

基于层次分析法的三清高速公路 PPP 项目风险

于文聚 曹雪芹 吴晓松*

云南财经大学 信息学院

DOI:10.12238/ej.v5i4.1000

[摘要] 随着城市化进程的推进,高速公路的发展对推动国民经济有着极为重要的作用。高速公路的建设和运营投资大且回报周期长,对政府的经济造成一定的压力。作为新兴的融资模式,PPP模式(Public-Private-Partnership)采用政府和社会合作,在有效减轻政府财政负担和满足公共产品的服务需求时,也促进了政府职能的转变,推动建设、经营、管理的发展与创新。本文采用层次分析法对基于PPP模式的云南三清高速公路项目进行风险研究、分析及措施管控,针对性地对各阶段所存在的风险问题提出应对策略,为同类项目所可能存在的风险管理提供参考。

[关键词] 高速公路; PPP模式; 风险管理; 层次分析法

中图分类号: TL364+.5 **文献标识码:** A

Risk Research of Sanqing Expressway PPP Project Based on Analytic Hierarchy Process

Wenju Yu Xueqin Cao Xiaosong Wu*

School of information, Yunnan University of Finance and Economics

[Abstract] With the advancement of urbanization, the development of expressways plays an extremely important role in promoting the national economy. The construction and operation of expressways have large investment and long payback periods, which put a certain pressure on the government's economy. As an emerging financing model, the PPP model (Public-Private-Partnership) uses government and social cooperation to effectively reduce the government's financial burden and meet the demand for public goods and services, while also promoting the transformation of government functions and the development and innovation of construction, operation and management. This paper adopts the hierarchical analysis method to study, analyze and control the risks of the Yunnan Sanqing Expressway Project based on the PPP model, and propose strategies to deal with the risk problems in each stage in order to provide reference for the possible risk management of similar projects.

[Key words] expressway; PPP model; risk management; analytic hierarchy process

1 研究背景

1.1 项目需求分析

随着国家经济的突飞猛进,高速公路的建设和发展成为我国交通运输基础的重要内容。通过调查研究以及对高速公路项目建设的分析,发现其与其他交通运输方式不同,高速公路的建设周期长、建设期资金消耗大且人工成本高,是阻碍项目发展的重要原因。

PPP模式在国内的发展时间并不长,在高速公路项目上的应用更是匮乏,对项目整体风险评价体系也不够完善,在项目实施过程中会导致一定的风险问题出现。现阶段,我国仍然存在东西部经济发展不均衡的现象,然而云南省的经济发展亟需以高速公路的发展为基础,以此带动当地其余产业的经济共同发展,对促进政府管理能力有一定的提升。自2013年底云南省启动推广

运用PPP模式以来,三清高速公路项目成为云南省高速公路领域重要的PPP项目之一,但由于项目投资规模、运营周期、地理位置等影响因素,使得风险管理成为该项目的重要把控环节。基于这一现状,本文以此为导向,从项目全周期角度对风险管理进行分析,有针对性地提出该项目风险的应对措施,为其他高速公路PPP项目在云南省的应用及风险管控提供借鉴。

1.2 三清高速公路PPP项目情况介绍

三清高速公路作为云南省“十三五”重点项目,全长128公里,是作为昆明至曲靖高速公路复线的一部分,是云南省高速公路网的重要补充,是中国建筑首条采用PPP模式自主运营的高速公路。对于该建设项目,施工建设单位的建筑施工人员受过良好的施工培训,在应对复杂的施工难题时,可以对实际工程进行全面且详细的技术分析,结合地形地貌,采取科学合理的施工工艺

技术,更好的完成该高速公路项目施工^[1]。

三清高速公路项目采用BOT(投资—建设—运营—移交)模式。由云南省政府授权给省交通厅进行招商,中标社会投资方成立项目公司,并对项目进行投资、建设及运营,通过车辆通行费及配套服务收入收回投资,自行承担盈亏从而实现合理的投资回报,并在规定的特许经营期满后,将公路(含土地使用权)、公路附属设施及相关资料无偿移交回省交通局^[2]。

基于PPP模式的三清高速公路项目,以降低政府财政压力的风险为基础,为公众提供更好的基础设施服务的同时促进社会投资方更好的发展,为对同类高速公路项目的风险治理提出有效的优化对策。通过该PPP项目运作模式(见图1)能够更为清晰地认识到项目的各利益相关者。

