

文章编号:1005-0523(2017)05-0065-07

基于 PPP 模式城际铁路项目风险分担模型

赵 斌¹, 帅 斌²

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 四川 成都 610031; 2. 西南交通大学交通运输与物流学院, 四川 成都 610031)

摘要:随着我国“十三五”现代综合交通运输体系发展规划的出台,城际铁路建设步伐加快。采用 PPP 融资模式引入社会资本,既减轻政府财政压力、满足城际铁路建设融资需要,又满足社会发展需要。PPP 模式下城际铁路项目存在投入资金量大、参与方角色关系复杂、项目建设周期较长等特点,在项目生命周期内存在诸多风险,因此 PPP 模式下城际铁路项目风险分担是否合理,采取的方法能否有效地促使各参与方控制风险,决定了项目的成败。本文将风险因素分为单一承担主体风险、政府及私营部门两方承担的风险;单一承担主体风险分担时,构建惩罚函数、风险控制成本补偿函数和风险控制奖励函数模型激励参与方尽力增强管理和控制风险的积极性,达到规避风险目的;因篇幅所限,城际铁路政府及私营部门两方承担的风险不做分析。

关键词:PPP 项目融资;风险分担;风险识别

中图分类号:U2-9

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2017.05.010

铁路运输行业在我国国民经济发展中,起着不可或缺的作用,尤其近年大力推行的城际铁路,以运转灵活、快速、短途等特点,在一定程度上弥补了干线铁路和高速铁路的劣势。然而“十三五”规划的落实,将形成非常大的资金缺口,推广 PPP 城际铁路项目,减轻铁总资金压力的同时,也拓宽了社会资本的投融资渠道。本文针对 PPP 模式下城际铁路融资风险分担研究,量化社会资本参与者项目的风险,让投资者明确自己的资金风险和收益,非常有利于城际铁路建设项目融资的顺利进行,具有重要的意义。

Zhang^[1]认为项目关键成功因素为合理的风险分担、私营部门的能力、经济环境及状况、融资方案是否合理。Li B 等^[2]通过分析,得出 18 个关键因素:投资者的实力、风险分担合理与否和项目融资市场。Vega^[3]认为只有 PPP 项目风险公平分担才让各参与方相互受益,实现双赢。Loosemore^[4]发现,项目的风险和受益必须对等原则^[4]。Xu^[5]运用统计分析法和专家调查法,得出风险的管理能力、激励方式和偏好为风险分担原则。Ke 等^[6]学者着重通过分析中国 PPP 项目的风险分担偏好,构建了公平分担机制。Chung 等^[7]研究了澳大利亚 PPP 收费项目风险分担者风险偏好时,得到了对应的风险分担方案。罗春晖^[8]通过分析研究指出 PPP 项目风险分担与参与方自身风险控制力应该相对称、与参与者收益相对称、与投资者参与程度相互协调。王耀飞等^[9]针对京津冀交通一体化采用 PPP 融资可能会出现法律问题:跨行政区域政府行政壁垒问题,财政共同投资主体确认问题,合理确定风险分担机制问题,提出对策建议主要有:完善政府间协同管理机制;合理确定政府投资和回报;建立有效的风险识别及分担机制。

1 风险的定义

风险,从可控性角度可分为系统风险和非系统风险。系统风险泛指在 PPP 项目的建设、生产经营过程中因受到超出项目公司或投资者控制范围的经济、环境变化的影响而遭受损失的风险;非系统风险主要指与项目建设、生产经营管理直接相关,在项目公司或投资者控制能力内的风险。

收稿日期:2017-03-31

基金项目:国家铁路局科技计划项目(KF2013-020)

作者简介:赵斌(1985—),男,硕士,主要研究方向为铁路交通运输经济。

指导老师:帅斌,(1967—),男,教授,博士,博士生导师,研究方向为交通运输经济。

2 PPP 模式城际铁路项目风险分担模式

2014 年 12 月发改委出台了《关于开展政府和社会资本合作的指导意见》政府文件,该文件对中国基础设施建设项目融资风险分担有原则性的规定:特许经营项目融资风险要在政府和社会私营企业之间合理的分配。本文对 PPP 城际铁路项目中的风险分担模式进行了分析。通过对 PPP 铁路项目文献的总结,文献中一般将 PPP 项目中的风险分为单一分担主体风险和非单一分担主体风险。

