

文章编号: 1000-0240(2003)02-0117-07

乌鲁木齐河源区气候变化和 1 号冰川 40 a 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观测试验站, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 分析研究了天山冰川站自 1959 年以来的气温、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, 乌鲁木齐河源区处于一个最为显著的暖湿阶段。1958—2000 年的 42 a 间, 1 号冰川年平均物质平衡量为 -188.6 mm (约为 $-34.6 \times 10^4 \text{ m}^3$), 累积物质平衡量达到 $-7\,925 \text{ mm}$, 亦即冰川减薄了 8 m 多, 累积亏损量达 $1\,452 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。1 号冰川面积在 1962—2000 年的 38 a 间减少 0.22 km^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 168.95 m, 西支 185.23 m, 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 年年均径流深为 936.7 mm , 较之 1958—1985 年的 508.4 mm 高出 428.3 mm , 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

中图分类号: P343.3 **文献标识码:** A

乌鲁木齐河源区地处天山中段天格尔峰(海拔 4 476 m)北坡, 属大陆山地气候, 气温随高度变化显著。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的综合观测研究。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, 加之对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为可能。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间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定, 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。许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、总结和引用^[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研究, 一方面提供这些观测的最新资料, 另一方面通过这些资料揭示河源区冰川及气候变化事实。针对 20 世纪 80 年代中期以来中国西部许多地区出现的气候转型^[14]问题, 本文还分析了 1985 年之前与之后的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

冰川观测包括乌鲁木齐河源 1 号冰川(以下简称 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

收稿日期: 2002-11-14; 修订日期: 2003-01-10

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-10-06; KZCX2-301); 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程项目(CACX210091); 国家自然科学基金创新群体项目资助

作者简介: 李忠勤(1962—), 男, 四川重庆人, 研究员, 1995 年在中国科学院兰州冰川冻土研究所获博士学位, 主要从事冰川与环境方面研究。E-mail: lizq@ns.lzb.ac.cn

表 1 1 号冰川观测项目和资料时间序列

Table 1 Observation items and data time series of Glacier No. 1

项 目	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	1962-08, 1964-10, 1986-08, 1992-08, 1994-08, 2000-08

东支的海拔为 4 009 ~ 4 060 m，西支海拔为 4 060 ~ 4 080 m，处在多年零平衡线上方不远处。冰舌末端的变化是通过对比冰舌末端距冰川外 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)。

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，还列入了中国气象局大西沟气象站观测资料，以便对比分析(表 2)。

表 2 水文、气象观测站基本情况和资料序列

Table 2 Basic information of hydrological and meteorological stations

站 名	海拔/m	控制面积 / km ²	观测项目	时间序列
空冰斗水文站	3 804.6	1.68	径流、气温、降水	1982—2001
1 号冰川水文站	3 693.0	3.34	径流、气温、降水	1980—2001
总控水文站	3 404.8	28.9	径流、气温、降水	1983—2001
大西沟气象站	3 539		气温、降水	1958—2001
后峡基本站	2 130		气温、降水	1985—2001

2 河源区气候变化情况

2.1 气温

图 1 给出了河源区 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℃ 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 年的气温是破记录的

最高，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℃，1985 年前后是个气温低谷期，1986—2001 年气温在波动中呈上升趋势，期间年平均气温为 - 4.9℃，升高了 0.5℃。

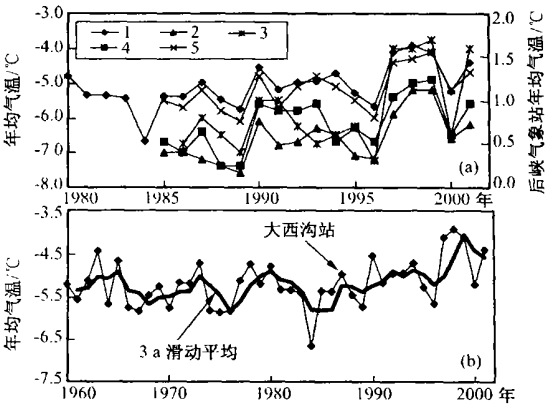


图 1 河源区(a)和大西沟站(b)气温变化
其中图 1(a)中：1. 大西沟站；2. 空冰斗站；3. 后峡站；
4. 1 号冰川站；5. 总控站

Fig. 1 Temperature variations at Headwater of 1st Ümqi River (a) and Daxigou Station (b)

