

110kV 智能变电站建设技术要点及质量控制

吴介

广东粤能工程管理有限公司, 广东 广州 510640

DOI:10.61369/EPTSM.2026060013

摘 要： 110kV 智能变电站作为新型电力系统中的关键枢纽节点，承担着电能传输与分配的重要职能，其建设质量直接影响电网的安全稳定运行。本文结合典型工程实践，分析了智能变电站建设的战略意义，重点总结了主变压器、气体绝缘全封闭组合电器（GIS）、配电设备、电缆等核心装置的安装工艺要点。在此基础上，提出了涵盖施工准备、过程控制、调试验收等阶段的全过程质量管理策略，并探讨了三维数字化建模、物联网监测等前沿技术在工程质量提升与运维模式转型中的作用。研究成果可为同类工程提供技术参考与管理借鉴。

关 键 词： 110kV 智能变电站；建设技术；质量控制；电气设备安装；数字化技术

Key Technical Points and Quality Control of the Construction of 110kV Smart Substations

Wu Jie

Guangdong Yue Neng Engineering Management Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510640

Abstract： As a critical hub node in new-type power systems, 110kV intelligent substations play a vital role in the transmission and distribution of electrical energy. The quality of their construction directly impacts the safe and stable operation of the power grid. Based on typical engineering practices, this paper analyzes the strategic significance of the construction of intelligent substations, highlighting the key installation techniques for core components such as main transformers, gas-insulated fully enclosed combination devices (GIS), distribution equipment, and cables. Building upon this foundation, a comprehensive quality management strategy is proposed, covering stages such as construction preparation, process control, and testing and acceptance. The paper also explores the role of cutting-edge technologies like three-dimensional digital modeling and IoT monitoring in enhancing project quality and transforming maintenance models. The findings can serve as a technical reference and management guide for similar projects.

Keywords： 110kV intelligent substation; construction techniques; quality control; installation of electrical equipment; digital technologies

引言

在“双碳”战略与新型电力系统建设背景下，110kV 变电站作为连接区域电网与城乡配电网的关键节点，其建设重点正加快向数字化、集成化、智能化方向转型。智能变电站融合了高精度传感、实时通信与智能控制技术，显著提升了设备状态感知与故障预警能力，同时也对现场施工工艺、环境控制、系统调试等环节提出了更高要求。

回顾既有工程案例，安装精度不足、环境控制不力、工艺执行偏差是导致 GIS 局部放电、电缆故障、母线发热等问题的常见原因，严重时可能引发全站停电或保护误动。因此，系统梳理 110kV 智能变电站的关键施工工艺，建立贯穿建设全过程的质量控制闭环，对从源头消除安全隐患、打造优质工程、提升供电可靠性具有重要意义。

一、110kV 智能变电站建设质量控制的重要性

110kV 智能变电站是一次设备与二次系统深度融合的复杂工程实体，包含主变压器、GIS、开关柜等核心一次设备，以及保护、测控、智能通信等二次系统。设备种类多、接口关系复杂，

施工工序耦合性强。从土建交接、设备安装到系统联调、竣工投产，各环节紧密衔接，任一关键节点的管控疏漏均可能对整体质量产生连锁影响。

质量控制的重要性可通过典型失效案例加以说明。例如，某 110kV 线路事故中，电缆头安装偏差仅 4mm 且屏蔽不完整，最终

引发对地击穿，导致主变压器失压。另一起 GIS 事故中，施工现场防尘措施不到位，微量粉尘在电场作用下形成放电通道，造成母线差动保护动作并引发全站停电。追溯其原因，均为工艺执行偏差与环境管控缺失所致。上述案例充分表明，严格的技术监督与质量卡控是保障变电站安全稳定运行的前提条件。

二、110kV 智能变电站核心设备安装技术要点

（一）变压器安装技术

主变压器作为变电站的一次侧动力核心，其现场组装工艺难度大。以 SZ11-50000/110 型油浸自冷有载调压变压器为例，施工流程应严格遵循行业规程，关键工艺包括：基础校验、设备就位、排油泄压、吊罩检查、附件安装、抽真空、真空注油、热油循环、静置排气、二次接线及电气试验等。安装工艺流程可以参考图 1 所示内容。

