关于电气接地和电气安全问题的研究

张　超[1]，张　贤[2]，贾赛赛[1]

（1. 阜阳市风腾安全防护科技有限公司，安徽　阜阳　236000；
2. 安徽中烟工业有限责任公司阜阳卷烟厂，安徽　阜阳　236000）

摘　要：电气接地系统是保障电气安全的重要组成部分，直接关系到人员、设备和设施的安全。文章从电气接地的基本原理出发，分析常见的电气接地类型和应用场景，重点探讨电气安全问题的主要成因及其防护措施，结合最新的技术发展和研究成果，提出改进电气接地系统的若干建议，旨在提升电气安全水平，减少接地不良导致的事故发生。

关键词：电气接地；电气安全；故障接地；漏电保护；接地电阻

中图分类号：TM862; TM08　　**文献标志码：**A

Research on Electrical Grounding and Electrical Safety Issues

ZHANG Chao[1], ZHANG Xian[2], JIA Saisai[1]

（1.*Fuyang Fengteng Safety Protection Technology Co*., *Ltd*., *Fuyang* 236000, *China*;
2.*Fuyang Cigarette Factory of China Tobacco Anhui Industrial Co*., *Ltd*., *Fuyang* 236000, *China*）

Abstract: The electrical grounding system is a crucial component in ensuring electrical safety, directly related to the safety of personnel, equipment, and facilities. Starting from the basic principles of electrical grounding, this paper analyzes common types of electrical grounding and their application scenarios, focusing on the main causes of electrical safety issues and their protective measures. Combining the latest technological developments and research findings, the paper proposes several suggestions for improving the electrical grounding system, aiming to enhance the level of electrical safety and reduce accidents caused by poor grounding.

Keywords: electrical grounding; electrical safety; fault grounding; leakage protection; grounding resistance

0　引言

电气接地在电气系统中起到至关重要的作用。良好的接地系统可以有效保护电气设备、避免人员触电，并在故障发生时为电流提供低阻通道。接地系统的设计和实施需要充分考虑电气安全标准和规范，以保证电力系统的正常运行和设备、人员的安全。文章将通过分析电气接地的基本原理、常见类型及其应用，深入探讨电气接地系统在电气安全保障中的作用及其存在的问题，并提出相应的改进建议。

1　电气接地的基本原理

1.1　保护接地

保护接地是为了防止电气设备在故障情况下引发触电事故而设计的，它主要通过将电气设备的金属外壳连接至接地系统，从而在发生漏电的情况下为电流提供一个安全的泄放路径。保护接地的基本工作原理是：当电气设备由于绝缘损坏等原因产生漏电时，漏电电流会迅速流向地面，而不会通过人体流向地面，因此能够有效降低触电风险。保护接地不仅适用于高压电力系统，在低压配电系统和工业设备中同样应用广泛。例如，在家庭电器和工业机械设备中，保护接地为金属外壳提供接地保护，当设备漏电时，能将电流快速引入大地，确保设备外壳不带电[1]。在设计保护接地时，通常要求接地电阻小于一定值（一般不超过 4 欧姆），从而确保电流能够顺畅流入地面，减少电位升高对人体和设备的危害。此外，保护接地的有效性依赖于良好的维护，需定期检测接地装置的完好性和接地电阻，以确保保护接地系统能够在故障发生时正常工作。

1.2　工作接地

工作接地的目的是确保电力系统的正常运行与电压的稳定性，它是电力系统运行过程中不可缺少的一部分。工作接地通常用于变压器中性点的接地，这一接地点连接大地后能够有效稳定电力系统的相电压，使电气设备在运行时保持安全可靠。在三相四线制电力系统中，中性点接地对电压不平衡的矫正也起到重要作用。工作接地通过接地电极系统，形成一个稳定的电位基准，使得各相的电压在正常运行状态下保持对称，从而提高系统的稳定性和可靠性。当电力系统发生单