2.2 降水

从大西沟气象站年降水曲线上看(图 2b)，河

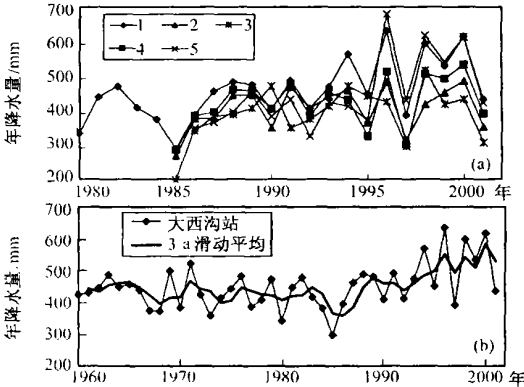


图 2 河源区(a)和大西沟站(b)气温变化
其中图 2(a)中 1~5 说明同图 1(a)

Fig. 2 Precipitation variations at Headwater of 1st Ümqi River (a) and Daxigou Station (b)

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 488 mm, 较 1958—1985 年的 426 mm 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.

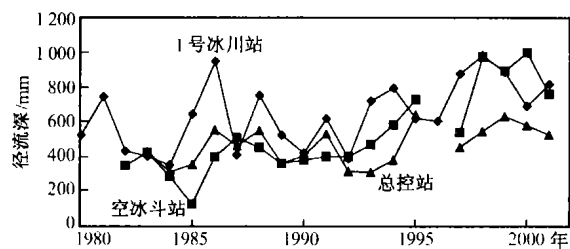


图 3 河源区 3 个水文站径流变化曲线

Fig. 3 Runoff records at the headwater of the Ürümqi River

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^[11]), 从中看出, 从 20 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 -358.4 mm, 较 1959—1985 年的 -94.4 mm 低 264 mm (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 -188.6 mm (约为 -34.6×10^4

m^3), 累积物质平衡量达到 -7 925 mm, 亦即冰川较之 1958 年减薄了 8 m 多, 累积亏损量达 $1 452 \times 10^4 \text{m}^3$.

为研究降水对冰川物质平衡的影响, 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 4b, 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.

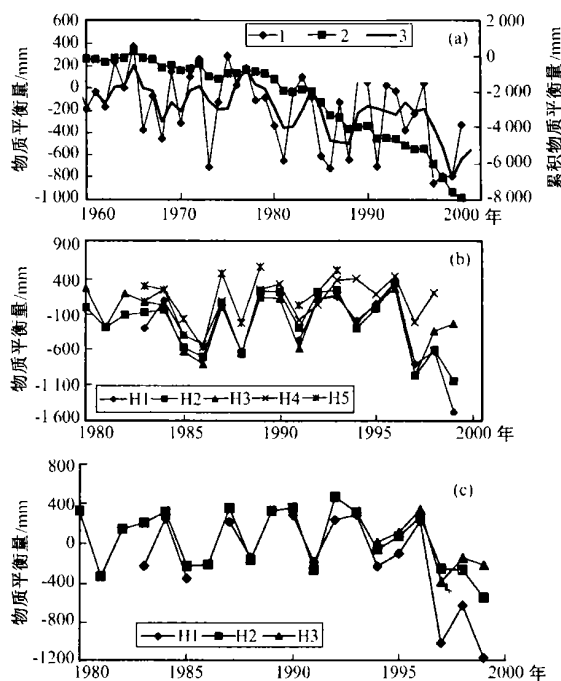


图 4 1 号冰川(a)、东支 H 排花杆(b)和西支 H 排花杆(c) 物质平衡变化

其中图 4(a)中: 1. 物质平衡; 2. 累积物质平衡量;
3. 3 a 滑动平均

Fig. 4 Mass balance variations of Glacier No. 1 (a), east H row stick (b) and west H row stick (c)

3.2 冰川物质平衡与气温降水关系的新动向

分析图 1~3, 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. 在 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, 当气持续升温高到一定程度时, 尽管大降水量也难阻挡冰川的强烈消融, 包括冰川积累区.

