

新疆叶尔羌河冰川突发性洪水 成因调查与分析

王 景 荣

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

提 要

1984年8月30日新疆叶尔羌河爆发特大洪水,仅沿河水利工程损失50余万元,抢修费达30万元。该河在解放以来,曾先后有15次突发性洪水灾害。为此,1985年4月至1987年,新疆水利厅、中科院冰川所等单位组织了联合科考队伍,首次赴该河的源头,探索洪水的奥秘。初步查明洪水来自源头的现代冰川区,是由于冰川前进阻塞河道,形成冰坝湖、堰塞湖,其溃决酿成大洪水所致。

关键词:冰川 突发性 洪水

一、洪水危害

地处我国西部边陲的叶尔羌河是欧亚大陆腹地一条较大的内陆河流。流域范围界于北纬 $35^{\circ}27'$ 至 $38^{\circ}20'$,东经 $74^{\circ}27'$ 至 $78^{\circ}25'$ 之间,流域面积 $93\,700\text{km}^2$ 。叶河(简称)与阿克苏河及和田河汇集成塔里木河,最终流入塔克拉玛干沙漠东缘的台特马湖。叶河由上述3条河的汇合口至河源主流长达996km。在新疆境内的河流中排行第3,叶河流域居住着12个民族,130多万人口。

叶河灌区是我国目前除安徽省的淮河及四川省都江堰以外的第3大灌区,总灌溉面积530万亩,预计可开发的面积有1 000万亩。但是,由于叶河径流量在年内分配悬殊的特点及其冰川突发性洪水的危害,严重的阻碍了灌区的发展和人民生命财产的安全。例如:1961年9月4日的特大洪水将叶尔羌河大桥冲毁,造成直接经济损失100万元;1982年8月间,叶河每秒 $1\,000\text{m}^3$ 以上的洪峰流量持续达19天引起叶河主河道漫溢、水流改道,导致下游引水工程的十大龙口引不上水,当年仅用于引龙口的防洪工程费耗资达300万元;1984年8月30日,叶河出现 $4\,570\text{m}^3/\text{s}$ 的洪峰流量,将正在兴建的卡群引水枢纽工程部分设备、器材冲走,正在施工中的输沙枢纽的进水闸门钢筋混凝土基础被冲坏还险些造成人员伤亡的重大事故,这次水利工程损失50万元,抢修费花去30万元。要解决危害问题,必须首先查明叶河冰川突发性洪水的原因,进而开展监测和预报研究,对叶尔羌河流域的治理和开发,有重大的现实意义。

二、洪水的历史与特点

叶河发源于喀喇昆仑山脉,是一条以高山冰川和积雪消融补给水源为主的河流。据统计河源区共有大小3 059条现代冰川(见表1)。冰川总面积为 $5\,925\text{km}^2$,折合水储量为 $6\,160\text{亿m}^3$ 。

叶河干流在历史上曾多次爆发大洪水,据喀什水文资源勘测大队1962年调查资料(见表2)。建国以来,1959年至1986年的27年间,叶河共爆发大洪水15次(见表3)。不难看出,叶河洪水均发生在夏秋季节。其中,最大洪峰量 $6\,270\text{m}^3/\text{s}$,该值超过正常年份洪峰流量的5倍。在同一年份里,叶河的洪水季节与枯水期的流量值最大相差200倍以上,充分显示了由冰雪消融补给型径流的特

表1 叶河流域现代冰川分布统计表

支流名称	冰川条数	冰川面积 (km ²)	冰川储量 (亿m ³)
塔什库尔干河	668	862.45	534.084
提孜拉甫河等	370	350.67	220.272
叶河干流下游右岸	250	292.49	178.073
叶河干流下游左岸	149	138.02	72.572
叶河上游	1 075	1 702.67	1 544.350
克勒青河	547	2 578.55	4 294.406
合 计	3 059	5 924.85	6 844.757

表2 叶河干流历史洪水调查表

调查地点	调查时间	洪水爆发日期	洪峰流量(m ³ /s)	可靠程度
库鲁克拦干	1962.7	1890.6	6 280	较 可 靠
库鲁克拦干	1962.7	1932.8	2 580	较 可 靠
库鲁克拦干	1962.7	1937.7	5 530	较 可 靠
库鲁克拦干	1962.7	1948.1	1 290	较 可 靠
卡 群	1962.7	1880.9	940	较 可 靠
卡 群	1962.7	1897.6	5 120	可 靠
卡 群	1962.7	1917.1	3 000	偏 大
卡 群	1962.7	1932.9	3 920	可 靠

