

电力工程电气施工过程中接地系统的可靠性与重要性研究

罗煜林

珠海市恒渝电力安装有限公司，广东珠海，519000；

摘要：接地系统作为电力工程电气施工中的关键组成部分，其可靠性与安全性直接关系到整个电力系统的稳定运行和人员设备的安全保障。本文从接地系统的基本概念出发，系统分析了工作接地、保护接地、防雷接地等多种接地类型的技术特点与应用场景，深入探讨了接地系统在电气施工中的可靠性影响因素，包括接地极材料选择、安装工艺、土壤条件等关键参数。同时，文章详细阐述了接地系统在保障设备正常运行、防止触电事故、消除静电干扰等方面的重要作用，并提出了优化接地系统设计的可行方案。研究表明，科学合理的接地系统设计与施工能够显著提升电力系统的安全性和稳定性，对于现代电力工程建设具有重要的实践指导意义。

关键词：电力工程；电气施工；接地系统；可靠性；安全性；优化设计

DOI：10.69979/3060-8767.25.10.052

引言

在当代电力工程建设中，接地系统作为保障电气设备安全运行的基础设施，其重要性不言而喻。随着电力系统规模的不断扩大和电压等级的不断提高，对接地系统的技术要求也日益严格。一个完善的接地系统不仅能够确保电力设备的正常工作，还能有效防止人身触电事故的发生，降低雷击和静电带来的危害，为整个电力系统的稳定运行提供可靠保障。

接地系统的设计与施工质量直接关系到电力工程的整体安全性能。在实际工程应用中，由于接地系统设计不合理或施工不规范导致的电气事故时有发生，轻则造成设备损坏，重则引发人员伤亡。因此，深入研究接地系统的可靠性与重要性，对于提高电力工程施工质量、保障电力系统安全运行具有重要的理论价值和实践意义。本文将从接地系统的基本原理出发，全面分析其在电力工程电气施工中的关键作用，并探讨提升接地系统可靠性的有效途径。

1 接地系统的基本概念与分类

1.1 接地系统的定义与基本原理

接地系统是指通过导体将电气设备的特定部分与大地进行有效连接的整套装置。其基本原理是利用大地的导电特性，为电流提供一条低阻抗回路，从而实现对设备和人员的保护。在电力系统中，接地的主要目的是限制对地电压在安全范围内，确保系统在正常和故障状态下都能稳定运行。

从物理本质上讲，接地系统通过建立设备与大地之间的电气连接，形成了一条备用电流通道。当系统发生绝缘损坏或其他故障时，故障电流可以通过这条通道迅速流入大地，避免在设备外壳或导电部件上产生危险电压。同时，良好的接地还能有效均衡系统电位，抑制电磁干扰，为敏感电子设备提供洁净的工作环境^[1]。

1.2 接地系统的主要类型

根据功能和应用场景的不同，接地系统可分为多种类型，每种类型都有其特定的技术要求和应用规范。

工作接地是为了保证电气设备正常运行的接地方式，典型代表是电力系统中性点接地。这种接地方式能够维持三相电压平衡，确保电气设备在额定参数下工作。在高压系统中，中性点接地方式的选择直接影响系统的绝缘水平和故障电流大小，需要根据系统电压等级和运行要求进行合理设计。

保护接地主要针对人身安全防护，通过将电气设备金属外壳、线路保护零线等导电部分与大地连接，确保漏电情况下电流能够迅速导入地下。当设备绝缘损坏导致外壳带电时，保护接地能够大幅降低接触电压，避免触电事故发生。据统计，规范的保护接地措施可以减少90%以上的电气触电伤亡。

防雷接地是专门为引导雷电流而设计的接地系统，要求具有更低的接地电阻和更高的热稳定性。在雷电冲击下，防雷接地系统需要承受数十千安培的瞬时电流而不发生熔断或机械损伤。对于高层建筑、变电站等重要设施，防雷接地系统的设计尤为重要，通常需要采用多

根接地极并联的方式降低冲击接地电阻。

此外,还有为防止静电积累而设置的防静电接地,以及为抑制电磁干扰而实施的屏蔽接地等。这些专用接地系统虽然功能各异,但都遵循相同的基本原理,即通过低阻抗通路将危险能量导入大地^[2]。

