

文章编号: 1004 - 4574(2011)06 - 0099 - 05

蓄滞洪区洪水资源利用的风险效益分析

冯平¹, 毛慧慧¹, 余萍²

(1. 天津大学 建筑工程学院, 天津 300072; 2. 天津农学院, 天津 300384)

摘要: 利用蓄滞洪区的现有洼淀拦蓄洪水, 实现其洪水资源化是合理开发和有效利用水资源的重要途径。以天津市大黄堡洼蓄滞洪区为例, 建立了蓄滞洪区洪灾风险的评价指标体系, 提出了相对风险度的概念及其计算方法, 并分析计算了大黄堡洼7种洪水资源利用情景下的综合风险度、相对风险度、损失、经济效益和生态效益。结果表明: 与综合风险度相比, 相对风险度更为直观形象, 便于决策者判断, 据其能更及时地做出应对策略, 了解损失、效益值受蓄水量和淹没范围的共同影响。最后综合分析风险、损失、效益计算结果, 优选出合理的洪水资源利用情景, 并分析了其合理性。

关键词: 蓄滞洪区; 洪水资源化; 相对风险; 损失; 效益

中图分类号: P333

文献标志码: A

Analysis of risk and benefit of flood utilization of detention basin

FENG Ping¹, MAO Hui-hui¹, YU Ping²

(1. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Tianjin Agriculture College, Tianjin 300384, China)

Abstract: Reasonable exploitation of flood in detention basins is one of important way to utilize water resources. Taking Dahuangpu detention basin in Tianjin City as an example, the concept and calculation method for relative risk of flood were presented. Then the risk and relative risk, loss, economic and ecological benefit were calculated for seven utilization scenarios. The results show that relative risk is more visual and easier for decision-maker's estimation to make out strategy timely, and both the detention water quantity and submerged area have an influence on loss and benefit simultaneously. At last, the reasonable scenario is selected through combining the results of risk, loss and benefit.

Key words: detention basin; flood utilization; relative risk; loss; benefit

近些年来,我国在洪水资源化方面已经进行了很多的实践,主要的途径有:利用工程措施(如水库、河道整治工程、拦河闸坝工程、蓄滞洪区建设工程等水利工程和雨洪利用的市政工程)将尽可能多的洪水拦蓄起来,延长洪水在陆地的时间,使之被充分利用;利用非工程措施(如水库分期洪水调度技术、洪水预报技术、蓄滞洪区主动运用等大多数的水利工程调度与管理措施),通过科学规划和合理调度,最大限度的拦蓄洪水资源。目前通过调控水库汛限水位进行洪水资源化的研究较多^[1-4],而针对利用蓄滞洪区进行洪水资源化的研究较少。同时,很多地区由于近年来上游来水较少,蓄滞洪区人口急增,经济迅速发展,利用蓄滞洪区现有洼淀拦蓄洪水,会降低蓄滞洪区的调洪能力,造成额外的经济损失,这也是目前进行蓄滞洪区洪水资源化的主要瓶颈。但在我国北方许多地区汛期降雨会占到全年的70%~80%,水资源主要是以洪水的方式存

收稿日期: 2010-09-22; 修回日期: 2010-12-20

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAB14B05); 天津市科技发展计划项目(OYFSYSF602400)

作者简介: 冯平(1964-),男,教授,博士,主要从事水文学与水资源研究. E-mail: fengping@tju.edu.cn

在 在启用蓄滞洪区防洪时也要注意其洪水资源利用问题。因此 ,开展蓄滞洪区洪水资源利用的综合评估是有现实意义的。

1 研究区概况

大黄堡洼是北运河的蓄滞洪区 ,位于青龙湾减河中下游与北京排污河之间 ,它是保护天津市区、津蓟铁路、津围公路等防洪安全的蓄洪工程 ,主要作用为分洪、滞洪和消减河道洪峰流量。洼淀涉及天津市武清、宝坻、宁河 3 个区县 ,洼淀滞洪水位 3.0 m(黄海高程) ,滞洪库容 3.22 亿 m³ ,受淹面积 272.51 km²(已扣除尔王庄水库占地面积) 。区内地势西北高、东南低 ,由柳河干渠、清污渠、大尔路、九园路、西杜庄干渠等隔堤划分为 5 个滞洪分区 ,并以行政村为单位共划分了 83 个评价单元(图 1) 。

