

枣庄市岩马水库洪水风险分析与对策探究

胡玉海 刘罡

枣庄市水文中心

DOI:10.12238/hwr.v5i5.3823

[摘要] 基于多年从事枣庄市水文水情预报工作经验,以岩马水库为例,深入探究其洪水风险区,并科学合理的提出了若干洪水预防的综合措施,为水库的防洪调度提供有力的决策支持。

[关键词] 洪水风险区; 一次二阶矩法; 防洪调度决策

中图分类号: TV122 **文献标识码:** A

Flood risk analysis and Countermeasures of Yanma reservoir in Zaozhuang City

Yuhai Hu, Gang Liu

Zaozhuang hydrological Center Shandong

[Abstract] Based on years of working experience in Zaozhuang hydrological forecast, taking Yanma reservoir as an example, this paper deeply explores its flood risk area, and puts forward some comprehensive flood prevention measures scientifically and reasonably, so as to provide strong decision support for the flood control operation of the reservoir.

[Key words] flood risk area; First order second moment method; Flood control dispatching decision

前言

岩马水库是一座以防洪灌溉为主,结合发电、养鱼等综合利用的大型水库。水库以防洪、供水、发电为主,兼顾养殖、旅游的综合利用大型水利枢纽,多年调节水库。研究其洪水预报方案的风险分析是十分必要的。本文运用改进的一次二阶矩法分析计算了岩马水库洪水预报方案的风险分析,以完成其洪水风险区研究。

1 岩马水库洪水预报方案风险分析

1.1 洪水预报方案风险

洪水预报方案风险为在一次降雨径流预报过程中,净雨的预报误差大于规范允许的误差,洪峰流量的预报误差大于规范允许的误差,峰现时间的预报误差大于规范允许的误差,三者至少发生之一的概率。洪水风险分析的方法很多,主要有重现期法、安全系数法、Monte-Carlo模拟法、一次二阶矩阵法等。本文采用改进的一次二阶矩法进行分析。

1.2 改进的一次二阶矩法

采用改进的一次二阶矩法(AFOSM)进行洪水预报系统的风险分析。AFOSM就是将功能函数在失事面上可能的失事验算点处按泰勒级数展开,取其一阶展开式计算功能函数的期望值和方差,然后计算其可靠性指标。

改进一次二阶矩分析法(AFOSM)是对均值一次二阶矩法(MFOSM)的改进。将功能函数 Z 展开成荷载变量的均值的泰勒级数:

$$Z = g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) +$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - x_i^*) \frac{\partial g}{\partial x_i} \Big|_{x_i^*}$$

Z 的均值为:

$$\mu_Z = E(Z) = \sum_{i=1}^n (\mu_{x_i} - x_i^*) \frac{\partial g}{\partial x_i} \Big|_{x_i^*}$$

Z 的标准差为:

$$\sigma_Z = \left[\sum_{i=1}^n \left(\sigma_{x_i} - \frac{\partial g}{\partial x_i} \Big|_{x_i^*} \right)^2 \right]^{1/2}$$

当 Z 为正态分布时,由可靠指标

$$\beta = \mu_Z / \sigma_Z \text{ 求风险:}$$

$$P = 1 - \Phi(\beta)$$

1.3 岩马水库洪水预报方案风险分析

计算

(1) 分别计算净雨、洪峰流量和峰现时间的预报误差 Δ_R 、 Δ_{Q_m} 和 Δ_T 。部

分计算结果如表1。

(2) 基本变量总体分布类型的检验。首先,检验净雨预报误差的总体分布类型,检验假设

$$H_0 = F(x) = F_0(x); H_1: F(x) \neq F_0(x)$$

式中

表1 岩马水库历史洪水的洪水特征值的预报及实测数据统计表

| 年份 | 降雨开始 | 流量结束 | 预报洪峰 (m³/s) | 实际洪峰 (m³/s) | 绝对误差 | ΔR _i |
|------|------|------|-------------|-------------|------|-----------------|
| 1998 | 8.22 | 9.12 | 805 | 732 | 73 | 9.97 |
| 2001 | 8.01 | 8.13 | 3200 | 2960 | 240 | 8.11 |
| 2005 | 8.12 | 8.20 | 4980 | 5870 | -890 | -15.2 |
| 2013 | 7.03 | 7.05 | 2060 | 1920 | 140 | 7.29 |
| 2017 | 7.05 | 7.06 | 2580 | 2460 | 120 | 4.88 |
| 2019 | 8.10 | 8.12 | 2680 | 2890 | -210 | 7.27 |
| 均值 | | | | | | 11.5 |

