

4. 5BIM 信息技术

通过 BIM 技术可以对施工现场进行可视化、虚拟化协同管理, 根据现场需求对设计图模型进行信息添加更新及完善, 制定满足工艺需求的施工模型。利用项目管理标准化流程及智能信息技术, 通过施工模型及场地布置、施工组织设计、材料设备、进度质量、安全、竣工验收等, 使信息高效传输实时共享, 在加强过程管理的同时进行施工技术创新。对过程管理机制进行创新, 有利于增强企业市场竞争力。加强项目经理部的建设, 不断完善企业管理体系, 同时跟进时代, 加强 BIM 信息技术的投入与使用^[5]。

4.6 及时更新技术

任何行业稳健发展都与先进的生产技术存在密切关系, 企业要想在激烈的市场竞争中处于领先地位, 就必须了解行业的动态, 及时学习国内外先进的生产技术, 弥补自身的缺陷和不足。在掌握先进的技术后也不能掉以轻心, 要保持高度的警惕, 将安全生产管理理念内化于心、外化于行。细节决定成败, 有时一个很小的细节问题就会导致重大安全事故的发生, 所以需要切实增强安全管理人员的责任意识, 提升整个管理团队的素质, 保证工程顺利进行。

4.7 提高管理人员专业水平

建筑施工信息化管理过程中, 根据建筑施工现代化管理提出要求, 对外引进一批专业知识扎实、业务能力较强和懂得运用现代化技术的优秀人才, 使现有建筑施工管理队伍得到进一步优化。与此同时, 紧紧围绕建筑施工现代化管理内容, 组织开展教育培训活动, 执行时要注意向施工管理人员渗透最新施工管理理念、方法、技术等内容, 并紧密联系实际加强业务技能培训, 在提高管理人员综合素质水平的基础上, 实际开展施工管理工作也能更加游刃有余, 甚至还可以将现代信息化考核、竞争、奖惩等机制融入其中, 提高管理人员工作积极性和建筑施工管理水平^[6]。

结束语

综上所述, 在社会经济快速发展、城市化进程持续加快的大背景下, 各类土建工程的建设数量和规模都在不断提升。面对庞大的投入和复杂的管理要素, 土建施工工程现场的管理面临着巨大挑战。近年来, 信息技术得到广泛的应用, 使得建筑行业内部也逐步实现了信息化管理。不过由于诸多因素的影响, 建筑施工信息化管理进程仍暴露出不少缺陷, 制约了管理效率的提升。对建筑施工实施现代化管理后, 就可以借助现代信息技术和软件, 将建筑施工各环节紧密联系起来, 促进各项资源优化配置和施工内容优化协调, 整个施工过程也能实现动态化管控, 并助力建筑施工安全、进度、质量、效益等目标有效达成。

参考文献

[1]车春鹏,王红兵.建筑施工企业信息化建设研究[J].基建优化,2006,27(6):19-21.
 [2]张明明,田其宁,张睿航.信息化管理技术在建筑施工中的应用[J].河南科技,2021,40(3):107-109.
 [3]王文.浅谈土建工程施工现场管理模式的优化策略和改进措施[J].建材发展导向(下),2020,18(5):350.
 [4]张梅爱.建筑施工信息化管理现状及对策分析[J].山西建筑,2022,48(2):194-196
 [5]骆耿森.建筑工程土建施工现场管理的优化策略探讨[J].四川建材,2019,45(06):178-179+183.
 [6]刘万庆.浅谈土建工程施工现场管理模式的优化策略和改进措施[J].建材发展导向(下),2020,18(5):343.

基于混合算法的耐候钢钢桁梁顶推施工风险评估研究

王邢宇¹ 王建圣² 姜金凤² 张方敏³ 宋林林¹

(1. 山东交通学院 山东 济南 250357; 2. 山东潍莱高速铁路有限公司 济南 250102; 3. 中铁十局集团青岛工程有限公司 青岛 266033)

DOI:10.12238/jpm.v3i4.4844

[摘要]为了对耐候钢钢桁梁整个施工中的风险因素进行评估, 首先对耐候钢钢桁梁桥施工工序中风险因素进行识别, 再计算各风险因素权重值, 进而利用灰色模糊理论对风险因素权重进行分析, 得到耐候钢钢桁梁施工风险等级。研究表明, 钢桁梁顶推施工等级为 2 级, 风险发生的概率较大, 有必要采取相应的安全保证措施, 减少风险发生概率。

