

钢结构吊装施工技术在建筑工程中的运用

文 / 高仁迎 山东高速莱钢绿建发展有限公司第一分公司

摘要：本文聚焦于钢结构吊装施工技术在建筑工程领域的应用。阐述了施工前图纸审核、场地与材料设备准备等关键准备工作，详细分析单件吊装、整体吊装等吊装方法及构件吊装校正、连接固定的技术要点。同时强调质量控制需对全过程监控及多方面检验，包括原材料质量控制、构件制作质量控制、吊装过程质量控制。通过全面探讨，旨在为建筑工程中钢结构吊装施工提供技术参考与实践指导，助力提升施工质量与安全性。

关键词：建筑工程；钢结构；吊装施工；钢梁

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.020

引言

钢结构具备强度高、自重轻、抗震性能优越、施工速度快以及可回收利用等诸多优点，能够满足现代建筑多样化的功能需求与复杂的造型设计。钢结构吊装施工作为钢结构工程建设的核心环节，其施工质量与效率对建筑工程的整体进度、质量以及安全性起着决定性作用。精准、高效的吊装施工技术，不仅能够确保钢结构构件准确就位，保障结构的稳定性与安全性，还能有效缩短施工周期，降低工程成本。然而，钢结构吊装施工涉及众多专业知识与复杂技术环节，如吊装方法的合理选择、吊装设备的正确操作、构件的精确校正以及可靠连接等，任何一个环节出现问题，都可能引发安全事故，影响工程质量。因此，深入研究并熟练掌握钢结构吊装施工技术，对建筑工程的顺利实施具有至关重要的意义。

一、施工准备

（一）技术准备

施工前，技术人员必须全面熟悉施工图纸相关标准，对图纸仔细审核，检查构件尺寸标注是否清晰、精准，节点构造是否合理，构件间连接是否正确。同时，还要依据施工图纸、现场实际状况，编制科学、详细、可行的施工组织设计与吊装专项方案。方案中应明确吊装方法、吊装顺序、构件运输路线、施工进度计划、质量安全保障措施等内容。针对复杂的钢结构工程，还需要采用BIM等施工模拟措施，模拟吊装全过程，提前发现可能存在的问题，针对性制定解决措施。此外，还要对参与施工的人员展开技术交底工作，让每位施工人员都能清楚了解施工工艺、技术要求、质量标准、安全注意事项，保证在施工作业中严格按照规范标准、要求展开操作^[1]。

（二）材料准备

钢结构工程施工所需的钢材、焊接材料、螺栓等原材料，必须具备质量合格证明文件，其品种、规格、性能等均要符合设计标准以及行业要求。进场钢材应进行抽样复检，质量验证合格后再使用。钢材表面应光滑、平整，无明显麻点、锈蚀、划痕等缺陷问题，锈蚀深度不得超过钢材厚度允许偏差值的1/2。焊接材料的型号、规格必须与母材相匹配，且具备良好的工艺性能、焊接质量。螺栓应

做好扭矩系数或紧固轴力检验，检验结果必须满足规范要求。此外，在材料存储管理中，应根据材料种类、规格、型号等分类存放，做好防潮、防锈、防雨等措施，钢材垫高存放，离地高度至少为300mm，避免与地面直接接触。

（三）场地平整

对施工现场平整压实，保证场地平整度满足吊装设备行走、作业要求。如若场地土质较软，则要进行地基处理，采用夯实、换填、打桩等方式强化地基承载力，保障吊装设备稳定作业。对施工现场材料堆放区、构件拼装区、机械设备停放区、吊装作业区等科学规划。要求材料堆放区靠近吊装作业区，以便构件吊运；构件拼装区设置在开阔、平坦区域，配备相应的拼装工具与平台；机械设备停放区应确保设备能方便进出，设置明显的安全警示标志。再者，保障施工现场道路畅通性，能满足构件运输车辆、吊装设备通行需求。结合运输车辆、设备尺寸合理设置道路宽度，通常不小于4m，同时保证道路转弯半径满足安全运输需求^[2]。

（四）机械设备准备

结合构件重量、尺寸、吊装高度、施工现场条件等因素，合理选择吊装设备，包括汽车吊、履带吊、塔式起重机等。吊装设备进场前应展开全面的检查、调试，保证设备性能良好，安全装置齐全、有效。对设备机械部件检查，包括发动机、卷扬机、变速器、制动器等状况；检查电气系统，确保电路连接牢靠、仪表显示正常；检查安全装置，包括力矩限制器、起重限制器、幅度限位器、高度限位器等是否灵敏可靠。再者，还要配备与吊装设备相匹配的吊具，包括吊钩、卸扣、钢丝绳等。根据构件重量、形状合理计算并选择吊具，要求其承载性能满足吊装标准。钢丝绳断丝、磨损不得超过标准，卸扣、吊钩等应无变形、无裂纹。

