

冰川洪水的某些特征

——以新疆地区河流为例

赖祖铭

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

在现代冰川区,常有冰川洪水暴发,影响国家建设。对其加以研究,对于山区经济建设是十分必要的。据现有资料,我国的冰川洪水主要发生在新疆的西昆仑山、喀喇昆仑山及中国天山西部地区,藏南地区也频繁发生。根据其成因可分成两种类型:冰湖溃决型和冰川融水型。

一、冰湖溃决型洪水

1. 一般特征

冰川暴发洪水最典型的例子是1922年和1934年在冰岛发生的冰湖溃决型洪水,洪峰流量达到约5000立方米/秒^[1]。我国1961年9月在叶尔羌河出现的冰湖溃决型洪水,从起涨到落平仅23小时,洪峰流量高达6270立方米/秒。虽然洪水总量(割去基流)只有1.5亿立方米,但因系后发洪水,故对下游水库造成严重威胁^[1]。

常见的这类洪水一般与气象条件无直接关系。冰湖常常是由于一条不稳定的冰川周期性的快速向前推进,堵塞湖泊出口或河道而形成的,具有这种运动特性的冰川叫做跃动冰川。据Desio教授报道,1953年喀喇昆仑山的 Kutiah 冰川以每天 113 米的速度前进^[2]。冰川的快速前进必然造成湖泊或河道的堵塞。

冰湖可以有几种不同的贮水形式,一种是支流为主流冰所堵塞,另一种是主流为支流冰所堵塞。这两种堵塞都可形成冰湖,后者比前者的情况更为严重。此外还有冰内、冰下储水洞。

当堵塞冰川具有周期性地向前推进时,其冰湖溃决型洪水的暴发就可能相应显示出周期性特征。但是,在更多的情况下没有周期性。

冰湖溃决的原因,一般是由于渗漏的水逐渐扩大出流沟槽所致。一旦小股水流找到穿过冰坝的路线,它就会以越来越大的速度扩大沟槽直到整个坝体崩塌^[3]。反映在流量过程线上,就是起涨初期比较平缓,之后逐渐变陡直到顶峰,洪峰过后迅猛退落。这是因为坝垮后水体通过河道直接排放,它不需经过坡地漫流阶段(汇流过程)。因此,退水很快典型的冰湖溃决型洪水特点之一。如果它们在时间上和别的洪水重叠,那么就

1) 新疆维吾尔自治区喀什地区水文手册,喀什地区水电局水文分站编印,1979年10月。

可能发生洪水遭遇〔4〕。在夏秋季节发生的冰湖溃决型洪水是有可能和融水洪水或暴雨洪水相重叠的。1971年8月2日叶尔羌河发生的大洪水(卡群站洪峰流量4570立方米/秒),便是冰湖溃决洪水和融水洪水重叠的结果。当同一个流域内有很多冰湖存在时,也有两个或更多的冰坝同时崩塌泄水的可能,或者上游的冰湖溃决引起下游的冰湖溃决,发生洪水的相互叠加。这种组合洪水的过程线形状往往不像典型的冰湖溃决型洪水过程线,它们的退水要慢得多。叶尔羌河1961年9月4日的冰湖溃决型洪水很可能就是这种情况。

冰湖溃决型洪水的另一特点是,在它暴发期间完全破坏了冰雪融水补给型河流所具有的流量日变化规律〔5〕,表现为瞬时流量过程线和日平均流量过程线的形状完全一致(图1a),这和融水型、暴雨型洪水截然不同。融水型洪水日变化不受破坏,每天最大值和最小值出现的时间基本不变,随着气温升高,流量逐渐增大(图1b)。暴雨型

