

高速公路桥梁连续钢构挂篮悬浇段施工技术分析

秦小龙

广东华路交通科技有限公司 广东广州 510000

DOI:10.12238/ems.v7i9.15167

[摘要] 随着高速公路桥梁结构逐渐向大跨径的方向发展,连续钢构挂篮悬浇技术高空节段化施工中日益普及,对施工装备及结构控制提出更高标准。基于此,本文探讨了“优化挂篮受力构型”“细化混凝土的参数”“精准设定预拱曲线”“严控张拉工序精度”等四项策略,提出连续钢构施工阶段内各环节动态适配的综合路径,力求在施工全过程中同步提升结构性能和作业效率,旨在为施工人员提供有益参考。

[关键词] 高速公路桥梁; 连续钢构; 挂篮悬浇

引言:

高速公路建设正处于路网结构升级的阶段,跨越能力强适应性高的连续钢构桥梁成为复杂地形条件下的主要结构选择。在长大桥梁中采用挂篮悬浇技术已成为普遍趋势,该工艺以高空节段浇筑为核心,在作业空间有限的背景下对施工精度提出更高要求。目前行业内在挂篮构型调控等方面已形成一系列标准流程,但在多因素交互下各环节间仍存在匹配滞后等问题。为适应结构复杂化趋势,施工人员有必要针对连续钢构挂篮悬浇施工中的控制点展开梳理,推动连续钢构施工控制技术不断走向高效精准。

一、高速公路桥梁连续钢构挂篮悬浇段施工现状

1. 挂篮设计适应性仍需优化

当前挂篮结构形式较为多样,但在处理超长悬臂以及墩位布设复杂的桥梁结构时,仍存在较大技术难度。挂篮在承载适应性方面易出现局限,像高墩区段或节段尺寸变化频繁的情况下,挂篮结构和梁体形态的适配性较差,难以满足实际受力需求。在操作层面,部分挂篮系统在纵向移动过程中推力传递不均容易引发结构扭摆,导致运行不稳定在转体或爬移作业中晃动较为明显。这些问题会降低作业的连续性,也对施工人员的操作安全带来潜在风险。此外,挂篮在横向连接纵移支撑方面仍存在局部结构刚度不足等问题,难以保持挂篮整体运行过程的受控性,这些问题在实际工程中易被忽视,却往往成为制约挂篮施工效率的因素。

2. 混凝土质量控制难度较高

在连续钢构挂篮悬浇段施工过程中,混凝土施工质量面临较高要求,在一次成型时对精度提出严格限制,坍落度的波动容易影响混凝土的流动性,若控制不严会直接影响成型质量。施工现场遇高温或强风天气,混凝土易产生早期水分蒸发过快,进而引发塑性收缩裂缝严重时还可能造成强度下降^[1]。此外,混凝土浇筑必须保持连续性若中途间断,极易产生施工冷缝进而削弱整体的结构受力性。在节段施工中,

接缝部位如果振捣不充分或养护时间不足,就会出现接触面不密实等问题,导致该区域在承载过程中的变形大于其他段落,从而形成薄弱环节。高空作业及施工进度压力也易导致施工人员忽视细部操作增加质量波动风险。

二、高速公路桥梁连续钢构挂篮悬浇段施工技术分析

1. 优化挂篮受力构型,提升结构匹配能力

在当前高速公路桥梁工程中,连续钢构结构大多采用大跨径或变截面设计,这对挂篮悬浇施工提出更高要求。挂篮作为关键的施工设备,需在结构施工过程中保持整体受力平衡,如果挂篮的受力构型同主梁结构形态不一致,就容易出现纵向推力不均等问题。这些问题会影响施工操作的稳定性,也可能会导致梁体线形出现偏差等质量隐患。为适应不同桥型的结构要求,挂篮构型优化需考虑梁体结构的几何特点,在桥梁纵坡变化大或墩位布设复杂的区域,挂篮在运行过程中所承受的应力会随之变化。如果挂篮构型未能及时适应主梁受力的变化趋势,就可能引起节段线形失控等问题。

例如,在高速公路桥梁连续钢构挂篮悬浇工程中,为保证挂篮悬浇施工过程中的结构稳定,挂篮的构型设计需和主梁结构保持良好匹配(如图2所示)。施工人员需在施工中对挂篮主桁架高度展开分级设置,使其能够对应梁高变化保持底模和主梁之间的稳定间距,避免悬臂推进过程中出现受力不均等问题。挂篮底部的托架结构可采用可调节形式,根据节段宽度变化及时调整支点位置,确保支撑反力始终分布合理避免出现局部变形问题。在跨中向墩顶过渡区域,挂篮受力状态会发生改变重心逐渐偏移,可能导致节段线形出现误差。为减小影响,施工人员应适当前移挂篮纵移轨道,使整体重心更加接近主梁轴线,挂篮横向设置限位装置,使节段位置始终处于控制范围内。尾部支撑装置需根据节段重量变化定期调整受力比例,使挂篮在运行过程中保持稳定。测量系统则同步设置纵向和横向基准线,实时检测挂篮位置和节

