

Technical points and optimization strategies of high voltage equipment installation in electric power engineering

Jiguang Yuan Xinyu Yuan Yanping Wang Jiming Yuan Yun Guo

Heilongjiang Huarui Electric Power Installation Group Co., Ltd., Jixi, Heilongjiang, 158300, China

Abstract

With rapid socio-economic development and continuously rising electricity demand, high-voltage equipment has become increasingly vital in power systems. The safe and stable operation of power grids is directly linked to the quality of high-voltage equipment installation. This paper provides a systematic analysis of key aspects including preparatory work, core technical requirements, common challenges, and optimization strategies for high-voltage equipment installation. Preparatory work covers technical specifications, site conditions, and material selection. Core installation techniques focus on construction standards and quality control for critical components such as transformers, GIS switchgear, and high-voltage switch cabinets. Comprehensive solutions are proposed to address common issues including poor sealing, reduced insulation performance, and mechanical operation stagnation. Additionally, optimization strategies are presented from three perspectives: technical improvements, management enhancements, and safety protocols. These measures aim to improve installation precision, shorten project timelines, and ensure operational safety, providing practical references for engineering applications.

Keywords

electric power engineering; high voltage equipment; installation technology; optimization strategy

电力工程中高压设备安装技术要点与优化策略

袁继光 袁欣钰 王艳萍 袁继明 国云

黑龙江省华瑞电力安装集团有限公司, 中国·黑龙江 鸡西 158300

摘要

社会经济发展迅速, 电力需求持续上升, 高压设备在电力系统里的作用变得更重要, 电网的安全稳定运行与高压设备安装质量直接相关。本文围绕高压设备安装的前期准备、核心技术要点、常见问题及优化策略进行了系统分析。前期准备涵盖技术、场地环境、设备材料等方面。核心安装技术涉及变压器、GIS组合电器、高压开关柜等关键设备的施工要点与质量控制。针对密封不良、绝缘性能下降、机械操作卡滞等常见问题, 提出了全流程解决方案。同时从技术、管理、安全三方面提出优化策略, 以提升安装精度、缩短工期、保障安全运行, 为实际工程提供参考。

关键词

电力工程; 高压设备; 安装技术; 优化策略

1 引言

变压器、GIS组合电器、高压开关柜、断路器等高压设备是变电站和输电线路的核心部分。安装要涉及机械、电气、土建等多个专业, 对技术要求高, 施工周期久, 安全风险大, 特高压输电技术发展, 设备体积与重量持续增大, 安装精度方面要求更严格。研究高压设备安装技术要点以及优化策略, 对于提升工程质量和运行可靠性意义重大。

2 高压设备安装前期准备

2.1 技术准备

技术准备是保证高压设备安装顺利开展的前提, 需开展详细的图纸会审工作, 核对设计图纸与设备的技术参数, 明确安装位置、尺寸以及接口是否匹配, 施工单位需召集技术人员、监理以及设备厂家进行全面技术交底, 确定质量标准和安全要求, 制定合理的施工方案, 涵盖施工步骤、设备运输路线、吊装方案、调试计划等, 让施工过程有规则可依。

2.2 场地与环境准备

场地和环境状况对安装质量有直接影响, 安装场地要平坦结实, 排水系统要好, 防止积水损害设备基础, 运输通道的宽度与承载能力得符合设备运输要求, 尤其是大型变压器、GIS设备等超限设备, 安装的区域要保证干净没有灰尘, 不让杂质进入设备内部影响绝缘性能, 对于SF6设备而言,

【作者简介】袁继光(1977-), 男, 中国山东济宁人, 本科, 工程师, 从事电力工程方向研究。

要考虑通风条件以及气体回收处理设施^[1]。

2.3 设备与材料准备

设备到货后,需按照规范开展开箱验收工作,检查外观、附件以及出厂资料不全,绝缘油、SF₆气体等介质必须由专业机构化验合格后才可使用,提前对专用工具如力矩扳手、真空设备等进行校验,保证精度达标,关键部件需妥善存放,防止受潮、碰撞和污染。