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. 乌鲁木齐河源区自 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, 造成了冰川冷储的减少, 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.

1 号冰川出现的这一新动向, 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的观测研究. 可以预见, 这一科学问题的解决, 对于 20 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 139.72 m, 平均每年退缩 4.5 m. 1993—2001 年东支年平均退缩量为 3.7 m, 共 29.23 m; 西支平均为 5.7 m, 共 45.51 m. 东支末端年退缩量较小, 而且变化不大, 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(6.92 m、6.95 m), 明显是高气温的反应.

1 号冰川面积在 1962—2000 年的 38 a 间减少 0.22 km², 11 %. 并呈加速减小趋势(表 4). 其中 1962—1992 年的 30 a 间冰川面积减少 0.12 km², 与 1992—2000 年的 8 a 间减少的(0.10 km²) 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大可能也有关系.

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—1973	- 65.60			
1973/ 1980	- 22.99	1993/ 1994	- 4.85	- 6.75
1980/ 1981	- 4.83	1994/ 1995	- 3.95	- 6.17
1981/ 1982	- 2.06	1995/ 1996	- 3.40	- 4.60
1982/ 1986	- 14.30	1996/ 1997	- 3.65	- 4.80
1986/ 1987	- 3.68	1997/ 1998	- 3.47	- 4.47
1987/ 1988	- 3.80	1998/ 1999	- 3.41	- 4.85
1988/ 1989	- 5.10	1999/ 2000	- 3.40	- 6.92
1989/ 1990	- 3.57	2000/ 2001	- 3.10	- 6.95
1990/ 1991	- 6.51			
1991/ 1992	- 3.44			
1992/ 1993	- 3.84			

表 4 1 号冰川面积变化
Table 4 Area variation of Glacier No. 1

时间/ (年-月)	面积/ km ²
1962-08	1.950
1964-10	1.941
1986-08	1.840
1992-08	1.833
1994-08	1.742(其中西支 1.115; 东支 0.627)
2000-08	1.733(其中西支 1.111; 东支 0.622)

3.4 冰川运动速度的变化

1 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 m a⁻¹、29.23 m a⁻¹和 31.48 m a⁻¹. 1962—1973 年间西支冰川的平均运动速度为 7.2 m a⁻¹, 东支冰川的平均运动速度为 5.32 m a⁻¹ [16~18] 1980 年至今连续观测的运动速度变化见图 5.

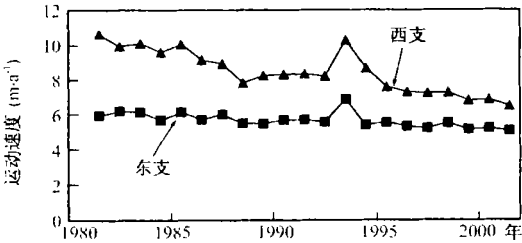


图 5 1 号冰川运动速度

Fig. 5 Surface velocity of Glacier No. 1

以上资料反映出 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呈正比的缘故.

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(当年 9 月到翌年 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 1.95 km². 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致性, 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 1.79 km², 占控制流域面积 3.34 km² 的 53.6 %. 表 5 列出了推算的(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 936.7 mm; 较之 1958—1985 年的 508.4 mm 高出 428.3 mm, 亦即增加 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.

表 5 1 号冰川融水径流深

Table 5 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].

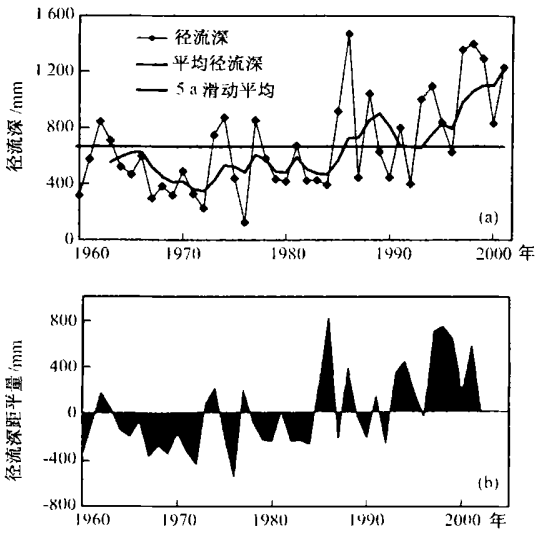


图 6 1 号冰川融水径流深(a)及距平(b)变化

Fig. 6 Meltwater runoff depth (a) and its anomaly (b) variations of Glacier No. 1

