
Tianshan Glaciological Station

Cold and Arid Regions Environmental and Engineering

Research Institute, Chinese Academy of Sciences

Annual Report

Volume 18, 2005—2006

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所
天山冰川观测试验站

2005—2006 年报

第 18 卷

2009 年 5 月

内 容 简 介

本期年报汇集了 2005—2006 年中国科学院天山冰川观测试验站有关冰川，水文，气象及环境等方面的研究，实验报告和基本观测资料。

本年报可供从事冰川，冻土，水文，气候，地球化学与环境变化等方面研究的科研，教学人员和研究生参考使用。

中国科学院寒区旱区环境
与工程研究所
天山冰川观测试验站年报

**Annual Report of Tianshan Glaciological
Station, CAREERI, CAS**

2005—2006 年 第 18 卷

Volume 18, 2005—2006

主编 李忠勤	Chief Editors: Li Zhongqin
责任编辑 董志文	Executive Editors: Dong Zhiwen
印刷装订	Printed by
印数	Impression ofCopies

天山冰川观测试验站年报

第 18 卷 2005—2006 年

目 录

前 言

常规观测和资料整编

1 物质平衡资料

- 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2004/2005 年度物质平衡..... 杨惠安, 李忠勤, 王飞腾 (1)
- 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2005/2006 年度物质平衡..... 杨惠安, 李忠勤, 周在明 (10)
- 天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川监测 焦克勤, 井哲帆, 李忠勤 (18)

2 水文气象资料

- 天山冰川试验站水文气象资料整编说明(2004/2005)..... 韩添丁 (24)
- 天山冰川试验站水文气象资料整编说明(2005/2006)..... 韩添丁 (40)

3 冰川运动资料

- 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(2005/2006)..... 井哲帆 (56)
- 天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(2005/2006)..... 井哲帆 (61)
- 乌鲁木齐河源 1 号冰川 2006 年月间运动速度观测资料..... 周在明 (65)

4 过程研究资料

- 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川过程研究资料整编说明.....(74)

观测试验工作进展

- 天山冰川监测网络建设..... 李忠勤, 王文彬 (77)
- 天山站实验室..... 朱余漫 (81)
- 乌鲁木齐河源空冰斗季节性积雪观测恢复..... 王飞腾 (86)
- 乌鲁木齐河源 1 号冰川厚度测量..... 李慧林 (88)
- 乌鲁木齐河源 1 号冰川动力学模式参数观测..... 李慧林 (90)
- 通过 GIS 和 RS 技术研究冰川变化..... 王 林 (94)
- 基于冰下地形和 GIS 技术的冰川储量计算方法..... 王璞玉 (101)
- 天山地区大气气溶胶样品采集及分析的历史与现状..... 赵淑惠 (107)
- 乌鲁木齐河流域降水和径流化学观测..... 周平, 金爽 (113)
- 乌鲁木齐河源 1 号冰川 2006 年运动速度月变化及面积变化..... 周在明 (117)
- 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川温度观测的恢复..... 董志文 (123)

近期工作情况

- 天山冰川站 2006 年工作总结.....(126)

天山冰川站 2007 年工作总结.....	(133)
天山冰川站 2008 年工作总结.....	(142)

附录

来站工作客座人员 (2004—2006).....	(154)
学术论文概要.....	(156)

论文选编

Preliminary results from measurements of selected trace metals in the snow-firn pack on Urumqi glacier No.1, eastern Tien Shan, China.	Li Zhongqin, Li Chuanjin, Li Yuefang, Wang Feiteng.
Characteristics of ionic concentration and $\delta^{18}\text{O}$ and their variability in dry season and wet season snow on Urumqi Glacier No. 1 in eastern Tianshan, China.....	Li Zhongqin, Wenbin Wang, Feiteng Wang, Huilin Li.
Deposition characteristic of the NH_4^+ on Urumqi glacier No. 1, eastern Tien shan, China.	Li Huilin, Li Zhongqin, Wang Wenbin, Wang Feiteng.
Development of depth hoar and its effect on stable isotopic content in snow-firn stratigraphy on Urumqi glacier No.1, eastern Tien shan ,China.....	Wang Feiteng, Li Zhongqin, Li Huilin, Zhang Mingjun, Wang Wenbin, Wang Lin.
Long term changes in the Snow-Firn pack Stratigraphy on Glacier No. 1, Eastern Tianshan Mountains.	Wang Feiteng, Li Zhongqin, R. Edwards, Li Huilin.
冰川消融对气候变化的响应—以乌鲁木齐河源1号冰川为例.	李忠勤, 沈永平, 王飞腾, 等
冰川动力学模式及其对中国冰川变化预测的适应性.	李慧林, 李忠勤, 沈永平, 等.
天山东部冰川积雪中大气粉尘的沉积特征.....	董志文, 李忠勤, 王飞腾, 等.
天山乌鲁木齐河源 1 号冰川积累区气溶胶和表层雪中可溶性矿物粉尘的变化特征及其相互关系.	张坤, 李忠勤, 王飞腾, 等.
乌鲁木齐河源 1 号冰川冰芯剖面物理特征及其形成机理研究.....	王林, 李忠勤, 王飞腾, 等.

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2004/05 年度物质平衡

杨惠安 李忠勤 王飞腾

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所/天山冰川观测试验站, 甘肃 兰州 730000)

1 概述

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川是该冰川空间位置的全称, 1 号冰川是其简称。20 世纪 50 年代末 (1959 年), 1 号冰川是由东、西两条支冰流汇流而成的面积 1.950 km^2 (1963 年) 的小冰斗—山谷冰川, 并且是乌鲁木齐河流域发育规模最大的现代冰川。从那时开始直至 20 世纪 90 年代初 (1993 年) 的观测研究发现, 1 号冰川由于物质负平衡持续增加, 导致冰川面积减少 (2001 年 8 月底为 1.708 km^2 , 42 年冰川面积平均年变化率为 -0.576%), 冰川末端退缩, 冰舌末端位置海拔高度爬升, 发生变化, 而原 1 号冰川整体解体为目前的两条相互完全独立冰川体系, 因此简称原 1 号冰川东支流为 1 号冰川东支冰川 (1993 年为 1.163 km^2), 原 1 号冰川西冰流为 1 号冰川西支冰川 (1993 年为 0.677 km^2)。在冰川数量调查方面, 冰川退缩意味着冰川储量的缩减和冰川条数的增加。冰川厚度的减薄亦是现阶段冰川最显著退缩特征, 这在 1 号西支冰川冰舌部分显得尤为突出。

2004/05 年度物质平衡观测网点的布设是在上一年观测研究工作的基础上进行的, 即分别在 1 号冰川东支和西支冰川消融区表面, 从冰舌开始自下而上布设 A—I 等各 9 个横剖面, 各横剖面一般在冰面上等距离布设 3 根测杆进行消融期积消量的观测, 积累区资料则以挖取雪坑观测结果获得。近年来由于冰舌末端消融强烈以及退缩之故, 使得东支 A 剖面和西支 A、B、C 剖面的冰面地形变得越来越陡峻, 尤其西支东侧冰舌更是冰悬壁削, 冰裂隙密布, 涉及这些区域的冰面测杆的布设和观测行为都非常危险, 尤其是西支 C 剖面东侧冰面裂隙密布, 布设测杆和测杆观测的难度也越来越大, 这些断面测杆布设的数量亦因此减少到 1 个点到 2 个点 (西支 C 剖面)。2003/04 年 1 号冰川物质平衡测点平均密度为 29 根/km^2 。图 1 为 2003/04 年 1 号冰川物质平衡观测网点。

本年度 1 号冰川物质平衡观测方法与上一年相同, 即从 4 月末开始观测, 每月底或月初观测一次, 至 8 月底为最后一次结束年度观测。

1 号冰川已解体为相互完全独立的 1 号冰川东支和 1 号冰川西支, 为了便于与历史资料比较, 1 号冰川的零平衡线高度是利用面积加权法求得的。

2 物质平衡观测计算结果

在观测、统计和计算工作的基础上, 2004/05 年度天山乌鲁木齐河源 1 号冰川及其 1 号冰川东支、西支物质平衡获得如下若干结果:

(1) 2004/05 年度 1 号冰川西支单点物质平衡观测计算结果 (表 1);

(2) 2004/05 年度 1 号冰川东支单点物质平衡观测计算结果 (表 2);

(3) 冬平衡的观测, 是指上一年 (2004 年) 9 月 1 日至本年 (2005 年) 4 月 30 日期间为 1 号冰川的冬平衡观测计算时段的观测结果。2004/05 年度 1 号冰川冬平衡结果为 $+96.0 \text{ mm}$, 其平衡线海拔高度为 3872 m ; 其中 1 号冰川东支物质冬平衡为 $+98.1 \text{ mm}$, 平衡线海拔 3817 m , 1 号冰川西支冬平衡结果为 $+92.3 \text{ mm}$, 平衡线海拔高度为 3971 m (表 3)。

尽管天山乌鲁木齐河源 1 号冰川于 1959 年开始监测其年度物质平衡变化状况，但其冬平衡的专项观测及其评估仅始于 1988 年。

(4) 物质平衡年度结果，2004/05 年度 1 号冰川物质净平衡结果-487.7 mm，平衡线海拔高度为 4054 m，其中 1 号冰川东支年净平衡结果为-479.6 mm，平衡线为 4045 m；1 号冰川西支年净平衡为-502.5 mm，平衡线为 4071 m (表 4)。

(5) 夏季物质平衡结果，本年度 (2005 年) 5 月 1 日起始至 8 月 30 日止的 5—8 月四个月期间为 1 号冰川夏平衡计算时间段。2004/05 年度 1 号冰川夏平衡结果为-583.7 mm，其中 1 号冰川东支夏平衡结果为-577.7 mm，1 号冰川西支夏平衡为-594.7 mm。

(6) 2004/05 年度 1 号冰川西支各高度带物质平衡 (表 5)；

(7) 2004/05 年度 1 号冰川东支各高度带物质平衡 (表 6)；

(8) 2004/05 年度 1 号冰川冬平衡等值线图 (图 2)；

(9) 2004/05 年度 1 号冰川物质净平衡等值线图 (图 3)。

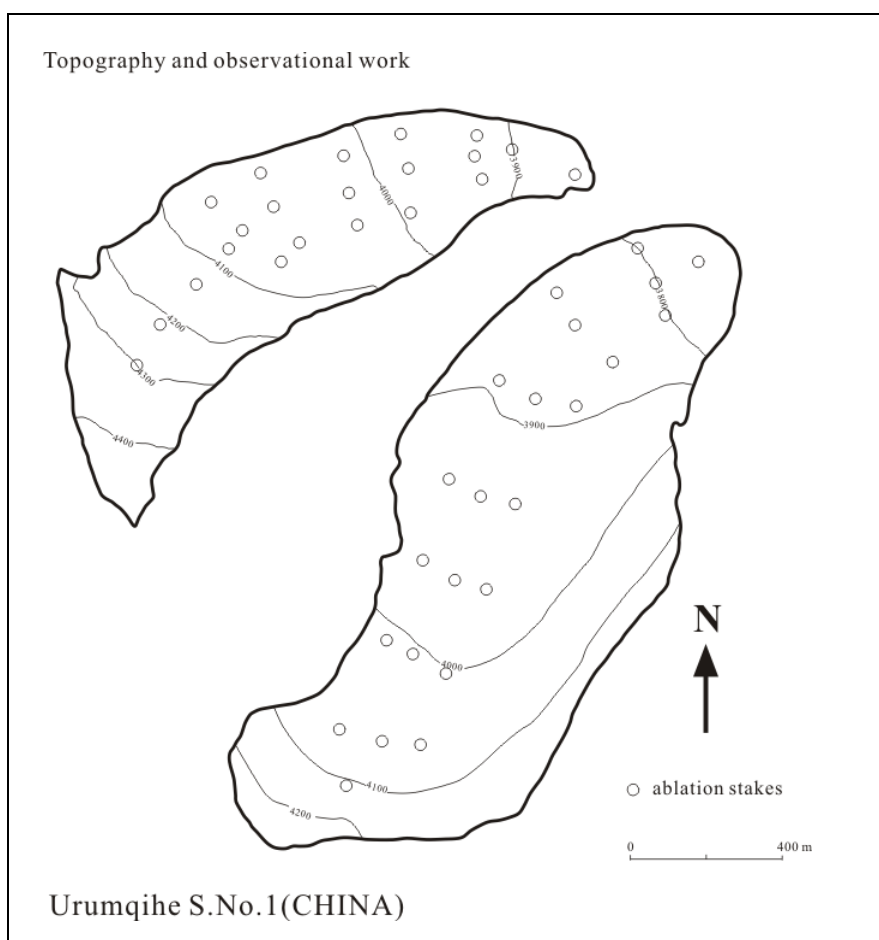


图1 2004/05 年 1 号冰川物质平衡观测网点

表 1 2004/05 年度 1 号冰川西支单点物质平衡观测计算数据结果 (2004/08/31-2005/08/30)

剖面	测杆 (№)	海拔 (m)	纯 积 消 量 (±mm)				
			04.08.31—05.05.01.	2005.05.30.	2005.06.28.	2005.07.26.	2005.08.30.
A	1	3830	-426.0	-581.2	-1386.0	-2322.0	-3496.5
BC	BC	3900	-52.8	+13.8	-540.0	-1179.0	-2577.0
D	1	3928	-225.0	-139.0	-423.0	-999.0	-1821.0
	2	3926	+33.0	+21.5	-264.0	-768.0	-1383.0
	3	3933	-73.0	-29.3	-531.0	-1161.0	-2007.0
	平均	3929	-88.3	-48.9	-406.0	-976.0	-1737.0
E	1	3974	+8.5	+168.2	-209.0	-650.0	-1322.0
	2	3976	+416.5	+225.2	-118	-631.0	-1291.0
	3	3994	+91.0	+121.0	+10.0	-620.0	-1037.0
	平均	3981	+172.0	+171.5	-105.7	-633.7	-1216.7
F	1	4013	+264.5	+424.4	+226.0	-105.0	-714.0
	2	4021	+174.1	+14.6	+76.1	-156.4	+644.4
	3	4027	+32.6	+198.1	-169.4	-678.4	-1137.4
	平均	4020	+157.1	+212.4	+44.2	-313.3	-402.3
G	1	4045	+243.0	+271.0	+243.0	+69.0	-823.0
	2	4055	+225.5	+345.0	+72.0	-94.0	-537.0
	3	4048	+258.4	+687.6	+300.9	+29.9	+240.6
	平均	4053	+242.3	+434.5	+205.3	+1.6	-373.1
H	1	4077	+68.0	+146.4	+171.0	-31.0	-511.0
	2	4073	+65.5	-23.0	-29.5	-149.0	-542.0
	3	4070	+181.5	+548.4	+394.9	+116.4	-9.6
	平均	4073	+105.0	+223.9	+178.8	-21.2	-354.2
L1	1	4125	+124.5	+188	+280.4	+454.5	+332.4
L2	1	4175	+113.4	+180.0	+378.0	+303.0	+316.3
L3	1	4225	+100.3	+302.0	+390.0	+180.0	+295.6
L4	1	4300	+90.0	+204.0	+320.0	+229.0	+298.6
L5	1	4375	+92.0	+190.0	+350.0	+323.0	+272.6
L6	1	4450	+30.0	180	360	+370.0	+286.3

表 2 2004/05 年度 1 号冰川东支单点物质平衡观测计算数据结果 (2004/08/30—2005/08/30)

剖面	测杆 (№)	海拔 (m)	纯 积 消 量 (±mm)				
			04.08.30-05.05.2.	05.05.31.	05.06.29.	05.07.27.	05.08.30.
A	1	3776	-161.5	-169.0	-883.8	-1728.0	-2724.0
B	1	3801	-48.0	+39.0	-534.0	-1335.0	-2110.0
	2	3801	-74.5	-18.2	-561.0	-1224.0	-2022.0
	3	3801	-69.5	-56.0	-867.0	-1719.0	-2592.0
	平均	3801	-64.0	-11.7	-654.0	-1426.0	-2241.3
C	1	3849	+110.0	+286.0	-4.0	-619.0	-1351.0
	2	3852	+57.5	+170.5	-347.0	-1083.0	-2160.0
	3	3847	+189.0	+146.0	+90.0	-426.0	-1113.0
	平均	3849	+118.8	+200.8	-87.0	-709.3	-1541.3
D	1	3894	+243.1	+342.0	+69.0	-227.0	-1025.0
	2	3890	+64.5	+186.4	-84.5	-504.0	-1008.0
	3	3892	+106.5	+489.5	+97.5	-112.5	-539.7
	平均	3892	+138.0	+339.3	+27.3	-281.2	-857.6
E	1	3922	+258.0	+138.0	+204.0	+440.0	-610.8
	2	3923	+51.5	-106.2	+82.5	-151.0	-643.0
	3	3923	+88.8	+325.8	+139.8	-91.2	-514.2
	平均	3923	+132.8	+119.2	+142.1	+65.9	-589.3
F	1	3971	+16.2	+109.0	-26.0	-275.0	-632.0
	2	3965	+154.9	+263.4	+248.4	-59.1	-405.6
	3	3966	+176.0	+633.0	+243.0	+114.0	+24.0
	平均	3967	+115.7	+335.1	+155.1	-73.4	-337.9
G	1	4008	+78.7	+125.7	+93.7	-183.3	-540.3
	2	4004	+98.9	+243.4	+183.4	-94.6	-479.6
	3	4003	+249.8	+843.0	+336.0	+554.5	+123.0
	平均	4005	+142.5	+404.0	+204.4	+92.2	-299.0
H	1	4058	-35.0	+87.0	+30.5	-204.0	-669.0
	2	4043	-126.0	-162.0	+126.0	+29.0	-24.0
	3	4058	+168.0	+387.0	+206.5	+72.0	+123.0
	平均	4053	+2.3	+104.0	+121.0	-34.3	-190.0
I	1	4075	-780.0	-579.0	-720.5	-996.0	-992.4
J	1	4130	+125.0	+190.0	+281.0	+305.0	+290.0
K	1	4170	+112.5	+180.5	+253.0	+305.0	+312.0
L	1	4220	+123.0	+188.1	+275.4	+316.5	+320.3

表 3 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2004/05 年度物质平衡观测计算结果

项 目	平衡线 海 拔 (m)	Bc 纯积累			Ba 纯消融			Bn	
		积累区面 积(km ²)	积累量 (10 ⁴ m ³)	积累深 (mm)	消融区面 积(km ²)	消融量 (10 ⁴ m ³)	消融深 (mm)	总 量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)
1 号东支	4045	0.533	9.8	183.9	0.568	62.2	1102.1	-52.8	-479.6
1 号西支	4071	0.343	5.0	145.8	0.264	35.5	1344.7	-30.5	-502.5
1 号冰川	4054.2	0.876	14.8	168.9	0.832	98.1	1179.1	-83.3	-487.7

表 4 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2004/05 年度冬平衡观测计算结果

项 目	平衡线 海 拔 (m)	Bc 纯积累			Ba 纯消融			Bn	
		积累区面 积(km ²)	积累量 (10 ⁴ m ³)	积累深 (mm)	消融区面 积(km ²)	消融量 (10 ⁴ m ³)	消融深 (mm)	总 量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)
1 号东支	3817	1.007	11.6	115.3	0.095	0.8	88.1	+10.8	+98.1
1 号西支	3971	0.529	6.9	130.8	0.078	1.3	172.1	+5.6	+92.3
1 号冰川	3871.7	1.536	18.5	120.5	0.173	2.1	121.4	+16.4	+96.0

表 5 1 号冰川西支 2004/05 年度各高度带物质平衡 (mm)

海拔高度 区间(m)	冰川面积 (km ²)	观测时间 (年/月/日)				
		05.05.01	05.05.30	05.06.28	05.07.26	05.08.30
4400-4486	0.030	120	100	174	200	135
4350-4400	0.034	140	180	350	389	160
4300-4350	0.045	180	180	350	480	210
4250-4300	0.036	180	200	360	360	220
4200-4250	0.035	140	195	330	390	214
4150-4200	0.037	140	300	450	270	184
4100-4150	0.053	130	210	378	380	150
4050-4100	0.112	130	125	300	52	96
4000-4050	0.088	120	26	203	-80	-560
3950-4000	0.067	110	-53	-28	-502	-1040
3900-3950	0.041	100	-290	-306	-1179	-1780
3850-3900	0.024	-100	-650	-910	-1510	-2010
3825-3850	0.005	-200	620	-880	-2322	-3500
3825-4486	0.607	92.3	87.9	59.3	-236.3	-503

表 6 1号冰川东支 2004/05 年度各高度带物质平衡 (mm)

海拔高度 区间(m)	冰川面积 (km ²)	观 测 时 间 (年/月/日)				
		05.05.02	05.05.31	05.06.29	05.07.27	05.08.30
4150-4267	0.120	139	188	281	288	234
4100-4150	0.081	181	104	121	100	332
4050-4100	0.095	169	404	204	-263	229
4000-4050	0.169	170	335	155	-575	-180
3950-4000	0.160	140	119	142	-644	-340
3900-3950	0.205	120	339	28	-832	-630
3850-3900	0.118	110	201	-87	-1160	-990
3800-3850	0.088	60	-12	-654	-1639	-2100
3742-3800	0.065	-180	-170	-884	-2155	-2730
3742-4267	1.101	98.1	167.1	-77.1	-764.4	-480

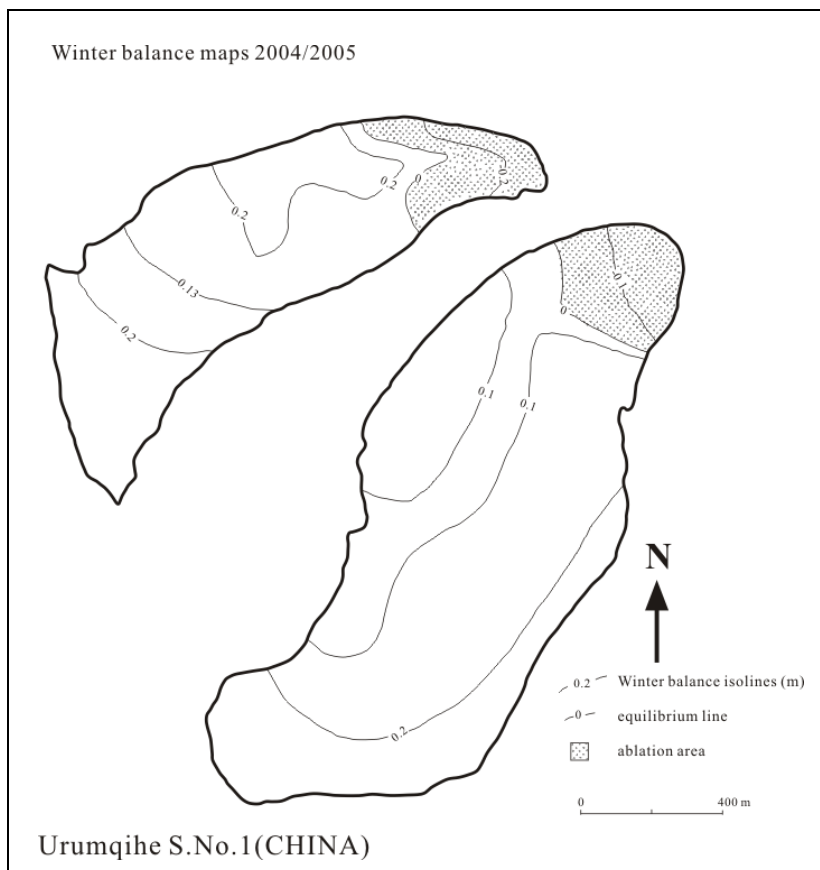


图 2 1号冰川 2004/05 年度冬平衡等值线图

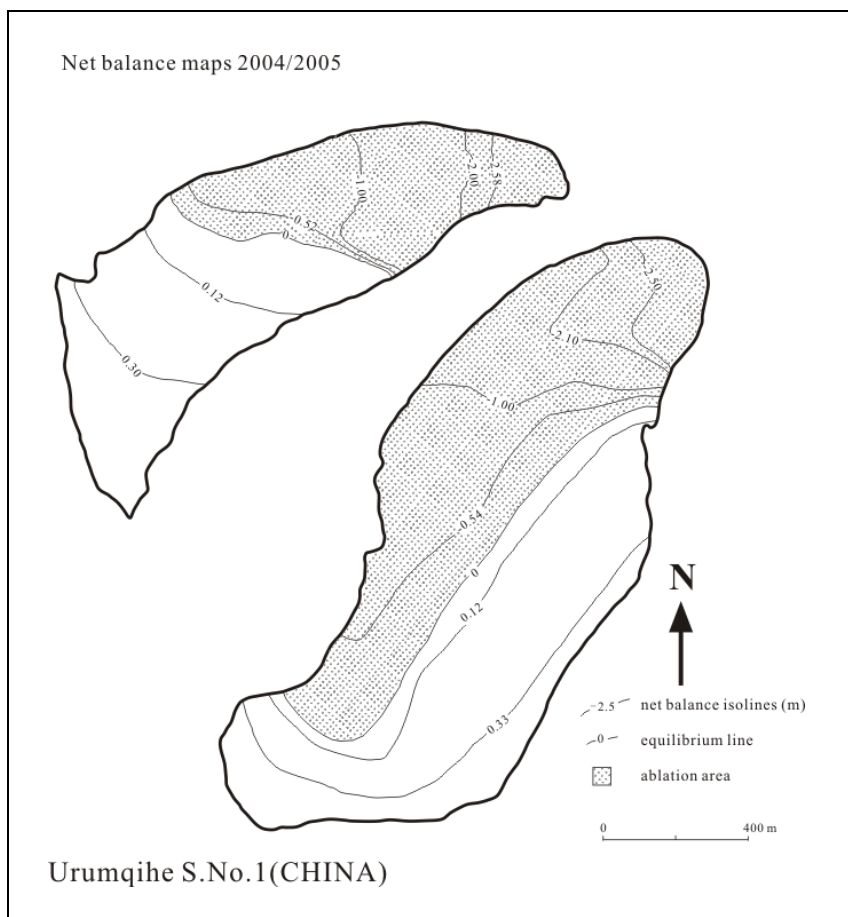


图3 1号冰川 2004/05 年度物质纯平衡等值线图

3 气候状况

根据大西沟气象站气象资料统计, 2004/05 年度 (8—9 月) 天山乌鲁木齐河源地区年平均气温为 -4.5°C , 比上年同期升高了 0.1°C 。但仍高出多年平均值 0.8°C ; 本年度除 1 月、3~5 月、7—8 月的 6 个月月平均气温较上年有明显上升, 上升幅度在 0.3°C (8 月)~ 4.6°C (4 月) 之间, 而 10—2 月和 6 月的 6 个月月平均气温则比上年同期有明显下降, 下降幅度为 0.6°C (6 月)~ 2.9°C (1 月)。本年度冷季 (9—4 月) 平均气温 -8.4°C , 比上年同期下降 0.2°C , 仍高于同期多年平均值 0.8°C ; 本年度暖季 (5—8 月) 4 个月内, 除 6 月月均温较上年降低 0.6°C 外, 其余 3 个月的月气温均较上年同期有所升高, 升高幅度介于 0.3°C (8 月)~ 2.1°C (7 月) 之间。

天山乌鲁木齐河源地区本年度降水总量为 425.5 mm , 属于 2000 年以来降水量减少年份之一, 降水量比上年同期减少了 6.2% , 大体上接近且略少于本区多年降水平均水平。年度内冷季 (9~4 月) 降水占年度总量的 19.5% , 但比上年同期减少 2.1% , 也少于同期多年平均值 2.6% ; 暖季 (5~8 月) 降水占年度总量的 80.5% , 虽比上年同期减少 2.1% , 但仍高于同期多年平均值 2.5% 。

4 结果比较

与上一年度末物质净平衡结果 (-754.7 mm) 和平衡线海拔高度 (4123 m) 比较, 本年度 1 号冰川物质净平衡观测计算结果 (-487.7 mm) 较上一年度末有所减少, 平衡线海拔高度 (4054 m) 亦比上年有明显降低, 但仍处于新近负平衡周期范围。

2004/05 年度 1 号冰川物质净平衡仍为负平衡年, 而且是自 1996 年以来新近负平衡周期

内连续出现的第 9 个负平衡年。与过去 45 年来的物质平衡结果比较, 连续延伸的 9 年负平衡年周期的现象 (杨惠安等, 2005), 本年度的这个结果在天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡观测研究史上是空前的 (图 4)。

冰川补给期与消融期同时同步, 是天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的主要特征之一。综合气温和降水资料可以看出, 2004/05 年度气候状况相对于上年为低温雨水适中年份, 年均温为 -4.5°C , 年内冷季 (9~4 月) 气温平均为 -8.5°C , 比上年同期值低 0.1°C ; 暖季 (5~8 月) 平均气温 3.6°C , 与上年同期值相同; 本年度降水量为 501.2 mm, 比上年同期值偏多 75.5 mm。

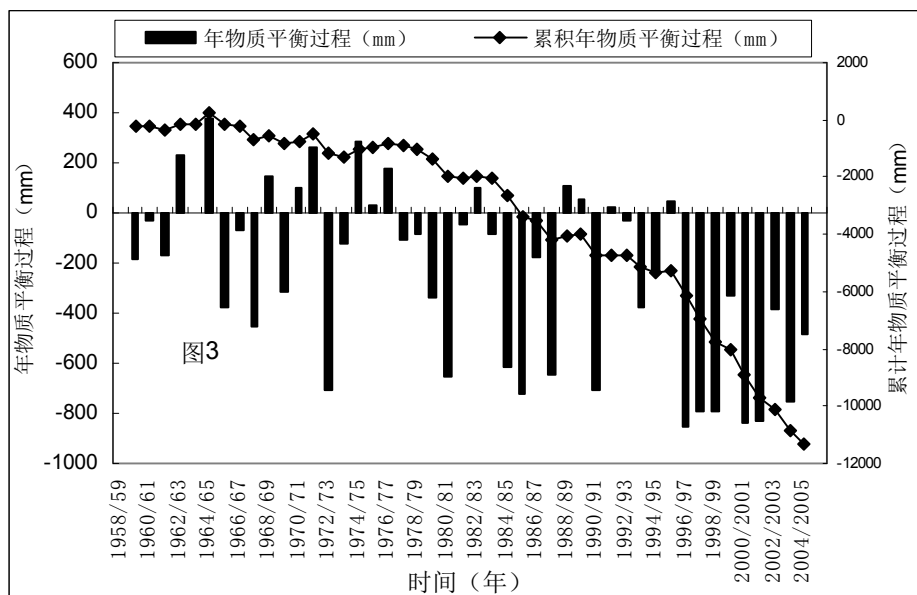


图 4 乌鲁木齐河源 1 号冰川年度物质净平衡和累积年度物质净平衡变化过程

参考文献 (References)

- [1] 施雅风, 苏珍. 天山乌鲁木齐河源冰川的形态特征与历史演变. 天山乌鲁木齐和冰川与水文研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1965.83-87
- [2] 谢自楚, 葛广文. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的积累、消融及物质平衡. 天山乌鲁木齐和冰川与水文研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1965.14-30
- [3] 杨惠安, 李忠勤, 叶佰生, 等. 中国天山冰川数量的时空分布及其 1959—1992 年间的变化. 中国科学院天山冰川观测试验站年报. 1996-1998 年报, 1999 年 4 月, 15: 1-6.
- [4] YANG Hui-an, LI Zhong-qin, YE Bai-sheng, et al. 2005. Study on Mass Balance and Pprocess of Glaier NO.1 at the Urumqi River in the Past 44 Years. Arid Land Geography. Vol.28, No.1: p76-80. [杨惠安, 李忠勤, 叶佰生, 等. 过去 44 年乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡结果及其过程研究[J]. 干旱区地理, 2005, 28(1): 76-80.]
- [5] Yang Huian The Extensive Information of Mass Balance of Urumqihe Sources No.1 Glacier in Tianshan of China. Glacier Mass Balance Bulletin No.6, 1998-1999[R], IAHS(ICSU)/UNEP/UNESCO, WGMS/ETH, Zurich. 2001.
- [6] Yang Huian. The Extensive Information of Mass Balance of Urumqihe Sources No.1 Glacier in Tianshan of China. Glacier Mass Balance Bulletin No.7, 2000-2001[R], IAHS(ICSU)/UNEP/UNESCO/WMO, WGMS/ETH, Zurich. 2003.
- [7] 杨惠安, 王纯足, 焦克勤, 等. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 1998/99 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报. 1999-2002 年报, 2003 年 11 月, 16: 75-85.

- [8] 杨惠安, 叶柏生, 焦克勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 1999/2000 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报. 1999-2002 年报, 2003 年 11 月, **16**: 86-92.
- [9] 杨惠安, 李忠勤, 焦克勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2000—2002 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报. 1999-2002 年报, 2003 年 11 月, **16**: 93-103.
- [10] Yang Huian. The Detailed Information of Mass Balance of Urumqihe Sources No.1 Glacier in Tianshan of China. Glacier Mass Balance Bulletin No.8, 2002-2003[R], IUGG(CCS)/UNEP/UNESCO/WMO, WGMS/ETH, Zurich. 2005.
- [11] Yang Huian. The Detailed Information of Mass Balance of Urumqihe Sources No.1 Glacier in Tianshan of China. Glacier Mass Balance Bulletin No.9, 2004-2005[R], IAHS(ICS)/UNEP/UNESCO/WMO, WGMS/ETH, Zurich. 2008.
- [12] 杨惠安, 李忠勤, 焦克勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2002/03 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报. 2003-2004 年报, 2006 年 6 月, **17**: 176-180.
- [13] 杨惠安, 李忠勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2003/04 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报. 2003-2004 年报, 2006 年 6 月, **17**: 181-188.
- [14] 杨惠安, 李忠勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2004/05 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报. 2005-2006 年报, 见本年报 (第 18 卷).

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2005/06 年度物质平衡观测研究成果

杨惠安 李忠勤 周在明

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所/天山冰川观测试验站, 甘肃 兰州 730000)

一般认为, 冰川物质平衡观测研究是现代冰川研究工作基础的基础。中国天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡项目的观测研究起始于上世纪的 1959 年夏季, 当时的 1 号冰川面积为 1.95 km^2 , 冰川长度为 2.41 km , 冰川末端最低为海拔 3736 m , 是乌鲁木齐河流域发育规模最大的双冰斗冰川形态的现代冰川。随着时光的流逝 1 号冰川也随之波动, 自 1993 年以来, 随着冰舌逐渐萎缩而由以前汇流形成的 1 条冰川蜕变为两条各自完全独立的冰川体系, 即 1 号冰川西支和 1 号冰川东支。由此亦表明一个区域冰川退缩意味着该区域冰川数量中冰川条数是增加的, 而冰川面积及其储量是递减的。

本年度夏初 (2006 年 5 月末) 乌鲁木齐河源 1 号冰川面积观测结果是 1.677 km^2 , 其中 1 号冰川西支表面积 0.591 km^2 , 冰舌末端最低海拔高度 3826.7 m , 1 号冰川东支为 1.086 km^2 , 其冰舌末端最低海拔高度 3738.3 m 。与 2001 年 8 月末的测绘结果比较, 原 1 号冰川面积减少了 -0.031 km^2 , 面积萎缩幅度为 1.81% ; 1 号冰川西支冰川面积减少了 -0.016 km^2 , 面积萎缩幅度为 2.64% ; 1 号冰川东支冰川面积减少了 -0.015 km^2 , 冰川面积萎缩幅度为 1.36% 。

1 基础观测数据

(1) 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川西支 2005/06 年度物质平衡观测数据, 本年度 2006 年 6 月和 8 月初未进行物质平衡观测, 但个别进行了观测的点观测数据亦整理列入 (如 1 号冰川西支 BC 点), 1 号冰川西支 8 月份物质平衡估测数据空缺 (表 1)。

(2) 与 1 号冰川西支一样, 1 号冰川东支本年度 2006 年 6 月和 8 月初亦未进行物质平衡观测, 故 8 月份数据基本空缺 (个别列入者是补充测点测杆之故) (表 2)

表 1 2005/06 年度 1 号冰川西支单点物质平衡观测计算数据结果 (2005/08/31-2006/09/01)

剖面	测杆 (№)	海拔 (m)	纯 积 消 量 (±mm)				
			05.08.31—06..04.29.	2006.05. 27.	2006.07.27.	2006.08.03.	2006.09.01.
A	1	3850	-655.5	-969.3	-2245.5		-3172.5
BC	BC	3854	-24.5	-177.0	-1158.0	-1428.0	-2253.0
D	1	3953	-372.0	-507.0	-1114.0		-2128.0
	2	3953	-55.5	-135.5	-893.0		-1875.0
	3	3953	-132.0	-217.5	-182.0		2701.0
	平均	3953	-186.5	-286.7	-1275.7		-2234.7
E	1	3964	-68.0	-114.0	-1689.0		-2664.0
	2	3966	-387.6	-514.5	-2058.5		-2878.5
	3	3980	+46.8	0.0	+59.0		-860.0
	平均	3970	-136.3	-209.5	-1229.5		-2134.2
F	1	4000	+186.0	+175.0	-201.0		-1195.0
	2	4009	+49.4	+67.5	-601.0		-1420.0
	3	4019	+75.0	+12.0	-802.5		-1524.0
	平均	4009	+103.5	+84.8	-534.8		-1379.7
G	1	4026	+82.0	+70.0	+359.0		-476.0
	2	4044	+53.8	+164.7	+374.0		-367.0
	3	4044	+231.0	+276.6	-192.0		-690.0
	平均	4038	+122.3	+170.4	+180.3		-511.0
H	1	4050	+111.0	+149.0	-29.0		-804.0
	2	4052	+61.0	+76.0	-28.5		-563.8
	3	4054	-252.0	-87.0	-159.0		-245.9
	平均	4052	-26.7	+46.0	-72.2		-538.9
L1	1	4130	+225.0	+288.0	+280.0		+132.0
L2	1	4250	+345.0	+360	+378.0		+216.0
L3	1	4300	+90.0	+204.0	+320.0		+298.0

表2 2005/06 年度 1 号冰川东支冰川单点物质平衡观测计算数据结果 (2005/08/31-2006/09/01)

剖面	测杆 (№)	海拔 (m)	纯 积 消 量 (±mm)				
			05.08.31-06.04.29.	2006.05. 27.	2006.07.27.	2006.08.03.	2006.09.01.
A	1	3796	-158.2	-307.5	-1758.0	-1992.0	-3138.0
B	1	3828	-187.5	-224.5	-1547.0	-1907.0	-3005.0
	2	3838	-105.0	-171.5	-1365.0	-1572.0	-2587.0
	3	3832	-31.5	-157.5	-1377.0	-1638.0	-2655.0
	平均	3833	-108.0	-184.5	-1429.7	-1705.7	-2749.0
C	1	3888	-33.0	-19.5	-753.0		-1618.0
	2	3886	-249.0	-186.0	-1290.0		-2229.0
	3	3900	+159.0	+354.0	-312.0	-474.0	-1287.0
	平均	3891	-41.0	+49.5	-785.0	-474.0	-1711.3
D	1	3925	-4.5	+48.0	-654.0		-764.5
	2	3936	-71.1	-68.6	+302.4		-508.1
	3	3956	+50.4	+97.2	-130.8		-879.3
	平均	3939	-8.4	+25.5	-160.8		-717.3
E	1	3950	+152.6	+203.2	+24.6		-756.4
	2	3954	+189.0	+255.0	-66.0		-921.0
	3	3960	+160.0	+158.2	-36.0		-750.0
	平均	3955	+167.2	+205.5	-25.8		-809.1
F	1	3976	+57.3	+178.8	-28.0		-745.0
	2	3977	+124.2	+238.8	+60.0		-672.2
	3	4004	+89.4	+175.8	+117.0		-336.4
	平均	3986	+90.3	+197.8	+49.7		-584.5
G	1	3996	+0.8	+46.5	-37.0		-705.0
	2	3996	+86.2	+104.4	-9.0		-700.0
	3	4007	+169.6	+243.6	+255.0		+2.0
	平均	4000	+85.5	+131.5	+69.7		-467.7
H	1	4046	-30.0	+47.4	-159.0		-757.1
	2	4046	+80.6	-82.1	+147.5		-262.1
	3	4055	+132.0	+191.2	+192.3		-188.0
	平均	4049	+60.9	+52.2	+60.3		-402.4
I	1	4060	+225.0	+306.9	+283.4		-92.3
J	1	4120	+125.0	+188.0	+280.0		+130.0
K	1	4150	+250.0	+298.0	+362.0		+230.0
L	1	4175	+113.4	+180.0	+378.0		+316.3

2 冰川物质平衡观测计算结果

(1) 2005/06 年度 1 号冰川冬平衡观测计算结果, 2005 年 9 月~2006 年 4 月底, 1 号冰川西支冬平衡为-277.2 mm, 1 号冰川东支为+43.2 mm, 原乌鲁木齐河源 1 号冰川冬平衡为+39.4 mm (表 3):

表 3 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2005/06 年度冬平衡观测计算结果

冰川名称	平衡线 海拔 (m)	纯积累			纯消融			冬平衡	
		积累区面积 (km ²)	积累量 (10 ⁴ m ³)	积累深 (mm)	消融区面积 (km ²)	消融量 (10 ⁴ m ³)	消融深 (mm)	总量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)
1 号西支	3973.6	0.479	5.64	117.8	0.112	-4.42	-395.0	+1.22	-277.2
1 号东支	3925.7	0.708	8.07	114.0	0.378	-2.68	-70.8	+5.39	+43.2
1 号冰川	3942.9	1.187	13.71	115.5	0.490	-7.10	-144.9	+6.61	+39.4

(2) 2005/06 年度 1 号冰川年平衡观测计算结果, 2005 年 9 月 1 日~2006 年 8 月 31 日为一整年观测时间, 1 号冰川西支的年物质平衡为-640.6 mm, 1 号冰川东支为-879.6 mm, 原乌鲁木齐河源 1 号冰川年物质平衡为-795.3 mm (表 4):

表 4 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2005/06 年度物质平衡观测计算结果

冰川名称	平衡线 海拔 (m)	纯积累			纯消融			年物质平衡	
		积累区面积 (km ²)	积累量 (10 ⁴ m ³)	积累深 (mm)	消融区面积 (km ²)	消融量 (10 ⁴ m ³)	消融深 (mm)	总量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)
1 号西支	4096	0.276	4.65	168.5	0.315	-42.51	-1349.5	-37.86	-640.6
1 号东支	4068	0.410	8.8	214.7	0.676	-104.32	-1543.2	-95.52	-879.6
1 号冰川	4078	0.686	13.45	196.1	0.991	-146.83	-1481.5	-133.38	-795.3

3 物质平衡等值线图

(1) 2005/06 年冬平衡等值线图 (图 1)

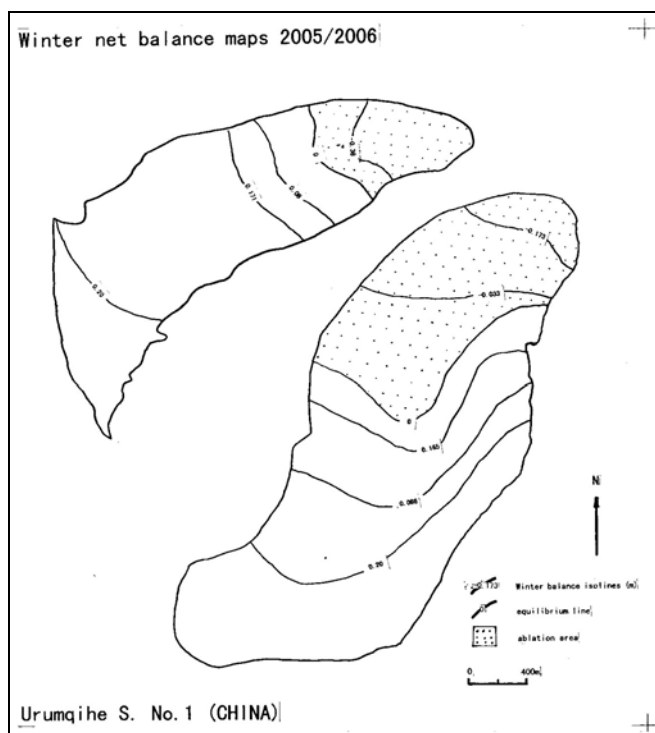


图1 天山乌鲁木齐河源1号冰川冬平衡等值线图

(2) 2005/06 年度平衡等值线图 (图 2)

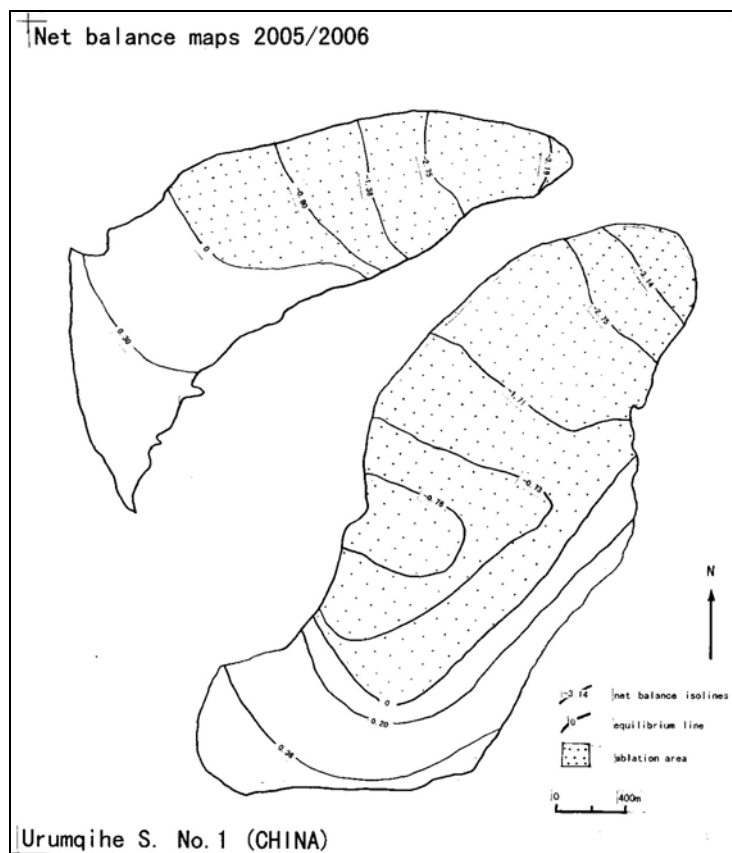


图2 乌鲁木齐河源1号冰川2005/06年平衡等值线图

4 2005/06 年物质平衡结果

(1)1号冰川2005/06年净物质平衡为-795.3 mm和-133.38×10⁴ m³水当量,冰川平衡线海拔4078 m, AAR为40.9%; 2005/06年度冬平衡为+39.4 mm和+6.61×10⁴ m³水当量,夏平衡为-834.8 mm和-139.99×10⁴ m³水当量; 冰川平衡线海拔3943 m。

(2)1号冰川西支2005/06年净物质平衡为-640.6 mm和-37.86×10⁴ m³水当量,冰川平衡线海拔4096 m, AAR为46.7%; 本年度冬平衡为+20.6 mm和+1.22×10⁴ m³水当量,夏平衡为-661.3 mm和-39.08×10⁴ m³水当量; 冰川平衡线海拔3974 m。

(3)1号冰川东支2005/06年净物质平衡为-879.6 mm和-95.52×10⁴ m³水当量,冰川平衡线海拔4068 m, AAR为37.8%; 本年度冬平衡为+49.7 mm和+5.39×10⁴ m³水当量,夏平衡为-929.2 mm和-100.91×10⁴ m³水当量; 冰川平衡线海拔3926 m。

(4)自2001年8月底重复测绘冰川表面积后,2006年5月再次重复测绘的结果表明,最近五年来1号冰川西支面积为0.591 km²,1号冰川东支为1.086 km²,原乌鲁木齐河源1号冰川面积为1.677 km²,时隔5年冰川面积减少了-0.031 km²,其中1号冰川西支减少了-0.015 km²,1号冰川东支减少了0.16 km²,冰川面积萎缩幅度在1.36%~2.64%之间,冰川面积萎缩的强度1号冰川西支大于1号冰川东支。

5 各高度带物质平衡

表5、6根据本年度最新的测量结果,量算了原1号冰川现1号冰川西支和1号冰川东支各高度带的冰川面积,并整理了冬平衡和年平衡期末的物质平衡数据(表5;表6)。

表5 1号冰川西支高度带冰川面积及其物质平衡 (mm)

高度区间 (m)	冰川面积 (km ²)	2006/04/29	2006/09/01
3826~3850	0.002	-700	-3200
3850~3900	0.023	-380	-2260
3900~3950	0.041	-132	-1880
3950~4000	0.062	-136	-2240
4000~4050	0.100	+230	-1420
4050~4100	0.105	+100	-690
4100~4150	0.050	+220	-800
4150~4200	0.051	+110	+130
4200~4250	0.051	+240	+210
4250~4300	0.043	+90	+260
4300~4350	0.022	+90	+220
4350~4400	0.018	+90	+210
4400~4486	0.023	+100	+300
3826~4486	0.591	-277	-640

表 6 1 号冰川东支各高度带冰川面积及其物质平衡 (mm)

高度区间 (m)	冰川面积 (km ²)	2006/04/29	2006/09/01
3738~3800	0.033	-190	-3140
3800~3850	0.090	-240	-2800
3850~3900	0.190	-40	-2230
3900~3950	0.170	+160	-880
3950~4000	0.180	+90	-920
4000~4050	0.170	+130	-710
4050~4100	0.100	+120	-260
4100~4150	0.090	+110	+130
4150~4200	0.050	+200	+230
4200~4267	0.013	+200	+300
3738~4267	1.086	+43	-880

6 年净物质平衡对比

中国天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡观测研究自 1959 年起始观测开始, 就已一个积累—消融年度观测资料计算获得年净 (纯) 物质平衡 (谢自楚等, 1965)。

由于乌鲁木齐河源 1 号冰川大陆性冰川性质所决定, 加之全球变暖趋势的发展, 原乌鲁木齐河源 1 号冰川面积的萎缩和其年物质平衡的加剧趋势也是必然的 (图 3)。

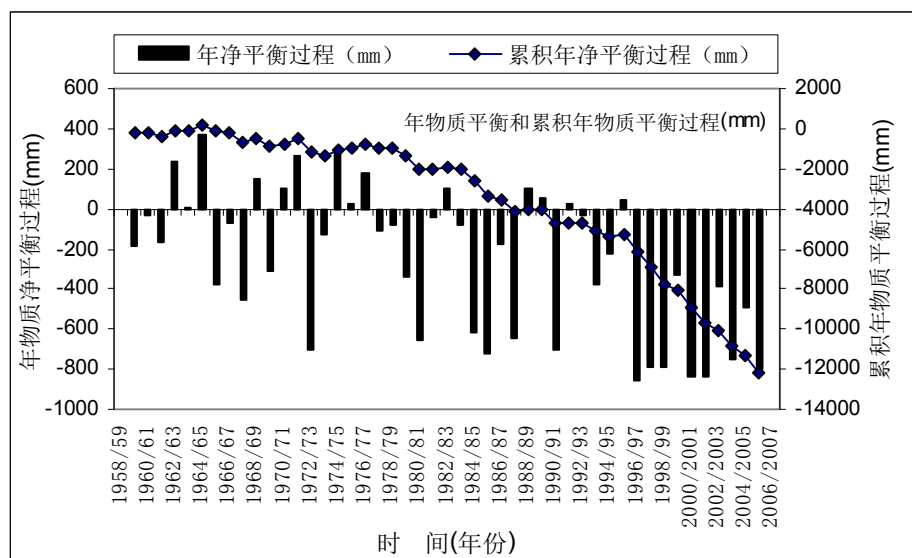


图 3 1 号冰川年物质净平衡过程与累计年净平衡比较

参考文献 (References)

[1] Yang Hui'an, Detailed Information Mass Balance 2003/2004 and 2004/2005 of the Urumqi River Source

- Glacier No. 1, Tianshan, China. Glacier Mass Balance Bulletin. Bulletin N o. 9(2004 -2005). ICSU(FAGS) – IUGG(IACS)-UNEP-UNESCO-WMO, 2007.
- [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 [C], 北京: 科学出版社. 1965. 14-24.
- [3] 施雅风, 苏珍. 天山乌鲁木齐河源冰川的形态特征与历史演变. 天山乌鲁木齐和冰川与水文研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1965.83-87
- [4] 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. 天山乌鲁木齐和冰川与水文研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1965.14-30
- [5] 杨惠安, 李忠勤, 叶佰生, 等. 中国天山冰川数量的时空分布及其 1959—1992 年间的变化. 中国科学院天山冰川观测试验站年报.1996-1998 年报, 1999 年 4 月, **15**: 1-6.
- [6] YANG Hui-an,LI Zhong-qin,YE Bai-sheng, et al.2005.Study on Mass Balance and Pprocess of Glaier NO.1 at the Urumqi River in the Past 44 Years. Arid Land Geography.Vol.28,No.1: p76-80. [杨惠安, 李忠勤, 叶佰生, 等. 过去 44 年乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡结果及其过程研究[J]. 干旱区地理, 2005, **28** (1): 76-80.]
- [7] Yang Huian The Extensive Information of Mass Balance of Urumqihe Sources No.1 Glacier in Tianshan of China. Glacier Mass Balance Bulletin No.6, 1998-1999[R], IAHS(ICSU)/UNEP/UNESCO, WGMS/ETH, Zurich. 2001.
- [8] Yang Huian. The Extensive Information of Mass Balance of Urumqihe Sources No.1 Glacier in Tianshan of China. Glacier Mass Balance Bulletin No.7, 2000-2001[R], IAHS(ICSU)/UNEP/UNESCO/WMO, WGMS/ETH, Zurich. 2003.
- [9] 杨惠安, 王纯足, 焦克勤, 等.天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 1998/99 年物质平衡.中国科学院天山冰川观测试验站年报.1999-2002 年报, 2003 年 11 月, **16**: 75-85.
- [10] 杨惠安, 叶佰生, 焦克勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 1999/2000 年物质平衡.中国科学院天山冰川观测试验站年报. 1999-2002 年报, 2003 年 11 月, **16**: 86-92.
- [11] 杨惠安, 李忠勤, 焦克勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2000—2002 年物质平衡.中国科学院天山冰川观测试验站年报. 1999-2002 年报, 2003 年 11 月, **16**: 93-103.
- [12] Yang Huian. The Detailed Information of Mass Balance of Urumqihe Sources No.1 Glacier in Tianshan of China. Glacier Mass Balance Bulletin No.8, 2002-2003[R], IUGG(CCS)/UNEP/UNESCO/WMO, WGMS/ETH, Zurich. 2005.
- [13] Yang Huian. The Detailed Information of Mass Balance of Urumqihe Sources No.1 Glacier in Tianshan of China. Glacier Mass Balance Bulletin No.9, 2004-2005[R], IAHS(ICSU)/UNEP/UNESCO/WMO, WGMS/ETH, Zurich. 2008.
- [14] Baisheng Ye, Daqing Yang, Keqin Jiao, Tianding Han, Zhfan Jin, Huian Yang, and Zhongqin Li. The Urumqi River Source Glacier No.1, Tianshan, China: Changes over past 45 years. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.32, L21504, doi:10.1029/2005GL024178, 2005.
- [15] 杨惠安, 李忠勤, 焦克勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2002/03 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报.2003-2004 年报, 2006 年 6 月, **17**: 176-180.
- [16] 杨惠安, 李忠勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2003/04 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报.2003-2004 年报, 2006 年 6 月, **17**: 181-188.
- [17] 杨惠安, 李忠勤. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2004/05 年物质平衡. 中国科学院天山冰川观测试验站年报.2005-2006 年报, 见本年报 (第 18 卷) .

天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川监测

焦克勤¹, 井哲帆¹, 李忠勤¹, 成鹏², 刘盛梅²

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002)

1 前言

天山冰川观测试验站(以下简称天山冰川站)在逐步规范、完善和巩固天山乌鲁木齐河流域冰川监测研究的基础上,为了扩大和丰富我国冰川监测研究的空间,以及充实和积累我国冰川监测研究基础,1998年天山冰川站决定选择和开辟第二个冰川监测研究点,拟开展冰川物质平衡、冰川运动速度、冰川末端进退和冰川面积变化等方面的定期监测研究工作。

1999年8月天山冰川站组织有关人员,经过实地考察选点,确定了天山奎屯河哈希勒根51号冰川(以下简称哈希勒根51号冰川)为天山冰川站第二个冰川半定位监测研究点。首先,在该冰川上布设了用于冰川积消与物质平衡、冰川运动速度观测研究的测杆18根(2003年增补8根,共计26根;2006年又调整为23根)。其次,用GPS测量技术在冰川外围测定了2个基本控制点和3个冰川末端变化观测控制点。并于当年进行了冰川积消与物质平衡、冰川末端进退、冰川面积变化和冰川运动速度的首次观测。

哈希勒根51号冰川监测研究工作已历时10年,但由于负责此项工作的人员前后有所变动,观测资料隶属于不同人手头。因此,冰川物质平衡资料的公布相对滞后(见另文)。本文只将该冰川的部分监测资料(冰川单点物质平衡、冰川末端进退、冰川面积变化和冰川运动速度变化等)公布于众。

2 哈希勒根 51 号冰川概况

哈希勒根51号冰川位于新疆奎屯市以南的天山依连哈比尔尕山北坡,即奎屯河上游支流哈希勒根河源区。根据1964年9月的航空摄影像片和1972年绘制出版的1:5×10⁴航测地形图,量算获得了该冰川的基本数据结果^[1](表1)。

表1 哈希勒根51号冰川的基本数据

冰川类型	冰斗冰川	冰川面积	1.48 km ²	上限高度	4000 m
纬度	43°43' N	冰川长度	1.70 km	冰川雪线	3610 m
经度	84°24' E	冰川厚度	49.00 m	末端高度	3400 m

3 观测计算与结果

3.1 冰川积消与物质平衡

冰川积消与物质平衡观测最精确的方法就是在冰川上布置足够多的测点,进行系统的定期观测,然后综合各测点的观测结果,计算出整个冰川在一个物质平衡年度或某一时段的物质平衡各分量。

在哈希勒根51号冰川上共布设测杆182—26根(即6排横剖面),每排横剖面为3-6根测杆,其间距在100—200 m,平均12—18根/km²测杆,这基本上满足了该冰川的积消与物质平衡测量,并于1999年8月下旬进行了首次观测。此后的观测时间为每年的8月下旬或9月上旬,基本上保持在一个整年度,即一个冰川物质平衡年度。

哈希勒根 51 号冰川的积消与物质平衡观测, 采用传统的测杆和雪坑观测方法: 在冰川消融区, 测定各观测点出露于冰雪表面的测杆读数(精度以 cm 计); 并在各测杆附近开挖雪坑至冰川冰表面; 测量雪—粒雪和附加冰的厚度; 描述雪—粒雪和附加冰剖面层次及其结构特征; 测定不同层次的雪—粒雪和附加冰密度。在冰川积累区, 主要用开挖雪坑观测雪—粒雪和冰片剖面的方法直接观测纯积累量。雪坑至少要挖至上一个物质平衡年末形成的污化面为界(深者不限), 分层测量雪—粒雪和冰片的厚度、密度和结构特征。其观测时间与消融区的直接观测时间应相同。

观测雪坑的雪—粒雪和冰片剖面比在消融区的直接观测复杂的多。因此, 首先要准确识别夏末的消融面或污化面。由于中国大多数冰川夏季降雪频繁, 在一个年层中往往出现几个污化面。而在冰川上部, 在夏季连续降雪的情况下又找不到明显的污化面。因此, 观测者应具有雪层演变、成冰作用的知识 and 较丰富的野外工作经验, 必要时同时要采取其他方法(如氧同位素分析、人工污化面和插标杆等)加以对照和修正。

在获得上述观测数据的基础上, 首先计算出逐次观测的各测杆单点的纯平衡量。各测杆单点的纯平衡量可表示为积雪、附加冰和冰川冰各纯平衡分量之代数和(表 2)^[2]。

3.2 冰川末端进退

冰川末端变化测量方法是通过在 GPS 测定的控制观测点 M_1 、 M_2 和 M_3 (见图 1) 进行重复距离测量法获得的, 从 1964—2006 年哈希勒根 51 号冰川累计退缩-84.51 m。其中, 1999 年的测量结果表明, 该冰川 1964—1999 年 (35 年间) 仅退缩了 49 m^[3]。另据 1981 年考察时获得的测量数据, 该冰川 1964—1981 年间处于相对的稳定状态^[1]; 这意味着该冰川 1981-1999 年 (18 年间) 退缩了 49.0 m, 年平均退缩量为 2.7 m, 说明在这个期间, 该冰川处于退缩, 但其退缩量不大。1999 年监测以来, 该冰川退缩速度明显增大, 1999—2006 年 (7 年间) 退缩了 35.51 m, 年平均退缩量为 5.07 m (表 3)。这与 20 世纪以来我国气候的变化特征是密切相关的。从 19 世纪 80—90 年代起, 气温开始上升, 到 20 世 40 年代达到高值, 冰川消融增大, 末端强烈退缩; 此后转为降温, 在 60-70 年代初达到低点, 冰川积累增大, 末端出现稳定或前进状态; 70 年代后气温又趋于上升, 至 90 年代达到 20 世纪的最高阶段。因此, 随着气候变暖, 冰川消融加强, 末端退缩加剧。这和乌鲁木齐河源 1 号冰川的监测结果是一致的^[4]。

表 2 哈希勒根 51 号冰川单点物质平衡观测计算表

剖面 编号	测杆 编号	海拔高度 (m)	纯积、消量(mm)	海拔高度 (m)	纯积、消量(mm)
			2004/8/26-2005/9/19		2005/9/19-2006/8/24
A	A1	3505	-1300.5	3503	-1827.0
	A2	3506	-1381.5	3505	-1894.5
	A3	3505	-1597.5	3503	-1989.0
平均		3505	-1426.5	3504	-1903.5
B	B1	3532	-1395.0	3531	-1579.5
	B2	3533	-1053.0	3532	-1201.5
	B3	3533	-1017.0	3532	-1539.0
平均		3533	-1155.0	3532	-1440.0
C	C1	3548	-621.0	3547	-1201.5
	C2	3555	-733.5	3554	-1359.0
	C3	3553	-805.5	3552	-1426.5
	C4	3555	-868.5	3554	-1480.5
	C5	3555	-666.5	3553	2006 年调整时取消
平均		3553	-738.9	3552	-1366.9
	C+1	3567	-634.5	3564	-1170.0
	C+2	3575	-729.0	3573	2006 年调整时取消
平均		3571	681.8	3557	1170.0
D	D1	3579	-585.0	3578	-1201.5
	D2	3575	-886.5	3574	-814.5
	D3	3578	-985.5	3577	-1264.5
	D4	3583	-571.5	3582	-1197.0
	D5	3584	-508.5	3582	-882.0
	D6	3582	-724.5	3581	2006 年调整时取消
平均		3580	710.3	3579	-1071.9
E	E1	3614	-887.5	3613	-922.5
	E2	3613	-562.5	3612	-765.0
	E3	3609	-706.5	3607	-549.9
	E4	3610	-666.0	3609	-774.0
	E5	3609	-855.0	3608	-954.0
平均		3611	-735.5	3610	-793.1
F	F1	3629	+	3628	-153.0
	F2	3631	+	3630	+
平均		3630	+	3629	+

注： 1)本文作者 2004 年接手哈希勒根 51 号冰川的监测研究工作。因此，冰川物质平衡
(单点物质平衡)只公布 2004 年以来的数据资料。

2)冰川年物质平衡：需要和 2004 年以前的观测计算资料衔接。

表 3 哈希勒根 51 号冰川末端变化

时 间	平均退缩速度 (m/年)	累计退缩距离 (m)	备 注
1964.9—1981.8	0.00	0.00	参考文献[1]
1981.8—1999.9	-2.70	-49.00	测量对比法
1999.9—2000.8	-4.83	-53.83	重复测量法
2000.9—2001.8	-5.20	-59.03	同上
2001.9—2002.8	-4.90	-63.93	同上
2002.9—2003.8	-5.13	-69.06	同上
2003.9—2004.8	-5.15	-74.21	同上
2004.9—2005.8	-4.95	-79.16	同上
2005.9—2006.8	-5.35	-84.51	同上

3.3 冰川面积变化

根据 1964 年 9 月的航空摄影像片和 1972 年绘制出版的 1:5×10⁴ 航空摄影测量地形图, 进行二者校对和量算获得了哈希勒根 51 号冰川 1964 年的冰川面积数据。1981 年进行哈希勒根 51 号冰川考察时, 发现该冰川处于稳定状态^[1]。2000 年 9 月用摄影和 GPS 测量方法对该冰川进行了大比例尺地形图测量, 于 2001 年完成 1:1000 冰川地形制图, 以此次冰川测量制图为基础, 量算获得了 2000 年的冰川面积数据。2006 年又对该冰川进行了 GPS 重复

表 4 哈希勒根 51 号冰川面积变化

时间	面积(km ²)	面积缩小量(km ²)	面积缩小率(%)	备注
1964.09	1.480	0.000	0.0	文献[1]
1981.08	1.480	0.000	0.0	文献[1]
2000.09	1.397	0.083	5.6	焦克勤等
2006.09	1.357	0.123	8.3	井哲帆等

测量, 量算获得了 2006 年的冰川面积数据 (表 4)。从表 3 可以看出, 哈希勒根 51 号冰川面积在 1964—2006 年的 42 年间减少了 0.123 km² 或 8.3%, 并呈现加速减小趋势, 其中 2000—2006 年的 7 年间减少了 0.04 km², 相比 1964—1999 年的 35 年间减少的面积(0.083 km²), 几乎占到 50%。

3.4 冰川运动速度变化

运用 GPS (全球卫星定位系统, SOKKIA GSS1A 型) 测量技术在冰川外围测定了 2 个基本控制点 (K₁ 和 K₂, 以便于长期定位观测) 和 3 个冰川末端变化观测控制点 (M₁、M₂ 和 M₃), 建立起观测控制网 (图 1)。冰川运动速度的观测使用 020 型精密光学经纬仪 (1999—2002 年) 和新购置的全站仪 (2002—2006 年), 从基本控制点 K₁ 和 K₂ 上对布设在冰面的测杆进行重复前方交会法, 以坐标法计算出各流速点单位时间内的空间位移, 从而获得各点的运动速度(表 5)。

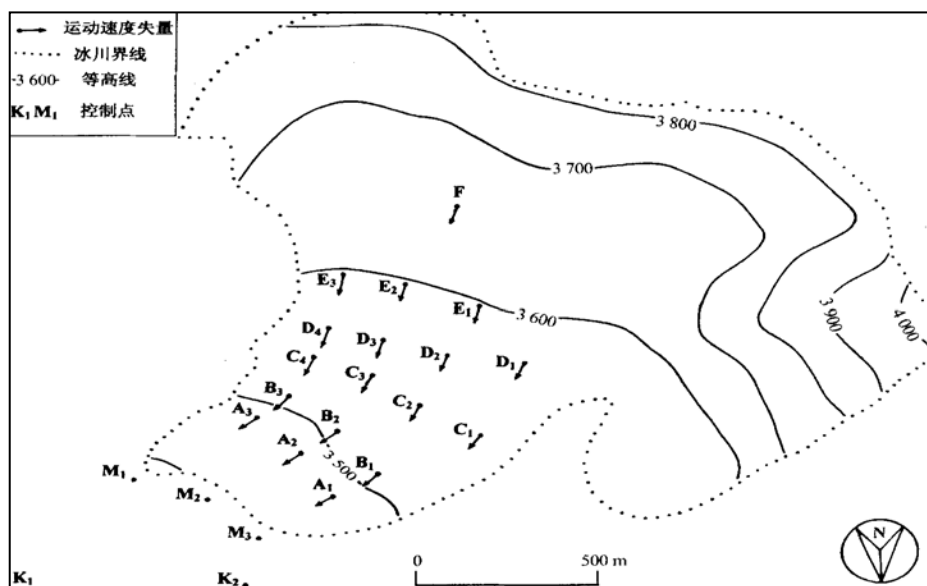


图1 1999年哈希勒根51号冰川观测网示意图

表5 哈希勒根51号冰川平均运动速度

时间 /a	断面 编号	断面高度 /m	运动速度 /m·a ⁻¹	时间 /a	断面 编号	断面高度 /m	运动速度 /m·a ⁻¹
1999/2000	A	3486(3)	2.77	2003/2004	A	3507(3)	2.59
	B	3505(3)	2.16		B	3534(3)	2.01
	C	3541(4)	1.68		C	3556(7)	1.54
	D	3568(4)	2.04		D	3581(6)	1.95
	E	3597(3)	2.98		E	3612(5)	2.84
	F	3640(1)	1.75		F	3630(2)	2.03
2000/2001	A	3484(3)	2.75	2004/2005	A	3505(3)	2.53
	B	3505(3)	2.14		B	3533(3)	1.96
	C	3540(4)	1.70		C	3558(7)	1.53
	D	3567(4)	2.06		D	3580(6)	1.91
	E	3596(3)	3.05		E	3611(5)	2.82
	F	3639(1)	1.76		F	3634(2)	1.96
2001/2002	A	3483(3)	2.62	2005/2006	A	3504(3)	2.56
	B	3502(3)	2.04		B	3531(3)	1.99
	C	3539(4)	1.62		C	3557(7)	1.54
	D	3566(4)	1.96		D	3579(6)	1.95
	E	3594(3)	2.90		E	3610(5)	2.86
	F	3638(1)	1.66		F	3632(2)	2.03
2002/2003	A	3508(3)	2.60	2006/2007	A		
	B	3534(3)	2.02		B		
	C	3557(7)	1.61		C	暂缺	暂缺
	D	3582(6)	1.95		D		
	E	3614(5)	2.90		E		
	F	3631(2)	1.63		F		

4 存在问题

天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川积消与物质平衡观测资料分属在不同人员的手头，需要下一步工作中协调，尽快整理出来，并公布于众。

天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川监测点没有气象记录资料，需要收集附近台站(将军庙水文站)的气象和水文资料，以便较为准确地估算该冰川物质平衡。但需要天山冰川观测试验站的经费支持。

参考文献 (References)

- [1] 中国冰川冰川目录, III, 天山山区 (西北部准噶尔内流区), 1986, 科学出版社, 1-201.
- [2] 中国科学院兰州冰川冻土研究所, 中国冰川概论, 1988, 科学出版社, 69-87.
- [3] 井哲帆, 叶柏生, 焦克勤, 等. 天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川表面运动速度特征分析, 冰川冻土, 2002, **24**(5): 563-566.
- [4] 焦克勤, 井哲帆, 韩添丁, 等. 42 a 年天山乌鲁木齐河源 1 号冰川变化及趋势预测, 冰川冻土, 2004, **26**(3): 253-260.

