

DOI: 10.3969/j.issn.1672-1144.2016.06.034

城市轨道交通工程建设项目施工 社会风险评价分析 ——以青岛轨道交通工程13号线为例

张健^{1,2} 陈兵¹ 刘宁¹

(1. 上海交通大学 船舶海洋与建筑工程学院, 上海 200240; 2. 中交隧道工程局有限公司, 北京 100102)

摘要: 根据城市轨道交通工程建设项目建设周期长、社会影响大的特点,采用层次分析法获得社会风险影响权重,运用CIM并联响应模型进行社会风险概率叠加,以概率计算结果来反应社会风险发生的可能性。以青岛轨道交通13号线工程建设项目为例,对城市轨道交通工程建设项目施工社会风险分析进行实证研究。结果表明:该项目施工社会风险处于高位状态,应及时采取相关处理措施,将风险降到最低,保障工程安全。

关键词: 城市轨道交通工程; 社会风险; CIM模型; 层次分析法

中图分类号: TU990.05

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2016)06-0174-05

The Social Risk Analysis of Urban Rail Transit Construction Project ——A Case Study of Qingdao Urban Rail Transit Line 13 Project

ZHANG Jian^{1,2}, CHEN Bing¹, LIU Ning¹

(1. School of Naval Architecture Ocean and Civil Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China;

2. CCCC Tunnel Engineering Co., Ltd., Beijing 100102, China)

Abstract: Considering the characteristics of long construction period and high social effects of urban rail transit construction project, the social risk weights are calculated with hierarchy process, the probability is considered through CIM parallel model and likelihood of occurrence is presented by the probability. By taking Qingdao urban rail transit line 13 project as an example, this research analyzed the social risk of urban rail transit construction. Results show that the social risk of the project runs at high risk and the appropriate measures should be taken in time to minimize risk and guarantee engineering safety.

Keywords: urban rail transit project; social risk; CIM model; analytic hierarchy process

城市轨道交通工程作为重要的公共建设项目,具有运速快、运量大、安全性好、正点率高、节省空间等特点,该公益项目在带来巨大的经济和社会效益同时,如果对沿线地区的各类社会风险缺乏有效的分析和监控,将造成严重的经济损失,甚至引发群众性事件。吴贤国等^[1]采用熵权系数法和层次分析法相结合的综合评价方法,对城市大型交通工程建设项目社会风险进行评价研究,程书波等^[2]基于层次分析法对地铁建设项目社会稳定风险进行评估,

谢圣远等^[3]以恩上公路改造工程为例对评价社会风险的程序进行研究。

目前城市轨道交通类大型工程建设项目社会风险研究普遍关注项目整体投资及施工安全风险,项目施工社会风险关注少。为此,本文运用控制区间和记忆模型CIM(Controlled Interval and Memory, CIM)和层次分析法相结合,对城市轨道交通工程建设项目施工社会风险进行评价分析,通过概率叠加,最终获得工程建设项目的社会风险分布。

