

# 高压变电设备检修工艺优化与质量控制

徐阳建

国网浙江省电力有限公司金华供电公司 浙江 金华 321000

**摘要:** 高压变电设备是电力系统的关键部分。本文分析常见高压变电设备类型特点、现有检修工艺流程及问题,提出基于状态监测优化检修周期、应用先进技术、建设标准化工艺、信息化管理等优化策略,阐述检修前、中、后质量控制要点,并从组织、技术、人员、资金方面给出保障措施,为提升检修质量与设备可靠性提供参考。

**关键词:** 高压变电设备;检修工艺优化;质量控制;状态监测;保障措施

引言:在电力系统中,高压变电设备承担着电能稳定传输与分配的重要任务,其运行状态直接影响电力供应的可靠性和稳定性。当前,高压变电设备检修工作面临着诸多挑战,传统检修工艺存在检修周期不合理、技术手段滞后、标准化程度低等问题。因此,探索高压变电设备检修工艺优化与质量控制的有效方法,成为保障电力系统安全稳定运行的关键。

## 1 高压变电设备检修工艺现状分析

### 1.1 常见高压变电设备类型及特点

在电力系统中,高压变电设备是保障电能稳定传输与分配的关键环节。变压器作为核心设备,通过电磁感应原理实现电压的变换,其结构包含铁芯、绕组、绝缘套管等部分。常见的电力变压器容量范围在10MVA到1000MVA之间,不同类型变压器在容量、冷却方式等方面存在差异,以满足不同电压等级(如110kV、220kV、500kV等)和负荷需求<sup>[1]</sup>。断路器用于切断或接通电路,在正常及故障情况下都能可靠动作,其灭弧能力是关键性能指标,常见的灭弧方式有压气式、自能式等。隔离开关主要用于隔离电源,保证检修安全,结构相对简单,但需具备足够的绝缘性能和机械强度,其额定电压等级从10kV到750kV不等。互感器则分为电压互感器和电流互感器,将高电压、大电流按比例转换为低电压、小电流,供测量仪表和保护装置使用,其准确度和稳定性对电力系统的监测与保护至关重要,电压互感器准确度等级有0.2、0.5、1等,电流互感器准确度等级有0.2S、0.5S、1等。

### 1.2 现有检修工艺流程

高压变电设备检修涵盖多种方式。停电检修是较为传统且全面的检修方式,需将设备退出运行,进行外观检查、绝缘测试、机械部件润滑等操作,对设备进行全面维护,一次完整的停电检修工作通常需要3-7天时间,具体时长取决于设备规模和检修项目。带电检测能在设

备不停电状态下开展,利用红外测温、局部放电检测等技术,及时发现设备潜在缺陷,减少停电时间和次数,带电检测工作每次检测时间一般在0.5-2小时左右。解体检查通常在设备存在严重故障或定期大修时进行,将设备拆解,对内部零部件进行详细检查、更换或修复,大型设备的解体检查工作可能需要10-20天时间。

### 1.3 现有检修工艺存在的问题

当前检修工艺在多个方面存在不足。检修周期设定缺乏科学依据,部分设备按照固定周期检修,例如部分设备固定每2年检修一次,导致一些运行状态良好的设备过度检修,造成资源浪费,而部分设备则因检修不及时出现故障隐患。检修技术手段发展滞后,对于设备内部隐性故障,如绝缘材料老化、内部局部放电等,现有检测方法难以精准发现,影响设备可靠性。检修工艺标准化程度有待提高,不同检修人员对工艺理解不同,操作手法存在差异,影响检修质量一致性。检修过程缺乏有效监控和记录手段,难以对检修过程进行全面追溯,不利于对检修问题进行分析总结和改进。

## 2 高压变电设备检修工艺优化策略

### 2.1 基于状态监测的检修周期优化

状态监测技术为高压变电设备检修周期的合理确定提供了有力支撑。在线监测技术能够实时获取设备运行参数,通过安装在设备上的各类传感器,持续收集设备的温度、振动、绝缘性能等关键信息,并将数据传输至监控中心进行分析处理<sup>[2]</sup>。离线监测则定期对设备进行检测,利用便携式检测设备获取设备状态数据。这两种方式各有优势,在线监测可实现实时监控,离线监测能在特定时间对设备进行全面细致检查。依据设备状态监测数据,结合设备历史运行记录和故障模式,能科学合理确定检修周期。对于运行状态良好、监测数据稳定的设备,可适当延长检修周期,避免过度检修造成资源浪费。而对于运行数据异常、存在潜在故障隐患的设备,

