 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i6.10648

# Research on Quality Control and Refined Management Throughout the Entire Construction Process of Road Engineering Projects

**Cao Chen**

Zhuji City Transportation Investment Highway Engineering Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang, 311800, China

**Abstract**

The quality of road engineering projects bears critically on public safety and infrastructure durability, and its management is undergoing a profound transformation from extensive to intensive approaches and from experience-driven to data-driven paradigms. Grounded in the theory of full-process quality management, this paper systematically analyzes the practical challenges in construction quality control of road engineering, establishes a four-stage full-chain control framework covering "survey and design—construction preparation—on-site operations—acceptance and maintenance," and deeply explores the implementation pathways of refined management across organizational, technological, material, and personnel dimensions. The application of technologies such as digital monitoring, intelligent compaction, and BIM+GIS is driving a shift in quality management from "post-event correction" to "pre-event prevention and in-process control," thereby providing a viable pathway for the high-quality development of road engineering.

**Keywords**

road engineering; full-process quality control; refined management; digital transformation; quality traceability

# 道路工程施工全过程质量控制与精细化管理研究

陈操

诸暨市交投公路工程有限公司，中国 · 浙江 绍兴 311800

**摘　要**

道路工程质量关系到公共安全及基础设施的耐久性，道路工程质量的管理也正在发生从粗放式向精细化、从经验驱动向数据驱动的深度变革。本文根据全过程质量管理理论，对道路工程施工质量控制的现实困境实行详细剖析，建立了勘察设计、施工准备、现场作业、验收运维四个阶段的全链条管控框架，对精细化管理在组织、工艺、材料、人员四个维度的实行途径实行了深度探索。数字化监测、智能压实、BIM+GIS等技术的应用，正在让质量管理由“事后纠偏”向“事前预防、事中控制”转变，给道路工程高质量发展赋予了可行途径。

**关键词**

道路工程；全过程质量控制；精细化管理；数字化转型；质量追溯

## 1 引言

道路工程属于交通基础设施的重要部分，道路工程的质量好坏直接影响到公共安全、经济运行能力以及社会福祉。近些年来，伴随交通强国战略的不断推进，道路工程的规模越来越大，技术越来越繁复，标准也越来越严格，施工质量管理的要求也越来越高。但是路面裂缝、沉降不均、结构强度不足等质量通病还是屡见不鲜，说明传统质量管理模式的深度问题。反思既有实践，一个突出问题就是质量管理的“碎片化”——质量控制大多集中在施工阶段的事后检测上，对设计交底、材料溯源、工艺参数等前端环节的重视不够，对运营维护阶段的反馈利用更是缺位。割裂式管理造成质量隐患不能从源头上消除，一般在问题暴露之后才被动解决。道路工程特有的线性分布、环境敏感、多专业交叉等特点，又使管理变得更加冗杂、不确定。

【作者简介】陈操（1991–），男，中国浙江诸暨人，工程师，从事公路日常养护管理、应急抢险统筹等研究。

## 2 道路工程施工质量问题的根源分析

### 2.1 质量问题的表层呈现与深层症结

道路工程施工质量问题一般以直观的工程缺陷形式表现出来，路基压实度不够造成工后沉降，沥青面层平整度不好引起行车颠簸，路面早期裂缝和坑槽，桥头跳车等。该类现象背后折射的是质量管理体系的系统性问题。

从表层看，问题一般归因于某个环节的失误，即某批次材料指标偏离设计值，某道工序碾压遍数不够，某个时段施工温度控制失当。但是从深度来说，此类“点状失误”是管理体系缺陷的必然结果。正如全面质量管理理论所显示的，质量不是检验出来的，而是生产出来的。质量管控靠着

“事后把关”而不是“过程控制”，缺陷在某种意义上就有着了必然性。

### 2.2 质量控制困境的多维归因

道路工程施工质量问题的复杂成因可以从以下几个方面来理解：

一是管理理念不能适应工程实践的需要。部分项目依旧沿用经验型的管理范式，质量决策靠着个人的经验而不是数据的支撑，质量标准停留在符合规范的底线思维上，没有主动创优的内生动力。面对工序繁杂、参与方多、环境状况多变的状况，粗放式管理模式不能到了准确管控的目的。

二是由于组织协调成本高企造成管理断层。道路工程包含建设方、设计方、施工方、监理方、检测方等多方主体，协调链条长、信息传递损耗大。设计意图在向施工环节传递时会存在失真现象，监理的独立监督职能有时会被削弱，检测数据不能很好地反馈到施工中。组织层面的“信息孤岛”以及“责任不清”造成全过程管控不能真正执行。

三是外部环境的不确定性冲击质量的稳定性。道路施工大多为露天作业，受季节性气候影响较大，雨季土方工程受阻，低温影响沥青摊铺质量。地质条件冗杂，软基处理、高填方等特殊路段质量风险也增大。上述不可控因素使得管理体系具有更强的适应性、预警性，但是传统管理方式对此缺乏准备。

