

文章编号:2095-0365(2013)04-0029-05

# 城市轨道交通 PPP 融资模式风险评价研究

贾丽丽, 和 鑫, 王 辉

(石家庄铁道大学 经济管理学院, 河北 石家庄 050043)

**摘 要:**城市轨道交通采用 PPP 融资模式有效地解决了目前政府部门资金压力, 为项目进行提供了强劲的动力。但由于项目持续时间长, 涉及众多复杂的风险因素, 因此风险评价成为项目成功运行的关键因素。采用熵权法对识别出的风险因素赋权以确定其主要风险; 采用灰色关联理论进行风险评价, 以确定承担风险最多的部门以及各部门承担的主要风险, 从而有效的规避风险, 把损失降到最小, 获得最大的经济效益。

**关键词:**PPP 项目; 熵权法; 灰色关联; 风险评价

**中图分类号:**F294

**文献标识码:**A

随着我国经济的发展, 全国大中城市道路拥挤现象日益严重, 车辆拥堵、市民生活质量下降等问题突出, 因此大力发展公共交通, 尤其是轨道交通, 已经成为解决上述问题的必然要求。在以往的城市轨道交通建设中, 传统的融资模式已经不能解决资金短缺、效率低下等矛盾, 所以我国引进并应用了 PPP 融资模式。

PPP 融资模式是公共部门和私人部门共同参与建设的活动, 是公私双方为了更好地让项目顺利建设而形成的一种合作关系<sup>[1]</sup>。这种合作关系广泛地吸收了民间闲散资本, 一定程度上解决了政府部门资金不足的问题, 也可以让私人部门参与到项目中。合作过程中还会涉及贷款机构、保险机构、运营商等部门, 使得私人部门以及其他参与方也能够得到相应的投资回报, 最终形成政府、私人部门以及其他参与方“多赢”的合作形式。

城市轨道交通采取 PPP 融资模式的数量逐渐增多, 例如北京地铁 4 号线。但是由于我国还没有明确的发展规划和制度安排, 加上其建设周期长、涉及范围广等特点, 使其建设存在大量的风险因素, 风险管理难度进一步加大。因此, 城市轨道交通项目采用 PPP 融资模式成功运行必须进行完善、周密、科学的风险管理, 而风险管理的基础和前提就是风险因素的识别和风险评价。

## 一、城市轨道交通 PPP 融资模式风险识别分析

城市轨道交通 PPP 融资模式的主要参与方是政府部门和私人部门, 但是会涉及多个部门, 例如贷款机构、保险机构、运营商等, 其融资结构如图 1 所示。

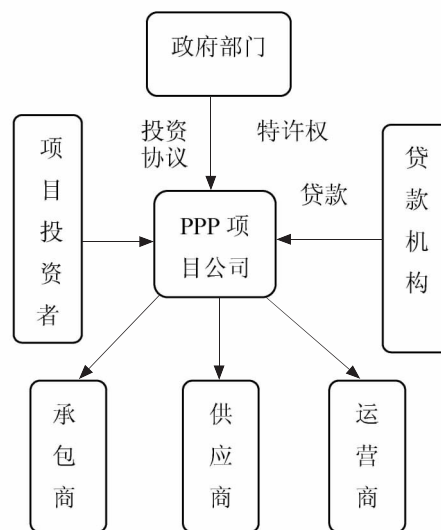


图 1 PPP 融资模式结构

收稿日期:2013-07-10

基金项目:国家软科学研究计划(2010GXQ5D320);河北省交通厅项目(Y-2011068)

作者简介:贾丽丽(1980-),女,讲师,研究方向:经济管理。

风险识别是基于一定的历史资料或经验判断,采用一种或多种风险识别方法组合运用,连续、系统地分析、识别项目相关风险事件的来源、风险因素及风险特点的动态管理过程。风险识别的越早,风险管理费用越低,造成的损失也越小。风险识别应首先查阅相关文献和以往案例总结,结合工作分解结构法、专家调查法等,分析城市轨道交通项目风险特点,对风险因素进行识别,最终得到项目主要的风险因素类型。风险识别的过程如图2所示。

