

基于模糊层次分析法的水运工程质量风险分析与评估

徐兴路^{1,2}

(1. 华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210001; 2. 江苏省水运工程技术研究中心, 江苏 南京 210014)

摘要: 水运工程普遍存在施工环境条件复杂, 施工组织设计困难, 质量风险防范影响因素多样, 而反映水运工程建设过程中的各类复杂的因素指标往往又具有一定的层次性和模糊性, 本文采用模糊层次分析法, 以某枢纽工程为例开展质量风险分析与评估, 实现了量化的判别各影响因素的风险程度, 大幅度减小了人为主观因素的影响, 为工程质量管理提供了科学参考, 对水运建设项目工程质量控制有一定的参考价值。

关键词: 模糊层次分析法; 水运工程; 质量风险; 分析与评估

中图分类号: TV92

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 12—0036—03

目前, 水运工程施工技术已经取得了长足的进步, 工程建设标准化、精细化和规范化水平显著提升, 但是, 当前对于水运工程开展质量风险分析与评估理论体系尚不完善。本文依托于模糊层次分析法开展水运工程施工质量风险与评估, 对提前预判质量控制薄弱环节和关键节点, 降低施工质量风险、控制施工质量等方面有着重要意义。

1 某枢纽工程影响因素

1.1 工程概况

某枢纽工程, 按照三级标准建设, 设计最大船舶等级为 1000t, 新建船闸规模为 180m × 23m × 4m (闸室长 × 口门宽 × 槛上水深, 双线船闸)。改建 2 座桥梁通航净空均不小于 60m × 7m (净宽 × 净高), 同时配套建设节制闸、泵站及房建工程。

1.2 质量风险重难点分析

从工程质量风险管理角度来讲, 水运工程除了具有一般建设工程项目的属性外, 还具有显著的自身特点, 以某枢纽工程为例, 工程质量管理重难点主要包括: ①涉及工程专业类别众多; ②建设规模等级高; ③建设周期长; ④作业面分散; ⑤技术要求高; ⑥质量控制难度大; ⑦金属结构耐久性问题突出。

2 风险评估

2.1 质量风险评估

识别本项目质量风险, 应根据本项目建设专业类别多、工程规模大、技术要求高、质量控制难度大以及耐

久性要求高等特点, 同时应结合同类项目质量管理的经验、类似工程风险管理的数据和资料、或是采用专家访谈或问卷的形式对质量风险进行识别和分析。

根据水运工程特点和工程质量风险主要影响因素, 建立如图 1 所示的工程质量风险递阶层次结构。

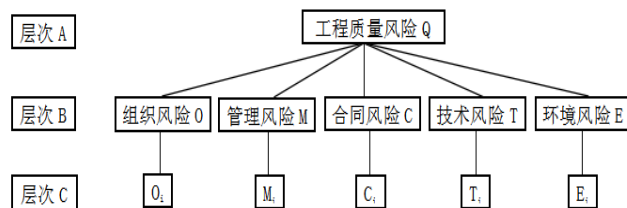


图 1 某枢纽工程质量风险递阶层次结构

2.2 建立质量风险初始清单

通过查阅工程资料, 将风险概率 P 和风险影响 I 按照相同的评价指标进行分级, 分为可忽略、轻度、中度、重大、不容许五个等级, 为工程质量风险评价工作奠定基础, 确立影响因素风险概率和风险影响划分等级标准为“可忽略”值为 0~0.2; “轻度”值为 0.2~0.4; “中度”值为 0.4~0.6; “重大”值为 0.6~0.8; “不容许”值为 0.8~1。

根据对某枢纽工程质量风险识别和分析, 其工程质量风险 Q 主要包括组织类风险 O、管理类风险 M、合同类风险 C、技术类风险 T 及环境类风险 E 五大类, 具体各项风险影响因素以及风险影响 I, 风险概率 P 见表 1。

