

1992/1993年乌鲁木齐河源1号冰川

物质平衡观测研究

王纯足 刘潮海

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

1 冰川观测区的基本情况

1号冰川位于天山天格尔山脉北坡,乌鲁木齐河源区。1号冰川的上界是天格尔第二峰,海拔4486m,垂直高差近700m,为一双冰斗-山谷冰川,面积 1.84km^2 (据1986年地面立体摄影测量图量算),是乌鲁木齐河源区最大的一条冰川。

乌鲁木齐河源1号冰川(简称1号冰川)由东、西支组成,面积分别为 1.163km^2 和 0.677km^2 ,它们的上、下界分别为4269—3740m和4486—3810m。东、西支冰川有着各自的粒雪盆和占据着不同的高度区间,虽然它们曾在其末端汇流,形成过统一的冰舌,但多年来由于冰川强烈后退,在其汇流处形成了深切的水道,有些地方已下切至冰床,实际上已完全分离为两支独立的冰川。

1号冰川东、西支物质平衡观测分别布设了8条横断面和一条纵断面,共计69根测点,是我国目前单位面积测点最多的冰川之一。

2 观测计算方法

位于中亚内陆腹地的1号冰川,气温低,冬季积雪少。春、秋季节雪面融水渗透至冷储量很大的冰面上,并在其上冻结形成附加冰,广泛分布于冰川消融区和平衡线附近。为了充分估计附加冰在物质平衡组成中的作用,减少物质平衡观测中的误差,在采用测杆观测的同时,还用雪层剖面法确定其雪层结构和雪的成冰变质过程。因此,冰川上单点物质平衡(b_n)应由冰川冰(b_i)、积雪(b_s)和附加冰(b_{s_i})的平衡组成:

$$b_n = b_i + b_s + b_{s_i} \quad (1)$$

$$b_i = \rho_i [(h_1 + h_{s_1} + h_{s_{i_1}}) - (h_2 + h_{s_2} + h_{s_{i_2}})] \quad (2)$$

$$b_s = \rho_{s_2} h_{s_2} - \rho_{s_1} h_{s_1} \quad (3)$$

$$b_{s_i} = \rho_{s_i} (h_{s_{i_2}} - h_{s_{i_1}}) \quad (4)$$

式中: h_1, h_2 分别为前后两次观测的测杆顶至雪面或冰面的高度; h_{s_1}, h_{s_2} 分别为前后两次观测的积雪厚度; ρ_{s_1}, ρ_{s_2} 分别为前后两次观测的雪层平均密度; ρ_i, ρ_{s_i} 分别为冰川冰和附加冰的平均密度,分别取 0.90g/cm^3 和 0.85g/cm^3 。

利用等值线法计算冰川的净平衡,即将单点物质平衡值点绘在1:5000冰川地形图上,绘制积、消等值线,以相邻等值线之间的投影面积(S_i)分别乘以相应区间的平均

净平衡量 (b_i)，累积得到整条冰川的净平衡量 (B_n)：

$$B_n = \sum_{i=1}^n \bar{b}_i S_i \quad (5)$$

另外，利用等高线区间法计算瞬时物质平衡量。这种方法所计算的结果近似于等值线法，由于它简便迅速，被用来研究物质平衡的形成过程。为了保持资料的连续性，仍用等值线法计算冰川的冬平衡和年平衡，并将其结果按面积加权平均法校正等高线区间法所获得的结果。

1号冰川分别按东、西支进行物质平衡的观测和计算，为了和以往的资料相衔接，同时也列出了1号冰川物质平衡及其分量的计算结果。

3 物质平衡观测计算结果

冬平衡 (b_w) 是在5月份冰川开始消融前的第一次测量时确定的 (图1, 表1)，

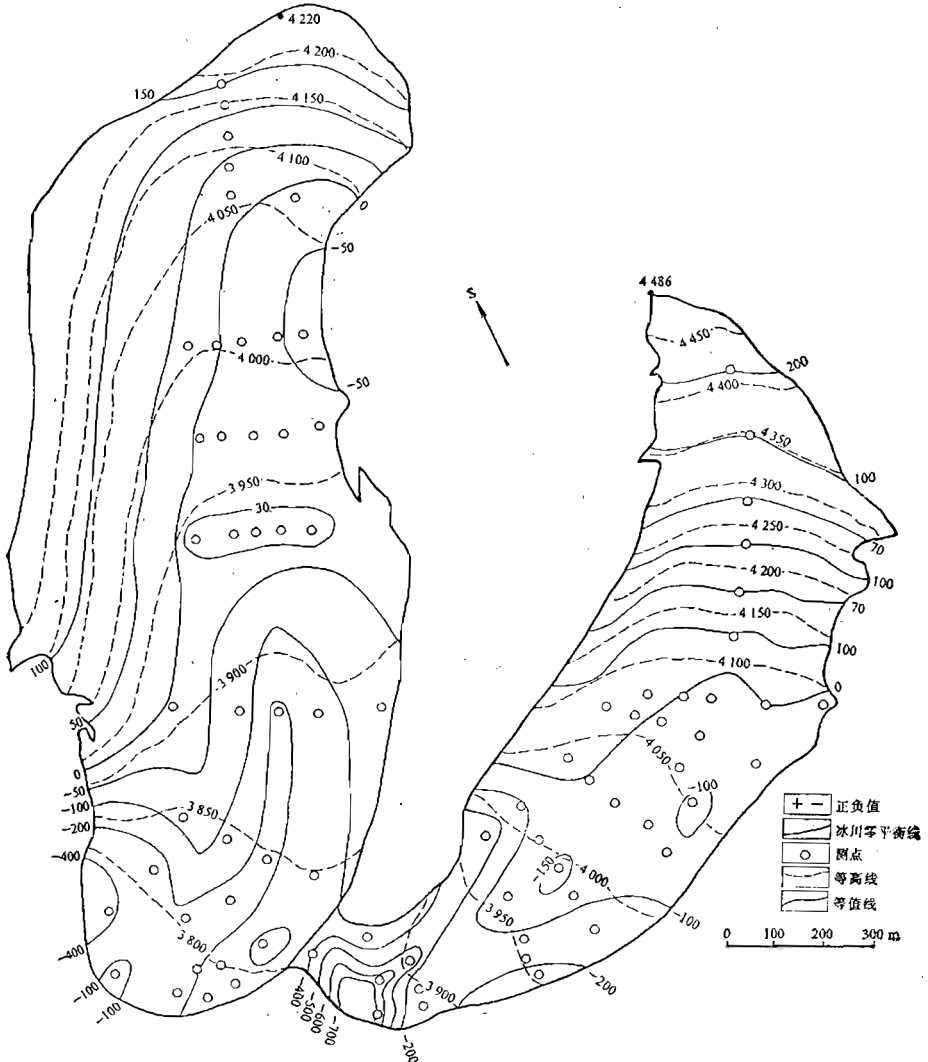


图1 1号冰川冬平衡等值线 (1992.8.31—1993.5.2)

表 1 1号冰川冬平衡观测计算结果 (1992.8.31—1993.5.2)

冰川	平衡线 海拔 (m)	净 积 累			净 消 融			净 平 衡	
		积累区面积 (km ²)	积累深 (mm)	积累量 (10 ⁴ m ³)	消融区面积 (km ²)	消融深 (mm)	消融量 (10 ⁴ m ³)	总量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)
东支	3979	0.561	82	4.61	0.602	94	5.64	1.03	-9
西支	4061	0.354	94	3.34	0.323	144	4.65	1.31	-19
号冰川	4020	0.915	87	7.95	0.925	111	10.29	2.34	-13

代表了冷季冰川积、消和物质平衡状态。此后，每15天进行一次物质平衡观测，并按等雪线区间法分别计算东、西冰川各时段的瞬时物质平衡 (b_i)，其结果列入表 2 和表 3。

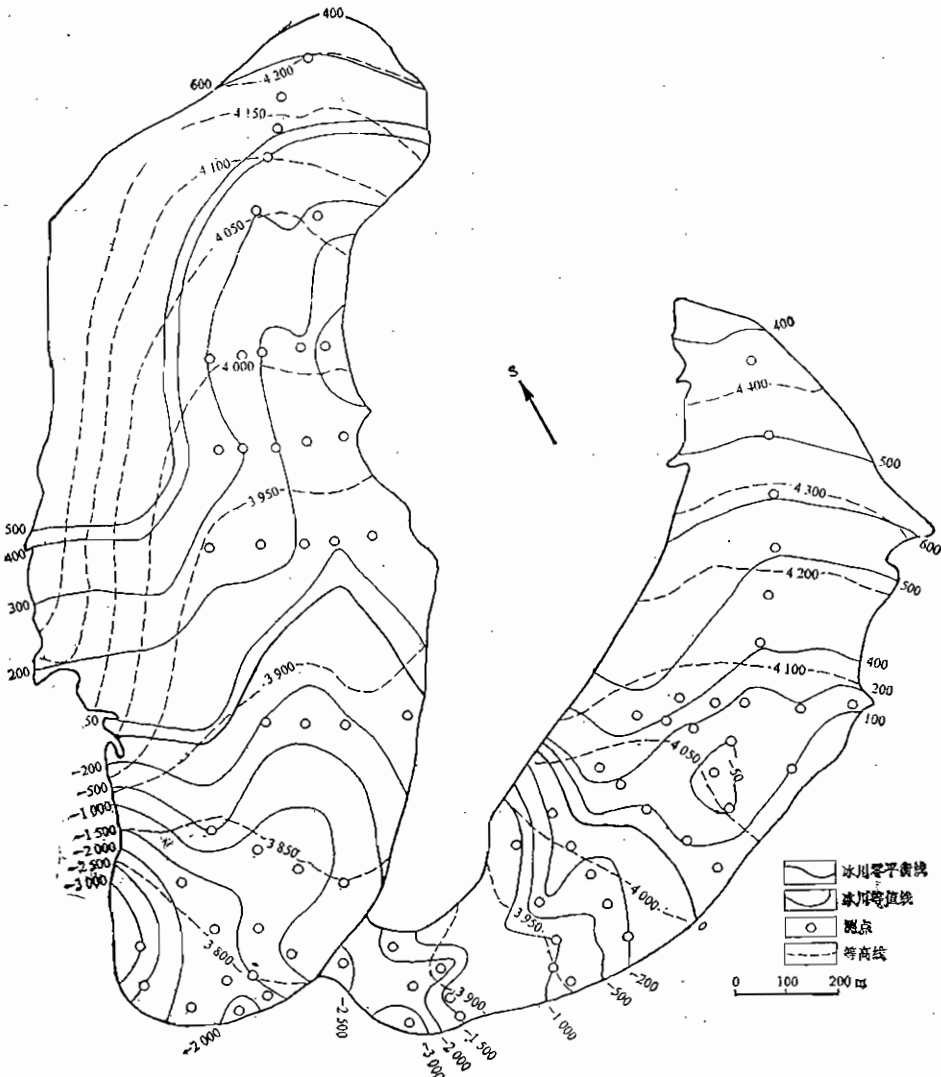


图 2 1号冰川1992/1993年度物质平衡等值线

将单点物质平衡值(表4, 5)点绘在大比例尺地形图上, 绘制积、消等值线, 分别计算出1992/1993年度东、西支和1号冰川物质平衡值(图2, 表6)。

表2 1号冰川东支各高度带物质平衡(mm) (1992.8.31—1993.9.3)

海拔区间 (m)	面积 (km ²)	时 间 (月·日)								
		5.2	5.15	6.1	6.15	7.1	7.15	8.1	8.15	9.3
3740—3750	0.004	-297.1	-329.1	-418.8	-716.7	-1009.4	-1393.4	-1834.4	-1993.2	-2489
3750—3800	0.055	-195.6	-143.8	-149.1	-246.9	-450.0	-764.5	-1236.0	-1405.5	-1801
3800—3850	0.097	-173.6	-98.3	-91.3	-119.2	-228.9	-426.6	-816.2	-930.2	-1200
3850—3900	0.155	-80.6	+27.7	+95.6	+105.8	+83.8	+39.1	-126.4	-77.9	-218
3900—3950	0.194	+6.0	+110.8	+163.9	+250.4	+239.3	+229.0	+122.2	+204.6	+89
3950—4000	0.138	-21.2	+97.5	+129.7	+226.4	+259.3	+253.9	+156.8	+256.4	+172
4000—4050	0.147	-40.3	+74.6	+85.3	+162.9	+182.6	+198.4	+96.1	+180.7	+97
4050—4100	0.115	+35.4	+150.8	+181.8	+266.5	+319.8	+319.4	+268.0	+349.8	+310
4100—4150	0.112	+127.9	+224.0	+304.0	+398.9	+488.7	+479.2	+468.7	+521.5	+492
4150—4269	0.146	+137.9	+242.0	+330.0	+427.5	+525.0	+514.5	+504.0	+545.2	+504
3740—4269	1.163	-9.0	+93.9	+138.8	+197.5	+205.8	+164.9	+36.4	+79.4	-34

表3 1号冰川西支各高度带物质平衡(mm) (1992.8.30—1993.9.2)

海拔区间 (m)	面积 (km ²)	时 间 (月·日)								
		5.1	5.15	5.31	6.16	7.2	7.16	8.1	8.15	9.20
3810—3850	0.018	-377.1	-365.0	-416.8	-658.8	-854.0	-1164.5	-1628.0	-1797.7	-2220
3850—3900	0.024	-404.9	-378.7	-412.1	-556.2	-776.2	-1039.2	-1481.2	-1646.9	-2045
3900—3950	0.047	-135.4	-109.8	-81.1	-75.4	-188.2	-280.9	-585.6	-643.5	-842
3950—4000	0.073	-120.6	-33.8	+2.7	+46.2	+1.2	-50.3	-273.1	-282.7	-404
4000—4050	0.107	-48.9	+39.7	+58.0	+143.0	+141.9	+122.7	+44.6	+80.1	+3
4050—4100	0.116	-17.7	+50.4	+89.5	+202.0	+191.0	+219.2	+127.7	+195.7	+146
4100—4150	0.055	+119.4	+165.1	+215.1	+275.8	+336.0	+339.0	+342.0	+394.5	+395
4150—4200	0.044	+74.4	+114.3	+158.5	+211.3	+264.0	+267.0	+270.0	+342.1	+362
4200—4250	0.037	+111.9	+172.6	+237.7	+299.1	+360.5	+395.3	+430.0	+500.0	+518
4250—4300	0.037	+77.0	+145.7	+218.7	+289.6	+360.5	+421.1	+481.6	+550.8	+568
4300—4350	0.041	+21.9	+79.0	+140.4	+222.2	+304.0	+339.2	+374.4	+431.2	+436
4350—4400	0.040	+106.9	+178.7	+254.8	+321.2	+387.6	+400.5	+413.4	+436.6	+406
4400—4486	0.038	+106.9	+178.7	+254.8	+321.2	+387.6	+400.5	+413.4	+436.6	+406
3810—4486	0.677	-19.0	+41.0	+85.7	+138.5	+138.9	+120.4	+28.0	+53.0	-20

表4 1号冰川东支单点物质平衡观测数据统计表 (1992.8.31—1993.9.3)

剖面 (位置)	花杆 号	海拔 (m)	吨 积 消 量 (mm)								
			1993.5.2	5.15	6.1	6.15	7.1	7.15	8.1	8.15	9.3
A'	A ₁	3750.0	-270.0	-342.0	-495.0	-633.6	-819.0	-1107.0	-1269.0	-1390.2	-1719.0
	A ₂	3765.7	-150.0	-152.8	-188.3	-438.7	-764.3	-1205.8	-1754.8	-1934.2	-2393.8
	A ₃	3757.4	-423.0	-492.6	-573.0	-1077.9	-1444.5	-1867.5	-2479.5	-2655.1	-3109.5
B'	B+1	3790.0	-171.0	-168.0	-162.0	-284.1	-540.0	-900.0	-1422.0	-1615.6	-2061.0
	B+2	3787.4	-198.0	-146.6	-144.0	-231.0	-297.0	-558.0	-1098.0	-1324.2	-1719.0
	B1	3791.7	-162.0	-125.0	-110.5	-167.1	-387.0	-738.0	-1116.0	-1349.8	-1656.0
	B2	3798.8	-102.0	-52.6	-51.5	-131.1	-360.0	-630.0	-1107.0	-1262.6	-1503.0
	B3	3799.8	-192.0	-153.7	-165.5	-287.4	-486.0	-810.0	-1269.0	-1400.0	-1692.0
	B4	3809.8	-252.0	-216.8	-261.0	-380.7	-630.0	-891.0	-1404.0	-1481.0	-1683.0
C'	C+1	3823.6	-67.5	+131.9	+131.0	+11.0	+54.0	-138.5	-490.5	-598.3	-787.5
	C+2	3824.8	-351.0	-314.6	-283.5	-249.0	-424.0	-644.0	-903.0	-960.6	-1254.0
	C1	3849.0	-124.5	-99.5	-35.5	-23.2	-89.0	-189.5	-562.5	-682.1	-817.5
	C2	3845.0	-217.5	-180.3	-183.0	-216.6	-373.5	-571.5	-1039.5	-1270.9	-1531.5
	C3	3840.4	-138.0	-76.1	-84.0	-150.6	-279.0	-540.0	-999.0	-1129.0	-1278.0
	C4	3839.0	-87.0	+67.2	+77.0	+174.4	+139.5	-12.0	-315.0	-389.6	-475.0
D'	D1	3890.6	-84.0	+195.0	+256.5	+274.2	+236.0	+167.0	+16.5	-0.2	-58.0
	D2	3892.1	-117.0	-7.5	+9.0	+66.4	+46.0	-46.5	-240.5	-180.2	-231.0
	D3	3892.8	-225.0	-95.6	-6.9	-88.8	-99.6	-110.0	-319.0	-260.3	-302.5
	D4	3892.7	-42.0	+8.0	+64.5	+83.7	+34.0	-15.5	-197.9	-125.2	-232.0
	D5	3905.0	-22.5	+38.7	+155.0	+192.4	+202.5	+200.5	+109.0	+176.4	+143.0

表4 (续)

剖面 (位置)	花杆 号	海拔 (m)	纯 积 消 量 (mm)								
			1993.5.2	5.15	6.1	6.15	7.1	7.15	8.1	8.15	9.3
F'	1	3929.0	+44.6	+139.4	+157.3	+201.5	+202.5	+188.0	+89.5	+165.5	+111.0
	2	3928.0	+23.5	+108.4	+119.0	+205.5	+170.0	+162.5	+29.0	+84.5	+64.0
	3	3929.6	+9.4	+120.7	+152.4	+292.7	+240.0	+199.5	+102.5	+204.0	+182.5
	4	3931.9	+50.5	+156.1	+249.1	+363.4	+378.0	+367.0	+248.0	+346.0	+306.5
	5	3945.0	+27.0	+101.5	+150.6	+246.6	+242.5	+256.5	+155.0	+251.2	+218.0
F'	1	3970.1	-7.4	+102.2	+123.8	+216.2	+229.6	+250.0	+143.8	+189.5	+178.0
	2	3970.0	-20.9	+87.3	+157.9	+199.0	+180.5	+172.0	+116.0	+188.0	+175.0
	3	3967.0	-23.2	+94.8	+104.9	+182.3	+212.1	+215.5	+105.4	+206.5	+203.5
	4	3970.0	-10.7	+112.2	+168.8	+297.6	+307.6	+275.5	+196.0	+305.5	+301.5
	5	3975.0	-11.3	+99.9	+188.4	+342.5	+364.6	+365.0	+272.0	+378.5	+387.0
G'	1	4011.1	-96.4	-24.8	-26.5	+24.5	+21.4	+20.5	-95.0	-76.0	-68.0
	2	4007.7	-40.6	+42.6	+89.5	+160.5	+164.6	+203.5	+102.7	+198.0	+194.0
	3	4003.0	-57.4	+32.2	+88.5	+127.5	+175.5	+180.5	+91.6	+210.5	+182.5
	4	4002.0	+9.4	+90.0	+116.0	+225.0	+318.6	+264.5	+139.8	+287.5	+322.0
	5	4005.0	+59.0	+161.4	+139.0	+221.0	+286.0	+308.5	+190.1	+287.0	+283.0
H'	1	4055.0	-15.5	+118.3	+102.0	+182.5	+247.5	+261.6	+173.6	+268.0	+277.4
	2	4053.0	+14.5	+161.7	+186.0	+280.8	+265.5	+279.2	+191.2	+284.0	+302.0
I J K L	I	4085.0	+55.0	+99.0	+143.0	+216.8	+290.6	+275.9	+261.2	+336.9	+412.5
	J	4140.0	+151.9	+224.0	+296.0	+385.7	+475.4	+460.7	+446.0	+510.2	+574.4
	K	4170.0	+136.0	+224.0	+312.0	+408.0	+504.0	+497.7	+491.4	+532.7	+574.0
	L	4205.0	+154.0	+242.0	+330.0	+427.5	+525.0	+514.5	+504.0	+545.2	+586.3

表5 1号冰川西支单点物质平衡观测数据统计表 (1992.8.30—1993.9.2)

剖面 花杆 号	(位置)	纯 积 消 量 (mm)					海 拔 (m)				
		1993.5.1	5.15	5.11	6.16	7.2					
B	A	3825.0	-448.0	-436.0	-499.5	-965.5	-1240.0	-1564.0	-2014.0	-2188.2	-2608.0
	1	3864.9	-709.0	-694.0	-787.0	-1239.0	-1743.0	-2121.0	-2562.0	-2753.8	-3201.0
	2	3862.8	-654.0	-645.0	-712.5	-798.0	-924.0	-1194.0	-1599.0	-1742.7	-2076.0
	3	3859.9	-315.0	-294.0	-334.0	-352.0	-468.0	-765.0	-1242.0	-1407.2	-1728.0
C	1	3879.0	-111.0	-31.8	-23.5	-100.0	-225.0	-466.0	-873.0	-972.1	-1359.0
	2	3886.0	-129.0	-57.3	-26.5	+19.0	-180.0	-356.0	-819.0	-1002.6	-1305.0
	3	3872.9	-538.0	-550.0	-588.8	-867.3	-1117.3	-1333.3	-1792.3	-2002.9	-2287.3
D	1	3950.9	-237.0	-199.2	-164.5	-150.5	-295.0	-450.0	-711.0	-742.0	-900.0
	2	3950.1	-165.0	-184.8	-140.6	-163.1	-269.6	-361.6	-759.6	-836.4	-1029.6
	3	3947.0	-126.0	-160.8	-127.6	-145.6	-299.6	-375.6	-708.6	-835.9	-1014.6
	4	3951.4	-31.0	+105.8	+108.5	+157.5	+111.5	+63.5	-163.0	-159.6	-215.9
	5	3992.5	-240.0	-231.3	-188.5	-219.5	-387.0	-471.0	-915.0	-987.5	-1095.0
E	1	3986.1	-81.0	+13.9	+56.1	+110.0	+106.6	+56.7	-76.0	-67.9	-141.0
	2	3985.5	-157.5	-82.3	-33.8	+18.0	-7.2	-49.4	-249.5	-206.3	-267.5
	3	3990.7	-199.0	-90.3	-27.6	+6.5	-47.4	-29.7	-231.0	-250.4	-312.0
	4	3996.8	-41.5	+81.4	+101.3	+204.5	+130.7	+128.1	-34.0	-24.3	-81.0
	5	4007.1	-122.5	-43.0	-14.4	+73.5	+22.2	+16.7	-113.5	-78.1	-134.0
F	1	4026.1	-37.8	+41.5	+78.5	+159.4	+159.5	+137.9	+80.5	+74.2	+63.1
	2	4024.4	-29.4	+78.0	+101.2	+173.0	+214.5	+180.4	+129.5	+123.3	+95.3
	3	4025.9	-20.9	+36.2	+85.1	+169.4	+193.4	+143.8	+73.5	+125.7	+111.4
	4	4029.9	-20.2	+57.5	+69.6	+186.1	+203.3	+182.5	+91.0	+186.3	+167.1
	5	4035.3	+48.8	+148.0	+192.3	+294.2	+271.3	+305.0	+233.0	+315.3	+317.2
G	+1	4053.1	-151.8	-76.8	-32.5	+41.9	+20.1	-5.5	-54.0	-60.9	-67.8
	+2	4048.2	-92.2	-83.6	-15.5	+46.4	+46.2	+20.5	-83.0	-44.8	-112.7
	1	4069.1	-111.8	-56.7	+6.0	+113.7	+89.6	+149.2	+54.0	+112.0	+117.8
	2	4062.3	-104.0	-48.1	-1.5	+74.5	+47.6	+64.5	-14.0	-26.6	-46.0
	3	4055.5	-100.6	-5.5	+45.5	+128.3	+123.5	+192.1	+67.0	+120.4	+139.5
	4	4055.8	+21.8	+113.7	+141.2	+277.9	+269.8	+337.9	+217.2	+328.3	+343.7
	5	4065.0	+119.6	+211.5	+240.0	+370.0	+378.0	+399.0	+351.0	+430.5	+468.7

表 5 (续)

剖面 (位置)	花杆 号	海拔 (m)	纯 积 消 量 (mm)								
			1993.5.1	5.15	5.31	6.16	7.2	7.16	8.1	8.16	9.2
H	1	4030.5	-29.4	+39.0	+21.0	+177.1	+141.5	+145.2	+55.0	+141.9	+110.1
	2	4079.0	+3.7	+67.2	+113.5	+192.9	+188.0	+192.4	+115.0	+219.0	+199.4
	3	4075.5	-81.9	+2.7	+61.0	+149.9	+164.8	+152.1	+87.0	+127.0	+133.4
	4	4068.9	-24.3	+60	+138.0	+286.4	+236.0	+321.3	+195.0	+294.1	+344.0
	5	4095.0	+156.4	+258.8	+285.0	+399.6	+415.8	+436.8	+360.0	+451.0	+481.6
L	L1	4125.0	+115.0		+215.1		+336.0		+342.0		+446.9
	L2	4200.0	+70.0		+158.5		+264.0		+270.0		+414.1
	L3	4275.0	+107.5		+237.7		+360.5		+430.0		+569.9
	L4	4350.0	+72.6		+218.7		+360.5		+481.6		+620.0
	L5	4400.0	+17.5		+140.4		+304.0		+374.4		+488.0
	L6	4450.0	+102.5		+254.8		+387.6		+413.4		+459.8

表 6 1号冰川年物质平衡观测计算结果(1992.8.31--1993.9.3)

冰川名称	平衡线 海拔 (m)	消融区 面积 (km ²)	积累区 面积 (km ²)	净消融 (10 ⁴ m ³)	净积累 (10 ⁴ m ³)	消融区 季节积雪 (10 ⁴ m ³)	积累区 消融 (10 ⁴ m ³)	总消融 (10 ⁴ m ³)	总积累 (10 ⁴ m ³)	物质平衡	
										总量 (10 ⁴ m ³)	单位值 (mm)
东支	3932	0.359	0.804	31.85	27.86	22.69	16.38	72.92	68.93	3.99	-34
西支	4028	0.211	0.466	19.61	18.27	13.72	10.65	43.98	42.64	1.34	-20
1号冰川	3980	0.570	1.270	51.46	46.13	36.41	29.03	116.90	111.57	5.33	-29

