

乌鲁木齐河源 1 号冰川消融期冰层温度的变化

王晓军 王新中 孟兆军

1 号冰川现有 8 个测温点, 其中东支 4 个, 西支 4 个, 孔深介于 6—29m (表 1)。由于融冻作用, 原有的许多测点已损坏, 不能进行观测。1985 年消融期, 共进行了 4 次测温, 观测数据列入表 2。

表 1 1 号冰川冰层温度场位置、高程和最大深度

位 置		海拔高度 (m)	最大深度 (m)	位 置		海拔高度 (m)	最大深度 (m)
东 支	冰舌下部 B' ₂	3804.50	29.2	西 支	冰舌下部 C ₂	3894.77	9.9
	冰舌中部 D' ₁	3897.90	18.1		冰舌中部 E ₃	3993.70	22.6
	冰舌上部 F' ₂	3967.79	22.6		冰舌上部 F ₃	4032.46	23.0
	粒雪盆 H' ₂	4058.46	18.2		粒雪盆 H ₃	4070.53	22.7

经初步分析, 1 号冰川消融期冰温变化有如下特点。

一、冰温随时间、深度的变化趋势

随气温的逐渐转暖, 暖波开始向下传递, 5 m 以上冰温明显回升, 冰舌末端较之冰川中部、粒雪盆更为明显。以图 1 的 B'₂ 点为例, 4 月份 5 m 处冰温为 -8.5°C, 7 月为 -1.7°C, 8 月在 -1.5°C 左右。随海拔高度的增加, 5 m 以上冰温的变化幅度大大减小。表层冰温明显受季节变化的影响。在图 1 1 号冰川表示了三个不同高度冰温随深度的变化趋势。从图中可以看出, 位于冰舌下部的 B'₂ 点 15m 以上冰温变化十分活跃, 其变化幅度随深度增加而减小。5 m 处变化幅度在 -1.8—-8.5°C 间、15m 处, 变化幅度在 -4.0—-5.8°C 间, 15m 以下冰温变化相对稳定。冰舌中部的 F'₂ (指图中间曲线) 点 10m 以上冰温在 -6.0—-8.0°C 间波动, 10m 以下冰温变化趋于稳定。粒雪盆内除表面积雪受气温影响外, 冰温终年变化不大。图 1 中可以看到, 粒雪盆 H₃ 点 15m 以上雪层温度变化较大, 一是受暖季气温影响, 二是融水渗浸再冻结时释放潜热影响所致。总体来说, 粒雪盆冰温变化小而稳定。

二、冰川温度场的分布

1 号冰川温度场分布的特点是, 以冰舌上部为最冷。整个消融期乃至冬季, 基本上

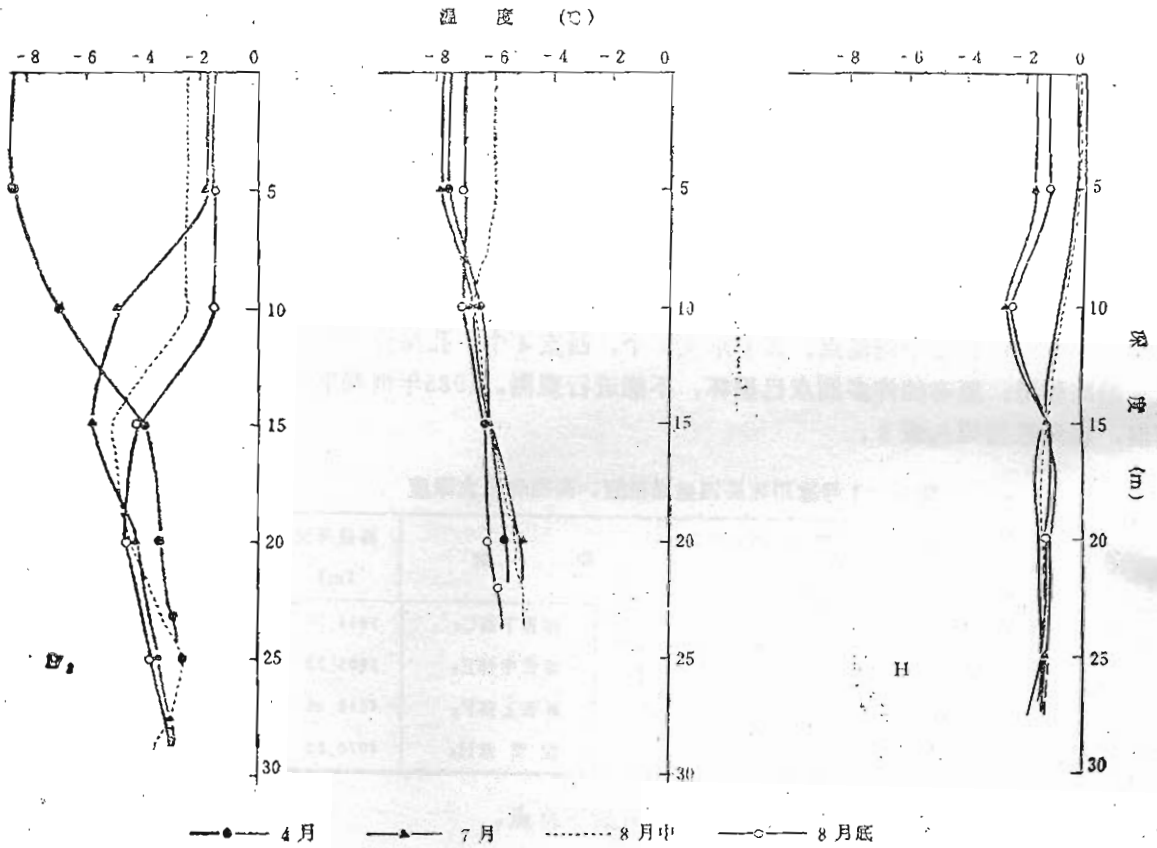


图1 1号冰川冰温随深度变化曲线图

在 -0.0 — -8.0°C 间波动。以粒雪盆冰温为最暖,消融期在 -1.3 — -1.6°C 间波动,以冰舌部冰温变化最活跃,整个消融期过程中,20m以上冰温都在频繁变动。根据黄茂桓等^[1]研究认为,“渗浸带以上各带,融水渗浸再冻结作用的减弱,雪层内融水再冻结放热量减少,可以预料,再往高处冰川温度将越来越低。”

参 考 文 献

- [1] 黄茂桓、王仲祥、任贤文,我国冰川温度,冰川冻土,4卷1期,1982。
 [2] 张金华,王晓军,乌鲁木齐河源1号冰川冰层温度,天山冰川站年报,第1号,1982。

表2-1 天山冰川站1号冰川冰层温度资料

钻孔 位置	钻孔号	观测日期: 1985年4月20—30日										深度 (m), 温度 (°C)											
		深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度		
东	B ₁ '	3.74	5.74	7.74	3.74	5.74	7.74	6.01	7.01	8.01	9.01	10.01	11.01	12.01	13.01	14.01	15.01	17.01	19.01	21.01	23.01		
		-10.6	-7.2	-11.4																			
东	B ₂ '	—	2.01	3.01	—	2.01	3.01	4.01	4.01	4.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01
		-0.25	0.2	-0.5																			
东	D'																						
东	F ₂ '	0.72	1.72	2.72	0.72	1.72	2.72	3.72	3.72	3.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72
		-6.2	-10.0	-3.7																			
东	H'	3.54	4.54	5.54	3.54	4.54	5.54	6.54	6.54	6.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54
		-7.8	-8.6	-8.6																			
西	B ₁	1.88	2.88	3.88	1.88	2.88	3.88	4.88	4.88	4.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88
		-0.5	-0.1	-0.1																			
西	C ₁	1.22	5.22	6.22	1.22	5.22	6.22	9.22	9.22	9.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22
		-0.7	-6.8	-6.1																			
西	E ₃	3.15	3.55	4.15	3.15	3.55	4.15	1.15	1.15	1.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15
		-3.7	-3.6	-8.3																			
西	H ₅	3.25	4.25	6.25	3.25	4.25	6.25	7.25	7.25	7.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25
		-5.7	-6.8	-1.2																			
西	H ₅																						

表2-3 天山冰川站1号冰川冰层温度资料

观测日期：1985年8月14日—16日

深度(m)，温度(°C)

钻孔号	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度
东	B ₁ '	7.77	9.77	11.77	12.77	16.77	17.77	19.77	20.77	21.77	24.77	26.77	28.77					
	B ₂ '	0.6	-2.4	-3.9	-4.5	-5.1	-5.0	-4.8	-1.3	-1.1	-3.6	-3.5	-3.0					
女	D ₁ '																	
	F ₂ '	2.47	3.47	4.47	7.47	8.47	10.47	11.47	12.47	13.47	14.47	16.47	18.47	20.47	22.47			
		-3.7	-5.0	-6.0	-7.3	-7.0	-7.1	-6.9	-6.5	-6.8	-3.5	-6.3	-6.3	-6.2				
	H ₂ '	7.26	13.26	14.26	16.26	17.26												
-0.7		-2.2	-1.8	-2.8	-2.9													
西	B ₃	8.2																
	-1.9																	
支	C ₁	5.49	6.49	9.49														
		-2.5	-2.4	-2.9														
E ₃	2.63	3.63	0.63	5.63	8.63	9.63	11.63	15.63	14.63	16.63	20.63	22.63						
	-0.4	-2.0	坏	-3.3	-4.9	-5.0	-4.7	-5.3	-4.2	-1.5	-3.1	-3.1						
F ₃	1.0	2.6	3.6	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6	10.6	11.6	12.6	13.6	15.6	18.6	22.6			
	-0.7	-2.1	-3.9	-5.4	-5.8	-6.1	-6.3	-6.1	-3.1	-3.2	-6.0	-5.9	-5.5	-4.9				
H ₅	4.29	5.29	9.29	10.29	11.29	13.29	14.29	15.29	19.29	20.29	22.29							
	-0.1	-0.2	-0.1	-0.7	-1.0	-1.6	-1.3	-1.2	-1.4	-1.4	-1.3							

表2-4 天山冰川站1号冰川冰层温度资料

钻孔位置	钻孔号	观测日期: 1985年8月29—30日												深度(m)		温度(°C)				
		深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度			
东	B ₁ '																			
	B ₂ '	深度	6.15	8.15	10.15	12.15	13.15	15.15	17.15	18.15	20.15	21.15	22.15	25.15	27.15	29.15				
		温度	0.8	0.1	-1.5	-3.2	-4.0	-4.15	-4.8	-4.8	-4.5	-4.3	-3.9	-3.6	-3.5	-3.1				
	D ₁ '	深度	2.10	3.60	6.10	7.10	8.10	9.10	10.10	11.10	12.10	14.10	16.10	18.10						
		温度	-1.0	-2.95	-5.0	-5.7	-5.9	-3.9	-6.2	-5.05	-5.6	-5.64	-5.2	-5.1						
	F ₂ '	深度	2.01	3.01	4.61	7.01	8.61	9.01	10.01	11.01	12.01	13.01	16.01	18.01	20.01	22.01				
温度		-3.1	-4.4	-5.6	-7.0	-6.8	-7.0	-7.0	-6.8	-6.5	-6.9	-6.3	-5.3	-6.2	-5.9					
支	H ₂ '	深度	5.16	6.16	8.16	14.16	15.16	17.16	18.16											
		温度	+0.2	0.2	-0.5	-1.3	-1.4	-1.7	-1.8											
西	B ₁	深度																		
		温度																		
	C ₁ '	深度	5.88	6.88	9.88															
		温度	-1.5	-2.3	-2.8															
	E ₃	深度	2.63	0.63	5.63	8.63	9.63	11.63	14.63	16.63	20.63	22.63								
		温度	-0.3	0.4	-2.75	-4.7	-4.8	-4.6	-4.27	-3.9	-3.1	-2.75								
F ₃	深度	2.01	3.01	4.01	6.01	7.01	8.01	9.01	10.01	11.01	12.01	13.01	14.01	15.01	16.01	19.01	23.01			
	温度	-0.2	-1.7	-3.3	-4.95	-4.6	-5.84	-3.1	-5.97	-6.0	-6.1	-5.95	-5.9	-5.9	-5.55	-5.5	-4.9			
支	H ₅	深度	3.71	4.71	5.71	6.71	7.71	8.71	9.71	10.71	11.71	13.71	14.71	15.71	20.71	22.71				
		温度	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	-0.1	-0.7	-0.8	-1.4	-1.2	-1.2	-1.4	-1.35				

乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡计算及 积累消融梯度的变化

王晓军 王新中 孟兆军 王纯足

1985年,我们在乌鲁木齐河源 1 号冰川上进行了物质平衡、成冰作用的观测。本文通过对这些资料的简单分析,初步了解1984—1985年度冰川物质平衡的变化特征,冰川积累梯度和消融速率的变化规律以及成冰作用的某些现象,为深入探讨 1 号冰川变化趋势提供基本数据。

一、物质平衡计算

乌鲁木齐河源 1 号冰川的物质平衡观测采用花杆法和探坑法进行。1985年 1 号冰川上共有花杆70根,其中不包括由积雪所埋没的粒雪盆后壁的 6 根花杆。由于1985年消融强烈,雪线升高,导致积累区没有花杆,消融区花杆增至 70 根,其中西支分布 33 根,东支分布37根,花杆设置密度为38根/km²。观测年度为1984年 8 月31日至1985年 8 月31日,观测时间间隔为一个月。将每月单点物质平衡值计算出来(表 1),据此求出全年单点物质平衡值,进而绘制成冰川物质平衡等值线图(图 1)。根据等值线图求出该水文年度的冰川积消面积、冰川系数、雪线高度以及各项计算值列入表 2-4。

从表 5 中可以看出,1985年消融期降水少,7、8 两月持续高温是导致冰川消融大,雪线升高,积累区面积大幅度减小的主要原因。从表中看,1984年消融期月平均气温虽然比1985年同期高0.2°C,但在 5、6 两月形成了气温低,降水多有利于冰川积累的条件,冰川表面的积雪无疑将有效地阻止冰川的消融。以西支冰舌末端为例,1984年消融期,纯冰的平均消融速率为1.76cm/d,比1985年同期的日纯冰消融速率(2.76cm/d)小得多,总纯消融比1985年少86.2×10⁴m³。相反,1985年消融期 5、6 两月虽然气温低,但降水太少,不利于积累。冰舌中下部过早暴露,因而导致持续高温的 7、8 两月冰川消融强烈,西支冰舌末端纯冰融深达3.39m,创1980年后最高记录,比强消融的1981年还多0.94m。由此可见。消融期初,冰川表面积雪厚度的变化,以及消融期各月气温、降水条件的轻微波动,都将导致冰川消融大不相同的结果。因此,在分析消融期气温、降水条件时,尤其要注意其各月降水量的分配,以及气温的变化情况。

二、冰川的积累梯度和消融速率

冰川的积累消融是冰川参与地表水份循环的起始环节⁻¹,是影响冰川发育的重要

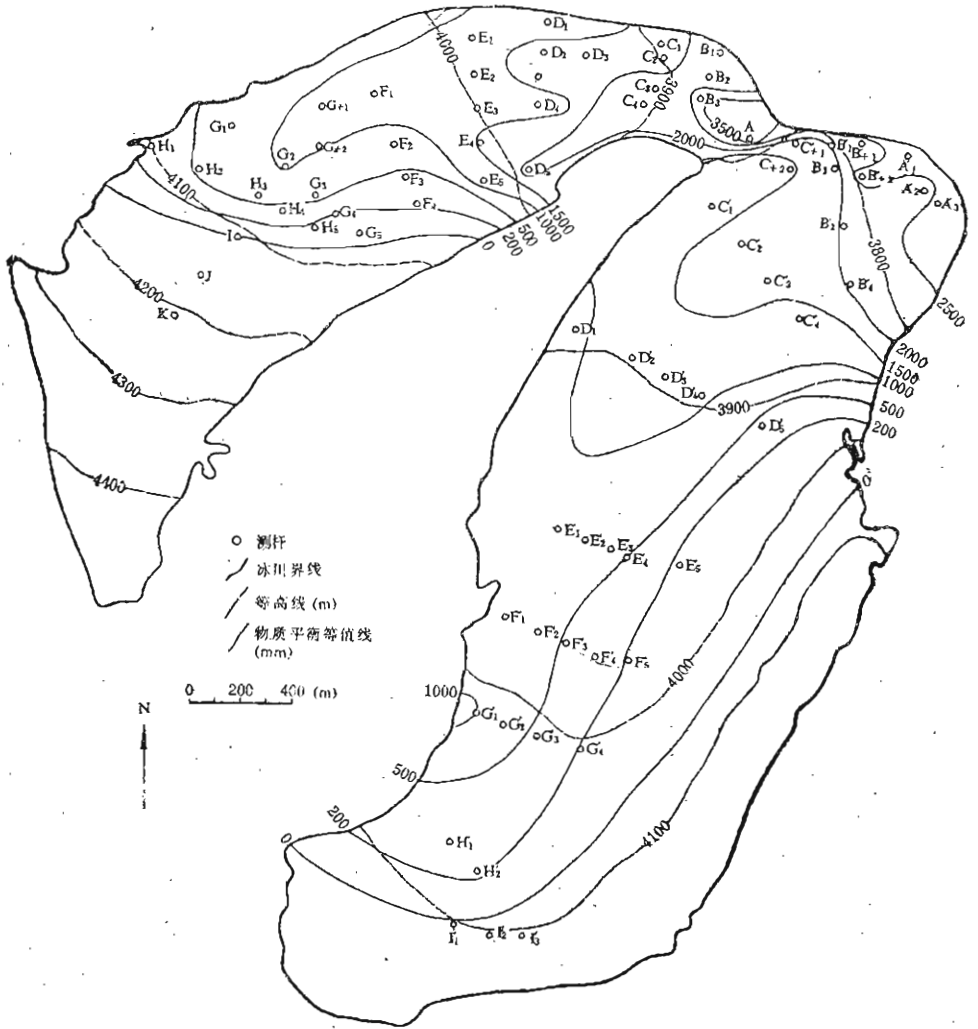


图1 1号冰川物质平衡等值线图(1985)

因素。1号冰川的积累、消融随高度的变化有着明显的线性规律，它反映了积累随高度的降低而减少，消融随高度的增长而减弱。积累消融同受气温、降水、高度、地形等因素的影响，不同的是前者反映冰川在运动中的积累变化过程，后者则反映了冰川在运动中的消融变化过程。积累梯度和消融速率的计算则是定量反映冰川盈亏变化快慢过程的手段。图1反映了1号冰川积累消融梯度观测点的分布状况。

1. 冰川的积累梯度

我们以消融期初第一次观测的各高度积雪厚度变化值，来分析积累随高度增长的梯度变化。因为此时气温低，消融微弱，冰川表面积雪基本上反映了1984年8月31日至1985年4月30日冰川的积累情况。在此期间，9、10两月和4、5两月的降水绝大部

分保留下来,成为冰川春秋季节的物质补给,降落在积累区的这部分物质将成为冰川纯积累的主要部分。

以积累梯度反映较好的西支为例,从表6中可以看出,冰川表面积雪厚度变化有三个阶梯:一是冰舌下部A—B点,海拔高度在3834—3872m,此地积雪厚度不大,主要是由于地形较陡和有少量消融所致;二是冰舌中部C—F,海拔高度在3894—4032m,这里积雪厚度明显增加,此处气温低,地势相对平缓,积雪厚度一般比冰舌下部多70—30cm;三是粒雪盆附近,海拔高度在4067—4070m,这里积雪厚度为最大。与冰舌中部相比,积雪厚度也增加了20—30cm。西支各点积雪递增梯度平均为17.8cm/47.2m,每百米递增27.7cm,东支各点积雪递增梯度平均为14.8cm/70.8m,每百米递增20.9cm。如果以西支每百米的积累梯度估算,4100m、4200m、4300m处5月初的积雪厚度分别为113.1cm、149.0cm、186.7cm。

冰川积累梯度的变化,主要与气温、降水、海拔高度、地形等因素有关。表6表明,在一定高度范围内,积雪随海拔高度的增加而递增。冰舌末端与粒雪盆H点的积累厚度差值东支为59cm,西支为89cm。积雪厚度随高度的变化,在一定程度上反映了降水随高度的变化情况,尽管从现有资料上,不能明显反映出降水的梯度变化,但积雪厚度的变化情况提示我们,搞清冰川表面的降水量,是进行物质平衡研究的重要问题。表9列出了消融期各点的降水量。冰川表面的气温变化也必将导致各高度积雪消融的差导。表7列出了冰川各点的气温梯度变化值。表8列出了大西沟气象站到海拔4000m的气温值。

大家知道冰川的地形条件也是影响积雪厚度变化的因素之一。在冰川边缘,冰川内侧山体,局部凹地等都有利于积雪的保存和增厚,这主要是受冰川表面吹雪的影响。因此,我们在进行积累梯度计算时,选择了冰川主流线的中心位置。表6中可以看出,个别点的积雪厚度偏低或偏高。

2. 冰川的消融速率

从表10中可以看出,1号冰川的纯冰消融速率随海拔高度的增加而递减。纯冰消融速率也有与积累梯度大致相同的三个阶梯,这反映了积累和消融在相同高度条件下,严格受气温和降水等因素的制约,二者沿相反的方向发展,但其变化规律是一致的。冰川末端的纯冰消融最快,日平均消融速率为23.3mm(两支冰川平均)1985年消融期5月下旬,冰舌末端已暴露,其消融速率比强消融的1981年还大(1981年A点为-19.9mm/d, A₁点为22.9mm/d)。冰舌中部在一定厚度积雪的覆盖下,延缓了冰面出露时间,加之高度升高,气温降低的影响,使得纯冰消融速率逐渐减缓。接近粒雪线附近,纯冰消融速率最慢,日平均消融速率仅为2.4mm(西支冰川平均)。海拔4000m左右为纯冰消融速率的转折点,至此消融速率陡然降低,这主要是气温和积雪条件影响所致。表10中H₁、H₂点反映了粒雪盆积雪的消融情况,根据两点消融的差值和高度差,求出粒雪盆后壁背阴面的消融递减率为-13.3mm/100m,以此为依据来推求粒雪盆各高度的消融速率(表11)。积累和消融的变化直接影响雪线高度的变化,我们根据消融期初的积累梯度和消融期内的消融速率来计算雪线的高度,计算结果1985年1号冰川雪线平均高度为4100m。

在传统的物质平衡计算中，是根据消融等值线图各点的积消变化值来确定雪线的高度。如果积累区各点均为负值，且粒雪盆后壁又无点（1984、1985年均未找到粒雪盆后壁各点），我们往往是大致求出雪线的高度，估算出粒雪盆后壁的纯积累。如果利用上述这种在相同气温，降水条件下反映出来的积消梯度的简便方法来计算，无疑在传统的物质平衡计算中、又增加了一个验证条件。

三、附加冰的生长过程

1985年消融期，1号冰川消融上带（3900—4030m），以具有呈斑状分布的附加冰为标志^[2]和渗透冻结带（4030—4050m），该带范围较窄，主要沿冰川内侧山体附近分布附加冰发育良好，其特点是厚度大，延伸范围宽，保留时间长。1号冰川消融期初，消融带普遍发育着附加冰，消融下带（3769—3900m）的附加冰至6月中旬全部消融殆尽，但消融上带的某些部位和渗透冻结带上发育的附加冰可以长期保留。图2反映了4个典型剖面的附加冰，从1984年8月一直保留到1985年消融期末的过程，在整个消融期中，它们经过了反复消融—冻结过程，成为冰川的冰补给部分而保留下来。1985年，1号冰川附加冰的发育延伸范围较宽，靠近冰川内侧山体一边从E点至G点，大约二百多米宽的范围内，均有呈斑状分布的附加冰。附加冰发育的厚度也较大，从图中可以看出，4个点的附加冰到消融期末，仍保留很大厚度，其中G₄点的厚度可达90cm。

在一定的度和地形条件下，积雪的存在对附加冰的形成十分有益，因为雪体本身

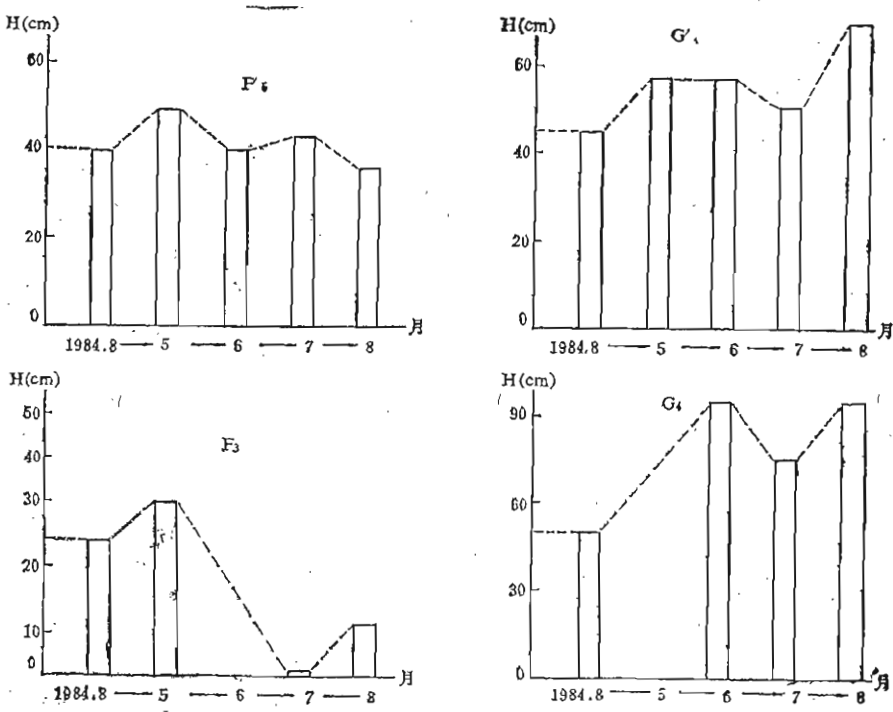


图2 1号冰川消融期附加冰生长情况

对融水渗浸有明显的滞溜作用，它使得滞溜在积雪下部的融水遇冷冻结而形成附加冰。消融期6、7两月，消融上带的中间部位也可以发育附加冰，这层附加冰的形成主要受气温突然降低的影响，其特点是：形成迅速、消失也快，整个过程仅用2—3天就可完成，这部分物质对冰川没有实际补给意义。

观测证明，春秋两季是附加冰形成发育的良好时期，此时气温低，昼夜温差大，渗透到积雪下部的融水发生冻结，不断增加附加冰的厚度。图2中表示，1984年8月底后形成的附加冰到1985年消融期初，都不同程度的增大了厚度，而在消融期末，G'4、F3、G4点又分别增厚20cm、12cm、20cm，只是在强消融的7、8两月附加冰损失了一部分。

参 考 文 献

- [1] 谢自楚、葛光文，天山乌鲁木齐河源1号冰川的积累消融及物质平衡，天山乌鲁木齐河冰川与水文研究，科学出版社，1965。
- [2] 谢自楚、伍光和、王仲洋、张文敬，天山博格达峰北坡的成冰作用，冰川冻土，5卷3期，1983。
- [3] 张金华、王晓军、李军，天山乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡变化与气候相互关系的研究，冰川冻土，6卷4期，1984。

表1 1号冰川的积累与消融 (1984—1985)

剖面 位置	在杆 No	纯 积 消 量 (mm)				合 计
		1984.8.30	1985.4.29	1985.6.30	1985.7.31	
		-1985.4.29	-6.30	-7.31	-8.30	
东 支 A'	1	—	-487.0	—	—	-487.0
	2	+25.0	-781.0	-783.0	-648.0	-2247.0
	3	+259.0	-826.0	-1161.0	-1125.0	-2853.0
	平均	+142.0	-698.0	-972.0	-835.5	-5527.0
3775.29	+1	+110.4	-544.0	-918.0	-819.0	-2170.6
	+2	+126.0	-522.0	-733.0	-1647.0	-2181.0
	1	+152.0	-575.0	-846.0	-792.0	-2061.0
	2	+360.6	-649.2	-791.4	-774.0	-1654.0
	3	+53.0	-487.6	-836.4	-864.0	-2135.0
	4	-27.0	-540.0	-319.0	-753.0	-2139.0
	平均	+129.2	-552.9	-824.8	-941.5	-2190.0
C'	+1	+308.2	-569.0	-729.0	-711.0	-1692.0
	+2	+224.5	-440.5	-594.0	-594.0	-1404.0
	1	-3.6	-104.5	-674.9	-711.0	-1494.0
	2	+65.6	-285.1	-762.7	-710.0	-1692.0
	3	+215.0	-320.9	-817.6	-755.0	-1692.0
	4	+389.4	-306.0	-371.0	-660.6	-949.2
3843.39	平均	+199.9	-337.7	-656.7	-690.3	-1434.8
D'	1	+432.6	-234.7	-485.9	-620.0	-918.0
	2	-29.5	-97.7	-521.6	-674.0	-1323.0
	3	+70.6	-125.1	-467.7	-657.0	-1179.0
	4	-8.3	-130.5	-567.6	-576.0	-1282.4
	5	+116.5	-18.3	-242.4	-238.0	-382.7
3897.90	平均	+116.4	-121.4	-457.1	-555.0	-1017.1
东 支 E'	1	+124.4	-97.3	-353.2	-540.0	-866.1
	2	+64.1	-71.1	-288.4	-477.0	-772.4
	3	+190.0	-94.0	-259.5	-441.0	-603.5
	4	+177.4	-17.1	-318.9	-342.0	-501.1
	5	+216.1	—	-121.4	-233.5	-138.8
3932.44	平均	+154.4	-70.0	-263.1	-466.7	-590.4
F'	1	+143.8	-154.1	-276.8	-332.4	-619.5
	2	+145.1	-66.3	-233.2	-454.0	-608.4

表 1 (续)

剖面 位置	花 杆 (No)	纯 积 消 量 (mm)				合 计	
		1984.8.30 -1985.4.29	1985.4.29 -6.30	1985.6.30 -7.31	1985.7.31 -8.30		
F'	3	+184.4	-46.8	-199.4	-360.5	-422.3	
	4	+6.8	+91.7	-228.8	-238.0	-368.3	
	5	+177.3	-36.1	-156.7	-172.5	-188.0	
	3967.79	平均	+131.5	-42.3	-219.0	-311.5	-441.3
	G'	1	+246.9	-200.4	-340.5	-666.0	-960.0
2		+21.4	-47.7	-318.0	-424.0	-768.3	
3		+73.6	-35.4	-171.4	-343.1	-476.3	
4		+189.3	-100.8	-107.4	-263.2	-282.1	
4005.80		平均	+157.9	-72.2	-25.75	-448.1	-935.7
H'	1	+260.3	-57.3	-306.5	-244.6	-358.1	
	2	+268.3	-0.1	-303.3	-200.0	-235.1	
	4058.46	平均	+264.3	-28.7	-304.9	-222.3	-291.6

剖面 位置	花 杆 (No)	纯 积 消 量 (mm)					合 计	
		1984.8.30 -1985.1.11	1985.1.11 -4.30	1985.4.30 -7.1	1985.7.1 -8.1	1985.8.1 -8.31		
西 支	A	-192.9	-92.9	-1019.9	-1017.0	-1512.0	-3834.7	
	3834.38	+4.9	+55.3	-627.2	-882.0	-873.0	-2322.0	
	B	1	-45.0	+19.1	-613.1	-774.0	-729.0	-2142.0
		2	-132.6	-199.3	-780.5	-891.0	-918.0	-2921.4
	3872.59	平均	-57.6	-41.6	-673.6	-849.0	-840.0	-2461.8
C	1	—	—	-270.0	-801.0	-765.0	-1836.0	
	2	—	—	-333.0	-783.0	-702.0	-1818.0	
	3	+78.8	-28.6	-446.2	-963.0	-891.0	-2250.0	
	3894.77	平均	+78.8	-28.6	-349.7	-849.0	-786.0	-1968.0
D	1	+78.9	+202.6	-355.0	-619.5	-540.0	-1233.0	
	2	—	+52.5	-412.5	-685.0	-647.0	-1692.0	
	3	—	—	-290.0	-629.0	-747.0	-1666.0	
	4	+71.4	—	-168.9	-451.5	-522.0	-1071.0	
	3955.09	平均	+20.1	-58.2	-364.2	-640.8	-631.6	-1589.6

表 7 (续)

剖面 位置	花 杆 (No)	纯 积 消 量 (mm)					合 计
		1984.8.30 —1985.1.11	1985.1.11 —4.30	1985.4.30 —7.1	1985.7.1 —8.1	1985.8.1 —8.31	
E	1	-1.9	+108.4	-228.3	-474.7	-558.0	-1154.5
	2	—	+59.5	-271.5	-499.0	-570.0	-1281.0
	3	-31.8	+92.0	-222.2	-594.0	-567.0	-1323.0
	4	+6.0	+95.0	-290.0	-531.0	-810.0	-1530.0
	5	-17.3	+61.7	-224.4	-540.0	-729.0	-1449.0
	3993.70	平均	-11.5	-83.4	-247.3	-527.7	-646.8
g	+1	+85.8	-234.8	-126.6	-572.2	-456.0	-1257.8
	+2	-74.0	+37.8	-167.8	-352.4	-523.0	-1078.4
	4067.6	平均	+5.9	-98.4	-147.2	-439.8	-486.5

