

天山南坡昆马力克河冰川阻塞湖洪水研究

刘景时

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

提 要 天山南坡昆马力克河几乎每年出现一次冰湖洪水,洪水的涨水过程可用自然对数或直线方程模拟,从洪水前三天过程求出涨率,预报洪峰处流量。模拟值与实测值的相对误差小于10%。预计未来该河5月出现的洪水次数将增多,6月次数减少,7、8月洪水规模扩大,冰湖洪水对河流水情影响增强。

关键词 冰湖洪水 天山南坡 昆马力克河 模拟预报

昆马力克河源于天山最高峰——托木尔峰(海拔7 435m)北坡的冰川作用区,从苏联境内由西向东横切南天山后进入我国新疆温宿县境内,与托什干河汇合成阿克苏河流入塔里木盆地。从河源的南伊内尔切克冰川到我国协合拉水文站全长约208km,流域面积 $1.2816 \times 10^4 \text{ km}^2$,协合拉水文站实测多年径流量为 $4.58 \times 10^9 \text{ m}^3$,其中冰川融水补给占年径流量的60%以上。据天山冰川编目最新资料统计,昆马力克河上游在我国境内共有冰川124条,冰川面积 947.01 km^2 ^①,主要分布在托木尔峰至汗腾格里峰山汇区,是天山最大的冰川作用中心,也是世界上山地冰川最集中的地区之一。在我国境内长度超过10km的冰川有9条,其中发源于托木尔峰与汗腾格里峰之间的南伊内尔切克冰川,上部在我国(冰川面积 392.84 km^2),下部在苏联境内由东向西总长63.5km,末端海拔高度约2 900 m,平衡线高度海拔4 450m,是天山山区最大的冰川。

昆马力克河由于冰川活动阻塞河谷形成冰川阻塞湖,周期性排水而频繁发生洪水。国际上称为:Glacier dammed lake Outburst flood 和冰岛术语 Jokulhlaup。意为溃决、暴发、突发性洪水,本文简称冰湖洪水。1876年N·伊格纳捷夫考察了南伊内尔切克冰川,未见冰川湖的报道^②。1902年德国人G·梅茨巴赫考察发现因北伊内尔切克冰川退缩空出的冰川谷地中,由南伊内尔切克冰川在海拔3 600m距末端14km处阻塞成湖,并以自己名字命名^②。

由于该湖位于原苏联境内天山深处,人迹罕至,70年代以前有关冰湖的水文资料极少,对我国冰湖洪水预报和防洪带来一定的困难。

1 冰湖洪水的特征

自1956年在昆马力克河建立协合拉水文站以来,除1973、1974年缺部分资料外,实测冰湖洪水36次。通过对洪水过程及其与气象条件关系的分析(图1,表1),洪水具有如下特点:

(1) 峰大量小。发生在夏季的这种洪水均为当年最大洪水,出现在其它季节的洪水流量都大大超过当时河水流量。

(2) 缓涨陡落。洪水历时一般为一周,最长可达18天,但涨洪历时占洪水总历时的80%以

① 刘潮海,中国冰川编目:塔里木内流区,1986。

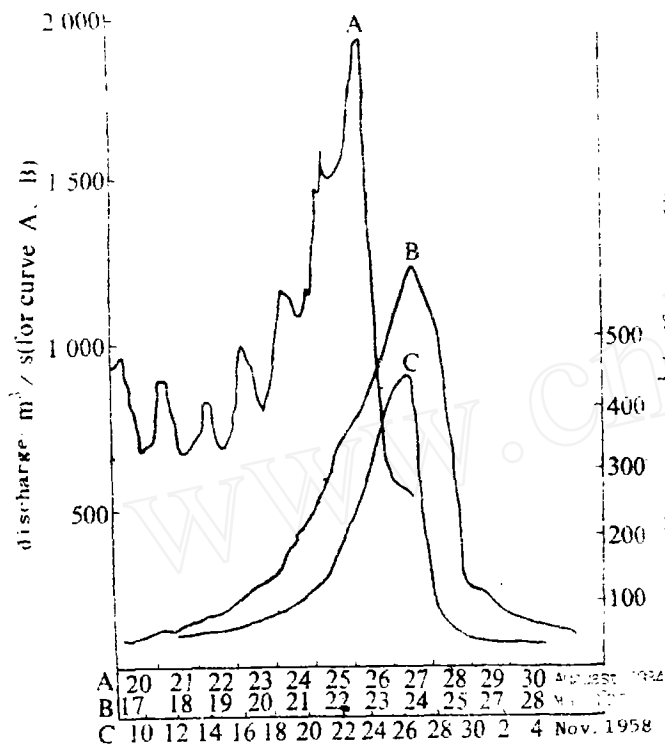


图1 昆马力克河冰湖洪水过程线

Fig. 1 Hydrographs of jokulhlaups at the stream gauge

Xiehela in the River Kunmalike

上,落水历蛙一般不到1天,甚至仅10个小时左右。

(3)时间无规律。虽然80%的洪水出现在7—9月,但其它时间也可发生。

(4)频率极高。每年发生洪水的可能性在90%以上,而且一年可以出现两次,如1956、1963、1966、1978、1980年。一年内发生两次洪水的概率约为17%。

(5)与气象条件无关。温暖年并不一定出现大洪水,如1961、1971、1988年洪峰均 $<1500\text{m}^3/\text{s}$;洪水不象消融洪水紧随夏季高温期发生。

2 冰湖洪水预报

麦茨巴赫湖距北伊内尔切克冰

川末端约1km处,由南伊内尔切克冰川与之交汇并筑坝成湖,坝下仍有14km长的冰舌段,湖面 4.0km^2 ,蓄水量约 $4.3\times 10^8\text{m}^3$,最深处在冰坝出水口附近为130m,湖水几乎每年都通过冰川内部水道排泄。^①

1971年,1981年贝科夫,1974年戈鲁别夫等考察了该湖,1990年戈茨林和科诺瓦洛夫(1984)对其做了排水模型研究,但至今仍有一些冰湖水文及冰下水道与冰湖的关系问题(水力联系)不清楚,如水量平衡和冰下水道发育状况。

许多学者对冰川阻塞的排水机制进行过研究并提出几个预报模型^[1,3,4]。认为冰湖排水能力与冰内冰下水道发育状况、冰川温度、冰坝厚度、构造、冰下水道坡度及冰湖水量、水温等关系密切。但上述因素每年都在变化,难以实地测量,因此预报昆马力克河的冰湖洪水极为困难。本文通过对所有冰湖洪水过程的模拟统计,提出一种经验性的统计模拟预报方案。将叠加在冰湖洪水过程上的逐日冰川消融洪水滤掉以后,冰湖洪水的涨水过程线可用数字模式描述:

$$Q_i = Q_0 E_{xp}(B_0 t) \quad (1)$$

$$Q_i = B_0 t + Q_c \quad (2)$$

式中 Q_0 为冰湖洪水在起涨时刻的流量(m^3/s), t 为涨洪历时(h), Q_i 为冰湖洪水流量, B_0 为统计参数。经统计分析发现,整个冰湖洪水的涨水过程,即缓涨阶段,用方程(1)模拟结果令人满意(图2),模拟统计的 Q_i 与 t 间的相关系数在0.9以上。进一步分析发现从洪水上涨的第3天起直至峰顶的洪水过程可以近似地用方程(2)计算,结果较好。

① 戈鲁别夫,冰川水文学(中译文),1988。

由于利用公式(1)确定 Q_i 与 t 之间关系,需输入洪水过程的全部资料,尤其是洪峰处资料,而且统计所得的 B_0 值变化范围极大,为 $0.34 \sim 8.7 \times 10^{-3}$,准确的 B_0 值难于在洪峰出现前 2 天确定,故(1)式对预报而言意义不大。

