

智能巡检机器人在铁路10kV配电室设备状态监测中的应用研究

李铁 刘天超 杜慧军 张乐乐 武国龙

北京局集团有限公司石家庄供电段, 河北石家庄, 050000;

摘要: 随着铁路运输的快速发展, 对铁路电力系统的稳定性和安全性要求越来越高。10kV 配电室作为铁路电力系统的重要组成部分, 其设备的稳定运行直接关系到铁路运输的安全。传统的巡检方式依赖人工, 效率低下且存在安全隐患。本文提出了一种智能巡检机器人系统, 旨在提高铁路10kV 配电室设备状态监测的自动化水平, 确保设备运行的可靠性与安全性。通过分析智能巡检机器人的技术特点和应用优势, 本文探讨了其在铁路10kV 配电室中的实际应用, 并展望了未来的发展方向。

关键词: 智能巡检机器人; 铁路; 10kV 配电室; 设备状态监测; 自动化

DOI: 10.64216/3080-1508.25.02.024

引言

铁路作为国家重要的基础设施, 其电力供应的稳定性至关重要。10kV 配电室作为铁路电力系统的关键节点, 其内部设备的运行状态直接关系到整个铁路系统的安全。传统的巡检方式主要依靠人工进行, 存在效率低、成本高、风险大等问题。随着人工智能和机器人技术的发展, 智能巡检机器人在铁路配电室设备状态监测中的应用成为可能。

1 智能巡检机器人技术概述

随着工业自动化和信息化技术的快速发展, 智能巡检机器人作为一种新型的自动化巡检设备, 正逐渐成为工业巡检领域的重要力量。智能巡检机器人集成了多种传感器技术、图像识别技术、无线通信技术以及人工智能算法。它能够自主导航、自动识别设备状态、实时监测环境参数, 并通过无线网络将数据传输至监控中心。智能巡检机器人具备以下技术特点:

自主导航: 智能巡检机器人利用激光雷达、视觉识别等技术实现路径规划和避障。激光雷达能够精确地测量机器人与周围物体的距离, 构建出精确的环境地图, 而视觉识别技术则能够识别出路径中的障碍物和特定的巡检目标。这些技术的结合使得机器人能够在复杂的工业环境中自主导航, 无需人工干预。

状态监测: 智能巡检机器人通过高清摄像头、红外热像仪等设备对设备状态进行实时监测。高清摄像头可以捕捉设备的外观细节, 便于发现设备的表面缺陷、裂纹、腐蚀等问题。红外热像仪则能够检测设备的热分布情况, 通过分析设备的温度变化, 及时发现过热等异常现象, 从而预防设备故障。

数据处理: 智能巡检机器人运用图像识别和机器学习算法对采集的数据进行分析和处理。图像识别技

术能够从摄像头捕获的图像中识别出设备的正常状态和异常状态, 而机器学习算法则能够通过不断学习, 提高识别的准确性和效率。这些技术的应用使得机器人能够对巡检数据进行智能分析, 为设备维护提供科学依据。

远程通信: 智能巡检机器人通过4G/5G、Wi-Fi等无线通信技术实现数据的实时传输。这些通信技术保证了数据传输的高速和稳定性, 使得监控中心能够实时接收到机器人采集的数据和分析结果。远程通信技术的应用不仅提高了巡检效率, 还使得巡检工作更加安全和便捷。

智能巡检机器人的应用范围非常广泛, 包括电力、石油、化工、冶金、交通等多个领域。在电力行业, 智能巡检机器人可以用于变电站、输电线路的巡检, 及时发现电力设备的异常情况, 保障电力系统的稳定运行。在石油和化工行业, 智能巡检机器人可以用于储罐、管道的巡检, 有效预防泄漏等安全事故的发生。在冶金行业, 智能巡检机器人可以用于高炉、转炉等高温、高粉尘环境的巡检, 提高作业环境的安全性。

智能巡检机器人的发展也面临着一些挑战。例如, 如何提高机器人的环境适应能力, 使其能够在极端天气、复杂地形等恶劣环境下稳定工作; 如何进一步提高机器人的智能化水平, 使其能够处理更加复杂的巡检任务; 如何确保机器人的数据安全, 防止数据在传输过程中被非法截取或篡改等。

2 智能巡检机器人在铁路10kV 配电室的应用

2.1 巡检流程设计

智能巡检机器人的巡检流程设计是确保电力系统稳定运行的关键环节。这一流程的高效执行, 不仅能够提高巡检工作的准确性和及时性, 还能大幅度降

低人力成本和提高巡检人员的安全性。以下是智能巡检机器人巡检流程的详细扩写：

首先，巡检任务规划是整个流程的起点。在这一阶段，需要根据配电室内的设备类型、数量以及巡检需求，制定出一份详尽的巡检计划。这包括确定巡检的频率、时间以及具体的巡检路线。规划过程中，需要考虑到设备的重要程度、历史故障记录以及环境因素等，以确保巡检工作的针对性和有效性。此外，智能巡检机器人还应具备动态调整巡检计划的能力，以应对突发状况或特殊需求。

