

大跨度钢结构分段吊装施工过程分析

彭德军

(湖南省工业设备安装有限公司, 湖南 株洲 412008)

摘 要 大跨度钢结构自重轻、跨度大、施工速度快, 在各类场馆、航站楼、工业厂房等大型建筑中应用广泛。分段吊装是这类结构施工的核心工艺, 施工质量直接关系到整体安装精度、结构稳定性和施工安全。与整体吊装相比, 分段吊装能降低吊装设备负荷, 适应复杂施工场地, 但对工序衔接要求高, 技术管控难度也大。本文结合大跨度钢结构分段吊装全流程, 分析施工关键技术, 明确施工前期准备的核心要点, 拆解分段吊装各道关键工序, 梳理施工中的精度控制、安全管控和质量把控方法, 提前规避常见施工风险, 以期同类工程施工提供参考, 确保施工顺利推进、结构安装质量达标。

关键词 大跨度钢结构; 分段吊装; 精度控制; 构件吊装; 现场拼接

中图分类号: TU758.11

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.18.015

0 引言

大跨度钢结构构件尺寸大、重量沉, 受施工现场条件、吊装设备性能、运输能力等限制, 整体吊装大多难以实施, 分段吊装成为实际施工中的主要方式。这种施工方法需要提前将构件分成若干段, 借助大型吊装设备, 分批次完成构件吊装、对位、拼接和固定, 最终形成完整的结构体系。分段吊装涉及多个专业配合、多道工序衔接, 对技术参数、现场协调、精度控制的要求都很严格, 任何一道工序操作不规范, 都可能出现构件拼接错位、结构受力不均, 甚至引发吊装安全事故, 影响工程质量和施工进度。做好大跨度钢结构分段吊装全流程技术分析, 细化各环节管控要求, 对规范施工操作、保障施工安全、提高安装精度有着重要的实际意义。

1 大跨度钢结构分段吊装施工前期技术准备与分段划分分析

1.1 现场勘察与技术条件复核

施工前要对施工现场进行全面细致的勘察, 摸清和吊装作业相关的各类现场条件。重点检查场地承载力、地面平整度, 摸清地下管线分布和周边建筑物高度, 明确吊装作业半径、高空作业净空高度、设备转场路线以及构件堆放区域。同时, 核对施工图纸上的结构尺寸、标高、轴线位置, 确认设计要求和现场实际条件是否匹配。把实测数据和设计资料进行对比分析, 形成完整的现场技术条件报告, 为吊装设备选型、

施工部署、路线规划和专项方案编制, 提供准确可靠的依据^[1]。

1.2 吊装设备与配套机具选型校验

吊装设备选型要结合分段构件重量、吊装高度、作业幅度和现场场地条件, 确保设备额定起重量、最大起升高度、作业半径和施工需求精准匹配。大跨度钢结构施工大多采用履带式起重机, 方便大范围移动和重载吊装。设备进场前, 要对整机性能进行全面校验, 重点检查制动系统、回转机构、起升系统和仪表精度, 确保无故障隐患。同时选配索具、吊具、卸扣、平衡梁等辅助机具, 所有机具的材质、规格、额定荷载, 必须和构件重量、吊装角度完全适配。全面排查设备和机具的潜在问题, 确认状态良好后, 才能投入使用。

1.3 构件分段划分与技术参数确定

构件分段划分是分段吊装的关键, 划分是否合理直接影响吊装难度、拼接精度和结构受力。划分时要结合钢结构施工图、构件截面形式、单段构件重量, 综合考虑吊装设备能力、高空对接空间、结构受力传递情况和焊缝布置, 合理确定分段位置和尺寸^[2]。分段位置优先选在结构受力较小、节点清晰、便于高空对接的地方, 降低吊装和拼接风险。同时, 统一各分段构件的外形尺寸、重量标准和安装编号, 明确吊装先后顺序和对位标记, 方便后续现场吊装和拼接作业。

1.4 专项方案编制与技术交底

在前期勘察、设备选型和分段划分的基础上, 编制针对性强、内容完整分段吊装专项施工方案。方

作者简介: 彭德军 (1985-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 钢结构。

案要明确施工总体安排、吊装顺序、技术参数、工序要求、安全措施和应急预案。组织施工、技术、安全等管理人员开展全面技术交底,确保每个岗位人员都熟悉方案要求,掌握操作要点和安全注意事项。交底内容要涵盖分段划分思路、吊装操作规范、拼接与焊接要求、精度控制标准和安全防护措施,确保全员对施工技术要求理解一致、规范操作。

