

钢结构厂房安装施工技术要点与质量控制

刘林伟¹ 熊红芳²

1.武汉中超电网建设监理有限公司 湖北 武汉 430000

2.宝业湖北建工集团有限公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：文章把某新能源电池负极材料一体化项目当作背景，就单层大跨度钢结构厂房的施工特性而言，阐述工程概况，详细分析钢柱分段安装、大跨度桁架吊装、数控加工与焊接及防腐处理等核心施工技术要点，重点围绕柱轴线、柱顶标高、桁架跨中垂直度及整体挠度等关键指标，提出全过程质量控制措施，为同类钢结构厂房安装施工提供技术参考。

【关键词】：钢结构厂房；安装施工技术；质量控制；大跨度桁架；挠度控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.011

随着钢结构在建筑领域的广泛应用，大跨度钢结构厂房施工质量控制的重要性愈发凸显。轴线、标高、垂直度及挠度等关键指标直接影响结构稳定性与使用安全性。基于钢结构施工特性，需建立全过程质量管控体系，通过精准测量、规范操作及实时监测，保障施工精度与结构可靠性^[1]。

1 工程概况

某新能源电池负极材料一体化项目的厂房属于单层大跨度钢结构建筑，该厂房的总面积达到 72320 平方米，其主体结构长度为 452.0 米，宽度为 160.0 米，檐口高度为 28.8 米，最大跨度为 52.0 米，采用的是门式刚架体系，钢柱为四肢钢管混凝土格构柱，箍筋肢距为 2.4 米，材质为 Q355B 并附带 C40 混凝土；屋面采用 52.0 米跨度的钢桁架系统，单榀重量为 22.0 吨，最大板厚为 50 毫米；并且设有 180 吨级吊车梁系统，材质为 Q345C，通过摩擦型高强螺栓来实施连接。结构参数上，钢柱是四肢圆管格构柱，单节长 35.0 米（分两段安装），直径 800 毫米，壁厚 20-50 毫米，单根重 18.8 吨；屋面桁架弦杆截面尺寸为 H600mm×300mm×12mm×20mm，腹杆规格为 $\Phi 219\text{mm}\times 10\text{mm}$ ；吊车梁跨度 12.0 米，截面尺寸为 H1200mm×400mm×16mm×25mm，螺栓等级为 10.9 级，此项目的制作期是从 2023 年 5 月至 11 月，安装期则是从 2023 年 12 月延续到 2024 年 7 月，每日平均要完成的工作量涵盖钢柱 8 根，桁架 4 榀，檩条 200 米，施工时所用的主要吊装设备为两台 80 吨的汽车吊，辅助设备则有四台 825 吨的汽车吊，焊接设备当中包含二十台二氧化碳气体保护焊机以及四套焊接机器人。

2 钢结构厂房安装施工技术要点

2.1 钢柱分段安装

钢柱采取两段式的分段安装方法，并设置有可拆卸的定位装置，通过 $\Phi 30\text{mm}$ 定位销与 10.0mm 厚钢垫板组合调整柱脚偏差。安装前复核基础预埋螺栓轴线、标高及间距，清除螺栓表面油污。钢柱起吊采用单点吊法，吊点设置于柱身重心上方

2.0m 处，起吊后缓慢旋转就位，利用全站仪在柱身两个垂直方向实时监测垂直度，按 $\leq H/2500$ （H 为柱高）标准控制偏差，通过调整定位机构螺杆进行精度校准。柱脚就位后立即进行临时固定，采用四向缆风绳拉紧，缆风绳与地面夹角控制在 $45^\circ\sim 60^\circ$ 之间。柱脚灌浆采用无收缩 C40 灌浆料，灌浆前检查灌浆料流动度，确保 $\geq 280\text{mm}$ ，采用压力灌浆法从柱脚一侧注浆口注入，另一侧溢浆口排出空气，灌浆过程持续振捣，避免产生气泡，灌浆完成后覆盖保湿养护，养护期间监测灌浆料强度，确保 24h 抗压强度 $\geq 35\text{MPa}$ 。