则需缩短检修周期,及时排查处理问题,防止故障扩大。通过这种动态调整检修周期的方式,能实现检修资源的优化配置,提高设备运行的可靠性和经济性。

## 2.2 先进检修技术手段的应用

红外测温、超声波检测、特高频检测等带电检测技术在高压变电设备故障诊断中发挥着重要作用。红外测温技术通过检测设备表面的温度分布,能快速发现设备过热缺陷,判断设备是否存在接触不良、过载等问题,红外测温仪的测温范围一般在 $-20^{\circ}\text{C}$ - $1500^{\circ}\text{C}$ ,精度可达 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。超声波检测技术可捕捉设备内部局部放电产生的超声波信号,精准定位放电位置,为故障处理提供依据,超声波检测仪的检测频率范围通常在 $20\text{kHz}$ - $200\text{kHz}$ 之间。特高频检测技术则对设备内部局部放电产生的特高频电磁波进行检测,具有抗干扰能力强、检测灵敏度高的特点,特高频检测仪的检测频率范围一般在 $300\text{MHz}$ - $3\text{GHz}$ 之间。机器人检修、无人机巡检等智能化检修技术是未来发展方向。机器人检修可深入设备内部或危险区域,完成一些人工难以进行的操作,提高检修效率和安全性,目前一些电力检修机器人的续航时间可达4-8小时,能够完成较为复杂的检修任务。无人机巡检能快速对大面积设备进行巡视,及时发现设备外观缺陷和异常情况,尤其适用于地形复杂区域的设备巡检,无人机一次飞行巡检面积可达5-10平方公里。

## 2.3 检修工艺标准化建设

制定统一的检修工艺标准和操作规范是提升检修质量的关键。明确检修流程,从检修前的准备工作到检修过程中的具体操作步骤,再到检修后的验收环节,都应详细规定。同时确定质量标准和安全要求,确保检修工作符合规范。开展检修人员培训,通过理论讲解和实际操作演示,提高检修人员对标准化工艺的掌握和执行能力,每次培训时间不少于40学时,确保检修人员能够熟练掌握检修工艺标准。保证检修工作的一致性和规范性。

## 2.4 检修过程信息化管理

建立检修管理信息系统,实现检修计划制定、任务分配、过程监控、数据记录等功能一体化。通过该系统,可合理安排检修计划,合理分配检修任务,实时监控检修过程,确保检修工作按计划进行<sup>[3]</sup>。利用大数据分析技术,对检修数据进行挖掘和分析,发现设备故障规律和潜在问题,为检修决策提供有力支持,提升检修工作的科学性和精准性。

# 3 高压变电设备检修质量控制要点

## 3.1 检修前质量控制

检修前的准备工作是保障检修质量的基础环节。检

修计划审核至关重要,需综合考量设备的历史运行数据、故障发生频率以及当前运行状态等多方面因素,确保检修计划既具备合理性,又具备可行性,能够精准贴合设备实际需求。若计划不合理,可能导致检修过度造成资源浪费,或检修不足无法消除潜在隐患。检修工具和设备的状态直接影响检修工作的开展与质量。在检修前,要对所有检修工具和设备进行全面细致检查,查看工具是否完好无损、设备性能是否稳定可靠,确保满足检修工作的各项要求。只有工具和设备处于良好状态,才能保证检修操作准确无误,提高检修效率。检修人员的专业技能和资质是检修质量的关键保障。对检修人员资质进行严格审查,确保每一位参与检修的人员都具备相应的专业技能和资质认证。只有专业素质过硬的检修人员,才能正确理解检修工艺标准,熟练操作检修设备,准确判断设备故障,从而保障检修工作的高质量完成。

## 3.2 检修中质量控制

检修过程中,严格遵循检修工艺标准和操作规范是核心要求。加强对关键工序和重要环节的质量控制,对每一个操作步骤都进行精准把控,确保检修作业符合标准要求。关键工序和重要环节的失误可能导致整个检修工作前功尽弃,甚至对设备造成二次损坏。例如,变压器绕组检修时,绕组的绕制匝数误差应控制在 $\pm 1$ 匝以内,绕组的绝缘电阻应不小于 $1000\text{M}\Omega$ 。做好检修过程记录是追溯检修情况、分析问题的重要依据。详细记录检修时间、检修内容、发现的问题以及处理情况等信息,形成完整的检修记录文档。这些记录不仅有助于在检修过程中及时调整检修策略,还能为后续的设备维护和管理提供宝贵参考。每次检修记录应至少包含10项关键信息,确保记录内容完整。现场安全管理是检修工作顺利进行的保障。在检修现场,要设置明显的安全警示标识,为检修人员配备必要的安全防护用品,加强安全教育培训,提高检修人员的安全意识,确保检修人员人身安全和设备安全,避免发生安全事故。安全警示标识应设置在距离检修现场5-10米范围内,检修人员配备的安全防护用品应符合国家相关标准。