2 大跨度钢结构分段吊装核心施工工序与技术要点

2.1 吊装设备选型与现场部署

吊装设备选型要严格按照分段后构件的实际重量、吊装高度、作业半径、设备回转半径等核心参数匹配,既不能让设备超负荷运行,也不能选型冗余造成浪费。常用的大型起重设备有履带吊、汽车吊,大跨度钢结构施工因作业范围广、重载需求高,优先选用履带式起重机,方便大范围转场和连续重载吊装。如果现场场地狭窄,单机作业受限,可搭配多台设备协同作业,提前规划好协同路线,避免设备相互干扰。设备进场抵达预定位置后,要按照前期勘察确定的点位部署,提前对设备基座区域进行平整、铺垫垫层、加固地基,通过压实、换填等方式,确保地基承载力满足设备作业要求,防止吊装过程中出现基座沉降、设备倾斜等安全隐患。同时,结合吊装顺序,合理规划构件堆放区域,尽量就近堆放,减少构件二次搬运距离和损耗,缩短单段吊装时间。索具、吊具等配套配件,要和构件重量、吊装角度完全匹配,严禁超负荷、超规格使用,作业前要全面检查设备运行状态和配件完好度,逐一排查机械故障、索具磨损等问题,确保设备和配件处于最佳工作状态^[3]。

2.2 构件吊装与对位操作技术

构件吊装要严格按照既定顺序推进,坚持“先主后次、先下后上、对称同步吊装”的原则,优先吊装主框架、主梁、核心支撑柱等主要受力构件,再依次吊装次结构、围护构件和附属构件,确保结构整体受力均衡,避免单侧荷载过大导致构件变形、结构偏移。吊装启动时,要匀速缓慢起吊,控制好起吊速度,保持构件平稳上升,严禁急起急落、大幅度晃动,防止构件晃动导致索具受力突变、构件磕碰损坏。构件接近预定安装位置时,进一步放慢吊装速度,借助全站仪等高精度测量仪器,实时校准构件位置,配合高空作业人员完成精准对位,核心受力构件的对位偏差,必须控制在设计允许范围内,不能超出规范要求。高空对位完成后,要立即采取可靠的临时固定措施,待构件位置完全校准、临时支撑和固定装置牢固后,再平稳松开吊具,才能开展下一段构件吊装,坚决杜绝

未固定、未校验就提前松钩的违规操作,从源头防范高空坠落、构件移位等安全事故。

2.3 现场拼接与焊接施工技术

分段构件精准对位后,立即开展现场拼接与焊接作业,这道工序直接影响钢结构整体性、连接强度和受力稳定性,关系到结构后期使用效果。拼接前,要彻底清理构件对接端面的杂物、浮锈、油污和混凝土残渣,确保对接面平整、干净、无杂质,严格按照设计和施工规范,核对接缝间隙、端面错边量等关键指标,所有参数达标后,再开展焊接作业。焊接要选用和构件材质适配的焊接工艺和焊接材料,由具备专业资质、经验丰富的焊工操作,坚持对称焊接、分层多道焊接,合理控制焊接温度、焊接速度和焊道厚度,减少焊接残余应力和焊接变形,避免出现焊缝开裂、气孔夹渣、构件侧弯变形等质量问题。焊接完成后,及时清理焊渣、毛刺,对焊缝进行外观质量检查,再按照规范要求开展无损检测,排查内部焊接缺陷,发现不合格焊缝,要立即制定返修方案进行处理,返修合格后重新验收,确保拼接接头质量达标,保障结构整体连接强度、刚度和稳定性符合设计要求。

3 大跨度钢结构分段吊装施工过程精度控制与监测技术

3.1 前期测量基准布设

测量基准是吊装施工精度控制的核心,前期布设必须精准、稳固、可追溯,避免因基准偏差导致整体安装失准。施工前,结合建筑轴线和设计标高,在施工现场布设永久性测量基准点和控制网,选用全站仪、高精度水准仪等专业仪器完成基准点放线,然后进行多轮复核校验,排除场地沉降、人为操作等因素带来的微小误差,确保基准数据和设计要求完全一致。基准点要选在场地稳固、不易受施工干扰的位置,做好牢固防护和清晰标识,将轴线控制线和标高控制线延伸至作业区域,全程做好标记,做到醒目易识别,为每一段构件的吊装、对位、校正提供统一、精准的参照标准,从源头做好精度控制^[4]。

3.2 吊装过程精度动态监测

分段吊装属于动态施工,精度控制不能只靠单次对位校准,必须全程动态跟踪监测,及时发现偏差、当场纠正,防止微小偏差逐步叠加放大。每一段构件起吊前,先核对构件编号和对应安装位置,确认基准轴线和标高标记无误;在构件吊装升空过程中,实时监控构件姿态,避免晃动导致对位偏移;构件接近安装位置后,借助测量仪器,同步监测轴线位置、标高、

垂直度三项核心指标,配合高空作业人员缓慢调整,直至参数达标。每完成一段构件的吊装和临时固定,立即开展精度复核,确认偏差在允许范围内后,再推进下一阶段施工,全程做到边吊装、边监测、边调整,确保安装精度全程可控。

