

乌鲁木齐河源区气候变化和 1 号冰川 40 年观测事实

李忠勤 韩添丁 井哲帆 杨惠安 焦克勤

(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)

摘要:分析研究了天山冰川站自 1959 年到最新的气温、降水、水文、冰川物质平衡、冰川末端变化、冰川运动和冰川面积变化观测资料。结果表明,20 世纪 90 年代中期以来,河源区处于一个最为显著的暖湿阶段。1958—2000 年这 42a 间,1 号冰川年平均物质平衡量为 -188.6mm (约为 $-34.6 \times 10^4\text{m}^3$),累积物质平衡量达到 -7925mm ,亦即冰川减薄了 8m 多,累积亏损量达 $1452 \times 10^4\text{m}^3$ 。1 号冰川面积在 1962—2000 这 38a 间减少 0.22km^2 ,为 11%,并呈加速减小趋势。1962 年至今,1 号冰川东支末端共退缩 168.95m,西支 185.23m,冰川表面运动速度减缓。1 号冰川年融水径流量有增加趋势,1985 年前后是个分界线,1986—2001 年均径流深为 936.7mm ;较之 1958—1985 年的 508.4mm 高出 428.3mm ,亦即增加 84.2%。气温持续升高,冰川冷储减少可能是导致冰川加速消融的重要原因。

关键词:乌鲁木齐河源 1 号冰川,观测,冰川变化,气候变化

乌鲁木齐河源区地处天山中段天格尔 II 峰(4476m)北坡,属大陆山地气候,气温随高度化显著。1959 年在此建立天山冰川站,对冰川及冰川作用区多种气候环境要素进行长期综合观测研究。天山冰川站所处的河源区代表高寒山区气候地理环境,并有一定梯度变化,在此开展的水文气象观测是对多数海拔相对较低的水文、气象站观测的重要补充,加之河源冰川及其变化的观测研究,使完整系统研究河川上游径流变化及其与气候的关系成可能。在对西部经济建设具有重要意义的山区径流变化研究中,天山冰川站系统而长时序列的观测研究不可或缺。

天山冰川站的观测分为项目观测和常规观测两类,项目观测是根据科研项目需要而设,在科研项目结束后即停止的观测项目,常规观测则是冰川站常年维持的基本观测项目。多学者在不同时期对天山冰川站项目观测和常规观测资料进行过分析、总结和引[1—13]。

本文系对天山冰川站有观测纪录以来,冰川、水文和气象等主要常规观测项目资料的综合分析报道,一方面向读者提供这些观测的最新资料,另一方面将通过这些资料揭示乌河源冰川及气候变化事实。针对 20 世纪 80 年代中叶以来中国西部许多地区出现的气候转[14]问题,本文还分析阐述了 1985 年之前与之后的乌河源区冰川及气候变化状况。

1 相关观测基本情况和资料序列

1.1 冰川观测

冰川观测包括 1 号冰川物质平衡、冰川表面运动速度、冰舌末端变化和冰川面积变化等,始于 1959 年,1967-1979 年因文革而中止,1980 年起恢复观测至今。为研究积累区物质平衡变化,特别选择了积累区 H 排花杆的物质平衡实测资料。该排花杆在 1 号冰川东支的海拔为 4009-4060m,西支 4060-4080m,处在多年零平衡线上方不远处。冰舌末端的变化是通过对冰舌末端距冰川外 6 个控制基准点距离的测量而获取。冰川面积的计算主要依据 1962、1964、1986、1992、1994 和 2000 年的航测地形图、地面摄影测量等资料。1993 年,1 号冰川分离为两条独立的冰川,对其末端及面积变化的观测也分开进行(表 1)。

表 1 1 号冰川观测项目和资料时间序列

Table1 Observation items and data Time series of Glacier No. 1

	冰川物质平衡	H 排花杆物质平衡	冰川表面运动速度	冰舌末端变化	冰川面积
资料时间序列	1959-1966; 1980-2000	1980-2000	1959-1962 1973, 1980-2001	1962, 1973; 1980-2000	1962.8, 1964.10, 1986.8, 1992.8, 1994.8, 2000.8

1.2 水文、气象观测

研究采用的水文资料为 1 号冰川水文站、空冰斗水文站和总控水文站观测资料。气象资料除上述河源区 3 个水文站和后峡基本站的气象观测资料外,还列入了气象局大西沟气象站观测资料,以便于对比分析,见表 2。

表 2 水文、气象观测站基本情况和资料序列

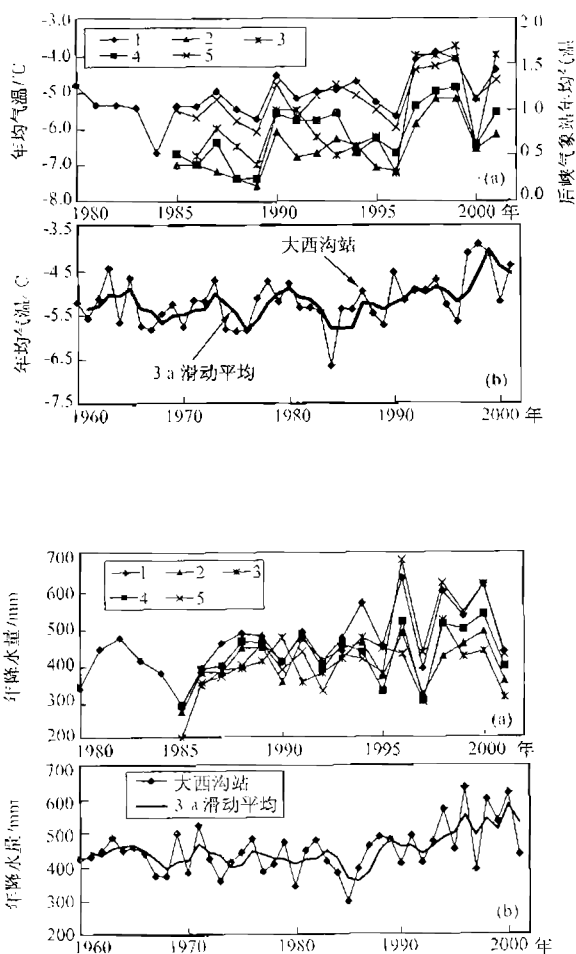
Table2 Basic information of hydrological and meteorological stations

站名	海拔/m	流域控制面积/km ²	观测项目	资料时间序列
空冰斗水文站	3804.6	1.68	径流、气温、降水	1982-2001
1 号冰川水文站	3693.0	3.34	径流、气温、降水	1980-2001
总控水文站	3404.8	28.9	径流、气温、降水	1983-2001
大西沟气象站	3539		气温、降水	1958-2001
后峡基本站	2130		气温、降水	1985-2001

2 河源区气候变化情况

2.1 气温

图1绘出了河源区3个水文站、大西沟气象站以及后峡基本站气象观测的年均气温变化。从中看出,河源区气温自上个世纪80年代以来总体呈上升趋势。其中1997-1999年的高温十分显著,在各条曲线上均有反映,一般高出平均气温 1°C 左右;1号冰川水文站、空冰斗和大西沟气象资料均反映出1990-1993年间气温较高,后峡基本站亦有所反映但不明显。从大西沟60年代以来的气温资料上看图1b,1997-1999年的气温也是破记录的高,1990-1993的高温尚属于正常波动范围。整体上看,大西沟气温1958-1985年间波动变化,无明显升高趋势,年均气温 -5.4°C 1985年前后是个气温低谷期,而1986-2001年,气温在波动中呈上升趋势,期间年平均气温为 -4.9°C ,升高了 0.5°C 。



2.2 降水

从大西沟气象站年降水曲线上看,图 2(b),河源区降水在 1986 年以前基本上是正常的波动变化,而 1986 年以后呈上升趋势。1986-2001 年平均降水量为 488mm 较 1958-1985 年的 426mm 高 12.7%。其它几个站点 80 年代以来的降水也均有上升。所有站点均观测到 1996 年以来降水明显的增强。

综上所述,从 20 世纪 60 年代到 80 年代中,河源区气温与降水基本处在正常波动的范围,1985 年前后气温、降水均处于一个较低的时期。1985 年以后有升高的趋势,降水表现的更为显著。90 年代中期以来,河源区处于一个最为明显的暖湿阶段。

2.3 水文

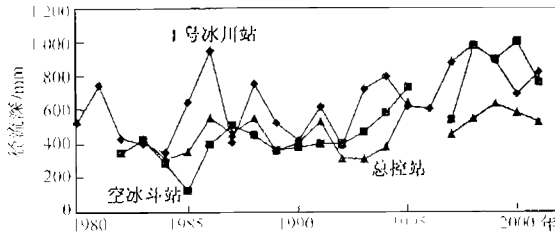


图 3 为河源区 3 个水文站径流深曲线。由于 1996 年遭遇百年一遇的特大洪水,冲坏了总控水文站和空冰斗水文站,使这两个水文站当年记录缺失,如果存在,显然会是创记录的高值。由图看出,3 个水文站径流量自 80 年代以来均有增加趋势,相比之下,总控水文站的升高趋势不是十分明显,空冰斗水文站径流曲线与河源区降水最相吻合,这是由于其控制流域内不存在冰川,径流量主要靠降水量控制的缘故。

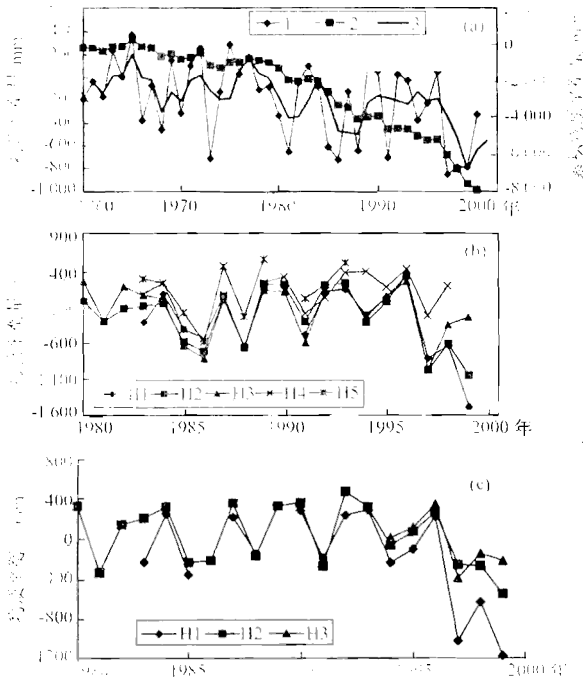
3 河源区冰川变化

3.1 冰川物质平衡

冰川物质平衡反映了水热气候条件对冰川综合作用的结果。图 4(a)为 1 号冰川 1959 年以来的年物质平衡量和累积物质平衡量(其中 1967-1979 年为推算资料^[1]),从中看出,从上个世纪 50 年代末有观测记录以来,物质平衡一直处于亏损状态。1985 年以后有加速亏损趋势。1986-2000 年年平均物质平衡量为 -358.4mm,较 1959-1985 年的 -94.4mm 低 264mm(即低出 2.8 倍)。其中 1997、1998 和 1999 年为有观测以来物质亏损最大的三年^[15]。从 1958 年开始观测起,截止到 2000 年 9 月,年平均物质平衡量为 -188.6mm(约为 $-34.6 \times 10^4 \text{m}^3$),累积物质平衡量达到 -7925mm,亦即冰川较之 1958 年减薄了 8m 多,累积亏损量达 $1452 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

为研究降水对冰川物质平衡的影响,本研究特别选择了 1 号冰川平衡线上方 H 排花杆 80 年代以来的物质平衡资料,图 4(b, c),图中显示出 80 年代以来 1 号冰川积累区物质平衡的一些细节。比较明显的是 H 排花杆物质平衡变化趋势与相应时段冰川总体变化趋势一

致, 其中 1986-1996 年间属正常波动范围, 并略有升高趋势, 而自 1997 年起, 呈大幅度亏损。



3.2 冰川物质平衡与气温降水关系的新动向

分析图 1~3, 不难发现冰川物质平衡量总体受气温与降水的共同作用, 即在变化上与气温呈反相关, 与降水呈正相关, 这一规律在 1985 年以前的物质平衡曲线上有明显反映。然而, 自 1985 年以来, 气温、降水同处于升高阶段, 物质平衡的响应表现出一些新动向。首先, 1985-1996 时段, 气温、降水均有升高, 但幅度不大, 物质平衡正常波动变化, 有些地点还略有上升, 如积累区 H 排(图 4), 这显然受降水量增加影响。然而, 到了 1997-1999 年气温高峰时段, 尽管处在大降水量背景下, 物质平衡却仍然达到创记录的亏损。这一现象说明, 当气持续温升高到一定程度时, 尽管大降水量也难阻挡冰川的强烈消融, 包括冰川积累区。通常而言, 冰川对冰川区尤其是冰川积累区降水有具有调节作用。当降水量增大时, 会有更多的降水以固态形式在冰川上保存下来, 冰川物质收入量增加; 而当气温升高时, 一方面冰川表面的消融会因此加快, 冰川物质收入量减少, 而另一方面, 从冰川物理学角度上看, 冰川冰体本身的温度亦随之升高, 冰川冷储降低, 对气温变化的敏感性因此也随之增大。可以推测, 在冰川冷储减少到一定程度, 冰川对气温的升高便会十分敏感, 即便是气温稍有增加也会形成以我们目前尚不清楚的气温-消融模式大量消融。乌河源区自 80 年代中期以来气温持续升高, 主要表现在非夏季季节, 单纯用夏季冰川消融增强的理由难以解释冰川物质平衡的剧烈亏损。我们认为, 气温的持续升高, 造了成冰川冷储的减少, 冰川对气温升高的敏感性也大大增强。1997-1999 年的强烈物质亏损很可能就是这一因素造成的。

表3 1号冰川冰舌末端变化(后退)

Table 3 Terminus variation of Glacier No.1

时 间	后退长度/m	时 间	后退长度/m	
			东支	西支
1962.9 - 1973.8	-65.60			
1973.8 - 1980.8	-22.99	1993.8 - 1994.8	-4.85	-6.75
1980.8 - 1981.8	-4.83	1994.8 - 1995.8	-3.95	-6.17
1981.8 - 1982.8	-2.06	1995.8 - 1996.8	-3.40	-4.60
1982.8 - 1986.8	-14.30	1996.8 - 1997.8	-3.65	-4.80
1986.8 - 1987.8	-3.68	1997.8 - 1998.8	-3.47	-4.47
1987.8 - 1988.8	-3.80	1998.8 - 1999.8	-3.41	-4.85
1988.8 - 1989.8	-5.10	1999.8 - 2000.8	-3.40	-6.92
1989.8 - 1990.8	-3.57	2000.8 - 2001.8	-3.10	-6.95
1990.8 - 1991.8	-6.51			
1991.8 - 1992.8	-3.44			
1992.8 - 1993.8	-3.84			

1号冰川出现的这一新动向,于在多大范围存在,冰川是否存在冷储临界值及其与冰温的关系等等一些关键问题的回答还有待与进一步深入的观测研究。可以预见,这一科学问题的解决,对于上个世纪80中期以后,中国西部乃至世界许多地区的冰川消融速度加快,冰川径流大增的解释意义十分重大。

3.3 冰川末端与冰川面积变化

1号冰川自60年代有观测记录以来一直处于退缩状态(表3),东西支冰舌自1993年完全分离,成为两支独立的冰川,期间共退缩139.72m,平均每年退缩4.5m。1993年至2001年东支年平均退缩量为3.7m,共29.23m;西支平均为5.7m,共45.51m。东支末端年退缩量较小,而且变化不大,原因之一可能是由于冰舌受表碛覆盖,部分成为死冰所致。西支1999-2001年达到创纪录高值(6.92m、6.95m)明显是高气温的反应。

1号冰川面积在1962-2000这38a间减少 0.22km^2 ,11%。并呈加速减小趋势(表4)。其中1962-1992年这30a间冰川面积减少 0.12km^2 ,与1992-2000年这8a间减少的(0.10km^2)几乎相同。冰川面积减少除了气候原因以外,与东西支冰川分离之后末端有效消融面积增可能也有关系。

表4 1号冰川面积变化

Table4 Area Variation of Glacier No.1

时 间	面积/km ²
1962.8	1.950
1964.10	1.941
1986.8	1.840
1992.8	1.833
1994.8	1.742(其中西支 1.115;东支 0.627)
2000.8	1.733(其中西支 1.111;东支 0.622)

表5 1号冰川融水径流深

Table5 Meltwater runoff depth of Glacier No.1

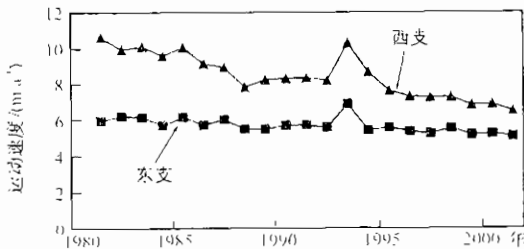
年 度	冰川融水径流深/mm	年 度	冰川融水径流深/mm
1958-1959	323	1980-1981	676
1959-1960	316	1981-1982	424
1960-1961	576	1982-1983	427
1961-1962	849	1983-1984	394
1962-1963	711	1984-1985	921
1963-1964	522	1985-1986	1480
1964-1965	468	1986-1987	446
1965-1966	599	1987-1988	1048
1966-1967	294	1988-1989	633
1967-1968	384	1989-1990	447
1968-1969	317	1990-1991	803
1969-1970	492	1991-1992	400
1970-1971	327	1992-1993	1009
1971-1972	224	1993-1994	1104
1972-1973	751	1994-1995	843
1973-1974	877	1995-1996	630
1974-1975	440	1996-1997	1365
1975-1976	122	1997-1998	1406
1976-1977	858	1998-1999	1300
1977-1978	583	1999-2000	836
1978-1979	435	2000-2001	1237
1979-1980	417		

注:1958-1987年来自文献^[19]。

3.4 冰川运动速度的变化

冰川在重力作用下运动,其速度由本身的物理特性(规模、粘塑性和强度等)和周围的地理、气候等条件所决定。

一号冰川的运动观测始于 1959 年。1959 - 1962 年间冰川运动的观测点主要布设在西支冰川上,1960、1961 和 1962 年度的最大运动速度分别为 $21.3\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $29.23\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $31.48\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$ 。1962 - 1973 年间西支冰川的平均运动速度为 $7.2\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$,东支冰川的平均运动速度为 $5.32\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$ [16~18] 1980 年至今连续观测的运动速度变化见图 5 示。

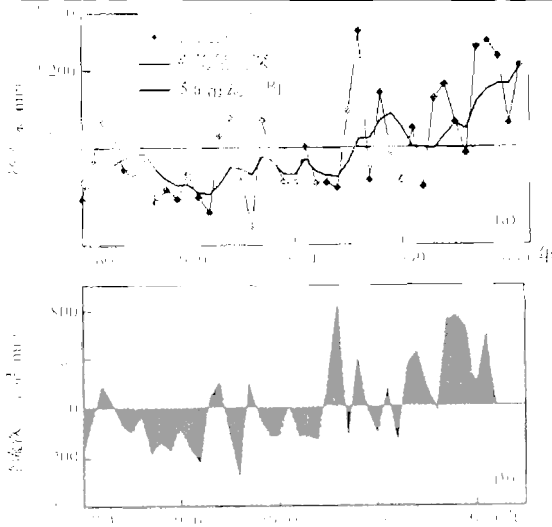


以上资料映出 20 世纪 60 年代以来冰川运动速度逐渐减小的趋势。60 年代初期冰川运动速度值相对较大,70 年代到 80 年代初,冰川运动处于相对匀速阶段。80 年代中期冰川运动速度再次减小,1993 年出现反弹现象,可能是由于东西支冰川完全分离摆脱了相互的制约的结果。之后,东西支冰川的流速都逐年降低。80 年代的平均运动速度比 1959 - 1962 年降低了 65.8%,90 年代的平均运动速度比 80 年代又降低了 17.2%。

1 号冰川运动速度的这种变化趋势与其物质平衡的变化趋势相吻合。这是由于冰面运动速度同冰川厚度成正比的缘故。

4 冰川融水径流量变化

冰川融水径流量(冰川区径流扣除裸露山坡径流)变化是冰川对气候变化响应的重要综合性指标之一。杨针娘^[19, 20]利用水量平衡法推算出 1 号冰川 1958 - 1987 年融水径流量。推算中使用的冰川区年降水量为大西沟气象站物质平衡年(头一年 9 月到第二年 8 月)降水量,并对其进行了 25% 的上浮修正(未进行高度修正)。冰川区径流量使用 1 号冰川水文站实测资料,其中 1966 - 1979 年为推算资料。冰川面积使用的是 1962 年 8 月测定的 1.95km^2 。本研究将上述推算从 1987 年延长到 2001 年。为使推算结果具有一直性,使用了相同的资料来源和处理方法,其中冰川面积选取 1986 - 2000 年的平均值 1.79km^2 ,占控制流域面积 3.34km^2 的 53.6%。表 5 列出了两次推算的(1958 - 2001 年)1 号冰川融水径流量深。



对表5中数据进行计算,以1985年为界,1986-2001年1号冰川平均径流深为936.7mm;较之1958-1985年的508.4mm高出428.3mm,增加84.2%。图6(a)给出了1号冰川融水径流的变化曲线,图6(b)是距平曲线,明显反映出1985年前后的差异。由此看出气候转型信号在1号冰川融水径流变化中反映显著。

利用上述实测降水、水文资料,用流域水量平衡法亦可估算出冰川物质平衡量。估算结果表明,1958-2000年这42a年间,1号冰川平均物质平衡值 B_n 为-175.2mm,累积物质平衡量为-7357.5mm。这与实测值(-188.6mm;-7925mm)十分接近。

参考文献(References)

- [1] Tianshan Glaciological Station. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, Vol. No. 1-15 [R]. Lanzhou: Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, CAS, 1980~1998. [天山冰川站. 天山冰川站年报, 1~15卷[R]. 兰州:中国科学院兰州冰川冻土研究所, 1980-1998.]
- [2] Li Zhongqin, Ye Baisheng, Zhang Mingjun. Ten years of progress of the Tianshan Glaciological Station of China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1999, 21(4): 326-1335.
- [3] Jing Zhefan, Ye Baisheng, Jiao Keqin, et al. Surface velocity on the Glacier No. 51 at Haxilegen of the Kuytun River, Tianshan Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(5): 563-566. [井哲帆, 叶柏生, 焦克勤, 等. 天山哈希勒根51号冰川表面运动特征分析[J]. 冰川冻土, 2002, 24(5): 563-566.]
- [4] Han Tianding, Ye Baisheng, Jiao Keqin. Temperature variations in the southern and northern slopes of Mt. Tianger in the Tianshan Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(5): 567-570. [韩添丁, 叶柏生, 焦克勤. 天山天格尔山南北坡气温变化特征研究[J]. 冰川冻土, 2002, 24(5): 567-570.]
- [5] Zhang Dongqi, Zhou Shangzhe. Quantitative analysis of the glacial effect on precipitation of Glacier No.1 at the Headwaters of the Urumuqi River, Tianshan Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000, 22(22): 243-249. [张东启, 周尚哲. 天山乌鲁木齐河源1号冰川对降水影响的定量分析[J]. 冰川冻土, 2000, 22(22): 243-249.]

- [6] Ye Baishen, Ding Yongjian, Kang Eris, et al. Response of snowmelt and glacier runoff to the climate warming - up in the last 40 Years in Xinjiang Autonomous Region, China [J]. Science in China (Series D), 1999, 29(Suppl.): 40 - 46. [叶柏生, 丁永建, 康尔泗等. 近 40 年来新疆地区冰雪径流对气候变暖的响应[J]. 中国科学(D辑), 1999, 29(增 1): 40 - 46.]
- [7] Liu Shiyin, Ding Yongjian, Ye Baisheng, et al. Regional characteristics of glacier mass balance Variations in High Asia [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000, 22(2): 98 - 105. [刘时银, 丁永建, 叶柏生, 等. 高亚洲地区冰川物质平衡研究. 冰川冻土, 2000, 22(2): 98 - 105.]
- [8] Liu Chaohai, Xie Zichu, Wang Chunzu. A research on mass balance processes of Glacier No. 1 at the Headwaters of the Urumuqi River, Tianshan Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1997, 19(1): 17 - 24. [刘潮海, 谢自楚, 王纯足. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡过程研究[J]. 冰川冻土, 1997, 19(1): 17 - 24.]
- [9] Kang Ersi, Shi Yafeng, Yang Daqing, et al. An experimental study on runoff formation in the mountains basin of the Urumuqi River [J]. Quaternary Sciences, 1997, (2): 139 - 146. [康尔泗, 施雅风, 杨大庆, 等. 乌鲁木齐河山区径流形成的实验研究, 第四季研究, 1997, (2): 139 - 146.]
- [10] Ye Baisheng, Chen Kegong, Shi Yafeng. Responses of glacier and glacial runoff to climatic change - A model in simulating the Glacier No. 1 in Headwaters of the Urumuqi River [J]. Scientia Geographica Sinica, 1997, 17(1): 32 - 40. [叶佰生, 陈克恭, 施雅风. 冰川及其径流对气候变化响应过程的模拟模型 - 以乌鲁木齐 1 号冰川为例[J]. 地理科学, 1997, 17(1): 32 - 40.]
- [11] Liu Shiyin, Ding Yongjian, Wang Linglian, et al. Mass balance sensitivity to climate change of the Glacier No. 1 at the Urumqi River Head, Tianshan Mts. [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1998, 20(1): 9 - 13. [刘时银, 丁永建, 王宁练, 等. 从天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡对气候变化的敏感性研究[J]. 冰川冻土, 1998, 20(1): 9 - 13.]
- [12] Huang Maohuan, 1992. The movement mechanisms of Urumqi Glacier No. 1, Tianshan Mountain, China. Annals of Glaciology, 16: 39 - 44
- [13] Huang Maohuan, Sun Zuozhe. Some flow characteristics of continental - type glaciers in China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1982, 4(2): 35 - 45. [黄茂桓, 孙作哲, 我国大陆型冰川运动的某些特征 [J]. 冰川冻土, 1982, 4(2): 35 - 45.]
- [14] Shi Yafeng, Shen Yongping, Hu Ruji. Preliminary study on signal, impact and foreground of climate shift from warm - dry to warm - humid in Northwest China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(3): 220 - 226. [施雅风, 沈永平, 胡汝骏. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 220 - 226.]
- [15] Jiao Keqin, Wang Chunzu and Han Tianding. A Strong Negative Mass Balance Appeared in the Headwater of the Urumuqi River [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000, 22(1): 62 - 64. [焦克勤, 王纯足, 韩添丁. 天山乌鲁木齐 1 号冰川新近出现大的物质负平衡[J]. 冰川冻土, 2000, 22(1): 62 - 64.]
- [16] Zhang Changqing. The Movement features and the thickness calculation of Glacier No. 1 at Headwater of Urumuqi River, Tianshan [A]. Study of Glacier and hydrology at the Headwater of Urumqi River, Tianshan [C]. Beijing, Science Press, 1965: 38 - 51. [张长庆. 天山乌鲁木齐河源一号冰川冰运动状态及冰川厚度的计算 [A]. 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1965: 38 - 51.]
- [17] Wang Wenyong, Liu Jinghuang, Luo Xiangrui, et al. The Comparing measurement of movement and retreat form 1962 to 1973 on Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan [A]. Memoirs of Lanzhou Institute of Glaciology, Geocryology and Desert, CAS, No. 1, [C]. Beijing: Science Press, 1976:

- 32-35. [王文颖,刘景璜,罗祥瑞等. 1962-1973年天山乌鲁木齐河一号冰川的后退和运动的对比测量[A]. 中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所集刊, 第一号 [C]. 北京: 科学出版社, 1976: 32-35.]
- [18] Sun Zuozhe, Chen Yaowu, You Genxiang, et al. Flow characteristics of Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1985, 7(1): 27-40. [孙作哲, 陈要武, 尤根祥, 等. 天山乌鲁木齐河源1号冰川的运动特征[J]. 冰川冻土, 1985, 7(1): 27-40.]
- [19] Yang Zhenniangu. Glacier Water Resources in China[M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 1991. [杨针娘. 中国冰川水资源[M]. 兰州: 甘肃科技出版社, 1991]
- [20] Yang Chenniang, Zeng Qunzhu. Glacier Hydrology [M]. Chongqing: Chongqing Press, 2001. [杨针娘. 曾群柱. 冰川水文学[M]. 重庆: 重庆出版社, 2001]

42 年来天山乌鲁木齐河源 1 号 冰川变化及趋势预测

焦克勤 井哲帆 韩添丁 杨惠安 李忠勤

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,甘肃 兰州 730000)

摘要:过去 42 年来,天山乌鲁木齐河源 1 号冰川发生了显著变化。反映 1 号冰川变化的物质平衡值为 -7976.0mm ;冰川末端退缩 171.0m ;冰川面积缩小 0.217km^2 ;冰川厚度平均减薄 8.86m ;冰川储量减小 $21.9 \times 10^6\text{m}^3$;冰川运动速度平均减小 39.3% ;冰川成冰带谱上移,冷浸—重结晶带消失。42 年来的观测研究结果表明,对反映气候变化的冰川监测应引起人们的高度重视。

从冰川物质平衡反映的气候变化趋势推测,1 号冰川要扭亏为盈,改变已有的巨大的物质亏损 (-7976.0mm),除非要连续 21 年出现 42 年来最大正平衡 ($+374.0\text{mm}$)。已有的观测研究表明,上述情况不大可能出现。因此,我们推测 1 号冰川目前的退缩趋势还将持续相当长的时间,至少到本世纪三十年代不会出现明显的前进。

从树木年轮反映的冷暖气候变化周期性推测,目前正处小冰期以来第三个温暖时期,1955 年至今已经历 45 年。若这次暖期重现 62—67 年周期的情况,则目前的温暖气候还将持续 20 年左右。由此推测 1 号冰川还将退缩数十年。

关键词:1 号冰川变化;趋势预测;乌鲁木齐河;天山

1 引言

现代冰川发育地区气温和降水的年际或周期变化,直接影响着冰川物质平衡的增减和雪线的升降。如果气候波动具有某一变化趋势,则冰川就将通过自身速度的调整,改变冰川的规模以适应改变了的气候环境。已有观测研究结果表明,较小的冰川对气候变化的响应敏感,且易于观测研究。因此,在全球性或区域性气候变化研究的国际计划中把冰川作为监测气候变化的重要对象。

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川(下简称 1 号冰川)原为一双冰斗—山谷冰川。由于全球气候变暖引起的冰川退缩,1 号冰川末端汇合的东、西支于 1993 年完全分离,并成为各自独立的冰川。冰川长度和面积由 1962 年的 2.40km 和 1.950km^2 分别减小到 2000 年的 2.20km 和 1.733km^2 。自 1959 年建立天山冰川观测试验站(下简称天山冰川站)并有观测、试验和研究记录以来,1 号冰川的物质平衡、冰川规模(冰川长度、面积和体积)、冰川厚度和运动速度以及成冰类型均发生了明显的变化,反映了 1 号冰川乃至天山冰川 42 年来对气候变化的响应。42 年来的观测研究结果表明,对反映气候变化的冰川监测应引起人们的高度重视。

2 气候的基本特征

天山冰川站和大西沟气象站(海拔 3539m)1959-2000 年的气象记录统计结果表明,乌鲁木齐河源区年平均气温 -5.2°C , 负温月长达 7-8 个月, 最冷月(1 月)平均气温 -15.6°C , 最热月(7 月)为 $+4.9^{\circ}\text{C}$ 。年平均降水量 441.1mm。杨大庆等对乌鲁木齐河源区不同雨量计观测降水对比, 以及普通雨量计动力损失、湿润损失和蒸发损失的观测实验表明, 普通雨量计观测降水中的动力、湿润和蒸发损失三项之和为 26.0%。从而得到天山冰川站和大西沟气象站修正后的多年平均降水量为 524.2mm。并以 22.0mm/100m 的年降水梯度, 推算出 1 号冰川零平衡线(4050m)处的多年平均降水量为 645.8mm^[1]。另据王德辉等对乌鲁木齐河谷气候特征研究, 温度梯度最大出现在海拔 3500m 到山顶, 为 $0.56-1.24^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ^[2], 取其平均值 $0.88^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 按此推算 1 号冰川零平衡线处年平均气温为 -9.7°C 。

气候的季节变化, 按月平均气温是否处于 0°C 可划分为冬、夏两个季节。冬季自 10 月至次年 4 月, 月平均气温均在 0°C 以下, 消融很微弱, 河水断流。冬季降水量仅占年降水量的 10% 左右, 基本上为纯积累期。5 月和 9 月为夏、冬季节的更替时期, 它们是决定夏半年消融期长短的关键月份。5-9 月的降水量约占年降水量的 90%, 降水量最多的时候也是消融最强的时期。因此, 夏季月气温的高低和降水量的多寡直接关系到冰川的物质平衡, 进而导致冰川发生一系列复杂的变化。

3 1 号冰川的近期变化

3.1 物质平衡变化

冰川物质平衡是联系冰川与气候变化过程的一个重要环节。气候变化引起冰川上积累量和消融量的变化, 从而促使冰川发生一系列复杂的变动, 最终结果导致冰川末端位置的前进和后退。

表 1 给出了 1 号冰川 1958/1959-1999/2000 年间的物质平衡值。42 年中有 27 年为负平衡年份, 负物质平衡量达 $-1839.6 \times 10^4 \text{m}^3$ (-10002mm 水当量)。15 年为正平衡年份, 正物质平衡量仅为 $+387.3 \times 10^4 \text{m}^3$ (2026mm), 累计物质平衡差额为 $-1452.3 \times 10^4 \text{m}^3$ (-7976mm)。尤其在 1980 年以后的 20 年间, 仅有 5 年为正平衡年份, 正物质平衡量只有 $58.9 \times 10^4 \text{m}^3$ (320mm), 而负平衡年份占到 75%, 负物质平衡量达 $-1267.7 \times 10^4 \text{m}^3$ (-7039mm), 物质平衡差额为 $-1208.8 \times 10^4 \text{m}^3$ (-6719mm)。二十世纪 60 年代, 1 号冰川负物质平衡量为 $-147.3 \times 10^4 \text{m}^3$ (-756mm); 70 年代为 $-96.2 \times 10^4 \text{m}^3$ (-501mm); 80 年代为 $-492.7 \times 10^4 \text{m}^3$ (-2679mm); 90 年代猛增至 $-716.1 \times 10^4 \text{m}^3$ (-4040mm)。最近 20 年 1 号冰川物质亏损量占总冰川物质亏损量的 85%, 而最近 10 年则占到 51%。可见 1 号冰川的物质亏损不仅持续进行, 而且再不断加剧。在本属积累区的粒雪盆内, 不仅当年的积累物质被全部融化, 而且原有下覆粒雪或冰层也在不断的被融蚀, 整个冰川处于吃老本的状况。

态。

表 1 1号冰川物质平衡值
Table1 Value of mass balance of glacier No.1

年 度	零平衡 线高度(m)	积累区 面积(Km ²)	消融区 面积(Km ²)	纯积累量 (10 ⁴ m ³)	纯消融量 (10 ⁴ m ³)	纯物质平衡		资料来源
						总 量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)	
1958/1959	4005	1.17	0.78	63.9	47.0	+16.9	+87	谢自楚等 ^[3]
1959/1960	4060	0.86	1.09	49.6	86.2	-36.6	-188	
1960/1961	4060	0.91	1.04	53.9	60.3	-6.4	-33	
1961/1962	4075	0.86	1.09	51.6	84.2	-32.6	-167	
1962/1963	3971	1.35	0.60	85.2	39.5	+45.7	+234	
1963/1964	4055	0.93	1.02	55.9	55.5	+0.4	+2	张金华 ^[4]
1964/1965	3948	1.53	0.42	99.8	26.8	+73.0	+374	
1965/1966	4110	0.71	1.24	34.6	107.5	-72.9	-374	
1966/1967	4063	0.89	1.06	58.4	72.0	-13.6	-70	
1967/1968	4121	0.68	1.27	38.0	127.0	-89.0	-456	
1968/1969	4008	1.15	0.80	77.4	48.6	+28.8	+148	
1969/1970	4106	0.73	1.22	41.0	102.0	-61.0	-313	
1970/1971	4015	1.11	0.84	71.1	51.2	+19.9	+102	
1971/1972	3981	1.31	0.64	90.1	39.0	+51.1	+262	
1972/1973	4146	0.60	1.35	27.0	165.0	-138.0	-708	
1973/1974	4075	0.84	1.11	55.7	80.0	-24.3	-125	张金华 ^[5]
1974/1975	3982	1.27	0.60	89.8	36.0	+53.8	+288	
1975/1976	4066	0.85	1.02	48.4	43.0	+5.4	+29	
1976/1977	4001	1.20	0.66	70.4	37.0	+33.4	+180	
1977/1978	4155	0.52	1.35	28.1	48.4	-20.3	-110	
1978/1979	4120	0.61	1.26	31.2	46.7	-15.5	-84	
1979/1980	4038	0.88	0.96	20.7	82.4	-61.7	-335	
1980/1981	4122	0.54	1.30	15.2	135.1	-119.9	-652	王晓军等 ^[1]
1981/1982	4025	0.88	0.96	62.1	70.3	-8.2	-45	
1982/1983	4005	1.04	0.80	65.2	46.8	+18.4	+100	
1983/1984	4007	1.07	0.77	30.8	46.0	-15.2	-83	
1984/1985	4097	0.56	1.28	19.6	132.2	-112.6	-611	
1985/1986	4130	0.50	1.34	1.3	134.3	-133.0	-723	

年 度	零平衡 线高度(m)	积累区 面积(Km ²)	消融区 面积(Km ²)	纯积累量 (10 ⁴ m ³)	纯消融量 (10 ⁴ m ³)	纯物质平衡		资料来源
						总 量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)	
1986/1987	4025	0.91	0.93	36.5	68.8	-32.3	-176	王纯足等 ⁴⁾
1987/1988	4080	0.66	1.18	10.8	129.2	-118.4	-644	刘潮海等 ⁵⁾
1988/1989	3980	1.29	0.55	59.8	40.8	+19.0	+103	韩添丁等 ⁶⁾
1989/1990	3959	1.30	0.54	54.0	44.5	+9.5	+52	王纯足 等 ⁷⁻⁸⁾
1990/1991	4130	0.57	1.27	5.5	135.4	-129.9	-706	刘潮海等 ⁹⁾
1991/1992	3975	1.26	0.58	49.7	45.5	+4.2	+23	王纯足 等 ¹⁰⁻¹¹⁾
1992/1993	3980	1.27	0.57	46.1	51.5	-5.4	-29	
1993/1994	4058	0.74	1.10	25.7	95.2	-69.5	-378	
1994/1995	4035	0.92	0.92	19.1	61.1	-42.0	-228	刘时银等 ¹²⁾
1995/1996	3986	1.23	0.61	24.6	16.8	+7.8	+42	
1996/1997	4160	0.426	1.316	10.1	158.7	-148.6	-853	焦克勤等 ⁶⁾
1997/1998	4096	0.570	1.172	9.9	147.5	-137.6	-790	
1998/1999	4122	0.539	1.203	8.2	145.9	-137.7	-791	杨惠安等 ¹³⁾
1999/2000	4063	0.867	0.875	17.2	74.6	-57.4	-330	
平均	4052	0.88	0.96	42.1	76.5	-34.6	-190	/

注:1)1993年1号冰川(东、西支)完全分离成为两条独立的冰川。故从1993年开始,冰川观测、物质平衡分为东、西支。但为了和以往资料相对比,表中给出数据为东、西支平均值。2)资料来源中的文献1)~13)为《天山冰川站年报》>>3-16卷

3.2 冰川规模变化

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(1973、1980、1986、1994年)以及GPS(2001年)测量方法对1号冰川共进行过6次较正规的大比例尺(1:10000和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。此外,冰川末端位置测量除1962年和1973年的两次外,从1980年开始,每年对该冰川末端位置进行测量,这都为1号冰川规模变化研究提供了可靠依据。在1962年—2000年期间,1号冰川末端位置累计退缩了171.06m,年平均退缩量为4.07m(表2)。由表2统计结果表明,二十世纪60年代1号冰川后退速度最大(5.96m/年),90年代次之(4.61m/年),70年代最小(3.33m/年)。可见,1号冰川一直处于退缩状态,故原来在末端汇合的东西支,于1993年已分离为两条各自独立的冰川。而1号冰川分离解体后,西支的退缩速率明显大于东支。造成这种差异的原因有:其一,西支小于东支,冰川变化对气候变化的响应更敏感;其二,西支粒雪盆(积累区)较小,即冰川补给少;其三,西支冰舌末端下覆地形为一陡峻冰坎,不但冰厚度小,而且亦造成冰体崩解,从而使冰面高低起伏,坡向改变,接受太阳能面积增大。

表2 1号冰川末端退缩速度
Table 2 Retreat speed of end of glacier No.1

年 度	平均退缩速度(m/年)			累计退缩距离(m)	资料来源
1962.9—1973.8	-5.96			-65.60	王文颖等 ^[7]
1973.9—1980.8	-3.28			-88.59	孙作哲等 ¹⁻²⁾
1980.9—1981.8	-4.83			-93.42	
1981.9—1982.8	-2.06			-95.48	
1982.9—1983.8	-2.94			-98.42	
1983.9—1984.8	-3.39			-101.81	
1984.9—1985.8	-3.35			-105.16	尤根祥 ³⁻⁵⁾
1985.9—1986.8	-3.58			-108.74	
1986.9—1987.8	-3.68			-112.42	
1987.9—1988.8	-3.80			-116.22	杨长泰 ⁶⁾
1988.9—1989.8	-5.13			-121.35	
1989.9—1990.8	-3.57			-124.92	
1990.9—1991.8	-6.51			-131.43	
1991.9—1992.8	-3.44			-134.87	
1992.9—1993.8	-3.84			-138.71	
1993.9—1994.8	东支 -4.85	西支 -5.80	-6.75	-144.51	
1994.9—1995.8	-3.95	-5.06	-6.17	-149.57	井哲帆 ¹⁴⁻¹⁶⁾
1995.9—1996.8	-3.40	-4.00	-4.60	-153.57	
1996.9—1997.8	-3.65	-4.23	-4.80	-157.80	
1997.9—1998.8	-3.47	-3.97	-4.47	-161.77	
1998.9—1999.8	-3.41	-4.13	-4.85	-165.90	
1999.9—2000.8	-3.40	-5.16	-6.92	-171.06	
平 均	-3.73	-4.17	-5.51	-4.07	

注:1)1993年1号冰川完全分离成为两条独立的冰川,故列出东、西支平均后退速度。

2)资料来源中的文献1)—16)为《天山冰川站年报》1—16卷。

根据历次大比例尺地形测量制图,可量算出1号冰川面积的变化(表3)。由表3可以看出,自1962年以来,至2000年1号冰川面积缩小了 0.217km^2 ,平均缩小率为11.1%。与陈建明等通过两次(1964年和1992年)航空摄影测量成图对比获取的冰川变化值基本一致^[9]。此外,根据1号冰川物质平衡值估算,冰川厚度平均减薄8.86 m,相应的冰川储量减小量达 $17.3 \times 10^6\text{m}^3$,减小的冰川储量占1964年相应冰川储量的16.2%。

表3 1号冰川面积变化

Table 3 The variation of area of glacier No.1

时 间	面积(Km^2)	面积缩小量(Km^2)	面积缩小率(%)	资料来源
1962.8	1.950	0.000	0.0	王文颖等 ^[7]
1964.9	1.941	0.009	0.5	陈建明等 ¹⁾
1973.8	1.870	0.080	4.1	陈建明等 ¹⁾
1986.8	1.840	0.110	5.6	尤根祥 ^[8]
1992.8	1.833	0.117	6.0	陈建明等 ²⁾
1994.8	1.742	0.208	10.7	焦克勤等 ³⁾
2000.8	1.733	0.217	11.1	井哲帆等 ⁴⁾

注:资料来源中文献 1)据航测地形图量算;2)据航测地形图量算;3)据地面立体摄影成图量算;4)据1号冰川变化图量算。

表4 1号冰川不同高度平均运动速度

Table 4 The average speed of motion of glacier No.1

1959—1962年		1973年		1980—1990年		1991—2000年	
断面高度 (m)	运动速度 (m/年)	断面高度 (m)	运动速度 (m/年)	断面高度 (m)	运动速度 (m/年)	断面高度 (m)	运动速度 (m/年)
3800(6)	7.09	3800(2)	4.39	3797(6)	3.83	3803(4)	3.87
3870(3)	7.13	3870(2)	10.92	3867(3)	5.26	3860(2)	5.04
3990(4)	11.41	3990(3)	11.63	3991(5)	6.55	3986(5)	5.92
4055(4)	22.15	4050(2)	11.12	4061(5)	5.45	4056(5)	3.96
平均	11.95		9.52		5.27		4.70

注:1)表中断面高度为平均高度;2)表中带括号的数为测点数。

3.3 冰川厚度和运动速度变化

在 1962—2000 年间, 1 号冰川厚度平均减薄 8.86m。由于冰川运动速度与冰川厚度变化成指数变化。因此, 厚度的变化必然引起速度的急剧变化(表 4)。从表 4 可以看出, 近 42 年来冰川表面运动速度不断衰减, 特别是进入 80 年代后, 其衰减趋势更加明显。1980—2000 年冰川运动速度仅是 1959—1973 年的 46.7%。可以推测, 今后一段时间内 1 号冰川平均运动速度不会超过 5.0m/年。

3.4 冰川成冰带谱变化

冰川成冰带谱是根据冰雪融水参与的程度与由此而引起的积雪晶体的变化情况划分的。在二十世纪 60 年代, 1 号冰川自下而上依次为消融带、渗侵冻结带、渗侵带、冷渗侵—重结晶带。粒雪盆后壁广泛发育着冷渗侵重结晶带, 其特点为融水不能完全侵入年积雪层而使粒雪得以生存^[10]。但到 80 年代, 由于融水的大量渗侵, 粒雪在融水作用下发生再冻结, 原来的粒雪层已为密实冻结粒雪和渗侵冰所取代^[11]。而到了 90 年代, 除新近降雪(一般厚度在 40—50 cm)外, 原来的密实冻结粒雪和渗侵冰已变成冰川冰。成冰带谱的显著变化, 也反映了冰川水热状况的改变。

4 冰川对气候变化的响应

1 号冰川的观测研究结果表明, 夏季月(5—8 月)的降水量约占年降水量的 80% 左右, 降水量最多的时期也是消融最强烈的时期。因此, 夏季月降水量的多寡以及在此期间累积正积温的高低直接关系到冰川的物质平衡。但从观测计算结果可知, 冰川物质平衡与夏季月正积温的关系并不明显。固然, 低温多降水的年份为正平衡年份, 高温少降水的年份为负平衡年份。但是, 降水偏多气温偏高或降水偏少气温偏低的年份, 则难以确定冰川物质平衡的正负。比较乌鲁木齐河源大西沟气象站 42 年来的气温和降水记录时发现, 影响 1 号冰川年际物质平衡正负值的关键因素是气温, 尤其是夏季月(5—8 月)气温^[6]。夏季月平均气温在 3.0℃ 以下, 降水在 340.0mm 以上时, 冰川呈现正平衡状态; 当气温升高到 3.0℃ 以上, 降水少于 320.0mm 时, 则冰川出现负平衡。但若气温超过 3.5℃, 降水达 400.0mm 以上, 冰川也难以出现正平衡。另为, 从 1 号冰川面积分布可见, 海拔 3900—4200m 间面积占冰川总面积的 70% 左右, 而平衡线高度亦在 3950—4150m 间摆动。因此, 若夏季月平均气温略有升降就会使积累区和消融区的面积比例发生巨大变化, 从而形成年际物质平衡的巨大差异。

从 10 年平均气温统计结果(表 5)可以看出, 除 90 年代夏季升温明显外, 60—80 代夏季升温并不明显, 但 80 年代冰川负平衡值却占总负平衡值的 1/3, 90 年代占到 1/2。可见 10 年际的冰川的消融积累(物质平衡)不仅受夏季气温的影响, 而且受冬季气温(事实上受年平均气温)的影响。原因是冰川整体温度由冰川区年平均气温决定, 气温的持续上升, 会造成冰川冷储减少, 致使冰川对气候变暖的敏感性增强, 在这一背景下, 气温的稍许增加, 便会造

成消长的非线性加速增加。根据这一推断,在目前气候持续变暖的大背景下,冰川可能正经历着一种超出我们估算的速度消融。因此,有必要对1号冰川重新进行基本的雪冰物理(冰川温度、冰川结构、冰川厚度、成冰过程等)特征研究。将对整个西北地区气候转型时期的冰川变化、融水径流量估算产生十分重要的影响。

表5 乌鲁木齐河源大西沟气象站的气温和降水

Table 5 Air temperature and precipitation in the Daxigou meteorological station

时 间 (a)	平均气温(°C)			平均降水量(mm)		
	5-8月	12-2月	年	5-8月	12-2月	年
1959—1970	2.8	-14.9	-5.2	343.3	2.3	436.9
1971—1980	2.9	-15.1	-5.3	323.0	3.1	424.4
1981—1990	2.9	-14.7	-5.4	317.6	3.3	419.3
1990—2000	3.4	-14.1	-4.6	411.5	3.5	498.4

5 冰川变化的趋势预测

5.1 从物质平衡的变化趋势预测

从冰川物质平衡角度出发,冰川末端可以说是冰川的另一条零平衡线。冰川末端位置变化,取决于冰川运动向下移动的冰量与当年消融量引起冰川后退之间的对比关系。若前者大于后者则冰川前进,反之则退缩。因此,在讨论冰川未来发展趋势时,不仅要考虑冰川年际平衡值的正负和大小,更应考虑多年累积的物质平衡值。42年来1号冰川观测计算结果表明,负的累计平衡值高达7976.0mm。1号冰川要扭亏为盈,改变已有巨大的物质亏损,除非要连续21年出现42年来最大正平衡(+374.0mm)。已有的研究表明,小冰期期间的气候特点是冷而干,平均冬季气温比现在低1.0℃以上,夏季温度约低0.5℃,年降水量约少^[12]。因此,上述情况不大可能出现。所以,我们推测1号冰川目前的退缩趋势还将持续相当长的时间,至少到本世纪30年代不会出现明显的稳定或前进。

5.2 从树木年轮反映的冷暖周期性预测

康兴成对乌鲁木齐河流域上树线附近树木年轮的周期分析计算,获得了反映该流域气温冷暖变化456年序列的方差分析有55年、62年的主要周期。在谱密度分析中存在2—3年的短周期和100年、150年和302年的长周期^[13]。目前正处于小冰期以来第三个温暖时期,其周期约为62—67,1955年至2000年已经历45年。若这次温暖期重现1650—1710年的情况,则目前的温暖气候还将持续20年左右。由此推测1号冰川至少还将持续退缩20—30年。

5.3 从不同方法的计算值预测

王文梯等按 J. F. Nye 扰动方程的频率解, 把 1959—1981 年作为 1 号冰川扰动的一个周期。计算得出 1 号冰川最终要退缩 388m, 若以平均 4.0m/年的速度后退, 则需要后退 84.5 年^[14]。由此可见, 1 号冰川还将继续退缩约 40 年。

曹梅盛等对稳定状态下冰川纵向断面计算得出, 1 号冰川达到稳定状态后, 总面积比 1980 年减少 16.4%, 冰川水当量体积减少 39.5%^[15]。若以 42 年来 1 号冰川平均面积减小 0.26%/年推测, 还将继续后退 20 年左右。

鉴于上述, 我们认为 1 号冰川在 2030 年前不会出现稳定或前进, 不仅继以持续退缩, 而且很可能出现消融和退缩的加速度。在中国冰川对 21 世纪全球变暖响应的预估中, 施雅风引用 HadCM2Gsal 模拟数值结合中国 3 类冰川分布区, 提出了 2030、2070 和 2100 年 3 个时段的升温估计值。其中, 2030 年亚大陆型冰川区(包括天山)升温 0.9K 的情况下, 冰川面积或体积减少 15%^[16]。由此可见, 在全球气候变暖的大环境下, 对冰川的变化趋势作出适当的预测是必要的。

参考文献

- [1] Yang Daqing, Jiang Tong, Zhang Yinsheng, et al. Analysis and correction of errors in precipitation measurement at the heat of Urumqi River, Tianshan[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1988, 10(4):384—399. [杨大庆, 姜彤, 张寅生, 等. 天山乌鲁木齐河源降水观测误差分析及其修正[J]. 冰川冻土, 1988, 10(4):384—399.]
- [2] Wang Dehui, Zhang Peiyuan. On the valley climate of Urumqi River in the Tianshan Mountaons[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1985, 7(3):239—248. [王德辉, 张丕远. 天山乌鲁木齐河谷气候特征[J]. 冰川冻土, 1985, 7(3):239—248.]
- [3] Xie Zichu, Ge Guangwen. A accumulation, melt and mass balance of Glacier No. 1 at the headwater of Urumqi River, Tianshan. An studies of glaciologyand hydrology on the Urumqi River, Tianshan. Science Press, 1965, 14—24. [谢自楚, 葛光文. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的积累、消融及物质平衡, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究, 科学出版社, 1965, 14—24.]
- [4] Zhang Jinghua. Mass balance studies on the No. 1 Glacier of Urumqi River, Tianshan[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1981, 3(2):32—40. [张金华. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡研究, 冰川冻土, 1981, 3(2):32—40.]
- [5] Zhang Jinghua, Wang Xiaojun, Li Jun. Studey of the relationship between Mass balance change of Glacier No. 1 at the headwater of Urumqi River, Tianshan and clemate[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1984, 6(4):25—36. [张金华, 王晓军, 李军. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡变化与气候相互关系的研究, 冰川冻土, 1984, 6(4):25—36.]
- [6] Jiao Keqin, Wang Chunzu, Han Tianding. A strong negative mass balance recently appeared in the Glacier No.1 at the headwaters of the Urumqi River[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000, 22(1):62—64. [焦克勤, 王纯足, 韩添丁. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川新近出现大物质负平衡, 冰川冻土, 2000, 22(1):62—64.]
- [7] Wang Wenyin, Liu Jinghuang, Luo Xiangrui, et al. An retreat in the Glacier No. 1 at the headwaters of the

- Urumqi River, Tianshan, at the 1962 - 1973 year and contrast survey of the movement. Collected Papers by Lanzhou Institute of Glaciology, Geocryology and desert, No. 1. Science Press, 32 - 35. [王文颖, 刘景璇, 罗祥瑞等. 1962—1973年天山乌鲁木齐河1号冰川的后退和运动对比测量, 中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所集刊, 第1号, 科学出版社, 1976, 32—35]
- [8] You Genxiang. Map of Glacier No. 1 and Glacier No. 2 at the source of Urumqi River, Tianshan[J]. 1988, Xian Cartographic Publishing House. [由根祥. 乌鲁木齐河源1号和2号冰川图, 1988, 西安地图出版社.]
- [9] Chen Jianming, Liu chaohai, Jin Mingxie. Application of the repeated aerial photogrammetry to monitoring glacier variation in the drainage area of the Urumqi River[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1996, 18(4):331—336. [陈建明, 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检测中的应用, 冰川冻土, 1996, 18(4):331—336.]
- [10] Xie Zichu, Huang Maohuan. A evolution of the snow - snowgrains layer and ice formation in the Glacier No. 1 at the headwaters of the Urumqi River, Tianshan, An studies of glaciology and hydrology on the Urumqi River, Tianshan. Science Press, 1965, 1 - 14. [谢自楚, 黄茂桓. 天山乌鲁木齐河源1号冰川雪—粒雪层的演变及成冰作用, 天山乌鲁木齐河源冰川和水文研究, 科学出版社, 1965, 1—14.]
- [11] Wang Xiaojun, Wang Zhongxiang, Xie Zichu. A Change trend of recent climatic on the Tianshan regions from the change of the past 28 years of the glacier No. 1 at the Urumqi river Headwater, Tianshan. Chinese Science Bulletin, 1988, 9: 693—696. [王晓军, 王仲祥, 谢自楚. 从乌鲁木齐河源1号冰川二十八年来 的变化看天山地区近期气候变化趋势, 科学通报, 1988, 第9期, 693—696.]
- [12] Schuurmans, C. J. E. . Climate of the last 1000 years. In A. Berger ed. Climate variations and variability, facts and theories. P245 - 258, D. Reidel Publishing Company.
- [13] Kang Xingcheng. A preliminary analysis on the climatic changes in the drainage area of Urumqi River from tree ring[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1985, 7(2):133—140. [康兴成. 天山乌鲁木齐河流域年轮气候的初步分析, 冰川冻土, 1985, 7(2):133—140.]
- [14] Wang Wenti, Liu Zongxiang. Analysis of the frequency reponse beha - viour of the glacier No. 1 at the Urumqi river Headwater, Tianshan[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1984, 6(4):13—24. [王文梯, 刘宗香. 天山乌鲁木齐河源1号冰川频率响应特性的计算与分析, 冰川冻土, 1984, 6(4):13—24.]
- [15] Cao Meisheng, M. F. Meier. Calculation of glacial longitudinal sections under stable conditions - Glacier No. 1 at the headwater of the Urumqi River, Tianshan MT., as an example[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1987, 9(2):131—138. [曹梅盛, M. F. 迈耶. 稳定状态下冰川纵向断面计算——以天山乌鲁木齐河源1号冰川为例, 冰川冻土, 1987, 9(2):131—138.]
- [16] Shi Yafeng, Liu Shiyin. The calculation of Chinese glacier's response to the globe climatic warming in the 21th centenary. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(4):434—438. [施雅风, 刘时银. 中国冰川对21世纪全球变暖响应的预估. 科学通报, 2000, 45(4):434—438.]