剖面 位置	花 杆 (No)	纯 积 消 量 (mm)					合 计
		1984.8.30 —1985.1.12	1985.1.12 —4.30	1985.4.30 —7.1	1985.7.1 —8.1	1985.8.1 —8.31	
F	1	-55.2	+104.4	-330.8	-225.0	-513.0	-1019.6
	2	+57.9	+101.9	-225.1	-154.7	-410.0	-620.6
	3	+80.8	+110.7	-195.3	-235.6	-205.0	-444.4
	4	—	—	—	—	-231.1	-231.1
	4032.46	平均	+27.8	-105.7	-250.4	-205.1	-339.8
g	1	+54.7	+64.6	-153.2	-255.7	-495.0	-784.6
	2	+5.8	+49.3	-185.3	-463.0	-468.0	-1031.2
	3	+150.8	+120.0	-189.2	-261.8	-375.6	-575.2
	4	—	+413.5	-126.0	-342.4	-153.0	-207.9
	4067.76	平均	+70.4	+161.9	-163.4	-282.3	-334.7
H	1	—	—	—	—	-418.0	-418.0
	2	-168.8	+72.6	-191.2	-346.4	-298.0	-594.2
	3	—	-146.6	-80.8	-300.4	-415.0	-649.6
	4	—	-269.4	-203.3	-127.7	-354.8	-416.4
	4070.53	平均	-168.8	-216.4	-156.6	-250.2	-334.3

表2 1号冰川零平衡线变化

年 度	东 支	西 支	平 均
1983—1984	3951 (m)	4033 (m)	4007 (m)
1984—1985	4081 (m)	4112 (m)	4097 (m)

表3 1号冰川积消区面积

年 度	积累区面积 (km ²)	消融区面积 (km ²)	冰 川 比 率 k
1983—1984	1.07	0.77	1.39
1984—1985	0.56	1.28	0.44

表4 1984—1985年1号冰川物质平衡计算结果

年 度	消融区面积 (km ²)	积累区面积 (km ²)	纯消融 (10 ⁴ m ³)	纯积累 (10 ⁴ m ³)	消融区季 节积雪 (10 ⁴ m ³)	积累区 消融 (10 ⁴ m ³)	总积累 (10 ⁴ m ³)	总消融 (10 ⁴ m ³)	物 质 收 支 差 额	
									10 ⁴ m ³	毫米水柱
1984— 1985	1.23	0.56	132.2	19.6	59.4	9.0	88.0	200.6	112.6	-61

表5 乌鲁木齐河源大西沟气象站5—8月气温、降水值

年 度	消 融 期 气 温 (°C)					消 融 期 降 水 (mm)					
	5	6	7	8	平均	5	6	7	8	合 计	纯消融 (10 ⁴ m ³)
1981	1.3	4.0	5.1	2.9	3.3	37.0	78.4	120.8	99.4	335.6	135.1
1984	-0.6	2.8	3.7	5.6	2.9	50.6	103.6	90.6	34.2	278.9	46.0
1985	-1.2	2.3	4.7	4.3	2.7	33.0	75.6	63.6	65.2	237.4	132.2

表 6 1号冰川东支西支积累梯度变化值

海拔高度	标杆	日期	积雪厚度 (cm)	积累梯度 (cm/m)	备注
3834.38	A	5.1	11	1.0/38.21	
3872.59	B ₂	5.1	12		
3894.77	C ₂	5.1			
3955.09	D ₃	5.1			
3993.70	E ₃	5.1	43	31.0/121.11	
4032.46	F ₃	5.1	58	150/38.76	
4067.76	G ₃	5.1	77	19.0/.35.30	
4070.53	H ₅	5.1	100	230/2.77	
平均				17.8/47.23	37.7/100
3775.29	A ₂ '	4.30	20		
3804.50	B ₂ '	4.30	92		
3843.39	C ₃ '	4.30	51	31.0/681	
3897.90	D ₃ '	4.30	23		
3932.44	E ₃ '	4.30	56	5.0/83.05	
3967.97	E ₃ '	4.30	64	8.0/35.53	
4005.80	G ₃ '	4.30	45		
4058.46	H ₂ '	4.30	79	15.0/90.49	
平均			79	14.8/70.8	20.8/100m

表 7 乌鲁木齐河源冰川区温度梯度各月变化值

月 份	气象站—1号冰川末端 3588—3767m (°C/100m)	1号冰川末端—空冰斗 3767—3805m (°C/100m)	两点梯度值 平均 (°C/100m)
	5	0.81	0.72
6	0.60	2.40	-1.50
7	0.50	2.60	-1.60
8	0.60	2.10	-1.40
平均	0.62	2.00	-1.30

表8 乌鲁木齐河源消融期各点气温值 (单位℃)

1985年	大西沟气象站	1号冰川末端	空冰斗	3900m	4000m	3900m	4000m
	3588.6m	3767m	3805m	0.62℃/100m		-1.30℃/100	
5	-1.5	-2.7	-3.2	-3.5	-4.1	-4.5	-6.2
6	2.3	1.3	0.4	0.5	-0.1	-1.3	-2.6
7	4.7	3.8	2.8	3.0	2.4	1.1	-0.2
8	4.8	3.8	3.0	3.0	2.4	1.4	0.0

注：表中3900m气温比空冰斗高：是因为进行梯度计算时是以1号冰川末端高度为准，表中的两个梯度值是反映气象站——冰川末端的平均梯度值和气象站——1号冰川末端与1号冰川末端——空冰斗两点的梯度平均值。

表9 乌鲁木齐河源消融期各点降水值 (单位mm)

1985年	大西沟气象站	1号冰川末端	空冰斗	冰舌	粒雪盆	备注
5	33.0	29.5	29.9			
6	75.6	62.8	68.2	97.4	75.0	
7	63.6	62.4	58.7	74.4	62.9	
8	65.2	86.3	70.3	78.5	65.2	
合计	237.4	241.0	225.1	250.3	203.1	

注：1号冰川末端空冰斗每天24小时取一次降水量。冰舌、粒雪盆每月取一次降水量。

表10 1号冰川东、西支消融递减率各点值

海拔高度 (m)	花杆 No	日期	纯冰融深 (cm)	日纯冰融深 (mm/d)	消融递减率 (mm/m)	备注
3834.38	A	5、1—8、31	-339	-27.6	-9.1/38.21	
3872.59	B ₂	5、1—8、31	-227	-18.5		
3894.77	C ₂	5、1—8、31	-165	-13.4	-5.1/22.18	
3955.09	D ₃	5、1—8、31	-152	-12.4	-1.0/60.32	
3993.70	E ₃	5、1—8、31	-126	-10.2	-2.2/38.61	
4032.46	F ₃	5、1—8、31	-31	-2.5	-7.7/38.76	
4067.76	G ₃	5、1—8、31	-59	-4.8	-5.4/74.06	
4070.53	H ₅	5、1—8、31	-164	-13.3*		*该点为雪融速率-13.1mm/100m
平均					-5.1/39	

表10 (续)

海拔高度 (m)	花杆 No	日期	纯冰融深 (cm)	日纯冰融深 (mm/d)	消融递减率 (mm/m)	备注
3775.29	A ₂ '	4.30—8.30	-234	-19.0		
3804.50	B ₂ '	4.30—8.30	-199	-16.2	-2.6/29.21	
3843.39	C ₃ '	4.30—8.30	-183	-14.9	-1.3/38.89	
3897.90	D ₃ '	4.30—8.30	-125	-10.2	-4.7/54.51	
3932.44	E ₃ '	4.30—8.30	-57	-4.6	-5.6/34.54	
3967.79	F ₃ '	4.30—8.30	-27	-2.2	-2.4/35.35	
4005.80	G ₃ '	4.30—8.30	-28	-2.3	-2.3/73.36	
4058.46	H ₂ '	4.30—8.30	-144	-11.7		*该点为雪融速率-8.3mm/100m
平均					-3.2/38.4	

表11 粒雪盆积聚梯度和消融速率各点值

积消 梯 度 时 间	西 支		东 支		备 注
	4070 H ₅	4100 粒雪盆后壁	4058 H ₂	4095 粒雪盆后壁	
消 融 期 初	37.7cm/100m		20.9cm/100m		递增梯度
8.30日—5.1日	+100.0cm	+111.3cm	+79.0cm	+86.7cm	积雪厚度
消 融 期 内	-1.33cm/d	0.93cm/d	1.17cm/d	0.68cm/d	雪融速率 1.33/100 消融厚度(cm)
4.30—8.30	-164.0	-114.4	144.0	-83.6	

乌鲁木齐河源水文与气候观测资料

整编说明

杨 新 元

乌鲁木齐河发源于天山中段北坡的一条河流，水量来源主要为降水及冰雪融水径流，为了摸清该河源冰雪融水对它的影响，在河源区共设有三个水文观测点，进行冰雪水文及气象观测。

天山1号冰川是研究的主要对象，冰川面积为 1.84km^2 ，冰川多年平均雪线高度为4050m。在离冰舌280m处的河谷设有1号冰川水文点，其集水面积为 3.34km^2 ，测流断面为一矩形，整个断面由混凝土浇筑而成，断面尺寸高约1m，宽1.6m。在断面左岸山坡安有百叶箱及雨量筒，进行气象观测。

为了摸清高山融雪径流，在空冰斗下面设有一水文观测点，其集水面积为 1.73km^2 ，测流断面为矩形，断面尺寸高1m，宽1.5m，整个断面由混凝土浇筑而成。气象观测场设在右岸山坡上。

在大西沟与支流罗布道沟汇合处，海拔高度为3403m的河道上设有总控制水文点，集水面积为 28.9km^2 ，该水文点主要观测研究区内七条冰川及裸露山坡总冰雪融水径流。测流断面由浆砌块石及混凝土浇筑而成，在断面上建有一座工作桥，便于施测流量。气象观测场设在左岸山坡。

在三个水文断面上，均安有自记水位计，测流方法主要为流速仪法，同时采用溶液法进行实验，在洪峰流量时，采用浮标法。

整个水文资料和气象资料，均按水文规范进行整编。

表1 乌鲁木齐河1号冰川水文点1985年逐日平均流量表
集水面积3.34km² 流量以m³/s计

月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 日
1					0.004	0.022	0.650	0.710	0.275				1
2					0.004	0.067	0.690	0.760	0.235				2
3					0.007	0	0.550	0.103	0.314				3
4					0.004	0.004	0.150	0.103	0.054				4
5					0.004	0.160	0.690	0.197	0.007				5
6					0.004	0.054	0.580	0.235	0				6
7					0.004	0.022	0.314	0.197					7
8					0.007	0.022	0.235	0.314					8
9					0.004	0.103	0.314	0.314					9
10					0.004	0.235	0.520	0.103					10
旬总数					0.046	0.629	4.693	3.036	0.885				旬总数
旬平均					0.005	0.063	0.469	0.304	0.089				旬平均
11					0.004	0.022	0.160	0.275					11
12					0.004	0.054	0.128	0.390					12
13					0	0.160	0.103	0.610					13
14					0	0.103	0.103	0.390					14
15					0	0.197	0.235	0.097					15
16					0.004	0.128	0.197	0.077					16
17					0.004	0.128	0.128	0.077					17
18					0.022	0.128	0.077	0.197					18
19					0.022	0.235	0.040	0.275					19
20					0.054	0.077	0.054	0.077					20
旬总数					0.114	1.232	1.225	2.445					旬总数
旬平均					0.011	0.123	0.123	0.245					旬平均
21					0.103	0.128	0.160	0.103					21
22					0.197	0.077	0.128	0.160					22
23					0.128	0.160	0.275	0.160					23
24					0.197	0.235	0.314	0.235					24
25					0.103	0.314	0.520	0.077					25
26					0.054	0.520	0.550	0.275					26
27					0	0.275	0.580	0.235					27
28					0	0.197	0.520	0.314					28
29					0	0.314	0.314	0.355					29
30					0	0.275	0.690	0.477					30

表1 (续)

日	月												日	月		
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月				
31					0.040		0.516	0.390							31	
旬总数					0.822	2.495	4.567	2.781							旬总数	
旬平均					0.075	0.250	0.415	0.253							旬平均	
月 统 计	总数				0.982	4.356	10.485	8.262	0.885						总数	
	平均				0.032	0.145	0.338	0.267	0.030						平均	
	最大				0.58	1.10	1.95	2.12	1.49						最大	
	日期				24	26	31	1	3						日期	
	最小				0	0	0.049	0.007	0						最小	
	日期				5	3	1	11	6						日期	
年 数 计	年总数 24.97				最大流量 2.12 (8月1日)				最小流量 0 (5月5日)				平均流量 0.162			
	径流量 215.710 ⁴ m ³				径流模数 48.5dm ³ /s.km ³				径流深度 646mm							

制表: 杨新元

校核: 康尔泗

表2 乌鲁木齐河总控制水文点1985年逐日平均流量表

集水面积28.9km²

流量以m³/s计

日	月												日	月	
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月			
1					0.290	0.320	1.31	2.04	1.22						1
2					0.220	0.700	1.80	3.25	0.770						2
3					0.340	0.340	2.04	3.09	0.900						3
4					0.160	1.39	1.90	1.70	0.540						4
5					0.190	0.770	1.39	0.910	0.260						5
6					0.240	0.370	1.49	1.04	0.220						6
7					0.110	0.220	1.49	1.16	0.220						7
8					0.260	0.290	1.14	1.29	0.220						8
9					0.220	0.450	0.58	1.51	0.220						9
10					0.240	0.700	0.83	1.16	0.220						10
旬总数					2.270	5.550	13.97	17.15	4.790						旬总数
旬平均					0.227	0.555	1.40	1.72	0.479						旬平均
11					0.110	0.130	0.540	1.16	0.130						11
12					0.110	0.370	0.400	1.51	0.130						12
13					0.085	0.770	0.540	3.25	0.130						13
14					0.070	1.05	0.580	2.78	0.130						14
15					0.070	0.970	0.630	2.33	0.130						15

表2 (续)

月		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月
日														日
16						0.220	1.22	0.900	1.80	0.130				16
17						0.260	1.14	0.830	1.51	0.130				17
18						0.370	1.14	0.580	1.16	0.130				18
19						0.290	1.49	0.540	1.16	0.130				19
20						0.540	1.14	0.700	0.990	0.130				20
旬总数						2.125	9.420	6.240	17.65	1.30				旬总数
旬平均						0.213	0.942	0.624	1.77	0.130				旬平均
21						0.540	0.700	0.770	0.870	0.085				21
22						0.830	0.580	0.770	0.870	0.085				22
23						0.900	0.630	0.830	0.770	0.085				23
24						0.900	0.540	1.31	0.370	0.085				24
25						0.900	0.580	1.53	0.540	0.085				25
26						0.340	0.490	1.90	0.540	0.027				26
27						0.160	0.770	1.59	0.630	0.027				27
28						0.190	0.830	1.31	0.830	0.027				28
29						0.085	0.580	1.49	1.05	0.027				29
30						0.130	0.630	2.47	1.22	0.027				30
31						0.190		2.04	1.49					31
旬总数						5.930	6.330	16.07	9.180	0.560				旬总数
旬平均						0.539	0.633	1.46	0.835	0.056				旬平均
月 统 计	总数					10.325	21.30	36.28	43.98	6.650				总数
	平均					0.333	0.71	1.17	1.42	0.222				平均
	最大					2.33	2.97	3.79	7.15	3.09				最大
	日期					24	19	4	1	1				日期
	最小					0.070	0.070	0.29	0.220	0.027				最小
	日期					13	11	11	24	31				日期
年统计		年总数 118.235		最大流量 7.15 (8月1日)		最小流量 0.070 (5月13日)		平均流量 0.771						
		径流量 1024 10 ⁴ m ³		径流模数 26.7 dm ³ /skm ³		径流深度 354 mm								

制表: 杨新元

校核: 廖尔泗

表3 乌鲁木齐河空冰斗水文点1985年逐日平均流量表

集水面积1.73km² 流量以m³/s计

日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	日	月
1					0	0.020	0.015	0.015					1	
2					0	0.037	0.015	0.025					2	
3					0.01	0.005	0.015	0.015					3	
4					0.005	0.18	0.025	0.025					4	
5					0.005	0.090	0.010	0.037					5	
6					0.005	0.015	0.010	0.015					6	
7					0	0.010	0.015	0.010					7	
8					0	0.025	0.025	0.015					8	
9					0.005	0.015	0.060	0.025					9	
10					0.005	0.015	0.010	0.015					10	
旬总数					0.035	0.417	0.20	0.197					旬总数	
旬平均					0.004	0.042	0.020	0.020					旬平均	
11					0.005	0.015	0.025	0.015					11	
12					0.005	0.037	0.037	0.010					12	
13					0	0.037	0.037	0.025					13	
14					0	0.037	0.037	0.015					14	
15					0	0.015	0.047	0.025					15	
16					0.005	0.025	0.025	0.025					16	
17					0.005	0.025	0.037	0.010					17	
18					0.01	0.025	0.025	0.005					18	
19					0.015	0.025	0.015	0.005					19	
20					0.015	0.015	0.037	0.015					20	
旬总数					0.060	0.256	0.300	0.150					旬总数	
旬平均					0.006	0.026	0.030	0.015					旬平均	
21					0.047	0.20	0.010	0.010					21	
22					0.015	0.106	0.005	0.010					22	
23					0.025	0.010	0.015	0.005					23	
24					0.047	0.010	0.015	0.005					24	
25					0.015	0.010	0.015	0.015					25	
26					0.005	0.015	0.015	0.010					26	
27					0	0.010	0.015	0.005					27	
28					0.005	0.010	0.015	0.010					28	
29					0.005	0.010	0.015	0.015					29	
30					0	0.010	0.015	0.015					30	

(续) 3表

月		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月	
日															日
31						0.015		0.015	0.015						31
旬总数						0.179	0.391	0.150	0.115						旬总数
旬平均						0.016	0.039	0.014	0.010						旬平均
月 统 计	总数					0.274	1.064	0.65	0.462						总数
	平均					0.009	0.035	0.021	0.015						平均
	最大														最大
	日期														日期
	最小														最小
	日期														日期
年统计		年总数 2.45			最大流量 0.790(6月21日)				最小流量 0.0(5月1日)				平均流量 0.020		
		径流量 21.17 10 ⁴ m ³			径流模数 11.6 dm ³ /skm ³				径流深度 122mm						

制表: 杨新元 校核: 康尔润

表4 乌鲁木齐河总控制水文点1985年逐日平均气温表
气温以℃计

月		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月	
日															日
1		-13.7	-15.3	11.0	-11.6	-2.6	3.5	7.5	8.9	6.2	0.7	-8.1	-11.9		1
2		-16.4	-14.4	-9.6	-4.1	-0.5	-1.1	7.6	6.3	2.7	2.3	-11.1	-12.1		2
3		-18.7	-17.2	-15.9	-3.7	-5.4	-7.5	6.5	3.1	4.4	2.8	-7.0	-15.2		3
4		-19.5	-17.7	-20.4	-4.8	-9.5	-4.5	5.0	4.1	4.6	-2.3	-7.0	-14.4		4
5		-18.0	-15.1	-20.9	-3.6	-1.6	1.4	7.2	4.7	-1.9	0.6	-10.5	-11.1		5
6		-22.3	-13.7	-20.1	-1.1	-2.8	2.6	5.6	5.7	-3.3	-0.8	-14.6	-8.6		6
7		-23.3	-17.3	-23.3	-0.9	-2.7	-0.1	3.6	8.6	-1.6	-4.2	-12.9	-6.2		7
8		-21.3	-14.9	-22.1	-3.1	0.3	0.4	1.8	7.6	1.0	-7.8	-12.0	-12.2		8
9		-17.6	-12.9	-15.8	-3.7	-0.1	3.9	5.4	7.4	-3.3	-6.5	-11.7	-16.0		9
10		-19.2	-12.0	-10.9	-5.1	-1.8	5.2	7.1	5.2	-0.1	-3.5	-9.8	-17.1		10
旬总数		-190.0	-150.0	-170.0	-41.7	-26.7	4.4	57.3	61.6	8.5	-18.7	-104.7	-125.1	旬总数	
旬平均		-19.0	15.0	-17.0	-4.2	-2.7	0.4	5.7	6.2	0.9	-1.9	-10.5	-12.5	旬平均	
11		-20.8	-16.5	-10.5	-6.9	-1.7	1.0	4.8	5.8	-0.1	-2.1	-10.8	-15.8		11
12		-19.4	-19.3	-14.0	-5.2	-0.6	0.3	2.7	6.5	-0.4	1.4	-7.2	-21.1		12
13		-20.3	-11.2	-13.9	-4.4	-1.4	4.4	1.2	5.3	-2.9	-6.7	-15.6	-15.8		13
14		-19.1	-15.1	-13.8	-1.0	-12.5	6.7	3.8	4.7	-4.4	-10.4	-15.1	-11.3		14
15		-12.0	-18.5	-14.8	-1.9	-6.7	4.6	4.3	1.9	-2.5	-8.4	-10.1	-11.2		15

表4 (续)

日 \ 月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 \ 日	
16	-10.1	-16.2	-13.3	0.8	-1.6	4.3	5.6	1.1	-1.3	-8.2	-9.0	-15.5	16	
17	-8.5	-15.8	-14.1	2.9	-1.2	2.9	4.4	3.6	-0.5	-7.0	-9.9	-13.5	17	
18	-11.5	-14.9	-13.0	-6.0	2.3	4.0	2.8	4.5	-1.7	-6.2	-8.7	-14.3	18	
19	-16.6	-15.4	-10.3	-7.5	3.2	4.0	-1.4	4.9	-1.0	-5.5	-8.4	-15.9	19	
20	-19.5	-13.6	-8.2	-3.0	3.1	2.5	0.8	2.5	-0.7	-3.0	-13.0	-13.8	20	
旬总数	157.8	-156.5	-126.0	-32.2	-17.1	34.8	29.0	40.8	-15.4	-56.1	-108.3	-148.1	旬总数	
旬平均	-15.8	-15.7	-12.6	-3.2	-1.7	3.5	2.9	4.1	-1.5	-5.6	-10.8	-14.8	旬平均	
21	-16.6	-12.9	-5.5	1.0	6.1	3.6	4.9	4.2	-0.5	-2.0	-19.0	-10.5	21	
22	-16.9	-12.3	-16.0	1.3	3.9	2.1	3.6	2.3	0.0	-0.8	-18.3	-9.1	22	
23	-19.0	-14.8	-11.3	-3.2	4.7	5.6	6.1	0.7	0.6	-2.9	-15.5	-11.2	23	
24	-18.0	-19.7	-9.8	-8.3	5.7	4.7	5.7	0.8	-1.3	-6.1	-11.4	-12.2	24	
25	-13.0	-13.7	-7.7	-3.1	1.3	6.3	5.7	2.8	-0.5	-4.3	-13.7	-13.1	25	
26	-12.7	-8.5	-9.5	2.6	-4.5	5.3	6.0	4.2	1.6	-4.9	-20.7	-15.0	26	
27	-12.4	-15.8	-10.3	5.1	-4.4	3.0	6.7	3.0	1.3	-4.5	-20.4	-19.0	27	
28	-12.3	-16.1	-8.1	4.8	-0.9	1.8	7.0	3.4	1.0	-4.1	-15.7	-19.5	28	
29	-12.9		-5.4	2.8	-0.7	2.5	5.4	7.2	0.5	-6.3	-12.9	-17.0	29	
30	-14.7		-7.0	-3.0	-0.4	3.2	6.9	8.6	-0.5	-1.6	-11.3	-18.8	30	
31	-18.8		-9.2		2.1		7.7	6.7		-5.5		-15.8	31	
旬总数	-167.5	-113.8	-100.3	0.0	12.9	41.1	65.7	48.9	2.7	-46.5	-158.9	-161.2	旬总数	
旬平均	-15.2	-14.2	-9.1	0.0	1.2	4.1	6.0	4.5	0.3	-4.2	-15.9	-14.7	旬平均	
月 统 计	总数	-515.3	-420.8	396.3	-73.9	-30.9	80.3	152.0	151.3	-4.2	-121.3	-371.9	-434.4	总数
	平均	-16.6	-15.0	-12.8	-2.5	-1.0	2.7	4.9	4.9	-0.1	-3.9	-12.4	-14.0	平均
	最高	-5.1	-5.4	3.0	12.4	12.9	12.7	14.2	16.1	12.2	10.0	-0.8	0.6	最高
	日期	27	26	29	29	24	21	31	29	1	3	12	7	日期
	最低	-27.2	-25.2	-28.5	-16.8	-16.2	-11.2	-3.6	3.5	-8.9	-16.7	-26.0	-26.0	最低
	日期	7	24	7	1	15	4	13	23	14	14	26	26	日期
年统计	最高气温 16.1 (8月29日)				最低气温 -28.5 (3月7日)				平均气温 -5.5					

制表: 杨新元 校核: 康尔酒

表5 乌鲁木齐1河号冰川水文点1985年逐日平均气温表

气温以℃计

月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 日
1	-15.6	-13.4	-14.0	-11.4	-5.3	1.0	6.5	7.4	3.6	-0.1	-10.8	-11.3	1
2	-16.7	-14.4	-10.4	-13.8	-2.4	-2.8	7.3	4.6	2.4	1.0	-14.0	-12.7	2
3	-16.3	-11.4	-16.9	-5.6	-5.7	-8.7	5.7	0.8	3.2	1.2	-9.5	-14.2	3
4	-15.4	-13.0	-16.5	-5.1	-11.6	-5.2	4.1	1.9	1.7	-3.1	-9.6	-13.8	4
5	-17.9	-18.0	-12.1	-6.7	-3.2	1.1	6.5	4.0	-3.0	-1.4	-14.0	-14.5	5
6	-17.4	-13.4	-15.4	-5.9	-4.7	1.2	5.8	4.4	-5.6	-3.5	-16.4	-9.9	6
7	-18.8	-13.6	-19.3	-3.0	-4.1	-1.8	5.1	5.1	-3.0	-5.4	-14.1	-5.7	7
8	-18.5	-14.2	-21.9	-4.1	-1.8	-1.5	-0.1	5.3	-1.5	-9.4	-12.7	-11.0	8
9	-21.6	-12.7	-21.5	-4.5	-2.5	2.9	2.9	5.9	-5.7	-8.0	-12.5	-17.5	9
10	-20.6	-13.7	-23.4	-5.0	-4.2	3.1	6.2	3.6	-2.2	-4.6	-12.6	-17.6	10
旬总数	-179.8	-140.0	-170.4	-65.1	-45.5	-10.7	50.0	43.0	-10.1	-33.3	-126.0	-124.1	旬总数
旬平均	-18.0	-14.0	-17.0	-6.5	-4.6	-1.1	5.0	4.3	-1.0	-3.3	12.6	12.4	旬平均
11	-19.9	-19.6	-17.1	-5.9	-6.2	-2.7	2.6	5.2	-2.0	-3.7	-12.7	-17.5	11
12	-17.2	-16.2	-12.0	-8.2	-3.8	-1.9	1.1	4.7	-2.8	-1.5	-9.5	-22.3	12
13	-18.3	-13.6	-12.5	-6.7	-3.7	1.8	-0.5	4.7	-4.5	-7.1	-17.3	-15.4	13
14	-19.4	-15.5	-15.9	-7.5	-13.9	3.9	2.8	3.9	-4.0	-12.4	-16.9	-9.2	14
15	-17.9	-19.2	-17.5	-3.1	-7.1	2.9	2.6	1.1	-2.4	-10.0	-10.8	-10.6	15
16	-17.7	-20.2	-15.5	-0.4	-2.6	2.4	3.9	0.4	0.4	-10.3	-9.0	-15.0	16
17	-17.2	-17.5	-16.7	1.7	-2.9	1.0	2.4	2.7	-1.0	-8.3	-10.0	-13.5	17
18	-15.4	-20.9	-17.0	-7.2	-0.1	2.1	1.7	3.7	-2.1	-8.2	-9.6	-14.5	18
19	-12.9	-14.1	-17.4	-8.7	1.9	2.1	-1.7	3.6	-1.6	-8.8	-11.7	-16.2	19
20	-10.0	-13.6	-15.8	-4.2	2.1	0.5	-0.8	1.0	-2.2	-5.8	-15.8	-13.2	20
旬总数	-165.9	-170.4	-157.4	-50.2	-36.3	12.1	14.3	33.0	-22.2	-76.1	-123.3	147.4	旬总数
旬平均	-16.6	-17.0	-15.7	-5.0	-3.6	1.2	1.4	3.3	-2.2	-7.6	-12.3	14.7	旬平均
21	-13.7	-13.3	-14.2	-0.2	4.0	2.7	2.8	2.2	-3.1	-6.1	-22.0	-9.7	21
22	-11.5	-13.9	-12.1	0.1	-2.2	3.4	1.6	0.2	-0.8	-3.7	-20.1	-9.5	22
23	-16.1	-15.7	-8.4	-4.4	3.0	5.4	4.6	3.1	-1.0	-5.3	-15.6	-13.1	23
24	-17.0	-14.6	-15.1	-9.5	3.1	2.2	4.2	0.0	-2.3	-7.3	-12.8	-14.0	24
25	-13.9	-14.3	-11.1	-4.3	-1.2	3.5	4.0	2.0	-1.3	-7.5	-16.6	-14.6	25
26	-14.6	-13.5	-8.0	1.4	-6.9	2.4	5.2	4.1	0.8	-8.0	-23.4	-15.0	26
27	-15.8	-15.1	-6.2	3.9	-6.8	2.1	5.6	4.8	0.8	-8.4	-21.7	-20.7	27
28	-18.0	-20.8	-8.6	3.6	4.1	0.4	6.6	6.1	0.4	-8.9	-17.4	-19.8	28
29	-16.0		-8.7	1.6	-2.5	0.4	4.8	7.1	-0.6	-9.8	-12.0	-18.2	29
30	-14.5		-5.4	-4.2	-2.4	1.5	7.2	4.9	-1.5	-6.6	-9.4	-16.5	30

表5 (续)

日 \ 月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 \ 日	
31	-17.0		-6.2		0.0		7.3	5.8		-7.1		-15.9	31	
旬总数	-168.1	-121.2	-104.0	-12.0	-3.4	24.0	54.9	40.3	-6.2	-78.7	-171.0	-167.1	旬总数	
旬平均	-15.3	-15.2	-9.5	-1.2	-0.3	2.4	5.0	3.7	-0.6	-7.2	-17.1	-15.2	旬平均	
月 统 计	总数	-513.8	-432.5	-431.8	-127.3	-85.2	25.4	119.2	116.3	-38.5	-188.1	-420.3	-438.6	总数
	平均	-16.6	-15.4	-13.9	-4.2	-2.7	0.8	3.8	3.8	-1.3	-6.1	-14.0	-14.1	平均
	最高	-8.4	-6.2	1.6	11.2	10.1	9.6	14.2	13.7	10.4	4.8	-4.2	-1.2	最高
	日期	22	3	27	29	24	25	1	30	1	2	16	7	日期
	最低	-24.0	-25.8	-28.1	-18.0	-18.0	-11.8	-4.3	-4.7	-9.1	-14.0	-25.1	-25.6	最低
	日期	9	18	8	1	14	3	20	16	6	16	26	12	日期
年统计	最高气温 14.2 (7月1日)				最低气温 -28.1 (3月8日)				平均气温 -6.7					

制表： 杨新元 校核： 康尔酒

表6 乌鲁木齐河空冰斗水文点1985年逐日平均气温表

气温以℃计

日 \ 月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 \ 日
1	-17.6	-16.7	-21.2	-11.9	-6.0	0.4	5.8	7.2	2.0	-1.5	-10.3	-9.9	1
2	-17.4	-15.8	-16.7	-14.6	-2.8	-3.6	6.1	4.2	1.0	-0.4	-13.1	-11.3	2
3	-15.5	-9.7	-23.2	-6.4	-6.4	-9.6	4.0	0.9	2.0	0.3	-8.1	-13.1	3
4	-18.4	-12.2	-19.0	-5.6	-12.1	-6.4	2.9	2.4	0.9	-4.3	-7.9	-12.7	4
5	-18.3	-15.9	-13.9	-7.4	-4.1	0.1	4.5	3.1	3.4	-2.2	-13.5	-10.3	5
6	-17.0	-13.9	-18.1	-7.3	-4.2	1.2	3.6	4.3	5.4	-3.7	-14.5	-7.6	6
7	-17.9	-14.5	-21.8	-4.0	-4.6	-2.1	2.9	4.8	4.2	-5.7	-13.2	-4.6	7
8	-20.4	-14.0	-25.5	-5.3	-2.1	-1.7	-0.4	4.7	-2.2	-10.0	-10.3	-9.0	8
9	-23.1	-13.6	-23.0	-5.6	-2.1	1.9	2.2	4.7	-6.8	-8.5	-9.8	-17.4	9
10	-23.1	-12.7	-24.7	-6.5	-4.7	2.8	5.7	2.2	-2.8	-4.4	-9.7	-17.8	10
旬总数	-188.7	-139.0	-207.1	-74.6	-49.1	-17.0	35.3	38.5	-8.1	-40.4	-110.4	-113.5	旬总数
旬平均	-18.9	-13.9	-20.7	-7.5	-4.9	-1.7	3.5	3.9	-0.8	-4.0	-11.0	-11.4	旬平均
11	-20.6	-18.7	-17.2	-6.4	-3.5	-2.3	1.5	3.7	-2.4	-3.0	-11.0	-17.1	11
12	-18.2	-16.5	-13.0	-9.4	-3.7	-2.4	0.5	5.2	-2.7	-0.6	-6.9	-23.7	12
13	-18.0	-11.9	-13.0	-7.8	-3.2	1.2	-0.7	3.6	-4.9	-6.0	-16.3	-15.6	13
14	-19.4	-14.2	-16.0	-7.6	-14.4	3.8	1.9	2.5	-5.3	-11.7	-14.4	-8.8	14
15	-16.8	-18.1	-17.4	-3.4	-6.9	1.9	2.1	-0.2	-3.2	-8.7	-9.1	-8.9	15