2.2 大跨度桁架吊装

桁架吊装采取双机抬吊四点吊装方案，选取 2 台 80t 汽车吊对称布置，吊点间距设为 6m，钢丝绳直径是 28mm，破断拉力 $\geq 490\text{kN}$ ，钢丝绳与桁架吊点接触处设置橡胶垫保护构件。吊装前通过 Tekla 软件建立三维模型，预演 532 个节点安装顺序，排查节点碰撞风险^[2]。在桁架两端及中部设置手拉葫芦，用于空中姿态调整。安装 12 组分辨率为 1920×1080 的高精度摄像头，并利用双目识别技术随时监测桁架的空间姿态，其定位精度要控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。桁架起吊时双机同步提升，提升速度控制在 $0.5\text{m}/\text{min}$ ，当桁架离地 500mm 时暂停，检查吊具受力及桁架完整性，确认无误后继续提升。空中对接时控制对接偏差 $\leq 3\text{mm}$ ，先采用临时螺栓固定，螺栓安装数量不少于设计总数的 30%，且对称布置，待桁架轴线、标高及垂直度校准合格后，更换高强螺栓并按设计扭矩值紧固，高强螺栓等级为 10.9 级，紧固采用扭矩扳手分两次拧紧，初拧扭矩为终拧扭矩的 50%。

2.3 数控加工与焊接控制

板材切割利用等离子数控切割机，对于厚度不大于 50.0mm 的钢板，其切割速度设为 $0.8\text{m}/\text{min}$ ，坡口角度维持在 $30^\circ\pm 2^\circ$ 之间，切割之前输入构件尺寸参数，由数控系统自行生成切割路径，切割过程中实时监测切割精度，确保偏差 $\leq \pm 1\text{mm}$ 。H 型钢组立采用专用组立机，按腹板与翼缘板垂直度

≤2mm/m 标准定位，组立后采用点焊固定，焊点间距为300~500mm，焊点长度为50~80mm。焊接采用埋弧焊工艺，设定焊接电流650A、电压32V，选用φ4mm焊丝，焊接速度控制在300~400mm/min，确保焊缝熔深≥8mm。对接焊缝全部采用超声波探伤（UT）检测，角焊缝按20%比例进行磁粉检测（MT），检测按相关标准执行，发现缺陷时采用碳弧气刨清除缺陷，缺陷清除范围延伸至缺陷边缘50mm，随后进行补焊，补焊参数与原焊接参数一致，补焊后重新检测，直至合格。

2.4 防腐处理

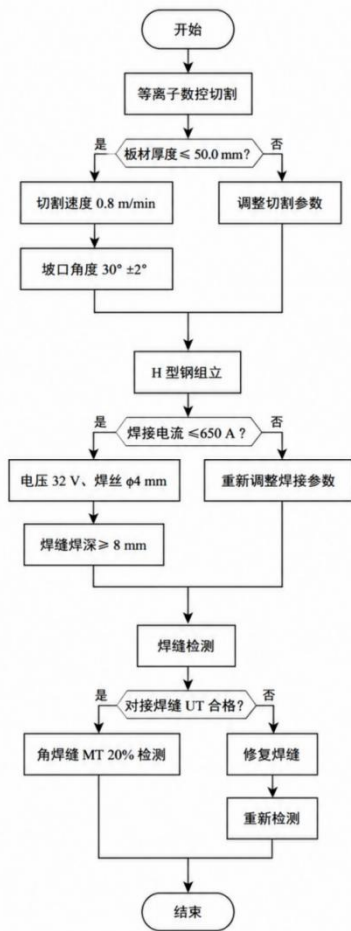


图1 数控加工与焊接控制技术流程示意图

构件防腐采用热浸镀锌与膨胀型厚浆涂料复合防护工艺。热浸镀锌前对构件表面进行除锈处理，采用抛丸除锈法，除锈等级达到Sa2.5级，表面粗糙度控制在40~70 μm。将除锈后的构件浸入熔融锌液中，锌液温度控制在445~465℃，浸锌时间按构件厚度调整，确保镀锌层厚度≥85.0 μm，镀锌后采用离心法去除表面多余锌液，自然冷却至室温。膨胀型厚浆涂料施工前，清理镀锌层表面油污、灰尘，采用高压无气喷涂法施工，喷涂压力控制在15~20MPa，分两道喷涂，第一道干膜厚