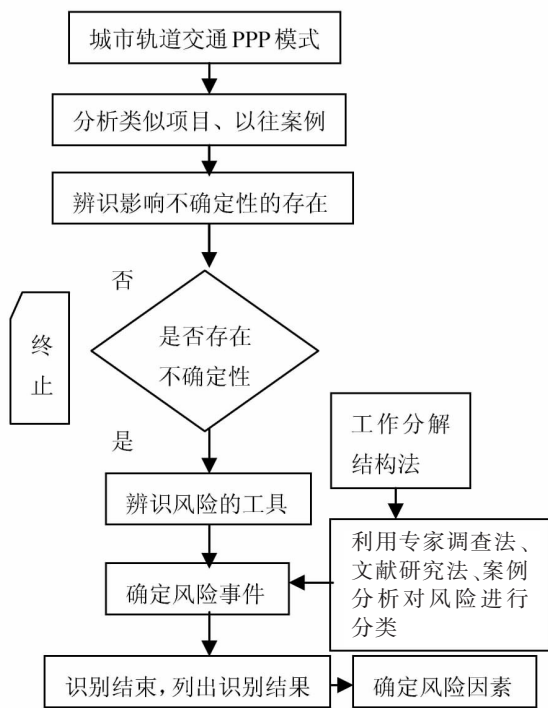


图2 风险识别过程

通过上述城市轨道交通PPP融资模式风险识别过程,得出PPP项目融资风险识别结果,将项目融资风险分为9组,对这9组进一步分解细化,分为22项风险因素,风险识别结果如表1所示。

## 二、城市轨道交通PPP融资模式风险评价分析

采用以灰色关联理论和熵权法为基础的城市轨道交通PPP融资模式风险评价模型,比较全面、具体地考虑了影响城市轨道交通项目的多种因素,解决了指标权重定量过程中因主观判断产生的模糊问题,灰色关联理论有效处理了定性和定量指标,充分利用了各指标数据信息的客观性

及灰色特性,可以对风险要素风险大小排序,确定各部门主要承担的风险,以利于项目规避风险,做出正确的决策。

表1 城市轨道交通PPP融资模式风险识别结果A

| 风险因素组 B                  | 风险因素名称 C                     |
|--------------------------|------------------------------|
| 政治风险<br>B <sub>1</sub>   | 没收或主权变动风险 C <sub>1</sub>     |
|                          | 税收风险 C <sub>2</sub>          |
|                          | 政策稳定性风险 C <sub>3</sub>       |
| 金融风险<br>B <sub>2</sub>   | 通货膨胀风险 C <sub>4</sub>        |
|                          | 汇率变动风险 C <sub>5</sub>        |
|                          | 利率变动风险 C <sub>6</sub>        |
| 法律风险<br>B <sub>3</sub>   | 法律政策变更风险 C <sub>7</sub>      |
|                          | 建设设施权限受限 C <sub>8</sub>      |
| 建设风险<br>B <sub>4</sub>   | 成本超支风险 C <sub>9</sub>        |
|                          | 资金筹措风险 C <sub>10</sub>       |
|                          | 工期延误风险 C <sub>11</sub>       |
|                          | 质量不达标风险 C <sub>12</sub>      |
| 运营风险<br>B <sub>5</sub>   | 技术风险 C <sub>13</sub>         |
|                          | 运营管理风险 C <sub>14</sub>       |
| 市场风险<br>B <sub>6</sub>   | 政府对利润和收费限制风险 C <sub>15</sub> |
|                          | 基础设施配套风险 C <sub>16</sub>     |
|                          | 竞争风险 C <sub>17</sub>         |
| 信用风险<br>B <sub>7</sub>   | 政府部门违约风险 C <sub>18</sub>     |
|                          | 私人部门违约风险 C <sub>19</sub>     |
| 环保风险<br>B <sub>8</sub>   | 建设期环境污染罚款 C <sub>20</sub>    |
|                          | 高环保要求增加费用 C <sub>21</sub>    |
| 不可抗力风险<br>B <sub>9</sub> | 不可抗力风险 C <sub>22</sub>       |