公式(2)中 Q_i 与 t 为明确的直线关系,即冰湖洪水的涨率 B_0 为一稳定的常数,据统计 90% 的洪水在涨洪期 2 天以后, Q_i 与 t 具有良好线性关系,其相关系数在 0.9 以上,这样水文站就可利用公式(2)在洪水出现之后 2 天到洪峰前 2 天求出 B_0 ,对未来 12、24、36 小时洪峰流量进行预报。经检验,预报估算值与实测值的相对误差一般不超过 10%,图 3 所示即为 1983 年实测冰湖洪水过程线与线性预报过程对照。

由于冰川湖的排蓄作用,昆马力克河年最大洪水的大小和出现的时间被改变,给预报工作带来困难,而且夏季冰湖洪水常与正常消融洪水叠加,不易识别。因此预报洪水首先要确定洪水性质问题。

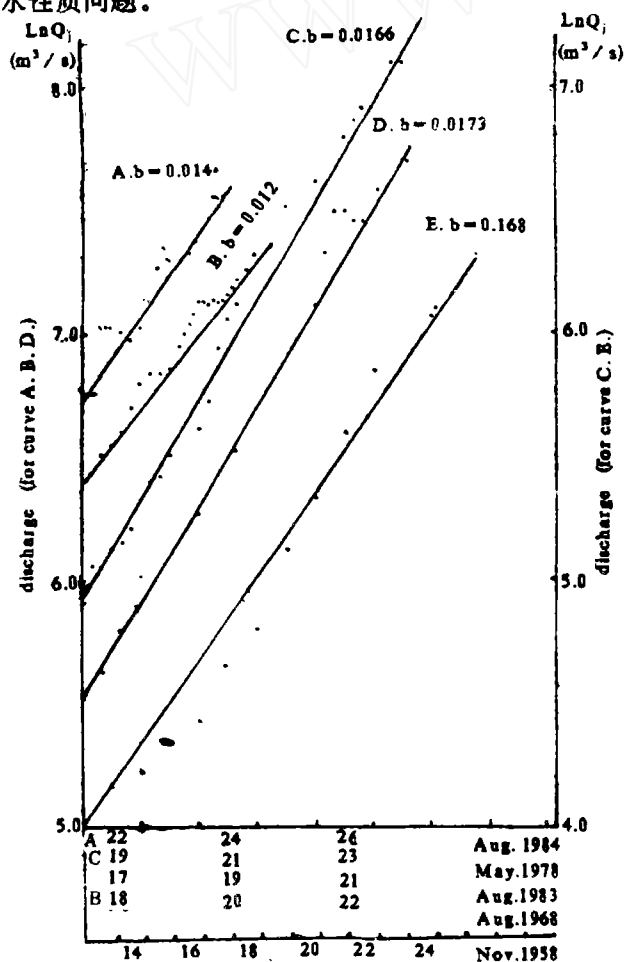


图 2 自然对数模拟冰湖洪水过程与实际过程对照

Fig. 2 Simulation of hydrographs by an exponential relationship

A. $Q_0=543$ B. $Q_0=590$ C. $Q_0=139$
D. $Q_0=366$ E. $Q_0=38.9$ (Q_0 in m^3/s)

冰川消融洪水特征已有研究^[6,7],此不赘述。协合拉站实测的多年最大消融洪水流量为 $1280 m^3/s$,发生在 1973 年 7 月 16 日。在实测的 36 次冰湖洪水中,有 13 次流量超过这一最大消融量,由此我们即可将未来水文断面出现超过 $1280 m^3/s$ 流量的洪水看做是冰湖洪水,用上述公式进行预报,洪水涨率可在流量小于 $1280 m^3/s$ 的过程线上求出。

