

天山乌鲁木齐河源1号冰川冰面第一道垄状冰碛成因的初步分析

李世杰

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

一、前言

天山乌鲁木齐河源1号冰川冰面第一道冰碛垄,从五十年代末冰川考察时就引起了人们的注意,对其性质存在着不同的看法。有的认为是剪切碛,有的认为是中碛。1981年,崔之久也提出剪切碛的意见^[1]。作者于1983年7至8月对这套冰碛垄进行了较为详细的观测和采样,经室内分析,得出了较明确的认识,现公之于众,不妥之处请批评指正。

二、冰碛垄特征

1. 地貌特征

1号冰川面积为1.84平方公里,它由东、西两支冰川汇合而成,中间刃脊向下延伸到海拔3845米左右。第一道垄状冰碛大致以宽5—10米,高0.5—1.5米左右穿过冰面,一头与东、西支冰川中间刃脊相连,另一头延伸至冰舌末端(图1)。冰碛垄两侧不对称,南侧陡而窄,北侧平缓且宽,垄上的最大漂砾直径约2米。在靠近刃脊处,冰碛垄呈近东西走向,宽度较窄。该垄中间部分则呈弧形向北弯曲,到冰舌末端,垄的宽度变大(照片1)。在末端的垂直冰崖上,该垄状冰碛以48°左右的角度、2米左右的宽度下伸至冰床(照片2)。

2. 岩矿特征

(1)颜色:第一道冰碛垄最显著的一个特征,是以不对称的垄顶为界,南侧冰碛呈红色,北侧呈灰白色,中间界线清晰(照片3)。颜色上的差别是岩石的岩性不同而引起的。

(2)岩性:在第一道冰碛垄的两侧表面分别随机地测量了1平方米样方中50块砾石的粒径,并鉴定了它们的岩性及磨圆程度(图2)。发现南侧呈红色的冰碛岩性以片岩为主,占62%;眼球状片麻岩次之,占24%;花岗岩占12%;石英岩占2%。砾石的磨圆程度差,基本上全为棱角状,次棱角状仅占6%。而北侧呈灰白色冰碛的岩性则主要为眼球状片麻岩为主,占54%;花岗岩和片岩相差不多,各占22%和20%;闪长岩占4%,砾石磨圆度比南侧要好,棱角状占58%,次棱角状占34%,并出现少数次圆状,占8%。岩性上的不同是来源的母岩差异所造成的。

(3)矿物特征:在1号冰川处所采岩矿样品,经室内对0.25—0.01毫米的粒级部分

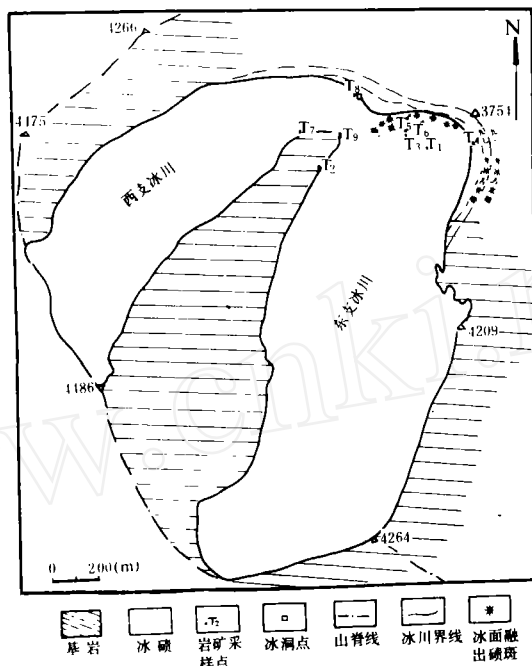


图 1 1号冰川形态及其采样点分布示意图

Fig. 1. Sketch of the form of No. 1 Glacier and Location of samples

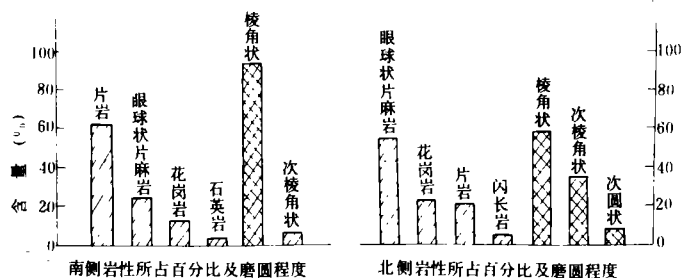


图 2 冰碛垄南北两侧砾石岩性及磨圆度统计图

Fig. 2. Statistics of lithology and roundness of till gravels on both the southern and the northern side of the first moraine