点。

叶河冰川突发性洪水的最大特点是：洪峰起涨迅速涨率大、洪峰过程短、呈单峰型，起落历时最长达32h，最短12h。洪峰流量相当于年平均径流量的10倍左右，而流量值只占年总径流量的1%~2%，每年洪水期集中在6~9月间，其间的径流总量占全年总径流量的80%。

三、洪水调查

叶河上游从海拔3 120m的伊力克处，分作两大支流，一条为叶河主流，另一条称克勒青河。据喀什水文总站参加过叶河洪水调查的同志证实，叶河大洪水主要来自克勒青河。为此，1985年4日新疆水利厅和冰川研究所联合科学考察队，首次深入克勒青河谷地，开展冰川洪水的调查。当时正值1984年8月叶河特大洪水发生后的枯水期，所以，各种洪水痕迹十分清晰。

首先，我们在克勒青河谷地的土布拉克温泉附近的河滩上，多处发现被洪水冲淹而迄今仍然倒伏和枝梢间挂满了絮状浮游生物的红柳丛。有几处大红柳滩的上游边缘，常看到被河卵石掩埋呈“矛”状的堆积地形，被洪水冲倒的红柳依然还活着。在河岸边及红柳丛边缘地带，常见到被大洪水携带来的松树及根系枯体。

表3 叶尔羌河1959~1986年突发性洪水统计表

序号	起 讫 时 间 (年、月、日、时)	起始流量 (m^3/s)	卡群站洪峰流量 (m^3/s)	洪水类型	拦杆站洪峰流量 (m^3/s)
1	1959.8.29.10:00~8.30.20:00	806	2 460	溃决	2 570
2	1961.9.4.4:00~9.5.3:00	806	6 270	溃决	6 670
3	1963.6.24.4.00~6.25.6:00	280	1 690		1 900
4	1963.9.16.13:00~9.17.20:00	208	1 320		1 120
5	1964.9.6.8:00~9.7.7:00	400	2 450	溃决	2 380
6	1965.8.21.15:00~8.22.10:00	463	1 770		1 730
7	1968.8.10.12:00~8.11.0:00	1 080	3 150	溃决+消融	
8	1970.7.28.10:00~7.29.8:00	401	828		889
9	1971.8.2.14:00~8.3.8:00	2 000	4 570		4 740
10	1978.9.6.0:00~9.7.8:00	430	4 700	溃决+降水	4 890
11	1980.10.20.14:00~10.21.2:00	180	802	溃决	973
12	1982.11.16.11:00~11.17.8:00	76	856	溃决	1 530
13	1983.10.28.23:00~10.29.20:00		854	溃决	1 180
14	1984.8.30.22:00~8.31.18:00	1 100	4 570	溃决	4 940
15	1986.8.14.16:00~8.15.4:00	688	2 130		

由土布拉克温泉至特拉木坎力冰川长达50km的河段上,岸壁上断断续续存在明显的三级洪痕。温泉附近的岸壁主要由河流相的沙砾土组成,洪痕较模糊,发现的最低一级洪痕线高出河床1.4~1.76m,中间一级高2.91~3.5m,最高一级洪痕高6.8m。这里的河床宽度为992~1 076m。迦雪布鲁姆冰川对岸基岩陡壁上的洪痕高度为6.7m,此处河宽500m。斯坦格尔峡谷段的洪痕平均高出河床9.6m,河谷宽只有175m。进入萨克斯干姆河段后,右岸洪痕连续而清晰,共有两条灰白色的条带状洪痕,最高的一条洪带宽1.1m,高出河床5.34m,低一级洪带宽0.8m,高出河床1.75m,这里河宽531m。到达特拉木坎力冰川末端,河宽104m,洪水位高达15.8m。通过分析鉴别并与卡群水文站实测流量建立关系,最后确认温泉附近的2.91~3.5m洪痕、斯坦格尔冰川末端基岩峡谷段的一组洪痕、萨克斯干姆河段的5.34m洪带及特拉木坎力冰川末端的15.8m洪痕为1984年8月30日特大洪水的痕迹。

