

基于三标度法的水工钢闸门综合安全评价

陈小强¹, 陈勇¹, 孙逊¹, 张磊¹, 张迅炜², 周建方²

(1. 华东桐柏抽水蓄能发电有限责任公司, 浙江 台州 317200;

2. 河海大学 机电工程学院, 江苏 常州 213022)

摘要: 闸门安全评价是水电站科学管理的重要环节, 为维护方案提供科学依据。基于《水工钢闸门安全检测技术规程》, 对闸门安全性的影响因素进行归类与分层, 选取7个一级影响因素和若干个二级影响因素作为评价指标, 并按重要性设置不同权重, 采用三标度法构造判断矩阵, 建立多层次模糊综合评价模型。弧门算例结果表明: 应用三标度法对比同层次各因素影响程度并确定权重, 简便、高效且实用, 综合评价模型的评估结果合理, 符合规程要求, 可供工程实践参考和借鉴。

关键词: 综合安全评价; 水工钢闸门; 三标度法; 隶属度

中图分类号: TV314

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2021)06-0113-06

Three-scale Method Based Comprehensive Safety Assessment of Hydraulic Steel Gates

CHEN Xiaoqiang¹, CHEN Yong¹, SUN Xun¹, ZHANG Lei¹, ZHANG Xunwei², ZHOU Jianfang²

(1. East China Tongbai Pumped Storage Power Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang 317200, China;

2. Mechanical and Electrical Engineering College, Hohai University, Changzhou, Jiangsu 213022, China)

Abstract: Comprehensive safety assessment of hydraulic steel gates plays an important role in scientific management of a hydropower station, and could provide scientific evidence for maintenance decision. Based on the current technical codes for safety inspection of hydraulic steel gate, the influencing factors of gate safety were classified and stratified, and 7 first-level influencing factors and several second-level influencing factors was chosen as evaluation indexes. These factors were given different weights according to their importance, the judgment matrix was constructed by using three-scale method, and a multi-level fuzzy comprehensive evaluation model was established. The calculation results of a radial gate show that it is simple, efficient and practical to use the three-scale method to compare the influence degree of each pair of factors at the same level and determine the weight. The evaluation results of the comprehensive evaluation model are reasonable and agree with the requirements of the technical codes, which can be used for reference in engineering practice.

Keywords: comprehensive safety assessment; hydraulic steel gates; three-scale method; membership function

现役水工钢闸门的安全性对水工建筑物的正常运行有着至关重要的影响。目前主要通过日常巡检、定期检查和专项安全评估等方式, 依靠常规手段和运维人员的经验作出闸门安全性的评价结论, 存在缺乏量化数据、时效性弱等不足。为及时掌握闸门的整体健康状态, 进而为闸门结构的维护以及相

关决策提供理论依据, 基于巡检和监测等结果, 开展闸门综合安全评价是具有实践意义的一个研究方向。

传统的系统安全评价方法主要基于概率统计理论, 如可靠度方法^[1]和动态故障树分析法^[2]等。闸门构件的可靠度分析方法^[3]已较为成熟, 但在系统

可靠度的快速准确评估上仍有困难。另外,闸门的非标准化、运行工况的复杂性和工作环境的多样性,使得获取上述方法所需要的概率统计基础数据并不容易。

国内学者将层次分析和模糊评价法^[4-9]、集对分析^[10]、理想点法^[11]等综合评价方法先后引入水工钢闸门的安全性评估。这些方法采用专家经验与理论分析相结合的思路,与传统方法相比较,基础数据的采集要求不太高,计算不复杂。贾文斌等^[4]从可靠度研究的角度入手,将影响闸门安全性的因素大致归类在三个准则层下,即安全性、适用性及耐久性,采用改进的模糊层次分析法判断闸门的安全等级。张云超等^[5]则简单地考虑腐蚀、焊缝及材料三大类影响因素,采用模糊综合评判确定闸门的安全等级。李剑斌等^[6]将影响闸门安全性的因素归类在运行情况、腐蚀情况、闸门强度、闸门刚度以及动态性能五个准则层下,采用层次分析法判断闸门安全等级。在基于层次分析的各种安全评价方案中,对于影响闸门安全性的因素的认定和归类存在较大的差异。另外,确定因素权重常用的 1~9 标度法等,当评估因素较多时,不易构建满足一致性要求的判断矩阵,这些都阻碍了相关方法的工程应用。

