

基于云平台的机房远程智能化

Research on Remote Intelligent Inspection of Computer
Rooms Based on Cloud Platform

巡检研究

金娟¹,任晓林²,张静¹,刘颖¹(1. 中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司,四川 成都 610000;2. 国网西藏电力有限公司,西藏 拉萨 850000)

Jin Juan¹,Ren Xiaolin²,Zhang Jing¹,Liu Ying¹(1. Southwest Electric Power Design Institute Co.,Ltd. of China Power Engineering Consulting Group,Chengdu 610000,China;2. State Grid Xizang Electric Power Company Limited,Lhasa 850000,China)

摘要:

随着新型电力系统的建设,变电站运维工作难度变大。对于站内二次及通信机房,现有方案无法直观地对机房内机柜中的各种设备进行视频巡视,更无法采用人工智能视觉识别技术实现智能化运维。针对此问题进行了深入分析,提出机房远程智能巡检系统的整体架构、硬件组成、软件应用功能等,并分析智能门锁与自动开关门、机柜与挂轨机器人的自主导航和定点定位等关键性技术,通过远程控制、智能机柜系统、智能门锁系统、智能巡检机器人、云算法平台等方式实现机房内设备的高效、智能、安全管理,大幅提升机房管理的智能化水平。

关键词:

远程智能巡检;巡检机器人;智能门锁;自动门机;
智能机柜

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.07.015

文章编号:1007-3043(2026)07-0083-06

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

With the construction of the new power system, the difficulty of substation operation and maintenance work has increased. For the scheme for secondary and communication computer rooms within the substation, it is impossible to conduct intuitive video inspections of various devices in the cabinets of the computer room. Moreover, it is even more impossible to achieve intelligent operation and maintenance by using artificial intelligence visual recognition technology. An in-depth analysis is conducted for this problem, and the overall architecture, hardware composition, software application functions, etc. of the remote intelligent inspection system for the computer room are proposed. The key technologies such as intelligent door locks and automatic door opening and closing, as well as the autonomous navigation and fixed-point positioning of the cabinet and the rail-mounted inspection robot are analyzed. Through means such as remote control, intelligent cabinet system, intelligent door lock system, intelligent inspection robot, and cloud algorithm platform, efficient, intelligent, and safe management of the equipment in the computer room is realized, which greatly improves the intelligent level of computer room management.

Keywords:

Remote intelligent inspection; Inspection robot; Intelligent door lock; Automatic door operator; Intelligent cabinet

引用格式:金娟,任晓林,张静,等. 基于云平台的机房远程智能化巡检研究[J]. 邮电设计技术,2026(7):83-88.

0 引言

随着现代工业的迅猛发展,电网的安全可靠运行成为了国家能源战略的核心。变电站作为电网系统的关键节点,其安全生产直接关系到整个电网的安全与效率。然而,传统人力巡检方式在面对变电站运维

需求时,效率低下且成本高昂,同时存在着安全隐患。尽管当前变电站已借助视频、巡检机器人、无人机等技术提升了户外区域设备的智能化巡检水平,但对二次及通信机房的设备巡检仍显不足,目前也仅仅监视机房状况、人员出入等,巡检颗粒度太大,无法直观地对机房内机柜中各种有源、无源的设备状态、温湿度、资产管控、机柜利用率等进行视频巡视,更无法采用人工智能视觉识别技术实现智能化运维。本文通过

收稿日期:2026-06-25

研究基于云平台的机房远程智能巡检系统,通过集成远程控制、智能机柜、智能锁体、巡检机器人及云算法平台,实现对机房内机柜门的远程开关控制,结合巡检机器人实现对机房设备的高效、智能、安全管理。该系统旨在突破传统巡检局限,提供全方位、无死角的监测,降低运维成本,大幅提升机房管理的智能化水平,为电网的安全可靠运行提供坚实保障。

