

AMHS 钢构设计与安装

刘 壮

中国电子系统工程第二建设有限公司 江苏 无锡 214188

摘 要：AMHS 是现代平板显示及半导体制造工厂的核心物流设施，其钢构支撑体系的设计与安装质量直接决定系统运行精度与长期可靠性。本文基于某平板显示项目实践，系统阐述了 AMHS 钢构组成体系与技术参数要求，构建了从施工准备、构件加工、测量放线、化学螺栓锚固、吊柱安装、主次钢梁安装到吊杆定位的全流程安装工艺框架，并围绕构件加工精度、安装定位偏差、高强螺栓紧固及成品保护建立了质量控制措施。研究表明，安装精度控制核心在于“化学螺栓定位—吊柱垂直度—主梁水平度—吊点位置”四级精度的逐级传递与累积误差消减。

关键词：AMHS；钢构设计与安装；洁净厂房；化学螺栓；施工工艺

引言：随着平板显示及半导体制造工厂智能化程度提升，传统人工搬运已无法满足高效生产需求，AMHS 系统已成为现代化工厂标配。该系统通过空中轨道实现物料自动化流转，其运行可靠性高度依赖于上部钢构支撑体系——所有轨道及设备均通过预设吊点固定在补强钢构上，安装精度直接决定搬运小车能否平稳运行与精准定位。以某平板显示项目为例，厂房采用混凝土楼板结构，需通过后锚固化学螺栓将钢构吊柱与主体结构连接，形成独立承载体系。本文从设计与施工双重视角，系统研究 AMHS 钢构关键技术参数与安装工艺，为同类工程提供参考。

1 AMHS 钢构体系组成与技术参数

1.1 钢构体系构成与传力路径

AMHS 钢构是独立悬挂于厂房楼板下方的空间钢框架体系，其结构组成与传力路径明确。整个体系自上而下由锚固系统、吊柱系统、横梁系统和吊点系统四个层次构成。锚固系统采用化学螺栓将连接板（牛腿）固定于混凝土结构梁或楼板底面，承担将全部荷载传递至主体结构的功能。吊柱系统采用 H 型钢垂直吊挂于连接板下方，是连接锚固点与承载横梁的竖向传力构件。横梁系统由双拼槽钢（主梁和次梁）构成水平框架，主梁沿设备运行方向布置，次梁垂直于主梁方向布置，二者形成稳定的空间网格结构。吊点系统包括 U 型卡及通丝吊杆，安装在次梁预定位置，为轨道、供电母线及设备提供精确的悬挂接口。荷载传递路径为：设备荷载 → 吊点 → 次梁 → 主梁 → 吊柱 → 连接板 → 化学螺栓 → 混凝土主体结构。每一层级构件的强度和刚度均须满足设备供应商提出的承载与变形要求，任何环节的失效都可

能导致系统精度丧失甚至安全事故^[1]。图 1 和图 2 展示了设备固定及安装完成后的成品效果。

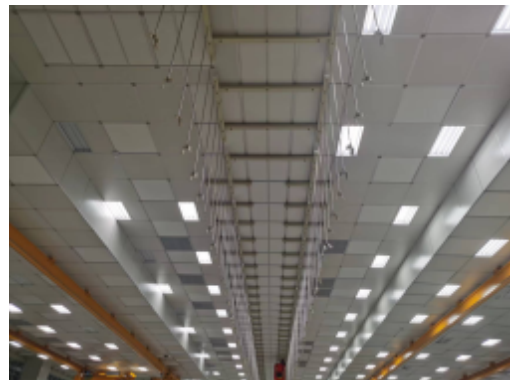


图 1 设备固定示意图



图 2 设备安装成品示意图

1.2 关键构件与材料要求

AMHS 钢构的构件类型虽不复杂，但各项技术参数必须精确满足设计要求。主要构件包括：连接板（牛腿），采用 Q235B 或 Q345B 钢板预制，厚度根据荷载

计算确定（通常为 12~20mm），与混凝土结构贴合面应平整；H 钢吊柱，规格根据吊挂高度和荷载大小选定（如 HW150×150×7×10 等），柱顶焊接连接板，底板开孔与化学螺栓匹配；双拼槽钢横梁，通常采用 12# 槽钢、14# 槽钢背靠背组合，通过连接板与吊柱底部高强螺栓连接；通丝吊杆，直径 M20 或 M22，材质为镀锌钢，上端通过双螺母与次梁固定，下端为设备安装接口。所有钢构件应在工厂完成切割、焊接、冲孔加工并热镀锌或涂刷防腐涂料，不得在现场进行焊接作业。化学螺栓是锚固系统的关键材料，应采用进口或国产优质品牌，配套药剂管须在保质期内使用。连接螺栓中高强螺栓（M16/M20）用于主次梁节点连接，性能等级不应低于 8.8 级，普通螺栓用于次要连接。