本文基于水工钢闸门及启闭机安全检测技术规程,全面考虑各类影响因素,采用三标度法确定权重,以期建立更为简单实用的闸门综合评价系统。

1 评价方法

层次分析法以及模糊层次分析法(模糊综合评判)的思想基本相同,即将影响结构安全性的因素分为多个大类,各大类因素又分别包含若干子因素,从而构成多个层次。对于闸门而言,可将各影响因素的状态分为三个安全等级:安全、基本安全及不安全。采用相应的隶属函数或是模糊统计的方法确定每个因素相对于三个安全等级的隶属度,将各子因素的隶属度向量合并成该大类因素的判断矩阵。此时,只要有相应的权重向量,即可通过相乘得到该大类因素的综合评估向量。层次分析法与模糊层次分析法的区别主要在于确定权重所采用的方法不同,层次分析法采用的是 1~9 标度法,模糊层次分析法的方法不统一,可包括 0.1~0.9 标度法或三标度法。

1.1 隶属函数的确定

水工钢闸门与启闭机安全检测技术规程^[12]中

将闸门的安全等级分成三级,分别为安全、基本安全及不安全,即:

$$v = \{v_1, v_2, v_3\}$$
 (1)

常见的模糊隶属函数主要包括线性隶属函数以及正态型隶属函数,在采用何种形式的隶属函数未明确的情况下,对于存在定量指标的因素,由于线性隶属函数计算更为简便,本文采用线性隶属函数的形式,以腐蚀为例,等级划分标准见表 1。

表 1 腐蚀安全等级评判标准

安全等级	安全	基本安全	不安全
评判标准	$x < d_1$	$d_1 \leq x \leq d_3$	$x > d_3$

其隶属函数为:

对于 $j = 1$,

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & x_i < d_1 \\ \frac{d_3 - x_i}{d_3 - d_1} & d_1 \leq x_i < d_3 \\ 0 & x_i > d_3 \end{cases} \tag{2}$$

式中: d_1 、 d_3 分别是安全与不安全二个安全等级的评判阈值。

对于 $j = 2$,

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & x_i < d_1 \\ \frac{x_i - d_1}{d_2 - d_1} & d_1 \leq x_i < d_2 \\ \frac{d_3 - x_i}{d_3 - d_2} & d_2 \leq x_i \leq d_3 \\ 0 & x_i > d_3 \end{cases} \tag{3}$$

式中: $d_2 = (d_1 + d_3)/2$ 。

对于 $j = 3$,

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & x_i < d_1 \\ \frac{x_i - d_1}{d_3 - d_1} & d_1 \leq x_i < d_3 \\ 1 & x_i > d_3 \end{cases} \tag{4}$$

隶属函数的图形见图 1。

采用上述隶属函数得到第 i 个检测点相对于三个安全等级的隶属度,对三个隶属度进行归一化处理后,即得到该检测点的隶属函数值。

对于没有量化标准的子因素,可采用专家打分的形式确定隶属度。

$$u = \frac{n_j}{n}$$
 (5)

式中: n_j 为认为符合评判等级 v_j 中的专家人数; n 为评判专家总人数。

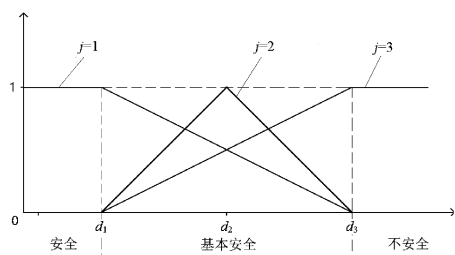


图 1 组合隶属函数

1.2 评判因素

按检测技术规程中的安全评价内容,可将一级评判因素分为巡视检查结果、闸门外观检测、腐蚀程度、焊缝合规性、应力情况、闸门运行情况以及启闭力情况七大类(见图 2),即:

$$u = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7\}$$
 (6)

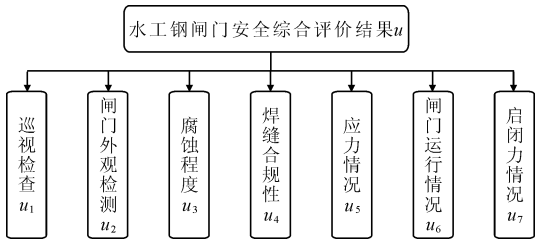


图 2 闸门一级评判因素

巡视检查包括闸门泄水时的水流姿态、闸门关闭时的漏水情况、门槽混凝土状况、闸墩 - 胸墙 - 牛腿状况、通气孔通畅状况(见图 3),即:

$$u_1 = \{u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}\}$$
 (7)

