电力输电线路运行维护与故障排除研究

马振兴　郝斌斌　杜帅　李真娣
国网宁夏电力有限公司培训中心

摘　要：电力输电线路在电力系统中通常被置于发电机与变电器、配电器、用电器之间，与电能生产和消费息息相关。电力输电线路易出现故障，对电力系统造成直接影响。为确保输电线路充分发挥自身效用，电力输电线路运行维护与故障排除被提上日程。如今，电力输电线路的运行维护手段日益丰富，故障排除对运维人员的技术能力提出更高要求，有必要进一步对输电线路运行维护与故障排除方法和技术手段进行深入研究，以切实提升输电线路运维水平。

关键词：电力输电线路；运行维护；故障排除
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.065

一、输电线路的运行特点

输电线路的运行维护工作指的是运维人员通过肉眼观察，或使用无人机、高倍相机、望远镜、测距仪、经纬仪等手段对输电线路的运行状况进行巡视检查。运行维护主要内容包括：检查输电线路导地线弧垂偏差、杆塔倾斜、绝缘状况、基础等是否正常，各部位金具连接状况是否良好，同时还需要做好防外破、山火等隐患。输电线路的检修工作是对输电线路设备本体及附属设施存在的缺陷进行消除，如对缺失、锈蚀的金具销钉进行补装更换，清扫积污的绝缘子，对断股的导线进行修复等。同时，检修工作还包括对输电线路保护区内超高的树木进行砍剪等工作。

输电线路的带电作业指的是线路在不停电的情况下，作业人员对带电体进行的检修和和消缺工作，通常有地电位，等电位和中间电位三种作业方式。带电作业是掌握电网设备的运行情况、及时发现和处理设备缺陷的重要手段，是保证系统可靠稳定运行的重要技术措施，为了保障线路的可靠运行，提高供电可靠性和电网经济效益的最大化，避免出现严重的经济利益的损失，日常的维修和检修工作中，通常采用带电作业的方式进行检修、消缺工作。

输电线路的主要功能是高压电能的输送。输电线路在满足工厂、企业以及人们日常的用电需求上发挥着重要的作用，为我国电网行业的发展做出了重要的贡献。关于输电线路的特点，主要有以下几点：（1）由于相对于其他低压输电线路，输电线路往往需要运输更多的电能，所以其容量更大。同时，输电线路的工作压力随着用电量的增加而增大。（2）外部自然环境的变化会直接影响到输电线路的正常工作。由于线路长时间的暴露在大气中，尤其是在恶劣的天气环境下的影响。（3）由于输电线路在正常工作过程中会产生巨大的电场强度，从而会增加日常运维的困难。

二、电力工程输电线路的设计要点

（一）路径设计

在输电线路设计中，对路径进行优化设计是保证输电线路正常运行的重要环节。在具体设计时，设计人员要综合考虑气象、地质等因素，并结合经济成本、安全性和可操作性等，实现对路径设计的科学设置。在路径设计中，设计人员要减少输电线路对农田的影响，避免将塔位设置在农田、果林和树林中。在确认塔位时，要选择森林覆盖较低的地区，将绿色设计观念落实到路径设计中。在设计过程中要缩短线路路径施工建设的工期，降低线路施工的难度，在提高线路质量的同时，节约电力资源，真正将节能减排落到实处，提高输电线路的整体经济和社会效益。

在设计过程中，要对线路路径设计方案进行多方面对比，根据自然因素和人文因素，提高设计方案的科学性和合理性。设计人员在设计前，要对输电线路的施工现场进行全面调研，全面了解施工沿线的自然环境，选择弯道少、长度短、地势变化程度小、分叉数量少的最佳路径。设计人员还要避免在山谷、峡谷和具有较多极端天气的区域施工。同时，设计人员要对施工区域的人文条件进行详细考察，全面掌握区域中的房屋、农田、自然保护区、生态保护区等信息，并结合国家的绿色建设要求，避免在生产季节施工，可以采用高塔跨越设计，减少对生态环境的破坏，实现对线路路径的优化设计，为后期的实际施工打下良好的基础。在明确路径设计方案后，设计人员要与相关单位积极沟通，保证设计方案通过审核。