4 分析与比较

1号冰川冬平衡变率很大。1992/1993年冬平衡值东、西支冰川分别为-9mm和-19mm, 1号冰川平均为-13mm, 是有冬平衡观测资料以来首次出现的负值, 平衡线高度也达到历年最大。相比之下, 1989/1990年冬平衡值达340mm, 是冬平衡值最大的一年, 与1992/1993年相比大27倍之多。1992年9月至1993年4月, 临近1号冰川的大西沟气象站的降水量为56.8mm, 只有同期多年平均值的68%, 而同期月平均气温又高出其多年平均值1.8°C, 是乌鲁木齐河源区显著的冬季干暖年份。这种气候状态不仅导致1号冰川冬平衡出现负值, 而且影响年物质平衡的量值。

1992/1993年度物质平衡东、西支冰川分别为-34mm和-20mm, 1号冰川平均为-29mm。分析大西沟气象站的资料表明, 1号冰川区1992—1993年度降水量为458.4mm, 明显大于其多年平均值, 特别是夏季(6—8月)的降水量又高出其多年平均值

(281mm)的20%左右,而夏季平均气温又低于多年平均值。这种气候状态不仅没有使1号冰川物质平衡正值增大,反而出现了负值,其主要是1号冰川冬平衡严重亏损。由于冰川表面冬春季节积雪少,冰川冰过早地出露,加速了冰川冰的消融。

冰川冬(b_w)、夏(b_s)和年(b_a)物质平衡的关系用下式表示:

$$b_a = b_w - \sum b_i \quad (6)$$

式中: $\sum b_i$ 为夏季瞬时物质平衡的总和,即夏平衡(b_s)。计算结果表明,1号冰川东、西支夏平衡分别为-25mm和-1mm,1号冰川平均为-16mm,均大于1991/1992年东(-193mm)、西(-78mm)支和1号冰川(-150mm)的夏平衡值。后者主要是冬平衡正值较大,从而导致年物质平衡出现正值,而前者年物质平衡的负值则主要是由其冬平衡的较大负值引起的。

1988/1989年乌鲁木齐河源1号冰川

物质平衡的补充报告

韩添丁 王纯足

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

1989年,中国科学院兰州冰川冻土研究所与前苏联科学院地理所合作,在乌鲁木齐河1号冰川进行了以物质平衡形成过程为主要内容的观测研究。当时用等高线区间法对年物质平衡进行计算。为了和以往等值线法所计算年物质平衡资料相衔接,故按等值线法重新计算该年度的物质平衡值。

将单位物质平衡值(表1,2)点绘在大比例尺地形图上,以相邻等值线之间的投影面积(S_i)分别乘以相应区间的平均净平衡值(\bar{b}_i),累积得到整条冰川的净平衡量(B_n):

$$B_n = \sum_{i=1}^n \bar{b}_i S_i \quad (1)$$

1988/1989年度,为了获取冰川积累量的准确资料,分别在1号冰川东、西支的积累区中上部沿其中轴线布设了一条纵断面,共计12根测杆。由于没有人工污化面供以鉴别,因而所观测的资料出入较大,不能用于年物质平衡的计算。因此,积累区中、上部的净积累量按临近1号冰川的大西沟气象站(3539m)的当年度降水量外推。首先将该气象站的降水量按23.6%的系数进行修正(杨大庆等,1988),再按22mm/100m的降水梯度外推到积累区中、上部(500mm等值线以上)的平均高度处,以此值作为平均净积累量。

1号冰川1988/1989年物质平衡等值线表示在图1中,并将所计算的结果列入表3中。

表 1 1号冰川支点单点物质平衡观测数据统计表

剖面 (位置)	花杆 号	纯 积 消 量 (mm)												合计 (mm)
		1988.8.31 1989.4.17	1989.4.17 5.1	1989.5.1 5.15	1989.5.15 5.30	1989.5.30 6.15	1989.6.15 7.15	1989.7.15 7.30	1989.7.30 8.10	1989.8.10 8.20	1989.8.20 8.30			
A	1	-148.2	+83.2	-87.3	-116.7	-117.0	-360.0	-414.0	-144.0	-135.0	-180.0	-1639.0		
	2	-279.9	+83.7	-77.3	-240.2	-62.5	-397.7	-677.8	-225.0	-252.0	-269.4	-2398.1		
	3	-413.5	+84.4	-78.8	-240.2	-132.1	-432.4	-722.0	-270.0	-252.0	-274.5	-2716.0		
	平均	-280.5	+80.4	-79.5	-199.0	-103.9	-396.7	-604.6	-213.0	-213.0	-241.3	-2251.1		
B	+1	-40.1	+49.8	+113.4	-177.1	+9.0	-301.5	-603.0	-198.0	-162.0	-207.0	-1516.5		
	+2	*	+60.9	+113.6	-160.6	+38.6	-262.6	-522.0	-207.0	-153.0	-246.0	-1399.0		
	1	*	+224.0	-83.1	-38.0	+2.5	-243.5	-513.0	-189.0	-135.0	-209.0	-1184.1		
	2	+0.3	+95.6	-91.5	-88.0	-1.4	-143.1	-603.0	-180.0	-126.0	-212.0	-1349.1		
C	3	+24.3	+57.5	-46.2	-83.0	-15.9	-197.1	-522.0	-144.0	-171.0	-273.0	-1370.4		
	4	*	+218.7	-11.0	-62.1	+0.1	-113.8	-596.8	-144.0	-162.0	-187.0	-1057.9		
	平均	-2.6	+107.6	-0.8	-101.5	+5.5	-210.3	-560.0	-177.0	-151.5	-222.3	-1312.9		
	+1	*	*	*	+230.6	+0.6	-117.7	-481.9	-118.8	-110.2	-113.2	-710.6		
D	+2	+50.5	+39.4	+9.4	-134.5	+72.9	-157.9	-505.5	-180.0	-99.0	-171.0	-1075.7		
	1	*	*	*	+166.6	+54.6	-37.6	-326.0	-153.0	-54.0	-140.0	-490.0		
	2	*	+214.5	-94.1	*	-46.5	-60.3	-436.0	-117.0	-126.0	-126.0	-854.4		
	3	*	*	*	+1.1	+182.1	-75.6	-524.0	-126.0	-144.0	-171.0	-857.4		
D	4	*	*	*	*	*	*	-43.2	-84.0	-51.0	-99.0	-257.2		
	平均	+8.4	+42.3	-14.1	+44.0	+44.0	-74.8	-386.1	-126.5	-97.4	-147.2	-707.5		
	1	*	*	*	*	*	*	+15.2	+14.4	-2.9	-45.2	-18.5		
	2	*	*	*	+240.5	+62.7	+23.5	-252.7	-59.8	-33.2	-117.6	-135.6		
D	3	*	*	*	+105.8	+90.0	+18.4	-307.4	-80.6	-29.4	-74.2	-277.4		
	4	*	*	+149.0	-10.2	+48.5	+2.4	-347.4	-28.0	-31.0	-99.8	-316.5		

表 1 (续)

剖面 花杆	(位置) 号	纯 积 量 (mm)										合计(mm)		
		1988.8.31	1989.4.17	1989.5.1	1989.5.15	1989.5.15	1989.6.15	1989.7.15	1989.7.30	1989.8.10	1989.8.20			
D	平均	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-48.3	-77.0	-116.2
	1	+157.8	+159.2	+76.1	-40.4	-20.1	-19.9	-190.9	-7.5	-43.5	-32.1	+42.7	+67.2	+42.7
	2	+206.5	+152.8	-47.3	+81.9	-3.4	-235.3	-8.4	-9.1	-38.0	-38.0	+67.2	+67.2	+67.2
	3	+221.2	+103.2	-26.4	+62.9	-52.6	-232.5	-0.4	-11.5	-48.0	-48.0	-2.1	-2.1	-2.1
	4	+168.7	+118.4	-39.8	*	+133.6	-238.0	+41.4	-54.7	-10.0	-10.0	+128.4	+128.4	+128.4
	5	*	*	*	+589.8	*	-122.6	+11.6	+12.2	-16.7	-16.7	+274.3	+274.3	+274.3
E	平均	+150.6	+106.7	-7.5	+98.8	+11.5	-11.3	-208.9	+7.3	-21.3	-29.0	+101.9	+101.9	+101.9
	1	+154.4	+124.3	-27.9	+22.2	+7.3	-143.0	-27.6	-8.4	-7.7	+103.8	+103.8	+103.8	
	2	+175.2	+150.6	-55.6	+114.2	*	-141.5	-34.9	-16.6	-2.8	+188.6	+188.6	+188.6	
	3	*	*	*	+374.0	-104.8	-74.4	-4.9	-18.6	-24.9	+146.4	+146.4	+146.4	
	4	+169.2	+145.4	-56.2	+112.0	*	-129.0	+14.1	-19.7	+33.9	+269.7	+269.7	+269.7	
	5	*	*	*	+422.8	*	-61.4	-2.0	-15.6	+52.0	+395.8	+395.8	+395.8	
F	平均	+98.8	+84.1	-27.9	+209.0	-19.5	+2.0	-109.9	-11.1	-15.8	+10.1	+220.8	+220.8	+220.8
	1	+105.2	+127.3	+28.3	+70.2	+24.8	-4.6	-107.2	-96.0	-0.2	+1.2	+149.0	+149.0	
	2	+174.4	+64.0	-45.6	+97.7	-16.8	+72.5	-121.7	-50.0	-25.1	+13.6	+163.0	+163.0	
	3	+160.2	+110.8	-8.4	+130.4	*	+106.0	-177.5	-32.5	-37.0	-10.0	+242.0	+242.0	
	4	+187.0	*	+22.4	*	*	-72.0	-34.5	-6.0	-20.0	-1.4	+75.5	+75.5	
	5	*	*	*	+638.6	*	*	-111.0	+38.9	-7.4	+41.8	+500.8	+500.8	
G	平均	+125.4	+60.4	-0.7	+167.4	+1.6	+20.4	-110.4	-29.1	-17.9	+9.0	+226.1	+226.1	
	1	+105.2	+127.3	+28.3	+70.2	+24.8	-4.6	-107.2	-96.0	-0.2	+1.2	+149.0	+149.0	
	2	+174.4	+64.0	-45.6	+97.7	-16.8	+72.5	-121.7	-50.0	-25.1	+13.6	+163.0	+163.0	
	3	+160.2	+110.8	-8.4	+130.4	*	+106.0	-177.5	-32.5	-37.0	-10.0	+242.0	+242.0	
	4	+187.0	*	+22.4	*	*	-72.0	-34.5	-6.0	-20.0	-1.4	+75.5	+75.5	
	5	*	*	*	+638.6	*	*	-111.0	+38.9	-7.4	+41.8	+500.8	+500.8	
H	平均	+291.4	+239.6	-139.9	+2.7	+49.7	+80.7	-128.9	-65.6	-42.6	+22.0	+318.8	+318.8	
	1	+105.2	+127.3	+28.3	+70.2	+24.8	-4.6	-107.2	-96.0	-0.2	+1.2	+149.0	+149.0	
	2	+174.4	+64.0	-45.6	+97.7	-16.8	+72.5	-121.7	-50.0	-25.1	+13.6	+163.0	+163.0	
	3	+160.2	+110.8	-8.4	+130.4	*	+106.0	-177.5	-32.5	-37.0	-10.0	+242.0	+242.0	
	4	+187.0	*	+22.4	*	*	-72.0	-34.5	-6.0	-20.0	-1.4	+75.5	+75.5	
	5	*	*	*	+638.6	*	*	-111.0	+38.9	-7.4	+41.8	+500.8	+500.8	

观测: 王纯足 韩添丁, 校对: 刘渤海

表 2 (续)

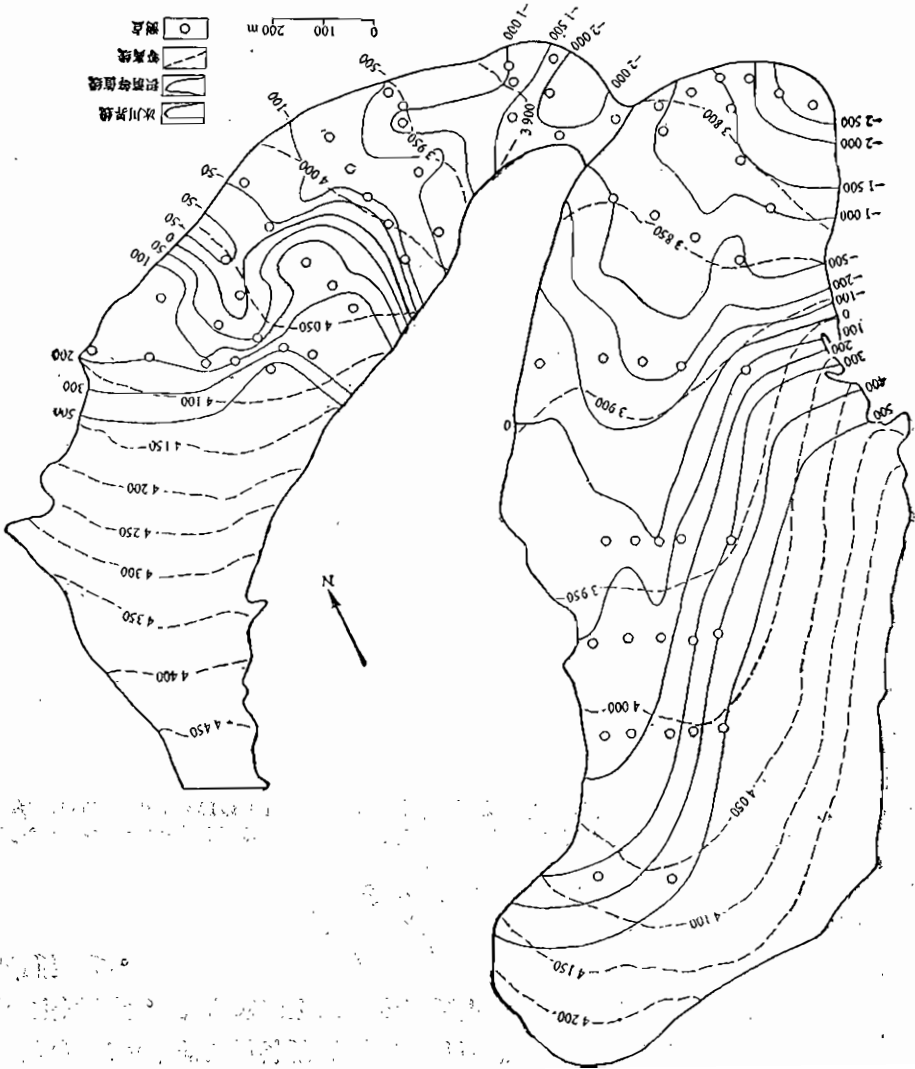
剖面 (位置)	花杆 号	纯 积 消 量 (mm)										合 计
		1988.8.30 1989.4.18	1989.4.18 5.1	1989.5.1 5.16	1989.5.16 5.30	1989.5.30 6.15	1989.6.15 7.15	1989.7.15 7.30	1989.7.30 8.10	1989.8.10 8.20	1989.8.20 8.20	
F	1	+288.0	*	+11.4	-126.0	+124.0	-27.7	-230.8	-55.2	-9.1	-15.4	-40.8
	2	+174.3	+124.8	-24.8	-85.4	+75.0	-9.5	-228.7	-42.9	-17.3	-11.1	-45.6
	3	+314.7	*	+11.4	-82.1	+132.5	+13.5	-183.5	-59.4	+41.1	+4.1	+192.3
	4	+295.8	*	-9.9	-44.2	+87.5	+11.2	-157.5	-38.9	-14.9	+36.1	+165.2
	5	+312.5	*	*	*	*	*	+5.0	-0.7	-17.4	-15.9	+283.5
	平均	+277.1	+24.9	-2.4	-67.5	+83.8	-2.5	-159.1	-39.4	-3.5	-0.4	+111.0
G	+1	+121.4	+42.2	+50.8	-61.8	+29.5	+2.2	-221.1	-16.0	-9.0	+5.5	-56.3
	+2	+142.5	+106.3	-1.3	-85.2	+72.5	-25.6	-209.5	-30.6	-0.6	0.7	-32.2
	1	+266.3	+50.1	+5.0	-23.7	+102.3	-16.8	-235.6	+28.4	+20.2	+24.4	+220.6
	2	+105.7	+71.9	+49.7	-24.1	+52.0	+6.9	-207.3	-30.8	-18.3	+25.5	+31.2
	3	+181.1	+72.9	-14.4	+6.1	+75.5	-4.9	-248.8	-73.8	+40.4	-5.9	+29.2
	4	+361.0	*	+2.9	-6.9	+132.6	+7.4	-177.1	-56.5	+13.7	+1.0	+278.1
5	+311.0	+132.4	-41.3	-14.2	*	*	-187.5	+46.1	+28.6	+13.3	+283.9	
平均	+212.9	+68.0	+7.3	-30.0	+66.3	-4.4	-212.8	-19.0	+10.7	+9.0	+108.5	
H	1	+187.8	+55.0	+3.7	-28.2	+98.7	-9.1	-177.2	-3.6	-3.8	-4.9	+118.4
	2	+172.5	+89.6	+14.9	+42.6	+60.3	+0.6	-204.8	+4.7	+23.8	-17.1	+197.1
	3	+172.2	+89.9	+47.2	-0.2	+8.6	-9.9	-215.0	-32.5	+17.3	+35.0	+112.6
	4	+270.9	*	+41.4	+26.4	+36.7	+24.7	-218.3	+7.2	+25.1	+7.0	+221.1
	5	+328.3	+157.4	+47.2	*	+3.1	+71.9	-150.7	+29.2	+30.0	+23.2	+539.6
	平均	+226.3	+80.4	+30.9	+9.1	+41.5	+15.6	-193.2	+1.0	+18.5	+8.6	+237.8
K		+357.6										+532.6

观测: 王纯足 韩添丁, 校对: 刘福海

表3 1号冰川1988/1989年物质平衡观测计算结果

冰川名称	平衡线海拔 (m)		消融区面积 (km ²)		消融量 (10 ⁴ m ³)		积累量 (10 ⁴ m ³)		物质平衡	
	东支	西支	东支	西支	东支	西支	东支	西支	总质量	单位值
东支	3 923	4 036	0.372	0.174	0.546	1.294	25.035	36.554	11.519	+99
西支	3 980	4 036	0.174	0.503	0.546	1.294	36.554	22.841	7.487	+110
东支	3 923	4 036	0.372	0.174	0.546	1.294	25.035	36.554	11.519	+99
西支	3 980	4 036	0.174	0.503	0.546	1.294	36.554	22.841	7.487	+110
东支	3 923	4 036	0.372	0.174	0.546	1.294	25.035	36.554	11.519	+99
西支	3 980	4 036	0.174	0.503	0.546	1.294	36.554	22.841	7.487	+110

图1 1号冰川1988/1989年度物质平衡等值线图



1号冰川按等值线法所计算的结果与等高线区间法所计算的结果(刘潮海等, 1989)较接近。不同的是, 1号冰川东支的年物质平衡量有较大的增加, 而西支冰川的物质平衡量则有所减少。

参 考 文 献

- 杨大庆等, 1988. 天山乌鲁木齐河源降水观测误差分析及改正. 冰川冻土, 10(4): 398.
刘潮海等, 1989. 乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡过程研究. 天山冰川观测试验站年报, 8, 11.

1993年水文气象观测资料整编说明

杨新元 韩添丁

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

天山冰川观测试验站常规水文气象观测位置设在乌鲁木齐河源区的1号冰川水文点、空冰斗水文点、总控制水文点以及基本营地气象场。本文编入1993年度的资料整编结果。

1号冰川水文点设在离1号冰川冰舌300m处的河道上,海拔为3695m,流域面积 3.34km^2 ,其中冰川面积 1.84km^2 。测流断面为矩形,由混凝土浇筑而成,断面高1m,宽1.6m,气象场设在断面左岸。

空冰斗位于乌鲁木齐河源区左侧,斗口朝向南。为研究高山积雪融水径流,在此设一水文观测点,海拔为3805m,流域面积 1.68km^2 。测流断面为矩形,高1m,宽1.5m,由混凝土浇筑而成,气象场设在右岸冰斗口中部,在冰川终碛堤上。

在乌鲁木齐河源区大西沟与支流罗布道沟汇合处、海拔3408m的河道上设总控制水文点,流域面积 28.9km^2 ,控制本站观测研究区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,为施测流量,在断面上建有工作桥,气象场设在左岸冰碛丘上。

在三个水文断面上,均装有自记水位计,测流主要用流速仪法。气象场主要观测项目有气温、降水、湿度等。

基本营地气象观测场位于乌鲁木齐河谷海拔2130m处,进行常规气象要素观测。

表1—15为1993年水文和气象资料,均按规范进行整编。

表 1 乌鲁木齐河源 1 号冰川水文点 1993 年逐日平均流量表 (集水面积, 3.34 km², 流量, m³/s)

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0	0.084	0.444	0.378	0.222			
2					0	0.087	0.378	0.253	0.188			
3					0	0.046	0.316	0.192	0.163			
4					0	0.064	0.444	0.253	0.112			
5					0	0.087	0.347	0.347	0.087			
6					0	0.163	0.543	0.444	0.087			
7					0	0.253	0.377	0.411	0.046			
8					0	0.253	0.444	0.284	0.028			
9					0	0.163	0.347	0.192	0			
10					0	0.112	0.378	0.168				
旬总数					0	1.292	4.118	2.917	0.883			
旬平均					0	0.129	0.412	0.292	0.088			
11					0	0.163	0.253	0.163				
12					0	0.222	0.163	0.222				
13					0	0.222	0.163	0.253				
14					0	0.284	0.316	0.193				
15					0.011	0.284	0.316	0.253				
16					0.011	0.192	0.444	0.222				
17					0.011	0.163	0.543	0.253				
18					0.011	0.112	0.284	0.347				
19					0.011	0.163	0.163	0.316				
20					0.011	0.192	0.253	0.192				

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬总数					0.066	1.997	2.898	2,384				
旬平均					0.007	0.200	0.290	0.238				
21					0.027	0.264	0.378	0.222				
22					0.027	0.316	0.411	0.192				
23					0.027	0.378	0.577	0.138				
24					0.027	0.378	0.646	0.163				
25					0.027	0.188	0.510	0.112				
26					0.027	0.112	0.510	0.163				
27					0.027	0.253	0.785	0.192				
28					0.027	0.347	0.646	0.192				
29					0.027	0.411	0.680	0.222				
30					0.046	0.510	0.477	0.222				
31					0.046		0.444	0.222				
旬总数					0.935	3.127	6.064	2.040				
旬平均					0.030	0.313	0.551	0.185				
总数					0.401	8.416	13.08	7.341	0.883			
平均					0.013	0.214	0.422	0.237	0.029			
最大					0.087	0.680	1.50	1.08	0.477			
日期					30	24	29	6	2			
最小					0	0.027	0.112	0.011	0			
日期					1-14	1	13	26	9-30			
年统计	年总数	28.121	最大流量	1.50	7月29日	最小流量	0	5月1-14日	平均流量	0.183		
	径流量	242.96 × 10 ⁶ m ³	径流模数	54.8 L/(s.km ²)	径流深度	727	mm					

附表1 杨源元 韩寨丁

表2 乌鲁木齐河源空斗水文点1993年逐日平均流量表 (集水面积: 1.68km^2 , 流量: m^3/s)

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0	0.126	0.063	0.104				
2					0	0.178	0.047	0.083				
3					0	0.126	0.023	0.126				
4					0	0.178	0.023	0.063				
5					0	0.104	0.023	0.047				
6					0	0.178	0.013	0.047				
7					0	0.254	0.047	0.104				
8					0	0.104	0.083	0.104				
9					0	0.104	0.104	0.083				
10					0	0.104	0.013	0.063				
旬总数					0	1.468	0.439	0.844				
旬平均					0	0.146	0.044	0.084				
11					0	0.126	0.063	0.063				
12					0	0.126	0.104	0.083				
13					0	0.104	0.063	0.126				
14					0	0.126	0.047	0.083				
15					0.013	0.126	0.063	0.126				
16					0.013	0.104	0.126	0.083				
17					0.023	0.083	0.023	0.083				
18					0.023	0.047	0.104	0.083				
19					0.023	0.104	0.104	0.063				
20					0.023	0.063	0.063	0.063				

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬总数					0.118	1.009	0.760	0.856				
旬平均					0.012	0.101	0.076	0.086				
21					0.023	0.083	0.083	0.083				
22					0.034	0.083	0.104	0.063				
23					0.034	0.083	0.104	0.034				
24					0.034	0.126	0.126	0.034				
25					0.034	0.063	0.104	0.034				
26					0.047	0.063	0.063	0.034				
27					0.083	0.083	0.047	0.063				
28					0.230	0.083	0.083	0.047				
29					0.230	0.151	0.083	0.047				
30					0.254	0.178	0.126	0.023				
31					0.230		0.104	0.023				
旬总数					1.233	0.986	1.007	0.485				
旬平均					0.112	0.100	0.092	0.044				
总数					1.351	3.451	2.206	2.185	0			
平均					0.044	0.115	0.071	0.070	0			
最大					0.470	0.326	0.278	0.326	0			
日期					29	7	30	3	1-30			
最小					0	0.023	0.023	0.013	0			
日期					1-14	18	20	4	1-30			
年统计	年总数	9.203	最大流量	0.326	6月8日	最小流量	0	5月9日	1-14日	平均流量	0.080	
	径流量	$79.51 \times 10^4 \text{ m}^3$	径流模数	33.7 L/(s·km ²)		径流深度	473 mm					

制表：杨新元 韩源丁

表 4 乌鲁木齐河源头控制水文点 1993 年逐日平均流量表 (集水面积, 28.9km²; 流量, m³/s)

