

高速公路 PPP 项目质量管理的难点及对策

游江涛

(河南交通职业技术学院, 河南 郑州 450005)

摘要: PPP 模式是目前高速公路项目常用的投资、运营模式之一。对比国外高速公路 PPP 项目质量管理方式,中国高速公路 PPP 项目的建设实施还有很多需要改进的地方,如:项目前期准备工作不充分、建设质量管理体系构建不完善、管理人员专业素质有待提高、外部监督形式化等问题,运营期存在绩效考核方案不全面、养护管理流程不清晰、信息化程度低、人才结构不匹配等。高速公路 PPP 项目要提供高质量的服务,必须重视项目决策阶段咨询服务,提倡项目全过程咨询;深化质量意识,落实工程质量责任制度;转变发展思路,制定质量管理标准;创新质量管理工作方法,提升信息化管理水平;注重人才培养,优化质量管理团队;完善绩效考核评分细则及奖惩机制,实现有效激励。

关键词: 高速公路 PPP 项目;质量管理;建设质量管理;运营质量管理;问题及对策

2018 年,中国完成新建改建高速公路 6 000 多 km,高速公路网络体系建设日渐完善。中国的公路交通运输体系逐步形成以高速公路为主干,干线公路为支架,城镇公路、农村公路为衔接的网络化布局。“十三五”期间,高速公路仍是中国国家综合交通运输体系构建的重要一环,要继续推进国家高速公路网络体系建设,逐步实现国家高速公路主线全畅通,积极建设地方高速公路。PPP 模式是指政府与社会资本之间,以提供某种公共物品和服务为目的,双方签订 PPP 项目合同,明确双方权利义务,形成合作伙伴关系。随着 PPP 模式的推广和运用,在基础设施建设领域,PPP 模式已经成为一种理想的建设、管理模式。如何发挥政府和社会资本各方优势,打造高质量、高效率的高速公路,是社会公众、政府、社会资本共同关注的问题。

1 研究现状

在世界经济发展放缓的大背景下,政府面临巨大的资金压力,完全由政府投资进行公共服务项目和公共基础设施建设已经难以实现。PPP 模式是政府和私营部门为了提供公共产品或服务而建立的长期合作关系。由于对新基础设施的需求不断增加以及政府部门投资减少,采用 PPP 模式进行项目的设计、建设和运营。工程项目建设的核心是质量管理,紧密联系施

工过程中的各个因素和环节,全面地考虑工程质量管理问题,才能实现在质量管理上创造效益、寻求发展。

中国多数地方政府的负债过多,财政支出压力巨大,原有信贷融资平台消失,资金来源紧张。在高速公路建设的项目中引入政府和社会资本合作(PPP)模式无疑能够很好地解决困局。高速公路建设质量的优劣不仅仅是以检验结果来评价,它还通过设计、施工、养护等具体工作而展现。工程项目的质量管理需要建立多方位的工程质量保证体系,需要从政府监督、建设单位管理和直接生产者负责三个层次对工程建设实施全过程质量管理。在高速公路建设企业内部管理制度的基础上,加强对高速公路项目建设质量管理的细节把控,以各种精细化的管理来保质量、控工期、降成本。全寿命周期质量监管的模式要建立政府监督、法人管理、社会监理、企业自检的工程质量管理模式,健全质量责任追究机制,树立质量责任永久有责的观念。科学的高速公路养护工作能进一步延长公路工程的使用寿命。目前高速公路养护仍存在养护服务不全面、养护质量管理不善、养护人员专业技术能力不高、养护设备不够先进等问题。在节能减排和绿色环保的新趋势下,必须实行标准化、信息化、人性化和环保化的养护新理念。

高速公路 PPP 项目的质量管理是项目全生命周期内的质量管理,涉及到建设阶段和运营维护阶段。

收稿日期:2019-12-24(修改稿)

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(编号:2018JJ2446);湖南省第八批研究生培养创新基地项目(编号:湘财教指[2016]37号)

