

公路道路施工质量因素分析及控制措施

王晓博

新疆北新路桥集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 公路道路施工质量受人为、材料、机械及环境等多重因素影响。人为因素涉及管理人员技术水平与操作人员专业技能,材料因素包括原材料波动、配合比偏差及储运劣化,机械与环境因素则涵盖设备性能衰减与气象地质条件制约。施工中常见路基压实不足、路面车辙裂缝及附属设施衔接缺陷等质量问题。从施工前组织设计优化与材料检验、施工中工艺参数动态监测与关键工序旁站、施工后系统检测与闭环整改三阶段实施全过程控制,并依托质量责任体系与信息化技术实现质量数据集成管理与持续改进,保障工程实体质量稳定可控。

关键词: 公路道路; 施工; 质量因素; 控制措施

引言: 公路道路施工质量直接关系到道路使用寿命与行车安全,其形成过程受多重因素制约且质量问题具有隐蔽性与累积性。当前施工中普遍存在路基压实不足、路面车辙裂缝及附属设施衔接缺陷等问题,严重影响工程整体性能。围绕施工全过程,系统分析人为、材料、机械及环境等影响因素,深入剖析路基路面及附属设施的典型质量病害及其成因,并从施工前准备、过程管控、事后检测三个阶段提出针对性控制措施,同时结合质量管理体系与信息化技术构建保障机制,对提升公路道路施工质量水平具有重要实践意义。

1 公路道路施工质量影响因素分析

1.1 人为因素

施工管理人员的技术水平直接决定施工方案的科学性与现场决策的合理性,其质量意识影响全过程管控的严格程度。若管理人员对技术规范理解不深或对质量要求重视不足,容易在工序衔接、验收标准把握等环节出现偏差,从而削弱整体工程质量。一线操作人员的专业技能决定了具体作业行为的规范程度,包括放样精度、混合料摊铺均匀性、压实遍数及搭接处理等细节。若操作人员技能欠缺或习惯性违规,即使材料与设备条件良好,也难以保证工程实体质量稳定。施工团队的组织协调能力涉及多工种、多工序之间的配合效率,而质量责任落实程度则关系到各项管理制度能否真正执行到位。当责任划分模糊或协调机制不健全时,现场问题难以及时发现与纠正,质量缺陷易被掩盖或累积。

1.2 材料因素

原材料质量波动是影响路面结构性能的关键因素之一,若进场检验缺失或抽样频率不足,则无法有效识别不同批次材料在级配、含泥量、强度等指标上的差异,进而导致路面结构层受力性能不均。混合料配合比设

计偏差会直接影响沥青混凝土的高温稳定性与低温抗裂性,以及水泥稳定层的强度与抗干缩能力,偏差过大时即使施工工艺规范也难以保证长期使用性能。材料在储存与运输过程中若防护措施不到位,如受潮、离析、温度过度变化或污染等,会导致其物理化学性能逐步劣化^[1]。这类性能劣化往往在拌和前难以完全恢复,最终体现在混合料的工作性与硬化后强度上,对施工质量形成隐性且持续的不利影响。

1.3 机械与环境因素

施工机械设备选型若与工程规模、结构层厚度及作业面条件不匹配,会直接限制压实度与摊铺平整度的提升空间。设备性能在使用周期中逐步衰减,如振动系统失效、行走系统跑偏或计量系统漂移等,若未及时校准与维修,将导致压实不均匀与厚度控制失准。施工现场的温湿度与风速条件显著影响沥青混合料的降温速率与水泥稳定材料的水化反应进程,高温大风环境下混合料表面易快速失水或降温,影响压实窗口与层间结合效果。地质水文条件复杂多变时,路基不同区段可能呈现差异显著的承载力与压缩特性,若未针对性地调整处理措施,易引发不均匀沉降。这种沉降会反射至路面结构层,降低整体耐久性与行车舒适度。

2 公路道路施工常见质量问题分析

2.1 路基工程质量问题

路基填料含水量控制不当会直接破坏压实作业所需的最佳含水条件。当填料过湿时,土体孔隙水压力增高,碾压能量被水吸收,土粒难以重新排列密实;过干时则土粒间摩擦力过大,同样阻碍压实。两种情形均导致压实度不足,使路基在自重和交通荷载作用下产生过大的压缩变形,表现为不均匀沉降。软土地基处理不彻底主要表现为排水固结措施不到位或置换深度不足,软

