

高压输电线路杆塔接地电阻超标原因分析及治理方法

徐安文 高乔林 王永博

中国南方电网有限责任公司 超高压输电公司昆明局 云南 昆明 650200

摘 要：高压输电线路杆塔接地电阻超标受多因素干扰。客观环境里，土壤电阻率高、地形复杂及气候多变等致电阻增大；勘探设计时，土壤电阻率测量偏差、设计不合理埋下隐患；施工中，不按图施工、埋深与回填土不合要求影响效果；运行维护时，接地体腐蚀、外力破坏使电阻超标。治理可通过更换或处理土壤、优化设计、严格施工管理、加强运维及采用新技术新材料，如离子接地极等，保障线路安全。

关键词：高压输电线路；杆塔接地；电阻超标；原因分析；治理方法

引言

高压输电线路作为电力传输的重要通道，其安全稳定运行至关重要。杆塔接地电阻是影响线路安全的关键因素之一，接地电阻超标会降低线路的防雷性能，在发生短路故障时无法有效泄放电流，危及电力系统安全。然而在实际运行中，高压输电线路杆塔接地电阻超标问题较为常见。深入分析接地电阻超标的原因，并探索有效的治理方法，对于提高输电线路的安全性和可靠性具有重要意义，有助于保障电力系统的稳定运行，满足社会对电力的需求。

1 高压输电线路杆塔接地电阻超标原因分析

1.1 客观环境因素

客观环境因素是影响高压输电线路杆塔接地电阻的重要方面。土壤电阻率高是较为突出的问题。在山区、沙漠、戈壁滩等区域，土壤电阻率普遍处于较高水平。山区多为岩石地区，土壤电阻率通常在 $3000\sim 50000\Omega\cdot m$ ，如此高的电阻率使得杆塔接地装置难以有效释放电流，接地电阻居高不下^[1]。北方干旱地区土壤干燥，大地导电依赖离子导电，而可离解的无机盐类需有水才能离解为导电离子，缺水导致土壤导电性能变差，电阻率升高，影响杆塔接地电阻。地形复杂也给接地电阻带来不利影响。山区地形起伏大，地质条件差，土层薄甚至无土层，杆塔多处于山岩地段，这给接地装置施工带来极大困难，难以按设计要求施工，影响接地效果。在山坡坡带，雨水冲刷易造成水土流失，导致接地体外露，失去与大地的良好接触，若维护不及时，接地电阻会发生变化。气候因素同样不可忽视。北方冬季，土壤受冻土层影响，上层土壤干燥，受气候影响大，会加速接地体腐蚀。若接地体埋深不够，上层土壤含氧量高，也会加快腐蚀速度。接地体腐蚀后，其与土壤的接触面积减小，导电性能下降，进而导致接地电阻增大，威胁输电线路

的安全稳定运行

1.2 勘探设计因素

在高压输电线路杆塔接地装置的设计过程中，勘探设计因素对最终接地电阻有着不可忽视的影响。土壤电阻率测量不准确是导致接地电阻超标的重要原因之一。土壤本身具有不均匀性，不同深度、不同位置的土壤电阻率可能存在较大差异。然而，部分勘探设计人员为图省事，并未到每基杆塔所在位置进行细致的土壤电阻率及其分布测量，而是凭借主观臆断取一个平均值。这种做法使得土壤电阻率的取值与现场实际情况产生较大偏差，进而在设计接地装置时无法准确考虑土壤特性，导致设计出的接地装置与实际需求不匹配，接地电阻难以达到预期标准，出现偏高的情况。设计不合理同样会引发接地电阻超标问题。一些勘探设计人员缺乏对现场实际情况的深入调研和分析，在设计杆塔接地装置时，不依据每基杆塔独特的地形、地势条件进行针对性设计，也不计算其接地电阻，而是盲目套用现成的图纸或典型设计。这种“一刀切”的设计方式忽略了现场的复杂性和多样性，使得设计出的接地装置与现场实际情况严重脱节，现场施工人员难以按照设计图纸进行施工，从设计层面就为接地电阻超标埋下了隐患，导致部分杆塔的接地电阻无法满足安全运行要求。

1.3 施工因素

施工环节的质量把控对高压输电线路杆塔接地电阻起着关键作用，诸多施工因素会导致接地电阻超标。不按图施工现象较为突出，尤其在山区、岩石地区施工困难时，偷工减料情况时有发生。水平接地体敷设长度未达设计标准，垂直接地极数量减少，这使得接地装置无法形成有效的电流散流网络，难以达到设计要求的接地效果，直接导致接地电阻超标。接地体埋设深度不够也是常见问题。山区、岩石地区开挖难度大，施工人员为