度控制在1.0~1.2mm，间隔24h后喷涂第二道，最终干膜厚度达到2.5mm。涂料施工环境温度控制在5~35℃，相对湿度≤85%，避免在雨天、大风天气施工，施工完成后养护7d，养护期间避免构件碰撞和污染，确保涂层与镀锌层结合紧密，达到2h耐火极限要求。

3 钢结构厂房施工全过程质量控制

3.1 柱轴线

柱轴线偏差按≤3mm标准执行，施工前依据设计图纸在基础表面放出柱轴线定位线，采用全站仪建立平面控制网，对定位线进行三次复核。钢柱吊装就位前，清理基础预埋螺栓周围杂物，复核螺栓轴线偏差，确保螺栓轴线与定位线偏差≤2mm。钢柱吊起就位时，缓慢调整柱身位置，通过柱身侧面设置的轴线控制点与基础定位线对齐，使用经纬仪在柱身两个垂直方向同步监测，每调整一次记录一次数据，直至柱轴线偏差≤3mm。轴线校准合格后，立即紧固柱脚定位螺栓，采用双螺母锁紧，同时在柱身四周设置临时支撑固定，防止后续施工导致轴线偏移，支撑点与地面夹角控制在60°~75°之间，支撑连接处采用焊接加固。

3.2 柱顶标高

柱顶标高误差控制为±2mm，施工前在钢柱表面按设计标高标注控制线，采用水准仪配合水准尺，以基础预埋的高程控制点为基准，对钢柱标高控制线进行复核。钢柱安装时，通过柱脚垫板调整标高，垫板采用10mm厚钢板，按实际标高偏差增减垫板数量，垫板层数不超过3层，且垫板与基础面、柱脚板接触紧密^[3]。钢柱就位后，再次使用水准仪测量柱顶标高，对比设计标高计算偏差值，若偏差超出±2mm范围，调整柱脚垫板厚度，直至标高误差符合要求。标高校准完成后，固定柱脚垫板，采用点焊将垫板与柱脚板连接，防止垫板移位，同时记录标高测量数据及垫板调整情况，形成质量控制记录。

3.3 桁架跨中垂直度

桁架跨中垂直度按≤h/500控制。安装前在上、下弦杆及腹杆设监测点并贴反光标识；吊装就位后，用全站仪双侧对称测量跨中偏差。超差时调节两端缆风绳，单侧调整≤1mm，复测至合格。合格后按对称顺序紧固连接螺栓，复核扭矩并锁定缆风绳。

3.4 整体挠度

整体挠度按≤L/1000（L为跨度）标准控制，52.0m跨度桁架允许偏差52.0mm。施工前用Tekla软件建模计算挠度理论值，在桁架跨中及1/4跨度处设监测点，采用激光测距仪实时监测。吊装速度控制为0.5m/min，空中对接时同步监测挠度，超差即暂停调整。安装完成静置24h复测，超差通过调整节点螺栓或增设临时支撑校正。高强螺栓施拧按从中心向四周

扩展的顺序，初拧扭矩为终拧值的 50%，M24 螺栓终拧扭矩控制为 $620\text{N} \cdot \text{m}$ ，用扭矩扳手全程记录，避免施拧顺序不当导致部分螺栓受力过大或过小，影响连接质量。

4 结语

钢结构厂房施工质量控制需聚焦柱轴线、标高、桁架垂直

度及挠度核心指标，通过精准测量、规范操作与实时监测形成闭环管控。严格执行技术标准与流程，强化各环节精度把控，可有效保障结构稳定性与安全性，为工程高质量交付奠定坚实基础。

参考文献：

- [1] 张名林.大型钢结构厂房钢结构的制作与安装施工技术分析[J].工程技术研究,2025,10(14):80-82.
- [2] 段莹.钢结构厂房加工、安装及防腐涂装施工技术研究[J].造纸装备及材料,2022,51(09):138-140.
- [3] 王忠洁.大型钢结构厂房的制作安装施工[J].四川水泥,2020,(03):268-269.