

多层钢结构厂房安装技术及其质量控制研究

黄志刚

新疆北新永固钢结构工程有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]多层钢结构厂房因其强度高、施工周期短等优点，在工业建筑中得到了越来越多的应用。为此，本项目拟对其安装施工的核心技术环节进行系统研究，重点掌握空间位置参数的测量监测和偏差校正方法，对高强螺栓连接过程质量控制的关键环节进行深入研究，并根据自己的实践经验，对钢结构安装节点焊接过程的质量控制体系进行系统的研究，为科学合理地安装多层钢结构厂房提供技术支持，切实满足工程实际需要。

[关键词]多层钢结构；厂房安装；安装技术；质量控制

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18251

中图分类号: TU3

文献标识码: A

Research on Installation Technology and Quality Control of Multi-layer Steel Structure Factory Buildings

HUANG Zhigang

Xinjiang Beixin Yonggu Steel Structure Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Multi-layer steel structure factories have been increasingly used in industrial construction due to their high strength and short construction period. To this end, this project plans to conduct a systematic study on the core technical aspects of its installation and construction, focusing on mastering the measurement, monitoring, and deviation correction methods of spatial position parameters, conducting in-depth research on the key links of quality control in the high-strength bolt connection process, and based on its own practical experience, systematically researching the quality control system of the welding process of steel structure installation nodes, providing technical support for the scientific and reasonable installation of multi-layer steel structure factories, and effectively meeting the practical needs of engineering.

Keywords: multi-layer steel structure; factory installation; installation technology; quality control

引言

与传统的混凝土结构相比，多层钢结构具有高强度、短建设周期和高工业化程度等特点，在工业生产空间营造方面表现出独特的竞争优势，已经成为现代工业厂房的主要结构形式之一，但其安装过程涉及空间定位、连接工艺和焊接质量等多个技术难题，其中任何一个环节出现差错，都有可能影响到结构的安全和使用功能。

1 工程概况

本项目拟采用总承包方式建设一批多层钢结构厂房 15 幢，总建筑面积约 12 万 m²，其中，标准型 4 层工业厂房面积最大，面积约 98000m²；配套建设六层孵化器，总面积 22,000m²，根据不同的功能要求，该项目的建筑高度按照不同的功能进行分层设计，最小为 18~24m，单体建筑的最大跨径为 25~28m，该结构采用钢框架-支撑相结合的形式，主要材料为 Q355B 型钢，钢柱为方管柱，

钢梁为热轧 H 型钢，单榀钢构件吊装重量为 6.5t，项目按照工厂预制+现场组装的方式进行施工，所有的钢构件都是在专业的加工基地按照设计图制作的，经过质量检验合格后运到施工现场，采用高精度的吊装技术进行安装作业。图 1 详细描述了结构的典型部件图。

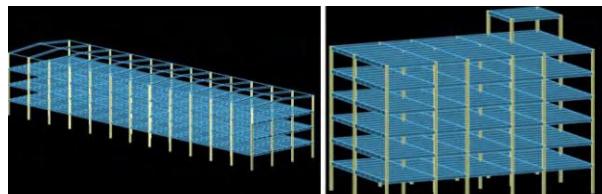


图 1 中小型企业厂房和小微企业孵化器主骨架图

2 多层钢结构厂房安装技术

2.1 立柱基础施工要点

立柱安装基础处理是结构整体稳定的一个重要环节，在施工过程中要注意混凝土浇筑和地脚螺栓安装的效率

和精度，混凝土浇注完毕后，应严格按照规范要求检查，如发现标高与设计值有 50mm 以上的偏差，应及时调整后续钢梁安装高度，在施工前的准备阶段，要对预埋地脚螺栓进行精确定位，尽量把标高偏差控制在最小范围内，并保证轴线偏差符合要求，具体操作中，需要先将钢筋按照井字形排列绑扎好，然后将锚栓和柱主筋焊接在一起，最后再浇注混凝土，形成稳定的基础结构。

