

「机器人」

数据中心智能巡检机器人设计及关键技术研究

文/北京国网信通埃森哲信息技术有限公司 崔 壮 李栋华 刘彦君 康春婷

大力发展机器人技术、推进“机器代替人”，运用数据中心机器人智能巡检，可以有效提高工作运行效率，保障数据中心平稳可靠运行。

随着信息化进程的加快，数据中心作为信息化系统工程建设的心脏，在企业发展的过程中越来越重要。为了保障数据中心的平稳可靠运行，机房巡检成了机房管理人员日常工作的重要组成部分。

从目前来看，大多数的数据中心机房巡检工作主要靠人力现场目视来进行，随着数据中心的规模逐渐扩大，人工巡检的工作量也随之增加。为了提高巡检工作的效率，降低人员投入成本，机房巡检机器人便应运而生。目前巡检机器人在电力行业内仅仅在变电站、高压输电线路等的巡检上有所应用，而在数据中心机房的应用还有待开发。

数据中心巡检现状

以三大运营商为例，一个数据中心机房需要每2~3 h进行一次粗略巡视，以覆盖整个机房的角
度大体巡视机房设备。每4~6 h就需要进行一次细致巡视，巡视内容包含查抄所有表计、指示灯等读数和状态。传统的人工巡检存在如下问题：

(1) 人力挑战问题

① 巡检人员需要频繁在现场巡逻，工作量大。② 需要安排多人轮班巡检，人力成本较高。③ 人工巡检的执行效率较低，制度难以得到准确落实。④ 当出现问题时，需要派人工去现场进行检查，在非工作时间容易造成迟滞。⑤ 运维外包人员的流动性较大，容易对工作造成影响。⑥ 在

一些偏远地区，人员招聘困难。

(2) 设备管理问题

① 巡检人员只能通过目视对通道进行检查，不能贴近设备。② 巡检人员目视对设备的状态灯进行检查，检查量大，容易出现遗漏。③ 人工巡检难以与其他系统实现联动。④ 大型数据中心巡检量大，人员疲劳造成准确度下降。⑤ 很难做到周期性、高频次的准确巡检，特别是在非工作时间。

(3) 环境管理问题

① 环境监控系统平台众多，互不兼容。② 大量的检测传感器部署需要大量的安装工作。③ 目前的传感器基本部署在周围墙体、吊顶上或地板下，远离设备，不能真实地反映设备区“微环境”的参数。④ 各种传感器均为固定布署，维护不善时，容易成为“摆设”。⑤ 一旦发生火灾，电力切断，整体失效。

(4) 资产管理问题

① 现场根据设备表做目视巡检，速度慢，难以做到“经常性”。② 手工登记效率低，不便于管理。③ 设备物理摆放位置需手工做登记，并和资产数据做匹配。④ 设备的出入或位置移动如未及时登记，将造成管理混乱。

数据中心智能巡检机器人设计思路

针对上述问题，本文设计了一套数据中心智能巡检机器人系统，结合目前成熟的激光定位

导航技术、传感器技术、图像识别技术、机器学习技术、无线通信技术等，对数据中心进行定时巡检，识别、存储各种生产设备的位置、运行状态并且做出初步处理，定时收集温度、湿度、洁净度、气流速度等数据中心环境数据，完成对数据中心环境、机柜、蓄电池、动力电源系统以及空调系统等设备进行全方位的移动式立体环境监测、数据联动移动可视化、三维巡检、门禁权限管理、现场管理监控、远程专家协助诊断、声音分析、告警确认等多项检查测试任务，为数据中心运维提供及时有效的数据，实现数据中心的无人化和智能化管理。

