

Research on Risk Management during Operation of Sanmenxia Hydropower Station

Donghui Wei

Sanmenxia Yellow River Pearl Group Hydroelectric Power Company, Sanmenxia, Henan, 472000, China

Abstract

In the operation process of hydropower station, risk management is the key factor to ensure its safe and reliable operation. However, at present, there are many risks, which seriously affect the long-term safe and stable operation of hydropower stations. In order to solve these problems, this paper studies the operational risk of hydropower station from two aspects: theoretical analysis and model construction. Through field investigation, literature analysis and expert interview, we preliminarily determine the risk factors that affect the safe operation of hydropower station during the operation period, and build a risk assessment model of hydropower station during the operation period. This model provides a reference for the risk management of hydropower stations during operation, and can be used for reference for other hydropower stations during operation.

Keywords

hydropower station; risk management; secure

三门峡水电站运行期风险管理研究

卫东辉

三门峡黄河明珠集团水力发电公司, 中国 · 河南 三门峡 472000

摘要

在水电站的运行过程中, 风险管理是确保其安全和可靠运行的关键因素。然而, 目前存在许多风险问题, 严重影响着水电站的长期安全稳定运行。为了解决这些问题, 论文从理论分析和模型构建两个方面对水电站运行期风险进行了研究。通过实地调查法、文献分析法和专家访谈, 我们初步确定了影响水电站运行期安全运行的风险因素, 并构建了水电站运行期风险评价模型。该模型为水电站运行期的风险管理提供了参考, 可为其他水电站运行期风险管理提供借鉴。

关键词

水电站; 风险管理; 安全

1 三门峡水电站概况

三门峡水电站共安装 7 台机组。其中, 1#~5# 机组单机容量为 60MW, 6#、7# 机组单机容量为 75MW, 电站总装机容量 450MW。

2 三门峡水电站运行期风险分析与评价

通过实地调查、查阅文献、专家访谈等方式, 对三门峡水电站的风险源进行了辨识, 形成了比较详细的风险清单。同时结合三门峡水电站风险识别的现状、工程特点, 通过咨询水电站管理方面的专家, 确定以下三门峡水电站风险等级标准表, 见表 1。

2.1 确定构(建)筑物类因素集

三门峡水电站构(建)筑物方面需要评价的故障模式

【作者简介】卫东辉(1981-), 男, 中国河南三门峡人, 本科, 从事水力发电运行研究。

的集合 A 为: $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}\}$, 其中, $A_i (i=1, 2, \dots, 7)$ 。

表 1 三门峡水电站风险等级标准表

风险程度	风险等级	颜色标示	O (可能性)	S (严重性)	D (可探测度)	赋值 C
极其风险	重大风险	红	经常发生	灾难性的	难监测	7
高度风险	较大风险	橙	有时发生	严重的	可检测	5
中度风险	一般风险	黄	偶然发生	临界的	较易监测	3
轻度风险	低风险	蓝	很少发生	轻微的	易检测	1

2.2 确定构(建)筑物类评语集合

将构(建)筑物类各评价因素分为 4 个等级, 具体为: 故障危害性分析风险优先法因素故障发生频度 O 的评语集为: $V_o = \{\text{经常发生}(V_o1), \text{有时发生}(V_o2), \text{偶然}$

