

桥梁工程中的挂篮施工技术分析

司新虎

杭州路达公路工程有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 在桥梁工程不断发展的当下,对施工技术的要求也日益提高,本文围绕桥梁工程挂篮施工技术展开分析,阐述挂篮系统构成模块与类型划分,介绍核心工艺流程,包括前期准备、安装调试、分段施工循环,探讨关键技术要点,如结构与优化、荷载控制等,分析智能化升级、绿色施工创新、适应复杂环境能力提升等发展趋势,为桥梁工程挂篮施工提供全面技术参考。

关键词: 桥梁工程;挂篮施工;工艺流程;技术要点;发展趋势

引言:在桥梁工程中,挂篮施工技术是连续梁桥施工的关键方法。随着桥梁建设向大跨度、复杂环境发展,对挂篮施工技术要求日益提高。挂篮系统构成复杂,不同类型适用于不同场景。施工工艺流程涵盖多个关键环节,技术要点把控关乎施工安全与质量。深入研究挂篮施工技术,对推动桥梁工程发展具有重要意义。

1 挂篮系统构成与分类

1.1 系统组成模块

承重结构是挂篮系统的核心承载部件,主要包括主桁架和前上横梁。主桁架有多种结构形式,桁架式、菱形、三角形均较为常见,主桁架与前上横梁协同作用,共同承担施工过程中产生的各类荷载以及挂篮自身重量^[1]。悬吊系统负责荷载的传递工作,核心构件涵盖精轧螺纹钢、吊带和分配梁。精轧螺纹钢直径通常为25-40毫米,吊带宽度在100-200毫米范围内。通过合理的构件组合与连接方式,悬吊系统将施工荷载平稳传递至主承重系统,保障荷载传递路径清晰、受力稳定。锚固装置是保障挂篮结构稳定性的关键,主要分为后锚固和前支点锚固两类。后锚固通过精轧螺纹钢与梁体紧密连接,前支点锚固则针对性强化前端支撑稳定性,两者配合形成完整的锚固体系,确保挂篮在施工过程中不发生位移或失稳。行走系统实现挂篮的纵向移动功能,由轨道、滑座和驱动装置组成。驱动装置分为液压式和机械式两种,轨道为移动提供导向,滑座减少移动过程中的摩擦阻力,驱动装置提供动力,三者协同完成挂篮的平稳移动。工作平台为施工人员提供操作空间,主要包含底模平台、侧模和内模。各平台与模板构件根据施工需求合理布置,保障施工人员能够在安全、便捷的环境下完成钢筋绑扎、混凝土浇筑等各项作业。

1.2 挂篮类型划分

按结构形式划分,挂篮可分为多种类型。桁架式挂

篮结构规整、受力明确;斜拉式挂篮采用斜拉索传递荷载,结构轻盈;弓弦式挂篮结合弦杆与桁架优势,承载效率较高;平弦无平衡重式挂篮通过优化结构设计,省去平衡重构件,简化施工流程。按行走方式划分,挂篮主要有滚动式和滑动式两种。滚动式依靠滚动构件实现移动,摩擦阻力小,移动效率高;滑动式通过滑动面接触实现移动,结构简单,维护成本较低,适用于不同施工场景需求。按功能特性划分,挂篮可分为轻型和重型两类。轻型挂篮注重自重控制,具备较强的场地适应性,适合中小跨度桥梁施工,轻型挂篮自重一般在50-150吨;重型挂篮强调承载能力提升,能够应对大跨度桥梁施工中的重载需求,保障施工安全与质量,重型挂篮自重通常在200-500吨。

2 挂篮施工核心工艺流程

2.1 前期准备阶段

设计验证是挂篮施工的重要开端。需综合考量桥梁跨度大小、梁段重量轻重以及截面形式特点,以此为依据精确定挂篮长度。当桥梁跨度为50-100米时,挂篮长度一般设计为15-30米;梁段重量在100-300吨时,需根据具体情况调整挂篮承载设计。合理的长度能确保挂篮在施工过程中稳定覆盖施工区域,满足施工需求。同时,要科学规划横断面布置,使挂篮各部分在横向上合理分布,充分发挥结构性能。此外,准确核算荷载参数也必不可少,这关系到挂篮能否安全承载施工过程中的各种荷载^[2]。材料与设备检查环节同样关键。对于钢材,要严格检测强度、韧性等指标,钢材屈服强度一般要求不低于300兆帕,抗拉强度不低于400兆帕,确保能满足设计要求的承载能力;焊接件需检查焊接质量,避免出现虚焊、裂纹等缺陷,保证结构整体性;锚固件的强度与可靠性直接影响挂篮的稳定性,必须逐一检查。液压系统作为挂篮行走与部分操作的动力来源,要测试其压