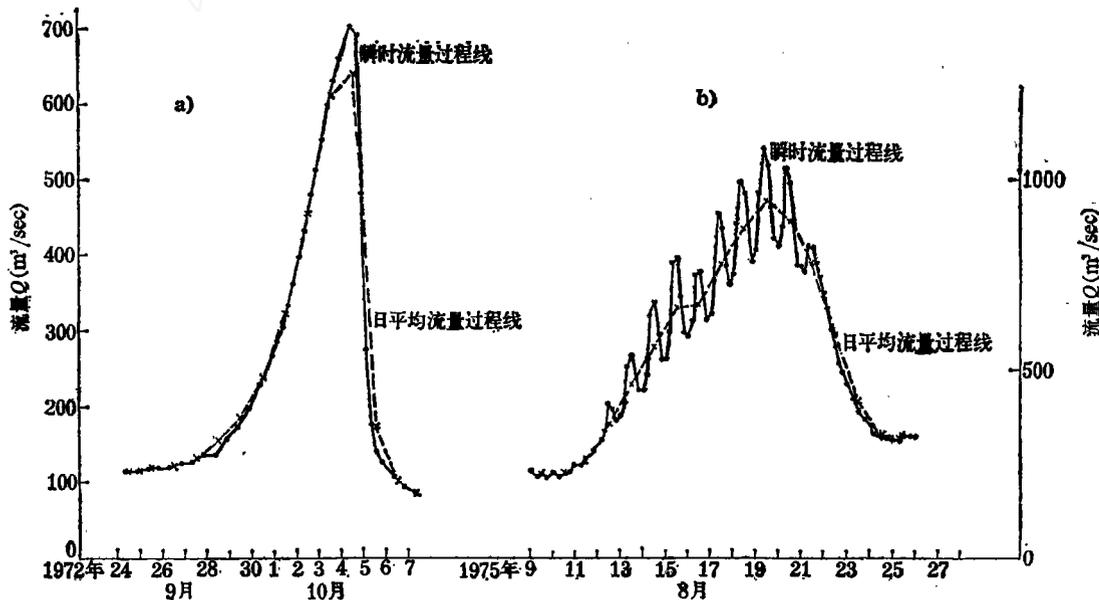


图1 昆马力克河两种冰川洪水的瞬时流量过程线和日平均流量过程线

Fig.1. Discharge hydrograph of glacial flood, instantaneously and daily, in Kunmalike River

a. 冰湖溃决型洪水; b. 冰川融水型洪水

洪水出现的时间、强度与暴雨出现的时间、强度相对应。

冰湖溃决型洪水的数量级大小不等,洪峰流量比一般洪水大3—5倍,最大的甚至大到10倍左右。其频率,大的可达100年一遇,小的仅在流量过程线上表现出可以辨认的小洪水。

2. 新疆的冰湖溃决型洪水

我国的叶尔羌河常有冰湖溃决型洪水发生,其原因是上游支流源头有跃动冰川,这

些冰川以不同的速度前进, 常常堵塞河道形成冰湖。近十年来天山北坡的四棵树河上游常有冬季洪水发生, 其洪峰流量大大超过了夏季洪水。由表 1 可知, 这些洪水多发生在晚秋—冬季, 此时山区气温降低, 降水以固态为主, 且据实测资料分析, 峰前无降水发生。故推测, 它们是冰湖溃决所造成的。

表 1 冰湖溃决型洪水特征值

Table 1. Characteristic values of the flood due to the burst of glacier lake

洪水出现日期	河流	测站	洪水要素			Q_m/\bar{Q}_m
			$Q_m(\text{m}^3/\text{sec})$	$W(10^8\text{m}^3)$	$P(\%)$	
1972.1.9	四棵树河	吉勒德	321	0.0205	1.00	3.80
1970.11.28			131	0.0050	10.00	1.60
1975.12.8			125	0.0018	15.00	1.50
1956.9.3	昆马力克河	协合拉	1900	3.3057	2.00	1.70
1957.9.7			1210	1.7100	33.00	1.05
1958.11.27			448	1.6736	99.99	0.39
1959.9.19			1120	2.2170	45.00	0.98
1964.9.28			617	1.1292	99.90	0.54
1972.10.4			703	1.6550	98.50	0.61
1961.9.4	叶尔羌河	卡群	6270	1.5028	2.00	3.00
1971.8.2			4570	0.7612	5.00	2.20

