

[变配电设备]

变配电工程设备调试与运行的维护分析

文/杨卓 傅浪 陈裕楠
武汉船用电力推进装置研究所

配电网在电力系统中占据重要地位，直接关系到电能的质量和供应的稳定性。随着我国电力需求的持续增长，电网建设的标准也在不断提高。介绍了变配电工程设备调试与运行维护的特点，分析了为确保电网的安全性现行的维护策略及未来的发展方向。

在新建变配电工程中，要考虑的因素众多，其中电气主接线和变电设备是基础且重要的部分。由于新建变配电工程的独特性，其设备的调试和运行维护标准也会相应提升，同时变配电设备的运行状态直接关系到工程的顺利进行。对此，在新建变配电工程中，必须高度重视设备的安装调试和运行维护工作，并严格按照相关标准规范执行，确保工程的稳定安全运行。这意味着要不断提升设备安装调试和运行维护的技术水平，从而适应更高的电力需求和更严格的电网建设标准。

变配电工程设备调试与运行的维护策略

1. 检查工作的严格执行

为确保供电网络输电及配电电缆的顺畅运行，供电网络相关工程技术人员要不断加强并优化线缆的排查制度，这是一项十分重要的任务。首先，必须执行定期的线缆巡视计划，全面细致地检查供电网络中的每一条线缆，确保其完整无损且性能良好，从而保证供电的连续性和稳定性。其次，在巡视和检查过程中，技术人员应对那些存在较高安全隐患的区域给予特别关注，实施更严密的监控。一旦发现任何可能的安全问题或故障迹象，必须迅速而准确地采取相应的处理措施，防止问题扩大。例如，对于经常发生故障的电源、变压器等设备，技

术人员可以增加巡视频次，进行更为细致的检查，而对于运行较为稳定的断路器等元件，则可以适当减少检查次数。最后，对于特定的重要区域或复杂环境的输电和配电电缆，技术人员要进一步提高巡查频次和深度，确保这些关键区域的线缆能在各种情况下都保持稳定的供电能力，并构建一个更坚实的可靠的供电网络防线，见表1。

表1 供电网络输电及配电线缆排查制度的相关信息

排查制度要点	具体描述与实施措施
定期线缆巡视计划	执行全面的线缆巡视，检查供电网络中的每一条线缆，确保其完整无损且性能良好，以保障供电的连续性和稳定性
加强安全隐患区域监控	在巡视过程中，对安全隐患较高的区域进行特别关注和更严密的监控，及时发现并解决安全问题或故障迹象
快速响应与处理	一旦发现安全问题或故障，必须迅速、准确地采取相应的处理措施，以防止问题扩大
提高重要区域巡查频次	针对特定的重要区域或复杂环境的线缆，增加巡查频次和深度，确保这些关键区域的线缆在各种情况下都能保持稳定
构建可靠供电网络防线	构建一个更坚实的可靠的供电网络防线，以保障电力系统的平稳和安全运行

随着我国电力系统的进步和创新，越来越多的电力企业正积极应对对老旧线路更新换代的挑战，以此来减少潜在的故障，确保电力系统的稳定运行。在更新线路时，必须从多个角度全面考量线材的性

能，优先选用那些先进技术制造的导线，如纳米技术的超导导线，具有极高的导电性和热稳定性，能显著降低线路的电阻和热损耗，从而提高电能的传输效率，其超导特性让电流在传输过程中几乎无损失，大幅度提升线路的运行效能。同时该导线的抗电磁干扰能力强，还能减少信号失真，进一步增强系统的稳定性。在实施线路的改造和提升过程中，要深入分析当前的发展态势，对存在问题的线路进行精细化的调整和完善。同时技术团队也要对那些影响线路平稳运行的因素进行评估，并设计出周密的风险防范措施，从而保障线路稳定运行。而电力企业的管理层也要建立常规的线路维护巡检制度，同时结合实际状况，制定出有针对性的管理方针，特别是对配电线路的检视频率进行提升，防范在恶劣环境下出现的故障。各阶段工程技术人员需要完成的主要工作内容如图1所示。