接下来是自主导航巡检阶段。智能巡检机器人在这一阶段将根据既定的路线自主移动，对配电室内的各种设备进行巡检。为了确保巡检的全面性，机器人需要配备多种传感器和摄像头，能够对设备的温度、振动、声音、电流、电压等关键参数进行实时监测。同时，机器人应具备良好的避障能力，能够自主识别并绕过障碍物，确保巡检过程的顺畅进行。

数据采集与分析是智能巡检机器人巡检流程中的核心环节。在这一阶段，机器人利用其搭载的传感器和摄像头对设备状态进行实时监测，并将采集到的数据进行初步分析。通过先进的算法，机器人可以对数据进行实时处理，识别出设备运行中的异常模式或潜在风险。例如，通过分析设备的温度变化趋势，机器人可以预测设备可能出现的过热问题；通过分析振动数据，可以判断设备是否存在机械故障的迹象。

异常报警与处理是确保电力系统安全稳定运行的重要保障。当智能巡检机器人在巡检过程中发现异常情况时，它会立即启动报警机制，并将异常信息及时通知给维护人员。报警信息通常包括异常设备的详细位置、异常类型以及可能的原因分析，以便维护人员能够迅速做出响应。在某些情况下，机器人甚至可以执行一些简单的应急措施，如切断电源或启动冷却系统，以防止问题的进一步恶化。

最后，数据存储与报告阶段是巡检流程的收尾工作。巡检机器人将采集到的所有数据存储于云端，便于数据的长期保存和随时调用。同时，基于采集的数据，机器人会自动生成巡检报告。这些报告不仅包括设备的运行状态、历史数据对比、异常情况记录等，还应提供基于数据分析的维护建议和决策支持。通过这些报告，管理人员可以对电力系统的运行状况有一个全面的了解，并据此制定出更加科学合理的维护计划。

综上所述，智能巡检机器人的巡检流程设计是一个系统化、智能化的过程，它通过精确的任务规划、自主导航、实时数据采集与分析、及时的异常报警以及高效的数据存储与报告，极大地提升了电力系统的巡检效率和安全性。随着技术的不断进步，未来的智

能巡检机器人将更加智能化、自动化，为电力系统的稳定运行提供更加坚实的保障。

2.2 关键技术应用

在现代化铁路系统中，10kV 配电室作为电力供应的核心部分，其运行的稳定性和安全性至关重要。随着科技的进步，智能巡检机器人在铁路配电室的应用越来越广泛，其背后的关键技术支撑着这一自动化设备的高效运作。

首先，高精度定位技术是智能巡检机器人能够在复杂环境中精确定位的基础。在铁路配电室中，空间布局复杂，设备众多，机器人需要准确地知道自己在室内的位置，以便于规划巡检路径和执行任务。高精度定位技术通常结合了多种定位系统，如GPS、激光雷达(LiDAR)、视觉定位等，确保机器人在各种条件下都能实现精准定位。

其次，多传感器融合技术是提高监测准确性和可靠性的关键技术。智能巡检机器人通常装备有温度传感器、湿度传感器、红外传感器、声音传感器等多种传感器。这些传感器能够收集到关于设备运行状态的丰富信息。通过数据融合技术，机器人可以将不同传感器收集到的数据进行综合分析，从而提供更为全面和准确的监测结果。

机器视觉技术的应用，使得机器人能够通过图像识别技术识别设备的外观缺陷和异常状态。在铁路配电室中，设备的外观变化往往预示着潜在的问题，如绝缘材料的破损、油渍泄漏等。机器视觉技术能够对这些细微变化进行捕捉，并通过图像处理和分析技术，及时发现设备的异常情况。

最后，自适应学习算法是智能巡检机器人能够根据历史数据自我学习和优化巡检策略的关键技术。通过机器学习算法，机器人能够分析历史巡检数据，识别出设备运行的规律和潜在的风险点。随着时间的推移，机器人能够不断优化其巡检路径和检测策略，提高巡检效率和准确性。

综上所述，智能巡检机器人在铁路10kV 配电室中的应用，依赖于高精度定位技术、多传感器融合技术、机器视觉技术以及自适应学习算法等关键技术的支撑。这些技术的综合应用，不仅提高了铁路配电室的巡检效率和安全性，也为铁路系统的稳定运行提供了有力保障。随着技术的不断进步，未来的智能巡检机器人将更加智能化、自动化，为铁路电力系统的维护提供更加精准和高效的服务。