作者简介:游江涛,男,硕士,高级工程师.E-mail:1951539785@qq.com

国内外对建设质量管理问题深入研究,并且不断优化质量管理理论、完善质量管理措施。但是运营维护阶段,各个国家采用养护管理方式不同,运营维护阶段的质量管理途径也不一致。目前高速公路 PPP 项目已经进入运营阶段,项目质量管理的众多问题也逐渐显现。借鉴国内外高速公路项目质量管理经验,利用科学的管理理论和管理方法,解决目前中国高速公路 PPP 项目质量管理存在的问题,提高高速公路 PPP 项目质量管理效率,更好地为高速公路服务。

2 高速公路 PPP 项目质量管理的现状分析

2.1 PPP 模式在高速公路建设领域运用现状

2014 年开始中国广泛推广、使用 PPP 模式促进公共基础设施建设和公共服务供给。高速公路是中国综合交通运输体系中重要的一环,仍实行收费通行,项目具有稳定的收益来源,是社会资本和政府共同推进的优质项目。政府积极鼓励社会资本通过 PPP 模式,参与收费公路投资、建设、运营和维护,对项目进行全生命周期的监督管理,发挥政府和社会资本各自优势,增加收费公路服务供给数量、提高服务水平。根据 PPP 项目管理库公布的项目信息统计结果显示,截止到 2019 年 3 月 12 日,已入库的高速公路 PPP 项目有 172 个。中国高速公路网络已基本布局完成,特别是中部、东部地区,已经形成互联互通的网络体系,高原、山区等经济落后的地区是高速公路建设重点区域,高速公路 PPP 项目主要分布在河北、云南、贵州等地,具体分布见图 1。

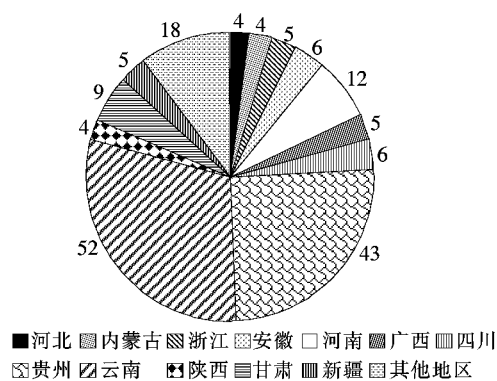


图 1 高速公路 PPP 项目区域分布图

高速公路 PPP 项目投资额较大,融资问题是政府在高速公路建设领域采用 PPP 模式的重要原因之一。现已入库的高速公路 PPP 项目投资额主要集中在 50

亿~150 亿元之间,具体分布见图 2。高速公路 PPP 项目通常采用项目包的方式进行项目整体打包,有利于减少社会资本的采购成本,同时运营管理中,由同一主体运营管理,能实现资源的有效利用,提高运营质量管理效率、降低运营成本。此外,为实现专业化的运营管理,已建高速公路也会通过 PPP 模式选择最佳的运营合作伙伴,但这类项目投资额较小,如大青山南坡绿化一、二期及 G6 高速公路和 110 国道绿化后期养护 PPP 项目,项目投资额仅为 4 800 万元。

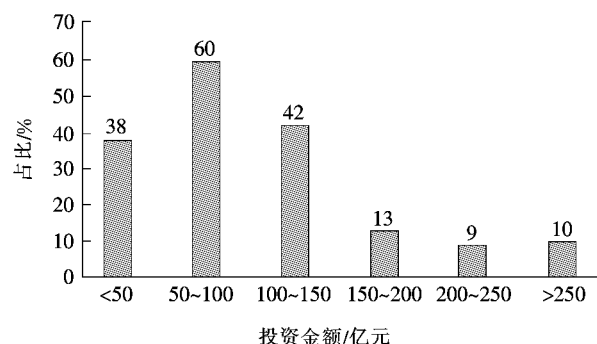


图 2 高速公路 PPP 项目投资额分布

2.2 高速公路 PPP 项目质量管理现状

PPP 项目是将项目的投资、建设、运营由同一主体负责,因此高速公路 PPP 项目的质量管理范围包括工程建设质量和运营质量的管理。

2.2.1 高速公路 PPP 项目建设质量管理现状

高速公路 PPP 项目从项目推进过程考虑,应从事前、事中、事后三个不同阶段实行质量管理(图 3)。同时也应从内部质量管理和外部质量管理进行全方位质量管理。内部质量管理主要以项目公司为主体,依靠项目公司的人员、技术对项目建设全过程进行质量监管。外部质量管理的主体通常包括监理单位、实施机构、行业主管部门等。