进行重液分选和薄片鉴定¹⁾，该冰碛物中，共含矿物40余种，其中重矿物占36种，而重矿物的重量百分比则很低，最高不超过15%。在重矿物中，不稳定矿物12种，极稳定矿物仅6种。不稳定矿物含量很高，最高达60%左右。极稳定矿物平均仅占4%左右，最高不超过15%。轻矿物中，岩屑含量占55—75%左右，石英含量占10—20%左右，碱性长石占4—18%左右，斜长石占10%以下，方解石占1%以下。由于所采样品均为近源的现代冰碛，加之冰川虽分东、西两支，但两支冰川相隔很近，母岩差别不大，所以其主要的矿物组合基本一致，但在一些特征矿物上尚有不同，为我们进行物质来源分析提

1) 由唐永仪同志鉴定。

供了一定的信息。

3. 剪切作用存在的特征

在冰碛垄的清晰的不同颜色分界线处, 存在着明显的剪切作用。剪切作用面在冰内向南倾斜。在冰碛垄较平坦处, 刚被剪切作用推挤出来的碎屑物质沿此界线成一脊状。在剪切作用存在的界线上约 30 米的距离内测量了 9 块砾石的产状(表 1), 除两块为直立外, 其余的 ab 面均向南倾斜, 倾角大于 50 度, 且都表现为一部分埋入冰下, 一部分露出冰面。在露出冰面的砾石顶面上覆有一层细粒物质(照片 4)。砾石的长轴走向与该界线走向均一致, 这充分表现了砾石从冰内被推挤向上顶出的特征。

表 1 在剪切作用界线上的砾石产状

Table 1. The fabric of gravels on the line of shearing force

序 号	砾 石 大 小 (cm)			产 状			埋入冰内 (cm)
	a	b	c	倾 向 $^{\circ}$	倾 角 $^{\circ}$	长轴走向 $^{\circ}$	
1	190	100	13	175	80	85	约 50
2	73	16	22	175	51		约 15
3	21	17	10	175	65	87	约 7
4	16	13	6		90	86	约 3
5	38	33	10	176	58		约 18
6	30	28	13	175	82	86	约 11
7	18	16	8	175	62		约 1
8	57	32	27		90	85	约 13
9	29	21	10	185	62		约 10

三、冰碛垄两边冰及冰面地貌的特征

1. 冰构造特征

从冰构造来看, 冰碛垄两边有着完全不同的形态。在南侧(东支), 冰川叶理非常发育, 这在消融季节后期由于表面积雪及附加冰消融而非常清晰, 冰面呈密集的一条条犁沟状(照片 5), 在冰舌的前部与该冰碛垄平行, 向上到海拔 3855 米左右的冰面处, 叶理的走向则脱离冰碛垄向南转弯和东支冰川的流向保持一致(照片 6)。经测量叶理产状(表 2), 发现东支冰川的叶理产状由冰川两边向中心倾斜, 正像向斜褶皱的形态。而在冰碛垄北侧的冰川叶理很不发育, 表面看不到像南侧那样犁沟状的形态。而在冰面一条小的河道中见有少量叶理, 量其产状(表 3), 发现和冰碛垄紧相邻的南侧冰川叶理的倾向相反(图 3)。

另外从冰裂隙来看, 两边也是不同的。冰碛垄南侧(东支)冰面上的裂隙在测量的 4 条中有 3 条走向为 210 度, 一条为 208 度, 且均未穿过冰碛垄。而在北侧, 裂隙走向有两组, 一组为 120 度, 另一组为 225 度, 和南侧的均不相通, 走向 120 度的裂隙则跨过冰洞前面的冰面河道与西支冰川相连。

