

# 高压输电线路检修中的安全措施分析

颜振华

国网江西省电力有限公司九江分公司

**摘要:** 高压输电线路作为我国电力系统中的重要组成部分,其检修工作是保证电力系统安全和稳定运行的重要基础。高压输电线路检修工作会涉及输电线路的架线、雷电检测、接地电阻检测以及绝缘子泄漏电流检测等内容,一旦检修人员在现场情况较为复杂的情况下出现不安全的操作和行为,不仅会影响电力系统的稳定运行,还会对自身安全造成严重伤害,因此检修人员要做好必要的安全防护措施来保证检修工作的顺利开展,同时对于减少不必要的人员伤亡和设备损坏等事故具有重要意义。基于此,笔者根据自身多年实践经验,针对高压输电线路检修中的安全检测技术和安全防护措施进行分析,希望能够帮助更多一线人员增强安全意识。

**关键词:** 防雷接地; 电阻; 绝缘子

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.11.101

输电线路的安全检修是电网正常运行的重要保障,对保证输电线路安全可靠地运行具有十分重要的意义。随着我国电网建设水平不断提高,电网结构和设备也越来越复杂,因此电力部门对输电线路检修工作提出了更高要求。工作人员如何在高压输电线路检修工作中在保证检修质量和效果的同时做好安全防护措施,是现阶段一线检修人员需要重点思考的问题之一。为此,本文将着重对检修工作中的安全措施进行分析与讨论。

## 一、高压输电线路的安全检测技术

### (一) 雷电检测

雷电流是一种具有非周期性的单极脉冲波形,其幅度能够在较短时间内达到峰值再缓慢降低,其整个过程的波形可以用半幅度时间、波头时间和雷电流幅度值等类型的参数来表示。现有的雷电流检测方法主要为磁带测量法或雷电行为系统,但是大部分关于雷电流的研究并不适用于大规模使用。根据雷电探测的基本原理以及雷电流的特性,利用落实线圈(Rogowski线圈)进行雷电探测具有造价成本低、探测精度高且能与被测电路进行有效分离等优势。根据线圈的特性来分析,雷电检测中的线圈多为一根均匀分布的中空螺旋管,其输出电压跟被测电流的变化率成正比,且导体和外界磁场对其的干扰较小,通常来说对其输出电势进行积分就能得到较为准确的被测电流值<sup>[1]</sup>。

在通过线圈得到电流信号以后,技术人员在处理过后会采用录波和脉冲计数两种记录方案。脉冲计数主要是在雷电强度测试等方面具有广泛应用,其原理是对一段时间内给定脉冲信号的脉冲数进行计数,并最终转化为电信号;录波是利用录波装置对各种电力故障所引起的系统电流、电压及其导出量进行自动记录的方式,在雷电流检测工作中应用较为广泛。

### (二) 接地电阻检测

接地电阻是指当电流通过地面接地机流入地面时,

其与地面之间的电势与电流之比,目前国际上广泛采用钳式感应测量法和三电极测量法,其测试准确度和可重复率均能达到电力部门对有关指标的要求。三电极测量法是利用在接地体与电流体中注入测试电流后所获得的感应电压,进而根据电阻计算公式测算出接地电阻,三电极测量法具有高测算速度、高稳定性和高灵敏度等优势,在电力工程中的多项检测作业中都具有较好的适配性,且通过这种方法对接地电阻进行测量能够对接地变化趋势的要求进行准确分析。但由于这种测试方法在测试作业中需要依靠辅助电极,导致整个作业的难度有所增加,因此测试人员也会选择钳式感应测量法来代替三电极测量法。钳式感应测量法主要分为双钳式和单钳式两种,中钳表的夹爪区包含有电压、电流两个线圈,通过电压线圈的作用,在被测环路中引入电位,形成环路电流<sup>[2]</sup>。

### (三) 绝缘子泄漏电流检测

绝缘子泄漏电流一般是由电路元件绝缘故障、封装破损、材料老化或污秽受潮等因素造成的。泄漏电流作为一种绝缘子表面电流,具有一定的动态参数,无论是交变条件下的闪络还是局部电弧演变成的闪络都跟泄漏电流具有一定关系。泄漏电流的提取方式分为无感电阻租养和穿芯式电流互感器两种,无感电阻租养方式的取样结构更为简便且频带也相对较宽,在实验室等小型科研场所中更为适合,但从整体而言这两种方式都是目前较为常用的提取泄漏电流的方式<sup>[3]</sup>。

## 二、高压输电线路对检修人员的影响

### (一) 强电场对检修人员的影响

在高压输电线路检修作业中,检修人员需要直接与带电设备发生接触,也就导致检修人员自身会处于一个强电场环境下,而且这种强电场环境具有极大的危险性,会对检修人员身体造成一定的负面影响。一旦在检修作业中检修人员未采取有效的安全防护措施或佩戴防

护设备,极有可能因违规操作或误操作与带电设备发生直接接触,从而导致其受到电击伤害。而高压输电线路中所产生的高压电流一旦进入人体,严重者会对心血管和中枢神经系统造成不可逆的损伤,甚至会瞬间造成呼吸停止现象。即便未与高压电流发生接触,但长时间处于强电场作业环境下也会出现头晕目眩或全身乏力等症状,同时也会对人体免疫系统进行干扰,使各项身体机能出现衰退等现象<sup>[4]</sup>。

