

乌鲁木齐河源1号冰川 地形图测量和冰舌末端近期变化

孙作哲 张金华 陈要武

随着试验研究项目的增多和深入,在建站初期草绘的1号冰川地形图,已不能满足研究工作的需要。于是,1962年10月王文颖、米德生、陈建明和孙作哲等用平板仪测量方法绘制成1:10000乌鲁木齐河源冰川地形图〔1〕。从图上量得1号冰川面积为1.95平方公里,冰川主流线长2.41公里,主峰高度4483.6米,冰舌末端高度3736米〔2〕。1973年8月,王文颖、罗祥瑞、刘景璜等用地面立体摄影测量方法再次绘制成1:10000乌鲁木齐河源冰川地形图(未印刷出版)。两次成图比较发现,11年间1号冰川冰舌在变薄,冰舌末端后退65.6米〔3〕。1980年8月,孙作哲和陈要武用地面立体摄影测量方法第三次绘制了1:50001号冰川地形图(封三)。对该图量算结果:1号冰川面积为1.84平方公里,冰川主流线长2.33公里,冰舌末端高度3746米。

由上可见,1962—1980年间,1号冰川面积缩小0.11平方公里,占原面积的5.64%,平均每年缩小0.006平方公里。冰川主流线长度缩短80米,冰舌末端高度上升10米。

几次测量的地形图有着统一的控制基础。我们以同名空间坐标比较,获得了1962年10月至1980年8月1号冰川厚度的变化资料(表1)。

表1 1962年10月—1980年8月1号冰川厚度的变化

冰川 名称	冰舌末端 (米)	冰舌下部 (米)	冰舌中部		冰舌上部 (米)
			左侧 (米)	右侧 (米)	
西支冰川	-24	-12	+3	-14	-7
东支冰川	-16	-10	+5	-5	-4

由表1可见,冰川厚度除冰舌中部左侧增厚外,整个冰川在减薄。而冰舌上部减薄量较小,这和近几年来冰川出现正的物质平衡有关。

掌握冰川末端前进和后退情况,对研究冰川变化十分重要。图1是测量1号冰川冰舌末端变化的布点情况。图中的基南和基北是1962年9月6日在坚硬基岩上凿孔作了永久性标志的,并从第一点和第三点对冰舌末端进行了首次测量。点位2则建于1980年7月13日,即日对冰舌末端作了首次测量。依图所示我们分别在1973、1980和1981年进行重复测量,其结果如表2和表3所列。

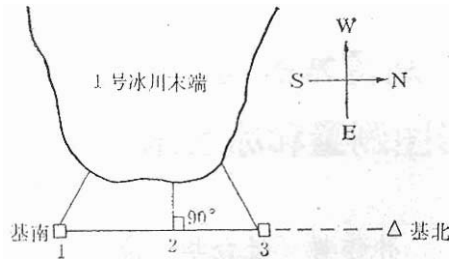


图1 测量1号冰川冰舌末端点位图

表2 1962—1980年1号冰川冰舌末端退缩表

点位号	1962年9月6日—1973年8月30日			1973年8月30日—1980年8月30日		
	后退距离 (米)	后退速度 (米/年)	平均后退速度 (米/年)	后退距离 (米)	后退速度 (米/年)	平均后退速度 (米/年)
1	75.14	6.83	5.96	29.98	4.28	3.28
3	56.00	5.09		16.00	2.29	
平均	65.60			22.99		

表3 1980年8月30日—1981年8月31日1号冰川冰舌末端退缩表

点位号	1	2	3	平均
后退距离(半)	5.68	1.96	6.85	4.83

由上表可见，1号冰川19年来一直处在缓慢的退缩状态。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院地理研究所冰川冻土研究室测量组，天山乌鲁木齐河源冰川地形图(1:10000)，天山乌鲁木齐河冰川与水文研究，科学出版社，1965。
- [2] 谢自楚、黄茂桓、米·艾里，天山乌鲁木齐河源1号冰川雪-粒雪层的演变及成冰作用，天山乌鲁木齐河冰川与水文研究，科学出版社，1965。
- [3] 王文颖、刘景璜、罗祥瑞、尤根祥，1962—1973年天山乌鲁木齐河1号冰川的后退和运动的对比测量，中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所集刊，第1号，科学出版社，1976。

乌鲁木齐河源1号冰川积累与消融

张金华 王晓军

乌鲁木齐河源1号冰川积累与消融系用花杆法进行观测。1959年在冰川上共布设花杆32根,其中消融区30根,积累区仅2根。因此,积累区的积累量除用花杆观测外,每年在消融期末还用探坑法求得。1980年在冰川上共布设花杆58根,其中消融区50根,积累区8根,并辅之以手摇岩心取样钻求得积累量,资料精度有所提高。

表1、2为1979—1981年1号冰川的积累与消融资料。据表1、2绘成同期物质等值线图(图1),从图上定出的平衡线高度列于表3。由图1的平衡线位置可求得积累区与消融区面积及其冰川比率(表4)。

表1 1号冰川的积累与消融(1979—1980年)

剖面 (位置)	花杆 (№)	纯 积 消 量 (毫米)						合 计
		1979.9.1— 1980.5.16	1980.5.16 —6.5	1980.6.5— 7.2	1980.7.2— 7.31	1980.7.31 —8.15	1980.8.15 —9.2	
3839.97米	A	+275.5	-245.9	-200.6	-819.0	-360.0	-374.0	-17214.0
西支	1	+239.0		-1706.0			-299.8	-1766.8
B	2	+184.6	-175.6	-160.0	-929.0	-360.0	-254.3	-1694.3
	3	+178.6		-1465.6			-335.3	-1622.3
3876.74米	平均	+200.70		-1598.73			-296.5	-1693.5
西支	1	+143.0	-82.9	-129.6	-866.5	-33.3	-259.6	-1528.6
C	2	+64.2		-168.42			-267.6	-1887.6
3906.00米	平均	+103.60		-1398.3			-263.6	-1708.10
西支	1	+429.4		-1041.4			-191.2	-812.2
D	2	+241.1		-1186.1			-178.4	-1123.4
	3	+468.1	-113.9	-2.00	-649.2	-144.0	-172.8	-631.8
	4	+128.7		-1253.7			-170.8	1295.8
3970.51米	平均	+314.6		-1097.1			-178.3	-965.6

表 1 (续 1)

剖面 (位置)	花杆 (№)	纯 积 消 量 (毫米)						合 计
		1979.9.1— 1980.5.11	1980.5.11 —6.5	1980.6.5— 7.2	1980.7.2— 7.31	1980.7.31— 8.15	1980.8.15— 9.2	
西 支	1	+362.9		-821.9			-165.6	-624.6
E	2	+225.7		-1260.7			+4.2	-1030.8
	3	+321.0	-51.8	+0.6	-544.3	-252.0	-131.2	-657.7
西 支	4	+199.4		-1193.9			-128.6	-1123.1
	5	+242.2		-1128.7			-112.3	-998.8
4066.65米	平 均	+270.2		-1050.5			-106.7	-887.0
西 支	1	+342.0		-738.0			-107.4	-503.4
F	2	+334.2	-61.6	+50.9	-352.5	-195.0	-20.7	-244.7
	3	+326.5		-326.5			-85.3	-85.3
	4	+563.5		-402.0			-33.7	+127.8
4035.06米	平 均	+391.6		-506.2			-61.8	-176.4
西 支	+ 1	+175.0		-697.0			-253.4	-775.4
G	+ 2	+203.5		-680.5			-216.7	-693.7
	1	+243.5		-454.0			-184.1	-394.6
	2	+387.5	-81.3	+85.9	-355.3	-108.8	+99.0	+27.0
	3	+536.0		-737.0			-73.1	-274.1
	4	+484.2		-274.0			+48.9	+259.1
	4363.60米	平 均	+338.3		-550.3			-96.6
西 支	1	+310.5		-376.5			-12.1	-78.1
H	2	+436.5		-445.0			-7.1	-15.6
	3	+464.5	-60.0	+56.0	-215.9	-45.5	+56.0	+255.1
4077.74米	平 均	+403.8		-362.3			+12.3	+53.8

表1 (续3)

剖面 (位置)	花杆 (№)	纯 积 消 量 (毫米)			
		1979.9.1—1980.5.16	1980.5.16—8.16	1980.8.16—8.31	合 计
3769.88米	A'	-1.0	-1988.0	-585.0	-2574.0
东 支 B'	1	+391.0	-1390.0	-360.0	-1359.0
	2	+227.5	-1541.5	-297.0	-1611.0
	3	+221.5	-1490.5	-279.0	-1548.0
3814.11	平 均	+280.0	-1474.0	-312.0	-1506.0
东 支 C'	1	+271.5	-1270.5	-262.0	-1261.0
	2	+492.5	-1068.5	-298.0	-874.0
	3	+324.5	-1233.5	-258.0	-1167.0
	4	+510.5	-888.5	-225.0	-603.0
3850.11米	平 均	+399.8	-1115.3	-260.8	-976.3
东 支 D'	1	+387.8	-981.8	-225.0	-819.0
	2	+211.2	-958.2	-235.0	-982.0
	3	+183.2	-975.2	-243.0	-1035.0
	4	+236.8	-1051.3	-234.0	-1048.5
	5	+395.0	-512.0	-100.5	-217.5
3900.79米	平 均	+282.8	-895.7	-207.5	-820.4
东 支 E'	1	+282.3	-660.3	-146.0	-524.0
	2	+261.4	-611.4	-133.0	-483.0
	3	+286.9	-509.9	-135.5	-349.5
	4	+250.2	-534.7	-94.5	-379.0
3935.77	平 均	+270.2	-576.8	-127.3	-433.9
东 支 F'	1	+338.1	-388.1	-129.5	-179.5
	2	+315.7	-476.7	-87.0	-248.0
	3	+388.7	-365.3	+12.6	+3.6
3971.90米	平 均	+347.5	-410.0	-68.0	-141.3
东 支 G'	1	+255.3	-493.3	-131.0	-369.0
	2	+289.3	-925.3	-147.5	-783.5
	3	+481.6	-285.6	+15.0	+211.0
4009.03	平 均	+342.1	-568.1	-41.2	-313.8
4058.39	H'	+587.5	-284.5	+20.8	+323.8

* 表中“+”为积累，“-”为消融。

表 2 1号冰川的积累与消融(1980—1981年)

剖面 (位置)	花杆 (№)	纯 积 消 量 (毫米)					合 计
		1980.9.2—1981.5.3	1981.5.3—6.1	1981.6.1—7.2	1981.7.2—8.2	1981.8.2—8.28	
3839.97米	A	-204.9	-410.2	-661.3	-854.0	-488.2	-2618.6
西 支 B	1	-337.6	-531.8	-617.1	-805.0	-489.5	-2780.9
	2	+175.9	-318.1	-556.5	-787.5	-417.0	-1993.2
	3	+265.5	-487.8	-589.5	-1174.9	-433.4	-2420.1
3876.74米	平均	+34.6	-445.9	-587.7	-922.5	-446.6	-2368.1
西 支 C	1	+76.1	-265.1	-590.4	-721.6	-430.1	-1931.1
	2	-62.6	-451.4	-747.8	-799.8	-483.0	-2544.6
3906.00米	平均	+6.8	-358.3	-669.1	-760.7	-456.6	-2237.9
西 支 D	1	+246.7	-198.6	-453.9	-691.4	-349.8	-1447.0
	2	+56.2	-234.2	-407.1	-759.5	-345.5	-1690.1
	3	+266.3	-140.9	-343.6	-608.2	-292.9	-1119.3
	4	+55.2	-228.0	-423.0	-768.9	-396.8	-1761.5
3970.51米	平均	+156.1	-200.4	-406.9	-707.0	-346.3	-1504.5
西 支 E	1	+208.6	-129.9	-330.0	-574.4	-268.4	-1093.2
	2	+196.3	-139.3	-347.8	-638.4	-244.2	-1173.4
	3	+184.8	-129.1	-306.5	-650.4	-274.3	-1175.5
	4	+138.7	-131.1	-334.6	-712.7	-365.7	-1405.4
	5	+164.4	-117.1	-349.6	-596.8	-253.7	-1152.8
4000.65米	平均	+178.6	-129.1	-264.2	-634.5	-281.3	-1200.1
西 支 F	1	+232.4	-177.2	-415.8	-408.6	-226.8	-996.0
	2	+283.3	-106.0	-144.1	-476.0	-228.2	-671.0
	3	+126.9	-62.4	-119.2	-338.9	-522.3	-915.9
	4	+235.4	-10.1	-117.7	-602.9	-148.9	-644.2
4035.00	平均	+219.5	-88.9	-199.2	-456.6	-281.6	-806.8
西 支 G	+1	+235.8	-236.8	-188.6	-458.6	-128.4	-776.6
	+2	+241.7	-266.8	-127.5	-472.0	-225.0	-849.6
	1	+53.3	-70.6	-156.2	-508.2	-222.6	-904.3
	2	+28.0	-18.0	-173.2	-419.8	-105.4	-688.4
	3	+292.6	+0.5	-107.0	-239.8	-14.3	-68.0
	4	+245.0	+30.2	-113.7	-258.5	-132.9	-229.9
4063.60米	平均	+182.7	-93.6	-144.4	-392.8	-138.1	-586.1
西 支	1	+207.7	-136.6	-74.2	-431.8	-162.4	-597.3

表2 (续1)

剖面 (位置)	花杆 (№)	纯 积 消 量 (毫米)					合 计
		1980.8.31—81.5.1	1981.5.1—5.30	1981.5.30—7.2	1981.7.2—8.2	1981.8.2—8.30	
3769.88米	A'	+84.4	-470.1	-806.3	-1022.4	-549.6	-2764.0
东 支 B'	1	+199.8	-827.6	-1197.2	-895.6	-568.1	-3228.7
	2	+58.3	-239.3	-652.2	-804.6	-467.5	-2105.3
	3	+200.1	-324.1	-548.2	-212.2	-371.7	-1256.1
3814.11米	平均	+152.7	-463.7	-799.2	-637.4	-449.1	-2196.7
东 支 C'	1	+297.2	-126.8	-451.6	-779.8	-307.5	-1368.5
	2	+148.5	-268.3	-473.6	-833.6	-366.6	-1733.6
	3	+147.1	-175.0	-491.5	-777.4	-313.2	-1610.0
	4	+264.9	-199.5	-285.6	-576.0	-443.8	-1240.0
3850.11米	平均	+214.4	-177.4	-425.6	-741.7	-357.8	-1488.0
东 支 D'	1	-262.9	-431.9	-335.7	-700.9	-174.3	-1905.7
	2	+222.5	-279.6	-329.1	-666.2	-154.9	-1207.3
	3	+173.1	-160.9	-388.1	-698.3	-264.8	-1339.0
	4	+134.0	-166.6	-383.5	-723.4	-283.5	-1423.0
	5	+171.2	-48.1	-193.4	-528.8	-133.3	-732.4
3900.79米	平均	+87.6	-217.4	-326.0	-663.5	-202.2	-1321.5
东 支 E'	1	+199.4	-70.2	-205.2	-623.3	-131.9	-831.2
	2	+10.0	+83.5	-199.0	-703.8	-45.3	-854.6
	3	+244.8	-49.3	-253.1	-580.7	-116.8	-755.1
	4	+183.6	-84.1	-161.0	-530.0	-62.7	-654.2
3935.77米	平均	+159.5	-30.0	-204.6	-609.5	-89.2	-773.8
东 支 F'	1	+187.8	-55.3	-205.0	-593.9	-107.6	-774.0
	2	+249.7	-62.6	-163.0	-544.9	-158.1	-678.9
	3	+210.2	-41.9	-11.8	-620.7	+175.3	-288.9
3971.90米	平均	+215.0	-53.3	-126.6	-586.5	-30.1	-580.6
东 支 G'	1	+267.0	-123.0	-159.5	-627.5	-61.3	-704.3
	2	+281.0	-158.7	+65.8	-518.1	-184.9	-514.9
	3	+435.0	-96.0	-156.1	-409.5	-168.6	-335.2
4009.03米	平均	+327.7	-125.9	-83.3	-518.4	-118.3	-518.1
4058.39米	H'	+223.8	-6.24	-168.4	-317.0	-11.1	-335.1
东 支 I'	1						+141.1
	2						+183.8
	3						+241.2
4109.73米	平均						+188.7

表 2 (续 2)

剖面 (位置)	花杆 (№)	纯 积 消 量 (毫米)					合 计
		1980.9.2— 81.5.3	1981.5.3.—6.1	1981.6.1—7.2	1981.7.2—8.2	1981.8.2—8.28	
H 4677.74米	2	+317.6	-141.6	-107.1	-370.3	+2.3	-299.1
	3	+307.8	-91.2	-141.1	-326.1	-45.2	-295.8
	平均	+277.7	-123.1	-107.5	-376.1	-68.4	-397.4
4110.00米	I						-299.9
4166.00米	J						-74.0
4225.70米	K						+354.2

* 表中“+”为积累，“-”为消融

表 3 1号冰川平衡线变化(1979—1981年)

年 度	东 支	西 支	平 均
1979—1980	4307米	4068米	4037.5米
1980—1981	4068米	4175米	4121.5米

表 4 1号冰川积消区面积(1979—1981年)

年 度	积累区面积(平方公里)	消融区面积(平方公里)	冰川比率(K)
1979—1980	0.88	0.96	0.92
1980—1981	0.54	1.30	0.42

为了比较,我们引用谢白楚、张金华以往对1号冰川研究的部份资料,列于表5。

表 5 1号冰川零平衡线、冰川积消区面积和冰川比率变化*(1958—1974年)

年 度	零平衡线(米)	积累区面积(平方公里)	消融区面积(平方公里)	冰川比率(K)
1958—1959	4005	1.17	0.78	1.50
1959—1960	4960	0.86	1.09	0.79
1960—1961	4063	0.91	1.04	0.88
1961—1962	4075	0.86	1.09	0.79
1962—1963	3971	1.35	0.60	2.25
1963—1964	4055	0.93	1.02	0.91
1964—1965	3948	1.53	0.42	3.64
1965—1966	4110	0.71	1.24	0.57
1966—1967	4063	0.89	1.06	0.84

(续表)

年 度	零平衡线(米)	积累区面积(平方公里)	消融区面积(平方公里)	冰川比率(K)
1967—1968	4121	0.68	1.27	0.54
1968—1969	4068	1.15	0.80	1.44
1969—1970	4106	0.73	1.22	0.60
1970—1971	4015	1.11	0.84	1.32
1971—1972	3981	1.31	0.64	2.05
1972—1973	4146	0.60	1.35	0.44
1973—1974	4075	0.84	1.11	0.76
平 均	4050	0.98	0.97	1.21

* 据文献〔1〕、〔2〕。

比较表 3、4、5 可知, 1979—1980 年度零平线略低于多年平均值, 而 1980—1981 年度的零平线则是历年最高值, 由此引起的积累区面积是历年最小值, 冰川比率亦是历年最小值。

参 考 文 献

- 〔1〕 张金华, 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡研究, 冰川冻土, 3(2), 1981。
- 〔2〕 谢自楚、葛光文, 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的积累、消融及物质平衡, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究, 科学出版社, 1965。

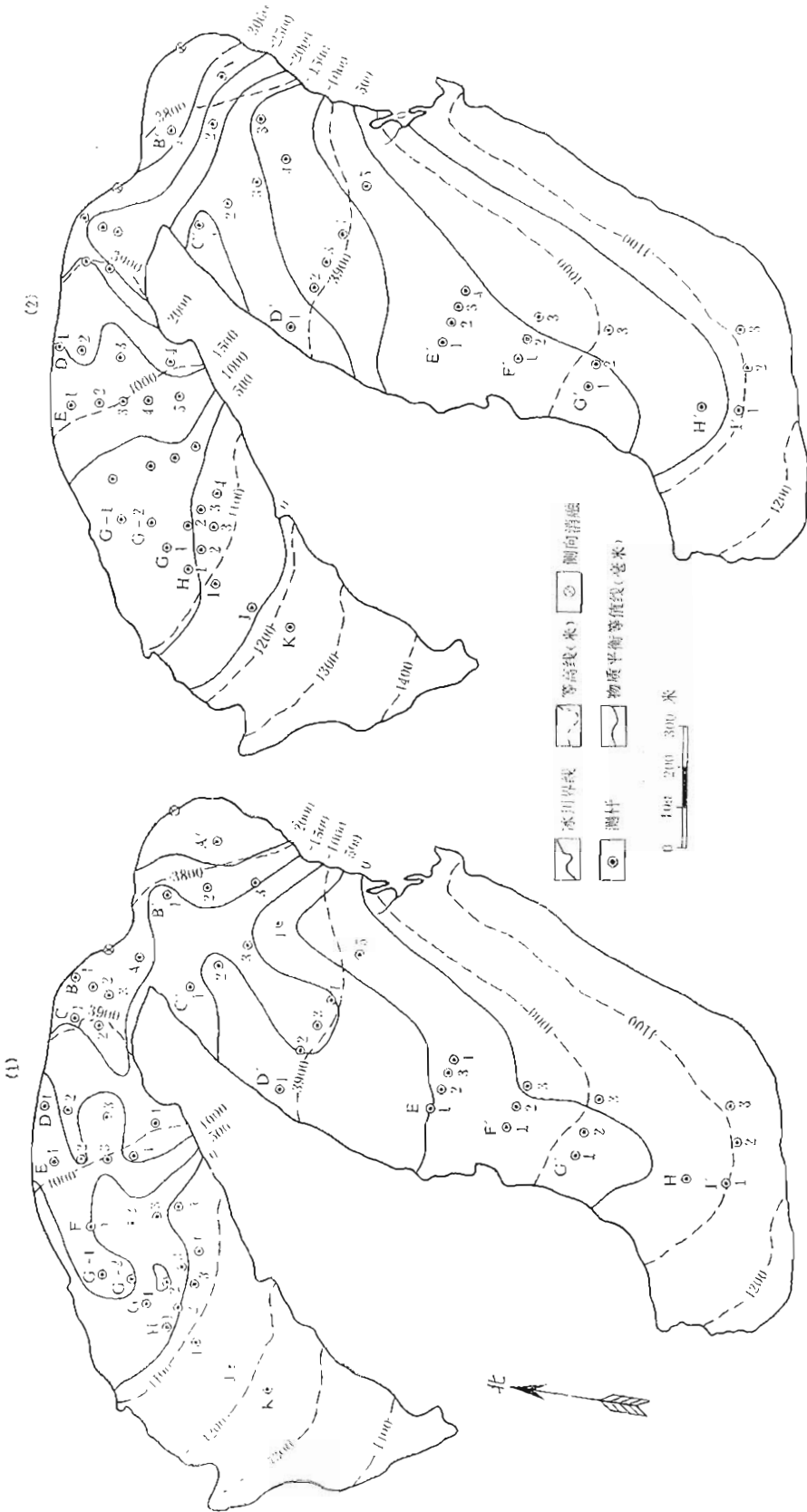


图 1 1号冰川物质平衡等值线图

(1)1979—1980, (2)1980—1981

乌鲁木齐河源 1 号冰川积累区

雪层剖面和积累量的观测

王晓军 张金华

为探求中国天山中段现代冰川的成冰作用和粒雪盆的年纯积累量, 1962年谢自楚等^[1]曾在乌鲁木齐河 1 号冰川做了很多工作。近年来, 我们引进了手摇岩心取样钻, 对 1 号冰川定期进行观测, 对雪层剖面及成冰年限有些新的认识。

一、观测地点、项目和描述方法

1 号冰川是由东西两支冰川在末端汇合组成的冰斗-山谷冰川。我们用探坑法和手摇岩心取样钻在两个粒雪盆的积累区内设点观测(表 1 和图 1)。

表 1 1 号冰川雪层剖面观测地点和时间

地 点		高 程 (m)	观 测 时 间	
西 支	花 杆 号	H_3	4974.8	1980年十天一次 1981年每月一次
		K	4225.7	每年消融期末一次
东 支	花 杆 号	H'	4058.4	同 H_3
		I_1'	4100.5	同 K
天格尔第二峰		4483.6	同 K	

观测项目有: 积雪厚度, 雪层构造, 雪层温度, 各雪层的类型、密度、硬度等。每次观测结果用符号绘成柱状图。按先后观测顺序将柱状图对应排列起来, 可看出各雪层随时间变化的情况(附图 a, b, c, d 和图 2)。

雪类型的划分以国际雪分类^[2]和兰州冰川冻土研究所惯用的分类为依据进行。

雪的密度用铝盒盛雪并用天秤称量。近年用日本微型虎克秤称量, 分层按出现的雪种类来测定。雪的硬度用 M. R. de Guervain 的“手试验法”测定^[3]。

二、雪层剖面的某些特征

附图 a, b, c, d 反映了 1 号冰川粒雪盆的雪-粒雪层结构随时间的变化情况。从图上, 我们可以看出下列主要特征。

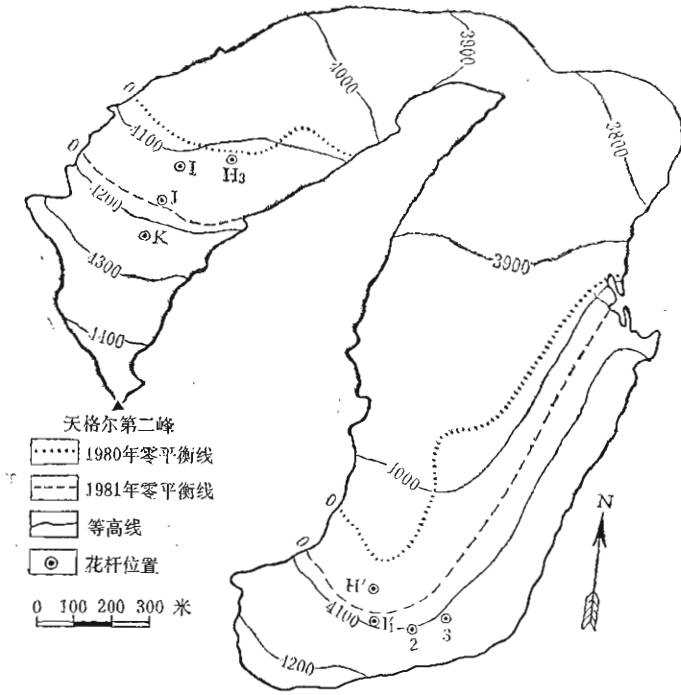


图1 1号冰川积累区测点位置

1. 雪-粒雪层结构

1号冰川粒雪线以上,积雪均由融水渗浸过程的中粒雪、粗粒雪、渗浸冰片和厚度较大的密粒雪组成。而渗浸带的主要特征是以较厚的密粒雪层为主要标志。由表层近期降雪而演变成的细粒雪和中粒雪不会保持很久。它们在等温变质作用下发生圆化和沉陷,并受到融冻作用的影响逐渐变成粒径较大的粗粒雪。较厚的密粒雪和渗浸冰片的存在说明,1号冰川的融水渗浸-冻结作用十分强烈。密粒雪一般是粒雪积累了1—2年以上才形成的。密粒雪硬度大,孔隙小,它为粒雪转化成冰奠定了基础。它在不同成冰带被埋藏的深度可以初步反映不同带的渗浸情况和成冰过程的快慢。因此,在观测中注意密粒雪出现的深度、厚度,对于研究成冰年限是十分有意义的。粒雪盆后壁K、I'雪坑内多层积累年层中没有发现密粒雪,其主要原因是融水渗浸作用不是十分强烈,融水不能充填粒雪的孔隙。粒雪层中的渗浸冰片,是融水垂直下渗到一定深度时处于停状滞状态,并沿水平方向缓慢流动遇冷冻结而形成的。我们发现,融水在渗浸过程中容易在不同类型粒雪的界面上处于停滞状态,造成由融水类带的污化质发生沉淀,形成了我们常以此划分年层的污化冰板。这种污化了的渗浸冰板是在融水渗浸-冰结的影响下不断加厚的,有的厚达三十多厘米。

2. 夏季深霜的形成

深霜是冷型变质作用的产物,是反映冬季严寒的标志〔1〕。根据近两年雪层剖面观测发现:1号冰川积累区消融期间,雪层上部亦有深霜发育。这种深霜是近地面气温大幅度波动,

使得雪层表面气温急剧下降与保持零温的下伏雪层形成了一定的温度梯度而形成的。夏季深霜的发育，明显受海拔高度和积雪厚度条件制约。它一般发育在海拔4000—4100米之间、积雪厚度在20厘米左右的地方，但发育在密粒雪中的深霜，表层积雪有时也小于20厘米。深霜易在粗粒雪、密粒雪和冰片的夹层中发育，其垂向发育并不十分明显，且很少有单独由深霜组成的层次。厚度一般为3—4厘米，晶体直径一般为6—10厘米，最大可达14毫米（附图a,b,c,d及图2）。

3.降水与气温条件对冰川积消的影响

两个年度的观测资料证明：积消年度秋季的气温和降水条件以及消融期6、7两月的温度状况对冰川积累多寡和消融大小有着直接影响，它与冰川物质平衡有着密切联系。我们以天山气象站（海拔3588.6米）1970—1981年的气温、降水资料为依据，分析了79/80,80/81两个年度的积累、消融情况。对比表2与表3，发现冰川积、消不仅受消融期降水的多寡和气温高低的制约，也受秋季降水和气温的重大影响。79/80年度由于秋季降水多、气温低，致使附加冰、渗浸冰普遍发育，虽然消融期降水少，气温略高，仍有力地补偿了消融，导致纯积累有所增加。而80/81年度由于秋季降水少，气温高，附加冰不甚发育，加之消融期6、7两月持续高温，致使消融值偏大，纯积累量为零，缺失年层。资料表明，消融期自5月开始，消融不断增加，至7月底消融达最大，此后消融不断减弱，到9月上旬趋近于零（附图a,b,c,d）。这意味着，如果积消年初（即秋季）的降水多，且消融期气温低，则有利于冰川的积累。附图a,b,c,d和表2说明，在6、7两月气温低、降水多和消融小的情况下，积

表2 1970—1981年度气温、降水量与季节分配

积消年份 (9.1— 8.31)	年平均 气温 (°C)	年平均 降水 (mm)	秋季气温(°C)秋季降水(mm)						消融期气温(°C)					消融期降水(mm)				
			9	10	平均	9	10	合计	5	6	7	8	平均	5	6	7	8	合计
70/71	-5.3	465.5	0.1	-5.0	-2.5	43.2	11.8	55.0	-0.5	2.8	4.2	4.4	2.7	44.0	82.4	166.2	66.4	359.0
71/72	-5.4	489.4	-1.4	-5.0	-3.2	92.3	13.6	105.9	1.0	3.0	3.4	4.9	3.1	46.2	79.5	129.8	94.8	350.3
72/73	-4.9	354.0	0.2	-3.8	-1.8	44.9	2.0	46.9	-1.7	2.5	6.0	4.4	2.8	37.8	91.5	35.9	82.7	247.9
73/74	-4.9	418.4	1.0	-4.3	-1.7	45.7	3.7	49.4	1.3	3.0	6.5	3.7	3.6	33.2	61.5	90.2	134.3	319.2
74/75	-6.1	446.2	-1.0	-5.5	-3.1	34.7	8.3	43.0	-2.6	2.0	4.7	5.1	2.3	40.3	132.2	109.2	86.2	367.9
75/76	-4.8	456.5	-0.2	-4.4	-2.3	25.8	8.8	34.6	-0.6	2.1	4.1	2.9	2.1	73.1	142.3	89.7	82.8	387.9
76/77	-5.9	382.9	0.4	-4.0	-1.8	44.6	11.4	56.0	-2.0	4.1	3.9	5.9	3.0	37.6	78.1	102.2	55.5	273.4
77/78	-4.8	433.1	2.4	-3.4	-0.5	50.3	7.3	57.6	0.7	3.5	5.0	4.4	3.4	68.5	92.0	123.0	55.6	339.1
78/79	-4.7	418.7	1.2	-4.0	-1.4	27.1	4.6	31.7	-1.1	2.9	3.8	5.1	2.7	37.9	137.3	112.8	68.5	356.5
79/80	-5.3	366.8	-1.2	-3.6	-2.4	83.2	2.9	86.1	1.4	2.2	5.8	5.1	3.6	41.8	64.6	50.8	88.9	246.1
80/81	-4.4	448.5	0.9	-3.7	-1.4	50.6	1.8	51.8	1.3	4.0	5.1	2.9	3.3	37.0	78.4	120.6	99.4	336.6

累区消融期后的降水将被保留下来，形成了通常在雪坑观测中的年纯积累量。这个纯积累量不同程度的得到了次年消融期降雪融化后的内补给。只是在积累区上部夏季的降雪可以部分的得以保存。由此可见，秋季降水的多寡及温度的高低是影响冰川物质平衡的重要因素。