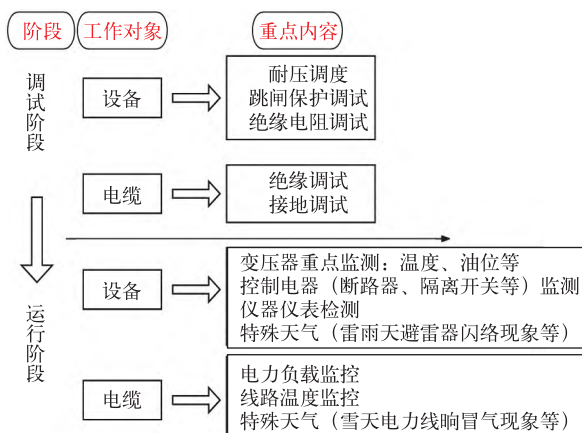


图1 检查工作主要内容

2. 智能的维护管理

在电力行业中，科技创新的力量已经深入到每个角落，先进科学技术的广泛应用正是其典型体现。在科技创新的推动下，智能检测技术得到深入发展，在新建变配电工程领域的应用尤其引人注目。智能检测技术的核心在于采用的高灵敏度传感器，这些传感器如同工程的“神经末梢”，能精确迅速地捕捉到工程运行中的各种信息数据，从而为变配电设备的综合维护和检修工作提供更详细而准确的数据支撑，以此来提高设备维护的针对性，同时大幅提升维护工作的效率和质量。不仅如此，智能检测系统的引入还可以在在一定程度上缩短运行维护的周期，并在不损伤设备的情况下，快速准确地

检测设备的运行状态和潜在问题，为新建变配电工程的稳定运行提供重要保障，同时也为电力行业的高效运行注入新活力。

国内智能检测巡检的技术已经日趋成熟，搭载了红外测温传感器、视觉传感器和声音传感器等高性能传感器的智能巡检装置（如智能巡检机器人）已经逐步投入到变电站等电力系统的应用中。智能巡检机器人除了能按照预先设定的巡检路线巡视变电站的设备外，也拥有自主导航技术，可以通过激光和超声传感器对周围环境进行3D建模，并自主规划巡检路线，配合自动避障功能实现在变电站环境发生变化时也能继续完成巡检的目的。

变电站智能巡检系统可以大致分为三个系统：第一是运维站的集成监控系统，运维人员可以在这里直接获取需要的信息，运维人员通过运维站的计算机或移动设备，可以调取和查看智能巡检机器人采集的全部巡检数据内容，机器人的位置和状态，上传报警的历史信息，同时也能重新下达指令，进行远程控制；第二是通信基站系统，这个系统是实现集成监控系统和工作在一线的智能巡检装置之前双向通信的桥梁，一般由数据工作站，硬盘储存设备、本地监控机和无线通信器组成；最后是智能巡检装置，这些深入一线的工人，通过各种传感器将实时的数据传递至运维终端，从而让运维人员了解现场的第一手数据。变电站智能巡检系统如图2所示。

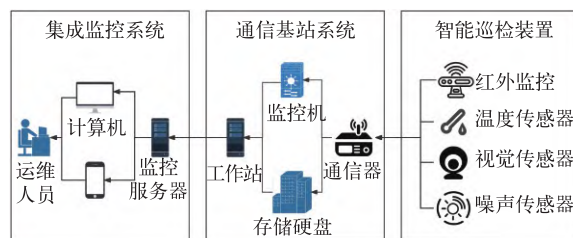


图2 智能巡检系统

为了完成变电站各种复杂的运维工作，智能巡检装置通常搭载了红外测温传感器（如红外热像仪）、视觉传感器（如高清云台）和声音传感器（如拾音器）等高灵敏度传感器，准确地检测电力系统内设备的状态，并对可能的故障作出判断和警报，其工作内容和原理见表2。