闸门外观检测结果包括门体外观检测, 支承及行走装置外观检测, 吊杆、吊耳外观检测(仅针对弧形闸门), 止水装置外观检测, 埋件外观检测, 平压设备外观检测, 锁定装置外观检测。

对于平面闸门(见图 4),

$$u_2 = \{u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}, u_{25}, u_{26}\}$$
 (8)

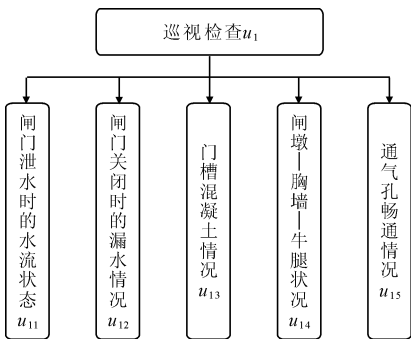


图 3 巡视检查子因素

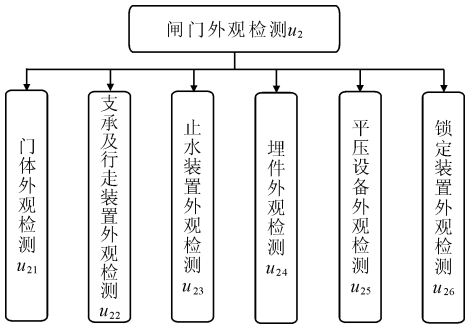


图 4 平面闸门外观检测子因素

对于弧形闸门(见图 5),

$$u_2 = \{u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}, u_{25}, u_{26}, u_{27}\}$$
 (9)

腐蚀程度子因素为表面涂层、300 mm × 300 mm 范围内的腐蚀坑数量、蚀坑平均深度、蚀坑最大深度共四类(见图 6),即:

$$u_3 = \{u_{31}, u_{32}, u_{33}, u_{34}\}$$
 (10)

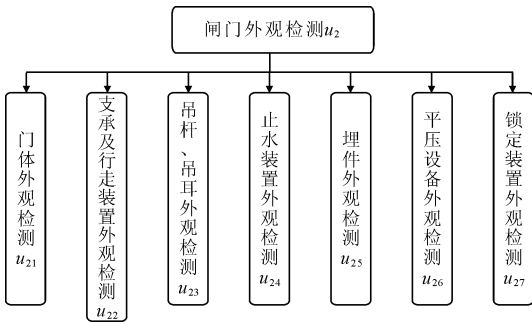


图 5 弧形闸门外观检测子因素

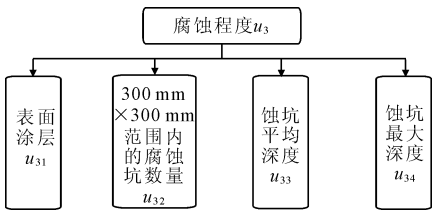


图 6 腐蚀程度子因素

对于焊缝合规性 u_4 及应力情况 u_5 ,平面闸门与弧形闸门存在一定的区别。对于平面闸门,主要针对主梁(1)、面板(2)、边梁(3)、次梁(4) 等四个重要构件进行判断;对于弧形闸门,主要针对主梁(1)、支臂(2)、面板(3)、次梁(4) 进行判断。

平面闸门的运行情况 u_6 ,通过监测闸门振动和运行姿态进行判断;而弧门的运行情况 u_6 ,判断因素还包括支铰轴运行状态。

启闭力情况 u_7 ,通过实时监测启闭机的启门力和闭门力进行判断。限于篇幅,因素 u_4 — u_7 不再图

示。

1.3 因素权重的确定

1.3.1 三标度法

由于利用 1 ~ 9 标度法构建判断矩阵时,不易准确判断矩阵标度;而且当评估因素较多时,判断矩阵常常难以满足一致性要求,需要多次重新构造及计算,使得整个过程的效率较低。本文采用三标度法确定权重^[13-16],具体步骤如下:

(1) 利用三标度法将影响钢闸门安全性的因素进行两两对比,判断其影响程度相对大小,最终得到判断矩阵如下:

$$\mathbf{D} = (d_{ij})_{m \times m}; d_{ij} = \begin{cases} 0.0 & a < b \\ 0.5 & a = b \\ 1.0 & a > b \end{cases} \quad (11)$$

