

# Research on Optimization of Maintenance Strategy and Cost Control for Substation Equipment

Bingli Zhang Wenjing Xing Xiaoyan Ma Zhonghua Xia

Changji Power Supply Company of State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Changji, Xinjiang, China 831100

## Abstract

With the rapid development of China's power industry, substations, as an important part of the power system, the stability and reliability of their equipment directly affect the safety and stability of power supply. The traditional substation equipment maintenance management model has gradually become difficult to meet the needs of modern power production, especially in terms of efficiency and accuracy during equipment maintenance. Therefore, constructing substation equipment maintenance strategies and cost control models is of great significance for improving equipment operation efficiency, extending equipment service life, and reducing failure rates. Based on the analysis of common fault types of substation equipment, this paper proposes maintenance and cost control strategies for substation equipment.

## Keywords

Substation equipment; Maintenance strategy; Cost control; Optimization research

# 变电站设备维护策略优化与成本控制研究

张冰丽 邢文静 马小燕 夏中华

国网新疆电力有限公司昌吉供电公司, 中国·新疆 昌吉 831100

## 摘要

变电站设备的故障诊断和运行维护管理是一个复杂而系统的工程, 涉及多个学科领域的知识和技术, 面对变电站设备日益增长的复杂性和智能化需求, 传统的故障诊断和运行维护管理模式已难以满足当前的要求。因此, 探索和应用新技术、新方法, 如在线监测、大数据分析、人工智能等, 成为提升变电站设备运行维护管理水平的重要途径。因此, 构建变电站设备维护策略与成本控制模式对于提高设备运行效率、延长设备使用寿命、降低故障率具有重要意义。本文在分析变电站设备常见故障类型的基础上, 提出了变电站设备维护与成本控制策略。

## 关键词

变电站设备; 维护策略; 成本控制; 优化研究

## 1 变电站设备常见故障类型

变电站主要设备包括变压器、断路器、隔离开关、互感器和电容器等。这些设备在长期运行过程中可能出现各种故障, 如变压器绕组短路、断路器拒动、隔离开关接触不良等。准确诊断这些故障对于及时排除隐患、防止事故扩大至关重要。传统故障诊断方法主要依靠人工巡检和经验判断, 存在效率低、准确性差等问题。随着技术的发展, 智能故障诊断方法逐渐得到应用。这些方法包括基于人工智能的故障诊断系统、在线监测技术和红外热成像技术等。智能诊断方法能够实时监测设备状态, 自动分析故障特征, 提高诊断的准确性和效率。例如, 基于神经网络的故障诊断系统可以通过学习大量历史数据, 准确识别各种故障类型, 为运维人员

提供决策支持<sup>[1]</sup>。



图1 变电站设备示意图

【作者简介】张冰丽(1988-), 女, 中国河南焦作人, 硕士, 工程师, 从事供配电系统, 变电运维研究。

## 2 变电站设备维护优化策略

### 2.1 优化变电站设备检修技术

#### 2.1.1 设备运行状态检修技术

通过人工智能技术、大数据分析技术等运用，针对在实时性监测中获取的数据信息以及以往的设备运行数据信息进行深入地分析，以此对设备当前的状态做出评估。并借助故障预测模型的建立，对设备运行过程中可能发生故障的类型以及时间做出预测，从而更具针对性地制定设备检修方案。例如：通过长时间监测、分析变压器油中的气体成分，对其绕组绝缘是否已发生老化以及老化程度做出预测，以便事先对其进行检修，防止设备运行中突然发生故障进而影响整个变电站的正常运行<sup>[2]</sup>。

#### 2.1.2 设备故障智能化诊断技术

若想确保智能变电站设备的稳定、可靠运行，对其存在的故障问题及时、快速、精准地做出诊断，就需要通过智能化诊断技术的应用建立智能化诊断系统，将各种故障诊断方法集于一体，像案例诊断法、模型诊断法、规则诊断法等。一旦智能变电站设备的运行发生异常，系统将对设备表现出的故障现象进行快速且全面的分析，并根据设备当前的运行数据信息以及以往出现故障问题的记录，判断引发设备发生故障的主要原因以及出现故障的具体位置，同时生成具体的故障诊断报告以及设备检修建议，从而为相关工作人员的检修工作提供重要参考。