2.2 立柱吊装施工流程

在进行钢结构吊装前，要对构件的定位轴线、标高和地脚螺栓的位置进行全面检查，实际吊装顺序按照先内后外，层层推进的原则，由中心部位开始，逐渐向外延伸；首先安装主钢梁，然后再进行框架梁等附属结构的安装，最后形成由基础至顶部的整体框架体系。特别要指出的是，在初期吊装阶段，独立钢柱与主体结构之间没有形成有效的连接，不能承受横向外力和弯矩，存在较大的失稳风险，为了解决这个难题，需要在每根钢柱三边加斜撑杆，将斜撑杆与钢柱体刚性连接，形成横向稳定约束；同时，在钢柱顶端设置风缆，利用风荷载来抵消风荷载或其他外力造成的结构倾斜，待主体结构基本成形后，再对已安装的构件进行二次补强，以保证结构的强度和整体安全。本项目中使用的最大直径为 22m 的钢柱，全部钢材在工厂集中生产，运输到工地，钢柱的吊装采用 80t 全车吊一台，为了避免钢柱底部与地面发生碰撞造成地脚螺栓损坏，在钢柱根部需要预先铺上木垫板，以起到缓冲的作用。吊装过程中，首先对齐预埋螺栓孔的钢柱底板，缓慢下降，使底板准确地落在调整螺栓上；然后用调整螺栓顶端的螺帽和垫片对钢柱进行初步定位，再用全站仪等测量工具对钢柱的平面位置、标高和垂直度进行检查，在标定过程中，首先采用调整底螺母的方法来调整标高偏差，然后调整水平仪来控制立柱的水平度，最后对竖直方向的倾斜误差进行校正，以上调整需要反复校核，直到钢结构的标高、面位移和垂直度都在规范允许的范围内。

2.3 主梁吊装与节点连接施工要点

小立柱尺寸偏差的控制是泵管吊装过程中的一个重要环节，对于框架梁柱连接，通常采用刚性构造，采用高强度螺栓连接和焊缝连接的双重方式来提高结构的稳定性，结合工程实例，在钢筋法兰完全熔透的情况下。为了进一步提高建筑物的安全性，需要加强焊缝的质量，对梁腹板和上部剪力板连接处，在初步连接完成后，需用高强度螺栓二次固定，安装初期，应全面检查梁法兰面的装配精度，如有需要，可在相应位置增加隔板辅助定位，特别

要注意高强度螺栓拧紧操作应严格按设计要求进行，以保证接头可靠。

2.4 空间参数测量、调控与校正技术应用

在钢结构构件安装过程中，空间位置的精确控制是保证其承载力和安全的关键，在实际应用中，需要科学地选择位置控制参考点，利用激光经纬仪、校正仪等设备对构件和整体结构进行动态跟踪测量，是提高安装精度的关键，在实施过程中，要根据施工区域的总体规划要求，在各个工作空间中合理布置施工测量控制点，使其在构件安装初期能够快速获得定位数据，并能够通过校正后进行后续检测，形成闭环控制。在此基础上，通过对建筑物各构件空间位移的实时监测，及时调整结构稳定性和节点连接形式，保证安装误差在允许范围之内，针对施工过程中可能出现的特殊情况，对测量、测量数据进行预分析处理，有效减小结构内部应力释放引起的施工应变，进一步提高施工过程的可控性。

2.5 高强度螺栓连接的质量管控要点

在装配高强螺栓初期，应着重检查两个关键指标：扭矩系数和预紧力，针对连接摩擦面抗滑移系数的测量，需要事先与供货厂家建立有效的沟通，并使用专用试件进行测试，扭矩系数和预紧力的具体测定，必须密切结合施工现场的实际情况，一般采用拉拔试验法。对于螺栓的拧紧工作，要熟练掌握初拧和终拧的操作规范，可以用手动扳手或者电动扳手来完成初拧工序，在具体操作中，要根据螺栓初拧次数和混凝土浇筑进度动态调整，保证初拧扭矩严格控制在终拧扭矩的 50% 以内；在最终拧紧阶段，需要使用电子扭力扳手进行精确的施力，并对预紧力进行实时读取和记录，以确保连接的可靠性。

2.6 节点焊接质量控制技术

目前，国内外对钢柱与钢梁连接的研究主要集中在高强螺栓和焊接两种方式上，其中钢梁翼缘板可以直接和梁身单 V 形坡口区域和挤压板单边完全熔透焊接连接，具有良好的力学性能，为了保证焊接质量，在柱腹板单元的上、下两端都要加衬垫片，而在柱腹板单元的上、下两端都要设置一根导弧板，导弧板的曲率半径通常为 35mm，在实际工程中，法兰连接可以按照设计要求，先焊接前面，再焊接后面；当法兰厚度大于 30mm 时，需要将上、下法兰位置互换进行焊接。针对箱形柱与 H 型柱之间的双翼板连接部位，由于两侧板材料收缩率的不同，需要两名焊工同时进行焊接，以防止由于单边收缩不均匀而引起的焊接后倾斜，点焊机器人辅助定位，打底焊接，钢柱组装的

