

托木尔峰青冰滩 72号冰川水文气象特征初步分析

金爽¹, 张明军^{1,2}, 李忠勤^{1,2}, 周平¹, 李瑞雪¹ (1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃兰州 730070; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 冰冻圈科学国家重点实验室 天山冰川站, 甘肃兰州 730000)

摘要 2008年8月, 中国科学院天山冰川观测试验站科研人员对阿克苏昆马力克河源地区托木尔峰青冰滩 72号冰川(简称 72号冰川)进行了大规模综合性野外科考。初步分析 8月 1~31日水文气象数据表明, 8月 72号冰川区月平均气温达 5.2℃, 较同期天山乌鲁木齐河源 1号冰川(简称 1号冰川)高 1.5℃; 月降水量 54.3 mm, 较 1号冰川少 16.2 mm; 水文点观测到 8月冰川融水径流总量为 $265.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。较高的气温导致 72号冰川消融强烈, 末端退缩严重, 目前已退缩至海拔 3 720 m处; 冰川面积也明显减少, 从 1964年的 7.27 km^2 缩减为 2008年的 5.52 km^2 , 44 a间共减少 1.75 km^2 (0.04 km^2/a)。

关键词 72号冰川; 水文气象; 电导率; 溶解性固体总量

中图分类号 P343.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)10-8587-03

Preliminary Analysis of Hydrologic and Meteorological Characteristics at the Glacier of No 72, Qingbingtan, Tuomuer Peak
JIN Shuang et al (College of Geography and Environmental Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070)

Abstract In August 2008, the researchers of Tianshan Glacier Station, CAS took a large-scale comprehensive scientific expedition for the Glacier No 72, Qingbingtan, Tuomuer Peak which was the headwaters of Kummalike River in Aksu. Preliminary analysis of hydro-meteorological data from Aug 1st to 31st showed that the average monthly temperature reached 5.2℃ in August in the area of Glacier No 72, which was over 1.5℃ compared with the temperature of Glacier No 1 in the same period, which located at the headwaters of Ürümqi River in eastern Tianshan. 54.3 mm month rainfall in Glacier No 72 area which was less than 16.2 mm in Glacier No 1 area. According to the date of hydrological observation sites, the total amount of glaciers melt water was $265.2 \times 10^4 \text{ m}^3$. The higher temperature resulted in strongly melting and seriously shrink of Glacier No 72. At present, terminus position above sea level of Glacier No 72 has shrunk back to 3 720 m. From 1964 to 2008, the area of Glacier No 72 has been significantly reducing, from 7.27 km^2 in 1964 to 5.52 km^2 in 2008. The total area reduced 1.75 km^2 during 44 years (0.04 km^2/a).

Key words Glacier No 72; Hydro-meteorological; Electrical conductivity; TDS

我国西北地区年平均降水量一般均低于 400 mm, 降水稀少。西北高山广泛发育的冰川是山区河流重要的补给水源, 充当着固体水库的角色。研究表明, 西北内陆流域冰川融水量约占河流径流量的 25%^[1-2]。冰川对气候变化的响应十分敏感, 受全球变暖影响, 我国许多冰川呈退缩状态^[3], 导致我国内陆河水资源构成发生变化, 影响我国西北地区社会和经济的发展。因此, 对冰川融水变化及冰川区气象变化的研究显得尤为重要。72号冰川位于阿克苏地区昆马力克河源头处, 而昆马力克河是阿克苏农一师垦区用于灌溉的主要河流之一, 对该区的水文气象研究具有重要意义^[4]。

1 研究区概况

据中国冰川编目, 72号冰川(冰川目录编号: 5Y673P0072)的地理坐标为: 41°45'31" N, 79°54'26" E, 最高处和冰舌末端海拔高度介于 5 986~3 560 m 之间, 平均海拔 4 200 m, 平均长度 7.3 km, 平均宽度 0.7 km, 平均厚度 76 m, 冰储量 0.3 975 km^3 , 属于复合型山谷冰川。