力稳定性、动作灵敏性, 液压系统压力一般控制在20-50兆帕; 驱动装置的性能关乎挂篮移动的顺畅程度, 需确保其能提供稳定且足够的动力。

2.2 挂篮安装与调试

安装顺序需严格遵循轨道铺设、主桁架组装、后锚固系统固定、悬吊系统连接、工作平台搭建的流程。轨道铺设要保证平整度和直线度, 轨道平整度误差控制在 ± 5 毫米以内, 直线度误差控制在 ± 10 毫米以内, 为挂篮行走提供良好基础。主桁架组装时, 要注意各部件的对接精度, 确保结构稳固。后锚固系统固定要牢固可靠, 将挂篮与梁体紧密连接。悬吊系统连接要保证荷载传递顺畅, 各吊点受力均匀。工作平台搭建要平整、稳固, 为施工人员提供安全操作空间。调试要点在于全面检查。检查各部件连接紧固性, 防止出现松动导致安全隐患; 测试行走系统同步性, 确保挂篮在移动过程中平稳前进, 避免出现偏移或卡顿; 验证锚固装置可靠性, 保证在施工过程中挂篮不会发生滑移或倾覆。

2.3 分段施工循环

模板安装时, 底模、侧模、内模的定位与固定要精准无误, 严格把控几何尺寸精度, 模板安装几何尺寸误差控制在 ± 3 毫米以内, 为混凝土浇筑提供精确的成型模具。钢筋与预应力管道布置环节, 按设计图纸绑扎钢筋, 保证钢筋间距、保护层厚度符合要求, 钢筋间距误差控制在 ± 10 毫米以内, 保护层厚度误差控制在 ± 5 毫米以内。安装预应力波纹管时要小心谨慎, 采取有效固定措施, 防止管道变形影响预应力施加效果。混凝土浇筑与养护过程中, 分层浇筑能保证混凝土充分振捣密实, 分层厚度一般控制在300-500毫米; 控制浇筑速度与温度可避免混凝土出现裂缝等质量问题, 养护至设计强度能确保结构性能稳定。预应力张拉与压浆要按顺序张拉纵向、横向、竖向预应力筋, 张拉完成后及时压浆封闭锚具, 保护预应力筋不受腐蚀。挂篮行走时, 先解除后锚固, 通过驱动装置将挂篮平稳前移至下一施工段, 重新锚固后继续下一循环施工。

3 挂篮施工关键技术要点

3.1 结构设计与优化

在挂篮结构设计中, 轻量化与模块化是两大核心方向。轻量化设计旨在降低挂篮自重, 提升施工效率与安全性。为实现这一目标, 选用高强度钢材是关键举措。高强度钢材具有更高的强度重量比, 能在保证结构承载能力的前提下, 有效减少材料用量。同时对桁架结构进行优化设计也至关重要。通过精细的力学分析与计算, 调整桁架杆件的尺寸、形状与布局, 去除冗余结构, 使

桁架在满足刚度与稳定性要求的基础上, 实现自重的最小化^[3]。这种设计不仅减轻了挂篮对桥梁结构的附加荷载, 还降低了运输与安装难度, 为施工带来便利。模块化设计则赋予挂篮更强的适应性与灵活性。将挂篮划分为多个标准化模块, 每个模块具有独立的功能与接口。在面对不同桥梁截面形式时, 只需根据实际需求组合相应模块, 即可快速完成挂篮的组装与调整。这种设计方式大大缩短了挂篮的改造与安装时间, 提高了施工效率。而且, 模块化设计便于挂篮的维护与维修。当某个模块出现损坏时, 可迅速更换该模块, 无需对整个挂篮进行大规模拆解, 降低了维修成本与停工时间。

3.2 荷载控制与变形监测

荷载控制是确保挂篮施工安全的重要环节。在施工过程中, 不同阶段的荷载分布与大小会发生变化。需根据施工进度动态调整悬吊系统荷载。通过精确计算各施工阶段的荷载值, 合理分配悬吊系统的承载任务, 避免局部过载现象的发生。局部过载可能导致结构应力集中, 引发结构损坏甚至安全事故。动态调整荷载能使悬吊系统始终处于均衡受力状态, 保障挂篮结构的稳定性。变形监测是及时发现并处理结构异常的有效手段。在挂篮施工过程中, 主桁架挠度与轨道沉降是两个重要的监测指标。主桁架挠度过大可能影响挂篮的施工精度与安全性, 轨道沉降则会导致挂篮行走困难甚至卡轨。主桁架挠度允许值一般控制在跨度的1/400-1/600之间, 轨道沉降允许值控制在 ± 5 毫米以内。通过实时监测这些指标, 能及时掌握结构变形情况。一旦发现变形超出允许范围, 可立即调整施工参数, 如调整悬吊系统荷载、加固轨道等, 确保施工安全与质量。

