

文章编号: 1008 - 2786 - (2011)3 - 276 - 07

2009 年喀喇昆仑山叶尔羌河冰川阻塞湖 及冰川跃动监测

牛竞飞^{1,2}, 刘景时¹, 王 迪¹, Kenneth Hewitt³

(1. 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100085; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. Cold Regions Research Centre, Wilfrid Laurier University, Waterloo, Ontario N2L3C5, Canada)

摘 要: 在气候变化的影响下, 喀喇昆仑山叶尔羌河冰川突发洪水近几年频繁发生。2009-05-09, 利用中国环境减灾卫星(HJ-1A/1B)影像, 对叶尔羌河上游冰川突发洪水的源头进行了动态监测。在克亚吉尔冰川末端发现了冰川阻塞湖, 并监测到其不断扩大。2009-08 初该处冰川湖突然消失, 同期影像显示其消失后, 河谷中残留大量冰体, 与往年情况差异巨大。结合相关水文记录及历史资料分析认为, 极有可能是冰川末端突然前进(跃动)使冰川坝遭到破坏, 导致冰川阻塞湖泄水。由此推测克亚吉尔冰川发生了罕见跃动现象, 但需要进一步研究验证。

关键词: 喀喇昆仑山; 冰川阻塞湖; 冰川跃动; 环境一号; SPOT

中图分类号: P931.4

文献标识码: A

冰川阻塞湖(glacier-dammed lake)是由冰川末端突然前进或阻塞形成的, 一旦发生溃决, 引发洪水, 会对下游的房屋、道路桥梁等和人民的生命财产造成很大的危害。我国是世界上冰川湖突发洪水灾害发生频繁的国家之一, 发生区域集中在天山及喀喇昆仑山地区^[1-3]。喀喇昆仑山北坡叶尔羌河上游的冰川阻塞湖及其突发洪水就是典型代表, 历史上发生多次溃决洪水^[4]。

叶尔羌河冰川突发洪水源自上游克勒青河谷的冰川(克亚吉尔和特拉姆坎力)阻塞河谷形成的冰湖, 是其突然排水所致^[5]。在 20 世纪 90 年代的剧烈增温影响下, 冰川融水量增加, 冰温升高, 冰川流速加快, 使近几年冰川阻塞河道形成冰湖, 发生大冰湖溃决洪水的频率明显增加^[6]。

根据相关水文记录显示, 1997—2006 年连续出现冰湖溃决洪水。而据最新研究结果, 叶尔羌河上

游地区冰川阻塞湖冰坝升高, 规模扩大, 冰川阻塞河谷的情况将会越来越严重, 可能会产生更大规模的冰川湖突发洪水^[7]。在此背景下, 2009 年夏季我们利用中国环境减灾卫星(HJ-1A/1B)影像, 对叶尔羌河上游冰川突发洪水的源头进行了动态监测。本文结合历史资料和水文记录分析了本次监测结果。

1 研究区概况

发源于喀喇昆仑山北坡的叶尔羌河是塔里木河的源流之一, 位于新疆西南部的塔里木盆地西缘, 河流全长 1 078 km(图 1)。叶尔羌河流域地势自南向北逐渐降低, 冰川发育, 覆盖面积占流域总面积的 10.12%^[8], 是典型的冰雪融水补给河流。

叶尔羌河上游支流克勒青河谷左岸喀喇昆仑山有多处庞大山谷冰川, 其走向均为从喀喇昆仑山脉

收稿日期(Received date): 2010-11-21; 改回日期(Accepted): 2011-04-02。

基金项目(Foundation item): 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2007CB411503); 国家自然科学基金(40971047); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-310); 科技部攻关项目(2006FY110200)资助。[Supposed by National Program on Key Basic Research Project (973 Program) (2007CB411503), National Natural Science Foundation of China (40971047), Knowledge Innovation Program of the Chinese Academy of Sciences (KZCX2-YW-310) and National Key Technologies R & D Program of China (2006FY110200).]