托木尔峰地区处于西风带, 降水主要靠来自大西洋和北冰洋的潮湿气流补给。夏季和冬季降水量相对集中, 春秋两季降水量相对较少, 其中 5~9月份降水量约占全年的 70%, 冷季降水量约占 30%。托木尔峰南坡冰川积累区气候严寒, 降水丰沛, 年平均降水量估计在 1 000 mm 以上, 冰川末端估计在 400~600 mm, 山前平原区多年平均降水不足 80 mm (阿

克苏站)。山区丰富的降水和冰雪融水共同成为山前河流主要的补给来源^[5-8]。

2 观测方法

在 72号冰川表面海拔 3 950 m 处设立自动气象站, 气象站每 1 h 自动获取气温等各种气象数据。在距冰川末端约 1 100 m 处设立水文断面 (41°44'26" N, 79°52'28" E, 海拔 3 603.78 m), 观测冰川融水径流。水文断面流域控制面积约为 8.98 km^2 , 其中冰川面积约为 5.4 km^2 。水文断面为原始河床经过简单整理而成, 宽约 6 m, 河床比降为 0.11。东岸架设有 SWY-20 型月计式自计水位计和水尺。水文观测中, 根据河流不同深度采用不同的测流方法, 因为此次所考察的水文断面处河水深度不大, 所以测流时采用一点法, 即在各水文断面的每个测点相对水深 0.6 m 处测得流速, 测流的同时通过观读水尺记录水位。在断面旁设有人工气象观测点(图 1), 利用日计温度、湿度自计钟、标准雨量筒进行温度、湿度和降水量的观测。每日 14 h 更换温度、湿度自计纸并测量降水量。

3 水文气象特征分析

3.1 气象特征 图 2 为 2008 年 8 月 1~31 日自动气象站和水文点两处日平均温度对比图。由图 2 可知, 两处日平均气温变化趋势基本一致。8 月 1~19 日, 温度一直呈下降趋势, 8 月 19 日后又有上升趋势, 然后继续降低。分析其原因, 主要是由于 8 月 10~18 日连续性降水, 导致地表和冰面接受的太阳辐射减少, 气温急剧下降。8 月份, 水文点日平均气温最大相差 6.4℃ (最高 8.0℃, 最低 1.6℃), 自动气象站日平均气温最大相差 7.9℃ (最高 7.8℃, 最低 -0.1℃)。水文点日的平均气温基本上比自动气象站的高, 这是由于水文点海拔高度比自动气象站低, 且自动气象站架设在冰面上的

基金项目 国家自然科学基金项目 (40701035, 40631001, 40571033); 霍英东教育基金 (101019); 西北师范大学知识与科技创新工程科研骨干培育项目 (NWNNU - KJCXGC - 03 - 45)。

作者简介 金爽 (1983 -), 男, 湖北随州人, 硕士研究生, 研究方向: 冰川水文水资源方面的研究工作。

鸣谢 该研究观测得到中科院寒旱所高前兆教授指导和新疆大学魏召才协助, 在此表示衷心的感谢。

收稿日期 2009-03-17



图 1 72号冰川水文气象观测点示意

Fig 1 Schematic diagram of hydrological and automatic meteorological observation sites of the No. 72 Glacier

缘故。8月份水文点观测到的最高温度为 15.5，最低温度为 -5.1，月平均气温 5.2；冰面上自动气象站观测到的最高温度为 10.7，最低温度为 -6.8，月平均气温 3.9。纵观整个 8 月份，随着时间的推移，两处日平均气温整体呈下降趋势，这主要是由于季节更替造成的。将 72 号冰川气温与 1 号冰川的相比较，结果表明 8 月份，天山 1 号冰川水文点处月平均气温为 3.7，比 72 号冰川低 1.5。由于温度是影响冰川消融强弱的主要因素，因而可推测 72 号冰川在较高温度环境下的消融比 1 号冰川强烈。

