

变电站智能巡检机器人应用分析

张飞

广西职业技术学院, 广西 南宁 530226

DOI: 10.61369/ERA.12269

摘 要 : 变电站的主要任务便是为人们提供优质电能服务, 而做好变电巡视工作则可以更好地确保电力系统运行的稳定性和可靠性。机器人代表了21世纪科学与文明的前沿成果, 对于优化变电站的巡查工作起到了巨大的推动作用, 它可以明显地增强变电站巡查的效率和安全性。目前, 我国变电站已经逐步将机器人应用于巡检工作中, 并取得了一定成效。因此, 为了提高变电站的巡检品质, 变电站在其巡检任务中应更多地采用机器人技术。

关 键 词 : 变电站智能; 巡检机器人; 应用

Application Analysis of Intelligent Inspection Robot in Substation

Zhang Fei

Guangxi Vocational and Technical College, Nanning, Guangxi 530226

Abstract: The main task of a substation is to provide high-quality electric energy services to people, and doing a good job in substation inspection can better ensure the stability and reliability of power system operation. Robots represent the cutting-edge achievements of science and civilization in the 21st century, and they have played a huge role in optimizing the inspection work of substations. They can significantly enhance the efficiency and safety of substation inspections. Currently, China's substations have gradually applied robots to inspection work and achieved certain results. Therefore, to improve the quality of substation inspections, substations should adopt more robot technology in their inspection tasks.

Keywords: smart substation; inspection robot; application

在目前的电力系统运营中, 传统的以人工巡查为核心的方法很难实现预期的巡查效果, 有时由于人为的管理失误, 可能会带来更多的风险, 导致得不偿失的结果。变电站机器人智能巡检系统主要聚焦于能源流、业务流、数据流等多个领域的强化建设。根据该系统的具体结构, 它能够实现数据的采集、分析和处理等功能, 进一步提高了变电站巡检任务的管理效率。

一、智能巡检机器人的系统架构

智能巡检机器人拥有众多核心技术, 其中仿生机构的应用尤为广泛, 机械关节数量众多, 其结构相当复杂, 体积偏大, 因此其运动控制的难度也相对较高。目前, 随着科学技术水平不断发展, 人们对智能巡检机器人的性能提出了更高要求。在智能巡检机器人的控制过程中, 精确的控制是必要的, 但由于机器人和人体的动态特性有所不同, 因此在操作时很容易受到设备的干扰。因此, 在进行智能巡检机器人设计时, 需综合考虑这些因素。针对这一点, 智能巡检机器人应当拥有小巧的体积和高度的灵活性, 以确保满足使用标准^[1]。

(一) 控制模块

电力产业具有其独特性, 智能巡检机器人所处的应用场景相当复杂, 因此对其控制系统的标准也相对较高。随着科学技术水平不断提升, 智能巡检机器人技术得到了快速发展, 逐渐成为电力系统中不可或缺的一部分。在实际应用中, 智能巡检机器人需要能够成功地越过各种障碍, 这也构成了当前研究领域的一个关键议题。鉴于巡检机器人所处的应用环境相当复杂, 并且存在多

种不同类型的障碍物, 因此在障碍物跨越设计阶段, 必须进行合理的运动规划以确保机器人能够准确地运行。

(二) 导航模块

由于智能巡检机器人通常在自然环境中运行, 它们很可能会受到磁场和强电的干扰。如果没有安装合适的导航系统, 将很容易出现故障, 甚至无法正常运行, 对企业和国家造成巨大经济损失。因此, 应当对导航系统中的传感器进行严格的监控。利用视觉导航技术, 能够扩展机器人的探索能力, 提高探索的准确性, 从而在最短的时间里完成信息的收集。此外, 通过设计模块中的电磁传感器, 还可以优化巡检线路^[2]。

