

智能巡检机器人在变电运维中的应用分析

潘磊 付国文

国网西藏电力有限公司超高压分公司

摘要：变电站是电力系统中的关键设施，其稳定安全运行对保障电力供应起着至关重要的作用。然而，变电站运行维护过程中面临着设备老化、环境恶劣、人工巡检效率低、安全隐患等诸多挑战。此外，传统的运维方式往往依赖于人工巡检，容易受限于人力资源、技能水平和现场环境条件，导致巡检质量和效率难以保证。因此，如何克服这些挑战，提高变电站运维的效率和准确性，成了业界亟待解决的问题。为了应对变电站运维的挑战，智能巡检机器人应运而生。智能巡检机器人具备自主导航、自适应学习、设备状态监测等功能，可以大幅提高巡检效率、降低运维成本，并减少人员在现场的安全风险。同时，智能巡检机器人可以实时监测设备运行状况，为运维决策提供更丰富、准确的数据支持。因此，智能巡检机器人在变电运维中具有广泛的应用潜力。本文旨在分析智能巡检机器人在变电运维中的应用，仅供参考。

关键词：智能巡检机器人；变电运维；应用分析

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.217

引言

智能巡检系统在变电站运维中的应用研究是一项涉及电力安全、智能技术等多个领域的综合性研究。随着电力系统的不断发展和智能技术的不断应用，智能巡检系统已成为提高变电运维效率、保障电力安全的重要手段之一。智能巡检系统在变电运维中的应用，可以保障电力设备的正常运行，进而提高电力系统的安全性和可靠性。随着人工智能技术的不断发展和应用，智能巡检系统将在变电运维领域中发挥越来越重要的作用。

一、智能巡检系统概述

智能检测系统采用现代技术，实现自动检测和管理。根据预先设定的检测路线，通过自动传输设备检测值和自动上报异常，实现对设备、设施 and 环境的实时监控和检测。同时实现巡检全过程的可视化和管。目前，智能巡检系统逐渐被广泛应用于各行业领域不同环境场景中，如电力、化工、石油、天然气、医疗、建筑等，能够有效替代传统人工巡检工作流程，提高巡检效率和准确性，降低巡检成本，同时提供数据支持和风险管理。其工作原理第一，数据采集模块。该模块负责采集巡检过程中的各种数据，包括传感器数据、视频数据、声音数据等。第二，数据处理模块。该模块负责对采集到的数据进行处理和分析，包括数据清洗、数据转换、数据分析等。第三，智能化识别和诊断模块。该模块负责利用人工智能技术对采集到的数据进行分析 and 识别，以能够快速准确地诊断问题并提供相应的解决方案。第四，智能化决策和调度模块。该模块负责利用人工智能技术对巡检过程中的情况进行分析和决策，以能够快速准确地做出调度决策，确保巡检过程的高效性和安全性。第五，数据可视化和交互模块。该模块负责将

采集到的数据进行可视化展示，并提供用户交互功能，以使用户能够更好地了解巡检过程中的情况并进行相应的决策。

二、智能化技术与变电运维技术的关系

可以用“智慧运维”来概括。智慧运维是指通过物联网、云计算、大数据、人工智能等技术手段，对变电设备进行监测、诊断、预测和优化，从而实现运维过程的自动化、智能化和高效化。智慧运维将传统的运维模式从以人为中心的模式转变为以数据为中心的模式，从而实现变电设备的故障预测、预防性维护、安全评估等工作，提高变电设备的可靠性和安全性。

三、智能巡检机器人的关键技术

(1) 传感器技术。传感器在智能巡检机器人中扮演着重要的角色，负责采集周围环境信息和设备状态数据。例如，红外传感器用于检测设备温度，声学传感器用于监测噪声，气体传感器用于检测泄漏等等。传感器技术的发展和集成使得智能巡检机器人具备更高的感知能力，从而提高巡检准确性和效率。(2) 计算机视觉技术。计算机视觉技术在智能巡检机器人中发挥着关键作用，包括目标识别、定位、跟踪等。通过计算机视觉技术，智能巡检机器人可以自动识别巡检目标，如设备、设施或安全隐患，以及实时跟踪目标的位置和状态。此外，计算机视觉技术还可以辅助实现机器人的自主导航和避障功能。(3) 机器学习与人工智能技术。机器学习和人工智能技术为智能巡检机器人提供了自适应学习和决策优化能力。通过对大量巡检数据的分析，机器人可以识别设备故障模式、预测潜在问题并优化维护策略。此外，机器人还可以根据实际情况自动调整巡检策略和行为，以适应不同的环境和任务需求。(4)

自主导航与路径规划技术。智能巡检机器人需要在复杂的变电站环境中实现自主导航和路径规划，以提高巡检效率。这通常需要利用多种传感器数据（如激光雷达、视觉传感器等）进行环境建模和定位，结合先进的路径规划算法生成高效、安全的巡检路线^[1]。