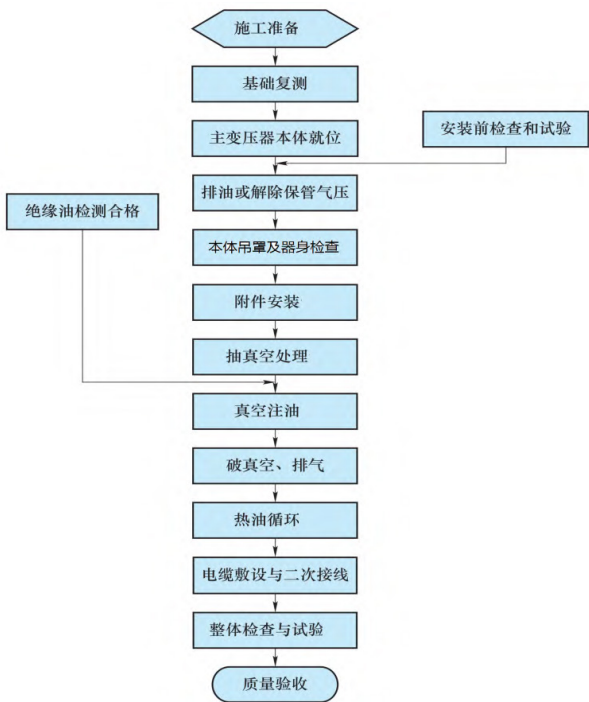


图1 变压器安装施工工艺流程图

变压器施工工艺关键点如下。

（1）本体就位与检查

复核基础标高与中心线偏差，确保符合设计要求。调取运输冲击记录仪数据，经四方会签确认受力未超限。全面检查设备本体，消除形变、渗漏、部件缺失等隐患。

（2）吊罩及器身检查

吊罩作业应在洁净环境下进行，严防扬尘污染。遇降雨或风沙天气，应提前布置防雨遮盖，封严器身，防止水分及杂质侵入。拆除有载调压开关操作杆前，应核对并标记相序及初始位置，随后采用塑膜与白布封装防潮。起吊前保留部分箱沿螺栓并预装定位棒，防止油箱分离时重心漂移或箱体晃动。起吊过程中使用倒链配平，四角安排专人牵引缆绳，确保匀速、平行分离。示意图如图 2 所示。



图2 变压器起吊油箱示意图

（3）检查过程中的防护

发现松脱部件应立即复位紧固，彻底清理残留异物。严禁从绕组上方垂直向下冲淋油液。对线圈垫块、压钉碗、紧固螺栓等易移位部件进行预防性标记，为后续运维与故障溯源提供基准。

（4）注油与密封试验

注油前须对绝缘油样进行质量检测，确认合格。注油应从底部阀门进入，在恒定负压环境下控制注油速度与密封性。补油通过储油柜专用阀门实施，防止气泡积聚。热油循环时间不少于 48 小时，完成后静置 24 小时方可取样。最后以 0.03MPa 干燥气体保压 24 小时，无渗漏即为合格。

（5）投产前核查

复核蝶阀开启度，确保内部气体完全排出。校验法兰螺栓紧固强度及气体继电器安装方向，清理作业现场油垢与杂物。

（二）GIS 设备安装技术

GIS 设备因高度集成化在 110kV 变电站中广泛应用，目前已全面替代分体式设备。以广州某 110kV 新建变电站为例，户内 GIS 选用 126kV/3150A 产品，安装工艺包括：基础复核、单元拼装、就位锚固、管路附件安装、系统抽真空、SF₆ 气体充注、机构与汇控箱安装、交接试验。具体的安装工艺流程如图 3 所示。

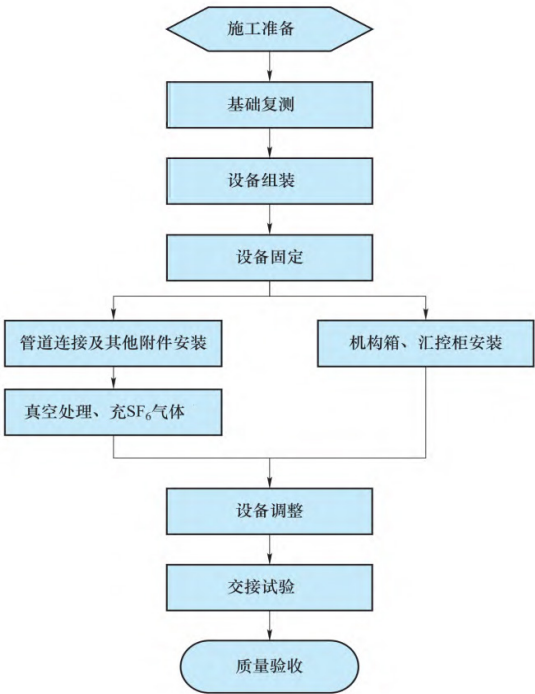


图3 GIS设备安装施工工艺流程图

GIS设备安装关键控制要点：

（1）基础与环境管控

复核基础形位尺寸与预埋件点位，确保满足厂家技术要求。安装现场温度控制在-10℃至40℃，湿度 $\leq 80\%$ ，洁净度达到百万级，严禁风沙雨雪侵入，并动态监测环境参数。

（2）组装与密封

组件对接应在洁净环境下快速完成，同步抽真空。连接部位按对角紧固，提升密封效果。充注SF₆至额定压力后静置24小时，测试微水含量：无电弧气室 $\leq 150\mu\text{L/L}$ ，有电弧气室 $\leq 250\mu\text{L/L}$ 。