土层承载能力长期偏低,在荷载作用下持续发生蠕变变形,路基产生明显的差异沉降,路面出现纵向裂缝或波浪起伏。路基边缘区域受压实机械限制,碾压轮迹难以完全覆盖,有效压实功不足,形成压实薄弱带。防护结构若在砌筑厚度、反滤层设置或泄水孔布设方面存在缺陷,边坡土体易被地表径流冲刷掏空,进而引发局部坍塌或冲沟,严重时威胁路基整体稳定性。

2.2 路面工程质量问题

沥青路面车辙是高温条件下材料抗剪切流动能力不足的表现,裂缝则源于温度应力、基层反射或疲劳损伤,松散主要由沥青与集料界面粘结力下降所致。三种病害互相关联,裂缝为水分渗入提供通道,加速集料表面沥青膜剥落从而加剧松散,松散区域结构刚度降低使变形更集中进而加重车辙。水泥混凝土路面断板的形成机理包括早期干缩应力超过材料抗拉强度,以及温度翘曲应力与车辆荷载应力的叠加效应。错台产生于接缝两侧路基或基层的不均匀变形,使相邻板体产生竖向高差。表面剥落与施工阶段泌水、养护不及时或后期除冰介质作用下表层砂浆强度劣化直接相关^[2]。路面层间粘结不良破坏了多层体系共同受力的整体性,导致层间剪切滑移。排水不畅使水分滞留在结构层内部,行车荷载下产生高压动水,反复冲刷细集料,造成集料剥落与基层软化,形成快速发展的水损害破坏。

2.3 附属设施与结构物质量问题

排水系统施工质量缺陷主要表现为沟槽纵坡反向或坡度不足、管节连接处密封不严以及检查井周边回填夯实不到位。这些问题导致汇水无法及时排离路面,形成长期积水区域,积水沿路面缝隙下渗并浸泡路基与结构层,引发材料强度衰减与结构侵蚀性破坏。桥梁涵洞与路基衔接处由于两者基础刚度与沉降速率存在显著差异,若过渡段填筑时压实机械无法靠近结构物作业,导致该区域压实度难以达到设计要求。通车后,路基沉降量远大于桥涵结构,在衔接位置形成台阶状高差,车辆通过时产生剧烈颠簸,严重影响行驶舒适性与行车安全。护栏施工粗糙包括立柱埋深不足、混凝土强度偏低或安装垂直度超标,降低了防护能力。标志标线施工粗糙主要表现为标线厚度不均、逆反射性能不达标及标志板安装角度偏差,这些缺陷虽然不直接改变道路承载能力,但会削弱交通引导清晰度与安全防护效果,降低道路整体使用功能^[3]。

3 公路道路施工质量控制措施

3.1 施工前质量控制措施

施工组织设计优化应基于工程特点与现场条件,合

理规划工序衔接顺序、资源配置方案及质量管控重点区域,确保各项施工活动在技术可行与经济合理的前提下有序开展。技术交底制度的建立要求将设计文件中的技术指标、施工规范中的操作要求以及质量验收标准逐级传递至管理层与作业层,交底内容应具体到每道工序的控制要点,交底记录须完整存档以便后续追溯。原材料供应商评估需从生产稳定性、供货及时性及产品质量一致性等方面进行综合考察,筛选符合要求的供应来源。进场材料分级检验机制依据不同材料对结构性能的影响程度设定差异化的检验频率与检测项目,检验不合格的材料应予以拒收或降级使用,严禁将未检或检毕不合格的材料投入工程实体。施工机械设备在进场后须完成性能检测,重点验证动力系统、传动系统及工作装置的运行状态是否满足工艺要求。计量器具包括温度传感器、压力表及称重装置等应按规定的周期送检校准,确保量值传递准确可靠,避免因设备误差导致工艺参数控制失效。

3.2 施工过程质量控制措施

路基分层填筑过程中,碾压工艺参数的实时监测涵盖每层填料的松铺厚度、含水量及压路机的行进速度、振动频率与碾压遍数。现场检测数据应及时反馈至作业面,当压实度未达要求时动态调整碾压组合方式或增加补压次数,确保每层填料均匀密实。沥青混合料拌合温度应按照沥青标号、混合料类型及现场气候条件设定合理的控制范围,防止高温导致沥青老化或低温造成混合料结团。运输过程中采取覆盖保温与防雨措施,严格控制运输时间以避免温度散失过量或混合料离析^[4]。摊铺与压实阶段应对摊铺速度、摊铺厚度、压实温度及压路机作业顺序进行全流程管控,确保路面各层位之间衔接紧密且整体均匀密实。关键工序指对最终质量起决定性作用的施工环节,应由专人实施旁站监督,实时记录工艺参数及异常情况。隐蔽工程在覆盖前须完成验收程序,由多方共同检查确认合格后方可进行下一道工序,验收记录应清晰描述实际状态与检测数据。

