

## 浅析山区输电线路防雷措施

彭 进

中石化江苏油建工程有限公司, 江苏 扬州 225009

**[摘要]**南川工区页岩气平台 35KV 输电线路具有输送距离长, 范围广, 地貌跨度变化大且气象条件复杂等特点。本文是对于这一地区的输电线路在常发雷雨季节会发生比较多的跳闸故障, 针对系统跳闸的成因进行了系统性分析和研究, 同时结合现场施工实际, 提出有针对性策略的防雷措施, 从而确保该地区 35KV 输电线路的正常供电, 提高电力系统的整体稳定性、可靠性和安全性。

**[关键词]**输电线路; 雷击; 接地电阻

DOI: 10.33142/hst.v4i1.3458

中图分类号: TU856

文献标识码: A

## Brief Analysis of Lightning Protection Measures for Transmission Lines in Mountainous Areas

PENG Jin

Sinopec Jiangsu Oilfield Construction Engineering Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225009, China

**Abstract:** The 35KV transmission line of shale gas platform in Nanchuan work area has the characteristics of long transmission distance, wide range, large landform span change and complex meteorological conditions. This paper is for the transmission line in this area in the frequent thunderstorm season will occur more trip fault, for the cause of the system trip for systematic analysis and research. At the same time, combined with the actual construction site, it puts forward targeted strategy of lightning protection measures, so as to ensure the normal power supply of 35KV transmission line in this area, improve the overall stability, reliability and safety of the power system.

**Keywords:** transmission line; lightning stroke; grounding resistance

### 引言

近年来, 山区输电线路因雷击而引起的故障越来越频繁, 严重威胁电力系统输电线路的安全运行, 而且部分线路由于是跨区范围大, 每次发生雷击事故后均需安排人员车辆巡视检查, 日常运行维护人员的工作强度亦因此大大增加。因此, 输电线路的防雷保护已经成为电力系统运行维护的重点及关键。

南川工区页岩气平台 35KV 输电线路工程, 涉及北马线、北风线、锋北线。重庆页岩气网电工程项目部参与南川工区平台间新建 35KV 输电线路的施工, 负责已建 35KV 输电线路的维护。南川工区页岩气平台 35KV 输电线路长度小计约 69km, 输电线路山地和丘陵约占总面积的 90%, 地形起伏变化大, 地质复杂, 天气变化大, 年平均雷暴日 45 天, 平台间输电线路高程落差大, 南川工区页岩气平台 35KV 输电线路采用门型杆, 线路架设时采用双避雷线以接地保护。笔者全程参与工程建设, 结合现场施工实际, 对山区输电线路的防雷措施方面做了一些有益的探索总结:

### 1 山区输电线路雷击成因分析

#### 1.1 线路雷击过电压种类

对于电力系统中的输电线路, 被雷电击中后产生的雷闪过电压现象主要包括以下两种:

(1) 雷电感应过电压。雷击线路附近地面并在导线上感应产生过电压, 这称为雷电感应过电压。

(2) 直击雷过电压。雷电直接击中输电线路而产生雷过电压。直击雷过电压又可细分为:

①绕击雷过电压。系统中安装的避雷线没有起到作用, 雷电击中导线而绕过了避雷线, 所引发相应的跳闸故障。

②反击雷过电压。输电线路正常输电过程中, 避雷线或者输电线路杆塔被雷电击中, 塔杆塔顶和横担上会形成高电位, 在输电线路绝缘子串的两端, 即导线和横担之间产生很高的电位差, 造成受到雷电击中的输电线路跳闸故障。

#### 1.2 线路绕击成因分析

根据输电线路的运行维护经验、现场实地测量数据等, 雷电绕击率取决于输电线路周边的地质、地形、地貌情况以及避雷线对边导线的杆塔高度、保护角参数。

计算山区的绕击率  $P_\alpha$

$$\lg P'_\alpha = \frac{\sqrt[3]{h_t}}{86} - 3.35 \quad (1)$$

式中:  $\alpha$  为保护角;  $h_t$  为杆塔高度

通过上述计算可以得到, 此时的绕击率参数值是 5%。普通平坦地段区域的绕击率参数值只有山区的 1/3。但不可避免的是, 山区输电线路一般有大跨越、大高差的档距, 这也是输电线路耐雷能力水平的薄弱环节。工程实际中, 一些地区雷电活动较为强烈, 输电线路经过这些地区的某一区段, 相对而言更容易遭受雷电击中而造成故障。

