

浅析桥梁悬臂桥梁施工工艺的应用

陈小英

山西晋通公路工程监理有限公司 山西 晋城 048000

摘要:在现代桥梁建设中,施工工艺的合理选择与应用对于确保工程质量与安全至关重要,本文浅析桥梁悬臂施工工艺应用,涵盖关键技术环节,如节段预制拼装、挂篮设计安装等。分析适用条件与适配场景,包括不同结构类型、地形水文及跨度桥梁。探讨核心技术难点,如动态力学平衡、挠度控制等。提出技术优化方向,如挂篮轻量化、监测智能化等。通过研究为桥梁悬臂施工提供理论与实践参考,助力提升施工效率与质量,保障桥梁结构安全可靠。

关键词:桥梁悬臂施工;关键技术;适用条件;技术难点;优化方向

引言:桥梁建设是交通基础设施的关键部分,施工工艺直接影响桥梁质量与性能。悬臂施工工艺凭借独特优势,在桥梁建设中广泛应用。该工艺无需大量支架,能适应复杂地形与大跨度桥梁施工需求。不过,其施工过程涉及诸多关键技术环节,面临动态力学平衡、大跨度挠度控制等技术难点。深入研究悬臂施工工艺应用,探索优化方向,对提升桥梁建设水平、推动交通事业发展意义重大。

1 悬臂施工工艺的关键技术环节

1.1 节段预制与现场拼装技术要点

节段预制需在专用台座上完成,台座基础需具备足够刚度以减少变形。模板采用定型钢模,通过螺栓连接形成封闭腔体,确保节段外形尺寸精度。钢筋骨架绑扎前,对钢筋进行调直处理,避免弯曲影响结构受力。骨架入模后,采用定位架固定,防止浇筑过程中发生偏移。混凝土浇筑分层进行,先浇筑底部混凝土,再逐步向两侧推进,确保振捣密实。脱模时机根据混凝土强度发展确定,过早脱模易导致表面损伤,过晚脱模则增加脱模难度。现场拼装前,对接缝面进行清理,去除浮浆与杂物,保证接触面平整度^[1]。拼装顺序遵循从中间向两侧对称推进原则,每完成一节段拼装,立即进行初步固定,待两侧节段数量平衡后,再实施整体加固。

1.2 挂篮设计与安装调试技术

挂篮主桁架采用三角形或菱形结构,通过桁架杆件组合实现荷载传递。行走系统设计需考虑轨道平顺性,轨道接头处采用对接焊缝连接,减少行走阻力。锚固系统采用精轧螺纹钢与预埋件配合,确保挂篮与梁体连接稳固。安装前,对桥墩顶部进行找平处理,清除表面浮渣与油污。挂篮拼装分模块进行,先安装主桁架,再连接行走系统与锚固装置。调试阶段,进行空载行走

试验,检查轨道对接精度与液压系统同步性。加载试验分阶段实施,逐步施加荷载至设计值,观察挂篮变形情况,验证结构安全性。

1.3 悬臂浇筑的混凝土施工技术

混凝土配合比设计需满足高流动性与早强要求。通过掺入高效减水剂与粉煤灰,优化级配曲线,提升混凝土工作性能。浇筑前,对模板接缝进行密封处理,防止漏浆影响外观质量。浇筑采用分层推进方式,每层厚度控制在30厘米以内,利用插入式振捣器与附着式振捣器联合作用,确保混凝土密实度。浇筑过程中,实时监测混凝土入模温度,夏季采取降温措施,冬季采用加热措施,控制温差在15摄氏度以内,减少温度裂缝风险。

1.4 节段间连接与预应力施加技术

节段连接分为湿接缝与干接缝两种形式。湿接缝施工时,接缝面涂刷界面剂,浇筑补偿收缩混凝土,通过钢筋网片增强连接强度。干接缝采用高强螺栓或预应力筋连接,接缝面涂抹环氧树脂胶层,提升抗剪性能。预应力施加前,对孔道进行清理,确保无杂物堵塞。张拉作业遵循“纵向-竖向-横向”顺序,先张拉主应力方向筋,再施工次应力方向筋。张拉过程中,观察梁体变形情况,发现异常立即停止并分析原因。

1.5 施工过程中的线形控制技术

线形控制通过标高调整与应力监测实现。立模标高综合考虑设计线形、预拱度设置与施工误差修正值。立模标高允许偏差控制在 ± 5 毫米以内,预拱度设置需根据悬臂长度计算,每米悬臂长度预拱度增加0.1毫米。施工过程中,在关键截面布置应力传感器与位移计,实时采集数据并反馈至控制终端。应力传感器量程需达到50兆帕,位移计量程不低于50毫米,采样频率不低于1次/分钟。根据监测结果,通过调整挂篮前端荷载或预应力张

拉量,动态修正梁体线形^[2]。挂篮前端荷载调整幅度不超过10千牛,预应力张拉量修正值不超过设计值的5%。合龙段施工前,进行全桥线形复测,对偏差超限区域进行局部调整,确保成桥线形符合设计要求。全桥线形复测点间距不超过10米,偏差超限值超过10毫米时需进行打磨或补浆处理。