(三) 检测模块

在进行线路故障检测时, 智能巡检机器人通常处于离线状态, 因此不能进行实时的故障检测。随着电网建设和运行规模的不断扩大, 线路故障发生频率越来越高, 严重影响了电力系统安全稳定运行。为了确保智能巡检机器人在各种环境下都能满足故障检测的标准, 在智能巡检机器人上采用了实时检测技术, 并根据具体的需求开发了在线线路损伤和断股故障的检测方法。

二、变电站智能巡检机器人的优势

（一）检查的频率是有保证的

智能检测机器人所使用的检测工具不会受到时间、人手等外部因素的制约。在进行现场作业时，可以通过计算机或网络远程监控，实现无人值守。对于指定的检查点，必须遵循既定的时间和路径，利用可见光与红外线进行检测，确保每个检查点都能准时到达。

（二）检查是高质量的

智能巡逻机器人具备捕捉可见光图像的能力，能够在巡逻点准确识别读数，并自动报告读数超出了设定的上限。捕捉设备外部的可视照片，并把这些照片发送到遥远的有人居住的地方；对于瓷瓶内部出现的如裂痕、油液泄漏等逐渐恶化的缺陷，进行了手工鉴别和精确定位。该系统能探测出可能存在危险的物体，并且能及时报警^[3]。该设备的热部件红外检测功能能够自动识别温度超出标准并及时发出警告。

（三）可以对单个部件进行连续检查

在设备遭遇重大故障的情况下，智能控制机器人能够对出现故障的部分进行持续的监视。在这种情况下，如果一个零件的某个部位存在缺陷，那么它就会导致整个系统失效。如果这些缺陷持续恶化，负责操作和维护的工作人员会立刻收到警告，并会被要求纠正这些问题。依赖人工进行控制是相当困难的。

（四）检查可以在不适合进行人员检查的地点进行

在变电站执行灭弧操作之后，SF₆气体的高度毒性会被释放出来。为了保证工作人员安全，必须对断路器内部发生故障时的情况及时掌握。在这个阶段，智能巡逻机器人具备进入故障区域进行摄影和上传照片的能力，这将帮助相关的工作人员更好地了解现场的情况，并采取适当的补救措施^[4]。

三、智能巡检机器人应用提升措施

（一）激光传感器的选择

在对机器人进行研究和设计的过程中，三维激光传感器被优先考虑，目的是降低环境变量对巡逻机器人定位准确性的不良影响。为了保证巡逻机器人能够快速、准确地完成任务，需要采用合适的定位系统。激光传感器作为巡逻机器人绘图和导航系统的关键组件，其主要功能是测量机器人环境中物体与传感器中心的相对距离。因此，提高激光测距系统精度，可以保证巡检机器人能准确、可靠地进行测量任务。但是，在与外界环境互动的过程中，外部环境中的各种元素必须对传感器产生直接或间接的影响，这进一步会影响传感器在确定距离时的实际表现。为了提高机器人系统的可靠性，需要采用一种新方法来估计障碍物的位置。在利用3d激光传感器进行定位和导航的过程中，生成了三维空间的 $\pm 30^\circ$ 纵向数据，并最终确保了数据特征点的三维立体3d数据的完整性和计算能力。这种方法能够有效消除由环境因素引起的误差^[5]。尽管机器人的轮胎可能出现轻微的磨损和环境的轻微变化，但背景算法仍然可以有效地补偿这些变化对巡逻机器人导

航和定位能力的不良影响。

（二）轮胎的选择

因此，在挑选巡逻机器人所需的设备时，必须深度思考轮胎故障可能对机器人的导航和定位造成的隐患，首选是空心或实心轮胎，并努力减少使用充气轮胎的情况。为了保证工作人员安全，必须对断路器内部发生故障时的情况及时掌握。此外，还需要重视轮胎损伤可能带来的潜在安全风险^[6]。此外，由于轮胎具有较大的惯性，且不容易拆卸更换，所以应避免使用普通橡胶轮作为机器人车轮。在使用轮胎的过程中，如果传感器机器人的轮胎压力发生变化，机器人可能会因为位置偏移而被完全拔出。因此，要保证机器人可以安全工作，就必须提高其稳定性，防止轮胎破损后造成危险。为了保证机器人能够正常运行并准确完成任务，必须及时进行维护和保养，确保其保持在良好的状态。对于车轮有明显磨损或破损的车辆来说，可采用将轮胎直接放入车厢中进行修理或更换等方法^[7]。使用实心轮胎后，应根据轮胎在转弯时的磨损程度，定期更换机器人轮胎，以避免轮胎磨损导致的位置偏差、自动装载故障和脱轨。