段高程，每完成两个节段便展开一次线形复测，确保结构走向保持连续。整个施工过程中，挂篮需始终保持和主梁结构

参数一致受力状态平衡结构精度稳定，满足连续钢构桥梁对高空悬浇施工的要求。

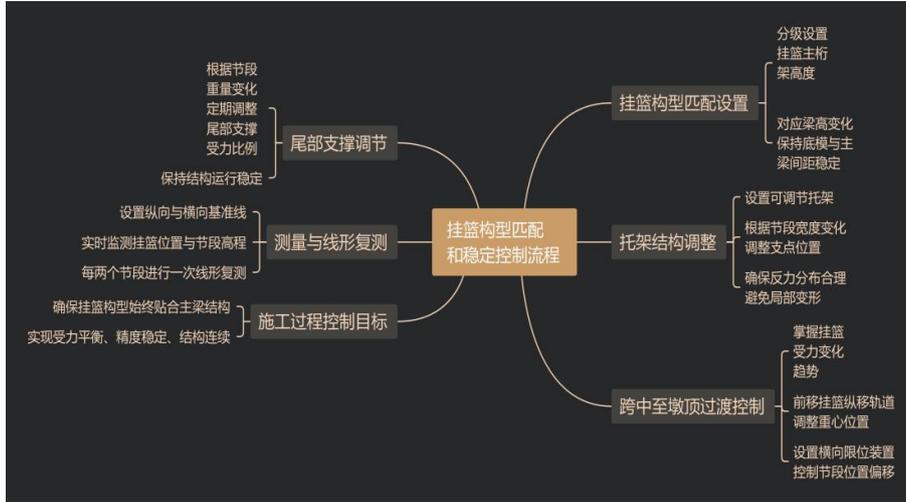


图 2 优化挂篮受力构型，提升结构匹配能力流程图

2. 细化混凝土的参数，强化入模质量控制

挂篮悬浇作业要求每一节段混凝土在入模时要具备良好的流动性，否则容易在模板内形成空隙造成局部强度不足等问题，严重时还可能会引起结构变形。高温或风力强的施工环境容易加快水分蒸发，导致混凝土开裂或强度下降^[2]。在节段接口位置，若混凝土的状态不稳定或未能紧密结合，能够影响受力的均匀分布产生线性偏差降低结构安全性。针对混凝土质量的控制问题，策略应围绕材料性能和桥梁结构的适配关系展开，结合桥型变化及挂篮作业节奏，细化混凝土在拌合各阶段的质量要求。混凝土的工作性能必须适应高空作业环境，确保每一节段在施工过程中均能成型密实界面平整，且强度符合设计标准。施工人员应把策略的思路贯穿混凝土材料性能和连续钢构施工工艺之间的关系，强化节段施工中的各项质量控制节点，保障混凝土在结构中长期保持良好稳定性。

例如，在一座位于山区的高速公路桥梁连续钢构挂篮悬浇工程中，夏季施工面临高温和多风的环境条件，对混凝土的拌合质量和入模状态提出更高要求。针对此情况，施工人员在施工现场需明确各项混凝土性能指标，把坍落度等参数同结构特点相对应，确保混凝土具备良好的流动性，在节段长度和截面不断变化的情况下，混凝土必须在模板中均匀展开避免出现沉淀以保障结构密实度。考虑到高温可能会造成水分蒸发加快，项目组需根据气温变化调整混凝土材料的拌合方式和运输时间，使混凝土在入模时保持合适的温度，降低早期裂缝的发生概率。在节段之间接缝部位的混凝土必须确保新浇筑材料能和前一段有效衔接，减少结合处因不密实而引起的强度损失，在浇筑过程中要控制混凝土入模速度，使其在模板中充分分布保持表面平整。挂篮施工每推进一个

节段现场就要安排一次混凝土性能检测，包括密度和初期强度增长速率，确保每个节段都达到结构设计要求。此外，测量人员对混凝土边缘线形展开跟踪记录，把数据用于下一阶段调整混凝土性能，确保整体结构的精度。在此过程中，混凝土各项性能需始终紧贴桥梁结构的发展需求，可有效提升挂篮悬浇施工中混凝土的成型质量。

3. 精准设定预拱曲线，分段修正线形误差

在高速公路桥梁连续钢构挂篮悬浇段施工中，由于桥梁自重和施工过程中累计的偏差都会引起梁体变形，没有准确设定预拱高度就容易导致梁体中部下挠，桥面出现起伏或坡度变化，影响结构受力的均匀性^[3]。在节段数量较多或跨径较大的结构中，如果每一节段的高程控制不到位就容易形成误差积累，使终点出现闭合困难的现象。施工人员设定合理的预拱曲线应从桥梁整体结构特征出发，结合梁体刚度及施工气候因素建立统一的线形控制思路。不同桥型对节段高程控制的精度要求不同，在节段布设不均或纵向刚度变化大的位置，更需调整各节段的高程关系。在高空作业过程中，主梁线形的控制要考虑挂篮的位置，还要分析混凝土成型后的收缩趋势，使预拱曲线能够稳定结构姿态，保持桥面平顺和纵向标高的一致性，确保结构施工过程中的整体协调。