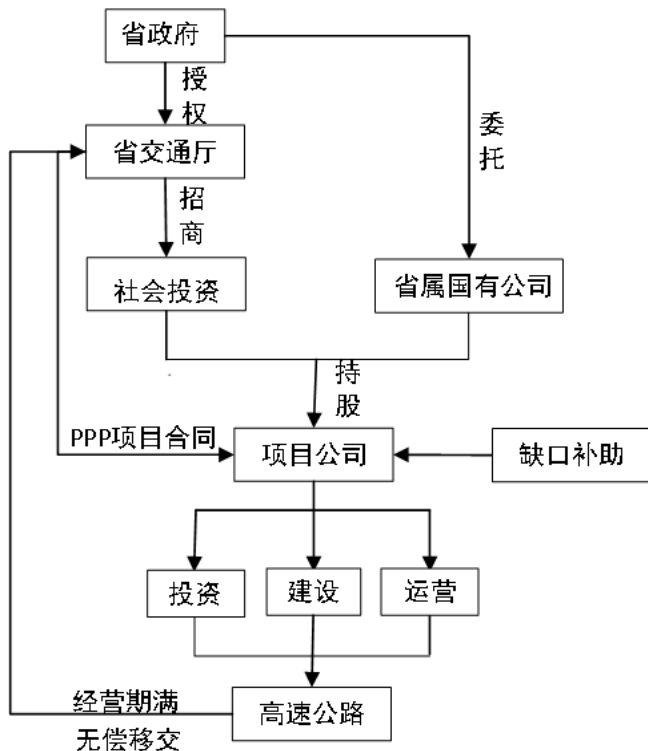


图1 项目运作模式

2 理论解读与研究方法

2.1 PPP模式

PPP(Public-Private Partnership)指政府和社会资本合作模式,涵盖了BOT、TOT等融资模式,共同为大众建设提供服务便利。根据资料研究,以土耳其为主的很多国家工程项目都采用PPP模式对基础设施进行建设,如加拿大、英国等发达国家。其早期对于PPP模式的运用也是因为其国家的社会制度体系层次分明、风险合同规范且分担公平、项目融资渠道多且定位精准^[3]。因此PPP模式是一种私人部门为项目建设提供资金和技术支持,政府部门为项目建设提供政策支持的双方合作共赢的模式,二者互惠互利共同推进项目实施,更好的服务社会公众^[4]。

2.2层次分析法原理

层次分析法(Analytic Hierarchy Process,简称AHP)是由托马斯L.萨蒂提出的层次权重决策分析方法。以定性定量相结合为基础,将复杂的问题简化为一个有序的递阶层次结构,用来更好的解决复杂决策问题。以调查问卷形式将专业人士的看法搭载科学计算公式对各个备选方案的权重进行优劣排序,为决策者选择最佳的方案提供理论基础^[5]。其步骤为首先分析研究问题并建立阶梯层次结构模型并对准则层各要素进行两两比较,建立判断矩阵。然后进行层次单排序,进行一致性检验。最后层次总排序,得出研究问题的计算模型^[6]。

2.3项目风险管理的内容

项目风险管理强调通过计划、实施、组织、管控等手段,对风险采用转移与分散的措施,实现降低与消除。建设期采用对风险因子识别、评估与控制的方式,实现更科学的判断以及对项目风险的最大化控制,有效消除潜在的风险。

由于PPP项目涉及主体多,具有复杂性、投资资金大、建设周期长等问题,因此在项目立项的初期就要对PPP项目中存在的风险进行规划与管理,对可能出现的影响因素提早识别分析,有规划的全面防范并提出相应措施,可以有效降低风险,提高项目风险管理的效用。相反,风险管控的缺失与不严格,则会进一步导致风险无法控制并出现人力、物力等损失。