（二）导线设计

在实际设计工作中，需要加强对导线的科学设计，导线是电力工程输电线路设计中的重要环节，导线设计是否科学、合理，将直接影响输电线路的整体质量。设计人员在对导线进行优化设计时，要先全面收集和整理相关信息，并利用现代化的技术手段，绘制设计表格，明确导线设计工作的标准和要求。在设计中，设计人员要充分考虑绿色建造的相关要求，选择节能效果较强的导线。设计人员要积极对比现阶段不同的新型导线材料的电磁场、受无线电干扰程度、噪声大小等信息，选择出具有良好节能效果，并能在输电线路的实际施工中展示出经济优势的导线。此外，设计人员要全面考虑输电线路周围的环境特点，如周围环境的空气质量、腐蚀性、覆冰问题等，从而提高导线设计的科学性和合理性。

（三）杆塔设计

根据对输电线路的分析，杆塔较高是其重要特点之一，杆塔的优化设计与提高输电线路的整体质量密切相

关。杆塔是输电线路的骨架，直接关系到输电线路的安全性，在对杆塔进行科学设计时，要科学设计杆塔的造型和基础。现阶段，杆塔使用的材料不尽相同，按照具体的结构材料，可以将杆塔分为木杆塔、钢杆塔、钢筋混凝土杆塔和铝合金杆塔等；根据杆塔结构形式划分，可以将杆塔分为自立杆塔和拉线杆塔两种；根据杆塔实际的使用功能，可以将杆塔分为耐张杆塔、直线杆塔、换位杆塔和大跨越式杆塔等。因此，在选择杆塔时，设计人员必须从输电线路的实际情况出发，确保选择的杆塔可以满足施工建设的实际需要。

设计人员还要从绿色建造角度出发，加强杆塔设计的环保性。杆塔设置的位置如果无法避开林区，则要尽量减少线路走廊的宽度，在跨林区时，要选择高塔跨越的方式，避免对林木的大量砍伐，从而保护生态环境。需要避免塔基的大开挖，以免改变山地原有地形，可以全面利用高低推塔和主柱加高基础，减少降基，最大限度地减少水土流失问题。在降基后，还要加强对边坡的保护，做好护面，避免塔位受到冲刷。各个塔位和单独的塔腿要保持龟背型或者斜面型，确保自然排水的恢复。对于人员比较密集区域，杆塔应选择具有紧凑特点的铁塔，从而减少对土地的使用。在对铁塔基础进行优化设计时，要考虑施工区域的地形，加强对原状土的使用，从而节约建设成本，并减少对施工区域的环境影响。

三、电力输电线路运行维护措施

（一）开展输电线路运行维护的准备工作

在输电线路运行维护的初始阶段，相关工作人员需重视准备工作，具体可以从以下几点入手。

（1）加强输电线路设计审查。想要确保电力输电线路安全稳定运行，在进行输电线路架设时需对线路设计进行审查，确保其与实际情况相符。相关工作人员需要对线路架设区域进行深入考察，考察内容包括但不限于架设区域的环境和气候，以确保输电线路可正常运行。

（2）完善输电线路试运行。在电力输电线路试运行时，电力企业需安排具有丰富经验、掌握相关技术和知识的工作人员对输电线路进行排查，做到及时发现和解决问题。

（3）加强输电线路巡查。在输电线路运行维护准备阶段，相关工作人员需对各线路进行巡查，并基于运行过程中出现的各种问题制订解决方案，以高效解决各类问题。

（二）合理规划现场施工

在实际施工中，由于杆塔的占地面积、造价和施工要求各不相同，因此，在整体工程造价中，接地设备占很大比重。所以，在整个输电线路建设中，接地设备处理是一个重要的环节，应选用适当的接地设备。在设计时，应尽量避免使用特殊设备，以降低工程造价。如果某些地区已经进行了规划，例如在道路两侧的绿化带上设置了防渗基础，因此应该尽可能减少工程占用空间，以免影响到城市的景观。若在施工时，如遇到某些特别狭窄的场地，应选择紧凑的设备。若作业时需跨越果树林区，应尽可能使用高架塔跨越，并按有关规范合理设置接地装置的电阻。如施工区域在土壤电阻率方面有很大差异，则需要由技术根据具体情况合理配置人工接地设备和防雷设备，也可适当采取钢筋混凝土与铁塔的自然接地方式，并按施工要求进行埋设。此外，还可以考虑使用横向布置的地线。对于居住区、水体密集的地区，应考虑采取一定的围护措施，保证人员安全。在土壤电阻较高的区域，可根据具体情况采取引线接地或其他方法。在杆塔的结构设计中，要注意以下几个方面：对于接地设备的选择，需要考虑的因素是地线的散流电阻、挖设的深度和施工技术的难度。完工后需要确认施工方是否按照设计图进行施工，施工工艺是否符合技术标准，提交的数据是否齐全。