式中: a, b 分别为 d_i 与 d_j 的相对重要程度; m 为判断矩阵中因素的个数。

(2) 将判断矩阵 $\mathbf{D}$ 按行求和得到 q_i :

$$q_i = \sum_{j=1}^m d_{ij} \quad (12)$$

使用转换公式:

$$q_{ij} = \frac{q_i - q_j}{2m} + \frac{1}{2} \quad (13)$$

得到模糊一致性矩阵:

$$\mathbf{Q} = (q_{ij})_{m \times m} \quad (14)$$

(3) 用行和归一法对矩阵 $\mathbf{Q}$ 进行处理,得每行元素之和(不包括自身对比)为:

$$l_i = \sum_{j=1}^m q_{ij} - \frac{1}{2} \quad (15)$$

不包括自身对比的总元素之和为:

$$\sum_{i=1}^m l_i = m(m-1)/2 \quad (16)$$

式中: l_i 为指标 i 相对于上层目标的重要程度。

对 l_i 归一化可得权重:

$$w_i = l_i / \sum_{i=1}^m l_i = \frac{2l_i}{m(m-1)} \quad (17)$$

故权重向量为:

$$\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_m) \quad (18)$$

1.3.2 评判因素权重

结合专家的工程经验,确定七大类因素对结构安全的重要性由高到低排序为:

$$u_5 > u_7 > u_3 = u_4 > u_6 > u_2 > u_1$$

按式(11) 构建判断矩阵:

$$\begin{pmatrix} 0.5 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 1.0 & 0.5 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 1.0 & 1.0 & 0.5 & 0.5 & 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 1.0 & 1.0 & 0.5 & 0.5 & 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.5 & 1.0 & 1.0 \\ 1.0 & 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.5 & 0.0 \\ 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.0 & 1.0 & 0.5 \end{pmatrix}$$

按式(12)—式(14) 可得模糊一致性矩阵为:

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{3}{7} & \frac{7}{28} & \frac{7}{28} & \frac{1}{14} & \frac{5}{14} & \frac{1}{7} \\ \frac{4}{7} & \frac{1}{2} & \frac{9}{28} & \frac{9}{28} & \frac{1}{7} & \frac{3}{7} & \frac{3}{14} \\ \frac{21}{28} & \frac{19}{28} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{9}{28} & \frac{17}{28} & \frac{11}{28} \\ \frac{21}{28} & \frac{19}{28} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{9}{28} & \frac{17}{28} & \frac{11}{28} \\ \frac{13}{14} & \frac{6}{7} & \frac{19}{28} & \frac{19}{28} & \frac{1}{2} & \frac{11}{14} & \frac{4}{7} \\ \frac{9}{14} & \frac{4}{7} & \frac{11}{28} & \frac{11}{28} & \frac{3}{14} & \frac{1}{2} & \frac{2}{7} \\ \frac{6}{7} & \frac{11}{14} & \frac{17}{28} & \frac{17}{28} & \frac{3}{7} & \frac{5}{7} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

按式(15)—式(18) 可得权重向量为:

$$\mathbf{w} = \left(\frac{1}{14}, \frac{2}{21}, \frac{13}{84}, \frac{13}{84}, \frac{3}{14}, \frac{5}{42}, \frac{4}{21} \right)$$

照此步骤,可确定其它因素的权重向量,结果汇总如下。

巡视检查 u_1 子因素权重向量:

$$\mathbf{w}_1 = \left(\frac{1}{10}, \frac{3}{10}, \frac{7}{40}, \frac{7}{40}, \frac{1}{4} \right)$$

闸门外观检测 u_2 子因素权重向量:

对于平面闸门,

$$\mathbf{w}_2 = \left(\frac{1}{4}, \frac{13}{60}, \frac{11}{60}, \frac{3}{80}, \frac{7}{60}, \frac{1}{12} \right)$$

对于弧形闸门,

$$\mathbf{w}_2 = \left(\frac{3}{14}, \frac{4}{21}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{5}{42}, \frac{2}{21}, \frac{1}{14} \right)$$

腐蚀程度 u_3 子因素权重向量:

$$\mathbf{w}_3 = \left(\frac{1}{8}, \frac{7}{24}, \frac{5}{24}, \frac{3}{8} \right)$$

焊缝合规性 u_4 及应力情况 u_5 子因素权重向量:

对于平面闸门,主梁(1)、面板(2)、边梁(3)、次梁(4):

$$\mathbf{w}_A = \left(\frac{3}{8}, \frac{7}{24}, \frac{5}{24}, \frac{1}{8} \right)$$