（三）驱动方式的选择

通过与现有的多机器人驱动模式进行比较，并结合实地操作，发现该机器人在控制四轮驱动时，特别是在实地操作中，轮胎的磨损对机器人的定位起到了直接的控制作用。

（四）数据传输的安全性

当前各变电站巡逻机器人监控系统和后台移动巡逻机器人均通过独立建设无线基站无线传输巡逻数据。巡检机器人的功能是对现场进行巡视和记录，同时能够实时采集环境信息并将数据传输给后台的智能控制系统，为电网管理提供可靠的基础数据支持。然而，机器人所依赖的无线网络是专为Wi-Fi设计的，这并不满足电力系统内部网络数据访问的安全标准。另外，由于巡检人员是在室内进行作业，需要对环境中的温湿度等信息实时监测，这就造成了数据传输量非常大，导致巡检效率低下，成本过高。由于pawl机器人系统的存在，机器人的数据始终被视为一个单独的系统。例如，红外温度测量和电表的承认等，这些数据并不能直接与PMS生产管理系统连接，因此它们之间无法进行数据的交流和分享。巡逻机器人有能力通过一个私密的无线网络进行数据传输，该网络由1.8 g的一个芯片进行加密，并且机器人的核心监测数据能够与一个内置的网络数据平台进行连接。

（五）续航能力

智能检测机器人的电池充电周期是8小时，而在满载状态下，它仅能连续运行6小时。因此，它不能长时间使用。为了确保在特定情境下对单一设备的连续性检查，检查时间不应超出6小时，并且也不应达到实际操作的标准。为此，设计了一种新型的基于单片机控制的便携式智能巡检机器人。智能巡逻机器人的电池容量能够从1000瓦/小时提升至2000瓦/小时，这有助于延长其使用寿命。采用低能量密度电池能保证它长时间运行。利用具有高倍增率的可充电电池来加速充电过程^[8]。

（六）定位频繁

智能巡逻机器人采用地图定位模式，即捕捉环境的实时照

片,并将其与预先录制的地图图像进行对比,以确定机器人的位置。当发现某个目标时,通过对这些位置数据进行分析计算得到其移动速度和方向等信息。由于算法误差的累积,智能巡逻机器人经常不能在特定的巡逻点进行定位,这导致机器人需要不断地迁移,直到电池完全耗尽。因此,维修经营者和管理者需要推动手动机器人返回房间进行充电和重启操作。当用户进入室内时,由于室内环境复杂而难以找到目标区域,从而导致不能及时定位到目标地点。面对这样的场景,需要对站点的故障流程进行调整,以提升定位地图的整体品质。地图上的固定点是为了定位那些不应该存在的草坪或其他植物,因为这些植物、草坪以及它们的不断变化,使得实时的图像定位与智能巡逻机器人存储的信用卡不匹配,从而导致定位失败。因此,必须对定位结果进行修正。为了解决因环境相似性单调导致的定位问题,可以在出现故障的区域展示一个标识符,这样可以避免因图像过于相似而引发的定位问题。为了减少错误定位结果,建议将导航路线与障碍进行比较并计算出距离值。定位是通过高精度的北斗系统或者 GPS 设备来完成的。