在项目实施方案和特许经营协议中,以项目可行性研究报告为基础,设置项目产出内容、产出标准;明确规定项目建设质量、建设工期。政府实施机构对项目建设过程进行监督管理,定期获取有关项目计划和进度报告及其他相关资料;在不影响项目正常施工的前提下进场检查和测试;对建设承包商的选择进行有限的监控(例如设定资质要求等)。为加强项目公司内部质量管理和政府方的监督管理效果,设置绩效考核条款,将项目建设质量与项目公司收益衔接。监理是常用的项目质量外部管理方式之一,聘请专业、负责的监理人员,能最大程度地保证项目建设质量。监理方

由政府选择还是由项目公司选择曾经是谈判过程中的焦点问题,河南省高速公路 PPP 项目为保证项目质量,由项目公司选择监理单位,但是在不影响项目正常

建设的情况下,允许政府方自费聘请专业的监理单位对项目建设进行监督管理,实现对项目建设的双重监理。

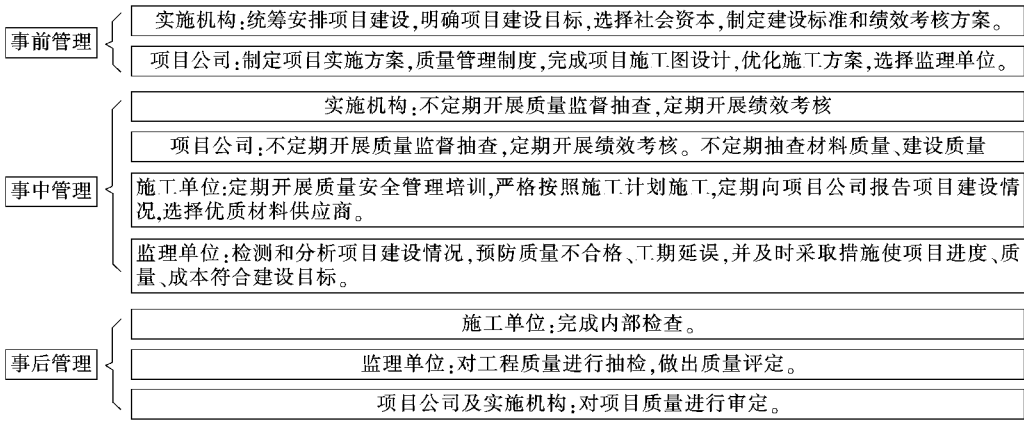


图 3 高速公路 PPP 项目建设期质量管理

2.2.2 高速公路 PPP 项目运营质量管理现状

高速公路 PPP 项目运营阶段,项目公司按照法律、行业主管部门及行业公认的文明服务要求,对路面、交通安全设施及附属设施养护涵盖周期性保养、修复以及临时性的修复,实现高速公路运营的持续性,确保项目良好的服务环境。PPP 模式下,高速公路的运营、维护管理责任属于项目公司,根据项目公司的运营能力,运营、维护可由项目公司自己承担,也可通过委托第三方服务单位。高速公路 PPP 项目运营质量管理要充分考虑项目主体工程与交通安全设施的完好状况、修复及时性、项目收益状况、使用者的满意程度。运营期的项目质量管理分为项目公司内部管理控制和政府方监督管理。

3 高速公路 PPP 项目质量管理存在的问题及原因分析

高速公路 PPP 项目由项目公司主导项目建设、运营,行业主管部门负责监督,需兼顾项目公益性和项目公司的盈利目的,因而中国高速公路 PPP 项目在监督与管理上存在较大的难度和压力。

3.1 建设期高速公路 PPP 项目质量管理存在的问题及原因分析

3.1.1 项目前期工作不充分

政府主管部门需要依靠前期资料收集、踏勘等结果,真实地、科学地确定项目建设规模、建设时机、建设路线,判断项目建设的可行性。高速公路 PPP 项目还需要通过专家论证项目采用 PPP 模式是否物有所值、

