

浅谈建筑钢结构高强螺栓应用技术

张福财

北京首钢建设集团有限公司 北京 100043

摘要：建筑钢结构连接施工中，高强螺栓凭借优越的力学性能与稳定的传力机制，已成为大型钢结构节点连接的关键构件。本文围绕高强螺栓的材质特性、安装预处理、关键施工技术及质量管控与养护四个维度展开论述，系统梳理了螺栓从表面处理、就位初拧到复拧终拧的完整施工流程，并对特殊环境下的安装把控与完工后的防腐维护提出了具体技术措施，为钢结构工程中高强螺栓的规范化应用提供参考。

关键词：建筑钢结构；高强螺栓；施工工艺；质量控制；防腐养护

引言：现代建筑钢结构体系对连接构件的力学性能与施工精度提出了更高要求，高强螺栓凭借优良的抗滑移能力与承载表现，已成为钢结构节点连接的主流选择。然而，材质选配、摩擦面处理、扭矩控制以及环境适配等环节均存在技术难点，任一环节把控不当都可能削弱连接性能。围绕高强螺栓应用的全流程技术要点展开梳理，对于提升钢结构节点连接质量具有实际意义。

1 建筑钢结构高强螺栓基本特性与适用工况

1.1 高强螺栓材质组成与力学特性

建筑钢结构所用高强螺栓采用优质合金钢材冶炼加工制成，原材料内部金属晶粒经过细化处理，整体材质均匀度能够满足建筑结构承载建设需求。特种合金元素的合理配比可以提升钢材整体强度与韧性，弱化外界荷载波动对连接件产生的不利影响^[1]。材料加工阶段会经过淬火以及回火等热处理工序，逐步优化内部组织结构，提升材质抗疲劳能力与抗变形能力。经过精细化加工处理的高强螺栓能够承受较大静荷载与动荷载作用，具备良好的抗滑移性能。材质本身具备稳定的刚度表现，能够在结构长期受力状态下维持连接部位形态稳定，减少结构形变带来的连接松动问题。优良的力学表现可以适配钢结构整体受力传递需求，保障建筑钢结构连接部位的稳固程度。

1.2 高强螺栓结构构造与分类特点

高强螺栓整体构造包含螺栓杆、螺栓头部以及配套螺母与垫圈等组成部分，各结构部位协同配合完成钢结构紧固连接工作。螺栓杆表面螺纹采用精密轧制工艺成型，螺纹咬合度更高，受力分布更加均匀，能够降低螺纹磨损引发的连接失效问题。不同加工工艺成型的高强螺栓具备差异化的结构性能，可依据受力形式划分为摩擦型与承压型两种主流类别。摩擦型螺栓依靠接触面摩擦力传递结构内力，对连接界面贴合质量要求较高，受

力状态更为稳定。承压型螺栓依托螺杆剪切与接触面承压完成力值传递，结构承载上限更高。两类螺栓在结构尺寸、加工精度以及受力机制上存在明显区别，能够适配不同严苛程度的钢结构施工场景。

1.3 高强螺栓适配钢结构施工场景分析

现代建筑钢结构体系跨度不断增大，整体承载负荷持续提升，常规连接构件难以满足大型钢结构的连接施工标准。高强螺栓稳定的力学性能，可满足大跨度钢框架结构与重型钢桁架结构的节点连接施工要求。高层以及超高层钢结构建筑对结构整体性与抗侧力性能要求较高，高强螺栓连接方式可以提升结构整体刚度，强化建筑主体的抗形变能力。承受频繁动荷载作用的工业钢结构建筑，对连接构件抗疲劳性能有着更高标准，高强螺栓可以有效弱化动荷载往复作用带来的连接松动隐患。轻型钢结构建筑以及装配式钢结构建筑可通过高强螺栓完成模块化拼接作业，提升钢结构装配施工的规整度与稳定性，贴合现代建筑钢结构工业化施工发展趋势。

2 建筑钢结构高强螺栓安装预处理技术

2.1 螺栓连接件表面处理工艺

高强螺栓长期存放与转运过程中，表面会沾染灰尘杂质，滋生浅层氧化层或锈蚀薄层，干扰后续咬合连接的紧密程度。规范的表面处理工艺可以清除螺栓表层附着各类污染物，维持螺纹结构的完整精度。施工人员可采用专业打磨耗材对螺栓表面进行精细化打磨，去除不均匀氧化层与锈蚀痕迹，保持螺栓表层平整光洁^[2]。针对螺纹缝隙内部残留的细微杂质，可借助清洁工具完成深度清理，避免颗粒物残留造成螺纹咬合受阻。表层处理作业需要把控操作力度，规避过度打磨造成的螺纹磨损与截面损耗，保障螺栓原有力学性能与连接精度不受影响。

