

关于 10kV 线路设备运行维护技术要点的研究

张盼盼¹ 王德卿²

1. 河南天电电力工程勘测设计有限公司 河南省郑州市 450001

2. 河南省郑州市中原区 河南省郑州市 450001

摘 要：10kV 线路作为配电网的核心组成部分，承担着城市及农村地区电力输送的关键任务，其运行稳定性直接影响供电可靠性与用电安全。本文围绕 10kV 线路设备运行维护展开研究，首先阐述维护工作的重要性，明确预防性维护为主、故障抢修为辅等核心原则；随后结合架空线路与电缆线路的结构差异，从设备巡检、状态监测等方面，详细分析运行维护技术要点；最后总结维护工作的优化方向，为提升 10kV 线路设备运行效率、降低故障发生率提供技术参考。

关键词：10kV 线路；架空线路；电缆线路；运行维护；状态监测；故障处理

1 10kV 线路设备运行维护的重要性

1.1 保障供电的稳定性

10kV 线路覆盖范围广，直接连接配电变压器和用户端，运行状态与供电连续性相关。以某地级市 2024 年配电网运行数据为例，该市 10kV 线路总长 5200km，供电 80 多万户，其中工业用户占 12%。加强运维后 2024 年该市 10kV 线路平均供电可靠性达到了 99.92%，比 2023 年提升了 0.03%，每年少停电时间累计达到 1.56 万小时，为工业用户节省因停电造成的生产损失约 2300 万元，为居民用户免去因停电造成的不便超过 12 万人次。如果忽略维护工作，线路故障发生率明显升高，比如 2022 年该市郊区一条 10kV 架空线路由于长时间没有巡检，绝缘子积污闪络，造成该区域停电 8h，影响 2000 多户居民、12 个小型工厂，直接经济损失超 50 万。

1.2 减少设备损耗

10kV 线路设备的老化速度与维护频率成反比，科学地维护可以有效减缓设备的老化，降低更换成本。根据某电力公司的设备寿命统计数据（如表 1 所示），定期维护的 10kV 线路设备比未定期维护的设备寿命要长 3 ~ 5 年，其中，架空线路杆塔寿命由 20 年提升到 25 年，电缆线路寿命由 15 年提升到 18 年，绝缘子寿命由 8 年提升到 12 年。以 10kV 电缆为例，单条 1km 长的交联聚乙烯电缆采购成本约为 12 万元，若通过维护将寿命延长 3 年，可以减少 3 次更换周期的成本支出，累计节省资金 36 万元；并且减少设备更换次数还可以减少线路停电时间，进一步提高供电可靠性。

表 1:10kV 线路主要设备维护与不维护寿命对比表

设备类型	定期维护平均寿命（年）	未定期维护平均寿命（年）	寿命延长时长（年）
架空线路杆塔	25	20	5
10kV 交联聚乙烯电缆	18	15	3
悬式绝缘子	12	8	4
隔离开关	15	10	5
配电变压器（10kV/0.4kV）	20	15	5

2 10kV 线路设备运维原则

2.1 预防性维护为主且故障抢修为辅原则

预防性维护是降低 10kV 线路故障发生率的核心手段，其核心是通过定期巡检、状态监测等方式，提前发现设备潜在隐患，避免隐患发展为故障。与故障抢修相比，预防性维护的成本更低、影响范围更小^[1]。

2.2 差异化维护原则

10kV 线路设备所处的环境不同、负载不同，需采取差异化的维护策略，避免“一刀切”式维护造成资源浪费或者维护不够。根据线路的重要程度，可以将 10kV 线路分为核心线路、重要线路和一般线路，不同类型的线路其维护频率和技术手段都不相同。

3 10kV 线路设备运维技术要点

3.1 架空线路设备运维技术要点

架空线路是 10kV 线路的主要形式，占比约 70%，其设备包括杆塔、导线、绝缘子、金具、接地装置等，长期暴露在户外，易受气象条件、外力破坏影响，维护重点在于隐患排查与状态监测。

3.1.1 杆塔维护技术要点

杆塔作为架空线路的支撑结构,维护核心在于保持杆塔的基础稳固以及结构完整。具体技术要点为以下所示。

每季度检查杆塔基础是否存在下沉、开裂、水土流失等情况,对于位于边坡、河边的杆塔需要加大检查频次^[2]。水准仪测量杆塔倾斜度,直线杆塔倾斜度不大于 $1.5‰$,耐张杆塔倾斜度不大于 $3‰$ 。2024年某供电公司开展线路巡检时发现35基河边杆塔基础被洪水冲刷造成基础下沉,杆塔倾斜达到 $5‰$,及时对杆塔基础进行混凝土浇筑加固避免发生杆塔倒塌事故。

