

# 变压器运行状态监测与维护实践

谭刚 吴雪良

苏州三新供电服务有限公司常熟分公司辛庄业务所 江苏苏州 215559

**【摘要】**变压器是输配电及用电工程的核心设备，作为衔接发电、输电、配电与用电各环节的关键枢纽，在农村电力系统中，柱上公共变压器肩负着保障村民生产生活用电、支撑乡村产业发展的重要职责。本文聚焦农村柱上公共变压器，结合输配电及用电工程相关领域技术，包括绝缘技术、低压电气设备、电气测量技术、电能质量管理等，分析农村柱上公共变压器的运行特性及常见故障类型，探索科学可行的运行状态监测方法与维护实践路径，结合农村低压配电场景、新能源接入等实际应用情况，提出针对性优化建议，旨在提升农村柱上公共变压器运行的稳定性、安全性与经济性，保障农村配电与用电系统的可靠运转，为乡村振兴背景下的农村电力保障工作提供技术支撑。

**【关键词】**农村柱上公共变压器；运行监测；维护实践；低压电气设备；电能质量

## Monitoring and Maintenance Practices for Transformer Operating Conditions

Tan Gang Wu Xueliang

Xinzhuan Business Office, Changshu Branch, Suzhou Sanxin Power Supply Service Co., Ltd. Suzhou, Jiangsu 215559

**【Abstract】** Transformers serve as core equipment in power transmission, distribution, and consumption systems, acting as critical hubs connecting generation, transmission, distribution, and consumption processes. In rural power grids, pole-mounted public transformers play a vital role in ensuring electricity supply for villagers' daily lives and industrial operations while supporting local economic development. This study focuses on rural pole-mounted public transformers, integrating technologies from power transmission/distribution and electrical engineering—including insulation techniques, low-voltage equipment, electrical measurement methods, and energy quality management—to analyze their operational characteristics and common failure patterns. It explores scientific monitoring methodologies and practical maintenance strategies, offering targeted optimization recommendations tailored to rural low-voltage distribution scenarios and renewable energy integration. The findings aim to enhance the operational stability, safety, and cost-effectiveness of these transformers, ensure reliable rural power supply systems, and provide technical support for rural electrification initiatives under the national rural revitalization strategy.

**【Key words】** Rural pole-mounted public transformers; Operation monitoring; Maintenance practices; Low-voltage electrical equipment; Power quality

## 引言

随着乡村振兴战略的持续推进，农村地区生产生活用电需求呈现稳步增长态势，分布式光伏等新能源的广泛接入，进一步加剧了农村配电系统的负荷波动，对农村柱上公共变压器的运行可靠性提出了更为严格的要求。农村柱上公共变压器分布范围广、安装环境复杂，长期暴露于户外环境中，易受风吹、雨淋、雷击、温度变化等自然因素侵蚀，同时面临农村低压用电负荷分散、私拉乱接等突出问题，极易出现绝缘老化、局部过热、负荷不均等故障，不仅影响村民正常用电，还可能诱发电气安全事故。

输配电及用电工程涵盖发电机、电动机、变压器、绝缘技术、高低压电气设备、输电线路和变电站、电磁环境、配电与用电系统及控制、电气测量技术、电能质量管理、新能

源接入等多个领域，其中农村柱上公共变压器作为低压配电系统的核心组件，其运行状态直接关系到整个农村配电与用电系统的稳定运行。与专用变压器相比，农村柱上公共变压器服务范围更广、运维难度更大，且低压电气设备的安全运行对其整体效能发挥具有更为重要的影响。

## 一、农村柱上公共变压器运行特点及常见故障

### 1.1 运行特点

农村柱上公共变压器主要应用于农村低压配电场景，其运行特点与农村用电实际高度契合，具体表现为：一是安装环境复杂多样，多分布在户外田间、村口等区域，缺乏固定防护设施，易受自然环境侵蚀，且电磁环境受周边输电线路、用电设备的干扰较大；二是负荷波动具有明显规律性，农村

用电存在显著的季节性和时段性差异,农业灌溉、节假日返乡等时段负荷会急剧增加,而平时负荷则处于较低水平,易导致变压器出现过载或轻载运行状态;三是低压侧设备关联性强,变压器低压侧与农户配电箱、低压线路等设备紧密连接,低压电气设备的老化、故障极易传导至变压器,进而影响其正常运行;四是运维条件受限,农村地区交通不便,部分变压器所处位置偏远,给日常监测和维护工作带来较大阻碍;五是新能源接入影响凸显,随着农村分布式光伏的普及和推广,部分变压器需承担光伏电力并网任务,进一步增加了设备运行工况的复杂性。