2.2 钢结构构件对接面处理技术

钢结构构件对接面是螺栓连接受力传递的核心区域,接触面的平整程度直接影响整体连接的贴合效果与承载性能。构件加工与堆放阶段会在对接位置留存焊渣、铁锈以及覆膜残留物,降低接触面摩擦系数,影响结构内力传递稳定性。施工过程中需要对对接区域开展全面清理作业,剔除表层凸起杂物与氧化锈蚀层,保证对接区域整体平整光滑。严格把控对接面的粗糙度与平整度,消除板面翘曲与局部凸起问题,提升构件贴合的紧密程度。干净平整的对接板面可以强化摩擦传力效果,减少连接位置出现滑移松动的各类隐患。

2.3 施工机具提前调试与校准工作

高强螺栓安装作业依赖专用施工机具完成,机具运行状态直接决定螺栓紧固作业的施工质量。正式开展安装作业前,需要对扭矩扳手、紧固设备等核心机具开展系统性调试工作。检查机具运行工况与机械灵敏程度,排查设备内部磨损与传动卡顿等异常问题,保证机具处于稳定运行状态。落实机具精度校准作业,修正扭矩输出偏差,让紧固力度符合钢结构施工的技术标准。及时维护机具传动部件,补充润滑介质,弱化机械磨损带来的作业误差,为标准化紧固施工提供设备支撑。

2.4 螺栓配套辅材选配与预处理要求

螺母与垫圈等配套辅材是高强螺栓连接体系的重要组成部分,适配性与完好程度影响整体连接施工质量。结合钢结构施工设计标准挑选规格匹配的配套辅材,保证辅材与螺栓的咬合尺寸完全适配。对所有投入施工的辅材开展外观筛查,剔除存在变形、裂纹以及螺纹缺损的不合格构件。清理辅材表层残留的加工杂质与氧化物质,维持辅材表面洁净状态。做好辅材存放防护处理,规避潮湿环境引发的二次锈蚀,让各类配套构件保持优良使用状态,全面提升螺栓连接施工的整体质量。

3 建筑钢结构高强螺栓关键施工应用技术

3.1 高强螺栓就位与初拧施工技术

高强螺栓就位作业为钢结构节点连接的核心前置工序,安装到位的精准程度能够直接影响后续紧固作业的整体质量与节点受力状态^[3]。施工开展过程中需要调整螺栓杆件保持竖直姿态,让螺杆顺着孔位方向平稳穿入结构内部,杜绝倾斜穿插与外力强行压入的操作方式。规整螺杆外露的有效长度,保持端头位置处于合理范围,为后续多层次紧固作业预留充足操作空间。完成杆件摆放后开展基础性初拧作业,弱化钢结构拼接位置留存的细微缝隙。适度施加扭矩让构件对接板面完成紧密贴合,消除拼装阶段产生的微小错位与缝隙偏差。初步固定的结构节点可以保持稳定形态,抑制后续施工工序推

进过程中产生的构件位移问题,让整体结构拼装精度维持在规范标准之内。

3.2 高强螺栓复拧与终拧施工工艺

初拧作业完成后,钢结构拼接板面仍会存在细微应力分布不均的问题,单一紧固工序难以实现整体受力均匀。复拧作业可以对前期紧固点位进行二次扭矩补充,细化各连接点位的受力状态,平衡节点内部整体应力分布。均匀施加标准力度的扭矩荷载,弱化局部贴合不紧密带来的受力差异,提升节点整体贴合均匀度。终拧工序属于高强螺栓成型的核心工艺,决定螺栓预拉力的成型效果与节点承载上限。依照行业施工技术标准稳步提升紧固扭矩,让螺杆形成稳定可控的预拉力,充分发挥高强螺栓的摩擦承载性能。把控紧固作业的推进节奏,采用匀速渐进的操作模式,杜绝瞬时大扭矩操作造成的螺杆塑性损伤,保障螺栓机械性能完整留存。

3.3 螺栓群对称均匀施工排布技术

大型钢结构梁柱节点以及桁架连接位置多采用多组螺栓组合成型的连接形式,无序紧固作业容易引发结构局部形变与应力集中。螺栓群施工需要遵循科学的排布施工逻辑,从节点中心区域向外围点位逐步开展紧固作业。对称交错的施工模式可以逐步释放构件拼装阶段积累的内部应力,规避单侧集中紧固引发的板面翘曲与构件偏移。统一所有螺栓点位的紧固力度,缩小不同位置螺栓的扭矩差值,实现节点整体受力体系的均衡统一。合理的施工排布方式可以优化钢结构节点的内力传导路径,提升结构整体整体性,减少不均匀受力带来的隐性结构损伤,强化节点长期承载的稳定能力。

3.4 特殊施工环境下螺栓安装把控技术

建筑施工现场工况具备较强的不确定性,露天作业、湿度波动、温度偏差等环境条件都会干扰螺栓施工成型质量。户外作业场景中需要缩短预处理完成后的构件裸露时长,减少空气湿气与粉尘杂质附着于对接板面与螺纹结构。高湿度施工环境中需要强化板面干燥处理,保持连接接触面洁净干爽,规避潮湿介质影响摩擦传力效果。低温作业环境需要适配钢材力学变化特性,放缓紧固作业进度,规避低温状态下钢材脆性提升引发的螺杆损伤。风沙扬尘较多的施工场地需要做好孔位临时封堵处理,阻挡颗粒物进入连接缝隙,保障螺纹咬合精度与板面贴合密实度。针对性的环境适配管控模式可以弱化外界工况对施工流程的干扰,持续保障高强螺栓安装施工的标准化程度。