收稿日期：2024-11-21

作者简介：张超（1989.02-），男，汉族，安徽阜南人，本科，中级注册安全工程师，研究方向：安全技术工程。

相接地故障时，工作接地能够将故障电流导入地面，保护其他设备和线路免受损坏。工作接地设计中需特别注意接地电阻的控制，通常要求接地电阻不高于 1 欧姆，以确保在电气设备运行和发生故障时能够提供低阻抗路径。在大型电网中，工作接地还涉及多个接地点的配置，确保系统在不同负载和运行条件下都能稳定工作。

1.3 防雷接地

防雷接地的目的是为雷电流提供低阻抗泄放路径，从而保护电气设备和建筑物免受雷击破坏。防雷接地系统通过将雷击产生的电流迅速导入大地，减少设备和建筑结构承受的过电压，防止高电位对电气设备和人员带来的安全威胁。防雷接地通常在电力系统、通信设施和高层建筑中广泛应用，特别是在易遭受雷击的区域，其安装是必不可少的。防雷接地的设计应充分考虑地质和土壤条件，通过合理布局接地电极和接地网，确保雷电流能够快速分散并泄入大地[2]。具体实施时，防雷接地常采用垂直接地极或水平接地带，与其他接地系统共同组成接地网，增大接地面积以减少电阻。对于防雷接地，接地电阻通常要求低于 10 欧姆，以便高能量的雷电流能够快速消散。在应用中，防雷接地的有效性与接地装置的完好性密切相关，因此需定期对其进行检测和维护，避免因接地装置腐蚀或老化导致接地效果下降，从而提高电力系统的防雷可靠性。

1.4 重复接地

重复接地是在电力系统的多个点上设置接地装置，从而提高系统的安全性和可靠性。重复接地的设计目的是通过多点接地减少单点故障带来的影响，使系统在局部接地失效时依然能够保持电气安全。特别是在电力线路较长或负荷较大的情况下，单点接地难以提供有效的低阻抗路径，增加接地点有助于将电流更快地导入大地，避免电位累积引发的电击或设备损坏。重复接地的具体应用较为广泛，在低压配电系统和中性点直接接地的高压系统中尤其常见。例如，电力线路沿线设置多点接地，能够有效防止因接地电流集中而引发的电压升高。

2 电气接地中的安全问题分析

2.1 接地电阻过高

接地电阻是接地系统性能的关键指标之一，它决定了故障电流能否顺利通过接地系统流入大地。当接地电阻过高时，电流泄放不畅，导致故障状态下系统中的电压上升，无法迅速降低电位，进而增加触电和设备损坏的风险。接地电阻过高的成因主要包括以下几点：

（1）土壤电阻率高。土壤的电阻率是影响接地电阻的直接因素，土壤电阻率较高的区域，如砂质土壤、干燥区域或冰冻土壤，接地电阻往往较大，从而影响接地效果。高电阻率的土壤使电流难以扩散，特别在高山、沙漠或寒冷地带，电阻率的影响更加显著。（2）接地装置材料老化或损坏。接地装置的金属材料受环境因素影响会逐渐老化，甚至出现断裂或松动，导致接地电阻增大，无法在故障时提供有效保护。（3）接地网面积不足。接地网面积对电流分散起到重要作用，当接地网面积不够大时，电流扩散能力受限，造成接地电阻增大，影响电流的流动性。因此，设计接地网时应确保其面积能够有效覆盖电力设备的需求。

