

# 路桥施工质量控制与后期养护管理协同研究

文 / 谭 飞 山东省高速养护集团有限公司

**摘要：**路桥工程作为基础设施建设的重要组成部分，其质量管理与后期养护直接关系到公共安全和资源有效利用。本文探讨了路桥施工质量控制与后期养护管理的协同研究，通过分析施工质量控制的关键要素、后期养护管理的核心内容以及双方的协同机制，揭示了两者在实际应用中的融合优势和面临的挑战。文章首先界定了路桥施工的质量控制标准及其对后期养护的影响，进而讨论了养护管理的必要性和体系构建，特别强调了智能技术在提高养护效率和减少病害中的作用。此外，还分析了协同管理中的信息共享问题、责任主体的分离以及解决这些问题的具体策略，如全生命周期管理和大数据应用。最后，文中通过数据对比展示了协同技术如全过程质量追踪系统和智能摊铺技术在提升施工效率和降低养护成本中的实际成效，以及相关政策和规范的支持作用。

**关键词：**路桥施工；质量控制；后期养护；协同管理；智能化技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.063

## 引言

随着人民生活水平的逐步提高，汽车的使用量明显增加，其在一定程度上会提高路桥通行压力，同时还会增加路桥损耗，为保证车辆通行的安全性，相关部门需要重视路桥的养护工作。同时，在路桥施工过程中，建设企业需要加强对施工质量的控制，避免为后期路桥竣工使用留下质量隐患。另外，我国大部分路桥的施工时间较早，面对当前交通压力的增加，路桥的承载力可能会受到不良影响，为保证路桥通车的安全性，建设企业需要加强路桥养护<sup>[1]</sup>。因此，本文通过分析路桥施工与养护的协同过程，探讨双方在整个工程生命周期中如何实现优势互补和资源共享。

### 一、路桥施工质量控制的关键要素

#### （一）施工质量控制的内涵

路桥施工质量控制，是确保工程建设符合设计规范和标准的一系列系统性管理活动。其基本目标是通过严格监督施工过程，确保工程项目的结构安全、功能完备与美观持久。《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80-2004）等规范，为施工质量控制提供了详尽的技术指导与标准依据，从材料验收到施工操作、再到最终的质量检验，均有明确规定，确保每一个施工环节都能达到预设的质量要求。

#### （二）施工阶段的质量影响因素

施工质量受多方面因素影响，其中最为关键的包括：

（1）原材料选择与检测标准：选择合格的材料是保证工程质量的前提。每一种材料都需符合相关标准的规定，并通过严格的质量检测，包括力学性能、耐久性等相关指标的检测。

（2）施工工艺与现场管理：高标准的施工工艺对提高工程质量至关重要。有效的现场管理则确保施工过程有序进行，如合理安排施工顺序、精确控制施工速度和质量，以及实施有效的现场监督。

（3）施工环境对质量的影响：施工环境，包括气候条件、地理位置和周边环境等，都可能对施工质量产

生影响。例如，温度和湿度的变化会影响混凝土的养护和硬化过程，从而影响结构的最终质量。

#### （三）施工质量控制的技术手段

在现代路桥施工中，利用高科技手段进行质量控制已成为趋势：

（1）建筑信息模型（BIM）技术：BIM技术在施工前提供三维可视化模拟，帮助施工团队预测潜在问题并优化施工方案。在施工过程中，BIM可以实时更新数据，监控工程进度与质量，确保施工活动符合设计要求。

（2）无损检测技术：在施工阶段，无损检测技术如超声波检测、磁粉检测等，被广泛用于检测材料缺陷和结构缺损，这些技术可以在不破坏材料的情况下评估其性能，从而在早期发现潜在问题，避免质量事故<sup>[2]</sup>。

总的来说，路桥施工质量控制是一项涉及多方面的复杂任务，需依赖严格的标准执行、科学的管理手段和先进的技术工具。通过以上措施的有效实施，可以极大地提升工程质量，确保路桥工程的长期稳定与安全。在实际操作中，各相关方应密切合作，形成一套综合、高效的质量控制体系，共同推动我国路桥建设向更高标准迈进。