政府财政支出能否承担项目的补贴支出。项目前期准备工作重要、关键节点多,耗费时间较长。而目前 PPP 项目前期工作花费时间较短,从项目发起到完成采购流程花费时间通常在 1 年左右,项目前期工作时间短、任务重,工作成果的可靠性、准确性有待加强。

3.1.2 项目建设质量管理体系构建不完善

高速公路施工质量管理体系尚不完善,未发挥管理制度的效率,导致项目施工质量管理效率不高、管理质量低下等问题。现行质量管理体系缺少质量监督和检验措施,降低了质量管理体系的执行力度。如物资管理制度执行不到位,质量检验制度形式化,达不到质量检验监管的目标。高速公路 PPP 项目以项目包的形式打捆开发,可能涉及到多个建设主体。要实现实施机构、项目公司、建设单位、设计单位、监理单位等单位的有效沟通,单纯依靠现有的组织协调制度难以实现。

3.1.3 外部质量监督管理形式化

高速公路 PPP 项目外部质量监督管理包括监理和建设期绩效考核。高速公路建设项目中的监理作用十分关键,监理工程师责任重大,既要肩负着社会赋予的责任又要对委托合同内容实施质量监管。但是由于监理单位人员安排原因,目前项目建设过程中的监理工作难以正常开展。建设期绩效考核时政府作为最终业主,进行项目建设质量把控。高速公路 PPP 项目未重视建设期质量考核,在设置绩效考核标准时仅以一次性通过竣工验收为绩效考核合格的标准,达不到对建设过程质量监管的目的。

3.2 运营期高速公路PPP项目质量管理存在的问题及原因分析

3.2.1 养护质量管理意识不足

高速公路PPP项目在选择社会资本方时,侧重考虑社会资本方的资金实力和建设经验,忽视了运营养护经验。综合对比高速公路PPP项目的中标社会资本方,基本均为建设单位或者建设单位和财务投资人组成的联合体。同时,在中国高速公路养护责任一直是由政府单位和机构主管,相应的具有高速公路养护经验的社会资本较少。现有的高速公路养护机构相关领导和工作人员,不重视养护工作,以敷衍的态度面对每天的巡查、防治、抢修工作。

3.2.2 养护管理流程不清晰

高速公路PPP项目运营阶段的运营、维护、管理由项目公司负责。由于养护管理经验不足,未制定完善的养护质量管理体系。高速公路的养护质量未形成统一的规范,养护质量和养护效率缺乏评判标准,增加了养护工作的随意性,养护工作质量难以提高。养护质量检测难度较大,难以实现量化的质量评价,多以使用者的直观感受为判断依据。高速公路养护智能管理系统也流于形式,没有专门对高速公路通车后的各项公路养护数据、路况数据、维修数据的录入、整理。养护管理流程缺乏反馈、总结环节,只着眼于工程的结果,忽视了后期经验总结。

3.2.3 运营期绩效考核方案不全面

高速公路运营期绩效考核方案设置应包括项目公司运营管理体系考核、养护工作完成质量考核、养护工作完成的及时性与积极性考核、运营养护专业的技术人员和专业的设备配置考核等方面。当前PPP项目实施过程中,绩效考核实施方案需在项目准备阶段由项目咨询公司负责制定。PPP项目咨询公司缺乏高速公路运营养护经验和知识,绩效考核方案指标选取不全面,侧重于考虑路面修护质量,设置的绩效考核指标与评分细则缺乏一定的可操作性。运营期绩效考核标准形式化,不考虑项目特性、项目运营管理服务要求的特点,缺乏约束力,未达到激励运营主体积极主动提高运营服务质量的目的。

3.3 全生命周期质量管理存在的问题及原因分析

3.3.1 人才素质及结构不适应科学管理要求

管理人员思想理念未转变,重建设、轻运营,人才结构不符合科学管理要求,人力、物力安排不合理,缺乏系统全局的观念。监理是项目建设过程中项目质量控制的主要方式,因此监理人员的专业水平至关重要。

