

## 输电线路设计中线路防雷技术的运用

王剑龙

乌鲁木齐鸿明远电力设计有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]从目前来看, 中国地区范围内的电力系统建设进程还是非常值得肯定的, 各个地区都基本形成了完善的电力设施, 为当地的居民提供了良好的生活用电、生产用电服务, 极大地保障了当地的社会经济发展。其实, 假如只谈起电力系统中基础性装置输电线路的话, 它的正常运行将显得十分重要, 无论是在电力系统的有序运行、提升效率方面, 亦或者对电力系统的整体安全, 都起着极为巨大的作用。

[关键词]输电线路; 设计; 线路防雷技术; 运用

DOI: 10.33142/hst.v5i7.7579

中图分类号: TM862

文献标识码: A

### Application of Lightning Protection Technology in Transmission Line Design

WANG Jianlong

Urumqi Hongmingyuan Electric Power Design Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** From the current point of view, the construction process of power system in China is still very positive. All regions have basically formed complete power facilities, providing good domestic and production power services for local residents, and greatly ensuring the local social and economic development. In fact, if we only talk about the transmission lines of the basic devices in the power system, its normal operation will be very important, whether in the orderly operation of the power system, improving efficiency, or the overall security of the power system, which will play a very important role.

**Keywords:** transmission line; design; line lightning protection technology; application

输电线路是电力系统的重要组成部分, 在这一方面的作业, 将直接对电力传导起决定性作用, 而且还会对供电效率产生巨大影响。因此, 为了实现电网的安全运行, 保障电力系统的供电效率, 必须关注输电线路这一方面的作业。并且, 输电线路极易被一些外界因素所影响, 比如, 输电线路受到暴雨、雷电天气影响的话, 不仅输电线路所承载的电流会加强, 而且线路本身还很容易因为受潮而短路, 甚至是发生燃烧现象, 从而对电能的运输效率产生了严重影响。除此之外, 因为线路内部所承载的电流突破所能承载的极限时, 也很容易会在局部地区发生爆炸事故, 所有的一切, 都是因为雷电现象所引起的。因此, 为了有效提升电力系统的整体运输效率, 保障线路的运行安全, 必须针对雷电现象的发生提出相应的解决措施。

#### 1 雷电对输电线路的负面影响

雷电会对输电线路的运行产生很多负面影响, 其中最主要的就是以下两方面的影响。

(1) 若是输电线路所经过的杆塔受到雷电的冲击的话, 因为其自身的材质, 所以很容易会成为电流的导体, 在杆塔上的所有输电设施、导线, 都会被杆塔所携带的电流给影响到。严重的话甚至会出现线路自燃的情况, 经过此处杆塔的所有线路都会陷入故障, 而作为输配电系统的重要组成部分, 自然也会对整体电力系统产生极为严重的影响, 使得正常供电陷入瘫痪, 大部分地区的生产生活都只得被迫中断。<sup>[1]</sup>并且, 当输电线路中的电流超过所能承

载的极限范围时, 这一线路上的所有电力设备的自主修复能力都会大大下降, 导致相关部门必须派遣专门的工作人员亲自对受损线路进行更换。可这样做的话, 除了会提升供电线路的维修难度之外, 还很容易提升供电线路的维修费用。

(2) 当输电线路被雷电击中时, 线路中的电流电压都会得到大幅提升, 在这种情况下, 线路以及供电设施会发生很多方面的故障。比如, 线路以及供电设施的故障, 意味着该线路所在的电力系统范围内的所有地区都会停电, 人们的日常生活、工厂生产都难以维继; 除此之外, 电力系统也会对该地区的公共安全造成极大的影响。因此, 无论是为了维持当地的社会发展需要, 还是为了保障人民的生命财产安全, 都应该加强对输电线路防雷工作的关注程度, 让电力系统的整体安全水平更上一台阶。<sup>[2]</sup>