综上所述，以1979/1980和1980/1981年度的气温、降水条件为依据，查看表2十年的

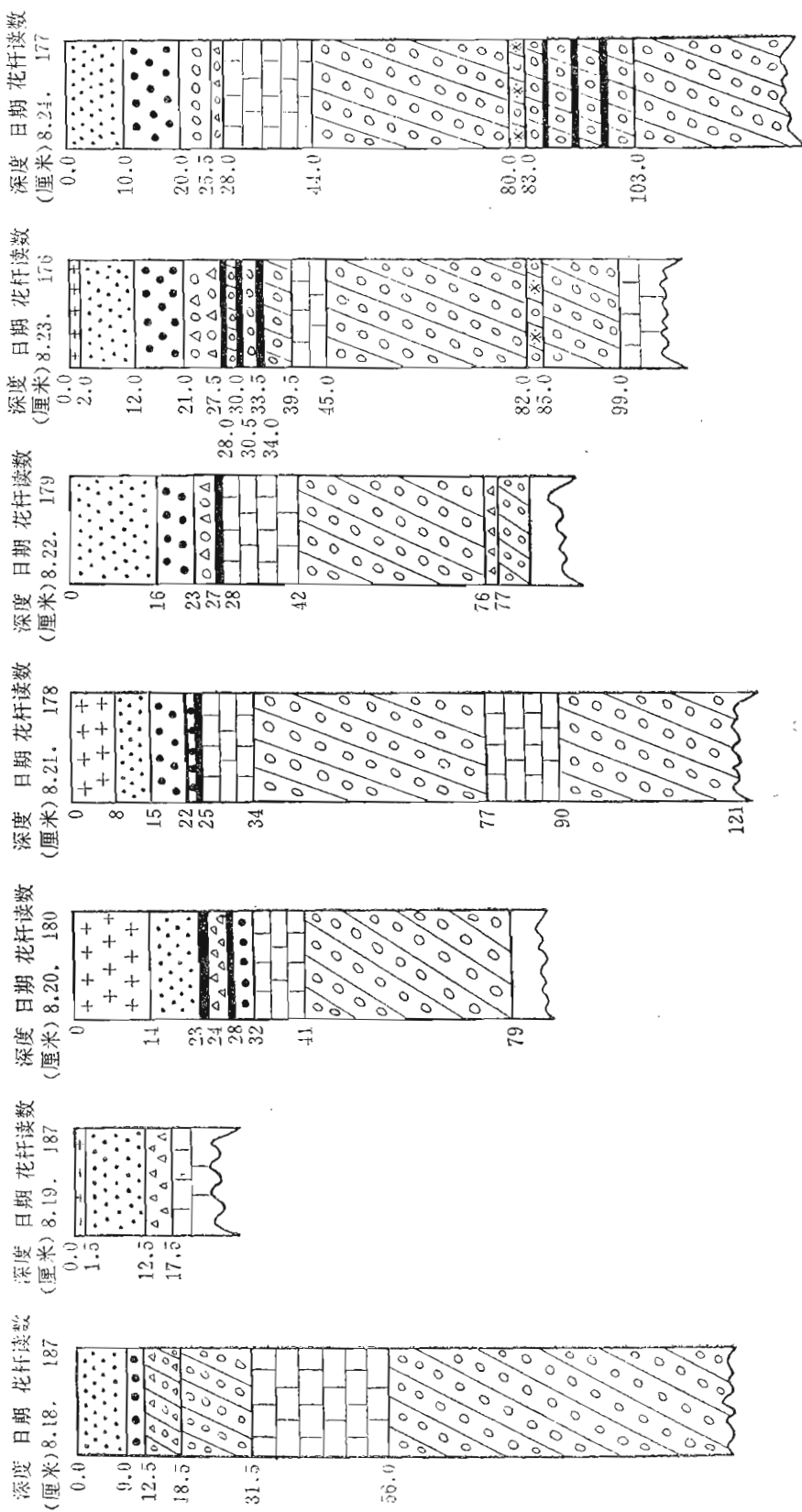


图2 深箱观测剖面图 (1981.8.18—8.24)

(图例见附图)

表3 1980、1981年同期花杆消融值对比

1980	花杆号 H_3	气温(°C)	1.4	2.2	5.8	5.1
		日期(月、日)	5.9—6.5	6.5—7.2	7.2—7.31	7.31—9.2
		花杆消融值(cm)	-15	+18	-70	+8
1981	H_3	气温(°C)	1.3	4.0	5.1	2.9
		日期(月、日)	5.6—6.1	6.1—7.2	7.2—8.2	8.2—8.28
		花杆消融值(cm)	-15	-26	-64	+1
1981	H'	气温(°C)	1.3	4.0	5.1	2.9
		日期(月、日)	5.1—5.30	5.30—7.2	7.2—8.2	8.2—8.30
		花杆消融值(cm)	-26	-52	-73	-3

降水、气温状况不难看出,在条件与其近似的71/72和73/74,76/77年度均可能出现积累多或消融大的类似情况。

根据对 H_3, K, H', I' 雪层的钻探及对天格尔第二峰顶部的考察,积累区 H_3, H' 多年平均纯积累量在290毫米左右。只是在粒雪盆后壁的 K, I' 和天格尔第二峰顶,年平均纯积累量在300—350毫米之间(表4)。显然,天格尔第二峰顶的纯积累偏大,这是由于积雪消融后还未及流失就迅速冻结为渗浸冰所致。

4. 成冰年限

1962年谢自楚等指出:“1号冰川渗浸带的雪—粒雪层厚度在1—5米之间,成冰历时3—5年”〔1〕。为了搞清积累区年纯积累量以及成冰年限,1980年9月18日我们在1号冰川东西支粒雪盆 H_3, H' 花杆处撒了为污化木质屑造成人工污化面。从附图c, d可看出,1981年消融期末,由于大量消融, H_3, H' 花杆处的人工污化面分别下沉83和127厘米,造成了2—3个年层严重缺失的情况。而以污化面和污化冰板所确定的年层仍保留7—8个,可见1号冰川成冰年限绝不止3—5年。我们再看附图c, d, H_3, H' 剖面所划分的年层的积雪厚度和纯积累。年积雪厚度平均为45厘米,除年层缺失外,多年平均纯积累量为290毫米,若五年成冰则应在2.25米深处见冰川冰(值得注意的是雪坑中下伏年层积累量偏大,似乎不一定代表年的真正纯积累,而是反映了融水渗浸的内补给状况),而我们用岩心取样钻探深近七米未见冰川冰。故此,我们认为1号冰川成冰年限将不少于十年。由此可见,1号冰川粒雪的变质成冰过程是相当缓慢的。

应该强调,消融期所出现的年层缺失情况是导致我们进行年层划分,进而推测成冰年限发生错误的原因。如果我们在年层划分中不考虑积消年度的气温,降水条件就可能使我们在各种分析手段中,如污化面,同位素分析,以及孢子花粉的分析中出现绝大的偏差,这样就不可能得出成冰年限的正确结论。

参 考 文 献

〔1〕 谢自楚、黄茂恒、米·艾里,天山乌鲁木齐河源1号冰川雪—粒雪层的演变及成冰作用,天山乌鲁

表4 年积雪厚度与纯积累量

积雪年份	H ₅ (4974.8)				H (4958.4)				I ₁ ' (4100.5)				K (4225.7)				天洛尔第二峰 (4483.6)	
	80.9.2		81.8.28		80.8.31		81.8.30		80.8.31		81.8.30		80.8.29		81.8.28		81.8.16	
	积雪厚度 (cm)	折合水层 (mm)	积雪厚度 (mm)	折合水层 (cm)	积雪厚度 (cm)	折合水层 (mm)	积雪厚度 (cm)	折合水层 (mm)	积雪厚度 (cm)	折合水层 (mm)	积雪厚度 (cm)	折合水层 (mm)	积雪厚度 (cm)	折合水层 (mm)	积雪厚度 (cm)	折合水层 (mm)	积雪厚度 (cm)	折合水层 (mm)
81/80		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80/79	43	200.7	0	0	28	98	0	0	84	341.0	80	328.0	75	318	96	470.4	68	395.0
79/78	40	198.0	42	258.4	37	159.0	0	0	64	320.0	64	300.8	71	319	82	452.2	35	298.0
78/77	45	204.7	42	214.2	49	270.0	40	340.0			70	336.0			99	485.1		
77/76	34	289.0	48	344.8	47	305.7	64	343.0										
76/75	52	265.2	43	297.5			64	345.6										
75/74	47	277.1	49	244.5			52	442.0										
74/73	33	280.5	47	254.0			50	348.2										
73/72	55	348.5	50	425.0			72	381.6										
72/71	35	297.5	36	306.0			46	391.0										

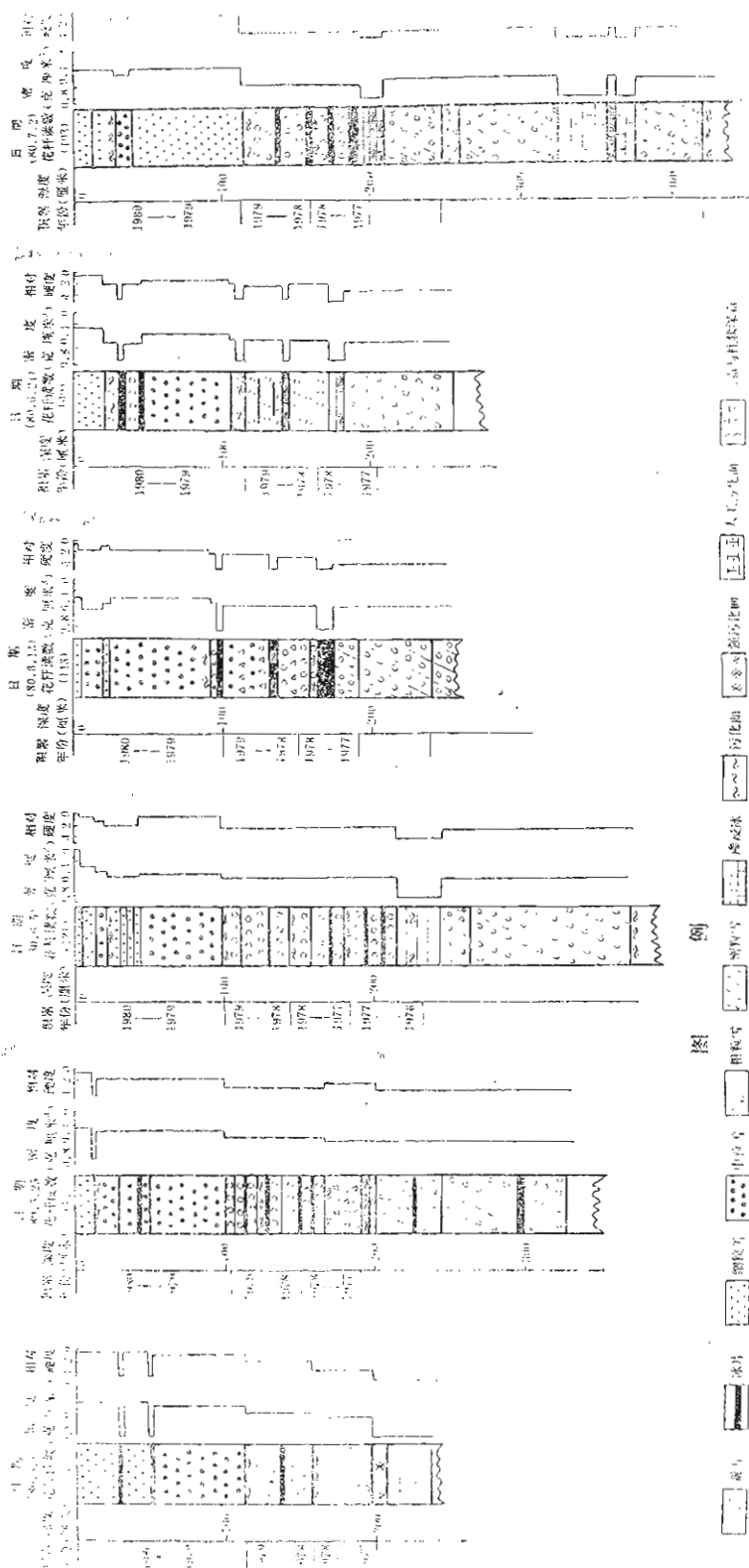
木齐河冰川与水文研究, 科学出版社, 1965。

- [2] Ronaldi perla and M.Martinelli, Jr: *Avalanche Handbook*. Snow Data U.S. Department of Agriculture Forest Service July, 1976.
- [3] Ager, B, *Snow Cover propertier and Winter Climate in North Sweden*, In *Physics of Snow and Ice, Part II*. H.Oura ed. ILTS: Hokkaido University, 1966.
- [4] Eiji Akitaya: *Some Experment the Growth of Depth Hoar*, In *Physics of Snow and Ice*. H.Qura ed. p 713—723, 1967.

附图 a 1 号冰川西支 H₃ 雪坑剖面柱状图

(1980.5.9—80.7.2)

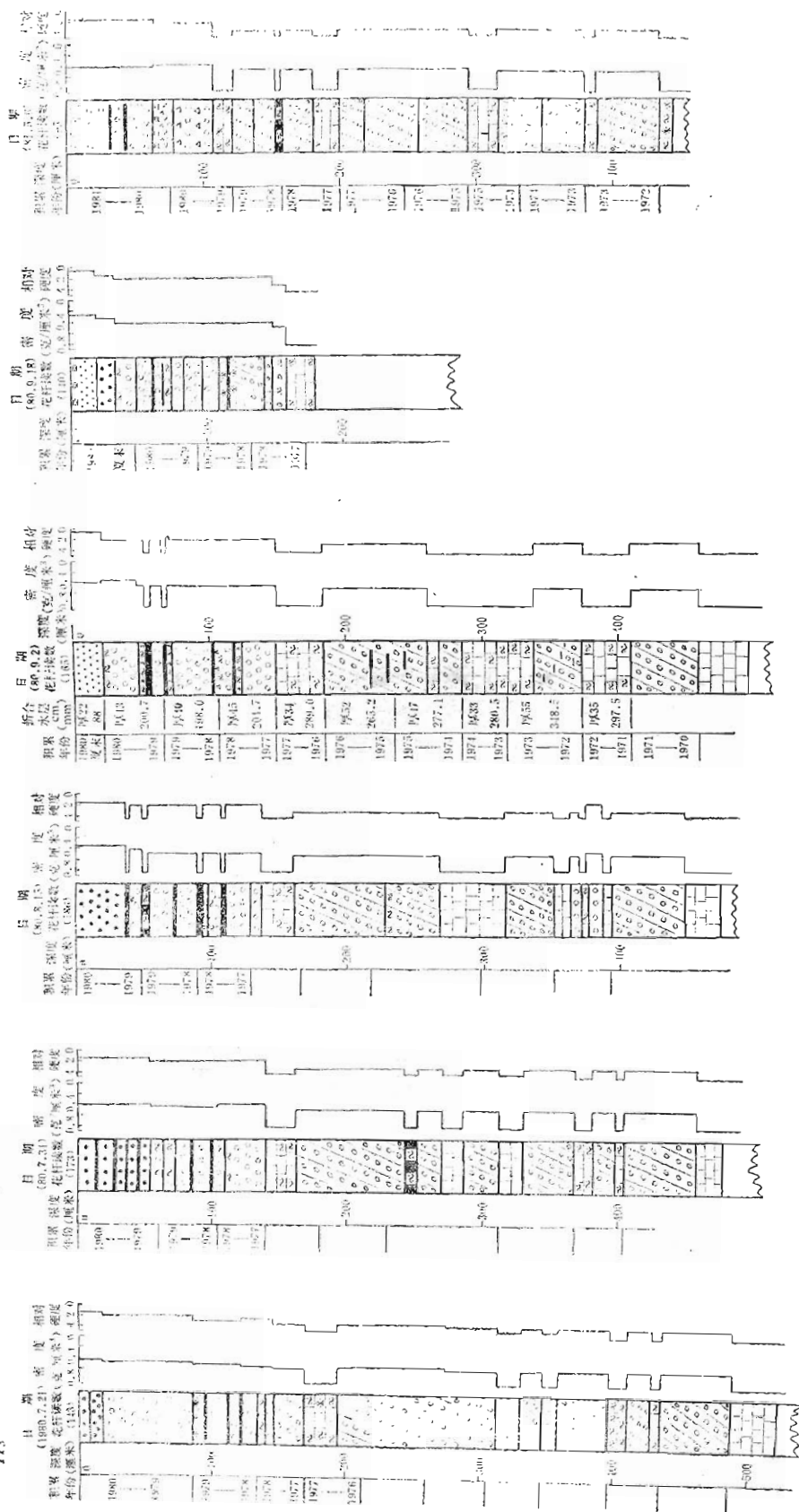
H₃



附图 b. 1 号冰川西支 H₃ 雪坑剖面柱状图

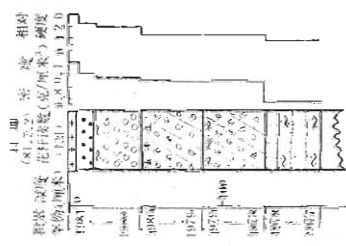
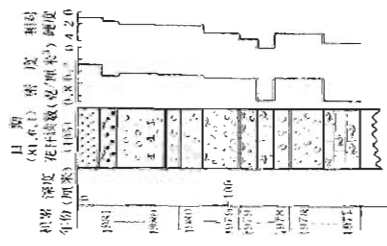
(1980.7.21-81.5.6)

H₃

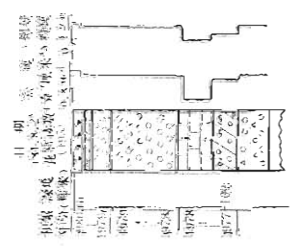
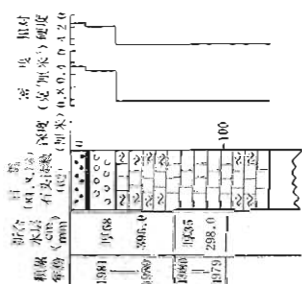


(1981.6.1—81.8.29, 1980.8.29—81.8.28, 1981.8.16)

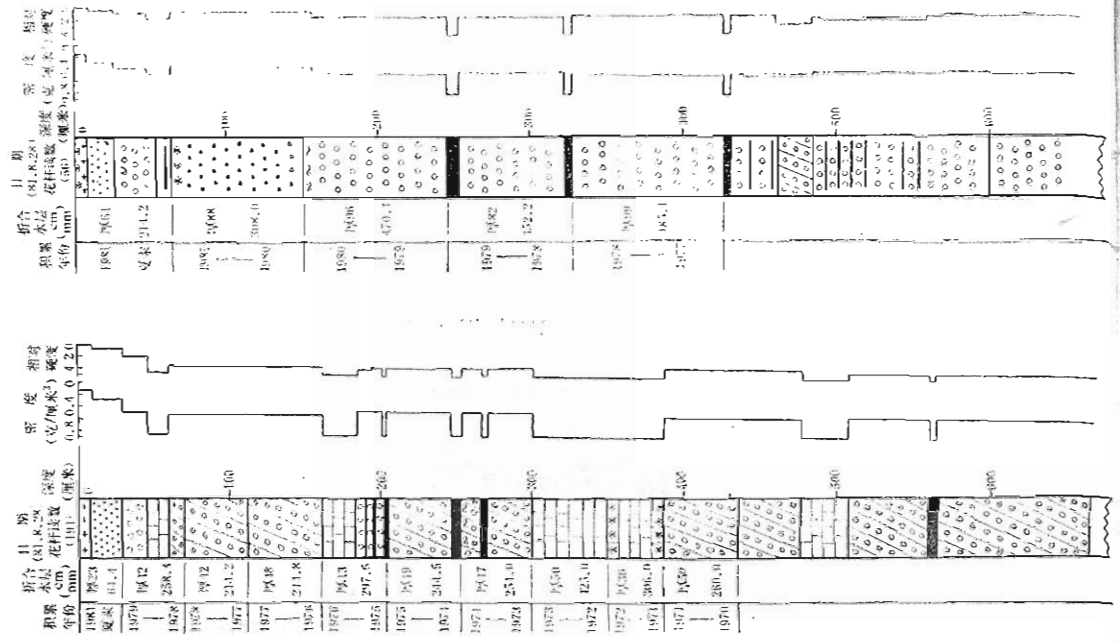
H₃



天格尔第二峰

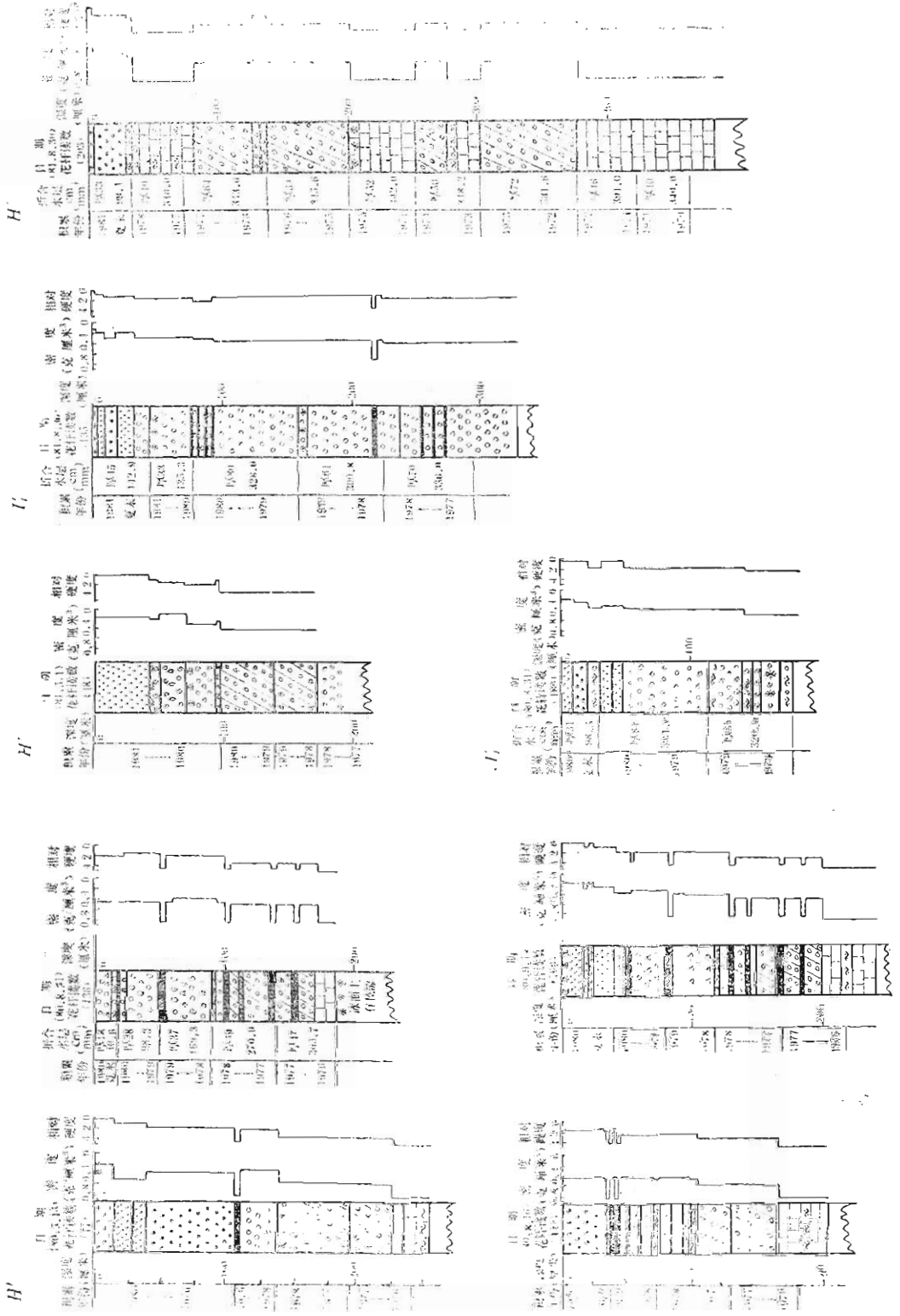


K



附图 d 1. 号冰川东支 H、I' 雪坑剖面柱状图

(1980.5.15-81.8.30, 1980.8.31-81.8.30)



乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度

孙作哲 陈要武 张金华

1959年9月,我们对1号冰川西支8个流速点和东西支汇合处以下9个流速点开始进行逐月观测。1963年张长庆对取得的资料作了分析〔1〕。

1973年8—9月,王文颖等对1号冰川15个流速点(其中包含1962年布设在雪线附近还未倒的四根花杆)作了短期观测,得到四个点11年平均日流速在1.43—2.51厘米之间,其余11个点的夏季日流速在1.63—4.12厘米之间〔2〕。

1980年在1号冰川东、西两支冰川上各设8排横剖面共52个测点,它与积累、消融花杆一致(图1)。运动速度的观测工作是孙作哲、陈要武完成的。1981年是陈要武、尤根祥和刘永平完成的。

1号冰川表面运动速度是用精密光学经纬仪,从控制点上对布设在冰内的花杆进行重复前方交会,以座标法计算,求出花杆(冰体)在单位时间内的空间位移而得到的。我们每年在消融开始的5月和消融结束的8月底各观测一次,这样便可得到消融期及全年的流速资料。

根据上面所述方法,我们计算出1980—1981年1号冰川的表面运动速度(表1,2,3)表2中的年流速是两次观测时间(一年多14天)的平均日流速乘365天而得。

对三个表中所列数据分析后,我们对1号冰川可以得出如下认识:

(1)运动速度缓慢 从表2可以看出,年流速才几米,最快也只有10.62米。它和运动速度较慢的祁连山羊龙河5号冰川(长2.4公里)1977年测得的速度十分接近。因此,1号冰川是我国冰川运动最缓慢的冰川之一。

(2)运动速度西支冰川比东支冰川快 这与西支冰川冰面坡度较陡有关。东、西两支冰川均有纵向速度变化,东支冰川D—F排相对其它排运动快。而西支冰川C—E排相对其它排运动快(图1)。由此可见,1号冰川流速最高值并不出现在物质零平衡线附近,而在冰舌的中部附近。

(3)年际变化明显 1号冰川运动速度不但有白天比晚上快的日变化,夏季日流速大于全年平均日流速的季节变化,而且年际变化明显。例如,1号冰川1973年夏季日流速比1959—1962年平均日流速明显降低〔2〕。1980年5—8月的日流速比1973年8—9月的日流速又降低30%(图2)。1980年5月—1981年5月年流速比1959—1962年平均年流速降低31—37%(图3)。由此可见,1号冰川自1959年至今运动速度在逐年降低。

(4)运动方向受冰川槽谷方向及物质补给来源方向的综合制约 在积累区向主流线辐合,在冰舌下部向两边辐散。运动速度矢量在积累区有个向下的分量,在冰舌下部有个向上的分量。

(5)具有大陆性冰川运动特征,而且属常态型。

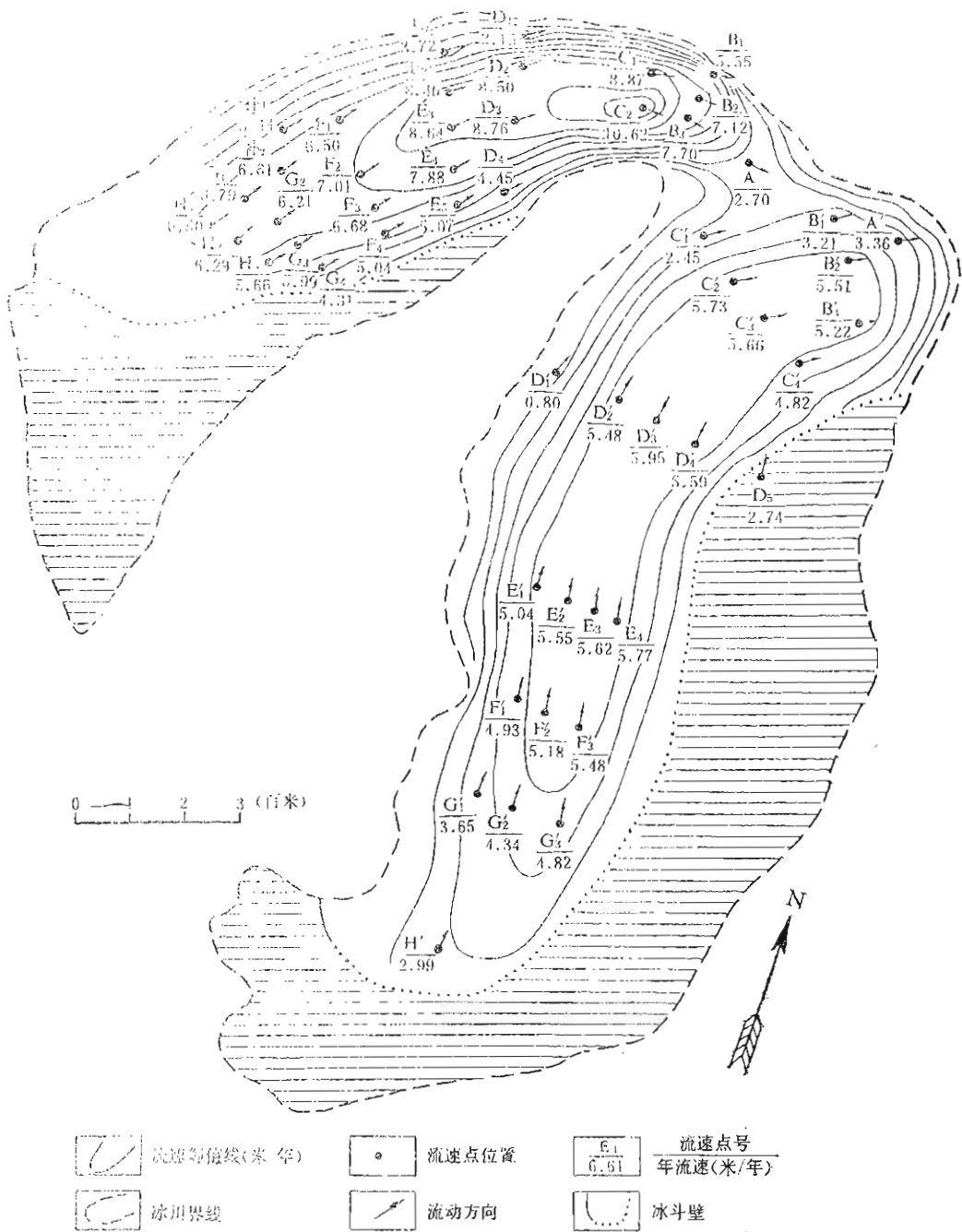


图1 1号冰川流速场分布图
(1980.5—1981.5)

表 1 1980年消融期(5.12—8.28日)1号冰川表面运动速度

点 号	A		B ₁		B ₂		B ₃		C ₁		C ₂		D ₁		D ₂		D ₃		D ₄		E ₁		E ₂		E ₃				
	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	
1	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	
	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	
	0.71	0.77	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.77	3.33	0.68	2.74	2.81	1.42	2.78	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
2	0.70	0.77	2.23	2.23	2.23	2.23	2.23	2.23	2.74	3.08	0.63	2.54	2.60	1.31	2.57	115°51'	117°36'	117°36'	125°15'	98°06'	164°47'	90°00'	82°40'	77°15'	69°47'	75°02'	67°47'	56°42'	
	-14°32'	-14°02'	-19°17'	-19°17'	-19°17'	-19°17'	-19°17'	-19°17'	-17°45'	-17°13'	-14°34'	-14°02'	-16°42'	-23°18'	-10°12'	-12°24'	-14°02'	-14°02'	-14°02'	-17°45'	-17°13'	90°00'	82°40'	77°15'	69°47'	75°02'	67°47'	56°42'	
	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向

点 号	E ₄		E ₅		F ₁		F ₂		F ₃		F ₄		G ₁		G ₂		G ₃		G ₄		H ₁		H ₂		H ₃				
	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	观测日期	项 目	
1	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	1980.5.12	
	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	
	2.64	1.56	2.15	2.38	2.18	1.66	2.46	1.95	2.14	1.65	2.22	2.08	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
2	2.44	1.45	1.99	2.20	2.52	1.54	2.28	1.81	1.98	1.53	2.06	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
	64°24'	53°46'	62°00'	62°08'	61°33'	60°02'	60°19'	59°29'	58°46'	49°40'	56°53'	59°10'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'	56°46'
	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向	冰面坡度	运动距离(米)	间隔天数	日流速(厘米)	运动方向

表 1 (续 1)

点号	G+1	G+2	A'1	B'1	B'2	B'3	C'1	C'2	C'3	C'4	D'1	D'2	D'3
观测日期	1980.5.26	1980.5.26	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19
项目	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28
运动距离(米)	1.94	2.20	0.37		1.52	1.46	0.74	1.74	1.48	1.48	0.16	1.76	2.01
间隔天数	94	94	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
日流速(厘米)	2.06	2.34	0.37		1.50	1.45	0.74	1.72	1.47	1.48	0.16	1.74	1.99
运动方向	67°00'	66°07'	79°00'		58°12'	65°22'	48°49'	55°07'	52°08'	47°27'	10°37'	27°44'	17°43'
冰面坡度	-9°39'	-10°12'	-12°57'		-10°12'	-14°34'	-8°32'	-10°45'	-11°19'	-15°39'	-7°24'	-6°17'	-6°17'

点号	D'4	D'5	E'1	E'2	E'3	E'4	F'1	F'2	F'3	G'1	G'2	G'3	H'1
观测日期	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19
项目	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28	-8.28
运动距离(米)	1.80	1.19	1.82	2.08	2.10	2.25	2.08	2.11	2.23	1.99	2.05	2.12	1.91
间隔天数	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
日流速(厘米)	1.78	1.18	1.80	2.06	2.08	2.23	2.06	2.09	2.21	1.97	2.03	2.10	1.89
运动方向	21°52'	4°48'	10°45'	9°25'	7°40'	5°52'	11°54'	10°05'	9°18'	16°04'	9°50'	11°41'	18°55'
冰面坡度	-6°51'	-14°02'	-10°12'	-10°45'	-9°39'	-9°05'	-11°19'	-11°52'	-9°39'	-11°19'	-11°19'	-12°24'	-16°42'

表2 1980.5.19—1981.6.2.1号冰川表面运动速度

点号	A	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	E ₁	E ₂	E ₃
	观测日期	1980.5.19 -1981.6.2	1980.5.19 -1981.6.2	1980.5.19 -1981.6.2	1980.5.19 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2
运动距离(米)	2.82	5.77	7.38	8.60	9.14	11.03	2.25	9.08	9.08	4.62	3.87	8.73	8.95
回照天数	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379
日流速(厘米)	0.74	1.52	1.95	2.11	2.43	2.91	0.59	2.40	2.40	1.22	1.02	2.30	2.36
运动方向	113°50'	88°25'	119°33'	123°57'	97°45'	105°25'	86°26'	78°38'	78°38'	71°43'	78°22'	75°16'	70°16'
年流速(米)	2.70	5.55	7.12	7.70	8.87	10.62	2.15	8.76	8.76	4.45	3.72	8.40	8.64

