

大跨径连续桥梁施工中的技术要点分析

马志强

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

【摘要】：为保障大跨径连续桥梁最终施工质量满足工程建设实际需求，本文以大跨径连续桥梁施工全流程为研究主线，简要阐述其结构特征与主流施工方法，系统剖析基础、高墩、主梁、预应力、体系转换及动态监测等关键工序的核心技术要点。并针对施工中常见的线形偏差、预应力缺陷、混凝土裂缝、体系转换失稳等问题，提出针对性优化管控措施，旨在为同类大跨径连续桥梁精细化施工、质量隐患防控提供技术参考，助力提升桥梁工程施工标准化与规范化水平。

【关键词】：大跨径桥梁；连续桥梁；施工技术；质量控制；体系转换

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.086

引言

近些年，我国交通网络越来越完善，各类大跨度桥梁工程数量也持续递增，大跨径连续桥梁得以广泛应用。此类桥型具有变形小、整体性强、抗震性能优异、后期养护成本低等诸多优势，能够适配复杂工况下的交通荷载与环境应力作用。但该桥梁结构体系复杂、施工跨度大、高空作业多，且施工过程易受温度、风力、水文等外界环境影响，各工序施工精度要求极高，一旦技术管控不到位，极易出现结构变形、受力不均、耐久性不足等质量隐患。为有效规避施工风险、提升工程建设质量，本文系统性梳理大跨径连续桥梁各核心施工环节的技术要点，排查常见施工问题并制定优化对策，为同类桥梁工程的高质量施工提供理论与实践支撑。

1 大跨径连续桥梁概述

1.1 大跨径连续桥梁结构特点

大跨径连续桥梁由多跨梁体连续浇筑成型，无独立简支接缝，整体刚度较大，车辆荷载、温度荷载产生的结构变形均匀，无明显伸缩跳跃，能够有效保障行车平顺性与稳定性，适配高速交通通行需求^[1]。同时，其超静定结构可自动重分布应力，局部受力过载时可通过整体结构分散应力，抗震、抗倾覆性能优于常规桥型。此外，桥梁墩梁连接整体性强，结构接缝少，大大减少了雨水、腐蚀介质渗入通道，提升了桥梁结构整体耐久性。

1.2 常用施工方法及适用场景

目前，比较常见的大跨径连续桥梁施工方法包含悬臂浇筑法、支架现浇法、转体施工法、顶推施工法四种。其中，悬臂浇筑法适用性最广，是当前大跨径连续桥梁的核心施工工艺；支架现浇法多用于低空、小跨度场景；转体与顶推施工法主要用于交通密集、水文复杂的特殊施工环境。各施工方法的具体适配条件与优缺点如下表1所示。

表1 四种大跨径连续桥梁施工方法优势及适用场景分析表

施工方法	核心优势	适用场景	局限性
悬臂浇筑法	无需落地支架、适应性强、跨度适配范围广	大跨径跨江、跨谷桥梁，高墩桥梁工程	施工周期较长，线形控制难度大
支架现浇法	工艺简单、成型精度高、施工成本低	低空、地形平坦、跨度较小的连续桥梁	受地形限制大，高墩大跨场景不适用
转体施工法	高空作业少、不干扰下方交通与水文	跨铁路、跨河道、交通密集型桥梁	施工工艺复杂，转体对位精度要求极高
顶推施工法	施工标准化、现场作业量小、工期可控	等高直线型大跨径连续桥梁	不适用于曲线桥梁，顶推线形管控难度大

2 大跨径连续桥梁施工技术要点

2.1 基础施工技术要点

大跨径连续桥梁基础施工前，施工人员需开展精准的测量放线工作，锁定孔位坐标，并根据现场地质条件调整钻机转速与泥浆配比，软土地层适当降低钻进速度，防止孔壁坍塌。成孔后及时清孔，彻底清除孔底沉渣，避免桩基承载力不足。同时，保障钢筋笼安装垂直度与保护层厚度符合设计要求，焊接接头错开布置，规避应力集中问题。此外，采用连续水下灌注工艺灌注混凝土，控制导管理深，杜绝断桩、夹渣等缺陷。其中，承台采用分层分段浇筑方式，并实时监测内外温差，将温差控制在25℃以内，预防温度裂缝。

2.2 高墩施工技术要点

一般而言,绝大多数大跨径连续桥梁高墩墩身高、截面小,施工中主要采用爬模、翻模施工工艺。施工前需精准复核墩身基准线,搭建稳固施工操作平台,杜绝平台晃动引发施工偏差。模板选用高强度定型钢模,安装前打磨除锈、涂刷脱模剂,严控模板拼接缝隙,防止漏浆、麻面。墩身浇筑遵循分层、对称、匀速原则,分层厚度控制在30-50cm,采用插入式振捣器密实振捣,避免过振、漏振导致的蜂窝、空洞问题^[2]。与此同时,全程监测高墩施工垂直度,每浇筑一节完成一次复核,及时校正偏差,累计偏差不得超过规范限值。新旧混凝土接缝处需凿毛清理、湿润处理,涂刷水泥净浆增强粘结力,保障墩身结构整体性与承载力。

