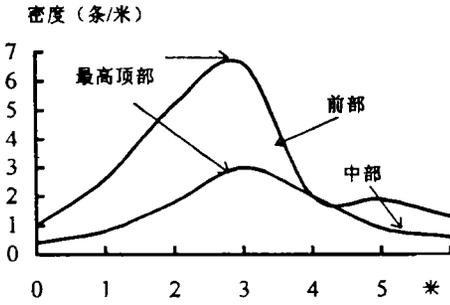
从上述三种曲线的分析中可以看出,羊背石上的裂隙有以下几个特点:(1)不论是横剖面还是纵剖面,裂隙在顶部的最高处最为发育,密度最大。向两侧、向后裂隙密度都逐渐减少,到一定距离后就几乎没有裂隙了(图 2A、B)。而对背冰面陡坎的水平裂隙的统计中,密度由顶向下逐渐减小。但陡坎顶部向下游 1~2m 处是密度最大点(图 2C)。(2)在横剖面上,裂隙在最高的顶部开裂的宽度最大,向两侧裂隙宽度逐渐减小。在纵剖面上,羊背石迎冰面的裂隙宽度小,向前逐渐增加。然而最大的宽度并不在其顶部,而在背冰面陡坎下方 2~3m 处(图 2D)。(3)对深度的统计同样显示,在纵剖面上,裂隙在背冰面陡坎下方 1~2m 处开裂的深度最大(图 2E),很多都裂到了底部,向迎冰面深度减小。横剖面上,裂隙深度在顶部最大,向两侧减小(图 2F)。



