挂篮悬浇施工技术在道路桥梁工程中的应用

王 盛

长大市政工程（广东）有限公司 广东 中山 528451

【摘 要】：当下国内路桥建设逐步延伸至峡谷、深水等复杂区位，常规落地支架施工受场地、水流环境限制突出，已难以适配大跨度桥梁的建造条件。挂篮悬浇工艺借助已成梁段完成分段浇筑作业，省去大面积支架搭设工序，对桥下通行与原有地表环境干预程度低，在连续梁、刚构类桥梁项目中得到广泛运用。该施工模式处在高空作业环境，挂篮锚固可靠性、梁体线型把控、合龙阶段体系转换等关键工序，深刻影响桥梁整体质量。本文将立足现场施工实践，梳理挂篮悬浇技术实施要点，剖析施工阶段常见问题，为同类型路桥项目提供务实的技术参考。

【关键词】：挂篮悬浇施工技术；道路桥梁工程；应用

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.076

引言

我国交通运输行业随着我国进步得到了充分的发展，在此背景下，交通需求不断上涨，道路桥梁工程的数量也只增不减，桥梁工程也因为不断扩大的规模而增加难度。为了确保道路桥梁工程更加高效，将研究的先进施工工艺应用于各大桥梁工程中，可以有效促进我国公路桥梁工程整体的施工质量。因此，针对挂篮悬浇施工技术在道路桥梁工程中的应用进行深入探究极为重要。

1 挂篮悬浇施工技术概述

挂篮悬浇依靠墩顶 0 号块作为作业基点，借助可滑移的挂篮装备开展分段对称浇筑，整套设备涵盖主桁架、模板、行走及锚固组件，无需搭设落地支架，适配跨江河、深谷的大跨连续梁与刚构桥建造。工程常用菱形自锚式挂篮，挂篮自重与最大浇筑节段重量比值控制在 0.3-0.5 区间，单节段浇筑长度多取 3-4m，挂篮抗倾覆安全系数不得低于 1.5，单节完整施工循环周期维持 6-10 天。整套工序包含挂篮拼装预压、钢筋模板布设、混凝土浇筑、预应力张拉、挂篮前移、合龙及体系转换，高空作业属性突出，挂篮变形、梁体高程偏差、预应力施加质量直接左右成桥结构安全与外观状态。

2 挂篮悬浇施工技术在道路桥梁工程中的应用意义

2.1 拓展桥梁建设适配性

在传统桥梁施工模式中，落地支架搭设、场地规整硬化是施工开展的必备前提，极易受现场环境制约。挂篮悬浇施工工艺彻底摒弃了这类固化施工条件，无需大面积布设支撑结构，不会占用桥下通行及自然空间，能够适应深水河道、山地沟壑、超高墩体等各类复杂特殊的施工工况。凭借可移动、组合式的结构特性，该工艺能够适配不同跨度、不同曲面造型的桥梁主体施工，适配各类公路与市政桥梁建设场景，有效破解特殊地形桥梁建设难题，为交通路网的全域贯通建设筑牢技术基础。

2.2 提升桥梁工程整体质量

挂篮悬浇采用分节段对称浇筑、循序成型的施工方式，整套施工流程可实现精细化、规范化管控，从结构成型环节提升桥梁整体稳定性与整体性。施工阶段可根据现场实测数据动态调整设备状态与浇筑参数，精准把控桥梁线形高程、结构尺寸等核心指标，最大程度规避传统施工模式下极易产生的形体偏差、不均匀沉降等质量隐患。分节成型的施工方式可让桥梁预应力结构分布更为均衡，优化整体受力体系，切实增强桥梁承载性能与抗损耗能力，延长工程服役年限，从根本上保障道路交通通行的稳定性与安全性。