作者简介(Biography): 牛竞飞(1986-), 男, 山东东营人, 硕士研究生, 主要从事冰川水文水资源研究。[Niu Jingfei (1986-), Male, Master degree candidate, mainly engaged in glacier hydrology and water resources.] E-mail: niujingfei@itpcas.ac.cn

北坡向下延伸至河谷,其中有5条大型山谷冰川末端进入河谷,长度和面积分别超过了20 km和100 km²(图1)。其中,特拉木坎力和克亚吉尔冰川属活动性冰川,当冰川前进时在河床上形成冰坝,进而阻断河流形成冰湖;当冰川退缩时冰湖溃决,造成叶尔羌河上游支流克勒青河大洪水。历史上,特拉木坎力和克亚吉尔特冰川末端曾因冰川前进阻塞河谷多次出现过冰湖^[9],可能为跃动冰川,但一直未有相关监测、研究资料。

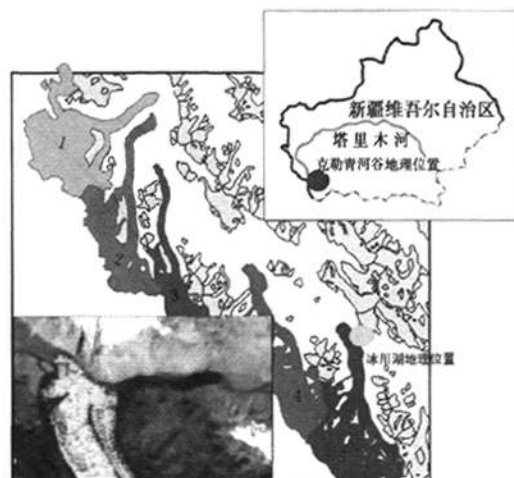


图1 克勒青河谷冰川和冰湖位置

Fig. 1 Geographic positions of the glaciers and glacier-dammed lake in the Shaksam Valley

2 数据与方法

此次监测以我国环境与减灾小卫星 HJ-1 光学卫星(HJ-1A/B)数据为主。HJ-1 光学卫星数据地面像元分辨率为30 m,其光谱范围为0.43~0.9 μm,分为4个波段,与 Landsat TM/ETM+ 的蓝、绿、红、近红波段划分基本一致。单星回访周期96 h,平均2~4 d即可获取覆盖目标区的更新影像。在及时收集可得数据的基础上,从2009-05-30发现冰湖区域蓄水开始,至2009-09-07冰川末端进入稳定期结束,共选取无云或少云的HJ-1光学卫星影像20张用于研究分析(表1)。

在 ENVI4.5 和 ArcGIS 9.2 软件平台支持下,进行图像处理及目视解译,结合1:5万地形图及已有的实测资料获得冰川阻塞湖及冰川末端的空间信息和相关属性信息。参照根据1987年考察资料绘制克亚吉尔特湖的水位面积曲线(图2),利用冰川湖的

面积和长度参数可以估测出其对应的湖水水位海拔及蓄水量,以此研究冰川阻塞湖的变化规律。遥感影像几何校正的精度控制在一个象元(±30 m)。

表1 研究中使用的 HJ-1 光学卫星影像

Table 1 The HJ-1 images used in this study

成像日期		卫星	轨道	备注
月	日			
5	30	HJ1B-CCD1	50-72	发现蓄水
	3	HJ1B-CCD1	51-72	
	4	HJ1A-CCD2	48-72	湖泊形成
6	12	HJ1A-CCD2	50-72	有云
	22	HJ1B-CCD1	47-72	
	24	HJ1A-CCD1	48-72	有云
	2	HJ1A-CCD1	50-72	有云
	4	HJ1B-CCD1	50-72	
	5	HJ1A-CCD2	48-72	有云
	7	HJ1B-CCD2	48-72	
7	8	HJ1B-CCD1	51-72	有云
	9	HJ1A-CCD2	49-72	有云
	15	HJ1B-CCD2	50-72	有云
	17	HJ1A-CCD2	51-72	
	25	HJ1A-CCD1	47-72	有云
	3	HJ1A-CCD2	46-72	湖泊水消失
	9	HJ1A-CCD2	48-72	有云
8	15	HJ1B-CCD2	49-72	
	25	HJ1A-CCD2	51-72	
9	7	HJ1B-CCD2	46-72	有云

