

电力工程变电站一次设备安装调试施工技术研究

连 伟

内蒙古东乌铁路有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要：本文聚焦电力工程变电站一次设备安装调试施工技术。先阐述一次设备的定义、分类、结构原理及在电力系统中的作用，接着从施工图纸审查、设备材料检验、现场勘察布置等方面介绍安装前准备工作。详细论述变压器、断路器等设备的安装技术，以及调试目的、方法流程与注意事项。旨在为变电站一次设备安装调试提供技术参考，保障电力系统稳定运行。

关键词：变电站一次设备；安装调试；施工工艺；质量控制

1 变电站一次设备概述

1.1 一次设备的定义与分类

变电站一次设备直接参与电力生产、传输、分配与使用，承担电能转换、控制、保护等核心功能，是电力系统能量流转的基础。按功能可分为：变换设备，如变压器、换流器，用于改变电压等级或形式；控制设备，像断路器、隔离开关，负责电路通断；保护设备，含熔断器、避雷器，防范故障；补偿设备，如并联电容器，改善功率因数与电压质量；成套设备，如开关柜，将多种设备整合，提升运行集成化水平。

1.2 常见一次设备的结构与工作原理

常见一次设备结构和原理围绕核心功能。变压器由铁芯、绕组等组成，铁芯用硅钢片叠制减磁损，绕组经电磁感应变电压，油箱内绝缘油绝缘散热。断路器有灭弧室等，正常接通电路，故障时操动机构驱动触头分断，灭弧室用介质灭弧。隔离开关由触头等组成，结构简单无灭弧能力，触头开合隔离电路保检修安全。互感器分电压、电流量型，基于电磁感应，将高电压、大电流按比例转换，为二次设备提供标准信号。

1.3 一次设备在电力系统中的作用

一次设备是电力系统电能传输、分配和控制的核心理支柱，其状态关乎系统安全、可靠与经济性。变压器作为关键变换设备，发电端升压减少远距离传输功率损耗，配电端降压满足用户需求^[1]。断路器和隔离开关构成控制体系，断路器正常通断负荷电流，故障时切断故障电流，限制故障范围；隔离开关检修时形成断开点保障安全。互感器连接一次和二次系统，转换信号为二次设备提供准确数据，确保有效监控保护。补偿设备调节无功功率，提升电压稳定性与电能质量。

2 一次设备安装前的准备工作

2.1 施工图纸的审查与技术交底

施工图纸审查与技术交底是一次设备安装质量的前提，关乎施工流程与结果。图纸审查要组织设计、施工等多方人员参与，重点核查完整性、准确性与可行性。完整性上，确认各类图纸是否齐全；准确性方面，核对关键参数与规范及说明书是否一致；可行性上，结合现场判断设计是否便于操作与维护。技术交底采用书面与现场结合的方式，设计人员向施工和监理人员说明设计意图、技术难点等；施工人员梳理流程，明确工序要点与衔接要求；监理人员明确监督重点，确保各方统一认知，避免施工出现偏差，保障施工顺利进行。

2.2 设备及材料的检验与验收

设备及材料检验与验收是防范安装质量隐患的关键，要严格按照标准执行，确保符合设计与质量规范。设备检验前，收集技术资料，核对型号、规格、数量与合同及图纸是否一致。外观检验重点查看设备外壳、绝缘子、接线端子有无问题。性能检验上，变压器进行绝缘电阻等测试；断路器检测灭弧室密封性等；互感器核查变比等参数。材料验收针对电缆等，检验合格证、材质证明，外观检查有无破损，对关键材料抽样测试。检验验收要详细记录，不合格设备和材料坚决退回，严禁用于施工。

2.3 施工现场的勘察与布置

施工现场的勘察与布置需兼顾施工便利性、安全性和规范性，为一次设备安装创造良好作业条件。施工现场勘察由施工、监理等人员共同开展，重点勘察场地地形地貌、地质条件，确认设备基础的开挖深度、承载力是否符合设计要求；核查施工现场的电源、水源位置，规划临时供电和供水线路；了解周边环境，明确邻近建筑物、地下管线、电缆沟等设施分布，避免施工中造成损坏。场地布置需划明确的功能区域，包括设备堆放区、材料存储区、加工区和作业区，设备堆放区采用

垫木垫高,避免受潮锈蚀,且按安装顺序摆放,减少二次搬运;材料存储区分类存放各类材料,做好防潮、防火、防盗措施;加工区设置在远离作业区的位置,配备必要的加工设备;作业区设置安全警示标志,划分安全通道,确保施工人员通行安全。同时搭建临时办公和休息设施,配备消防器材,完善现场安全保障体系。