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	旬 总 数	旬 平 均
	0.480	0.580	0.580	0.410	0.490	0.750	1.29	0.580	0.480	0.070		
1	0.410	0.220	0.410	0.410	0.490	0.750	1.29	0.950	0.480	0.480	0.410	0
2	0.220	0.750	0.220	0.220	0.410	0.750	1.29	0.580	0.580	0.580	0.220	0
3	0.410	0.580	0.410	0.410	0.410	0.750	0.580	0.580	0.580	0.580	0.410	0
4	0.490	0.580	0.490	0.490	0.490	0.750	0.580	0.580	0.480	0.480	0.490	0
5	0.660	0.750	0.660	0.660	0.660	0.848	0.750	0.750	0.220	0.220	0.660	0
6	0.950	1.17	0.950	0.950	0.950	1.17	1.17	1.05	0.170	0.170	0.950	0
7	1.05	1.29	1.05	1.05	1.05	1.29	1.29	1.53	0.220	0.220	1.05	0
8	1.05	1.41	1.05	1.05	1.05	1.41	1.41	1.41	0.120	0.120	1.05	0
9	0	0	0	0	0	0.410	1.41	1.05	0.120	0.120	0.410	0
10	0	0	0	0	0	0.120	1.41	0.660	0.070	0.070	0.120	0
11	0	0	0	0	0.410	0.950	0.950	1.17	0.070	0.070	0.410	0
12	0	0.660	0	0	0.660	1.17	1.17	1.41	0.070	0.070	0.660	0
13	0	0.750	0	0	0.750	0.950	0.950	1.17	0.070	0.070	0.750	0
14	0.020	0.020	0.020	0.020	1.17	1.17	1.17	0.848	0.070	0.070	0.020	0
15	0.020	0.020	0.020	0.020	0.848	1.29	1.29	1.05	0.170	0.170	0.020	0
16	0.060	0.060	0.060	0.060	0.750	1.05	1.05	1.17	0.170	0.170	0.060	0
17	0.080	0.080	0.080	0.080	1.17	2.39	2.39	0.950	0.120	0.120	0.080	0
18	0.080	0.080	0.080	0.080	0.848	1.17	1.17	0.848	0.120	0.120	0.080	0
19	0.120	0.120	0.120	0.120	0.848	0.750	0.750	0.950	0.120	0.120	0.120	0
20	0.120	0.120	0.120	0.120	0.580	0.950	0.950	1.29	0.070	0.070	0.120	0

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬总数					0.500	8.034	12.44	11.458	1.05			
旬平均					0.050	0.803	1.24	1.15	0.105			
21					0.120	0.580	1.05	1.05	0.070			
22					0.170	0.490	1.17	0.750	0.070			
23					0.170	0.750	1.41	0.340				
24					0.220	1.89	1.77	0.280				
25					0.410	0.680	1.77	0.340				
26					0.750	0.280	2.02	0.660				
27					0.490	0.490	3.28	0.950				
28					0.340	1.29	2.14	0.660				
29					0.410	1.17	2.02	0.660				
30					0.490	1.17	3.02	0.580				
31					0.580		2.02	0.580				
旬总数					4.150	8.77	21.67	6.85	0.140			
旬平均					0.377	0.877	1.97	0.623	0.014			
月 总 数					4.650	22.574	45.868	27.616	4.25			
月 平 均					0.150	0.752	1.46	0.891	0.142			
月 最 大					1.77	2.90	5.92	2.52	1.05			
日 期					26	24	29	15	2			
月 最 小					0	0.080	0.340	0.220	0			
日 期					1—13	10	4	24	23—30			
年统计	年总数 104.458				最大流量 5.92 7 月 29 日			最小流量 0 5 月 1—13 9 月 12—30 日			平均流量0.679	
	径流量 $902.5 \times 10^4 \text{ m}^3$				径流模数 23.5 L/s·km ²			径流深度 312 mm				

制表：杨新元 韩添丁

表4 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1995年逐日平均气温表(°C)

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-18.1	-12.6	-11.9	-20.4	-3.7	0.2	3.1	1.8	5.0	2.5	-2.9	-18.3
2	-14.3	-10.1	-11.1	-17.3	-2.0	1.6	2.2	0.8	5.4	1.0	-3.4	-12.9
3	-14.1	-9.3	-9.1	-14.7	-3.3	1.6	3.6	2.8	2.2	1.6	-2.1	-10.9
4	-15.6	-4.9	-16.2	-16.5	-5.1	3.4	4.6	3.6	-2.3	1.9	-6.9	-8.9
5	-17.6	-7.3	-14.3	-15.7	-6.4	2.8	4.5	6.2	-1.1	2.2	-9.6	-7.8
6	-18.2	-5.4	-11.4	-13.2	-6.0	2.9	5.7	5.0	3.6	-3.2	-10.5	-5.4
7	-20.9	-8.9	-12.0	-8.2	-4.8	2.9	5.2	4.0	0.9	-7.8	-10.3	-10.2
8	-22.7	-4.2	-11.8	-7.4	2.5	-0.2	4.6	2.1	-3.6	-5.8	-7.5	-13.4
9	-19.6	-10.4	-7.2	-9.2	-3.1	-1.6	1.1	-1.7	-0.4	-5.0	-9.2	-9.6
10	-15.6	-9.2	-3.7	-10.4	-13.1	2.1	2.1	0.5	2.2	-6.1	-8.7	-13.4
旬总数	-171.7	-82.3	-108.7	-133.0	-45.0	15.7	36.7	24.1	11.4	-18.7	-71.1	-105.8
旬平均	-17.2	-8.2	-10.9	-13.3	-4.5	1.6	3.7	2.4	1.1	-1.9	-7.1	-10.6
11	-16.3	-8.8	-3.3	-11.6	-12.1	3.1	2.5	-0.6	1.9	-8.5	-2.8	-17.1
12	-19.6	-8.2	-6.2	-12.4	-7.9	2.1	1.5	-0.4	3.3	-7.0	-3.5	-16.2
13	-18.7	-9.0	-8.0	-9.7	-6.3	1.5	3.4	2.7	1.4	-5.0	-4.6	-15.3
14	-20.0	-9.7	-7.7	-5.0	-8.0	-0.2	3.0	2.8	4.2	-4.6	-8.7	-15.4
15	-21.0	-11.6	-15.6	-0.3	-4.4	4.6	2.2	1.0	4.2	-4.9	-8.1	-19.6
16	-16.3	-10.7	-11.5	-1.4	-4.0	1.9	4.9	1.9	3.5	-4.8	-9.7	-19.1
17	-14.3	-14.5	-13.3	-3.9	-2.4	-0.5	4.1	4.5	2.3	-4.3	-9.4	-15.8
18	-13.1	-19.7	-15.2	-4.2	-7.9	-1.3	2.5	6.5	3.2	-5.5	-12.4	-12.1
19	-16.7	-16.3	-15.6	-5.0	-4.3	0.9	2.0	4.1	3.0	-8.2	-17.2	-13.2
20	-19.6	-16.6	-14.6	-5.6	-1.8	1.8	3.8	0.9	3.9	-5.2	-14.2	-14.1

日	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬总数		-175.5	-125.1	-111.0	-59.1	13.9	23.4	29.9	30.9	-58.0	-90.6	-157.9	
旬平均		-17.6	-12.5	-11.1	-5.9	1.4	2.3	3.0	3.1	-5.8	-9.1	-15.8	
21		-19.1	-18.5	-13.5	0.6	0.2	3.3	4.3	0.2	4.5	-6.1	-11.6	-13.3
22		-17.4	-19.1	-12.1	2.0	2.6	3.4	4.8	-0.2	3.0	-6.5	-11.5	-16.0
23		-15.4	-17.9	-10.6	2.3	0.2	4.5	6.9	-0.2	4.0	-9.8	-10.9	-12.3
24		-16.0	-18.8	-9.5	3.9	1.6	-0.8	7.6	2.1	-1.2	-9.6	-15.5	-9.3
25		-16.4	-21.2	-9.1	2.1	4.1	-2.3	6.5	3.3	-0.1	-8.0	-12.9	-6.5
26		-9.6	-19.9	-10.5	-4.4	1.4	-0.7	4.9	1.7	2.4	-13.0	-9.6	-9.5
27		-13.2	-16.4	-11.5	-4.9	-4.4	1.7	4.7	-1.7	2.3	-8.5	-12.2	-10.0
28		-11.1	-14.8	-11.5	-0.6	-1.6	5.6	5.3	2.7	2.0	-5.7	-15.8	-16.3
29		-7.8	-7.8	-8.7	-3.8	-1.1	4.8	7.1	6.3	-1.6	-6.0	-11.4	-19.7
30		-10.0	-10.0	-8.8	-6.8	-1.7	5.1	2.6	5.8	1.4	-5.9	-11.0	-15.3
31		-10.2	-10.2	-15.0		0.5		1.8	5.2		-4.0		-15.6
旬总数		-146.2	-146.6	-120.4	-9.8	1.8	24.6	56.5	25.2	16.7	-83.7	-122.4	-143.8
旬平均		-13.3	-18.3	-10.9	-1.0	0.2	2.5	5.1	2.3	1.7	-7.6	-12.2	-13.1
总数		-493.4	-354.0	-340.1	-202.2	-102.3	54.2	123.1	72.7	59.0	-160.4	-284.1	-407.5
平均		-15.9	-12.6	-11.0	-6.7	-3.3	1.8	4.0	2.3	2.0	-5.2	-9.5	-13.1
最高		-2.5	0.0	3.8	7.8	8.4	11.6	13.3	12.5	10.5	10.9	3.0	0.0
日期		29	8	11	25	25	28	23	29	2	4	3	25
最低		-25.2	-26.0	-20.0	-23.2	-18.2	-4.3	-2.4	-4.3	-6.8	-20.0	-19.6	-23.1
日期		8	25	19	2	11	18	10	12	8	26	19	29
年统计		最高气温	13.9	7月23日	最低气温	-26.0	2月25日	平均气温	-5.6				

制表：杨新元 韩颖丁

表5 乌鲁木齐河源空冰斗水文点1993年逐日平均气温表(℃)

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-13.0	-12.5	-10.6	-20.8	-5.0	-0.2	2.5	0.2	3.3	1.9	-4.6	-13.0
2	-14.2	-10.7	-10.0	-17.9	-3.6	0.9	1.2	-1.1	5.0	0.5	-5.4	-13.2
3	-14.7	-9.8	-8.0	-15.0	-4.9	-0.1	1.5	0.5	0.5	0.3	-4.0	-10.7
4	-16.0	-5.8	-15.1	-17.0	-6.3	1.8	3.4	1.0	-3.6	1.0	-8.1	-9.1
5	-18.0	-8.7	-13.5	-15.9	-8.0	1.4	2.2	2.9	-2.1	0.9	-10.4	-8.2
6	-18.5	-5.9	-10.7	-12.8	-7.0	1.7	2.8	3.0	2.2	-4.0	-11.7	-8.6
7	-21.6	-10.0	-11.3	-8.8	-5.9	1.8	2.4	2.1	-0.4	-7.6	-10.8	-10.4
8	-22.6	-5.0	-10.3	-7.1	1.0	-0.8	2.4	1.6	-4.6	-5.8	-7.8	-15.2
9	-19.0	-10.8	-6.8	-9.5	-2.9	-2.1	0.6	-0.8	-0.4	-5.8	-9.5	-10.3
10	-13.4	-9.3	-1.9	-11.9	-12.1	0.5	1.2	0.3	1.0	-3.7	-10.6	-14.1
旬总数	-171.0	-88.5	-98.2	-136.7	-54.7	4.9	20.2	9.7	0.9	-25.3	-82.9	-110.3
旬平均	-17.1	-8.9	-9.8	-13.7	-5.5	0.5	2.0	1.0	0.0	-2.5	-8.3	-11.1
11	-15.4	-9.2	-0.9	-12.5	-12.0	1.4	2.0	-0.2	0.8	-8.7	-4.3	-17.4
12	-18.7	-8.8	-5.1	-12.8	-7.8	1.1	0.7	-0.1	2.4	-8.5	-5.3	-17.9
13	-17.8	-9.4	-7.0	-9.6	-6.9	0.1	1.5	1.4	0.5	-5.5	-6.2	-17.3
14	-19.3	-10.1	-6.7	-5.7	-8.5	-0.5	2.5	1.6	3.1	-5.5	-10.6	-17.2
15	-21.0	-12.0	-15.3	-0.5	-5.9	3.6	1.7	1.3	1.5	-6.4	-10.0	-20.4
16	-14.7	-10.7	-11.8	-1.0	-6.3	1.1	3.4	1.4	2.0	-6.1	-9.9	-19.6
17	-13.6	-13.6	-13.1	-4.2	-3.9	0.0	2.8	2.9	1.0	-5.4	-8.9	-15.6
18	-12.4	-19.0	-15.7	-4.6	-9.0	-1.5	1.3	4.0	1.4	-7.1	-12.8	-12.2
19	-15.7	-15.0	-15.6	-5.5	-6.5	0.1	0.7	1.9	2.3	-7.1	-18.2	-13.7
20	-20.2	-15.9	-14.9	-5.3	-4.8	1.4	1.7	-0.4	2.8	-6.1	-14.4	-15.1

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬总数	-168.8	-123.7	-105.1	-61.1	-71.6	6.8	18.3	13.8	17.8	-66.4	-100.6	-166.4
旬平均	-16.9	-12.4	-10.6	-6.1	-7.2	0.7	1.8	1.4	1.8	-6.6	-10.1	-16.6
21	-18.8	-17.5	-14.1	0.3	-1.4	3.1	1.9	-0.7	3.0	-7.0	-13.2	-13.6
22	-16.1	-18.5	-12.0	1.0	1.1	2.8	3.8	-1.7	3.0	-7.4	-11.6	-17.5
23	-14.8	-17.4	-11.0	1.4	-0.9	3.9	4.7	-2.2	4.0	-9.9	-11.0	-12.7
24	-15.0	-17.6	-9.6	3.4	-0.1	-1.2	6.1	-0.3	-1.9	-10.3	-16.1	-10.9
25	-15.7	-19.6	-8.9	1.9	2.3	-2.8	5.3	1.2	-1.3	-8.9	-14.0	-6.8
26	-8.7	-18.0	-10.3	-5.2	1.0	-1.5	3.7	0.2	1.3	-17.0	-9.8	-9.8
27	-12.9	-15.3	-11.1	-5.5	-3.5	2.4	3.5	-2.8	0.9	-9.7	-12.4	-10.6
28	-10.0	-14.0	-9.1	-1.2	-1.9	3.5	3.7	0.1	1.4	-5.9	-16.4	-16.6
29	-6.7	-9.1	-9.1	-4.6	-2.8	3.2	5.5	2.5	-2.3	-7.6	-12.1	-18.9
30	-9.0	-9.3	-9.3	-7.2	-2.6	3.8	2.0	1.9	0.9	-7.7	-11.9	-16.4
31	-10.5	-15.3	-15.3	-7.2	-0.8	0.5	0.5	1.5	1.5	-5.7	-11.9	-15.5
旬总数	-138.2	-137.9	-119.8	-15.7	-9.6	17.2	40.7	-0.3	9.0	-97.1	-128.5	-149.3
旬平均	-12.6	-17.2	-10.9	-1.6	-0.9	1.7	3.7	0.0	0.9	-8.8	-12.9	-13.6
总 数	-478.0	-350.1	-324.1	-213.5	-135.9	28.9	79.2	23.2	27.7	-188.8	-312.0	-426.5
月 平 均	-15.4	-12.5	-10.5	-7.1	-4.4	1.0	2.6	0.7	0.9	-6.1	-10.4	-13.8
最 高	-2.5	-0.9	4.0	6.6	6.6	9.6	11.1	9.1	9.5	6.9	1.3	-2.5
日 期	29	4	11	24	25	28	24	6	2	1	2	6
最 低	-9.2	-24.2	-20.0	-23.0	-16.7	-4.9	-3.4	-5.2	-8.0	-21.0	-18.4	-24.0
日 期	29	25	19	2	11	18	10	27	8	26	20	29
年统计	最高气温	11.1	7 月 24 日	最低气温	-24.2	2 月 25 日	平均气温	-6.3				

制表：杨新元 韩晓丁

表6 乌鲁木齐河源控制水文点1993年逐日平均气温表 (℃)

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-12.4	-10.5	-8.3	-13.3	-1.4	1.3	5.7	1.9	5.3	2.5	-4.3	-14.5
2	-13.4	-8.0	-8.0	-14.9	-0.8	2.1	4.0	3.1	7.0	0.8	-4.5	-12.6
3	-14.2	-8.9	-7.0	-12.6	-2.5	2.4	4.0	4.4	2.8	1.3	-2.8	-9.6
4	-12.9	-2.9	-14.5	-13.5	-3.2	3.6	4.2	3.7	-3.0	1.7	-9.9	-8.6
5	-15.3	-9.1	-10.4	-13.5	-3.8	4.0	3.8	4.3	-2.4	2.0	-9.8	-7.1
6	-16.8	-4.5	-8.6	-9.6	-3.8	4.2	5.8	6.0	4.5	4.5	-11.0	-5.6
7	-19.7	-8.4	-9.3	-6.9	-2.3	4.3	6.8	5.4	3.3	-7.3	-9.6	-12.5
8	-23.2	-2.9	-8.1	-5.6	4.8	1.5	5.1	4.4	-1.8	-7.8	-8.9	-13.3
9	-20.4	-11.5	-4.0	-5.9	-2.6	0.5	2.6	1.2	-0.9	-6.3	-9.8	-9.0
10	-15.8	-7.5	-1.5	-7.1	-10.4	3.2	3.4	2.8	2.2	-7.4	-8.3	-14.2
旬总数	-164.1	-75.1	-80.7	-107.9	-26.0	27.1	45.4	37.2	17.0	-25.0	-78.7	-109.0
旬平均	-16.4	-7.6	-8.1	-10.8	-2.6	2.7	4.5	3.7	1.7	-2.5	-7.9	-10.9
11	-17.3	-6.7	1.7	-9.7	-11.0	4.0	3.5	0.8	3.6	-8.4	-2.8	-19.7
12	-19.5	-5.9	-4.1	-11.1	-5.9	2.7	2.6	2.1	3.8	-8.6	-3.0	-19.5
13	-18.2	-6.7	-5.4	-7.7	-4.1	2.0	3.8	3.7	1.3	-6.0	-3.6	-18.9
14	-18.7	-8.5	-6.8	-3.4	-5.4	1.4	4.1	3.8	5.3	-5.3	-8.7	-15.9
15	-20.9	-9.4	-13.0	0.3	-2.1	5.8	3.5	3.2	3.6	-6.0	-10.9	-20.8
16	-18.2	-8.1	-10.4	1.3	-2.6	3.4	6.0	4.1	2.8	-5.3	-11.8	-21.2
17	-16.9	-13.3	-12.2	-0.9	-0.6	1.9	4.8	6.5	2.9	-5.3	-7.9	-16.9
18	-14.1	-17.9	-13.2	-0.7	-6.4	1.7	3.6	6.7	2.2	-6.7	-12.9	-17.5
19	-15.7	-15.1	-14.1	-2.0	-3.5	2.2	3.1	4.9	3.8	-6.6	-17.6	-15.0
20	-17.7	-14.9	-11.4	-2.4	-0.7	4.2	4.3	2.4	4.0	-4.5	-14.0	-15.3

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬总数	-177.2	-105.5	-88.9	-86.3	-42.3	29.3	39.3	37.2	33.3	-62.7	-93.2	-180.2
旬平均	-17.7	-10.6	-8.9	-3.6	-4.2	2.9	3.9	3.7	3.3	-6.3	-9.3	-18.0
21	-18.2	-15.8	-11.3	1.6	1.8	4.1	4.0	2.5	3.8	-5.4	-13.1	-13.9
22	-16.4	-15.9	-9.7	0.9	4.0	4.6	5.8	1.3	3.1	-5.8	-12.6	-17.6
23	-14.1	-15.1	-8.3	4.3	1.9	4.6	7.6	1.2	3.8	-10.0	-10.0	-13.0
24	-15.9	-15.8	-7.8	6.7	2.2	1.0	7.5	3.5	0.2	-8.3	-15.4	-10.9
25	-15.2	-17.4	-8.3	4.4	5.2	0.2	5.8	4.1	-0.4	-8.3	-13.1	-9.1
26	-8.3	-17.6	-9.5	-3.8	1.5	1.2	5.4	3.5	2.0	-17.0	-8.8	-10.4
27	-11.8	-14.4	-8.9	-3.7	-1.7	4.6	5.2	0.8	2.1	-10.0	-12.9	-10.6
28	-12.6	-12.0	-8.6	0.8	0.4	4.9	5.6	4.0	1.6	-7.0	-17.4	-15.9
29	-8.4		-6.3	-2.7	-0.3	4.6	7.2	3.3	-1.4	-7.7	-11.8	-20.3
30	-8.8		-6.1	-4.4	0.0	5.3	4.5	5.3	1.9	-7.9	-12.6	-15.7
31	-9.6		-13.4		1.6		3.3	4.3		-5.8		-15.9
旬总数	-139.3	-124.0	-98.2	4.1	16.6	35.1	61.9	33.9	16.7	-93.2	-127.7	-153.3
旬平均	-12.7	-15.5	-8.9	0.4	1.5	3.5	5.6	3.1	1.7	-8.5	-12.8	-13.9
总数	-430.6	-304.6	-267.8	-140.1	-51.7	91.5	146.6	108.3	67.0	-180.9	-299.6	-442.5
平均	-16.5	-10.9	-8.6	-4.7	-1.7	3.1	4.7	3.5	2.2	-5.8	-10.0	-14.3
最高	-1.2	2.2	6.9	10.4	10.2	11.9	13.6	12.0	11.5	9.5	2.9	-2.4
日期	29	8	11	24	25	28	29	18	2	1	2	6
最低	-25.5	-25.1	-19.2	-22.0	-16.6	-3.3	-0.7	-3.0	-7.5	-19.9	-21.0	-25.5
日期	8	25	19	2	11	14	5	4	29	26	19	29
年统计	最高气温 13.6	7月29日	最低气温 -25.5	12月29日	平均气温 -4.8							

制表：杨新元 韩添丁

表 7 天山冰川观测试验站基本数据 1993 年逐日平均气温表 (°C)

日	月											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-10.6	-9.0	-6.4	-10.4	4.7	8.0	12.3	9.0	12.4	7.9	0.3	-11.0
2	-10.2	-6.8	-4.2	-8.5	5.0	9.7	12.0	8.6	12.0	7.9	-0.8	-11.0
3	-11.1	-5.3	-6.9	-7.0	5.6	9.6	11.2	8.3	8.1	6.9	-1.0	-10.8
4	-13.2	1.8	-8.1	-10.2	5.5	11.4	12.6	10.1	5.3	7.8	-4.2	-9.1
5	-15.3	-6.8	-8.1	-6.7	2.0	10.1	11.5	10.7	5.4	3.7	-5.3	-6.7
6	-15.8	-3.9	-6.3	-6.3	3.4	11.8	14.3	11.8	9.0	1.3	-6.2	-8.0
7	-17.8	-2.6	-4.4	-0.9	6.3	11.0	12.9	12.7	6.2	-0.9	-3.1	-7.2
8	-21.2	-2.0	-3.6	0.8	9.6	9.2	11.4	10.3	5.4	-1.2	-3.9	-8.9
9	-18.7	-5.0	-1.4	0.6	1.2	8.8	11.2	9.4	6.0	-0.4	-2.4	-7.5
10	-17.4	-5.9	-4.5	-1.0	-4.4	10.2	11.4	9.6	8.0	1.8	-2.6	-10.4
旬总数	-151.5	-45.5	-44.9	-49.6	38.9	100.8	121.1	101.5	77.8	34.8	-28.2	-60.6
旬平均	-15.2	-4.6	-4.5	-5.0	3.9	10.1	12.1	10.2	7.8	3.5	-2.8	-9.1
11	-15.9	-5.9	2.5	-1.5	-3.4	10.2	11.0	9.8	7.6	-0.1	3.6	-15.6
12	-16.0	-6.3	-0.2	-2.5	2.2	11.9	10.3	10.0	8.9	-0.8	1.8	-16.8
13	-16.8	-3.8	1.7	1.0	2.7	9.2	10.9	10.5	9.2	-0.1	-1.8	-16.4
14	-15.6	-3.8	-3.5	5.4	4.1	11.3	12.4	11.7	9.3	1.0	-5.5	-13.3
15	-15.8	-6.9	-5.6	7.2	5.7	12.1	10.6	11.3	8.2	1.1	-9.3	-13.4
16	-16.3	-6.7	-4.8	7.2	8.2	11.9	13.0	11.4	8.7	1.3	-7.7	-16.8
17	-15.3	-9.2	-5.3	4.4	5.6	10.1	12.9	12.3	8.9	1.6	-6.2	-16.1
18	-13.4	-11.5	-5.6	6.6	2.0	8.7	11.8	13.1	8.8	1.3	-9.1	-14.0
19	-14.9	-14.1	-6.3	1.6	4.3	9.5	13.2	13.8	9.9	1.0	-12.7	-12.0
20	-11.3	-10.9	-4.9	3.1	7.7	9.6	11.4	9.9	10.1	1.4	-11.5	-9.4

日 \ 月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
旬总数		-151.3	-77.9	-33.0	32.7	39.1	104.5	115.0	113.8	89.8	7.7	-58.5	-143.8	
旬平均		-15.1	-7.8	-3.3	3.3	3.9	10.5	11.5	11.4	9.0	0.8	-5.9	-14.4	
21		-15.0	-9.5	-2.9	7.7	9.5	11.2	12.4	10.2	11.0	1.9	-8.7	-11.9	
22		-14.7	-10.6	-2.5	9.9	9.6	11.3	13.0	8.4	10.5	-0.8	-8.2	-11.1	
23		-13.9	-11.4	-2.2	8.6	9.9	12.0	12.5	8.3	10.0	-2.2	-7.7	-11.7	
24		-14.8	-14.6	0.1	11.1	10.5	9.5	14.3	10.1	4.1	-0.4	-10.1	-8.5	
25		-11.3	-12.9	-1.2	4.8	10.8	8.3	14.0	10.2	5.2	-3.6	-9.1	-9.9	
26		-10.4	-13.1	-0.8	2.9	8.2	8.4	11.8	11.3	4.8	-8.9	-9.2	-6.3	
27		-9.3	-10.4	-1.0	2.4	5.5	11.6	12.8	9.1	6.5	-7.0	-8.6	-6.0	
28		-10.9	-7.5	-0.8	5.7	8.0	13.1	13.8	9.8	6.0	-3.8	-9.9	-13.5	
29		-7.7		1.5	1.8	7.2	13.6	14.1	11.6	4.9	-2.0	-9.9	-18.8	
30		-7.3		-1.7	3.3	8.7	14.1	11.8	12.5	6.2	-1.2	-10.0	-17.4	
31		-6.6		-8.8		10.1		8.6	11.3		-0.2		-17.8	
旬总数		-121.9	-90.0	-20.3	58.2	98.0	113.1	139.1	112.8	67.2	-28.0	-91.4	-133.4	
旬平均		-11.1	-11.3	-1.8	5.8	8.9	11.3	12.6	10.3	6.7	-2.5	-9.1	-12.1	
月 统 计	总数	-424.7	-213.4	-98.2	41.3	176.0	318.4	375.2	328.1	234.8	14.2	-178.1	-367.8	
	平均	-13.7	-7.6	-3.2	1.4	5.7	10.6	12.1	10.6	7.8	0.5	-5.9	-11.9	
	最高	6.4	14.4	10.7	22.6	23.2	22.4	22.1	23.1	23.6	19.3	14.4	13.1	
	日期	31	4	10	24	16	28	4	30	1	1	11	7	
	最低	-25.7	-22.0	-14.4	-19.5	-9.7	2.5	3.5	2.0	-2.6	-13.2	-16.5	-28.6	
日期	8	25	1	4	11	2	20	28	26	27	19	31		
年统计		最高气温 23.6				9月1日		最低气温 -28.6				12月31日		平均气温 0.5