## 3 全过程质量控制：构建全链条管控体系

### 3.1 全过程质量控制的理论逻辑

全过程质量控制的理论基础是“质量环”思想，即产品质量的形成是从市场调研到售后服务的全过程，任何一个环节的疏忽都会最终致使质量缺陷。道路工程同样适用这个逻辑，设计阶段方案缺陷、材料采购规格偏差、施工过程工艺失当、运营维护监测缺位，都会在工程实体上留下“烙印”。所以全过程质量控制的核心理念可以概括为关口前移、过程受控、闭环改良。关口前移即在设计阶段就实行可施工性审查，从源头上避免质量风险；过程受控即每一个工序都处于稳定的质量状态，而不是靠着最终检验筛选合格品；闭环精进即把运营阶段的质量反馈纳入后续项目的知识库，形成持续学习的良性循环。

### 3.2 四阶段全链条管控框架

#### 3.2.1 勘察设计阶段：奠定质量基因

勘察设计属于工程质量的“先天”环节。地质勘察的准确性影响地基处理方案的合理性，设计图纸的可施工性决定后续施工的顺畅程度。本阶段质量控制的重点有三个方面，即严格审查勘察数据的完整性、代表性，组织设计交底及图纸会审，重点评定设计方案以及现场条件的契合度，推行可施工性分析，在设计阶段找出可能造成质量问题的施工难点，提前改良方案。

#### 3.2.2 施工准备阶段：筑牢质量根基

施工准备质量控制目标就是保证人、机、料、法、环五大要素处于受控状态。人员方面核查核心岗位持证情况，组织岗前技术交底以及工艺培训；设备方面校验检测仪器精度，调试施工机械让它处于良好工况；材料方面建立严格的准入和溯源制度，对水泥、沥青、集料等主要材料实行“批批检测”，未经检验合格不得进场；方法方面凭借试验段确定最佳工艺参数，推行首件工程认可制，以样板引路明确质量标准。

#### 3.2.3 现场施工阶段：实施动态控制

这是质量控制的关键环节，也是最难的一个阶段。其核心就是建立“事前预防、事中监控、事后检验”三级控制机制，事前借助质量风险识别制定防控预案，事中靠着工序验收及旁站监督保证每道工序达标后才能进入下一环节，事后凭借实体检测验证质量成效。对路基压实度、基层强度、面层厚度、平整度等重要指标实行重点监控。隐蔽工程验收必须有完整的影像资料及检测记录，保证质量可追溯。

#### 3.2.4 竣工验收与运维阶段：实现闭环管理

竣工验收不能变成质量管理的终点。本阶段除了组织严格的实体检测以及资料审查外，还要对施工过程中产生的质量数据实行整理，形成完整的质量档案。更重要的是应该建立运营期质量跟踪机制，将使用阶段暴露出来的质量问题反馈给设计、施工环节，为后续项目给予精进依据，使质量管理真正形成闭环。详见图 1。

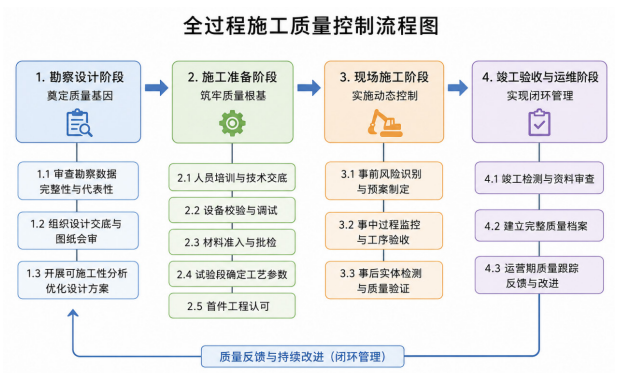



图 1 全过程质量控制施工质量控制流程图

## 4 精细化管理：从粗放到精准的范式转换

### 4.1 精细化管理的内涵与适用性

精细化管理起源于制造业的精益生产理念，它的重点要义就是精、准、细、严，即精于决策、准确定位、细化标准、严格执行。将它引入道路工程施工管理，就等于对传统粗放式管理实行系统升级，由原来的“大致可控”变为现在的“精准受控”，由原来的“经验判断”变为现在的“数据驱动”，由原来的“粗线条管理”变为现在的“全要素覆盖”。

道路工程线性分布、多专业交叉、环境敏感等特点，决定了它对精细化管理有特殊的要求。数十公里长的施工线路，管理半径急剧扩大，如果没有精细化的作业面划分和责任执行机制，质量控制很容易出现盲区；多工种并行作业，

如果没有准确的工序衔接计划，交叉干扰必然影响质量稳定性。

### 4.2 精细化管理的四大实施维度

#### 4.2.1 组织管理精细化：责任落实到最小单元

精细化管理首先要对组织架构实行精细化。建立项目部、工区、班组三级责任体系，把质量目标逐层分解到每一个作业面、每一个工序、每一个岗位。推行网格化管理模式，将施工区域划分成若干责任单元，确定单元责任人，形成纵向到底、横向到边的责任网络。同时建立质量问题发现、上报、整改、复查、销号的闭环流程，保证问题不积压、不遗漏。