表 2 第一道冰碛垄南侧冰的叶理产状

Table 2. The form of r foliation on the southern side of the first moraine a

序 号	倾 向(°)	倾 角(°)	序 号	倾 向(°)	倾 角(°)
A'断面			14	171	23
1	183	73	15	163	33
2	180	74	16	173	75
3	177	70	17	5	75
4	188	34	18	350	50
5	198	29	B'断面		
6	175	24	1	174	78
7	196	26	2	175	82
8	180	27	3	174	66
9	180	41	4	180	60
10	185	30	5	180	60
11	193	34	6	180	73
12	174	71	7	181	65
13	177	27	8	181	73

表 3 第一道冰碛垄北侧冰的叶理产状

Table 3. The form of foliation on the northern side of the first moraine

序 号	倾 向(°)	倾 角(°)	序 号	倾 向(°)	倾 角(°)
1	355	81	4	343	65
2	355	71	5	353	75
3	350	71	6	345	74

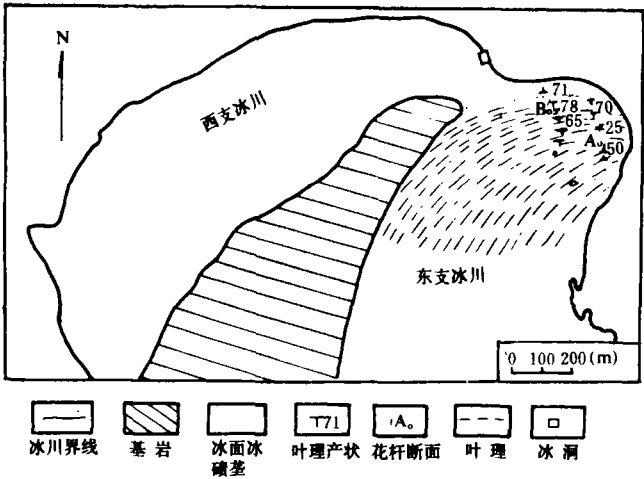


图 3 1号冰川冰舌部分叶理产状示意图

Fig. 3. Sketch of the form of foliation on the tongue of No. 1 Glacier

2. 冰面地貌的差异

在冰碛垄北侧冰面上有许多呈圆丘形斑状分布的融出冰碛(照片 6), 直径约 2—4 米, 高出冰面 0.3 米左右, 有的含有磨圆的砾石(照片 7)。在北侧的冰边缘壁上, 又见到在冰层之间夹有一片直径约 2.5 米、厚约 0.3 米的冰碛物(照片 8), 这种现象在西支冰川冰洞左上方和右上方均可见到。但是这种冰面地貌现象在冰碛垄的南侧(东支冰川)冰面上则根本没有。因此, 可以看出这种圆丘形斑状分布的冰面融出碛和西支冰川的内在特性具有密切关系。

3. 冰碛垄两侧冰运动及应力状况的差异

从 1981 年 5 月以来, 冰碛垄两侧增设了 8 个测速点(如图 4, 除了 b_1 、 b_2 、 b_3 、 a_1 的其余 8 个点), 根据 1982—1983 年的测量数据, 经韩健康计算, 结果表明, 冰碛垄两侧冰的运动速度存在着明显的差异, 冰碛垄北侧的冰年运动速度均在 1.25 米以下, 而相距不足 40 米的冰碛垄南侧各测点冰的年流速均在 2.36 米以上。另外, 在两支冰川刚刚汇合后的冰碛垄两侧、O 点以上, 冰川的拉应力和压应力轴刚好相反, 而向冰舌末端逐渐趋于一致。再联系到各测点的冰运动方向, 不难看出, 冰碛垄北侧的冰来自西支, 因受到东支冰川强烈的挤压, 其末端运动方向和应力状况发生了改变。

