

城市周边高速跨线钢箱梁分段吊装施工安全管控

刘晓航

湖北交投建设集团有限公司桥隧分公司 湖北 武汉 430070

【摘要】：城市周边既有高速跨线钢箱梁分段吊装施工存在设备运行不稳、梁体安装偏移、道路车流影响施工的多重安全问题，依托跨高速桥梁实际施工项目，落实工厂标准化预制管控、现场作业状态动态监测、交通疏导封闭防护的施工手段，整理分段吊装完整施工工序，排查主要安全隐患并搭建适配的管控体系。落实设备入场荷载核查、梁体吊装位置微调、全天候施工围挡防护等施工手段，将钢箱梁吊装安装偏差控制在 30 mm 以内，消除设备沉降失稳、车流碰撞施工区域的隐患，为城市高速跨线钢结构桥梁吊装施工的安全管理提供标准化施工依据。

【关键词】：钢箱梁；分段吊装；高速跨线；安全管控

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.069

引言

城市周边高速跨线钢箱梁施工会受到既有高速通行需求、城市空域条件、现场作业狭小空间的多重限制，整体现浇施工方式难以适配现场环境，分段吊装工艺成为这类工程的主流施工形式。工程施工涵盖大吨位起重设备作业、高空梁体对位、道路交通动态防护等多道交叉工序，单段钢箱梁吊装重量区间维持在 70~700 t，施工容错空间极低。高速跨线施工场景存在持续车流扰动、设备运行状态波动、高空作业隐患集中的独有特征，施工过程易出现设备倾覆、梁体偏移、施工工序冲突等安全事故。文章依托现场施工技术参数，细化全流程施工工序，研判核心安全隐患，制定贴合现场落地的安全管理方案，维持施工全流程的稳定状态。

1 高速跨线钢箱梁分段吊装工艺

1.1 钢箱梁工厂分段预制工艺

钢箱梁工厂分段预制结合现场吊装承载能力、运输边界条件及桥梁跨径参数开展标准化数控加工作业。钢箱梁工厂分段预制流程如图 1 所示。贴合高速跨线桥梁结构设计标准，整跨钢箱梁拆分为 3 至 5 个独立节段，单节段结构最大长度设定为 12 mm，最大重量控制在 73.3 t，匹配现场起重设备作业参数。所有吊耳焊缝完工后全部开展超声波无损探伤检测，排查焊缝内部气孔、裂纹等结构缺陷。施工严控节段端口尺寸误差，端口线形误差控制在 2 mm 以内，端面平整度误差不大于 1.5 mm，预留 3 mm 焊接收缩空间，保障现场梁体对接、焊缝拼接的施工精度。

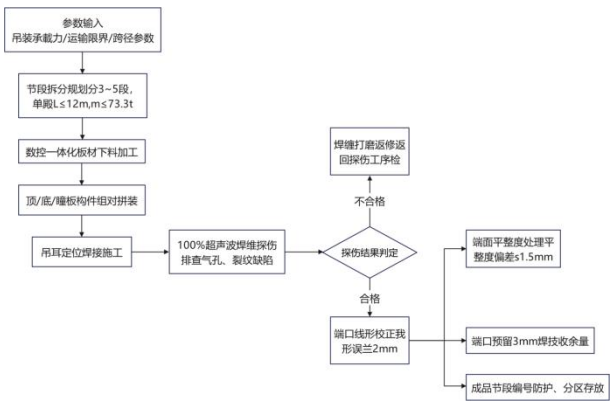


图 1 钢箱梁工厂分段预制流程

1.2 吊装场地整平及设备布设工艺

吊装作业场地选取高速红线闲置区域开展平整压实作业，清理场地杂物与松软土层，采用级配砂石分层摊铺碾压，场地压实系数达到 0.95 及以上，保持场地整体承载性能均匀稳定。200 t 及以上履带吊、500 t 汽车吊等主力起重设备单独规划支腿承载区域，铺设 20 mm 钢板搭配 200 mm 厚碎石垫层的组合承载结构，单点地基承载性能满足 300 kPa 作业标准^[1]。设备摆放贴合对称受力原则，吊装机械作业半径维持在 8~15 m，溜绳布设长度不低于 10 m，配套布置高空作业设备、监测设备及应急防护设施，实现施工设备规范化布置。

1.3 分段箱梁对位焊接工艺

分段钢箱梁现场对位依托机械微调结构搭配智能监测设备协同作业，吊装就位环节通过端部四点 GNSS 传感器持续采集梁体标高、平面位置数据，修正梁体安装姿态。初步对位施工完成后，梁体平面误差调控至 20 mm 以内，标高误差控制在 15 mm 以内，临时工装固定梁体位置，抵御风荷载、设备微震动引发的结构位移。梁体对位达标后实施对称分层焊接

作业,施工优先完成中腹板对接焊缝施工,依次开展顶板、底板焊缝施工,单层焊接厚度维持在3~5 mm,作业全程监测梁体结构形变,将最终安装误差控制在30 mm以内,焊接工序完成后开展整体探伤检测,保障桥梁结构连接稳固。