### 1.2 常见故障

结合农村柱上公共变压器的运行特点及实际运维经验,其常见故障主要集中在五个方面:一是绝缘故障,这是最为常见的故障类型,受户外环境潮湿、雷击、绝缘材料老化等因素影响,变压器绕组、套管等部位的绝缘性能会逐步下降,进而出现漏电、短路等问题,严重时会造成变压器烧毁,这与绝缘技术的应用效果密切相关;二是局部过热故障,多由负荷长期过载、散热不良、接触电阻过大等原因引发,变压器铁芯、绕组等部位温度出现异常升高,会加速绝缘材料老化,缩短设备使用寿命;三是低压侧故障,重点集中在低压电气设备相关问题上,如低压接线松动、接触不良、低压熔断器损坏等,会导致变压器输出电压不稳定,影响农户正常用电;四是铁芯故障,主要由铁芯接地不良、铁芯硅钢片损耗过大等原因导致,具体表现为变压器出现异响、振动加剧,同时增加设备能耗;五是电能质量故障,受负荷波动、新能源并网等因素影响,会出现电压偏差、频率波动、谐波超标等问题,进而影响用电设备的正常运行。

## 二、农村柱上公共变压器运行状态监测实践

农村柱上公共变压器的运行状态监测,需结合其运行特点和农村运维实际条件,整合电气测量技术、配电与用电系统控制等相关技术,构建简洁、高效、实用的监测体系,重点监测设备关键运行参数,及时识别异常情况,为维护工作提供科学依据。

### 2.1 监测内容与指标

结合输配电及用电工程相关规范要求,监测内容重点围绕变压器运行状态、低压电气设备状态、电能质量等核心方面展开,核心监测指标包括:一是电气参数,涵盖高压侧电压、电流,低压侧电压、电流,变压器负荷率、功率因数等,通过电气测量技术精准采集相关数据,判断变压器运行负荷的合理性;二是温度参数,包括变压器绕组温度、铁芯温度、环境温度,重点监测易发生过热的部位,防范局部过热故障;三是绝缘参数,包括绕组绝缘电阻、吸收比等,通过绝缘检测技术,评估变压器绝缘性能,及时发现绝缘老化、漏电等隐患;四是低压电气设备状态,监测低压接线、熔断器、配

电箱等设备的运行状况,排查接触不良、设备损坏等问题;五是电能质量指标,监测电压偏差、频率波动、谐波含量等,确保电能质量符合农村用电需求;六是环境参数,监测环境湿度、风速、雷击情况等,分析自然环境对变压器运行的影响程度。

### 2.2 监测方法与技术应用

结合农村运维实际情况,采用“人工巡检+智能监测”相结合的方式,兼顾实用性与经济性,融入相关电气测量技术和智能控制技术,具体实施方式如下:一是人工巡检,作为农村柱上公共变压器监测的基础方式,由运维人员定期对变压器进行巡检,通过目测、耳听、手触等简单方式,检查变压器外观、接线、油位(油浸式变压器)等情况,排查明显故障隐患,同时记录相关运行参数,该方式适用于农村偏远地区,无需复杂设备支撑;二是智能监测终端应用,在重点区域的变压器上安装智能监测终端,实时采集电压、电流、温度等运行参数,通过无线通信技术将数据传输至运维管理平台,实现远程监测,运维人员可实时查看变压器运行状态,发现异常情况及时发出预警,例如应用声纹检测技术,可精准判断变压器内部异常状况,提升监测精准度;三是绝缘检测,定期采用绝缘电阻测试仪等设备,对变压器绕组、套管等部位进行绝缘检测,评估绝缘性能,防范绝缘故障发生;四是电能质量监测,通过电能质量分析仪,监测变压器输出端的电能质量指标,及时发现电压偏差、谐波超标等问题,并采取针对性调整措施。

此外,针对新能源接入后的监测需求,需在变压器并网接口处增设监测点位,监测光伏等新能源发电的接入功率、电压等参数,确保新能源与变压器运行协调匹配,保障配电与用电系统的稳定运行。

## 三、农村柱上公共变压器维护实践策略

农村柱上公共变压器的维护工作,需遵循“预防为主、防治结合”的核心原则,结合监测结果,针对常见故障类型,整合绝缘技术、低压电气设备维护等相关知识,制定科学合理的维护策略,重点做好日常维护、定期维护和故障抢修工作,全面提升设备运行可靠性。

### 3.1 日常维护

日常维护主要由农村运维人员负责,重点围绕低压电气设备和变压器基础维护展开,操作简单、成本较低,具体内容包括:一是定期清理变压器周边杂物、杂草,保持设备周围通风良好,防止杂物堆积影响散热效果,同时清理变压器外壳灰尘、污渍,避免设备外壳被腐蚀;二是检查低压接线端子,紧固松动的接线,排查接触不良等隐患,更换损坏的低压熔断器、接线端子等部件,确保低压电气设备正常运行;三是检查变压器油位、油色(油浸式变压器),若油位过低及时补充合格的变压器油,若油色出现异常(如变黑、浑浊),