目前中国监理工程师的培训体系尚不完善,无法实现技术、经济、管理、法律等方面的专业知识储备,达不到项目质量管理的高要求,合格从业人员稀缺。高速公路养护工程项目技术性强、机械化程度高、施工危险度高,工作人员需要积累大量专业技术,掌握新材料、新技术、新工艺。高速公路养护专业技术人员收入与工程的效益、工作质量不匹配,没有形成有效的激励机制,无法提升养护工作人员的服务理念和服务积极性。此外,员工的培训机制缺乏,缺少学习新技术、新方法的途径,难以及时适应科学技术进步。

3.3.2 管理信息化程度低

随着BIM技术不断成熟,新型的、现代化的管理方式将有利于提高项目全生命周期的质量管理。目前,对BIM技术认知的准确性影响了高速公路PPP项目现代化、一体化管理方式的运用。项目建设单位正在逐步实现项目建设信息化管理,但项目公司还缺少相应的养护信息化管理经验,高速公路PPP项目建设、养护一体化管理还未完全实现。采用先进的技术手段及科学的养护管理方法,不仅可以提高高速公路养护效率,还可以节省高速公路养护资金,获得巨大的社会效益。高速公路养护管理与高速公路现有的基础数据管理系统还未完全融合,导致养护管理针对性较弱,实际情况与系统的数据联系不紧密,从而阻碍了高速公路管理信息化建设的发展。

3.3.3 全生命周期质量管理意识不强

高速公路PPP项目是政府和社会资本全生命周期的合作,项目质量环环相扣。建设质量的优劣直接影响运营期的维修养护频率、养护费用。社会资本以建设单位为主,重建设、轻运营的思维未完全转变,全生命周期质量管理意识未树立。社会资本和政府共同合作对高速公路项目进行管理,政府作为高速公路最终的所有者,需在全生命周期进行质量监督,但政府方尚未完全适应角色转变,未进行全生命周期的高标准质量监督。

4 高速公路PPP项目质量管理水平提高的对策建议

项目质量管理是高速公路PPP项目实施效果考量的重点,必须从源头出发,正视项目质量管理存在的问题,并针对性地解决。

4.1 重视全过程咨询服务,提升前期工作质量

全过程咨询服务包括前期可行性研究、设计、方案

设置、招标、造价、监理、中期评估、绩效考核等。通过聘请专业的具备全过程咨询服务条件的公司或者联合体,从项目前期工作开展、项目决策、项目实施过程提供全面咨询服务,保证咨询服务连贯性,避免项目决策的前后不一致、减少磨合时间、提升咨询服务质量。重视项目中期评估和绩效评价,由专业化的咨询公司提供评估、考核方案,在完成中期评估和绩效考核工作后,对现行的评估、考核方案进行完善,最终形成标准化、操作性强的考核标准。

4.2 转变发展思路,树立主人翁意识

PPP 项目中,项目公司在特许经营期内拥有项目的运营、管理、收益等权利。项目公司要改变项目建设的定位,以项目全生命周期的主人身份对项目进行建设、运营、维护。项目公司需加强质量意识宣传,通过各种手段的宣传,使得质量意识深入人心,从而提高整个项目参与人员的质量意识。项目质量管理纳入工作人员绩效考核,把项目质量与人员工资、奖金挂钩,实现参与人员作为“项目主人”的责任意识。对全生命周期内的质量问题进行深入分析,找出根本原因,落实相关责任人,并承担相应责任。

4.3 建立工程质量管理责任制度,完善质量管理体系

为实现项目建设质量管理,项目公司需以质量管理为核心,细化项目质量管理标准。严格落实工程质量责任登记制度、责任追究制度、工程质量事故报告制度、工程质量举报制度、质量检验制度,确保质量管理体系有效运转。根据项目全生命周期的权利义务分配,明确各个阶段项目质量管理责任主体,以合同的形式约定质量管理标准,实行项目责任终生制。构建现代化的沟通机制及沟通平台,及时公布项目信息,确保项目参与主体之间信息交流的及时性、充分性。规范实施项目,将项目质量结果作为项目绩效考核的主要评分标准之一。