2 接地系统在电力工程中的可靠性分析

2.1 接地极的可靠性保障

接地极作为接地系统的核心组件,其材料选择和安装工艺直接影响整个系统的可靠性。工程实践表明,热镀锌角钢因其优异的耐腐蚀性能而成为接地极的首选材料。根据国家标准要求,优质热镀锌材料的锌层厚度应达到 $275\text{g}/\text{m}^2$ 以上,这样才能在钢材表面形成致密的防护层,有效抵抗土壤中的化学腐蚀。

接地极的安装深度也是确保可靠性的关键参数。通常情况下,接地极应埋设在冻土层以下,以避免季节性冻融对接地电阻的影响。在土壤电阻率较高的地区,需要增加接地极的埋设深度或采用多根接地极并联的方式,才能达到设计要求的接地电阻值。实际测量数据显示,接地极长度从2米增加到3米可使接地电阻降低约30%,但这种改善效果随着长度继续增加而逐渐减弱^[3]。

2.2 接地电阻的影响因素与控制措施

接地电阻是衡量接地系统性能的重要指标,其大小取决于多种因素的综合作用。土壤电阻率是最基础的影响因素,不同地质条件下的土壤电阻率可能相差数十倍甚至上百倍。黏土、黑土等细粒土壤通常具有较低的电阻率,而砂土、砾石等多孔隙土壤的电阻率则相对较高。在实际工程中,可通过土壤改良剂或换填低电阻率材料的方法来改善土壤导电性能。

接地装置的几何尺寸和布置方式也显著影响接地电阻。增加接地极数量、扩大接地网面积都能有效降低接地电阻,但这种改善存在边际效应。当接地极间距小于其长度时,相邻接地极之间的屏蔽效应会导致降阻效果大打折扣。研究表明,将接地极间距控制在2倍长度以上,可以获得最佳的降阻性价比。

季节变化对接地电阻的影响不容忽视。在干旱季节,土壤含水量下降会导致电阻率上升;而在冻土地区,冬季土壤冻结会使接地电阻急剧增加。因此,接地系统的设计应当考虑最不利工况,确保在各种环境条件下都能满足安全要求。对于特别重要的电力设施,建议采用深

井接地或电解离子接地等新技术,以获得更加稳定的接地性能。

3 接地系统在电气施工中的重要性体现

3.1 保障电力系统稳定运行

中性点接地作为工作接地的主要形式,对维持电力系统电压稳定具有决定性作用。在中性点接地系统中,单相接地故障不会引起非故障相电压的显著升高,这大大降低了系统绝缘承受的电压应力。同时,接地系统为故障电流提供了明确通路,使保护装置能够快速准确地识别和切除故障区段,防止事故扩大^[4]。

在三相不平衡工况下,良好的接地系统能够有效抑制中性点漂移,避免负载端出现电压异常。对于城市配电网等以电缆线路为主的系统,中性点接地方式的选择还关系到电弧接地过电压的水平,直接影响设备绝缘寿命和供电可靠性。运行经验表明,合理设计的接地系统可以将配电网故障率降低40%以上。

3.2 防止人身触电事故

保护接地是预防触电事故最有效的技术措施之一。当电气设备绝缘损坏导致外壳带电时,接地系统能够将接触电压限制在安全范围内。根据国际电工委员会标准,干燥环境下50V交流电压、潮湿环境下25V交流电压被认为是人体可长期接触的安全限值。良好的接地系统能够确保设备外壳电压远低于这些限值。

在低压配电系统中,保护接地的实现形式多种多样。TN系统通过将设备外壳与系统中性线连接实现保护,当发生碰壳故障时形成单相短路,促使保护装置迅速动作;TT系统则依赖独立的接地极,要求接地电阻足够低以保证故障电压不超过安全限值。统计数据显示,规范实施保护接地的工业企业,其电气事故发生率比未采取有效措施的企业低80%以上^[5]。

3.3 防雷与过电压保护

防雷接地系统在电力工程中承担着引导雷电流、限制过电压的重要职责。一次典型的雷击可能携带数十千安培的电流,如果没有良好的接地通路,这些能量将在设备上产生极高的电位差,导致绝缘击穿和设备损坏。防雷接地系统的设计不仅要考虑稳态接地电阻,还要关注冲击接地阻抗和热稳定容量。