表 6 (续)

日	月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月	日	
16		-17.1	-19.7	-16.2	-0.7	-3.5	1.5	3.4	-0.6	-2.1	-9.2	-8.2	-13.5		16	
17		-17.0	-18.8	-17.8	1.4	-3.5	0.0	1.7	2.3	-1.3	-7.6	-9.5	-13.0		17	
18		-16.3	-26.4	-14.2	-7.5	-0.7	2.4	1.8	3.4	-2.4	-7.6	-9.1	-13.6		18	
19		-14.2	-19.9	-14.5	-9.0	1.4	1.8	-2.2	3.4	-2.5	-7.3	-11.0	-15.6		19	
20		-10.0	-19.1	-13.1	-4.5	3.2	1.1	-1.0	0.6	-3.4	-4.9	-15.3	-12.6		20	
旬总数		-167.6	-183.0	-152.4	-54.9	-34.8	9.0	8.8	23.9	-30.0	-66.8	-110.8	-142.3	旬总数		
旬平均		-16.8	-18.3	-15.2	-5.5	-3.5	0.9	0.9	2.4	-3.0	-6.7	-11.1	-14.2	旬平均		
21		-13.3	-18.3	-11.9	-0.5	4.3	3.8	2.7	1.2	-4.0	-4.8	-22.4	-7.5		21	
22		-13.0	-18.2	-8.7	-0.2	1.5	4.0	0.9	-0.6	-2.1	-2.0	-20.1	-7.7		22	
23		-18.3	-20.2	-5.2	-4.7	2.7	3.3	4.6	-0.9	-1.4	-3.1	-14.9	-11.8		23	
24		-19.8	-19.5	-14.0	-9.8	3.9	1.7	5.2	-0.9	-3.2	-6.0	-11.1	-11.8		24	
25		-15.4	-20.7	-10.6	-4.6	-0.1	3.3	3.2	1.1	-3.0	-6.3	-15.9	-11.6		25	
26		-16.2	-21.3	-9.6	1.1	-6.4	1.9	4.3	3.2	0.5	-6.7	-22.3	-12.7		26	
27		-17.4	-21.7	-8.5	3.6	-6.6	1.5	4.3	3.9	0.9	-7.6	-20.4	-18.4		27	
28		-17.9	-27.7	-8.8	3.3	-3.8	-0.7	5.4	4.1	-0.8	-7.7	-16.1	-20.4		28	
29		-16.3		-9.4	1.3	-6.5	-0.1	3.9	5.9	1.7	-8.3	-11.2	-17.4		29	
30		-14.3		-7.1	-4.5	-3.3	1.2	5.4	7.6	-2.9	-5.0	-8.8	-15.2		30	
31		-16.7		-5.9		-1.3		6.3	5.0		-5.8		-14.6		31	
旬总数		-177.6	-167.6	-99.7	-15.0	-15.6	19.9	46.2	29.6	-14.3	-63.1	-163.2	-149.1	旬总数		
旬平均		-16.2	-21.0	-9.1	-1.5	-1.4	2.0	4.2	2.7	-1.4	-5.7	-16.3	-13.6	旬平均		
月 统 计	总数	-533.9	-489.6	-459.2	-144.5	-99.5	11.9	90.3	92.0	-52.4	-170.3	-384.4	-404.9	总数	月 统 计	
	平均	-17.2	-17.5	-14.8	-4.8	-3.2	0.4	2.9	3.0	-1.7	-5.5	-12.8	-13.1	平均		
	最高	-8.7	-5.1	-0.6	10.9	9.9	9.9	12.7	12.5	8.2	6.0	-2.0	0.8	最高		
	日期	20	3	27	29	24	21	1	30	3	3	12	7	日期		
	最低	-25.1	-31.7	-30.2	-18.3	-18.0	-12.8	-4.6	-4.1	-9.9	-14.4	-24.9	-27.7	最低		
	日期	10	28	8	1	23	3	20	21	9	29	26	12	日期		
年统计		最高气温 12.7 (7月1日)					最低气温 -31.7 (2月28日)					平均气温 -7.0				

制表: 杨新元 校核: 康尔嗣

表7 乌鲁木齐河1号冰川水文点1985年逐日降水量表

单位: mm

日	月												日
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	
1								9.4					1
2					0.2	18.8	0.7	0.5					2
3					0.7	0.2	5.5	21.4					3
4							0.4	0.2					4
5													5
6					4.3		2.5						6
7					1.5	7.6	11.8	4.9					7
8					0.9		4.5	4.7					8
9													9
10							6.6		1.7				10
11							6.5	4.5					11
12								6.1	9.7				12
13					5.0		0.6						13
14					3.7	0.2		4.9					14
15							2.1	10.0					15
16							4.1	3.0					16
17							3.6	2.7					17
18								4.9					18
19							3.0	3.1	12.3				19
20								6.9	0.2				20
21									0.0				21
22							2.2	3.0					22
23													23
24					5.0				6.4				24
25					0.6			0.8					25
26					1.2			0.9					26
27						1.2		1.0					27
28								0.2					28
29					2.5	1.9	3.9						29
30					3.9								30
31								0.2					31
总量	6.0	4.6	7.1	18.4	29.5	62.7	62.4	86.3	0.5	4.5	7.1	1.2	总量
降水日数					12	13	21	14					降水日数
最大日降水量					5.0	18.8	11.8	21.4					最大日降水量
日期					13	2	7	3					日期
年统计	降水量 290.3				降水日数				最大日降水量 21.4 (8月3日)				

注: 1) 9—12月因一星期观测一次, 故只记月降水总量,

2) 1—4月参照天山大西沟气象站降水资料插补而得。

制表: 杨新元 校核: 康尔润

表8 乌鲁木齐河总控制水文点1985年逐日降水量表

单位: mm

月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 日
1													1
2					0.2	8.9	0.5	0.6					2
3					0.5		0.5	16.2					3
4							5.2						4
5							0.7						5
6					3.3		1.0						6
7					1.0	3.3	7.0	2.5					7
8					0.3		1.0	3.4					8
9													9
10						1.2		0.6					10
11						4.2	2.7						11
12							5.2						12
13					2.0		1.2	8.4					13
14					3.5	0.3	3.3						14
15						0.3		3.3					15
16						6.3	2.0						16
17						5.1	2.0						17
18							3.0						18
19						10.1	3.5	3.8					19
20						10.7		2.2					20
21													21
22						1.0	2.9						22
23					4.9		0.4						23
24						1.4		3.2					24
25					0.6								25
26					1.9		1.7						26
27					0.7	0.4	1.7						27
28							0.3						28
29					1.8	1.5							29
30					4.0								30
31													31
总量	3.0	1.6	4.1	15.4	24.7	54.7	45.8	44.2	0.0	3.7	5.7	0.6	总量
降水日数					13	14	20	10					降水日数
最大日降水量					4.9	10.7	7.0	16.2					最大日降水量
日期					23	20	7	3					日期
年统计	降水量 203.5				降水日数			最大日降水量 16.2 (8月3日)					

注: 1) 9—12月因一星期观测一次, 故记月降水总量:

2) 1—4月参照天山大西沟气象站降水资料插补而得。

制表: 杨新元 校核: 康尔泗

表9 乌鲁木齐河空冰斗水文点1985年逐日降水量表

单位: mm

月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 日
1								1.0					1
2					0.2	19.8	0.2	1.0					2
3					0.3		2.7	20.3					3
4						0.2							4
5							0.3						5
6					4.1		3.1						6
7					1.6	6.1	10.0	3.6					7
8					1.2		1.0	5.6					8
9													9
10						6.8		1.7					10
11						5.5	4.4						11
12							6.3	9.7					12
13							1.4						13
14					5.9	0.4	4.6	3.2					14
15					3.1	1.1	2.0	8.7					15
16						4.8	2.5						16
17						5.3	2.6						17
18							4.0						18
19						3.3	3.1	8.8					19
20						6.8							20
21													21
22						1.9	3.1						22
23					5.0								23
24						1.0		6.7					24
25					0.9		0.9						25
26					1.3	0.1	0.7						26
27					0.5	1.6	0.8						27
28							0.3						28
29					1.2	1.5	3.7						29
30					4.3								30
31					0.3		0.1						31
总量	6.5	5.1	7.6	18.9	29.9	66.2	57.8	70.3	0.5	4.6	5.3	0.7	总量
降水日数					14	16	22	11					降水日数
最大日降水量					5.9	19.8	10.0	20.3					最大日降水量
日期					14	2	7	3					日期
年统计	降水量 273.4				降水日数				最大日降水量 20.3 (8月 3日)				

注: 1) 9—12月因一星期观测一次, 故只记月降水总量;

2) 1—4月参照天山大西沟气象站降水资料插补而得。

制表: 杨新元 校核: 康尔泗

表10 乌鲁木齐河总控制水文点1985年逐日平均相对温度表

温度以℃计

月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 日
1					50	55	44	74					1
2					55	82	53	89					2
3					79	82	64	84					3
4					56	44	78	85					4
5					34	50	35	65					5
5					61	61	61	54					6
7					53	78	81	59					7
8					56	39	88	67					8
9					61	47	48	49					9
10					58	44	41	79					10
旬总数					563	582	593	705					旬总数
旬平均					56	58	59	71					旬平均
11					58	74	65	59					11
12					54	70	66	65					12
13					63	52	62	84					13
14					78	52	61	81					14
15					32	68	59	97					15
16					63	69	80	77					16
17					66	72	76	60					17
18					49	66	72	62					18
19					44	75	85	65					19
20					31	78	60	87					20
旬总数					538	676	686	737					旬总数
旬平均					54	68	69	74					旬平均
21					35	41	51	68					21
22					63	67	73	73					22
23					59	63	64	80					23
24					47	59	70	81					24
25					85	59	74	51					25
26					87	71	74	54					26
27					71	64	62	70					27
28					55	74	54	47					28
29					53	67	73	46					29
30					58	60	61	45					30

表10 (续)

月		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	日	
31						65		73	56					31	
旬总数						678	625	729	671					旬总数	
旬平均						62	63	66	61					旬平均	
月 统 计	总数					1779	1883	2008	2113					总数	月 统 计
	平均					57	63	65	68					平均	
	最大													最大	
	日期													日期	
	最小					8	13	12	17					最小	
	日期					21	4	10	29					日期	

注：相对湿度仅在冰川消融期予以观测

制表：杨新元 校核：康尔洒

表11 乌鲁木齐河1号冰川水文点1985年逐日平均相对湿度表
湿度以%计

月		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	日	
1						40	58	45	65					1	
2						54	90	70	83					2	
3						73	87	73	91					3	
4						52	39	77	79					4	
5						28	40	43	55					5	
6						56	77	68	37					6	
7						66	92	71	63					7	
8						61	64	85	64					8	
9						74	34	58	61					9	
10						79	53	42	74					10	
旬总数						583	634	632	672					旬总数	
旬平均						58	63	63	67					旬平均	
11						77	91	76	49					11	
12						71	75	77	58					12	
13						76	73	87	82					13	
14						77	70	63	74					14	
15						25	72	66	96					15	

表11 (续)

月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 日	
16					37	74	87	50					16	
17					20	73	82	52					17	
18					26	53	62	50					18	
19					39	81	96	62					19	
20					31	85	77	91					20	
旬总数					479	747	773	664					旬总数	
旬平均					48	75	77	66					旬平均	
21					35	36	48	76					21	
22					63	68	83	67					22	
23					58	75	49	75					23	
24					47	61	69	76					24	
25					97	67	81	42					25	
26					98	77	57	40					26	
27					76	59	54	51					27	
28					67	71	48	48					28	
29					70	78	66	36					29	
30					47	69	44	43					30	
31					66		67	43					31	
旬总数					729	662	666	597					旬总数	
旬平均					66	66	61	54					旬平均	
月 统 计	总数				1791	2043	2071	1933					总数	月 统 计
	平均				58	68	67	62					平均	
	最大												最大	
	日期												日期	
	最小				0	1	0	11					最小	
	日期				31	4	1	26					日期	

注：相对湿度仅在冰川消融期予以观测

制表：杨新元 校核：康尔酒

表12 乌鲁木齐河空冰斗水文点1985年逐日平均相对湿度表
湿度以%计

月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 日
1					41	65	43	66					1
2					52	82	53	90					2
3					57	90	68	93					3
4					38	40	76	74					4
5					30	53	43	60					5
6					52	73	64	39					6
7					60	66	77	69					7
8					52	58	91	63					8
9					76	39	60	45					9
10					66	60	49	75					10
旬总数					524	651	624	675					旬总数
旬平均					52	65	62	63					旬平均
11					46	94	77	51					11
12					69	82	73	59					12
13					61	65	77	78					13
14					77	55	55	73					14
15					30	78	52	98					15
16					48	78	77	59					16
17					58	77	82	69					17
18					41	57	62	56					18
19					47	80	95	59					19
20					34	67	73	91					20
旬总数					511	753	723	693					旬总数
旬平均					51	75	72	69					旬平均
21					38	44	46	80					21
22					72	60	79	64					22
23					56	70	63	74					23
24					39	79	73	74					24
25					75	69	84	46					25
26					85	83	60	49					26
27					67	52	60	54					27
28					61	79	55	52					28
29					49	75	71	37					29
30					57	68	55	41					30

表12 (续)

日 \ 月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	月 \ 日
	31					77		67	50				
旬 总 数					676	769	713	621					旬 总 数
旬 平 均					61	77	65	57					旬 平 均
月 统 计	总数				1711	2173	2060	1989					最期
	平均				55	72	66	64					平均
	最大												最大
	最大												日期
	最小				5	13	13	21					最小
	日期				30	4	1	10					日期

注：相对湿度仅在冰川消融期予以观测

制表：杨新元 校核：康尔泗

乌鲁木齐河源 1 号冰川流域水量平衡 初步估算

杨新元 康尔泗 姜 彤

一、基本概况

天山 1 号冰川位于天山中部北坡，为乌鲁木齐河的源头，冰雪融水汇入乌鲁木齐河上游支流——大西沟。冰川分东西两支，主峰海拔高度 4483.6m，冰舌末端海拔高度为 3746m，多年平均雪线高度为 4050m，冰川面积为 1.84km²，冰川消融期一般为 5—9 月份，其中以 6 至 8 月为强烈消融期。从冰舌以下大西沟气象站资料可看出，冰川附近多年平均气温为 -5.4°C，多年平均降水量为 430.7mm，多集中在 6—8 月，多以雪雹形式出现，在夏季，有时有阵雨。

在冰舌以下（离冰舌 280m），设有水文观测断面，安有自记水位记、百叶箱、雨量筒，进行水文气象观测

二、1985 年水量平衡计算

冰川的状态取决于冰川中物质积累和支出之间的关系，其关系式为

$$X = Y + Z \pm U$$

式中：X——降水量；Y——径流量；

Z——蒸发量；U——冰雪的储量变化。

从上式可知，冰川物质的收入为降水，而支出则是融水径流以及冰面蒸发。

1. 收入部分——降水的分析计算：

冰川区降水资料不易测量，在推求过程中，一方面借用天山大西沟气象站（海拔 3539m）降水资料。另外，为了取得冰川区的降水过程，姜彤同志在海拔 3530m（与大西沟气象站靠近）和 1 号冰川冰舌末端海拔 3720m 处，分别用自记水位计、雨量计和雨量筒进行了降水梯度的实验观测。结果得出，在高山冰川区，降水是随高度增加而递增，并推算出冰舌末端年度降水量比大西沟气象站年度降水量多 100.4mm。

为了求得冰川消融区的降水量，首先还得找出冰川上的零温度线。实际上冰川上没有一根固定的零温线，它是随气温的升降而在不断地变化着。这里采用 1985 年消融期 6—8 月冰舌气象场气温，并根据气温随高度升高而降低的原理，而得到冰川区的平均零温线，高度为 4150m，并认为在零温线以下的冰面出现融水径流，其面积为 1.38km²。

降水在冰川上的分布是不均匀的。一般认为、冰舌处的降水少于零温线处的降水。如果把零温线高度和冰舌处的高度取其平均值,高度为3950m作为平均降水线高度,是比较理想的。该高度降水基本能反映出冰川消融区的降水,根据年降水梯度的变化规律,可得到其降水量为511mm,那么冰川消融区降水能产生的水量应为 $70.5 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

至于零温线以上积累区降水,它仍将补给消融区而形成径流。这里采用雪线处降水代表雪线以上降水量。根据梯度推算多年平均雪线(4050m)处,降水量为564mm,零温线以上冰川面积为 0.46km^2 ,那么产水量为 $25.9 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

2. 冰川的支出部分——冰川消融径流及冰面蒸发

因为该水文断面设在冰舌末端以下280m处的河道上,在断面上所测的流量包括冰舌以下1.50km的裸露山坡降水积雪径流。这里认为,山坡降水(雪)除蒸发外,全部流入河流。取径流系数0.70^[1],上面已计算,在冰舌末端(裸露山坡)年降水量比大西沟气象站多100.4mm,求得径流量为 $41.52 \times 10^4 \text{m}^3$ 。通过对1号冰川水文断面资料整编,已知1985年通过断面径流量为 $214.2 \times 10^4 \text{m}^3$,若扣出裸露山坡降水径流,即1号冰川本身融水径流量应为 $172.7 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

根据以上所述,冰川只有在零温线以下才产生消融,出现径流,该线以下冰川面积 1.38km^2 ,那么在零温线以下冰川径流模(5—9月)数为 $94.9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$,径流深度为1251mm。

冰川的另一支出是蒸发。一般说,冰川蒸发是很小的,因为冰的蒸发必须在空气露点低于冰川表面温度,而冷空气却只能保持很少的水汽。1号冰川蒸发,这里取总消融的10%^[2],那么年蒸发量为125.1mm,合水量 $17.27 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

从以上计算可发现,冰川收入——降水能产生的总水量为 $96.4 \times 10^4 \text{m}^3$;而冰川支出——融水径流量 $172.7 \times 10^4 \text{m}^3$ 和冰面蒸发水量为 $17.27 \times 10^4 \text{m}^3$;这两项合计为 $189.97 \times 10^4 \text{m}^3$ 。显然,冰川多支出水量 $93.57 \times 10^4 \text{m}^3$,这将由纯水(老冰)来弥补(折合水层厚为508mm)。

由于在水量平衡中,支出部分大于收入部分。假设认为冰川上降水能全部形成径流而流入河道。纯冰融水,扣除蒸发外,也将全部流入河流,流入河流水量为 $76.3 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

表1 1号水文断面径流组成部分统计表

径流组成部分	冰面降水径流	纯水融水径流	裸露山坡降水径流	合计
径流量(10^4m^3)	96.4	76.3	41.5	214.2
占总量的%	45	35.6	19.4	100

根据1号冰川水量平衡计算,可看出冰川物质支出远远大于物质收入,水量处于负平衡,其原因在于1985年强烈消融期气温较高,而降水较少的原故所造成。

致谢:参加该项工作的有王晓军、孟照军、王新中、宋强等同志,在此致谢。

参 考 文 献

- [1] 王文说,“冰川消融及其对乌鲁木齐河补给作用”,天山乌鲁木齐河冰川与水文研究。
 [2] 王仲祥、谢自楚、伍光宗,“祁连山冰川的物质平衡”。

乌鲁木齐河源冰雪径流分析

杨新元

乌鲁木齐河是发源于天山中段的一条河流，水量来源主要是降雨及冰川和积雪融水。为了摸清该河流水资源情况，中国科学院兰州冰川冻土研究所已对它的上游冰川和水文进行了多年的定位观测及考察，并发表了一批研究报告（王文俊、路传琳、李念杰、朱守森等）。

乌鲁木齐河源1号冰川是研究的主要对象，该冰川朝向东北，是由东西两支冰斗——山谷冰川汇合而成，冰川面积为 1.84km^2 ，主峰海拔高度为 4483.6m ，冰舌末端海拔高度为 3746m ，多年平均雪线高 4050m 。在离冰舌约 280m 处的河道上设有一水文观测断面，集水面积为 3.34km^2 ，其中，冰川面积占 55.1% 。

空冰斗是一个已没有冰川的古冰斗，斗内常有不稳定的积雪。在该冰斗下设有一水文断面，集水面积为 1.73km^2 ，该水文断面主要是为掌握和研究高山融雪径流。

在大西沟与支流罗布道沟汇合处，海拔为 3403m 处的河道上设有总控制水文断面，控制面积为 28.9km^2 ，它主要观测研究区的七条冰川（面积 8km^2 ）和积雪的总融水径流量。

在三个水文观测断面上，均安有自记水位计。以便根据水位涨落起伏实测流量，同时，在各断面处安有百叶箱和雨量筒，进行气象观测。

在乌鲁木齐河水资源研究课题中，乌鲁木齐河源冰雪径流是一研究重点，以便深入了解冰雪径流的形成和变化规律以及在山区水资源形成中的作用。本文在以往同志工作的基础上，并根据1985年野外观测结果，从冰川消融过程、径流分析、径流分割和渗漏损失等几个方面作一阶段总结。

一、冰川和积雪消融过程

天山冰川消融期一般从5月初开始，到9月底或10月初终止。在冰川开始消融前，整个流域为冰雪复盖（指冰川水文断面以上），河流冻结。进入5月初，天气转暖，冰川开始出现融水，河冰解冻，但由于气温仍然很低，主要以负值出现，冰川融水很少，只在日间14至16时这个时段出现融雪水，而在其他时段则出现甚微的冰内融水和地下水。五月中旬开始，冰川开始显示出较大消融，随着气温的升高，降水增加等因素的影响，冰川消融逐渐加强，冰川消融最强的月份是6—8月，尤以7、8月更强，这段时期气温虽然变化大，但主要为正温，冰川产生大量融水流入河流。通过计算，天山1号冰川5月份融水径流仅占整个消融季节融水径流的 3.9% ，而6—8月份三个月占 92.5% 。（平均每月占 30.8% ）；总控制断面5月份融水径流占整个消融期径流 8.6% ，而6—8月份占 85.6% （平均每月占 28.5% ）。九月份随着秋季到来，气温下降，冰川消融慢慢终

止。

乌鲁木齐河源的径流主要由冰川融水和季节积雪消融形成，因此，河源流域内水文点的径流反映了冰雪消融的过程。现将1985年的观测结果列表于下（表1），并予以分析。

表1 1985年总控制水文断面与流量成果统计表

月 份	5	6	7	8	9
平均流量(m ³ /s)	0.308	0.71	1.17	1.42	0.222
最大流量(m ³ /s)	2.31	3.97	3.79	7.15	3.09
出现日期	24	19	4	1	1
最小流量(m ³ /s)	0.07	0.07	0.29	0.22	0.027
出现日期	13	11	11	24	31
年径流总量 1017.5 × (10 ⁴ m ³)	径流模数 26.5 (kL/s.km ²)		径流深度 354 (mm)		平均流量 0.766 (m ³ /s)

1985年1号冰川水文断面最大流量为2.12m³/s，总控制断面最大流量为7.15m³/s，两个水文断面最大流量均出现在8月初（表2、3）。

表2 1985年空冰斗水文断面流量成果统计表

月 份	5	6	7	8	9
平均流量(m ³ /s)	0.009	0.035	0.021	0.015	0
最大流量(m ³ /s)	0.12	0.573	0.12	0.092	
出现日期	24	4	9	5	
最小流量(m ³ /s)	0	0.005	0.005	0	
出现日期	1	3	21	11	
年径流量 21.17 × (10 ⁴ m ³)	径流模数 11.6 kL/s.km ²)		径流深度 122 (mm)		平均流量 0.020 (m ³ /s)

表3 1985年1号冰川水文断面流量成果统计表

月 份	5	6	7	8	9
平均流量(m ³ /s)	0.032	0.145	0.338	0.267	0.030
最大流量(m ³ /s)	0.58	1.10	1.95	2.12	1.49
出现日期	24	26	31	1	3
最小流量(m ³ /s)	0	0	0.049	0.007	0
出现日期	5	3	1	11	6
年径流量 214.2 × (10 ⁴ m ³)	径流模数 48.5 (kL/s.km ²)		径流深度 641 (mm)		平均流量 0.162 (m ³ /s)

应该说明,在表3计算的成果里,如1号冰川水文断面,它所通过的径流包含着冰舌以下裸露山坡的积雪融水径流,扣除这一部分,才可得冰川本身融水径流及其特征值。从1984年9月至1985年8月1号冰川断面处降水为395.4mm,径流系数按0.70^[1]计算,产水量应为 $41.52 \times 10^6 \text{m}^3$,其中绝大部分为融雪水。通过扣除裸露山坡产水量后,得到1号冰川融水径流量为 $172.7 \times 10^6 \text{m}^3$,平均流量为 $0.131 (\text{m}^3/\text{s})$,冰川径流模数为 $71.2 \text{k}1/\text{s} \cdot \text{km}^2$,冰川径流深度为939mm。

冰川消融日变化过程表现为,每天约九时气温开始回升,冰川逐渐融化,在14-16时气温为最高的时候,冰川消融也达到顶峰,但水文断面洪峰则有所推迟。如1号冰川水文断面7、8月份在15-17时出现洪峰,而总控制断面水位起涨时间在12时后,洪峰多出现在18-20时。同时,在峰顶处一般出现1-2个峰谷,晚间气温低,冰川消融停止,仅有残余的融水流入河道。从水位过程线上看出,涨水则陡,退水则缓。

冰川的消融分为冰面消融,冰下消融和冰内消融。在天山1号冰川,后两种消融不太明显,只是在五月初和九月底气温在 0°C 以下时,冰川表面几乎停止消融,这时可看出冰舌末端渗透融水(这不等于其他时间无冰内和冰下融水),但这种融水甚微。而强烈的冰川表面融水则使冰面上形成一条条冰沟或水槽,形成一条条冰上小河。

天山冰川,日照时间长,这对它的消融起着有利条件。冰川消融主要受制于太阳辐射强弱,气温的高低和空气湿度的大小,这集中反映在气温的变化,因为气温的变化和太阳辐射的变化是基本一致的。冰川的消融只有在气温超过零度时才有意义。事实上冰面气温甚至在最热的七、八月份也较低,所以在融化过程中冰川与空气的热交换作用有限,但是,正气温加强了太阳辐射作用的效果,而负气温则相反。所以气温的高低可反映冰川消融的强弱,但是,由于气温受到许多因素的影响,某一时刻的气温并不一定能反映冰川在该时刻的消融。如1号冰川,如果用日平均气温与日平均流量建立关系,不甚密切,这是由于冰川消融受前期气温的影响。我们试图用1985年旬平均气温与旬平均流量建立关系(图1),其关系较为理想,关系曲线上除个别点偏离较远外,绝大部分点均在曲线左右徘徊,偏离为8%之内。其关系或为

$$Q = 0.00346 (t + 5)^{2.0676}$$

式中:Q——旬平均流量;

t——1号断面处旬平均气温。

气温的变化影响冰川消融,同时也影响着冰川融水在冰川上的汇流时间。如1号冰川,日最高气温在14-16时,7、8月份水文断面的洪峰流量多在15-17时出现,汇流历时很短,而5、6月份洪峰流量则在18-20时出现,显然汇流历时很长,这就是说,强烈消融期不仅消融量大,而且融水径流的汇流历时短,融水在径流过程中,保留在冰面的少。这样,洪水径流系数也随之增大。所以,冰川融水径流量与径流系数和消融强度成正比,而与汇流历时成反比。

在雪线附近,气温低,冰川消融很少,再由于汇流历时长,融水产生的径流汇入河道甚微。

二、径流分析

1. 对1号冰川消融径流的分析

根据1982—1985年资料分析1号冰川融水流量，可归纳以下几种情况（图2-4）：

a. 气温低，不论冰川上降水多少，其冰川消融少。b. 气温较高，降水较多，冰川消融较多。c. 气温较高，而且延续时间长。降水少。冰川消融最强。

例如：1982年与1983年，属气温较高，降水偏多，年径流量较大的年份。

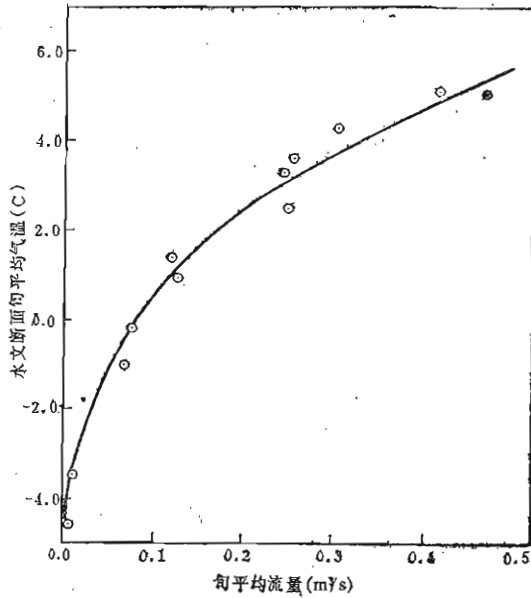


图1 1号冰川水文站1985年旬平均流量和气温关系曲线

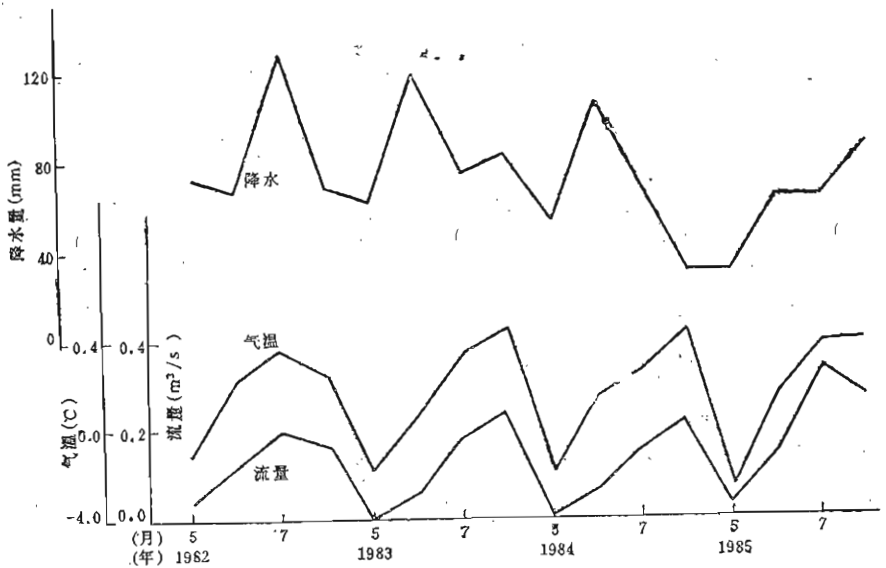


图2 1号冰川水文站气温、降水和流量过程线

1982年7月, 1983年8月, 1985年8月, 也属于此类情况, 月平均气温较高, 月降水丰沛, 其平均流量较大。

1984年8月, 1985年7月属于气温较高, 而降水偏少的月份, 冰川出现较强的消融, 月平均流量较大。1985年则属于气温较高, 而且延续时间长, 降水少, 冰川消融为近几年最强的年份, 其年径流量最大。

这就是说, 冰川的消融与气温, 降水直接受影响, 而气温是主要指标, 降水较多, 必须在气温较高的前提下, 才能出现较大的融水径流。

1985年为近四年冰川径流量最大的一年, 主要原因为, 6—8月份平均气温高于前三年同期平均气温。再则, 从六月下旬起进入冰川强烈消融后, 各旬的平均气温不单纯高, 而且旬平均气温变化幅度小于前几年同期平均气温变化幅度(除个别旬外), 使得冰川融水径流增大的频率也相应有所增加。

除气温偏高外, 降水偏少是1985年的另一气候特征。冰川上降水一般以降雪为主, 由于降水偏少, 减少了冰面的反射率, 使冰川吸收太阳能量加强。而1982—1983年虽然气温也偏高, 但降水多, 冰川反射率大, 故冰川融水径流小于1985年。

