

Research on Construction Technology of Steel Plate Shear Walls in Supertall Buildings

Xiamin Zhu

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056038, China

Abstract

With excellent lateral stiffness and ductility, steel plate shear wall systems have gradually replaced traditional reinforced concrete structures, becoming the core lateral force-resisting components in super high-rise buildings. This paper focuses on the core advantages of steel plate shear walls in terms of seismic performance, structural stability, and construction efficiency, while systematically discussing technical challenges in material processing, installation accuracy, welding corrosion prevention, and other aspects. Through in-depth analysis of design optimization approaches and construction process innovation solutions, quality control strategies centered on modular prefabrication and intelligent monitoring are proposed, thereby providing theoretical support for enhancing the standardization level of steel plate shear wall construction.

Keywords

super high-rise buildings; steel plate shear walls; construction techniques

超高层建筑钢板剪力墙施工技术研究

祝夏敏

河北工程大学土木工程学院, 中国 · 河北 邯郸 056038

摘 要

凭借优良的抗侧刚度以及延展性, 钢板剪力墙体系逐步取代了传统钢筋混凝土结构, 成为超高层建筑当中核心的抗侧力构件。本文以钢板剪力墙在抗震性能、结构稳定性以及施工效率等方面的核心优势为聚焦点, 对其在材料加工、安装精度、焊接防腐等诸多环节的技术难点展开系统探讨。通过对设计优化路径和施工工艺创新方案的深入分析, 提出以模块化预制、智能化监测为内容的质量控制策略, 从而为钢板剪力墙施工标准化水平的提升给予理论支撑。

关键词

超高层建筑; 钢板剪力墙; 施工技术

1 引言

超高层建筑的结构体系演变始终围绕力学性能提升与施工技术创新展开, 钢板剪力墙在减轻结构自重以及强化耗能能力这两方面的优势颇为显著。就当前工程实际情况来讲, 施工企业对于基本的安装工艺虽说已经有所掌握, 然而在面对诸如异形钢板定位偏差的控制、厚板焊接残余应力的消除等技术难题时, 依旧缺乏较为系统的解决方案。文章把关注点放在钢板剪力墙全流程施工技术体系的构建上, 从材料加工、节点设计、施工工艺这三个维度展开了细致探讨。通过将理论分析和工程验证相互结合的这种方式, 去建立起标准化的施工控制指标, 目的在于为超高层建筑的结构优化提供一种可复制的技术路径, 推动装配式建筑技术向智能化、精细化方向演进。

【作者简介】祝夏敏 (1993-), 女, 中国山西长治人, 硕士, 从事工程结构研究。

2 超高层建筑钢板剪力墙施工技术的优势

剪力墙 (shear wall) 又称抗风墙、抗震墙或结构墙。房屋或构筑物中主要承受风荷载或地震作用引起的水平荷载和竖向荷载 (重力) 的墙体, 防止结构剪切 (受剪) 破坏。超高层建筑钢板剪力墙就是将钢板嵌入混凝土剪力墙内, 与周边型钢、混凝土形成整体构件共同工作, 用于提高结构抗震和抗风性能 (如图 1 所示)。钢板剪力墙体系凭借钢材的高延展性, 能够在强震作用下通过塑性变形有效吸收地震能量, 这种动态响应机制显著降低结构脆性破坏风险, 同时避免传统混凝土墙体因裂缝扩展导致的刚度退化问题。整体稳定性提升源于钢板与主体框架的刚性连接特性, 节点区域应力分布更趋均匀, 有效抑制局部屈曲现象, 尤其适用于承受多维风荷载的高耸结构。模块化预制构件结合现场装配工艺大幅缩减高空作业时长, 焊接工序的精准控制减少二次校正环节, 相比现浇施工可压缩三分之一工期周期。材料经济性体现在钢板墙体厚度优化后仍能满足承载力需求, 减少混凝土

土用量及模板支撑系统投入，综合造价降低同时释放更多建筑内部空间。异形钢板单元的定制化加工突破传统结构对曲面形态的限制，设计师可自由实现外立面扭转或内部大跨度无柱空间，兼顾功能分区与美学表达需求。