2 悬臂施工工艺的适用条件与适配场景

2.1 桥梁结构类型对悬臂施工的适配性

悬臂施工工艺对桥梁结构类型的适配性主要体现在梁体受力特征与施工便利性上。连续梁桥因墩顶负弯矩集中,采用悬臂施工可实现结构自平衡,减少临时支撑需求。变截面箱梁桥通过调整节段高度,能灵活适应弯矩变化规律,悬臂施工可充分发挥力学优势。斜拉桥主梁采用悬臂施工时,斜拉索可替代部分临时支撑,降低施工难度,且主梁线形可通过拉索张力动态调整。拱桥主拱圈若采用悬臂浇筑,需结合支架或扣索体系,但施工过程受拱脚约束影响较大,需重点控制拱脚位移。刚构桥因墩梁固结,悬臂施工时结构整体性好,但需关注墩身受力状态,避免因悬臂长度过大导致墩身开裂。

2.2 复杂地形与水文条件下的应用适配要求

复杂地形对悬臂施工的适配要求集中于施工空间与设备布置。山区桥梁常面临深谷、陡坡等条件,悬臂施工可减少对山谷地形的依赖,避免搭建大量临时支架。跨越河流时,悬臂施工无需在水中设置桥墩,降低基础施工难度与水文条件影响。但需关注风荷载对悬臂结构的影响,尤其在峡谷地带,瞬时风速可能引发结构振动,需通过增设横向联系或调整施工顺序增强稳定性。软土地基区域,桥墩沉降差异可能影响悬臂线形,需提前进行地基处理或采用可调式支座补偿变形。城市环境中,悬臂施工可减少对既有交通的干扰,但需控制施工噪音与粉尘,满足环保要求。

2.3 不同跨度桥梁对悬臂施工的技术适配调整

跨度规模直接影响悬臂施工的技术参数配置。中小跨度桥梁悬臂长度较短,结构自重产生的弯矩较小,可采用常规节段划分与预应力体系,施工设备选型更注重经济性。中小跨度桥梁悬臂长度通常不超过60米,节段长度3至4米,挂篮承载能力200至300千牛。大跨度桥梁悬臂长度增加,结构自重与活载共同作用下的弯矩呈非线性增长,需通过优化节段划分降低单次施工荷载,或采用轻质高强材料减轻结构自重。大跨度桥梁悬臂长度80至150米,节段长度缩短至2至3米,采用C60以上高强混凝土,减轻自重。超长跨度桥梁还需考虑混凝土收缩徐变对线形的影响,通过延长预应力张拉龄期或采用补

偿收缩混凝土控制长期变形。超长跨度桥梁悬臂长度超过150米,预应力张拉龄期需延长至14天以上,补偿收缩混凝土掺量增加至25%。施工设备方面,大跨度桥梁需选用承载能力更强的挂篮,并配备智能监控系统实时反馈结构状态,确保施工安全与精度。大跨度桥梁挂篮承载能力需达到500千牛以上,智能监控系统采样频率不低于1次/秒,数据传输延迟不超过1秒。

3 悬臂施工工艺的核心技术难点

3.1 施工过程中的动态力学平衡控制难点

悬臂施工需在结构逐步延伸中维持力学平衡状态,这一过程受多种因素交织影响^[3]。随着悬臂长度增加,结构自重与施工荷载产生的弯矩持续累积,若平衡措施不当,易引发结构失稳。挂篮行走阶段,前端荷载突然转移可能导致局部应力集中,需通过调整两侧悬臂荷载分布或增设临时支撑维持平衡。混凝土浇筑过程中,分层振捣作业可能改变荷载传递路径,需实时监测结构变形并调整施工顺序。此外,温度变化引发的材料热胀冷缩会改变结构内力分布,尤其在昼夜温差较大区域,需建立温度-应力耦合模型,指导施工参数动态调整。

3.2 大跨度悬臂段的挠度控制难点

大跨度桥梁悬臂段挠度控制需兼顾短期施工误差与长期变形累积。混凝土收缩徐变是主要影响因素,不同强度等级混凝土收缩率差异可能导致节段间不均匀沉降。预应力张拉时机与顺序对挠度影响显著,过早张拉可能因混凝土弹性模量不足导致有效预应力损失,过晚张拉则可能因结构变形过大增加调整难度。环境湿度变化会改变混凝土内部水分迁移速率,进而影响收缩徐变进程,需通过环境监测系统反馈数据修正预测模型。施工阶段,需建立多因素耦合的挠度预测体系,结合实时监测数据迭代优化施工参数。

3.3 恶劣环境下的施工质量保障难点

恶劣环境对悬臂施工质量的影响贯穿材料性能与施工操作全链条。高温环境会加速混凝土水分蒸发,导致表面收缩裂缝,需通过调整配合比或采用养护剂延长保湿时间。低温条件会降低混凝土早期强度发展速率,需采取加热养护措施确保拆模强度达标。强风区域施工时,悬臂结构易受风振影响,需通过增设横向联系或调整施工节奏降低振动幅度。高湿度环境可能引发钢筋锈蚀,需加强材料防潮处理并缩短暴露时间。施工设备在极端环境下性能衰减明显,需定期校准传感器精度并储备备用部件。