天山冰川观测试验站水文气象资料整编说明 (2004/2005)

韩添丁

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

天山冰川观测试验站的常规水文、气象观测在乌鲁木齐河源区的1号冰川水文点、空冰斗水文点、总控制水文点以及后峡基本营地进行, 本文为2005年度资料整编结果报告。

1号冰川水文点设在离1号冰川末端300 m的河道上, 实施1号冰川冰雪径流的监测, 断面海拔3659 m, 流域面积3.34 km², 其中冰川面积1.74 km²。为混凝土矩形断面(高1.0 m, 宽1.6 m), 气象场设在断面左岸。

空冰斗水文点设在乌鲁木齐河源区左侧, 斗口朝南, 进行高山区积雪、多年冻土融水径流的观测, 断面海拔3805 m, 流域面积1.68 km², 为混凝土矩形断面(高1.0 m, 宽1.0 m), 气象场设在断面右岸。

在乌鲁木齐河源区大西沟和罗布道沟汇合处, 设有总控制水文点, 控制监测乌鲁木齐河源区降水和7条冰川以及冰川周围高山积雪、多年冻土的总融水径流; 该控制端面海拔3408 m, 流域面积28.9 km²; 其中冰川面积5.6 km²。为混凝土断面, 设有工作桥, 气象场设在断面左岸冰碛丘上。

三个水文断面均装有自计水位计, 测流主要用流速仪法, 即时流量由水位—流量关系线求得。气象观测项目主要为气温、降水、湿度、蒸发、地温、日照等。后峡基本营地气象观测场位于乌鲁木齐河谷, 海拔2130 m, 进行常规气象要素观测。所有观测资料均按规范进行整理(附表)。

表 1 乌鲁木齐河源 1 号冰川水文点逐日平均流量表 (流量: m³/s)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1						0	0.180	0.725				
2						0	0.135	0.650				
3						0.135	0.225	0.760				
4						0.090	0.225	0.740				
5						0.115	0.310	0.420				
6						0.180	0.335	0.310				
7						0.180	0.245	0.245				
8						0.115	0.375	0.375				
9						0.155	0.355	0.375				
10						0.155	0.535	0.445				
旬总数						1.125	2.920	5.045				
旬平均						0.112	0.292	0.504				
11						0.155	0.510	0.465				
12						0.200	0.465	0.625				
13						0.200	0.490	0.375				
14						0.225	0.420	0.535				
15						0.115	0.890	0.535				
16						0.135	0.375	0.625				
17						0.200	0.290	0.335				
18						0.270	0.180	0.290				
19						0.465	0.115	0.200				
20						0.510	0.180	0.200				
旬总数						2.475	3.915	4.185				
旬平均						0.247	0.392	0.418				
21						0.510	0.225	0.245				
22						0.335	0.290	0.245				
23						0.200	0.355	0.200				
24						0.270	0.490	0.245				
25						0.290	0.580	0.290				
26						0.245	0.510	0.290				
27						0.155	0.445	0.335				
28						0.135	0.510	0.225				
29						0.09	0.375	0.135				
30					0	0.115	0.490	0.155				
31					0		0.225	0.200				
旬总数					0	2.345	4.495	2.565				
旬平均					0.000	0.235	0.409	0.233				
月总数					0	5.945	11.330	11.790				
月平均					0.000	0.198	0.365	0.380				
月最大						0.940	1.760	1.740				
日期						19	15	2				
月最小						0.045	0.025	0.090				
日期						16	14	29				
年统计	年总数 29.07		最大流量 1.76 7月 15日				最小流量 0 6月 1日		平均流量 0.236			
	径流量		2.51E+06 m ³		径流模数 70.67L/s.km ²			径流深度		751mm		

表 2 乌鲁木齐河源 1 号冰川水文点逐日平均气温表 (气温: °C)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	-9.5	-18.7	-18.3	-6.5	1.9	4.8	4.6	7.6	4.5	-6.3	-10.7	-14.8
2	-14	-19.4	-16.6	-4.4	0.8	5.3	0.8	10.0	4.6	-7.2	-12.0	-13.1
3	-15.6	-13.4	-12.2	-2.6	-3.3	-0.6	3.8	8.3	4.8	-1.1	-12.2	-12.2
4	-12.8	-15.9	-12.2	-2.1	-4.2	2.9	5.7	5.3	3.8	-3.4	-13.3	-12.7
5	-15.5	-23.0	-6.8	-1.8	1.1	5.5	6.4	1.5	4.3	-4.4	-10.6	-15.5
6	-14.7	-20.9	-5.7	-12.0	2.5	3.7	7.0	2.0	4.5	-2.6	-9.5	-12.0
7	-13.8	-19.1	-6.6	-17.3	4.2	1.1	5.0	3.9	8.0	-1.0	-9.3	-11.7
8	-13.6	-17.7	-6.4	-13.8	1.1	3.0	2.8	5.6	5.2	-2.1	-11.1	-13.7
9	-15.8	-16	-6.5	-12.2	2.0	3.3	5.4	6.1	0.1	-2.1	-10.7	-21.1
10	-16.7	-14.8	-5.5	-14.8	1.1	1.4	8.0	4.8	-3.9	-6.8	-8.6	-21.9
旬总数	-142.0	-178.9	-96.8	-87.5	7.2	30.4	49.5	55.1	35.9	-37.0	-108.0	-148.7
旬平均	-14.2	-17.9	-9.7	-8.8	0.7	3.0	5.0	5.5	3.6	-3.7	-10.8	-14.9
11	-18.9	-11.4	-7.2	-11.8	-1	3.3	7.4	6.5	-4.4	-9.4	-10.5	-24.5
12	-17.9	-10	-5.2	-10.9	-2.3	3.1	6.1	5.3	0.5	-6.6	-13.3	-27.3
13	-14.2	-14.4	-4.7	-8.6	-1.9	4.7	7.4	1.8	0.4	-6.0	-12.7	-18.6
14	-13.6	-20.5	-6.9	-5.8	-5.4	1.9	6.8	2.1	0.7	-4.4	-12.9	-11.3
15	-15.7	-21.8	-13.2	-9.0	-7.3	0.4	3.2	5.2	0.5	-4.0	-13.0	-14.2
16	-17.2	-26.6	-8.2	-8.2	-5.9	4.4	-0.5	6.1	0.4	-5.3	-17.4	-14.5
17	-17.1	-24.9	-6.9	-8.2	-4.7	2.8	0.8	5.8	0.1	-5.1	-18.7	-14.9
18	-15.8	-20.8	-5.5	-5.4	-5.5	5.0	-0.4	2.2	1.7	-8.3	-17.7	-14.8
19	-20.6	-15	-5.5	1.8	-2.8	6.1	2.1	1.3	0.6	-11.2	-22	-15.6
20	-17.8	-14.4	-9.6	2.2	-3.9	5.9	2.8	0.4	-0.7	-11.0	-21.3	-14.8
旬总数	-168.8	-179.8	-72.9	-63.9	-40.7	37.6	35.7	36.7	-0.2	-71.3	-159.5	-170.5
旬平均	-16.9	-18.0	-7.3	-6.4	-4.1	3.8	3.6	3.7	0.0	-7.1	-16.0	-17.1
21	-16.8	-12.3	-8.9	-2.7	-3.0	3.5	2.4	3.3	-0.9	-2.5	-20.7	-14.9
22	-20.4	-10.5	-8.9	-3.1	-2.0	2.3	6.0	5.3	0.7	-2.1	-17.3	-15.2
23	-19.7	-10.3	-10.5	-3.0	-5.0	1.9	6.7	3.1	0.3	-3.2	-14.8	-16.0
24	-19.6	-11.6	-11.1	-0.2	-3.0	5.7	6.6	4.6	1.2	-7.7	-14.3	-17.4
25	-17	-14.7	-8.0	-2.0	-2.8	4.0	4.6	4.2	-0.2	-11.9	-14.6	-16.3
26	-16.3	-16.7	-6.3	-1.4	-1.4	1.0	4.8	3.8	-2.1	-10.4	-16.7	-12.0
27	-15.9	-13.9	-6.8	1.9	-0.7	0.6	5.2	4.9	-1.6	-9.5	-18.2	-9.9
28	-18.5	-15.8	-6.7	2.2	-1.8	1.6	5.2	0.7	-4.3	-7.8	-14.5	-11.5
29	-20.2		-7.2	-0.6	0.6	-1.0	3.7	-2.9	-5.2	-4.9	-14.8	-17.0
30	-20.6		-8.3	0.0	2.0	0.8	5.4	0.8	-6.1	-5.8	-16.3	-19.6
31	-18.7		-10.2		3.6		4.5	1.7		-7.1		-22.6
旬总数	-203.7	-105.8	-92.9	-8.9	-13.5	20.4	55.1	29.5	-18.2	-72.9	-162.2	-172.4
旬平均	-18.5	-13.2	-8.4	-0.9	-1.2	2.0	5.0	2.7	-1.8	-6.6	-16.2	-15.7
月总数	-514.5	-464.5	-262.6	-160.6	-47.0	88.4	140.3	121.3	17.5	-181.2	-429.7	-491.6
月平均	-16.6	-16.6	-8.5	-5.4	-1.5	3.0	4.5	3.9	0.6	-5.9	-14.3	-15.9
最高	-4.5	-5.0	0.0	9.0	9.7	13.0	13.4	16.8	14.7	3.5	-3.3	-6.0
日期	1	23	13	28	31	24	13	2	7	22	10	27
最低	-24.0	-30.0	-21.5	-20.0	-11.4	-4.0	-3.5	-9.7	-10.0	-15.4	-25.1	-30.5
日期	30	16	1	7\8	16	27	17	29	29	19	20	12
年统计	最高 16.8 日期 8 月 2 日				最低 -30.5 日期 12 月 12 日				年平均 -6.1			

表3 乌鲁木齐河源1号冰川水文点逐日降水量表 (降水量: mm)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1								0.4		0		
2					0		1.2					
3					5.3		5.8					0
4					2.8			5			0.1	
5												
6									0			
7						8.3	1.8	41.1		0.3		
8					2.3	0.5	8.3					
9												
10					1.3		2.6	1.7				0
11	0.5			3.5	3.7	6.7					2.8	
12							3.4	3.1				
13					5.4	2.4	7.2		1.2			
14		0.2			3.9		9.7			0		
15					0.7	4.2	46.1					
16					0.9	0.9	9					
17					0.1		4.5	0.6				0
18				5.7	5.1	2.7	1.4				4.4	
19					0.4	0.3	4.6	0.7				
20					4.2	5.3		7.5	0			
21			14.6			14.5	10			3.3		
22					1.8							
23					4.5	1.9			2.7			
24					6.0	1.4	1.3					0
25	0.3				2.8	10.8	11.4	5				
26					2.1	0.5	10.5	7.4			0.4	
27							4.4	8.7				
28		0.3			0.8			4.9		1.5		
29						3.7		33				
30						7.3	1.2		13.3			
31							4.7					2.6
总量	0.8	0.5	14.6	9.2	54.1	71.4	149.1	119.1	17.2	5.1	7.7	2.6
降水日数	2	2	1	2	20	16	20	13	5	5	4	5
最大降水量	0.5	0.3	14.6	5.7	6	14.5	46.1	41.1	13.3	3.3	4.4	2.6
日期	11	28	21	18	24	21	15	7	30	21	18	31
年统计	降水量		451.4			降水日数		95				

表4 乌鲁木齐河源1号冰川水文点逐日平均相对湿度表 (相对湿度: %)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					52	57	56	50				
2					79	46	87	48				
3					91	62	70	58				
4					45	23	50	88				
5					24	36	52	91				
6					29	51	60	89				
7					31	83	84	69				
8					60	53	89	59				
9					59	44	69	72				
10					78	75	49	73				
旬总数					548	530	666	697				
旬平均					55	53	67	70				
11					95	47	63	54				
12					92	65	69	82				
13					76	69	67	80				
14					85	92	74	50				
15					56	76	89	45				
16					54	55	91	67				
17					61	70	66	57				
18					75	60	93	83				
19					69	57	55	80				
20					93	62	69	72				
旬总数					756	653	736	670				
旬平均					76	65	74	67				
21					68	79	76	60				
22					77	87	49	50				
23					92	71	70	73				
24					90	50	76	57				
25					95	83	89	88				
26					64	73	86	85				
27					71	78	75	78				
28					68	68	62	96				
29					48	84	76	62				
30					36	66	70	30				
31					47		85					
旬总数					756	739	814	679				
旬平均					69	74	74	68				
月总数					2060	1922	2216	2046				
月平均					66	64	71	68				
最小					9	14	24	21				
日期					5	5	19	23				

附注：相对湿度只在5-8月冰川消融期观测

表 5 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日平均流量表 (流量: m³/s)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					0	0.120	0.160	0.050				
2					0	0.120	0.064	0.042				
3					0	0.160	0.080	0.050				
4					0	0.071	0.071	0.050				
5					0	0.064	0.057	0.205				
6					0	0.057	0.057	0.205				
7					0	0.080	0.050	0.160				
8					0	0.064	0.205	0.245				
9					0	0.064	0.080	0.270				
10					0	0.050	0.080	0.220				
旬总数					0	0.850	0.904	1.497				
旬平均					0	0.085	0.090	0.150				
11					0	0.120	0.064	0.120				
12					0	0.080	0.080	0.120				
13					0.018	0.064	0.160	0.064				
14					0.034	0.057	0.390	0.050				
15					0	0.057	0.825	0.034				
16					0	0.064	0.440	0.034				
17					0	0.064	0.245	0.042				
18					0.026	0.071	0.230	0.050				
19					0.071	0.071	0.120	0.064				
20					0	0.080	0.120	0.071				
旬总数					0.149	0.728	2.674	0.649				
旬平均					0.015	0.073	0.267	0.065				
21					0.042	0.270	0.080	0.071				
22					0.120	0.080	0.080	0.050				
23					0.018	0.057	0.064	0.042				
24					0.026	0.050	0.064	0.042				
25					0.034	0.160	0.270	0.050				
26					0.064	0.160	0.230	0.057				
27					0.071	0.050	0.160	0.160				
28					0.034	0.034	0.064	0.080				
29					0.050	0.042	0.042	0.080				
30					0.120	0.057	0.034	0.080				
31					0.120		0.034	0.080				
旬总数					0.699	0.96	1.122	0.792				
旬平均					0.064	0.096	0.102	0.072				
总数					0.848	2.538	4.700	2.938				
平均					0.027	0.085	0.152	0.095				
最大					0.280	0.390	1.410	0.400				
日期					22	21	15	8				
最小					0	0	0.026	0.034				
日期					20	30	31	15				
年统计	年总数	11.024	最大流量	1.41 7月15日		最小流量	0 6月30日		平均流量	0.090		
	径流量	9.52E+05 m ³		径流模数	53.32 L/s.km ²		径流深度	567 mm				

表 6 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日平均气温表 (气温: °C)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	-9.2	-18.8	-18.5	-7.4	1.0	3.5	2.9	6.2	3.1	-7.4	-11.7	-15.4
2	-14.8	-19.8	-16.3	-5.2	-1.1	4	1.0	8.1	3	-5.6	-12.8	-12.6
3	-14.4	-14.0	-12.6	-3.4	-4.3	-2.4	2.6	6.7	3.4	-2.2	-12.3	-11.0
4	-13.4	-16.8	-11.8	-2.9	-4.3	1.2	4.8	4.4	2.5	-4.0	-13.3	-12.1
5	-15.7	-23.0	-6.7	-2.4	1.8	4.5	5.5	1.1	2.8	-5.0	-11.9	-15.2
6	-15.0	-21.0	-5.6	-12.2	2.5	3.0	5.5	0.1	3.6	-3.0	-9.9	-12.8
7	-13.7	-19.0	-6.3	-17.9	3.1	0.5	4.8	1.7	7.2	-2.0	-9.5	-11.5
8	-13.5	-17.6	-6.4	-13.8	-0.3	1.9	3.0	3.5	3.6	-3.4	-10.8	-13.9
9	-15.8	-16.0	-6.5	-12.1	0.7	2.7	4.9	4.4	0.1	-3.5	-10.4	-20.7
10	-16.8	-14.3	-6.0	-15.2	0.4	1.8	6.3	3.2	-3.7	-8.3	-8.8	-21.8
旬总数	-142.3	-180.3	-96.7	-92.5	-0.5	20.7	41.3	39.4	25.6	-44.4	-111.4	-147.0
旬平均	-14.2	-18.0	-9.7	-9.3	-0.1	2.1	4.1	4.0	2.6	-4.4	-11.1	-14.7
11	-18.5	-10.8	-8.1	-12.2	-1.8	2.5	6.5	4.7	-5.1	-11.0	-10.3	-24.7
12	-15.5	-10.6	-5.3	-11.6	-4.1	2.8	5.1	4.1	0.0	-9.1	-13.5	-26.8
13	-13.1	-13.9	-5.0	-9.5	-2.7	4.4	6.6	1.5	0.1	-7.2	-11.9	-19.0
14	-13.0	-20.1	-7.0	-6.7	-6.5	3.4	6.5	1.2	0.7	-5.2	-12.1	-11.5
15	-15.6	-22.6	-13.8	-9.5	-8.9	-0.5	2.6	4.0	-0.5	-4.0	-12.2	-12.5
16	-16.9	-26.6	-9.0	-9.0	-7.2	3.4	-0.6	4.7	0.7	-5.2	-16.5	-13.5
17	-16.3	-24.8	-7.7	-8.8	-5.5	2.4	-0.6	4.6	-0.8	-5.7	-17.4	-13.2
18	-13.6	-20.4	-6.4	-6.2	-5.9	4.4	-1.4	1.0	1.1	-8.7	-17.7	-12.7
19	-20.9	-15.8	-5.9	0.5	-3.4	5.5	0.9	0.1	-0.2	-11.8	-20.7	-14.7
20	-18.2	-14.7	-10.1	1.3	-4.2	5.4	1.5	-0.5	-1.4	-10.1	-19.5	-13.4
旬总数	-161.6	-180.3	-78.3	-71.7	-50.2	33.7	27.1	25.4	-5.4	-78.0	-151.8	-162.0
旬平均	-16.2	-18.0	-7.8	-7.2	-5.0	3.4	2.7	2.5	-0.5	-7.8	-15.2	-16.2
21	-17.4	-13.1	-10.4	-4.1	-4.1	3.6	0.6	2.2	-2.2	-2.6	-18.6	-13.9
22	-21.0	-11.0	-9.6	-4.1	-2.3	1.9	4.5	4.2	-2.2	-1.6	-14.2	-11.9
23	-20.3	-10.6	-11.0	-4.4	-4.4	2.1	5.9	2.8	-0.8	-3.4	-11.3	-13.8
24	-20.0	-12.2	-11.8	-1.4	-3.8	4.5	5.3	3.2	0.3	-7.1	-12.6	-16.0
25	-17.4	-15.3	-8.4	-2.3	-3.1	3.2	4.0	3.9	-1.4	-12.1	-11.5	-15.6
26	-17.1	-17.4	-7.0	2.5	-3.3	0.5	3.9	2.5	-2.7	-10.3	-15.4	-11.8
27	-16.8	-13.6	-7.5	0.6	-2.2	-0.1	3.8	3.9	-2.8	-10.0	-17.0	-9.0
28	-19.0	-16.1	-7.8	1.5	-2.9	0.4	4.0	0.3	-4.5	-8.2	-13.1	-10.0
29	-20.6		-7.9	-0.9	-0.9	-1.6	2.5	-3.1	-5.7	-5.0	-12.8	-16.2
30	-21.1		-9.1	-0.1	1.0	-0.5	4.4	0.2	-6.5	-6.4	-15.8	-18.5
31	-19.0		-10.8		2.8		3.6	1.7		-8.1		-22.4
旬总数	-209.7	-109.3	-101.3	-12.7	-23.2	14.0	42.5	21.8	-28.5	-74.8	-142.3	-159.1
旬平均	-19.1	-13.7	-9.2	-1.3	-2.1	1.4	3.9	2.0	-2.9	-6.8	-14.2	-14.5
月总数	-513.6	-469.9	-276.3	-176.9	-73.9	68.4	110.9	86.6	-8.3	-197.2	-405.5	-468.1
月平均	-16.6	-16.8	-8.9	-5.9	-2.4	2.3	3.6	2.8	-0.3	-6.4	-13.5	-15.1
最高	-4.5	-5.3	-0.2	8.0	9.1	12.4	12.7	14.7	13.6	3.0	-2.9	-4.5
日期	1	23	13	28	31	19	13	2	7	21	9	27
最低	-24.0	-29.0	-21.6	-20.5	-11.6	-4.9	-4.5	-7.7	-9.4	-15.6	-22.3	-29.8
日期	30	16	1	7	16	3	17	29	30	19	20	13
年统计	最高	14.7	日期	8月2日	最低	-29.8	日期	12月13日	年平均	-6.4		

表7 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日降水量表 (降水量: mm)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1			13.4					0.8				
2					0		1.6					
3					5.3		5.3					0
4					1.8			4.5			0.1	
5												
6									0			
7						8	2.1	44.5		0		
8					2.2	0.5	10					
9												
10					1.3		3.5	1.7				0
11	0.5			2.6	3.8	7					2.6	
12							3.8	4.0				
13					5.1	2.8	8		1.4			
14		0.2			3.5		9			0		
15					0.7	4.1	41					
16					0.9	0.7	9.2					
17					0.2		4.1	1				0
18				5.4	4.7	2.4	1.6				4.1	
19					0.4	0.3	4	0.8				
20					3.2	3.3		7.5	0			
21						15.5	12.1			3.2		
22					1.7							
23					4	1.9			2.7			
24					5.8	1.4	2.2					
25	0.3				2.3	10.5	11.5	5.3				
26					2.1	0.4	9.3	6.5			0.3	
27							4.5	9.6				
28		0.3			0.7			3.5		1.2		
29						3.9		33.7				
30						7.2	0.8		12.7			
31							4.5					3.1
总量	0.8	0.5	13.4	8.0	49.7	69.9	148.1	123.4	16.8	4.4	7.1	3.1
降水日数	2	2	1	2	20	16	20	13	5	4	4	4
最大降水量	0.5	0.3	13.4	5.4	5.8	15.5	41	44.5	12.7	3.2	4.1	3.1
日期	11	28	1	18	24	21	15	7	30	21	18	31
年统计	降水量	445.2	降水日数	93								

表 8 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日平均相对湿度表 (%)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					63	67	79	59				
2					88	62	93	66				
3					88	74	83	81				
4					48	30	63	93				
5					32	44	67	98				
6					37	60	78	98				
7					47	92	90	79				
8					81	70	98	67				
9					77	56	84	94				
10					85	87	70	88				
旬总数					646	642	805	823				
旬平均					65	64	80	82				
11					97	62	77	71				
12					91	75	77	88				
13					83	74	77	76				
14					92	94	90	53				
15					72	90	95	52				
16					71	80	100	68				
17					81	87	82	63				
18					86	76	98	86				
19					74	79	66	87				
20					97	81	81	81				
旬总数					844	798	843	725				
旬平均					84	80	84	72				
21					84	90	85	72				
22					86	92	76	59				
23					91	77	78	84				
24					94	68	86	74				
25					98	89	91	86				
26					73	89	94	88				
27					75	85	84	77				
28					76	79	79	99				
29					76	88	92	66				
30					45	78	80	40				
31					57		88					
旬总数					855	835	933	745				
旬平均					78	84	85	74				
月总数					2345	2275	2581	2293				
月平均					76	76	83	76				
最小					24	25	43	29				
日期					6	4	19	13				

附注：相对湿度只在 5-8 月冰川消融期观测

表9 乌鲁木齐河源总控水文点逐日平均流量表 (m³/s)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					0.360	1.150	1.810	1.570				
2					0.420	1.280	1.460	1.460				
3					0.530	1.280	1.690	1.810				
4					0.740	1.810	1.690	1.460				
5					0.640	1.090	1.690	1.460				
6					0.700	0.88	1.810	1.570				
7					0.741	1.28	1.940	1.570				
8					0.782	1.15	2.900	1.280				
9					0.783	1.28	2.900	1.280				
10					0.880	1.28	3.400	2.200				
旬总数					6.570	12.48	21.29	15.66				
旬平均					0.657	1.248	2.129	1.566				
11					0.930	1.28	3.400	2.200				
12					0.980	1.28	3.770	2.060				
13					0.930	1.46	4.180	1.200				
14					0.880	1.46	5.740	1.090				
15					0.780	1.35	9.560	1.150				
16					0.820	1.25	1.940	1.200				
17					0.780	1.35	2.460	1.350				
18					0.740	1.46	1.030	1.031				
19					0.740	1.46	0.980	0.931				
20					0.640	1.81	1.200	0.982				
旬总数					8.220	14.16	34.26	13.19				
旬平均					0.822	1.416	3.426	1.319				
21					0.780	3.57	1.283	0.931				
22					0.780	1.81	1.151	0.820				
23					0.780	1.46	1.282	0.820				
24					0.880	1.35	1.812	0.821				
25					0.980	3.02	3.770	0.821				
26					0.980	1.81	2.460	0.820				
27					0.820	1.81	2.320	0.820				
28					0.740	1.28	1.690	0.820				
29					0.740	1.28	1.350	0.820				
30					0.820	1.69	1.460	0.820				
31					0.930		1.280	1.280				
旬总数					9.230	19.08	19.85	9.590				
旬平均					0.839	1.908	1.805	0.872				
总数					24.02	45.72	75.4	38.44				
平均					0.775	1.524	2.432	1.240				
最大					1.090	3.02	9.560	3.77				
日期					24	25	15	2				
最小					0.360	0.82	0.880	0.740				
日期					1	6	20	15				
年统计	年总数	183.58	最大流量	9.56 7月15日		最小流量	0.36 5月1日		平均流量	1.493		
	径流量	1.59E+07 m³		径流模数	51.65 L/s.km²		径流深度	549	mm			

表 10 乌鲁木齐河源总控水文点逐日平均气温表 (气温: °C)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	-9.1	-16.1	-16.6	-4.8	1.3	6.4	4.7	8.2	5.7	-4.2	-8.9	-17.4
2	-12.6	-20.1	-16.9	-1.4	0.5	6.9	3.4	10.4	5.3	-2.1	-9.5	-10.6
3	-14.5	-13.4	-12.3	0.9	-2.0	0.1	5.8	9.1	5.5	-0.5	-9.3	-12.4
4	-11.9	-13.6	-10.5	1.3	-1.9	4.4	6.0	7.5	4.2	-1.3	-10.3	-13.3
5	-14.9	-21.9	-7.9	0.9	2.9	5.8	6.6	3.0	4.5	-2.6	-8.6	-15.3
6	-15.1	-19.2	-6.3	-10.1	4.1	5.7	7.4	2.5	5.6	-1.2	-8.8	-13.1
7	-14.2	-17.6	-5.8	-16.0	5.5	3.7	7.0	4.4	8.3	1.4	-8.1	-10.1
8	-13.4	-16.4	-5.4	-12.0	3.4	4.5	5.7	6.2	5.0	0.6	-9.5	-12.9
9	-15.2	-13.2	-7.2	-9.8	4.6	4.9	7.7	7.3	1.1	0.3	-8.9	-22.2
10	-14.9	-11.8	-5.7	-11.5	2.5	2.8	9.1	6.2	-1.7	-3.0	-7.7	-19.4
旬总数	-135.8	-163.3	-94.6	-62.5	20.9	45.2	63.4	64.8	43.5	-12.6	-89.6	-146.7
旬平均	-13.6	-16.3	-9.5	-6.3	2.1	4.5	6.3	6.5	4.4	-1.3	-9.0	-14.7
11	-16.5	-10.5	-6.2	-9.8	0.6	5.9	8.1	7.7	-2.7	-7.9	-8.6	-22.1
12	-15.4	-8.3	-4.0	-8.8	-1.2	5.5	6.5	7.1	0.9	-8.3	-12.9	-27.8
13	-15.8	-14.5	-3.6	-7.8	-0.1	6.7	9.5	2.6	3.7	-5.1	-12.4	-22.6
14	-14.5	-18.1	-6.2	-4.5	-3.1	4.2	8.3	3.1	3.4	-3.8	-12.8	-14.4
15	-14.4	-18.9	-12.9	-6.4	-5.8	2.7	6.4	7.0	2.6	-5.1	-11.2	-14.7
16	-16.1	-25.1	-7.5	-7.0	-4.4	6.9	2.0	7.0	3.5	-4.0	-15.7	-15.4
17	-17.8	-23.9	-5.7	-6.1	-2.6	4.4	2.6	7.7	2.4	-3.4	-16.0	-16.6
18	-15.5	-20	-5.3	-4.1	-4.2	6.4	1.3	3.6	2.6	-6.1	-14.7	-16.3
19	-19.1	-15.6	-5.0	3.8	-1.8	7.3	2.9	3.3	3.5	-8.9	-10.8	-14.9
20	-16.5	-13.3	-7.7	3.0	-2.5	7.0	3.7	2.4	2.2	-8.7	-17.1	-15.3
旬总数	-161.6	-168.2	-64.1	-47.7	-25.1	57	51.3	51.5	22.1	-61.3	-132.2	-180.1
旬平均	-16.2	-16.8	-6.4	-4.8	-2.5	5.7	5.1	5.2	2.2	-6.1	-13.2	-18.0
21	-14.1	-11.4	-9.0	-0.5	-1.2	6.0	4.2	5.1	0.2	-3.3	-20.1	-13.9
22	-18.0	-11.3	-8.8	-1.6	0.2	4.2	7.8	7.0	2.1	-2.3	-18.5	-16.2
23	-16.4	-10.4	-8.8	-0.4	-1.6	5.2	7.9	3.8	2.7	-2.3	-17.0	-16.6
24	-17.3	-10.9	-7.3	1.1	-2.1	6.7	7.0	5.9	2.6	-5.5	-14.4	-18.5
25	-14.5	-13.8	-5.5	0.3	-0.6	4.6	7.4	6.3	1.4	-9.8	-14.8	-17.5
26	-13.7	-15.3	-5.1	0.0	-0.3	2.2	7.1	5.4	-0.5	-9.6	-13.9	-14.7
27	-14.1	-12.5	-5.2	2.5	0.9	2.2	6.7	6.6	-0.1	-7.8	-18.7	-11.5
28	-18.5	-14.6	-5.1	3.2	0.3	2.8	6.6	1.8	-2.2	-6.5	-17.0	-11.7
29	-18.9		-5.0	1.3	2.1	1.0	6.1	-2.3	-4.4	-4.3	-17.0	-16.0
30	-18.5		-5.4	2.1	3.3	2.7	7.0	1.2	-4.8	-4.7	-17.8	-19.1
31	-15.2		-8.3		4.9		5.9	3.4		-5.4		-20.7
旬总数	-179.2	-100.2	-73.5	8	5.9	37.6	73.7	44.2	-3.0	-61.5	-169.2	-176.4
旬平均	-16.3	-12.5	-6.7	0.8	0.6	3.8	6.7	4.0	-0.3	-5.6	-16.9	-16.0
月总数	-476.6	-431.7	-232.2	-102.2	1.7	139.8	188.4	160.5	62.6	-135.4	-387.4	-503.4
月平均	-15.4	-15.4	-7.5	-3.4	0.1	4.7	6.1	5.2	2.1	-4.4	-12.9	-16.2
最高	-4.5	-3.2	2.8	11.0	11.3	14.1	15.7	15.8	15.5	7.0	0.0	-7.0
日期	1	23	7	19	7	19	13	1	7	15	9	27
最低	-25.0	-29.3	-22.8	-22.0	-11.2	-4.8	-1.4	-7.1	-10.5	-14.9	-24.8	-32.0
日期	28	16	1	8	16	4	18	29	29	26	21	12
年统计	最高	15.8	日期	8月1日	最低	-32.0	日期	12月12日	年平均	-4.8		

表 11 乌鲁木齐河源总控水文点逐日降水量表 (降水量: mm)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1							6.1	0.6				
2					1.2							
3					5.4		1.0					
4					1.7			5.0	1.5			
5												
6							4.2	45.4	0.0			
7						6.2						
8					2.3	0.4	10.5					
9							5.0		0.5			
10					1.3	4.1	3.3	1.8	1.6			
11	0.5			2.4	5.0	2.5			2.6			
12					3.5		8.1	2.7				
13					1.1	2.0						
14		0.2			1.9		8.5					
15					0.7	5.0	37.2		0.2			
16					0.9		9.8		0.6			
17					1.2	3.1	0.8	0.9				
18				5.1	4.8	1.4	5.2					
19					0.4	3.4		6.5				
20					4.7	6.0		5.3				
21			17.6			10.4	11.2					
22					1.8	3.8						
23					9.4							
24					0.9	2.4	0.8					
25	0.3				3.6	9.5	15.8	6.6				
26							5.3	6.2				
27						1.0	1.8	9.5				
28		0.3			0.6		0.3	5.0				
29						4.6	1.5	32.2				
30						3.5	0.4					
31							7.1					
总量	0.8	0.5	17.6	7.5	52.4	69.3	143.9	127.7	7.0			
降水日数	2	2	1	2	20	17	21	13	14			
最大降水量	0.5	0.3	17.6	5.1	9.4	10.4	37.2	32.2	2.6			
日期	11	28	21	18	23	21	15	29	11			
年统计	降水量 426.7		降水日数 177									

表 12 乌鲁木齐河源总控水文点逐日平均相对湿度表 (相对湿度: %)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					51	60	66	54				
2					67	56	88	67				
3					86	74	76	79				
4					39	26	76	93				
5					37	54	72	94				
6					30	55	79	92				
7					41	87	88	87				
8					71	70	91	62				
9					58	49	71	70				
10					85	84	57	90				
旬总数					565	615	764	788				
旬平均					56	62	76	79				
11					99	57	70	64				
12					91	67	72	82				
13					80	80	70	86				
14					89	99	91	59				
15					84	85	92	53				
16					66	62	99	62				
17					64	78	74	62				
18					92	65	94	79				
19					76	66	68	86				
20					99	71	78	79				
旬总数					840	730	808	712				
旬平均					84	73	81	71				
21					78	85	83	72				
22					76	88	50	64				
23					94	74	79	93				
24					85	65	91	61				
25					90	94	84	83				
26					74	79	91	83				
27					62	84	77	80				
28					54	70	85	100				
29					62	79	72	75				
30					36	73	78	58				
31					47		89					
旬总数					758	791	879	769				
旬平均					69	79	80	77				
月总数					2163	2136	2451	2269				
月平均					70	71	79	76				
最小					10	17	25	17				
日期					30	4	19	16				
附注	相对湿度只在 5-8 月冰川消融期观测											

表 13 乌鲁木齐河源后峡基本营地气象场逐日平均气温表 (气温: °C)

日月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	-12.2	-16.7	-7.6	3.0	9.6	13.4	12.3	15	14.3	3.9	-1.5	-12.3
2	-9	-17.4	-7.3	5.5	8.6	11.5	11.8	16.7	10.9	4.2	-1.1	-13
3	-15.3	-14.1	-4.9	7.1	4.8	4.6	13.1	17.1	11.1	6.1	-2.3	-12.9
4	-14.3	-14.1	-6.5	6.8	6.1	7.4	13.3	14.8	11.8	5.2	-3.9	-11.5
5	-14.3	-17.2	-4.1	2.3	9.6	10.9	14.5	10.8	11.6	6.3	-4.9	-11.3
6	-14.3	-18.6	-1.1	-2.8	10.8	12.2	14.6	10.7	12.9	5.9	-3.9	-10.7
7	-12.8	-15.8	1.1	-9.7	11.9	13.5	15	12.7	14.4	6.3	-3.6	-9.8
8	-12.4	-14.8	1.7	-6.2	11.5	12.9	12.6	12.5	10.5	6.7	-3.0	-11.2
9	-11.5	-10.8	1.1	-2.4	11.7	13.2	14.6	14.3	9.2	6.2	-3.7	-16.0
10	-13.5	-11.3	2	-3.5	11.2	12.1	15.1	14.3	6.8	2.5	-3.3	-17.4
旬总数	-129.6	-150.6	-25.5	0.1	95.8	111.7	136.9	138.9	113.5	53.3	-31.2	-126.1
旬平均	-13.0	-15.1	-2.6	0.0	9.6	11.2	13.7	13.9	11.4	5.3	-3.1	-12.6
11	-11.2	-8.4	1.3	-1.6	8.1	13.4	14.2	13.6	5.3	-3.3	-3.9	-19.4
12	-15.4	-6.8	0.1	0.7	7.1	14.1	15.3	12.2	7.5	-3.4	-3.0	-21.9
13	-14	-10.2	2.7	2.2	6.6	15.4	17.5	10.6	8.7	-1.1	-7.3	-21.6
14	-12.7	-11.4	0.3	3.4	3.8	12.6	15.8	9.8	10.3	1.6	-5.4	-13.4
15	-9.6	-15.7	-3.6	1.2	3.7	13	13.3	12.1	8	2.8	-7.3	-11.9
16	-13.5	-17.0	-4.1	1.7	7.0	18.8	10.4	14	8.2	2.9	-5.6	-12.0
17	-13.9	-18	-0.3	1.2	3.1	12.5	12.5	14.6	8.2	2.2	-8.5	-12.2
18	-14.1	-16	0.9	4.0	5.2	14.4	9.5	10.4	10.5	1.6	-8.8	-11.6
19	-13.1	-12.6	0.6	8.4	5.7	16.6	9.7	10.5	9.5	0.2	-10.7	-12.2
20	-16	-10.2	-0.8	8.7	5.4	13.7	11.3	12.3	9.4	0.5	-14.0	-13.2
旬总数	-133.5	-126.3	-2.9	30	55.7	144.5	129.5	120.1	85.6	4.0	-74.5	-149.4
旬平均	-13.4	-12.6	-0.3	3.0	5.6	14.5	13.0	12.0	8.6	0.4	-7.5	-14.9
21	-12.6	-7.4	0.6	6.7	7.6	12.4	11.3	12.0	8.4	1.1	-13.2	-15.5
22	-17.7	-6.7	0.4	5.8	7.1	13.0	13.2	13.5	7.8	2.0	-13.6	-14.7
23	-17.3	-6.2	-0.4	7.5	8.5	11.5	14.5	11.7	8.2	3.9	-11.8	-12.8
24	-19.0	-5.9	3.0	9.4	7.3	14.6	15.3	12.0	7.6	-0.3	-8.7	-13.0
25	-15.9	-7.5	1.5	7.2	6.9	12.5	15.5	12.4	7.7	-1.6	-6.2	-12.5
26	-19.0	-8.7	2.2	8.1	6.5	10.2	14.4	11.8	7.2	-4.1	-5.1	-11.2
27	-17.8	-7.5	2.7	9.5	7.2	9	13.8	12.5	6.3	-2.5	-10.0	-12.7
28	-18.7	-8.0	1.5	10.2	5.8	8.6	13.5	8.1	4.8	0.1	-12.6	-7.5
29	-13.2		1.3	8.5	6.9	8.5	13.1	8.5	4.0	0.8	-10.8	-7.3
30	-16.2		1	8.8	9.9	11.1	14.4	9.2	5.5	2.0	-10.7	-10.0
31	-16.8		0.8		10.7		14.6	10.9		0.1		-16.7
旬总数	-184.2	-57.8	14.6	81.8	84.4	111.4	153.6	122.6	67.5	1.5	-102.7	-133.9
旬平均	-18.4	-7.2	1.5	8.2	7.7	11.1	14.0	11.1	6.8	0.1	-10.3	-12.2
月总数	-447.3	-334.7	-13.8	111.9	235.9	367.6	420.0	381.6	266.6	58.8	-208.4	409.4
月平均	-14.4	-12.0	-0.5	3.7	7.6	12.3	13.5	12.3	8.9	1.9	-7.0	-13.2
最高	-1.1	7.8	12.9	22.5	22.5	27.2	25.9	26.2	26.6	18.9	9.8	0.6
日期	7	11	8	19	7	19	13	2	7	21	10	28
最低	-25.4	-25.3	-16.6	-15.3	-0.5	-1.5	0.5	1.5	-1.9	-9.7	-19.0	-13.8
日期	28	6	2	8	5	4	20	14	29	26	20	11
年统计	最高	27.2	日期	6, 19	最低	-25.4	日期	1, 28	年平均	1.1		

表 14 乌鲁木齐河源后峡基本营地气象场逐日降水量表 (降水量: mm)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1			1.2						2.1		1	
2		0.4			7.9		2		0.6		0.5	
3									2.3			
4					1.8			11			0.4	
5								30.1		1.1		
6				2.3				8.1				
7				1.6		0.7						
8							21.7	3.4				0.6
9							9.2		2.2			0.6
10					5	1.5		2.7	1.8			
11			5.6		6.2		13.4		1.2		3.5	0.4
12								2.9			1.1	0.3
13					11.6		1.2	1				
14		0.3	1.1		2.3	0.9	1.1		0.4			
15		0.2	2.3	1.8	0.4		22.0		0.7			
16		0.3					20.8				1.5	
17				0.8	4.5	1.8	0.5		2			
18					3.5		4.5	5.7	1.4	1.1	1.3	
19	0.4				2.3					1		
20			2.1		10.7	4	1.4	1.6	1.3			
21				4.8		7	3.4		0.7			
22				0.8	6	1.8						
23				2.8	5.5	2		0.7				
24					3.2							
25		1.5		7.3	2.3	13.9	7.5	3.1	6.3	2.1		
26		0.8			3	9.5	2	7.7	0.3		0.1	
27						10.2	0.8	0.8	1.4			
28		0.3			0.5	1.9		6.7	9			
29						5.3	0.7	12.5	0.4			2.6
30			1.5			2.1						0.6
31												0.2
总量	0.4	3.8	13.8	22.2	76.7	62.6	112.2	98.0	34.1	5.3	9.4	5.3
降水日数	1	7	6	8	17	14	16	15	17	4	8	7
最大降水量	0.4	1.5	5.6	7.3	11.6	13.9	22	30.1	9	2.1	3.5	2.6
日期	19	25	11	25	13	25	15	5	28	25	11	29
年统计	降水量	443.8	降水日数	130								

表 15 乌鲁木齐河源后峡基本营地气象场逐日平均相对湿度表 (相对湿度: %)

日月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	91	82	82	60	59	81	71	85	73	70	83	76
2	89	90	70	54	65	83	74	76	81	73	84	82
3	93	81	50	54	92	83	78	78	79	67	72	78
4	84	89	64	52	72	68	80	86	77	68	79	77
5	90	89	59	76	63	62	79	94	70	83	75	75
6	96	82	53	94	56	65	78	97	68	73	66	78
7	94	72	55	85	58	65	73	73	62	70	62	86
8	84	74	60	65	62	81	94	76	83	67	58	95
9	84	71	72	66	72	64	77	81	83	70	62	93
10	92	68	73	73	80	72	70	80	87	82	68	88
旬总数	897	798	638	679	679	724	774	826	763	723	709	828
旬平均	90	80	64	68	68	72	77	83	76	72	71	83
11	93	69	88	64	94	76	81	78	81	74	81	89
12	92	73	88	55	91	65	71	89	69	77	84	92
13	80	86	78	55	87	74	74	88	66	64	83	87
14	82	90	95	56	89	80	85	80	69	57	81	74
15	82	94	78	75	81	59	94	76	83	55	81	78
16	91	80	73	66	81	64	97	72	73	61	89	79
17	88	72	61	79	87	76	84	73	80	62	81	79
18	81	66	69	60	81	70	90	91	64	90	91	77
19	97	61	76	49	80	64	85	81	72	73	90	79
20	91	64	86	46	92	71	85	71	83	74	87	75
旬总数	877	755	792	605	863	699	846	799	740	687	848	809
旬平均	88	76	79	60	86	70	85	80	74	69	85	81
21	77	66	68	72	76	82	87	67	78	66	85	81
22	89	65	63	78	76	77	82	66	71	64	86	81
23	88	73	64	75	80	78	75	83	72	49	75	75
24	94	92	50	62	83	67	78	76	73	86	70	76
25	81	95	63	83	88	82	81	87	80	91	74	80
26	88	84	67	72	82	85	87	88	83	76	81	80
27	85	64	65	63	84	86	84	82	75	74	84	77
28	86	74	70	54	82	84	87	93	88	71	82	76
29	70		83	73	83	83	80	77	81	72	76	91
30	77		87	68	72	73	75	72	76	64	79	88
31	84		64		73		80	76		69		94
旬总数	919	613	744	700	879	797	896	867	777	782	792	899
旬平均	84	77	68	70	80	80	81	79	78	71	79	82
月总数	2693	2166	2174	1984	2421	2220	2516	2492	2280	2192	2349	2536
月平均	87	77	70	66	78	74	81	80	76	71	78	82
最小	48	28	17	12	28	28	34	32	24	15	25	43
日期	12	27	5	19	1	23	10	21	12	22	7	3

天山冰川观测试验站水文气象资料整编说明 (2005/2006)

韩添丁

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

天山冰川观测试验站的常规水文、气象观测在乌鲁木齐河源区的1号冰川水文点、空冰斗水文点、总控制水文点以及后峡基本营地进行, 本文为2006年度资料整编结果报告。

1号冰川水文点设在离1号冰川末端300m的河道上, 实施1号冰川冰雪径流的监测, 断面海拔3659m, 流域面积3.34 km², 其中冰川面积1.74 km²。为混凝土矩形断面(高1.0m, 宽1.6m), 气象场设在断面左岸。

空冰斗水文点设在乌鲁木齐河源区左侧, 斗口朝南, 进行高山区积雪、多年冻土融水径流的观测, 断面海拔3805m, 流域面积1.68 km², 为混凝土矩形断面(高1.0m, 宽1.0m), 气象场设在断面右岸。

在乌鲁木齐河源区大西沟和罗布道沟汇合处, 设有总控制水文点, 控制监测乌鲁木齐河源区降水和7条冰川以及冰川周围高山积雪、多年冻土的总融水径流; 该控制端面海拔3408m, 流域面积28.9 km²;其中冰川面积5.6 km²。为混凝土断面, 设有工作桥, 气象场设在断面左岸冰碛丘上。

三个水文断面均装有自计水位计, 测流主要用流速仪法, 即时流量由水位—流量关系线求得。气象观测项目主要为气温、降水、湿度、蒸发、地温、日照等。后峡基本营地气象观测场位于乌鲁木齐河谷, 海拔2130m, 进行常规气象要素观测。所有观测资料均按规范进行整理(附表)。

表 1 乌鲁木齐河源 1 号冰川水文点逐日平均流量表 (流量: m³/s)

日/月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					0	0.065	0.420	0.650				
2					0	0.065	0.465	0.940				
3					0	0.045	0.310	1.260				
4					0	0	0.445	1.340				
5					0	0	0.445	0.580				
6					0	0	0.510	1.020				
7					0	0.115	0.420	1.480				
8					0	0.180	0.245	0.780				
9					0	0.310	0.180	0.920				
10					0	0.180	0.155	1.260				
旬总数					0	0.960	3.595	10.23				
旬平均					0	0.096	0.360	1.023				
11					0	0.200	0.180	1.810				
12					0	0.270	0.180	1.680				
13					0	0.270	0.200	1.870				
14					0	0.290	0.180	1.370				
15					0	0.225	0.270	0.420				
16					0	0.155	0.445	0.810				
17					0	0.135	0.445	0.375				
18					0	0.090	0.510	0.445				
19					0	0.065	0.555	0.335				
20					0	0.065	0.400	0.375				
旬总数					0	1.765	3.365	9.49				
旬平均					0	0.176	0.336	0.949				
21					0.045	0.180	0.290	0.465				
22					0.045	0.270	0.465	0.465				
23					0.045	0.310	0.625	0.535				
24					0.045	0.375	0.555	0.625				
25					0.045	0.245	0.420	0.580				
26					0.045	0.245	0.605	0.535				
27					0.045	0.420	0.310	0.510				
28					0.045	0.310	0.335	0.535				
29					0.045	0.400	0.400	0.555				
30					0.045	0.335	0.535	0.180				
31					0.065		0.725	0.155				
旬总数					0.515	3.090	5.265	5.140				
旬平均					0.047	0.309	0.479	0.467				
总数					0.515	5.815	12.225	24.86				
平均					0.017	0.194	0.394	0.802				
最大					0.065	0.740	1.690	2.340				
日期					31	29	31	4				
最小					0	0	0.180	0.155				
日期						6	2	30				
年统计	年总数	43.415	最大流量	2.34 8月4日		最小流量	0 6月6日		平均流量	0.352		
	径流量	3.74E+06 m ³		径流模数	105.29L/s.km ²		径流深度	1119	mm			

表2 乌鲁木齐河源1号冰川水文点逐日平均气温表 (气温: °C)

日/月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	-16.8	-8.5	-13.6	-4.4	0.2	0.7	5	10.7	-2.3	-3.2	-2.7	-13
2	-18.3	-10.2	-10.3	-8.3	-0.6	0.7	6	8.8	-4	-1.3	-3.6	-12.6
3	-20.7	-12.4	-12.5	-11.3	-4	-1.6	3.7	9	0.5	-1.5	-2.7	-13.4
4	-25	-14.9	-9.7	-11.3	-3.1	-2.3	4.8	8.7	2.4	-1.5	-2.9	-11.8
5	-22	-11	-6	-7.2	-5.2	-3.3	5.4	4	5	-5.1	-2.8	-9.5
6	-17.8	-7.6	-9	-4.5	-3.4	-0.4	5.9	6.2	3.9	-3.4	-3.2	-15.6
7	-19.4	-12.2	-8.7	-5.3	-6.5	1	3.5	6.5	3	-4.2	-5.6	-20
8	-14.1	-13.6	-10.2	-4.2	-10.3	3	-0.2	4.9	1.6	-1.9	-8.7	-19.8
9	-10	-11	-9.9	-3.8	-7.9	5.5	0.5	6.8	-2.1	-0.6	-3.4	-19
10	-10.1	-7.6	-8.6	-17.6	-12.3	2.4	1.1	6	0.6	0.8	-1.9	-16.6
旬总数	-174.2	-109	-98.5	-77.9	-53.1	5.7	35.7	71.6	8.6	-21.9	-37.5	-151.3
旬平均	-17.42	-10.9	-9.85	-7.79	-5.31	0.57	3.57	7.16	0.86	-2.19	-3.75	-15.13
11	-16.8	-8.7	-9.8	-16.5	-12.7	3.4	2.3	4	-0.9	0.1	-7.9	-21.1
12	-19.9	-15	-14.1	-11.6	-3.8	3.8	3	5.9	-2.6	-2.6	-8.5	-16.1
13	-20.3	-19.9	-15.6	-10.8	0.4	4.4	2.3	7	1.6	-0.3	-9.5	-15.1
14	-20.9	-23.9	-11.8	-9.1	0.7	5.2	2.5	7	3.6	-0.7	-9.4	-18.8
15	-16.9	-22.6	-9.9	-6.1	4	-0.1	4	5.8	2.6	-3.9	-10.7	-13.4
16	-17.4	-19.8	-15.4	-6.4	1.9	-3.7	3.9	5.9	1.2	-1.7	-11	-12.1
17	-13.8	-17.2	-16	-5.7	4.4	-2.8	3.1	2.7	1	-1.1	-9.4	-15.3
18	-16.3	-9.4	-11.8	-0.9	0.2	-0.1	4	-2	5.5	-0.1	-9.2	-16.9
19	-16.9	-8.6	-11.6	0.2	2.6	-1.3	5.7	2.9	4.3	-3	-8.5	-13
20	-16.5	-16.5	-13.1	-0.4	2.3	-0.7	2.7	6.3	-2.3	-4.8	-9.1	-10
旬总数	-175.7	-161.6	-129.1	-67.3	0	8.1	33.5	45.5	14	-18.1	-93.2	-151.8
旬平均	-17.57	-16.16	-12.91	-6.73	0	0.81	3.35	4.55	1.4	-1.81	-9.32	-15.18
21	-15.6	-15.6	-12.7	-0.4	3.6	3.8	1.1	4.8	-2.6	-1.5	-10.5	-11.5
22	-15.8	-14.9	-10.4	-1	-1.3	4.1	5	4.7	-2.3	-4.1	-14.4	-9.6
23	-15.9	-11.7	-12.6	-7.4	0.5	4.8	8	4.1	-4.1	-4.6	-19.5	-9.7
24	-15.2	-13.3	-11.3	-7.9	-1.2	4.4	6.8	5.4	-0.8	-3.3	-19.8	-10
25	-12.9	-14.7	-8.9	-5	0.4	2.2	5	4.8	-0.8	-4.2	-24.2	-11.1
26	-10.6	-19	-7.3	-4.9	2.2	3.1	6.5	1.1	-2.6	-5.9	-21	-9
27	-11.2	-15.4	-6.6	1.2	0	5	3.2	2.2	-1.7	-8.3	-19	-11.4
28	-14.3	-13.2	-4.3	5.6	2.8	5.3	1.9	4.6	0.6	-7.1	-18.5	-14.5
29	-15.4		-5.4	6	4.3	5.1	5.2	2.6	2.3	-8.3	-17	-13.6
30	-15.5		-10.3	1	5.2	3.3	8.3	0.2	-0.7	-4.9	-14.5	-11.4
31	-7.9		-7.6		1.9		11.9	0		-6		-11.1
旬总数	-150.3	-117.8	-97.4	-12.8	18.4	41.1	62.9	34.5	-12.7	-58.2	-178.4	-122.9
旬平均	-13.6	-14.7	-8.8	-1.3	1.7	4.1	5.7	3.1	-1.2	-5.3	-17.8	-11.2
月总数	-500.2	-388.4	-325	-158	-34.7	54.9	132.1	151.6	9.9	-98.2	-309.1	-426
月平均	-16.1	-13.8	-10.5	-5.3	-1.1	1.83	4.3	4.9	0.3	-3.2	-10.3	-13.7
最高	-7.9	-7.6	-4.3	6	5.2	5.3	11.9	10.7	3.9	0.8	-2.7	-9
日期	31	6	28	29	30	28	31	1	6	10	1	26
最低	-25	-23.9	-15.6	-17.6	-12.7	-3.7	-0.2	-2	-2.6	-8.3	-24.2	-18.8
日期	4	14	13	10	11	16	8	18	12	27	25	14
年统计	最高	11.9	日期	7月31日	最低	-25	日期	1月4日	年平均	-5.18	11	

表3 乌鲁木齐河源1号冰川水文点逐日降水量表 (降水量: mm)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					0.4	0.2	7.2			7		
2					5.9	2.1	4.5	1.4				
3		0.5	0		6.9	22.7	11.5					
4						4.4	18.3	5				
5					0.6			16.8		2.9		
6					0.2	2.8						
7	0			3.3		6.3	6.7			1.2		
8							1.7	16.2				
9					0.4	0.9	5.1					
10		0.8	0			0.5	5					
11					2.9	6.8	1.2					
12						2.4	3.3					
13						1.7	6.8					
14	0			0								
15						16.3		1.8				
16						6		3.5				
17		0	0.8				12.1	6.5				
18					0.8		3.3	11.2				
19					0.3	0.9						
20						12.5	8.4					
21	3.5			0		1.1	3.6	0.6				
22					4.1		3.5					
23					5.3	4.2						
24		0.5	1.8		0.6		3	3.4				
25					5.1	12	3.1					
26						0.8	0.2	8.3		2.3		
27	0.1				3.8		6.1	7.1				
28				4.4	1.2	5.6	3.8					
29						5.2	0.5	6.5				
30						3	2					
31			0.2		4.2			0.1				
总量	3.6	1.8	2.8	7.7	42.7	118.4	120.9	88.4	0	13.4	0	0
降水日数	4	4	5	4	16	22	23	14		4		
最大降水量	3.5	0.8	1.8	4.4	6.9	22.7	18.3	16.8		7		
日期	21	10	24	28	3	3	4	5		1		
年统计	降水量	399.7	降水日数	96								

表4 乌鲁木齐河源1号冰川水文点逐日平均相对湿度表 (相对湿度: %)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					87	79	75	41				
2					79	65	67	57				
3					72	79	92	68				
4					63	89	74	76				
5					54	77	83	78				
6					72	66	73	61				
7					73	64	83	75				
8					66	75	74	56				
9					65	54	71	67				
10					100	92	56	80				
旬总数					731	740	748	659				
旬平均					73.1	74	74.8	65.9				
11					68	77	50	62				
12					31	64	65	60				
13					40	59	78	43				
14					65	60	79	32				
15					36	98	83	63				
16					51	80	76	96				
17					45	75	85	78				
18					75	73	69	52				
19					49	83	73	40				
20					26	72	98	56				
旬总数					486	741	756	582				
旬平均					48.6	74.1	75.6	58.2				
21					49	63	90	67				
22					91	63	64	66				
23					53	69	45	49				
24					74	75	65	60				
25					23	87	75	79				
26					61	76	55	54				
27					61	61	77	49				
28					55	74	65	72				
29					50	61	52	73				
30					39	89	44	64				
31					71		36	69				
旬总数					627	718	668	702				
旬平均					57	71.8	60.7	63.8				
月总数					1844	2199	2172	1943				
月平均					59.4	73.3	70.1	62.7				
最小					31	54	36	32				
日期					12	9	31	14				
附注	相对湿度只在5-8月冰川消融期观测											