图 1 钢板剪力墙示意图

3 超高层建筑钢板剪力墙施工技术的挑战

3.1 钢板剪力墙的制作与安装精度要求高

超高层建筑钢板剪力墙的施工过程中，钢板作为主要受力构件，其自身刚度大、延性低的特点导致加工过程中细微偏差容易造成局部应力集中，尤其在多向焊缝交汇区域，焊接热变形对板材平整度的影响需借助预变形工艺进行补偿。安装环节需协调混凝土结构与钢板的同步施工，现场定位时既要克服构件自重引起的挠曲变形，又要兼顾温度变化导致的尺寸波动，例如夏季高温环境下钢板膨胀量超出设计预留间隙可能引发对接错位。高空吊装作业受塔吊摆动幅度及风力干扰，构件就位后需结合三维激光扫描技术实时复核垂直度与轴线偏差，避免累计误差超出规范允许范围。混凝土浇筑阶段模板侧压力与钢板之间的相互作用进一步增加了界面密实度控制的复杂性，稍有不慎可能削弱剪力传递效率。

3.2 施工过程中的质量控制难度大

钢板剪力墙施工质量控制的难点源于材料特性与施工工艺间的动态平衡，钢板在加工与吊装过程中因热胀冷缩特性产生的变形可能偏离设计尺寸，焊接作业时局部高温引发的残余应力分布不均将削弱节点连接可靠性，安装阶段多块钢板之间的拼接误差容易在累积效应下形成整体偏差，现有检测技术对隐蔽部位焊缝质量与涂层厚度的评估存在滞后性，环境温湿度变化与交叉施工干扰进一步增加了工艺参数的不确定性，施工人员对复杂工艺要点的理解差异可能导致操作标准执行偏差。

3.3 焊接技术与防腐处理要求高

超高层建筑钢板剪力墙的焊接工艺需应对厚板多层多道焊带来的残余应力累积与变形控制难题，特别在大尺寸钢板拼接时，焊缝交叉区域的热影响区晶粒粗化可能削弱节点

韧性。高空施焊受风力与温度波动干扰，电弧稳定性下降易导致熔深不足或气孔夹杂，需反复调整焊接参数以匹配现场工况。防腐处理环节中，复杂节点部位的涂层均匀性难以保障，例如加劲肋与墙板连接处的阴角区域易出现漆膜过薄或漏涂，而钢板吊装过程中的机械碰撞可能破坏预处理表面，加速腐蚀介质渗透。电化学腐蚀风险在焊缝与母材交界处尤为显著，不同金属元素的电位差与焊接残留物形成的微观缺陷共同加剧局部锈蚀速率，直接影响结构耐久性^[1]。

3.4 长期使用中的耐久性与维护问题

钢板剪力墙的耐久性维护涉及材料性能与环境因素的复杂交互作用，钢板在长期风荷载与地震往复作用下可能诱发微观裂纹扩展，沿海高温高盐环境或工业污染区域的腐蚀介质渗透易导致焊接接头区域发生电化学腐蚀，维护阶段对高空立面的涂层破损检测存在视觉盲区与接触式检测设备操作限制。不同材料热膨胀系数差异引起的界面应力可能造成防火涂料与防锈涂层的分层剥落，建筑使用过程中内部功能改造带来的附加荷载变化可能改变原有应力分布状态，既有检测手段对隐蔽部位锈蚀深度的量化评估难以满足实时监测需求，结构维修时新旧材料界面粘结强度与原有构件变形协调性对修复工艺提出更高要求。

4 超高层建筑钢板剪力墙施工技术的应用

4.1 钢板剪力墙的制作与加工技术

加工设备需根据钢板厚度与设计曲率调整辊压成型参数，针对大尺寸墙板边缘折弯部位采用分阶段渐进式施压策略，避免冷作硬化导致的微裂纹扩展，同时利用激光跟踪仪实时监测板材成型后的几何偏差，及时修正局部翘曲或波浪变形问题。操作人员依据深化设计图纸对加劲肋开孔位置进行三维坐标定位，采用数控等离子切割机沿预设路径完成异形孔洞加工，切割过程中同步启动除尘装置吸附氧化渣滓，防止熔渣飞溅污染切口表面影响后续焊接质量。组装环节需在专用胎架上完成多块墙板的立体拼装，通过液压千斤顶与磁性夹具协同调整板块间拼缝宽度，重点控制十字交叉节点处端面平齐度，采用电子经纬仪复核对角线长度偏差是否满足 $\pm 2\text{mm}$ 的精度要求。钢板表面预处理采用自动化抛丸设备清除轧制氧化皮与锈蚀层，喷丸粒度与行进速度需匹配钢板材质硬度，处理后粗糙度控制在 $40\sim 70\mu\text{m}$ 范围内以增强防腐涂层附着力，处理完毕的墙板需在 48 小时内完成防锈底漆涂装防止返锈^[2]。

