

试论封闭式组合电器（GIS）安装的质量控制

刘 沛 肖 莹

河南平芝高压开关有限公司 河南 平顶山 467000

摘 要：封闭式组合电器（GIS）作为电力系统的关键设备，其安装质量直接影响电力系统的安全稳定运行、设备使用寿命及运维成本。本文围绕GIS安装质量控制展开探讨，首先阐述了质量控制在保障系统安全、延长设备寿命、降低运维成本等方面的重要性；接着分析了当前安装过程中存在的环境控制不佳、人员操作不规范、设备材料管理不到位、质量检测薄弱及施工方案不合理等问题；最后针对性地提出加强环境控制、规范人员操作、强化设备材料管理、完善检测体系、制定合理施工方案及加强协调沟通等措施，旨在为提升GIS安装质量提供参考，确保电力系统可靠运行。

关键词：封闭式组合电器（GIS）；安装；质量；控制

引言：随着电力工业的快速发展，封闭式组合电器（GIS）以其占地面积小、运行可靠性高、维护工作量少等优势，在变电站及电力系统中得到广泛应用。GIS 的安装质量是其发挥性能的关键，直接关系到电力系统的安全稳定运行、设备的使用寿命以及后期运维成本。然而，在实际安装过程中，受安装环境、人员操作、设备材料管理、质量检测及施工方案等多方面因素影响，GIS 安装质量往往存在诸多问题，可能导致设备故障、停电事故等严重后果。因此，深入研究 GIS 安装质量控制的重要性，分析当前存在的问题，并提出针对性的解决措施，对于提高 GIS 安装质量、保障电力系统可靠运行具有重要的现实意义。

1 封闭式组合电器（GIS）安装质量控制的重要性

1.1 保障电力系统安全运行

封闭式组合电器（GIS）作为电力系统的核心设备，承担着电能的传输、分配和控制功能，其安装质量直接关系到整个电力系统的安全稳定运行。在安装过程中，若出现密封不良、绝缘部件损伤或导体连接松动等问题，可能导致气体泄漏、绝缘击穿或接触电阻过大等故障，进而引发短路、停电等事故，严重时甚至会危及设备和人员安全。

1.2 延长设备使用寿命

GIS 设备结构复杂、集成度高，其使用寿命与安装质量密切相关。安装过程中的操作规范程度、部件保护措施及调试精度，都会对设备的长期运行状态产生影响。若安装时未严格遵循规程，如在搬运或组装过程中对瓷套管、母线等部件造成隐性损伤，或密封面清洁不到位导致密封性下降，会使设备在运行中过早出现故障，缩短使用寿命^[1]。

1.3 降低运维成本

GIS 设备的运维成本主要包括日常巡检、故障维修、部件更换及气体补充等费用，而安装质量是影响运维成本的关键因素。若安装质量不达标，设备在运行中易出现频繁故障，不仅需要投入大量人力、物力进行抢修，还可能因停电造成间接经济损失。例如，密封不良导致的 SF₆ 气体泄漏需定期补气，增加了气体采购和处理成本；而绝缘故障引发的设备损坏可能需要更换昂贵的核心部件，维修费用高昂。此外，故障频发还会增加巡检频率和强度，提高人工成本。

2 封闭式组合电器（GIS）安装质量控制存在的问题

2.1 安装环境控制不佳

GIS 设备对安装环境的洁净度、温湿度及防尘要求极高，但实际施工中常存在环境控制不到位的情况。部分施工现场未设置专用封闭作业区，外部粉尘、杂物易进入安装空间，导致设备内部绝缘部件附着污染物，埋下绝缘击穿隐患。此外，温湿度控制失衡现象普遍，高温环境可能导致密封胶条老化加速，而湿度超标则会使设备内部产生凝露，影响绝缘性能。例如，在户外临时搭建的安装棚内，若未配备有效的空气净化和调温设备，遇到大风或阴雨天气时，环境参数极易超出设备安装标准，直接影响安装质量。同时，部分施工单位为赶进度，在环境未达标时强行施工，进一步加剧了环境因素对设备的负面影响。

2.2 人员操作不规范

安装人员的操作规范性是决定 GIS 安装质量的核心因素，但当前操作不规范问题较为突出。一方面，部分安装人员缺乏系统培训，对 GIS 设备的结构特性和安装规程掌握不足，存在野蛮施工现象，如在搬运母线筒

时未使用专用吊装工具,导致筒体变形;在紧固螺栓时未按规定力矩操作,造成密封面受力不均。另一方面,操作流程执行不严格,例如在清洁密封面时仅用普通抹布擦拭,未使用专用溶剂和无尘布,导致密封面残留杂质;在抽真空和充气环节未按步骤操作,使设备内部混入水分或空气。

