

# 110 kV 变电站继电保护设备安装调试 施工技术研究

周 剑

(南京远能电力工程有限公司监理分公司, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 为保障变电站安装运行, 开展110 kV 变电站继电保护设备安装调试施工技术研究。根据规范, 敷设变电站继电保护设备等电位接地铜排, 以高压开关柜为例, 进行安装位置的调整与固定; 设计母线槽对接连接方式, 进行母线连接与二次接线调试; 辅助自动化测试工具, 设计继电保护设备的自动化调试方案。实践结果表明, 设计的方法在应用后, 不仅可以保证设备安装位置偏差在允许范围内, 还能实现设备的电气绝缘, 保证绝缘电阻达到设计值标准。

**关键词:** 110 kV 变电站; 接地铜排敷设; 母线连接; 施工技术; 安装调试; 继电保护设备

**中图分类号:** TM755

**DOI:** 10.13882/j.cnki.ncdqh.2511A021

**CSTR:** 32400.14.ncdqh.2511A021

## Research on Installation, Debugging and Construction Technology of Relay Protection Equipment in 110 kV Substation

ZHOU Jian

(Nanjing Yuanneng Electric Power Engineering Co., Ltd. Supervision Branch, Jiangsu Nanjing 210000, China)

**Abstract:** To ensure the installation and operation of substations, this study investigates the installation and commissioning construction technology of relay protection equipment in 110 kV substations. According to standards, equipotential grounding copper bars for substation relay protection equipment are laid, with high-voltage switchgear used as an example for adjusting and fixing installation positions. The busbar joint connection method is designed, followed by busbar connection and secondary wiring commissioning. An automated debugging scheme for relay protection equipment is developed with the aid of automatic testing tools. Practical results demonstrate that the proposed method not only ensures equipment installation position deviations remain within allowable limits but also achieves electrical insulation, with insulation resistance meeting design value requirements.

**Keywords:** 110 kV substation; grounding copper bar laying; busbar connection; construction technology; installation and commissioning; relay protection equipment

### 0 引言

随着我国电力系统规模的不断扩大和智能化水平的提升, 110 kV 变电站作为区域电网的核心节点, 其安全稳定运行对保障电能供应和电网可靠性至关重要。继电保护设备作为变电站的“安全卫士”, 承担着快速隔离故障、防止事故扩大的关键作用。然而, 随着电力系统复杂性的增加(如新能源接入、设备集成度提高)以及智能化技术的迭代, 继电保护设备的安装调试技术面临新的挑战与需求。高效、

收稿日期: 2025-11-06

可靠的供电能力, 已然成为支撑当今社会经济发展的关键基石<sup>[1]</sup>。在此背景下, 110 kV 变电站的建设与改造工作显得尤为重要, 其不仅是电力供应体系中的重要环节, 更是保障区域能源稳定输送的核心设施。

但变电站的施工建设过程中面临着较多的技术挑战与复杂问题。现有难题广泛涉及设备的精确安装、系统的高效调试以及后期的维护管理等多个方面。任何一个环节的疏忽, 都会导致严重的后果<sup>[2]</sup>。若设备未能正确安装或调试, 会诱发严重的电力系统异常, 进而影响广大用户的正常供电。

## 1 当前安装调试技术的现状与问题

工艺标准化不足。现有施工规范虽明确了接地铜排敷设、保护屏安装等工艺要求（如屏体垂直度偏差 $\leq 1.5\text{ mm}$ 、电缆分层敷设原则等），但实际工程中仍存在工艺执行不到位的问题。例如，二次电缆交叉敷设、接地网连接不紧密等，可能引发信号干扰或设备损坏。

调试效率与可靠性瓶颈。传统调试依赖人工逐项测试，耗时长且易遗漏细节。据案例研究，某110 kV 智能变电站的“三遥”信号核对耗时占调试总工期的30%以上，急需模块化测试方法以提升效率<sup>[3]</sup>。此外，二次回路接线错误、屏蔽层接地不规范等问题频发，威胁系统可靠性。

智能化调试工具的缺失。尽管微机保护装置已普及，但配套调试工具仍以通用仪器为主，缺乏专用智能设备。例如，无线监控装置的通信模块调试依赖反复试验，缺乏自动化参数优化手段，导致调试周期延长。

