

文章编号: 2095-0365(2017)04-0009-07

## 基于物元可拓模型的铁路工程施工质量风险分析

陈超峰<sup>1</sup>, 段晓晨<sup>1</sup>, 胡天明<sup>1</sup>, 张燕伟<sup>2</sup>

(1. 石家庄铁道大学 经济管理学院, 河北 石家庄 050043;

2. 中铁隧道集团 第四处有限公司, 广西 南宁 530012)

**摘要:** 随着国家“一带一路”战略如火如荼地实施, 铁路基础设施建设在走出去的战略中起到越来越重要的作用, 对于质量风险的研究成为铁路建设的重要保障。为有效解决铁路工程在施工过程中存在的工程质量风险问题, 在概述当前铁路工程施工质量风险研究现状的基础上, 针对铁路工程施工的特点, 对影响铁路工程施工的质量因素进行分析, 确定影响铁路工程施工质量的因素。采用物元可拓模型对各因素进行评价分析, 并确定在铁路施工阶段影响工程施工的关键因素, 针对这些因素提出具体的解决措施, 有效保障铁路施工的工程质量。

**关键词:** 铁路工程; 施工质量; 风险评价; 物元可拓模型

**中图分类号:** U215.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.13319/j.cnki.sjztdxxbskb.2017.04.02

“十三五”时期我国对铁路建设的投资将达到3.5万亿元, 整个铁路运营里程将达到15万km, 新增铁路干线3万km<sup>[1]</sup>, 目前我国铁路工程建设正处于跨越式发展时期, 工程规模越来越大, 技术要求也越来越高, 对质量标准也要求越来越严格, 使得在施工过程中面临着越来越多不确定因素。施工阶段是工程实体质量形成的重要阶段, 采取有效措施降低施工过程中可能出现的质量风险, 加强施工质量风险管理已成为迫切需要解决的问题, 也是有效保证铁路工程施工质量目标的关键。近年来, 有不少专家学者对工程质量风险的评价、管理和控制进行研究, 例如, Vivian W等<sup>[2]</sup>主要在项目管理领域研究对工程项目的实际情况建立合理有效的工程项目风险管理体系, 并构建起合适的风险管理框架。David H<sup>[3]</sup>等主张通过强化各层的管理人员风险管理意识, 确保工程项目各参建方充分对工程质量风险充分重视。苏发亮<sup>[4]</sup>针对工程项目的具体特点, 以工程项目风险管理的基本理论为基础, 建立起工程质量风险评价模型, 进一步通过可视化的方法, 来分

析工程质量的风险因素, 并针对实际工程项目提出可行的风险控制措施。冉龙华<sup>[5]</sup>通过对建设工程质量中人、材、机、法、环5个方面对风险进行分析识别, 建立施工质量风险评价指标体系, 并构建模糊综合评价模型, 通过实际工程项目进行质量状况进行风险评价, 并论证模型的正确性。在对工程质量风险研究的过程中, 许多专家学者对工程风险的研究多数局限在建筑工程和一些市政工程, 很少以铁路工程为对象进行质量风险进行研究, 而对于铁路工程施工质量风险的研究更是少之又少, 同时在对工程质量风险控制研究过程中, 多数学者还局限于使用定性研究或者较为简单的定量研究, 而对于一些矛盾的事物缺乏无法进行充分分析和研究。物元可拓学不仅适合解决多因素评价问题, 同时可以促进事物之间进行转换, 有效解决事物之间不相容的问题, 物元可拓模型基本原理是将物元看成事物的组成单元, 将事物之间的矛盾转化为物元之间的矛盾。运用可拓集合理论, 建立关联函数, 运用可拓域实现评价事物定性和定量分析。这种方法的优点是既可以实现定性分

收稿日期: 2017-08-25

作者简介: 陈超峰(1991-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 工程经济与造价管理。

本文信息: 陈超峰, 段晓晨, 胡天明, 等. 基于物元可拓模型的铁路工程施工质量风险分析[J]. 石家庄铁道大学学报: 社会科学版, 2017, 11(4): 9-15.