每年检查杆塔是否存在腐蚀、变形、零部件缺失现象;对混凝土杆塔需检查表面是否存在裂缝;对铁塔需检查螺栓是否松动、焊缝是否开裂。用超声波探伤仪检测铁塔焊缝的质量,发现焊缝缺陷后进行补焊。某郊区10kV线路铁塔由于长期暴露在潮湿环境中,2024年检测出焊缝锈蚀12处,经过补焊后保证了铁塔的安全。

检查杆塔上标识牌、警告牌是否清楚、完好,脚钉是否牢固,对于公路旁杆塔还需检查防护设施是否良好。2024年全国因为杆塔标识不明确而引发的外力碰撞事故占架空线路事故的10%,通过完善标识牌,某电力公司的此类事故的发生率下降了40%。

3.1.2 导线维护技术要点

导线是电力输送的关键,其维护重点保证导线的导电性良好、不出现断股、弧垂达标。需要每隔半年测量导线弧垂,保证弧垂偏差不大于设计值的 $\pm 5\%$,避免因弧垂过大造成导线对地距离不够,或者弧垂过小造成导线拉力过大^[3]。利用激光测距仪测量导线对地距离,导线对地最小距离为:居民区不小于6.5m,非居民区不小于5.5m,交通困难地区不小于4.5m。2024年某农村10kV线路因夏季高温导致导线弧垂增大,对地距离降到5m,通过调节杆塔高度,把弧垂恢复到设计值,消除隐患。同时,采用无人机巡检和高清摄像头每月检查线路是否有断股、腐蚀、磨损现象,断股比例超过7%需马上更换。某工业园区10kV线路因为长期受到工业粉尘侵蚀,到2024年发现有2km导线出现腐蚀断股,断股的面积达到10%,通过更换导线,避免了导线过热烧毁事故发生。此外,每季度用红外测温仪测量导线接头的温度,要求接头温度不得超过导线温度 10°C ,如果超过则说明接头接触不良,应马上处理。2024年某电力公司通过红

外测温发现在15处导线接头温度超过 80°C 的地方,用重压接头的方法,使接头温度降到 70°C 以下。恢复正常运行。

3.1.3 绝缘子维护的关键技术要点

绝缘子的作用是绝缘和支撑,维护重点是防止绝缘子闪络、零值缺陷。具体技术要点为以下所示。

零值检测。每隔半年用绝缘子零值检测仪检测悬式绝缘子的零值绝缘子,其检出率要达到100%,发现零值绝缘子要立即更换。瓷质绝缘子可用火花间隙法检测零值;玻璃绝缘子可用目测判断;玻璃绝缘子自爆后,伞裙会有明显破损^[4]。某供电公司巡检时检测出280片零值绝缘子,全部及时处理,从而防止由于绝缘子闪络引起的线路跳闸。

积污清理。每年开展一次绝缘子积污清理工作,位于工业区、矿区的线路半年开展一次绝缘子积污清理。应用水冲或机械刷洗的方法来清理脏物,清理完之后绝缘子表面盐密值要小于 $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$ 。工业区10kV线路因积污严重在2023年发生了三次闪络跳闸,2024年加强积污清理后闪络事故为零。

外观检查。每月检查绝缘子有无破损、裂纹、伞裙老化现象,对复合绝缘子还要检查伞裙是否脱落、芯棒是否裸露。2024年某郊县的10kV线路发生雷击事件致使12片复合绝缘子的伞裙破损,经过及时更换确保了绝缘子的绝缘性。

3.2 电缆线路设备运维技术要点

电缆线路主要用于城市主干道、地下管廊等区域,占10kV线路的30%,其设备包括电缆本体、电缆接头、电缆井、开关柜等,运行环境封闭、潮湿,维护重点在于绝缘检测与故障定位。

3.2.1 电缆本体维护的关键技术要点

电缆本体是电力传输的核心部分,维修的重点是保证电缆的绝缘性能完好、无破损。具体技术要点包括:

绝缘电阻测试。每半年用2500V兆欧表测量电缆绝缘电阻,10kV电缆绝缘电阻不小于 $1000\text{M}\Omega$,绝缘电阻低于 $500\text{M}\Omega$ 时要查有无绝缘缺陷^[5]。某城市地下管廊的10kV电缆因为长期潮湿,在2024年绝缘电阻测试中发现有1条电缆的绝缘电阻为 $300\text{M}\Omega$,经干燥处理之后,绝缘电阻恢复到 $1200\text{M}\Omega$ 。

