

公路工程质量安全一体化管理体系构建与实践应用

杨 逵

云南省交通科学研究院有限公司 云南 昆明 650000

【摘要】：公路工程质量安全一体化管理体系为了更好的顺应现代工程建设需求而出现的一种新型的管理模式。针对质量管理与安全管理予以整合，以构建覆盖全生命周期的管理架构，让信息化技术与标准化流程得以融合，以达到质量与安全的协同管控。该体系核心主要是预防为主、过程控制为核心，依托 BIM、物联网等技术来实现动态的监测，再将岗位清单与协同联动机制有机结合，让工程实体质量达标，让安全风险可控。教学实践表明，该体系可更好地提升管理效率，让公路工程建设更加规范化，得到可持续发展，以为公路行业管理创新提供可复制的实践范式。

【关键词】：公路工程；质量安全一体化；管理体系；信息化管控；协同机制

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.033

引言

国家基础设施的核心载体包括公路工程，其质量与安全与公路网的通行效率、行车安全与社会经济发展息息相关。传统管理模式下，质量管理与安全管理往往呈现出割裂状态，让管理资源存在诸多问题，如资源分散、风险预控能力弱等。在当前交通强国战略深入推进态势下，公路建设在不断转型，如转向“品质工程”“平安百年品质工程”等方面，新时期亟需构建高要求的一体化管理体系，如全生命周期、多主体协同、信息化支撑等。该体系可让管理要素得以整合，让流程得以优化，让技术实现数字化赋能，以深度融合质量与安全，以为工程建设水平提升提供系统性的解决方案。

1 一体化管理体系的理论框架与构建逻辑

1.1 体系构建的理论基础

一体化管理体系主要基于系统论与协同论，可让质量管理与安全管理之间实现相互渗透与相互支撑。国际化标准组织(ISO)提出了以“过程方法”与“PDCA循环”为体系构建提供方法论支持，而国内《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80)与《公路工程施工安全技术规范》(JTGF90)则为具体实施提供技术依据。体系构建过程中，相关人员需充分遵循三大原则，即“全生命周期管控”“预防为主”“协同联动”，让管理活动覆盖设计、施工、运营各施工阶段，以形成“策划—实施—检查—改进”的闭环管理链。

1.2 体系架构的分层设计

一体化管理体系采用“三层架构”设计：

决策层：管理决策层主要是建设单位主导，成立质量管理领导小组，对参建各方资源予以统筹协调，制定总体建设目标与政策。

执行层：核心为施工单位，监理单位、设计单位、检测机构为协同参与方，将各自岗位质量责任清单、安全操作规程等落实到位。

支撑层：依托信息化管理平台，将 BIM 模型、物联网传感器、大数据分析等技术集成起来，实时采集质量安全数据并进行动态化预警。

三层架构共同制定“信息共享—问题共商—一责任共担”管理机制，不断突破传统管理模式下的信息壁垒，让管理协同效率得以提升。例如，在某高速公路项目中，借助管理平台来共享相关信息，如原材料检测数、施工机械状态等，监理单位可将潜在风险点提前介入，防止出现质量缺陷与安全事故的叠加发生现象。

1.3 标准与制度的融合创新

体系构建过程中，要打破质量与安全标准的割裂状态，以更好地实现“双标合一”。其一，可编制《项目质量安全验收细则》，在质量验收环节收入安全风险评估，将关键指标的合格标准进一步明确，如桥梁抗震设计、隧道支护参数等；其二，制定《岗位质量安全责任清单》，在合同中嵌入“质量终身责任制”与“安全一票否决制”等条款，以“质量安全责任牌”的形式对关键岗位的职责进行公示，让各部门的履职约束得以加强。如在某山区公路项目中，对于高边坡防护工程，将质量指标进一步细化，如明确锚杆抗拔力、格构梁混凝土强度等，要求施工前做好边坡稳定性的安全评估，让质量与安全的双重保障得到很好地保障。