乌鲁木齐河源空冰斗径流增大的初步分析

韩添丁 李忠勤 叶柏生

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州, 730000)

摘要:天山乌鲁木齐河源区空冰斗径流自 80 年代中期以来增大趋势明显, 尤其是 1996 年以来径流量一直维持在较高水平, 远大于前十几年的平均值。初步分析原因为: 河源区降水自 1985 年以来呈上升趋势, 1996 年以来降水明显的增多; 气温自 80 年代以来总体呈上升趋势。其中 97-99 年气温升高显著, 河源区处于一个最为明显的向暖湿阶段的转变过程中。加之冻土活动层内温度的升高, 导致冻土活动层内地下冰和地下埋藏冰强烈消融, 造成了径流的明显增加。

关键词:空冰斗 径流增加 降水 温度

1. 引言

自 1987 年以来, 新疆以天山西部为主地区, 出现了气候从暖干到暖湿的强劲信号^[1], 降水量、冰川消融量、径流量连续多年增加, 导致湖泊水位显著升高, 洪水增加, 植被改善、沙尘暴减少, 新疆其它地区也有降水量、径流量增加的趋势。根据天山乌鲁木齐河源近十几年来冰川进退和雪线变化、水文气象纪录变化的事实, 河源区及乌河流域气候环境有由暖干向暖湿突变(转型)的信号, 年均气温呈现升温趋势, 山前平原区年均温升温幅度远大于山区, 冬季升温非常明显^[2]。河源区降水及径流有较为明显的增加趋势。

2. 研究区概况

空冰斗位于天山乌鲁木齐河源 1 号冰川东北侧(43°04'N, 86°30'E), 海拔界于 3803m - 4393m, 斗口朝南; 为对比观测研究高山区积雪、多年冻土融水径流, 中科院天山冰川站在斗口处(海拔 3805m)设有水文监测断面, 流域面积 1.68km², 同时在空冰斗口设有空冰斗气象场, 观测气温、降水、湿度等气象要素; 自 1982 年以来, 对空冰斗裸露山坡降水、积雪及高山区冻土融水径流, 各气象要素进行长年观测研究。

从多年的对比观测研究分析, 以降水、高山积雪和多年冻土融水径流为主的空冰斗径流增大趋势非常明显, 现就其原因进行初步分析。

3. 径流变化特征

多年观测资料的分析研究表明, 以降水、高山积雪和多年冻土融水径流为主的空冰斗

流增大趋势非常明显(图 1)。90 年代年平均径流深较之 80 年代增加了约 96%，比自观测以来的多年平均径流深多出了 28%；更为明显的变化发生在 90 年代中后期，自 1996 年至 2001 年，径流的年平均值(873mm)远大于 80 年代平均(364mm)和多年平均(556mm)，与 90 年代前期(1991-1995)相比，平均径流深增加了约 68%。

通过相关分析计算，年径流量与年降水量相关系数为 0.70，夏季消融期 4-8 月降水量与年径流量相关系数为 0.58，均超过了 0.01 显著水平检验；年径流量与年降水量相关性较好，正好说明了高山区的径流特征，年径流的总量受制于总的年降水量；从降水季节分配中的下渗、冻结、融化、排水过程来看；年平均气温及各月平均气温与年径流量的最大相关系数，以 8 月份平均气温与年径流量的相关最好(相关系数为 0.42)，但仍无显著线性相关。

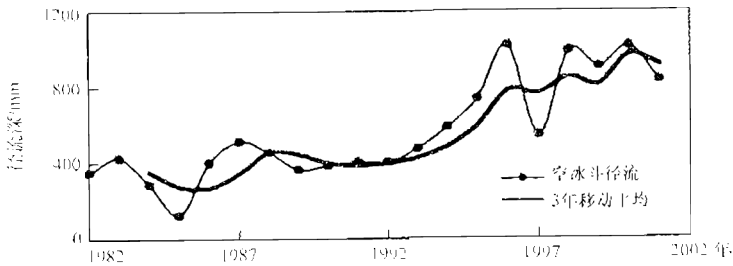


图 1 乌鲁木齐河源区空冰斗径流变化趋势

Fig 1 Runoff Changes in the Experimental Cirque of the Headwater of Urumqi River

从空冰斗的径流系数变化特征分析来看，多年平均径流系数为 0.77^[4]，远大于非冻土区流域的径流系数；年内径流系数的季节变化，反映了空冰斗降水(雪、雨加雪)、地下冰(或浅层地下水)融冻、排水，相互转化形成径流的特征。而甚至大于 1 的径流系数，反映了这种转化过程的强烈，同时也可推测为地下埋藏冰的消融补给，也是寒区径流很重要的特征之一。表 1 反映了寒区径流的这一特征，反映了在径流增加的同时，空冰斗径流系数的变化特征。

表 1 空冰斗径流系数的变化特征

Tab.1 The Variation Aspects of Runoff Coefficient in the Experimental Cirque

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
r/p	0.48	0.65	0.47	0.25	0.64	0.72	0.61	0.50	0.60	0.54
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
r/p	0.63	0.66	0.70	1.07	1.11	0.89	1.13	1.14	1.13	1.24

4. 径流变化原因分析

4.1 气温升高

河源区气温自 20 世纪 80 年代以来总体呈上升趋势。其中 97-99 年气温升高显著,一般高出平均气温 1℃左右;1 号冰川、空冰斗气象场和大西沟气象站资料均反映出 90-93 年间气温较高。从大西沟 60 年代以来的气温资料上看(图 2(b)),97-99 年的高温也是破记录的高;图 2(a)绘出了位于天山乌鲁木齐河源区空冰斗的年平均气温变化。从中看出,气温自 90 年代以来总体呈上升趋势。其中 97-99 年气温升高显著,高出平均气温 1℃左右;而 90-93 年高温尚属于正常波动范围。整体上看,1958-1985 年间气温波动变化,无明显升高趋势,而 1986-2001 年,气温在波动中呈上升趋势。

气温的持续升高,导致了乌鲁木齐河源 1 号冰川的强烈消融,实测物质平衡 1996/1997 年度和 1997/1998 年度出现了自 1959 年以来的最大和次大负平衡,分别为 -853.0 mm 和 -789.9 mm^[3],从冰川冰的强烈消融可以推断,地下埋藏冰也发生了强烈消融,部分导致了径流量的增加。

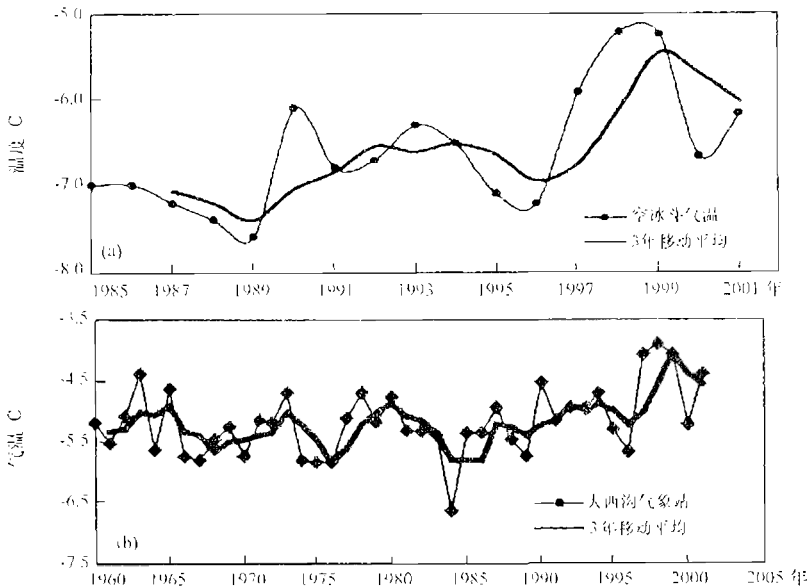


图 2 乌鲁木齐河源区空冰斗和大西沟气象站气温变化趋势(a-空冰斗,b-大西沟)

Fig.2 Temperature Changes in the Experimental Cirque and in Daxigou Station of the Headwater of Urumqi River(a - the experimental cirque, b - Daxigou Station)

4.2 降水增加

因空冰斗气象场位于空冰斗口,风对于降水的影响,尤其是对降雪的影响非常大,它可

使固态降水观测值比实际降水量观测值最多偏小 50%^[5]。加之降水量多为逐周量取,其它损失也较大;杨大庆等^[6]对乌鲁木齐河源不同雨量计观测的降水进行分析得出:降水中的动力损失、湿润损失、蒸发损失三项之和的修正率为 26%,年降水梯度为 22mm/100m。因此,空冰斗降水量用乌鲁木齐大西沟气象站资料校正得出。用 4100m 平均高度处的降水代表空冰斗的降水量(图 3(a))。空冰斗降水自 1985 年以来呈明显的上升趋势,特别是 1996 年以来降水增加明显。

据康尔泗等^[7]分析计算,液态和固态降水的临界温度分别为 $PL=5.5^{\circ}\text{C}$ 和 $Ps=2.8^{\circ}\text{C}$,天山乌鲁木齐河源空冰斗(3900m)5 月至 9 月及年固态降水比率(1986-1990 年平均)分别为 0.96、0.89、0.79、0.80、0.93、0.86;空冰斗年降水多以降雪为主,从而说明降水损失非常突出,从大西沟气象站年降水曲线上看(实测值)图 3(b),1986-2001 年平均降水量为 488mm 较 1958-1985 年的 426mm 高 12.7%。

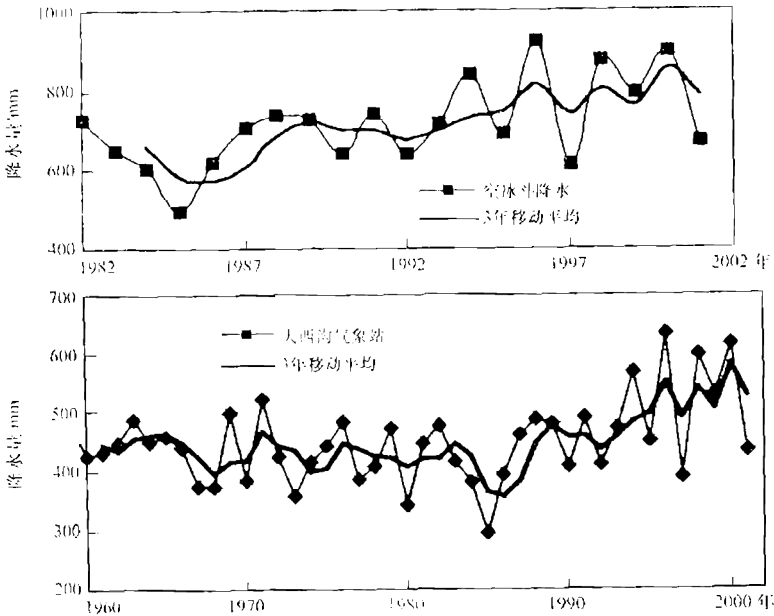


图 3 乌鲁木齐河源空冰斗和大西沟气象站降水变化趋势(a-空冰斗,b-大西沟)

Fig. 3 Precipitation Changes in Daxigou Station and the Experimental Cirque of the Headwater of Urumqi River(a- the experimental cirque, b- Daxigou Station)

综上所述,从上个世纪 60 年代到 80 年代中,河源区气温与降水基本处在正常波动的范围;1985 年以后有升高的趋势,降水量的增加表现得更为显著。年降水量的持续增加是导致空冰斗径流增大的直接原因,而作为积雪融化和埋藏地下冰及冻土活动层内地下冰影响因素的太阳辐射和气温的变化是不可忽视的,它们以滞后或潜在的形式起作用。90 年代中期以来,河源区处于一个最为明显的暖湿阶段。

4.3 冻土活动层的变化

该区多年冻土活动层厚度为 1.5-3.0m,在 5-10m 以下小冰期新冰碛中有埋藏冰存

在^[8],根据乌鲁木齐河源 3900m 处的冻土地温观测孔 1991 年至 1995 年间温度记录,深度 0.5m, 1.0m, 2.0m 钻孔地温呈现明显的升高趋势,变化速度为 $0.60 - 0.96^{\circ}\text{C} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[9];1998 - 2001 年由于钻孔被破坏,资料缺失;2001 年 5 月恢复钻孔仪器并实施不同深度冻土地温自动采集;从已获取的 2001 年 6 月至 2002 年 5 月共 11 个月的平均资料分析计算,其中 0.6m, 1.0m, 2.0m 各深度的 11 个月平均地温分别为 -5.50°C , -5.28°C , -4.70°C ;与 1992 - 1995 年各深度年平均地温变化相比较^[9],这种增温趋势仍在继续;其中 1.0m 和 2.0m 深度处的地温上升更为明显。

根据 1994 年和 1999 年气温、降水及径流的年内变化可以看出(图 4)^[10, 11],在降水条件相当的条件下(表 2),以降水、高山积雪和多年冻土融水径流为主的空冰斗径流,1994 年和 1999 年年平均径流量分别为 $0.093\text{m}^3/\text{s}$ 和 $0.143\text{m}^3/\text{s}$;除了较好的反映了降水与径流的对应关系外,1999 年仍呈现为非常大的径流水平;同样,年径流的基流量保持了较大的水平,充分说明了气温的持续升高和地温的增温趋势,导致了冻土活动层内地下冰和地下埋藏冰发生了强烈消融,维持了径流的增长态势。初步分析表明,乌鲁木齐河源总控制水文点也反映了与空冰斗水文点相类似的特点。

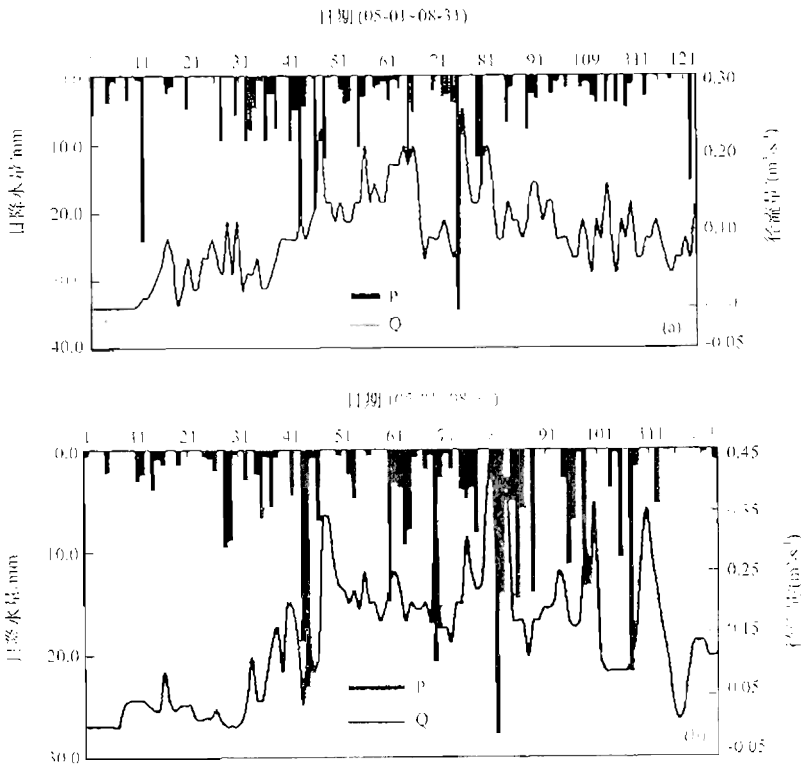


图 4 空冰斗径流(Q)及降水(P)年内变化(a-1994; b-1999)

Fig.4 Daily Changes of runoff and precipitation in the Experimental Cirque of the Headwater of Urumqi River (a-1994; b-1999)

表2 空冰斗径流形成期(5-8月)的气温、降水(1994, 1999)

Tab.2 The temperature and precipitation in the period of runoff forming in the Experimental Cirque (1994 and 1999)

时段 年\要素	年			5-8月		
	气温 ($^{\circ}\text{C}$)	降水 (mm)	径流深 (mm)	气温 ($^{\circ}\text{C}$)	降水 (mm)	径流深 (mm)
1994	-6.5	459.8	587	1.3	375.6	587
1999	-5.2	454.2	905	2.0	367.3	905

5. 讨论与结论

以固态降水为主的空冰斗降水自 1985 年以来呈明显的增加趋势,特别是 1996 年以来降水明显的增强,降水的增加是导致空冰斗径流明显增大的直接原因。

天山乌鲁木齐河源空冰斗自 1985 年以来,有明显的由暖干向暖湿突变(转型)的特征,径流增大趋势非常明显。

与整个天山地区的气温变化特征基本一致,乌鲁木齐河源空冰斗气温自 20 世纪 90 年代以来总体呈上升趋势,尤其是 1997~1999 年间的显著持续高温,同样引起了 0.5m, 1.0m, 2.0m 冻土活动层地温呈现明显的上升趋势,造成了冻土活动层内地下冰的大量消融;尽管没有直接观测到空冰斗内埋藏地下冰的强烈消融,但从 1 号冰川在该时段的强烈消融和空冰斗水文点年径流过程线中基流量保持的较大水平,可以对比分析得出,新冰碛中的埋藏地下冰也应该有强烈的消融,从而部分导致了空冰斗高山冰雪径流量增加。

为了更好的分析研究寒区水文的形成特征,冻土活动层内和冰碛埋藏地下冰的积消转化的观测研究还需要进一步加强;同时,冻土活动层地温的观测研究还在继续。

参考文献(Reference)

1. Shi Ya-feng, Shen Yong-ping, Hu Ri-ji, Preliminary Study on Signal, Impact and Foreground of Climate Shift from Warm-Dry to Warm-Humid in Northwest China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(3), 219-226 [施雅风, 沈永平, 胡汝骥, 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3), 219-226]
2. Han Tianding, Ye Baisheng, Jiao keqin. Temperature Variations in the Southern and Northern Slopes of Mt. Tianger in the Tianshan Mountains [J], Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(5), 567-570 [韩添丁, 叶柏生, 焦克勤, 2002. 天山天格尔山南北坡气温变化特征研究[J], 冰川冻土, 24(5), 567-570]
3. Jiao keqin, Wang Chunzu, Han Tianding, A strong negative mass balance appeared in the Glacier No.1 at the headwater of the Urumqi River[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000, 22(1), 62-64. [焦克勤,

- 王纯足, 韩添丁, 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川新近出现大的物质负平衡[J], 冰川冻土, 2000, 22(1), 62 - 64]
4. Yang Zhenjiang, Woo, M. K., Wang Qiang, Wang Jiqiang, Xia Zhaojun, Hydrological processes of Alpine Permafrost Areas in the Experimental Cirque of headwater of Urumqi River[R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 1996, Vol. 13, 13 - 22. [杨针娘 胡鸣高 王强 王积强 夏兆均, 天山乌鲁木齐河源空冰斗多年冻土区山坡水文过程[R], 天山冰川观测站试验年报, 1996, Vol. 13, 13 - 22]
 5. Sevruk, B. Correction of precipitation measurements Summary report, Instruments & Observing methods Reports [J], 1985, 25; 13 - 23,]
 6. Yang Daqing, Jiang Tongm Zhang Yinsheng, Kang Ersi. Analysis and Correction of errors Precipitation Measurement at the Head of Urumqi River, Tianshan. Journal of Glaciology and Geocryology, 1988, 10(4), 384 - 399. [杨大庆 姜彤 张寅生 康尔泗, 天山乌鲁木齐河源降水观测误差分析及其改正[J], 冰川冻土, 1988, 10(4), 384 - 399]
 7. Kang Ersi, Ohmura A, 1994, Model of Energy, Water Volume, Mass Balance and Runoff over the Glaciated Drainage in Tianshan [J], Science in China (Series B), 1994, 24(9), 983 - 991 [康尔泗, Ohmura A, 天山冰川作用流域能量、水量和物质平衡及径流模型[J], 中国科学(B辑), 1994, 24(9), 983 - 991]
 8. Liu Chaochao et al The Handbook of Tianshan Glaciological Station, China [C], Lanzhou, Gansu Science and technology Press, 1991, 7 - 17. [刘潮海等编, 中国天山冰川站手册[C], 兰州, 甘肃科学技术出版社, 1991, 7 - 17]
 9. Jin Huijun, Liu Zongxiang, Toshio SONE, Permafrost Temperature in the Ice Pass at the Source of the Urumqi River, Tianshan Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1998, 20(1), 25 - 29. [金会军 刘宗香 曾根敏雄, 天山乌鲁木齐河源冰大坂多年冻土温度监测[J], 冰川冻土, 1998, 20(1), 25 - 29]
 10. Han Tianding, Yang Xinyuan. The reorganized illustration of hydrological and weather data in the headwater of Urumqi River in 1994[R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 1996, Vol. 13, 96 - 111. [韩添丁 杨新元, 1994 年水文气象资料整编说明[R], 天山冰川观测站试验年报, 1996, Vol. 13, 96 - 111]
 1. Han Tianding, Yang Xinyuan. The reorganized illustration of hydrological and weather data in the headwater of Urumqi River in 1999[R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 2002, Vol. 16, 出版中. [韩添丁 杨新元, 1999 年水文气象资料整编说明[R], 天山冰川观测站试验年报, 2002, Vol. 16, in press.]

中国班公湖流域区冰川补充编目 调查结果及冰川特征

杨惠安 李忠勤 焦克勤 叶柏生

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,兰州 730000)

摘要:本文论述了中国班公湖流域区冰川补充编目的结果及冰川特征。利用 1980 年航空摄影相片和 1983 年出版的 1:5 万地形图作为基础资料,重新对中国班公湖流域区部分曾以 1:100 万陆地卫星影象简易编目的冰川进行了详细的补充编目和更正,从而使得该地区冰川目录和由此建立的冰川变化研究的基础资料更为充实可靠。1988 年公布的中国班公湖流域区总共有冰川 834 条,冰川总面积 642.77km²,冰储量为 33.9246km³;现在经过补充编目,更正了以往的部分简易目录后的冰川是 959 条,冰川总面积 665.35km²,冰储量为 39.2316km³。冰川条数、面积和冰储量分别较卫星相片简易编目结果增加了 25.2%、7.4% 和 33.5%。

这里导致补充编目结果冰川数量增加的主要原因利用小比例尺卫星相片编目时曾遗漏了许多面积 $\leq 1.00\text{km}^2$ 的小冰川。

关键词:中国班公湖流域区;补充编目;冰川数量

一、中国班公湖流域区冰川补充编目的必要性

现代冰川是淡水资源调查研究的重要组成部分。班公湖是青藏高原西部中国与克什米尔地区之间的跨国大湖(图 1),也是青藏高原内流区现代冰川的主要分布区之一。20 世纪 80 年代初期,我国青藏高原内流区的班公湖流域区大部分区域尚缺乏大比例尺航测地形图和航空相片等冰川编目的基础资料(或称背景资料)。中国科学院兰州冰川冻土研究所为了完成国际冰川编目任务中的中国境内的冰川编目调查工作,当时所能搜集到的合乎国际冰川编目规范的班公湖流域区大比例尺航测资料只有该区域的一小部分,尚缺大比例尺航测资料的班公湖流域大部分区域只好利用 1976 年拍摄的的小比例尺(1:100 万)的陆地卫星相片资料来填补,并初步完成了中国班公湖流域区冰川编目(见:中国冰川目录, VII, 青藏高原内陆水系(班公湖流域区)第 46—72 页,张振拴等,1988)。利用小比例尺卫星相片资料进行的冰川编目被称作简易冰川编目调查,其反映在冰川目录中有实质意义的冰川要素仅有一项,即冰川面积。这种要素单一的被简易编目的冰川,其数量可占到当时中国班公湖流域区冰川总数的 40% 以上(冰川的条数、面积和冰储量分别占 44.5%、43.8% 和 31%)。

根据国际冰川编目规范的要求,冰川编目应在具备大比例尺航测地形图(1:5 万和 1:10 万)及其与之相配套的航空相片等基本资料的基础上,按照流域对山地冰川以编纂目录的方

式进行调查研究。被编目的每一条冰川,一般均包括其名称、地理坐标、面积、长度、宽度、各种高度(包括雪线高度)、形态类型表述、进退变化、平均厚度、冰储量、测量时间和方法等约 30 项冰川要素^[1]。如此丰富的冰川目录要素,不仅直观地描述了一条冰川的时空及其基本特征,更重要的是为以后区域的全球的冰川变化研究奠定了基础。而 20 世纪 80 年代初期冰川简易编目所采用的陆地卫星相片的不足之处,首先是其比例尺小(一般为 1:100 万),卫星相片资料上的 1mm² 即相当于实地面积 1km²,因此,用人工方法分辨卫星相片上 ≤1km² 的单个的小冰川时发生遗漏的现象不可避免,而局限于当时技术条件下的手工量算结果的误差更是不言而喻;其次是卫星相片资料上没有地形等高线,故缺少反映冰川末端、雪线和上限(最高高度)等高度特征的冰川要素,因而如此简编的冰川目录缺少作为今后冰川变化研究的背景资料基础。在已完成编纂的我国全套青藏高原内陆水系冰川目录中,班公湖流域区是唯一的部分利用卫星相片资料进行简易冰川编目的地区。随着时间的推移和冰川目录的广泛应用,利用卫星相片编目的冰川要素过于简单的问题日趋突出。班公湖流域区目前已具备了完整的大比例尺航测地形图与相应的航空相片,补漏拾遗并完善该流域详细冰

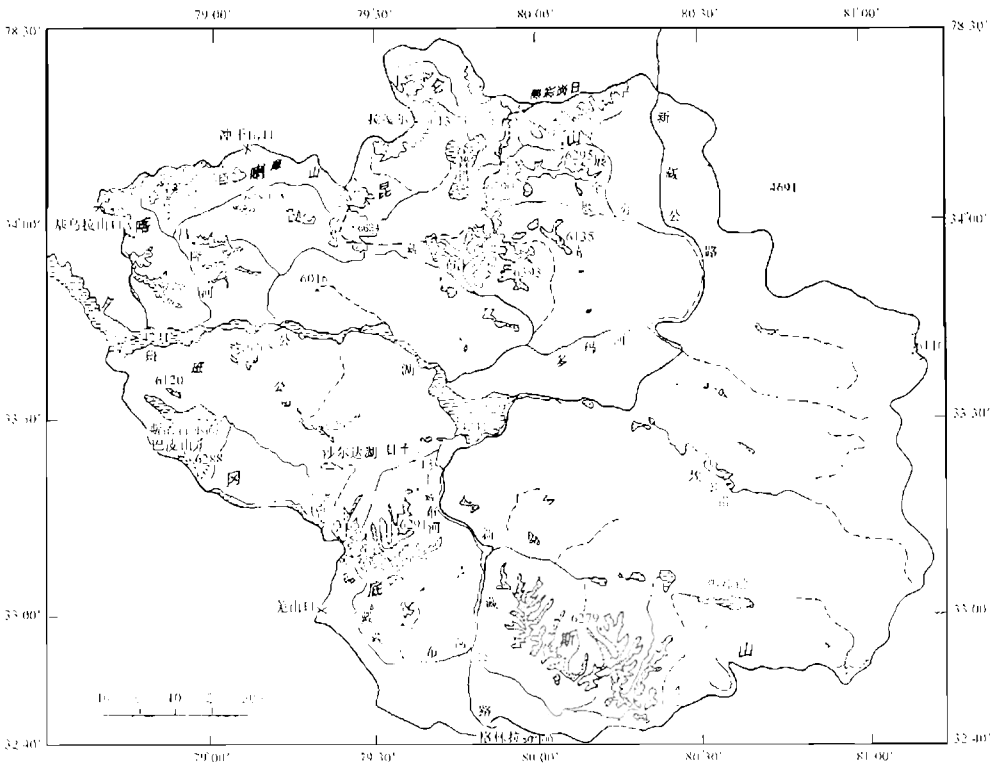


图 1 中国班公湖流域区及海拔 5500m 以上山地略图

Fig.1 Sketch map of drainage basins and their ≥5500 m a.s.l. mountainous regions of the Bangong Lake in China.

川目录的条件已经成熟。

基于上述思想和原始创新理念,作者在多年编目工作的基础上,重新搜集到我国班公湖流域区 1980 年以来逐渐出版的五万分之一大比例尺航测资料,对该湖区曾用卫星相片简易编目的冰川再一次进行了深入细致的目录补充和更正,从而使得我国班公湖流域区冰川有了完善的详细目录。本文通过统计分析补充编目后的班公湖流域区冰川目录,论述了该湖区冰川数量的时空分布及其特征,同时对冰川目录资料的进一步分析进行了探讨。

二、冰川数量的时空分布特征

1. 冰川数量的空间分布

中国班公湖为藏北高原西缘东西长约 125km 的狭长构造湖。按照国际冰川编目原则,班公湖流域区是以该湖为主要流域,并包括泽普错、斯潘古尔湖、沙尔达湖和热帮错等若干山间小湖群的一个三级流域区(编码 5Z42),整个流域区地理位置介于 $32^{\circ}40' \sim 34^{\circ}30'N$ 和 $78^{\circ}38' \sim 81^{\circ}15'E$ 之间(图 1)。补充编目后的统计结果表明,中国班公湖流域区总共有冰川 959 条,冰川总面积 665.35km^2 ,冰储量为 39.2316km^3 (表 1)。昌隆河流域、由昂则、展穷和展金等支流形成的多玛河流域、以及山间湖盆泽普错流域是班公湖北岸的冰川主要分布区,南岸流域区冰川则主要分布在由巴扎雄、藏藏布河和曲垄藏布形成的玛卡藏布河、山间小湖盆斯潘古尔湖和沙尔达湖等流域。班公湖流域冰川分别占流域区总数的 72.9%、67% 和 64%,流域内冰川平均面积为 0.64km^2 ,最大的冰川面积 23.68km^2 ,长度 10.5km (5Z421H2,即展穷冰川)。

泽普错是本流域区中冰川分布最为集中、冰川数量仅次于班公湖的小流域,其冰川数量分别占流域区总数的 14.8%、28.3% 和 33.3%,泽普错流域冰川平均面积达 1.33km^2 ,最大冰川面积 16.60km^2 (冰川长度 9.1km,编码 5Z421A2)。

补充编目结果还表明,利用本区最新出版的大比例尺航测资料补充编目调查的冰川数量结果,大于曾用陆地卫星相片简易编目调查结果,冰川数量(条数、面积和冰储量)前者大于后者分别为 25.2%、7.4% 和 33.5%。这主要是由于卫星相片比例尺小, $\leq 1\text{km}^2$ 的小冰川分辨困难而被遗漏所致。

中国班公湖流域区北为东喀喇昆仑山(也称阿里喀喇昆仑山),南为冈底斯山的西部,在这两山系的高山区为班公湖流域区冰川发育分布区,冰川上限分布的最低海拔高度为 5800m。本湖区的喀喇昆仑山为该山系的东段,主峰他拉冬加就峰,海拔 6790m。主要山地还有札嘎尔(6613m)、熊彩岗日(6675m)以及羌臣摩山(云峰尖,6634m)等,山体高大,海拔 ≥ 5500 以上的山地面积宽广(图 1),冰川发育地势条件较班公湖南缘山地更为优越,因而冰川发育规模与分布数量均为本湖区最大和最集中的山区。统计表明,喀喇昆仑山冰川条数、面积和储量分别占中国班公湖流域区冰川总数的 57.5%、82.6% 和 91.9%。本湖区喀喇昆仑山的冰川个体平均面积为 1.00km^2 ,发育规模最大的冰川面积为 23.68km^2 (即展穷冰川,长度 10.5km),延伸最长的冰川长度为 11.8km(即展金冰川,面积 22.55km^2 ,编码 5Z421I54)。本湖区发育规模最大最长的冰川均在班公湖北岸的喀喇昆仑山区。

表 1 中国班公湖流域区冰川数量分布

Table 1 Glaciers amount and distribution of drainage basins of the Bangong Lake in China.

流域名称	流域编码	冰川条数 (条)	%	冰川面积 (km ²)	%	冰储量 (km ³)	%	平均面积 (km ²)		
班公湖流域	昌隆河	5Z421C	154	16.06	123.32	18.53	6.3390	16.16	0.80	
	买卖公佟	5Z421D	20	2.09	9.43	1.42	0.3828	0.98	0.47	
	多玛河	昂宰	5Z421F	99	10.32	73.00	10.97	4.3923	11.20	0.74
		展穷	5Z421H	43	4.48	54.50	8.19	4.4896	11.44	1.27
		展金	5Z421I	93	9.70	101.29	15.22	7.3946	18.85	1.09
		小计		235	24.50	228.79	34.38	16.2765	41.49	0.97
	玛卡藏布	巴扎雄	5Z422B	124	12.93	29.58	4.45	0.6715	1.71	0.24
		藏藏布河	5Z422D	109	11.37	41.27	6.20	1.1066	2.82	0.38
		曲垄藏布	5Z422E	41	4.28	11.17	1.68	0.2885	0.74	0.27
		小计		274	28.58	82.02	12.33	2.0666	5.27	0.30
	谢尔琼	5Z422F	7	0.73	1.12	0.17	0.0172	0.04	0.16	
	阿容钦等	5Z422G	9	0.94	1.43	0.21	0.0248	0.06	0.16	
	合计		699	72.90	446.11	67.04	25.1069	64.00	0.64	
	泽普错	5Z421A	142	14.81	188.22	28.29	13.0616	33.29	1.33	
热邦错	5Z422C	11	1.15	8.01	1.20	0.5188	1.32	0.73		
斯潘古尔湖	5Z422H	84	8.76	17.60	2.65	0.4143	1.06	0.21		
沙尔达湖	5Z422I	23	2.40	5.41	0.81	0.1300	0.33	0.24		
总计	5Z421/2	959	100.0	665.35	100.0	39.2316	100.0	0.69		

本湖区南部的冈底斯山为该山系西部北坡(最高山峰 6492m), 以及其北支脉班公山(主峰 6292m), 山体明显低于喀喇昆仑山 300~400m。冰川发育规模小, 冰川个体平均面积 (0.28km²) 仅稍强于喀喇昆仑山区的四分之一。面积大于 1.00km² 的冰川只有 2 条, 其中热邦错流域一条面积 5.73km²、长度 5.7km 的冰川(编码 5Z422C2), 是本湖区冈底斯山唯一一条发育规模最大的冰川。尽管冈底斯山冰川条数亦占本湖区总数的 42.5%, 因为山体

相对较为低矮,海拔 ≥ 5500 以上的山地范围狭小(图 1),意味着冰川的地势条件相对较弱,因而使得冰川发育规模普遍小且斑点状零星分布,冰川面积及其储量仅分别占本湖区相应总数的 17.4% 和 8.1%。

2. 编目结果所揭示的冰川状况

冰川编目过程所使用的基础资料的测绘时间,即航空摄影大地测量所获得的大比例尺航空相片(即航片,1:3 万—6 万)的拍摄年份和由航片编绘而成的地形图(即航测图,1:5 万或 10 万)的出版年份。某一年份拍摄的航空相片,即反映当时的冰川状况。

时间是一切事物存在的一种客观形式,以及其运动、变化的持续性的表现,冰川也不例外。冰川是气候和地势综合作用的产物,随着时间的推移和气候的变化,冰川也会发生规模的大小、厚度的增减、冰舌末端的前进与退缩等一系列变化,他的变化结果与区域性的乃至全球性的气候变化密切相关。同样的理由,冰川作为区域或全球气候变化的介质,其目录所建立的基础资料的基础,也是过去、现在和将来冰川变化研究的背景基础的基础。因此,查清冰川编目结果所揭示冰川状况(即编目基础资料的航测年份)亦很重要。

为了更正中国班公湖流域区曾利用 1:100 万陆地卫星相片简易编目的冰川,作者采用 1980 年拍摄的航空相片和 1983 年出版的航测图进行了补充编目。以航空摄影测量年份为背景时间的统计结果表明,中国班公湖流域区大地测量的基础航测时间分别是在 1968、1970 和 1980 年间分三次完成航测的,航测区域大致是:1968 年为泽普错流域大部及其以东,1970 年为班公湖东南部的玛卡藏布河流域,1980 年完成了昌隆河流域以及班公山等本湖区全部航测。三次航测中各次所测中国班公湖流域区冰川数量(条数、面积、储量)比例分别是:1968 年为 22.8%、42.5% 和 53.8%,1970 年为 25.5%、11.8% 和 5.9%,1980 年为 51.7%、45.7% 和 40.3% (图 2)。这一结果说明,1988 年出版的中国班公湖流域区冰川目录所反映的分别是 1968 年、1970 年和 1980 年(通过补充详细编目,更正了曾采用 1976 年卫星相片简易编目)的冰川状况。不难看出,无论 1988 年公布的冰川目录还是现在的补充编目,其结果所反映的是我国班公湖流域区距今 34—22 年前的冰川状况。

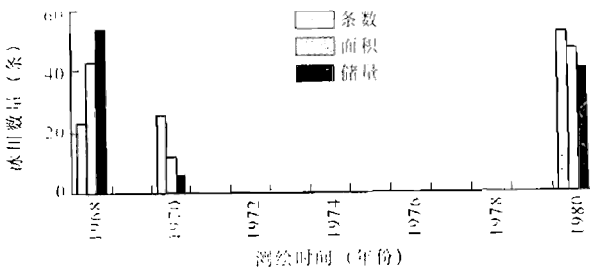


图 2 中国班公湖流域区冰川编目所用的基础资料的测绘时间及其相应的冰川数量

Fig. 2 The time of the survey and the correspond amount of the glacier for the base material of the glacier inventory.

应当指出,冰川编目调查所采用的基础资料是大比例尺航测地形图和与图相配套的航

空相片。大范围的大地测量首先是通过航空摄影测量来进行的,大比例尺航测地形图是由相应的大比例尺航空相片转绘而成地形图的,因此地图所反映的冰川状况实质上是航空摄影时的冰川状况。由于从航空摄影测量到成图、再到利用新图进行编目调查冰川,以至到编目调查结果的公布,在时间上不可避免地形成连锁式滞后现象。因此,编目调查结果所揭示的冰川状态是航空摄影测量时的冰川状况,冰川目录的公布在时间上滞后冰川实际状态许多年。可以这样说,中国班公湖流域区 1988 年出版的冰川目录,其冰川要素是分别采用 1968 年和 1970 年的航测地图和航片以及 1976 年的百万分之一陆地卫星相片等基础资料编纂而成,目录公布滞后于其资料来源 20—12 年,冰川目录所反映的是 1968、1970 和 1976 年的冰川状况。现在采用 1983 年出版的航测图和 1980 年航片所进行的补充编目,则是更正了 1988 年出版的目录中曾采用 1976 年卫星相片简编的冰川要素。本区航测成图滞后于航测摄影(航片)3—6 年(祁连山河西内流区则长达 25 年左右)。

3. 冰川数量分布的高度空间及特征

冰川上限和冰舌末端(下限)高度是冰川发育和分布的高度空间。冰川上限与下限之差表示其作用差,在中低纬度地区,冰川作用差的大小直接控制着冰川的规模。冰川上限亦即冰川发育和分布的最高海拔高度,多数情况下它与冰川所在的山地海拔高度相一致。冰川下限即其冰舌末端或其最低位置所在的海拔高度。雪线是综合反映一个地区气候、地势和地形诸因素影响冰川发育的海拔高度指标,研究雪线高度的分布及变化规律在冰川研究中十分重要^[4]。

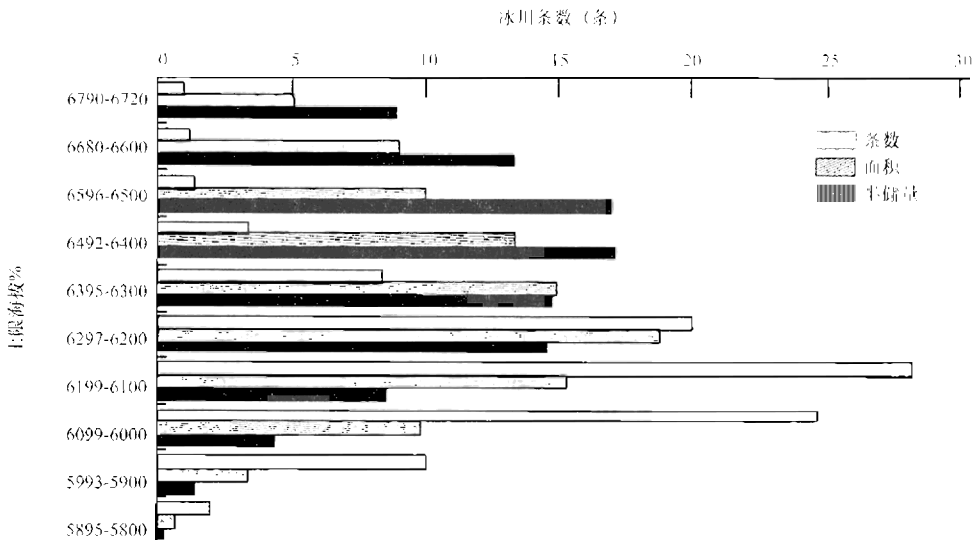


图 3 中国班公湖流域区冰川上限海拔高度与冰川数量分布

Fig. 3 Highest glaciers elevation and their amount distribution of drainage basins in the Bangong Lake of China.

中国班公湖流域区冰川的上限介于海拔 5800~6790m 之间,平均海拔 6155m。雪线分布高度介于海拔 5670~6050m 之间,雪线平均海拔约 5880m。冰川上限高于雪线平均约 280m。以冰川上限每 100m 为一个高度区间的统计分析结果发现,冰川分布数量与其上限高度之间有如下特征:

(1)冰川上限海拔 6300m 以上,冰川面积与储量随着冰川条数的增加而增大,6300m 以下则与此相反(图 3)。

(2)从每 100m 冰川上限高度区间的冰川个体平均面积可以看出,冰川发育规模与其上限高度有关,并且随上限高度逐渐增高而增大的趋势显著,即上限海拔高度(或山地高度)越高,冰川发育规模则越大,而冰川条数随其上限高度的分布恰好与前者相反(图 3)。这表明上限海拔高度(或山地高度)左右着冰川发育规模的大小。

(3)上限高度接近或低于雪线的冰川应该是稳定性状态较差的冰川,这部分冰川若以低于 6000m 者统计,可占本区冰川数量的 12%、4% 和 0.6%。

中国班公湖流域区冰川下限介于海拔 5360~6560m 之间,平均海拔 5777m。就目前已有资料所知,冰川末端平均海拔高度如此之高,实为青藏高原其他流域区冰川末端高度所不及。以冰川下限每 100m 为一个高度区间的统计分析结果发现,本区冰川末端海拔 5700m 以下,冰川面积及储量随其末端海拔高度的降低而增大,在每 100m 末端海拔高度的序列区间,冰川个体平均面积随其高度的逐渐升高而减小,即末端海拔高度越低,冰川发育规模则越大(图 4)。能够形成融水径流的冰川,主要是雪线以下末端延伸海拔较低、规模较大的冰

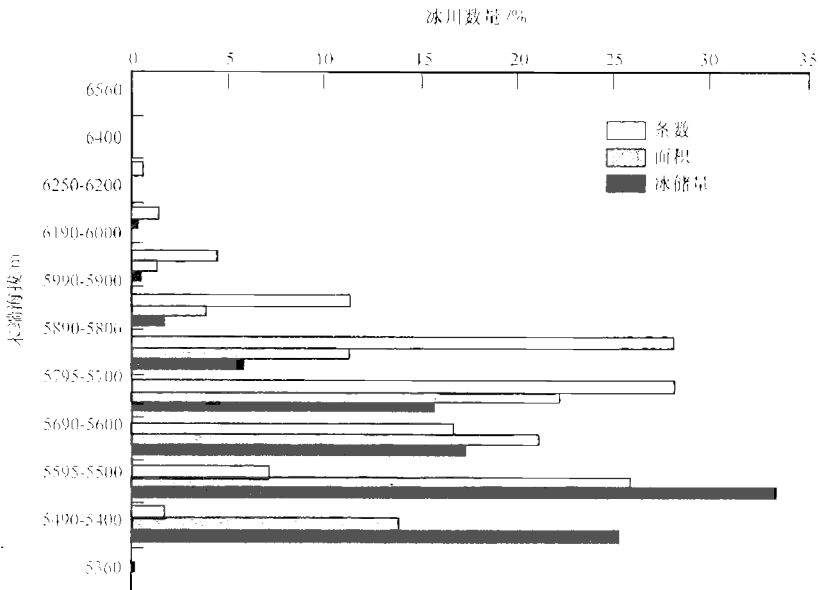


图 4 中国班公湖流域区冰川末端高度与冰川数量的分布

Fig. 4 Lowest glaciers elevation and their amount distribution of drainage basins in the Bangong Lake of China.

川。末端高于雪线的冰川,其个体平均面积介于 $0.24 \sim 0.08 \text{ km}^2$ 之间,且随末端高度的升高而递减。

三、冰川的一般特征

冰川的一般特征系指其形态分类、朝向、面积和长度等级的数量特征,以及其上限、末端和雪线的海拔高度分布特征,反映冰川规模的冰川作用差特征。

1. 冰川形态类型及其数量与高度特征

根据冰川的发育形态分类及其数量统计结果,班公湖流域区有悬冰川、冰斗冰川和山谷冰川三种主要类型,以及冰斗—悬冰川和冰斗—山谷冰川两中过度类型,还有 2 条坡面冰川和 1 条峡谷状形态的冰川(图 5)。悬冰川(平均面积 0.22 km^2)和冰斗—悬冰川(平均面积 0.47 km^2)以条数众多而居优势(71.6%),但其面积仅占 26.6%,冰储量仅占 12.2%。山谷冰川(平均面积 7.15 km^2)和冰斗—山谷冰川(平均面积 2.55 km^2)条数虽少(6.7%),但其面积约占本区总数的近一半(48%),本区 70.3% 的冰储量为其所拥有。

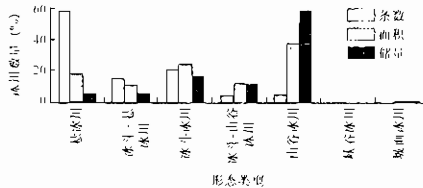


图 5 中国班公湖流域区冰川形态类型及数量特征

Fig. 5 Glaciers classification and their amount distribution of drainage basins in the Bangong Lake of China.

统计结果表明,冰川上限的平均海拔高度自低逐渐升高的规律依次为悬冰川(6116m)、坡面冰川(6157m)、冰斗—悬冰川(6164m)、冰斗冰川(6180m)、峡谷冰川(6221m)、冰斗—山谷冰川(6298m)和山谷冰川(6448m)。冰川末端的平均海拔高度恰好与其上限相反,即冰川上限海拔低,其末端海拔则高,冰川发育规模亦小;冰川上限海拔越高,其末端海拔则越低,冰川发育规模亦越大(图 6)。悬冰川的末端海拔平均高达 5825m,其平均面积只有 0.22 km^2 ;山谷冰川的末端为所有类型中最低,平均海拔为 5576m,其平均面积(7.15 km^2)亦为所有类型中最大。本区坡面冰川(2 条)和峡谷冰川(1 条)因为数量极少,其末端海拔与整体趋势不协调的现象应是正常的。雪线介于海拔 5670~6050m 之间,平均雪线以山谷冰川 5910m 海拔高度为最高,冰斗冰川 5875m,冰斗—山谷冰川 5850m。

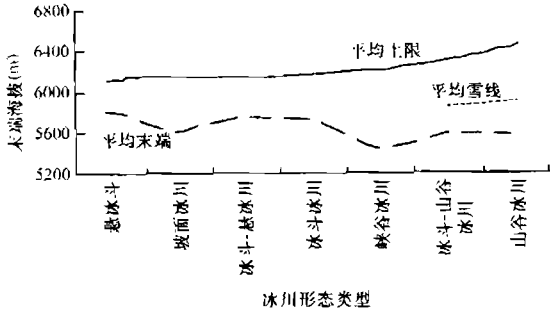


图6 中国班公湖流域区冰川形态类型与上限、雪线和末端高度
 Fig.6 Glaciers Classification and their elevation of drainage basins in the Bangong Lake of China.

2、冰川朝向及其数量与高度特征

依据冰川积累区朝向,统计了各个朝向的冰川数量。若以冰川条数为序,NE朝向为最多(其总面积亦最大),SW朝向最少(图7)。NE、N和NW朝向是本流域区冰川分布的三个主要朝向,其冰川数量占本流域区总数的78.2%、63.5%和52.2%。SE、S和SW三朝向冰川数量占10.6%、25.8%和37.8%,E朝向冰川数量(9.1%、9.4%、8.9%)多于W朝向(2.1%、1.4%、1.2%)。从各朝向冰川的个体平均面积来看,SE朝向最大(2.04km²),SW朝向次之(1.13km²),E朝向(0.72km²)和NE朝向(0.66km²)接近本流域区冰川平均面积(0.69km²),N朝向(0.51km²)、W朝向(0.45km²)和NW朝向(0.44km²)均小于本流域面积平均值,S朝向(0.31km²)为八个朝向中的平均面积最小者。

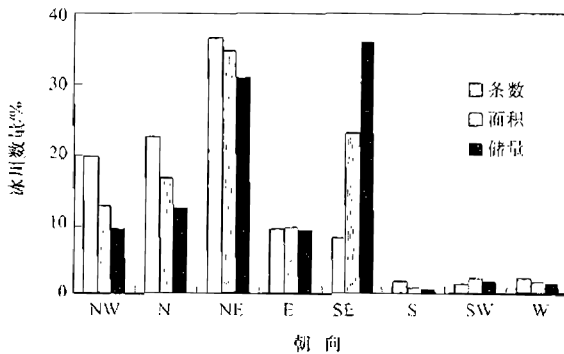


图7 冰川朝向及其数量分布

Fig.7 Glaciers orientation and their amount.

值得注意的是,由于SE朝向的冰川个体发育规模大,故其冰储量在各朝向中也独居本区首位,这表明本区所有SE朝向的冰川整体规模普遍较大的特点。类似的情况在喀喇昆仑山叶尔羌河(杨惠安等,1991)、昆仑山柴达木盆地南部和黄河上游流域区(杨惠安等,

1992)、长江水系(蒲健辰,1994)、中亚天山(刘潮海等,1998)等区冰川均特别显著。关于 SE 朝向冰川何以个体规模普遍相对较大的问题,有待于进一步调查研究。

冰川分布的朝向不同,其上限、末端和雪线分布高度亦有差别。冰川平均上限最低的是 N 朝向(海拔 6082m),其他依次逐渐升高的情况是 NE、NW、E、W、S 和 SE 朝向,SW 朝向的平均上限为最高(6429m)。各朝向冰川的末端海拔高度低于其上限 270~540m 之间,大致为低于上限和与其相平行的平行线(图 8)。雪线除了以 SE 朝向为最高(平均海拔 5965m)和 W、S 朝向冰川末端均超出雪线(末端分别为 5920m 和 5957m)之外,其分布趋势基本与上、下限一致(图 8),并且高于冰川末端平均不到 100m(99m),但低于冰川上限平均约 280m,最低仍为 N 朝向(5787m)。由此可见,冰川作用正差的优势显而易见,它是本区冰川形成和发展的重要条件之一。

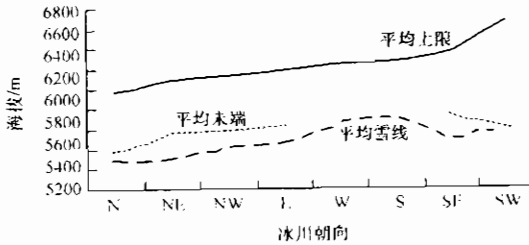


图 8 不同朝向冰川上限、雪线及末端高度特征

Fig.8 The elevation characteristic of the different orientation of the glaciers.

3、冰川面积等级及其数量特征

按面积等级的大小统计结果表明,本区面积 < 0.50km² 的冰川数量占 72.4%、22.4% 和 8.0%,0.50~1.00km² 的冰川数量占 14.3%、14.3% 和 8.5%,面积 > 1.01km² 的冰川占 13.3%、63.5% 和 83.5%,其中面积大于 10.01km² 的冰川 7 条,大于 20.01km² 的冰川 2 条,最大面积为 23.68km²(展穷冰川,编码 5Z421H2)。不同面积等级的冰川数量特征如图 9 所示。

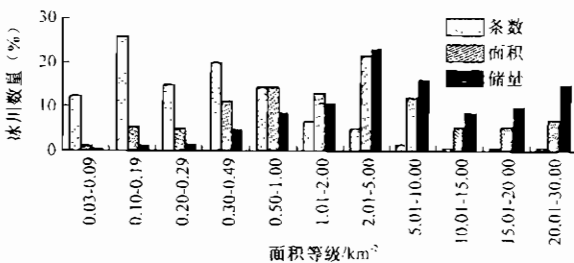


图 9 不同面积等级冰川的数量特征

Fig.9 The different area grade of glaciers and their amount.

根据面积等级统计结果可见,冰川面积越小,其上限亦低,末端高度则更高。面积由小

到大,冰川上限和末端高度呈现为一个锥形状,表明冰川面积与其作用差为正相关关系,即冰川面积小,其作用差亦小,冰川面积大,其作用差亦大(图 10)。

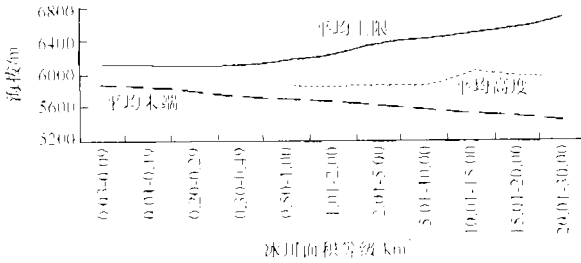


图 10 不同面积等级冰川的高度特征

Fig.10 The different area grade of glaciers and their elevation characteristic.

4、冰川长度等级及其数量与高度特征

本区冰川按长度分为 6 个等级(图 11)。冰川条数以长度 $\leq 1.0\text{km}$ 的冰川居优势,其冰川数量占本区相应总数的 78.7%、29.1%和 12.1%;长度 1.1—10.0km 的冰川条数占 21.0%;长度超过 10.0km 的冰川只有 3 条,长度最长的冰川为 11.8km(即展金冰川,面积

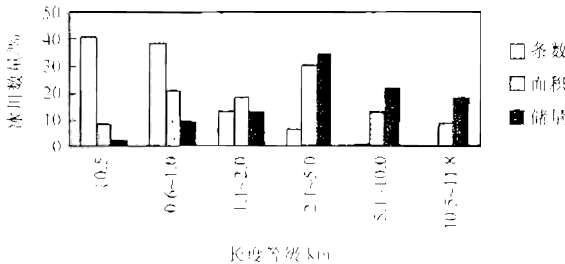


图 11 冰川长度等级及其数量特征

Fig.11 The length grade and their amount of glaciers.

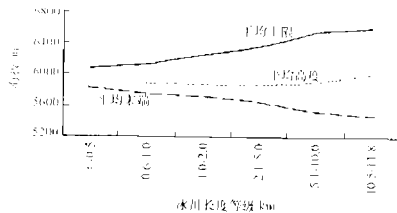


图 12 冰川长度等级及其高度特征

Fig.12 The different length grade of glaciers and their elevation characteristic.

22.55km², 编码 5Z421I54)。由此可见, 本区冰川的主体依然是长度 > 1.1km 以上的冰川。冰川长度等级及其数量特征基本上与面积等级相类似。

长度各等级冰川的高度分布特征亦与面积等级类似(图 12), 即长度小, 冰川作用差亦小; 长度越长, 冰川作用差则越大。

三、结语

综上所述, 可获得如下认识:

①利用新出版的大比例尺航测图(1:5 万)及其相应的航片资料, 重新对中国班公湖流域区曾简易编目的冰川再次进行详细的补充编目, 使得青藏高原内流区冰川目录的基础资料更为完善, 作为基础资料的基础真实可靠, 同时获得了本区冰川数量卫星影像简编结果小于大比例尺航测资料详编的结果, 即冰川数量(条数、面积、储量)前者小于后者的平均比率分别为 25.2%、7.4% 和 3.5%。确切地讲, 青藏高原内流区(编码 5Z)全部采用大比例尺航测资料(1:10 万, 1:5 万)编目的有据可查的准确而详细的冰川应该是 5341 条, 冰川面积 7836.10km², 冰储量 777.5059km³。

②统计中国班公湖流域区冰川上限与其数量结果发现, 冰川规模与其上限高度为正相关关系, 即冰川上限海拔高度越高, 其发育规模亦越大, 反之则越小。

③中国班公湖流域区冰川末端的分布高度空间最低为海拔 5670m, 平均末端高达海拔 5777m。这是目前已知我国冰川末端海拔平均高度最高的区域。

④冰川作用差是反映冰川发育规模的高度概念。中国班公湖流域区的冰川作用差介于 291—872m 之间, 平均为 377m。按形态类型比较, 冰川作用差的次序依次是悬冰川、冰斗—悬冰川、冰斗冰川、坡面冰川、冰斗—山谷冰川和山谷冰川; 冰川作用差按朝向由小到大依次为 S、W、N、NW、E、NE、SE 和 SW 朝向, 介于 272—544m 之间; 按面积和长度等级, 则依次是由面积、长度最小的冰川逐渐向面积、长度最大的冰川升高。

⑤毫无疑问, 提供可靠而详实的基础资料乃是对科学研究和社会经济发展不可缺少。中国冰川目录是冰川资源调查的重要基础数据, 亦是创建我国在今后相当长的时期内冰川演变发展研究工作的基础的基础, 其资料价值将会随着时间的推移而日趋重要。但是, 由于首次中国冰川编目航测资料的不完备, 类似班公湖流域冰川简易编目的地区在我国天山和帕米尔山区都有, 且后者更甚。因此, 冰川资源的基础调查研究还有许多工作要做。随着我国高山边远地区高精度的航测资料的不断更新, 中国冰川目录基础数据资料亦应逐步地更加完善。

参考文献

- [1] Müller, F., Cafilisch, T. and Müller, G., Instructions for Compilation and Assemblage of Data for a World Glacier Inventory: Temporary Technical Secretariat for World Glacier Inventory, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 1977.
- [2] Zhang Zhenshuan and Jiao Keqin. Glacier Inventory of China, Ⅱ, Qinghai - xizang Plateau Interior Area

- (Drainade Basins of the Bangong Lake) [M]. Beijing: Science Press, 1988. [张振栓, 焦克勤编. 中国冰川目录, VII, 青藏高原内陆水系(班公湖流域区)[M]. 北京: 科学出版社, 1988.]
- [3] Li Jijun, Zheng Benxing, Yang Xijin, et al. Distribution and Properties of the Existing Glaciers. Glaciers of Xizang (Tibet)[M]. Beijing: Science Press, 1986. 13 - 36. [李吉均, 郑本兴, 杨锡金, 等. 现代冰川的分布与性质, 西藏冰川[M]. 北京: 科学出版社, 1986. 13 - 36.]
- [4] Yang Huian, An Ruizhen. Beijing: Existing Glacier Resources Distributive Features in the Yarkant River. Glaciers and Environment of the Yarkant River, Karakorum Mountains[C]. Science Press, 1991. 1 - 18. [杨惠安, 安瑞珍. 叶尔羌河流域现代冰川资源及分布特征. 喀喇昆仑山叶尔羌河冰川与环境[C]. 北京: 科学出版社, 1991, 1~18]
- [5] Yang Huian, An Ruizhen. Glacier Inventory of China, VI, Kunlun Mountains (Drainage Area of Southern Qaidam Basin and reaches of Yellow River)[M]. Beijing: Science Press, 1992. [杨惠安, 安瑞珍编著. 中国冰川目录, VI, 昆仑山区(柴达木盆地南部和黄河上游流域区)[M]. 北京: 科学出版社, 1992, 30.]
- [6] Pu Jianchen. Glacier Inventory of China, VIII, The Changjiang (Yangtze) River Drainage Basin[M]. Lanzhou: Gansu Culture Press, 1994. 1-23. [蒲健辰编. 中国冰川目录, VIII, 长江水系[M]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1994. 1 - 23].
- [7] Liu Chaohai, Xie Zichu, M. B. Dyurgerov. Glacier Resources and Their Distribution in Tianshan Mountains. Glaciation of Tianshan Mountains[M]. Beijing: Science Press, 1998. 30. [刘潮海, 谢自楚, M. B. 久尔盖诺夫. 天山冰川资源及其分布规律. 天山冰川作用[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 30.]