收稿日期: 2016-07-13

修稿日期: 2016-08-15

作者简介: 张健(1985—),男,山东潍坊人,硕士,工程师,主要从事地铁施工工作。E-mail: 416126038@qq.com

1 社会风险评价体系

建立与符合项目实际的社会风险评价指标体系是对社会风险进行有效分析评价的前提,在对大量

已完、既有或计划建造轨道交通工程建设施工项目现场调研、资料分析基础上,建立城市轨道交通工程建设项目施工社会评价体系^[4],见图 1。

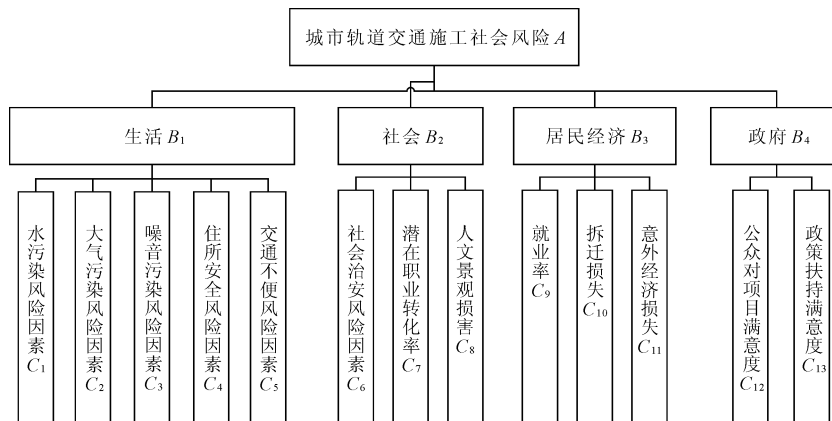


图 1 城市轨道交通工程建设项目社会风险评价体系

2 社会风险分析评价过程

2.1 层次分析法权重计算

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)兼顾定性分析与定量分析,将项目社会风险因素按照社会范畴、风险因素发生影响程度等进行层次划分,通过对各社会风险因素定性定量分析并进行社会影响权重排序,确定项目实施社会影响大的风险因素,社会风险因素指标权重确定步骤:

(1) 层次划分 构造模型。根据社会风险因素所属范畴及风险因素发生时对社会产生的影响严重程度,对社会风险因素进行层次划分,构造适合项目社会风险影响实际情况的结构模型。

(2) 建立分值矩阵。依据风险影响分值表(见表 1),对社会风险因素集合 X_n 发生后产生社会影响两两比较,建立各项社会风险发生后产生影响程度分值矩阵(见表 2)。

表 1 风险影响分值表

分值	定义
1	i 因素与 j 因素风险发生影响程度等同
3	i 因素发生后影响程度略高于 j 因素
5	i 因素发生后影响程度稍微高于 j 因素
7	i 因素发生后影响程度高于 j 因素
9	i 因素发生后影响程度严重高于 j 因素
2, 4, 6, 8	i 因素与 j 因素发生后影响程度在上述影响之间
1/分值	发生后影响与上述影响程度相反

表 2 社会风险影响程度分值矩阵

X	X_1	X_2	X_n
X_1	X_{11}	X_{12}	X_{1n}
X_2	X_{21}	X_{22}	X_{2n}
.....
X_n	X_{n1}	X_{n2}	X_{nn}

(3) 计算社会影响的分值矩阵最大特征值,求得一致性计算结果,并将一致性计算结果与平均随机一致性指标进行检验:

① 计算每行所有社会风险因素的几何平均值 $\bar{\omega}_i$

$$\bar{\omega}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_{ij}} \quad (1)$$

② 将所得每行所有社会风险因素的几行平均值 $\bar{\omega}_i$ 进行归一,得到 ω_i

$$\omega_i = \frac{\bar{\omega}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i} \quad (2)$$

③ 计算社会风险分值矩阵的最大特征值 λ_{\max}

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(X\omega)_i}{n\omega_i} \quad (3)$$

式中: $(X\omega)_i$ 为 $(X\omega)$ 社会风险分值矩阵中第 i 各风险元素

④ 对风险因素一致性指标 C_1 进行计算,并与随机一致性指标 R_1 (由表 3 查询)进行比对:

$$C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

式中: n 为风险分值矩阵的阶数,当比对结果满足:

$$C_R = C_1/R_1 < 0.1 \quad (5) \quad \text{即随机一致满足要求。}$$

表 3 随机一致性指标

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>R_i</i>	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

⑤ 为确定社会风险因素组合中各风险因素发生后的影响程度,需要对各层次社会风险因素进行发生后影响程度计算,并以概率计算结果体现,以此对社会风险因素影响相对重要程度总排序^[5-8]。

