

# 浅谈道路桥梁施工技术现状与发展趋势

童斌

浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江 杭州 311305

DOI:10.61369/ME.2025040028

**摘 要：** 道路桥梁工程是交通基础设施的核心组成部分，其施工技术水平直接关系到工程质量、安全与使用寿命。本文围绕道路桥梁施工技术的现状与发展趋势展开探讨，分析当前主流施工技术的应用现状、存在的问题，并结合工程案例阐述技术创新方向，最后展望未来智能化、绿色化、工业化的发展趋势。研究旨在为道路桥梁施工技术的升级提供参考，推动行业向高质量、可持续方向发展。

**关 键 词：** 道路桥梁；施工技术；现状分析；发展趋势；技术创新

## A Brief Discussion on the Current Situation and Development Trend of Road and Bridge Construction Technology

Tong Bin

Zhejiang Jiaotong Hongtu Transportation Construction Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang 311305

**Abstract：** Road and bridge engineering is a core component of transportation infrastructure, and its construction technology level is directly related to the quality, safety and service life of the project. This article discusses the current situation and development trends of road and bridge construction technology, analyzes the application status and existing problems of the current mainstream construction technologies, and elaborates on the direction of technological innovation by combining engineering cases. Finally, it looks forward to the future development trends of intelligence, greenness and industrialization. The research aims to provide references for the upgrading of road and bridge construction technology and promote the industry's development towards high quality and sustainability.

**Keywords：** road and bridge; construction technology; current situation analysis; development trend; technological innovation

## 引言

随着我国交通网络的不断完善，道路桥梁工程建设规模持续扩大，施工环境日益复杂（如跨江河、穿山区、越城市密集区），对施工技术提出了更高要求。当前，道路桥梁施工已从传统的粗放式建设向精细化、智能化转型，但在复杂地质条件应对、环保施工、质量管控等方面仍存在不足。例如：某山区高速公路桥梁施工中，因传统挂篮悬臂浇筑技术精度不足，导致梁体线形偏差达8cm，需后期加固调整；某城市道路改造工程因扬尘控制不到位，引发周边居民投诉。在此背景下，梳理道路桥梁施工技术的现状，探索未来发展趋势，对推动行业技术进步具有重要意义。本文基于工程实践，系统分析技术现状与创新方向，为工程实践提供借鉴。

## 一、道路桥梁施工技术现状分析

当前道路桥梁施工技术已形成较为完善的体系，涵盖路基、路面、桥梁结构等多个领域，但不同技术的应用成熟度存在差异。

### （一）路基与路面施工技术现状

路基与路面是道路工程的基础，其施工技术直接影响道路的承载能力和耐久性。

路基施工技术：常用技术包括压实技术、软基处理技术等。

某高速公路路基段为软土地层（含水率35%，承载力60kPa），采用“塑料排水板+堆载预压”处理：打设长度15m的塑料排水板（间距1.5m×1.5m），分层堆载至3m高度，预压6个月后，地基承载力提升至180kPa，满足设计要求。但部分工程仍存在压实度不足问题，某二级公路路基施工中，因压路机吨位不足（选用18t而非设计22t），导致路床压实度合格率仅82%，通车1年后出现沉降。<sup>[1]</sup>

路面施工技术：沥青路面和水泥混凝土路面是主流类型。某城市快速路采用改性沥青路面施工，使用SBS改性沥青（针入度

60mm)，摊铺温度控制在165–180℃，碾压采用“初压紧跟、复压高频”工艺，路面平整度标准差控制在1.2mm以内。水泥混凝土路面施工中，某项目采用滑模摊铺机（行进速度1.5m/min），配合激光定位系统，面板厚度偏差控制在±5mm，远超人工浇筑的±10mm精度。

### （二）桥梁结构施工技术现状

桥梁施工技术因结构形式（梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥）不同而各具特点，当前以预制装配、悬臂施工、支架现浇为主流。