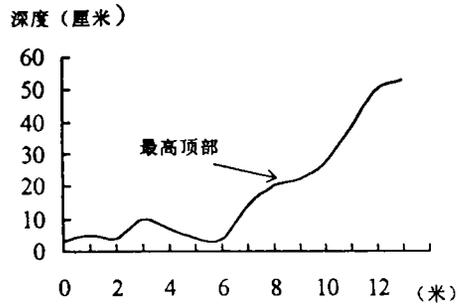
A、羊背石纵剖面上横向裂隙密度图



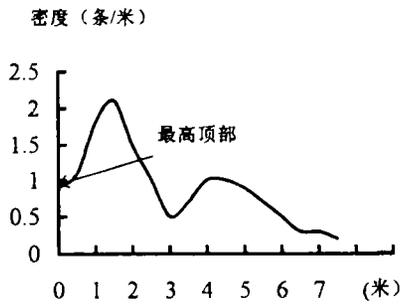
D、羊背石裂隙宽度图



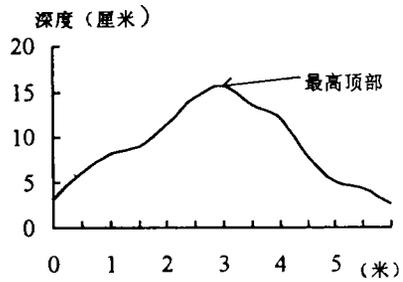
B、羊背石横剖面上纵向裂隙密度图



E、羊背石纵剖面横向裂隙深度图



C、羊背石背冰面水平裂隙密度图



F、羊背石横剖面纵向裂隙深度图

图2 羊背石裂隙密度、宽度、深度统计图

Fig. 2 Density, width and depth of crack on the roche moutonnee

3 羊背石剖面特征与动力

3.1 纵剖面特征分带

毫无疑问上述羊背石上裂隙的这种空间分布规律是受冰川底部动力过程制约的。当冰川从羊背石上经过时,顶部突起最高,对冰川的阻挡最大。与之相应,冰川对顶部的压强也最

大,不论纵向还是横向上,向两侧还是向后部,随高度的降低、坡度的变缓,压力逐渐减小(图 3)。

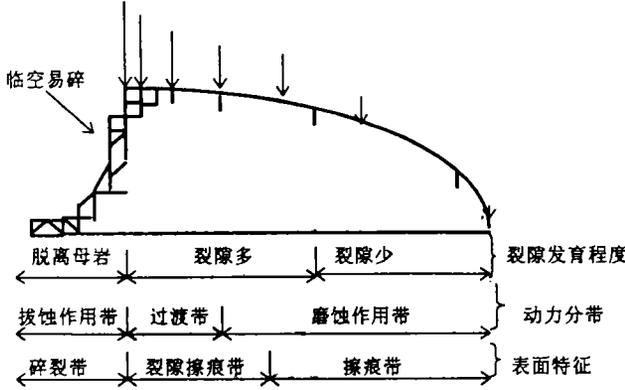


图 3 羊背石纵剖面特征分带图

Fig. 3 Characteristical belt of longitudinal section on the roche moutonnee (箭头长度表示受力大小,箭头密度表示压强大小)

最顶部位在冰川强大的压力作用下,岩石首先开始破裂。产生多组深度、宽度和密度大的裂隙。而两侧及尾部受压力小,裂隙少而浅。羊背石背冰面陡坎处的岩石,不仅受一定的压力,而且受到强烈的拔蚀作用。其使陡坎下的岩石破碎、脱离母岩并冻结在冰体中。随冰川向前运动被带走。虽然这里压力不是最大,但强烈的拔蚀作用,将岩石撕裂开形成拉张裂隙,没有被“拔”走的岩石,其裂隙密度、宽度和深度为最大。这也正是从陡坎最高的顶部向下游 1~2m 处,裂隙各项统计特征都最大的原因。

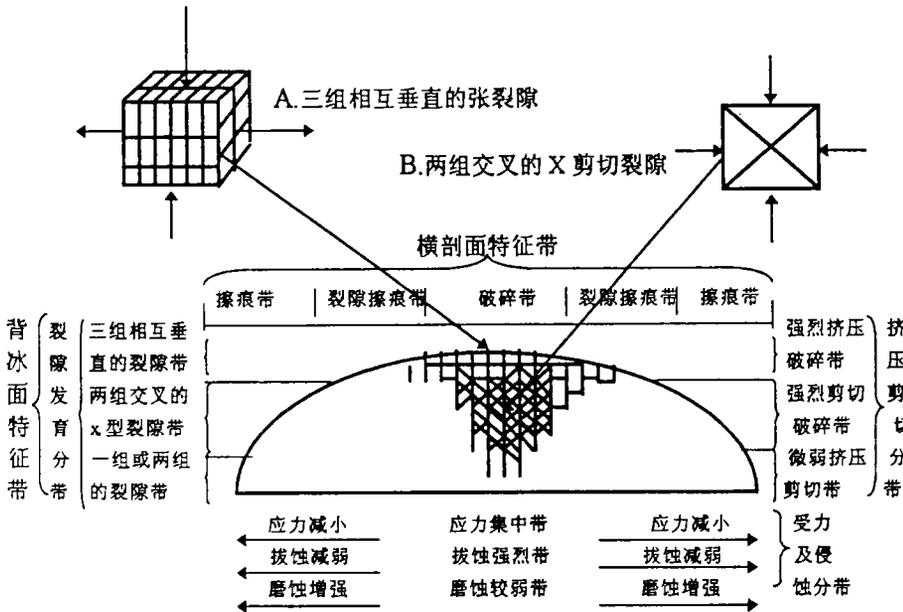


图 4 羊背石背冰面及横剖面特征分带图

Fig. 4 Characteristic belt in cross section and lee side of roche moutonnee

在纵剖面上,羊背石背冰面的岩石受拔蚀和受到的压力大,破裂强、裂隙密度、宽度和深度大。向后逐渐减小,而擦痕发育很好(图 3)。裂隙向后变化的情况与在一号冰川东支前端右侧岩壁上所见到的岩石被逐渐拉开的现象基本一致(崔之久,1981)。

