

变电站智能巡视系统设计与应用研究

农武霖

广西广晟电力设计有限公司 广西 南宁 530000

摘要：随着社会经济的高质量发展，电网规模持续增长，变电站运维管理面临诸多挑战。传统人工巡检方式已无法满足当前高效、安全、智能的运维需求。变电站智能巡视系统的设计与应用，通过集成先进的信息技术、智能设备以及数据分析方法，实现了变电站运维的智能化转型。本文旨在探讨变电站智能巡视系统的设计与具体应用，分析其技术优势与应用效果，为智慧变电站建设提供参考。

关键词：变电站；智能巡视系统；设计；应用

引言

随着电力需求的不断增长，电网结构日趋复杂，变电站数量显著增加，传统的人工巡检模式存在效率低、成本高、安全隐患大等问题。变电站智能巡视系统的出现，通过集成多种感知技术和智能分析算法，实现了变电站的自动化、智能化巡检，有效提升了运维效率和管理水平。目前，国内外变电站智能巡视系统已取得显著进展，主要包括机器人巡检、视频监控、红外测温、声纹识别等多种技术手段。这些系统通过实时采集设备状态与环境信息，结合智能算法进行数据分析与故障诊断，为运维人员提供及时、准确的决策支持。

1 变电站智能巡视系统设计

1.1 系统总体架构

变电站智能巡视系统采用分层架构设计，主要包括感知层、网络层、平台层和应用层。感知层通过各类传感器、摄像头等设备采集变电站内的环境信息与设备状态；网络层负责数据的传输与交互；平台层进行数据的处理与分析；应用层则面向用户提供巡检任务管理、数据分析报告等功能。

1.2 关键技术与设备

1.2.1 多维感知技术

多维感知技术是变电站智能巡视系统的重要组成部分，它通过多种感知手段实现对变电站设备状态与环境信息的全面、准确感知。具体包括：（1）红外成像技术：利用红外热像仪对变电站设备进行红外扫描，获取设备表面的温度分布信息，从而判断设备是否存在过热、短路等异常情况。红外成像技术具有非接触、实时、直观等优点，是检测设备热故障的有效手段。（2）可见光视频技术：通过高清摄像头对变电站进行实时监控，获取设备的外观、运行状态等信息。可见光视频技术能够直观反映设备的运行状态，便于运维人员及时发

现设备异常^[1]。（3）声纹识别技术：利用声音传感器采集变电站内的声音信号，并通过声纹识别算法对声音进行分析，判断设备是否存在异常声响。声纹识别技术能够辅助运维人员及时发现设备的机械故障或电气故障。

（4）环境动力监测技术：通过部署各类环境传感器，如温湿度传感器、风速传感器等，实时监测变电站内的环境参数，为设备的运行提供环境保障。

1.2.2 智能分析算法

智能分析算法是变电站智能巡视系统的核心，它采用机器学习、深度学习等先进技术对采集到的数据进行分析，实现健康状态评估、趋势分析、故障诊断等功能。具体算法包括：（1）健康状态评估算法：根据设备的运行数据和环境参数，建立设备的健康状态评估模型，对设备的健康状态进行量化评估，为运维人员提供设备维护和检修的建议。（2）趋势分析算法：通过对设备的历史数据进行分析，挖掘设备的运行规律，预测设备的未来状态，为运维人员提供设备管理和优化的决策支持。（3）故障诊断算法：利用机器学习算法对设备的故障特征进行学习和识别，当设备发生故障时，能够快速准确地定位故障点，提高故障处理的效率。

1.2.3 智能巡视机器人

智能巡视机器人是变电站智能巡视系统的重要执行设备，它具备自主导航、避障、巡检等功能，能够在无人值守情况下完成巡检任务。智能巡视机器人通过搭载各类传感器和摄像头，能够实时采集变电站内的环境信息和设备状态，并将数据上传至系统平台进行分析和处理。同时，智能巡视机器人还具备自主充电、自动避障等功能，能够确保巡检任务的连续性和安全性。

1.2.4 远程监控与控制系统

远程监控与控制系统是变电站智能巡视系统的重要组成部分，它通过集控中心实现对变电站内所有巡视设

备的远程监控与操作。集控中心采用先进的监控技术和控制算法,能够实时显示巡视设备的运行状态和位置信息,方便运维人员进行远程监控和管理。同时,远程监控与控制系统还支持对巡视设备进行远程控制,如启动、停止、调整参数等,提高运维效率和安全性。通过远程监控与控制系统,运维人员能够随时掌握变电站的运行情况,及时发现并处理设备异常,确保电网的安全稳定运行。