天山天格尔山南北坡气温变化特征研究

韩添丁 叶柏生 焦克勤

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,兰州,730000)

摘要:通过对新疆天山天格尔山南北坡气温变化的不同特征的分析,揭示该区域气候增温过程的原因和环流形势,分析得出:山前平原地区气温上升幅度远大于中山带和高山区,冬季增温是年平均气温升高的主要原因,北坡及山前地区升温幅度大于南坡;昌吉从 1954 年—1996 年 1 月升温速率为 $0.121^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$;而库尔勒从 1959 年—1996 年 1 月升温速率为 $0.0822^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 。中山带和高山区气温变幅很小,中山带 1 月份甚至出现微弱的降温,乌鲁木齐河流域高山区大西沟气象站气温变化较小,出现微弱的升温趋势。冬季北坡逆温层远较南坡发育。南坡 1967 年北坡 1969 年冬季均出现近 40a 来的最低温。1961 年和 1975 年乌鲁木齐出现夏季及年平均气温的突变。

关键词:天山 气温变化 季节

引 言

近数十年来,全球温暖化十分明显。气候变暖、灾害频发等一系列环境问题倍受中外科学家和各国政府的关注;世界政府间气候变化专门委员会(IPCC)1990 年报告称,从 19 世纪 60 年代—20 世纪 80 年代,全球平均气温上升了 0.5°C ;20 世纪 50—80 年代新疆升温 0.95°C ,80 年代与 60—70 年代相比,新疆全区年气温平均升高 0.38°C ^[1];冬季升温对年气温的贡献最为显著,冬季升温幅度达 0.9°C ^[2]。作为对气候敏感反映的冰川,天山 1 号冰川从局部同样反映了温度变化,由于温度变化而导致的物质平衡在 70 年代初的突变^[3],造成 1 号冰川迅速退缩和减薄,东、西两支完全分开^[4]。本文就新疆天山天格尔山南北坡气温变化的不同特征,研究天格尔山南北坡气温增温过程和变化幅度。

1. 资料

本文根据天山天格尔山南北两坡乌拉斯台河和乌鲁木齐河流域不同高度气象站巴仑台(1958—1997)、和静(1961—1995)、库尔勒(1959—1996);小渠子(1956—1996)、乌鲁木齐(1941—1996)、昌吉(1954—1996)等及天格尔山乌鲁木齐河源乌鲁木齐大西沟气象站(1959—1996)近 40a 的冬季(以 1 月为例)、夏季(以 7 月为例)及年平均气温资料,分析天山南北

坡冬、夏季及年平均气温变化特点及增温过程、幅度、逆温层特点,结合不同季节环流型式,探讨气温变化的原因。

2. 流域内不同高度气温变化特点

资料分析显示,天格尔山南北坡冬、夏季及年平均气温变化特点较为相似,增温幅度有较大的差异;山前平原地区气温上升幅度远大于中山带和高山区,昌吉从1954年-1996年1月升温速率为 $0.121^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$,而库尔勒从1959年-1996年1月升温速率为 $0.0822^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 。中山带和高山区气温变幅很小,中山带1月份甚至出现微弱的降温,巴仑台和小渠子1月气温变率分别为 $-0.0003^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $-0.0089^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 、乌鲁木齐、巴仑台、和静同时出现了7月份气温的下降,其幅度分别为; $-0.0057^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $-0.0011^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $-0.0154^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$;除和静出现年均温度的轻微下降外($-0.0052^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$),其余各点均为年度的升温过程;乌鲁木齐河流域高山区大西沟气象站气温变化较小,出现微弱的升温趋势(图1);冬季温度变化幅度较大,冬季升温也是年温度升高的主要原因。另外,可以看出,山前平原和山区有着截然不同的气温变化特点,这可能和受控的环流模式有关。根据近40a来的气象资料,新疆在

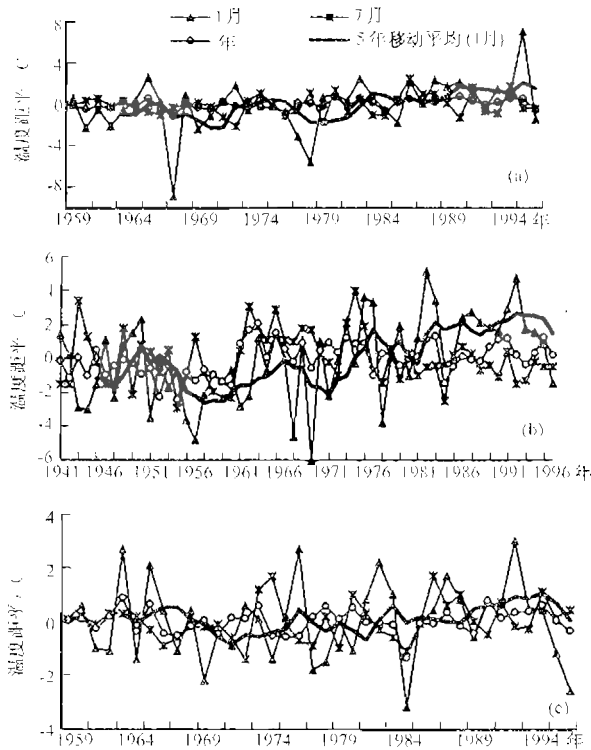


Fig 1 The anomalies of the temperature variations in southern and northern slopes of Mt. Tianger (a: kuerle, b: Urumqi, c: daxigou)

1973年前后为气候变化的突变点^[5],从图1明显看出,其突变的直接原因是冬季低温的升高。80年代气温变暖较为显著,这种变化北坡大于南坡,山前平原大于山区;。1967年南坡及1969年北坡各点都有一次近40a以来的冬季平均最低温;从环流形势分析,500hPa北半球年平均距平图显示^[6],中高纬度纬向环流弱,经向环流强。这种异常的环流分布,导致进入我国的冷空气势力偏强,路径偏南、偏西,造成近40a来南北疆1月的最低温度和相对较低的年均温。另外,这种降温特征可能与1965-1966年Awu等火山及1968年6月的Fernandina火山的爆发有关^[7],由于火山灰对太阳辐射的屏蔽作用,影响了其后几年的气候,导致气候变冷,特别是导致北半球冬季气温下降。北坡晚于南坡,约在1969年出现。新疆异常增暖年集中在80年代,40a以来,异常冬暖有6a(1963,1979,1982,1983,1987,1989);异常冬冷有4a,北疆(1955,1967,1969,1977);南疆(1954,1955,1967,1977)^[8],南北疆异常年份基本同步,说明异常寒冷的强度大。

3. 不同季节气温变化特点

冬季,以1月的气压场为代表,在整个亚洲大陆为蒙古高压所控制,控制新疆冬季气候变化因子主要是蒙古高压的强弱和消长,以及位置的迁移^[8]。由于天山的阻挡,南下的冷空气并不能长驱直入进侵南疆,所以南疆1月平均气温一般都不低于 -10°C ;从不同高度温度相关分析得出,小渠子与大西沟、乌鲁木齐与昌吉间气温相关系数分别为0.71和0.86,乌鲁木齐与小渠子、大西沟之间相关系数约为0.50,其余各站之间相关系数均小于0.50,而大西沟与库尔勒之间仅为0.08,说明南北疆有截然不同气候形式。北疆冬季气温完全受制于北方气流,南疆冬季环流较弱,局地环流占主要地位,但山区气候与山前平原仍有大的差别。从温度变化来看,冬季的月平均变化值远大于夏季。

夏季,亚洲腹地的气压场与冬季完全相反,蒙古高压在新疆完全消失,代之而来的是印度低压北上,控制新疆地区,这时为全年最盛季节。新疆夏季气候的变化因子主要是受印度低压的控制^[8]。夏季大西沟与巴仑台、库尔勒相关性较好,相关系数分别为0.63、0.71,其与乌鲁木齐的相关性较差(相关系数为0.15),其余各站之间相关性均较冬季大,说明天山山区气候受制于南方气流印度低压的控制;南北坡及山前平原区与山区仍有明显不同的气候系统。

从年度变化相关性来看,除大西沟与巴仑台两站相关系数为0.63以外,其余相关系数均小于0.5,大西沟与乌鲁木齐的年相关性同样也较差(相关系数为0.14),整体分析来看,除冬季外,天山山区中高山带全年主要受西风环流和印度低压的控制,总的特点是山区气候相对较为稳定。

另外根据以上各台站资料显示,春、秋季末都有明显的气温突变过程,4月中上旬气温开始回升,11月中上旬气温突降,这一过程在中科院乌鲁木齐河源1号冰川气象点的实测资料有较好的反映,以1995年气温为例,这一特征尤为突出(表1)^[9]。

表 1. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川气象点 4 月和 11 月气温突变特征
 Table 1. The temperature jump of the Glacier No.1 Meteorological point at the Headwater of the Urumqi River, April and November

月·日	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
气温(℃)	-11.1	-12.1	-12.8	-16.4	-19.8	-14.2	-8.8	-4.5	-2.7	-1.4
月·日	11.11	11.12	11.13	11.14	11.15	11.16	11.17	11.18	11.19	11.20
气温(℃)	-7.1	-7.6	-4.3	-4.6	-5.5	-12.3	-17.5	-12.7	-11.4	-14.2

4. 冬季逆温层

北方寒流的天山阻隔加上下垫面沙漠戈壁的强冷却作用,北坡乌鲁木齐河流域冬季逆温层发育十分明显和稳定,从山前冲积平原的昌吉、乌鲁木齐河谷逆流而上,逆温层上界可达 2200m 以上;南坡乌拉斯台河流域逆温层发育远弱于北坡,只是在低山区有轻微逆温层发育(图 2、图 3),但中高山带没有逆温层发育。另外,从图中明显看出,北坡冬季气温明显低于南坡。

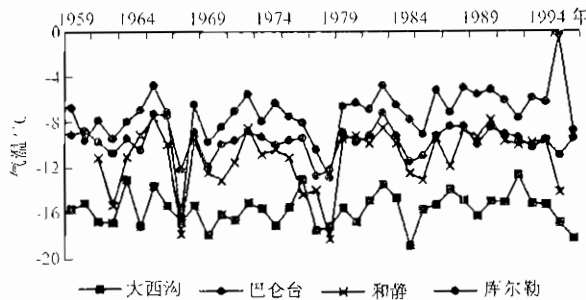


Fig2 The temperature change with altitude at southern slope of Tianger, January

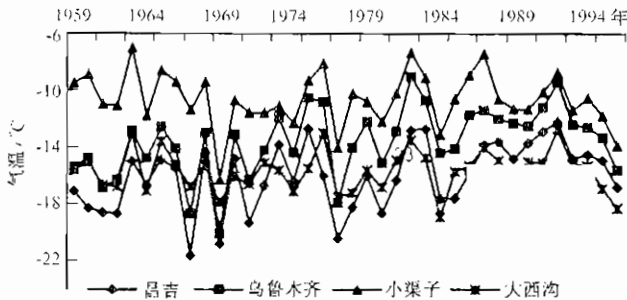


Fig3 The temperature change with altitude at northern slope of Tianger, January

5. 乌鲁木齐及其山前平原气温变异

资料分析显示,1961年和1975年前后,乌鲁木齐夏季及年平均气温与昌吉、阜康及临近地区发生了突变(以7月气温变化为例)(图4),同期1月的逆温层发育如常,而其它站点间也没有这种情况出现。因为乌鲁木齐与昌吉、阜康之间的距离及海拔高度不足以造成环流的变化,引起这样显著的差异。初步分析可能与乌鲁木齐及周边地区下垫面的变化有关。

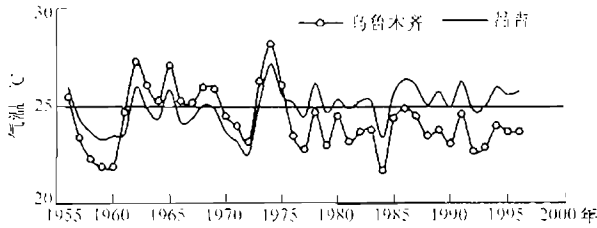


Fig 4 The temperature change in Urumqi and changji, July

据黄佰分析^[10],1958-1959年乌鲁木齐曾经大规模修筑道路(当年城建总投资的48.09%用于道路建设),1980年前后;乌鲁木齐与周围各乡、场、矿及风景区之间的交通联系逐步得到加强。其间这种现象出现的原因可能由此而得以初步验证,出现了夏季及年平均气温乌鲁木齐均高于昌吉、阜康及临近地区的现象;在城市的基本道路形成以后,随着城市绿化面积的增加,温度高低的差异性又处于60年代以前状态。

6. 结 论

1. 近40a以来,山区气候变化相对较小,年均温呈现微弱升温,山前平原区年均温升温幅度远大于山区,冬季升温非常明显。
2. 冬季北坡乌鲁木齐河流域气温远低于南坡乌拉斯台河流域,夏季则正好相反。
3. 冬季北坡逆温层发育程度和稳定性远大于南坡。
4. 南坡1967年、北坡1969年冬季均出现近40a来的最低温。
5. 1961-1975年乌鲁木齐出现大于昌吉及临近地区的夏季及年平均气温。

参考文献(Reference)

- [1]. Chen Longxun, Shao Yongning, Zhang Qingfen, et al. Preliminary analysis of climate change during the last 40 years in China[J]. Journal Applied Meteorology, 1991, 2(2), 164-173. [陈隆勋, 邵永宁, 张清芬等, 近40年我国气候变化初步分析[J], 应用气象学报, 1991, 2(2), 164-173]
- [2]. Ye Baisheng, Ding Yongjian, Kang Ersi, et al. Response of snowmelt and glacier runoff to the climate warming-up in the last 40 years in Xinjiang Autonomous Region, China[J]. Science in China(series D). 1999. 29(增1):40-46. [叶柏生, 丁永建, 康尔泗等, 近40a来新疆地区冰雪径流对气候变暖的响应[J], 中国科学(D), 1999, 29(增1):40-46]
- [3] Liu Shiyin, Ding Yongjian, Ye Baisheng, et al. Regional characteristics of glacier mass balance variations in

- high Asia[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 22(2), 98 - 105. [刘时银, 丁永建, 叶佰生等, 高亚洲地区冰川物质平衡变化研究[J], 冰川冻土, 2000, 22(2), 98 - 105.]
- [4]. Jiao keqin, Wang Chunzu, Han Tianding, A strong negative mass balance appeared in the Glacier No.1 at the headwater of the Urumqi River[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 22(1), 62 - 64. [焦克勤, 王纯足, 韩添丁, 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川新近出现大的物质负平衡[J], 冰川冻土, 2000, 22(1), 62 - 64]
- [5]. Jiang Jangmin, Liu Rong. An analysis of the climate jump on seasonal and annual atmospheric drought indexes over China[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1993, 51(2), 237 - 240. [江剑民, 刘荣. 对我国年、季大气干旱指数的气候跃变分析[J], 气象学报, 1993, 51(2), 237 - 240.]
- [6]. SHI Xinghe, ZHAO Yanning, QIN Ningsheng. Causes of Abnormal Warmer Climate in Qinghai Province [J]. *Journal of Desert Research*. 1999. 19(3):219 - 222. [时兴合, 赵燕宁, 秦宁生. 青海省气候异常偏暖的成因分析[J], 中国沙漠, 1999, 19(3):219 - 222.]
- [7] Li Zubin, Xiao Wenquan, Yang Qing, et al. Effect of Volcanic eruption on Solar Radiation and Air Temperature on Xinjiang[J]. *Arid Land Geography*. 1994. 17(4): 15 - 22. [李祖滨, 肖文全, 杨青等, 火山爆发对新疆太阳辐射和气温的影响[J], 干旱区地理, 1994, 17(4), 15 - 22]
- [8]. Li Jiangfeng, Jiang Yuxian. Change of Temperature and Climation Characteristics in Winter and Spring for the Recent 40 - years in Xinjiang[J]. *Arid Land Geography*. 1991. 14(4): 36 - 41. [李江风, 蒋玉贤, 新疆近 40 年来的冬春气温变化和环流特征[J], 干旱区地理, 1991, 14(4), 36 - 41]
- [9]. Han Tianding, Yang Xinyuan. The Changing Characteristics of Runoff in a Hydrological section at the Headwater of the Urumqi River [A]. *Proceeding of the Fifth Chinese Conference on Glaciology and Geocryology*(Vol. 1) [C]. Lanzhou: Gansu Cultural Press, 1996. 522 - 526. [韩添丁, 杨新元, 乌鲁木齐河源各水文点径流变化特征[A]. 见: 第五届全国冰川冻土大会论文集(上)[C], 兰州, 甘肃文化出版社, 1996, 522 - 526]
- [10] Huang Li. Research on Urban Spacial Structure of Urumqi[J]. *Arid Land Geography*. 1999. 22(4): 35 - 41. [黄丽, 乌鲁木齐城市地域结构问题初探[J], 干旱区地理, 1999, 22(4), 35 - 41]

叶尔羌河水质变化趋势初探

刘友存 叶柏生 韩添丁 焦克勤

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃兰州 730000)

摘要: 本文根据新疆维吾尔自治区在叶尔羌河布设的水文观测站观测到的水化学资料, 初步对叶尔羌河流域的地表水质, 如主要离子含量、总碱度、总硬度及 PH 值进行了统计分析, 观测到 60 年代初到 80 年代初期, 河流水中各离子浓度、总离子量、PH 值、碱硬度等均有下降趋势; 80 年代初开始, 由于人类活动的影响, 各种水化学指标又有增加趋势。

关键词: 水质变化 趋势 叶尔羌河

中图分类号: S159.226 文献标识码: A

0 前言

叶尔羌河地处塔里木盆地西南缘, 地理坐标介于 $74^{\circ}28' - 85^{\circ}54' E$ 和 $34^{\circ}50' - 40^{\circ}31' N$ 之间^[2]。河流发源于昆仑山和喀喇昆仑山, 干流走向先由东南向西北, 再向北流, 出山口后转向东北, 穿越塔克拉玛干沙漠, 注入塔里木河。50 年代以来, 由于农垦部门对水资源的不断开发利用, 一般年份水流在绿洲全部被利用和消耗, 几乎无水进入塔里木河, 只有大洪水期才有部分水流入塔里木河^[1]。

叶尔羌河全长 1100km, 其中中国境内流域面积 93630km²。山区流域面积约为 55600km², 平原约为 38100km², 整条河流年均径流量 $7.45 \times 10^9 m^3$, 是南疆第一大河。其中卡群水文站以上河长 585km, 年均径流 6.45×10^9 。叶尔羌河灌溉着南疆 530 多万亩耕地, 哺育 130 多万各族人民, 灌区内气候温和, 光热充足, 无霜期长, 盛产小麦、棉花、玉米、瓜果等各种农作物, 是南疆重要的粮棉基地^[2]。然而由于人类活动不仅使水量减少, 而且改变了自然状况下水盐运动规律, 使河水的水质发生巨大变化^[3]。因此在国家西部大开发的历史条件, 探讨以叶尔羌河为代表的河流的各种离子、离子总量、PH 值、矿化度、碱硬度变化趋势及人为活动的影响, 对正确认识和合理评价叶尔羌河流域生态环境本质特征, 监测其演变规律, 对于其他内陆河流域的水资源利用, 生态环境保护和社会经济的可持续发展都具有一定的现实意义。

1 资料与方法

水质变化, 是指河水主要离子含量(不包括污染性化学物质的含量), 在一定社会发展水平下, 由于人类活动持续影响所产生的在大区域或流域范围内所表现出来的具有一定

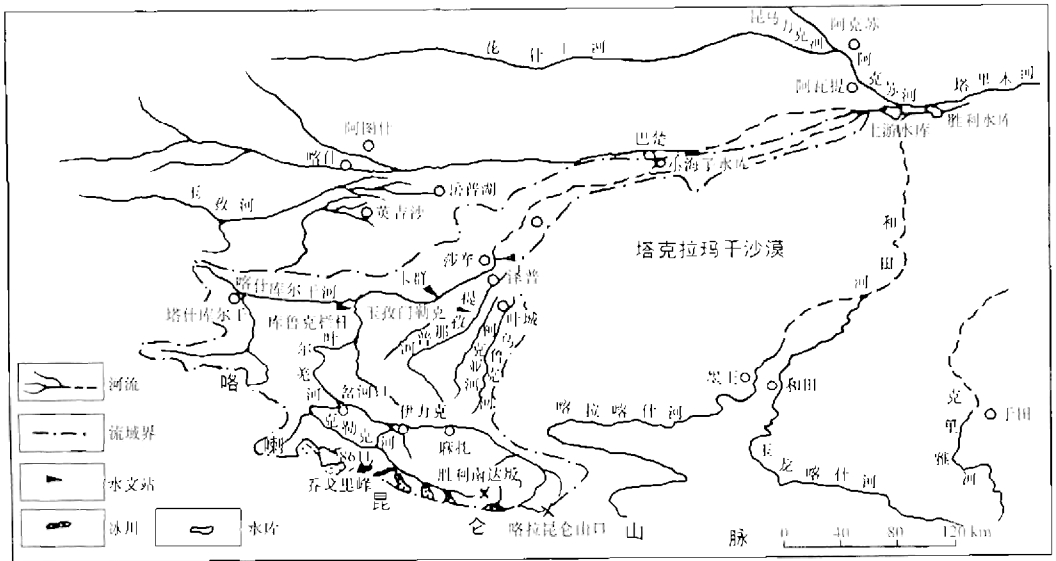


图 1-1 叶尔羌河水系及水文站点分布图

方向性的变化(张利田等,中山大学学报)^[4]。无论是水环境管理,还是水环境保护,河流的化学性质都是相当重要的^[15]。Gert Knutsson(1994)指出,研究一个较大区域或较大水系的水质变化问题至少要有 15 年以上的检测资料,这样才有可能从天然水质的正常自然波动中区分出人类活动对水质变化的影响^[5]。自 50 年代中期我国水利部向记载全国 500 多条河流上建立了 900 多个水化学检测站,对河水的主要物理性质、主要气体、主要离子和生物成因组分等进行监测^[10]。本文选用我国水利部《中华人民共和国水文年鉴(第 10 卷)内陆河湖水文资料》和《新疆维吾尔自治区喀什地区水文手册》^[11]中叶尔羌河流域所有有水化学资料的 10 个测站自 60 年代初中期至 80 年代中期的水化学资料,水文站位置见图 1-1。由于当时的历史原因及其他原因,资料的连续性并不好,主要是有资料的年份和采样频度,有些测站只两年资料(如东河滩),有的年份只有一两次。所以我们在计算年平均时才把它们计入。

监测项目包括:流量、PH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、离子总量、总硬度、总碱度等。在进行资料分析前首先由 Grubbs 检验法剔除异常值。在莎车县和泽普县境内叶尔羌河流域,人口相对集中,工农业比较发达,对河流的水质变化有一定的影响。

2 结果与分析

在影响河流水化学性质上,风化和侵蚀是相当重要的,而人类活动加速了他们的影响(农业等)^[15]。叶尔羌河流域地区在 84 年以前受人类活动影响较小,各种离子的浓度变化主要受自然条件影响,如补给水源和流水溶蚀岩石、地表风化物 and 土壤中的组成物质等等,同时上游冰川中的离子含量对叶河的离子浓度也有很大的影响。

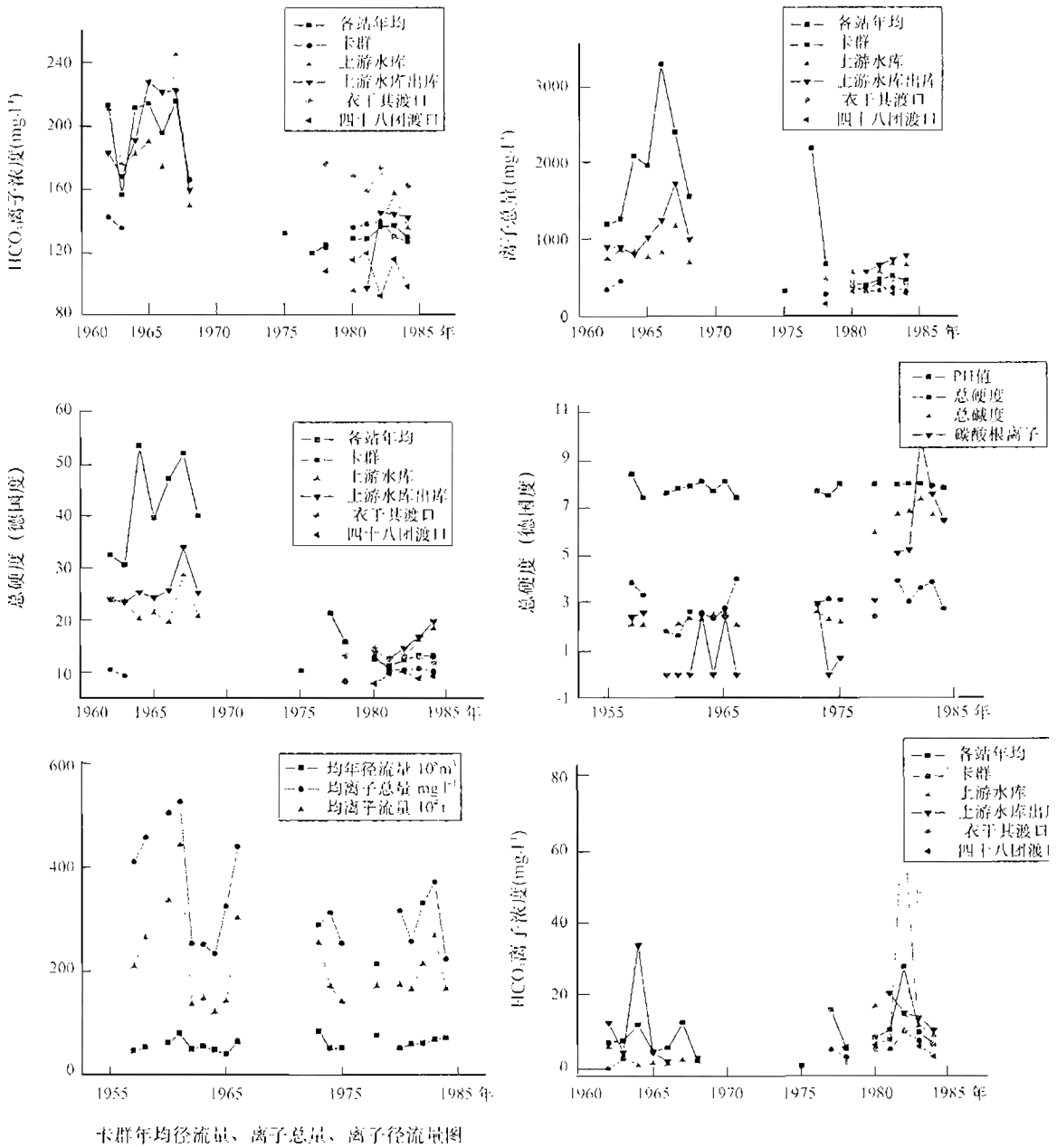


图 2-1 离子、PH 值、总碱硬、年径流量度变化图

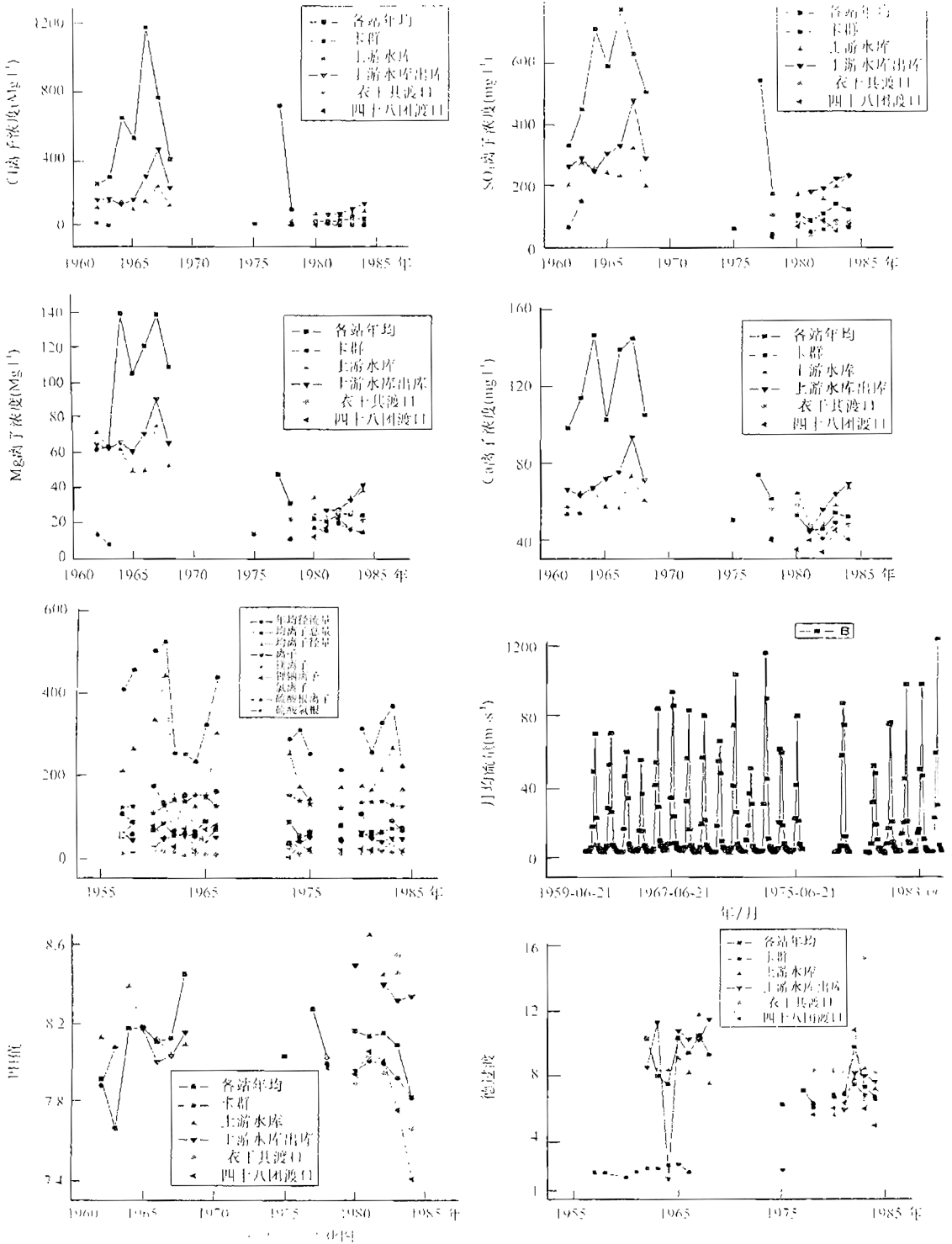


图 2-2 叶河总碱硬度及 PH 值变化图

2.1 河水的水化学类型变化趋势

根据水文年鉴的资料分析,按照阿列金分类法^[9],主要有CCa II型、CCa III型、SCa II型三种,而且从1957年到1984年,水化学类型中SCa II型逐步减少,然而CCa II型频次逐步增加。以连续性比较好的卡群站为例,从1957年到1966年的10年中,SCa II型有5个年份,其余为CCa II型、CCa III型等,1973年至1975、1978年、1980年至1984年的9年中有8年为CCa II型或CCa III型,只有1973年CMg III型(根据《新疆维吾尔自治区喀什地区水文手册》)^[11]。

2.2 河水的主要离子及离子总量的变化趋势

在干旱的西北内陆地区降水非常稀少,淋溶侵蚀和化学径流极为微弱,属盐分的积累区^[16]。而叶尔羌河所在的南疆地区更是极干旱区,该流域各站离子浓度组成各具特色,但大部分站台阴离子中以 SO_4^{2-} 和 Cl^- 占优势,二者之和占阴离子总量的70%左右,有些年份高达90%以上。说明该流域受蒸散发的影响很大,这与长江流域水质主要受碳酸盐风化的影响不同^[12]。阳离子 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 为主,在部分年份和某些年份尤其明显。根据离子浓度(毫克/升),阴离子 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$,阳离子 K^+ 、 $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ 。而且从已测量数据中,我们不难发现在1962-1984年间几乎所以离子均有下降趋势,而且趋势明显。只有在上游水库站和上游水库出库站的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 浓度和离子总量自1980年以后有上升趋势。见图2-1。

一般上,若河水的主要离子来自岩石风化释放,则河水流量增加时,水中的离子浓度减小^[17]。而叶河二者正好具有负相关性,径流量越大,离子浓度越小。在上游水库站和上游水库出库站各离子浓度有所增加,这主要是由于上游的水资源受到大量的开采,特别是小海子水库修建和扩建以后,一般年份水流在绿洲全部被利用,几乎无水进入水库^[2]。这样一旦洪水来临,将携带下游断流时沉积的大量离子到达下游水库,所以各离子浓度增加,而且随着近年来断流时间越来越长,离子沉积也越来越多,所以当洪水来临时携带的离子越来越多,河水的离子浓度也越来越多。其他地区离子浓度越来越低,主要是由于近年来气温有所上升,冰雪消融加快,叶尔羌河主要靠冰雪融水补给,所以河流的径流量逐渐增加。从2-2图从中我们还发现从1980年开始,大部分测站测得的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 离子浓度都有增加趋势。 HCO_3^- 及 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子主要来源于碳酸盐的溶解,其溶解过程与水 and 空气中的 CO_2 有关,上个世纪80年代初这三种离子的加,该地区已经受到由于人类活动而使大气中 CO_2 增加的影响,使水中的 CO_2 浓度增加,与境内是花岗岩、片麻岩等结晶岩、岩浆岩地带^[11,20],在水热条件充分情况下,反应而得,致使以上三种离子在水中的浓度增加,径流仍有增加趋势(如图2-2中卡群年均径流量图)。

叶尔羌河流域离子总量在250-2500mg/l之间,大大高于世界河流的平均水平(64.35mg/l),也高于全国大部分河流(140-400mg/l)^[7,8]。

从数据中我们还发现在60年代中期,各站的离子以及总碱硬度均有一个峰值(见图2-2)。经分析发现,在60年代中期叶尔羌河流域径流量出现了一个低谷(见2-2中径流量

图),而其他条件没有发生太大的变化,我们认为离子总量变化不大,而此时流量减小,则相应的河流的离子浓度将会增高。在这一地区人类活动对地表水的影响较小,既无工业污染而农业污染又较轻^[13]。

由于在《新疆维吾尔自治区喀什水文手册》得到的卡群逐年水化学统计数据比较好,所以我们以卡群为例进行相关性分析。平均年径流量与 Mg^{2+} 相关性较好,相关水平 0.05,相关系数为 0.538; $K^{+}Na^{+}$ 与 Cl^{-} 相关性比较明显,相关水平为 0.05,相关性 0.448; $K^{+}Na^{+}$ 与 SO_4^{2-} 离子相关性良好,相关水平为 0.01,相关系数 0.771;同时 SO_4^{2-} 与 HCO_3^{-} 离子也具有较好的相关性,相关水平为 0.05,相关系数为 0.556。

2.3 河水总碱硬度以及 PH 值的变化趋势

河水的总硬度主要是由水中含有钙镁的硫酸盐、氯化物,其次是碳酸盐、重碳酸盐以及其他矿物质溶解而成。叶尔羌河上游的硬度为 6-9 度之间,而下有多为大于 9 度的极硬水区^[16]。总碱度、总硬度变化趋势和离子相似,60 年代初至 80 年代初有下降趋势,80 年代初以后有上升趋势,原因也类似。总硬度与总碱度的比值有所下降,这与长江干流同时期总硬度与总碱度的比值有所下降^[14]不同。PH 值变化从 60 年代初期至 80 年代中期下降并不明显,而上游水库站和上游水库出库站还有上升的趋势。(见图 2-1)这与总硬度和总碱度变化原因一样,主要是 80 年代以后下游水量明显减少,还时常断流,使水中离子浓度增加所致。对于大多数站点 PH 值降低,主要是由是人类活动的影响使大气中的 CO_2 含量升高,从而使水中的 CO_2 含量增多,形成碳酸。

以时间序列较好的卡群站为例,进行相关性分析,发现总碱度与 $K^{+}Na^{+}$ 有较好的负相关性,相关水平 0.05,相关系数为 -0.499,说明 $K^{+}Na^{+}$ 有离子浓度越高,水的总碱度越低;同时总碱度与 CO_3^{2-} 有明显的正相关,相关水平 0.01,相关系数为 0.876,说明 CO_3^{2-} 离子含量高,则总碱度一定也高。总硬度与总碱度的比值被看作是天然水是否受人类酸化影响的指标^[5],当总硬度与总碱度比之等于 1 时,表明石灰岩的溶解主要受天然水中碳酸的影响;当总硬度与总碱度的比值大于 1 时,说明天然水中有人为酸的输入^[6]。叶尔羌河主要受冰雪融水的补给,离子浓度受冰雪对碳酸岩侵蚀风化的影响。而在卡群站,绝大多数年份总硬度与总碱度的比值大于或等于 1,且逐年升高。可能是受到大气酸沉降的影响。

3 结 论

依据叶尔羌河流域水文站 1962-1984 年的监测数据,发现该河水水质变化具有如下趋势:1) 河水中水化学类型中 CCa II 型和 CCa III 型所占比率越来越高,为主要的水化学类型;SCa II 型则越来越少。

2) 流域水中主要的阴阳离子($K^{+}Na^{+}$ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^{-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^{-})及离子总量在 60 年代初期到 80 年代初期均有明显的下降趋势;而从 80 年代初各种阴阳离子和离子总量又有增加趋势, $K^{+}Na^{+}$ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^{-} 增加趋势不太明显。 CO_3^{2-} 离子变化并不明显,各站年均均有不太明显的增加趋势。

3) 总硬度与总碱度具有密切关系,然而在叶尔羌河流域,总硬度有明显的下降趋势,80年代初又有所上升;而总碱度下降趋势并不明显。通过以卡群站逐年水化学统计分析,在卡群,总硬度变化并不明显,分析认为,可能是由于《水文年鉴》上数据太少,不能代表全年的真实值所致。PH值变化并不明显,年均、四十八团渡口、卡群有下降趋势,在上游水库、上游水库出库有上升趋势。

致谢:感谢中国科学院寒区旱区环境与工程研究所博士生导师高前兆研究员、沈永平研究员、中国科学院天山实验站站长李忠勤研究员、邵文章、井哲帆高级工程师、刘宗香老师在资料收集和写作过程中给予的大力支持和提出的宝贵意见。

参考文献(Reference)

- 1 张祥松,周聿超等编著.喀喇昆仑山叶尔羌河冰川与环境.1991.科学出版社
- 2 张祥松,周聿超等编著.喀喇昆仑山叶尔羌河冰川湖突发洪水研究(第一章).1990.科学出版社
- 3 宋郁东,樊自立,雷志栋,张发旺编著.中国塔里木河水资源与生态问题研究(第四章).2000.新疆人民出版社
- 4 张利田,陈永勤.西江干流近20年来水质变化趋势研究.中山大学报(自然科学版).2000.7
- 5 Gert Knutsson. Trends in the acidification of groundwater quality management. Proceedings of the GOM 93 conference held at Yallin, September 1993
- 6 陈静生,夏星辉等.长江水质酸化与黄河水质浓化趋势及成因探讨.中国工程科学,2000.3, Vol. 2 No. 3
- 7 水利电力部水文局编.中国水资源评价.北京:水利电力出版社,1987,27-40,69-70
- 8 陈静生,陈梅.海南岛河流主要离子化学特征和起源.热带地理,1992,12(3)
- 9 O. A. 阿列金.水文化学原理.地质出版社,1960
- 10 陈静生,关文荣,夏星辉等.长江中、上游水质变化趋势与环境酸化关系初探.环境科学学报 1998, 18(3):265-270
- 11 喀什地区水电局水文分站编印.喀什地区水文手册,1979年10月
- 12 Hu Minghui, Stallard R F, Edmond J M. Major ion chemistry of some large Chinese river. Nature, 1982, 198:550-553
- 13 马英杰,季方,樊自立.塔里木河水水质评价.1999.9,干旱区研究
- 14 陈静生,关文荣,夏星辉等.长江干流近30年来水质变化若干问题探析.环境化学,1998,17(1):8-13
- 15 J. Zhang, W. W. Huang, R. Letolle, C. Jusserand. Major element chemistry of the Huanghe (Yellow River), China - weathering processes and chemical fluxes. Journal of hydrology VOL. 168 1995
- 16 乐嘉祥,王德春.中国河流水化学特征.地理学报,1963,29(1)
- 17 陈静生,何大伟.珠江水系河水主要离子化学特征及成因.北京大学学报(自然科学版),VOL. 35, 1999.11
- 18 John M. Melack, John L. Stoddard, and Cliff A. Ochs Major Ion Chemistry and Sensitivity to Acid Precipitation of Sierra Nevada Lakes water resources research VOL. 21, No. 1
- 19 Shi-lun Yang, Qing-ying Zhao, Igor M. belkin. Temporal variation in the sediment load of the Yangtze River and the influences of human activities. Journal of Hydrology, 263(2002)56-71
- 20 程裕淇,沈永和,陈书铭等.中国地质图.中国地质出版社,1990

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)

井哲帆

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,兰州 730000)

1 简 述

本期年报公布了 1998/1999 和 1999/2000 年度 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端进退变化的观测资料。

观测方法是采用 020 型经纬仪进行前方交会得出各流速点的空间位置,再计算出每一流速点在单位时间内的空间位移,从而得出各点的运动速度。

2 资料说明

表 1 为 1998/1999 年度的运动速度,表 2 为 1999/2000 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 1999 和 2000 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, α 为运动速度的方向。

3 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 99 年度和 2000 年度的表面运动与前几年运动速度相比变化基本不大,从表 1 和表 2 中可以看出,东支冰川 99 年度最大流速点为 E3,其年流速为 5.12 米,2000 年度流速最大点仍为 E3 点,其年流速为 5.18 米。西支冰川 99 年度最大流速点为 E2 点,其年流速为 6.78 米,2000 年度最大流速点还是 E2 点,其年流速为 6.83 米。最大流速点位基本与往年相同。

(2) 将运动速度值与上年度的速度值作一比较,发现 1 号冰川表面运动速度值 99 年度与 98 年度相比呈降低的趋势,降幅约在 0.1~0.5 米/年的范围内。而 2000 年度与 99 年度的速度值相比基本保持一致。但是,有 1/4 的点运动速度值略有增大,增幅不大,约在 0.01~0.1 米/年的范围内。

(3) 运动速度垂直分量 U_z 的年度变化规律同往年的变化规律完全相同。即消融区的

明显的作用和积累区的汇入流作用。

(4)冰川末端进退的观测方法仍同以往。表3反映了99年度和2000年度的冰舌退缩量,从表中可以看出,东支冰舌保持了较稳定的退缩速率。西支冰舌99年度比98年度略大一些,而2000年度的退缩量有较大的变化,退缩量为6.92米,其主要原因可能是2000年到冰川旅游的游客俱增而又多数到西支冰舌游玩,由此造成西支末端冰舌后退加剧。

表1 年运动速度(观测日期:1998.8.28—1999.8.30)

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ})$	γ	$U_{xy}(m/a)$
A	0.56	3.06	3.11	-0.07	79	38	3.08
B2'	1.43	3.48	3.76	-0.02	67	40	3.73
B3'	-0.32	4.91	4.92	0.05	176	16	4.89
C1'	2.71	3.65	4.55	-0.18	53	24	4.51
C2'	2.81	3.73	4.67	-0.20	53	01	4.63
C3'	2.77	3.45	4.42	-0.59	51	14	4.38
D1'	3.70	1.47	3.98	-0.16	21	40	3.95
D2'	3.88	1.31	4.10	-0.03	18	39	4.07
D3'	3.61	1.53	3.92	-0.05	22	58	3.89
E1'	0.76	0.05	0.76	-0.06	3	46	0.75
E2'	4.44	0.59	4.48	-0.66	7	34	4.44
E3'	5.13	0.60	5.16	-0.90	6	40	5.12
F1'	0.94	0.30	0.99	-0.21	17	42	0.98
F2'	4.12	0.63	4.17	-0.73	8	42	4.14
F3'	4.78	0.60	4.82	-0.78	7	09	4.78
G1'	0.43	0.19	0.47	-0.03	23	50	0.47
G2'	3.42	1.08	3.59	-0.56	17	32	3.56
G3'	3.80	1.30	4.02	-0.88	18	53	3.99
H1'	0.94	1.02	1.39	-0.20	47	20	1.38
H2'	2.14	0.74	2.26	-0.59	19	04	2.24
A	-1.19	0.80	1.43	-0.20	146	05	1.42
B	-2.10	5.67	6.05	-1.27	110	19	6.00
C1	0.22	4.13	4.14	-0.73	86	57	4.11
C2	-0.18	6.21	6.21	-0.71	91	39	6.16
C3	-0.21	5.96	5.96	-0.40	92	01	5.91
D1	0.05	2.71	2.71	-0.46	88	57	2.69

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$	$U_{xy}(m/a)$
D2	0.95	5.41	5.49	-1.03	80 02	5.45
D3	0.56	6.80	6.82	-1.04	85 18	6.76
E1	1.00	6.61	6.69	-0.98	81 24	6.64
E2	1.96	6.55	6.84	-1.60	73 20	6.78
E3	2.40	5.91	6.38	-0.44	67 54	6.33
F1	2.51	4.59	5.23	-0.93	61 20	5.19
F2	2.50	5.06	5.64	-0.91	63 42	5.59
F3	2.21	4.58	5.09	-0.92	64 14	5.05
G1	0.11	0.37	0.39	-0.04	73 27	0.39
G2	1.95	4.97	5.34	-0.55	68 35	5.30
G3	2.32	5.36	5.84	-0.81	66 36	5.79
H1	0.05	0.29	0.29	-0.04	80 13	0.29
H2	2.33	4.28	4.87	-0.50	61 26	4.83
H3	2.84	4.57	5.38	-1.22	58 08	5.34
L1	4.01	3.33	5.21	-2.89	39 42	5.17
L2	4.93	3.67	6.15	-3.38	36 40	6.10

表 2 年运动速度(观测日期:1999.8.30—2000.8.16)

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$	$U_{xy}(m/a)$
A'	0.50	2.91	2.95	-0.08	80 15	3.07
B2'	1.34	3.35	3.61	-0.06	68 12	3.75
B3'	-0.30	4.71	4.72	-0.04	93 37	4.91
C1'	2.60	3.38	4.26	-0.19	52 26	4.43
C2'	2.72	3.55	4.47	-0.18	52 32	4.64
C3'	2.68	3.29	4.24	-0.53	50 50	4.41
D1'	3.55	1.25	3.76	-0.14	19 24	3.91
D2'	3.71	1.17	3.89	-0.03	17 30	4.05
D3'	3.47	1.38	3.73	-0.05	21 41	3.88
E1'	0.70	0.04	0.70	-0.04	3 16	0.73
E2'	4.24	0.54	4.27	-0.60	7 15	4.44
E3'	4.95	0.56	4.98	-0.83	6 27	5.18

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$	$U_{xy}(m/a)$
F1'	0.87	0.28	0.91	-0.20	17 50	0.95
F2'	3.89	0.54	3.93	-0.69	7 54	4.09
F3'	4.56	0.56	4.59	-0.71	7 00	4.77
G1'	0.38	0.17	0.42	-0.03	24 17	0.44
G2'	3.23	1.01	3.38	-0.50	17 22	3.51
G3'	3.58	1.19	3.77	-0.78	18 23	3.92
H1'	0.88	1.00	1.33	-0.16	48 39	1.38
H2'	1.97	0.63	2.07	-0.49	17 44	2.15
A	-1.02	0.72	1.25	-0.28	144 47	1.30
B	-1.97	5.48	5.82	-1.03	109 46	6.05
C1	0.20	3.90	3.91	-0.68	87 04	4.07
C2	-0.16	5.92	5.92	-0.64	91 33	6.16
C3	-0.17	5.71	5.71	-0.42	91 42	5.94
D1	0.05	2.59	2.59	-0.45	88 54	2.69
D2	0.91	5.12	5.20	-0.95	79 55	5.41
D3	0.52	6.48	6.50	-0.93	85 24	6.76
E1	1.00	6.31	6.39	-0.92	81 00	6.65
E2	1.81	6.32	6.57	-1.42	74 01	6.83
E3	2.20	5.63	6.04	-0.51	68 37	6.28
F1	2.37	4.36	4.96	-0.84	61 28	5.16
F2	2.34	4.85	5.38	-0.80	64 15	5.60
F3	2.08	4.38	4.85	-0.73	64 36	5.04
G1	0.11	0.35	0.37	-0.08	72 33	0.38
G2	1.81	4.76	5.09	-0.43	69 11	5.29
G3	2.15	5.10	5.53	-0.69	67 08	5.75
H1	0.04	0.27	0.27	-0.05	81 34	0.28
H2	2.18	4.08	4.63	-0.44	61 53	4.81
H3	2.66	4.31	5.06	-1.03	58 19	5.26
L1	3.79	3.12	4.91	-2.65	39 28	5.11
L2	4.71	3.49	5.86	-3.11	36 32	6.09

表3 东西支冰舌进退变化量

冰舌进退值(米)		
时 间	东支冰舌	西支冰舌
1998.8.28 - 1999.8.30	-3.41	-4.85
1999.8.30 - 2000.8.16	-3.40	-6.92

表4 流速点坐标(观测日期:1999.8.30)

东支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)	西支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)
A'	5144.98	3762.36	3725.05	A	5294.12	3390.40	3834.18
B2'	5148.46	3618.98	3804.63	B	5392.69	3397.87	3859.53
B3'	5072.03	3669.46	3801.50	C1	5436.22	3266.85	3904.07
C1'	5114.38	3340.57	3849.34	C2	5384.95	3260.55	3912.19
C2'	5059.95	3433.51	3851.07	C3	5342.58	3241.57	3922.32
C3'	4987.56	3498.55	3845.24	D1	5489.29	3243.65	3933.17
D1'	4877.90	3226.33	3891.41	D2	5434.14	3156.01	3928.71
D2'	4831.94	3313.04	3893.53	D3	5365.01	3149.58	3935.84
D3'	4782.07	3401.89	3894.56	E1	5440.23	3007.91	3972.80
E1'	4567.21	2999.59	3924.88	E2	5368.90	2999.65	3977.16
E2'	4554.12	3096.24	3924.27	E3	5294.33	2987.87	3994.79
E3'	4522.34	3185.89	3922.45	F1	5386.46	2812.62	4012.68
F1'	4349.66	2966.12	3967.22	F2	5307.50	2823.45	4017.08
F2'	4337.10	3041.45	3965.78	F3	5230.03	2826.85	4026.27
F3'	4311.21	3108.39	3963.88	G1	5405.20	2597.00	4058.13
G1'	4152.66	2899.92	4014.49	G2	5330.77	2656.66	4053.15
G2'	4141.78	2969.29	4009.59	G3	5250.49	2688.44	4045.06
G3'	4115.86	3032.41	4004.15	H1	5344.43	2434.78	4076.95
H1'	3945.55	2789.59	4065.44	H2	5273.78	2510.68	4073.06
H2'	3901.72	2931.10	4041.79	H3	5192.36	2562.56	4068.84
				L1	5141.70	2493.90	4085.20
				L2	5066.51	2423.58	4134.95

表5 流速点坐标(观测日期:2000.8.16)

东支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)	西支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)
A'	5145.48	3765.27	3724.97	A	5293.10	3391.12	3833.90
B2'	5149.80	3622.33	3804.57	B	5390.72	3403.35	3858.50
B3'	5071.73	3674.17	3801.46	C1	5436.42	3270.75	3903.39
C1'	5116.98	3343.95	3849.15	C2	5384.79	3266.47	3911.55
C2'	5062.67	3437.06	3850.89	C3	5342.41	3247.38	3921.90
C3'	4990.24	3501.84	3844.71	D1	5489.34	3246.24	3932.72
D1'	4881.45	3227.58	3891.27	D2	5435.05	3161.13	3927.76
D2'	4835.65	3314.21	3893.50	D3	5365.53	3156.06	3934.91
D3'	4785.54	3403.27	3894.51	E1	5441.23	3014.22	3971.88
E1'	4567.91	2999.63	3924.84	E2	5370.71	3005.97	3975.74
E2'	4558.36	3096.78	3923.67	E3	5296.53	2993.50	3994.28
E3'	4527.29	3186.45	3921.62	F1	5388.83	2816.98	4011.84
F1'	4350.53	2966.40	3967.02	F2	5309.84	2828.30	4016.28
F2'	4340.99	3041.99	3965.09	F3	5232.11	2831.23	4025.54
F3'	4315.77	3108.95	3963.17	G1	5405.31	2597.35	4058.05
G1'	4153.04	2900.09	4014.46	G2	5332.58	2661.42	4052.72
G2'	4145.01	2970.30	4009.09	G3	5252.64	2693.54	4044.37
G3'	4119.44	3033.60	4003.37	H1	5344.47	2435.05	4076.90
H1'	3946.43	2790.59	4065.28	H2	5275.96	2514.76	4072.62
H2'	3903.69	2931.73	4041.30	H3	5195.02	2566.87	4067.81
				L1	5145.49	2497.02	4082.55
				L2	5071.22	2427.07	4131.84

参考文献

- [1] 井哲帆, 1997. 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1995-1996). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 14: 76-79
- [2] 井哲帆, 1999. 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(1996/1997和1997/1998年度). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 15: 154-159

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)

井哲帆

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

1 观测与说明

2001 年的观测仍采用 020 型经纬仪进行前方交会得出各流速点的空间位置,再计算出每一流速点在单位时间内的空间位移,从而得出各点的运动速度。2002 年采用新购置的全站仪进行观测的。

表 1 为 2000/2001 年度的运动速度,表 2 为 2001/2002 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 2001 和 2002 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 2001 年度和 2002 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 2001 年度最大流速点为 e3', 其年流速为 4.87 米,2002 年度流速最大点仍为 e3' 点,其年流速为 4.77 米。西支冰川 2001 年度最大流速点为 e2 点,其年流速为 6.14 米,2002 年度最大流速点还是 e2 点,其年流速为 6.09 米。最大流速点位基本与往年相同。

(2)运动速度垂直分量 U_z 的年度变化规律同往年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)冰川末端进退的观测方法仍同以往。表 3 反映了 2001 年度和 2002 年度的冰舌退缩量,从表中可以看出,东支冰舌保持了较稳定的退缩速率。西支冰舌 2001 年度比 2000 年度略大一些,而 2002 年度的退缩量同 2001 年度的相比是略有减小,退缩量为 6.25 米。

表1 年运动速度(观测日期:2000.08.16—2001.08.25)

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ})$	$(^{\circ})$	$U_{xy}(m/a)$
a2'	0.45	2.81	2.85	-0.07	80	24	2.77
b2'	1.26	3.24	3.48	-0.06	68	36	3.39
b3'	-0.31	4.68	4.69	-0.04	93	44	4.56
c1'	2.50	3.32	4.16	-0.18	52	57	4.05
c2'	2.60	3.45	4.32	-0.18	53	00	4.20
c3'	2.55	3.20	4.09	-0.51	51	29	3.98
d1'	3.43	1.21	3.64	-0.12	19	25	3.54
d2'	3.62	1.14	3.80	-0.03	17	28	3.69
d3'	3.36	1.32	3.61	-0.05	21	27	3.51
e1'	0.71	0.04	0.71	-0.04	3	14	0.69
e2'	4.12	0.55	4.16	-0.55	7	36	4.04
e3'	4.97	0.54	5.00	-0.78	6	14	4.87
f1'	0.88	0.29	0.92	-0.18	18	23	0.90
f2'	3.80	0.51	3.83	-0.66	7	39	3.73
f3'	4.42	0.55	4.45	-0.70	7	06	4.34
g1'	0.38	0.18	0.42	-0.03	25	23	0.41
g2'	3.14	1.02	3.30	-0.44	18	01	3.21
g3'	3.46	1.16	3.65	-0.70	18	32	3.55
H1'	0.89	1.01	1.35	-0.15	48	26	1.31
H2'	1.94	0.60	2.03	-0.47	17	12	1.98
A	-0.95	0.70	1.18	-0.26	143	37	1.15
b	-1.90	5.36	5.69	-0.95	109	36	5.54
c1	0.22	3.82	3.83	-0.66	85	08	3.72
c2	-0.16	5.78	5.79	-0.61	93	22	5.64
c3	-0.16	5.60	5.61	-0.40	93	25	5.45
d1	0.06	2.53	2.53	-0.42	90	00	2.46
d2	0.90	5.07	5.15	-0.88	79	54	5.01
d3	0.53	6.27	6.29	-0.87	85	26	6.12
e1	1.01	6.20	6.28	-0.87	80	51	6.11
e2	1.61	6.10	6.31	-1.33	75	11	6.14
e3	2.10	5.51	5.90	-0.46	69	03	5.74
f1	2.25	4.24	4.80	-0.80	62	03	4.67

续

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$	$U_{xy}(m/a)$
f2	2.25	4.71	5.22	-0.77	64 28	5.08
f3	2.01	4.28	4.73	-0.73	64 49	4.60
g1	0.11	0.36	0.38	-0.08	71 20	0.37
g2	1.73	4.62	4.93	-0.40	69 35	4.80
g3	2.08	4.94	5.36	-0.65	67 10	5.22
H1	0.05	0.28	0.28	-0.05	79 43	0.27
H2	2.18	4.00	4.56	-0.43	61 19	4.43
H3	2.58	4.20	4.93	-1.00	58 26	4.80
L1	3.67	3.01	4.75	-2.51	39 20	4.62
L2	4.60	3.35	5.69	-2.94	36 05	5.54

表 2 年运动速度(观测日期:2001.08.25—2002.8.26)

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$	$U_{xy}(m/a)$
a2'	0.41	2.72	2.75	-0.06	81 36	2.73
b2'	1.20	3.12	3.34	-0.05	68 06	3.32
b3'	-0.29	4.56	4.57	-0.05	93 47	4.54
c1'	2.38	3.18	3.97	-0.17	53 14	3.95
c2'	2.50	3.30	4.14	-0.17	52 52	4.12
c3'	2.45	3.13	3.97	-0.48	52 03	3.95
d1'	3.26	1.14	3.45	-0.11	19 18	3.43
d2'	3.47	1.07	3.63	-0.03	17 09	3.61
d3'	3.25	1.25	3.48	-0.04	21 03	3.46
e1'	0.68	0.04	0.68	-0.05	3 23	0.68
e2'	4.03	0.50	4.06	-0.51	7 05	4.04
e3'	4.77	0.48	4.79	-0.73	5 46	4.77
f1'	0.85	0.27	0.89	-0.17	17 40	0.89
f2'	3.65	0.47	3.68	-0.62	7 21	3.66

续

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$	$U_{xy}(m/a)$
f3'	4.26	0.50	4.29	-0.66	6 42	4.27
g1'	0.35	0.17	0.39	-0.03	25 51	0.39
g2'	2.96	1.01	3.13	-0.40	17 50	3.11
g3'	3.33	1.10	3.51	-0.68	18 16	3.49
H1'	0.86	0.96	1.29	-0.15	48 06	1.28
H2'	1.85	0.56	1.93	-0.45	16 52	1.92
a	-0.94	0.68	1.16	-0.25	144 06	1.15
b	-1.81	5.15	5.46	-0.90	109 24	5.43
c1	0.23	3.68	3.69	-0.63	85 47	3.67
c2	-0.17	5.49	5.49	-0.59	91 46	5.46
c3	-0.16	5.42	5.43	-0.41	91 41	5.40
d1	0.06	2.40	2.40	-0.42	88 34	2.39
d2	0.91	4.89	4.97	-0.80	79 43	4.95
d3	0.53	5.91	5.93	-0.80	85 18	5.90
e1	1.03	5.97	6.06	-0.81	80 07	6.03
e2	1.51	5.93	6.12	-1.22	75 42	6.09
e3	2.01	5.38	5.74	-0.46	69 36	5.71
f1	2.15	4.04	4.58	-0.78	61 54	4.55
f2	2.12	4.53	5.00	-0.77	64 58	4.97
f3	1.96	4.12	4.56	-0.74	64 38	4.54
g1	0.10	0.35	0.36	-0.08	76 28	0.36
g2	1.63	4.49	4.78	-0.41	69 57	4.75
g3	1.97	4.80	5.19	-0.62	67 39	5.16
H1	0.04	0.27	0.27	-0.05	81 29	0.27
H2	2.07	3.89	4.41	-0.40	61 54	4.38
H3	2.43	4.06	4.73	-1.02	59 08	4.71
L1	3.51	2.90	4.55	-2.40	39 36	4.53
L2	4.42	3.20	5.46	-2.91	35 53	5.43

表 3 东西支冰舌进退变化量

冰 舌 进 退 值 (米)		
时 间	东支冰舌	西支冰舌
2000.08.16 - 2001.08.30	-3.10	-6.95
2001.08.30 - 2002.08.26	-3.10	-6.25

表 4 流速点坐标(观测日期:2001.08.16)