点号	E ₂	E ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	H ₁	H ₂	H ₃
	观测日期	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2	1980.5.12 -1981.6.2
运动距离(米)	8.20	5.29	6.75	7.29	6.92	5.23	7.04	6.46	6.23	4.45	6.75	6.51	5.89
回照天数	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379
日流速(厘米)	2.16	1.39	1.78	1.82	1.83	1.38	1.86	1.70	1.64	1.18	1.78	1.72	1.55
运动方向	66°52'	64°13'	63°42'	63°55'	63°13'	62°48'	62°42'	61°37'	61°18'	51.23'	57°05'	59°39'	58°28'
年流速(米)	7.88	5.07	6.50	7.01	6.68	5.04	6.79	6.21	5.99	4.31	6.50	6.29	5.66

表 2 (续 1)

点 号		A'	B'₁	B'₂	B'₃	C'₁	C'₂	C'₃	C'₄	D'₁	D'₂	D'₃	D'₄	D'₅
观测日期		1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19
项 目		-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2
运动距离 (米)		3.48	3.33	5.71	5.44	2.54	5.93	5.87	5.02	0.79	5.68	6.20	5.80	2.84
间隔天数		379	379	379	379	379	379	379	379	355	379	379	379	379
日流速 (厘米)		0.92	0.88	1.51	1.43	0.67	1.57	1.55	1.32	2.22	1.50	1.63	1.53	0.75
运动方向		91°39'	61°54'	69°55'	69°06'	51°14'	55°51'	55°25'	52°27'	32°05'	28°39'	23°05'	25°06'	10°22'
年流速 (米)		3.36	3.21	5.51	5.22	2.45	5.73	5.66	4.82	0.80	5.48	5.95	5.59	2.74

点 号		E'₁	E'₂	E'₃	F'₄	F'₁	F'₂	F'₃	G'₁	G'₂	G'₃	H'₁
观测日期		1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19	1980.5.19
项 目		-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2	-1981.6.2
运动距离 (米)		5.22	5.77	5.84	5.97	5.10	5.43	5.69	3.78	4.40	5.01	3.10
间隔天数		379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379
日流速 (厘米)		1.38	1.52	1.54	1.58	1.35	1.42	1.50	1.00	1.19	1.32	0.82
运动方向		9°49'	8°41'	7°46'	6°50'	10°44'	9°52'	9°12'	19°29'	16°01'	12°12'	23°10'
年流速 (米)		5.04	5.55	5.62	5.77	4.93	5.18	5.48	3.65	4.34	4.82	2.99

表3 1980.8.28—1981.8.28 1号冰川表面运动速度

点 项 号 目	A	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	E ₁	E ₂	E ₃
运动距离(米)	2.82		6.87	7.83	8.90	10.75	2.08	2.50	8.70	4.36	3.72	8.27	8.49
间隔天数	365		365	365	365	365	365	87	365	365	365	365	365
日流速(厘米)	0.77		1.88	2.15	2.44	2.94	0.57	2.87	2.38	1.20	1.02	2.27	2.33
运动方向	123°52'		119°17'	120°53'	98°43'	105°26'	83°40'	85°11'	79°20'	73°46'	79°09'	75°48'	70°40'

点 项 号 目	E' ₄	E ₅	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	H ₁	H ₂	H ₃
运动距离(米)	7.88	5.22	6.44	6.85	6.69	4.96	9.72	6.62	6.11	4.23	6.45	6.13	5.75
间隔天数	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
日流速(厘米)	2.16	1.43	1.77	1.88	1.82	1.36	2.66	1.81	1.67	1.16	1.77	1.68	1.58
运动方向	66°45'	63°53'	64°09'	65°03'	63°40'	62°46'	75°57'	61°30'	61°20'	52°58'	58°04'	59°50'	59°01'

续表 3

点 项 目	点 号	A'	B' ₁	B' ₂	B' ₃	C' ₁	C' ₂	C' ₃	C' ₄	D' ₁	D' ₂	D' ₃
运动距离(米)	5.27	3.73	5.69	5.04	2.28	5.83	5.69	4.76	0.56	4.93	5.61	
间隔天数	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	
日流速(厘米)	1.44	1.02	1.56	1.38	0.62	1.60	1.56	1.31	0.15	1.35	1.54	
运动方向	66°59'	84°46'	75°02'	71°36'	49°27'	59°07'	55°53'	56°39'	13°32'	28°45'	25°14'	

点 项 目	点 号	E' ₁	E' ₂	E' ₃	G' ₄	F' ₁	F' ₂	F' ₃	G' ₁	G' ₂	G' ₃	H'
运动距离(米)	5.25	4.76	5.14	5.30	6.63	4.42	4.47	4.96	3.22	4.02	4.24	2.64
间隔天数	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
日流速(厘米)	1.44	1.30	1.41	1.45	1.82	1.21	1.23	1.36	0.88	1.10	1.16	0.72
运动方向	25°38'	9°55'	8.50	9°41'	6°40'	12°17'	10°57'	9°17'	22°16'	18°15'	13°21'	28°48'

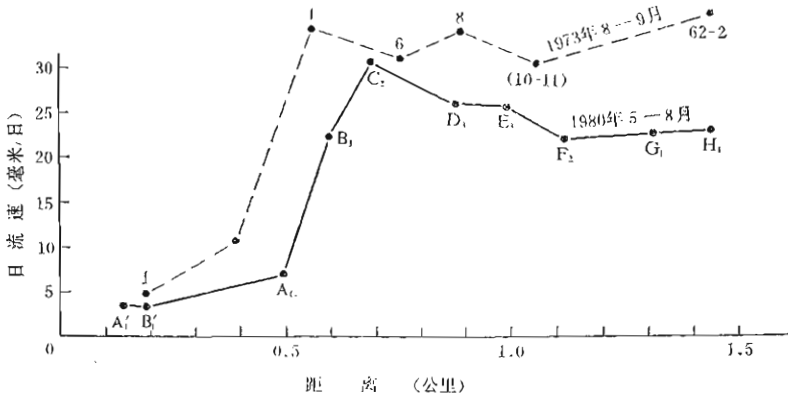


图2 日流速比较曲线

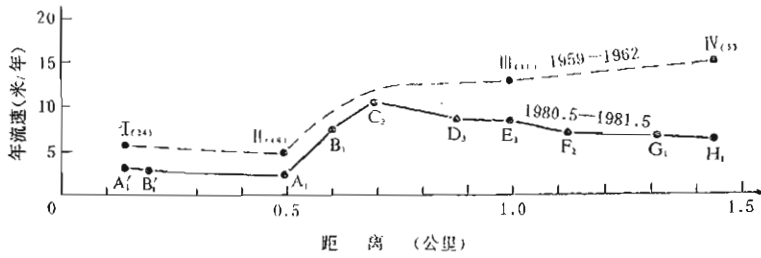


图3 年流速比较曲线

参 考 文 献

- [1] 张长庆, 天山乌鲁木齐河源1号冰川冰运动状态及冰川厚度的计算, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究, 科学出版社, 1965。
- [2] 王文颖等, 1962—1973年天山乌鲁木齐河1号冰川的后退和运动的对比测量, 中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所集刊, 第1号, 科学出版社, 1976。

1号冰川粒雪盆内气温、热流、太阳辐射、雪 (冰)层温度及风速的遥测试验

王良玮 王万林 唐孝思

我国冰川均处高寒山区，自然环境十分恶劣，几乎不可能用人工在现场直接测量的方法来获取大量、连续的资料。为此，我们从目前冰川研究的需要出发，立足目前国内设备、器件条件，自行设计和制作了冰川无线电遥测仪。继1980年试验观测之后，1981年6—9月再次在乌鲁木齐河源1号冰川进行了遥测试验。

遥测仪安置在1号冰川西支海拔4075米处冰川粒雪区内，接收机在海拔3500米的天山气象站。两处直线距离为3公里左右，但不通视。收、发机均采用三单元八木天线，分别离地(雪)面高5米和2米。

遥测项目有：气温、热流、太阳辐射和反射辐射、风速、不同深度的冰(雪)温度等。气、冰温度传感器为测温晶体振荡器，由于受标准频率和非线性影响和限制，气温测量偏差不大于 0.5°C ，冰(雪)层温度偏差不大于 0.05°C 。6月14日前气温传感器未置于百叶箱之中，故导致读数偏高，望引用时予以注意。热流传感器为自制的银-康铜热流板。太阳辐射(总辐射)和反射辐射测量均采用硅光电池作传感器。风速传感器为大三杯风速表作传感器。热流量、辐射、风速均为模拟量，其测量精度取决于模数变换器，加之变换器为短时开机工作状态，故其精度较差，约为15%左右。风速表距雪面高度为2米，辐射计为0.6米。热流计埋深为0.3米和0.5米(由于冰雪消融，到7月中旬，热流计露出冰面，又于7月30日再次埋入上述雪冰深处)。

遥测仪每小时测量一次(数据统计表中仅列入6小时一次)，所有观测量均变换为不大于10KHZ的频率量，仪器对各观测量作时分制取样和发送。其传送制成为高抗干扰的PCM-dpsk-FM制。所有数据均采用BCD码表示(五位)；传送码速率为50bit/s；相对移相键控副载波频率为2000HZ；无线调频主载波频率为161MHZ，发射功率为1瓦。

接收机经常处于值班状态，一旦收到遥测信号，便立即启动数据恢复仪、数据打印机、录音机。数据恢复仪中的两个数字锁相环将复原后的数据通过接0电路近送往打印机打印。打印机由带打印计算器改装而成，轻巧省电，可由电池供电工作。录音机记录下的信号可再次送入恢复仪处理。

整个系统均采用硅光电池-蓄电池组供电，除更换记录纸、带之外，可实现无人操作。从6月6日到9月3日，共计79天，由于在7月上旬未因雷击发生故障，加上其它人为原因，仪器在6月26日到29日，7月9日到25日停止工作。

观测资料见《遥感记录月报表》(1981.6—8)。

致谢：参加这项工作的还有吴卫民、沈颖、谭建玉。冰川室李刚、王新中等同志还参加了部分资料整理工作。仪器在现场安装，维修中得到天山站工作人员的大力协助。特此致谢。

遥测记录月报表

(天山冰川站, 北纬43°06', 东经87°15', 海拔高度4074.78米)

1981年6月

5°

19°

日	风 速 (米/秒)						气 温 (℃)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7	0	2.39	1.80	0			-2.04	4.30	21.05	4.66		
8	2.26	0	7.63	0			-0.89	4.65	7.83	4.22		
9	0	4.53	0	1.95			-0.08	3.85	10.60	2.90		
10	3.14	2.37	6.28	0			0.21	-1.69	3.12	2.84		
上旬计												
11	0	0	0	2.06			-3.53	2.04	11.38	0.56		
12	4.16	0	0	0			-1.39	-0.85	5.83	1.55		
13	1.86	0	0	0			-1.46	-1.36	9.78	3.27		
14	0	0	8.97	2.74			-2.60	4.51	12.12	3.35		
15	4.28	1.95	0	0			-2.43	3.27	13.37	2.86		
16	0	2.08	0	2.95			-0.75	6.73	12.07	1.30		
17	4.35	6.65	0	0			-1.32	4.84	13.92	4.00		
18	4.21	6.88	2.28	4.57			-0.62	3.15	6.03	2.72		
19	3.01	2.42	0	0			-1.72	-2.40	14.30	-0.21		
20	8.12		0	0			-2.51		9.63	0.02		
中旬计												
21	1.71	0	1.57	0			-4.16	7.28	17.58	4.96		
22	0	0	0	0			-1.25	3.52	5.82	1.49		
23	0	1.65	0	7.79			-0.02	-0.22	4.09	3.20		
24	7.16		0	0			1.46		4.28	-0.07		
25		7.80	0	0				-0.35	3.00	1.69		
26	0		1.66				-1.07		4.62			
27												
28												
29												
30	0			7.03			-1.06			-2.13		
31												
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	热流(千卡/米 ² ·小时)						热流(千卡/米 ² ·小时)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7	-0.01	0	0.01	-0.03			0.00	0.04	0.04	-0.02		
8	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03			-0.02	-0.02	-0.01	-0.02		
9	-0.02	0.00	-0.04	-0.03			-0.02	-0.01	-0.02	-0.03		
10	-0.03	0.00	-0.03	-0.03			-0.03	-0.05	-0.03	-0.03		
上旬计												
11	-0.02	-0.15	-0.03	-0.03			-0.02	-0.11	-0.03	-0.04		
12	-0.02	-0.04	-0.02	-0.03			-0.02	0.07	-0.01	-0.04		
13	-0.01	-0.23	-0.03	-0.03			-0.01	-0.25	-0.02	-0.02		
14	-0.02	-0.04	-0.02	-0.01			-0.03	-0.08	0.00	-0.01		
15	-0.01	-0.09	-0.02	-0.03			-0.01	-0.04	0.00	-0.03		
16	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02			-0.02	-0.01	-0.02	-0.03		
17	-0.02	0.06	-0.02	-0.02			-0.02	-0.02	-0.01	-0.02		
18	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02			-0.02	-0.01	-0.03	-0.02		
19	-0.00	-0.04	-0.02	-0.02			-0.03	0.02	-0.01	-0.03		
20	-0.02		-0.03	-0.02			0		-0.01	-0.03		
中旬计												
21	-0.01	-0.17	-0.01	-0.03			-0.06	-0.02	-0.01	-0.03		
22	-0.02	0.03	-0.02	-0.02			-0.02	-0.02	-0.01	-0.01		
23	-0.02	0.03	-0.01	-0.02			-0.02	-0.01	-0.01	-0.01		
24	-0.01		-0.02	-0.02			-0.02		-0.02	-0.01		
25		0.00	-0.01	-0.02				-0.02	0.00	-0.02		
26	-0.02		-0.02				-0.02		-0.01			
27												
28												
29												
30	-0.01			-0.02			-0.02			-0.02		
31												
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	总辐射(卡/厘米 ² ·分)						反射辐射(卡/厘米 ² ·分)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7	0	0.18	1.69	0.36			0	0.36	1.07	0.27		
8	0	0.33	1.47	0.17			0	0.34	0.96	0.12		
9	0	0.19	1.48	0.33			0	0.29	1.20	0.20		
10	0	0.05	0.47	0.15			0	0.13	0.34	0.11		
上旬计												
11	0	0	0.63	0.03			0	0	0.40	0.01		
12	0	0.11	0.38	0.05			0	0.08	0.29	0.04		
13	0	0	1.35	0.22			0	0	1.01	0.14		
14	0	0.07	1.89	0.22			0	0.24	1.62	0.15		
15	0	0.14	1.77	0.18			0	0.28	1.05	0.10		
16	0	0.17	0.49	0.05			0	0.35	0.26	0.03		
17	0	0.21	1.45	0.35			0	0.42	0.82	0.19		
18	0	0.11	0.56	0.22			0	0.13	0.32	0.17		
19	0	0.07	1.19	0.04			0	0.08	0.71	0.03		
20	0		1.86	0.12			0		1.21	0.09		
中旬计												
21	0	0.16	0.98	0.33			0	0	0.65	0.19		
22	0	0.18	0.76	0.28			0	0.24	0.45	0.18		
23	0	0.05	0.94	1.05			0	0.13	0.51	0.62		
24	0		0.64	0.07			0		0.34	0.04		
25		0.02	1.22	0.24				0.01	0.87	0.10		
26	0		1.34				0		0.93			
27												
28												
29												
30	0			0.32			0			0.27		
31												
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	100厘米						200厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7	-0.04	-0.05	-0.03	-0.03			-0.05	-0.05	-0.03	-0.04		
8	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-0.05	-0.05	-0.03	-0.04		
9	-0.04	-0.04	-0.03	-0.04			-0.04	-0.04	-0.04	-0.04		
10	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04			-0.04	-0.04	-0.04	-0.04		
上旬计												
11	-0.04	-0.04	-0.02	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.04		
12	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04			-0.04	-0.04	-0.04	-0.04		
13	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.03		
14	-0.04	-0.05	-0.03	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.03		
15	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.03		
16	-0.04	-0.04	-0.02	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.04		
17	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.03		
18	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.04		
19	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.03		
20	-0.04		-0.03	-0.03			-0.04		-0.03	-0.03		
中旬计												
21	-0.04	-0.04	-0.02	-0.03			-0.04	-0.04	-0.02	-0.03		
22	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.03		
23	-0.04	-0.04	-0.02	-0.03			-0.04	-0.04	-0.02	-0.03		
24	-0.04		-0.03	-0.03			-0.04		-0.03	-0.03		
25		-0.04	-0.03	-0.03				-0.04	-0.03	-0.03		
26	-0.04		-0.03				-0.04		-0.03			
27												
28												
29												
30	-0.04			-0.03			-0.04			-0.03		
31												
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	400厘米						600厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7	-1.13	-1.15	-1.19	-1.16			-1.77	-1.78	-1.79	-1.79		
8	-1.20	-1.12	-1.14	-1.11			-1.83	-1.82	-1.82	-1.82		
9	-1.18	-1.16	-1.16	-0.92			-1.85	-1.85	-1.84	-1.83		
10	-0.68	-0.40	-0.32	-0.32			-1.84	-0.38	-0.15	-1.31		
上旬计												
11	-0.38	-0.41	-0.47	-0.46			-1.55	-1.62	-1.65	-1.62		
12	-0.46	-0.23	-0.13	-0.09			-1.63	-0.59	-1.51	-1.53		
13	-0.08	-0.08	-0.07	-0.06			-1.52	-1.50	-1.46	-1.43		
14	-0.07	-0.07	-0.05	-0.05			-1.41	-1.39	-1.36	-1.32		
15	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-1.31	-1.29	-1.24	-1.23		
16	-0.04	-0.04	-0.02	-0.03			-1.21	-1.19	-1.16	-1.15		
17	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03			-1.14	-1.12	-1.09	-1.08		
18	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03			-1.07	-1.06	-1.04	-1.03		
19	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03			-1.02	-1.01	-1.00	-0.99		
20	-0.03		-0.02	-0.03			-0.99		-0.95	-0.95		
中旬计												
21	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02			-0.95	-0.93	-0.91	-0.91		
22	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02			-0.91	-0.90	-0.89	-0.88		
23	-0.03	-0.03	-0.01	-0.02			-0.88	-0.87	-0.85	-0.85		
24	-0.03		-0.02	-0.02			-0.85		-0.83	-0.83		
25		-0.03	-0.02	-0.02				-0.82	-0.81	-0.80		
26	-0.03		-0.02				-0.81		-0.78			
27												
28												
29												
30	-0.03			-0.03			-0.72			-0.70		
31												
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	700厘米						900厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7	-2.00	-2.01	-2.00	-2.02			-2.03	-2.03	-2.03	-2.03		
8	-2.04	-2.04	-2.03	-2.03			-2.06	-2.06	-2.04	-2.05		
9	-2.04	-2.04	-2.04	-2.04			-2.06	-2.06	-2.05	-2.06		
10	-2.04	-2.01	-1.77	-1.91			-2.06	-2.05	-1.95	-1.98		
上旬计												
11	-1.95	-1.97	-1.97	-1.96			-2.00	-2.00	-1.99	-2.00		
12	-1.97	-1.95	-1.95	-1.94			-2.00	-2.00	-1.98	-1.97		
13	-1.93	-1.92	-1.90	-1.90			-1.97	-1.96	-1.94	-1.93		
14	-1.88	-1.87	-1.83	-1.82			-1.92	-1.91	-1.88	-1.87		
15	-1.81	-1.80	-1.77	-1.75			-1.86	-1.85	-1.82	-1.81		
16	-1.74	-1.73	-1.69	-1.68			-1.80	-1.78	-1.75	-1.74		
17	-1.67	-1.65	-1.63	-1.61			-1.73	-1.72	-1.69	-1.68		
18	-1.61	-1.59	-1.57	-1.56			-1.67	-1.65	-1.63	-1.62		
19	-1.55	-1.54	-1.52	-1.50			-1.61	-1.60	-1.58	-1.57		
20	-1.50		-1.46	-1.46			-1.56		-1.52	-1.52		
中旬计												
21	-1.45	-1.44	-1.41	-1.40			-1.51	-1.50	-1.47	-1.46		
22	-1.40	-1.40	-1.38	-1.36			-1.46	-1.46	-1.44	-1.43		
23	-1.36	-1.36	-1.33	-1.33			-1.42	-1.41	-1.38	-1.38		
24	-1.33		-1.30	-1.29			-1.38		-1.35	-1.35		
25		-1.28	-1.26	-1.26				-1.34	-1.32	-1.31		
26	-1.26		-1.23				-1.31		-1.29			
27												
28												
29												
30	-1.15			-1.11			-1.20			-1.17		
31												
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	1000厘米						3000厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7	-1.74	-1.77	-1.76	-1.79			-0.06	-0.11	-0.17	-0.35		
8	-1.81	-1.82	-1.82	-1.83			-0.71	-0.82	-0.86	-0.92		
9	-1.85	-1.86	-1.85	-1.86			-0.95	-0.98	-0.99	-1.00		
10	-1.87	-1.88	-1.88	-1.88			-0.03	-1.04	-1.04	-1.05		
上旬计												
11	-1.89	-1.89	-1.88	-1.89			-1.06	-1.07	-1.06	-1.07		
12	-1.90	-1.90	-1.90	-1.90			-1.08	-1.09	-1.09	-1.09		
13	-1.90	-1.91	-1.90	-1.90			-1.10	-1.10	-1.10	-1.10		
14	-1.90	-1.90	-1.89	-1.90			-1.11	-1.12	-1.10	-1.11		
15	-1.90	-1.91	-1.89	-1.90			-1.12	-1.12	-1.11	-1.12		
16	-1.90	-1.91	-1.89	-1.90			-1.13	-1.13	-1.12	-1.13		
17	-1.90	-1.90	-1.89	-1.89			-1.13	-1.13	-1.12	-1.13		
18	-1.89	-1.90	-1.90	-1.90			-1.13	-1.14	-1.13	-1.14		
19	-1.89	-1.90	-1.88	-1.88			-1.14	-1.14	-1.13	-1.14		
20	-1.89		-1.87	-1.87			-1.15		-1.13	-1.14		
中旬计												
21	-1.88	-1.88	-1.86	-1.86			-1.15	-1.15	-1.14	-1.14		
22	-1.87	-1.87	-1.86	-1.85			-1.15	-1.15	-1.15	-1.15		
23	-1.86	-1.85	-1.84	-1.84			-1.15	-1.15	-1.14	-1.15		
24	-1.85		-1.83	-1.83			-1.15		-1.15	-1.15		
25		-1.83	-1.82	-1.82				-1.16	-1.15	-1.15		
26	-1.82		-1.80				-1.16		-1.15			
27												
28												
29												
30	-1.75			-1.71			-1.16			-1.16		
31												
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

1981年7月

5°

19°

日	风 速 (米/秒)						气 温 (°C)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	4.03		0	0			-2.62		4.04	0.03		
2	3.03			0			-1.57			-0.23		
3	0	3.36	1.52	0			-0.67	-1.13	1.96	-1.24		
4	0	1.50	0	1.53			-2.90	-2.52	-1.13	-0.67		
5	3.54	1.87	0	0			-2.23	-2.54	-2.19	-1.07		
6	10.68	0	1.64	0			-2.03	2.62	7.17	3.63		
7	3.27	0	1.59	5.65			2.53	3.58	6.31	4.60		
8			5.96	2.11					9.17	5.22		
9	0						0.82					
10												
上旬计												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
中旬计												
21												
22												
23												
24												
25												
26			1.54	0					3.09	3.09		
27	0	0	0	0			-2.10	-0.99	2.83	1.15		
28	0	0	0	0			-0.36	1.23	3.33	3.27		
29	0	0	0	0			0.98	0.30	1.93	2.05		
30	0	0	0	0			-0.96	-1.83	0.56	-0.29		
31	0	1.76	0	0			-3.29	-1.79	1.13	-1.29		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	热流 (千卡/米 ² ·小时)						紊流 (千卡/米 ² ·小时)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-0.03		-0.02	-0.01			-0.03		0.00	-0.01		
2	-0.01			-0.01			-0.02			-0.01		
3	-0.00	-0.04	-0.02	-0.01			-0.01	-0.21	0.01	-0.01		
4	0.14	-0.04	-0.01	-0.01			0.13	-0.08	-0.01	-0.01		
5	-0.08	0.17	0.01	0.00			-0.07	-0.02	0.00	-0.01		
6	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01			0.05	0.00	0.03	-0.01		
7	-0.01	-0.01	0.00	0.00			-0.01	0.00	0.01	0.01		
8			-0.01	-0.01					0.00	-0.01		
9	-0.01						-0.01					
10												
上旬计												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
中旬计												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27			0.10	0.01					-0.02	-0.00		
28	-0.02	0.12	-0.18	-0.28			-0.02	-0.06	-0.04	-0.02		
29	-0.02	-0.06	-0.06	-0.23			-0.02	-0.07	-0.05	-0.04		
30	0.02	0.07	/	-0.01			-0.09	0.07	0.00	-0.01		
31	-0.01	0.09	/	-0.13			-0.01	0.02	0.00	-0.03		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	总辐射 (卡/厘米 ² ·分)						反射辐射 (卡/厘米 ² ·分)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	0		1.31	0.07			0		0.98	0.06		
2	0			0.25			0			0.20		
3	0	0	1.47	0.13			0	0	1.01	0.11		
4		0.18	0.50	0.23				0	0.42	0.19		
5	0	0.05	1.07	0.21			0	0.06	0.83	0.16		
6		0.61	1.58	0.10				0.67	0.92	0.07		
7	0	0.64	1.51	0.52			0	0.65	1.04	0.33		
8			0.82	0.08					0.48	0.06		
9	0						0					
10												
下旬计												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
中旬计												
21												
22												
23												
24												
25												
26			0.52	0.13					0.21	0.05		
27	0		0.99	0.16			0		0.41	0.11		
28	0	0	1.37	0.07			0	0	0.88	0.01		
29	0	0	0.73	0.04			0	0	0.38	0		
30	0	0.06	0.55	0.08			0	/	0.21	0.07		
31	0	0.05	0.72	0.04			0	0.05	0.58	0.05		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

1981年7月

10°

11°

日	冰						温 (°C)					
	100厘米						200厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-0.04		-0.02	-0.03			-0.04		-0.02	-0.03		
2	-0.04			-0.03			-0.04			-0.03		
3	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03			-0.03	-0.04	-0.03	-0.03		
4	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			-0.04	-0.04	-0.03	-0.03		
5	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03			-0.03	-0.04	-0.03	-0.03		
6	-0.04	-0.04	-0.01	-0.02			-0.04	-0.04	-0.02	-0.03		
7	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02			-0.03	-0.03	-0.02	-0.02		
8			-0.02	-0.02					-0.02	-0.03		
9	-0.03						-0.03					
10												
上旬计												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
中旬计												
21												
22												
23												
24												
25												
26			-0.03	-0.04					-0.03	-0.04		
27	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04			-0.04	-0.04	-0.04	-0.04		
28	-0.04	-0.07	-0.06	-0.04			-0.04	-0.07	-0.06	-0.04		
29	-0.04	-0.07	-0.07	-0.07			-0.04	-0.07	-0.07	-0.08		
30	-0.08	-0.08	-0.04	-0.04			-0.08	-0.08	-0.04	-0.04		
31	-0.04	-0.04	-0.03	-0.04			-0.04	-0.04	-0.03	-0.04		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	400厘米						600厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-0.04		-0.01	-0.02			-0.71		-0.68	-0.68		
2	-0.03			-0.02			-0.68			-0.66		
3	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02			-0.66	-0.66	-0.65	-0.65		
4	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02			-0.65	-0.65	-0.64	-0.63		
5	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03			-0.63	-0.63	-0.62	-0.61		
6	-0.03	-0.03	-0.01	-0.02			-0.62	-0.61	-0.59	-0.59		
7	-0.03	-0.03	-0.01	-0.02			-0.60	-0.59	-0.58	-0.58		
8			-0.01	-0.02					-0.56	-0.56		
9	-0.03						-0.57					
10												
上旬计												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
中旬计												
21												
22												
23												
24												
25												
26			-0.02	-0.03			/	/	/	/		
27	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03			/	/	/	/		
28	-0.04	-0.06	-0.05	-0.03			/	/	/	/		
29	-0.03	-0.07	-0.06	-0.07			/	/	/	/		
30	-0.06	-0.07	-0.04	-0.05			/	/	-0.06	-0.05		
31	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03			-0.05	-0.06	-0.05	-0.05		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	700厘米						900厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-1.11		-1.08	-1.08			-1.17		-1.14	-1.14		
2	-1.08			-1.07			-1.14			-1.11		
3	-1.06	-1.05	-1.04	-1.04			-1.11	-1.11	-1.09	-1.09		
4	-1.04	-1.03	-1.02	-1.01			-1.09	-1.08	-1.07	-1.06		
5	-1.01	-1.01	-0.99	-0.99			-1.06	-1.05	-1.04	-1.03		
6	-0.98	-0.97	-0.95	-0.95			-1.03	-1.02	-1.00	-0.99		
7	-0.95	-0.94	-0.92	-0.92			-1.00	-0.99	-0.97	-0.97		
8			-0.90	-0.89					-0.97	-0.94		
9	-0.90						-0.94					
20												
上旬计												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
中旬计												
21												
22												
23												
24												
25												
26			-0.10	-0.11					-0.10	-0.10		
27	-0.11	-0.11	-0.11	-0.10			-0.11	-0.11	-0.10	-0.10		
28	-0.10	-0.12	-0.12	-0.09			-0.10	-0.12	-0.12	-0.09		
29	-0.10	-0.13	-0.12	-0.13			-0.09	-0.12	-0.12	-0.12		
30	-0.13	-0.14	-0.09	-0.09			-0.12	-0.13	-0.09	-0.08		
31	-0.09	-0.10	-0.08	-0.09			-0.08	-0.08	-0.08	-0.08		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

1981年7月

18°

15°

日	冰						温 (°C)					
	1000厘米						3000厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-1.70		-1.65	-1.64			-1.16		-1.15	-1.15		
2	-1.64			-1.58			-1.16			-1.16		
3	-1.57	-1.56	-1.54	-1.52			-1.16	-1.16	-1.15	-1.16		
4	-1.51	-1.50	-1.48	-1.46			-1.17	-1.17	-1.16	-1.16		
5	-1.45	-1.44	-1.42	-1.41			-1.16	-1.16	-1.16	-1.16		
6	-1.40	-1.38	-1.35	-1.35			-1.16	-1.16	-1.15	-1.15		
7	-1.35	-1.33	-1.31	-1.31			-1.16	-1.16	-1.15	-1.15		
8			-1.27	-1.27					-1.15	-1.15		
9	-1.26						-1.16					
10												
上旬计												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
中旬计												
21												
22												
23												
24												
25												
26			-0.02	-0.03					-1.08	-1.08		
27	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03			-1.08	-1.09	-1.08	-1.08		
28	-0.03	-0.05	-0.05	-0.02			-1.08	-1.10	-1.10	-1.07		
29	-0.04	-0.07	-0.06	-0.07			-1.08	-1.11	-1.11	-1.11		
30	-0.07	-0.08	-0.04	-0.04			-1.11	-1.11	-1.08	-1.07		
31	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04			-1.07	-1.08	-1.07	-1.07		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	风 速 (米/秒)						气 温 (°C)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	0	0	0	2.01			-2.70	-1.89	3.96	2.20		
2	1.80	3.22	3.18	4.34			1.20	1.09	5.15	4.06		
3	0	2.79	0	0			2.26	3.15	7.09	1.91		
4	0	0	0	0			1.15	0.85	3.80	0.10		
5	0	8.67	2.50	0			-2.41	-0.42	5.11	3.31		
6	0	0	2.82	0			-1.20	-0.85	2.47	1.44		
7	0	0	1.79	3.24			-1.11	-1.66	3.82	2.24		
8	2.99	2.73	0	1.92			-0.12	-0.26	3.29	3.42		
9	0	2.67	0	0			-0.39	-0.10	2.34	0.50		
10	5.50	1.83	1.50	0			-0.02	-1.42	2.48	2.77		
上旬计												
11	0	0	0	0			0.18	0.98	3.78	1.15		
12	4.21	2.90	0	0			0.71	-0.04	0.90	-1.14		
13	5.07	0	0	0			-2.09	-3.58	0.65	-1.58		
14	1.93	2.98	0	0			-3.38	-3.38	0.98	-0.46		
15	5.75	6.16	5.27	4.08			-1.43	-2.55	0.47	0.64		
16	6.16	0	1.50	2.75			-1.10	-2.06	2.11	-0.49		
17	2.72	0	0	6.00			-0.41	-1.83	-0.89	-1.64		
18	5.56	1.77	1.50	0			-3.76	-5.04	1.56	-0.59		
19	6.68	1.59	5.86	0			-1.80	-2.56	1.66	-0.10		
20	6.74	1.53	0	0			-1.47	-1.79	0.46	-0.86		
中旬计												
21	4.41	4.10	0	1.53			-4.67	-3.62	-1.28	-2.48		
22				0						-3.19		
23	0	3.15	0	0			-3.79	-3.16	-0.32	-1.60		
24	0		1.60	1.53			-3.08		1.04	-0.61		
25	0	0	7.18	1.70			-2.07	-3.39	0.16	-2.04		
26	1.70	0					-2.65	-4.54				
27			3.48						-0.38			
28												
29	0		0	0			-2.78		2.27	1.29		
30	5.67	0	0	0			-0.83	-2.34	-2.13	-2.93		
31	7.16	0	0	/			-5.47	-4.95	-3.12	-3.35		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

