

变电站钢架结构安装施工工艺分析

罗 刚

(中国水利水电第七工程局有限公司机电安装分局, 四川 眉山 620860)

摘 要 为了确保钢架结构施工质量, 本文基于实际案例, 对钢架结构安装施工工艺从准备、组装、吊装、接地到验收全流程进行了详细分析。通过严格的技术规范和质量控制措施, 以确保材料检查、施工准备和螺栓紧固等关键环节的质量把控。研究结果表明, 规范的施工流程和精确的安装方法可有效提高钢架结构的稳定性和承载能力, 为变电站的安全运行和后续维护提供可靠保障。

关键词 变电站; 钢架结构; 组立钢构架; 构架接地

中图分类号: TM63; TU74

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.28.014

0 引言

随着城市化进程加速和工业用电负荷的持续增长, 变电站作为电力网络的关键节点, 其结构与建造技术面临更高标准的挑战。传统变电站结构在承载能力、耐久性 & 施工效率上具有局限性, 难以满足大规模、复杂电网的建设需求。钢架结构以其高强度、轻质化、施工周期短及良好的抗震性能, 成为变电站建设的优选方案。因此, 深入研究并优化变电站钢架结构安装施工工艺, 成为推动电力行业高质量发展的重要课题。

1 工程概况

菲律宾国家电网 (NGCP) 在棉兰老岛北部新建的 230 kV 拉古林丹变电站项目, 工程内容包括新建一座 230/138/69 kV 变电站, 同时对现有塔戈洛安变电站的四个断路器间隔进行改造。项目覆盖从设计、供货到施工、试验及最终移交的全过程。在钢架结构安装方面, 需完成 69 kV、138 kV 和 230 kV 开关站的施工, 总计涉及 63 个基础底板的施工及 117 个钢架结构的安装工作。钢架结构主要承担电气设备的支撑功能, 其施工质量对整个变电站的运行可靠性至关重要。作为变电站施工的重要组成部分, 钢架结构安装要求严格的技术控制和规范的施工管理。

2 变电站钢架结构安装施工流程

2.1 施工准备

在变电站钢架结构的安装施工中, 施工准备是确保后续工作顺利进行的重要基础环节。首先, 需要完成全面的技术准备, 明确组立钢构架的基础尺寸和高差是否符合设计要求, 并在复检确认无误后方可进行后续施工。同时, 现浇基础的混凝土强度应满足设计要求, 即整体组立时需达到 100% 的设计强度, 分解组

立至少达到 70%, 并确保混凝土龄期不少于 10 天。相关的技术资料如钢构架明细表、安装图纸和施工方案等, 必须准备齐全, 以指导施工过程中的每一步操作。工程技术负责人需要组织经验丰富的技术人员和工人进行现场调查, 熟悉图纸内容并制定合理的组立方法, 施工前还要对全体施工人员进行技术交底, 明确岗位职责和操作要点。其次, 根据项目工期和工作量分阶段组建施工队伍, 确保每一阶段都有足够的熟练工人参与。关键岗位人员必须经过专门的技术培训, 高空作业人员须持证上岗, 以保证安全和质量。接着是机具准备, 所有使用的设备和工具都需提前配置并检验其性能, 如 25 t 汽车吊、焊机、缆风钢丝绳、手拉葫芦等, 这些机械和工具将为钢构架组立提供可靠保障^[1]。

2.2 钢构架组装

根据本工程特点, 现场所需的钢构件均以半成品形式运至工地, 组装采用法兰盘螺栓连接方式, 既保证了连接的牢固性, 也便于后续的调整和检修。在施工过程中, 首先将钢杆平稳放置在方木上, 对齐连接部位, 然后依次穿入螺栓, 确保连接孔位正确无误。随后使用力矩扳手按规范要求均匀拧紧螺母, 同时在两法兰盘间适当加垫或减垫片, 通过细微调整确保钢杆的平直度。拧紧后, 施工人员使用钢丝线和平板尺进行精确检查, 确认杆身的垂直度和直线度均符合设计标准, 方可进入下一道工序。单杆安装完成后, 便可开始组合构架的拼装工序。每个单杆的拼装都要按照设计图纸严格对位, 并检查接口部位的连接质量, 以保证整个构架的整体性和稳定性。此外, 对于带有爬梯的人字杆, 施工人员需在地面先行安装爬梯, 再将整体构件提升拼装, 以减少高空操作的风险。

2.3 钢构架吊装

在变电站钢架结构的吊装施工中, 整个过程按照既定的吊装顺序进行。一般情况下, 先吊装钢构架的边柱, 再吊端撑, 随后再吊相邻的柱和梁。为确保吊装的精确性和稳定性, 施工前需做好充足准备。吊装人字杆通常使用 25 t 汽车吊车, 同时需加装临时支撑钢管以加强稳定性。起重负责人需全面了解钢构架的结构特点, 根据构件形状与重量, 精心选择吊点和绑扎方法, 并匹配合适的索具和吊具。地锚通常由角铁桩组成, 使用 $\Phi 10$ mm 麻绳作为临时拉线, 按照 $40 \sim 60$ 度角绑于人字杆的中上部。只有在钢梁及节点上的所有紧固件完全紧固后, 经过技术人员或现场负责人的确认, 才能拆除临时拉线。施工中采用旋转法吊装, 人字构架的吊点位置严格遵守设计图纸, 吊车行驶路径如遇土质松软区域, 需提前铺设道木或钢板以防沉降。

