

# Research on safety control technology in high voltage electrical equipment installation engineering

Keqiang Chen

Longnan Qilian Mountain Cement Co., Ltd., Longnan, Gansu, 742500, China

## Abstract

Against the backdrop of China's expanding power grid and rapid urban electrification, high-voltage electrical equipment installation has become increasingly vital in power infrastructure development. The quality and safety of such installations directly determine the stable operation of power systems. This paper systematically identifies potential safety risks in high-voltage electrical equipment installation projects, establishing a solid foundation for risk prevention. Through comprehensive analysis of modern safety control technologies, it explores theoretical foundations and practical approaches across multiple dimensions—from rational project planning and precise technical measures to innovative intelligent monitoring systems. Case studies demonstrate how technological optimization enhances installation safety and engineering quality, providing valuable insights and theoretical support for high-voltage electrical equipment installation safety management.

## Keywords

High-voltage electrical equipment; Installation engineering; Safety control; Risk management; Intelligent monitoring; Standardized operations

# 高压电气设备安装工程中的安全控制技术研究

陈科强

陇南祁连山水泥有限公司, 中国·甘肃 陇南 742500

## 摘要

在我国电力系统规模持续拓展、城市电气化进程迅猛推进的大背景下, 高压电气设备安装工程在电力建设中占据着愈发关键的地位。其安装质量与安全, 直接关乎电力系统的稳定运行。本文聚焦于此, 全面且系统地梳理了高压电气设备安装工程中潜藏的安全风险点, 为后续的风险防控筑牢基础。从作业组织的合理规划、技术措施的精准制定, 到智能化手段的创新应用等多个层面, 深入探究了现代安全控制技术的理论依据与实践路径。同时, 结合典型案例, 详细剖析了技术优化在提升安装安全性、保障工程质量方面所取得的实际成效, 为高压电气设备安装工程的安全管控提供了宝贵的经验借鉴与理论支撑。

## 关键词

高压电气设备; 安装工程; 安全控制; 风险管理; 智能监测; 标准化作业

## 1 引言

高压电气设备作为电力系统传输、分配和控制的重要基础设施, 其安全稳定的安装和运行直接关系到国家能源安全与经济社会发展。本文围绕高压电气设备安装工程的安全控制技术, 梳理当前主要风险及成因, 分析现代安全技术应用现状, 探讨智能化和标准化控制措施的有效性, 并提出未来优化建议, 为提升工程本质安全水平提供参考。

## 2 高压电气设备安装工程的安全风险及成因分析

### 2.1 作业环境与工艺复杂性的安全风险

高压电气设备安装作业通常处于施工难度较大的户外或特殊环境, 涉及高空作业、狭小空间作业和恶劣气候条件等, 带来诸多安全风险。许多高压电力项目需跨越山地、林区、城区、河流等多种地貌, 不仅地形复杂、交通不便, 而且安装场地常常空间受限, 设备运输、卸车、吊装和精准就位的过程中面临巨大挑战。设备体积庞大、重量巨大, 吊装作业环节对机械设备的稳定性和精确操作提出更高要求, 一旦操作不当极易发生机械损伤、设备碰撞、吊装倾覆、高空坠落等事故。

在此基础上, 户外高压设备的安装还需应对极端天气如高温、强风、暴雨、雷电等自然因素影响。例如, 雨雪天

【作者简介】陈科强(1983-), 男, 中国甘肃天水人, 本科, 工程师, 从事电气技术、电力研究。

气下基础施工易产生地面湿滑、设备进出受阻、机械打滑等问题，增加作业难度与安全风险。高空或狭小空间作业则受限于视线、操作空间、紧急撤离等因素，人员活动受限，一旦发生险情，救援和撤离难度大幅提升。

高压电气设备安装的工艺流程极为复杂，通常包括基础施工、设备拼装、精密对接、绝缘处理、接地系统布设、控制电缆敷设、保护装置安装与调试等环节。每一环节均需高度配合与精准操作，任何细微失误如基础不平、设备拼装误差、绝缘处理不到位，都会对设备运行的安全性和可靠性埋下隐患，甚至导致后期设备带电运行时出现故障。此外，复杂工艺流程还要求多工种、多工序协同配合，若缺乏规范管理与有效沟通，极易造成工序交叉混乱、现场秩序失控、操作失误等问题，加剧安全风险。

## 2.2 高压电气特性引发的触电与击穿风险

高压电气设备具有高电压、大电流、强电场等特点，其运行电压通常在 10kV、35kV、110kV 甚至更高的等级，部分核心设备如主变压器、断路器等电压等级可达 220kV 及以上。安装调试过程中，设备与电源线路之间往往存在感应电流、电位差，或者由于附近设备带电，产生感应电压等隐形电气危险。即便设备断电，残留电荷也可能通过人体或工具释放，导致触电事故。