制表: 杨新元 韩添丁

表8 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1993年逐日降水量表 (mm)

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						2.0	10.4	5.8				
2					2.6		7.4	1.0				
3					10.0		1.6					
4					3.1							
5					0.3	8.2	1.4					
6					2.8	5.2	0.6	9.7				
7					0.0	3.5	8.6	6.1				
8						6.5	2.4	4.1				
9					6.1	0.6	13.4	4.6				
10					0.1			13.2				
11					0.4	2.7	7.6	9.6				
12						0.0	9.2					
13					3.2	9.3	4.8					
14						1.5	4.6	11.3				
15					2.1	1.2	7.6	5.2				
16					0.3	18.6	9.8	1.4				
17					0.6	6.5	0.8					
18							2.0					
19					0.8	0.0	2.0					
20						1.3		5.2				
21						0.0	4.4	7.9				

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22					8.3	8.5	0.2	0.0				
23						1.7						
24						0.7	6.0	4.3				
25					9.8							
26					19.5	0.0	21.4	13.9				
27					12.6		0.3	0.4				
28					0.0	0.0	0.4					
29						4.5	6.1					
30					0.1		5.3	1.7				
31					0.4			1.3				
总 量	0	3.6	7.7	9.5	83.2	82.5	136.3	106.2	12.0	14.0	0.2	0.3
降水日数					21	22	25	19				
最大日降水量					19.5	18.6	21.4	13.9				
日期					26	18	26	26				
年统计	降水量 455.5		降水日数									

因1—4月和9—12月每星期观测一次,故只计月降水量

附注

制表:杨新元 韩添丁

表9 乌鲁木齐河源头冰斗水文点1993年逐日降水量表 (mm)

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						3.1	4.3	6.5				
2					4.5		4.0	2.7				
3					7.0		2.0					
4					1.3							
5					0.3	10.6	2.0					
6					2.5	3.8	1.0	11.4				
7					0.0	2.7	4.0	7.0				
8						7.4	5.5	4.1				
9					4.6	2.4	8.0	4.2				
10					0.3		1.0	12.8				
11					0.6		4.8	8.8				
12							8.6					
13					2.7	11.6	5.0					
14						2.6	4.0	12.1				
15					3.0		5.0	3.2				
16					0.2	12.5	9.7					
17					0.4	7.0	1.5					
18							2.5					
19					0.5		2.5	5.4				
20						2.1		8.6				
21						0.5	0.0					

日	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22						0.4							
23						8.1	12.2						
24						2.1	0.6	0.7					
25						8.6	0.6	6.8	4.4				
26						24.0	0.8	19.3	15.4				
27						9.2		1.2	1.2				
28						0.1	2.5						
29							4.5	10.0					
30						0.2		2.5	0.6				
31						0.3			1.3				
总量		0	3.3	8.2	11.6	78.8	89.0	115.8	109.7	12.4	14.0	0.4	0.5
降水日数						22	18	25	17				
最大日降水量						24.0	12.5	19.3	15.4				
日期						26	16	28	26				
年统计		降水量 443.7		降水日数									

附注 因1—4月和9—12月每星期观测一次，故只计月降水总量

制表：杨新元 杨蕊丁

表10 乌鲁木齐河源头控制水文点1993年逐日降水量表 (mm)

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						6.0	7.4	3.5				
2					2.7		2.5					
3					6.5		0.0					
4					0.1		0.0					
5					0.0	5.0	0.1					
6					2.0	6.1		6.5				
7					0.0	4.0	1.9	6.0				
8						6.4	1.3	4.1				
9					6.4	1.0	8.5	4.6				
10					0.3		1.0	12.3				
11					0.0	2.5	7.8	10.0				
12						0.2	3.8	0.0				
13					0.9	16.0	3.1					
14						0.6	2.5	12.0				
15					2.1	0.0	8.5	2.0				
16					0.3	15.4	7.5	1.0				
17					0.7	4.2	1.2					
18						0.1	4.0					
19					0.8	0.0	2.1	4.5				
20						1.4		5.2				
21						1.6	4.8					

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日												
22					0.0	0.8						
23					7.3	14.0						
24					8.9	5.9	7.7					
25					26.8	2.3	7.2	6.0				
26						0.2	16.1	8.6				
27							0.8	1.0				
28						1.6						
29						1.6	13.5					
30							9.0					
31								1.3				
总量	0.9	4.7	15.5	7.3	65.8	96.5	117.3	88.6	14.5	14.0	1.9	0.4
降水日数					18	24	25	17				
最大日降水量					26.8	15.4	16.1	12.3				
日期					26	16	28	10				
年统计	降水量 427.4						降水日数					

附注 因1—4月和9—12月每星期观测一次，故只计月降水总量

制表：杨新元 韩懿丁

表11 天山冰川观测试验站基本营地1993年逐日降水量表 (mm)

日	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0.8			7.2	0.0	0.3			
2						3.4		5.7	7.8				
3				0.0	0.2	2.1		0.8	1.2				
4		0.2		0.5	2.0	1.3		3.2		9.4			
5			0.8	0.6		5.3		7.7		0.9			
6				0.4		0.0	2.8				0.8		
7			0.3	0.3			3.0	1.2		4.2	4.4		
8			0.6				6.2		12.6				1.6
9						3.6	3.1	5.8	4.9				
10					1.0	1.5	0.5						
11					2.0		2.1	15.3	8.7		2.9		
12					0.8		10.5	12.1					
13							6.8	0.9		5.1			
14								7.8					
15				0.7				6.8	5.6				
16						0.0		0.4	4.5				
17			3.4			2.7	5.7	3.5	2.5				
18			1.0	0.6		2.7	2.7						
19					0.8		3.1	3.8	0.2			0.2	
20							4.1		11.6				
21							2.2	0.8					

日	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22							0.8		5.2		2.5		1.3
23						9.3	0.0		2.3		1.5		
24				0.0		4.3	10.3			2.1			
25			0.4			1.7	2.9	6.3	1.6				
26					0.8	11.5	3.2	2.3	10.2		1.7	0.0	
27		0.6		0.8		16.1		3.8	14.0			0.1	
28		0.6			0.6								
29													
30								14.2	6.0				0.5
31				5.6				0.2					
总 量		1.4	6.5	10.5	8.5	60.0	80.3	109.0	98.9	22.0	13.8	0.3	3.4
降水日数		3	6	10	9	13	23	21	17	6	6	3	3
最大日降水量		0.6	3.4	5.6	2.0	16.1	10.5	15.3	14.0	9.4	4.4	0.2	1.6
日 期		27	17	31	4	27	12	11	27	4	7	19	8
年 统 计		降 水 量 415.4					降 水 日 数 120						
附 注													

制表：杨新元 韩裕丁

表12 乌鲁木齐河源1号冰川水文点1993年逐日平均相对湿度表(%)

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					30	65	76	48				
2					47	60	80	66				
3					84	71	67	40				
4					74	63	65	43				
5					56	69	66	43				
6					60	63	73	40				
7					56	62	64	74				
8					34	92	64	72				
9					72	85	97	94				
10					88	45	77	60				
旬总数					601	676	729	578				
旬平均					60	68	78	58				
11					74	57	82	93				
12					68	73	81	65				
13					94	75	74	42				
14					64	81	77	69				
15					52	40	78	84				
16					61	90	76	75				
17					52	83	77	47				
18					53	84	80	40				
19					36	53	79	69				
20					43	69	69	85				

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬总数					558	705	763	669				
旬平均					56	71	87	87				
21					42	65	66	69				
22					53	75	86	66				
23					74	68	53	61				
24					59	90	73	44				
25					68	97	74	65				
26					86	75	76	79				
27					85	68	70	74				
28					64	65	74	30				
29					68	67	55	33				
30					72	57	88	41				
31					67		70	51				
旬总数					736	717	755	613				
旬平均					67	72	69	56				
月 统计					1915	2097	2247	1860				
平均					62	70	72	60				
最小					15	17	25	10				
日期					19	2	29	1				

备注：相对湿度仅在冰川消融期观测

制表：杨新元 韩深丁

表13 乌鲁木齐河源空冰斗水文点1993年逐日平均相对湿度表(%)

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					36	77	78	54				
2					46	57	80	65				
3					83	74	67	49				
4					74	61	83	51				
5					51	66	61	52				
6					70	74	76	55				
7					63	59	70	87				
8					35	88	74	74				
9					78	80	93	90				
10					92	49	80	68				
旬总数					628	685	742	645				
旬平均					63	69	74	65				
11					73	60	88	96				
12					64	75	87	76				
13					68	76	78	46				
14					89	82	87	70				
15					63	45	84	90				
16					72	89	74	85				
17					80	86	87	56				
18					65	78	87	52				
19					46	54	86	76				
20					63	60	67	89				

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬 总 数					634	705	825	744				
旬 平 均					63	71	83	74				
21					63	70	63	73				
22					64	82	71	76				
23					78	67	54	71				
24					56	91	72	49				
25					70	86	74	72				
26					88	81	79	79				
27					83	60	75	75				
28					69	70	72	31				
29					72	73	59	37				
30					77	60	88	48				
31					74		84	57				
旬 总 数					778	740	791	689				
旬 平 均					71	74	72	61				
月 总 数					2041	2130	2385	2058				
月 平 均					66	71	76	66				
月 最 小					22	19	29	12				
月 日 期					2	5	23	1				

备注：相对湿度仅在冰川消融期观测

制表：杨新元 韩添丁

表 14 马营水开河源总控制水文点 1993 年逐日平均相对湿度表 (%)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					41	69	74	60				
2					60	57	81	46				
3					75	68	66	33				
4					60	67	74	55				
5					38	59	78	62				
6					60	61	82	44				
7					56	66	58	75				
8					32	92	65	74				
9					80	85	98	92				
10					84	61	76	63				
旬总数					586	675	752	604				
旬平均					59	68	75	60				
11					73	57	87	91				
12					59	73	86	78				
13					62	75	75	50				
14					53	75	81	68				
15					51	43	85	88				
16					65	81	69	86				
17					50	81	79	59				
18					52	81	79	47				
19					47	62	80	75				
20					47	53	58	91				

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬 总 数					559	681	789	733				
旬 平 均					56	68	79	73				
21					43	67	58	75				
22					55	73	70	65				
23					78	73	51	68				
24					56	94	80	44				
25					57	87	89	72				
26					83	71	91	73				
27					78	57	88	69				
28					65	67	73	38				
29					65	69	71	38				
30					70	65	86	49				
31					72		74	56				
旬 总 数					732	723	831	647				
旬 平 均					67	72	76	59				
总 数					1877	2099	2372	1984				
平 均					61	70	77	64				
最 小					16	15	21	14				
日 期					18	2	29	28				

备 注 相对湿度仪在冰川消融期观测

制表：杨新元 韩添丁

表15 天山冰川观测试验站基本营地1993年逐日平均相对湿度表(%)

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11	12
1	68	60	49	77	48	69	75	77	67	52	57	75
2	60	49	49	59	54	72	80	80	70	59	66	69
3	63	53	62	73	58	75	70	76	85	52	76	76
4	79	32	79	65	73	73	33	66	82	55	76	72
5	77	70	74	55	57	75	72	71	57	74	72	68
6	77	64	75	61	62	70	64	72	60	88	69	49
7	80	69	77	57	50	78	70	72	74	89	64	73
8	77	63	55	61	41	82	76	84	78	75	67	84
9	61	71	52	57	74	79	85	76	69	83	62	83
10	56	63	41	75	77	71	78	72	34	74	58	81
旬总数	703	594	613	634	504	742	733	746	716	699	667	729
旬平均	70	59	61	63	59	74	73	75	72	70	67	73
11	50	53	47	69	64	74	83	84	67	82	44	82
12	59	49	76	83	56	70	88	76	69	72	60	79
13	66	42	64	60	50	81	80	67	76	59	80	70
14	65	59	74	49	48	67	80	63	67	67	80	70
15	81	72	61	42	50	63	83	78	73	51	80	79
16	67	71	66	47	43	65	76	84	66	56	78	73
17	61	86	53	64	84	85	84	68	54	58	76	62
18	59	74	77	51	58	78	80	67	68	59	77	61
19	64	72	62	81	46	69	79	68	64	57	78	62
20	71	63	55	59	44	74	69	86	67	58	77	64

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
旬总数	648	637	655	605	523	726	802	746	610	619	730	702
旬平均	64	64	66	61	52	73	60	75	61	62	73	70
21	70	61	45	48	40	72	69	73	61	58	69	69
22	60	61	54	43	52	74	69	80	64	84	76	78
23	53	71	61	60	76	74	71	77	62	85	78	75
24	56	70	67	59	66	83	67	68	80	78	79	67
25	50	59	74	80	71	78	78	78	70	71	68	78
26	54	54	62	79	79	79	91	79	70	71	70	71
27	65	53	71	71	80	72	79	80	84	67	86	66
28	75	55	64	55	73	73	75	70	87	63	78	81
29	58		59	63	69	69	71	68	64	60	66	70
30	53		69	55	54	65	82	62	64	54	76	86
31	47		85		61		87	74		47		64
旬总数	639	484	711	613	721	739	889	809	656	733	746	811
旬平均	58	61	65	61	66	74	76	74	66	67	75	74
总数	1985	1715	1979	1852	1838	2307	2374	2301	2041	2056	2143	2242
月平均	64	61	64	62	50	74	77	74	68	66	71	72
月最小	19	11	7	7	11	27	21	22	15	11	25	20
月日期	31	13	10	18	15	15	4	30	23	30	11	6

制表: 杨新元 韩添丁

乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度 和冰舌进退变化(1992/1993)

陈要武 孙作哲

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

1 基本情况

(1) 测量方法 1号冰川表面运动速度是用020精密光学经纬仪,从控制点上对布设在冰内的花杆流速点进行重复前方交会,得到两次观测时流速点所处空间座标(x 、 y 、 z),经过计算相对位移,求得运动速度。

控制点布设原则主要考虑到两点:一是控制点尽量少,以便搬移测站时少而有效的缩短观测时间,减少观测中间因搬站时间过长而引起的观测误差;二是前方交会的三角形合理,使交会角不小于 20° 。根据上述原则我们建立了六个控制点,组成三条基线。基东—基西基线观测东支冰川e'排和西支冰川e排以上流速点;基V—基VII基线观测西支冰川d排以下各流速点;基VI—基V基线观测东支冰川d'排以下各流速点。

1号东、西支冰川我们每年在消融开始的5月份和消融基本结束的8月底,对运动速度各作一次观测,便得到冰川夏季、冬季和全年的运动速度资料。

(2) 资料整编 继1992年8月底之观测,于1993年5月中旬和8月底,对东、西支冰川各8排横剖面共计62个流速点作了观测,整理出表1(年运动速度)、表2(冬季运动速度)、表3(夏季运动速度)、表4(冬季和夏季流速比较表)、表5(流速点坐标)。

表1、表2、表3中的 U_{xy} (m)表示两次观测时段的运动距离。 U_{xy} (m/a)表示年流速,是两次观测时段的运动距离比以时间得出的日流速,再乘以365天而得到。表4中K值由夏季流速 U (m/d)除以冬季流速 U (m/d)而得到。

(3) 主要资料说明 坐标系规定以 x 为纵坐标, y 为横坐标, z 为竖直方向上的坐标。 U_x 、 U_y 、 U_z 是分别平行于 x 、 y 、 z 轴的速度分量; U_{xy} 为速度的水平分量; $U_{xy} = (U_x^2 + U_y^2)^{1/2}$,误差一般不超过其本身数量的10%; α 为运动速度的方向(误差一般不超过 $\pm 2^\circ$); U_{xy} (m/a)为直接或经过计算而获得的年流速。

2 对当年度运动速度的粗略认识

(1) 通过对速度场的空间、时程变化分析,该冰川本测量年度内速度的空间分布与前几年相比,变化基本不大。将本年度的速度与1992年度速度比较显示出,东支冰川

表1 年运动速度

观测日期: 1992.8.30—1993.9.3								
点名	U_x (m)	U_y (m)	U_{xy} (m)	U_z (m)	α (度、分)	U_{xy} (m/a)		
a' ₃	0.424	3.723	3.747	+0.39	83 30	3.72		
b' ₁	0.273	0.357	0.449	-2.47	52 41	0.44		
b' ₂	1.351	2.579	3.001	0.05	63 14	2.96		
b' ₃	1.220	4.316	4.486	-0.02	74 13	4.45		
b' ₄	1.499	3.953	4.227	-0.24	69 14	4.20		
c' ₁	0.673	0.743	1.002	0.06	47 48	0.99		
c' ₂	2.075	3.712	4.252	0.11	60 48	4.20		
c' ₁	1.612	1.620	2.285	0.29	45 09	2.26		
c' ₂	2.992	4.176	5.137	-0.47	54 23	5.07		
c' ₃	2.979	4.066	5.041	-0.60	53 46	5.00		
c' ₄	4.353	5.527	7.035	-1.70	51 47	6.97		
d' ₁	1.965	0.986	2.199	-0.12	26 39	2.19		
d' ₂	4.696	2.281	5.220	-0.22	25 55	5.15		
d' ₃	4.830	2.155	5.289	-0.13	24 03	5.22		
d' ₄	4.751	2.266	5.264	-0.11	25 30	5.22		
d' ₅	2.501	0.653	2.584	-0.92	14 38	2.56		
b ₂	-2.159	3.886	4.428	0.54	119 11	4.34		
b ₃	-2.771	5.044	5.755	-0.28	118 47	5.66		
c ₁	-0.398	2.674	2.703	-1.26	98 22	2.66		
c ₃	-2.908	5.987	6.656	-1.51	115 54	6.53		
d ₂	0.306	6.572	6.579	-2.89	87 20	6.46		
d ₃	0.517	8.329	8.345		86 27	8.21		
d ₄	1.090	7.899	7.974	-1.74	82 09	7.85		
d ₅	1.507	6.345	6.521	-1.60	76 38	6.42		

观测日期: 1992.8.31—1993.9.4								
点名	U_x (m)	U_y (m)	U_{xy} (m)	U_z (m)	α (度、分)	U_{xy} (m/a)		
e' ₁	2.828	0.611	2.893	-0.46	12 11	2.85		
e' ₂	4.697	0.853	4.774	-0.97	10 18	4.71		
e' ₃	4.896	0.780	4.957	-1.04	9 03	4.89		
c' ₄	5.243	0.807	5.305	-1.18	8 45	5.22		

表 1 (续)

点 名	观测日期: 1992. 8. 31—1993. 9. 4					
	U_x (m)	U_y (m)	U_{xy} (m)	U_z (m)	α (度、分)	U_{xy} (m/a)
e's	7.452	0.361	7.461	-1.57	2 46	7.34
f'1	2.219	0.442	2.263	-0.64	11 16	2.23
f'2	4.364	0.888	4.453	-0.81	11 30	4.38
f'3	4.970	0.964	5.063	-1.05	10 59	4.96
f'4	4.942	0.902	5.024	-1.24	10 21	4.93
f'5	5.139	0.539	5.167	-1.39	5 59	5.07
g'1	0.425	0.228	0.482	-0.25	28 14	0.47
g'2	3.541	1.327	3.781	-0.67	20 32	3.72
g'3	3.968	1.305	4.177	-0.78	18 12	4.12
g'4	4.079	1.194	4.250	-1.03	16 19	4.20
g'5	6.114	0.660	5.157	-1.18	7 22	5.07
h'1	1.476	1.512	2.113	-0.86	45 41	2.19
h'2	3.246	1.038	3.408	-1.01	17 44	3.36
e1	0.599	2.537	2.606	-0.17	76 43	2.56
e2	1.607	7.469	7.640	-1.30	77 51	7.52
e3	2.326	7.434	7.789	-1.89	72 37	7.67
e4	2.612	6.930	7.406	-1.80	69 21	7.30
e5	2.215	4.586	5.093	-0.17	64 13	5.00
f1	1.917	3.980	4.418	-1.02	64 17	4.34
f3	2.835	5.835	6.487	-1.04	64 05	6.39
f4	2.785	5.627	6.278	-0.96	63 40	6.17
f5	2.380	4.965	5.148	-1.11	62 28	5.07
g+1	1.795	4.070	4.449	-0.42	66 12	4.88
g+2	2.628	5.928	6.484	-0.89	66 05	6.39
g1	1.303	2.685	2.984	-0.27	64 07	2.92
g2	2.727	5.838	6.443	-0.66	64 58	6.35
g3	2.662	5.603	6.203	-1.05	64 35	6.10
g4	2.763	5.243	5.926	-1.30	62 13	5.84
g5	2.710	3.554	4.469	-1.63	52 41	4.38
h1	5.455	8.897	10.436	-1.16	58 29	10.26
h2	3.108	5.073	5.950	-0.93	58 30	5.84
h3	2.966	5.115	5.913	-1.16	59 53	5.80
h4	2.837	5.473	6.165	-1.18	62 36	6.06
h5	2.955	4.672	5.528	-1.58	57 41	5.44

表 2 冬季运动速度

观测日期: 1992. 8. 30—1993. 5. 19

点	名	U_x (m)	U_y (m)	U_{xy} (m)	U_z (m)	α (度, 分)	U_{xy} (m/a)
a'2		0.390	2.111	2.147	0.03	79 31	83 34
a'3		0.299	2.652	2.669	0.13	83 34	36 58
b'1		0.395	0.298	0.495		36 58	65 23
b'2		0.829	1.810	1.991	0.03	65 23	72 11
b'3		0.989	3.076	3.231	-0.00	72 11	66 17
b'4		1.300	2.960	3.232	-0.31	66 17	45 18
c'+1		0.636	0.643	0.905	0.03	45 18	62 37
c'+2		1.371	2.646	2.980	0.06	62 37	45 50
c'1		1.081	1.113	1.552	0.12	45 50	54 53
c'2		2.148	3.055	3.734	-0.72	54 53	54 17
c'3		2.121	2.951	3.635	-0.46	54 17	24 43
c'4		1.817	2.387	3.000	-0.70	52 43	24 42
d'1		1.299	0.597	1.430	-0.07	24 42	25 39
d'2		3.415	1.640	3.728	-1.35	25 39	24 28
d'3		3.575	1.627	3.927	-0.08	24 28	14 58
d'4		3.475	1.612	3.830	-0.05	24 53	117 59
d'5		1.917	0.513	1.984	-0.65	14 58	98 17
a		-0.114	0.214	0.243	-0.14	117 59	118 48
b1		-0.226	1.555	1.571	0.40	98 17	101 54
b2		-1.393	2.534	2.892	-1.33	118 48	88 06
b3		-1.981	3.144	3.716	-0.22	122 13	87 05
c1		-0.304	1.914	1.938	-2.14	99 02	82 26
c2		-0.971	4.596	4.697	-2.66	101 54	76 04
c3		-2.009	4.148	4.609	-0.76	115 51	
d2		0.149	4.505	4.507	-2.69	88 06	
d3		0.287	5.617	5.624	-2.96	87 05	
d4		0.715	5.378	5.425	-1.19	82 26	
d5		1.063	4.282	4.412	-1.10	76 04	

表 2 (续)

点 名	观测日期: 1992. 8. 31—1993. 5. 20					α (度,分)	U_{xy} (m/a)
	U_x (m)	U_y (m)	U_{yx} (m)	U_z (m)			
e'_1	2.218	0.372	2.249	-0.30	6 31		
e'_2	3.477	0.547	3.520	-0.66	8 57		
e'_3	3.356	0.430	3.384		7 18		
e'_4	3.698	0.512	3.733	-1.20	7 63		
e'_5	3.066	0.049	3.066	-0.69	0 55		
f'_1	1.382	0.212	1.398	-0.49	8 43		
f'_2	3.311	0.646	3.374	-0.56	11 03		
f'_3	3.499	0.560	3.544	-0.61	9 05		
f'_4	3.356	0.550	3.401	-0.86	9 19		
f'_5	3.704	0.328	3.718	-0.97	5 04		
g'_1	0.427	0.173	0.461	-0.17	22 07		
g'_2	2.516	0.830	2.650	-0.46	18 15		
g'_3	2.912	0.872	3.039	-0.50	16 40		
g'_4	3.043	0.793	3.145	-0.73	14 36		
g'_5	3.534	0.468	3.565	-0.74	7 32		
h'_1	1.487	1.053	1.822	-0.65	35 19		
e_1	0.320	1.633	1.664	-0.16	78 55		
e_2	1.089	5.115	5.230	-0.87	77 59		
e_3	1.488	5.065	5.279	-1.26	73 38		
e_4	1.748	4.710	5.024	-1.25	69 38		
e_5	1.545	3.163	3.520	-0.25	63 58		
f_1	1.218	2.650	2.916	-0.73	65 18		
f_3	1.493	3.596	3.893	-0.74	67 27		
f_4	1.879	3.846	3.281	-0.71	63 58		
f_5	1.036	2.738	2.927	-0.79	69 17		
g_1	1.228	2.811	2.067	-0.16	66 24		
g_{+1}	1.815	4.151	4.530	-0.63	66 23		
g_1	0.792	1.568	1.757	-0.17	63 12		
g_2	1.868	4.025	4.435	-0.47	65 10		
g_3	1.728	3.719	4.101	-0.73	65 05		
g_4	1.802	3.604	4.029	-0.85	63 26		
g_5	1.623	2.322	2.833	-1.13	65 03		
h_1	1.812	2.757	2.299	-0.46	56 41		
h_2	1.994	3.205	3.775	-0.64	58 06		
h_3	2.084	3.646	4.200	-0.77	60 15		
h_4	1.901	3.759	4.212	-1.22	63 10		
h_5	1.816	.043	3.543	-1.05	59 10		

表 3 夏季运动速度

点 名	观测日期: 1993.5.19—1993.9.3					
	U_x (m)	U_y (m)	U_{xy} (m)	U_z (m)	α (度、分)	U_{xy} (m/a)
a'3	0.125	1.071	1.079	0.28	83 20	
b'1	0.020	0.169	0.170	0.00	83 21	
b'2	0.522	0.869	1.014	0.04	59 01	
b'3	0.236	1.238	1.260	0.01	79 12	
b'4	0.199	0.993	1.013	0.09	78 39	
c'41	0.037	0.100	0.106	0.03	59 38	
c'42	0.704	1.066	1.278	0.07	96 33	
c'1	0.530	0.507	0.734	0.19	43 44	
c'2	0.844	1.121	1.404	0.27	53 02	
c'3	0.858	1.115	1.407	-0.12	52 25	
c'4	0.627	0.971	1.073	-0.30	54 17	
d'1	0.667	0.389	0.772	-0.03	30 16	
d'2	1.281	0.641	1.432	-0.09	26 36	
d'3	1.256	0.529	1.436	-0.04	22 50	
d'4	1.276	0.655	1.343	-0.04	27 10	
d'5	0.584	0.140	0.600	-0.24	13 31	