（七）机器人巡视盲区问题

由于电气安全距离、设备空间布局以及重心控制的多重因素,机器人无法灵活地调整其高度和飞行轨迹,仅能在预定的路径上执行巡逻任务。如果各种设备被隐藏起来,那么在道路上可能会出现难以察觉的巡逻点,即所谓的死点。因此,必须采用特殊的技术来解决这个问题,即利用摄像头对盲区进行实时监测,并根据检测结果自动开启或关闭摄像机,从而实现无人值守变电站内的巡视工作。现阶段,智能巡逻机器人在变电站的盲点情况通常不超过10%。智能巡检机器人能够探测并消除障碍物,但其盲区范围是有限的。通过调整反射面和改变仪表面板的倾斜角度,能够进一步减少盲点出现的概率。智能巡检机器人能对变电站内所有电气设备进行全方位的监控,能够及时发现设备隐患并报警。智能检测机器人的盲区需要通过人为手段来识别,但这种机器人尚未实现这一目标^[9]。

（八）红外测温技术

该机器人配备了红外热成像仪,能够进行设备的红外温度测量。由于该系统在高温环境下工作,因此必须保证温度测量精度。为确保不受环境温度的影响,需要在初期对测温设备进行人工圈图的标定工作。人工圈图存在着一定程度上的偏差,导致框线图不准确或出现错误结果。人工绘制地图的过程消耗了大量的时间进行调试,并且随着机器人的逐渐移动,其导航和定位的误差以及云台的误差都会对框图的位置精确度产生影响。针对上述难题,提出一种基于机器视觉的变电站智能巡检方法,通过图像采集、处理分析等步骤完成对电力设备的自动识别和检测,并利用图像处理算法校正框图的偏移量。大立科技成功开发了一种变电站设备的自动匹配和识别技术,该技术有效地解决了框图偏移的问题。然而,这需要设备与周围环境的温度有较大的差异,因此一般推荐在夜间进行红外温度测量。为保证变电站安全稳定运行,必须对红外测温结果进行准确判定,以实现精准告警。在红外温度测量技术领域,除了需要进一步提升红外测温的分辨能力、增强自动对焦和自动调整温度范围之外,还需研发红外温度测量的框图自动校正技术和基于红外线的设备识别技术,以消除环境温度的影响,从而提高警报的准确度^[10]。

四、结束语

伴随着现代科技的不断进步,智能巡检机器人技术已经得到了全面的完善和优化。当这种技术被应用于变电站的巡检任务时,不仅能显著减轻运维人员的工作负担,还能提高巡检工作的质量和效率。特别是在一些高风险和特殊任务中,智能巡检机器人的使用可以有效地减少人身伤害事故的发生。另外,由于智能巡检机器人具有智能化、人性化以及自动化等特点,不仅能够减轻运维人员的工作量,还能提高工作效率。因此,在变电站的运维管理中,应用智能巡检机器人将成为一个关键的发展趋势。

参考文献

- [1] 黄宇昊. 智能巡检机器人在变电站中的应用分析 [J]. 现代工程科技, 2023, 2(24): 94-97.
- [2] 林兴. 变电站巡检机器人智能导航系统的应用研究 [D]. 湖北: 华中科技大学, 2021.
- [3] 张旭刚. 500kV 变电站智能巡检机器人系统的研究与应用 [D]. 江西: 南昌大学, 2021.
- [4] 郭洪杰. 智能巡检机器人在变电站中的应用研究 [J]. 电力设备管理, 2022(16): 119-121.
- [5] 张培. 智能变电站巡检机器人的应用 [J]. 现代制造技术与装备, 2022, 58(6): 222-224.
- [6] 黄学禹. 变电站智能巡检机器人的应用研究 [D]. 广东: 广东工业大学, 2020.
- [7] 刘刚. 变电站智能机器人巡检系统的应用研究 [J]. 电力设备管理, 2022(24): 303-306.
- [8] 黄涛. 智能巡检机器人在变电站运维工作中的应用 [J]. 光源与照明, 2021(4): 80-81.
- [9] 李建华, 丁伟, 张博. 智能巡检机器人在变电站运维管理中的应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(9): 153-154.
- [10] 王滔钧, 薛彦冰. 智能巡检机器人在变电站的应用 [J]. 电力系统装备, 2021(16): 88-89.