#### 2 输电线路引雷的因素

##### 2.1 杆塔导致雷电破坏

当杆塔被雷电击中后, 会在第一时间与产生电荷, 直至与地面相接形成单向回路, 这样会使得杆塔出现击穿现象, 而且还会严重影响到输电线路的安全性、稳定性, 影响供电效率。输电线路所在的杆塔各不相同, 需要参考当地的供电要求设置一定的高度, 而且杆塔之间并非孤立的存在, 一个杆塔被雷击之后, 其他的杆塔也或多或少地会被影响到, 所产生的反应自然也是如此。不过, 大致呈现出这样的规律, 杆塔电流与反击电流呈反比, 而导线闪烁的大小则会对杆塔线路分布造成显著影响。

## 2.2 雷电活动的剧烈程度

雷击活动较少发生于平原丘陵,而频频发生于山地或者地形起伏较大的地区,之所以会出现雷击现象,也有其科学性,也许该地区的气流运动比较激烈,从而导致了一系列负面影响。除了气流因素,植被、河流的覆盖程度也会在在一定程度上影响该地区受雷击侵扰的频率,往往在植被茂密的区域,更容易引起雷击,从而对该地区内部的电力线路造成一定的影响。<sup>[3]</sup>

## 2.3 复杂地形影响

为了满足人民群众的用电需求,电力系统的线路分布自然会经过山区、沿海等地域,而这些区域内部的地形结构大多比较复杂,因此,当有关部门在进行供电系统设备的建设时,往往会被当地的地形地势、气候环境等因素所影响,从而导致电力系统的安全性、稳定性下降,故障多发。其中最为突出的自然是雷击现象,并且,往往雷击所造成的破坏是最极端的,大大增加了电力部门工作人员的维修难度,而且还会对输电系统造成一定的危害。<sup>[4]</sup>具体来说,不良的后果主要体现在以下3个方面。

(1)纵深山谷地带。这类地区的气流运动十分剧烈,因此受雷击的影响程度较深,并且,当地的相关部门并未增加防护力度,导致当地的输电安全性、稳定性大幅下降,并且一点小小的故障就很容易造成事故的发生。之所以会出现上述的一些情况,是因为该地区的开放空间实在太大,导致暴露在外的弧长较长,极为容易受到雷击。

(2)倾斜山坡。在输电线路的铺设过程中,工作人员几乎不会在上坡地带使用绕组,而下坡地段的输电导线铺设距离过长,即使在一定程度上减少了输电线路受雷击的概率,但是并未对剩余的一些绕组进行科学保护,因此输电线路受雷击的次数依旧较多,输电线路运行的安全性、稳定性受到了严重影响。

(3)沿海地区。沿海地区离海岸的距离较短,因此空气中存在着大量的微小盐分颗粒,这些颗粒的数量比较多,非常容易导致雷击事故的发生。

## 2.4 土壤电阻率

接地电阻对雷击电流分流处理、消耗有显著成效。雷电通常袭击的对象都是杆塔,而杆塔往往与地面相连,因此,为了解决科学合理保障电力系统运行的安全性,应该针对性设置接地电阻,从而在一定程度上阻止雷击形成的电流对杆塔的影响。<sup>[5]</sup>至于一些比较复杂的地形,比如高山、岩石地形区域,也应该针对雷击科学地设置接地电阻,增强杆塔的防雷水平。除此之外,假如出现了雷击塔顶的现象的话,因为土壤的电阻率很小,甚至还会出现雷击反射的现象。所以,在山区所铺设的输电线路受雷击的频率会更高一些,至于平原地区,因为很容易通过一些具体措施降低接地电阻,从而降低雷击现象发生的频率。

## 3 输电线路抵御雷击的保护途径

### 3.1 架设专属避雷线

为了提升输电线路运行的安全性、稳定性,可以在杆

塔上增设避雷线,从而有效的防止雷击现象的发生,这是目前来说经济性、可行性最高的策略。具体原因在于,避雷线能够增强杆塔、输电线路对自然雷电的防御水平。在杆塔顶端部位被雷电击中时,避雷线能够显著分流线路所承载的电流,从而有效减轻雷电对杆塔所造成的直接冲击;这种做法能够在一定和层面上屏蔽导线,从而达到减少导线装置负荷下感应到的过电压的目的。以下图1就是避雷线的安装示范。

