

Review of Electric Power Inspection Robot

Weili Li Xiaohong Xing Shengnan Gao Ying Yin

Nanhang Jincheng College, Nanjing, Jiangsu, 211100, China

Abstract

Electric power inspection robot integrates many technologies such as mobile navigation technology, infrared imaging technology and multi-sensor fusion technology. At the same time, with the progress of artificial intelligence technology, its intelligence level is also improving. Electric power inspection robot is an important technology for building smart grid and the development trend of smart grid in the future. By comparing with the traditional inspection methods, this paper highlights the advantages of inspection robot. According to the development status and key technology analysis of power inspection robot, its development trend is judged.

Keywords

inspection robot; smart grid; trend

电力巡检机器人的研究综述

李卫丽 邢晓红 高胜南 殷英

南京航空航天大学金城学院, 中国 · 江苏 南京 211100

摘要

电力巡检机器人融合了移动导航、红外成像、多传感融合等多项技术, 同时伴随着人工智能技术的进步, 其智能化水平也不断提高。电力巡检机器人是建设智能电网的重要技术, 是未来智能电网发展的趋势。论文通过与传统巡检手段的对比, 凸显了巡检机器人的优势, 并分析了电力巡检机器人的发展现状和关键技术, 对其发展趋势进行了判断。

关键词

巡检机器人; 智能电网; 趋势

1 引言

在绿色节能意识的驱动下, 智能电网(即电网 2.0)成为世界各国竞相发展的一个重点领域, 并随着人工智能、通信技术、传感与测试技术等学科的不断创新发展, 智能电网也在不断向前发展。电力巡检机器人是智能电网建设中的重要组成部分。当前电力公司仍采用的是人工巡检即看、听、闻等方式, 查验和记录电力设备的运行状态。这种传统的巡检方式, 人力成本高、巡检手段单一且强依赖巡检人员的熟练程度和经验, 此外受天气影响较大, 数据管理也不统一, 给管理和维护也带来了不小的负担, 逐渐无法满足准确、实时及高频次的巡检需求^[1]。

2 国际上的发展现状

随着各国老龄化问题的日益严峻, 各行各业都在研究通过机器人来代替人们执行繁重、工作环境恶劣等情况下的相关工作, 电力巡检行业也不例外。近些年, 世界各国在电力

巡检机器人行业不断增加投入, 现在已有越来越多的无人值守变电站投入使用^[2]。

电力机器人技术是一个相对较新的技术领域, 结合了应用工程、制造工程以及知识工程, 随着巡检机器人在电力系统中的不断应用, 电力系统的安全稳定运行得到提高。

电力巡检机器人的早期研究主要集中在日本、美国等国家^[3]。早在 1980 年, 日本就开始将移动机器人应用于变电站中, 采用磁导航方式, 搭载红外热像仪, 对 154~275kV 变电站的设备致热缺陷进行检测。在 20 世纪 80 年代末, 日本研制出了地下管道监控机器人, 以监测 275kV 地下管网内的温湿度、水位、甲烷、声音、超声、彩色视频图像等。到 90 年代, 日本又研制出涡轮叶片巡检机器人、配电线路检修机器人等应用于不同场景的巡检机器人。2008 年, 巴西学者设计了一种配备 Wi-Fi 和红外热像仪的高空滑行变电站巡检机器人, 对变电站电力设备的致热点进行检测; 美国研发的变电站检测机器人, 能够实现电力设备自动红外检测, 并使用检测天线定位局部放电位置。2013 年, 加拿大研制出了一种检测及操作机器人, 采用 GPS 定位方式, 在 735kV 变电站实现视觉和红外检测, 并能远程执行开关分合操作。新西兰研制的电力巡检机