3.3 行走系统同步性控制

行走系统同步性对挂篮的平稳移动至关重要。驱动装置协调是保证同步性的关键。左右两侧行走机构需配备性能一致的驱动装置, 并通过精确的控制系统实现同步运行。若两侧行走速度不一致, 挂篮会发生偏移或扭转, 不仅影响施工精度, 还可能损坏挂篮结构与桥梁。在驱动装置选型与安装时, 要严格把控质量与精度, 确保性能稳定可靠。应定期对驱动装置进行维护与调试, 保证始终处于良好的工作状态。每1-2周对驱动装置进行一次全面检查与调试, 确保运行参数符合设计要求。轨道平整度也是影响行走系统同步性的重要因素。轨道的直线度与水平度偏差会导致挂篮行走阻力不均, 进而影响同步性。需定期检查轨道的平整度, 及时发现并处理轨道的变形与损坏。对于轻微偏差, 可通过调整轨道支撑或垫平处理; 对于严重变形, 则需更换轨道, 确保挂

篮行走顺畅。轨道直线度偏差应控制在 ± 5 毫米以内,水平度偏差在 ± 3 毫米以内。

3.4 安全防护措施

安全防护是挂篮施工不可忽视的环节。防倾覆设计是保障挂篮稳定性的重要措施。增加后锚固点数量能提高挂篮与桥梁结构的连接强度,增强抗倾覆能力。设置防倾覆支腿可在挂篮发生倾斜时提供额外的支撑力,防止挂篮进一步倾覆。这些设计能有效应对施工过程中可能出现的各种不利因素,确保挂篮始终处于稳定状态。人员防护方面,安装安全网与防护栏杆能为施工人员提供基本的防护屏障,防止人员坠落^[4]。安全网网目尺寸应小于100毫米,防护栏杆高度不低于1.2米。配备防坠落装置则进一步增强了人员安全保障。防坠落装置能在人员意外坠落时迅速制动,避免人员受到严重伤害。防坠落装置制动距离应小于0.5米。通过这些安全防护措施的实施,为施工人员创造一个安全可靠的施工环境。

4 挂篮施工技术发展趋势

4.1 智能化升级

智能化升级成为挂篮施工技术发展的核心方向之一。通过集成传感器与物联网技术,构建全方位的施工监测体系,实现对施工过程中荷载变形温度等关键参数的实时采集传输与分析预警。传感器采样频率可达每秒10-50次,能实时精确获取数据。实时监测数据能够及时反馈结构受力状态,提前规避潜在安全风险,为施工决策提供精准数据支撑。同时引入自动化控制系统,针对挂篮行走张拉等关键工序进行智能调控,有效提升工序操作的精准度与稳定性,减少人为操作误差。自动化控制系统控制精度可达 ± 1 毫米,能有效提高施工精度。自动化控制还能优化施工节奏,缩短工序循环时间,进一步提升整体施工效率,推动挂篮施工从传统人工主导模式向智能自动化模式转变。

4.2 绿色施工创新

绿色施工创新是挂篮施工技术响应环保发展需求的重要体现。聚焦资源节约与环境友好目标,大力研发可回收材料打造的挂篮结构,通过材料循环利用降低不可再生资源消耗,减少施工废弃物产生,降低对周边环境

的污染影响。在施工工艺优化方面,重点推进混凝土配合比改良与浇筑工艺升级,采用低能耗低排放的配合比设计,减少水泥等高碳排放材料用量。优化后的浇筑工艺能够提升混凝土密实度与强度,同时降低施工过程中废水产生量,通过降噪设备与工艺改进减少施工噪声扩散,实现施工过程与生态环境的和谐共生。

4.3 适应复杂环境能力提升

适应复杂环境能力提升是拓展挂篮施工应用场景的关键突破方向。针对深海高山等极端施工环境的特殊要求,专项开发具备耐腐蚀抗风振等优异性能的挂篮系统。通过选用耐候性强的材料与优化结构抗风振设计,提升挂篮在极端环境下的结构稳定性与使用寿命,保障复杂环境下施工安全^[5]。结合BIM技术的可视化与模拟分析优势,提前构建施工全过程数字模型,对挂篮设计方案与施工流程进行模拟推演。通过模拟分析优化施工方案中的薄弱环节,提前预判施工过程中可能出现的问题,为复杂环境下的挂篮施工提供科学指导,有效提升施工可行性与效率。

结束语

桥梁工程挂篮施工技术涵盖多方面内容,从系统构成到工艺流程,从关键要点到发展趋势,每个环节都紧密相连。掌握这些技术要点,顺应发展趋势,能提升挂篮施工水平。施工人员在实践中要严格把控各环节,确保施工安全与质量,推动桥梁工程挂篮施工技术不断完善,为桥梁建设事业发展贡献力量。

参考文献

- [1]王振兴.桥梁工程中的挂篮施工技术研究[J].智能城市,2021,7(1):142-143.
- [2]姚春辉.桥梁工程中的挂篮施工技术要点探究[J].商品与质量,2021(8):139.
- [3]冯伟.桥梁工程悬浇段挂篮施工技术应用研究[J].中国住宅设施,2025(3):185-187.
- [4]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.
- [5]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.