除此而外,克勒青河发源地的12条大冰川的存在和变化,以及由于冰川前进堵塞河谷而形成的冰坝湖、堰塞湖;另外还有侧碛湖、冰表面湖等,它们的溃决排水将形成突发性洪水,只是规模大小不一而已(见图1)。

实地考察中,我们首先注意到1976年航测的地形图上,位于迦雪布鲁姆冰舌末端伸向河谷下游方向的一条长1km、高40余m的冰碛垅消失了,冰舌前缘是陡立的冰崖,看来是上游大洪水冲刷作用的结果。另据新疆地质局1971年7月初在此搞调绘工作的同志反映,该冰川前缘的海拔4 181m处的克勒青河河谷宽度仅几米,而当8月2日卡群水文站观测到4 570 m^3/s 的洪峰后,这



图1 克勒青河12条冰川示意图

里河宽已变为800m。毋庸置疑是这场大洪水所致。

因受地形影响,斯坦格尔冰川末端的克勒青河河谷是以长1 km,平均宽170m的一条基岩峡谷形式穿过。由于过水断面的骤然收缩,上一年发生的大洪水在这里涌浪,冲刷作用尤为强烈,凸岸一侧的岩壁崩塌严重。峡谷下游出口处以下,巨石累累。此处的洪水位高达9.5m。

特拉木坎力冰川发育有3条大冰溜,其前缘已越过河谷抵达对岸,萨克斯干姆河被拦腰截断,约4 km长的河段成为冰坝区,其中向下游的2 km河段,宽为4.4m至110m的峡谷——“一线天”右岸是高入云端的基岩峭壁,左岸是高低起伏、平均高约40m的连座冰塔。谷中堆积着大量崩塌下来的冰川冰块,体积大到几百立方米,小到几立方厘米,考察行军十分艰难。峡谷尽头是一个长100m,宽9 m,高15m的冰洞,奇特之处在于洞壁是灰岩,洞顶为起伏压盖在上面的冰川,出口向上游500m则是连座冰塔构成的冰坝,有数层,累计堵塞距离为2 km。而上游融水是由底部渗出下泄的,当时可见水量约 $1.5\text{ m}^3/\text{s}$ 。可见萨克斯干姆河由此至克亚吉尔冰川之间长达20km的河段是一个封闭的谷地。

此外,特拉木坎力冰川末端左侧,外层冰溜与内侧冰溜之间有一个长1 200m,宽500m的侧冰溜湖;与其相邻,在内、中两条侧冰溜之间,有一长100m、宽30m的湖;在中、外两侧冰溜之间也存在一个小冰溜。目前它们都已溃决,其溃决口的尺寸分别为 $27\text{ m} \times 8\text{ m}$ 、 $16\text{ m} \times 12\text{ m}$ 、 $4.5\text{ m} \times 2.8\text{ m}$ 。我们还发现一个充满水的冰表面湖,位置在中冰溜的下方,长150m、宽50m。湖水正不断地外溢。沿冰川左侧冰溜上行,在山坡坡脚与外侧冰溜之间,存在两个阶梯状的冰湖,上面有一个较小,面积只有 $3\,000\text{ m}^2$,下面的一个较大,湖形呈仿锤状,长300m平均宽80m,湖底及四周土质疏松而潮湿,湖水由下端一个直径2 m的洞穴泄漏恰尽湖水位十分清楚,高出湖

底15m，总蓄水量为36万 m^3 。

考察期间还目睹了两次冰内突然排水现象，例如：5月16日，早9时至下午4时30分，历时7.5h，总排水量初算有4万多 m^3 。

上述这些小冰湖溃决或冰内、冰下的洞穴排水规模都不大，似乎不会引起叶河发生大洪水。但是，积少成多，机遇和叠加的因素不可忽视。

总结分析近60年来，中外学者的科考、访问和有关的航测资料表明，叶河突发性洪水的爆发与间歇，与克亚吉尔冰湖的存在和演变有着极为密切的关系，关于该冰湖的演变情况详见表4。