由于冰川湖可将当年蓄水移至次年春季排放,使河流春季出现大洪水。因此在春季应对洪水前的水热状况进行分析以发现水文异常指标。因为在消融初期,河流上游冰川湖仍在蓄水。经过 3 次春季冰湖洪水前河流水热状况分析发现,河流水量比无春季冰湖洪水年周期值偏小。此外,该河每年 5 月随气温急剧升高将出现一次融雪洪水过程,实例的多年最大融雪洪流量为 $362 m^3/s$ (1988)。如春季,一般是春末,水文断面出现大于此流量的洪水即可认为是冰湖洪水。同时,警惕出现另一次紧接而来的夏季冰湖洪水。春季洪水后需再次蓄水,故紧接出现的夏季洪水通常在 8 月以后。

3 气候变化、冰川变化与冰湖洪水的关系

苏联中亚冰川自上世纪末以来,普遍处于退缩状态,本世纪10~20年代以及60~70年代退缩速率有所减缓,80年代以来后退明显加速,本世纪苏联中亚冰川逐年变化,与我国西北山地冰川条件基本相似^[8]。由于南伊内尔切克冰川规模巨大,堵塞段长达14km,冰川湖将较长期存在,冰川变化对冰湖及其洪水的影响主要表现在南北两支冰川的减薄、后退、冰湖面积扩大,蓄水量增多。冰温、水温升高使冰下水道排水时侵蚀速率提高,洪峰增大。如本世纪40年代后期,北伊内尔切克冰川曾前进,其末端曾到前方的终碛堤过缘使冰湖缩小,然后,冰川后退,形成冰川阻塞湖,并逐渐扩大(Mavlyudov, 1992)。