1.3 系统功能模块

1.3.1 任务管理模块

任务管理模块是变电站智能巡视系统的核心组成部分,主要负责巡检任务的生成、分配、执行与跟踪管理。该模块具备以下功能:(1)任务生成:根据变电站的运维需求、设备状态以及历史数据,自动生成巡检任务,包括巡检的设备、巡检的内容、巡检的时间等。

(2)任务分配:将生成的巡检任务分配给相应的巡视设备或人员,确保每个任务都有明确的责任人和执行时间。(3)任务执行管理:实时监控巡检任务的执行情况,包括任务的进度、执行状态、遇到的问题等,确保任务能够按照计划顺利完成。(4)任务跟踪与反馈:对已完成的任务进行跟踪和反馈,收集运维人员的意见和建议,不断优化巡检任务的管理和执行流程。

1.3.2 数据分析模块

数据分析模块是变电站智能巡视系统的重要组成部分,负责对采集到的数据进行处理、分析与挖掘,生成有价值的巡检报告和故障诊断报告。该模块具备以下功能:(1)数据处理:对感知层采集的原始数据进行清洗、整合、转换等操作,确保数据的准确性和一致性。

(2)数据分析:利用先进的算法和模型对处理后的数据进行分析,提取出设备的健康状态、运行趋势、故障特征等信息^[2]。(3)报告生成:根据数据分析的结果,生成巡检报告和故障诊断报告,为运维人员提供决策支持。报告内容包括设备的健康状态评估、故障预警、维护建议等。(4)数据可视化:将数据分析的结果以图表、曲线等形式进行可视化展示,方便运维人员直观了解设备的运行状态和趋势。

1.3.3 告警与预警模块

告警与预警模块是变电站智能巡视系统的重要保障,负责实时监测设备状态与环境信息,一旦发现异常立即触发告警与预警机制。该模块具备以下功能:(1)实时监测:对变电站内的设备状态和环境信息进行实时监测,包括电压、电流、温度、湿度等关键参数。(2)异常检测:利用先进的算法和模型对监测到的数据进行

异常检测,判断设备是否存在故障或隐患。(3)告警触发:当检测到异常时,立即触发告警机制,通过声音、光闪、短信等方式通知运维人员。(4)预警提示:根据设备的运行趋势和历史数据,提前预测可能出现的故障或问题,并给出预警提示,为运维人员提供足够的时间进行预防和处理。

1.3.4 用户交互模块

用户交互模块是变电站智能巡视系统与运维人员之间的桥梁,负责提供直观的用户界面与操作指南,方便运维人员操作与使用。该模块具备以下功能:(1)用户界面设计:采用人性化、直观的用户界面设计,使得运维人员能够轻松上手并快速掌握系统的使用方法。(2)操作指南与帮助:提供详细的操作指南和帮助文档,解答运维人员在使用过程中遇到的问题和困惑。(3)个性化设置:支持运维人员根据自己的需求和习惯进行个性化设置,如界面风格、告警方式、报告格式等。(4)交互反馈:收集运维人员在使用过程中的反馈和建议,不断优化用户交互模块的设计和功能,提高系统的易用性和满意度。

2 变电站智能巡视系统的具体应用

2.1 全面巡检任务

变电站智能巡视系统能够高效执行全面巡检任务,确保变电站的安全稳定运行。系统首先根据变电站的实际情况和运维需求,设定详细的巡检计划,包括巡检的设备、巡检的内容、巡检的周期以及巡检的路线等。然后,系统根据设定的巡检计划,自动生成具体的巡检任务,并智能地分配给相应的巡视设备或机器人。在巡检过程中,巡视设备或机器人按照预定的路线进行移动,利用搭载的多维感知技术,如红外成像、可见光视频、声纹识别等,对变电站内的设备状态和环境信息进行全面采集。采集到的数据实时上传至平台层,进行进一步的处理与分析。平台层对上传的数据进行清洗、整合和挖掘,提取出设备的健康状态、运行趋势以及可能存在的故障隐患等信息。然后,系统根据这些信息自动生成详细的巡检报告,报告内容包括设备的健康状态评估、故障预警、维护建议以及巡检过程中发现的异常问题等。运维人员可以通过系统提供的用户界面,方便地查阅巡检报告,了解变电站的整体运行情况和设备的健康状态。根据报告中的信息和建议,运维人员可以及时进行设备的维护和检修,确保变电站的安全稳定运行。同时,系统还支持对巡检报告进行导出和打印,方便运维人员进行存档和备案。

