

支流防洪库容对防洪区的洪灾风险影响研究

杨 侃¹,王鸿杰²

(1.河海大学水文水资源及环境学院,江苏 南京 210098;2.许昌水文勘测局,河南 许昌 461000)

摘要 在水库防洪补偿调度中,以洪水风险分析为基础,基于概率计算原理,采用个别典型洪水放大法,研究在干流建库和不建库两种情况下,支流防洪库容对防洪区的洪灾风险影响,同时分析对防洪区推迟分洪时间的影响,为水库防洪调度方案的制定提供科学依据。
关键词 补偿调度 防洪 风险
中图分类号 :TV122 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2001)03-0115-04

如图 1 所示,如果干流上游水库 A 与下游防洪区 C 之间有一定距离,两者之间的区间支流来水尽管所占比例较小,但也不可忽视。为了充分发挥干流水库防洪库容的作用和充分利用下游堤防的泄洪能力,可考虑进行补偿调度。如果支流已经建立水库(B),并有一定防洪库容(V_B)用于下游防洪区(C),假定 Q_C 为防洪区(C)的安全泄量,如果当河道泄量超过 Q_C 时,将动用分蓄洪区 D。这时需要分析支流水库防洪库容对下游防洪区的影响,即对减缓洪灾风险的作用,为各水库制定防洪调度方案和防洪系统的联合实时调度提供科学依据和辅助决策参考。

在水利工程管理中,风险是指一定时空条件下发生的非期望事件,风险概率是一定时空条件下非期望事件发生的概率,即超过或不超过某一特定值的概率^[1]。防洪区洪灾风险是指当流域发生大洪水时,可能在防洪区 C 发生洪灾或动用分蓄洪区的可能性。支流水库对防洪区的防洪作用主要体现在两个方面:一是减少分蓄洪区的运用次数;二是推迟分蓄洪区的分洪时间,为人员撤离赢得宝贵时间。由于支流水库只能控制支流洪水,支流水库对防洪区能否起到防洪作用,取决于支流和干流洪水的遭遇情况。如果干流发生大洪水,支流来水很小,则支流水库起不到防洪作用,只有当干流发生大洪水,但没有超过 Q_C ,同时支流也有相当大的洪水,即当干流洪水加上支流洪水超过防洪区的安全行洪能力 Q_C 时,支流水库才能起到减少分蓄洪区的分洪次数,而当干流洪水已经超过防洪区安全行洪能力,即当干流来水已经超过 Q_C 时,不论支流洪水大小,防洪区必须进行分洪,此时无法通过支流水库补偿调度来避免使用分蓄洪区工程,充其量只能起到推迟分蓄洪区分洪时间的作用。本文在洪水风险分析的基础上,使用典型洪水资料,采用个别典型洪水放大法,即以典型洪水为分析对象,以概率统计方法为工具,研究干流建库和不建库两种情况下,支流防洪库容对减小防洪区洪灾风险的作用,同时分析对防洪区推迟分洪时间的影响。

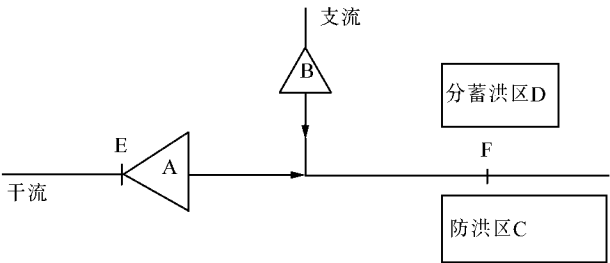


图 1 防洪补偿示意图

Fig.1 The sketch of flood compensation

1 无干流水库 A 情况下的洪灾风险分析

1.1 减少防洪区分洪风险分析

假设图 2 中 E 站为干流水库 A 坝址处的代表站, F 站为防洪区 C 处的代表站,图 2(a)(b)(c)中两个过程线分别为 E 站和 F 站的某典型洪水过程线。图 3 为 E 站洪峰频率曲线,关于支流水库防洪库容减少防洪区洪

灾风险的分析,其步骤归纳如下:

a. 将某典型洪水过程通过缩放(同倍比方法,下同)可使 F 站的洪峰流量恰好为 Q_C ,求得该典型相应的 E 站洪峰流量 Q_1 如图 2(a) 所示,由 Q_1 在图 3 的 E 站洪峰频率曲线上,求得相应的频率 P_1 ,这就是无支流水库时防洪区 C 的分洪风险.

