

# 路桥隧道工程施工技术管理与质量控制

谢燕雄

保利长大工程有限公司, 广东 广州

收稿日期: 2025年12月23日; 录用日期: 2026年1月14日; 发布日期: 2026年1月26日

## 摘要

路桥隧道工程作为现代交通基础设施建设的核心内容, 其施工技术管理与质量控制直接关系到工程的安全性、耐久性与经济效益。文章从施工技术管理的重要性出发, 系统分析了洞身开挖、混凝土防裂等关键施工技术要点, 深入探讨了施工材料、工艺及人员素质等方面的质量控制问题, 并提出了完善质量管理体系、强化质量检查与验收、系统化提升人员素质及实施质量奖惩机制等策略, 以期为路桥隧道工程的科学施工与质量管理提供理论参考与实践指导。

## 关键词

路桥隧道, 施工技术, 质量控制, 管理体系, 人员培训

# Construction Technology Management and Quality Control of Road, Bridge, and Tunnel Engineering

Yanxiong Xie

Poly Changda Engineering Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

Received: December 23, 2025; accepted: January 14, 2026; published: January 26, 2026

## Abstract

As a core component of modern transportation infrastructure construction, the construction technology management and quality control of road, bridge, and tunnel engineering directly affect the safety, durability, and economic benefits of the project. This paper starts from the importance of construction technology management, systematically analyzes key construction technical points such as tunnel excavation and concrete crack prevention, and deeply explores quality control issues in construction materials, processes, and personnel quality. It also proposes strategies such as improving the quality management system, strengthening quality inspection and acceptance, systematically

improving personnel quality, and implementing quality reward and punishment mechanisms, aiming to provide theoretical reference and practical guidance for the scientific construction and quality management of road, bridge, and tunnel engineering.

## Keywords

Road, Bridge, and Tunnel, Construction Technology, Quality Control, Management System, Personnel Training

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国基础设施建设的快速发展，路桥隧道工程在公路、铁路等交通网络中占据越来越重要的地位[1]。施工技术与管理水平的提升，不仅推动了工程效率的提高，也对工程质量提出了更高要求[2]。然而，在实际施工过程中，由于地质条件复杂、施工工艺多样、管理环节繁多等因素，工程质量控制仍面临诸多挑战。因此，系统研究路桥隧道工程施工技术管理与质量控制，具有重要的理论价值与现实意义。

## 2. 施工技术管理与质量控制的意义

路桥隧道工程具有结构复杂、施工周期长、技术难度大等特点，其施工技术管理与质量控制不仅关系到工程本身的安全与稳定，也直接影响交通运输的畅通与人民生命财产的安全，其重要性体现在战略、经济和社会多个层面。

### 2.1. 保障工程结构安全与长效耐久的战略意义

路桥隧道工程多处于复杂的地质环境中，承受着山体压力、水压力、车辆动荷载以及环境腐蚀等多重作用[3]。任何技术失误或质量缺陷都可能引发灾难性后果。科学的施工技术管理，意味着在开挖、支护、防水、衬砌等每一个环节都选择最合适的工法并精确执行。例如，在新奥法施工中，对围岩变形进行实时监测，并据此动态调整支护参数，这就是技术管理对安全的直接保障。而严格的质量控制，则确保所使用的混凝土强度、钢筋的握裹力、防水材料的耐久性等关键指标百分之百满足设计要求。这不仅关乎工程竣工时的初始安全，更决定了其在未来数十年运营周期内的长效耐久性，从根本上杜绝因“先天不足”而导致的安全隐患。

### 2.2. 提升工程全生命周期经济效益的经济意义

从全生命周期成本的角度来看，前期在技术管理和质量控制上的投入，会产生巨大的经济效益。优质工程能显著降低运营期间的维护和修复费用；能最大限度地减少因质量事故导致的工期延误和返工损失；更有助于施工企业树立品牌信誉，从而在激烈的市场竞争中获得更多优质项目，形成良性循环[4]。因此，卓越的技术管理与质量控制是提升企业核心盈利能力和项目整体投资回报率的价值中心。

### 2.3. 推动行业技术进步与产业升级的行业意义

对施工技术与管理模式的持续探索和创新，是驱动路桥隧道工程建设水平不断提升的核心动力。每

当面对超长隧道、深埋隧道等世界级难题时，传统的技术和管理方法往往难以为继，这就倒逼企业和科研机构进行技术攻关。例如，隧道掘进机(TBM)技术的引进与再创新，不仅极大地提升了施工效率和质量稳定性，还带动了国内高端装备制造业的发展。因此，每一个高标准的路桥隧道项目，都是新工艺、新材料、新管理的试验场和推广平台，最终推动整个土木工程行业的产业升级和科技进步。

3. 路桥隧道工程施工技术关键点

3.1. 洞身开挖施工技术

洞身开挖是隧道施工中的核心环节，其技术选择直接影响到施工安全与进度。常用的开挖方式包括导洞法和左右洞同步开挖法。导洞开挖采用两台阶式开挖法，上台阶由机械开挖，下台阶由人工配合完成，开挖深度控制在 3~5 m。开挖后需及时进行临时支护，并进行混凝土喷射，确保初期支护强度。在条件允许的情况下，可采用左右洞同步开挖，但必须确保中墙外侧混凝土强度达到设计值的 70% 以上方可进行后续作业。施工过程中应严格控制隧道中线与横向水平位置，确保开挖精度，防止偏位或超挖现象的发生。