点 名	观测日期: 1993.5.19—1993.9.5					
	U_x (m)	U_y (m)	U_{xy} (m)	U_z (m)	α (度、分)	U_{xy} (m/a)
b2	-0.766	1.332	1.587	0.15	119 55	
b3	-0.790	1.900	2.058	-0.06	112 35	
c1	-0.089	0.761	0.766	0.88	96 40	
c3	-0.898	1.839	2.046	-0.74	116 02	
d2	0.157	2.067	2.073	-0.21	85 40	
d3	0.231	2.713	2.722	-0.35	85 08	
d4	0.375	2.521	2.549	-0.55	81 32	
d5	0.445	2.063	2.110	-0.50	77 50	

表 4 冬季和夏季流速比较表

点 名	观 测 日 期		观 测 日 期		夏、冬季 流 速 比 K
	1992. 8. 31—1993. 5. 20		1993. 5. 20—1993. 9. 4		
	运动距离 S(m)	流 速 U(cm/d)	运动距离 S(m)	流 速 U(cm/d)	
e'1	2.249	0.86	0.655	0.60	0.70
e'2	3.520	1.34	1.238	1.15	0.86
e'3	3.384	1.29	1.579	1.45	1.12
e'4	3.733	1.42	1.573	1.44	1.01
e'5	3.066	1.17	1.164	1.09	0.93
f'1	1.398	0.53	0.869	0.70	1.32
f'2	3.374	1.29	1.089	0.99	0.77
f'3	3.544	1.35	1.526	1.40	1.04
f'4	3.401	1.30	1.625	1.49	1.15
f'5	3.718	1.42	1.450	1.33	0.94
g'1	0.461	0.18	0.054	0.05	0.28
g'2	2.650	1.01	1.139	1.04	1.03
g'3	3.039	1.16	1.142	1.05	0.91
g'4	3.145	1.20	1.111	1.02	0.85
g'5	3.565	1.36	1.592	1.46	1.07
h'1	1.822	0.70	0.458	0.42	0.60
e1	1.664	0.64	0.909	0.83	1.30
e2	5.230	2.00	2.410	2.21	1.11
e3	5.279	2.01	2.513	2.31	1.15
e4	5.024	1.92	2.382	2.19	1.14

点 名	观 测 日 期		观 测 日 期		夏、冬季 流 速 比 K
	1992. 8. 30—1993. 5. 19		1993. 5. 19—1993. 9. 3		
	运动距离 S(m)	流 速 U(cm/d)	运动距离 S(m)	流 速 U(cm/d)	
a'3	2.669	1.02	1.078	1.01	0.99
b'1	0.495	0.19	0.170	0.16	0.84
b'2	1.991	0.76	1.014	0.95	1.25
b'3	3.231	1.23	1.260	1.18	0.96
b'4	3.232	1.23	1.013	0.95	0.77
c+1	0.905	0.35	0.106	0.10	0.29
c'+2	2.980	1.14	1.278	1.19	1.04
c'1	1.552	0.59	0.734	0.69	1.17
c'2	3.734	1.43	1.404	1.31	0.92
c'3	3.635	1.39	1.407	1.31	0.94
c'4	3.000	1.15	1.073	1.00	0.87
d'1	1.430	0.55	0.772	0.72	1.31
d'2	3.788	1.45	1.432	1.34	0.92
d'3	3.927	1.50	1.363	1.27	0.85
d'4	3.830	1.46	1.434	1.34	0.92
d'5	1.984	0.76	0.600	0.56	0.74

表 4 (续)

点 名	观测日期		观测日期		夏、冬季 流速比 K
	1992.8.30—1993.5.19		1993.5.19—1993.9.5		
	运动距离 S(m)	流 速 U(cm/d)	运动距离 S(m)	流 速 U(cm/d)	
b ₂	2.892	1.10	1.537	1.41	1.28
b ₃	3.716	1.42	2.058	1.89	1.33
c ₁	1.938	0.74	0.766	0.70	0.95
c ₃	4.609	1.76	2.046	1.88	1.07
d ₂	4.507	1.72	2.073	1.90	1.10
d ₃	5.624	2.15	2.722	2.50	1.16
d ₄	5.425	2.07	2.549	2.34	1.13
d ₅	4.412	1.68	2.110	1.94	1.15

点 名	观测日期		观测日期		夏、冬季 流速比 K
	1992.8.31—1993.5.20		1993.5.20—1993.9.6		
	运动距离 S(m)	流 速 U(cm/d)	运动距离 S(m)	流 速 U(cm/d)	
e ₅	3.520	1.34	1.573	1.44	1.07
f ₁	2.916	1.11	1.503	1.38	1.24
f ₃	3.893	1.49	2.611	2.40	1.61
f ₄	4.281	1.63	1.998	1.83	1.12
f ₅	2.927	1.12	1.791	1.64	1.46
g+1	3.067	1.17	1.381	1.27	1.09
g+2	4.530	1.73	2.022	1.85	1.07
g ₁	1.757	0.67	1.228	1.13	1.69
g ₂	4.435	1.69	2.008	1.84	1.09
g ₃	4.101	1.57	2.103	1.93	1.23
g ₄	4.029	1.54	1.400	1.74	1.13
g ₅	2.833	1.08	1.642	1.51	1.39
h ₁	3.299	1.26	1.889	1.73	1.37
h ₂	3.775	1.44	2.175	2.00	1.39
h ₃	4.200	1.60	1.713	1.57	0.98
h ₄	4.212	1.61	1.954	1.79	1.11
h ₅	3.543	1.35	1.988	1.82	1.35

表5 流速点座标

点 名	观测日期: 1992.8.30—1993.9.3		
	x	y	z
a'3	5 094.73	3 796.03	3 759.49
b'1	5 247.69	3 615.23	3 788.70
b'2	5 194.51	3 646.71	3 794.97
b'3	5 123.28	3 671.32	3 795.43
b'4	4 990.37	3 687.50	3 805.38
c'1	5 198.66	3 485.26	3 821.23
c'2	5 144.46	3 527.95	3 821.88
c'1	5 123.62	3 372.15	3 849.85
c'2	5 075.99	3 460.01	3 839.86
c'3	5 014.28	3 512.01	3 833.70
c'4	4 920.84	3 577.73	3 832.29
d'1	4 839.48	3 165.64	3 890.97
d'2	4 869.59	3 293.96	3 889.94
d'3	4 833.07	3 309.55	3 892.17
d'4	4 797.85	3 374.15	3 892.55
d'5	4 727.63	3 483.99	3 904.83

点 名	观测日期: 1992.8.30—1993.9.6		
	x	y	z
b2	5 396.05	3 417.95	3 857.69
b3	5 355.04	3 401.39	3 855.29
c1	5 459.64	3 344.88	3 873.22
c3	5 381.95	3 375.95	3 864.77
d2	5 465.04	3 112.19	3 944.24
d3	5 425.16	3 119.14	3 939.90
d4	5 360.46	3 105.99	3 947.09
d5	5 282.29	3 092.63	3 983.80

点 名	观测日期: 1992.8.31—1993.9.6		
	x	y	z
e'1	4 544.88	3 036.66	3 928.41
e'2	4 518.79	3 131.88	3 926.01
e'3	4 499.83	3 180.60	3 926.53
e'4	4 480.49	3 229.46	3 930.48

表 5 (续)

点 名	观测日期: 1992.8.31—1993.9.6		
	x	y	z
e'5	4 396.99	3 298.78	3 928.99
f'1	4 338.38	2 985.80	3 969.21
f'2	4 327.56	3 036.76	3 967.56
f'3	4 312.11	3 087.30	3 965.79
f'4	4 3 1.52	3 160.40	3 962.42
f'5	4 293.17	3 217.28	3 964.47
g'1	4 154.98	2 921.18	4 010.89
g'2	4 152.75	2 982.26	4 005.60
g'3	4 134.22	3 036.89	4 001.35
g'4	4 115.79	3 085.50	4 098.49
g'5	4 097.94	3 140.93	3 999.27
h'1	3 885.05	2 861.49	4 051.79
h'2	3 877.07	2 937.22	4 047.58
e1	5 491.23	2 936.61	3 985.73
e2	5 421.21	2 967.16	3 981.81
e3	5 362.94	2 972.48	3 985.02
e4	5 309.76	2 974.71	3 990.88
e5	5 221.25	2 969.93	4 006.36
f1	5 415.64	2 752.85	4 023.17
f3	5 287.02	2 808.72	4 021.83
f4	5 138.26	2 824.53	4 026.40
f5	5 183.99	2 846.93	4 030.13
g+1	5 372.05	2 644.85	4 053.13
g+2	5 292.34	2 681.08	4 045.54
g1	5 336.60	2 519.76	4 070.21
g2	5 261.11	2 602.40	4 061.81
g3	5 210.03	2 642.60	4 053.36
g4	5 164.63	2 687.72	4 052.66
g5	5 122.27	2 729.98	4 059.08
h1	5 236.80	2 408.50	4 084.04
h2	5 216.83	2 501.75	4 078.34
h3	5 187.17	2 550.66	4 072.37
h4	5 164.07	2 592.02	4 066.62
h5	5 135.94	2 644.15	4 064.18

d'排略有增速,增幅为0.2—0.3m/a,其余7个断面的运动速度均处于减慢的趋势,特别是a'—c'排均在减慢,减慢速度在0.1—0.2m/a; e'—h'排除个别断面两边的流速点略有增加外,其余各点均减少,特别h₂'点减小3.2m/a。我们还发现e'排以上速度减小,而且有一定规律,愈向冰川源头,减小幅度呈递增趋势。西支冰川本年度速度与上年相比,略有增加,但增幅较小,其值为0.1—0.3m/a。

(2) 表1—表3中U_z表示两次测量之间流速点花杆顶的高程变化。从表中可以看出冰川消融区的显出流作用和积累区的显入流作用比较明显。

(3) 从表4中可以看出,1号冰川本年度夏季和冬季运动速度有一定的变化。夏季流速比以冬季流速,称为K值。经过统计,西支冰川除c₁、h₃两个点的K值略小于1而外,其余27个点的K值均大于1,平均值为1.23。这说明西支冰川夏季流速大于冬季流速,这和历年得到的结果一致。东支冰川8个断面,有效流速点32个。其中有11个流速点K值大于1,平均为1.14。21个流速点小于1,平均K值为0.80。从此情况看,东支冰川夏季和冬季运动速度变化不大,而且没有明显的规律。

3 冰川末端的进退

1号冰川末端进退变化的观测,仍然采用以前惯用的方法,从三个固定点和六个标志点继1992年9月1日之观测,分别于1993年5月21日和1993年9月2日对冰舌末端进行重复观测。其结果详见表6。从表6中可以看出,冰川末端年平均后退速度为3.84m/a。此值比1992年度后退速度增加0.40m/a。该冰川除1989年和1991年度后退速度分别为5.13m/a和5.15m/a,是消融退缩速度较快的2年外,1号冰川东支冰舌末端从1987年8月21日至1993年9月2日,退缩速度不大,年平均后退速度为4.38m/a。

表6 冰舌进退资料

点 名	观测日期	观测日期	观测日期
	1992.9.1—1993.5.21	1993.5.21—1993.9.2	1992.9.1—1993.9.2
固定点 I	-2.25	-0.40	-2.65
固定点 II	+0.70	-6.95	-6.25
固定点 III	+4.25	-6.75	-2.50
标志点 1	-2.20	-5.95	-3.75
标志点 2	+2.25	-6.75	-4.50
标志点 3	+1.30	-6.55	-5.25
标志点 4	+0.05	-6.00	-5.95
标志点 5	-4.25	+3.15	-1.10
标志点 6	-4.30	+1.70	-2.60
平 均	-0.49	-3.83	-3.84

注:前进以“+”表示;后退以“-”表示。

参 考 文 献

- [1] 陈要武等,乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度,天山冰川站年报8。
 [2] 陈要武等,乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1989—1990),天山冰川站年报9。

地形对1号冰川表面到达日照和 太阳辐射的影响

谢维荣 刘潮海

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

1 1号冰川的地形概况

1号冰川表面的地形可分成两部分：一是冰川表面任何地点都有四周山脊遮蔽；二是冰川表面任何地点的坡向、坡度本身有遮蔽太阳日照、辐射的作用。

该冰川由东、西两支冰川组成，面积分别为 1.220km^2 和 0.730km^2 ，总面积为 1.950km^2 ¹⁾。冰川和退缩坡地（称非冰川）都被四周山脊遮蔽所包围，只有在东北角没有山脊遮蔽。西边山脊最高，一般都在 4300m 到 4484m 之间。北边山脊一般都在 4300m 左右，西南边山脊在 4100m 到 4300m 之间，东边山脊最低，南高北低，从 4200m 延伸到 3800m 左右。另外，两支冰川中间有一条山脊鼻梁，走向西南到东北，高度从 4486m 降低到 4000m 。西支冰川最高高度为 4486m ，高、低之差近 700m ；东支高差只有 470m 。

冰川表面地点的坡向，可以分成北、东北、东、东南、南、西南、西和西北8个方位。根据1号冰川地形图，我们统计了冰川和退缩坡地表面100多个测点上的朝向，而得到冰川表面坡向图(图1)。

由图1看出，东支北坡的面积为 0.475km^2 ，其次是西北坡 0.310km^2 ，东北坡为 0.216km^2 。东、西坡占面积很少；西支表面东北坡占面积最大，为 0.285km^2 ，其次是北坡为 0.235km^2 ，东南坡占的少，为 0.094km^2 ，西南坡仅有 0.015km^2 ；在冰舌末端，主要是东

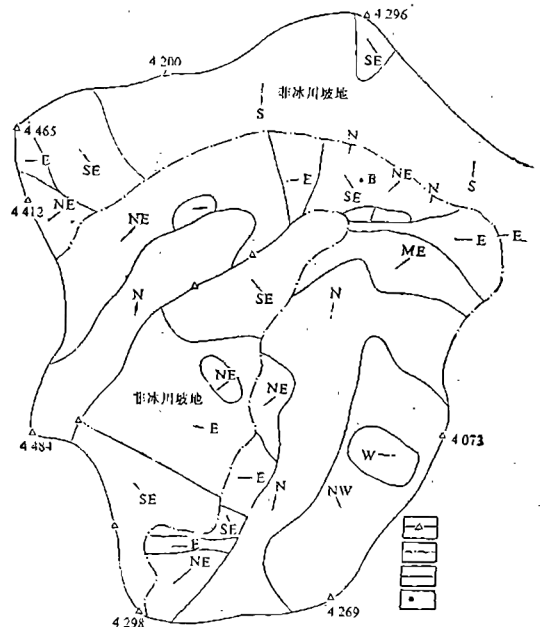


图1 冰川表面各坡向面积分布图

△为山脊线；---为冰川与非冰川坡地分界线；
—为坡向占面积分布线；·B为文章中的地点位置

1) 冰川表面面积以1962年测量的冰川地形图为准。

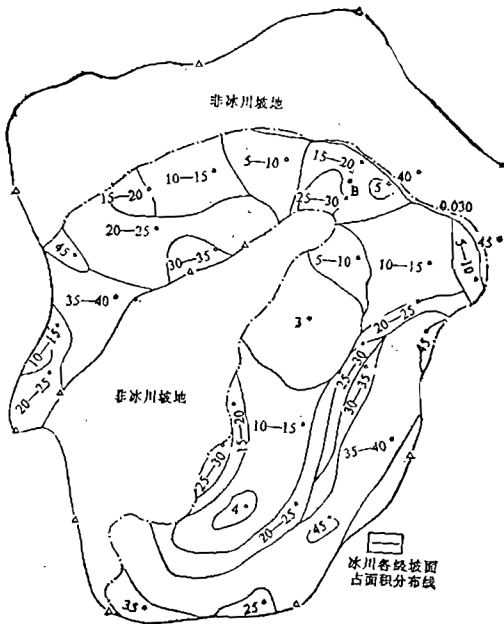


图2 1号冰川表面上各级坡度的面积分布图

表1 冰川表面坡向占面积 (km²) 的分布

项目 \ 坡向	北	东北	东	东南	南	西南	西	西北	合计
面积	0.730	0.518	0.219	0.113	0.015	0.0	0.045	0.310	1.950
%	37	27	11	6	1	0	2	16	100

表2 非冰川表面各坡向占面积 (km²) 的分布

项目 \ 坡向	北	东北	东	东南	南	西南	西	西北	合计
面积	0.0	0.022	0.353	0.497	0.610	0.0	0.0	0.0	1.482
%	0	1	24	34	41	0	0	0	100

表3 冰川表面坡向、坡度面积 (km²) 的分布和百分率

坡级 \ 坡向	0—5°	5—10°	10—15°	15—20°	20—25°	25—30°	30—35°	35—40°	40—45°	总面积	%
北	0.173	0.045	0.150	0.016	0.188		0.025	0.118	0.015	0.730	37
东北			0.192	0.058	0.123	0.018	0.040	0.062	0.025	0.518	27
东		0.100	0.036	0.025	0.016	0.032			0.010	0.219	11
东南	0.008		0.027	0.055		0.023				0.113	6
南				0.015						0.015	1
西南										0.0	0
西								0.045		0.045	2
西北			0.030		0.034	0.019	0.042	0.180	0.005	0.310	16
总面积	0.181	0.145	0.435	0.169	0.361	0.092	0.107	0.405	0.055	1.950	
%	9	7	22	8	19	5	6	21	3		100

坡, 占面积0.079km²。总的来看, 偏北坡的面积占总面积的80%; 偏南坡仅占7% (表1)。

非冰川表面, 偏南坡面积为1.107km² (表2), 是非冰川总面积1.482km²的75%。

在冰川表面的坡度来看, 它们都在45°以下。我们把冰川坡面分成5°为一级, 即: 0—5°, 5—10°, 10—15°到40—45°的9个坡级, 其分布见表3和图2。

2 1号冰川地区坡面的日照分布

冰川和非冰川坡地表面任何地点的日照的多少，主要是地形坡向、坡度和遮蔽度等所造成的。因此，我们算出了冰川表面和非冰川100多个测点上的损失日照分布（表4和图3—6）。

表4 1号冰川表面损失日照时间的面积占总面积的百分率（%）

损失日照时间 赤纬	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100
夏至 (23.5°)	22	58	20						
春分 (0°)	23	16	28	24	8	3			
冬至 (-23.5°)		8	12	6	6	14	16	9	29
全年	10	23	22	38	7				

由表4看出，夏至，冰川表面损失日照时间最严重的地带在东支的北坡后壁和西北坡的山腰，坡度30°—40°之间地带，以及西支后壁的西北角（图3），损失日照时间为30—40%，占冰川总面积的百分之20；损失日照时间20—30%这一级一般都分布在山脊上部和山腰以下地带，占总面积的百分之58；而损失最轻的地带分布在冰舌末端和山脊上部附近，特别是冰川退缩坡地地带，与水平面日照时间很接近。

春（秋）分，冰川表面各级损失日照时间扩大（图4），损失最严重的达到60%，也分布在两支的后壁，而冰舌地带，特别是冰面北边与退缩偏南坡坡地地带损失都变轻，为15—20%一级。值得一提的是，在春（秋）分附近，当太阳高度角等于北坡坡面

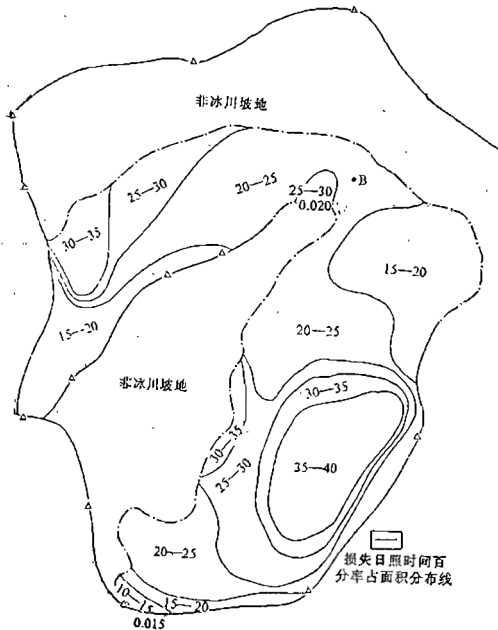


图3 1号冰川表面夏至损失日照时间百分率分布图

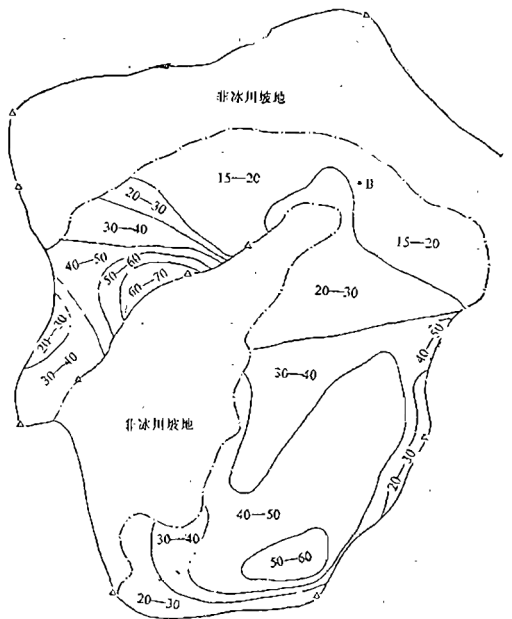


图4 1号冰川表面春(秋)分损失日照时间百分率分布图

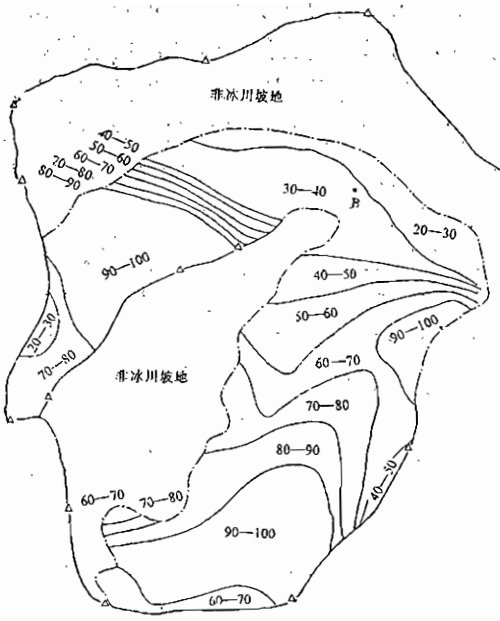


图5 1号冰川表面冬至损失日照时间百分率分布图

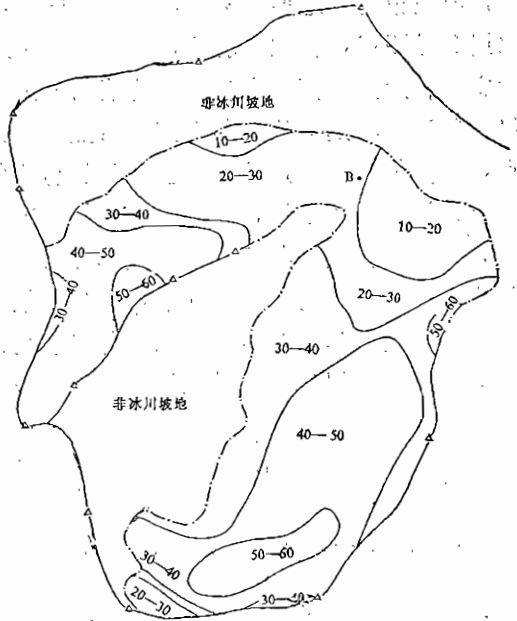


图6 1号冰川表面全年损失日照时间百分率分布图

时，全阳光线与坡面相平行，就是全天都有日照，但到达的太阳辐射太少了，日照无意义。

到了冬至（图5），太阳低，太阳轨迹线全年最短，冰川表面的日照时间损失增大，两支后壁很大一部分地区无日照，这一部分所占面积为30%左右。损失最轻的都在偏南坡退缩坡地地带。

从全年日照分布来看（图6），两支冰川后壁和东、西两侧山脊遮蔽山腰地带，损失日照时间在40—60%之间，占冰川总面积的45%。日照时间最长的地带在冰舌北边和偏南坡退缩地带，并且，海拔愈高，损失日照时间愈短，山脊附近坡面与水平面日照时间很接近，特别是冬半年退缩坡地东南，南坡坡面损失最轻。

另外，冰川和非冰川坡面几个测点日照状况影响为例（图7），非冰川南坡的14测

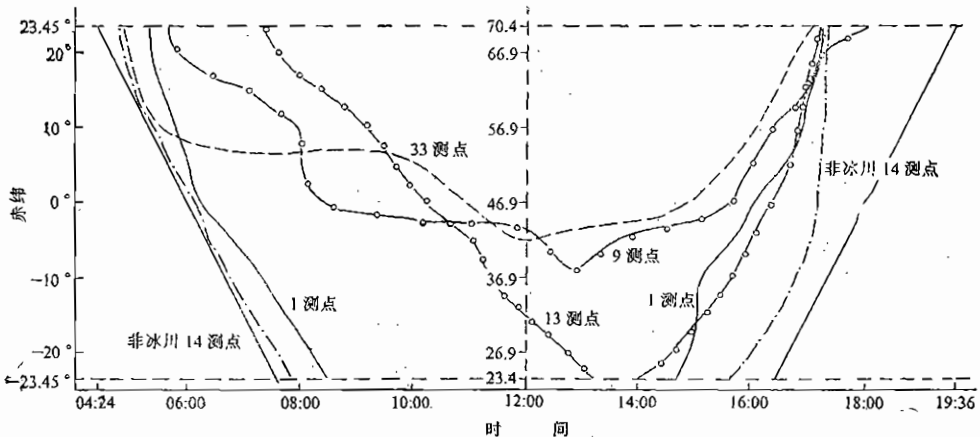


图7 冰川和非冰川坡面几测点全年日照时间的过程线图

点，海拔很高，地形简单（近似单向坡），上午日照时间与水平面日照时间基本相等。冰川1号测点，在冰舌北边，上午山脊遮蔽很少，与水平面日照很接近，而下午，与西边山脊较远，在南边山脊全年的遮蔽角只有 12° 左右，因而该点损失日照时间较少。一般这些地带的地形状况与1测点日照时间大致相同。冰川两支后壁的东支9和西支33测点，它们都在北坡，坡度都在 40° 以上，而且四周山脊遮蔽，是全年损失日照时间最为严重，特别是冬半年，太阳轨迹线的太阳高度角绝大部分时间小于相对应的地形遮蔽角，因而无日照，与南北坡纬度 90° 地带日照状况相类似。在夏半年消融季节，这个地带主要是东、西两侧山脊遮蔽，是损失最大的地带。13测点位于东支的粒雪带上部，坡向西北，坡度 40° 左右，是东、西两侧山脊遮蔽和坡面作用能同时损失日照时间表现出来。一般上午损失日照时间较多，下午较少（图7）。

