

化工巡检机器人解决方案

一、 概述

作为国内领先的工业领域服务机器人整体解决方案供应商，针对于化工行业特点，提供化工巡检的智能机器人解决方案，以智能机器人为核心，实现对化工厂环境及设备的自主检测，实现关键区域及高风险区域设备巡检，更快地推进化工厂的数字化、智能化管理水平和发展进程。

巡检机器人通过高度智能的机器人技术和图像识别等技术，代替人工完成特殊环境下设备运行状态的检测诊断，实现设备区域全覆盖巡视，具有安防巡检、火灾识别、安全帽识别、表计识别等功能，缓解值班人员力量薄弱的问题，提升工作效率。



防爆巡检机器人整体实物图片

二、 产品亮点

- 1、 导航精度：室内 $\pm 2-5\text{cm}$ 、室外 $\pm 5-10\text{cm}$ ；
- 2、 使用多种定位方式（激光雷达+视觉+IMU+差分 GPS+里程计）融合的组合定位和导航技术，可以在各种环境、工况下正常工作，能够自主形成环境地图，无须人工遥控就可以完成定位和导航功能；

- 3、能够根据后台规划的行走路径及任务，按照指定路线行走并完成相应任务；
- 4、定位精度高、可以灵活避障并躲避路面塌陷或者洞、坑等；
- 5、适应多种路面：适应多种地面环境，具有爬坡能力，IP 达到 55 防护等级，能够在高寒、高温环境下长时间运行；
- 6、工作人员是否佩戴安全帽识别，PPE 识别违章，违章告警并发出语音提示
- 7、氧气、硫化氢、氨气、一氧化碳、LEL、苯等气体检测；

三、机器人系统组成

3.1 机器人系统组成

化工巡检机器人解决方案主要由机器人硬件系统、机器人软件系统、运维管理云平台、PC 客户端和安卓客户端等五部分组成，具体示意图如图 3.1 所示。

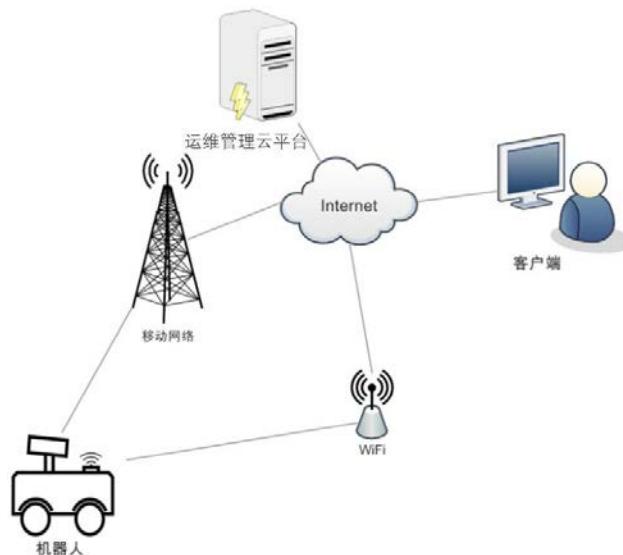


图 3.1 化工巡检机器人方案架构

3.2 机器人硬件系统配置

表 3.1 底盘硬件配置表

性能指标	详细参数	性能指标	详细参数
外形尺寸	1295*865*940mm	最大速度	1.26m/s
底盘自重:	600KG	设计载重:	100KG
电机选用:	伺服电机	额定功率:	1000W*4
最大扭矩:	1000N*M	额定转速:	1500rpm
车体材质:	框架钢板	电池容量:	24V 100AH
最大爬坡:	15°	驱动轮直径:	300mm
离地间隙:	80mm	减速比:	1:16
防爆等级:	Ex d ib IIB T4 Gb	防护等级:	IP64

