

斜屋面钢结构施工质量缺陷分析与全过程管控体系构建

尹冬杰

上海建工四建集团有限公司 上海 201103

摘要: 随着现代建筑技术的不断发展,斜屋面钢结构因其独特的造型、良好的排水性能和较高的空间利用率,在各类建筑中得到了广泛应用。然而,斜屋面钢结构的施工难度相对较大,施工过程中容易出现各种质量缺陷,这些缺陷不仅影响建筑的美观性和使用功能,还可能对结构的安全性构成严重威胁。因此,对斜屋面钢结构施工质量缺陷进行深入分析,并构建全过程管控体系,对于确保施工质量和提升建筑品质具有重要意义。

关键词: 斜屋面钢结构; 施工质量; 缺陷分析; 全过程管控; 体系构建

引言

斜屋面钢结构广泛应用于体育馆、展览馆、机场航站楼等大跨度建筑,其施工质量直接影响建筑的安全性、耐久性和美观性。然而,由于斜屋面结构复杂、施工难度大,易出现材料缺陷、焊接变形、节点连接不良等问题。因此,建立科学的质量管控体系至关重要。

1 斜屋面钢结构施工质量缺陷分析

1.1 材料缺陷

斜屋面钢结构施工中,钢材质量不达标现象突出,部分工程为控制成本采用低强度钢材,导致结构承载力不足;防腐涂层不合格问题普遍存在,未按规定进行防腐处理,导致钢结构锈蚀加速,严重影响使用寿命,材料缺陷直接威胁整体结构安全。

1.2 焊接变形与缺陷

焊接过程中因温度变化产生残余应力,导致构件变形,影响安装精度;焊缝质量缺陷频发,如气孔、夹渣、未焊透等问题,显著降低节点强度,焊接工艺不规范加剧结构安全隐患。

1.3 节点连接问题

螺栓连接部位普遍存在预紧力不足现象,安装过程中未严格执行扭矩控制标准,导致节点接触面摩擦力降低,在风荷载或地震作用下易产生滑移。焊接节点设计未充分考虑疲劳效应,在交变荷载作用下焊缝区域应力集中明显,微观裂纹逐步扩展最终导致贯穿性开裂。节点连接可靠性不足会显著削弱结构整体性,在极端工况下可能引发连锁破坏。

1.4 安装偏差

构件加工过程中尺寸控制不严,特别是复杂节点部位的切割精度不足,导致现场拼装时出现错位、间隙过大等问题。临时支撑体系设计荷载考虑不周,支撑点布置不合理,在施工荷载作用下产生过大变形,影响主体结构定位精度。安装过程中的累积误差会改变结构实际受力状态,增加附加应力,降低结构安全储备。

1.5 防腐防火处理不当

防火涂料施工时未进行严格的基层处理,存在油污、锈迹未清除干净的情况,导致涂层附着力不足。喷涂作业环境控制不严,在湿度超标条件下施工造成涂层固化不良。局部区域漏涂或厚度不均匀现象突出,难以形成连续有效的保护层。这些缺陷会显著降低钢结构的耐火极限,加速钢材在火灾中的强度退化速度。

2 全过程管控体系构建

2.1 设计阶段管控

在设计阶段,通过 BIM 技术进行三维建模,优化节点构造,减少应力集中,确保结构受力合理。同时严格控制材料选型,选用高强度、耐腐蚀钢材,确保材料性能符合规范要求,从源头保障结构安全性和耐久性。设计阶段还需充分考虑施工可行性,避免因设计不合理导致后续施工困难或质量隐患。通过精细化设计,提高结构整体性能,降低施工风险。

表 1 施工可行性分析

序号	设计要素	施工可行性评估	潜在风险及影响
1	结构布局		施工难度大, 可能影响进度
2	材料选择		材料难以采购或成本高
3	尺寸与规格		尺寸不匹配, 导致安装困难
4	连接方式		连接不可靠, 存在安全隐患
5	施工顺序		施工顺序不合理, 影响效率