3 核心安装技术要点

3.1 变压器安装

在变压器安装过程中,基础处理的精度直接影响设备的长期稳定性。大型变压器就位前,需使用精密水平仪和塞尺对基础进行多点检测,确保其平整度偏差超过设计值。吊装过程中,应合理选择吊点并使用专用吊装工具,避免钢丝绳对设备外壳造成损伤。器身检查时,应在干燥、无尘的环境中进行,必要时搭建临时防尘棚,防止外界杂质进入。若发现铁芯或绕组存在异常,及时联系厂家进行处理^[2]。完成真空注油操作后,需马上开展热油循环,一般循环时间要达到48小时以上,把油温控制于50至60℃范围,推动绝缘油充分渗透并排出剩余气体,循环完毕后,开展绝缘电阻、吸收比以及介质损耗因数的测试,保证满足规程规定,接着开展变比、直流电阻、组别极性等相关试验,确定变压比与接线无差错,安装冷却系统过程中,查看散热器、风扇以及油泵的工作状态,保证无渗漏、无异常声响,最终开展整体密封性检查,若有必要则进行氮气检漏,待确认不存在渗漏现象后,清理现场且整理安装记录,构建完整的技术档案。

3.2 GIS 组合电器安装

GIS设备安装对精度的要求非常高,先开展基础测量放线工作,精准调节支架水平度,吊装模块时,控制吊装角度,防止内部元件受力变形,法兰连接面要干净且无划伤,密封件压缩量要合适,保证密封效果,充注SF₆气体前得彻底抽真空,充入质量合格的SF₆气体后,严格检测漏气率,保证符合规范要求。完成SF₆气体充注并静置24小时后,利用露点仪测定气体湿度,通过检漏仪进行定性与定量的检漏操作,重点对法兰、阀门以及套管的连接部位进行检查,若年度漏气率超出1%,需再次对密封面及密封件进行检查,接着开展回路电阻测量、绝缘电阻测试以及局部放电检测,局部放电量需小于10 pC,调试操作机构期间,开展分合闸操作至少5次,查看动作是否平稳、行程是否达标,待所有测试均合格后,清理掉设备内外部的杂物,关闭气室阀门,整理充补气相关记录以及检测报告,归档保存。

3.3 高压开关柜安装

检查基础槽钢的水平度与标高,用水平仪在多个不同位置进行测量,偏差允许值不超过1mm/m,把开关柜吊运到基础上,校正柜体垂直度,检查无误后用螺栓固定。采用细砂纸或专用金属刷去除母线接触面氧化层,均匀地涂抹导电膏,保证完全覆盖,依照厂家提供的力矩范围(通

常40~60 N·m),借助力矩扳手来紧固连接螺栓,紧固按从中间向两端对称的顺序开展,安装完毕后对接触电阻进行测量,需小于20 μΩ。按照设计图纸逐个核对端子号,保证与原理图相符,采用专用压接钳对导线压接端子进行压接,待压接稳固后套入线号管,再用线号机打印标识,线束应规整排列,绑扎间距不得超过200mm,杜绝与金属锐边接触。

依次开展绝缘电阻测试(要求电阻值≥100 MΩ)、工频耐压试验(按规定施加额定试验电压,1分钟内无击穿情况)、操作机构分合闸试验(手动与电动操作分别进行5次,动作顺畅无卡顿,针对配备保护装置的柜子,仍需开展继电保护传动试验。对抽屉的推拉阻力(需保证平稳且无卡阻情况)、定位销以及机械联锁的动作可靠性展开检查,保证“五防”功能正常,对每个抽屉分别开展二次回路的通断检查工作,确认信号与控制回路无差错。清除柜内杂物,查看所有紧固件有无松动,关闭柜门且贴好标识,收集并整理试验记录、安装照片以及设备合格证,形成完备的验收资料后归档。