1981年8月

6^{*}7^{*}

日	热 流 (千卡/米 ² ·小时)						热 流 (千卡/米 ² ·小时)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-0.11	-0.10	-0.06	-0.01			-0.05	-0.04	-0.01	-0.01		
2	-0.06	-0.02	0	-0.01			0.00	-0.01	0.02	-0.01		
3	-0.02	-0.02	-0.05	-0.02			-0.02	-0.02	-0.02	-0.02		
4	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02			-0.01	-0.01	0.00	-0.01		
5	-0.02	0.04	-0.01	-0.02			-0.01	0.01	0.01	-0.01		
6	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02			-0.00	-0.01	-0.01	-0.02		
7	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02			-0.00	0.00	0.00	-0.01		
8	-0.02	-0.09	-0.01	-0.02			-0.01	-0.02	0.01	-0.01		
9	-0.02	0.08	-0.01	-0.02			-0.00	0.05	0.00	0.00		
10	-0.02	-0.06	-0.01	-0.02			0	0.00	0.04	0.00		
上旬计												
11	0.12	0.09	-0.01	-0.01			0.02	0.20	0.01	0.00		
12	-0.02	-0.01	-0.04	-0.01			0.00	0.00	0.02	0.00		
13	0.09	0.07	-0.10	-0.03			-0.01	0.08	0.01	0.00		
14	0.06	0.10	-0.77	0.00			-0.00	0.14	0.00	0.00		
15	0.07	0.10	-0.07	-0.21			-0.01	0.09	0.00	-0.01		
16	0.25	0.21	/	-0.02			0.07	0.22	-0.13	0.00		
17	0.07	0.04	0.00	-0.02			0.03	0.03	-0.02	-0.02		
18	-0.03	-0.04	0.01	-0.02			-0.02	0.09	0.01	-0.05		
19	0.02	0.09	-0.03	-0.01			0.02	0.02	-0.02	-0.01		
20	-0.01	0.00	-0.01	-0.02			-0.01	-0.01	0.00	-0.02		
中旬计												
21	-0.02	-0.06	-0.02	-0.02			-0.02	-0.06	-0.02	-0.02		
22				-0.01						0.01		
23	0.00	0.11	-0.02	-0.01			-0.01	0.16	0.00	-0.01		
24	-0.02		0.03	0.02			-0.02		0.03	0.02		
25	0.00	0.00	0.03	0.02			0.00	0.00	0.05	0.04		
26	0.03	-0.01					0.03	-0.01				
27			0.00						0.00			
28												
29	0.01		0.03	-0.02			0.01		0.03	-0.02		
30	-0.01	0.02	0.00	-0.02			-0.00	0.02	-0.01	-0.02		
31	-0.01	-0.06	0.01	/			-0.01	-0.05	-0.02	/		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	总 辐 射 (卡/厘米 ² ·分)						反射辐射 (卡/厘米 ² ·分)					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	0	0.20	0.87	0.07			0	0.57	0.62	0.06		
2	0	0.21	1.02	0.11			0	0.44	0.79	0.08		
3	0	0.01	1.24	0.25			0	0.01	1.12	0.16		
4	0	0.13	0.89	0.09			0	0.09	0.54	0.07		
5	0	0.08	0.90	0.02			0	0.26	0.79	0.02		
6	0	0.19	0.40	0.09			0	0.31	0.25	0.06		
7	0	0.18	0.78	0.24			0	0.38	/	0.13		
8	0	0.20	1.16	0.06			0	0.41	0.80	0.02		
9	0	0.12	0.55	0.01			0	0.10	0.19	0.01		
10	0	0.10	1.43	0.16			0	0.24	1.14	0.10		
上旬计												
11	0	0.11	0.74	0.02			0	0.23	0.34	0.02		
12	0	0.02	1.03	0.00			0	0.02	0.78	0.01		
13	0	0.02	1.07	0.17			0	0.00	0.73	0.13		
14	0	0.02	0.94	0.18			0	0.20	0.58	0.14		
15	0	0.02	1.03	0.28			0	0.21	0.73	0.16		
16	0	0.04	1.11	0			0	0.10	0.79	0		
17	0	0.02	0.31	0.17			0	0.02	0.24	0.13		
18	0	0	1.08	0			0	0	0.92	0		
19	0.05	0.06	0.62	0.01			0.05	0.23	0.45	0.01		
20	0	0.03	0.70	0			0	0.01	0.85	0		
中旬计												
21	0	0	1.06	0			0	0.20	0.84	0.00		
22				0.06						0.03		
23	0	0.15	1.34	0.05			0	0.40	1.21	0.04		
24	0		0.77	0.11			0		0.52	0.08		
25	0.04	0	0.87	0.12			0.00	0.08	0.63	0.10		
26	0.05	0.02					0.04	0.02				
27			1.15						0.93			
28												
29	0		1.19	0.17			0		0.96	0.11		
30	0	0	0.48	0.01			0	0	0.40	0.01		
31	0	0.04	0.76	/			0	0.05	0.59	/		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	100厘米						200厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03			-0.05	-0.05	-0.04	-0.03		
2	-0.05	-0.07	-0.02	-0.04			-0.05	-0.05	-0.04	-0.04		
3	-0.04	-0.05	-0.04	-0.05			-0.04	-0.04	-0.04	-0.05		
4	-0.04	-0.05	-0.04	-0.04			-0.04	-0.05	-0.05	-0.04		
5	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04			-0.04	-0.06	-0.04	-0.03		
6	-0.04	-0.06	-0.04	-0.05			-0.04	-0.05	-0.04	-0.05		
7	-0.04	-0.06	-0.04	-0.04			-0.04	-0.05	-0.04	-0.04		
8	-0.04	-0.32	-0.04	-0.04			-0.04	-0.05	-0.04	-0.04		
9	-0.10	-0.71	-0.04	-0.03			-0.04	-0.05	-0.04	-0.03		
10	-0.07	/	-0.08	-0.04			-0.04	-0.04	-0.04	-0.04		
上旬计												
11	-0.50	-2.56	0.01	-0.04			-0.04	-0.05	-0.04	-0.04		
12	-0.04	-0.14	-0.06	-0.04			-0.04	-0.04	-0.05	-0.03		
13	-0.05	-0.23	-0.05	-0.04			-0.04	-0.06	-0.05	-0.04		
14	-0.05	-0.31	-0.04	-0.04			-0.04	-0.10	-0.04	-0.04		
15	-0.04	-0.09	-0.04	-0.04			-0.04	-0.07	-0.04	-0.04		
16	-0.04	-0.84	-0.04	-0.03			-0.04	-0.05	-0.05	-0.03		
17	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04			-0.04	-0.04	-0.05	-0.04		
18	-0.05	-0.22	-0.02	-0.03			-0.05	-0.15	-0.02	-0.03		
19	-0.04	-0.12	-0.04	-0.03			-0.04	-0.05	-0.03	-0.03		
20	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04			-0.04	-0.04	-0.05	-0.03		
中旬计												
21	-0.04	-0.12	-0.04	-0.04			-0.04	-0.11	-0.04	-0.03		
22				-0.08						-0.04		
23	-0.08	-0.11	-0.11	-0.07			-0.05	-0.05	-0.04	-0.04		
24	-0.07		-0.05	-0.04			-0.04		-0.03	-0.04		
25	-0.05	-0.09	-0.05	-0.05			-0.04	-0.07	-0.04	-0.04		
26	-0.05	-0.08					-0.04	-0.07				
27			-0.05						-0.04			
28												
29	-0.05		-0.33	-0.12			-0.04		-0.03	-0.03		
30	-0.08	-0.07	-0.08	-0.07			-0.04	-0.04	-0.05	-0.04		
31	-0.08	-0.32	-0.08	-0.14			-0.05	-0.26	-0.05	-0.02		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	400厘米						600厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-0.04	-0.04	-0.04	-0.03			-0.06	-0.06	-0.05	-0.04		
2	-0.04	-0.05	-0.03	-0.04			-0.06	-0.06	-0.04	-0.05		
3	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04			-0.04	-0.05	-0.05	-0.06		
4	-0.03	-0.04	-0.04	-0.03			-0.05	-0.06	-0.05	-0.04		
5	-0.04	-0.04	-0.03	-0.02			-0.04	-0.06	-0.04	-0.03		
6	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04			-0.04	-0.05	-0.04	-0.05		
7	-0.03	-0.05	-0.04	-0.04			-0.04	-0.05	-0.04	-0.04		
8	-0.03	-0.04	-0.04	-0.03			-0.03	-0.04	-0.03	-0.03		
9	-0.03	-0.05	-0.04	-0.04			-0.03	-0.04	-0.03	-0.02		
10	-0.03	-0.05	-0.03	-0.04			-0.02	-0.03	-0.03	-0.03		
上旬计												
11	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03			-0.02	-0.04	-0.02	-0.02		
12	-0.03	-0.03	-0.04	-0.03			-0.02	-0.02	-0.03	-0.02		
13	-0.04	-0.06	-0.04	-0.04			-0.02	-0.03	-0.03	-0.03		
14	-0.03	-0.11	-0.04	-0.03			-0.02	-0.08	-0.03	-0.02		
15	-0.03	-0.09	-0.04	-0.04			-0.02	-0.25	-0.02	-0.03		
16	-0.03	-0.05	-0.04	-0.03			-0.02	-0.04	-0.02	-0.02		
17	-0.03	-0.04	-0.04	-0.03			-0.02	-0.02	-0.03	-0.02		
18	-0.04	-0.20	-0.01	-0.03			-0.03	-0.18	0.00	-0.01		
19	-0.03	-0.05	-0.03	-0.03			-0.02	-0.03	-0.02	-0.01		
20	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04			-0.02	-0.02	-0.03	-0.01		
中旬计												
21	-0.04	-0.09	-0.04	-0.03			-0.02	-0.07	-0.02	-0.02		
22				-0.04						-0.02		
23	-0.04	-0.05	-0.03	-0.04			-0.04	-0.03	-0.02	-0.01		
24	-0.04		-0.02	-0.03			-0.02		-0.01	-0.01		
25	-0.03	-0.07	-0.03	-0.03			-0.02	-0.05	-0.02	-0.02		
26	-0.03	-0.08					-0.02	-0.05				
27			-0.04						-0.02			
28												
29	-0.03		-0.03	-0.02			-0.02		-0.01	-0.01		
30	-0.03	-0.04	-0.04	-0.03			-0.01	-0.02	-0.02	-0.02		
31	-0.05	-0.30	-0.04	-0.02			-0.03	-0.25	-0.03	-0.00		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	700厘米						900厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-0.09	-0.10	-0.09	-0.08			-0.09	-0.09	-0.08	-0.07		
2	-0.09	-0.09	-0.08	-0.09			-0.09	-0.09	-0.08	-0.08		
3	-0.08	-0.08	-0.08	-0.09			-0.07	-0.08	-0.08	-0.08		
4	-0.08	-0.09	-0.08	-0.07			-0.08	-0.09	-0.08	-0.07		
5	-0.08	-0.10	-0.07	-0.06			-0.07	-0.08	-0.07	-0.06		
6	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08			-0.07	-0.08	-0.08	-0.08		
7	-0.07	-0.08	-0.07	-0.08			-0.07	-0.08	-0.07	-0.07		
8	-0.07	-0.08	-0.07	-0.06			-0.07	-0.08	-0.07	-0.06		
9	-0.07	-0.09	-0.07	-0.06			-0.06	-0.08	-0.07	-0.06		
10	-0.07	-0.07	-0.06	-0.04			-0.06	-0.07	-0.06	-0.03		
上旬计												
11	-0.04	-0.05	-0.04	-0.03			-0.03	-0.05	-0.03	-0.03		
12	-0.04	-0.03	-0.04	-0.03			-0.03	-0.03	-0.04	-0.03		
13	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04			-0.03	-0.04	-0.04	-0.04		
14	-0.03	-0.09	-0.04	-0.03			-0.04	-0.08	-0.04	-0.03		
15	-0.04	-0.09	-0.04	-0.04			-0.03	-0.08	-0.03	-0.04		
16	-0.03	-0.05	-0.04	-0.03			-0.03	-0.05	-0.04	-0.02		
17	-0.03	-0.04	-0.05	-0.03			-0.03	-0.03	-0.04	-0.03		
18	-0.04	-0.23	-0.02	-0.03			-0.03	-0.20	-0.01	-0.02		
19	-0.04	-0.05	-0.03	-0.03			-0.03	-0.04	-0.03	-0.03		
20	-0.04	-0.04	-0.05	-0.03			-0.03	-0.04	-0.04	-0.03		
中旬计												
21	-0.04	-0.11	-0.04	-0.03			-0.03	-0.09	-0.04	-0.02		
22				-0.05						-0.04		
23	-0.05	-0.05	-0.04	-0.04			-0.05	-0.05	-0.03	-0.03		
24	-0.04		-0.03	-0.03			-0.04		-0.02	-0.03		
25	-0.04	-0.07	-0.04	-0.04			-0.03	-0.04	-0.04	-0.03		
26	-0.04	-0.09					-0.04	-0.08				
27			-0.04						-0.04			
28												
29	-0.04		-0.03	-0.03			-0.04		-0.03	-0.03		
30	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04			-0.03	-0.04	-0.04	-0.03		
31	-0.06	-0.31	-0.05	-0.03			-0.04	-0.32	-0.05	-0.02		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

日	冰						温 (°C)					
	1000厘米						3000厘米					
	2	8	14	20	合计	平均	2	8	14	20	合计	平均
1	-0.05	-0.06	-0.05	-0.04			-1.08	-1.09	-1.08	-1.06		
2	-0.06	-0.06	-0.05	-0.06			-1.08	-1.08	-1.07	-1.07		
3	-0.05	-0.06	-0.06	-0.07			-1.07	-1.07	-1.07	-1.08		
4	-0.06	-0.08	-0.07	-0.06			-1.07	-1.08	-1.07	-1.06		
5	-0.07	-0.08	-0.07	-0.06			-1.07	-1.08	-1.06	-1.05		
6	-0.07	-0.09	-0.08	-0.09			-1.06	-1.08	-1.07	-1.07		
7	-0.08	-0.09	-0.08	-0.09			-1.06	-1.08	-1.06	-1.07		
8	-0.08	-0.09	-0.09	-0.08			-1.06	-1.07	-1.06	-1.06		
9	-0.08	-0.10	-0.09	-0.08			-1.06	-1.07	-1.06	-1.05		
10	-0.08	-0.09	-0.09	-0.09			-1.06	-1.06	-1.05	-1.06		
上旬计												
11	-0.08	-0.10	-0.08	-0.08			-1.05	-1.07	-1.05	-1.04		
12	-0.08	-0.08	-0.08	-0.07			-1.04	-1.04	-1.04	-1.01		
13	-0.08	-0.09	-0.08	-0.08			-1.00	-1.01	-1.00	-1.00		
14	-0.07	-0.11	-0.07	-0.06			-0.99	-1.00	-0.98	-0.97		
15	-0.06	-0.08	-0.06	-0.06			-0.97	-0.99	-0.97	-0.97		
16	-0.06	-0.07	-0.06	-0.04			-0.95	-0.97	-0.96	-0.94		
17	-0.05	-0.05	-0.06	-0.05			-0.95	-0.95	-0.96	-0.94		
18	-0.05	-0.22	-0.03	-0.04			-0.94	-1.07	-0.92	-0.93		
19	-0.05	-0.06	-0.04	-0.04			-0.94	-0.95	-0.93	-0.93		
20	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04			-0.94	-0.94	-0.95	-0.93		
中旬计												
21	-0.05	-0.09	-0.04	-0.04			-0.94	-0.96	-0.94	-0.93		
22				-0.05						-0.94		
23	-0.06	-0.06	-0.04	-0.04			-0.94	-0.95	-0.94	-0.93		
24	-0.06		-0.03	-0.04			-0.94		-0.93	-0.93		
25	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06			-0.94	-0.96	-0.94	-0.94		
26	-0.05	-0.07					-0.94	-0.96				
27			-0.04						-0.94			
28												
29	-0.04		-0.03	-0.03			-0.94		-0.93	-0.93		
30	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04			-0.94	-0.95	-0.95	-0.94		
31	-0.04	-0.32	-0.05	-0.02			-0.95	-1.17	-0.95	-0.93		
下旬计												
下旬平均												
月合计												
月平均												

乌鲁木齐河源1号冰川冰层温度

张金华 王晓军

冰层温度是研究冰川物理状态的重要指标。1962年黄茂恒等曾对乌鲁木齐河源1号冰川冰舌下部进行测定,最大深度10米。1981年张金华等用蒸汽钻打孔,共设温度场10个,其中积累区2个、冰舌上部4个,冰舌中、下部各2个(表1)。温度计采用自行制作的康铜丝电阻温度计,精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

表1 1号冰川冰层温度场位置、高程和最大深度

位 置		高程(米)	最大深度(米)	位 置		高程(米)	最大深度(米)
西	冰舌下部A	3839.97	19.20	东	冰舌下部A'	3769.88	17.00
	冰舌中部D ₃	3967.20	23.00		冰舌中部D' ₃	3898.40	20.00
	冰舌上部	F ₂	4030.09		25.00	冰舌上部	F' ₁
G ₄		4056.56	25.00	F' ₃	3972.38		25.00
支	粒雪盆H ₃	4074.78	30.00	支	粒雪盆H'	4058.39	33.50

温度场里的温度计埋设先后于6月4日完成。除H₃、H'二个温度场外,其它温度场温度计的埋设深度以冰层厚度为准。为确定温度场因消融、积累引起的深度变化,我们观测了温度场处插入冰内花杆的冰层变化,同时观测冰层以上的积雪厚度变化。

由于温度孔用蒸汽钻打成,故孔内充满冰融水。待孔内融水完全冻结、冰层温度恢复后,我们于6月6日开始第一次测温,每旬一次,其结果见表2—6。

表2—6反映了1号冰川夏季消融期的冰层温度状况,可归纳如下:

(1)各温度场的最低温度出现在4—10米深。随着夏季消融期来临,最低温度渐次加深,其变化一般在4米左右。

(2)西支F₂、东支F'₁、F'₃温度场高度处的冰层温度是各高度中最低的,在该高度以上或下,冰层温度逐渐增高,至粒雪盆内零平衡线附近的温度最高,该处温度在0.0—1.0 $^{\circ}\text{C}$ 之间波动。

(3)在西支冰舌下部温度场16米深处,消融期末可测到-0.9 $^{\circ}\text{C}$ 的冰温,按其温度递增率计算,该处冰层底部可接近融点。

(4)由于铜电阻温度计在制做时密封程度不够好,发生漏水现象,造成了H₃、H'处冰层温度很不稳定。

表2 1 号冰川冰层温度

(观测日期: 1981年6月16日 深度单位: 米 温度单位: °C)

钻孔号	观测值															海拔高度 (米)							
	深度	0.83	1.83	2.83	3.83	4.83	5.83	6.83	7.83	8.83	9.83	10.83	11.83	12.83	13.83		15.83	16.83	17.83	18.83	19.03		
西	A	0.83	1.83	2.83	3.83	4.83	5.83	6.83	7.83	8.83	9.83	10.83	11.83	12.83	13.83	15.83	16.83	17.83	18.83	19.03	3839.97		
		深度	-0.5	-1.8	-3.6	-4.2	-4.8	-4.6	-4.6	-4.6	-4.4	-4.0	-3.3	-2.7	-2.1	-2.1	-1.9	-1.7	-1.5	-1.2	-1.2		
支	D ₁	0.84	2.84	4.84	6.84	8.84	10.84	12.84	14.84	16.84	18.84	20.84	22.84								3967.20		
		深度	0.0	-4.3	-6.0	-6.4	-5.9	-5.3	-4.6	-4.2	-4.0	-4.0	-1.4	-3.7									
东	F ₂	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	25.0	4030.09
		深度	-1.3	-3.3		-6.3	-6.9	-7.0	-6.9	-6.9	-6.6	-6.5	-6.9	-5.9	-5.8	-5.6	-5.9	-5.6	-5.7	-6.0	-6.0	-5.7	-5.1
支	G ₁																					4056.56	
		深度																					
东	A'	1.14	3.14	4.14	5.14	6.14	7.14	8.14	9.14	10.14	11.14	12.14	13.14	14.14	16.41	16.44	16.44	16.44	16.44			3769.88	
		深度	-0.5	-3.5	-4.9	-5.2	-4.9	-5.0	-5.3	-5.0	-4.2	-4.3	-4.3	-3.8	-3.5	-3.1	-3.3	-2.4	-2.5				
东	D' ₃	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	3898.40	
		深度	-1.9	-4.4	-5.6	-6.1	-6.2	-6.4	-6.3	-5.8	-5.4	-5.5	-4.9	-5.5	-4.8	-4.8	-5.0	-4.4	-4.6	-5.4	-4.4		
支	F' ₁	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0	21.0	23.0	25.0								3972.30	
		深度	-3.5	-6.1	-7.9	-7.4	-7.5	-6.4	-6.8	-	-6.5	-6.0	-6.0	-5.9	-6.2								
支	F' ₃	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0	21.0	23.0	25.0								3972.38	
		深度	-2.7	-6.4	-7.6	-7.3	-7.2	-6.6	-6.4	-6.4	-5.9	-6.0	-5.8	-5.8	-5.5								
支	H'																					4058.39	
		深度																					

表3 1号冰川冰层温度

(观测日期: 1981年7月16日 深度单位: 米 温度单位: °C)

钻孔号	测 值																		
	深度 温度	0.97 +0.1	1.97 -1.9	2.97 -3.0	3.97 -3.6	4.97 -4.3	5.97 -4.0	6.97 -4.2	7.97 -4.1	8.97 -3.8	9.97 -2.9	10.97 -2.8	11.97 -2.7	12.97 -2.5	14.97 -1.8	15.97 -1.4	16.97 -1.5	17.97 -1.3	18.17 -1.2
西	深度	0.21	2.21	4.21	6.21	8.21	10.21	12.21	14.21	16.21	18.21	20.21	22.21						
	温度	+0.2	-3.1	-5.0	-5.9	-5.8	-5.3	-4.8	-4.5	-4.6	-4.0	-1.5	-3.9						
支	深度	0.73	1.73	2.73	3.73	5.73	6.73	7.73	8.73	9.73	10.73	11.73	12.73	13.73	14.73	15.73	16.73	17.73	18.73
	温度	-0.3	-2.1	-4.0	-5.3	-6.5	-6.8	-6.7	-7.2	-6.9	-6.7	-7.0	-6.2	-6.2	-6.0	-5.7	-5.6	-5.9	-6.1
支	深度	0.30	2.30	4.30	6.30	8.30	10.30	12.30	16.30	18.30	20.30	22.30	24.30						
	温度	-1.4	-3.7	-5.1	-5.5	-5.2	-4.9	-4.9	-4.8	-5.1	-4.6	-4.6	-4.5						
东	深度	0.05	2.05	3.05	4.05	5.05	6.05	7.05	8.05	9.05	10.05	11.05	12.05	13.05	15.05	15.35	15.35	15.35	15.35
	温度	+0.5	-1.0	-3.2	-4.0	-4.0	-4.2	-4.4	-4.4	-4.5	-4.3	-4.3	-3.8	-3.8	-3.5	-3.2	-3.2	-2.9	-2.9
支	深度	0.25	1.25	2.25	3.25	4.25	5.25	6.25	7.25	8.25	9.25	10.25	11.25	12.25	13.25	14.25	15.25	16.25	17.25
	温度	+0.2	-1.9	-3.1	-4.7	-5.1	-	-5.4	-5.7	-5.1	-	-4.4	-5.3	-5.6	-4.6	-4.7	-5.1	-4.8	-4.8
支	深度	0.49	2.49	4.49	6.49	8.49	10.49	12.49	14.49	16.49	18.49	20.49	22.49	24.49					
	温度	-0.1	-4.6	-6.8	-7.3	-7.4	-7.0	-7.0	-6.8	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.9					
支	深度	0.53	2.53	4.53	6.53	8.53	10.53	12.53	14.53	16.53	18.53	20.53	22.53	24.53					
	温度	-0.8	-4.5	-6.5	-7.2	-6.9	-6.9	-6.4	-6.3	-6.0	-5.7	-5.8	-5.5	-5.6					
支	深度	0.10	1.10	3.10	4.10	5.10	6.10	7.10	8.10	9.10	11.10	15.10	17.10	19.10	24.10	29.10	32.60		
	温度	+0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.5	-	-0.6	-1.0	-1.1	-1.1	-1.3	-1.0	-1.3		

表 4 1 号 冰 川 冰 层 温 度

(观测日期: 81年 8月 10日 深度单位: 米 温度单位: °C)

钻孔号	观 测 值																				
	深度	1.17	2.17	3.17	4.17	5.17	6.17	7.17	8.17	9.17	10.17	11.17	12.17	13.17	14.17	15.17	16.17	17.17	17.37		
A	深度	1.17	2.17	3.17	4.17	5.17	6.17	7.17	8.17	9.17	10.17	11.17	12.17	13.17	14.17	15.17	16.17	17.17	17.37		
	温度	-1.0	-2.1	-3.0	-3.4	-3.7	-3.8	-3.9	-3.7	-2.9	-3.1	-2.9	-2.3	-2.1	-1.7	-1.6	-1.5	-1.2			
D ₃	深度	1.60	3.60	5.60	7.60	9.60	11.60	13.60	15.60	17.60	19.60	21.60									
	温度	-2.0	-4.4	-5.6	-5.5	-5.3	-4.9	-4.6	-4.5	-4.2	-4.1	-3.9									
F ₂	深度	1.17	2.17	3.17	5.17	6.17	7.17	8.17	9.17	10.17	11.17	12.17	13.17	14.17	15.17	16.17	17.17	18.17	19.17	20.17	24.17
	温度	-0.9	-3.0	-4.2	-6.0	-6.3	-6.5	-6.8	-6.7	-6.4	-6.9	-6.5	-6.0	-5.9	-5.9	-5.4	-5.9	-5.5	-5.9	-5.7	-5.2
G _{1,1}	深度	1.80	3.80	5.80	7.80	9.80	11.80	15.80	17.80	19.80	21.80	23.80									
	温度	-2.6	-3.7	-4.2	-4.5	-4.4	-4.5	-4.9	-5.0	-4.8	-4.8	-4.8									
A'	深度	1.07	2.07	3.07	4.07	5.07	6.07	7.07	8.07	9.07	10.07	11.07	12.07	14.07	14.37	14.37	14.37	14.37	14.37		
	温度	+0.5	-1.3	-2.6	-3.5	-3.3	-4.3	-3.6	-4.0	-4.0	-4.2	-3.7	-3.7	-3.6	-3.3	-3.1	-2.7	-2.9			
D' ₃	深度	0.58	1.58	2.58	3.58	4.58	5.58	6.58	7.58	8.58	9.58	10.58	11.58	12.58	13.58	14.58	15.58	16.58	17.58	18.58	
	温度	-0.3	-1.8	-3.5	-4.7	--	-5.4	-5.7	-5.6	-5.3	-4.8	-5.0	-5.1	-5.0	-4.7	-5.2	-4.7	-5.0	-6.1	-4.9	
F' ₁	深度	1.52	3.52	5.52	7.52	9.52	11.52	15.52	17.52	19.52	21.52	23.52									
	温度	-3.3	-5.8	-6.7	-7.2	-6.9	-7.1	-6.6	-6.4	-6.3	-5.9	-6.8									
F' ₃	深度	0.51	2.51	4.51	6.51	8.51	10.51	12.51	14.51	16.51	18.51	20.51	22.51	24.51							
	温度	-0.1	-3.8	-5.9	-6.7	-6.8	-6.7	-6.6	-6.4	-6.0	-5.9	-5.9	-5.7	-5.5							
H'	深度	0.61	2.61	3.61	4.61	5.61	6.61	7.61	8.61	10.61	14.61	16.61	18.61	23.61	28.61	32.11					
	温度	+0.4	+0.1	+0.3	0.0	0.0	-0.1	0.0	--	-0.1	-0.9	-2.2	-1.2	-1.3	-0.7	-1.4					

表5 1号冰川冰层温度

(观测日期: 1981年8月20日 深度单位: 米 温度单位: °C)

钻孔号	观测值																				
	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度					
西	A	0.86	1.86	2.86	3.86	4.86	5.86	6.86	7.86	8.86	9.86	10.86	11.86	13.86	14.86	15.86	16.86	17.06			
		-0.8	-1.9	-2.5	-2.7	-4.3	-4.7	-3.9	-3.7	-3.0	-2.8	-2.6	-2.3	-2.2	-1.7	-1.8	-1.5	-1.4			
文	D ₃	1.46	3.46	5.46	7.46	9.46	11.46	13.46	15.46	17.46	19.46	21.46									
		-1.6	-4.1	-5.3	-5.4	-5.3	-4.8	-4.6	-3.7	-4.2	-2.7	-3.8									
东	F ₂	1.03	2.03	3.03	5.03	6.03	7.03	8.03	9.03	10.03	11.03	12.03	13.03	14.03	15.03	16.03	17.03	18.03	19.03	20.03	24.03
		-0.6	-2.4	-3.7	-5.5	-5.8	-6.2	-6.2	-6.3	-6.2	-6.4	-6.1	-6.3	-7.2	-5.9	-5.4	-5.5	-5.5	-5.8	-5.6	-5.4
东	G ₊₁	1.75	3.75	5.75	7.75	9.75	11.75	15.75	17.75	19.75	21.75	23.75									
		-4.6	-3.7	-4.0	-4.6	-4.7	-4.7	-4.7	-5.0	-4.7	-4.8	-4.5									
东	A'	0.86	1.86	2.86	3.86	4.86	5.86	6.86	7.86	8.86	9.86	10.86	11.86	13.86	14.16	14.16	14.16	14.16	14.16	14.16	14.16
		+0.3	-1.3	-2.3	-3.3	-3.2	-3.2	-3.3	-3.9	-3.8	-4.1	-3.6	-3.7	-3.5	-3.1	-2.9	-2.6	-2.9	-2.6	-2.9	-2.6
东	D' ₃	0.40	1.40	2.40	3.40	4.40	5.40	6.40	7.40	8.40	9.40	10.40	11.40	12.40	13.40	14.40	15.40	16.40	17.40	18.40	
		-0.4	-1.8	-3.1	-4.0	-	-5.5	-5.6	-5.6	-5.7	-5.4	-5.3	-5.5	-5.4	-5.1	-5.3	-5.1	-4.9	-5.2	-4.7	
东	F' ₁	1.41	3.41	5.41	7.41	9.41	11.41	15.41	17.41	19.41	21.41	23.41									
		-3.3	-5.4	-6.5	-7.2	-6.8	-7.1	-6.5	-6.1	-6.1	-5.6	-6.8									
东	F' ₃	0.32	2.32	4.32	6.32	8.32	10.32	12.32	14.32	16.32	18.32	20.32	22.32	24.32							
		+0.1	-3.5	-5.6	-6.4	-6.7	-6.6	-6.6	-6.3	-5.9	-5.8	-5.9	-5.6	-5.3							
东	H'	0.76	2.76	3.76	4.76	5.76	6.76	7.76	10.76	14.76	16.76	18.76	23.76	28.76	32.26						
		+0.1	+0.2	+0.3	0.0	+0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.8	-1.1	-0.8	-1.3	-0.6	-1.1						

表6 1号冰川冰层温度

(观测日期: 1981年9月1日 深度单位: 米 温度单位: °C)

钻孔号	观测值																				
	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度	深度	温度					
西	A	0.86	1.86	2.86	3.86	4.86	5.86	6.86	7.86	8.86	9.86	10.86	11.86	13.86	14.86	15.86	16.86	17.04			
		-0.5	-1.2	-2.0	-2.2	-3.6	-3.4	-3.6	-3.6	-2.1	-2.5	-1.9	-1.9	-1.8	-1.2	-1.0	-1.2	-0.9			
东	D ₃	1.42	3.42	5.42	7.42	9.42	11.42	13.42	15.42	17.42	19.42	21.42									
		-1.1	-3.4	-5.0	-5.0	-5.3	-4.5	-4.4	-4.0	-3.8	-2.2	-1.7									
支	F ₂	1.03	2.03	3.03	5.03	6.03	7.03	8.03	9.03	10.03	11.03	12.03	13.03	14.03	15.03	16.03	17.03	18.03	19.03	20.03	24.03
		-0.9	-2.1	-3.3	-5.0	-5.5	-6.0	-6.1	-5.9	-6.0	-6.8	-6.4	-5.9	-5.5	-5.8	-4.8	-5.7	-4.8	-5.8	-5.7	-5.0
支	G ₄₁	1.72	3.72	5.72	7.72	9.72	11.72	15.72	17.72	19.72	21.72	23.72									
		-1.5	-3.2	-3.7	-4.4	-3.9	-4.2	-4.6	-4.6	-4.7	-4.4	-4.1									
东	A'	0.86	1.86	2.86	3.86	4.86	5.86	6.86	7.86	8.86	9.86	10.86	11.86	13.86	14.16	14.16	14.16	14.16	14.16		
		+0.6	-1.0	-1.9	-2.7	-2.5	-2.8	-3.5	-3.4	-3.4	-3.8	-3.4	-3.5	-3.3	-2.8	-2.6	-2.6	-2.6	-2.8		
东	D' ₃	0.40	1.40	2.40	3.40		5.40	6.40	7.40	8.40	9.40	10.40	11.40	12.40	13.40	14.40	15.40	16.40	17.40	18.40	
		-0.2	-1.3	-2.5	-3.4		-4.8	-5.2	-5.1	-5.0	-4.8	-5.1	-5.0	-5.0	-4.7	-5.1	-4.7	-4.7	-4.7	-4.3	
支	F' ₁	1.38	3.38	5.38	7.38	9.38	11.38	13.38	15.38	17.38	19.38	21.38	23.38								
		-2.4	-4.8	-6.1	-6.8	-6.6	-6.9	-5.7	-6.4	-6.0	-6.1	-5.4	-6.5								
支	F' ₃	0.30	2.30	4.30	6.30	8.30	10.30	12.30	14.30	16.30	18.30	20.30	22.30	24.30							
		-0.2	-2.9	-5.1	-6.2	-6.3	-6.4	-6.4	-6.2	-5.8	-5.7	-5.8	-5.5	-5.2							
支	H'	0.92	2.92	3.92	4.92	5.92	6.92	7.92	10.92	14.92	16.92	18.92	23.92	28.92	32.42						
		-0.4	+0.4	+0.4	+0.1	+0.2	+0.1	0.0	0.0	-0.6	-0.9	-0.8	-2.7	-0.6	-1.0						

