

公路施工管理及公路养护分析研究

李彦廷

威海舜盛建设工程有限公司 山东 威海 264400

摘要: 公路施工管理涵盖进度、质量与成本管控,借助甘特图、PDCA循环等工具保障项目顺利推进,并通过风险识别与信息化技术提升管理效能。公路养护则包括预防性与矫正性技术,依托PCI阈值模型和全生命周期成本分析优化决策。研究提出构建协同管理机制,通过EPC+O模式、数据共享与标准化建设,破解施工与养护的利益冲突及标准滞后问题,助力公路全周期高效运行。

关键词: 公路施工管理;公路养护;协同管理机制

引言:公路作为国民经济的重要基础设施,其施工管理与养护水平直接影响交通效率与安全。当前,公路建设规模持续扩大,但施工管理中仍存在进度滞后、质量隐患及成本超支等问题,而养护环节则面临技术滞后、决策粗放等挑战。如何通过科学管理提升施工效能、依托精准养护延长公路寿命,成为行业亟待解决的关键课题。本文从施工管理理论、养护技术体系及协同管理机制出发,探讨全生命周期视角下的公路管理优化路径,为行业高质量发展提供参考。

1 公路施工管理理论体系

1.1 施工管理核心要素

(1) 进度管理:甘特图通过横道直观呈现施工工序的时间节点与衔接关系,为计划制定和进度追踪提供可视化支撑;关键路径法(CPM)聚焦总工期最长的关键工序链,通过优化资源配置、压缩关键工序时长,保障项目按期竣工,是公路施工进度管控的核心方法。(2) 质量管理:PDCA循环遵循“计划-执行-检查-处理”闭环逻辑,持续优化施工流程中的质量短板;六西格玛管理通过数据统计分析,将质量缺陷率控制在极低水平,二者结合构建起公路工程全周期质量保障体系。(3) 成本管理:挣值分析(EVM)通过对比计划值、实际值与挣值,精准核算成本偏差与进度偏差;动态成本控制则依托实时数据调整资源投入,实现公路施工成本的精细化管控,避免超支风险。

1.2 施工风险识别与防控

(1) 地质条件突变风险:需提前开展详细地质勘察,建立地质风险预警模型,针对软基、滑坡等突发情况制定专项处置方案,保障施工安全。(2) 材料供应中断风险:通过建立多渠道供应商合作机制、设定合理材料储备量、实时追踪供应进度,降低砂石、沥青等关键材料断供对施工的影响。(3) 安全事故预防机制:构建“安

全教育-隐患排查-应急处置”三位一体体系,落实岗前培训、定期安全检查,配备应急救援设备,防范高空坠落、机械伤害等事故。

1.3 信息化管理技术应用

(1) BIM技术在施工模拟中的优势:可实现公路工程三维可视化建模,提前模拟施工流程、碰撞检测,优化施工方案,减少返工,提升施工效率。(2) 物联网设备实时监控系统:通过传感器、RFID等设备,对施工机械运行状态、人员定位、环境参数进行实时监测,实现风险的早发现、早处置。(3) 无人机巡检与三维建模:可快速完成公路沿线地形勘察、施工进度航拍、质量缺陷检测,结合三维建模技术,为施工决策提供精准数据支持。

2 公路养护技术体系与决策模型

2.1 养护技术分类与适用场景

(1) 预防性养护:封层技术通过在路面表层铺设沥青封层,形成防水防渗屏障,适用于路面结构完好但存在轻微渗水、老化问题的路段,可延缓病害发展,延长路面使用寿命5-8年;微表处工艺以改性乳化沥青为胶结料,混合骨料、填料等形成薄层罩面,兼具抗滑、耐磨、防水功能,多用于高速公路、一级公路的日常预防性养护,尤其适合雨季前对路面进行防护处理。(2) 矫正性养护:裂缝修补技术针对路面出现的横向、纵向及网状裂缝,采用灌缝胶灌注、贴缝带粘贴等方式,防止雨水渗入基层引发结构破坏,适用于裂缝宽度0.1-5mm的路面修复;路面再生技术分为就地热再生和厂拌冷再生,就地热再生通过加热、铣刨、重铺沥青层,适用于路面表层老化但基层完好的路段,可节约30%以上骨料资源;厂拌冷再生将旧沥青混合料破碎筛分后重新配比,用于低等级公路基层或底基层施工,实现资源循环利用^[1]。