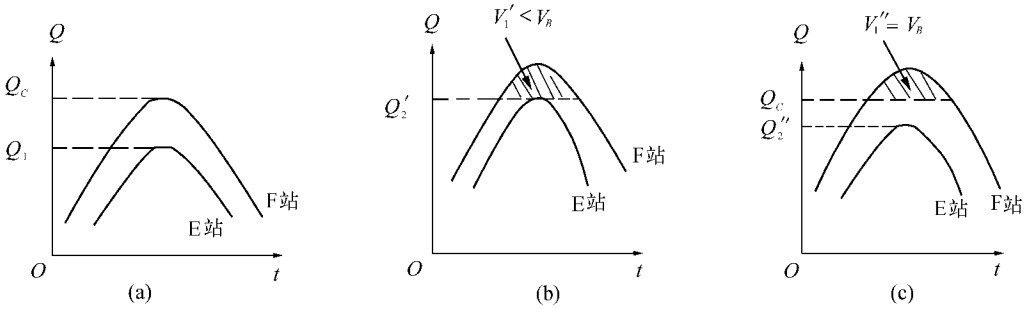


图 2 减少分洪风险分析

Fig.2 Risk analysis of decreasing use of flood retention area

b. 将该典型洪水过程进行缩放,使 E 站洪峰流量恰好等于防洪区安全泄量 Q_C ,求得 E 站和 F 站洪水过程,如图 2(b) 所示,图中 E 站洪峰流量为 Q_C ($Q_C = Q'_2$), V'_1 为通过补偿调节拦蓄在支流水库中的水量.如果 V'_1 小于或等于支流水库防洪库容 V_B (假定支流本身无防洪任务)则 E 站洪峰流量 Q'_2 等于防洪区 C 的分洪临界流量 Q_C ,这种情况,遇到稍大一点的洪水,将由于干流本身来水大于 Q_C 而必须分洪.

c. 如果 V'_1 大于防洪库容 V_B ,则通过试算可以得到某种缩放比例,使 F 站流量过程中 Q_C 线以上的水量恰好等于 V_B (如图 2(c) 中 V''_1 所示),这时应取 E 站洪峰流量 Q''_2 为防洪区 C 的分洪临界流量.这种情况,遇到稍大一点的洪水,将由于支流水库防洪库容 V_B 用完而必须分洪.

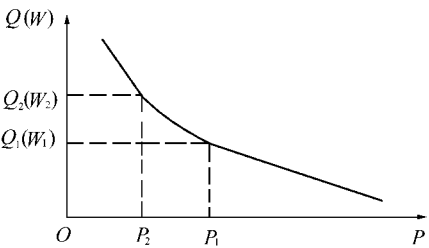


图 3 E 站洪峰 Q (或 n 天洪量 W) 频率曲线

Fig.3 Flood peak frequency at E station

d. 根据步骤(b)求得的 Q'_2 ,令 $Q_2 = Q'_2$ 或(c)求得的 Q''_2 ,令 $Q_2 = Q''_2$,在 E 站洪峰频率曲线上(见图 3)可以查得 P_2 , $P_1 - P_2$ 即为支流水库所能减少的防洪区洪灾的风险.

由此可见,支流水库防洪库容所减少的防洪区洪灾风险与支流和干流两者来水组合遭遇有关,即随洪水典型而异.

1.2 推迟分蓄洪区分洪时间分析

假设图 2(a)(b)中两个过程线为 E 站和 F 站的某典型洪水过程线,由于本次洪水较大,即干流来水与支流来水之和大于 Q_C ,欲使分蓄洪区分洪已经不可能,这种情况下,支流水库防洪库容可以用来推迟分蓄洪区分洪时间,所能推迟的时间也与干支流洪水遭遇组合有关,概括如下:

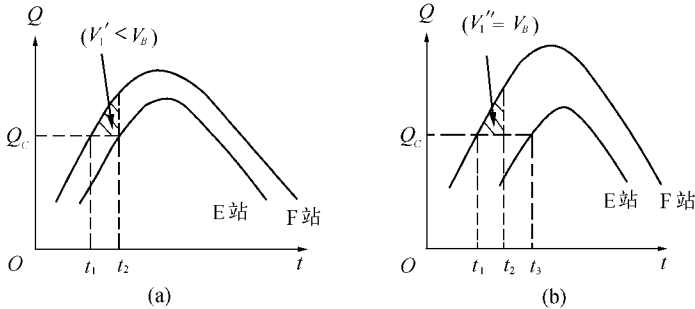


图 4 推迟分蓄洪区分洪时间分析

Fig.4 Analysis of postponing use of flood retention area

a. 无支流水库时,当 F 站流量到达 Q_C 时即需要分洪,因此分洪时间应为 t_1 ,如图 2(a)(b)所示.