四、智能巡检机器人在变电运维中的应用

1. 智能巡检机器人应用

由于变电站的一次设备大多分布在室外，给电力系统的维护带来了很大的困难。在电力系统中，由于人力资源的限制，设备故障很难被及时发现，这对电力系统的安全运行构成了很大的威胁。为了解决这一问题，使用智能巡检机器人进行运维工作，能够在机器人上配备激光雷达、超声传感器等各种仪器，从而实现自主定位，完成变电设备状态信息的自动采集，并展开全面巡检工作。为了对移动机械臂进行遥控，就必须利用集控站系统来对移动机械臂进行遥控。在巡检过程中，采用了硬盘录像机、视频监控仪等多种方式，实现了对巡检过程中视频的采集与储存。该系统利用无线装置，发出信息，控制机器人沿着巡视路径，执行巡视任务。该机器人装备了一套可靠的导航装置，可以进行精确的位置定位。装备了可视化摄像机、夜间照明和刮水器等组件的机器人，能够在各种气象环境下进行巡视和检查。在巡视的时候，可以使用红外线测温装置来对各种变电设备进行测温，这样就可以对整个设备进行全面的扫描，当发现设备的温度过高的时候，就会发出警报，并提醒工作人员要及时进行维修工作。使用智能巡检机器人，可以对变电设备温度、运行负荷、光信号以及声信号等进行检测，并完成图片和视频拍摄，协助工作人员完成设备巡视、检查等活动。在使用智能巡查机器人时，必须了解其使用技术的有关注意事项。（1）搭建一个充电站，为机器人提供一个周期的电源，保证其在执行完巡检任务后，能够回到地面进行自我充电。（2）保证机器人与后端监测平台间的通讯，使所收集到的信息能被实时地传输到后端，并为后续的数据比对、生产装备状态评价等工作提供支撑。（3）保证平台发出的命令能够被及时地传送到机器人，并且保证机器人能够准确地收集到变压器的数据。顺序控制操作技术。（1）技术概述智能变电所的序列操作技术，主要是由程序服务器来完成，也就是说，在实际应用中，需要安装一个程序服务器，将相应的动作存储在服务器上，再由操作器来完成，从而达到智能化运行的目的。（2）技术应用要点分析，从应用需求的角度出发，要求其系统在使用时必须具备远程控制的控制机制，并且在保证期间内，

一次完成一次操作，可以使用两个辅助触点，将辅助节点与设备的实际位置一一对应，从而达到一次操作的目的。在实际使用中，要确保该装置具有健全的五防闭锁功能。在实际使用中，如果切换到主变、线路检修、压变检修的时候，必须要确保三相带电显示器和辅助电路^[2]。

2. 设备巡检

在变电站运维过程中，智能巡检机器人可以高效完成以下设备巡检任务：（1）红外热成像技术可以检测设备的温度分布，帮助运维人员及时发现异常热点。过热可能会损坏设备或引起火灾。智能巡检机器人可以利用红外热成像技术快速、准确地定位潜在的异常热点，从而实施及时干预，避免设备故障和事故的发生。

（2）部分放电检测，部分放电是指在高压设备的局部区域内发生的放电现象，通常是由设备绝缘破损或缺陷引起的。部分放电会导致设备绝缘性能下降，进而可能引发设备故障甚至电力事故。通过部分放电检测技术，智能巡检机器人可以实时监测设备内部的局部放电现象，评估设备的绝缘状况和潜在故障风险，以便采取相应的维护措施。（3）部分放电检测，部分放电是指在高压设备的局部区域内发生的放电现象，通常是由设备绝缘破损或缺陷引起的。部分放电会导致设备绝缘性能下降，进而可能引发设备故障甚至电力事故。通过部分放电检测技术，智能巡检机器人可以实时监测设备内部的局部放电现象，评估设备的绝缘状况和潜在故障风险，以便采取相应的维护措施。（4）设备表面状态检测，设备表面状态是评估设备健康状况的重要指标，如腐蚀、磨损等现象可能导致设备性能下降或过早报废。智能巡检机器人利用计算机视觉技术对设备表面进行精确检查，实时发现并记录设备表面的异常情况。通过对设备表面状态的定期检查，运维人员可以及时了解设备健康状况，制定相应的维护计划，从而延长设备使用寿命并降低运维成本^[3]。

3. 数据采集和分析系统

数据采集与分析系统应用于变电站运维管理中，对变电站设备进行智能监控和巡检，有助于及时发现设备故障和异常，避免因设备故障造成的停电和安全事故。数据采集与分析系统是智能检测系统的重要组成部分，其主要功能是实时采集变电设备的各种数据，如温度、湿度、压力、电流、电压等，并对这些数据进行分析 and 处理，提供实时监测和预警功能。通过数据采集和分析系统，智能巡检系统可以对变电设备进行实时监测。同时，数据分析系统可以对巡检数据进行分析 and 处理，提