东支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)	西支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)
a	5145.43	3765.17	3724.98	a	5293.17	3391.10	3833.92
b2'	5149.72	3622.22	3804.57	b	5390.79	3403.23	3858.58
b3'	5071.72	3674.14	3801.46	c1	5436.44	3270.67	3903.41
c1'	5116.88	3343.89	3849.16	c2	5384.79	3266.33	3911.58
c2'	5062.55	3436.96	3850.89	c3	5342.42	3247.17	3921.92
c3'	4990.11	3501.75	3844.73	d1	5489.35	3246.18	3932.75
d1'	4881.33	3227.54	3891.29	d2	5435.04	3161.08	3927.83
d2'	4835.56	3314.18	3893.50	d3	5365.54	3155.85	3934.97
d3'	4785.43	3403.21	3894.51	e1	5441.24	3014.11	3971.93
e1'	4567.92	2999.63	3924.84	e2	5370.51	3005.75	3975.83
e2'	4558.24	3096.79	3923.72	e3	5296.43	2993.38	3994.33
e3'	4527.31	3186.43	3921.67	f1	5388.71	2816.86	4011.88
f1'	4350.54	2966.41	3967.04	f2	5309.75	2828.16	4016.31
f2'	4340.90	3041.96	3965.12	f3	5232.04	2831.13	4025.54
f3'	4315.63	3108.94	3963.18	g1	5405.31	2597.36	4058.05
g1'	4153.04	2900.10	4014.46	g2	5332.50	2661.28	4052.75
g2'	4144.92	2970.31	4009.15	g3	5252.57	2693.38	4044.41
g3'	4119.32	3033.57	4003.45	H1	5344.48	2435.06	4076.90
H1'	3946.44	2790.60	4065.29	H2	5275.96	2514.68	4072.63
H2'	3903.66	2931.70	4041.32	H3	5194.94	2566.76	4067.84
				L1	5145.37	2496.91	4082.69
				L2	5071.11	2426.93	4132.01

表 5 流速点坐标(观测日期:2002.08.26)

东支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)	西支点名	X(m)	Y(m)	Z(m)
a'	5145.84	3767.89	3724.92	a	5292.23	3391.78	3833.67
b2'	5150.92	3625.34	3804.52	b	5388.98	3408.38	3857.68
b3'	5071.43	3678.70	3801.41	c1	5436.67	3274.35	3902.78
c1'	5119.26	3347.07	3848.99	c2	5384.62	3271.82	3910.99
c2'	5065.05	3440.26	3850.72	c3	5342.26	3252.59	3921.51
c3'	4992.56	3504.88	3844.25	d1	5489.41	3248.58	3932.33
d1'	4884.59	3228.68	3891.18	d2	5435.95	3165.97	3927.03
d2'	4839.03	3315.25	3893.47	d3	5366.07	3161.76	3934.17
d3'	4788.68	3404.46	3894.47	e1	5441.24	3020.08	3971.12
e1'	4568.60	2999.67	3924.79	e2	5372.02	3011.68	3974.61
e2'	4562.27	3097.29	3923.21	e3	5298.44	2998.76	3993.87
e3'	4532.08	3186.91	3920.94	f1	5390.86	2820.90	4011.10
f1'	4351.39	2966.68	3966.87	f2	5311.87	2832.69	4015.54
f2'	4344.55	3042.43	3964.50	f3	5234.00	2835.25	4024.80
f3'	4319.89	3109.44	3962.52	g1	5405.41	2597.71	4057.97
g1'	4153.39	2900.27	4014.43	g2	5334.13	2665.77	4052.34
g2'	4147.88	2971.32	4008.75	g3	5254.54	2698.18	4043.79
g3'	4122.65	3034.67	4002.87	H1	5344.52	2435.33	4076.85
H1'	3947.30	2791.56	4065.14	H2	5278.03	2518.57	4072.23
H2'	3905.51	2932.26	4040.87	H3	5197.37	2570.82	4066.82
				L1	5148.88	2499.81	4080.29
				L2	5075.53	2430.13	4129.10

参考文献

- [1]、井哲帆,1997.乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1995-1996).中国科学院天山冰川观测试验站年报,14:76-79
- [2]、井哲帆,1999.乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(1996/1997和1997/1998年度).中国科学院天山冰川观测试验站年报,15:154-159
- [3]、井哲帆,1999.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,16:

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(1999/2000 年度)

井哲帆

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

1 简述

天山冰川观测试验站在逐步规范、完善、巩固和提高天山乌鲁木齐河源一号冰川长远观测试验基础研究项目的基础上,为了继续扩大和丰富我国冰川观测研究空间,充实和积累我国冰川观测研究基础,于 1998 年决定选择和开辟天山冰川站第二个冰川观测点,拟开展冰川的物质平衡、冰川表面运动、冰舌末端进退变化等方面的定期监测工作。

1999 年 8 月,经过选点考察,确定了天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川为天山冰川站第二个冰川定位观测点。在该冰川上布设了用于冰川运动和冰川物质平衡观测研究的测杆 18 根,并进行了冰川表面运动、冰川物质平衡和冰川末端变化的首次观测。

2000 年 8 月,第二次对奎屯河哈希勒根 51 号冰川进行了上述项目的观测,获得了一个周年的冰川变化资料,标志着天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川的表面运动速度、物质平衡和冰川末端变化研究项目正式实施。

2 奎屯河哈希勒根 51 号冰川概况

奎屯河哈希勒根 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,奎屯河上游支沟哈希勒根河源区。根据 1964 年 9 月航空摄影,1972 年出版的 1/5 万地形图量算获得的主要数据结果为;51 号冰川其形态特征属于冰斗冰川,地理位置为东经 $84^{\circ}24'$ 北纬 $43^{\circ}43'$,冰川朝向 NE,最高海拔 4000 米,冰舌末端高度 3400 米,雪线高度 3610 米,冰川面积 1.48 平方公里,最大长度 1.7 公里。

3 观测方法

使用 GPS(卫星定位系统)测量技术在冰川外围测定了两个基本控制点(K1 和 K2,以便于长期定位观测)和三个冰舌末端变化观测控制点。冰川表面运动速度是使用精密光学经纬仪,从控制点 K1、K2 上对布设在冰川表面的测杆进行重复前方交会,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。

坐标系的建立,由于是小区域的观测,所以选用独立坐标系,以 K1—K2 方向为横坐标 Y 轴,X 轴为垂直于 Y 轴的纵坐标,Z 为垂直于 XY 平面竖直向上的坐标轴。以 K1 点坐标 $X=1000.00\text{m}$ 、 $Y=1000.00\text{m}$ 、 $Z=3435.00\text{m}$ 为起算点。

4 资料说明

表 1 为 1999/2000 年度的冰川表面运动速度,表 2 是冰舌末端的年进退变化量,表 3 为 1999 和 2000 年度的各流速点的空间坐标。表 1 中 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。

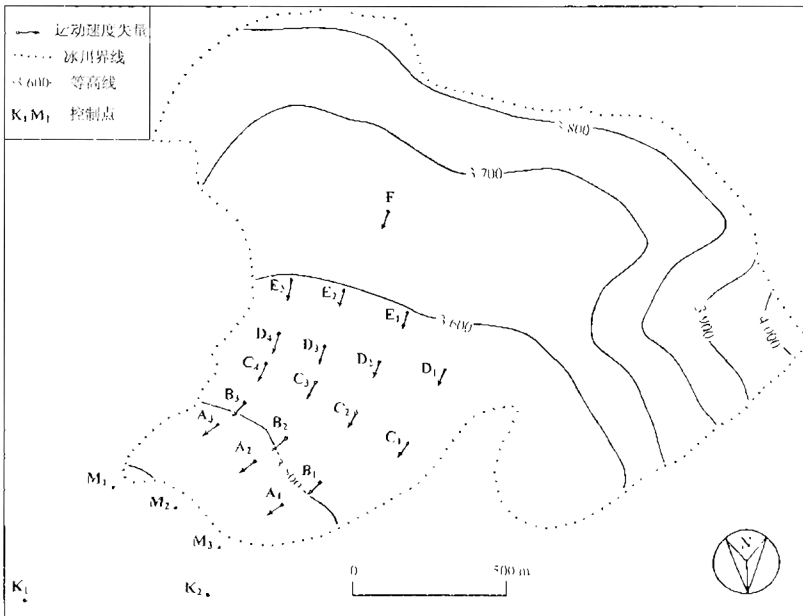
5 对运动速度的初步分析

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)奎屯河 51 号冰川 1999—2000 年度的表面运动值不大,从表 1 中可以看出,该冰川 1999—2000 年度的最大流速点为 E1,其年流速为 3.02 米。运动速度值较小的主要原因可能是冰面坡度较小。

(2)运动速度垂直分量 U_z 的变化规律同乌鲁木齐河源一号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。表 2 反映了 1999—2000 年度的冰舌末端变化量,从表中可以看出,冰舌末端的平均退缩量为 4.83 米。从 M1、M2 和 M3 这三个观测点处的观测结果略有差异,其主要原因是末端地形和冰舌末端冰厚差异造成的。



奎屯河 51 号冰川表面运动速度点示意图

表1 年运动速度(观测日期:1999.8.26—2000.8.22)

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ})$	γ	$U_{xy}(m/a)$
A1	-1.03	-2.52	2.72	-1.47	230	10	2.75
A2	-1.12	-2.56	2.79	-1.45	246	42	2.82
A3	-1.18	-2.45	2.72	-1.51	247	39	2.75
B1	-1.57	-1.66	2.28	-1.22	226	36	2.31
B2	-1.43	-1.48	2.06	-1.30	225	59	2.08
B3	-1.41	-1.53	2.08	-1.26	227	20	2.10
C1	-1.16	-1.34	1.77	-1.15	229	07	1.79
C2	-1.11	-1.27	1.69	-1.23	228	51	1.71
C3	-1.04	-1.18	1.57	-1.19	228	36	1.59
C4	-1.26	-1.09	1.67	-1.16	220	52	1.69
D1	-1.33	-1.46	1.97	-1.11	227	40	1.99
D2	-1.21	-1.52	1.94	-1.14	231	29	1.96
D3	-1.42	-1.23	1.88	-1.20	226	55	1.90
D4	-1.96	-1.17	2.28	-1.52	213	37	2.31
E1	-2.73	-1.22	2.99	-2.16	199	19	3.02
E2	-2.85	0.76	2.95	-1.10	98	06	2.98
E3	-2.80	0.82	2.92	-1.34	101	28	2.95
F	-1.61	-0.62	1.73	-1.38	203	44	1.75

表2 冰舌末端变化(观测日期:1999.8.26—2000.8.23)

冰舌末端变化(米)			
点位	M1	M2	M3
99.8—2000.8	-3.9	-5.7	-4.9
平均变化	-4.83		

注:“—”表示为后退

表3 流速点坐标(测量时间:1999.8.26—2000.8.22)

观测时间	1999.8.26			2000.8.22		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
A1	1254.68	1524.46	3485.29	1253.65	1521.94	3484.62
A2	1334.31	1418.86	3486.93	1333.19	1416.30	3485.58
A3	1442.37	1380.17	3489.01	1441.19	1377.72	3486.80
B1	1333.13	1690.09	3507.30	1331.56	1688.43	3506.08
B2	1412.69	1574.54	3506.27	1411.26	1573.06	3504.97
B3	1473.07	1449.20	3504.34	1471.66	1447.67	3503.08
C1	1492.52	1952.34	3553.45	1491.39	1951.00	3552.30
C2	1561.50	1818.62	3548.70	1560.39	1817.35	3547.47
C3	1578.51	1651.67	3534.57	1577.47	1650.49	3533.38
C4	1636.63	1543.40	3532.84	1635.37	1542.31	3531.68
D1	1656.00	2110.63	3595.15	1656.39	2108.87	3594.04
D2	1725.97	1956.26	3569.01	1724.76	1954.74	3567.87
D3	1708.31	1743.53	3552.61	1706.89	1742.30	3551.41
D4	1796.12	1648.65	3561.34	1794.16	1647.48	3559.82
E1	1991.85	1833.00	3599.97	1989.12	1831.78	3597.81
E2	1979.24	1743.73	3597.33	1976.39	1744.49	3596.23
E3	1985.20	1654.35	3598.40	1982.40	1655.17	3597.06
F	2167.13	1768.17	3641.53	2165.52	1767.55	3640.15

参考文献

- [1] 井哲帆, 1997. 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1995—1996). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 14: 76—79
- [2] 井哲帆, 1999. 乌鲁木齐河源1号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(1996/1997和1997/1998年度). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 15: 154—159
- [3] 井哲帆, 2001. 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, 16:

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(2000/2001 和 2000/2002 年度)

井哲帆

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

1、观测与说明

2001 年 8 月和 2002 年 9 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 2001 年度和 2002 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精密光学经纬仪, 从控制点 K1、K2 上对布设在冰川表面的测杆进行重复前方交会, 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。

坐标系仍为独立坐标系, 以控制点 K1—K2 方向为横坐标 Y 轴, X 轴为垂直于 Y 轴的纵坐标, Z 为垂直于 XY 平面竖直向上的坐标轴。以 K1 点坐标 $X = 1000.00\text{m}$ 、 $Y = 1000.00\text{m}$ 、 $Z = 3435.00\text{m}$ 为起算点。

表 1、2 分别为 2000/2001、2001/2002 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 2000/2001 年度和 2001/2002 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 2000/2001 年度的最大流速点为 E1 点, 高度在平衡线 3600m 处, 其年流速为 3.15m。2001/2002 年度的运动速度变化不大, 运动速度值略有减小。最大流速点仍为 E1 点, 其速度值为 $3.00\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$, 比 1999/2000 年度的最大速度减小 $0.15\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ 。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。2000/2001 年度的平均退缩量为 5.20m, 2001/2002 年度的平均退缩量为 4.9m。

表 1 年运动速度(观测日期:2000.08.22—2001.08.22)

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$		$U_{xy}(m/a)$
a1	-1.02	-2.54	2.74	-1.48	248	07	2.74
a2	-1.16	-2.54	2.79	-1.46	245	27	2.79
a3	-1.22	-2.42	2.71	-1.50	243	14	2.71
b1	-1.52	-1.67	2.26	-1.20	227	41	2.26
b2	-1.45	-1.50	2.09	-1.28	225	58	2.09
b3	-1.41	-1.53	2.08	-1.27	227	20	2.08
c1	-1.18	-1.35	1.79	-1.16	228	50	1.79
c2	-1.14	-1.29	1.72	-1.21	228	31	1.72
c3	-1.08	-1.20	1.61	-1.17	228	01	1.61
c4	-1.28	-1.11	1.69	-1.15	220	56	1.69
d1	-1.36	-1.48	2.01	-1.09	227	25	2.01
d2	-1.26	-1.54	1.99	-1.12	230	42	1.99
d3	-1.47	-1.26	1.94	-1.17	220	36	1.94
d4	-1.98	-1.19	2.31	-1.53	211	00	2.31
e1	-2.87	-1.29	3.15	-2.19	204	12	3.15
e2	-2.91	0.78	3.01	-1.11	164	00	3.01
e3	-2.85	0.88	2.98	-1.33	162	51	2.98
f	-1.64	-0.65	1.76	-1.36	201	37	1.76

表 2、年运动速度(观测日期:2001.08.22—2002.09.06)

点名	$U_x(m)$	$U_y(m)$	$U_{xy}(m)$	$U_z(m)$	$a(^{\circ} \quad ')$		$U_{xy}(m/a)$
a1	-1.03	-2.55	2.75	-1.46	248	00	2.61
a2	-1.16	-2.54	2.79	-1.45	245	27	2.65
a3	-1.21	-2.44	2.72	-1.51	243	37	2.58
b1	-1.53	-1.69	2.28	-1.20	227	50	2.16
b2	-1.44	-1.51	2.09	-1.23	226	21	1.98
b3	-1.42	-1.52	2.08	-1.23	226	57	1.97
c1	-1.16	-1.33	1.76	-1.12	228	54	1.67
c2	-1.15	-1.29	1.73	-1.16	228	17	1.64
c3	-1.10	-1.22	1.64	-1.10	227	57	1.56
c4	-1.25	-1.13	1.69	-1.11	222	06	1.60
d1	-1.33	-1.48	1.99	-1.07	228	03	1.89
d2	-1.28	-1.55	2.01	-1.08	230	27	1.91
d3	-1.46	-1.28	1.94	-1.14	221	14	1.84
d4	-1.99	-1.20	2.32	-1.51	211	05	2.20
e1	-2.88	-1.31	3.16	-2.15	204	27	3.00
e2	-2.92	0.80	3.03	-1.08	164	41	2.87
e3	-2.86	0.87	2.99	-1.30	163	05	2.83
f	-1.63	-0.64	1.75	-1.33	201	26	1.66

表 3 冰舌末端变化量(观测日期:2000.08.22—2002.09.06)

时 间	2000.08.22—2001.08.22	2001.08.22—2002.09.06
末端变化(m)	- 5.20	5.10
年平均变化(m)	- 5.20	4.90

注:“—”表示为后退

表 4 流速点坐标(测量时间:2001.08.226—2002.09.06)

观测时间	2001.08.22			2002.09.06		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
a1	1252.63	1519.40	3483.14	1251.60	1516.85	3481.68
a2	1332.03	1413.76	3484.12	1330.87	1411.22	3482.67
a3	1439.97	1375.30	3485.30	1438.76	1372.86	3483.79
b1	1330.04	1686.76	3504.88	1328.51	1685.07	3503.68
b2	1409.81	1571.56	3503.69	1408.37	1570.05	3502.46
b3	1470.25	1446.14	3501.81	1468.83	1444.62	3500.58
c1	1490.21	1949.65	3551.14	1489.05	1948.32	3550.02
c2	1559.25	1816.06	3546.26	1558.10	1814.77	3545.10
c3	1576.39	1649.29	3532.21	1575.29	1648.07	3531.11
c4	1634.09	1541.20	3530.53	1632.84	1540.07	3529.42
d1	1655.03	2107.39	3592.95	1653.70	2105.91	3591.88
d2	1723.50	1953.20	3566.75	1722.22	1951.65	3565.67
d3	1705.42	1741.04	3550.24	1703.96	1739.76	3549.10
d4	1792.18	1646.29	3558.29	1790.19	1645.09	3556.78
e1	1986.25	1830.49	3595.62	1983.37	1829.18	3592.97
e2	1973.54	1745.27	3595.12	1970.62	1746.07	3594.04
e3	1979.55	1656.05	3595.73	1976.69	1656.92	3594.43
f	2163.88	1766.90	3638.79	2162.25	1766.26	3637.46

参考文献(References):

- [1] Sun Zuozhe, Chen Yoawu, You Genxiang, and Han Jiankang. Flow Characteristics of Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1985, 7(1):24—40. [孙作哲, 陈要武, 尤根祥, 韩建康. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的运动特征[J]. 冰川冻土, 1985, 7(1): 24—40.]
- [2] Wuhan College of Surveying and Mapping. Surveying and Mapping[M]. Beijing: Press of Surveying and Mapping, 1979. 198—204. [武汉测绘学院, 1979. 测量学[M]. 北京: 测绘出版社, 1979, 198—204.]
- [3] JING Zhefan. Surface Velocity and the termini Variations of Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan[R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 1997, 14: 76—79. [井哲帆. 1997. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1995—1996). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 14: 76—79.]
- [4] JING Zhefan. Surface Velocity and the termini Variations of Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan[R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 1999, 15: 154—159. [井哲帆. 1999. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(1996/1997 和 1997/1998 年度). 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 15: 154—159.]
- [5] JING Zhefan. Surface Velocity and the termini Variations of Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan[R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 2001, 16: in press. [井哲帆. 2001. 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, 16:]
- [6] Pu Jianchen, Yao Tandong, Wang Ninglian, Ding Liangfu, Zhang Qihua. Puruogangri Ice Field and Its Variations Since the Little Ice Age of the Northern Tibetan Plateau [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(1): 87—92. [蒲健辰, 姚檀栋, 王宁练, 丁良福, 张其花. 普若岗日冰原及其小冰期以来的冰川变化[J]. 冰川冻土, 2002, 24(1): 87—92.]
- [7] JING Zhefan, Ye Baisheng, JIAO Keqin, YANG Huian. Surface Velocity on the Glacier No. 51 at Haxilegen of the Kuytun River, Tianshan Mountains[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(5): 566—569. [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.]

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 1998/99 年度物质平衡

杨惠安 王纯足 焦克勤 叶柏生

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

1 概述

天山乌鲁木齐河源一号冰川 1993 年以前由东、西两支冰流汇流而成。由于冰川末端逐渐退缩所致, 自 1993 年以来, 一号冰川已完全解体, 成为两条各自独立的冰川, 即一号冰川东支和一号冰川西支。根据 1994 年测绘的冰川图量算, 一号冰川东支和一号冰川西支的冰川面积分别为 1.115km^2 和 0.627km^2 。一号冰川总面积 1.742km^2 , 在 1980 年的基础上减少了约 0.1km^2 (0.098km^2)。

1998/99 年度一号冰川的物质平衡观测研究工作, 是在重新调整观测网点的基础上进行的。1998 年 8 月底, 在进行 1997/98 年度物质平衡最后一次观测的同时, 对一号冰川物质平衡研究观测点和测杆重新进行了调整布设, 并将以前采用的容易被人为破坏的木质测杆全部换成不能轻易被损坏的金属钢管测杆。重新布设的观测网点, 保留了原有的各个纵断面, 仅对各横断面的观测点作了适当调整, 把原来横断面上最多可达 5 个的观测点调整为现在的 3 个观测点, 在人力所及的冰面上等距离布设测杆。新观测网点总计测杆 51 根, 东、西支冰川分别为 26 根和 25 根, 测杆布设平均密度为 $29\text{根}/\text{km}^2$ 。

2 物质平衡观测

一号冰川 1998/99 年度的物质平衡观测, 采用传统的测杆和雪坑观测方法: 即测定各观测点出露于冰雪表面的测杆读数(精度以 cm 计); 与此同时, 在测杆附近挖雪坑至冰川冰表面, 测量积雪和附加冰厚度, 描述积雪层次及其特征, 并测定不同层次的积雪密度。每年 5 月初(或 4 月底)至 8 月底(或 9 月初)是一号冰川的物质平衡观测时期。常规观测每月进行一次, 定期观测。5 月初(或 4 月底)的观测结果, 反映冰川冬季的物质平衡状况。8 月底(或 9 月初)冰川消融期结束时进行的观测, 既是冰川平衡年度的最后一次观测, 反映冰川物质平衡的年度状况, 也是下一平衡年度首次物质平衡观测的开始。

3 观测数据处理

在获得观测数据的基础上, 首先计算出逐次观测的各单点测杆的纯平衡量。各单点测杆的纯平衡量(b)可表示为冰川冰(b_i)、积雪(b_s)和附加冰(b_{si})各纯平衡分量之代数和, 公式表示为:

$$b = b_i + b_s + b_{si} \quad (1)$$

$$b_i = d_i [(h_1 + m_1 + n_1) - (h_2 + m_2 + n_2)] \quad (2)$$

$$b_s = d_{s2}m_2 - d_{s1}m_1 \quad (3)$$

$$b_{si} = d_{si}(n_2 - n_1) \quad (4)$$

式中, h_1, h_2 ——分别表示前后两次观测的测杆读数(cm);

m_1, m_2 ——分别表示两次观测的积雪厚度(cm);

n_1, n_2 ——分别表示两次观测的附加冰厚度(cm);

d_{s1}, d_{s2} ——两次观测的积雪密度(g/cm^3);

d_i ——冰川冰密度($0.90g/cm^3$);

b_{si} ——附加冰平均密度($0.85g/cm^3$)。

在物质平衡年度末期(即8月底),分别在1号冰川东、西支积累区挖4个和6个雪坑,用雪坑法获取资料并计算出物质平衡量。雪坑一般挖至上一平衡年末形成的污化面为界,分层量测雪、粒雪的厚度(m)和密度(d),累计获得各观测点全年度纯积累量(C):

$$C = \sum dm \quad (5)$$

整条冰川的物质平衡采用等值线法计算,即将上述观测和计算获得的各测点测杆和雪坑的单点纯平衡量,标记在1994年测绘的1:5000天山乌鲁木齐河源1号冰川图上,绘制积累和消融等值线图,再以相邻两等值线之间的投影面积分别乘以相邻两等值线平均积累和消融深度,累计获得纯积累、消融总量O和纯平衡量,即:

$$B = \sum ciS_{ci} + \sum aiS_{ai} \quad (6)$$

式中, B——纯积累、消融总量($\pm 10^4 m^3$)和纯平衡值($\pm mm$);

S_{ci}, S_{ai} ——相邻两等值线之间的投影面积(km^2);

ci, ai ——相邻两等值线平均积累和消融深度(mm)。

1号冰川东、西支现已成为各自独立的两条冰川,其物质平衡结果、冰川积累面积比率(AAR)以及平衡线海拔高度等互有差异。为了便于与历史资料比较,在新观测资料的统计、整理、计算和年度总结中,东、西支两条冰川仍被视为整体的一号冰川来处理最终结果,计算过程采用面积加权法。

4 1998/99年度物质平衡观测计算结果

利用上述观测和计算方法,获得以下主要结果:

①1998/99年度1号冰川东、西支单点物质平衡观测数据结果(表1,表2)。

②1998/99年度1号冰川东、西支物质平衡等值线图(图1)和物质冬平衡等值线图(图2)。

③1998/99年度1号冰川物质平衡差额总量为 $-137.7 \times 10^4 m^3$,单位面积物质平衡差额值为 $-790.7mm$ (表3);1998年9月至1999年4期间物质冬平衡差额总量和单位面积平衡差额值分别为 $+8.2 \times 10^4 m^3$ 和 $+47.4mm$ (表4)。1号冰川东、西支物质平衡年度积消过程观测计算结果分别列入表4和表5。

表1 1号冰川东支1998/99年度单点物质平衡观测数据结果

剖面	测杆 (No)	海拔 (m)	纯积消量(mm)					合计 (mm)
			99/5/1	99/5/31	99/6/30	99/7/29	99/8/29	
A	1	3753	-825.0	-1392.0	-1872.0	-2862.0	-4032.0	-4032.0
B	1	3800	-222.0	-415.0	-612.0	-1440.0	-2376.0	-2376.0
	2	3802	-477.0	-744.0	-945.0	-1710.0	-1790.0	-1790.0
	3	3798	-420.0	-744.0	-1080.0	-1980.0	-2980.0	-2980.0
	平均	3800	-373.0	-634.3	-879.0	-1710.0	-2715.3	-2715.3
	C	1	3854	-357.0	-461.6	-684.0	-1125.0	-1917.0
	2	3850	-336.0	-431.5	-567.0	-1242.0	-1998.0	-1998.0
	3	3844	-170.0	-200.5	-482.0	-1022.0	-1598.0	-1598.0
	平均	3849	-287.7	-364.5	-577.7	-1129.7	-1837.7	-1837.7
D	1	3892	-58.5	-119.4	-309.0	-896.5	-1643.5	-1643.5
	2	3893	-246.0	-375.6	-450.0	-1026.0	-1755.0	-1755.0
	3	3893	-39.0	-25.7	-56.9	-396.4	-882.4	-882.4
	平均	3893	-114.5	-173.6	-272.0	-773.0	-1427.0	-1427.0
	E	1	3924	-165.0	-229.0	-253.1	-630.0	-1314.0
	2	3923	-33.0	-50.0	+9.7	-280.0	-965.0	-965.0
	3	3924	+57.0	+156.4	+273.6	-7.9	-532.0	-532.0
	平均	3924	-47.0	-40.9	+10.1	-306.0	-937.0	-937.0
F	1	3969	+18.0	+12.6	-76.2	-648.0	-1287.0	-1287.0
	2	3966	+12.0	-23.4	-52.0	-450.0	-1071.0	-1071.0
	3	3968	-45.0	-29.2	113.0	-135.0	-504.0	-504.0
	平均	3968	-5.0	-13.3	-5.1	-411.0	-954.0	-954.0
	G	1	4011	-105.0	-58.9	-127.5	-450.0	-1161.0
	2	4009	-351.0	-521.0	-540.8	-801.0	-1350.0	-1350.0
	3	4012	+300.0	+166.4	+209.4	-102.6	-485.6	-485.6
	平均	4011	-52.0	-137.8	-156.3	-454.5	-998.9	-998.9
H	1	4045	-120.0	-194.5	-151.5	-621.0	-1170.0	-1170.0
	2	4043	+225.0	+130.0	+116.4	-119.0	-560.0	-560.0
	3	4057	+240.0	+211.2	+247.0	+80.0	-230.0	-230.0
	平均	4048	+115.0	+48.9	+70.6	-220.0	-302.3	-302.3
	I	1	4125	+279.0	+255.0	+236.0	+242.6	+165.0
J	1	4167	+402.0	+321.6	+257.5	+264.6	+225.0	+225.0
K	1	4198	+420.0	+380.3	+190.3	+195.3	+351.0	+351.0
L	1	4243	+231.0	+248.0	+275.9	+283.5	+126.0	+126.0

表2 1号冰川西支1998/99年度单点物质平衡观测数据结果

剖面	测杆 (No)	海拔 (m)	纯积消量(mm)					合计 (mm)
			99/5/1	99/5/31	99/6/30	99/7/29	99/8/29	
A	1	3838	-639.0	-871.2	-1170.0	-2232.0	-2916.0	-2916.0
B	1	3860	-468.0	-960.0	-1395.0	-2187.0	-3024.0	-3024.0
C	1	3908	-342.0	-564.8	-675.0	-1395.0	-2025.0	-2025.0
	2	3911	-543.0	-663.0	-828.0	-1338.0	-2175.0	-2175.0
	平均	3910	-442.5	-613.9	-751.5	-1366.5	-2100.0	-2100.0
D	1	3933	-320.0	-424.5	-659.5	-1379.5	-2099.5	-2099.5
	2	3927	-282.0	-465.8	-585.0	-1205.0	-1870.0	-1870.0
	3	3933	-450.0	-672.0	-872.0	-1358.0	-2096.0	-2096.0
	平均	3932	-350.7	-520.8	-705.5	-1314.2	-2021.8	-2021.8
E	1	3983	-96.0	-226.0	-296.4	-899.4	-1556.4	-1556.4
	2	3979	-36.0	-234.6	-332.0	-1052.0	-1655.0	-1655.0
	3	3982	-9.0	+53.4	-35.0	-611.0	-1214.0	-1214.0
	平均	3981	-47.0	-135.7	-221.1	-854.1	-1475.1	-1475.1
F	1	4017	-195.0	-223.6	-396.0	-882.0	-1458.0	-1458.0
	2	4017	+57.0	-53.6	+19.5	-360.0	-720.0	-720.0
	3	4018	+300.0	+230.0	+340.5	-199.5	-865.5	-865.5
	平均	4017	+54.0	-15.7	+252.0	-480.5	-1014.5	-1014.5
G	1	4057	-273.0	-304.6	-309.9	-655.5	-1276.5	-1276.5
	2	4053	-216.0	-324.0	-364.0	-810.0	-1296.0	-1296.0
	3	4057	+360.0	+150.1	+212.1	-162.2	-567.2	-567.2
	平均	4054	-43.0	-159.5	-153.9	-542.6	-1046.6	-1046.6
H	1	4074	+90.0	-101.2	-207.0	-729.0	-1539.0	-1539.0
	2	4074	+114.0	-152.0	-138.7	-585.0	-1098.0	-1098.0
	3	4079	+285.0	+233.6	+259.1	-27.9	-283.9	-283.9
	平均	4078	+163.0	-6.5	-28.9	-447.3	-973.6	-973.6
L ₁	1	4125	+228.0	+163.5	+244.4	+186.6	-72.8	-72.8
L ₂	1	4175	+234.0	+250.9	+260.0	+198.5	+13.5	+13.5
L ₃	1	4235	+249.0	+286.6	+312.0	+238.2	+58.5	+58.5
L ₄	1	4298	+315.0	+323.2	+327.0	+250.1	+160.0	+160.0
L ₅	1	4363	+237.0	+269.2	+338.0	+258.1	+120.0	+120.0
L ₆	1	4428	+114.0	+151.3	+169.0	+129.0	+72.0	+72.0

表 3 1998/99 年度 1 号冰川物质平衡积消过程观测计算结果

项目 (月/日)	平衡线 (m)			纯 积 累			纯 消 融			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)	总质量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)		
5/1	3992	0.978	24.77	253.3	0.764	16.58	217.0	+8.19	+47.0	
5/31~6/1	4014	0.916	21.01	229.4	0.826	26.91	325.8	-5.90	-33.9	
6/307/1	4066	1.014	23.75	234.2	0.728	35.16	483.0	-11.41	-65.5	
7/298/1	4100	0.757	13.60	179.7	0.985	80.48	817.1	-66.88	-383.9	
8/30	4122	0.539	8.17	151.6	1.203	145.91	1212.9	-137.74	-790.7	

表 4 1998/99 年度 1 号冰川东支物质平衡积消过程观测计算结果

项目 (年/月/日)	平衡线 (m)			纯 积 累			纯 消 融			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)	总质量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)		
1999/5/1	3965	0.548	15.51	283.1	0.567	11.51	203.0	+4.00	+36.9	
1999/5/31	3972	0.533	13.33	250.1	0.582	18.35	315.3	-5.02	-45.0	
1999/6/30	4050	0.643	15.10	234.8	0.472	23.11	489.6	-8.01	-71.8	
1999/7/29	4080	0.484	8.63	178.3	0.631	51.19	811.3	-42.56	-381.7	
1999/8/30	4095	0.308	5.48	177.9	0.807	96.99	1201.9	-91.51	-820.7	

表 5 1998/99 年度 1 号冰川西支物质平衡积消过程观测计算结果

项目 (年/月/日)	平衡线 (m)			纯 积 累			纯 消 融			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)	总质量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)		
1999/5/1	4040	0.430	9.26	215.3	0.197	5.07	257.4	+4.19	+66.8	
1999/6/1	4090	0.383	7.68	200.5	0.244	8.56	350.8	-0.88	-14.0	
1999/7/1	4095	0.371	8.65	233.2	0.256	12.05	470.7	-3.40	-54.2	
1999/8/1	4135	0.273	4.97	182.1	0.354	29.29	827.4	-24.32	-387.9	
1999/8/30	4170	0.231	2.69	116.5	0.396	48.92	1235.4	-46.23	-737.3	

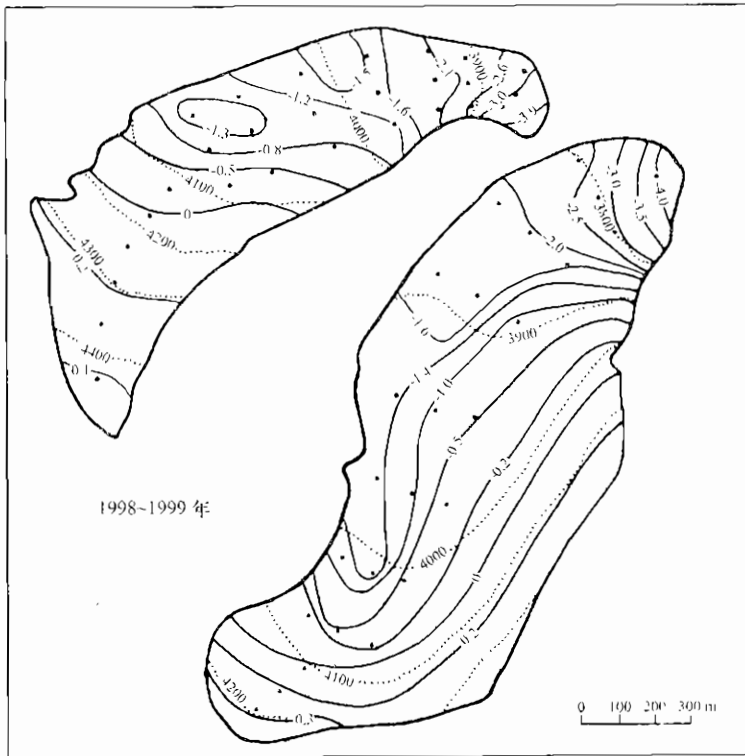


图1 一号冰川1998/99年度物质平衡等值线图

表6 1号冰川东支1998/99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)				
		1999/5/1	1999/5/31	1999/6/30	1999/7/29	1999/8/30
4200 - 4267	0.040	+312.5	+28.0	+239.0	+250.0	+213.0
4150 - 4200	0.101	+420.0	+325.0	+296.0	+350.0	+250.0
4100 - 4150	0.104	+286.0	+276.0	+258.0	+250.0	+165.0
4050 - 4100	0.106	+175.0	+152.0	+145.0	-45.0	-137.0
4000 - 4050	0.137	+75.0	-25.0	+63.0	-275.0	-472.0
3950 - 4000	0.153	+15.0	-18.0	-8.0	-400.0	-688.0
3900 - 3950	0.198	-35.0	-20.0	25.0	-260.0	-937.0
3850 - 3900	0.127	-110.0	-150.0	-25.0	-653.0	-1460.0
3800 - 3850	0.082	-280.0	-470.0	-625.0	-1230.0	-2212.0
3750 - 3800	0.055	-373.0	-1000.0	-1274.0	-2260.0	-3383.0
3700 - 3750	0.012	-820.0	-1375.0	-1750.0	-2810.0	-4032.0
3700 - 4267	1.115	+37.7	-45.0	-71.8	-381.7	-825.4

表 7 1 号冰川西支 1998/99 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)				
		1999/5/1	1999/6/1	1999/7/1	1999/8/29	1999/8/30
4450 - 4486	0.007	+112.0	+110.0	+160.0	+135.0	+50.0
4400 - 4450	0.028	+138.0	+180.0	+200.0	+162.0	+75.0
4350 - 4400	0.039	+201.0	+283.0	+310.0	+212.0	+113.0
4300 - 4350	0.039	+288.0	+312.0	+330.0	+225.0	+140.0
4250 - 4300	0.036	+312.0	+310.0	+315.0	+213.0	+150.0
4200 - 4250	0.035	+248.0	+270.0	+300.0	+184.0	+75.0
4150 - 4200	0.039	+235.0	+230.0	+265.0	+150.0	-14.0
4100 - 4150	0.052	+250.0	+150.0	+231.0	+75.0	-75.0
4050 - 4100	0.109	+110.0	-25.0	-10.0	-450.0	-700.0
4000 - 4050	0.095	+45.0	-50.0	-110.0	-500.0	-1000.0
3950 - 4000	0.067	-75.0	-175.0	-200.0	-900.0	-1600.0
3900 - 3950	0.045	-336.0	-550.0	-570.0	-1330.0	-2100.0
3850 - 3900	0.024	-500.0	-875.0	-1103.0	-1925.0	-2760.0
3825 - 3850	0.012	-639.0	-850.0	-1100.0	-2225.0	-3250.0
3825 - 4486	0.627	+67.0	-14.0	-54.2	-387.9	-737.4

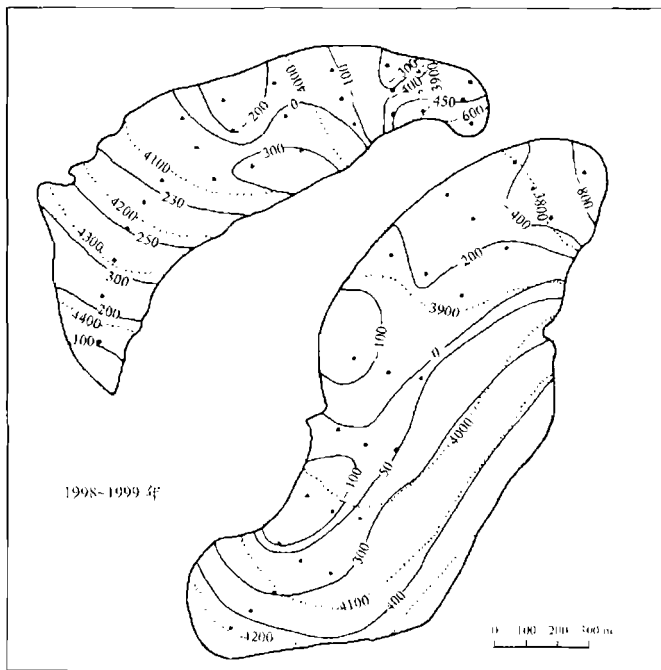


图 2 一号冰川物质冬平衡(1998/8/30—1999/5/1)等值线图

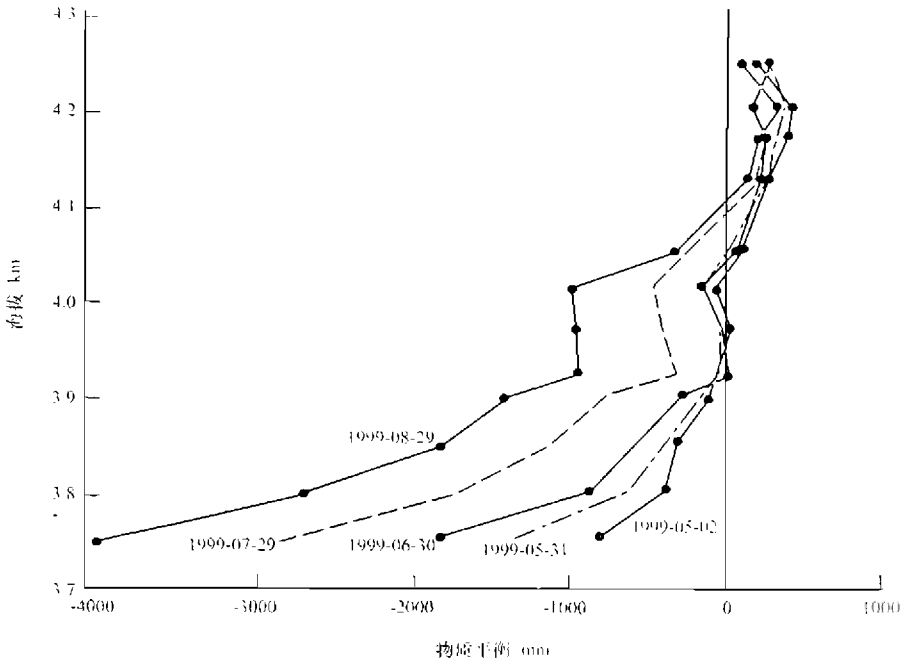


图3 一号冰川东支 1998/99 年度物质平衡随海拔高度的变化

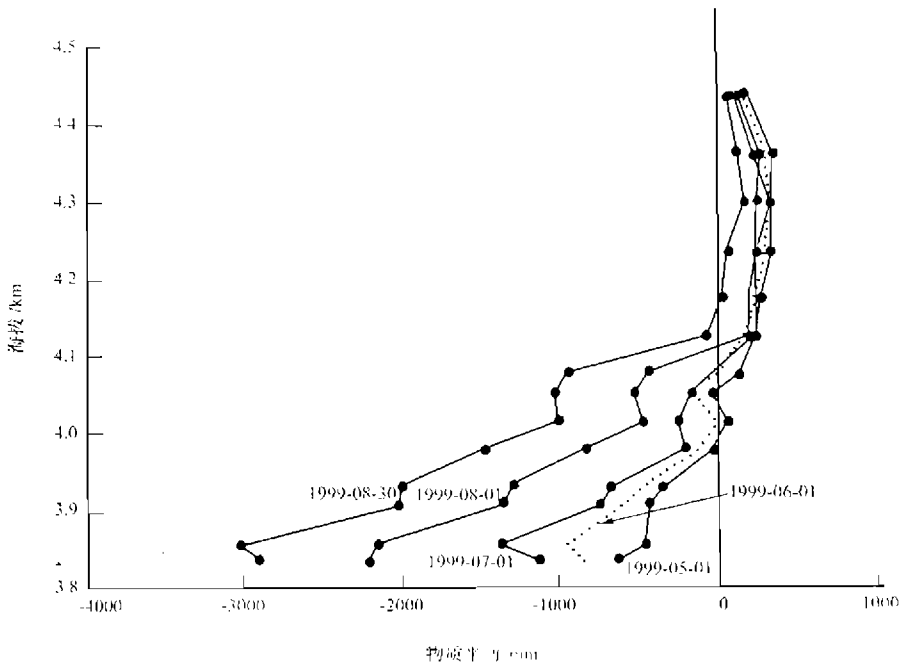


图4 一号冰川西支 1998/99 年度物质平衡随海拔高度的变化

表8 一号冰川历年物质平衡、平衡线、积累面积比率一览表

年份	冰川面积 (km ²)	物质平衡		平衡线海拔 (m)	积累面积比率 (%)	资料来源
		总量 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)			
1958/59	1.950	+16.9	+86.7	4005	60.0	谢自楚等, 1965 ⁽¹⁾
1959/60	1.950	-36.6	-187.7	4060	44.1	
1960/61	1.950	-6.4	-32.8	4060	46.7	
1961/62	1.950	-32.6	-167.2	4075	44.1	
1962/63	1.950	+45.7	+234.4	3971	69.2	
1963/64	1.950	+0.4	+2.0	4055	47.7	张金华, 1981 ⁽²⁾
1964/65	1.950	+73.0	+374.4	3948	78.5	
1965/66	1.950	-72.9	-374.0	4110	36.4	
1966/67	1.950	-13.6	-69.7	4063	45.6	
1967/68	1.950	-89.0	-456.4	4121	34.9	
1968/69	1.950	+28.8	+147.7	4008	59.0	
1969/70	1.950	-61.0	-313.0	4106	37.4	
1970/71	1.950	+19.9	+102.0	4015	56.9	
1971/72	1.950	+51.1	+262.0	3981	67.2	
1972/73	1.950	-138.0	-707.7	4146	30.8	
1973/74	1.950	-24.3	-124.6	4075	43.1	张金华等, 1984 ⁽³⁾
1974/75	1.870	+53.8	+287.7	3982	67.9	
1975/76	1.870	+5.4	+29.0	4066	45.5	
1976/77	1.860	+33.4	+179.6	4001	64.5	
1977/78	1.860	-20.3	-109.1	4155	28.0	
1978/79	1.850	-15.5	-84.0	4120	33.0	
1979/80	1.840	-61.7	-335.3	4029	47.8	
1980/81	1.840	-119.9	-651.6	4107	29.3	
1981/82	1.840	-8.2	-44.6	4006	47.8	
1982/83	1.840	+18.4	+100.0	3987	57.6	
1983/84	1.840	-15.2	-82.6	3992	58.2	王晓军等 ²⁻⁴⁾
1984/85	1.840	-112.6	-612.0	4092	30.4	
1985/86	1.840	-133.0	-722.8	4125	27.2	王纯足等 ⁵⁾
1986/87	1.840	-32.3	-175.5	4013	49.5	
1987/88	1.840	-118.4	-643.7	4072	35.9	刘潮海等 ⁶⁻⁷⁾
1988/89	1.840	+19.5	+105.9	3965	33.6	
1989/90	1.840	+9.6	+52.0	3946	70.4	王纯足等 ⁸⁻⁹⁾
1990/91	1.840	-129.9	-706.0	4125	30.9	
1991/92	1.840	+4.2	+22.8	3960	31.7	刘潮海等 ¹⁰⁾
1992/93	1.840	-5.3	-29.0	3967	31.0	王纯足等 ¹¹⁻¹³⁾
1993/94	1.840	-69.5	-377.7	4053	40.4	
1994/95	1.840	-42.0	-228.3	4031	50.1	
1995/96	1.840	+7.8	+42.4	3976	66.8	刘时银等 ¹⁴⁾
1996/97	1.742	-148.6	-853.0	4137	24.5	焦克勤等 ¹⁵⁾
1997/98	1.742	-137.6	-789.9	4085	32.7	
1998/99	1.742	-137.7	-790.7	4122	30.9	杨惠安等 ¹⁶⁾
平均	1.878	-34.0	-186.3	4046.7	45.5	

④1998/99年度一号冰川东、西支各高度带物质平衡结果(表6,表7)以及物质平衡随海拔高度的变化(图3,图4)。

⑤1998/99年度一号冰川及其东、西支的积累面积比率(AAR)分别为30.9%、27.6%和36.8%。

5 1998/99年度物质平衡特征

1998/99年度一号冰川物质平衡值为 -790.7mm ,与以往观测研究结果比较,本年度是继1996/97年之后的第二个负平衡高值年,但负平衡值的总量和单位面积值仅比1997,98年分别大 $0.1 \times 10^4\text{m}^3$ 和 0.8mm (表8),可以说与1997/98年的物质平衡结果相差无几。从历年物质平衡变化过程(图5)可以看出,1996—1999年是一号冰川物质平衡研究有史以来严重亏损的高峰时期,持续三年的负平衡平均值(-811.1mm)比过去40年来所有负平衡年平均值(-372.0mm)的2倍还多。

就一号冰川地区而言(以直线距离一号冰川末端 1.8km 的大西沟气象站资料为依据,下同),本年度(对应于冰川物质平衡年,即1998年9月1日—1999年8月31日)的气温和降水情况如下:

资料来源:

- 1)张金华,王新中. 乌鲁木齐河源一号冰川积累与消融,天山冰川观测试验站年报,1983, 2: 6—18.
- 2)王晓军,伍光和等. 乌鲁木齐河源一号冰川积累消融的观测,天山冰川观测试验站年报,1984, 3: 1—15.
- 3)王晓军,王新中等. 乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡计算及积累消融梯度的变化,天山冰川站年报,1985, 4: 7—18.
- 4)王晓军,王仲祥等. 乌鲁木齐河源一号冰川的积消特征及成冰过程,天山冰川观测试验站年报,1986, 5: 1—8.
- 5)王纯足,王新中等. 乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡研究,天山冰川观测试验站年报,1987, 6: 1—6.
- 6)刘潮海,王纯足等. 乌鲁木齐河源一号冰川积累、消融和物质平衡研究,天山冰川观测试验站年报,1988, 7: 1—10.
- 7)刘潮海, M. B. 久尔盖洛夫. 乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡过程研究,天山冰川观测试验站年报,1989, 8: 1—23.
- 8)王纯足,刘潮海等. 乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡过程研究,天山冰川观测试验站年报,1990, 9: 1—12.
- 9)王纯足,刘潮海. 乌鲁木齐河源一号冰川积累、消融和物质平衡,天山冰川观测试验站年报,1991, 10: 1—9.
- 10)刘潮海,王纯足. 乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡过程观测研究(1991/1992年),天山冰川观测试验站年报,1992, 11: 1—14.
- 11)王纯足,刘潮海. 乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡观测研究,天山冰川观测试验站年报,1993, 12: 1—9.
- 12)王纯足,刘潮海. 乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡研究,天山冰川观测试验站年报,1993—1995, 13: 84—89.

13)王纯足,刘时银. 乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡,天山冰川观测试验站年报,1993-1995,13: 90-95.

14)刘时银,王纯足. 乌鲁木齐河源一号冰川1995/1996年度物质平衡,天山冰川观测试验站年报,1995-1996,14: 55-62.

15)焦克勤,王纯足. 天山乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡观测研究(1996/1997和1997/1998年度),天山冰川观测试验站年报,1996-1998,15: 109-122.