## 2 安装与调试

### 2.1 110 kV 变电站继电保护设备等电位接地铜排敷设

为规范110 kV 变电站继电保护设备安装，需先对接地铜排进行敷设处理。在此过程中，应明确在变电站中，针对其内部主控装置位置、保护作业工作室等关键位置，设计 $\geq 100\text{ mm}^2$ 的铜线进行接地，并确保其与主地线连接。在主控室下方电缆室内，沿机柜屏面排列方向，设计 $100\text{ mm}^2$ 的铜排，采用并联方式，形成等电位网。

敷设中，应确保等电位接地铜排要用螺栓与连接结构，将其在线缆沟槽中对其进行固定处理。以此种方式，确保敷设作业的合规性。

### 2.2 安装位置调整与固定

完成等电位接地铜排敷设后，进行变电站继电保护设备安装位置的调整与固定环节，以高压开关柜为例，对其安装调整进行设计。

安装开始，技术人员根据工程图纸与地面标记，运用自动化定位辅助系统，快速且精准地确定开关柜的初始位置。通过预设传感器，实时反馈位置偏差，提高定位效率与准确性。位置初步确定后，应

用具备数字化显示功能的水平仪、角度尺等专业测量工具，实时显示测量数据，将其与信息化平台相连，将数据传输至后台进行分析。基于数据分析结果，利用自动化微调装置，对开关柜的水平与垂直状态进行精确调整，确保各单元的安装严格符合设计规范。

位置调整后，将开关柜用螺栓固定在预先安装的地脚螺栓上，防止其在运行中因振动或外力移位。若处于震动频繁区域或地震带，还需采取额外防震措施，如增设抗震支架、使用高强度固定材料等。

安装完成后，检测所有连接点的紧固情况，确保无松动。同时，根据电缆敷设和其他设备连接需求，对开关柜位置进行适当调整，以此保障设备长期稳定运行。

### 2.3 母线连接与二次接线调试

连接母线时，技术人员需严格遵循规范，保证每个接口都能可靠传输电能，降低电力损失，避免电气故障。母线接合一般是把铜或铝条状导体用螺栓固定连接，每个连接点都要采用紧固技术，确保接触面完整<sup>[4]</sup>。以密集型母线为例，对其槽体对插方式进行设计，见图1。

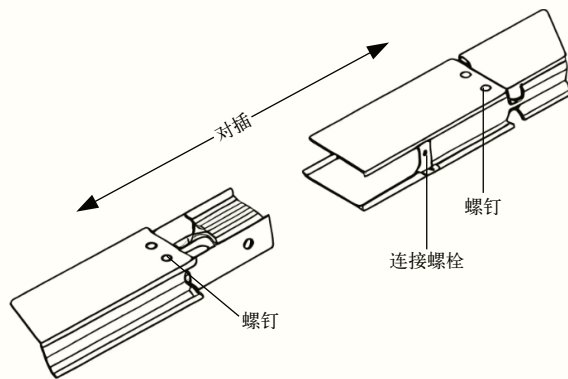


图1 母线槽对插连接设计方案

在此基础上，清洁搭接面，去除可能影响导电性的氧化物和污渍。紧固前，在接触面涂抹专用导电膏，降低接口电阻，优化电流流通。使用扭矩扳手将所有螺栓均匀紧固至规定扭矩，不仅能保证物理连接牢固，还能防止长期运行中因热膨胀导致结构松动。完成安装后，技术人员应检查每个接点，确保所有连接都符合电气安全标准。

完成母线连接后，便开展变电站继电保护设备的二次接线调试。接线时，技术人员务必依照电气

图纸，保证每条线路准确对应设计端点，确保控制和保护装置正常响应。接线前，要仔细检查每个连接点的稳固性与电气特性<sup>[5]</sup>。同时，科学规划电缆布局，避免交叉和拥挤，减少电气干扰与维护难度。此外，需要及时进行检查并纠正偏差，以保证技术规范。