析又能完成定量评价,且是一种客观的评价方法,评价结果利用了评价指标数据本身含有的信息,受人为因素影响较小。基于此,通过对铁路工程施工的特点分析,构建铁路工程施工质量风险评价体系,通过物元可拓模型对铁路工程质量风险进行评价,并对关键的风险因素进行分析和研究,为今后关于铁路工程质量风险的研究提供依据。

## 一、铁路工程施工质量风险评价模型构建

### (一) 铁路工程施工质量风险指标体系构建

铁路在建设过程中由于施工站线长、周期长、工程结构和地质条件复杂,一条铁路工程建设往往需要被分成几个或者更多的施工标段来共同完成,且各个工程之间工作任务相差很大,存在各种施工

专业技术交叉现象,导致铁路工程在施工过程中所处的环境在不断改变。因此,铁路工程施工质量风险随着工程环境的改变也在不断的改变。

根据铁路工程施工的特点,通过参与人员、施工材料、机械设备、管理、环境等因素对质量风险因素进行归纳总结,影响质量的主要因素有:①人员因素,施工技术人员、施工管理人员、施工人员、材料供应商、质量意识因素。②物资与设备因素,特殊设备选择与维护、施工材料检验与把控、原材料的防护因素。③技术方法因素,技术交底全面性、过程检验标准性、施工图现场核对、施工操作规范性因素。④管理制度因素,人员培训制度、质量追溯责任终身制、信息传递有效性管理、施工人员调动与离职因素。⑤施工环境,场地布置、地质条件、天气状况、资金情况、工期情况因素。铁路工程施工质量风险评价指标体系及指标解释如表1所示。

表1 铁路工程施工质量风险评价指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
人员因素 (B <sub>1</sub> )	施工技术人员(C <sub>11</sub> )	参建人员工作认真与否,责任心是否强
	施工管理人员(C <sub>12</sub> )	施工管理人员能力及管理水平是否到位,管理机构是否完善
	施工人员(C <sub>13</sub> )	施工人员施工技术是否娴熟
	供应商(C <sub>14</sub> )	供应商选择是否规范,信誉是否足够高
	质量意识(C <sub>15</sub> )	参建人员质量意识是否强
物资与设备 因素(B <sub>2</sub> )	特殊设备选择与维护(C <sub>21</sub> )	对特殊设备的选择和检修是否合适,是否达到施工要求
	施工材料检验与把控(C <sub>22</sub> )	材料进场验收把控是否严格,入场后是否按要求进行检测试验,材料质量是否合格
	原材料的防护(C <sub>23</sub> )	材料存放是否合理,防护是否妥当
技术方法 因素(B <sub>3</sub> )	技术交底全面性(C <sub>31</sub> )	技术交底工作是否全面彻底
	过程检验标准性(C <sub>32</sub> )	关键工序检查、“三检”与专项检查是否仔细全面
	施工图现场核对(C <sub>33</sub> )	施工图现场核对是否准确,部分与现场实际情况是否相符
	施工操作规范性(C <sub>34</sub> )	是否按照设计图纸和施工规范进行施工,是否能正确理解设计图纸
管理制度 因素(B <sub>4</sub> )	人员培训制度(C <sub>41</sub> )	人员培训是否充分,有相应技能培训和对该项自有制度有正确理解
	质量追溯责任终身制(C <sub>42</sub> )	责任落实是否到位,信息追溯是否完善
	信息传递有效性管理(C <sub>43</sub> )	相关人员的信息传递是否及时,沟通主动性是否积极
	施工人员调动与离职(C <sub>44</sub> )	参建人员流动性和稳定性如何
施工环境 (B <sub>5</sub> )	场地布置(C <sub>51</sub> )	场地布置是否合理
	地质条件(C <sub>52</sub> )	地质条件是否复杂,勘探是否准确
	天气状况(C <sub>53</sub> )	遇到恶劣天气,能否及时采取适当防护措施
	资金情况(C <sub>54</sub> )	资金管理是否妥当,人力物力能否及时供应到位等
	工期情况(C <sub>55</sub> )	工期紧张,赶工是否会引发质量问题