根据现状条件下大黄堡洼的运用机制 ,并考虑蓄水期间洼内蓄水的影响和防洪功能的保证 ,主要分析前期洼内蓄水进行洪水资源利用 ,而后期遭遇 20 a 一遇洪水时启用不同防洪分区的情景(见表 1) ,并进行综合风险效益评估 ,以优选出合理的洪水资源利用情景。

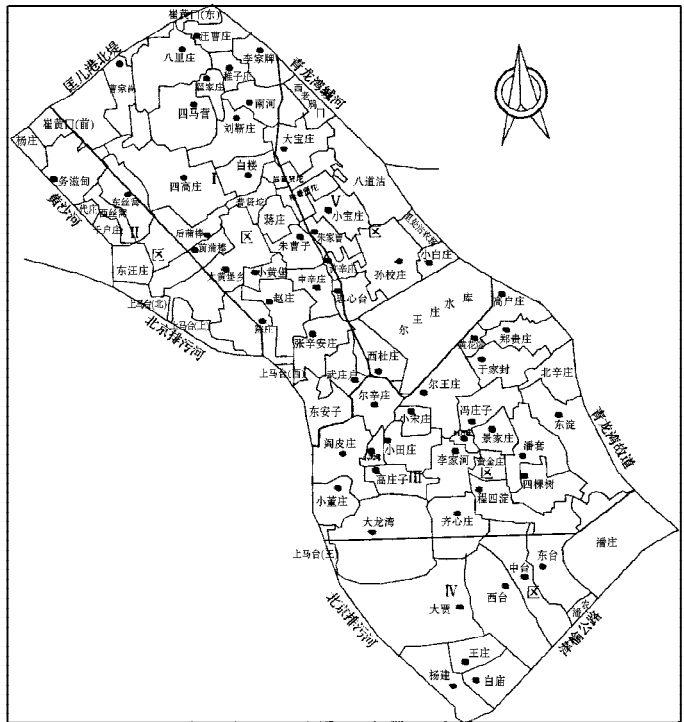


图 1 大黄堡洼滞洪分区及评价单元划分情况
Fig. 1 Sub-areas and evaluation unit division of Dahuangpu flood detention basin

2 洪灾风险评价

2.1 相对风险度计算

在防洪调度中 ,仅仅一个风险概率的大小并不能说明什么问题 ,如果有一个风险概率的限值 (如洪水达到警戒水位时的风险概率等) 可以作为参考指标 ,决策者就能够根据风险分析的结果 ,及时做出反应。因此 ,阈值研究是防洪调度风险分析中需要解决的实际问题 ,也是风险分析理论广泛应用所必须解决的问题^[5]。风险阈值是可接受风险或容许风险区间内的任意一值 ,受决策人的风险偏好影响 ,对于蓄滞洪区可以以区内的防洪标准作为其风险阈值 ,水库汛限水位动态控制的风险阈值可以是原来的防洪标准 ,河道的风险阈值则可以是河道的防洪标准。

将风险度与风险阈值的比值定义为相对风险度。借鉴区域相对优属度^[6] 越大越优的思想 ,相对风险度是越大越危险 ,并与 5 级相对优属度标准向量取值 $S = (1 , 0.8 , 0.6 , 0.3 , 0)$ 相对应 ,按线性内插得到相对风险度的划分区间 ,如表 2。

表 1 大黄堡洼洪水资源利用方案

Table 1 Flood resources utilization projects of Dahuangpu flood detention basin

情景	蓄水量/万 m ³	启用蓄水分区	启用防洪分区
1	0	I 区	I 区
2	1 000	I 区	I 区
3	2 000	I 区	I 区
4	3 000	I 区	I 区、II 区
5	3 000	I 区	I 区、II 区、III 区
6	4 000	I 区	I 区、II 区
7	4 000	I 区	I 区、II 区、III 区