1 智能化巡检需求分析

传统的运维方式主要依赖人工进行的周期性检查,检查人员需手动记录各项检查内容及状况至纸质表单,并在检查结束后,将这些纸质记录转录至电子表格中。在电力系统中,众多变电站位于偏远地带,尤其是诸如西藏、新疆等偏远区域,前往距离较远的变电站往往需要数日行程,这无疑增加了对各机房的管理难度。鉴于此,传统检查手段的局限性在电力通信运维管理中逐渐显现。

1.1 信息化规模扩大,机房设备故障及安全隐患日渐增多

随着电力信息化的推进,通信信息系统数量激增,配套环境设备亦随之增多,通信信息机房已成为电力公司的关键资产。机房内的供配电、UPS、空调、消防、环境监测及保安等设备,需持续为信息通信系统提供稳定的运行环境。任何机房环境设备的故障都将直接影响信息通信系统的运作,减低数据传输、存储及系统运行的可靠性,一旦系统崩溃,将造成难以估量的经济损失。

1.2 传统人工巡检效率低,历史故障数据分析缺乏数据积累

传统的机房巡视周期长且存在长时间的间断期,同时巡检员需手工记录设备状态,再录入电子表格,流程冗长且易出错。数据上传的及时性和真实性受人工因素影响大,错漏频现,数据价值大打折扣。此外,人工巡检机动性差,难以迅速响应特殊巡检需求,尤其电力系统变电站分布广泛,巡检时效更低。

此外,机房巡检中发现的问题通常会采用纸质的方式进行记录,缺乏数据化积累,故障排查、巡视监控点分析完全凭借人员经验,缺乏智库方面的积累与决策支持。

1.3 机房运维的高实时性要求

电力通信机房的巡检工作不能仅仅满足于完成周期性任务,而应致力于提高监测的实时性。这种实

时性的精髓,在机房运维工作中具体展现为全面无遗漏的巡检覆盖与迅速灵敏的响应能力。这要求所有机房的巡检任务不仅要能够同步推进,还必须具备随时启动、灵活应变的巡检机制。通过精准且实时地监测各机房内的各个通信系统的运行状态,为运维指挥决策提供坚实可靠、富有洞察力的数据支撑与决策依据。

1.4 机房运维智能化

理想的机房运维应实现巡检数据的实时准确采集、上传、处理及系统状态自动反馈,大幅减少人工操作,确保数据的及时性与真实性。在此基础上,智能化运维不应局限于日常系统状态记录,而应基于历史数据,结合经验与科学方法,进行多手段信息呈现与多因素综合分析,实现对系统运行状态的预测性判断。而当前,电力通信机房只有部分有源设备能将状态信号实时送回监控系统,运维人员仅能获取设备的告警或基本信息,无法掌握机房其他设备、整体机房状态及机柜状态,智能化运维更是无从谈起。

2 系统总体架构

系统采用模块化和结构化的层级架构设计,包含数据支撑层、数据采集层、功能应用层及用户展示层4个核心部分。系统整体架构如图1所示。

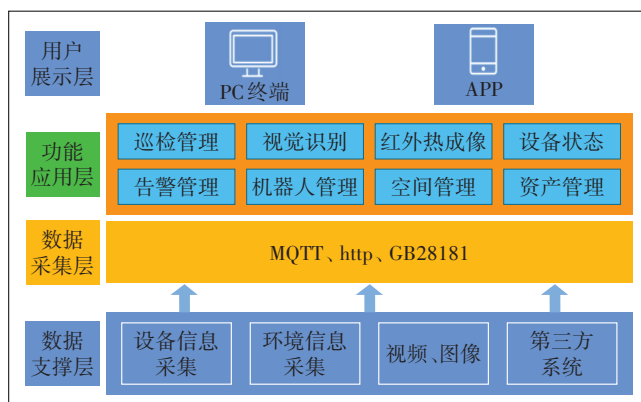


图1 系统架构

数据支撑层作为系统基础,负责全面采集巡检数据,包括设备信息、环境参数、设备视频与图像。这些数据主要由机器人与智能机柜协同采集。通过对机房内机柜门的远程开关控制,结合巡检机器人,获取柜内的设备状态,通过远程视频的方式以及智能机柜内部的传感器,全面完成巡检数据的采集。同时,也可对接第三方业务系统数据,为系统提供丰富准确的