3 挂篮悬浇施工技术在道路桥梁工程中应用存在的问题

3.1 挂篮拼装及预压施工规范性欠缺

挂篮作为悬浇施工的核心承载设备，其安装质量直接决定施工安全与精度。部分施工班组为追赶工期，简化桁架拼装、锚固固定等关键流程，造成杆件衔接松动、锚固贴合不严等隐患。同时，不少项目预压测试仅做表面流程，未按照 3 至 4 米标准节段最大荷载进行全真模拟，无法彻底消除设备非弹性形变，致使后续梁体浇筑阶段出现不均匀沉降，整体施工稳定性大幅下降。

3.2 桥梁主体线形精准控制难度较大

梁体线形参数是评判桥梁施工质量的核心标准，高空露天作业的特殊性，让施工过程极易受昼夜温差、高空阵风、挂篮移位偏心等外界条件干扰，引发梁体

高程、轴线出现细微偏差。多数施工现场的动态监测频次不足，无法做到逐段采集形变数据、实时调整施工参数，各节段微小误差不断叠加累积，最终造成梁体平整度不达标、轴线偏移超标，严重影响桥梁外观及通行平顺性。

3.3 预应力施工工序质量把控不严

预应力施工是平衡梁体结构内力、规避结构开裂的关键工序。现场施工中，波纹管定位偏移、浇筑过程管道堵塞等问题频发，直接阻碍钢绞线正常穿设。同时，部分作业人员未严格遵从分级张拉、稳压持荷、锁定锚固的标准化流程，张拉应力与理论延伸量偏差超出规范允许范围。且张拉完成后孔道压浆不密实、填充不饱满，长期服役下钢绞线易发生锈蚀，进而引发梁体受力失衡、结构性裂缝等质量病害。

3.4 混凝土浇筑成型质量隐患突出

挂篮悬浇采用分段高空浇筑模式，混凝土从运输到入模的全过程易发生骨料离析、浆液流失等问题。加之高空作业风速大、环境温度波动明显，难以精准把控混凝土初凝、终凝时间。作业人员浇筑振捣操作不规范，局部振捣疏密不均，节段新旧混凝土衔接位置振捣不到位，极易产生麻面、蜂窝、施工冷缝等缺陷，大幅降低梁体混凝土密实度与整体强度，削弱桥梁结构耐久性能。

3.5 施工现场安全管理体系存在漏洞

挂篮属于移动式高空作业设备，行走移位、锚固受力、临边作业等环节风险极高。当前部分项目安全管理流于形式，前期技术安全交底针对性不足，作业人员时常出现违规操作、防护用具佩戴不规范等行为。现场对挂篮行走偏移、锚固受力不均、临边防护缺失、高空坠物等风险隐患排查频次不足、整改不彻底，极大增加了高空作业安全事故的发生概率。

3.6 合龙施工与体系转换衔接不合理

跨梁合龙与结构体系转换是悬浇施工的收尾核心工序，直接决定桥梁整体受力状态。实际施工中，不少项目未优选低温恒温的合理时段开展合龙作业，合龙段配重布设不均衡、施压不均匀。体系转换阶段，支座解锁、应力释放、梁体固结解除等工序衔接混乱，操作节奏把控失衡，容易造成梁体局部应力集中、线形突变，后期极易出现结构性裂缝，威胁桥梁整体结构安全与长期通行稳定性。

4 挂篮悬浇施工技术在道路桥梁工程中的应用策略

4.1 规范挂篮拼装流程，落实分级预压管控标准

挂篮悬浇施工技术在道路桥梁工程中的应用过程中，为解决挂篮构件拼装松散、预压试验流于形式引发的设备形变、梁体不均匀沉降等问题，现场需严格落实标准化拼装作业规范，严控桁架拼接、锚固固定等关键工序施工质量。施工前期对菱形、三角型主流挂篮构件开展全数核验，构件连接螺栓紧固扭矩统一把控在 80-120N·m，保障整体构架衔接紧实、无松动偏移。