3.4 预应力施工的精准度控制难点

预应力施工精准度直接影响结构受力状态与耐久

性。孔道成型质量是基础控制点,波纹管定位偏差超过允许值会导致预应力筋偏心,引发局部应力集中。张拉设备标定误差会直接传递至预应力值,需建立设备档案并实施定期校验制度。张拉顺序不当可能改变结构内力分布,需遵循“对称、分级、同步”原则,通过智能张拉系统实现多台千斤顶协同作业。锚具安装偏差或夹片回缩量超标会降低有效预应力,需在张拉完成后进行孔道压浆密实度检测,确保预应力体系长期有效性。

4 悬臂施工工艺的技术优化方向

4.1 挂篮设备的轻量化与高效化优化

在悬臂施工过程中,挂篮设备扮演着至关重要的角色,对其进行轻量化与高效化优化是提升施工效能的关键举措。轻量化方面,可着眼于新型材料的应用^[4]。传统挂篮多采用钢材,重量较大,给施工带来诸多不便。而新型高强度铝合金材料,在具备足够强度与刚度的同时,重量大幅减轻。通过合理设计挂篮结构,采用这种材料替代部分钢材,能有效降低挂篮自重,减少对桥梁结构的附加荷载,提升施工安全性。高效化优化则聚焦于挂篮的行走与锚固系统。改进挂篮行走装置,采用新型液压驱动或电动驱动方式,使挂篮行走更加平稳、迅速,缩短工序转换时间。优化锚固系统,提高锚固的可靠性与便捷性,减少锚固与松锚的操作时间,进而提升整体施工效率。

4.2 施工监测与线形控制的智能化升级

施工监测与线形控制对悬臂施工质量起着决定性作用,智能化升级是必然趋势。引入高精度传感器技术,如激光位移传感器、光纤光栅传感器等,实时、精准地采集施工过程中的各类数据,涵盖桥梁的线形变化、应力应变分布等。利用大数据分析平台,对这些海量数据进行深度挖掘与分析,提取有价值的信息。借助人工智能算法,建立预测模型,提前预判施工过程中可能出现的问题,如线形偏差超标、应力异常等。依据预测结果,及时调整施工参数,实现施工过程的动态精准控制。通过搭建智能化监测与控制系统,实现对施工全过程的实时监控与智能调控,确保桥梁线形严格符合设计要求,提升施工质量与可靠性。

4.3 节段施工工艺的标准化与模块化优化

节段施工工艺的标准化与模块化优化有助于提升施工效率与质量稳定性。制定统一、详细的施工标准与操作规范,明确各环节的施工要求与质量标准,使施工人员有明确的操作指引。将节段施工划分为若干个独立的模块,对每个模块进行标准化设计、生产与安装。模块化设计能够提高施工组织的灵活性,便于质量控制与进度管理。不同模块可在不同场地同时进行预制,缩短施工周期。模块化安装则简化了施工流程,降低了施工难度,提高了安装精度与效率。

4.4 新材料在悬臂施工中的融合应用优化

新材料在悬臂施工中的融合应用为工艺发展带来新的契机。探索新型混凝土材料,如高性能混凝土、自修复混凝土等,提高混凝土的强度、耐久性与抗裂性能。研究新型钢材,如耐候钢、高强度低合金钢等,提升结构的承载能力与抗腐蚀性能^[5]。将这些新材料合理应用于悬臂施工的各个环节,能够有效提升桥梁结构的使用寿命与安全性,推动悬臂施工工艺向更高水平发展。

结束语

桥梁悬臂施工工艺在不断发展完善,通过优化挂篮设备、升级监测与线形控制、标准化模块化节段施工以及融合应用新材料等方向,有效提升施工效率与质量。在应对各类施工难点时,采取针对性措施保障了施工安全与结构可靠性。随着技术持续进步,悬臂施工工艺将在桥梁建设中发挥更大作用,为构建高质量交通网络提供坚实支撑,推动桥梁工程领域不断迈向新高度。

参考文献

- [1]吴延文.公路桥梁悬臂梁挂篮施工工艺及质控策略研究[J].现代工程科技,2023,2(24):67-70.
- [2]张桂奇.市政桥梁现浇悬臂挂篮施工工艺研究[J].工程建设与设计,2023(6):101-103.
- [3]李朋.悬臂桥梁施工工艺在桥梁施工中的应用[J].交通建设与管理,2024(6):85-87.
- [4]李伟荣,周金龙.悬臂梁施工工艺在桥梁工程中的实践应用[J].运输经理世界,2022(30):116-118.
- [5]张文超.桥梁预应力现浇箱梁挂篮悬臂施工技术的应用[J].科技创新与应用,2024,14(12):185-188.