3.3 结构变形全过程监测

大跨度钢结构在分段吊装、现场焊接、受力转换过程中,难免会产生弹性变形和残余变形,若变形量超出设计限值,会直接影响结构整体性和后期使用安全,必须对核心受力构件开展全过程变形监测。重点监测主梁、主框架、支撑柱等关键部位的挠度变化、侧向弯曲和节点位移,安排专人全程跟踪记录监测数据,定期将实测数据和设计允许变形值进行对比分析。发现变形超标,立即暂停施工,深入排查原因,判断是吊装顺序不合理、临时支撑刚度不足,还是焊接应力过大导致,再通过调整吊装节奏、加固临时支撑、优化焊接顺序和工艺等措施整改,待变形回落至合格范围后,再恢复施工,确保结构变形控制在允许区间内。

3.4 安装完成后精度复测

所有分段构件全部完成吊装、拼接、焊接,且临时支撑拆除、结构整体受力完全转换后,要开展全面的完工精度复测,这是检验整体安装质量的关键。复测内容包括整体跨度、轴线偏差、标高误差、构件垂直度、板面平整度等所有核心指标,采用高精度测量仪器逐一检测、逐项记录,确保无遗漏、无死角^[5]。复测完成后,将实测数据和设计要求、施工规范逐一对比,确认所有指标达标后,才能进入下一施工工序;若存在局部微小偏差,及时进行微调校正,彻底消除精度隐患。

4 大跨度钢结构分段吊装施工安全与质量管控技术要点

4.1 安全管控要点

高空重载吊装作业,安全管控的核心是提前防范、规范操作、全面防护,严格按照建筑施工安全规范和专项方案落实各项防护措施。所有高空作业人员必须经过专业培训,持证上岗,全程规范佩戴安全帽、安全带、防滑工作鞋等个人防护用品,高空作业区域搭设标准化操作平台、双层安全防护网和硬质防护栏杆,杜绝高空坠落风险。施工现场提前划定吊装作业警戒区,设置醒目警示标识,安排专职安全员全程值守,严禁无关人员、车辆进入警戒区,避免交叉作业干扰。全程实时监控吊装设备运行状态、索具受力情况和构件平稳度,定期检查设备制动、回转、起升系统性能,

严禁设备带故障作业;密切关注天气变化,遇到大风、雨雪、大雾、沙尘等恶劣天气,立即停止所有吊装作业,切断设备电源,待天气好转、场地条件恢复后,再重启施工^[6]。

4.2 质量管控要点

施工质量管控坚持“源头把控、过程严管、全程可溯”,从构件进场到完工验收,实施全流程闭环管控。构件进场时,严格执行验收制度,逐一核出厂合格证、质量检测报告、材质证明书等资料,现场实测构件尺寸、外观质量,检查是否存在运输变形、破损、锈蚀等问题,不合格构件坚决清场,严禁投入使用。在施工过程中,严格执行工序交接验收制度,每道工序完成后,先由施工班组自检,再由技术、质量人员专检,验收合格并签字确认后,才能进入下一道工序。重点把控吊装对位精度、拼接间隙、焊接质量、临时固定牢固度等关键质量点。施工全过程做好技术资料和质量记录,完整留存测量数据、检测报告、验收记录、设备校验记录等资料,确保全程可追溯。

5 结束语

大跨度钢结构分段吊装是技术密集、管控严格的系统性工程,施工质量和安全直接关系到结构整体性能和工程使用寿命。施工全过程要紧扣技术核心,做好前期准备、工序管控、精度监测、安全质量把控各项工作,严格遵循施工规范和设计要求,细化每一道工序的操作要点。结合现场实际条件优化施工方案,规范工序衔接,严控各项技术参数,提前规避吊装变形、拼接偏差、安全事故等常见问题,才能确保分段吊装施工顺利完成,实现大跨度钢结构安装精度和结构稳定性达标,充分发挥钢结构的工程应用优势,保障整体建筑工程质量和使用安全。

参考文献:

- [1] 池源.高校体育馆大跨度钢结构施工与监测关键技术[J].建材世界,2024,45(02):98-101,106.
- [2] 苏晨.有限空间跨营业线大跨度钢结构天桥分段吊装施工技术研究[J].建筑科技,2025,09(02):84-87.
- [3] 司徒伊俐.大跨度钢结构作业安全管理及应急机制研究[J].城市开发,2025(02):100-102.
- [4] 张香芸,赵国强,常诚.北京新国展二期项目北登录厅钢结构施工技术[J].建筑机械化,2024,45(05):70-73.
- [5] 贾兴利,王涛,范玉峰,等.大跨度钢结构箱梁吊装施工过程应力监测分析[J].建筑机械,2024(10):98-105.
- [6] 周拓.大跨重型钢桁架屋盖吊装施工技术[J].施工技术(中英文),2025,54(13):145-150.