

# 带电检测技术在变电运维中的应用分析

苏文慧 白鑫

国网宁夏电力有限公司超高压公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 在电力系统安全稳定运行中, 变电设备的可靠运行是核心保障。本文围绕带电检测技术在变电运维中的应用展开分析, 阐述其在核心变电设备检测、日常运维等场景的具体应用, 指出技术应用中存在的问题及优化方向, 结合实际运维需求, 凸显带电检测技术对提升变电运维效率、保障电力供应稳定性的重要价值, 为变电运维工作提供实践参考与技术支持。

**关键词:** 带电检测技术; 变电运维; 应用

## 引言

电力系统作为国民经济运行的重要基础设施, 其安全稳定直接关系到生产生活的正常秩序。随着电力行业的快速发展, 传统停电检测模式已难以满足现代变电运维的高效化、精细化需求, 不仅影响供电连续性, 还存在检测效率低、覆盖范围有限等问题。带电检测技术凭借无需停电、检测精准、响应迅速等优势, 逐步替代传统检测方式, 成为变电运维中的核心技术手段。深入研究带电检测技术在变电运维中的应用, 既能提升运维效率, 又能及时发现设备隐患、保障电力系统稳定运行, 对推动电力行业高质量发展具有重要意义。

## 1 相关理论与技术基础

### 1.1 核心概念界定

(1) 变电运维是电力系统安全稳定运行的核心环节, 其内涵并非简单的设备看管, 而是围绕变电站各类设备开展的全流程、全方位管理与维护工作, 贯穿设备从投运到退役的整个生命周期。其核心职责聚焦于保障变电设备正常运行、及时排查设备隐患、快速处置设备故障, 并做好设备的日常巡检、维护保养和状态监测, 保证电力输送的连续性和稳定性<sup>[1]</sup>。对应的工作要求则突出严谨性、及时性和专业性, 运维人员需严格遵循相关规范, 精准掌握设备运行规律, 能够快速识别设备异常, 及时采取有效处置措施, 杜绝因运维不当引发的电力事故, 为整个电力系统的安全供电筑牢防线。(2) 带电检测技术是适配变电运维需求发展而来的一种新型检测技术, 其定义核心是在变电设备不停电的前提下, 采用专业的检测设备和技术手段, 对设备的运行状态、绝缘性能、电气特性等进行实时监测和数据采集的技术体系。其核心特点最突出的就是不停电, 不用中断电力供应即可完成检测, 有效规避了传统检测模式对供电可靠性的影响; 高精度则是其核心优势, 能够精准捕捉设

备细微的异常信号, 为故障预警和诊断提供可靠数据支撑; 安全性是其应用的前提, 检测过程需严格保障设备、人员及电力系统的安全, 避免因检测操作引发安全隐患。(3) 带电检测与传统停电检测并非相互割裂, 而是既有明显区别, 又存在紧密联系。二者的核心区别在于检测时设备的运行状态, 传统停电检测需中断设备供电, 在设备停运状态下开展检测, 而带电检测则无需停电, 可在设备正常运行时完成检测, 这也导致二者在检测效率、对供电的影响上存在显著差异。

### 1.2 变电设备常见故障类型及检测需求

(1) 变电核心设备种类繁多, 不同设备的结构、功能不同, 常见故障类型也存在差异, 其中变压器、断路器、互感器、避雷器作为最核心的设备, 其故障发生率相对较高, 且影响范围较广。变压器作为电能转换的核心设备, 常见故障多集中在绝缘性能和油质状态上, 长期运行中易出现绝缘老化、油中溶解气体异常、绕组过热等问题, 直接影响电能转换效率。断路器承担着电路开合、故障切断的重要职责, 常见故障主要体现在机械特性和绝缘状态上, 如机械卡涩、接触不良、绝缘破损等, 易导致电路无法正常开合, 影响故障处置效率。互感器用于电能计量和信号转换, 常见故障包括绝缘受潮、绕组损坏、误差超标等, 会影响计量准确性和信号传输可靠性。避雷器作为防雷保护设备, 易出现绝缘老化、泄漏电流异常等故障, 失去防雷保护功能, 导致设备遭受雷击损坏。(2) 不同类型的变电设备故障, 其危害程度和影响范围各不相同, 对应的检测重点也有所区别。基于此, 检测工作需针对性聚焦故障重点, 对于变压器, 重点检测绝缘状态和油质指标, 及时捕捉绝缘老化、油质劣化的信号; 对于断路器, 重点检测机械特性和接触状态, 确保其开合灵活、接触良好; 对于互感器, 重点检测绝缘性能和计量误差, 保障计量精准和