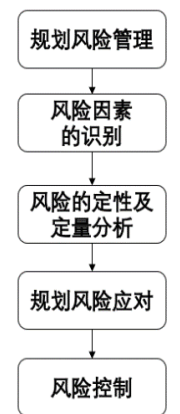


图2 项目风险管理模式

3 层次结构模型的构建与试验验证分析

3.1影响风险因素的模型建立

过去的十年,新技术主导着公路建设市场,技术的使用、合同和法律问题、融资、资源、质量、设计阶段、施工阶段,以及其他领域,如天气、自然原因、物理损害等均影响着项目的进展^[7]。高速公路PPP项目属于政府的特许经营项目,与常规的高速公路项目不同,其参与主体、经济政策、建设内容等均存在差异。对于不同的风险阶段,要抱有正确的处理态度,给以高度重视并制定相应的对策措施,切不可把其他项目的风险控制方案生搬硬套过来。本文最终确定了该PPP高速公路项目风险影响因素层次结构模型的指标体系,具体包括建设风险、经济风险、政策风险、不可抗力风险4个一级指标,下设14个二级指标。

表1 风险影响因素层次结构模型的指标体系

云南三清高速公路项目风险因素体系	建设风险	风险类型	风险因素
		工程变更	
		质量缺陷	
		材料供应	
		施工安全	
		施工技术	
	经济风险	融资风险	
		利率波动	
		补贴后收益问题	
		成本超支	
	政策风险	法律法规及政策	
		审批延误	
	不可抗力风险	自然灾害	
		社会因素	

3.2层次分析法对项目的风险评价

3.2.1构建判断矩阵

设定云南三清高速公路PPP项目风险为总目标,构建AHP层次结构模型,对同一准则层的各影响因素构造判断矩阵并两两比较。每次选取两个因素 C_i 和 C_j ($i, j=1, 2, \dots, n$),并比较其两者相对于上一层次 B_i 的重要性,用 a_{ij} 表示,构建的两两比较矩阵如表2所示。引入“1~9标度法”令判断矩阵中数据更具量化,如表3所示。将判断矩阵中各因素重要性进行比较,计算出各矩阵的最大特征根、权重及排序向量,最后进行一致性检验。矩阵满足: $a_{ij}>0, a_{ij}=1, a_{ij}=1/a_{ji}$ ($i, j=1, 2, \dots, n$)。

表2 判断矩阵模型

B_1	C_1	C_2	...	C_n
C_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
C_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
C_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

表3 矩阵标度含义

标度	含义
1	i 和 j 一样重要
3	i 比 j 重要一点
5	i 比 j 重要得多
7	i 比 j 非常重要
9	i 比 j 非常非常重要
2, 4, 6, 8	i 与 j 比较结果在以上结果间
1/2, 1/3, ..., 1/9	j 和 i 相比的重要程度

3.2.2层次单排序与一致性检验

采用专家打分法的模式,用“1~9标度法”设计调查问卷,

附上填表说明,向相关行业内专业人士发放问卷,最终收到100份有效问卷,计算得到最终数据,构建判断矩阵计算最终权重和最大特征根 λ_{max} 。

为了保证数据的有效性和避免取值偏差,需要对判断矩阵进行一致性检验。首先计算一致性指标C.I.,定义: $C.I. = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$,当特征根 λ_{max} 与n值越接近,矩阵的一致性越好。然后进一步检验判断矩阵的一致性是否令人满意,将C.I.与平均随机一致性指标R.I.进行比较(如表4),C.I.与R.I.的比值C.R.即为一致性比例,当C.R.<0.1时,认为判断矩阵的一致性结果满意,否则需重新取值判断。当C.R.=0时,表明判断矩阵具有完全一致性。经过上述程序,最终形成层次单排序,如表5-9所示^[8]。

表4 平均随机一致性指标R.I.标准值

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R.I.	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46

表5 影响因素指标判断矩阵

项目风险	建设风险	经济风险	政策风险	不可抗力风险	权重
建设风险	1	8	7	9	0.690
经济风险	1/8	1	1/2	3	0.103
政策风险	1/7	2	1	4	0.158
不可抗力风险	1/9	1/3	1/4	1	0.049

注: $\lambda_{max}=4.172$; C.I.=0.057; C.R.=0.064 < 0.1

表6 建设风险指标判断矩阵

建设风险	工程变更	质量缺陷	材料供应	施工安全	施工技术	环保问题	权重
工程变更	1	1/8	1/5	1/4	1/4	2	0.048
质量缺陷	8	1	3	3	5	7	0.415
材料供应	5	1/3	1	4	3	6	0.258
施工安全	4	1/3	1/4	1	3	3	0.146
施工技术	5	1/5	1/3	1/3	1	2	0.092
环保问题	1/2	1/7	1/6	1/3	1/2	1	0.041