本文在总结相关文献及对 PPP 项目专家调研的基础上,将 PPP 模式下的城际铁路项目风险划分为单一分担主体风险和非单一分担主体风险处理时,在实际的 PPP 项目中取得了很好的效果,因此,本文将 PPP 模式下城际铁路项目 50 个的风险分担模式分为单一分担主体模式和非单一分担主体模式,详细的风险分类统计如表 1 所示。

表 1 PPP 模式下城际铁路项目风险类别归纳
Tab.1 Risk category induction of intercity railway project in PPP mode

风险名称	分担模式	风险名称	分担模式
政府官员腐败	单一分担主体	收费变更	非单一承担主体
政府干预	单一分担主体	费用支付风险	非单一承担主体
征用/公有化	单一分担主体	配套基础设施风险	非单一承担主体
政府信用	单一分担主体	残值风险	非单一承担主体
第三方延误/违约	单一分担主体	招标竞争不充分	非单一承担主体
政治/公众反对	非单一承担主体	特许经营人能力不足	非单一分担主体
法律及监管体系不完善	非单一承担主体	不可抗力风险	非单一承担主体
法律变更	非单一承担主体	组织协调风险	非单一承担主体
利率风险	非单一承担主体	税收调整	非单一承担主体
外汇风险	非单一承担主体	环保风险	非单一承担主体
通货膨胀	非单一承担主体	不同部门地区的不合作	非单一分担主体
政府决策失误/过程冗长	单一分担主体	项目唯一性风险	单一分担主体
土地获取风险	非单一承担主体	政策稳定性	非单一承担主体
项目审批延误	非单一分担主体	没收、取消、扣押风险	单一分担主体
合同文件冲突/不完备	非单一承担主体	建设项目设施权受限	非单一承担主体
融资风险	单一分担主体	土地拆迁与补偿费过高	非单一承担主体
工程/运营变更	非单一分担主体	建造成本超支	单一分担主体
完工风险	单一分担主体	主营业务收益不足	非单一承担主体
供应风险	非单一承担主体	方案设计风险	单一分担主体
设计风险	非单一承担主体	材料费上涨	非单一分担主体
气候/地质条件	非单一承担主体	原材料供给不足	非单一分担主体
运营成本超支	单一分担主体	重大经济事件影响	非单一承担主体
市场竞争	非单一承担主体	移交后项目/设备状况	非单一承担主体
市场需求变化	非单一承担主体	较长土地拆迁期	非单一承担主体
客流量风险	非单一承担主体	技术风险	单一承担主体

表1中总结了PPP模式下城际铁路项目风险分担的模式,只是大体上的分类,在今后的PPP城际铁路项目中还需要根据具体项目的特点针对性的分析。本文构建了PPP模式下城际铁路项目风险分担模型,首先将识别出的风险分为单一分担主体风险和非单一分担主体风险,然后分别研究。

3 PPP模式下城际铁路项目单一承担主体风险分担模型的构建

在PPP模式下城际铁路项目融资、建设、移交及运营过程中,存在很多可能发生的风险。政府发起此类项目,目的是基于实现社会效益和经济发展的需要,创造一定的社会效益。相反,私营部门的参与主要是为了获取投资机会,追求经济利益。

PPP模式下城际铁路项目一般包括前期可研阶段、融资阶段、项目施工阶段及项目移交后特许经营阶段。通过分析,本文将项目的主要风险分为两类展开建模:第一类是同一风险由单一参与方分担,通过分析风险造成的损失是否超过该参与方的承担能力,进行讨论分析;第二类同一风险由政府 and 私营部门两方承担,通过建立讨价还价博弈模型对分析风险分担的比例进行定量分析,使双方的风险分担达到最优的比例。

3.1 模型思想

在PPP模式下城际铁路项目进程中,为了尽力规避单一承担主体风险的发生,当风险发生时除了承担方需要承担风险造成的损失外,还需要承担一定的惩罚费用,这部分费用可以作为项目基金或者用于最终的项目分红。通过这种惩罚性的具体措施,可以使得单一承担主体风险承担方在能力范围内尽力管理和控制好归属自己的风险,从而使得风险得到有效的控制。