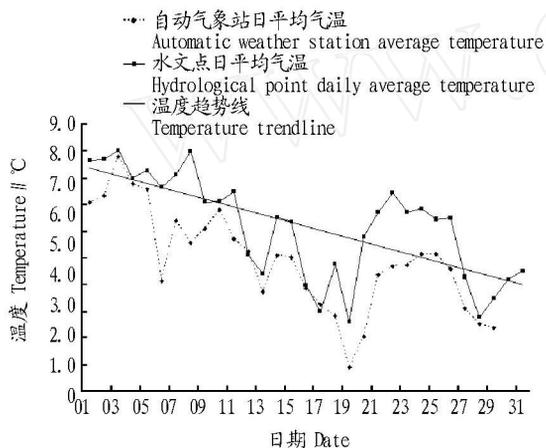


图 2 自动气象站和水文点日平均气温及变化趋势线

Fig 2 Trendline of changes of automatic weather station and hydrological point daily average temperature

从降水来看，据水文点处观测结果表明，8月份的总降水天数为 12 d，基本上为固态降水。8月 12~14 日、16~18 日出现 2 次连续降水过程，最大日降水量为 20.8 mm，月降水量 54.3 mm。同期 1 号冰川水文点处月降水量为 87.0 mm，比 72 号冰川多 16.2 mm。较少的降水使得 72 号冰川的物质积累较少，冰川退缩迅速。

3.2 水文特征

3.2.1 水位流量分析。水位变化是流量变化的反映，为了对水文断面进行流量计算，笔者对 2008 年 8 月 1~31 日内测量到的流量数据与对应水位数据进行关系拟合，得出两水文断面的水位流量关系式： $Q = 7.0995h^{3.9164}$ ($R^2 = 0.9357$)，式中， Q 为断面流量； h 为水位。

利用拟合的水位流量关系式，依据日平均水位对水文断面流量进行计算，得到断面逐日平均流量过程曲线 (图 3)。为了更好地反映冰川融水径流与冰川区气温的关系，笔者选

取架设在冰面上的自动气象站的日平均气温加以对比。从图 3 整个流量和温度变化过程曲线来看，融水径流与冰川区气温变化具有一致性，径流量与温度的相关系数为 0.73。径流量与降水有负相关关系，由图可明显看出，每次降水均使冰川径流减少，主要是因为每次降水发生时出现大幅度的降温所致。随着温度降低，高山冰川区消融量迅速大幅度地减少直到停止。同时，由于高寒山区的降水以固态降水为主，降水产流也不足以弥补由于温度降低而造成的冰川融水径流的减少量。新雪覆盖冰面，也引起冰面反射率增大，消融显著减弱，造成流量锐减。降水过程过后，气温回升，冰川表面积雪消融增强，流量又逐渐增大^[8]。

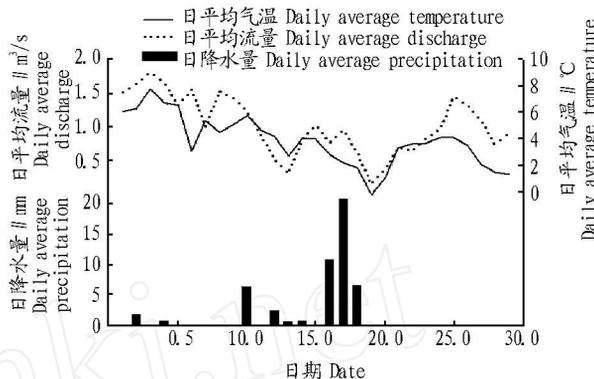


图 3 2008 年 8 月 1~29 日流量、降水量、温度变化过程

Fig 3 Changes of precipitation, discharge and temperature from 1 to 29 August, 2008

通过观测计算得出，8 月份水文点处冰川融水总径流量为 $265.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。由于水文观测点距离 72 号冰川末端约 1.1 km，冰川融水在到达水文点之前存在下渗，实地观测到下渗作用比较强烈，因此，实际冰川融水径流量应大于观测值。