注: 1) Q_m ——洪峰流量; \bar{Q}_m ——年最大洪峰流量多年平均值; W ——洪水总量; P ——洪水频率。

2) 峰前降水系根据本站及邻近各站降水情况来推断的。

此外, 昆马力克河上游有不少高山冰川湖泊, 麦茨巴赫湖(位于苏联境内)就是其中最大的一个湖。这是一个典型的高山冰川湖, 湖面上常常漂浮着从汗腾格里冰川(上游在我国境内, 下游在苏联境内, 称南伊内里切克冰川)和北伊内里切克冰川(在苏联境内)崩落下来的巨大冰块, 形成一座座小冰山。由于该湖的南岸是由冰川冰所构成, 每年夏天由于冰川运动造成裂隙, 湖水就要溢出南岸顺着汗腾格里冰川的表面和裂隙流出, 引起伊内里切克河(昆马力克河上游支流)泛滥。湖岸每年溃决的时间一般是 8 月下旬至 10 月上旬, 通常历时 10 天左右, 这时河床宽达 200—300 米, 水位升高了 3—4 米, 汹涌的急流带着冰块猛冲下来, 在我国境内的昆马力克河形成巨大的洪峰。这时湖水也往往外泻一空, 露出湖底。这种冰川湖泊在我国喀喇昆仑山区的大冰川上也是常见的, 这些地区出现的秋季洪水往往是这种高山冰川湖溃决所引起的¹⁾。

1) 由谢自楚等提供。

二、冰川融水型洪水

冰川融水型洪水实际上是季节洪水，在夏季持续的高温天气下，由于冰川强烈消融而发生。因此，只有上游冰川规模大的河流才有发生这种洪水的可能性。我国较大的冰川融水型洪水主要发生在喀喇昆仑山、西昆仑山的叶尔羌河、提孜那甫河、喀拉喀什河、玉龙喀什河以及天山南坡的昆马力克河、木扎提河、台兰河。此外还有天山北坡的四棵树河、八音沟河、金沟河、玛纳斯河等夏季也有中小规模的融水型洪水发生。

冰川融水型洪水的天气形势，一般是“新疆脊”控制下的晴朗天气。所谓“新疆脊”，乃是西风带中槽脊的变化和西藏高压北挺的共同作用而形成的。其高压中心位于西藏高原和南疆上空，呈南北向或东北—西南向的暖高压脊，有时出现闭合高压中心¹⁾。这种暖高压脊造成新疆地区持续的晴朗天气，促使高山冰雪强烈消融形成洪水。因此，在这种天气形势控制下所形成的洪水往往是地区性的，不会仅仅在一条河流出现。例如，1958年7月中旬，1973年7月中旬，1975年7月中旬等在冰川集中的托木尔峰地区，天山北坡玛纳斯到四棵树一带都出现了冰川融水型洪水（表2）。

表2 1973年7月16—17日新疆冰川融水型洪水出现情况

Table 2. Situation of the flood due to glacier ablation occurred in Xinjiang, 16—17, July 1973

河 流	测 站	洪 水 流 量		附近气象台、站最高气温		
		Qm(m ³ /sec)	P(%)	站 名	测站高程(m)	T(°C)
托什干河	沙里桂兰克	597	40.0	巴 楚	1116	41.2
昆马力克河	协 合 拉	1280	27.0	阿 克 苏	1104	38.1
台 兰 河	台 兰	196	36.0	温 宿	1132	36.8
木扎提河	阿 合 布 隆	353	25.0	"	"	"
卡木斯浪河	卡 木 鲁 克	149	90.0	拜 城	1229	35.5
四棵树河	吉 勒 德	49.6	67.0	克拉玛依	427	40.0
奎 屯 河	奎 屯 大 桥	138	20.0	"	"	"
八音沟河	黑 山 头	63.6	90.0	安 集 海	500	38.5
金 沟 河	红 山 头	80.8	72.0	"	"	"
玛纳斯河	肯 斯 瓦 特	234	90.0	石 河 子	443	39.8