乌鲁木齐河源冰川的雷达测厚

钱嵩林 沈颖

冰川厚度是研究冰川物理特征的重要参数之一。准确的冰川厚度是进行冰流量与冰储量计算的基础，还能用以描述冰川谷床形态和判断冰压力的大小及其对谷床改造的影响。

利用冰的介电常数与冰底基岩的介电常数差异很大，且不同冰温的冰介电常数基本不变这一性质，可以用无线电回波探测方法测量冰川厚度。

1. 野外作业

1981年8月，我们使用本所制作的B-1型冰川测厚雷达（工作频率300兆周），对乌鲁木齐河源冰川区的1、2、3、4、6号五条冰川进行了测量。共测23条剖面，679个测厚点（包括16个读不出厚度数的点）。剖面总长10.7公里，1号冰川西支测量7条横剖面及一条纵剖面；东支为7条横剖面及一条纵剖面。剖面分布如附图。其它几条冰川均作了重点测厚（2号冰川纵、横剖面各一条；3、4号冰川各一条横剖面；6号冰川横剖面二条，纵、斜剖面各一条）。照片号是野外作业时记录的流水号，照片是用“佐尔基”照相机加近摄接圈后，固定在示波器上拍摄的，相邻两直达波时间为2 μ s。

2. 冰川厚度的计算

测量直达波与回波间的时间，作为基本数据，使用下式计算：

$$D = \frac{1}{2} \sqrt{[V_1(t + \Delta t)]^2 - S^2}$$

式中：D——冰川厚度（米）；

V——电磁波在冰内的传播速度（米/微秒）；

t——直达波与回波之间的时间（微秒）；

Δt ——电磁波从发射机传播到接收机所需时间（微秒）；

S——发射机与接收机天线间距离（米）。

本资料中，S为9米， Δt 为0.04微秒，V为169米/微秒。按上式，我们计算了乌鲁木齐河源冰川663个测点的冰川厚度，列于表1—26。表中*为相片无法判读。根据1980年测得的地形图，绘出1号冰川各部分的剖面图（图1—16）。图中：最上面一排数字为该剖面的测点号， Δ 为冰面上的测试点， \times 为算得的冰川底剖点，左边的数字为海拔高程（米），下面一排数字为距离（米），0处为1980年在冰川表面布设的花杆点。表中的距离是以最左边的一个测点为基点度量算的，可读出测点间距。另外几条冰川因为没有详细地形图，只画出了相对的深度图（图17—26），左边的数字为深度（米）。

3. 误差估计

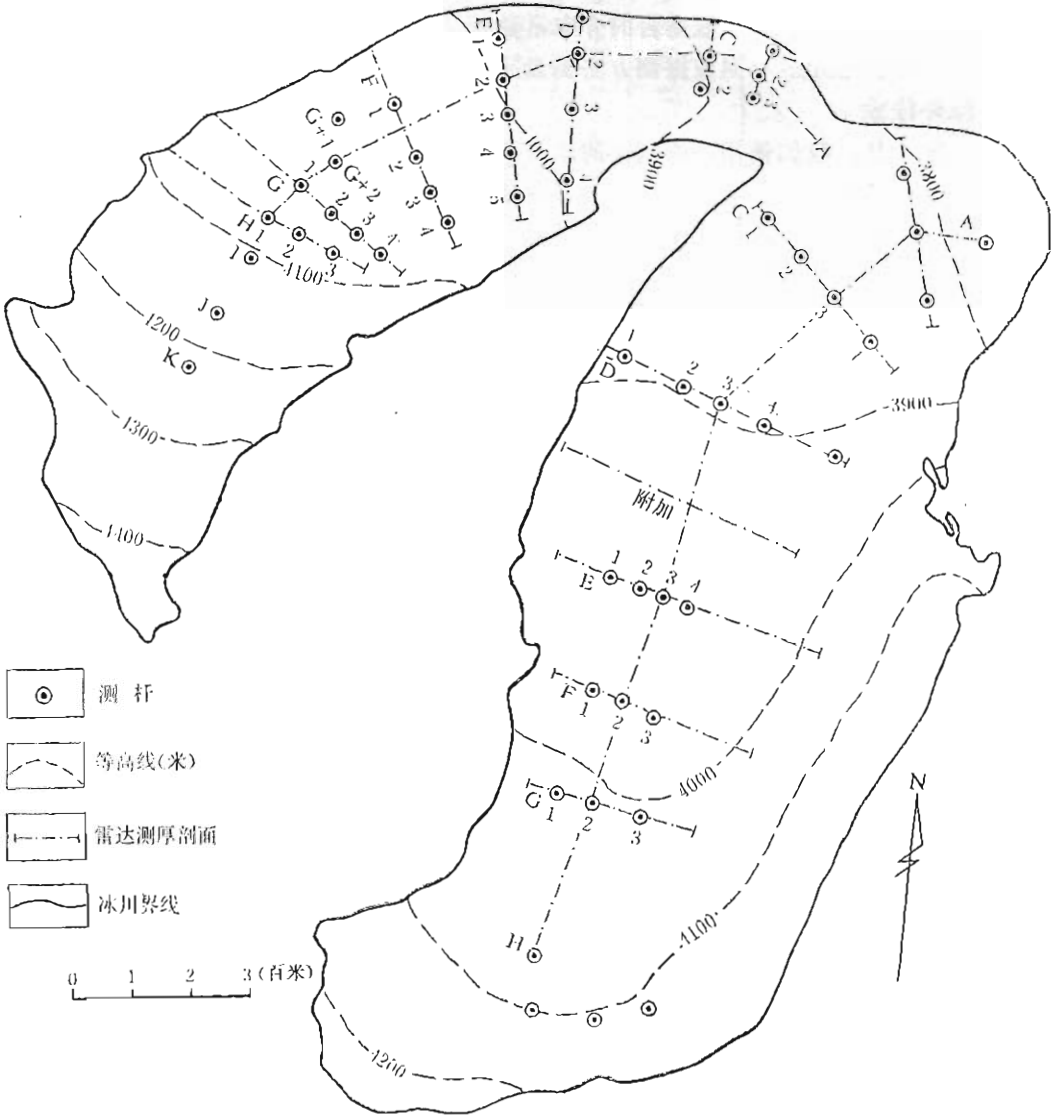
一般认为冰的介电常数是稳定的，所以误差主要是读数引起的（这里不计由于判读错误而造成的误差）。

两相邻直达波的时间间隔为2微秒。在放大照片时使其分为10格，每格为0.2微秒。由于

波形边缘的模糊，读数分辨值为 $\frac{1}{10}$ 格，也就是0.02微秒，相当于约1.7米。实际上，直达波和回波各读一次，这样，读数误差就达到3.4米。通常认为误差在 ± 2 米左右。

4. 说明

从回波照片上可以看出：在冰川中线附近，回波大部分都很清晰，容易判读，一般认为第一个回波就是冰底基岩的回波。(2)在冰川边缘及有裂隙部位，回波很多，判读困难，有时可用前后地点的回波作参考来确定，有的则无法判读。(3)根据回波画出的冰川底部剖面图，符合冰川基本形态规律，所以B-1型雷达可用于冷性冰川的测厚工作。



附图 1号冰川雷达测厚剖面分布图

表1 1号冰川西支H剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1007	0	270	22	4087	4065
2	1006	20	500	42	4087	4045
3	1005	40	660	56	4087	4031
4	1004	60	650	55	4087	4032
5	1003	80	900	76	4086	4010
6	1002	100	1040	88	4084	3996
7	1001	120	1320	112	4083	3971
8	0938	140	1430	121	4083	3962
9	0937	160	1440	122	4083	3961
10	0936	180	1450	123	4083	3960
11	1008	200	1370	116	4082	3966
12	1009	220	1280	108	4081	3973
13	1010	240	1240	105	4080	3975
14	1011	260	1240	105	4079	3974
15	1012	280	1040	88	4078	3990
16	1013	300	940	79	4077	3998
17	1014	320	*	*	4078	*
18	1015	340	620	52	4078	4026
19	1016	360	580	49	4080	4031

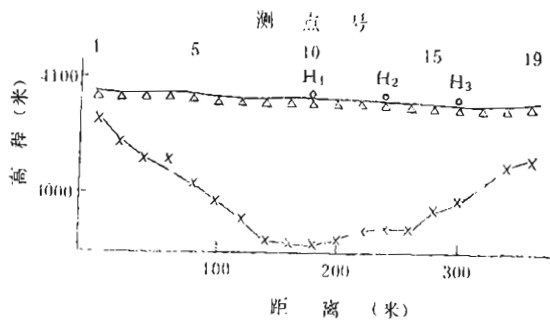


图1 H剖面图

表2 1号冰川西支G剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间(ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1038	0	*	*	4078	*
2	1037	20	*	*	4077	*
3	1036	40	*	*	4076	*
4	1035	60	*	*	4075	*
5	1034	80	850	72	4073	4001
6	1033	100	1040	88	4071	3983
7	1032	120	1140	96	4069	3973
8	1031	140	1240	105	4066	3961
9	1030	160	1280	108	4064	3956
10	1029	180	1550	131	4071	3940
11	1028	200	1380	117	4068	3951
12	1027	220	1300	110	4067	3957
13	1026	240	1280	108	4064	3956
14	1025	260	1160	98	4064	3966
15	1024	280	1120	95	4063	3968
16	1023	300	*	*	4063	*
17	1022	320	750	63	4065	4002
18	1021	340	670	57	4069	4012
19	1020	360	540	46	4072	4026
20	1019	380	550	47	4075	4028
21	1018	400	*	*	4078	*
22	1017	420	*	*	4088	*

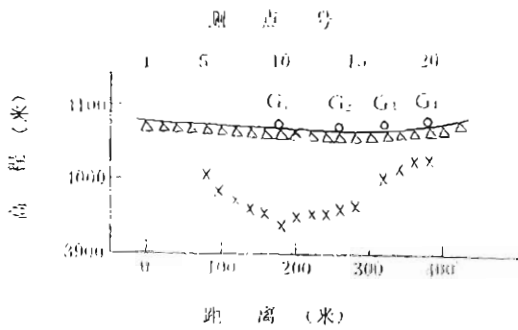


图2 G剖面图

表 3 1号冰川西支F剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1102	0	210	17	4031	4014
2	1103	20	340	29	4033	4004
3	1104	40	540	46	4034	3988
4	1105	60	640	54	4035	3981
5	1106	80	750	63	4035	3972
6	1107	100	920	78	4034	3956
7	1108	120	1050	89	4033	3944
8	1109	140	1260	106	4032	3926
9	1110	160	1320	112	4032	3920
10	1111	180	1360	115	4032	3917
11	1112	200	1430	120	4032	3912
12	1113	220	1450	123	4032	3909
13	1114	240	1240	105	4035	3930
14	1115	260	1160	98	4037	3939
15	1116	270	1010	85	4038	3953
16	1117	290	860	73	4040	3967
17	1118	310	750	63	4044	3981
18	1119	330	450	38	4049	4011
19	1120	350	410	35	4055	4020

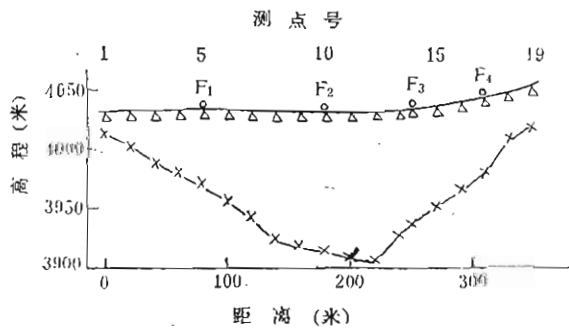


图 3 F剖面图

表 4 1号冰川西支E剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1204	0	*	*	3988	*
2	1203	10	*	*	3990	*
3	1202	30	*	*	3991	*
4	1201	50	*	*	3992	*
5	1138	70	*	*	3993	*
6	1137	90	750	63	3993	3930
7	1136	110	900	76	3994	3918
8	1135	130	800	67	3995	3928
9	1134	140	900	76	3996	3920
01	1133	160	950	81	3997	3916
11	1132	180	1080	91	4000	3909
12	1131	200	1150	97	4002	3905
13	1130	210	1110	94	4004	3910
14	1128	230	1050	89	4006	3917
15	1127	250	980	83	4009	3916
16	1126	270	980	83	4011	3928
17	1125	290	850	72	4013	3941
18	1124	310	750	63	4015	3952
19	1123	330	650	55	4017	3962
20	1122	350	650	55	4020	3965
21	1121	370	280	24	4022	3998

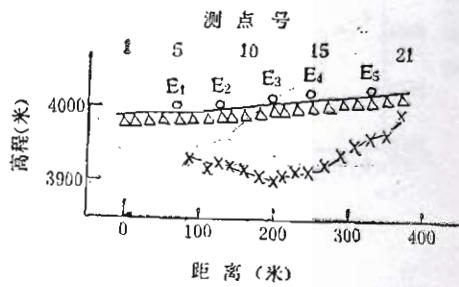


图 4 E剖面图

表 5 1号冰川西支D剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1205	0	*	*	3960	*
2	1206	20	*	*	3962	*
3	1207	40	*	*	3963	*
4	1208	60	600	51	3964	3913
5	1209	60	600	51	3964	3913
6	1210	80	720	61	3964	3903
7	1211	90	840	71	3964	3893
8	1212	110	900	76	3965	3889
9	1213	130	860	73	3965	3892
10	1214	150	980	83	3968	3885
11	1215	170	980	83	3974	3891
12	1216	190	840	71	3974	3903
13	1217	210	760	64	3975	3911
14	1218	230	640	54	3980	3926
15	1219	250	550	47	3985	3938
16	1220	270	450	38	3989	3951
17	1221	280	*	*	3993	*

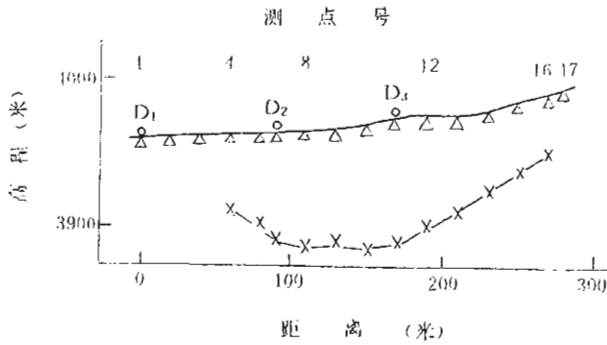


图 5 D剖面图

表6 1号冰面西支C剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1334	0	190	16	3888	3872
2	1333	10	400	34	3892	3858
3	1332	20	450	38	3894	3856
4	1331	30	450	38	3896	3858
5	1330	40	420	36	3897	3861
6	1329	50	360	30	3897	3867
7	1328	60	340	29	3898	3869
8	1327	70	340	29	3900	3871

表7 1号冰川西支B剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1326	0	280	24	3872	3843
2	1325	10	*	*	3875	*
3	1324	20	400	34	3875	3841
4	1323	30	440	37	3875	3838
5	1322	40	520	44	3875	3831
6	1321	50	450	38	3875	3837
7	1320	60	450	38	3875	3837
8	1319	70	460	39	3875	3836
9	1318	80	*	*	3875	*
10	1317	90	*	*	3875	*
11	1316	90	*	*	3875	*
12	1315	100	*	*	3875	*

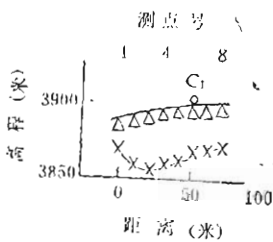


图6 C剖面图

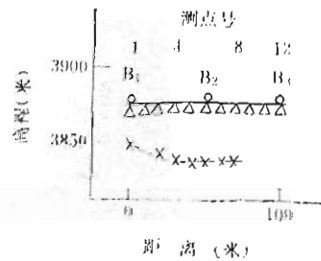


图7 B剖面图

表 8 1号冰川西支纵剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1314	0	338	28	3833	3805
2	1313	3	350	30	3833	3803
3	1312	14	340	29	3836	3807
4	1311	25	*	*	3837	*
5	1310	36	350	30	3840	3810
6	1309	47	410	35	3843	3808
7	1308	58	*	*	3847	*
8	1307	69	*	*	3850	*
9	1306	80	350	30	3853	3823
10	1305	90	420	36	3857	3821
11	1304	100	400	34	3862	3828
12	1303	110	440	37	3866	3829
13	1302	120	450	38	3869	3831
14	1301	140	450	38	3876	3838
15	1238	160	430	36	3877	3841
16	1237	180	460	39	3883	3844
17	1236	200	460	39	3892	3853
18	1235	220	*	*	3895	*
19	1234	240	540	46	3898	3852
20	1233	260	650	55	3905	3850
21	1232	280	610	52	3910	3858
22	1231	300	650	55	3923	3868
23	1230	320	590	50	3930	3880
24	1229	340	660	56	3932	3876
25	1228	360	680	58	3935	3877
26	1227	380	800	68	3938	3870
27	1226	400	800	68	3943	3875
28	1225	420	850	72	3947	3875
29	1224	440	840	71	3950	3879
30	1223	460	820	69	3955	3886
31	1222	480	850	72	3959	3887
32	0901	500	840	71	3965	3894
33	0902	520	850	72	3970	3898
34	0903	540	880	74	3975	3901
35	0904	560	950	80	3981	3901
36	0905	580	950	80	3985	3905

表 8 (续)

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
37	0906	600	950	80	3990	3910
38	0907	620	950	80	3994	3914
39	0908	630	1040	88	3997	3909
40	0909	650	1040	88	4000	3912
41	0910	670	1000	85	4004	3919
42	0911	690	1040	88	4007	3919
43	0912	710	1040	88	4011	3923
44	0913	730	1040	88	4014	3926
45	0914	750	1040	88	4017	3929
46	0915	770	1040	88	4020	3932
47	0916	790	*	*	4023	*
48	0917	810	*	*	4027	*
49	0918	830	*	*	4031	*
50	0919	850	1000	85	4035	3950
51	0920	870	1060	90	4039	3949
52	0921	890	1050	89	4043	3954
53	0922	910	1050	89	4047	3958
54	0923	930	1070	90	4050	3960
55	0924	950	1070	90	4055	3965
56	0925	970	1150	97	4058	3961
57	0926	980	1240	105	4060	3955
58	0927	1000	1640	139	4064	3925
59	0928	1020	1640	139	4067	3928
60	0929	1040	1640	139	4069	3930
61	0930	1060	1340	113	4072	3959
62	0931	1080	1440	122	4074	3952
63	0932	1100	1550	131	4076	3945
64	0933	1120	1550	131	4078	3957
65	0934	1140	1450	123	4082	3959
66	0935	1150	1480	125	4084	3959

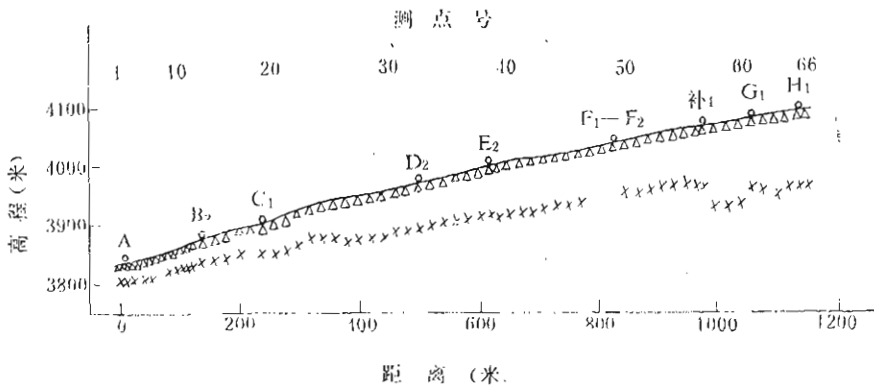


图 8 1号冰川西支纵剖面图

表9 1号冰川东支纵剖面图

点号	相片号	距离(m)	回波时间(ns)	厚度(m)	冰面高程(m)	冰底高程(m)
1	1612	0	340	29	3770	3741
2	1613	20	440	37	3775	3738
3	1614	40	460	39	3779	3740
4	1615	60	540	46	3783	3737
5	1616	80	650	55	3788	3733
6	1617	100	720	61	3793	3732
7	1618	120	740	63	3797	3734
8	1619	140	740	63	3803	3740
9	1639	160	770	65	3807	3742
10	1620	180	820	69	3810	3741
11	1621	200	860	73	3813	3740
12	1622	220	840	71	3816	3745
13	1623	240	850	72	3820	3748
14	1624	260	880	74	3823	3749
15	1625	280	900	76	3827	3751
16	1626	300	940	79	3831	3752
17	1627	320	930	79	3836	3757
18	1628	340	980	83	3842	3759
19	1629	360	1000	85	3846	3761
20	1630	380	1050	89	3849	3760
21	1631	400	1060	90	3854	3764
22	1632	420	1050	89	3858	3769
23	1633	440	1080	91	3863	3772
24	1634	460	1090	92	3868	3776
25	1635	480	1040	96	3873	3777
26	1636	500	1160	98	3877	3779
27	1637	520	1170	99	3881	3782
28	1638	540	1250	106	3884	3778
29	1701	560	1380	117	3887	3770
30	1702	580	1450	123	3891	3768
31	1703	600	1460	123	3893	3770
32	1704	620	1400	118	3894	3776
33	1705	640	1460	123	3896	3773
34	1508	640	1460	123	3897	3774
35	1507	660	1460	125	3898	3773
36	1506	680	1540	130	3901	3771

表 9 (续 I)

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
37	1505	700	1555	131	3901	3770
38	1504	720	1550	131	3902	3771
39	1503	740	*	*	3903	*
40	1502	760	1620	137	3904	3767
41	1501	780	1600	135	3906	3771
42	1436	800	1540	130	3907	3777
43	1435	820	1520	128	3908	3780
44	1434	840	1520	128	3910	3782
45	1433	860	1580	133	3910	3777
46	1408	880	1600	135	3912	3777
47	1407	900	1550	131	3915	3784
48	1406	920	1560	132	3918	3786
49	1405	940	1560	132	3922	3790
50	1404	960	1480	125	3925	3800
51	1403	980	1510	128	3928	3800
52	1402	1000	1540	130	3931	3801
53	1401	1020	1530	129	3934	3805
54	0407	1020	1540	130	3934	3804
55	0408	1030	1580	133	3936	3803
56	0409	1040	1540	130	3937	3807
57	0410	1050	1440	122	3939	3817
58	0411	1060	1520	128	3941	3813
59	0412	1070	#	#	3943	#
60	0413	1080	#	#	3944	#
61	0414	1090	1580	133	3945	3812
62	0415	1100	1620	137	3947	3810
63	0416	1110	1570	133	3948	3815
64	0417	1120	1540	130	3950	3820
65	0418	1130	#	#	3952	#
66	0419	1140	1490	126	3954	3828
67	0420	1150	1530	129	3955	3826
68	0421	1160	1410	119	3957	3838
69	0422	1170	1410	119	3959	3840
70	0423	1180	1400	118	3961	3843
71	0424	1190	#	#	3963	#
72	0425	1200	#	#	3965	#

表 9 (续 2)

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高度 (m)	冰底高程 (m)
73	0426	1210	1450	123	3967	3844
74	0427	1220	1250	106	3970	3864
75	0428	1230	1350	114	3971	3857
76	0429	1240	1340	113	3973	3860
77	0430	1250	1340	113	3975	3862
78	0431	1260	#	#	3977	#
79	0432	1270	#	#	3978	#
80	0433	1280	1250	106	3981	3875
81	0434	1390	1390	117	3983	3866
82	0435	1300	1170	99	3985	3886
83	0436	1310	1340	113	3988	3875
84	0437	1320	1440	122	3990	3878
85	0501	1330	1320	112	3993	3881
86	0502	1340	1300	110	3994	3884
87	0503	1350	1340	113	3996	3833
88	0504	1360	1250	106	3998	3892
89	0505	1370	1250	106	4000	3894
90	0506	1380	1160	98	4002	3904
91	0507	1390	1180	100	4004	3904
92	0508	1400	1180	100	4005	3905
93	0509	1410	1100	94	4007	3913
94	0510	1420	1150	97	4007	3910
95	0511	1430	1250	106	4008	3902
96	0512	1440	1250	106	4010	3904
97	0513	1450	#	#	4012	#
98	0514	1460	#	#	4015	#
99	0515	1470	1050	89	4016	3927
100	0516	1480	#	#	4018	#
101	0517	1490	#	#	4019	#
102	0518	1500	#	#	4021	#
103	0519	1510	1300	110	4023	3913
104	0520	1520	#	#	4025	#
105	0521	1530	1250	106	4026	3920
106	0522	1540	1320	112	4028	3916
107	0523	1550	#	#	4030	#
108	0524	1560	#	#	4032	#

表 9 (续 3)

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
109	0525	1570	1250	106	4033	3927
110	0526	1580	1250	106	4034	3928
111	0527	1590	1250	103	4036	3933
112	0528	1600	*	*	4037	*
113	0529	1610	1250	106	4037	3931
114	0530	1620	1250	106	4038	3932
115	0531	1630	井	井	4039	井
116	0532	1640	1200	101	4041	3940
117	0533	1650	1200	101	4043	3942
118	0534	1660	1140	96	4045	3949
119	0535	1670	1120	95	4047	3952
120	0536	1680	1050	89	4048	3959
121	0537	1690	1040	88	4050	3962
122	0539	1700	920	78	4053	3975

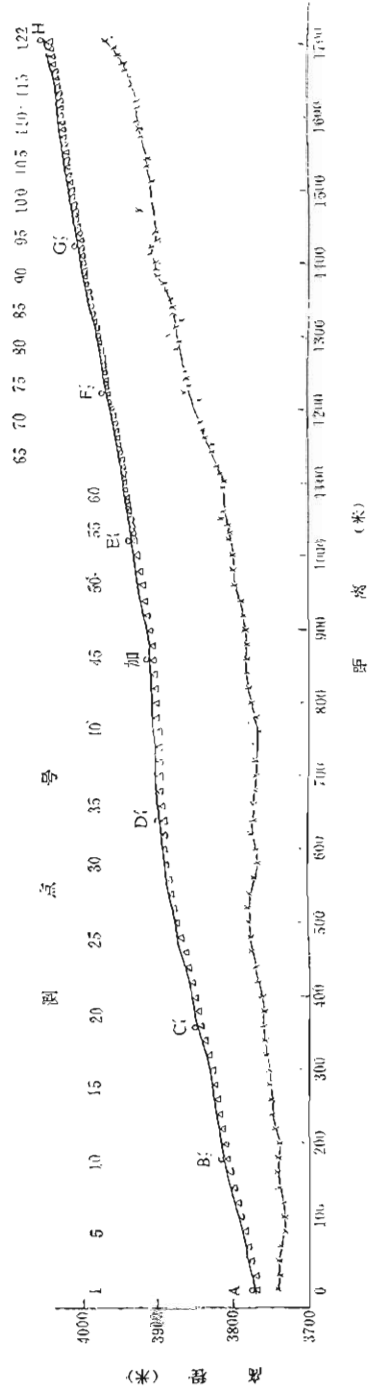


图 9 1号冰川东支纵剖面图

表10 1号冰川东支B'剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1734	0	*	*	3798	*
2	1733	10	220	19	3801	3782
3	1732	20	250	21	3803	3782
4	1731	30	320	27	3804	3777
5	1730	40	390	33	3805	3772
6	1729	60	460	39	3807	3768
7	1728	80	450	38	3808	3770
8	1727	100	550	47	3808	3761
9	1726	120	700	59	3809	3750
10	1725	140	780	66	3809	3743
11	1724	160	780	66	3810	3744
12	1602	180	800	68	3810	3742
13	1603	200	800	68	3812	3744
14	1604	220	810	68	3813	3745
15	1605	240	780	66	3814	3748
16	1606	260	750	63	3815	3752
17	1607	280	800	68	3818	3750
18	1608	300	870	74	3820	3746
19	1609	320	850	72	3824	3752
20	1610	340	740	63	3828	3765
21	1611	360	680	58	3832	3774

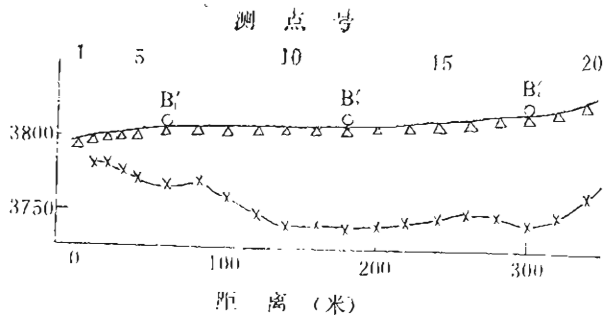


图10 B'剖面图

表11 1号冰川东支C'剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1717	0	*	*	3850	*
2	1718	20	*	*	3851	*
3	1719	30	*	*	3851	*
4	1720	50	*	*	3851	*
5	1721	70	940	79	3851	3772
6	1722	90	1060	90	3851	3761
7	1723	110	980	83	3851	3768
8	1724	130	900	76	3850	3764
9	1537	140	1040	88	3850	3762
10	1536	150	1040	88	3850	3762
11	1535	170	1060	90	3850	3760
12	1534	190	1050	89	3849	3760
13	1533	210	1080	91	3847	3756
14	1532	230	1050	89	3846	3757
15	1531	250	1020	86	3844	3758
16	1530	270	1000	84	3844	3759
17	1529	290	980	83	3844	3761
18	1528	310	920	78	3845	3767
19	1527	330	800	68	3847	3779
20	1526	350	800	68	3850	3782
21	1525	370	740	63	3855	3792
22	1524	390	720	61	3860	3799
23	1523	410	530	45	3866	3821

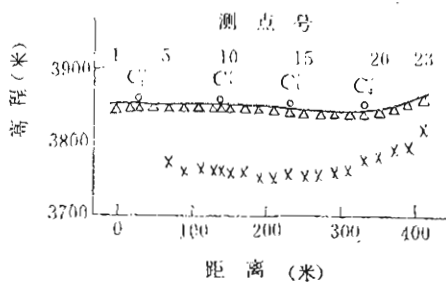


图11 C'剖面图

表12 1号冰川东支D'剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1716	0	160	13	3893	3880
2	1715	20	300	25	3893	3868
3	1714	40	450	38	3894	3856
4	1713	60	630	53	3894	3841
5	1712	70	780	66	3895	3829
6	1711	90	950	80	3896	3816
7	1710	110	1050	89	3897	3808
8	1709	130	1180	100	3898	3798
9	1708	140	1240	104	3897	3793
10	1707	160	1340	113	3897	3784
11	1706	180	1380	117	3897	3780
12	1510	180	1580	133	3897	3764
13	1509	200	1520	128	3897	3769
14	1511	220	1480	125	3897	3772
15	1512	240	1440	122	3897	3775
16	1513	260	1420	120	3897	3777
17	1514	280	1320	112	3897	3785
18	1515	300	1200	101	3897	3796
19	1516	320	*	*	3898	*
20	1517	340	800	68	3899	3831
21	1518	360	800	68	3901	3833
22	1519	380	650	55	3904	3849
23	1520	400	530	45	3907	3862
24	1521	420	450	38	3913	3875
25	1522	440	350	30	3920	3890

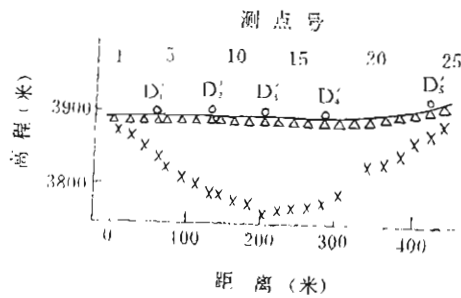


图12 D'剖面图

表13 1号冰川东支附加剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1422	0	200	16	3910	3894
2	1421	0	*	*	3910	*
3	1420	20	320	27	3913	3886
4	1419	40	*	*	3913	*
5	1418	60	840	71	3914	3843
6	1417	80	900	76	3913	3837
7	1416	100	960	81	3913	3832
8	1415	120	1110	94	3912	3818
9	1414	140	1280	108	3911	3803
10	1413	160	1350	114	3910	3796
11	1412	180	1420	120	3909	3789
12	1411	200	1550	131	3909	3778
13	1410	220	1560	132	3909	3777
14	1409	240	1580	133	3910	3777
15	1423	260	1500	127	3911	3784
16	1424	280	1540	130	3913	3783
17	1425	300	1480	125	3915	3790
18	1426	320	1420	120	3916	3796
19	1427	340	1140	96	3917	3821
20	1428	360	1060	90	3920	3830
21	1429	380	940	79	3925	3846
22	1430	400	820	69	3928	3859
23	1431	420	740	63	3933	3870
24	1432	440	450	38	3937	3899

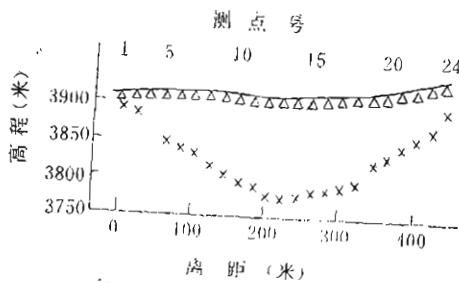


图13 附加剖面图

表14 1号冰川东支E'剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (sn)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	0801	0	440	37	3930	3893
2	0802	10	520	44	3931	3887
3	0803	20	520	44	3932	3888
4	0804	30	#	#	3933	#
5	0805	40	650	55	3933	3878
6	0806	50	780	66	3934	3868
7	0807	60	800	68	3934	3868
8	0808	70	880	74	3934	3860
9	0809	86	860	73	3934	3861
10	0810	90	980	83	3935	3852
11	0811	100	*	*	3935	*
12	0812	110	*	*	3934	*
13	0813	120	1040	88	3934	3846
14	0814	130	1080	91	3933	3842
15	0815	140	1150	97	3933	3836
16	0816	150	1260	106	3933	3827
17	0821	200	1450	123	3933	3810
18	0822	210	1540	130	3933	3803
19	0828	270	1440	122	3938	3816
20	0829	280	1350	114	3939	3825
21	0830	290	1350	114	3939	3825
22	0831	300	1250	106	3940	3834
23	0832	310	*	*	3942	*
24	0833	320	1180	100	3943	3843
25	0834	330	*	*	3944	*
26	0835	340	*	*	3946	*