发生 (Vo3), 很少发生 (Vo4) }。

故障危害性分析风险优先法因素影响严重程度 S 的评语集为: Vs={灾难性 (Vs1), 严重的 (Vs2), 临界的 (Vs3), 轻微的 (Vs4) }。

故障危害性分析风险优先法因素检测难易程度 D 的评语集为: Vd 难检测 (Vd1), 可检测 (Vd2), 较易检测 (Vd3), 易检测 (Vd4)。

2.3 建立构 (建) 建筑物类模糊评价矩阵 R

构 (建) 建筑物类模糊评价矩阵由专家评价确定, 其中专家组有 5 人构成, 具体包括电站安全管理负责人 1 人、电站运行负责人 2 人、电站一线运维人员 2 人。在 5 位专家评语中出现的次数 n (n=1,2,...,5), $p_j=n/5$ 即为该故障模式在评语中出现的概率。例如, 对于故障模式 A1 的 (坝肩绕坝渗流), 其评语发生频度 V_{oi} (i=1,...,4) 出现的次数分别为 2、2、1、0, 根据 $P_j=n/5$, 得到评语集 Vo 对故障模式 A1 的 (坝肩绕坝渗流) 的评价向量为:

$$r1=\{0.4,0.4,0.2,0\}$$

同上, 通过对收集的专家调查数据的分析和分类, 分别得出故障发生影响严重程度 S 的评语集 Vs、故障发生检测难易程度 D 的评语集 Vd 对故障模式 A1 (坝肩绕坝渗流) 的评价向量如下:

$$r2=\{0.6,0.2,0.2,0\}$$

$$r3=\{0.6,0.2,0.2,0\}$$

将三个评价集组合, 获得故障模式 A1 (坝肩绕坝渗流) 模糊评价矩阵:

$$RA1=\begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

2.4 构 (建) 建筑物类模糊评价因素权重计算

第一步: 由每位评价人员根据实际情况对三个评价因素 (故障发生频度 (O), 影响严重程度 (S), 检测难易程度 (D)) 进行打分。

第二步: 分别计算出三个层级中, 每一层级内所有人员所取值的算术平均数 Lj1、Lj2、Lj3。

其中: j1 代表电站安全厂级管理负责人; j2 代表电站运行安全专职负责人; j3 代表电站生产一线运维人员。

第三步: 按照下式计算得出 L 的最终值。

$$L=0.3 \times Lj1+0.5 \times Lj2+0.2 \times Lj3$$

具体见表 3。

利用 spssau 软件内熵权法进行权重计算, 得到如下数据, 见表 4。

由此可得构 (建) 建筑物类评价因素的权重向量为:

$$WA(0.3165,0.4121,0.2714)$$

2.5 构 (建) 建筑物类模糊综合评价

由上文求得各因素的权重分配为 $WA=(0.3165,0.4121,0.2714)$, 以及上文求得的故障模式 A1 (坝肩绕坝渗流) 模糊评价矩阵 RA1 可求的故障模式 A1 (坝肩绕坝渗流) 的

模糊综合评价, 结果为:

$$BA1=WA \times RA1=(0.3165,0.4121,0.2714) \times \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \end{bmatrix} \\ = (0.5367,0.2633,0.2,0)$$

表 3 构 (建) 建筑物类评价因素的加权平均值

序号	风险源名称	O (可能性)	S (严重性)	D (可探测度)
A1	坝肩绕坝渗流	5.8	6.1	6
A2	护坦、消力池破坏	5.5	5.9	5.4
A3	泄洪 (隧) 洞围岩裂缝	5.7	6	6
A4	坝基问题	5.8	6.1	5.9
A5	坝体表面渗流	2.6	2.1	2.1
A6	▽ 280 廊道渗漏	1.5	1.2	2.7
A7	下游坡坡面受水流冲刷	1.5	1.7	2.2
A8	厂房漏雨	1.7	1.8	2.2
A9	坝体上游坡面受波浪冲刷	3	2.6	2
A10	▽ 315 廊道渗漏	3.1	2.2	2.7

表 4 构 (建) 建筑物类评价因素熵权法计算的权重

项	信息熵值 e	信息效用值 d	权重系数 w
O (可能性)	0.9457	0.0543	31.65%
S (严重性)	0.9293	0.0707	41.21%
D (可探测度)	0.9535	0.0465	27.14%