注：Qm——洪峰流量，P——洪峰频率。

分析木扎提河发现，融水型洪水整个过程与气温有较好的对应关系，融水型洪水总量 Wg ，洪水历时 T 与相应于该流域冰川消融区高度上的气温增量 Δt_{em} 的平均值有较好的相关关系（图2）。回归计算结果，复相关系数 $R = 0.925$ （样本个数 $n = 20$ ），回

1) 杨针娘等，天山北坡中段洪水分析，1965年。

归方程式为:

$$Wg = 0.067\Delta t_{em} + 0.071T - 0.437.$$

式中: Wg ——洪水总量(亿立方米);

Δt_{em} ——库车700mb气温平均增量($^{\circ}\text{C}$);

T ——洪水历时(天)。

应该指出的是,采用相应于冰川消融区高度上的高空气温比用其它高度上的气温更好。木扎提河上游的托木尔冰川最低高度在3000米左右,故消融区高度与高空700—600mb上的高度相近。

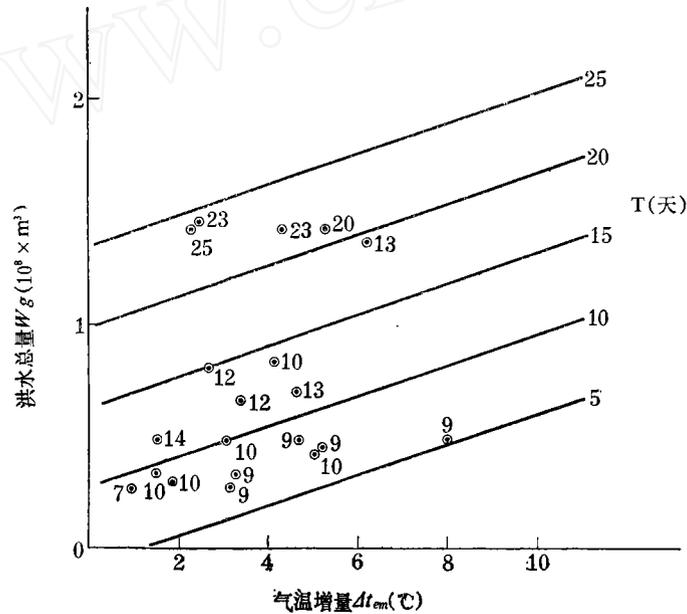


图2 木扎提河 $Wg - \Delta t_{em} - T$ 关系

Fig. 2. $Wg - \Delta t_{em} - T$ curve in Muzat River

融水型洪水涨落缓慢,量大峰不高,过程线肥胖,持续时间长,有时一次过程长达一个月以上。例如,叶尔羌河1973年融水过程连续60天之久,洪峰流量虽然只有2220立方米/秒,但总量竟达55亿立方米左右,占年总量的62.5%¹⁾。此外,季、日变化相当明显,洪水集中出现在夏季,日变化的规律在洪水发生期间仍然保持不变。

分析上述两种冰川洪水过程线的涨落变化发现:冰湖溃决型洪水起涨段前期平缓,后期陡峭,其陡峭程度不亚于暴雨洪水。冰湖溃决型洪水的涨落水线有一个约大于 35° 的夹角(图3),而冰川融水型洪水的涨落水线则几乎平行(图4)。夹角的大小反映出涨落水的急剧程度。分析涨水系数 a 和退水系数 b (图3)之间的关系,发现冰湖溃决型洪水和冰川融水型洪水二者之间有明显的区别。后者变化幅度小, a 和 b 都不超过2;而前者 a 和 b 都较大, b 的变化幅度更大。这说明由于冰坝位置不同,及洪水遭遇的情况和程度不同,其溃坝洪水过程线有很大差异。图5中的两条 $a-b$ 线分别代表冰川