表5 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日平均流量表 (流量: m³/s)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1						0.042	0.205	0.205				
2						0.034	0.080	0.205				
3						0.042	0.220	0.230				
4						0.034	0.340	0.245				
5						0.026	0.230	0.420				
6						0.050	0.160	0.230				
7						0.064	0.310	0.120				
8						0.026	0.160	0.300				
9						0.034	0.205	0.220				
10						0.057	0.205	0.120				
旬总数						0.409	2.115	2.295				
旬平均						0.041	0.212	0.230				
11						0.057	0.080	0.064				
12						0.136	0.071	0.050				
13						0.026	0.057	0.050				
14						0.018	0.080	0.050				
15						0.018	0.080	0.050				
16						0.050	0.080	0.057				
17						0.050	0.300	0.071				
18						0.042	0.245	0.230				
19						0.034	0.220	0.205				
20						0.018	0.245	0.160				
旬总数						0.449	1.458	0.987				
旬平均						0.045	0.146	0.099				
21						0.026	0.220	0.071				
22						0.064	0.220	0.050				
23						0.064	0.245	0.050				
24						0.034	0.245	0.057				
25					0.042	0.080	0.220	0.057				
26					0.042	0.205	0.080	0.064				
27					0.042	0.064	0.120	0.220				
28					0.042	0.080	0.230	0.120				
29					0.057	0.071	0.230	0.071				
30					0.050	0.080	0.120	0.080				
31					0.050		0.160	0.050				
旬总数					0.325	0.768	2.090	0.890				
旬平均					0.029	0.077	0.190	0.081				
总数					0.325	1.626	5.663	4.172				
平均					0.010	0.054	0.182	0.134				
最大					0.205	0.315	0.680	0.620				
日期					31	30	4	5				
最小					0	0	0.050	0				
日期						7	13	31				
年统计	年总数	11.786	最大流量	0.68 8月4日		最小流量	0 6月7日		平均流量	0.096		
	径流量	1.02×10 ⁶ m ³		径流模数	57.036 L/s.km ²		径流深度	606 mm				

表 6 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日平均气温表 (气温: °C)

日月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	-17.2	-8.5	-12.5	-5	-0.8	-0.5	4.5	9.3	-2.7	-2.9	-4.2	-12.3
2	-18.6	-10.1	-9.3	-9.1	-2.2	-1	5.8	7.3	-3.7	-1.2	-3.8	-12.5
3	-22.9	-11.4	-11.9	-12.2	-4.2	-1.3	3	8.2	0.6	-1.6	-3.6	-12.7
4	-25.1	-13.1	-9.5	-12.1	-3.5	-3.1	3.7	8.1	2.6	-1.7	-3.5	-11.8
5	-21.8	-10.7	-5.5	-7.8	-5.8	-3.7	5.5	3.5	5.1	-6	-3.7	-8.7
6	-17.6	-7.6	-9.9	-5.8	-3.8	-1.2	6.1	5.7	3.4	-4.4	-4.2	-15.3
7	-19.3	-10.7	-8.8	-5.8	-7.3	0.6	3.7	5.3	2.9	-6.2	-7	-18.6
8	-14.5	-11.3	-10.5	-5.3	-11.2	3	-0.8	4.3	1.9	-2.6	-8.3	-17.8
9	-10.9	-8.6	-10.3	-4.4	-8.3	5	-1.1	8.2	-2.2	-1.4	-4	-17.2
10	-10.2	-7.6	-10.7	-19.3	-12.1	3.3	-0.2	5	0.5	-0.3	-2.1	-15.9
旬总数	-178.1	-99.6	-98.9	-86.8	-59.2	1.1	30.2	64.9	8.4	-28.3	-44.4	-142.8
旬平均	-17.81	-9.96	-9.89	-8.68	-5.92	0.11	3.02	6.49	0.84	-2.83	-4.44	-14.28
11	-17.6	-8.9	-10	-17.1	-12.9	3	0.8	4.2	-0.5	-0.6	-7.8	-21
12	-20.8	-15.3	-14.8	-12.2	-4.6	2.6	1.7	5.4	-2.3	-2.2	-7.9	-16.4
13	-20.5	-20.6	-15.7	-12.6	0.2	3.3	1.9	6.4	1.8	-0.8	-8.6	-13.8
14	-20.5	-23.7	-11.2	-9.9	0.3	5.2	1.7	7.2	3.9	-1.1	-8.7	-19.6
15	-17.2	-22.6	-9.6	-6.3	3.1	-0.6	3.6	4.7	2.9	-4.8	-9.8	-14
16	-16.9	-19.8	-15.6	-6.6	1.6	-4.4	4	5.5	-0.9	-2.7	-9.5	-12.6
17	-13.8	-18.8	-16.3	-5.9	3.3	-3.3	2.9	2.1	0.4	-2.1	-9.3	-16.1
18	-15.7	-10.7	-12.4	-1.2	-0.8	-1.5	3.9	-2.3	4.8	-1.3	-8.6	-18.6
19	-16.2	-10	-12.6	-0.5	-2.8	-2.2	5.3	2.8	3.9	-4.6	-7.9	-14
20	-15.9	-17.8	-13.9	-1.1	2.6	-1.2	2.5	5.4	-2.4	-6	-8.8	-10.4
旬总数	-175.1	-168.2	-132.1	-73.4	-10	0.9	28.3	41.4	11.6	-26.2	-86.9	-156.5
旬平均	-17.51	-16.82	-13.21	-7.34	-1	0.09	2.83	4.14	1.16	-2.62	-8.69	-15.65
21	-16.1	-16.4	-13.3	-1.2	4.1	2.6	1.9	3.8	-3.2	-2.5	-9.9	-11.1
22	-17.3	-16.2	-10.9	-1.5	-1.6	3.9	4.6	3.9	-2	-5.2	-12.3	-10.9
23	-18.1	-12.3	-12.8	-7.5	0.3	4.2	7.1	2.9	-3.5	-5.6	-18.8	-10.6
24	-17.2	-13.7	-11.9	-8.9	-2	4.3	5.8	4.3	-0.9	-4.4	-19.5	-11
25	-15.1	-13.4	-9.5	-6.4	1.3	1.8	3.8	4.4	-0.8	-5.7	-24.1	-11.7
26	-13.2	-18.2	-8.8	-5.5	2	2.6	5.2	0.8	-3.1	-6.7	-20.1	-9.9
27	-13.3	-14.6	-7.4	-0.8	0	4.1	2.3	1	-2.2	-8.8	-18.9	-11.2
28	-14.7	-12.4	-5.3	4.3	2.1	4.3	1.6	3	0	-8.3	-18	-14.5
29	-15.2		-5.9	3.2	2.7	4.9	5.3	2.2	2.2	-8.3	-15.8	-13.5
30	-15.3		-11	0.9	4.4	3.7	7.7	-0.7	-1.2	-5.8	-13.1	-10.6
31	-7.7		-7.6		0.2		1.1	-0.9		-6.3		-11.6
旬总数	-163.2	-117.2	-104.4	-23.4	13.5	36.4	46.4	24.7	-14.7	-67.6	-170.5	-126.6
旬平均	-163.2	-14.7	-9.5	-2.3	1.2	3.6	4.2	2.2	-1.5	-6.1	-17.1	-11.5
月总数	-516.4	-385	-335.4	-183.6	-55.7	38.4	104.9	131	5.3	-122.1	-301.8	-425.9
月平均	-16.7	-13.7	-10.8	-6.1	-1.8	1.3	3.4	4.2	0.2	-3.9	-9.7	-13.7
最高	-7.7	-7.6	-5.5	4.3	4.4	5.2	7.7	9.3	5.1	-0.8	-2.1	-8.7
日期	31	6	5	28	30	14	30	1	5	13	10	4
最低	-25.1	-23.7	-13.9	-19.3	-12.9	-4.4	-1.1	-2.3	-3.7	-8.8	-24.1	-18.6
日期	4	14	20	10	11	16	9	17	2	27	24	7
年统计	最高	9.3	日期	8月1日	最低	-25.1	日期	1月4日	年平均	-5.6		

表7 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日降水量表 (降水量: mm)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					6.2	0.3	7.1			6.8		
2					7.3	2.4	7.7	11	2.6			
3		0.6	0		0.4	22.2	9.3		1.2			
4					0.1	4	15.3	6.4				
5								17.4				
6						2.5						
7	0			3.3		5.8	7.3			1		
8							1.6	13		0.9		
9					0.3	1.6	4.8		4.9	0.2		
10		1	0		0.8	0.8	4.5		4.5			
11						7	1.5					
12						2.7	2.8	0.6	8.6			
13						2.3	3.1					
14	0			0			5.7					
15						15		1.2				
16						6.0		3.2	8.8			
17		0	0.6				8.8	5.5	0.8			
18					0.8		3.1	11.6				
19					0.2	0.7						
20						11.8	7.8					
21	3.3			0		0.9	3	2.8	2.3			
22					0.4		3.3					
23					3.8	3.8		3.3	7.3			
24			1.5				3.4					
25		0.5				11.6	2.2	8.3				
26						0.7		6.9		0.8		
27	0.1				3		5.6		0.3			
28				4.4	1.5	4.5	4.4					
29						4.9	1.1					
30						3.1						
31			0.1		4.4							
总量	3.4	2.1	2.2	7.7	29.2	114.6	113.4	91.2	41.3	9.7	0	0
降水日数	4	4	5	4	13	22	22	14	10	5		
最大降水量	3.3	1	1.5	4.4	7.3	22.2	15.3	17.4	8.8	6.8		
日期	21	10	24	28	2	3	3	5	16	1		
年统计	降水量	414.84	降水日数	103								

表 8 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日平均相对湿度表 (相对湿度: %)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					78	77	81	58				
2					78	82	75	76				
3					79	97	94	60				
4					82	100	88	71				
5					61	86	82	89				
6					79	84	75	63				
7					80	80	91	62				
8					69	83	79	81				
9					62	67	90	43				
10					96	95	82	67				
旬总数					764	851	837	670				
旬平均					76.4	85.1	83.7	67				
11					68	87	69	68				
12					40	85	78	52				
13					40	69	86	51				
14					74	76	89	42				
15					50	100	92	72				
16					72	90	84	56				
17					60	88	89	98				
18					60	91	71	85				
19					84	92	61	42				
20					49	81	99	43				
旬总数					597	859	818	609				
旬平均					59.7	85.9	81.8	60.9				
21					28	76	92	73				
22					61	70	69	67				
23					97	73	54	81				
24					58	77	78	49				
25					84	92	92	53				
26					28	87	76	60				
27					75	77	91	63				
28					70	89	64	63				
29					73	72	59	75				
30					66	77	52	75				
31					49		42	75				
旬总数					689	790	769	734				
旬平均					62.6	79.0	69.9	66.7				
月总数					2050	2500	2424	2013				
月平均					66.1	83.3	78.2	64.9				
最小					28	67	42	42				
日期					21	9	31	14				
附注	相对湿度只在 5-8 月冰川消融期观测											

表 9 乌鲁木齐河源总控水文点逐日平均流量表 (流量: m³/s)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					0.420	0.580	1.460	2.060				
2					0.420	0.580	1.280	1.350				
3					0.420	0.640	2.200	1.280				
4					0.420	0.700	2.760	1.280				
5					0.420	0.740	2.200	2.460				
6					0.420	0.980	1.810	1.200				
7					0.420	1.150	2.320	1.200				
8					0.420	1.280	1.460	2.320				
9					0.420	1.570	1.030	1.150				
10					0.420	1.280	0.880	0.780				
旬总数					4.200	9.500	17.40	15.08				
旬平均					0.420	0.950	1.740	1.508				
11					0.420	1.280	0.740	1.150				
12					0.420	1.150	0.740	2.320				
13					0.420	1.150	0.740	0.930				
14					0.420	1.150	0.930	0.820				
15					0.420	1.150	0.930	1.090				
16					0.490	1.030	1.200	0.980				
17					0.490	0.930	2.320	0.980				
18					0.530	0.820	1.690	0.980				
19					0.530	0.820	1.570	0.930				
20					0.530	1.090	2.060	0.930				
旬总数					4.670	10.57	12.92	11.11				
旬平均					0.299	1.057	1.292	1.111				
21					0.640	1.030	1.280	0.930				
22					0.700	1.150	1.280	0.930				
23					0.580	1.150	1.350	0.820				
24					0.420	1.690	1.460	0.780				
25					0.420	1.690	1.200	0.820				
26					0.530	1.200	1.200	0.880				
27					0.530	1.200	1.280	1.280				
28					0.640	1.940	1.150	1.280				
29					0.700	1.460	1.150	1.280				
30					0.740	1.690	1.150	0.930				
31					0.740		1.350	0.740				
旬总数					6.640	14.20	13.85	10.67				
旬平均					0.603	1.420	1.259	0.970				
总数					15.51	34.27	44.17	36.86				
平均					0.500	1.142	1.424	1.189				
最大					0.98	3.57	6.940	5.5				
日期					31	31	3	5				
最小					0	0.530	0.640	0.640				
日期					1	1	10	31				
年统计	年总数	130.8 1	最大 流量	6.94 7月3日		最小 流量	0 5月1日		平均 流量	1.064		
	径流 量	1.13E+07 m ³		径流 模数	36.821 L/s.km ²		径流 深度	391	mm			

表 10 乌鲁木齐河源总控水文点逐日平均气温表 (气温: °C)

日/月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	-14	-10.9	-11.4	-10.8	1.2	2.4	6.2	8.6	-4	-0.6	-3.3	-11.9
2	-21.8	-10.8	-9.2	-8.3	1.8	2.6	7.9	8.9	-1.8	1	-4.1	-13.1
3	-27.2	-11.6	-11.4	-11.5	-0.2	1	5.6	8.9	2.1	-0.1	-3.9	-10.6
4	-28.5	-14.2	-8.3	-8.7	-0.8	-1.8	6	9.4	5.1	0.5	-3.4	-9
5	-21.6	-11.5	-5.9	-6.5	-1.2	-1.1	8	4.9	7.1	-2.8	-3	-8.4
6	-17.6	-8.1	-8	-9.4	-2.8	2.5	7.3	6.5	5.8	-2.6	-2.2	-16
7	-17.8	-10.1	-7.7	-10.0 5	-4.7	2.4	5.9	7.6	5.5	-5.1	-5.6	-20.1
8	-11.4	-13.5	-8.7	-13.3 5	-9.3	4.5	1.2	5.9	4.2	-0.8	-6	-19.5
9	-8.3	-11.3	-10.2	-13.7	-7	5.7	1.9	6.2	1.4	0.3	-5.4	-19.4
10	-8.9	-7.8	-10.7	-16	-10.6	4.3	3.1	6.1	2.8	0.8	-3.9	-16.5
旬总数	-177.1	-109.8	-91.5	-108.3	-33.6	22.5	53.1	73	28.2	-9.4	-40.8	-144.5
旬平均	-17.71	-10.98	-9.15	-10.83	-3.36	2.25	5.31	7.3	2.82	-0.94	-4.08	-14.45
11	-13.9	-6.5	-9.3	-14.7	-10.8	5.1	3.5	5	1.6	1	-8	-19.5
12	-19.4	-12.9	-12.1	-13.9 5	-3.7	5.1	5.9	6.4	0.5	-1.3	-7.9	-18.1
13	-18.9	-18.2	-13.1	-13.1 5	-0.1	5.1	3.3	8.1	3.9	0.2	-7.6	-16.6
14	-20.5	-21.2	-10.6	-11.2	-1.2	6.4	5	7.7	5.4	0.2	-9.5	-18.9
15	-16.3	-20.3	-9.5	-6.85	5.3	1.5	6.5	6.7	3.7	-4	-10.5	-12.4
16	-17.1	-16.7	-13.3	-9.65	7.3	-2.1	6.5	7.1	1.7	0.2	-11.4	-11.9
17	-12.8	-16.5	-13.7	-10.7	6	-0.7	6	3.8	3.4	0.4	-9.6	-15.3
18	-15.7	-11.6	-10.3	-9.95	0.7	2.3	6.8	0.2	6.2	0.4	-8.7	-15.5
19	-18.2	-11.3	-10.5	-10.8 5	-0.7	0.7	6.7	2.6	6	-2.8	-8.6	-12.5
20	-15.8	-17.9	-11.8	-11.0 5	1.5	1	4.6	7.2	-1.4	-3.8	-10	-11.2
旬总数	-168.6	-153.1	-114.2	-112.05	4.3	24.4	54.8	54.8	31	-9.5	-91.8	-151.9
旬平均	-16.86	-15.31	-11.42	-11.205	0.43	2.44	5.48	5.48	3.1	-0.95	-9.18	-15.19
21	-14.2	-16.8	-12.4	-10.2 5	4.3	5	3.5	6.2	-2.8	-1.3	-9.9	-11.4
22	-15.5	-15.7	-8	-7.4	1.2	6.6	5.5	6.2	-0.7	-3.8	-12.1	-7.9
23	-18.9	-14.2	-10.6	-9.6	2	5.6	6.9	6.1	-2.3	-5.1	-19.7	-7.6
24	-16.6	-13.4	-9.4	-8.85	1.1	5.6	7.5	7.3	1.8	-3.4	-17.5	-8.4
25	-14	-11.4	-8.6	-7.8	1.6	4.3	6.5	7.3	1.3	-5	-22	-8.9
26	-11.3	-17.3	-6.6	-4.75	3.7	5.1	6.9	2.7	-1.3	-5.7	-21.1	-6.8
27	-10.8	-14.4	-5.7	-5.1	1.2	5.8	5	4.3	0.1	-7.1	-19.1	-11.7
28	-21.2	-11.9	-3.2	-1.1	4.2	6.7	3.8	5.2	2	-5.6	-19	-13.2
29	-15.6		-4	-1.25	5.5	6.8	7.2	3.9	2.5	-6.1	-17.4	-12.8
30	-16		-7.5	-4.45	6.1	5.1	10.1	2.5	-0.9	-5.3	-14	-9.7
31	-10.6		-5.9		3.4		12.5	2.4		-4.6		-9.6
旬总数	-164.7	-115.1	-81.9	-60.6	34.3	56.6	75.4	54.1	-0.3	-53.0	-171.8	-108.0
旬平均	-15.0	-14.4	-7.4	-6.1	3.1	5.7	6.9	4.9	0.0	-4.8	-17.2	-9.8
月总数	-510.4	-378.0	-287.6	-280.9	5.0	103.5	183.3	181.9	58.9	-71.9	-304.4	-404.4
月平均	-16.5	-13.5	-9.3	-9.4	0.2	3.5	5.9	5.9	2.0	-2.3	-10.1	-13.0
最高	-8.3	-6.5	-3.2	0.45	7.3	6.8	12.5	8.9	7.1	1	-2.2	-6.8
日期	9.0	11	28	28	16	29	31	2	5	2	6	26
最低	-28.5	-21.2	-13.7	-19.1	-10.8	-2.1	1.2	0.2	-2.8	-7.1	-19.7	-20.1
日期	4.0	14	17	11	11	16	8	18	21	27	23	7
年统计	最高	12.5	日期	7月31日	最低	-28.5	日期	1月4日	年平均	-4.7		

表 11 乌鲁木齐河源总控水文点逐日降水量表 (降水量: mm)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					0.8	1.5	5.3		0.6	5.6		
2					4.6	6.2	0.6	0.6	3.8			
3					7.4	19.5	17	4.6	0.5			
4					1.1	1.2	6.8	0.1		0.2		
5						3.1		16.5		1.9		
6					0.2	3.3	2.8		1.2	0.2		
7					0.2	7.4	8.1			0.9		
8					0.3	1.5	5.8	13.7	1.4	0.9		
9					0.3	0.6	3.4		7.9	0.2		
10					0.4	4	4.5	0.2	1.4			
11					1.9	2.7	0.6	1.3	2.7			
12							2.8		4.3	0.8		
13						1.1	0.7	1.4				
14						1.5	3.4	1.9				
15					0.1	18.6	0.2		0.3	0.5		
16				0		5		3.8	12.2			
17					0.4		11.3	8.96				
18		0			0.3	0.5	0.8	6.4				
19						13.2						
20						1.1	13.6	1				
21					8.8				3.6			
22					0.2	4.4	1.9		6.1			
23					5.1	4		3.8	1.2			
24					2.4	7.8						
25					1.2	6.2		8.7				
26					2.8	0.5		3.2	0.2			
27					0.8			8	0.1			
28						11.3		2.3				
29						0.2		6.3				
30					3.5	10.1			0.2			
31								0.2				
总量					42.8	136.5	89.6	92.96	47.7	11.2	0	0
降水日数					20	24	17	20	17	9		
最大降水量					8.8	19.5	17	16.5	12.2	5.6		
日期					21	3	3	5	16	1		
年统计	降水量	420.7 6	降水日数	107								

表 12 乌鲁木齐河源总控水文点逐日平均相对湿度表 (相对湿度: %)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					83	83	82	79				
2					38	77	69	87				
3					48	68	70	77				
4					59	60	82	88				
5					91	78	78	87				
6					48	91	89	81				
7					85	80	74	96				
8					68	86	87	94				
9					92	77	92	86				
10					58	45	89	82				
旬总数					670	744	809	855				
旬平均					67	74	81	85				
11					53	65	79	54				
12					42	93	60	92				
13					77	87	83	92				
14					69	72	95	23				
15					47	38	66	73				
16					62	63	86	99				
17					63	64	85	89				
18					79	77	92	69				
19					97	88	81	42				
20					87	50	65	45				
旬总数					674	694	790	677				
旬平均					67	69	79	67				
21					86	49	58	98				
22					84	71	90	56				
23					49	78	77	55				
24					68	66	75	55				
25					78	85	82	66				
26					81	92	66	74				
27					68	70	85	81				
28					88	76	100	75				
29					83	86	67	70				
30					50	83	53	84				
31					59		69	55				
旬总数					792	755	821	766				
旬平均					72	75	75	70				
月总数					2136	2193	2420	2136				
月平均					68.8	73.1	78.1	68.9				
最小					38	38	53	23				
日期					2	15	30	14				
附注	相对湿度只在 5-8 月冰川消融期观测											

表 13 乌鲁木齐河源后峡基本营地气象场逐日平均气温表 (气温: °C)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	-17.3	-7.8	-3.8	2.3	9.6	15.1	14.6	18.2	5.4	7.2	0.8	-7.6
2	-18.4	-5.5	-2.4	0.2	8.3	10.3	15.6	18.1	5.8	6.8	1.4	-10
3	-23.2	-5.1	-2	-0.2	4.5	10.1	12.9	16.4	7.9	7.5	2.2	-12.9
4	-25.1	-6.5	-0.8	0.3	4.1	6.8	14.9	18.4	11.2	6.5	1.7	-10.5
5	-24.3	-6.6	-1.1	3.1	2.7	8.2	16	15.3	11.7	4.9	2.2	-8
6	-19.5	-2.1	-0.3	4.6	2.1	10.7	15.4	16.3	13	1	1	-7.3
7	-16.4	-2.3	-1.4	3.8	1	12.3	13	14.3	12.3	3.5	2	-14.5
8	-14.9	-8.1	-0.6	6	-2.1	12.8	9.3	15.1	11.7	5.4	-0.7	-13.8
9	-11.2	-6.8	-0.8	1.5	-0.7	14.2	10.2	16.1	9.2	5.9	-1.3	-13.5
10	-11.5	-5.5	-0.8	-8	-0.5	11.6	8.7	12.2	10.9	7.5	1.9	-11.6
旬总数	-181.8	-56.3	-14	13.6	29	112.1	130.6	160.4	99.1	56.2	11.2	-109.7
旬平均	-18.18	-5.63	-1.4	1.36	2.9	11.21	13.06	16.04	9.91	5.62	1.12	-10.97
11	-12.6	-3.3	-3.7	-7.7	-1.1	12.1	9.9	11.5	9.8	6.8	1.8	-12.7
12	-17.8	-5.4	-8.2	-3.9	4.3	13	10.8	12.6	11.1	2.8	0.2	-13.2
13	-18.1	-11.2	-6.6	-2.1	7.7	13.9	10.5	13.3	11.6	5.7	-1.6	-10.9
14	-16.9	-14.9	-4.7	1.3	8.8	14.5	11.5	15.4	12	4.5	-2.7	-11.8
15	-16	-15.2	-3.7	3.3	10.8	9.4	12.8	14.1	8	1.8	-1.5	-13.1
16	-15.8	-12.7	-6	3	11.7	6.5	13.4	16.1	9.8	2.1	-3.2	-11.5
17	-11.3	-9	-8.7	5.1	13.1	8.5	13.1	9.4	9.1	3.3	-4.7	-10.7
18	-9.5	-8.3	-5.2	7.6	8.2	9.1	13.4	9	11.8	4.4	-3.8	-11.2
19	-13.2	-5.4	-4.2	8.7	6.8	10.7	14.2	13.9	8.8	4	-4.3	-12.8
20	-14.2	-7.4	-4.5	8.1	9.8	12.3	11.4	13.3	6.3	4.1	-5.2	-8.3
旬总数	-145.4	-92.8	-55.5	23.4	80.1	110	121	128.6	98.3	39.5	-25	-116.2
旬平均	-14.54	-9.28	-5.55	2.34	8.01	11	12.1	12.86	9.83	3.95	-2.5	-11.62
21	-13.5	-10	-4.1	9.1	12.2	13	12.1	14.3	6.3	3.2	-5.7	-8.2
22	-9.8	-8	-2.1	7.9	7.8	14.2	13.9	13.6	5.1	2.9	-5.2	-8.1
23	-14.3	-8.2	-3.5	1.5	9	13.3	15.8	12.1	7.1	1.7	-11.3	-8.1
24	-12.6	-5.7	-1.4	0.9	8	13.1	14.9	13.8	7.2	1.9	-12.4	-9.8
25	-10.3	-7.5	-2.4	3.7	9.6	12.2	15.2	14.4	6.7	2.3	-12.1	-9.8
26	-7.4	-10	0.3	4.6	10.1	13.5	13.9	10.8	5.8	2.9	-14.9	-9
27	-15.3	-9	1.8	9.5	9.9	14.8	12.2	11.6	6.5	1.6	-12.9	-10
28	-14.4	-5.7	3.1	12.1	12.4	14.6	12.2	12.4	8.6	0	-12.8	-11.2
29	-12.1		2.3	12.3	12.6	14.2	13.3	11.6	10.5	0.4	-11.5	-10.8
30	-9.9		-1.9	9.8	12.7	12.9	17.1	8.7	5.8	1.1	-9.4	-8.6
31	-10.2		-3.4		14.5		19.4	7.6		1.6		-10.5
旬总数	-129.8	-64.1	-11.3	71.4	118.8	135.8	160.0	130.9	69.6	19.6	-108.2	-104.1
旬平均	-11.8	-8.0	-1.0	7.1	10.8	13.6	14.5	11.9	7.0	1.8	-10.8	-9.5
月总数	-457.0	-213.2	-80.8	108.4	227.9	357.9	411.6	419.9	267.0	115.3	-122.0	-330.0
月平均	-14.7	-7.6	-2.6	3.6	7.4	11.9	13.3	13.5	8.9	3.7	-4.1	-10.6
最高	-7.4	-2.1	3.1	12.3	14.5	15.1	19.4	18.4	13	7.5	2.2	-7.3
日期	26	6	28	29	31	1	31	4	6	3	3	6
最低	-25.1	-15.2	-8.7	-7.7	-2.1	6.5	9.3	7.6	5.1	0	-14.9	-14.5
日期	4	15	17	11	8	16	8	31	22	28	26	7
年统计	最高	19.4	日期	7月31日	最低	-25.1	日期	1月4日	年平均	1.9		

表 14 乌鲁木齐河源后峡基本营地气象场逐日降水量表 (降水量: mm)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1					0.5		5.1			6.6		
2				5	5.4	0.9						
3	0.1			1.5	8.9	7.6	7.2	3.4				
4	0.2			1.7	4.1	3.7	7.4					
5	0.1					1.8		7.2		2.7		
6										0.4	0.4	0.4
7		4.7			3.8	0.3	6.7			1.9	4.8	
8					0.7	1.5	3.2	5.1				
9				0.4	0.5		1.1		0.3			
10				0.4	2.5	2.9	8.5					
11	0.4	1.2			3.5	4.1	1.8	0.3			1.6	
12		0.5					0.1			0.2		
13		1										
14										0.6		
15						22.6			1.9	0.8		
16						8.5			5			
17							7	6.5	4.3			
18	0.7				4.3		2.1	7.5				1.6
19					1.3	1.6				0.5		
20		0.7	0.2				2.8		0.5	2		
21							2.2				1.8	
22				0.2	5.9		1.7		3.1		0.4	
23			0.3	23	0.3	1.2						
24				0.6	3.5	3.7	5				0.7	
25				0.8		9.1	0.1					
26		0.6			0.6	0.4	0.3	5.8	0.4			
27					4.3		2.7					
28	0.2					1.5	1.4					
29						5.3	0.3	5.1				
30			3.3	1.8		7.5		1.5	0.6			
31								0.6				
总量	1.7	8.7	3.8	35.4	50.1	84.2	66.7	43	16.1	15.7	9.7	2
降水日数	6	6	3	10	16	18	20	10	8	9	6	2
最大降水量	0.7	4.7	3.3	23	8.9	22.6	8.5	7.5	5	6.6	4.8	1.6
日期	18	7	30	23	3	15	10	18	16	1	7	18
年统计	降水量	337.1	降水日数	114								

表 15 乌鲁木齐河源后峡基本营地气象场逐日平均相对湿度表 (相对湿度: %)

日\月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	88	77	65	67	75	58	73	64	79	81	68	75
2	90	73	58	93	86	75	70	66	71	76	67	86
3	90	74	77	83	90	88	92	71	64	73	82	90
4	89	82	71	76	87	91	80	70	56	76	77	87
5	87	77	54	68	82	71	75	71	56	84	62	84
6	80	86	66	62	85	65	73	64	54	86	82	91
7	76	93	77	68	88	68	87	73	51	76	90	96
8	75	90	74	58	81	72	81	72	58	67	93	80
9	78	71	66	63	83	69	75	67	58	69	73	77
10	83	73	65	65	90	84	79	74	57	58	76	73
旬总数	836	796	673	703	847	741	785	692	604	746	770	839
旬平均	83.6	79.6	67.3	70.3	84.7	74.1	78.5	69.2	60.4	74.6	77	83.9
11	94	81	61	71	69	82	75	72	55	66	82	86
12	95	86	64	72	57	70	71	65	60	81	93	73
13	88	78	51	71	63	61	73	59	51	74	88	74
14	72	77	49	59	68	59	78	56	51	79	84	76
15	73	72	19	57	63	84	79	63	78	72	75	80
16	75	68	64	64	62	79	74	54	77	71	72	74
17	72	55	76	59	61	69	85	86	72	71	72	81
18	88	64	62	51	80	74	74	79	64	73	69	94
19	90	70	62	54	70	67	66	67	80	81	73	95
20	79	78	71	57	56	69	91	64	82	79	67	82
旬总数	826	729	579	615	649	714	766	665	670	747	775	815
旬平均	82.6	72.9	57.9	61.5	64.9	71.4	76.6	66.5	67	74.7	77.5	81.5
21	87	84	73	62	51	66	81	59	74	71	79	81
22	86	70	65	72	90	61	73	64	80	75	95	78
23	79	70	74	93	69	65	68	73	69	77	90	81
24	58	69	72	87	72	83	79	62	60	76	90	85
25	67	78	63	69	58	80	72	62	60	73	91	82
26	69	78	49	64	66	71	81	83	72	83	84	76
27	89	63	57	58	76	58	92	64	68	72	85	88
28	93	62	56	55	69	69	82	58	53	72	80	85
29	83		61	62	62	78	76	76	54	69	79	72
30	78		83	76	62	81	63	79	72	63	76	72
31	77		63		55		65	82		76		80
旬总数	866	574	716	698	730	712	832	762	662	807	849	880
旬平均	78.7	71.8	65.1	69.8	66.4	71.2	75.6	69.3	66.2	73.4	84.9	80.0
月总数	2528	2099	1968	2016	2226	2167	2383	2119	1936	2300	2394	2534
月平均	81.5	75.0	63.5	67.2	71.8	72.2	76.9	68.4	64.5	74.2	79.8	81.7
最小	67	55	19	51	51	58	63	54	51	58	62	72
日期	25	17	15	18	21	27	30	16	7	10	5	29

乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化 (2004/2005 和 2005/2006 年度)

井 哲 帆

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所/天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

1 观测与说明

2005 年 8 月及 2006 年 8 月底对冰川表面的运动点进行了冰川表面运动的观测, 观测是使用全站仪进行测量的。

表 1 为 2004/2005 年度的运动速度, 表 2 为 2005/2006 年度的运动速度, 表 3 为 1 号冰川东、西支冰舌的年进退变化量, 表 4、5 为 2005 和 2006 年度的各流速点的空间坐标。

坐标系统仍为独立坐标系。X 为纵坐标, Y 为横坐标, Z 为竖直向上的坐标。 U_X 、 U_Y 、 U_Z 是分别平行于 X、Y 和 Z 轴的速度分量, U_{XY} 为速度的水平分量, a 为运动速度的方向。

2 运动速度的初步分析

在计算和整编运动速度资料的过程中, 经过对比和分析得出以下结果:

(1) 1 号冰川 2005 年度和 2006 年度的表面运动与前几年运动速度相比变化基本不大, 均有所减小, 从表 1 和表 2 中可以看出, 东支冰川 2005 年度最大流速点为 E3', 其年流速为 4.67 米, 2006 年度流速最大点仍为 E3' 点, 其年流速为 4.70 米。西支冰川 2005 年度最大流速点为 E2 点, 其年流速为 6.04 米, 2006 年度最大流速点还是 E2 点, 其年流速为 6.08 米。最大流速点位与往年相同。

(2) 冰川末端进退的观测方法仍同以往。表 3 反映了 2005 年度和 2006 年度的冰舌退缩量。2005 年度西支冰舌的退缩量相对 2004 年度有所减小, 而到 2006 年度东、西支冰舌的退缩量均比 2005 年度略大一些。

表 1 年运动速度 (观测日期: 2004.08.22—2005.08.21)

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$	$U_{xy}(m/a)$
A'	0.38	2.71	2.74	-0.07	82 01	2.74
B2'	1.21	3.12	3.35	-0.07	68 34	3.35
B3'	-0.27	4.45	4.46	-0.06	93 40	4.46
C1'	2.44	3.21	4.03	-0.16	52 45	4.03
C2'	2.54	3.31	4.17	-0.17	53 04	4.17
C3'	2.51	3.06	3.96	-0.50	51 23	3.96
D1'	3.36	1.14	3.55	-0.14	18 44	3.55
D2'	3.53	1.10	3.69	-0.04	17 25	3.69
D3'	3.27	1.25	3.50	-0.05	20 55	3.50
E1'	0.68	0.03	0.68	-0.05	3 17	0.68
E2'	4.01	0.47	4.03	-0.53	7 31	4.03
E3'	4.65	0.48	4.67	-0.70	5 54	4.67
F1'	0.82	0.25	0.86	-0.15	18 28	0.86
F2'	3.64	0.50	3.67	-0.63	7 39	3.67
F3'	4.23	0.52	4.26	-0.71	7 04	4.26
G1'	0.33	0.18	0.38	-0.04	25 16	0.38
G2'	3.02	1.02	3.19	-0.41	18 06	3.19
G3'	3.37	1.07	3.54	-0.65	18 38	3.54
H1'	0.81	1.01	1.29	-0.12	48 24	1.29
A	-0.90	0.62	1.09	-0.29	143 32	1.09
B	-1.81	4.93	5.25	-0.87	109 31	5.25
C1	0.13	3.63	3.63	-0.67	85 02	3.63
C2	-0.11	5.38	5.38	-0.68	91 10	5.38
C3	-0.12	5.38	5.38	-0.45	93 19	5.38
D1	0.05	2.40	2.40	-0.43	90 03	2.40
D2	0.83	4.89	4.96	-0.86	79 52	4.96
D3	0.45	5.52	5.54	-0.86	85 20	5.54
E1	0.94	5.90	5.97	-0.85	80 46	5.97
E2	1.54	5.84	6.04	-1.32	75 14	6.04
E3	2.03	5.35	5.72	-0.49	69 13	5.72
F1	2.13	4.10	4.62	-0.82	62 05	4.62
F2	2.15	4.55	5.03	-0.81	64 22	5.03
F3	1.91	4.12	4.54	-0.74	64 42	4.54
G1	0.11	0.31	0.33	-0.08	71 14	0.33
G2	1.60	4.50	4.77	-0.40	69 31	4.77
G3	2.01	4.73	5.14	-0.65	67 15	5.14
H1	0.04	0.25	0.25	-0.06	79 38	0.25
H2	2.04	3.87	4.37	-0.43	61 15	4.37
H3	2.44	4.07	4.74	-0.92	58 21	4.74
L1	3.52	2.91	4.57	-2.48	39 22	4.57
L2	4.40	3.23	5.46	-2.90	36 07	5.46

表 2 年运动速度 (观测日期: 2005.08.21—2006.8.20)

点名	U _x (m)	U _y (m)	U _{xy} (m)	U _z (m)	a(° ')	U _{xy} (m/a)
A'	0.38	2.73	2.76	-0.07	82 04	2.76
B2'	1.21	3.14	3.36	-0.06	68 55	3.36
B3'	-0.29	4.41	4.42	-0.04	93 46	4.42
C1'	2.40	3.20	4.00	-0.18	53 08	4.00
C2'	2.52	3.31	4.16	-0.18	52 43	4.16
C3'	2.48	3.02	3.91	-0.51	50 36	3.91
D1'	3.35	1.13	3.53	-0.12	18 38	3.53
D2'	3.51	1.10	3.68	-0.03	17 24	3.68
D3'	3.23	1.24	3.46	-0.05	21 00	3.46
E1'	0.68	0.03	0.68	-0.04	2 32	0.68
E2'	4.04	0.48	4.07	-0.55	6 47	4.07
E3'	4.67	0.51	4.70	-0.78	6 14	4.70
F1'	0.79	0.29	0.84	-0.18	20 09	0.84
F2'	3.62	0.53	3.66	-0.66	8 20	3.66
F3'	4.23	0.54	4.26	-0.70	7 16	4.26
G1'	0.31	0.19	0.36	-0.03	25 24	0.36
G2'	3.01	1.04	3.18	-0.44	19 04	3.18
G3'	3.32	1.08	3.49	-0.70	18 38	3.49
H1'	0.81	1.04	1.32	-0.15	52 05	1.32
A	-0.89	0.56	1.05	-0.26	147 39	1.05
B	-1.84	5.17	5.49	-0.95	109 35	5.49
C1	0.14	3.63	3.63	-0.66	85 15	3.63
C2	-0.13	5.48	5.48	-0.61	91 22	5.48
C3	-0.12	5.38	5.39	-0.40	93 26	5.39
D1	0.07	2.38	2.38	-0.42	91 07	2.38
D2	0.84	4.91	4.98	-0.88	80 18	4.98
D3	0.50	5.65	5.67	-0.87	85 39	5.67
E1	0.95	5.96	6.03	-0.87	80 57	6.03
E2	1.47	5.90	6.08	-1.33	76 01	6.08
E3	2.05	5.43	5.80	-0.46	69 02	5.80
F1	2.10	4.11	4.62	-0.80	62 19	4.62
F2	2.13	4.52	5.00	-0.77	64 33	5.00
F3	1.88	4.08	4.49	-0.73	65 16	4.49
G1	0.10	0.30	0.32	-0.08	71 26	0.32
G2	1.57	4.50	4.77	-0.40	70 46	4.77
G3	2.01	4.66	5.08	-0.65	66 40	5.08
H1	0.04	0.25	0.25	-0.05	79 25	0.25
H2	2.02	3.84	4.34	-0.43	61 13	4.34
H3	2.33	4.03	4.66	-1.00	59 58	4.66
L1	3.51	2.92	4.57	-2.51	39 45	4.57
L2	4.30	3.21	5.37	-2.94	36 45	5.37

表 3 东西支冰舌进退变化量

冰舌进退值 (m)		
时间	东支冰舌	西支冰舌
2004.08.22—2005.08.21	-3.11	-6.15
2005.08.21—2006.08.20	-3.14	-6.20

表 4 流速点坐标 (观测日期: 2005.08.21)

东支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)	西支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)
A'	5146.12	3772.85	3724.70	A	5290.24	3392.91	3833.06
B2'	5152.83	3632.03	3804.30	B	5385.27	3418.48	3855.82
B3'	5070.57	3687.22	3801.28	C1	5436.87	3281.63	3901.49
C1'	5124.19	3353.57	3848.61	C2	5384.41	3282.67	3909.61
C2'	5070.27	3447.07	3850.33	C3	5341.96	3263.29	3920.62
C3'	4997.07	3510.39	3843.20	D1	5489.56	3253.34	3931.49
D1'	4890.91	3230.50	3890.88	D2	5437.57	3175.72	3925.18
D2'	4845.31	3317.13	3893.37	D3	5366.96	3172.89	3932.38
D3'	4796.22	3406.86	3894.36	E1	5443.19	3032.00	3969.42
E1'	4569.46	2999.30	3924.63	E2	5375.01	3023.39	3971.88
E2'	4570.45	3098.51	3922.10	E3	5302.45	3009.53	3992.85
E3'	4541.83	3187.31	3919.40	F1	5395.07	2829.20	4009.53
F1'	4352.47	2966.98	3966.53	F2	5316.09	2841.70	4013.95
F2'	4351.80	3043.39	3963.15	F3	5237.87	2843.39	4023.25
F3'	4328.10	3110.34	3961.09	G1	5405.58	2598.37	4057.75
G1'	4154.36	2900.86	4014.38	G2	5337.37	2674.74	4051.50
G2'	4153.24	2973.10	4007.85	G3	5258.61	2707.53	4042.43
G3'	4129.01	3036.71	4001.48	H1	5344.64	2435.84	4076.71
H1'	3948.42	2793.41	4064.69	H2	5282.19	2526.22	4071.40
H2'				H3	5202.15	2578.92	4064.95
				L1	5155.85	2505.69	4075.22
				L2	5084.32	2436.61	4123.20

表 5 流速点坐标 (观测日期: 2006.08.20)

东支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)	西支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)
A'	5146.50	3775.58	3724.63	A	5289.35	3393.47	3832.80
B2'	5154.04	3635.17	3804.24	B	5383.43	3423.65	3854.87
B3'	5070.28	3691.63	3801.24	C1	5437.01	3285.26	3900.83
C1'	5126.59	3356.77	3848.43	C2	5384.28	3288.15	3909.00
C2'	5072.79	3450.38	3850.15	C3	5341.84	3268.67	3920.22
C3'	4999.55	3513.41	3842.69	D1	5489.63	3255.72	3931.07
D1'	4894.26	3231.63	3890.66	D2	5438.41	3180.63	3924.30
D2'	4848.82	3318.23	3893.34	D3	5367.46	3178.54	3931.51
D3'	4799.45	3408.10	3894.31	E1	5444.14	3037.96	3968.55
E1'	4570.14	2999.33	3924.59	E2	5376.48	3029.29	3970.55
E2'	4574.49	3098.99	3921.55	E3	5304.50	3014.96	3992.39
E3'	4546.50	3187.82	3918.62	F1	5397.17	2833.31	4008.73
F1'	4353.26	2967.27	3966.35	F2	5318.22	2846.22	4013.18
F2'	4355.42	3043.92	3962.49	F3	5239.75	2847.47	4022.52
F3'	4332.33	3110.88	3960.39	G1	5405.68	2598.67	4057.67
G1'	4154.67	2901.05	4014.35	G2	5338.94	2679.24	4051.10
G2'	4156.25	2974.14	4007.41	G3	5260.62	2712.19	4041.78
G3'	4132.33	3037.79	4000.78	H1	5344.68	2436.09	4076.66
H1'	3949.23	2794.44	4064.54	H2	5284.21	2530.06	4070.97
H2'				H3	5204.48	2582.95	4063.95
				L1	5159.36	2508.61	4072.71
				L2	5088.62	2439.82	4120.26

参考文献 (References)

- [1] 井哲帆. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化 (1998/1999 和 1999/2000 年度). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 1999, 16: 55-60.
- [2] 井哲帆. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化 (2000/2001 和 2001/2002 年度). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 2002, 16: 61-66.
- [3] 井哲帆. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化 (2002/2003 和 2003/2004 年度). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 2006, 17: 221-225.

天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化 (2004/2005 和 2005/2006 年度)

井 哲 帆

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所/天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

1 观测与说明

2005 年 8 月和 2006 年 8 月, 对天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川的运动变化又进行了观测。本文公布了 2005 年度和 2006 年度的冰川表面运动观测资料。

冰川表面运动速度的观测是使用全站仪进行测量的, 从控制点 K1、K2 上对布设在冰川表面的测杆进行观测的, 以座标法计算出冰体单位时间内的空间位移。冰舌末端变化测量采用距离丈量法观测。

表 1、2 分别为 2004/2005、2005/2006 年度的冰川表面运动速度, 表 3 是冰舌末端的年进退变化量, 表 4 是观测运动点的坐标值。

2 运动速度的年际变化

奎屯河 51 号冰川 2004/2005 年度和 2005/2006 年度的表面运动速度值 U_{xy} 还是不大, 从表 1 中可以看出, 该冰川 2004/2005 年度的表面运动速度值较 2003/2004 年度的速度值总体减小了, 最大流速点为 E1 点, 高度在平衡线 3600 m 处, 其年流速为 $2.87\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

由于在 2006 年 8 月对个别运动观测点位重新进行了调整, 但总体上该冰川 2005/2006 年度的运动速度值仍不大, 最大流速点为 E3 点, 其速度值为 $3.05\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$, 运动速度垂直分量 U_z 的变化规律同往年冰川的变化规律完全相同。即消融区的显出流作用和积累区的显入流作用。

3 冰舌末端变化

冰川末端进退的观测方法是通过在 GPS 测定的控制观测点进行重复距离丈量得出的。2004/2005 年度的平均退缩量为 4.95 m, 2005/2006 年度的平均退缩量为 5.35m。

表 1 年运动速度 (观测日期: 2004.08.26—2005.08.25)

点名	U _x (m)	U _y (m)	U _{xy} (m)	U _z (m)	a(° ')	U _{xy} (m/a)
A1	-0.95	-2.38	2.56	-1.40	248 14	2.56
A2	-1.02	-2.31	2.53	-1.37	246 10	2.53
A3	-1.01	-2.30	2.51	-1.44	246 17	2.51
B1	-1.34	-1.56	2.06	-1.15	229 20	2.06
B2	-1.28	-1.40	1.90	-1.15	227 34	1.90
B3	-1.27	-1.42	1.91	-1.16	228 11	1.91
C1	-1.02	-1.24	1.61	-1.11	230 33	1.61
C2	-1.03	-1.18	1.57	-1.10	228 53	1.57
C3	-1.01	-1.10	1.50	-1.11	227 26	1.50
C4	-1.09	-1.09	1.55	-1.02	225 00	1.54
C5	-0.95	-1.13	1.48	-1.10	229 57	1.48
C+1	-0.96	-1.14	1.49	-1.11	229 54	1.49
C+2	-0.96	-1.16	1.51	-1.02	230 23	1.51
D1	-1.18	-1.36	1.80	-1.00	229 03	1.80
D2	-1.15	-1.44	1.84	-1.03	231 23	1.84
D3	-1.29	-1.18	1.75	-1.12	222 27	1.75
D4	-1.80	-1.13	2.13	-1.45	212 07	2.13
D5	-1.32	-1.48	1.98	-1.05	227 50	1.98
D6	-1.51	-1.24	1.96	-1.30	219 24	1.96
E1	-2.61	-1.20	2.87	-2.02	204 41	2.87
E2	-2.73	0.80	2.84	-1.04	163 40	2.84
E3	-2.67	0.82	2.79	-1.24	162 56	2.79
E4	-2.71	0.84	2.84	-1.01	162 47	2.84
E5	-2.63	0.83	2.76	-1.17	162 29	2.76
F1	-2.21	-0.75	2.33	-1.10	198 45	2.33
F2	-1.47	-0.60	1.59	-1.25	202 12	1.59

表 2 年运动速度(观测日期: 2005.08.25—2006.08.24)

点名	U _x (m)	U _y (m)	U _{xy} (m)	U _z (m)	a(° ')	U _{xy} (m/a)
A1	-0.97	-2.38	2.57	-1.45	247 49	2.57
A2	-1.04	-2.35	2.57	-1.49	246 07	2.57
A3	-1.02	-2.34	2.55	-1.48	246 27	2.55
B1	-1.36	-1.58	2.08	-1.16	229 17	2.08
B2	-1.32	-1.42	1.94	-1.18	227 05	1.94
B3	-1.29	-1.46	1.95	-1.19	228 54	1.95
C1	-0.95	-1.25	1.57	-1.17	232 46	1.57
C2	-1.02	-1.23	1.60	-1.17	230 20	1.60
C3	-0.96	-1.15	1.50	-1.16	230 09	1.50
C4	-1.04	-1.13	1.53	-1.13	227 22	1.53
C5	-0.96	-1.15	1.50	-1.15	230 09	1.50
C+1	-0.97	-1.19	1.54	-1.14	230 49	1.54
C+2	-0.98	-1.20	1.55	-1.09	230 46	1.55
D1	-1.24	-1.39	1.86	-1.09	228 16	1.86
D2	-1.16	-1.45	1.86	-1.08	231 20	1.86
D3	-1.22	-1.36	1.83	-1.16	228 06	1.83
D4	-1.39	-1.59	2.11	-1.08	228 50	2.11
D5	-1.36	-1.51	2.03	-1.09	227 59	2.03
D6	-1.54	-1.26	1.99	-1.39	219 17	1.99
E1	-2.57	-0.84	2.70	-1.17	198 06	2.70
E2	-2.68	0.83	2.81	-1.07	162 48	2.81
E3	-2.77	-1.28	3.05	-1.99	204 48	3.05
E4	-2.78	0.88	2.91	-1.06	162 26	2.91
E5	-2.69	0.87	2.83	-1.25	162 05	2.83
F1	-2.29	-0.77	2.42	-1.15	198 35	2.42
F2	-1.49	-0.69	1.64	-1.29	204 51	1.64

表 3 冰舌末端变化量

时 间	2004.08.26—2005.08.25	2005.08.25—2006.08.24
末端变化(m)	-4.95	-5.35
年平均变化(m)	-4.95	-5.35

注：“-”表示为后退

表 4 运动速度点坐标

观测时间	2005.08.25			2004.08.26		
点名	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
A1	90271.62	47711.75	3504.67	90270.65	47709.37	3503.22
A2	90360.39	47632.76	3506.05	90359.35	47630.41	3504.56
A3	90439.22	47495.04	3504.53	90438.20	47492.70	3503.05
B1	90123.65	47633.13	3531.96	90122.29	47631.55	3530.80
B2	90260.96	47551.24	3532.92	90259.64	47549.82	3531.74
B3	90362.58	47443.39	3532.74	90361.29	47441.93	3531.55
C1	89868.26	47573.07	3548.44	89867.31	47571.82	3547.27
C2	89997.57	47508.87	3555.22	89996.55	47507.64	3554.05
C3	90104.30	47445.02	3553.08	90103.34	47443.87	3551.92
C4	90222.41	47392.27	3554.74	90221.37	47391.14	3553.61
C5	90328.58	47328.24	3554.53	90327.62	47327.09	3553.38
C+1	89894.55	47447.83	3564.98	89893.58	47446.64	3563.84
C+2	89984.14	47393.18	3772.97	89983.16	47391.98	3771.88
D1	89707.03	47456.78	3579.18	89705.79	47455.39	3578.09
D2	89819.27	47377.60	3575.41	89818.11	47376.15	3574.33
D3	89940.12	47328.16	3578.17	89938.90	47326.80	3577.01
D4	90075.87	47280.83	3582.93	90074.48	47279.24	3581.85
D5	90186.61	47251.67	3583.47	90185.25	47250.16	3582.38
D6	90291.41	47186.78	3581.97	90289.87	47185.52	3580.58
E1	89763.46	47261.15	3613.22	89760.89	47260.31	3612.05
E2	89865.17	47192.19	3612.76	89862.49	47193.02	3611.69
E3	89462.89	47115.09	3609.94	89460.12	47113.81	3607.75
E4	90098.20	47061.88	3610.22	90095.42	47062.76	3609.16
E5	90226.14	47037.19	3608.76	90223.45	47038.06	3607.51
F1	89644.99	47234.83	3629.40	89642.70	47234.06	3628.25
F2	90110.51	46843.40	3637.77	90109.02	46842.71	3636.48

参考文献 (References)

- [1] 井哲帆, 叶柏生, 焦克勤, 杨惠安. 天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川表面运动特征分析[J]. 冰川冻土, 2002, 24(5): 566-569.
- [2] 井哲帆. 天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(2002/2003 和 2003/2004 年度). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 2006, 17: 226-229.

乌鲁木齐河源 1 号冰川 2006 年月间运动速度观测资料

周在明

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室/天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

坐标系统为独立坐标系, X 为纵坐标, Y 为横坐标, Z 为竖直向上的坐标。 U_x, U_y, U_z 分别为平行于 X, Y, Z 轴的速度分量, U_{xy} 为速度的水平分量, $U_{xy} = (U_x^2 + U_y^2)^{1/2}$, 误差一般不超过其本身数据的 10%。水平运动速度方向 a , 其计算公式: $a = \arctan \frac{U_y}{U_x}$, 误差一般不超过 $\pm 2^\circ$ 。

运动速度观测数据计算以座标法计算出冰体单位时间内的位移, 位移量与时间的比值即为单位时间内的速度值。

观测时间 2006 年 6 月 1 日至 2006 年 10 月 20 日之间 4 次观测。

1 观测点位

观测点分布如图 1 所示。

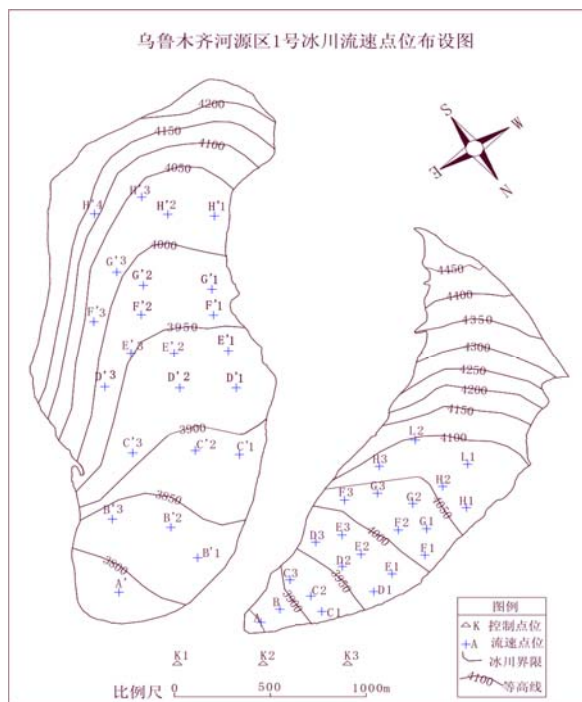


图 1 乌鲁木齐河源区 1 号冰川运动速度观测点位图

Fig.1 Points for velocity surveying of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River

2 观测数据

观测数据如下表 1—8 所示。

表 1 2006/6/1~2006/7/17 运动速度表 (东支冰川)

点 位	X(m)			Y(m)			Z(m)			a (°)	U _{xy} (cm/d)
	6/1	7/17	U _x	6/1	7/17	U _y	6/1	7/17	U _z		
A'	3202.95	3203.06	0.11	3817.24	3817.46	0.22	3794.67	3793.86	-0.81	62 23	0.56
B1'	3480.13	3480.17	0.04	3950.09	3950.36	0.28	3788.61	3787.68	-0.94	82 44	1.42
B2'	3253.44	3253.64	0.20	4022.50	4022.65	0.15	3786.30	3785.72	-0.58	36 41	1.39
B3'	2991.14	2991.37	0.24	4032.32	4032.91	0.59	3835.64	3834.83	-0.82	68 12	1.02
C1'	3552.72	3552.92	0.20	4255.09	4255.51	0.42	3837.03	3836.19	-0.85	64 31	0.87
C2'	3241.13	3241.44	0.30	4251.01	4251.27	0.26	3880.14	3879.87	-0.27	40 45	1.66
C3'	2994.71	2995.29	0.58	4283.76	4284.26	0.50	3882.71	3881.87	-0.84	41 11	1.89
D1'	3585.84	3586.38	0.55	4416.53	4417.21	0.68	3895.79	3895.47	-0.32	51 9	2.29
D2'	3242.62	3243.32	0.70	4425.65	4426.44	0.79	3929.24	3928.65	-0.59	48 25	2.23
D3'	2907.45	2907.96	0.51	4441.12	4442.01	0.89	3920.70	3920.32	-0.39	60 0	2.84
E1'	3596.77	3597.81	1.04	4608.04	4608.83	0.79	3929.28	3929.12	-0.16	37 1	2.82
E2'	3232.21	3233.20	0.99	4552.90	4553.74	0.83	3957.67	3957.59	-0.08	40 1	2.58
E3'	2959.62	2960.43	0.81	4604.68	4605.50	0.81	3944.73	3944.60	-0.13	45 2	2.50
F1'	3533.49	3534.03	0.54	4857.83	4858.55	0.72	3966.54	3966.28	-0.26	52 57	1.96
F2'	3205.76	3206.84	1.08	4862.15	4862.49	0.35	3960.91	3960.39	-0.52	17 42	2.47
F3'	2908.83	2909.56	0.73	4861.50	4862.91	1.41	3971.06	3970.83	-0.24	62 36	3.44
G1'	3535.34	3536.01	0.68	4957.95	4958.19	0.23	4000.71	4000.56	-0.15	19 2	1.55
G2'	3237.96	3238.38	0.42	4984.77	4985.40	0.63	3995.14	3994.88	-0.27	56 19	1.65
G3'	2962.74	2963.45	0.71	5077.60	5077.88	0.28	4000.97	4000.84	-0.13	21 50	1.65
H1'	3501.95	3502.43	0.48	5206.12	5206.70	0.59	4057.13	4056.77	-0.36	50 47	1.64
H2'	3283.50	3283.87	0.37	5205.88	5206.65	0.78	4055.56	4055.55	-0.01	64 41	1.87
H3'	3198.47	3199.03	0.56	5321.87	5322.45	0.58	4054.22	4054.01	-0.21	45 39	1.75
H4'	2895.86	2896.19	0.33	5274.75	5275.33	0.58	4044.31	4044.20	-0.11	60 18	1.46

表 2 2006/6/1~2006/7/17 运动速度表 (西支冰川)

点 位	X(m)			Y(m)			Z(m)			a (°)	U _{xy} (cm/d)
	6/1	7/17	U _x	6/1	7/17	U _y	6/1	7/17	U _z		
A	3231.71	3232.07	0.36	4152.60	4153.23	0.63	3843.72	3842.82	-0.90	60 0	1.58
B	3452.09	3452.33	0.24	4254.00	4254.87	0.88	3898.74	3897.86	-0.88	74 58	1.97
C1	3802.18	3802.40	0.22	4332.07	4332.91	0.84	3915.87	3915.14	-0.73	75 33	1.89
C2	3663.44	3663.97	0.53	4407.25	4408.58	1.33	3911.87	3911.35	-0.52	68 9	3.11
C3	3451.63	3451.73	0.10	4415.28	4416.35	1.06	3911.50	3910.67	-0.82	84 30	2.32
D1	4017.17	4017.35	0.18	4512.38	4513.45	1.07	3912.94	3912.32	-0.62	71 15	2.37
D2	3810.43	3810.84	0.41	4556.00	4557.20	1.21	3955.54	3955.02	-0.51	58 49	2.77
D3	3585.07	3585.59	0.52	4606.77	4607.63	0.86	3952.34	3951.47	-0.86	41 45	2.19
E1	4104.30	4105.06	0.77	4650.40	4651.09	0.68	3964.55	3964.05	-0.50	44 38	2.23
E2	3936.26	3937.15	0.90	4690.46	4691.34	0.89	3963.96	3963.22	-0.75	24 26	2.74
E3	3704.75	3706.27	1.51	4731.94	4732.63	0.69	3988.74	3988.34	-0.40	30 47	3.61
F1	4111.63	4112.70	1.06	4773.10	4773.73	0.63	4008.64	4008.28	-0.35	72 30	2.69
F2	4006.22	4006.47	0.25	4792.42	4793.22	0.80	4004.70	4004.57	-0.13	20 16	1.83
F3	3803.23	3803.84	0.61	4838.97	4839.20	0.23	4028.99	4028.60	-0.33	34 48	1.42
G1	4198.33	4198.88	0.55	4867.60	4867.98	0.38	4029.74	4029.34	-0.40	21 15	1.45
G2	4058.96	4060.04	1.08	4918.35	4918.77	0.42	4028.97	4028.65	-0.32	4 4	2.52
G3	3843.15	3844.88	1.73	4938.98	4939.10	0.12	4038.87	4038.55	-0.33	8 0	3.77
H1	4284.98	4285.85	0.88	4981.83	4981.95	0.12	4050.12	4049.74	-0.37	18 19	1.92
H2	4102.75	4103.77	1.02	5028.30	5028.64	0.34	4055.60	4055.18	-0.42	38 2	2.34
H3	3945.64	3946.41	0.76	5034.46	5035.05	0.60	4059.57	4059.20	-0.36	80 49	2.11
L1	4203.64	4203.78	0.13	5086.82	5087.64	0.82	4063.19	4062.64	-0.56	39 36	1.81
L2	3972.17	3972.75	0.59	5135.41	5135.90	0.49	4071.84	4071.64	-0.20	40 38	1.65

表3 2006/7/17~2006/8/19 运动速度表 (东支)

点 位	X(m)			Y(m)			Z(m)			a(°)	U _{XY} (cm/d)
	7/17	8/19	U _X	7/17	8/19	U _Y	7/17	8/19	U _Z		
A'	3203.06	3203.07	0.00	3817.46	3817.56	0.10	3793.86	3793.43	-0.43	87 45	0.59
B1'	3480.17	3480.25	0.08	3950.36	3950.55	0.19	3787.68	3787.45	-0.23	66 34	1.24
B2'	3253.64	3253.81	0.17	4022.65	4022.86	0.21	3785.72	3785.38	-0.34	51 26	1.11
B3'	2991.37	2991.46	0.08	4032.91	4033.26	0.35	3834.83	3834.29	-0.53	76 37	1.27
C1'	3552.92	3553.04	0.12	4255.51	4255.90	0.39	3836.19	3835.65	-0.53	72 30	0.83
C2'	3241.44	3241.62	0.18	4251.27	4251.46	0.19	3879.87	3879.75	-0.12	46 40	1.06
C3'	2995.29	2995.59	0.30	4284.26	4284.42	0.16	3881.87	3881.17	-0.70	28 40	1.75
D1'	3586.38	3586.51	0.12	4417.21	4417.75	0.55	3895.47	3895.13	-0.35	77 18	1.42
D2'	3243.32	3243.61	0.29	4426.44	4426.79	0.35	3928.65	3928.09	-0.56	49 49	1.23
D3'	2907.96	2908.27	0.31	4442.01	4442.25	0.25	3920.32	3919.68	-0.63	38 19	1.83
E1'	3597.81	3598.25	0.44	4608.83	4609.21	0.39	3929.12	3928.39	-0.72	41 3	2.23
E2'	3233.20	3233.52	0.32	4553.74	4554.37	0.64	3957.59	3957.25	-0.35	63 2	1.76
E3'	2960.43	2960.78	0.34	4605.50	4605.97	0.47	3944.60	3944.18	-0.42	54 1	1.83
F1'	3534.03	3534.25	0.22	4858.55	4858.87	0.33	3966.28	3966.19	-0.09	56 25	1.23
F2'	3206.84	3207.00	0.17	4862.49	4862.80	0.31	3960.39	3959.78	-0.61	61 26	1.09
F3'	2909.56	2909.66	0.10	4862.91	4863.36	0.46	3970.83	3970.19	-0.64	77 7	1.46
G1'	3536.01	3536.27	0.26	4958.19	4958.42	0.23	4000.56	4000.46	-0.09	42 11	1.08
G2'	3238.38	3238.57	0.19	4985.40	4985.75	0.34	3994.88	3994.77	-0.11	61 28	1.22
G3'	2963.45	2963.53	0.08	5077.88	5078.22	0.33	4000.84	3999.99	-0.85	76 9	1.07
H1'	3502.43	3502.51	0.09	5206.70	5206.74	0.04	4056.77	4056.56	-0.21	26 1	0.30
H2'	3283.87	3284.08	0.21	5206.65	5207.05	0.40	4055.55	4055.10	-0.46	62 28	1.41
H3'	3199.03	3199.17	0.13	5322.45	5322.66	0.21	4054.01	4053.80	-0.21	57 9	0.77
H4'	2896.19	2896.49	0.29	5275.33	5275.62	0.29	4044.20	4043.57	-633.00	44 18	1.28

