

基于风险矩阵的水库风险评价 方法研究与应用

徐 铭, 曹恒楼, 陈 钟

(江苏省洪泽湖水利工程管理处, 江苏 洪泽 223100)

摘要: 水库的安全运行一直是防汛工作的重点, 以中型水库为例, 科学划分评价单元, 辨识运行管理的危险源和风险点, 采用风险矩阵法(LS法)对风险进行评价, 按风险值将风险等级划分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险, 对风险按照等级进行分类管理, 便于管理单位有重点、有针对性制定措施以减低风险, 提高管理的安全性, 对类似水库安全运行管理具有参考和借鉴意义。

关键词: 水库; 风险管理; 风险矩阵

中图分类号: TV697

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2021)09-0062-04

Research and application of reservoir risk assessment method based on risk matrix

XU Ming, CAO Henglou, CHEN Zhong

(The Hongze Lake Water Conservancy Project Management Office of Jiangsu Province, Huai'an 223100, China)

Abstract: The safe operation of reservoirs has always been the focus of flood control work. Taking medium-sized reservoirs as an example, the evaluation unit was scientifically divided, and the hazard sources and risk points of operation and management were identified. The risk matrix method (LS method) was used to evaluate the risk. According to the risk value, the risk level was divided into major risk, large risk, general risk and low risk. The classified management of risks according to grades was convenient for the management units to formulate measures with emphasis and pertinence to reduce risks and improve the safety of management, which could have reference significance for the safe operation and management of similar reservoirs.

Key words: reservoir; risk management; risk matrix

我国境内水库众多, 其中中小型水库占比超过2/3, 为我国的农业灌溉、发电、防洪、供水和水环境提升等方面发挥了重要作用。然而这些水库大多修建于20世纪50—70年代, 虽经消险加固, 但水库的工程本身以及管理行为等依然存在较多安全隐患^[1-2], 是每年汛期防汛工作的重点, 开展水库隐患排查和安全风险分级管控尤为重要。2018年12月, 水利部印发了《关于开展水利安全风险分级管控的指导意见》, 2019年12月, 印发了《水利水电工

程(水库、水闸)运行危险源辨识与风险评价导则》, 对开展水库、水闸安全运行风险等级评价提出了指导意见和具体要求, 本文以某中型水库为例, 采用风险矩阵法(LS法)对水库开展全方位风险辨识和危险源风险评价, 以期对类似水库的安全管理有所帮助。

1 危险源辨识与评价

危险源辨识分2级, 分别为重大危险源和一般

收稿日期: 2021-02-03

作者简介: 徐铭(1975—)男, 高级工程师, 主要从事水利工程运行管理工作。E-mail: 172022703@qq.com

危险源,危险源的风险分为 4 级,由高到低依次为重大风险、较大风险、一般风险和低风险,分别用红、橙、黄、蓝 4 种颜色标示。对于重大危险源直接判定为重大风险,对于一般危险源通常采用风险矩阵法进行评价^[3]。

根据《大中型水电工程建设管理规定》(GB/T 50927—2013),风险评估需从风险发生的可能性与损失严重程度进行分析,即风险矩阵方法。开展风险矩阵法分析一般有制定计划及组成工作组、划分评价单元、风险辨识、风险承受力与控制力分析、后果严重性 4 个步骤^[4],结合日常安全检查记录和实施现场调查的成果综合开展。

2 风险矩阵法

风险矩阵方法的数学表达式为

$$R=LS \tag{1}$$

式中: R 为风险值(Risk value), L 为事故发生的可能性(Likelihood), S 为事故造成的严重程度(Severity)。

2.1 L 值的取值过程与标准

L 值由水库管理单位 3 个管理层级(分管负责人、部门负责人、运行管理人员)、多个相关部门(运管、安全等)人员按照以下过程 and 标准共同确定。

第一步:由每位评价人员根据实际情况和取值标准(表 1),结合评价单元选取事故发生的可能性分别确定。

第二步:分别计算出 3 个管理层级中,每层级

内所有人员所取 L 值的算术平均数 L_{j1} 、 L_{j2} 、 L_{j3} 。其中: $j1$ 代表分管负责人层级, $j2$ 代表部门负责人层级, $j3$ 代表管理人员层级。

第三步:计算得出 L 的最终值, $L=0.3\times L_{j1}+0.5\times L_{j2}+0.2\times L_{j3}$ (0.3、0.5、0.2 为各层级占比系数)。

2.2 S 值取值标准

在分析水库工程运行事故所造成危害的严重程度时,应综合考虑水库水位 H 和工程规模 M 两个因素,用两者的乘积值 V 所在区间作为 S 取值的依据。 V 值按照表 2 计算, S 值按照表 3 取值。