预制装配技术：在梁桥中应用广泛，某跨河大桥30m预制T梁采用“工厂化预制+架桥机安装”模式，梁体钢筋绑扎、混凝土浇筑均在预制场完成（蒸汽养护24小时，强度达设计值80%），现场架设效率达每天5片，较支架现浇工期缩短40%。但该技术在曲线梁、变截面梁应用中仍有局限，某城市立交桥因曲线半径小（ $R=50\text{m}$ ），预制梁安装时线形偏差达10cm，需二次调整。

悬臂施工技术：适用于大跨度连续梁桥，某长江大桥主跨180m连续梁采用挂篮悬臂浇筑，每节段施工周期10天，通过BIM技术模拟挂篮行走轨迹，线形控制偏差 $\leq 3\text{mm}$ 。但传统挂篮自重较大（约80t），对梁体产生附加应力，某项目因此将挂篮优化为轻量化设计（65t），减少梁体应力15%。<sup>[2]</sup>

拱桥施工技术：钢管混凝土拱桥因强度高、自重轻被广泛采用，某山区拱桥主跨150m，采用“缆索吊装+斜拉扣挂”工艺，将每节钢管拱肋（重50t）吊装至设计位置后，通过扣索调整高程（偏差 $\leq 5\text{mm}$ ），再灌注C80自密实混凝土，经检测钢管与混凝土粘结强度达3.5MPa，满足设计要求。

### （三）施工技术应用中的突出问题

尽管道路桥梁施工技术已取得显著进步，但在复杂环境应对、质量管控、环保性能等方面仍存在短板。

复杂地质适应性不足：在软土、岩溶、高地应力等地质条件下，传统技术易出现隐患。某沿海高速公路路基穿越淤泥质土层（厚度12m），采用普通袋装砂井处理后，工后沉降仍达30cm，远超允许值15cm；某隧道桥梁结合部因岩溶发育，桩基施工时出现突泥，被迫停工20天进行注浆加固。

质量管控精细化不够：部分工序依赖人工操作，质量稳定性差。某高速公路路面施工中，因摊铺机速度波动（2–5m/min），导致沥青面层厚度偏差达 $\pm 8\text{mm}$ （规范 $\leq \pm 5\text{mm}$ ）；某桥梁预制梁张拉时，因人工读数误差，预应力损失达8%（规范 $\leq 5\%$ ），影响梁体承载能力。

环保与节能水平待提升：施工过程中资源消耗大、污染问题突出。某桥梁施工现场粉尘排放浓度达 $0.8\text{mg}/\text{m}^3$ （标准 $\leq 0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ），周边农田作物叶片出现粉尘覆盖；某项目施工废水未经处理直接排放，导致附近河道悬浮物超标3倍。<sup>[3]</sup>

## 二、道路桥梁施工技术创新与应用案例

近年来，道路桥梁施工技术在绿色化、智能化、工业化方面

涌现出一批创新成果，有效解决了传统技术的痛点。

### （一）绿色施工技术创新

绿色施工技术通过减少资源消耗、降低污染排放，实现工程建设与生态保护的协同。

节能设备与材料应用：某高速公路项目采用电动摊铺机、太阳能路灯等节能设备，施工期用电量较传统设备减少20%；桥梁支座采用改性橡胶材料（含30%再生橡胶），不仅降低成本15%，还减少固废污染。某跨湖大桥施工中，全部采用LED照明（功率较传统卤素灯降低60%），并利用桥梁桩基施工产生的泥浆（经脱水处理）制作路堤填料，回用率达80%，减少弃渣占地20亩。

污染控制技术升级：某城市道路改造工程采用“雾炮车+围挡喷淋”组合降尘，配合PM2.5在线监测（超标自动启动设备），施工现场粉尘浓度控制在 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下；桥梁钻孔桩施工中，采用“泥浆循环净化系统”（含三级沉淀池+离心机），废水回用率达90%，悬浮物排放浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{L}$ ，周边水体未受影响。