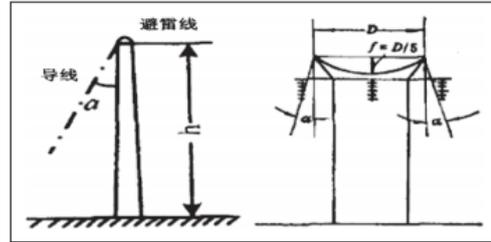


图1 避雷线的架设

### 3.2 降低杆塔接地电阻

输电线路杆塔的接地设施是连通避雷线的特殊性装置,这一装置的运转原理其实比较简单,即当杆塔被自然雷电现象所击中之后,接地电阻能够向地表泄导所承受的电流,从而保障输电线路能够自身具备一些抗雷击的性能。一些专家学者曾经针对接地线阻参数与雷击闪络之间的关系进行过统计调查,得出了以下一些相关结论。当线路杆塔的接地电阻大于20欧时,它发生雷击闪络故障问题的可能性差不多为超出10欧范围内接地电阻数值外其他同等情况的杆塔发生闪络风险的好几十倍,这意味着,当接地电阻的参数因明显、或是潜在的客观因素而超出20欧之后,输电线路的整体性将会急剧下降。所以,建设一般的高程输电线路杆塔时,必须合理完善杆塔的接地设施,有效增强接地设施的接地电阻,从而提升线路自身的抗雷击水平,防止雷电反击现象的发生。

工作人员应严谨、认真地研究,确认具体的接地电阻数值。一般情况下,可以通过接地设备、连续伸长性质的接电线装置进行搭配的方式,有效保障施工作业后接电线可与下一杆塔内部接地设施实的连续性,不过值得一提的是,工作人员应该尽可能精准把握接电线的长度,确保工频与接地电阻的契合程度。

### 3.3 加设耦合地线

为了更好地提升输电线路的抗雷击能力水平,防止意外断电事故的发生对当地的社会经济、人民生活所造成的影响,相关工作人员必须增设耦合线,具体位置在导线的主体上或是导线周边,这是十分合适的防雷击措施,即使依旧无法彻底避免由此产生的高绕击率问题,但还是能够在一定程度上表现耦合、分流的功能,从而提升线路的抗雷击能力水平。

## 4 抗雷击办法新思维

即使现在已经研发了诸多高效防雷措施,但是在这种

情况下,输电线路发生故障、造成安全事故的可能性依旧不低。并且,假使输电线路多次遭到雷击的话,将会导致一系列负面影响,比如,该电网系统的整体运行安全性、稳定运性将会大幅下降。而且,假如遭受雷击的杆塔位于一些地形比较复杂的区域时,相关部门的维修人员往往需要花费大量的时间精力对其进行维修,甚至会产生很高的费用支出。有鉴于此,当下必须重视在防雷击领域的对策创新,争取在经济、切实可行的基础上研发、优化更具先进性的防雷击措施。

#### 4.1 应用大直径绝缘子

多年的输电线路实践运行经验表明,被雷击元素所损坏的线路绝缘子串中,受损程度最高的绝缘子应当是接近装置主体两端的1-3片。而其中又以第一片所受到的损坏最为突出。主要原理在于,当装置主体的两端加设大直径模式的绝缘子后,将可为绝缘子串提供均匀所处的电场环境,能够有效降低被雷电击穿的可能性,从而显著提升装置的防雷击能力。并且,在绝缘子串的两端使用大直径规模的绝缘子之后,在雷击之后所受到的高强电压只能对其中的部分绝缘子造成伤害,而其他中间部分的绝缘子受到供给的可能性将会大幅下降,这样大大增强了绝缘子串运行的安全性;特别是一些外径较小、而且连接成为整体的绝缘子串,它们的防御水平将会得到很大的提升。

#### 4.2 运用并联间隙

以往的传统防雷击保护措施,其关注的重点是在很短的时间内提升输电线路的抵雷击能力水平、线路运行的安全性,这一类措施也被命名为“堵塞型”防雷电灾害保护措施。但而这类线路防雷措施的实施成本、经济效益二者并不协调,并且具备一定程度的技术难度,可行性有很大缺陷。因此,一些线路防雷击领域的知名学者、专家创新性提出了“间隙型”创新防雷“疏导式”这一防雷保护观念、策略,主要做法在于将间隙装置科学并联于绝缘子的主体部分上。