### (一)熵权法

熵权法是依据各指标值所包含的信息量的大小来确定评价指标权重的客观赋权法。采用熵权法确定风险因素权重,避免了主观性。计算步骤如下:

设有  $m$  个评价对象,  $n$  个评价指标,便可以形成评价系统的初始数据矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (1)$$

归一化处理。计算第  $i$  个因素下第  $j$  个评价值的比重  $P_{ij}$

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad (2)$$

计算第  $i$  个因素的熵值  $e_i$

$$e_i = -k \sum_{j=1}^m P_{ij} \ln p_{ij}$$

若取  $k = \frac{1}{\ln m}$ , 则  $0 \leq e_i \leq 1$ 。

计算第  $i$  个因素的差异系数  $g_i$ 。定义差异系数  $g_i = 1 - e_i$ 。定义权重  $w_j, w_j$  就是熵权法确定的权重。

$$w_{ij} = \frac{g_i}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (3)$$

## (二) 关联度理论

灰色关联分析是灰色系统理论的一个分支。应用灰色关联分析方法对受多种因素影响的事物和现象从整体观念出发进行综合评价是本文选用的方法。

根据评价目的确定评价指标体系。设:  $i$  为第  $i$  个评价单元的序号,  $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $k$  为第  $k$  个评价指标的序号,  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $v_{ik}$  为第  $i$  个评价单元的第  $k$  个评价指标的评价值。

对于  $m$  个评价单元,  $n$  个评价指标的系统, 有

$$\text{下列矩阵: } (v_{m \times n}) = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{pmatrix} \quad (4)$$

选取的参考数列为:

$$V_0 = (v_{01}, v_{02}, \dots, v_{0n})$$

为了使各指标之间可以比较, 对各指标值进行规范化处理, 规范化公式如下:

$$X_{ik} = \frac{V_{ik} - \min_i V_{ik}}{\max_i V_{ik} - \min_i V_{ik}} \quad (5)$$

进行规范化处理后得到:

$$X = (X_{ik})_{m \times n} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{pmatrix}$$

计算关联系数。分别计算每个比较序列与参与序列对应元素的关联序数。

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |X_{0k} - X_{ik}| + \rho \max_i \max_k |X_{0k} - X_{ik}|}{|X_{0k} - X_{ik}| + \rho \max_i \max_k |X_{0k} - X_{ik}|}$$

$$i = 1, 2, \dots, m; \quad k = 1, 2, \dots, n$$

式中,  $\rho$  为分辨系数, 在  $(0, 1)$  内取值, 若  $\rho$  越小, 关联系数间差异越大, 区分能力越强。通常  $\rho = 0.5$ 。得出综合值, 式中  $W_k$  为各项指标权重。

$$r_i = \sum_{k=1}^n W_k \cdot \xi_{ik} \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

## 三、X 市地铁 Y 号线 PPP 项目风险评价

X 市地铁 Y 号线线路长 42.391 km, 高架桥 3.62 km, 地下线路 38.49 km, 地面线路 0.28 km, 共设站 29 站, 报审概算 212 亿元, 为解决政府各项压力, 对所涉及的投资额约 100 亿元工程进行邀请招标的 PPP 模式融资。按照城市轨道交通项目风险识别中 9 个风险因素分组, 22 个风险因素。采用专家打分法确定  $B_1 \sim B_9$  的权重, 结果为  $(0.05, 0.15, 0.03, 0.4, 0.15, 0.15, 0.03, 0.03, 0.01)$ 。根据熵权法的计算步骤, 确定  $C_1 \sim C_{22}$  权重, 分别得出:

$$W_1 = (0.2456, 0.3987, 0.3557);$$

$$W_2 = (0.4823, 0.2687, 0.249);$$

$$W_3 = (0.4143, 0.5857);$$

$$W_4 = (0.3187, 0.1983, 0.2871, 0.1959);$$

$$W_5 = (0.3943, 0.6057);$$

$$W_6 = (0.4666, 0.2887, 0.2447);$$

$$W_7 = (0.4001, 0.5999);$$

$$W_8 = (0.3411, 0.6589);$$

$$W_9 = 1。$$

根据  $B_1 \sim B_9$  的总权重, 得出  $C_1 \sim C_{22}$  最终权重:

$$W_k = (0.0123, 0.0199, 0.0178, 0.0723, 0.0403, 0.0374, 0.0124, 0.0176, 0.1275, 0.0793, 0.1148, 0.0784, 0.0591, 0.0909, 0.07, 0.0433, 0.0367, 0.0120, 0.018, 0.0102, 0.0198, 0.01)$$