## 3.3 检修后质量控制

检修质量验收是检验检修成果的关键步骤。按照严格的质量标准和验收规范,对检修后的设备进行全面细致的检查和试验,确保设备性能恢复正常,各项指标达到要求。只有通过验收的设备,才能投入正常运行<sup>[4]</sup>。检修效果评估是对检修工作的一次全面复盘。对检修后设备的运行状况进行跟踪监测,分析设备在一段时间内的运行数据,评估检修效果。通过总结经验教训,发现检

修过程中存在的不足之处,为后续检修工作提供改进方向和参考依据。建立设备检修档案是设备全生命周期管理的重要支撑。将检修计划、检修记录、质量验收报告等资料进行系统归档保存,形成完整的设备检修档案。这些档案能够为设备的后续维护、升级改造以及故障分析提供详细的历史数据支持,有助于提升设备管理的科学性和规范性。

#### 4 高压变电设备检修工艺优化与质量控制的保障措施

##### 4.1 组织保障

构建完善的检修管理组织机构是推动检修工艺优化与质量控制工作有序开展的基础。明确各部门在检修工作中的具体职责,从检修计划的制定部门到具体执行部门,再到质量监督部门,每个环节都应清晰界定责任范围。各部门之间要加强沟通协调,打破信息壁垒,形成紧密配合的工作模式。例如,计划制定部门需根据设备运行状况和历史检修数据制定科学合理的检修计划,执行部门按照计划精准实施检修作业,质量监督部门全程跟踪监督,确保检修工艺符合标准、质量达到要求。通过这种高效的管理体系,能够提升检修工作的整体效率,保障检修工艺优化与质量控制工作顺利推进。

##### 4.2 技术保障

积极寻求与科研机构、高校的合作机会,是提升检修技术水平的重要途径。科研机构和高校拥有前沿的研究成果和先进的技术理念,与它们建立合作关系,可以及时引进适合高压变电设备检修的新技术、新方法。例如,引入先进的在线监测技术,能够实时获取设备运行状态信息,为检修决策提供精准依据;吸收智能化的故障诊断理念,可提高故障判断的准确性和及时性。通过不断学习和应用这些先进技术,能够推动检修工艺持续优化,提升质量控制水平,使高压变电设备检修工作更加科学、高效。

##### 4.3 人员保障

检修人员队伍的素质直接关系到检修工艺优化与质量控制的效果。加强检修人员队伍建设,需从多方面入手。定期组织专业技能培训,邀请行业专家进行授课,

传授最新的检修技术和工艺标准,让检修人员及时掌握行业动态。同时建立严格的考核机制,对检修人员的培训成果进行检验,确保他们真正掌握所学知识和技能<sup>[5]</sup>。通过培训与考核相结合的方式,培养一支具备扎实专业技能和良好综合素质的高素质检修人才队伍,为检修工艺优化与质量控制提供坚实的人力支撑。

##### 4.4 资金保障

合理规划检修资金是保障检修工艺优化与质量控制工作顺利进行的物质基础。根据设备检修的实际需求,科学安排资金投入,确保资金能够满足检修工具更新、技术引进、人员培训等方面的需要。例如,为购置先进的检测设备提供资金支持,提升检修工作的精准度;为开展技术研发和人员培训活动提供必要经费,推动检修技术不断进步。充足的资金投入能够为检修工艺优化和质量控制创造良好的物质条件,促进高压变电设备检修工作迈向更高水平。

#### 结束语

高压变电设备检修工艺优化与质量控制对电力系统稳定运行意义重大。通过基于状态监测优化检修周期、应用先进技术等策略优化检修工艺,从检修前、中、后把控质量要点,并从组织、技术、人员、资金方面提供保障,可提升检修质量与设备可靠性。后续需持续完善相关措施,推动高压变电设备检修工作不断进步。

#### 参考文献

- [1]杨倩倩,宁博扬.基于智能技术的电力变电运维系统优化研究[J].中国高新科技,2024(19):72-74.
- [2]杨晨希.电力系统中的变电运维风险管理分析[J].集成电路应用,2023,40(05):236-237.
- [3]胡港国.变电运维工作中的隐患风险与应对技术研究[J].电气技术与经济,2023(10):117-119.
- [4]严宏,程杰.基于电力系统变电运行安全管理与设备维护的探究[J].中国设备工程,2024(S1):125-126.
- [5]钱佳涵.变电运行中的设备安全维护分析[J].电子技术,2022,51(12):226-227.