3 1号冰川地区坡面损失太阳辐射的分布

冰川表面太阳辐射的多少，任何地点都有很大的差异（表5和图8—13）。

表5 1号冰川表面损失各级辐射量面积占总面积的百分率

损失辐射的百分率(%)	+50—40	+30—40	+20—30	+10—20	0—+10	0	0—10	10—20
夏至 (23.5°)							0.31	0.25
春分 (0°)				0.01	0.03		0.18	0.05
冬至 (-23.5°)	0.01	0.03					0.08	0.01
暖月				0.01		0.02	0.28	0.22
冷月					0.03	0.02	0.13	0.03
全年				0.02	0.03		0.18	0.12

损失辐射的百分率(%)	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100
夏至 (23.5°)	0.17	0.27						
春分 (0°)	0.13	0.10	0.11	0.17	0.15	0.02	0.04	0.01
冬至 (-23.5°)	0.01	0.04	0.04	0.06	0.07	0.05	0.13	0.47
暖月	0.18	0.21	0.08					
冷月	0.04	0.04	0.09	0.02	0.03	0.10	0.16	0.24
全年	0.13	0.10	0.10	0.26	0.04	0.02		

由表5和图8—13可以看出，冰川表面各个时间、时段损失的太阳辐射量都有不同。

夏至，损失30—40%一级所占的面积为27%；损失在10%左右的最轻，所占面积为31%。从地区分布来看（图8），冰舌和冰川上部山脊附近损失很轻，与水平面辐射量很接近；损失最严重的都分布在偏北坡两支的后壁和山腰的坡地 30° — 45° 之间地带，日照、太阳辐射接受最少，为冰川表面冷坡地带（谢维荣等，1982）。

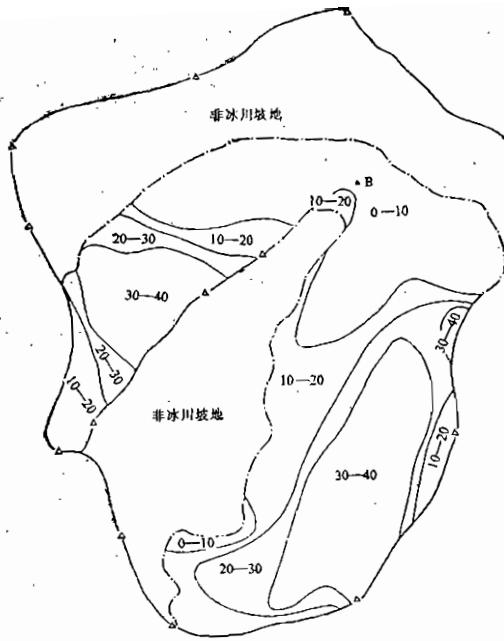


图8 1号冰川表面夏至损失太阳辐射的百分率分布图

——为损失太阳辐射量百分率占面积分布线；
 ——为损失太阳辐射量百分率分布不连续符号；
 “+”为坡面太阳辐射大于水平面辐射百分率为正号

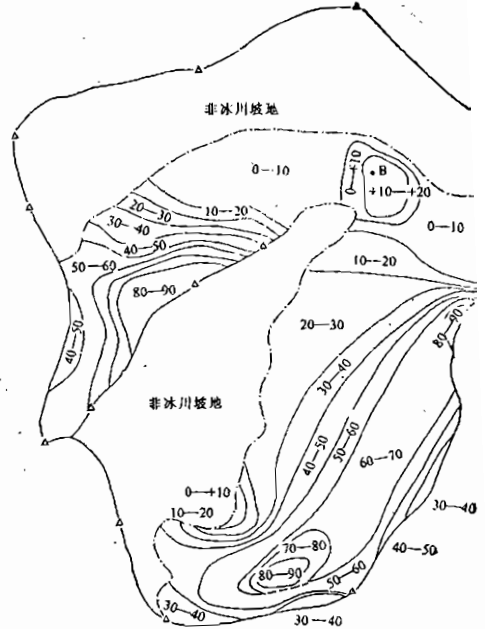


图9 1号冰川表面春(秋)分损失太阳辐射的百分率分布图

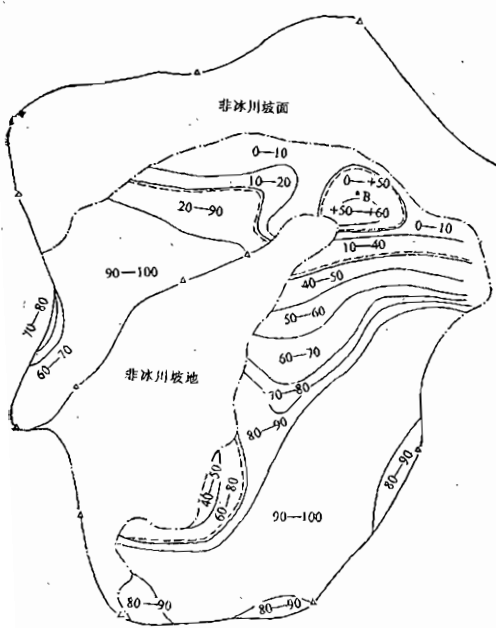


图10 1号冰川表面冬至损失太阳辐射的百分率分布图

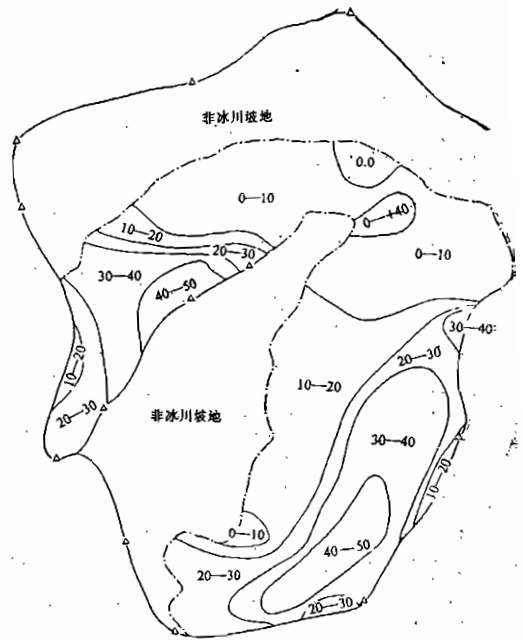


图11 1号冰川表面5月1日到8月13日损失太阳辐射的百分率分布图

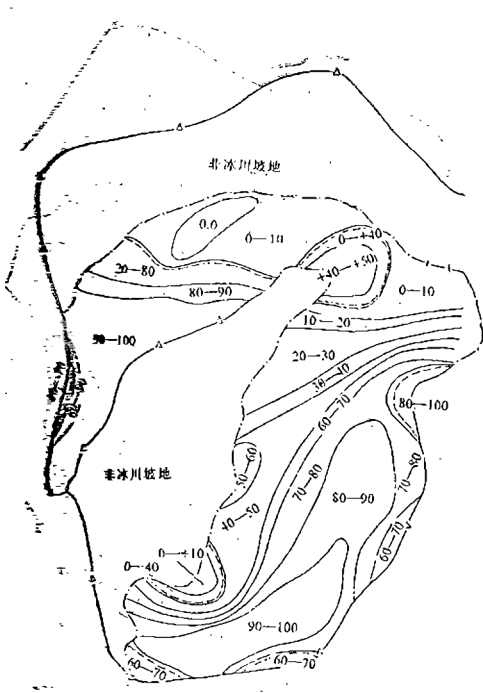


图12 1号冰川表面11月4日到2月9日损失太阳辐射的百分率分布图

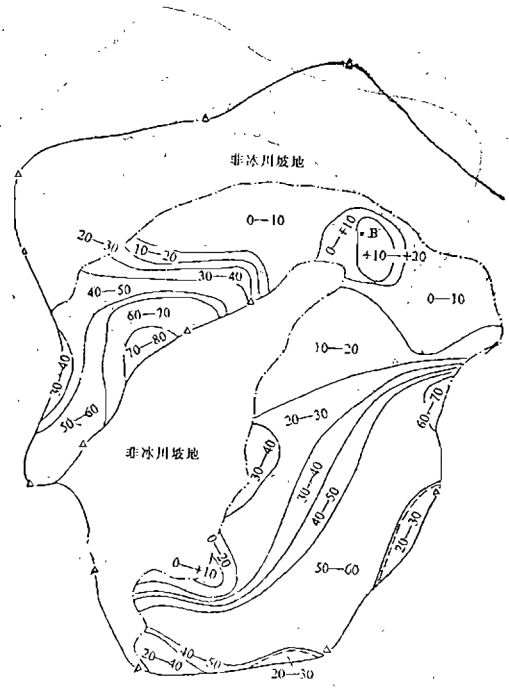


图13 1号冰川表面全年损失太阳辐射的百分率分布图

春(秋)分, 太阳高度角下降, 与偏北坡面的夹角变低, 两支冰川表面一些地点出现了无辐射(图9), 但面积很少, 只占总面积的1%(表5)。应特别注意的是, 西支冰川B测点和东支44测点地带表面日照长、太阳高, 使太阳辐射量大于水平面, 我们称这些地带为“热坡地带”, 与退缩的非冰川坡地的热量状况大致相同。

到冬至, 两支后壁和山腰地带无辐射(图10), 所占面积很大(表5), 是总面积的40%左右, 这时冰川表面偏北坡绝大部分地区太阳辐射很严重, 而损失最轻的分布在冰舌基边, 冰川的“热坡地带”和退缩坡地, 纯加了辐射量, 都大于水平面辐射量。

在消融期间(5月1日至8月13日), 损失辐射量最严重的地带也在上述地带, 而热坡地带在冰舌西支B测点和东支44测点(图11)。损失轻的地带一般在粒雪带和山脊附近, 为20—30%一级, 所占面积为18%(表5)。

在冬半年的冷月(11月4日至翌年2月9日), 冷坡面积较大, 很大一部分地带无辐射(图12), 而冰川表面热坡地带和非冰川坡地地带纯加的辐射量比消融期间提高, 一般大于水平面辐射量的1.6倍以上。

全年, 东支最严重的是50—60%级(图13), 所占面积很大, 而西支后壁损失更为严重, 为70—80%级。冰川表面的热坡地带维持在原地。冰舌损失轻, 冰舌越北, 损失越轻。两支40—50%级在山谷粒雪带和山脊上部。

冰川表面任何地点到达太阳辐射的多少, 主要是地形造成的。我们以春(秋)分(图9)的冰川表面几个地带测点地形为例, 它们的位置和项目列于表6以及坡面太阳辐射强度的日过程线图(图14—21)。

表 6 冰川地区坡面上的日照、太阳辐射的热量状况

项目	冰川退缩地带		冰川表面					
	63	77	121	44	1	13	9	33
海拔 (m)	3 950	4 200	3 900	4 050	3 840	4 080	4 150	4 200
坡向 (度)	180°	135°	135°	195°	90°	315°	0°	0°
坡度 (度)	30°	30°	30°	25°	10°	40°	40°	40°
日出时间(时:分)	06:36	06:08	06:16	07:20	06:08	10:08	08:16	10:52
日落时间(时:分)	16:20	15:48	13:48	15:48	16:20	16:20	15:40	14:52
损失日照时间(%)	19	19	29	29	18	48	38	67
太阳辐射日总量(卡)	678	670	575	589	532	203	73	44
损失辐射(%)	+26*	+25	+7	+10	1	62	86	92

注: *为大于水平面辐射量的百分率为“+”号。

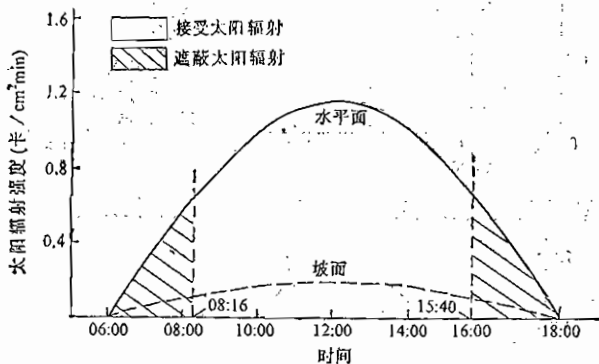


图 14 东支冰川第 9 号测点表面春(秋)分到达的太阳辐射日过程线图

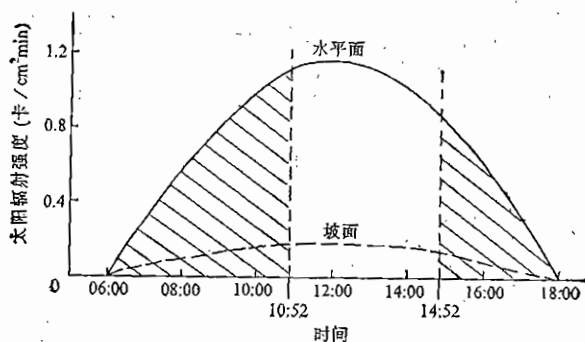


图 15 西支冰川第 33 号测点表面春(秋)分到达的太阳辐射日过程线图

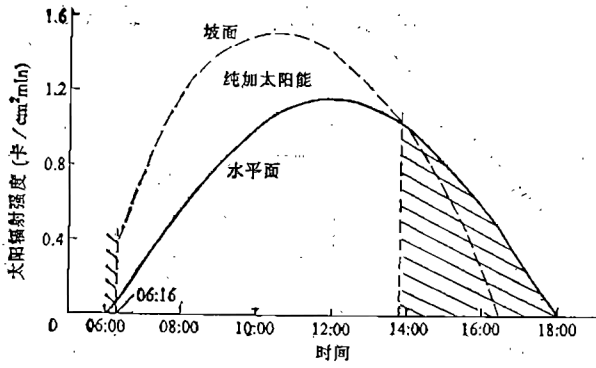


图16 西支冰川第21号测点表面春(秋)分到达的太阳辐射日过程线图

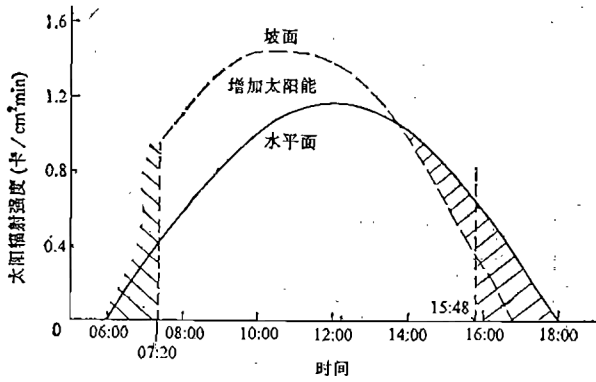


图17 东支第44号测点表面春(秋)分到达的太阳辐射日过程线图

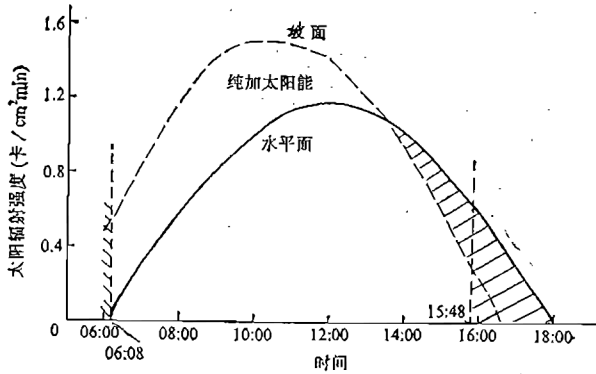


图18 退缩坡地第77号测点表面春(秋)分到达的太阳辐射过程线图

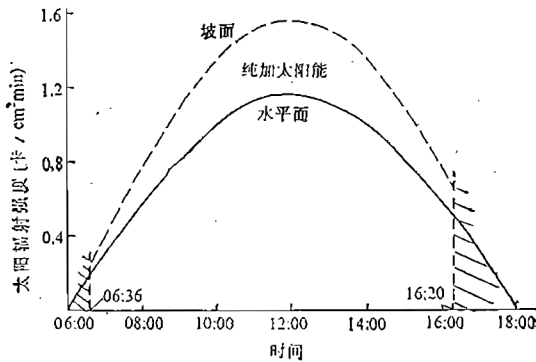


图19 退缩坡地第63号测点表面春(秋)分到达的太阳辐射过程线图

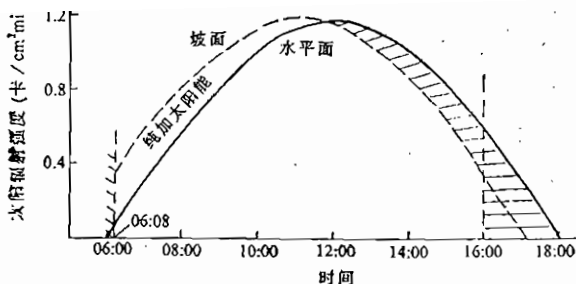


图20 冰川 第1号测点表面春(秋)分到达的太阳辐射日过程线图

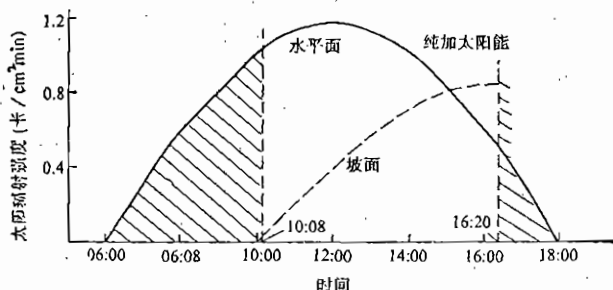


图21 东支冰川第13号测点表面春(秋)分到达的太阳辐射日过程线图

由表6可以看出, 退缩坡面63, 77测点朝南和东南, 且坡向 30° 左右, 与冰川冰舌强烈消融地带21, 44测点的地形基本一致。1测点在冰舌北部, 坡向朝东, 坡度只有 10° 左右。B测点位于东支的粒雪带上部, 朝向为西北坡, 坡度 40° 。9, 33测点, 都在两支冰川后壁的粒雪盆, 坡向朝北, 坡度 40° 左右, 且山脊遮蔽度更大。由于地形的不同, 各个地点的遮蔽就有极大差异, 日照、辐射量差别极大。

在粒雪线以上的后壁偏北坡的9、33测点地带, 由于四周山脊遮蔽, 坡向偏北, 坡度 30° 以上, 日出, 日落时间的落后和提前, 且正午的太阳高度角 46.9° 与坡面的夹角只有 6.9° , 因而两支冷坡地带表面到达的太阳辐射量只有 $73 \text{卡}/(\text{cm}^2 \cdot \text{日})$ 和 $44 \text{卡}/(\text{cm}^2 \cdot \text{日})$ (图14, 15和表6), 损失辐射量相应为86%和92%。若坡面为 46.9° 时, 那么, 光线与坡面相平行, 相当于水平面日出、日落的热量状况。在这个情况下, 就是全天有日照, 但接收辐射量无意义。这就是积累地带太阳辐射量最为严重的地形造成的。

退缩坡地和冰川表面最强烈消融地带 (图16-19), 正午它们的坡面与太阳高度角之间的夹角在 $80^\circ-90^\circ$ 之间, 相当于坡面上的垂直太阳辐射强度, 就是上、下午山脊遮蔽很多、日照时间短的情况下, 坡面到达的辐射日总量还都大于水平面。

第一测点在冰舌北边, 遮蔽较少, 上午的太阳高度角较高, 纯加了太阳辐射量, 而下午的太阳高度角降低, 是上午增加的辐射量补充了下午损失的辐射量, 与水平面日总辐射量很接近 (图20和表6)。

在粒雪带的13测点 (图21), 主要是东、西两侧山脊遮蔽, 损失日照时间较长, 为8%; 而损失辐射量可以达到62%, 一般与东边山脊上部地带表面损失量很接近。

由上述可见, 各地点到达辐射量的多少, 都是地形差别造成的, 为了各地带测点全年辐射日总量过程线的比较 (图22), 可以看出, 在夏至, 9, 33测点的积雪地带的辐

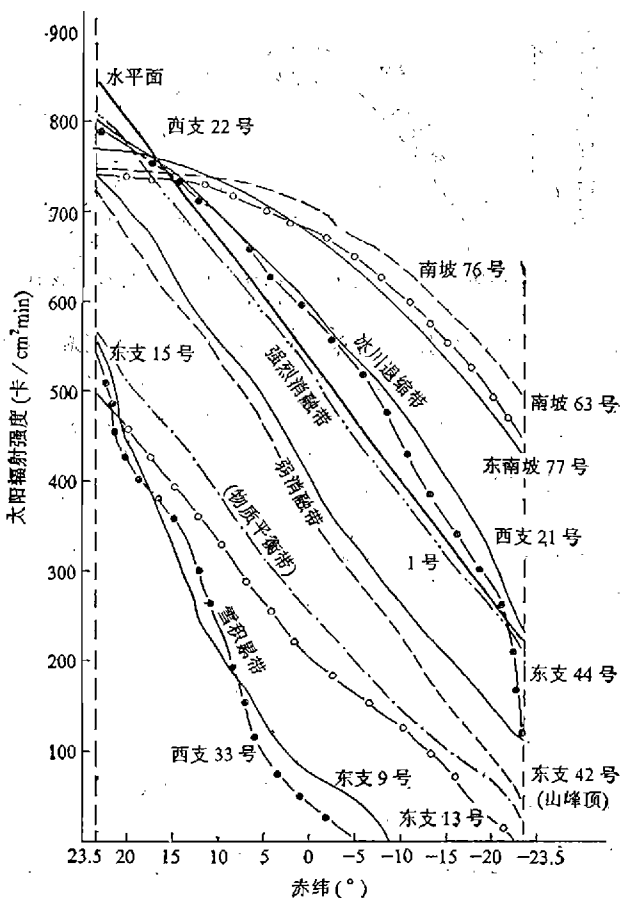


图22 1号冰川表面各类型地带到达的太阳辐射日总量全年过程线图

射日总量不到500卡，与冰川退缩地带的南坡63、77测点以及冰川东支44测点、西支B测点的辐射量之间的差达到300卡左右。冰舌地区表面达到的辐射量与水平面很接近。春（秋）分，热坡辐射量与冷坡辐射量之差极大，达到660卡，63测点是33测点的157倍。冬至，退缩坡地的辐射量是水平面的2.28倍左右。

综上所述，由于地形的不同，冰川地区任何地点接收的日照、太阳辐射量就有很大的差异。在冰川的消融地区，日照、太阳辐射与水平面很接近；而在积累地区，它们的坡面一般都朝北，坡度 30° 以上，且四周遮蔽，接收的日照、辐射很少，尤其是，有些地点冬半年无日照，与南、北极纬度 90° 很相似；对于冰川强烈消融地带或退缩坡地（非冰川地带），它们都分布在偏南坡坡地，坡度 30° 左右，其表面到达的太阳辐射量是水平面的两倍以上。还应注意的，在冰川海拔作用带中，日照、太阳辐射的多少与海拔的高低很少有关，而主要是由偏北坡坡面很陡及遮蔽度造成的。

参 考 文 献

- 谢维荣、寇有观、李文忠，1982。我国西北高山冰川气温的某些特征。中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊，第3号，科学出版社。
- 谢维荣、寇有观、曾群柱、肖铨，1982。不同坡向热量状况与冰川积累、消融的关系。中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊，第3号，科学出版社。

1992/1993年度乌鲁木齐河源区季节 积雪的观测结果

张 志 忠

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

乌鲁木齐河源区空冰斗内季节积雪的观测始于1987年。通过在空冰斗底自冰斗口沿等高线方向的不同地形上布设的43根雪尺进行雪深测量已有五个冬春¹⁾。通过连续观测结果的对比分析,1992/1993年度,河源区空冰斗内的积雪无论从时间—空间分布以及积雪深度都是近年罕见的(表1)。由表1可以看出,空冰斗内自1992年9月至1993年3月31日无积雪记载,其原因是该年度这期间降水稀少,大西沟气象站1992年9月至1993年3月降水量合计只有48.7mm,和多雪的1989/1990年同期降水量120.2mm相差71.5mm。即使是4月和5月降水有所增加(76.4mm),和相对多雪的1990年同期降水量(72.4mm)相比虽稍有增加(4mm),但是由于降水次数和降水强度的差异,使空冰斗1993年5月27日才出现最大积雪深度(16cm),而相对多雪的1990年5月4日最大雪深出现在E排,为105cm。可见积雪期内降水量是决定积雪分布和雪厚的最主要条件。同时,空冰斗朝向东南的地理位置,大量吸收太阳辐射和裸岩夜间的散射辐射,具有比1号冰川更优越的热量条件,使空冰斗积雪发育的条件变坏,这是空冰斗和1号冰川季节积雪分布差异的根本原因。

从1993年4月初随着气温回升和降水高度的上移,降水量亦有所增加,所以4月上旬开始出现积雪现象。但是由于强烈地太阳辐射以及风的影响,使本来不深的积雪表面形成辐射壳,融化—冻结和蒸发使积雪于4月中旬则出现不连续分布。到5月下旬随降水量明显增加,空冰斗内复又出现连续的积雪分布,但最大雪深也只有16cm。由于这种新雪十分松软,加之强辐射和白天较高的气温,仅仅在地面保存不到5天就消失殆尽。

该年度由于积雪发育的物质补给条件十分差,使本来就不多的固态降水以积雪形式保存在地表面的时间短,且分布不均匀。使初始雪晶尚未来得及变质就已损失于辐射、消融和蒸发。所以雪层的发育以及雪的有关特性(密度、硬度和雪层结构)无法观测。然而在1号冰川上,由于有利的积雪发育条件(温度低的冰下垫面和朝向北的有利地势),尽管雪层不深(表2),但由于积雪保存时间长,雪的自然沉降加密作用,积雪层的密度到5月初平均约 $0.28\text{g}/\text{cm}^3$,最大 $0.33\text{g}/\text{cm}^3$,最小 $0.20\text{g}/\text{cm}^3$ 。

由表1和表2看出,由于不同朝向和下垫面性质,使季节积雪的发育亦有明显差异。

1) 天山冰川观测试验站年报,第10期,1991。

积雪量的多寡与持续时间的长短是冰川赖以生存的基本条件。多年观测发现，1号冰川平衡线多年平均在4050m左右，此线以上积雪随着高度升高而增厚，成为冰川的物质补给来源。而在相同高度的空冰斗，即使是多雪的1990年积雪最迟至7月初就完全消失。而观测的当年（1993年）6月中旬空冰斗后壁最高处就已看不到积雪现象。