### 2.2 科学监测设备运行状态

变电站设备维护过程中应建立较为完善的设备在线监测系统，并以此来对一台设备的关键参数进行实时监测。例如，通过应用在线监测系统对变压器内部的放电故障和过热情况进行详细了解和分析。同时还能够应用断路器设备当中的监测系统来有效明确分合闸的速度、时间和行程参数等，如此可做好断路器设备性能的相关判断和评估工作。其次应用在线监测系统可有效采集设备运行数据，并且可通过通信网络将所获取的数据实时传输到变电站监控系统当中。另外在对智能变电站运行数据进行传输时，只有应用良好的数据校验技术和可靠的通信协议才能够尽可能避免出现数据错误和数据丢失问题。以电容型设备监测为例：电容型设备（CT、CVT、耦合电容器）在变电站中广泛应用，其运行状态对电力系统的正常运行有着重要影响。对电容型设备进行准确的状态监测是保障电力系统稳定运行的重要工作<sup>[3]</sup>。

介质损耗因数（ $\tan \delta$ ）是反映电容型设备绝缘材料能量损耗的重要参数。正常情况下，电容型设备的介质损耗因数应小于0.5%。当 $\tan \delta$ 超过1%时，表明设备的绝缘显著劣化，可能存在绝缘缺陷。通过测量介质损耗因数，可以评估电容型设备的绝缘性能，及时发现绝缘问题并采取相应的措施。泄漏电流监测对于氧化锌避雷器等电容型设备尤为重要。氧化锌避雷器阻性电流增大通常预示着阀片老化，当阻性电流超过全电流的25%时，应考虑更换避雷器。通过

监测泄漏电流及其阻性分量，可以评估氧化锌避雷器的运行状态，保障电力系统的过电压保护功能正常运行。

备类型	监测参数	正常范围	预警阈值
压器	油中 H <sub>2</sub> 含量	< 100μL/L	> 150μL/L
压器	局部放电量	< 500pC	> 1000pC
路器	分闸时间	20-50ms	超出 ± 10%
雷器	阻性电流	< 全电流 20%	> 全电流 25%

### 2.3 科学利用远程检修技术

在电力系统中变电站属于不可或缺的组成部分，其主要承担着连接用户与系统的关键桥梁。并且经过不断的研究与实践智能化变电站转型已逐步完成和普及，从而使变电站的运行效率和运行性能得到显著提升。通过远程控制技术、通信网络技术的结合运用，对智能变电站设备进行远程检修。对于设备运行中潜藏的一些较为简单的故障问题的处理，像调整设备参数、修改保护装置定值等，检修人员可在通信网络的支撑下，利用远程控制操作变电站设备，不需要检修人员亲自到现场检修设备，使得检修工作的开展更加的高效，并且检修成本也得到了一定的降低。除此之外，还可利用专家远程会诊的方式对智能变电站设备进行检修。当智能变电站设备出现比较复杂的故障时，专家可利用远程视频的方式，了解现场的实际情况，并实现数据信息的共享，以此更加快速、准确的完成故障的处理。

### 2.4 全方位监测设备增强维护效率

#### 2.4.1 全方位的监测设备的运行状态

通过智能传感器以及监控系统的安装，实时性的全方位监测变电站一次设备、二次设备的运行。在监测一次设备运行时应侧重于对其机械性能、运行温度、电气参数、振动频率等方面，电气参数主要包括功率、电流、电压等。在监测二次设备时需将重点放在通信状态、自检信息等方面。通过对监测数据信息的深入挖掘与分析，及时发现其中存在的故障隐患，以此更具针对性的对其进行维护。智能变电站的一次设备主要有互感器、隔离开关、断路器以及变压器等，智能化一次设备中设置有智能终端，相对于传统一次设备来说，具备自动采集信息以及智能化控制的功能。二次设备主要有自动化系统、测控装置和保护装置等，其是在数字化技术和通信系统的支撑下，实现设备之间的信息交互。

#### 2.4.2 加大对变电站设备的维护力度

变电站的运行对通信系统十分依赖，其主要原因在于各设备之间的信息交互需要在通信系统的支撑下实现。为此在对变电站设备进行维护的过程中，需加大对通信系统的维护力度，定期的全面检查通信系统的电缆、光缆的连接状态，一旦发现其存在老化、破损的情况，需及时的进行更换，以此保证通信系统始终维持在正常、稳定运行的状态，从而为变电站的运行提供重要保障。除此之外，在维护变电站通信系统的过程中，还需要加强对其运行状态的监测，其中包括路由器、交换机等，实时的了解通信系统的运行情况，一旦