3.3 机器人软件系统配置表

表 3.2 所示为 SLAM 软件系统配置详情表。

表 3.2 SLAM 软件系统配置表

分类	子类	功能
软件部分	SLAM 算法	激光雷达+视觉+IMU 融合成图和定位
		路径规划及导航
		坑洼检测、防跌落、避障等功能
		连接电机，驱动机器人行走等，连接激光雷达摄像头获取环境信息等功能
		自动充电控制、位置上报、机器人远程遥控、导航到目标点、电子地图功能
	应用功能	可见光热成像红外直播录视频
		语音对讲
		PPE 识别违章告警
		气体泄漏检测 LEL，苯，氨气等

3.4 运维管理云平台配置表

表 3.3 所示为运维管理云平台配置表。

表 3.3 运维管理云平台配置表

分类	子类	功能
运维管理云平台	运维管理云平台	远程控制
		机器人巡视任务管理功能
		数据查询统计
		直播录视频功能
		电子地图功能等

3.5 客户端配置表

表 3.4 所示为客户端配置表。

表 3.4 客户端配置表

分类	子类	功能
客户端	PC 客户端	配合监控管理平台使得用户进行系统管理及巡检任务的部署
	安卓客户端	实现手动遥控、成图、定位、导航等功能（5 个授权）

四、 软件功能

4.1 定位

化工巡检机器人采用激光雷达+视觉 SLAM+差分 GPS+IMU 融合方案能够弥补的激光雷达与摄像头各自的弱点：

- (1) 能够使用相机的密集的角度分辨率以弥补激光雷达的稀疏性；
- (2) 并使用激光雷达的准确范围信息，以解决相机深度感知的模糊性；
- (3) 即使任何一个传感器发生故障，激光雷达+视觉融合 SLAM+IMU 系统也能正常工作。

机器人的激光雷达+视觉 SLAM+IMU 融合方案能够适应更多复杂的环境，使 SLAM 能够在多种环境下工作。

4.2 制图

通过遥控模式控制机器人对行走过的环境进行扫描，从而得出这个区域的 2D 栅格图。



图 4.1 2D 栅格图

4.3 安全性避障

机器人前进过程中能使用激光雷达，摄像头，避障雷达等传感设备侦测前进道路上的障碍物，自动避开，实现转向，后退、前左转弯、前右转弯等避障控制功能，能够避免对于行人、设备等的碰撞。主要过程如下：

- (1) 机器人从上层应用得到目标地址，并试图移动到目标位置。
- (2) 在移动过程中，相关传感器够探测道路上的障碍物，给出障碍物距离信息。
- (3) 机器人根据传感器给出的信息，决定避开或绕开障碍物路径。

(4) 机器人在避开或者绕开障碍物后，能继续移动到指定目标位置。

化工巡检机器人支持几种避障措施的融合：

- 1) 激光雷达避障；
- 2) 深度摄像头避障，深度相机主要进行探测道路坑洼防止并规避坑洼障碍；
- 3) 周边单点测距雷达的避障。

4.4 路径规划和导航方案

4.4.1 全局路径规划 Global planner

A*算法是一种应用广泛的寻路方法，依据雷达生成的全局代价地图 global costmap 信息，通过给定初始点和目标点，依据启发式空间搜索，实现全局的路径导引。A*算法作为一种常用的路径查找和图形遍历算法，具有较好的求解性能和准确度。

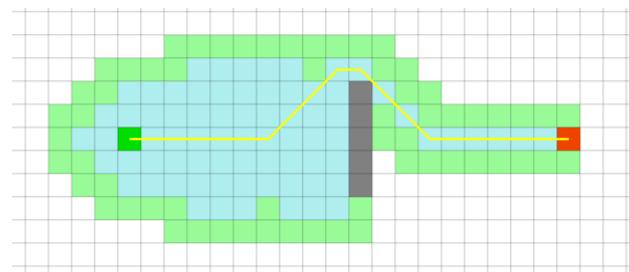


图 4.2 全局路径规划 A*算法示例

4.4.2 局部路径规划 Local planner

- 1) TEB 是时间最短的最优规划器，在优化过程中加入了关于运行时间的函数，从而可以保证最快速的到达目标点。
- 2) TEB 基于姿态搜索最优方案，TEB 的基本思路是在车辆附近空间内散布大量的姿态，然后通过搜索树搜索最优方案