因为其构造较为简单、且成本低廉,因此无论是功效还是可行性,都十分契合绝缘子规避电弧烧伤的现实要求,能够有效提升输电线路的重合率。能够推测,在接下来的很长一段时间之内,我国在的这一方面的科技将会得到进一步发展,有很大概率可以彻底避免雷击跳闸事件的发生,作为当今时代一种防雷击设施的工艺的前沿性发展,对于输电线路的传统抵御雷击办法能够起到一定的补充作用。

#### 5 输电线路防雷接地设计

输电线路通常会面临高负荷、长时间运行的情况,甚至还会过载,鉴于此,当大气过电压、工模电压、公共电压等元素对输电线路进行影响时,线路很容易就会发生故障,造成安全事故的发生。为了解决这一问题,工作人员能可以实施一些调爬等切实可行的工艺举措,当线路发生就污闪事故之后,对其迅速进行解决、处理,保证输电线路自身能够具有一定的绝缘性能。与此同时,有关调查数据显示,之所以输电线路会出现一些“闪络”运行故障、

事故,最主要的原因大多是大气过电压。在大气过气压的情况下,被自然雷电击中的输电线路周边将成为“感应雷”区域,从而导致后面发生一系列雷电自然放电先导现象。并且,先导通道充斥在电荷中,周围的导线内存在的异号形式的束缚电荷承载于先导通道形成,将导线内原生负电荷被统一、集中排斥于导线自体远端部位。如图2所示。

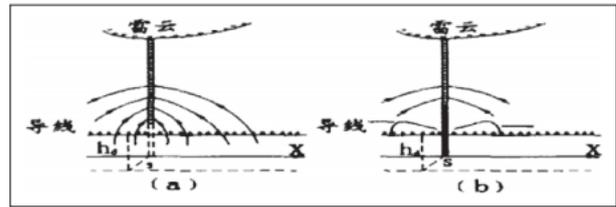


图2 架空输电线上的感应过电压

针对以上所提及的事故隐患,工作人员在进行输电设施建设的过程中,应该尽可能对杆塔进行一些避雷线安装的增设,加强电路的绝缘数值,采取一些不平衡形式的绝缘保护工艺,对线路防雷性能进行再一次加强。

#### 6 结语

输电线路是电网系统运转的关键组成部分之一,为社会经济发展、人民生活的正常进行提供了源源不断的电力,因此,保障输电线路运行的安全性、稳定性,具有相当的现实意义。在我们中国,面积广阔,很多地区位置不同,造就了截然不同的自然环境以及常规天气,而其中的一些降雨频发地区,输电线路遭受雷击的可能性相比于其他地区,自然也会更高一些。当输电线路被破坏之后,不仅供电系统会受到破坏,当地社会的经济、人民生活同样会受到很大的影响,对一些对电力依赖性极强的企业更是会造成严重的负面影响,居民日常生活用电安全也会出现诸多潜在安全隐患。所以,许多电力企业在输电线路的规划、设计过程中,就会关注防雷击理念的实施。具体表现在依据当地的实际情况,采取与其地区实际情况相契合的线路装置防雷技术,从各个维度保障输电线路的防雷击能力以及实际成效,从而为社会的正常运转打下坚实的电力服务基础,为社会发展提供强劲的推动作用。

#### [参考文献]

- [1]王奎. 110kV 高压交流输电线路雷击危害及防雷技术[J]. 中国高新科技, 2021(15): 37-38.
- [2]汤光玉, 田慧, 吴瑕, 王志宇. 复杂地形多雷地区输电线路防雷技术分析[J]. 通讯世界, 2020, 27(6): 158-159.
- [3]荣建国. 探析防雷技术在煤矿 35KV 架空输电线路中的应用[J]. 科学技术创新, 2019(14): 168-169.
- [4]李伟. 输电线路运行检修和防雷技术研究[J]. 通讯世界, 2018(11): 60-61.
- [5]李海涛. 高压输电线路的防雷技术[J]. 山东工业技术, 2018(18): 190.

作者简介: 王剑龙(1988.9-),男,甘肃通渭,大学本科,工程师,主要从事输电线路电气设计工作。