### （二）智能化施工技术应用

智能化技术通过自动化、信息化手段提升施工精度与效率，减少人为干预。

BIM技术全流程应用：某特大桥项目建立BIM模型，整合设计图纸、材料参数、施工方案等信息，在预制梁生产中实现钢筋定位、模板安装的数字化指导，钢筋保护层厚度合格率从85%升至98%；施工中通过BIM模拟挂篮悬臂浇筑过程，提前发现3处模板碰撞问题，避免返工损失50万元。某城市道路工程利用BIM进行管线冲突检测，在施工前发现给水管与燃气管交叉冲突点12处，提前调整路由，减少施工扰民。<sup>[4]</sup>

智能监测与控制技术：某高速公路路面施工采用“智能摊铺机”，通过北斗定位（精度10mm）控制摊铺速度（稳定在3m/min）和厚度（偏差 $\leq 3\text{mm}$ ），配合红外温度传感器监测沥青温度（165–175℃），确保碾压效果；某斜拉桥施工中，安装振弦式应力传感器（每5m一个监测点），实时监测索塔应力变化，当应力达设计值80%时自动预警，避免超载风险。

### （三）工业化建造技术发展

工业化建造通过工厂预制、现场装配，实现施工标准化、高效化，代表了桥梁建设的重要方向。

预制装配桥梁技术：某城市快速路跨线桥采用全预制装配结构，墩柱、盖梁、箱梁均在工厂预制（混凝土强度达C50），现场通过灌浆套筒连接（灌浆料28天强度 $\geq 85\text{MPa}$ ），安装效率达每天2跨，较现浇施工缩短工期60%，且施工现场噪音降低40dB。某园区道路桥梁采用“模块化预制护栏”，每节长5m，重量2t，通过螺栓快速连接，安装合格率100%，后期维护更换仅需30分钟/节。

3D打印技术试点应用：某景观桥梁栏杆采用混凝土3D打印技术，打印材料为水泥、砂、矿渣粉（比例1:2:0.5），通过机器人喷头逐层打印（速度50mm/s），造型精度达 $\pm 2\text{mm}$ ，较传统预制节省模具成本30%；某道路检查井采用3D打印混凝土井筒，打印高度3m，施工时间从传统砌筑的8小时缩短至2小时，且井筒

垂直度偏差 $\leq 3\text{mm}$ 。

#### （四）复杂环境施工技术突破

针对特殊地质、地形条件，施工技术不断创新，提升工程适应性。

跨江河施工技术：某跨长江大桥主塔基础采用“双壁钢围堰”施工，围堰直径30m，通过GPS定位控制下沉精度（偏差 $\leq 10\text{mm}$ ），在水深25m、流速3m/s的条件下，成功完成封底混凝土浇筑（厚度3m，强度C30）；主桥钢梁采用“节段吊装+焊接”工艺，每节段重120t，通过激光测距仪控制对接精度（偏差 $\leq 2\text{mm}$ ），焊接质量一次合格率98%。<sup>[5]</sup>

山区道路施工技术：某山区高速公路穿越V型峡谷，采用“悬臂挂篮+隧道锚”组合工艺，桥梁主缆锚固于隧道锚（深度50m），通过三维有限元分析优化锚固结构，确保抗拔力达设计值1.2倍；路基施工中采用“冲击碾压+强夯”处理（每点夯击8次，单击能3000kN·m），使地基承载力从180kPa提升至300kPa，满足重型车辆通行要求。

### 三、道路桥梁施工技术的发展趋势

未来道路桥梁施工技术将向智能化、绿色化、工业化、长寿命方向发展，结合新理论、新材料、新技术实现质的飞跃。

#### （一）智能化与数字化深度融合

智能化技术将贯穿设计、施工、运维全周期，实现“数字孪生”管理。未来道路桥梁施工将广泛应用无人摊铺机、自动驾驶压路机（如某试点项目无人压路机作业精度达 $\pm 3\text{mm}$ ，效率提升20%），通过5G网络实现设备远程控制；BIM与GIS、物联网结合，建立“数字桥梁”模型，实时同步现场施工数据（如混凝土强度、结构变形），某跨海峡大桥规划采用该技术，实现两岸施工数据实时共享，减少沟通误差。此外，人工智能算法将用于施工方案优化，如某AI系统通过分析1000个桥梁案例，能在30分钟内生成最优挂篮施工参数，较人工计算效率提升10倍。