### 二、路桥后期养护管理的核心内容

#### （一）养护管理的必要性

路桥养护管理对于延长桥梁寿命、保障交通安全具有不可替代的重要性。路桥在使用过程中常面临各种环境和负载的挑战，从而导致裂缝、沉降、疲劳破坏等常见病害。这些病害如果不及时发现与处理，会逐渐恶化，增加修复成本，甚至威胁行车安全。近几年来，我国在公路养护上的投资持续增长，有效地提高了道路服务水平和安全系数，这也凸显了养护管理的经济效益和社会价值。

#### （二）养护管理的体系构建

有效的养护管理体系是确保路桥健康运行的基石。体系构建主要包括：

日常检查与定期维护计划的制定：日常检查帮助及时发现并记录路桥的小范围损伤，而定期维护则针对检查中发现的问题进行系统修复，以防小缺陷演变成大问题。制定科学的维护计划，可以最大化养护资源的使用效率，减少突发性维修带来的经济负担和交通影响。

应急管理 with 灾后修复策略：建立完善的应急响应机制，对于处理突发事件如地震、洪水引发的桥梁损害至关重要。灾后修复策略则需要结合桥梁的损伤程度和结构安全评估，制定合理的修复方案，快速恢复交通功能。

### （三）养护管理技术发展现状

技术进步为路桥养护管理带来了新的发展机遇：

智能化养护设备的推广应用：随着传感技术和数据分析技术的发展，智能化养护设备能够实时监测桥梁的使用状态和健康状况，如温度、应力、位移等数据的自动采集和分析，这些设备大幅提升了养护工作的精确性和效率。

公路桥梁健康监测系统（BHMS）：BHMS系统通过集成多种监测设备，对桥梁结构进行全面监控，实时评估桥梁的结构健康状况。该系统能够预警潜在的结构问题，帮助决策者及早介入，避免大规模损害的发生。在过去的几年中，该技术的应用成效显著，极大提升了我国桥梁养护管理的科学化、精细化水平<sup>[3]</sup>。

通过上述措施的实施，路桥养护管理不仅能够确保交通工具的安全顺畅运行，还能有效控制和减少公共资金的支出。未来，随着更多高新技术的融入，路桥养护管理将进一步向智能化、自动化方向发展，实现更高效、更经济的管理目标。

## 三、施工质量控制与后期养护管理的协同机制

### （一）协同的内涵与必要性

在路桥工程中，施工质量控制与后期养护管理应被视为一个有机整体，二者目标的核心是一致的，即通过保障结构安全与延长使用寿命来实现交通畅通与成本最优。若缺乏系统性协同，施工过程中一些潜在质量问题可能在后期养护阶段再次暴露，从而导致返工、资金浪费或安全隐患。与此同时，通过协同管理还能够有效提高运作效率：在施工阶段充分考虑后期维护的要求，可减少日后大规模修缮的概率，使得资源调度更为合理，确保路桥在全生命周期内保持稳定运营。

### （二）协同的主要障碍

尽管施工与养护之间存在天然的紧密联系，但实践中仍面临多重阻碍。首先，信息共享不足成为首要难题：在施工期间形成的大量数据（包括材料特性、施工工艺参数等）未能及时传递给后期养护部门，导致养护方对于路桥原始状态缺乏清晰把握。在此情况下，养护决策往往基于有限的信息，难以做到有的放矢。其次，施工与养护责任主体的割裂现象也阻碍了协同进程：工程承包方与后期运营方在组织架构、考核指标和利益诉求上可能并不一致，导致二者缺少深度沟通与联合决策的动力。在上述障碍共同作用下，协同管理的