4.4 制定质量管理标准,细化质量管理流程

质量标准是进行质量管理的基本条件。实施机构作为项目的最终业主,相关工作人员必须掌握 PPP 的相关基础知识、了解高速公路 PPP 项目的行业状态,清晰实施机构的职责和权利;制定质量管理标准,细化质量管理的每个阶段、每个细节。加强原材料的质量控制,明确质量要求和技术标准,建立原材料来源追溯系统。建立健全单位、分部工程的质量责任人网络图、质量通病台账及不合格工程台账,建立责任系统过程控制的标准化体系。以运营期养护管理为例,对项目路面、路基、桥、涵、隧、排水设施、沿线设施中央分隔

带、路侧、收费广场、互通立交、管理处及站队所等具体养护对象的情况进行巡查与记录,并考察项目养护施工的工程质量、环保施工、养护时限路容路貌、养护工程现场管理等。

4.5 组建外部监督考核小组,落实工程质量管理责任

为保证工程质量管理责任制度的落实,以项目公司内部质量控制为主,项目实施机构、监理单位、社会公众等各利益相关方外部考核监督为辅,组建监督管理巡查小组,通过不定期的巡查,监管项目建设、运营质量,监督工程质量责任制度的落实。建立监理单位监督、考核系统,由高速公路 PPP 项目实施机构联合,定期对参与高速公路 PPP 项目的监理单位、监理工程师进行考核、考察,实行优胜劣汰的淘汰机制,剥夺不合格的监理单位和监理工程师服务机会。组建高速公路 PPP 项目绩效考核评比小组,由政府主管部门、PPP 项目领导小组、行业管理协会、咨询单位、监理单位等组成,制定绩效考核实施细则,对项目建设质量、运营管理质量进行精细化管理、考核。

4.6 完善绩效考核细则及奖惩机制,实现有效激励

高速公路 PPP 项目绩效评价是持续性的过程管理,要综合考虑项目经济效益、社会效益、运营效果、环境影响、可持续发展等方面,对项目决策过程、建设过程、运营管理过程进行详细评价。建立高速公路 PPP 项目绩效考核标准,行业主管部门以现行的高速公路养护考核细则为基础,补充建设期质量考核细则,形成统一、规范的高速公路行业绩效考核细则。将项目评价结果与项目收益衔接,完善绩效考核奖惩机制,对现有只罚不奖的绩效考核机制进行修改,对于提供高效优质的建设、服务单位进行实质性奖励,对不达标建设、服务单位进行惩罚,促进项目公司重视项目建设质量、运营质量,加强全生命周期的质量管理,激发项目公司提高建设期、运营期质量管理的积极性。

4.7 培养专业人才,优化质量管理团队

加强管理人员专业知识、专业技能系统化的培训,重视项目质量管理。项目管理人员必须学习 PPP 专业知识、项目管理专业知识,由传统的项目施工过程管理转变为 PPP 项目全生命周期管理。从责任心、原则性、业务能力、管理能力、应急处理能力等方面考量项目管理人员和项目监管人员的专业水平。建立施工队伍的社会责任感,树立起质量意识,施工中主动预防质量问题的出现;重视科学施工、科学管理,增加技术力量、设备设施的投入力度。建立全面专业技术水平较高的养护队伍,适应机械化程度高,专业性强,反应能

力迅速等高速养护的要求。加强养护管理顶层设计;重点培育和引进专业技能型人才,建立高速公路养护骨干人才库。实现人才分类管理,充分发挥养护人员的专业技能。

4.8 创新质量管理工作方法,提升信息化管理水平

要保证高速公路建设和使用的高质量,必须从项目的整个过程做好质量控制工作,建立完善的项目决策、规划、设计、施工、咨询、运营及养护的质量控制系统。提高BIM技术、互联网+、大数据等信息技术综合应用,通过现代网络技术,将整个高速公路项目的数据进行整理、记录、存储,实现项目管理现代化、信息化。以公路BIM为平台,收集完整可靠的项目全过程数据,为项目后期运营维护管理提供详尽的基础信息数据,有助于公路全寿命周期内的维修养护和改造。采用BIM技术搭建信息化管理平台,将设计、施工、运维等各阶段的资料文件存储于系统云端服务器,实现资料的可追溯。针对高速公路PPP项目的实际情况,提出项目设计、施工和运营维护的规范化技术路线,将现场质量安全情况、质量安全问题、解决方案、整改进程等形成完整的信息、资料,实现全过程质量管理与控制。

