

输电线路防雷接地装置优化与改造分析

戢才智

中国电建集团四川工程有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：输电线路长时间处于户外复杂的环境中，雷击故障是造成线路跳闸、供电中断的主要原因，防雷接地装置的运行状况的好坏直接影响到线路的耐雷水平和电网的供电可靠性。本文根据输电线路防雷接地装置运行情况，对传统接地装置存在的电阻超标、材质老化、结构设计不合理、运维不到位等问题进行分析，提出材料升级、结构优化、差异化降阻、防腐防护等优化改造技术方案。依托实际输电线路改造工程案例，用数据对比来检验改造效果，总结出适合不同地形、土壤环境的接地改造工艺，给输电线路防雷接地系统升级改造、降低雷击跳闸率提供工程依据。

【关键词】：输电线路；防雷接地装置；接地电阻；优化改造；耐雷水平

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.033

1 引言

电力输电线路是电网能源输送的主要通道，覆盖面大，运行环境复杂，山区、丘陵、沿海等特殊区域的线路很容易受到雷击的影响。雷击造成线路闪络、跳闸、设备损坏等故障，不但会造成区域供电中断，影响工农业生产及居民生活，严重的时候还会引起电网安全事故，危及电力系统稳定运行。防雷接地装置是输电线路抵抗雷击的要害设施，它主要起到迅速导走雷电电流、减小杆塔电位、防止线路绝缘被击穿的作用，接地电阻、结构稳定性和防腐性能是评价防雷效果的主要指标。本文结合现场运行经验以及工程实践，对接地装置存在的问题进行全方位的分析，提出系统的改进方案，并用工程实例来验证方案的可行性和有效性。

2 输电线路防雷接地装置现存主要问题

2.1 接地电阻超标问题突出

接地电阻属于防雷接地装置的关键参数，规范要求输电线路杆塔的工频接地电阻应处在合理的范围之内，在高土壤电阻率的地方要符合专项降阻的标准。目前大多数老旧线路的接地电阻超标问题比较严重，其主要原因可以分为环境和设计施工两种。从环境方面来说，山区、岩石地带的土壤致密、电阻率高，传统的简易接地结构不能达到有效的降阻效果；干旱地区土壤含水率季节性变化大，干燥季节土壤导电能力大幅度降低，接地电阻一直上升。

2.2 接地材料老化腐蚀严重

传统的输电线路接地装置大多用普通碳钢、圆钢等材料，这些材料成本低但是耐腐蚀性差。线路长时间使用后，土壤里的酸碱介质、地下水、盐碱成分都会继续腐蚀接地体，沿海地区盐雾腐蚀、工业区化学腐蚀也会加快接地体的老化。长期腐蚀会使接地体截面变小、材质变脆，严重时造成接地体断裂、

接地回路断开等状况，从而完全失去雷电疏导的功能。

3 防雷接地装置优化与改造技术方案

3.1 接地材料升级优化

为了克服传统碳钢接地体耐腐蚀差、寿命短的缺点，用高性能复合接地材料代替传统的钢材。山区、普通土壤区域用锌包钢、铜包钢复合接地体，具有钢材的机械强度和表层金属的耐腐蚀、高导电性，可以抵御土壤介质长期腐蚀，延长接地装置使用寿命。沿海、化工污染等高腐蚀区使用石墨碳纤维接地材料，该材料化学稳定性极高，没有氧化锈蚀的风险，在雷电冲击下性能稳定，多次雷击之后接地参数没有明显的衰减。同时取消传统的螺栓搭接连接方式，全部采用放热焊接的方式进行接地体的连接，消除连接点位接触电阻过大造成的隐患，保证接地回路的导通性。

3.2 接地结构精细化改造

根据各个区域的土壤性质、地形情况来改进接地装置的结构布局，抛弃传统的单射线结构，使用对称辐射式复合接地结构。以杆塔为圆心，向四周均匀布置多组水平接地射线，使雷电流散流路径趋于平均分布，提高土壤散流利用率。在水平射线末端加装垂直接地极，深入到深层低电阻率土壤中，形成水平散流和垂直降阻相结合的复合接地系统，大大降低冲击接地电阻。对岩石、高阻土壤区采用深井接地和爆破换土相结合的方法，深挖接地井、用低电阻率黏土回填，增大接地体散流范围，解决高阻区降阻问题。优化后的接地结构采用对称布置的方式，可以适应不同的季节土壤含水率的变化，保证接地电阻长期稳定。