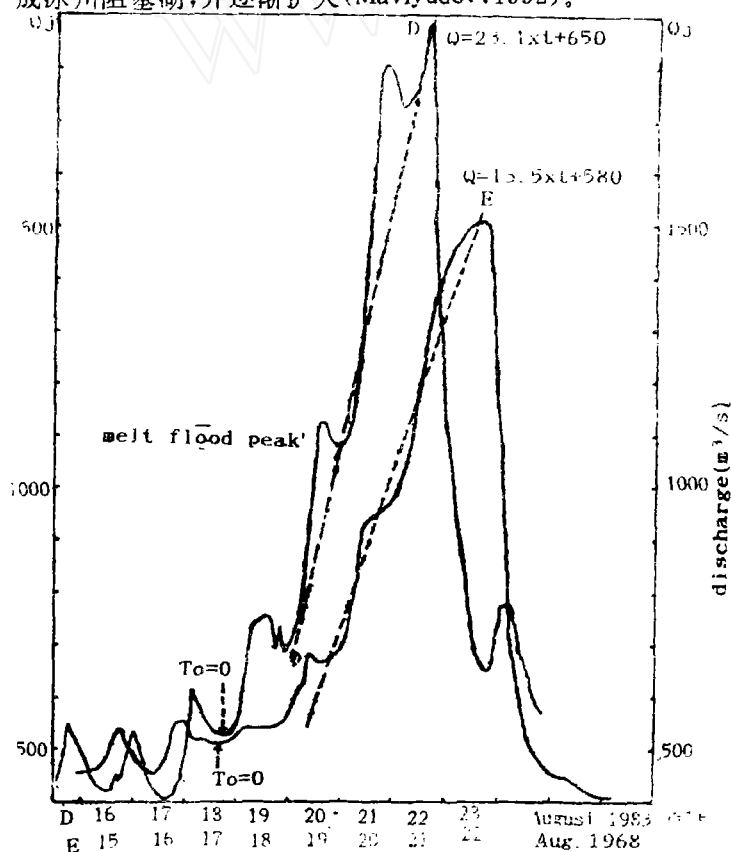


图3 直线方程模拟冰湖洪水过程与实际过程对照

Fig. 3 Simulation of hydrographs by a linear relationship

同全球气候变化趋势一样,天山以南地区的气候也呈现气温升高、降水增多的变化。协合拉站以及台兰河台兰站木扎提河阿台布隆站实测气象资料表明,80年代气温比60~70年代升高约0.3℃,降水增多12%~39%。昆马力克河的年径流量和冰湖洪水也发生了明显变化。首先河流径流明显增加,80年代比60~70年代增多约9.2%,即平均每年增多水量约 $3.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。水量增加主要在夏季,依次为5月约21.5%,8、7月分别为14.3%和12.6%,但6月平均水量减少约9.2%。

必须提出的是进入80年代以来,气候及河流水量变化也引起冰湖洪水规模发

生的巨大变化(表2)。

首先80年代冰湖洪水规模比60、70年代增大了约50%,洪量增多约10%。过去在水文站很少出现洪峰流量超过 $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水,近10年来,河流断面屡次出现大洪水,发生的12次冰湖洪水中的5次流量超过 $1500 \text{ m}^3/\text{s}$,7次超过 $1300 \text{ m}^3/\text{s}$,洪峰流量有5次超过 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。而在60~70年代,这种洪水只有2.5次。由此可知,在有利于增大冰川径流和冰川洪水的气候变

化和冰川变化条件下,未来昆马力克河梅茨巴赫湖形成的洪水仍将随气候变化,向洪峰流量增大的方向发展。而且未来出现在5月的冰湖洪水次数增加,洪水规模增大,发生在6月的洪水将减少;出现在7、8月的洪水规模扩大。出现的上述变化中,前者为缓解当地春旱提供了机会,后者给夏季防洪带来困难,有关部门对此应加以重视。

参 考 文 献

- [1] Nye, J, F. Water flow in glacier, jokulhlaup tunnels and Viens. Jour of glacio, 1976, 17(76): 181—207
- [2] G. Merzbacher. The central Ten—Shan Mountains. 1905
- [3] Clarke, G, K, C. Glacier outburst floods from Hazard lake Yukon Territory and the problems of flood magnitude prediction. Jour of Glacio, 1982, 29(98): 3—21
- [4] Mathews, W, H. Records of two jokulhlaups. Symposium on the Hydrology of Glacier, IAHS, 1973, 99—110
- [5] Spring U, Hutten K. Numerical studies of jokulhlaups. Cold region science and Technology. 1981 4(3): 227—224
- [6] 魏祖铭. 冰川溃决洪水——以新疆地区为例. 冰川冻土, 1984, 6(2)
- [7] 龚原. 昆马力克河洪水规律及成因初探. 干旱区地理, 1989, 12(3): 23—27
- [8] 苏珍. 托木尔峰地区的现代冰川. 天山托木尔峰地区的冰川与气象. 见: 新疆人民出版社, 1984, 85—98

FORECASTING ON JOKULHLAUPS IN KUNMALIKE RIVER, SOUTHERN TIANSHAN MTS

Liu Jinshi

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences)

ABSTRACT

Hydrological records of Kunmalike river in the southern Tianshan Mts show that Jokulhlaups have occurred once a year since 1956 from the glacier—dammed lake Mertsdacher. The maximum peak discharge of the jokulhlaups is $1920\text{m}^3/\text{s}$ and the maximum total volume is $3.274 \times 10^8\text{m}^3$. the release mechanism of the glacier—dammed lake is not a mechanical failure of the glacier dam, but drainage of pressurized water through a subglacial tunnel which is enlarged due to melting by frictional heat in the flowing water and advective heat from the lake. There is no relationship between the size of jokulhlaups and mean summer air temperature. The seasonal flood peaks in Kunmalike river have been prolonged both to spring and winter because of the draining of the lake. Once a Jokulhlaup has started, its discharge is forecasted hour by hour by extrapolating the measured hydrograph as exponential curves.