(二) 铁路工程质量风险评价模型构建

1. 采用熵权法确定指标体系中各指标权重

通过发放调查问卷专家访谈的方法对铁路工程的人员因素、物资与设备因素、施工方法因素、管理制度因素、施工环境因素进行分析评价。对于一些可以量化的指标通过实地调研获取该指标的数据,无量纲化将指标量化,对于一些不能量化的指标通过德尔菲技术确定各个指标的重要程度。

2. 确定质量风险等级域和评价因素集

评价因素集是铁路工程施工过程质量风险评价的特征指标,质量风险等级域是根据质量风险因素的特征,根据铁路工程施工过程中对质量要求的标准,按对质量产生影响程度的大小将其划分为不同的等级<sup>[6]</sup>。设  $O$  表示物元,  $C$  为评判因素集(铁路工程施工质量评价特征指标),  $U$  为质量等级域,则

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_e\}$ , 其中  $e$  为评价因素的个数。

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ , 其中  $m$  为质量评价等级。

3. 确定经典域和节域

铁路工程施工过程质量评价的经典域矩阵  $O_j$  表示如下

$$O_j = (U_j, C, V_j) = \begin{bmatrix} U_1 & c_1 & \langle a_{j1}, b_{j1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{j2}, b_{j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_e & \langle a_{je}, b_{je} \rangle \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中,  $O_j$  为第  $j$  级质量指标,  $j = 1, 2, \dots, m$ ;  $C_k$  为质量  $U_j$  的评价指标,  $k = 1, 2, \dots, e$ ;  $V_{jk}$  为  $U_j$  关于评价指标  $c_k$  所确定的量值范围,即各指标等级分别关于对应的特征所取的数据范围—经典域  $\langle a_{jk}, b_{jk} \rangle$ 。

节域  $O_U$  可表示为

$$O_U = (U, C, V_U) = \begin{bmatrix} U_1 & c_1 & \langle a_{u1}, b_{u1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{u2}, b_{u2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_e & \langle a_{ue}, b_{ue} \rangle \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中,  $U$  为质量评价的全体;  $V_{uk}$  为  $U$  关于  $c_k$  所取的量值范围,即  $U$  的节域  $\langle a_{uk}, b_{uk} \rangle$ 。

4. 确定待评价物元

对于待评价对象,把实际得分或分析结果用物元  $M_i$  表示:

$$M_i = \begin{bmatrix} N_1 & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_i & v_i \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中,  $N$  表示待评价对象,即铁路工程项目施工阶段质量指标;  $v_i$  为  $N$  关于  $c_i$  的量值,即待评价对象分析所得的具体数据。

5. 建立关联函数

铁路工程项目的指标等级是参照建筑工程质量评价标准体系来建立各评价等级中经典域和节域的,在国标中评价等级是相等的。因此,这里的经典域和节域都相同,所以采用下面的公式来计算特征  $c_i$  关于各质量指标等级  $\{j = 1, 2, 3\}$  的关联度

$$k_j(c_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(v_i, V_j)}{|V_j|}, & v_i \in V_j \\ \frac{\rho(v_i, V_U) - \rho(v_i, V_j)}{\rho(v_i, V_U) - \rho(v_i, V_j)}, & v_i \notin V_j \end{cases} \quad (4)$$

式中,  $k_j(c_i)$  表示第  $i$  个指标与第  $j$  个等级之间的关联函数值;  $|V_j|$  为第  $i$  个指标关于第  $j$  个等级的经典域的范围;  $V_{Uj}$  表示第  $i$  个指标节域的范围;  $v_i \in V_j$  为第  $i$  个指标的取值属于第  $j$  个等级关于第  $i$  个指标的经典域;  $\rho$  为距离函数,表示指标值到经典域或节域的距离。

$$\rho(v_i, V_j) = \left| v_i - \frac{a_{ji} + b_{ji}}{2} \right| - \frac{1}{2}(b_{ji} - a_{ji}) \quad (5)$$

$$\rho(v_i, V_U) = \left| v_i - \frac{a_{Ui} + b_{Ui}}{2} \right| - \frac{1}{2}(b_{Ui} - a_{Ui}) \quad (6)$$