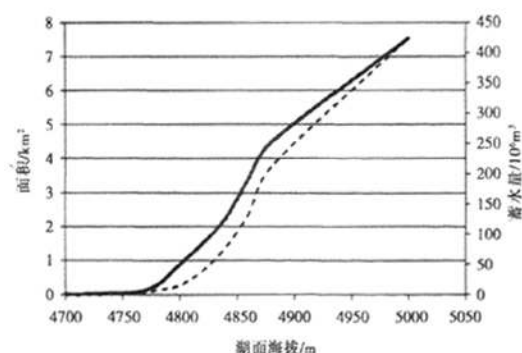


图2 克亚吉尔特湖水位(海拔)与面积(实线)、蓄水量(虚线)的关系线(据李念杰等^[9]1986年实测计算绘制)

Fig. 2 Surveyed curves of the lake level to area (real line) and volume (dotted line) changing with the lake level in 1986

3 结果与分析

3.1 遥感监测结果

图3为9期经过处理的HJ-1光学卫星影像,反映了2009年夏季克亚吉尔冰川末端河谷和冰川阻塞湖变化情况,从影像上可以清楚地看到冰湖出现(图3(a))、发展扩大(图3(b)和(c))和排水消

失(图3(d))三个阶段。

在图3(a)5月30日影像上发现克亚吉尔冰川末端的河谷内出现积水,目视判断周围为尚未融化的冰体或积雪。6月4日(见图3(b)),冰川末端河谷内积水明显增加,冰川阻塞湖形成,影像上测量长度约1.5 km(包括冻结部分),下游河谷可见流水。至6月22日(见图3(b)),冰湖长度已经超过了2.5 km,靠近冰川末端的地方也出现了融水。

