

# 高压线路铁塔接地引下线设计创新与应用

王宣策

海南电网有限责任公司输电运检分公司 海南 海口 570000

**摘要：**高压线路铁塔接地引下线对电力系统安全至关重要，在防雷、稳定电位、保障接地系统可靠性等方面作用显著。然而传统设计存在防腐性能不足、机械强度不够、施工与维护便利性差等缺陷。为此，可从材料、结构、连接方式三方面创新，如采用新型防腐导电材料、设计分段式结构、改进为压接式连接等。创新设计在不同环境中优势明显：在沿海高腐蚀环境，选铜包钢等材料，结合压接式连接与密封设计；在山区复杂地形，用铝合金多股绞线等分段式引下线；在高电压等级线路，选大截面材料，优化截面，采用压接式连接，保障线路安全稳定运行。

**关键词：**高压线路；铁塔接地；引下线设计；创新应用

引言：高压线路铁塔接地引下线作为电力系统安全运行的关键防线，在防雷保护、稳定铁塔电位、保障接地系统可靠性等方面发挥着不可替代的作用。然而，传统设计在防腐性能、机械强度、施工与维护便利性等方面存在诸多缺陷，难以适应复杂多变的运行环境，尤其是面对沿海高腐蚀、山区复杂地形以及高电压等级线路等特殊场景时，局限性愈发凸显。在此背景下，高压线路铁塔接地引下线的技术创新迫在眉睫。本文将深入探讨材料创新、结构优化、连接方式改进等创新方向，并分析其在不同特殊环境中的应用，以期提升接地引下线性能、保障电力系统稳定运行提供有益参考。

## 1 高压线路铁塔接地引下线的重要性

在电力系统的稳定运行中，高压线路铁塔接地引下线扮演着极为关键的角色，是保障电力系统安全的重要防线。（1）从防雷保护角度来看，它是抵御雷击的核心枢纽。高压线路多处于空旷地带，极易遭受雷击。当雷电击中铁塔时，巨大的雷电流瞬间产生。此时，接地引下线如同一条高效导流通道，与铁塔、接地装置紧密配合，将雷电流迅速引入大地。这一过程有效避免了铁塔因雷电流冲击而电位急剧升高，防止高电位对线路绝缘子发起反击，避免线路跳闸事故的发生，从而保障了电力能够持续、稳定地输送至千家万户。（2）接地引下线对于稳定铁塔电位也起着至关重要的作用。在电力系统正常运行时，铁塔会因电磁感应等因素产生感应电荷。若这些电荷不能及时导走，会在铁塔周围形成电场，对附近人员和设备构成潜在威胁。接地引下线能及时将这些感应电荷引入大地，使铁塔与大地保持等电位，消除了安全隐患，为人员和设备营造了安全的运行环境。（3）其性能更是直接影响接地系统的可靠性。优质的接地引下线需具备优良的导电性能，确保电流传输顺畅；

要有足够的机械强度，以承受自然环境和外力的影响；还应具备良好的防腐性能，抵抗长期户外环境的侵蚀，维持接地系统的低电阻值。（4）合理的设计能提升施工效率、降低成本。设计科学的接地引下线便于施工安装，减少施工难度与成本；耐用性强则可降低后期维护次数和费用，提高电力系统的运行经济性<sup>[1]</sup>。

## 2 传统高压线路铁塔接地引下线设计存在的缺陷

### 2.1 防腐性能不足

传统高压线路铁塔接地引下线多采用普通钢材制作，如圆钢、扁钢等，这些材料在户外复杂环境中，尤其是在潮湿、多雾、沿海或工业区等腐蚀性较强的环境中，容易发生锈蚀。随着时间的推移，锈蚀会导致引下线截面减小、导电性能下降，严重时甚至会出现断裂，影响雷电流的泄放，降低接地系统的可靠性。虽然部分传统引下线会采取镀锌等防腐措施，但镀锌层在施工安装过程中易被划伤，或在长期使用中因磨损、腐蚀而脱落，失去防腐保护作用，难以满足长期运行的防腐要求。

### 2.2 机械强度不够

传统接地引下线的机械强度往往难以适应复杂的安装和运行环境。在施工过程中，引下线可能需要弯曲、拉伸等操作，若材料的机械强度不足，容易出现变形、断裂等问题，影响施工质量和进度。在运行过程中，接地引下线会受到风力、冰雪荷载、振动等外力作用，尤其是在多风地区或杆塔振动较大的情况下，机械强度不足的引下线容易发生疲劳损坏，导致连接松动或断裂，影响接地系统的正常工作。