（3）调试与试验

机构箱与汇控柜安装完成后，开展特性调试与交接验收试验，复核绝缘强度、回路电阻、气密性等关键参数，确认安装质量达标。

（三）配电设备安装技术

在10kV配电设施配置里，中置式真空断路器柜体处于主导位置。这类设备的平面布置大多依照双列并且脱离墙面的形式，在电气连接方面匹配单母线分段架构，关键控制要求如下：

（1）开关柜安装

进场时仔细核验设备外观、参数及随附资料。科学制定移位路径与排布时序，以首柜为基准进行锚定，依次落位，避免二次调整。最终确保拼装精度与接地性能满足规程要求。

（2）母线安装

对接合面进行去毛刺处理，采用无水乙醇脱脂净化后，按厂家技术规范紧固螺栓，用塞尺校核配合间隙，防止异常温升。穿墙套管处加强密封工艺，杜绝绝缘受潮隐患。

（四）电缆安装技术

电缆敷设与安装工艺直接影响供电可靠性，关键控制要点：

（1）敷设规划

按电压等级与场域划分进行专项统筹，优先敷设数量多、规格相同的线缆，严格按逐沟递进顺序施工，避免交叉混乱。

（2）工艺控制

敷设中精准核查电缆长度，控制转弯路径，防止机械擦伤或热力损伤。就位后及时梳理标识并物理紧固，确保布线整齐。接线前必须进行绝缘电阻专项复测，确保介电性能满足运行要求。

三、110kV智能变电站全过程质量控制措施

（一）施工准备阶段质量控制

（1）技术交底

组织设计、供应、监理、施工参建单位进行图纸会审与技术交底，明确核心工艺、验收标准及风险预控要点。

（2）人员与设备管控

加强执业资格审核与专项培训，动态标定吊装及检测设备，确保仪器精度。

（3）材料与设备验收

严格核查合格证、试验记录，对核心组件进行取样复检，杜

绝不合格产品进场。

（二）施工过程质量控制

（1）环境控制

在变压器吊罩、GIS对接等关键工序实施高标准温湿度与洁净度管控，辅以防尘、防雨措施。

（2）工序监督

严格执行“三检制”，加强旁站监督与影像记录，动态复测安装精度，确保“不合格不流转”。

（3）试验检测

按规程精确测定绝缘、电阻、耐压等关键指标，强化数据真实性与可追溯性，对异常项开展深层分析并闭环整改。

（三）调试与验收阶段质量控制

（1）系统调试

开展单体、分系统、整机联合调试，验证保护逻辑、通信链路及智能化功能的可靠性。

（2）竣工验收

按设计文件与行业规范，对技术资料、安装精度、试验结论进行多维复核，确保隐患闭环消除。

（3）投运监控

投运初期密切监测温度、压力、油位、气体密度等参数，保障设备运行稳定。

（四）安全与文明施工控制

强化安全责任考核，严格管控吊装、用电、高处作业。通过功能分区与物资定置化优化现场工况，从源头消除安全风险。

四、智能变电站建设新技术应用展望

（一）三维数字化技术

三维数字化建模可对电缆敷设路径进行智能解算与虚拟预演，自动生成物料清单与工艺指引，显著提升施工可视化水平与作业效率，弥补传统人工实测精度不足、图纸表达不直观的缺陷。

（二）智能监测与物联网技术

构建物联网感知体系，实时采集变压器油中溶解气体、GIS微水、开关柜热点、电缆载流量等运行数据，结合智能算法实现故障演变预测与健康状态评估，推动电力设备从被动响应向精细化状态检修转型。

（三）数字仿真技术

利用仿真建模对设备部署、电网潮流、故障演化进行数字化预演，优化施工方案与保护配置，实现隐患前置识别，增强工程全生命周期的逻辑性与严谨性。

五、结语

110kV智能变电站建设是一项技术密集型系统工程，其质量关键在于精密安装、环境管控与工艺落实。通过对主变压器、GIS、电缆等核心设备进行技术规范，并建立覆盖施工准备、过程

控制、调试验收的全过程闭环管理机制，可有效防范质量风险，筑牢变电站安全投产的基础。在三维建模、智能传感等新技术的推动下，该领域正加速向深度自动化与数字化迈进，成为新型电力系统的重要支撑。后续工程实践应持续优化施工工艺与质量控制模式，以标准化引领智能配电技术的高质量发展。

参考文献

[1] 韩益斌. 110kV 智能变电站建设技术要点及质量控制措施 [J]. 质量管理, 2025(02): 24–27.
[2] 曲健. 变电站电气设备安装过程中存在的问题以及预防措施 [J]. 电力设备管理, 2024(08): 182–184.
[3] 范建军. 变电站电气安装施工中存在的问题及预防措施研究 [J]. 电气技术与经济, 2022(04): 34–35.
[4] 王允富, 于俊杰. 综合改造工程中 110kV GIS 安装质量及安全控制 [J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2023(01): 52–56.
[5] 李艾择. 三维设计技术在变电站电缆敷设工程中的应用研究 [J]. 电工技术, 2022(13): 83–85+88.