16)杨惠安,王纯足等. 天山乌鲁木齐河源1号冰川1998/99年度物质平衡观测研究,见本文。

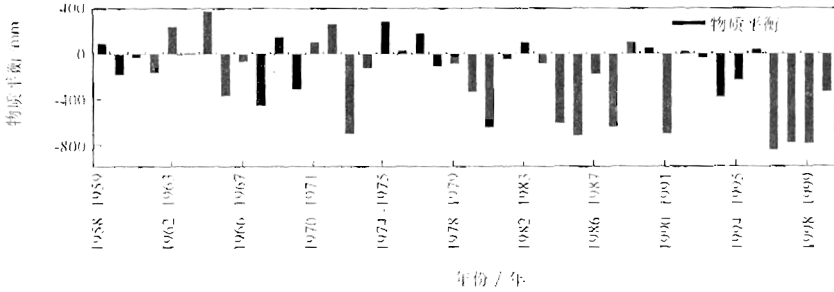


图5 一号冰川历年物质平衡变化过程

本年度平均气温比上一年高 0.6°C ,更比多年平均气温高 1.4°C 。其中,1998年9~12月平均气温高于同期多年平均值 2.2°C ;1999年1~4月平均气温高于同期多年平均值 1.1°C ,5~8月高于同期多年平均值 1.0°C 。

本年度降水总量达到 493.3mm ,比过去一年减少量达 104.1mm ,但仍超出历年度降水平均值约 51mm ,更超过物质负平衡年多年降水平均值 66mm 。其中,1998年9月1日~1999年4月30日冬平衡期间的降水量,占本年度降水总量的 17.5% ,比同期多年平均值减少 4.7% ,亦较同期负平衡年多年平均值少 4.8% ;5~8月降水占本年度总量的 82.5% ,比同期多年平均降水量增加 4.7% 。

年度气温和降水结果表明,年度平均气温的升高及其年度内三个时段普遍的升温,是导致本年度一号冰川物质平衡再现负高值的主要因素。1998年9~12月平均气温高于同期多年平均值 2.2°C 的超常现象,也是导致本年度一号冰川物质正平衡值减少的主要因素之一(也有同期降水量减少的因素)。可以这样认为,在年度平均气温升高 1.4°C 的情况下,雨季5~8月降水量比同期多年平均值增加 4.7% 份额,也不足以遏止因同期平均气温升高 1°C 而导致的冰川物质负平衡的加剧。应当说一号冰川地区的升温与全球变暖趋势的大环境有关。

参考文献

- 谢自楚,葛光文. 天山乌鲁木齐河源一号冰川的积累、消融及物质平衡,天山乌鲁木齐河源冰川与水文研究,北京,科学出版社,1965,24~24.
- 张金华,王晓军,李军. 天山乌鲁木齐河源一号冰川物质平衡变化与气候相互关系的研究,冰川冻土,1984,6(4):25~36.
- 焦克勤,王纯足,韩添丁. 天山乌鲁木齐河源一号冰川出现大的物质负平衡,冰川冻土,2000,22(1):62~

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 1999—2000 年物质平衡

杨惠安 叶柏生 焦克勤

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

1999/2000 年度一号冰川物质平衡的观测研究是在上一年观测研究工作的基础上进行的, 观测研究方法继续遵循现有规范。本年度一号冰川东、西支替换补插测杆 23 根。总计布设测杆 51 根, 东、西支冰川分别为 26 根和 25 根, 测杆布设平均密度为 29 根/km²。

1 1999/2000 年度物质平衡观测计算结果

一号冰川 1999/2000 年度物质平衡积累、消融过程观测研究的主要结果有以下 6 个方面:

① 1999/2000 年度一号冰川东、西支单点物质平衡观测数据结果(表 1, 表 2)。

② 1999/2000 年度一号冰川东、西支物质平衡等值线图(图 1)和物质冬平衡等值线图

表 1 1 号冰川东支 1999/2000 年度单点物质平衡观测数据结果

剖面	测杆 (NO)	海拔 (m)	纯积销量(mm)					合计 (mm)
			2000/5/3	2000/5/31	2000/7/1	2000/7/28	2000/8/30	
A	1	3753	+192.4	-72.0	-990.3	-2408.4	-3133.9	-3133.9
	2	3800	+359.8	+250.0	-44.0	-990.0	-1548.0	-1548.0
B	2	3802	-84.0	-74.0	-406.0	-1620.0	-2088.0	-2088.0
	3	33798	-183.0	-307.0	-713.0	-1824.0	-2304.0	-2304.0
	平均	3800	+30.9	-43.7	-387.7	-1478.0	-1980.0	-1980.0
C	1	3853	+303.0	-10.0	+729.0	+171.0	-63.0	-63.0
	2	3850	+165.0	+286.7	+413.0	-435.0	-810.0	-810.0
	3	3844	-192.0	-495.4	-419.2	-1260.0	-1410.0	-1410.0
	平均	3849	+92.0	-72.9	+241.1	-508.0	-777.0	-777.0
D	1	3892	+153.0	+396.0	+326.4	-450.0	-816.0	-816.0
	2	3893	+21.0	+124.2	-7.8	-783.0	-993.0	-993.0
	3	3893	-6.0	+103.4	+48.0	-582.0	-738.0	-738.0
	平均	3893	+56.0	+207.9	+122.2	-605.0	-849.0	-849.0
E	1	3924	+141.0	+232.0	+209.5	-506.0	-440.0	-440.0
	2	3923	+249.0	+391.4	+339.0	-405.0	-480.0	-480.0
	3	3924	+237.0	+307.4	+320.6	-243.0	-207.5	-207.5
	平均	3924	+175.7	+310.3	+289.7	-384.7	-375.8	-375.8
F	1	3969	+219.5	+288.0	+338.0	-252.0	-482.0	-482.0
	2	3966	+159.0	+228.5	+233.0	-414.2	-439.2	-439.2
	3	3968	+204.0	+316.5	+370.0	-81.0	-71.0	-71.0
	平均	3968	+192.4	+277.7	+313.7	-249.1	-330.7	-330.7
G	1	4011	+120.0	+222.0	+186.0	-423.0	-617.5	-617.5
	2	4009	+168.0	+234.0	+212.8	-414.0	-353.0	-353.0
	3	4012	+384.0	+770.0	+709.2	+546.0	+691.0	+691.0
	平均	4010	+224.0	+408.7	+369.3	-97.0	-93.2	-93.2
H	1	4045	+57.0	+167.0	+108.0	-540.0	-695.5	-695.5
	2	4043	+237.0	+390.0	+226.0	-126.0	-60.5	-60.5
	3	4057	+261.0	+390.0	+859.0	-60.0	+54.0	+54.0
	平均	4048	+185.0	+315.7	+397.7	-242.0	-234.0	-234.0
I	1	4125	+312.0	+369.6	+394.6	+154.5	+236.5	+236.5
J	1	4167	+419.0	+344.4	+357.8	+229.7	+288.0	+288.0
K	1	4198	+267.0	+330.9	+335.4	+183.8	+352.6	+352.6
L	1	4240	+243.0	+327.5	+301.1	+106.7	+172.0	+172.0

表2 1号冰川西支1999/2000年度单点物质平衡观测数据统计表

剖面	测杆 (No)	海拔 (m)	纯积消量(mm)					合计 (mm)
			2000/5/3	2000/6/2	2000/7/2	2000/7/31	2000/8/31	
A	1	3838	+166.0	+31.5	-325.5	-1413.0	-1827.0	-1827.0
B	1	3860	-138.0	-366.0	-901.5	-1908.0	-2502.0	-2502.0
C	1	3908	-42.0	+28.5	-197.4	-999.0	-1357.0	-1357.0
	2	3910	-210.0	-274.5	-553.2	-1557.0	-1800.0	-1800.0
	平均	3909	-126.0	-123.0	-375.3	-1278.0	-1579.5	-1579.5
D	1	3933	+573.0	+196.3	0.0	-747.0	-1089.0	-1089.0
	2	3930	+12.0	+217.9	+17.5	-639.0	-954.0	-954.0
	3	3932	+162.0	+359.0	+55.0	-981.0	-1494.0	-1494.0
	平均	3933	+249.0	+257.7	+24.2	-789.0	-1179.0	-1179.0
E	1	3982	+99.0	+213.0	+99.0	-576.0	-981.0	-981.0
	2	3978	+27.0	+123.5	+3.0	-321.0	-583.0	-583.0
	3	3982	-81.0	+157.5	+67.5	-603.0	-934.0	-934.0
	平均	3981	+15.0	+164.3	+56.5	-500.0	-832.7	-832.7
F	1	4017	+159.0	+302.3	+308.0	-324.0	-397.0	-397.0
	2	4017	+288.0	+384.1	+307.5	-198.0	-187.0	-187.0
	3	4018	+282.0	+504.8	+597.9	+2.0	+61.0	+61.0
	平均	4017	+243.0	+397.1	+404.5	-173.3	-174.3	-174.3
G	1	4057	+147.0	+228.6	+306.0	-216.0	-263.2	-263.2
	2	4053	+39.0	+131.6	+187.5	-382.0	-450.8	-450.8
	3	4053	+339.0	+532.8	+504.0	+120.0	-23.8	-23.8
	平均	4054	+175.0	+297.7	+332.5	-159.3	-245.9	-245.9
H	1	4074	+266.2	+356.0	+464.4	-72.0	-364.6	-364.6
	2	4074	+171.0	+302.5	+236.7	-220.0	-223.4	-223.4
	3	4080	+345.0	+494.0	+644.0	+196.0	+271.0	+271.0
	平均	4078	+260.7	+384.2	+448.4	-32.0	-105.7	-105.7
L ₁	1	4125	+438.0	+733.5	+701.8	+261.0	+213.8	+213.8
L ₂	1	4175	+243.0	+407.0	+512.0	0.0	+65.8	+65.8
L ₃	1	4235	+348.0	+600.2	+690.8	+364.6	+355.5	+355.5
L ₄	1	4300	+327.0	+618.2	+658.5	+342.1	+333.0	+333.0
L ₅	1	4363	+258.0	+484.2	+626.6	+319.9	+301.5	+301.5
L ₆	1	4428	+123.0	+477.8	+463.8	+287.3	+200.0	+200.0

(图2)。

③1999/2000年度一号冰川物质平衡差额总量为 $-57.43 \times 10^4 \text{m}^3$,单位面积的物质平衡值为 -329.7mm (表3);1999年9月至2000年4月间的物质冬平衡量和单位面积平衡值分别为 $+29.53 \times 10^4 \text{m}^3$ 和 $+169.5 \text{mm}$ (表3)。一号冰川东、西支的物质平衡积消过程的观测计算结果列入表4和表5。

④1999/2000年度一号冰川东、西支各高度带物质平衡积消过程观测计算结果(表6,表7)以及物质平衡随海拔高度的变化(图3,图4)。

⑤1999/2000年度一号冰川及其东、西支的积累面积比率(AAR)分别为50.4%、46.9%和54.9%。

⑥1999/2000 年度一号冰川及其东、西支的平衡线高度(ELA)分别为 4063m、4048m、390m, 并分别比 1998/99 年下降了 59m、47m 和 80m。

表 3 1 号冰川 1999/2000 年度物质平衡积消过程观测计算结果

观测日期 (月/日)	平衡线 海拔 (m)	纯 积 累			纯 消 融			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)
5/1~3	3907	1.550	32.16	207.5	0.192	2.63	137.0	+29.53	+169.5
5/31~6/2	3899	1.530	50.60	330.7	0.212	4.46	210.4	+46.14	+264.9
6/30~7/1	3903	1.480	47.74	322.6	0.262	9.34	356.5	+38.40	+220.4
7/28~31	4084	0.695	12.83	184.6	1.047	62.31	595.1	-49.48	-284.0
8/30~31	4063	0.867	17.19	198.3	0.875	74.62	852.8	-57.43	-329.7

表 4 1 号冰川东支 1999/2000 年度物质平衡积消过程观测计算结果

观测日期 (年/月/日)	平衡线 海拔 (m)	纯 积 累			纯 消 融			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)
2000/5/3	3895	0.978	18.25	186.6	0.137	1.88	137.2	+16.37	+146.8
2000/5/31	3885	0.951	26.51	278.8	0.164	3.25	198.2	+23.26	+208.6
2000/7/1	3888	0.912	24.18	265.1	0.203	5.69	280.3	+18.49	+165.8
2000/7/28	4075	0.355	4.82	135.8	0.760	44.34	583.4	-39.52	-354.4
2000/8/30	4048	0.523	8.86	169.4	0.592	51.13	863.7	-42.27	-379.1

表 5 1 号冰川西支 1999/2000 年度物质平衡积消过程观测计算结果

观测日期 (年/月/日)	平衡线 海拔 (m)	纯 积 累			纯 消 融			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)
2000/5/1	3928	0.572	13.91	243.2	0.055	0.75	136.4	+13.16	+209.9
2000/6/2	3925	0.579	24.09	416.1	0.048	1.21	252.1	+22.88	+364.9
2000/7/2	3930	0.568	23.56	414.8	0.059	3.65	618.6	+19.91	+317.5
2000/7/31	4100	0.340	8.01	235.6	0.287	17.97	626.1	-9.96	-158.9
2000/8/31	4090	0.344	8.33	242.2	0.283	23.49	830.0	-15.16	-241.8

表6 1号冰川东支1999/2000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)				
		2000/5/3	2000/5/31	2000/7/10	2000/7/28	2000/8/30
4200-4267	0.040	+162.0	+260.0	+256.0	+120.0	+172.0
4150-4200	0.101	+195.0	+290.0	+281.0	+320.0	+288.0
4100-4150	0.104	+230.0	+320.0	+299.0	+155.0	+237.0
4050-4100	0.106	+206.0	+344.0	+326.0	-110.0	-90.0
4000-4050	0.137	+180.0	+315.0	+281.0	-160.0	-100.0
3950-4000	0.153	+165.0	+270.0	+211.0	-230.0	-220.0
3900-3950	0.198	+130.0	+210.0	+176.0	-399.0	-380.0
3850-3900	0.127	+61.0	+40.0	+93.0	-620.0	-820.0
3800-3850	0.082	+46.0	-50.0	-100.0	-1000.0	-1250.0
3750-3800	0.055	+70.0	-70.0	-520.0	-2010.0	-2630.0
3700-3750	0.012	+60.4	-72.0	-990.0	-2408.0	-3134.0
3700-4267	1.115	+146.8	+208.6	+165.8	+354.0	-379.2

表7 1号冰川西支1999/2000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)				
		2000/5/1	2000/6/2	2000/7/2	2000/7/31	2000/8/31
4450-4486	0.007	+123.0	+310.0	+400.0	+250.0	+200.0
4400-4450	0.028	+140.0	+450.0	+450.0	+280.0	+210.0
4350-4400	0.039	+230.0	+460.0	+570.0	+310.0	+290.0
4300-4350	0.039	+280.0	+510.0	+590.0	+330.0	+320.0
4250-4300	0.036	+340.0	+600.0	+630.0	+340.0	+340.0
4200-4250	0.035	+320.0	+540.0	+620.0	+354.0	+300.0
4150-4200	0.039	+240.0	+410.0	+515.0	+10.0	+60.0
4100-4150	0.052	+410.0	+700.0	+690.0	+120.0	+200.0
4050-4100	0.109	+240.0	+360.0	+400.0	-32.0	-100.0
4000-4050	0.095	+230.0	+340.0	+280.0	-159.0	-280.0
3950-4000	0.067	+80.0	+180.0	+50.0	-540.0	-750.0
3900-3950	0.045	+20.0	+140.0	-220.0	-1070.0	-1210.0
3850-3900	0.024	-138.0	-300.0	-900.0	-1900.0	-2250.0
3825-3850	0.012	+166.0	+30.0	-330.0	-1410.0	-1827.0
3825-4486	0.627	+210.0	+364.6	+317.5	-158.9	-241.8

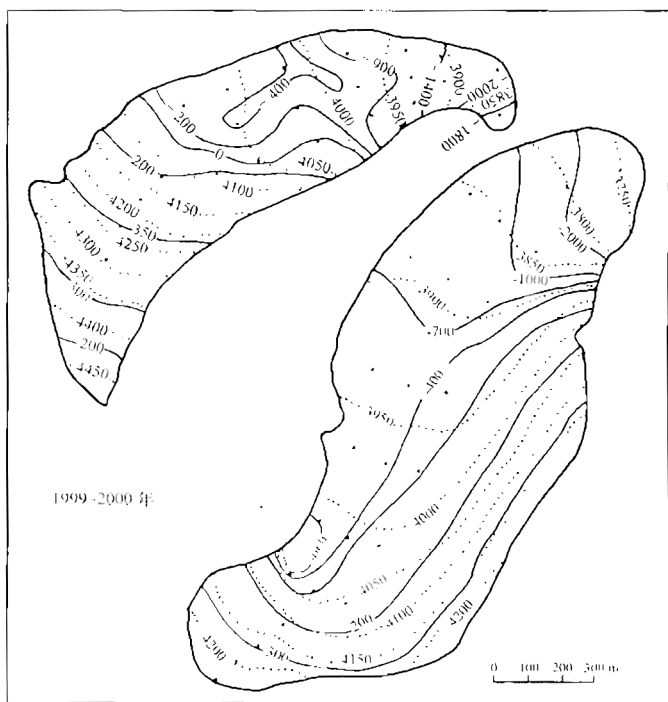


图1 一号冰川 1999/2000 年度物质平衡等值线图

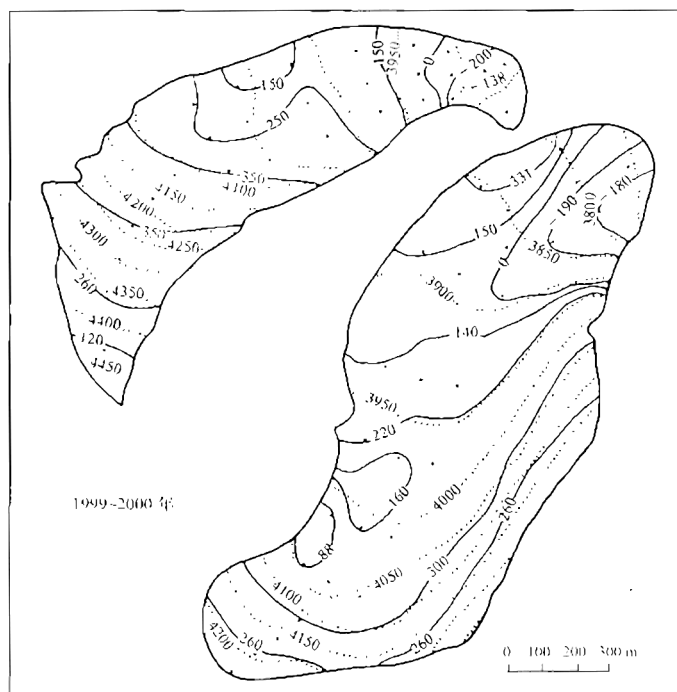


图2 一号冰川 1999/2000 年度物质冬平衡等值线图

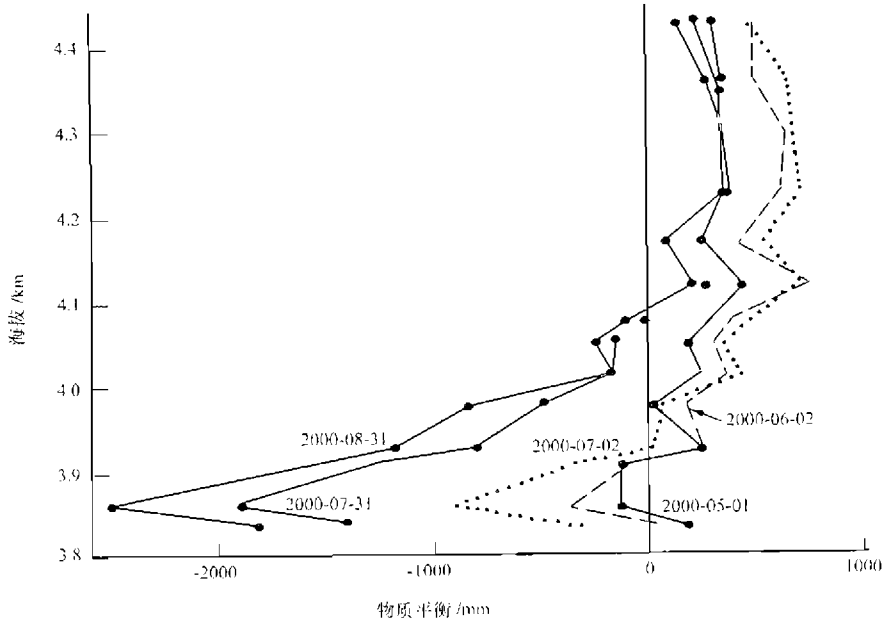


图3 一号冰川东支1999/2000年度物质平衡值与海拔高度的变化

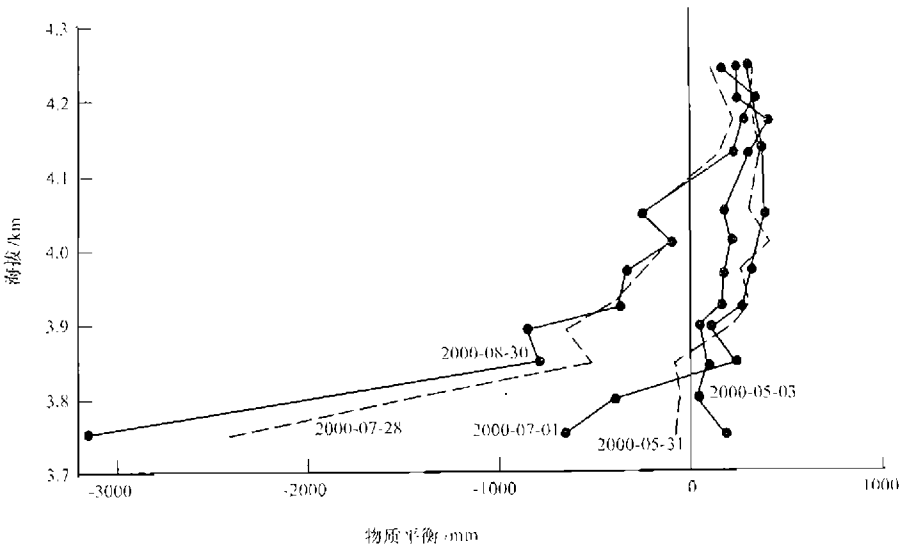


图4 一号冰川西支1999/2000年度物质平衡值与海拔高度的变化

2 1999/2000 年度物质平衡特征

本年度一号冰川的物质平衡结果仍为负平衡年,单位面积的平衡差额值为 -329.7 mm,冰川物质亏损值较过去的一年减少了 58.3% ,更比1996~1999年间连续3年的负平衡平均值(-811.1 mm)减少了 62.6% ,也比过去41年中的26个负平衡年平均值(-372.0 mm)下降了 11.4% (杨惠安等,1999)。一号冰川过去41年的物质平衡平均值为 -186.5 mm(若包括本年度,其平均值则为 -189.9 mm),本年度物质平衡值仍高于过去26个负平衡年的物质平衡平均值达 43.4% 。应当说,本年度的物质平衡结果仅仅表明,最近三年来持续且强劲的负平衡势头有所缓和而已(图5)。

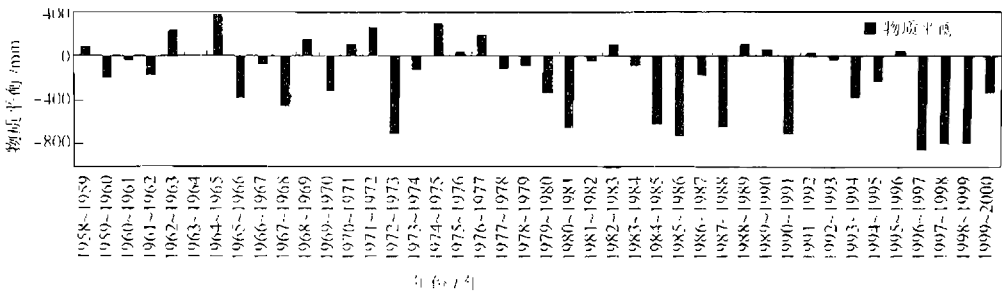


图5 一号冰川历年物质平衡变化过程

与上一年度比较,一号冰川地区气候(根据大西沟气象站气象资料)有如下特征:

本年度平均气温为 -4.6°C ,比上年下降 0.8°C ,但仍比多年平均值高出 0.5°C 。年内三个阶段的情况是:9~12月平均为 5.8°C ,比上年同期下降 1.0°C ,仍高于同期多年平均值 1.1°C ;1~4月平均为 -11.8°C ,比上年同期下降 1.3°C ,亦比同期多年平均值下降 0.2°C ;5~8月平均为 3.8°C ,比上年同期下降 0.1°C ,仍高于同期多年平均值 0.9°C 。

降水资料统计结果表明,一号冰川地区本年度降水总量为 620.8 mm,比上年增加 $5/1$ 还多(20.5%),更超过多年平均值达 28.3% 。这是一号冰川地区自1959—2000年的42年间出现的第二个大降水年,第一个最大降水年为1995/96年,降水量高达 673.6 mm。

本年度降水年内分配情况是:9~12月降水占年度总量的 12.8% ,比上年同期增加 3.9% ,仍低于同期多年平均值 0.6% ;1~4月降水占 5.4% ,比上年同期下降 3.2% ,亦比同期多年平均值下降 3.3% ;5~8月降水占 81.8% ,所占年度份额虽比上年同期下降 0.7% (其总量比上年同期增加 100.7 mm),仍高于同期多年平均值 3.9% 。

综合上述,可以认为,气温偏高仍是一号冰川物质亏损的主要因素。尽管1999/2000年一号冰川地区发生了有记录的历史上第二次最大降水值,但是,本地区平均气温除了1~4月比同期多年平均值下降了 0.2°C 的情况之外,由于气温年平均值及年内9~12月和5~8月气温平均值分别比过去42年同期平均值上升 0.5°C 、 1.2°C 和 0.9°C 之故,使得一号冰川物质在少有的大降水之年仍然不能扭亏为盈。

参考文献

杨惠安、王纯足、焦克勤、叶柏生,1999,天山乌鲁木齐河源1号冰川1998/99年度物质平衡,见本年报。

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川 2000 - 2002 年物质平衡

杨惠安 李忠勤 焦克勤

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,甘肃 兰州 730000)

1 概 况

2001 年 8 月,中国科学院天山冰川观测试验站对天山乌鲁木齐河源一号冰川再次进行了冰川图测绘,即一号冰川自 1959 年开始观测研究以来的第 6 次冰川测绘,并于 2002 年末完成了新冰川图的编制(井哲帆,见本年报)。因此,2000/01 和 2001/02 年度一号冰川的物质平衡计算是在 2001 年 8 月测绘的新冰川图上进行的。

根据新冰川图量算,截止 2001 年 8 月末,一号冰川的总面积为 1.708km^2 ,比 1994 年的测绘量算结果(1.742km^2)减少了 0.034km^2 。其中,一号冰川东支和一号冰川西支目前的冰川面积分别为 1.101km^2 和 0.607km^2 ,这比 1994 年的测绘量算结果(1.115km^2 和 0.627km^2)分别减少了 0.014km^2 和 0.02km^2 。

一号冰川物质平衡测点布设是在上一年的基础上进行的,即分别在东支和西支冰川表面,从冰舌开始自下而上布设 13—15 个横剖面,冰川消融区各横剖面等距离布设 3 根测杆,积累区资料以雪坑观测结果获得。2001—2002 年一号冰川物质平衡测点平均密度为 29 根/ km^2 。

一号冰川 2001—2002 年物质平衡计算方法与上一年相同。由于一号冰川已解体为相互完全独立的一号冰川东支和一号冰川西支,为了便于与历史资料比较,一号冰川的零平衡线高度是利用加权法求得的。

2 物质平衡

在观测、统计和计算工作的基础上,2001—2002 年一号冰川和一号冰川东支、西支物质平衡获得如下若干结果:

- (1)一号冰川西支 2000/01 和 2001/02 年度单点物质平衡观测数据(表 1-1,表 1-2);
- (2)一号冰川东支 2000/01 和 2001/02 年度单点物质平衡观测数据(表 2-1,表 2-2);
- (3)一号冰川冬平衡结果,2000/01 年度为 $+57.4$ (表 3-1),2001/02 年度为 144.4 (表 3-2);
- (4)一号冰川年度物质平衡结果,2000/01 年度为 -839.6 (表 4-1),2001/02 年度为 -833.9 (表 4-2);
- (5)一号冰川西支 2000/01 和 2001/02 年度各高度带物质平衡(表 5-1,表 5-2);
- (6)一号冰川东支 2000/01 和 2001/02 年度各高度带物质平衡(表 6-1,表 6-2);
- (7)一号冰川 2000/01 年度冬平衡等值线图(图 1-1);

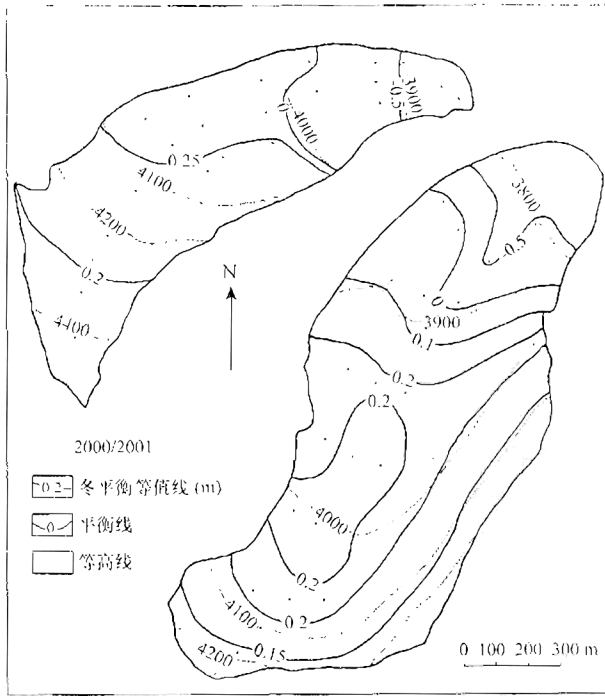


图 1—1 2000/01 年度一号冰川冬平衡等值线图

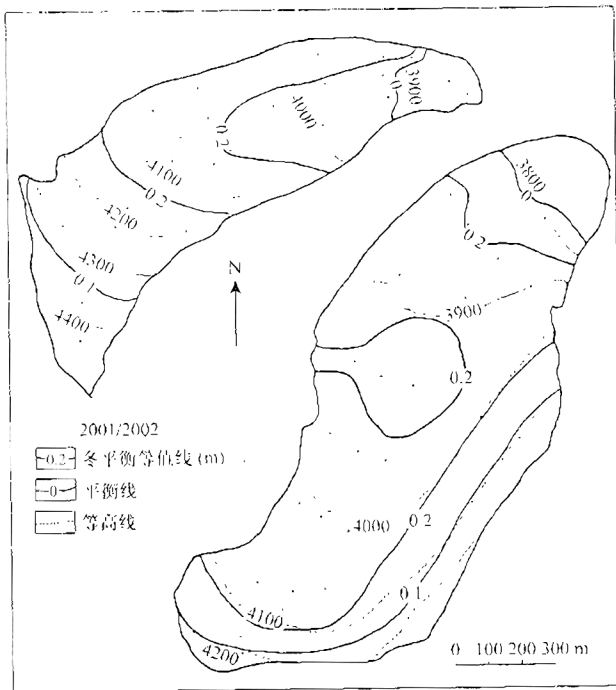


图 1—2 2001/02 年度一号冰川冬平衡等值线图

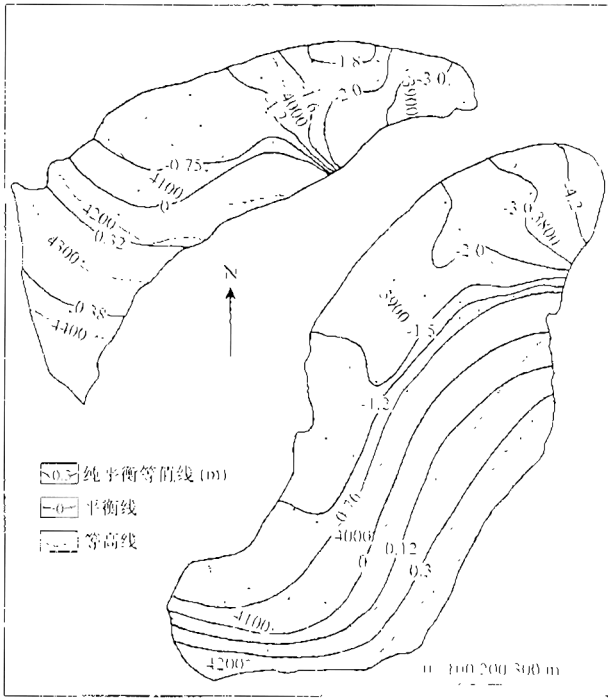


图 2-1 2000/01 年度一号冰川物质平衡等值线图

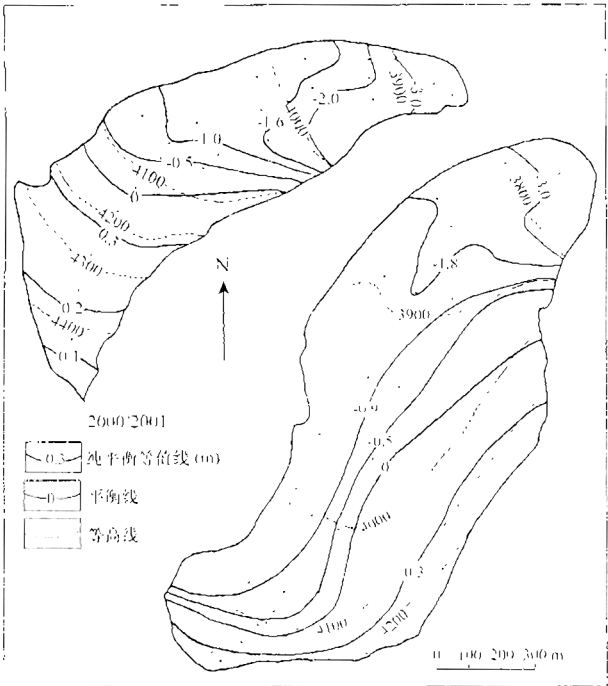


图 2-2 2001/02 年度一号冰川物质平衡等值线图

- (8)一号冰川 2001/02 年度冬平衡等值线图(图 1-2);
 (9)一号冰川 2000/01 年度物质平衡等值线图(图 2-1);
 (10)一号冰川 2001/02 年度物质平衡等值线图(图 2-2)。

表 1-1 1 号冰川西支 2000/01 年度单点物质平衡观测数据统计表

剖面	测杆 (No)	海拔 (m)	纯积消耗(mm)					合计 (mm)
			2001/5/3	6/1	7/1	8/1	8/30	
A	1	3830	-306.0	-432.0	-1377.0	-2160.0	-3107.5	-3107.5
B	1	3855	-159.0	-558.0	-1458.0	-2394.0	-3395.5	-3395.5
C	1	3900	-499.5	-295.5	-720.0	-1467.0	-2274.5	-2274.5
	2	3902	-531.0	-940.0	-1620.0	-2385.0	-3187.0	-3187.0
	平均	3901	-515.3	-617.8	-1170.0	-1926.0	-2730.8	-2730.8
D	1	3928	-698.0	-193.0	-288.0	-1071.0	-1799.5	-1799.5
	2	3926	-440.4	-179.0	-243.0	-972.0	-1486.5	-1486.5
	3	3933	-210.0	+21.0	-243.0	-1143.0	-1927.0	-1927.0
	平均	3929	-449.5	-117.0	-258.0	-1062.0	-1737.7	-1737.7
E	1	3974	-111.0	-148.0	+144.0	-531.0	-1224.0	-1224.0
	2	3976	+188.0	+215.8	-8.0	-665.0	-1361.5	-1361.5
	3	3994	+136.0	+39.0	-56.0	-695.0	-1373.5	-1373.5
	平均	3981	+71.0	+35.6	+26.7	-630.3	-1319.7	-1319.7
F	1	4013	+345.6	+392.0	-80.0	-647.0	-1264.0	-1264.0
	2	4021	+223.7	+175.0	-80.0	-551.0	-1085.6	-1085.6
	3	4027	+436.2	+557.0	+533.0	+362.0	-297.2	-297.2
	平均	4020	+335.2	+374.7	+124.3	-278.7	-882.3	-882.3
G	1	4045	+259.2	+479.2	+98.2	-384.8	-1034.6	-1034.6
	2	4055	+215.8	+251.3	-102.7	-620.2	-1138.6	-1138.6
	3	4048	-187.2	-25.7	-114.2	-712.7	-1077.8	-1077.8
	平均	4053	+95.9	+234.9	-39.6	-572.6	-1083.7	-1083.7
H	1	4077	+102.6	+157.6	-292.4	-760.4	-1331.0	-1331.0
	2	4073	+268.9	+247.4	-147.4	-616.1	-1074.4	-1074.4
	3	4070	+401.0	+535.0	+142.0	-35.0	-616.4	-616.4
	平均	4073	+257.5	+313.3	-99.3	-470.5	-1007.3	-1007.3
I	1	4087	+251.4	+366.1	+20.2	-276.8	-755.6	-755.6
L1	1	4125	+316.0	+427.3	+87.0	+33.5	-413.6	-413.6
L2	1	4175	+336.4	+463.3	+150.0	+131.5	+36.4	+36.4
L3	1	4225	+269.1	+370.6	+129.0	+160.1	+270.0	+270.0
L4	1	4300	+215.3	+296.5	+152.1	+268.4	+243.0	+243.0
L5	1	4375	+129.1	+237.2	+143.3	+217.5	+206.6	+206.6
L6	1	4450	+103.3	+189.8	+131.9	+167.8	+186.0	+186.0

3 结果比较

一号冰川物质平衡2000/01年度为-839.6mm,2001/02年度为-833.9mm,即最近两年的物质平衡都是负高值,结果相互非常接近。

与以往相比,尽管2000/01和2001/02年一号冰川没有出现超过观测记录历史上1996/97年度的最大负物质平衡(焦克勤等,2000),但最近两年的物质平衡结果仅仅小于1996/97年13.4—19.1mm,是1997年以来第二和第三个物质平衡强烈亏损年份,可以说近两年物质平衡与已发生过的最大亏损年份相差无几。最近6年间,1999/2000年度物质平衡亏损量减少显著,这可能与其周期性变化规律有关。一号冰川近两年又处于另一个强烈消融的物质亏损阶段(图5)。

4 问题

4月底或5月初的消融期开始前的第一次物质平衡观测结果,是冬季物质平衡测量计算的基础。由于积雪厚度较大,获取观测资料的难度亦很大。也由于冰川粒雪盆后壁表面地形陡峭复杂,因此,即使在消融期末的8月底或9月初,获取积累区的观测资料对于计算积累量至关重要。如何增加冰川积累区的观测密度并提高观测质量,仍然是今后物质平衡研究中进一步探讨引起重视的问题。

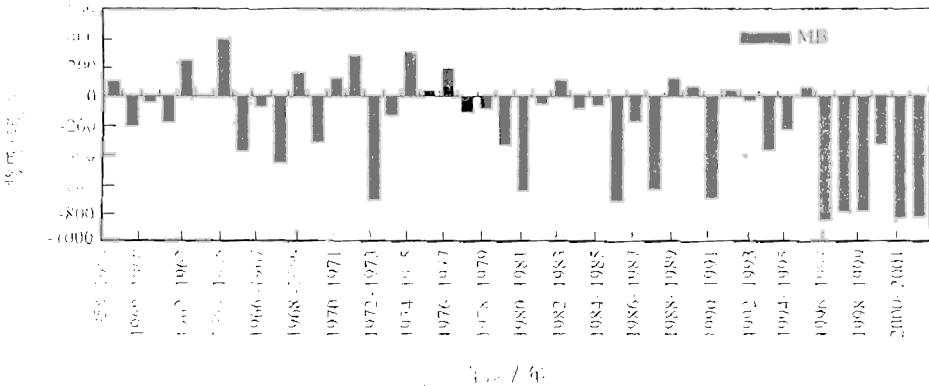


图5 一号冰川物质平衡变化过程

表3-1 1号冰川2000/01年度冬平衡观测计算结果

项 目	零平衡 线海拔 (m)	纯积累			纯消融			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)	总计 (10 ⁴ m ³)	平衡值 (mm)
1号东支	3894	0.916	14.2	155.0	0.185	7.8	420.5	+6.4	+58.3
1号西支	4006	0.473	8.5	180.5	0.134	5.2	384.3	+3.4	+55.8
1号冰川	3934	1.389	22.7	163.7	0.319	12.9	405.3	+9.8	+57.4

表 3-2 1 号冰川 2001/02 年度冬平衡观测计算结果

项 目	零平衡 线海拔 (m)	纯积累			纯消融			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号东支	3810	1.039	17.2	165.4	0.062	0.36	58.0	+16.8	+153.0
1号西支	3920	0.568	8.2	144.0	0.039	0.34	87.2	+7.8	+129.2
1号冰川	3849	1.607	25.4	158.0	0.101	0.70	69.3	+24.7	+144.4

表 4-1 1 号冰川 2000/01 年度物质平衡观测计算结果

项 目	零平衡 线海拔 (m)	纯积累			纯消融			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号东支	4115	0.380	6.5	171.1	0.721	107.2	1486.8	-100.7	-914.6
1号西支	4153	0.270	7.2	266.7	0.337	49.9	1480.7	-42.7	-703.5
1号冰川	4128	0.650	13.7	210.8	1.058	157.1	1484.9	-143.4	-839.6

表 4-2 1 号冰川 2001/02 年度物质平衡观测计算结果

项 目	零平衡 线海拔 (m)	纯积累			纯消融			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号东支	4140	0.343	5.92	172.6	0.758	101.8	1343.0	-95.9	-870.8
1号西支	4143	0.252	4.81	190.9	0.355	51.4	1447.0	-46.6	-767.1
1号冰川	4141	0.595	10.73	180.3	1.113	153.2	1376.1	-142.4	-833.9

表1-2 1号冰川西支2001/02年度单点物质平衡观测数据统计表

剖面	测杆 (No)	海拔 (m)	纯积消量(mm)					合计 (mm)
			2002/4/29	6/1	6/30	8/1	9/1	
A	1	3828	-174.5	-326.0	-816.0	-1554.5	-3249.5	-3249.5
B	1	3849	+200.5	-183.5	-771.5	-2049.5	-3678.5	-3678.5
C	1	3896	+282.5	+150.1	-605.5	-1730.5	-3035.5	-3035.5
	2	3896	-104.0	-341.0	-728.0	-1547.0	-2915.0	-2915.0
	平均	3896	+89.3	-95.5	-666.8	-1638.8	-2975.3	-2975.3
D	1	3926	+233.5	+151.9	-83.5	-720.5	-1944.5	-1944.5
	2	3921	+112.5	+167.1	-3.0	-609.9	-1726.5	-1726.5
	3	3927	+70.0	-162.8	-520.0	-1146.0	-2422.0	-2422.0
	平均	3924	+138.7	+52.1	-202.2	-825.5	-2031.0	-2031.0
E	1	3968	+231.0	+205.8	+9.0	-289.4	-1332.0	-1332.0
	2	3970	+195.5	+248.5	+34.5	-544.3	-1760.5	-1760.5
	3	3988	+90.5	+37.1	-22.5	-699.9	-2020.0	-2020.0
	平均	3975	+172.3	+163.8	+7.0	-511.2	-1704.2	-1704.2
F	1	4008	+254.0	+308.0	+116.0	-19.0	-1147.0	-1147.0
	2	4016	+150.6	+267.1	+185.2	-114.8	-1148.4	-1148.4
	3	4022	+77.2	+59.2	+35.8	-509.0	-1662.8	-1662.8
	平均	4015	+160.6	+211.4	+112.3	-214.3	-1319.4	-1319.4
G	1	4057	+226.8	+278.8	+136.2	+9.2	-1078.2	-1078.2
	2	4050	+218.4	+397.9	+242.9	-80.6	-1182.6	-1182.6
	3	4043	+189.6	+305.6	+220.2	-14.4	-590.4	-590.4
	平均	4050	+211.6	+327.4	+199.8	-28.6	-950.4	-950.4
H	1	4077	+255.6	+280.2	+183.6	+77.1	-842.4	-842.4
	2	4069	+172.8	+291.8	+234.3	+34.9	-1013.7	-1013.7
	3	4065	+242.4	+386.4	+352.8	+147.0	-462.6	-462.6
	平均	4070	+223.6	+319.5	+256.9	+86.3	-772.9	-772.9
I	1	4082	+220.8	+427.0	+385.8	+229.9	-628.2	-628.2
L1	1	4125	+259.4	+565.5	+561.3	+438.7	-184.4	-184.4
L2	1	4175	+207.5	+452.3	+449.1	+350.9	+265.3	+265.3
L3	1	4225	+165.9	+361.9	+359.3	+315.8	+212.2	+212.2
L4	1	4300	+116.2	+253.3	+251.5	+252.7	+169.8	+169.8
L5	1	4375	+92.9	+202.7	+226.3	+189.5	+135.8	+135.8
L6	1	4450	+74.3	+162.1	+181.1	+180.6	+109.0	+109.0

表 2-1 1 号冰川东支 2000/01 年度单点物质平衡观测数据统计表

剖面	测杆 (No)	海拔 (m)	纯积消量(mm)					合计 (mm)
			2001/5/1	5/31	6/30	8/1	8/30	
A	1	3776	-684.0	-628.5	-1521.0	-3060.0	-4219.5	-4219.5
	1	3801	-924.0	-630.0	-621.0	-1584.0	-2473.5	-2473.5
B	2	3801	-918.0	-75.5	-918.0	-1908.0	-2734.5	-2734.5
	3	3801	-654.0	-504.0	-1350.0	-2556.0	-3607.5	-3607.5
	平均	3801	-832.0	-403.2	-963.0	-2016.0	-2938.5	-2938.5
	1	3849	+102.0	+90.4	-432.0	-1242.0	-1863.5	-1863.5
C	2	3852	+120.0	+121.2	-396.0	-1395.0	-2099.5	-2099.5
	3	3847	-702.0	-595.0	-174.0	-1065.0	-1870.0	-1870.0
	平均	3849	-160.0	-127.8	-344.0	-1234.0	-1944.3	-1944.3
	1	3894	+78.0	+152.0	-287.6	-1038.0	-1764.5	-1764.5
D	2	3890	+12.0	+58.0	-357.0	-1122.0	-1877.0	-1877.0
	3	3892	-15.0	+49.0	-405.0	-873.0	-1333.5	-1333.5
	平均	3892	+25.0	+86.3	-349.9	-1011.0	-1658.3	-1658.3
	1	3922	+240.0	+295.0	-15.0	-609.0	-1404.0	-1404.0
E	2	3923	+234.0	+376.5	+68.0	-483.0	-1447.0	-1447.0
	3	3923	+231.5	+292.5	+43.5	-359.5	-827.0	-827.0
	平均	3923	+235.2	+321.3	+32.2	-483.8	-1226.0	-1226.0
	1	3971	+309.8	+382.0	+110.0	-283.0	-865.5	-865.5
F	2	3965	+58.0	+129.0	-198.0	-740.0	-1380.0	-1380.0
	3	3966	+136.7	+297.0	+44.0	-244.0	-550.0	-550.0
	平均	3967	+168.2	+269.3	-14.7	-422.3	-931.9	-931.9
	1	4008	+123.7	+217.3	-51.5	-543.5	-1192.0	-1192.0
G	2	4004	+159.2	+215.8	-76.0	-592.0	-1182.4	-1182.4
	3	4003	-106.3	+65.0	+256.0	+20.0	-472.0	-472.0
	平均	4005	+58.9	+166.0	+42.8	-371.8	-948.8	-948.8
	1	4058	+312.1	+186.2	-24.5	-528.5	-1180.1	-1180.1
H	2	4043	+225.1	+319.8	+24.5	-191.5	-646.9	-646.9
	3	4058	+207.2	+470.8	+68.0	-207.0	-761.0	-761.0
	平均	4053	+248.1	+325.6	+22.7	-309.0	-862.7	-862.7
	I	1	4075	+283.1	+355.8	+33.2	-237.0	-598.7
J	1	4125	+327.6	+394.4	+46.5	-73.3	+1.3	+1.3
K	1	4170	+262.4	+315.5	+54.3	+74.0	+217.3	+217.3
L	1	4250	+131.0	+157.8	+43.4	+213.9	+190.0	+190.0

表2-2 1号冰川东支2001/02年度单点物质平衡观测数据统计表

剖面	测杆 (No)	海拔 (m)	纯积消耗(mm)					合计 (mm)
			2002/4/29	6/1	6/30	7/31	9/1	
A	1	3773	-115.6	-289.5	-964.5	-2026.5	-3376.5	-3376.5
B	1	3799	-24.8	+13.5	-344.5	-1171.5	-2620.5	-2620.5
	2	3798	-33.5	-102.0	-389.5	-1243.5	-2476.5	-2476.5
	3	3796	+71.0	-121.5	-604.5	-1648.5	-3250.5	-3250.5
	平均	3798	+4.2	-1.0	-446.2	-1354.5	-2782.5	-2782.5
C	1	3845	+264.6	+314.3	+10.5	-601.3	-1825.0	-1825.0
	2	3848	+202.5	+265.5	-57.5	-798.5	-2034.5	-2034.5
	3	3843	+286.0	+301.7	+106.0	-357.4	-1508.0	-1508.0
	平均	3845	+251.0	+293.8	+19.7	-585.7	-1789.2	-1789.2
D	1	3890	+345.5	+174.7	+167.3	-132.5	-1319.5	-1319.5
	2	3886	+225.5	+268.5	-123.0	-668.0	-1846.0	-1846.0
	3	3889	+235.5	+107.5	+31.5	-151.0	-1096.5	-1096.5
	平均	3888	+268.8	+183.6	+25.3	-317.2	-1420.7	-1420.7
E	1	3922	+174.0	+294.0	+151.2	+18.0	-969.0	-969.0
	2	3919	+145.0	+346.0	+353.1	+75.0	-1079.0	-1079.0
	3	3918	+125.5	+250.5	+143.5	+2.5	-729.5	-729.5
	平均	3920	+148.2	+296.8	+215.9	+95.5	-925.8	-925.8
F	1	3970	+321.5	+373.5	+219.5	+143.0	-749.5	-749.5
	2	3961	+255.0	+309.0	+298.4	+45.0	-953.0	-953.0
	3	3962	+219.0	+313.0	+256.8	+29.0	-315.0	-315.0
	平均	3964	+265.2	+331.8	+258.2	+72.3	-672.5	-672.5
G	1	4008	+177.5	+190.5	+81.4	-78.9	-1142.5	-1142.5
	2	4001	+231.9	+288.9	+268.2	-273.6	-1290.6	-1290.6
	3	4000	+237.0	+432.0	+455.1	+256.0	-435.0	-435.0
	平均	4003	+215.5	+303.8	+268.2	-32.2	-956.0	-956.0
H	1	4057	+246.6	+373.6	+147.0	+24.4	-1040.4	-1040.4
	2	4041	+197.4	+299.4	+288.2	+89.4	-684.6	-684.6
	3	4056	+224.0	+364.0	+344.0	+148.0	-517.0	-517.0
	平均	4051	+222.7	+345.7	+259.7	+87.3	-747.3	-747.3
I	1	4070	+246.0	+344.0	+361.2	+196.0	-648.0	-648.0
J	1	4125	+312.6	+376.8	+437.5	+260.2	-141.6	-141.6
K	1	4170	+146.8	+161.5	+175.0	+104.1	+108.8	+108.8
L	1	4220	+95.4	+129.2	+122.5	+72.9	+76.2	+76.2

表 5-1 1号冰川西支 2000/01 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)				
		2001/5/3	2001/6/1	2001/7/1	2001/8/1	2001/8/30
3825-3850	0.005	-363	-432	-1377	-2160	-3100
3850-3900	0.024	-390	-588	-1170	-2160	-3280
3900-3950	0.041	-180	-352	-288	-1062	-2250
3950-4000	0.067	17	36	30	-630	-1710
4000-4050	0.088	48	255	43	-572	-952
4050-4100	0.112	101	254	20	-440	-878
4100-4150	0.053	148	377	87	34	-296
4150-4200	0.037	176	413	108	132	240
4200-4250	0.035	175	320	108	132	320
4250-4300	0.036	125	247	152	268	37
4300-4350	0.045	113	217	148	218	416
4350-4400	0.034	105	213	143	243	360
4400-4486	0.030	88	190	132	168	261
3825-4486	0.607	56.0	166.4	-54.4	-336.1	-704

表 5-2 1号冰川西支 2001/02 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)				
		2002/4/29	2002/6/1	2002/6/30	2002/7/31	2002/9/1
3825-3850	0.005	-175	-255	-794	-1803	-3375
3850-3900	0.024	50	-96	-667	-1639	-3250
3900-3950	0.041	125	32	-202	-826	-2538
3950-4000	0.067	125	134	7	-511	-1663
4000-4050	0.088	150	159	156	-122	-1218
4050-4100	0.112	150	223	281	96	-723
4100-4150	0.053	175	315	561	439	-172
4150-4200	0.037	163	202	449	351	150
4200-4250	0.035	125	212	359	316	212
4250-4300	0.036	113	203	252	253	228
4300-4350	0.045	105	178	239	222	238
4350-4400	0.034	103	153	226	189	186
4400-4486	0.030	95	132	181	152	109
3825-4486	0.607	129.6	168.0	179.6	-64.3	-767.9

表6-1 1号冰川东支2000/01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)				
		2001/5/1	2001/5/31	2001/6/30	2001/8/1	2001/8/30
3742-3800	0.065	-728	-516	-1242	-2538	-3425
3800-3850	0.088	-439	-266	-654	-1625	-2240
3850-3900	0.118	-197	-21	-347	-1123	-1515
3900-3950	0.205	168	204	33	-748	-1080
3950-4000	0.160	230	269	9	-422	-750
4000-4050	0.169	241	246	17	-340	-590
4050-4100	0.095	248	356	33	-273	-370
4100-4150	0.081	327	394	47	73	+310
4150-4267	0.120	181	237	49	214	+357
3742-4267	1.101	59.0	146.2	-140.8	-647.6	-915

表6-2 1号冰川东支2001/02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)				
		2002/4/29	2002/6/1	2002/6/30	2002/7/31	2002/9/1
3742-3800	0.065	-138	-146	-706	-1691	-3225
3800-3850	0.088	100	154	-213	-971	-2033
3850-3900	0.118	180	189	23	-452	-1412
3900-3950	0.205	134	140	216	0	-725
3950-4000	0.160	192	212	258	20	-700
4000-4050	0.169	200	226	264	84	-688
4050-4100	0.095	213	230	311	196	-438
4100-4150	0.081	220	251	437	260	-95
4150-4267	0.120	143	146	149	89	175
3742-4267	1.101	152.6	169.8	169.8	-152.6	-871.9

参考文献

袁克勤,王纯足,韩添丁.天山乌鲁木齐河源一号冰川出现大的物质负平衡,冰川冻土,2000,22(1):62-

天山冰川站水文气象资料整编说明(1999/2000)

韩添丁 叶柏生

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,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 1999 年度资料整编结果报告。

1 号冰川水文点设在离 1 号冰川冰舌末端 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 3.34km^2 ,其中冰川面积 1.733km^2 。为混凝土矩型断面(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 1.68km^2 ,为混凝土矩型断面(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与罗布道沟汇合处,设有总控制水文点,控制监测乌鲁木齐河源区降水和 7 条冰川及冰川周围高山积雪、多年冻土的总融水径流;该控制断面海拔 3408m,流域面积 28.9km^2 ;其中冰川面积 5.6km^2 。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记水位计,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)。

乌鲁木齐河源1号水文点1999年逐日平均流量表

表1 (集水面积:3.34km² 流量:m³/s)

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0	0.040	0.157	1.480				
2					0	0	0.132	1.480				
3					0	0.040	0.157	0.705				
4					0	0	0.157	0.540				
5					0.040	0.040	0.157	0.510				
6					0	0	0.207	0.365				
7					0.040	0	0.132	0.480				
8					0.107	0.050	0.157	0.540				
9					0.107	0.207	0.207	0.510				
10					0.132	0.132	0.157	0.393				
旬总数					0.426	0.509	1.620	7.003				
旬平均					0.043	0.051	0.162	0.700				
11					0.132	0.132	0.107	0.393				
12					0.132	0.050	0.207	0.312				
13					0.107	0.040	0.312	0.207				
14					0.132	0.040	0.365	0.132				
15					0.132	0.107	0.560	0.132				
16					0.132	0.107	0.820	0.050				
17					0.107	0.182	0.840	0				
18					0.157	0.107	0.840	0.232				
19					0.107	0.157	0.760	0.259				
20					0.107	0.157	0.650	0.285				
旬总数					1.245	1.079	5.461	2.002				
旬平均					0.124	0.108	0.546	0.200				
21					0.182	0.107	0.540	0.207				
22					0.207	0.107	0.450	0.157				
23					0.207	0.207	0.840	0.157				
24					0.157	0.312	0.880	0.480				
25					0.157	0.285	0.650	0.157				
26					0.232	0.450	0.450	0.285				
27					0.259	0.365	0.970	0.338				
28					0.157	0.285	0.820	0.338				
29					0.157	0.232	0.450	0.312				
30					0.157	0.232	0.880	0.312				
31					0.132		0.930	0.182				
旬总数					2.004	2.582	7.860	2.925				
旬平均					0.182	0.258	0.714	0.266				
月统计	总数				3.675	4.170	14.941	11.930				
	平均				0.118	0.139	0.482	0.385				
	最大日期				0.450	1.070	2.070	2.470				
	最小日期				0	0	0.107	0				
	日期				1	27	1	16				
年统计	年总数 34.716		最大值 2.07		7月31日		最小流量 0		5月1—4日		平均流量 0.282	
	径流量 3.0×10 ⁶ m ³			径流模数 84.4			l/s.km ²			径流深度 897mm		

乌鲁木齐河源空冰斗水文点 1999年逐日平均流量表

表 2

(集水面积:1.68km² 流量:m³/s)

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1					0	0.042	0.220	0.250					
2					0	0.112	0.170	0.230					
3					0	0.042	0.200	0.170					
4					0	0.042	0.190	0.160					
5					0	0.089	0.190	0.170					
6					0	0.136	0.200	0.304					
7					0	0.160	0.170	0.230					
8					0.034	0.089	0.350	0.360					
9					0.042	0.200	0.160	0.112					
10					0.042	0.190	0.160	0.089					
旬总数					0.118	1.102	2.010	2.075					
旬平均					0.012	0.110	0.201	0.208					
11					0.042	0.136	0.136	0.089					
12					0.042	0.034	0.200	0.089					
13					0.034	0.160	0.200	0.089					
14					0.026	0.089	0.304	0.089					
15					0.026	0.112	0.250	0.112					
16					0.089	0.340	0.220	0.160					
17					0.042	0.340	0.230	0.290					
18					0.026	0.270	0.370	0.350					
19					0.034	0.230	0.430	0.270					
20					0.034	0.220	0.250	0.220					
旬总数					0.395	1.932	2.590	1.758					
旬平均					0.040	0.193	0.259	0.176					
21					0.034	0.200	0.380	0.160					
22					0.013	0.220	0.400	0.112					
23					0.010	0.190	0.170	0.042					
24					0.013	0.250	0.170	0.010					
25					0.013	0.200	0.170	0.026					
26					0.026	0.200	0.112	0.089					
27					0.010	0.170	0.170	0.136					
28					0	0.190	0.170	0.136					
29					0	0.230	0.190	0.136					
30					0	0.250	0.190	0.112					
31					0.010		0.200	0.112					
旬总数					0.129	2.100	2.322	1.071					
旬平均					0.012	0.210	0.211	0.097					
月统计	总数				0.642	5.134	6.922	4.904					
	平均				0.021	0.171	0.223	0.158					
	最大日期				0.230	0.710	1.220	0.550					
	最小日期				20	16	21	18					
	日期				0	0	0	0					
年统计	年总数 17.602			最大值 1.22			7月21日		最小流量 0		5月1—7日		平均流量 0.143
	径流量 15.2×10 ⁵ m ³				径流模数 85.1 l/s.km ²				径流深度 905mm				

乌鲁木齐河源总控制水文点 1999年逐日平均流量表

表 3

(集水面积:28.9km² 流量:m³/s)

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0	0.640	1.030	5.300				
2					0.490	0.780	1.560	2.200				
3					0.490	0.780	1.690	3.200				
4					0.490	0.980	1.090	3.760				
5					0.490	0.880	0.980	2.080				
6					0.490	0.980	1.140	1.340				
7					0.490	0.980	1.210	1.460				
8					0.530	1.210	4.180	0.980				
9					0.580	1.560	2.320	1.140				
10					0.750	1.690	1.940	1.260				
旬总数					4.800	10.480	17.140	22.720				
旬平均					0.480	1.050	1.714	2.272				
11					0.880	2.080	1.560	1.690				
12					0.820	1.820	1.560	1.820				
13					0.820	1.820	2.460	1.560				
14					0.750	1.460	2.320	1.940				
15					0.640	1.090	2.740	1.690				
16					0.490	2.080	3.980	1.690				
17					0.640	2.600	3.980	1.560				
18					0.820	1.460	3.440	1.820				
19					0.780	1.210	3.560	1.560				
20					0.640	1.270	6.000	1.820				
旬总数					7.280	16.890	31.600	17.150				
旬平均					0.728	1.689	3.160	1.715				
21					0.640	1.340	5.720	1.940				
22					0.700	1.460	2.600	1.560				
23					0.780	1.560	2.080	1.340				
24					0.700	1.940	3.760	1.210				
25					0.780	2.080	6.940	1.260				
26					0.750	2.200	3.440	1.340				
27					0.820	1.940	6.700	1.560				
28					0.750	1.940	6.000	1.560				
29					0.530	2.460	2.200	1.560				
30					0.490	1.460	2.900	1.460				
31					0.490		2.320	1.460				
旬总数					7.430	18.380	44.660	16.250				
旬平均					0.680	1.838	4.060	1.480				
月统计	总数				19.510	45.750	93.400	56.120				
	平均				0.630	1.530	3.010	1.810				
	最大日期				1.140	4.400	8.800	5.300				
	最小日期				17	16	16	1				
年统计	年总数 214.78			最大值 8.80 7月16日			最小流量 0 5月1日			平均流量 1.74		
径流量 18.5×10 ⁶ m ³				径流模数 60.21 l/s.km ²				径流深度 640mm				

乌鲁木齐河源1号水文点1999年逐日平均气温表

表4

气温:℃

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-9.7	-16.9	-11.1	-11.8	-8.6	-0.2	1.4	12.4	7.1	-2.5	-4.6	-13.4	
2	-4.2	-15.1	-9.7	-12.1	-6.5	0.0	-0.3	7.6	6.5	-3.0	-4.1	-18.3	
3	-19.3	-14.0	-11.0	-7.8	-3.8	-0.3	-1.2	4.5	5.1	-3.7	-3.3	-15.6	
4	-22.2	-13.7	-13.4	-5.0	-2.6	0.2	0.2	3.4	5.9	-3.5	-9.0	-10.7	
5	-21.3	-11.1	-11.0	-0.3	-0.9	0.0	3.9	4.0	7.6	-2.2	-8.0	-10.7	
6	-19.7	-10.3	-11.7	-5.3	1.7	0.6	3.8	5.8	4.6	-0.6	-7.3	-11.5	
7	-17.8	-8.3	-15.8	-5.9	1.6	2.0	5.1	5.5	1.0	-2.5	-8.7	-13.5	
8	-17.7	-14.6	-15.6	-4.3	3.6	4.7	2.1	4.8	2.4	-6.0	-10.7	-8.9	
9	-20.8	-12.8	-15.9	-7.1	4.3	5.2	4.4	8.3	1.1	-6.0	-10.5	-10.6	
10	-18.9	-9.4	-11.6	-6.7	4.2	3.0	3.6	5.7	1.5	-3.2	-9.4	-12.9	
旬总数	-171.6	-126.2	-126.8	-66.3	-7.6	15.2	23.0	62.0	42.8	-33.2	-75.6	-126.1	
旬平均	-17.2	-12.6	-12.7	-6.6	-0.8	1.5	2.3	6.2	4.3	-3.3	-7.6	-12.6	
11	-15.7	-7.3	-11.9	-3.9	1.9	0.3	4.1	1.2	4.4	-4.2	-8.1	-13.5	
12	-13.6	-8.5	-16.0	-6.5	3.2	-1.4	5.4	3.8	3.8	-6.5	-12.9	-15.6	
13	-14.0	-9.8	-16.0	-7.5	1.3	-0.9	4.0	1.2	3.5	-8.4	-10.6	-14.8	
14	-13.0	-10.6	-10.3	-4.2	-1.2	-3.3	5.2	-1.9	2.8	-8.3	-7.3	-14.0	
15	-18.3	-12.6	-14.6	-4.4	-1.7	2.4	7.0	-1.3	-0.2	-7.2	-12.8	-13.5	
16	-17.6	-16.2	-13.5	-5.7	-1.7	4.4	8.1	1.8	-0.1	-6.4	-10.9	-12.8	
17	-18.7	-12.0	-15.0	-6.3	0.7	3.8	8.2	4.3	-0.4	-5.3	-10.1	-11.0	
18	-22.7	-7.4	-14.3	-5.5	2.2	0.1	10.0	6.5	0.1	-6.1	-9.5	-11.8	
19	-16.4	-8.1	-16.4	-3.9	1.8	2.7	7.2	5.9	1.5	-4.8	-10.4	-10.6	
20	-14.5	-8.8	-12.3	-1.9	-0.4	2.8	1.5	5.0	2.3	-4.5	-10.7	-11.7	
旬总数	-164.5	-101.3	-140.3	-49.8	6.1	10.9	60.7	30.4	17.7	-61.7	-103.3	-129.3	
旬平均	-16.4	-10.1	-14.0	-5.0	0.6	1.1	6.1	3.0	1.8	-6.2	-10.3	-12.9	
21	-13.1	-9.8	-9.7	-1.6	-0.9	2.9	2.8	4.5	0.8	-2.8	-7.2	-13.7	
22	-14.9	-7.3	-9.2	0.4	1.5	3.9	5.0	5.5	1.2	-4.3	-12.7	-14.3	
23	-17.7	-8.5	-9.4	-14.1	1.6	5.0	6.6	5.6	2.4	-5.7	-17.4	-10.4	
24	-16.4	-12.0	-13.2	-17.1	0.4	6.3	5.9	6.9	4.1	-6.8	-13.7	-9.4	
25	-13.3	-11.4	-14.8	-11.7	-0.9	6.4	6.6	7.4	-1.8	-5.6	-14.1	-11.9	
26	-16.0	-13.6	-12.3	-9.2	1.4	7.2	5.1	8.1	-4.8	-5.3	-14.3	-20.0	
27	-13.8	-14.2	-12.2	-7.1	0.3	5.0	7.3	7.7	-7.5	-4.5	-12.8	-16.1	
28	-12.4	-11.8	-10.9	-4.6	-5.1	4.2	7.6	6.6	-4.4	-4.5	-12.0	-11.2	
29	-13.4		-8.2	-4.6	-6.0	1.7	7.7	5.8	-0.6	-11.5	-10.0	-13.8	
30	-14.9		-13.0	-4.9	-5.9	-0.6	9.1	6.4	-2.2	-10.0	-7.3	-14.2	
31	-18.3		-15.1		-3.0		12.1	4.5		-5.9		-15.7	
旬总数	-164.2	-88.6	-128.0	-74.5	-16.6	42.0	75.8	69.0	-12.6	-66.9	-121.5	-150.7	
旬平均	-14.9	-11.1	-11.6	-7.5	-1.5	4.2	6.9	6.3	-1.3	-6.1	-12.2	-13.7	
月统计	总数	-500.3	-316.1	-395.1	-190.6	-17.5	68.1	159.5	161.4	47.9	-161.8	-300.4	-406.1
	平均	-16.1	-11.3	-12.7	-6.4	-0.6	2.3	5.1	5.2	1.6	-5.2	-10.0	-13.1
	最高	-1.9	-1.5	-3.6	5.9	10.8	11.6	17.2	16.4	12.5	3.4	2.0	-4.0
	日期	2	22	29	5	8	26	31	1	1	5	3	8
	最低	-29.3	-20.7	-21.2	-21.0	-12.0	-6.6	-3.5	-5.6	-10.4	-15.9	-19.0	-22.5
日期	5	1	7	24	1	18	4	15	27	30	23	26	
年统计	最高气温 17.2 7月31日					最低气温 -29.3 1月5日					平均气温 -4.9		
附注													