### 2.3 施工与维护便利性差

传统接地引下线的连接方式多采用焊接或螺栓连接。焊接方式需要专业的焊接设备和技术人员，施工效率低，且焊接质量受人为主观因素影响较大，容易出现虚

焊、漏焊等问题,留下安全隐患;螺栓连接在长期运行中易因振动而松动,需要定期检查和紧固,增加了维护工作量。此外,传统引下线的结构设计不够灵活,在复杂地形或狭小空间的杆塔处,安装难度较大,需要耗费较多的人力和时间,影响施工进度。同时,引下线的标识不清晰,也给后期的维护和检修带来不便。

### 3 高压线路铁塔接地引下线的设计创新方向

#### 3.1 材料创新

材料创新在提升高压线路铁塔接地引下线性能方面占据着关键地位,是推动接地引下线技术发展的重要驱动力。(1)传统钢材在接地引下线应用中,存在易腐蚀、导电性能受环境影响较大等问题。为此,采用新型防腐导电材料进行替代成为必然趋势。铜包钢材料是其中的佼佼者,它巧妙地融合了铜的优良特性与钢的优势。铜具备出色的导电性和防腐性,而钢则拥有高强度,二者结合使得铜包钢材料在腐蚀性环境中能展现出超长的使用寿命,且导电性能稳定可靠,为接地引下线提供了坚实的性能保障。(2)铝合金材料同样表现不俗,其重量轻的特点在对重量有严格要求的场合优势明显,可有效降低杆塔的负荷。同时,它还具有良好的耐腐蚀性能和优良的导电性能,能满足不同环境下的使用需求。(3)复合导电材料由高分子材料与导电介质复合而成,具备优异的防腐性能、柔韧性和机械强度,能适应复杂多变的安装环境,且不易锈蚀,大大降低了后期的维护成本。(4)开发具有自修复功能的防腐涂层材料也具有重要意义。将其涂覆在引下线表面,当涂层出现微小破损时,能自行修复,从而进一步提高引下线的防腐能力,延长其使用寿命<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 结构优化

对铁塔接地引下线的结构开展优化设计,是提升其机械性能与适应性的重要举措。(1)在导线结构方面,用多股绞线结构取代传统的单股结构。多股绞线由多根细导线精心绞合而成,这种独特结构赋予了它卓越的柔韧性和抗疲劳性能。在接地引下线的安装和运行过程中,难免会经历弯曲、拉伸和振动等情况,多股绞线凭借自身优势,在这些复杂工况下不易断裂,能够很好地适应各种复杂的安装和运行环境,有效保障了接地引下线的稳定性和可靠性。(2)设计分段式结构也是一大亮点。将接地引下线合理分为若干段,段与段之间采用灵活便捷的连接方式。这种设计使得在复杂地形或狭小空间内进行安装变得轻松容易,同时也为后期的维护和更换工作提供了极大便利,降低了维护成本和时间成本。(3)对于需要穿越杆塔构件的部位,专门设计防护结

构,如穿管或护槽,能有效避免引下线与杆塔构件直接摩擦,防止引下线因摩擦而损坏。此外,优化引下线的截面形状,在确保导电性能不受影响的前提下,采用异形截面(如扁形、梯形),可提高其散热性能和机械强度,减少风荷载对引下线的不利影响。

#### 3.3 连接方式改进

为提升接地引下线的性能,对其连接方式进行改进十分必要,这不仅能提高连接的可靠性,还能显著提升施工效率。(1)传统的焊接和螺栓连接存在一定局限性,而压接式连接成为更优选择。它借助专用工具,将连接端子与引下线紧密压接。这种连接方式使得接触面积大幅增加,从而保证了优良的导电性能。而且,压接后的连接十分牢固,即便在振动环境下也能保持稳定,不会出现松动现象。同时,压接式连接施工流程相对简便,施工效率高,质量也更容易把控,能有效减少因连接问题导致的故障隐患。(2)针对需要频繁拆卸和安装的场景,如临时接地或检修时的连接,开发快速插拔式连接结构意义重大。这种结构可让施工人员迅速完成连接和拆卸操作,大大缩短施工和维护时间,提高工作效率。(3)明确的标识,方便施工人员快速识别和正确操作,进一步降低连接错误的风险,保障接地引下线连接的安全与稳定。