数据源。

数据采集层通过先进的技术,实现采集的智能设备运行及巡视数据和第三方系统数据的互通,并将数据进行细致清洗、处理与关联,确保数据的准确性、一致性与完整性。

功能应用层是系统管理的核心,具备数据处理与决策能力。通过实时获取设备状态信息,快速响应并调整设备工作状态,确保任务顺利执行。同时,对数据进行深度分析,支持智能化运维。

用户展示层作为系统与用户交互的窗口,通过PC终端、APP等渠道直观展示业务信息与数据。用户可查看系统状态与数据,并通过这些渠道与系统进行交互,实现信息传达与任务执行,提升用户体验与工作效率。

3 系统设备组成

系统前端主要由智能机柜和巡检机器人组成,后端系统平台由数据库、应用集成、前端服务组件、应用终端等构成。

智能机柜包括智能门锁、智能传感器、U位控制器、自动探测灭火装置等。本系统采用挂轨机器人,在机房内设置轨道,将机器人定位在具体巡检目标位置后,远程智能巡检系统在确保机房环境安全的情况下,远程控制机柜门打开,挂轨机器人下降,对机柜内设备进行远程视频巡视,并通过图像、数据等方式将数据回传至智能巡检平台。

3.1 智能机柜

3.1.1 自动开关门原理

机柜采用一种自动门机,并接入远程智能巡检系统,其基本的工作原理如下(见图2)。

a) 在机柜上安装自动门机,自动门机上含有直流电机、齿轮箱、摇臂连杆以及通信模块。

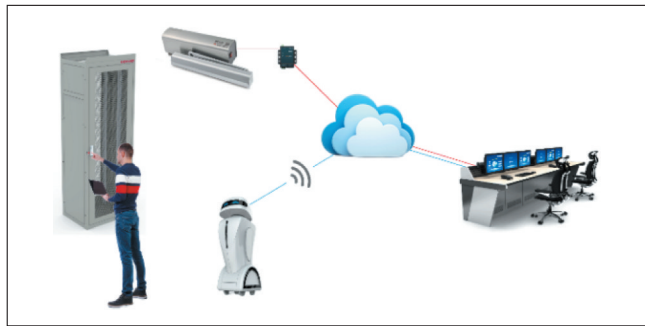


图2 自动门机的工作原理示意

b) 远程智能巡检系统可以同自动门机的485接口连接,从而实现对自动门机的开关门等控制的远程操作。

c) 当巡检机器人来到机柜前固定距离时,自动识别机柜的编号,并向系统发送开关门等操作指令,则对应的机柜门可实现自动开关,从而完成巡视机器人的巡视工作。

d) 同时,机柜门上也加装开关,当人工巡视时,可以使用开关来打开机柜门^[1-5]。

3.1.2 自动门机工作流程

如图3所示,自动门机的内部主要包含纯铜变压器、无刷直流电机、金属齿轮变速箱、精密转轴以及先进的微电脑控制系统。

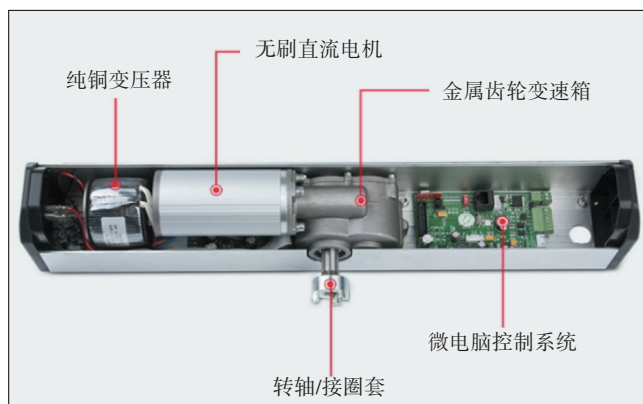


图3 内部设计结构示意图