1. 总体架构设计

数据中心智能巡检机器人的设计是基于数据中心的实际需求，包括用户管理软件平台、设备管理、环境管理、资产管理、自主定位导航等模块。系统总体架构图如图1所示。

用户管理软件平台：支持系统组件安装、配置和状态管理，可快速扩展应用功能和能力，可实时性监控和调度任务计划，实现多机协同工作，可对系统的计算资源和存储资源进行配置和管理；实时显示移动平台/机器人的状态、位置、速度、到任务站点的时间及距离等信息。数据管理、数据智能分析、人机交互、终端控制及实时监控管理等。

设备管理：支持定时自动启动巡检；实现设备状态灯图像识别；支持检测结果自动上传；实现多系统联动及远程遥控复建。

环境管理：实现对机柜立体温度湿度，移动式火灾信号，移动式空气颗粒物，移动式气体，照度、噪声、磁场以及特殊定制参数等检测。

资产管理：基于RFID或图像识别技术的资产盘点，与资产列表的实时比对、告警等，提供资产管理依据。

自主定位导航：基于前置摄像模块、路径导航存储模块、机器人路径识别模块、机器人行进控制模块，引导巡检机器人按照指定的路线行进。

2. 机器人基本功能设计

基于数据中心巡检机器人的工作环境和巡检工作内容需求，对数据中心巡检机器人进行基本功能设计。

(1) 外观质量

整机外观美观整洁，整机结构坚固，所有连接件、紧固件应有防松措施，电动机、支架等可更换部件应有一一对应的明显标识；外壳表面应有保护涂层或防腐设计，不应有伤痕、毛刺等其他缺陷；外壳应采取必要的防静电及防电磁场干扰措施；外壳和电器部件的外壳均不应带电；机器人本体重量（包括电池）不超过80 kg。

(2) 可见光及红外成像质量

可见光摄像机上传视频分辨率不小于高清1080P；红外摄像头具备自动对焦功能，热成像仪分辨率不低于320×240；红外图像为伪彩显示、可显示影像中温度最高点位置及温度值、具有热图数据。

(3) 运动功能

具备自主导航功能；前后方向和左右方向的重复导航定位误差不大于±10 mm，在1 m/s的运动速度下，最小制动距离不大于0.5 m。

具备防碰撞功能，应具有障碍物检测功能，在行走过程中如遇到障碍物应及时停止，障碍物

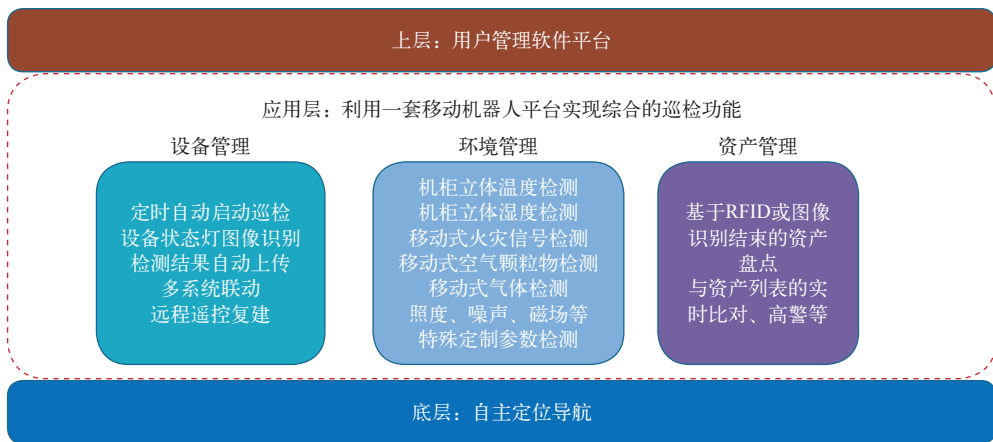


图1 总体架构图

移除后应能恢复行走。

具备越坎能力，最小越障高度为1 cm。

具备过电动门能力。

具备自旋功能。

电池供电一次充电续航能力不小于5 h，续航时间内，机器人应稳定、可靠工作。

应具备俯仰和水平两个旋转自由度：垂直范围 $0^{\circ} \sim +90^{\circ}$ ，水平范围 $+180^{\circ} \sim -180^{\circ}$ ；机器人云台视场范围内始终不受本体任何部位遮挡影响。