推行面临结构性挑战，需要从多方面进行系统性调整与改善。

### （三）协同管理的实现路径

为破解上述难题，实现施工质量与后期养护有效衔接，需要在方法策略层面进行多维度探索：

1. 全生命周期管理的理念与实践：将路桥项目从设计到报废的整个过程纳入统一的规划范畴。通过引入全生命周期成本分析，施工环节不仅要满足当前质量指标，还须兼顾未来维护与使用需求<sup>[4]</sup>。例如，在设计阶段可融入材料耐久性评估和可维修性分析，确保后期养护更具针对性。与此同时，应建立跨部门的工作机制，使施工方与养护方在合同与考核方面形成联动，推动“建管并重”的项目管理模式。

2. 大数据驱动下的施工 - 养护信息联动：利用数字化技术实现工程全流程的数据采集、存储与分析，构建涵盖施工、养护及运行的综合信息平台。通过大数据分析，可对施工质量的潜在问题进行预测，并对养护方案进行优化，进而在出现裂缝、沉降等早期征兆时即启动修补程序。借助统一的数据接口，施工部门可将关键指标（如混凝土强度、应力变形参数等）实时传递给养护团队，而养护部门也可将巡检结果及时反馈给施工单位，以便共同改进施工工艺与材料选用。

3. 施工与养护标准化的衔接与统一：在现行行业规范的基础上，通过制定更加细化、可操作的标准与流程，将施工与养护环节统一到同一技术平台上。例如，通过制定与施工质量密切关联的养护参数基准，确保施工时即能按照养护需求进行预留或结构处理，从而在后续维护中实现“精准”修补，避免重复性作业<sup>[5]</sup>。此外，应当鼓励参建方与管理机构共同修订并完善相关技术规程，形成较为完备的标准体系，进而推动路桥工程质量与养护效率的同步提升。

## 四、施工质量与养护管理协同的实际应用

### （一）典型技术的协同应用

在路桥工程中，为提升施工质量与后期养护的融合度，诸多技术手段应运而生，既强化了施工环节的规范性，也为后期养护提供了高效率的决策依据。其中，全过程质量追踪体系与路面智能摊铺、压实技术正是典型代表。

1. 全过程质量追踪体系（如质量追踪二维码）：该体系将材料供应、施工流程和质量检验等要素进行数字化归档，并通过二维码实现信息溯源。施工阶段每批材料、每道工序的质量数据均可关联到相应的二维码中，便于后续快速查询与追溯。一旦后期在养护过程中出现病害，养护部门可利用二维码精准定位问题源头，从而优化维修方案，减少不必要的拆除或重复检修，提高资金利用效率。

2. 路面智能摊铺与压实技术（如图1所示）：现代路面智能化摊铺技术可对温度、摊铺速度、厚度等关键参数进行实时监测和自适应控制，从而保证路面材料的均匀性和稳定度。在此基础上，自动压实系统能够根