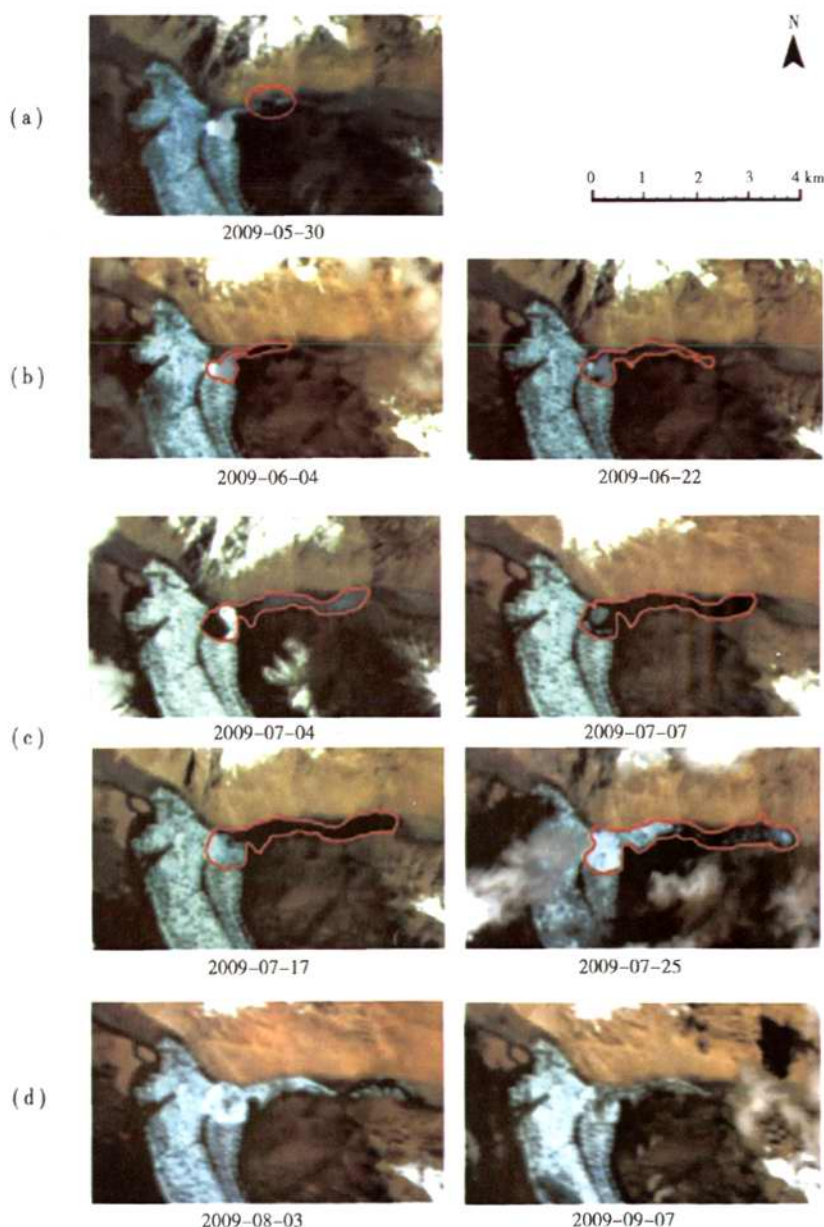


图3 2009年夏季克亚吉尔特索冰川阻塞湖的变化过程

Fig. 3 Variation process of the Kyagar Lake in summer 2009

进入7月(见图3(c)),随着周围气温进一步升高,冰湖迅速扩大。7月7日至7月17日冰湖长度增长了355 m(平均每天增长约35.5 m),面积达到了1.27 km²。至7月25日,冰湖已增长至4.3 km,面积1.67 km²,是本次监测在影像上发现的最大值。湖面上漂浮着尚未融化冰川冰块,下游河谷仍可见排水。

此后,因影像缺失,未监测到冰湖排水过程。8月3日(见图3(d)),影像上可见冰湖已经消失,湖水基本排空,但冰川末端至上游河谷约2.5 km范围内发现有大量冰体,连续铺满河谷。之后连续监测至9月7日并未发现进一步的变化(见图3(d))。

根据1987年考察绘制的1:2.5万的冰湖区地形图和水位面积曲线(图2),利用监测影像上提取的冰川湖的面积和长度参数可以估测出其对应的湖水水位海拔及蓄水量(表3)。

表3 克亚吉尔特索冰川阻塞湖的特征参数
Table 3 Geographical features of the Kyagar Lake

日期	面积 /km ²	长度 /m	海拔 /m	蓄水量 /×10 ⁶ m ³
2009-06-04	0.29	1560	4775	4.7
2009-06-22	0.59	2610	4790	13.1
2009-07-07	1.05	3435	4800	27.5
2009-07-17	1.27	3790	4810	35.4
2009-07-25	1.67	4300	4825	50.5

3.2 洪水记录分析

根据下游库鲁克栏杆水文站(76°13'E,37°44'N,海拔2 000 m)和卡群水文站(76°54'E,37°59'N,海拔1 450 m)的流量记录分析(图4),7月30日不同时间两站均观测到一次洪峰通过,最大流量分别为1 480 m³/s、1 680 m³/s,洪水历时不足24 h。根据卡群站数据推算此次洪水总量约为29.4 ×10⁶ m³,远小于估算的冰川阻塞湖的可能最大储量(50.5 ×10⁶ m³,7月25日),相差21.1 ×10⁶ m³,推测这部分水量可能仍存留在冰川湖中,与垮塌冰川冰混合,无法识别。另外,在可见克亚吉尔冰川湖蓄水的影像上,未见特拉姆坎力冰川末端蓄湖,由此可推测,此次下游水文站测得的洪水是由克亚吉尔冰川湖单独作用的结果。

3.3 与2002年的对比

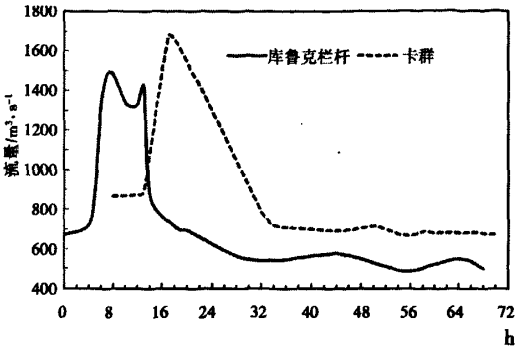


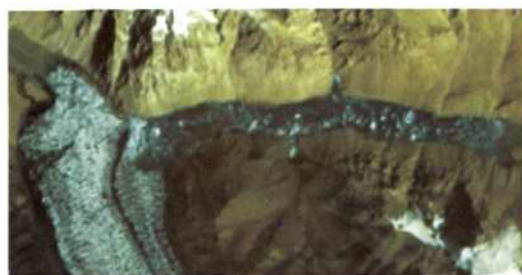
图4 2009-07-30洪水过程线
Fig. 4 Flood hydrograph during Jul 30 - Aug 1, 2009 at the station