表 4 2006/7/17~2006/8/19 运动速度表 (西支冰川)

点 位	X(m)			Y(m)			Z(m)			a (°)	U _{XY} (cm/d)
	7/17	8/19	U _x	7/17	8/19	U _y	7/17	8/19	U _z		
A	3232.07	3232.27	0.20	4153.23	4153.71	0.48	3842.82	3842.19	-0.63	67 0	1.62
B	3452.33	3452.57	0.24	4254.87	4255.45	0.58	3897.86	3897.51	-0.35	67 15	1.97
C1	3802.40	3802.78	0.38	4332.91	4333.28	0.37	3915.14	3914.62	-0.52	43 56	1.66
C2	3663.97	3664.30	0.33	4408.58	4409.06	0.48	3911.35	3910.74	-0.60	55 49	1.82
C3	3451.73	3451.97	0.24	4416.35	4416.64	0.29	3910.67	3910.55	-0.12	50 22	1.18
D1	4017.35	4017.72	0.38	4513.45	4514.08	0.62	3912.32	3911.87	-0.45	53 19	2.28
D2	3810.84	3811.24	0.40	4557.20	4557.73	0.53	4571.24	4570.83	-0.41	56 22	2.08
D3	3585.59	3585.97	0.39	4607.63	4608.21	0.58	4565.97	4565.25	-0.72	39 12	2.17
E1	4105.06	4105.57	0.51	4651.09	4651.50	0.42	4693.57	4693.00	-0.58	27 17	2.06
E2	3937.15	3937.75	0.59	4691.34	4691.65	0.31	4616.75	4616.51	-0.24	41 9	2.08
E3	3706.27	3706.75	0.48	4732.63	4733.05	0.42	4475.75	4475.39	-0.36	52 54	2.01
F1	4112.70	4113.08	0.38	4773.73	4774.23	0.50	4594.08	4593.59	-0.49	45 45	1.97
F2	4006.47	4006.85	0.37	4793.22	4793.60	0.38	4514.85	4514.56	-0.29	46 2	1.67
F3	3803.84	3804.14	0.30	4839.20	4839.51	0.31	4358.14	4357.73	-0.41	46 37	1.34
G1	4198.88	4199.33	0.44	4867.98	4868.45	0.47	4508.33	4507.80	-0.52	44 15	2.02
G2	4060.04	4060.47	0.43	4918.77	4919.18	0.42	4411.47	4411.16	-0.31	40 34	1.86
G3	3844.88	3845.31	0.43	4939.10	4939.47	0.37	4339.31	4339.09	-0.22	44 41	1.78
H1	4285.85	4286.22	0.37	4981.95	4982.32	0.37	4490.66	4490.37	-0.30	50 44	1.62
H2	4103.77	4104.12	0.35	5028.64	5029.07	0.43	4313.35	4312.91	-0.44	55 59	1.74
H3	3946.41	3946.66	0.25	5035.05	5035.43	0.37	4255.76	4255.37	-0.39	48 34	1.40
L1	4203.78	4204.14	0.37	5087.64	5088.06	0.42	4312.14	4311.71	-0.43	48 2	1.74
L2	3972.75	3973.17	0.41	5135.90	5136.35	0.46	4247.17	4246.77	-0.39	47 14	1.92

表5 2006/8/19~2006/9/26 运动速度表 (东支冰川)

点 位	X(m)			Y(m)			Z(m)			a (°)	U _{XY} (cm/d)
	8/19	9/26	U _x	8/19	9/26	U _y	8/19	9/26	U _z		
A'	3203.07	3203.07	0.00	3817.56	3817.57	0.01	3793.43	3793.66	0.23	75 57	0.26
B1'	3480.25	3480.32	0.07	3950.55	3950.64	0.09	3787.45	3787.31	-0.13	49 40	1.03
B2'	3253.81	3253.94	0.14	4022.86	4022.96	0.10	3785.38	3785.24	-0.14	37 4	0.73
B3'	2991.46	2991.51	0.05	4033.26	4033.53	0.27	3834.29	3834.06	-0.23	79 11	1.12
C1'	3553.04	3553.14	0.09	4255.90	4256.30	0.40	3835.65	3835.45	-0.20	77 16	0.39
C2'	3241.62	3241.72	0.10	4251.46	4251.56	0.10	3879.75	3879.85	0.11	44 26	0.86
C3'	2995.59	2995.86	0.28	4284.42	4284.58	0.15	3881.17	3881.18	0.01	28 54	1.19
D1'	3586.51	3586.64	0.13	4417.75	4418.17	0.42	3895.13	3894.90	-0.23	72 35	1.12
D2'	3243.61	3243.92	0.31	4426.79	4427.07	0.28	3928.09	3927.98	-0.11	42 9	0.98
D3'	2908.27	2908.56	0.29	4442.25	4442.48	0.22	3919.68	3919.68	0.00	37 30	1.04
E1'	3598.25	3598.55	0.30	4609.21	4609.45	0.24	3928.39	3928.39	0.00	38 14	1.84
E2'	3233.52	3233.92	0.40	4554.37	4554.93	0.55	3957.25	3957.25	0.00	54 16	1.39
E3'	2960.78	2961.07	0.30	4605.97	4606.43	0.46	3944.18	3944.19	0.02	57 24	1.49
F1'	3534.25	3534.45	0.20	4858.87	4859.23	0.36	3966.19	3966.20	0.00	60 29	1.11
F2'	3207.00	3207.11	0.11	4862.80	4863.11	0.31	3959.78	3959.90	0.12	71 20	0.90
F3'	2909.66	2909.69	0.03	4863.36	4863.89	0.53	3970.19	3970.16	-0.02	86 27	1.44
G1'	3536.27	3536.54	0.27	4958.42	4958.72	0.30	4000.46	4000.37	-0.09	47 48	1.09
G2'	3238.57	3238.67	0.11	4985.75	4986.11	0.36	3994.77	3994.78	0.01	73 39	1.01
G3'	2963.53	2963.63	0.10	5078.22	5078.56	0.34	3999.99	3999.98	0.00	73 35	0.97
H1'	3502.51	3502.58	0.07	5206.74	5206.89	0.14	4056.56	4056.56	0.00	64 53	0.43
H2'	3284.08	3284.39	0.31	5207.05	5207.31	0.26	4055.10	4055.07	-0.02	39 51	1.09
H3'	3199.17	3199.32	0.15	5322.66	5322.88	0.22	4053.80	4053.81	0.01	55 25	0.73
H4'	2896.49	2896.76	0.28	5275.62	5275.83	0.21	4043.57	4042.57	-1.00	36 18	0.94

表 6 2006/8/19~2006/9/26 运动速度表 (西支冰川)

点 位	X(m)			Y(m)			Z(m)			a (°)	U _{XY} (cm/d)
	8/19	9/26	U _X	8/19	9/26	U _Y	8/19	9/26	U _Z		
A	3232.27	3232.33	0.06	4153.71	4153.88	0.17	3842.19	3842.19	0.00	71 33	0.50
B	3452.57	3452.94	0.36	4255.45	4255.85	0.40	3897.51	3897.41	-0.10	47 38	1.45
C1	3802.78	3803.09	0.31	4333.28	4333.62	0.34	3914.62	3914.62	0.00	47 58	1.25
C2	3664.30	3664.61	0.31	4409.06	4409.50	0.44	3910.74	3910.74	0.00	54 15	1.45
C3	3451.97	3452.25	0.28	4416.64	4417.23	0.59	3910.55	3910.54	-0.01	64 52	1.77
D1	4017.72	4018.00	0.28	4514.08	4514.44	0.37	3911.87	3911.87	0.00	58 48	1.24
D2	3811.24	3811.65	0.41	4557.73	4558.41	0.68	4570.83	4570.83	0.00	60 56	2.14
D3	3585.97	3586.33	0.36	4608.21	4608.85	0.64	4565.25	4565.26	0.01	48 39	1.98
E1	4105.57	4106.14	0.56	4651.50	4652.14	0.64	4693.00	4693.00	0.00	25 0	2.30
E2	3937.75	3938.85	1.11	4691.65	4692.17	0.52	4616.51	4616.51	0.00	49 27	3.30
E3	3706.75	3707.19	0.44	4733.05	4733.56	0.51	4475.39	4475.41	0.02	43 21	1.82
F1	4113.08	4113.42	0.34	4774.23	4774.56	0.32	4593.59	4593.56	-0.03	56 11	1.27
F2	4006.85	4007.15	0.31	4793.60	4794.06	0.46	4514.56	4514.59	0.03	82 19	1.49
F3	3804.14	3804.20	0.07	4839.51	4839.99	0.48	4357.73	4357.77	0.04	30 57	1.31
G1	4199.33	4199.92	0.59	4868.45	4868.81	0.35	4507.80	4507.78	-0.02	42 33	1.86
G2	4060.47	4060.81	0.34	4919.18	4919.50	0.32	4411.16	4411.14	-0.02	41 55	1.26
G3	3845.31	3845.79	0.48	4939.47	4939.91	0.43	4339.09	4339.12	0.03	66 33	1.75
H1	4286.22	4286.47	0.25	4982.32	4982.88	0.57	4490.37	4490.35	-0.02	45 22	1.66
H2	4104.12	4104.58	0.46	5029.07	5029.54	0.47	4312.91	4312.95	0.04	35 2	1.78
H3	3946.66	3947.13	0.47	5035.43	5035.76	0.33	4255.37	4255.35	-0.02	50 20	1.56
L1	4204.14	4204.58	0.44	5088.06	5088.59	0.53	4311.71	4311.39	-0.32	47 40	1.87
L2	3973.17	3973.55	0.39	5136.35	5136.78	0.43	4246.77	4246.54	-0.23	46 36	1.56

表 7 2006/9/26~2006/10/20 运动速度表(东支冰川)

点 位	X(m)			Y(m)			Z(m)			a (°)	U _{XY} (cm/d)
	9/26	10/20	U _X	9/26	10/20	U _Y	9/26	10/20	U _Z		
A'	3203.07	3203.07	0.00	3817.57	3817.57	0.00	3793.66	3793.79	0.13	36 52	0.35
B1'	3480.32	3480.33	0.01	3950.64	3950.72	0.09	3787.31	3787.31	0.00	86 5	1.20
B2'	3253.94	3254.05	0.11	4022.96	4023.08	0.12	3785.24	3785.13	-0.10	48 44	0.99
B3'	2991.51	2991.61	0.10	4033.53	4033.74	0.22	3834.06	3833.86	-0.20	64 56	1.11
C1'	3553.14	3553.21	0.08	4256.30	4256.56	0.25	3835.45	3835.35	-0.10	72 55	0.86
C2'	3241.72	3241.87	0.14	4251.56	4251.71	0.15	3879.85	3879.85	0.00	46 22	0.95
C3'	2995.86	2995.98	0.11	4284.58	4284.78	0.20	3881.18	3881.18	0.00	60 58	1.20
D1'	3586.64	3586.81	0.17	4418.17	4418.41	0.24	3894.90	3894.79	-0.10	54 36	1.39
D2'	3243.92	3244.11	0.19	4427.07	4427.34	0.28	3927.98	3927.98	0.00	55 35	1.03
D3'	2908.56	2908.77	0.20	4442.48	4442.62	0.14	3919.68	3919.66	-0.01	34 46	1.38
E1'	3598.55	3598.86	0.30	4609.45	4609.58	0.13	3928.39	3928.35	-0.04	23 37	1.98
E2'	3233.92	3234.14	0.22	4554.93	4555.35	0.42	3957.25	3957.23	-0.02	62 37	2.64
E3'	2961.07	2961.32	0.24	4606.43	4606.97	0.53	3944.19	3944.20	0.01	65 34	2.44
F1'	3534.45	3534.63	0.17	4859.23	4859.60	0.36	3966.20	3966.18	-0.01	64 27	1.68
F2'	3207.11	3207.21	0.10	4863.11	4863.25	0.14	3959.90	3959.91	0.02	54 13	0.70
F3'	2909.69	2909.84	0.15	4863.89	4864.32	0.43	3970.16	3970.11	-0.06	71 12	1.90
G1'	3536.54	3536.75	0.21	4958.72	4958.98	0.26	4000.37	4000.35	-0.02	51 54	1.40
G2'	3238.67	3238.77	0.10	4986.11	4986.54	0.43	3994.78	3994.74	-0.05	77 20	1.84
G3'	2963.63	2963.77	0.14	5078.56	5078.77	0.21	3999.98	3999.94	-0.04	56 3	1.03
H1'	3502.58	3502.67	0.09	5206.89	5206.99	0.11	4056.56	4056.58	0.02	48 26	0.59
H2'	3284.39	3284.62	0.23	5207.31	5207.47	0.16	4055.07	4054.89	-0.19	33 51	1.16
H3'	3199.32	3199.45	0.13	5322.88	5323.12	0.25	4053.81	4054.10	0.29	62 13	1.15
H4'	2896.76	2896.87	0.11	5275.83	5276.01	0.19	4042.57	4042.22	-0.34	60 42	0.90

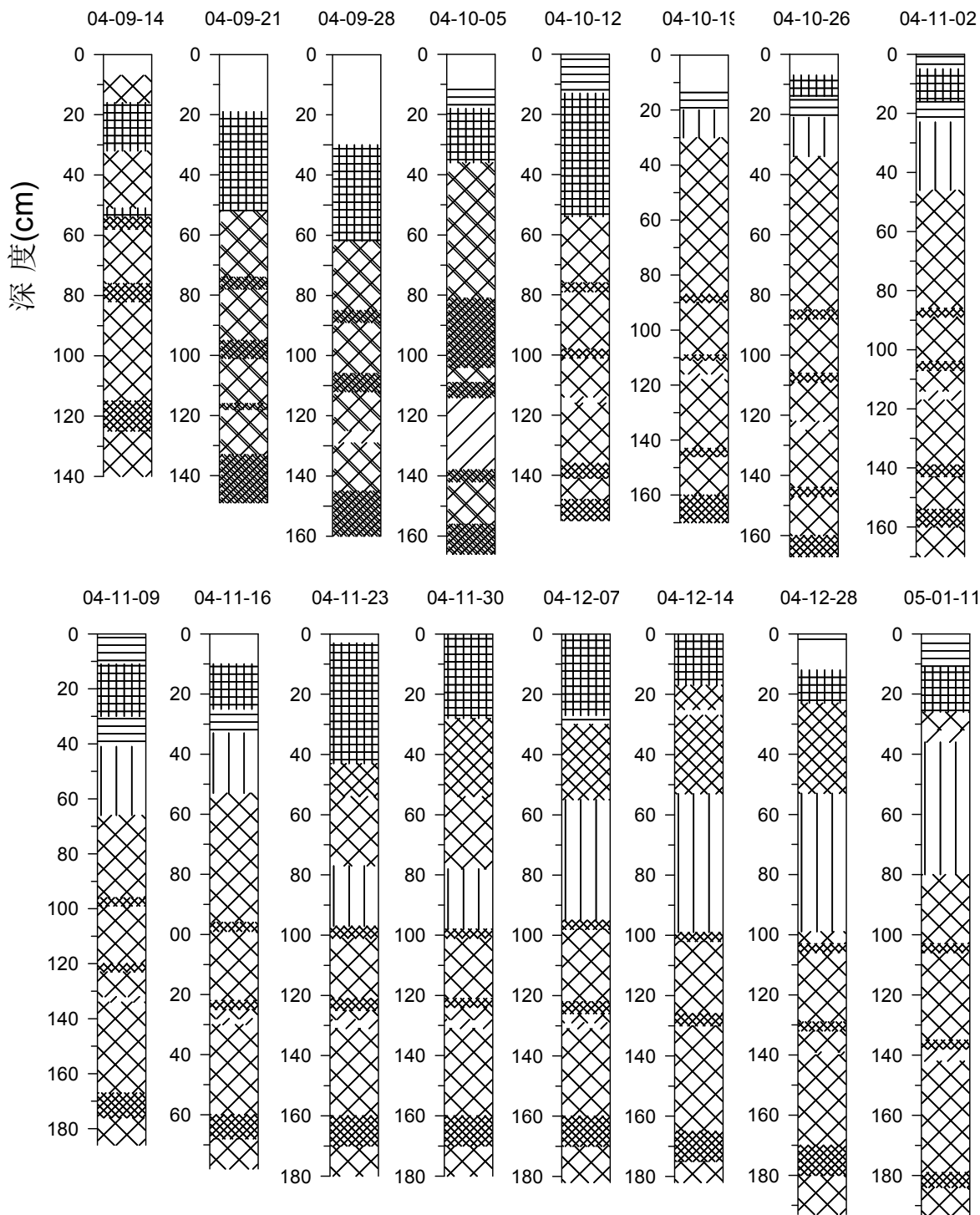
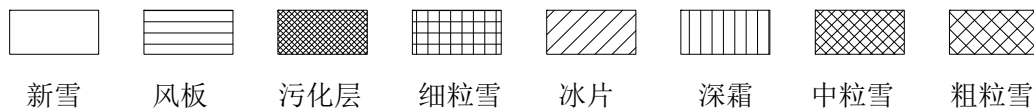
表 8 2006/9/26~2006/10/20 运动速度表 (西支冰川)

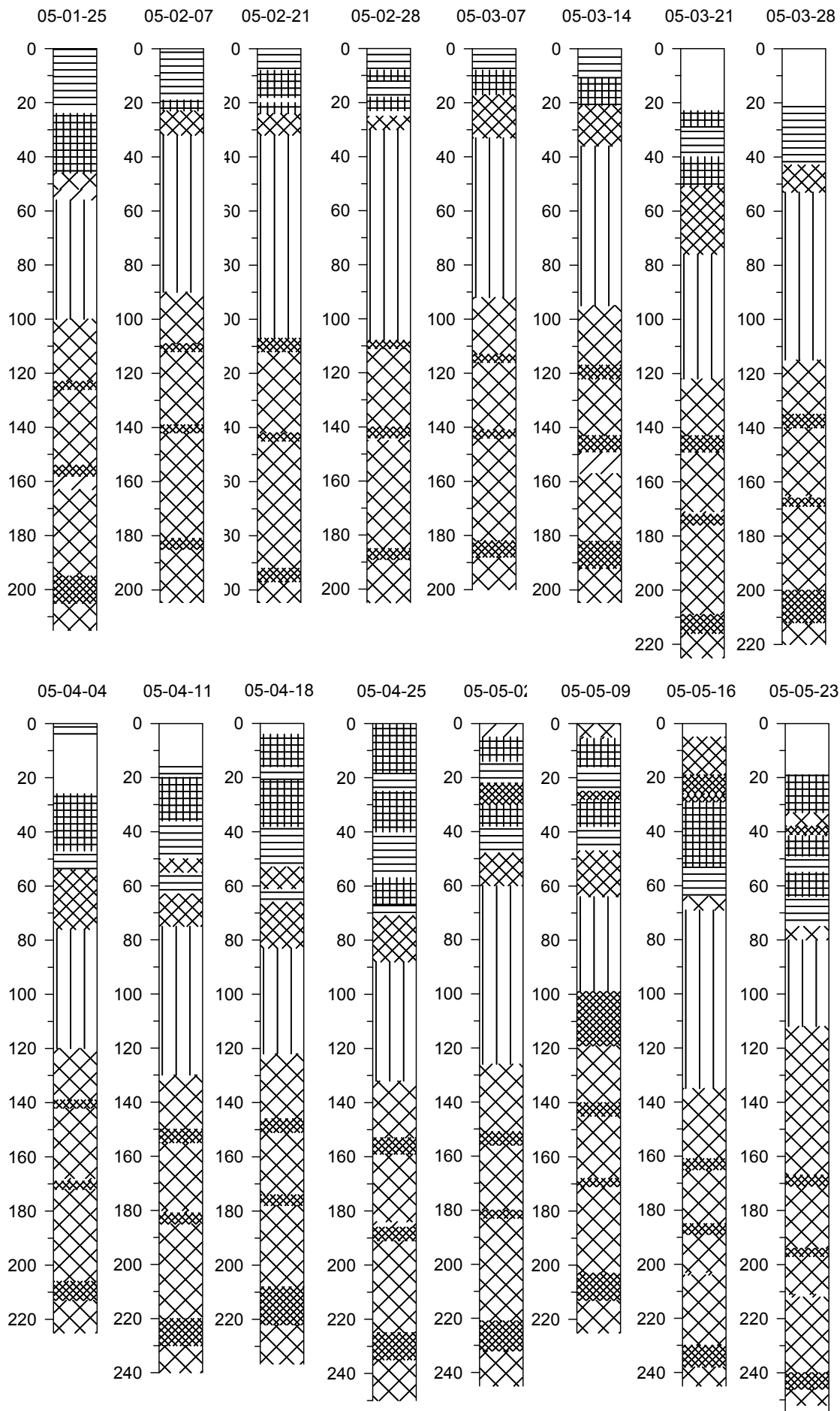
点 位	X(m)			Y(m)			Z(m)			a (°)	U _{xy} (cm/d)
	9/26	10/20	U _x	9/26	10/20	U _y	9/26	10/20	U _z		
A	3232.33	3232.49	0.16	4153.88	4154.10	0.22	3842.19	3842.20	0.01	54 5	1.19
B	3452.94	3453.16	0.23	4255.85	4255.85	0.00	3897.41	3897.32	-0.09	0 30	0.98
C1	3803.09	3803.12	0.03	4333.62	4333.77	0.15	3914.62	3914.60	-0.02	78 36	0.66
C2	3664.61	3664.61	0.00	4409.50	4409.55	0.06	3910.74	3910.73	-0.01	86 52	0.24
C3	3452.25	3452.28	0.03	4417.23	4417.39	0.16	3910.54	3910.44	-0.10	79 57	0.70
D1	4018.00	4018.09	0.09	4514.44	4514.46	0.02	3911.87	3911.75	-0.11	13 17	0.39
D2	3811.65	3811.54	-0.11	4558.41	4558.44	0.03	4570.83	4570.80	-0.02	54 56	0.49
D3	3586.33	3585.97	-0.36	4608.85	4608.34	-0.51	4565.26	4565.28	0.01	52 6	2.69
E1	4106.14	4105.97	-0.17	4652.14	4651.92	-0.22	4693.00	4692.99	-0.01	22 29	1.22
E2	3938.85	3938.17	-0.69	4692.17	4692.45	0.28	4616.51	4616.50	-0.01	89 8	3.23
E3	3707.19	3707.19	0.00	4733.56	4733.63	0.07	4475.41	4475.40	0.00	72 47	0.29
F1	4113.42	4113.47	0.05	4774.56	4774.71	0.16	4593.56	4593.58	0.01	49 31	0.71
F2	4007.15	4007.06	-0.09	4794.06	4793.95	-0.11	4514.59	4514.60	0.01	73 52	0.62
F3	3804.20	3804.34	0.14	4839.99	4840.46	0.47	4357.77	4357.80	0.02	24 58	2.11
G1	4199.92	4199.70	-0.22	4868.81	4868.71	-0.10	4507.78	4507.68	-0.10	71 0	1.05
G2	4060.81	4060.75	-0.06	4919.50	4919.68	0.19	4411.14	4411.13	-0.01	63 41	0.86
G3	3845.79	3845.65	-0.14	4939.91	4939.63	-0.28	4339.12	4339.14	0.02	67 41	1.34
H1	4286.47	4286.42	-0.05	4982.88	4983.00	0.12	4490.35	4490.39	0.03	43 47	0.55
H2	4104.58	4104.15	-0.44	5029.54	5029.96	0.42	4312.95	4312.99	0.05	8 46	2.64
H3	3947.13	3946.58	-0.55	5035.76	5035.84	0.09	4255.35	4255.37	0.02	56 8	2.42
L1	4204.58	4204.43	-0.16	5088.59	5088.36	-0.23	4311.39	4311.09	-0.30	45 3	1.21
L2	3973.55	3972.99	-0.57	5136.78	5137.35	0.57	4246.54	4246.33	-0.21	44 12	3.49

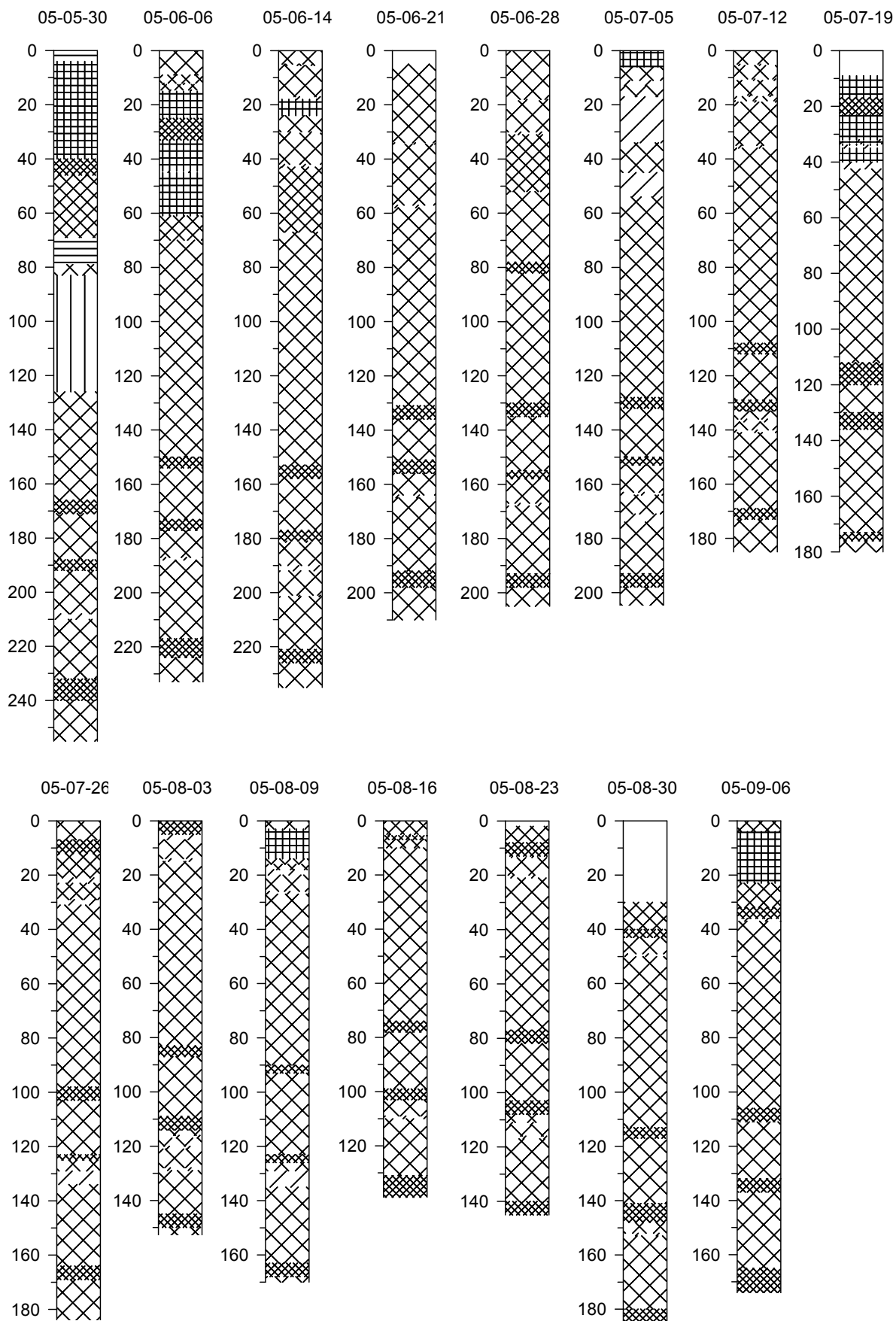
天山乌鲁木齐河源 1 号冰川过程研究资料整编说明

本资料为天山冰川观测试验站过程研究项目组(简称 PGPI)自 2004 年 9 月 14 日至 2005 年 9 月 6 日期间所挖的 47 个连续雪坑剖面。PGPI 取样点位于 1 号冰川东支海拔 4130 m 处的粒雪盆后壁, 取样频率为每周一次。

图 例







天山冰川监测网络建设

李忠勤, 王文彬

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室/天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

1 天山冰川监测网络建设意义

新疆地处亚欧大陆腹地, 这里缺水干旱与环境问题交织在一起, 一直是制约社会经济发展的瓶颈。新疆 80% 以上水资源形成于盆地周围的中高山区, 冰川和积雪融水是内陆河流的主要补给源^[1]。随着全球变化引起的升温和降水变化, 冰川对气候变化反应敏感, 新疆大多数冰川自 20 世纪以来呈现出明显的退缩状态, 这一退缩在最近 20 年出现了加速趋势, 表现为冰川融水径流剧增, 冰川面积缩小, 末端后退, 雪线升高, 许多小冰川已消亡或接近消亡的边缘^[2]。因此, 要解决整个新疆冰川水资源变化及其预测问题, 亟待建立系统的天山冰川定位监测网络。

天山冰川站的主要观测冰川—乌鲁木齐河源 1 号冰川 (以下简称 1 号冰川) 是世界冰川监测服务处 (WGMS) 网络中亚洲中部地区冰川的代表, 具有十分重要的地位。为将 1 号冰川监测的成果运用推广到其它冰川, 并研究其区域代表性, 天山冰川站在站学术委员会指导下, 自 1998 年起开展了针对天山山脉不同冰川的野外考察和定位观测工作, 逐步建立了两个 2 级定位观测点, 即奎屯河哈希勒根 51 号冰川和庙尔沟平顶冰川。2006-2007 年, 天山冰川站对两个 2 级定位观测冰川开展了详细的冰川物质平衡、冰川面积、冰川运动、冰川厚度和冰川雪冰现代过程的观测研究工作。此外, 2007 年两次赴天山西段的托木尔峰地区进行冰川考察, 选取了新的定位观测冰川。这一新的冰川观测点建立, 形成了对中国境内天山冰川的完整观测体系, 具体观测点如图 1 所示。

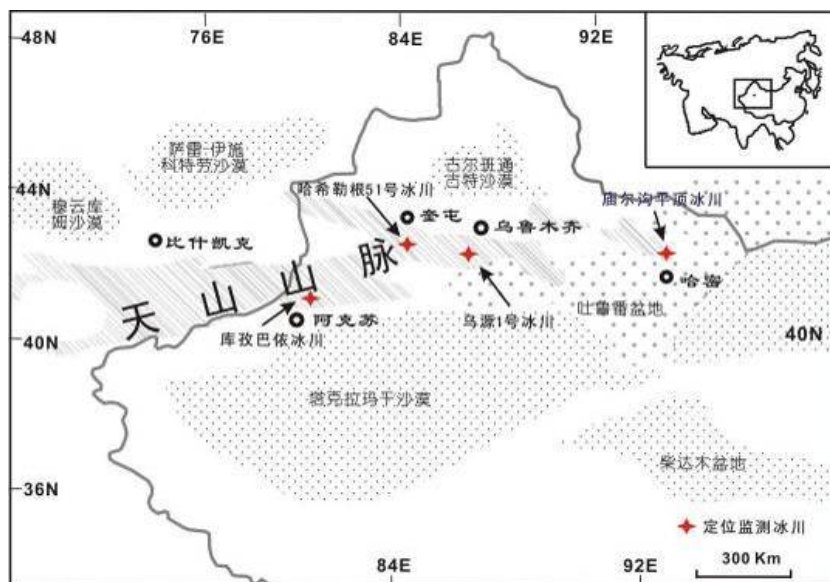


图 1 天山冰川定位监测点

Fig.1 The monitoring glaciers along the Tianshan

2 监测网络概况

2.1 乌鲁木齐河源 1 号冰川

乌鲁木齐河源 1 号冰川观测项目广泛, 内容丰富, 包括冰川物质平衡、雪冰物理化学过

程、大气气溶胶、降水化学、冰川运动、冰川变化、冰川水文等，最早的观测时间为 1959 年，至今已有 50 年的时间。从 2006 年起，天山冰川站为了适应冰川预测模式研究的需要，新增了多项观测，包括冰川厚度、温度、冰川反照率、冰川不同高度气象等观测。同时钻取了一系列的浅冰芯。该冰川监测的具体内容见表 1。

表 1 乌鲁木齐河源 1 号冰川主要观测项目及时段

Table 1 Observation items and periods on the glacier No. 1 at the headwaters of Urumqi River

学科方向	观测内容	观测时间 (年)
冰川	冰川物质平衡	1959-1966; 1980-2007
	冰川末端变化	1962;1973; 1980-2007
	冰川厚度	1981; 2001
	冰川运动	1959-1962; 1973; 1980-2007
	冰川温度	1962; 1964-1966; 1981-1986; 1991; 2001
	冰川面积变化	1962; 1964; 1986; 1994;2000; 2006
冰川水文、 气象	1 号水文断面	1958; 1959; 1980-2007
	空冰斗水文断面	1982-2007
	总控水文断面	1983-2007
气象	后峡气象观测场	1985-2007
	1 号冰川积累区	2005-2007
	降水观测误差修订	1986-1993
冻土	5 个温度观测孔	1991-2007
	大西沟冻土观测场	2001-2007
	空冰斗观测场	2002-2007
高寒环境 监测系统	气象、地温、辐射、CO ₂ 浓度等 (空冰斗观测场)	2002-2007
雪冰过程	气溶胶冰川区 (东支 4050m)	1996-1997; 2002-2007
	气溶胶非冰川区 (空冰斗)	1996-2005
	雪冰物理过程	2002-2007
	雪冰化学过程	2002-2007
	雪层剖面观测	1961-1962; 1980-1984; 2002-2007
	降水化学	1996-1998; 2002-2007
	降水同位素	1996-2007
积雪	积雪季节变化	1984-1997; 2006-2007
冰缘	冰缘地貌	1986-2007
	冰缘作用	1986-2007
高寒植物 生态	雪莲、红景天、紫草类短命植物、高山离子芥等等	1991-2007

2.2 奎屯哈希勒根 51 号冰川

奎屯哈希勒根 51 号冰川位于天山依连哈比尔尕山北坡，奎屯河上游哈希勒根河源区，在中国境内属于天山山脉的中部地区。对于该冰川的观测始于 1999 年，现有观测项目包括

冰川物质平衡、末端变化、运动速度、冰川物理、化学变化的雪冰过程和常规气象观测等项目。1999-2007年,天山冰川站科研人员对奎屯哈希勒根51号冰川进行了常规的冰川变化和物质平衡的观测,对冰川面积变化和冰川运动速度进行了系统的观测。表2为奎屯哈希勒根51号冰川主要观测项目及时段。

表2 奎屯哈希勒根51号冰川主要观测项目及时段

Table 2 Observation items and periods on the Glacier No. 51 at Haxilegen of the Kuytun River

学科方向	观测内容	观测时间 (年)
冰川	冰川物质平衡	1999-2007
	冰川末端变化	1999-2007
	冰川厚度	2006
	冰川运动	1999-2007
	冰川面积变化	1999- 2007
雪冰过程	雪冰物理过程	2002-2007
	雪冰化学过程	2002-2007
	雪层剖面观测	1999-2007
	降水化学	1999-2007
	降水同位素	1999-2007
气象	自动气象站	2002-2007

2.3 哈密庙尔沟平顶冰川

哈密庙尔沟平顶冰川位于天山山脉最东段、中亚内陆干旱区的中心部位,并且该地区冰川是吐鲁番—哈密盆地的主要水资源,所以无论在沙尘暴记录,还是干旱区水资源研究方面都有十分重要的意义。2004年开始天山冰川站对这条冰川连续观测研究,2005年在冰川顶部钻取2支透底冰芯。2007年8月,再次开展了冰川物质平衡、厚度、温度、面积和运动速度等详细观测研究(表3)。

表3 哈密庙儿沟平顶冰帽主要观测项目及时段

Table 3 Observation items and periods on the Miaoergou Flat-topped glacier

学科方向	观测内容	观测时间 (年)
冰川	冰川物质平衡	2004-2007
	冰川末端变化	2004-2007
	冰川厚度	1981, 2005, 2007
	冰川运动	2004-2007
	冰川面积变化	2004- 2007
雪冰过程	雪冰物理过程	2004-2007
	雪冰化学过程	2004-2007
	雪层剖面观测	2004-2007
	降水化学	2004-2007
	降水同位素	2004-2007

2.4 托木尔地区冰川

托木尔峰冰川区位于我国境内天山山脉的西端,是亚洲内陆最大的冰川发育区,是塔里木河的主要水源地。该地区冰川分布相当集中,主要以具有表碛覆盖的土耳其斯坦型冰川为主,与其它地区的冰川有很大差异。2007年9-10月,对该地区的木扎尔特冰川区多条冰川和克其克库孜巴依冰川进行了野外考察,获取了大量的一手资料。我站将进一步对该区的克其克库孜巴依冰川进行定位监测。

我站通过遥感手段对该地区阿克苏河上游40%以上冰川变化特征进行了研究。通过各种手段,全面地认识了解冰川的基本属性和变化情况,并预测冰川未来变化情况。

3 小结

天山山脉总长2500 km,其中中国境内1700 km,天山冰川站对中国境内1700公里的天山山脉从东到西建立了四个观测点,选择典型冰川监测,对物质平衡、冰川温度、冰川水文、气象、冰川运动变化、长度、面积、体积、冰储量变化、冰川物理化学变化的雪冰过程进行观测,获得冰川学所需的各种参数。计划将乌鲁木齐河源1号冰川建立的冰川模型推广到其他冰川、其他流域,并通过对其他典型冰川的监测来验证和反馈在1号冰川建立的冰川学模型,为其向更广范围的推广应用提供科学依据。

参考文献 (References)

- [1] 胡汝骥. 中国天山自然地理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 69-153.
- [2] 李忠勤, 韩添丁, 井哲帆, 等. 乌鲁木齐河源区气候变化和1号冰川40a观测事实[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 117-123.

天山冰川观测试验站实验室

朱余漫

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室 /天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

1 实验室概况

天山冰川站科研基地配套部分—实验室,位于中国科学院冰冻圈科学国家重点实验室内,室内面积为 23 m²。本实验室于 2003 年开始购置仪器,安装调试设备,当年底筹备完成并开始分析样品。直至目前,一直运行良好,其间逐渐又添置和更新了部分仪器及设备。本实验室现有实验操作人员两名,承担着站内采样容器的处理和准备、样品的分类和贮存、样品前处理和后续项目分析、设备管理和维护、实验数据处理和结果统计报告、以及其他辅助性工作。

2 实验设备简述

实验室现有进口仪器多台:微粒粒径检测仪一台、离子色谱仪两台、气溶胶采样器一台(用于野外)、便携式 PH 计和电导率仪各一台(用于野外)、台式 PH 测量仪和电导率测量仪各一台。国产仪器有:台式 PH 计和电导率仪各一台(以后将置于新疆大本营站)、电子天平一台。还有其他辅助设备:百级超净工作台四台(其中一台置于新疆大本营站)、专用超纯水机、电热恒温干燥箱、超声波振荡器、离心机、稳压器、溶剂过滤器、冰柜等。各种仪器设备详细情况介绍见表 1。

微粒粒径检测仪—AccuSizer 780A 型在国内首次应用于冰川研究^[1]。其原理采用单粒子光学传感(SPOS—Single Particle Optical Sensing)技术:含有颗粒的悬浮液被充分稀释后(目的是避免粒子集中成一致的流动通路),通过一个小的、窄的、平板状的、由波长 630μm 的大功率红色激光二极管发光所产生的均匀亮度的一个“成像带”,通过的每个颗粒会引起此感应带通路上一个可测的脉冲,该值取决于粒子的平均粒径和被测的物理量—光散(LS)和光消减(LE)的关系(如图 1)。在传感器中设计了脉冲高度随粒子直径增加而单调地增加的光亮/检测系统,通过比较检测的脉冲高度和由一组均质的已知粒径的标准粒子获得的一条标准校正曲线,建立粒子在一个时间段的粒度分布。

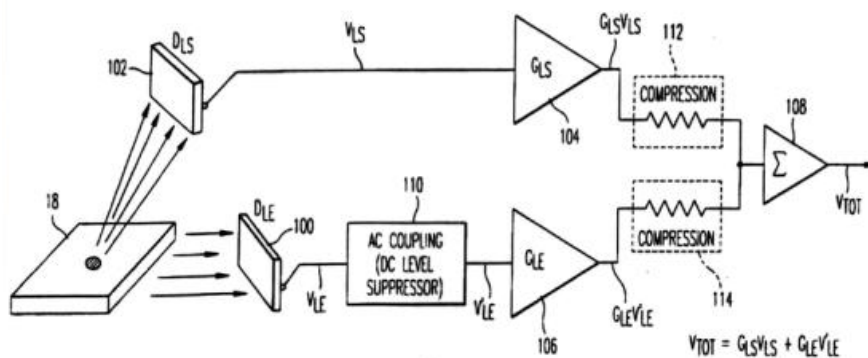


图 1 AccuSizer 780A 光学粒径检测仪原理

Fig.1 The schematic diagram of AccuSizer 780A Optical Particle Sizer

表 1 实验室各种仪器设备简介

Table 1 The brief introduction of instruments in the Lab

设备仪器名称	型号	购置时间	供货商	用途	性能	运行状况
微粒测量系统	AccuSizer 780A	03.11.20	美国 PSS 公司上海代表处(代理) 美国 PSS 公司(制造)	精确测量水溶液中的微粒浓度、粒径分布等。	测量范围 0.5~400 μ m, 测量误差 < 5%	运行良好, 使用正常
离子色谱仪	DX-320	03.7.5	兰州华西科学器材有限公司(代理) 美国戴安公司(制造)	定性和定量测定水溶液中的离子	测量样品中的阴阳离子, 精度达 ppb 级	运行良好, 使用正常
离子色谱仪	ICS-1500	08.3.20	兰州华西科学器材有限公司(代理) 美国戴安公司(制造)	精确测定水溶液中的阴、阳离子含量(可达 ppb 级)。	控制较低检出限, 消除基线漂移, 提高灵敏度、分辨率和重现性	暂未到货
PH 计	PHJS-4A. 实验室型	03.1.20	兰州中科凯华科技发展有限公司(销售) 上海精密科学仪器有限公司雷磁仪器厂(制造)	实验室精确测定水溶液中的 PH 值、温度和 mv 值。测量范围 pH: 0.000~14.000pH; mV: -1999.9 ~ 1999.9 mV; 温度: -5.0~105.0 $^{\circ}$ C	具有自动温度补偿、自动校准、自动计算电极的百分理论斜率、数据和设置参数断电保护、结果贮存打印、单点或二点标定等功能。分辨率 pH: 0.1/0.01/0.001pH; mV: 0.1 mV; 温度: 0.1 $^{\circ}$ C	状态良好, 正常使用
电导率仪	DDSJ-308 A 型	03.1.20	兰州中科凯华科技发展有限公司(销售) 上海精密科学仪器有限公司雷磁仪器厂(制造)	实验室精确测量水溶液的电导率、温度、盐度、溶解固体总量。测量范围: 电导率为 (0 ~ 1.999 \times 10 ⁵) μ S/cm; TDS 为 (0 ~ 19990)mg/L; 盐度为(0.0~80.0)ppt; 温度为 (-5.0 ~ 105.0) $^{\circ}$ C	具有自动温度补偿、自动校准、数据和设置参数断电保护、结果贮存打印、量程自动切换等功能。共分成六档量程, 六档量程自动切换。	状态良好, 正常使用
酸度计	230A 精密型便携式	03.1.20	兰州中科凯华科技发展有限公司(销售) 美国奥立龙公司(制造)	精确测定水溶液的 PH 值(0~14.000)、温度和 mv 值。	交直流两用, 在室内、室外均可使用	在新疆大本营站使用
电导率仪	125 精密型便携式	03.1.20	兰州中科凯华科技发展有限公司(销售) 美国奥立龙公司(制造)	可在室内、室外精确测量水溶液的电导率、温度、盐度、溶解固体总量。	交直流两用, 在室内、室外均可使用	在新疆大本营站使用

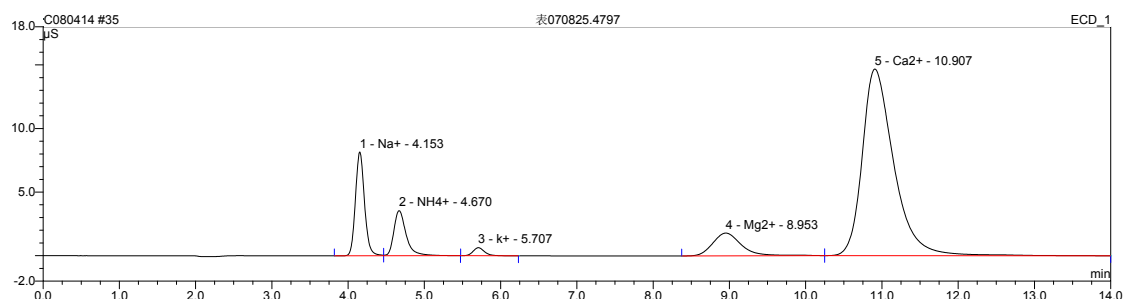
设备仪器名称	型号	购置时间	供货商	用途	性能	运行状况
电子天平	BS 210S	03.4.4	兰州中科凯华科技开发有限公司(销售) 北京赛多利斯仪器系统有限公司(制造)	精确称量 0~210.0000g 物品。	数字显示,直接称量读数	状态良好,使用正常
超纯水机	ARUS-4 -35G-3a	03.5.8	重庆颐洋企业发展有限公司(制造)	制取实验所需去离子水	用自来水制取电阻值 > 18MΩ.cm 的超纯水(去离子水)。	停用
超纯水系统	UPW-II-6 0Z	07.5.10	甘肃启元电子有限责任公司(代理) 成都超纯科技有限公司(制造)	同时制备纯化水和超纯水两种水质	组合紧密,功能全自动,储水量大	状态良好,使用正常
电热干燥箱	101-1AB	07.1	北京科伟永兴仪器有限公司	烘焙、干燥、热处理及加热物品	300℃以内恒温加热和鼓风	状态良好,使用正常
超声波清洗器	SK5200H	03.7.17	兰州华西科学器材有限公司(代理) 上海科导超声仪器有限公司(制造)	清洗容器、物件;溶液的脱气、脱泡、混合	59KHz 高频数显	状态良好,使用正常
超净工作台	100cm×77 cm	04.3.2	南京新大地环境净化工程设备厂	创造洁净的实验操作环境	全塑材料、洁净等级为100级、垂直层气流	状态良好,使用正常
台式离心机	低速 TDL80-2B	04.11.2	兰州华西科学器材有限公司(代理) 上海安亭科学仪器厂(制造)	处理溶液中悬浮杂质	时间控制,转速可调,可同时处理 12 个样品	状态良好,使用正常

AccuSizer 780A 性能优势具体表现在: (1) 模块化设计结构便于故障检修和部件更换; (2) 较大的动态粒径检测范围 (0.57~400μm) (高分辨率), 在高灵敏度下,测量结果呈现粒径的连续分布, 得到的颗粒数是一颗一颗数出的、真实的粒径分布图。(3) 不需要特殊的电解质溶液, 仅用经过滤的去离子水做稀释剂, 节省了分析和维持费用。(4) 绝大多数的样品, 需经过稀释才能测量, 本仪器有自动稀释系统, 可大大减少样品的取用量, 有 1 ml 样品即可满足分析, 这避免了在人工稀释操作过程中因部分污染物的侵入而导致检测误差的产生。(5) 操作便捷、高效。测量时间只需 1~2 分钟。8~512 个测量通道便于灵活选取。(6) 定期用已知粒径的标准颗粒进行校正, 保证结果准确。

AccuSizer 780A 为每一个样品提供了丰富的原始数据报告形式, 包括粒径分布图表(总数分布、数量百分比分布、表面积百分比分布、体积百分比分布) 和各通道微粒粒径详细分布及累计分布。其结果误差 < 5%, 重现性也很好。

DIONEX-320 型离子色谱仪由 IC25A 输液泵、LC30 温控色谱箱、IC25A 电导检测器和 PeakNet 色谱工作站等部分组成。我们配备有 ASRS-ULTRA 4-mm 阴离子抑制器、IonPac AS11-HC (4×250mm) 阴离子分离柱和 CSRS-ULTRA 4-mm 阳离子抑制器、IonPac CS12A (4×250mm) 阳离子分离柱。其优点^[2]: (1) 快速、方便。可以定性和定量分析样品中的阴、阳离子 (目前可测离子包括 HCOO⁻、F⁻、Cl⁻、NO₂⁻、Br⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Na⁺、NH₄⁺、k⁺、Mg²⁺、Ca²⁺), 对常见阴离子和阳离子的平均分析时间分别需 15min; 样品融化后, 可直接

进样。(2) 灵敏度高。离子色谱分析的浓度范围为 $\mu\text{g/L}\sim\text{mg/L}$, 直接进样 1ml, 对常见离子的检出限小于 $10\mu\text{g/L}$ 。(3) 选择性好。因使用了自动再生连续工作的抑制器和化学抑制型电导检测器, 消除了干扰源的待测离子的反离子, 提高样品分析的选择性。(4) 大容量、稳定性好的分离柱, 可同时检测样品中的多种成分, 用较短时间获得样品组成的全部信息。样品分析过程中, 色谱工作站同时进行数据处理, 分析结束即可查看结果。如图 2, 2007 年天山雪坑第 4797 号样品的阳离子分析结果包含了各个离子的色谱峰及峰参数。



No.	Time min	Peak Name	Type	Area $\mu\text{S}\cdot\text{min}$	Height μS	Amount ppb
1	4.15	Na ⁺	BM	1.127	8.162	516.7850
2	4.67	NH ₄ ⁺	MB	0.662	3.550	203.3075
3	5.71	k ⁺	BMB	0.110	0.632	78.0668
4	8.95	Mg ²⁺	BMB	0.781	1.791	199.2423
5	10.91	Ca ²⁺	bMB	7.029	14.671	2715.6607
TOTAL:				9.71	28.81	3713.06

图 2 离子色谱分析结果

Fig.2 A typical chromatogram for snowpit sample

今年 6 月即将到货的离子色谱系统 ICS-1500^[3], 为高度集成式结构, 包括了高精度双柱塞串联泵、电导检测器、温控电导池和可放置色谱柱和抑制器的恒温加热柱箱、升级的 RFC30 无试剂控制器。其突出特点是能保证获得非常低的检出限; 很好地消除基线漂移, 使积分和定量更加精确; 无试剂控制器也可以兼容于老型号 DX-320 色谱仪, 能使操作更方便, 避免实验过程中的各种可变因素, 消除各种潜在污染, 提供稳定的基线, 提高了分析的灵敏度、分辨率、重现性。这台仪器的购置, 大大缓解了原有的一台色谱仪承担大量样品分析的压力 (因靠一台仪器测完阴、阳离子, 需要对同一样品测两遍), 避免样品长时间积压, 提高了实验效率, 为科研提供更及时、更准确的实验数据。

今年新购置的台式 PH 测量仪-pH510 和电导率测量仪-CON510 均出自 Thermo Fisher Scientific 公司^[4]。pH510 为高性能台式仪器, 可自动识别 pH 缓冲液, 多点校正, 储存 100 组数据, 具有可调式电极支架, 带温度补偿、数据锁定、自诊、防尘防溅等功能。CON510 可测量电导率、电阻率和 TDS, 测量精度达 $\pm 0.5\%$, 100 组数据储存, 自动温度补偿和自诊断功能都具备, 电极支架可自由调节, 量程自动切换。

3 样品分析情况

天山站主要的研究项目—雪冰转化过程研究, 需在长期野外采集不同雪坑、不同深度的雪冰样品、大气气溶胶样品、降水降雪样、以及江河湖水、冰川融水等样品, 从 2005 年开始, 又在三个点打了百米多的冰芯。样品运回进入实验室, 被分类、前处理 (气溶胶样品需特殊处理)、依次上机分析, 提供微粒粒度分布和含量、阴阳离子各离子浓度、酸度 (pH 值)、

电导率及 TDS 值等项目的检测结果。

2003 年 10 月实验室筹建完成开始分析样品到现在, 已检测之前积压样品和之后每年采集的各类样品累计约 8580 个 (截止 2007 年底)。样品分析情况见表 2。

表 2 样品分析统计表

Table 2 The statistical results of analyzed samples

样品类型	采集时间	数量	分析情况
雪坑样	2002 年 9 月-2006 年 12 月	4500 个	微粒粒度分布和含量、阴阳离子浓度、 pH 值、电导率全项已测
水样	2003 年 4 月-2006 年 12 月	1750 个	微粒粒度分布和含量、阴阳离子浓度、 pH 值、电导率全项已测
冰芯	2005 年、2006 年	1080 个	微粒粒度分布和含量、阴阳离子浓度、 pH 值、电导率全项已测
气溶胶	2004 年 2 月-2007 年 12 月	350 个	微粒粒度分布和含量、阴阳离子浓度、 pH 值、电导率全项已测
站外样品		900 个	微粒粒度分布和含量、阴阳离子浓度分别测

这些样品分析的数据为天山站科研积累了大量的第一手基础资料。实验室及其工作人员努力以严格的要求、有序的管理、严谨的态度、规范的实验、高效的工作为科研提供及时、准确、可靠的数据结果和研究依据, 保证了天山站的课题研究和建设地需要。随着科学技术的不断发展和仪器的不断更新, 实验室也不断取得发展。

参考文献 (References)

- [1] 朱宇漫, 李忠勤, 尤晓妮. AccuSizer 780A 光学粒径检测仪在冰川微粒研究中的应用. 现代科学仪器, 2006, 3: 81-84.
- [2] 牟世芬, 刘克纳. 离子色谱方法及应用. 化学工业出版社
- [3] 高效能集成式离子色谱系统. [戴安中国有限公司资料], 2005.4
- [4] 2007-2008 水质分析仪器产品目录. [赛默飞世尔科技(上海)有限公司资料]

乌鲁木齐河源空冰斗季节性积雪观测恢复

王飞腾

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室 /天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

1 积雪观测意义及观测区概况

冰川、积雪和冻土组成的冰冻圈是气候系统五大圈层之一^[1], 作为气候资源关系到人类的生存。其中积雪水资源是宝贵的淡水资源, 新疆积雪资源更为得天独厚, 占全国积雪水资源量的 1/3^[2]。积雪作为一类特殊的下垫面, 对气候环境有着深刻的影响。山区季节积雪的形成、发展和消亡受气温、降水、风吹雪和小地形 (坡向和坡度) 的共同制约^[3]。季节积雪的深度和密度是表征其性质的基本要素, 在计算雪水当量、模拟融雪径流、估计积雪的导热系数及其反射、透射和吸收率中均是重要的参变量。

乌鲁木齐河源空冰斗积雪观测区位于天山乌鲁木齐河源 1 号冰川东北侧 (43°04'N, 86°30'E), 海拔介于 3803-4393 m, 斗口朝向东南, 面积约为 1.62 km²。天山冰川站曾于 1987-1993 年对该区域的积雪进行过观测, 期间共布设 8 排共 42 根量雪尺。2006 年, 本站恢复了这一观测项目, 共布设 5 排, 15 根量雪尺 (见图 1)。观测内容包括积雪深度、密度、含水率和温度。空冰斗稳定积雪一般形成于 10 月上旬, 到次年 4 月初积雪深度增加十分缓慢, 加上积雪的自然沉降和雪面蒸发, 积雪深度维持在 5 cm 左右, 很少超过 10 cm, 局部地段呈不连续状态。4 月下旬到 5 月初, 雪深增加很快, 平均可达 50cm。空冰斗内稳定积雪期一般在 8 个月左右。

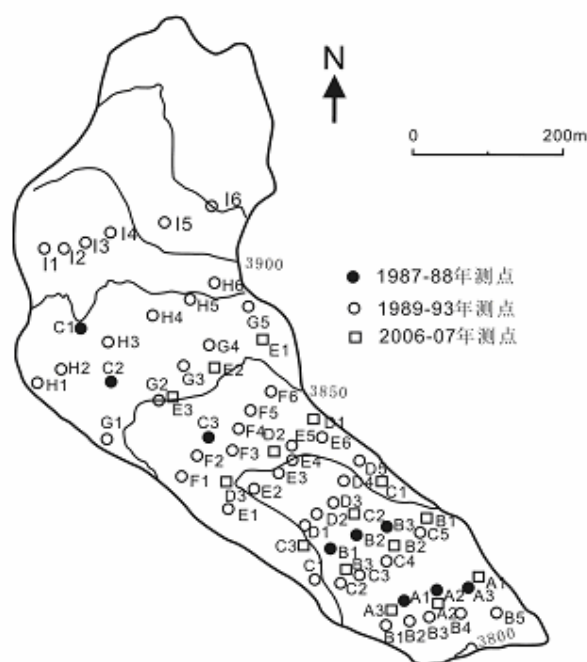


图 1 空冰斗不同时期积雪观测点分布图

Fig.1 The distribution of the observation permanent stake network for snow cover in the Empty Cirque basin in different times.