4.2 钢板剪力墙的安装与连接技术

施工团队依据深化设计图纸对预埋件进行三维坐标定位时，应结合激光扫描技术复核混凝土核心筒的施工误差，通过调节连接板厚度补偿结构累积偏差，这一过程要求测量人员与钢结构班组实时协同，避免因信息脱节导致吊装后出现强制对位现象。塔吊吊装单元板块过程中采用双机抬吊结合旋转就位法，操作人员在风速监测数据稳定的窗口期完成

构件空中姿态调整, 构件底部临时固定装置采用可调式限位支座, 既能缓解风致振动影响, 又为后续焊接作业保留必要操作空间。高强螺栓终拧与焊缝施作的工序衔接需遵循先栓接后焊接原则, 施工班组通过分阶段施加预紧力控制连接节点滑移量, 同时采用多层多道焊工艺降低焊接残余应力, 过程中使用红外热成像仪监测温度场分布, 防止局部过热导致母材性能劣化, 验收阶段运用相控阵超声检测技术精准识别内部缺陷, 确保连接节点满足抗震设计的延性要求。

4.3 钢板剪力墙的焊接与防腐技术

施工团队需针对不同板厚与节点形式制定差异化的焊接参数, 例如采用低氢型焊条配合多道焊工艺以降低热输入对母材的影响, 同时在层间温度控制环节引入红外测温装置动态监测焊缝区域的热循环过程, 避免因冷却速率不均导致晶间裂纹萌生。焊接设备需定期校准送丝机构与电压反馈系统, 确保电弧稳定性适应高空作业环境中的气流扰动, 对于箱形截面内隔板的全熔透焊缝, 操作人员需借助内窥镜辅助定位以消除盲区未熔合缺陷。防腐处理过程中, 钢板表面预处理等级需达到 Sa2.5 级粗糙度标准, 采用高压无气喷涂设备分层施作环氧富锌底漆与聚氨酯面漆, 每道涂层固化后需进行湿膜厚度检测与附着力划格试验, 重点监控加劲肋倒角部位的漆膜连续性。焊接与防腐工序的衔接需建立严格的时空隔离机制, 在完成焊缝无损检测后及时清除焊渣与飞溅物, 采用真空吸尘设备替代传统钢丝刷清理方式, 最大限度减少金属颗粒残留对涂层界面的污染风险。

4.4 钢板剪力墙的施工质量控制与检测

质量管理员在钢板原材料进场阶段需核验炉批号对应的力学性能复验报告, 重点监控 Z 向性能指标是否符合厚板焊接防层状撕裂要求, 同时审查工厂预拼装记录的几何尺寸偏差数据, 对超差构件执行返厂修整或现场火焰矫正的差异化处理方案。安装过程中的平面定位与垂直度控制依赖全

站仪与倾角传感器的联测技术, 检测人员需在每层混凝土核心筒浇筑后重新建立三维控制网, 实时对比设计坐标与实测数据的动态变化, 当累积偏差超过预警阈值时启动逆向纠偏程序, 通过调节上层连接板开孔位置重新分配误差。焊接质量检测采用目视检查与无损探伤的双重验证模式, 技术人员在焊后 24 小时内使用磁粉检测排查表面裂纹, 针对不同板厚组合的对接接头设置差异化的超声波探伤灵敏度, 对于存在疑似缺陷的区域采用射线探伤复验, 并且将检测数据与焊接电流电压的原始记录进行交叉分析, 追溯工艺参数波动对焊缝成形的影响规律, 最终形成闭环质量控制档案^[3]。

5 结语

钢板剪力墙施工技术的核心要点在于达成结构性能和建造效率的有机统一, 此项技术优势充分发挥的关键在于精密加工设备同数字化施工管理实现深度融合。当下现有技术体系存在焊缝质量易出现波动、防腐涂层耐久性有所不足等问题, 行业针对这些情况应建立起全流程的质量追溯机制, 并且强化 BIM 技术在施工模拟环节当中的应用深度。未来相关研究工作中, 要着重关注新型复合材料的应用潜力, 开发出能够自适应环境变化的智能监测系统, 同时对模块化施工和机器人焊接技术的集成创新展开探索, 凭借施工工艺方面的革新举措, 推动超高层建筑朝着更安全、更经济、更可持续性的方向发展。

参考文献

- [1] 姚青芬.超高层建筑钢板剪力墙安装技术[J].工程建设与设计,2025(05):160-162.
- [2] 刘海宾.钢板剪力墙施工技术在超高层建筑中的应用[J].山西建筑,2020,46(06):77-79.
- [3] 李太胜.超高层建筑钢板剪力墙施工技术[J].工程建设与设计,2018(06):196-197.