对该地区2002年冰川突发洪水及冰川变化监测的分析结果显示,克亚吉尔湖的规模(蓄水量)较20 a前(1987年)实测增大了近一倍,冰坝升高了约35 m^[4]。依此数据推算2009年的冰川湖的规模,其长度至少可以达到6 km,蓄水量可超过110 ×10⁶ m³,是此次监测结果的2倍。冰川湖在未达到最大可能规模时即发生了排水,而且由影像上可见排水发生前,冰川末端即冰坝附近仍有大量冰体未融化(图5)。

对比2002年和2009年排水之后的影像(图6),可以发现两次排水结果存在很大差异。2002-10-12影像上可见湖水排空,河谷内仅遗留下部分冰川冰块,系崩落入湖的冰川冰块因湖水外泄而搁置在河谷内,当时气候已经进入冬季,冰块不易融化^[4]。2009-09-07影像则显示出,冰川湖排水之后仍有大量冰体留于河道内,长度范围达到了2.5 km,是该冰川湖地区首次出现此种状况。仅有崩落入湖的冰川冰块是不可能出现这种现象的,推测是冰川末端及冰川坝发生了剧烈变化,导致右侧冰流入入河谷,发生跃动。

4 原因分析

冰川跃动是冰川运动的特殊方式,物理机制复杂,冰川学上尚无明确解释。喀喇昆仑山地区,发育有大量的山地冰川,有多条冰川可能为跃动冰川^[10]。上官冬辉等曾根据冰川编目、遥感影像和历史资料,对喀喇昆仑山区北坡的典型冰川进行过监测,结果发现了克勒青河流域的两条冰川曾在1977—2000年间不同阶段发生过冰川跃动^[11]。



2002-08-09



2009-07-25

图 5 2002 年和 2009 年 (影像上可见) 最大冰湖

Fig. 5 The maximum ice-dammed lake in 2002 and 2009



2002-10-12



2009-09-07

图 6 2002 年和 2009 年冰湖排水后的冰川末端及河谷

Fig. 6 The ice-dammed lake after drainage in 2002 and 2009

此次监测的克亚吉尔冰川,从喀喇昆仑山延伸至克勒青河谷,垂直作用差极大,使冰川的不同部分存在温度差异,形成了复合多温型冰川^[12],冰舌伸入河谷,冰温较高,活动性不定。且中国冰川编目资料显示,克亚吉尔冰川的冰川作用系数(积累区面积与消融区面积之比)为 1.6,表明冰川不稳定。

通常气温升高是冰川跃动发生的诱导因素,温度的升高会影响到冰温升高,使冰川流速加快,冰川应力场也发生相应的变化,这都有利于冰川跃动的发生^[8]。

陈亚宁等^[13]根据 1958—2004 年的水文气象数据,对塔里木河源流区近 50 年来气候变化的趋势、变化特征进行检测,指出:叶尔羌河区的气温总体呈微弱上升趋势,20 世纪 90 年代气温高出多年平均水平的 0.24℃,其中秋、冬季贡献率相对较大;降水自 20 世纪 80 年代开始增多,到 1990 年代增幅达 20.7%,春、夏两季明显增多。Archer and Fowler^[14]分析喀喇昆仑山南坡 Skardu 站 100 a 降水资料显示,1990 年代以来喀喇昆仑山降水进入新的丰水

期,极大补给冰川。

克亚吉尔冰川以雪补给为主,降低的夏季气温和更多的降水将使其活动性增加,从而可能出现冰川前进,甚至跃动。

由此推测,此次监测中发现的克亚吉尔冰川末端的异常活动情况,很有可能是冰川跃动现象。其原因可能是冰坝右侧长期受到湖水浸泡和湖水侵蚀,在夏季新冰川运动波推动下冰层间发生滑动,突然应力释放而发生跃动,迫使湖水排出。另外也可能是冰川湖突然排水,下游湖水的顶托应力突然消失,导致冰川坝向右侧突然滑动,但这还需要实地考察验证。

5 结论

本文利用最新的中国环境减灾卫星(HJ-1A/1B)数据,对 2009 年夏季叶尔羌河的冰川阻塞湖进行了动态监测和分析研究。结果表明:中国环境减灾卫星时间频率高,影像更新处理快,是监测河流湖