乌鲁木齐河源1号水文点1999年逐日降水量表

表5

降水量:mm

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0.5		3.0				0.6	
2					0.0	2.7	11.3	3.0				
3						2.9	7.5	13.1				
4						7.3	0.9					
5					2.2	0.6		0.4		2.3		0.0
6						8.0		12.1				
7						0.4	0.6		32.1			
8						0.0	21.6				1.5	
9							4.7		0.9			
10						5.0	0.5		0.6			
11					3.5	18.8	1.6	2.0	0.0			
12				6.7	2.3	24.2	3.9	0.3		0.5		0.0
13					0.0	1.1	4.5	13.4	0.4			
14					4.4	7.8	5.3					
15					1.0		3.4	36.5			0.7	
16					1.7		7.6	2.1				
17												
18						0.7						
19				16.7	2.0		1.7			4.1		0.0
20							30.3	4.4				
21	0.3					2.7	13.3		0.0		0.0	
22						6.8						
23							6.5	0.3				
24					1.1		14.8					
25				5.9	0.9	0.5	7.0					
26					2.4					0.0		0.2
27							12.7					
28					11.1			0.1	14.7		0.8	
29					11.7	15.3						
30				0.5	0.3	2.6						
31								1.8				
总量	0.3	0.0	0.0	29.8	45.1	107.4	162.7	89.5	48.7	6.9	3.6	0.2
降水日数	1				16	18	21	13	7			
最大日降水量					11.7	24.2	30.3	36.5				
日期					29	12	20	15				
年统计	降水量 494.0				降水日数							

乌鲁木齐河源1号水文点1999年逐日平均相对湿度表

表6

相对湿度: %

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					80	57	67	70				
2					71	65	86	99				
3					85	80	89	90				
4					76	65	69	83				
5					56	70	49	66				
6					53	72	74	62				
7					66	72	69	77				
8					43	42	91	62				
9					51	49	65	42				
10					60	82	77	55				
旬总数					641	654	736	706				
旬平均					64	65	74	71				
11					58	94	71	49				
12					58	94	79	62				
13					70	93	89	85				
14					90	66	67	93				
15					91	25	64	86				
16					61	57	72	60				
17					60	75	78	35				
18					61	53	66	42				
19					40	45	93	58				
20					47	48	100	74				
旬总数					636	650	779	644				
旬平均					64	65	78	64				
21					42	71	96	63				
22					47	58	81	65				
23					50	47	84	38				
24					66	50	68	36				
25					83	47	84	50				
26					59	42	94	50				
27					60	60	78	55				
28					93	60	85	61				
29					72	94	93	67				
30					63	68	87	56				
31					44		75	61				
旬总数					677	597	925	602				
旬平均					62	60	84	55				
月统计												
总数					1954	1907	2446	1952				
平均					63	64	79	63				
最小					8	4	24	12				
日期					19	15	1	18				
附注	相对湿度只在5-8月冰川消融期观测											

乌鲁木齐河源空冰斗水文点 1999年逐日平均气温表

表 7		气温:℃											
日	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		7.9	16.1	-9.7	10.8	-9.2	-0.1	-0.9	12.1	5.3	-2.6	-4.1	-11.4
2		-4.4	-14.3	-9.2	-11.3	-7.9	-0.1	1.7	8.8	4.0	-3.2	3.5	-18.0
3		-13.8	-13.8	11.4	-8.0	-5.7	-0.1	-1.0	4.2	3.5	-3.6	-3.1	-16.0
4		-22.5	-13.6	12.8	-5.6	4.5	-0.7	-0.2	2.8	3.9	-4.4	-8.6	-10.9
5		-21.6	-10.9	-10.8	-0.7	-2.6	0.8	2.8	3.3	5.1	-3.0	-7.3	-9.9
6		-19.0	-9.7	-10.9	-5.0	0.1	0.8	3.0	4.7	2.6	-1.2	-6.5	-11.4
7		-17.8	-8.4	-15.1	-4.4	-0.1	2.5	4.8	3.8	-0.2	2.6	-8.7	-12.6
8		-16.7	-13.4	15.1	3.1	1.9	3.2	1.8	4.1	-0.5	6.4	10.5	-7.6
9		-19.9	-11.9	-14.8	-6.0	2.5	3.4	2.9	5.9	-2.0	-5.8	10.3	-9.7
10		-17.6	-8.5	-11.1	-5.7	2.8	2.2	2.1	3.8	-1.1	-3.5	-9.1	-12.2
旬总数		-161.2	-120.6	-120.9	-60.6	-22.7	11.9	13.6	53.5	20.6	36.3	71.7	-119.7
旬平均		-16.1	-12.1	-12.1	-6.1	-2.3	1.2	1.4	5.4	2.1	3.6	7.2	-12.0
11		-14.8	-6.8	-11.6	-3.6	1.2	0.5	2.7	3.0	1.9	4.2	-8.0	-13.4
12		-12.6	-7.3	-15.2	-6.2	2.3	-1.3	4.6	2.0	2.0	6.5	12.6	-15.9
13		-12.8	-9.7	-15.0	-5.9	0.1	-1.5	3.4	1.2	1.0	-8.7	10.4	-14.5
14		-12.3	-9.8	12.1	-3.3	-1.5	-3.1	3.8	1.3	0.9	-8.5	-7.4	-13.3
15		-16.8	-11.8	14.0	3.7	-1.8	0.4	6.3	-0.8	-0.5	-6.1	-14.4	-12.8
16		-16.2	-15.9	-12.7	-4.8	-2.9	2.4	7.1	0.8	-0.7	-6.2	12.0	-11.4
17		-17.2	-11.0	14.5	-5.5	-0.8	3.1	7.4	3.0	1.5	5.5	10.8	-10.5
18		21.2	-6.9	-13.6	-5.0	-0.1	2.2	8.8	4.0	-0.4	5.0	10.3	-11.3
19		-16.2	-7.1	13.2	-3.7	-0.3	0.3	6.5	3.1	0.5	-5.1	-11.6	-9.5
20		-13.8	-7.7	-11.9	-1.7	-2.6	1.4	1.6	2.6	1.2	-3.6	-11.6	-11.5
旬总数		-153.9	-94.0	-133.8	-43.4	-6.4	0.4	52.2	16.0	4.4	-60.3	-109.1	-121.1
旬平均		-15.4	-9.4	-13.4	-4.3	-0.6	0.0	5.2	1.6	0.4	-6.0	-10.9	-12.4
21		-12.6	-9.1	-9.9	2.0	3.1	0.3	3.2	2.5	0.7	2.1	7.7	-13.7
22		-13.9	6.5	9.2	0.1	0.2	2.7	5.0	1.3	0.7	-3.4	-13.1	-13.3
23		-16.6	-8.0	9.2	13.7	-0.1	3.6	6.6	2.3	1.6	-5.2	-18.2	-9.0
24		-15.0	-11.1	-12.6	-17.7	-0.6	4.2	5.6	4.3	4.3	6.6	13.9	-8.6
25		-11.7	-10.6	-13.7	-13.1	-1.4	4.1	6.0	5.1	-1.8	5.8	14.0	-12.4
26		14.6	-12.7	12.6	10.0	0.2	6.1	5.1	6.9	-5.1	-3.7	-14.5	-20.5
27		-13.1	-13.1	-11.9	7.7	0.1	4.7	7.1	6.7	-8.1	-4.5	-13.5	-15.9
28		-12.2	-10.3	-10.5	-6.0	-5.2	4.0	7.2	7.2	-5.1	-3.3	-12.3	-11.6
29		13.4		-7.8	4.7	6.4	0.3	7.2	6.1	0.9	11.3	-10.0	-14.1
30		14.1		12.6	-5.6	-5.2	-2.8	9.4	6.2	-2.3	-9.5	7.5	-14.5
31		-17.1		14.5		-2.6		12.1	4.0		5.4		-15.6
旬总数		154.3	-81.4	125.5	-80.6	-24.3	27.2	74.5	52.6	-16.0	61.8	-124.7	-119.2
旬平均		14.0	-10.2	11.4	-8.1	-2.2	2.7	6.8	4.8	-1.6	-5.6	12.5	-13.6
月总数		409.4	296.0	-380.2	181.6	-53.3	39.5	140.3	122.4	4.4	-158.4	-305.5	-393.0
月平均		-15.1	-10.6	12.3	6.1	-1.7	1.3	4.5	3.9	1.4	-5.1	-10.2	-12.7
最高日期		2	19	29	5	9	27	31	1	2	6	3	8
最低日期		29.0	-19.2	-20.5	21.0	-11.7	-8.6	-4.0	-3.6	-11.0	-15.6	21.0	-23.5
年统计		最高气温	16.1	8月1日	最低气温	-29.0	1月5日	平均气温	-5.2				

附注

乌鲁木齐河源空冰斗水文点 1999年逐日降水量表

表 8

降水量: mm

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0.5	2.9	3.7				0.0	0.0
2							9.3	2.8				
3						2.3	7.8	11.2				
4						6.6	0.7	6.9				
5					2.1	0.6		0.3		1.9		
6						5.5	1.8	13.4				
7						0.7	0.5		26.9			
8						0.0	20.6				1.5	
9							2.7					
10						4.4	0.3					
11					3.0		1.8	3.8				
12				6.4	2.3	18.6		0.2		0.3		0.0
13						23.0	3.9	10.5				
14					3.8	0.7	4.8		2.9			
15					0.8	6.9	3.7	31.7			0.8	
16					1.4		8.1	1.7				
17												
18												
19				15.5	1.4	0.5	1.9			1.9		0.0
20							27.8	5.3				
21						2.3	14.0		0.0		0.0	
22						4.7		0.1				
23							5.0					
24					0.6		14.5					
25				5.0	0.8	0.5	5.7					
26					2.0					0.0		0.2
27							13.9					
28					9.4				12.0		0.9	
29					8.8	14.8		0.3				
30				0.8	0.4	3.2						
31								1.0				
总 量	0.0	0.0	0.0	27.7	37.3	98.2	152.5	89.2	41.8	4.1	3.2	0.2
降水日数					14	18	21	14				
最大日降水量					9.4	23.0	27.8	31.7				
日 期					28	13	20	15				
年 统 计	降水量 454.2				降水日数							

乌鲁木齐河源空冰斗水文点 1999年逐日平均相对湿度表

表 9

相对湿度表: %

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					82	63	75	72				
2					63	71	91	92				
3					74	74	93	96				
4					77	72	75	93				
5					53	78	58	69				
6					63	86	82	67				
7					85	75	75	82				
8					47	53	95	63				
9					48	66	78	54				
10					68	85	87	65				
旬总数					665	723	809	753				
旬平均					67	72	81	75				
11					77	96	88	62				
12					70	95	86	77				
13					85	91	94	93				
14					99	73	83	97				
15					90	36	82	91				
16					72	64	85	73				
17					73	66	84	35				
18					65	63	63	47				
19					48	46	94	71				
20					56	54	98	76				
旬总数					735	684	857	722				
旬平均					74	68	86	72				
21					50	80	97	69				
22					51	61	83	78				
23					59	57	90	36				
24					71	59	64	27				
25					86	59	82	34				
26					74	52	96	51				
27					70	66	82	56				
28					94	66	83	62				
29					78	90	87	73				
30					76	69	94	67				
31					56		78	82				
旬总数					765	659	936	635				
旬平均					70	66	85	58				
月统计	总数				2165	2066	2602	2110				
	平均				70	69	84	68				
	最小				22	12	27	21				
	日期				19	15	2	24				

附注 相对湿度只在5—8月冰川消融期观测

乌鲁木齐河源总控制水文点 1999年逐日平均气温表

表 10

气温:℃

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-10.4	-16.9	-10.1	-11.4	-7.0	1.8	3.6	11.3	7.3	-3.2	-3.1	-12.1	
2	-2.0	-13.2	-8.9	-10.9	-6.5	1.8	0.3	6.9	5.0	-2.6	-2.9	-19.5	
3	-18.0	-11.7	-9.5	-7.2	-1.6	1.2	0.9	4.8	4.6	-3.7	-3.1	-16.9	
4	-21.6	-15.2	-13.7	-4.3	-0.4	1.4	1.7	4.3	4.7	-2.7	-7.5	-10.6	
5	-24.5	-12.0	-9.6	0.0	-1.4	1.5	4.8	5.4	7.2	-1.4	-7.9	-11.0	
6	-21.0	-9.9	-10.8	-2.8	2.5	2.1	5.2	7.3	2.7	-0.4	-6.6	-11.5	
7	-18.4	-6.9	-13.6	-2.8	3.1	4.1	6.3	6.8	6.3	-2.5	-7.3	-14.5	
8	-18.6	-13.5	-13.4	-1.6	4.7	6.0	3.9	4.9	3.5	-6.6	-10.7	-11.1	
9	-20.9	-12.1	-13.1	-4.4	5.6	6.2	6.1	9.0	2.2	-6.1	-9.2	-11.2	
10	-20.3	-9.1	-10.1	-3.3	4.9	4.4	5.0	7.7	3.1	-3.8	-8.5	-12.5	
旬总数	-175.7	-120.5	-112.8	-48.7	3.9	30.5	37.8	68.4	40.6	-33.0	-66.8	-130.9	
旬平均	-17.6	-12.0	-11.3	-4.9	0.4	3.0	3.8	6.8	4.1	-3.3	-6.7	-13.1	
11	-19.1	-6.5	-9.9	-2.9	1.4	1.6	6.1	6.2	6.2	-1.6	-6.1	-12.3	
12	-15.6	-7.8	-13.5	-4.6	3.2	-0.8	6.8	5.3	5.5	-5.3	-13.1	-15.2	
13	-15.6	-8.6	-12.7	-3.0	1.4	0.1	5.9	2.6	4.5	-7.8	-10.2	-15.2	
14	-15.2	-7.1	-7.8	-2.4	-0.7	-0.4	6.8	-1.2	4.4	-7.7	-5.9	-15.2	
15	-16.3	-9.4	-12.0	-0.1	-0.6	3.5	8.3	-1.2	1.1	-6.3	-13.4	-15.1	
16	-16.4	-15.6	-11.2	-1.8	0.6	5.2	10.0	3.6	1.5	-5.0	-11.4	-14.4	
17	-16.2	-10.0	-14.7	-3.0	2.2	4.2	9.4	6.5	1.4	-3.8	-10.4	-13.1	
18	-20.0	-10.8	-12.0	-2.3	2.4	0.7	11.0	8.4	1.7	-4.5	-9.4	-13.0	
19	-16.0	-8.0	-15.6	-0.4	2.9	2.7	7.5	7.3	2.5	-3.4	-8.9	-10.5	
20	-15.0	-8.1	-12.1	1.4	0.4	3.1	2.6	6.4	3.9	-3.5	-9.5	-12.1	
旬总数	-165.4	-91.9	-121.5	-19.1	13.2	19.9	74.4	43.9	32.7	-48.9	-98.3	-136.1	
旬平均	-16.5	-9.2	-12.2	-1.9	1.3	2.0	7.4	4.4	3.3	-4.9	-9.8	-13.6	
21	-13.1	-9.0	-8.0	1.3	-0.2	3.4	4.4	5.7	3.3	-1.6	-5.4	-13.7	
22	-12.4	-6.6	-8.7	3.1	2.4	5.5	6.2	6.3	1.7	-2.3	-11.6	-15.1	
23	-14.3	-7.7	-7.2	-13.2	2.7	6.2	7.4	7.7	3.4	-3.3	-15.6	-12.5	
24	-15.4	-11.0	-11.8	-16.2	2.0	5.5	6.9	8.4	6.1	-3.7	-11.2	-9.7	
25	-13.7	-10.3	-15.5	-10.8	1.1	6.4	6.9	8.4	-1.1	-2.7	-13.6	-10.3	
26	-15.3	-10.4	-12.5	-8.9	3.2	8.9	6.7	9.0	-4.0	-3.1	-12.5	-20.5	
27	-14.1	-11.6	-10.9	-6.7	2.4	7.0	7.8	8.6	-7.2	-2.7	-13.7	-15.1	
28	-12.3	-10.8	-9.0	-4.5	-3.7	5.7	8.6	7.7	-3.8	-2.4	-11.7	-11.5	
29	-13.2		-6.2	-4.1	-4.4	2.3	8.2	7.5	0.3	-9.6	-10.3	-11.6	
30	-14.9		-11.9	-4.2	-3.5	0.6	9.5	8.9	-2.0	-7.6	-7.4	-10.6	
31	-16.7		-13.6		-0.6		12.5	5.4		-4.9		-11.4	
旬总数	-155.4	-77.4	-115.3	-64.2	1.4	51.5	85.1	83.6	-3.3	-43.9	-113.0	-142.0	
旬平均	-14.1	-9.7	-10.5	-6.4	0.1	5.2	7.7	7.6	-0.3	-4.0	-11.3	-12.9	
月统计	总数	-496.5	-289.8	-349.6	-132.0	18.5	101.9	197.3	195.9	70.0	-125.8	-278.1	-409.0
	平均	-16.0	-10.4	-11.3	-4.4	0.6	3.4	6.4	6.3	2.3	-4.1	-9.3	-13.2
	最高日期	0.0	1.0	-2.2	8.0	12.9	14.0	17.2	17.9	14.3	5.6	4.5	-3.5
	最低日期	2	22	29	14	9	26	31	1	1	6	3	24
	最低日期	-29.0	-23.0	-22.0	-19.2	-13.0	-4.8	-2.0	-3.9	-13.8	-13.6	-19.4	-23.0
日期	5	1	20	25	2	18	3	15	27	30	23	27	
年统计	最高气温 17.9 8月1日			最低气温 -29.0 1月5日			平均气温 -4.1						
附注													

乌鲁木齐河源总控制水文点 1999年逐日降水量表

表 11

降水量: mm

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0.6		3.0					
2					0.2	3.5	9.5					
3						3.9	8.3	13.2	1.4	2.7		
4						8.5	0.8	8.3	9.8		0.1	
5					3.1		6.1					0.0
6						8.8	0.9					
7	2.0			2.5			1.4		23.5			
8				1.5			24.2			2.0	1.2	
9				2.0		1.8	0.8					
10				0.9		7.5	1.5	5.7				
11					3.1	13.4	0.3					
12				2.8	3.7	24.9	3.9	0.4			0.2	0.0
13				0.4	1.8	0.7	6.7	9.3	1.2	9.3		
14	1.6				1.3	9.0	4.1	33.6	2.8	0.6		
15				4.7	1.4			2.3		1.4		
16				11.2	1.1		7.9	4.3	0.4			
17				1.8		0.3	0.7					
18				3.2	1.0	0.9						
19				0.8	1.8		3.1					0.0
20							25.8	7.4				
21						3.1	11.8					
22						6.7		0.3	3.2		1.2	
23				7.4	0.8		7.1			1.0	1.2	
24				1.5	1.8		14.9			0.0		
25					2.3	0.3	2.4		4.0			
26									12.0	0.9	0.6	0.2
27					0.3		16.8		1.0			
28					7.5			1.8		0.5		
29					15.2	15.3		0.2		0.1		
30				2.1	0.9	2.5	2.8	0.2				
31								2.0				
总量	3.6	0.0	0.0	42.8	47.9	111.1	164.8	89.0	59.3	18.5	4.5	0.2
降水日数	2			14	18	17	24	14	10	10	6	4
最大日降水量	2.0			11.2	15.2	24.9	25.8	33.6	23.5	9.3	1.2	0.2
日期	7			16	29	12	20	14	7	13	8	26
年统计	降水量 541.7				降水日数							

乌鲁木齐河源总控制水文点 1999 年逐日平均相对湿度表

表 12

相对湿度: %

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					82	58	68	75				
2					74	69	89	99				
3					61	80	89	91				
4					63	74	70	88				
5					58	79	52	66				
6					54	74	65	62				
7					64	67	73	71				
8					52	54	93	65				
9					44	61	71	48				
10					67	85	87	61				
旬总数					619	701	757	726				
旬平均					62	70	76	73				
11					86	99	80	68				
12					66	98	82	68				
13					85	90	83	96				
14					99	71	77	96				
15					87	39	78	98				
16					67	57	79	55				
17					57	79	83	42				
18					64	57	64	51				
19					41	46	97	64				
20					52	62	99	70				
旬总数					704	698	822	708				
旬平均					70	70	82	71				
21					45	68	95	61				
22					46	58	98	63				
23					50	53	92	33				
24					57	60	71	33				
25					71	57	87	31				
26					65	42	91	44				
27					59	57	87	49				
28					95	74	86	54				
29					85	90	92	57				
30					68	66	91	50				
31					56		76	68				
旬总数					697	625	956	543				
旬平均					63	63	87	49				
月统计	总数				2020	2024	2535	1977				
	平均				65	67	82	64				
	最小				12	15	34	19				
	日期				19	15	5	25				
附注	相对湿度只在冰川消融期 5—8 月观测											

天山冰川观测试验站基本营地 1999年逐日平均气温表

表 13

气温:℃

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-13.0	-14.0	-3.1	-3.7	2.1	10.6	9.0	15.9	12.8	5.6	0.1	-6.6	
2	-8.0	-6.4	-3.0	-3.0	2.5	9.4	8.9	14.6	11.7	3.6	1.1	-11.0	
3	-12.5	-8.8	-5.6	-1.2	5.3	9.2	10.0	13.8	12.8	5.5	1.6	-15.6	
4	-19.1	-11.2	-7.9	2.2	6.1	9.3	10.1	12.7	12.7	3.7	0.2	-12.8	
5	-11.0	-9.4	-6.2	4.6	8.0	9.4	12.4	12.3	12.5	5.4	-1.6	-7.9	
6	-19.7	-7.1	-5.9	3.9	10.0	10.9	13.4	14.8	9.9	6.6	-2.7	-8.3	
7	-18.6	-6.9	-7.4	4.2	10.9	12.1	12.8	10.0	8.9	2.7	-1.0	-10.1	
8	-16.9	-5.4	-9.3	2.9	11.7	13.3	11.6	10.1	8.7	2.3	-1.7	-9.2	
9	-16.5	-7.6	-8.6	1.6	13.2	12.8	13.1	13.3	8.5	2.8	-3.7	-7.6	
10	-16.5	-5.5	-4.6	1.7	11.5	11.4	12.3	12.5	8.3	3.0	-3.0	-7.7	
旬总数	-151.8	-83.3	-61.6	13.2	81.3	108.4	113.6	130.0	106.8	41.2	-10.7	-96.8	
旬平均	-15.2	-8.3	-6.2	1.3	8.1	10.8	11.4	13.0	10.7	4.1	-1.1	-9.7	
11	-16.3	-3.6	-5.0	2.6	10.2	11.0	13.4	12.6	9.4	3.5	-3.1	-9.0	
12	-16.2	-2.8	-8.8	3.5	11.2	9.0	14.8	12.2	11.0	2.8	-7.2	-10.0	
13	-14.9	-3.1	-5.1	4.5	7.6	7.8	14.4	9.8	10.0	1.9	-4.9	-11.9	
14	-13.7	-3.1	0.9	5.7	6.4	7.7	13.6	6.0	10.8	2.3	-2.2	-9.8	
15	-11.7	-5.6	-6.6	4.7	5.6	10.5	15.1	7.6	8.1	2.4	-5.8	-8.9	
16	-15.4	-9.4	-12.5	4.9	7.7	13.0	16.9	10.4	9.9	2.4	-7.4	-9.5	
17	-13.7	-6.0	-11.0	4.0	8.6	10.8	17.0	11.7	6.9	2.8	-5.2	-9.6	
18	-13.1	-8.3	-10.4	4.7	9.5	7.4	17.4	13.7	7.5	4.0	-6.0	-8.5	
19	-18.1	-6.0	-11.1	7.1	9.6	9.1	13.8	14.2	9.5	3.6	-3.1	-8.8	
20	-13.8	-4.3	-8.2	6.1	8.5	11.9	9.9	15.3	10.9	4.6	-4.9	-8.3	
旬总数	-146.9	-52.3	-77.2	47.8	84.9	98.2	146.3	113.5	94.0	30.3	-49.8	-34.4	
旬平均	-14.7	-5.2	-7.7	4.8	8.5	9.8	14.6	11.4	9.4	3.0	-5.0	-9.4	
21	-12.2	-4.2	-5.0	7.8	8.4	12.4	11.9	13.3	9.2	4.5	-4.0	-5.3	
22	-10.3	-2.0	-1.6	5.7	10.3	12.6	12.0	11.6	7.0	1.1	-7.1	-9.1	
23	-10.0	-1.3	-6.0	-7.0	10.3	14.0	14.0	11.0	8.1	0.7	-11.3	-10.4	
24	-13.3	-1.4	-10.4	-7.8	9.8	15.4	14.9	13.1	9.5	1.5	-13.4	-8.9	
25	-10.4	-4.3	-8.2	-2.6	10.9	15.1	14.4	14.2	6.7	0.7	-12.4	-9.6	
26	-11.1	-3.0	-5.6	0.9	10.0	14.9	14.6	15.1	1.5	2.5	-8.9	-14.3	
27	-11.0	-3.9	-2.9	2.7	8.2	13.9	14.9	16.0	0.7	3.7	-10.0	-15.4	
28	-8.4	-4.2	-2.6	3.2	4.2	13.0	15.9	16.5	2.5	1.0	-10.3	-11.9	
29	-12.2		-0.8	3.7	5.6	10.9	16.4	13.8	5.6	0.3	-7.6	-10.6	
30	-11.1		-5.2	4.0	6.2	9.4	17.2	14.4	7.4	-6.2	-5.7	-10.5	
31	-14.1		-3.9		8.5		17.1	11.6		-1.7		-10.5	
旬总数	-124.0	-24.3	-52.2	10.6	92.4	131.6	163.3	150.6	58.2	8.7	-90.7	-116.5	
旬平均	-12.4	-3.0	-4.7	1.1	8.4	13.2	14.9	13.7	5.8	0.8	-9.1	-10.6	
月统计	总数	-422.7	-159.8	-191.0	71.6	258.4	338.2	423.2	394.1	259.0	121.4	-151.2	-307.8
	平均	-13.6	-5.7	-6.2	2.4	8.3	11.3	13.6	12.7	8.6	3.9	-5.0	-9.9
	最高日期	1.9	16.5	10.1	18.5	23.6	23.1	25.3	25.7	23.1	18.0	15.5	2.7
	最低日期	27	22	21	21	9	25	18	26	1	6	2	9
	最低日期	-24.5	-20.8	-18.0	-12.7	-4.1	0.8	3.0	0.5	-4.8	-13.2	-18.2	-19.0
	日期	6	1	16	1	2	19	4	31	29	30	24	3
年统计	最高气温	25.7	8月26日	最低气温	-24.5	1月6日	平均气温	1.7					
附注													

天山冰川观测试验站基本营地 1999 年逐日降水量表

表 14

降水量:mm

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					11.4		4.0					1.6
2					0.2	2.3	11.1	2.2		1.8		3.0
3	2.0					4.3	0.2	2.2	0.0	1.3		
4	0.1		0.9			1.9		4.6	5.3			
5					1.4	11.3		5.4				
6				3.1		1.9	8.9	0.4	5.1			
7				2.9		3.2	3.0	4.6	13.1			
8				0.4		0.1	8.3			0.8		
9				0.6		2.0	6.0					
10					0.0	4.5	12.8	0.2				
11					2.5	7.1		0.6				
12						15.5	2.0			0.0		0.2
13					2.5	6.4	0.7	6.8	2.9	7.7		
14					0.1	4.6	1.3	14.0	1.8			
15	1.1			6.6	2.3			0.8	8.2		1.8	
16	0.1			10.0	0.2	0.0	17.8	1.2				
17				2.6		0.0	0.3					
18	1.5			0.2	1.5	3.1						
19				4.5			6.7					
20							18.2					
21				0.6		2.0	7.2		4.2			
22						0.2		0.8			0.8	
23				4.7			5.1				0.4	
24						0.7	2.0					
25							2.5					
26						2.0	2.7					0.2
27					4.7	0.0	4.9					
28					12.2	5.9						
29				2.0	1.1	11.0		1.7		1.5		
30			1.9	0.7	3.0	0.3	1.0	4.6		0.5		
31								0.1				0.9
总 量	4.8	0.0	2.8	38.9	43.1	90.3	126.7	50.2	40.6	13.6	3.0	5.9
降水日数	5		2	13	14	24	22	16	8	7	3	5
最大日降水量	2.0		1.9	10.0	12.2	15.5	18.2	14.0	13.1	7.7	1.8	3.0
日 期	3		30	16	28	12	20	14	7	13	15	2
年 统 计	降水量			419.9			降水日数					

乌鲁木齐河源1号水文点2000年逐日平均流量表

表16

集水面积 3.34 km² 流量以 m³/s 秒计

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						0	0.16	0.42				
2						0	0.28	0.37				
3						0	0.31	0.34				
4						0	0.21	0.25				
5						0	0.25	0.21				
6						0	0.31	0.31				
7						0.02	0.34	0.42				
8						0.02	0.31	0.45				
9						0.02	0.45	0.54				
10						0.04	0.56	0.40				
旬总数						0.10	3.18	3.71				
旬平均						0.01	0.32	0.37				
11						0.02	0.54	0.25				
12						0.03	0.63	0.22				
13						0.04	0.63	0.28				
14						0.04	0.63	0.28				
15						0.21	0.54	0.28				
16						0.37	0.68	0.22				
17						0.37	0.37	0.21				
18						0.25	0.31	0.25				
19						0.28	0.42	0.22				
20						0.42	0.50	0.18				
旬总数						2.03	5.25	2.39				
旬平均						0.20	0.52	0.24				
21						0.25	0.60	0.25				
22						0.16	0.54	0.25				
23						0.08	0.48	0.28				
24						0.16	0.56	0.21				
25						0.21	0.65	0.21				
26						0.25	0.63	0.22				
27						0.28	0.42	0.25				
28						0.30	0.54	0.22				
29						0.28	0.56	0.21				
30						0.25	0.45	0.22				
31							0.40	0.21				
旬总数						2.22	5.83	2.53				
旬平均						0.22	0.53	0.23				
月统计	总数				0	4.35	14.26	8.63				
	平均				0	0.14	0.46	0.28				
	最大日期					0.68	1.45	1.04				
	最小日期					0	0.08	0.16				
	日期					1-7	1	29				
年统计	年总数 27.24		最大流量 1.45 7月13日			最小流量 0 6月1-6日			平均流量 0.22			
	径流量 $2.3 \times 10^6 \text{m}^3$			径流模数 65.87 l/.skm ²			径流深度 700mm					

乌鲁木齐河源空冰斗水文点 2000 年逐日平均流量表

表 17

集水面积 1.68 km² 流量以 m³/s 秒计

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0	0.089	0.190	0.165				
2					0	0.089	0.190	0.165				
3					0	0.065	0.175	0.205				
4					0	0.089	0.160	0.089				
5					0	0.112	0.136	0.350				
6					0	0.175	0.165	0.350				
7					0.013	0.350	0.160	0.270				
8					0.013	0.410	0.230	0.230				
9					0.025	0.165	0.165	0.190				
10					0.044	0.160	0.190	0.175				
旬总数					0.095	1.704	1.841	2.189				
旬平均					0.010	0.170	0.180	0.220				
11					0.044	0.013	0.190	0.230				
12					0.025	0	0.190	0.175				
13					0.025	0.044	0.175	0.230				
14					0.044	0.390	0.270	0.190				
15					0.089	0.360	0.300	0.220				
16					0.089	0.480	0.315	0.205				
17					0.089	0.300	0.245	0.165				
18					0.089	0.230	0.440	0.175				
19					0.136	0.315	0.270	0.190				
20					0.136	0.300	0.220	0.175				
旬总数					0.766	2.432	2.615	1.955				
旬平均					0.080	0.240	0.260	0.200				
21					0.175	0.230	0.220	0.220				
22					0.089	0.220	0.205	0.190				
23					0	0.175	0.175	0.175				
24					0	0.205	0.175	0.165				
25					0.089	0.136	0.230	0.165				
26					0	0.089	0.190	0.165				
27					0.065	0.165	0.112	0.160				
28					0.315	0.165	0.160	0.160				
29					0.315	0.270	0.205	0.112				
30					0.065	0.220	0.190	0.089				
31					0.065		0.160	0.089				
旬总数					1.178	1.875	2.022	1.690				
旬平均					0.110	0.190	0.180	0.150				
月统计	总数				2.039	6.011	6.478	5.834				
	平均				0.070	0.200	0.210	0.190				
	最大				0.480	1.080	0.860	0.710				
	日期				29	16	18	5				
	最小				0	0	0	0				
日期					1	9	27	4				
年统计	年总数 20.362		最大值 1.08 6月16日				最小流量 0 5月1—6日		平均流量 0.16			
	径流量 1.7×10 ⁶ m ³			径流模数 101.19 l/s.km ²				径流深度 1012mm				

乌鲁木齐河源总控点 2000 年逐日平均流量表

表 18

集水面积 28.9 km² 流量以 m³/s 秒计

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0.41	1.46	1.15	1.09				
2					0.49	1.46	1.46	1.57				
3					0.49	1.35	1.94	1.57				
4					0.49	1.46	2.06	1.35				
5					0.49	1.15	1.81	3.02				
6					0.53	1.15	1.57	1.57				
7					0.53	1.20	1.57	2.46				
8					0.53	1.46	1.46	2.46				
9					0.58	1.46	1.57	2.46				
10					0.58	1.94	1.20	2.46				
旬总数					5.12	14.09	15.79	20.01				
旬平均					0.51	1.41	1.58	2.00				
11					0.64	2.46	1.15	2.46				
12					0.82	1.81	1.57	2.46				
13					0.88	1.35	2.06	2.76				
14					0.93	1.69	2.20	1.81				
15					0.49	2.06	3.02	2.90				
16					0.41	2.06	2.46	1.15				
17					0.53	2.46	2.46	1.20				
18					0.74	1.46	3.02	1.28				
19					0.93	1.46	3.57	1.03				
20					1.09	1.57	2.46	1.03				
旬总数					7.46	18.38	23.97	18.08				
旬平均					0.75	1.84	2.40	1.81				
21					1.15	2.20	2.60	2.46				
22					1.15	1.81	3.57	2.46				
23					1.09	1.81	1.09	2.60				
24					0.88	1.69	2.46	1.57				
25					0.88	1.94	3.57	1.28				
26					1.03	1.57	3.02	1.35				
27					0.98	1.57	3.02	1.35				
28					0.98	1.57	3.02	1.28				
29					0.98	2.46	1.28	1.20				
30					1.03	1.57	0.98	1.28				
31					1.20		1.28	1.20				
旬总数					11.35	18.19	25.89	18.03				
旬平均					1.03	1.82	2.35	1.64				
月统计	总数				23.93	50.66	65.65	56.12				
	平均				0.77	1.69	2.12	1.81				
	最大日期											
	最小日期											
年统计	年总数 196.36	最大流量		月	日	最小流量		月	日	平均流量 1.60		
	径流量 $1.70 \times 10^7 \text{m}^3$			径流模数 55.36 l/s.km ²				径流深度 588mm				

乌鲁木齐源 1 号水文点 2000 年逐日平均温度表

表 19

气温:℃

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-13.8	-15.5	-18.9	-9.6	-2.4	-0.2	3.9	3.8	-2.8	-6.4	-7.9	-21.2	
2	-12.1	-13.5	-17.6	-7.2	-0.6	1.7	4.4	2.1	-4.9	-2.5	-12.1	-14.6	
3	-16.6	-16.4	-16.3	-8.3	-0.2	-0.4	1.2	2.3	-3.5	-0.8	-11.2	-14.5	
4	-18.2	-16.4	-16.8	-7.5	1.6	-4.2	1.7	0.4	-0.6	-0.5	-9.9	-14.0	
5	-15.6	-16.9	-15.2	-6.6	2.1	-4.7	3.5	2.0	-0.3	-2.5	-12.3	-16.9	
6	-12.9	-14.3	-13.9	-6.1	-2.9	-0.4	6.4	5.8	0.7	-6.1	-13.3	-17.5	
7	-12.1	-13.5	-13.3	-8.1	-3.6	2.4	7.2	8.0	0.9	-4.6	-11.5	-15.4	
8	-12.5	-12.7	-12.9	-7.4	-1.5	4.4	5.0	8.7	-0.5	-7.4	-10.7	-18.3	
9	-17.1	-11.9	-16.4	-7.9	0.9	4.0	7.6	9.1	-1.3	-10.9	-13.4	-19.0	
10	-22.4	-14.5	-14.8	-6.1	1.3	-0.4	9.7	4.8	-0.8	-10.2	-12.6	-18.7	
旬总数	-153.3	-145.6	-156.1	-74.8	-5.3	2.2	50.6	47.0	-12.9	-51.9	-114.9	-170.1	
旬平均	-15.3	-14.6	-15.6	-7.5	-0.5	0.2	5.1	4.7	-1.3	-5.2	-11.5	-17.0	
11	-18.9	-21.4	-15.4	-5.8	4.4	-2.0	10.2	-1.0	-1.1	-7.3	-11.5	-19.2	
12	-21.0	-20.2	-14.9	-10.7	1.0	-3.6	10.9	0.3	0.5	-5.8	-11.0	-17.8	
13	-17.7	-18.4	-15.2	-2.0	-1.2	1.0	9.6	3.0	3.0	-5.3	-12.2	-13.9	
14	-22.2	-16.8	-15.1	0.7	-3.0	3.8	7.4	4.0	4.2	-4.6	-14.5	-13.6	
15	-23.2	-12.6	-12.5	-0.6	-2.8	3.4	5.4	1.4	3.1	-3.2	-17.3	-14.3	
16	-21.1	-13.1	-10.3	-6.2	0.9	4.6	5.1	1.9	0.6	-3.0	-10.8	-12.0	
17	-19.2	-16.7	-10.8	-6.3	1.0	4.3	2.4	4.3	-0.1	-10.3	-14.3	-9.7	
18	-14.4	-18.2	-14.3	-9.2	3.6	5.1	2.9	4.4	-0.5	-11.3	-19.5	-14.7	
19	-13.9	-17.1	-14.7	-5.6	5.0	5.1	4.5	-0.9	2.3	-9.9	-13.3	-15.3	
20	-19.7	-20.2	-19.5	-5.7	3.5	4.2	6.3	0.0	1.3	-9.2	-12.5	-11.5	
旬总数	-191.3	-174.7	-142.7	-51.4	12.4	25.9	64.7	17.4	13.2	-69.9	-136.9	-142.0	
旬平均	-19.1	-17.5	-14.3	-5.1	1.2	2.6	6.5	1.7	1.3	-7.0	-13.7	-14.2	
21	-20.0	-26.2	-23.2	-4.5	3.5	3.5	8.4	2.7	-2.4	-8.3	-14.6	-11.8	
22	-17.4	-29.2	-15.9	-5.4	1.5	1.6	7.8	3.1	-0.3	-13.9	-12.4	-9.5	
23	-16.3	-26.6	-12.9	-8.5	-3.1	1.4	7.2	4.2	-1.5	-15.4	-12.5	-10.3	
24	-16.0	-20.2	-9.2	-5.2	-3.2	2.9	5.5	1.8	-1.8	-10.4	-15.0	-9.3	
25	-15.1	-19.3	-7.2	-4.8	-2.2	2.8	2.4	3.1	-1.0	-9.4	-17.5	-10.9	
26	-15.3	-19.3	-2.6	-3.5	-1.8	4.3	2.7	6.8	-1.5	-11.3	-16.4	-11.3	
27	-15.4	-16.0	-0.8	-4.3	-1.0	4.3	3.2	5.5	-5.5	-16.1	-15.5	-13.0	
28	-16.8	-15.3	-3.5	-3.9	1.7	7.1	6.2	3.3	-3.2	-8.2	-16.3	-13.6	
29	-18.5	-15.1	-6.9	-1.7	1.4	5.4	7.3	3.5	-2.8	-7.8	-14.2	-15.0	
30	-16.3		-5.2	-2.5	-1.5	2.2	3.1	3.8	-2.5	-8.1	-17.2	-14.5	
31	-11.4		-8.5		-1.6		4.0	3.7		-7.8		-16.9	
旬总数	-178.5	-187.2	-95.9	-44.3	-6.3	35.1	57.8	41.5	-22.1	-116.7	-151.6	-136.1	
旬平均	-16.2	-20.8	-8.7	-4.4	-0.6	3.5	5.3	3.8	-2.2	-10.6	-15.2	-12.4	
月统计	总数	-523.1	-507.5	-394.7	-170.5	-0.8	63.2	173.0	105.9	-21.8	-238.6	-403.4	-448.2
	平均	-16.9	-17.5	-12.7	-5.7	0.0	2.1	5.6	3.4	-0.7	-7.7	-13.5	-14.5
	最高	-7.6	-6.5	4.6	5.8	10.6	10.8	17.7	14.7	8.8	1.9	-6.0	-5.1
	日期	31	15	27	14	21	28	12	8	14	4	1	17
	最低	-25.0	-30.0	-26.0	-13.6	-7.9	-8.5	-2.3	-5.1	-9.3	-17.4	-19.9	-21.9
日期	16	23	21	1	3	5	4	20	27	27	18	1	
年统计	最高气温 17.7 7月12日			最低气温 -30.0 2月23日			平均气温 -6.5						
附注													

乌鲁木齐河源1号水文点2000年逐日降水量表

表 20

降水量: mm

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						13.6	2.1	2.0				
2	0.5			4.5				5.9				
3						5.8	16.2	4.6				
4						7.3	5.0			5.0		
5			0.0			2.5		39.5				0.3
6		0.2										
7					2.4				2.8		0.0	
8					0.5							
9	1.9			0.0			3.8					
10					2.4	16.2						
11						17.0				0.0		
12			0.3					30.0				
13		0.1			3.5	39.8						
14					3.6		1.4		5.0		1.2	1.4
15					1.0		14.4	17.2				
16	0.0			0.2	1.2		5.3	1.2				
17					4.2	0.0	6.4	0.7				
18						1.0	43.1			2.0		
19							3.2	18.9				
20		1.6				6.5	0.2	10.3				
21					3.5				16.4		2.4	
22				1.4	4.5	5.7	3.2	1.4				
23	0.0				8.4	1.5						
24					4.7	1.8	0.9	2.0				
25					3.2	0.7	15.7	4.3		0.6		
26					3.7	0.0	7.4					
27		2.1			10.6	1.4			4.0			
28											0.0	
29				2.2				1.4				
30	0.0				5.8	14.0	11.2	0.7				
31							0.2					
总量	2.4	4.0	0.3	8.3	63.2	134.8	139.7	140.1	28.2	7.6	3.6	1.7
降水日数												
最大日降水量												
日期												
年统计	降水量 533.9				降水日数							

乌鲁木齐河源 1 号水文点 2000 年逐日平均相对湿度表

表 21

相对湿度: %

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					73	84	80	76				
2					45	71	70	82				
3					47	46	93	83				
4					48	83	66	98				
5					53	64	50	80				
6					76	30	43	65				
7					45	38	51	62				
8					56	55	68	62				
9					70	66	51	58				
10					66	88	46	86				
旬总数					579	625	618	752				
旬平均					58	62	62	75				
11					49	92	39	86				
12					75	81	48	63				
13					74	27	61	50				
14					71	43	81	59				
15					60	53	86	87				
16					35	62	82	69				
17					58	76	94	56				
18					36	72	86	80				
19					42	50	91	87				
20					67	74	92	68				
旬总数					567	630	760	705				
旬平均					57	63	76	70				
21					72	70	82	61				
22					82	86	88	76				
23					90	83	71	44				
24					75	59	92	80				
25					57	63	98	60				
26					86	56	84	43				
27					60	72	71	50				
28					58	53	29	65				
29					58	74	58	66				
30					80	77	81	73				
31					72		53	52				
旬总数					790	693	807	668				
旬平均					72	69	73	61				
月统计	总数				1936	1947	2185	2125				
	平均				62	65	70	68				
	最小				11	8	11	14				
	日期				16	13	6	26				

附注 相对湿度只在冰川消融期 5-8 月观测

乌鲁木齐河源空冰斗水文点 2000年逐日平均温度表

表 22

气温:℃

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-14.2	-14.7	-18.1	-9.3	-3.4	-0.2	2.8	1.5	-3.1	-6.8	-7.3	-22.0	
2	12.2	-13.1	-16.1	-7.9	0.3	1.3	3.9	1.6	-5.2	-2.9	-13.1	-13.1	
3	-16.4	-16.7	-15.4	-8.7	0.1	-0.3	1.3	2.3	-4.4	-1.6	-9.7	-13.6	
4	-17.5	-15.5	-15.3	-7.6	0.4	-3.3	2.2	0.9	-1.3	-1.1	-7.9	-13.3	
5	-16.3	-15.8	-14.2	-6.7	0.9	-4.0	3.1	1.6	-0.3	-3.6	-10.9	-16.6	
6	-11.7	-13.0	-13.8	-6.3	-2.9	-0.6	5.0	5.5	0.5	-6.5	-12.1	-17.7	
7	-11.2	-11.8	-13.0	-7.8	-4.5	2.0	4.9	7.3	0.2	-5.7	-11.5	-14.9	
8	-12.4	-11.5	-12.0	-8.7	-2.0	3.2	4.1	7.4	-1.1	-9.1	-10.8	-19.0	
9	-15.5	-10.9	-15.8	-7.9	0.1	2.8	5.8	8.1	-1.4	-14.4	-13.6	-18.8	
10	-21.0	-13.0	-14.4	-7.2	1.0	-0.3	7.5	5.1	-0.7	-11.4	-12.5	-19.0	
旬总数	-148.4	-136.0	-148.1	-78.1	-10.1	0.7	40.6	41.3	-16.9	-62.9	-109.4	-168.0	
旬平均	-14.8	-13.6	-14.8	-7.8	-1.0	0.1	4.1	4.1	-1.7	-6.3	-10.9	-16.8	
11	-16.4	-21.2	-14.8	-6.2	4.3	-0.4	8.1	0.8	-0.8	-8.4	-10.9	-19.5	
12	-17.8	-20.0	-14.9	-11.7	-0.1	-3.9	9.5	1.3	-0.6	-6.1	-10.4	-17.5	
13	-15.7	-18.8	-15.2	-3.1	-1.0	-0.6	7.6	3.6	2.4	-5.5	-11.6	-14.4	
14	-19.8	-17.5	-14.5	-0.6	-2.9	2.5	5.4	3.5	3.9	-5.2	-15.3	-13.2	
15	-22.4	-13.3	-12.0	-2.6	-3.0	2.9	4.7	1.6	3.1	-4.2	-18.0	-13.9	
16	-19.5	-14.0	-10.3	-6.9	0.4	4.1	4.5	0.7	0.1	-3.7	-10.0	-12.0	
17	-17.6	-17.5	-9.7	-7.7	0.7	3.5	2.2	3.0	0.2	-8.7	-15.1	-8.6	
18	-14.2	-19.2	-14.0	-10.2	2.7	4.4	2.4	3.1	-0.7	-13.9	-22.0	-14.9	
19	-12.5	-17.5	-14.7	-6.2	4.0	4.3	4.2	-0.6	1.9	-10.5	-13.7	-15.4	
20	-18.2	-20.0	-19.5	-5.5	3.3	3.9	6.4	1.2	0.9	-9.5	-12.7	-11.8	
旬总数	-173.7	-179.0	-139.6	-60.7	8.2	20.7	55.1	18.2	10.4	-76.3	-139.7	-141.1	
旬平均	-17.4	-17.9	-14.0	-6.1	0.8	2.1	5.5	1.8	1.0	-7.6	-14.0	-14.1	
21	-18.7	-25.7	-23.1	-4.8	2.8	3.0	8.5	1.7	-3.4	-8.8	-14.5	-12.5	
22	-15.7	-29.3	-16.3	-5.4	1.0	2.2	8.2	2.7	-1.2	-15.3	-12.1	-10.8	
23	-15.8	-25.6	-12.4	-7.9	-2.8	1.2	7.1	3.4	-2.3	-16.7	-12.4	-11.2	
24	-15.1	-18.3	-11.2	-5.0	-2.6	2.9	5.8	0.1	-2.4	-10.4	-15.5	-10.3	
25	-15.3	-17.1	-7.5	-5.1	-1.9	2.0	3.8	1.5	-1.4	-9.8	-18.2	-12.3	
26	-14.4	-17.2	-2.4	-3.4	-1.4	3.3	3.5	4.0	-0.5	-10.8	-16.5	-11.7	
27	-14.9	-14.2	-0.3	-4.2	-1.6	3.2	2.8	3.2	-6.1	-16.1	-15.1	-12.4	
28	-15.9	-14.4	-3.2	-4.0	-1.7	6.0	4.6	1.3	-4.7	-6.8	-16.0	-13.5	
29	-18.2	-14.6	-6.7	-2.9	-0.2	4.0	4.6	2.6	-4.0	-7.1	-13.9	-13.7	
30	-15.6		-5.0	-3.3	-1.9	0.4	1.0	2.3	-3.4	-6.2	-19.1	-14.4	
31	-10.4		-8.1		-1.3		1.9	1.6		-6.9		-16.2	
旬总数	-170.0	-176.4	-96.2	-46.0	-11.6	28.1	51.8	24.4	-29.2	-115.0	-153.3	-138.7	
旬平均	-15.5	-19.6	-8.7	-4.6	-1.0	2.8	4.7	2.2	-2.9	-10.5	-15.3	-12.6	
月统计	总数	-492.1	-491.4	-383.9	-184.8	-13.5	49.5	147.5	83.9	-35.7	-254.2	-402.4	-447.8
	平均	-15.9	-16.9	-12.4	-6.2	-0.4	1.7	4.8	2.7	-1.2	-8.2	-13.4	-14.4
	最高	-7.4	-6.9	3.5	5.0	9.0	9.3	13.0	13.3	9.1	2.0	-3.0	-4.0
	日期	31	15	27	14	19	28	10	8	14	4	4	17
	最低	-24.8	-30.1	-27.0	-17.8	-8.1	-6.8	-1.8	-4.6	-10.0	-20.0	-23.3	-25.0
	日期	12	22	21	12	7	5	5	20	27	23	18	1
年统计	最高气温	13.3	8月8日	最低气温	-30.1	2月22日	平均气温						-6.6
附注													

乌鲁木齐河源空冰斗水文点 2000 年逐日降水量表

表 23

降水量: mm

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						11.6	1.6	1.6			0.2	
2	0.5			4.0				4.7				
3						8.2		4.4				
4							18.1			4.0		
5			0.0			7.2		41.2				
6		0.2										
7					2.2				2.4			
8					0.4							
9	0.9						5.1					
10					2.2	13.6						
11						14.9				0.0		
12			1.0		3.1			28.3				
13		0.1			3.7	36.4						
14							1.0		4.4		1.2	
15					0.8			16.2				
16	0.0			0.4	4.3	0.0	16.7	1.0				
17							1.0	0.5				
18							49.0	1.5		1.9		
19						7.0	1.2					1.6
20		1.3					0.3	23.7				
21					2.5	6.6			14.3		0.4	
22				1.8	4.7	1.8	3.7	1.7				
23	0.0				5.0	2.1						
24					3.5	0.9	1.0	1.8				
25					2.4			4.0		0.4		
26							23.5					
27		2.0			11.4				1.5			
28						1.1						
29				1.8				2.0				
30	0.0					11.0	9.8	1.0				
31					5.9		0.2					
总 量	1.4	3.6	1.0	8.0	52.1	123.4	131.2	133.6	22.6	6.3	1.8	1.6
降水日数												
最大日降水量												
日 期												
年 统 计	降水量 486.6				降水日数							

乌鲁木齐河源空冰斗水文点 2000 年逐日平均相对湿度表

表 24

相对湿度: %

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					74	87	89	81				
2					55	86	78	88				
3					54	48	96	86				
4					47	89	72	94				
5					55	76	66	92				
6					75	38	45	74				
7					56	38	64	62				
8					66	55	82	65				
9					79	72	67	64				
10					71	94	61	85				
旬总数					632	682	719	791				
旬平均					63	68	72	79				
11					53	94	52	91				
12					80	92	50	83				
13					76	43	75	58				
14					78	31	88	66				
15					68	72	90	87				
16					46	73	88	78				
17					67	78	99	73				
18					40	76	96	86				
19					53	52	99	95				
20					68	79	96	80				
旬总数					629	689	832	797				
旬平均					63	69	83	80				
21					62	86	92	74				
22					82	97	99	83				
23					94	95	86	67				
24					81	79	97	86				
25					77	82	97	67				
26					92	74	89	52				
27					67	79	77	51				
28					62	70	33	76				
29					57	90	27	72				
30					90	99	53	83				
31					87		66	70				
旬总数					850	848	816	779				
旬平均					77	85	74	71				
月统计	总数				2111	2219	2367	2364				
	平均				68	74	76	76				
	最小				17	15	27	30				
	日期				4	7	28	26				

附注 相对湿度只在 5-8 月冰川消融期观测

乌鲁木齐河源总控制水文点 2000 年逐日平均气温表

表 25

气温:℃

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-10.7	-11.9	-17.5	-7.3	-0.5	3.2	5.6	4.6	-1.8	-3.5	-4.2	-20.9	
2	-8.5	-10.7	-16.7	-6.1	3.6	4.1	5.2	4.3	-3.5	1.0	-9.2	-17.0	
3	-12.7	-14.4	-14.9	-6.8	1.6	0.9	2.8	4.4	-3.1	0.9	-7.2	-13.3	
4	-16.4	-13.5	-15.1	-6.6	2.6	-1.1	3.0	1.5	0.2	2.9	-7.1	-12.1	
5	-15.5	-14.0	-15.1	-4.6	3.9	-2.9	3.5	2.7	1.5	-2.3	-11.6	-12.4	
6	-9.9	-12.5	-11.4	-2.9	-2.2	2.2	7.0	7.0	2.1	-4.6	-10.0	-16.0	
7	-10.3	-12.9	-13.1	-4.5	-2.8	4.0	8.1	8.6	2.1	-2.4	-8.1	-12.3	
8	-11.6	-13.2	-10.2	-6.4	-0.7	5.4	7.3	8.7	1.7	-5.5	-10.0	-15.6	
9	-14.5	-11.0	-14.5	-5.4	2.4	4.9	8.5	8.4	1.7	-10.8	-15.2	-20.2	
10	-21.0	-14.6	-13.1	-3.4	3.3	2.5	9.9	5.7	2.5	-9.6	-12.7	-18.9	
旬总数	-131.1	-128.7	-141.6	-54.0	11.2	23.0	60.7	55.9	3.5	-33.8	-95.3	-158.7	
旬平均	-13.1	-12.9	-14.2	-5.4	1.1	2.3	6.1	5.6	0.4	-3.4	-9.5	-15.9	
11	-18.8	-19.7	-13.4	-2.7	6.1	-0.3	11.0	1.1	1.0	-5.5	-11.1	-18.8	
12	-20.4	-21.9	-13.3	-8.5	1.9	-2.9	11.0	1.6	3.6	-5.8	-12.0	-17.0	
13	-16.0	-17.4	-13.6	-0.5	0.4	2.4	8.3	5.1	5.2	-4.6	-13.0	-14.1	
14	-21.0	-17.0	-13.9	2.0	-0.6	2.9	2.7	5.6	6.7	-4.1	-12.4	-12.8	
15	-21.8	-12.5	-10.7	-0.8	-1.3	6.0	7.0	2.4	5.2	-2.7	-16.3	-11.9	
16	-20.6	-13.1	-9.0	-3.7	0.6	6.5	6.7	4.1	2.8	-2.1	-9.4	-10.4	
17	-20.6	-17.5	-9.8	-4.8	2.5	6.3	3.6	5.8	2.8	-9.6	-14.3	-8.5	
18	-18.0	-18.1	-13.6	-7.4	3.8	6.3	2.3	5.1	2.8	-12.6	-19.9	-11.9	
19	-14.8	-17.4	-12.9	-4.8	5.4	6.8	5.1	0.7	5.3	-9.9	-13.8	-16.3	
20	-19.8	-18.9	-17.1	-3.7	5.3	6.8	7.0	1.6	3.3	-7.8	-10.8	-11.4	
旬总数	-191.9	-173.5	-127.3	-34.9	25.1	40.8	69.7	33.1	38.6	-64.7	-133.0	-133.1	
旬平均	-19.2	-17.4	-12.7	-3.5	2.5	4.1	7.0	3.3	3.9	-6.5	-13.3	-13.3	
21	-18.3	-24.6	-21.7	-2.0	4.4	5.2	8.6	3.8	-0.9	-7.1	-10.1	-11.6	
22	-19.8	-27.6	-15.7	-3.8	2.1	3.8	7.9	5.4	1.8	-14.2	-8.5	-10.4	
23	-16.0	-26.0	-11.3	-5.9	-2.0	3.6	5.7	7.0	1.3	-17.4	-10.1	-10.6	
24	-16.8	-20.4	-10.6	-3.7	-1.4	5.7	6.6	3.1	0.9	-10.3	-13.8	-9.3	
25	-15.4	-19.3	-6.1	-3.2	-0.5	4.9	3.6	3.0	1.3	-7.6	-16.6	-10.1	
26	-16.4	-18.9	-0.7	-1.1	0.3	6.5	3.9	6.6	0.7	-8.4	-16.3	-10.8	
27	-16.2	-16.1	0.6	-2.6	-0.1	4.9	3.9	5.8	-4.0	-13.6	-15.8	-12.9	
28	-16.1	-13.9	-2.3	-1.0	1.3	7.8	6.3	5.0	-1.0	-6.2	-15.4	-13.5	
29	-18.8	-14.6	-7.0	0.5	1.4	7.4	8.2	5.0	0.1	-6.1	-11.2	-14.9	
30	-16.0		-4.6	0.4	-0.1	4.1	4.9	5.0	-0.9	-5.5	-17.6	-14.4	
31	-9.3		-6.7		2.0		5.5	4.3		-3.9		-16.8	
旬总数	-179.1	-181.4	-86.1	-22.0	7.4	53.8	65.0	54.0	-0.7	-100.3	-135.4	-135.2	
旬平均	-16.3	-20.2	-7.8	-2.2	0.7	5.4	5.9	4.9	-0.1	-9.1	-13.5	-12.3	
月统计	总数	-502.1	-483.6	-355.0	-110.5	43.7	117.6	195.4	143.0	41.4	-198.8	-363.7	-427.0
	平均	-16.2	-16.7	-11.4	-3.7	1.4	3.9	6.3	4.6	1.4	-6.4	-12.1	-13.8
	最高日期	31	8	27	14	19	19	12	9	13	4	4	17
	最低日期	12	23	21	12	7	13	5	20	27	23	18	1
	年统计	最高气温	18.1	7月12日	最低气温	-29.0	2月23日	平均气温	-5.2				
附注													