表 1 1992/1993年空冰斗积雪深度一览表

位置	日期 1993						位置	日期 1993					
	4/4	11/4	18/4	10/5	24/5	27/5		4/4	11/4	18/4	10/5	24/5	27/5
B ₅	6	8	2	3	9	16	g ₁	12	16	0		9	15
B ₆	3	2	0	1	8	16	g ₂	15	12	0		10	16
C ₁	9	12	12	10	9	16	g ₃	8	10	0		9	16
C ₂	11	14	10	14	9	16	g ₄	6	9	0		10	15
C ₃	10	9	11	5	9	16	g ₅	5	3	0		10	15
C ₄	16	19	14	4	10	15	h ₁	16	14	12		9	16
C ₅	14	16	4	5	9	16	h ₂	13	15	0		10	16
d ₁	3	5	15		10	15	h ₃	11	19	0		10	16
d ₂	10	14	9		10	15	h ₄	8	10	0		9	16
d ₃	8	6	2		9	15	h ₅	3	4	0		9	15
d ₄	5	3	0		9	15	i ₁	7	9	0		9	16
d ₅	2	3	0		9	15	i ₂	12	14	0		10	16
e ₁	8	8	9		9	16	i ₃	15	17	0		10	16
e ₂	14	16	11		10	16	i ₄	9	9	0		10	15
e ₃	10	9	8		10	16	i ₅	10	8	0		10	15
e ₄	11	12	16		9	15	k	7	9	0		10	16
e ₅	6	8	0		8	15							
f ₁	7	2	4		9	16							
f ₂	10	6	0		10	16							
f ₃	9	4	0		9	16							
f ₄	13	16	2		9	16							
f ₅	4	6	0		9	16							
f ₆	10	8	0		10	16							

表2 河源区1号冰川表面的积雪深度 (cm) (据王纯足等)

东 支						西 支					
位置	日期 h(cm)		位置	日期 h(cm)		位置	日期 h(cm)		位置	日期 h(cm)	
	1992 3 ¹ / ₈	1993 2/ ₅		1992 3 ¹ / ₈	1993 2/ ₅		1992 3 ⁰ / ₈	1993 1/ ₅		1992 3 ⁰ / ₈	1993 1/ ₅
A ₁	0	0	E ₃ '	5	28	A	4	9	G ₁	11	7
A ₂	0	25	E ₄ '	5	35	B ₁	4	0	G ₂	8	8
A ₃	0	0	E ₅ '	3	20	B ₂	6	0	G ₃	10	7
B ₁	0	0	F ₁ '	5	28	B ₃	9	0	G ₄	10	10
B ₂	0	33	F ₂ '	5	13	C ₁	0	11	G ₅	9	34
B ₃	0	0	F ₃ '	4	24	C ₂	0	8	H ₁	16	33
B ₄	0	23	F ₄ '	16	31	C ₃	4	0	H ₂	污化	46
B ₅	0	5	F ₅ '	44	61	D ₁	0	5	H ₃	12	12
B ₆	0	0				D ₂	0	5	H ₄	10	19
C ₁	3	66	G ₁ '	4	3	D ₃	0	3	H ₅	9	27
C ₂	4	15	G ₂ '	4	12	D ₄	7	38	L ₁	13	56
C ₃	3	11	G ₃ '	4	18	D ₅	6	0	L ₂	污化	66
C ₄	3	10	G ₄ '	4	22	E ₁	6	24	L ₃	污化	46
C ₅	0	11	G ₅ '	23	50	E ₂	5	17	L ₄	污化	28
C ₆	0	25				E ₃	6	20	L ₅	污化	43
D ₁ '	0	28	H ₁ '	污化	49	E ₄	9	23	L ₆	污化	33
D ₂ '	0	15	H ₂ '	污化	37	E ₅	11	19		污化	7
D ₃ '	0	9	H ₃ '	污化	50	F ₁	9	25		污化	41
D ₄ '	7	18	j	污化	73	F ₂	11	18			
D ₅ '	7	18	k'	污化	68	F ₃	10	26			
E ₁ '	7	22	l'	污化	77	F ₄	8	17			
E ₂ '	5	35				F ₅	18	43			

注: 污化指人工撒锯末以便测雪积累。

1992/1993年度乌鲁木齐河河冰发育 特征的初步分析

张 志 忠

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

乌鲁木齐河河冰的发育以及其对径流的调节作用的观测已有 8 个年度。通过连续的观测分析(张志忠, 1992), 河冰的形成和发育不仅有年际变化¹⁾, 而且它的形成发育与气温、空气相对湿度以及土冻结深度的变化有非常密切的关系。同时河冰的积累量也与冬季河流的补给量以及流域夏季径流模数有关。河流冰锥的发育以及春季随气温升高, 自山口至中山带的冰也随海拔高度升高而融化, 特别是春季冰锥的集中消融使流量增加, 对于缓解春季乌鲁木齐地区用水紧张无疑有其重要的作用。据多年观测, 河冰对河流的径流调节作用主要在于, 首先, 冬季11月初, 中高山带气温降低幅度较快, 流水在急冻情况下结冰, 随着时间推移, 冰层逐渐增厚加宽, 至12月中旬封河。然后、随气温变化, 加上封冻河面冰下阻塞或者因冰下流水过水断面减小, 受挤压水则从上游“清沟”或冰“窟窿”中漫上冰面, 出现冰上流水和冰上结冰现象, 河冰锥进入发育期。这样使冬季水量以冰的形式积累在中山带以及山前平缓地带, 把该河青年渠由于自12月下旬的封冻而排放到古河床的水量减少到最低限度; 其次河冰的调节作用则主要表现在春季自山口向中高山带的不同的消融时间和消融强度, 河流径流量逐渐增加, 尤其5月初的集中强消融形成的初汛对河流径流的调节与补给具有相当大的现实意义。

该年度河冰的形成, 发育和消亡过程中的冰面高度(冰厚)逐日变化列于表1。

由表1明显看出, 1991年11月初到12月21日为岸冰形成和发育阶段。这期间岸冰表面高度随时间推移增长幅度较小, 而两岸的冰向河流主流线方向的延伸非常快, 在不到20天时间即封河。从11月21日起至1993年2月上旬末为河冰锥发育阶段, 冰面流水急冻是冰锥发育的基本特征。这种发育并非象地面冰锥那样, 其增长随时间呈线性增厚, 而河冰锥增厚表现出跳跃式的特点。2月10日至2月底, 冰面高度已无明显变化, 冰盖悬空, 冰下流水位也降低到最小。3月1日起至4月下旬末, 随着气温上升冰面开始消融, 出现由于差异消融而形成的鱼鳞状和蜂窝状构造, 融化一冻结交替出现, 冰面出现裂隙, 融水沿裂隙下渗和沿表面流动, 冰面减薄, 岸边冰随季节冻土融化而脱开, 因连底冻岸冰的支撑, 冰面只出现减薄, 但幅度不大。从4月13日起冰面高度出现突然减薄, 至4月

1) 天山站年报10期。

表 1 乌鲁木齐河冰厚度逐日变化表 (cm)

日	1992		1993					备 注
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
1		69	98	122	140	121	48	
2		69	98	126	140	121	40	
3		69	98	126	139	121		
4		69	98	128	139	119		
5		69	98	128	139	119	24	
6	30	69	98	129	138	119		
7	42	69	98	129	138	118	17	
8	41	69	98	139	135	118	12	
9	41	69	98	139	135	118	0 ✓	✓终冰
10	41	69	98	139	131	118		
11	41	69	98	140	131	118		
12	41	69	98	140	130	118		
13	45	78	115	140	127	118		
14	45	78	115	140	127	118		
15	44	78	115	140	126	115		
16	43	78	115	140	126	113		
17	43	78	115	140	124	110		
18	43	78	115	140	124	110		
19	43	78	115	140	124	109		
20	43	78	115	140	124	107		
21	49•	78	115	140	123	104		•封河
22	62	78	115	140	123	104		
23	68	78	115	140	123	100		
24	66	78	115	140	121	94△		△开河
25	66	88	115	140	121	95		
26	66	92	115	140	121	80×		×花杆断倒
27	67	92	115	140	121			
28	67	92	122	140	121			
29	67	98	122		121			
30	67	98	122		121			
31								

6日随冰锥沉陷断裂而开河。4月27日以后由于岸边的强消融以及冰下水位上涨和流才
 对离岸的连底冻冰的冲刷作用，冰强度降低，岸冰也迅速崩溃，随着初汛的来临，在1
 到半个月时间河冰消亡。从岸冰形成到消亡历时189天。

河冰发育与气温、湿度和土壤冻结深度间的相关关系用图1表示。

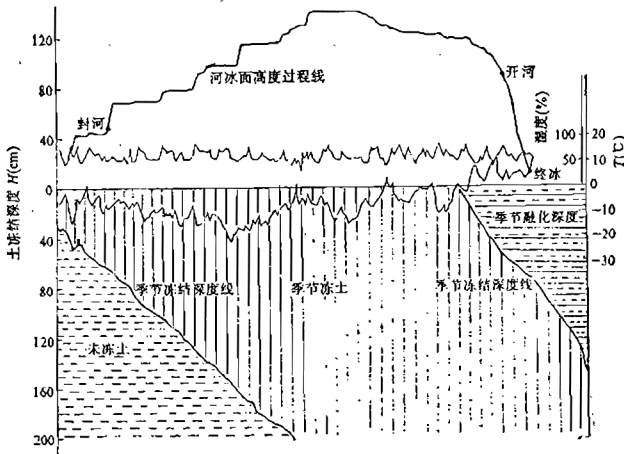


图1 冰、气温、冻土和温度逐日过程线图

从图1可看出以下特点：

首先，从气温稳定为负温开始，岸冰形成到封河历时22天，即从10月31日起到11月12日封河止，累积负温为115.8°C，而从气温上升到稳定正温，即从1993年4月13日起到开河历时14天，累积正温为84.5°C，到终冰正温积累值为127.6°C。从强消融开始到终冰历时也仅仅25天。河冰形成期和消亡期所历时日数，以及负、正积温值十分接近的情况看出，河冰的形成、发育和消亡与气温的变化确有非常密切的关系。由此，可以据某地点、正积温值预测河流结冰、封河时间以及消融、开河和终冰日期，为引水工程的安全防护（关闸放水以防引水渠道冻裂和开闸引水适时灌溉）提供依据。从而可以在条件许可时开展人工促进河流结冰以形成中山带季节性固体水库以及人工促进河冰消融达到增加春季径流量，缓解春旱等都是非常有意义的。

其次，从图中看出河冰发育与季节冻结过程关系密切。乌鲁木齐河冬季枯水位在观测断面不超过60cm，从岸冰形成到封河其厚度的变化与土壤冻结深度基本同步，到11月21日封河时，土壤冻结深度64cm；而从4月8日冻土表面开始融化至4月25日开河，土壤融化深度为54cm，至5月8日终冰，土壤融化深度达到82cm。而且到2月初当土壤冻结深度达到并超过200cm时，河冰厚度也达到最大值140cm。土壤开始融化日期也正是冰面强烈消融日期，而且多年考察观测发现，由于冻土自表面向下的融化，岸边首先消融，离岸冰是河冰消亡的前兆。由此可见，河冰的形成封河以及发育过程与土冻结过程有非常好的相关性（图2），而冰的消融开始和消亡过程也与季节冻土的融化过程关系密切，只不过由于冰在消融过程中强度迅速降低出现沉陷破裂，使这种关系可能出现转折。由于河冰形成发育与土冻结深度的关系是这次分析中首先发现，但之间更加密切的关系尚有待与前几年的观测资料进行系统的分析后得出。

第三，河冰发育与空气相对湿度的关系，在河冰发育阶段表现在气温与相对湿度间的关系上。即在河冰发育阶段，相对湿度与气温呈负相关，气温降低，相对湿度升高，而气温降低又都不同程度地引起冰面流水和急冻结冰厚度的增加。从图1中看出，当

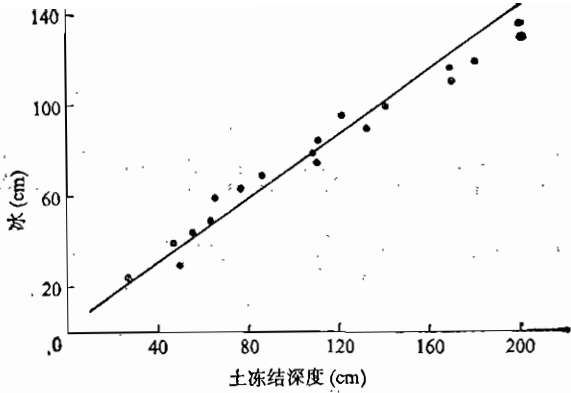


图2 河冰形成发育与土冻结过程关系图

相对湿度大于50%，并呈波状起伏时，冰面高度增加。在1月下旬到2月上旬。由于气温的回升，相对湿度的明显下降，冰面高度波状上涨，这是冰下流水受下沉冰盖挤压使流水从观测断面上游“清沟”、“冰窟窿”中流到冰面急冻成冰的结果。在冰面高度稳定阶段，其高度与相对湿度的关系不那么明显。

参 考 文 献

张志忠,1992, 乌鲁木齐河流域河冰基本特征及其对春季径流的补给作用.乌鲁木齐河山区水资源形成和估算, 科学出版社, 110—130页。

天山东段末次冰期冰川规模与古冰川 水文问题研究报告*

——以乌鲁木齐河源区为研究重点地区

任炳辉 李念杰 杨惠安 李世杰

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

作者利用我国天山东段的航片、大比例尺地形图、现代冰川区的冰川气候、冰川水文和冰川消融资料,恢复了第四纪末次冰期鼎盛时的冰川作用规模,并模拟古冰川消融作用和古冰川融水径流量的状况。

通过对天山东段的天格尔峰区、博格达山区、巴里坤山区和哈尔里克山区的古冰川作用范围的划定、量算与统计,初步获得第四纪末次冰期最盛时的冰川扩展规模,南北坡古冰川规模的比较,山地边缘与山地腹部冰川扩展的情况,古雪线高度的分布,大冰川末端下伸的程度,古冰川的冰储量的估算以及它们与现代冰川作用的差异性。现具体分述如下。

1 裸露山岩系数的确定

古冰川作用范围是通过航片判读和地形图分析量定的,其中包括所量范围内未被冰川覆盖的零碎山坡和突岩,因此应当扣除,为此,我们在大比例尺(如五万分之一)地形图上量测现代冰川范围,将在不同山区所作的一系列试验样方,求其山岩系数(K),即

$$K = \frac{S_r}{S_o} \quad (1)$$

式中: S_r 为冰川分布区内未被冰川覆盖的山岩面积, S_o 为冰川分布区面积。而实际冰川面积(S_g)为:

$$S_g = S_o (1 - K)$$

其 K 值在冰川的不同部位上是不一致的,因为在确定古冰川范围时,由于雪线以下至冰川末端之间裸露山坡的分布趋势和槽谷宽窄的变化有关,往往使划定的冰川范围被人为扩大,所以,雪线以上和雪线以下的 K 值不应取相同数值。一般雪线以下的 K 值要比雪线以上的稍大些。根据上述试验样方结果,对我国天山东段冰川区而言,雪线以上

* 本文为天山冰川站资助课题的总结报告。

的粒雪盆区一般可取 $K = 0.3 - 0.4$ ，雪线以下的冰舌和槽谷区取 $K = 0.5 - 0.6$ 为宜。也就是说，雪线以上的所量算的只有冰川实际面积的60—70%，雪线以下的只有其实际面积的40—50%。这种变幅往往与冰川分布区的山势和地形图比例尺大小有关。若使用1/5万地形图或山势较陡峻，则 K 值宜取低值，若为1/10万地形图或山势较宽缓则可取高值。例如，我们在乌鲁木齐河上游冰川区用1/5万地形图所量算的古冰川雪线以上面积就取 K 值为0.3，雪线以下的消融区取0.5。而南坡的乌拉斯台郭勒地区因地势较宽缓，量测的古冰川雪线以上面积和雪线以下面积的 K 值则分别取0.4和0.6。量算后统计出的末次冰期最盛时的古冰川面积、冰储量及现代冰川诸要素详见附表及附图。

2 末次冰期鼎盛时冰川规模比较

古冰川规模的划定与量算主要以天格尔Ⅰ峰（海拔4486m，见附图）区为重点，包括北坡的乌鲁木齐河上游、梯匈河和南坡的阿拉沟的阿拉希公京、夏尔沟和乌拉斯台郭勒东支北岸。为了便于对比，亦将博格达山、巴里坤山及喀尔里克山的古冰川范围也做了量算。统计结果和各山区古冰川规模以及与现代冰川的比较可参见表1。从表中看出，末次冰期鼎盛时冰川作用范围都比现代冰川大3.8—8.5倍不等，而且古冰川扩展分布规律具有从东向西逐渐增大的趋势。但是，只有博格达山有所不同，其冰川扩展倍数比它东侧的巴里坤山小。这可能受其特殊山势（主要指主峰区）影响所致，因为博格达峰为一突起的块状隆起山峰，与其周围山地高差较大，有效的山地效应有限，古冰川作用面积的扩大受到一定限制。

表1 末次冰期冰川面积与现代冰川面积比较

冰川面积(km ²)	哈尔里克山	巴里坤山	博格达山	天格尔Ⅰ峰区 ¹⁾
现代冰川	125.9	29.9	213.9	74.9
末次冰期	477.5	220.7	1212.4	636.5
扩展倍数	3.8	7.4	5.7	8.5

①北坡包括梯匈河和乌鲁木齐河，南坡包括阿拉沟的阿拉希公京，乌拉斯台郭勒东支北岸及夏尔沟。

天格尔Ⅰ峰区古冰川面积636.5km²，而现代冰川面积只有74.9km²，古冰川比现代冰川大8.5倍，是我国天山东段古今冰川扩展比例最大的山区之一。究其原因，主要由于该峰区山脊分布的不对称性造成的。即主山脊明显向北偏离，使北坡侵蚀下切强烈，山高谷深，山势陡峻。而山脊以南高山腹地较宽阔，山势不如北坡那么陡峻，为雪线降低时，其冰川作用的有效山地面积比北坡大得多。从南北坡大冰川伸展的程度也反映了这一情势，如北坡主谷中的望峰古冰川长度只13km，而南坡的阿拉希公京冰川和乌拉斯台主冰川长度则分别达19.6km和16.6km。所以，南坡山地形势的宽缓条件是峰区古冰川发育规模比现代冰川大的主要原因。

天山东段最东端的哈尔里克山古今冰川规模变化比例最小，古冰川仅比现代冰川扩大3.8倍。这主要由于这里主山脊较窄，末次冰期时，雪线降低形成的古冰川面积扩展也有限。相比之下，相邻的巴里坤山没有高大的山峰（主峰海拔4300m），单薄的山脊平均海拔只有4000m左右，现代冰川规模甚小而分布散漫，可是，一旦末次冰期古雪线下

降数百米，则古冰川规模大大扩展。所以，现代冰川规模基数小的冰川区，其古冰川面积扩大的程度往往明显增大。

3 南北坡古冰川规模的差异

无论是天格尔Ⅱ峰区，还是哈尔里克山与巴里坤山区，古冰川作用规模都是南坡比北坡大，只是各山区扩展的比率程度不同而已。特别是天格尔Ⅱ峰区和哈尔里克山区，南坡比北坡冰川规模增大的比率分别为10.7%和33.6%，而巴里坤山的比率却不超过2%（表2）。各山区如此悬殊的差别主要是由于山地地形条件不同形成的。

表2 末次冰期时山脊南、北冰川面积比较

古冰川面积(km ²)	哈尔里克山	巴里坤山	博格达山	天格尔Ⅱ峰
山脊北	229.6	109.4	580.9	302.1
山脊南	308.7	111.3	631.5	334.4
山脊南比山脊北 增加比率(%)	33.6	1.7	8.7	10.7

在天格尔Ⅱ峰区，北坡为高山深谷，地形切割较破碎，更缺少较完好的高山夷平面，末次冰期的冰碛呈不完整的丘陵岗地（如望峰冰碛）残存于槽谷内侧，规模不大，明显的冰碛岗丘长仅3 km多，宽400—800m，下限止于海拔2920m槽谷中。而南坡的阿拉希公京和马拉斯台郭勒谷地宽大，末次冰期的冰碛平台时有所现，冰积层厚达百米以上，古冰川长达16—20km，下限止于海拔2850—2920m槽谷中。造成南北坡差异的原因主要是地貌和构造运动因素。

乌鲁木齐河上游的北天山在构造上属天山大坂地背斜，新生代以来，地壳不断相对拾开，河流强烈下切，河谷窄陡，望峰至谷峡段的深切河床到谷坡间的相对高差达200—300m，河床最窄处只有数米。望峰以上的源头段，槽谷形态较完好，河谷坡降平均为55%。上述地形对冰碛地形保存极为不利。而主山脊南坡地势较宽缓，如冰大坂黑熊沟谷地较宽阔，坡降平均为46%。至乌拉斯台郭勒和阿拉沟上游的奎先达坂地区，构造上属一复向斜，新构造抬升相对不显著，地形基本轮廓为较宽缓的谷地，间以晕缓的中低山地，谷地上游段常有似平台状冰碛地貌和多变的辫状水系，既无狭谷，亦无多级阶地。乌拉斯台郭勒谷地宽约1 km，谷底宽度与山坡高度之比约为1:8，现代河床使夏季径流流速缓慢，下切能力较弱。末次冰期的雪线以上山地面积约占上述南坡山地面积的二分之一以上，这么广阔的山地有可能接受众多的冰雪物质的聚集，为大规模冰川发育提供了基础。这一有利地形条件是天山北坡所不具备的。

博格达山与天格尔Ⅱ峰的冰川分布形势较为相似，亦是山脊不对称，主山脊南坡古冰川规模比北坡大。

哈尔里克山主山脊南坡的古冰川规模比其北坡更为扩展，南坡比北坡冰川面积比率高达33.6%。主要原因和天格尔Ⅱ峰南坡相似，也是地形条件决定的，这里存在着海拔3100—3200m和3600—3700m两级夷平面，特别是低级夷平面的影响更重要。末次冰期时，由于该3100—3200m低级夷平面的存在，形成了若干较大的平顶冰川，如庙尔沟、榆树

沟的上游较为典型，其个体规模介于4—8 km²不等，大约至少有12处，它们向西南倾斜。这些夷平面原来基本连成一片，因后来经冰川和冰水侵蚀而被切割成分散的小块夷平面，往往两个夷平面之间则为冰川槽谷所在。

在巴里坤山，由于山脊窄薄，南北坡又较对称，冰川沿山脊作羽状分布，所以，南坡冰川面积仅比北坡多1.7%，两坡冰川规模比较接近。

4 山地边缘与山体腹部的古冰川扩展

就某一山地而言，山地不同部位古今冰川的分布规模亦有差别。一般山地边缘的古冰川规模要比山体腹部的古冰川大，有些山地将大数倍。例如乌鲁木齐河上游的梯沟河位于山地边缘，其古冰川比现代冰川大近5倍多，而地处山体腹部的大西沟吾特肯古冰川规模比现代冰川大4倍多。在巴里坤山情况更明显，山地边缘的大马圈沟古今冰川面积相差8.8倍，而山地腹部的红山口沟的古冰川仅比现代冰川规模大3.3倍。此外，在哈尔里克山和博格达山的山地边缘的古冰川规模也比山地腹部大几倍（见表3）。造成这种差异的原因主要与现代冰川发育和分布集中的程度有关。

表3 末次冰期山地腹部和山地边缘冰川规模比较

山 区	哈尔里克山		巴里坤山		博格达山		天格尔 I 峰	
	山地边缘	山地腹部	山地边缘	山地腹部	山地边缘	山地腹部	山地边缘	山地腹部
河 流	大白杨沟	科托果勒	大马圈沟	红山口沟	中葛根河	白杨沟	梯沟沟	吾特肯
现代冰川面积 (km ²)	13.82	21.80	1.63	5.01	5.52	21.14	8.04	12.24
古冰川面积 (km ²)	55.32	63.18	14.4	16.70	41.1	58.10	45.60	59.60
古冰川扩展 (倍)	4.0	2.9	8.8	3.3	7.5	2.8	5.7	4.9

5 末次冰期冰储量的估算

估算古冰川冰储量除了冰川面积资料外，还要考虑给出古冰川的平均厚度问题。我们曾尝试利用流域内现代冰川面积与现代冰川冰储量之间建立关系，找出冰川的平均厚度，但是，由于各流域构成单个冰川的尺寸和数量千差万别，即使两个流域冰川面积相同，其冰储量也相差悬殊，因此，这个方法的实验结果不能使用。后来，我们考虑用其它综合因素，对古冰川平均厚度给出一个近似值的办法解决，当然，这种办法存在一定误差，实验结果表明，往往偏大10—15%左右。具体步骤是，首先确定某流域内的古冰川实际面积（即扣除裸露山岩的冰川面积），并确定该流域内最大冰川（或主冰川）的面积，然后，根据现代冰川编目（天山卷）中已建立的冰川面积与冰川厚度的关系，再估算该流域最大古冰川的平均厚度。最后将最大冰川在流域内所占的面积比例和挑选有代表性的其他小冰川面积所占比例，得出各自厚度的平均值，即可作为该流域古冰川的平均厚度使用。例如，北坡乌鲁木齐河上游的哈熊沟北支，末次冰期最盛时的冰川实际面积为14.2km²，其主冰川面积为7.2km²，约占该沟内古冰川面积的50%左右，按天山冰川编目的冰川厚度为81m，沟内其它小冰川面积也约占沟内古冰川面积的一半左右，

而具有代表性小冰川的单个面积为 $1.0—1.5\text{km}^2$ ，相应厚度为 40m ，按沟内不同尺寸古冰川面积比例计算，其平均厚度为 60m 。此外，在天格尔Ⅱ峰南坡的阿拉沟源头，应用了冰碛层电测深资料，即在阿拉希公京冰碛体中部冰碛最大深度为 $100—135\text{m}$ ，对该沟古冰川厚度取平均值为 85m 。

依据上述方法，我们计算了天格尔Ⅱ峰区南北坡古冰川的冰储量，其中，北坡（梯甸河和乌鲁木齐河）为 20.4853km^3 ，南坡（阿拉沟的阿拉希公京和夏尔沟及德代沟，乌拉斯台郭勒东支沟的北岸）为 26.9484km^3 ，其南北坡冰量合计是这里现代冰川冰储量（ 2.4985km^3 ）的近19倍。仅北坡乌鲁木齐河的古冰川冰储量（ 22.65km^3 ）即达现代冰川冰储量（ 1.29km^3 ）的17.6倍。可见末次冰期古今冰量增大的倍数比古今冰川面积增大的倍数大得多。

根据哈尔里克山，巴里坤山，博格达山与天格尔Ⅱ峰的古冰储量的比较（表4），

表4 末次冰期冰储量与现存冰储量比较

冰储量 (km^3)	哈尔里克山	巴里坤山	博格达山	乌鲁木齐河	天格尔Ⅱ峰
现代冰川	7.00	1.16	10.35	1.29	2.4985
古冰川	68.69	18.72	170.58	22.65	47.4337
增长倍数	9.8	16.1	16.5	17.6	19.0

