

无人值守站机器人智能巡检方案



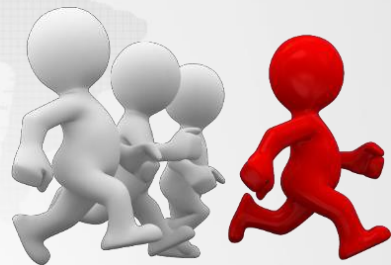
目录

背景现状

巡检方案

典型案例

用户反馈





1

背景现状

•Australia

行业痛点

现有的巡检方式存在造成巡检人员**人身安全**风险以及**漏检误判**等问题，据统计2019年发生**97起**典型事故分析，发现直接或间接与巡检相关事故**19起**约占**20%**，造成**15人死亡**，其中意外事故最多**6起**死**7人**，其次为人员责任心差和巡检不到位**4起**。

序号	防护措施	巡检不到位	误判	漏检	责任心差	意外	总计
事故起数	1	4	2	2	4	6	19
死亡人数	1	1	2		4	7	15



危险部位检查



夜晚巡检



爆炸着火事故



化工安全事故屡见不鲜

2019年江苏盐城3·21响水化工企业爆炸事故

2018年江西九江“3·12”爆炸

2017年吉林松原石化2·17爆炸事故

2017年山东临沂金誉石化6·5爆炸事故

2015年天津滨海新区8·12爆炸事故

2013年6月2日辽宁大连石化油罐爆炸

以及.....

行业现状

当前国内外大部分石化危化、易燃易爆场所采用的巡检方式为：“工人+智能终端”巡检，通过人工的“听、看、测、摸、闻”进行现场工艺设备的巡检。

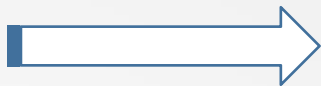
方式	内容
听	设备的运行声音是否平稳，有无异常杂音
看	设备的外观是否完好，连接是否可靠，有参数显示的要看显示值是否正常(特别是温度、压力等)
测	管道壁厚、动设备振动、关键部位温度等
摸	设备有无 发热 、 振动 等；
闻	设备有无 异常气味 （如有毒有害气体、烧焦糊臭、绝缘损坏绝缘漆味等）



人民图片版权作品 请勿转载
vip.people.com.cn

解决方案

人工巡检



智能机器人巡检



•Australia

为什么要采用机器人巡检?



安全生产的需要

1



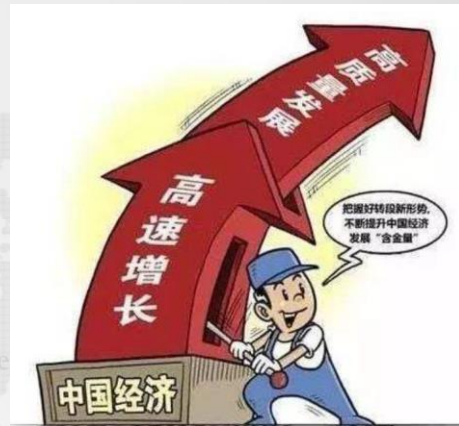
降本增效的需要

2



数字化转型的需要

3



高质量发展的需要

4

机器人行业痛点解决能力

1. 通过**图像建模识别技术和机器深度学习算法**，自动识别现场各种数字、指针仪表、阀门、液位计以及开关等设备状态，也能对液体滴漏进行识别，平均识别一个检测物体在**15秒**内，可以代替人工到现场进行抄表。
2. 通过**3D激光扫描遥测功能模块**，对被检测工艺设备或者半径**50米**区域内的**空间区域的甲烷气体泄漏精确检测和定位**，相对于目前的检测手段更加精确和覆盖面更广；
3. 通过**红外热成像测温技术**实现对设备发生**超温、剧烈温升及天然气泄漏**的及时捕获和推送报警信息，能够挖掘出更深的设备运行健康数据，预测更准确；
4. 通过对压缩机、分离器、管线等动设备的声波信号进行采集，**建立声波频谱分析算法模型**，**通过大数据分析**，对比历史数据变化，可有效判断现场动设备健康状态，对未来状态进行预测。该方法相对于现有的靠人的听觉判断更加准确和可数字化。
5. 通过手动遥控巡检的方式，可以**避免人到易燃易爆、有毒有害等危险环境下的巡检作业**；同时提供机器人的远程侦察和音视频对讲功能。
6. 机器人巡检系统平台软件可方便地融入现有的监控平台，并且通过标准的数据访问接口实现数据共享，并且**结合现有的DCS系统，实现联动巡检，使得机器人巡检工作更加智能**。另外，当巡检区域大时，可由多台机器人同时巡检，提高效率。