式中,  $a_{ji}, b_{ji}$  分别为因子层每一个指标节域的最大值以及最小值。

6. 确定综合关联度及质量等级

铁路工程施工阶段工程质量风险评价各等级的综合关联度为

$$k_j(\rho_0) = \sum_{i=1}^n w_i k_j(c_i), \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

式中,  $k_j(c_i)$  为铁路工程施工质量风险各等级  $j$  的关联度;  $w_i$  为各评价指标的权重,取对应关联度最大时的质量风险等级评价结果,即若满足:  $k_j(\rho_0) = \max k_j(c_i)$ , 则评价指标  $\rho_0$  属于等级  $j$ , 可以从最低指标开始,逐级计算,一直到最终的目标层。

二、实例分析

(一) 数据收集及权重确定

A 铁路客运专线施工第六标段线路自运城北站出发到达西安北站,线路全长 50.694 km。工程内容有:路基、弃土场、铺轨、隧道、桥梁。评价因素集为待评价施工质量的各评价指标。在研究过程中对于施工质量评价的标准主要是通过质量特征中工作满意度、美观性、经济性、环境协调性、耐久性、安全性、通用性 7 个方面来建立<sup>[7]</sup>,同时以《建筑工程质量评定标准》<sup>[8]</sup>为依据为铁路工程施工划分质量等级,如表 2 所示,通过构建物元

可拓模型关于风险等级的分析中可以知道风险等级标准,如表 3 所示。

表 2 质量等级划分表

铁路工程项目 质量评价得分	质量等级
≤85	一级,对质量影响巨大需要紧急解决
86~92	二级,对质量有影响但不是十分明显
≥93	三级,对质量影响没有影响

表 3 风险等级评价标准

等级	1	2	3	4
风险水平	低	较低	中等	高
对应分值	$k_j(p_0) \geq 1$	$0 < k_j(p_0) \leq 1$	$-1 < k_j(p_0) \leq 0$	$k_j(p_0) \leq -1$

由 15 名在铁路建设领域都具有丰富的管理经验专家对本项目工程质量风险因素进行评判,

各指标评价结果如表 4 所示。

表 4 铁路工程施工质量风险评价结果

一级指标	一级指标	二级指标	二级指标权重	各指标最终权重/%
人员因素(B <sub>1</sub> )	0.135 5	施工技术人员(C <sub>11</sub> )	0.228	3.10
		施工管理人员(C <sub>12</sub> )	0.239	3.20
		施工人员(C <sub>13</sub> )	0.210	2.80
		供应商的选择(C <sub>14</sub> )	0.210	2.80
		质量意识(C <sub>15</sub> )	0.113	2.70
物资与设备因素(B <sub>2</sub> )	0.227 3	特殊设备的选择与维护(C <sub>21</sub> )	0.344	3.50
		施工材料检验与把控(C <sub>22</sub> )	0.283	6.40
		原材料的防护(C <sub>23</sub> )	0.372	7.20
技术方法因素(B <sub>3</sub> )	0.210 2	技术交底全面性(C <sub>31</sub> )	0.294	6.20
		过程检验标准性(C <sub>32</sub> )	0.211	4.40
		施工图现场核对(C <sub>33</sub> )	0.225	4.70
		施工操作规范性(C <sub>34</sub> )	0.270	5.70
管理制度因素(B <sub>4</sub> )	0.216 8	人员培训制度(C <sub>41</sub> )	0.289	6.30
		质量追溯责任终身制(C <sub>42</sub> )	0.143	5.00
		信息传递有效性管理(C <sub>43</sub> )	0.280	6.10
		施工人员调动与离职(C <sub>44</sub> )	0.289	6.30
施工环境(B <sub>5</sub> )	0.210 4	场地布置(C <sub>51</sub> )	0.218	4.60
		地质条件(C <sub>52</sub> )	0.218	4.60
		恶劣天气(C <sub>53</sub> )	0.224	4.70
		资金情况(C <sub>54</sub> )	0.161	5.80
		工期情况(C <sub>55</sub> )	0.179	3.80