3.2. 混凝土防裂技术

混凝土裂缝是路桥隧道工程中常见的质量问题，其成因复杂，涉及材料、配合比、施工工艺及养护等多个方面。首先应优选水泥、骨料等原材料，科学设计配合比，控制水胶比和骨胶比。同时要加强施工过程中的温度监测，采取保温、保湿等措施，防止因温度应力导致的裂缝。养护时间与方法应严格按照规范执行，确保混凝土强度发展均匀。普通混凝土参考配合比如表 1 所示。

Table 1. Reference mix proportions for ordinary concrete (units: kg/m³)

表 1. 普通混凝土参考配合比(单位: kg/m³)

混凝土等级	水泥	砂	石	水	骨胶比	水胶比
C30	336	654	1162	195	5.4	0.58
C70	520	612	918	185.6	4.5	0.45
C90	550	639	960	148.5	2.9	0.27

4. 路桥隧道工程施工质量控制问题

4.1. 施工材料的质量控制问题溯源

材料是工程的物质基础，其质量控制失效是万病之源。当前，材料质量控制的问题主要体现在三个方面：一是源头管控不严，部分项目在材料采购环节过分追求低价中标，导致质量不稳定的供应商进入供应链。二是检测流程形式化，存在抽样频率不足、检测项目不全等现象。三是现场管理粗放，如钢筋露天堆放导致锈蚀、不同规格的水泥混放混用等，这些现场管理细节的疏忽都会使合格的原材料在投入使用前就已性能劣化。

4.2. 施工工艺的质量控制执行困境

施工工艺是将设计蓝图转化为实体工程的关键过程，其质量控制面临的挑战更为复杂[5]。首先，是技术方案与现场实际的脱节。设计方案基于理想的地质勘察数据，而隧道施工面对的是“看不见的地质博物馆”，围岩状况瞬息万变。其次，是工序管理的碎片化与交接漏洞。若工序交接检查不严格，上道工序的微小偏差会被下道工序掩盖，最终形成无法弥补的质量缺陷。最后，是对“隐蔽工程”质量控制的无力感，

如桩基的深度与完整性、混凝土结构的内部密实度等，这些隐蔽部位的质量一旦形成便难以检测和修复。

4.3. 施工人员技术水平与质量意识的短板

人是生产活动中最活跃也最不确定的因素。当前，路桥隧道工程施工一线人员主要由农民工组成，他们普遍存在专业技能不足、系统培训缺失、质量意识淡薄等问题。许多工人依靠“师徒相传”的经验进行作业，对技术规范的理解停留在表面[6]。同时，在“重进度、轻质量”的短期项目文化影响下，施工人员往往优先追求施工速度，而主动或被动地牺牲质量细节。此外，高素质、懂技术、会管理的现场质量工程师队伍也相对短缺，无法对庞大的作业面实施有效和深入的质量监督与技术指导。

5. 施工技术改进与质量控制策略

5.1. 完善全链条、穿透式的质量管理体系

一个有效的质量管理体系必须覆盖从“供应链”到“施工现场”的每一个环节，如图 1 所示。在设计采购联动阶段，应推行“精益化设计”，同时建立合格供应商名录库。在施工准备阶段，必须强化技术交底的深度和广度，推行“首件制”或“样板引路”[7]-[9]。在过程控制阶段，引入“数字化质量管理平台”，利用物联网传感器实时采集混凝土温度、支护结构应力等数据，实现质量问题的闭环管理和可追溯。这能将传统的被动式、抽查式质量控制，转变为主动式、全过程、可追溯的精准管控。

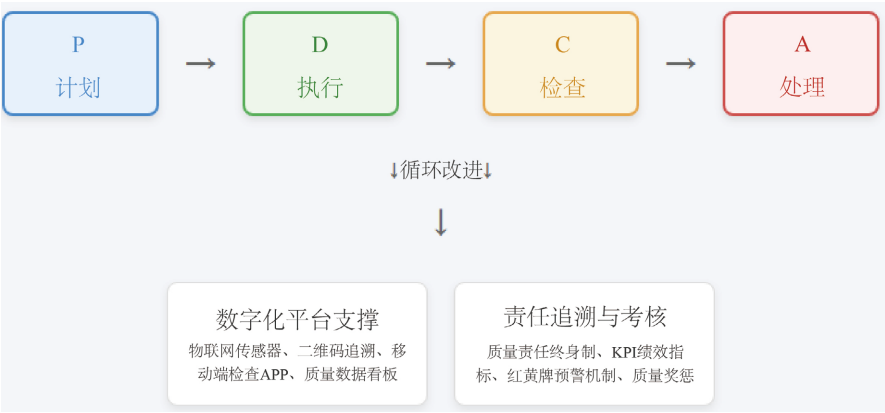


Figure 1. Closed-loop model of the quality management system  
图 1. 质量管理体系闭环模型

5.2. 强化基于风险防控的质量检查与验收机制

质量检查与验收应是贯穿始终的“风险防控”手段。应实施分级分类检查制度，根据工序的重要性和风险等级，将检查分为班组自检、项目部专检、公司级巡检和监理验收等不同层级。要加大对隐蔽工程的监控力度，广泛应用无损检测技术，如地质雷达检测衬砌背后脱空、超声波检测桩基完整性等。同时严格竣工验收与档案管理，建立完整的电子化工程档案，为后期的运营维护和责任追溯提供唯一依据。