#### 2.4 继电保护设备自动化调试设计

继电保护设备调试是变电站安装中保障系统高效稳定运行的关键环节。调试前，要确保所有设备完成物理安装，接线和配置符合设计要求。调试时，技术团队需严格遵循操作规程，开展系统功能测试，如对开关设备操作试验，验证控制和保护系统反应，采用高压试验用于检测设备和系统绝缘强度<sup>[6-8]</sup>。在此过程中要注重保护系统的校准与测试，确保其敏感性和准确性，保证每个保护回路正确动作。每项测试后记录分析数据，有偏差立即调整设备。同时，监测运行参数，确保安全装置处于活跃状态。只有所有系统和设备通过彻底测试，符合操作标准，才能完成调试作业。

为提高调试作业的效率，引进自动化调试技术，此项技术的核心由 2 部分构成，分别为设置故障施加量、明确预期结果。通过构建自动化调试系统架构，能够模拟各类故障场景，让继电保护装置在不同故障条件下接受测试，从而发现潜在问题，确保装置在实际运行中可靠动作<sup>[9-10]</sup>。自动化调试系统架构涵盖硬件和软件 2 部分。硬件包含高精度的信号发生器，用于模拟各类故障信号；高性能的数据采集装置，实时获取继电保护设备的输出数据。软件具备智能的控制模块，可精准控制信号发生器的参数设置；强大的数据分析模块，能快速处理采集到的数据，并与预设的预期结果进行对比。继电保护设备自动化调试方式见图 2。

按照上述图 2 所示的方式进行自动化调试设置。完成后，对比测试与预期数值，判定装置是否达标。

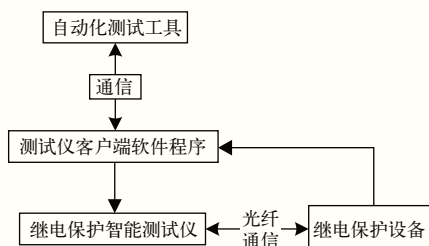


图2 继电保护设备自动化调试

通过上述步骤，确保调试作业的自动化与数字化。可在实际工作中，根据变电站设备运维管理需求，设置自动编码技术，通过一设备一码的方式，进行调试中相关数据的溯源与管理。

### 3 实例应用分析

#### 3.1 实验准备

完成上述设计后，选择 110 kV 的变电站中继电保护装置作为测试对象，按照提出的方法，对其进行安装调试施工。为确保相关工作的规范化，对本次实验用设备技术参数进行分析，见表 1。

表1 测试对象技术参数

| 序号 | 项目     | 参数            |
|----|--------|---------------|
| 1  | 跳、合闸时间 | 20~110 ms     |
| 2  | 工作电源电压 | 110 V (1±10%) |
| 3  | 频率     | 50 Hz         |
| 4  | 工作电流   | <0.5 A        |
| 5  | 型号     | GMDL-02A      |

掌握测试对象相关参数后，根据现场条件，进行土建的完工处理，在安装调试作业前，考虑到天气因素，安装工作宜优先开展室外部分，再进行室内作业，也可根据实际情况灵活调整。

#### 3.2 安装检验

完成施工后，对节点保护设备安装后的多个指标进行检测，旨在保证节点保护设备安装精准，为后续调试和运行提供保障。检验结果见表 2。

从上述表 2 所述的安装检验数据可以看出，各项检验项目的验收结果均在标准要求范围内。表明本次 110 kV 变电站节点保护设备安装所采用的施工

表2 设备安装位置偏差检验 mm

| 序号 | 检验项目       | 标准   | 验收结果<br>(偏差) |
|----|------------|------|--------------|
| 1  | 设备垂直度      | ≤1.5 | 1.2          |
| 2  | 相邻设备顶部水平偏差 | ≤2.0 | 1.6          |
| 3  | 成列设备顶部水平偏差 | ≤5.0 | 3.5          |
| 4  | 相邻两设备边偏差   | ≤1.0 | 0.7          |
| 5  | 成列设备安装面偏差  | ≤5.0 | 4.0          |
| 6  | 设备间接缝误差    | ≤2.0 | 1.5          |