例如，施工人员为确保主梁线形符合设计要求，可根据结构刚度分布和张拉顺序提前设置完整的预拱曲线，每一个节段的高程都要有明确坐标，并以挂篮纵移轨道中心线为基准展开定位，确保节段入模时同理论线形一致。(如图 1 所示)底模安装高度要根据预拱数据逐段调整，使节段浇筑后能准确落在设计曲线范围内。在施工过程中，施工人员每完成一个节段的混凝土浇筑，测量人员就需立即开展高程复测，并比对实测数据和预设值分析线形的变化趋势。如果连续几个

节段的高程偏差较明显，挂篮顶托系统就会及时调整底模前后高差，纠正后续节段的高程位置。对于温度较高或施工间隔较短的时段，混凝土收缩会影响结构姿态，测量人员可根据实际情况适当修正节段的预拱值避免累积误差。此外，在施工最后阶段线形控制非常重要，必须同时控制两端节段的高程，并实时比对合口的设计标高，如出现偏差，测量人员要根据已有数据推算出误差范围，并在后续节段中逐步调整模板安装基准，使主梁线形平稳过渡合口高程控制在允许范围内，能够有效保障桥梁结构的线形质量。



4. 严控张拉工序精度，保障受力均衡传递

在高速公路桥梁连续钢构挂篮悬浇段施工中，预应力张拉是确保结构安全与线形稳定的重要环节，张拉力值如果偏差较大，就容易导致主梁内力分布不均而引起局部开裂等问题。连续钢构结构在挂篮悬浇过程中本身处于不稳定状态一旦张拉控制不严，就可能在梁体内部造成应力集中，影响节段间的受力协调。施工人员部署策略时应围绕结构整体稳定展开，结合主梁节段布设及受力状态发展，构建统一协调的张拉控制思路^[4]。不同桥段结构特性不同，张拉节奏需和挂篮移动方式和混凝土强度提升过程相互衔接，避免结构受力失衡。结构在纵向推进过程中会受温度变化等因素的影响，张拉过程中的每一项数据控制都应根据结构变化规律展开调整，从整体上确保桥梁主梁结构受力平稳线形准确。

例如，在高速公路桥梁连续钢构挂篮悬浇施工项目中，主桥采用四跨连续刚构结构，采用对称悬臂节段浇筑方式推进。由于节段数量较多结构刚度不断变化，施工人员需根据整体受力情况建立分阶段的张拉控制方案。每一节段的张拉时机需和混凝土的强度保持一致，确保结构在受力过程中逐步稳定。挂篮内部则需设置张拉监测装置，实时记录张拉过程中的应力变化，比对数据和设计值便于及时发现偏差。当施工推进到靠近边墩的位置时，结构刚度变化明显张拉力传递路径发生改变，系统提高监测频率对每一次张拉力变化都展开准确记录。张拉设备配备分级限位装置保证张拉速度均匀，避免由于加载不一致导致的应力突变。现场还要根据实际气温设定温度控制参数，防止高温条件下钢束应力传递延

迟，确保受力状态稳定。整个张拉过程应紧扣挂篮施工节奏，配合节段状态动态调整张拉方式，使主梁结构在整个悬浇过程中保持受力均匀线形顺畅，确保施工质量符合要求。

结束语：

连续钢构桥梁常用于高速公路跨越复杂地形的工程中，挂篮悬浇是其核心施工方式之一，对结构受力和现场管理提出较高要求。结构线形复杂作业空间有限，施工中需重点控制挂篮结构匹配等环节，随着桥梁结构不断增大形式更加多样，挂篮悬浇施工所面临的技术难度持续增加。要保障施工质量和结构安全，施工人员需要在各环节之间建立协调统一的控制思路，提升全过程施工的精度和稳定性。未来，施工人员应在标准制定等方面不断完善，使挂篮悬浇技术适应桥梁建设的高质量发展需求。

[参考文献]

- [1]董凯. 公路桥梁工程中挂篮悬浇施工技术的应用 [J]. 中国住宅设施, 2025, (03): 188-190.
 - [2]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 (01): 185-188.
 - [3]邓建. 高速公路桥梁挂篮悬浇施工技术分析 [J]. 运输经理世界, 2024, (19): 92-94.
 - [4]叶鹏. 高速公路桥梁连续刚构挂篮悬浇段施工技术解析 [J]. 运输经理世界, 2021, (10): 46-48.
- 作者简介：秦小龙（1994-5）男，汉族，江西南昌人，本科，助力工程师，研究方向：道路与桥梁。