表 2 相对风险度划分等级

Table 2 Classification of relative risk degree

相对风险度	[0 , 0.15]	[0.15 , 0.45]	[0.45 , 0.7]	[0.7 , 0.9]	[0.9 , 1]
评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
表征状态	风险较低	风险中度	风险较高	风险高	风险很高

2.2 风险度估算

根据洪灾风险评价的量度要求, 构建风险指标体系(图 2)。由于大黄堡洼各分区的防洪标准不同, 因此采用其最高的防洪标准(100 a 一遇)为风险阈值进行计算。

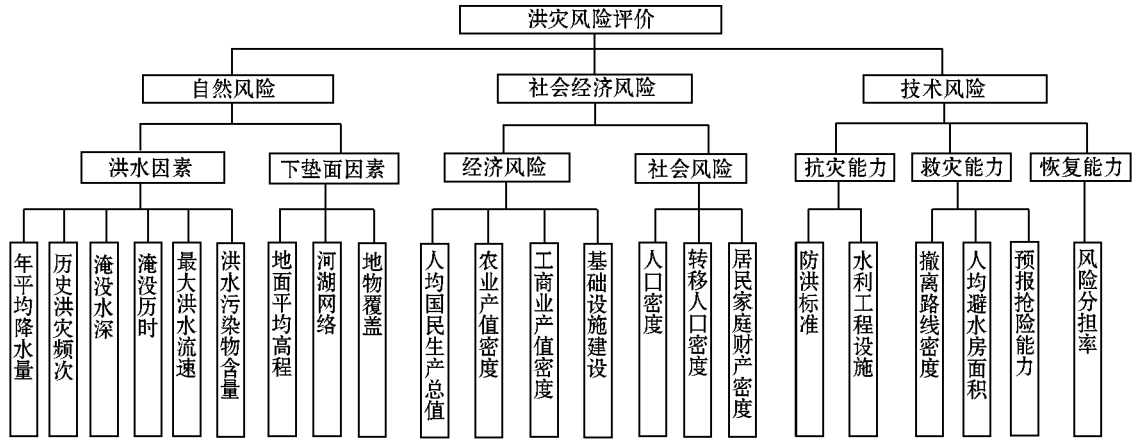


图 2 洪灾风险评价指标体系框架

Fig. 2 Frame of index system of flood risk evaluation

同时, 为了比较分析相对风险度的优越性, 采用模糊综合评价方法^[7]进行综合风险度计算, 其中利用最优传递矩阵^[8]的概念对 AHP 法(层次分析法)进行改进, 使之自然满足一致性要求, 直接求出权重值, 此法的优点是不需要进行一致性检验^[9]。以大黄堡洼洪水资源利用情景 2 为例, 综合风险度、相对风险度的计算结果如表 3。

从表 3 中可以看出, 由于给定了参考标准, 大部分村庄的风险度评价等级有不同程度的提升, 易于警醒决策人选择合理的防洪方案。

表 3 洪灾风险度

Table 3 Flood risk degree

村庄	汪曹庄	雅子庄	翟家庄	东狼窝	小黄堡	朱曹子
综合风险度	0.375 3	0.412 1	0.453 8	0.287 9	0.380 4	0.394 3
评价等级	II 级	III 级	III 级	II 级	II 级	II 级
相对风险度	0.626 4	0.640 4	0.706 1	0.809 2	0.616 8	0.630 0
评价等级	III 级	III 级	IV 级	IV 级	III 级	III 级

3 洪灾经济损失效益估算

洪水资源利用是一个损失与效益并存的举措, 要取得更大的收益就要面对更大的损失。洪水资源利用的各种措施实施在不同的区域, 所面临的损失、效益也不尽相同, 具有多样性、复杂性、区域特异性等特点, 因此, 进行损失效益估算, 推进雨洪资源利用方案的优选工作是有意义的。

3.1 损失估算

采用分类洪水损失估算方法, 分别对大黄堡洼各雨洪利用情景洪水过程进行了调蓄模拟分析。根据已有的研究成果, 采用二维明渠非恒定流数值模拟^[10]对各情景下的洪水进行模拟, 根据洪水演进的模拟结果, 在统计了淹没水深和淹没历时等指标的此基础上, 对各村庄单元的各类洪灾总损失进行了估算, 并估算了前期蓄水后遭遇 20 a 一遇洪水时的附加损失。