2.3 危险源风险等级确定

根据 L 、 S 值,由 $R=L\times S$ 公式计算 R 值,按照表 4 确定风险等级。

3 实践应用

3.1 工程概况

水库建成于 1973 年,集水面积 206 km²,总库容 9 100 万 m³,属中型水库,兴利库容 3 750 万 m²,包括均质黏土坝 1 座,溢洪闸 1 座,东、西输水涵洞各 1 座,电灌站 2 座。

水库大坝长 2 760 m,坝顶宽 7.5 m,坝顶高程 40.5 m,最大坝高 21.0 m;溢洪闸 3 孔,每孔净宽 8.0 m,设计最大溢洪流量为 650 m³/s,控制下泄流量为 530 m³/s。

东、西输水涵洞断面均为 1.5 m×1.5 m,设计流量均为 6.0 m³/s,水库 2 座电灌站共安装 10 台提

表 1 L 值取值标准

可能性	一般情况下不会发生	极少情况下才发生	某些情况下发生	较多情况下发生	常常会发生
L 值	3	6	18	36	60

表 2 V 值计算

水库水位 H 区间	小(2)型	小(1)型	中型	大(2)型	大(1)型
	取值 1	取值 2	取值 3	取值 4	取值 5
$H\leq$ 死水位	1	2	3	4	5
死水位 $<H\leq$ 汛限水位	2	4	6	8	10
汛限水位 $<H\leq$ 正常蓄水位	3	6	9	12	15
正常蓄水位 $<H\leq$ 防洪高水位	4	8	12	16	20
$H>$ 防洪高水位	5	10	5	20	25

水泵,装机容量 12 75 kW,设计提水流量 $5.25\text{ m}^3/\text{s}$ 。

表 3 水库工程 S 值取值标准

V 值区间	危害程度水库	工程 S 值取值
$V \geq 21$	灾难性的	100
$16 \leq V \leq 20$	重大的	40
$11 \leq V \leq 15$	中等的	15
$6 \leq V \leq 10$	轻微的	7
$V \leq 5$	极轻微的	3

表 4 危险源风险等级划分标准

R 值区间	风险程度	风险等级	颜色标示
$R > 320$	极其危险	重大风险	红
$160 < R \leq 320$	高度危险	较大风险	橙
$70 < R \leq 160$	中度危险	一般风险	黄
$R \leq 70$	轻度危险	低风险	蓝

3.2 评价单元

水库包括挡水建筑物(主坝)、泄水建筑物(溢洪闸、输水建筑物(输水洞)、金属结构(闸门、启闭机、水泵、电机)、管理设施(水文自动测报、闸门自动监控等),风险辨识及危险源评价除上述外还需综合考虑运行管理行为,分为 7 大类 98 个评价单元。评价单元及内容如图 1 所示。

3.3 评价结果

采用风险矩阵法对该水库 7 大类 98 个安全风险因素进行辨识、分析、评价,其中主要风险为一般风险的 59 个,属中度危险,约占 60%;其次为较大风险的 25 个,属高度危险,约占 26%;重大风险和低风险分别占比 3% 和 11%。

3.4 结果分析

通过对上述结果进行分析,该水库中度危险约占 60%,主要集中在溢洪闸门启闭机中的止水、钢丝绳、吊耳、行走支撑,提水泵站的电气设备管理,管理设施中的防汛照明、防雷保护、自动监控,作业活动中的起重作业、带点作业、电焊作业,管理类的维修养护、预案编制演练等,这类风险点面广量大,稍有控制疏忽即有转化为高度风险的可能,在日常管理中需密切关注;高度风险的约占 26%,主要集中在主坝迎水面冲刷、背水面渗流、溢洪闸防冲设施、涵洞洞身、水文测报、安全监测等方面,这类风险涉及到水库安全运行的核心,其中的每一项都不能失效,在日常管理需要重点关注;重大风险主要涉及主坝渗漏、溢洪道结构破坏、防汛抢险物料配备不足等,是水库运行必须确保的事项,也是度汛准备的工作重点;11% 低分险的部位在日常管理中常规检查即可,无需投入过多精力。

4 结 语

科学划分评价单元、厘清涉及水库安全运行的每个风险点,采用风险矩阵法对风险点进行客观评价,对风险的危害程度进行等级分类,找出日常管理中需要重点关注的部位,让水库管理单位有针对