供实时监测和报表自动生成等功能，为变电运维管理提供科学有效的手段和方法。具体来说，数据采集和分析系统可以通过以下方式实现功能：首先，在变电室安装一套智能网关，用于采集变电设备的各种数据，并将这些数据通过协议转换、压缩加密后定时上传或触发式上传到平台。其次，利用红外热成像技术对变电设备进行温度监测，及时发现设备过热等异常现象。此外，对接变配电所的智能运维设备，如直流负荷在线监测、主变设备状态检测接口、红外热成像仪、智能工具柜、无线AP、点巡检PAD等，采集全部智能巡检设备信息，并实现与园区管理的互联互通。最后，系统具备智能分析功能，可将巡检数据有效整合、关联，自动分析其变化趋势和关联关系，发现数据达到报警阈值时自动发出警报，以便运维人员及时采取措施处理^[4]。

4. 视频监控系统

在变电站运维管理中，视频监控系统是一种重要的技术手段，可以实时监控变电站设备的运行状态，及时发现异常情况，提高设备的安全性。通过视频监控系统，运维人员可以远程查看现场的实时画面，对设备进行实时监测，确保设备正常运行。同时，视频监控系统还可以用于事后分析和故障排查，为运维人员提供有力的技术支持。视频监控系统在变电运维管理中的应用主要体现在以下几个方面：通过视频监控系统，运维人员可以实时查看变电设备的运行状态，及时发现设备的异常情况，如温度过高、油位过低等，从而及时采取措施，防止设备损坏。视频监控系统可以对设备的历史数据进行分析，发现设备的潜在故障风险，提前发出预警信号，帮助运维人员提前采取措施，降低设备故障率。当设备发生故障时，视频监控系统可以为运维人员提供详细的故障信息，帮助运维人员进行故障排查和原因分析，提高维修效率。视频监控系统可以有效防止非法入侵、盗窃等安全事故的发生，保障变电设备的安全运行。通过视频监控系统，新入职的运维人员可以快速熟悉现场设备的结构、性能等信息，提高运维人员的业务水平。

5. 结合巡检工作需求实施监测

在变电站运行中，要注意各类设备的安全，充分发挥设备的功能。首先，要建立安全巡逻工作，检查设备的外观和运行状态。在设备外部完好无损的情况下，可以保护设备内部的元器件，降低出现问题的概率。检查由系统自动完成，在现有的技术条件下，可借助于无线网络监控设备对设备进行监控巡查，这可以提升巡查的效率，减少巡查工作对人工的依赖。目前，一体化摄像

机的应用较为广泛，例如，在开关柜的正背面各放置一台摄像机，从而完成对开关柜的实时检查。其次，在重要设备周围以及变电站的室内，可以通过装置无线高灵敏拾音器等，收集设备的运行声音。在设备出现异常的情况下，设备运行中容易发出异响，拾音器可收集到异常的设备声音信息，通过对于声音信息的分析，就可准确地判断故障。另外，感温器、烟雾传感器等设备，在设备的监控中也会发挥重要的作用。可根据设备的运行状况、使用寿命等，安置需要的传感设备，测定设备温度状况，并及时发现设备运行中出现烟雾等危险状况，提交系统，发出警报。在开关室中，就可以选择应用这类传感设备，及时发现设备运行的异常。

6. 智能化运维管理系统

智能运维管理系统是一种新型的电力运维管理模式，它利用物联网和信息化技术对变电站设备进行远程监控和管理，从而实现对设备运行状态的实时监控、故障实时报警和无人值守的功能。这种系统可以降低人工运维成本，提高设备运行安全性和效率，同时也可以提高电力系统的经济性。一方面，智能化运维管理系统由多个模块组成，如数据采集、数据分析、决策支持等，不仅能够实时监测变电设备运行情况，还能为运维管理人员提供数据分析与决策支持，帮助其制定出更加科学的运维计划；另一方面，智能化运维管理系统还可以对设备进行自动识别，将数据上传并分析，及时向运维管理人员发送警报，保障电力运行的安全性、可靠性^[5]。

结束语

随着电力系统的发展和自动化水平的提高，变电站的运维也面临着越来越高的要求。智能巡检机器人作为一种新型的巡检技术，具有很大的应用潜力。本文旨在为智能巡检机器人在变电运维领域的应用提供有益的理论分析和参考。

参考文献

- [1] 黄军辉. 变电运维技术中智能化技术的应用探析[J]. 无线互联科技, 2020, 17(24): 87-88.
- [2] 苏慧平. 智能巡检机器人在变电系统运行中的应用分析[J]. 大众标准化, 2020, (24): 188-189.
- [3] 郭亚龙. 智能巡检机器人在变电运维中的应用研究[D]. 福州大学, 2020.
- [4] 李海英. 智能巡检机器人在变电运维工作中的应用研究[J]. 技术与市场, 2018, 25(07): 176.
- [5] 胡冬良, 丁敬, 黄继荣等. 智能巡检机器人在变电运维工作中的改进及应用[J]. 浙江电力, 2017, 36(08): 29-34