3.2 效益估算

洪水资源利用的效益具有多样性、长期性、潜在性等特点。由于洪水具有水资源、生态资源、动力资源等特性, 致使洪水资源利用既可产生经济效益也可产生生态效益, 进而发挥社会效益。但由于社会效益通常难以量化, 故在此不做估算。

3.2.1 经济效益

实现洪水资源利用之后, 储蓄的洪水资源转变为水资源, 主要用于当地的农业灌溉与渔业生产, 农业收益主要体现在枯水季节能够为农业提供灌溉水源的增产效益和蓄水区水产业收益, 所以, 在此只计算灌溉效益和养殖效益。

(1) 灌溉效益

灌区农作物的增产效益是灌溉和农业技术措施综合作用的结果。因此, 在计算灌溉效益时, 必须对水利灌溉和农业技术措施所产生的效益进行合理的分摊^[11]。因此按效益分摊系数法计算各项灌溉增产效益。

灌溉效益计算公式如下:

$$B_{\text{灌溉}} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \cdot A_i \cdot D_i \cdot (Y_{i1} - Y_{i0}) \quad (1)$$

式中: $B_{\text{灌溉}}$ 为灌溉效益; ε_i 为第 i 种作物水量分摊系数; D_i 为第 i 种作物的价格; Y_{i1} 为第 i 种作物利用洪水灌溉后的产量; Y_{i0} 为第 i 种作物未利用洪水灌溉的产量; A_i 为第 i 种作物的种植面积。

(2) 养殖效益

养殖效益采用下式计算:

$$B_{\text{水产}} = A \cdot (D - C) \cdot Y \quad (2)$$

式中: $B_{\text{水产}}$ 为水产品产值; A 为水面增加面积; D 为水产品价格; C 为水产品生产成本; Y 为亩均水产品产量。

3.2.2 生态效益

土地利用/覆盖变化过程对维持生态系统服务功能起决定性作用, 土地利用的变化必然会影响生态系统的结构和功能^[12]。生态建设实施后土地利用类型发生改变, 从而引起生态服务功能价值的改变。在此, 采用谢高地等人^[13]参照 Costanza 等人的研究成果, 修订的中国陆地生态系统单位面积生态服务价值系数, 进行估算雨洪资源利用后的生态效益, 公式如下:

$$B_{\text{生态}} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot d_i \quad (3)$$

式中: $B_{\text{生态}}$ 为生态效益; A_i 为各陆地生态系统的面积; d_i 为各陆地生态系统的单位面积生态服务价值系数。

按上述方法分别计算大黄堡洼各雨洪资源利用情景的经济效益和生态效益。

4 方案优选

大黄堡洼各雨洪资源利用情景下的净效益和后期遭遇 20 a 一遇洪水时的附加损失情况见表 4。其中净效益是指前期蓄水量的效益与损失的差值, 附加损失是指前期蓄水后遭遇 20 a 一遇洪水的损失与 20 a 一遇洪水所造成的损失差值。

从表 4 中可以看出: (1) 效益值和损失值不仅和蓄水量有关(随着蓄水量的增加而增大), 还与淹没范围有关, 而且相比之下损失值随淹没范围的影响更为显著, 如情景 4(20 a 一遇洪水 + 蓄水 3 000 万 m^3 , 利用 I 区、II 区蓄洪) 和情景 5(20 年一遇洪水 + 蓄水 3000 万 m^3 , 利用 I 区、II 区、III 区蓄洪) 蓄洪量相同, 但由于受淹面积的增加, 附加损失值分别为 7 491.8 万元和 13 360.7 万元, 相差较大; (2) 情景 3、情景 6、情景 7 的净效益为 0, 这是由于开始蓄水时损失的增加比效益增加的快, 到蓄水 4 000 万 m^3 时, 已超过 20 a 一遇洪水时大黄堡洼的蓄洪量(3 750 万 m^3), 已形成洪灾, 此时再分析其洪水资源利用的效益已无意义; (3) 情景 4、情景 5(蓄水 3 000 万 m^3) 也有净效益, 但此情景下再遇 20 a 一遇洪水时的附加损失远大于其产生的净效益, 且此时受淹的村庄相对较多、相对风险较大, 不建议采用此方案; (4) 综合风险、损失、效益看来, 洪水资源利用情景 2(蓄水 1 000 万 m^3) 的效果较为