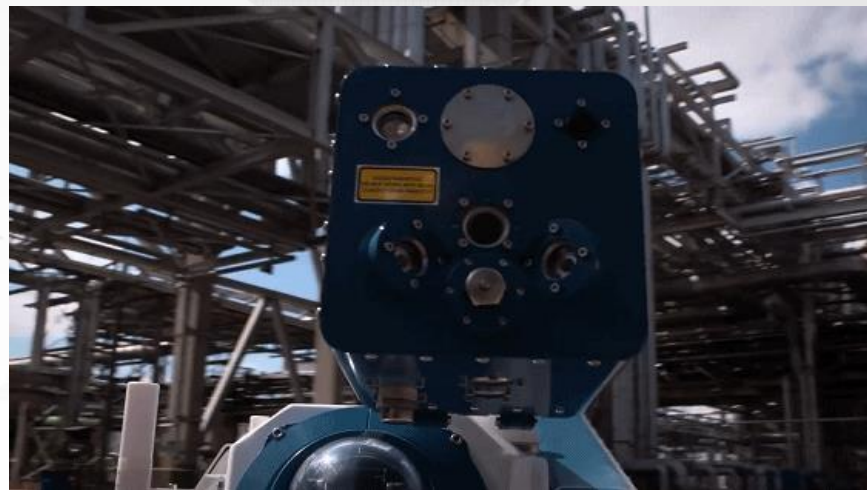
总结：机器人可以满足全站24小时全天候巡检需求，能够代替人工视觉、嗅觉、听觉、触觉等，及时发现“跑、冒、滴、漏”，异声异响、异味异热等安全隐患，使得巡检工作更加简单高效和智能安全，加速危化现场的无人值守化的进程。

国外技术发展现状

壳牌委托美国国家机器人中心（NREC）研发的“sensabot”半自动巡检机器人，应用于哈萨克斯坦位于里海卡萨干油田，因该油田高含硫化氢，很多工作必须得有机器人来完成，用于监控设备和执行安全检查任务：

检测参数：声音、震动、温度、 H_2S 、 CH_4 、视频、图像、阀门开度、仪表等；

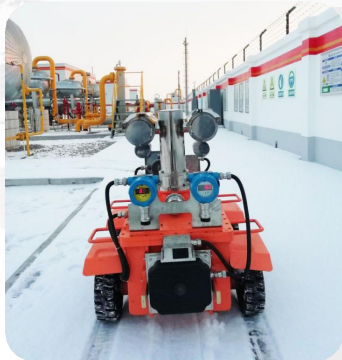
工作时长：一次充电可工作5h以上。



国内技术发展现状

中石油长庆油田天然气集气站、净化厂处理厂，延长石油成品油库，天然气城市门站、石化炼化等多个场站开始投入智能巡检机器人的使用，辅助现场人工作业，并取得一定的经济效益。

- 具有自主巡检功能，在不用人工干预的条件自动完成场站规定路线及区域的巡检；
- 具有视频信息采集、声音信息采集、可燃气体浓度采集、热成像信息采集以及气体泄漏遥测检测等功能；
- 实现对场站阀门状态的异常、噪音的异常、可燃气体泄露的异常、热成像温度异常进行智能化报警；
- 具备对各类场站异常数据进行机器学习分析能力，实现巡检分析的智能化；
- 具备长时间续航和自主无线充电能力。