图省事,常使接地体埋深不足。埋深不够不仅直接影响接地电阻值,还因上层土壤易干燥、受气候影响大,加剧了接地电阻的不稳定性。回填土问题同样不容忽视^[2]。当接地体埋深较浅且未用细土回填时,接地体与周围土壤接触电阻增大。在岩石地带,若用碎石回填或水平接地体裸露地面,不仅无法与大地可靠接触,还易发生腐蚀,进一步增大接地电阻。降阻剂使用不当同样会影响接地电阻。施工中若使用化学降阻剂或性能不稳定的降阻剂,随着时间推移,降阻剂成分流失或失效,且维护时未及时发现,会导致接地电阻逐渐增大,影响输电线路的安全稳定运行。

1.4 运行维护因素

运行维护环节的疏忽会显著影响高压输电线路杆塔接地电阻,进而威胁线路安全。接地体腐蚀是常见问题。在山区酸性土壤或风化土壤中,电化学腐蚀和吸氧腐蚀频发,尤其是接地引下线与水平接地体的连接处,因腐蚀电位差引发电化学腐蚀,严重时会导致连接处断裂,使杆塔失去接地保护。若接地体埋深不足或用碎石、砂子回填,土壤含氧量高,会加速吸氧腐蚀。腐蚀会使接地体与周围土壤的接触电阻增大,甚至在焊接头处断裂,导致杆塔接地电阻变大,甚至完全失去接地功能。外力破坏也不容忽视。杆塔接地引下线或接地体可能因被盗或受外力撞击而损坏。若运行维护人员未能及时发现并进行修复,接地装置的完整性将受到破坏,导致接地电阻增大。这不仅会影响线路的防雷性能,还可能在发生短路故障时,无法有效泄放电流,危及电力系统的安全稳定运行。

2 高压输电线路杆塔接地电阻超标治理方法

2.1 更换或处理土壤

针对高压输电线路杆塔接地电阻超标问题,更换或处理土壤是有效的治理途径之一。更换土壤适用于土壤电阻率过高且具备施工条件的区域。在一些山区或岩石地区,土壤电阻率可能高达数千甚至数万欧姆·米,此时可将杆塔周围高电阻率的岩石土壤更换为肥沃、湿润的低电阻率土壤。选择富含腐殖质、含水量较高的黑土等。通过这种土壤置换,能够显著降低接地装置与大地之间的电阻,为电流提供更畅通的散流通道,从而有效降低杆塔接地电阻。不过,更换土壤工程量较大,成本相对较高,且需要考虑新土壤的来源和运输问题,同时要确保新土壤与周围土壤的兼容性,避免出现新的电阻率差异。人工处理土壤是更为灵活和常用的方法,其中加入降阻剂是关键手段。降阻剂具有高导电性,能对周围土壤产生较强的渗透力,增大散流范围。在土壤电阻

率高或岩石地段,合理使用降阻剂可使杆塔接地电阻降至规程要求的阻值。以GPT-94高效膨润土降阻防腐剂为例,它不仅能够有效降低接地电阻,还具备性能稳定、无腐蚀性、防腐能力强等优点。在实际应用中,需根据土壤电阻率、地质条件等因素,科学确定降阻剂的用量和施工方法。施工时,要将降阻剂均匀包裹在接地体周围,确保其与土壤充分接触,以发挥最佳降阻效果^[3]。同时要定期对接地装置进行检测和维护,观察降阻剂的性能变化,及时补充或更换,以保证接地电阻始终处于合格范围,保障高压输电线路的安全稳定运行。

2.2 优化接地装置设计

优化接地装置设计是治理高压输电线路杆塔接地电阻超标的重要举措。合理设计接地装置形式至关重要。不同地形、地质条件对接地装置形式有不同要求。当土壤电阻率超过 $100\Omega\cdot m$,自然接地极难以满足接地电阻需求时,需敷设附加人工接地装置。此时,应结合基坑大小和底座布置,选择沿底座四周敷设的矩形或方形水平接地装置。水平环形接地装置因施工方便、效果良好,普遍采用圆钢材料。而在地下水位较高且丰富的地区,若杆塔附近有金属矿体,可将接地装置插入金属矿体,利用矿体的导电性降低接地电阻,并根据矿体情况合理延长接地尺寸和距离,以增强接地效果。精确计算接地电阻是确保接地装置有效性的关键。设计过程中,需依据每基杆塔的具体地形、地势、地质情况,通过科学方法和公式,精确计算接地电阻。设计人员要认真研读施工图纸和方案,深入理解设计意图,并亲临施工现场。实地考察土壤电阻率分布、地质结构等,结合实际情况调整设计参数,设计出切实可行的接地装置。在施工过程中,严格按照设计要求进行施工,确保接地装置的尺寸、材料、埋深等符合标准,从而保证接地电阻达到规定值,保障高压输电线路的安全稳定运行。