表2 观察频数、期望频数及计算检验统计量表

| 组号 | N _i | N _i ² | NP _{i0} | N _i ² /NP _{i0} |
|----|----------------|-----------------------------|------------------|---|
| 1 | 1 | 1 | 7.73 | 0.13 |
| 2 | 11 | 121 | 7.54 | 16.0 |
| 3 | 11 | 121 | 7.44 | 16.2 |
| 4 | 10 | 100 | 6.90 | 16.5 |
| 5 | 5 | 25 | 7.45 | 3.35 |
| 6 | 1 | 1 | 4.14 | 0.24 |
| 7 | 5 | 25 | 7.82 | 3.21 |
| 总计 | | | | 54.7 |

$$F_0(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)}{2\delta}\right\} dx \quad P_{30} = \Phi\left[\frac{(11.5-19.48)}{30.34}\right]$$

其中 μ 和 δ² 为未知量。

$$-P_{20} - P_{10} = 0.162$$

$$\text{算得 } \Delta\bar{R}_i = \sum (\Delta R_i - \Delta\bar{R}_i)^2$$

$$P_{40} = \Phi\left[\frac{(17-19.48)}{30.34}\right]$$

$$19.48, =42336.8336, \delta^2 = S^2 = \left(\frac{1}{46}\right)$$

$$-P_{30} - P_{20} - P_{10} = 0.15$$

$$\times 42336.8336 = 30.34^2$$

$$P_{50} = \Phi\left[\frac{(22.5-19.48)}{30.34}\right]$$

极大似然法求得: μ = X = 19.48

$$-P_{40} - P_{30} - P_{20} - P_{10} = 0.162$$

设净雨的相对误差随机变量为x, 原假设等价于H0: X服从正态分布N(19.48,

$$P_{60} = \Phi\left[\frac{(28-19.48)}{30.34}\right]$$

30.34²); H1: X不服从正态分布。用7

$$-P_{50} - P_{40} - P_{30} - P_{20} - P_{10} = 0.09$$

个实数0.5, 6, 11.5, 17, 22.5, 28, 33.5

将实轴分成8个不相交的区间:

$$P_{70} = \Phi\left[\frac{(33.5-19.48)}{30.34}\right] - P_{60}$$

(-∞, 0.5], (0.5, 6], (6, 11.5],

$$-P_{50} - P_{40} - P_{30} - P_{20} - P_{10} = 0.087$$

(11.5, 17], (17, 22.5], (22.5, 28],

$$P_{80} = 1 - \sum P_{i0} = 0.017$$

(28, 33.5], (33.5, +∞)。计算随机变

转化为多项分布问题H0:

$$P_{10} = 0.168, P_{20} = 0.164, \dots, P_{80} = 0.017$$

$$P_{10} = \int_{-\infty}^{0.5} \frac{1}{19.48\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(0.5-19.48)}{2 \times 30.34}\right\} dx = \Phi\left[\frac{(0.5-19.48)}{30.34}\right] = 0.168$$

观察频数, 期望频数及计算检验统计量列于表2。

$$P_{20} = \Phi\left[\frac{(6-19.48)}{30.34}\right] - P_{10} = 0.164$$

给定显著水平 α = 0.05, 因自由度 K = n - r - 1 = 8 - 2 - 1 = 5 (n 为区间数, r 为分布参数个数), 查表可得分位数值 χ²_(5, 0.95) = 11.071, 临界域为

(11.071, ∞); 计算检验统计量的数值得:

$$\chi^2 = \sum \left(\frac{N_i^2}{NP_{i0}} \right) - N$$

$$= 56.74 - 46 = 10.74 < 11.071$$

不拒绝原假设, 可认定净雨预报值的误差 ΔR, 服从正态分布。

同理可检验洪峰流量预报值的误差

ΔQ_m、峰现时间预报值的误差 ΔT,

都服从正态分布, 即系统的基本变量均服从正态分布。

1.4 风险计算结果

计算可靠度 β = μ_Z / σ_Z, 则净雨

可靠度 β_R = 11.56 / 5.78 = 1.969, 则净雨

预报的风险值为 P_F(R) = 1 - Φ(β)