3.3 差异化降阻工艺应用

根据现场土壤电阻率检测数据，分类型制定降阻改造方

案,达到精准化改造的目的。低土壤电阻率区域,优化接地结构、修补腐蚀缺陷、加固连接点位,保证接地回路完整稳定。中土壤电阻率区域,在原有接地的基础上增设辅助接地射线,改善回填土质,适量加入长效降阻剂,减小土壤和接地体之间的接触电阻。高土壤电阻率山区、岩石地区采用换土回填、深井垂直接地、外延接地相结合的综合降阻方式,敷设长效环保降阻剂填充接地体和土壤之间的空隙,提高导电通路的稳定性,严格控制工频接地电阻达到规范要求。

3.4 防腐防护与运维优化

改造施工时对接地体、焊接点位、引下线等重要部位实施专门的防腐处理,涂刷防腐涂层和沥青防护层,隔离土壤腐蚀介质,加强薄弱点位的防护效果。施工完毕后分层夯实回填土,防止土壤沉降造成接地体裸露、接触不良。另外健全运维管理制度,创建接地装置全生命周期台账,详细划分季度检查、年度检测程序,主要对腐蚀、断裂、电阻过高等毛病开展重点排查。

4 工程改造案例与效果分析

4.1 工程概况

该地区 110kV 输电线路总长 28.6km,共设置杆塔 92 基,线路途径山区、丘陵及部分地区沿海,投运年限超过 12 年。本区雷雨天气多,年均雷击次数较多,线路一直存在着雷击跳闸的隐患。经现场检测可知,该线路 68% 的杆塔接地电阻不合格,大部分接地体有不同程度的腐蚀,部分连接点位氧化严重,原有的接地结构散流效果不好,整体耐雷水平不能达到现行运行标准,必须进行接地装置的优化改造。本次改造选择全线 92 基杆塔进行材料升级、结构改善、降阻防腐一体化改造。

4.2 改造方案实施

本次改造根据杆塔所在地区土壤条件分批施工。普通土壤区域杆塔用锌包钢接地体,布置四组对称辐射式水平接地射线,射线末端加装 3.5m 垂直接地极;山区高阻区用深井接地加换土回填法,敷设长效降阻剂;沿海地区更换为石墨碳纤维接地体,加强防腐防护。所有的接地连接点位均采用放热焊接的方式进行,焊接完成后做双层防腐处理,严格控制回填土质

和埋设深度。

4.3 改造效果数据对比

本次改造前后核心参数及运行数据对比如下表所示,数据为现场实测及年度运行统计结果。

表 1 改造效果数据对比

检测项目	改造前	改造后	改善效果
杆塔接地电阻合格率	32.0%	98.9%	合格率大幅提升,超标问题基本消除
接地体平均腐蚀率	18.6%	1.2%	腐蚀隐患得到有效控制
年均雷击跳闸次数	5.8 次	0.6 次	雷击跳闸率大幅下降
线路耐雷水平	75kV	110kV	防雷性能显著提升

由表可知,经过系统的改进后,该输电线路杆塔接地电阻合格率达到 98.9%,接地体腐蚀问题得到了根本的解决,年均雷击跳闸次数大大降低,线路整体耐雷水平明显提高。改造后的接地装置结构稳定、导电性能好,可以迅速疏导雷电流,避免雷击闪络、跳闸故障的发生,改造效果达到预期目的,完全符合电网安全运行标准。

5 结论

防雷接地装置属于输电线路防雷保护的主要设施,其运作情况同电网供电的稳定程度有着直接联系。目前老旧输电线路普遍存在接地电阻超标的、材料腐蚀老化、结构设计不合理、运维管理不到位等主要问题,是造成雷击故障的主要原因。通过开展接地材料更新、接地结构改良、差别化降阻施工、防腐防护加强和运维体系改善等一系列改造工作,可以很好地解决传统接地装置的各种问题,明显削减接地电阻,改善线路的耐雷性能,大幅度缩减雷击跳闸故障。

参考文献:

- [1] 彭洁,周琳,张泽慧,等.输电线路中石墨接地装置防雷性能仿真评估[J/OL].沈阳工业大学学报,1-10[2026-08-23].
- [2] 蔡佳益,蔡浩.220kV 高压输电线路防雷接地技术应用[J].电力设备管理,2026,(13):13-15.
- [3] 孙希德,张建昌,谢瑞胜,等.高压输电线路防雷接地设计优化与运维安全研究[J].石化技术,2026,33(7):472-473.