2.2 养护时机决策方法

(1) 基于PCI(路面状况指数)的阈值模型:通过检

测路面破损率、平整度、抗滑性能等指标,计算PCI值(范围0-100),设定养护阈值(如高速公路 $PCI < 80$ 时启动预防性养护, $PCI < 60$ 时开展矫正性养护),结合路段交通量、气候条件调整阈值,为养护时机提供量化依据,避免过早养护浪费成本或过晚养护加剧病害。(2)马尔可夫链预测路面性能衰变:将路面性能划分为优良、中、差、极差等状态,通过历史检测数据确定状态转移概率矩阵,预测未来5-10年路面性能变化趋势,当预测某路段次年进入“差”状态概率超过60%时,提前制定养护计划,该方法适用于长期养护规划,提高决策前瞻性。

2.3 全生命周期成本分析(LCCA)

(1)初始建设成本与长期养护成本平衡:需综合测算公路从建设到报废的全周期成本,例如高等级沥青路面初始建设成本较高,但长期养护频率低、费用少;普通水泥路面初始成本低,但后期裂缝修补、板体更换等养护成本高,通过LCCA可对比不同方案总成本,选择“初始+长期”成本最优的建设养护模式。(2)折现率选择对LCCA结果的影响:折现率反映资金时间价值,通常选取行业基准收益率(如6%-8%),折现率过高会降低未来养护成本的现值,可能导致偏向选择初始成本低但长期养护成本高的方案;折现率过低则夸大未来成本影响,易倾向高初始成本方案,需结合项目资金来源、通胀率合理确定,确保分析结果客观可靠^[2]。

3 公路施工与养护的协同管理机制

3.1 全生命周期管理框架构建

(1)设计阶段。在公路设计初期,需打破“重建设、轻养护”的传统思维,将可维护性纳入结构设计核心指标。例如,针对桥梁支座设计,采用便于后期检查更换的模块化结构,避免因支座损坏需大规模拆解桥面;路面设计中,优化基层厚度与材料配比,减少后期裂缝修补频率;排水系统设计预留检修通道,防止因管道堵塞需开挖路面维修。同时,结合区域气候、交通量数据,模拟不同设计方案的长期养护成本,优先选择“建设成本合理、养护难度低”的方案,从源头降低全周期管理压力。(2)施工阶段。施工过程中需为后续养护作业提前布局,避免后期养护“无空间可施”。例如,在高速公路中央分隔带施工时,预留宽度不小于1.2米的养护作业通道,确保养护机械可安全停靠;隧道施工中,在侧壁预留设备安装接口,便于后期加装照明、监控及消防设施,无需二次凿岩破坏结构;路面施工时,在路缘石下方设置排水孔与地下管网连通,避免后期养护时需重新钻孔引流。此外,施工单位需向养护方移交详细的空间布局图纸,标注预留接口位置、尺寸及承载能力,为养

护作业提供技术支撑^[3]。

3.2 数据共享与标准化建设

(1)施工与养护数据库的互联互通。构建覆盖“设计-施工-养护”全流程的一体化数据库,打破数据壁垒。施工阶段需录入材料采购信息(如沥青标号、骨料来源)、施工工艺参数(如压实度、摊铺温度)、质量检测报告(如路面平整度、弯沉值);养护阶段实时更新病害数据(如裂缝位置、修补次数)、养护作业记录(如封层施工时间、铣刨面积)、检测数据(如PCI值、车辙深度)。通过云平台实现数据实时共享,例如养护方发现某路段频繁出现车辙时,可追溯施工阶段的摊铺厚度与压实度数据,分析病害成因;施工方也可通过养护数据优化后续项目施工工艺,形成“数据反哺”闭环。(2)统一数据格式与检测标准。制定跨阶段数据规范,避免因标准不一导致数据无法复用。数据格式方面,采用XML或JSON统一存储结构,明确材料编号、检测指标等字段的命名规则,例如“路面压实度”统一标注为“YC-XX(路段编号)-YYYYMMDD(检测日期)-SD(实测值)”;检测标准方面,统一采用《公路技术状况评定标准》(JTGH20)中的指标体系,如PCI值计算方法、裂缝宽度测量精度($\pm 0.1\text{mm}$),确保施工阶段的质量检测数据与养护阶段的性能评价数据具有可比性。同时,对施工、养护人员开展标准化培训,避免因操作差异导致数据偏差。