[关键词]桥梁工程; 钢桁梁; 顶推施工; 风险评估

Research on risk assessment of launching construction of weathering steel truss girder based on hybrid algorithm

Wangxingyu 1 Wang Jiansheng 2 Jiang Jinfeng 2 Zhang Fangmin 3 song Linlin 1

(1. Shandong Jiaotong University, Jinan, Shandong 250357; 2. Shandong Weilai High Speed Railway Co., Ltd., Jinan 250102; 3. Qingdao Engineering Co., Ltd. of China Railway 10th bureau group, Qingdao 266033)

[Abstract] in order to evaluate the risk factors in the whole construction of the weathering steel truss bridge, the risk factors in the construction process of the weathering steel truss bridge are first identified, and then the weight values of each risk factor are calculated. Then the weight of the risk factors is analyzed by using the grey fuzzy theory, and the construction risk grade of the weathering steel truss bridge is obtained. The research results show that the steel truss launching construction level is level 2, and the probability of risk occurrence is large. It is necessary to take corresponding safety assurance measures to reduce the probability of risk occurrence.

[Key words] bridge engineering; Steel truss; Launching construction; risk assessment

引言

随着我国交通基础设施建设的不断加快, 跨线桥梁施工项目越来越多, 其中顶推施工作为跨越既有线路的关键施工工艺, 其应用场景更是不断变化^[1-2]。尤其是针对耐候钢桁梁这种结构形式较为复杂的桥梁, 其施工风险因素更为众多。为降低耐候钢桁梁顶推施工中风险发生概率, 保证桥梁施工的安全性, 因此有必要对钢桁梁施工过程进行风险分析, 为桥梁施工提供一定的理论支撑^[3]。

目前, 国内外针对桥梁施工风险评估进行了一定的研究。其中, 西南交通大学施洲等^[4]通过构建风险元传递网络, 分析了大型桥梁施工过程中的关键风险元和主要风险链, 利用该方法对五峰山长江大桥施工过程进行了动态风险评估; 中南大学王飞球^[5]利用 BP 神经网络对跨线桥梁施工进行了风险识别, 同时构建了桥梁施工安全风险评估模型, 通过案例分析研究发现, 所建立的基于 BP 神经网络的安全风险评估模型与项目建设风险等级相匹配; 虽然针对桥梁风险评估进行了一定的研究, 但是专门针对钢桁梁顶推施工的风险评估确相对较少。

因此, 为了保证钢桁梁顶推施工过程的安全性, 本文针对钢桁梁顶推施工全过程建立了一种基于混合算法的风险评估模型, 通过风险辨识和分析对施工过程中的风险进行排序, 进而得到钢桁梁顶推施工的风险等级。

1. 顶推施工风险分析

1.1 施工风险因素确定

1.1.1 确定顶推施工风险因素集

建立顶推施工风险因素集前需要对顶推施工各个环节进行施工风险分析, 对可能的风险源进行识别。以钢桁梁顶推施工阶段的具体环节为研究对象, 通过研究和分析其施工期各个工序潜在的风险项目, 确定各个风险因素的特点, 进而确定各个风险因素之间的关联性和隶属关系, 确定各个风险因素所在级别, 最后建立风险因素分析模型。例如将钢桁梁的施工过程视为一个单独的项目, 桥梁基础、钢桁梁拼接、钢桁梁顶推和落梁等环节均存在潜在的风险, 根据钢桁梁施工所在地理位置、施工方案以及施工人员等因素, 通过咨询相关技术人员和桥梁施工专家意见对钢桁梁整个施工过程中可能的风险源进行普查, 以钢桁梁施工风险因素全面分析为目标, 确定钢桁梁施工的风险级别。

1.1.2 各级风险因素权重确定

根据所研究的钢桁梁施工风险评估指标, 确定钢桁梁具体风险因素的权重指标, 权重的计算过程可按以下步骤进行计算。

(1) 构建风险评判矩阵

通过对比分析相同层次中的两个风险因素, 进而确定其在施工中的重要和危险程度, 构建风险因素的评判矩阵 A, 对于评判矩阵 A 对应的最大特征值 λ_{max} 在满足 $Ax = \lambda_{max}x$ 的条