3 应用优势分析

智能巡检机器人在铁路10kV 配电室的应用具有显著的优势，这些优势不仅提高了铁路电力系统的运行效率，还确保了工作人员的安全，并且在经济上也

带来了可观的效益。

首先,智能巡检机器人能够显著提高巡检效率。传统的人工巡检方式受限于人员的工作时间和体力限制,往往无法做到实时监控,而智能巡检机器人可以24小时不间断地工作,确保了巡检频率的大幅提升。这种高频率的巡检能够及时发现设备的微小异常,从而避免了可能引发的大规模故障,保证了铁路电力系统的稳定运行。

其次,智能巡检机器人的应用大大降低了人工成本。在传统的人工巡检模式中,需要配备一定数量的巡检人员,这不仅增加了企业的运营成本,还增加了人员管理的复杂性。而智能巡检机器人可以替代大部分的人工巡检工作,减少了对人力的需求,从而降低了人力成本。同时,由于机器人可以承担高风险的巡检任务,也减轻了工作人员的劳动强度,使他们能够将精力集中在更为复杂和需要专业判断的任务上。

再者,智能巡检机器人的应用显著提升了安全水平。在铁路10kV配电室这样的高压环境中,人工巡检存在触电和高空坠落等安全风险。智能巡检机器人通过远程控制和自动化技术,避免了人员直接接触高压设备,从而消除了这些潜在的安全隐患。此外,机器人在巡检过程中可以配备各种安全防护措施,如防爆、防水等,进一步确保了在恶劣环境下的作业安全。

最后,智能巡检机器人具备实时监测与预警功能。通过搭载先进的传感器和数据处理系统,机器人能够实时监测设备的运行状态,对设备的温度、电流、电压等关键参数进行实时分析。一旦发现异常,机器人可以立即发出预警信号,通知维护人员进行检查和维修。这种实时监测与预警机制大大缩短了故障发现和处理的時間,提高了铁路电力系统的可靠性。

综上所述,智能巡检机器人在铁路10kV配电室的应用具有多方面的优势,包括提高巡检效率、降低人工成本、提升安全水平以及实现实时监测与预警。这些优势不仅优化了铁路电力系统的运行管理,还为铁路运输的安全稳定提供了有力保障。随着技术的不断进步和成本的进一步降低,智能巡检机器人将在铁路电力系统中扮演越来越重要的角色。

4 结论与展望

智能巡检机器人在铁路10kV配电室设备状态监测中的应用,已经显著地提升了铁路电力系统的安全性和可靠性。这些机器人通过运用先进的传感器技术、图像识别技术以及人工智能算法,能够高效地完成对电力设备的定期检查,及时发现潜在的故障和问题,从而避免了可能发生的电力事故。它们不仅提高了巡检工作的效率,还减少了对人工巡检人员的依赖,降

低了人力成本和安全风险。

随着技术的不断进步和应用的深入,未来智能巡检机器人有望实现更加智能化、精细化的巡检。我们可以预见,这些机器人将配备更加先进的传感器和分析工具,能够对电力设备进行更为深入和全面的检测。它们将能够识别更细微的异常情况,并且能够预测设备可能出现的故障,从而提前采取措施进行维护和修理。此外,随着机器学习和大数据分析技术的发展,智能巡检机器人将能够从历史数据中学习,不断优化自身的巡检策略和方法,以适应不断变化的环境和设备状态。

综上所述,智能巡检机器人在铁路电力系统中的应用前景广阔。它们不仅能够为铁路电力系统的稳定运行提供更加坚实的保障,还能够帮助铁路部门实现更加高效和经济的运维管理。随着技术的进一步发展,我们有理由相信,智能巡检机器人将在未来的铁路电力系统中扮演更加重要的角色,成为保障铁路运输安全和效率的关键技术之一。

参考文献

- [1]王少博.变电站智能机器人巡检系统的研究与应用[D].华北电力大学[2025-05-01].DOI:CNKI:CDMD:2.1016.278926.
- [2]陈志颖.铁路设备房屋机器人巡检系统安全研究与应用[J].铁道标准设计,2021.DOI:10.13238/j.issn.1004-2954.202004090001.
- [3]蒋体浩,李月芹.智能机器人在变电站巡检系统中的应用[J].电子世界,2016(18):2.DOI:CNKI:SUN:EL EW.0.2016-18-069.

作者简介:刘天超;198508;男;汉族;河北省邯郸市;大学本科;工程师;铁路供电;北京局集团有限公司石家庄供电段

李铁;198806;男;汉族;河北省邯郸市;大学本科;工程师;铁路供电;北京局集团有限公司石家庄供电段

姓名:杜慧军(出生年月-1987年2月);性别:男;民族:汉;籍贯山西忻州(省市);学历:大学本科;职称:工程师;研究方向:铁路供电;单位:中国铁路北京局集团公司石家庄供电段

张乐乐;1989年3月;男;汉族;河北省石家庄市;硕士研究生;工程师;铁道供电;北京局集团有限公司石家庄供电段

武国龙;19880724;男;满族;河北省秦皇岛市青龙满族自治县;硕士研究生;高级工程师;电力系统及其自动化;北京铁路局集团有限公司石家庄供电段;