4 建筑钢结构高强螺栓施工质量控制与养护技术

4.1 施工过程工艺偏差防控技术

高强螺栓施工流程涉及多道连续工序,任一环节的操作偏差都会影响钢结构节点整体连接质量。施工开展期间需要对孔位对接、螺栓就位、扭矩施加等关键工序进行全程管控,及时排查各类工艺偏差问题^[4]。孔位对接阶段严格把控构件对位精度,弱化板面错位与孔位偏移带来的安装偏差,保证螺栓杆件能够自然贯穿连接孔位。紧固作业期间稳定机具操作姿态,保持扭矩输出平稳均匀,规避人工操作晃动引发的紧固力度不均问题。针对施工过程中容易出现的板面贴合不严、螺杆外露长度不足等常见问题,设置专项防控手段提前干预。规范现场作业操作标准,统一各工序施工执行尺度,减少人为操作差异带来的工艺误差,维持整体施工流程的规整性与标准性。

4.2 螺栓连接紧固质量管控要点

紧固施工是高强螺栓连接成型的核心环节,施工质量直接决定钢结构节点的承载能力与结构稳定性。严格把控各阶段紧固作业的扭矩标准,依照钢结构施工技术要求设定合理紧固参数,杜绝扭矩不足或扭矩超限的施工问题。细化螺栓群的紧固管控标准,落实对称交错的作业方式,让所有连接点位的预拉力保持均匀状态,规避局部应力集中现象。对完成紧固作业的节点开展细致核查工作,重点排查螺纹咬合状态、板面贴合密实度以及螺杆紧固形态。及时修正紧固不达标的连接点位,对松动或紧固不足的螺栓开展二次加固处理。全方位的质量管控模式可以保障螺栓连接性能充分发挥,强化钢结构节点的受力稳定性。

4.3 完工后螺栓防腐与防护养护技术

高强螺栓施工工序全部完成后,裸露在外的螺栓构件会持续接触外界空气与环境介质,容易产生氧化锈蚀问题。针对施工完工后的螺栓表面开展系统化防护处理,清理构件表层残留的施工粉尘与微量杂质,保持构件表面洁净状态。在螺栓表层均匀涂刷适配的防腐防护材料,形成致密防护隔离层,隔绝潮湿空气与腐蚀性介质接触金属基体。补齐螺母、垫圈等辅材位置的防护涂层,避免边角缝隙出现防护遗漏。针对户外建筑结构,可根据环境腐蚀强度增加防护涂层厚度,提升整体防护

耐久能力。合理的防腐养护手段能够延缓金属构件老化速度,维持螺栓原有力学性能与连接状态。

4.4 钢结构螺栓连接长效维护技术

钢结构建筑投入使用后,环境侵蚀与结构长期受力会缓慢改变螺栓连接的运行状态,常态化维护工作可以保障结构长期安全稳定。搭建周期性巡检维护机制,定期排查螺栓连接位置的紧固状态、涂层完整度与构件形变情况。及时修复表层脱落的防护涂层,重新处理裸露的金属位置,阻断锈蚀问题持续扩散^[5]。针对长期受力出现的紧固松弛问题,在符合施工标准的前提下开展复紧作业,恢复节点预设预拉力。记录各节点维护作业内容,积累结构运维数据,适配不同结构部位的维护需求。持续性的维护工作能够长效保留螺栓连接的受力性能,提升建筑钢结构整体使用年限与运行安全水平。

结束语

高强螺栓在建筑钢结构中的应用贯穿施工安装与长期运维全过程,从材质选配、表面处理到就位紧固、终拧成型,每一道工序都直接关系节点连接的可靠性。施工阶段的工艺偏差防控与特殊环境适配,决定了螺栓连接的初始性能;完工后的防腐养护与周期性巡检,则维系着连接性能的长期稳定。只有将技术管控嵌入施工与运维的每个节点,让材质保障、工艺执行与养护管理形成闭环,才能真正发挥高强螺栓在钢结构中的传力优势,为建筑主体的安全运行提供持久支撑。

参考文献

- [1]郭晓宽.钢结构建筑施工中高强螺栓连接技术应用分析[J].建筑与装饰,2026,29(5):181-183.
- [2]黄道富.钢结构建筑施工中高强螺栓连接技术[J].中国建筑金属结构,2025,24(9):61-63.
- [3]吴玉娟.钢结构高强度螺栓连接施工关键技术与质量控制要点分析[J].中国建筑金属结构,2026,25(6):172-174.
- [4]吴湘.钢结构高强度螺栓连接副力学性能现场试验检验技术[J].砖瓦世界,2026(1):7-9.
- [5]冼燧.钢结构加固中高强度螺栓连接节点受力性能与施工控制技术研究[J].砖瓦世界,2025(23):55-57.