2.6 构 (建) 建筑物类模糊综合评价结果的清晰化

论文采取重心法对水闸受力系统指标进行处理, 为突出隶属度较大因素的作用, 选取 $[u(ui)]^2$, 其中 $i=(1,2,3,4)$ 作为加权系数, $u(ui)$ 是模糊评价结果矩阵向量 BA 中的值, 分别为 0.5367、0.2633、0.2、0。计算公式如下:

$$C_i = \frac{\sum_{i=1}^4 [u(ui)]^2 \times c}{\sum_{i=1}^4 [u(ui)]^2}$$

计算结果:

$$CA1 = (0.5367 \times 0.5367 \times 7 + 0.2633 \times 0.2633 \times 5 + 0.2 \times 0.2 \times 3 + 0 \times 0 \times 1) / (0.5367 \times 0.5367 + 0.2633 \times 0.2633 + 0.2 \times 0.2 + 0 \times 0) \\ = 6.2484$$

采用以上同样的办法, 可以计算其他故障模式的风险值, 综合如下:

$$CA1、CA2、CA3、CA4、CA5、CA6、CA7、CA8、CA9、CA10 = (6.2484, 6.1352, 6.4315, 5.9286, 1.2465, 1.5325, 1.9691, 1.3359, 2.9352, 3.1624)$$

最终我们可以对构 (建) 建筑物类各种故障模式的风险程度进行从大到小的排序如下: $A3 > A1 > A2 > A4 > A10 > A9 > A7 > A6 > A8 > A5$ 。

从结构排名可以看到在构 (建) 建筑物类各风险模式中, 泄洪 (隧) 洞围岩裂缝风险最大, 坝体表面渗流风险最小,

从而可以有针对性地制定风险防控措施。

金属结构类方面风险(B类)、设备设施类方面风险(C类),可以参照上面构(建)筑物类的计算方法进行。这里不再赘述。

3 三门峡水电站运行期风险管控

根据三门峡风险评价结果,咨询安全风险管理方面的专家,拟定如下风险等级、范围值及色标,见表5。将以上风险值对应,可判定具体的风险等级。

表5 风险等级范围及标色

风险等级	风险值范围	标色
重大风险	5.5~7	红
较大风险	4~5.5	橙
一般风险	2.5~4	黄
低风险	0~2.5	蓝

分级管控原则:

重大风险: 这些风险非常严重,由管理单位的主要负责人负责组织管理和控制,上级主管部门会进行重点监督和检查。

较大风险: 这些风险较高,由管理单位的运管分管负责人或相关部门的领导组织管理和控制,安全管理部门的领导将协助主要负责人进行监督。

一般风险: 这些风险属于中等程度的风险,由管理单

位的运管负责人或相关部门的负责人组织管理和控制,安全管理部门的负责人将协助他们的分管领导进行监督。

低风险: 轻度风险,由管理单位有关部门或班组自行管控。

4 结语

三门峡水电站作为坝后式电站,存在许多水工构(建)筑物、金属结构、设备设施等方面风险,对电站的安全运行起着非常重要的作用,影响电站整体工程的效益。论文以三门峡水电站运行期风险控制为目标,提出了基于风险评价结果的风险响应措施。三门峡水电站的护坦、消力池破坏、压力钢管、伸缩节、变配电设备故障等风险等级最高为“红色”;水轮机故障、一次设备检修,孔洞、临边、临水部位、的风险等级较高,为“橙色”。风险较大的因素中,有多项来自工程结构、设备检修作业等方面,表明在今后的运行管理工作中,应该对工程结构方面和日常作业风险因素多加关注。

参考文献

- [1] 李上潮.基于BP神经网络的综合型水利工程项目风险评价研究[D].广州:华南理工大学,2018.
- [2] 张晨,张稳.水电站运行风险管理的研究[J].煤炭与化工,2017(3):164-167.
- [3] 李伟,朱海洋.水电站运行期风险评价方法研究综述[J].河南科技大学学报(自然科学版),2016,37(5).