注: $\lambda_{max}=6.444$; C.I.=0.089; C.R.=0.071 < 0.1

表7 经济风险指标判断矩阵

经济风险	融资风险	利率波动	补贴后收益	成本超支	权重
融资风险	1	1/7	1/5	1/2	0.060
利率波动	7	1	3	4	0.520
补贴后收益	5	1/3	1	6	0.319
成本超支	2	1/4	1/6	1	0.101

注: $\lambda_{max}=4.238$; C.I.=0.079; C.R.=0.089 < 0.1

表8 政策风险指标判断矩阵

政策风险	法律法规及政策	审批延误	权重
法律法规及政策	1	4	0.8
审批延误	1/4	1	0.2

注: $\lambda_{max}=2$; C. I. =0; C. R. =0<0.1

表9 不可抗力风险指标判断矩阵

不可抗力风险	自然灾害	社会因素	权重
自然灾害	1	3	0.75
社会因素	1/3	1	0.25

注: $\lambda_{max}=2$; C. I. =0; C. R. =0<0.1

3.2.3 层次总排序

在计算出各项影响因素相对于准则层要素的权重后,将该权重与上一层准则层要素相乘得出相对于目标层的权重,得到各影响因素相对于目标层的合成权重,即进行层次总排序。例如:工程变更合成权重=工程变更权重×建设风险权重=0.048×0.690=0.033(见表10)。

表10 影响因素指标合成权重

指标	建设风险	经济风险	政策风险	不可抗力风险	合成权重	排序
	0.690	0.103	0.158	0.049	W_i	
工程变更	0.048				0.033	8
质量缺陷	0.415				0.286	1
材料供应	0.258				0.178	2
施工安全	0.146				0.101	4
施工技术	0.092				0.063	5
环保问题	0.041				0.028	10
融资风险		0.060			0.006	13
利率波动		0.520			0.054	6
补贴后收益		0.319			0.033	8
成本超支		0.101			0.010	12
法律法规及政策			0.8		0.126	3
审批延误			0.2		0.032	9
自然灾害				0.75	0.037	7
社会因素				0.25	0.012	11

3.2.4 计算结果分析

由上述计算可得,在该项目二级风险层级中,建设风险对项目总风险的影响最大,仍是高速公路PPP项目风险的重中之重。三清高速全长128公里,途径地区的地形地质复杂,土质较松散,沿途多山系,需开凿隧道,大多隧道采取的开挖工法多为最难的“侧壁导坑”工法。在我省,高速公路运营期一般为30年,而我省第一条高速公路建成通车至今只有24年,且PPP项目通车运营的只有2个项目,很多风险未全部暴露出来,可借鉴参考的历史经验不足^[9]。

4 风险管理对策措施

4.1 建设风险控制措施

从前期开始严格把控,采取公开招投标的方式,选择风险承受力大的合作单位,确保监理工作的落实。建设工程中,加强进度管理,准确划分建设期时间节点,设置严格的质量监督条款,对公共基础设施实施监管,对环保、质量等问题进行纠偏与预控。为避免勘察设计文件中因错误或遗漏造成项目变更而造成的损失,社会资本方可提前与施工单位签订合同或协议,除相应的补救计划外还应免除直接损失部分并补偿社会资本方损失^[10]。

4.2 经济风险控制措施

针对经济风险,可签订EPC合同,对该项目实行全过程、若干阶段的承包,以此降低造价成本。采取创新融资模式,运用信息化手段,实现定量和定性分析,利用大数据对财务进行分析采取适当的措施,使风险最小化,利润最大化^[11]。

若本项目实际通行费收入达不到前期的工程可行性报告预测通行费收入时,政府将按规定对项目缺口进行补助,但如果在建设期或运营期出现补助资金不到位的情况时,本地人民政府和财政局提前统筹规划好项目进程,制定好标准和帮扶力度,防止因资金缺口出现的停工问题。并在运营期间,做好调度及运营管理,保持稳定通行费收入的同时,保质保量的提高服务水平并增加车流量^[12]。