4 常见问题及解决方案

4.1 常见问题

高压设备安装期间,因为涉及多个专业和多个环节,常见问题类型多,主要有密封不良、绝缘性能下降和机械操作卡滞三类。密封不好常常出现在法兰连接、套管安装和盖板密封的地方,该问题的成因主要包括密封面加工精度不够或者有划痕,密封件老化或者安装方向有误,螺栓紧固力矩不均匀造成局部压缩量不足,GIS设备若,GIS设备密封不佳会造成SF₆气体泄漏,使绝缘性能下降且污染环境^[3]。

绝缘性能降低主要表现是绝缘电阻下降、局部放电量上升,主要源于绝缘油或SF₆气体变潮湿,内部混入金属屑或纤维类杂质,安装期间绝缘表面有损伤,要是变压器,要是变压器真空注油不充分,油里的气泡会大幅降低绝缘强度,进而引发击穿事故。

机械操作卡顿的情况常出现在断路器、隔离开关等操作机构那里,常见的原因包括传动部件安装存在偏差、轴承或滑动部位润滑不充分、异物进入到机构里面、零件发生变形或磨损,这类问题会造成操作失灵,极大降低设备分合闸性能。

4.2 解决方案

4.2.1 密封不良解决方案

处理密封不良问题,需从材料、工艺、检测这三方面,进行全流程把控,需使用符合设计标准的密封件,优先用厂家推荐产品,保证储存环境干燥且温度合适,安装前查看密封件外观,确定无裂纹、变形或损坏,对法兰密封面,要用专用工具清洁打磨,把划痕和杂质去掉,必要时开展表面处理以提升平整度。要制定标准化操作流程,安装密封件时需注意方向无误,用扭矩扳手来紧固螺栓,按照对角线顺序分批次均匀拧紧,保证压缩量一致且达到技术要求,给GIS

设备,要在密封面涂专用密封胶,提高密封效果,安装结束后,要马上开展泄漏检测,常用的检测方法有肥皂水检测、氦质谱检漏等,对 SF6 设备,要开展 24 小时气体压力监测,确定没有明显的压力下降,创建密封质量追溯档案,对密封件型号、安装人员、力矩值以及检测结果进行记录,方便后续跟踪与维护^[4]。

4.2.2 绝缘性能下降解决方案

防治绝缘性能下降要从源头抓起,主要关注介质质量和安装环境,绝缘油和 SF6 气体要经过权威机构检测,结果需合格,符合规定的纯度和湿度标准,储存和运输时用专用容器,防止受潮和污染,变压器注油之前得进行真空处理,保证油箱内干燥无水。施工现场要保持干净、干燥,采取防尘、防潮办法,把环境湿度控制在 60% 以下,安装绝缘部件时,工作人员得穿上干净工作服、戴上手套,别直接碰绝缘表面, GIS 设备,安装 GIS 设备时,要让内部压力比大气压稍高,避免外部湿气进入,除了做常规绝缘电阻测试,要做介损测试、局部放电检测等,全面评估绝缘状态,要是发现绝缘性能变差了,要马上查找原因,或许要更换绝缘件、重新处理介质或者做干燥处理,创建绝缘性能监测数据库,对不同阶段测试数据进行对比分析,做到早期预警。

4.2.3 机械操作卡滞解决方案

要解决机械操作卡滞问题,可从精度控制和润滑维护两方面入手,安装时严格把控零部件的几何精度,借助精密测量仪器让同轴度、平行度等符合设计标准,安装传动部件前要把它彻底清洗干净,清除加工留下的残渣和杂质,安装时别敲击和强行安装。做好润滑管理是防止设备卡滞的关键,需选用厂家推荐的润滑剂,控制好润滑量,防止过多或过少,易受污染的部位,需用密封方法阻止灰尘、水分进入,制定定期的润滑维护制度,按照设备运行情形设定合理的润滑周期,在检测和调试阶段,需多次开展手动和电动操作试验,记录操作力和行程数据,跟标准值对比分析。要是发现操作阻力有异常,要马上拆卸检查,针对复杂机构,可运用动态监测技术,实时对操作过程里的力变化进行分析,精准找到卡滞点,创建机械系统健康档案,把安装调试数据和各次维护情况进行记录,给设备全寿命周期管理提供依据,采取上述综合措施,可切实解决机械操作卡壳问题,让设备长期稳定运行^[5]。