#### （二）绿色低碳技术全面推广

“双碳”目标推动下，绿色施工技术将从“被动环保”转向“主动减碳”。新型低碳材料将成为主流，如低碳水泥（掺加50%工业废渣）在桥梁工程中的应用比例将达80%，某预计2025年投用的高速公路桥梁采用该水泥，可减少碳排放30%；施工设备将

全面电动化，如电动起重机（续航8小时，载重50t）、电动旋挖钻（噪音 $\leq 70\text{dB}$ ），某新区道路工程已实现施工设备100%电动化，年减排二氧化碳5000吨。此外，碳足迹核算将纳入施工管理，某桥梁项目通过核算施工阶段碳排放（材料生产占60%、设备能耗占30%），针对性采用光伏供电（占施工用电20%）、再生材料（占比15%），实现碳减排22%。

#### （三）工业化建造模式普及

工业化建造将实现设计标准化、生产工厂化、施工装配化，大幅提升效率。未来中小跨径桥梁（ $\leq 50\text{m}$ ）将100%采用预制装配，如某省规划的县乡道路桥梁，墩柱、梁体预制率达100%，现场安装工期缩短至7天/座；大跨度桥梁将推广“模块化建造”，如某公铁两用桥将主跨钢梁分为20个模块（每个重500t），工厂预制后通过巨型浮吊整体吊装，对接精度控制在 $\pm 5\text{mm}$ ，较传统散拼缩短工期40%。同时，预制构件连接技术将突破，如采用“超高性能混凝土（UHPC）灌浆接头”，抗压强度 $\geq 120\text{MPa}$ ，耐久性达100年，某跨海大桥采用该技术，接头使用寿命与桥梁主体一致。

#### （四）长寿命与全周期运维技术发展

道路桥梁将从“建设优先”转向“全周期管理”，施工技术与运维技术深度融合。施工中将广泛采用耐久性材料，如桥梁钢筋采用CRB600H高延性冷轧带肋钢筋（corrosion resistance提高50%），路面采用玄武岩纤维改性沥青（抗老化性能提升30%），某高速公路采用该沥青后，预计使用寿命从15年延长至20年。此外，施工阶段将预埋监测传感器（如光纤光栅传感器），实现桥梁全生命周期健康监测，某大桥在施工时预埋100个传感器，运营期间可实时监测梁体应变、温度变化，数据异常时自动预警，为养护提供依据，预计可降低维护成本25%。<sup>[6]</sup>

### 四、结语

道路桥梁施工技术正处于从传统向现代化转型的关键阶段，当前在绿色化、智能化、工业化方面已取得显著进展，但仍面临复杂环境适应性不足、质量管控精细化不够等问题。未来，随着数字技术、低碳理念、工业化模式的深入应用，道路桥梁施工将实现“更智能、更绿色、更高效、更耐久”的目标。

### 参考文献

- [1] 赵久敏, 张昕琪. 预应力技术在道路桥梁施工中的应用探讨 [J]. 建设机械技术与管理, 2024, 37(3): 135-137.
- [2] 高立广. 基于BIM技术桥梁施工全过程优化研究 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5(12): 103-105.
- [3] 周治霖. 基于RBF神经网络的桥梁施工监管方法研究 [J]. 工程建设与设计, 2024, (11): 247-249.
- [4] 张伟蓉. 浅谈道路桥梁施工技术现状和发展趋势 [J]. 四川建材, 2023, 49(4): 191-193.
- [5] 刘记. 浅谈道路桥梁施工技术现状与发展趋势 [J]. 散装水泥, 2024, (2): 95-97.
- [6] 唐浩凌. 公路桥梁施工技术与流程优化研究 [J]. 运输经理世界, 2024, (12): 100-102.