2.2 接地装置腐蚀

接地装置腐蚀是导致接地性能下降的常见问题之一，尤其是在潮湿、多雨或酸性土壤的环境中更为普遍。接地装置腐蚀会显著增大接地电阻，从而削弱接地系统的安全防护能力。腐蚀的主要成因包括：（1）土壤湿度与酸碱度。土壤中的水分和酸碱度对金属的腐蚀有显著影响。湿润的环境中，水分与电解质的存在加速了电化学反应，从而使金属表面产生氧化层，逐步削弱接地极的导电性。在沿海区域或酸性土壤中，这种腐蚀现象尤其明显，接地装置的损坏速度较快。（2）材料选择不当。接地装置的材料选择在防腐蚀方面至关重要。如果选择了不适合土壤条件的材料，装置易受到腐蚀影响。低成本金属材料，如铁或镀锌钢，耐腐蚀性较差，而不锈钢或铜材料的耐腐蚀性则更为理想，因此在特殊环境下建议采用更耐腐蚀的材料。（3）接地装置结构设计缺陷。接地装置的埋设深度和结构设计也会影响其防腐性能。例如，较浅的接地装置更容易受到雨水和其他环境因素的侵蚀。

2.3 接地系统设计不规范

接地系统的设计质量直接关系到其安全性和可靠性，设计不规范会导致接地系统不能在故障时提供充分的保护，甚至在某些情况下增加事故风险。接地系统设计不规范的问题包括以下几点：（1）接地网布局不合理。接地网的布局直接影响接地系统的性能，如果接地网面积不足或布置过于密集，可能导致接地电流分布不均匀，进而引发局部电位升高，增加触电和设备损坏的风险。接地网设计时需考虑电流的分散效果，以确保接地网能够有效覆盖需要保护的区域[3]。（2）接地电极埋深不足。接地电极的埋设深度不足会影响接地电阻和设备的稳定性。埋深不够的接地电极容易受到外界环境影响，如气温变化或地表湿度变化，导致接地电阻波动，影响接地性能。（3）接地导线选择不当。接地导线在接地系统中起着电流传导的关键作用。导线截面积不足或材料选择不合理会增加导线电阻，影响接地系统的整体性能。通常应根据电流大小和故障电流的预计值选择合适的导线材料和截面积，以满足导电需求并保证安全。

3 电气安全的防护措施

3.1 规范接地系统的设计

在接地系统设计过程中，严格遵守国家和行业相关的电气接地标准是确保系统安全的首要措施。首先，应合理选择接地网的布局及结构，结合现场土壤情况进行科学评估，以确保接地电阻在安全范围内。设计时需确定适当的接地电极数量、材料以及埋设深度，确保电极能够在土壤条件下保持长期稳定的接地效果。在选择接地材料时，应充分考虑其耐腐蚀性，根据环境条件，如，湿度、酸碱度等，选用如铜、不锈钢等耐腐蚀金属，以提升接地装置的使用寿命。此外，在多种接地需求并存的系统中，例如同时包含保护接地和防雷接地的系统中，应分离设计各类接地装置以防止电流在不同接地

系统间相互干扰。

3.2 使用漏电保护装置

漏电保护装置（Residual Current Devices, RCDs）能够在发生漏电故障时迅速切断电源，防止人体因接触带电设备而遭受电击伤害。安装漏电保护装置尤其适用于潮湿、高风险环境，如工业厂房、变电站以及实验室等场所。在电气系统中，RCDs 可以检测到异常的漏电流并立即断开电路，将危险状态最小化。其工作原理是通过监测电流的差值，当差值超出设定值（通常为 30 毫安或以下）时，自动断开电源以保护人员安全。此外，根据具体使用环境，可以选择不同类型的 RCDs，如漏电电流动作断路器（RCCBs）和漏电电流保护开关（ELCBs），以实现更精确的保护[4]。

3.3 定期维护与检测

接地系统需要通过定期的维护与检测确保其长期可靠运行，尤其是在接地装置易受腐蚀的环境中，维护工作尤为重要。定期检测接地电阻值是必要的维护手段之一，可以有效评估接地装置是否能够正常工作，预防因接地电阻超标而导致的故障风险。此外，还应检查接地导线的连接情况，确保导线和接地电极之间的连接紧固，避免因接触不良或松动而导致电阻升高。在高腐蚀环境中，可以使用耐久性更强的材料，例如覆盖耐腐蚀涂层或使用防腐蚀包覆材料，以减缓接地装置的腐蚀速度。同时，根据腐蚀程度和土壤条件适当增加检测和维护的频率，确保接地系统能够在设备发生漏电或雷击时提供良好的导电通道，从而实现故障电流的快速泄放。