（三）加强现场施工监督

在施工期间，要强化施工现场的监管，合理的选择施工技术并正确的应用相关技术，选择具有较强专业素养的监理人员进行监督，不仅要对施工人员的工作进行检查，而且要对施工安全措施进行检查。确保在项目建设过程中，及时找出问题，把安全隐患控制在初期。项目验收，是保证项目安全可靠的关键。需按设计要求进行验收，并对隐蔽工程进行全面的检查，并将监测到的资料进行细致的记录，并形成项目档案，便于以后对工程数据的回溯。

（四）加强施工技术管理

在输电线路施工管理过程中，相关工作人员一定要做好施工技术管理工作。施工过程中应用到的技术，必须符合相关的要求，同时符合相关的标准，这是保证工程质量的基础。对于工程中涉及的重要技术，相关工作人员一定要深入研究，并且认真学习，同时要针对技术应用过程中存在的问题进行及时解决。例如：在输电线路施工过程中，相关工作人员一定要根据实际情况正确选择绝缘子。如何正确选择绝缘子，这就需要相关工作人员全面了解和分析绝缘子的类型。绝缘子的类型有钢化玻璃的绝缘子、盘旋式的绝缘子、磁棒的绝缘子。

（1）钢化玻璃的绝缘子。钢化玻璃的绝缘子机电性能非常好，尤其是在抗拉强度、耐电击穿等方面。另外，钢化玻璃的绝缘子不需要进行绝缘测试，所以运行维护费用比较低。

（2）盘旋式的绝缘子。长期以来，盘旋式的绝缘子被广泛应用到输电线路的施工中，因为其不仅绝缘效果好，而且耐热性也比较好，同时还有组装灵活的优点。但是，市场上的盘旋式绝缘子质量差异比较大，一些质量劣质的产品在雷电环境中容易出现闪络的现象，所以相关工作人员在选择这种类型的绝缘子时，一定要对质量进行认真鉴别，选择优质的盘旋式绝缘子作为工程材料。

（3）磁棒绝缘子。磁棒绝缘子具有一定的优势，例如绝缘性能好、使用寿命长、耐气候变化性能强等；但也存在一定的问题，主要是：磁棒绝缘子在运输和安装过程中，非常容易损坏。因此，相关工作人员根据工程实际情况将磁棒绝缘子作为工程材料时，在磁棒绝缘子的运输和安装过程中，一定要小心翼翼，避免磁棒绝缘子出现破损的情况发生。

（五）强化输电线路在线监测技术措施

为了提高输电线路安全性和可靠性，需要采取一系列措施来改善传统的输电线路监测技术，包括实施定期检修、由专业技术人员对每段输电线路进行精确监测，以及监控设备的运行情况和运行环境。城市线路的巡检工作较为简单，所需要的人力物力较少，而对于架设在高速公路上的输电线路，其所跨越的范围较远，部分输电线路还架设在山林中，应用传统输电线路监测方式会使监测工作变得困难，需要消耗大量的人力物力来排查输电线路故障，从而增加了停电风险。

1.提升输电线路稳定性

要想提升输电线路在线监测技术的应用效果，就要提升输电线路的稳定性。如保证在大风天气下，输电线路能够保持自身的稳定性，不会因为输电线路坍塌导致重大停电事故。

2.应用智能算法

目前输电线路在线监测中使用的智能技术还处于发展阶段，在线监测数据的累积程度还远远达不到建立智能诊断系统的要求。维修人员应该加强对模糊控制、神经网络等智能算法在输电线路在线监测中的应用，通过实时监测输电线路状态，对故障类型进行诊断分析，在一定程度上提升输电线路故障诊断能力。