3 电力工程变电站一次设备的安装施工技术

3.1 变压器的安装技术

变压器安装需严格遵循施工规范,把控各关键工序质量。安装前先进行基础验收,检查基础标高、平整度和地脚螺栓位置是否符合设计要求,采用水平仪调整基础平整度,确保误差在允许范围内。变压器运输到位后,使用起重机平稳吊装,吊装过程中保持变压器水平,避免倾斜损坏内部结构。吊装就位后,通过垫铁调整变压器的水平度和垂直度,高压侧和低压侧的水平误差分别控制在规定范围内。接下来进行附件安装,先安装散热器,连接时确保密封良好,防止漏油;再安装储油柜,调整油位计至合适位置;然后安装套管,清理套管表面污渍,涂抹绝缘脂,均匀用力拧紧固定螺栓,保证绝缘性能。注油前对变压器进行抽真空处理,去除内部空气,注油时控制注油速度,避免产生气泡,注油后静置规定时间,待油中气泡完全排出后,进行密封试验,确保无渗漏。最后安装测温装置、压力释放阀等附件,完成整体安装。

3.2 断路器的安装技术

断路器安装需重点关注灭弧性能和机械性能,保障运行可靠性。安装前检查基础支架的平整度和强度,确保满足安装要求。对于SF6断路器,先进行瓷套检查,确认无裂纹、破损后,安装支柱瓷套,采用水平仪调整垂直度,误差控制在允许范围内。安装灭弧室时,清理接触面杂质,涂抹专用润滑剂,准确对接后拧紧固定螺栓,确保密封面贴合紧密^[2]。然后安装操动机构,连接机构与灭弧室的连杆,调整连杆长度,保证触头的开距和超程符合技术要求。操动机构安装后进行手动和电动操作试验,检查动作的灵活性和协调性。对于真空断路器,重点检查真空灭弧室的真空度,通过工频耐压试验验证其绝缘性能。安装过程中,严格按照厂家说明书调整触头压力和接触电阻,接触电阻需通过直流电阻测试仪检测,确保符合标准。安装完成后,进行密封性试验和机械特性试验,SF6断路器需检测气体泄漏率,确保泄漏量在允许范围内,机械特性试验检查分合闸速度、时间等参数,确保符合设计要求。

3.3 隔离开关的安装技术

隔离开关安装核心是保证触头接触良好和操作灵活。安装前检查设备外观,确认触头无变形、氧化,绝缘子无破损。基础验收合格后,安装隔离开关支架,调整支架的水平度和垂直度,采用膨胀螺栓固定牢固。将隔离开关本体吊装至支架上,固定后调整静触头的位置,确保静触头中心线与动触头中心线对齐。安装操作机构,连接机构与隔离开关的传动杆,调整传动杆的长度和角度,使操作机构的动作与触头的开合同步。手动操作操作机构,检查触头的开合角度是否符合要求,当触头完全闭合时,接触面积需达到规定标准,若接触不良,可通过调整触头弹簧压力或研磨触头表面来解决。对于双柱式隔离开关,需调整两柱的平行度,确保动触头在开合过程中无卡滞现象。安装完成后,进行多次分合闸操作试验,检查操作的灵活性和可靠性,同时测量触头的接触电阻,确保符合设计规范,最后清理设备表面,做好标识。

3.4 互感器的安装技术

互感器安装需注重绝缘性能和接线准确性,保障计量和保护功能可靠。电压互感器安装前,检查基础预埋螺栓位置是否准确,安装支架时确保水平牢固。将电压互感器吊装就位后,固定在支架上,调整垂直度,误差控制在允许范围内。安装一次绕组接线端子时,清理端子表面氧化层,采用铜鼻子压接导线,拧紧螺栓确保接触良好,接线顺序需严格按照图纸要求,避免接反。电流互感器安装分穿芯式和支柱式,穿芯式需将一次电缆穿过互感器铁芯,确保电缆在铁芯中心位置,避免因位置偏移影响测量精度;支柱式安装时,调整互感器的垂直度,确保一次绕组和二次绕组的接线端子方向正确。互感器二次侧必须可靠接地,接地电阻需符合标准,防止高压窜入二次系统造成设备损坏和人员伤亡。安装完成后,进行绝缘电阻测试和变比测试,绝缘电阻测试采用兆欧表,变比测试通过专用测试仪验证,确保变比误差在允许范围内,同时检查接线正确性,避免出现开路或短路情况。

3.5 母线的安装技术

母线安装需保证导电性能良好和机械强度足够,避免运行中出现过热或变形。安装前检查母线支架和绝缘子,确保支架牢固,绝缘子无裂纹、破损,绝缘性能合格。母线加工时,根据设计尺寸切割母线,采用专用工具进行弯制,弯制处避免出现裂纹或折痕,母线的弯曲半径需符合规范要求^[3]。母线连接采用螺栓连接或焊接,螺栓连接时,先在母线接触面涂抹导电膏,提高导电性能,使用扭矩扳手按规定扭矩拧紧螺栓,确保接触