b. 有支流水库时,存在两种情况 第一种情况,当干流水库泄流量已经达到 Q_C 时,支流水库拦蓄的水量尚未到达 V_B ,由于干流来水已经超过防洪区的安全流量,因此防洪区必须分洪,分洪时间可推迟到 t_2 如图 4(a)所示, $t_2 - t_1$ 为防洪区推迟的分洪时间.

c. 第二种情况,当干流本身来水并未超过 Q_C ,如果支流水库能充分拦蓄支流洪水,此时仍可以暂时不分洪,但如果支流水库承担的防洪库容 V_B 已经用完,为了水库本身的安全,支流水库已经不能再为防洪区拦蓄更多的洪水,此时,只要支流水库泄量与干流来水之和超过 Q_C ,即使干流来水未超过 Q_C ,防洪区均需分洪,分洪时间可推迟到为 t_2 ,而不是 t_3 如图 4(b)所示, $t_2 - t_1$ 为防洪区推迟的分洪时间.

2 干流建库后的洪灾风险分析

2.1 减少防洪区洪灾风险分析

假定以 E 站 n 天洪量的频率曲线作为分析曲线,运用同倍比方法,其步骤如下:

a. 选用某典型实测洪水过程,计算 E 站 n 天最大洪量 W .

b. 假定倍比系数 B ,对该典型洪水 E 站和支流洪水过程进行洪水时空分布的同倍比放大,计算过程如下:首先,考虑干流水库防洪库容 V_A 和无支流水库防洪库容 V_B ,用同倍比方法计算,通过调度和不断调整倍比,使得分蓄洪区恰好为分洪与不分洪的临界点,由此计算出 E 站 n 天最大洪量 W_1 (如图 3 所示).其次,考虑干流水库防洪库容 V_A 和有支流水库防洪库容 V_B ,根据一定的防洪调度方式,用同倍比方法计算,通过调度和不断调整倍比,使得分蓄洪区恰好为分洪与不分洪的临界点,由此计算出 E 站 n 天最大洪量 W_2 (如图 3 所示).最后,由 W_1 和 W_2 可在 E 站 n 天洪量的频率曲线上查得相应频率 P_1 和 P_2 ,从而得到分蓄洪区风险的变化,即支流水库所能减少的防洪区洪灾风险 $\Delta P = |P_1 - P_2|$ (如图 3 所示).

2.2 推迟分蓄洪区分洪时间分析

假定以 E 站 n 天洪量的频率曲线作为分析曲线,运用同倍比方法,其步骤如下:

a. 选择倍比系数 B ,对某典型洪水放大(此时无论怎样调度,分蓄洪区的运用不可避免).

b. 考虑干流水库防洪库容 V_A 和无支流水库防洪库容 V_B ,通过调度计算,得到分蓄洪区的分洪时间 t_1 .

c. 考虑干流水库防洪库容 V_A 和有支流水库防洪库容 V_B ,通过联合调度计算,得到分蓄洪区的分洪时间 t_2 .

d. $\Delta t = |t_1 - t_2|$ 为分蓄洪区推迟的分洪时间.

3 实例成果分析^{①②}

清江是长江出三峡以后的第一条大支流,其流域面积占长江宜昌以上流域面积的 1.7%. 目前在支流清江上隔河岩水库已建成,未来将兴建水布垭水库. 虽然隔河岩水库和水布垭水库对长江防洪不可能发挥很大的作用,但由于长江的重点防洪区在荆江河段,荆江两岸有数千万人口和大量耕地靠堤防保护,清江恰好在荆江河段上游 22 km 处汇入长江,清江又是长江中游暴雨中心所在,两江洪水遭遇的机会较多,因此不论在三峡水库建成前或建成后,都需要尽可能发挥两水库对荆江河段的防洪作用. 隔河岩水库和水布垭水库各留有 5 亿 m^3 防洪库容,以供清江与长江洪水遭遇组合时,用作减少荆江分洪次数或推迟分洪时间. 本文采用上述个别典型洪水放大法研究两水库对荆江防洪区的防洪作用,这对于两水库防洪调度方式的制定和为未来长江防洪系统联合调度提供科学依据或辅助决策参考.

选择有代表性的洪水,按以上方法,将两水库防洪库容合并考虑,当 $V_B = 10$ 亿 m^3 , $Q_S = 6.06$ 万 m^3/s 时,计算成果见表 1.