表4 克亚吉尔特索冰湖60年变化情况表

时 间 (年 月 日)	冰 湖 长 度 (km)	容 水 量 (亿 m^3)	考察者或单位 (资料来源)
1926.7	6.0	1.03	k.Mason (1927)
1926.8 (底)	8.05	1.66	k.Mason (1927)
1929.7	未测		A.Desio (1930)
1935	未测		visser ph.c 夫妇
1938	未测		E.shipton
1944	2.3	0.28	估 算
1971.9	未测		访 问
1976.10	未测		航 片
1978.7	3.3	0.15	新疆军区106部队1:5万图
1978.7.18	6.5	4.62	K.Hewitt (1982) (1978.7.18.卫片)
1986.7.25	3.35	0.16	本 队
历史上可能出现的最大	4.48	3.18	本队资料演算

据1986年7月18日至27日，本队实测资料表明，克亚吉尔特索湖的长度为3.6km，平均宽度299m，最大水深57m，湖区水表面积1.08 km^2 ，库容为0.24亿 m^3 。该湖属冰川堰塞湖，冰坝厚度1.1km。考察正值冰川消融旺季，在观测期的5天中湖水位共计上升6.18m。其中一日最大水位升高值1.5m。日平均进入湖区水量为每秒20 m^3 。因湖底下渗、冰坝底部排水严重，平均日排出水量为8.8 m^3/s 。所以该湖每天的净储水量只有总入库水量的56%（湖面蒸发作用不计）。

考察发现，克亚吉尔冰湖在历史上共留下134条水位痕迹线，它标志着该湖每次溃决前的水位，其中最高一条水位的海拔高度为4 897m，而考察时最低过水线标高为4 829m。这134条水位线分别代表着一个相应的库容。依据获得的资料分析，并计算出该湖历史极限蓄水量为3.2亿 m^3 。若此时发生溃决，那么卡群水文站将出现9 090 m^3/s 的特大洪峰流量。

由此可见，克勒青河发源地巨大的现代冰川存在、冰川的运动和消融，以及克亚吉尔特索湖的溃决演变，直接关系到叶河突发性洪水的发生发展。因而我们初步断定这里是叶河突发洪水的策源地。

四、洪水计算

通过对克勒青河上源冰川、冰湖的考察工作,及其对历史洪水痕迹的调查与鉴别,初步探明了叶河突发性洪水的来龙去脉。以下就1984年8月30日叶河特大洪水爆发后,由克勒青河海拔4 060m处的土布拉克温泉至萨克斯干姆河海拔4 500m处的特拉木坎力冰川长达52km河段所获取的洪痕及实测的11个水文断面资料,并参照地形特点,分别选用了平均比降法和卡口、急滩流量公式进行了计算,其结果见表5。

表5 洪水计算结果表

实测断面所在地名称	海拔高度 (m)	相邻断面间距 (km)	洪峰流量值 (m^3/s)	每公里平均流量损失 (m^3/s)
特拉木坎力冰川末端	4 550	5	10 629.3	151.2
萨克斯干姆河段Ⅰ号	4 500	12	9 873.5	172.3
萨克斯干姆河段Ⅱ号	4 440	2	7 806.3	526.6
斯坦格爾冰川末端	4 430	33	6 753.2	17.7
克勒青河土布拉克温泉	4 060	291	6 170.6	4.2
库鲁克栏杆水文站	1 850	112	4 940.0	3.3
卡群水文站	1 420		4 570.0	

由上述分析,不难看出,叶尔羌河大规模突发性洪水的策源地就是克勒青河上游的现代冰川分布区。冰川前进阻塞河道形成冰坝湖、堰塞湖等,它们突然崩溃导致了大洪水的发生;冰川消融、冰川内部及冰下突然排水,及其冰川表面湖、侧碛湖的溃决都是洪水形成的组成部分。

注:一起参加洪水调查的主要成员有:张湘松、由希尧、米德生、钱蓄林、康建成、凯色尔、张树铭、沙特尔、马力等同志,在此致谢。

The contributing factor investigation and analysis of glaciologicae sudden flood in Yeerqiang River in Xinjiang

Wang Jingrong

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology Academia Sinica)

Abstract

There was a catastrophic flood in Yeerqiang river of Xinjiang in Aug. 30, 1984, which lost about 500,000 yuan on damage water conservancy projects along the river and cost 300,000 yuan for rush repairing. Since 1949, there had been 15 times of suddenly flood. The first investigation of flood had been carried out in the source of the river by a united team of department of water conservancy of Xinjiang and Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica etc. It was found that the flood, coming from the modern glacier area of the source, was caused by breaking of ice-dam and coffer-dam lakes formed by blocking of river with glacier movement.

Key words: Glacier sudden flood