乌鲁木齐河源总控制水文点 2000 年逐日降水量表

表 26

降水量: mm

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						13.8	1.9	3.4				
2	0.5			5.0				4.4		7.1		
3						12.2	18.7	3.1			0.4	
4						9.3	6.2	22.1	1.0			
5			0.0			0.5		18.2				
6		0.2			2.0				3.5			
7												
8					0.5					0.4		
9	1.9			0.0	2.2	8.8	5.3	1.4	4.8			
10						7.7			7.3			
11								35.4	13.7			
12			0.3		7.1	44.8						
13		0.1										
14							3.9				0.9	
15					1.2		14.7	17.5			1.8	
16	0.0			0.3	1.4		4.2	2.0	3.0	4.4		
17				2.8	5.4	0.0	5.4		5.7		1.2	
18				5.4		1.4	46.5	1.8	2.0		0.4	2.3
19							4.6	29.6				
20		1.1				5.6	0.5					
21					2.5				3.0			
22				1.6	3.9	5.8	3.6	1.9		2.0		
23	0.0			6.5	7.2	2.0						0.1
24						4.3	1.2	2.0	2.0			
25					2.4	0.4	17.3	5.3	2.5			
26							5.4					
27		2.2		2.8	17.0	3.0			5.9	0.9		
28								2.8				
29								3.5				
30	0.0				15.1	15.6	9.3				0.7	
31							0.4					
总量	2.4	3.6	0.3	24.4	67.5	135.2	149.1	154.4	54.4	14.8	5.4	2.4
降水日数												
最大日降水量												
日期												
年统计	降水量 613.9				降水日数							

乌鲁木齐河源总控制水文点 2000 年逐日平均相对湿度表

表 27

相对湿度: %

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					69	76	80	79				
2					54	69	79	89				
3					70	58	97	82				
4					50	89	83	98				
5					55	80	73	87				
6					90	52	56	77				
7					62	54	59	62				
8					73	65	71	58				
9					77	73	64	62				
10					70	90	59	89				
旬总数					670	706	721	783				
旬平均					67	71	72	78				
11					54	100	52	91				
12					84	91	77	81				
13					78	39	91	60				
14					72	44	84	63				
15					74	61	87	90				
16					61	70	85	73				
17					70	74	98	68				
18					45	83	97	84				
19					57	62	95	91				
20					82	80	97	74				
旬总数					679	704	861	775				
旬平均					68	70	86	78				
21					69	82	86	66				
22					87	88	99	80				
23					98	88	99	56				
24					75	65	95	78				
25					70	70	97	73				
26					75	59	92	58				
27					47	77	88	54				
28					56	66	50	67				
29					65	81	63	78				
30					90	81	83	77				
31					71		54	67				
旬总数					803	756	904	752				
旬平均					73	76	82	68				
月统计	总数				2150	2166	2486	2310				
	平均				69	72	80	74				
	最小				15	21	23	20				
	日期				4	13	28	23				
附注	相对湿度只在 5-8 月冰川消融期观测											

天山冰川观测试验站基本营地 2000 年逐日平均气温表

表 28

气温:℃

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-13.4	-10.7	-9.8	1.0	7.8	11.5	13.3	13.0	4.6	3.6	-1.4	-16.6	
2	-7.3	-10.9	-10.3	2.3	8.5	9.4	12.4	13.6	3.3	4.5	-4.0	-14.9	
3	-12.0	-7.6	-9.9	0.2	8.6	7.9	11.1	11.8	4.2	3.9	-3.5	-12.9	
4	-15.9	-10.9	-8.5	2.5	10.3	5.9	10.3	10.3	6.5	5.3	-3.7	-10.4	
5	-19.9	-13.1	-7.0	2.9	12.5	7.7	11.2	12.1	7.7	2.5	-5.0	-10.4	
6	-12.3	-11.0	-5.6	3.9	3.4	9.3	13.1	13.7	10.3	1.8	-6.1	-11.0	
7	-9.1	-10.6	-3.9	2.1	4.7	12.1	14.8	15.9	10.6	0.5	-4.2	-11.4	
8	-10.9	-8.9	-3.7	2.6	6.9	14.1	15.7	15.5	8.0	0.7	-8.2	-13.6	
9	-9.6	-7.0	-4.9	2.7	9.3	13.0	16.4	16.3	9.0	-7.9	-10.1	-14.6	
10	-14.5	-9.0	-4.9	4.3	11.5	9.2	17.5	12.1	10.9	-5.3	-8.9	-14.8	
旬总数	-124.9	-99.7	-68.5	24.5	83.4	100.1	135.9	134.3	75.1	9.4	-55.0	-130.4	
旬平均	-12.5	-10.0	-6.8	2.4	8.3	10.0	13.6	13.4	7.5	0.9	-5.5	-13.0	
11	-18.5	-11.8	-4.9	0.5	11.8	6.3	17.7	8.6	10.7	-2.3	-7.5	-14.4	
12	-15.9	-15.2	-4.5	-0.6	9.0	3.6	17.5	10.5	9.7	2.7	-6.7	-13.5	
13	-15.9	-12.7	-5.1	3.2	8.3	8.3	16.4	11.9	10.9	1.9	-6.6	-13.0	
14	-16.8	-10.3	-4.0	4.9	6.1	11.8	15.7	13.1	12.3	2.8	-6.7	-10.6	
15	-19.4	-9.4	-2.2	4.6	6.2	12.3	13.8	13.7	11.6	4.1	-9.1	-8.9	
16	-17.1	-6.2	0.6	4.1	9.1	14.0	13.9	11.9	9.3	1.9	-7.5	-10.2	
17	-17.5	-8.8	-4.5	2.7	10.9	13.7	12.3	12.8	9.3	-2.8	-9.1	-10.3	
18	-14.9	-11.6	-6.4	1.8	13.2	12.4	10.2	12.4	8.2	-4.8	-11.9	-5.8	
19	-10.0	-10.4	-7.9	3.4	13.4	12.8	12.2	9.6	9.7	-4.1	-10.4	-13.6	
20	-12.8	-12.5	-9.2	5.5	13.5	13.8	14.1	10.0	7.8	-2.7	-7.0	-12.6	
旬总数	-158.8	-108.9	-67.9	30.1	101.5	109.0	143.7	114.4	99.3	-3.2	-82.5	-112.9	
旬平均	-15.9	-10.9	-6.8	3.0	10.2	10.9	14.4	11.4	9.9	-0.3	-8.2	-11.3	
21	-15.3	-15.4	-12.1	3.9	14.5	14.3	15.3	11.5	6.4	-0.8	-9.6	-12.3	
22	-15.8	-17.3	-7.8	2.8	10.3	12.6	14.0	13.0	6.4	-3.6	-6.0	-9.9	
23	-14.1	-15.9	-3.9	3.2	7.4	11.3	13.2	13.0	7.6	-10.7	-7.1	-7.3	
24	-12.8	-12.3	-1.2	4.9	8.2	12.9	14.0	9.1	6.8	-7.5	-9.0	-9.6	
25	-13.4	-10.5	1.9	5.0	9.0	11.6	12.3	9.8	8.4	-5.0	-10.9	-10.5	
26	-13.4	-10.0	5.4	6.5	9.1	12.8	12.6	11.8	4.7	-5.1	-11.6	-11.5	
27	-11.9	-9.9	7.1	5.5	10.2	13.8	11.9	12.8	1.7	-6.2	-11.2	-9.3	
28	-11.4	-8.7	2.4	5.6	9.3	14.8	12.6	12.7	3.8	-5.8	-10.9	-8.7	
29	-13.5	-7.3	0.6	7.3	9.2	13.6	14.6	13.0	6.3	-0.4	-8.8	-12.3	
30	-13.7		2.9	7.2	8.8	11.5	13.7	11.4	3.2	-1.6	-10.5	-11.5	
31	-12.6		1.6		10.9		11.9	8.5		-0.9		-12.2	
旬总数	-147.9	-107.3	-3.1	51.9	106.9	129.2	146.0	126.6	55.2	-47.5	-95.6	-115.1	
旬平均	-13.4	-11.9	-0.3	5.2	9.7	12.9	13.3	11.5	5.5	-4.3	-9.6	-10.5	
月统计	总数	-431.6	-315.9	-139.5	106.5	291.8	338.3	425.6	375.3	229.6	-41.3	-233.1	-358.4
	平均	-13.9	-10.9	-4.5	3.6	9.4	11.2	13.7	12.1	7.7	-1.3	-7.8	-11.6
	最高	3.1	6.1	22.3	17.5	23.6	23.6	27.4	26.5	24.6	19.0	8.5	0.8
	日期	28	8	29	29	18	28	10	8	14	14	1	22
	最低	-25.2	-22.0	-18.5	-9.5	-3.5	-0.5	0.5	0.5	-4.0	-17.5	-17.5	-21.5
日期	5	12	2	14	7	13	3	14	2	23	27	1	
年统计	最高气温	27.4	7月10日	最低气温	-25.2	1月5日	平均气温	0.6					
附注													

天山冰川观测试验站基本营地 2000 年逐日降水量表

表 29

降水量:mm

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.2					6.7		0.7	1.0	2.3		0.1
2				0.1		2.6	11.6	0.6			0.5	
3		0.8		2.6	0.7	5.9	10.5	0.6				
4	0.6					14.4	0.4	19.6				
5							1.8	12.1				0.1
6					0.3							
7												
8								8.5	3.5			
9	2.0				2.5	1.3			3.8		0.5	
10					1.0	8.0		0.9				
11		0.4				19.1		18.3				
12				4.0	9.1	17.5						
13					4.4		1.6					
14					0.7						0.8	
15					0.6		1.9	1.7	0.5		0.6	
16				4.0			4.4	1.8	6.0			
17		1.8		3.5			18.4		3.0	1.2	0.6	
18			0.5	3.0			21.9	0.5	1.0		0.6	3.4
19			1.2				0.9	15.5				0.6
20	0.2		1.6		2.6	0.4			1.6			
21		2.6	0.5	1.3	1.0	1.8			0.2			
22		0.8		3.6	6.7	6.4	2.0			2.9		
23				3.4	2.1	2.7	0.2			1.5		
24					0.5	3.7	1.0	5.1				
25							4.3		2.9	0.5		
26					2.7		3.6		8.1	0.7		
27				2.5	3.5	5.7				3.1		
28								1.1				
29					5.9							
30					1.0	18.0	7.5				1.2	
31			1.5									0.3
总 量	3.0	6.4	5.3	28.0	45.3	114.2	92.0	87.0	31.6	12.2	4.8	4.5
降水日数												
最大日降水量												
日 期												
年 统 计	降水量 434.3				降水日数							

天山冰川站水文气象资料整编说明(2000/2001)

韩添丁 叶柏生

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 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 2001 年度资料整编结果报告。

1 号冰川水文点设在离 1 号冰川冰舌 300m 的河道上, 实施 1 号冰川冰雪径流的监测, 海拔 3659m, 流域面积 3.34km^2 , 其中冰川面积 1.733km^2 。为混凝土矩型断面(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 1.68km^2 , 为混凝土矩型断面(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与罗布道沟汇合处, 设有总控制水文点, 控制监测乌鲁木齐河源区降水和 7 条冰川及冰川周围高山积雪、多年冻土的总融水径流; 该控制断面海拔 3408m, 流域面积 28.9km^2 ; 其中冰川面积 5.6km^2 , 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记水位计, 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。

表1 乌鲁木齐河源1号冰川水文点逐日平均流量表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0	0.090	0.445	0.830				
2					0	0.155	0.40	0.490				
3					0	0.155	0.290	0.335				
4					0	0.135	0.20	0.465				
5					0	0.20	0.180	0.510				
6					0	0.20	0.180	0.580				
7					0	0.20	0.180	0.445				
8					0	0.135	0.245	0.625				
9					0	0.065	0.355	0.490				
10					0	0.090	0.335	0.510				
旬总数					0	1.425	2.81	5.28				
旬平均					0	0.142	0.281	0.528				
11					0	0.20	0.355	0.40				
12					0	0.335	0.625	0.510				
13					0	0.310	0.420	0.760				
14					0	0.245	0.20	0.605				
15					0	0.155	0.115	0.580				
16					0	0.180	0.355	0.40				
17					0.115	0.225	0.490	0.20				
18					0.115	0.245	0.225	0.375				
19					0.115	0.40	0.335	0.555				
20					0.115	0.420	0.625	0.420				
旬总数					0.46	2.715	3.745	4.805				
旬平均					0.046	0.272	0.374	0.480				
21					0.065	0.355	0.555	0.420				
22					0.065	0.355	0.580	0.445				
23					0.065	0.310	0.580	0.270				
24					0.065	0.20	0.445	0.155				
25					0.045	0.135	0.40	0.135				
26					0.045	0.155	0.245	0.245				
27					0.025	0.245	0.335	0.355				
28					0	0.335	0.40	0.270				
29					0.025	0.20	0.40	0.20				
30					0.065	0.290	0.510	0.155				
31					0.065		0.535	0.135				
旬总数					0.53	2.58	4.985	2.785				
旬平均					0.048	0.258	0.453	0.253				
月统计	总数				0.99	6.72	11.54	12.87				
	平均				0.032	0.224	0.372	0.415				
	最大日期				0.155	1.05	1.40	1.480				
	最小日期				0	0.045	0.090	0.090				
	日期				28	10	16	3				
年统计	年总数 32.12		最大流量 1.480 8月8日				最小流量 0 5月28日				平均流量 0.261	
	径流量 $2.77 \times 10^6 \text{ m}^3$				径流模数 78.14 L/s.km ²				径流深度 830 mm			

表2 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日平均流量表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1					0	0.136	0.089	0.205								
2					0	0.160	0.136	0.089								
3					0	0.136	0.136	0.089								
4					0	0.065	0.160	0.089								
5					0	0.136	0.175	0.065								
6					0	0.160	0.220	0.065								
7					0.013	0.136	0.220	0.065								
8					0.013	0.065	0.136	0.065								
9					0.025	0.065	0.136	0.065								
10					0.025	0.112	0.165	0.220								
旬总数					0.076	1.171	1.573	1.017								
旬平均					0.008	0.117	0.157	0.102								
11					0.044	0.165	0.165	0.190								
12					0.044	0.160	0.160	0.089								
13					0.065	0.136	0.220	0.136								
14					0.089	0.089	0.165	0.160								
15					0.136	0.136	0.089	0.160								
16					0.044	0.165	0.065	0.112								
17					0.065	0.165	0.065	0.089								
18					0.165	0.220	0.112	0.089								
19					0.245	0.165	0.165	0.065								
20					0.205	0.136	0.089	0.089								
旬总数					1.102	1.537	1.295	1.179								
旬平均					0.110	0.154	0.130	0.118								
21					0.175	0.160	0.190	0.112								
22					0.175	0.160	0.160	0.089								
23					0.044	0.175	0.136	0.112								
24					0.025	0.175	0.112	0.160								
25					0.136	0.165	0.205	0.165								
26					0.136	0.190	0.220	0.136								
27					0.013	0.165	0.175	0.136								
28					0.0	0.160	0.160	0.160								
29					0.112	0.112	0.089	0.165								
30					0.136	0.065	0.112	0.175								
31					0.136		0.220	0.175								
旬总数					1.088	1.527	1.779	1.585								
旬平均					0.099	0.153	0.162	0.144								
月统计	总数				2.265	4.235	4.647	3.781								
	平均				0.073	0.141	0.150	0.123								
	最大				0.340	0.350	0.390	0.620								
	日期				19	16	6	10								
	最小				0.0	0.0	0.065	0.044								
日期				1	8	1	10									
年统计	年总数 14.928				最大流量 0.620 8月10日				最小流量 0.044 5月1日				平均流量 0.122			
	径流量 $129.6 \times 10^4 \text{ m}^3$				径流模数 72.6 L/s.km ²				径流深度 771 mm							

表3 乌鲁木齐河源总控制水文点逐日平均流量表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					0	1.09	1.57	3.22				
2					0	1.20	1.69	2.60				
3					0	1.20	1.69	2.06				
4					0	0.98	1.57	2.06				
5					0	1.20	1.69	2.06				
6					0	1.20	1.69	2.06				
7					0.53	1.20	1.57	1.94				
8					0.53	1.20	1.46	2.20				
9					0.64	0.88	1.28	1.69				
10					0.58	1.03	1.20	3.04				
旬总数					2.28	11.18	15.41	22.93				
旬平均					0.23	1.12	1.54	2.29				
11					0.74	1.20	1.28	2.32				
12					0.74	1.20	1.28	1.81				
13					0.98	1.35	3.40	2.46				
14					0.98	1.46	1.46	2.60				
15					0.82	1.46	1.20	2.60				
16					0.78	1.46	1.20	2.06				
17					0.70	1.57	1.57	1.57				
18					0.82	1.57	1.57	1.57				
19					1.03	1.94	1.57	2.06				
20					0.98	2.06	1.81	2.60				
旬总数					8.57	15.27	16.34	21.65				
旬平均					0.86	1.53	1.63	2.16				
21					0.93	2.06	1.35	2.20				
22					0.70	1.69	1.69	1.81				
23					0.70	1.69	1.03	1.57				
24					0.78	1.57	1.28	1.81				
25					0.88	1.35	2.60	1.57				
26					0.82	1.46	1.94	1.57				
27					0.78	1.46	1.35	1.57				
28					0.70	1.81	1.94	2.06				
29					0.98	1.69	1.94	1.57				
30					0.93	1.46	2.06	2.20				
31					1.09		2.60	1.81				
旬总数					9.29	16.24	19.78	19.74				
旬平均					0.84	1.62	1.80	1.79				
月统计	总数				20.14	42.69	51.53	64.32				
	平均				0.65	1.42	1.66	2.07				
	最大日期				31	20	13	13				
	最小日期				0	0.70	0.93	1.15				
	日期				1	9	9	23				
年统计	年总数 178.68		最大流量 5.08 8月13日				最小流量 0 5月1日		平均流量 1.45			
	径流量 $15.41 \times 10^6 \text{ m}^3$		径流模数 50.17 L/s.km ²				径流深度 533mm					

表4 乌鲁木齐河源1号气象点逐日平均气温表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-17.0	-15.0	-16.9	-5.1	-4.8	4.6	8.8	3.9	2.8	-3.6	-8.2	-16.5	
2	-14.8	-15.8	-16.3	-6.4	-4.4	4.9	7.6	2.9	4.0	-1.4	-10.4	-17.2	
3	-14.7	-15.7	-14.9	-13.0	-2.5	2.5	3.2	4.1	2.5	-1.9	-11.0	-20.9	
4	-15.0	-15.3	-16.7	-10.6	-2.7	2.3	2.1	6.4	3.3	-1.5	-10.6	-22.3	
5	-16.6	-17.5	-13.5	-5.3	-5.4	4.5	-0.1	5.7	0.8	-2.8	-10.1	-21.0	
6	-18.3	-16.1	-10.7	-7.9	-4.9	4.3	0.6	5.7	2.2	-5.6	-11.5	-19.7	
7	-20.5	-14.9	-9.5	-11.3	-1.3	3.6	4.6	5.0	3.7	-7.1	-11.2	-19.9	
8	-19.2	-16.5	-9.3	-22.9	0.8	-2.1	3.8	8.8	4.0	0.0	-10.0	-16.3	
9	-16.7	-13.7	-10.1	-17.8	3.2	-2.6	3.3	5.9	3.4	-2.4	-8.9	-17.4	
10	-16.8	-16.2	-7.2	-9.9	2.2	2.8	4.1	2.8	-0.2	-4.3	-10.2	-26.1	
旬总数	-169.6	-156.7	-125.1	-110.2	-19.8	24.8	38.1	51.2	26.5	-30.6	-102.1	-197.2	
旬平均	-17.0	-15.7	-12.5	-11.0	-2.0	2.5	3.8	5.1	2.6	-3.1	-10.2	-19.7	
11	-20.1	-20.5	-5.3	-3.6	3.3	4.4	6.5	5.9	-0.4	-9.2	-12.0	-27.4	
12	-14.5	-21.5	-6.8	-2.3	-0.8	5.8	8.5	7.9	0.7	-8.5	-11.1	-23.3	
13	-12.5	-16.5	-12.2	-3.3	-2.7	4.5	4.5	8.2	-2.7	-8.5	-9.1	-19.0	
14	-12.1	-14.6	-10.7	-0.6	-1.5	3.1	3.4	5.5	-5.4	-8.6	-8.8	-17.3	
15	-14.5	-11.1	-12.5	-0.2	-1.2	0.6	2.3	4.3	-4.3	-7.3	-8.2	-17.3	
16	-11.7	-9.5	-13.9	-1.5	-1.9	2.6	2.6	3.8	-2.5	-5.5	-6.8	-19.0	
17	-17.0	-9.9	-10.7	-3.2	-0.6	2.8	5.6	3.3	-1.2	-4.1	-8.1	-19.2	
18	-18.6	-12.1	-8.7	-2.7	2.8	3.6	3.6	5.2	-0.5	-8.2	-5.5	-17.7	
19	-15.1	-13.0	-6.2	-1.6	3.7	6.4	5.4	6.8	0.4	-8.9	-3.8	-15.6	
20	-13.4	-11.0	-8.1	-0.8	1.5	8.4	6.7	3.5	-0.8	-7.0	-3.7	-11.2	
旬总数	-149.5	-139.7	-95.1	-19.8	2.6	42.2	49.1	54.4	-16.7	-75.8	-72.1	-186.9	
旬平均	-15.0	-14.0	-9.5	-2.0	0.3	4.2	4.9	5.4	-1.7	-7.6	-7.2	-18.7	
21	-14.5	-13.6	-8.7	-4.9	-2.0	8.7	6.1	4.3	-3.4	-4.7	-9.2	-8.9	
22	-16.7	-14.0	-9.3	-7.5	-0.3	6.2	4.5	3.7	-3.9	-5.8	-11.8	-7.0	
23	-17.3	-9.3	-9.5	-7.6	-1.1	3.2	4.4	2.8	-3.6	-4.1	-10.1	-8.7	
24	-19.0	-10.5	-8.4	-4.8	0.0	-0.3	5.8	2.4	-2.9	-4.8	-8.4	-14.4	
25	-19.3	-13.3	-7.4	-4.9	-0.1	-0.3	3.4	3.5	-1.9	-10.1	-6.3	-15.1	
26	-21.9	-14.6	-7.6	-8.9	-1.1	2.3	0.6	3.9	-1.6	-5.8	-7.3	-15.3	
27	-20.9	-14.1	-6.0	-6.8	-1.9	5.2	4.8	4.7	-4.5	-5.4	-12.2	-9.4	
28	-19.9	-13.3	-4.6	-11.6	0.3	5.6	5.6	2.2	-3.0	-6.9	-15.0	-10.2	
29	-14.9		-4.4	-7.8	3.0	4.9	5.7	3.7	-1.0	-10.4	-15.1	-11.5	
30	-19.0		-4.0	-2.5	3.5	4.9	5.1	2.4	-4.7	-9.5	-15.5	-15.0	
31	-15.5		-3.6		3.6		4.8	2.3		-7.9		-13.4	
旬总数	-198.9	-102.7	-73.5	-67.3	3.9	40.4	50.7	35.9	-30.5	-75.4	-110.9	-128.9	
旬平均	-18.1	-12.8	-6.7	-6.7	0.4	4.0	4.6	3.3	-3.0	-6.9	-11.1	-11.7	
月统计	总数	-518.0	-399.1	-293.7	-197.3	-13.3	107.4	137.9	141.5	-20.7	-181.8	-290.1	-513.0
	平均	-16.7	-14.3	-9.5	-6.6	-0.4	3.6	4.4	4.6	-0.7	-5.9	-9.7	-16.5
	最高	-8.8	-5.1	1.8	4.5	10.9	13.9	14.2	15.4	9.0	5.2	2.0	-2.1
	日期	16	16	31	4	18	19	11	8	2	8	19	22
	最低	-23.0	-23.0	-20.2	-24.2	-10.2	-8.3	-6.1	-1.6	-8.9	-13.0	-19.6	-33.8
日期	26	12	4	8	6	9	6	10	14	19	29	11	
年统计	最高气温	15.4	8月8日	最低气温	-33.8	12月11日	平均气温	-5.6					

表5 乌鲁木齐河源1号气象点逐日降水量表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1					0.7			9.4						
2					3.7			1.2						
3			1.2			2.6	3.6	3.2	0.8					
4		0.0			4.5		4.2							
5					4.2		4.0			1.0				
6					0.4		8.3	2.0		3.1				
7									14.5			0.0		
8						2.7								
9						6.3	2.9							
10					1.7		3.8	22.0						
11		2.6					2.5							
12										4.0				
13					8.6		16.0	3.7						
14					2.4	8.5	0.7	0.4	20.5			0.0		
15														
16					3.9	6.4								
17		0.0				0.2		2.2						
18						3.4	3.4		1.4					
19							2.0							
20					3.8			5.5						
21				2.3		0.0	6.6		0.8			0.4		
22				4.0					4.4					
23				9.0		1.5		8.1						
24		0.0	1.5		18.0	2.3	2.7							
25						16.0	13.7	0.2		1.7				
26						3.8	10.1	0.4						
27	0.4				10.5		1.9				0.6			
28							4.4	11.6	16.2		0.2	0.0		
29						1.0	9.0							
30						0.3		13.7						
31								1.4						
月统计	总量	0.4	2.6	1.2	16.8	44.4	70.7	99.4	87.7	57.2	11.2	0.8	0.4	
	日数				4	11	14	18	16	6	5	2	4	
	最大				9.0	10.5	18.0	16.0	22.0	20.5	4.0	0.6	0.4	
	日期				23	27	24	13	10	14	12	27	21	
年统计	降水量					392.8							降水日数	

表 6 乌鲁木齐河源 1 号气象点逐日平均相对湿度表

日 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					72	54	59	82				
2					64	57	53	77				
3					63	69	77	47				
4					87	23	81	54				
5					84	25	91	66				
6					57	40	60	61				
7					51	52	46	82				
8					55	85	69	41				
9					43	36	68	88				
10					75	39	59	72				
旬总数					651	480	663	670				
旬平均					65	48	66	67				
11					62	43	56	48				
12					84	46	56	48				
13					62	38	83	72				
14					53	56	80	95				
15					56	84	72	72				
16					78	65	75	86				
17					48	66	50	79				
18					36	58	74	71				
19					49	52	70	61				
20					83	36	64	90				
旬总数					611	544	680	722				
旬平均					61	54	68	72				
21					64	35	69	51				
22					37	70	73	55				
23					36	95	75	64				
24					27	85	54	79				
25					53	96	83	68				
26					67	58	85	68				
27					92	47	65	77				
28					45	45	78	92				
29					54	53	80	66				
30					47	59	91	87				
31						45		89				
旬总数					567	643	840	707				
旬平均					52	64	76	71				
月统计	总数				1829	1667	2183	2099				
	平均				59	56	70	70				
	最小				10	1	18	16				
	日期				18	13	6	4				
附注	相对湿度仅在 5-8 月观测											

表7 乌鲁木齐河源空冰斗气象点逐日平均气温表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-16.7	-15.1	-17.6	-3.6	-5.9	1.8	6.6	4.0	3.0	-4.3	-7.1	-17.6	
2	-15.1	-17.0	-17.0	-6.5	-5.4	3.1	7.4	4.6	4.0	-1.3	-10.0	-18.0	
3	-13.8	-16.6	-15.3	-13.5	-3.5	1.5	2.9	5.4	2.5	-2.4	-11.0	-21.6	
4	-14.4	-16.9	-19.0	-10.4	-2.9	0.6	2.7	6.0	2.5	-2.6	-10.4	-23.3	
5	-17.3	-19.2	-14.5	-5.5	-7.0	3.0	0.1	5.3	0.5	-3.6	-9.3	-21.4	
6	-19.7	-17.6	-11.7	-10.3	-6.2	2.4	1.1	5.5	1.3	-6.7	-10.9	-21.7	
7	-23.5	-16.0	-10.0	-11.5	-3.8	2.6	2.9	4.4	2.6	-7.5	-10.8	-20.3	
8	-19.0	-18.2	-10.2	-23.2	-1.3	-0.2	2.7	7.6	3.1	0.0	-9.5	-17.2	
9	-17.1	-14.9	-11.0	-18.0	1.1	-3.8	3.0	5.4	2.1	-2.3	-8.0	-18.3	
10	-17.0	-17.1	-8.0	-10.0	0.6	1.8	3.4	2.4	-0.5	-3.0	-8.5	-27.2	
旬总数	-173.5	-168.6	-134.3	112.5	-34.3	12.8	32.8	50.6	21.1	-33.7	-95.5	-206.5	
旬平均	-17.4	-16.9	-13.4	11.2	-3.4	1.3	3.3	5.1	2.1	-3.4	-9.6	-20.6	
11	-23.0	-22.4	-5.5	-2.9	1.7	3.1	5.6	5.7	-0.6	-9.7	-11.2	-27.1	
12	-14.0	-22.5	-7.6	-2.5	-2.4	4.8	8.6	7.6	0.3	-7.4	-9.6	-23.1	
13	-11.9	-17.0	-13.4	-2.8	-3.6	2.7	3.7	7.8	-2.9	-2.2	-7.6	-28.6	
14	-11.7	-14.8	-11.6	-0.9	-3.4	1.5	3.1	6.1	-6.5	-7.5	-7.2	-17.3	
15	-14.0	-11.4	-13.3	-0.7	-2.3	-0.9	2.3	4.4	-4.4	-5.8	-7.2	-18.8	
16													
-11.0	-10.2	-14.2	-1.7	-3.8	1.4	2.4	4.3	-2.6	-4.6	-5.1	-19.9		
17	-18.9	-10.3	-12.0	-3.1	-2.0	2.1	4.6	2.6	-1.2	-3.4	-6.8	-20.0	
18	-19.8	-13.0	-10.7	-3.0	1.5	4.1	3.3	3.8	-0.6	-7.0	-3.8	-18.3	
19	-15.3	-13.7	-7.3	-2.0	2.6	5.2	5.3	4.9	0.1	-8.3	-1.7	-14.7	
20	-14.3	-11.6	-10.4	-0.6	0.1	6.8	6.4	2.3	-1.3	-6.9	-1.9	-11.6	
旬总数	-153.9	-146.9	-106.0	-20.2	-11.6	30.8	45.3	49.5	-19.7	-62.8	-62.1	-189.4	
旬平均	-15.4	-14.7	-10.6	-2.0	-1.2	3.1	4.5	5.0	-2.0	-6.3	-6.2	-18.9	
21	-16.6	-14.2	-10.8	-6.0	-3.9	7.1	5.5	3.2	-3.4	-4.1	-7.9	-8.3	
22	-18.3	-14.8	-11.6	-8.0	-2.6	6.3	4.7	3.3	-4.2	-5.1	-10.5	-6.9	
23	-18.3	-10.3	-11.3	-7.5	-3.2	3.4	3.8	2.3	-3.9	-3.6	-10.3	-9.9	
24	-21.3	-11.0	-10.1	-5.0	-3.6	-0.7	5.0	2.2	-3.3	-4.0	-8.8	-15.5	
25	-21.7	-13.9	-8.7	-5.0	-2.7	0.4	3.1	3.2	-2.2	-11.6	-6.5	-15.9	
26	-24.8	-14.8	-8.8	-9.2	-3.4	1.6	1.2	3.6	-1.6	-4.3	-7.4	-16.0	
27	-21.8	-14.2	-7.1	-7.9	-3.4	2.4	5.1	3.6	-4.9	-4.0	-13.1	-9.9	
28	-21.1	-13.1	-6.2	-11.6	-1.7	3.8	5.7	1.8	-3.2	-5.5	-16.4	-10.1	
29	-15.4		-5.6	-8.2	1.2	3.1	5.8	3.3	-1.7	-9.9	-16.0	-11.4	
30	-20.6		-4.9	-3.0	1.9	3.4	6.5	1.5	-5.4	-9.1	-16.5	-15.3	
31	-15.6		-4.2		2.7		6.5	2.9		-7.5		-13.7	
旬总数	-215.3	-106.3	-89.3	-74.1	-18.7	30.8	52.9	30.9	-33.8	-68.7	-113.4	-132.9	
旬平均	-19.6	-13.3	-8.1	-7.4	-1.7	3.1	4.8	2.8	-3.4	-6.2	-11.3	-12.1	
月统计	总数	-542.7	-421.8	-329.6	-206.8	-64.6	74.4	131.0	131.0	-32.4	-165.2	-271.0	-528.8
	平均	-17.5	-15.1	-10.6	-6.9	-2.1	2.5	4.2	4.2	-1.1	-5.3	-9.0	-17.1
	最高	-7.2	-5.0	1.9	5.0	9.0	11.9	13.0	12.8	9.8	5.0	4.0	-3.0
	日期	14	16	31	20	18	19	12	8	2	8	19	22
	最低	-29.9	-26.5	-23.6	-26.5	-9.8	-8.9	-6.0	-1.8	-9.8	-15.0	-21.0	-34.8
日期	26	12	4	8	2	9	6	10	14	25	29	11	
年统计	最高气温	13.0	7月12日	最低气温	-34.8	12月11日	平均气温	-6.2					

表8 乌鲁木齐河源空冰斗气象点逐日降水量表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1						0.5			9.6				
2						3.4			0.7				
3			1.3			2.0	4.1	2.4	0.7				
4					3.8		3.5						
5					3.9		3.7			0.7			
6					0.3		7.7	2.3		2.3			
7									12.7	0.0			
8						1.5							
9						5.1	2.7						
10					1.2		2.7	21.8					
11		2.5					0.7						
12										3.2			
13					8.0		16.5	3.4					
14					3.5		0.7	0.3	19.0			0.0	
15						9.1		5.5					
16					3.6	7.9							
17			0.3			0.7		1.7					
18						3.8	3.0						
19							3.0						
20													
21				2.1	2.7		6.7		0.8			0.4	
22						0.5			4.2				
23				3.1		1.4		7.2					
24						16.4	2.8	2.5					
25						11.0	12.2			1.5			
26				6.2		2.6	11.4	0.3					
27	0.3				8.8								
28				1.2				10.3	14.2			0.0	
29						1.7	1.3						
30						0.5	3.5	8.7					
31							9.4						
月统计	总量	0.3	2.5	1.6	12.6	39.7	64.2	95.6	77.2	51.6	7.7	0.0	0.4
	日数				4	11	14	18	14				
	最大				6.2	8.8	16.4	16.5	21.8				
	日期				26	27	24	13	10				
年统计	降水量 353.4						降水日数						

表9 乌鲁木齐河源空冰斗气象点逐日平均相对湿度表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					93	63	54	93				
2					75	64	56	77				
3					73	79	75	54				
4					85	36	92	62				
5					86	38	88	65				
6					61	50	48	54				
7					62	57	59	87				
8					61	88	69	41				
9					47	49	69	81				
10					85	51	64	80				
旬总数					728	575	674	694				
旬平均					73	58	67	69				
11					60	54	64	58				
12					88	56	61	59				
13					47	65	93	83				
14					53	65	73	91				
15					69	95	56	76				
16					87	75	76	89				
17					66	73	62	88				
18					49	69	88	80				
19					60	57	82	74				
20					94	43	76	92				
旬总数					673	652	731	790				
旬平均					67	65	73	79				
21					73	48	79	57				
22					57	84	74	57				
23					46	87	77	74				
24					41	90	67	85				
25					57	99	95	80				
26					75	68	90	74				
27					88	60	71	83				
28					52	62	83	90				
29					66	75	89	78				
30					59	70	86	96				
31					56		89					
旬总数					664	743	900	774				
旬平均					60	74	82	77				
月统计	总数				2065	1970	2305	2258				
	平均				67	66	74	75				
	最小				27	18	21	26				
	日期				18	4	6	8				
附注	相对湿度仅在5-8月观测											

表 10 乌鲁木齐河源总控制气象点逐日平均气温表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-16.9	-17.1	-15.4	-2.5	-4.2	5.4	8.3	4.4	4.3	-5.2	-6.0	-17.7	
2	-16.2	-16.4	-15.2	-3.1	-4.2	7.0	9.2	4.0	5.9	-1.2	-7.8	-16.5	
3	-16.3	-17.5	-12.3	-12.3	-1.1	2.7	7.0	7.3	3.7	-2.4	-8.9	-20.1	
4	-15.3	-16.2	-15.0	-9.1	-0.8	2.9	5.8	8.6	3.8	-0.8	-8.3	-24.0	
5	-16.7	-16.1	-10.7	-3.3	-4.6	5.3	1.2	7.4	1.0	-1.2	-7.9	-20.8	
6	-18.9	-17.2	-10.5	-8.7	-4.4	5.3	4.9	7.3	2.5	-3.1	-9.3	-21.6	
7	-26.4	-15.8	-7.6	-10.2	0.1	4.6	5.6	6.7	4.4	-4.6	-8.3	-21.6	
8	-21.3	-18.2	-6.9	-21.7	2.6	-0.2	5.4	9.7	5.1	1.9	-7.3	-14.7	
9	-18.9	-13.9	-9.0	-16.8	4.3	-0.5	3.9	7.4	3.7	-0.4	-8.4	-16.0	
10	-16.1	-16.5	-6.2	-9.0	3.5	5.2	5.4	5.4	0.0	-2.4	-8.8	-27.5	
旬总数	-183.0	-164.9	-108.8	-90.7	-8.8	37.7	56.7	68.2	34.4	-19.4	-81.5	-200.4	
旬平均	-18.3	-16.5	-10.9	-9.1	-0.9	3.8	5.7	6.8	3.4	-1.9	-8.2	-20.0	
11	-20.4	-20.4	-3.3	-3.4	3.5	7.0	7.6	7.3	0.4	-8.1	-9.3	-27.8	
12	-14.5	-21.6	-7.9	-2.6	1.1	6.4	11.2	9.2	1.9	-7.6	-8.3	-25.3	
13	-13.1	-14.4	-10.3	-2.3	-0.1	5.1	6.3	10.0	-2.6	-5.6	-8.1	-20.6	
14	-12.6	-14.1	-8.3	-0.3	-0.3	4.5	4.8	6.3	-5.7	-7.1	-8.3	-18.3	
15	-14.3	-10.2	-11.1	0.8	0.8	1.7	2.8	5.4	-2.9	-4.6	-7.4	-16.8	
16	-10.8	-9.0	-12.0	0.2	-0.7	4.2	3.3	5.0	-2.2	-2.7	-5.5	-17.2	
17	-19.3	-10.8	-10.4	-1.7	1.3	4.5	6.3	5.5	-0.4	-0.4	-6.9	-17.2	
18	-17.2	-11.3	-8.1	-1.5	4.2	6.1	5.5	7.1	0.7	-7.2	-5.2	-17.1	
-19.4	-14.7	-10.8	-5.8	0.2	5.0	7.9	6.7	8.6	1.1		-6.2	-4.0	
20	-12.7	-9.0	-7.6	1.0	0.9	9.5	8.6	4.7	-0.8	-5.0	-3.6	-13.8	
旬总数	-149.6	-131.6	-84.8	-9.6	15.7	56.9	62.9	69.1	-0.5	-54.5	-66.6	-189.4	
旬平均	-15.0	-13.2	-8.5	-1.0	1.6	5.7	9.3	6.9	-1.0	-5.4	-6.7	18.9	
21	-13.0	-14.5	-7.4	-3.8	-1.2	9.3	7.5	3.6	-4.1	-1.7	-9.3	-10.9	
22	-18.3	-13.2	-7.6	-5.7	0.4	8.0	6.2	5.9	-3.7	-3.2	-10.7	-8.9	
23	-16.5	-8.3	-9.0	-5.1	-0.8	4.3	5.3	5.3	-2.8	-1.2	-8.5	-8.8	
24	-19.0	-10.2	-7.8	-4.2	0.5	0.8	6.5	5.1	-0.8	-1.4	-9.9	-14.3	
25	-19.1	-12.8	-6.6	-3.2	1.2	1.0	5.2	6.1	0.5	-7.9	-7.4	-13.9	
26	-20.6	-12.8	-6.1	-7.3	1.0	4.2	3.0	5.7	-0.8	-5.3	-5.5	-17.2	
27	-21.6	-13.1	-4.6	-5.2	-0.4	6.9	6.5	5.7	-2.5	-4.6	-10.3	-13.4	
28	-20.0	-11.4	-2.5	-10.4	1.0	7.3	7.2	4.6	-4.6	-6.0	-12.8	-12.0	
29	-16.8	-2.5	-4.6	4.6	6.0	6.5	5.1	-0.9	-8.1	-13.6	-13.6		
30	-21.5		-3.2	0.1	5.7	3.9	6.0	4.6	-3.4	-7.9	-15.2	-13.7	
31	-18.0		-2.4		6.7		6.1	3.8		-6.3		-13.8	
旬总数	-204.4	-96.3	-60.0	-49.4	18.7	51.7	65.9	55.5	-23.1	-53.6	-103.2	-140.5	
旬平均	-18.6	-12.0	-5.5	-4.9	1.7	5.2	6.0	5.0	-2.3	-4.9	-10.3	-12.8	
月统计	总数	-537.0	-392.8	-253.6	-155.7	25.6	146.3	185.5	192.8	0.8	-127.5	-251.3	-530.5
	平均	-17.3	-14.0	-8.2	-5.2	0.8	4.9	6.0	6.2	0.0	-4.1	-8.4	-17.1
	最高	-6.3	-3.0	4.5	8.0	12.1	15.5	17.1	17.2	11.5	8.6	4.4	-4.5
	日期	29	16	31	20	31	20	12	8	2	8	19	22
	最低	-30.1	-25.9	-23.0	-25.1	-12.7	-8.1	-7.4	-1.1	-13.4	-13.0	-18.0	-33.5
日期	7	12	2	8	6	9	6	21	14	30	30	11	
年统计	最高气温	17.2	8月8日	最低气温	-33.5	12月11日	平均气温	-4.7					

表 11 乌鲁木齐河源总控制气象点逐日降水量表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1				2.4		1.1		0.1	5.0									
2						3.9	2.7	3.6	6.0									
3				1.7	0.3		1.2	0.6	0.9									
4				0.3	4.8		4.4	0.4	10.1									
5					4.7		8.6	0.2	6.4	0.8								
6					4.3		1.1	1.4		2.5								
7								2.1				0.0						
8				1.1		8.0	3.3											
9																		
10					3.6		2.7	23.9	3.3									
11	1.0	2.6					2.0	0.9		2.6								
12					0.5		1.9			2.3								
13			0.1		7.6	0.1	12.5	2.9	12.2									
14						6.1	0.2	7.3	10.6		0.0							
15				0.4		3.8												
16			0.3		2.6	6.4												
17	0.3		0.3		0.1	4.1		2.8										
18		0.2		0.6		2.3	5.4			0.5								
19				0.6	0.1		0.3											
20					2.8		9.0	10.7										
21			0.7	1.4	0.3	0.6	1.5		2.2			1.0						
22				1.6					3.8									
23			0.7	3.4		7.5	4.1	6.0										
24						6.5		5.6										
25		0.6		4.5	0.3	4.9	22.0	0.6		2.1								
26			1.2	3.4	1.2	0.7	3.9	0.8										
27	0.6			0.7	7.5		0.7	0.5	14.4		0.6							
28				1.7			2.3	10.4			0.2	0.0						
29						1.1	0.1	0.2										
30						0.3	5.1	12.7	8.0									
31							9.7	0.3										
月统计	总量	1.9	3.4	5.7	21.4	45.7	55.1	105.7	101.3	71.9	10.8	0.8	1.0					
	日数	3	3	7	13	17	15	24	22	10	6	2	4					
	最大				4.5	7.6	8.0	22.0	23.9	14.4	2.6	0.6	1.0					
	日期				25	13	8	25	10	27	11	27	21					
年统计	降水量						424.7						降水日数					

表 12 乌鲁木齐河源总控制气象点逐日平均相对湿度表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1					80	59	53	91				
2					75	51	66	89				
3					59	87	70	55				
4					90	48	73	53				
5					94	44	88	59				
6					55	46	68	60				
7					53	53	58	84				
8					54	82	77	50				
9					49	41	77	87				
10					68	44	68	80				
旬总数					677	555	698	708				
旬平均					68	56	70	71				
11					66	46	68	64				
12					88	61	60	51				
13					64	75	82	65				
14					49	71	77	94				
15					56	86	66	79				
16					84	65	68	85				
17					57	71	56	71				
18					51	63	79	66				
19					59	57	75	63				
20					97	48	71	93				
旬总数					671	643	704	731				
旬平均					67	64	70	73				
21					68	44	77	75				
22					48	78	84	60				
23					50	95	75	67				
24					34	82	67	78				
25					61	89	91	72				
26					71	52	88	72				
27					89	52	68	82				
28					51	50	71	84				
29					55	66	94	82				
30					54	85	95	86				
31					50		91	72				
旬总数					631	693	900	830				
旬平均					57	69	82	75				
月统计	总数				1979	1891	2300	2269				
	平均				64	63	74	73				
	最小				22	17	22	23				
	日期				23	9	16	8				
附注	相对湿度仅在5-8月观测											

表 13 天山冰川站后峡基本营地气象场逐日平均气温表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	-13.3	-14.5	-9.1	5.4	4.2	14.0	15.9	9.6	13.3	5.2	-0.8	-14.0	
2	-10.3	-13.3	-10.4	0.0	4.6	13.5	14.8	12.2	13.3	6.9	0.3	-12.3	
3	-8.1	-13.4	-5.9	-3.0	8.0	9.2	14.2	13.7	14.3	5.0	-0.7	-11.7	
4	-8.6	-13.3	-9.1	0.4	5.0	8.8	12.5	14.1	12.1	5.0	-1.4	-17.0	
5	-9.7	-14.0	-4.2	2.9	4.2	12.0	9.1	14.6	9.9	4.9	-2.7	-17.7	
6	-11.8	-12.7	-5.2	-1.5	2.0	13.1	10.0	16.2	11.1	2.3	-1.5	-16.9	
7	-17.3	-10.3	-2.8	-6.2	7.9	14.3	12.2	14.8	12.7	3.2	-2.2	-16.7	
8	-19.8	-9.9	-1.3	-10.4	9.8	6.6	12.5	16.5	13.7	6.4	-2.3	-15.8	
9	-15.9	-10.4	-1.1	-7.6	11.2	7.9	11.0	14.5	11.0	7.3	-2.5	-12.1	
10	-13.5	-12.1	0.3	-2.5	11.7	11.4	12.6	15.0	7.8	4.4	-1.4	-21.3	
旬总数	-128.4	-123.9	-48.8	-22.5	72.6	111.4	124.8	141.2	119.2	50.6	-15.2	-150.4	
旬平均	-12.8	-12.4	-4.9	-2.3	7.3	11.1	12.5	14.1	11.9	5.1	-1.5	-15.0	
11	-13.9	-12.5	2.4	3.7	13.2	14.6	15.7	15.0	7.9	-2.3	-2.6	-24.3	
12	-14.5	-15.9	-3.5	5.6	7.7	12.5	17.4	17.1	8.7	-2.6	-2.5	-21.2	
13	-10.5	-12.5	-4.4	6.1	8.0	11.7	14.1	16.0	5.7	-1.0	-2.2	-18.4	
14	-9.6	-12.4	-5.0	8.1	8.8	11.0	12.4	13.8	2.9	0.6	-2.2	-15.4	
15	-10.7	-8.1	-3.1	11.5	8.5	10.4	11.6	13.7	4.4	2.2	-1.5	-15.0	
16	-9.6	-5.5	-4.3	6.4	7.5	13.1	13.1	12.7	7.8	2.1	-0.5	-14.5	
17	-11.9	-5.3	-3.3	6.6	9.3	13.0	14.7	12.7	8.4	4.9	-0.8	-17.5	
18	-16.8	-5.1	-0.9	4.6	13.2	17.0	13.5	15.7	9.3	0.3	-1.9	-18.8	
19	-15.1	-4.7	1.6	6.5	11.2	16.2	17.6	16.2	8.9	-1.0	-0.6	-16.1	
20	-12.4	-4.9	-1.3	6.3	8.0	17.9	15.9	11.9	7.1	1.4	-0.7	-12.7	
旬总数	-124.7	-86.9	-21.8	65.4	95.4	137.4	146.0	144.8	71.1	4.6	-15.5	-173.9	
旬平均	-12.5	-8.7	-2.2	6.5	9.5	13.7	14.6	14.5	7.1	0.5	-1.6	-17.4	
21	-13.5	-5.5	0.5	4.1	6.1	16.8	13.2	10.6	4.1	3.0	-2.1	-9.3	
22	-15.1	-7.3	-0.2	2.5	5.8	16.8	13.1	12.6	4.8	3.7	-2.5	-6.3	
23	-12.7	-6.8	0.1	1.4	6.5	11.8	13.0	11.2	4.0	3.8	-5.9	-6.3	
24	-12.2	-5.0	1.3	3.7	6.8	9.0	14.7	11.7	4.1	1.7	-4.5	-8.5	
25	-16.2	-3.2	1.5	4.1	8.3	10.0	13.4	13.6	5.8	0.9	-4.0	-11.3	
26	-20.4	-6.5	3.4	1.7	9.0	13.2	11.5	13.6	5.5	-0.1	-4.0	-14.2	
27	-18.7	-3.6	3.9	3.1	10.0	14.0	15.0	11.9	5.5	1.8	-2.9	-12.3	
28	-18.4	-2.3	6.5	-3.3	10.5	15.7	14.9	14.5	6.6	-0.8	-8.1	-10.6	
29	-15.9		4.6	0.8	10.9	13.6	13.8	13.2	7.5	-2.1	-15.2	-10.7	
30	-13.3		5.2	6.2	12.8	14.3	12.2	12.8	4.9	-3.9	-13.5	-10.1	
31	-15.6		5.0		14.5		11.3	11.9		-3.0		-10.9	
旬总数	-172.0	-40.2	31.4	24.3	101.2	135.2	146.1	137.6	52.8	5.0	-62.7	-110.5	
旬平均	-15.6	-5.0	2.9	2.4	9.2	13.5	13.3	12.5	5.3	0.5	-6.3	-10.0	
月统计	总数	-425.1	-251.0	-39.2	67.2	269.2	384.0	416.9	423.6	243.1	60.2	-93.4	-434.9
	平均	-13.7	-9.0	-1.3	2.2	8.7	12.8	13.4	13.7	8.1	1.9	-3.1	-14.0
	最高	1.7	7.6	16.2	19.5	24.6	28.2	29.8	27.7	25.1	19.0	14.0	5.6
	日期	16	28	30	14	30	20	12	8	2	8	20	22
	最低	-26.6	-23.4	-18.7	-14.8	-2.2	-1.0	1.0	3.0	-3.0	-9.8	-19.1	-28.7
日期	26	12	2	9	23	9	6	1	23	30	29	11	
年统计	最高气温 29.8 7月12日				最低气温 -28.7 12月11日				平均气温 1.6				

表 14 天山冰川站后峡基本营地气象场逐日降水量表

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1					0.5		2.3		3.6	2.3			
2					0.7	0.9	0.5		2.0				
3					0.7		0.9		2.5			0.3	
4					3.5		0.1	1.5	0.5				
5					0.6	8.0	14.0		9.0				
6				1.3	0.9		0.3			2.0			
7				0.6							0.9		
8				0.1		9.8	0.7						
9				0.3			6.3	0.1	0.8				
10		0.3				0.2	0.3	15.7	3.0			0.5	
11	0.9	1.5			3.5		1.7		0.3	4.6			
12					11.4					1.4			
13					0.9	2.0	5.6	2.2	12.8	1.6			
14						3.0	0.3	0.1	15.3				
15						11.0							
16						5.7							
17	0.2					0.5			0.8				
18										2.5			
19				3.2									
20					1.6		8.1	5.6	0.5				
21				1.3	0.5		0.9	0.1	0.4				
22			4.9				3.0		2.8				
23			4.7	0.7		3.8	0.4	3.3					
24	0.7				4.2		3.2				1.7		
25		0.1		1.4		0.3	5.2	1.1		1.7			
26	0.1			14.3		2.2	3.5	0.3					
27								1.1	9.2		1.2		
28				6.7				1.2					
29						3.4	0.6			0.6			
30	0.1						2.8	3.4	4.8				
31							7.9					0.9	
月统计	总量	2.0	1.9	10.1	31.9	33.5	47.5	65.3	44.0	61.9	15.3	1.2	3.4
	日数	5	3	3	13	10	14	19	17	13	8	1	4
	最大	0.9	1.5	4.9	14.3	11.4	11.0	14.0	15.7	15.3	4.6	1.2	1.7
	日期	11	11	22	28	12	15	5	10	14	11	27	24
年统计	降水量 308.0						降水日数						

表 15 天山冰川站后峡基本营地气象场逐日平均相对湿度表

日 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	68	70	87	72	82	57	62	89	67	73	78	83	
2	78	69	71	91	73	59	68	83	64	67	80	79	
3	69	69	58	79	67	81	71	76	59	79	75	88	
4	71	71	71	64	85	71	75	77	74	77	70	90	
5	84	78	48	65	85	61	87	69	88	78	64	86	
6	89	73	66	75	70	57	74	58	74	92	62	79	
7	82	64	60	83	63	56	68	75	69	76	70	74	
8	83	75	63	69	59	84	75	67	67	68	68	62	
9	74	70	64	59	55	66	82	79	75	55	65	80	
10	75	80	58	56	60	69	70	62	91	81	64	83	
旬总数	773	719	645	713	699	661	732	735	728	746	696	804	
旬平均	77	72	64	71	70	66	73	74	73	75	70	80	
11	87	82	52	59	61	64	64	59	77	92	81	79	
12	82	81	76	51	90	77	61	59	72	84	74	80	
13	73	71	73	52	73	79	80	77	89	92	68	73	
14	73	75	72	50	62	83	76	78	86	77	63	66	
15	73	66	80	62	61	84	74	69	83	73	61	71	
16	65	65	76	74	71	72	64	66	67	77	72	82	
17	82	72	62	73	64	70	58	67	69	62	75	92	
18	79	73	52	83	49	52	69	67	74	93	64	87	
19	73	61	43	78	65	61	57	63	72	79	59	67	
20	66	66	66	74	87	54	70	87	79	75	58	67	
旬总数	753	712	652	656	683	696	672	692	768	804	675	764	
旬平均	75	71	65	66	68	70	67	69	77	80	68	76	
21	70	77	85	84	84	61	84	79	81	79	73	63	
22	79	71	89	82	73	74	83	68	74	77	90	66	
23	78	68	75	74	58	85	80	72	68	79	76	77	
24	78	69	66	68	54	85	69	84	74	90	62	92	
25	84	79	66	75	55	86	80	72	70	83	78	95	
26	82	71	61	85	56	67	87	73	68	70	78	92	
27	68	67	58	68	64	64	74	86	77	60	94	73	
28	76	57	39	85	56	58	71	78	67	84	88	72	
29	70		56	73	53	72	89	77	67	93	81	68	
30	77		54	68	54	69	92	85	87	79	76	76	
31	69		58		65		94	70		80		89	
旬总数	831	559	707	762	672	721	902	844	733	874	796	863	
旬平均	76	70	64	76	61	72	82	77	73	79	80	78	
月统计	总数	2357	1990	2004	2131	2054	2078	2306	2271	2229	2424	2167	2431
	平均	76	71	65	71	66	69	74	73	74	78	72	78
	最小	32	21	19	19	21	13	28	12	17	18	16	31
	日期	31	15	18	27	11	9	12	6	16	17	5	8
附注													

天山冰川站水文气象资料整编说明(2001/2002)

韩添丁 叶柏生

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,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 2002 年度资料整编结果报告。

1 号冰川水文点设在离 1 号冰川冰舌末端 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 3.34km²,其中冰川面积 1.733km²。为混凝土矩型断面(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 1.68km²,为混凝土矩型断面(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与罗布道沟汇合处,设有总控制水文点,控制监测乌鲁木齐河源区降水和 7 条冰川及冰川周围高山积雪、多年冻土的总融水径流;该控制断面海拔 3408m,流域面积 28.9km²;其中冰川面积 5.6km²。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记水位计,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

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	0.135	0.76	0.58				
2					0	0.20	0.555	0.555				
3					0	0.29	0.445	0.605				
4					0	0.225	0.335	0.645				
5					0	0.18	0.29	0.74				
6					0	0.20	0.335	0.625				
7					0	0.155	0.27	0.555				
8					0	0.045	0.245	0.58				
9					0	0.065	0.27	0.605				
10					0	0.09	0.355	0.605				
旬总数					0	1.585	3.86	6.095				
旬平均					0	0.1585	0.386	0.610				
11					0	0.135	0.355	0.645				
12					0	0.18	0.27	0.695				
13					0	0.180	0.400	0.675				
14					0	0.200	0.510	0.645				
15					0	0.31	0.535	0.51				
16					0	0.20	0.465	0.42				
17					0	0.245	0.605	0.555				
18					0	0.18	0.65	0.605				
19					0	0.065	0.675	0.605				
20					0	0.115	0.465	0.49				
旬总数					0	1.81	4.93	5.845				
旬平均					0	0.181	0.493	0.585				
21					0	0.09	0.445	0.555				
22					0.025	0.09	0.51	0.605				
23					0.025	0.18	0.51	0.51				
24					0.025	0.29	0.49	0.535				
25					0.045	0.335	0.555	0.555				
26					0.025	0.27	0.625	0.58				
27					0.025	0.27	0.625	0.555				
28					0.025	0.335	0.805	0.58				
29					0.045	0.375	0.695	0.625				
30					0.115	0.40	0.555	0.58				
31					0.135		0.58	0.335				
旬总数					0.49	2.635	6.395	6.015				
旬平均					0.045	0.264	0.581	0.547				
月统计	总数				0.49	6.03	0.581	17.955				
	平均				0.016	0.201	0.490	0.579				
	最大日期				0.18	0.675	1.51	1.43				
	最小日期				31	29	28	10				
	最小日期				0	0	0.2	0.2				
年统计	年总数	39.66	最大流量	1.51 7月28日	最小流量	0 5月1日	平均流量	0.322				
	径流量	$3.43 \times 10^4 \text{ m}^3$	径流模数	96.41L/s.km ²	径流深度	1026mm						

表2 乌鲁木齐河源空冰斗水文点逐日平均流量表

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					0	0.16	0.28	0.19				
2					0	0.165	0.3	0.165				
3					0	0.16	0.35	0.165				
4					0	0.112	0.28	0.22				
5					0	0.112	0.3	0.23				
6					0	0.22	0.27	0.205				
7					0	0.175	0.22	0.16				
8					0	0.065	0.22	0.16				
9					0	0.136	0.245	0.23				
10					0	0.112	0.205	0.136				
旬总数					0	1.417	2.67	1.861				
旬平均					0	0.142	0.267	0.1861				
11					0	0.112	0.22	0.136				
12					0	0.136	0.23	0.136				
13					0	0.16	0.205	0.112				
14					0	0.112	0.28	0.112				
15					0	0.112	0.28	0.112				
16					0	0.16	0.19	0.112				
17					0	0.19	0.315	0.112				
18					0.013	0.19	0.3	0.112				
19					0.013	0.205	0.205	0.112				
20					0.025	0.22	0.175	0.089				
旬总数					0.051	1.597	2.4	1.145				
旬平均					0.0051	0.1597	0.24	0.1145				
21					0.044	0.025	0.165	0.112				
22					0.044	0.175	0.175	0.089				
23					0.065	0.315	0.165	0.16				
24					0.19	0.315	0.16	0.16				
25					0.136	0.39	0.3	0.112				
26					0.136	0.23	0.175	0.065				
27					0.112	0.315	0.16	0.065				
28					0.22	0.315	0.165	0.065				
29					0.245	0.35	0.16	0.065				
30					0.165	0.23	0.39	0.065				
31					0.136		0.35	0.089				
旬总数					1.493	2.66	2.365	1.047				
旬平均					0.136	0.266	0.215	0.095				
月统计	总数				1.544	5.674	7.435	4.053				
	平均				0.0498	0.189	0.240	0.131				
	最大日期				0.41	0.68	0.68	0.35				
	最小日期				28	28	30	9				
年统计	年总数	18.706	最大流量	0.68	6, 28/7, 30	最小流量	0	5月1日	平均流量	0.152		
	径流量	$1.62 \times 10^4 \text{ m}^3$	径流模数	90.48 L/s. km ²	径流深度	962mm						