3.2 风险分担模型构建

假设:PPP模式下城际铁路融资项目有 $m(i=1,2,3,\dots,m)$ 个参与方, $n(j=1,2,3,\dots,n)$ 个风险,第 j 风险发生只和第 i 参与方有关,与其他参与方无关即不需要承担责任, i 参与方在承担 j 风险上的预期收益均大于风险发生时造成的损失,任何时候 i 参与方都可以承担归责于它的风险造成的损失,模型所涉及数学符号如表2所示。

$$\text{约束条件:} \quad \begin{cases} \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1 \\ \sum_{i=1}^m \rho_{ij} \leq 1 \\ F_i \leq M_i \\ \delta_{ij} = \frac{c_{ij}^-}{y_{ij}} \\ \sum_{j=1}^n c_{ij}^- \leq M_i \\ c_{ij}^- \leq y_{ij} \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{权重系数取值:} \quad \begin{cases} 0, \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 \\ 1, \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\theta_{ij} = \begin{cases} 1, \sum_{j=1}^n x_{ij} = 0 \cap c_{ij}^+ \geq y_{ij} \\ 0, \sum_{j=1}^n x_{ij} \geq 1 \cup c_{ij}^+ \geq y_{ij} \end{cases} \quad (4-2)$$

$$1) \text{ 风险惩罚函数:} \quad F_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^- + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} (M_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^-) \quad (3)$$

表 2 风险分担符号释义
Tab.2 Risk sharing symbolic interpretation

符号	释义
参数	
m	项目风险相关方个数($i=1,2,3,\cdots,m$)
n	风险指标个数($j=1,2,3,\cdots,n$)
x_{ij}	0-1 变量,取值为 1 时表示第风险 j 发生,取值为 0 时表示风险未发生
ρ_{ij}	0-1 变量,取值为 1 时表示第风险 j 只和第 i 分担方相关,取值 0 时表示第 j 风险只和第 i 分担方无关
W	项目单一承担主体风险总收益
Q_i	第 i 参与方的单一承担主体风险分担奖励金额
M_i	第 i 参与方的风险基金(最多可以承担的损失值)
c_{ij}^-	第 j 风险发生对 i 参与方项目造成的损失
c_{ij}^+	第 j 风险对应第 i 参与方的控制成本
γ_i	第 i 参与方风险控制成本奖励权重系数,取值 0 或 1
θ_{ij}	风险 j 未发生对 i 参与者的补偿权重
y_{ij}	第 j 风险对应第项目相关 i 方的预期收益
δ_j	风险 j 发生时对方的惩罚系数
R	项目所有单一承担主体风险发生产生的损失和惩罚之和
F_i	第 i 承担方因单一承担主体风险发生造成的损失之和
约束条件	
$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1$	第 j 风险仅仅由单一承担方承担
$\sum_{i=1}^m \rho_{ij} \leq 1$	第 j 风险仅仅由单一承担方 i 有关
$F_i \leq M_i$	i 参与方承担能力恒大于因单一承担主体风险发生造成的损失之和
$\delta_j = \frac{c_{ij}^-}{y_{ij}}$	第 j 风险发生造成的损失与该风险对第 i 参与方预期收益比值
$\sum_{j=1}^n c_{ij}^- \leq M_i$	单一承担主体风险发生造成的损失恒小于该参与方的风险基金
$c_{ij}^- \leq y_{ij}$	单一承担主体风险的预期收益大于风险发生的损失

2) 风险控制奖励函数:

$$Q_i = \frac{\gamma_i W \sum_{j=1}^n c_{ij}^+}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+} \tag{4}$$

3) 风险控制成本补偿函数:

$$P_i = \sum_{j=1}^n \theta_{ij} |c_{ij}^+ - y_{ij}| \tag{5}$$

4) 单一承担主体风险分担目标函数:

$$\max R_i = Q_i + P_i - F_i = \frac{\gamma_i W \sum_{j=1}^n c_{ij}^+}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+} + \sum_{j=1}^n \theta_{ij} |c_{ij}^+ - y_{ij}| + \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^- + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} (M_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^-) \quad (6)$$

5) 项目单一承担主体风险分担目标函数:

$$\max R = \sum_{i=1}^m Q_i + \sum_{i=1}^m P_i - \sum_{i=1}^m F_i = \sum_{i=1}^m \frac{\gamma_i W \sum_{j=1}^n c_{ij}^+}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \theta_{ij} |c_{ij}^+ - y_{ij}| + \sum_{i=1}^m \left[\sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^- + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} (M_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^-) \right] \quad (7)$$