2.2 控制区间和记忆模型 CIM 概率计算

CIM 模型是概率分布的叠加模型或“记忆模型”,分为“串联响应模型”和“并联响应模型”,按变量的物理关系分别进行变量概率分布的“串”或“并”联组合与叠加^[4]。在城市轨道交通工程施工社会风险因素中,各种社会因素的发生具有不可预见性和随机性,是彼此独立的对应关系,符合“并联响应模型”的特征,即项目施工社会风险 *M* 内含有 *n* 种可能发生的社会风险因素,每一种社会风险因素 *M_n* 出现,对应的项目总体社会风险 *M* 都将受到影响。运用并联响应模型对不同层次社会风险因素逐级叠加,得到社会风险影响总体概率分布。

$$P(M_{12} = d_i) = \sum_{i=1}^n P(M_1 = d_i, M_2 \leq d_i) + \sum_{i=1}^n P(M_1 < d_i, M_2 = d_i) \quad (6)$$

式中: *M₁*、*M₂* 是两个社会风险因素; *n* 为社会风险因素组数; *d_i* 为社会风险因素概率区间每组中值。

3 实例分析

3.1 工程概况及主要风险指标

青岛西海岸经济新区快线(井冈山路 - 大珠山段)轨道交通工程(13 号线)一期线路全长 28.8 km,期中地下段 15.7 km,高架段 12.7 km,具有围岩差、迁改难、深基坑开挖深度大、专业接口复杂、工期紧等特点^[9]。

根据已建立的社会风险评价指标体系项目施工社会风险包含一级指标 4 项(*B₁*、*B₂*、*B₃*、*B₄*),二级指标 13 项(*C₁*、*C₂*、*C₃*、*C₄*……*C₁₃*) (见图 1)。

3.2 层次分析法计算过程

依据城市轨道交通工程建设项目施工社会评价体系(见图 1),建立分值矩阵(*A - B*),通过对以往社会风险案例进行分析,对项目涉及群众问题进行调研,结合青岛轨道交通 13 号线的项目现场实际情况,依据表 1 所示社会风险影响分值表对青岛轨道交通 13 号线项目社会风险因素进行对比打分得到社会影响分值矩阵,并进行随机一致性检验,结果如表 4 所示。以此可得到社会风险影响分值矩阵 *B_i - C*,计算结果见表 5 至表 8。

表 4 社会风险影响程度分值矩阵 *A - B*

<i>A</i>	<i>B₁</i>	<i>B₂</i>	<i>B₃</i>	<i>B₄</i>	<i>ω</i>	检验
<i>B₁</i>	1	7	5	3	0.59	λ _{max} = 4.1437 , C _I = 0.0479 , C _R = 0.0532 < 0.1 , 一致性通过检验
<i>B₂</i>	1/7	1	2	1/3	0.10	
<i>B₃</i>	1/5	1/2	1	1/2	0.09	
<i>B₄</i>	1/3	3	2	1	0.22	

表 5 社会风险影响程度分值矩阵 *B₁ - C*

<i>B₁</i>	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>	<i>C₃</i>	<i>C₄</i>	<i>C₅</i>	<i>ω</i>	检验
<i>C₁</i>	1	2	1/3	1/5	1/2	0.09	λ _{max} = 5.0307 , C _I = 0.0077 , C _R = 0.0086 < 0.1 , 一致性通过检验
<i>C₂</i>	1/2	1	1/6	1/9	1/4	0.04	
<i>C₃</i>	3	6	1	1/2	2	0.26	
<i>C₄</i>	5	9	2	1	3	0.45	
<i>C₅</i>	2	4	1/2	1/3	1	0.16	

表 6 社会风险影响程度分值矩阵 B_2-C

B_2	C_6	C_7	C_8	ω	检验
C_6	1	5	2	0.58	$\lambda_{\max} = 3.0036$, $C_1 = 0.0018$, $\mathcal{L}_R = 0.0031 < 0.1$, 一致性通过检验
C_7	1/5	1	1/3	0.11	
C_8	1/2	3	1	0.31	

表 7 社会风险影响程度分值矩阵 B_3-C

B_3	C_9	C_{10}	C_{11}	ω	检验
C_9	1	5	1/3	0.11	$\lambda_{\max} = 3.0036$, $C_1 = 0.0018$, $\mathcal{L}_R = 0.0031 < 0.1$, 一致性通过检验
C_{10}	5	1	2	0.58	
C_{11}	3	1/2	1	0.31	