信号稳定；对于避雷器，重点检测泄漏电流和绝缘状态，确保其防雷保护功能有效发挥。（3）带电检测作为变电运维中核心的检测手段，其对故障识别、预警的核心需求，本质上是适配变电设备运维的实际需求，实现故障的早发现、早识别、早预警、早处置。核心需求体现在精准性上，需能够精准识别设备细微故障信号，区分正常运行波动与故障异常，避免误判和漏判；体现在及时性上，需实时监测设备运行状态，快速捕捉故障苗头，为运维人员争取处置时间，避免故障扩大。

### 1.3 主流带电检测技术原理

（1）电气类带电检测技术是变电运维中应用最广泛的一类检测技术，主要针对变电设备的电气特性异常开展检测，核心是捕捉设备运行中产生的电气信号变化，进而判断设备状态。局部放电检测技术的核心原理，是捕捉设备绝缘内部或表面因电场集中产生的局部放电信号，通过对信号的强度、频率等参数分析，判断绝缘老化、破损等隐患，精准定位故障位置<sup>[2]</sup>。红外热成像检测技术则依托热辐射原理，通过专业设备捕捉设备运行中的热分布图像，设备出现故障时往往会伴随局部过热现象，通过分析热成像图的温度差异，可快速识别设备接触不良、绝缘劣化等问题。（2）机械类带电检测技术主要聚焦变电设备的机械结构异常，核心是捕捉设备运行过程中产生的机械振动、声学信号等，判断设备机械部件的运行状态。振动检测技术的原理，是通过传感器捕捉设备运行时产生的振动信号，设备机械部件出现磨损、卡涩、松动等故障时，振动频率和振幅会发生异常变化，通过对振动信号的分析，可精准识别机械故障类型和严重程度。声学检测技术则依托设备运行时产生的声学信号差异，正常运行的设备声学信号平稳规律，当机械部件出现故障时，会产生异常噪音，通过采集和分析声学信号，可快速判断设备运行状态，及时发现机械隐患。（3）智能化带电检测技术是带电检测技术的发展趋势，依托物联网、大数据、人工智能等技术，实现检测过程的自动化、智能化，提升检测效率和精准度。其中，在线监测系统的核心原理，是通过在设备上安装各类传感器，实时采集设备运行数据，经数据传输模块传输至分析平台，实现对设备状态的实时监测和数据持续分析，无需人工现场操作即可完成常态化检测。

## 2 带电检测技术在变电运维中的具体应用

### 2.1 核心变电设备带电检测应用

（1）变压器作为电能转换的核心设备，其运行状态关乎整个变电系统的正常运转，带电检测技术的应用重点围绕其绝缘状态、油质性能和温度变化展开。局部

放电检测技术应用于变压器，可精准捕捉设备绝缘内部的局部放电信号，及时发现绝缘老化、破损等潜在隐患，避免绝缘故障扩大引发设备损坏。油中溶解气体检测技术则通过采集变压器绝缘油样本，分析油中溶解的各类气体成分和含量，判断变压器内部是否存在过热、放电等故障，实现对设备内部状态的间接监测<sup>[3]</sup>。红外测温技术则用于监测变压器本体、套管等关键部位的温度分布，快速识别因接触不良、绕组过热等导致的局部高温异常，为设备状态评估提供直观依据。（2）断路器承担着电路开合、故障切断的关键职责，其机械特性和绝缘状态直接影响故障处置效率和供电安全性，带电检测技术的应用聚焦于这两大核心维度。机械特性带电检测技术可实时监测断路器的分合闸时间、速度、行程等参数，判断其机械部件是否存在卡涩、磨损、松动等问题，确保断路器能够灵活、可靠地完成开合操作。绝缘状态检测则通过专业技术手段，监测断路器的绝缘性能，及时发现绝缘破损、受潮等隐患，避免因绝缘失效引发短路等安全事故。红外热成像技术的应用则可快速捕捉断路器触点、接线端子等部位的温度异常，精准识别接触不良等常见问题，保障设备正常运行。（3）互感器、避雷器等辅助核心设备，虽结构相对简单，但作用关键，其带电检测技术应用侧重贴合设备功能和常见故障特点。互感器的带电检测主要采用介损检测技术，监测其绝缘介质的损耗情况，判断绝缘性能是否达标，同时结合相关检测手段，确保互感器的计量精度和信号传输可靠性，避免因互感器故障影响电力计量和系统控制。避雷器的带电检测则重点采用泄漏电流检测技术，实时监测避雷器的泄漏电流变化，判断其绝缘状态和防雷保护功能是否正常，及时发现绝缘老化、性能衰减等问题。