2. 对总控制水文断面流量分析

总控制水文断面, 集水面积为28.9km², 其中冰川面积8 km², 占集水面积的27.7%。

表4 1号冰川水文断面气温-降水-流量关系表

年份	月份	气温 (°C)					降水量 (mm)				流量 (m ³ /s)		径流量 (10 ⁴ m ³)
		上旬	中旬	下旬	月平均	6—8月平均	月降水量	降水天数	降水合计	天数合计	月平均	5—8月平均	
1982	5	-3.2	-3.5	3.7	-1.0	2.9	71.2	18	335.4	76	0.044	0.135	143.5
	6	-0.3	2.7	4.4	2.3		66.2	16					
	7	3.3	3.0	4.7	3.7		129.9	24					
	8	5.3	3.5	-1.8	2.7		67.9	18					
1983	5	-1.5	-2.3	-1.8	-1.8	2.9	60.2	18	337.6	75	0.003	0.122	134
	6	-1.2	-1.7	-1.6	0.7		119.3	18					
	7	0.7	4.2	5.5	3.5		74.5	20					
	8	6.0	2.3	5.2	4.5		83.6	19					
1984	5	-0.5	-5.1	-0.4	-1.9	2.8	53.4	15	258.6	58	0.001	0.110	117
	6	2.0	-0.3	2.7	1.5		10.7	18					
	7	1.2	3.8	2.9	2.6		68.1	19					
	8	5.4	5.4	2.5	4.4		30.1	6					
1985	5	-4.6	-3.6	-0.3	-2.7	3.0	29.5	12	240.9	59	0.032	0.200	214.2
	6	-1.1	0.9	2.4	1.3		62.7	13					
	7	5.0	1.4	5.0	3.8		62.4	21					
	8	4.3	3.3	3.7	3.8		86.3	13					

由于该断面以上集水区，冰川所占的比例小，大部分为非冰川区，所以通过河道断面的水量，非冰川区的融雪径流占较大的比例。如果气温较高，降水也多，那么通过断面的径流量最大（表5），如1983年7、8月和1984年7月。若是降水少，而气温较高，这时冰川融水对河流的补给显示出它的优越性。

表5 总控制水文断面气温-降水-流量关系表

年份	月份	气温 (°C)					降水量 (mm)				流量 (m³/s)		径流量 (10⁴ m³)
		上旬	中旬	下旬	月平均	6-8平均	月降水量	降水天数	降水合计	天数合计	月平均	5-8月平均	
1983	5	-1.0	-2.9	-0.5	-1.4	3.9	56.8	18	318.6	76	0.454	1.10	1239
	6	0.0	2.3	2.4	1.6		99	17			0.926		
	7	1.4	5.3	6.3	4.4		83.1	22			1.469		
	8	6.8	3.3	6.5	5.6		79.7	19			1.564		
1984	5	1.1	-3.1	0.7	-0.4	4.0	46.2	13	274.2	60	0.118	0.80	893
	6	3.0	1.7	4.4	3.0		109.2	20			0.826		
	7	2.5	4.9	3.8	3.8		94.3	18			1.257		
	8	6.5	5.8	3.3	5.1		24.5	9			0.997		
1985	5	-2.7	-1.7	1.2	-1.0	4.2	24.7	13	168.5	57	0.333	0.908	1017.5
	6	0.4	3.5	4.1	2.7		54.7	14			0.71		
	7	5.7	2.9	5.0	4.9		45.3	20			1.17		
	8	6.2	4.1	4.5	4.9		44.2	10			1.42		

1983年为近三年降水最多的一年，虽然气温最低，但径流量为近三年最大的一年，这说明降水（雪）为径流组成的主要部分。1985年气温最高，冰川消融大，但降水少，其径流量偏大，但比1983年要小一些，径流量主要为冰川补给。对1984年则要具体分析。上面已述，因该断面处径流量只有在冰川区气温高，降水多的情况下才出现最大，但当年主要消融期的八月份虽然气温较高，可降水极少，而使得该月平均流量小，影响全年总径流量。1985年则相反，虽然降水量少，但主要集中在气温最高的7、8月份，由于1985年气温最高，虽然降水量少，但它仍出现较大的径流。通过对总控制水文断面气温-降水-径流量的关系分析，也可看出冰川对河流水量补给的重要性。

3. 空冰斗融雪径流分析

空冰斗水文断面的径流量，来源于高山积雪，主要决定于降水（雪）的多少，但是气温也能起一定的作用。从（表6）分析，82-85年降水逐渐减少，除1983年外，径流量也逐渐减少，这是一种径流量随着降水减少而减少的趋势。但为什么1983年降水量少于1982年，而径流量又大于1982年呢？其主要原因为1983年6—8月平均气温高于1982年同期平均气温，8月份以前积雪能全部融化而流入河道，而1982年虽然降水多，但由于气温低（尤其8月份），使得8月份以前积雪不能完全融化而流入河道，等进入9月份以后，消融期已过，使1983年积雪增多，产生大的融雪径流。

表6 空冰斗水文断面气温-降水-流量关系表

年 份	月 份	气 温 (°C)				6—8月 平均	降 水 量 (mm)				流 量 (m³/s)		径流量 (万方)
		上旬	中 旬	下旬	月平均		月降 水量	降水 天数	降水合计	天数合计	月平均	6—8月 平 均	
1982	5	-4.7	-5.3	2.3	-2.5	1.7	68.0	15	338.9	74	0.024	0.053	58
	6	-1.6	1.2	3.6	1.1		65.7	18			0.056		
	7	2.2	1.8	3.6	2.5		125.1	24			0.084		
	8	4.1	2.6	-1.7	1.6		80.1	17			0.048		
1953	5	-2.6	-3.8	-3.8	-3.4	2.1	68.4	18	303.1	71	0.037	0.063	71
	6	-1.8	1.7	0.8	-0.3		97.0	18			0.072		
	8	-0.6	3.9	4.0	2.5		69.7	20			0.087		
	8	5.4	2.0	4.6	4.0		68.0	15			0.055		
1984	5	-1.0	-5.8	-1.6	-2.8	1.7	60.5	15	276.6	58	0.007	0.045	49
	6	0.7	-1.1	1.9	0.5		109.4	17			0.053		
	7	0.1	2.4	1.8	1.4		79.0	18			0.081		
	8	4.5	4.2	1.3	3.3		27.7	8			0.040		
1985	5	-4.9	-3.5	-1.4	-3.2	2.1	29.9	14	225.1	63	0.009	0.020	21.2
	5	-1.7	0.9	2.0	0.4		66.2	16			0.035		
	7	3.5	0.9	4.2	2.8		58.7	22			0.021		
	8	3.9	2.4	2.7	3.0		70.3	11			0.015		

1985年降水最少，其通过水文断面径流量为最小，这是符合规律的。但也发现了一个问题，即径流量减少的幅度大于降水量减少的幅度，径流系数也小于前几年的径流系数，这是一个什么原因？据分析，很可能1985年5-6月份降水少，只够填满山坡空隙，而前几年降水多，冰斗上潮湿，饱和程度高，所降水量除蒸发外，大部分能流入河道。另外一个原因，由于1985年气温高，蒸发量大于前几年（指1982年与1984年），这可能是径流量大幅度减少的主要原因。

三、总控制水文断面径流的分割计算

通过总控制水文断面的径流量，它的组合可归纳于冰川融水径流和非冰川区的融雪径流。至于地下水也都是由这两种径流转化而来，不作分割。应该指出：乌鲁木齐河源，盛夏有时也有一些雨夹雪，但雨水少，加之降雨时气温较高，蒸发较大，实际形成径流的意义不大。冰川融水径流应包括冰面融雪径流，纯水（老冰）消融径流。

1. 冰面融雪径流的标准

首先应该指出，冰川只有在气温为正时才产生消融，形成径流，这就是我们指的零温度线。在冰川零温度线以下，冰面出现融水，产生径流。因为冰川上气温经常变化，

零温线也时常变化,为此只能取一个比较理想的平均零温线。在此,只能参照1号冰川水文断面气象资料(认为1号冰川具有代表性),根据1号冰川水文断面消融期6-8月平均气温,并按气温随高度而降低的原理,推算得1号冰川零温线海拔高度为4150m,零温线以下冰川面积为1.38km²。在此,将1号冰川零温线高度代表总控制断面以上七条冰川零温线高度,零温线以下面积按倍比法求得为6km²。零温线以上无消融的冰川区面积为2km²。

冰川上的降水,以雪为主,不同高度,其降水量不一样。一般来说,冰川上的降水随高度增加而增加,这里将零温线高度和冰舌高度取其平均值,高度为3950m作为冰川消融区平均降水线高度,根据1985年7-8月姜彤等所观测的降水梯度(每高度增高100m,其年降水量增加52.8mm),并参照天山大西沟气象站降水资料,求得冰川在平均降水线高度处年降水量为511mm。为此,总控制断面冰川零温线以下融雪径流应为 $30.66 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

关于零温线以上的积累区冰面降水(雪),它特以雪崩、风吹雪、或冰川运动等形式补给消融区而形成径流。在积累区,年降水量暂采用雪线附近降水量代替(雪线多年平均高度为4050m),按梯度推算其降水量为564mm,那么,径流量可达 $112.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2. 非冰川区融雪径流推算

非冰川区降水仍以雪为主,降水量采用1号冰川冰舌末端裸露山坡降水量,年降水量为395.4mm,这里用两种方法计算其径流量。

a. 径流系数法(系数为0.70):认为降水除掉蒸发外,全部流入河道,因总控制断面以上非冰川区面积为20.9km²,那么,径流量为 $578.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

b. 空冰斗多年平均径流模数计算法

空冰斗径流模数,根据1982—1985年资料计算,其平均值为23.85 l/s · km²,用它代替总控制断面以上非冰川区径流模数,仍有一定的代表性,计算得径流量为 $572.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

两种方法计算的径流量,取其平均值,为 $575.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

3. 纯冰(老冰)消融径流计算

1985年通过总控制水文断面径流量为 $1017.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,扣除冰面降水(雪)径流量和非冰川区降水(雪)的径流量,即为纯冰消融径流量,扣除后得 $22.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

表7 通过总控水文断面径流各组成部分的径流量

组 成 部 分	冰 川 消融区融雪水	冰 川 积累区融雪水	冰 川 纯冰消融量	非冰川区融雪水	合 计
径流量(10 ⁴ m ³)	306.6	112.8	22.4	575.7	1017.5

注:因冰川区降水主要以雪为主,故称融雪水。

四、总控制断面以上冰雪融水径流的渗漏估算

总控制水文断面以上的冰川融水,需流经乱石山坡、沼泽,才能汇合于河道,而断面以上的非冰川区,大部分属于裸露山坡。显然,冰川融水和高山降水(融雪水)流入河

道, 汇合于水文断面, 肯定有渗漏。在以上进行总控断面径流分割时, 用 1 号冰川气候特征值进行相关。从地理条件、气候条件看, 1 号冰川都具有周围冰川的代表性, 那么, 总控断面的各径流组成部分的数值基本上应与 1 号冰川径流组成部分的数值成比例递增。如按比例递增计算, 1985 年总控以上的冰川纯冰(老冰)消融径流量应为 $332 \times 10^4 \text{ m}^3$, (分割时仅 $22.4 \times 10^4 \text{ m}^3$), 也就是说, 通过总控水文断面的径流量应达到 $1327.1 \times 10^4 \text{ m}^3$, 而实际只有 $1017.5 \times 10^4 \text{ m}^3$, 渗漏的水量为 $309.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。这说明渗漏较为严重, 其渗漏的水量占总径流量的 23.3%, 渗漏的水转入地下水后, 仍在水文断面下游汇合于河道。

我们在计算总控断面径流各组成部分时, 应考虑渗漏, 如果将渗漏的水量计算进去, 可以得到如下数值。

下表为将渗漏计算进去后的各径流组成部分所占的比例。

表 8 总控断面径流各组成部分占总径流量的百分比

组 成 部 分	冰 川 消融区融雪水	冰 川 积累区融雪水	冰 川 纯冰消融量	非冰川融雪水	合 计
径流量 (10^4 m^3)	306.6	112.8	332	575.7	1327.1
占总量的 (%)	23.1	8.5	25.0	43.4	100

五、结 论

通过上述一系列分析, 可得一些初步结论。

1. 1985 年乌鲁木齐河源 1 号冰川径流模数为 $71.2 \text{ k1/s} \cdot \text{km}^2$, 径流深度为 939mm (已扣除裸露山坡径流量)。

2. 1985 年 1 号冰川水文断面处消融期旬平均气温与旬平均流量关系曲线为:

$$Q = 0.00346 (t + 5)^{2.0878}$$

3. 1 号冰川径流特征表现为: a. 气温低, 不论降水多少, 其消融量少; b. 降水多, 气温较高, 冰川消融较多; c. 气温较高, 而且延续时间长, 降水少, 冰川消融最强。

4. 1985 年乌鲁木齐河源控制断面径流量应达到 $1327.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ (实际为 $1017.5 \times 10^4 \text{ m}^3$), 其中冰川径流量占 56.6%, 非冰川区降水(雪)径流量占 43.3%。

5. 乌鲁木齐河源上游冰雪融水渗漏大约为 23.3% 转入地下水, 而流入河流。

致谢: 本文承康尔泗审核修改, 1982-1984 年水文气象资料为朱守森等同志整编成果, 参加工作的还有王晓军、姜彤、王新忠、孟照华、宋强等, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 王文俊: 《冰川消融及其对乌鲁木齐河的补结作用》, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究。

乌鲁木齐河源1号冰川热量平衡 观测与计算

康尔酒

在冰雪径流的计算中,必需首先研究消融速率问题,而冰雪消融的物理本质是其表面的热量平衡。为深入了解高山冰川流域能量、水量平衡和径流过程,为山区水资源的开发利用提供理论依据和实际方法,在乌鲁木齐水资源的研究课题和天山冰川站的研究计划中,列入了乌鲁木齐河源1号冰川的热量平衡研究计划,并在此项课题中和瑞士联邦高等理工学院合作,主要野外工作拟在1986和1987年进行,但1985年已开始了部分观测研究工作。该项研究计划由中国科学院冰川冻土所施雅风、谢自楚教授,瑞士联邦高等理工学院Atsumu Ohmura教授和Herbert Lang教授指导,由兰州冰川冻土所康尔酒负责。1985年8月下旬至9月中旬,瑞士联邦高等理工学院Martin Funk博士和康尔酒在1号冰川进行了热量平衡观测工作,兰州冰川冻土所硕士研究生姜彤参加了部分观测工作,整个工作得到天山站全体同志的大力支持和配合。本文就上述工作,对热量平衡的观测计算和资料的整编作一说明。

一、观测点的选择和观测计算方法

冰川上的气候是一个三维空间的概念,而且从冰川末端到积累区,其变化是很大的。为研究冰川气候,人们试图找到冰川上一具有气候代表性的区域(A. Ohmura),通过此处的观测,能抓住冰川气候的主要特征,同时便于对不同的冰川区进行比较,此区域在冰川物质平衡线附近。对冰川热量平衡的研究,应找到一代表性的区域,它能表征冰川上的平均热量状况。冰川消融从冰舌末端到积累区逐渐减少,在物质平衡线以下,存在一条划分冰川两消融量相等区域的界线,这条界线附近应对冰川的平均热状况有较好的代表性。在1号冰川,该界线1985年的海拔高度为3950米,我们选择了冰面海拔3910m的1号冰川东支作为观测场地。观测仪器为瑞士产S-1型辐射平衡仪,SS-25型总辐射仪,梯度观测仪,表面热敏电阻温度计,以及相应的记录器。观测工作昼夜24小时连续进行,时间间隔是半小时,日期是8月25—26日,8月29—9月6日。

二. 热量平衡的计算

冰面热量平衡方程为

$$Q_M = Q_{NR} + Q_S + Q_L + Q_P + Q_G \quad (1)$$

式中: Q_{NR} ——辐射平衡;
 Q_s ——感热通量;
 Q_L ——潜热通量;
 Q_P ——液态降水供热;
 Q_G ——冰雪层传导热;
 Q_M ——消融热。

其中 Q_P 和 Q_G 项在我们的讨论中忽略不计。

辐射平衡值由下式确定,

$$Q_{NR} = (Q + q)(1 - \alpha) + \epsilon_0 \sigma_a T_a^4 - \epsilon_s \sigma T_s^4 \quad (2)$$

式中: Q ——直接辐射;
 q ——散射辐射;
 α ——反射率;
 ϵ_0, ϵ_s ——大气层和表面长波放射系数;
 T_a, T_s ——低层大气和表面温度。

在1985年的工作中, Q_{NR} 系采用仪器观测值。

我们用梯度——通量法进行感热和潜热计算。首先计算出理查森 (Richardson) 数以确定气层稳定度:

$$R_i = \frac{g}{T} \frac{(\partial \bar{\theta} / \partial Z)}{(\partial \bar{u} / \partial Z)^2} \quad (3)$$

式中, R_i ——理查森数;
 g ——重力加速度;
 T ——气层温度;
 $\partial \bar{\theta} / \partial Z$ ——平均位温垂直梯度;
 $\partial \bar{u} / \partial Z$ ——平均风速垂直梯度。

当 $R_i \leq -0.03$ 时气层不稳定; $-0.03 < R_i \leq 0$ 时气层中性; $0 < R_i$ 时气层稳定。

然后根据下式计算感热和潜热通量:

$$Q_s = \frac{\rho C_p (KZ)^2}{\phi_m (Z/L) \phi_h (Z/L)} \times \frac{\partial \bar{u}}{\partial Z} \times \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial Z} \quad (4)$$

$$Q_L = \frac{L_v \rho (KZ)^2}{\phi_m (Z/L) \phi_w (Z/L)} \times \frac{\partial \bar{u}}{\partial Z} \times \frac{\partial \bar{q}}{\partial Z} \quad (5)$$

式中, ρ ——空气密度;
 C_p ——空气定压比热;
 K ——卡曼 (Kármán) 常数;
 Z ——计算热通量的高度;
 $\phi_m (Z/L)$, $\phi_h (Z/L)$ 和 $\phi_w (Z/L)$
 ——动量、热量和水汽的莫宁-沃布科夫 (Monin-Obukhov) 函数, 根据 R_i 值确定。

当 $R_i \leq 0$ 时, $\phi_m = (1 - 18R_i)^{-1/4}$;

$R_i > 0$ 时, $\phi_m = (1 - 5.2R_i)^{-1}$;

$R_i \leq -0.03$ 时, $\phi_w = \phi_s = 1.3\phi_m$;

$R_i > -0.03$ 时, $\phi_w = \phi_s = \phi_m$;

$\partial\bar{q}/\partial Z$ ——平均水汽垂直梯度。

二、观测和计算结果

现将观测资料整编结果列于表 1, 热量平衡计算结果列于表 2。

参 考 文 献

- [1] A. Ohmura, 1981: Climate and Energy Balance on Arctic Tundra. Geographisches Institut ETH, Zurich.
- [2] A.C. DE LA CASINIÈRE, 1974: Heat Exchange OVER a Melting Snow Surface. Journal of Glaciology, Vol.13, No.67.
- [3] M. Kuhn, 1979: On the Computation of Heat Transfer Coefficients from Energy-Balance Gradients on A Glacier. Journal of Glaciology, Vol.22, No.87.

表1 乌鲁木齐河源1号冰川梯度和辐射观测整编资料 (1985年)

日	月	真太阳时	气温					比湿 (g/kg)					风速 (cm/s)					辐射平衡 (W/m ²)	总辐射 (W/m ²)	表面温度 (K)		云量 (0-10)	云高 1-低 2-中 3-高
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	1	2							
29	8	13	281.9	281.5	281.0	279.7	3.41	3.46	3.59	4.08	134.9	127.8	99.7	77.4	682.4	906.6	274.4	274.6	0.0	0.0			
29	8	14	281.3	280.6	279.8	278.9	3.76	3.83	4.16	4.46	122.1	110.1	86.0	72.4	603.4	788.4	275.2	274.2	0.0	0.0			
29	8	15	280.8	280.6	279.3	278.4	4.05	4.15	4.43	4.70	96.5	86.7	84.5	52.9	253.5	569.2	273.9	273.9	0.0	0.0			
29	8	16	279.6	279.2	278.8	278.2	4.24	4.39	4.49	4.71	135.5	121.8	97.1	85.3	-116.9	150.3	275.7	274.3	0.0	0.0			
29	8	17	279.8	279.5	279.1	278.4	4.46	4.56	4.62	4.84	187.8	168.6	141.7	121.1	-50.9	29.2	274.0	274.4	0.0	0.0			
29	8	18	277.7	277.4	277.1	276.4	4.77	4.89	4.96	5.18	184.3	164.1	133.7	111.8	-70.4	11.0	274.4	274.3	0.0	0.0			
29	8	19	277.1	276.8	276.6	276.3	4.89	5.10	5.12	5.20	185.9	160.4	126.6	101.3	-83.6	3.8	274.2	274.3	0.0	0.0			
29	8	20	278.3	277.8	278.4	277.4	4.68	5.29	4.73	5.10	254.5	222.5	188.3	155.7	-88.2	4.9	274.4	274.4	0.5	1.5			
30	8	21	278.1	277.7	277.9	277.1	4.68	5.38	5.11	5.01	334.6	294.6	258.5	217.1	-84.2	4.9	274.6	274.4	0.5	1.5			
30	8	22	278.6	278.2	277.8	277.9	4.57	4.93	5.18	4.70	365.1	324.9	287.7	244.8	-82.8	4.7	274.8	274.4	0.0	0.0			
30	8	23	278.3	277.9	277.8	277.8	4.57	4.88	4.88	4.92	409.8	367.9	329.3	284.5	-81.6	4.5	274.9	274.4	2.0	0.5			
30	8	0	278.0	277.6	277.5	277.0	4.70	4.97	4.92	5.25	439.5	394.5	352.9	307.2	-80.1	4.3	275.0	274.4	2.0	0.5			
30	8	1	277.0	276.6	276.5	276.1	4.57	4.95	4.72	5.11	412.7	369.1	333.8	294.2	-81.8	4.1	274.5	274.1	0.0	0.0			
30	8	2	276.8	276.5	276.7	276.1	4.30	5.05	4.50	4.90	401.1	353.1	316.5	277.0	-82.4	4.4	274.5	273.6	0.0	0.0			
30	8	3	277.5	277.0	276.5	275.6	3.91	4.75	4.50	5.01	292.1	255.5	221.6	190.8	-81.1	4.9	273.8	273.1	0.0	0.0			
30	8	4	276.2	275.5	274.6	274.1	4.03	4.73	4.47	5.08	175.4	154.1	127.9	108.0	-80.1	4.7	272.6	272.4	0.0	0.0			
30	8	5	275.3	274.7	274.3	274.0	4.44	4.97	4.49	5.22	251.2	214.7	177.3	146.1	-66.6	17.0	273.1	272.5	0.0	0.0			
30	8	6	276.7	276.3	276.0	275.7	4.42	4.83	4.64	5.07	239.2	204.2	172.2	145.1	34.2	131.1	274.4	274.5	0.0	0.0			
30	8	7	277.4	277.2	277.1	276.6	5.00	5.16	5.30	5.43	282.6	196.3	160.3	132.9	218.6	308.4	274.7	275.3	0.0	0.0			
30	8	8	280.1	279.9	279.9	278.9	4.68	4.68	4.55	4.74	126.2	112.6	89.0	75.0	401.8	416.0	273.9	273.0	0.7	2.0			

表1 (續)

日	月	真太阳时	气温 (°C)				比湿 (g/kg)				风速 (cm/s)				辐射平衡 (W/m ²)	总辐射 (W/m ²)	表面温度 (K)		云量 (0-10)	云高 1-低 2-中 3-高
			150	100	50	20	150	100	50	20	150	100	50	20			1	2		
			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)						
30	8	9	280.2	279.7	279.7	278.8	4.70	4.59	4.73	4.91	89.0	68.6	58.5	549.8	577.1	273.9	273.9	0.7	2.0	
30	8	10	280.4	280.1	280.0	278.9	5.18	5.04	5.20	5.32	81.6	62.9	64.6	653.2	641.8	273.9	273.9	1.0	2.0	
30	8	11	282.9	282.7	282.5	281.3	3.73	3.99	3.65	4.04	94.7	79.0	66.3	740.9	671.8	274.5	274.7	2.0	3.0	
30	8	12	283.4	283.1	283.0	281.5	3.47	3.97	3.68	4.03	126.2	106.3	94.6	755.4	566.5	274.2	274.3	2.7	3.0	
30	8	13	283.2	283.0	282.8	281.5	4.13	4.16	4.18	4.42	183.5	159.9	141.6	687.3	556.8	273.9	273.9	3.3	2.3	
30	8	14	281.7	281.4	280.8	280.5	4.88	4.93	4.15	5.09	147.0	97.5	108.8	515.8	474.9	273.9	273.9	3.7	1.3	
30	8	15	280.5	280.2	278.7	279.3	4.82	4.88	5.49	5.38	117.2	72.0	88.7	359.7	374.8	274.2	274.2	2.7	2.0	
30	8	16	278.9	278.4	278.1	277.8	4.98	5.28	5.17	5.43	105.8	66.7	80.8	67.7	143.2	274.6	274.7	2.7	2.0	
30	8	17	277.0	276.6	276.6	275.9	4.17	5.41	5.32	5.64	77.7	66.1	50.9	41.3	49.9	274.2	274.5	2.0	2.7	
30	8	18	275.9	275.5	275.2	274.6	5.16	5.38	5.46	5.74	59.7	52.1	34.8	30.0	7.8	274.1	274.3	1.0	3.0	
30	8	19	275.3	274.9	274.7	274.2	5.30	5.53	5.62	5.97	64.7	56.1	42.4	37.5	1.6	274.1	274.3	1.0	3.0	
30	8	20	274.5	274.3	274.2	274.0	5.57	5.84	5.80	6.11	110.6	94.7	75.2	62.8	3.2	473.8	274.3	1.0	3.0	
31	8	21	274.2	274.1	274.0	274.8	5.29	5.65	5.56	5.95	117.0	101.1	77.2	64.7	4.1	273.4	274.3	1.0	3.0	
31	8	22	273.8	273.7	273.6	273.4	5.05	5.46	5.58	5.76	77.8	67.6	48.2	41.6	2.8	273.2	274.4	3.5	2.0	
31	8	23	275.4	275.1	274.9	274.4	4.76	5.64	5.60	5.98	91.3	81.3	61.8	52.7	2.1	273.1	274.4	5.0	1.0	
31	8	0	277.5	277.1	276.8	276.1	4.54	5.39	5.01	5.87	145.6	131.6	108.0	91.2	2.5	273.1	274.4	3.0	1.0	
31	8	1	277.6	277.4	277.2	276.5	4.40	4.83	4.58	5.09	199.1	180.2	154.2	131.9	2.5	272.8	274.4	1.5	1.0	
31	8	2	276.8	276.6	276.2	275.7	4.32	5.87	5.02	5.17	233.9	211.3	182.5	156.4	2.6	272.5	274.4	1.0	1.0	
31	8	3	276.5	276.0	275.7	275.3	4.36	4.81	5.11	5.17	215.4	181.9	162.2	136.9	2.8	272.2	274.0	2.5	1.0	
31	8	4	276.4	275.6	275.6	275.0	4.95	4.86	4.62	5.02	194.4	171.9	144.5	122.2	2.3	272.2	273.6	6.0	1.0	

日	月	真太阳时	气温				比湿 (g/kg)				风速 (cm/s)				辐射平衡 (W/m ²)	总辐射 (W/m ²)	表面温度(K)		云量 (0-10)	云高 1—低 2—中 3—高
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)			1	2		
31	8	5	275.7	274.9	274.5	274.0	5.27	4.75	4.70	5.37	123.6	107.9	96.2	75.2	-34.0	4.7	272.4	273.3	7.7	1.0
31	8	6	274.7	274.6	274.4	273.9	5.21	4.97	4.92	5.40	105.2	90.7	67.9	59.3	37.5	44.9	273.8	274.0	7.3	1.0
31	8	7	275.8	275.6	275.5	275.0	5.12	5.12	5.02	5.42	94.1	82.3	61.4	63.6	103.1	74.0	274.3	274.5	8.3	1.0
31	8	8	276.2	275.8	275.7	275.4	5.46	5.53	5.69	5.78	109.1	96.7	74.3	64.2	281.0	217.2	274.9	274.7	7.0	1.0
31	8	9	278.9	278.5	278.4	277.8	4.31	4.32	4.53	4.80	130.4	119.8	96.6	81.9	432.3	349.7	275.2	275.0	6.0	1.0
31	8	10	280.0	279.7	279.5	278.8	3.70	3.74	3.89	4.27	207.6	192.6	166.2	140.8	574.1	509.3	274.3	274.3	4.7	1.0
31	8	11	280.1	279.7	279.4	278.7	3.83	3.93	3.91	4.40	223.5	201.7	132.3	158.0	583.3	523.6	274.2	274.5	8.3	1.0
31	8	12	279.4	279.1	278.9	278.1	3.67	3.77	3.90	4.33	263.5	238.9	218.5	192.6	315.5	278.0	274.5	274.8	9.7	1.7
31	8	13	278.8	278.5	278.3	277.6	3.72	3.91	4.00	4.42	239.2	221.4	195.7	171.2	247.6	222.0	274.3	274.5	10.0	2.0
31	8	14	278.6	278.3	278.1	277.6	3.80	3.97	4.38	4.40	225.5	205.6	178.9	156.1	240.0	230.6	273.9	273.9	10.0	2.0
31	8	15	278.2	278.0	277.8	277.4	3.99	4.08	4.45	4.43	208.2	109.4	165.0	143.9	204.2	212.7	274.3	274.5	9.7	2.0
31	8	16	277.9	277.8	277.4	276.9	4.20	4.25	4.39	4.69	171.7	156.9	132.9	112.7	135.2	180.5	274.5	274.8	8.0	2.0
31	8	17	277.5	277.3	277.1	276.4	4.12	4.20	4.23	4.59	176.2	161.0	135.1	107.2	-3.2	69.3	274.2	274.6	3.3	2.0
31	8	18	277.4	277.2	277.1	276.3	4.05	4.16	4.15	4.47	161.9	148.7	128.2	97.8	-53.6	13.0	274.0	274.4	2.0	2.0
31	8	19	276.1	275.9	275.7	275.1	5.39	5.47	5.26	5.51	153.9	140.8	119.4	97.4	-55.3	2.8	274.0	274.4	1.5	1.5
31	8	20	274.9	274.7	274.4	274.1	5.94	6.08	5.97	6.24	115.8	105.1	85.8	70.4	-54.0	2.4	273.8	274.4	0.5	0.5
1	9	21	275.9	275.9	275.4	274.9	5.04	5.07	5.44	5.66	155.9	141.4	118.8	98.6	-67.3	2.4	273.0	274.3	1.0	0.5
1	9	22	276.5	276.5	276.0	275.5	4.97	5.07	5.40	5.49	214.6	195.8	170.3	143.8	-76.3	2.8	273.5	273.9	3.5	1.5
1	9	23	275.3	275.4	275.1	274.7	5.53	5.63	5.69	5.80	282.7	256.1	222.2	185.8	-71.9	2.9	273.4	273.9	2.5	1.0
1	9	0	274.1	274.5	274.2	273.8	5.61	5.75	5.72	5.84	318.9	285.7	243.3	201.3	-79.2	3.7	273.1	274.0	0.5	0.5
1	9	1	274.3	274.7	274.4	274.0	5.20	5.45	5.66	5.66	283.6	252.4	211.6	175.7	-83.2	4.3	272.8	273.5	0.5	0.5

表1 (续)