连接板固定，以及对精度要求不高的场合，手工电弧焊和超临界二氧化碳气体保护半自动焊接都是常用的，二氧化碳气体保护焊接技术主要应用在钢柱主体焊接、钢柱组合焊接、支架结构焊接、桁架系统焊接以及各种对接接头焊接。

2.7 钢结构安装误差控制技术

在施工过程中，为了保证构件的整体稳定，往往采用激光经纬仪和校正仪等设备，实时跟踪和动态计算各个构件的位移数据，在具体操作过程中，需要先计算出初始位置参数，在初步修正完成后，再根据实际偏差对原参数进行修正，再根据修正结果对计算参数进行调整和优化，另外，还需要对整体构件的空间位移进行专门的计算分析，并在构件连接完成后，提出有针对性的调整方案。实践证明，造成钢结构安装偏差的主要原因有三：吊装过程中构件之间的碰撞引起变形；温度变化引起的热胀冷缩变形；焊接时由于热收缩而引起的变形，如果在构件从分块到整体装配的整个过程中，如果不能采取有效的保护措施，将会严重影响构件的结构安全性，因此，在构件的搬运、倒运和二次安装等环节，需要采取有针对性的保护措施，如选择合适的提升设备，对易损部位进行局部加固等，提高构件的抗变形能力，防止施工过程中发生不可预料的问题。为了保证装配的精度，需要对前一件零件的位置进行连续观测，并结合监测数据，仿真分析误差的范围和发展规律，在后续元件的定位测量中，需要着重于节点位置的预校正，并通过预先的干预来减小累积偏差。

2.8 柱、梁吊装施工技术

尖形圆钢支架吊装前，需将牵引绳绑在一端，以防止钢管自地起吊时人工牵引，防止支架意外滑倒，横梁两端立柱安装完毕后，需安排专人攀登每一立柱操作梯，配合泵管安装工作。吊装前，需在梁体设计吊挂点上用 U型螺丝精确定位钢丝绳与梁连接点的位置；同时调整捆绳提升高度，保证多个提升设备同时工作，避免梁在受力不均的情况下发生摆动，为了进一步保证吊装过程中的稳定，需要在主梁两端绕上钢丝绳，并将其拧紧，这样就能有效地抑制梁的摆动，实现位移方向的准确调控。对于需要均匀吊装的梁，一般采用框架梁柱板专用工具辅助施工，即先将梁体腹面上的螺丝接口打开，再将梁体承剪面与钢柱板的连接处交叉定位；然后将临时螺丝接头固定，在螺栓初拧前，先用目测方法对梁体和钢柱之间的垂直度和标高进行初步校正。

2.9 新型钢结构梁柱连接节点技术

螺栓焊接相结合的刚接节点，是一种常用的钢结构连

接形式，考虑到梁法兰贯穿焊接和腹板高强度螺栓连接的场合，横梁法兰处需要预先设置立柱分隔件，本项目创新性地采用了外方管式梁柱节点技术，该节点结构可以直接粘贴在立柱外板上，不需要将梁法兰直接连接到立柱挡板上，从而大大提高了钢结构的生产效率。本技术具有以下优点：当采用一定强度等级的螺栓连接时，钢柱不需要断开就能保证节点刚度，并能有效地减少焊缝数目；连接结构简洁明了，大大减小了安装过程中的影响。

2.10 非承载压型钢管结构混凝土楼承板设计

模压板是由薄的镀锌钢板经过滚压、冷弯成型而成的 W 形等截面形状，主要作为楼板钢筋绑扎和浇筑混凝土时的临时模板使用，它的显著优点是重量轻，硬度高，强度高，阻燃性好，抗火防腐性能比传统材料进一步提高，与普通现浇砼框架相比，该楼盖可免去繁琐的钢筋绑扎和模板支撑工序，施工便捷性突出；与一般的装配式板框相比，它具有更好的稳定性和更高的整体承载力，特别适合在抗震建筑中使用。