泊水体的有效数据源;监测到冰川阻塞湖在未发展至历史最大规模时,提前发生排水,引发了洪水。极有可能是由冰川前进发生跃动导致冰坝被破坏而引起的,是首次出现。证实了喀喇昆仑山地区夏季气温降低,降水增多会导致冰川前进^[15-17]的推测。这预示叶尔羌河上游冰川变化及阻塞河谷的情况将会更加复杂,因此需要实地考察进行进一步的监测和研究。

参考文献 (References)

- [1] Cheng Gongbi. Rapid onset flood disaster due to glacier-dammed lake in Alpine area, Xinjiang Province, western China[J]. Journal of Catastrophology, 2005, 20(1): 45-49 [程功弼. 新疆高山地区冰川阻塞湖引起的突发性洪水灾害[J]. 灾害学, 2005, 20(1): 45-49]
- [2] Cheng Gongbi. Integrative research on outburst flood disaster induced by glacierdammed lake in Alpine area of Western China [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2005, 16(2): 19-23 [程功弼. 西部高山冰川阻塞湖引起的突发性洪水灾害研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(2): 19-23]
- [3] Li Jianbang, Sun Chenglin, Fan Yanqing, et al. Research on flood in the north slope of Tianshan Mountain in 1996 [J]. Xinjiang Water Resources, 1996, 94: 5-11 [李建邦, 孙成林, 樊晏清, 等. 96年天山北坡洪水灾害调查研究[J]. 新疆水利, 1996, 94: 5-11]
- [4] You Xiyao, Wang Jingrong. Floods in the Yarkant River [M]// Study on Glacier Dammed Lake Outburst Floods of Yarkant River, Karakoram Mountains. Beijing: Science Press, 1990: 25-37 [由希尧, 王景荣. 叶尔羌河的洪水[M]//喀喇昆仑山叶尔羌河冰川湖突发洪水研究. 北京: 科学出版社, 1990: 25-37]
- [5] Zhang Xiangsong, Wang Yanlong, Li Jiangfeng, et al. The cause of flash flood in the Yarkant River [M]// Study on Glacier Dammed Lake Outburst Floods of Yarkant River, Karakoram Mountains. Beijing: Science Press, 1990: 38-47 [张祥松, 王彦龙, 李江凤, 等. 叶尔羌河突发洪水成因[M]//喀喇昆仑山叶尔羌河冰川湖突发洪水研究. 北京: 科学出版社, 1990: 38-47]
- [6] Shen Yongping, Ding Yongjian, Liu Shiyin, et al. An increasing glacial lake outburst flood in Yarkant River, Karakorum in past ten years [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, 26(2): 234 [沈永平, 丁永建, 刘时银, 等. 近期气温变暖叶尔羌河冰川湖溃决洪水增加[J]. 冰川冻土, 2004, 26(2): 234]
- [7] Wang Di, Liu Jingshi, Hu Linjin, et al. Monitoring and analyzing the glacier lake outburst floods and glacier variation in the upper Yarkant River, Karakoram [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2009, 31(5): 808-814 [王迪, 刘景时, 胡林金, 等. 近期喀喇昆仑山叶尔羌河冰川阻塞湖突发洪水及冰川变化监测分析[J]. 冰川冻土, 2009, 31(5): 808-814]
- [8] Yang Huian, An Ruizhen. Yarkant River Basin (Interior Drainage Area of Tarim Basin) [M]// Glacier Inventory of China, Vol. 3, Beijing: Science Press, 1991: 3-5 [杨惠安, 安瑞珍. 叶尔羌河流域现代冰川资源及分布特征[M]//中国冰川编目(塔里木河内陆流域: 叶尔羌河流域), 第3卷. 北京: 科学出版社, 1991: 3-5]
- [9] Zhang Xiangsong, Wang Wenti, Li Nianjie, et al. The dewatering way of the Kyagar Thso Lake and the simulate calculation of the GLOF [M]// Study on Glacier Dammed Lake Outburst Floods of Yarkant River, Karakoram Mountains. Beijing: Science Press, 1990: 109-121 [张祥松, 王文梯, 李念杰, 等. 克亚吉尔特索湖的排水机制与数值模拟计算[M]//喀喇昆仑山叶尔羌河冰川湖突发洪水研究. 北京: 科学出版社, 1990: 109-121]
- [10] Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Chinese Academy of Sciences. An Introduction to the Glaciers in China [M] Beijing: Science Press, 1988: 171-186 [中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国冰川概论[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 171-186]
- [11] Shangguan Donghui, Liu Shiyin, Ding Yongjian, et al. Surging Glacier Found in Shaksam River, Karakorum Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(5): 374-375 [上官冬辉, 刘时银, 丁永建, 等. 喀喇昆仑山克勒青河谷近年来发现有跃动冰川[J]. 冰川冻土, 2005, 27(5): 374-375]
- [12] Chen Yaning. The formative law of flash flood in Yarkant River, Xinjiang [J]. Journal of Natural Disasters, 1994, 3(2): 49-54 [陈亚宁. 新疆叶尔羌河突发洪水规律研究[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(2): 49-54]
- [13] Chen Yaning, Xu Changchun, Hao Xingning, et al. Fifty-year climate change and its effect on annual runoff in the Tarim River Basin, China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2008, 30(6): 921-929 [陈亚宁, 徐长春, 郝兴明, 等. 新疆塔里木河流域近50a气候变化及其对径流的影响[J]. 冰川冻土, 2008, 30(6): 921-929]
- [14] Archer D R, Fowler H J. Spatial and temporal variations in precipitation in the upper Indus River: global teleconnections and hydrological implications [J]. Hydrology and earth science system, 2004, 8(1): 47-61
- [15] Hewitt K. Tributary glacier surges: an exceptional concentration at Panmah Glacier, Karakoram-Himalaya [J]. Journal of Glaciology, 2007, 53: 181-188
- [16] Hewitt K. The Karakoram anomaly? Glacier expansion and the 'elevation effect', Karakoram-Himalaya [J]. Mountain Research and Development, 2005, 25(4): 332-340
- [17] Iturrizaga L. Historical and recent glacier variations in the Karakoram Mountains [J]. Geophysical Research Abstracts, 2007, 9: 05470