2.2 材料采购与检验

在材料采购阶段, 需建立供应商动态评估体系, 通过资质审查、历史合作记录、第三方认证 (如 ISO9001) 等维度筛选优质供应商, 优先选择具备大型工程供货经验的厂商。进场检测应依据国家标准 (如 GB/T700–2006) 进行力学性能测试, 并采用超声波测厚仪等设备验证防腐涂层厚度。验收环节需实行“三方联签”制度 (施工方、监理方、供应商), 留存检测报告及影像资料。存储环节需设置架空防潮垫层, 分类堆放并悬挂标牌注明规格、批次, 定期检查锈蚀情况, 对特种钢材 (如耐候钢) 需采取密封抗氧化措施。

2.3 施工工艺管理

施工过程中需严格控制焊接质量, 采用 CO₂ 气体保护焊等先进工艺, 减少焊接缺陷。焊后通过超声波探伤 (UT) 检测焊缝质量, 确保节点强度。安装阶段采用全站仪进行高精度定位测量, 保证构件安装位置准确。设置合理的临时支撑体系, 防止结构在施工过程中发生变形。通过标准化施工流程和严格工艺控制, 确保钢结构施工质量符合设计要求。

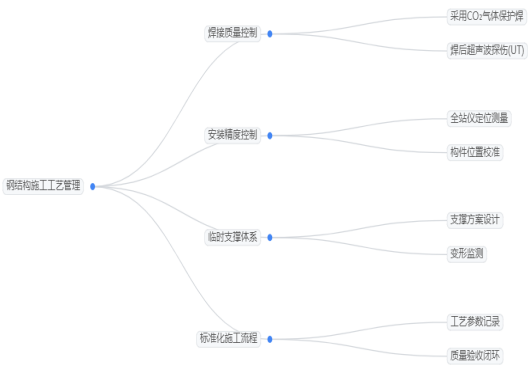


图 1 施工工艺流程

2.4 质量检测与验收

质量检测阶段采用无损检测 (NDT) 技术, 如超声波、磁粉探伤等, 全面检查焊缝质量, 确保节点可靠性。防火涂层检测使用测厚仪, 确保涂层厚度符合防火等级要求。建立分级验收制度, 对关键部位进行重点检查, 确保每个施工环节质量达标。通过科学的质量检测手段, 及时发现并整改问题。

2.5 信息化管理

BIM 技术的应用使钢结构施工过程实现三维可视化建模, 通过碰撞检测功能可提前发现管线与钢构件冲突等设计问题, 优化节点构造与安装顺序。基于 4D 进度模拟能精准预测各阶段材料需求, 避免现场堆场不足或吊装机械冲突。物联网传感器网络以 5Hz 采样频率采集应力应变数据, 当监测值超过阈值时自动触发预警机制, 通过移动端推送报警信息。管理平台采用微服务架构集成 BIM 模型、监测数据与质量验收记录, 形成可追溯的数字化档案。无人机定期航拍生成点云模型, 与设计模型比对可识别毫米级施工偏差。数字孪生系统通过机器学习算法分析历史数据, 预测不同施工方案下的结构性能表现。预制构件采用 RFID 芯片实现从工厂到安装的全流程追踪, 扫码即可调取材质证明与焊接记录。移动端 APP 支持质量验收问题拍照上传, 系统自动关联至 BIM 模型相应位置。大数据看板实时展示各作业面进度、安全巡检合格率等 12 项关键指标, 辅助管理人员决策。区块链技术确保检测报告等关键数据不可篡改, 为工程验收提供可信电子凭证。

3 结束语

斜屋面钢结构施工质量缺陷涉及材料、焊接、安装等多个环节, 需建立全过程管控体系。通过优化设计、严格材料检验、规范施工工艺、加强质量检测及信息化管理, 可以有效提高施工质量, 确保工程安全可靠。未来, 可结合人工智能 (AI) 和大数据分析, 进一步提升钢结构施工的智能化管理水平。

参考文献:

[1] 张子径. 钢结构屋面施工质量控制要点 [J]. 石材, 2023,(04):105–107.
[2] 付强. 提高多坡屋面混凝土结构施工质量研究 [J]. 山西建筑, 2018,44(23):71–72.
[3] 孟繁猛. 屋面钢网架结构施工的监理质量控制 [J]. 建设监理, 2011,(09):67–69.