纯铜变压器以其导电性能和稳定性,确保了门机运行过程中的电力供应稳定可靠;无刷直流电机噪声低、效率高,可提供强劲平稳的动力;金属齿轮变速箱采用高强度材料,确保齿轮精密咬合,实现门体的快速响应和平稳运行;精密转轴作为传动系统的核心部件,经过精细加工和严格测试,能保证门体开合的精准度和耐用性;先进的微电脑控制系统作为整个门机的“大脑”,负责指令接收、数据处理及部件协同控制。

自动门机工作的主流程为:开门—开门缓冲—到位保持—关门—关门缓冲—锁门,具体如下。

来自外部设备的开门信号触发开门机工作—电磁锁断电—开门(开门速度分为1~12档,可调节)—开门刹车、缓冲(缓冲速度分为1~10档,可调节)—停止—开门保持(保持时间为1~254 s,可调节)—关门(关门速度分为1~12档,可调节)—关门刹车、缓冲(缓冲速度分为1~10档,可调节)—电磁锁通电—压门闭合,至此一个工作流程结束。

3.2 巡检机器人

挂轨机器人的本体设计结构如图4所示,功能部件如表1所示。

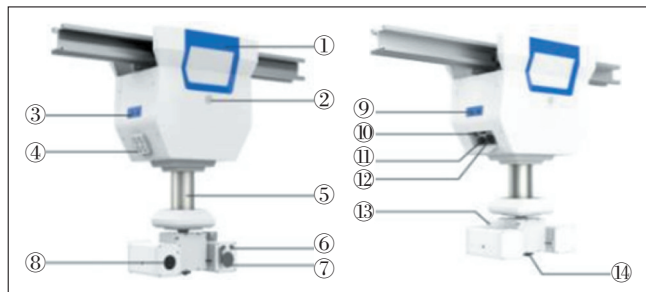


图4 机器人本体设计结构示意图

表1 机器人本体功能部件

序号	名称	序号	名称
1	轨道转弯行走件	8	红外成像仪
2	扬声器	9	超声避障
3	超声避障	10	复位按键
4	有害气体采集孔	11	调试接口
5	伸缩杆	12	网络接口
6	补光灯	13	拾音器
7	高清相机	14	超声避障

该机器人的本体由云台、超声避障、驱动机构和其他辅助设备组成^[6-8]。

3.2.1 云台

云台结构如图5所示。

a) 云台作为支撑设备,用于安装和固定高清及红外摄像机,能实现水平与俯仰方向的转动。

b) 补光灯由可见光矩阵构成,主要用于光线不足环境下的照明。

c) 高清摄像机由光学系统(镜头)、光电转换系统(CCD或CMOS)及电路系统(视频处理电路)3个部分

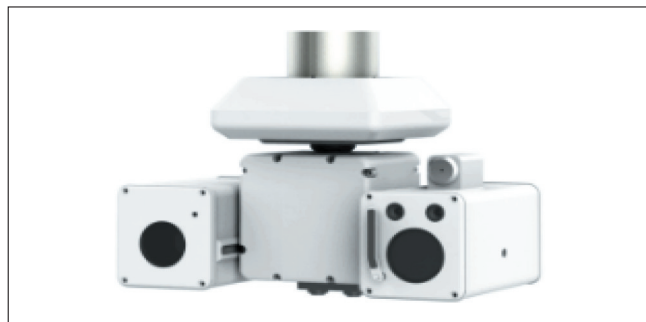


图5 云台

构成,用于巡检过程中拍摄实时视频和巡检点照片。

d) 红外热像仪通过红外探测器与光学成像物镜接收被测物体的红外辐射能量,并将其转换为电信号,经放大处理后输出与被测物体表面热分布相应的热像图,用于巡检过程中的温度检测。