5 优化策略

5.1 技术优化

随着电力工程技术进步,传统安装办法正慢慢朝数字化、智能化过渡,采用 BIM (建筑信息模型) 技术可以在施工前做三维模拟,提前找出设备与结构、设备与设备之间的空间矛盾,减少现场重新施工,用激光准直仪、全站仪等高精度测量设备,能把安装误差控制在毫米级,很适合 GIS 设备拼接和变压器就位调整,推广模块化施工理念,让部分

设备能在工厂预制、在现场整体吊装,大大缩短安装时间,提升质量稳定性,使用自动力矩扳手、智能真空系统等专用设备,提高了关键工序施工的精度和可靠性。

5.2 管理优化

只有把技术优化和管理优化结合,才能产生最大效益,构建安装全流程质量追溯体系,对各道工序记录、拍照后存档,让问题能追溯、责任可落实,增进厂家、施工、监理这三方的协作,按时召开协调会议,及时沟通解决现场问题,落实关键工序旁站监理制度,保证施工严格依照规范和方案进行,创建质量奖惩办法,将施工质量跟经济利益联系在一起,鼓励施工人员增强质量意识,完善的人员培训体系可让施工人员掌握新工艺、新设备,降低人为失误。

5.3 安全优化

高压设备安装期间的安全风险不能忽略,需在高压设备区布置明显警示标志,阻止无关人员进入, SF6 设备安装期间,需配备气体检测和强制通风设备,防止气体中毒事故,吊装作业开展前需制定专项的安全方案,弄清楚指挥信号和应急措施,保证大型设备吊装安全,为施工人员进行专门的安全培训,尤其是针对高压试验、带电作业等特殊环节,提升安全操作技能和应急处理能力。

6 结语

本文重点研究了电力工程中高压设备安装技术要点,并提出了相应策略。结果表明,高压设备安装在电力工程里是关键步骤,技术要求严、影响因素多,做好前期准备、严格落实安装标准、引进先进技术、优化管理模式,能明显提升安装质量和运行可靠性,随着智能与模块化技术不断发展,高压设备安装会朝着更高效、安全、精准的方向发展,施工单位要不断总结经验,持续改进施工工艺,保障电网安全稳定运行。未来研究可重点关注高压设备安装与运维的数字化、智能化发展路径,探索基于数字孪生的全生命周期管理模式,实现设备安装、调试、运行及检修的实时仿真与状态评估,为高压设备快速安装与现场集成提供新的技术路径。

参考文献

- [1] 周军.高压电气设备安装调试与运行维护[J].上海电气技术,2025,18(02):24-27.DOI:CNKI:SUN:SHDQ.0.2025-02-006.
- [2] 张亮.电力系统电气设备安装与调试技术的研究[J].电工技术,2025,(S1):61-63.DOI:10.19768/j.cnki.dgjs.2025.25.021.
- [3] 马希才.封闭式组合电气高压开关GIS设备安装流程和控制要点[J].科技与创新,2024,(18):182-184+187.DOI:10.15913/j.cnki.kjycx.2024.18.054.
- [4] 王红梅.高压电气设备安装质量管理探析[J].中国设备工程,2022,(04):242-243.DOI:CNKI:SUN:SBGL.0.2022-04-149.
- [5] 彭煜成.高压电气设备安装调试与运行维护技术探讨[J].世界有色金属,2021,(01):225-226.DOI:CNKI:SUN:COLO.0.2021-01-107.