表 8 社会风险影响程度分值矩阵 B_4-C

B_4	C_{12}	C_{13}	ω	检验
C_{12}	1	3	0.75	二阶矩阵, 满足一致性要求
C_{13}	1/3	1	0.45	

对各社会风险评估指标进行层次总排序,计算结果见表 9。由表 9 的计算结果可以看出,生活类社会风险因素在所有第一层次社会风险因素指标中

所占比例最高,可见施工项目建设对正常生活带来影响是人们关注的焦点,其它影响以此为政府类、社会类、居民经济类风险因素。

表 9 C 层次社会风险因素影响程度排序表

C	不同权重 B 下 C 层次因素				w	位次
	0.59	0.10	0.09	0.22		
C_1	0.09	0.00	0.00	0.00	0.0531	7
C_2	0.04	0.00	0.00	0.00	0.0236	11
C_3	0.26	0.00	0.00	0.00	0.1534	3
C_4	0.45	0.00	0.00	0.00	0.2655	1
C_5	0.16	0.00	0.00	0.00	0.0944	4
C_6	0.00	0.58	0.00	0.00	0.0580	5
C_7	0.00	0.11	0.00	0.00	0.0110	12
C_8	0.00	0.31	0.00	0.00	0.0310	9
C_9	0.00	0.00	0.11	0.00	0.0099	13
C_{10}	0.00	0.00	0.58	0.00	0.0522	8
C_{11}	0.00	0.00	0.31	0.00	0.0279	10
C_{12}	0.00	0.00	0.00	0.75	0.1650	2
C_{13}	0.00	0.00	0.00	0.25	0.0550	6

$$C_1 = \sum_{j=1}^n B_j C_{1j} = 0.0049 \quad R_i = \sum_{j=1}^n B_j C_{Rj} = 0.771 \quad \mathcal{L}_R = 0.0063 < 0.1, \text{一致性通过检验}$$

根据上述风险因素计算结果,可以得到青岛轨道交通 13 号线项目施工社会风险因素影响程度大小,并以社会影响重要性程度柱状图 2 来展示。通过图 2 可以看出住所安全风险因素 C_4 、公众对项目满意程度 C_{12} 、噪音污染风险因素 C_3 、交通不便风险因素 C_5 是影响程度最大的 4 风险因素。

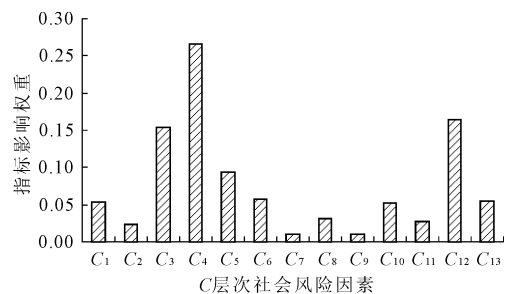


图 2 社会风险因素影响程度柱状图

在类似城市轨道交通工程等重大公共基础社会项目的实施过程中,房屋、土地等拆迁补偿比较其他社会风险因素最为敏感^[2],而在施工建设期人们普遍更关心施工过程中施工给自己住所带来的安全隐患,一旦项目建设距公众的期待相差过大,公众对项目的抵触将明显增多,甚至引发群众性事件,施工噪音与施工过程带来的交通影响,对于城市交通也是个很大的挑战,如组织不合理将给人们的日常出行带来极大的不便,增大交通事故发生的概率^[10-14]。