【作者简介】李卫丽(1985-), 女, 中国河南新密人, 硕士, 工程师, 从事机器人智能、计算机集成技术研究。

机器人,采用GPS定位,具备双向语音交互及激光臂章功能^[4]。

中国对电力巡检机器人的研究开始于20世纪90年代,中国科学院沈阳自动化研究所、武汉大学和中国科学院自动化研究所等单位率先开展了巡检机器人的研究工作,并取得了一系列技术成果,一些关键技术有了突破,证明了机器人巡检的可行性,并为后续研究打下了良好的基础。

中国科学院沈阳自动化研究所面向电力部分的实际需求,在中华人民共和国国家科学技术部“十五”“十一五”863计划、国家电网和南方电网等重点项目支持下,研制了“AApe”系列电力检测与作业机器人系统;解决了500kV超高压环境下机器人机构、自主控制、数据和图像传输、电磁兼容等多项关键技术,该系列机器人也在中国锦州、沈阳、长春、哈尔滨等超高压局及四川省电力公司等用户单位进行了推广应用。该系统由巡检机器人本体和地面基站组成,采用遥控加局部自主相结合的控制方式。该机器人能在500kV输电线路沿线自主行走并跨越防震锤、悬垂金具、压接管等障碍物,其上携带的设备可实现对输电线路、杆塔、线路通道及交叉跨越等设施带电巡检^[5]。

武汉大学研制的两臂巡线机器人可以在输电导线上行走,并跨越防震锤、线夹、压线管等障碍物。

近十年来,电力巡检机器人行业主要由中国引导,其专利、产品数量及应用规模远远超过了其他大洲的数量^[6]。经过多年的市场应用和推广,目前中国电力巡检机器人行业的发展得如火如荼,参与研制电力机器人的企业也越来越多。根据电力巡检机器人的应用场景,目前中国的电力巡检机器人可分为室外巡检机器人、室内巡检机器人、电缆隧道巡检机器人和巡检无人机四大类。图1为中国某公司研制的室外巡检机器人;图2为中国某公司研制的室内巡检机器人;图3是中国某公司研制的电缆隧道巡检机器人;图4是中国某公司研制的巡检无人机在进行输电线路巡检。



图1 室外巡检机器人



图2 室内巡检机器人



图3 电缆隧道巡检机器人



图4 巡检无人机

3 电力巡检机器人的主要技术

3.1 定位导航

目前电力巡检机器人采用的定位导航技术主要有磁导航技术、轨道导航技术、惯性导航技术、GPS导航技术及SLAM导航技术。磁导航和轨道导航技术都需要预装轨道,前期基建工作量大,此外还受制于服役环境,不具有普适性,并且维护成本较高。惯性导航通过获取机器人的位姿和速度信息进行导航,会受到测量装置本身测量误差及打滑、颠簸等因素,会逐渐产生较大的累计误差而造成导航偏移。GPS导航受限于定位精度和电磁干扰,严重制约了其导航的可靠性。目前大多数厂家采用基于激光雷达的即时定位与地图构建(Simultaneous Localization And Mapping, SLAM)技术,获取现场激光点云地图,并利用帧间匹配、回环检测等手段,实现机器人的精确定位和自主运行。此技术无需前期铺设工作,降低了基建成本;同时该技术定位精度较高,且可基于激光地图实现全局最优路径规划,提高巡检效率^[7]。

3.2 图像识别

电力巡检机器人搭载高清可见光相机,利用图像识别技术对拍摄的图像完成设备运行状态的识别与判断。其中用到的主要技术有:基于局部特征匹配的数字表自动定位识别技术和基于虚拟线判定的阀门分合指示识别技术。在识别准确度方面,由于电力设备种类、型号繁多,各厂家通常会针对特殊设备进行识别研究。在数据可靠性方面,部分厂家采用的后台识别方式,这种方式实时性较差,且存在图片丢帧、损坏等风险。现在部分厂家研制的巡检机器人,自主搭载了工控机,可实时识别、处理采集到的图像^[8]。