2.11 钢梁、钢柱防腐防火一体化技术

钢结构涂层技术的优劣，直接关系到涂层性能的发挥和使用寿命的长短，特别要注意的是，该涂料为半成品，必须经过标准化喷涂处理，才能达到防火作用，所以，在施工前，所有的钢构件都要做好防潮工作，本项目的设计耐火等级是二级，钢柱的整体耐火极限大于 2.5h，钢柱的焊接节点耐火极限大于 1.5h。对于高强度螺栓和机械连接面、金属接触面和加强筋连接部位，焊接作业两侧 30~50mm 的范围内，如果按照出厂温度施工，不需要另外涂漆，施工完毕后，用安装焊接专用的钢丝刷头对焊缝及其周围进行喷砂除锈，达到 Sa2.0 清洁标准后，才能开始防腐防火涂料的施工，待底漆干后，用专用喷枪对耐火材料进行喷涂；最后，修补部分破损的漆膜，保证表面的一致性和完整性。钢柱耐燃涂料是以聚磷酸铵、蜜胺、季铵、亚氯酸蜡和耐火纤维制品为主要原料，黏结剂包括丙烯酸乳液、醋酸乳液等，注意：第一次涂敷厚度不得大于 1.2mm；当涂料完全干燥后，将后续涂料的施工强度逐级提升，直到满足防火要求，每 1h 涂一次，1.5h 涂 2 次，2h 涂 3 次，2.5h 涂 4 次。钢梁组装用耐火材料的组成和钢柱相似，由聚磷酸铵，三聚氰胺，季铵盐，亚氯酸蜡，双氧化物等组成，粘结剂选择丙烯酸乳液，氨基树脂，100 水溶液，聚醋酸乳液，防沉降剂等，施涂时要充分搅拌，第一次涂敷厚度要控制在 0.5mm 以内，6h 后才能进行下一步的施工。

3 施工应用效果与分析

本项目采用 KPC10 型、KPC21 型高精度压力传感器，对墙体、屋面钢板共设置 11 个监测点，对关键部位的抗压强度进行实时监测，具体的监测数据见图 2，由图 2 的直观显示可以看出，所选的 10 个有效测点的抗压强度都在 2.4MPa 以上，试验结果表明，整个钢结构没有明显的变形特征，强度指标已经超过了设计要求，从侧面证实了钢结构在施工期间没有出现明显的变形问题，进一步分析发现，这次采取的安装施工工艺和质量控制方法，有效地提高了工程质量，整个过程的质量控制表现出了很好的稳定性。

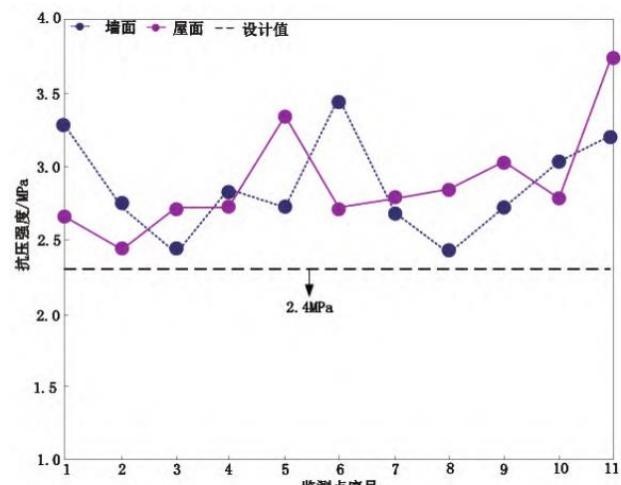


图 2 钢结构抗压强度测试结果

4 结论

综上所述，结合工程实践，将多层钢结构安装施工技

术应用于以下几个关键环节：系统梳理板墙吊装技术、梁端连接技术、无支撑型钢结构混凝土模板应用等专项技术，建立一套覆盖全过程的监理实施保障体系，有效解决施工过程中暴露出的具体问题，促进高层钢结构工程建设效率的提升。

[参考文献]

- [1] 张贤龙.多层钢结构厂房安装技术及其质量控制研究[J].住宅产业,2025(7):94-96.
- [2] 王西胜.超大型无缝多层钢结构高洁净厂房建造关键技术研究与应用[J].陕西建工集团股份有限公司,2020(5):14.
- [3] 李剑峰.多层钢结构厂房安装施工技术分析[J].江西建材,2020(4):165-166.
- [4] 王杰生.多层钢结构厂房安装施工技术[J].价值工程,2019,38(35):166-169.
- [5] 陆海涛,郭菁楠,徐山山,等.多层电子工业厂房钢结构安装施工技术[J].浙江建筑,2016,33(9):43-47.
- [6] 梁中力,黄文明,齐立军.浅谈钢结构工业厂房设计与安装施工[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2010(9):282.
- [7] 林永忠.论多层轻钢厂房安装的几种结构体系比较[J].安装,2005(8):47-48.

作者简介：黄志刚（1980.8—），男，毕业院校：中国地质大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：新疆北新永固钢结构工程有限公司，职务：项目负责人，职称级别：工程师（中级）。