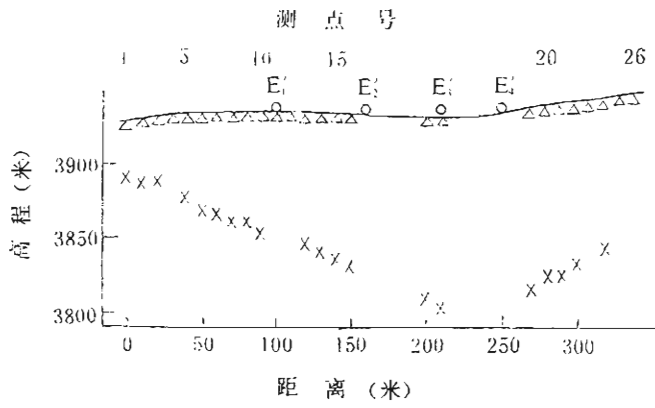


图14 E'剖面图

表15 1号冰川东支F'剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	0730	0	400	35	3970	3935
2	0729	10	380	32	3971	3939
3	0728	20	#	#	3972	#
4	0727	30	550	47	3972	3925
5	0726	30	#	#	3972	#
6	0725	40	580	49	3971	3922
7	0724	50	420	36	3970	3934
8	0723	60	550	47	3970	3923
9	0722	70	580	49	3970	3921
10	0721	70	#	#	3970	#
11	0720	80	850	72	3970	3898
12	0719	90	1100	93	3970	3877
13	0718	100	1080	91	3970	3879
14	0717	110	1050	89	3970	3881
15	0716	120	1180	100	3970	3870
16	0715	130	1260	106	3970	3864
17	0714	140	1300	110	3970	3860
18	0713	150	1250	106	3970	3864
19	0712	160	1440	122	3970	3848
20	0711	170	1370	116	3969	3853
21	0710	180	1440	122	3970	3878
22	0709	190	1420	120	3970	3850
23	0708	200	1440	122	3970	3848
24	0707	210	1400	118	3972	3854

表15 (续1)

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
25	0706	220	1350	114	3973	3859
26	0705	230	1250	106	3974	3868
27	0704	240	#	#	3975	#
28	0703	250	1340	113	3976	3864
29	0702	260	1240	105	3978	3874
30	0701	270	980	83	3979	3896
31	0639	280	980	83	3980	3897
32	0638	290	940	79	3983	3904
33	0637	300	820	69	3985	3916
34	0636	310	820	69	3988	3919
35	0635	320	750	63	3990	3927
36	0634	330	670	57	3995	3938
37	0633	340	600	51	3997	3946
38	0632	350	560	47	4000	3953
39	0631	360	440	37	4003	3966
40	0630	370	300	25	4008	3983

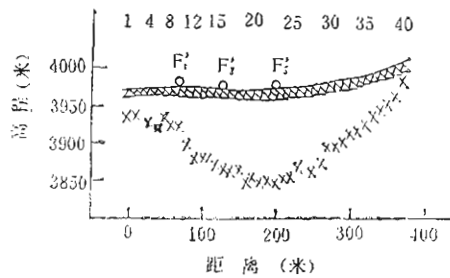


图15 F'剖面图

表16 1号冰川东支G'剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	0606	0	350	30	4012	3982
2	0605	10	440	37	4013	3976
3	0604	20	540	46	4014	3968
4	0603	30	490	41	4015	3974
5	0602	40	480	40	4015	3975
6	0601	50	*	*	4016	*
7	0613	120	1140	96	4005	3909
8	0614	130	1260	106	4004	3898
9	0615	140	*	*	4003	*
10	0616	150	*	*	4003	*
11	0617	160	1450	123	4003	3880
12	0618	170	1470	124	4004	3880
13	0619	180	1450	123	4005	3882
14	0620	190	1420	120	4005	3885
15	0621	200	1350	114	4006	3892
16	0622	210	1400	118	4006	3888
17	0623	220	1160	98	4007	3909
18	0624	230	*	*	4008	*
19	0625	240	*	*	4010	*
20	0626	250	1040	88	4014	3926
21	0627	260	940	79	4017	3938
22	0628	270	930	78	4020	3942
23	0629	280		*	4023	*

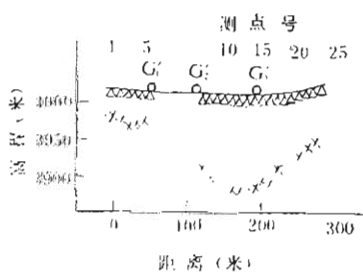


图16 G'剖面图

表17 2号冰川纵剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1735	0	400	34		
2	1736	20	450	38		
3	1737	40	*	*		
4	1801	60	520	44		
5	1802	80	580	49		
6	1803	100	*	*		
7	1804	120	550	46		
8	1805	140	*	*		
9	1806	160	700	59		
10	1807	180	750	63		
11	1808	200	900	76		
12	1809	220	860	73		
13	1810	240	840	71		
14	1811	260	960	81		
15	1812	280	1020	87		
16	1813	300	1080	91		
17	1814	320	1160	98		

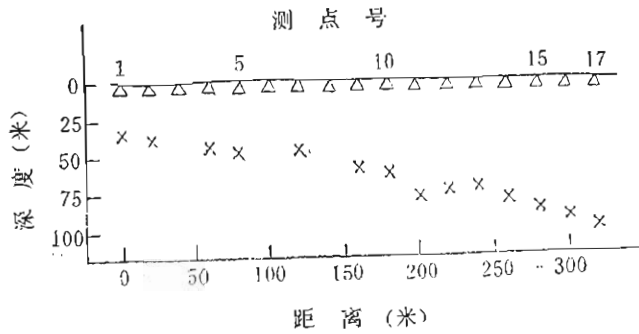


图17 2号冰川纵剖面深度分布

表18 2号冰川横剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1821	0	450	38		
2	1820	20	390	33		
3	1819	40	480	41		
4	1818	60	470	40		
5	1817	80	580	49		
6	1816	100	640	54		
7	1815	120	550	46		
8	1822	140	780	66		
9	1823	160	880	74		
10	1824	180	920	78		
11	1825	200	1030	87		
12	1826	220	1050	89		
13	1827	240	1000	84		
14	1828	260	1030	87		
15	1829	280	910	77		
16	1830	300	910	77		
17	1831	320	850	72		
18	1832	340	840	71		
19	1833	360	780	66		
20	1834	380	860	73		
21	1835	400	850	72		
22	1836	420	750	63		
23	1837	440	760	64		

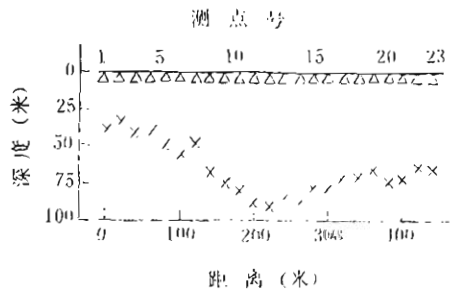


图18 2号冰川横剖面深度分布

表19 3号冰川南支横剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	2201	0	360	30		
2	2202	20	300	25		
3	2203	40	390	33		
4	2204	60	490	41		
5	2205	80	570	48		
6	2206	100	550	46		
7	2207	120	550	46		
8	2208	140	520	44		
9	2209	160	490	41		
10	2210	180	410	35		
11	2211	200	360	30		
12	2301	220	240	20		
13	2302	240	150	13		

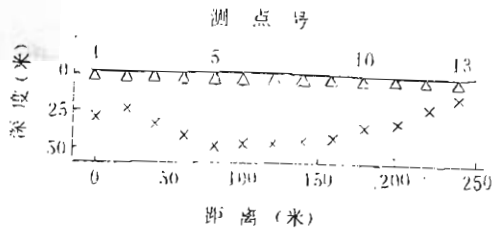


图19 3号冰川南支横剖面深度分布图

表20 3号冰川北支横剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	2304	0	170	14		
2	2305	20	150	13		
3	2306	40	170	14		
4	2307	60	200	17		
5	2308	80	200	17		
6	2309	100	280	24		
7	2310	120	300	25		
8	2311	140	430	36		
9	2312	160	390	33		
10	2313	180	330	28		
11	2314	200	300	25		
12	2315	220	260	22		
13	2316	240	280	24		
14	2317	260	300	25		
15	2318	280	250	21		
16	2319	300	180	15		
17	2320	320	190	16		
18	2321	340	210	18		
19	2322	360	180	15		
20	2323	380	140	12		
21	2324	400	*	*		
22	2325	420	*	*		
23	2326	440	*	*		

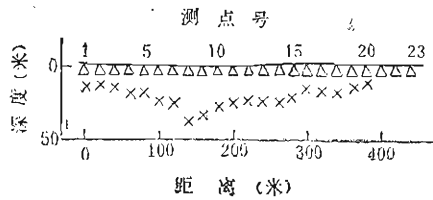


图20 3号冰川北支横剖面深度分布图

表21 4号冰川南支横剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	2401	0	180	15		
2	2402	20	220	19		
3	2403	40	270	23		
4	2404	60	440	37		
5	2405	80	440	37		
6	2406	100	460	39		
7	2407	120	500	42		
8	2408	140	520	44		
9	2409	160	520	44		
10	2501	180	470	40		
11	2502	200	380	32		
12	2503	220	430	36		
13	2504	240	400	34		
14	2505	260	300	25		
15	2506	270	250	21		

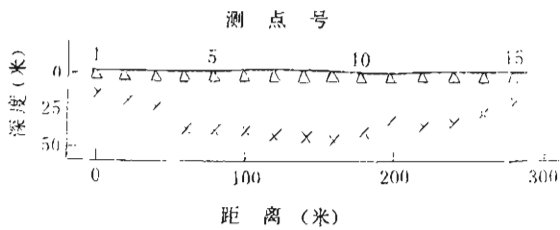


图21 4号冰川南支横剖面深度分布图

表22 4号冰川中支横剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	2507	0	240	20		
2	2508	20	200	17		
3	2509	40	160	13		
4	2510	60	200	17		
5	2511	80	250	21		
6	2512	100	210	18		
7	2513	120	210	18		
8	2514	140	*	*		
9	2515	160	*	*		
10	2516	180	*	*		
11	2517	200	*	*		
12	2518	220	*	*		

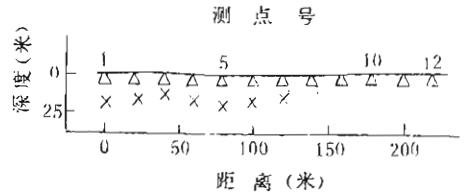


图22 4号冰川中支横剖面深度分布图

表23 4号冰川北支横剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	2519	0	140	12		
2	2520	10	170	14		
3	2521	50	340	29		
4	2522	70	350	30		
5	2523	90	230	19		
6	2524	110	*	*		
7	2525	130	*	*		
8	2526	140	*	*		

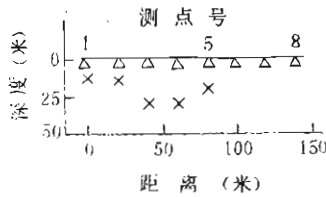


图23 4号冰川北支横剖面深度分布图

表24 6号冰川冰舌横剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1901	0	130	11		
2	1902	10	200	17		
3	1903	20	300	25		
4	1904	40	390	33		
5	905	60	450	38		
6	1906	80	700	59		
7	1907	100	730	62		
8	1908	120	820	69		
9	1909	140	880	74		
10	1910	160	840	71		
11	1911	180	790	67		
12	1912	200	760	64		
13	1913	220	760	64		

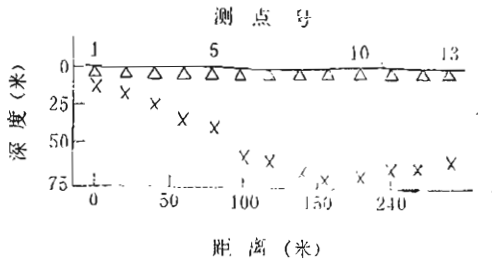


图24 6号冰川冰舌横剖面深度分布图

表25 6号冰川纵剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	1914	0	360	30		
2	1915	20	450	38		
3	1916	40	450	38		
4	1917	60	540	46		
5	1918	80	630	53		
6	1919	100	710	60		
7	1920	120	730	62		
8	1921	140	740	63		
9	1922	160	790	67		
10	1923	180	710	60		
11	1924	200	710	60		
12	1925	220	750	63		
13	1926	240	740	63		
14	1927	260	730	62		
15	1928	280	850	72		
16	1929	300	820	69		
17	1930	320	820	69		
18	1931	340	830	70		
19	1932	360	710	60		
20	1933	380	670	57		
21	1934	400	680	58		
22	1935	420	710	60		
23	2001	440	710	60		
24	2002	460	850	72		
25	2003	480	910	77		
26	2004	500	830	70		
27	2005	520	900	76		
28	2006	540	#	#		
29	2007	560	940	79		
30	2008	580	970	82		
31	2009	600	1030	87		
32	2010	620	1040	88		
33	2011	640	950	80		
34	2012	660	860	73		
35	2013	680	790	67		
36	2014	700	820	69		
37	2015	720	790	67		
38	2016	740	790	67		
39	2017	760	650	55		
40	2018	780	650	55		
41	2019	800	600	51		
42	2020	820	460	39		
43	2021	840	*	*		
44	2022	860	*	*		
45	2023	880	340	29		

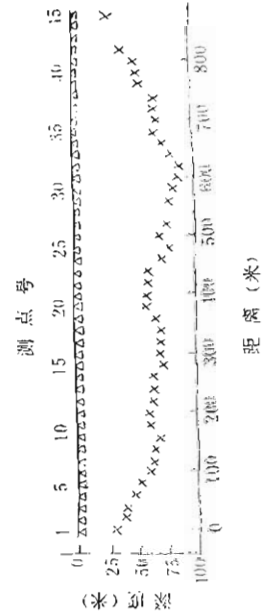


图25 6号冰川纵剖面深度分布图

表26 6号冰川中部横剖面

点号	相片号	距离 (m)	回波时间 (ns)	厚度 (m)	冰面高程 (m)	冰底高程 (m)
1	2123	0	150	13		
2	2122	20	270	23		
3	2121	40	470	40		
4	2120	60	580	49		
5	2118	80	650	55		
6	2117	100	830	70		
7	2107	120	940	79		
8	2108	140	1100	93		
9	2109	160	1130	96		
10	2110	180	1140	96		
11	2116	200	1060	90		
12	2115	220	960	81		
13	2113	240	760	64		
14	2114	260	670	57		

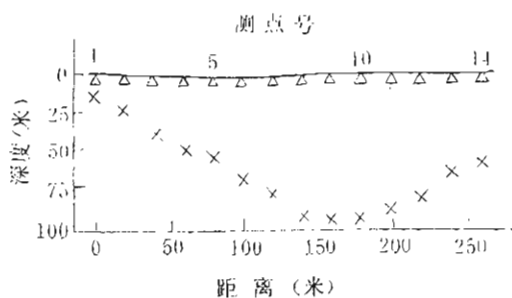


图26 6号冰川中部横剖面深度分布图

乌鲁木齐河源1号冰川厚度的重力 与地震勘探

曾仲巩 刘经仁 米发荣

测定乌鲁木齐河源1号冰川的厚度采用了两种传统的物探方法——地震勘探与重力勘探。其目的是与同时开展的雷达测厚工作相配合，在几个代表性剖面上测定冰川的厚度，较为可靠和精确地提供1号冰川的厚度。

该项工作在冰川东支完成三个横剖面，其位置见图1。

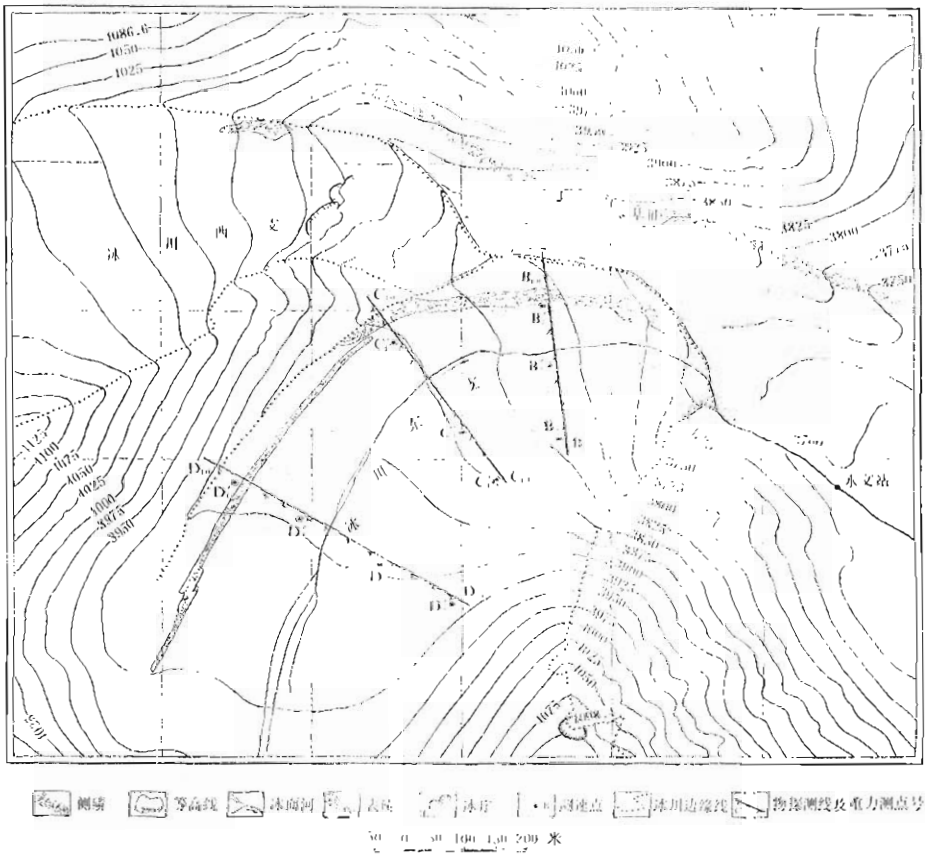


图1 1号冰川物探工作布置图

地震勘探采用反射波法。用中间放炮的短排列装置，炮距20米，检波距10米、五道检波，药量450—750克。仪器系国产DZG 6-1型工程地震仪。

重力测量与地震勘探取相同剖面，剖面上测点距离约40米，使用国产ZS 2-67型石英弹簧重力仪，观测符合地质部重力测量规范的要求。B、C二剖面选取冰川北侧侧碛上的测量

基点Ⅲ为起算点，而D剖面因受闭合时间限制，故选择剖面西侧山坡上的D₁₀点作为基点。

1. 成果整理及推断解释

地震记录波的对比，我们主要依照相邻炮点反射波至时间的互换性和记录上各道记录的波至时间差（数十至一百米以上的冰厚度而且底面比较平坦时，在我们的装置条件下，中间道与边缘道的波至时间差不超过2—3毫秒）。根据上述原则勾绘出的三剖面时距曲线如图2—4所示。图中曲线Ⅰ是对比性较好的剖面，而Ⅱ是参考重力测量结果勾绘出来的。

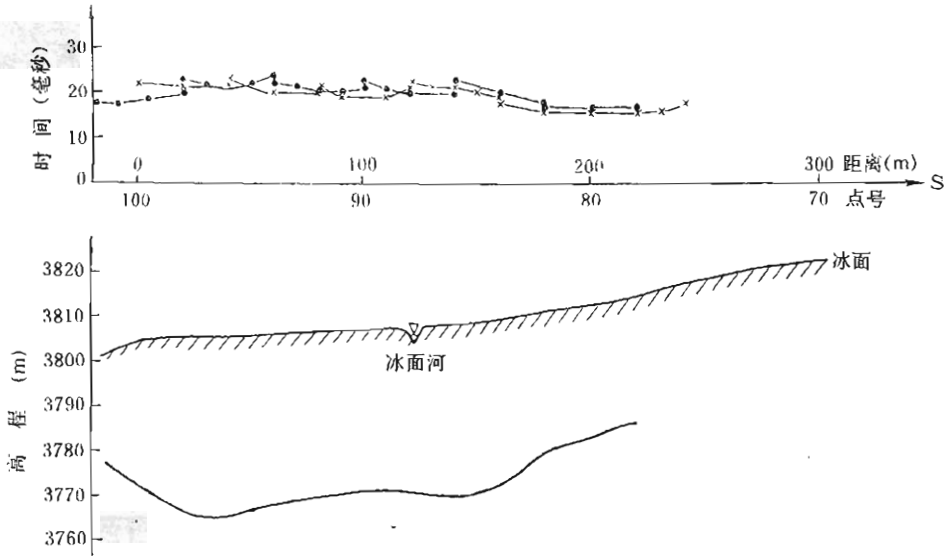


图2 B剖面时距曲线及推断冰川厚度

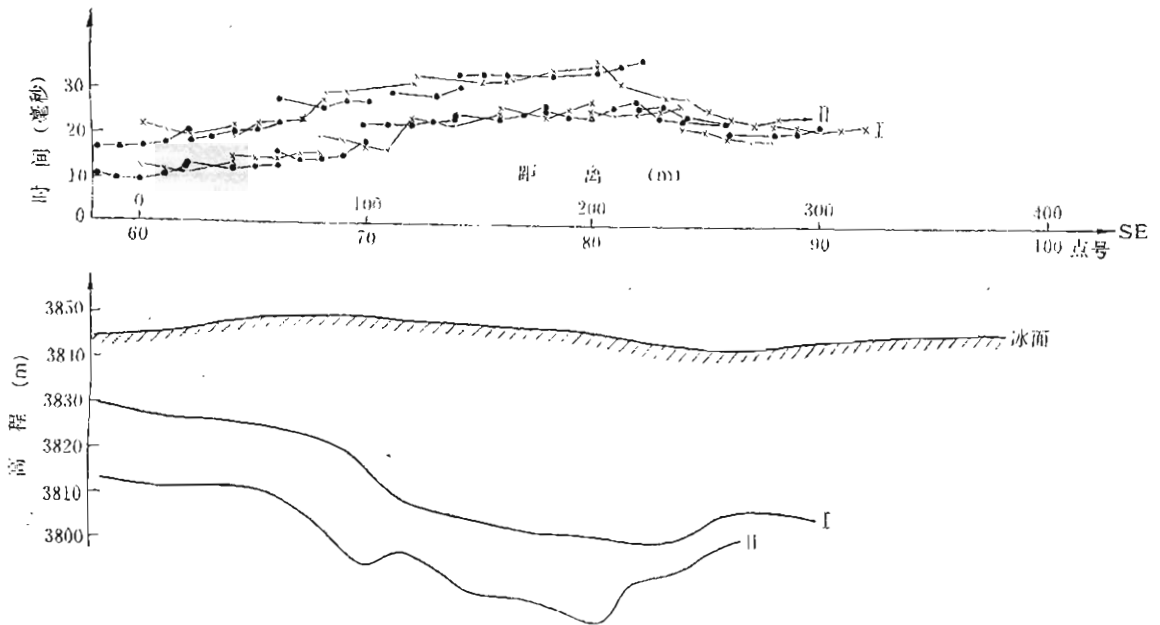


图3 C剖面时距曲线及推断冰川厚度

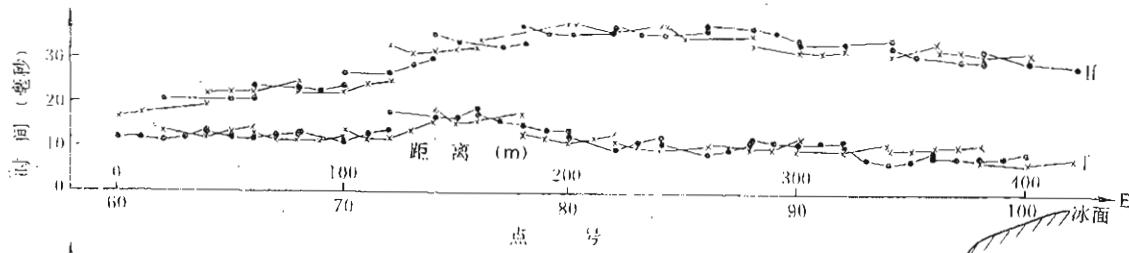


图4 D剖面时距曲线及推断冰川厚度

我们对冰川冰中地震波速度进行了专门测量，其值列于表1。

表1 冰川冰中直达纵波速度

地震记录号	226	227	228	229	232	233	234	235	230	225	算术平均
纵波速度 (米/秒)	3333	3226	3448	3846	4405	3780	3731	3846	3810	3756	3693

注意到冰川深部冰中波速较表层为大及水平方向与垂直方向波传播速度的差异，在解释时我们取冰川冰中波速为3750米/秒。此值与祁连山羊龙河1号冰川的测定值相吻合¹⁾。

冰川厚度可由各炮点处一半的波至时间乘波速得到 ($H = \frac{V \cdot t_0}{2}$)。推算三条剖面的冰川厚度也已分别表示在图2—4中。

整理重力测量结果，需对观测值进行纬度、布伽和地形校正。由于冰川运动和消融，重力点的座标及高程此次都重新进行过测绘，冰川冰的密度比较稳定，计算时取值为0.9克/厘米³，而测区内各种岩石的密度我们是对采集的若干标本用排液法测定的，其结果整理在表2中。

表2 岩石密度测量结果

岩石名称	片麻岩	辉绿岩	眼球状片麻岩	肉红色花岗岩	石英脉	绿泥石片岩	硅质岩
标本数(块)	47	22	37	24	28	9	6
算术平均(克/厘米 ³)	2.59	2.89	2.52	2.42	2.51	2.57	2.57

1) 见“冰川厚度的地震勘探测定”，兰州冰川冻土研究所。

表 2 表明，测区内岩石密度平均在 2.6 克/厘米³ 左右，需要指出的是，我们所取标本都是表层，有一定的风化，深部新鲜岩石的密度有可能大于此值，而表层疏松堆积物不仅岩块经过强烈风化，且充填了泥、砂、气孔，平均密度低于此值。因此，在做各项改正及计算冰厚时有必要给予考虑。我们分别做了以下几种计算：(1) 岩石密度取值 2.6 克/厘米³；(2) 布伽改正、地形改正时岩石密度取值 $\sigma_1 = 2.5$ 克/厘米³ (表层岩石经风化破碎，密度偏低)，厚度计算时岩石密度取 $\sigma_2 = 2.7$ 克/厘米³ (冰床之下岩石新鲜，密度大)；(3) 布伽、地形改正取 $\sigma_1 = 2.6$ 克/厘米³，厚度计算取 $\sigma_2 = 2.7$ 克/厘米³；形伽改正、地形改正取 $\sigma_1 = 2.5$ 克/厘米³，厚度计算取 $\sigma_2 = 2.6$ 克/厘米³。

0—20 米的地形改正值是用地形改正仪在各测点测得的，20 米以外的值用读地形图和查地布改正值表获得。对各测点的地形改正读图均为 17 环 (4500 米)，这是因为此环内各测点的地形改正值之差已减小到 0.1 毫伽以内，更大距离上的地形变化对重力异常的影响不会超过 0.1—0.2 毫伽这种误差对冰厚计算是允许的。