3.2.2 电导率和溶解性总固体特征。2008 年 8 月 1~31 日，笔者对水文点进行了逐日定时 (14:00) 的径流量及径流电导率和溶解性总固体 (Total Dissolved Solids, TDS) 的观测和取样，用蒸馏水清洗过的塑料样品瓶采集径流水样，现场测定。样品采用奥立龙 125 A (精度 $\pm 0.5\%$) 多功能电导率测量仪进行测量，该仪器能方便快速地进行电导率和 TDS 的测量。

电导率通常代表水体中离子总量的相对大小和强度，TDS 是溶解在水里的无机盐和有机物的总称。从物理角度来看，水中溶解物越多，水的 TDS 值就越大，水的导电性也越好，其电导率值也越大；从另一个角度看，电导率和 TDS 大小的变化也反映了冰川消融的强弱程度。电导率和 TDS 越大，冰川消融就越强烈^[9]。

分析表明，8 月份 72 号冰川融水径流电导率和 TDS 变化非常大 (图 4)，电导率最大为 $203.0 \mu\text{s/cm}$ ，最小为 $81 \mu\text{s/cm}$ ，月平均值为 $137.9 \mu\text{s/cm}$ ；TDS 最大为 109 mg/L ，最小为 43 mg/L ，月平均值为 74.6 mg/L 。由图 4 可以看出，电导率和 TDS 变化具有很好的一致性，但与径流量的变化相反，呈显著负相关关系，相关系数分别为 -0.86 和 -0.88。当径流量较大时，此时冰川消融强烈，单位体积的冰川融水中的溶解物较少，电导率和 TDS 值就较小；当径流量较小时，此时冰川消融较弱，单位体积的冰川融水中的溶解物较多，电导率和 TDS 值就较大。

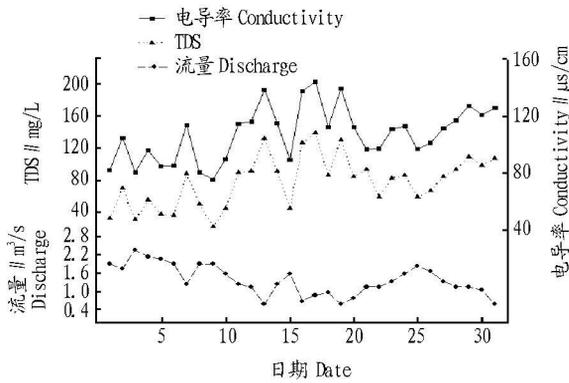


图 4 逐日定时径流量、电导率和溶解性总固体变化过程

Fig 4 Variation changes of runoff, conductivity and TDS at 14:00 P.M from 1 to 31 August, 2008

4 结论

(1) 2008年 8月 72号冰川区月平均气温 5.2℃,较同期 1号冰川高 1.5℃;月降水量 54.3 mm,较同期 1号冰川少 16.2 mm。72号冰川区相对较高的温度和较少的降水会导致其消融强烈。随着时间的推移,72号冰川区 8月份日平均气温呈下降趋势。

(2) 8月份水文点处观测的冰川融水总径流量为 265.2 × 10⁴ m³,而实际值则比观测值更大,这一方面反映了 72号冰川消融强烈,另一方面又说明冰川融水是山区河流重要的

补给水源。分析表明,气温是影响青冰滩冰川径流量的重要因素。气温的高低与径流量呈正比关系。

(3) 72号冰川径流量与径流电导率和 TDS呈显著负相关关系。相关系数分别为 -0.86和 -0.88。冰川融水径流变化影响电导率和 TDS的变化,而冰川融水径流主要受气温影响,因此,气温是影响径流量、电导率和 TDS的最终因素。