2 观测内容与方法

2.1 积雪剖面物理特征描述

积雪剖面物理观测内容包括雪的类型、污化层和深霜层等。雪的类型按变质程度分为新雪、细粒雪 (<1 mm)、中粒雪 (1~2 mm) 与粗粒雪 (2~4 mm) 四种。深霜 (depth hoar) 是一种棱柱体、棱锥体或中空六角形杯状的晶体, 密度一般小于 0.3 g/cm^3 。温度梯度是形成深霜的前提条件, 当雪层中的温度梯度达到 $10\sim 25 \text{ }^\circ\text{C/m}$ 时才会产生深霜。

2.2 积雪深度

积雪深度是指积雪表面到地面的垂直深度, 以厘米为单位。根据该区域年内积雪厚度的大小, 选用适合的木制或钢制量雪尺测量雪深。量雪尺布设在观测场里面较为平坦、开阔的地方, 入冬前, 将选定的地段平整好, 清除杂草, 并作上标志。一般在稳定积雪形成后, 即开始初次雪深测量。而每一次降雪的雪深应在降雪后 1-2 天内进行测量, 以避免融失和吹失。不论在冰面还是地面测量雪深, 必须选择平坦和不受风吹雪影响的地方。在这种情况下, 可从量雪尺上直接读数并作记录。若在高低不平和有风吹雪影响的部位测量雪深, 除直接测量读数外, 应在 $1.0\text{-}1.5 \text{ m}^2$ 范围内用量雪尺量取 3-5 个点, 取其平均值。最大雪深必须在融雪期开始前进行, 此时测量的雪深为年内最大雪深。

2.3 积雪密度

单位体积的积雪重量称为积雪密度, 或者称容重和比重 (单位以 g/cm^3 或 kg/m^3 计)。测量积雪密度常用仪器为自制的圆筒环刀, 取样时圆筒环刀可平行地面或垂直地面插入雪层 (这取决于研究者的研究内容而定)。根据雪样重量及相应体积就可确定积雪密度。积雪密度取决于雪层年龄及雪面以下深度。

2.4 积雪含水量

含水量用水占雪样总重量的百分比 (%) 表示。雪中的液态水有 2 个来源, 即降水和雪的融化。积雪顶部由于持续强烈降雨和气温升到 $0 \text{ }^\circ\text{C}$, 降雨和雪融水即被积雪吸收。如果顶部温度低于 $0 \text{ }^\circ\text{C}$, 太阳辐射也使积雪消融产生液态水。2005 年天山冰川站购买了奥地利大学研制的积雪含水率测量仪, 专门用于测定含水量。

2.5 积雪温度

雪坑剖面温度: 在开挖雪坑的同时, 应在阴面坑壁上及时测量雪温, 以避免雪层温度因雪坑开挖而受到影响。测量近表面雪层温度时, 应将温度计感应部分遮住太阳光, 以防太阳辐射影响。插入雪中的温度计应在达到平衡或稳定后再读数。在对冰片或硬雪测量温度时, 应先用冰镐钻孔再放进温度计, 待稳定后进行读数。

积雪场温度: 选择平坦和不受风吹雪影响的地方, 将热敏电阻温度计探头以 20 cm 间距, 从地表以下 150 cm 至地表以上 120 cm 垂直布设。一般从下半年第一场雪开始观测, 观测初期可能只记录到土壤温度, 随着降雪的增加, 雪层厚度加大, 雪层温度测量才得以进行。常规观测每周一次, 也可视研究者需要加密探头间距和观测次数。但到翌年 5 月 1 日开始, 应每天观测一次。

积雪钻孔温度: 在积雪钻孔打好后, 将热敏电阻温度计探头以 20 cm 间距 (根据研究者需要, 可将间距加大或减小) 垂直布设于钻孔中, 待钻孔恢复平衡或稳定 (一般需要一周) 后, 即开始初次雪层温度测量, 以后常规观测每周一次。也可根据研究者的需要加密 (或稀疏) 观测次数。

参考文献 (References)

- [1] 张家宝, 史玉光. 新疆气候变化及短期气候预测研究[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 1-4.
- [2] 李培基. 中国季节积雪资源的初步评价[J]. 地理学报, 1988, 43(2): 108-119.
- [3] 杨大庆, 王纯足, 张寅生, 张志忠. 乌鲁木齐齐河源高山区季节积雪的分布及其密度变化. 地理研究[J], 1992, 11(4): 86-9

乌鲁木齐河源 1 号冰川厚度测量

李慧林

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室 /天山冰川站 甘肃 兰州 730000)

在冰川动力学研究领域中,冰川厚度是重要的基本参数。冰川厚度对气候变化具有良好的指示意义。近年来山地冰川以“变薄退缩”的基本模式响应着气候变暖的事实,正是体现了冰川厚度对气候变化的敏感性。通过对厚度的测量又可获得基本冰下地形信息,冰下地形与冰川运动之间存在互动性,是冰川动力学研究必须考虑的内容。

乌鲁木齐河源 1 号冰川(以下简称 1 号冰川)迄今为止共有三次厚度观测数据,分别采集于 1980 年、2001 年及 2006 年。三次所选择的观测路线大部分重合,保证了不同期资料的可比较性和延续性。除冰川主流线外,1980 年的观测资料中包含了东、西两支各 7 个横断面的厚度数据。横断面的海拔高度基本与物质平衡花杆的海拔相同。2001 年除主流线外于东西两支各选择了 4 个横断面进行测量,位置与 1980 年资料的部分断面重合。2006 年,冰川站组织了第三次厚度测量。选点方面则在 1980 年与 2001 年的基础上在东、西两支的积累区各补充了一个横断面。不仅观测断面增多,观测点的空间间隔较以往两次也明显加密(10 m/点),使得测量数据能更好反映冰川厚度分布。

测量仪器方面,2001 年使用了加拿大 SSI (Sensors & software Inc.)公司生产的 pulse EKKO 100A 增强型雷达系统。1980 年与 2006 年所使用的都是我所自行研制的 B-1 型冰川测厚雷达。两种仪器精度皆在 5 m 以内。2006 年选择 B-1 型雷达除了因其操作简便及可靠性高外,还考虑到使用同一套仪器能够减少对比两次数据时系统误差造成的影响,使获得的厚度变化数据更为接近实际值。

使用雷达测量获得厚度可靠数据的关键在于仪器操作的规范性和雷达图像的解读,因此,操作人员应充分掌握雷达系统原理及图像解读技巧。

1 仪器原理

冰川雷达测厚开始于 20 世纪 60 年代初,它是通过电磁技术确定冰-岩界面位置从而获得冰体厚度的一种方法。由于无线电波在冰川冰介质中的传播衰减相当小,所以雷达电磁波在冰川中具有良好的穿透能力,雷达探测技术在冰川与全球变化研究领域中具有广阔的应用前景。

雷达探测系统通过发射天线由冰川表面向下垂直发射一定频段的电磁波,当电磁波传播到冰川底部时,由于冰川冰与下伏基岩两种介质存在显著电性差异,电磁波在冰-岩界面就会产生反射信号,反射信号回到冰川表面时被接收天线所接收。雷达系统根据电磁信号的双程传播时间、反射信号强度和同相轴特征,实现对冰-岩界面位置的判定。冰川雷达测厚以电磁波双程走时记录波形,以平面二维图像方式显示雷达测厚结果。

2 图像解读

2.1 PulseEKKO 100A 增强型雷达探测图像解读

在雷达探测图像中(图 1),横坐标表示雷达天线沿测线移动的位置和测线长度,纵坐标表示电磁波双程走时,给出传播速度后,就能够换算出冰川的厚度。探测图像通过同相轴、等灰度或等色线,可以形象地表征出冰-岩的界面及其起伏变化。

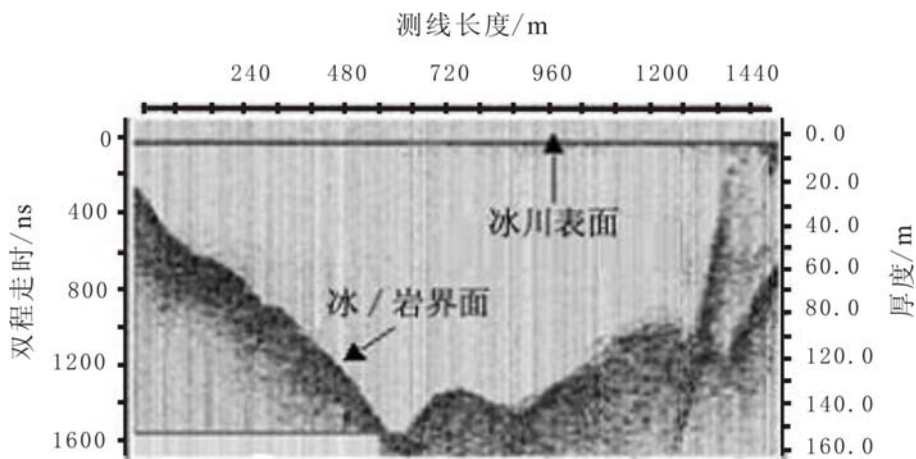


图1 PulseEKKO 100A 增强型雷达探测图像
Fig. 1 The image of pulseEKKO 100A type Rader

2.2 B-1 型雷达探测图像解读

在雷达探测图像中 (图 2), 横坐标表示电磁波双程走时信息。通常在整个图像中有两个叠加信号 A 与 B。给出传播速度后, 就能够通过信号 B 与原点 O 的距离换算出冰川的厚度。穿透力和分辨力是表示雷达探测能力的二个基本技术参数。对于穿透深度与分辨率的合理兼顾选择, 需要根据具体情况, 通过雷达天线的配置和探测参数的设定来实现。理论上讲, 其穿透力取决于雷达系统性能、电磁波的频率和天线发射、接收效能、介质的电学性质和磁学性质 (决定着电磁波传播的衰减损失), 以及非常重要的雷达测量参数的具体设定, 其中包括接收和发射天线间距、叠加次数等。

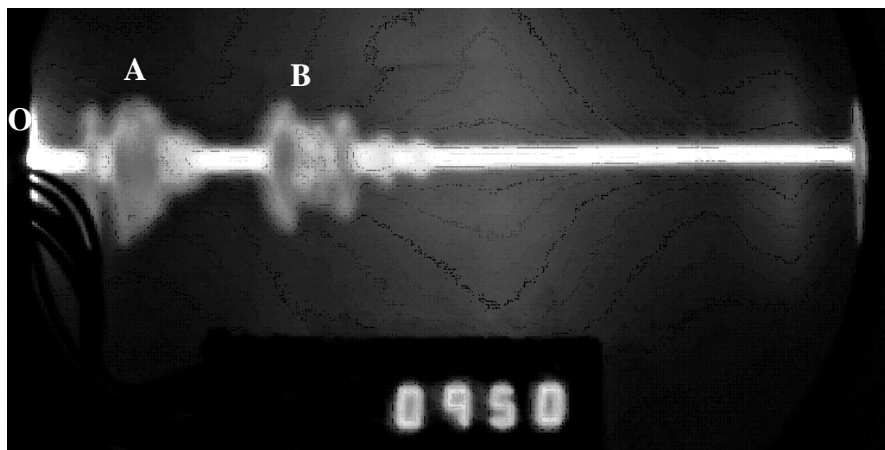


图2 B-1 型雷达探测图像
Fig. 2 The image of the B-1 type Radar

乌鲁木齐河源 1 号冰川动力学模式参数观测

李慧林

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室 /天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

冰川对气候变化的响应包括两个方面, 一是冰川对气候变化的即时反映 (如物质平衡对气候的直接响应), 二是冰川动力学特征改变引起的冰川变化。动力学模式在充分考虑即时反映的基础上, 重点研究运动因素对冰川的影响。通过对冰川几何形态的了解分析冰川内部受力状况, 推导出可能的运动速度, 进而模拟在未来时期冰川的变化情况。

冰川动力学模式研究的开展对预估未来气候变暖情况下冰川的变化, 以及流域冰川水文过程和水资源变化及评估区域冰川变化具有重要意义。而各种冰川物理特性参数的采集, 则是冰川动力学模型建立的首要条件。

1 所需观测参数

模拟冰川物质平衡对气候的直接响应, 除物质平衡数据外, 还需采集冰川区的气候要素数据 (气温、降水及辐射等) 及冰川表面海拔高程数据。建立“高程—气候要素—物质平衡”的关系序列, 才能对长时间尺度的物质平衡变化进行预估。

模拟冰川动力学因素引发的变化, 冰川的各种形态参数, 包括冰川厚度、冰川长度、冰川底表面坡度及冰川横断面宽度等, 都是必须进行高精度测量的参数。由于冰川内部水热状况也在一定程度上影响其动力学特征, 因此在冰川不同海拔定期观测活动层温度有助于提高模拟结果的准确性。

由于模式所需的一些参数无法得到准确测量, 比如深冰层冰晶大小、冰川底部温度、含水量及基岩物理组成等, 致使模拟结果与实际情况有所差异。长期系统地对冰川末端退缩速度及表面运动速度进行观测, 并与模拟结果进行比较, 可以修正模式参数提高其可靠性与准确性。以上各参数组成关系见图 1 (虚线框所示为需实测参数)。

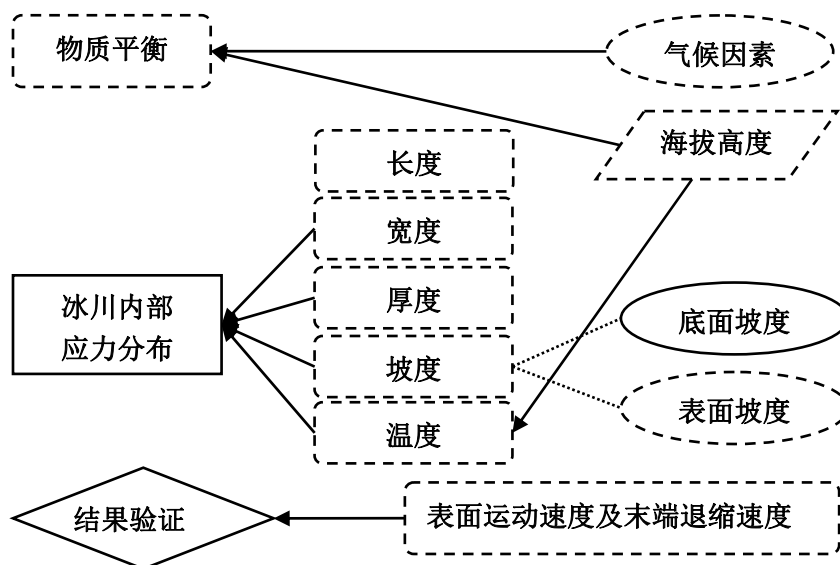


图 1 动力学模式所需观测参数关系

Fig. 1 Relationship between parameters in dynamic model

2 乌鲁木齐河源 1 号冰川各种参数观测

2.1 气象因素

气象因素 (包括气温、降水及辐射等因素) 数据的获取, 是模拟冰川物质平衡及了解冰川内部水热状况的基本要求。

乌鲁木齐河源 1 号冰川 (以下简称 1 号冰川) 积累区近两年来的气候资料序列, 除东支海拔 3950 m 处的百叶箱气象站资料外, 还有 2006 年 4 月在东支平衡线附近 (4050 m) 架设的自动气象站, 可以获得以 30 分钟为间隔的气温、降水、辐射、湿度、风速及风向等一系列气象数据。

另外, 还有如下三项阶段性资料采集: (1) 2006~2007 年夏季, 在东支消融区架设轻便型自动气象站, 用以研究冰川表面反照率的时间变化及反照率与冰川表面温度及降水的关系; (2) 2007 年夏季, 在东支终碛垅及消融区 (海拔 3740 m、3880 m 及 3988 m) 共架设 5 台轻便型自动气象站, 同时采集不同海拔及不同下垫面冰川区的气候要素变化数据, 旨在研究海拔及下垫面对冰川表面能量平衡的影响; (3) 2007 年 7~8 月, 野外队员对均匀分布于冰川表面的 30 个点进行了气象要素及消融量的观测, 观测时间间隔为 1~2 天一次, 大量珍贵数据的获取为建立空间分布式冰川消融模型奠定了资料基础。

2.2 物质平衡

在冰川动力学模式研究中, 物质平衡是输入端, 几乎是内部所有变化的诱发因素。1959 年天山冰川站建站以来, 科学家在 1 号冰川上开展了系统的物质平衡观测与研究, 迄今为止积累逾 50 年的物质平衡资料。

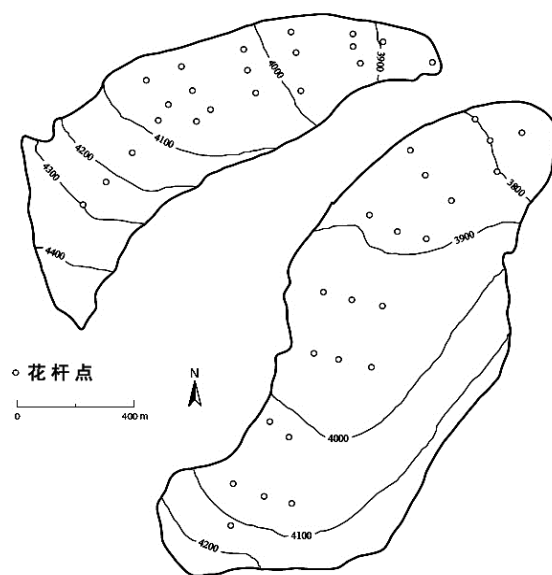


图 2 1 号冰川物质平衡观测网示意图

Fig.2 Mass balance observation sites on Glacier No. 1

2006-2007 年, 冰川站用以往的物质平衡观测方法与观测密度, 在已有花杆观测网的基础上采取一月一次的观测方式进行物质平衡观测。

2.2.1 布设观测网

1 号冰川东、西两支分别均匀布设 23 与 20 个花杆测点形成冰面积累和消融观测网 (图 2)。花杆为木质或金属材质, 顶端出露冰面或积雪表面 1 m 左右, 底端埋于表面以下 3~4 m 多年冰层。

2.2.2 物质平衡观测

1 号冰川的物质平衡观测在每月月末开展, 在消融季节与非消融季节观测方法略有不同。

消融开始前, 每月对冰川表面总积雪厚度进行一次全面观测, 与上一月观测的数据之差折算成水当量即为该月物质平衡。为获冰川粒雪盆及其以上补给区某点物质平衡水当量, 开展了如下观测, 观测内容包括雪坑剖面上积雪层位特征及其密度, 不同特征层位雪层分别量测其密度。在冬末 (4 月末或 5 月初) 观测时, 对无花杆区以“雪深探杆”测量雪层厚度和相应的密度。

消融开始后, 用测杆网进行冰川消融的观测, 其消融量以两次冰面高度差确定。积累区消融观测需配合雪坑观测, 其间注意附加冰和内补给的形成过程和量值。消融期最后一次观测 (8 月末或 9 月初) 应对全冰川剩余积雪厚度分布状况实施一次全面观测, 配合雪层密度测量以确定剩余积雪水当量。每次观测时应注意记录瞬时雪线分布的高度。

2.3 冰川几何特征

冰川几何特征是建立冰川动力学模式的重要输入参数, 包括冰川长度、冰川横断面宽度、冰面坡度以及冰川表面高程等。通过遥感图片解析、航测地形图及实地冰川测绘都可以获得冰川几何特征信息。基于以上几种方法, 1 号冰川自上世纪 60 年代以来共有 5 期资料积累, 其中 2001 年与 2006 年两期为实地测绘资料。

2006 年冰川站利用南方科力达 (KTS-442) 全站仪对 1 号冰川进行了地形测绘。2002 年以前通常使用经纬仪进行测绘, 全站仪较之操作更为方便且观测数据更为准确。

另外, 2007 年冰川站购进 SPOT5 卫星遥感图片, 并辅以高精度 DEM 数据对 1 号冰川的表面几何信息作了全方位恢复。

2.4 冰川厚度

在冰川动力学模式研究领域, 冰川厚度是重要的基本参数。

1 号冰川迄今为止共有 3 次厚度观测数据, 分别采集于 1980 年、2001 年及 2006 年。三次所选择的观测路线大部分重合, 保证了不同期资料的可比较性和延续性。2001 年使用加拿大 SSI (Sensors & software Inc.) 公司生产的 pulse EKKO 100A 增强型雷达系统。1980 年与 2006 年所使用的都是我所自行研制的 B-1 型冰川测厚雷达。除冰川主流线外, 1980 年的观测资料中包含了东、西两支各 7 个横断面的厚度数据。横断面的海拔高度基本与物质平衡花杆的海拔相同。2001 年于东西两支各选择 4 个横断面进行测量, 位置与 1980 年资料的部分断面重合。2006 年, 则在 1980 年的基础上在东西两支的积累区各补充 (10 m/点), 使数据更能反映冰川厚度分布细节。

2.5 冰川温度

冰川内部温度分布不仅反应了冰川对外界环境气候的响应状况, 也是影响冰川消融、冰川内部力学性质及冰川运动剧烈程度的重要指标, 因此获得系统的冰川温度资料对进行冰川物理学方面的研究有至关重要的意义。

天山冰川站在 1980~1986 年间曾对 1 号冰川的温度开展过系统的观测研究。2006 年, 冰川站恢复了对 1 号冰川温度的系统观测, 以水热条件为依据分别在东支选择 5 个点, 西支选取 2 个点进行温度测量。钻孔深度皆为 20 m, 深入活动层以下。钻孔中各布设一组 (15~20 个) 热敏温度探头, 探头间隔上密下疏 (如图 3)。上部冰层的年际温度变化幅度较大, 而下部则较为稳定, 上密下疏的设置能够保证变化数据不致缺失。温度观测时间间隔为 1 周 1 次。东支冰川的积累区、消融区及多年平衡线区域皆钻有温度探孔, 其资料能够充分反映冰川的整体温度变化。1 号冰川测温恢复近两年来, 已经获得大量的冰川内部温度变化信息, 为相关研究提供了宝贵的数据资料。

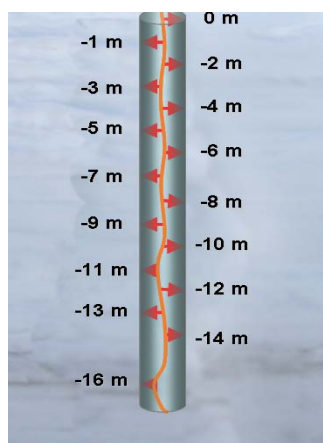


图3 测温孔内探头布设位置图

Fig. 3 The position of sensors to measure ice temperature

2.6 冰川表面运动速度

冰川积累区的冰雪每年按一定速度朝冰舌方向运动,这种运动具有特殊规律,它是冰川存在和发育的主要机制。因此进行冰川运动速度测量,取得精确数据,在冰川研究领域里显得非常重要。

对1号冰川运动速度的测量,在2002年以前,主要采用经纬仪交会法,2003年以来,引入了全站仪,开始了更加方便而精确的观测。对测量控制点的高精度平差测定是在1997年9月引入GPS进行测量的。2007年4月用SOKKIA(日本)GSS1A型GPS重新对控制点进行了高精度测定。

2006~2007年,冰川站对1号冰川进行了9次表面运动速度测量,主要集中在非消融季末期与消融季,旨在研究冰川运动的季节性差异及冰川消融对运动速度的影响。

测量中坐标系统为独立坐标系。 X 为纵坐标, Y 为横坐标, Z 为竖直向上的坐标。

U_x, U_y, U_z 分别为平行于 X , Y 和 Z 轴的速度分量, U_{xy} 为速度的水平分量,

$$U_{xy} = (U_x^2 + U_y^2)^{1/2}。$$

2.7 冰川末端退缩速度

末端退缩速度是冰川长度变化最直观反映,相比其它参量具有测量误差小且计算简单等特点。2006~2007年,冰川站通过三种方法对1号冰川末端变化进行了测量研究:(1)通过测量冰舌末端距冰川外的几个控制基准点距离获取冰川末端的变化。(2)用遥感卫星图片与地形图进行判读对比,从而获得冰舌末端进退变化。2007年,冰川站利用SPOT5高精度卫星遥感图片与1962年、1973年、1986年、1994年和2001年的航测图及大地测量地形图进行比较获取了冰川末端变化量。(3)坐标比较方法。用GPS及全站仪测量冰舌末端的坐标值,并与前次测量坐标相比较,计算两次的变化分量 Δy 、 Δx 。冰川进退或冰川运动距离 D

用公式表示: $D = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2}$ 。

通过 GIS 和 RS 技术研究冰川变化

王 林

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室 /天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

1 研究意义

冰川变化,尤其是山岳冰川变化是全球气候变化的敏感指示器^[1]。冰川作为中国西部干旱半干旱地区的主要径流补给和生产生活水源,对西部地区的经济发展和社会稳定起着重要的作用^[2]。所以冰川变化研究是全球变化和区域环境研究中不可缺少的内容之一。

由于大多数山岳冰川区的难以到达,很难进行实地监测。而地理信息系统 (GIS) 和遥感 (RS) 技术在冰川监测中具有可靠、快速的特点。所以,卫星遥感技术被广泛的应用于大尺度的冰川变化研究中。目前,遥感卫星数据 (包括 Spot-5, MSS, TM 及 ETM+) 已经成为冰川学研究的主要数据源之一^[3]。

2 数据处理

冰川变化采用地理信息系统与遥感技术,主要利用 Spot-5 高精度 (5-10 m) 数字遥感影像资料、航空像片、地形图 (1: 5 万)、研究区冰川编目及数字地形模型 (DEM),通过遥感图像处理和分析提取研究区的冰川范围,并在地理信息系统技术支持下分析该地区冰川参数变化情况。遥感数据的处理流程如图 1 所示。

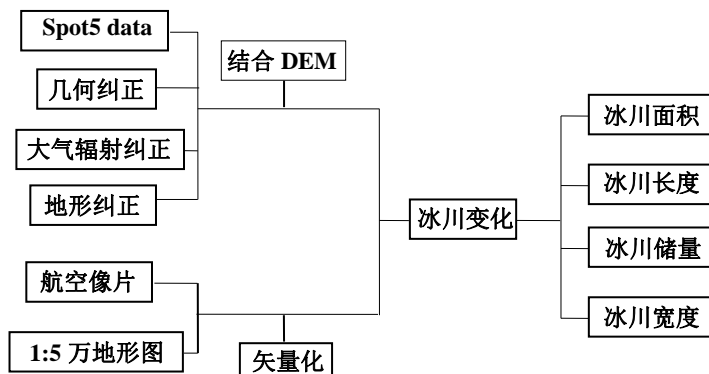


图 1 遥感数据的处理流程

Fig.1 Remote sensing data processing

本文同时基于天山地区托木尔峰区、奎屯河流域、庙儿沟地区和乌鲁木齐河流域等区域的遥感影像解译工作,探讨 GIS 和 RS 技术在研究冰川变化中存在的问题及解决方法。

3 遥感影像解译注意问题

提取冰川边界的方法可分为人工解译法和计算机自动分类法两大类,其中计算机自动分类法又包括比值法、雪盖指数法、监督分类法、非监督分类法等方法。人工解译法可以充分利用解译人员的经验知识,能够判读出很多计算机无法自动识别的要素,但人工解译法带有很大的主观性,解译结果不具有可重复性,很难用定量方式描述解译精度。计算机自动制图法则在可重复性和定量误差描述方面具有优势,但现有的各种自动分类方法尚不具备普适性,每种方法的独立具体应用起来有很大的限制。所以针对冰川的解译工作一般采取人工解译和计算机自动分类相集合的办法,但在冰川解译过程中会遇到以下 5 方面的问题及困难。

3.1 需要高质量的遥感影像

夏末秋初 (8-10 月) 的遥感数据最能满足冰川参数提取的要求, 这时冰川消融基本达到最大, 冰川上的积雪最少, 能够比较清晰的判别冰川边界, 能够最大限度的获取冰川表面信息, 如冰川消融区、冰川积累区、冰川表碛覆盖区、冰川粒雪线等。不同的传感器在冰川边界提取过程中会有较大的差异^[4] (如图 2 所示)。Landsat 等分辨率较低的影像基本无法使用 (如图 3 所示)。云量较少, 分辨率较高的影像较理想, 如 Spot-5 (5-10 m) 等, 如图 4 所示。

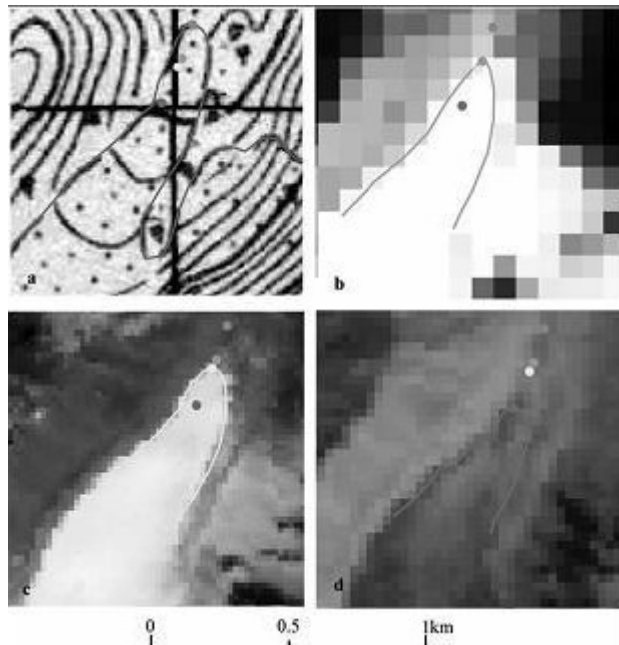
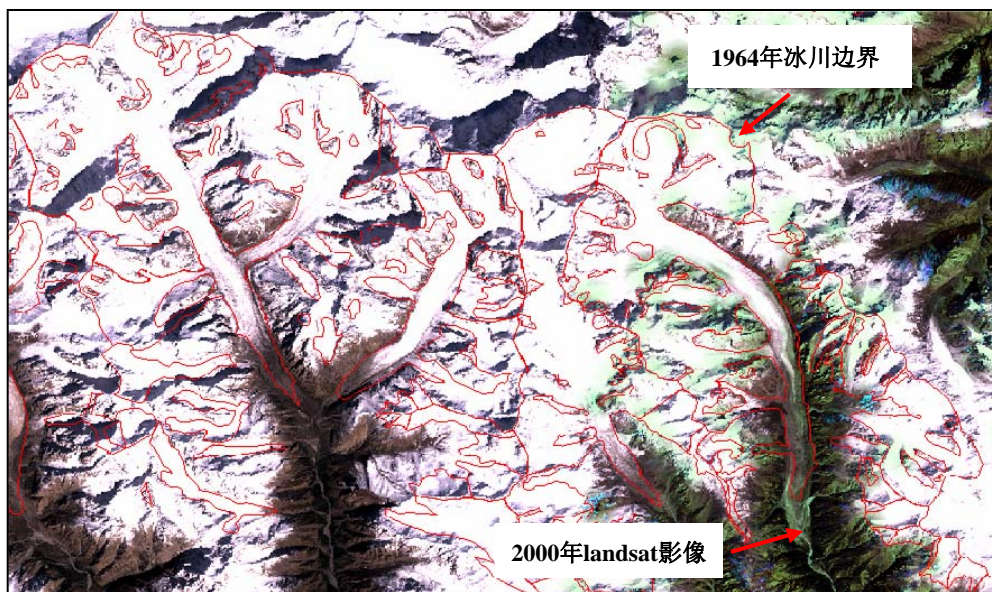
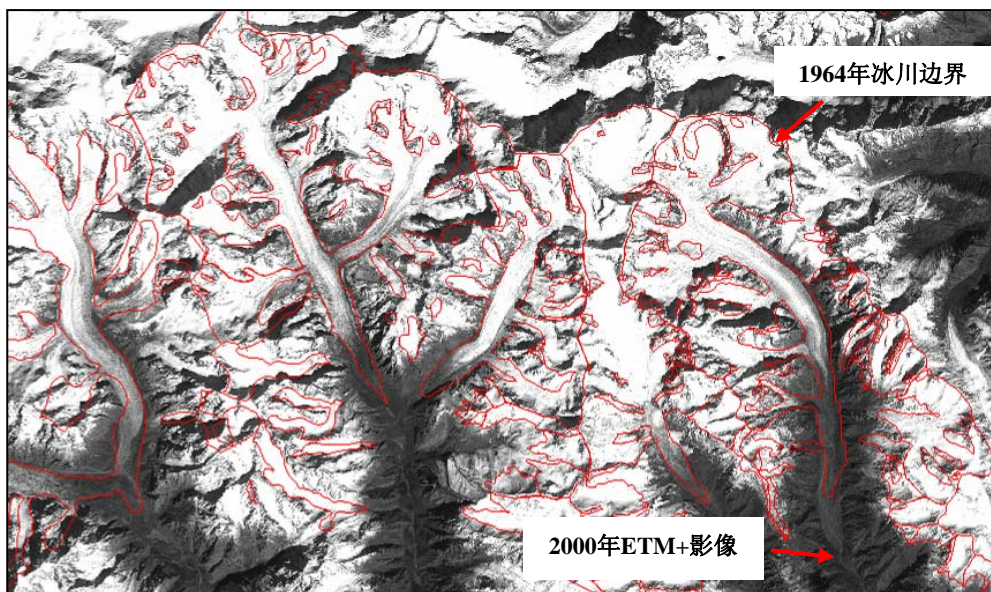


图 2 冰川边界提取过程中不同影像的对比 (a、Topographical map; b、Landsat MSS;c、SPOT HRV; d、Landsat ETM+)

Fig. 2 Measuring glacier terminus change using topographical map and remote-sensing images. (a) Topographical map; (b) Landsat MSS; (c) SPOT HRV; and (d) Landsat ETM+



(a)



(b)

图3 不符合冰川变化解译的影像(a、landsat TM影像；b、landsat ETM+影像)

Fig.3 Unideal remote-sensing images for research the glacier change

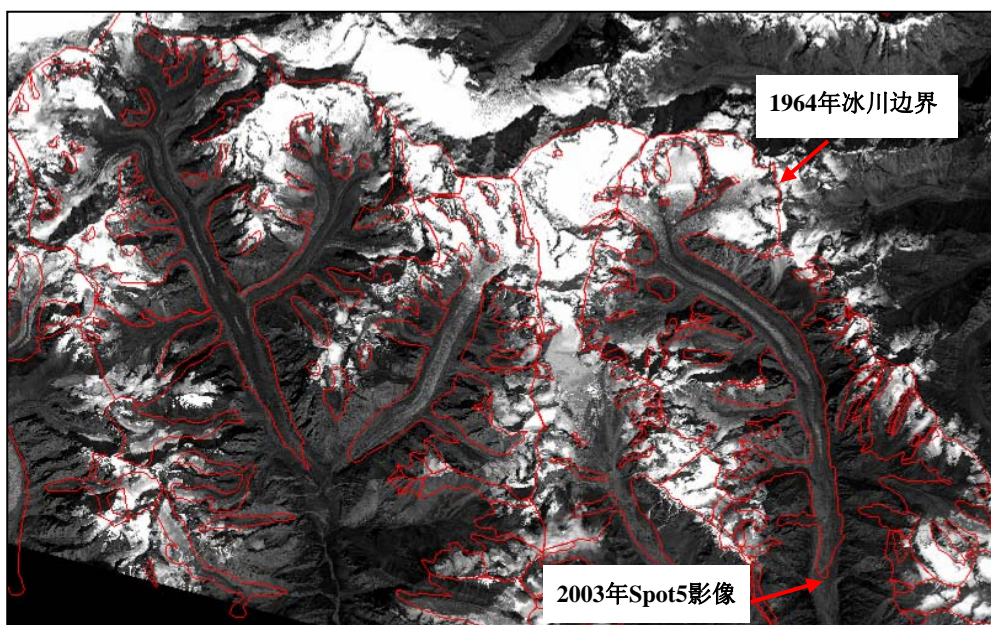


图4 较理想的冰川变化解译影像 (Spot5影像)

Fig.4 Ideal remote-sensing images for research the glacier change

3.2 冰川边界的界定

冰川边界的判断主要依靠冰川与周围地物的反射特征差异，当冰川的边界被积雪、云、阴影或冰碛物覆盖时，冰川边界无法在二维情况下进行冰川边界数字化，必须参考3D数据 (如图5, 图6所示)。

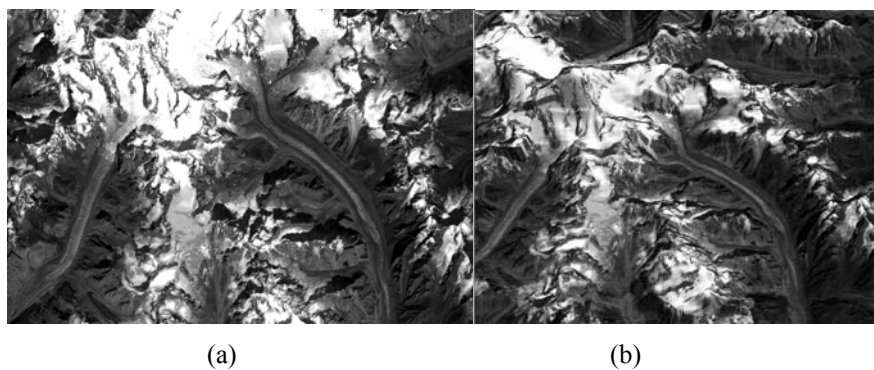


图 5 二维数据(a)与三维数据的对比(b)

Fig.5 The comparison between the two-dimensional data and three-dimensional data

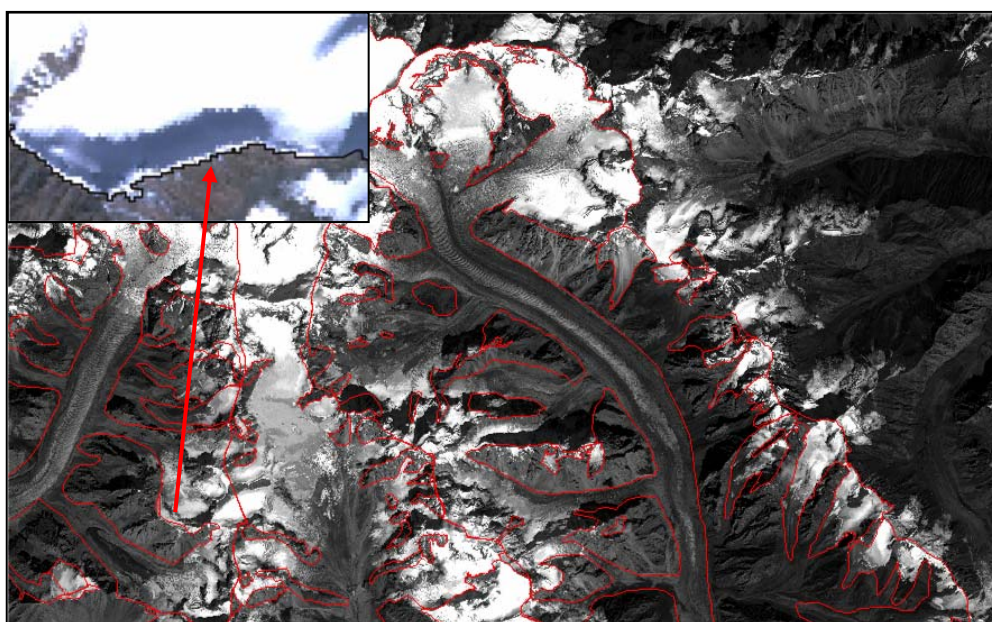
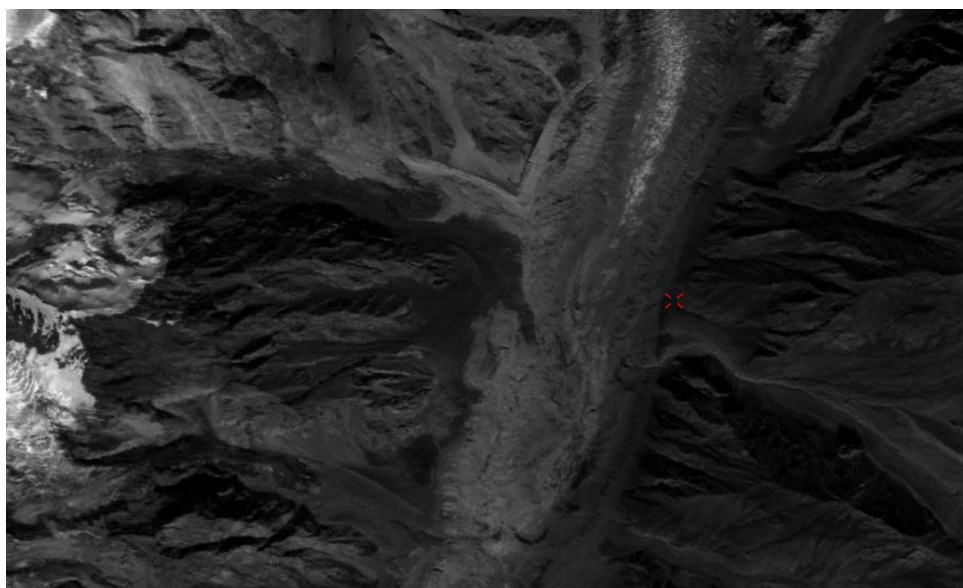


图 6 参照三维数据提取的冰川边界

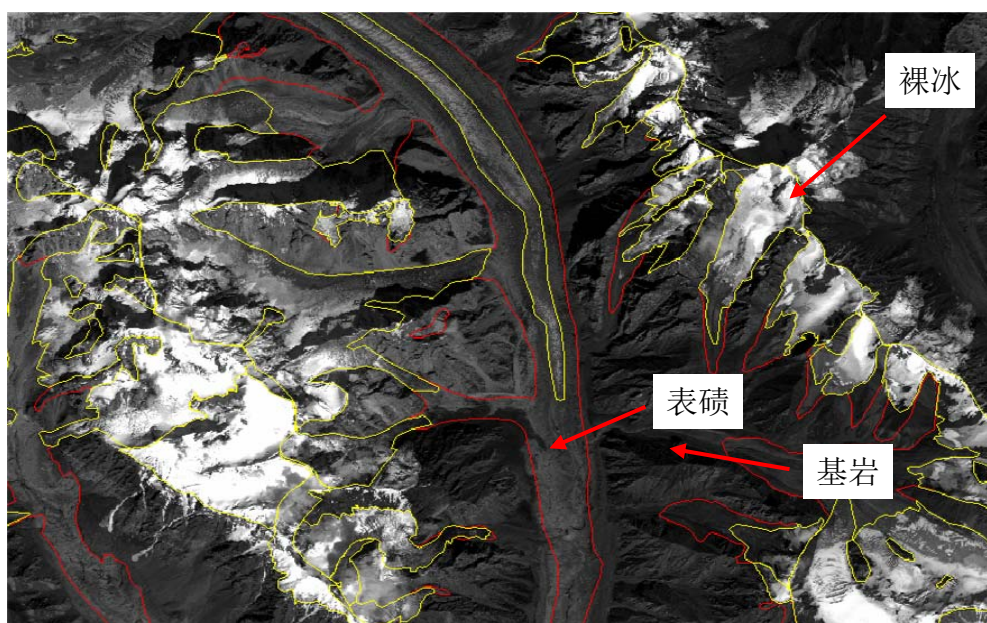
Fig.6 Deriving Glacier Border Information by three-dimensional data

3.3 表碛与基岩的区分

要识别表碛覆盖区,首先需要在没有积雪覆盖的条件下进行,其次需要区分表碛与基岩。计算机自动提取边界,不确定性较大,必须参照 3D 数据,人工跟踪解译(如图 7 所示)。



(a)



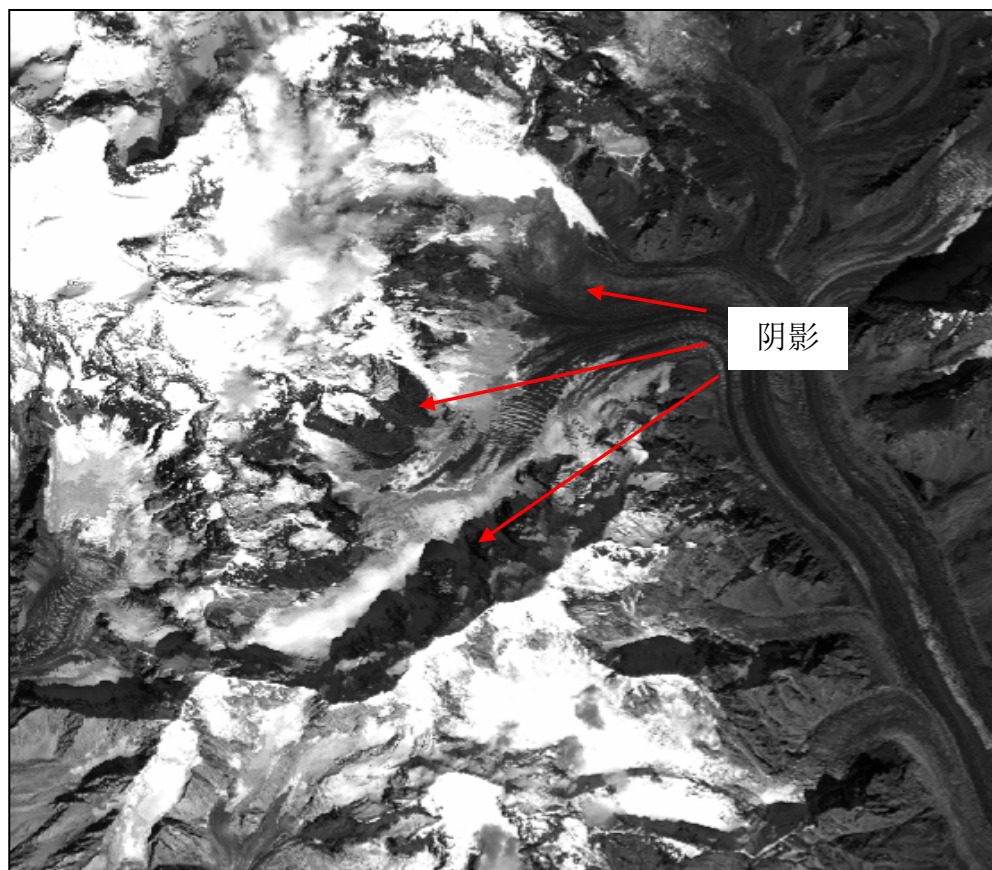
(b)

图7 影像解译前(a)和参照三维数据解译之后的影像(b)

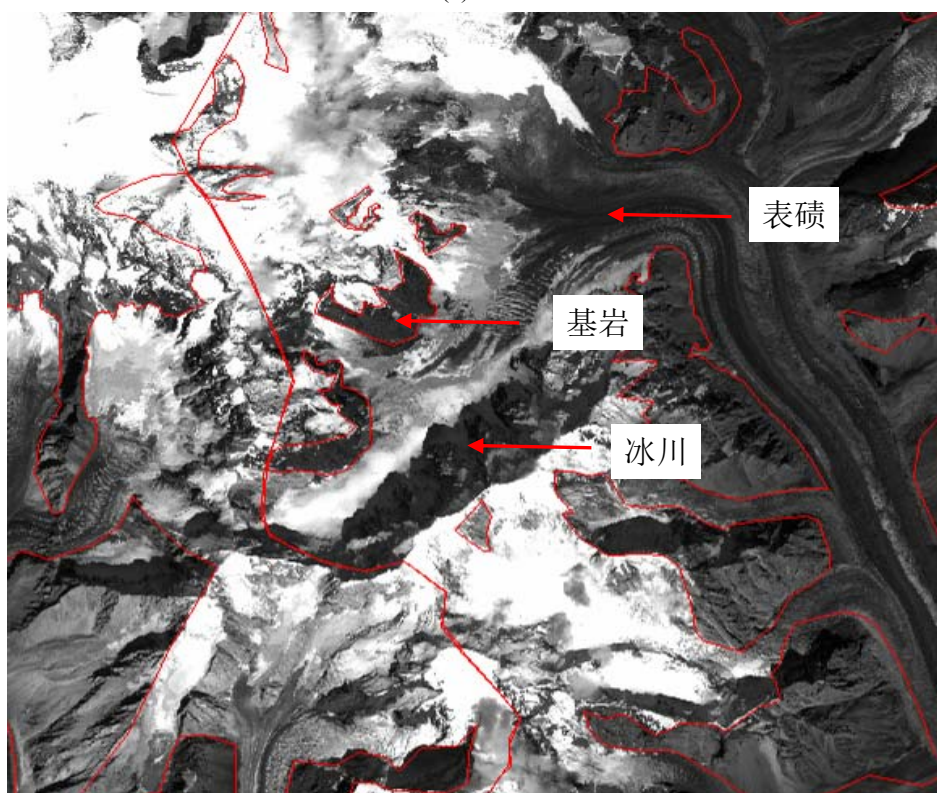
Fig.7 Comparison between the remote-sensing images before interpretation and interpreted by three-dimensional data

3.4 阴影处理

影像的阴影部分对冰川各要素的解译精度影响较大,但正射校正、各种算法运用效果均不明显,因此必须采取参照3D数据、结合实地经验、人工跟踪解译的方法(如图8所示)。



(a)



(b)

图 8 影像解译之前的阴影部分 (a) 和解译之后的阴影部分 (b)
Fig.8 Comparison of the shadow in the remote-sensing images before and after interpretation

3.5 地形图误差

地形图是地貌形态的传统表达方式，主要通过等高线来表达地物高度和地形起伏，用高程点表达山峰。地形图覆盖范围广，其中 1: 5 万和 1: 10 万比例尺的地形图是目前我国冰川编目仅有的可以使用的数据。由于地形图数据更新周期较长，地形图数据所反应出来的地形参数，主要反映地形图制图时期的冰川形态。

目前，冰川解译主要通过对数字化的地形图数据及其延伸产品 (如 DEM) 进行计算获得冰川的各种参数。如，在数字等高线的基础上，利用山顶点、鞍部、山脊线和谷地线等地形特征数据准确的对冰川进行逐条划分，利用等高线和高程点校正 DEM 数据。但在地形图处理过程中，发现地形图存在一些误差 (如图 9 所示)，这种误差给数据统计 (与近期遥感数据在时间尺度上的统一) 造成一定困难。

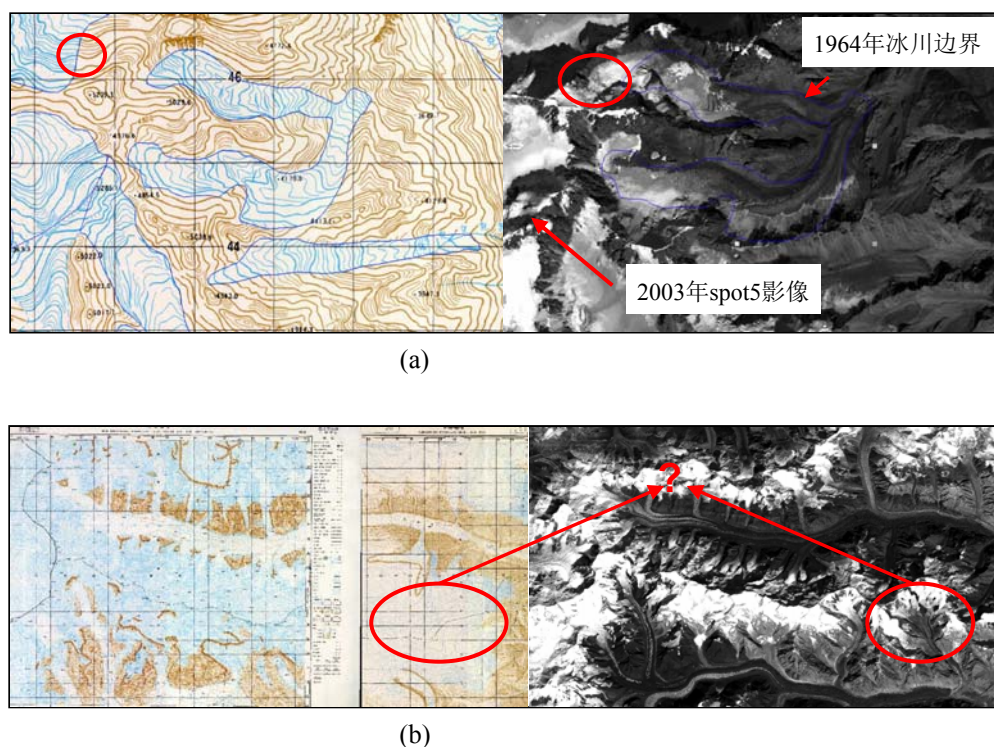


图 9 地形图误差部分示例

Fig.9 The example of the geographical map error

参考文献 (References)

- [1] IPCC. Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. Climate change 2001: The Scientific Basis [A]. Contribution of working group I to the Third Assessment Report [C]. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 2001.
- [2] 沈永平, 梁红. 全球冰川消融加剧使人类环境面临威胁[J]. 冰川冻土, 2001, 23(2): 208-211.
- [3] Bindschadler R, Dowdeswell J, Hall D, et al. Glaciological Applications with Landsat-7 Imagery: Early Assessments [J]. Remote Sensing of Environment, 2001, 78: 163-179.
- [4] Baolin Li, A-xing Zhu, Yichi Zhang, et al. Glacier change over the past four decades in the middle Chinese Tien Shan [J]. Journal of Glaciology, 2006, 52: 178.

基于冰下地形和 GIS 技术的冰川储量计算方法

王璞玉

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室/天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

作为“固体水库”的冰川,近年来随着气温的持续升高,冰储量急剧减少。因此,有效地计算冰储量,对于冰川水资源变化评估具有十分现实的意义^[1]。国际上已有许多储量计算方面的研究,本文将概述储量计算的研究情况,以及我们在研究乌鲁木齐河源 1 号冰川储量方面的工作和进展。

1 冰储量计算常规方法

传统意义上,计算冰储量时遇到的一个普遍问题是,当冰川无表面及底部地形数据时,如何计算冰储量。

在先前的研究中,已有很多不同的方法来解决这个问题。例如,1971 年,Post et al.^[2] 将美国华盛顿州 North Cascades 的所有冰川按面积分为 5 个区域类型,对每一类分配一个平均厚度,然后将这些分配的平均厚度和面积相乘即可得到冰川的储量值。这种方法只是对冰储量的大致估算。

为了更精确的计算单条冰川储量,许多研究建立了储量与面积之间的关系。

$$V = \beta A^\gamma$$

其中 β 和 γ 这两个参数主要通过经验^[3]或理论^[4-5]的方法来确定其值。

例如,1990 年,Chen 和 Ohmura 利用经验方法来确定这两个参数。他们通过分析北美,欧洲和亚洲总共 63 条冰川的面积与储量之间的关系(其储量通过地形测量和雷达测厚的手段已知),将面积和储量的对应点作回归分析,从而提取了这两个参数值。

此外,Bahr et al. (1997), Driedger 和 Kennard (1986) 是基于理论手段来确定参数。Bahr et al. (1997) 通过冰川动力学方法提取 β 和 γ 这两个参数。同时考虑到单条冰川的宽度、坡度、侧面阻力以及物质平衡,然后以 144 条冰川已知的储量和面积数据做测试。

Driedger 和 Kennard (1986) 也是基于理论方法,通过研究冰川流动和几何形态之间的关系从而提取参数值。将几何要素(面积、坡度)与测量或者简单计算出的冰密度、基部剪切力等值联系起来,然后利用 The Washington 和 Oregon Cascades 的 25 条冰川实测数据对建立起的关系作修正。

陈建明等人^[6]在研究乌鲁木齐河流域冰川储量变化时,利用不同时期同名等高线的位移面积和等高距之间的关系,估算储量的变化量。

刘时银等人^[7] (2002 年) 针对祁连山西段的冰川编目资料,建立了最低一级流域内平均冰川面积和平均冰川储量及平均冰川长度之间的统计关系,以此来估算冰川储量值。但由于冰川面积和储量的关系随冰川的规模和形态的变化会发生变化,所以其计算结果是近似的。

2004 年,姚檀栋等人^[8]对冰川长度、面积和体积的变化关系做了一系列的研究,建立三者之间的比例关系,以期为实地观测资料缺乏地区的储量计算找到依据。因为该方法是以典型冰川的研究为基准从而将得到的关系运用到其他冰川,所以会有误差。

以上研究计算冰川储量时虽然考虑到诸多因素,针对不同的研究对象对公式进行过修正以及参数的重新率定,在研究流域性冰川储量时具有统计意义,但在计算单条冰川储量时存在一定不确定性。同时限于技术手段和研究方法的不足,以及缺乏足够的冰川厚度资料作

为依据,使得冰川储量计算精度较低。

2 基于冰下地形和 GIS 技术的冰川储量计算方法

随着 GIS (地理信息系统), RS (遥感), GPS (全球定位系统) 的迅速发展和广泛应用, 3S 已经成为监测和研究区域冰川变化必不可少的手段, 同时也为冰川监测和变化研究提供强有力的技术支持。基于此背景, 将 GIS 技术运用到冰川储量计算工作中, 结合地形图, 雷达测厚资料以及冰川实测资料, 将表面和底部基岩栅格化构建冰体或者直接利用测厚数据栅格化来计算冰川储量值。

为了能够准确的计算出冰川储量值, 我们选择在乌鲁木齐河源 1 号冰川开展储量计算研究。因为乌鲁木齐河源 1 号冰川已于 1981 年, 2001 年, 2006 年进行过三次冰川雷达测厚, 并且进行过多次面积测量, 选择在该条冰川上开展储量计算的研究, 有丰富的观测资料作为保证, 可以有效地实施该项工作。通过 GIS 方法, 精确计算出乌鲁木齐河源 1 号冰川 1962 年、1981 年、1986 年、2001 年和 2006 年的冰储量, 并研究其与厚度、面积、长度之间的关系, 从而对冰储量计算经验公式进行修正, 以便为该区域冰川变化提供可靠依据。

2.1 所用资料

该研究采用的资料有: 乌鲁木齐河源 1 号冰川 1962 年平板仪绘制 1:10000 地形图, 1981 年航空摄影照片调绘的 1:50000 地形图以及测厚数据 (B-1 型冰川测厚雷达), 采用地面立体摄影测量方法绘制的 1986 年 1:5000 冰川图, 2001 年测厚数据 (pulseEKKO 100A 增强型雷达系统) 以及 2006 年冰川表面实测数据和测厚数据 (B-1 型冰川测厚雷达)。

2.2 方法介绍

为了便于对原始数据的操作, 首先对地形图进行高分辨率扫描和预处理 (去除网纹和亮度、对比度以及色彩调整等简单处理工作); 然后在 ARCGIS9.0 软件下定义统一的投影系统为 UTM-WGS84 (45N), 在 Geoprocessing 模块下进行图像几何精纠正和坐标统一化处理。为检验各地形图的复合精度, 在每一幅纠正后的数字图像上选取 20 个均匀分布的独立验证点, 将实测数据与地形图同名点比较, 所得地形图纠正误差在 1 个像元之内, 满足几何纠正所需的精度要求。

鉴于乌鲁木齐河源 1 号冰川各期原始资料类型的差异性, 主要采用以下两种方法计算冰川储量。基于雷达测厚数据计算冰储量时使用厚度积分法。无雷达测厚数据时主要采用表-底构建法来计算冰川储量。

2.2.1 厚度积分法

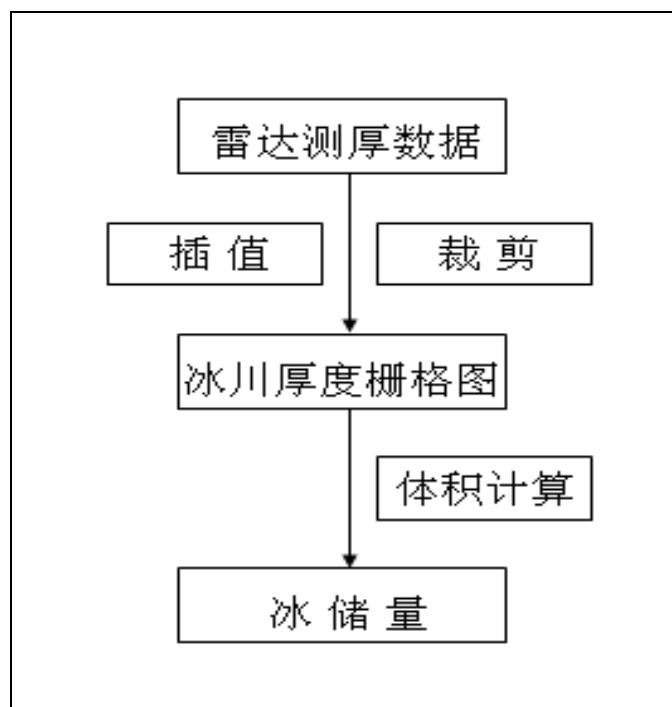


图 1 厚度积分法计算冰储量流程图

Fig. 1 The flow chart of using Thickness Integral to estimate ice-volume

根据已有的雷达测厚数据,利用相应的冰川图得到冰川边界线以及雷达测线位置,通过插值生成厚度栅格图层,像元大小为 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 。利用冰川边界线对厚度栅格数据进行裁剪从而得到1号冰川厚度栅格图。每个像元的厚度值与像元面积做乘积运算后进行累加,便可以得到储量值。换句话说,可以将冰川厚度图的每个像元视为一个立方体,该立方体的体积就与像元厚度值和面积的乘积相当,冰川的储量值实际上就是这些像元体积的累加和。将厚度分布细化,即缩小厚度单元间隔,这样就使计算每个像元体积的误差减小,单元间隔越小,误差则越小。在ARCGIS9.0软件中,利用3D分析中的体积计算工具,设置相应的分析处理环境条件值,可以直接计算得到冰川的体积,即储量值。由于1号冰川上部地势陡峭,开展雷达测厚工作时比较困难,所以该区域缺少测厚数据,插值过程中会产生误差,但在计算整条冰川储量时该插值所引起的误差应该是非常有限的。

由于乌鲁木齐河源1号冰川具有1981年、2001年和2006年的雷达测厚数据,估算这三期冰储量时主要采用厚度积分法。

2.2.2 表-底构建法

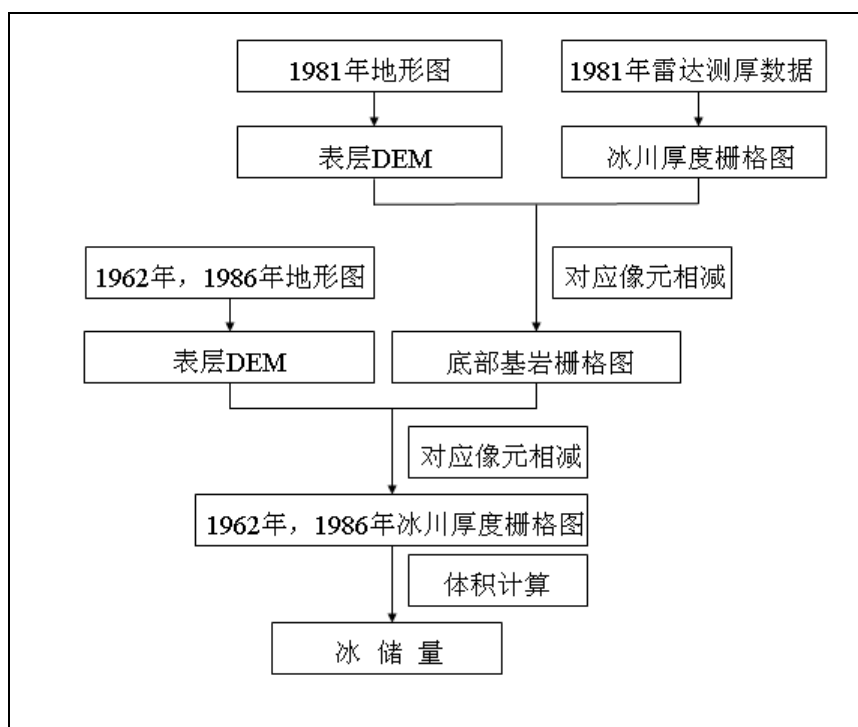


图2 表-底构建法计算冰储量流程

Fig. 2 The flow chart of using Surface-Base Construct to estimate ice-volume

计算 1962 年和 1986 年冰川储量时采用表-底构建法。表-底构建法计算冰储量流程如图 2 所示。

鉴于 1962 年和 1986 年无雷达测厚资料，无法直接估算冰川储量，所以利用冰川表层 DEM (数字高程模型) 与底部基岩栅格图相减的方法间接获取厚度数据，从而计算冰川储量值。选择冰川地形图和雷达测厚数据同时具备的 1981 年资料，提取冰川底部基岩栅格数据。针对 1981 年 1 号冰川地形图，数字化等高线，建立不规则三角网 (TIN)，采样为 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ Grid，再与同年相同大小栅格单元的冰川厚度栅格图相减，利用冰川周围基岩等高线插值修正，即可得到底部基岩栅格图层，将其三维显示，如图 3 所示。计算 1962 年和 1986 年冰储量时，按冰川表面边界对底部基岩栅格图做相应修正，使其便于对应像元间的相减运算。虽然冰川在运动过程中对底部基岩存在磨蚀、挖蚀等作用，但此作用过程十分缓慢，而且主要作用力集中在冰川末端，所以在假设冰川底部基岩保持不变的前提下计算冰川储量，可以达到对储量变化的宏观把握。

基于对研究区范围以及原始资料的考虑，本研究主要基于地图扫描矢量化方法提取 DEM，同时，根据野外实测得到的离散地面点数据直接构建 TIN，对提取出的 DEM 进行修正。另外，在提取表层、基岩、厚度栅格图时，统一采样为 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 像元大小，以期在储量估算中达到更高的精度。

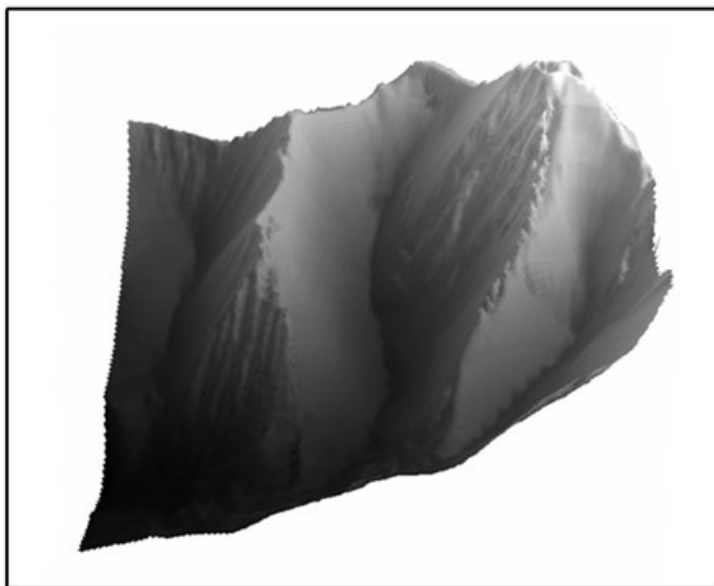


图3 乌鲁木齐河源1号冰川底部基岩三维地形
Fig.3 3-D terrain of base rock of Urumqi Glacier No.1

以1986年为例估算冰川储量。采用地图扫描矢量化方法提取出1986年表面DEM，将其三维显示，如图4所示。利用冰川表面栅格图层与底部栅格图层做对应像元间的相减运算，即可得到乌鲁木齐河源1号冰川1986年厚度栅格图层。在ARCGIS9.0软件中，利用其自带的体积计算工具，设置相应的分析处理环境条件值，便可以直接计算出冰川的储量值。结合冰川表面栅格图层以及底部栅格图层，对冰川进行立体三维可视化显示，如图5所示。

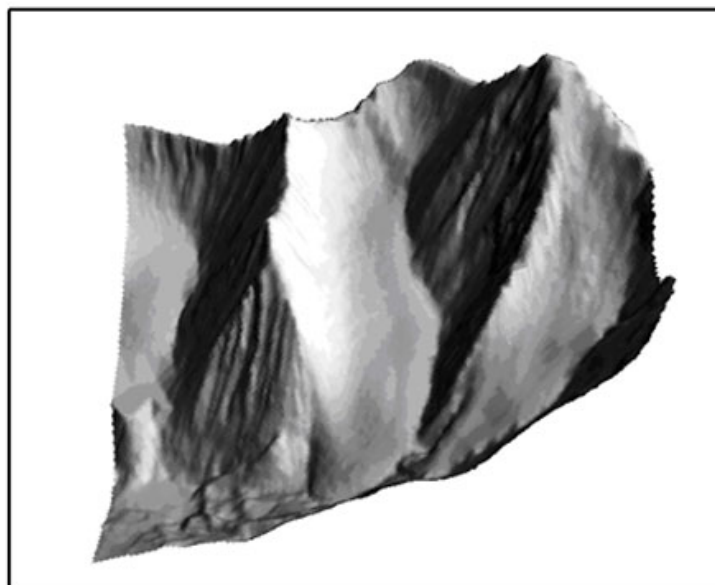


图4 1986年乌鲁木齐河源1号冰川表面三维地形
Fig.4 3-D terrain of surface of Urumqi Glacier No.1 in 1986



图5 1986年乌鲁木齐河源1号冰川立体三维可视化

Fig. 5 Tridimensional visualization of Urumqi Glacier No.1 in 1986

以上主要介绍了该研究所用资料和处理方法, 目前这项研究正在进行, 对于该冰川的储量研究和方法, 还需做进一步的评估工作和研究。

参考文献 (References)

- [1] 施雅风. 2050年前气候变暖冰川萎缩对水资源影响情景预估[J]. 冰川冻土, 2001, **23**(4): 333-341.
- [2] Post A, Richardson D, Tangborn W V, and Rosselot F L. Inventory of Glaciers in the North Cascades Washington, Professional Paper 705-A, US Geological Survey, 19.
- [3] Chen J, Ohmura A. Estimation of alpine glacier water resources and their change since the 1870s, Hydrology in mountainous regions-I. Hydrologic measurements, the water cycle, Proceeding of the two Lausanne Symposia, IAHS Publ. 1990, 193: 127-135.
- [4] Bahr D, Meier M, Peckman S. The physical basis of glacier volume area scaling, Journal of Geophysical Research, 1997, 102(B9): 20355-20362.
- [5] Driedger C L, Kennard P M, Ice volumes on Cascade volcanoes: Rainier, Mount Hood, Three sisters, and Mount Shasta, Professional Paper 1365, U.S. Geological Survey, 1986, 29.
- [6] 陈建民, 刘潮海, 金明燮. 重复航空摄影测量方法在乌鲁木齐河流域冰川变化监测中的应用. 冰川冻土, 1996, **19**(4): 331-336.
- [7] 刘时银, 沈永平, 孙文新, 等. 祁连山西段小冰期以来的冰川变化研究. 冰川冻土, 2002, **24**(3): 227-233.
- [8] 姚檀栋, 刘时银, 蒲健辰, 等. 高亚洲冰川的近期退缩及其对西北水资源的影响[J]. 中国科学(D), 2004, **34**(6): 535-543.