### 1.3 线路反击成因分析

当电力系统中的避雷线或者杆塔最上端被雷电击中, 此时在接地体和杆塔中就会有电流流过, 杆塔中的电位也随之提高, 从而形成一定的感应过电压。假定合成电位差参数值大于绝缘闪络的电压值 ( $U_j > U_{50\%}$ ), 此时闪络现场就会在杆塔和导线之间形成, 具体计算为:

$$I_1 = \frac{U_{50\%}}{(1-k) \beta R_{ch} + \left(\frac{h_h}{h_g} - k\right) \beta \frac{L_t}{2.6} + \left(1 - \frac{h_b}{h_d} k_0\right) \frac{h_d}{2.6}} \quad (2)$$

式中:  $k$  为导线线间耦合系数;  $U_{50\%}$  绝缘子串中 50% 冲击闪络电压参数;  $k_0$  为导线与地线间耦合系数;  $\beta$  为杆塔分流系数;  $R_{ch}$  杆塔冲击电阻;  $L_t$  杆塔电感;  $h_g$  为地线平均高度;  $h_b$  为导线平均高度;  $h_d$  为杆塔高度;  $h_h$  为横担对地高度。

由式 (2) 可以看出, 减小杆塔接地电阻  $R_{ch}$ , 提高耦合系数  $k$ 、减小分流系数  $\beta$ 、增大绝缘均能有效提升输电线路的耐雷能力水平。其中, 最主要亦是最常用的提升输电线路耐雷能力水平的方法是降低杆塔接地电阻  $R_{ch}$ 。

### 1.4 线路绕击雷和反击雷对比

表 1 对绕击雷和反击雷的特点作对比分析。从表中内容可以发现, 山区输电线路所遭受的雷击现场, 大都集中在雷击电杆上, 因此, 这也是山区防雷各项工作中最为重要的一项。

表 1 绕击雷和反击雷

	反击雷	绕击雷
雷击电流	较大	较小
接地电阻	大	小
闪络基数及相数	一基多相或多基多项	单基单相或相邻两相
塔身高度	较高	较低
地形特点	一般, 不易绕山	山坡及山顶易绕击处
闪络相别	耐雷水平低相 (如下相)	易绕击的相 (如上相)

对于山区输电线路经常会受到雷击而引发一系列的故障, 基于反击雷和绕击雷的不同基本特征, 分别采用降低杆塔接地电阻参数值方法和安装线路型氧化锌避雷器设备组件方法, 来有效提升电力系统山区输电线路的耐电能力水平。

## 2 减小杆塔接地电阻

### 2.1 杆塔接地电阻

在电力系统的输电线路中, 将避雷线和引下线进行连接, 从而得到杆塔接地装置。在系统中发生突发的雷击现场, 就会将雷电的电流通过该接地装置的作用传输至大地, 从而确保整个电力系统的正常运行, 避免输电线路因为电流过大而引发跳闸等一系列故障。在提升电力系统的耐雷能力水平方面, 一般会降低接地电阻, 这是一种成本低并且被验证十分有效的预防反击雷的方式。对于山区输电线路的杆塔接地装置, 随着冲击接地电阻参数的减小, 将会大大降低整个系统形成雷击闪络现象的可能。对于一些安装了避雷线模块的杆塔, 需要确保系统参数不应大于表 2 的参数值。

表 2 输电线路的接地电阻

土壤电阻率 ( $\Omega \cdot m$ )	100 及以下	100-500	500-1000	1000-2000	2000 以上
接地电阻/ $\Omega$	10	15	20	25	30