技术具备较高的精准度和可靠性，能够有效保障设备安装质量。

### 3.3 调试效果检验

将安装调试后的继电保护设备绝缘电阻作为检验指标，通过测量绕组和铁心之间的绝缘电阻，以评估绝缘性能是否良好，确保电气安全。检验结果见图3。

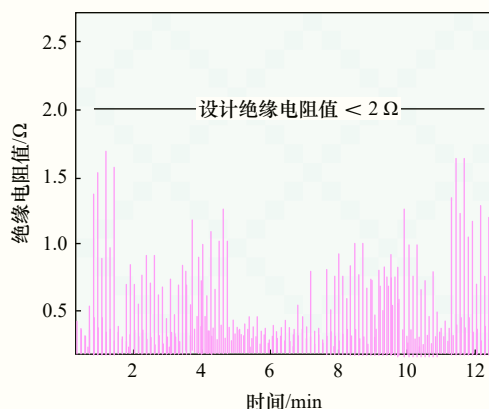


图3 安装调试后继电保护设备绝缘电阻测试结果

从上述图3所示的结果可以看出，按照提出的方法进行设备安装调试，调试后设备绝缘电阻<设计值，达到标准，可以保证设备中的电气安装，满足投入使用的实际需求。因此，可以说明本文设计的安装调试方法应用效果良好。

## 4 结束语

本文围绕110 kV变电站继电保护设备安装调试施工技术展开研究。通过规范等电位接地铜排敷设，确保设备接地良好；精准调整与固定安装位置，保障设备稳定运行；规范母线连接与二次接线调试，提升系统可靠性；设计自动化调试方式，提高调试效率与准确性。实例应用表明，该施工技术精准度高、可靠性强，安装检验各项指标均符合标准，调试后设备绝缘电阻等关键指标达标，能满足实际使用需求。此技术为110 kV变电站继电保护设备安装调试提供了有效参考，有助于保障变电站安全稳定运行。

110 kV变电站继电保护设备的安装调试技术研究，是响应电力系统智能化、复杂化发展的必然需求。通过解决现有工艺标准化不足、调试效率低及智能化工具缺失等问题，可推动继电保护技术向高

效、精准、自适应方向迈进，为构建安全可靠的现代电网提供技术支撑。未来研究需进一步融合数字化工具与工程实践经验，形成覆盖设计、施工、验收全流程的技术体系。

## 参考文献

- [1] 马天晓. 智能变电站继电保护检测和调试技术研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(22):90-92.
- [2] 唐惟楚. 110/10 kV降压变电站一次设备施工安装管理要点[J]. 工程机械与维修, 2025(1):68-70.
- [3] 黄鹤. 110 kV变电站设备安装与调试技术研究[J]. 电工技术, 2024(S2):624-627.
- [4] 翁其彩. 变电站二次接线施工技术要点[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(26):177-180.
- [5] 杨畅, 王洋, 张永伍, 等. 基于改进神经网络方法的继电保护设备健康状态预测方法[J]. 中国测试, 2025, 51(3):123-130.
- [6] 孙畅岑, 李献澜, 谷子健. 电力系统继电保护自适应系统可行性分析及运行策略[J]. 电气时代, 2025(2):109-112.
- [7] 余松, 王俊超, 童志祥, 等. 边断路器失灵跳母线保护校验方法及风险防范措施[J]. 水电站机电技术, 2025, 48(2):77-80.
- [8] 王辉煌, 张俊康, 陈祥坚, 等. 变电站交直流轮换试验不间断电源装置研究[J]. 农村电气化, 2024(10):81-84.
- [9] 陈延璇. 面向新型电力系统的智能变电站继电保护技术研究[J]. 电工技术, 2024(S2):236-238.
- [10] 王晓光, 王泽瑞, 王子琦, 等. 110 kV低电阻接地变电站保护误动分析及预控措施[J]. 农村电气化, 2024(7):31-35.

## 作者简介

周剑(1981—)，男，本科，工程师，主要从事电力监理工作，E-mail: [suzihua33@163.com](mailto:suzihua33@163.com)。

(责任编辑: 张峰亮)

## 资讯

### 河南三门峡公司：研发数字化工具助力基层减负增效

2025年11月24日，国网河南三门峡供电公司崖底供电所员工通过机器人流程自动化(RPA)人工智能平台，利用费控数字化工具，仅用时20 min自动生成小区费控方案，工作效率较传统人工操作提升60%。

为推广数字化成果，国网三门峡供电公司编制数字化工具使用教程、开展线上线下教学，2025年以来累计开展现场教学12次，数字化工具应用率保持在90%以上。该公司将持续优化数字化工具，研发以光明电力大模型为核心的人工智能应用，助推企业高质量发展。

信息来源：国家电网有限公司