在人字杆起吊后, 应及时移除杆件下的枕木, 避免滑动碰撞, 同时根部必须设可靠的溜绳。当杆脚接近基础时, 施工人员从四个方向将其扶正并用临时螺母固定, 随后逐步收紧四周的临时拉线。只有在确认临时拉线完全固定且人字杆横向基本垂直后, 才能解开大钩。接下来的校正工作由测量工程师负责, 通过在两个垂直方向使用经纬仪检测, 调整杆件根部, 使其轴线与基础完全对齐。校正完成后, 紧固螺栓以固定杆件。钢梁吊装完成后, 工人会在杆顶按设计要求装上封顶板, 并用螺丝连接。若设计要求电杆顶部装有避雷针, 则需在调整至垂直后进行焊接。整个吊装过程以第一组人字杆的校正为起点, 待其完全校正后, 再依次吊装后续构架。全部构架吊装完成后, 从中间轴线向两边依次校正, 确保整排人字杆的准确性。待整排人字杆都校正完毕, 并通过业主工程师的检查验收后, 进行最终的螺栓紧固作业。

为了保护钢构件, 绑扎吊点时须先用麻布包裹, 防止损伤表面涂层。吊装过程中若发现泥土附着, 也需提前清洗干净。对于带有爬梯的人字杆, 应在吊装前装好爬梯后与构架一并吊装。施工队对各自负责的作业内容进行自检, 并准确填写安装记录。自检合格后, 需向项目部申请检查验收, 待项目部复检完成后, 通知监理单位进行中间验收。施工记录要求清晰、完整, 不允许有涂改或虚假数据, 并按标准表格填写, 缺项内容用斜线标明无此项内容, 确保整个施工记录的规范性和可追溯性。这些步骤紧密相连, 确保了变电站钢架结构吊装的质量与安全。

2.4 横梁安装

横梁的安装与螺栓紧固直接关系到整体构架的刚度和承载性能, 施工人员必须严格遵循设计图纸和技术规范操作。施工开始前, 首先要对横梁的规格、长度及孔位尺寸进行复测, 确保其与图纸一致。常见的横梁采用法兰连接, 通过高强度螺栓进行固定。每根横梁的设计跨度在 $10 \sim 20$ m 之间, 单根梁体重量通常在 $2 \sim 5$ t, 具体安装时需考虑吊车的起重能力和作业半径。由于横梁属于主要承重结构, 其高强螺栓的紧固力矩需符合标准, 控制在 $300 \sim 400$ N·m, 要求施工过程中力矩扳手必须经过校准, 操作人员需按规定分两步紧固: 先初紧至设计力矩的一半, 再进行最终紧固, 以避免因一次性紧固过快导致的连接松动或螺栓损坏。

在实际施工中, 横梁的安装需要严格按照预定顺序进行, 一般由边柱向中部依次展开, 以确保整体结构的平稳性。每吊装一根横梁后, 施工人员需立即使用临时拉线和撑杆对其进行初步找正, 然后通过测量仪器检查其水平度和直线度是否在规定范围内。根据项目要求, 横梁的安装精度控制在 ± 5 mm 以内, 垂直偏差不得超过 10 mm。对于超出允许偏差的横梁, 应及时调整支撑点或重新校准法兰连接, 以保证最终的安装质量。

在横梁安装完成并初步紧固后, 施工队会对整排横梁进行复测, 以核实相邻梁体的连接精度和孔位吻合程度。在确认所有横梁均达到设计要求后, 进行螺栓的最终紧固操作, 并按照设计规定的顺序逐一拧紧每颗螺母, 确保其符合设计力矩的要求。对每组横梁的安装情况进行整体检查和记录, 详细标明连接节点的编号、螺栓的型号规格和紧固状态, 并将相关数据存档^[2]。

2.5 复查

在初步安装完成后, 施工人员首先利用经纬仪和钢尺对构架的轴线位置进行检测, 通过多次测量确保其中心线偏移不超过 5 mm 的设计容差范围。对于垂直度的复查, 采用经纬仪配合吊线的方法, 从构架顶部至底部多点测量, 确认整体垂直偏差控制在 10 mm 以内。此时如果发现个别构架的轴线偏移或垂直度不符合要求, 应立即进行调整, 包括重新调整拉线、重新校准法兰连接位置或在地锚处采取加固措施。

在复查过程中, 需要记录每一根构架的检测数据, 包括每根构架的轴线偏移值、垂直度偏差值及检测日期, 同时进行详细标注。若检测结果合格, 则可进行构架底部的二次浇灌。二次浇灌的混凝土强度要求达到设计值的 80%, 以确保构架基础稳固性, 且龄期不少