表 4 各情景下的净效益和附加损失

Table 4 Net benefit and additional loss of projects

情景	蓄水量/万 m^3	净效益/万元	附加损失/万元
1	0	0	0
2	1 000	935.3	506.8
3	2 000	0	1 799.7
4	3 000	4 00.6	7491.8
5	3 000	400.6	13 360.7
6	4 000	0	8 713.1
7	4 000	0	17 225.0

理想,此情景下再遇 20 a 一遇洪水时的附加损失为 506.8 万元,小于其产生的净效益 935.3 万元,且受淹的村庄相对较少、相对风险较小,相比其他洪水资源利用情景较优。这也表明在平原地区利用蓄滞洪区进行洪水资源化是要非常慎重的,因为蓄滞洪区的功能主要是调蓄洪水,减轻洪水灾害损失。

5 结 语

利用蓄滞洪区蓄水实现洪水资源化是合理开发和有效利用水资源的重要途径。本文以天津市大黄堡洼蓄滞洪区为例,归纳了蓄滞洪区风险的评价指标体系,给出了风险、相对风险、损失、效益的计算方法,并分析计算了大黄堡洼 7 种洪水资源利用情景下 83 个评价单元的风险度、相对风险度、损失、经济效益和生态效益。结果表明,由于风险阈值的给定,使得各评价单元的相对风险度较通常计算的风险度更为直观,便于决策人的判断,更及时的做出应对策略;损失、效益不仅和蓄水量有关,还与受淹面积有关。最后综合分析风险、损失、效益计算结果,优选出情景 2(蓄水 1000 万 m^3) 相对较优。

在下一步的工作中,要着重分析汛期洪水的水质情况,有针对性的进行蓄滞汛期洪水,并制定相应的洪水资源化利用策略,以满足不同行业的需水要求。

参考文献:

- [1] 曹永强. 洪水资源利用与管理研究[J]. 资源·产业, 2004, 6(2): 21-23.
- [2] 刘晓琴, 胡彩虹, 王燕青, 等. 陆浑水库分期洪水资源化风险分析[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(5): 56-59.
- [3] 冯平, 韩松, 李健. 水库调整汛限水位的风险效益综合分析[J]. 水利学报, 2006, 37(4): 451-456.
- [4] 周惠成, 朱永英, 王本德, 等. 水库汛限水位动态控制的模糊推理方法[J]. 水力发电, 2007, 33(7): 9-12.
- [5] 曾玉红, 胡敏良, 梁在潮. 防洪系统风险分析及其预报阈值研究[J]. 武汉大学学报:工学版, 2003, 36(6): 27-30.
- [6] 陈守煜. 复杂水资源系统优化模糊识别理论与应用[M]. 吉林: 吉林大学出版社, 2002.
- [7] 李绍飞, 冯平, 林超. 地下水环境风险评价指标体系的探讨与应用[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(1): 83-84.
- [8] 楚文海, 高乃云, 鄢贵权. 西南岩溶山区水资源可持续利用评价指标选取及权重确定[J]. 水土保持通报, 2008, 28(1): 59-64.
- [9] 黄敏, 左治兴, 易斌. 基于改进层次分析法的石化生产装置安全评价[J]. 工业安全与环保, 2008, 34(4): 40-42.
- [10] 范子武. 蓄滞洪区的洪水演进数值模拟与洪水风险评估[D]. 南京: 南京水利科学研究所, 1999.
- [11] 张厚玉, 沈秀珍. 位山灌区灌溉效益分摊系数计算[J]. 人民黄河, 2000, 22(3): 39-40.
- [12] Lambing E F, Baulies X, Rock Stael, et al. Land-use and land-cover change: implementation strategy[R]. IGBP Report No. 48/IHDP Report No. 10. Stockholm: IGBP, 1995.
- [13] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-195.