二、钢结构吊装施工技术要点

（一）吊装方法选择

1. 单件吊装法

单件吊装法适用于小型钢结构构件或形状规则、重量较轻的构件吊装。该方法操作简单，可精准控制构件就位位置，对吊装场地和设备要求相对较低，特别是在

轻钢屋面梁、钢檩条领域吊装应用非常广泛。例如, 钢梁长度在 6-12m、重量在 1-3t 左右, 可用一台 5t 汽车吊进行单件吊装。每次吊装中, 吊车将钢梁垂直起吊, 通过起重臂回转以及变幅操作, 将钢梁精准放置在设计位置, 每次吊装时间约为 15-20min, 效率相对较高^[3]。

2. 整体吊装法

整体吊装法适用于大型钢结构屋盖、网架等结构吊装。在地面上先将钢结构拼接成整体, 之后使用大型吊车、多台吊车协同作业, 将整体结构一次性吊装就位。该方法可有效减少高空作业量, 使结构稳定性、整体性得到提升, 缩短施工周期。以跨度为 100m、重量约 1500t 的钢结构屋盖为例, 施工中使用大型履带吊和多台汽车吊整体吊装作业。地面拼装中, 采用高精度测量仪严格控制构件拼装精度, 保证整体结构几何尺寸、形状满足设计标准。整体吊装期间, 计算同步控制系统, 精准控制各台吊车起升、回转、变幅动作, 保持屋盖结构的平稳提升。相比传统的分件吊装方法, 整体吊装可有效缩短高空作业时间, 施工效率可提升 40% 左右。

3. 滑移吊装法

如若施工现场场地十分狭窄, 且吊车无法靠近安装位置时, 滑移吊装是较为理想的吊装方案。将钢结构构件在建筑物一侧拼装完成, 之后在地面上设置滑到、牵引设备, 将构件滑移至安装指定部位。很多建筑工程由于周边场地受限, 可将部分钢结构构件采用滑移吊装方法。将所需构件运输至拼装区拼装成整体, 在地面上铺设光滑的滑道, 滑道使用特制钢槽、钢轨, 并在表面上涂抹润滑剂以降低摩擦阻力。使用卷扬机、液压千斤顶等牵引设备, 以 1-3m/min 的速度将构件沿着滑到滑移至指定位置。在滑移期间, 使用全站仪对构件位置、姿态实时监测, 以保证不产生偏移、扭转^[4]。

(二) 构件吊装与校正

1. 钢柱吊装

钢柱起吊前, 需在桩身三个面上弹出中心线, 在基础杯口或柱脚锚栓部位作出清晰标记。在重型钢材吊装中, 普遍采用单机旋转起吊法。例如在吊装单根重量达 50t 的钢柱为例, 可选用 700t 履带吊进行单机旋转起吊。起吊期间, 单车将钢柱垂直吊起, 让钢柱底部对准基础杯口、锚栓, 将其缓慢插入就位。就位之后使用两台经纬仪从两个相互垂直方向对钢柱垂直度展开测量。规范要求钢柱垂直度偏差不超过 $H/1000$ (H 为钢柱高度) 且不大于 10mm。一旦超出标准范围, 可在柱脚和基础之间垫入楔铁或使用千斤顶进行调整。同时, 使用水准仪对钢柱标高进行测量校准, 以保证其能够满足设计标准, 标高偏差不超过 5mm。校正合格后, 及时用地脚螺栓临时固定, 待到钢柱垂直度、标高复核无误后, 即可做最终固定^[5]。

2. 钢梁吊装

吊装钢梁时, 需在钢梁两端设置溜绳, 由专人控制,

避免钢梁在吊装期间产生摆动或碰撞。钢梁就位后, 使用临时支撑、螺栓临时固定。针对大跨度钢梁, 需在钢梁关键部位增设观测点, 使用水准仪测量钢梁拱度、两端标高, 要求钢梁拱度满足设计标准, 两端标高差不得超过 5mm。一旦出现偏差问题, 可通过调整临时支撑高度校正。并且使用钢尺测量跨距, 设计跨距允许偏差不得超过 10mm, 如若偏差量超出范围, 则要调整钢梁位置。对钢梁进行精准测量、校正, 可提升钢梁的安装精度, 为后续结构连接、整体稳定性奠定基础。