2.3 主梁施工技术要点

当前,悬臂浇筑工艺在大跨径连续桥梁主梁施工中最为常见,具体施工中需注意:首先,挂篮安装前开展荷载预压试验,消除挂篮非弹性变形,测定弹性变形参数,为线形调控提供数据支撑。其次,挂篮行走要缓慢匀速、对称推进,就位后及时锁定固定,保障施工稳定性。主梁节段施工遵循“模板精准定位、钢筋规范绑扎、预埋件精准预埋、混凝土分层浇筑”的流程。再者,模板安装严格把控高程与轴线偏差,钢筋绑扎保证间距均匀、保护层达标,预应力管道、监测预埋件精准定位并固定牢固,防止浇筑过程移位^[3]。混凝土浇筑从悬臂端向根部对称推进,分层振捣密实,重点把控腹板、顶板等关键部位浇筑质量。每一节段施工完成后及时开展线形与应力监测,保障主梁整体线形平顺、结构受力均匀。

2.4 预应力施工技术要点

预应力施工质量与整个桥梁的承载力及耐久性密切相关,必须引起高度重视。通常情况下,预应力管道采用塑料波纹管,安装过程中精准定位、牢固固定,避免浇筑混凝土时管道偏移、变形、破损,管道接头做好密封处理,严防水泥浆渗入造成堵管。同时,钢绞线进场后需除锈、梳理、编束,穿束过程匀速缓慢,避免钢绞线扭曲、划伤管道。除此之外,选用智能张拉设备进行张拉作业,并精准控制张拉顺序与张拉速率,遵循分级张拉、持荷锚固的工艺要求,杜绝超张拉、欠张拉问题。张拉完成后采用真空辅助压浆工艺,保证浆液流动性与密实度,彻底排出孔道空气,杜绝空洞、疏松缺陷^[4]。

2.5 桥梁体系转换施工技术要点

体系转换即将桥梁由悬臂静定结构转换为整体超静定连续结构,主要包含合龙施工与支座体系转换两大环节。其中,合龙施工分为边跨合龙与中跨合龙,施工人员需严格遵循“先边跨、后中跨”的施工顺序,优选昼夜温差较小的低温恒温时

段作业,规避温度应力引发的梁体变形。合龙段施工前需科学设置配重,平衡悬臂端受力,拆除临时约束结构,保证梁体自由变形。此外,临时支座拆除需遵循对称、分步、匀速原则,严禁一次性快速拆除,防止结构应力突变、局部受力过载。为规范管控体系转换全流程,各关键工序技术控制要点如下表2所示。

表2 桥梁体系转换各环节施工技术要点与控制标准分析表

施工工序	核心技术要点	控制标准
合龙温度控制	选择低温、恒温时段施工,规避温差应力	环境温度稳定在15-25℃,温差≤5℃
合龙配重设置	对称布置配重,匹配悬臂端受力平衡	配重偏差≤3%,全程对称加载
临时支座拆除	分步、对称、缓慢拆除,平稳转换受力	无应力集中、无突发变形
合龙混凝土施工	采用微膨胀混凝土,快速浇筑、及时养护	混凝土密实无裂缝,强度达标后拆模

2.6 施工监测与动态调控技术要点

由于大跨径连续桥梁施工过程易出现动态变形问题,所以建立全流程监测体系十分必要,重点监测梁体线形、结构应力、墩身沉降、环境温度四大指标。线形监测需在每节段浇筑、张拉、挂篮行走后开展,精准检测梁体高程与轴线偏移情况,记录变形数据;应力监测通过预设应力传感器,实时采集主梁、墩身关键截面应力变化,杜绝应力超限问题;沉降监测定期核对墩身基础沉降数据,判断基础稳定性;温度监测全天候记录环境温度与梁体内外温差,为线形修正、施工参数调整提供依据^[5]。监测数据需实时整理、对比分析,建立动态调控机制,若出现线形偏差、应力异常等问题,一定要及时调整后续节段施工高程、张拉参数及施工节奏,确保施工全过程结构足够稳定。

3 大跨径连续桥梁施工常见技术问题及优化措施

3.1 结构线性偏差问题

大跨径连续桥梁施工中,结构线形偏差是较为常见的问题之一,主要表现为梁体高程超标、轴线偏移、悬臂端变形不均等,极易导致成桥桥面不平顺、结构受力失衡。诱发该问题的成因主要包含四大方面,一是混凝土收缩徐变持续产生变形,未提前预留变形修正量;二是挂篮预压不充分,非弹性变形未完全消除,节段施工出现初始偏差;三是施工荷载不对称、温度昼夜温差过大,引发梁体不规则变形;四是多节段施工偏差累积,未及时动态纠偏。