2 城市周边高速跨线钢箱梁分段吊装施工安全风险

2.1 吊装设备工况失稳风险

高速跨线吊装作业场地地基承载性能分布不均,高空作业环境伴随风荷载干扰,起重设备运行状态易出现异常偏差。大吨位起重设备支腿受力不均衡会产生细微不均匀沉降,单次沉降数值突破5 mm会造成吊臂受力偏移,引发梁体晃动、设备倾斜问题。城市周边空域阵风风速可达8 m/s,高空作业产生的风荷载会增加梁体侧向受力,让起重设备运行扭矩产生波动^[2]。起重设备长期处于重载运行状态会出现液压系统压力异常、吊臂结构磨损老化等故障,现场缺少持续状态监测会诱发吊臂弯折、支腿塌陷等重大安全事故,直接影响吊装作业整体安全性。

2.2 钢箱梁吊装对位偏差风险

分段钢箱梁高空作业安装高度普遍超过12 mm,高空风扰、设备细微震动、人工操作偏差都会造成梁体对位误差超标。悬空状态的梁体无刚性支撑结构,细微外力干扰即可产生水平、竖向多维位移,现场位移调控不及时会出现30 mm以上平面偏差、20 mm以上标高偏差,造成节段拼接错台、焊缝间隙不均等问题。施工偏差超标会增加现场焊接矫正施工量,改变钢箱梁整体线形参数,产生结构附加内力,削弱桥梁整体承载性能,极端工况会出现局部应力集中,诱发桥梁后期结构变形、开裂等质量安全问题。

3 城市周边高速跨线钢箱梁分段吊装施工安全管控策略

3.1 吊装设备进场核验

起重设备入场前开展全方位资质与性能核查,核验设备年检凭证、运行状态检测报告,排查吊臂、钢丝绳、吊钩、液压系统等核心构件运行性能。设备入场后开展专项荷载测试,1.2倍额定荷载条件下完成静载、动载试验,持续观测30 min,记录设备形变、运行压力参数,保障设备运行状态稳定。设备

支腿作业区域开展地基承载力检测,承载力未达300 kPa的区域重新碾压加固。施工全程布置沉降监测点位,每5 min采集一次支腿沉降数据,沉降数值突破3 mm即刻停工整改,现场安排专人监测风速参数,风速超8 m/s时停止高空吊装作业。

3.2 钢箱梁吊装精准对位

GNSS搭配IMU智能监测系统应用于施工现场,钢箱梁四角布置传感设备,高频采集梁体标高、平面位置、运行姿态数据,10 Hz的数据采集频率可实现位移偏差实时预警。吊装作业依托双溜绳结构调控梁体状态,现场两名操作人员同步调整梁体摆动幅度,将悬空梁体晃动偏差控制在10 mm以内^[3]。梁体初步就位后通过微调结构修正安装误差,最终平面安装偏差稳定在30 mm以内,标高偏差不超过15 mm。刚性限位支架固定就位梁体,规避焊接作业引发的结构形变偏移,分层对称焊接工艺落实到位。

3.3 高速路段交通导行及围挡防护管控

联合高速交管、路政部门编制专项交通疏导方案,划定200 m长度、50 m宽度的施工警戒区域,双层硬质围挡实现施工区域全封闭隔离,围挡高度不低于2.5 m,底部加装防杂物坠落挡板。施工路段实施半幅限速通行模式,通行车速限定为40 km/h,路段提前布设警示标识、测速设备与夜间反光警示装置。五名专职值守人员分区分管控现场秩序,疏导过往车流,管控人员设备进出施工区域。吊装作业选取车流低谷时段开展,单次作业时长控制在50 min以内,弱化车流对施工的干扰,兼顾施工现场与道路通行的双重安全。

4 结语

城市高速跨线钢箱梁分段吊装施工具备独特现场工况,文章梳理工厂预制、场地布置、现场对位焊接的核心施工流程,定位设备运行失稳、梁体对位偏移、车流干扰施工三类主要安全隐患,搭建覆盖全施工流程的安全管理体系。设备入场荷载核查、智能对位调控、道路交通封闭防护等施工手段,可处理高速临路吊装的复合型安全难题,维持毫米级吊装施工精度,规避各类施工安全隐患。研究总结的施工工艺与管控方案适配现场复杂工况,可为同类城市高速跨线钢结构桥梁吊装施工提供完善的技术支撑与安全管理依据。

参考文献:

- [1] 王涛.大跨度钢箱梁分段吊装施工关键技术[J].交通世界,2025,(22):134-136.
- [2] 马智兴.跨高速公路钢箱梁分段顶推吊装支撑体系设计及施工技术应用[J].城市建设,2025,(12):74-77.
- [3] 许雪荣.跨街大跨度钢箱梁吊装施工难点分析及解决方案[J].建筑技术开发,2025,52(6):95-98.