在三峡水库未建成前,关于减少荆江分洪区分洪风险方面是:表 1 中 1935 年典型洪水长江清江均为大洪水,清江洪峰占枝江洪峰 18%,两水库对荆江地区的防洪作用明显;1959 年典型洪水清江来水较少,两水库不能减少洪灾风险;其它洪水典型中,两水库对荆江地区的防洪有一定作用. 关于推迟分洪时间的情况是:1935 年典型清江来水比重较大,对分洪时间稍有推迟,其它洪水典型中对推迟分洪时间并不十分明显.

①水布垭(半峡)工程防洪库容方案合理性研究,河海大学科研报告,1995. 6.

②隔河岩水库防洪调度方式研究,河海大学科研报告,1990. 12.

三峡水库建成后,需要考虑三峡水库的调度原则,其原则根据《长江三峡水利枢纽初步设计报告》及已有的成果,其限制条件为(a)长江中下游堤防按照1980年五省一市长江中下游防洪座谈会商定的标准控制,其安全防御水位:沙市45.0m,城陵矶34.4m,武汉29.73m.(b)三峡水库正常蓄水位175.0m,防洪限制水位145.0m,防洪库容221.5亿m³,三峡水库下泄流量不得小于发电装机过水能力.(c)荆江分洪区防洪标准达到百年一遇,百年一遇以下洪水不分洪.城陵矶附近分洪区运用标准相对较低,两者防洪标准不同.遇到千年一遇或类似1870年的洪水,为保证荆江河段行洪安全,避免堤防溃决,发生毁灭性灾害,须控制枝城泄量不大于8万m³/s.由于三峡水库与分洪区之间有清江及洞庭湖的湘、资、沅、澧等支流汇入,因此在防洪调度时,须按不同防洪标准分级补偿.(d)分级方案参照有关三峡设计报告,将三峡水库221.5亿m³分为三部分.第一部分考虑对城陵矶附近地区和荆江地区同时进行补偿,其库容为100亿m³;第二部分用于一般洪水对荆江地区补偿的库容为85.5亿m³;第三部分用于特大洪水对荆江地区补偿的库容为36亿m³.通过计算表明,当洪水较大,荆江分洪区必须分洪时,两水库防洪库容能否推迟荆江分洪区的分洪时间,需要视长江洪水与清江洪水的遭遇情况而定.如果长江洪水很大,清江洪水不大,两水库防洪库容无能为力,只有当长江发生洪水,清江也发生较大洪水时,两水库防洪库容才能起到推迟荆江分蓄洪区分洪时间的作用.

4 小 结

在水库防洪补偿调度中,支流水库防洪库容虽然有限,但只要能减少防洪区分蓄洪区分洪次数或推迟分洪时间,便可以给防洪区带来防洪效益.本文运用个别典型洪水放大法,从水文统计的角度,研究在干流建库和不建库两种情况下,支流防洪库容对分洪区的洪灾风险影响,以及对分洪区推迟分洪时间的影响,并进行实例应用,为各水库制定防洪调度方案和防洪系统的联合实时调度提供科学依据和辅助决策参考.

本文曾得到鲁子林教授的指导,在此表达深深的敬意.

参考文献:

[1] 傅湘,王丽萍,纪昌明.洪水遭遇组合下防洪区的洪灾风险率估算[J].水电能源科学,1999,17(4):23~26.

Effect of Tributary Reservoir Capacity on Flood Risk in Protected Area

YANG Kan¹,WANG-Hong-jie²

(1. College of Water Resources and Environment ,Hohai Univ. ,Nanjing 210098 ,China ;
2. Xuchang Water Resources Bureau ,Xuchang 461000 ,China)

Abstract For reservoir flood compensating operation ,based on the analysis of flood risk and the theory of probability ,a typical flood enlargement method is developed for analysis of the effect of tributary reservoir capacity on the flood risk ,and the effect of time put off on the protected area in the presence or absence of a reservoir on the main stream is studied ,providing a scientific basis for reservoir operation .

Key words : compensating operation ; flood prevention ; risk

表 1 两水库对荆江地区防洪作用分析结果
Table 1 Analysis of effects of two reservoirs on
flood prevention for Jingjiang area

洪水类型	无三峡水库		有三峡水库	
	荆江分洪的 风险率差/%	荆江推迟分洪 时间/h	荆江分洪的 风险率差/%	荆江推迟分洪 时间/h
1935 年型	11.21	21	0.17	2~3
1954 年型	10.12	17	0	0
1956 年型	15.11	10	0	0
1958 年型	2.02	7	0	0
1959 年型	0	0	0	0