= 1 - 0.97554 = 0.02446, 洪峰流量可靠度

β_Q = 502.93 / 427.09 = 1.178, 洪峰流量

预报风险值 $P_F(Q_m) = 0.1205$, 峰现

时间可靠度为 $\beta_T = 1.0241/0.876 = 1.169$,

洪峰时间预报风险值为 $P_F(T) = 0.121$ 。

则预报方案的风险值为:

$$P_F = 1 - (1 - P_{FR}) \times (1 - P_{FQm}) \times (1 - P_{FT}) = 0.2458$$

水库洪水预报方案风险率的许可范围目前尚无统一的规定。可参考美国垦务局1986年提出的水资源可靠性指标临界值作为标准,即水资源系统内单一目标的可靠性应大于80%,相应允许风险率 P_{0F} 应小于20%;复合目标的可靠性

值应大于60%,相应允许风险率 P_{0F} 应小

于40%。因为 $P_F (24.58\%) < P_{0F} (40\%)$,

说明岩马水库洪水预报方案的可信度较高。

2 岩马水库区洪水预防的综合措施

2.1 加强岩马水库环境保护

(1) 为了保护岩马水库整个上游流域的环境,需减少泥沙沉积量及将洪水发生的可能性降到最低,应加强公众的环保意识和教育,以及加强上游流域的

环境管理^[1]。

(2) 岩马水库周围及上游应注重植被保护,提高植被覆盖度,增加林地、草地的持水能力,有效减缓洪水的发生强度。

(3) 枣庄市山亭区冯卯镇有悠久的耕作历史以及发达的农业,是全国重要的商品粮、鱼基地。农业作为其主要传统产业。由于大量的施用农药和化学肥料,已经导致了上游水质环境污染。今后应大力推广使用有机肥及无化学成分的生物害虫预防药品^[2]。

2.2 完善岩马水库洪水风险区预防措施

洪水预防措施是一项重要的非工程措施。区域洪水预防措施和原则体系的全面建立是区域洪水预防体系的重要组成部分。

(1) 完善现有防洪措施,坚持维护、落实“封山植树、退耕还林、平垸行洪、退田还湖”的大政方针政策。各级政府部门应依此为依据,制订相应的落实方案。

(2) 建立岩马水库区统一协调机制。就岩马水库区而言,洪水易损性亦涉及水利、农业、环保、林业等诸多部门,但相互之间缺乏有效沟通,同样导致顾局部,失整体。因此,必须建立岩马水库区统一协调机制,促进各部门密切配合、通力合作。

(3) 建立流域补偿机制。由于岩马水库区与上、中、下游不可分割的关系,一方建设,多方受益;一方破坏,多方受

难。因此,必须建立有效的流域洪水补偿机制,充分发挥各地积极性,提高岩马水库区以及周围流域的防御洪水能力。

3 结束语

只有对误差结果要进行系统地分析,才能更好地消除误差,提高洪水预报精度^[3]。随着空间信息技术的大力发展,可以利用气象卫星云图提供短期的降雨数值预报成果,利用水情自动测报系统提供及时、准确的雨水情数据。才能有效地提高水库洪水预报的精度,充分保证洪水预报泄调调度科学合理的进行。

[参考文献]

[1] 周兵,王钦臣.浅谈防洪减灾战略调整与洪水风险管理[J].水利科技与经济,2009,(04):319-320.

[2] 余丽华,余亮亮,刘铁锤.基于WEBGIS的宁波鄞东南地区动态洪水风险图编制研究[J].人民珠江,2014,(04):35.

[3] 田景环,张科磊,陈猛,等.HEC-RAS模型在洪水风险分析评估中的应用研究[J].水电能源科学,2012,(04):23-25.

作者简介:

胡玉海(1974--),男,汉族,山东枣庄人,大学本科,工程师,枣庄市水文中心,研究方向:水文水资源。

刘罡(1982--),男,汉族,山东泰安人,工程师,大学本科,枣庄市水文中心,研究方向:水文水资源。