日	月	真太阳时	气 温				比 速 (g/kg)				风 速 (cm/s)				辐射平衡 (W/m ²)	总辐射 (W/m ²)	表面温度(K)		云 量 (0-10)	云 高 1—低 2—中 3—高
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)			1	2		
1	9	2	274.9	275.0	275.2	274.3	5.02	5.08	5.39	5.62	273.0	241.7	201.1	168.7	-81.9	4.3	272.5	272.9	0.0	0.0
1	9	3	275.1	275.1	275.3	274.3	4.77	5.12	4.99	5.52	266.1	236.4	196.5	167.0	-81.0	4.1	272.1	272.5	0.0	0.0
1	9	4	274.9	275.0	274.6	274.0	4.51	4.78	5.28	5.30	277.9	248.5	207.9	175.9	-80.8	4.1	271.9	272.2	0.0	0.0
1	9	5	273.7	278.7	273.4	272.8	4.64	4.65	5.38	5.28	204.6	182.0	152.5	127.5	-65.9	10.0	271.9	272.2	1.0	1.0
1	9	6	273.6	273.6	273.5	273.3	5.11	5.00	5.15	5.67	179.6	159.7	134.0	113.9	25.9	88.3	273.5	273.5	3.3	1.0
1	9	7	275.4	275.3	274.6	275.0	4.89	4.75	5.39	5.38	270.2	241.3	205.3	177.8	181.4	234.1	274.5	274.0	6.0	1.7
1	9	8	276.4	276.3	275.8	275.9	4.86	4.72	5.08	5.43	364.0	333.2	293.7	230.9	340.6	448.3	274.8	274.9	5.3	2.0
1	9	9	276.3	276.2	276.0	275.9	5.10	5.07	5.13	5.32	356.1	327.3	288.7	242.0	424.9	503.8	274.8	275.2	5.0	2.0
1	9	10	276.6	276.5	276.3	276.3	5.26	5.10	5.22	5.22	214.1	197.2	168.8	140.7	527.7	593.0	274.8	275.2	4.3	1.7
1	9	11	277.0	276.9	276.7	276.6	4.88	5.10	5.11	5.14	183.3	168.9	142.1	115.0	482.0	489.8	274.3	274.5	7.0	1.0
1	9	12	277.4	277.1	277.0	276.8	4.83	4.90	4.96	4.94	232.5	215.7	185.1	153.0	450.3	463.0	273.9	273.9	7.3	1.0
1	9	13	277.2	277.0	276.9	276.8	5.04	5.12	5.15	5.14	250.1	231.3	200.7	170.2	386.5	388.0	273.9	273.9	7.7	1.0
1	9	14	276.9	276.8	276.7	276.5	4.97	5.02	5.03	5.05	293.5	271.1	236.3	199.0	339.9	296.9	273.9	273.9	8.3	1.0
1	9	15	276.2	276.1	276.0	275.9	4.95	5.07	5.07	5.10	263.1	241.7	208.0	173.6	133.5	111.0	274.4	274.8	9.7	1.0
1	9	16	274.8	274.7	274.6	274.6	5.47	5.65	5.59	5.59	262.3	241.2	205.6	170.3	79.0	65.0	274.3	274.7	10.0	1.0
1	9	17	273.9	273.9	273.8	273.9	5.80	6.00	5.84	5.91	277.6	258.6	222.2	183.8	14.9	25.6	274.1	274.5	10.0	1.0
1	9	18	274.0	274.0	273.9	273.8	4.93	5.13	5.08	5.15	301.4	277.7	239.2	198.9	-16.9	11.8	274.0	274.4	9.5	1.0
1	9	19	273.6	273.5	273.5	273.4	5.11	5.33	5.39	5.29	319.9	292.4	255.5	214.1	-16.0	3.0	273.9	274.3	9.5	1.0
1	9	20	273.0	272.9	272.8	272.8	5.78	5.93	5.84	5.80	233.1	212.7	185.4	154.8	-29.9	1.3	274.0	274.3	9.5	1.0
1	9	21	272.4	272.3	272.2	272.3	5.35	5.44	5.37	5.37	102.9	93.5	76.5	63.8	-46.9	1.6	274.0	274.1	7.5	1.0

表7 (續)

日	月	真太阳时	气温				比湿 (g/kg)				风速 (cm/s)				辐射平衡 (W/m ²)	总辐射 (W/m ²)	表面温度(K)		云量 (0-10)	云高 1-低 2-中 3-高
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)			1	2		
2	9	22	272.3	272.1	272.1	272.3	4.84	4.39	4.80	5.02	93.9	75.2	63.8	-57.3	1.8	273.6	274.1	6.0	1.0	
2	9	23	273.0	272.7	272.6	272.7	3.96	4.03	3.73	4.18	140.1	116.8	99.9	-70.2	2.5	273.1	274.3	5.5	1.0	
2	9	0	274.0	273.7	273.4	273.2	4.47	4.63	4.43	4.81	160.3	143.5	102.3	-84.5	2.5	272.6	274.1	4.5	1.0	
2	9	1	273.7	273.5	273.1	272.7	4.21	5.15	4.03	4.90	242.5	117.2	99.4	-68.2	2.6	272.0	273.5	3.0	1.0	
2	9	2	272.4	271.9	271.7	271.3	4.76	5.26	4.43	5.17	152.8	139.3	98.3	-93.5	3.1	271.0	272.4	2.0	1.0	
2	9	3	270.5	270.0	269.9	269.8	7.16	6.70	7.04	7.18	166.1	143.4	100.3	-101.7	2.9	270.1	271.1	1.5	1.0	
2	9	4	269.5	269.2	269.0	269.0	7.54	7.61	7.63	7.49	139.4	120.6	82.9	-101.0	3.0	269.5	272.3	1.0	1.0	
2	9	5	270.3	269.9	269.4	269.3	6.44	6.28	6.70	6.94	111.7	98.4	66.0	-97.1	10.2	269.1	270.1	1.7	1.0	
2	9	6	271.8	271.6	271.4	271.3	4.18	3.53	4.96	5.52	104.8	94.6	75.3	-4.5	73.6	271.4	271.5	3.7	2.0	
2	9	7	273.1	273.0	273.0	272.9	5.58	5.53	5.82	5.30	74.6	68.8	51.0	135.4	199.9	274.2	273.9	4.3	2.7	
2	9	8	274.3	274.3	274.5	274.0	4.96	5.20	5.60	5.91	53.9	51.4	36.6	83.2	327.5	275.3	275.1	4.3	3.0	
2	9	9	275.4	275.3	275.2	274.7	5.20	5.37	5.23	5.39	105.0	95.1	74.8	354.2	605.6	275.0	275.0	1.7	3.0	
2	9	10	276.6	276.5	276.4	275.6	4.01	4.22	2.51	4.51	199.5	178.6	149.7	576.2	628.3	274.4	274.5	0.3	1.0	
2	9	11	277.3	277.3	277.2	276.3	2.83	4.98	3.78	4.09	182.1	172.9	141.9	652.5	669.6	273.9	273.9	1.7	0.7	
2	9	12	277.7	277.5	277.4	276.6	2.23	2.65	3.85	3.68	182.1	173.7	142.8	668.9	590.6	273.9	273.9	2.3	1.3	
2	9	13	278.0	277.7	277.4	276.7	2.28	2.71	4.02	4.25	205.5	189.7	161.8	360.6	533.0	273.9	273.9	1.3	1.0	
2	9	14	278.7	278.5	278.3	277.4	3.04	3.24	4.01	5.32	201.5	186.2	157.9	592.6	485.9	273.9	273.9	2.3	1.0	
2	9	15	277.7	277.4	277.0	276.4	4.30	4.48	4.84	5.64	221.8	203.7	173.4	392.3	300.4	274.1	274.2	5.7	1.0	
2	9	16	275.6	275.5	275.2	275.0	5.14	5.26	6.26	5.65	207.4	190.7	161.4	108.3	96.1	274.6	274.7	9.0	1.0	
2	9	17	274.8	274.5	274.4	274.1	5.44	5.60	5.41	5.66	182.4	174.2	146.8	3.5	56.8	274.1	274.6	8.5	1.0	

表1 (续)

日	月	真太阳时	气温 (°C)					比湿 (g/kg)					风速 (cm/s)					辐射平衡 (W/m ²)	总辐射 (W/m ²)	表面温度 (K)		云量 (0-10)	云高 1—低 2—中 3—高
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	1	2							
2	9	18	273.8	273.8	273.5	273.0	4.66	4.82	4.77	4.95	164.4	149.7	122.5	97.5	-48.0	26.8	272.7	274.1	5.0	1.0			
2	9	19	273.1	273.0	272.6	272.0	99.90	99.90	99.90	175.6	160.4	132.0	103.0	-71.0	4.7	271.5	273.6	1.5	1.0				
2	9	20	271.8	271.6	271.2	271.0	99.90	99.90	99.90	201.5	179.5	145.6	112.4	-84.3	2.9	271.1	273.1	3.0	1.5				
3	9	21	270.6	270.4	270.1	270.0	99.90	99.90	99.90	175.2	149.0	115.5	88.1	-91.1	3.4	270.6	272.4	3.0	2.5				
3	9	22	271.2	271.0	270.6	270.5	99.90	99.90	99.90	167.9	134.5	103.9	80.1	-95.6	3.6	270.1	271.8	0.5	1.5				
3	9	23	272.2	271.9	271.4	271.1	99.90	99.90	99.90	149.9	132.3	105.8	84.0	-98.0	4.2	269.8	271.5	3.5	1.0				
3	9	0	272.0	271.6	271.3	270.8	99.90	99.90	99.90	251.7	226.6	189.1	150.9	-98.2	3.5	269.3	270.8	3.5	1.0				
3	9	1	271.8	271.8	271.1	270.6	99.90	99.90	99.90	311.6	282.3	235.5	191.2	-103.2	3.0	268.6	269.9	0.0	0.0				
3	9	2	271.6	271.2	270.8	270.3	99.90	99.90	99.90	258.8	233.1	196.4	158.6	-110.2	3.7	267.7	269.1	0.0	0.0				
3	9	3	270.7	270.3	269.8	269.2	99.90	99.90	99.90	179.0	160.1	131.4	105.6	-110.4	3.9	267.3	268.5	0.0	0.0				
3	9	4	270.5	270.0	269.5	268.8	99.90	99.90	99.90	146.7	132.8	107.2	84.5	-108.1	4.1	267.0	268.3	0.0	0.0				
3	9	5	270.2	270.7	269.3	269.2	3.56	3.32	3.28	3.27	183.9	163.6	134.3	107.0	-42.4	9.2	267.5	268.2	0.0	0.0			
3	9	6	270.6	270.8	270.3	270.7	3.39	2.95	3.66	3.62	220.1	194.4	161.0	130.0	53.1	74.2	272.2	270.9	0.0	0.0			
3	9	7	272.8	273.1	273.0	273.0	4.00	2.71	3.79	4.34	224.0	203.5	172.5	142.7	154.4	205.5	275.5	275.0	0.0	0.0			
3	9	8	273.3	272.2	273.0	272.8	4.29	3.93	3.67	4.34	334.5	304.5	261.5	212.9	335.9	348.2	274.9	275.0	0.0	0.0			
3	9	9	274.1	273.3	274.1	273.4	3.38	3.68	3.81	3.49	217.9	199.7	168.7	140.4	495.4	347.3	274.2	274.2	0.0	0.0			
3	9	10	275.2	275.0	274.3	274.5	3.50	3.70	4.14	3.90	260.0	138.0	203.8	156.4	599.0	415.8	274.5	274.7	0.0	0.0			
3	9	11	276.1	275.8	276.1	275.0	4.24	3.95	4.18	4.21	375.1	343.6	296.6	243.0	656.3	575.0	274.2	274.5	0.0	0.0			
3	9	12	277.1	276.8	276.8	275.7	3.17	3.85	3.89	4.35	429.6	394.4	345.3	289.7	672.0	452.4	273.9	273.9	1.0	0.7			
3	9	13	277.6	277.4	277.2	276.3	2.50	2.65	3.63	4.05	449.9	411.7	353.7	292.3	627.3	303.6	273.9	273.9	2.0	1.0			
3	9	14	277.4	277.2	276.9	276.0	2.30	2.38	3.60	4.48	345.5	316.5	274.4	226.2	472.1	357.1	273.9	273.9	3.7	1.0			

表1 (续)

日	月	真太阳时	气温 (K)				比湿 (g/kg)				风速 (cm/s)				辐射平衡 (W/m ²)	总辐射 (W/m ²)	表面温度 (K)		云量 (0-10)	云高 1-低 2-中 3-高
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)			1	2		
3	9	15	277.2	277.0	276.6	275.8	1.93	2.01	2.44	3.09	246.9	235.4	194.0	159.4	162.2	234.3	274.0	274.1	3.7	1.7
3	9	16	277.0	276.8	276.4	275.3	2.09	2.04	2.30	2.73	233.3	202.4	168.1	135.8	-71.0	69.0	273.7	274.4	2.0	2.3
3	9	17	276.1	276.0	275.5	274.6	2.93	2.57	2.93	3.03	220.6	187.4	160.3	126.1	-64.9	20.1	272.6	273.1	0.5	0.5
3	9	18	275.0	274.7	274.1	273.4	3.51	3.23	3.45	3.35	189.3	168.2	136.7	107.3	-84.5	9.2	272.3	273.8	0.0	0.0
3	9	19	275.2	275.0	274.5	273.9	3.71	3.51	3.52	3.22	284.4	289.9	193.1	157.3	-94.1	7.8	272.0	273.5	0.0	0.0
3	9	20	274.5	274.7	274.1	273.5	4.39	4.17	4.10	3.64	352.4	318.0	271.3	223.4	-87.6	2.3	271.9	273.0	0.5	0.5
4	9	21	274.9	274.1	273.7	273.3	4.24	4.68	4.33	3.74	320.7	248.5	244.3	199.5	-80.7	2.1	271.7	272.7	1.0	1.0
4	9	22	275.5	274.2	274.3	273.3	4.59	5.18	4.28	3.72	266.4	230.4	192.9	158.5	-67.2	2.1	271.7	272.5	2.9	1.0
4	9	23	274.5	274.3	274.2	273.3	5.75	6.90	4.60	3.72	201.2	256.5	217.2	177.4	-68.3	1.8	271.5	272.1	6.0	1.5
4	9	0	273.3	273.5	273.0	272.7	99.90	99.90	99.90	99.90	305.7	278.1	238.9	197.6	-47.5	1.6	271.0	271.6	7.5	2.5
4	9	1	273.2	272.3	272.3	271.9	99.90	99.90	99.90	99.90	279.0	253.3	217.3	181.0	-79.7	2.0	270.3	271.0	3.5	3.0
4	9	2	273.0	272.6	272.1	271.7	99.90	99.90	99.90	99.90	257.5	269.0	228.1	186.9	-67.3	2.3	269.0	270.6	0.5	1.5
4	9	3	273.0	272.8	272.3	271.3	99.90	99.90	99.90	99.90	337.1	304.0	258.4	211.1	-83.3	2.3	270.0	270.5	1.0	1.0
4	9	4	273.0	272.8	272.4	272.0	99.90	99.90	99.90	99.90	311.3	345.7	295.0	241.7	-72.3	2.1	270.3	270.6	1.5	2.0
4	9	5	273.2	272.9	272.6	272.3	99.90	99.90	99.90	99.90	413.4	358.4	300.3	274.3	-82.1	3.4	270.0	271.0	3.3	2.0
4	9	6	273.5	273.3	273.1	272.8	4.87	5.67	5.17	5.40	376.6	393.6	318.4	267.9	26.5	18.8	272.2	273.0	7.3	2.9
4	9	7	272.9	272.7	272.6	272.5	99.90	99.90	99.90	99.90	336.2	307.4	239.0	227.2	34.5	28.5	272.7	272.6	9.3	1.7
4	9	8	271.5	271.4	271.4	271.4	99.90	99.90	99.90	99.90	295.0	272.0	240.4	207.7	29.3	48.4	272.8	272.8	10.0	1.0
4	9	9	271.6	271.5	271.5	271.5	99.90	99.90	99.90	99.90	282.9	282.6	234.6	207.5	35.9	96.2	273.1	273.0	10.0	1.0
4	9	10	271.9	271.8	271.8	271.8	99.90	99.90	99.90	99.90	283.1	282.9	236.0	209.5	50.3	112.2	273.6	273.4	10.0	1.0

表1 (续)

日	月	真太阳时	气温(K)				比 湿(g/kg)				风 速 (cm/s)				辐射平衡 (W/m ²)	总辐射 (W/cm ²)	面表温度(K)		云 量 (0—10)	云 高 1—低 2—中 3—高
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)			1	2		
4	9	11	273.0	272.9	272.8	272.5	99.00	99.80	99.90	99.90	303.5	281.8	252.8	223.0	82.4	151.2	274.5	274.2	9.5	1.0
4	9	12	274.0	273.8	273.7	273.5	5.36	5.88	5.75	6.14	345.5	319.0	284.4	249.0	106.1	232.7	274.6	275.0	9.0	1.0
4	9	13	273.7	273.6	273.5	273.0	4.99	5.76	5.66	5.48	264.2	243.2	215.1	188.5	69.2	139.2	274.3	274.7	10.0	1.0
4	9	14	272.9	272.9	272.9	273.0	99.90	99.90	99.90	99.90	208.8	187.1	163.1	142.3	33.0	60.2	274.2	274.5	10.0	1.0
4	9	15	272.6	272.6	272.6	272.8	99.90	99.90	99.90	99.90	148.6	136.6	116.7	100.7	11.2	61.2	274.1	274.4	10.0	1.0
4	9	16	272.5	272.5	272.5	272.7	99.90	99.90	99.90	99.90	213.3	195.4	170.8	146.5	13.4	71.8	274.0	274.1	10.0	1.0
4	9	17	271.8	271.8	271.6	271.9	99.90	99.90	99.90	99.90	279.6	255.0	224.4	183.9	0.2	42.6	273.8	273.8	9.0	1.0
4	9	18	271.3	271.3	271.1	271.3	99.90	99.90	99.90	99.90	260.8	236.3	205.4	160.1	-20.6	27.4	273.3	273.5	8.0	1.0
4	9	19	270.9	270.9	270.7	270.8	99.90	99.90	99.90	99.90	274.9	245.4	212.1	166.2	-47.8	12.6	272.9	273.1	4.0	0.5
4	9	20	270.8	270.8	270.5	270.5	99.90	99.90	99.90	99.90	357.0	318.7	279.2	220.8	-64.3	1.5	272.5	272.8	1.0	1.5
5	9	21	270.8	270.6	270.5	270.4	99.90	99.90	99.90	99.90	395.1	353.6	308.0	242.1	-55.9	1.3	272.4	272.7	2.0	3.0
5	9	22	270.8	270.8	270.6	270.6	99.90	99.90	99.90	99.90	419.0	375.0	326.6	257.5	-48.0	1.5	272.3	272.5	1.5	3.0
5	9	23	270.8	270.8	270.5	270.4	99.90	99.90	99.90	99.90	425.6	381.0	339.4	272.8	-56.2	1.6	272.0	272.3	0.5	1.5
5	9	0	269.9	269.9	269.6	269.5	99.90	99.90	99.90	99.90	427.8	381.8	333.8	266.0	-61.5	1.6	271.8	272.0	0.0	0.0
5	9	1	269.2	269.3	269.1	269.1	99.90	99.90	99.90	99.90	451.5	405.9	345.9	269.8	-41.8	1.5	271.8	271.9	4.5	0.5
5	9	2	269.3	269.4	269.2	269.2	99.90	99.90	99.90	99.90	312.6	281.9	238.8	165.9	-31.4	1.3	271.7	271.9	7.5	2.0
5	9	3	268.7	268.6	268.5	268.5	99.90	99.90	99.90	99.90	193.8	172.7	143.2	111.7	-50.3	1.5	271.5	271.6	4.5	3.0
5	9	4	268.2	268.3	268.2	268.2	99.90	99.90	99.90	99.90	145.1	130.0	105.1	82.3	-47.7	1.6	271.4	271.5	6.5	2.0
5	9	5	268.4	268.6	268.6	268.6	99.90	99.90	99.90	99.90	73.3	62.7	44.2	35.0	-5.4	4.6	271.4	271.5	10.0	1.0
5	9	6	268.7	268.8	268.9	268.9	99.90	99.90	99.90	99.90	73.1	62.2	48.4	39.7	11.2	19.9	271.5	271.6	10.0	1.0

表1 (续)

日	月	真太阳时	气温 (K)				比湿 (g/kg)				风速 (cm/s)				辐射平衡 (W/m^2)	总辐射 (W/m^2)	表面温度 (K)		云量 (0-10)	云高 1—低 2—中 3—高
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	100 (cm)	150 (cm)	50 (cm)	20 (cm)			1	2		
5	9	7	270.6	270.3	270.5	270.6	99.90	99.90	99.90	99.90	54.4	51.6	36.6	32.2	24.2	74.0	271.9	272.0	10.0	1.0
5	9	8	271.6	271.3	271.3	271.4	99.90	99.90	99.90	99.90	79.3	75.2	60.4	50.5	46.1	147.6	272.6	272.8	9.7	1.0
5	9	9	271.9	271.8	271.9	272.3	4.08	4.64	4.33	4.32	199.7	180.4	156.4	126.5	73.5	233.7	274.1	274.3	8.7	1.0
5	9	10	272.2	272.1	272.1	272.6	4.22	5.04	4.76	4.57	257.5	236.5	203.1	161.6	77.1	230.5	274.6	274.5	9.7	1.0
5	9	11	272.6	272.6	272.6	273.0	4.01	4.71	4.47	4.31	186.6	171.0	144.1	114.9	38.7	139.9	274.1	274.0	10.0	1.0
5	9	12	273.5	273.4	273.3	273.4	3.59	4.42	4.15	4.20	158.7	145.2	122.9	99.4	33.6	140.1	274.0	274.1	10.0	1.0
5	9	13	273.1	273.0	273.0	273.0	3.63	4.35	4.11	4.22	160.8	146.2	122.7	97.7	38.5	141.9	274.3	274.5	10.0	1.0
5	9	14	272.7	272.6	272.5	272.6	3.24	3.81	3.68	3.83	110.0	101.3	82.3	64.5	29.3	131.8	274.3	274.6	10.0	1.0
5	9	15	270.6	270.5	270.3	270.1	99.90	99.90	99.90	99.90	85.3	80.6	64.5	49.9	19.4	64.6	273.8	274.1	10.0	1.0
5	9	16	268.4	268.3	268.4	268.3	99.90	99.90	99.90	99.90	98.1	94.4	77.3	57.5	3.3	10.7	272.0	272.0	10.0	1.0
5	9	17	267.3	267.3	267.4	267.7	99.90	99.90	99.90	99.90	105.3	100.7	82.8	58.6	-4.9	12.8	271.7	270.2	10.0	1.0
5	9	18	265.5	266.6	266.6	266.9	99.90	99.90	99.90	99.90	112.3	104.3	83.7	55.9	-3.5	4.1	271.6	269.8	10.0	1.0
5	9	19	265.9	266.1	266.0	266.2	99.90	99.90	99.90	99.90	118.8	109.7	86.9	56.3	-4.8	2.9	271.3	269.2	10.0	1.0
5	9	20	265.2	265.3	265.2	265.4	99.90	99.90	99.90	99.90	107.2	99.8	78.3	51.6	-5.2	1.8	269.5	269.9	5.5	1.0
6	9	21	265.2	265.1	265.1	265.3	99.90	99.90	99.90	99.90	145.6	138.4	115.7	81.8	-5.8	1.6	269.2	269.5	5.0	1.5
6	9	22	265.1	265.0	265.1	265.8	99.90	99.90	99.90	99.90	279.3	267.5	237.1	176.4	-16.4	1.6	270.2	266.6	5.5	1.5
6	9	23	264.5	264.4	264.5	264.3	99.90	99.90	99.90	99.90	343.5	325.2	292.2	227.8	-44.6	2.1	268.6	263.0	1.0	0.5
6	9	0	263.9	262.8	263.7	264.3	99.90	99.90	99.90	99.90	252.6	233.0	207.0	155.3	-64.7	1.4	267.2	260.5	0.0	0.0
6	9	1	263.7	263.8	263.6	264.0	99.90	99.90	99.90	99.90	273.7	253.2	223.9	177.5	-73.2	3.6	266.2	260.9	1.0	1.5
6	9	2	263.0	264.1	263.9	263.4	99.90	99.90	99.90	99.90	421.7	396.0	354.6	284.1	-80.5	4.9	264.8	262.0	2.5	3.0
6	9	3	264.0	264.1	263.8	263.3	99.90	99.90	99.90	99.90	501.8	473.3	424.5	342.0	-82.2	2.6	263.9	262.3	1.5	1.5

表1 (续)

日	月	真太阳时	气温(K)				比湿(g/kg)				风速(cm/s)				辐射平衡		总辐射		表面温度(K)		云量	云高 1—高 2—中 3—低
			150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	150 (cm)	100 (cm)	50 (cm)	20 (cm)	1	2	(W/m ²)	(W/m ²)	1	2		
6	9	4	265.0	265.0	264.8	264.2	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	568.1	511.2	412.8	-87.0	2.8	264.2	262.9	0.5	1.5	
6	9	5	265.8	265.7	265.5	265.1	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	641.6	911.4	474.3	-97.1	15.9	264.5	263.3	0.3	1.0	
6	9	6	266.6	266.6	266.5	263.4	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	582.6	857.5	433.1	-67.6	135.7	264.9	266.2	0.3	0.3	
6	9	7	267.2	267.4	267.4	267.3	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	639.7	571.1	472.0	-6.7	350.9	268.9	269.2	1.0	1.0	
6	9	8	268.8	269.1	269.1	269.1	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	639.3	570.3	475.5	31.6	563.1	302.3	301.4	0.3	0.3	
6	9	9	269.1	269.5	269.6	270.0	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	520.2	463.3	386.3	58.7	897.6	362.7	362.7	0.0	0.0	
6	9	10	269.9	270.1	270.4	270.0	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	341.0	407.5	257.1	182.9	761.1	362.7	362.7	1.7	0.7	
6	9	11	270.1	269.8	270.3	269.6	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	454.1	407.4	339.9	137.7	623.1	363.7	362.7	5.0	1.0	
6	9	12	269.0	268.8	269.0	269.1	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	629.0	501.4	465.7	118.9	465.6	303.9	362.7	6.3	1.0	
6	9	13	270.4	270.5	270.5	270.0	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	544.1	488.1	409.3	168.9	665.9	333.3	362.7	3.3	0.7	
6	9	14	271.2	271.4	271.3	270.4	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	430.9	389.7	325.4	177.7	660.1	362.7	362.7	0.0	0.0	
6	9	15	269.6	269.8	269.7	269.1	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	99.90	330.3	292.5	243.8	134.8	594.3	332.2	332.4	0.0	0.0	

表2 乌鲁木齐河源号冰川热量平衡计算结果 (1985)

日	月	真太阳时	理查森数 R_i	感 热 H (W/m ²)	潜 热 Q _L (W/m ²)	辐射平衡 Q _{NR} (W/m ²)
29	8	13	0.26	6.5	-3.3	682.4
29	8	14	0.41	119.4	-80.0	603.4
29	8	15	0.52	244.0	-155.3	253.5
29	8	16	0.19	0.0	0.0	-116.9
29	8	17	0.12	3.2	-4.7	-50.9
29	8	18	0.09	16.3	-13.0	-70.4
29	8	19	0.05	27.3	-31.6	-83.6
29	8	20	-0.01	-12.2	-15.3	-86.2
30	8	21	0.01	22.9	-123.7	-84.2
30	8	22	0.05	60.2	-115.3	-82.8
30	8	23	0.03	50.8	-79.1	-81.6
30	8	0	0.02	57.2	-63.2	-80.1
30	8	1	0.03	49.0	-36.9	-81.8
30	8	2	0.01	13.8	-69.4	-82.4
30	8	3	0.07	47.1	-69.9	-81.1
30	8	4	0.26	14.8	-10.2	-80.1
30	8	5	0.07	54.5	-6.8	-56.6
30	8	6	0.06	40.3	-31.8	34.2
30	8	7	0.02	29.7	-74.6	218.6
30	8	8	0.05	6.7	10.9	401.8
30	8	9	0.23	1.1	-0.2	549.8
30	8	10	0.20	0.1	0.0	653.2
30	8	11	0.26	2.2	1.1	740.9
30	8	12	0.17	0.2	-0.3	755.4
30	8	13	0.10	6.4	-2.0	687.3
30	8	14	0.08	37.3	-28.1	515.8
30	8	15	0.18	0.4	-0.4	359.7
30	8	16	0.46	67.5	-40.2	95.3
30	8	17	0.20	0.1	0.1	-15.1
30	8	18	0.41	39.2	-42.2	-70.1
30	8	19	0.44	38.9	-52.1	-80.8
30	8	20	0.09	5.3	-10.2	-81.1
31	8	21	0.05	7.8	-26.4	-82.7

表2 (续)

日	月	真太阳时	理查森数 R_i	感热 Q_H (W/m^2)	潜热 Q_L (W/m^2)	辐射平衡 Q_{NR} (W/m^2)
31	8	22	0.09	3.1	-20.6	-79.3
31	8	23	0.21	0.2	-1.0	-66.9
31	8	0	0.18	0.2	-0.3	-68.4
31	8	1	0.07	12.0	-13.6	-81.5
31	8	2	0.08	17.2	-50.4	-84.8
31	8	3	0.10	16.0	-37.6	-82.0
31	8	4	0.12	10.5	11.0	-68.1
31	8	5	0.16	1.3	3.1	-34.0
31	8	6	0.08	6.6	15.9	37.5
31	8	7	0.10	3.6	3.0	103.1
31	8	8	0.15	1.4	-1.6	281.0
31	8	9	0.16	0.9	-1.0	432.3
31	8	10	0.11	7.3	-7.0	574.1
31	8	11	0.03	78.4	-22.5	583.3
31	8	12	0.09	11.1	-12.9	315.5
31	8	13	0.10	9.5	-13.3	247.6
31	8	14	0.08	12.9	-36.3	240.0
31	8	15	0.09	8.7	-25.2	204.2
31	8	16	0.12	4.6	-4.4	135.2
31	8	17	0.09	8.6	-5.9	-3.2
31	8	18	0.10	4.3	-3.6	-53.6
31	8	19	0.12	3.0	2.5	-55.3
31	8	20	0.20	0.1	0.0	-54.0
1	9	21	0.13	3.0	-6.1	-67.3
1	9	22	0.09	10.2	-22.0	-76.3
1	9	23	0.02	16.7	-33.5	-71.9
1	9	0	-0.01	-13.7	-37.9	-79.2
1	9	1	-0.01	-13.1	-151.8	-83.2
1	9	2	-0.02	-43.6	-135.0	-81.9
1	9	3	-0.01	-27.0	-74.5	-81.0
1	9	4	0.02	28.2	-181.9	-80.8
1	9	5	0.04	16.7	-103.3	-65.9
1	9	6	0.02	6.4	-6.4	25.9

表2 (续)

日	月	真太阳时	理查森数 R_i	感 热	潜 热	辐 射 平 衡
				Q_H (W/m^2)	Q_L (W/m^2)	Q_{NR} (W/m^2)
1	9	7	0.07	36.8	-46.2	181.4
1	9	8	0.04	43.2	-39.8	340.6
1	9	9	0.02	26.6	-6.7	424.9
1	9	10	0.05	12.1	4.1	527.7
1	9	11	0.07	9.3	-18.0	482.0
1	9	12	0.07	14.3	-11.7	450.3
1	9	13	0.05	15.0	-13.8	386.5
1	9	14	0.02	15.3	-11.6	339.9
1	9	15	0.02	14.5	-21.8	133.5
1	9	16	0.02	15.1	-22.8	79.0
1	9	17	0.01	8.3	-8.4	14.9
1	9	18	0.01	9.6	-36.3	-16.9
1	9	19	0.01	10.1	-70.7	-16.0
1	9	20	0.03	11.3	-8.5	-29.9
2	9	21	0.11	1.7	-0.4	-46.9
2	9	22	0.08	3.3	1.6	-57.3
2	9	23	0.09	7.5	10.8	-70.2
2	9	0	0.13	3.8	0.6	-64.5
2	9	1	0.14	3.7	2.8	-68.2
2	9	2	0.19	0.0	0.0	-93.5
2	9	3	0.12	6.4	3.2	-101.7
2	9	4	0.10	8.7	-4.0	-101.0
2	9	5	0.29	14.2	-10.3	-97.1
2	9	6	0.17	0.2	-1.2	-4.5
2	9	7	0.07	1.6	-9.8	135.4
2	9	8	-0.23	-10.4	-83.9	83.2
2	9	9	0.08	3.4	-1.3	354.2
2	9	10	0.03	12.2	-76.8	576.2
2	9	11	0.02	5.3	-126.7	652.5
2	9	12	0.07	8.0	-109.0	668.9
2	9	13	0.11	7.5	-54.8	630.6
2	9	14	0.08	10.9	-66.4	592.6
2	9	15	0.11	11.2	-21.7	392.3

表2 (续)

日	月	真太阳时	理查森数 R_i	感 热 Q_H (W/m^2)	潜 热 Q_L (W/m^2)	辐射平衡 Q_{NR} (W/m^2)
2	9	16	0.07	13.0	-9.8	108.3
2	9	17	0.04	10.5	3.9	3.5
2	9	18	0.06	9.7	8.9	-48.0
2	9	19	0.10	9.2	99.9	-71.0
2	9	20	0.07	23.0	99.9	-84.3
3	9	21	0.05	27.3	99.9	-91.1
3	9	22	0.08	20.3	99.9	-95.6
3	9	23	0.15	2.7	99.9	-98.0
3	9	0	0.07	32.7	99.9	-98.2
3	9	1	0.05	49.5	99.9	-103.2
3	9	2	0.08	31.6	99.9	-110.2
3	9	3	0.15	4.1	99.9	-110.4
3	9	4	0.24	3.8	99.9	-108.1
3	9	5	0.14	6.7	5.2	-42.4
3	9	6	0.03	21.2	-47.9	58.1
3	9	7	-0.03	-21.6	56.9	154.4
3	9	8	0.02	30.0	155.8	335.2
3	9	9	0.00	0.0	-90.5	495.4
3	9	10	-0.01	-10.7	-172.4	599.0
3	9	11	0.00	0.0	20.3	656.3
3	9	12	0.02	36.9	-222.6	672.0
3	9	13	0.02	56.0	-397.6	627.3
3	9	14	0.04	40.6	-265.0	472.1
3	9	15	0.08	19.4	-41.4	162.2
3	9	16	0.07	22.5	-19.8	-71.0
3	9	17	0.06	28.8	0.0	-64.9
3	9	18	0.12	12.0	2.0	-84.5
3	9	19	0.07	31.0	14.4	-94.1
3	9	20	0.02	43.3	54.4	-87.8
4	9	21	0.07	59.1	-11.1	-80.7
4	9	22	0.08	51.2	33.3	-67.2
4	9	23	0.02	31.3	301.1	-48.3
4	9	0	0.07	40.0	99.9	-47.5

表2 (续)