3.2.2 超声波传感器

超声波传感器利用发射探头发射出超声波,超声波在介质中遇到障碍物返回接收装置。超声波传感器通过接收自身发射的超声波反射信号,根据超声波发出及回波接收时间差及传播速度,计算出传播距离,从而得到障碍物到机器人的距离。

3.2.3 机器人供电装置

如图6所示,机器人采用滑触线取电的供电方式。



图6 机器人供电方式

4 关键技术及算法

远程智能巡检系统的关键技术主要涉及2个部分,即智能门锁与自动开关门技术以及机柜与挂轨机器人的自主导航和定点定位技术。

4.1 智能门锁与自动开关门技术

自动开关门技术主要包括无刷直流电机驱动技术、精密传动机构设计、微电脑控制和智能控制算法。

无刷直流电机作为自动开关门的核心动力源,采用电子换向替代机械电刷,基于霍尔传感器检测转子位置,通过三相逆变桥驱动定子绕组产生旋转磁场。采用正弦波驱动技术,效率可达90%以上,较传统有刷电机提升30%。通过脉宽调制(PWM)技术实现1~12档的速度调节(0.1~1.2 m/s),同时内置温度传感器与电流检测,超温/过流时自动停机。传动系统采用“金属齿轮变速箱+摇臂连杆机构”的复合结构,实现了动力传递与运动形式转换,采用高强度铝合金壳体 and 硬度高、韧性好、耐冲击的齿轮,形成双平行四边形

结构的四连杆摇臂,传动比为1:20~1:50,最大开启角度为120°。微电脑控制架构通过PID控制器或者模糊控制,以及霍尔位置传感器、压力传感器等的反馈调整电机速度和缓冲参数,利用S曲线加减速算法,实现平滑启停、多级缓冲控制、防夹保护、紧急开锁、异常报警等。智能门锁与自动开关门控制时序如图7所示。

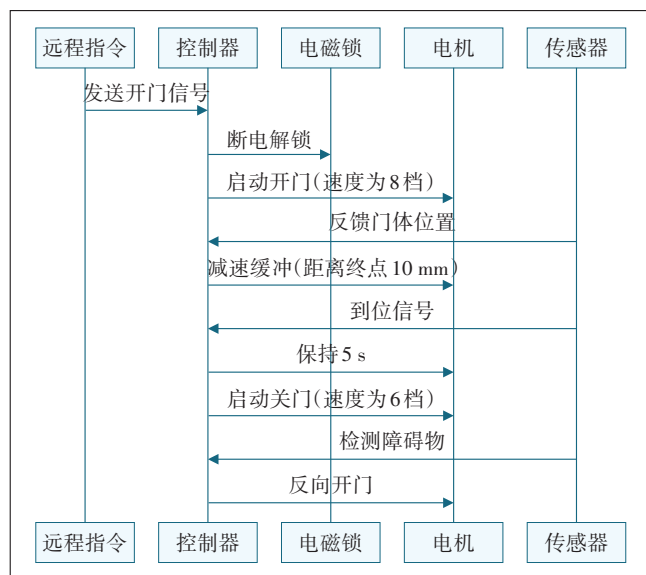


图7 智能门锁与自动开关门控制时序

4.2 机柜与挂轨机器人的自主导航和定点定位技术

自主导航和定点定位技术主要包括环境感知、路径规划、定位技术等。环境感知主要通过激光雷达、摄像头、超声波等传感器来实现。在复杂环境中,需要高精度的传感器来识别障碍物和路径^[9-10]。在导航和定位方面,即时定位和地图构建(SLAM)是核心技术。除了SLAM,还需要绝对定位技术,如UWB(Ultra-Wideband)、RFID或者轨道上的编码器。