经计算得到第 i 参与方的单一承担主体风险惩罚值 F_i 、单一承担主体风险管理与控制奖励值 Q_i 、单一主体风险控制成本补偿值 P_i , 最终得到单一承担主体风险分担目标值 R_i 。通过以上目标函数可知任何单一主体承担方只要一个风险没有管理控制好, 该参与方得到的风险控制奖励和风险控制成本补偿函数均为 0, 而且还得支付风险发生造成的损失和惩罚。因此, 为了获得最大利益或者付出最少的风险损失代价, 参与方必须尽力控制和管理好归属自己的风险。

4 算例分析

通过算例计算分析, 可以验证 PPP 模式下城际铁路项目风险分担模型的有效性, 本文以孝感至十堰段城际铁路项目为例技术进行模型验证, 算例资料来源于中铁第四勘测设计院, 部分数据因无法得到系假设。项目主要参与方: A(武汉市政府)发起以 PPP 模式进行建设、经营, B(汉十城际铁路有限责任公司)负责项目管理, C(中国中铁四院工程集团有限责任公司)设计, D(中国大桥局集团有限公司)承建, E 湖北城际铁路公司接受移交后运营, 和 B 公司的特许经营协议合作期限 30 年。

1) 假设以上单一承担主体只有建造成本超支、完工风险发生, 单一承担主体风险总收益 200 亿元, 单一承担主体风险控制总成本 $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+$ 为 150 亿元, 第 i 参与方风险控制成本为 $\sum_{j=1}^n c_{ij}^+ = 10$ 亿元, 对应的承担方、风险预期收益、承担方的风险基金、风险发生造成损失、惩罚系数如表 3 所示。

表 3 承担方 i 风险相关数据
Tab.3 Date of risk bearing party i

风险	承担方	M_i /万元	c_{ij}^+ /万元	c_{ij}^- /万元	y_{ij} /万元	δ_{ij}	γ_i	θ_{ij}
建造成本超支	D	500	35	20	30	0.167	0	0
完工风险	D	500	45	30	40	0.10	0	0

由以上假设可知如下惩罚函数值、风险控制成本补偿函数值和风险控制奖励函数如下

$$\begin{aligned} F_i &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^- + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} (M_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^-) \\ &= 1 \times 1 \times 30 + 1 \times 1 \times 40 + 0.167 (500 - 1 \times 1 \times 30) + 0.1 (500 - 1 \times 1 \times 40) \\ &= 194.49 (\text{万元}) \end{aligned}$$

$$Q_i = \frac{\gamma_i W \sum_{j=1}^n c_{ij}^+}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+} = 0$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n \theta_{ij} |c_{ij}^+ - y_{ij}| = 0$$

单一承担主体 i 风险分担目标函数:

$$\begin{aligned}\max R_i &= Q_i + P_i - F_i = \frac{\gamma_i W \sum_{j=1}^n c_{ij}^+}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+} + \sum_{j=1}^n \theta_{ij} |c_{ij}^+ - y_{ij}| + \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^- + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} (M_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^-) \\ &= 0 + 0 - 194.49 \\ &= -194.49 (\text{万元})\end{aligned}$$

2) 假设归属第承担方的单一承担主体风险得到了改参与方的有效管理和控制, 风险均未发生, 单一承担主体风险总收益 200 亿元, 单一承担主体风险控制总成本 $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+$ 为 150 亿元, 第参与方风险控制成本为 $\sum_{j=1}^n c_{ij}^+ = 10$ 亿元, 对应的承担方、承担方的风险基金、风险发生造成损失、风险预期收益、惩罚系数如下表 4 所示(单位: 万元)。

表 4 承担方 i 风险相关数据
Tab.4 Date of risk bearing party i

风险	承担方	M_i /万元	c_{ij}^+ /万元	c_{ij}^- /万元	y_{ij} /万元	δ_{ij}	γ_i	θ_{ij}
建造成本超支	D	500	28	20	30	0.167	1	0
完工风险	D	500	45	30	40	0.10	1	1