3.3 红外热成像

电力巡检机器人使用该技术拍摄电力设备的红外图像及实时温度。该技术目前已经比较成熟,各厂家采用的识别技术基本一致。

4 总结和展望

4.1 优势

电力巡检机器人能克服传统人工巡检不能适应复杂场景及多场景操作的要求,同时能7×24h不间断巡检,大大提高了巡检效率,进而为电力系统设备持续稳定运行提供不断的支持。相对于传统的人工巡检,电力巡检机器人的优势主要体现在下面几个方面:

①不受环境因素影响。当前大多变电站处于城市偏远的地方,并且在室外,有些条件及其艰苦,地形崎岖。传统的人工巡检在遇上刮风下雨的情况,巡检人员的安全性极低。电力巡检机器人有较强的防风、防水、防滑等功能,即便在恶劣的天气、地理环境下也能继续巡检的工作。

②能进行高危作业。电力系统中有较多高危的巡检作业,尤其是对高压输电线路的巡检。电力巡检机器人可替代巡检人员进行此类工作,既能有效保障工作人员的安全,又能减少人力、物资的投入,同时保障巡检工作的精确度,进而维护了电力设备的正常运行。

③多功能。电力巡检机器人结合了图像、拾音、红外检测、可见光检测、有毒气体检测等多种功能,通过巡检,可将巡检结果回传至后台管理系统,并综合分析得出检测报告。这不仅提高了巡检的效率及质量,同时还有效解决了巡检结果受到巡检人员经验等影响的问题。

4.2 存在的问题

当前电力巡检机器人存在的主要问题:①智能化程度不高;②基建和维护工作量较大;③成本较高。综合上述,目前在电力巡检的实际工作中,巡检机器人只能取代工人完成部分工作,普及率还有待继续提高。

4.3 发展趋势

电力巡检机器人未来发展的主要趋势如下:

①导航技术优化:随着视觉导航技术、SLAM 技术等不断优化以及工控机性能的提升,实现高精度定位将是未来巡检机器人的重要发展方向。利用此项技术优化巡检线路,提高巡检效率。

②多传感器融合:随着线路故障探测方法的不断发展成熟,未来巡检机器人会融合更多传感器,提高线路故障的诊断率,提升巡检效率。

③带电操作自动化:随着自动化、智能化的发展,巡检机器人可以执行越来越多的任务,尤其对于危险系数较高的带电作业,巡检机器人将会凸显其价值。

5 结语

电力巡检机器人可以代替人工执行各种电力设备的巡检,极大地降低了人力成本及巡检人员的风险。此外,借助于其上搭载的各种传感器、先进设备,电力巡检机器人可以完成越来越多的巡检工作,极大地提升了巡检效率与巡检质量,为维护电力设备的正常稳定运行将发挥越来越重要的作用。论文主要对电力巡检机器人的现状进行了研究并进行概述,同时针对当前存在的问题及发展趋势做了分析。未来得益于智能电力巡检机器人,越来越多的无人值守变电站将投入使用,进而推动智能电网的建设与发展。

参考文献

- [1] 杨旭东,黄玉柱,李继刚,等.变电站巡检机器人研究现状综述[J].山东电力技术,2015,42(1):30-34.
- [2] 黄山,吴振升,任志刚,等.电力智能巡检机器人研究综述[J].电测与仪表,2020,57(2):26-38.
- [3] 刘元林,梅晨,唐庆菊,等.红外热成像检测技术研究现状及发展趋势[J].机械设计与制造,2015(6):260-262.
- [4] 李祥,崔昊杨,曾俊冬,等.变电站智能机器人及其研究展望[J].上海电力学院学报,2017,33(1):15-19.
- [5] 田维青.电力机器人技术在电网中的应用研究[J].应用能源技术,2019(6):44-46.
- [6] 石伟,卢高庆,袁顺刚.电力机器人技术在电网中的应用研究[J].电力设备管理,2021(2):38-39+52.
- [7] 张成巍,岳湘.智能巡检机器人研究现状与发展趋势[J].电工文摘,2015(1):9-12.
- [8] 徐国华,谭民.移动机器人的发展现状及其趋势[J].机器人技术与应用,2001(3):7-14.