2.3 严格施工管理

严格施工管理是解决高压输电线路杆塔接地电阻超标问题的关键环节,需从多方面入手。按图施工是基础。在施工过程中,必须强化监督力度,确保施工人员严格遵循设计图纸作业。对于水平接地体和垂直接地体的布置,要一丝不苟地按照设计要求执行,保证其位置、长度和间距准确无误。同时,对各焊接头的质量进行严格把控,确保焊接牢固、无虚焊,避免因焊接不良导致接触电阻增大。降阻剂的使用要规范,选择合适的降阻剂并按照规定用量和方法施工,充分发挥其降阻作用。回填土环节也不容忽视,要确保回填土质量符合要求。对整个施工过程实行全过程质量监督,建立质量检

查制度,及时发现并纠正施工中的偏差。保证接地体埋设深度是重点。尤其在山区、岩石地区,开挖难度大,但不能因此降低标准。施工人员要克服困难,严格按照设计要求进行开挖,确保接地体埋深达标。足够的埋设深度不仅能降低接地电阻,还能减少接地体受外界环境的影响,降低腐蚀速率。规范回填土操作是保障。接地体埋设后,应使用细土进行回填,使接地体与周围土壤紧密接触,减少接触电阻。

2.4 加强运行维护

加强运行维护是保障高压输电线路杆塔接地电阻合格、确保线路安全稳定运行的重要环节,具体可从以下三方面着手。(1)定期巡视检查是基础工作。运维人员要制定详细的巡视计划,定期对杆塔的接地引下线进行全面检查。仔细查看接地引下线是否存在被盗、断开现象,同时检查其与接地装置的连接处是否有锈蚀情况。必要时,使用回路电阻测试仪测量回路电阻,以此准确检测接地回路的连接状况。在山坡地带,由于水土流失风险较高,要着重检查接地体是否有外露情况。一旦发现接地体外露,应及时采取恢复措施,如重新掩埋并确保回填土质量,防止接地体进一步受损。(2)及时处理缺陷是关键举措。对于巡视中发现的接地体腐蚀、接地引下线损坏等问题,必须迅速处理。针对敷设在腐蚀性较强场所的接地装置,要根据腐蚀性质采取有效的防腐措施,如热镀锌、热镀锌等,或适当加大接地体截面,以增强其抗腐蚀能力^[4]。对于因被盗或外力破坏的接地引下线或接地体,要及时进行更换和修复,确保接地装置的完整性。(3)定期测量接地电阻是重要保障。运维人员要按照规定周期,定期对接地电阻和回路电阻进行测量。通过测量,及时掌握接地电阻的变化情况,评估接地装置的性能。若测量结果不符合规程要求,要深入分析原因,并采取相应的治理措施,如更换土壤、优化接地装置设计、加强防腐处理等,确保接地电阻始终处于合格范围,为输电线路的安全运行提供可靠保障。

2.5 采用新技术与新材料

随着科技的不断进步,新技术与新材料在高压输电

线路杆塔接地电阻治理中发挥着越来越重要的作用。离子接地极是一种新型的接地装置,它内部填充有特殊的离子化合物晶体。当埋入地下后,这些晶体能够缓慢释放出离子,在接地极周围形成一个稳定的低电阻区域。与传统的接地极相比,离子接地极不受土壤电阻率、干湿度等环境因素的限制,即使在土壤电阻率极高的地区,也能有效降低接地电阻。在一些沙漠或岩石地区,传统接地极很难达到理想的接地效果,而离子接地极通过持续释放离子,改善周围土壤的导电性能,使接地电阻显著降低。而且,离子接地极的使用寿命较长,维护成本较低,能够长期稳定地保证接地效果。石墨基柔性接地体是一种以石墨为主要原料制成的接地材料,具有良好的导电性、耐腐蚀性和柔韧性。与传统的金属接地体相比,石墨基柔性接地体不会发生电化学腐蚀,能够在各种恶劣的环境下长期使用。它的柔韧性使得安装更加方便,可以根据地形和地质条件进行灵活布置,尤其适用于山区、岩石地区等施工困难的地方。

结语

综上,高压输电线路杆塔接地电阻超标受客观环境、勘探设计、施工及运维等多环节因素影响,严重威胁线路安全。采用更换或处理土壤、优化设计、严控施工、强化运维以及应用新技术新材料等措施,可有效降低电阻、提升装置性能。未来,电力技术将持续发展,我们应不断探索更优治理方案,强化对接地电阻的监测管理,保障线路稳定运行,为电力事业筑牢根基。

参考文献

- [1]潘晨.高压输电线路导线绝缘子串防雷设计探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(2):130-133.
- [2]李猛克,王阳,孙广,张海龙,冯晓伟,王新伟.基于回归分析法的特高压直流接地极线路故障测距方法研究[J].电测与仪表,2021,58(9):129-134.
- [3]刘正云.特高压输电线路基础裂缝问题的分析治理[J].湖北电力,2022,46(5):71-79.
- [4]岳奇林.五一桥水电站输电杆塔接地电阻超标问题探究[J].华东科技(综合),2020(5):323-323.