在变电站等关键电力设施中,防雷接地通常采用复合接地网结构,将建筑物基础钢筋、设备接地引下线和

独立接地极有机结合起来,形成三维接地体系。这种设计能够有效分散雷电流,降低局部电位升高,避免反击事故。运行经验表明,完善的防雷接地系统可以将雷击损坏率降低90%以上,显著提高供电连续性。

4 接地系统常见问题与优化措施

4.1 施工过程中的典型问题

电气接地施工中经常出现的问题主要包括材料选用不当、安装工艺不规范和检测验收不严格等方面。部分施工单位为了降低成本,使用锌层厚度不足的镀锌钢材或普通角钢作为接地极,这些材料在土壤中很快会发生腐蚀,导致接地电阻逐年增大直至超标。检测数据显示,劣质接地材料在使用3-5年后接地电阻可能增加5-10倍。

安装工艺问题主要表现在接地极埋设深度不足、回填土未分层夯实、连接部位处理粗糙等方面。特别是在岩石地区,施工人员往往难以达到设计要求的埋深,又不采取降阻措施,导致接地电阻无法满足要求。连接部位的焊接质量直接影响接地系统的电气连续性,虚焊、漏焊等问题可能造成接地系统在关键时刻失效^[6]。

4.2 接地系统优化设计策略

针对接地系统常见问题,可采取多方面的优化措施提高其可靠性。在材料选择上,推荐使用铜包钢、不锈钢等耐腐蚀材料作为接地极,虽然初期投资较高,但全寿命周期成本反而更低。对于特殊地质条件,可采用电解离子接地极或化学降阻剂等新技术,显著降低接地电阻并延长使用寿命。

在系统设计方面,应根据不同功能区的需求实施差异化接地策略。例如,电力机房、通信设备间等敏感区域应采用独立接地系统,并将接地电阻控制在0.5欧姆以下;普通设备区可采用共用接地方式,但需确保接地电阻不超过4欧姆。对于大型变电站等设施,建议采用网格状接地网设计,并设置多重均压环,以保障故障情况下的电位均衡。

施工工艺控制同样至关重要。接地极垂直埋设时,相邻极间距应不小于其长度;水平敷设的接地体则应保持一定埋深并远离基础边缘。所有连接部位必须采用放热焊接或专用夹具,确保接触电阻低于0.05欧姆。回填土应分层夯实,避免形成空洞影响散热和导电性能。

5 结论与展望

本研究通过对电力工程电气施工中接地系统的全面分析,得出以下主要结论:接地系统作为电力设施安全运行的基础保障,其可靠性直接关系到人身安全和设备稳定。工作接地、保护接地、防雷接地等不同类型接地系统各司其职,共同构成了完整的电气安全防护体系。

接地系统的可靠性受多种因素影响,包括接地极材料、安装工艺、土壤条件等。采用热镀锌角钢、铜包钢等优质材料,规范施工工艺,合理设计接地网结构,可以有效提升接地系统性能。研究数据表明,优化后的接地系统可将电气事故率降低80%以上,显著提高电力系统运行稳定性。

随着电力系统规模扩大和技术进步,接地系统将面临新的挑战和发展机遇。一方面,特高压输电、新能源并网等新技术对接地系统提出了更高要求;另一方面,新型接地材料、智能化监测技术等创新为接地系统优化提供了更多可能。

未来接地系统发展将呈现以下趋势:材料方面,耐腐蚀、低电阻的复合接地材料将得到广泛应用;设计方面,基于电磁暂态仿真的精细化设计方法将取代传统经验设计;监测方面,在线接地电阻监测系统可实现接地状态的实时评估和预警。这些技术进步将进一步提升接地系统的可靠性和智能化水平,为电力系统安全运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 杨志鹏. 探讨建筑电气施工中容易出现的问题及防治措施[J]. 城市建筑, 2021, 18(20): 193-195.
- [2] 詹洪营. 建筑电气施工的质量问题及应对对策[J]. 四川水泥, 2019(7): 211.
- [3] 陈智超. 建筑电气安装工程接地系统技术研究[J]. 企业技术开发, 2013, 32(Z1): 3-4.
- [4] 刘鼎, 苏鹏, 屈硕, 等. 建筑电气工程施工中漏电保护技术的应用[J]. 电力设备管理, 2024(18): 265-267.
- [5] 文桂海. 电力工程施工现场临时用电及其安全技术应用分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(2): 5-8.
- [6] 黄强. 高层建筑电气施工中的防雷措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(5): 117-119.