件后, 对其相应的特征向量进行归一化处理, 进而得到该风险因素的权重。风险因素的相对重要程度的具体标度见表 1。

表 1 相对重要程度标度

项目	相对值	含义
1		因素 i 与因素 j 同等重要
3		因素 i 比因素 j 略微重要
a_{ij}	5	因素 i 比因素 j 稍显重要
	7	因素 i 比因素 j 明显重要
	9	因素 i 比因素 j 非常重要

其余相对值表示相对重要程度介于上述关系之间。

(2) 近似化处理

为了解决评价人员对施工风险因素评价的主观性, 对评价指标进行相似化检验, 即

$$C_1 = \frac{\lambda_{max} - 1}{n - 1}$$

$$C_R = \frac{C_1}{R_1}$$

(3) 确定风险因素的权重及排序。

通过相似性检验之后, 对相同层次的元素的相对权重值进行排序, 得到各个风险因素的重要性顺序。

①假设第 k 级风险源具有 n 个风险因素, 且每个风险源对应一个权向量, 对每个风险因素对应的权向量进行排序, 排序结果为:

$$W_k = (W_1^k, W_2^k, W_3^k, \dots, W_n^k)^T$$

②通过上述计算得到该级风险源的总权重值为:

$$W = (W(1), W(2), W(3), \dots, W(n))$$

2 灰色模糊理论的风险综合评价

2.1 确定风险评价等级

根据风险因素的相对权重值将钢桁梁施工风险等级大小划分为 1 级~5 级, 进一步对各个风险等级进行赋值, 赋值的具体数值为 $V = (9, 7, 5, 3, 1)$, 上述等级之间的重要程度等级为 $V = (8, 6, 4, 2)$ 。5 种钢桁梁顶推施工风险等级评价概率程度和风险损失程度见表 2。

表 2 等级评价概率和风险损失程度

评价等级	风险概率	风险损失
1 级	大	大
2 级	较大	较大
3 级	中	中

4 级	较小	较小
5 级	小	小

2.1.1 风险评估矩阵确定

根据以确定的风险评价等级，邀请多名专家对钢桁梁顶推施工风险因素进行打分评判。若有 m 名专家参与钢桁梁顶推施工风险因素评分，其中钢桁梁顶推施工共有 n 个施工风险因素，那么第 i 名专家对第 j 项风险因素评分记为 a_{ij} ，因此钢桁梁顶推施工风险评价矩阵表示为：

$$a_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{in} \end{bmatrix}$$

2.1.2 灰类等级白化处理

将钢桁梁顶推施工风险等级进行等级划分，等级划分表示为 1 级~5 级，对各等级进行白化处理。

1 级白化函数为：

$$f_1(x) = \begin{cases} \frac{x}{9}, & 0 \leq x < 9; \\ 1, & x \geq 9 \end{cases}$$

2 级白化函数为：

$$f_2(x) = \begin{cases} \frac{x}{7}, & 0 \leq x < 7; \\ 1, & x \geq 7 \end{cases}$$

3 级白化函数为：

$$f_3(x) = \begin{cases} \frac{x}{5}, & 0 \leq x < 5; \\ \frac{-x}{5} + 2.5, & 5 \leq x < 10; \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

4 级白化函数为：

$$f_4(x) = \begin{cases} \frac{x}{3}, & 0 \leq x < 3; \\ \frac{-x}{3} + 2, & 3 \leq x < 6; \\ 0, & x \geq 6 \end{cases}$$

5 级白化函数为：

$$f_5(x) = \begin{cases} 5, & 0 \leq x < 1; \\ -x + 2, & 1 \leq x < 2; \\ 0, & x \geq 2 \end{cases}$$

表 3 桥梁施工风险评估指标

风险评价目标	1 级风险	2 级风险
钢桁梁顶推施工风险 U	基础施工风险 U_1	基础倾斜 U_{11} 、坍孔 U_{12} 、钢筋笼严重变形 U_{13} 、桩孔长度不足 U_{14}
	钢桁梁拼接施工风险 U_2	焊接质量不达标 U_{21} 、拼装精度不足 U_{22} 、起重事故 U_{23} 、机械伤害 U_{24}
	顶推施工风险 U_3	钢桁梁局部屈曲 U_{31} 、主梁偏位 U_{32} 、顶推设备失效 U_{33} 、倾倒 U_{34}
	落梁施工风险 U_4	落梁高度不协调 U_{41} 、千斤顶失效 U_{42} 、加高块变形 U_{43} 、倾倒 U_{44}
	人员及环境因素风险 U_5	施工队伍素质 U_{51} 、管理人员素质 U_{52} 、恶劣环境条件 U_{53}