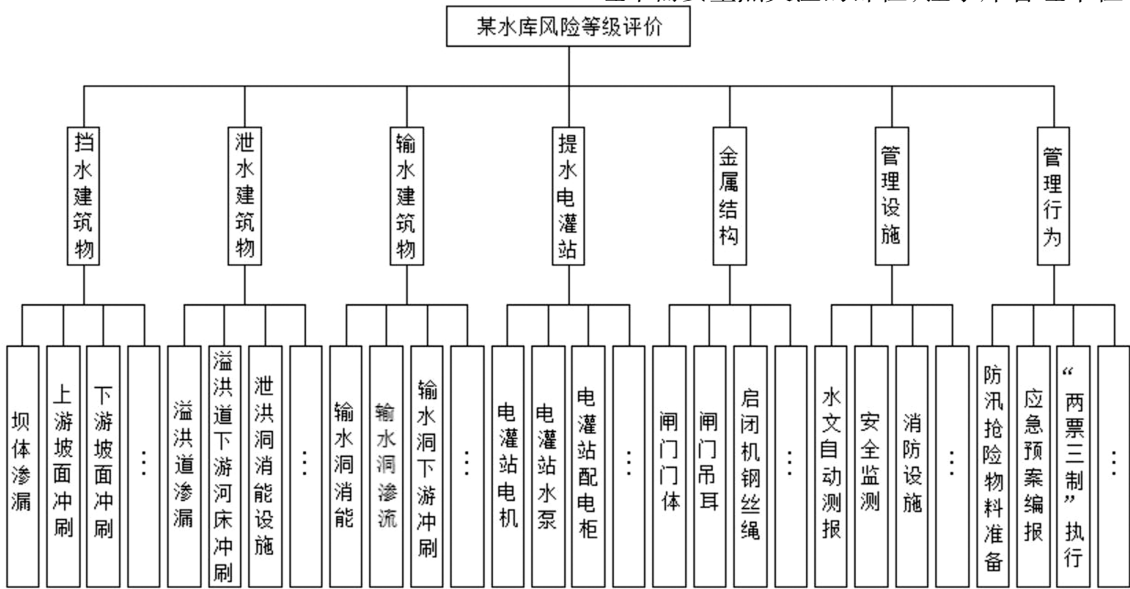


图 1 评价单元划分

性地采取管理措施减低风险,提高安全性,起到了事半功倍的效果。

参考文献:

- [1] 徐卫国,龙振华. 小型水库安全管理现状、问题与对策[J]. 湖北水利水电职业技术学院学报, 2017, 7(14):15-17.

- [2] 刘利强,王亚斌. 浅谈水库的安全问题及对策[J]. 科技传播, 2011(7):58-59.
- [3] 刘昶. 水库大坝危险源辨识及风险评价[J]. 黑龙江水利科技, 2018(9):76-77, 95.
- [4] 李玉峰,刘袁春,胡大山,等. 基于风险矩阵的水电站项目风险分级评估方法研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2020(1):130-134.

(上接第 55 页)

参考文献:

- [1] 董哲仁. 河流形态多样性与生物群落多样性[J]. 水利学报, 2003, 34(11):1-6.
- [2] 杨士建,赵秀兰. 古黄河宿迁段水质污染现状及综合整治研究[J]. 中国环境管理, 2002(增刊1):90-91.
- [3] 史聿忠,王克云,庄仲昌,等. 古黄河泗阳段流域综合治理与生态环境保护[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(1):152-154.
- [4] 田为刚,万敏,张瑶. 主要入滇河流生态调查[J]. 环境科学导刊, 2016, 35(3):18-23.
- [5] 王明翠,刘雪芹,张建辉. 湖泊富营养化评价方法及分级标准[J]. 中国环境监测, 2002, 18(5):47-49.
- [6] 方精云,王襄平,沈泽昊,等. 植物群落清查的主要

内容、方法和技术规范[J]. 生物多样性, 2009, 17(6):533-548.

- [7] CAPERS R, SELSKY R, BUGBEE G J. The relative importance of local conditions and regional processes in structuring aquatic plant communities[J]. Freshwater Biol, 2010(55):952-966.
- [8] DALTON R L, BOUTIN C, PICK F R. Nutrients override atrazine effects on riparian and aquatic plant community structure in a North American agricultural catchment[J]. Freshwater Biol, 2015(60):1292-1307.
- [9] 侯俊,王超,王沛芳. 浅议河流的生态修复技术[J]. 水资源保护, 2004(增刊1):95-97.
- [10] 赵怡冰,许武德,郭宇欣. 生物的指示作用与水环境[J]. 水资源保护, 2002(2):11-13.

(上接第 61 页)

- [22] 桑燕芳,王中根,刘昌明. 水文时间序列分析方法研究进展[J]. 地理科学进展, 2013, 32(1):20-30.
- [23] 刘沛林. 长江流域历史洪水的周期地理学研究[J]. 地球科学进展, 2010, 15(5):503-508.

- [24] 盛龙寿,秦建国,姚华,等. 无锡市区 2017 年暴雨洪水及其成因分析[J]. 江苏水利, 2020(12):32-34.
- [25] 陈家其. 南宋以来太湖流域大涝大旱及近期趋势估计[J]. 地理研究, 1987, 6(1):43-52.