日	月	真太阳时	理查森数 R_i	感 热 Q_H (W/m^2)	潜 热 Q_L (W/m^2)	辐射平衡 Q_{NR} (W/m^2)
4	9	1	0.09	28.9	99.9	-70.7
4	9	2	0.07	44.9	99.9	-87.9
4	9	3	0.04	58.5	99.9	-83.3
4	9	4	0.03	62.7	99.9	-72.3
4	9	5	0.03	60.5	99.9	-32.1
4	9	6	0.02	41.3	-77.8	26.5
4	9	7	0.02	26.4	99.9	34.5
4	9	8	0.01	8.2	99.9	29.3
4	9	9	0.02	6.9	99.9	35.9
4	9	10	0.02	6.7	99.9	50.3
4	9	11	0.03	12.6	99.9	82.4
4	9	12	0.03	22.6	-73.7	106.1
4	9	13	0.03	11.9	100.0	69.2
4	9	14	0.00	0.0	99.9	33.0
4	9	15	0.00	0.0	99.9	11.2
4	9	16	0.00	0.0	99.9	13.4
4	9	17	0.03	14.4	99.9	0.2
4	9	18	0.02	14.5	99.9	-20.6
4	9	19	0.02	17.6	99.9	-47.8
4	9	20	0.02	32.9	99.9	-64.3
5	9	21	0.01	14.2	99.9	-55.9
5	9	22	0.01	29.3	99.9	-48.0
5	9	23	0.02	37.9	99.9	-56.2
5	9	0	0.01	42.5	99.9	-61.5
5	9	1	0.00	17.6	99.9	-41.8
5	9	2	0.01	11.8	99.9	-31.4
5	9	3	0.03	12.4	99.9	-50.3
5	9	4	0.00	0.0	99.9	-47.7
5	9	5	-0.08	-12.2	99.9	-5.4
5	9	6	-0.12	-11.5	99.9	11.2
5	9	7	0.13	0.4	99.9	24.2
5	9	8	0.32	4.1	99.9	46.1
5	9	9	0.00	0.0	-45.8	73.5

表2 (续)

日	月	真太阳时	理查森数	感 热	潜 热	辐射平衡
			R_i	Q_H (W/m^2)	Q_L (W/m^2)	P_{NR} (W/m^2)
5	9	10	0.01	8.1	-110.4	77.1
5	9	11	0.00	0.0	-83.3	38.7
5	9	12	0.06	5.9	-41.7	33.6
5	9	13	0.03	4.8	-58.5	38.5
5	9	14	0.10	2.2	-12.4	29.3
5	9	15	0.26	1.4	99.9	19.4
5	9	16	0.01	0.0	99.9	3.3
5	9	17	-0.07	-4.4	99.9	-4.9
5	9	18	-0.04	-5.0	99.9	-3.5
5	9	19	-0.03	-5.4	99.9	-4.8
5	9	20	0.00	0.0	99.9	-5.2
6	9	21	0.05	3.0	99.9	-5.8
6	9	22	0.00	0.0	99.9	-16.4
6	9	23	0.00	0.0	99.9	-44.6
6	9	0	0.04	10.2	99.9	-64.7
6	9	1	0.02	7.2	99.9	-73.2
6	9	2	0.00	0.0	99.9	-80.5
6	9	3	0.01	23.2	99.9	-82.2
6	9	4	0.01	27.3	99.9	-87.0
6	9	5	0.00	-120.3	99.9	-97.1
6	9	6	0.00	-41.6	99.9	-67.6
6	9	7	-0.01	-38.0	99.9	-6.7
6	9	8	-0.01	-60.8	99.9	31.6
6	9	9	-0.02	-93.3	99.9	58.7
6	9	10	-0.05	-54.6	99.9	182.9
6	9	11	-0.01	-30.0	99.9	137.7
6	9	12	0.00	0.0	99.9	118.0
6	9	13	0.00	-16.7	99.9	168.9
6	9	14	-0.01	-14.3	99.9	177.7
6	9	15	-0.01	-12.0	99.9	134.8

乌鲁木齐河源降水分布规律初步探讨

姜 彤 宋 强 康尔酒

自1959年起,科学院冰川所在乌鲁木齐河流域上游天格尔峰北坡建立了冰川综合科学试验站(该站自1966—1979年停止工作),取得了一些降水观测资料,并根据雪层剖面和气象站降水资料,推出年降水量梯度为 $25\text{mm}/100\text{m}$ 。1959年,新疆气象局在海拔 3588m (后迁到 3539.3m),建立了天山气象站;至今已有二十余年的观测资料。资料表明,本地区多年平均降水量为 432.1mm ,多年平均气温为 -5.3°C 。降水的年内分配极不均匀,其中,消融期(5—9)月降水量占全年降水总量的88%(朱守森)。

由于高山区降水以固态为主,给观测带来了困难;加之冰川区的降水资料又不够完整,因此,至今对高山区降水分布规律,还缺乏充分的认识。为了探讨降水在高山区分布的特点,我们在1号冰川区,分别选取了 3530m (大西沟天山气象站附近)和 3720m (1号冰川末端),做为降水量观测场,场内布设国产 20cm 口径雨量筒和虹吸式自记雨量计两种仪器进行观测。

在观测方法上,主要观测每一次完整降水过程,即每一次降水停止后,立即进行观测。如果是降雪,则在冰川和不同高程处,选择地势较为平坦,具有代表性的地方,用国产称雪器或日产雪称,测量雪的密度(每一高程点,取样点超过3个);并使用测雪尺,测量降雪厚度(测量点15个以上,取平均值)。测雪范围为 $100\text{—}300\text{m}^2$ 。最后,换算成相应的水层深。如果气温较高,冰川上有液态降水,或降水较少,则不进行测雪。

本文根据1985年夏季(7—9月)1号冰川区的降水对比观测及测雪资料(表1),结合跃进桥、英雄桥水文站的降水资料,对乌鲁木齐河源地区降水分布规律进行初步分析。

一、测雪数据分析

在对比观测期间,冰川上进行了七次测雪。按照天山气象站(3539.3m)和1号冰川末端气象场(3697m)的气温观测资料,得出七次降雪期间的大气零温层高度。并认为大气零温层以上是固体降水,以下则为液态降水(表2)。

从表1和表2对比中可以看出,在七次测雪中,除一次,降雪期间的大气零温层海拔大于测雪高程外,其余均小于测雪高程。7月16日—17日的降雪,由于零温层高度达 4100m ,冰川上有液态降水,造成冰川上降水小于冰舌末端降水量的反常现象。另外,在8月3日—4日的降水过程中,零温层高度为 3800m ,对测雪高度 3807m 的结果有一

表1 降水观测结果 (1985年7—9月)

高程(m) 降水量(mm)	3530		3720		冰 川 测 雪							
	雨量筒	虹吸式	雨量筒	虹吸式	3807	3850	3897	3910	3935	3972	4030	
降水日期	7 月 份											
7—8	12.8	13.7	12.1	14.8		19.0	20.6	23.1				27.1
11—12	4.4	4.3	4.3	4.3								
12—13	6.0	6.2	6.2	6.7		13.0	11.1	15.5	17.7			22.5
13—14	1.1	1.4	1.1	0.7								
14—15	4.1	4.1	4.4	4.4								
16—17	6.0	6.7	13.2	12.3		6.8	11.6	14.0	12.3			17.0
18—19	4.6	5.0	6.7	(6.7)								
19—20	1.1	0.7	1.2	1.2								
中旬计	27.3	28.4	37.1	36.3								
22—23	4.5	5	3.4	3.9								
26—26	1.1	1.4	2.1	2.2								
26—27	2.0	2.3	2.1	2.4								
28	0.5	0.5	0.4	0.5								
29	1.4	1.8	4.2	4.3								
31	0.2	0.2	0.9	0.9								
下旬计	9.7	11.2	13.1	14.3								
合 计 (缺1—7日资料)	49.6	52.1	62.3	65.3								
平均每次	3.5	3.7	4.5	4.7								
	8 月 份											
1	3.8	4.0	6.7	6.7								
2—3	0.3	0.3	(1.1)	1.1								
3—4	19.0	18.2	(213)	20.6	18.9	20.9	22.8	24.0	25.5	26.4	25.0	24.8
4	0.2	0.2	0.3	0.2								
7	3.2	1.9	6.0	5.9								
8	5.7	5.5	6.3	5.8								
10	1.4	1.6	2.9	2.8								
上旬计	33.6	31.7	44.6	43.1								
12—13	8.5	8.6	11.1	11.3								
14—15	3.0	2.9	4.3	4.2								
15	3.4	3.8	7.7	7.8	8.9	11.0	12.7					
16	2.9	2.9	2.7	3.0								
19—20	8.1	8.2	9.0	9.2								

表 1 (续)

降水日期	3530		3720		冰 川 测 雪							
	雨量筒	虹吸式	雨量筒	虹吸式	3807	3850	3897	3910	3936	3972	4030	4035
中旬计	25.9	26.4	34.8	35.5								
24—25	3.4	3.9	4.9	5.0								
下旬计	3.4	3.9	4.9	5.0								
日合计	62.9	62.0	84.3	83.6								
平均每次	4.8	4.8	6.5	6.4								
9 月 份												
4		1.4	2.1	2.5	3.3			3.5				
5		0.2	1.8		5.3			6.4				

表 2 降雪期间大气零温层海拔高度

	7月7—8日	7月12—13日	7月16—17日	8月3—4日	8月15日	9月4日	9月5日
零温层高程 (m)	3740m	3800m	4100m	3710m	3650m	3800m	3500m

定的影响。

1. 测雪结果与海拔高程之间关系如图 1)。从图中可以看出，不同海拔高程的降水量是不同的。冰川上的降水量随着海拔高度的增加而增加；冰川粒雪盆处 (4050m 以上) 降水量大于冰舌处的降水量。每一次降雪过程，降水量随海拔高度变化的程度都不相同，一般为 0.5—5 mm/100m。

二、降水梯度推算

降水梯度，是海拔高度升高 100m，降水量的变化量，它包含每一次降水过程的梯度、旬降水梯度，月、年降水梯度等。在高山区的降水测验中，由于没有长时间连续观测资料，往往采用短期降水和雪层剖面资料进行推算年降水梯度。因为该年的冰川物质平衡为负值，有大量老冰产生消融，故不易采用雪层剖面法推算年降水梯度。

我们分别研究了每一次降水过程的降水梯度与降水量，以及降水增量与降水量之间的关系，同时又分析了各个观测点的次降水量与海拔高度之间的关系，发现其内在联系不甚明显。但用对比观测中，旬降水总量与增量之间关系比较密切 (图 2)。相关系数为 0.98，标准差为 0.676。回归方程为：

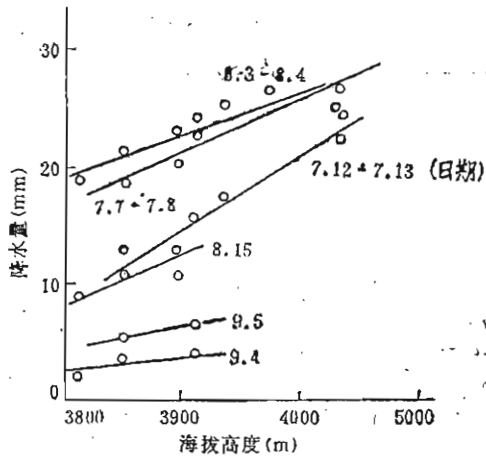


图 1 降水量 (测雪结果) 与海拔高程关系

$$y_{\text{旬}} = 0.377x_{\text{旬}} - 0.077$$

式中： x 为山下观测点旬降水总量；

y 为对比观测两地旬降水增量。

我们依据天山气象站（基本与山下对比观测点同一高程）的旬降水资料，推算对比观测点之间年降水增量。（1984年10月至1985年9月）比同时期的天

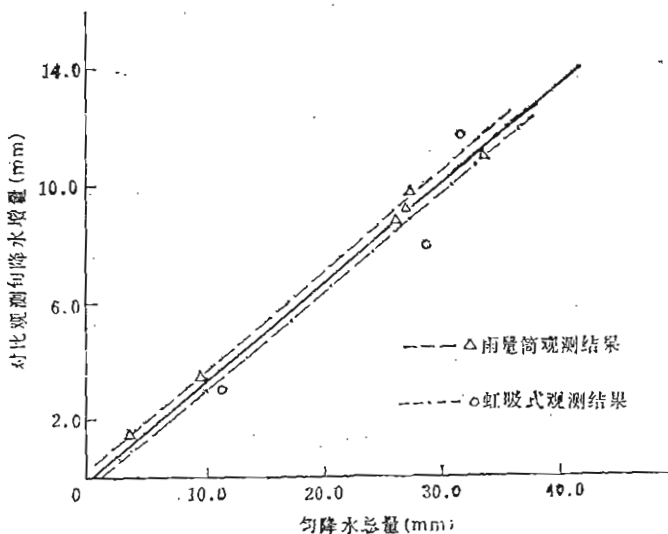


图2 对比观测日降水增量与日降水总量关系图

表3 各站过程降水量表

降水日期及历时 降水量(mm)	台站及高程(m)		天山观测站									
	英雄桥	跃进桥	3530	3720	3807	3850	3897	3910	3935	3972	4030	
7月7日18:00 8日19:00	7.5	11.5	13.7	14.2		19.0	20.6	23.1				27.1
7月11日16:00 12日8:00	3.1	3.4	4.3	4.3								
7月12日20:00 13日10:00	11.5	6.8	6.2	6.7		13.0	11.1	15.5	17.7			22.5
7月13日17:00 14日8:00	1.3	1.1	1.1	1.1								
7月16日10:00 18日0:00	2.9	2.7	6.7	12.3		6.8	11.6	14.0	12.3			17.0
7月18日22:00 19日12:00	13.9	11.0	5.0	6.7								
7月19日18:00 20日11:00	10.4	2.9	0.7	1.2								
7月22日12:00 23日10:00	5.1	2.4	3.9	3.9								
7月25日8:00 26日8:00	4.5	1.4	1.4	2.2								
7月29日11:00 29日22:00	2.2	1.0	1.8	4.3								
7月31日19:00 31日19:20	0.1	3.8	0.2	0.9								
8月1日17:00 1日23:00	1.4	4.4	4.0	6.7								
8月3日11:00 4日9:00	10.1	11.3	18.2	20.6	18.9	20.9	22.8	24.0	25.2	26.4	25.0	
8月7日10:30 7日18:00	2.9	2.4	3.2	6.0								
8月8日9:00 9日5:30	3.4	2.8	5.5	5.8								
8月12日14:30 13日8:30	6.5	3.4	8.6	11.3								
8月14日15:30 15日18:30	2.3	1.7	2.9	4.2								
8月15日11:20 15日18:15	1.5	1.7	3.8	7.8	8.9	11.0	12.7					
8月19日19:00 20日13:00	0.3	7.0	8.2	9.2								

山气象站年降水量增加96.4mm。因两观测点之间高差为180m。故年降水量梯度为53.6 mm/100m。天山气象站(1984年10月至1985年9月)年降水量为295mm。(其中84年10月份降水为插补),根据年降水量梯度求得冰川粒雪线(4050m)年降水总量为567.8 mm。

三、高山区与中山区降水比较

中山区到高山区,有多种地貌单元,地形对大气活动有很大影响。在研究降水时,可把次降水认为是一个独立的过程,是对地表施行的一次脉冲过程。地表各台站接收到的脉冲分为两个性质不同的过程:一种是过程性降水,即高山区、中山区,大范围内,有一定的规律性;另外一种是非过程性降水,如对流性(热力、地形)降水,其过程是比较复杂的。我们主要根据高山区观测结果,结合水文站提供的降水量及降水历时资料,选取高山区与中山区共同降水,即过程性降水资料进行分析比较。

表3是英雄桥,跃进桥两个水文站,以及天山观测站所观测到的同一降水过程的结果。7—8两个月中,高山区和中山区同时降水19次。其中有6次中山区大于高山区,占总数的31.6%;68.4%是高山区大于中山区。

从月降水总量比较看(表4),过程性降水月总量是随海拔高度的增加而增加的。

表4 各站降水月总量比较表

类别	英雄桥	跃进桥	天山观测站	
	(1920m)	(2380m)	(3530m)	(3720m)
7月份过程降水 ¹⁾ 总量(mm)	17.1	19.7	27.8	37.7
8月份过程降水总量(mm)	28.4	35.3	54.4	71.6
7月份降水量(mm)	70.8	64.3 ¹⁻²⁾	52.1 ¹⁻²⁾	65.3 ¹⁾
8月份降水量(mm)	42.4	43.8	62.9 ³⁾	83.6
7月份过程降水量占月降水总量(%)	24.2	30.6	53.4	57.7
8月份过程降水量占月降水总量(%)	67.0	80.6	87.7	85.6

注: 1) 7月1—7日未观测;

2) 天山气象站(3540m)7月份降水总量63.6mm;

3) 天山气象站8月份降水总量65.2mm。

我们采用类似于高山区降水梯度的分析方法,粗略地描述高山区和中山区过程降水月总量随海拔高度变化的规律(图3)。由图可以看出,随着海拔高度的升高,过程降水月总量增大的梯度各不相同。7月和8月,过程降水月总量随海拔高度增加的梯度分别为1.5mm/100m和2.5mm/100mm。

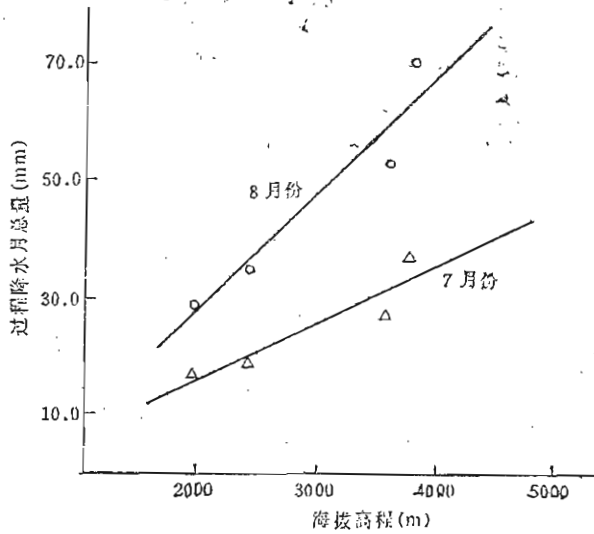


图3 日过程降水总量与海拔高程关系

四、雨量筒与测雪结果比较

使用常规雨量筒测量高山区降水，由于风速的影响，往往使测量结果产生误差。85年8月底，我们在冰川上进行热量平衡观测的同时，在海拔3910m的观测场地，架设了普通的20cm口径的雨量筒。在测量降水的同时，进行测雪，即测量雪的密度（取样点5个）和雪的厚度（共25个测点，分布雪面300m²），同时使用自动记录的风速仪观测风速，观测结果见表5。

表5 雨量筒、测雪及风速观测成果

时 间	雨量筒值 (mm)	测雪值 (mm)	平均风速(m/s)			绝对误差 (亏损量)	相对误差 (%)
			1.5m	1.0m	0.5m		
9月4日12:00 4日22:00	1.8	3.5	2.67	2.45	2.15	1.7	43.6
9月5日12:00 5日16:10	3.0	4.8	2.04	1.87	1.55	1.8	37.5
9月5日16:00 5日19:15	1.1	1.6	0.93	0.90	0.73	0.5	31.3
9月5日 合 计	4.1	6.4	1.49	1.39	1.16	2.3	35.0

为了研究不同风速对雨量筒观测结果的影响，我们以测雪结果作为相对“真值”分别计算和绘制了雨量筒观测降水量的绝对误差、相对误差及其与不同高度、不同风速之间的关系图（图4）。从图中可初步得出如下结论：（1）随着风速的增加，雨量筒观测降水的误差（偏小）增大。不同高度的风速对观测误差的影响是不相同的，1.0m高

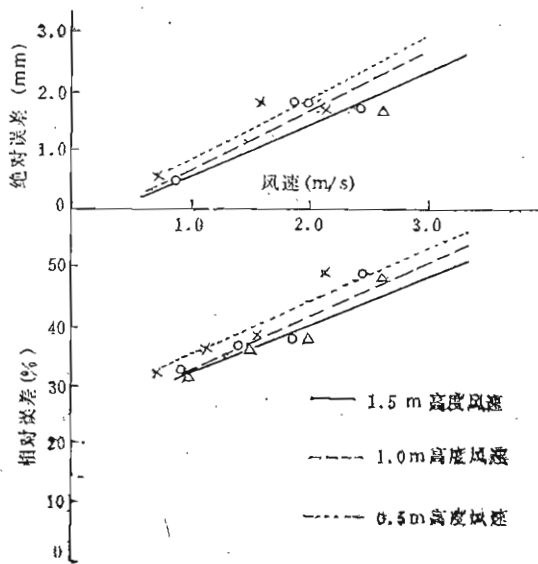


图4 雨量筒观测降水量误差与风速关系

度的风速对雨量筒测量的结果影响稍大一些，当风速增加1m时，雨量筒观测降水的绝对误差（偏小）增加0.7—1.0mm，相对误差（偏小）增加7—10%。

五、几点结论

1. 如果冰川上是固态降水，选择的测雪区具有代表性，则在次降雪后的测雪结果，较为符合测雪点的实际降水量。
2. 根据1985年降水对比观测，推算出年降水（1984. 10—1985. 9）梯度为53.6 mm/100m，据此推求的冰川零平衡线（4050m）年降水量（1984. 10—1985. 9）为567.8mm。
3. 从过程降水量结果比较，乌鲁木齐河高山区过程降水量大于中山区过程降水量。
4. 高山区风速对雨量筒观测的降水量有较大影响，需进一步深入研究。

乌鲁木齐河源盐溶液法流量测验实验报告

姜 彤 宋 强 康尔泗

山区河流的特点是水流湍急，水位、流速变化大，河道曲折不规则，往往给水文测验带来许多困难。目前，国际上广泛应用的盐溶液法测流，在山区流量测验中，具有较多的优越性。溶液法测流的基本思想，是利用向河流中投放一定质量的溶质，通过对其浓度的测量，推算出河流的流量。1985年夏季，我们在乌鲁木齐河河源1号冰川水文站和总控制（1-7号）冰川水文站，进行了溶液法测流实验，得出了合理的结果，证明此方法具有投资少，效果好，方法简便，适合于山区湍急河流流量测验等优点，有一定的推广价值。

一、溶液法测流的基本原理

溶液法测流的理论基础，就是投入河流的总溶质量与流出河流测流断面的总溶质量相等。实际操作中，一般采用两种方法，现分述如下。

1. 连续投放法（图1）

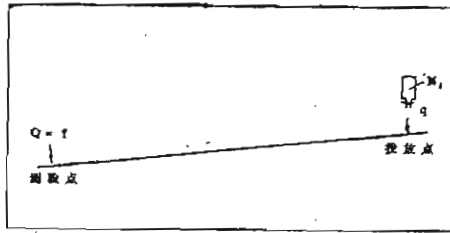


图1 连续性投放法示意图

设，瓶内盐溶液含盐浓度 N_1 （g/L），盐溶液从瓶内流出的流量为 q （ m^3/s ）；测验断面处的河水含盐浓度为 N_2 （g/L），河流待测流量为 Q （ m^3/s ）。由投入河流的盐量应等于流出测流断面的盐量得：

$$q \cdot N_1 = (Q + q) \cdot N_2 \quad (1)$$

故：

$$Q = \frac{N_1}{N_2} \cdot q - q \quad (2)$$

由于 q 与 Q 相比很小，可忽略不计。因此，公式（2）可简化为：

$$Q = \frac{N_1}{N_2} \cdot q = K \cdot q$$

只要求得 K 和 q 的值,便可求得河流的流量。

2. 一次性投放法:

设,投放处投放的总盐量为 M (kg),盐溶液到达测流断面的起迄时刻为 t_0 、 t_1 (s);测流断面处河水含盐浓度为 $N(t)$ (g/L),它是时间 t 的函数,河流的流量为 Q (m³/s)。由投入河流中的盐量与测流断面处盐量相等,得:

$$M = \bar{Q} \cdot \int_{t_0}^{t_1} N(t) \cdot dt$$

$$\therefore Q = \frac{M}{\int_{t_0}^{t_1} N(t) \cdot dt} \quad (3)$$

因此,只要将河水中连续变化的 $N(t)$,用离散化的方法测出,再进行积分,即可求得河流流量 Q 。

二、实验方法

1. 投放溶质的选择

所选择溶质应具备下列特点:1)在0°C的水温条件下能充分溶化,并且对光和有机物是稳定的;2)水中其它化合物的存在,并不影响投放溶质的离子浓度。国外曾采用 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (铬酸钠)和 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH} \cdot \text{NH})_2 \cdot \text{CO}$,效果很好。我们选用了食盐($\text{NaCl} + \text{KCl}$)作为投放溶质。因为,食盐容易得到,对河水无污染,且其溶解度受水温影响很小(图2)。根据1号冰川水化学的分析(骆鸿珍,1983),其天然阴离子为 Cl^- , HCO_3^{2-} , SO_4^{2-} ,阳离子为 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ ,投入食盐,仅增加和投入量相当的离子含量。

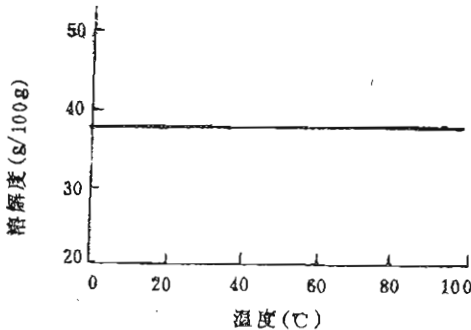


图2 食盐溶解度与溶液温度的关系

2. 河道选择

投放点与测流断面之间河道,要能使溶质充分溶化、混合,水流愈湍急愈好。

我们选择了乌鲁木齐河河源地区，海拔3403m的总控制水文断面和海拔3690m的1号冰川水文断面作为测流断面。分别以总控制断面上游80m处，1号水文断面上游160m处，作为食盐投放点。由于上述两个断面有流速仪法测流，可与溶液法进行对比。

3. 一次性投放法实验

由于一次性投放法比较适合于野外工作条件，我们选择此法进行了测流实验。

(1) 测试仪器及设备

为了有效地测量河水中含盐量的变化，根据溶液电导度是溶液浓度的函数的性质，我们采用土壤学中常用的TY-1型袖珍电导仪（干电池供电，重300g），由它直接来测量河水中的电导度，从而计算溶液的浓度。仪器的灵敏度、稳定性，均符合野外要求。为了在投放前，尽量使固体盐与水充分混合，需要一至二只容量较大的桶。同时准备好一定重量的投放盐（一般一包为1公斤）。另外，还需要一台小型天平（最低称量1g），以及一只可量取水体积的量杯。

(2) 野外工作步骤

a 野外观测电导度-浓度关系曲线的标定

在测流断面处，把在室内用天平称量好的已知质量的盐（往往为1-2克），装入桶中，用量杯量出一定体积的河水，加入桶中，然后，测定溶液的电导度，记下溶液浓度和相应的电导值。这样重复多次，直到桶中盐溶液的电导度接近河水天然电导度。由于河流的天然电导度，在不同的河段处和不同时期可能不同，这就要求对不同的天然电导度，作出不同的观测记录。

b 在固体盐投放点处，一位工作人员，把盐放入所携带的桶中，加入河水并搅拌之，同时，记录固体盐量。根据测流断面处发出的信号，将盐溶液均匀地撒在整个河道横断面上，然后记录投放时间。

c 测流断面处，有二位工作人员，一位进行记录，一位进行读数。读数的时间间隔依河水电导度变化速率来定，一般为5-10s为宜。最后，记录读数间隔的时间。

d 在观测开始和结束时，测定并记录水位。

(3) 室内计算：

a 依据野外测定的电导度、浓度数据，作出电导度~浓度的关系曲线。它们之间呈直线关系。由于河流天然电导度不同，应做出多条标定曲线，并计算回归方程。

b 数值积分：

我们采用梯形公式，对(3)式进行数值积分：

$$\int_{t_0}^{t_1} N(t) \cdot dt = \frac{\Delta T}{2} \cdot [N_0 + N_n + 2 \cdot (N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_{n-1})]$$

式中： ΔT 为读数间隔时间。

在选择标定曲线，由电导度推求浓度N时，应选用天然电导度最接近测量时天然电导度的一个直线方程。

c 计算测流时间内平均流量

$$Q = \frac{M}{\int_{t_0}^{t_1} N(t) \cdot dt}$$

上述计算工作，用小型计算机一次完成。

三、实验结果与比较

我们在1号冰川水文断面和总结控制水文断面，采用一次性投放法进行了实验；同时，用常规的流速仪进行测流。在1号冰川水文断面，用溶液法测验了四十多次，在总结控制断面，测验了二十余次。根据测验结果，分别作出了两个断面的水位—流量关系图。

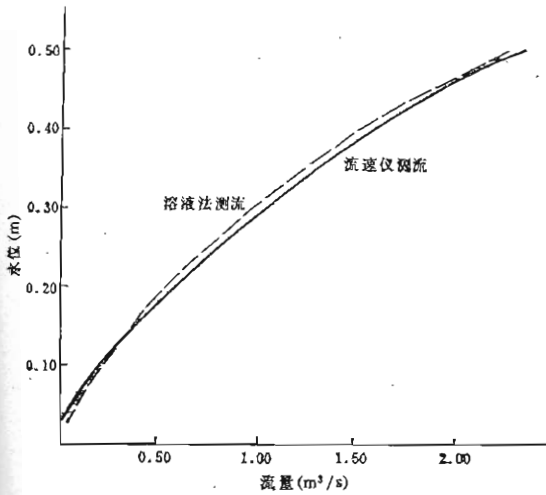


图3-1 1号冰川水文断面水位—流量关系图

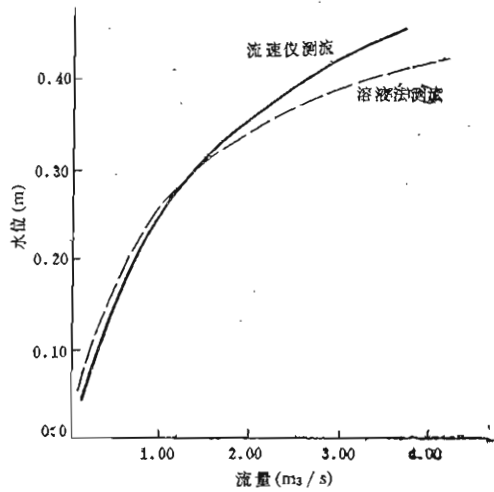


图3-2 总结控制水文断面水位—流量关系图

从总的结果比较来看，1号冰川水文断面用溶液法得到的水位—流量关系曲线与流速仪法测流的水位—流量关系曲线推算的流量差别不大。总结控制断面，两种方法测出的水位—流量关系曲线，在低水位时关系较好；高水时，溶液法测的流量比流速仪法测的流量偏大一些（图3-1，图3-2）。

根据1号冰川水文断面所记录的水位，进行测流，其结果与流速仪法测流成果比较列于表一。1号冰川水文断面，1985年用流速仪法推算出的径流总量为 214.2m^3 ，溶液法为 221.1m^3 。溶液法比流速仪法推算的径流总量多 6.9m^3 。因为溶液法测出的流量，包括溶质投放点至测流断面之间河段的下渗部分，因此，我们认为多出的部分属于测流断面渗漏量，其渗漏量占径流总量的3.1%。同一水位下同时采用两种方法进行测流，其结果比较见表二。

另外，我们分别于1985年7月21日和9月7日，在1号冰川末端3700m的终碛上，开挖了两个深坑，永冻土顶板分别位于0.58m和1.20m。由此看来，1号冰川水文断面上游地区，在整个消融季里，季节融冻层是比较薄的。因此，渗漏量很少。

表1 两种方法推流结果比较表

	径流总量 m ³	径流模数 d/m/skm	径流深 (mm)	平均流量 m ³ /s	最大流量 m ³ /s
溶液法测流	221.1	49.8	661.9	0.167	2.24
流速仪法测流	214.2	48.5	641.8	0.162	2.12

四、实验中出现的問題及解决办法

我们在实验中遇到了一些问题，并针对不同的问题，采取了不同的解决办法。

1. 河流天然电导度的问题

河流流经不同介质，就会含有不同的溶解质。河流的路径越长，含有的各种离子就会越多（在溶解度范围内）。河水含有离子的多少，对河水天然电导度影响甚大。一般讲，河水所含的离子愈多，则电导度愈大。溶液法测流的中间过程，就是通过测量投放溶质所造成的电导度的变化，进而推求河水含盐浓度的变化。因此，河水中天然电导度的高低，对所测流量影响很大，据初步观察，融雪水的天然电导度较低；融冰水，以及流路较长的河段，电导度较高。实验中，由于测验的时间不同，1号冰川水文断面天然电导度在20-80 $\mu\Omega$ ，总控制水文断面天然电导度在60-110 $\mu\Omega$ 范围内变化。据观察，如果天气过程没有变化，天然电导度在1日或数日内是相对稳定的。