不难发现，古冰川冰储量由东向西逐渐增加的分布趋势。这与冰川分布规模相一致，其增加的倍数与现代冰川数量和分布集中的程度有关。如哈尔里克山现代冰川规模较大，分布集中，而巴里坤山现代冰川小而分散，前者古冰量增长倍数就比巴里坤小得多。而后者则与博格达山和天格尔Ⅱ峰区相似，其中，天格尔Ⅱ峰区古冰量增长倍数最大，是哈尔里克山的近2倍。而现代冰川冰储量仅为哈尔里克山的三分之一。这种差异在乌鲁木齐河上游也很突出。

6 古今冰川下限的比较

冰川下限的高度反映了冰川发育的规模，也反映冰川作用时冰川物质平衡和冰川作用能量强弱程度。末次冰期时，无论冰川长度，末端下降幅度，南北坡变化等都比现代冰川明显扩大。

(1) 冰川长度的比较

天山东段古今冰川长度变化较大，一般介于 $3—4:1$ 之间，但各山区因山势及山体宽窄的不同而有一定差别（表5）。为了便于比较，我们均选择北坡各主谷冰川来比较，其中，巴里坤山古今冰川长度变化幅度最小，最大的现代冰川长度不超过 2km ，而古冰川最大长度仅 5.5km ，比现代冰川伸长两倍多（ $2.9:1$ ）。而东西两侧相邻山区的哈尔里克山和博格达山则分别为 $3.7:1$ 和 $3.9:1$ 。这主要是受山势和山体宽度的影响所致。巴里坤山山势较低，一般山脊海拔仅 4100m ，南北宽仅 $20—25\text{km}$ ，冰川发育的物质条件和冰川活动能量受到一定限制，许多古冰川流动不远就到达沟口，运动能量消失而停顿。而哈尔里克山和博格达山的山势和山体就优越些，山脊海拔都在 4400m 以上，山体宽

表5 天山东段北坡现代冰川与末次冰期冰川长度比较

地 区	现代冰川长度 (km)	末次冰川长度 (km)	古今冰川长度比
乌鲁木齐河源	2.2	13.0	5.9 : 1
博格达峰	4.4—5.0	17.0—19.0	3.9 : 1
哈尔里克山	3.0—4.6	11.0—17.0	3.7 : 1
巴里坤山	1.2—1.9	3.5—5.5	2.9 : 1

度也都在50km以上，所以，古冰川最大长度可达近20km（博格达峰四工河），相应的古今冰川长度比也较大。

天格尔Ⅱ峰北坡乌鲁木齐河源区的古今冰川长度比最大可达5.9 : 1，为本研究区域的最大比值。该源头最大的1号冰川长2.2km，而末次冰期时，曾向下伸长了约13km，达到海拔2920m附近的谷地。高大的山体，一般山脊海拔4400m，包括许多支冰川在内的庞大粒雪盆和比降较大的谷地等等，都为冰川物质积累和冰川向下伸展提供有利条件。

(2) 南北坡古冰川下限的差异

天山东段各山区古冰川下限，在北坡最低下伸至2720—3100m，南坡最低达2400—3000m，除博格达峰区古冰川下限较低外，其他山区都比较相近。与现代冰川下限相比，北坡古今冰川下限差值介于630—1130m间，差值变化幅度大。南坡介于700—990m间，差值变化比北坡小。亦即南北坡古冰川下限比现代冰川下限低数百米，一般不超过千米（表6）。博格达峰区比较特殊，无论是现代冰川还是古冰川，其下限都比较低，尤

表6 天山东段南北坡末次冰期作用下限的比较 (m)

地 区		天格尔Ⅱ峰	博格达峰	哈尔里克山	巴里坤山
现代冰川下限	山脊北	3 480—3 730	3 330—3 600	3 550—3 820	3 480—3 820
	山脊南	3 720—3 820	3 380—3 740	3 600—3 990	3 610—3 870
末次冰期冰川下限	山脊北	2 720—3 100	2 200—2 780	2 800—3 000	2 850—2 900
	山脊南	2 850—2 920	2 400—2 900	2 900—3 000	2 850—3 000
古今冰川下限差值 (m)	山脊北	630—740	820—1 130	750—820	630—920
	山脊南	870—900	840—980	700—990	760—920

以北坡更为突出，北坡的现代冰川下限最低已达海拔3330m，南坡为3380m。而古冰川在北坡最低已下伸到中山带的海拔1900m，南坡也已伸至海拔2400m。古今冰川下限差值都接近或超过千米，如北坡四工河现代冰川末端最低为3600m，末次冰期最盛时的古冰舌则下伸到海拔1900—2200m的驴尾巴梁（郑本兴等，1983），古冰舌前端比现代冰川至少下降1400m。南坡的黑沟，现代冰川末端为3380m，而古冰川则下降到2400m，古今下限差值亦达980m，南北坡古冰川下限分布高度相差200—300m，仅北坡稍低些，这

与现代冰川下限高度分布基本相似。

关于古今冰川之间末端下降幅度问题,天格尔Ⅱ峰区与哈尔里克山或巴里坤山的情况大体相似。古冰川末端最大下降幅度比现代冰川低1010—1190m,下降幅度最少的也在30m以上,平均下降幅度介于735—870m间。对各山区的一些大冰川而言,其降低值在30—820m间,一般都不超过千米,基本接近平均状况(表7)。唯有博格达峰区下降幅度大,最大下降幅度可比现代冰川末端低1540m,最小值也有430m,平均降低值达35m。峰区某些大古冰川的末端比现代冰川末端低1230—1400m,为天山东段古冰川下降值最大的山区。

表7 天山东段古今冰川下限的比较

地 区	现代冰川下限 (m)	末次冰川下限 (m)	冰 川 降 低 值(m)		
			幅 度	平 均	大 冰 川
天格尔Ⅱ峰	3 460—3 730	2 720—3 000	460—1 010	735	820
博格达峰	3 330—3 740	2 200—2 900	430—1 540	985	1 230—1 400
哈尔里克山	3 550—3 990	2 800—3 000	550—1 190	870	730
巴里坤山	3 480—3 870	2 850—3 000	480—1 020	750	790

7 古冰川末端冰碛形态与冰川泥石流

末次冰期最盛时所遗留下来的终碛形态一般保存较完好。天山东段古终碛大体可以归纳为三种形态,即终碛丘陵型、冰碛平台型和终碛垅岗型,其中以终碛丘陵型和终碛垅岗型分布较多。

(1) 冰碛丘陵型 该终碛表面形态为岗丘起伏,其间参有数列不太明显的弧形垅向前伸展,一些漂砾暴露地表,其纵向延伸较长。如乌鲁木齐河源的望峰终碛丘陵的连续长度达2 km许,宽约750m,下限达2920m左右。由于后期流水切割,其表面已高出现代河床80—90m。它的主体保存在河谷的北岸,南岸规模保留较少。该类型在山脊南的阿拉沟上游也有保存,如阿拉希公京冰碛丘陵,呈南北向分布,长约8 km,宽约500余米,表面微起伏,带擦痕的漂砾颇多,海拔3000m以上为多年冻土,冰碛内富含下冰层,冰碛体前端可见三列起伏几米高的弧形小垅向下伸展,该终碛丘陵厚度将超过100m,目前被流水切割高出现代河床30—35m。此外,在哈尔里克山的某些槽谷中也可见到。

(2) 冰碛平台型 主要见于哈尔里克山的少数谷地中,其他山区也有个别的保留。哈尔里克山南坡的庙儿沟和榆树沟上游所保留的冰碛平台较好,由于这里广泛存在海拔3700—3900m的古夷平面,冰期时多形成平顶冰川,冰川消退后,形成若干不连续的冰碛—冰水平台。如在庙儿沟的八大石,沿其东支沟上行约11km的谷地西岸,即是一片延伸2.2km,宽300—400m,高出河谷底近百米的冰碛—冰水平台,边缘下限已达海拔2900m,平台表面微向南倾。在距西支沟8—9 km的博达勒(海拔3100m)附近也有分布。在天格尔Ⅱ峰南坡阿拉沟上游海拔2850m以上的冬德萨拉亦为一冰碛—冰水平台(有的学者认为,形成时代可能早于末次冰期最盛期),表面平缓,无巨大漂砾,

表层缺少条痕石，表面微向东倾，目前已高出谷底20—35m。

(3) 终碛垅岗型 这是一种常见的弧形终碛堤垅，规模大小不一，小者如乌拉斯台郭勒的东南侧的赫尔更郭勒源头谷地中，保存一列十分完整的马蹄形终碛堤，末端海拔3200m，高出宽谷5—6m，堤的基部宽约20m，西翼最大间距达800m，内侧缓，外侧较陡，距现代冰川4.5km，表面微起伏，土层甚少，草被湿密，堤弧前端已被流水切开，每年夏季有微量径流通过，谷地中均为沼泽化湿地，多积水草坑，行走不便。另外在乌鲁木齐河上游哈熊沟北支源头亦有弧形终碛堤残留，被后期流水切割较甚，它仅见于南岸谷肩上冰碛层厚约20m，高出河床40—50m。

规模较大的终碛堤垅有时具有特殊意义。它们常与冰川泥石流相连系。在哈尔里克山北坡的科特果勒和吐尔干沟，南坡的榆树沟，或许还有庙尔沟等处，常常在古终碛垅外围形成庞大的不规则的舌状混杂堆积体，其中尤以科特果勒上游最为典型。

位于哈尔里克山主峰北坡下的科特果勒是由库木开其克沟和塔木布鲁克沟构成，源头发育有现代冰川群，最长的冰川4.5km，其末端海拔3700m，末端以下为宽阔的冰川谷地，其间横卧着两组终碛垅和众多湖沼。较高的终碛垅位于海拔3350—3500m的谷地内，规模小，距冰舌末端约4—5km。而较低的终碛堤垅则下伸到距现代冰川末端7.0km的海拔3100m谷地中，曾堵塞成阿克塔什库勒湖，湖盆面积约2.0—2.5km²，目前湖内为无水，只有流水沿湖盆两侧边缘向下流至被切开的这条终碛垅（可称“托努尔鲁克终碛垅”）处汇合后北流。垅堤的东南面尚有若干积水小湖。从该终碛垅向下游大约延伸5km的范围内分布有三片大型舌状杂乱堆积体，表面为排列较密而不规则的众多弧形垅堤组成，崎岖不平，其间为现代河流穿过，堆积体最宽者达1.4km，最前端止于海拔2700—2800m的山前带，并形成高出谷底80—100m的陡崖（图1）。这种奇特的堆积地貌景观如似跃动冰川冰舌末端冰碛地貌形态，但是，这种地貌却与跃动冰川无关。我们认为，这是由于阿克塔什库勒终碛堰塞湖的溃决，把大量冰碛和冰水泥积倾泻而下形成的冰川泥石流舌堆积。

此外在科托果勒西侧的吐尔干沟的沟口以下至海拔2600m间亦一条冰川泥石流舌状堆积，从海拔3100m的终碛垅距现代冰川末端6—7km向下游延伸约4km多，规模为4×1.3km²，其表面形态与科托果勒相似。

主峰南坡的榆树沟上源查干诺尔（海拔3300m）以下，古终碛垅已被破坏，在海拔3150m左右的终碛垅残体以南，形成一片6—8km²的冰川泥石流体。它与南面的艾力什拜古冰舌（海拔2900m）所形成的庞大终碛连成一片，外缘呈圆弧形，前端陡峭，形成高差达200—300m的由冰碛、冰水和泥石流的混合堆积体。表面形态很不规则，也不完整。这两个古冰舌区拥有近20个大小不等的湖泊，其中，查干诺尔湖面积约1km²，艾力什拜上游也有两个大湖，面积也都在0.5km²以上，它们都是冰碛湖。上述庞大的混合堆积体就是由于这些冰碛湖的溃决冰川洪水形成的。因此，对于一些有大冰川发育和拥有较大冰碛湖的冰川谷地都有可能孕育着冰湖溃决形成冰川泥石流的潜在因素，这在亚洲干旱区高山冰川研究中应于重视的一种灾害现象。

8 古雷线与冰川ABR值

末次古冰川作用的雪线要比现代雪线低得多，各地区差异却相当大，如何确定雪线

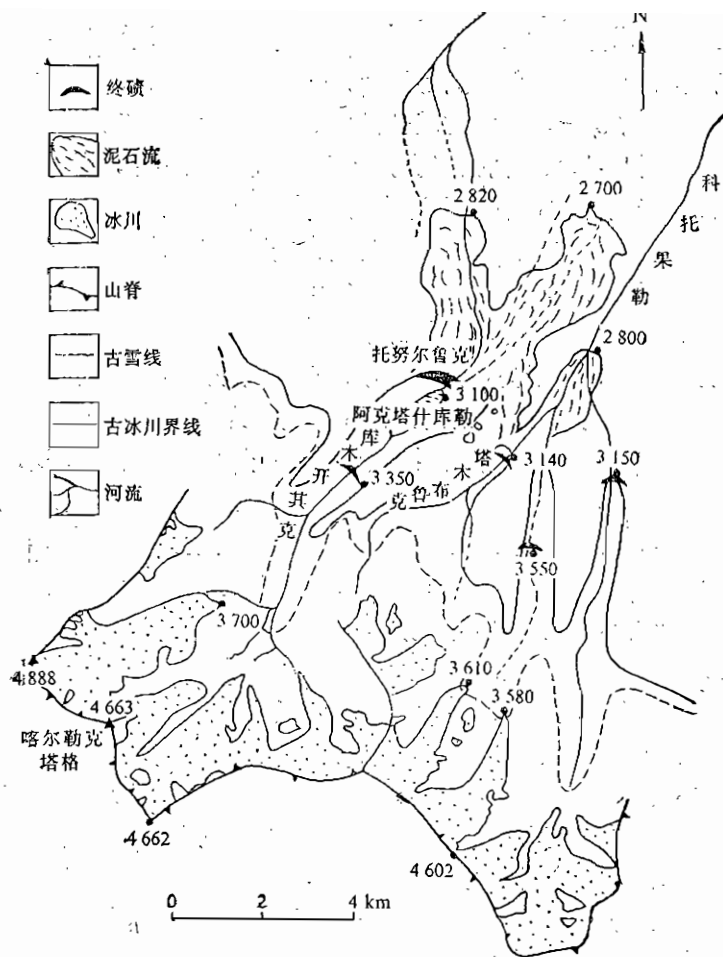


图1 哈尔里克山北坡的冰川泥石流

高度的方法也很多，但都存在不少误差。因为影响雪线高度的因素诸多是在不断变化着的。本文所确定的古雪线高度主要是根据地貌形态法并作若干修定确定的，因此，古雪线高度 (H_s) 可以下式表示，

$$H_s = h_g + h_i - (h_r + h_t) \quad (3)$$

式中： h_g 为地貌形态法所确定的古雪线的现代高度； h_i 为古雪线处冰川厚度； h_r 为末次冰期以来的构造上升量； h_t 为在 h_g 上冰碛等堆积物厚度。

虽然晚更新世以来的新构造运动对地形的影响较中更新世时趋于缓和，但在有些地方的抬升量仍是重要的。乌鲁木齐河沟口的多级阶地就说明这一现象，杨怀仁（1965）认为，沟口的二级阶地和三级阶地应属末次冰期的形成物，前者高出河床30m，后者高出河床50m。在后峡以上三级阶地消失，而上游若干支沟中末次冰期的终碛外围则有高出河床20—30m的冰水阶地。这样，末次冰期以来构造上升量约在55—80m左右。

古雪线附近的槽谷盆地常为冰期以来的冰碛物，冰缘堆积物、冰水沉积和重力堆积所充填，其厚度由十几米至数十米不等。乌鲁木齐河源槽谷中的哈依萨岩盆东缘钻探所显示，末次冰期以来的沉积层厚度12—18m，而这里从地貌上分析为古粒雪盆的下缘，若

至岩盆中上部,即古雪线附近(海拔3550m)其厚度可能还要大些,或许在20—25m左右。

根据张祥松等(1985)报道,现代1号冰川雷达侧深资料确定,雪线附近冰的最大厚度为137m,比冰川平均厚度约大50%。我们用前所述方法所确定的这里古冰川平均厚度为85m,故古雪线处的冰层厚度应为170m左右。

从地貌形态方法所确定的大西沟古雪线位置应在哈依萨岩盆的中上部,即海拔3450—3500m左右。据上述各项参数,用上式获得末次冰期时雪线高度应在3520—3590m间,即大体介于3500—3600m间。这个高度与王靖泰等(1981)所报道的基本一致。

据此,我们将天山东段各山区的末次冰期雪线高度的变化进行比较(表8)。可以看出,乌鲁木齐流域的情况与博格达峰北坡比较相似,古雪线比现代雪线低400—600m,比巴里坤山和哈尔里克山的降低值大些,后两者的下降值分别为350—550m和360—580m。这四个山区的古雪线降低值均介于250—610m之间,其中巴里坤山降低幅度最小。古雪线高度南北坡的分布差别接近现代冰川区南北坡雪线差值。

利用这些山区古冰川范围及古雪线的确定和量算,对古冰川积累区面积比率(AAR)进行了比较(表9)。总的AAR值介于0.69—0.73之间,符合冰川发育的基本情势,南

表8 天山东段现代与末次冰期雪线高度比较(m)

地 区		现 代 雪 线	古 雪 线	雪 线 降 低 值
天格尔峰	北	3 950—4 050	3 450—3 550	400—600
	南	4 000—4 100	3 550—3 650	350—550
博 格 多 峰	北	3 750—3 860	3 250—3 350	400—610
	南	3 930—4 050	3 400—3 550	380—600
巴 里 坤 山	北	3 750—3 850	3 300—3 400	350—550
	南	3 850—3 950	3 600—3 600	250—450
哈 尔 里 克 山	北	3 960—4 080	3 500—3 600	360—580
	南	3 980—4 100	3 600—3 700	280—500

表9 天山东段各山区古冰川作用的AAR值的比较

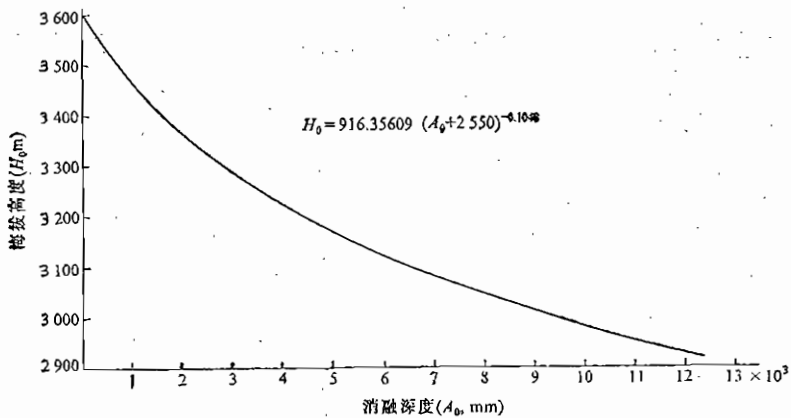
AAR	哈尔里克山	巴里坤山	博格达山	天格尔峰
北 坡	0.70	0.68	0.72	0.71
南 坡	0.73	0.69	0.74	0.73
平 均	0.72	0.69	0.73	0.72

坡的值比北坡大,博格达山的值最大,巴里坤山的值最小,但变消融区面积(S_a),与冰川消融深度(A_0)等参数。经过统计与量算,乌鲁木齐河源望峰古冰川末端以上流域面积(S_0)为61.95km²,古冰川面积(S_g)为43.88km²,古冰川消融区面积(S_a)为112.36km²(设定当时古雪线高度为3600m)。

关于古冰川消融深度 (A_0) 的估算, 我们利用天山冰川站多年观测资料, 先建立现代冰川多年平均消融深与海拔高度分布关系曲线, 即用下式表示:

$$H = 916.3561 (A + 2550)^{-0.1048} \quad (4)$$

用此式来模拟末次冰期时冰川的这种机制。虽然那个时期的气温状况与今日不同, 雪线高度也有变化, 但是, 古今冰川消融趋势应该是基本相似的, 所以, 我们可以海拔3600m处作为古冰川的零平衡线高度, 重新建立起末次冰期时冰川消融深度 (A_0) 与海拔高度 (H_0) 的关系曲线 (图2), 进一步求出古冰川不同高度面积上的多年平均纯消融深度。有了 A_0 和前面所给出的消融区面积 S_a 的数据, 那么, 当时冰川的年平均纯消融量 (W_a) 即可求出。设若主谷古冰川末端下伸到海拔2920m时, 经计算, 当时冰川消融区年平均纯消融深度为1.782m, 已知消融区面积为12.36km², 则古冰川每年平均纯消融量为 $2202.55 \times 10^4 \text{m}^3$ 。设古冰川冰密度以0.86计, 相当于每年冰川上损耗掉冰川冰为 $2561.11 \times 10^4 \text{m}^3$, 是1号现代冰川年均纯消融冰量的29.9倍。



2 乌鲁木齐河古冰川消融深度 (A_0) 与海拔高度 (H_0) 关系模拟曲线 (设古雪线高度为3600m)

末次冰期时冰川区径流的组成除了冰川融水外, 另外还有一个重要的组成部分, 即降水量。可是, 目前已知, 末次冰期时全球降水普遍减少, 但是减少的程度因地域差异而说法不一。我们根据南北极冰芯的同位素和日本古植物演化资料推论, 末次冰期时的降水量要比全新世的今日少20—50%不等。若按其至少减少20%计算, 利用大西沟高山站多年降水资料, 所得乌鲁木齐河源古冰川区的径流粗略表示为:

$$Q = A_0 \cdot S_a + S_0 \cdot P_0 \quad (5)$$

其中, Q 为古径流量, A_0 为消融深度, S_a 为消融区面积, S_0 为古冰川末端以上的流域面积, P_0 为古降水量。

据此, 则可获得古冰川末端以上流域内的年均古径流量达 $4327.44 \times 10^4 \text{m}^3$, 相当于今日1号冰川水文点断面1958—1989年间的年均径流量的27.7倍, 可见古冰川融水对当时河流的补给作用之重要。

本文的主要目的试图利用现代过程资料来模拟末次冰期时的冰川融水径流趋势, 即当已知某山区古雪线高度, 使用 A_0-H_0 曲线就能得到古冰川年径流量。这一设想当然是初步的, 是否可取, 或有不妥, 今提出讨论。

附表 1 天格尔峰区现代冰川与末次期冰川数量表

流域	现代冰川				末次冰期				A.A.R		
	面积 (km ²)	冰储量 (km ³)	下限 (m)	雪线 (m)	面积 (km ²)	冰储量 (km ³)	平均厚度 (m)	消融区冰量 (km ³)		下限 (r m)	雪线 (mm)
梯甸河	8.04	0.2535	3550	3700	45.60	14.20	81	1.1502	2780	3500	0.89
东白杨沟					0.80		30	0.0240			
夏干萨特	0.09	0.0011	3650		7.00	3.10	50	0.0350	2600	3450	0.56
哈熊沟北支	1.15	0.027			14.20	4.00	61	0.8662	2800	3450	0.72
哈熊沟南支	0.70	0.0138			19.90	6.20	66	1.3134	2800	3450	0.69
波尔坎沟等	4.64	0.1128	3580	3800	36.40	10.40	67	2.4388	2900	3500	0.71
蔡汉诺尔沟等	5.55	0.2865	3480	3880	23.50	8.20	71	1.6585	2840	3500	0.65
博霍特沟	3.81	0.1153	3640	3790	20.70	5.60	62	1.2334	3000	3500	0.73
吾特背	12.24	0.4367	3600	4000	59.60	19.30	85	5.0660	2920	3600	0.73
布拉特沟等	1.84	0.0584	3800	3670	18.50	4.40	62	1.1470	3000	3540	0.73
宰尔德沟等	7.90	0.2440	3640	3830	53.80	13.80	70	3.7660	2800	3520	0.74
巴斯特铁热瓦台等					1.80	0.60	48	0.0864			0.67
西白杨沟					0.30		30	0.0090			
宰尔德河	10.06	0.3067	3260	3800	60.00	13.40	102	6.1200	2800	3550	0.77
乔能格河	10.38	0.2745	3240	3670	78.30	19.75	102	7.9866	2500	3450	0.75
三屯河东岸	3.66	0.0803	3510		40.60	11.80	91	3.6946	2600	3400	0.71
吾鲁特萨依	18.56	0.6699	3600	3900	88.30	23.70	115	10.1545	2800	3450	0.73
三屯河西岸	18.54	0.5651	3370	3780	128.60	32.5	95	12.2170	2650	3450	0.75
呼图壁河东岸	35.43	1.2055	3640	3900	189.80	42.40	115	21.8270	3040	3500	0.77
迪汗吉勒嘎	3.13	0.0886	3550	3860	18.50	4.50	73	1.3505	2840	3450	0.76

附表 1 (续)

流域	现代次川										米				次		AAIR
	面积 (km ²)	次槽面积 (km ²)	下槽面积 (m)	槽宽 (m)	面积 (km ²)	消融区面积 (km ²)	平均厚度 (m)	次槽面积 (km ²)	消融区面积 (km ²)	下槽	槽宽						
叶尔羌河	北岸	9.85	0.3865	3618	3970	24.10	7.70	1.2050	0.3850	3500	9750	0.68	0.71	0.78			
	南岸	9.85	0.3865	3618	3970	32.90	9.50	1.9740	0.5790	2800	3500	0.71					
	小计	19.70	0.7730	7236	7940	57.00	17.20	3.1790	0.9550								
阿克苏河	北岸	11.61	0.4905	3660	4030	86.80	18.80	5.9024	1.2784	3100	3520	0.78	0.72	0.74			
	南岸	12.48	0.4794	3750	4000	148.50	37.80	10.6920	2.7216	2850	3500	0.74					
	小计	24.09	0.9699	7410	8030	235.30	56.60	16.5944	4.8984								
塔里木河等	北岸	0.76	0.0288	3830		38.60	9.70	2.3160	0.0600	3380	3700	0.75	0.71	0.73			
	南岸	0.25	0.0030	3880		37.40	10.60	2.3938	0.6784	3360	3650	0.71					
	小计	1.01	0.0319	7710		76.00	20.30	4.7098	0.7380								
纳依特	北岸	1.34	0.0215	3800		33.20	8.90	2.3240	0.6230	3400	3700	0.73	0.74	0.77			
	南岸	4.30	0.1204	3900		102.80	27.00	7.7100	2.0250	3100	3700	0.74					
	小计	5.64	0.1419	7700		136.00	35.60	10.0340	2.6480								
巴拉台河	北岸	12.71	0.3471	3670		157.70	41.90	13.4045	3.5615	2880	3650	0.73	0.88	0.85			
	南岸	2.46	0.0724	3980		40.80	9.20	2.5296	0.5704	3200	3500	0.77					
	小计	15.17	0.4195	7650		198.50	51.10	15.9341	4.1319								
塔里木河	北岸	50.90	12.10	3700		50.90	12.10	4.3265	1.0285	3200	3500	0.76	0.76	0.85			
	南岸	59.50	17.20	3700		59.50	17.20	4.9385	1.4276	2940	3600	0.71					
	小计	110.40	29.30	7400		110.40	29.30	9.2650	2.4561	6140	7100	0.85					

*为冰川面积不全。