### 2.2 不同运维场景带电检测应用

一方面，日常巡检是变电运维工作的基础，也是防范设备故障、保障电力系统稳定运行的重要环节，带电检测技术在日常巡检中的应用，让常态化监测和隐患排查更具效率和针对性，彻底改变了传统巡检依赖人工、效率低下的现状。日常巡检中的带电检测以常态化监测为核心，无需中断设备运行，运维人员可通过专业检测设备，对变电设备的运行状态进行实时监测，及时捕捉设备运行中的细微异常。这种常态化监测不仅能及时发现设备的早期隐患，避免小问题演变成大故障，还能通过持续的数据积累，掌握设备的运行规律，为后续的运维工作提供数据支撑<sup>[4]</sup>。同时，隐患排查作为日常巡检的重要内容，带电检测技术可精准识别设备在长期运行

中出现的绝缘老化、接触不良等潜在问题，提前采取应对措施，降低故障发生概率，保障电力供应的连续性和稳定性，让日常运维工作更具主动性和前瞻性。另一方面，故障诊断是变电运维中应对设备异常的关键环节，带电检测技术在其中发挥着不可替代的作用。当设备出现运行异常时，无需停机检修，可通过带电检测技术快速定位故障位置，精准分析故障产生的原因，避免盲目排查造成的时间浪费和成本增加。并且，借助带电检测获取的设备运行数据，可对设备故障程度、影响范围进行全面评估，为故障处置提供科学依据，确保故障能够快速、高效解决，最大限度减少故障对电力供应的影响，保障电力系统的稳定运行。

### 2.3 智能化带电检测系统的应用

智能化带电检测系统是变电运维模式升级的核心支撑，打破了传统人工检测的局限，将科技赋能与运维需求深度融合，通过在线监测、无人机巡检、数据智能分析的协同运作，让变电运维更高效、更精准、更具前瞻性，成为提升运维质量、保障电力系统稳定的关键支撑。（1）在线带电监测系统的部署与运行，核心是实现了对变电设备的实时、持续监测，无需人工现场值守，即可完成对各类设备运行状态的动态追踪。系统通过在关键设备上安装专用传感器，实时采集设备运行参数、绝缘状态、信号变化等数据，再通过数据传输模块将信息同步至后台，实现24小时不间断监测。这种部署模式摆脱了传统人工巡检的时空限制，既能及时捕捉设备的细微异常，又能避免因人工疏忽导致的隐患遗漏，确保设备运行状态始终处于可控范围，为运维决策提供持续、稳定的数据源。（2）无人机电巡技术的应用，重点解决了高空设备和复杂环境下的检测难题<sup>[5]</sup>。对于高空布置的变电设备、偏远区域的线路设施，人工巡检不仅效率低下，还存在安全隐患，而无人机凭借灵活的飞行能力，可轻松抵达人工难以触及的区域，完成对高空设备、复杂地形下设备的检测。无人机搭载专业检测设备，能够精准捕捉设备的运行状态，采集相

关数据，既提升了巡检效率，又降低了运维人员的作业风险，让原本难以覆盖的检测盲区得到有效填补，让带电检测的覆盖面进一步扩大。（3）数据可视化与智能分析平台，是实现检测数据价值最大化的关键。该平台将各类带电检测数据进行整合，包括在线监测数据、无人机巡检数据等，通过直观的可视化呈现，让运维人员能够快速掌握设备运行状态。同时，平台具备智能分析功能，能够对海量检测数据进行筛选、分析，识别数据中的异常规律，提前发出故障预警，提醒运维人员及时处理潜在隐患。

### 结语

综上所述，带电检测技术在变电运维中的应用，有效打破了传统检测模式的局限，实现了变电设备状态的实时监测与故障预警，大幅提升了运维效率和供电可靠性，为电力系统安全稳定运行提供了有力保障。尽管当前技术应用中仍存在检测精度不足、专业人才短缺等问题，但随着智能化技术的不断升级，带电检测技术将朝着更精准、更高效、更智能的方向发展。未来，通过技术优化、人才培养和管理完善，将进一步发挥带电检测技术的价值，推动变电运维模式向精细化、智能化转型，为电力系统的安全稳定运行筑牢技术防线，助力电力行业高质量发展。

### 参考文献

- [1]陈琦.带电检测技术在变电运维中的应用分析[J].光源与照明,2023,(4):228-230.
- [2]袁楠,孙涛,刘国成.带电检测技术在变电运维中的应用[J].电力设备管理,2026,(2):62-64.
- [3]刘家瑞,王亮.电网变电运维风险检测中的人工智能技术应用[J].电气技术与经济,2026,(2):121-123.
- [4]刘润霖.电力设备带电检测技术在输配电维修中的工程应用[J].家电维修,2026,(1):238-240.
- [5]兰晓东,刘斌.变电运维中基于机器视觉的检测技术应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2026,(3):065-068.