天山地区大气气溶胶样品采集及分析的历史与现状

赵淑惠

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室 /天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

大气气溶胶是指悬浮在气体中的固体和(或)液体微粒与气体载体共同组成的多相体系。大气气溶胶只是地球大气成分中含量很少的组分,但由于其在许多大气过程中的重要作用而日益受到重视。在冰川区进行大气气溶胶的观测分析,不仅可以了解该区的大气环境状况,研究气溶胶的本底现状与变化历史,自然和人为因素对大气环境的影响以及这些影响的变化,而且可与冰雪记录结合起来,为冰芯记录的合理解释提供依据。冰雪化学记录包含气候和环境的信息,是研究大气组成成分的重要工具之一^[1,2]。然而,对于冰雪化学记录的解释是基于大气化学组分的变化与冰雪中化学成分的变化密切相关这一假设^[3]。为较好的解释冰雪记录中大气化学组分的变化,首先要揭示气、雪、冰之间的转换机制^[4],因此冰川区大气气溶胶的研究具有非常重要的意义。本文主要对天山地区大气气溶胶样品采集及分析的历史与现状进行了简单的概述。样品的采集地有:乌鲁木齐河源1号冰川(以下简称1号冰川)、空冰斗实验流域(以下简称空冰斗)、哈密庙儿沟平顶冰川、奎屯哈希勒根51号冰川、托木尔峰冰川区。

1 采样点自然概况

1号冰川(43°06' N, 86°49' E)位于天山东部,地处荒漠地带,周围植被覆盖稀疏。东望蒙古沙漠和戈壁高原,南俯塔克拉玛干沙漠,西靠萨雷-伊施科特劳等中亚地区的沙漠,北临古尔班通古特沙漠。总体上是地处荒漠环境,植被覆盖面积积极小。1号冰川是一条山谷冰川,由东、西两支组成,目前总面积为1.73 km²,多年零平衡线海拔为4 055 m。该区大气气溶胶的采样点选于东支海拔4 130 m的湿雪带内。该位置属于冰川上日照时间最短的区域,尤其在冬季,完全无直接的日照。采样期间年平均气温为-9.1 °C,年平均降水量为700 mm。

空冰斗位于天山乌鲁木齐河源1号冰川的东北侧(43°04' N, 86°30' E)。流域面积1.68 km²,海拔高程介于3 803 -4 393 m,斗口朝南。下垫面类型有基岩、卵石、碎石、冻原植被和泥炭洼地,相应的面积分别为占流域面积的37.5%, 14.3%, 38.1%, 6.5%和3.6%。气溶胶采样点设在斗口处(海拔3 805 m),此处还设有气象场,观测气温、降水、湿度等气象要素。

哈密庙儿沟平顶冰川(43°03' N, 94°19' E)位于天山山脉哈尔里克山,西连巴里坤山,南、北、东外围为低山荒漠戈壁,降水稀少,气候干燥。冰川朝向西南,最高海拔4 512 m,冰舌末端海拔3 840 m,雪线海拔4 100 m左右,面积3 145 km²。气溶胶采样点设在海拔为4 510 m的积累区。

奎屯河哈希勒根51号冰川(43°43' N, 84°24' E)位于新疆奎屯市以南的天山依连哈比尔尕山北坡,奎屯河上游支沟哈希勒根河源区。冰川朝向东北,最高海拔4 000 m,冰舌末端海拔3 400 m,雪线海拔3 610 m,面积1 148 km²,最大长度117 km,冰川表面较为平整、洁白,裂隙不甚发育。气溶胶采样点设在经纬度为43°44'58.9" N, 84°26'37.1" E,海拔为3 900 m处。

托木尔峰冰川区位于我国境内天山山脉的西端,是亚洲内陆最大的冰川发育区,是塔里

木河的主要源地。该地区冰川分布相当集中,主要以具有表碛覆盖的土耳其斯坦型冰川为主,与其它地区冰川有很大差异。2007年9-10月,对该地区的木扎尔特冰川区多条冰川和克其克库孜巴依冰川进行了野外考察,获取了大量的一手资料。其中分别在木扎尔特穷色日色沟(41°57' N, 80° 52' E, 海拔 2 430 m) 和克其克库孜巴依冰川 (41°48' N, 80° 38' E, 海拔 2 390 m) 两处设有气溶胶采样点。

2 天山地区气溶胶样品采集及研究的历史与现状

1996年5月19日至 6月29日,孙俊英等^[5]首次在1号冰川进行了40天的气溶胶样品采集,并使用离子色谱对样品中Ca²⁺、NH₄⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻八种可溶性无机离子进行了分析,还结合表层雪样品对气溶胶和表层雪中可溶性离子的相互关系和变化特征进行了研究。

此后,2002年12月27日至今在1号冰川区进行了系统的定位观测,共取得200多个气溶胶样品,采样频率为1周1次。其中赵中平等^[6]对该区2002年12月27日到2004年2月21日之间的55个气溶胶样品进行了NO₃⁻浓度的分析,并结合表层雪中NO₃⁻的浓度进行了对比研究;张坤等^[7]对该区2004年1月1日到2005年1月1日间采集的49个气溶胶样品进行了Ca²⁺、Mg²⁺浓度的分析,同样结合表层雪中的离子浓度进行了对比研究。目前除了进行常规的样品采集以外,为研究光化学作用对该区域各种离子的影响,2007年春、夏、秋季分别在白天和晚上进行了气溶胶样品的密集采集,共采集样品25个(白天16个样品,晚上9个样品)。

为研究下垫面的影响,从2003年6月22日至2005年7月3日在距1号冰川较近的空冰斗区进行了长期的气溶胶采集与观测,共采集样品89个。

此外,为在天山地区形成一个完整的气溶胶观测和样品采集网络分别于2005年8月、2006年7月、2007年9-10月在哈密庙儿沟平顶冰川、奎屯哈希勒根51号冰川、托木尔峰冰川区的木扎尔特及克其克库孜巴依冰川开展了短期的气溶胶样品采集与观测,共采集样品10个。

截至目前,在天山地区采集的气溶胶样品已达300多个(如表1所示),为研究该区大气环境及冰川中的冰芯记录等提供了丰富的资料。

表1 气溶胶样品采集的基本信息

Table.1 Primary information of the aerosol sampling in Tianshan Mountain

采样区	采样点经纬度	海拔高度 (m)	采样日期	采样频率	样品个数
1号冰川	43°06' N, 86°49' E	4 130	1996年5-19至6-29 ^[5]	1天1次	20个
			2002-12-27至2004-2-21 ^[6]	1周1次	55个
			2004-1-1至2005-1-1 ^[7]	1周1次	49个
			2002-12-27至今	1周1次	200多个
空冰斗	43°04' N, 86°30' E	3 805	2003-6-22至2005-7-3	1周1次	89个
哈密庙儿沟平顶冰川	43°03' N, 94°19' E	4 510	2005年8-15至8-22		4个
奎屯河哈希勒根51号冰川	43°44' N, 84°26' E	3 900	2006年7-7至7-8		2个
木扎尔特穷色日色沟	41°57' N, 80° 52' E	2 430	2007年10-6至10-7		2个
克其克库孜巴依冰川	41°48' N, 80° 38' E	2 390	2007年10-10至10-11		2个

3 样品的采集

使用美国 New Hampshire 大学研发生产的小流量滤器及Pall 公司生产的Zeflour Teflon 膜 (直径47 mm, 孔径2 μm) 对气溶胶样品进行采集。样品的采集通过太阳能板驱动12 V 直流泵完成。采样体积用在线体积流量计测量, 并记录采样开始和结束时的气温及大气压, 用以计算流经滤膜的空气标准体积 (标准状态, 1 大气压, 0 $^{\circ}\text{C}$)。

样品采集工作在没有降水和浓雾的情况下完成, 采样人员戴一次性塑料手套迎风操作。滤膜事先在净化实验室 100 级超净工作台上用不锈钢镊子装入采样头, 之后带到野外。采样时采样膜离雪面 1.5 m 面朝下。采样的平均流速为 1.58 m^3/h , 线流速为 25.3 cm/s 。通过滤膜的平均流速大于等于 1.27 m^3/h 时, 该滤膜对粒径大于 0.035 μm 的粒子的收集效率大于 97%^[8]。气溶胶样品的抽气量通常在 5 m^3 到 10 m^3 不等, 主要取决于天气状况。

采样结束后, 将采样头装入干净的样品袋内, 在超净工作台上将膜用不锈钢镊子从采样头中取出, 采样面朝上置于预先用去离子水清洗干净的样品瓶中, 拧紧并将样品瓶装入干净的样品袋中, 分析前置于 4 $^{\circ}\text{C}$ 恒温避光保存。用色谱纯乙醇将采样头和不锈钢镊子冲洗干净, 在超净工作台上晾干以备装入新的滤膜。

为保证样品不受污染, 在取样过程中, 操作人员应穿上特制的工作服, 戴上面具和一次性塑料手套, 且所有的样品瓶、取样工具以及可能接触到样品的东西均用去离子水清洗干净, 装入清洁的塑料袋中, 用时再取出。

4 样品的分析

样品分析工作在天山冰川观测试验站实验室内100 级的超净环境中完成。气溶胶样品首先用200 μL 色谱纯甲醇完全润湿后用25 ml 去离子水提取, 用超声波振荡30 min 后溶液用于分析。除了常规的可溶性无机离子浓度分析外, 使用2007年在1号冰川区采集的气溶胶样品首次进行了不溶微粒数目及分布的研究和单个颗粒形貌及元素组成的分析, 分析方法具体如下。

4.1 可溶性无机离子浓度的分析

使用 Dionex-320 离子色谱仪对气溶胶中的可溶性无机离子浓度进行分析。该色谱仪配有电导检测器和 PeakNet 5.11 色谱工作站。阴阳离子的分析条件分别如下:

阳离子: Dionex IonPac CS12A (4 \times 250 mm) 分离柱, CG12A (4 \times 50 mm) 保护柱; CAES 阳离子抑制器, 抑制电流 65 mA; 15 mmol/L MSA 淋洗液, 流速为 1.0 ml/min; 进样量为 200 μL ; 电导检测; 以峰面积定量; 室温条件下操作。

阴离子: AS11-HC (4 \times 250 mm) 分离柱, AG11-HC (4 \times 50 mm) 保护柱; ASRS-4 mm 抑制器, 抑制电流 52 mA; 15 mmol/L NaOH 淋洗液, 流速为 1.40 ml/min; 柱温为 30 $^{\circ}\text{C}$ 时操作。

该方法可对样品中的可溶性离子 (Ca^{2+} 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^-) 进行分析, 结合采样时间可得到离子浓度随时间的变化曲线, 如图 1 所示 (以 2004 年 1 月到 2005 年 1 月之间 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子浓度变化为例)。此外, 将气溶胶中离子浓度随时间的变化与表层雪、粒雪、冰芯等样品中的离子变化情况结合, 可用以研究气、雪、冰之间的转换机制。

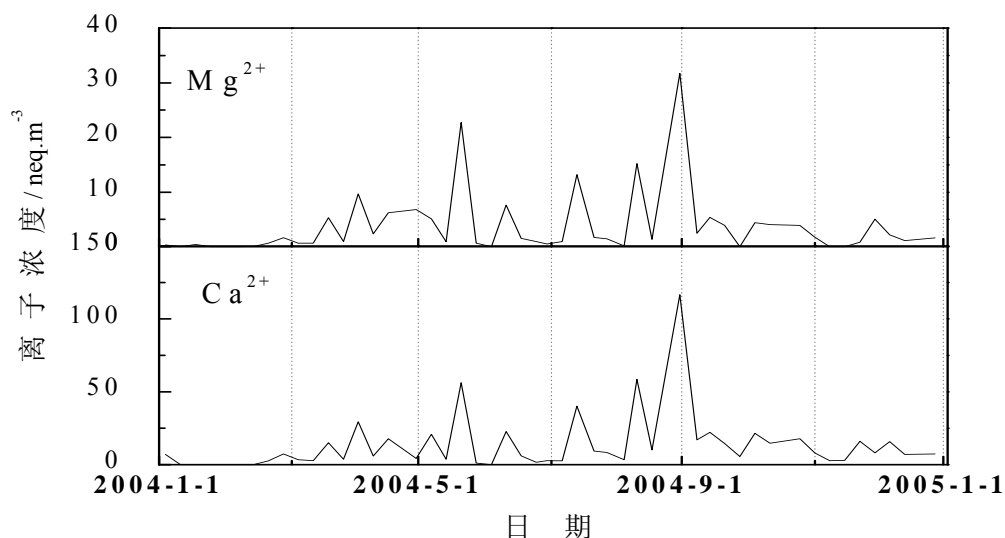


图1 气溶胶中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 随时间变化

Fig.1 Temporal variations of Ca^{2+} and Mg^{2+} in aerosol from January 2004 to January 2005

4.2 不溶微粒的分析

使用 Accusizer 780A 光学粒径分析仪对气溶胶中不溶微粒进行分析,详细原理见文献^[9]。该仪器可测量微粒的粒径范围是 $0.57\text{-}400\ \mu\text{m}$ 。采用单粒子光学传感技术,通过比较检测的脉冲高度和由一组均质的已知粒径的标准粒子获得一条标准校正曲线,建立粒子在一个时间段的粒度分布。微粒分析和测量的精度在 5% 以内。分析过程中,仪器的实验条件设置如表 2 所示。

表 2 仪器实验条件设置

Table.2 Parameters of the experiment

传感器条件	保持稀释液体积	液体流速	稀释极限	测量时间	通道数	取样量
光散射范围	30 ml	60 ml/min	≤ 8000 个/ml	60 Sec	128 个	1 ml

在保证仪器分析和手动操作均在超净工作台中进行的前提条件下,分析的具体过程如下:首先将仪器进水管洗净后插入干净的储水桶中,储水桶注入足够的新鲜去离子水,封闭好容器口,以防污染物进入。然后利用仪器软件,反复进行管路和系统冲洗,直至洗到 50 个/ml 以下即为干净 (此指标是仪器设定规定)。将用甲醇润湿且用去离子水超声振荡提取后溶液摇动均匀,用移液器从中准确吸取 1 ml 样品,注入仪器进样口,操作软件开始自动搅拌、稀释及分析。

通过上述分析过程可以得到气溶胶样品中不溶微粒的数量浓度及颗粒粒径的变化情况,依照 Wake 和 Steffensen 等人的方法^[10,11],可以计算出微粒数目浓度和体积随粒径的对数分布,如图 2、图 3 所示 (以 2007 年 3 月 21 日样品为例)。

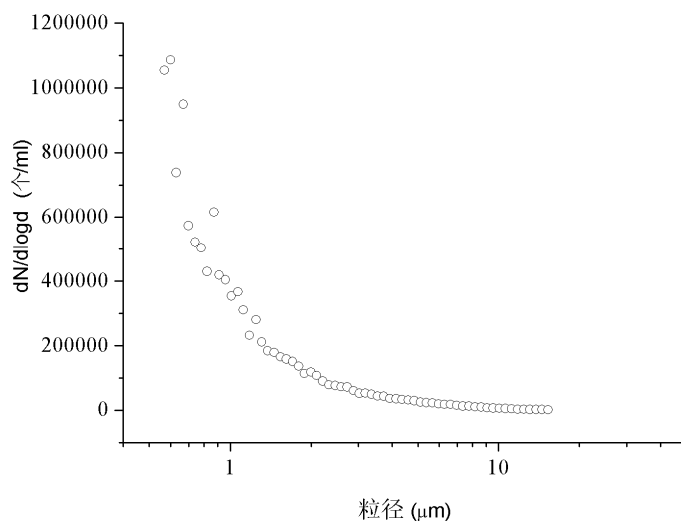


图2 气溶胶中微粒数目浓度与粒径的对数分布

Fig.2 Number concentration-size distribution of microparticles in the aerosol obtained from Urumqi Glacier No. 1

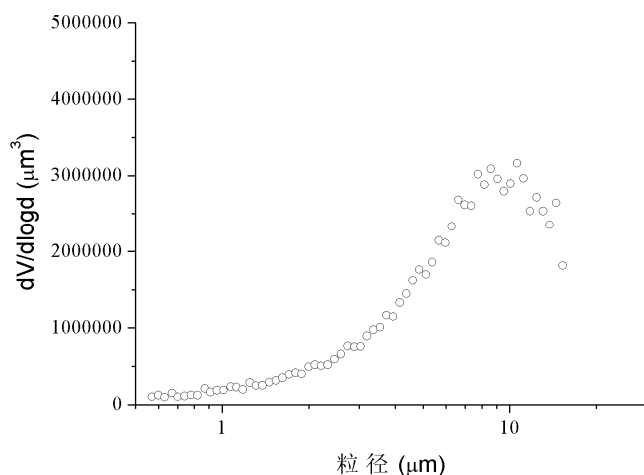


图3 气溶胶中微粒体积与粒径的对数分布

Fig.3 Volume-size distribution of microparticles in the aerosol obtained from Urumqi Glacier No. 1

4.3 颗粒形貌及元素组成的分析

为对气溶胶中单个颗粒进行形貌及元素组成的分析,使用内径为 10.6 mm 外径为 11.9 mm 的打孔器在超净台上对滤膜进行切割,切掉的圆形小滤膜用于样品的分析。

将所得小滤膜用导电胶粘贴在样品桩上,真空下溅射镀上一层极薄的金膜,然后使用配有X射线能量色散谱仪(美国Kevex公司)的JSM5600-LV型低真空扫描电子显微镜(日本电子光学公司)对样品进行微观形貌和元素的分析。仪器加速电压为20 KV,电子束电流为1.0 nA,工作距离20 mm,电子束斑直径22 μm,信号采集时间30 s,放大倍数为500-10000倍。在获得颗粒形貌的同时,对选定的颗粒进行X射线能谱分析,使用能谱仪自带的软件对颗粒物的元素成分含量自动进行ZAF校正。能谱仪中使用的为Si(Li)检测器的铍窗口限制了超轻元素的测量,因此只能分析出原子序数大于11的元素。样品分析的结果如图4所示,分别显示了颗粒物的基本形貌及其主要的组成元素。

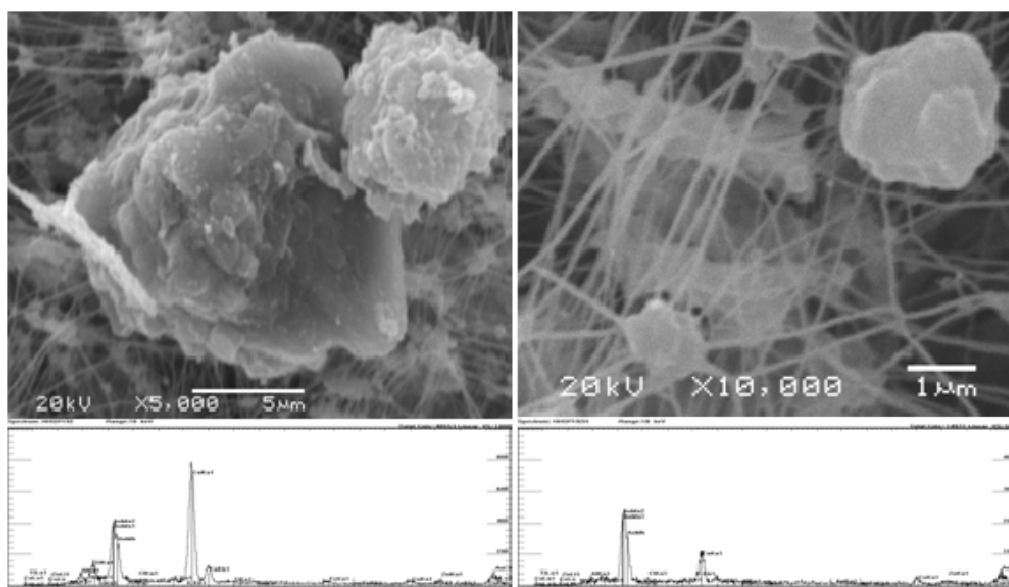


图4 气溶胶颗粒的电子显微图及其能谱图

Fig. 4 Electron micrograph of aerosol particles along with EDX spectra

参考文献 (References)

- [1] Mayewski P A, Lyons W B, Ahmad N. Chemical composition of a high altitude fresh snowfall in the Ladakh Himalayas[J]. *Geophysical Research Letters*, 1983, 10: 105-108.
- [2] Mayewski P A, Spencer M J, Twickler M S, et al. Glaciochemical survey of the summit region, Greenland[J]. *Annals of Glaciology*, 1990, 14: 186 - 190.
- [3] Woff E W. The record of aerosol deposited species in ice cores and problem of interpretation [M]// *Chemical Exchange Between the Atmosphere and Polar Snow*. New York: SpringerVerlag, 1996: 1 - 17.
- [4] Dibb J E, Jaffrezo L. Air-snow exchange investigations at Summit, Greenland: An overview[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1997, 102: 26795 - 26807.
- [5] Sun Junying, Qin Dahe, Mayewski P A, et al. Soluble species in aerosol and snow and their relationship at Glacier 1, Tien Shan, China [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1998, 103 (D21): 28022 - 28027.
- [6] Zhao Zhongpin, Li Zhongqin, Edwards Ross, et al. Atmosphere-to-snow-to-firn transfer of NO_3^- on Urumqi glacier No. 1, eastern Tien Shan, China[J]. *Annals of Glaciology*, 2006, 43: 239-244.
- [7] 张坤, 李忠勤, 王飞腾, 等. 天山乌鲁木齐河源1号冰川积累区气溶胶和表层雪中可溶性矿物粉尘的变化特征及相互关系——以 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 为例[J]. *冰川冻土*, 2008, 30(1): 113-118.
- [8] Liu BYH, Pui D Y H, Rubow K L. Characteristics of air sampling filter media [J]. *Ann Arbor Science*, MI, 1984, 989-1037.
- [9] 朱宇漫, 李忠勤, 尤晓妮. 利用光学粒径检测仪测定雪冰样品中的微粒. *现代科学仪器*, 2006, 3: 81-84.
- [10] Zdanowicz C M, Zielinski G A, Wake C P. Characteristics of modern atmospheric dust deposition in snow on the Penny Ice Cap, Baffin Island, Arctic Canada. *Tellus*, 1998, 50B: 506-520.
- [11] Steffensen J P. The size distributions of microparticle from selected segments of the Greenland Ice Core Project ice core representing different climatic periods. *Journal of Geophysical Research*, 1997, 102(C12): 26755-26763.

乌鲁木齐河流域降水和径流化学观测

周平, 金爽

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室/天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

1 降水和径流化学观测的意义

大气降水是冰川的物质来源, 降水除了增加冰川的物质储量外, 还携带了大量的化学物质, 保存在积雪中。降水中化学离子浓度的高低与水汽源区的初始状态以及产生降水的气象过程存在密切联系, 并随时间、空间而变化^[1-2]。在小流域内, 降水不仅受大尺度气候变化的影响, 而且还受局地气候环境的影响。伴随降水中化学成分的变化, 积雪、融水以及河川径流等介质中的化学成分在时间和空间上也会发生敏感的变化^[3]。例如当高山区季节积雪初融时, 融水中的离子浓度异常高, 可达全年水文平均值的10倍左右, 造成所谓的“离子脉冲”现象, 由此而导致上游河水酸化及对水体、陆地生态系统造成影响^[4]。研究降水和径流化学, 就是为了揭示流域内水循环中离子的变化及其相互作用, 评估不同影响因子对水循环过程的影响。

2 乌鲁木齐河流域降水和径流化学观测及进展

乌鲁木齐河流域水文研究开展较早, 自建站初期就已设点观测, 主要观测项目为水位和流量。自 20 世纪 80 年代开始, 由于离子分析技术的增强, 降水和径流中化学离子分析逐渐成为研究热点。

2.1 乌鲁木齐河流域降水化学观测

乌鲁木齐河流域降水观测始于 20 世纪 80 年代, 多集中于山区降水量和降水梯度的研究^[5-8]。早期的观测点较为分散, 多视研究需要而定, 很少有固定的降水观测点, 这对长时序的降水研究非常不利。为此, 研究人员在天山冰川观测试验站基本站 (海拔 2100 m), 距 1 号冰川 40 km; 高山营地 (海拔 3545 m), 该处距 1 号冰川末端约 2 km; 1 号冰川水文点, 位于 1 号冰川冰舌末端下游 200 m, 海拔 3693 m; 空冰斗水文点, 位于空冰斗排水道上, 海拔 3805 m 设立了固定的降水观测点, 除了观测各点的降水量外, 重点对降水中化学成分进行研究。其中具有代表性的两项研究成果是, 章新平等^[3]采用乌鲁木齐河流域历年采集的降水资料分析了取样期间降水中氧稳定同位素的变化, 发现降水中氧稳定同位素变化存在着明显的温度效应, 而温度效应又与海拔高度有关。侯书贵^[9]根据乌鲁木齐河源区一个完整年周期的大气降水样品, 初步探讨了该区域的降水化学特征。结果表明, 降水化学成分主要来源于区域性粉尘物质、局地来源物质、人类活动产生的酸性成分以及海洋或周围盐湖来源物质等。

自 2007 年开始, 天山冰川站在降水观测方面取得较大进展。在原有采样点的基础上, 增加了 1 号冰川 P1 采样点 (海拔 4130 m) 和 P2 采样点 (海拔 4100 m), 共计 6 个降水采样点 (图 1), 旨在研究不同海拔高度降水化学成分的差异。同时又增加了两项特殊观测, 一是新降雪的过程采样, 在降雪过程中按时间顺序连续密集采集新降雪样, 旨在研究降水过程中化学成分随时间的变化; 二是 1 号冰川 P1 采样点和 P2 采样点夏季消融期连续 40 天的新降雪和表层雪取样, 频率为每天一次, 旨在搞清雪层物理变化和化学变化之间的联系。

2.2 乌鲁木齐河流域径流化学观测

乌鲁木齐河水量来源主要为降水及高山冰雪融水, 由于高山区降水及气温等气候因素的影响, 径流年际变化很大, 冰雪融水对乌鲁木齐河水量的调节起着重要作用。为了深入了解冰雪径流的形成和变化规律以及在山区水资源形成中的作用, 研究人员利用天山冰川站在乌

鲁木齐河源区设置的 3 个径流监测点 (1 号冰川水文点、空冰斗水文点和总控制水文点) 的径流资料, 并结合各点的气象资料, 分析了气温—降水—冰雪消融三者之间的关系以及冰雪径流特征^[10-13]。

自20世纪80年代开始, 径流化学成为乌鲁木齐河源径流研究的热点。如刘风景等^[4]通过对河源区径流离子浓度过程的分析, 发现积雪消融初期1号冰川融雪径流存在“离子脉冲”现象, 并可在一定程度上增加河川径流的离子浓度, 特别是 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 的浓度。自2006年开始, 天山冰川站分别在1号冰川水文点、空冰斗水文点、总控制水文点、巴拉提沟、跃进桥和基本站六个采样点分别对河水取样 (图 1), 研究各采样点径流化学组成变化和流域径流化学组成的变化。

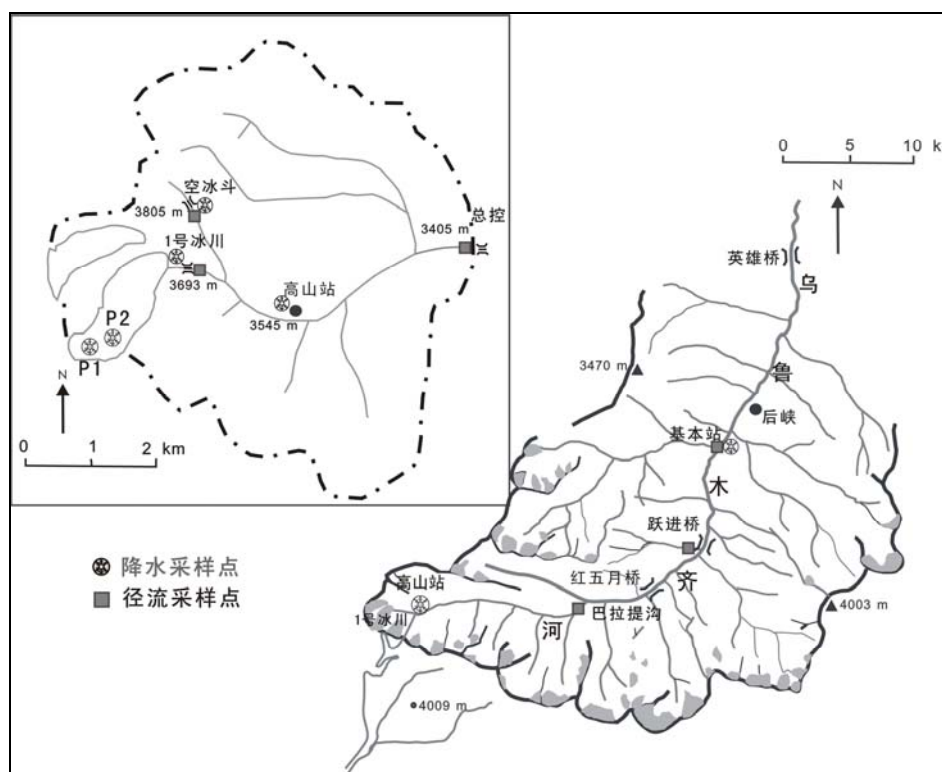


图 1 降水和径流采样点分布图

Fig.1 The site of precipitation and runoff sample

3 样品的采集和分析

不同于 IAEA/WMO 的按月进行的降水样收集方法, 我们收集每次降水过程的降水样。降水开始后立即将事先用取样袋垫衬的取样盒置于约 1 m 高的支架上收集, 用以防止风吹雪和地面沙尘的影响。降水结束后, 如为液态降水, 则用样品冲洗样品瓶 3 次后装样, 如果为固态降水则直接装入样品瓶。所有降水样在收集后装入取样袋中并密封好, 冷冻在低温室中。在降水样品收集的同时, 记录每次降水过程开始和结束的时刻, 并记录温度等气象资料。降水采样细节详见表 1。

径流样品取样前, 需将取样瓶用流水冲洗 3 次后装样, 标明采样日期和采样地点, 密封并冷冻在低温室中。径流采样细节详见表 2。

为了防止污染, 采样过程中使用的所有器具均在天山冰川站实验室用去离子水清洗 3 次。

样品分析在中国科学院寒区旱区环境与工程研究所天山冰川站实验室进行, 主要对其中的可溶性离子、同位素和各种物化指标进行分析。

表 1 降水取样一览

Table 1 Sampling methods of precipitation

	基本站 采样点	高山站 采样点	1号冰川 采样点	空冰斗 采样点	P1 采样点	P2 采样点
采样频率	每日 08:00 时和 20:00 时	5-10月: 每 日 08:00 时 和 20:00 时 11月一次年 4月: 每周 一次	5-10月: 每 日 14:00 时 11月一次年 4月: 每周 一次	5-10月: 每 日 14:00 时 11月一次年 4月: 每周 一次	每周一次 (消融期每天 一次)	每周一次 (消融期每 天一次)
持续时间	全年	全年	全年	全年	全年	全年
样品数量	2个/次	2个/次	1个/次	1个/次	1个/次	1个/次
取样工具	取样袋	取样袋	取样袋	取样袋	取样袋	取样袋
取样方法	将取样袋中所收集的降水样品装在样品瓶中, 并标明采样日期和采样地点					
样品用途	样品送往兰州冰冻圈科学实验室用于离子、同位素和各种物化指标的测试					
保存方法	保存在低温室中					

表 2 径流取样一览

Table 2 Sampling methods of runoff

	1号冰川 水文点	空冰斗 水文点	总控 水文点	巴拉提沟 采样点	跃进桥 采样点	后峡口 采样点
采样频率	每日 14:00	每日 14:00	每日 14:00	每周一次	每周一次	每周一次
持续时间	5-10月	5-10月	5-10月	5-10月	5-10月	5-10月
样品数量	2个/次	2个/次	2个/次	1个/次	1个/次	1个/次
取样工具	取样瓶	取样瓶	取样瓶	取样瓶	取样瓶	取样瓶
取样方法	将河水样品装在样品瓶中, 并标明采样日期和采样地点					
样品用途	样品送往兰州冰冻圈科学实验室用于离子和各种物化指标的测试					
保存方法	保存在低温室中					

4 小 结

对于乌鲁木齐河流域降水和径流化学的研究已得到了一些重要成果, 如发现降水中氧稳定同位素变化存在着明显的温度效应, 对降水中化学成分的主要来源也有了一定了解, 同时发现消融初期的融水径流中存在“离子脉冲”现象。但这些结论都是建立在短时间研究基础上的, 为了发挥天山冰川站定点观测的优势, 目前我们工作的重点是充分利用各方面的数据和资料, 建立基于乌鲁木齐河流域长序列观测资料的大气气溶胶-降水-积雪-径流研究体系, 了解干、湿沉积及其积雪淋溶对不同水体中离子浓度的改变, 更加有效的揭示各种过程的影响因素。

参考文献 (References)

- [1] Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation[J]. *Tellus*, 1964, **16**(4): 436–468.
- [2] Zhang Xinping, Yao Tandong, Nakawo M. Oxygen-18 in present-day precipitation on the Tibetan Plateau[J]. *Science in China (E)*, 2001, **44**(Supp): 41-47.
- [3] 章新平, 姚檀栋, 田立德, 等. 乌鲁木齐河流域不同水体中的氧稳定同位素[J]. *水科学进展*, 2003, **14**(1): 50-56.
- [4] 刘风景, Mark Willimas, 程国栋, 等. 高山季节积雪对融雪和河川径流离子成分的控制作用[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1996-1998, **15**: 21-31.
- [5] 姜彤, 宋强, 康尔泗. 乌鲁木齐河源降水分布规律初步探讨[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1984-1985, **4**: 67-73.
- [6] 王晓军, 王仲祥, 王纯足. 冰川区降水梯度的观测及分析[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1987, **6**: 31-36.
- [7] 商思臣, 张国威, 张建岗, 等. 山坡与河谷降水对比观测分析[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1993-1995, **13**: 39-45.
- [8] 韩添丁, 丁永建, 叶柏生, 等. 天山天格尔山南北坡降水特征研究[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 2003-2004, **17**: 151-159.
- [9] 侯书贵. 乌鲁木齐河源区大气降水的化学特征[J]. *冰川冻土*, 2001, **23**(1): 80-84.
- [10] 杨新元. 乌鲁木齐河源冰雪径流分析[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1984-1985, **4**: 39-47.
- [11] 杨新元, 汪安泰. 冰雪径流特征及水量平衡计算[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1986, **5**: 26-30.
- [12] 杨新元, 韩添丁. 乌鲁木齐河源气候对冰川融水径流的影响[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1993-1995, **13**: 46-49.
- [13] 杨新元, 韩添丁. 乌鲁木齐河源冰川与径流的转化关系[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1996-1998, **15**: 16-20.

乌鲁木齐河源 1 号冰川 2006 年运动速度 月变化及面积变化

周在明

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室 /天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

引言

冰川运动速度的研究是冰川学的一个重要分支。冰川运动速度的产生是多种自然因素及冰川本身时空可变性的综合结果^[1]。监测冰川运动以便掌握冰川的运动规律, 可以为人类利用这些冰川 (淡水库)、为研究冰川的变化、分析驱动大气环流的动力机制、研究冰川演变历史、为冰川的综合科学考察等研究提供科学依据^[2]。

对乌鲁木齐河源区 1 号冰川 (以下简称 1 号冰川) 的运动观测始于 1959 年^[3], 1963 年张长庆对取的资料作了分析^[4]。近半个世纪以来, 先后有孙作哲、陈要武、张金华、尤根祥、杨长泰、陈建明、井哲帆等科学工作者对 1 号冰川进行了长期连续的观测, 为 1 号冰川运动研究积累了宝贵的资料^[3-9]。自 2006 年 6 月至 2006 年 10 月笔者对 1 号冰川流速进行连续 4 次测量, 进一步补充 1 号冰川的逐月运动观测资料。

1 观测资料

观测时间 2006 年 6 月 1 日至 2006 年 10 月 20 日之间 4 次观测, 观测点位 (图 1 所示)。坐标系统为独立坐标系。X 为纵坐标, Y 为横坐标。 U_x, U_y 分别为平行于 X, Y 轴的速度分量, U_{xy} 为速度的水平分量, $U_{xy} = (U_x^2 + U_y^2)^{1/2}$ 。水平运动速度方向 α , 其计算公式:

$$a = \arctan \frac{U_y}{U_x}。$$

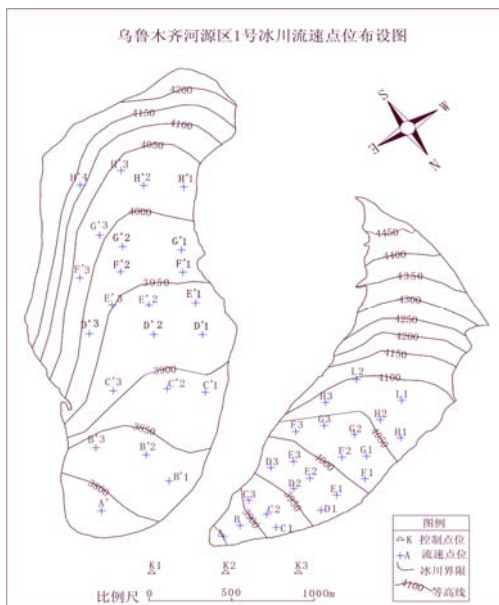


图 1 乌鲁木齐河源区 1 号冰川运动速度观测点位图

Fig.1 Points for velocity surveying of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River

2 2006 年运动速度月变化分析

根据 2006 年 6 月 1 日—7 月 17 日, 7 月 17 日—8 月 19 日、8 月 19 日—9 月 26 日、9 月 26 日—10 月 20 日连续四次观测, 得出了乌鲁木齐河源 1 号冰川在不同月间的运动速度图 (如图 2—图 5 所示)。

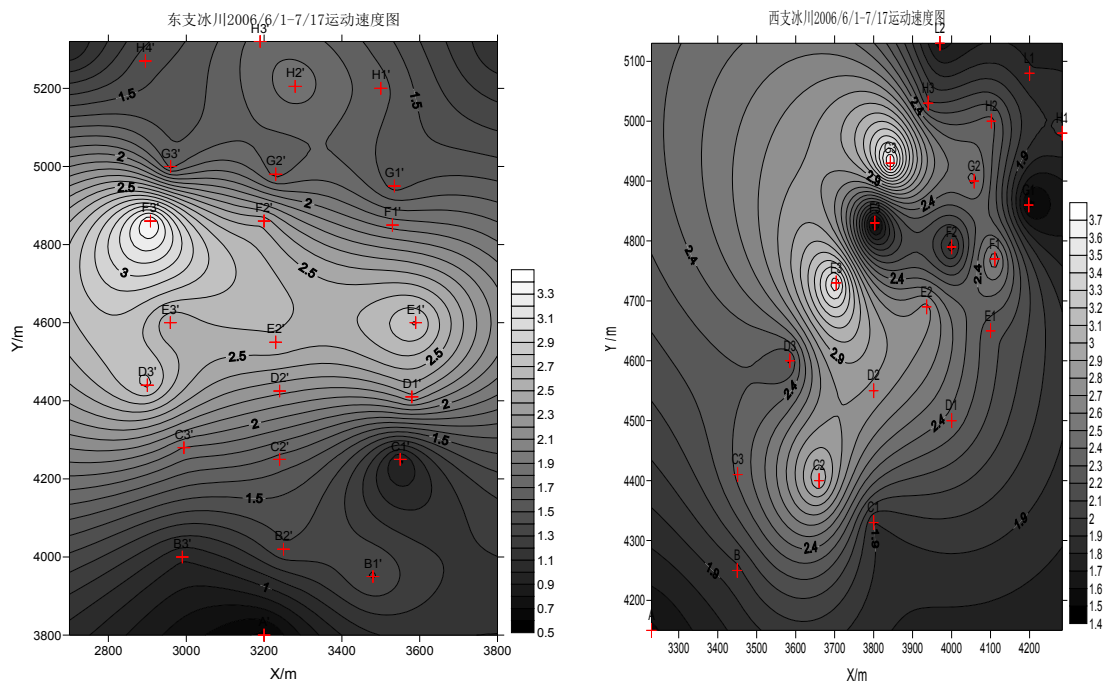


图 2 2006 年 6 月 1 日—7 月 17 日乌鲁木齐河源区 1 号冰川运动速度图

Fig.2 Velocity of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River during June 1st-July 17th in 2006

从图 2 可以看出 2006 年 6 月 1 日—7 月 17 日期间冰川运动特征为: (1) 西支冰川的运动速度比东支冰川大, 东支冰川运动速度范围为 0.5~3.4 cm/d, 西支冰川运动速度范围为 1.4~3.7 cm/d。 (2) 东支冰川运动速度在中间部位较大, 表现为 E1'、E2'、E3'、F2'、F3' 运动速度较大, 最大速度出现在 F3' 值为 3.4 cm/d。在靠近冰川的末端运动速度较小, 表现为 A'、B2'、B3', 最小值出现在 A' 速度为 0.5 cm/d。西支冰川运动速度的大小分布成阶梯状, 表现为在 C2、E2、E3、F1、G2 运动速度较大, 最大值在 E3 位置 3.7 cm/d, 冰川的 A、F3、G1 点位运动速度较小, 最小值出现在 F3 为 1.4 cm/d。 (3) 东西支冰川的平均运动速度东支为 1.9 cm/d, 西支为 2.3 cm/d。

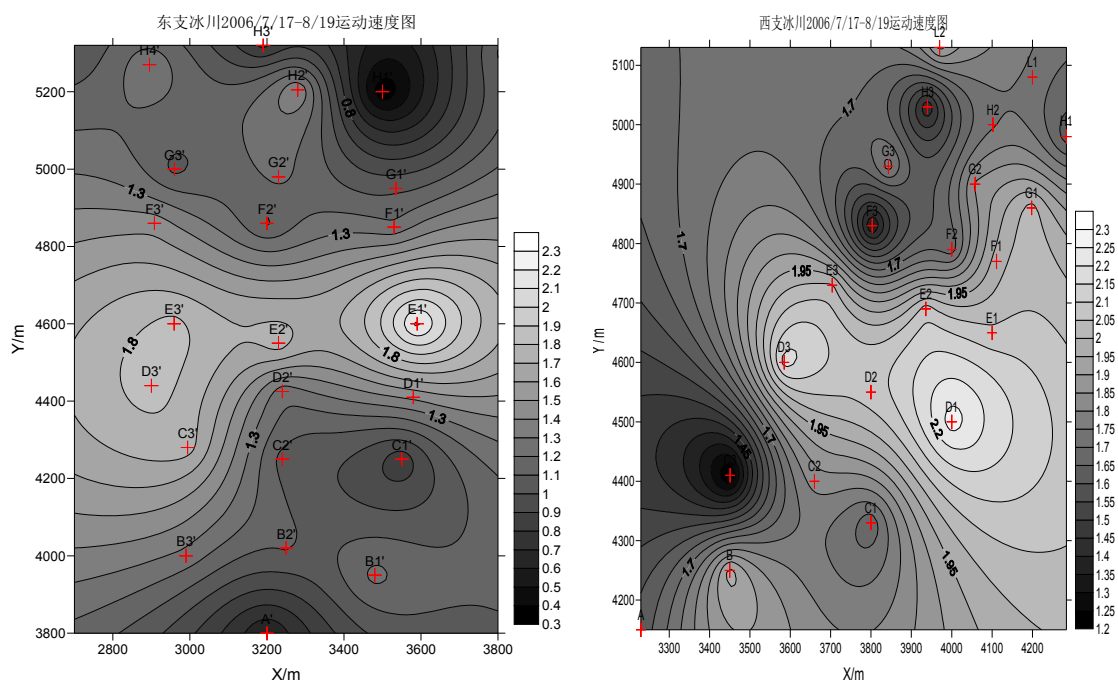


图3 乌鲁木齐河源区1号冰川7月17日—8月19日运动速度图

Fig.3 Velocity of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River during July 17th-August 19th

图3可以看出在2006年7月17日—8月19日东西支冰川的运动特征为：(1) 西支冰川的速度相对较大运动速度的分布范围为1.2~2.3 cm/d, 东支冰川速度为0.3~2.3 cm/d。(2) 东西支冰川的运动速度大小分布相似，速度的较大值出现在冰川的中部，速度的较小值出现在冰川的两端。具体表现为东支冰川在E1'、E2'、E3'运动速度较大，最大值E1'为2.3cm/d, 在A'、H1'、H3'运动速度较小，最小值在H1'为0.3 cm/d。西支冰川在D1、D2、D3、E1、E2、E3运动速度较大，最大值在D1为2.3 cm/d, 在C3、F3、H3运动速度较小，最小值在C3为1.2 cm/d。(3) 东西支冰川的平均运动速度分别为，东支1.3 cm/d, 西支1.8 cm/d。

图4可以看出在2006年8月19日—9月26日东西支冰川的运动特征为：(1) 西支冰川的运动速度较快而东支冰川的运动速度较慢，东支冰川的运动速度分布为0.2~1.9 cm/d, 西支冰川的运动速度分布为0.4~3.2 cm/d。(2) 运动速度的大小分布仍然是中间大两端小，西支冰川尤其明显在E2出现运动速度的最大值3.2 cm/d, 在A出现运动速度的最小值0.4 cm/d。东支冰川在E1'、E2'、E3、F3'运动速度较大，最大值E1'速度为1.9 cm/d, 在A'、C1'、H1'运动速度较小，最小值在A'为0.3 cm/d。(3) 东西支冰川运动速度的平均值为：东支1.0 cm/d, 西支1.6 cm/d。

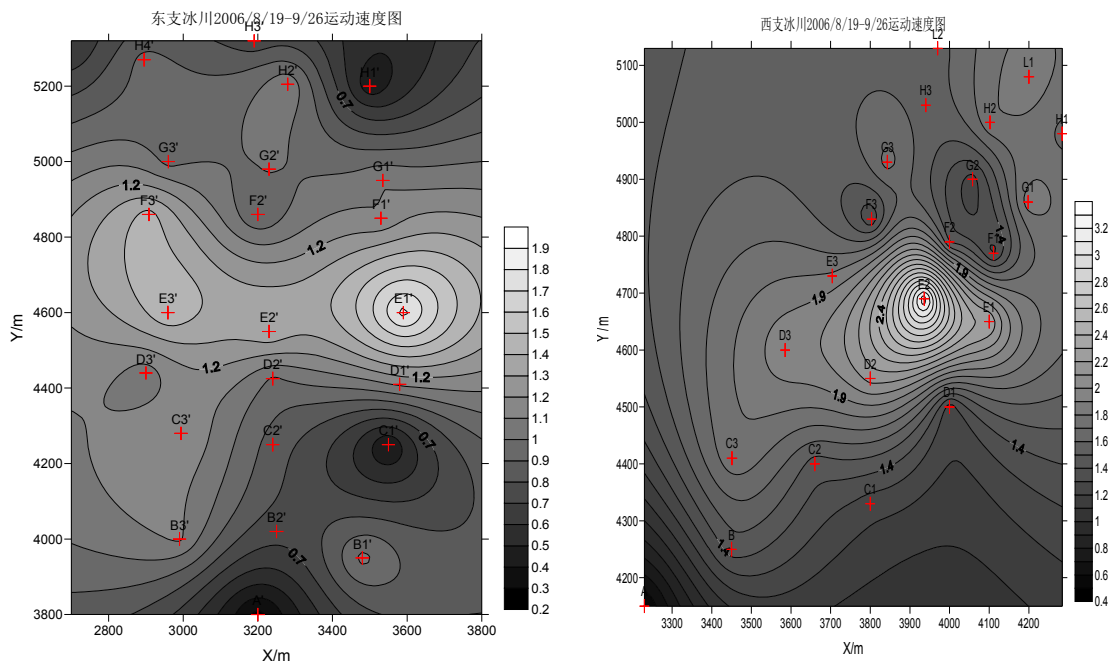


图4 乌鲁木齐河源区1号冰川8月19日—9月26日运动速度图

Fig.4 Velocity of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River during August 19th to September 26th

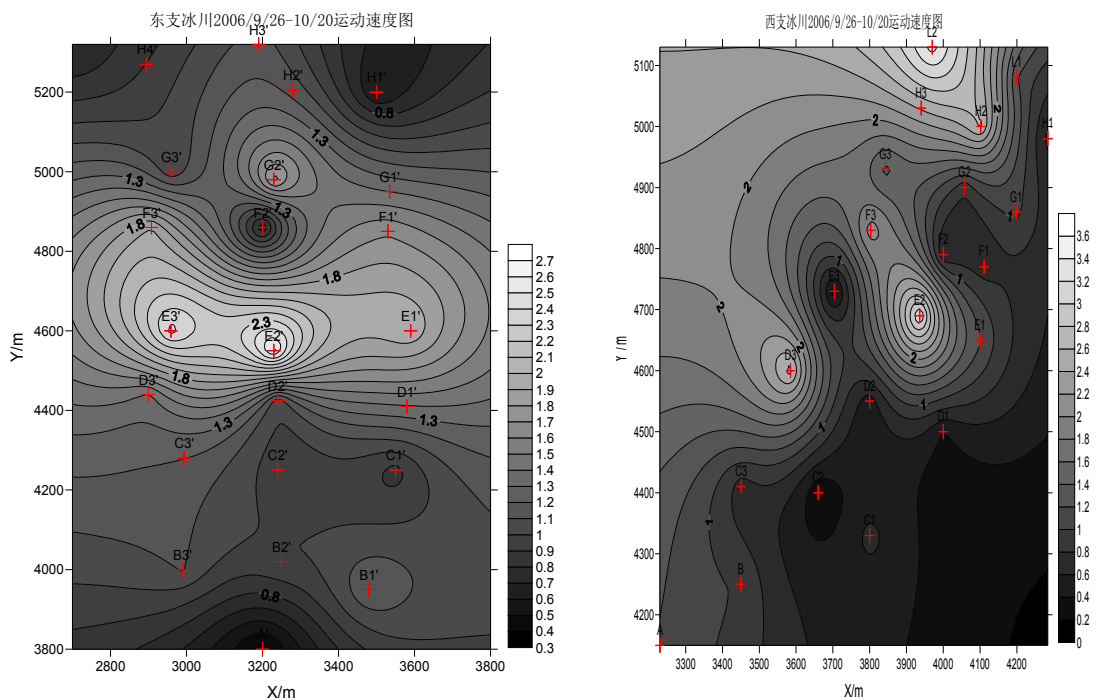


图5 乌鲁木齐河源区1号冰川9月26日—10月20日运动速度图

Fig.5 Velocity of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River during September 26th to October 20th

从图5可以看出9月26日—10月20日东西支冰川的运动特征为：(1) 西支冰川的运动速度波动较大而东支冰川的运动速度相对平稳，东支冰川运动速度在0.3~2.7 cm/d之间分布，西支冰川在0.2~3.4 cm/d之间分布。(2) 东支冰川在速度大小分布上中间部位速度快两端速度慢，西支冰川速度大小分布复杂，大小速度在不同点位交替出现。具体表现在：东支

冰川在 E1'、E2'、E3' 运动速度较大，最大值在 E2' 为 2.7 cm/d，在 A'、B2'、H1' 运动速度较小，最小值在 A' 为 0.3 cm/d。西支冰川在 D3、E2、H2、L2 运动速度较大，最大值在 L2 为 3.2 cm/d，在 C2、D1、D2、E3 速度较小，最小值在 C2 为 0.2 cm/d。(3) 东西支冰川运动速度的平均值为：东支 1.3 cm/d，西支 1.3 cm/d，两支冰川的平均运动速度相同。

从以上分析可以看出 1 号冰川 2006 年月总体的运动特征为：6—7 月份东西支冰川运动速度最大，7、8、9 月份运动速度持续减小。东支冰川在 8—9 月间出现运动速度的最小值，9—10 月份运动速度又开始增大，而西支冰川运动速度仍然持续减小。西支冰川的运动速度大于东支冰川 (图 6 所示)。

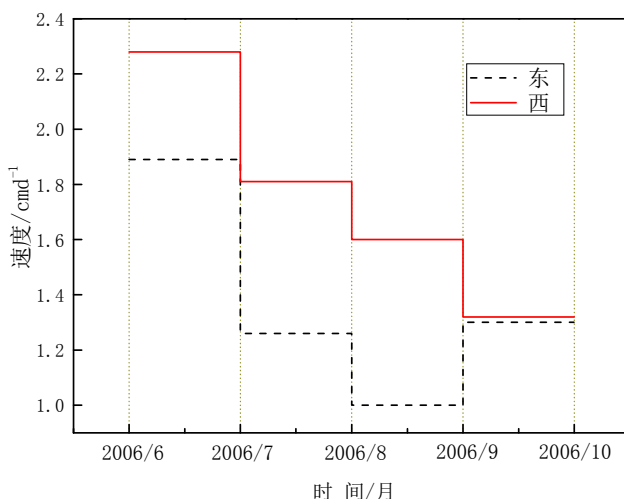


图 6 乌鲁木齐河源区 1 号冰川 2006 年月间运动速度图

Fig.6 Monthly velocity of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River in 2006

2 冰川面积变化

自二十世纪 60 年代以来，首先应用平板仪 (1962 年) 和地面立体摄影测量以及 GPS 测量方法对 1 号冰川共进行过 6 次较正规的大比例尺地形测量制图(1: 10000 和 1: 5000) 地形测量制图。其次，在 1964 年和 1992 年对乌鲁木齐河流域冰川进行了重复航空摄影测量，2006 年 6 月利用全站仪对 1 号冰川进行了新的面积测绘工作 (图 7 所示)。自 1962 年以来至 2006 年, 44a 间 1 号冰川面积共缩小了 0.273 km², 缩小率为 14.0 % (面积变化如表 1 所示)。

表 1 1962—2006 年乌鲁木齐河源区 1 号冰川面积变化

Table 1 Area change of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River during 1962-2006

时间 (年月)	面积 (km ²)	面积缩小量 (km ²)	面积缩小率 (%)
1962-08	1.950	0.000	0.0
1964-09	1.941	0.009	0.5
1973-08	1.870	0.080	4.1
1986-08	1.840	0.110	5.6
1992-08	1.833	0.117	6.0
1994-08	1.742	0.208	10.7
2000-08	1.733	0.217	11.1
2006-06	1.677	0.273	14.0

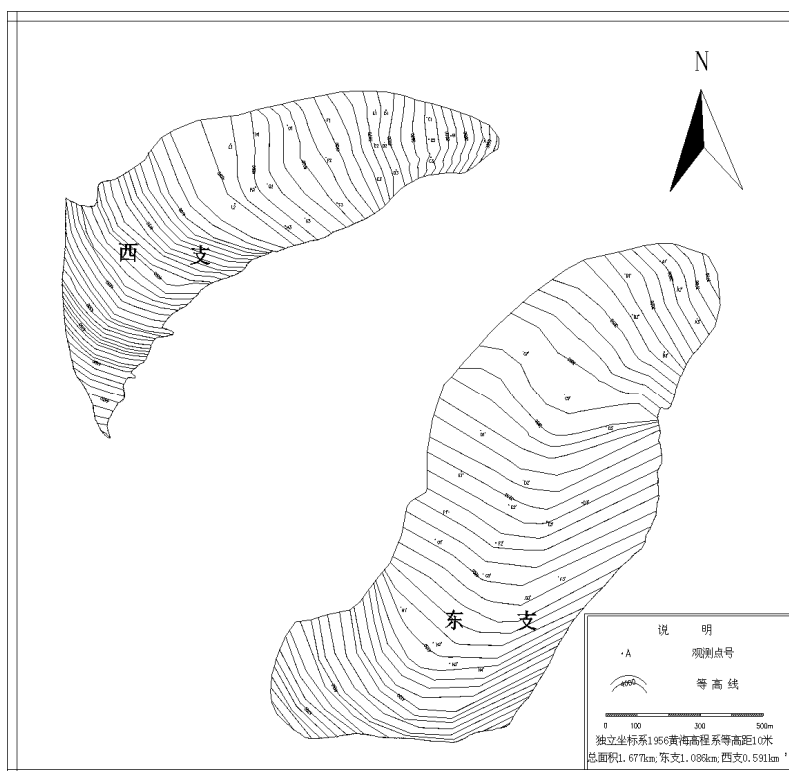


图7 乌鲁木齐河源区1号冰川2006年6月测绘图

Fig.7 The map of Glacier No.1 at the head water of Urumqi River in June 2006

参考文献 (References)

- [1] Douglas I B, Charles R W, Ruth H M. Calving processes and the dynamics of calving glaciers[J]. Earth-Science Reviews, 82(2007): 144-179.
- [2] 徐绍铨, 鄂栋臣, 王生定. 南极纳尔逊群岛冰川运动监测[J]. 测绘信息与工程, 1988, 4; 30-35.
- [3] 孙作哲, 陈要武, 张金华. 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度 [R]. 天山冰川站年报, 第1卷: 22-30
- [4] 张长庆. 天山乌鲁木齐河源1号冰川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[M]. 科学出版社, 1965.
- [5] 孙作哲, 陈要武, 尤根祥, 等. 乌鲁木齐河源1号冰川1981-1983年表面运动速度[R]. 天山冰川站年报, 第2卷: 28-49.
- [6] 尤根祥. 天山乌鲁木齐河源1号冰川运动速度资料(1983-1984)[R]. 天山冰川站年报, 第3卷: 73-82.
- [7] 杨长泰. 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌末端的近期变化[R]. 天山冰川站年报, 第6卷: 85-96.
- [8] 陈要武, 孙作哲. 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化[R]. 天山冰川站年报, 第7卷: 102-107.
- [9] 井哲帆. 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1996/1997, 1997/1998)[R]. 天山冰川站年报, 第17卷: 221-225.

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川温度观测恢复

董志文

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冰冻圈科学国家重点实验室 /天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

1 冰川温度观测的意义

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川是全球变化监测系统中一条重要的冰川, 同时它位于乌鲁木齐河的发源地, 对其进行观测与分析研究, 能够为冰川变化与水资源的调查评估提供研究基础和科学依据。冰川温度是冰川物理性质的基本指标之一, 是冰川物理状态的一种表现, 反映冰川发育的水热条件和所处的动力条件^[1-3], 尤其是冰川活动层以下的温度决定了冰川的许多基本性质, 如流动及底部运动特征等。冰川表面的热量平衡、积累和消融、融水的活动、冰川的运动以及地热流的作用都对冰川温度场产生影响。冰川温度的改变表明冰川内部冷储的变化, 预示着冰川对气候变化的敏感性。此外, 通过冰川温度的观测, 可以为冰川动力学模式的研究提供重要的参数, 对于冰川的变化预测研究有着重要的意义。

2 乌鲁木齐河源 1 号冰川温度观测的历史

历史上对 1 号冰川温度的观测, 最早为 1962 年夏季, 温度孔深度 5.6 m。1964-1966 年曾取得了两个 10 米深钻孔资料。1980-1986 年期间, 在乌鲁木齐河源 1 号冰川共钻孔 36 个, 深度 10-30 m, 另有 1986 年打的 3 个深钻孔。1990 年王晓军等利用提取冰芯后的钻孔也取得了一次资料。测温用的仪器是温度表。在 1 号冰川的温度测量中先后使用了铜电阻温度表、热敏电阻温度表、晶体管, 一般精度为 ± 0.1 K, 精确的小于 ± 0.05 K。通过对资料的整理分析, 研究人员已取得了许多成果, 如对冰川温度理论的形成以及推动冰川物理学的发展等^[1]。

表 1 1982 年乌鲁木齐河源 1 号冰川各测温点位置及其深度

Table 1 The sites and depth of glacier temperature measure points on glacier No.1 at the headwaters of Urumqi River in the year of 1982

冰川西支	最大深度 (m)	冰川东支	最大深度 (m)
冰川下部 B	13	冰川下部 A'	17
冰川下部 C	15	冰川下部 B1	23
冰川中部 D	23	冰川下部 B2'	25
冰川中部 E	26.5	冰川中部 D1'	19
冰川上部 F ₁	25	冰川中部 D2'	20
冰川上部 F ₂	25	冰川上部 F ₁ '	25
冰川上部 F ₃	23	冰川上部 F ₂ '	25
冰川上部 G	20	冰川上部 F ₃ '	25
粒雪盆 H	30	粒雪盆 H'	26
粒雪盆 I	30	粒雪盆 I'	30

表 2 1986 年乌鲁木齐河源 1 号冰川深钻孔位置、高程和最大深度

Table 2 The sites, elevation and depth of glacier temperature measure points on glacier No.1 at the headwaters of Urumqi River in the year of 1986

位置	高程 (m)	最大深度 (m)
东支消融区下部 T ₁	3854	86
东支消融区中部 T ₂	3928	102
平衡线附近 T ₃	4033	106

3 乌鲁木齐河源 1 号冰川温度观测的恢复

2006 年 10 月,天山冰川站在 1 号冰川不同成冰带钻取了 7 个测温钻孔,深度均为 20 m。进行冰川内部温度的观测,使这项重要的观测得以恢复。这 7 个测温孔选取了 1980-1986 年较为典型的测温孔地点进行冰温测量 (如图 1 所示)。取得资料后,可以通过对最近 20 年冰川温度的分析比较,揭示冰川内部冷储的变化情况,从而反映冰川变化及其对气候变化敏感性的响应。冰川温度观测频率为 1 周一次的较为密集观测。到目前已取得较为丰富的资料。

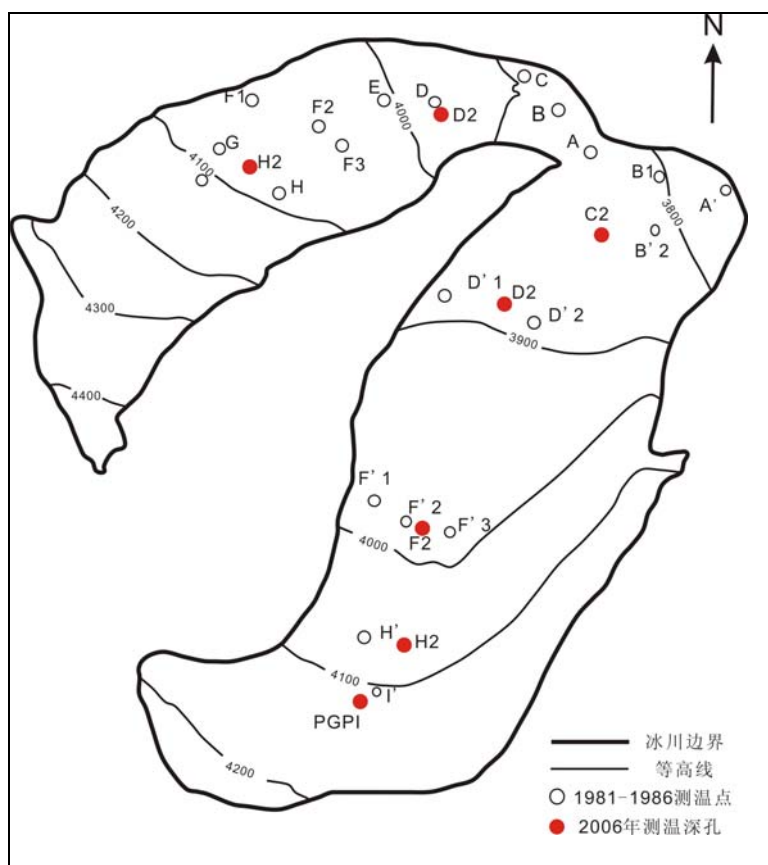


图 1 乌鲁木齐河源 1 号冰川深孔测温点分布图

Fig.1 The distribution map of glacier temperature measure points on glacier No.1 at the headwaters of Urumqi River

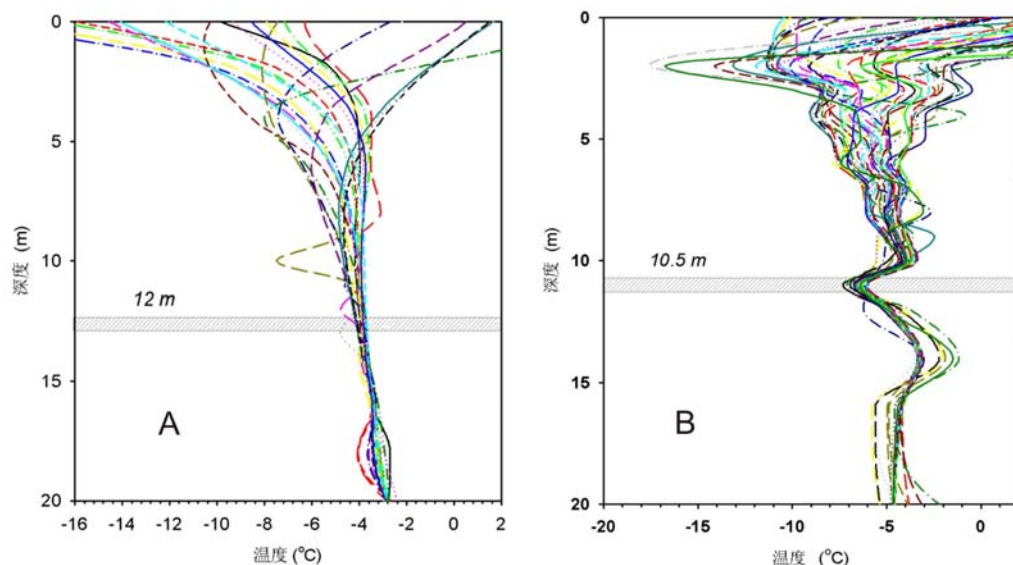


图2 2006-2007年乌鲁木齐河源1号冰川深孔测温观测结果的举例。图A表示积累区H₂测温点的温度变化情况。图B表示消融区D₂测温点的温度变化情况

Fig.2 Glacier temperature measured results of some points on glacier No.1 at the headwaters of Urumqi River in the year 2006-2007. A is the temperature of H₂, B is the temperature of D₂

图2是温度观测得到的一些结果示例，图中的每条曲线代表了不同时间的每次温度观测，共表示了近1年时间的温度变化。从温度曲线(图2)来看，活动层上部冰川温度受季节气温变化影响明显，如积累区H₂测温点的温度在12m以上深度受季节变化影响，其变化幅度很大，消融区D₂测温点的温度在10m以上的活动层随季节变化而变化较大。此外，积累区(图2A)及附近区域冰层的温度曲线自上而下较为平滑，而消融区(图2B)则呈现出连续的波浪状起伏，尤其表现在活动层内部。对于观测结果的分析有待于下一步进行。冰川温度的研究是冰川物理学和冰川动力学的重要参数，冰川温度观测的恢复和对观测结果的分析研究，对于目前冰川动力学变化研究显得十分重要，由于本文主要说明冰川温度观测及恢复情况，所以在此只列举了一些观测结果的例子，对于观测结果更加具体的、系统的分析有待于进一步的详细研究。

参考文献 (References)

- [1] 黄茂桓, 王仲祥, 任贾文. 我国冰川的温度. 冰川冻土[J], 1982, 4(1): 20-30.
- [2] 任贾文, 张金华, 黄茂桓. 天山乌鲁木齐河源1号冰川温度研究. 冰川冻土[J], 1985, 7(2): 141-151.
- [3] 黄茂桓. 我国冰川温度研究40年. 冰川冻土[J], 1999, 21(3): 193-197.