### (二) 静电场对检修人员的影响

高压输电线路所产生的电场是由分布在空间中的电流所形成的,电场强度及电压与检修人员所处位置具有一定关系,离电场越近则电场强度和电压越大,离电场越远则电压和电场强度越小。输电线路一旦通电,其周围会形成一定的静电场,而检修人员靠近时身上会带有一定的静电荷,静电荷会让人体产生电击或刺痛等感觉,如果电压较大也容易产生较为明显的电击感。此外,当静电荷积累较多时,一旦遇到明火会出现爆炸或火灾等恶性事件发生<sup>[5]</sup>。

### (三) 高工作负荷对检修人员的影响

检修人员在对高压输电线路进行检修过程中,由于要长时间保持站立状态进行作业,且不能有较大动作幅度,因此无论是心理上还是身体上都具有较大压力。同时,长时间的工作强度也会使检修人员产生高强度的工作负荷,体内的神经系统、肌肉骨骼系统和心脑血管系统也会出现不同程度的损伤。另外,由于高强度的工作会让检修人员出现注意力不集中等情况,而思想一旦出现溜号则容易导致身体发出不受控制的动作,进而容易导致误操作等行为出现,对于检修人员的生命安全会造成较大威胁。

## 三、高压输电线路检修中的安全措施分析

### (一) 带电作业屏蔽服

带电作业是指在高压电气设备、架空输电线路、配电线路等设备上不停电的情况下进行检修、测试的一种作业方式,其主要内容分为:带电测试、带电检查和带电维修等。带电作业屏蔽服是从事高压输电线路检修作业的必备防护物,可以为检修人员提供全身保护。屏蔽服一般是采用特种材料如棉花纤维、金属纤维等,通过网状结构对电磁波进行屏蔽,带电作业屏蔽服由外套、帽、套、裤、鞋和接头等部件组成,能对工人进行全方位保护。在高压输电线路检修工作中,带电作业分为直接带电作业、间接带电作业和等电位作业,在直接带电作业中,检修人员需要使用屏蔽服将全身保护起来,再对带电设备进行检修。间接带电作业主要是检修人员在穿戴屏蔽服的基础上使用绝缘工具对带电设备进行检修,而等电位作业是检修人员通过绝缘工具对地绝

缘后,使身体的各部位的电位与带电设备处在同一点位上再进行作业。无论检修人员采用合作带电作业检修方式,绝缘服都是保护自身安全的必备设备。带电作业屏蔽服的原理是其内部的金属纤维形成了一个类似法拉第笼的结构,金属中的电子在电场力的作用下沿电场强度的反方向运动时会在金属内部形成一个与原外电场方向相反的附加电场,使金属内部的电场强度逐渐减小至接近零,进而电场线无法穿透到金属内部,从而实现了对外电场的屏蔽。

在线路检修过程中,屏蔽服的网格可以使外部的部分电磁场线通过,从而达到对人体的保护,其保护效果也与所受电磁辐射强度有关。为了保证检修作业时的屏蔽服具有良好的保护作用,在上岗之前应对屏蔽服进行全面的检验,以保证其质量合格。另外,检修人员在穿戴屏蔽服时一定要严格遵守规范,以免因穿戴不当而影响到防护效果。若屏蔽服有质量问题,应立即更换,不要穿不合标准的工作服,以免造成意外。

### (二) 静电防护

在高压输电线路检修作业现场中,检修人员会受到长时间的强电场静电辐射,这种环境无疑对于人体会造成不可逆的损伤,因此检修人员需要佩戴一定的静电防护设备并采取必要的防护措施。在静电防护措施中,做好接地处理是最为关键的,因为接地处理能够将防护服中所积累的电荷沿大地释放出去,有效降低静电辐射强度。同时,静电消除器也是一种能够降低防护服和身体表面静电的有效方式,其主要是通过吸收静电荷的方式来达到效果。对于登塔检修作业人员而言,穿戴静电防护服这种采用防静电材料设计、其电阻率远高于其他普通绝缘电阻的装备,能够防止静电场中的大量静电荷积累,从而使检修人员远离静电辐射伤害。此外,在静电防护服选择时要注意其中各种节点的接触情况是否良好,以保证其在长时间作业下能起到稳定防护效果。

### (三) 对电流的防护

在高压输电线路检修工作中,电流对检修人员身体所造成的伤害与电流强度、流经时间和具体路径有直接关系,因此必要的防护装置是阻止电流流经人体的主要措施。防护装置一般采用高电阻率材料设计,其电阻率可以满足高压输电线路中高压电流防护的需求,防护装置不仅包括防护服,还包括绝缘垫、绝缘手套和绝缘鞋等,这些装备能够最大限度地保护检修人员不受电流损伤,即便有微量电流经过人体也能通过阻止路径和时间的方式降低电流对人体的伤害。此外,在高压输电线路作业过程中,无必要不与带电体发生直接接触,如果需要则可以使用特殊的绝缘工具来进行绝缘处理,绝缘处理能够有效隔离人体与带电体,从而达到防护效果。