(4) 自主充电功能

机器人应具备自主充电功能，电池电量不足时能够自动返回充电桩，能够与充电设备配合完成自主充电。

(5) 对讲与喊话功能

应具备双向语音传输功能。

(6) 巡检方式设置和切换

巡检系统应包括全自主巡检及人工遥控巡检两种功能，全自主巡检又包括例行和特巡两种方式。全自主巡检与人工遥控巡检能自由无缝切换，具体功能如下：①例行巡检与人工遥控巡检切换。支持例行巡检与人工遥控巡检自由无缝切换，切换过程中，智能机器人巡检系统的巡检状态和巡检姿态不发生明显变化。②特巡与人工遥控巡检切换。支持特巡与人工遥控巡检切换，切换过程中，智能机器人巡检系统的巡检状态和巡检姿态不发生明显变化。

机器人在接收到特巡任务命令时，应立即停止正在执行的巡检任务，自动寻找最短路径，以最短时间到达巡检点进行巡检。

具备一键返航功能：不论智能机器人巡检系统处于何种工作状态，只要启动一键返航功能，智能机器人巡检系统应终止当前任务，按预先设定的策略安全返航。

具备链路中断返航功能：不论智能机器人巡检系统处于何种工作状态，只要遥测遥控信号出现中断，智能机器人巡检系统应按预先设定的策略返航。

(7) 自检功能

整机自检项目应至少包含：遥控遥测信号，电池模块、驱动模块、检测设备；以上任一部件（模块）故障，均能在本地监控后台（或）手柄上以明显的声（光）进行报警提示，并能上传故障信息；根据报警提示，能直接确定故障的部件

（或模块）。

(8) 智能巡检及报警

巡检系统应具备以下智能报警功能：

机器人本体故障报警：电池电源、驱动模块、检测设备、遥控遥测信号。

对机房内温湿度、风量等环境参数进行监测、超出阈值能进行自动报警。

对机房设备故障灯、运行状态、设备表计、噪声、环境烟雾粉尘等进行监测，对阈值外的情况进行自动报警。

对机房环境进行检测，对设备损坏、非工作人员入侵进行自动报警。

对发热设备进行温度测量，超出阈值进行自动报警。

利用RFID和图像识别技术，自动化管理资产和容量。

工作人员进行设备维修，自动监控录制工作人员操作过程等。

3. 监控后台软件功能设计

基于数据中心运维的管理要求，对数据中心巡检机器人进行监控后台软件功能设计：

监控后台应包括实时监视、机器人实时状态控制、机器人巡视任务管理、数据查询统计、系统互联、系统配置六个功能模块。

(1) 界面操作友好性

系统软件人机界面友好、操作方便，信息显示清晰直观。

(2) 实时监视功能

系统后台实时监视应实现实时监视现场设备信息，机器人本体状态以及现场环境等功能。

(3) 机器人实时状态控制

系统对机器人控制模式分为：全自主、人工遥控两种模式。操作后台应提供全自主和人工遥控两种指令下发，要求机器人可自由无缝切换。

监控后台应实现控制机器人云台上、下、左、右转动，调节摄像机位置，控制机器人前进、后退、转向，对设备存在的故障或者异常点位进行确认；支持可见光相机变焦和自动调焦，支持热成像自动和手动聚焦；支持外置补光灯控制；支持一键返航命令发送。

(4) 机器人巡视任务管理功能

机器人巡视任务管理界面要包括巡视计划日历和任务配置两大块。巡视计划能以日历的形式展示任务安排情况；可以在任务配置界面编辑巡

视任务、制订巡视计划和下发巡视任务。

任务配置可根据巡视类型（例行巡视、全面巡视、专项巡视、特殊巡视等）、设备区域、设备名称、设备类型进行组合筛选。

（5）数据查询统计

数据查询统计应包括巡检点位数据查询、告警信息查询、巡检数据统计和缺陷异常分析等内容。所有报表、报告具备查询、打印、导出等功能，导出功能支持Excel或者Word格式。对温度、压力等模拟量提供历史曲线展示功能。