中国科学院天山冰川观测试验站

2006 年工作总结

2006 年在院、所领导的支持和关怀下,天山冰川站在科学研究、项目争取、国际合作及人才培养等方面取得了优异的成绩。特别是我站通过了国家野外科学观测研究站的评估认证,正式列入国家站行列。极大的鼓舞了全站人员的斗志。在未来几年,天山冰川站继续以西部高寒特殊环境为背景,紧紧围绕研究所冰冻圈与全球变化研究主学科,开展冰冻圈各组分的长期监测,为冰冻圈与全球变化研究提供第一手的野外观测资料。继续开展雪、冰现代过程,高寒气候环境变化,寒区陆面水文过程,高寒冰缘植被生态学等研究,使其成为研究冰川与全球变化的野外观测、试验研究基地以及我所乃至全国冰川学研究的人才培养和科普知识传播基地。

1 2006 年基本情况

2006 年科技部专家对天山冰川站进行了现场考察和评估答辩,将天山冰川站由国家试点站正式纳入了国家野外站行列。这将使天山冰川站在下一步能力建设方面奠定了基础。天山冰川站下一步的工作,将根据“观测、研究、示范”的定位要求,进一步凝练研究方向,加快建设步伐,在科研工作、队伍建设、观测研究平台建设、资源数据共享和运行管理等方面要取得明显进展,努力成为冰川学科的重要野外观测实验、科学研究和示范基地。

2006 年天山冰川站各项观测有序进行。加强了对 1 号冰川的雪冰物理、化学现代过程的观测。并且组织了乌鲁木齐河源 1 号冰川及奎屯哈希勒根 48 号冰川的综合考察,在冰川温度、冰川厚度、冰川运动速度及冰川末端变化等方面取得新进展。这些工作,为恢复和发展我国冰川物理学中一些濒临消亡的,但又是十分重要的冰川物理观测和研究奠定了基础。是对新的冰川变化形势下,我国的冰川物理学观测研究的发展。

2006 年,天山冰川站在基金申请方面取得了重大进展。本年度申请到国家自然科学基金重点项目 1 项、中科院方向性项目 1 项、科技部国家野外站项目 1 项、寒旱所创新项目 1 项及其它课题 2 项,经费合计 250 余万。加上正在执行的项目,目前本站固定人员承担的项目共 17 项,总经费 600 多万。

2006 年,天山冰川站加强了与国内外同行的学术交流与实质性合作,继续加强与美国沙漠研究所(DRI)和法国巴黎大学的合作外,同时还组织召开了“中、美、法学术研讨会”和“中德水资源研究与利用国际会议”。

2 观测工作年度进展

2006 年天山冰川站各项观测有序进行。除保证各种常规观测项目高质量实施外,加强了对冰川物理学的观测。作为冰川学中最基础的一部分,冰川物理学观测研究在 1 号冰川经历了起步、发展、辉煌和衰退的历程。

在 20 世纪 60 年代初,天山冰川站即开始了冰川温度、成冰过程、冰结构、冰川表面辐射、热量平衡等方面的观测研究。80 年代,冰川物理学是天山冰川站的主要研究方向。例如,冰川物质平衡、冰川运动和冰川温度等。从 80 年后期到 90 年代中期,冰川学研究的主要力量转向了冰川水文学和冰芯记录方面。冰川物理学仅维持了一些相对容易的观测项目,而对于像冰川温度和厚度一类难于开展和维持的项目基本放弃了。这一时期,冰川物理学研究也濒临消亡。90 年代中期以来,冰川变化在全球变化中的地位日趋凸现,以冰川物质平衡、冰川面积、冰川末端及冰川径流变化为主的研究在 1 号冰川上悄然兴起。

随着研究的深入,我们认识到,要想搞清冰川消融机理和预测冰川未来变化,必须由研究外部表象变化向内部本质变化深入。而这一深入的基础是恢复和加强对冰川基本物理参数的观测。于是,从2002起,我们开始了有针对性的观测和研究。到目前为止,在成冰作用和成冰带变化、粒雪性质及变化等方面积累了近5年的观测资料,并取得了初步研究成果。

2.1 冰川厚度变化

为了在较高精度上研究冰川对气候变暖的响应情况,2006年消融季末天山站对1号冰川的东西两支进行了第三次厚度数据采集。在与1981年与2001年厚度数据的对比中得出了如下结论:近25年来1号冰川的减薄主要发生在消融区;冰川末端厚度变化剧烈,减薄率达到1.2米/年;厚度变化不仅与海拔高度有关,冰川底部地形的起伏亦对其有重要作用,底部突起部分的厚度变化明显较邻近低洼部分剧烈,这种现象在2001年与2006年的数据比较中尤为显著(图1)。

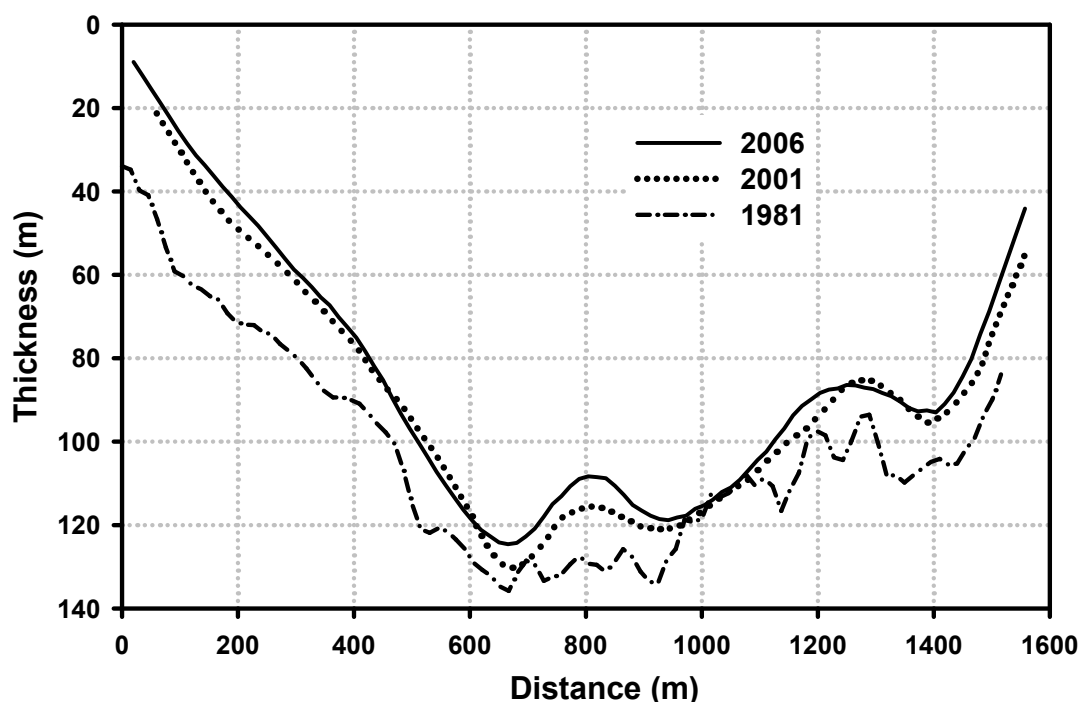


图1 不同时期冰川厚度变化情况

2.2 冰川运动速度测量

研究了夏季强烈消融期对冰川表面运动速度的影响。对6月初到7月中旬(强烈消融期)与7月中旬到10月中旬(强烈消融到消融结束)的冰川各带表面运动速度进行比较分析发现(图2),1号冰川东支消融区在强烈消融期的表面运动速度大于消融后期速度,消融区情况相反;西支则有统一的特征,强烈消融期速度明显大于消融后期速度。说明1号冰川夏季的强烈消融对冰川本身运动状况影响重大,极有可能导致底部滑动的产生。

2.3 冰川面积变化

2006年6月重新测量了1号冰川的面积,东支 1.086km^2 ,西支 0.591km^2 ,东西合计 1.677km^2 。与2001年的测量数据相比东支减小了 0.025km^2 (2.3%),西支减小 0.031km^2 (5%),合计减少 0.056km^2 (3.2%)。西支对气候变化的响应更敏感于东支,这与两支所处地形及面积大小的差异有关。

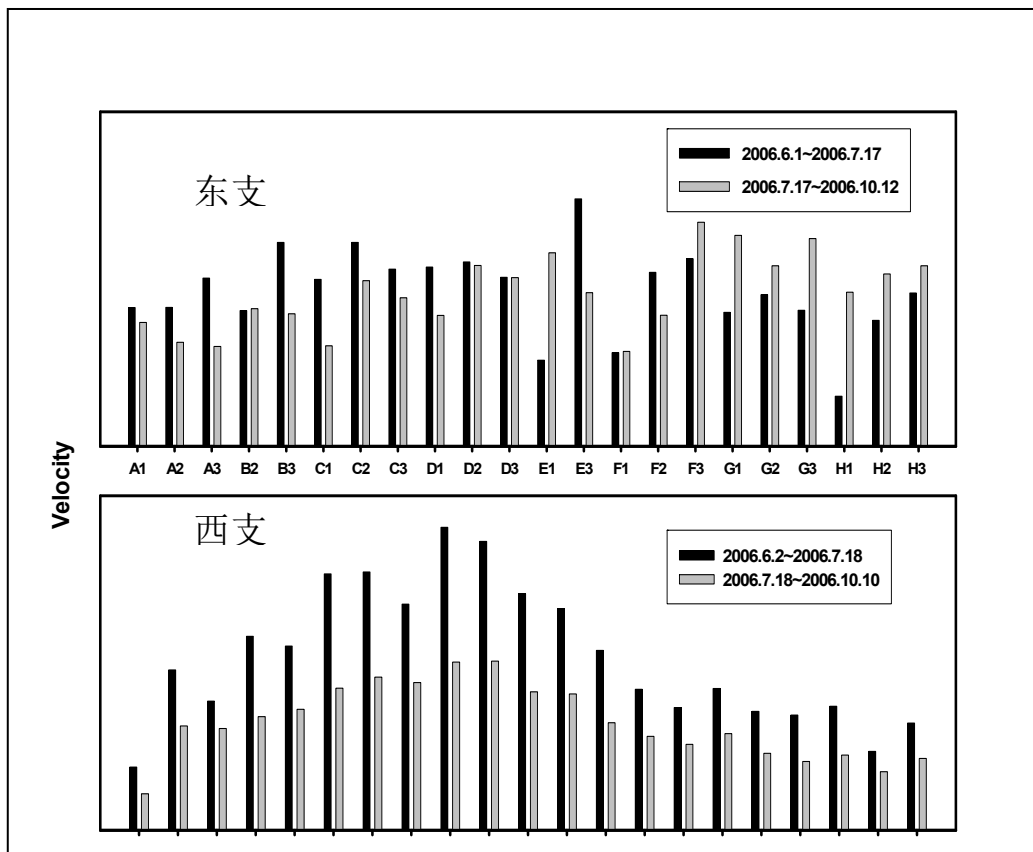


图2 1号冰川消融期花杆运动速度

2.4 冰芯钻取

2006年10月,天山站在乌鲁木齐河源1号冰川和奎屯河源48号冰川上开展冰芯钻取工作,累计钻取冰芯长度148.19m。其中在乌鲁木齐河源1号冰川8个不同位置点钻取冰芯(图3),总长度103.19m;在奎屯河源48号冰川4个不同位置点钻取冰芯,总长度45m。

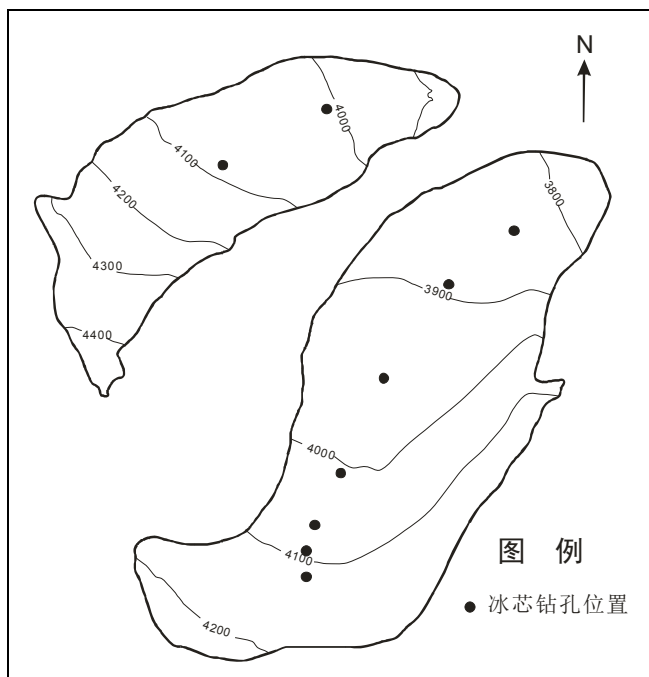


图3 2006年乌鲁木齐河源1号冰川冰芯钻孔位置

2.5 冰川温度

冰层温度是研究冰川物理状态的重要指标,2006年10月在乌鲁木齐河源1号冰川和哈希勒根48号冰川用蒸汽钻打孔、设置七套温度传感器,恢复了自1985年以来中断了30余年的冰层温度的测量。2006年10月测得乌鲁木齐河源1号冰川C点钻孔点温度(图4)与1983年10月测温数据相比温度大约升高了 1°C ,说明冰层温度有较大升高,冰川冷储减少对气候反应灵敏度增强。

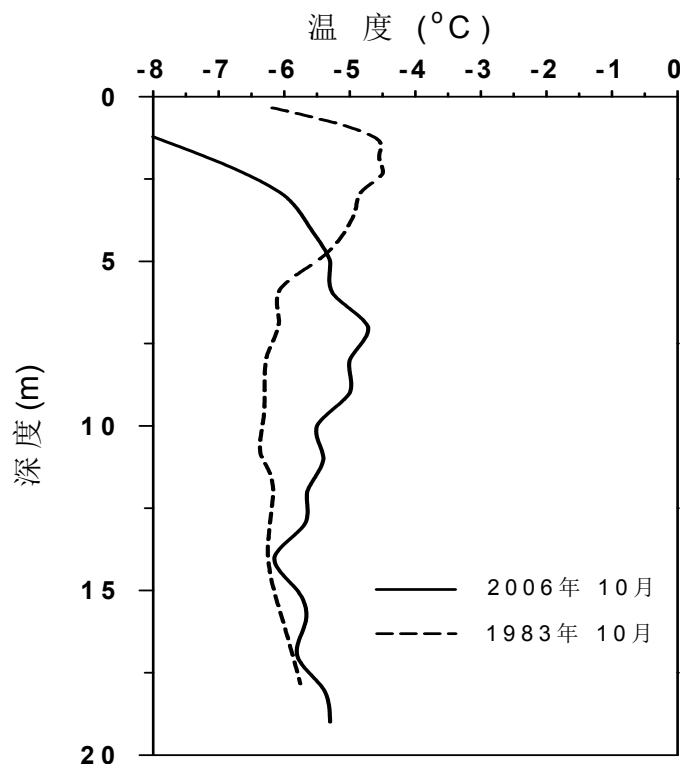


图4 冰芯钻孔温度对比

2.6 发现“冰下湖”

2006年10月,在奎屯哈希勒根48号冰川海拔3800m发现冰川表面下部10m处存在一个含水层。当冰芯钻钻到该层位时很难继续前进,钻头被粘稠状粒雪所包裹(见照片1)。随后,我们用瓶子在该层位提取到了液态的水(见照片2)。次日,在海拔4000m冰川表面下部15m处又发现同样的现象。这些迹象表明在该冰川中存在一个液态的“冰下湖”。为进一步探讨该“冰下湖”产生的原因,我们用热敏电阻温度计对该冰芯孔进行了温度测量,结果发现“冰下湖”处的温度为 0°C 附近。

产生“冰下湖”的原因,我们分析可能是夏季冰川表面大量发生融化,融水向下渗浸,渗到冰川下部某一位置时,融水冻结放出潜热,加热周围的冰川冰,因此会出现“冰下湖”的现象。

3 科研工作年度进展

3.1 弄清了1号冰川近50年来的各种变化

天山冰川站于1958年起对乌鲁木齐河源1号冰川进行观测,提供了该区域冰川和气候变化最为详细的资料。结果表明,1958-2003年,冰川出现负物质平衡的频率呈加速趋势。1997-2002年间冰川物质亏损量最大。冰川表面雪层特征由于受气候变暖的影响而发生了显



照片 1 冰芯钻头被粘稠状粒雪包裹



照片 2 该层位存在液态的水

著的改变。上世纪 60 年代的冷渗浸-重结晶带在 80 年代已被渗浸带所取代。本世纪初, 1 号冰川东支顶部形成了一个小冰面湖, 表明消融同时发生在冰川末端和顶部。1 号冰川面积在 1962-2000 这 38 年间减少 0.22 km^2 , 为 11%, 并呈加速减少趋势。1 号冰川末端自上世纪 60 年代有观测记录以来一直处于退缩状态。1980-2001 年, 东支消融区冰川厚度减薄程度较为显著, 这表明冰川并未达到平衡状态, 在未来一段时间将会继续退缩。由于冰川的厚度不断减薄, 冰川表面最大流速自上世纪 60 年代以来呈现出减小趋势。冰温在 1986-2001 这 15 年间增加幅度高达 10%。冰川年径流量在过去 20 年间呈现显著增加趋势, 1987 年后冰川径流增加明显, 尤其是 1995 年后。过去 45 年间, 温度和降水均呈现出显著的增加趋势, 1995 年最为明显。目前, 乌鲁木齐河源区正经历着有史以来最为暖湿的时期。

3.2 雪冰物理化学过程研究

3.2.1 弄清了降雪转化成冰过程中的若干基本物理问题

根据天山乌鲁木齐河源 1 号冰川积累区海拔 4130 m 处, 每周 1 次的连续雪层剖面观测, 分析研究了雪层厚度、雪层中的污化层、冰片和各種粒雪随时间的演变过程。结果表明, 雪层中各种要素的演变受水热条件的影响而呈现明显的季节特征。利用在雪层中插置竹板, 通过竹板进行层位跟踪的方法和历时 24 个月的连续观测, 研究了 1 号冰川积累区(海拔 4130 m)降雪演化为粒雪冰的时间问题。结果表明: 夏季, 新雪转化为细粒雪约需要 7 天, 细粒雪转化为粗粒雪约 20 天~3 个月; 同样的转化在冬季分别需要约 2.5 个月和 2~4.5 个月。粗粒雪转化成粒雪冰的时间大约 40 个月。由此得到该处新雪演化为粒雪冰历时约 41~47 个月。并指出, 8~9 月为主要成冰期。不同层位雪层的密实成冰速率因粒雪性质和密度的不同而有很大差别, 融水是影响成冰时间及成冰量的重要因素。

3.2.2 离子浓度的季节变化及温度与淋溶的关系

通过表层雪中化学离子浓度的季节变化研究离子的沉积过程。分析表明亚洲粉尘是春夏季表层雪中离子浓度总体升高的主要原因。利用相关及因子分析探讨了各种离子的可能来源, 并将 1 号冰川的离子来源进行分类。通过比较夏季雪坑内部离子浓度的变化幅度, 确定了离子的淋溶顺序。量化研究了淋溶的驱动机制, 分析得到淋溶强度与大气温度成良好的正相关关系。发现当大气温度上升到 -3.6°C 时淋溶开始明显加强, 而当温度达到 0.3°C 时雪坑中当年沉降的离子几乎都被融水带走, 但多数离子仍在雪层中留下微弱可辨的季节信息。

3.2.3 天山地区痕量金属元素的季节变化及其环境意义

首次对天山 1 号冰川雪坑样品中痕量金属 Pb, Cd, Zn, Fe, Al 的季节变化和淋融作用进行了研究。通过对 2002 年 9 月—2003 年 9 月在东支海拔 4130m 粒雪盆采集的 113 个雪坑样品中痕量金属分析研究, 结果显示: 金属输入具有明显的季节变化: 冬季高, 夏季低, 春、秋季为过渡时期。分析表明, 这些金属主要来自岩石风化物 and 土壤粉尘及人类活动对大气的污染, 因此, 它们为研究人类活动及周围粉尘源区对 1 号冰川的影响提供了很好的介质。淋融作用强烈的改变了痕量金属元素在雪层中的分布。各种金属的雪坑平均浓度亦呈现明显的季节变化: 冬季高, 夏季低, 且与同期气温呈明显反相关关系。

3.2.4 弄清了 PH 值和电导率的季节变化及淋溶过程

通过对天山乌鲁木齐河源 1 号冰川积累区雪坑中 PH 值和电导率连续两年(2002 年 9 月—2004 年 9 月)观测实验与分析, 发现: (1)表层雪的 PH 值和电导率具有明显的季节变化趋势, 与本区域的主导山谷风风向 EN 和 ENE 密切相关, 即春季由于沙尘暴发生频率的增加, 表层雪的 PH 值呈现较强碱性, 电导率达到最大值; 冬季由于原生气溶胶向此生气溶胶的转化, 表层雪的 PH 值呈现较弱碱性, 电导率达到最小值。(2)雪坑中的 PH 值和电导率在后沉积过程的不同时期呈现不同的变化特征和淋溶过程。(3)PH 值和电导率峰值与污化层有较好的对应关系表明, 污化层对离子的淋溶有一定影响。(4)相关分析表明, Ca^{2+} 是雪坑中影响 PH 值和电导率的变化最主要离子。

3.3 阐明了乌鲁木齐河源区高寒冰缘植被特征及其与生态环境的关系

基本弄清了乌鲁木齐河源区冰缘植被群落的生态特征、分类、区系以及种类组成, 确定决定该区植物群落类型和空间分布的主要生态因子是热量(温度、海拔)和有效水分; 指出上突的气孔、厚的角质层、发达的表皮毛及叶肉细胞内有大的细胞间隙是冰缘植物抗冻、抗辐射、抗缺氧、抗强风冰缘植物在形态结构上的适应性特征, 而积累的大量游离中性氨基酸—特别是脯氨酸、可溶性糖、粗脂肪和类黄酮等则是植物适应冰缘环境的物质基础。

4 国内外合作与交流

加强与国内外同行的学术交流与实质性合作, 是天山冰川站利用国际国内资源、提高研究水平和构建交流与合作平台的重要途径。2006 年来站和来所开展合作交流的国内外科研人员达 50 余人次。国内继续与北京大学、兰州大学、新疆农业大学, 中国科学院地质所、植物所在冰缘地质地貌和植物生态方面进行合作。国际继续加强与美国沙漠研究所(DRI)和法国巴黎大学的合作外, 同时还组织召开了“中、美、法学术研讨会”和“中德水资源研究与利用国际会议”。另外, 天山站与日本、冰岛及德国的冰川微生物、变化模式、物质平衡等方面的专家确立了长期而稳定的合作关系。

1 月 24-26 日, 日本千叶大学 Takeuchi 博士来兰州与我站探讨 PGPI 项目合作研究的具体事宜, 与站上科研人员就目前进行了学术交流。

5 月 16-22 日, 来自中、美、法三国近 20 多位学者和研究生聚集天山站, 就天山 1 号冰川黑炭、雪层剖面物理、化学变化特征及降水化学特征等研究内容进行了学术交流。美国沙漠研究所著名学者 Ross Edwards 博士与法国巴黎大学 Francoisw 教授就各自近期研究成果与到会专家进行了交流。

8 月 19-28 日, 我站 2 名科技人员参加了在英国剑桥大学召开的国际冰川学年会, 并在会上作了研究报告。

8 月 27 日-9 月 2 日, “中德水资源研究与利用”国际会议在天山站召开, 与会专家达 50 名之多, 其中超过半数来自德国、美国、吉尔吉斯等国家。会议期间, 各国专家就各自研究

内容做了精彩报告。内容包括：天山站近期开展研究项目、冰川物质平衡模拟、冰川物理化学过程研究、冰川变化动力学模拟预测研究及冰川径流研究等。并约定在 2007 年 3 月再次举行学术讨论会议，预备在资料交换、信息技术合作研究和人员交流等方面开展长期积极合作。

5 观测资料发布及实验室

5.1 天山站门户网站建设

本年度，天山冰川站建立了门户网站及数据库。通过建设，形成监测系统规范、数据质量有保障、资源高效整合、信息合理共享、台站信息传输快捷、人才队伍齐全的特殊环境国家骨干监测网络之一。使天山站交流能力得到全面和大幅度的提升；保证采样数据能够及时、准确的录入到数据库中；初步建立网站服务器，实现信息访问、资料共享、信息化办公等；建立 FTP 服务器，提供大容量的网络空间，实现数据传输、观测资料的上传下载等。

5.2 数据公布方式

天山站重点监测的乌鲁木齐河源 1 号冰川被世界冰川监测组织(WGMS)列为全球重点监测冰川之一，详细观测资料公布在《天山冰川观测试验站年报》(1-17 卷，1980-2004 年)上。为了进一步规范天山冰川站的常规观测工作，提高资料使用的广泛性，近年来组织制定了完善的冰川及相关的观测规范，编辑了《冰川及其相关观测方法与规范》一书，并为进一步制定相应的国家规范奠定了基础。

同时，天山冰川站的观测资料定期出版在每 2 年一期的《冰川物质平衡通报》(Glacier Mass Balance Bulletin) [IAHS(ICS)-UNEP-UNSCO]和每五年一期的《冰川变化》(Fluctuation of Glacier) [IAHS(ICS)-UNEP-UNSCO]和《环境数据报告》(Environment Data Report)[UNEP] 以及其它国际刊物上。天山冰川站系统观测资料进入 WDC—D(世界数据中心—中国中心)冰川冻土分中心以及全球全球气候观测网(GCOS)数据库。并为包括 IPCC 报告在内的各种全球变化研究所引用。

5.3 实验室

天山站实验室建成完善以来，目前承担着站内采样容器的处理和准备、样品的分类和贮存、设备管理和维护样品前处理和后续项目分析、实验数据处理和结果报告等以及其他辅助性工作。其中最主要的内容是样品的实验分析。进行分析的样品主要来源于本站，包括雪坑雪冰样、冰芯、气溶胶、降水、河水等。

根据研究需要和要求，针对每个样品的微粒粒度分布和含量、阴离子(F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 SO_4^{2-} 、 Br^- 、 NO_3^- 、 $HCOO^-$)和阳离子(Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+})各离子浓度、酸度(pH 值)、电导率及 TDS 值等项目进行了详细分析。截止 2006 年底，已检测各类样品累计 5875 个，其中雪冰样 3009 个，气溶胶样 259 个，水样 1047 个，冰芯样 782 个，站外样品 778 个。各实验人员始终以严格的要求、有序的管理、严谨的态度、规范的实验、高效的工作为站内积累了大量的第一手基础资料，为科研提供及时、准确、可靠的数据结果和研究依据，保质保量地为天山站的课题研究和发展建设做好服务保障。

6 科研项目和文章发表情况

2006 年，天山冰川站在基金申请方面取得了重大进展。本年度申请到国家自然科学基金重点项目 1 项、中科院方向性项目 1 项、科技部国家野外站项目 1 项、寒旱所创新项目 1 项及其它课题 2 项，经费合计 250 余万。加上正在执行的项目，目前本站固定人员承担的项目共 17 项，总经费 600 多万。本年度，天山冰川站共发表论文 23 篇，其中 SCI 论文 14 篇。

中国科学院天山冰川观测试验站

2007年工作总结

1 天山冰川站基本情况

中国科学院天山冰川观测试验站(以下简称天山冰川站)是我国专门以冰川和冰川作用区为主要观测、试验和研究对象的野外台站,是在施雅风院士倡议下于1959年建立的。1981年进入世界冰川监测网络(英文简称WGMS)。1988年成为中国科学院首批对外开放台站。1997年中国科学院野外台站评审中被评为A类站,同时被授予野外工作先进集体。1999年成为首批国家重点野外试点站,2006年通过认证成为国家重点站。2007年被中科院选为院特殊环境网络站重点站。

自建站以来,天山冰川站在冰川底部运动机理、冰川温度分布及形成机理、小冰期三次冰川作用时间序列建立等冰川学基础理论方面做出了重要贡献;为认识成冰作用理论,建立冰川与气候、冰川面积与厚度、冰川水文方面的经验和半经验关系起到过重要作用;为冰川温度感测计、测冰雷达、冰芯钻及蒸汽钻等冰川学研究关键技术的研发提供了野外试验条件和场所。

近10年来,天山冰川站在雪冰现代过程、冰川与全球变化、高寒生态及冰缘作用等方面取得丰硕的成果。据统计,在2000-2005年,天山冰川站共获得3项国家和甘肃省科技奖励,4项国家专利,参与制定1项地方标准,发表研究论文209篇,其中,SCI论文59篇,专著3部。如今,天山冰川站经过近50年的建设,已成为一个国内外知名,在国际冰川监测网络中,代表中国冰川定位监测的冰川观测、试验和研究基地。

天山冰川站主要监测的天山乌鲁木齐1号冰川(下简称1号冰川)是我国监测时间最长的冰川,位于中国西部和亚洲中部干旱环境下的高寒区,对气候变化反映敏感,对干旱区水资源变化研究具有典型性。

1号冰川同时也是WGMS网络中惟一的中国冰川,在WGMS网络中具有十分重要的地位。根据WGMS评估报告,1号冰川过去50年间的变化,典型地反映了欧亚大陆腹地大陆型冰川的变化,其所处的地理位置,填补了亚洲中部冰川监测的空白。WGMS将1号冰川列为全球10条重点监测冰川之一,观测资料被定期刊登在由国际水文协会雪冰委员会、联合国环境规划署以及教科文组织(IAHS(ICSU)-UNEP-UNESCO)主编的各种刊物上。这些资料被广泛地推介于各种全球变化研究计划中,并为各种资料报告和数据库所收录,受到包括IPCC报告在内的广泛引用。1号冰川也因此吸引了众多国内外学者来站开展合作研究。

2 2007年基本情况

2007年是天山冰川站继2006年由国家试点站通过论证转入国家站以后,又取得重大发展的一年。这一年天山冰川站被中科院选为院特殊环境网络站重点站,得到了院、所能力建设方面的投入,这将使得天山冰川站在观测仪器和站区基础建设方面有一个大幅度的提升。

2007年天山冰川站各项观测有序进行。除保证各种常规观测项目,包括冰川物质平衡、冰川运动、冰川温度、水文及气象等高质量实施外,还根据研究项目的需要,加强了对1号冰川的雪冰物理、化学现代过程的观测,增加了冰川运动季节变化、冰川反照率、冰川区气象等10多个新的观测项目。在观测规范制定、数据共享机制和门户网站建设方面很好地完成了国家站的要求。

2007年是天山冰川站与WGMS广泛交流合作的一年。随着冰川变化研究在国际上的升温,WGMS制定了一系列观测研究计划,天山冰川站积极参与了这些计划的讨论与实施,

保持了其观测、研究与国际同步。

2007年是天山冰川站“天山冰川监测网络”建设取得重大发展的一年。这一年对两个2级定位观测点,即在奎屯河哈希勒根51号冰川和哈密庙尔沟平顶冰川开展了详细的冰川物质平衡、冰川面积、冰川运动、冰川厚度和冰川雪冰现代过程的观测研究工作。两次赴天山西段的托木尔峰地区进行冰川考察,选取新的定位观测冰川。这一新冰川观测点的建立,形成了对中国境内天山冰川的完整观测体系。

2007年是天山冰川站雪冰物理、化学过程研究(PGPI)继续深入的一年。PGPI始于2002年,旨在搞清冰芯记录形成过程和东天山雪冰地球化学循环特征。这一年完成了降雪—粒雪—冰川冰的物理、化学演化全过程的观测,取得了大量资料,为进一步研究奠定了扎实的基础。

2007年是天山冰川站冰川与全球变化研究取得全面进展的一年。首先揭示了1号冰川对气候变暖的响应,在冰川动力学预测模式方面取得突破,得到了1号冰川在未来100年内不会消融殆尽的初步结果,回答了一些1号冰川未来变化方面的热点问题;其次开展了乌河流域冰川整体变化的研究,天山典型冰川变化观测研究,阿克苏河上游冰川变化研究等。

2007年国内外的合作研究丰富务实。来站和来所开展合作交流的国外科研人员达20余人次,针对WGMS监测,PGPI项目,冰川变化项目,冰川水文学项目进行了各种层次的交流与合作。国内合作与交流也十分活跃,除了继续与北京大学、兰州大学、新疆农业大学,中国科学院地质所,植物所在冰缘地质地貌和植物生态方面的合作外,接待了许多专家(或专家组),包括9月份由秦大河院士率领的院士考察团。通过实地考察,专家们对天山冰川站工作给予了充分肯定,提出许多建设性意见,成为指导我站工作的财富。10月份我站还协助中国科学院生态与地理研究召开了“干旱区生态水文过程与环境协调发展国际学术研讨会”。来自不同国家的50多名相关专家出席了这次会议。

2007年我站开展了站区绿化、办公、住宿用房装修、观测场地及房屋维修和锅炉维修等主要站务工作。

2007年我站在项目争取、人才培养、研究论文发表方面继续保持着良好态势。

3 观测工作年度进展

天山冰川站的观测分为常规观测项目和特殊观测项目。常规观测是由天山冰川站学术委员会确立的、由站实施、规范和维持的长期观测项目。特殊观测是由项目和站共同实施的观测项目。目前天山冰川站设立的常规观测项目涉及冰川雪冰过程、冰川变化、冰川运动、冰川水文与气象、冻土、气象、高寒环境、冰缘作用8个学科方向,100多个条目,分布在1号冰川和其它7个观测场。

2007年天山冰川站各项观测有序进行。除保证各种常规观测项目高质量实施外,还根据研究项目的需要,加强了对1号冰川的雪冰物理、化学现代过程的观测,增加了冰川运动季节变化、冰川反照率、冰川区气象等10多个新的特殊观测项目。

例如,除了保证在1号冰川积累区海拔4130 m处PGPI观测场每周1次的连续雪层剖面观测外,增添了几项特殊观测,一是表层雪和气溶胶样品的加密采集分析,旨在研究气、雪中化学组成的昼夜沉积变化;二是物理特征变化的密集观测,旨在搞清雪层物理变化和化学变化之间的联系。

又如,1号冰川面积和运动速度观测。面积:2006年6月对1号冰川进行了面积的测量,近期我们应用SPOT-5的5米遥感影像对结果做了进一步的验证,发现2006年的面积数据非常准确。速度:从2006年开始对1号冰川进行了逐月的速度观测,发现夏季的运动速度略大。

2007年在观测规范制定、数据共享机制和门户网站建设方面很好地达到了国家站的要求。完成了《冰川及其相关观测方法与规范》的初稿,有效地进行了历史时期的观测数据挖

掘工作，完善了天山冰川站门户网站和数据库设计。

2007年是天山冰川站与WGMS广泛交流合作的一年。随着冰川变化研究在国际上的升温，WGMS制定了一系列观测研究计划，其中包括深入开展冰川物理参数的观测，发展以冰川动力学为基础的冰川预测模式，利用遥感和地面观测相结合的方法开展冰川变化研究等等，天山冰川站积极参与了这些计划的讨论与实施，保持了其观测、研究与国际同步。体现在冰川观测在手段、规范及资料公布方面与国际接轨。包括推动1条新的冰川进入WGMS监测网络。观测资料进入WDC-D、GCOS和WGMS数据库及其它多种资料数据报告。1号冰川被列为全球10条重点监测冰川之一，定期在Glacier Mass Balance Bulletin [IAHS(ICSII)-UNEP-UNESCO]和Fluctuation of Glacier [IAHS(ICSII)-UNEP-UNESCO]等刊物上公布其详尽的观测资料。在UNEP 2007年出版的《Snow and Ice》一书，也多次引用1号冰川观测资料，我站负责人李忠勤研究员作为WGMS的中国通讯员，定期参加由WGMS资助的冰川监测讨论会。

4 天山冰川监测网络建设

为将1号冰川监测的成果运用推广到其它冰川，并研究1号冰川的区域代表性，天山冰川站在站学术委员会指导下，自1998年起开展了针对天山山脉不同冰川的野外考察和定位观测工作，逐步建立了两个2级定位观测点，即奎屯河哈希勒根51号冰川和庙尔沟平顶冰川。

2007年是天山冰川站“天山冰川监测网络”建设取得重大发展的一年。这一年对两个2级定位观测冰川开展了详细的冰川物质平衡、冰川面积、冰川运动、冰川厚度和冰川雪冰现代过程的观测研究工作。此外，两次赴天山西段的托木尔峰地区进行冰川考察，选取新的定位观测冰川。这一新冰川观测点的建立，形成了对中国境内天山冰川的完整观测体系，观测点如图1所示。

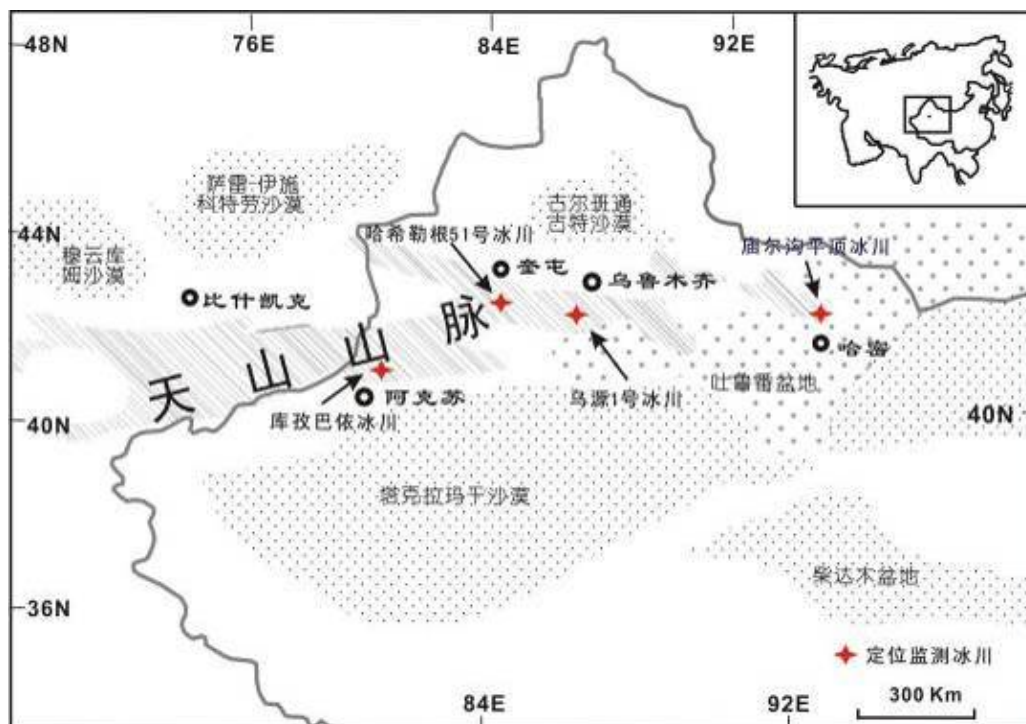


图1 天山冰川定位监测点

4.1 奎屯哈希勒根51号冰川

哈希勒根51号冰川位于天山依连哈比尔尕山北坡, 奎屯河上游哈希勒根河源区, 在中国境内属于天山山脉的中部地区。该冰川的观测始于1999年, 现有观测项目包括冰川物质平衡、末端变化、运动速度、冰川物理、化学变化的雪冰过程和常规气象观测等项目。2007年9月, 我站科研人员对奎屯哈希勒根51号冰川进行了常规的冰川变化和物质平衡的观测, 对冰川面积变化和冰川运动速度进行了系统的观测。图2为1号冰川与奎屯51号冰川最大运动速度与平均退缩速率比较。近年来的观测表明, 在物质平衡、冰川运动、末端退缩、冰川温度等方面, 51号冰川与1号冰川有相似的变化幅度; 在雪冰化学方面, 51号冰川各种浓度均比较低。

4.2 哈密庙尔沟平顶冰川

这一冰帽位于天山山脉最东段, 中亚干旱—半干旱区中心。该地区冰川是吐—哈盆地主要水资源, 无论在沙尘暴记录还是干旱区水资源研究方面都有十分重要的意义。

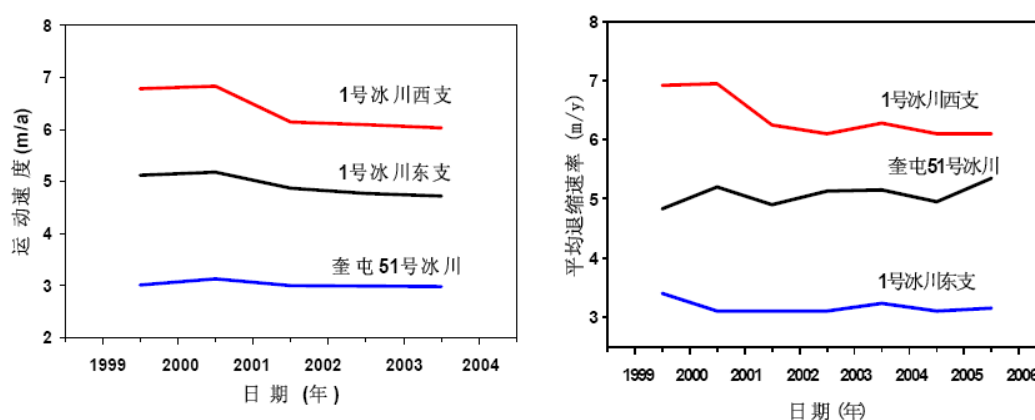


图2 1号冰川与奎屯51号冰川最大运动速度与平均退缩速率比较

我站于2004年开始这条冰川的连续观测研究, 2005年在冰川顶部钻取2支透底冰芯。2007年8月, 再次开展了冰川物质平衡、厚度、温度, 面积和运动速度等详细观测研究。初步的研究显示, 该冰川积累量约200 mm水当量, 自20世纪80年代以来, 上部冰川厚度减薄了5-7m左右, 下部平均减薄了20 m。面积减少约3.1%, 末端平均后退 2.7 m a^{-1} 。相比之下, 在面积和末端退缩等方面该冰川小于1号冰川变化幅度, 且冰川温度较低。其原因可能与该处大气环流状况有关。该处属西风环流和季风作用都比较弱的区域, 冬季气候受北部冷气流的影响较为严重。此外, 在雪冰化学方面, 各种离子浓度略高于1号冰川, 尤其是盐湖蒸发盐类衍生的化学成分。

4.3 克其克库孜巴依冰川

该冰川所处的托木尔峰冰川区位于我国境内天山山脉的西端, 是亚洲内陆最大的冰川发育区, 是塔里木河的主要水源地。该地区冰川分布相当集中, 主要以具有表碛覆盖的土耳其斯坦型冰川为主, 与其它地区的冰川有很大差异。2007年9-10月, 对该地区的木扎尔特冰川区多条冰川和克其克库孜巴依冰川进行了野外考察。获取了大量的一手资料。我站将进一步对克其克库孜巴依冰川进行定位监测。

目前我站通过遥感手段对该地区阿克苏河上游40%以上冰川变化特征进行了研究。通过各种手段, 全面地认识解冰川的基本属性和变化情况, 预测冰川未来变化情况。

5 科研工作年度进展

2007年的科研工作仍然是紧紧围绕冰川与气候变化研究和雪冰物理化学过程研究(PGPI)

进行的。

5.1 冰川与气候变化研究

天山冰川站具有长时间序列、系统的冰川与冰川区气象观测资料，为研究冰川与气候变化的联系创造了条件。近年来的研究表明，在过去的45年间，冰川出现负物质平衡的频率呈加速趋势。冰川表面雪层特征由于受气候变暖的影响而发生了显著的改变。20世纪60年代的冷渗浸-重结晶带已被渗浸带所取代。近期1号冰川东支顶部形成了一个小冰面湖，表明消融同时发生在冰川末端和顶部。1号冰川面积共减少14%。冰川温度也有显著升高。冰川融水径流量在过去20年间增加了近一倍。与之相应的是河源区温度上升了近1℃，目前正处在一个暖湿阶段。2007年我站在以下几个方面取得一些新的进展。

利用冰川动力学模式预测1号冰川未来变化

首次运用动力学模式对1号冰川的未来变化进行了预测。初步结果表明，1号冰川在维持现有气候条件不变的情况下将在2320年左右到达稳定状态，届时面积与体积为2006年规模的16%与7%。根据IPCC 2001报告中几种气候变化情景所做的预测结果显示，1号冰川将于未来100-160年内消失(图3)。在各种气候变化情景下，1号冰川的面积与体积将在未来35-55年间衰减一半，而年径流量亦将在未来40-60年间减小为目前量值的一半，届时1号冰川对局地水资源的贡献将十分有限。

各个时期冰川粒雪性质、成冰带、冰芯物理剖面对比研究

冰川表面的粒雪特征及冰川成冰带对气候变化的响应十分敏感。而这种变化反过来又可以对冰川的消融起到强烈的加速作用。根据1961-2005年间4100 m以上的60个雪坑剖面资料的统计分析，在这45年里粒雪组成生了显著变化，雪坑中粗粒雪的含量从20世纪60年代的40%增加到65%，细粒雪的含量从最初的25%减少到7%。粗粒雪增加表明雪层受融水作用加强，粒雪化过程加快。与60和80年代相比，目前的雪层剖面结构已发生了明显变化，表现在雪层厚度

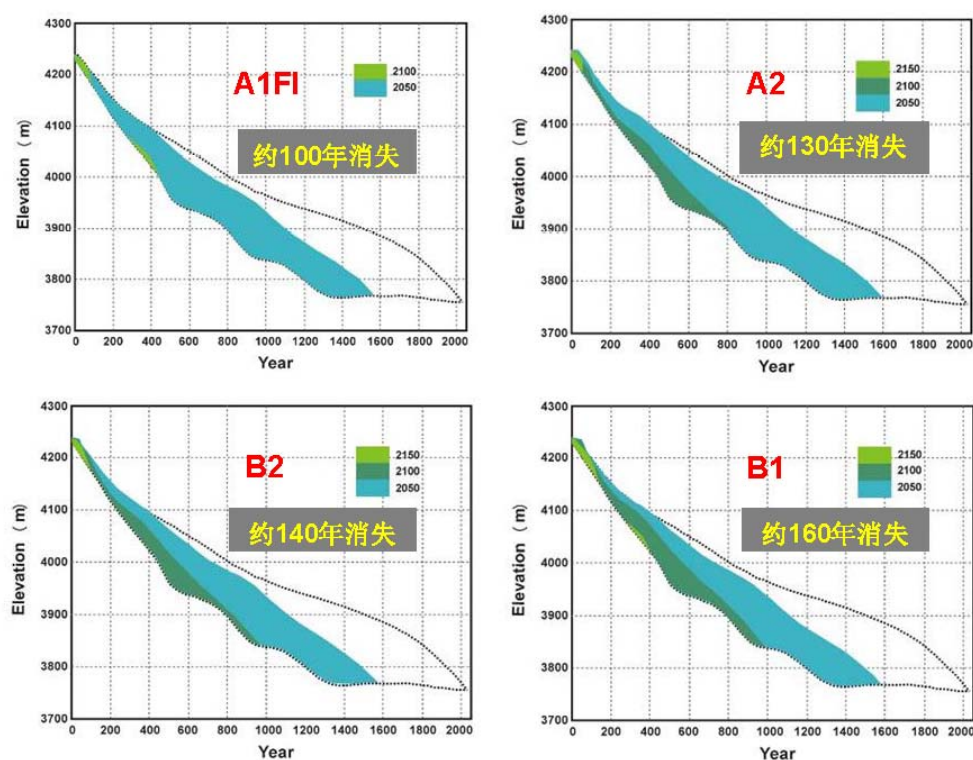


图3 根据IPCC 2001报告中几种气候变化情景所做的1号冰川未来变化情况预测

减薄, 结构变简单, 各种粒雪层的边界变模糊; 在强烈融水作用下, 积累区雪层内的冰片数量减少, 污化层迁移叠加作用增强。冰川成冰带在过去45年间也发生了显著变化。带谱有由冷向暖转化的趋势。消融区扩大, 各成冰带之间的界限明显上移, 雪层剖面特征趋于简化。

冰芯剖面的物理特征, 由冰芯形成时的水热条件和冰川运动变质作用所决定, 记录了气候、环境和冰川运动的许多信息。通过对各个时期在1号冰川上钻取的6支冰芯的研究, 发现积累区冰芯的组成以粒雪-冰交替的原生沉积层为主, 受冰川体流动引起的动力变质作用影响较小, 与积累区成冰环境和冰川温度密切相关; 平衡线附近的冰芯, 4.3 m以上主要是由渗浸冻结冰组成的原生沉积层, 与附近的成冰环境相吻合, 4.3 m以下主要是经过动力变质作用的冰体, 源于冰川上部的积累物; 消融区的冰芯主要由冰川上部流下的冰川冰组成, 通过对冰川流线的模拟来推断其冰龄, 发现该区域受成冰环境的影响很小, 冰龄较长; 通过对东西支冰芯剖面的对比, 发现不同区域海拔相近点冰芯剖面组构相近, 从而推断其成冰环境、水热条件及冰川运动状况基本相似。

5.2 雪冰物理化学过程研究

降雪转化为冰川冰这一物理化学过程是冰川学基本研究内容。雪/冰芯记录的解释也基于对这一现代过程的研究。这项研究需要依靠野外站的长期观测。天山冰川站于2002年7月与美国合作在1号冰川4130 m积累区建立了雪冰过程观测取样定位场, 进行不间断的观测采样。由于搭建了良好的观测研究平台, 吸引了许多国内外相关知名学者的关注, 并前来我站开展合作研究, 包括美国俄亥俄州立大学、内华达州沙漠研究所(DRI)和日本Chiba 大学的研究人员。这项研究被称为PGPI (Program for Glacier Processes Investigations)项目, 已有研究初步弄清了降雪转化成为冰川不同阶段的时间问题和雪冰记录形成过程中的一些物理、化学过程; 探讨了大气/雪界面化学关系; 搞清了雪冰有机质记录与大气环境变化间的联系。发现融水的淋溶作用发生在日均气温为 $-3.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 这一作用对雪冰记录的形成和保存影响重大。2007年我站在以下几个方面取得一些新的进展。

5.2.1 气溶胶和表层雪之间的气-雪转换关系研究

分别对气溶胶和表层雪中各种无机离子的浓度变化趋势进行了研究, 结果表明气溶胶中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的变化规律最为相似, 离子的浓度较高且峰值均出现在春夏季, 这可能与1号冰川位于亚洲粉尘源区, 受亚洲粉尘影响较大有关。研究显示, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 主要来源于中亚粉尘源区, 可作为粉尘的替代指标。 Na^{+} 、 Cl^{-} 、 K^{+} 在气溶胶中的变化相似。表层雪中这几种离子的整体变化趋势与气溶胶中相似, 表明表层雪中的这些离子成分能够反映沉积时大气中的含量。 NH_4^{+} 和 NO_3^{-} 在气溶胶中有较好的相关性, 而在表层雪中不好, 且两种离子在气溶胶中的浓度较高, 表层雪中较少, 可能是后沉积作用的影响, 因此表层雪中的 NH_4^{+} 和 NO_3^{-} 不能直接反映沉积时大气中的浓度。

5.2.2 深霜的形成过程及其对氧同位素的影响

根据PGPI观测场2004年9月-2006年9月每周1次的连续雪层剖面观测资料, 分析研究了雪层中深霜的形成过程及其对氧同位素的影响。结果表明, 10月中旬当雪层中的温度梯度达到 $13.0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 时深霜开始发育。到次年3月底, 深霜所占的比例可达雪层厚度的25%。4月到6月, 随着气温升高, 升华作用的减弱以及融水下渗, 深霜层逐渐被改造成粗粒雪。在深霜形成过程中, 由于水汽发生迁移, 导致氧同位素产生分馏作用。在深霜层下部10 cm, 由于升华作用造成分子量小的水分子逃逸, 使 $\delta^{18}\text{O}$ 的含量增加了2.4‰; 深霜层上部10 cm, 由于分子量小的水分子在该处凝结, 造成 $\delta^{18}\text{O}$ 含量减少了2.5‰。这一发现对于冰芯研究中利用氧同位素进行气温的恢复有了新的认识。

5.2.3 干季、湿季表层雪及老雪中各种离子的变化规律研究

天山地区气候明显分为干、湿两季。研究表明,在干季(11月-4月)有少量降水的情况下,表层雪与下层雪中的离子浓度变化趋势较一致,主要反映降水中的化学规律;在无降水的情况下,表层雪主要受风吹雪、蒸发等后沉积作用的影响,离子浓度会增高。在湿季(5月-10月)早期,表层雪和下层雪的离子浓度基本反映大气降水的规律,但在消融期间(7-8月),尽管降水很大,但二者的离子浓度都很小,这主要是由于融水的淋溶造成的。主要阴离子相对组成(Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-)在干季和湿季有明显的不同, NO_3^- 浓度干季大于湿季,但 SO_4^{2-} 和 Cl^- 却是湿季大于干季,可能是由于三种离子在干季湿季不同的特性引起的。主要阳离子相对组成(Mg^{2+} , Na^+ , k^+)在干、湿季存在明显的不同, Na^+ 浓度湿季大于干季,但是 k^+ 浓度湿季低于干季。

5.2.4 NH_4^+ 的沉积过程研究

对 NH_4^+ 由大气到雪面的沉降特征进行了研究。基于年度大气气溶胶与表层雪中 NH_4^+ 浓度数据进行分析,发现 NH_4^+ 在两种介质中随时间的变化非常相似,都有春、夏及秋季较高,而冬季偏低等现象。对两种介质中的 NH_4^+ 浓度进行相关分析,发现湿季(春季和夏季)相关性较好($R^2=0.70$, $N=21$, $p<0.01$),说明大气温度与湿度的升高将会加剧 NH_4^+ 在气与雪之间的交换,导致其变化趋于同步。与湿季相反,干季(秋季和冬季)中两种介质的 NH_4^+ 相关性较差($R^2=0.05$; $N=23$; $p<0.01$)。分析发现,干季中气溶胶中的 NH_4^+ 浓度与大气相对湿度呈很好的反相关关系,而表层雪中则没有这种特点。与其它地区(南极、格陵兰和阿尔卑斯山脉)的气溶胶及表层雪数据相比,1号冰川的 NH_4^+ 浓度明显偏高,说明受人类活动影响较为严重。

5.2.5 天山东部冰川积雪中不溶微粒特征及其环境意义

对天山东部观测网络的1号冰川,奎屯河源哈希勒根51号冰川以及哈密庙尔沟平顶冰川等3条冰川积雪中不溶微粒进行观测研究,发现自西向东随着沉积环境的变化,积雪中微粒质量浓度和通量表现出增高趋势,哈密庙尔沟平顶冰川最大,1号冰川次之,奎屯哈希勒根51号冰川最小;积雪中污化层富含亚洲粉尘的富 Ca^{2+} 、 Na^+ 矿物。积雪中微粒体积-粒径分布众数介于3~22 μm ,微粒粒径分布显示了单结构模式,体积-粒径分布众数在庙尔沟平顶冰川值最大,其次是1号冰川,奎屯哈希勒根51号冰川。

5.3 冰缘植被研究

这方向的研究由兰州大学、中科院植物所和新疆农业大学客座人员实施。2007年主要进展(不完全统计):通过对乌鲁木齐河源地区自然环境中的紫草及人工栽培条件下紫草的结实结籽特性进行比较分析,发现,软紫草不同居群、同一居群的不同生境以及同一生境的不同年份,在结实特性上均表现出不同程度的差异。自然居群软紫草植株的花数、结实率、结1-2粒和3粒种子的花的频率分布、种子产量、结籽率及种子千粒重均远低于人工栽培居群,彼此间存在极显著差异;不同年份中,自然居群样地植株的结实、结籽率无显著差异,但花数、种子产量和种子千粒重存在极显著差异;而栽培居群植株的花数、结实结籽率、单株种子产量存在极显著差异,种子千粒重存在显著差异。

5.4 冰缘地貌研究

这方向的研究主要由北京大学客座人员实施。2007年采集沉积和测年样品50余件;取得2006-2007年度冰缘地貌过程观测数据70个。第二个工作区在巩乃斯河上游-艾肯达坂进行,主要内容有古冰川地貌和沉积考察、采样,河流地貌发育和演化研究。通过对天山乌鲁木齐河源冰川底床基岩与沉淀物显微结构构造分析,对大陆性山岳冰川冰下过程的认识更加

深入。沉积物微观结构和构造特性显示冰川底部存在较大的挤压应力作用,由显微滞碛等现象来看,压应力在微观上的空间分布很不均匀。沉淀物中块体碎裂和基岩上冰成裂隙反映,冰川底部冰体对基岩面有巨大的剪切应力作用。滑塌构造说明,冰川底部在微小的区域内压力分布不均匀,局部有重力作用过程存在。沉淀物中块体断裂和同生变形构造的存在说明沉淀物的形成过程为先期沉淀、后期受压。通过对冰川底部各种动力作用特征的阐述及沉淀物结构、构造的成因及特性的总结,认为大陆性山谷冰川底部冰岩界面处存在水膜,且冰川运动亦有滑动性。

6 国内外合作与交流

2007年国内外的合作研究丰富而务实。来站和来所开展合作交流的国外科研人员达20余人次。国内合作与交流也十分活跃,除了继续与北京大学、兰州大学、新疆农业大学、中国科学院地质所、植物所在冰缘地质地貌和植物生态方面的合作外,接待了许多专家(或专家组),包括9月份由秦大河院士率领的院士考察团。10月份我站还协助中国科学院生态与地理研究召开了“干旱区生态水文过程与环境协调发展国际学术研讨会”。

2007年9月20日,中国科学院院士秦大河、刘昌明、陆大道、费维扬和中国工程院院士盖均镒五人以及来自多个部门的相关专家到天山冰川站视察。专家们听取了工作和科研报告,考察了1号冰川及相关观测工作,对天山冰川站的学科目标凝练、人才队伍建设等方面给予了充分肯定,考察中详细询问了观测项目、雪冰过程、冰川变化及其预测研究等方面的问题。并指出要继续加强对雪冰过程和冰川变化的观测和研究,为全球气候变化研究做出更大的贡献。

2007年10月19—21日,由中国科学院新疆生态与地理研究所主办、中国科学院地质与地球物理研究所、中国科学院天山冰川站协办的“干旱区生态水文过程与环境协调发展国际学术研讨会”,在乌鲁木齐召开。中国科学院刘昌明院士,汪集旸院士与来自美国、加拿大、奥地利等外国专家、海外华人学者以及来自国内著名科研院所的水文、生态学专家50多人参加了会议。天山冰川站10多名科研人员参加这一会议,并就“塔里木河上游冰川变化及其预测”议题进行了报告和学术交流,期间许多与会专家赴天山冰川站进行了参观和学术交流。

国际合作研究是天山冰川站的传统优势。国际冰川监测机构中的许多组织者和专家都曾来站参观指导。目前每年都有十几名国外科学家来站进行合作研究,重点在两个层面上开展:第一,与国际冰冻圈监测机构和设有冰冻圈监测项目的研究单位进行长期的交流、合作与资料共享,如WGMS, WCRP-CLIC, IGS, WDC-D和 GCOS。第二,与本站主攻方向紧密结合的前沿性课题的合作研究。目前开展合作研究的科学家主要来自美国伯德极地中心,美国缅因州大学,美国沙漠研究所,美国阿拉斯加大学,日本千叶大学,德国亚琛工业大学(RWTH Aachen University)。天山冰川站强调以我为主和与高水平科学家合作的基本方针,根据观测研究目标,有目的地邀请国外相关专业最具实力的科学家作为客座研究人员。例如:雪冰物理化学研究方面,我们在粉尘记录,碳、氮循环方面邀请了美国有关专家进行合作;在冰川有机生物学方面邀请了日本专家进行合作;在能量平衡模式研究方面,邀请了德国专家进行合作;在水文学研究方面,邀请了法国专家进行合作,均取得实质性的效果。

2007年我站与WGMS保持着密切联系,通过电子邮件等方式,共享世界冰川监测网络方面的各种信息,参与各种规划的制定,了解最新观测方法和研究成果等。另外还有以下几个方面的国际合作。

4月,美国加州大学科研人员考察了1号冰川,并且就冰川变化及其环境问题进行了交流与讨论。

6-7月,日本千叶大学Takeuchi博士研究组4人来我站实施PGPI项目合作研究。研究PGPI观测场地雪冰生物过程和粉尘对冰川反照率影响研究。与站上科研人员进行了广泛的学术交

流。之后, Takeuchi博士还分别于8月和12月来我站和我所进行合作研究和学术报告。

7-8月, 德国亚琛工业大学(RWTH Aachen University)专家就1号冰川能量平衡模式建立在天山冰川站进行了2个月的野外观测和合作研究。期间采集了冰川表面温度、湿度、辐射、流速、冰面反照率等资料。