下表为该项目挂篮分级预压加载控制参数，结合现场 3-4m 梁段浇筑实际工况设定：

加载等级	加载荷载(占最大施工荷载比例)	稳压时长(h)	观测频次	核心控制指标
一级加载	40%	2	每 30min 采集一次	构件无肉眼可见变形、焊缝无开裂
二级加载	80%	4	每 30min 采集一次	挂篮支点位移波动不超 1.2mm
三级加载	120%	6	每 30min 采集一次	抗倾覆系数≥1.5，沉降差≤2mm

拼装工作结束后严禁直接投入施工，采用分级加载预压方式，按照最大施工荷载 1.2 倍标准分三级逐级加载稳压，精准匹配 3-4m 常规节段浇筑工况，彻底消除设备非弹性形变。全程动态采集沉降与形变数据，确保挂篮抗倾覆安全系数稳定高于 1.5，将预压沉降差值严控在 2mm 以内，核验合格并留存完整检测台账后，方可开展挂篮前移作业，从设备源头筑牢施工安全与精度基础。

4.2 推行动态监测体系，精准把控梁体施工线形

针对高空露天施工环境下，温差、阵风、设备偏心位移引发的梁体线形偏差及误差累积问题，需搭建全周期动态监测与实时纠偏机制，实现梁体高程、轴线参数精准可控。施工前期依托专业仿真软件完成全桥线形模拟演算，确定各节段专属施工基准参数，提前规避各类环境因素对线形精度的干扰。施工阶段遵循“逐段监测、逐段修正”的作业原则，每完成单个节段浇筑与预应力张拉工序，即刻开展线形复测工作，将梁体高程偏差控制在±5mm、轴线偏差不超 3mm。昼夜温差超 10℃时，增设夜间恒温时段复测频次，及时修正温度应力带来的形变偏差，杜绝多节段误差叠加问题。依托实时监测数据动态调整模板高程与水平

位置，确保成桥线形与设计标准高度契合，保障桥面通行平顺性。

4.3 细化预应力施工工艺，严控结构内力稳定性

为改善预应力施工中管道偏移堵塞、张拉数值偏差、孔道压浆不密实等常见质量通病，需对预应力施工全流程实施精细化管控，细化各工序施工标准与操作要求，如下表所示。

施工工序	关键控制参数	管控目标	质量风险后果
波纹管布设	固定间距≤50cm，坐标偏差≤5mm	抵御浇筑扰动，防止管道移位	钢绞线穿束受阻，预应力传递路径偏移
分级张拉	分级 10%→20%→100%，单级稳压≥5min，延伸量偏差±6%	应力施加均匀匹配设计值	局部应力过载，梁体产生非预期裂缝
真空辅助压浆	压浆压力 0.5-0.7MPa，张拉结束 48h 内完成	孔道浆液充盈密实	钢绞线氧化锈蚀，结构内力逐步衰减

钢筋绑扎作业阶段，精准定位波纹管安装位置，管道固定间距不大于 50cm，有效抵御混凝土浇筑冲击造成的管道位移、变形问题，浇筑完成后及时开展通孔排查，提前疏通内部杂物规避堵管故障。张拉施工严格执行分级持荷标准，按照 10%、20%、100%的梯度张拉应力逐级作业，每级持荷稳压时长不低于 5 分钟，同步校核张拉应力与钢绞线延伸量，将数值偏差控制在±6%的规范允许区间。张拉施工完毕 48 小时内，采用真空辅助压浆技术完成孔道注浆，压浆压力稳定维持在 0.5-0.7MPa，保证孔道浆液填充饱满、封堵密实，杜绝钢绞线长期锈蚀、结构内力失衡等结构性病害。