高压设备的绝缘性能至关重要，但由于设备存放、运输、安装环境潮湿、污染、材料老化、机械损伤等，绝缘层极易受损。安装过程中若防护措施不到位、绝缘部件安装不规范、密封处理不严，均可能出现绝缘击穿、短路放电等严重安全事故。此外，设备接线作业具有高度复杂性，任何接地不良、相序接错、二次回路混乱等问题都可能导致设备无法正常运行，甚至引发弧光、爆炸、电击等危及生命的恶性事故。

高压电气设备中，许多新型智能元器件和信息化模块对静电防护要求高，现场操作中不慎释放静电，也可能损坏敏感元件，带来设备失效和信息安全隐患。同时，安装和调试涉及二次回路控制和通讯线缆的布设，若线路标识不清、连线混乱、现场临时改线，极易造成二次回路误接、保护装置失灵，给系统安全稳定运行带来极大风险。

## 2.3 人员素质与组织管理的影响因素

高压电气设备安装不仅对作业环境和工艺技术要求极高，还对施工人员的专业素养和团队协作能力提出了严格要求。部分施工单位存在“重进度、轻安全”的思想倾向，为赶工期而忽视安全管理，导致安全技术交底流于形式，实际作业中缺乏针对性培训和有效的应急预案演练。部分一线作业人员安全意识淡薄，对高压设备特性、操作规范和防护要求掌握不牢，易发生误操作、违规操作等问题。

多工种交叉作业、夜间施工、复杂环境下临时调整施工方案等情况，进一步增加了沟通难度和管理难度。协作不畅、信息传递不及时极易引发指令失误、操作冲突、作业内容重复或遗漏，甚至导致关键安全措施被忽视。尤其是在高

压设备调试阶段，部分操作需多名人员协同配合，如操作失误或分工不清，极易引发事故。

管理层制度不健全、监督检查不到位、作业记录不完整等，也是高压电气设备安装安全风险的关键隐患。缺乏系统的风险评估和分级管控，导致隐患识别和整改滞后。部分施工现场应急物资、救援通道、报警系统等配备不全，一旦发生事故，难以及时有效应对，造成事故损失扩大。此外，作业风险点多、现场安全检查频率不够、违规违章操作处罚力度不强，均可能导致风险持续积累。

为保障高压电气设备安装的安全，必须加强作业前的风险评估和全员安全培训，制定针对性应急预案并定期演练，健全安全生产责任制与管理流程。项目管理团队需加强现场监督和动态检查，建立完善的安全档案和风险隐患台账。鼓励技术创新和安全新技术应用，如无人机巡检、在线监测、智能安全帽等，提高作业风险预警和事故防控能力。更要重视人员心理健康与作业环境人性化改造，减轻作业疲劳和情绪波动对安全的负面影响。

# 3 高压电气设备安装工程的主要安全技术

## 3.1 施工组织与安全管理体系建设

建立完善的安全组织体系和责任制，是高压电气设备安装安全控制的前提。项目部需成立专职安全管理团队，制定工程全周期安全管理方案，将安全责任落实到班组和个人。科学编制施工组织设计和专项安全技术方案，对施工区域进行风险分级管控。推行班前安全教育、安全技术交底、应急演练等常态化管理，提升全员安全意识。完善作业票证、作业许可等管理流程，实现高风险作业全过程审批与可追溯管理。严格执行进场设备检验、材料验收、安装过程旁站管理和交接试验，确保各环节闭环管理 [1]。

## 3.2 关键工艺环节的技术安全措施

高压电气设备吊装环节须选用合规起重机械与工装，实施分段吊装、精确就位和力学核算，采用防滑、防坠落装置，设置安全警戒区，规范信号指挥，防止人员和设备意外损伤。绝缘处理与接线环节要加强设备干燥、绝缘检测和接地系统完整性验收，采用耐高压测试、局部放电监测等手段，杜绝绝缘隐患。电气连接作业严格执行断电、验电、挂接地线等操作规程，采用多级隔离和分步投运方案，降低操作过程中的误触与电气冲击风险。针对多工序并行施工，采用安全交叉作业措施和作业时序协调，防止因工序交叉导致的干扰和误操作。

## 3.3 个体防护与应急技术手段

施工现场应为作业人员配备专业的绝缘防护用品，包括绝缘手套、鞋、垫、屏蔽服等，确保各类防护装备齐全有效。作业现场设置急救器材和安全警示标识，完善应急通道。制定突发事件应急预案，包括触电、机械损伤、高空坠落等典型事故场景，组织定期演练。作业过程中应实时监测环境