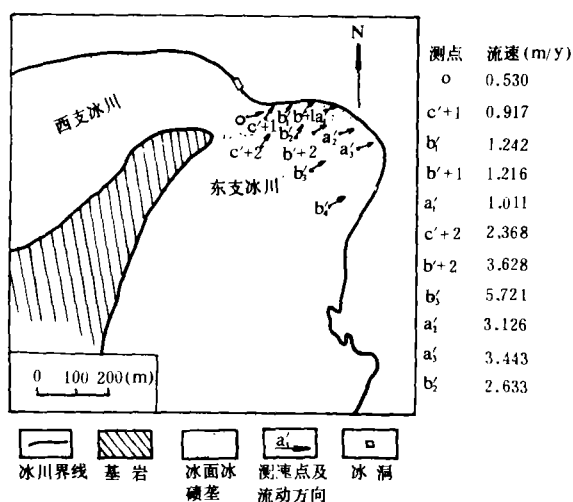


图 4 第一道冰碛垄两侧测速点及流速示意图

Fig. 4. Sketch of the location of velocity measuring points and velocity on both sides of the first moraine

东支冰川搬运的物质中则无, 而霓辉石、矽灰石等矿物仅在为东支冰川搬运的物质中出现。这些均可说明, 冰碛垄北侧的冰来自于西支冰川。1982 年 5 月编制的天山站 1 号冰川地形图¹⁾上所标出的 1962 年冰舌末端位置也可明显看出这一点。只是由于西支冰川在目前冰洞处的近二十年来强烈消融后退, 给人造成了西支冰川冰舌末端位于目前冰洞处的假象。

1) 孙作哲等 1980 年 7 月摄影测量, 1982 年 5 月张惠兴编绘。

四、冰碛垄的性质及结论

首先, 我们得出 1 号冰川冰面第一道冰碛垄两侧的冰不为同源的结论。这是因为该冰碛垄南侧(东支)冰川的叶理产状自成一个体系, 而北侧的则与之截然不同; 冰碛垄北侧冰面圆丘形斑状分布的融出碛在西支冰川表面可见到, 而在东支冰面则无; 绿色黑云母矿物仅在西支冰洞底碛、冰碛垄北侧及北侧冰面斑状分布的融出碛中出现, 斜顽辉石、黄铁矿、矽线石、独居石、红柱石等几种矿物也仅在由西支冰川参加搬运的物质中出现, 东

第二,既然冰碛垄北侧的冰是来自西支,那么冰碛垄两侧的冰不是由于剪切作用而剪断的一个整体,因此,目前剪切作用存在的面不能单纯地称为剪切面,该冰碛垄也不能单纯称为剪切碛。该冰碛垄的性质最初应该是由东、西两支冰川汇合而形成中碛,东支冰川和中碛之间也仅仅是一个接触面而已,冰碛垄和中间刃脊相衔接的地貌形态就是一个证明。此外,在冰舌前方的沉积地形,也可看出在中间有一条凸起的垄状冰碛向上一直延伸到冰舌末端和第一道冰面冰碛垄相连。

第三,从上面分析已知,东、西两支冰川的相汇首先形成中碛垄,推断其形成时代至少不晚于小冰期的第一次寒冷期。小冰期后,冰川总的趋势是在后退,尤其是西支冰川在冰洞前面的冰舌部分强烈消融后使其补给大大减少,东支冰川在两支冰川汇合处向东转弯时向北施加一个强大的作用力,一方面使中碛垄变形向北弯曲,另一方面当东支冰川运动遇到中碛顶托后,在和中碛的接触面上形成向上的推挤,从而产生剪切。所以,我们说中碛形成在前,后经剪切作用的改造,故此,称1号冰川冰面第一道冰碛垄为“剪切改造型中碛”,称中间的面为“剪切型接触面”比较贴切。

致谢:在野外得到张祥松的指导以及韩健康、沈永平的协助,室内分析得到唐永仪的帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 崔之久,1981,天山乌鲁木齐河源冰碛垄与冰碛沉积的类型和特征,冰川冻土,3卷增刊,36—38页。

(本文于1984年3月14日收到)

On the Genesis of the First Moraine on the Glacier No. 1 at the Head of Urumqi River, Tianshan

Li Shijie

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica)

Abstract

In this paper, the geomorphological forms and the rocks and mineral features of the first moraine on the surface of No. 1 Glacier, at the head of Urumqi River, Tianshan, are analyzed, and the characteristics of structure, movement, stress of the ice on both sides of the moraine are studied. Moreover, it is pointed out that there is obviously a shearing force on the southern side of the moraine. From above evidences, we suggest that the ice on the northern side of the moraine comes from the west branch of No. 1 Glacier and not from the east branch, and that the first moraine on the surface of No. 1 Glacier is “the shear-reformed-type mid-moraine” and subsequently the so-called “shear plane” is really “the shear-type interface (contact plane)”.