3.4 应用智能化监控系统

随着智能化技术的发展，应用智能化监控系统对接地系统进行实时监控成为提高电气安全的有效手段。智能化监控系统可以对接地电阻、故障电流等数据进行持续监测，从而及时发现接地系统中存在的异常情况。系统能够将实时数据反馈至监控中心，通过分析接地电阻波动和电流变化，智能化监控系统可以快速判断故障原因，并发出预警信号。部分智能化系统还支持自动控制，当接地电阻或电流值超出设定范围时，能够及时触发相关保护装置。利用大数据技术，智能化监控系统可以进行长期数据积累和故障模式分析，从而优化接地系统的维护和检修计划，减少突发性故障的发生概率。对于大规模电力系统，智能化监控不仅提高了接地系统的管理效率，也增强了故障预防和应急响应的速度，显著提升了电气系统的整体安全性和可靠性。

4 未来电气接地系统的技术发展

4.1 智能接地系统

智能接地系统通过传感器技术和物联网技术，将接地系统状态信息实时传输至监控中心，实现了对接地状态的动态监控。该系统能够结合环境因素如湿度、温度和土壤电阻率的变化，实时调整接地装置的配置，以维持稳定的接地电阻。例如，在干旱季节或高电阻率的土壤环境下，系统能够自动增加接地电极数量或调整电极的埋深，以降低接地电阻，确保接地系统的有效性。

4.2 人工智能辅助故障分析

在电气接地系统中引入人工智能算法，可以显著提高故障分析和定位的效率，优化维护流程。基于机器学习和深度学习算法，人工智能系统可以通过对接地系统的历史运行数据进行分析，提取故障发生的规律，建立预测模型，实现对潜在故障的预测和预警。例如，当接地电阻逐渐升高但尚未超出安全范围时，系统可以识别到该异常并预先提示维护人员检查可能的原因，防止故障的进一步恶化[5]。同时，人工智能算法还能够结合接地系统的实时运行数据，如接地电流波动、接地电压变化等，快速识别接地系统中可能存在的隐患，并提供快速响应方案。

4.3 新型材料的应用

未来电气接地系统的发展还将依赖于新型材料的应用，特别是在高导电性和耐腐蚀性方面具有显著优势的材料。传统接地装置多采用铜、钢等金属材料，尽管这些材料具备良好的导电性能，但在高腐蚀性环境中易受损，影响接地装置的使用寿命。而应用新型材料，如石墨基材料、复合材料和高分子导电材料，则可以显著提升接地系统的性能。石墨材料具有优异的导电性和耐腐蚀性，能够在酸性或潮湿土壤中长期保持稳定的接地电阻，避免因腐蚀引发的接地装置失效。

5 结 论

电气接地系统是保障电气安全的核心环节之一，直接关系到电气系统的可靠性和人员的安全。通过规范设计、合理维护、智能化监控以及新技术的应用，可以有效提升电气接地系统的性能，减少电气安全事故的发生。

参考文献：

[1] 马水生，赵建军，马天翼 . 基于城市轨道交通电气安全技术分析 [J]. 运输经理世界 ,2024,(17):1-3.

[2] 王芮帆，刘鑫，曹金鑫 . 变电站直流系统接地故障原因及对策分析 [J]. 光源与照明 ,2024,(02):189-191.

[3] 江松林 . 重复接地技术在临时配电系统中的安全性能与实践应用研究 [J]. 福建建材 ,2024,(02):97-100.

[4] 李京，郑可，贾宇轩，张劭帆，陈熙宽 . 建筑照明电气系统中的安全问题及其解决方案 [J]. 光源与照明 ,2023,(07):222-224.

[5] 梁桐亮 . 民用建筑电气施工接地保护原则与操作 [J]. 石材 ,2023(4):45-47.