于 7 天。施工过程中应均匀浇筑,避免产生空隙,同时注意浇灌后的养护措施,确保混凝土性能的长期可靠性。对于检测不合格的构架,施工队需重新找正并进行二次检测,直到复查结果满足设计要求后,方可进行浇灌作业。重新找正时,重点关注构架的连接节点和支撑部位,必要时调整螺栓紧固力矩,确保所有构架的轴线与垂直度均符合标准规范。

2.6 地线柱和避雷针吊装

变电站钢架结构安装工艺的地线柱与避雷针吊装环节,是确保电气安全和防雷性能的重要步骤。吊装工作必须严格按照设计图纸和规范要求进行,以保障设备运行的可靠性。吊装前,需要对地线柱和避雷针的型号、长度和重量进行复核,确保它们与设计参数一致。以常见的避雷针为例,其长度通常 10 ~ 15 m,重量在 100 ~ 200 kg 之间。由于构件尺寸和重量较大,吊装一般使用 25 t 汽车吊车,吊点和绑扎方法需要根据构件的重心和长度合理布置,以避免构件在吊装过程中发生倾斜或摆动。

在吊装过程中,施工人员先将地线柱或避雷针平稳提升到预定位置,并由专人使用测量仪器对其垂直度和中心位置进行校准。为了保证安装精度,允许偏差通常控制在垂直方向 10 mm 以内,横向偏移不超过 5 mm。如果发现偏差超出标准,需立即调整吊点或校正支撑位置,确保最终安装精度符合设计要求。安装就位后,通过高强度螺栓将地线柱和避雷针与钢架构件牢固连接,同时检查所有连接点的紧固力矩是否达到设计标准为 200 ~ 300 N·m,确保结构的整体稳定性。在避雷针安装完成后,还需进行接地连接。施工人员需检查接地线的导通情况,确保接地电阻值小于设计规范的 0.5 Ω ,以满足防雷要求^[3]。

2.7 构架接地

在变电站钢架结构安装过程中,构架接地的主要任务是将钢架结构与接地系统可靠连接,确保电气设备在运行中出现故障时能够迅速引导故障电流入地,降低接触电压和跨步电压,保护设备和人员安全。在施工中,首先要对接地网的布置和连接点位置进行详细核对。根据工程设计,接地系统的接地电阻值通常要求低于 0.5 Ω ,为此需要在施工中对接地导线的规格、连接质量和焊接工艺进行严格控制^[4]。

在实际操作中,施工人员使用热熔焊接法或气焊法将构架的主钢柱和接地母线可靠连接。焊接前,对焊接区域的表面进行打磨除锈,以保证接触面的导电性。焊接完成后,通过目测检查焊缝的外观质量,确

保焊缝均匀、无气孔裂纹等缺陷,并使用电阻测试仪对接地系统进行测试。在施工过程中,接地连接点的数量和分布需满足设计图纸要求,所有接地电缆和接地极都必须有清晰的标识,以便日后维护和检查。

2.8 检查验收

检查验收的内容包括构架的轴线位置、垂直度、接地连接的可靠性以及整体结构的紧固程度。在验收过程中,使用经纬仪和测量尺对钢架的关键节点和整体结构进行全面检测,同时检查每根螺栓的紧固力矩是否达到设计要求,防止松动现象。

接地系统的检查也是验收的重要内容。施工人员需提交详细的接地电阻测试记录,确保每个接地点的电阻值低于设计规范要求 0.5 Ω ,并检查接地线的导通性和焊接质量。若发现任何异常或超标数据,需立即记录并制定整改方案,直到相关指标完全合格。在验收过程中,所有检查记录需按标准表格填写,内容包括检查时间、参与人员、检测数据以及是否存在偏差或缺陷^[5]。

验收合格后,验收组需签署验收报告,并将检查记录归档保存,为后续的运行维护提供数据支持。通过严格的检查验收流程,最终确保变电站钢架结构安装的整体质量,为电力设备的安全、稳定运行打下坚实的基础。

3 结束语

本文基于菲律宾 230 kV 拉古林丹变电站项目,系统阐述了变电站钢架结构安装施工工艺,涵盖施工准备、组装、吊装、复查等关键环节。各环节严格遵循技术规范与标准,确保了钢架结构安装的精准度与稳定性。未来,随着电力行业不断发展,应持续优化施工工艺,强化质量管控,提高施工效率,推动变电站建设迈向新高度,为电力网络稳定运行筑牢坚实的基础。

参考文献:

- [1] 熊超奇,姜文,胡文博,等.变电站钢结构工程施工质量控制[J].中国建筑金属结构,2022(08):92-94.
- [2] 刘泽鹏.110kV 变电站栓焊混合连接和螺栓连接钢结构碳排放研究[J].工程技术研究,2023,08(01):38-41.
- [3] 吴俊,黄俊,张璐,等.“钢结构+装配式”变电站建设过程中存在的问题及对策[J].中国建筑装饰装修,2023(04):168-170.
- [4] 罗时俊.变电站结构设计的优化措施[J].城市建筑空间,2022,29(S2):181-182.
- [5] 陆天培,蔡浩宇.模块化变电站钢结构标准化深化设计工作的思考[J].大众标准化,2025(01):116-118.