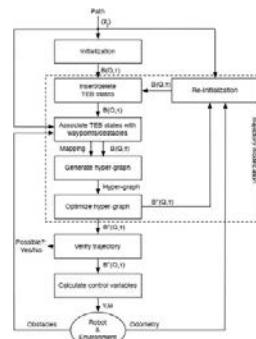


图 4.3 time elastic band 算法路径规划原理步骤图

4.5 应用功能

- 1) 可见光热成像红外直播录视频：对化工厂锅炉等设备关键部位进行温度测量，首先通过可见光摄像头识别到待测温设备，然后通过红外热图像+可见光图像的校正分析，判断设备是否超温并及时报警，可以录制红外热成像视频；
- 2) 语音对讲：后台和机器人可以相互呼叫，进行全双工对讲；
- 1) PPE 识别违章告警：可通过深度学习算法自主检测人是否带安全帽、工服等 PPE 设备，违章自动告警并现场自动喊话提示佩戴 PPE；
- 4) 气体泄漏检测，实时对氧气、硫化氢、氨气、一氧化碳、LEL、苯等气体检测，异常进行现场及后台告警；

五、 运维管理云平台

通过无线网络或 4G/5G 网络连接巡检机器人，实时控制智能巡检机器人自主巡检设备，实时显示巡检结果，从而代替人工巡检，提升化工的运维效率，实现化工设备信息采集、智能报警、远程监控。包含的主要功能如下：

- 1) 实时监控：包含机器人位置实时展示、可见光热红外视频实时监控和巡检消息（实时消息、告警消息、系统消息）的实时输出。
- 2) 远程控制：包含云台控制和车体控制，通过控制面板可控制云台的升降、镜头的变焦变倍、智能机器人的移动等。
- 3) 任务管理：可实时向机器人下发巡检任务，具有立即、定时、周期等等任务属性，支持历史任务数据回溯。
- 4) 数据查询：包含巡检报表结果查询、巡检点信息查询、系统消息、音视频回放、环境信息曲线等。
- 5) 告警功能：主要对油井环境异常、车体被盗、车体故障等状况报警。

六、 客户端

6.1 PC 客户端

配合监控管理平台使得用户进行系统管理及巡检任务的部署。

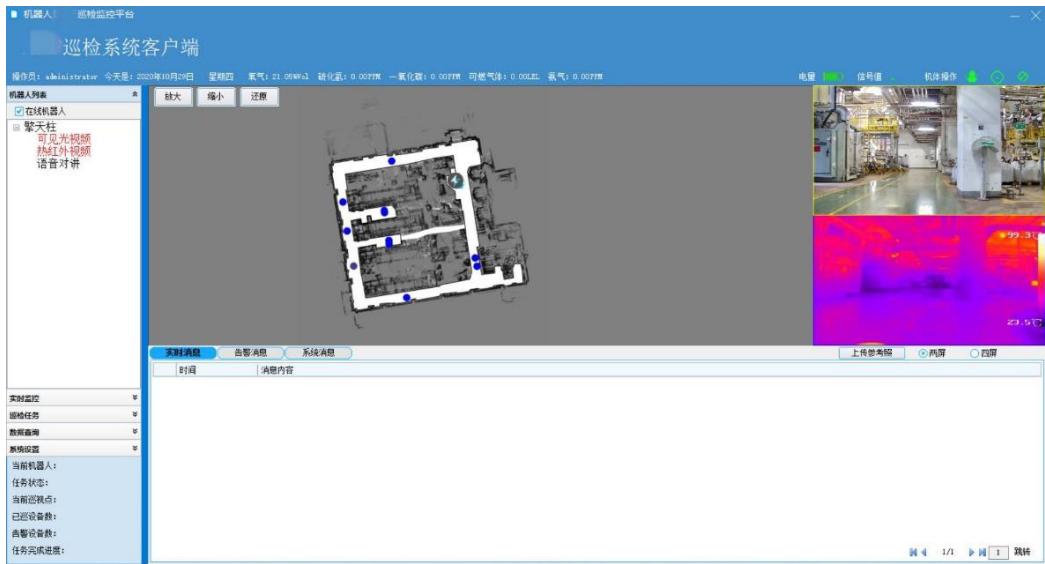


图 6.1 PC 客户端（在某化工厂装置内实际地图）

6.2 安卓客户端

本软件主要是简化智能设备操作控制，通过局域网建立连接，简单的通过图形化界面发送命令，以及一些数据的传输，地图的展示。通过简单的操作可以遥控智能设备的行走、设立目标点使智能设备自主行走，智能建图，形成的地图展示。