据实时反馈来调整压实遍数及压力大小，避免因操作误差或环境因素导致的路面早期损伤。这些智能技术在提

升施工质量的同时，也极大降低了后期路面龟裂、沉陷等病害的发生率。

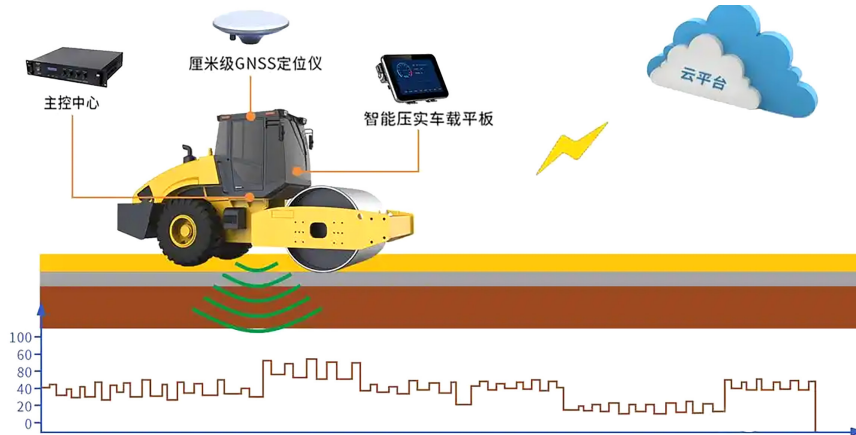


图1 路面智能摊铺压实技术

以下展示了某地区引入两项协同技术前后的对比数据，进一步说明该类技术的实际应用价值（见表1）：

表1 某地区引入两项协同技术的前后对比

协同技术	应用范围	施工效率提升	后期病害率降低	材料利用率提升	维护成本减少
全过程质量追踪体系（二维码）	桥梁与路面工程	提升约12%	降低约18%	提升约10%	降低约15%
智能摊铺与压实技术	高等级公路路面施工	提升约15%	降低约20%	提升约12%	降低约18%
桥梁健康监测系统（BHMS）	大型桥梁结构	提升约8%	降低约25%	提升约5%	降低约20%

资料来源：根据部分试点省份公开统计与行业调研结果整理

从上述表格可以看出，引入不同协同技术后，各项指标均呈现积极变化，为路桥施工质量与后期养护管理的协同发展提供了有力支持。通过整合多种协同技术并将其应用于实际项目，不仅提升了施工过程的科学性和规范性，还显著改善了后期养护的经济性和效率。

### （二）政策与法规的支持

施工质量与养护管理要实现深度协同，离不开政策法规层面的系统支持。在我国，相关部门陆续出台了多项规章和管理细则，为施工与养护环节的对接提供制度化保障。

1. 《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90-2015）中的协同管理条款解析：该规范在传统施工安全要求的基础上，强调了与养护管理的衔接。例如，一些章节明确指出，需要在施工设计和执行过程中预留后期养护的检修空间和监测通道，并且要将关键施工参数及材料信息完整移交至养护部门，从而避免信息断层和数据遗失。此举无疑为施工与养护的相互衔接提供了可操作的制度依据。

2. 国家及地方相关支持政策：除行业技术规范外，国家及地方层面也相继出台了若干鼓励措施，包括优化建设单位与运营单位之间的责任分配、推动信息化管理平台建设，以及加大对新型路桥养护技术的研发经费投入等。这些政策一方面推动了工程方与运营方在项目合

同文本中对“建管协同”的明确约定，另一方面引导各地加大对先进养护模式与施工工艺的试点，为路桥工程的全生命周期管理打下坚实的基础。

综合而言，施工质量与养护管理之间的协同不仅是一种技术手段的创新，更是一套制度与管理模式的综合升级。通过在施工阶段应用质量追踪和智能化施工技术，辅以完善的法规与政策支撑，将能显著提升路桥工程的整体效益，实现建设和养护“齐头并进”，为今后更多维度的技术创新和管理改革创造良好条件。

### 结语

路桥施工质量控制与后期养护的有效协同可以显著提高工程质量和运营效率，减少养护成本和延长工程寿命。通过实施全过程质量追踪体系、智能摊铺与压实技术，以及桥梁健康监测系统等协同技术，不仅提升了施工效率，还大幅降低了后期病害率，实现了成本效益的最优化。然而，要克服信息共享不足和责任主体割裂的问题，还需加强相关政策的制定和执行，优化技术标准和工作流程。未来研究应关注协同管理机制的进一步创新，特别是在大数据和人工智能技术快速发展的背景下，如何更有效地整合这些新兴技术以优化施工与养护的整体协同过程。此外，加强行业内外部利益相关者的沟通与合作，形成更加开放和互利的协同管理生态系统，也将是提高项目成功率的关键因素。

### 参考文献

[1] 杜冬冬. 道路桥梁施工中的养护管理与质量控制[J]. 四川建材, 2023, 49(08): 190-192.  
 [2] 余洪. 道路桥梁工程中路基路面施工质量控制研究[J]. 工程技术研究, 2020, 5(07): 180-181.  
 [3] 孙翠丽. 公路桥梁路基路面沉降原因及施工质量控制措施[J]. 交通世界, 2019, (11): 125-126+129.  
 [4] 何健斌. 市政路桥施工的技术及质量控制措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022, (25): 73-75.  
 [5] 徐敏. 公路桥梁养护与维修加固施工技术的应用[J]. 四川建材, 2021, 47(10): 151-152.