

[防雷改造]

10 kV配电线路防雷改造技术分析

文/大庆榆林油田开发有限责任公司 伊 凯

电力系统在运行环节中容易受到自然现象干扰，10 kV配电线路也会受到自然环境因素的影响，其原因是供电线路多为直接同外界环境接触的设备，在雷雨天气受到潮湿气候影响和雷击影响的概率增大，轻则导致线路运行出现故障，重则会产生重大安全事故，造成严重经济损失。在分析10 kV配电线路发生雷击现象主要原因的基础上，提出了经济、实用的改造方案。

相关工作人员在对10 kV配电线路进行防雷设计之前，要结合实际情况提高防雷设计的针对性和有效性。首先，雷击比较容易发生在一些偏北的山区，因为那里在太阳的作用下，地面受热开始出现大气温度不均匀的问题，很容易产生对流天气，在一定程度上增加了雷击现象发生的概率。其次，山区矿产资源都是较为丰富的，这些矿产实际上是一种导体，很容易导致雷击，在一些雷雨天气较为频繁的地区，会在这些矿产的导体作用下，加剧雷击发生的概率和频率。

10 kV配电线路防雷工作的重要性

在进行10 kV配电线路防雷设计的过程中，相关设计人员还需要秉承一定的原则更加规范和有序地开展日常的工作。在实际工作的过程中，相关工作人员要加强对设计规范和设计标准的了解，结合现场实际情况，科学合理地进行防雷的设计。从整体上看，在对配电线路进行防雷设计时，需要遵循的原则主要分为以下两个方面。

首先，在实际设计的过程中，要防止雷击导线，相关设计人员可以设置一些避雷线，保护导线不直接受到雷击。假如导线直接被雷击的话，那么会使得线路中的电压急剧升高，线路电压越高，在一定程度上则提高了危险和故障发生的概率，所以

要防止导线直接遭到雷击。

其次，在进行防雷设计时，还要防止线路的中断。随着人们生活水平的不断提高，对于电能的需求和要求在不断地增加，并且在一些大型企业生产活动中也离不开电能，假如供电线路出现中断，则会给人们和企业带来较大的损失，所以要尽量防止出现线路中断。如在实际设计的过程中可以采用双回路的环网，当主要线路出现线路中断时，可以由备用的线路来进行供电，从而提高电能输送的稳定性和安全性。在实际设计的过程中，相关设计人员还需要根据雷击容易发生的部位，对设计方案中的偏差之处进行适当的调整以及优化，从而使得设计方案能够在实际中发挥其应有的价值和效果，减少雷击发生的概率，提高配电线路的稳定性。

配电线路受到雷击的原因分析

配电线路易受到雷击破坏的原因主要源自三个方面。

1) 雷电具有高辐射、超高温度和穿透性强等特性，会对高压配电线路造成破坏，在阴雨潮湿气候下很容易对塔台产生毁损。

2) 在雷电天气时，配电系统容易被雷电击中，导致通过设备的瞬时电压增大，进而令配电系统容

电、变电设备产生击穿事故，对全配电路运行产生严重影响。

3) 施工人员雷雨天施工容易受到雷击伤害，其原因是配电网络普遍布设位置较高，由于其导电性引发的引雷效应容易令检修施工人员受到身体伤害。

对于10 kV配电线路易于遭到雷击损害的原因有：一方面，线路未配备符合实际应用的防雷效果合适的保护装置，此种状况在经济欠发达地区时有发生，其对应的配套设施和防雷设施不能及时加以更新，这就导致了上述地区配电设备强度不足；另一方面，线路绝缘效果差也会导致此类事件发生。在线路受到雷电影响时，线路的低绝缘性导致无法阻挡表面急速增长的电压值，进而导致线路被击穿且难以在短期内获得维修，造成电路故障，对群众正常生产生活产生干扰。最需要关注的是配电公司在安装配电路的过程中安全隐患过多，此类问题多是人为造成的，其原因为电力公司未在线路检测时进行质量控制，也未周密筹划防雷处理，这就对电路的稳定性和安全性造成了严重影响。

10 kV配电线路防雷改造技术研究

1. 避雷针引雷防雷

通过对通常的经验进行分析可知，安装于输电线路的避雷针对线路能产生较佳的防雷效能，在布置配电路时使用此类方法进行线路防雷处理是可取的，避雷针能够对架空绝缘线路进行有效防护。然而避雷针作为寿命较短的耗材，容易产生故障及

老化，因为避雷针的工作环境属于长期工频电压环境，偶尔还需要承受工频续流与雷电过电压的影响，故配电稳定性会经常受到外界环境干扰。在实际应用时可在配电路中安装氧化锌避雷针，其具有免维护的特性，将其安装在配电路当中的易雷击段并辅助以适宜配电设备，可达到有效保护配电路的效果。