优化措施：其一，建立全程线形管控体系，施工前精准计算混凝土收缩徐变、温度变形参数，预留合理施工预拱度；其二，严格落实挂篮全荷载预压，精准测定变形数据；其三，施工过程中保证荷载对称布置，避开高温、低温时段开展关键工序作业；其四，每节段施工完成后及时复核线形，依据监测数据动态调整下一节段施工参数，彻底消除偏差累积问题。

3.2 预应力体系施工缺陷问题

常见的预应力体系缺陷有预应力损失过大、孔道压浆不密实、张拉应力偏差及锚具松动，此类问题会大幅降低桥梁结构承载力与耐久性，是引发梁体开裂、结构变形的核心隐患。究其原因，一是预应力管道固定不牢固，浇筑混凝土时移位变形，导致钢绞线受力不均；二是张拉设备未定期标定，张拉应力、伸长值控制精度不足，出现欠张拉或超张拉；三是水泥浆配比不合理、压浆压力不足，孔道内部残留空气与水分，形成空洞、疏松区域；四是张拉后锚具封堵不及时，钢绞线长期暴露出现锈蚀问题。

优化措施：其一，强化管道固定工艺，加密固定点位，杜绝管道移位；其二，定期标定张拉设备，严格执行双控张拉标准；其三，优化压浆配比与施工工艺，采用真空辅助压浆，保证孔道密实饱满；其四，张拉完成后及时封锚、做好防腐处理，全程管控预应力施工质量，最大限度降低预应力损失。

3.3 混凝土裂缝与耐久性问题

根据以往经验，承台、墩身、主梁混凝土结构最容易出现裂缝病害，严重影响结构整体性与服役寿命。裂缝产生的原因包括，一是大体积混凝土水化热释放集中，内外温差过大，产生温度应力引发裂缝；二是混凝土配比不合理、养护不到位，表层水分流失过快，出现干缩裂缝；三是施工荷载不均、结构应力集中，引发结构性裂缝。同时，裂缝会导致雨水、腐蚀介质渗入结构内部，锈蚀钢筋、侵蚀混凝土，大幅降低桥梁耐久性^[6]。

参考文献：

- [1] 陈君强.桥梁施工中大跨径连续桥梁施工技术分析[J].散装水泥,2026,(3):68-70.
- [2] 高欣.探析大跨径连续桥梁施工技术的应用[J].汽车周刊,2025,(8):76-78.
- [3] 宋建花.浅谈大跨径连续桥梁施工工艺[J].工程建设与设计,2024,(24):193-195.
- [4] 于曙光.大跨径连续桥梁施工的技术类型和施工要点[J].汽车画刊,2024,(12):165-167.
- [5] 吕宏亮.基于单侧悬臂挂篮技术的大跨径连续桥梁施工方法[J].西部交通科技,2024,(11):172-175.
- [6] 周阳.大跨径连续桥梁施工技术要点及质量控制[J].汽车周刊,2024,(9):134-136.

优化管措施：其一，优化混凝土配合比，选用低水化热水泥，添加外加剂抑制水化热；其二，大体积混凝土采用分层浇筑、通水降温工艺，严控内外温差；其三，浇筑完成后及时覆盖保湿养护，延长养护周期；其四，规范施工荷载布置，避免局部应力过载，从源头防控各类裂缝产生，保障混凝土结构密实耐久。

3.4 体系转换施工稳定性问题

结构应力突变、梁体变形超标、受力失衡等体系转换稳定性问题严重威胁桥梁整体结构的稳定性，严重时还会引发结构损伤，影响桥梁整体质量。主要成因是合龙施工温度把控不当，温差应力导致梁体变形开裂；合龙配重布设不对称、重量偏差大，悬臂端受力失衡；或者临时支座拆除顺序混乱、拆除速度过快，结构受力体系突变，产生局部应力集中；合龙混凝土强度增长不足，提前受力引发变形缺陷。

优化措施：其一，严格规范合龙施工流程，固定低温恒温施工时段；其二，精准计算并对称布设合龙配重，全程监控受力状态；其三，制定标准化支座拆除方案，分步对称缓慢拆除，平稳完成受力转换；其四，严格把控合龙混凝土养护周期，待强度、弹性模量达标后再开展后续施工，全方位保障体系转换过程结构稳定、受力均匀。

4 结语

综上所述，大跨径连续桥梁不仅施工工序繁杂，各施工环节紧密关联、相互影响，任一工序技术把控不到位，都会影响桥梁整体结构质量与服役性能，技术控制难度相对比较大。本文系统梳理了桥梁基础、高墩、主梁、预应力、体系转换及动态监测的核心施工技术要点，深入分析线形偏差、预应力缺陷、混凝土裂缝、体系失稳等常见问题的成因，并制定针对性优化管控措施。未来，施工单位需严格落实标准化施工工艺，强化全过程动态监测与质量管控，持续优化施工技术方案，有效规避施工隐患，全面提升大跨径连续桥梁施工质量与结构耐久性，为交通基建工程高质量建设提供坚实保障。