#### （四）强电场的防护

与静电防护有所不同，检修人员进行高压输电线路检修作业时对于强电场的防护光靠防护设备并不能完全抵消电场所产生的危害，因此还需要采取其他必要措施来辅助检修工作。首先，在检修作业前需要对作业区域进行合理划分并设立相应的标识，对限制区域和禁止进入区域进行划分，为检修人员的作业区域提供空间。其次，检修前需要在检修区域周围设置相应的安全隔离带，确保不相干人员和外部车辆远离作业区域，同时也避免误入区域内的非工作人员因未佩戴防护设施而受到伤害。作业期间，塔杆中的线路具有一定的带电性，因此检修人员需要对其进行相应的接地处理，以降低和减轻强电场所造成的影响。此外，检修人员需要在检修前对检修区域内的电场强度进行测量，确保强度在人体可承受范围之内才可以进入作业，如果电场强度过高则需要采取相应的强度降低措施，待强度下降到安全范围内再进入作业。

#### （五）高压警示书在源头进行警示

高压警示书源头警示是一种必须采取的措施，能使检修人员在输电线路带电时注意安全，防止触电事故。在输电线路检修过程中，检修人员与带电设备间的电势差异，极易导致检修人员遭受触电、冲击等伤害，若不采取相应的安全措施，将对检修人员的人身健康造成极大的威胁。所以，高压警示书源头警示可以在设备出现故障之前，对检修人员进行预警，让其对高电压的危害有所警惕，从而增强了安全意识，减少了事故的发生。高压警示书源头警示能够提供一种高电压危险性警告标志，它能使检修人员对动力外破进行预警，并能有效地避免因外来物短路、外断等造成的电气事故。有了这样的指示牌，工作人员就能迅速地采取相应的行动，防止事故的发生，同时也能使检修人员更好地理解和掌握电力事故，增强电力安全知识的宣传，提升职工的安全意识与技术水平。

#### （六）停电作业的防护措施

检修人员在对高压输电线路进行停电作业时，首先需要将各方面的电源全部断开，且需要保证每个方面都保证一个断开点，禁止在只有自动开关电源或断路器的设备上完成检修作业，防止返送电源等情况发生。其次，设备停电后需要使用验电器进行验电，确认设备和线路不具备带电性后才能在检修点附近连接地线。此外，检修期间需要对设备进行安全锁定，检修完成后经过安全检测后需要标记设备的状态，防止检修人员对不同设备的检修状态产生混淆而进行误操作。最后，检修完成后需要对各个环节进行一次全面的检查后才能将设

备或线路恢复到运行状态。

#### （七）加强安全培训

全面而系统性的安全培训是保障检修人员生命安全的重要措施，对于高压输电线路检修人员而言，安全培训不仅要包含理论知识培训，同时也需要在实践操作方面积累较多安全作业的经验，才能保证在日后的检修工作中不出现意外事故。在理论培训阶段，检修人员需要对安全操作流程、带电作业流程和基本的电力知识进行学习，并在学习后参加相关评测和考试，未通过考试的人员需要重新参加培训并进行补考。理论培训的目的是让检修人员了解带电作业的风险性，并为其树立风险防范和安全意识，提高其安全责任心和安全操作规程，使其在实际作业中能够时刻保持一定的危险意识。

在实践操作培训中，检修人员需要学习如何正确佩戴防护措施、模拟带电作业场景以及对各类电力故障的解决方法，其目的是帮助检修人员提高其实践工作技能和水平以及应对和解决突发电力故障的能力。在培训过程中，指导人员需要做好现场监督和指导工作，并及时对不规范的操作和不安全行为进行指出，使其加以改正，并使其强化对于规范操作的印象和理解。

#### 结语

近年来，随着我国电力事业飞速发展，人们对电力的需求日益增多，高压输电线路检修工作就显得尤为重要。高压输电线路检修工作是一项涉及范围较广、作业复杂的工作，需要相关检修人员具备较强的专业技能并遵守相关安全规范，以确保高压输电线路检修的安全性。对于检修人员而言“生命安全大于天”，因此做好必要的安全防护措施，保障自身的生命安全是首要任务。本文主要对高压输电线路对检修人员的影响以及安全防护措施进行分析与讨论，希望各大电力企业能够做好检修人员安全防护措施的落实工作。

#### 参考文献

- [1] 张卫华. 高压输电线路检修中的安全措施分析[J]. 电子技术, 2021, 50(07): 220-221.
- [2] 蓝健肯, 韦扬志, 张志恒等.  $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电线路检修作业方法及安全防护分析[J]. 电力设备管理, 2020, (11): 108-110+139.
- [3] 段家振. 浅析同塔多回路输电线路带电检修技术[J]. 科学技术创新, 2020, (21): 153-154.
- [4] 赵峰. 输电线路高压带电检修的安全防护研究[J]. 科技风, 2020, (04): 188.
- [5] 殷刚. 输电线路运行检修管理模式分析[J]. 信息通信, 2019, (12): 280-281.