

# 防洪工程体系受灾风险评估探究

汪 萍

(江苏省秦淮河水利工程管理处, 江苏 南京 210001)

**摘要:** 在探究防洪工程体系受灾风险模型基础上, 阐明洪水演进中水库及堤防等水利工程建筑的影响。揭示针对区域整体洪水实施防治, 在合理位置建造分蓄洪工程可降低整个防洪体系受灾风险。通过减小水库下泄流量, 增大其蓄洪量使得大坝受灾发生风险增大, 合理的蓄滞洪水方案可有效降低防洪体系受灾发生风险, 提升重点堤防可靠性可削减防洪体系整体受灾风险。

**关键词:** 防洪体系; 蓄滞洪区; 受灾风险

中图分类号: TV87

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 04-0061-04

## Research on disaster risk assessment of flood control system

WANG Ping

(*Qinhuai River Hydraulic Project Management Division of Jiangsu Province*,  
*Nanjing 210001, Jiangsu*)

**Abstract:** On the basis of exploring the disaster risk model of flood control engineering system, the influence of water conservancy projects such as reservoirs and embankments is expounded in this paper. The flood diversion projects can reduce the construction of flood control system in the reasonable position of disaster risk. By reducing the reservoir discharge and increasing the storage volume, dam risk increases at the same time. A reasonable flood storage scheme can effectively reduce the risk. The enhancement of the reliability of key dikes can reduce the overall risk of flood control system.

**Key words:** flood control system; detention basin; disaster risk

## 0 引言

由防洪工程体系不同防洪要素角度出发对区域受灾风险实施定量评估, 并提出相关的应对方案, 对区域防洪减灾具有重要意义。防洪区域内洪水演进与水利工程的属性存在直接关联, 相同的降水过程, 当防洪参数发生变化时洪水过程线也会随之发生改变, 进而区域内洪水灾害的大小也会受到影响<sup>[1]</sup>。对防洪区域内受灾情况进行评

估时需要重点考虑以下两个方面: 一是防洪区域内受不同水工建筑物影响的受灾风险值, 二是当水工结构防洪相关要素发生差异时洪水过程的变化情况。鉴于此, 本文针对第一项问题, 对与区域洪水规律相匹配的区域受灾风险模型进行探究。

## 1 区域受灾风险内涵

针对受灾造成损失及洪水变化过程, 水工建

收稿日期: 2017-02-13

作者简介: 汪萍 (1963-), 女, 本科, 助理工程师, 主要从事水利工程管理工作。

筑物发生受灾的原因主要有两个方面,包括区域内水工建筑物发生失效事件的概率和该事件可能造成的经济损失<sup>[2]</sup>。把失效事件的概率与该事件所对应的经济损失相乘的最大值作为该建筑物的受灾风险,可用下式表示:

$$\max R = \sum_{i=1}^m P_{fi} C_{fi} \quad (1)$$

式中:

$R$ —所研究的水工结构受灾风险;

$P_{fi}$ —事件  $i$  失效的概率;

$C_{fi}$ —事件  $i$  的经济损失;

$m$ —失效事件数量。

## 2 防洪体系要素及受灾风险

区域主要的工程防洪措施包括开发蓄滞洪区、治理河道、加固堤防和修建水库等。其中治理河道对水文参数有较大影响,进而影响整个洪水进程,导致洪水风险发生改变,所以该措施主要在行洪过程中进行分析讨论<sup>[3]</sup>。本文主要对蓄滞洪区、堤防和水库的受灾风险进行分析,同时以这三种不同类型组合对区域洪水灾害风险的影响实施推求。

### 2.1 蓄滞洪区

蓄滞洪区主要为保护重要区域、抵御特大洪水而预留。一般有河道加固工程、分洪区围堤工程以及泄洪闸、分洪道和进洪闸等,其主要风险指标包括洪水水位以及高水位淹没时间,它们都会对整个洪区的经济损失造成影响,这是对各种频率下防洪方案进行制定的前提。假设规划区内有  $N$  个蓄滞洪区,则该区对应的发生频率大小  $P$  的洪水总风险  $R_f$  可表示为:

$$R_f = \sum_{i=1}^N R_f^i \quad (2)$$

### 2.2 堤防工程

堤防工程包括一般堤防、重要堤防和重点堤防工程,其常见的失效情况包括脱坡、渗流和漫顶等。在区域范围内各个堤防结构中参数差别较大,在进行洪水推演时各水文参数之间也有较大变化,因此需统筹考虑多重要素。

本文主要探析区间中没有其它河网交汇且干

支流相交的堤防段,并将水力特征近似的堤防段视作整体进行研究。针对安全指标及水力条件近似堤防,当发生上游断面溃堤而引起洪水分流,洪水流量减小时,由于没有外源洪水汇入,可设定该段堤防功能仅失效一次<sup>[4]</sup>。另外针对堤防实施安全分析,不考虑渗流过程中时间参数,构建堤防安全与流量关系模型。针对水位、洪峰流量、水力学参数以及物理参数都已知的情况下,可推求得到该情形下堤防体系遭到破坏的风险  $R_d$ 。