表3 乌鲁木齐河源总控制水文点逐日平均流量表

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					0	1.20	2.06	2.06				
2					0	1.35	2.76	2.90				
3					0	1.35	3.57	1.69				
4					0	1.57	2.60	1.57				
5					0	1.46	1.81	2.60				
6					0	1.81	1.28	2.32				
7					0	1.69	1.09	1.57				
8					0	1.35	1.46	1.81				
9					0	1.20	1.69	1.81				
10					0	1.20	1.57	1.57				
旬总数					0	14.18	19.89	19.9				
旬平均					0	1.418	1.989	1.99				
11					0	1.20	1.94	1.57				
12					0.53	1.28	2.06	1.57				
13					0.53	1.28	1.69	1.57				
14					0.74	1.28	2.06	1.28				
15					0.98	1.35	2.46	1.28				
16					0.98	1.57	2.32	3.02				
17					0.98	2.90	3.04	1.57				
18					0.98	1.57	3.57	1.35				
19					0.98	1.46	2.60	1.35				
20					0.98	1.57	1.81	1.81				
旬总数					7.68	12.98	23.55	16.37				
旬平均					0.768	1.298	2.355	1.637				
21					1.20	1.35	2.06	1.81				
22					0.78	1.57	2.32	1.35				
23					0.70	1.57	1.81	1.15				
24					1.03	1.94	2.06	1.69				
25					0.98	2.90	2.06	1.35				
26					0.93	1.94	2.76	1.15				
27					0.93	1.57	2.32	1.09				
28					1.15	1.94	2.32	1.20				
29					1.20	1.81	2.20	1.28				
30					1.28	1.69	3.04	1.15				
31					1.28		3.04	1.15				
旬总数					11.46	18.28	25.99	14.37				
旬平均					1.042	1.828	2.363	1.306				
月统计	总数				19.14	32.46	69.43	50.64				
	平均				0.617	1.082	2.240	1.634				
	最大				1.57	4.00	6.00	4.4				
	日期				29	17	18	5				
	最小				0	0.98	0.98	0.7				
日期				1	1	7	29					
年统计	年总数	171.67	最大流量	6.00	7月18日	最小流量	0	5月1日	平均流量	1.393		
	径流量	$14.83 \times 10^4 \text{ m}^3$	径流模数	48.03	L/s.km ²	径流深度	513	mm				

表4 乌鲁木齐河源1号气象点逐日平均气温表

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	-9.8	-12.6	-15.2	-8.0	-10.5	4.9	4.9	5.5	1.1	1.1	-8.2	-11.4	
2	-11.2	-13.4	-16.0	-9.9	-9.7	5.2	5.2	8	-0.1	-0.1	-7.2	-8.9	
3	-9.3	-15.2	-14.7	-9.3	-9.7	5.1	5.1	7.6	1.9	1.9	-4.6	-14.6	
4	-8.9	-16.4	-13.5	-6.8	-7.7	2.5	2.5	6.6	1.4	1.4	-5.1	-17.5	
5	-9.2	-12.4	-10.4	-6.2	-9.2	3.5	3.5	5.3	-0.3	-0.3	-6.6	-20.9	
6	-9.2	-16.2	-8.3	-9.0	-6.7	3.4	3.4	6.2	2.3	2.3	-5.6	-21.9	
7	-9.9	-19.2	-6.9	-6.7	-2.7	2.2	2.2	7.1	-4.8	-4.8	-5.2	-19.9	
8	-9.8	-18.5	-12.6	-5.8	-2.2	0.5	0.5	7.1	-5.5	-5.5	-4.9	-11.4	
9	-6.7	-13.7	-9.0	-8.5	-0.8	3.2	3.2	5.3	-1.5	-1.5	-6.9	-9.5	
10	-8.4	-12.1	-10.9	-4.4	-2.3	4.8	4.8	5.9	-0.7	-0.7	-8.5	-9.9	
旬总数	-92.4	-149.7	-117.5	-74.6	-61.5	35.3	35.3	64.6	-6.2	-6.2	-62.8	-145.5	
旬平均	-9.2	-15.0	-11.8	-7.5	-6.2	3.5	3.5	6.5	-0.6	-0.6	-6.3	-14.6	
11	-10.3	-12.0	-9.1	-2.3	-4.1	2.9	2.9	7.7	-1.8	-1.8	-7.2	-7.5	
12	-12.1	-10.9	-11.2	0.4	-2	4.9	4.9	7.2	-2.2	-2.2	-6.1	-5.3	
13	-14.6	-12.7	-12.3	-5.6	2.8	4.9	4.9	7.9	-0.7	-0.7	-8.4	-9.4	
14	-21.2	-14.1	-14.3	-9.5	5.5	5.0	5.0	8.1	1.8	1.8	-10.0	-11.6	
15	-19.1	-11.6	-16.1	-6.8	3.4	5.7	5.7	7.7	1.6	1.6	-10.0	-10.6	
16	-18.1	-8.3	-12.6	-4.6	-1.9	3.9	3.9	6.6	-4.5	-4.5	-8.1	-14.4	
17	-17.5	-7.3	-8.7	-4.3	-1.3	1.2	1.2	5.2	-6.2	-6.2	-12.5	-13.4	
18	-23.2	-7.6	-5.7	-3.5	-8.5	-2.3	-2.3	7.2	-3.3	-3.3	-14.3	-14.0	
19	-21.8	-11.9	-13.5	-2.3	-6.9	-1.6	-1.6	8.8	-1.2	-1.2	-14.6	-21.5	
20	-16.0	-13.2	-11.3	-2.4	-2.2	-1.3	-1.3	6.1	0.9	0.9	-12.2	-25.5	
旬总数	-173.9	-109.6	-114.8	-40.9	-15.2	23.3	23.3	72.5	-15.6	-15.6	-103.4	-133.2	
旬平均	-17.4	-11.0	-11.5	-4.1	-1.5	2.3	2.3	7.3	-1.6	-1.6	-10.3	-13.3	
21	-16.1	-17.8	-12.3	-10.5	-2.0	-1.3	-1.3	7.1	1.6	1.6	-12.2	-25.2	
22	-15.6	-16.3	-9.8	-3.1	-1.8	3.0	3.0	5.9	1.9	1.9	-16.6	-20.2	
23	-16.0	-20.3	-6.8	2.9	-2.0	6.0	6.0	6.1	0.8	0.8	-15.5	-11.5	
24	-16.1	-18.2	-5.9	-0.6	-0.3	5.3	5.3	5.9	-2.2	-2.2	-12.0	-10.2	
25	-17.3	-15.1	-6.1	-3.9	0.7	4.2	4.2	6.6	-2.5	-2.5	-10.4	-13.5	
26	-21.2	-13.4	-8.4	-3.6	1.6	3.8	3.8	8.1	1.5	1.5	-9.7	-10.1	
27	-21.3	-13.7	-9.4	-2.8	1.7	4.8	4.8	5.0	2.1	2.1	-12.2	-14.1	
28	-21.8	-14.6	-6.9	-4.6	3.7	6.4	6.4	6.5	-0.9	-0.9	-12.8	-14.1	
29	-22.6	-4.4	-7.1	6.1	10.2	10.2	7.1	0.0	0.0	-12.1	-15.6		
30	-18.1		-3.5	-9.4	5.1	5.2	5.2	6.2	1.6	1.6	-12.2	-15.1	
31	-12.5		-5.1		4.2		2.	8	-9.1	-20.9			
旬总数	-198.6	-129.4	-78.6	-42.7	17.0	47.6	47.6	67.3	3.9	-5.2	-125.7	-170.5	
旬平均	-18.1	-16.2	-7.1	-4.3	1.5	4.8	4.8	6.1	0.4	-7.9	-12.6	-15.5	
月统计	总数	-464.9	-388.7	-310.9	-158.2	-59.7	-59.7	148.5	204.4	-17.9	-135.5	-291.9	-449.6
	平均	-15.0	-13.9	-10.0	-5.3	-1.9	-1.9	4.8	6.6	-0.6	-4.4	-9.7	-14.5
	最大	-1.8	-1.5	3.0	8.0	10.7	10.7	12.2	12.9	9.0	9.5	3.0	-2.0
	日期	9	17	30	23	14	14	28	24	14	6	1	12
	最小	-27.4	-25.0	-19.3	-14.6	-15.5	-15.5	-2.2	-1.0	-10.7	-14.6	-19.4	-30.5
日期	19	23	3	21	3	3	4	30	17	22	23	20	
年统计	最高气温 13.5 6月29日				最低气温 -30.5 12月20日				平均气温 -5.5				

表5 乌鲁木齐河源1号气象点逐日降水量表

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							9.3					
2							2.3					
3							13.3		0.7			
4	5						8.6	25.4	7.4		1.7	
5					2.3	6.3	3.0	5.0				
6					0.7	9.2	2.7	4.3			0.8	
7						5.2	6.3		5.7			
8			0.4	0.4		7.3	7	3.4				
9								8.5				
10												
11					1.9		5.1					
12						6.1	10.4	2.8				
13												
14						3.4	8.3		6.9			
15			0.8	0.8			8.5				2.7	
16					10.2	5.2						
17						22.6	7.7	3.4				
18	0.3	0.3			9.3	41.8	2.7					
19							2.1					
20												
21						13.2		2.0				
22							0.5				0.6	
23					13.2		16.0					
24					1.2			1.1				
25	0.4	0.4			0.1	8.9	14.5					
26			7.1	7.1	1.7	1.2						
27					2.2	11.3		2.0	4.5			0.4
28						6.9						
29	0.4	0.4										
30						0.5						
31	0.7	0.7			0.3			5.1				
总量	1.8	1.8	8.3	8.3	43.1	157.7	129.1	51.0	17.8	1.7	3.3	1.2
降水日数					11	16	17	12				
最大降水量					13.2	41.8	25.4	8.5				
日期					23	18	4	9				
年统计	降水量 437.3						降水日数					

表7 乌鲁木齐河源空冰斗气象点逐日平均气温表

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	-10.1	-12.9	-15.1	-9.6	-11.5		3.6	5.9	-1.0	0.0	-8.0	-12.4	
2	-11.1	-13.1	-15.6	-11.5	-8.6	3.8	5.0	7.4	-1.9	-2.0	-7.3	-9.8	
3	-9.0	-15.2	-14.4	-10.7	-8.5	3.8	1.7	7.3	0.3	-3.8	-4.7	-15.4	
4	-8.1	-17.5	-13.4	-8.5	-7.5	3.8	0.7	6.2	-0.1	-1.8	-5.8	-17.6	
5	-8.7	-14.5	-10.4	-7.6	-7.9	2.0	2.2	5.7	-1.5	0.3	-7.1	-21.1	
6	-8.9	-15.6	-8.4	-10.4	-4.5	2.4	3.1	5.7	0.5	2.1	-6.3	-22.8	
7	-10.0	-18.8	-7.1	-7.2	-3.0	2	2.4	6.5	-3.9	-0.2	-5.8	-20.4	
8	-11.0	-18.7	-13.4	-6.8	-3.1	1.2	3.5	6.0	-4.0	-1.9	-5.6	-10.3	
9	-6.7	-12.4	-8.3	-9.2	-1.9	0.2	4.7	4.4	-0.5	-5.4	-8.2	-10.2	
10	-8.4	-11.3	-10.7	-5.9	-3.1	2.6	5.7	5.5	-0.1	-3.3	-9.8	-10.3	
旬总数	-92.0	-150.0	-116.88	-87.4	-59.6	4.2	32.6	60.6	-12.2	-16.0	-68.6	-150.3	
旬平均	-9.2	-15.0	-11.7	-8.7	-6.0	26.0	3.3	6.1	-1.2	-1.6	-6.9	-15.0	
11	-11.8	-11.4	-8.9	-3.9	-4.6	2.6	3.8	6.4	-1.2	-4.9	-7.7	-7.6	
12	-13.2	-10.3	-11.0	-1.1	-2.8	2.5	1.8	6.4	-1.5	-5.4	-6.4	-5.6	
13	-15.2	-12.1	-12.3	-7.5	1.9	3.5	2.9	7.0	0.1	-4.0	-8.9	-10.0	
14	-21.8	-14.1	-14.2	-10.8	4.9	3.6	4.6	7.3	2.1	-0.6	-10.6	-12.1	
15	-19.8	-11.1	-15.8	-7.6	2.7	4.7	4.4	6.2	1.5	-3.2	-9.2	-11.0	
16	-18.4	-7.9	-12.0	-5.3	-2.3	4.9	5.0	4.9	-3.8	-8.4	-8.9	-14.5	
17	-18.5	-6.7	-8.4	-5.1	-1.5	3.1	4.4	4.0	-5.8	-10.0	-13.1	-13.8	
18	-24.0	-6.9	-5.8	-5.1	-9.4	1.6	5.4	6.2	-3.0	-9.8	-14.7	-14.4	
19	-21.3	-11.3	-13.8	-3.7	-6.5	-2.1	6.2	7.1	-0.8	-8.6	-14.9	-20.8	
20	-15.9	-12.5	-10.6	-3.6	-3.1	-3	5.0	4.2	1.0	-11.2	-13.0	-26.0	
旬总数	-179.9	-104.3	-112.8	-53.7	-20.7	-1.6	43.5	59.7	-11.4	-66.1	-107.4	-135.8	
旬平均	-18.0	-10.4	-11.3	-5.4	-2.1	17.2	4.4	6.0	-1.1	-6.6	-10.7	-13.6	
21	-15.6	-17.6	-11.8	-11.3	-3.1	1.7	5.3	5.2	0.4	-13.7	-12.7	-24.9	
22	-15.2	-16.4	-10.1	-4.2	-3.3	-1.8	6.2	5.0	-0.2	-7.6	-17.2	-19.9	
-23.0		-16.2	-19.6	-7.7	1.6	-2.4	2.2	7.1	4.7	-1.5	-4.1	-15.4	
24	-15.9	-18.1	-6.5	-1.1	-1.0	5.7	3.9	5.2	-1.3	-5.3	-12.3	-8.6	
25	-18.1	-14.0	-7.4	-4.1	0.2	4.8	3.0	5.3	-4.4	-5.7	-11.3	-9.8	
26	-21.6	-13.4	-9.3	-4.7	0.8	3.4	5.4	5.2	-0.1	-6.7	-10.6	-9.6	
27	-22.1	-13.8	-10.3	-3.6	1.6	3.0	5.1	3.0	0.9	-8.7	-13.1	-13.7	
28	-23.1	-14.9	-7.6	-5.0	3.0	4.2	7.0	4.7	-1.8	-10.1	-14.2	-14.1	
29	-23.2	-5.0	-7.8	4.6	5.6	3.7	5.6	-1.6	-9.6	-13.1	-15.2		
30	-19.3		-4.9	-10.2	2.6	7.6	2.2	4.0	0.2	-9.5	-13.2	-15.2	
31	-12.7		-6.4		2.6	4.1	4.3	0.2		-8.8		-21.8	
旬总数	-203.0	-127.8	-87.0	-50.4	5.6		53.2	48.1	-9.4	-89.8	-133.1	-165.8	
旬平均	-18.5	-16.0	-7.9	-5.0	0.5	38.8	4.8	4.4	-0.9	-8.2	-13.3	-15.1	
月统计	总数	-474.9	-382.1	-316.6	-191.5	-74.7	-74.7	129.3	168.4	-33.0	-171.9	-309.1	-451.9
	平均	-15.3	-13.6	-10.2	-6.4	-2.4	-2.4	4.2	5.4	-1.1	-5.5	-10.3	-14.6
	最大	-2.0	-1.0	0.0	6.0	9.0	9.0	12.0	11.6	8.0	7.5	0.0	-2.8
	日期	9	17	30	23	29	29	28	3	14.0	6	3	12
	最小	-29.5	-22.7	-19.0	-16.5	-14.2	-14.2	-1.7	-2.1	-9.9	-15.0	-20.5	-30.5
日期	19	8	2	14	1	1	4	27	17	22	23	21	
年统计	最高气温	13.0	6月29日	最低气温	-30.5	12月21日	平均气温	-6.0					

表8 乌鲁木齐河源空冰斗气象点逐日降水量表

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							10.0					
2							3.4					
3							14.2		0.7			
4						10.6	26.3	8.4		1.8		
5				0.8	2.2	6.8	3.3	5.1				
6				2.5	0.5	9.6	3.0	4.8			0.6	
7						4.4	6.5		5.8			
8			0.5			7.6	6.8	4.2				
9								8.7				
10												
11					2.2		5.1					
12						6.0	10.4	3.6				
13							8.6					
14						4.0	9.8		7.8			
15			0.6								2.5	
16					10.7	4.6	8.6					
17						22.5	5.2	2.7				
18	0.3				8.8	44.1	1.6					
19				1.3								
20												
21						13.6		2.6				
22		1.4					0.7				0.4	
23				0.5	13.9			6.7				
24					1.7			1.1				
25	0.4				0.1	9.9	15.1					
26			6.8	3.4	1.6	1.3						
27					2	11.2		2.4	4.5			0.4
28						8.6						
29												
30				12.4		0.5						
31					0.2			4.6				
总量	0.7	1.4	7.9	20.9	43.9	165.3	138.6	54.9	18.8	1.8	2.9	1.0
降水日数					6	11	16	17	12			
最大日 降水量				12.4	13.9	44.1	26.3	8.7				
日期				30	23	18	4	9				
年统计	降水量 458.1						降水日数					

表9 乌鲁木齐河源空冰斗气象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						72	91	83				
2					61	66	72	77				
3					82	69	100	70				
4					84	81	96	88				
5					73	81	91	96				
6					83	97	90	87				
7					83	97	98	73				
8					67	82	81	78				
9					57	75	65	81				
10					84	54	68	64				
旬总数					674	774	852	797				
旬平均					67	77	85	80				
11					82	78	90	68				
12					59	58	100	76				
13					68	84	87	75				
14					61	71	81	63				
15					91	77	85	59				
16					93	92	88	71				
17					55	94	79	85				
18					81	96	81	72				
19					52	76	67	58				
20					39	75	81	82				
旬总数					681	801	839	709				
旬平均					68	80	84	71				
21					77	91	93	64				
22					88	66	87	78				
23					83	55	63	80				
24					74	85	78	59				
25					88	86	99	65				
26					78	82	58	61				
27					66	80	68	61				
28					58	58	50	59				
29					50	46	88	61				
30					77	90	91	77				
31					85		77	80				
旬总数					824	739	852	745				
旬平均					75	74	77	68				
月统计	总数				2179	2314	2543	2251				
	平均				70	77	82	73				
	最小				25	23	35	32				
	日期				17	29	26	15				
年统计	最大流量				最小流量				平均流量			

表 10 乌鲁木齐河源总控制气象点逐日平均气温表

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	-10.2	-11.7	-17.8	-5.3	-8.1	6.4	6.3	6.9	0.0	2.3	-8.9	(-8.0)	
2	-10.0	-13.8	-20.8	-7.5	-6.6	6.2	6.2	10.3	0.6	0.5	-4.8	(-8.0)	
3	-10.4	-13.7	-15.7	-7.4	-6.2	6.3	2.6	8.7	2.3	-1.0	-3.2	-15.8	
4	-10.3	-15.8	-12.4	-4.4	-4.9	5.0	1.0	9.1	2.8	1.7	-4.1	-19.3	
5	-10.0	-11.6	-9.8	-9.6	-6.4	4.3	3.5	8.5	-0.1	3.1	-4.3	(-20.0)	
6	-9.7	-18.3	-7.5	-8.7	-1.8	5.0	4.4	7.2	3.4	4.7	-4.0	-20.8	
7	-8.0	-19.0	-7.1	-4.0	-1.1	4.1	3.1	8.4	-2.7	2.1	-2.8	-20.4	
8	-10.3	-18.9	-12.0	-3.7	-0.6	3.1	4.6	8.4	-3.8	1.1	-4.7	-11.9	
9	-7.2	-14.2	-7.6	-6.1	0.8	4.9	6.3	7.4	1.8	-2.0	-4.5	-10.3	
10	-8.5	-12.9	-8.8	-2.1	-0.2	6.9	6.9	7.8	1.9	-0.4	-8.7	-10.7	
旬总数	-94.6	-149.9	-119.5	-58.8	-35.1	52.2	44.9	82.7	6.2	12.1	-50.0	-145.2	
旬平均	-9.5	-15.0	-12.0	-5.9	-3.5	5.2	4.5	8.3	0.6	1.2	-5.0	-14.5	
11	-10.7	-11.9	-7.5	-1.1	-2.2	4.8	3.7	9.4	1.3	-2.7	-8.1	-7.6	
12	-10.8	-10.9	-10.4	3.0	0.5	7.0	3.5	8.1	1.9	-1.2	-6.4	-2.8	
13	-13.0	-12.1	-11.1	-2.7	4.5	6.6	4.9	8.7	3.1	-0.7	-7.7	-10.9	
14	-20.8	-13.7	-12.3	-7.0	7.1	7.3	6.7	9.1	4.7	3.7	-9.5	-10.5	
15	-20.1	-11	-13.9	-2.9	2.7	6.9	6.9	8.8	4.3	-1.4	-9.2	-10.0	
16	-17.1	-7.7	-10.9	-1.5	-1.6	5.6	7.9	7.8	-1.9	-7.6	-7.5	-14.2	
17	-16.0	-5.5	-7.2	-0.9	-1.2	3.2	7.6	6.5	-3.3	-7.3	-12.1	-13.5	
18	-21.6	-5.7	-4.1	-1.0	-7.8	-1.1	7.9	8.1	-0.7	-6.8	-12.9	-14.8	
19	-23.0	-10.6	-13.8	1.8	-5.1	0.9	9.8	9.4	1.3	-7.5	-12.6	-21.5	
20	-17.6	-12.2	-12.4	1.7	-0.9	-0.5	8.4	7.1	3.0	-8.1	-10.1	-26.8	
旬总数	-170.7	-101.3	-103.6	-10.6	-4.0	40.7	67.3	83.0	13.7	-39.6	-96.1	-132.6	
旬平均	-17.1	-10.1	-10.4	-1.1	-0.4	4.1	6.7	8.3	1.4	-4.0	-9.6	-13.3	
21	-17.5	-16.9	-12	-8.9	-0.6	0.7	8.2	7.5	3.3	-11.0	-10.1	-27.8	
22	-16.1	-15.9	-9.1	-2.6	0.0	5.3	9.1	7.3	3.9	-7.5	-14.9	-23.4	
23	-16.5	-22.6	-6.0	5.7	-0.3	8.3	7.2	7.5	2.0	-4.6	-16.3	-13.6	
24	-15.8	-20.6	-4.7	1.6	0.9	7.2	3.9	6.9	0.0	-5.7	-12.1	-12.2	
25	-16.1	-17.2	-4.8	-1.4	2.4	5.3	4.2	7.5	-0.9	-3.8	-10.0	-11.2	
26	-20.9	-17.5	-5.9	-0.4	2.8	6.5	7.2	7.5	2.5	-4.2	-8.6	-9.7	
27	-20.4	-17.7	-9.0	0.1	2.4	6.3	7.4	6.2	2.5	-6.0	-10.9	-16.6	
28	-21.6	-18.2	-5.6	-1.7	4.9	8.0	9.5	7.9	0.3	-7.1	-11.5	-21.1	
29	-23.6	-2.5	-3.5	6.6	9.1	6.4	8.9	0.9	-7.2	-11	-17.2		
30	-19.9		0.2	-6.8	5.9	7.5	4.3	7.4	1.7	-7.7	-8.2	-12.8	
31	-15.0		-2.5		6.0		6.3	3.1		-8.1		-12.7	
旬总数	-203.4	-146.6	-61.9	-17.9	31.0	64.2	73.7	77.7	6.2	-72.9	-113.6	-178.3	
旬平均	-18.5	-18.3	-5.6	-1.8	2.8	6.4	6.7	7.1	1.6	-6.6	-11.4	-16.2	
月统计	总数	-468.7	-397.8	-285.0		-8.1	157.1	185.9	243.4	36.1	-100.4	-259.7	-456.1
	平均	-15.1	-14.2	-9.2	-87.3	-0.3	5.2	6.0	7.9	1.2	-3.2	-8.7	-14.7
	最大日期	9	17	30	10.5	29	29	19	21	14	6	3	12
	最小日期	19	23	2	-17.0	2	20	4	31	8	19	23	19
	年统计	最高气温	16.0 6月 29日				最低气温	-31.6 12月 21日				平均气温	-11.0

表 11 乌鲁木齐河源总控制气象点逐日降水量表

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					0.7	0.4	8.9		0.3				
2	0.3			1.1			18.0		0.9				
3						9.6	20.5	5.1		1.6			
4						3.8	3.4	2.2					
5					2.2	10.6	7.9	10.3	3.8				
6				1.8	0.6	11.8	2.2		0.3				
7					0.2	1.0	7.2	5.7	3.0				
8			0.2	2.3			9.6	5.4					
9								3.5		0.9			
10							0.9						
11					2.1	7.6	6.7	4.2	1.4				
12							8.6	0.2	10.4				
13	1.1					2.0	1.7						
14						6.7				2.4	2.3		
15			0.5		0.5		7.5		1.0				
16					9.8	9.5	2.5	3.4	1.5	0.1		0.5	
17						19.7	8.7				1.0		
18	0.5			1.1	8.0	37.0	9.5						
19			0.4									2.6	
20						13.4		2.5		1.3			
21				1.6	1.1		0.9			2.6			
22		2.0	0.4		0.5						0.4		
23					13.5			13.6					
24					4.7		2.7		4.2				
25	0.4		0.6		0.9	7.7	9.3		3.0				
26			6.8	3.1	0.6	12.5		2.0					
27			0.2		2.6	0.2						0.5	
28	0.2		0.5	2.1		3.4				2.4			
29				15.4			15.3						
30				11.8		0.6	31.9	0.2					
31					0.8			6.3					
总量	2.5	2.0	9.6	40.3	48.8	150.8	190.6	64.6	29.8	18.9	3.8	5.9	
降水日数		8	9	16	17	22	14	11	6				
最大日降水量		6.8	15.4	13.5	37.0	31.9	13.6	10.4	2.6				
日期					26	29	23	18	30	23	12	21	
年统计	降水量						557.6	降水日数					

表 12 乌鲁木齐河源总控制气象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						57	86	79				
2					57	57	77	64				
3					64	59	97	72				
4					68	78	87	74				
5					62	77	88	78				
6					62	90	80	80				
7					64	88	88	59				
8					47	67	74	71				
9					41	66	58	67				
10					75	61	65	57				
旬总数					540	700	800	701				
旬平均					54	70	80	70				
11					75	80	97	57				
12					43	53	92	68				
13					53	74	84	63				
14					48	62	73	53				
15					88	74	79	54				
16					84	83	74	76				
17					60	92	69	86				
18					80	89	74	72				
19					37	65	63	54				
20					42	72	69	64				
旬总数					610	744	774	647				
旬平均					61	74	77	65				
21					62	83	83	59				
22					64	59	86	82				
23					72	58	86	78				
24					63	81	100	56				
25					72	85	97	61				
26					68	71	58	55				
27					56	79	59	49				
28					52	56	39	48				
29					48	53	78	52				
30					65	78	86	68				
31					68		79	72				
旬总数					690	703	851	680				
旬平均					63	70	77	62				
月统计	总数				1840	2147	2425	2028				
	平均				59	72	78	65				
	最小				23	13	28	20				
	日期				5	2	28	27				
附注	统计年数			最大流量			最小流量			平均流量		

表 13 天山冰川站后峡基本营地气象场逐日平均气温表

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	-5.1	-10.1	-11.2	1.9	1.1	13.9	14.4	14.5	7.4	8.6	-2.2	-7.3	
2	-6.4	-8.1	-12.2	1.0	0.9	13.1	12.8	14.4	8.6	7.7	-1.7	-5.3	
3	-8.0	-9.9	-10.0	1.9	2.5	13.3	10.8	15.4	8.7	8.0	-1.6	-12.7	
4	-7.8	-9.8	-4.5	-2.5	2.8	12.3	10.0	15.8	9.6	7.9	1.1	-16.6	
5	-7.5	-8.5	-3.3	-4.7	3.6	10.4	9.2	14.3	9.1	9.6	-0.6	-15.9	
6	-6.1	-10.7	0.3	-3.1	4.6	11.4	12.7	14.7	9.5	10.5	0.5	-17.4	
7	-1.7	-12.6	0.1	-0.8	5.7	9.8	11.2	14.6	4.2	8.9	0.4	-18.1	
8	-7.0	-12.3	-2.8	0.8	5.8	9.7	12.7	14.3	3.6	5.4	1.2	-12.2	
9	-5.5	-10.0	-3.8	3.3	8.3	11.7	13.0	15.5	6.8	5.0	-0.8	-9.9	
10	-3.2	-7.4	-0.8	4.6	6.3	12.4	12.7	15.7	8.5	3.8	-2.4	-8.9	
旬总数	-58.3	-99.4	-48.2	2.4	41.6	118.0	119.5	149.2	76.0	75.4	-6.1	-124.3	
旬平均	-5.8	-9.9	-4.8	0.2	4.2	11.8	12.0	14.9	7.6	7.5	-0.6	-12.4	
11	-4.0	-7.0	-0.8	6.9	5.4	11.7	11.4	19.2	9.5	4.8	-4.3	-6.6	
12	-5.9	-5.5	-3.2	7.2	7.5	13.4	12.2	17.2	11.0	5.5	-3.2	-5.6	
13	-9.2	-6.3	-1.2	1.2	10.9	11.7	13.5	15.7	10.6	6.0	-2.1	-6.6	
14	-12.8	-3.6	-6.2	-1.5	13.8	13.3	14.9	16.2	12.6	5.3	-1.8	-8.2	
15	-16.1	-4.6	-6.8	-0.2	9.2	12.7	15.2	15.3	10.7	1.3	-2.3	-6.8	
16	-15.4	-1.9	-5.2	2.2	6.9	10.8	15.4	13.8	5.1	-3.0	-2.4	-10.8	
17	-12.3	-1.7	-0.7	2.7	6.0	11.2	18.0	13.1	3.2	-3.3	-5.0	-14.4	
18	-11.5	-4.2	0.0	4.7	1.0	6.4	16.4	14.9	4.8	-3.6	-8.9	-13.0	
19	-18.5	-3.0	-11.0	4.4	4.0	8.3	17.4	16.1	6.7	-3.0	-8.9	-15.7	
20	-15.2	-7.4	-7.4	3.5	6.8	9.5	17.4	15.7	8.6	-2.1	-6.6	-23.7	
旬总数	-120.9	-45.2	-42.5	31.1	71.5	109.0	151.8	157.2	82.8	7.9	-45.5	-111.4	
旬平均	-12.1	-4.5	-4.3	3.1	7.2	10.9	15.2	15.7	8.3	0.8	-4.6	-11.1	
21	-14.1	-11.3	-3.6	-1.5	8.3	9.7	16.4	15.0	8.6	-1.9	-5.6	-26.8	
22	-12.6	-13.1	-3.2	0.4	9.6	12.7	16.4	14.5	9.7	-1.9	-6.6	-24.0	
23	-13.3	-13.5	0.8	5.3	10.6	15.2	12.5	14.9	9.5	1.8	-12.6	-17.1	
24	-12.2	-10.8	1.5	4.1	10.2	14.2	10.1	14.2	7.8	2.6	-9.8	-16.1	
25	-12.3	-9.2	2.6	4.8	9.2	13.2	12.0	15.1	7.8	1.1	-8.2	-16.8	
26	-12.1	-7.6	-0.1	4.6	10.8	11.0	13.3	13.0	8.0	1.2	-6.2	-13.6	
27	-13.2	-5.6	-0.4	6.5	13.2	12.8	13.3	11.8	8.9	-0.4	-9.9	-9.0	
28	-14.4	-6.2	1.3	5.2	12.1	14.1	15.1	13.6	8.8	0.7	-9.3	-11.6	
29	-13.8		3.4	0.9	13.7	15.9	14.0	13.7	8.3	-0.9	-10.7	-14.9	
30	-14.5	8.0	0.0	13.7	14.3	12.4	12.6	8.2	-2.5	-8.7	-13.8		
31	-12.6		1.6		13.5		13.4	11.2		-1.9		-15.7	
旬总数	-145.1	-77.3	11.9	30.3	124.9	133.1	148.9	149.6	85.6	-2.1	-87.6	-179.4	
旬平均	-13.2	-9.7	1.1	3.0	11.4	13.3	13.5	13.6	8.6	-0.2	-8.8	-16.3	
月统计	总数	-324.3	-221.9	-78.8	63.8	238.0	360.1	420.2	456.0	244.4	81.2	-139.2	-415.1
	平均	-10.5	-7.9	-2.6	2.1	7.7	12.0	13.6	14.7	8.2	2.6	-4.6	-13.4
	最大	6.6	20.0	16.8	21.3	23.6	24.6	25.2	26.9	23.7	23.9	13.3	8.8
	日期	9	17	30	12	13	23	19	13	14	6	4	2
	最小	-24.6	-20.2	-19.5	-10.0	-6.0	1.4	1.0	1.7	-5.2	-17.0	-17.0	-32.2
日期	19	23	19	15	2	19	31	21	18	25	23	21	
年统计	最高气温	26.9 8月 13日				最低气温	-32.2 12月 21日				平均温度	1.8	

表 14 天山冰川站后峡基本营地气象场逐日降水量表

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					0.8	0.7	2.0		0.7			
2				0.7		6.6	10.4	0.3	1.0			
3				0.1	0.6	20.5	0.8		2.7		0.8	
4						4.4	21.1	0.4				
5				0.4		8.9	1.2					
6						6.3	2.2	1.2				0.6
7						8.4	8.5		4.2			
8					4.5	5.9	5.4	0.8				
9			1.2	0.4		2.2		2.2		6.2	1.2	
10					7.1	0.7	0.2				0.2	
11					8.1	4.5	0.2					
12	0.1					2.6	8.7	1.1				
13	0.5					1.6						0.2
14	0.4		0.6			3.8						
15			0.2				0.3					0.5
16					5.2	9.3	1.8	0.7	1.6	0.5		0.7
17					5.0	15.9					1.0	
18	1.3				9.6	37.8	7.1	1.0				
19	0.6		3.6									1.8
20		0.8	5.0					0.2				1.1
21		0.2		4.2		4.9	4.2			1.5		
22		0.2					0.1	4.6			3.9	
23		0.2			0.6							
24							1.2		3.5			
25						13.4	11.4		3.2			
26				0.8		8.3		0.2				
27			9.2			11.2	0.9					0.7
28				3.0		0.8						
29			8.2	5.4								
30				5.4	1.3		12.0	3.3				
31								6.3				
总量	2.9	1.4		20.3	42.3	158.8	119.4	23.1	14.2	10.9	6.3	6.4
降水日数	5	4	28.0	8	10	21	20	14	6	4	4	8
最大日降水量	1.3	0.8	7	5.4	9.6	37.8	21.1	6.3	4.2	6.2	3.9	1.8
日期		18	20	9.2	29	18	18	4	31	7	9	22
年统计	降水量 406						降水日数					

表 15 天山冰川站后峡基本营地气象场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	76	65	69	77	83	73	79	77	81	62	65	85	
2	84	63	65	79	74	79	85	79	79	77	54	78	
3	84	72	62	75	88	73	92	82	76	81	55	95	
4	70	75	56	96	77	76	84	81	71	75	56	97	
5	61	69	54	74	77	82	83	84	82	64	82	94	
6	70	86	47	72	82	83	85	76	78	60	79	97	
7	56	83	57	71	79	83	85	76	92	69	71	96	
8	69	76	81	75	82	82	81	89	80	89	65	80	
9	59	71	81	79	71	75	79	73	70	82	85	72	
10	76	59	64	68	94	77	81	67	66	74	90	67	
旬总数	705	719	636	766	807	783	834	784	775	733	702	861	
旬平均	71	72	64	77	81	78	83	78	78	73	70	86	
11	92	59	46	60	86	77	88	61	73	73	78	75	
12	83	54	65	61	72	70	85	71	67	67	70	78	
13	84	64	90	83	69	79	76	78	68	71	70	91	
14	87	67	77	78	70	74	79	74	60	83	75	91	
15	87	66	85	67	96	76	71	78	69	92	79	85	
16	85	63	72	67	85	92	73	86	87	87	87	96	
17	82	62	64	69	80	88	54	82	73	76	89	99	
18	90	72	70	78	82	92	58	79	65	76	83	97	
19	90	74	86	81	72	76	64	82	61	73	80	94	
20	86	86	77	90	68	78	58	62	56	94	83	91	
旬总数	866	667	732	734	780	802	706	753	679	792	794	897	
旬平均	87	67	73	73	78	80	71	75	68	79	79	90	
21	77	83	49	75	63	81	79	75	57	95	91	94	
22	69	89	66	72	60	73	83	79	58	78	94	96	
23	72	75	64	69	67	66	88	75	65	71	88	96	
24	71	64	77	69	71	77	86	71	82	63	88	99	
25	70	59	80	86	74	84	76	65	77	70	85	98	
26	82	61	95	88	73	87	68	73	67	71	82	92	
27	78	58	70	71	57	85	80	73	66	81	92	97	
28	80	65	89	93	65	75	76	70	59	82	90	89	
29	75		67	97	77	73	87	70	64	88	94	96	
30	65		51	96	74	82	86	80	62	82	88	84	
31	61		85		76		78	92		70		94	
旬总数	800	554	793	816	757	783	887	823	657	851	892	1035	
旬平均	73	69	72	82	69	78	81	75	66	77	89	94	
月统计	总数	2371	1940	2161	2316	2344	2368	2427	2360	2111	2376	2388	2793
	平均	76	69	70	77	76	79	76	76	70	77	90	90
	最小	28	26	19	19	27	35	32	32	23	16	27	27
	日期	22	25	11	12	9	3	19	19	30	23	2	2
附注	统计												

来站工作客座人员一览表(1999/2002)

序号	姓名	性别	学位	职称	单位
1	周尚哲	男	教授	自然地理	兰州大学
2	赵井东	男	硕士生	自然地理	兰州大学
3	许刘兵	男	硕士生	自然地理	兰州大学
4	谭敦炎	男	副教授	植物学	新疆农业大学
5	孙红军	男	硕士生	植物学	新疆农业大学
6	赵学强	男	硕士生	植物学	新疆农业大学
7	刘海明	男	硕士生	植物学	新疆农业大学
8	张震	男	硕士生	植物学	新疆农业大学
9	章新平	男	教授	自然地理	湖南师范大学
10	马德新	男	教授	自然地理	新疆师范大学
11	安黎哲	男	教授	植物学	兰州大学
12	冯虎元	男	讲师	植物学	兰州大学
13	张满效	男	教授	植物学	兰州大学
14	汤红官	男	讲师	植物学	兰州大学
15	强维亚	男	博士生	植物学	兰州大学
16	徐世建	男	博士生	植物学	兰州大学
17	马小军	男	博士生	植物学	兰州大学
18	任红旭	女	博士后	植物学	中科院寒旱所
19	陈雄	男	硕士	植物学	兰州大学
20	孙国均	男	博士	植物学	兰州大学
21	孙俊英	女	博士	分析化学	中科院寒旱所
22	徐柏青	男	博士	地球化学	中科院寒旱所
23	易朝露	男	博士	地球物理	中科院测地所
24	杨烘	男	硕士生	地球物理	中科院测地所
25	孔屏	女	研究员	地球物理	中科院北京地质所
26	黄费新	男	博士生	地球物理	中科院北京地质所
27	那春光	男	助研	地球物理	中科院北京地质所
28	程琪	男	教授	地球物理	华东石油大学

29	刘耕年	男	副教授	自然地理	北京大学
30	曹俊	男	硕士生	自然地理	北京大学
31	罗日生	男	大本	自然地理	北京大学
32	崔之久	男	教授	自然地理	北京大学
33	张威	男	博士生	自然地理	北京大学
34	杨小光	男	大本	自然地理	北京大学
35	胡和平	男	教授	水文学	清华大学水工系
36	周余华	男	硕士	水文学	清华大学水工系
37	Jeffrey	男	博士	地球物理	美国威斯康星-麦迪孙大学
38	Francois	男	助教	地球物理	巴黎第七大学地球科学系
39	Manuel M	男	助教	地球物理	巴黎第七大学地球科学系
40	Carine C	男	博士生	地球物理	巴黎地球物理研究所
41	Alain Cr	男	助研	地球物理	法国雷恩大学
42	Patrick	男	博士生	地球物理	巴黎地球物理研究所
43	Sophie M	女	博士生	地球物理	巴黎第一大学
44	Willi Ha	男	博士	冰川学	德国慕尼黑巴伐利亚科学院
45	Chris He	男	博士	冰川学	德国慕尼黑巴伐利亚科学院
46	张瑞津	女	教授	自然地理	台湾师大地理系
47	齐世铮	男	副教授	自然地理	高雄师大
48	林雪美	女	副教授	自然地理	台湾师大
49	沈淑敏	女	副教授	自然地理	台湾师大
50	刘盈邵	男	博士生	自然地理	台湾师大
51	陈翰林	男	副教授	自然地理	花莲某学院
52	孙波	男	教授	冰川学	上海极地研究所
53	何茂兵	男	助研	物理	上海极地研究所
54	张鹏	男	助研	物理	上海极地研究所
55	秦镇	男	助研	机械	上海极地研究所
56	邵文章	男	副教授	冰川学	中科院寒旱所
57	张永亮	男	工程师	机械	中科院寒旱所
58	高新生	男	工程师	机械	中科院寒旱所

天山冰川观测试验站第三届学术委员会成员^①

经中科院兰州冰川冻土研究所推荐,中国科学院领导于 1997 年 12 月批准,决定聘任李忠勤同志为中科院天山冰川观测试验站站长,聘任康尔泗同志为中科院天山冰川观测试验站学术委员会主任。并经所领导 1998 年 2 月研究决定,天山冰川站第三届学术委员会由下列同志组成:

主 任: 康尔泗

副主任: 赵士洞

委 员: 姚檀栾 李忠勤 李述训 周尚哲 张青松
谢自楚 穆桂金 张国威 熊黑钢

天山冰川观测试验站工作人员

站 长: 李忠勤

副站长: 焦克勤 叶佰生

成 员: 刘宗香 井哲帆 金明燮 杨惠安
刘友存 赵中平 李向应 尤晓妮

^① 根据 1997/1998 年有关文件 F 辑录

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川冰岩界面剪切原理观测

崔之久 王茂海 黄茂桓

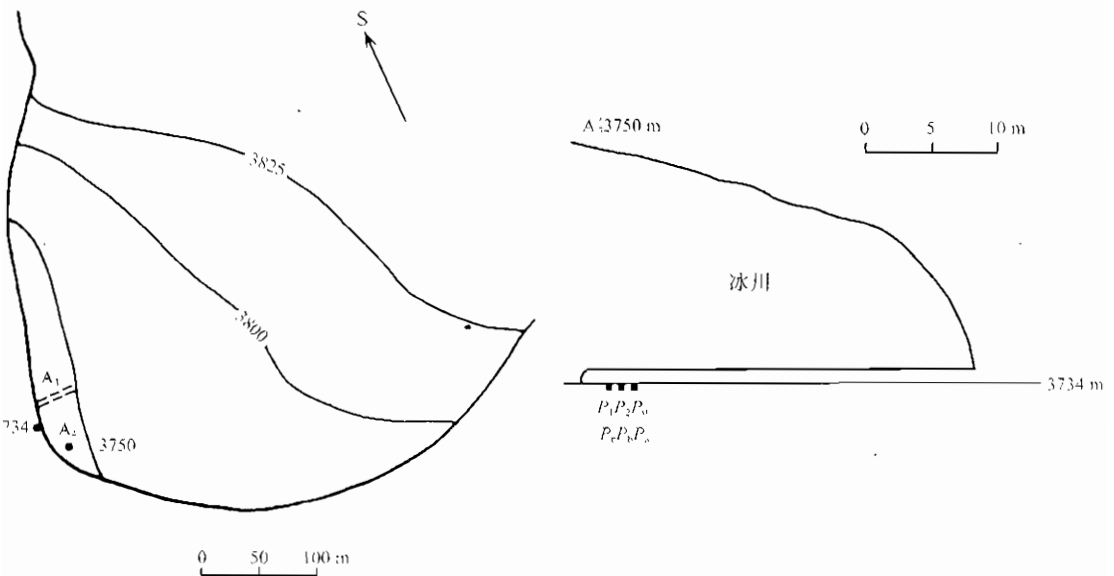
(北京大学地理系)(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所)

摘要 1994 年 10 月在乌鲁木齐河源 1 号冰川东支末端,海拔 3735m 处开挖冰洞,于洞内基岩表面埋设测力装置。装置面板分别有半圆形、矩形和三角形凸起。经 1 年多融水灌入再冻结,冰洞断面大大减小。1996 年 6—8 月进行观测,测得底部切向力平均为 66.1—257.3kPa,随时间有所变动,面板有半圆凸起者切向力最小,三角形凸起者次之,矩形凸起者最大。冰温为 -2.0°C ,不存在底面滑动。

继 1 号和 2 号冰洞研究(Echelmeger and Wang, 1987; Huang and Wang, 1987; 黄茂桓等, 1994)之后,1994 年 10 月又在乌鲁木齐河源 1 号冰川开挖 3 号冰洞,主要用来研究冰川底部冰与岩石之间的相互作用,将天山地区的冰川地质作用研究(Cui et al. 1995, 1997)推向深入。不同于 1 号和 2 号冰洞,3 号冰洞开挖在基岩之上而不是冰和岩屑混合物之上。

1 冰 洞

3 号冰洞位于该冰川东支末端,原 2 号冰洞之南侧(图 1)。洞长 30m,高 1.7m,宽 1.5m,顶部呈拱形,底部平整。进口海拔 3734m。其纵剖面如图 2 所示。此处冰流动方向大致为 64°NE 。

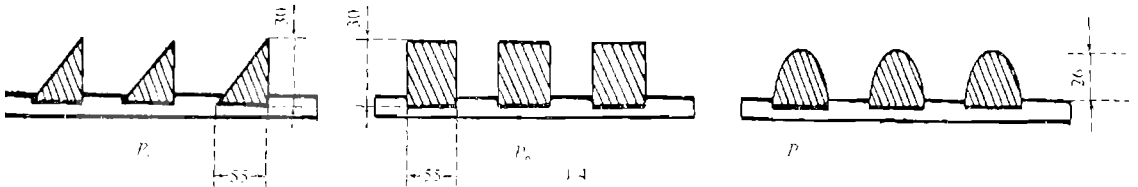


冰洞尽头大致接近冰面运动速度观测点 A'_3 。据 1992 年 8 月 30 日至 1995 年 8 月 26 日观测结果,三个观测年份 A'_3 的水平运动速度分别为 $3.72, 4.16$ 和 $4.03\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$ 。年际变化不大,季节变化也不大。

距进口 25—29m 处,挖到羊背石,为眼球状片麻岩。洞内未发现断裂现象。

2 测力装置

如图 2 所示,在距进口 25—27m 间,嵌入三个测力装置于羊背石上,用混凝土固定,分别编为 P_a, P_b, P_c , 间距 1m。测力装置能将面板上所受的切向力传递到荷载传感器上。测定荷载传感器上所受压力,便可算出面板所受的切向力,当作冰川作用在羊背石上的切向力。面板沿冰流方向长 350mm,宽 220mm。面板上有三道凸起,以模拟冰与岩石之间粗糙接触,凸起分别为半圆形(P_a),矩形(P_b)和三角形(P_c),其尺寸示于图 3。



荷载传感器的量程分别为 $10\text{kN}(P_a), 50\text{kN}(P_b)$ 和 $30\text{kN}(P_c)$,可联结数采仪或直接手动量测。在埋设前,传感器经仔细率定。

三个装置 P_a, P_b 和 P_c 固定后,测出其走向分别为 $75^\circ, 88^\circ$ 和 86°NE ,并分别向上游倾斜 3.5° ,向下游倾斜 1° 和向上游倾斜 1° 。

3 冰洞变形

冰洞开挖后,对其主要尺寸共进行了 4 次量测,其结果列于表 1。

应该指出,冰洞断面尺寸的减小,不完全是 2 号冰洞观测到的那种冰变形引起的收缩,部分是由融水灌进洞内,受冷再冻结成冰,致使冰洞空间减小。融水再冻结成冰覆盖各测力装置。另一方面,由于冰洞未完全堵死,对测力结果有所影响。估计测得的力值比冰洞完全堵死,或不存在冰洞时偏低。

表 1 实测冰洞尺寸

测量日期	1994 年 10 月 10 日	1996 年 6 月 25 日	1996 年 7 月 20 日	1996 年 8 月 15 日
洞高(m)	1.70	1.08	1.04	0.90
洞宽(m)	最大	1.50	0.80	0.50
	最小	1.50	0.50	0.40

4 切向力

1996年6-8月共进行了10次切向力测量, 所得结果列于表2。此间, 测得冰温为 -2.0°C 。由表2可看出, 各点切向力均随时间有所波动, 测力装置以 P_a 的切向力小, 其波动也小; P_b 的切向力大; P_c 的切向力中等, 但波动较大。实测切向力在荷载传感器量程范围内, 所得数据有效。

表2 实测切向力(kPa)

测量日期	6月		7月						8月		平均	标准差
	25日	28日	1日	5日	10日	15	20日	23日	5日	15日		
P_a	65.5	78.4	71.5	51.5	52.6	44.9	70.4	61.5	68.4	95.8	66.1	14.7
P_b	263.1	256.3	398.9	329.9	273.8	262.5	200.0	249.1	208.3	131.0	257.3	72.5
P_c	238.0	271.0	225.7	130.6	131.4	86.5	132.8	127.3	150.8	146.1	164.0	59.4

5 讨论

5.1 底面滑动

底面滑动是冰川运动的基本机理之一。底面滑动一般以冰岩交界面达到熔点为前提。现在测到的冰温低于熔点, 看来不存在底面滑动。

冰洞在融水灌进之后, 能够不断冻结成冰, 也是此处冰温低于熔点的旁证。

与这个冰洞相邻的2号冰洞温度测量比较精确, 边开挖边测量, 采用精度为 $\pm 0.1\text{K}$ 的热敏电阻温度表。实测最低温度为 -0.8°C , 靠近进口, 往里温度渐渐上升, 最后趋于恒定, 实测最高温度为 -0.4°C , 均低于熔点(黄茂桓等, 1994)。

不存在底面滑动是现在的状况。如果冰厚增加50m, 这在百年前或小冰期时是完全可能的, 则可能出现滑动。

5.2 切向力的大小

最简单估算底部切应力的方法是分析一各边平行的、厚度为 h 的冰块停留在坡底为 α 的粗糙斜面上。冰块的长度和宽度远大于厚度。假定冰块在斜面上不滑动, 则可用下式计算底面切应力 T_b (Paterson, 1994):

$$\tau_b = \rho g h \sin \alpha$$

取 $\alpha = 17^{\circ} \sim 27^{\circ}$, 则算出 τ_b 为58—87kPa。由于地处冰舌区, α 变化大, 不满足(1)式的前提, 所得结果, 仅供参考。一般认为 τ_b 大都在50—200kPa之间(Paterson, 1994)。那么, 可以认为 P_a 和 P_c 的观测结果属正常。 P_b 的数值偏大, 可能与其特别粗糙有关。

5 结 语

目前情况下,冰洞处的冰岩界面上不存在底面滑动。

实测底面切向力为 (66.1 ± 14.7) — (257.3 ± 72.5) kPa 范围内,随时间有所变化。

底面粗糙状况有较明显影响,以半圆形凸起者切向力最小,三角形凸起者次之,矩形凸起者最大。

谢辞:

野外工作得到天山站领导和员工大力支持,研究工作得到天山站基金资助。

参考文献

- 黄茂桓,周韬,井晓平,王文梯,1994. 乌鲁木齐河源 1 号冰川 2 号冰洞的冰川学研究. 冰川冻土, 16(4): 289—300
- Cui Zhijiu, Xiong Heigang, Liu Gengnian. 1995. Stria distribution and subglacial processes in the Tianshan Mountains. Cryosphere, 1:71—74
- Cui Zhijiu, Xiong Heigang, Liu Gengnian. 1997. Glacial erosion landforms as indicators of physical behaviour at the ice—bedrock interface. Cryosphere, 3:77—81
- Echelmeyer K, Wang Zhongxiang, 1987. Direct observation of basal sliding and deformation of basal drift at sub-freezing temperatures. Journal of Glaciology, 33(113):83—96
- Huang Machuan, Wang Zhongxiang, 1987. Research on the tunnel excavated in Urumqi Glacier No. 1, Tianshan Glaciological Station, China. Journal of Glaciology, 33(113):99—104
- Paterson W S B. 1994. The Physics of Glaciers. Pergamon, 238—288

1996 年 5—6 月天山 1 号冰川区大气气溶胶 化学成分浓度数据

孙俊英

(中科院寒区旱区环境与工程研究所, 冰芯与寒区环境开放研究实验室, 兰州 730000)

通过分析冰川区大气气溶胶中溶性成分(如 N_a^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), 可以了解冰川区的大气环境化学特征, 与其它地区的同类数据进行对比分析, 可了解不同冰川区大气化学特征的异同, 为冰芯记录的解释提供一些依据。为了便于同类结果的对比, 最大限度地发挥已有数据的作用, 现将 1996 年在天山 1 号冰川区采集的大气气溶胶的分析数据予以公布。

气溶胶样品采集和注意事项

大气气溶胶样品于天山 1 号冰川东支 4030 米处采集。气溶胶采样系统包括采样头、真空泵、体积流量计、动力等, 滤膜使用背景含量较低的 Zeflour Teflon 滤膜, 滤膜直径 47mm, 孔径 $2\mu m$ 。通过太阳能板驱动 12V 直流泵完成。采样体积用在线体积流量计测量, 采样期间每隔一小时测量一次大气压和温度值, 用以计算流经滤膜的空气的标准体积。滤膜野外装入采样头, 采样时采样膜离雪面 1.5 米, 面朝下; 采样结束后, 立即将膜从采样头中取出, 采样面朝上置于预先用超纯水清洗干净的样品瓶中, 拧紧并装入塑料袋中, 置于低温保存。装卸膜时为减小污染, 操作者戴一次性塑料手套, 且面朝上风向。采样时的防沾污一直是采集样品应该考虑的重要问题, 包括采样控制、样品保存和处理, 以及样品分析等。

为了保证样品分析的可靠性, 每个样品的采样体积应视采样区域的大气气溶胶的浓度和采样时间的不同来定。

样品分析过程

气溶胶样品及空白膜首先用 $200\mu l$ 光谱纯乙醇润湿, 然后用 $25\mu l$ 超纯水提取, 用力振荡 10 分钟, 溶液直接用于分析, 色谱条件为阳离子: CS12 分析柱, 22mM MSA 淋洗液, 阳离子自身抑制器, $25\mu l$ 样品管; 阴离子: AS11 分析柱, 6.3mM NaOH 淋洗液, 7.2mM H_2SO_4 再生液, $125\mu l$ 样品管。实验室空白膜的平均浓度 ($\mu eq/L$): Na^+ (0.43), NH_4^+ (0.08), K^+ (0.06), Mg^{2+} (0.07), Ca^{2+} (0.48), Cl^- (0.05), NO_3^- (0.02), and SO_4^{2-} (0.03), 其含量比样品浓度低 3—50 倍, 文中样品浓度已扣除空白值, 其分析工作在美国新罕布什尔大学气候变化研究中心内成。

1996年5-6月在天山1号冰川区采集的气溶胶的基本信息

采样日期	采样体积 (ft ³)	平均温度 (°C)	大气压 (mmHg)	样品标准体积 (m ³)	采样持续时间 (分钟)	线流速 (cm/s)	体积流速 (m ³ /hr)
5/19/96	350.1	10.6	469.6	5.9	255	22.2	1.39
5/23/96	283.5	9.3	470.0	4.8	190	24.3	1.52
5/24/96	667.0	13.5	470.4	11.1	400	26.8	1.67
5/25/96	475.3	18.6	471.3	7.8	400	18.8	1.17
5/26/96	551.7	16.0	471.4	9.2	360	24.4	1.53
5/27/96	136.2	12.5	470.6	2.3	180	12.2	0.76
6/5/96	334.0	5.0	469.7	5.7	260	21.2	1.32
6/6/96	470.9	11.2	469.6	7.9	360	21.1	1.32
6/7/96	173.1	5.9	470.5	3.0	200	14.3	0.89
6/8/96	228.7	11.2	470.9	3.9	270	13.7	0.86
6/9/96	542.3	16.6	471.9	9.0	490	17.6	1.1
6/11/96	252.7	10.7	472.6	4.3	235	17.5	1.09
6/12/96	235.8	10.6	470.5	4.0	245	15.6	0.97
6/18/96	703.3	16.3	469.7	11.6	500	22.3	1.39
6/19/96	827.3	18.6	470.2	13.6	490	26.6	1.66
6/24/96	452.2	14.5	467.4	7.5	300	24	1.5
6/25/96	360.9	14.4	467.6	6.0	220	26.1	1.63
6/27/96	506.5	13.0	469.3	8.5	475	17.1	1.07
6/28/96	474.4	16.7	469.7	7.8	365	20.6	1.29
6/29/96	209.1	5.6	467.6	3.6	158	21.8	1.36

1996年5-6月天山1号冰川区采集的气溶胶化学成分浓度数据(单位:neq/m³)

采样日期	样品体积(m ³)	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	C ₂ O ₄ ²⁻
5/19/1996	5.9	9.3	13.9	2.2	8.2	82.9	5.6	12.9	28.4	1.1
5/23/1996	4.8	60.5	11.1	5.2	17.3	209.5	47.3	19.8	52.8	1.5
5/24/1996	11.1	46.0	10.3	2.9	19.3	271.7	64.0	23.0	58.4	1.2
5/25/1996	7.8	13.8	10.0	1.2	8.8	97.7	15.9	12.7	27.2	1.4
5/26/1996	9.2	19.8	10.6	2.1	10.0	127.9	20.5	17.2	35.7	1.2
5/27/1996	2.3	20.5	17.3	2.2	14.8	147.4	18.7	22.4	41.9	2.0
6/5/1996	5.7	1.3	17.8	0.8	2.6	13.5	0.2	1.9	16.1	1.0
6/6/1996	7.9	1.2	9.8	0.6	1.7	12.3	0.6	2.2	9.8	0.8
6/7/1996	3.0	9.4	15.2	1.5	11.7	99.6	7.1	10.2	26.1	1.3
6/8/1996	3.9	11.2	20.3	1.9	14.9	132.0	8.9	18.3	37.4	1.2
6/9/1996	9.0	2.4	18.2	0.9	3.3	23.7	0.7	6.6	22.2	1.2
6/11/1996	4.3	3.4	33.6	1.5	3.7	44.2	3.0	13.7	38.9	1.9
6/12/1996	4.0	4.2	23.5	1.3	3.7	45.6	3.5	10.6	29.8	1.5
6/18/1996	11.6	0.7	5.0	0.3	0.7	3.3	0.0	1.0	4.5	0.5
6/19/1996	13.6	1.4	5.7	0.3	1.1	9.9	0.4	2.5	6.4	0.4
6/24/1996	7.5	0.3	8.7	0.5	0.6	6.0	0.5	1.5	8.0	0.7
6/25/1996	6.0	3.3	21.4	1.3	1.4	11.1	0.2	8.0	20.3	1.4
6/27/1996	8.5	0.3	11.6	0.5	0.9	4.1	0.1	1.3	10.0	0.8
6/28/1996	7.8	1.5	15.8	0.8	1.2	8.0	0.6	3.0	14.1	1.0
6/29/1996	3.6	3.2	18.3	1.4	1.5	12.3	1.1	8.0	18.5	1.6