4.4 优化混凝土施工工艺，提升梁体成型质量与耐久性

针对高空分段浇筑作业易产生的混凝土骨料离析、施工冷缝、表面蜂窝麻面等质量缺陷，相关部门需从原材料管控、现场浇筑、振捣养护等多个维度优化施工方案。混凝土运输全程采用密闭式运输设备，进场后及时检测坍落度指标，将数值稳定控制在 160-180mm，从源头规避骨料分离、浆液流失问题。合理调整施工时段，避开大风、高温极端天气作业，根据现场环境温度微调外加剂掺量，精准适配高空施工节奏，科学调控混凝土初凝时长。浇筑作业采用分层振捣工艺，单层浇筑厚度保持在 30-40cm，均匀布设振捣点位，重点强化新旧混凝土衔接部位的振捣作业，杜绝漏振、过振引发的密实度缺陷。浇筑成型后第一时间开展全覆盖保湿养护，常温环境下养护周期不少于 7 天，高低温特殊天气延长至 10 天以上，有效提升梁体整体密实度与结构耐久性能。

4.5 完善安全管控体系，落实标准化现场作业管理

为有效化解挂篮高空移动作业的各类安全隐患，补齐现场管理短板，需构建全覆盖、常态化的安全管控体系，逐层压实岗位安全职责。正式施工前，针对挂篮行走、锚固安装、临边高空作业等高危施工环节，开展专项安全技术交底，明确标准化操作规范与风险防控要点，杜绝违规作业行为。同时，在建立设备日常巡检机制的基础上，每日核查挂篮锚固受力状态、杆件完好程度及行走轨道平整度，将挂篮行走位移偏差控制在 1cm 范围内。全面完善临边防护、防坠防护等安全设施，统一规范作业人员防护用具佩戴标准，常态化开展安全隐患排查整治，建立隐患台账并实行闭环管理。严格落实自检、互检、交接检的三检制度，实现工序全过程管控，最大限度降低高空作业安全风险。

4.6 科学把控合龙工序，规范结构体系转换流程

针对合龙施工精度不足、体系转换工序混乱引发的结构应力集中、线形突变等问题，需制定科学规范的合龙施工与体系转换专项方案。合龙段施工优选夜间恒温低噪时段开展，施工环境温度稳定控制在 15-25℃，最大程度削弱温度形变对梁体精度的干扰，同步均匀布设悬臂配重，保障桥梁两端悬臂受力均衡、沉降同步。结构体系转换严格遵循既定施工流程，有序完成支座解锁、应力缓释、梁体固结解除等一系列工序，杜绝工序倒置、施工节奏紊乱。转换全过程实时监测梁体应力数值与线形变化，一旦出现数据异常立即停工调整，精准把控结构整体受力状态，从工艺层面规避后期结构性裂缝产生，切实保障桥梁结构安全与长期通行稳定性。

总而言之，挂篮悬浇工艺适配复杂地形下大跨桥梁的建造需求，是现阶段道路桥梁施工里实用性极强的一类工法。现场实施阶段，要重视挂篮组拼、砼浇筑、预应力作业与桥体线形测控等关键环节，依照项目实际条件提前研判各类潜在问题，落实全过程风险管控，减少各类施工缺陷。

当下桥梁建设不断向大跨、高墩方向推进，挂篮悬浇的工艺迭代仍有很大空间，可进一步融合现场实测数据完善管控模式。一线技术人员要立足施工现场积累实操经验，细化各环节管控举措，持续打磨施工

管理体系，以此夯实桥梁实体品质，为路网工程长期　　安全运营提供可靠的技术支撑。

参考文献：

[1] 孙海杰.挂篮悬浇施工技术在桥梁工程中的应用[J].交通世界,2025,(20):154-156.

[2] 张广帅.挂篮悬浇施工技术在道路桥梁工程中的应用[J].运输经理世界,2025,(17):118-120.

[3] 巩彦辰.挂篮悬浇施工技术在公路桥梁工程中的应用[J].四川建材,2025,51(1):185-188.

[4] 周军,李志辉.道路桥梁施工中挂篮悬浇施工技术分析[J].汽车周刊,2024,(10):246-248.

[5] 杜卫卫,陈心慧.道路桥梁施工中挂篮悬浇施工技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(12):157-159.