3.3 CIM 模型概率计算过程

本文采用风险评价集 $S = \{ \text{高、较高、适中、低、较低} \}$ 对各风险因素进行评价,采取问卷调查形式,向 10 位专家评审人对各风险因素进行评价。最末层风险因素的概率分布 P_{ij} :

$$P_{ij} = \frac{N_j}{N} \quad (7)$$

式中: N_j 代表评审专家中将不同社会风险因素 i 划归到一个风险级别 j 的人数, N 为参与社会风险评审的所有专家人数。各项风险因素概率分布表见表 10。

表 10 各项风险因素概率分布表

风险因素	风险等级				
	高	较高	适中	低	较低
C_1	0.3	0.2	0.4	0.1	0.0
C_2	0.1	0.1	0.6	0.2	0.0
C_3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
C_4	0.1	0.5	0.3	0.1	0.0
C_5	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0
C_6	0.0	0.0	0.2	0.5	0.3
C_7	0.0	0.0	0.3	0.5	0.2
C_8	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2
C_9	0.0	0.0	0.3	0.5	0.2
C_{10}	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2
C_{11}	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2
C_{12}	0.3	0.3	0.2	0.2	0.0
C_{13}	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2

由表 10 风险因素概率分表可以看出不同层次社会风险因素的影响程度大小,运用 CIM 并联响应模型,分层级求得各层社会风险因素产生影响的概率分布,进而可以求得社会风险因素影响总体概率分布。生活型社会风险因素 B_1 的风险等级计算成果见表 11。

$B_2 - B_4$ 概率分布计算依次类推,可得 B 层次社会风险因素风险等级分布如表 12。

表 11 生活型社会风险因素 B_1 风险等级计算表

风险等级	高	较高	适中	低	较低
概率分布	0.260	0.373	0.279	0.088	0

表 12 B 层次社会风险因素风险等级计算表

B 层次 风险因素	风险等级				
	高	较高	适中	较低	低
B_1	0.260	0.373	0.279	0.088	0.000
B_2	0.031	0.031	0.211	0.469	0.258
B_3	0.089	0.089	0.211	0.411	0.200
B_4	0.275	0.250	0.225	0.200	0.050

项目施工社会风险总体风险等级计算如表 13。

表 13 轨道交通项目施工社会风险等级计算总表

风险等级	高	较高	适中	低	较低
概率分布	0.2250	0.2861	0.2542	0.1798	0.0548

由表 13 可知,青岛轨道交通 13 号线施工社会风险总体处于高位状态,其中较高及以上的概率超过 50%。

4 结 论

本文通过对青岛轨道交通 13 号线风险因素权重和风险概率计算结果进行分析,发现项目施工处于高社会风险状态,相关单位和部门应从项目规划设计、施工方案编制等方面对各类风险因素提前进行梳理,在施工过程中采取正确施工方案,做好周围群众协调^[15],有效进行风险规避,将青岛轨道交通 13 号线工程施工社会风险影响降到最低,确保工程施工顺利开展。

参考文献:

- [1] 吴贤国,王 瑞,陈跃庆,等.城市大型交通工程建设项目社会风险评估研究[J].华中科技大学学报,2009,26(4):25-48.
- [2] 程书波,郭曼丽.基于层次分析法的地铁建设项目社会稳定风险评估[J].河南理工大学学报,2014,15(3):273-278.
- [3] 谢圣远,陈 静,刘书因,等.评估社会风险的程序:以恩上公路改造工程为例[J].施工技术,2013,42(13):106-110.
- [4] 张 健,陈 兵,刘 宁,等.基于 BIM 技术的地铁项目社会风险评估[J].工程技术,2016(33):309-312.
- [5] 李小浩,宋永发.地铁工程施工安全风险评价研究[D].大连:大连理工大学,2010.

(下转第 189 页)

(3) 地基土体盐胀变形主要分布在地层1 m以上深度范围内,盐胀变形快速发展的温度区间为10℃~ -5℃;气候温度回升初期阶段,盐渍土表现出短时间内盐胀继续发展和土体回落沉降交织存在的变形特性;地基土体在周期时间内经过盐胀作用产生了残余变形。