### 4 高压线路铁塔接地引下线创新设计的应用

#### 4.1 在沿海高腐蚀环境中的应用

沿海地区因其特殊的地理环境,空气湿度大且含盐量高,呈现出极强的腐蚀性特征,这对接地引下线的防腐性能提出了严苛要求。一旦接地引下线被腐蚀,不仅会影响其导电性能,还可能危及整个接地系统的稳定性,进而威胁高压线路的安全运行。(1)在材料选择上,采用铜包钢或复合导电材料制成的接地引下线是理想之选。铜包钢材料巧妙融合了铜的优良导电性与防腐性以及钢的高强度,在沿海高腐蚀环境中能展现出卓越的耐腐蚀能力,有效抵御盐雾、潮气的侵蚀,大幅延长使用寿命。复合导电材料由高分子材料与导电介质复合而成,同样具备优异的防腐性能,可适应沿海恶劣环境。(2)在连接方式上,结合压接式连接与密封设计十分关键。压接式连接通过专用工具将连接端子与引下线紧密压接,接触面积大、导电性能好且连接牢固,再配合密封设计,能有效防止水分和腐蚀性介质进入连接部位,确保接地系统的导电连续性。(3)选用多股绞线结构的引下线,其柔韧性和抗疲劳性能出色,能更好地抵抗沿海地区的强风荷载,减少因风力作用导致的疲劳损坏,全方位保障高压线路在恶劣沿海环境下的安全稳定

运行。

#### 4.2 在山区复杂地形中的应用

山区地形条件极为复杂,地势起伏跌宕、沟壑相互交错,电力杆塔分布呈现出高度分散的状态。而且,山区安装环境恶劣,交通极为不便,施工场地空间狭窄,这些因素都对引下线提出了严苛的要求,尤其是在柔韧性及安装便利性方面。(1)传统的接地引下线在山区复杂环境下弊端尽显,往往难以满足实际需求。而采用铝合金多股绞线或复合导电材料制成的分段式接地引下线则展现出显著优势。从材质特性来看,铝合金多股绞线或复合导电材料使得引下线重量大幅减轻,同时柔韧性极佳。在山区崎岖难行的地形中,无论是人工肩扛手提,还是借助简易的运输工具,都能轻松完成搬运,极大地降低了运输的难度与成本,有效解决了山区物资运输的难题。(2)分段式结构设计搭配快速连接方式,堪称应对山区杆塔复杂布局的“秘密武器”。这种设计能够根据不同杆塔的安装位置和角度,灵活调整引下线的长度与走向,轻松适应各种复杂的安装场景,有效降低了在狭小空间内的安装操作难度,大幅提升了施工效率,显著缩短了施工周期。(3)山区气候变幻莫测,大风天气频繁出现,昼夜温差悬殊,这对引下线的性能是严峻的考验。该类型引下线具备高强度和出色的抗疲劳性能,能够承受大风产生的强大拉力,适应温差变化引起的材料伸缩,确保在长期运行过程中,接地系统始终保持稳定可靠,为山区电力设施的安全运行筑牢了坚实防线<sup>[3]</sup>。

#### 4.3 在高电压等级线路中的应用

在高电压等级输电线路里,由于传输容量巨大,一旦遭遇雷击,所产生的雷电流能量极高。这对线路的接地引下线提出了极为严苛的要求,尤其在导电性能与机械强度方面,必须达到较高水准,才能保障线路安全稳

定运行。(1)选用大截面铜包钢或者复合导电材料来制作引下线是明智之举。这类材料拥有出色的导电性能,当雷击发生时,能够以极快的速度将巨大的雷电流泄放出去,有效降低铁塔的电位,防止线路设备因过电压而遭受雷击破坏,大大提升了线路的防雷能力。(2)多股绞线结构搭配经过优化的截面设计,进一步增强了引下线的性能。多股绞线结构增加了引下线的柔韧性和抗拉强度,而优化的截面设计则改善了其散热性能,使其能够承受高电压等级线路运行时产生的机械应力和热效应,确保接地系统在长期高负荷的工作状态下依然可靠运行。(3)采用压接式连接方式,能保证连接部位的电阻极低且可靠性极高,充分满足高电压等级线路对接地系统的严格要求,为线路的安全运行提供坚实保障。

#### 结束语

高压线路铁塔接地引下线对于电力系统稳定运行意义重大,其重要性贯穿防雷、稳压、保障接地系统可靠性等多个方面。然而传统设计在防腐、机械强度、施工维护便利性上存在缺陷。通过材料创新、结构优化、连接方式改进等创新设计方向,有效弥补了传统不足。在沿海高腐蚀、山区复杂地形、高电压等级线路等不同应用场景中,创新设计后的接地引下线凭借卓越性能,适应了多样且严苛的环境要求,保障了电力系统的安全稳定运行。未来,随着技术持续进步,接地引下线设计将不断完善,为电力系统发展提供更坚实的支撑。

#### 参考文献

- [1]顾鹏.架空输电线路铁塔结构与基础设计[J].现代工业经济和信息化,2020(12):30.
- [2]熊晓雨.架空输电线路铁塔结构与基础设计分析[J].住宅与房地产,2019(12):05.
- [3]朱宁.输电线路铁塔基础选型设计及其优化对策研究[J].中国设备工程,2022(01):25.