(三) 连接与固定

1. 焊接连接

钢结构连接的常用方式是焊接连接。正式焊接前, 应做好焊接处的清洁工作, 将铁锈、油污、水分等杂质清理干净, 以确保焊接质量。根据钢材材质、焊接工艺标准, 选择合适的焊接材料、焊接工艺参数。例如, Q345 钢材焊接通常采用 E50 系列焊条。针对重要结构部位焊接, 应使用低氢型焊条, 严格按照焊条使用说明进行烘焙、保存。根据焊接方法、构件厚度、焊接位置确定焊接电流、电压、速度等参数。例如, 厚度为 12mm 钢板对接焊中, 使用二氧化碳气体保护焊时, 焊接电流应控制在 200-250A 之间, 焊接电压控制在 25-28V 之间, 焊接速度为 30-50cm/min 之间^[6]。

在焊接期间, 为了控制焊接变形量, 应选用合理的焊接顺序、焊接方法。针对长焊缝应采用分段退焊法、跳焊法等; 针对对称结构应采用对称焊接方法, 使钢结构对称产生焊缝应力, 相互抵消。同时, 需要严控层间温度, 以免焊缝过冷、过热。完成焊接之后, 检查焊缝外观情况, 确保焊缝表面足够均匀、光滑, 无夹渣、气孔、裂纹、咬边等缺陷问题。结合设计标准、规定标准, 对焊缝进行无损检测, 包括超声波探伤、射线探伤等, 要求一级、二级焊缝探伤比例分别达到 100%、20% 以上, 以保障焊缝质量达标。

2. 螺栓连接

钢梁螺栓连接如图 1 所示。螺栓连接可分为普通螺栓连接、高强度螺栓连接。在普通螺栓连接中, 将螺栓自由穿入到螺栓孔内, 不得强行敲打。如果螺栓孔偏差过大, 则使用绞刀修整, 扩孔后的孔径不得超过原孔径的 1.2 倍。螺栓安装中, 需在螺栓头、螺母底部安放垫圈, 垫圈内径应比螺栓直径大 1-2mm, 外径应比垫圈边距大 2-3mm。拧紧螺栓期间, 需从中间两侧对称进行, 以保证螺栓受力足够均匀。高强度螺栓由于其可靠性好、连接强度高, 成为钢结构连接的常用方式。安装高强度螺栓前, 应提前处理连接摩擦面, 要求其抗滑系数满足设计标准。主要处理方法包括喷砂、喷丸、酸洗等。高强度螺栓应按照设计标准初拧, 确保其抗滑系数满足设计标准。初拧、复拧的扭矩值应为终拧扭矩值的 50% 左右。例如, 针对 M22 高强度螺栓, 需根据螺栓性能登记、摩擦面抗

滑系数确定终拧扭矩值，通常为 300-400N·m 之间。在完成终拧后，检查高强度螺栓扭矩，要求检查量不低于螺栓总量的 10% 且不少于 2 个，保证螺栓拧紧扭矩偏差不得超过 10%。同时在螺栓终拧完毕 1h 后、48h 内展开检查，以免因时间延长出现螺栓预紧力损失问题。