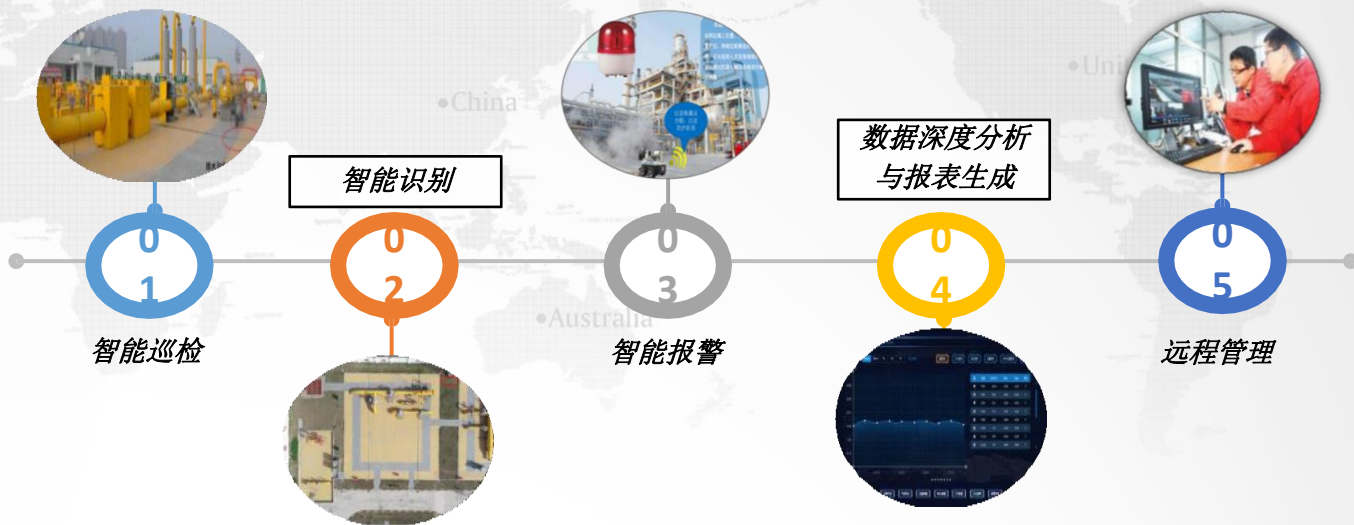
2

机器人巡检方案

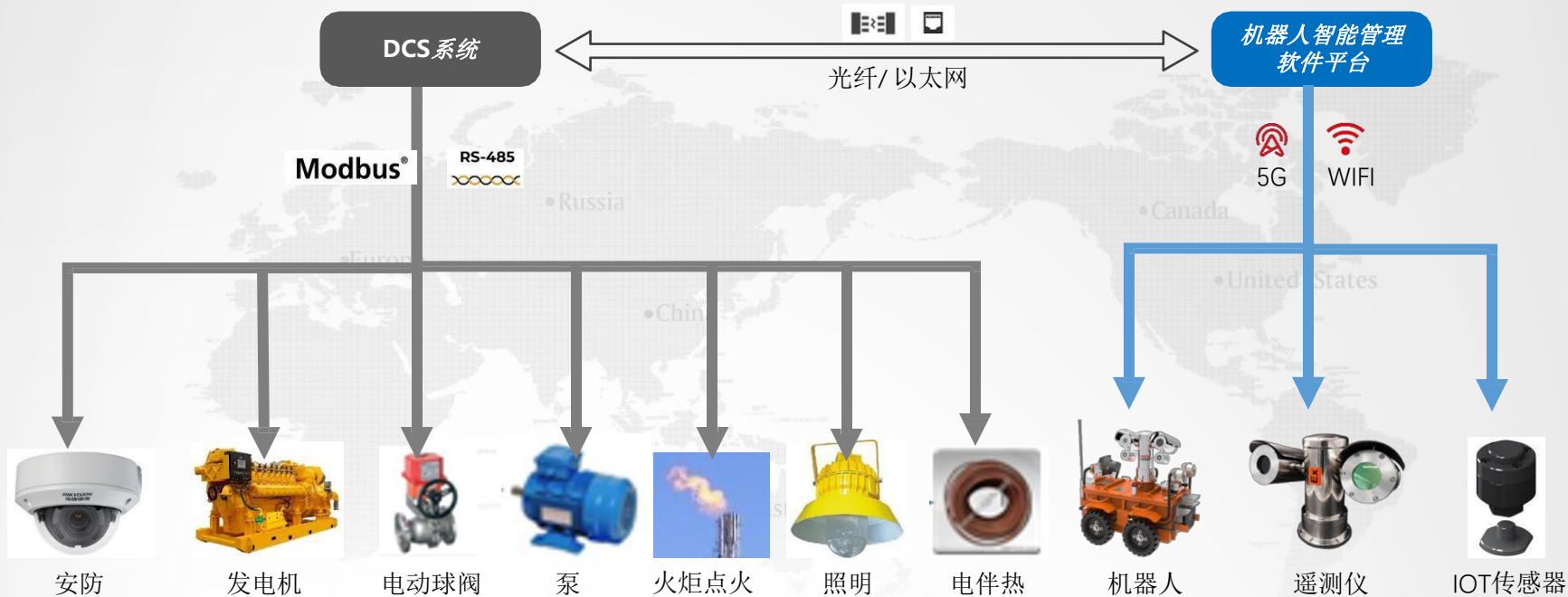
智能机器人巡检解决方案

新一代智能防爆巡检机器人系统集成了激光遥测、红外成像、声波频谱分析、智能识别等先进技术，利用计算机软件大数据分析、5G通信技术和数字孪生技术，在易燃易爆、有毒有害、石化危化领域巡检时，智能机器人能够代替人工巡检，及时发现“跑、冒、滴、漏”、异响异响、异味异热等安全隐患，及时的给出故障源和故障处理办法并主动预警，避免设备故障和安全隐患进一步扩大，有效保障企业安全生产。

机器人巡检系统：



与DCS系统形成互补



机器人平台软件架构

监控平台

事件告警模块

数据显示模块

数据分析模块

任务管理模块

集中管理模块

系统配置模块

数据管理模块

外部数据接入

第三方
SCADA系统

数据传输

WiFi基站/以太网

4G/5G通讯

自主充电站

应用服务器

移动机器人

云台控制单元

高清摄像机
热成像摄像机
激光遥测模块
照明控制模块

运动控制单元

导航定位系统
动力控制模块
自主避障模块

主控单元

数据通讯
断点续传
任务控制
远程控制
状态监测

环境感知单元

气体探测器
声音检测器
温湿度传感器