参考文献

- [1] 杨针娘. 中国冰川水资源 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1991: 53 - 110
- [2] 施雅风, 黄茂桓, 姚檀栋, 等. 中国冰川与环境——现在、过去和未来 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 34 - 53
- [3] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [4] 蒋艳, 周成虎, 程维明. 阿克苏河流域径流补给及径流变化特征分析 [J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 27 - 34
- [5] 谢昌卫, 丁永建, 刘时银, 等. 托木尔峰南麓径流变化的气候因素分析 [J]. 冰川冻土, 2005, 27(2): 269 - 275
- [6] 谢昌卫, 丁永建, 刘时银, 等. 托木尔峰南坡冰川水文特征及其对径流的影响分析 [J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 570 - 575
- [7] 康尔泗, 朱守森, 黄明敏. 托木尔峰地区的冰川水文特性 [C]// 天山托木尔峰地区的冰川与气象. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985
- [8] 宋高举, 王宁练, 陈亮, 等. 祁连山近期七一冰川融水径流特征分析 [J]. 冰川冻土, 2008, 30(2): 321 - 328
- [9] 侯书贵, 秦大河, 任贾文, 等. 天山乌鲁木齐河源 1号冰川 pH和电导率记录的现代环境过程 [J]. 冰川冻土, 1999, 21(3): 225 - 232

(上接第 8580页)

由图 6可知, 1960~2008年辽宁东部产粮区无霜期日数总体上呈增多趋势,其倾向率为 4.7 d/10a,且 20世纪 70年代中期至 80年代中期的波动幅度明显大于其他时期的变化振幅。70年代中期以前无霜期日数为 146 d, 70年代中期至 80年代中期无霜期日数为 152 d, 80年代中期以来呈快速增多趋势,近 15年无霜期日数为 164 d。初霜日延后,近 15年初霜日平均为 10月 6日,比气候平均值晚 5 d,比 60年代晚 8 d。终霜日提前,近 15年终霜日平均为 4月 25日,比气候平均值早 4 d,比 60年代早 7 d。

3 结论

(1) 近 49年辽宁东部产粮区年平均气温、生长季平均气温均呈整体上升趋势,降水量呈整体下降趋势。从气温的冷暖分期和降水量的干湿分段来看,两者存在较为明显的负相关趋势。

(2) 近 49年辽宁东部产粮区大于等于 10℃积温呈多-少-多阶段性变化;无霜期日数呈增长趋势;生长季日照时

数和最大冻土深度均呈整体下降趋势。

(3) 近 49年辽宁东部产粮区大于等于 10℃积温初日提前,终日延后;初霜日延后,终霜日提前。

参考文献

- [1] 魏凤英, 曹鸿兴. 中国、北半球和全国的气温突变分析及其趋势预测研究 [J]. 大气科学, 1995, 30(2): 140 - 148
- [2] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50年温度和降水极端事件变化 [J]. 地理学报, 2003, 58(S1): 1 - 10
- [3] 赵春雨, 刘勤明, 李晶. 辽宁省近 48年来气候变化研究 [J]. 气象, 2000, 26(5): 32 - 35
- [4] 周立宏, 宋立璞, 王洪丽, 等. 扎兰屯地区近 30年气象条件变化及与作物产量的关系 [J]. 气象, 2006, 32(8): 113 - 117
- [5] 张丹梅. 近 50年阜新地区气候变化特征分析 [J]. 气象与环境学报, 2007, 23(1): 27 - 29
- [6] 林学椿, 于淑秋. 近 40年我国气候趋势 [J]. 气象, 1990, 16(10): 45 - 53
- [7] 吉奇, 宋翼凤, 刘辉. 近 50年东北地区温度降水变化特征分析 [J]. 气象与环境学报, 2006, 22(5): 1 - 5
- [8] 阎琦, 吕晓丹, 朱宇, 等. 1951 - 2005年鞍山气候变化特征分析 [J]. 气象与环境学报, 2007, 23(6): 15 - 19
- [9] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80年来气候变化特征及形成机制 [J]. 气象学报, 2004, 62(5): 634 - 646