为有效判断风险因素,根据专家打分,综合考虑风险引起损失的程度和风险发生概率,所打的分值为风险的期望值(风险的期望值 = 损失程度 × 风险概率)<sup>[9]</sup>,满分为 100 分,指标共 22 项,打分标准根据《建筑工程质量评价标准》和工程质量特征的 7 个特点(工作满意度、美观性、经济性、环境协调

性、耐久性、安全性、通用性)<sup>[10]</sup>来综合评价质量风险状况,分值越高说明风险越小,最终得分精确到个位数,各指标得到风险值分别为 87,90,88,95,82,83,80,79,86,80,83,75,95,86,79,80,86,90,93,86。通过物元可拓模型对各指标风险的计算可得到各指标的施工质量风险等级如表 5 所示。

表 5 铁路工程施工质量风险等级

$C_{P,k}$	$\rho(v_1, V_1)$	$\rho(v_i, V_2)$	$\rho(v_i, V_3)$	$\rho(v_i, V_U)$	$k_1(c_i)$	$k_2(c_i)$	$k_3(c_i)$	风险等级
$C_{11}$	-2	2	9	-17	0.024	-0.105	-0.346	2
$C_{12}$	2	-2	5	-13	-0.433	-0.486	-0.578	3
$C_{13}$	5	-2	2	-10	-0.333	-0.286	-0.367	3
$C_{14}$	3	-3	4	-12	0.002	-0.429	-0.25	2
$C_{15}$	10	3	-3	-5	0.267	-0.375	0.075	2
$C_{21}$	-3	3	10	-18	0.135	0.143	-0.057	2
$C_{22}$	-2	2	9	-17	0.054	-0.105	-0.346	2
$C_{23}$	-5	5	12	-20	0.159	-0.004	-0.075	2
$C_{31}$	-6	6	13	-21	0.071	-0.222	-0.382	2
$C_{32}$	1	-1	6	-14	0.012	0.143	0.3	2
$C_{33}$	-5	5	12	-20	1.059	-0.200	-0.375	1
$C_{34}$	-2	2	9	-17	-0.024	-0.105	-0.346	3
$C_{41}$	-10	10	17	-25	0.118	-0.286	0.105	2
$C_{42}$	10	3	-3	-5	-0.267	-0.375	0.375	2
$C_{43}$	1	-1	6	-14	-0.067	0.143	0.122	2
$C_{44}$	-6	6	13	-21	-0.271	-0.222	-0.282	3
$C_{51}$	-5	5	12	-20	0.059	-0.102	-0.375	2
$C_{52}$	1	-1	6	-14	-0.012	10.125	-0.300	3
$C_{53}$	5	-2	2	-10	-0.333	0.286	-0.167	2
$C_{54}$	8	1	-1	-7	-0.533	0.143	-0.125	2
$C_{55}$	1	-1	6	-14	-0.067	-0.103	-0.300	3

根据构建物元可拓模型可以得到铁路工程施工质量影响评价中的一级二级指标的影响因素的关联度,用  $k_j(B_i)$  表示一级指标的综合关联度,  $k_j(N)$  表示目标层的综合关联度,根据公式  $k_j(C_i)$

$= \max k_i(C_i)$  可以判断该指标对工程质量的影 响程度为  $j$ ,由此可以得出各指标质量影响程 度等级,各指标的综合关联度结果汇总如表 6 所示。