### 2.3 水库工程

水库工程常与其它防洪建筑物和措施相结合共同完成抵御洪水功能。保证水工建筑物的安全性和可靠性是水库正常发挥其作用的前提。在洪水期间,洪水位对水工建筑物结构会产生重大的影响<sup>[5]</sup>。当洪水得以下泄时,其洪水风险就会自然转移到下游区域。本文以混凝土重力坝作为研究对象,以软弱夹层和坝基面的滑动以及坝踵的破坏为主要失事原因。

当洪水发生频率为  $P$  时,在蓄滞洪水时主要有两个部分的防洪风险,第一是由于不确定结构参数引起的受灾风险,记为  $P_w^1$ ;第二是由于水库水位高于设计水位而诱发的受灾风险,记为  $P_w^2$ 。随着水库水位上升,洪水风险逐步增强,所以在  $P$  频率下洪水灾害风险发生概率推求如下所示:

$$R_w = P_w^1 + P_w^2 \quad (3)$$

## 3 受灾风险模型

### 3.1 模型原理

蓄滞洪区、堤防及水库的区域特征以及洪水灾害的影响范围构成了水利工程防洪体系。当洪水发生频率为  $P$  时,受灾风险值  $R$  可表示为:

$$R = R_f + \max\{R_d, R_w\} \quad (4)$$

本文仅考虑线性受灾防范区间,探析蓄滞洪区、堤防以及水库参数变化时防洪区域受灾风险情况,以验证该区域受灾风险分析的实践价值。

### 3.2 线性工程受灾风险评估

#### 3.2.1 区域概化

在河道扩建及修建水库均将影响库区下游地区受灾风险,因此,构建涵盖堤防  $a$  及水库  $b$ ,用于保障  $S_1$  及  $S_2$  防护地区的受灾防范体系。遵循

结构参数及水力学要素特征可将长  $L$  的堤防  $a$  分为长度分别为  $L_1$  和  $L_2$  的两段(从上游到下游), 各堤防段统计参数值相同, 断面面积记为  $S$ 。

3.2.2 受灾风险揭示

已知洪水作用下各类工程可靠度, 推求揭示单峰型洪水发生频率大于  $P$  时整个防洪工程体系受灾情况。同时与线性受灾防范体系中受灾风险模型相结合, 探索多种工程防洪要素特征情况下防洪区域受灾风险情况<sup>[6]</sup>。

为推求各种洪水作用下工程可靠度, 可先得到水库最大水位值  $H_2$ , 并求得对应的下泄流量最大值  $Q_2$ , 在综合考虑结构力学相关参数随机性的情况下利用可靠度推求原理求出可靠度。

水库下泄洪水及水位逐渐降低, 则对应的受灾风险也慢慢下移, 以堤防之长作为参数, 遵循堤防水位  $H$  及下泄流量  $Q_2$  对应关系可推求堤防可靠度指标  $\beta_{di}$  值, 当其余参数相同时, 相应堤防可靠度仅与其位置及长度相关。例如, 只有以堤防  $L_1$  正常工作为前提条件, 才会有堤防  $L_2$  在下泄流量  $Q_2$  情况下的失效概率, 所以整个堤防遭到破坏的概率大小可表示为  $(1-p_f^{d1})p_f^{d2}$ 。

在研究区域发生频率大于  $P$  的洪水时, 遵循可靠度理论可推求上述防洪体系对应经济损失值及各部分参数值, 如表 1 所示。

堤防  $L_1$  及  $L_2$  分别保护防护区  $S_1$  和  $S_2$ , 它们

当中有任何一个失效就可能会造成经济损失, 当防洪体系遭遇频率大于  $P$  的洪水时, 其洪水风险可用下式推求为  $R_{d1}=P_f^{d1}(p) \times C_{d1}=16.4$  万元,  $R_{d2}=[1-P_f^{d1}(p)P_f^{d2}](p) \times C_{d2}=78.15$  万元,  $R_w=P_f^w(p) \times C_w=7.54$  万元, 所以  $R=78.15$  万元, 说明在该防洪体系中重点风险控制位置应该设置于经济防范区  $S_2$  对应堤防处。

3.2.3 不同组合下受灾风险分析

(1) 维持其它条件不变, 对某个堤防段实施加固。通常情况下流域都会分属不同的区域管辖, 政府的规划和管理都会改变堤防的水工参数和结构参数, 进一步对下游地区的受灾风险产生影响。分别考虑该组合的两种情况: 第一, 提高重点堤防的安全标准(即  $L_2$ ), 如表 2 所示; 第二, 在水文条件不发生改变的条件下提高普通堤防的安全标准(即  $L_1$ ), 如表 3 所示。