1.3 精度控制指标体系

AMHS 对钢构安装精度的要求远高于一般建筑钢结构，其精度控制指标直接源自自动化设备的运行需求。轨道安装对钢构提出以下精度要求：同一根主梁两端顶面高差 $\leq L/1000$ 且 $\leq 5\text{mm}$ ；主梁与次梁表面高差 $\leq \pm 2\text{mm}$ ；同一层各吊柱柱顶高度差 $\leq 5\text{mm}$ ；相邻吊点间距偏差 $\leq \pm 3\text{mm}$ ；累计长度偏差 $\leq \pm 10\text{mm}$ ；吊点中心线与理论位置偏移 $\leq \pm 5\text{mm}$ ；吊柱垂直度偏差 $\leq$ 柱长的 0.1% 且 $\leq 5\text{mm}$ ；节点处杆件轴线错位 $\leq 4\text{mm}$ 。这些指标构成一个从化学螺栓定位到最终吊点形成的四级精度传递链：第一级为化学螺栓定位精度（ $\leq 3\text{mm}$ ），第二级为吊柱垂直度与柱顶标高，第三级为主次梁水平度与间距，第四级为吊杆位置精度（ $\leq 2\text{mm}$ ）。施工中须对每一级精度进行独立检测和闭环校正，防止偏差在传递过程中累积超差。

2 AMHS 钢构安装施工工艺

2.1 施工准备与测量放线

施工准备阶段核心任务是技术条件确认和基准线建立。放线一定要与设备厂商共同完成，尽可能多留基准线。进场构件须逐件检查，核对规格尺寸、螺栓孔位置和数量、镀锌层质量，不合格构件退厂返修。测量放线须使用经校验的全站仪或经纬仪，以结构柱轴线为依据，在楼板底面精确放出钢构纵横向中心线、吊柱中心线及主梁定位线^[2]。放线允许偏差：中心线偏移 $\leq 3\text{mm}$ ，主梁轴线间距偏差 $\leq 3\text{mm}$ 。大面积厂房采用分区放线安装，分区之间设置合拢调整段。水平标高从结构标高点引测，设置不少于 4 个永久标高控制点作为统一参照基准。

2.2 化学螺栓锚固施工

化学螺栓是连接钢构与混凝土主体的关键受力元件。施工工序分为钻孔、清孔、植胶植栓和固化。钻孔使用冲击钻配合专用钻头，孔径与螺栓匹配（M20 配 $\phi 22 \sim \phi 24$ ），深度 $\geq 160\text{mm}$ ，垂直度偏差 $\leq 1/20$ 。遇钢筋时可在不影响结构安全位置偏移（ $\leq 30\text{mm}$ ）并经设计确认。清孔须用毛刷反复刷除孔壁粉尘，再用高压气泵清除，至少两遍至无粉尘逸出。固化期间（ $\geq 24\text{h}$ ）严禁扰动或加载螺杆，固化后按规定进行拉拔试验验证锚固力。图 3 和图 4 展示了吊柱及连接板的安装示意。

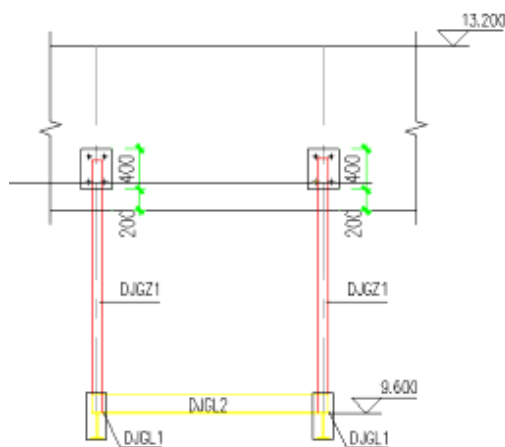


图 3 吊柱安装示意图

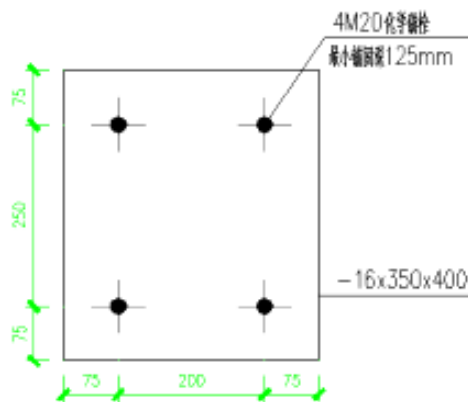


图 4 连接板安装示意图

2.3 吊柱与主梁安装

吊柱安装是建立垂直精度基准的关键工序。吊柱采用升降车或曲臂车垂直提升至安装高度，将底板孔对准化学螺栓缓慢装入，安装螺母应分两阶段对称拧紧——先初拧至 30% 终拧扭矩，待吊柱垂直度调整完成后进行终拧。吊柱垂直度控制采用水平尺配合经纬仪双向观测，遇结构梁面不平时应在底板下加垫薄钢板（每处垫