1) 新疆维吾尔自治区喀什地区水文手册,喀什地区水电局水文分站编印,1979年10月。

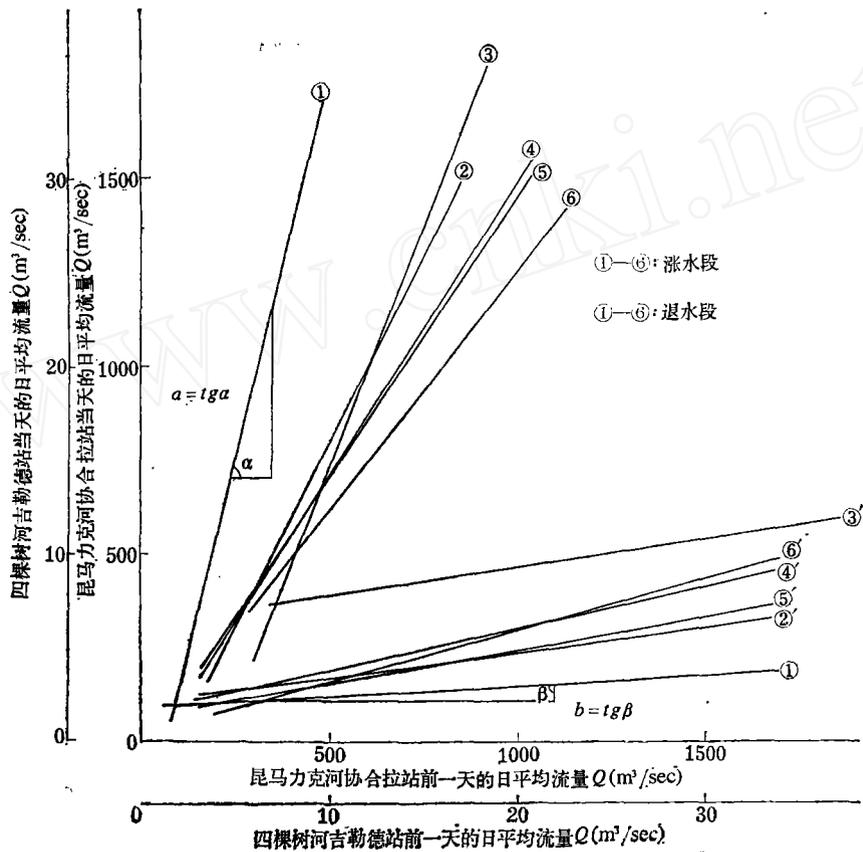


图3 冰湖溃决型洪水的涨、退水变化

Fig. 3. The rise and recession of the flood due to the burst of glacier lake

①、①'：古勒德站1972年1月9日；②、②'：协合拉站（下同）1957年9月7日；③、③'：1956年9月3日；④、④'：1964年9月28日；⑤、⑤'：1972年10月4日；⑥、⑥'：1958年11月28日

融水型洪水和冰湖溃决型洪水的涨落水系数之间的关系，反映了两种冰川洪水的不同特性。

目前，我国的冰川虽然多数发生在远离人类活动的地区。但随着生产的发展，冰川洪水尤其是冰湖溃决型洪水必然会引起人们的广泛重视。因此，进一步研究其发生规律，探索其预测方法，对今后充分利用冰雪水资源，确保工农业生产及交通安全将是十分重要的。