表 6 铁路工程质量综合评价结果表

项目	$J=1$	$J=2$	$J=3$	$\max k_i$	质量风险等级
$k_j(B_1)$	-0.020 83	-0.048 95	-0.044 47	-0.020 83	3
$k_j(B_2)$	0.019 629	-0.001 97	-0.029 54	0.019 629	2
$k_j(B_3)$	0.053 335	-0.022 86	-0.047 83	0.053 34	2
$k_j(B_4)$	-0.027 08	-0.042 03	0.015 04	0.015 04	2
$k_j(B_5)$	-0.046 95	0.004 16	-0.057 55	0.004 16	2
$k_j(N)$	-0.002 90	0.000 70	0.002 46	0.002 46	2

## (二) 结果分析

通过表6可以知道,A 铁路工程第六标段风险状况中人员因素对质量影响最为巨大,其次是工程所处的环境对工程质量有着重要影响。根据表5可以知道在人员因素中对工程质量有着巨大影响的因素,同时发现施工人员是影响工程质量的关键因素,在实际的调查分析发现主要原因是由于一线施工人员质量意识薄弱、责任感不强、业务水平不高及由于艰苦的环境导致施工作业人员的流动率要比其他人员高。其次是施工管理人员对质量的影响比较大,主要是因为施工管理人员没有合理的体制规范来激励其严格按照施工规范保证工程质量,另外在施工现场发现中层的施工管理人由于比较年轻,管理能力相对较为欠缺而

产生质量问题。同时工程环境也是影响工程质量的问题,主要是由于该标段面临较多的隧道,且地质条件比较复杂,导致施工难度增大,由于工程工期要求紧张导致工程质量出现问题的概率增大很多。通过分析发现该评估结果和实际调查结果相符合,从而证明了该方法在进行质量风险评价过程中具有一定的有效性,能够使工程施工单位抓住施工管理中的重点,可以将有限的精力和资源投入到关键风险上,采取相应的措施控制关键质量风险,最大限度地保证工程质量目标的实现。

## (三) 建议措施

对影响铁路工程质量的各因素进行分析总结,制定A 铁路工程第六标段主要质量风险应对措施表如表7所示。

表7 质量风险应对措施

序号	风险因素	风险应对策略	具体措施
1	施工技术人员( $C_{11}$ )	自留、规避	进行技能培训以及进行考核。
2	施工管理人员( $C_{12}$ )	自留、规避	进行管理知识培训。
3	施工人员( $C_{13}$ )	规避、转移	建立架子队与劳务派遣公司合作。
4	供应商( $C_{14}$ )	规避、减轻	建立供应商库选择优质供应商,加强与供应商的合作。
5	质量意识( $C_{15}$ )	自留、减轻	完善管理制度,对施工人员进行培训。
6	特殊设备的选择与维护( $C_{21}$ )	转移、自留	与设备供应商签订用人合同并培养自己的机械操作人员。
7	施工材料检验与把控( $C_{22}$ )	减轻、规避	建立材料检验与保管制度,制定材料紧急应对方案。
8	原材料的防护( $C_{23}$ )	减轻、规避	建立材料检验与保管制度,制定材料紧急应对方案。
9	技术交底全面性( $C_{31}$ )	减轻	规范技术交底流程和制度,确定需要进行技术文件。
10	过程检验标准( $C_{32}$ )	减轻、规避	制定相关过程质量检验标准,细化质量检验的过程。
11	施工图现场核对( $C_{33}$ )	自留、规避	在对现场施工图进行核对时,引进多方核实的方式进行,除了施工技术人员进行施工图对比,同时工程业务分包者也对施工图进行对比。
12	施工操作规范( $C_{34}$ )	规避	强化施工规范制度,加强施工培训,实行老带新的方式,对新上岗员工进行业务培训,通过实践迅速提高业务技能。
13	人员培训管理( $C_{41}$ )	转移、规避	外包给专业的培训公司进行人员培训,对培训状况进行考核监督确保培训效果。完善培训体系,提高施工参与人员的管理技能和业务技能有效预防质量风险。
14	信息传递有效性( $C_{43}$ )	规避	构建合理的施工组织结构,进行任务分工,对权力进行适当的下放和授权。是中层和基层管理具有一定的决定权。
15	地质条件( $C_{52}$ )	减轻、自留	对于复杂的地质条件,在进行施工前进行认真勘探,在施工过程中如果出现复杂多变的地质根据地质条件及时确定施工方案,多进行沟通。
16	恶劣天气( $C_{53}$ )	规避、减轻、转移	针对天气状况及时与当地气象局进行沟通,合理安排施工时间。
17	工期情况( $C_{55}$ )	规避,减轻	针对施工环境及时的对工程工期进行预测,有效预防可能引起拖延工期的因素发生,降低工期对质量的影响程度。