由于电力系统的线路周围经常是具有比较复杂的地理条件的, 这就需要采取一些特定的施工方式, 从而确保系统

的电阻满足安全需求。由于许多的杆塔会被安装在山区或者山顶,其接地电阻的阻值也比较大,就很容易引发雷击故障。基于此,需要具体问题具体分析,结合安装的实况条件对杆塔进行改造,以提高输电线路的安全性。对于一些杆塔线路的实际电阻率参数超过了  $1000 \Omega \cdot m$  并且地处环境恶劣的土壤或者岩石中,就需要确保冲击电阻低于  $15 \Omega$ , 接地电阻不超过  $20 \Omega$ ; 如果采取了多种防控措施均无法达到预期的接地电阻值,就需要采取其他的方式来提升电力系统的耐雷能力水平,以提高电力系统的整体稳定性、可靠性和安全性。

## 2.2 减小杆塔接地电阻的措施

(1) 如果杆塔所处的土壤地下存在比较多的岩石,因为土壤能够起到比较理想的散流作用,就能够借此来扩大射线的实际面积,将  $\phi 10mm$  圆钢安装到既有的地网中,埋深按照  $0.6m$  至  $0.8m$ ,从而提高射线数量到最多八根,同时可以加大水平接地射线的总长度到最大  $100m$ 。如果土壤的厚度值比较低,即不超过  $0.6m$ ,就需要在地沟中放置一些降阻物质,并且要确保降阻物质可以免受雨水、腐蚀等的损坏。

(2) 如果山区的杆塔所处的地线并无土壤岩石,此时就需要人工挖设一个地沟,该地沟的尺寸一般按照  $0.6m$  至  $0.8m$  的深度、 $0.5m$  宽度。将一些降阻物质以及一个直径为  $\phi 10mm$  的圆钢放置到地沟中,同时辅之以一些防腐的材料,再通过混凝土来进行浇筑,按照每隔五米设置一个收缩缝、厚度是  $10cm$  的参数来施工,再通过沥青来进行勾缝处理。最后用混凝土来夯实覆盖。

(3) 对于已完成建设的地网不符合以上的参数要求,就需要进行重新敷设。

(4) 如果仅有一个角度具备土壤层,此时就可以在该角度的地下来布设矩形地网。

## 3 安装线路型避雷器

在一些不容易降低接地电阻或者绕击易发点的地区,一般更多会采用线路型氧化锌避雷器,从而避免系统发生绝缘子的冲击闪络引发跳闸现象,提高系统的稳定性和安全性。

如果在电力线路中安装避雷器,如果发生雷电现象,电流就会在避雷器的作用下发生一定的分流。当电流经过导线和避雷线,就会形成一定的耦合分量,从而使得塔顶和导线的电位差不满足发生闪络的参数值,也就不会再发生绝缘子闪络现象。对于避雷器的安装,需要满足如下几点:

- ① 在山坡位置,一般需要将避雷器安装到外端的相导线上。
- ② 在山顶位置,一般需要将避雷器安装到两侧。
- ③ 对于经常遭受雷击的区域,一般需要将避雷器同时安装到杆塔以及相邻杆塔上。

## 4 结语

电力系统输电线路的防雷工作中,上去输电线路情况最为复杂,最需要加大重视程度,提前采取应对措施。现场施工中要根据杆塔的实际地理位置以及周围地质环境,科学、合理地采取有针对性的防雷措施,从而提升整个电力系统输电线路的耐雷能力水平,有效确保山区输电线路的正常运行。

### [参考文献]

- [1] 蒋巍. 浅谈电力工程高压送电线路设计[J]. 黑龙江科技信息, 2015(35): 130.
- [2] 宋钢. 高压送电线路设计[J]. 硅谷, 2011(11): 58-59.
- [3] 绩海. 浅析电力设备中的实用接地技术[J]. 河南科技, 2013(23): 148.
- [4] 朱亦勤. 输电线路防雷分析与对策[J]. 科技创新与应用, 2014(13): 148-149.

作者简介: 彭进(1985.8-)男,南京工程学院,自动化专业,中石化江苏油建工程有限公司电仪工程分公司,中石化江苏油建重庆页岩气工程项目总工,工程师。