4.2.1 激光雷达+视觉+编码器

在智能机柜巡检中,激光雷达用于构建地图,视觉用于识别机柜标签,编码器用于精确里程计算。激光雷达作为主动式遥感设备,通过发射近红外激光束并测量反射信号的时间差实现环境三维建模,其核心性能参数包括测距精度、角度分辨率及帧率。激光雷达主要通过RANSAC算法拟合轨道直线特征,实现毫米级定位基准,采用点云聚类算法(如DBSCAN)实时识别机柜边缘、电缆等障碍物,基于SLAM算法生成带语义标签的三维环境模型。视觉系统采用全局快门摄像头+鱼镜头的组合,实现360°环境覆盖,基于YO-

LOv5的多目标检测算法支持在0.5 s内完成100多个标签的识别^[11-13]。旋转编码器作为机械定位基准,通过二维码基准点自动初始化编码器绝对位置,并基于激光雷达点云匹配检测车轮打滑,修正里程计累积误差。

4.2.2 SLAM与UWB融合定位技术

SLAM技术通过多传感器融合实现移动机器人的自主定位与环境建模。机器人在未知环境中通过传感器实时感知环境特征,同步估计自身位置并构建地图。UWB技术作为一种新型无线通信技术,通过发射纳秒级超短脉冲实现厘米级定位精度^[14-16]。其核心原理为基于飞行时间(Time of Flight, ToF)测距,通过测量信号在发射端与接收端之间的传播时间差计算距离。

在智能机柜巡检场景中,单一技术存在局限性,UWB定位易受金属机柜遮挡的影响,而SLAM依赖连续视觉特征匹配。融合定位方式可结合两者的优势,UWB提供全局绝对坐标基准,SLAM构建局部环境地图并修正短期定位误差,通过联邦滤波(Federated Filter)实现多传感器数据异步融合,提升系统容错性,当UWB信号丢失时,SLAM通过惯性导航(IMU)维持定位连续性;当环境特征缺失时,UWB辅助地图重初始化。