根据图 1, 主要对 PPP 项目的参与者涉及的私人部门、政府部门和贷款机构三者所承担风险的大小进行量化评价。首先通过专家打分法确定主要参加者承担风险大小的数据, 如表 2 所示。根据表 2 确定矩阵, 依次按照灰色综合评价法步骤确定灰色关联系数表, 如表 3 所示。

各指标权重  $W_k$  已经求出, 根据公式 (6) 得出三个部门综合评价结果  $r_1 = 0.964, r_2 = 0.5357, r_3 = 0.3771$ , 即  $r_1 > r_2 > r_3$ 。

表2 PPP项目各部门承担风险数值

| 权重       | 私人部门 $r_1$ | 政府部门 $r_2$ | 贷款机构 $r_3$ |
|----------|------------|------------|------------|
| $C_1$    | 48         | 72         | 25         |
| $C_2$    | 50         | 75         | 20         |
| $C_3$    | 53         | 76         | 23         |
| $C_4$    | 88         | 60         | 35         |
| $C_5$    | 85         | 55         | 33         |
| $C_6$    | 84         | 58         | 35         |
| $C_7$    | 75         | 60         | 25         |
| $C_8$    | 77         | 55         | 20         |
| $C_9$    | 95         | 60         | 20         |
| $C_{10}$ | 90         | 59         | 30         |
| $C_{11}$ | 95         | 55         | 30         |
| $C_{12}$ | 95         | 65         | 20         |
| $C_{13}$ | 85         | 55         | 22         |
| $C_{14}$ | 85         | 55         | 20         |
| $C_{15}$ | 85         | 60         | 25         |
| $C_{16}$ | 90         | 60         | 25         |
| $C_{17}$ | 90         | 55         | 20         |
| $C_{18}$ | 85         | 55         | 23         |
| $C_{19}$ | 35         | 80         | 60         |
| $C_{20}$ | 80         | 35         | 40         |
| $C_{21}$ | 55         | 25         | 15         |
| $C_{22}$ | 55         | 25         | 15         |

#### 四、结果分析

对X市地铁Y号线分别采用熵权法确定各个风险因素对项目的影响和权重,再采用灰色关联理论对三个部门进行风险评价,得出承担风险最大的部门,以及各个部门主要承担的风险,结论如下:

首先,9个一级指标风险因素组中最主要的风险是建设风险,其次是运营风险、金融风险、市场风险,而政治风险、法律风险、信用风险、环保风险、不可抗力风险所占比重比较小。对于22个具体风险因素中最主要的风险是成本超支风险和工期延误风险,然后依次是运营管理风险、资金筹措风险、质量不达标风险、通货膨胀风险,其他的风险因素所占比重比较小。所以在PPP项目风险管理当中,要着重注意风险因素所占比重大的风险,将风险发生概率降到最小。

其次,在X市地铁Y号线PPP项目融资所

涉及的三个部门(私人部门、政府部门、贷款机构)中,通过计算得出承担风险最大的是私人部门,其次是政府部门,最后是贷款机构。对于各个部门所承担的主要风险,政府部门主要承担政治风险以及信用风险中的政府部门违约风险,贷款机构承担的主要是金融风险,但所承担的大部分风险都转移到了私人部门。私人部门承担了PPP项目融资风险中的绝大部分风险。