2 关键技术与管理方法的集成应用

2.1 信息化技术的深度赋能

信息化管理平台是公路工程质量安全一体化管理

体系的核心技术支撑，其功能将四大模块覆盖了，即“原材料管理—工序验收—试验检测—安全监测”，这样可通过有效的技术手段来实现全流程数据化管控。可通过物联网技术来构建实时的监测网络，如在拌合站关键设备上全面安装高精度的传感器，对于混凝土的拌合时间、水灰比、骨料级配等进行动态捕捉，还可精准捕捉核心生产参数，如沥青混合料出料、摊铺、碾压温度等。参数与预设范围时出现偏差时，系统则可迅速发现预警信号，并锁定设备操作权限，强制相关人员及时核查调整材料数据，让原材料加工更合规。如在桥梁、路基等关键结构部位，可科学部署先进的监测设备，如应变计、位移计等，对于结构受力与变形数据持续性采集，以形成全生命周期的监测数据库。当数据出现超限时则会多将多级预警自动触发，以为施工现场处置提供更准确的技术支撑。如某跨江大桥在建设过程中，配备了智能压实监测系统，通过压路机上搭载定位与压实度传感器，可将核心数据实时回传，如碾压轨迹、遍数、压实度分布等，技术人员可据此对参数进行指导调整，让路基压实均匀性得以提升，最大程度减少沉降风险。还可引入 BIM 技术，以实现设计阶段的质量安全预控闭环。积极创建了全专业化的三维数字模型，集成了地质勘察、设计参数、施工工艺等信息，对于施工过程精准模拟，让建设方案与技术参数不断优化。如隧道工程施工中，可通过 BIM 模型实施碰撞检查与力学仿真分析，及时发现了初期支护与二次衬砌间距设计不合理问题，设计单位据此将参数及时优化与调整，让质量安全隐患消失在萌芽状态，确保了公路工程质量安全。

2.2 标准化流程的精细化管控

该体系严格推行“首件工程认可制”与“三检制”（自检、互检、专检），通过全流程标准化管控，让施工工序质量得以达标。首件工程认可机制规定，所有分项工程首个施工段落须作为首件工程，完成工艺验证与参数优化后才可大面积推广。实施过程中，可组织各部门人员对施工全过程实时跟踪，全面验证施工设备调试、材料投放、工艺操作等，让施工参数达到最优化，让操作更具规范性，以形成标准化的作业指导书，以为后续施工提供依据。路面摊铺施工过程中，首件工程要对关键参数进行验证，如摊铺机速度、压路机组合等，对于平整度、压实度等指标予以检测，再将方案进行优化与完善，让后续施工质量更稳定。三检制可构建“班组—项目部—监理”质量控制链，最大程度降低人为疏漏。施工班组自检合格后，可提交项目部专职质检员专检；专职质检员可全面核查，

合格后才可进入下道工序。安全管控过程中，可引入“风险分级管控与隐患排查治理”双重预防机制，以精细化的地质勘察、优化的施工工艺模拟等，对于风险点提前识别，并制定合理的预控措施。如某软土地基路段施工，对于地质条件则要实地勘察并探明，设计单位要对路基处理方案实时调整，让沉降风险大幅降低。施工阶段，无人机与传感器要与监测结合起来，数据出现异常现象则要立即处置。同时，建立隐患排查治理闭环机制，项目部每周核查，监理单位每月督查，让隐患整改责任人、措施与时限等更明确，整改复核后才可销号。

2.3 协同联动机制的构建与运行

协同联动可确保体系高效运行，让各方职责更明确，以构建多层次的协同管理体系。建设单位作为主导方，建立“周例会+月调度”机制。周例会会对本周施工、质量安全情况及问题等实时梳理，让资源冲突、工序衔接问题得到很好的协调；月调度会对月度成效实时总结，对共性问题深入分析，对下月任务及时部署，将关键资源得以协调。监理单位要对平行检测与旁站监督予以强化，对桥梁桩基浇筑等关键工序 24 小时旁站，对相关参数与状况实时核查，并及时下达整改通知并跟踪；对平行检测力度不断加大，让数据保持一致，以为管控提供重要依据。检测机构要严格遵循客观、公正原则，让流程更规范，让数据确保真实性、准确性及可靠性，对结果及时反馈，以为决策提供技术支撑。如某互通立交项目因涉及到多专业交叉施工，存在风险，建设单位以周例会发现后，组织专题协调会，对管线布局进行设计调整，让施工顺序得以优化，监理过程中，加强巡查，可成功规避事故。该体系积极推行“质量安全积分制”，规则涵盖了多维度内容，如隐患排查、工艺创新等，让积分标准进一步明确，如排查重大隐患、提合理化建议等可获积分，积分可兑换培训、用品等奖励，还与绩效考核、评优挂钩。如某工程项目中，工人发现钢筋绑扎问题上报后，可获得积分奖励，并参与培训，可让更多人参与管控。建立信息共享平台，录入质量安全监测等数据，以实现实时共享，让参建各方能及时掌握施工动态，让协同处置效率全面提升。