我们采用下列方法消除天然电导度变化对测流的影响。①由于天然电导度在1日或数日内有一个相对稳定的时期，应当选择水位变化大，天气情况好的1日或几日内进行测流；并同时测定电导度与浓度关系的标定曲线。②如果测流日期不统一，而且天然电导度变化大，则应尽量多地测定电导度与浓度之间关系的标定曲线。在数值积分时（图4），应选取与天然电导度相近的回归方程，进行计算，以消除天然浓度的影响。

表2 同一水位下两种方法测流结果比较

方法及误差	水位 (m)	
	0.18	0.20
溶液法测量	0.68	0.553
流速仪法测流	0.65	0.513
相对误差	4.2%	7.2%

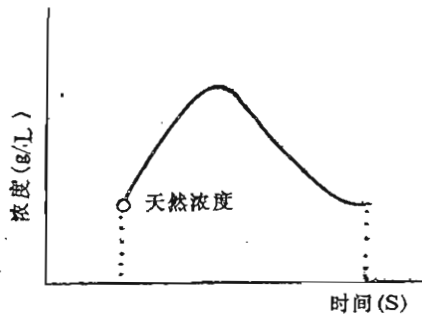


图4 浓度与时间关系图

2. 混和长度问题

当盐投放到河流之中,由于湍流运动,使盐溶液与河水充分混和,以保证在测流断面处有效地测出由于投放盐而导致河水电导度的变化。使盐溶液与河水充分混和的距离,称为混和长度 L 。设投放点与测流断面之间距离为 S 。当 $S \geq L$ 时,盐溶液与河水充分混和,测流效果很好。如 $S < L$,盐溶液未能与河水充分混合,测流结果将产生误差。其原因主要是,在测流断面处,电导仪不能全部记录投放盐而造成河水电导度的变化。为了研究同一水位下,不同混和长度对测流结果的影响。我们在1号冰川水文断面上游40m、90m、160m处。分别投放1公斤盐;并且在同一时间内,应用流速仪进行测流(表3),同一水位下,不同的混和长度,得到的流量是不同的。由此可见,混和长度应与盐量的多少,湍流作用强弱有关;同时,也与河道的曲折度、糙度有一定关系。

表3 同一水位下不同混和长度测流结果比较

	溶 液 法 测 流			流速仪法测流
	40 (m)	90 (m)	160 (m)	
流 量 (m^3/s)	0.647	0.589	0.553	0.513

3. 投放固体盐量的问题

投放固体盐的多少,直接影响河水中的电导度。如果投放溶质过少,电导仪不能有效地把由投放盐而造成河水电导度变化正确反映出来。投放固体盐过多,其混和长度势必增加,而在一定距离内不能使投入的盐与河水充分混和。不但影响测流精度而且还造成浪费。在测流断面处,电导仪难以真实地记录河水电导度(只记录与水充分混和的那一部分盐造成的电导度变化)。造成计算上流量偏大。这也是总控制断面水位~流量关系线上,高水位时溶液法测流结果偏大的主要原因。据初步经验,当 $Q < 1.5 \sim 2 m^3/s$ 时,以1 kg盐为宜; $1.5 < Q < m^3/s$ 时, 2 kg为好。

另外,我们试图用公式: $M = Q \cdot \int_{t_0}^{t_1} N(t) \cdot dt$ 来反映 Q 与 M 之间关系。依据实

验结果,一号断面 $\int_{t_0}^{t_1} N(t) \cdot dt$ 的值为0.8—1.5,总控为0.6—0.8左右。因此,应

根据河流流速和流量的不同,正确合理地选用固体盐量,提高测流精度效益。

4. 读数间隔时间问题

读数间隔时间长短,对有效地记录河水电导度的变化有一定的影响。间隔过长,往往漏读一些电导度变化大的值;间隔时间过短,则在电导度变化大的时候,容易产生误读和视觉误差。至于读数间隔时间以多长为宜,主要应依据投入盐量的多少,混和距离长短,流的大小所造成的河水电导度变化速率来定。一般讲,电导度变化大,则读数时间短一点。据我们实验,一般以5—10s为宜。

5. 电导仪本身问题

(1) 换挡误差

我们使用的TY-1型电导仪，共有六个档次，它们是X1、X5、X10、X50、X100、X1000，分别代表六个量程。同一浓度下，量程不同，所测的电导度略有差异。据初步统计，换挡所造成的相对误差，一般不超过 $\pm 5\%$ 。在实验中，只要正确选用量程，往往不用换挡。这样，就基本上消除了换挡误差。

(2) 表盘指针位置的问题

在同一个量程内，指针处于表盘中部，精度较高；指针处于表盘两侧，则产生误差。因此，在实验中应正确选择量程，以保证指针处于表盘中部或附近，以提高测验精度。

(3) 电导仪探头问题

电导仪使用的是一种镀铂的电导探头，长时间使用易产生老化，增大了测验误差。因此，长时间使用后应运用化学方法，对探头进行再处理。

(4) 对仪器改进意见

我们使用的电导仪是70年代初的产品，尽管仪器精度和稳定度均能满足野外工作和水文测验要求。但是，为了提高测流的精度，我们认为应购置数字式电导仪（70年代末的产品），以便于读数。如有条件的话，最好采用自记式电导仪，运用它，可以在给定时间间隔内，自动记录河水电导度。

另外，如果没有电导仪，我们认为可以购置高精度的万用电表，以测量河水中电阻值的变化。依据电阻值~浓度关系的标定曲线，推求流量。

应当指出，上述所有仪器，应使用直流电源。

溶液法测流是我们初步尝试，从实验结果来看，是比较成功的，实验中出现的困难不难克服。随着仪器的改进，技术的熟练、研究的深入，测流的精度将会提高。因此，我们认为溶液法测流在山区，尤其是在没有合适测流断面的河道，不失为一种经济、实用、效果好的方法。

乌鲁木齐河源 1 号冰川运动速度

尤 根 祥

一、基本要素说明

1. 测量时间

第一次 6 月 13 日—15 日；第二次 8 月 21 日—23 日。夏季时间为 69 天，冬季时间是 287 天，全年时间为 356 天。

2. 冰面流速点布置

东西支冰川各设 8 个横断面，共 67 个点，东支冰川布设 37 个点，测量有效 33 个；西支冰川布设 30 个点，有效 26 个。无效点或是测杆倒伏或为积雪覆盖或由点位变动所致。

3. 主要资料要素：

U_x 、 U_y 、 W ——分别为平行于 x 、 y 、 z 轴的速度分量；

U_{xy} ——速度的水平分量； $U_{xy} = (U_x^2 + U_y^2)^{\frac{1}{2}}$ ；

α ——运动速度的方向。

由于历年运动速度测量都是在固定点上进行，所使用的仪器和计算方法都相同，所以，测量运动速度产生的误差也相同¹。

二、运动速度及其特点

图 1 是 1 号冰川东西支主流线运动速度的纵剖面，同历年的曲线相比，其趋势是一致的。表 1 记录的是 1 号冰川运动速度的主要资料。 U_{xy} 是 356 天的运动量。

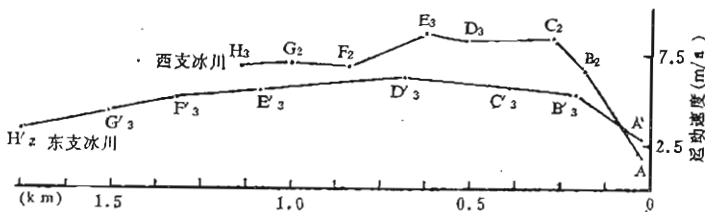


图 1 1 号冰川末端东、西支主流线运动速度纵剖面图 (1985)

1. 东支冰川

冰舌头上A'排年运动速度比1984年度低0.1m, B'排—D'排的年运动速度比1984年度增大0.1—0.4m, E'排—H'排的运动速度, 与1984年度相比, 有增有减, 变化不明显。运动速度最大的是D'排的D'₃点, 年运动速度比上年度增加0.5m, 年运动速度是6.14m。

2. 西支冰川

西支冰舌头上的A点, 年运动速度也比1984年度低0.1m。从B排以上至H排, 大多数点的运动速度比1984年度明显增大。B排、C排和F排都比上年度的运动速度增大0.7m, E排各点比上年度增加0.5m, 其它各排的速度也比1984年度的速度增加0.1—0.4m。流速最大的C₃点, 年运动速达到10.04m, 比1984年的9.56m增加0.5m。H排的5个流速点的年流速比上年度增速0.3—0.8m。1号冰川表面运动速度1985年度普遍比1984年度增快, 是近几年来没有出现过的现象, 值得引起注意。

表1中的W值即竖轴上的运动分量, 是由本年度的冰面高减去上年度的冰面高而得到, 它包括着冰体随冰床降低和上升流两种因素。从表1中看出: 东支冰川和西支冰川的冰舌前端的W值都有正值, 这说明这些部位的上升流大于冰川随冰床下降的值。东支的A'₃和西支的D₂两点, 其W值分别为+0.4m和+0.51m。冰舌上部的W值都是负的, 这说明冰川的上升流比较小。冰川的运动方向与上年度的运动方向相比较, 略有变化, 是随着冰体的总运动方向而改变的。

三、夏季和冬季的日流速

1985年测量的1号冰川夏季和冬季的日流速有明显的差别, 见表2和图2、图3。从冰川主流线日流速的曲线看出, 东西支冰川流速有相同的特点: 冰舌前部的夏季日流速低于冬季; 而其以上至粒雪盆, 是夏季日流速高于冬季日流速; 粒雪盆以上又是冬季日流速大于夏季。东支冰川从E'₃—H'₁, 夏季日流速比冬季日流速小2—8mm。西支冰川从B₂—E₃, 夏季日流速比冬季高3—6mm。

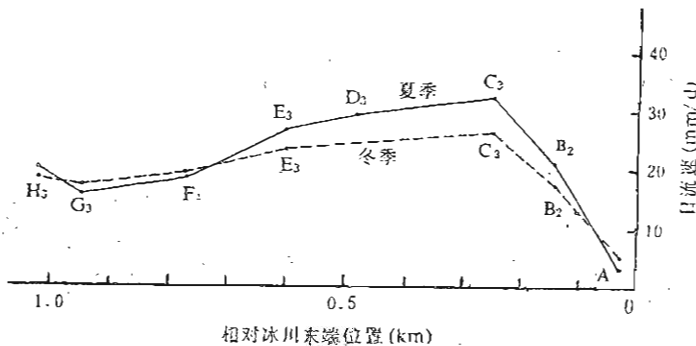


图2 西支冰川夏季和冬季日流速比较

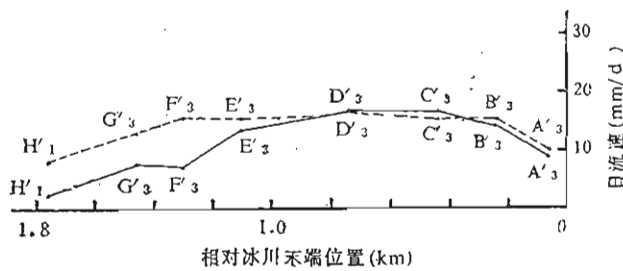


图3 东支冰川夏季和冬季日流速比较

四、冰川末端的进退

8月24日在三个固定点位³量测了冰川末端的进退,从1984年9月4日至1985年8月24日, I号位置后退2.41m, II号位置后退6.65m, III号位置后退0.98m。从1982年6月14日至1985年8月24日, I号位置共退缩8.8m, II号位置共退缩15.5m, III号位置共退缩11.82m。苏珍和丁良福在1981年8月7日作的标志距冰舌11m, 1985年8月24日测量时已距冰舌19.3米, 这个标志位于III号位北, 年退缩率也达到2m以上。

参 考 文 献

- [1] 孙作哲等, 1985, 天山乌鲁木齐河源1号冰川的运动特征, 冰川冻土, 7卷1期。
- [2] 孙作哲等, 乌鲁木齐河源1号冰川地形图测量和冰舌末端近期变化, 天山站年报, 第1期(1980.4—1981.8)。
- [3] 孙作哲等, 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度, 天山站年报, 第3期(1980.4—1981.8)。
- [4] 尤根祥, 天山乌鲁木齐河源1号冰川运动速度资料, 天山站年报, 第3期(1984), 待出版。

表1 1号冰川运动速度资料

1984.9.1—1985.8.23

点名	U_x (m)	U_y (m)	U_{xy} (m)	W (m)	α	
A'2	+0.492	+2.699	2.743	+0.08	79°	40'
A'3	+0.333	+3.273	3.290	+0.40	84	11
B'+1	+0.600	+0.660	0.892	-	47	44
B'+2	+0.231	+3.119	3.353	+0.22	85	43
B'1	+0.799	+0.571	0.982	+0.09	35	33
B'2	+1.472	+2.136	2.594	-0.23	55	26
B'3	+1.799	+4.924	5.242	+0.08	69	56
B'4	+1.845	+4.589	4.946	-1.69	68	06
C'+1	+0.671	+0.194	0.700	-	16	08
C'+2	+1.509	+1.855	2.391	-	50	52
C'2	+3.124	+4.761	5.694	-0.54	56	43
C'3	+3.355	+4.392	5.527	-0.80	52	37
D'1	+0.427	-0.201	0.472	-0.03	334	48
D'2	+5.002	+2.232	5.477	-0.43	24	03
D'3	+5.458	+2.467	5.990	-0.26	24	19
D'4	+5.020	+2.206	5.483	-0.21	23	43
D'5	+2.606	+0.539	2.661	-0.45	11	41
E'1	+4.755	+0.937	4.846	-0.83	11	09
E'2	+5.160	+0.814	5.224	-0.96	8	58
E'3	+5.228	+0.742	5.280	-1.00	3	05
E'4	+5.273	+0.659	5.319	-0.98	7	07
E'5	+4.405	-0.064	4.405	-1.78	359	10
F'1	+1.844	+0.440	1.896	-0.51	13	25
F'2	+4.482	+0.879	4.567	-0.49	11	05
F'3	+4.798	+0.954	4.892	-1.10	11	15
F'4	+4.940	+0.894	5.020	-1.22	10	25
F'5	+4.872	+0.589	4.907	-	6	54
G'1	+0.704	+0.355	0.788	-0.37	26	46
G'2	+3.435	+1.225	3.647	-0.82	19	38
G'3	+4.033	+1.327	4.246	-0.84	18	13
G'4	+4.168	+1.195	4.336	-0.82	16	00
G'5	+4.152	+0.893	4.248	-1.73	12	12
H'1	+1.438	+1.546	2.142	-	46	11
H'2	+2.881	+1.322	3.170	-	24	39

表1 (续)

1984.9.1—1985.8.23

点名	U_x (m)	U_y (m)	U_{xy} (m)	W (m)	α	
A	-0.650	+1.688	1.697		111	17
B2	-3.103	+5.559	6.401	-0.24	119	10
B3	-3.939	+6.345	7.468		121	50
C1	-0.655	+5.047	5.089	-0.33	97	24
C2	-1.482	+8.108	8.242	-1.13	100	21
C3	-3.873	+8.991	9.790	+0.28	113	18
D1	+0.157	+1.823	1.830	+0.16	85	05
D2	-0.531	+3.854	3.890	+0.51	107	51
E1	+0.633	+3.282	3.342	-0.26	100	55
E2	+1.876	+8.021	8.237	-1.40	103	10
E3	+2.635	+8.033	8.454		71	50
E4	+2.919	+7.425	8.003	-1.58	68	32
E5	+2.077	+4.575	5.024	-0.82	65	35
F1	+2.625	+5.872	6.432	-1.21	65	55
F2	+2.863	+6.068	6.695	-1.11	64	44
F3	+2.866	+5.744	6.419	-1.08	63	29
G1	+1.014	+2.355	2.564	-0.02	66	42
G2	+3.376	+6.106	6.929	-0.82	61	04
G3	+1.839	+5.660	5.951	-1.18	72	00
G4	+2.683	+5.212	5.862	-1.36	62	46
G5	+2.449	+3.463	4.241	-1.72	54	44
H1	+0.242	+0.458	0.518	-0.17	62	09
H2	+2.901	+4.310	5.195	-0.57	56	03
H3	+3.421	+5.760	6.699	-1.17	59	18
H4	+3.167	+5.635	6.464	-1.48	60	40
H5	+2.584	+4.831	5.479	-1.70	61	52

表 2 夏季、冬季和全年的日流速

点 名	夏季冰川运动 69 (d)		冬季冰川运动 287 (d)		全 年 356 (d)	
	总运动量 (m)	日流速 (cm/d)	总运动量 (m)	日流速 (cm/d)	总运动量 (m)	日流速 (cm/d)
A'2	0.509	0.738	2.235	0.779	2.743	0.771
A'3	0.605	0.877	2.696	0.939	3.290	0.924
B'+1	0.070	0.101	0.905	0.315	0.892	0.251
B'+2	0.633	0.917	2.726	0.950	3.353	0.942
B'1	0.343	0.497	0.746	0.260	0.982	0.276
B'2	0.552	0.800	2.044	0.712	2.594	0.729
B'3	0.973	1.410	4.286	1.493	5.242	1.472
B'4	0.916	1.328	4.037	1.407	4.946	1.339
C'+1			0.550	0.192	0.700	0.197
C'+2	0.620	0.899	1.773	0.618	2.391	0.672
C'2	1.261	1.823	4.434	1.545	5.694	1.599
C'3	1.140	1.652	4.412	1.537	5.527	1.553
D'1	0.185	0.270	0.658	0.229	0.844	0.237
D'2	1.006	1.458	4.416	1.539	5.477	1.538
D'3	1.171	1.697	4.819	1.679	5.990	1.683
D'4	1.184	1.716	4.300	1.498	5.483	1.540
D'5	0.668	0.968	2.020	0.704	2.661	0.747
E'1	0.961	1.393	3.892	1.356	4.846	1.361
E'2	0.900	1.304	4.344	1.514	5.224	1.467
E'3	0.915	1.326	4.393	1.531	5.280	1.483
E'4	0.905	1.313	4.435	1.545	5.319	1.494
E'5	0.965	1.399	3.447	1.201	4.405	1.237
F'1	0.129	0.187	1.353	0.645	1.896	0.533
F'2	0.703	1.019	3.890	1.355	4.567	1.283
F'3	0.494	0.716	4.405	1.535	4.882	1.374
F'4	0.895	1.297	4.132	1.440	5.020	1.410
F'5	0.770	1.116	4.144	1.444	4.907	1.378
G'1*						
G'2	0.532	0.771	3.145	1.096	3.647	1.024
G'3	0.520	0.754	3.750	1.307	4.246	1.193
G'4	0.518	0.751	3.841	1.338	4.336	1.218
G'5	0.164	0.238	4.134	1.440	4.248	1.193
H'1	0.151	0.219	2.288	0.797	2.142	0.602

表2 (续)

点 名	夏季冰川运动 69 (d)		冬季冰川运动 287 (d)		全 年 356 (d)	
	总运动量 (m)	日流速 (cm/d)	总运动量 (m)	日流速 (cm/d)	总运动量 (m)	日流速 (cm/d)
H'2					3.170	0.890
A	0.223	0.323	1.500	0.523	1.697	0.477
B1	0.662	0.959				
B2	1.435	2.080	4.975	1.783	6.401	1.793
B3	1.219	2.723	5.596	1.950	7.468	2.098
C1	0.973	1.410	4.133	1.440	5.020	1.428
C2	1.632	2.365	6.612	2.304	8.242	2.315
C3	2.250	3.261	7.552	2.631	9.790	2.750
D1	0.229	0.332	1.611	0.561	1.830	0.514
D2	2.512	3.641	6.241	2.175		
D3	2.009	2.912				
D4	1.768	2.562				
D5	0.609	0.883				
E1	0.590	0.855	2.753	0.959	3.342	0.939
E2	1.703	2.468	6.534	2.277	8.237	2.314
E3	1.822	2.646	6.633	2.311	8.454	2.375
E4	1.684	2.441	6.320	2.202	8.003	2.248
E5	0.967	1.401	4.057	1.414	5.024	1.411
F1	1.028	1.490	5.404	1.883	6.432	1.807
F2	1.285	1.862	5.410	1.885	6.695	1.881
F3	1.230	1.783	5.193	1.809	6.419	1.803
F4					6.883	1.933
G1	0.398	0.577	2.173	0.757	2.564	0.720
G2	0.923	1.338	6.022	2.098	6.929	1.946
G3	1.069	1.549	4.890	1.704	5.951	1.672
G4	0.882	1.278	4.981	1.736	5.862	1.647
G5					4.241	1.191
H1					0.518	0.146
H2	0.900	1.304	4.323	1.506	5.195	1.459
H3	1.375	1.993	5.325	1.855	6.699	1.882
H4	1.326	1.922	5.145	1.793	6.464	1.816
H5	0.634	0.919	5.093	1.775	5.479	1.539

乌鲁木齐河源区冰缘地貌过程的定位研究

崔之久* 朱 诚

本区冰缘地貌调查工作有季子修⁽¹⁾和邱国庆同志⁽¹⁾先后做过面上的考察和坑探解剖,积累了有意义的资料。据了解李鸿连同志在祁连山也做过多边形的短期定位观测⁽²⁾,但开展冰缘过程系统的定位观测无论在本区或在国内尚属首次。

此次工作虽属布点性质,但却有几点新体会:一是对冰达坂附近废弃公路被风化碎屑的掩埋程度有了更深刻的认识。有的路段(阳坡吸层面处)约6m宽的路面已在被弃的25年内掩埋了2/3。而阴坡垂直地层走向的路段却有完全未遭掩埋的。坡向和构造条件的差别造成山坡风化速率的巨大差异,为此收集定量材料定能为今后高寒山区道路建设的选线提供依据。故作为本课题研究的重点之一。

二是发现本区共有规模不同的石冰川数十条。这是以前所未曾予以注意的,几乎全部是由倒石堆演化而来,按一般成因划分皆属于倒石堆型石冰川。按形态划分大多属叶状石冰川。因一般皆宽度大于长度,而长度大于宽度的舌状石冰川只有少数,如RG1即属此类,但也是由倒石堆演化而来。按作者最新建议的石冰川分类则多属科罗拉多型,意即由倒石堆演变而来。因此种类型在美国科罗拉多山地分布多而典型⁽²⁾。本区石冰川皆分布在阴坡、海拔在3300-3600m间。一般长50-70m,宽60-100m左右。由于多属倒石堆型,故大多成组出现而成石冰川群。如本文RG1所在附近及其上下侧就各有两个石冰川群。罗卜道沟口内侧北坡坡麓RG2所在以及RG3所在及其北侧约1km处皆然。各石冰川群中有的叶状或舌状蠕动部分比较明显,如RG2、RG3等。有的则不甚明显。单独出现的石冰川也有,如RG4及RG1。其与一般倒石堆的区别是:它们的前缘坡度较大($>35^{\circ}$ - 40° 或更陡),但顶部较平缓,故从顶到前缘坡,有一明显坡折,进而会演变成前缘的反向坡,甚至坡脚下再延伸出一个因挤压而成的翘起,形态上为小平台状。高0.5~1m左右,宽1-2m左右。这些都是原始倒石堆所不可能有的(图1)。

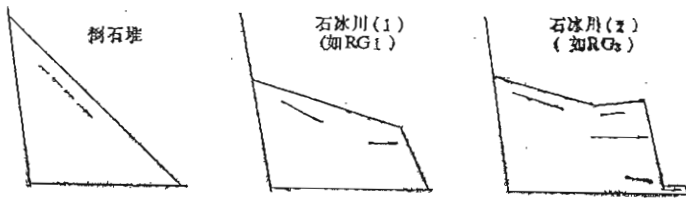


图1 石冰川与倒石堆形态比较

* 北京大学地理系

1) 邱国庆:天山冰川站年报第1号,1981。

2) 李鸿连面谈。

鉴于石冰川在本区的分布和发育与乌—库公路的养护关系密切，所以作为本课题的重点之一。

三是发现本区有类型齐全的成型土（构造土）也是其他地区难以比拟的。它们集中出现在空冰斗斗口附近，为定位观测提供了非常有利的条件。可以集中安排对冻胀力及冻胀抬举速率的测量线路。可以在同样气候条件下（以宽冰斗水文点所得气象观测资料为依据）进行其他因素（如水份、土质、坡度、植被等）的比较观测。目前已知空冰斗斗口一带有分选环（Sorted circles）、分选条（Sorted stripes）分选网（Sorted nets）、分选多边形（Sorted polygons）分选阶（Sorted steps）。包含了A.L. Washburn教授分类中的全部分选形态^[3]。局部地段也可见到非分选形态如非分选环等（Nonsorted circles）。

四是本区有分布在不同岩性、不同坡向和海拔以及宽浅不一的寒冻风化裂缝。窄的不到1mm，宽的0.5m左右。为观测裂缝的生长速率提供了良好的条件。此种观测可以和山坡剥蚀速率相配合。为高寒山区道路建设提供选线和设计依据。

五是本区冻土带下界（3200—3300m）附近由于对环境的变化十分敏感，在自然和人为影响下有大量热融滑塌和沉陷现象。自然的热融沉陷以罗卜道沟口内侧河滩上最为显著。人为影响则以乌库公路115公里附近最为明显。这些都是近年来冻土退化的标志。对此进行定位观测无论从理论上和实践上都是有意义的。

目前，地貌学的研究也和地学其他部门一样愈来愈重视定量化，我们于1985年7月6日至8月6日期间对天山乌鲁木齐河源区的一系列冰缘现象布置了定位观测设备和测图等工作。由于冰缘地貌的发展变化在短期内不易观测出其变化的速率，所以此次研究主要是选择一些较典型的、有代表性的冰缘现象进行测图或布置观测剖面，以便为明年和今后观测获取数据。为找出冰缘过程及其与各自然因素间的关系和规律奠定基础。此次观测和布点的对象主要是石冰川（Rock glaciers）和石流坡（Block slope）、融冻泥流舌（Gelifluction lobes）、成型土（Patterned ground）、热融滑塌和沉陷（Thawing slide）、倒石堆（Talus）、寒冻风化裂隙（Weathering crack）等，共25个观测点：

一、石冰川（Rock glaciers）

当前西方各国对石冰川研究较重视，如加拿大P. Johnson教授对育空地区的研究^[4]和C. S. L. Ommannney对加拿大石冰川的总结^[5]、瑞士W. Haerberli对阿尔卑斯石冰川的研究^[6]，美国A. L. Washburn教授对阿拉斯加的研究^[7]，法国人B. uaiser对阿尔卑斯地区的研究^[8]等。在天山地区开展石冰川的研究对贯通南北疆的乌—库公路维修有一定应用价值。因石冰川和石流坡的运动在乌—库公路喀拉乌成山地段造成塌方，阻碍交通情况严重，故自1960年就不得不废弃三号冰川附近的原环山公路8km。研究和获取石冰川和石流坡运动速率能为公路建设提供较可靠的坡地剥蚀风化、计算土石方量的数据。我们这次实地研究了五条石冰川，并对其中两条进行了定位测图。（用西安产78287型大平板仪进行导线测量）。在废弃公路段布置了多处观测点，以期获得

精确的土石方量。

1. RG1石冰川 位于距天山站夏季营地3km处的罗卜道沟口对面南山坡下,海拔3350m,长100m,宽46.2m。为本区少有的舌状石冰川之一。坡向 44°NE ,坡度:上部 24° ,中部 35° ,下部 33° 。石冰川主要由寒冻风化碎屑物组成。由于碎屑层下部含有水份,在冰的冻融及重力影响下石冰舌逐渐向前蠕动。我们选择石冰川两侧基岩做控制点,打上号码桩和花杆。同时顺坡选择22块大小不等的石块标上编号,字面朝上,用此法观测石冰川运动速度及前沿卸载量。

2. RG2石冰川 位于二号冰川冰舌北侧南山坡上,海拔3600m。石冰川两侧基岩控制点方向线为 262°SW ,石冰川长70余m,宽119.45m。石冰川舌末端有反向坡,坡度为 9° 。前缘坡度为 34° ,前缘顶部坡度 60° 。我们在两控制点间的连线上从东往西用红漆给37块石块编上号,顺坡从上到下共给100块石块做上红色标记,以此观测变化速率和卸载量。

3. RG3石冰川 位于云顶道班下谷地南坡坡麓。石冰川宽83.5m,前缘长30m,两侧控制点的剖面方向为 20°NE 。由 200°SW 方向往南共布有16个木桩。测1:1000地形图一张。此处海拔3550m,石冰川前缘已做20块卸载标记。

4. RG4石冰川 位于3号冰川旁废弃公路上,海拔3550m。此公路1960年废弃,原路面宽为5.5m,现因路面一侧石冰川运动,石块覆盖使得路面宽仅为4m(25年堆积前移1.5m)。石冰川前缘坡度 35° ,坡长20.5m。由此可知石冰川前缘每年向前推移6cm。根据任意三角面积公式 $S = \frac{1}{2}ab\sin C$ 及 $a = \frac{b}{\cos C}$,我们选择了有代表性的8m长的

路段计算出此段内25年间石块堆积量约 6.4m^3

(如图)。为测得今后各年内卸载量的变化,我们在此8m路段内(面积 $2 \times 8 = 16\text{m}^2$)用黄漆涂上64块长轴 $>25\text{cm}$ 的石块,以观测长轴 $>25\text{cm}$ 石块的堆积率,此点定为AVI。

5. RG5石冰川 位于五号悬冰川冰舌下方,海拔3400m。石冰川前缘高28m,宽30m,坡度 $30-41^{\circ}$,坡向 280°NM ,反向坡坡度为 $26^{\circ}-30^{\circ}-35^{\circ}$ 。布木桩10个,量取了各桩外缘做角值,并测得1:1000地形图一张。

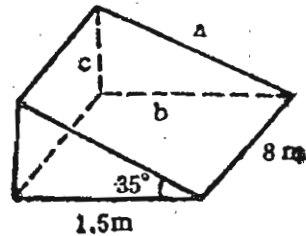


图2 石块堆积量计算

二、石流坡 (Block slope)

在乌鲁木齐河源区,石流坡也和石冰川一样发育很普遍。寒冻风化作用产生的岩屑在重力作用下逐渐向下方运动,对当地公路建设及冰缘地貌景观的形成有重要影响。为观测石流坡运动速率,我们共设了六个观测剖面:

1. MMI石流坡 位于1号冰川冰舌东南侧山坡上,距冰舌末端约80~90m,海拔3620m(压高表测),岩性为眼球状片麻岩和闪长岩。我们在石流坡两侧基岩控制点间共选择17块石块涂上标记,以此观测石流坡蠕动速率。

2. MM2 石河 (Stone stream) 位于空冰斗出口南侧斗壁石山上, 海拔3840m, 共设上、中、下三处剖面, 该石河全长15m。

1) MM 2-1 上段: 坡度 30° , 基岩走向 292°NW , 倾角 85° , 倾向 62°NE 。岩性为片岩、板岩。两基岩点间距1.32m, 已用红漆涂上直线观测标记并摄影。

2) MM2-2中段: 位于MM2-1下方约3m处, 坡度 44° , 两控制点间距2.18m, 已设有红漆标记并摄影。

3) MM 2-3 下段: 位于MM 2-2下方约4m处。坡度 17° , 两控制点间距3.81m, 已设有直线红漆标记并摄影。

3. MM3 石流坡 位于空冰斗冰坎北侧横断面处, 海拔3800m, 共有两处剖面:

1) MM 3-1: 位于有流水的冰坎溪流横断面处, 坡度 11.5° , 两控制点间距112m, 已设直线红色标记并摄影。

2) MM 3-2: 位于无流水的冰坎横断面处 (MM 3-1剖面南不远)。坡度 19° , 两控制点间距17.65m, 已设直线红色标记并摄影。

4. MM4石流坡 位于四号冰川西侧山坡废弃公路西侧山坡上。海拔3950m, 坡向 89°NE , 坡度 35° , 几垂直地层走向。两控制点间距5.7m, 已设直线红色标记并摄影。

5. MM5石流坡 位于南坡废弃公路。海拔3950m, 坡向 216°SW , 坡度 36° , 几平行地层走向。两控制点间距9.6m, 已设直线红色标记并摄影。

6. MM6石流坡 位于罗卜道沟口, 海拔3400m, 坡向 290°NW , 坡度 35° , 两控制点间距53.3m, 已设直线红色标记。

三、融冻泥流舌和坡坎 (Solifluction Lobes and benches)

融冻泥流坡是冰缘地貌的一种类型, 天山泥流坡多出现在3200m以上的多年冻土带内。由于土中水的融冻过程, 使山坡上的土体逐年顺坡往下蠕动, 形成阶梯状的泥流坡坎。我们在乌鲁木齐河源区共布设四个观测点, 并对其中一个进行地形测图, 以求出其蠕动速率。

1. MM7泥流阶地 位于罗卜道沟口水文点附近, 海拔3300m。我们在此打下木桩六根, 并分别量取木桩外缘的倾角 (由下往上), 为第二年及今后量取蠕动变化率之用。泥流坡坡度变化于 $90^\circ\sim 38^\circ$ 之间, 前缘坡度 $13^\circ\sim 31^\circ\sim 70^\circ$ 。纵剖面及各桩顺坡外倾角如图3所示。