Monitoring on Ice-dammed Lake and Related Surging Glaciers in Yarkant River, Karakorum in 2009

NIU Jingfei^{1,2}, LIU Jingshi¹, WANG Di¹, Kenneth Hewitt³

(1. Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing100085, China;

2. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing100049, China;

3. Cold Regions Research Centre, Wilfrid Laurier University, Waterloo, Ontario N2L3C5, Canada)

Abstract: Under the influence of climate and glacier changes, Glacier Lake Outburst Floods (GLOFs) occurred frequently in Yarkant River, Karakorum, China, in recent years. Using China Environment and Natural Disaster Monitoring Satellite images (HJ-1A/1B), source of floods in upstream Yarkant River was under dynamic monitoring from May to September in 2009. During this period, an expanding ice-dammed lake was found in the glacier terminus of Kyagar. However, in early August the ice-dammed lake suddenly disappeared, leaving a large number of ices in the river valley. This phenomenon is significant different from previous years. Related hydrological records and analysis of historical data show a sudden advancing of glacier terminus damaged the ice dam, leading to the leak out of ice-dammed lake. The results suggested that infrequent glacier surging occurred in Kyagar glacier, and further monitoring will be conducted near future.

Key words: Karakorum; ice-dammed lake; glacier surging; HJ-1A/1B; SPOT

封面照片说明:四川绵竹清平泥石流灾害

四川省绵竹市清平乡地处绵远河上游,位于龙门山腹心地带,属 2008-05-12 汶川 8 级地震的极重灾区,地震烈度达 X 度,由地震引起的次生山地灾害极为发育。受地震激发,在绵远河左侧支流文家沟内形成了一个巨型滑坡——文家沟滑坡,其堆积物体积约达 $5 \times 10^7 \text{ m}^3$,成为形成泥石流的松散固体物质来源。此后,在 2008—2010 年的汛期,受暴雨作用,文家沟先后暴发了 5 次大规模和特大规模的泥石流灾害,其中以 2010-08-13 的泥石流规模最大,泥石流堆积量方量大于 $300 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2010-08-13,在暴雨作用下,清平乡及其附近的绵远河支流几乎沟沟都暴发了泥石流,并且普遍规模巨大,把大量的泥沙石块倾泻至绵远河中,这当中文家沟和走马岭沟泥石流规模最大,对清平乡及绵远河的危害也最大。泥石流淤埋房屋、堵断主河、毁坏公路,清平乡地震后恢复重建起的居民住房、学校、桥梁等等,普遍遭受淤埋,导致 14 人死亡(含失踪);泥石流在绵远河河谷地带形成的巨大堆积扇相互重叠,将清平乡一带河道完全淤满,形成一个长约 3 km、宽 150~500 m 的堆积区,堆积厚度达 5~15 m,总方量约 $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。严重的泥石流灾害,再一次为受强烈地震破坏的山区安全选址重建,提出了警示!