发现异常,及时做出处理,提高通信系统运行的可靠性与稳定性。同时还需要加强对通信协议的维护,保证对各个设备之间的信息交互具有良好的兼容性。

### 2.4.3 加强对变电站软件系统的维护

软件系统在变电站设备同样占据着非常重要的位置,变电站设备中一般都配置有自动化系统,若想促使变电站设备维持在稳定运行的状态,就需要加强对其软件系统的维护。定期的根据变电站的运行情况以及智能化技术的发展,对设备的软件系统进行更新和升级,一旦发现软件系统存在漏洞,需及时的进行修复,以此不断的提高软件系统的性能。除此之外,还需做好软件系统各项参数的管理与备份工作,避免因软件系统参数错误而影响设备的正常运行。

## 2.5 健全管理体系、规范管理流程

健全的管理体系是变电站变电运维与设备维护的基础,对此,供电企业应当从管理体系建设入手,推进变电站运维管理朝向规范有序发展。具体来说:首先,结合智能变电站运维管理特点,作为供电企业应当从全局角度统筹变电站运维管理工作,加大对构建智能变电站运维管理体系的重视和投入,明确智能变电站运维管理工作的目标、内容、要求、权责等,从而为形成系统化的变电站运维管理体系提供组织支持与引导;其次,结合自身智能变电站运维管理现状与需求,作为供电企业还需要进一步细化变电运维、设备维护等相关制度条例,通过制度条例为运维管理人员规范开展日常工作提供标准依据,比如,在设备维护工作中,运维管理人员需要按照制度条例制定详细的设备检修计划,同时按照工作流程规范进行设备检查记录,而依托健全规范的体系流程,能够对变电站运维管理形成有效督促。

## 3 变电站设备维护成本控制方法

### 3.1 成本预算管理

成本预算管理是控制变电站设备预防性维护成本的重要手段。首先,要进行精准的预算编制。根据设备维护计划和历史数据,结合企业的财务状况,制定合理的维护成本预算。其次,要加强预算执行监控。建立完善的预算监控体系,实时跟踪成本支出情况,及时发现并纠正预算偏差。最后,要开展预算绩效评估。通过评估预算执行情况,总结经验教训,不断优化预算管理流程,提高预算编制的准确性和

执行的有效性。通过有效的成本预算管理,可以合理控制维护成本,提高企业的经济效益。

### 3.2 成本核算细化

成本核算细化是变电站设备维护成本控制的重要环节。首先,要明确成本核算对象。将设备维护成本细分到具体的设备或设备部件,以便更准确地了解各项成本的构成。其次,要规范成本核算流程。建立科学合理的成本核算方法和流程,确保成本核算的准确性、完整性和及时性。最后,要进行成本分析与反馈。定期对成本数据进行分析,找出成本控制的关键点和薄弱环节,并及时向相关部门反馈,以便采取有效的措施加以改进。通过细化成本核算,可以更好地掌握变电站设备维护成本的动态变化,为成本控制提供有力支持。

## 4 结语

综上所述,保证变电站设备稳定、安全运行的关键在于维护与检修工作的开展。在具体开展设备维护工作的过程中,可通过智能传感器以及监控系统的使用,对设备运行状态进行全方位监督,并加大对通信系统以及软件系统的维护力度,及时发现设备潜在的故障隐患问题,尽可能的降低消灭在萌芽状态。在开展检修工作的过程中,应加强设备运行状态检修技术、设备故障智能化诊断技术以及远程检修技术的应用,以此更为高效地完成设备的检修,从而为整个智能变电站的稳定运行提供重要保障。

### 参考文献

- [1] 刘小榕,王福菊,史张辉,等. 箱式变电站运行维护中常见隐患及应对措施[J]. 电力与能源, 2024, 45 (02): 129-131.
- [2] 杨幸. 变电站检修继电保护设备常见问题分析及处理措施[J]. 电气技术与经济, 2024, (02): 369-371.
- [3] 赵楠. 智能变电站设备运行维护与检修技术分析[J]. 电子技术, 2023, 52 (12): 290-291.
- [4] 马树敏. 智能变电站运维安全和设备维护水平的提升措施[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7 (12): 67-70.
- [5] 李璠. 变电站智能化运维管理平台构建与实践[J]. 今日制造与升级, 2023, (12): 117-119.
- [6] 马树敏. 智能变电站运维安全和设备维护水平的提升措施[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7 (12): 67-70.