(4) 单向膨胀变形试验表明,盐胀变形量随干密度的增大得以抬升,盐渍土进入盐胀变形快速发展所需的降温幅值随干密度增大而减小;盐胀变形随试样含盐量增加而增大,含盐量在2%以上的盐渍土对于温度变化的敏感性增强,盐胀增长的趋势更为突出,建议将2%作为该地区盐渍土盐胀变形快速发展的起始含盐量值。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通部.公路桥涵地基与基础设计规范:JTG D63—2007[S].北京:人民交通出版社,2007.
- [2] 张 彧,房建宏,刘建坤,等.察尔汗地区盐渍土水热状态变化特征与水盐迁移规律研究[J].岩土工程学报,2012,34(7):1344-1348.
- [3] 高江平,王永刚.盐渍土工程与力学性质研究进展[J].力学与实践,2011,33(4):1-7.
- [4] 张莎莎,谢永利,杨晓华,等.典型天然粗粒盐渍土盐胀微观机制分析[J].岩土力学,2010,31(1):123-127.
- [5] 李 哲,邢艳如,尹睿捷.盐渍土中盐胀含盐量及竖向分布的关系研究[J].路基工程,2014(2):102-107.
- [6] 柴寿喜,杨宝珠,王晓燕,等.渤海湾西岸滨海盐渍土

- 的盐渍化特征分析[J].岩土力学,2008,29(5):1217-1226.
- [7] 董晓明,谢永利,AARON DANIELMWANZA,等.粗粒硫酸盐渍土冻融循环盐胀性研究[J].郑州大学学报(工学版),2011,32(2):75-79.
- [8] 赵德安,余云燕,马惠民,等.南疆铁路路基次生盐渍化试验研究[J].岩土工程学报,2011,36(4):745-751.
- [9] 李 炎,张远芳,石 群,等.罗布泊地区天然盐渍土多次冻融循环试验研究[J].科学技术与工程,2015,15(36):194-197.
- [10] 欧阳斌强,唐朝生,王德银,等.土体水分蒸发研究进展[J].岩土力学,2016,37(3):625-654.
- [11] 吴道勇,赖远明,马勤国,等.季节冻土区水盐迁移及土体变形特性模型试验研究[J].岩土力学,2016,37(2):465-471.
- [12] 中华人民共和国水利部.土工试验规程:SL 237-1999[S].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [13] 董晓明,谢永利,李天华,等.粗粒硫酸盐渍土盐胀特性[J].南北水调与水利科技,2011,9(2):40-43.
- [14] 交通部公路科学研究所.公路土工试验规程:JTJ051-93[S].北京:人民交通出版社,1993.
- [15] 尹睿捷,张留俊,曹松傑,等.盐渍土浸水溶陷对路基施工的影响[J].水利与建筑工程学报,2013,11(5):66-69.
- [16] 孙 勇,张远芳,周冬梅,等.冻融循环条件下罗布泊天然盐渍土强度变化规律的研究[J].水利与建筑工程学报,2014,12(3):121-124.

(上接第178页)

- [6] 孙春辉,陈龙珠.建筑火灾风险评估及相关性研究[D].上海:上海交通大学,2013.
- [7] 冯必扬.社会风险:视角、内涵与成因[J].天津社会科学,2004(2):73-77.
- [8] 刘 帅,付成华,杜修娟,等.水电工程施工危险源关联辨识方法及其应用[J].水利与建筑工程学报,2016,14(3):87-90.
- [9] 李维洲,冯德定,高永冬.基于信心指数专家调查法在矿山法隧道施工风险评估中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2015(7):215-217.
- [10] 张海波.社会风险研究的范式[J].南京大学学报(哲学·人文科学·社会科学),2007(2):136-143.
- [11] 宫培松,琚倩茜.地铁施工安全风险与致险工程参数关联研究[J].施工技术,2013,42(13):106-110.
- [12] 尹建军,贾高建.社会风险及其治理研究[D].北京:中共中央党校,2008.
- [13] 周洁静,宋永发.地铁施工项目风险评价研究[D].大连:大连理工大学,2009.
- [14] 唐鹏军.邻近地铁出入口深基坑支护方案的研究及优化[J].水利与建筑工程学报,2016,14(3):186-191.
- [15] 秦真龙,周 栩.大型建设项目全生命周期成本分析研究[D].长沙:中南大学,2011.