2.2 设备健康状态评估

变电站智能巡视系统能够对站内关键设备的健康状态进行精准评估。系统通过多维感知技术,实时采集设备的运行数据,如电压、电流、温度、振动等关键参数,并将这些数据上传至平台层进行智能分析。在平台层,系统运用先进的机器学习算法和数据分析模型,对采集到的数据进行深入挖掘和处理。通过对比设备的正常运行数据和历史故障数据,系统能够准确判断设备的当前状态,识别出潜在的故障隐患,并预测故障的发展趋势。评估结果以直观、易懂的报告形式呈现给运维人员。报告详细列出了设备的健康状态评估结果,包括设备的当前状态、潜在故障隐患的具体位置、故障类型以及建议的处理措施等^[3]。此外,报告还提供了设备的维护建议和检修周期,帮助运维人员制定合理的维护与检修计划。运维人员可以根据系统提供的评估报告,及时了解设备的健康状态,针对潜在故障隐患采取相应的预防措施,避免故障的发生。同时,根据报告的维护建议,运维人员可以制定科学的维护与检修计划,确保设备的安全稳定运行,延长设备的使用寿命,提高变电站的运行效率。

2.3 故障诊断与预警

变电站智能巡视系统集成了实时故障诊断与预警功能,为电网的安全稳定运行提供了有力保障。系统利用先进的多维感知技术,实时监测设备的运行状态,一旦检测到异常或故障信号,便立即触发告警与预警机制。告警与预警机制通过声音、光闪、短信等多种方式通知运维人员,确保他们能够及时获知设备故障信息。同时,系统自动生成详细的故障诊断报告,报告内容包括故障发生的时间、地点、类型、严重程度以及可能的原因等。故障诊断报告为运维人员提供了快速定位故障点的依据。报告中的故障定位信息准确到具体设备或部件,大大缩短了运维人员查找故障的时间。此外,报告还提供了故障处理建议,帮助运维人员迅速制定并采取有效的处理措施,防止故障扩大化,避免对电网造成更大的影响。通过故障诊断与预警功能,变电站智能巡视系统实现了对设备故障的及时发现、准确诊断和快速处理。这不仅提高了运维人员的工作效率,还大大降低了设备故障对电网安全稳定运行的影响。

2.4 智能联动与远程控制

变电站智能巡视系统具备强大的智能联动与远程控制功能,进一步提升了运维的效率和安全性。系统能够与主辅设备监控系统实现无缝对接,实时获取设备的监测数据。当主辅设备监控系统检测到设备状态异常或数据超标时,智能巡视系统会根据预设的逻辑规则,自动生成视频巡视任务进行复核。这样,运维人员可以立即通过视频巡视,直观查看设备的实际运行状态,为故障诊断提供有力依据。同时,系统还支持远程控制功能。运维人员无需亲临现场,只需在集控中心通过远程监控与控制系统,就可以对变电站内的所有巡视设备进行远程操作与控制。这包括调整设备的巡视路线、设置设备的监测参数、控制设备的开关等。远程控制功能的实现,不仅大大减轻了运维人员的工作负担,还提高了运维工作的安全性和响应速度^[4]。在远程控制过程中,系统采用了先进的加密技术和安全防护措施,确保数据传输的安全性和可靠性。同时,系统还提供了详细的操作日志和记录,方便运维人员对远程操作进行追踪和审计。通过智能联动与远程控制功能,变电站智能巡视系统实现了对设备的全面、实时、远程监控与管理,为变电站的安全稳定运行提供了有力保障。

结语

变电站智能巡视系统的设计与应用,通过集成先进的信息技术、智能设备以及数据分析方法,实现了变电站运维的智能化转型。该系统不仅提高了巡检效率与管理水平,还降低了运维成本与安全隐患。未来随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展与成熟,变电站智能巡视系统将更加智能化、自动化与高效化,为智慧电网建设提供更加有力的支撑。

参考文献

- [1]漆苗.新形势下变电站智能巡视技术的应用研究[J].光源与照明,2024,(06):156-158.
- [2]邹文俊,孙晓平,杨大中.智能巡视系统在220 kV智慧变电站的建设与应用[J].电工技术,2024,(08):99-102.
- [3]袁嘉诚.基于智能巡视系统的变电站巡视技术研究[J].电气技术与经济,2024,(03):42-44+47.
- [4]姚志鹏.新型数字智能变电站监控及巡视系统应用研究[J].电气技术与经济,2023,(09):228-230.