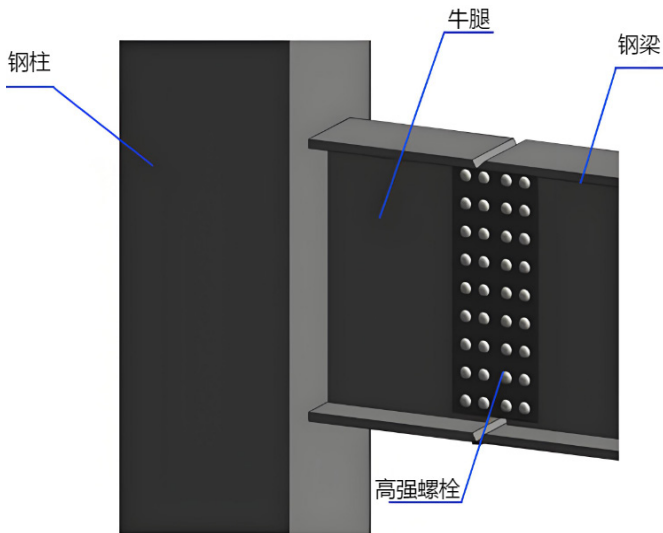


图 1 钢梁螺栓连接示意图

三、质量控制措施

(一) 原材料质量控制

钢结构工程所用原材料会直接影响工程整体质量。钢材、焊接材料、螺栓等材料必须有质量合格证明文件，确保各类材料质量满足设计标准以及行业要求。钢材品种、规格、性能等与设计文件保持一致，对进场钢材需严格按照规定标准抽样复检。如厚度在 40mm 以上且有 Z 向性能要求的厚板，应对其展开 Z 向拉伸试验，确保其断面收缩率达标。严格做好焊接材料质量把控，焊条、焊丝等不得出现生锈、受潮、变质等情况。焊接材料型号、规格应适用于母材，且具备良好的工艺性能、焊接质量。螺栓应对其扭矩系数、紧固轴力进行检验，确保螺栓性能符合标准^[7]。同时，还要严格对材料进行保管，以防在存储期间受到损坏或变质。

(二) 构件制作质量控制

钢结构构件制作质量是确保吊装施工质量的核心。选择具有相应资质的加工厂制作构件，要求加工厂具备完善的质控体系、先进的加工设备。制作构件期间，需严格按照设计图纸、工艺标准展开加工。针对构件尺寸偏差、形状偏差、焊接质量等严格把控。钢柱制作中，其长度偏差不得超过 5mm，截面尺寸偏差不得超过 3mm；钢梁挠度应不应超过 L/1000 (L 为钢梁跨度) 且不大于 25mm。

在构件焊接阶段，应提前做好焊接工艺评定工作，保障焊接质量达标。焊接期间，严控焊接工艺参数，确保焊缝外观质量、内在质量符合标准。针对重要构件的焊缝应进行 100% 无损检测；针对一般构件焊缝，应按

照要求比例展开无损检测。同时，还要控制构件防腐、防火涂层质量，要求涂层厚度、附着力等满足设计标准。

(三) 吊装过程质量控制

钢结构吊装期间，需安排专业质量管理人员对其全程监控，严格检查构件吊装就位、校正、连接等环节，以保证施工质量满足设计标准、规范要求。构件吊装就位后，应测量检查构件的垂直度、标高、轴线位置等，一旦实际测量偏差超过设计允许偏差应立即校正。校正时使用高精度测量仪器，如水准仪、经纬仪、全站仪等，确保测量数据精准度。在连接固定环节，需对焊接质量、螺栓连接质量展开重点检查。完成焊接后，按照规定标准检查外观质量和无损检测；螺栓连接应重点检查螺栓拧紧扭矩、螺栓穿入方向、垫圈设置等方面，确保各个方面符合质量标准^[8]。此外，还需对吊装全过程进行记录并及时整理归档，以保证施工过程的可追溯性。

结语

综上所述，钢结构吊装施工技术在现代建筑工程中占据着举足轻重的地位。通过严谨做好施工前期准备工作，熟练掌握并精准运用各项吊装施工技术要点，严格把控施工质量，全面落实安全管理措施，能够有力保障钢结构吊装的顺利开展。这不仅有助于提升建筑工程的整体质量与安全性，还能进一步推动建筑行业朝着高效、优质的方向发展。在未来的建筑工程实践中，应持续结合工程实际需求，不断优化与创新钢结构吊装施工技术，以适应日益复杂多样的建筑项目要求。

参考文献

- [1] 薛文忠. 建筑钢结构施工中吊装技术应用要点 [J]. 门窗, 2024 (2): 232-234.
- [2] 李轩花. BIM 在钢结构建筑设计施工全过程的应用实践 [J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23 (7): 121-123.
- [3] 刘文学. 关于建筑钢结构吊装施工技术探究 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2023 (5): 7-10.
- [4] 田耕. 建筑钢结构吊装施工技术分析 [J]. 中国化工贸易, 2019, 11 (08): 183-185.
- [5] 杨阳. 建筑钢结构吊装施工技术的应用 [J]. 中国厨卫, 2024, 23 (1): 82-84.
- [6] 黄顺. Y 型钢柱的关键施工技术探究 [J]. 建设监理, 2024 (6): 126-128.
- [7] 汪义正, 王虎, 庄才贵, 等. 大跨度重型桁架轨道式滑移的免卸载施工技术 [C]//2024 年全国建筑钢结构科技创新大会论文集. 2024.
- [8] 邓建芳. 科特迪瓦国家体育馆高大曲面异形结构施工技术分析 [J]. 四川水泥, 2024 (1): 213-215.

作者简介：高仁迎 (1983-05)，男，汉族，山东莱芜人，本科，研究方向：建设工程。