3.3 施工后质量控制措施

路面平整度采用连续式检测设备沿行车方向逐断面测试,获取全线平整度变化曲线。弯沉值通过静态或动态加载方式测定结构整体刚度,反映路基路面的综合承载能力。构造深度采用铺砂法或激光断面法测定,用于评价路表的抗滑性能。系统检测应覆盖全线,检测数据按单元进行统计,识别出低于设计指标的路段位置与分布规律。质量缺陷按照其对结构安全性及使用功能的影响程度进行分类,划分为轻微缺陷、一般缺陷及严重缺陷等不同等级,分别对应不同的处理方式与验收标准。

返工修补后的区域须重新检测验证,形成从发现、整改到复核的闭环管理流程,确保每项缺陷均有明确的处理结论与责任人。质量数据包括检测结果、缺陷记录及返工合格率等信息,应定期开展统计分析,识别出重复出现的质量问题和系统性偏差^[5]。施工工艺持续改进机制基于上述分析结论,修订作业指导书或调整工艺控制参数,使后续工程的质量水平在持续反馈中不断提升。

4 公路道路施工质量管理体系保障

4.1 质量管理组织与制度保障

质量管理责任体系的层级划分从项目最高管理者延伸至一线作业班组,每一层级对应清晰的管理范围与质量目标。岗位职责明确化要求将每项质量控制活动分解到具体岗位,消除责任盲区,同时避免不同岗位之间的职责重叠,形成纵向贯通、横向协同的责任网络。质量考核评价机制通过设定可量化的评价指标,定期对各岗位及作业班组的质量行为与工作成果进行测量与评定。奖惩制度依据考核结果实施,对质量控制成效显著的给予正向激励,对重复出现质量问题的采取约束措施,通过利益导向规范施工行为,使质量要求内化为作业习惯。内部质量审核按照预定周期对质量管理体系的运行情况进行系统性检查,验证各项制度是否得到有效执行,识别执行中的偏差与控制薄弱环节。管理评审由项目最高管理层组织,基于内部审核结论及阶段性的质量目标达成状况,对现行体系的适宜性、充分性与有效性进行综合评估,依据评估结论调整管理策略与资源投入,确保质量管理体系持续适应工程实际需求并不断优化。

4.2 信息化技术在质量控制中的应用

智能压实监测系统通过在压路机机身安装定位接收装置与振动传感装置,实时采集每个空间位置的压实响应值,生成覆盖全断面的压实均匀性分布图。操作人

员依据可视化界面提供的压实遍数与压实度当量信息,及时调整碾压轨迹、速度与振动模式,实现对欠压区域补压并避免过压,完成压实质量的动态闭环控制。数字化质量追溯平台将原材料进场检验记录、施工过程工艺参数、工序检测数据及验收文档等全部质量信息进行集成管理,每个数据条目均与具体工序编号、作业时间及责任人身份相关联。平台具备多条件分类检索与趋势分析功能,可快速定位质量波动较大的材料批次或工序环节,为质量问题根源追溯提供可靠依据。

结束语:公路道路施工质量是多因素耦合作用的结果,从人、材、机、环等维度系统识别影响源头。施工中路基压实不足、路面车辙裂缝及附属设施衔接缺陷等问题相互关联,必须实施全过程动态管控。通过施工前组织优化与材料检验、施工中工艺参数实时监测与关键工序旁站、施工后系统检测与闭环整改,结合层级化质量责任体系与智能压实、数字化追溯等信息化手段,构建起覆盖全员全工序的质量保障网络,实现质量问题的及时发现、精准溯源与持续改进,有效提升道路工程整体质量水平与使用耐久性。

参考文献

- [1]桂志鹏.高速公路交通土建工程施工的管理优化分析[J].运输经理世界,2022(19):52-54.
- [2]赖冠斌.市政公路工程路基路面施工技术与管理控制措施[J].工程与建设,2023,37(2):689-691.
- [3]管士宁.公路工程沥青混凝土路面施工技术与管理控制策略[J].居业,2022(12):19-21.
- [4]康寿平.公路工程路基施工质量控制的关键技术研究[J].科技创新与应用,2022,12(02):151-153.
- [5]史启明.市政道路施工质量影响因素及控制方法分析[J].全面腐蚀控制,2020(09):42-43.