5 系统应用功能

5.1 巡检管理

a) 机柜容积监测:统计机柜空间占用与容量数据,超过阈值时触发报警,保障机柜空间合规高效利用。

b) 环境监测:监控机房温湿度、灰尘、消防设施,确保设备运行条件达标。

c) 设备检查:监测服务器、交换机、路由器等核心设备状态,包括运行状况、指示灯、散热情况,有异常时上传报警。

d) 巡检记录:管理人员可查看巡视结果,包括行进路线、视频及设备状态。

e) 巡检计划:机房管理人员通过平台设定每日巡检次数、时间及特殊情况应对方式,可制定长期自动执行计划^[17]。

5.2 视觉识别

巡检机器人利用机器学习和机器视觉算法,学习机柜指示灯状态,通过摄像头监测变化,异常时通过

平台、短信、邮件通知管理员。

5.3 红外热成像

机器人通过红外热成像模组检测线缆表面温度,可及时发现异常,减少事故。

5.4 机器人管理

可查看基本信息、路线、定点巡检设定、现场使用记录、告警历史以及巡检计划。

5.5 告警管理

根据机房资产等级设置告警方式及临时通知人员,查看历史告警记录。

5.6 机房IT资产管理

通过视觉识别及RFID实现机房IT资产自动检测与统计,与资产管理系统匹配。

5.7 机房空间管理

可查看机柜、机器人数量、管理人员、状态、地图以及访客信息,管理资产。

5.8 可视化展示

a) 资产管理可视化。3D机房场景与实际物理场景对应,通过智能传感设备监测资产数据,实现全方位的数字化管理。

b) 机柜设备可视化。可查看机柜设备摆放、空余机位、详情及动态数据,呈现多角度关键信息。

c) 端口可视化。打开机柜,查看设备面板图及端口链路布线情况,实现机房资产统一管理、联动控制、动态预警。

d) 容量可视化。1:1还原机房场景,应用U位柱状容量可视化效果,动态统计空间使用情况,帮助管理机房容量资源。

e) 告警可视化。基于时间、空间维度集中监控告警,收集识别异常信息及违规操作,迅速定位告警位置,并通过高亮闪烁提醒,可调取监控视频进行分析研判。

6 结束语

随着信息技术的不断发展和普及,机房作为数据存储和处理的核心场所,其重要性日益凸显。各行各业对机房设备的高效、智能、安全管理需求将持续增长。本文对机房远程智能巡检系统的工作方式和技术进行了探讨,通过智能机柜与巡检机器人的智能交互,实现远程可视化监控机柜内设备的运行状态,重点解决了站内二次及通信机房内设备无法实现直观地进行视频巡视和智能化运维的问题。其次,通过智

能巡检系统的智能分析功能,可远程完成对设备资产的管控和盘点,并实时与其他系统共享数据,解决了资源的精细化管理问题。随着技术的不断进步和升级,机房设备管理将向更智能化、自动化的方向发展。

参考文献:

- [1] 徐承亮. 基于PLC的自动门控制系统设计[J]. 信息记录材料, 2023, 24(11): 123-125.
- [2] 雷丽华. 基于PLC控制的自动门系统[J]. 通讯世界, 2019, 26(3): 263-264.
- [3] 葛文爽. 基于PLC与变频器的交流电机调速系统的探究[J]. 电子测试, 2021(5): 117-118.
- [4] 孙立根. IDC机房巡检机器人导航控制系统研究[D]. 徐州: 江苏师范大学, 2024.
- [5] 李贤琴, 姜全福. 采摘机器人识别技术研究: 基于深度图像和计算机网络协同处理[J]. 农机化研究, 2023, 45(3): 241-244.
- [6] 朱雯曦. 基于大数据和无线网络的采摘机器人定位技术研究[J]. 农机化研究, 2025, 47(1): 194-198.
- [7] 郁露. 变电站巡检机器人自主导航关键技术研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2024.
- [8] 孙宇轩. 动态场景下基于视觉的机器人定位导航算法研究[D]. 南京: 东南大学, 2023.
- [9] 贺顿. 基于2D激光雷达的室内移动机器人的建图和导航技术研究[D]. 武汉: 武汉纺织大学, 2024.
- [10] 徐功铭. 基于多传感器数据融合的移动机器人定位建图及导航研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2024.
- [11] 张鑫益. 移动机器人多传感器融合定位与应用[D]. 重庆: 重庆理工大学, 2024.
- [12] 张洪成, 沈忱. 基于无线通信技术的柜门自动开关控制器[J]. 机械工程与自动化, 2017(5): 164-166.
- [13] 曹启武, 徐建新, 徐菲. 基于连杆滑块机构的新半自动柜门开关设计[J]. 天津科技, 2014(4): 8-12.
- [14] 张瑶桐. 智能巡检机器人在变电站运维工作中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(1): 246-247.
- [15] 沈磊. 智能巡检机器人在变电站运维管理中的应用[J]. 现代工程项目管理, 2022, 1(3): 76-78.
- [16] 孙治文. 基于智能巡检机器人的变电站运维系统的研究[J]. 自动化应用, 2023, 64(13): 18-20.
- [17] 赵冬义, 陆爽, 金羽乔, 等. 基于物联网技术的变电站远程监控系统设计[J]. 电子设计工程, 2021, 29(20): 92-95, 100.

作者简介:

金娟, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力系统通信设计工作; 任晓林, 高级工程师, 学士, 主要从事电力系统通信建设和运维工作; 张静, 高级工程师, 学士, 主要从事电力系统通信设计工作; 刘颖, 工程师, 硕士, 主要从事电力系统通信设计工作。