3.3 绩效评价与责任追溯

(1)施工方与养护方的KPI指标设计。建立协同导向的KPI体系,避免单方追求指标而忽视整体效益。施工方KPI需包含“可维护性指标”,如预留接口准确率($\geq 98\%$)、结构尺寸偏差率($\leq 2\%$)、养护空间达标率(100%),同时关联后期养护成本,若某路段通车3年内养护成本超预算10%,扣减施工方绩效得分;养护方KPI需兼顾“养护效果”与“施工反馈”,如病害修复及时率($\geq 95\%$)、养护后路面寿命延长周期(≥ 5 年),同时要求养护方每季度向施工方提交工艺优化建议,未完成则扣减绩效^[4]。(2)质量缺陷的责任期划分与追责机制。明确施工与养护的责任边界,避免推诿扯皮。施工方承担“基础质量责任”,责任期为通车后5年,若此期间出现因施工工艺(如压实不足)、材料质量(如沥青标号不达标)导致的结构性病害(如路面沉降、桥梁裂缝),施工方需无偿返修,并承担由此产生的交通管制费用;养护方承担“运维质量责任”,对养护作业后1年内出现的同类病害(如修补后再次开裂)负责,需免费重新修复。建立责任追溯平台,通过数据库记录的施工、养护

数据,精准定位缺陷成因,若涉及多方责任(如施工预留接口不合理导致养护困难),则按责任比例划分赔偿金额,确保追责有据可依。

4 公路施工与养护协同管理的问题与对策建议

4.1 现存问题分析

(1) 施工与养护主体利益冲突。当前施工与养护多由不同主体负责,利益诉求存在差异:施工方追求缩短工期、降低建设成本,易忽视后期养护便利性(如简化预留接口、选用低成本但易损耗材料);养护方需承担因施工遗留问题产生的额外养护成本(如频繁修补施工质量缺陷),却缺乏对施工环节的干预权,导致“施工省成本、养护理隐患”的矛盾。例如某高速公路施工时未优化排水设计,通车后雨季路面积水严重,养护方每年需额外投入百万元疏通维修,双方因责任划分与费用承担产生长期纠纷。(2) 技术标准更新滞后于实践需求。随着新型养护技术(如常温沥青再生、AI病害检测)的快速应用,现有技术标准未能及时跟进:一方面,部分传统标准对新技术的操作规范、质量验收指标未作明确规定(如无人机巡检数据精度要求),导致养护作业缺乏统一依据;另一方面,标准修订周期较长(通常3-5年),难以适配材料创新(如新型抗裂贴)、设备升级(如智能压实机械)带来的实践变化,制约了技术应用效果。

4.2 优化策略提出

(1) 推行EPC+O(设计-采购-施工+运营)模式。通过一体化招标将施工与养护交由同一主体负责,倒逼其从全生命周期视角统筹管理:例如某省高速公路项目采用EPC+O模式后,建设方在设计阶段即同步制定5年养护计划,施工时选用耐久性强的沥青材料,通车后养护成本较传统模式降低18%;同时,主体需对项目全周期质量负责,避免“重建设、轻养护”的短期行为,实现利益与责任的统一。(2) 建立养护技术储备库与专家系统。整合国内外先进养护技术(如微表处、热再生),按“技术原理-适用场景-成本效益”分类入库,供项目按需选用;搭建专家系统,收录行业专家经验与典型案例,当

养护方遇到复杂病害(如路基不均匀沉降)时,可通过系统匹配技术方案并获取专家远程指导,解决“技术选择难、应用不规范”问题^[5]。

4.3 政策与制度保障

(1) 完善养护资金分摊机制。出台政策明确施工方需缴纳“养护预留金”,若通车后3年内因施工质量引发额外养护费用,从预留金中抵扣;同时,建立“建设-养护”资金联动调整机制,根据养护成本变化动态优化建设阶段的材料、工艺预算标准,避免因建设资金不足牺牲养护便利性。(2) 推动行业技术规范修订。建立“标准-实践”快速反馈通道,要求地方交通部门每季度上报新技术应用难题,由行业协会牵头组织专家评估,对需修订的规范条款启动“加急修订流程”,将标准更新周期缩短至1-2年,确保技术标准与实践需求同步。

结束语

公路施工管理与养护是保障交通脉络畅通的核心环节。本文通过剖析施工进度、质量、成本管控体系及养护技术分类与决策模型,揭示了全生命周期协同管理的必要性。未来,需进一步推动EPC+O模式落地,强化数据共享与标准化建设,同时完善政策机制以破解利益冲突与技术滞后难题。唯有将管理思维从“阶段割裂”转向“全周期融合”,方能实现公路工程经济性、耐久性与安全性的平衡,推动行业迈向高质量发展新阶段。

参考文献

- [1]蔡建华.公路施工养护技术管理及防治策略剖析[J].甘肃科技,2021,37(15):83-84.
- [2]李超.公路施工技术管理及养护措施分析[J].运输经理世界,2021,(22):99-101.
- [3]张晶皓.公路工程施工技术管理及养护的策略分析[J].运输经理世界,2021,(19):100-102.
- [4]刘秦亮.公路工程施工技术管理及养护方法研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(04):192-193.
- [5]蒋博.公路施工技术管理及公路养护措施分析[J].中华建设,2021,(04):66-67.