四、电力输电线路的故障排除技术

（一）鸟害故障排除技术

鸟害故障通常由鸟粪或鸟窝引起：输电线路上的鸟粪量过大或太稀时，导致输电线路电阻下降，从而引起跳闸事故；鸟窝由长条形材料（灌木、稻草、茅草等）构成，不同鸟类在筑巢时会选用不同材料，鸟窝规模也会存在较大差异，影响输电线路电阻，出现跳闸事故。想要排除鸟害故障，相关工作人员需完善对测距点杆塔和有鸟窝杆塔的检查。

（二）风偏故障排除技术

风偏故障是指大风导致跳线摆动使塔身、耐张瓷瓶出现放电情况，引起跳闸故障。在进行风偏故障排除时，相关工作人员需要利用登杆检查技术，对电击点进行重点检查。

（三）污闪故障排除技术

污闪故障是指绝缘子受到雾霾、小雨等的影响出现脏污现象和闪络问题，形成放电通道，引起跳闸故障。在进行污闪故障排除时，相关工作人员需要利用登杆检查技术，并在登杆前准备好新的绝缘子和更换工具，从而及时发现故障、快速更换故障绝缘子，将污闪故障带来的危害降至最低。

（四）雷击故障排除技术

雷击故障的具体表现为正弦波，会在绝缘子上留下放电痕迹。在出现雷击故障后，相关工作人员需利用雷电定位系统明确跳闸时间，并基于录波测距明确雷击故障杆号。通常情况下，故障点会在计算杆号的前后5个杆塔内。相关工作人员需对地面绝缘子进行巡视检查，了解其是否存在问题，倘若未在地面发现问题，可登杆进行检查。

（五）提高设备抗干扰能力

继电保护设备的稳定运行离不开各种元器件的支撑，这些元器件在运行期间对外界变化较敏感，一旦运行环境复杂，或运行时间较长，继电保护设备容易产生各类故障，进而对继电保护系统稳定运行造成负面影响。为了尽可能规避以上问题，需要提高继电保护设备的抗干扰能力，确保继电保护系统始终稳定运行。想要实现这一目标，需要提高设备硬件和软件的抗干扰能力。只有软硬件同时强化，才能够从根源上降低继电保护设备故障率，为继电保护系统安全运行提供可靠保障。

（六）定期进行继电保护维护管理工作

继电保护设备在电力系统中发挥重要作用，为了降低故障率，需要加大维护管理力度，确保继电保护设备稳定运行。通过维护管理技术人员可以及时发现继电保护设备存在的问题，并第一时间解决，避免故障扩大，从而降低故障损失。

开展继电保护设备维护管理工作还能够使传统的故障事后处理转变为事前预测，有利于从根源上规避安全问题和质量隐患，这对于发挥继电保护设备的作用大有裨益。与此同时，技术人员通过定期维护管理继电保护设备，能够全面了解各类元器件的运行状态，准确掌握各类元器件的更新时间，从而延长设备运行寿命。

结论

在我国电网行业快速发展的过程中，输电线路经历了不断的建设更新，输电线路在我国各个地区的分布范围越来越广。虽然我国输电线路已经变得越来越普遍，但是输电线路的运行管理中仍然存在各式各样的问题，这些问题不仅影响着电网系统的整体稳定性，也对维修人员的人身安全造成了威胁。因此，本文针对目前我国输电线路运行管理中存在的一些问题，提出了相关的解决对策，从而保证我国输电线路能够稳定地运行。

参考文献

[1]汪洋.电力输电线路的运行维护及故障排除分析[J].通讯世界，2017，（16）：195-196.

[2]牟福财.电力输电线路的运行维护及故障排除[J].中国新技术新产品，2017，（14）：48-49.

[3]薛涛，纪波.电力输电线路的运行维护及故障排除[J].黑龙江科学，2017，8（12）：36-37.

[4]黄培松.电力输电线路的运行维护及其故障排除技术探析[J].科技创新与应用，2017，（17）：173.

[5]宋宝财.电力输电线路的运行维护及故障排除[J].住宅与房地产，2017，（17）：191.