3.2 钢桁梁顶推施工风险评估

3.2.1 风险因素权重计算

根据表 3 分析的钢桁梁顶推施工风险指标，制定专门的钢桁梁顶推施工风险评价调查表，邀请相关技术人员和工程专家，对各个风险因素进行评判以及打分，根据打分结果计算各风险因素的权重。以 1 级风险因素为例，根据专家对钢桁梁顶推施工风险因素的重要程度评分，得到各风险因素的重要程度判断矩阵。

2.1.3 灰色模糊矩阵确定

根据研究对象，计算钢桁梁顶推施工风险因素的各类灰色评价系数和风险因素对应的总灰色评价系数，再计算各类风险因素相对应的灰色评价权。例如将钢桁梁顶推施工中风险因素 a 对应的灰色统计值记为 n_{ij} 。施工过程中某一风险因素对应的灰色统计值按照下式计算。

灰色评价系数：

$$n_m = \sum_{c=1}^k f_m(a_{ci})$$

总灰色评价系数：

$$n_i = \sum_{d=1}^5 n_{id}$$

灰色评价权值：

$$v_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} (j = 1, 2, 3, 4, 5)$$

2.1.4 施工风险综合评价

通过对钢桁梁顶推施工风险做出灰色模糊评价，评判施工风险等级，采用如下公式进行评判。

$$X = W \cdot V = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

评价值 X 与 3.1 节所述的风险等级评价指标一致，而且 $x_1 \sim x_5$ 分别代表 1 级~5 级风险值，进一步根据最大隶属原则，选取评价值 X 中最大的评价值作为钢桁梁顶推施工风险评价等级。

3 工程应用

选取跨青荣铁路特大桥作为研究对象，桥梁采用耐候钢钢桁梁，跨径为 120m+80m，钢桁梁总重为 1985.4t，全桥可分为多个不同节段，采用现场顶推方式进行施工。由于该桥跨越既有线路，施工难度大，施工风险等级较高，为保证钢桁梁顶推施工的安全性，采用上述的钢桁梁顶推施工风险评估方法对该桥的风险等级进行评估。

3.1 确定顶推施工风险因素

该桥共划分 5 种施工风险，其风险因素集为 $U = (U_1, U_2, U_3, U_4, U_5) =$ (基础施工、钢桁梁拼接施工、顶推施工、落梁施工、人员及环境因素)，通过结合现场相关技术人员和桥梁施工专家意见进行论证分析，对钢桁梁顶推施工风险因素进行识别，确定钢桁梁顶推施工各级风险指标。经分析论证，桥梁施工风险评估指标见表 3。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & \frac{1}{6} & 5 & 4 \\ \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & 3 & 5 \\ 6 & 4 & 1 & 4 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & 1 & 4 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & \frac{1}{4} & 1 \end{bmatrix}$$

对权重值进行相似化检验，得到 $C_R = 0.036 < 0.1$ 。因此一致性检验较好，进而说明风险因素的重要程度判断矩阵合理。

钢桁梁顶推施工中的 1 级风险因素对应得到权重值为：

$$W^P_U = (0.164, 0.211, 0.285, 0.264, 0.076)$$

根据 1 级风险因素重要程度评判矩阵及相应的权重值计算方法，计算得到 2 级风险因素重要程度评判矩阵及相应的权重值，最终得到 2 级风险因素对应得到权重值为：

$$W^P_{U1} = (0.207, 0.278, 0.264, 0.251)$$

$$W^P_{U2} = (0.218, 0.296, 0.258, 0.228)$$

$$W^P_{U3} = (0.257, 0.278, 0.205, 0.260)$$

$$W^P_{U4} = (0.249, 0.219, 0.228, 0.304)$$

$$W^P_{U5} = (0.302, 0.309, 0.289)$$

3.2.2 钢桁梁顶推施工风险因素总层次权重

钢桁梁顶推施工中的风险因素包含基础施工、钢桁梁拼接施工、顶推施工、落梁施工、人员及环境因素，根据各级风险因素指标对应的权重值，计算得到钢桁梁顶推施工风险因素总层次权重。

$$W^P = (0.034, 0.046, 0.043, 0.041, 0.046, 0.062, 0.054, 0.048, 0.058, 0.074, 0.066, 0.058, 0.06, 0.08, 0.023, 0.023, 0.022)$$