2.3 设备及材料管理不到位

设备及材料管理不善会直接影响 GIS 安装质量,主要体现在三个方面。一是设备存放不符合规范,部分 GIS 组件长期暴露在露天环境中,遭受日晒雨淋,导致金属外壳锈蚀、绝缘件受潮; SF_6 气体钢瓶未按要求直立存放,存在倾倒风险,且充气时未使用专用过滤器,可能混入杂质。二是材料质量把控不严,选用的密封胶条、清洁剂等辅助材料不符合设备厂家标准,如使用劣质密封胶条导致密封性能下降,或清洁剂残留腐蚀性成分损伤设备部件。三是设备开箱检查流于形式,未按规程核对设备型号、规格及外观质量,将存在隐性损伤的部件用于安装,如瓷套管内部裂纹未被发现,安装后易发生击穿事故。

2.4 质量检测环节薄弱

质量检测是保障 GIS 安装质量的关键环节,但目前存在检测流程不完善、检测手段单一等问题。在过程检测中,部分施工单位省略关键检测步骤,如未对母线连接的接触电阻进行测量,或 SF_6 气体泄漏率检测仅采用简易肥皂水法或只对现场对接面采用定性检漏且检漏仪精度不高,难以精准发现泄漏点。在最终验收时,过度依赖外观检查,对设备的绝缘电阻、耐压性能等关键参数检测不足,导致部分存在内部缺陷的设备投入运行。此外,检测设备精度不足也是突出问题,如使用未经校准的压力表和密度继电器,无法准确监测 SF_6 气体压力,可能延误故障判断^[2]。

2.5 施工方案不合理

施工方案的科学性直接影响 GIS 安装质量,当前部分方案存在明显缺陷。一是方案编制缺乏针对性,未结合 GIS 设备型号、现场环境及施工条件进行细化,照搬通用模板,导致关键工序的技术参数不明确,如 SF_6 气体充气速率、真空度保持时间等未作出具体规定。二是施工流程安排不合理,存在工序交叉冲突现象,如在 GIS 本体安装尚未完成时,便进行二次电缆敷设,易造成设备碰撞或污染。三是应急预案缺失,对安装过程中可能出现的突发情况(如 SF_6 气体大量泄漏、设备部件损坏)未制定应对措施,发生问题时处置不当,扩大质量隐患。

3 封闭式组合电器(GIS)安装质量控制的相关措施

3.1 加强安装环境控制

为满足 GIS 设备对安装环境的严苛要求,需从空间隔离、参数调控和过程监督三方面入手。首先,应设置专用封闭作业区,采用防尘围挡与外界隔离,入口处配备风淋室,防止人员带入粉尘;作业区地面铺设防静电橡胶垫,墙面及顶部采用密封板材,减少扬尘产生。其次,配备精准的环境调控设备,安装空气净化器、除湿机及恒温空调,将洁净度控制在 Class 5 级(ISO 8 级)以上,温度维持在 10-30℃,相对湿度不超过 60%;在设备开箱及组装区域设置局部百万级洁净棚,进一步提升关键环节的环境洁净度。同时,建立环境参数实时监测机制,在作业区布置温湿度、粉尘浓度传感器,数据实时上传至监控平台,一旦超标立即报警并停止施工,待环境恢复达标后方可继续。

3.2 提高人员操作规范性

人员操作的标准化是确保安装质量的核心,需通过培训、流程管控和责任追溯实现。首先,开展针对性培训,对安装人员进行 GIS 设备结构、安装规程、风险点识别等理论培训,结合三维动画演示关键工序(如密封面处理、触头对接)的操作细节;组织实操演练,要求人员在模拟平台上反复练习螺栓紧固(使用扭矩扳手)、抽真空(按曲线控制速率)等操作,考核合格后方可上岗。其次,制定细化的操作指导书,明确各工序的操作步骤、技术参数及禁忌事项,例如密封面清洁需采用“三擦法”(专用溶剂擦拭→无尘布擦干→紫外线灯检查),抽真空时需先抽至 133Pa 以下并保持 4 小时以上。同时,推行“双人复核制”,每道工序完成后,操作人员自检合格后报质检员复核,复核内容包括螺栓力矩值、触头插入深度等关键数据,两者签字确认后方可进入下道工序^[3]。

3.3 强化设备及材料管理

设备与材料的质量直接决定安装效果,需从存储、检验、领用三个环节严格管控。首先,规范存储条件,设置专用库房存放 GIS 组件,库房需通风干燥,地面铺设防潮垫,组件采用木质托盘垫高存放,避免直接接触地面;对于瓷套管、绝缘拉杆等易损部件,需单独放置在定制防震架上,覆盖防尘罩; SF_6 气体钢瓶需直立固定在专用支架上,远离火源并张贴警示标识,定期检测钢瓶阀门密封性。其次,严格进场检验,设备到货后,组织厂家、监理及施工单位共同开箱,对照装箱单核对型号、规格及数量,使用内窥镜检查内部腔体清洁度,用兆欧表检测绝缘件绝缘电阻;辅助材料(如密封胶条、