由以上假设可知如下惩罚函数值、风险控制成本补偿函数值和风险控制奖励函数如下:

$$\begin{aligned}F_i &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^- + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} (M_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^-) = 0 \\ Q_i &= \frac{\gamma_i W \sum_{j=1}^n c_{ij}^+}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+} = 1 \times 2000 \times 10 / 150 = 133.3 (\text{万元}) \\ P_i &= \sum_{j=1}^n \theta_{ij} |c_{ij}^+ - y_{ij}| = 0 \times |28 - 30| + 1 \times |45 - 40| = 5 (\text{万元})\end{aligned}$$

单一承担主体风险分担目标函数:

$$\begin{aligned}\max R_i &= Q_i + P_i - F_i = \frac{\gamma_i W \sum_{j=1}^n c_{ij}^+}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^+} + \sum_{j=1}^n \theta_{ij} |c_{ij}^+ - y_{ij}| + \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^- + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} (M_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} \rho_{ij} c_{ij}^-) \\ &= 133.3 + 5 - 0 \\ &= 138.5 (\text{万元})\end{aligned}$$

由计算可得, 单一承担主体风险均得到有效控制, 没有发生前提下, 只有完工风险的控制成本 45 万元大于风险预期收益 40 万元时承建方 D(中国大桥局集团有限公司)可以获得风险控制成本补偿和风险控制奖励共计 138.5 万元。

5 结论

1) 所以承建方 D(中国大桥局集团有限公司)必须尽力管理和控制好属于自己的风险, 才能最大程度上降低风险发生的概率, 降低因此风险发生造成的损失;

2) 从项目管理公司角度,所有单一承担主体风险得到有效的管理和控制,发生的概率才能尽可能的降低,规避了此类风险的发生,才能保证项目的整体进度顺利进行。

参考文献:

- [1] ZHANG X Q. Critical success factors for public-private partnerships in infrastructure development[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005, 131(1): 3-14.
- [2] LI B, AKINTOYE A, EDWARDS P J, HARDCASTLE C. Critical success factors for PPP/PFI projects in the UK construction industry[J]. Construction Management and Economics, 2005, 23: 459-471.
- [3] VEGA A O. Risk allocation in infrastructure financing[J]. The Journal of Structured Finance, 1997, 3(2): 38-42.
- [4] LOOSEMORE M, RAFTERY J, REILLY C et al. Risk management in projects[J]. Taylor Francis, 2005, 36(7): 691-695.
- [5] XU Y, CHAN A P C, YEUNG J F Y. Developing a fuzzy risk allocation model for PPP projects in China [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2010, 136(8): 894-903.
- [6] KE Y, WANG S, CHAN A P C, et al. Preferred risk allocation in china's public private partnership (PPP) project[J]. International Journal of Project Management, 2010, 28(5): 482-492.
- [7] CHUNG D, HENSHER D A, ROSE J M. Toward the betterment of risk allocation: Investigating risk perceptions of Australian stakeholder groups to PPP tollroad projects[J]. Research in Transportation Economics, 2010, 30(1): 43-58.
- [8] 罗春晖. 基础设施私营投资项目中的风险分担研究[J]. 现代管理科学, 2001(2): 28-29.
- [9] 王耀飞, 郑翔. 京津冀交通一体化建设与 PPP 融资法律问题分析[J]. 领导之友, 2017(1): 69-74.

Risk Allocation Model of Intercity Railway Projects Based on PPP Mode

Zhao Bin¹, Shuai Bin²

(1.China Railway Eryuan Engineering Group Co.LTD, Chengdu 610031, China;

2.School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: With the development planning of modern comprehensive transportation system of the 13th Five-year Plan, the inter-city railway construction has been accelerating. The PPP financing model is adopted to introduce social capital, which may meet the financing needs of intercity railway construction and the needs of social development while reducing the financial pressure on the government. However, since there are such characteristics as large investment, complex relationship of participants and long construction period for intercity railway projects under PPP mode, many risks may exist in the whole project life cycle. The rationality of risk sharing and the risk control ability of participants largely determine the success or failure of the project. In this paper, risk factors are divided into two categories, namely the one of single-subject risk sharing and the other of government and private sectors risk sharing. In single-subject risk sharing, the model of penalty function, risk control cost compensation function and risk control incentive reward function were established to encourage participants to enhance the ability of management and risk controlling.

Key words: PPP financing model; risk allocation; risk analysis; intercity railway

(责任编辑 王建华)