2.3 质量风险分析与评估

工程质量风险评价递阶层次及风险影响因素初始清单确立后, 以矩阵形式分别建立某枢纽工程如图 1 中层次 B、层次 C 两个维度的判断矩阵。

表1 某枢纽工程质量风险初始清单列表

Q	风险因素	I	P
组织风险 O	O1 施工单位质量管理体系建立不健全或存在明显缺陷	0.6	0.5
	O2 质量责任未落实	0.6	0.4
	O3 主要管理人员变更后能力降低	0.6	0.5
	O4 一线作业班组技术水平低	0.7	0.5
	O5 工程 QC 首件认可制执行不严格	0.6	0.3
管理风险 M	M1 联合体项目管理人员施工现场组织协调能力差, 施工单位违规分包	0.8	0.7
	M2 针对重大质量隐患管理松懈	1	0.4
	M3 工程材料商选择不规范	0.5	0.3
合同风险 C	C1 施工单位履约能力差	0.6	0.6
	C2 施工单位质量管理水平差	0.9	0.4
	C3 施工单位资金保障不足	0.5	0.3
	C4 监理单位签认、验收工作不规范	0.6	0.6
	C5 工期延误, 导致成本上涨	0.4	0.6
技术风险 T	T1 主要性能指标不能满足要求	0.3	0.5
	T2 施工组织设计技术要求偏低	0.6	0.4
	T3 设计图纸要求技术指标未执行	0.9	0.1
	T4 原材料、半成品、成品及构配件等性能标准与设计、标准不相符	0.7	0.6
	T5 原材料、半成品及设备进场验收程序及保管不符合要求	0.4	0.5
	T6 技术方案工艺要求、质量措施未落实, 质量教育、技术交底针对性不强	0.4	0.6
	T7 施工工序、程序不符合要求	0.7	0.5
	T8 施工质量检验及验收程序不符合要求	0.6	0.5
环境风险 E	E1 地质情况与勘察设计资料不符	0.4	0.4
	E2 地质条件复杂	0.2	0.2

表2 因素分析重要性比例标度值含义

标度	含义
1	表示两者相同重要
3	表示前者比后者稍重要
5	表示前者比后者明显重要
7	表示前者比后者强烈重要
9	表示前者比后者极端重要
2、4、6、8	表示上述相邻判断的中间值
因素 i 与因素 j 比较的判断: $a_{ij}=1/a_{ji}$	

2.3.1 构建判断矩阵

计算 C 层次各影响因素特征向量。

(1) 组织类风险 (O) 判断矩阵: 经计算得到该矩阵最大特征值 $\lambda_{\max}=5.138$, 对应的特征向量为 {0.0849, 0.7267, 0.3940, 0.5214, 0.1939}, 将特征向量归一化后得到权重向量 $\omega=\{0.0442, 0.3783, 0.2051, 0.2714, 0.1009\}$ 。

(2) 管理类风险 (M) 判断矩阵: 经计算得到该矩阵最大特征值 $\lambda_{\max}=3.0385$, 对应的特征向量为 {0.3715, 0.9161, 0.1506}, 将特征向量归一化后得到权重向量 $\omega=\{0.2583, 0.6370, 0.1047\}$ 。

(3) 合同及经济类风险 (C) 判断矩阵: 经计算得到该矩阵最大特征值 $\lambda_{\max}=3.0385$, 对应的特征向量为 {-0.149, -0.8223, -0.2912, -0.4596, -0.0742}, 将特征向量归一化后得到权重向量 $\omega=\{0.0829, 0.4578, 0.1621, 0.2559, 0.0413\}$ 。

(4) 技术类风险 (T) 判断矩阵: 经计算得到该矩阵最大特征值 $\lambda_{\max}=8.4577$, 对应的特征向量为 {0.1029, 0.0459, 0.7856, 0.2145, 0.0685, 0.2183, 0.2183, 0.4734}, 将特征向量归一化后得到权重向量 $\omega=\{0.0484, 0.0216, 0.3693, 0.1008, 0.0322, 0.1026, 0.1026, 0.2225\}$ 。

(5) 环境类风险 (E) 判断矩阵: 经计算得到该矩阵最大特征值 $\lambda_{\max}=2$, 对应的特征向量为 {0.9487, 0.3162}, 将特征向量归一化后得到权重向量 $\omega=\{0.7500, 0.2500\}$ 。

2.3.2 计算 B 层次各影响因素特征向量

经计算得到该矩阵最大特征值 $\lambda_{\max}=5.3693$, 对应的特征向量为 {-0.2645, -0.1306, -0.0712, -0.9513, -0.0544}, 将特征向量归一化后得到权重向量 $\omega=\{0.1797, 0.0887, 0.0484, 0.6463, 0.0370\}$ 。

2.3.3 一致性检验

对 B 层次矩阵进行一致性检验:

(1) 计算一致性指标 CI:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

(2) 计算一致性比例 CR:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

若 $CR < 0.1$, 则判断矩阵具有满意的一致性。

式中: λ_{\max} 为判断矩阵 B 层次的最大特征值根; n 为矩阵阶数; RI 为随机一致性指标。

2.3.4 质量风险总体评价

为统一风险程度评价标准, 采用综合评价分析法将风险程度分为可忽略、轻度、中度、重大、不容许五个等级, 其区间值分别为 0.01~0.08, 0.09~0.26, 0.27~0.44, 0.45~0.62, 0.63~1。