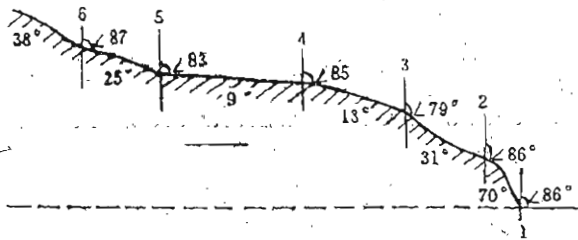


图3 泥流阶地及桩位示意图

2. MM8泥流舌 位于望峰道班南部山坡上的平台上, 海拔3350m。共设木桩15根, 以此为控制点, 侧得1:200比例尺地形图1张。

3. MM9泥流坡 位于二营冰川站附近山坡, 海拔2135m, 坡度 29° — 33° , 坡向 280° NW, 木桩外倾角为 89° (已取土样)。

4. MM10泥流坡 位于二营冰川站附近山坡, 海拔2137m, 坡度 20° — 29° , 坡向 280° NW, 木桩外倾角 82.5° (已取土样) 见图4。

四、成型土 (构造土) (Patterned ground)

在乌鲁木齐河源区有许多成型土, 多出现在海拔3500m以上的地带。尤其在3800m的空冰斗冰盆和冰坎处因地下潜水面浅、地表较平坦, 出现大量分选条网。我们在实地布下三处观测点:

1. FHL石环观测点¹⁾ 位于空冰斗冰坎南侧山坡, 海拔3820m, 岩性为花岗岩。为便于观测, 我们在此打下两根木桩: FH1-1和FH1-2。其中FH1-1桩长1m, 打进56.2m, 出露43.8cm, 木桩内倾角 83° ; FH1-2桩长1m, 打进51cm, 出露49cm, 内倾角 88° 。FH1-1至FH1-2桩间距2.80m (量木桩外缘), 已摄影并取土样, 见示意图。

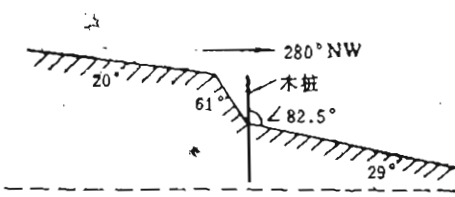


图4 泥流坡示意图

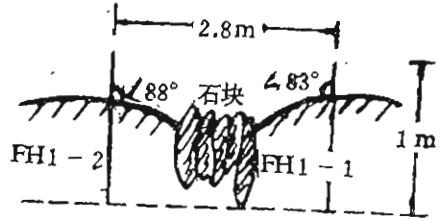
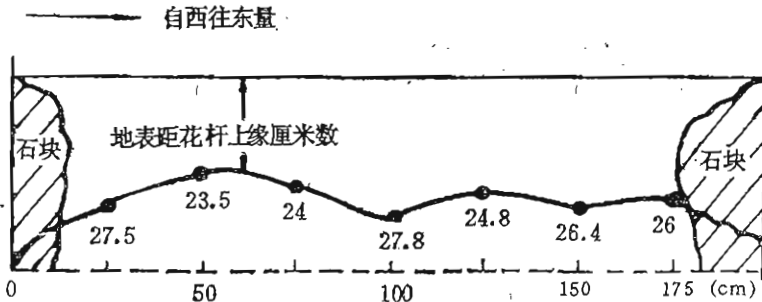


图5 石环观测点示意图

2. FH2 位于空冰斗冰坎南侧坡麓, 海拔3800m, 我们在石块四周的巨石上共设3个控制点 (已摄影), 目的是在每年解冻前观测冻胀抬升量。

1) FH2-1: 大石块控制点间距2m, 量花杆上缘 (从西往东量)。以下是剖面示意图:



比例尺1:20; 间距25cm

图6 FH2-1大石块控制点剖面示意图

1) 木桩未打进多年冻土层, 今后将另外布置更深的桩。

2) FH 2-2: 大石块控制点间距 2.14m, 花杆尖朝北, 量花杆上缘, 从南往北量。见示意图:

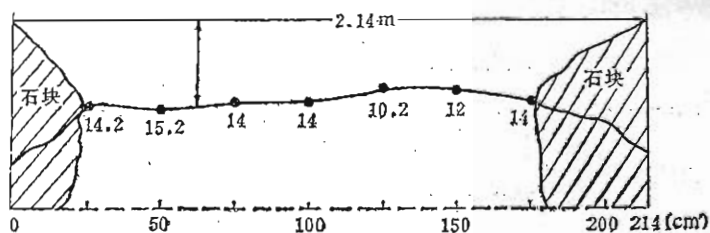


图 7 FH 2-2 大石块控制点示意图

3) FH 2-3: 大石块控制点间距 2.14m, 花杆尖朝北, 量花杆上缘, 从南往北量, 见剖面示意图:

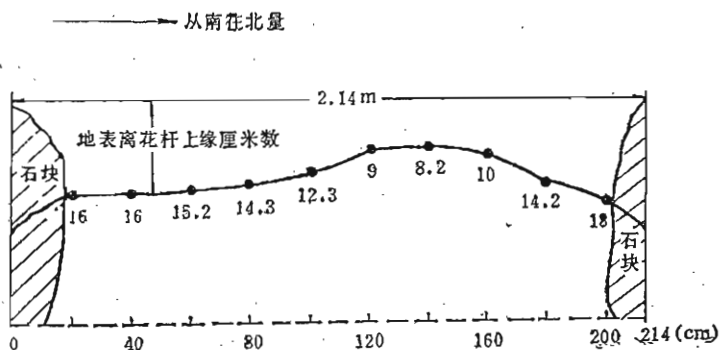


图 8 FH 2-3 大石块控制点剖面示意图

3. FH3 位于空冰斗冰坎处, 海拔 3830m。我们在分选环四周共设四个控制点 (两个部面), 已摄影并取土样。

1) FH 3-1-1 木桩: 桩长 1 m, 打入土中 43.5cm, 出露 56.5cm。

2) FH 3-1-2 桩: 桩长 1 m, 打入土中 43cm, 出露 57cm, 从北西往南东, 量花杆上缘, 两桩间距 2.27m, 见剖面示意图:

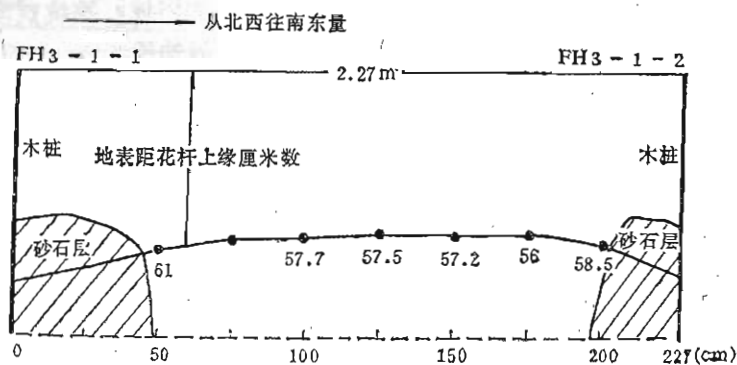


图 9 FH 3-1-1 桩和 FH 3-1-2 桩剖面示意图

3) FH3-2-1 桩: 桩长 1m, 打入土中 50.5cm, 出露 49.5cm。

4) FH3-2-2 桩: 桩长 1m, 打入土中 53.5cm, 出露 46.5cm。从南西往北东, 量花杆上缘, 两木桩间距 2.3m, 见剖面示意图:

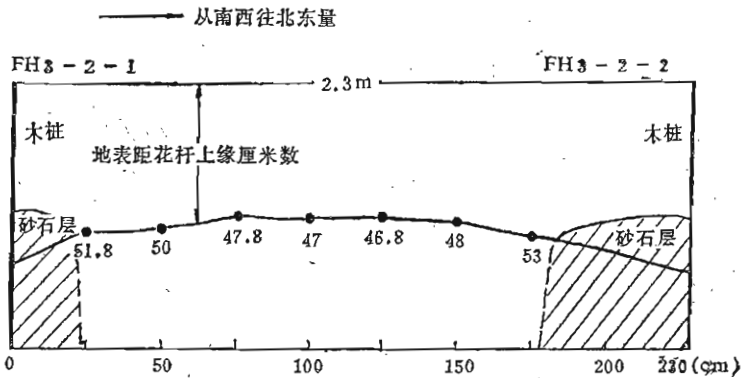


图10 FH3-2-1桩和FH3-2-2桩剖面示意图

五、热融滑塌 (Thawing slide)

在乌鲁木齐河源区乌-库公路115公里处有一典型的热融滑塌, 它是因人工修公路取土方、挖坑后, 使冻土及地下冰融化、地表草皮及融土失去支承而在自重作用下逐年溯源塌落而成。我们在此处以公路旁两根电线杆作导线控制点, 自西向东每 2 m 一根, 共布下十个桩点, 并测得 1 : 100 地形图一张。两电线杆间距 25m, 两杆连线方向线为 $58^{\circ} \text{N E} / 238^{\circ} \text{SW}$ 。

六、倒土堆 (Talus)

在 4 号冰川西侧废弃公路上, 我们仔细观察了倒石堆在不同坡向的发育情况。在废弃公路的半阴坡 (坡向 65°NE), 由于气温在 0°C 左右波动的日数相对较少, 寒冻碎屑物质来源较少, 寒冻风化作用相对较弱, 故倒石堆发育程度不如阳坡。挖坑观测此公路废弃 25 年来的倒石堆积量, 从废公路挡墙墙根量测看仅堆积碎屑物质 5 cm。而在废公路的半阳坡 (西南坡), 坡向 195°SW , 情况则大不相同。挖坑量测出 25 年碎屑物堆积厚度达 31.5 cm。而且碎屑物的平均粒度 (主要是石块、砾石) 也远远大于阴坡。我们在废公路西南坡 (坡向 195°SW) 的倒石堆前缘处打下 0.5 米长的木桩三根, 将此点定为 TL1 点, 以便来年观测倒石堆前缘变化 (已摄影)。

七、寒冻风化速率 (Weathering rate) 观测

寒冻风化碎屑物是乌鲁木齐河源区塑造冰缘地貌的主要物质来源, 我们共布置了五处观测剖面, 便于今后对该区风化速率有一个定量性的认识。

1. **WR1风化剥蚀速率观测点** 位于空冰斗西南侧石坡上, 海拔3820m, 岩性为板、片岩。除部分稳定的基岩外, 大部分板、片岩都因强烈的寒冻风化作用沿着垂直节理而产生裂隙, 并且逐年片状剥落下来。此裂隙点全长69cm。我们以裂隙旁较稳定的基岩做控制点, 布设了花杆和红漆标记, 并用钢尺从基岩壁向斜坡方向丈量红漆线下沿, 得出各裂隙距控制点的距离和相互间的宽度。如图所示(已摄影);

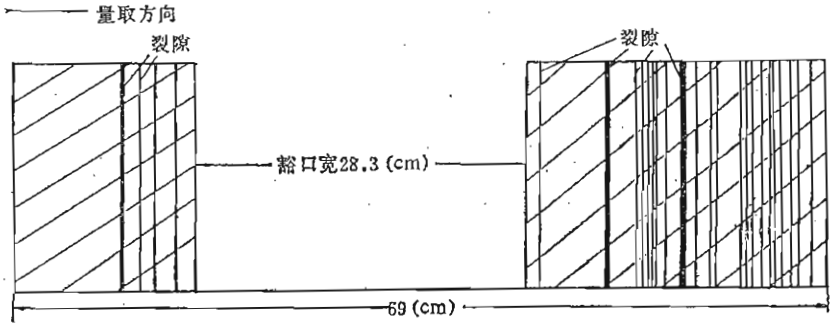


图11 WR1风化剥蚀速率观测示意图

2. **WR2** 距WR1点以南10m处。海拔高度同WR1, 岩性为板岩。此裂隙点全长9.15cm (用钢尺从基岩壁向斜坡方向丈量红漆线下沿)。我们还在此点下方设一小坑 (长、宽各为40cm, 深15cm, 容积为2400cm³), 以此观测剥蚀后石块和碎屑的堆积量 (已摄影)。各裂隙宽度如下图所示:

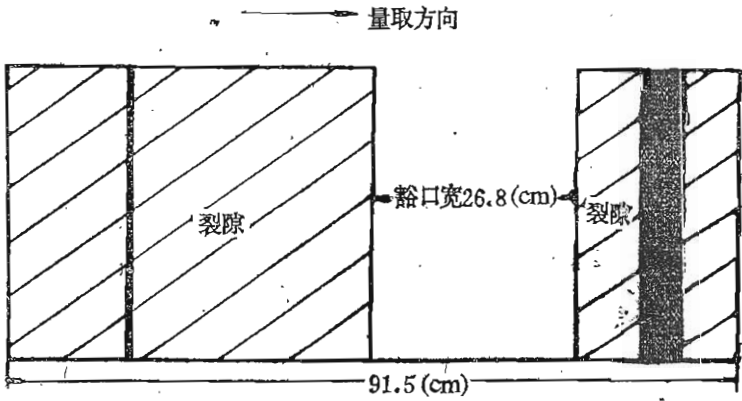


图12 WR2风化剥蚀速率观测示意图

3. **FH4基岩冻胀量测点** 位于4号冰川西侧废弃公路上。海拔3900m, 坡度36°, 坡向216°SW。此处因冻胀和挤压作用影响, 出露地表的基岩产生许多裂隙, 个别石块因冻胀而突起, 我们在有裂隙的基岩上用红漆布上六处裂隙观测点, 并用钢尺在控制点间量取了当时裂隙间的相对错动距离:

A点: ①高于②1cm; B点: ③高于②1cm; C点: ⑤高于③4cm; D点: ④高于③3.5cm; E点: ⑥高于⑤10cm; F点: 高于⑤1cm。(均已摄影)。

4. **WR3风化剥蚀速率观测点** 位于天山冰川站夏季营地偏西400m处、2号冰川终

磺垄附近。海拔3600m，岩性为眼球状片麻岩。我们在此裂隙发育的岩石上用黄漆布下控制点，量得两控制点间裂隙的宽度为5.6cm。

5. WR4 位于WR3偏西20m处，海拔3610m，岩性同WR3。共分两处剖面：

- 1) WR4-1: 两控制点间裂缝宽67cm;
- 2) WR4-2: 两控制点间裂缝宽72.2cm。

参 考 文 献

- [1] 季子修, 1980: 天山中部现代冰缘作用。冰川冻土, 2卷3期。
- [2] 崔之久, 1984: 昆仑山型石冰川的发现及石冰川的最新分类, 科学通报, 13期。
- [3] A.L.Washburn: Geocryology 1979. Edward Arnold.
- [4] P.Johnson, Paraglacial Conditions of instability and mass movement. A discussion 2, Geomorph N.F.28:2, P.235-250, Berlin, Stuttgart, Juni 1984.
- [5] C.S.L.Ommanney: Canadian rock glacier studies. Special Session: Glaciers Rocheux/Rock glaciers. Canadian Association of Geographers Annual Meeting. Laval University. Quebec City. May. 1976.
- [6] W.Haeberli: Creep of mountain Permafrost, internal structure and flow of Alpine rock glaciers. Nr.77, Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, zürich, 1985.
- [7] A.L.Washburn: Permafrost features as evidence of climatic Change. Earth Science Reviews, 15 (1979/1980), 327-402.
- [8] B.Kaiser: Morphodynamique périglaciaire en vanois - observations et mesures sur deux formes majeures: talus d'éboulis et glacier-rocheux. Trav. Sci. parc nation. Vanoise, 1983. X I I I, 55-80.

天山冰川作用区土壤发生学的初步研究

陈 吉 阳

1983年夏,中、日在天山站地区开展了冰川合作研究。工作之余,调查了北坡乌鲁木齐河源地区、布拉特沟及南坡等区域冰碛及坡积等堆积物上的土壤,进行了一些发生学上的初步研究。现将初步的研究结果报告于后。

一、土壤的物质组成

高山冰川作用区是研究山地土壤发生学的理想地区。这些区域土壤的研究,除了对土壤科学本身有很大意义外,在冰碛年代学、冰川变化历史、山地环境、当地牧业的发展等方面也十分有用。

我们调查的土壤时代范围主要在晚冰期到现今时段内。调查区域在海拔3000m以上,地势高峻,气候严寒。北坡大西沟气象站(海拔3588m)22年的资料表明:这里年平均气温 -5.4°C ,负温期长达7—8个月,年降水量430.2mm,其67%集中于6—8月。这里具有大陆性山地气候的特点。本区在3600m以上发育现代冰川,现代雪线出入于3800—4200m。主要的土壤类型是高山草甸土及亚高山草甸土。处在树线以上,植被主要是草木类。

北坡高山草甸土的下界在3000m左右,主要发育在高山带上部及平缓山坡上,发育在古代冰碛平台、侧碛堤及谷地底部,成土母质主要是冰碛物、冰水沉积物及残积的坡积物,也有部分黄土母质。

本区高山草甸土有下列特点:表层包括草皮层(O层)及腐殖质层(Ah层)。O层一般厚3—5cm至10cm,根系交织,软而有弹性。Ah层厚10—20cm,浅灰或棕褐色,粒状和鳞片状结构,多根系,较紧密,颜色上与母质层区别明显。过渡层(AhB)也较厚,再往下过渡到母质层。表层有机质含量高,一般在10%左右,有的达15%。剖面总厚度一般30—40cm,若计入下伏冰碛风化物或黄化土、残积物母质层,则更厚。例如,末次冰期冰碛物以上厚达70cm或更厚。

本区成土母质除了风成黄土之外,大部分是冰碛、冰水沉积风化物、坡积残积物。土壤剖面中混入了大量粗粒岩块,其含量从表面向下渐多。母质主要是片岩、眼球状片麻岩、花岗闪长岩、辉绿岩组成的漂砾、砾石及砂、粘土等。

以乌鲁木齐河源为例,全新世冰碛上的土壤层厚度及形成的年代如表1所示。这些土壤的粘土矿物资料见表2及图1。可以看出:所有冰碛物的土壤层风化程度都较低,

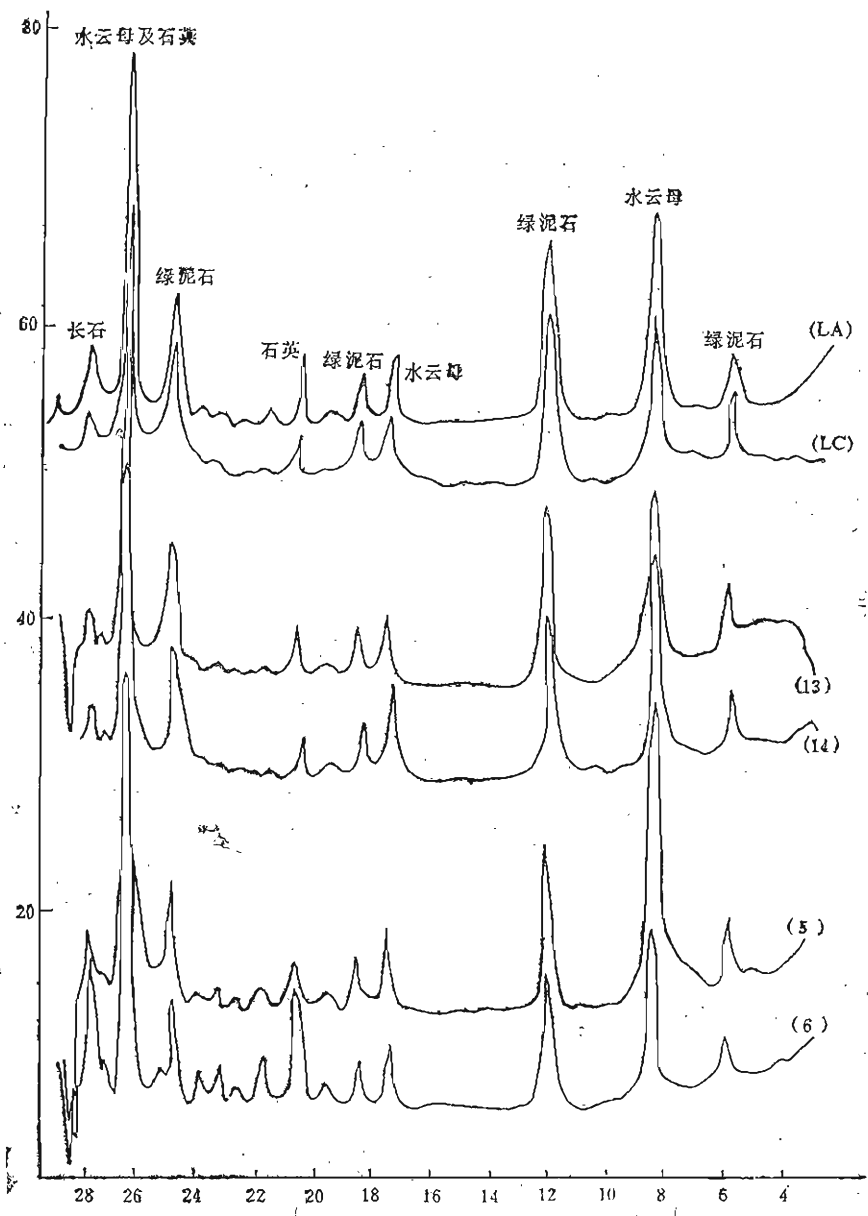


图1 粘土矿物的衍射曲线

处在脱盐基的初期阶段，粘土矿物主要是水化云母（伊利石）和绿泥石，二者占整个粘土矿物的差不多95%。末次冰期冰碛及山北组I冰碛上的土壤中含了极少量的高岭石（<8%），可能是风成黄土中的矿物或者是风化残积。

二、土壤的机械组成

按土壤中各种粒级的重量百分比组成将土壤质地划为若干类别，叫土壤质地分类，

也就是土壤的机械组成。乌鲁木齐河源冰碛上的土壤机械组成分析结果列在表3中，参照我国土壤质地分类，这里的土壤可称为含砾高山草甸砂质土。

三、结 论

本文资料表明，冰川作用区的土壤形成时代比过去认为的要短些。土壤的物质组成反映出其处在原始风化阶段，含有部分风成黄土物质。土壤机械组成粗颗粒部分较多，还间或含粗大的冰碛砾石，可称之为高山草甸含砾砂土。

高山草甸土盘根错结，形成连片草皮，具有良好的耐牧性，历来是良好的牧场，可作纯牧用地，发展牧业是今后该土壤的主要利用途径。

冰碛表面的土壤层，其厚度和发育程度都与冰碛形成年代有关系，因此，土壤层可作为冰碛年龄的相对指示物。这对于研究冰川变化历史、冰川区环境变化，都有重要的意义。

冰川作用区是研究高山土壤发生学的理想场所，而高山土壤的研究又有助于高山第四纪环境的探索。

致谢，野外工作得到天山冰川研究站的资助。S.Iwata博士参加了野外工作，区荣康、王楷、刘彦卿等同志作样品分析，在此一并致谢！

表1 乌鲁木齐河源全新世冰碛上的土壤厚度及其时代

冰 碛	时 代 (yr. B.P.)	土壤厚度 (cm)
(L, B, C) 末次冰期冰碛	14920 ± 150	>70
(12, 13, 14) 山北组 I 冰碛	5680 ± 150	36—38
(9, 10, 11) 山北组 II 冰碛	4080 ± 150	25—30
(2, 3, 4) 山北组 III 冰碛	2800	15—17
(5, 6, 7) 小冰期第一道冰碛	403	1

注: 1) 包括整个土层及部分冰碛风化碎屑层厚度。

2) 一般无现代土壤层, 仅极局部生长草本植物处才有。括号中字母或数字 (第一栏) 为土样编号。

表2 土壤的粘土矿物资料

样 号	粘 土 矿 物 组 合 (%)							碎 屑 混 入 物				
	水云母	含量	绿泥石	含量	蛭石	含量	高岭石	含量	石英	含量	长石	含量
eA	水云母	68.5	绿泥石	31.5					石英	少	长石	少
eB	水云母	61.8	绿泥石	34.2	蛭石	4			石英	微	长石	微
eC	水云母	62.4	绿泥石	23.9	高岭石	9.7	蛭石	4	石英	微	长石	微
2	水云母	62	绿泥石	35	蛭石	3			石英	少	长石	少
3	水云母	75	绿泥石	23	蛭石	2			石英	微	长石	少
4	水云母	72.6	绿泥石	27.4					石英	痕	长石	微
5	水云母	80.3	绿泥石	19.7					石英	微	长石	微
6	水云母	69.8	绿泥石	30.2					石英	较多	长石	较多
7	水云母	64	绿泥石	31	蛭石	5			石英	微	长石	少
8	水云母		绿泥石		蛭石		海泡石		石英	较多	长石	较多
9	水云母	70	绿泥石	27	蛭石	3			石英	微	长石	微
10	水云母	65.5	绿泥石	34.5					石英	微	长石	微
11	水云母	64.5	绿泥石	35.5					石英	微	长石	微
12	水云母	71.2	绿泥石	28.8					石英	较少	长石	较少
13	水云母	66.7	绿泥石	28.8	高岭石	8.5			石英	微	长石	微
14	水云母	72.9	绿泥石	27.1					石英	微	长石	微

表3 土壤的机械组成资料

样号	-59]	-4.91	-3.91	-2.81	-2.31	-1.00	-0.68	-0.32	0	+0.51	+1.00	+1.89	+2.00	+2.47	+3.00	+3.47	+4.00	+5.00	+6.00	+7.00	+8.00	+9.00		
粒径 (mm)	>60.0	30.00	15.00	7.00	5.00	2.00	1.60	1.25	1.00	0.70	0.50	0.355	0.25	0.18	0.125	0.09	0.063	0.032	0.016	0.008	0.004	0.002	<0.002	
1			4.77	5.15	3.00	3.52	1.17	1.14	1.09	1.11	2.30	1.98	1.84	0.95	0.94	2.34	0.58							
重质百分数																								
累计百分数			4.77	9.92	12.92	18.12	19.29	20.43	21.52	22.63	24.93	26.91	28.75	29.70	30.64	32.98	33.56							
2			8.89	14.15	5.27	7.96	1.87	2.12	1.54	1.97	1.89	1.44	1.00	0.94	0.88	0.52	0.48	4.09	9.54	11.77	10.27	6.19	7.40	
重质百分数																								
累计百分数			8.89	23.04	28.31	36.20	38.16	40.28	41.82	43.79	45.48	46.92	47.92	48.86	49.74	50.26	50.74	54.83	64.37	74.14	86.41	92.60	100	
3			2.26	1.91	3.00	8.63	3.14	4.31	4.00	7.49	6.95	6.60	5.00	4.60	4.60	2.69	2.33	4.27	5.93	6.91	6.02	3.75	5.61	
重质百分数																								
累计百分数			2.26	4.17	7.17	15.80	18.94	23.25	27.25	34.74	41.69	48.29	53.29	57.89	62.49	65.18	67.51	71.78	77.71	84.62	94.64	99.39	100	
4			15.50	9.45	17.85	4.02	4.43	3.97	5.34	7.00	4.24	2.94	2.21	2.40	1.41	1.24	2.73	4.01	4.24	3.52	1.80	1.70		
重质百分数																								
累计百分数			15.50	24.95	42.80	46.82	51.25	55.22	60.56	67.56	71.80	74.74	76.95	79.35	80.76	82.00	84.73	88.74	92.98	96.50	98.30	100		
5			8.72	6.12	15.91	3.88	5.33	4.33	7.24	5.11	5.38	4.24	3.43	4.05	2.44	2.40	3.03	4.35	4.51	3.61	2.36	3.56		
重质百分数																								
累计百分数			8.72	14.84	30.75	34.63	39.96	44.29	51.53	56.64	62.02	66.26	69.69	73.74	76.18	78.58	81.61	85.96	90.47	94.08	96.44	100		
6			3.21	1.03	1.57	2.24	0.66	1.29	1.19	2.41	2.31	3.05	2.66	3.05	6.43	4.28	2.57	6.34	18.90	18.93	10.72	3.45	3.71	
重质百分数																								
累计百分数			3.21	4.24	5.81	8.05	8.71	10.00	11.19	13.60	15.91	18.96	21.62	24.67	31.10	35.38	37.95	44.29	63.19	82.12	92.84	96.29	100	

1985年10月

表3 (续)

样号	-5.91 -2.9	-4.91	-3.91	-2.81	-2.31	-1.00	-0.88	-0.32	0	+0.51	-1.00	+1.89	+2.00	+2.47	+3.00	+3.47	+4.00	+5.00	+6.00	+7.00	+8.00	+9.00	
粒径(mm)	>60.0	30.00	15.00	7.00	5.00	2.00	1.60	1.25	1.00	0.70	0.50	0.355	0.25	0.18	0.125	0.09	0.063	0.032	0.016	0.008	0.004	0.002	<0.002
重量百分数				1.62	1.95	3.04	1.41	1.44	1.62	3.15	2.76	2.92	2.02	1.97	2.84	2.57	2.72	8.11	16.66	16.85	13.97	6.30	6.08
累计百分数				1.62	3.57	6.61	8.02	9.46	11.68	14.23	1.99	19.91	21.93	23.90	26.74	29.31	32.03	40.14	56.80	73.65	87.62	93.92	100
重量百分数				4.13	1.71	4.29	2.54	3.22	2.80	6.57	7.50	6.85	6.05	4.42	6.52	4.30	3.33	6.88	12.08	7.73	4.77	2.42	1.89
累计百分数				4.13	5.84	10.13	12.67	15.89	18.69	25.26	32.76	39.61	45.66	50.08	56.60	60.90	64.23	71.11	83.19	90.92	95.69	98.11	100
重量百分数						1.15	0.15	0.20	0.14	0.34	0.40	0.69	1.11	1.38	1.22	1.67	0.82	3.29	18.11	30.21	12.28	3.32	23.52
累计百分数						1.15	1.30	1.50	1.64	1.98	2.38	3.07	4.18	5.56	6.78	8.45	9.27	12.56	30.67	60.88	73.16	76.48	100
重量百分数				13.68	5.07	10.18	2.39	2.43	1.98	3.61	2.51	2.68	2.10	2.02	2.21	1.42	1.24	1.47	12.45	9.35	6.80	3.57	13.44
累计百分数				13.68	18.75	28.93	31.32	33.75	35.73	38.74	41.25	43.93	46.03	48.05	50.26	51.68	52.92	54.39	66.84	76.19	82.99	86.56	100
重量百分数				7.82	7.22	14.76	2.81	3.08	2.78	4.32	3.52	3.25	2.52	1.91	2.10	1.32	0.98	2.97	12.80	7.44	5.64	2.39	10.36
累计百分数				7.82	15.04	29.80	32.61	35.69	38.47	42.79	46.31	49.56	52.08	53.99	56.09	57.41	58.40	61.37	74.17	81.61	87.25	89.64	100
重量百分数													0.77	0.15	0.14	0.19	2.69	10.77	23.48	24.69	13.64	23.49	
累计百分数													0.77	0.92	1.06	1.25	3.94	14.71	38.19	62.88	76.51	100	

1985年10月

表3 (续)

样号	-5.91 -2.9	-4.91	-3.91	-2.81	-2.31	-1.00	-0.68	-0.32	0	+0.51	+1.00	+1.89	+2.00	+2.47	+3.00	+3.47	+4.00	+5.00	+6.00	+7.00	+8.00	+9.00		
粒径(mm)	>60.0	30.00	15.00	7.00	5.00	2.00	1.60	1.25	1.00	0.70	0.50	0.355	0.25	0.18	0.125	0.09	0.063	0.032	0.016	0.008	0.004	0.002	<0.002	
重量百分数		10.23	7.25	1.45	3.44	0.73	0.93	0.85	1.29	1.31	1.39	1.37	1.23	1.29	1.13	0.91	1.90	14.73	11.91	11.36	7.10	18.10		
累计百分数		10.23	17.48	18.93	22.37	23.10	24.03	24.88	26.17	27.48	28.87	30.24	31.47	32.76	33.89	34.80	36.70	51.43	63.34	74.70	81.80	100		
重量百分数													3.17	4.67	4.53	3.22	1.16	26.81	20.16	13.07	6.13	17.08		
累计百分数													3.17	7.84	12.37	15.59	16.75	43.56	63.72	76.79	82.92	100		
L 重量百分数													3.76	2.15	1.80	1.83	2.94	38.16	21.08	8.00	3.14	17.14		
A 累计百分数													3.76	5.91	7.71	9.54	12.48	50.64	71.72	79.72	82.86	100		
L 重量百分数				8.44	2.79	3.14	1.56	2.13	1.41	2.50	2.37	2.18	1.88	1.65	1.66	1.15	1.20	2.58	13.10	13.53	13.75	7.75	15.23	
B 累计百分数				8.44	11.23	14.37	15.93	18.06	19.47	21.97	24.34	26.52	28.40	30.05	31.71	32.86	34.06	36.64	49.74	63.27	77.02	84.77	100	
L 重量百分数				6.77	8.95	6.77	15.65	5.09	4.98	4.47	7.51	5.83	5.93	4.35	3.00	2.81	1.36	1.14	2.42	3.95	2.33	1.84	1.07	3.78
C 累计百分数				6.77	15.72	22.49	38.14	43.23	48.21	52.68	60.19	66.02	71.95	76.30	79.30	82.11	83.47	84.61	87.03	90.98	93.31	95.15	96.22	100

1985年10月