板不超过3层、总厚度 $\leq 10\text{mm}$)调直后再锁紧螺母。长距离吊柱安装完成后,需用激光水平仪将相邻吊柱与基准线进行校核,确保在一条水平线上。主钢梁安装采用电动葫芦悬挂于两根已安装的吊柱上,将主梁缓慢提升至吊柱底部标高后,使用高强螺栓将吊柱连接板与主梁端部固定,螺栓穿入方向应一致,初拧后经调平调直再进行终拧^[3]。主梁的水平度控制采用水准仪逐根检测,相邻主梁之间的间距应使用钢尺在两端和中部分别测量,三者偏差 $\leq 3\text{mm}$ 。主梁与吊柱之间的连接节点是荷载传递的关键部位,高强螺栓的终拧扭矩必须使用力矩扳手逐颗检查,扭矩值应符合设计要求,紧固顺序应从节点中心向边缘对称进行。

3 质量控制要点

3.1 构件加工质量控制

所有构件场外预制加工,经焊接、冲孔后须热镀锌或刷漆防腐以满足洁净区要求。钢构按设计图纸放样加工,切割边缘缺陷应清除,砂轮打磨痕迹顺边缘方向。螺栓孔须为正圆柱形并垂直于钢材表面,倾斜度小于1/20,孔周无毛刺、破裂或凹凸。吊柱和底板焊缝须满足最小焊脚要求。

3.2 安装精度过程控制

安装精度须全过程逐级控制。化学螺栓安装阶段,使用专用模具校验钻孔位置,孔位偏差 $\leq 3\text{mm}$,植入深度符合规定,清孔彻底,完全固化($\geq 24\text{h}$)后方可安装吊柱。吊柱安装后立即用经纬仪双向检测垂直度,合格后方可进入下道工序。主梁安装阶段,梁端高差和轴线间距在初拧后、终拧前分别检测,超差时通过垫片或校正螺栓调整,每跨复测间距及水平度,偏差 $\geq 5\text{mm}$ 及时调整。次梁安装须与吊顶龙骨基准线对齐,确保吊杆能从龙骨穿下。最终吊杆定位使用全站仪复核,建立精度偏差台账,偏差趋势异常时及时分析调整。

3.3 紧固件扭矩与连接质量控制

高强螺栓终拧扭矩须用力矩扳手100%检查,实测值偏差不得超过 $\pm 10\%$ 。化学螺栓按每批不少于1%进行拉拔试验,锚固力不低于设计值90%。各节点连接牢固,螺栓与孔径匹配,严禁随意打孔。提升装置不得缠绕棱角型钢以防割断链条或破坏镀锌层。架体垂直度偏差不大于0.1%,分段验收每跨检查。构件工厂涂装底漆和中间漆,现场安装完成后涂装,避免碰撞摩擦,母材外露表面及时补涂,除锈等级达Sa2级。表1汇总了多层及高层

钢结构中构件安装的允许偏差。

表1 钢构件安装允许偏差(mm)

项目	允许偏差	检验方法
同一层柱的各柱顶高度差	5.0	用水准仪检查
同一根梁两端顶面的高差	1/1000,且不应大于10.0	用水准仪检查
主梁与次梁表面的高差	± 2.0	用直尺和钢尺检查
节点处杆件轴线错位	4	划线后用钢尺检查

4 施工管理措施

AMHS钢构安装涉及测量放线、化学螺栓施工、吊装作业、紧固件作业及精度检测等多个工种,须编制详细的施工进度计划,明确各工序的先后顺序和衔接条件。提前策划,各工种人员准备充分,提前进行安全、技术培训交底,选择有丰富经验的劳务班组进行作业。每道工序完成后须经质量员验收签字方可转入下道工序,隐蔽工序(如化学螺栓固化)应有影像记录。吊装作业应设专职信号指挥人员,作业区域设置警戒隔离,严禁无关人员进入。钢结构安装检查项目按标准进行检查,多层及高层钢结构主体结构总高度的允许偏差应符合规范规定。

结束语

AMHS钢构是连接厂房主体结构与自动化搬运设备的关键载体,其安装质量直接关系系统运行可靠性。本文系统解析了AMHS钢构组成体系与技术参数,构建了从施工准备、测量放线、化学螺栓锚固、吊柱安装、主次梁安装到吊杆定位的全流程工艺,明确了各工序质量标准与精度控制指标。安装精度控制核心在于“化学螺栓定位—吊柱垂直度—主梁水平度—吊点位置”四级精度的逐级传递与累积误差消减,须将精度标准贯穿每道工序,做到事先交底、事中检测、事后复核,为自动化搬运设备提供可靠的高精度悬挂平台。

参考文献

- [1] 余洋. 极端温度作用下钢构架设计方法[J]. 大众标准化,2025(22):57-59.
- [2] 赵涛,林木,王国伟. 连续钢构柔性拱组合桥梁设计研究[J]. 黑龙江交通科技,2023,46(8):95-97.
- [3] 刘曦,赵昕炜,袁东方,等. 大跨度厂房钢构轻强板安装技术与质量控制研究[J]. 中国建筑金属结构,2025,24(8):151-153.