重力异常及冰川厚度的计算结果列在表 3 和图 5—7。其中各测点的冰厚是用无限平板公式

$$H = \frac{\Delta g}{2\pi f(\Delta\sigma)}$$

得到的。

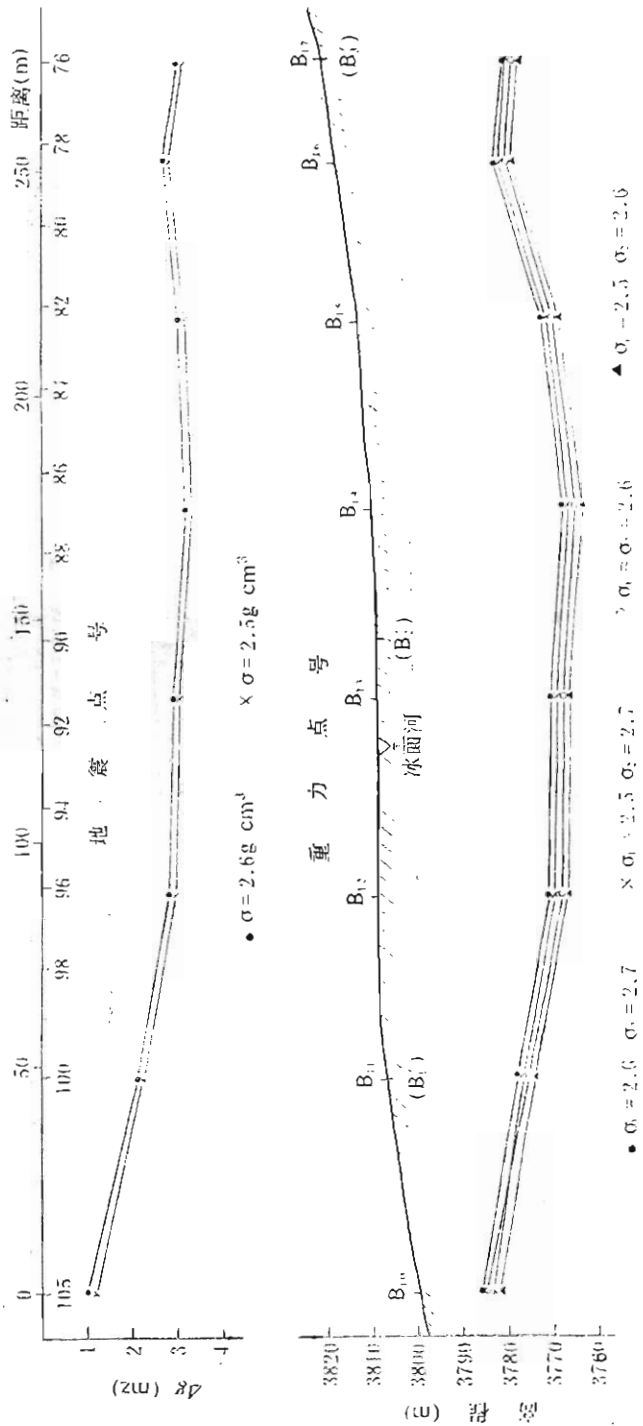


图 5 B 剖面重力异常及推断冰川厚度

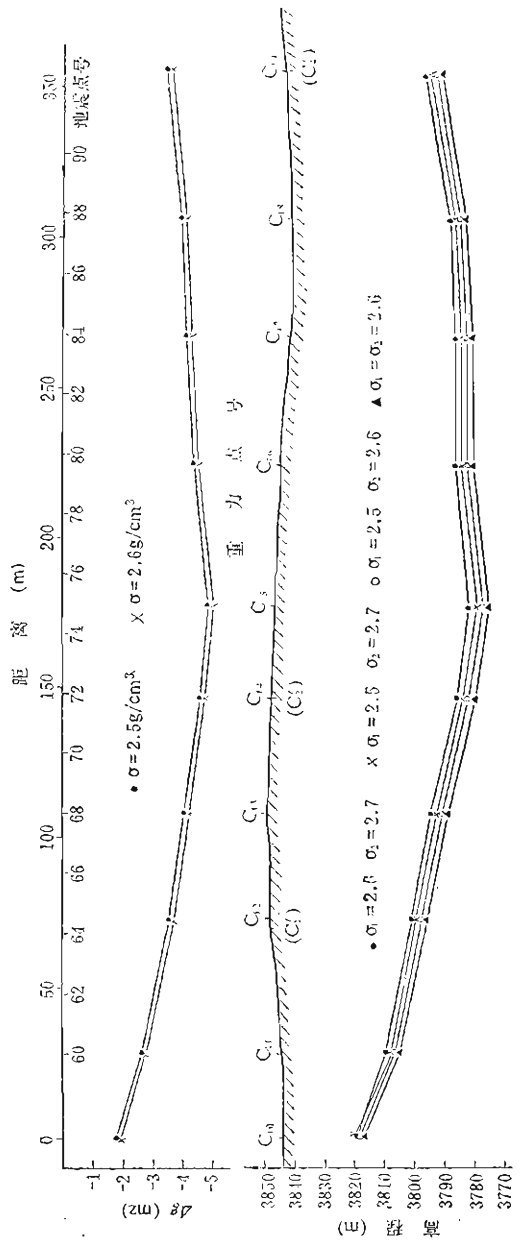


图 6 C剖面重力异常及推断冰川厚度

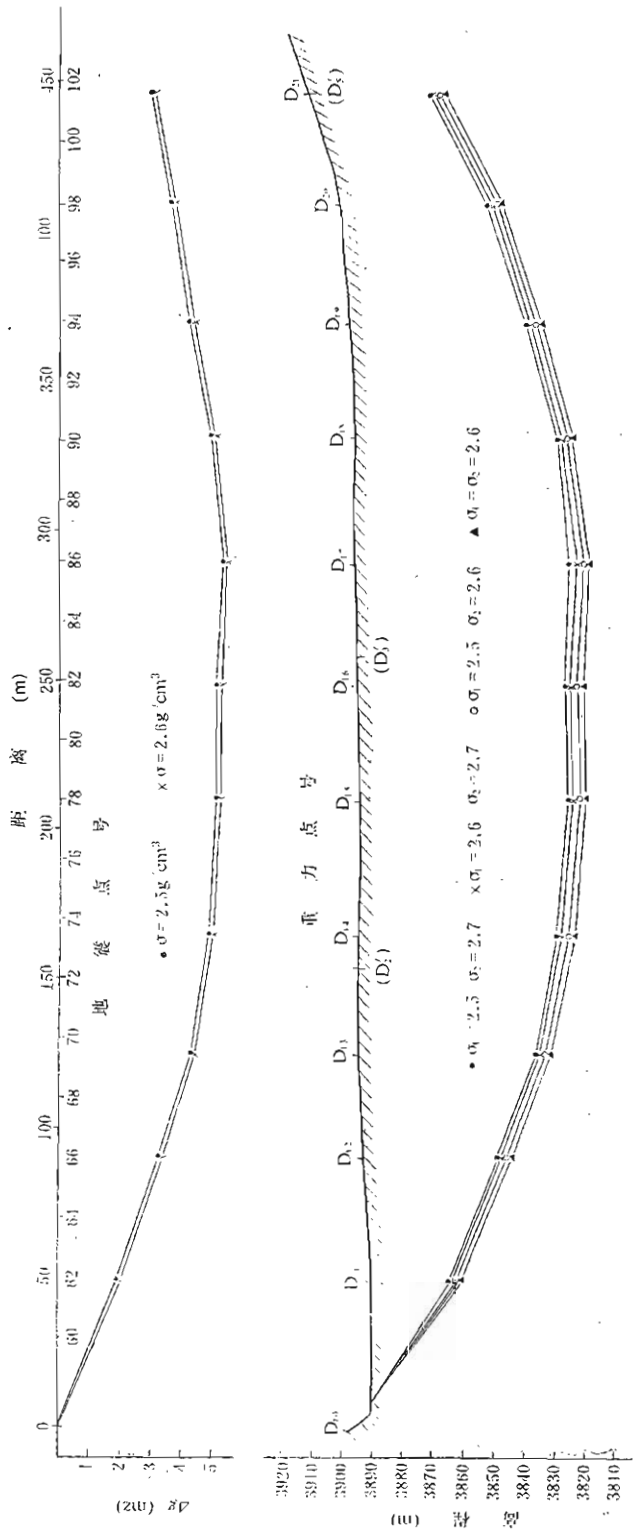


图 7 D剖面重力异常及推断冰川厚度

表3 重力点布伽异常

测点	观测 重力值	高程 (米)	纬度改正值 $\Delta g_{\text{纬}} = 0.00081021$	布伽改正值 $\Delta g_{\text{布}} = (0.3086 - 0.0419\sigma)\Delta h$			地形改正值		
				$\Delta h = h_{\text{测}} - h_{\text{基}}$	$\sigma = 2.6g/cm^3$	$\sigma = 2.5g/cm^3$	$\sigma = 2.0g/cm^3$	$\sigma = 2.6g/cm^3$	$\sigma = 2.5g/cm^3$
B 10	7.253	3799.7	0.085	-39.9	-7.968	-8.136	-0.350	-0.455	-0.438
11	5.602	3806.2	0.124	-33.4	-6.670	-6.810	-0.948	-1.232	-1.185
12	4.869	3807.7	0.158	-31.9	-6.370	-6.504	-1.168	-1.518	-1.460
13	4.907	3807.6	0.190	-32.0	-6.390	-6.525	-1.272	-1.654	-1.590
14	4.539	3808.3	0.224	-31.3	-6.251	-6.382	-1.325	-1.723	-1.656
15	4.045	3811.0	0.257	-28.6	-5.711	-5.832	-1.286	-1.672	-1.608
16	3.303	(3816.0)	0.289	-23.6	-4.713	-4.812	-1.266	-1.646	-1.583
17	2.771	(3817.4)	0.305	-22.2	-4.433	-4.527	-1.298	-1.687	-1.623
C 10	-1.853	3843.9	0.127	4.3	0.859	0.877	-0.794	-1.032	-0.993
11	-2.584	3844.6	0.146	5.0	0.999	1.020	-1.038	-1.349	-1.298
12	-3.815	3848.3	0.174	8.7	1.737	1.774	-1.362	-1.771	-1.703
13	-4.396	3849.4	0.194	9.8	1.957	1.998	-1.510	-1.963	-1.888
14	-4.182	3848.3	0.221	8.7	1.737	1.774	-1.960	-2.548	-2.450
15	-4.382	3848.0	0.251	8.4	1.677	1.713	-2.008	-2.610	-2.510
16	-3.996	3846.2	0.271	6.6	1.318	1.346	-1.636	-2.127	-2.045
17	-3.350	3843.8	0.298	4.2	0.839	0.856	-1.600	-2.080	-2.000
18	-3.217	3843.4	0.324	3.8	0.759	0.775	-1.499	-1.949	-1.874
19	-3.385	3845.4	0.356	5.8	1.158	1.183	-1.344	-1.747	-1.680
D 10	0.000	3897.5	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.546	3890.8	0.017	-6.7	-1.338	-1.366	-0.954	-1.240	-1.193
12	-0.801	3893.3	0.035	-4.2	-0.839	-0.856	-1.375	-1.788	-1.719
13	-2.033	3895.2	0.047	-2.3	-0.459	-0.469	-1.570	-2.041	-1.963
14	-2.532	3895.5	0.061	-2.0	-0.399	-0.408	-1.670	-2.171	-2.088
15	-2.334	3894.5	0.075	-3.0	-0.599	-0.612	-1.844	-2.397	-2.305
16	-2.656	3896.1	0.093	-1.4	-0.280	-0.285	-1.902	-2.473	-2.378
17	-2.932	3896.5	0.112	-1.0	-0.200	-0.204	-1.922	-2.498	-2.403
18	-2.588	3896.4	0.124	-1.1	-0.220	-0.224	-1.873	-2.435	-2.341
19	-2.313	3897.2	0.142	-0.3	-0.060	-0.061	-1.698	-2.207	-2.123
20	-2.708	3901.2	0.156	3.7	0.739	0.754	-1.548	-2.012	-1.935
21	-4.394	3911.0	0.173	13.5	2.696	2.753	-1.285	-1.671	-1.606

及冰川厚度计算表

布伽异常值				冰川厚度 (米)				平均厚度 (米)	厚度最大 偏差	百分 误差 (%)
$\sigma = 2.6g/cm^3$		$\sigma = 2.5g/cm^3$		$h = 14.036\Delta g$		$h = 13.256\Delta g$				
地形改正前	地形改正后	地形改正前	地形改正后	$\sigma_1 = 2.6$ $\sigma_2 = 2.6$	$\sigma_1 = 2.5$ $\sigma_2 = 2.6$	$\sigma_1 = 2.5$ $\sigma_2 = 2.7$	$\sigma_1 = 2.6$ $\sigma_2 = 2.7$			
-0.630	-1.085	-0.798	-1.236	15.23	17.35	16.38	14.38	15.84	1.51	9.5
-0.994	-2.176	-1.084	-2.269	30.54	31.85	30.08	28.85	30.33	1.52	5.0
-1.343	-2.861	-1.477	-2.937	40.16	41.22	38.93	37.93	39.56	1.66	4.2
-1.293	-2.947	-1.428	-3.018	41.36	42.34	40.01	39.07	40.70	1.66	4.1
-1.488	-3.211	-1.619	-3.275	45.07	45.97	43.41	42.57	44.26	1.71	3.8
-1.409	-3.081	-1.530	-3.138	43.24	44.04	41.60	40.84	42.43	1.61	3.8
-1.121	-2.767	-1.220	-2.803	38.84	39.34	37.16	36.68	38.01	1.33	3.5
-1.357	-3.044	-1.451	-3.074	42.73	43.15	40.75	40.35	41.75	1.40	3.4
-0.867	-1.899	-0.849	-1.842	26.65	25.85	24.42	25.17	25.52	1.13	4.4
-1.439	-2.788	-1.418	-2.716	39.13	38.12	36.00	36.96	37.55	1.58	4.2
-1.904	-3.675	-1.867	-3.570	51.58	50.11	47.32	48.72	49.43	2.15	4.3
-2.245	-4.208	-2.204	-4.092	59.06	57.44	54.24	55.78	56.63	2.43	4.3
-2.224	-4.722	-2.187	-4.637	66.98	65.08	61.47	63.26	64.20	2.78	4.3
-2.454	-5.064	-2.418	-4.928	71.08	69.12	65.33	67.13	68.18	2.90	4.3
-2.407	-4.534	-2.379	-4.424	63.64	62.10	58.64	60.10	61.12	2.52	4.1
-2.213	-4.293	-2.196	-4.196	60.26	58.90	55.62	56.91	57.92	2.34	4.0
-2.134	-4.083	-2.118	-3.992	57.31	56.03	52.92	54.12	55.10	2.21	4.0
-1.871	-3.618	-1.846	-3.526	50.78	49.49	46.74	47.96	48.74	2.04	4.2
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
-0.775	-2.015	-0.803	-1.996	28.28	28.02	26.46	26.71	27.37	0.91	3.3
-1.605	-3.393	-1.622	-3.341	47.62	46.89	44.29	44.98	45.95	1.67	3.6
-2.445	-4.480	-2.455	-4.418	62.97	62.01	58.57	59.47	60.76	2.21	3.6
-2.870	-5.041	-2.879	-4.967	70.76	69.72	65.84	66.82	68.29	2.47	3.6
-2.858	-5.255	-2.871	-5.176	73.76	72.65	68.61	69.66	71.17	2.59	3.6
-2.843	-5.316	-2.848	-5.226	74.62	73.35	69.28	70.47	71.93	2.59	3.7
-3.026	-5.518	-3.024	-5.427	77.45	76.17	71.94	73.15	74.68	2.77	3.7
-2.684	-5.119	-2.688	-5.029	71.85	70.59	66.66	67.86	69.24	2.61	3.8
-2.231	-4.438	-2.232	-4.355	62.29	61.13	57.73	58.83	60.00	2.29	3.8
-1.813	-3.825	-1.798	-3.733	53.69	52.40	49.48	50.70	51.57	2.12	4.1
-1.525	-3.196	-1.468	-3.074	44.86	43.15	40.75	42.37	42.78	2.08	4.9

2. 精度估计

对比地震、重力两种方法测得的1号冰川三条剖面的冰川厚度，发现了二者的差异（图8—10）。在B剖面二者较接近，C剖面上差别较大，而D剖面则面貌全然不同。因此，有必要对这二种结果加以讨论。

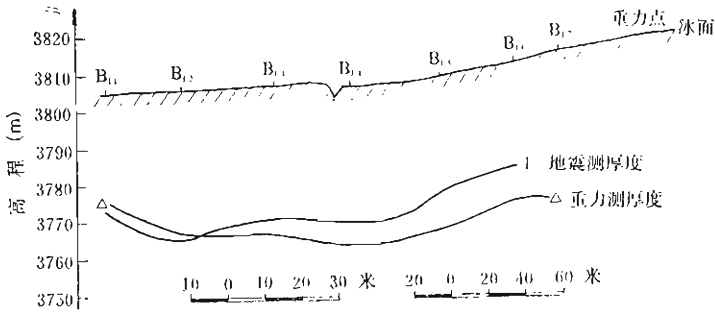


图8 B剖面冰川厚度对比图

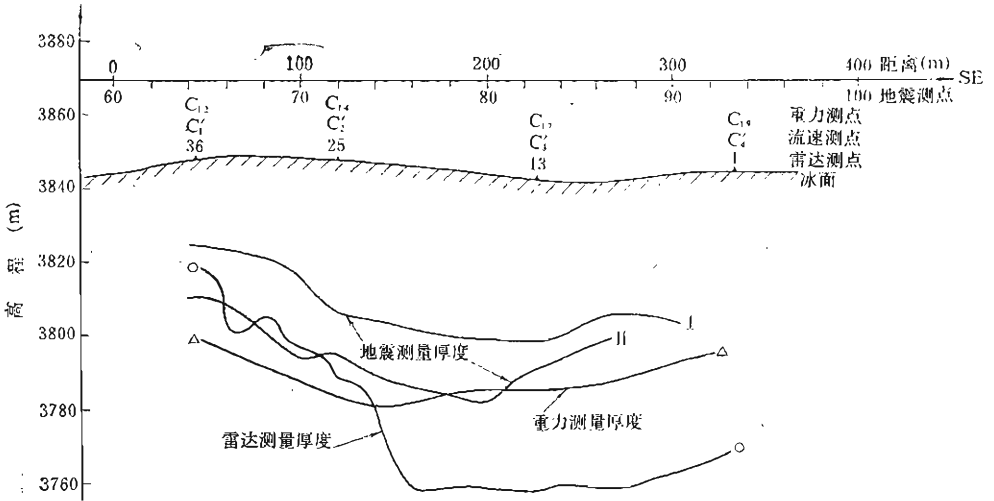


图9 C剖面冰川厚度对比图

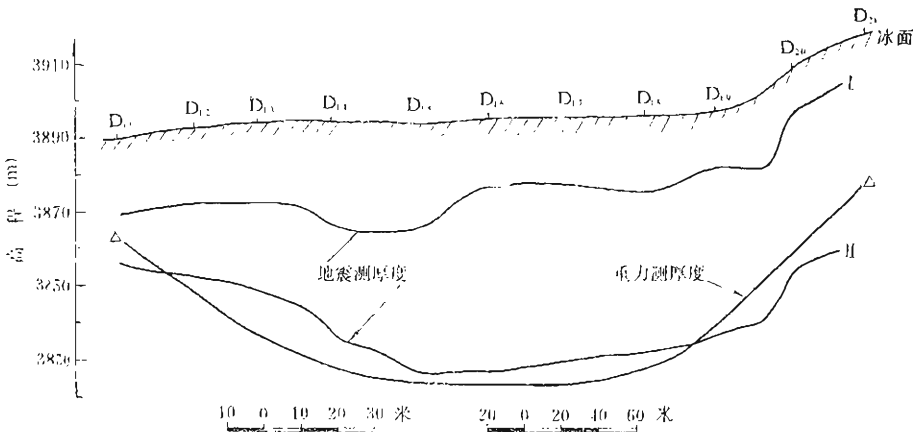


图10 D剖面冰川厚度对比图

地震勘探时距曲线 I 可对比程度较高，但其厚度剖面与重力、雷达测定结果偏离较大，在同一剖面上冰川厚度变化也不规则，而且测得的冰川厚度位于冰舌部分的 B、C 剖面反而大于冰川中部的 D 剖面，这与冰川厚度由积累区向冰舌末端逐渐变薄的规律是不相符的。地震勘探测定冰川厚度的主要误差（或者错误）来源是波的对比。而使用打点方式记录仪器，在合成波的情况下相干波的正零交点又可与单波的波至时间不一致，因此，首先我们可以怀疑在波的对比时反射波追踪错误。反复对比地震记录，我们勾绘出的同相轴 I 似乎是存在的，它也不属于横波、面波等干扰波，这个同相轴是否一组波？它反映的是什么界面？其次，在重力测量所反映的 C、D 剖面的冰川厚度相对应的时区附近，我们还找到一个不甚明显的同相轴 II（可对比性较差），它是否对应冰床反射？在打点记录上如何从众多的“同相轴”中将其辨认出来？这些问题目前尚无法解决。鉴于这些情况，我们认为有必要更新仪器，此外，在冰川上进行适量的钻探验证，无疑对提高地震勘探及其它方法的效果都是必要的。

重力勘探三条剖面中，B、C 剖面比较开阔，D 剖面谷床成典型的 U 型谷形态，从冰舌到冰川中部冰川厚度有规律地由 40 余米增加到 70 多米，从冰川形态学观点上看，可信程度较高。重力测量用于冰川测厚，外业工作轻便，冰川引起的负异常一般不受干扰和测量因素的影响；冰川消融仪器摆不平造成的读数误差在 1 格（0.1 毫伽）左右，只要有较大比例尺地形图，地形起伏引起的未被改正掉的重力变化可控制在 0.2 毫伽以内，由这两种因素影响的冰川厚度误差不会超出 3—4 米的范围。重力法测量厚度的关键是，用规则的几何形体的重力异常公式去推算冰川厚度，而实际的冰川形态并不规则，由此可能出现较大的误差。前已指出，各重力点的冰厚是用无限平板公式得到的，在测量剖面的中段较能满足假设条件，而在剖面的西北端，由于靠近冰川边缘，可能有比较大的计算误差。

为了评价重力资料，我们还用垂直脉正问题公式计算了可能的异常值，结果如下：取冰厚 $H = 74.68$ 米， $\Delta g_{\max} = -5.168$ 毫伽； $H = 80$ 米， $\Delta g_{\max} = -5.503$ 毫伽； $H = 85$ 米， $\Delta g_{\max} = -5.779$ 毫伽。D 剖面实测最大异常为 $\Delta g = -5.427$ — -5.518 毫伽，解释所得最大厚度为 74.68 米。对比以上结果可以认为，D 剖面的冰川最大厚度在 80 米左右，而重力测量确定的最大冰川厚度可能偏小 5 米左右。

乌鲁木齐河 1 号冰川 冰洞观测

王仲祥 王文梯 李纲 宋根海

为了研究我国大陆型冰川的物理力学性质和冰川底部特征,探讨冰川的流动规律和滑动机制,我们于1980年10月在天山乌鲁木齐河源1号冰川西支末端人工掘成了一条长30米的试验冰洞。1981年5月继续掘进至90米深。该洞断面为城门洞形,高2.0米,宽1.5米洞身走向为南东东转正东,洞底基本沿冰床掘进,并保留薄层底冰。洞口高程3820米。

冰洞掘成后,即对其内部特征进行了初步观察,开展了冰体流变和冰川底部的滑动观测、底碛组构分析、以及冰结构的试验研究工作。

1. 冰洞一般特征

洞内冰层为无色透明状,多气泡,洞口段(20米)冰层底部(1.5—0.8米以下)为琥珀冰层。冰洞开挖后,进口段冰壁和顶部发育次生“杯”状霜晶,一个月后霜晶个体最大者为7厘米,半年后为40厘米。同时在底部和侧壁出现若干横向和环形裂隙(表1)。

表1 冰洞底部裂隙统计表(1980年12月13日观测)

编号	距洞口距离 (米)	裂隙长度 (米)	最大宽度 (米)	裂隙走向	概 要
1	2.0	1.10	0.05	SW40°	环形裂,左壁开裂最宽10厘米,右壁仅有裂纹
2	5.2			SW30°	环形裂,洞顶部开裂10厘米,底部仅有裂纹
3	8.6	1.50	0.06	SW40°	
4	11.5	0.36	0.10	SW60°	底部为楔状,向右壁延伸50厘米,左壁至1.82米
5	12.9	0.60	0.12	SW55°	向右壁延伸60厘米
6	15.0	1.20	0.14	SW50°	不完全环形裂,向右壁延伸30厘米,左壁环顶部开裂,最宽处为8厘米
7	15.6	1.10	0.12	SW40°	
8	16.5	1.40	0.02	SW40°	

2. 应力和应变

在洞深17.5米处冰洞侧壁上设置垂直分布的应变观测桩,直接观测底部冰层的相对位移,求得应变率 ϵ ,相应的剪应力按下式计算。

$$\tau = \rho g h \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

式中: ρ —冰的密度,取值0.9克/厘米³;

g —重力加速度, 取值980厘米/秒²;

h —冰的厚度(米);

α —冰面坡度, 取值26°。

结果列于表2。

表2 应力—应变计算结果(1980年12月7日—1982年1月7日, 共406天)

测点号	h (米)	g (厘米/秒 ²)	ρ (克/厘米 ³)	α (度)	τ (巴)	ε (秒 ⁻¹ $\times 10^{-8}$)
1	16.35	980	0.9	26°	0.568	4.18
2	16.11	"	"	"	0.571	2.61
3	15.93	"	"	"	0.565	2.85
4	15.63	"	"	"	0.554	1.14
5	15.36	"	"	"	0.544	0.95

3. 冰川底部滑动

在距洞口17.5米和25米处挖去薄层底冰和表层20—40厘米深底碛后, 在冰层与底碛交接面以上10厘米冰层内和以下10厘米深底碛上分别设置一组位移桩, 测量冰体与底碛之间的滑动量。结果如表3。

表3 1号冰川底部滑动观测数据表

测点号	距洞口距离(米)	起始日期	滑动量(毫米)			
			1980.12.13	1980.12.27	1981.5.4	1981.6.28
I	17.5	1980年12月7日	15.9	31.9	705	—
I	22.0	1980年12月7日	26.8	98.4	830	1180

4. 底碛颗粒分析

1980年11月在洞深17.5米处取表层至40厘米深处底碛土样、作简单筛分, 结果如表4。

5. 初步看法

根据冰洞内的初步观测, 可以认为天山乌鲁木齐河1号冰川底部存在滑动现象, 其机制尚待进一步观测研究。但从邻近冰温(17米深处为-1.2℃左右)及洞内现象推测, 1号冰川底部可能有温冰层或温冰斑存在。

我们将应力—应变资料与国外冰川对比, 发现1号冰川底部冰层的应变率较高。限于观测范围, 目前尚不能得到该冰川流变规律的具体参数。

底碛组构分析尽管取样很少, 但已显示了它与流水沉积物不同的沉积特点。资料分析说明, 该处底碛的粒度形成主要受冰川研磨作用的控制。但也不排除流水搬运的因素。

表 4 1号冰川底碛粒度分析

粒度(毫米)	重 量(克)					
	I 组		II 组		III 组	
	重量	%	重量	%	重量	%
>10	46.1	8.15	227.7	23.28	494.2	40.36
10—5	97.4	17.21	149.2	15.26	149.8	12.23
5—3	28.3	5.00	42.7	4.37	50.2	4.08
3—2	37.2	6.57	47.0	4.81	52.0	4.25
2—1	38.1	6.73	50.3	5.14	49.0	4.00
1—0.5	46.0	8.13	76.0	7.77	83.2	6.80
<0.5	272.8	48.21	385.0	39.37	346.0	28.26
合 计	565.9	100	977.9	100	1224.4	100

乌鲁木齐河源1号冰川水文与气候资料整编说明

李念杰 张金华

乌鲁木齐河源1号冰川水文站距1号冰川末端200米,海拔3693米,北纬 $43^{\circ}06'$,东经 $87^{\circ}15'$ 。流域控制面积3.34平方公里,其中冰川面积1.84平方公里。观测项目有:流量,水位等。

水文观测断面为混凝土构筑的测流喉道,其宽度1.5米,长3米,高1米。该喉道建于1966年。十几年来,由于洪水冲刷,进水段底部磨损3—5厘米,进水段与上游河道连接处因受石块阻塞影响,造成Q—H关系线已不遵循标准建筑物的关系线,故采用Ls68型旋怀式流速仪测流,水位采用HCJ日转水位计观测。

水文资料整编根据水利部1964年颁行的水文观测规范有关规定进行。由于缺少高水位和低水位的相应流量点子,我们采用曲线外延法进行推算,整编成逐日流量成果表(表1,2),故高、低水位的相应流量有一定的误差。

1号冰川水文站的气象场位于水文断面左侧,两者相距20米,海拔高度3700米。1980年5月16日开始观测,至8月31日止;1981年5月1日观测,至8月31日结束。观测项目有温度、湿度、降水。温度、湿度用国家三级标准温度表观测,因不守班,除08时外,其它时间用周转温度计和日转温度计经订正和代替,降水采用100平方厘米口径雨量筒测定,1981年改用20厘米口径雨量筒。

年报整编按中央气象局颁行的地面气象观测规范进行,整编结果列于表3,4。

为探求控制流域内高山冰川区的降水分布规律,又在1号冰川冰舌下部(海拔3781米)和东支粒雪盆(4030米)处各设一个降水观测点。观测日期自1981年5月1日至1981年8月31日,其结果列于表5。

为了方便使用和与冰川区气温、降水的比较,还刊出新疆气象局天山气象站自1958年6月至1981年8月的气温(表6)、降水(表7)整编资料。该站位于乌鲁木齐河上游 $N43^{\circ}06'$, $E87^{\circ}15'$,海拔高度3588米处。

表1 1980年乌鲁木齐河源1号冰川水文站逐日平均流量表(单位:米³/秒)

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1					0	0.113	0.104	0.301	0.068					
2					0	0.163	0.041	0.508	0.062					
3					0.003	0.050	0.134	0.217	0.019					
4					0.011	0	0.239	0.244	0.018					
5					0.023	0	0.236	0.160	0.054					
6					0.038	0	0.084	0.076	0.024					
7					0.056	0	0.044	0.018	0.018					
8					0.076	0.005	0.060	0.040	0.006					
9					0.076	0.106	0.184	0.202	0.012					
10					0.076	0.099	0.218	0.010	0.027					
旬总数					0.359	0.536	1.344	1.776	0.308					
旬平均					0.036	0.054	0.134	0.178	0.031					
11					0.023	0.124	0.414	0.113						
12					0.056	0.037	0.462	0.331						
13					0.003	0.015	0.442	0.352						
14					0	0.072	0.450	0.311						
15					0.011	0.068	0.356	0.208						
16					0.018	0.052	0.373	0.222						
17					0.021	0.054	0.409	0.234						
18					0.023	0.023	0.541	0.342						
19					0.028	0	0.567	0.454						
20					0.023	0.132	0.360	0.088						
旬总数					0.206	0.577	4.374	2.655						
旬平均					0.021	0.058	0.437	0.266						
21					0.054	0.229	0.100	0.258						
22					0.049	0.152	0.366	0.337						
23					0.003	0.210	0.218	0.384						
24					0.029	0.343	0.217	0.168						
25					0.153	0.211	0.300	0.052						
26					0.202	0.064	0.506	0.036						
27					0.222	0.045	0.507	0.034						
28					0.121	0.072	0.514	0.066						
29					0.003	0.069	0.467	0.133						
30					0	0.090	0.388	0.202						
31					0.015		0.386	0.074						
旬总数					0.851	1.485	3.969	1.74						
旬平均					0.077	0.148	0.361	0.158						
日总数					1.416	2.598	9.687	5.171						
月平均					0.046	0.087	0.312	0.199						
最大					0.513	0.933	1.536	1.500						
日期					27	24	27	2						
最小					0	0	0	0						
日期					1	3	3	1						
年统计					径流量174398.4米 ³ ≈17.4万米 ³									

5221111
制表: 朱守森

表2 1981年乌鲁木齐河源1号冰川水文站逐日平均流量表(单位:米³/秒)

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0	0.009	0.295	0.128	0			
2					0	0.035	0.138	0.232	0			
3					0	0.024	0.178	0.378	0			
4					0.062	0.016	0.108	0.310				
5					0.134	0.037	0.062	0.310				
6					0.192	0.203	0.164	0.332				
7					0.100	0.132	0.282	0.377				
8					0.076	0.230	0.589	0.551				
9					0.039	0.277	0.805	0.367				
10					0.040	0.046	0.779	0.325				
旬总数					0.643	1.009	3.40	3.31	0			
旬平均					0.064	0.101	0.340	0.331				
11					0.011	0.263	0.493	0.412				
12					0.011	0.271	0.512	0.227				
13					0.023	0.374	0.592	0.262				
14					0.028	0.454	0.642	0.154				
15					0.115	0.434	0.362	0.189				
16					0.088	0.263	0.521	0.246				
17					0.249	0.450	0.396	0.054				
18					0.360	0.336	0.248	0.074				
19					0.333	0.222	0.166	0.133				
20					0.317	0.190	0.136	0.073				
旬总数					1.535	3.257	4.068	1.824				
旬平均					0.154	0.326	0.407	0.182				
21					0.432	0.285	0.275	0.099				
22					0.098	0.147	0.708	0.042				
23					0.016	0.385	0.893	0.012				
24					0	0.320	0.594	0.034				
25					0	0.585	0.672	0.023				
26					0	0.642	0.564	0.006				
27					0	0.350	0.469	0.008				
28					0	0.345	0.486	0.011				
29					0	0.334	0.406	0.030				
30					0.021	0.136	0.279	0.008				
31					0.012		0.058	0				
旬总数					0.579	3.529	5.404	0.273				
旬平均					0.053	0.353	0.491	0.025				
月总数					2.757	1.795	12.872	5.407				
月平均					0.089	0.260	0.415	0.174				
最大					0.869	1.932	2.305	1.451				
日期					20	26	23	8				
最小					0	0	0.011	0				
日期					1	1	6	26				
年统计					径流量: 248987.52米 ³ ≈ 24.9万米 ³							

制表: 朱守森

表 3 1980年乌鲁木齐河源 1

项 目 月 份	气压(毫巴)				气 温 (摄氏)										绝 对 湿				
	平 均	定 时			2 时	8 时	14 时	20 时	平 均	平 均		极 端				2 时	8 时	14 时	20 时
		最 高	日 期	最 低						日 期	最 高	最 低	最 高	日 期	最 低				
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6					-0.4	-1.0	3.1	1.8	0.9	7.0	-5.1	12.5	24	-10.5	7	(3.8)	3.7	(3.9)	(4.5)
7					2.8	2.4	6.6	5.0	4.2	9.6	-0.8	14.5	18	-3.6	2	4.7	4.4	4.4	5.4
8					3.0	2.1	6.2	4.4	3.9	7.0	-0.9	12.5	2	-4.6	31	4.7	4.3	4.6	5.4
9																			
10																			
11																			
12																			
年合计 年平均		年 最高	一 月 日	年 最低	一 月 日							年 最高	一 月 日	年 最低	一 月 日				

项 目 月 份	云 量					低 云 量					蒸 发 量 (毫米) (小型)	积 雪 (厘米)		降 水 量(毫米)			最 长 连 续 降 水			
	总 云 量					低 云 量						最 大 深 度	日 期	总 量	一 日 最 大	日 期	日 数	量	起 止 日 期	
	2 时	8 时	14 时	20 时	平 均	2 时	8 时	14 时	20 时	平 均										
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6														73.5	13.8	18	4	16.0	6.13—6.16	
7														47.0	10.0	8	5	29.8	7.6—7.10	
8														96.3	21.5	22	9	23.9	8.3—8.11	
9																				
10																				
11																				
12																				
年合计 年平均													年 最大	一 月 日	年 最大	一 月 日	年 最大	量	—	起 止 日 期

号冰川水文气象站记录

度 (毫巴)				相 对 温 度 (%)								饱 和 差 (毫巴)								
平	最	日	最	2	8	14	20	平	最	日	2	8	14	20	平	最	日	最	日	
均	大	期	小	时	时	时	时	均	小	期	时	时	时	时	均	大	期	小	期	
(4.0)	6.8	25	1.2	24	(66)	64	(54)	(67)	(63)	20	24	(2.1)	2.1	(3.9)	(2.7)	(2.7)	9.9	24	0.025(3天)	
4.8	7.8	31	2.2	14	64	61	47	65	60	18	17	2.8	2.9	5.5	3.5	3.7	11.4	17	0.1	7.8
4.7	7.8	20	1.4	4	62	60	50	66	59	17	4	2.9	2.9	5.1	3.2	3.5	8.3	27	0.0	5
	年最大	一月	年最小	一月						年最小	一月						年最大	一月	年最小	一月
		月		日							日									日
最长连续无降水		相对湿度日数		晴天日数		阴天日数		降 水 日 数												
日数	起止日期	定时中	14时	按总量	按低量	按总量	按低量	≥0.1	≥1.0	≥5.0	≥10.0	≥25.0	≥50.0	≥100.0	≥150.0					
		≤20%	≥80%					毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米				
5	6.8—6.12	1	4					15	14	5	2	0	0	0	0					
5	7.11—7.15	1	3					14	11	4	1	0	0	0	0					
6	8.26—8.31	2	4					17	12	6	5	0	0	0	0					
年最大	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	日	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	起止	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					

观测：李念杰 孙晋德 李跃进 审核：张金华

表 4 1981年乌鲁木齐河源 1

项目 月份	气压(毫巴)				气温(摄氏)										绝对湿					
	平 均	定 时			2 时	8 时	14 时	20 时	平 均	平 均		极 端				2 时	8 时	14 时	20 时	
		最高	日期	最低						日期	最高	最低	最高	日期	最低					日期
1																				
2																				
3																				
4																				
5					-1.7	-2.2	3.2	1.5	0.2	7.8	-6.0	14.6	5	-10.7	24	3.8	3.4	3.6	4.6	
6					1.8	1.6	5.9	3.5	3.2	6.7	-0.9	11.2	26	-3.4	14	5.3	4.6	4.7	6.0	
7					3.0	2.7	6.6	5.0	4.3	10.7	-0.2	14.6	23	-3.0	1	5.6	5.3	5.5	6.5	
8					1.0	0.1	5.0	2.7	2.2	6.8	-1.9	11.8	3	-4.5	2.8	5.3	4.5	4.8	6.3	
9																				
10																				
11																				
12																				
年合计 年平均	年 最高	一 月 日	年 最低	一 月 日								年 最高	一 月 日	年 最低	一 月 日					

项目 月份	云 量					低 云 量					蒸发量 (毫米) (小型)	积雪 (厘米)		降水量(毫米)			最长连续降水			
	总 云 量		低 云 量			2 时	8 时	14 时	20 时	平 均		最大 深度	日 期	总 量	一 日 最大	日 期	日 数	量	起 止 日 期	
	2 时	8 时	14 时	20 时	平 均															
1																				
2																				
3																				
4																				
5											121.1		33.9	9.0	23	4	10.0	5.27—5.30		
6											94.4		50.5	13.9	22	3	3.1	6.19—6.21		
7											107.2		127.2	38.3	20	1	38.3			
8											93.5		117.1	30.0	1	1	30.0			
9																				
10																				
11																				
12																				
年合计 年平均											—	年 最大	一 月 日	—	年 最大	一 月 日	年 最大	量	—	起 止 日 期

表5 1981年1号冰川区降水量表(毫米)