#### 4.2.2 施工工艺精细化：标准化作业消除随意性

工艺精细化的目标就是到了施工操作的“标准化”和“可重复性”。对路基填筑、基层摊铺、沥青面层等主要分项工程编制标准化作业指导书，明确每道工序的操作要领、控制参数、验收标准。推行首件认可制，每类分项工程全面展开前先做首件，经验收合格后作为后续施工的样板。对软基处理、桥头搭接等特殊路段制定专项工艺方案，加强过程监测。

#### 4.2.3 材料管理精细化：全过程追溯确保品质

材料质量是工程质量的第一道防线，精细化管理要求对材料实行“全生命周期”管控。从供应商评定、进场验收、存储养护、使用追踪、质量溯源，形成完整的管理链条。建立材料台账制度，对每一批次材料的规格、数量、检验结果、使用部位实行登记，保证材料供应、检验、使用可追溯。对沥青等温敏材料严格控制存储、运输温度，防止性能劣化。

## 5 数字化转型背景下的质量管理创新

### 5.1 从“经验驱动”到“数据驱动”的转型趋势

目前道路工程施工质量控制正处在由经验驱动向数据驱动转变的过程之中。传统模式下质量判断靠着质检人员的专业经验以及抽样检测结果，有着较强的主观性以及偶然性。数字化转型使全面、实时、准确的质量数据采集变成可能，智能压实系统可以记录每一碾压遍数的振动参数，物联网传感器可以实时监测拌合站出料温度，无人机航拍可以快速评估路基成型效果。

这一转变的深层意义就是数据不但代替经验变成质量判断的依据，更重要的是数据的积累使质量预测变成可能。借助对历史质量数据的分析，可以建立施工参数以及质量结果之间的关联模型，在新项目开工前就可以预测质量风险点，继而实现预防性管理而不是被动式纠偏。

### 5.2 关键技术创新与工程应用

实践中，以下几项技术在推动质量管理转型升级方面取得明显成效：

智能压实技术。在压路机上安装传感器以及 GPS 定位系统，实时监测碾压轨迹、遍数、速度、振动频率，生成压实质量热力图，把压实度控制从随机抽检升级为全包含监控，消除漏压、过压区域。

BIM 及 GIS 的集成应用。BIM 技术解决工程构件的精细建模以及信息关联问题，GIS 技术解决大范围地理空间分析问题，二者融合可以实现从宏观路线走向到微观结构细部的多层次质量管理。部分项目已经使用该技术实行设计碰撞检测、施工方案模拟及进度质量联动管理。

物联网传感监测。在拌合站、运输车辆、摊铺设备上安装传感器，实时采集混合料配合比、运输温度、摊铺速度等参数，借助无线网络传送到管理平台，实现远程实时监控。一旦参数超限，系统就会发出预警，然后及时干预。

## 6 结论

道路工程施工质量控制与精细化管理的融合，是回应工程质量时代命题的必然选择。本文研究说明：

第一，道路工程质量问题不是技术能力不足造成的，而是管理体系的系统性问题，即理念滞后、组织碎片化、外部干扰解决乏力、技术以及管理脱节。破解上述难题，就要从系统论的思路来重新塑造质量管理的框架。

第二，全过程质量控制主张关口前移、过程受控、闭环改良，包含勘察设计、施工准备、现场作业、验收运维四个阶段，其重点就是把质量管理从片段式变为全链条，从事后把关变为源头预防。

第三，精细化管理靠着组织、工艺、材料、人员这四个方面的准确控制，给质量目标的执行给出操作性的途径。质量控制和精细化管理互相支撑、互相成就，二者深度融合是增加工程品质的重要机制。

根据上述内容，数字化技术正在使质量管理由“经验驱动”变为“数据驱动”。智能压实、BIM+GIS、物联网传感等技术的应用，使实时监控、准确决策、预防性管理变成可能，给道路工程质量管理升级给予技术支持。

## 参考文献

[1] 李栋.热力管道道路工程施工技术集成与全过程质量追溯及质量优化路径——如何对工程实施全过程质量追溯杜绝劣质工程[J].中国品牌与防伪,2026,(7):189-191.

[2] 周涛.市政道路工程施工全过程管理优化策略[A].“生态环境建设与区域治理可持续发展”专题研讨会论文集[C].中国国土经济学会:2026:574-576.

[3] 申叶祥.市政道路工程抗裂型水泥稳定碎石基层施工全过程质量管控应用分析[J].汽车周刊,2026,(3):135-137.

[4] 戴天宇.全过程管理在道路工程建设中的应用优化分析[J].新城建科技,2025,34(12):185-187.

[5] 马红.市政工程道路施工的质量控制及标准化管理[J].大众标准化,2025,(22):13-15.