上述已对风险概率 P_i 和风险影响 I_i 进行赋值, 且计算得到各风险因素综合权向量 W_i , 需要进一步计算

得到风险程度 D_i 和风险评分 R_i ，以此最终得到该枢纽工程质量风险评分 R 、风险因素排序和风险等级。

(1) 计算风险程度 D_i :

$$D_i = P_i \times I_i$$

(2) 计算风险评分 R_i :

$$R_i = D_i \times W_i$$

(3) 计算枢纽工程整体风险评分 R :

$$R = \sum_{k=1}^n R_i = D_i \times W_i$$

计算结果见表 3。

表 3 某枢纽工程质量风险综合评价

风险因素	权向量 W	风险评分 R	风险排序	风险等级
O1	0.0079	0.0024	18	中
O2	0.0680	0.0163	7	中
O3	0.0369	0.0111	10	中
O4	0.0488	0.0171	6	中
O5	0.0181	0.0033	16	中
M1	0.0229	0.0128	9	重大
M2	0.0565	0.0226	4	不容许
M3	0.0093	0.0014	19	中
C1	0.0040	0.0014	20	中
C2	0.0221	0.0080	11	不容许
C3	0.0078	0.0012	21	中
C4	0.0124	0.0045	13	中
C5	0.0020	0.0005	22	中
T1	0.0313	0.0047	12	中
T2	0.0139	0.0033	17	中
T3	0.2387	0.0215	5	不容许
T4	0.0652	0.0274	2	重大
T5	0.0208	0.0042	15	中
T6	0.0663	0.0159	8	中
T7	0.0663	0.0232	3	重大
T8	0.1438	0.0431	1	中
E1	0.0277	0.0044	14	轻
E2	0.0092	0.0004	23	可忽略
整体	1	0.2506	—	轻度

由表 3 可知，某枢纽工程质量风险综合评分为 0.2506，属于轻度风险范围。各风险因素中，M2、C2、T3 为不容许风险，在项目实施过程中不允许出现；M1、T4、T7 重大风险，并对总体风险水平影响大；O1、O2、O3、O4、O5、M3、C1、C3、C4、C5、T1、T2、T5、T6、T8 为中度风险，对总体风险水平影响较大；E1 为低度风险，对总体风险影响水平较小；E2 为可忽略风险，且对总体风险水平影响很小。

3 结论

(1) 本文基于模糊层次分析法，建立了某枢纽工程质量风险分析与评估模型，并将该模型应用于某枢纽工程，计算得出该工程质量风险综合评分为 0.2506，属于轻度风险范围，符合工程实际情况。

(2) 基于多层次模糊评价风险分析表明，某枢纽工程 M2、C2、T3 为不容许风险，与工程质量管理实际情况相符；T8 风险排序为第 1 位，在日常质量管理环节也属极易发生指标；经过对综合评价成果的校验，某枢纽工程质量风险分析与评估结果符合工程质量管理实际。

(3) 本文首次将模糊层次分析法应用于水运工程质量风险分析与评估中，实现了量化的判别各影响因素的风险等级，大幅度减小了人为主观因素的影响，为项目施工阶段开展质量管理提供了科学指引。

(4) 本文将水运工程质量风险分为 5 个二级指标、23 个三级指标，系统、全面、客观地反映了各指标的风险程度，该方法工程领域中具有广阔的应用前景和参考意义。

参考文献:

- [1] 邹开明,熊智.基于施工标准化管理的船闸工程质量管理管控体系研究[J].湖南交通科技,2021,47(02):154-156.
- [2] 刘道.工程质量风险评价指标影响研究[J].中国管理信息化,2020,23(02):92-93.
- [3] 徐晶晶.水运工程建设质量管理体系研究[D].浙江工业大学,2017.
- [4] 丁国庆,吉同元,徐亮,秦网根.基于层次分析法与模糊综合评判法的高桩码头技术状态研究[J].港工技术,2018,55(06):100-103+107.
- [5] 王建华.水运工程质量管理与技术创新研究[J].珠江水运,2021(11):77-78.
- [6] 陈超,张子龙.试论高速公路工程管理风险评估方法分析[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2021(07):114-115.
- [7] 王楚.基于模糊层次综合评价法的水利施工质量风险评估研究[J].水利科学与寒区工程,2021,4(03):89-93.
- [8] 彭越,熊凯.水运工程建设中的质量管理问题分析[J].工程建设与设计,2020(15):218-219+247.