日	月 部 位	5		6		7		8	
		冰舌	粒雪盆	冰舌	粒雪盆	冰舌	粒雪盆	冰舌	粒雪盆
1									
2									
3									
4									
5									
6				13.0	13.4				
7									
8		2.6	2.5	5.4	4.0	⊗	23.3		
9									
10		5.0	5.4					28.9	30.2
上旬计									
11				2.1	2.0				
12		1.8	3.2	14.1	18.3				
13						32.1	34.6		
14		1.7	4.2	13.5	13.6				
15									
16								⊗	13.5
17				2.4	2.1				
18									
19				1.9	2.6				
20						33.1	31.8		
中旬计									
21									
22		⊗	2.7						
23		8.3	9.8					31.6	21.3
24		4.6	6.2						
25		0.8	1.9	10.1	6.4				
26									
27		1.2	2.8						
28				11.7	4.7	12.8	12.2		
29		5.3	6.9						
30		3.1	3.8						
31									
下旬计									
月合计		34.4	49.4	74.2	67.1	100.4	120.4	90.9	94.3

注: ⊗为发生故障缺测。

表6 乌鲁木齐河源天山气象站月平均气温表(°C)

(海拔高度: 3588米, 位置N43°06'E87°15')

年 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
1958						2.1	5.5	3.9	1.5	-4.6	-11.8	-11.8	
1959	-15.6	-15.7	-10.4	-2.9	-3.0	2.3	4.9	4.3	2.6	-2.7	-11.9	-15.0	-5.3
1960	-15.1	-10.8	-9.5	-7.4	-1.6	2.0	4.9	5.2	0.8	-4.9	-12.5	-13.6	-5.2
1961	-16.7	-15.3	-11.3	-4.2	1.1	3.1	4.7	3.9	0.6	-6.9	-11.2	-14.7	-5.6
1962	-16.8	-14.1	-9.2	-4.9	0.5	3.4	5.1	5.2	0.6	-5.2	-13.9	-12.2	-5.1
1963	-13.0	-12.4	-7.6	-6.7	0.0	2.8	5.0	4.2	0.3	-4.6	-9.6	-11.4	-4.4
1964	-17.1	-17.1	-9.8	-4.2	-1.7	2.5	5.0	4.9	-0.7	-6.1	-9.3	-14.4	-5.7
1965	-13.6	-15.1	-9.4	-4.0	0.0	3.0	4.5	5.0	0.9	-3.5	-8.9	-14.6	-4.6
1966	-15.3	-12.3	-10.1	-6.8	-2.9	3.9	3.9	5.2	1.0	-6.5	-13.5	-15.6	-5.8
1967	-16.8	-14.9	-9.9	-5.6	-0.2	3.1	4.2	3.4	0.4	-5.8	-15.4	-12.4	-5.8
1968	-15.3	-17.4	-8.0	-4.8	-0.6	2.8	4.7	3.7	-0.1	-5.6	-10.3	-14.6	-5.5
1969	-17.8	-17.8	-8.1	-3.8	+0.9	2.6	4.6	3.9	-0.8	-3.5	-10.2	-13.1	-5.3
1970	-16.1	-15.0	-14.2	-5.2	-0.7	1.8	4.8	5.1	0.1	-5.0	-10.5	-14.2	-5.8
1961—70 年合计	-158.5	-151.4	-97.6	-50.2	-3.6	29.0	46.5	44.5	2.3	-52.7	-112.8	-137.2	-53.6
十年平均	-15.9	-15.1	-9.8	-5.0	-0.4	2.9	4.7	4.5	0.2	-5.3	-11.3	-13.7	-5.4
1971	-16.6	-14.4	-9.5	-4.9	-0.5	2.8	4.2	4.4	-1.4	-5.0	-10.1	-11.1	-5.2
1972	-15.1	-19.7	-9.0	-5.3	1.0	3.0	3.4	4.9	0.2	-3.8	-8.6	-13.3	-5.2
1973	-15.6	-13.5	-10.5	-4.4	-1.7	2.5	6.0	4.4	1.0	-4.3	-7.7	-12.9	-4.7
1974	-17.1	-18.4	-12.3	-2.0	1.3	3.0	6.5	3.7	-1.0	-5.5	-10.0	-18.1	-5.8
1975	-15.5	-14.9	-10.7	-7.1	-2.6	2.0	4.7	5.1	-0.2	-4.4	-11.3	-15.7	-5.9
1976	-13.0	-13.6	-12.9	-6.4	-0.6	2.1	4.1	2.9	0.4	-4.0	-12.5	-16.7	-5.9
1977	-17.5	-15.6	-10.2	-6.2	-2.0	4.1	3.9	5.9	2.4	-3.4	-9.1	-13.8	-5.7
1978	-17.2	-16.3	-11.6	-2.5	0.7	3.5	5.0	4.4	1.2	-4.0	-10.2	-9.9	-4.8
1979	-15.6	-11.7	-13.0	-4.4	-1.1	2.9	3.8	5.1	-1.2	-3.6	-11.2	-12.4	-5.2
1980	-16.8	-15.4	-12.4	-4.9	1.4	2.2	5.8	5.1	0.9	-3.7	-7.2	-12.3	-4.8
1971—80 年合计	-160.0	-153.5	-112.1	-48.1	-4.1	28.1	47.4	45.9	2.3	-41.7	-97.9	-136.2	-53.2
十年平均	-16.0	-15.4	-11.2	-4.8	-0.4	2.8	4.7	4.6	0.2	-4.2	-9.8	-13.6	-5.3
1981	-14.9	-14.6	-8.2	-4.6	1.3	4.0	5.1	2.9					

表7 乌鲁木齐河源天山气象站月平均降水量 (mm)

(海拔高度: 3588米, 位置N43°06'E87°15')

月 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
1958						79.9	120.2	110.1	40.2	8.0	10.2	4.5	
1959	3.2	8.5	18.2	15.8	51.5	105.5	103.4	103.8	54.2	10.3	0.9	3.2	478.5
1960	4.1	1.9	7.7	33.2	24.2	104.0	113.8	64.9	58.0	7.9	4.7	0.9	425.3
1961	2.1	3.5	17.9	43.2	19.7	87.1	84.9	102.6	48.0	14.8	4.6	0.6	431.0
1962	2.5	0.2	5.0	22.6	45.1	65.0	93.5	142.3	64.5	6.1	1.0	0.1	447.9
1963	0.2	0.5	7.2	10.0	59.2	58.2	128.9	159.6	35.0	19.1	7.5	2.0	487.4
1964	2.1	1.5	8.9	22.4	56.7	122.8	69.5	96.7	61.1	6.4	0.1	0.1	448.3
1965	0.0	3.2	8.2	28.0	58.7	127.7	166.8	42.0	16.9	5.4	0.4	0.3	457.6
1966	3.4	2.9	10.0	26.5	67.2	65.1	85.1	90.6	65.1	22.1	0.2	1.3	439.5
1967	0.9	2.2	0.9	18.6	58.2	100.7	86.5	71.3	21.0	11.0	1.6	0.0	372.9
1968	3.5	1.7	1.7	4.5	65.1	119.4	85.6	62.5	17.3	10.4	0.5	0.0	372.2
1969	0.6	1.0	5.4	22.1	51.5	124.9	188.7	48.6	37.7	14.1	3.5	0.4	498.5
1970	2.2	1.6	8.2	22.9	55.7	23.0	129.8	81.4	43.2	11.8	0.7	2.4	382.9
1961—70 年合计	17.5	18.3	73.4	220.8	537.1	895.9	1119.3	897.6	409.8	121.2	20.1	7.2	4338.2
十年平均	1.8	1.8	7.3	22.1	53.7	89.6	111.9	89.8	41.0	12.1	2.0	0.7	433.8
1971	1.2	3.0	11.9	32.3	44.0	82.4	166.2	66.4	92.3	13.6	4.0	4.3	521.6
1972	6.1	1.4	3.8	13.6	46.2	79.5	129.8	94.8	44.9	2.0	1.2	0.5	423.8
1973	4.0	3.1	7.0	43.4	37.8	91.5	35.9	82.7	45.7	3.7	1.9	0.1	356.8
1974	4.1	4.3	12.8	26.6	33.2	61.5	90.2	134.3	34.7	8.3	2.2	2.2	414.4
1975	0.8	1.3	6.7	22.1	40.3	132.2	109.2	86.2	25.8	8.8	2.5	6.1	442.0
1976	0.4	6.1	2.7	22.2	73.1	142.3	89.7	82.8	44.6	11.4	4.2	2.7	482.2
1977	7.0	3.3	4.4	31.9	37.6	78.1	102.2	55.5	50.3	7.3	2.9	4.2	384.7
1978	3.2	2.0	11.1	16.0	68.5	92.0	123.0	55.6	27.1	4.6	2.1	1.9	407.1
1979	4.8	2.5	7.7	11.5	37.9	137.3	112.8	68.5	83.2	2.9	1.3	1.9	472.3
1980	2.1	7.8	3.6	18.5	41.8	64.6	50.8	88.9	50.0	1.8	14.8	1.1	361.1
1961—70 年合计	33.7	34.8	71.1	238.7	460.4	961.4	1009.8	815.7	498.6	64.4	37.1	25.0	4266.0
十年平均	3.4	3.5	7.1	23.8	46.0	96.1	101.0	81.6	49.9	6.4	3.7	2.5	426.6
1981	1.4	2.4	0.9	40.5	37.0	78.4	120.8	99.4					

天山站附近高山冻土与冰缘现象的一些新资料

邱国庆 李述训 丁玲珑

1981年6—7月，我们在天山站取得了有关高山冻土及冰缘现象的一些新资料。概述如下。

一、本区高山冻土分布下界

为寻求高山冻土分布下界，我们在阳坡开挖了三个试坑（见下表）。

坑号	位置	地面高程(米)	坑深(米)
10	乌库公路K107+600左50米	3000	3.5
11	乌库-公路K109+600右150米	3180	3.5
12	乌库-公路K113+000左200米	3300	3.8

其结果如下：

坑10

0—0.85米：腐殖质土；

0.85—1.55米：角砾土；

1.55—3.50米：亚粘土。

在1.30—1.60米见季节冻土。1.65米深处温度为 $+0.7^{\circ}\text{C}$ ；2.99米处温度为 $+1.0^{\circ}\text{C}$ 。

结论：此处无多年冻土。

坑11

0—0.65米：腐殖质土；

0.65—0.91米：角砾土；

0.91—1.42米：碎石土；

1.42—3.5米：角砾土。

3.5米深处温度为 $+0.5^{\circ}\text{C}$ 。1.98—3.0米见季节冻层。

结论：此处仍处于季节冻土区。

坑12

0—0.6米：腐殖质土；

0.6—0.8米：亚粘土；

0.8—3.8米：角砾土。

7月13日融化深度为2.0米,多年冻土上限为3.5米。其下为含冰透镜体的砾岩状构造冻土。
 结论:阳坡高山多年冻土下界在3180—3300米间。又据电探资料及地面情况判断,在海拔3250米处。

对阴坡未作勘探。据地面调查,多年冻土下界在海拔2900米附近。

二、关于冻土类型

自天山站至1号冰川前缘,我们进行了冻土测绘工作,划分出六个类型(图1):

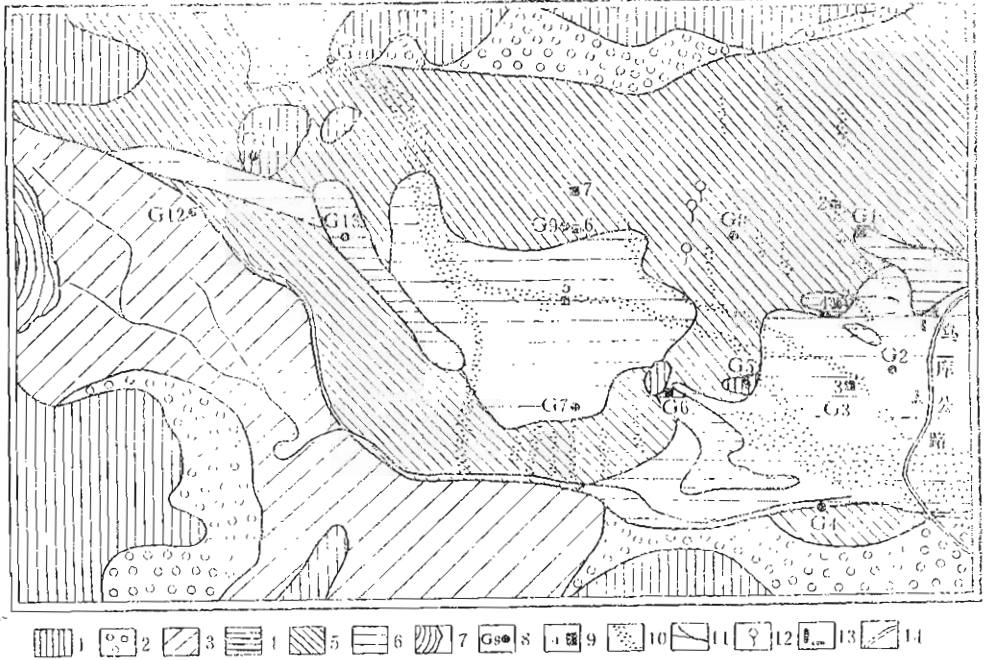


图1 天山站附近冻土类型图

1. 发育在古生界变质岩系中的裂隙-脉状冻岩; 2. 发育在重力碎屑堆积中的少冰冻土; 3. 发育在近代冰碛-冰水堆积中的含埋藏冰川冰的冻土; 4. 发育在新冰期冰碛中的饱冰的砾岩状构造冻土; 5. 发育在坡积-泥流堆积中的富冰-饱冰的砾岩状构造冻土; 6. 发育在冰水-坡积中的含土冰层与厚层状构造冻土; 7. 现代冰川;
8. 地质点; 9. 试坑; 10. 石河; 11. 水系; 12. 泉; 13. 房屋; 14. 已成公路

(1)发育在古生界变质岩中的含少量裂隙冰的多年冻岩 分布在测绘区南北两侧的高山及谷地内基岩出露处,一般含冰量甚少,仅有少量冲脉分布于基岩裂隙中。

(2)发育在重力堆积粗碎屑土中的少冰冻土 主要分布在山坡上部,毗邻于基岩陡坡,由于地形坡度大(20—30°),组成物质主要是坡石土,排水条件良好,成冰条件差,含冰量很小。

(3)发育在近代冰碛-冰水沉积中的含埋藏冰的多年冻土 分布在1号冰川及2号冰川前缘。前者已发现了埋藏冰川冰的露头。

(4)发育在新冰期冰碛境中的饱冰砾岩状构造冻土 据4号试坑揭露(图2),其多年冻土上限埋藏深度为2.3—2.7米,多年冻层呈砾岩状冻结构造,含冰透镜体(一般长2厘米,厚0.1—0.2厘米),体积含冰量约20—30%。是否在深部存在较大的冰体,有待进一步研究。

(5)发育在坡积-泥流堆积物中的含冰量大的砾岩状构造冻土 由于这些堆积物中混有

多量粉粘粒（达20—30%），故持水能力好而排水条件较差，且毗邻于陡坡，有较丰沛的水份补给，故有较好的成冰条件。据试坑2及7揭露（图3），多年冻土上限埋藏深度为1.8—2.5米，体积含冰量变化较大，可为10—60%，冻土中含较多的冰透镜体，一般长5—10厘米，厚2—5厘米，冻土具包裹式或充填式的砾岩状冻结构造。

（6）发育在冰水-坡积物中的厚层状构造冻土。这类冻土分布在坡脚下的沼泽化湿地，组成地层为砾质亚粘土及含多量粉粘粒的角砾土、碎石土，并夹有若干腐殖质夹层与透镜体。据试坑1，3，5揭露（图4，5，6），多年冻土上限埋藏深度为1.4—2米，多年冻层呈厚层状构造，上限附近第一个含冰层厚度超过30厘米，体积含冰量达70—95%。

三、冰缘现象

1. 拔石

在天山站附近的沼泽化湿地上，时见直立或斜立的块石。试坑3所见者最为典型。试坑东南的拔石，露出地面68厘米，埋在土中的部份为50厘米，倾角67°。另一立石位于试坑南角，倾角68°，高约60厘米。二者相距2米。试坑揭露了如下地层：

0—0.1米：草皮腐殖质土；

0.1—0.5米：角砾质亚粘土及腐殖质土；

0.5—1.15米：含多量粉粘粒的角砾土；

1.15—1.50米：含粉粘粒的碎石土，碎石大致水平排列；

1.50—1.68米：含土冰层（未见底），体积含冰量达95%，冰中悬浮着腐殖质土。

试坑资料表明：

（1）拔石与多年冻土层并无直接联系。因为它的根部与多年冻土层之间隔着未被扰动的层次；

（2）季节融化层具强冻胀性。角砾土中粉粘粒含量达30%，且含水量达30—50%。腐殖质土冻胀性更强。

结论：处于强冻胀性季节融化层的主冻胀带内的条形块石，在不均匀冻胀推举作用下渐趋直立，露出地面，形成拔石。

2. 石环

季子修对天山站附近的石环已作了描述^{〔1〕}，我们对1号冰川左倾空冰斗的石环作了解剖。试坑8解剖了位于空冰斗口的石环。该石环长轴2.5米，短轴1.7米。

“环”主要由块径为10厘米的碎石组成，大于10厘米者仅占20%。碎石间无充填物，但为水饱和。环的延伸深度仅为0.7米，相当于季节融化层厚度的47%弱。

环内，表面分布着由拳头大小的泥团及其周围的碎石所组成的小石环，其延伸深度不超过15厘米。其下，直至1.85米深处均分布着角砾土，但粉粘粒含量自上而下有所差异。0—0.70米深度内，粉粘粒含量达10—20%，0.7—1.5米，粉粘粒含量仅占5%，至1.5米（多年冻土上限）以下，基本上不含细颗粒，而角砾与碎石间为大量冰透镜体所充填，形成充填式砾岩状构造冻土。整个季节融化层均饱水。

图 4 天山站试坑 1 示意图

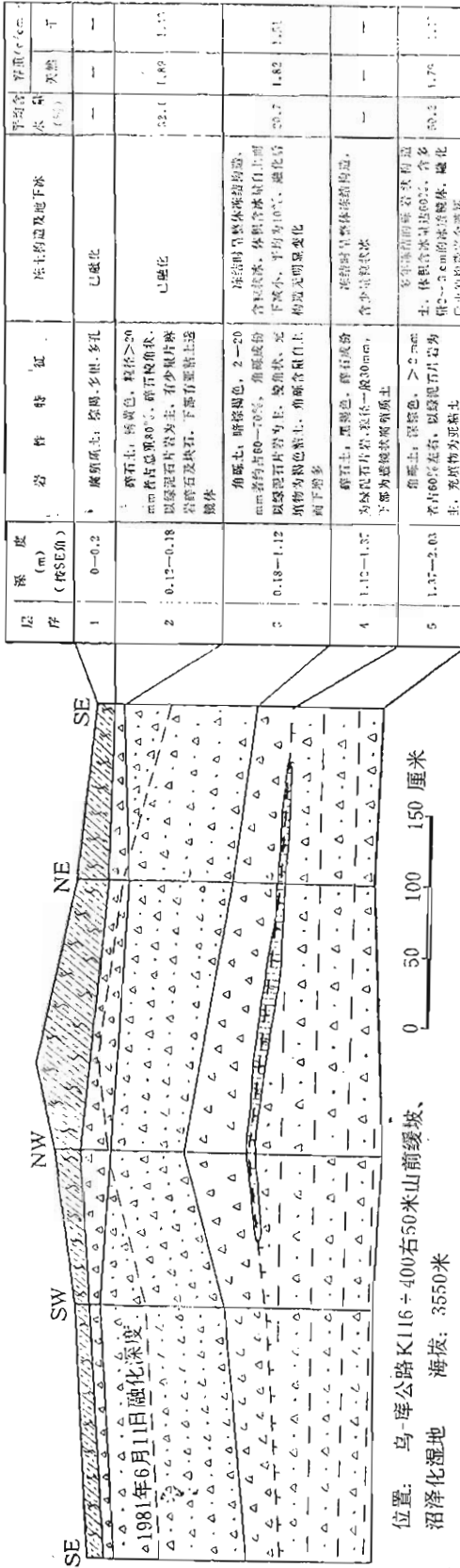


图 4 天山站试坑 1 展示图
(鉴定者: 丁玲珑 校对者: 邱国庆)

图 5 天山站试坑 3 展示图

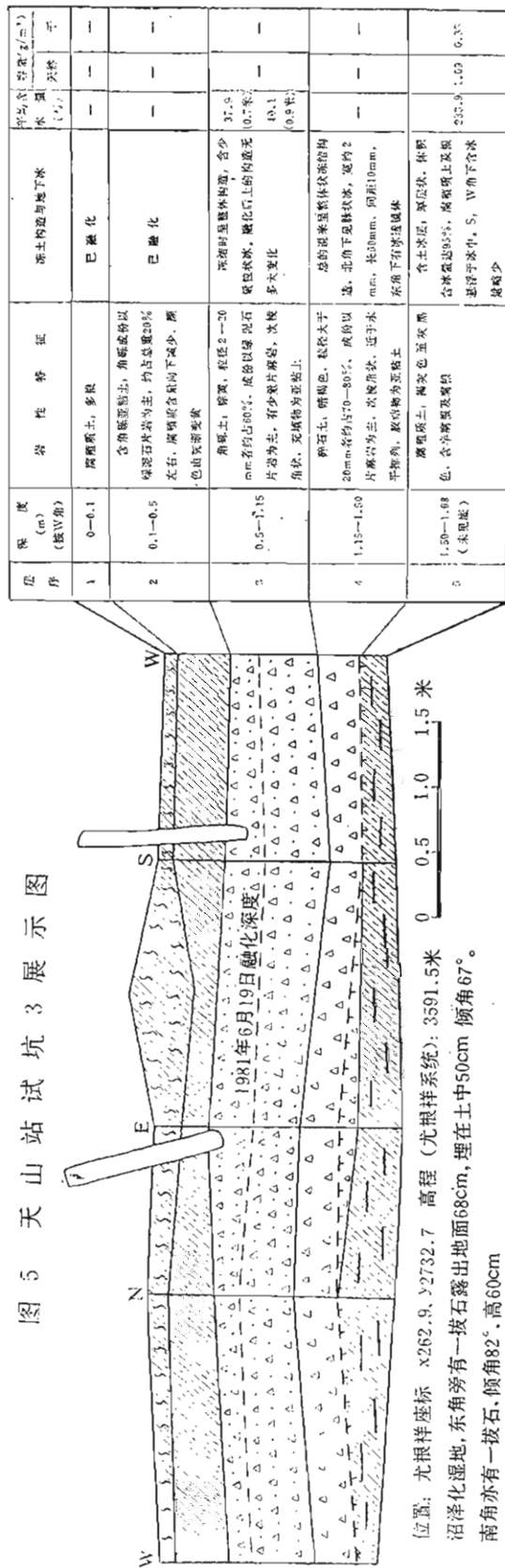


图 5 天山站试坑 3 展示图

(鉴定者: 丁玲 校对者: 邱国庆)

位置: 尤根样座标 X262.9, Y2732.7 高程(尤根样系统): 3591.5米
沼泽化湿地, 东角旁有一拔石露出地面68cm, 埋在土中50cm 倾角67°。
南角亦有一拔石, 倾角82°, 高60cm

图 6 天山站试坑 5 示意图

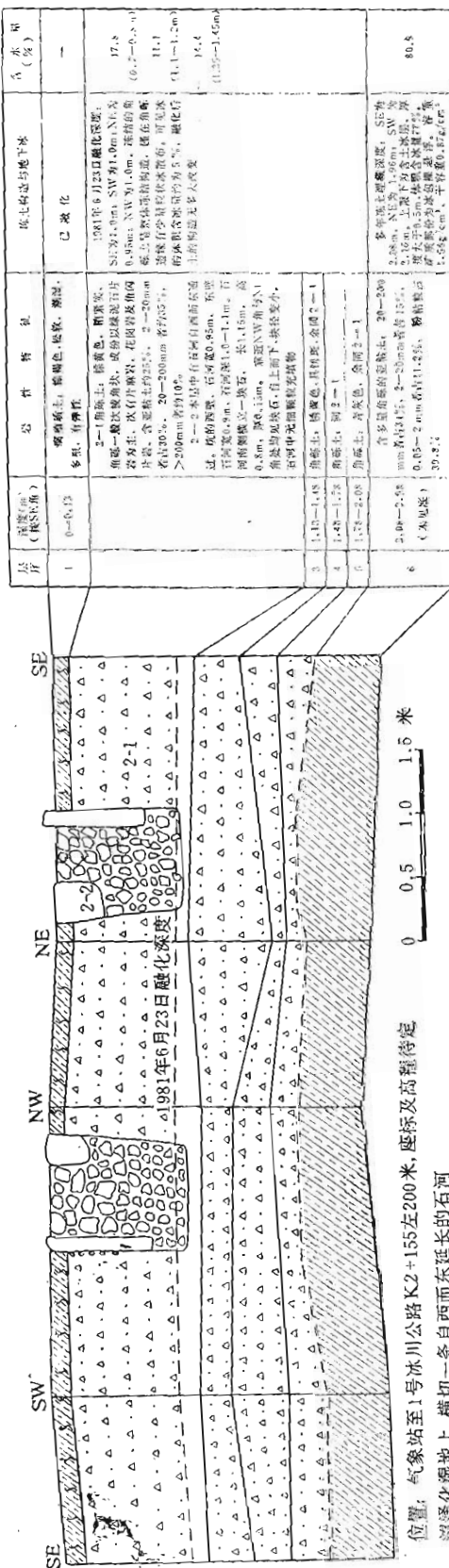


图 6 天山站试坑与展示图
(鉴定者: 李述训 校对者: 邱国庆)

试坑 9 所解剖的石环, 接近空冰斗的后壁。石环的规模与试坑 8 基本相近。“环”的延伸深度为 0.55 米, 基本上无细颗粒充填物, 并为水饱和。环内, 地表均匀地铺着薄层角砾, 其下即为含角砾的亚粘土。多年冻土上限埋藏深度为 0.9 米, 其下为含砾的冰层。

初步结论:

(1) 石环是发育在季节融化层内的, 其延伸深度不超过季节融化深度的 65%, 亦即发育在主冻胀带内。

(2) 石环既可发育在含多量细颗粒土的地层中, 也可发育在细颗粒甚少的地层内, 只要具备了一定的气候条件(如季子修所测^[1]), 一定的地形条件(坡度不大), 有饱冰的多年冻层作隔水底板因而使季节融化层处于饱水状态并具强冻胀性, 均可造成这种分选性的环状构造土。

3. 石河—条状分选性构造土

石河是本地区最常见的一种冰缘现象, 在高山冻土下界以上的具有中等坡度(8° — 15°)的山坡上, 几乎到处可见; 在坡度不足 8° 的沼泽化湿地上, 亦广为发育。前者较平直, 规模较小, 宽仅数十厘米至数米, 长数米, 十余米或数十米, 其中石块多直立或斜立; 后者较弯曲, 规模较大, 宽数米, 数十米乃至百米, 长数十米、数百米乃至 1 公里以上, 其两侧石块多直立或斜立, 中部常见有环形分选的痕迹, 似为压扁拉长了的石环。

试坑 7 及试坑 5 分别解剖了这两类规模不等的石河。试坑资料表明:

(1) 石河延伸深度不大。如位于山坡上的试坑 7, 揭示石河深度仅 0.55—0.75 米; 在沼泽化湿地上大型石河边缘, 则仅延伸至 3.1 米左右。石河延伸深度分别为季节融化深度的 38% 至 53%, 均处于主冻胀带内。

(2) 石河周围均为强冻胀性土。如试坑 7, 石河的周围是角砾质—碎石质亚粘土, 可塑至流动; 试坑 5, 石河周围是含亚粘土约 25% 的角砾土, 含水量为 17.8%, 饱水, 且附近时见拔石。

(3) 尽管石河中有流水, 但石河下并无多年冻土上限下降现象。在试坑 7, 多年冻土上限大致与坡面平行; 在试坑 5, 石河下多年冻土上限附近高 10—20 厘米。上限之下, 均有饱冰层, 如试坑 7, 上限之下见体积含冰量达 50—60% 的饱冰砾岩状构造冻土; 试坑 5, 上限下见体积含冰量达 77% 的含土冰层。高含冰量冻土作为隔水底板, 使季节融化层饱水和具强冻胀性。

因此, 可以认为, 石河不是基岩露头, 不是冲积物, 而是季节融化层中差异冻胀作用使石块集中而形成的条形构造土。

可以这样来假定山坡上石河的形成过程:

在融化季节, 山坡上形成一些临时性的水流线, 在水流线上, 部分的粉粘粒被冲刷掉, 在回冻时, 两侧的冻胀力就大于水流线上, 使得石块有向水流线集中的趋势, 反复冻融的结果, 便形成了一系列与坡向平行的石河。

在有一定坡度的沼泽化湿地上, 也存在融化季节的水流冲刷作用及冬季的侧向冻胀作用, 也可形成石河。不仅如此, 这里原先也发育有一些石环, 在石环发育到一定程度以后, 石环互相串通, 流水冲刷带走环内的细颗粒土, 离心冻胀作用减小而侧向冻胀作用仍存在, 于是, 石环逐步合并而形成大型石河。

4. 冻胀丘

天山地区冻胀丘很不发育，至今为止只在天山站以北约200米处见到一个典型的多年生冻胀丘，丘高1.4—1.5米，椭圆形，长轴12.8米，短轴6.3米，冻胀丘上笼罩着浓密的草皮腐殖质层，顶部沿长轴方向分布着一条大裂隙，长7米，宽10—40厘米，深40厘米。在冻胀丘的西北角，揭露了如下剖面：

0—0.2米：草皮腐殖质层；

0.2—0.4米：黄色角砾土；

0.4—1.0米：纯冰，透明，质纯，敲击下呈现直立节理；

1.0—1.5米：饱冰的砾岩状构造冻土。

为什么只在这里而不是在别的地方形成这样典型的冻胀丘，值得进一步研究。

5. 融冻泥流

自气象站至空冰斗口，除一段冰碛垅外，基本上就是一个大型的泥流坡。山坡上发育有3—5级以至8—10级泥流阶梯，高度5—8米不等，阶梯前缘不规则地向下突出。

在试坑2发现了两层被推移的其倾向与山坡方向相反的腐殖质层：山坡自北向南倾斜，而腐殖质层则自北向南挠起。第一层北端距地面0.9米，南端距地面0.4米；第二层北端距地面1.3米，南端距地面0.58米。这是它在融冻时向下蠕动并受块石阻挡所造成的。

6. 热融

天山站西沼泽化湿地上，见多处穴窝，直径2—3米及3—5米不等，深0.5—1米不等，内有无一定排列方向的块石并有积水。此外，还有一些串珠状积水陷坑，大小约0.5—1米，这都可能是地下冰融化所造成的。

参 考 文 献

- 〔1〕 季子修，天山中部现代冰缘作用，冰川冻土，2（3），1980。

乌鲁木齐河源 1 号冰川公路工程

李念杰

1 号冰川公路系天山冰川站的组成部分。该公路筹划于 1979 年, 8 月由张金华和作者到现场进行线路的初步踏勘和初步定线。路线长 5 公里。项目负责人是所基建处工程师姜平。在现场由基建处和天山站主要负责人协商, 勘测设计委托作者承担。

一、线 路

公路起自乌-库公路 116 + 800 里程处, 通往乌鲁木齐河源 1 号冰川, 终点设在 1 号冰川右侧冰顶部。海拔 3836 米, 长 3.7 公里。主要工程量: 土石方为 5.2 万立方米, 钢筋混凝土圆涵一座, 测水站一处。

该公路为简易公路。修筑的基本原则是顺地爬, 绕山转, 根据公路使用范围和当地地形条件, 适当提高或降低了四线公路规定的技术指标, 其具体技术指标数字如下:

路基宽度: 直线段为 4.5m; 曲线段 $R \geq 50\text{m}$ 的加宽值为 0.8m, $R < 50\text{m}$ 的加宽值为 1.2m;

最小曲线半径: $R = 15\text{m}$;

最大纵坡: $i = 10\%$ 。

二、路基路面

1. 设计施工原则

该公路途经现有厚层地下冰的沼泽带湿地、泥石流坡及新老冰碛, 冻胀危害是不可忽视的。为了减少冻胀对道路的危害, 特提出以下几点做为设计和施工的原则:

(1) 线路避开现有厚层地下冰的沼泽化湿地;

(2) 避免用表层的腐殖质土作填料, 更不能用溶化的冻土和含土冰层作填料;

(3) 全线应设有畅通有效的排水系统;

(4) 石河是一种不良地质现象。在设计穿越石河的路线采用填方路基的保护冻土时, 采用大型多孔、干砌石盲沟进行排水。

(5) 路基采用少挖多垫, 在弯道处非挖不可者, 亦要尽量克服高差, 以取得合理的设计为限;

2. 排水系统

有无畅通有效的排水系统, 事关公路的成败, 它不但对防止冻胀和热融有着重要的作用, 而且对排泄泥石流坡上多处出露的泉水也有重要作用。为此, 沿公路两侧均设置边沟(垫

方路基除外)疏通水流通道;在0+700至0+900等四处设置了截水沟或天沟,将山坡、冲沟来水排往公路以外后汇入河道。截水沟或天沟总长达800米,断面结构尺寸:宽1.2m,深0.8m;在0+400,1+1000,2+900和3+300四处设置盲沟,特别是在2+900两侧设置四孔大型干砌石盲沟,以排泄空冰斗来的冰雪水;在2+100处设置了钢筋混凝土圆涵一座,涵管直径 $D=1\text{m}$,以排泄泥石流坡后半部来水。

3. 边坡

线路所经地段大部分为含30—40%石块的类砂土。因此,路基填筑高度5—8m者均采用1:1.5的边坡,超过8米者采用片石干砌挡土墙。路堑边坡由于最大开挖深均小于4米,因此一律采取1:1.5的边坡。

4. 路拱路面

公路路面设置了路拱,路拱纵坡为3.2%;由于资金的限制,只对路况最差的粘土含量较多的1+1000—1+100一段进行了铺设,其它剩余路段,计划三年内完成路面材料的铺设。