图 版 说 明

- 照片 1 冰碛垄形态特征
照片 2 垄状冰碛在冰舌末端的剖面形态
照片 3 冰碛垄两侧砾石在颜色上的差别
照片 4 剪切作用推挤上来的砾石上覆的细粒物质
照片 5 在冰面的叶理发育状况
照片 6 东支冰面叶理脱离冰碛垄向南转弯
照片 7 融出碛中的磨圆砾石
照片 8 冰层间所夹的冰碛物

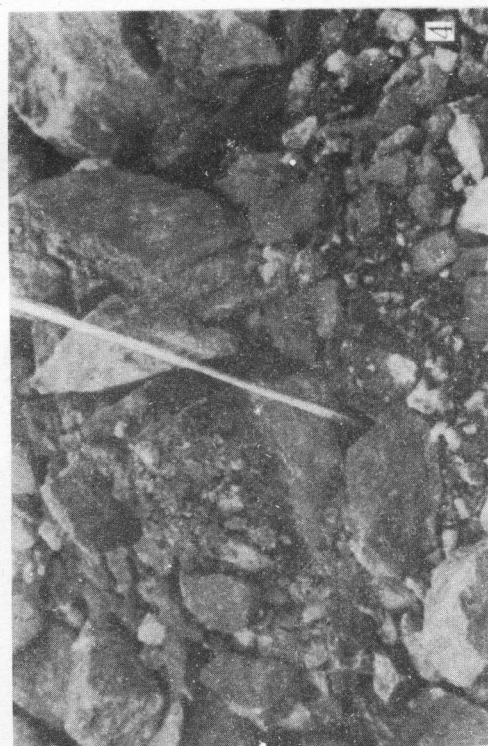
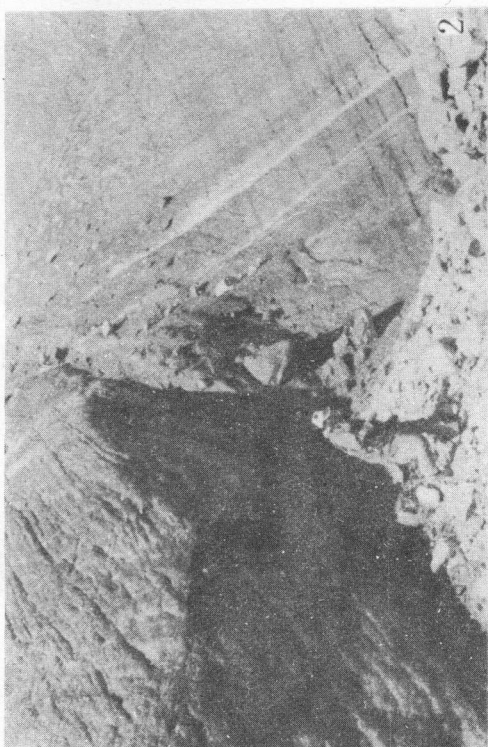
Plate Captions

- Photo 1. The feature of the moraine form
Photo 2. The form of the first moraine on the profile at the end of glacier tongue
Photo 3. The difference in colour of the gravels on both sides of the moraine
Photo 4. The fine material on the gravels pushed up by shearing
Photo 5. The foliation on the glacier surface
Photo 6. The foliation on the surface of the east branch glacier and turning to the south leaving the moraine
Photo 7. The rounded boulders in meltout till
Photo 8. The till in-between the ice layers

李世杰: 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川冰面第一道垄状冰碛成因的初步分析
Li Shijie: On the Genesis of the First Moraine on the Glacier No.1 at the Head
of Urumqi River, Tianshan

图版 I

Plate I



李世杰: 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川冰面第一道垄状冰碛成因的初步分析
Li Shijie: On the Genesis of the First Moraine on the Glacier No.1 at the Head
of Urumqi River, Tianshan

图版 II

Plate II