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 年的 42 a 间, 1 号冰川平均物质平衡值 B_n 为 - 175.2 mm, 累积物质平衡量为 - 7357.5 mm, 这与实测值(- 188.6 mm; - 7925 mm)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, 叶佰生, 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, 叶佰生, 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 ǎǎǎǎ River, Tianshan Mountatins [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. [叶佰生, 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, 叶佰生, 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 ǎǎǎǎ 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, 第四纪研究, 1997, (2): 139 - 146.]
- [10] Ye Baisheng, Chen Kegong, Shi Yafeng. Responses of glacier and glacial runoff to climatic change 3/A model in simulating the Glacier No. 1 in Headwaters of the ǎǎǎǎ 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 Ninglian, et al. Mass balance sensitivity to climate change of the Glacier No. 1 at the ǎǎǎǎ 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. The movement mechanisms of ǎǎǎǎ Glacier No. 1, Tianshan Mountain, China [J]. Annals of Glaciology, 1992, 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): 220 - 226.]
- [15] Jiao Keqin, Wang Chunzu, Han Tianding. A strong negative mass balance appeared in the Headwater of the ǎǎǎǎ 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 ǎǎǎǎ River, Tianshan [A]. Study of Glacier and hydrology at the Headwater of ǎǎǎǎ 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 Wenying, 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 ǎǎǎǎ 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 ǎǎǎǎ 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 Zhenning. Glacier Water Resources in China [M] Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 1991. [杨钟娘. 中国冰川水资源[M]. 兰州: 甘肃科技出版社, 1991.]
- [20] Yang Zhenning, Zeng Qunzhu. Glacier Hydology [M]. Chongqing: Chongqing Press, 2001. [杨钟娘, 曾群柱. 冰川水文学[M]. 重庆: 重庆出版社, 2001.]

A Summary of 40-Year Observed Variation Facts of Climate and Glacier No. 1 at Headwater of 1st Ümqi River, Tianshan, China

LI Zhong-qin, HAN Tian-ding, JIN Zhe-fan, YANG Hui-an, JIAO Ke-qin

(Tianshan Glaciological Station, CAREERI, CAS, Lanzhou Gansu 73000, China)

Abstract: Comprehensive, Glacier No. 1 centered observations are conducted at headwater of 1st Ümqi River by Tianshan Glaciological Station since 1959. This paper presents analyses of mass balance, terminus, area and surface velocity histories of Glacier No. 1, and as well as spatial distributed streamflow and climate factor (air temperature and precipitation) records from nearby area. Our study demonstrates that the continuous local annual temperature rising, resulting in reduction of cooling energy in the glacier, might be responsible for recent acceleration of glacier melting. The headwater region of 1st Ümqi River is experiencing a warm and humid period ever since the mid - 90s. From 1958 to 2000, with an average annual balance - 188.6 mm (about - $34.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ in volume), the cumulative balance of Glacier No. 1 is

reach up to - 7 925 mm ($1 452 \times 10^4 \text{ m}^3$), in other words, the thickness of the glacier stream decreased by more than 8m over the past 42-year span. With an accelerated shrinking tendency, the glacier area decreased by 11 % from 1962 to 2001. The terminus of the glacier is in the state of retreat since it has been observed from 1960s. From 1962 to 2001 East Branch retreated 168.95 m, whilst West Branch retreated 185.23 m. In agreement with ice mass losing, surface velocity of the glacier is appreciably slowing down. By using water balance model, annual meltwater runoff of the glacier has been computed since 1958. It shows an elevated trend, especially after 1985. The mean meltwater runoff depth from 1986 — 2001 is 936.6 mm, comparing to 508.4 mm from 1958 to 1985, it increased by 84.2 %.

Key words: Glacier No. 1; observation; glacier variation; climate change