巡检点查询是基于单个巡检点而非针对巡视任务的一种巡视数据查询方式，通过选择巡检点显示该巡检点的详细历史信息。具备查询设定时间内的巡检点历史信息功能，支持对巡检点进行模糊查询，可显示查询点位总数、可见光信息、红外数据信息、历史曲线、历史存储数据。

系统应能在每一个巡视任务结束后，自动生成巡视任务报表。巡视任务报表查询具备设定时间内的巡视任务查询功能，支持以时间、巡视类型、任务名称进行组合筛选。

告警信息查询应包括现场设备告警信息与机器人本体告警信息查询两个功能模块。现场设备告警信息查询要具备查询设定时间内的历史告警信息功能，支持对告警信息的设备区域、设备名称、设备类型、检测类型、告警等级、检测时间段等进行组合筛选。机器人本体告警信息查询具备查询设定时间内的历史告警信息功能，支持对告警信息的告警类型进行筛选。

每次巡视任务完毕后，对当次巡视的结果和过程中发现的问题，即各类告警信息，自动生成异常缺陷报表。异常报告具备设定时间内的巡视任务查询功能，支持以检测类型、设备区域、间隔名称、设备类型、告警等级等进行组合筛选。

（6）系统互联

提供与数据中心其他管理监控系统的接口，能够与其他系统协同联动，实现对网络设备、网络通道、电话通道、风机等其他辅助设备的管控，在数据中心出现异常情况时，可以第一时间辅助确认现场情况。

（7）电子地图功能

系统能提供二维电子地图或三维电子地图功能，实时显示机器人在电子地图上的位置，可实时记录、下传并在本地监控后台上显示智能巡

检机器人的工作状态、巡检路线等信息，并可导出。电子地图上可根据任务标定机器人巡视路线轨迹，在任务中应实时反映任务进度。

4. 关键技术

（1）轻量化机械设计

根据数据中心的场地环境，基于OMNIWHEEL的全向驱动方式，全新设计的机械结构，铝合金材质底盘，轻量化，高载重，适合狭小空间的使用；严格的结构应力测试，确保机械特性；多冗余电路设计，实现监测、保护机制。

（2）激光定位导航技术

基于360°高精度激光技术的定位导航方式，可有效定位、导航和避障，可自主发现并建立地图，自主行走，无需预设辅助轨道。

（3）多传感器技术

基于多传感器的环境检测功能，贴近机柜，实现对微环境的动态实时检测，在移动中实现对温度、湿度、磁场、噪声、光照、气体、颗粒物等多重环境参数的动态监测，并具有良好的自我保护措施，提高运行安全性。

（4）图像识别技术

RFID信号读取，移动中实现实时盘点；多镜头拼接，并通过多次分量变换，实现特征点提取及识别。多镜头拼接，并通过多次分量变换，实现特征点提取及识别。

（5）机械学习技术

基于矩阵算法的多目识别技术，速度高达60 fps，结合人工智能机械学习算法，掌握不同设备的特征值，识别率更高。

结束语

通过数据中心巡检机器人设计及使用，可以满足数据中心机房运维的日常巡检工作，弥补人工巡检带来的低效率、高成本、易出错等缺陷，对设备进行管理，以准确的掌握设备的运行状态，及时预警设备故障，避免重大宕机事故；对环境进行管理，以达到对环境的精确管理，确保设备安全运行的同时，降低能耗；对资产进行管理，以准确掌握资产的数量、位置等信息，对设备的流向进行准确掌握；提高运维效率、降低运维成本。EA

（收稿日期：2017.05.17）

（编辑：白文亭）