2. 安装避雷器防止雷电灾害

在现场施工中较为常用的一种雷电防护装置是避雷器，避雷器对雷电产生的过高电压有防护效能。在雷击杆塔后雷电流会被避雷器分流，部分雷电经由杆塔流向大地，在雷电流强度超过某一范围后会通过避雷器进行分流，大部分雷电会经过避雷器进入导线中并向相邻的杆塔传递。若线路承受感应雷引发的过电压，雷电流会通过上述类似的流程流入大地当中。线路避雷器与绝缘子并联，具有良好的钳位作用，避雷器的残压低于绝缘子串50%的放电电压，即使雷击电流增大，避雷器的残压仅稍有增加，绝缘子仍不至于发生闪络。这也是线路避雷器防雷的重要特点。在避雷线遭受雷击之后，电流会顺着避雷线向下进入电力设备中，使接地的电阻中的电压急剧上升而出现绝缘。为了防止绝缘子串的反击，相关设计人员在实际工作的过程中要对避雷线的接地方式进行适当的改进以及调整，比如可以在钢塔上安装避雷器，避雷器是防御设计中比较常见的一种设施和设备，它能够在雷击天气中起到良好的防护效果。表1为有避雷线线路的耐雷水平。

表1 有避雷线线路的耐雷水平数值

标称电压/kV		35	66	110	220	330	500
耐雷水平	一般线路	20~30	30~60	40~75	75~110	100~150	125~175
	有避雷线路（有大跨越和发电厂、变电所进线保护段）	30	60	75	110	150	175

3. 降低杆塔的接地电阻防雷

针对杆塔接地电阻进行布置可起到一定程度的防雷击效果，若雷电击中避雷线或塔顶，且线路接地电阻过大时，将会造成塔顶电位急剧上升，此时需要进一步对杆塔接地电阻进行控制。通过研究发现，适当加长水平接地电极，可以进一步降低杆塔的接地电阻。利用计算机软件对水平接地电极进行模拟分析，建立接地电极模型，如下图所示。接地电极选用的是一个类似圆柱的水平接地体，等效半

径 r 取值14 mm。接地电极的埋藏深度 d 取值0.8 m，土壤电阻率 ρ 取值647 $\Omega \cdot \text{m}$ ；在水平接地极上增加垂直接地极，垂直接地极长度 h 取值为5 m。

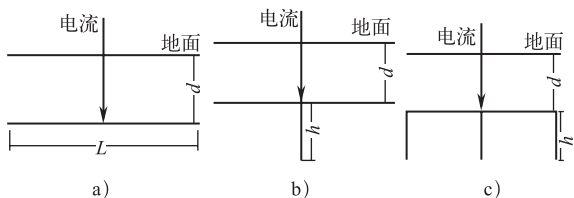


图 接地电极模型

当应用模型一的方式进行接地电极的敷设时，对应测得不同的水平接地电极长度的电阻值见表2。从表2可以看出，随着接地电极长度的增加，接地电极的电阻逐渐变小，变小的趋势越来越缓慢。

表2 不同接地电极长度对应的接地电阻值

接地电极长度/m	接地电极电阻/ Ω
15	81.9
25	47.7
45	26.9
65	19.6
85	14.8
145	9.4
205	7.1
245	5.9

如果采用模型二进行接地电极的敷设，在水平接地电极长度取值为65 m时候，对应的接地电极电阻值为19.2 Ω ；如果采用模型三进行接地电极的敷设，在水平接地电极长度取值为65 m时，对应的接地电极电阻值为16.3 Ω 。在实际的施工中，接地电极的长度不是越长越好，特别是在山区施工中，既要考虑防雷的实际效果，也要考虑施工的综合成本以及环境等相关因素。

4. 强化配电线路的绝缘能力

电力运营单位应当根据配电线路工作环境对线路绝缘进行强化，并定期对供电线路绝缘效果进行核验。需要检查的内容包括接地装置是否可以正常运行，设备是否存在绝缘缺陷，并做到及时严谨规范，发现故障及时修正。依据防雷要求配置配电线路绝缘辅助设施。电力企业应当对绝缘设施进行规划并准确处理，以确保配电线路防雷水平合格，有效防范配电线路受到雷击的可能性。

结束语

要有合理的防雷措施，根据线路的重要性、地形地貌、改造难度、运营年限、工程造价、维修难度和线路条件，通过多角度、多维度和具有差异性的思维方式互相补充，同时要考虑经济性和安装简便性，尽可能避免绝缘子的损坏、雷击断线或短路接地等状况，并结合实际应用对绝缘进行配置，辅助以合适防雷手段，对雷击跳闸率进行控制。

通过上文描述可以了解到，对10 kV配电线路进行防雷处理的主要思路是安装适宜于供电线路的避雷器，确保绝缘装置具有防护效能，控制杆塔接地电阻，以减少雷电高压对配电线路造成的损耗，确保供电线路能够长期稳定运行。EA

(收稿日期：2021-11-04)