紧密，不同规格的螺栓对应不同的拧紧扭矩，需严格把控。焊接连接时，采用氩弧焊工艺，确保焊缝饱满、无夹渣、无气孔，焊接完成后清理焊缝表面，进行防腐处理。母线安装时，需预留一定的伸缩节，应对温度变化引起的热胀冷缩，伸缩节的长度和安装位置需符合设计要求。安装过程中，调整母线的平整度和间距，确保相间距离均匀，符合安全规范。安装完成后，测量母线的绝缘电阻和直流电阻，检查连接点有无松动，对母线表面进行清理，做好标识。

4 电力工程变电站一次设备的调试技术

4.1 调试的目的与内容

一次设备调试的核心目的是验证设备安装质量是否符合设计和运行要求，排查潜在缺陷，确保设备投运后安全稳定运行，为电力系统可靠供电提供保障。调试内容围绕设备性能指标展开，涵盖绝缘性能、机械性能、电气性能等多个方面。绝缘性能调试是基础，通过绝缘电阻测试、工频耐压试验、局部放电测试等项目，检查设备绝缘结构的可靠性，防范绝缘击穿故障。机械性能调试针对具有机械动作的设备，如断路器、隔离开关，测试分合闸速度、时间、行程等参数，确保机械动作灵活、准确，无卡滞现象。电气性能调试包括变压器的变比测试、直流电阻测试、负载损耗测试，互感器的变比误差测试、准确度测试，母线的直流电阻测试、接触电阻测试等，验证设备的电气参数是否符合设计标准。还需进行系统联调，模拟设备在实际运行工况下的表现，检查设备间的配合协调性，确保整体系统功能正常。

4.2 调试的方法与流程

一次设备调试需遵循规范的流程，采用专业的测试方法，确保调试结果准确可靠。调试流程先进行单体调试，再开展系统联调。单体调试按设备类型逐一进行，先对变压器、断路器等主设备进行调试，再对互感器、母线等辅助设备进行调试。调试方法根据测试项目不同而异，绝缘电阻测试采用兆欧表，根据设备电压等级选择合适量程，测量前确保设备接地放电，测量时保持兆欧表稳定转速，读取1分钟后的数值。工频耐压试验采用耐压试验装置，逐步升高电压至规定值，保持规定时间，观察设备有无击穿、闪络现象。机械性能测试采用机械特性测试仪，连接设备操动机构，通过仪器控制设备分合闸，实时采集动作参数。系统联调时，模拟正常运行、故障等不同工况，通过继电保护装置触发设备动

作，检查设备响应的及时性和准确性，同时测试设备间的信号传输是否正常。调试过程中，每完成一个项目，及时记录测试数据，与设计标准对比，对不合格项及时整改后重新测试。

4.3 调试过程中的注意事项

调试过程中需严格遵守安全规范和操作流程，保障人员安全和设备安全。首先，调试前需对调试人员进行安全技术交底，明确调试流程、安全注意事项和应急措施，调试人员需穿戴绝缘手套、绝缘鞋等个人防护用品。调试现场设置安全警示标志，划分调试区域，禁止无关人员进入，调试设备外壳需可靠接地，防止感应电压或漏电造成伤害^[4]。其次，调试前检查测试仪器的性能，确保仪器在校验有效期内，精度符合测试要求，连接测试线路时，先断开设备电源，验电确认无电后再接线，接线顺序先接低压侧再接高压侧，拆线时顺序相反。调试过程中，严格控制测试电压和电流，避免超过设备额定值造成损坏，对于SF6设备，调试时需监测现场SF6气体浓度，防止气体泄漏导致人员中毒，必要时佩戴防毒面具。调试数据需真实、准确记录，对异常数据及时分析原因，严禁擅自修改数据，调试完成后，对设备进行接地放电，清理调试现场，整理调试资料，形成完整的调试报告。

结束语

电力工程变电站一次设备的安装调试施工技术至关重要，关乎电力系统能否安全、可靠、经济地运行。从前期准备到安装施工，再到调试环节，每个步骤都需严格把控。施工人员要熟练掌握技术要点，遵循规范流程，注重质量控制与安全保障。未来，随着电力技术发展，需不断优化安装调试技术，以适应电力系统更高要求，推动电力事业持续进步。

参考文献

- [1]李涛道.升压站一次设备安装调试施工技术[J].中国航班,2021(20):103-105.
- [2]杨应明.电力工程变电站一次设备安装调试施工技术[J].冶金管理,2021(11):120-121.
- [3]王芳晴.电力工程变电站一次设备安装调试施工技术研究[J].中国设备工程,2023(16):202-204.
- [4]杜康.预装式牵引变电站在铁路牵引变电站工程中的应用[J].工程建设与设计,2023(04):41-43.