(2) 减小水库下泄流量, 增大蓄洪量。这种情况主要出现在汛期时, 该时期水库水位超过正常蓄水位以达到调洪、错峰的目的。该时期由于上游水库水位的抬升, 会降低工程的可靠度, 坝体也可能遭到破坏, 会产生较大的经济损失; 另外, 坝体下游的堤防过流量变小, 其可靠度会相应增大, 破坏后损失也会较低, 如表 4 所示。

当洪水标准或降雨不发生改变时, 对线性工程防洪体系, 由以上受灾风险模型可得出如下结

表 1 防洪体系洪水风险损失及各部分可靠度指标

频率 $P/\%$	$\beta_{d1}$	$\beta_{d2}$	$\beta_w$	$C_{d2}/$ 万元	$C_{d1}/$ 万元	$C_w/$ 万元
20	3.1	3.2	3.9	82000	11000	105000

表 2 改变重点堤防可靠性后防洪体系洪水风险

频率 $P/\%$	$\beta_{d2}$	$C_2/$ 万元	$\beta_{d1}$	$C_1/$ 万元	$R/$ 万元
20	3.4	82000	3.1	12000	38.56

注:  $R_{d1}=16.4$  万元,  $R_{d2}=38.56$  万元,  $R_w=7.54$  万元。

表 3 改变普通堤防可靠性后防洪体系洪水风险

频率 $P/\%$	$\beta_{d2}$	$C_2/$ 万元	$\beta_{d1}$	$C_1/$ 万元	$R/$ 万元
20	3.2	82000	3.4	12000	78.15

注:  $R_{d1}=6.18$  万元,  $R_{d2}=78.15$  万元,  $R_w=7.54$  万元。

表 4 改变泄洪方案对应洪水风险及防洪体系参数影响

频率 $P/\%$	$\beta_{d1}$	$C_{d2}/$ 万元	$\beta_{d2}$	$C_{d1}/$ 万元	$\beta_w$	$C_w/$ 万元	$R/$ 万元
20	3.3	76000	3.1	12000	3.8	113000	36.40

注:  $R_{d1}=6.18$  万元,  $R_{d2}=36.40$  万元,  $R_w=11.82$  万元。

论:

(1) 提升重点堤防防洪安全性对降低防洪体系整个受灾风险有明显效果。

(2) 提升普通堤防可靠性可有效降低子区域风险值,如表 2 及表 3 所示。然而从整个区域来看,上游普通堤防防洪标准提高却增大了下游重点堤防的受灾风险,如表 2 所示。该受灾风险分析模型分析推求得到的结果与自然情况下规律相符合,在区域洪水防治过程中,可在合理位置修建分蓄洪工程以降低下游重点堤防的受灾风险,该模型也可为设置蓄滞洪区提供技术支撑。

(3) 增大蓄洪量及削减水库下泄流量将提升坝体受灾风险,然而采取适当的蓄滞洪水方案则可显著降低整个防洪体系的受灾风险,如表 4 所示。目前,大坝安全监控技术在水利工程中应用广泛,因此,科学地提升及利用水库的蓄滞作用,可有效削减区域受灾风险。

## 4 结语

本文在阐明防洪工程体系受灾风险模型内涵的同时,探讨了线性工程防洪体系,并对洪水演进

中有关水利工程建筑对受灾影响实施推算。在区域洪水防治过程中,可在合理位置修建分蓄洪工程以降低整个防洪体系的受灾风险。同时,实施减小水库下泄流量、增大其蓄洪量等运行管理措施,应配合科学的蓄滞洪水方案,重点提升堤防工程防洪可靠性可有效防控区域受灾风险。

## 参考文献:

- [1] 刘幸,王兆礼. 东江流域受灾风险空间模糊综合评价[J]. 中国农村水利水电, 2011(05):145-148.
- [2] 冯丽华,景国强,高焕芝. 丹阳市城市防洪能力分析与对策[J]. 江苏水利, 2016(01):61-62+66.
- [3] 陈鹏,张继权,孙滢悦,张立峰,刘家福. 哈尔滨市市区受灾风险空间演变模式[J]. 南水北调与水利科技, 2016(06):27-32.
- [4] 刘海明,刘海祥,姚锁洪. 加强城市防洪除涝能力建设的实践与思考[J]. 江苏水利, 2013(11):25-26.
- [5] 程卫帅,陈进,刘丹. 受灾风险评估方法研究综述[J]. 长江科学院院报, 2010(09):17-24.
- [6] 杨邗. 城市防洪工程运行管理的实践与思考[J]. 江苏水利, 2010(07):36-38.

(责任编辑:徐丽娜)