3.2.3 计算灰色权矩阵

根据表 2 的钢桁梁施工风险评价方法，邀请相关技术人员和工程专家对钢桁梁施工风险 2 级风险因素进行评分，进而构建钢桁梁顶推施工评价样本矩阵，在计算钢桁梁顶推施工中各风险因素的白化函数对应的灰类矩阵。

$$v_{11} = (0.317, 0.028, 0.199, 0.182, 0.132, 0.346, 0.266, 0.262, 0.191, 0.061,$$

$$0.068, 0.061, 0.307, 0.082, 0.034, 0.196, 0.121, 0.082, 0.261)$$

$$v_{12} = (0.129, 0.288, 0.16, 0.15, 0.09, 0.314, 0.195, 0.257, 0.193, 0.345,$$

$$0.195, 0.09, 0.319, 0.064, 0.069, 0.262, 0.068, 0.181, 0.283)$$

$$v_{13} = (0.050, 0.270, 0.042, 0.071, 0.048, 0.056, 0.15, 0.237, 0.206, 0.232,$$

$$0.163, 0.285, 0.077, 0.298, 0.172, 0.074, 0.101, 0.293, 0.066)$$

$$v_{14} = (0.054, 0.028, 0.129, 0.000, 0.094, 0.04, 0.009, 0.000, 0.016, 0.000,$$

$$0.044, 0.189, 0.030, 0.000, 0.035, 0.159, 0.137, 0.025, 0.167)$$

$$v_{15} = (0.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.008, 0.016, 0.000, 0.000, 0.053, 0.000,$$

$$0.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.133, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000)$$

3.2.4 钢桁梁顶推施工灰色模糊评判结果

确定钢桁梁顶推施工最终的灰色全矩阵后，计算风险因素评价价值 X，

$$X = W \cdot V = (0.163, 0.198, 0.157, 0.058, 0.013)$$

根据最大隶属度原则，钢桁梁顶推施工风险因素评价最大值为 0.198，钢桁梁顶推施工风险等级为 2 级，钢桁梁顶推施工风险概率较大，因此在施工过程中因采取必要的加强管控措施。

4. 结语

(1) 针对耐候钢钢桁梁顶推施工风险进行评估，建立了钢桁梁顶推施工风险评估体系。

(2) 基于混合算法对钢桁梁顶推施工风险进行指标量化分析，提高风险分析的精确度，保证了桥梁施工过程的安全性。

(3) 通过对钢桁梁顶推施工风险评估，确定钢桁梁顶推施工等级为 2 级，风险发生的概率较大。根据评判结果，有必要采取相应的安全保证措施，减少风险发生概率。

参考文献

[1]施洲,余万庆,周勇聪,等.桥梁施工风险评估 2020 年度研究进展[J].土木与环境工程学报(中英文),2021,43(S1):198-206.

[2]李仁强.市政道路下穿运营高速铁路桥梁影响分析及风险评估[J].铁道建筑,2021,61(11):57-60.

[3]李海文,鲍学英.基于动态权重-二维云模型的川藏铁路桥梁施工风险评估[J].铁道科学与工程学报,2021,18(06):1650-1660.

[4]施洲,纪锋,余万庆,等.大型桥梁施工风险动态评估[J].同济大学学报(自然科学版),2021,49(05):634-642.

[5]王飞球,黄健陵,符竞,等.基于 BP 神经网络的跨既有高速铁路桥梁施工安全风险评估[J].铁道科学与工程学报,2019,16(05):1129-1136.

作者简介：

姓名：王邢宇 (1998-3)，男，汉，籍贯：山东省青岛市，学历：本科

单位：山东交通学院，研究方向：桥梁工程

建筑工程中大体积混凝土结构施工分析

邹海涛

(中煤第三建设(集团)有限责任公司 安徽 合肥 230000)

DOI:10.12238/jpm.v3i4.4845

[摘要]大体积混凝土浇筑施工在建筑工程领域应用十分广泛，大体积混凝土技术不仅可以增强房屋建筑项目的总体质量，而且应用相关技术，对工人的作业过程进行严格的管控，通过优化施工工艺、加强监管力度以及选用合适材料，全面增强大体积混凝土品质，使建筑更加稳定，施工质量能够达到所要求的指标，确保房建工程的顺利开展，以