3.2 背冰面的横剖面特征分带

在一些羊背石背冰面陡峭的剖面上可以见到更为有趣的现象。其顶部发育了三组互相垂直的裂隙,基岩破碎成大小不同的立方体,而两侧只有两组裂隙。平行顶面的裂隙不发育。剖面中上部可见到 X 型的两组裂隙。这个部位很可能是受剪切力最强的。再向下 X 型裂隙消失,仅有密度较小的一组或两组相互垂直的裂隙(图 4)。这一系列不同组合的裂隙分布代表了羊背石背冰面垂直横剖面上岩石受力状况的不同。其从上到下受力的情况应是:最顶部,受垂向压力大,同时受冰川向前运动的拖拽力。与岩石受单轴挤压的情形类似。此时岩石易产生一系列张裂隙(图 4A)。中上部的岩石除受垂直压力外,还有两侧基岩的围压。与岩石受两个相互垂直的力挤压的情况相近,因此多形成 X 型裂隙(图 4B)。中下部垂直压力小,围压大,仅产生一组或两组裂隙。由于各部位受力不同,产生的各种特征也不同。这种裂隙分布规律在羊背石背冰面中间表现明显。向两侧因应力减小,受力产生的变化不显著。

羊背石背冰面陡坎的角度对产生 X 型裂隙有很大影响。一般陡坎角度大,压力相对大,易形成 X 型裂隙。反之,不易产生 X 型裂隙。当然 X 型裂隙的产生与岩性也有关系。

横剖面中部是应力最集中带,相对来说拔蚀作用强,磨蚀作用弱。向两侧过渡,垂直压力减小、围压加大,岩石破裂少,磨蚀作用加强,拔蚀减弱。因此,羊背石最顶部为破碎带,向两侧过渡到较为破碎的裂隙擦痕带,最外侧以无裂隙而擦痕发育很好为其特征。

参 考 文 献

- (1) 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, 增刊.
- (2) Embleton C, Thornes J. Process in Geomorphology. London, Edward Arnold, 1979. 272—306.
- (3) Chorley R, Schumm S, Sugden D, Geomorphology. London, Methuen, 1984. 445—449.

GLACIAL MARK AND SUBGLACIAL PROCESS ON ROCHE MOUNTONNEE IN TIANSHAN MOUNTAINS, CHINA

Xong Heigang¹ Liu Gengnian² Cui Zhijiu² Zhang Bin³ Song Changqin⁴

(1 *Department of Geography, Xinjiang University, Urumqi, 830046*)

(2 *Department of Geography, Peking University, Beijing, 100871*)

(3 *Department of Geology, Engineering College Kongmin, Kongmin, 650093*)

(4 *Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing, 100044*)

Abstract

Based on measurement data of the glacial mark on roche moutonnee in Tianshan Mountains, this paper mainly discusses the glacial-geomorphic process, formative mechanism in modern-glacier. From various vestiges on roche moutonnee, the paper probes into the geological-geomorphic function at the glacial base and investigates the condition of ice-rock interface. The erosion features are fairly regular on roche moutonnee. When advancing glacier acts on protruding roche moutonnee. Of glacial base, abrasion, pluck, pressure were produced. All these controlled the form of roche moutonnee, distribution and feature of glacial marks on roche moutonnee. Since the locally changing of the ice flow and force, on which the size, form, direction and density, of glacial marks on roche moutonnee are dependent. There are two or more sets of striae paralleling ice flow on the end and flanks of roche moutonnee. However, there is usually one set of straight and long striae on the very flat top of roche moutonnee. This reflects that subglacial division ice flow on the radiant protruding parts is more strong than flat top. The long and straight stria often appear on top and crescent fractures, short stria and cracks is on end of stoss side of roche moutonnee, The crack of density is highest on top and decreases from top to sides or end, no matter it is the vertical or cross section. This might imply that plucking and pressure increases form end to top. The statistics of cracked density show that the biggest density, width and depth of crack are in the lee side of roche moutonnee. The vertical profile of lee side can be divided into extrusive-broken belt, strong shear-broken belt and weak extrusion-shear belt from the top to bottom and broken belt, crack-stria belt, stria belt from center to flank.

Key words: roche moutonnee; glacial mark; dynamic process; Tianshan Mountains.