4.3 政策风险控制措施

从整体出发,建立适合该PPP项目的治理框架,完善法律和监管体系,加强规划指导,明确的补充机制或协商原则,制定系统的项目规划。社会资本方在签订合同及风险协议前务必对当地政府的财务和信用状况进行充分调查,提前规避风险。而政府方应尽可能少地干预建设和运营活动,以激励拥有先进技术、成熟管理经验和探索创新商业模式优势的民间资本^[13]。同时,国家也应建立有效的PPP模式信用评价体系,对每个地方政府实施强有力的监管。

4.4 不可抗力风险控制措施

由于该建设工程施工周期长,易出现各种不利因素,因此,承、发包双方应提前在合同中规定好不可抗力条款和风险负担的内容,明确双方的权利和义务^[14]。面对突如其来的新冠肺炎疫情,三清高速公路项目在停工停产、疫情防控管理等方面也存在一定的问题。为此,施工单位紧急调整施工方案,开启预警措施,有效规避了疫情带来的工期延误风险。以及通过采取一系列措施包括制定应急计划,开展规范化管理等来降低建设项目过程中可能发生其他不可抗力风险的概率及后果。

5 研究结论

三清高速公路项目作为云南省的交通发展重要项目,风险是该PPP模式下的项目实施关键所在。该项目所采用的BOT模式在一定程度上缓解地方政府财政压力,同时也避免社会投资方承担过大的风险,有效的实现了双方风险共担,收益共赢的局面。本研究中采用层次分析法,对三清高速公路PPP项目可能存

在各种风险因素指标进行权重值的计算,并对各类影响因素指标权重进行排序。其中建设风险对项目总风险的影响最大,其次为政策风险和经济风险,不可抗力风险对项目总风险的影响最小。针对风险指标因素权重占总权重的比率,结合三清高速公路项目的投融资状况、建设全周期及通车运营等实际情况,对该项目可能存在的风险因素进行更有效地评价,并提出相应的风险应对措施,为该项目的发展提供更有效保障,为其他高速公路PPP项目提供更有利的经验。

[基金项目]

大数据与云南旅游产业融合科技创新团队(42210100001/013);
桥头堡战略与云南服务贸易发展研究(80025092284)。

[参考文献]

- [1]向斌.山区高速公路桥梁施工技术及其特点[J].散装水泥,2020(3):2.
- [2]陈淑青.收费高速公路PPP项目社会资本风险分析——以某高速公路项目为例[J].大众标准化,2021(23):165-169.
- [3]陆建国.MY高速公路项目PPP模式下风险管理研究[D].云南财经大学,2021.
- [4]李建武.PPP模式下AB高速公路项目风险管理研究[D].昆明理工大学,2021.
- [5]王连芬,许树柏.层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1990:5.
- [6]张炳江.层次分析法及其案例应用[M].北京:电子工业出版社,2014:4.
- [7]Zayed T, Amer M, Pan J. Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP[J]. Internatio

nal Journal of Project Management,2008,26(4):408-419.

[8]张定坤,王旭.基于层次分析法的网购茶叶消费者购前选择研究[J].云南农业大学学报(社会科学),2019,13(03):81-87.

[9]祁鸿.云南M高速公路PPP项目风险控制研究[D].昆明理工大学,2020.

[10]张凯翔.高速公路PPP项目全面风险管理研究[D].北京邮电大学,2021.

[11]Kumar L, Jindal A, Velaga N R. Financial risk assessment and modelling of PPP based Indian highway infrastructure projects[J]. Transport Policy, 2018, 62: 2-11.

[12]陈俊西.高速公路PPP项目财务风险管理研究[D].云南财经大学,2021.

[13]Zhang L, Sun X, Xue H. Identifying critical risks in Sponge City PPP projects using DEMATEL method: A case study of China[J]. Journal of cleaner production, 2019, 226: 949-958.

[14]高印立.不可抗力对建设工程施工合同履行的影响[J].建筑经济,2008,(11):38-40.

作者简介:

于文聚(1997--),女,汉族,山东东营人,工程硕士,研究方向:大数据管理决策与信息资源管理。

曹雪芹(1996--),女,汉族,山西朔州人,工程硕士,研究方向:大数据管理决策与信息资源管理。

*通信作者:

吴晓松(1962--),男,汉族,云南昆明人,博士,教授,研究方向:大数据管理决策与信息资源管理。