5 结语

PPP项目遵循保本微利的原则,为社会公众提供基础设施和公共服务。高速公路PPP项目同时具备公益性和盈利性,实现投资人的收益、满足社会经济发展需求、提高项目质量、加强项目质量管理才是最佳的选择。随着国家信息化发展,项目管理现代化、信息化成为主流趋势。而BIM技术具有可视化、协调性、可模拟性等特点,对高速公路PPP项目全生命周期运用BIM技术进行系统管理,将实现工程建设、养护一体化管理,有利于解决高速公路PPP项目工期控制、各方协调、运维管理等方面的难题,能大幅度提高高速公路在建设期、运营期的管理质量。此外,完善项目质量管理体系、转变管理思路、制定严格的全生命周期绩效考核标准等措施是高速公路PPP项目实施质量管理的改进方向。

参考文献:

[1] 周正祥,张秀芳,张平.新常态下PPP模式应用存在的问题及对策[J].中国软科学,2015(9).

- [2] Seong Kang,Dhanakorn Mulaphong,Eunjin Hwang,et al. Public—Private Partnerships in Developing Countries[J]. International Journal of Public Sector Management,2019, 32(4).
- [3] Jefferies, Marcus,McGeorge, W D. Using Public—Private Partnerships (PPPs) to Procure Social Infrastructure in Australia[J].Engineering, Construction and Architectural Management,2009,16(5).
- [4] Daniel Moody abd Graeme G.Shanks.Improving the Quality of Data Models: Empirical Validation of a Quality Management Framework[J].Information Systems—Kington,2003,28(6):619—650.
- [5] F.T.Dweriand M.M.Kablan,Using Fuzzy Decision Making for the Evaluation or the Project Management Internal Efficiency[J].Decision Support Systems,2006,42(2):712—726.
- [6] A.V.费根鲍姆.全面质量管理[M].杨文士,廖水平,译.北京:机械工业出版社,1991.
- [7] Kaixun Sha. Incentive Strategies for Construction Project Manager: A Common Agency Perspective[J]. Construction Management and Economics,2019,37(8).
- [8] 尚正强,王超,任艳梅,等.美国公路养护策略:好路优先养护——美国路面养护国家研究中心主任莱瑞·盖尔豪斯(Larry·Galehouse)谈预防性养护[C].学术年会,2012.
- [9] 周欣,薛宝仓.高速公路建设工程质量管理中的一种新思路[J].公路,2004(9).
- [10] 常晶明,郭生.对搞好建设工程质量问题的探讨[J].山西水利科技,2004(3).
- [11] 刘渝,王岌.高速公路工程的精细化进度管理研究——以保宜高速公路项目管理为例[J].湖南交通科技,2016(2).
- [12] 韩国波,高全臣.基于全生命周期的建筑工程质量“三环”监管模式构建[J].煤炭工程,2014(3).
- [13] 陈晓裕.公路工程施工及养护质量管理措施[J].黑龙江交通科技,2019(1).
- [14] 李国锋.高速公路养护新理念[J].公路,2011(8).
- [15] 王宏民.高速公路养护现状与新理念[J].山西交通科技,2019(2).
- [16] 彭群辉.如何加强高速公路施工质量管理[J].黑龙江交通科技,2015(11).
- [17] 祝建华,牛俊萍,赖友兵.高速公路建设项目绩效评价指标体系研究[J].中外公路,2008(1).
- [18] 刘向阳,吴健,刘国图,等.基于BIM的公路全寿命周期管理平台构建与应用[J].公路,2016(8).
- [19] 孙建诚,朱双晗,蒋浩鹏.BIM技术在公路工程中的应用研究[J].中外公路,2019(4).