表3 关联系数表

| 权重       | 私人部门 $r_1$ | 政府部门 $r_2$ | 贷款机构 $r_3$ |
|----------|------------|------------|------------|
| $C_1$    | 0.494 7    | 1.000 0    | 0.333 3    |
| $C_2$    | 0.523 8    | 1.000 0    | 0.333 3    |
| $C_3$    | 0.535 4    | 1.000 0    | 0.333 3    |
| $C_4$    | 1.000 0    | 0.486 2    | 0.333 3    |
| $C_5$    | 1.000 0    | 0.464 3    | 0.333 3    |
| $C_6$    | 1.000 0    | 0.485 1    | 0.333 3    |
| $C_7$    | 1.000 0    | 0.625 0    | 0.333 3    |
| $C_8$    | 1.000 0    | 0.564 4    | 0.333 3    |
| $C_9$    | 1.000 0    | 0.517 2    | 0.333 3    |
| $C_{10}$ | 1.000 0    | 0.491 8    | 0.333 3    |
| $C_{11}$ | 1.000 0    | 0.448 3    | 0.333 3    |
| $C_{12}$ | 1.000 0    | 0.555 6    | 0.333 3    |
| $C_{13}$ | 1.000 0    | 0.512 2    | 0.333 3    |
| $C_{14}$ | 1.000 0    | 0.520 0    | 0.333 3    |
| $C_{15}$ | 1.000 0    | 0.545 5    | 0.333 3    |
| $C_{16}$ | 1.000 0    | 0.520 0    | 0.333 3    |
| $C_{17}$ | 1.000 0    | 0.500 0    | 0.333 3    |
| $C_{18}$ | 1.000 0    | 0.508 2    | 0.333 3    |
| $C_{19}$ | 0.333 3    | 1.000 0    | 0.529 4    |
| $C_{20}$ | 1.000 0    | 0.333 3    | 0.360 0    |
| $C_{21}$ | 1.000 0    | 0.400 0    | 0.333 3    |
| $C_{22}$ | 1.000 0    | 0.400 0    | 0.333 3    |

最后,私人部门相对公共部门处于劣势地位,这样制定合理有效的PPP项目风险分担机制显得格外重要,合理的风险分担机制一旦形成,便会对整个项目的风险分担起到作用。例如从制度的层面,应建立和完善统一的PPP模式政策和法规,对风险分担的主体行为进行一定的激励和约束,可以从行为导向和行为归化制度两个方面设计风险分担制度,来保证项目风险分担结果在实践过程中有效实施等。

## 参考文献:

- [1]唐俊虎,王雅洁,王雪芳,等.新形势下我国高铁施工风险管理及对策[J]. 石家庄铁道大学学报:社会科学版,2013(2):13-16.
- [2]邓聚龙.灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1987:25-50.
- [3]李志平,路铁军.基于灰色层次分析法的供应商评价选择应用研究[J]. 石家庄铁道大学学报:社会科学版,2012(4):13-17.
- [4]刘宪宁,王建波,赵辉,等.基于 AHP 与改进灰色关联度理论的城市轨道交通 PPP 项目融资风险综合评价[J]. 项目管理技术,2011(8):43-46.
- [5]亓霞,柯永建,王守清.基于案例的中国 PPP 项目的主要风险因素分析[J]. 中国软科学,2009(5):107-113.
- [6]党耀国.灰色预测与决策模型研究[M]. 北京:科学出版社,2009:130-135.

## Research on the Risk Assessment of PPP Financing Mode of Urban Rail Transit

JIA Li-li, HE Xin, WANG Hui

(School of Economics and Management, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** PPP (Public Private Partnerships) as a new kind of project financing mode which can combine the advantages of government, private investor and the financial institution together. PPP financing mode is adopted by urban rail transit to deal with the current financial pressure the government facing effectively, and provide strong driving force for project construction. Due to the long duration and complicated risk factors of PPP project, risk assessment becomes the critical factor for project to operate successful. Entropy weight analysis method was employed to assign weights for risk factors identified to determine the main within those ones, and grey relevancy theory was used to evaluate risks to find out the departments which undertake risks mostly and what are the main risks respectively for those department, so that the risks could be evaded effectively and the loss reduced to minimum to gain the maximum benefit.

**Key words:** PPP financing mode; entropy weight analysis method; grey relevancy theory; risk assessment