7-8月, 8名法国水文学方面的专家来站进行年度的水水泥沙输送模型方面的观测研究。

9月, 我站2名科技人员参加了在俄罗斯由国际冰川学会(IGS)主办的冰川学年会, 并在会上作了研究报告。

10月, WGMS科学家和意大利专家来站商讨天山冰川监测网络规划问题。

12月, 美国沙漠研究所Edwards博士来所进行PGPI项目黑碳合作研究, 就他近期在《SCIENCE》的研究成果进行了报告。

7 其它工作

7.1 站务工作

4-5月, 天山冰川站全体人员首次在站区进行了植树绿化, 种植了30余棵云杉, 同时进行了每年一度的种花活动, 使我站夏季环境优美宜人。

6-7月, 对部分办公、住宿用房进行了装修, 改善了生活条件。

7-9月, 对观测场地及房屋进行了维修, 对锅炉进行了彻底的维修保养。

7.2 人才培养和团队建设

天山冰川站现有研究生13人, 其中博士后1人, 博士5人, 硕士7人。研究生是本站观测研究工作的一支生力军, 同时还承担了站务工作。2007年天山冰川站共接待了大约30名研究生来站工作或学习, 这些研究生来站后纳入站上统一管理, 在站期间参与站上学习、讨论和学术交流, 营造了一个良好的学习科研氛围。

2007年, 我站研究生培养工作成效显著。获得中国科学院研究生院BHPB奖学金一项, 中国科学院研究生科学与社会实践资助专项一项和冰冻圈科学国家重点实验室2007年学术年会研究生学术报告二等奖一项。

10月23日, 天山冰川站举行了野外技能训练及一年一度的秋季运动会, 设计了具有鲜明野外特色的项目。全站人员以饱满的热情展开了激烈而又有趣的比赛。拔河比赛气氛热烈、高潮迭起; 乒乓球比赛争夺激烈、互不相让; 爬山比赛争先恐后、你追我赶。比赛过程精彩不断, 令人振奋。

科研交流和各种活动培养了研究生的团队精神, 达到了相互信任、自我发现、自我激励、自我突破的目的, 也展示了天山冰川人员团结、拼搏和积极向上的精神风貌。

8 科研项目 and 文章发表情况

8.1 新增科研项目情况

不完全统计, 2007年承担或依托我站的新增科研项目6项, 包括国家自然科学基金青年基金项目 and 面上项目4项, 科技部973项目课题1项, 科技部国家野外站项目1项, 总经费200万元以上; 承担院、所建设项目1项, 经费335万元。

8.2 文章发表情况

据不完全统计, 2007年天山冰川站固定人员和客座研究人员依托站完成的各类研究论文40余篇, 其中已发表的论文30余篇(其中SCI论文8篇以上)。

中国科学院天山冰川观测试验站

2008 年工作总结

一、天山冰川站基本情况

中国科学院天山冰川观测试验站（以下简称天山冰川站）是我国专门以冰川和冰川作用区为主要观测、试验和研究对象的野外台站，是在施雅风院士倡议下于 1959 年建立的。1981 年进入世界冰川监测网络（英文简称 WGMS）。1988 年成为中国科学院首批对外开放台站。1997 年中国科学院野外台站评审中被评为 A 类站，同时被授予野外工作先进集体。1999 年成为首批国家重点野外试点站，2006 年通过认证成为国家重点站。2007 年被中科院选为院特殊环境网络站重点站。

天山冰川站建立以来，在冰川底部运动机理、冰川温度分布及形成机理、小冰期三次冰川作用时间序列建立等冰川学基础理论方面做出了重要贡献；在认识成冰作用理论、建立冰川物质平衡与气候、冰川面积与厚度、冰川融水径流划分等经验和半经验公式起到过关键作用；为冰川温度感测计、测冰雷达、冰芯钻及蒸汽钻等冰川学研究关键技术的研发提供了野外试验条件和场所。

最近 10 年，天山冰川站在冰川与全球变化、雪冰现代过程、高寒生态及冰缘作用等方面取得了丰硕的成果。据统计，2000 年以来，天山冰川站共获得 4 项国家和甘肃省科技奖励，4 项国家专利，参与制定 1 项地方标准，发表研究论文 300 余篇，其中，SCI 论文 70 余篇，专著 6 部。如今，天山冰川站经过近 50 年的建设，已成为一个国内外知名，在国际冰川监测网络中，代表中国冰川定位监测的冰川观测、试验和研究基地。

天山冰川站主要监测的天山乌鲁木齐河源 1 号冰川（下简称乌源 1 号冰川或 1 号冰川）是我国监测时间最长的冰川，位于中国西部和亚洲中部干旱环境下的高寒区，对气候变化反映敏感，对干旱区水资源变化研究具有典型性。

1 号冰川同时也是 WGMS 网络中惟一的中国冰川，并在 WGMS 网络中具有十分重要的地位。根据 WGMS 评估报告，1 号冰川过去 50 年间的变化，典型地反映了欧亚大陆腹地大陆型冰川的变化，其所处的地理位置，填补了亚洲中部冰川监测的空白。WGMS 将 1 号冰川列为全球 10 条重点监测冰川之一，观测资料被定期刊登在由国际水文协会雪冰委员会、联合国环境规划署（UNEP）以及教科文组织（IAHS (ICSI)-UNEP-UNESCO）主编的各种刊物上。2007 年，WGMS 和 UNEP 基于全球 30 条冰川建立了全球冰川过去 50 年变化标准曲线。入选的 30 条冰川均为观测时间长，数据可靠，代表性强的冰川，1 号冰川被列其中。天山冰川站资料被广泛地推介于各种全球变化研究计划中，并为各种资料报告和数据库所收录，受到包括 IPCC 报告等在内的广泛引用。1 号冰川也因此吸引了众多国内外学者来站开展合作研究。

二、2008 年基本情况

2008 年是天山冰川站在冰川监测网络、平台建设和研究工作等方面取得重大发展的一年。这一年，天山冰川站完成了中国境内西天山托木尔峰地区青冰滩 72 号冰川的定位观测点建设工作；完成了天山冰川站综合楼主体工程；在区域冰川变化监测、冰川动力学模拟和预测方面进行了创新性研究；在雪冰现代过程方面取得了丰富的成果。

2008 年是天山冰川站与 WGMS 继续广泛交流合作的一年。随着冰川变化研究在国际上的升温，WGMS 制定了一系列观测研究计划，天山冰川站积极参与了这些计划的讨论与实施，与 WGMS 科学家在不同层面上开展了交流与合作，保持了其观测、研究与国际同步。

2008 年是天山冰川站“天山冰川监测网络”建设取得重大发展的一年。这一年除了已有的 3 个定位观测点的常规观测之外,完成了天山西段的托木尔峰地区的定位观测点建立。新的观测冰川为西天山托木尔峰地区青冰滩 72 号冰川。这一观测点的建立,形成了对中国境内 1700 km 天山的完整冰川观测体系。本年度新购买的三桥牵引卡车,对这一观测体系的维护起到重要作用。

2008 年是天山冰川站天山雪冰记录与环境与雪冰物理、化学过程研究(英文简称 PGPI)继续深入的一年。PGPI 始于 2002 年,旨在搞清冰芯记录形成过程和东天山雪冰地球化学循环特征。这一年在完成降雪—粒雪—冰川冰的物理、化学演化全过程的观测基础上,经过分析研究,取得了许多初步结果,为进一步研究奠定了扎实的基础。

2008 年是天山冰川站冰川与全球变化研究取得全面进展的一年。分析总结了 4 条监测冰川的变化规律,研究了整个新疆冰川过去 40 年来的变化和未来对新疆水资源的影响。冰川动力学方面,首先揭示了 1 号冰川对气候变暖的响应,在冰川动力学预测模式方面取得突破,通过这一模式,预估了 1 号冰川未来变化过程,回答了一些天山冰川未来变化方面的热点问题;其次在单条冰川动力学模式向流域、区域推广方面取得了初步进展;另外在整个天山地区的冰川变化及其对水资源评估方面,进行了卓有成效的研究。

2008 年国内外的合作研究丰富务实。来站和来所开展合作交流的国外科研人员达 20 余人次,针对 WGMS 监测,PGPI 项目,冰川变化与水资源进行了多个层次的交流与合作。参加国际专门的冰川学会议 2 次。国内合作与交流也十分活跃,除了继续与北京大学、兰州大学、新疆农业大学、中国科学院地质所、植物所在冰缘地质地貌和植物生态方面的合作外,接待了许多专家(或专家组),并协办、参加各种学术会议。

2008 年天山冰川站各项观测有序进行。除保证各种常规观测项目,包括冰川物质平衡、冰川运动、冰川温度、水文及气象等高质量实施外,还根据研究项目的需要,加强了对 1 号冰川的雪冰物理、化学现代过程的观测,增加了冰川运动季节变化、冰川反照率、冰川区气象等 10 多个新的观测项目。在观测规范制定、数据共享机制和门户网站建设方面很好地完成了国家站的要求。

2008 年在平台建设方面,取得了突出进展。这一年拆除了 400 m² 以上的危旧房,新建了 860 m² 的天山冰川站综合楼。对站区绿化、观测场地改造等进行了新的规划,这一基建项目的实施,将彻底改变天山冰川站面貌,大大提升天山站硬件环境。本年度,天山冰川站获取了站区土地使用证,解决了这个 30 多年悬而未决的难题。

2008 年在人才与团队建设方面有新的发展。通过与西北师范大学、兰州大学等联合培养研究等方法,使在站工作和做毕业论文的研究生数量达到 30 余名。在获奖方面,研究生获得中科院院长优秀奖学金 1 项,中科院研究生院中—澳 BHPB 奖学金 1 项,冰冻圈科学国家重点实验室研究生学术报告一等奖 1 项,三等奖 1 项。

2008 年我站在项目争取、研究论文发表方面继续保持着良好态势。

三、观测工作年度进展

天山冰川站的观测分为常规观测项目和特殊观测项目。常规观测是由天山冰川站学术委员会确立的,由站实施、规范和维持的长期观测项目。特殊观测是由项目和站共同实施的观测项目。目前天山冰川站设立的常规观测项目涉及冰川雪冰过程、冰川变化、冰川运动、冰川水文与气象、冻土、气象、高寒环境、冰缘作用 8 个学科方向,100 多个条目,分布在 1 号冰川和其它 7 个观测场。

2008 年天山冰川站各项观测有序进行。除保证各种常规观测项目高质量实施外,还根据研究项目的需要,加强了对 1 号冰川的雪冰物理、化学现代过程的观测,增加了冰川运动季节变化、冰川反照率、冰川区气象等 10 多个新的特殊观测项目。

2008 年在观测规范制定、数据共享机制和门户网站建设方面很好地达到了国家站的要求。完成了《冰川及其相关观测方法与规范》的初稿，有效地进行了历史观测数据的挖掘工作，完善了天山冰川站门户网站和数据库设计。

在 973 等项目支持下，撰写了《冰川动力学模式基本原理和参数观测指南》，已成为全国冰川动力学模式参数观测指南。

2008 年天山冰川站与 WGMS 进行了广泛地交流合作。由于国际上冰川变化研究升温，WGMS 制定了一系列观测研究计划，包括深入开展冰川物理参数的观测，发展以冰川动力学为基础的冰川预测模式，利用遥感和地面观测相结合的方法开展冰川变化研究等等，天山冰川站积极参与了这些计划的讨论与实施，保持了其观测、研究与国际同步。体现在冰川观测在手段、规范及资料公布方面与国际接轨。包括在 UNEP 各类数据集（库）中，1 号冰川数据被广泛收录，包括其出版的 ENVIRONMENTAL DATA REPORT，系列数据集和 GEO DATA PORTAL 数据库。2007 年，WGMS 选取了 30 条典型冰川的观测结果绘制出自 1960 年以来全球冰川的年代变化和累积变化标准图，1 号冰川被列其中。这一结果为 UNEP 和各种环境变化报告广泛引用，引起极大反响。据不完全统计，自 2000 年以来，国际上各种刊物、报告及学术论文中直接引用 1 号冰川观测资料的数量多达 100 余次。

四、天山冰川监测网络建设

为将天山冰川站建设成为具有真正意义上的“天山”冰川站，自 1998 年起在站学术委员会指导下，天山冰川站开展了针对天山山脉不同区域冰川的定位观测点建设。逐步建立了 3 个二级定位观测点，即奎屯河哈希勒根 51 号冰川、哈密庙尔沟平顶冰川和托木尔青冰滩 72 号冰川，由天山最东端至最西端，跨越 1700 km，实现了对中国境内天山冰川的完整观测体系，观测点如图 4.1 所示。



图 4.1 天山冰川定位监测点

4.1 青冰滩 72 号冰川定位观测点的建立

2008 年是天山冰川站“天山冰川监测网络”建设取得重大发展的一年。这一年除了各个二级定位观测点的观测外，组织了近 30 人的大规模野外考察队，对青冰滩 72 号冰川进行了十分详尽的考察研究。该冰川所处的托木尔峰冰川区位于我国境内天山山脉的西端，是亚洲内陆最大的冰川发育区，塔里木河的主要源地。该地区冰川分布相当集中，主要以具有表碛覆盖的托木尔型冰川为主，冰川融水占河川径流的比率很高，平均在 40% 以上。目前已开展的冰川考察研究工作包括冰川制图、冰川物质平衡（布设了 10 排花杆，共 27 根）、冰川水文气象、冰川厚度测量（9 条断面测量）、冰川表碛观测研究、冰川能量平衡、冰川温度

(3 个测孔)、冰川高程变化、冰川积累区雪层研究、冰川化学和气溶胶研究等, 得到如下初步结果:

- 青冰滩地区冰川分布丰富, 多样性好, 是一个良好的研究试验区。
- 青冰滩 72 号冰川 (较之 1 号冰川) 退缩和消融速度快。
- 青冰滩 72 号冰川运动补给相对强烈, 动力学作用不可忽视。
- 青冰滩 72 号冰川山谷部分主流线厚度相对较薄, 冰川温度高, 抵御未来升温能力较弱。
- 青冰滩 72 号冰川积累区净积累量应该在 800 mm 以上。
- 青冰滩 72 号冰川表碛厚度与消融关系密切, 表碛厚度资料的采集重要。

目前我站通过遥感手段对该地区阿克苏河上游 40%以上冰川变化特征进行了研究。通过各种手段, 弄清冰川的基本属性和变化情况, 通过冰川动力学模式预测冰川未来变化情况。

4.2 哈密庙尔沟冰帽

该冰帽位于哈密北部, 天山山脉最东段, 中亚干旱—半干旱区中心。哈密地区行政上包括哈密市、伊吾县和巴里坤县, 总面积 $15.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 居住着 28 个民族, 人口 56 万, 冰川和山区降水是该区社会经济命运的命脉。东天山呈东西向横亘于哈密境内, 是本区的水源地和“水塔”。区域内共有大小冰川 179 条, 累积冰川面积 155.83 km^2 , 冰储量约 8 km^3 。非季节性河流 76 条, 约有 20 条河流受到冰川融水的补给, 冰川平均每年融水量达 $1.72 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。根据观测, 受到气候变暖、降水波动增加、冰川退缩的影响, 不同冰川补给的河流径流发生了明显的变化, 出现了一些河流水量减退的新动向。不受冰川融水补给的河流年径流变幅加大, 出现洪枯水量悬殊, 洪峰流量增大, 枯水季节延长, 一般年份水量减少; 受小冰川融水补给、但不占主要补给成分的河流, 尽管在 2000 年以前河流水量有所增加, 但在近期出现径流减少或水量增加趋势减缓; 而受较大冰川 (一般为 $4 \sim 5 \text{ km}^2$) 融水补给又占主要径流成分 (大于 30%) 的河流, 现基本仍维持水量增加趋势, 但增幅也在减少。

由于该地区冰川是吐—哈盆地的主要水资源, 无论在沙尘暴记录还是干旱区水资源研究方面都具有十分重要的意义。我站于 2004 年开始这条冰川的连续观测研究, 2005 年在冰川顶部钻取 2 支透底冰芯。2007 年 8 月, 再次开展了冰川物质平衡、厚度、温度、面积和运动速度等详细观测研究。初步的研究结果显示, 该冰川积累量约 200 mm 水当量, 自 20 世纪 80 年代以来, 冰川上部厚度减薄了 5-7m 左右, 下部平均减薄了 20 m。面积减少约 3.1%, 末端平均后退 2.7 m a^{-1} 。相比之下, 在面积和末端退缩等方面该冰川小于 1 号冰川变化的幅度, 且冰川温度较低。其原因可能与该处大气环流状况有关。该处属西风环流和季风作用都比较弱的区域, 冬季气候受北部冷气流的影响较为严重。此外, 在雪冰化学方面, 各种离子浓度略高于 1 号冰川, 尤其是盐湖蒸发盐类衍生的化学成分含量较高。

2008 年我站再次对该地区进行了野外考察。之后与哈密水文水资源勘测局共同向新疆水利厅申请了《加强哈密地区冰川水文水资源监测研究》项目, 得到批准。项目拟定自 2009 年开始, 我站在庙尔沟、榆树沟建立两个冰川水文气象观测站, 增选 1 条冰川进行物质平衡观测, 旨在共同对受气候变化影响特别敏感的哈密地区冰川和水文水资源的近况和未来变化做出评价和预估。

五、科研工作年度进展

2008 年的科研工作仍然是紧紧围绕冰川与气候变化研究和天山雪冰记录与环境、雪冰物理化学过程研究两个学术方向进行的。

5.1 冰川与气候变化

5.1.1 乌源 1 号冰川物质平衡模式研究

冰川对气候变化反映敏感，20 世纪以来随着全球性的升温和降水变化，大多数山岳冰川呈现出明显的退缩状态，这一退缩在最近 20 年又出现了强烈的加速趋势。在中国西部干旱区，冰川是重要的水资源，对冰川未来变化的预测及其水资源影响是众所关注的问题。

冰川目前的变化一方面是由于气温升高和降水改变造成的，另一方面是由冰川的流动特性造成的。流动改变了冰川各部分所处的水热条件，同时造成了冰川变化显著的滞后于气候变化。冰川动力学模式以物质平衡模式的结果为输入端，利用冰川动力学理论进行预测，不仅能够预测冰川在气候发生变化时详细的几何形状响应过程，而且可以预测出冰川在给定期气候情景下的最终退缩状况，实现由气候变化-冰川物质平衡变化-冰川动力学响应-冰川形态体积变化（冰川融水资源变化）的完整推算。

基于 1 号冰川多年观测和新增的多种特殊观测，通过国际合作和自我创新，构建了以度日模型为核心的冰川物质平衡模型。该模型可以很好地模拟冰川表面物质平衡的年际变化过程和物质平衡对气候变化响应的定量特征，较以往的研究有较大发展。另外，分布式的能量平衡模型也正在提取观测资料和初步建立阶段。

5.1.2 乌源 1 号冰川动力学模式建立和未来变化预测研究

根据 1 号冰川多年详细的观测和新增的观测资料，构建了 1 号冰川动力学模式。该模式以物质平衡模式运行结果为输入端，对 1 号冰川过去 40 年的变化作了很好的重现。应用该动力学模型，耦合物质平衡模式，以 IPCC2007 报告所提供的几种未来气候变化情景为背景，预估了 1 号冰川面积、储量、长度及冰川径流的未来动态变化过程，变化特征及冰川消亡时间。结果显示 1 号冰川将在未来 70-90 年消失，极端升温条件下可在 50 年左右消失。到 2050 年，该冰川面积与体积都将缩小目前规模的一半以上，而冰川径流在 2050 年之后会急剧减少。

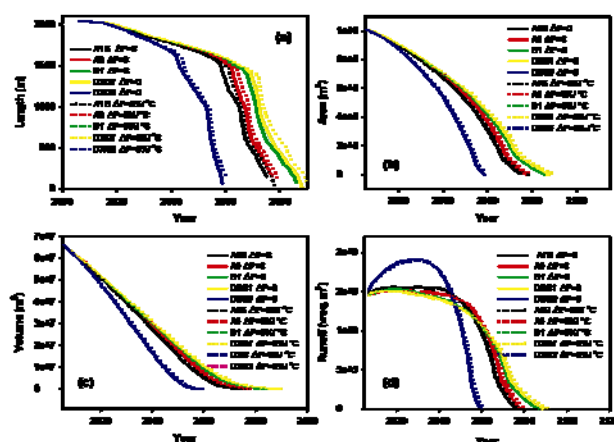


图 5.1 不同升温情景下乌源 1 号冰川未来变化预估结果

5.1.3 单条冰川动力学模型尺度转换研究和初步结果

在 1 号冰川上建立的物质平衡—动力学耦合模式向乌鲁木齐河流域推广的工作已开展，并获得以下初步结果：

- 以理想塑性体理论为基础，以冰川表面形态及高程要素为变量，构建了针对山岳冰川的厚度分布模拟计算方法。该方法适用于不同类型、不同规模及基岩形态迥异的山岳冰川，经验证其结果准确度较高，完全满足动力学模式要求。
- 以冰川变化调查结果及遥感图像数据为输入条件，利用耦合模式重建了乌河流域所有冰川过去 40 年变化历史。模拟结果与实测结果的误差仅在 6% 以内。
- 以遥感图像数据为输入，利用耦合模式对乌河流域所有冰川未来规模对气候变化的响应作了初步预估，结果指出未来 50-70 年间乌河流域 80% 的冰川将消失。

- 同步开展模式参数敏感性试验，探索流域（或区域）尺度不同性质/规模冰川对气候变化响应模拟的参数优化方法。
- 对其它地区典型冰川将进行模拟计算工作，已经撰写出《冰川动力学模式基本原理和参数观测指南》，待观测资料收集完成之后即开展相应的模式构建工作。

5.1.4 新疆地区冰川固体水资源的变迁

该项目是我站承担的中国工程院重大咨询项目《新疆可持续发展中有关水资源的战略研究》中的一个专题。项目根据我站在新疆天山建立的冰川监测网络资料，分析总结了新疆典型冰川近 40 年来的变化情况和对水资源的影响。同时利用遥感、航测和地形图等方法，研究了整个新疆地区冰川的变化情况，对目前冰川变化状况和未来变化趋势进行了评价和预估。提交了《新疆冰川水资源变化》和《新疆冰雪水资源变化、预测和对水资源的影响》两份咨询报告，引起各方重视。这项研究表明，新疆地区近 40 年来冰川的面积缩小 10~34%。冰川变化对未来水资源的影响在各个区域有很大差异。东疆地区，冰川的减少消失会造成未来河川径流量的减少和年变幅增大。天山北麓冰川变化会制约该区经济发展。塔河上游冰川变化在近期会增加融水径流，但长远来看，会造成水资源灾难性减少。伊犁河和额尔齐斯河地区要充分研究积雪对河川径流的影响和调节作用。

5.1.5 乌源 1 号冰川储量变化

冰川储量的准确计算是研究冰川水资源的基础。本项研究基于 GIS 技术，结合地形图、雷达测厚资料以及实测数据，运用厚度积分法和表-底构建法计算得到 1 号冰川 1962 年、1981 年、1986 年、2001 年、2006 年冰储量分别为 0.089425 km³、0.085769 km³、0.082780 km³、0.072075 km³ 和 0.066128 km³。在此计算结果基础上研究了冰储量与冰川物质平衡之间的关系，分析了冰储量变化与相应冰川面积、长度及厚度变化之间的关系，并进一步讨论了 GIS 法与经验公式法计算冰储量的差异。结果表明，近 44 年间，冰储量、冰川面积、长度与厚度皆有减小趋势，冰储量减小速率最大，厚度其次，再次为面积，长度缩短率最小。与 GIS 法相比，利用经验公式计算冰储量的方法产生误差较大，具体表现在选择不同经验公式获得的结果有一定差异，因此针对适用条件对经验公式做出选择是有效计算冰储量的前提。

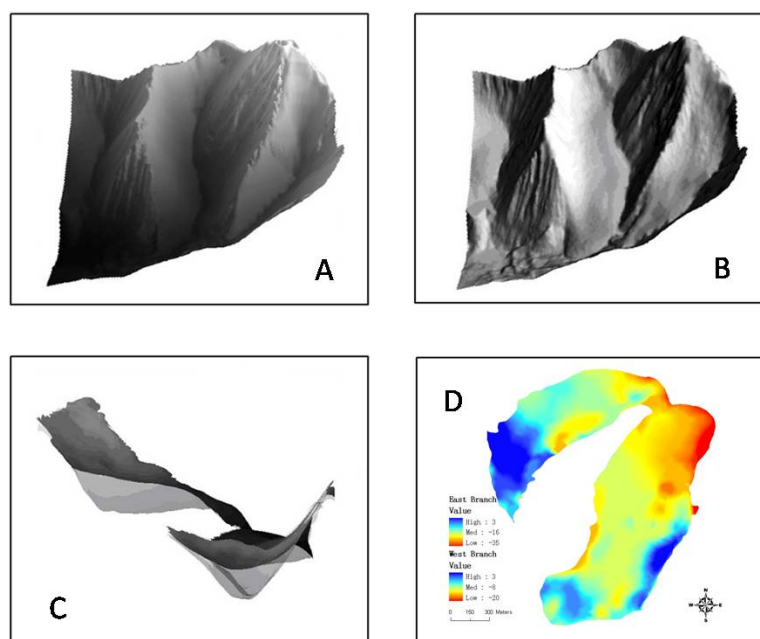


图 5.2 A: 1 号冰川底部基岩 DEM; B: 1 号冰川表面 DEM; C: 1 号冰川冰体; D: 1962-1986 年 1 号冰川厚度变化

5.1.6 高斯函数参量法对乌鲁木齐河流域山区降水的计算

根据乌鲁木齐河流域 7 个雨量站点多年 (17~61 年) 的月平均降水数据的统计规律, 提出一种新的、能够同时满足空间维和时间维插值需求的降水分布及降水量计算模型—高斯函数参量化法。该模型根据高斯函数的几何意义和降水分布规律, 给高斯函数的参数赋予了明确的物理意义, 从而把对降水量和分布函数规律的计算转化为对高斯函数少量参数 (1~3 个) 的估计。不仅能够实现山区降水在时间上和空间上的插值, 而且能够实现降水量和降水分布函数的相互转换。特别是能解决在高山区降水数据稀缺条件下的降水量和降水分布估计的问题。大大提高了降水数据的可用性。该方法具有较高的实用价值, 且操作简单, 应用广泛, 能够满足 4 个方面的应用: (1) 降水分布函数是时间的函数, 可以计算任意时刻的降水值; (2) 通过对降水分布函数在一定时段内积分, 可以计算任意时间周期内降水量; (3) 模型经过简化, 可以将 3 个参数的估计转化为对 1 个参数 a 的估计, 从而能够满足观测数据稀缺的应用需求; (4) 模型经过推广, 能够适用于降水分布有超过一个峰值的情况, 从而扩大了高斯参量法的应用范围, 包括在不同地区以及不同时间尺度上的应用。

5.2 天山雪冰记录与环境、雪冰物理化学过程研究

天山冰川站在整个天山建立了冰川监测网络, 为该地区雪冰记录与环境研究奠定了良好基础。2004 年以来我站先后在庙尔沟冰帽、奎屯河哈希勒根 48 号冰川钻取一系列浅冰/雪芯, 研究工作正在进行之中。

降雪转化为冰川冰这一物理化学过程是冰川学的基本研究内容。雪/冰芯记录的解释也基于对这一现代过程的研究。这项研究需要依靠野外站的长期观测。天山冰川站于 2002 年 7 月与美国合作在 1 号冰川 4130 m 积累区建立了雪冰过程观测取样定位场, 钻取了多支冰芯, 进行常年不间断的观测采样, 冬季也不停止。由于搭建了良好的观测研究平台, 吸引了许多国内外相关知名学者前来我站开展合作研究, 包括美国俄亥俄州立大学、内华达州沙漠研究所 (DRI) 和日本 Chiba 大学的研究人员。这项研究被称为 PGPI (Program for Glacier Processes Investigations) 项目, 已有研究初步弄清了降雪转化为冰川冰不同阶段的时间问题和雪冰记录形成过程中的一些物理、化学过程; 探讨了大气/雪界面的化学关系; 搞清了雪冰有机质记录与大气环境变化间的联系。发现融水的淋溶作用发生在日均气温为 -3.6°C , 这一作用对雪冰记录的形成和保存影响重大。2008 年我站在以下几个方面取得一些新的进展。

5.2.1 乌源 1 号冰川表面粉尘与冰川返照率关系研究

目前全球大多数山岳冰川正在加速退缩, 其原因之一被认为是冰川表面的粉尘含量增加导致的反照率下降。天山冰川站自 2006 年起与日本千叶大学合作开始了相关研究。发现 1 号冰川夏季消融季节裸冰表面大部分被棕色的粉尘颗粒物所覆盖。冰川表面的粉尘量在 $86-1113\text{g m}^{-2}$ (平均 335g m^{-2} , 标准偏差 $Sd=211$), 这些值在亚洲冰川的正常范围内, 但是远大于其他地区的冰川, 例如 Alaska, Patagonia, 以及 Canadian Arctic 地区。对这些粉尘的分析显示, 粉尘中含有较高的有机物成分, 这些有机物成分的生长与气温的升高有密切的关系。表明冰川表面粉尘含量及颗粒物的大小不仅受沙尘源区的影响, 还与冰川上的微生物活动有关。冰川表面反照率明显受到粉尘含量的影响, 在冰面为 $0.09\sim 0.24$ (平均 0.14), 雪面为在 $0.50\sim 0.64$ (平均 0.56), 与洁净冰面和雪面相比大幅度减小。这些结果表明冰川表面的矿物粉尘和有机物粉尘增加是冰川加速退缩重要原因之一。

5.2.2 乌源 1 号冰川区气溶胶颗粒物特征分析

使用带 X 射线能谱仪的扫描电子显微镜 (SEM-EDX) 对 2007 年采集的气溶胶样品中的单个颗粒物进行了微观形貌和元素分析。结果表明: 该地区气溶胶颗粒主要为表面粗糙的不

规则矿物颗粒，如石英、石灰石及粘土矿物颗粒（如图 5.3a）。此外还发现少量含 S 颗粒物和烟尘（如图 5.3b 和 c），这两种颗粒物可能与人为污染有关。颗粒物尺寸和环度的分析表明，气溶胶颗粒以小于 $2.0\mu\text{m}$ 且环度值为 1.16 的非圆颗粒物为主，其中尺寸和环度分布表现出相同的季节变化趋势，夏、秋季颗粒物尺寸和环度较冬、春季小。而尺寸小的颗粒物趋于低环度值，尺寸大的颗粒物的形状较复杂且环度值较高。结合气象条件分析表明，夏季颗粒物尺寸、环度较小，可能与降水的清除作用有关；秋季降水相对较少，但颗粒物尺寸、环度亦小，可能与大量远距离传输的颗粒物有关；春季虽然降水较冬季多，但风力大且沙尘暴频发，颗粒物尺寸和环度也大；冬季由于降水很少，清除率低，且风力较大，容易将近源的颗粒物吹至冰面，颗粒物表现出较大的尺寸和环度特征。

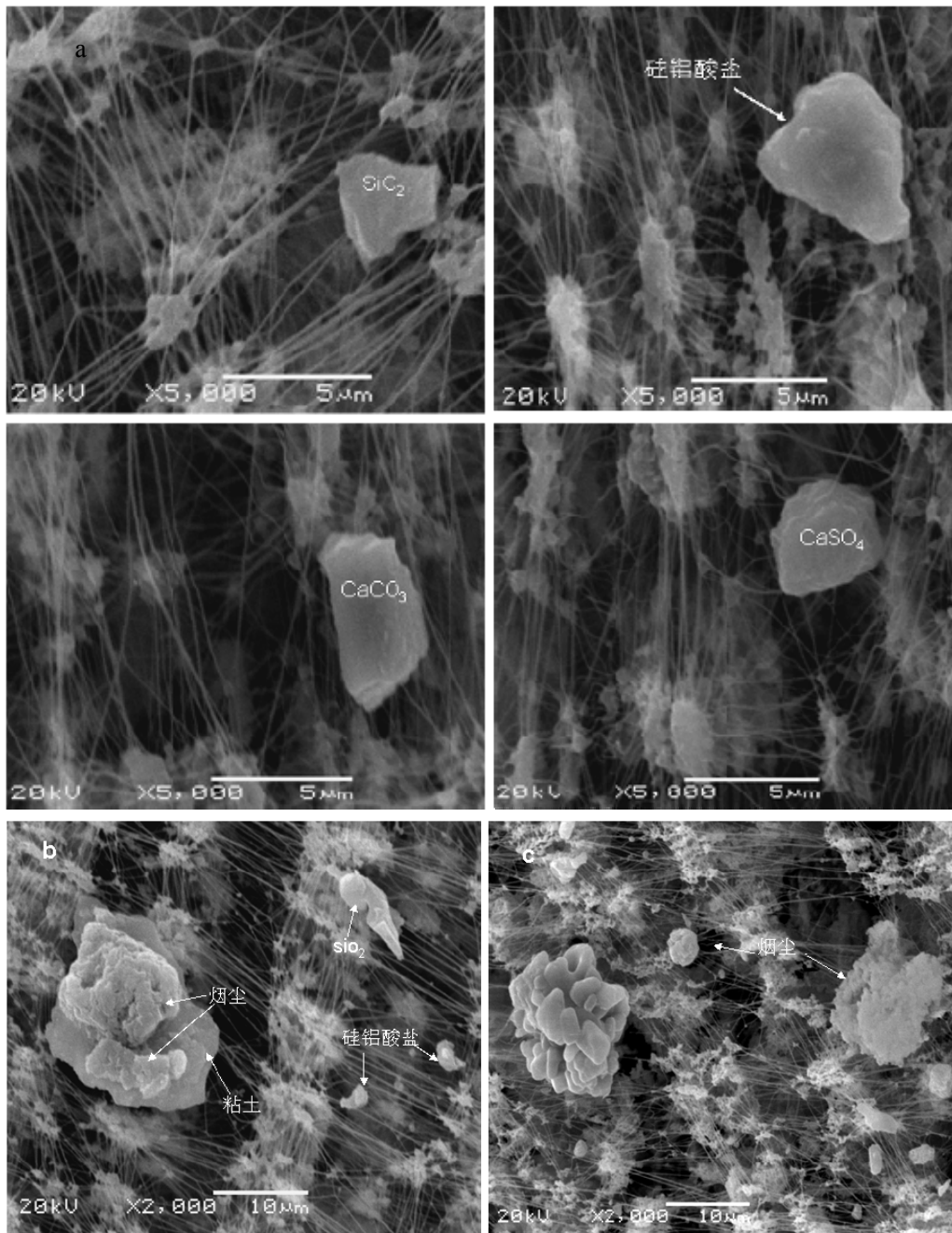


图 5.3 气溶胶颗粒的扫描电镜图像（二次电子图像）

5.2.3 鲁木齐河流域降水化学特征研究

该研究根据 2003 年 4 月至 2004 年 2 月间乌鲁木齐河流域高山站和基本站的 128 个连续降水样品,对降水化学特征进行了分析,包括主要无机离子、pH 值、电导率和不溶性微粒。结果表明,降水中阳离子主要以 Ca^{2+} 为主,阴离子主要以 SO_4^{2-} 为主。各化学成分的季节变化受气象条件和人为因素的影响。来自塔克拉玛干的沙尘颗粒主要由 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ 和 Cl^- 组成。 Ca^{2+} 离子以 CaCO_3 和 CaSO_4 的形式存在于矿尘中。研究发现本区 Ca^{2+} , Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 具有很高的相关性, R 分别为:基本站 0.9 和 0.8;高山站 0.9 和 0.6。推测该地区降水样品中的化学成分主要来源于亚洲粉尘气溶胶,且春季影响最显著。虽然基本站位于郊外地带,但仍然受到燃烧排放的影响,特别是冬季由于逆温层的强烈作用,影响更为严重。干湿沉降通量的计算表明 Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 干沉降的量和湿沉降相当。但对于 NH_4^+ 、 NO_3^- 和 Cl^- , 湿沉降起主要作用。

5.3 高寒植物对环境胁迫的响应机理研究

国际上对植物的抗寒(零下低温)的生理生态学研究较为关注并取得了大量研究成果,而对抗冻(零下低温)的抗性机制几乎没有涉及,也没有针对野外高山环境下生长的具有超强抗冻性的冰缘植物进行研究。近年来,以冰缘植物为研究材料,对植物抗冻性进行了广泛、深入的研究。本研究是天山冰川站与兰州大学的合作研究项目,其成果获 2008 年甘肃省自然科学二等奖。主要成果如下。

5.3.2 阐述了高寒冰缘植被的生态特征及其与环境的关系

选择了天山作为研究基地,阐明了乌鲁木齐河源区高寒冰缘植被有 7 个群系,28 个群丛,有花植物 74 种,分属于 22 科,53 个属。通过对 37 种冰缘植物的形态结构特征和生理代谢的分析,确定了决定高寒冰缘植被群落类型和空间分布的主要生态因子是热量和有效水分;指出上突的气孔、厚的角质层、发达的表皮毛及叶肉细胞内有大的细胞间隙是冰缘植物抗冻、抗辐射、抗缺氧、抗强风冰缘植物在形态结构上的适应性特征,而积累的大量游离中性氨基酸—特别是脯氨酸、可溶性糖、粗脂肪和类黄酮等则是植物适应冰缘环境的物质基础。全面阐释了冰缘植物抗冻、抗辐射、抗缺氧、抗强风的形态结构特征、代谢基础和微生物之间的关系。

5.3.3 确定了高山离子芥是研究植物抗冻的理想材料

通过广泛的生理生化和分子生物学分析,发现高山离子芥在生理代谢上具有特殊的抗逆性,因此,确定了高山离子芥作为研究植物抗冻/抗寒机理的优良材料,可成为抗冻研究的模式植物,在国内外得到专家的肯定。研究表明:高山离子芥悬浮细胞半致死速冻温度低达为 $-14.22 \pm 0.43^\circ\text{C}$ (LT50),叶片的半致死速冻温度低达 $-10.42 \pm 0.56^\circ\text{C}$;高山离子芥对速冻胁迫具有快速应激能力,特别是具有较强的酶促抗氧化能力和较强的叶片再生能力,建立了高山离子芥的组织和悬浮细胞培养体系,为进一步深入研究提供了充足的实验材料。

5.3.4 阐释了冰缘植物抗冻的生理生态学机制

高山植物的特殊生长环境特点是高海拔,低氧分压,通过对其耗氧产能细胞器官—线粒体的研究,从能量代谢角度深入揭示了植物对低温环境的适应机理。通过冰缘植物膜的 ATP 酶等离子泵和呼吸链氧化酶的研究,总结低温信号启动膜的生理生化变化的规律;并发现泛醌和呼吸链交替途径在线粒体功能的调节方面起着重要的作用;阐明了高山离子芥维持线粒体的正常功能的机理,首次发现线粒体 NADH 脱氢酶复合体组装方式,揭示了线粒体电子传递链特征及其与抗冻性的关系。

揭示了高山离子芥悬浮细胞的抗寒性与 Ca^{2+} 稳态的维持和 Ca^{2+} -ATPase 活性关系。通过激光共聚焦显微镜观察发现, 经低温胁迫后, 原生质体中的游离 Ca^{2+} 水平增加, Ca^{2+} 在细胞中的分布也发生了变化, Ca^{2+} 主要集中在液泡。同时细胞内出现房室化现象。在低温胁迫条件下, Ca^{2+} -ATPase 维持较高活性, 特别是在细胞壁和质膜的部位酶的活性更高, 说明 Ca^{2+} -ATPase 在低温条件下保持活性可使这种悬浮细胞维持 Ca^{2+} 稳态。提出低温下钙离子稳态对膜功能保持的重要性, 揭示了高山离子芥抗冻性与 Ca^{2+} 的关系。

六、国内、外合作与交流

2008 年国内外的合作研究丰富而务实。尽管由于天山站基建项目的实施给来站专家、领导带来不便, 但仍有 20 余人次国外科研人员来站或来所开展合作与交流。与北京大学、兰州大学、新疆农业大学、中国科学院地质所、植物所在冰缘地质地貌和植物生态方面的合作进展良好。国内合作与交流也十分活跃, 科研人员参加了一系列学术讨论会, 接待了许多专家(或专家组)来站考察。

国际合作研究是天山冰川站的传统优势。国际冰川监测机构中的许多组织者和专家都曾来站参观指导。目前每年都有十几名国外科学家来站进行合作研究, 重点在两个层面上开展: 第一, 与国际冰冻圈监测机构和设有冰冻圈监测项目的研究单位进行长期的交流、合作与资料共享, 如 UZH, NSIDC, WGMS, WCRP-CLiC, IGS, WDC-D 和 GCOS。第二, 与本站主攻方向紧密结合的前沿性课题的合作研究。目前开展合作研究的科学家主要来自美国伯德极地中心, 美国缅因州大学, 美国沙漠研究所, 美国阿拉斯加大学, 日本千叶大学, 德国亚琛工业大学(RWTH Aachen University)。天山冰川站强调以我为主和与高水平科学家合作的基本方针, 根据观测研究目标, 有目的地邀请国外相关专业最具实力的科学家作为客座研究人员。例如: 雪冰物理化学研究方面, 我们在粉尘记录, 碳、氮循环方面邀请了美国有关专家进行合作; 在冰川有机生物学方面邀请了日本专家进行合作; 在能量平衡模式研究方面, 邀请了德国专家进行合作; 在水文学研究方面, 邀请了法国专家进行合作, 均取得实质性的效果。

2008 年我站与 WGMS 保持着密切联系, 通过人员交流等方式, 共享世界冰川监测网络方面的各种信息, 参与各种规划的制定, 了解最新观测方法和研究成果等。10 月, 美国国家雪冰数据中心(NSIDC)主任 Roger Barry 教授和该中心冰川变化项目负责人 Bruce Raup, WGMS 冰川监测项目负责人 Andi Käab 教授和冰川遥感负责人 Frank Paul 博士与我站人员进行了多次座谈交流, 听取了天山站工作汇报, 提出了进一步工作希望, 并传达了 WGMS 负责人 Wilfried Haerberli 教授的关心和问候。

在雪冰化学与环境研究方面, 除了日本、德国方面的合作之外, 2008 年 5 月特别邀请了美国沙漠研究所著名气溶胶研究专家 Chow, J.C. 和 J.G. Watson 教授来站进行了为期 2 日的座谈与交流, 达成了合作意向, 取得了良好效果。

冰川动力学模式方面的国际合作也进入高潮。英国 Bristol 大学的 John Nye 教授是将动力学模式应用于冰川学研究的奠基者。从 2006 年开始, 我站科研人员通过电子邮件及信件方式与 Nye 教授进行了频繁的讨论, 得到了有效的理论帮助与指导。Guðfinna Aðalgeirsdóttir 博士是冰岛著名的冰川动力学模式专家, 她所带领的团队对两极冰盖所做的模拟工作处于国际领先水平。Aðalgeirsdóttir 博士对我站在 1 号冰川上所做的工作非常感兴趣, 并热情地给予技术帮助, 拟邀请她 2009 年夏季来华做学术交流, 一起完成流域动力学模式工作的误差校正及结果评价等工作。德国 Aachen 大学的 Christophe Schneider 教授与我们在利用能量平衡模式模拟冰川物质平衡方面一直进行着积极的合作。2006 年来 1 号冰川实地考察, 在天山冰川站进行了学术交流并制定了合作计划。之后每年 Schneider 教授或其同事都会来 1 号冰川进行参数观测、数据处理及学术探讨。由中德双方共同设计修订的能量平衡研究和学者互访计划正在进行当中。英国 Manchester 大学的 Roger Braithwaite 教授在大气模式、径流模

式及物质平衡模式方面都颇有造诣,尤其在近二十年中,他将度日模型不断完善成为一种简单但有效的物质平衡模拟工具,为国际相关研究广泛使用。2008年应邀去1号冰川进行了实地考察,就1号冰川的物质平衡模式进行了探讨合作。

2008年8月17-27日,国际冰川学会(IGS)在爱尔兰 Limerick 市召开了“国际冰川动力学会议”。我站3人出席了该会议。会议中利用动力学模式研究冰盖和山岳冰川对气候变化的响应是一个热点问题。许多专家就我们做的有关乌源1号冰川上的冰川动力学工作表现出浓厚兴趣,纷纷给予肯定及友好建议,并表现出合作意向。期间,我们就动力学模式模拟山岳冰川过程中出现的理论及技术问题与 Andrew Fowler 教授及 Richard Hindmarsh 教授进行了讨论,同时探讨了对流域及区域冰川进行模拟的可行性及问题解决方案,我们从中获得很大收益。

5-7月,我站科研人员2次赴新疆自治区水利厅就有关庙尔沟和托木尔冰川变化进行了学术交流和工作汇报。1次赴新疆气象局就有关气溶胶方面的研究进行学术报告和交流。

6月和10月,我站研究人员分别在乌鲁木齐和北京参加了由钱正英主持的中国工程院重大咨询项目研讨会,并做了有关新疆冰川变化方面的专门发言。

6月中旬,国际综合山地开发中心(ICIMOD)两位专家来冰川站就有关天山冰川变化及其与气候的关系进行了讨论,对我站观测研究工作十分感兴趣,并就进一步的合作与交流提出了具体计划。

6月24日,“上海合作组织国立科研机构合作研讨会”在乌鲁木齐市举行。中国、俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦等8个国家科学院、科研院所的相关领导和科技专家近百人出席了会议。我站科研人员5人参加了此次会议,并就新疆冰川变化问题做了专门发言。

6月27-29日,由王涛研究员牵头的中—俄—蒙院级合作项目讨论会在兰州召开。该项目旨在开展中亚荒漠化方面的合作研究,设置了6个课题。我站李忠勤研究员承担课题“冰川是中亚沙漠化指示器”(GLACIERS AS INDICATORS OF DESERTIFICATION IN CENTRAL ASIA),做了专门学术报告,开展了相关组织工作。

9月11日,由美国国家科学基金会(NSF)中国区主任 Willian Y.B. Chang, 亚太区主任 Frances C. Li 和生物学副主任 Penelope Firth 带队 NSF 一行20余人来我站进行学术交流和冰川考察。围绕新疆冰川变化对水资源影响和社会经济发展的制约相关问题进行了深入讨论。我站多名研究人员做了学术报告。美方强调 NSF 在这些领域进行合作和支持的迫切性。会议还就中美合作经验和下一步在人员互访,研究生培养方面进行了切磋,提出了一些具体计划。

9月12-14日,由中国科学院新疆生态与地理所、新疆气象局、新疆水文局、新疆水利学会、新疆土肥学会和中国农科院环发所共同主办的新疆应对气候变化研讨会在乌鲁木齐召开。此次研讨会集中研讨了气候变化对新疆水文水资源、农业、生态领域的影响和适应技术、潜在的气候变化适应战略和适应措施、农业节能减排、生物质能源研发等问题。我站主要研究人员和研究生参加了本次会议,李忠勤研究员做了题为“新疆冰川变化对水资源影响”专题报告。

七、其它工作

7.1 基建工作

天山冰川站主体建筑均为上世纪80年代所建,房屋老化严重,有些已成为为危房,是天山站所面临的重大问题。2008年我站在院所支持下实施了旧房拆除和改建工程。所有过程严格按照院、所及任务书中的相关要求执行。站选派了专人负责。4-5月份,我站委托新疆建筑科学研究院进行设计和现场勘探,为地基设计深度提供数据支持。2008年5月,

我站委托研究所进行招标,确立新疆正茂建筑安装有限公司作为施工单位,并聘请新疆昆仑监理公司对工程质量进行监督管理。施工过程中我站根据实际情况召开 10 余次现场工作会议,协调施工中出现的各种问题,经过 4 个月的建设,天山冰川站 2 层综合办公楼 860m² 主体已经完成,由于山区施工时间短,全部完成计划在 2009 年 8 月。综合楼一旦投入使用,在站区基础设施功能和外观方面,尤其在科研、观测人员工作、生活及学术交流条件方面将得以大大改善,全面提升天山冰川站观测、研究平台的支撑能力,使其成为国内外一流冰川观测研究站。

7.2 站务工作

2008 年野外、基建和对外交流任务繁重。站全体人员全力以赴,很好地完成了任务。

- 4-5 月,办理了基本站土地证书。地处少数民族地区的天山冰川站,土地问题一直是一个让当地政府都感到难以解决的问题,这一地区以前从未发放过土地证。
- 6-10 月,对我站破旧房屋拆迁改建,现今 2 层综合办公楼 860 m² 的主体已经完成。
- 10 月,对锅炉进行了彻底的维修保养。
- 10-11 月,对天山站庭院整体布局进行重新规整,拉进黄土、羊粪近 100 方,新规划院子增加草地绿化面积 200 余平方米,使我站成为花园式野外台站。

7.2 人才培养和团队建设

目前在天山冰川站工作并做毕业论文的研究生共有 30 余人,其中博士后 1 人,博士生 10 人,硕士 20 人。研究生是本站观测研究工作的一支生力军,同时还承担了站务工作。2008 年天山冰川站共接待了大约 20 名其它研究部门的研究生来站工作或学习,这些研究生来站后纳入站上统一管理,在站期间参与站上学习、讨论和学术交流,营造了一个良好的学习科研氛围。科研交流和各种活动培养了研究生的团队精神,达到了相互信任、自我发现、自我激励、自我突破的目的,也展示了天山冰川人员团结、拼搏和积极向上的精神风貌。

2008 年,我站研究生培养工作成效显著。研究生获得中科院院长优秀奖学金 1 项,中科院研究生院中-澳 BHPB 奖学金 1 项,冰冻圈科学国家重点实验室研究生学术报告一等奖 1 项,三等奖 1 项。

八、科研项目和文章发表情况

8.1 新增科研项目情况

不完全统计,2008 年承担或依托我站的新增科研项目 5 项,包括国家自然科学基金青年基金项目面上项目 2 项;冰冻圈国家实验室自主基金 1 项,其它 2 项,总经费 100 万元以上。目前天山冰川站承担各类项目 20 余项,总经费 1000 多万元。

8.2 文章发表情况

据不完全统计,2008 年天山冰川站固定人员和客座研究人员发表或接受各类研究论文 30 余篇(其中 SCI 论文 6 篇以上)。

来站工作客座人员一览表（2005/2006）

姓名	性别	职 称	研究方向	工作单位
刘耕年	男	教 授	自然地理学	北京大学
易朝路	男	研究员	地球物理	中科院青藏高原研究所
谭敦炎	男	教 授	植物学	新疆农业大学
安黎哲	男	教授	植物学	兰州大学
李心清	男	研究员	雪冰化学	中科院地球化学研究所
冯虎元	男	教授	环境生物学	兰州大学
向 云	男	副教授	植物学	兰州大学
邬光剑	男	副研究员	自然地理学	中科院青藏高原研究所
沈永平	男	研究员	气候变化	中科院寒旱所
高前兆	男	研究员	冰川水文学	中科院寒旱所
陈 拓	男	研究员	自然地理学	中科院寒旱所
朱国才	男	高级工程师	冰钻机械	中科院寒旱所
明镜	男	博士	自然地理学	中国气象科学研究院
王叶堂	男	博士	自然地理学	中科院寒旱所
耿志新	男	硕士	自然地理学	中科院寒旱所
丁明虎	男	博士生	自然地理学	中科院寒旱所
徐世建	男	博士	植物学	兰州大学
章高森	男	博士后	植物学	中科院寒旱所
张 威	男	博士	植物学	中科院寒旱所
冯建菊	女	硕士生	植物学	新疆农业大学
张 涛	男	硕士生	植物学	新疆农业大学
何元庆	男	研究员	自然地理学	中科院寒旱所
效存德	男	研究员	气候学	中科院寒旱所
孙波	男	教授	冰川学	上海极地研究所
侯书贵	男	研究员	雪冰化学	中科院寒旱所
赵井东	男	博士	自然地理	中科院寒旱所

任红旭	女	博士	植物学	中科院寒旱所
Nozomu Takeuchi	男	博士	冰川微生物	日本千叶大学
Ross Edwards	男	博士	雪冰化学	美国沙漠研究所
Francoiswa	男	博士	水文学	法国巴黎第七大学
Eva Huintjes	女	博士	冰川物理学	德国 Achen 大学
Christophe Schneider	男	教授	冰川物理学	德国 Achen 大学
Jeffrey	男	博士	地球物理学	美国威斯康星—麦迪孙大学
Roger Barry	男	教授	国际雪冰中心	美国
Chow, J.C.	女	教授	大气科学	美国内华达沙漠研究所
J.G. Watson	男	教授	大气科学	美国内华达沙漠研究所
Willian Y.B. Chang	男	教授	自然地理学	美国基金会
Carine C	男	博士	地球物理学	巴黎地球物理研究所
Sophie M	女	博士	地球物理学	巴黎第一大学
崔之久	男	教授	自然地理学	北京大学
伍光和	男	教授	自然地理学	兰州大学
冯虎元	男	博士	自然地理学	兰州大学

学术论文概要

据统计, 2005-2008 年天山冰川站固定人员和客座研究人员发表和接受的学术论文 50 余篇(其中 SCI 论文 20 篇以上), 以下是站固定人员和客座人员依托天山站发表和接受的文章目录。

1. Li Zhongqin, Wenbin Wang, Feiteng Wang, Huilin Li. Characteristics of ionic concentration and $\delta^{18}\text{O}$ and their variability in dry season and wet season snow on Urumqi Glacier No. 1 in eastern Tianshan, China. *Annals of glaciology*, 2008, 49: 217-223.
2. Li Huilin, Li Zhongqin, Wang Wenbin, Wang Feiteng. Deposition characteristic of the NH_4^+ on Urumqi glacier No. 1, eastern Tien shan, China. *Annals of glaciology*, 2008, 49:161-165.
3. Wang Feiteng, Li Zhongqin, Li Huilin, Zhang Mingjun, Wang Wenbin, Wang Lin. Development of depth hoar and its effect on stable isotopic content in snow-firn stratigraphy on Urumqi glacier No.1, eastern Tien shan ,China. *Annals of glaciology*, 2008, 49:135-138.
4. Zhongpin Zhao, Lide Tian, Emily Fisher, Zhongqin Li, Keqin Jiao. Study of chemical composition of precipitation at an alpine site and a rural site in the Urumqi River Valley, eastern Tianshan, China. *Atmospheric Environment*, 42(39): 8934-8942.
5. Li Zhongqin, Shen Yongping, Li Huilin, Dong Zhiwen, Wang Liwei. Response of the melting Urumqi glacier No.1 in eastern Tianshan to climate change. *Advances in climate change research*, 2008, 4: 67-72.
6. Nozomu Takeuchi, Li Zhongqin. Characteristics of surface dust on Urumqi glacier No.1 in the Tien Shan Mountains, China. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2008, 40(4): 744-750.
7. Jing Ming, Cunde Xiao, Helene Cachier, et al. Black carbon (BC) in the snow of glaciers in west China and its potential effects on albedos. *Atmospheric research*, 2008, in press.
8. Chen Yaning, Xu Changchun, Chen Yapeng, Li Zhongqin. Response of snow cover to climate change in the periphery mountains of Tarim river basin, China, over the past four decades. *Annals of glaciology*, 2008, 49:166-172.
9. Yulan Shi, Lizhe An, Manxiao Zhang, et al. Regulation of the plasma membrane during exposure to low temperatures in suspension-cultured cells from a cryophyte (*Chorispora bungeana*). *Protoplasma*, 2008, 232: 173-181.
10. Jianmin Wu, Zhiguang Zhao, Lizhe An, et al. Inhibition of glutathione synthesis decreases chilling tolerance in *Chorispora bungeana* callus. *Cryobiology*, 2008, 57: 9-17.
11. Li Zhongqin, Li Huilin, Wang Feiteng. 2008. Aeolian dust and $\delta^{18}\text{O}$ records in an ice core from Urumqi glacier No.1 in eastern Tianshan, Central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2009, accepted.
12. Li Zhongqin, Li Chuanjin, Li Yuefang, Wang Feiteng. 2007. Preliminary results from measurements of selected trace metals in the snow-firn pack on Urumqi glacier No.1, eastern

- Tien Shan, China. *Journal of Glaciology*, 53(182), 368-373.
13. Wang Feiteng, Li Zhongqin, R. Edwards, Li Huilin. 2007. Long term changes in the Snow-Firn pack Stratigraphy on Glacier No. 1, Eastern Tianshan Mountains. *Annals of glaciology*, 46,331-334.
 14. Li Xiangying, Li Zhongqin, Ding Yongjian. 2007. Seasonal variations of PH and electrical conductivity in a snow-firn pack on Glacier No.1, eastern Tianshan, China. *Cold Regions Science and Technology*, 48, 55-63.
 15. Li Zhongqin, Ross Edwards, E. Mosley-Thompson, Wang Feiteng, et al. 2006. Seasonal variability of ionic concentrations in surface snow and elution processes in snow-firn packs at PGPI site on Urumqi Glacier No.1, eastern Tien Shan, China. *Annals of glaciology*, 43, 250-256.
 16. Wang Feiteng, Li Zhongqin, You Xiaoni et al. 2006. Seasonal evolution of aerosol stratigraphy in Urumqi Glacier No. 1 percolation zone, eastern Tien shan, China *Annals of glaciology*, 43, 245-249.
 17. Zhao Zhongping; Li Zhongqin, Ross Edwards, Wang Feiteng, et al. 2006. Atmosphere-to-snow-to-firn transfer of NO₃- on Glacier No. 1, eastern Tien Shan, China. *Annals of glaciology*, 43, 239-244.
 18. Jin Zhefan, Jiao Keqin, Yao Tandong. 2006. Mass balance and recession of Urumqi glacier No.1,Tien Shan,China, over the last 45 years. *Annals of glaciology*, 43, 214-217.
 19. Han Tianding, Ding Yongjian, Ye Baisheng. 2006. Mass-balance characteristics of Urumqi glacier No.1, Tien Shan, China. *Annals of glaciology*, 43, 323-328.
 20. Hu Heping, Ye Baisheng, Zhou Yuhua. 2006. A land surface model incorporated with soil freeze/thaw and its application in GAME/Tibet. *Science in China Series D-Earth Sciences*. 49(12), 1311-1322.
 21. Kun Yang, Toshio Koike, Ye Baisheng. 2006. Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets. *Agricultural and Forest Meteorology*. 137,43-55.
 22. Ren Jiawen, Jing Zhefan, Pu Jianchen and Qin Xiang. Glacier variations and climate change in the central Himalayas over the past few decades. *Annals of glaciology*, 2006, 43, 218-222.
 23. Jingdong Zhao, Shangzhe Zhou, Yuanqing He. ESR dating of glacial tills and glaciations in the Urumqi River headwaters, Tianshan Mountains, China. *Quaternary International*, 2006, 144: 61-67, (SCI).
 24. Chaolu Yi, Ling Zhu, Yeong Bae Seong, Lewis A. Owen, Robert Finkel. A Lateglacial rock avalanche event in the Tianchi Lake, Tien Shan, Xinjiang. *Quaternary International*, 2006, Accepted.
 25. 叶柏生, 丁永建, 杨大庆. 2006. 近 50 a 西北地区年径流变化反映的区域气候差异. *冰川冻土*, 28 (3), 307-311.

26. 王飞腾, 李忠勤, 尤晓妮, 等. 2006. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川积累区表面雪层演化成冰过程的观测研究. 冰川冻土, 28(1), 45-53.
27. 李向应, 李忠勤, 尤晓妮, 王飞腾, 等. 2006. 近期乌鲁木齐河源 1 号冰川成冰带及雪层剖面特征研究. 冰川冻土, 28(1), 36-44.
28. 李向应, 李忠勤, 陈正华. 2006. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川雪坑中 pH 值和电导率的季节变化及淋融过程. 地球科学进展, 21(5), 487-495.
29. 朱宇漫, 李忠勤, 尤晓妮. 2006. AccuSizer 780A 光学粒径检测仪在冰川微粒研究中的应用. 现代科学仪器, 3, 81-84.
30. 李忠勤, 王飞腾, 朱国才, 等. 天山庙尔沟平顶冰川的基本特征和过去 24 a 间的厚度变化. 冰川冻土, 2007, 29(1), 61-65.
31. 李忠勤, 沈永平, 王飞腾, 等. 冰川消融对气候变化的响应—以乌鲁木齐河源 1 号冰川为例. 冰川冻土, 2007, 29(3), 333-342.
32. 李忠勤, 沈永平, 王飞腾, 等. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川消融对气候变化的响应. 气候变化研究进展, 2007, 3(3), 132-137.
33. 李忠勤, 董志文. 冰川与气候相互作用—以天山乌鲁木齐 1 号冰川为例, 中国科技成果, 2007, 23, 8-9.
34. 叶柏生, 杨大庆, 丁永建. 中国降水观测误差分析及其修正. 地理学报, 2007, 61(1), 3-13.
35. 李传金, 李忠勤, 李月芳, 王飞腾. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川积雪内痕量金属元素的季节变化及其环境意义. 中国科学 (D), 2007, 37(5), 676-681.
36. 李传金, 李忠勤, 王飞腾, 尤晓妮. 乌鲁木齐河源 1 号冰川不同时期雪层剖面及成冰带对比研究. 冰川冻土, 2007, 29(2), 169-175.
37. 李慧林, 李忠勤, 沈永平, 王飞腾, 王文彬. 冰川动力学模式及其对中国冰川变化预测的适应性. 冰川冻土, 2007, 29(2), 201-208.
38. 韩添丁, 丁永建, 叶柏生. 北大西洋涛动和北极涛动与新疆河川径流变化. 冰川冻土, 2007, 29(1), 107-113.
39. 丁文慈, 李心清, 李忠勤, 王飞腾. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表层雪的化学特征—以低分子有机酸和无机阴离子为例. 冰川冻土, 2007, 29(5), 704-709.
40. 李向应, 丁永建, 刘时银, 李忠勤. 天山哈密庙尔沟平顶冰川和奎屯河哈希勒根 51 号冰川成冰带与雪层 PH 值和电导率对比研究. 冰川冻土, 2007, 29(5), 710-716.
41. 李月芳, 姚檀栋, 李真, 李忠勤, 刘亚平, 段建平. 高分辨电感耦合等离子体质谱仪测定中亚山地冰川雪冰中超痕量元素. 分析化学, 2007, 35(1), 37-42.
42. 董志文, 李忠勤, 王飞腾, 张明军. 天山东部冰川积雪中大气粉尘的沉积特征. 地理学报, 2008, 63(5): 544-552.
43. 董志文, 李忠勤, 王飞腾, 张明军. 天山东部冰芯 pH 值和电导率的大气环境空间差异. 地理学报, 2009, 64 (1) : 107-116.
44. 高前兆, 王润, Ernst Giese. 气候变化对塔里木河来自天山的地表径流影响. 冰川冻土,

- 2008, 30(5): 1-11.
45. 李向应, 丁永建, 刘时银. 天山乌鲁木齐河源1号冰川成冰带分布特征的再研究. 冰川冻土, 2008, 30(1):93-99.
 46. 邵春, 沈永平, 张娇. 气候变化对寒区水循环的影响研究进展. 冰川冻土, 2008, 30(1): 72-80.
 47. 叶柏生, 陈鹏, 丁永建. 100多年来东亚地区主要河流径流变化.冰川冻土, 2008, 30(4): 556-561.
 48. 张娇, 刘光琇, 沈永平, 等. 20世纪下半叶以来阿克苏河山前绿洲带气候、径流变化特征及其人类活动影响. 冰川冻土, 2008, 30(2): 218-223.
 49. 王杰, 叶柏生, 吴锦奎, 等. 基于遥感分析的近20a来人类活动对石羊河流域地表径流的影响研究. 冰川冻土, 2008, 30(1): 87-92.
 50. 高前兆, 王润, 王顺德. 新疆平原绿洲环境变化与生态维护. 干旱区研究, 2008, 25(3): 311-318.
 51. 王国亚, 沈永平, 苏宏超, 等. 1956—2006年阿克苏河径流变化及其对区域水资源安全的可能影响. 冰川冻土, 2008, 30(4): 562-568.
 52. 张坤, 李忠勤, 王飞腾, 李传金. 天山乌鲁木齐河源1号冰川积累区气溶胶和表层雪中可溶性矿物粉尘的变化特征及其相互关系. 冰川冻土, 2008, 30(1): 113-118.
 53. 王林, 李忠勤, 王飞腾, 等. 乌鲁木齐河源1号冰川冰芯剖面物理特征及其形成机理研究. 冰川冻土, 2009, 31(1): 11-18.
 54. 周在明, 李忠勤, 李慧林, 等. 天山乌鲁木齐河源1号冰川运动速度特征及其动力学模拟. 冰川冻土, 2009, 31(1): 55-61.
 55. 张小咏, 刘耕年, 李永化. 高斯函数参量法及其在山区降水计算中的应用.地理研究, 2008, 27(3): 594-602.