局部放电检测。每年用局部放电检测仪测量电缆的局部放电量,要求局部放电量不大于 10pC ,局部放电是电缆绝缘老化的标志,及时发现可避免绝缘击穿。2024年,某

电力公司在局部放电检测中发现 3 条 10kV 电缆局部放电超标,超标放电量为 50pC,换掉电缆段后避免了电缆接地故障。

敷设路径检查。每季度检查电缆敷设路径是否存在外力施工、沉降情况,对于敷设在地下管廊的电缆,需检查管廊是否漏水、积水;对于直埋电缆,需检查地面是否存在塌陷、挖掘痕迹。2024 年全国因外力施工导致的电缆故障占电缆线路事故的 45%,某城市通过建立电缆路径电子地图,提前告知施工单位电缆位置,此类事故发生率下降 60%。

3.2.2 电缆接头维护的关键技术要点

电缆接头是电缆线路的薄弱环节,故障发生率为电缆故障的 60%,维护重点是保证接头接触良好,绝缘可靠^[6]。每个月利用红外测温仪测量电缆接头温度,要求接头温度不高于电缆本体温度 15℃,接头温度过高说明接头接触不良或者绝缘老化。某工业园区 10kV 电缆接头由于压接不紧密,2024 年测温发现温度达到 90℃,重新压接之后温度降到 75℃以下。每季度检查电缆接头是否存在损坏、漏油、密封失效情况,对户外电缆接头要检查防雨罩是否完好;对地下电缆接头要检查防水密封胶是否老化、开裂。同时,每半年使用直流电阻测试仪测量电缆接头电阻,接头电阻不大于同长度电缆电阻的 1.2 倍,如果电阻超标,则说明接头有接触不良现象。某郊区 10kV 电缆线路 2024 年测得 2 处接头电阻超标,采用重新打磨接触面和压接的方法后,接头电阻恢复到合格范围内。

3.2.3 电缆井及开关柜维护技术要点

电缆井为电缆线路的重要辅助设施,开关柜又是电缆线路的控制中心,两者维护的好坏直接影响到电缆线路的安全运行。

每季度检查电缆井井盖是否完好、缺失、井内是否存在积水和杂物堆积情况。对于积水的电缆井,要及时抽水并且检查排水系统是否畅通;对于杂物堆积的电缆井,要清理杂物并且检查电缆是否被腐蚀、碰撞痕迹。2024 年某城市因为暴雨导致 12 个电缆井积水,积水深度达 0.5m,通过及

时抽水并修复排水管道,防止了电缆绝缘受潮损坏。与此同时,每年对电缆井内壁做一次防腐处理,用环氧树脂漆涂抹,从而延长电缆井的使用年限^[7]。

每月检查开关柜门是否密封良好,柜内是否有灰尘、凝露现象;每季度检查开关柜的断路器、隔离开关等操作机构是否灵活,接线端子是否有松动、发烫等现象。用红外测温仪测量开关柜内接线端子的温度,应低于 70℃,如果温度过高就应及时紧固端子。

结束语:总之,10kV 线路设备是配电网的重要组成部分,其运行维护的质量直接决定了供电的可靠性、用电的安全性。本文通过分析维护工作的重要性,明确了预防性维护为主、差异化维护等原则,依据架空线路和电缆线路的结构差异,从设备巡检、状态监测等方面详细阐述了运行维护的技术要点。随着配电网智能化发展,未来 10kV 线路设备的运行维护需进一步融入物联网、大数据、AI 等技术,实现隐患的提前预警、故障的自动定位,进一步提升维护效率。

参考文献:

- [1] 李雨航,张永茂.10kV 线路设备的安全运行维护与管理[J]. 通讯世界,2024,(08):112-114.
- [2] 李英俊.供电所 10 kV 线路运行维护措施与检修管理对策研究[J]. 现代工业经济和信息化,2022,(12):273-275.
- [3] 杨卓,傅浪,陈裕楠.变配电工程设备调试与运行的维护分析[J]. 电气时代,2025,(05):76-78.
- [4] 杨添博.10kV 配电线路运行维护及新型检修技术探析[J]. 电力设备管理,2025,(08):14-16.
- [5] 张正,江天水,朱山,等.浅谈输配电线路的运行维护与管理[J]. 中国仪器仪表,2025,(01):85-88.
- [6] 卢加宏.电力输配电线路的运行维护与故障处理研究[J]. 光源与照明,2025,(03):105-107.
- [7] 胡洋.电力电缆线路的运行维护策略分析[J]. 集成电路应用,2025,(01):340-341.