2.4 动态评估与持续改进机制的深化

一体化管理体系的有效运用，需要建立动态评估与持续改进机制。该体系可建立“月度质量安全评估+季度体系内审+年度管理评审”三级评估机制，对施工全周期的管理效能进行实时跟踪。月度评估侧重于工序质量与安全指标的达成率，对计划值与实际值进

行对比性分析,精准识别偏差,并制定合理的纠正措施;每个季度内对体系文件的适宜性与执行效果进行内审,核查流程是否闭环、记录是否完整;年度评审则基于战略层面来对体系与项目目标的契合度进行合理化评估,以为下年度管理的优化及完善提供重要依据。例如,在某山区高速公路项目中,月度评估发现隧道二衬混凝土强度波动超出允许范围,项目部立即调整配合比并加强养护,后续检测数据回归合格区间;季度内审发现部分班组未严格执行“三检制”,通过修订作业指导书并开展专项培训,流程执行率显著提升;年度评审则针对高海拔地区施工特点,优化了低温混凝土施工标准,体系适应性进一步增强。同时,体系引入“PDCA循环+六西格玛改进”方法,对重复性质量问题实施根源分析。例如,针对某项目路面平整度不达标问题,通过鱼骨图分析确定压路机组合不合理为关键因素,调整后平整度指标提升至规范要求。通过动态评估与持续改进,体系形成“监测—分析—改进—验证”的闭环管理,让管理效能实现螺旋式上升。

3 实践应用中的创新突破与经验总结

3.1 复杂地质条件下的质量安全管控

在山区公路建设中,可充分利用公路工程质量安全一体化管理体系,以“地质勘察+设计优化+施工监测”的三位一体模式,对复杂的地质条件下可能面临的地质灾害风险积极应对。例如,某高原公路项目施工中,要穿越断层破碎带,设计过程中,设计人员引入三维地震勘探技术,对断层位置精准定位;施工阶段则借助TSP(隧道地震预报)系统,对于前方地质情况提前探测,可对支护参数实时调整;运营阶段,对于微震监测系统部署,对结构稳定性实时评估。以全周期管控形式实施后,此项目后续未发生地质灾害导致的质量安全事故,工程施工质量优良率达到了较高的水平。

3.2 多主体协同下的管理效能提升

该体系引入“合同约束+技术支撑+文化引领”的

三重手段,让参建各方协同作用得以增强。基于合同层面,让三方质量安全责任边界更明确,即建设单位、施工单位、监理单位,可将违约处罚条款进行约定;基于技术层面,借助信息化平台来实现数据共享,让信息不对称现象得以减少;基于文化层面,可开展系列活动,如质量安全知识竞赛、应急演练等,以营造“全员参与、全员负责”的管理氛围。如某沿海高速公路项目借助平台对海风腐蚀数据实时共享,设计单位将钢结构防腐方案进行优化,施工单位加强涂层厚度控制,监理单位强化抽检,参建各方协同作用下,最大程度降低了腐蚀风险,显著提升了工程耐久性。

3.3 绿色施工与质量安全的融合发展

该体系可在质量安全管理中纳入绿色施工理念,以“环保材料选用+节能技术应用+生态修复措施”的形式,以促进工程的可持续发展。如在某生态敏感区公路项目施工中,引入温拌沥青技术,让施工温度大幅降低,最大程度减少有害气体排放;使用再生骨料制作混凝土,让天然资源消耗减少;施工结束后,再实施边坡绿化与湿地复育,以保护周边生态环境。以绿色施工与质量安全的协同管方式,此项目获得了省级“绿色施工示范工程”,各项质量安全指标均优于规范要求。

4 结语

总之,公路工程质量安全一体化管理体系的构建与实践,是推动工程建设管理现代化的重要路径。该体系通过理论框架的创新设计、关键技术的集成应用、协同机制的深度运行,实现了质量与安全的深度融合与高效管控,促进了公路工程建设的规范化与可持续发展。未来,随着新材料、新工艺、新技术的不断涌现,体系需持续优化标准、升级技术、完善机制,以适应更高要求的工程建设需求,为交通强国战略实施提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 尹宏文.高速公路工程质量管理及安全管理[J].质量与市场,2023,(10):190-192.
- [2] 赵勇.公路工程质量控制与安全管理[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(04):40-42.
- [3] 唐俊杰.公路工程质量控制与安全管理[J].科技与创新,2021,(14):95-96.
- [4] 陈贵.探析新时期公路工程质量安全管理[J].黑龙江交通科技,2021,43(05):178+180.
- [5] 李新建.关于强化公路工程施工质量与安全管理的有效措施[J].建筑技术开发,2021,45(05):101-102.