七、 产品优势及特点

- 1) 无轨化：通过国内领先水平的自主定位和导航技术，自主定位、成图、导航、避障，可以按照规定路线巡检。无需事先提供厂区地图，无需增加特定标识，不破坏环境，不需要施工，节约成本，缩短了工期；
- 2) 智能化：配备热成像仪、可见光摄像头、红外摄像头，可以全天候工作。定位仪表及设备准确，凭借可见光、红外热成像等获取图像并准确进行图像识别，真正代替人工，节省人力；
- 3) 采集速度快，进行实时处理；
- 4) 基于深度学习的图像识别与机器人 SLAM 的良性互动；
- 5) 采用 5G 技术，综合智能识别，大数据处理回传功能，实现低延时、高带宽的传输要求。

八、 科技优势

- 1) 拥有机器人 SLAM 定位、成图、导航、避障以及机器视觉**核心技术优势**
- 2) **申请相关发明专利 19 项**, 具有自主知识产权
- 3) 已有**华润燃气、新疆油田、北京电力、内蒙电力**等行业大客户商用案例, 经验丰富, 产品成熟
- 4) 是**清华大学博士生实践基地、产学研合作单位、国家高新企业**技术实力雄厚
- 5) 具有视觉识别等功能的定制开发能力
- 6) 目前和某燃气公司在广东正在进行 5G 智慧燃气站的项目建设, 与本项目同属于广东省科技厅主导的 5G 工业互联网项目
- 7) 支持接口开放便于客户集成进自己内部管理平台
- 8) 有丰富的 5G 巡检机器人项目经验, 天津 5G 电力巡检机器人 (**登陆 2019 年 7 月 CCTV1 晚 7.00 新闻**), 有成熟的 5G 接入技术



九、应用案例

- 1、上海某化工厂巡检机器人项目 (除上述功能外, 客户定制了软连接识别功能)



2、南京燃气站巡检机器人项目



3、天津国家电网 5G 巡检机器人



4、 内蒙电力巡检机器人项目



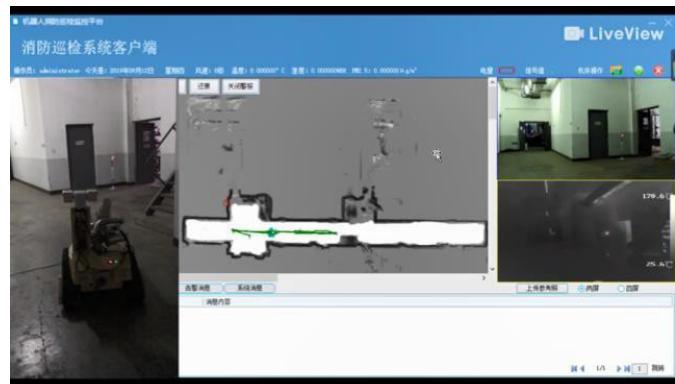
5、 洗地拖地机器人项目



6、 北京防疫消毒机器人项目



7、 某消防巡检机器人项目



- 8、 山东机场探伤巡检机器人项目
- 9、 北京电力巡检机器人项目
- 10、 山东炼油厂巡检机器人项目
- 11、 北京矿井铲运车机器人项目
- 12、 山西煤矿配电室巡检机器人项目
- 13、 广东大型工厂安防巡检机器人项目
- 14、 安徽排爆巡检机器人项目
- 15、 河南电力巡检机器人项目
- 16、 新疆某丝绸之路港口安防机器人项目（整体系统）