参数（如温湿度、电磁场强度），及时预警潜在风险。引入安全生产责任险和健康监护制度，为作业人员提供安全保障和医疗支持 [2]。

## 4 智能化与信息化在高压电气安装安全控制中的应用

随着信息技术、物联网和人工智能的发展，智能化手段在高压电气设备安装工程中的安全控制作用日益突出。

智能安全监控系统利用视频监控、环境传感器、智能工牌等技术，对作业现场人员行为、设备状态和环境参数进行实时采集和数据分析。通过危险源自动识别和预警功能，实现对高风险行为和作业违章的动态干预。作业过程中的关键数据可实现自动存储和回溯，为事故分析与责任追溯提供依据。

BIM（建筑信息模型）与 AR/VR 等技术的应用，为高压设备安装过程中的可视化交底、风险模拟和远程协作创造了条件。BIM 平台集成设备参数、空间布局、施工进度和风险分布信息，可在工程实施前进行虚拟排查和安全仿真，降低因设计或方案缺陷引发的安全问题 [3]。

智能巡检机器人和无人机辅助巡查，能够在高风险或极端环境下自动完成设备状态检测、环境监测和高空作业图像采集，减轻人工负担，提升安全巡检的效率和准确性。

基于大数据的风险分析和智能决策平台，支持对历史事故数据、作业行为数据的深度挖掘，优化危险源辨识、动态风险评估和安全措施调整方案，实现安全管理的“数字化、智能化、精细化”升级。

## 5 高压电气设备安装安全标准化与流程管控

推行标准化作业流程是保障高压电气设备安装工程本质安全的基础。行业应依托国家和行业标准，制定涵盖项目策划、设计、设备采购、安装调试、验收交接等全过程的标准化作业指引。现场作业要严格按照标准化作业指导书执行，强化作业前安全条件确认、过程记录和过程验收，实现每一道工序有章可循、有据可查。对关键工艺节点，如高压设备吊装、绝缘处理、母线连接等，制定详细操作规程和风险控制措施。采用标准化工具、工装和检测仪器，提升作业一致性和工程质量 [4]。

高压电气设备安装安全与工程质量密不可分。项目全过程应推行“安全与质量同步策划、同步检查、同步验收”原则。建立多级检查验收机制，涵盖自检、互检、专检、交接验收等环节，形成安全质量闭环管理。实施工程日志和现

场巡查制度，对重要作业和关键环节进行实时记录和拍照存证。引入第三方监理和质量安全咨询，加强外部监督。对于重大危险源和新技术应用，应组织专家评审和专项论证，完善安全保障措施。

企业应大力培育以“安全第一”为核心的企业文化，强化全员安全意识和责任感。通过制度激励与考核、事故警示教育、班组竞赛等多样化手段，将安全理念贯穿于项目全生命周期。推广安全创新、合理化建议和隐患自查自纠，鼓励员工主动发现和报告安全隐患，形成全员参与的安全氛围。建立事故经验反馈和安全措施持续改进机制，实现管理体系的动态优化和经验共享 [5]。

## 6 结语

高压电气设备安装工程的安全控制技术是电力工程高质量、高安全交付的重要保障。面对作业环境复杂、电气危险性高、技术要求严苛的特点，只有以风险识别为前提，以全过程标准化、信息化、智能化为支撑，落实人、机、环、管多维度综合防控，才能有效降低安全事故发生率，提高工程本质安全水平。当前，随着工程体量和复杂性的不断提高，传统的安全管理模式已难以完全适应，必须加快推广智能监测、数据化管理、协同作业等现代安全控制技术，推动安全管理理念与技术手段的协同进步。未来，应进一步加强标准体系建设，提升安全信息化平台的智能化水平，强化人员专业技能和素养，推进全员、全过程、全要素的本质安全管理。只有不断完善高压电气设备安装安全控制技术体系，才能为我国电力系统安全运行和能源转型升级提供坚强保障。

## 参考文献

- [1] 王鹏.风电场升压站工程电气设备安装质量控制思路构建研究[J].中国设备工程,2024,(S2):274-276.
- [2] 许绩硕,方思琪,王俊站.船舶电气设备安装质量控制研究[J].船舶物资与市场,2023,31(04):94-96.
- [3] 杨永,吴秀锋,韩文治,等.电力系统和电气设备安装与调试的技术研究[C]//广东省国科电力科学研究院.第三届电力工程与技术学术交流会议论文集.洛阳栾川钼业集团股份有限公司;2023:61-66.
- [4] 李文宝.变电站电气设备安装技术与质量控制[J].现代工业经济和信,2022,12(07):294-295.
- [5] 梁启杰.蒲石河抽水蓄能电站发电电气设备安装技术[J].人民黄河,2021,43(S2):227-230.