### 三、结束语

铁路施工质量风险研究是一个较为复杂的过程,需要综合考虑各种风险影响因素、风险特征的权重赋值,风险等级评定方法、构建计算模型和数学函数等方面。基于物元理论和可拓集合的方法,从铁路工程施工中影响质量风险的多个因素

出发,能最大限度地利用专家评价结果,数据较为客观,并将定性的定级方法转化为定量的定级方法,能较全面地反映出铁路工程施工质量风险状态符合评价等级的程度,较好地解决了评价中定性与定量因素进行综合评价的问题。实例应用表明,该评价方法有效可行。

### 参考文献:

- [1] 国务院新闻办公室. 中国交通运输发展 [EB/OL]. (2016-12-26) [2017-08-02]. [http://www.gov.cn/zhengce/2016-12-29/content\\_5154095.htm#1](http://www.gov.cn/zhengce/2016-12-29/content_5154095.htm#1).
- [2] Vivian W, Tama Y, Shen L Y. Investigating the intentional quality risks in public foundation projects: A Hong Kong study [J]. *Building and Environment*, 2007, 42 (12): 330-343.
- [3] David H, Hamburger. The Project Manager: Risk Taker and Contingency Planner [J]. *Project Manager Journal*, 1990, 21(4): 58-64.
- [4] 苏发亮. 铁路南京南站综合交通客运枢纽换乘设计与建设管理的思考 [J]. *铁道经济研究*, 2013(6): 76-79.
- [5] 冉龙华. 铁路工程项目施工风险管理及对策研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2007.
- [6] 刘玲, 陈娟娟, 徐代忠. 基于可拓云理论的施工安全综合评价 [J]. *土木工程与管理学报*, 2017, 34(3): 39-44.
- [7] 贾真, 韩同银, 雷书华. 基于德尔菲法和模糊综合评价的质量挣值法在工程项目管理中的应用 [J]. *石家庄铁道大学学报: 社会科学版*, 2015, 9(1): 43-47.
- [8] 李琦. 轨道交通工程安全质量风险管控状态评价及预警预测 [J]. *铁道建筑*, 2017(5): 87-90.
- [9] 闫鹏程, 段创峰, 喻钢, 等. 基于 BIM 的越江隧道工程质量管理研究 [J]. *施工技术*, 2016, 45(18): 7-9.
- [10] 贾真, 韩同银, 雷书华. 基于改进挣值法的项目多要素集成管理探讨 [J]. *石家庄铁道大学学报: 社会科学版*, 2016, 10(3): 32-36.

## Study on Risk Analysis of Railway Engineering Construction Quality Based on Matter-element Extension Model

Chen Chaofeng<sup>1</sup>, Duan Xiaochen<sup>1</sup>, Hu Tianming<sup>1</sup>, Zhang Yanwei<sup>2</sup>

(1. College of Economics and Management, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang, 050043, China;

2. Fourth Co Ltd of China Railway Tunnel Group, Nanning, 530012, China)

**Abstract:** In order to effectively solve the engineering quality risks existing in the construction process of railway, the paper summarized the current researches on construction quality risk in railway engineering. Targeting at the characteristics of railway construction and based on the analysis of the elements that may affect the construction quality, the paper applied matter-element extension model to evaluate and analyze the factors that may lead to risks in railway construction quality. The feasibility of the model was verified by an example in hope of providing reference for the study of railway construction quality risk.

**Key words:** railway engineering; construction quality; risk evaluation; model of matter-element extension