照片为文家沟沟口 2010-08-13 泥石流堆积状况。

(嘉 益)

作者: [牛竞飞](#), [刘景时](#), [王迪](#), [Kenneth Hewitt](#), [NIU Jingfei](#), [LIU Jingshi](#), [WANG Di](#), [Kenneth Hewitt](#)

作者单位: [牛竞飞, 刘景时, 王迪, NIU Jingfei, LIU Jingshi, WANG Di \(中国科学院青藏高原研究所, 北京, 100085\)](#), [Kenneth Hewitt, Kenneth Hewitt \(Cold Regions Research Centre, Wilfrid Laurier University, Waterloo, Ontario N2L3C5, Canada\)](#)

刊名: [山地学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)

英文刊名: [JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE](#)

年, 卷(期): 2011, 29 (3)

参考文献(17条)

1. [程功弼](#) [新疆高山地区冰川阻塞湖引起的突发性洪水灾害](#) [期刊论文] - [灾害学](#) 2005 (01)
2. [程功弼](#) [西部高山冰川阻塞湖引起的突发性洪水灾害研究](#) [期刊论文] - [中国地质灾害与防治学报](#) 2005 (02)
3. [李建邦](#); [孙成林](#); [樊晏清](#) [96年天山北坡洪水灾害调查研究](#) 1996
4. [由希尧](#); [王景荣](#) [叶尔羌河的洪水](#) 1990
5. [张祥松](#); [王彦龙](#); [李江凤](#) [叶尔羌河突发洪水成因](#) 1990
6. [沈永平](#); [丁永建](#); [刘时银](#) [近期气温变暖叶尔羌河冰湖溃决洪水增加](#) [期刊论文] - [冰川冻土](#) 2004 (02)
7. [王迪](#); [刘景时](#); [胡林金](#) [近期喀喇昆仑山叶尔羌河冰川阻塞湖突发洪水及冰川变化监测分析](#) [期刊论文] - [冰川冻土](#) 2009 (05)
8. [杨惠安](#); [安瑞珍](#) [叶尔羌河流域现代冰川资源及分布特征](#) 1991
9. [张祥松](#); [王文悌](#); [李念杰](#) [克亚吉尔特索湖的排水机制与数值模拟计算](#) 1990
10. [中国科学院兰州冰川冻土研究所](#) [中国冰川概论](#) 1988
11. [上官冬辉](#); [刘时银](#); [丁永建](#) [喀喇昆仑山克勒青河谷近年来发现有跃动冰川](#) [期刊论文] - [冰川冻土](#) 2005 (05)
12. [陈亚宁](#) [新疆叶尔羌河突发洪水规律研究](#) 1994 (02)
13. [陈亚宁](#); [徐长春](#); [郝兴明](#) [新疆塔里木河流域近50a气候变化及其对径流的影响](#) [期刊论文] - [冰川冻土](#) 2008 (06)
14. [Archer D R](#); [Fowler H J](#) [Spatial and temporal variations in precipitation in the upper Indus River: global teleconnections and hydrological implications](#) 2004 (01)
15. [Hewitt K](#) [Tributary glacier surges: an exceptional concentration at Panmah Glacier, Karakoram-Himalaya](#) [外文期刊] 2007 (181)
16. [Hewitt K](#) [The Karakoram anomaly? Glacier expansion and the 'elevation effect', Karakoram-Himalaya](#) [外文期刊] 2005 (04)
17. [Iturrizaga L](#) [Historical and recent glacier variations in the Karakoram Mountains](#) 2007

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201103003.aspx