及时开展油质检测和更换工作,保障设备绝缘性能;四是检查变压器接地装置,确保接地可靠,接地电阻符合规范要求,防范雷击和漏电事故;五是定期巡查低压线路,排查线路破损、私拉乱接等问题,避免因线路问题影响变压器运行。

### 3.2 定期维护

定期维护按照固定周期开展,结合季节特点和设备运行年限,重点做好专项维护工作,融入绝缘技术、电气测量技术等相关内容,具体包括:一是季度维护,重点监测变压器负荷率、温度、绝缘参数等,对低压电气设备进行全面检查,紧固接线,测试绝缘电阻,排查潜在故障隐患;二是年度维护,对变压器进行全面检修,包括绕组、铁芯、套管等部位的检查,清理铁芯杂物,测试绕组直流电阻、绝缘电阻等参数,更换老化的绝缘材料和低压电气部件;三是季节性维护,夏季重点做好散热维护,清理散热片,检查冷却装置,防止变压器因高温出现过热故障;冬季重点做好防冻、防凝露维护,检查接地装置,防止雷击和冰冻损坏设备;农业灌溉高峰期前,重点检查变压器负荷承载能力和低压电气设备,保障灌溉用电需求。

### 3.3 故障抢修

建立快速故障抢修机制,结合配电与用电系统控制技术,确保故障发生后能够及时处置,最大限度减少停电时间,具体措施如下:一是接到故障报修后,运维人员快速赶赴现场,通过监测数据和现场排查,明确故障类型和原因,如绝缘故障、低压接线故障等;二是针对不同故障类型采取针对性抢修措施,如绝缘故障需更换老化绝缘部件、进行专业绝缘处理,低压故障需更换损坏的低压设备、重新紧固接线,局部过热故障需排查负荷情况、清理散热通道;三是抢修完成后,对变压器运行参数进行全面检测,确保设备恢复正常运行,同时做好故障记录,深入分析故障原因,优化后续监测与维护方案;四是针对新能源接入引发的故障,需协调新能源发电设备运维人员,同步排查并网接口问题,确保故障得到彻底解决。

## 参考文献

- [1]蔡金锭,陈伟根.电力变压器绝缘故障诊断与维护技术[M].北京:中国电力出版社,2020.
- [2]王浩,谢萍,王颖.农村柱上变压器运行监测技术研究[J].计算机与数字工程,2015,43(4):635-639.
- [3]李彦明,张成良.变压器绝缘技术及应用[J].变压器,1997,34(7):24-29.
- [4]林春耀.农村低压配电设备维护实践探讨[J].广东电力,1997,10(2):38-39.
- [5]刘崇德,徐淑贞.农村电力系统电能质量优化策略[J].中国电力,1997,30(7):21-23.
- [6]王洪方,王乃庆,李同生.配电变压器运行状态监测技术应用[J].电网技术,1999,23(9):8-11.
- [7]国网武汉供电公司.乡村柱上变压器常态化巡检实践[J].湖北电力,2025,39(11):45-47.
- [8]广西新电力能源发展有限公司.移动储能技术在农村柱上变压器调峰中的应用[J].电力系统保护与控制,2026,54(3):123-128.

### 3.4 维护优化建议

结合农村实际情况,针对农村柱上公共变压器维护工作,提出以下优化建议:一是加强运维人员专业培训,提升其对电气测量技术、绝缘技术、低压电气设备维护等相关知识的掌握程度,提高监测和维护技能水平;二是优化监测与维护周期,根据变压器运行年限、负荷情况和环境条件,动态调整维护周期,避免出现过度维护或维护不足的情况;三是推广应用新型维护技术和设备,如智能监测终端、声纹检测设备,提升监测与维护的精准度和工作效率;四是加强农村用电宣传引导,引导村民规范用电,禁止私拉乱接行为,爱护电力设施,减少人为因素引发的设备故障;五是结合新能源接入情况,优化变压器运行调控,合理分配负荷,提升电能质量,保障变压器稳定运行。

## 四、结论

农村柱上公共变压器作为农村配电与用电系统的核心设备,其运行状态直接关系到农村电力供应的稳定性和安全性,与输配电及用电工程多个领域密切相关。本文通过分析农村柱上公共变压器的运行特点及常见故障,结合绝缘技术、低压电气设备、电气测量技术等相关知识,探讨了“人工巡检+智能监测”相结合的监测模式,提出了日常维护、定期维护、故障抢修相结合的维护策略,并结合农村实际应用场景和新能源接入需求,给出了针对性优化建议。

实践表明,科学合理的运行状态监测与维护工作,能够有效降低农村柱上公共变压器的故障发生率,提升设备运行可靠性和经济性,保障农村低压配电系统稳定运行,满足村民生产生活和乡村产业发展的用电需求。未来,随着输配电及用电工程技术的不断发展,可进一步整合智能监测技术、新能源调控技术等,优化农村柱上公共变压器的监测与维护体系,为乡村振兴战略实施提供更坚实的电力保障。