5.3. 系统化培训与人员素质提升工程

将人员从“成本”视为最重要的“资本”，实施长期的人力资源投资战略。要构建分层级的培训体系：对一线操作工人，开展标准化、实操化的技能认定培训；对技术管理人员，组织学习前沿施工技术、质量管理方法；对项目经理和质量总监，则侧重于质量领导力、风险管理方面的培训[10]。同时创新培训形式，注重实效，采用现场实操教学、VR 安全质量体验、经典事故案例复盘分析等形式。还要培育“工

匠精神”与质量文化，通过设立“质量荣誉墙”、评选“年度质量标兵”等方式，营造“人人重视质量、人人创造质量”的浓厚文化氛围。

5.4. 建立公平、透明的质量奖惩与责任追溯机制

有效的激励机制是驱动质量行为的关键。要设立明确的质量绩效指标(KPI)，将质量成果与项目团队及个人的奖金、晋升直接挂钩，如表 2 所示。严格执行质量责任终身制，在工程现场醒目位置设立质量责任公示牌，明确关键工序的责任人。实施“红黄牌”预警制度：对日常检查中发现的轻微质量问题，出示“黄牌”警告，限期整改；对重复发生或严重的质量问题，出示“红牌”，进行经济处罚乃至清退出场。通过这种阶梯式的惩处机制，做到警示与教育相结合。

Table 2. Quality performance KPI indicator system  
表 2. 质量绩效 KPI 指标体系

KPI 指标	权重	评分标准(示例)	得分区间	绩效等级
材料进场验收合格率	20%	≥98%得满分，每低 0.5%扣 5 分	≥90 分	优秀
关键工序一次验收合格率	30%	≥95%得满分，每低 1%扣 5 分	80~90	良好
质量问题整改完成率	25%	100%得满分，每项逾期未整改扣 5 分	70~80	一般
质量事故发生率	15%	0 起得满分，每发生一起一般事故扣 10 分，重大事故一票否决	60~70	及格
质量创新与建议采纳数	10%	每采纳一项有效建议加 2 分，上限 10 分	<60 分	不合格

6. 结语

路桥隧道工程作为现代交通网络的关键枢纽，其施工质量直接关系到交通运输安全和工程使用寿命。本文系统分析表明，施工技术管理与质量控制是一个涉及技术、管理和人员的系统工程。在技术层面，洞身开挖、混凝土防裂等关键工序的精准控制是质量基础；在管理层面，材料质量控制、工艺规范执行和人员素质提升构成三大支柱。针对当前面临的材料管控不严、工艺执行不到位、人员专业素养不足等挑战，必须建立全链条质量管理体系，实施基于风险防控的检查验收机制，开展系统化人员培训，并完善质量奖惩制度。随着建筑业数字化转型的深入推进，BIM 技术、物联网监测等智能手段将为工程质量控制提供新的技术支撑。通过传统管理经验与现代信息技术的深度融合，必将推动路桥隧道工程质量管控迈向更精准、更高效的新阶段，为交通强国建设奠定坚实基础。

参考文献

[1] 王俊俊. 路桥隧道工程施工技术管理与质量控制[J]. 运输经理世界, 2024(20): 101-103.  
[2] 李洋. 路桥隧道工程的施工技术与质量控制分析[J]. 四川建材, 2021, 47(9): 150-151.  
[3] 陈荣. 路桥隧道工程施工技术管理与质量控制分析[J]. 中华建设, 2021(4): 68-69.  
[4] 李文华. 关于路桥隧道工程的施工技术与质量控制探析[J]. 中华建设, 2019(11): 110-111.  
[5] 许磊磊. 路桥隧道工程的施工技术与质量控制分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022(36): 130-132.  
[6] 张波. 路桥隧道工程施工技术与质量控制分析[J]. 交通建设与管理, 2025(4): 113-115.  
[7] 王培玉. 路桥隧道工程施工技术管理与质量控制研究[J]. 工程建设与设计, 2022(15): 228-230.  
[8] 杨波. 关于路桥隧道工程的施工技术与质量控制探析[J]. 绿色环保建材, 2021(4): 101-102.  
[9] 邹林, 谢登高, 李建雄. 路桥隧道工程的施工技术与质量控制研究[J]. 运输经理世界, 2022(11): 76-78.  
[10] 王栋, 杨瑞鲜. 路桥隧道工程施工中的难点及对策[J]. 工程技术研究, 2020, 5(3): 81-82.