清洁剂)需查验出厂合格证及材质证明,抽样送检(如胶条的耐老化性能、清洁剂的腐蚀性),不合格材料一律退回。

3.4 完善质量检测体系

构建全流程、多维度的检测体系,可及时发现并消除质量隐患。首先,强化过程检测,在关键工序设置检测节点:母线对接后,使用双臂电桥测量接触电阻(要求 $\leq 10\mu\Omega$);密封面组装后,充气完成后,应采用密封面包扎法对现场对接面进行检漏试验,检漏仪精度不低于0.01ppm,同时包扎时注意现场环境,尤其是室内场合,环境底数应不大于0.5ppm。;SF₆气体充气后,监测气体湿度(运行前有电弧分解气室 $\leq 150\mu\text{L/L}$,其它气室 $\leq 250\mu\text{L/L}$)及压力值(符合厂家标称范围)。其次,优化最终验收项目,除外观检查外,增加绝缘试验(如工频耐压试验、局部放电检测)、机械操作试验(分合闸时间、速度测量)等关键项目,有条件的建议增加特高频局放检测项目,排查内部隐性缺陷,确保设备无局部放电超标现象。同时,保障检测设备精度,所有仪器(如扭矩扳手、检漏仪)需定期送计量机构校准,张贴校准合格标识并记录有效期,检测时使用在有效期内的仪器,避免数据失真。

3.5 制定合理的施工方案

科学的施工方案是安装质量的前提,需结合实际情况精准编制。首先,增强方案针对性,在编制前开展现场勘查,明确GIS设备型号、安装位置及周边环境(如临近带电设备、地质条件),根据厂家技术手册细化关键参数,例如SF₆气体充气速率控制在0.1-0.2MPa/h,真空度需维持在133Pa以下且保持时间不少于24小时;针对不同组件(如断路器、隔离开关)制定专项安装流程,标注易错点(如:直母线的安装方向)。其次,优化施工流程,采用BIM技术模拟各工序衔接,避免交叉作业冲突,例如明确GIS本体安装完成并验收后,方可进行二次电缆敷设;划分作业区域(如清洁区、组装区),设置隔离带防止工序干扰。同时,完善应急预案,针对可能出现的SF₆气体泄漏,配备防毒面具、通风设备及气体回收装置,明确泄漏处置流程(如人员撤

离、区域封锁、气体回收);对设备部件损坏情况,制定备用件清单及更换预案,确保快速响应。

3.6 加强施工过程的协调与沟通

高效的协调沟通可减少施工偏差,需建立多层次沟通机制并强化信息传递。首先,建立定期协调会议制度,每日召开班前会,由施工负责人明确当日施工内容、质量控制点及安全注意事项;每周组织监理、厂家、施工单位三方例会,通报安装进度、质量问题及整改情况,例如针对密封面清洁不达标问题,共同商议优化清洁流程。其次,搭建实时沟通平台,组建包含各方人员的微信群或专用管理软件,要求施工人员实时上传关键工序照片(如螺栓紧固后扭矩值显示),质检员在线复核并反馈意见;对突发问题(如设备部件型号不符),通过视频会议快速会商,缩短决策时间。同时,强化技术交底沟通,厂家技术人员需向安装团队进行详细交底,讲解设备特殊要求(如某型号GIS的母线对接间隙误差需 $\leq 0.5\text{mm}$),并提供书面交底记录签字确认;对施工中出现的技术疑问,设立24小时技术咨询热线,确保厂家及时响应。

结束语

综上所述,封闭式组合电器(GIS)安装的质量控制是保障电力系统安全稳定运行的关键环节,贯穿于安装环境、人员操作、设备管理、检测体系、施工方案及协调沟通等全流程。只有通过系统性措施解决各环节存在的问题,才能充分发挥GIS设备的性能优势,延长使用寿命并降低运维成本。未来,需持续强化质量管控意识,结合技术创新与管理优化,不断提升安装质量水平,为电力行业的高质量发展提供坚实的设备保障,确保电力能源的可靠输送与供应。

参考文献

- [1]王志泰.浅谈封闭式组合电器(GIS)安装的质量控制[J].科技展望,2015(32):101.
- [2]刘艳.SF₆封闭式组合电器(GIS)交流耐压试验的重要性[J].百科论坛电子杂志,2018(24):580-581.
- [3]段峰彪.GIS组合电器的安装要点分析[J].沈阳工程学院学报(自然科学版),2012,8(03):232-234.