对于弧形闸门,主梁(1)、支臂(2)、面板(3)、次

梁(4):

$$w_A = \left(\frac{3}{8}, \frac{7}{24}, \frac{5}{24}, \frac{1}{8}\right)$$

2 评价实例

对某工程弧形闸门的各指标进行检测并评估,得到各因素的隶属度数据,列于表 2 中。

表 2 某弧形闸门各因素隶属度数据

因素	隶属度		
	安全	基本安全	不安全
u_{11}	0.57	0.29	0.14
u_{12}	0.67	0.28	0.05
u_{13}	0.57	0.23	0.20
u_{14}	0.64	0.33	0.03
u_{15}	0.61	0.26	0.13
u_{21}	0.56	0.23	0.21
u_{22}	0.65	0.27	0.08
u_{23}	0.74	0.20	0.06
u_{24}	0.76	0.20	0.04
u_{25}	0.61	0.29	0.10
u_{26}	0.73	0.18	0.09
u_{27}	0.70	0.23	0.07
u_{31}	0.57	0.28	0.15
u_{32}	0.44	0.29	0.27
u_{33}	0.78	0.16	0.06
u_{34}	0.85	0.10	0.05
u_{41}	0.67	0.25	0.08
u_{42}	0.68	0.24	0.08
u_{43}	0.62	0.28	0.10
u_{44}	0.84	0.10	0.06
u_{51}	0.56	0.33	0.11
u_{52}	0.60	0.22	0.18
u_{53}	0.64	0.28	0.08
u_{54}	0.65	0.23	0.12
u_6	0.58	0.27	0.14
u_7	0.60	0.37	0.03

由表 2 可知 u_1 的隶属度矩阵 r_1 为:

$$r_1 = \begin{pmatrix} 0.57 & 0.29 & 0.14 \\ 0.67 & 0.28 & 0.05 \\ 0.57 & 0.23 & 0.20 \\ 0.64 & 0.33 & 0.03 \\ 0.61 & 0.26 & 0.13 \end{pmatrix}$$

u_2 的隶属度矩阵 r_2 为:

$$r_2 = \begin{pmatrix} 0.56 & 0.23 & 0.21 \\ 0.65 & 0.27 & 0.08 \\ 0.74 & 0.20 & 0.06 \\ 0.76 & 0.20 & 0.04 \\ 0.61 & 0.29 & 0.10 \\ 0.73 & 0.18 & 0.09 \\ 0.70 & 0.23 & 0.07 \end{pmatrix}$$

u_3 的隶属度矩阵 r_3 为:

$$r_3 = \begin{pmatrix} 0.57 & 0.28 & 0.15 \\ 0.44 & 0.29 & 0.27 \\ 0.78 & 0.16 & 0.06 \\ 0.85 & 0.10 & 0.05 \end{pmatrix}$$

u_4 的隶属度矩阵 r_4 为:

$$r_4 = \begin{pmatrix} 0.67 & 0.25 & 0.08 \\ 0.68 & 0.24 & 0.08 \\ 0.62 & 0.28 & 0.10 \\ 0.84 & 0.10 & 0.06 \end{pmatrix}$$

u_5 的隶属度矩阵 r_5 为:

$$r_5 = \begin{pmatrix} 0.56 & 0.33 & 0.11 \\ 0.60 & 0.22 & 0.18 \\ 0.64 & 0.28 & 0.08 \\ 0.65 & 0.23 & 0.12 \end{pmatrix}$$

u_6 的隶属度矩阵 r_6 为:

$$r_6 = (0.58 \quad 0.27 \quad 0.14)$$

u_7 的隶属度矩阵 r_7 为:

$$r_7 = (0.60 \quad 0.37 \quad 0.03)$$

在权重及隶属度矩阵明确的情况下,可求得 u_1 的判断矩阵 R_1 为:

$$R_1 = w_1 \times r_1 = (0.62 \quad 0.28 \quad 0.10)$$

u_2 的判断矩阵 R_2 为:

$$R_2 = w_2 \times r_2 = (0.67 \quad 0.23 \quad 0.10)$$

u_3 的判断矩阵 R_3 为:

$$R_3 = w_3 \times r_3 = (0.68 \quad 0.19 \quad 0.13)$$

u_4 的判断矩阵 R_4 为:

$$R_4 = w_4 \times r_4 = (0.68 \quad 0.23 \quad 0.09)$$

u_5 的判断矩阵 R_5 为:

$$R_5 = w_5 \times r_5 = (0.60 \quad 0.27 \quad 0.13)$$

u_6 和 u_7 的判断矩阵即为隶属度矩阵,即:

$$R_6 = (0.58 \quad 0.27 \quad 0.14)$$

$$R_7 = (0.60 \quad 0.37 \quad 0.03)$$

得到七大类因素的判断矩阵后,可进一步确定闸门最终评判时的隶属度矩阵如下:

$$r = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \\ R_5 \\ R_6 \\ R_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.62 & 0.28 & 0.10 \\ 0.67 & 0.23 & 0.10 \\ 0.68 & 0.19 & 0.13 \\ 0.68 & 0.23 & 0.09 \\ 0.60 & 0.27 & 0.13 \\ 0.58 & 0.27 & 0.14 \\ 0.60 & 0.37 & 0.03 \end{pmatrix}$$

求得闸门最终评判矩阵为:

$$R = w \times r = (0.63 \quad 0.27 \quad 0.10)$$

根据最大隶属度原则,判定闸门结构安全。

3 结 论

本文基于水工钢闸门安全检测技术规程^[12],根据各主要因素对闸门结构安全性影响的分析,应用三标度法确定各因素的权重,建立了闸门安全性评价系统。通过一个弧门评价算例,验证了本文所建立的安全评价方案的可行性。主要结论如下:

(1) 在闸门评估因素较多的情况下,三标度法能很好地解决判断矩阵难以满足一致性要求,需要反复重新构造的问题,提高了闸门安全性的评价效率和科学性。

(2) 本文建立的闸门安全评估指标体系和多层次模糊综合评价模型,一方面提供了一种安全评价的实用量化方案;另一方面也为发展中的结合巡检、定检、实时监测、专项检测等数据的闸门综合安全评估,提供了一个有效的评价框架。

参考文献:

- [1] 周建方,高 冉. 水工钢闸门可靠度设计建议公式[J]. 水利与建筑工程学报,2018,16(1):1-6.
- [2] Rao K D, Gopika, Rao V, et al. Dynamic fault tree analysis using Monte Carlo simulation in probabilistic safety assessment[J]. Reliab. Eng. Syst. Safety, 2009,94(4):872-883.

- [3] 周建方,李典庆. 水工钢闸门结构可靠度分析[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [4] 贾文斌,戚兰英,刘月刚. 基于 FAHP 法的水工钢闸门安全评价[J]. 水利水电技术,2015,46(11):84-87,120.
- [5] 张宇超,黄 铭,姚 亮. 基于检测资料的闸门安全状态模糊综合评判[J]. 水力发电,2019,45(3):85-89.
- [6] 李剑斌,巫世晶,杨志泽,等. 基于层次分析法和模糊综合评价的水工钢闸门安全评估[J]. 水电能源科学,2016,34(6):195-198.
- [7] 冷 伟,郑鼎聪,周建方,等. 改进的模糊层次分析法在水工钢闸门可靠性分配中的应用[J]. 水利与建筑工程学报,2020,18(6):21-27.
- [8] 魏海霞,赵 明,祝 杰. 基于模糊层次分析法的建筑结构安全评价体系研究[J]. 水利与建筑工程学报,2019,17(5):181-186,198.
- [9] 陈 曦,曾亚武,刘 伟. 基于模糊层次分析法的农村水库大坝安全二级模糊综合评价[J]. 水利水电技术,2019,50(2):171-179.
- [10] 胡木生,盛旭军. 基于集对分析的水工钢闸门安全综合评估技术[J]. 华电技术,2015,37(10):1-4.
- [11] 蒋 荣,郭建斌. 基于理想点法的水工钢闸门安全评价[J]. 水电能源科学,2017,35(11):83-85.
- [12] 水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程:SL 101—2014[S]. 北京:中国水利水电出版社,2014.
- [13] 赵又群,刘英杰. 基于改进模糊层次分析法的汽车操纵稳定性主观综合评价[J]. 中国机械工程,2013,24(18):2519-2523.
- [14] 古莹奎,吴陆恒. 机械运动方案评价中评价因素权重确定的模糊层次分析法[J]. 中国机械工程,2007,18(9):1052-1055,1067.
- [15] 郭 凯,李祥松,冯 霏,等. 改进的模糊层次分析法在综合设计法中的应用[J]. 机械与电子,2009(5):3-5.
- [16] 尹维翰,屈 植,李耀如,等. 基于模糊综合评价法评估海底管道溢油污染风险[J]. 船海工程,2020,49(2):5.