表2 变电站智能巡检系统工作内容和原理

工作内容	工作原理
温度监测	红外热像仪对所有导电部位、散热部位等设备敏感部位测温，将结果上传至工作站，监控机对工作站的数据综合分析后，对不符合项生成异常报警，并将数据信息和报警上传运维站
仪表抄录和数据监测	高清云台对所有仪表、监控显示屏进行摄像，将结果上传至工作站，监控机对工作站的数据综合分析后，对异常仪表数据进行报警，并将抄录结果和报警上传运维站
噪声监测	拾音器对周围环境进行监听，将结果上传至工作站，监控机对工作站的数据综合分析后，识别出现高于设定分贝值的异常噪声出现的位置和时间，上传运维站

3. 巡查力度的强化与智能巡检机器人

巡视工作是确保变电站稳定运行的关键，因此，工作人员必须对其给予足够重视，对变配电工程设备的运行状态进行深入且全面的检查监测。一旦发现任何异常情况，需要立刻排查问题，并迅速采取有效的解决措施，确保设备能够尽快恢复正常的运行状态。而在当前智能化技术的推动下，可以利用智能化变电站中的巡检机器人进一步提升巡视工作的效率和精确度。这些巡检机器人在经过设计的程序控制下，能独立规划并执行巡检路径。对于某些特定的巡检任务，工作人员可以通过后台系统远程操控巡检机器人来完成。其中巡检机器人内部配备容量庞大的数据库，可以高效地处理和分析收集到的各类信息，从而精确地判断出变配电工程设备的实时运行状态，并将这些信息及时反馈给后台，为工作人员提供科学的决策依据。

相比较传统的人工巡检方式，这种方法能提高准确性，还可以大幅度提升工作效率。例如，对中高压开关柜设备的巡检，过去依赖人工进行的年巡检需耗费约200 h，受人为因素影响，准确率维持在85%左右。但随着智能化巡检机器人的投入使用，巡检效率和准确性都会得到显著提升。现阶段，对同一开关柜设备的巡检时间已缩减至年均100 h，效

率整整提升一倍。不仅如此，根据巡检机器人精准的操作能力和内置的高效数据库处理系统，巡检的准确率也会大大提升。

投入智能巡检机器人配合智能检测系统，不但极大地降低运维人员工作强度，同时还显著提高故障和异常的排查效率和设备应急处理速度，从而缩短工作时长，尤其在测温和仪表数据抄录和数据监测方面远高于人工巡检的效率。以山东某220 kV变电站巡检工作为例，其每个月由6人组成的巡检班组和智能机器人巡检的工作时长对比见表3。

表3 某变电站每月巡检工作时间对比

巡检内容	巡检班组工作时间/h	智能机器人工作时间/h	效率提升(%)
设备仪表抄录	144	66	118
运行数据监测	116	42	176

结束语

随着我国经济社会的不断进步和产业结构的不断优化，配电环网柜和箱变柜的升级改造、日常维护及故障排除逐渐成为社会关注的焦点。保障变配电工程的稳定运行和进行定期的安全检测，对于增强供电系统的可靠性十分重要。在新建的变配电工程中，要格外注重设备的安装调试和后续的运行维护工作，并深刻理解这些环节对于保障整个系统长期平稳运行的重要性。而在实际工作中，还必须严格遵守行业标准和操作规范，确保每一个安装调试和运行维护环节都能得到精准有效的执行。同时也要不断追求技术创新，借助先进的科技手段，为变配电工程的稳定运行提供更有力的技术支撑。这样，即便在面临各种复杂挑战时，也能确保变配电系统始终保持高效、稳定、安全的运行状态，从而有力地支撑社会经济的快速发展，并满足不断增长的电力需求。EA

(收稿日期：2024-11-28)