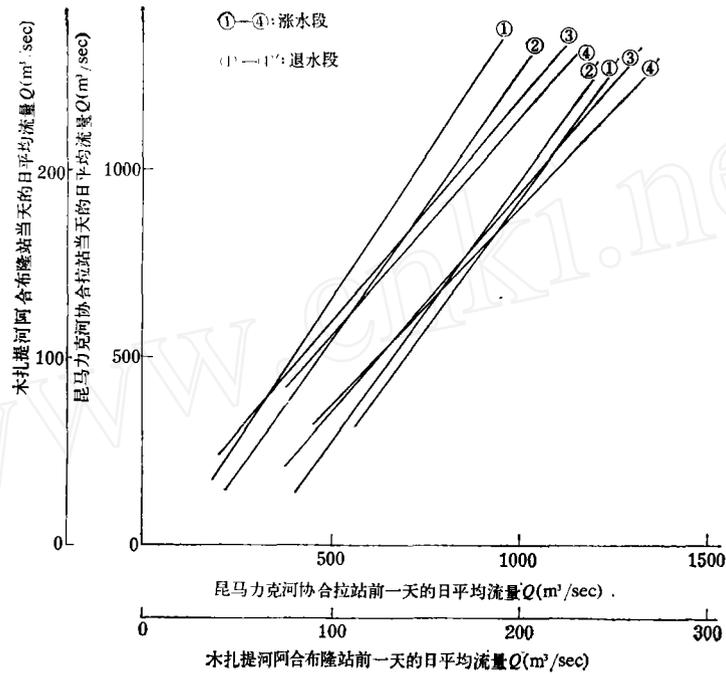


图 4 冰川融水型洪水的涨、退变化

Fig. 4. The rise and recession of the floods due to glacier ablation

①、①'：协合拉站（下同）1973年7月17日；②、②'：1973年8月3日；③、③'：1975年8月19日；④、④'：阿合布隆站1965年8月2日

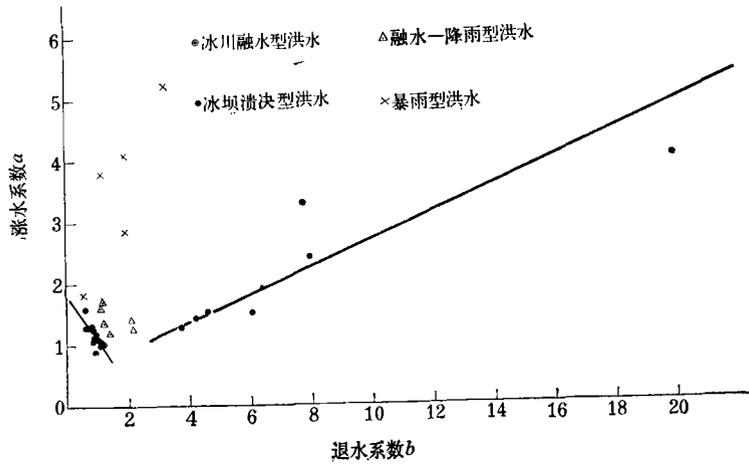


图 5 两种冰川洪水的 a—b 关系曲线

Fig. 5. a—b relation curves of two glacial floods

参 考 文 献

- [1] Jennings, J.N., 1958, Correspondence, Ice Action on Lakes, *J.Glacial*, Vol. 3, No.23.
- [2] 转引自Thorarinsson, S.,1953, Some New Aspects of the Grimsvötn Problem,*J.Glacial*, Vol.2. No.14,PP.267—275.
- [3] Meier, M.F.,1964, Ice and Glaciers, Handbook of Applied Hydrology (ed.V.T.Chow), McGraw-Hill, New York, PP.16—32.
- [4] Young, G.J., 1980, Monitoring Glacier Outburst Floods,Nordic Hydrology, PP.285—300.
- [5] 杨针娥, 1981, 我国西北山区河流类型, 冰川冻土, 3卷2期.

(本文于1983年1月27日收到修改稿)

Characteristics of Glacial Flood ——Example of Rivers in Xinjiang

Lai Zuming

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

Abstract

Some characteristics of glacial floods were analysed and discussed in this paper taking the rivers in Xinjiang as example. There are great differences between floods from glacial advance and those from glacial ablation. In general the former is not directly related with meteorological factors. However, the latter is a result of glacial ablation in hot summer season and closely related with the air temperature in the glacial ablation zone at the same altitude.

The regression coefficient of glacial outburst flood is much larger than the regression coefficient of glacial melting flood.