声光报警器

电源管理单元

无线自主充电
电池安全监测
PMS/EMS电源管理

固定机器人

固定云台式双视摄像机

激光甲烷遥测系统

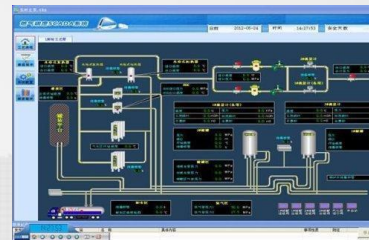
现场视频摄像机

智能巡检系统由软件平台+算法+智能硬件组成



ACR巡检软件平台

数据接入



外部DCS系统

WIFI或4G/5G通信



机器人算力终端1#



机器人算力终端2#



机器人算力终端n#

巡检软件平台分级：公司统一平台、厂级平台、站级平台

机器人巡检系统支持分布式部署和集中管控，当前版本的软件平台管控能力上限为100台，方便调入网络内任何一台机器人。



长庆油田生产指挥大厅：公司统一平台

巡检软件平台分级：厂级平台、站级平台

机器人巡检系统平台软件可方便地融入现有的监控平台，并且通过标准的数据访问接口实现数据共享，并且结合现有的DCS系统，实现联动巡检，使得机器人巡检工作更加智能。



某采气厂平台

站平台



ACR巡检软件平台



- 与巡检机器人结合，实现远程智能监控巡检；
- 提供全方位的数据展示功能界面、可自主编辑巡检任务；
- 通过使用权限管理功能达到对机器人系统的安全稳定运行；
- 提供强大的数据分析和功能。

主要硬件：ACR-1A磁导航型机器人

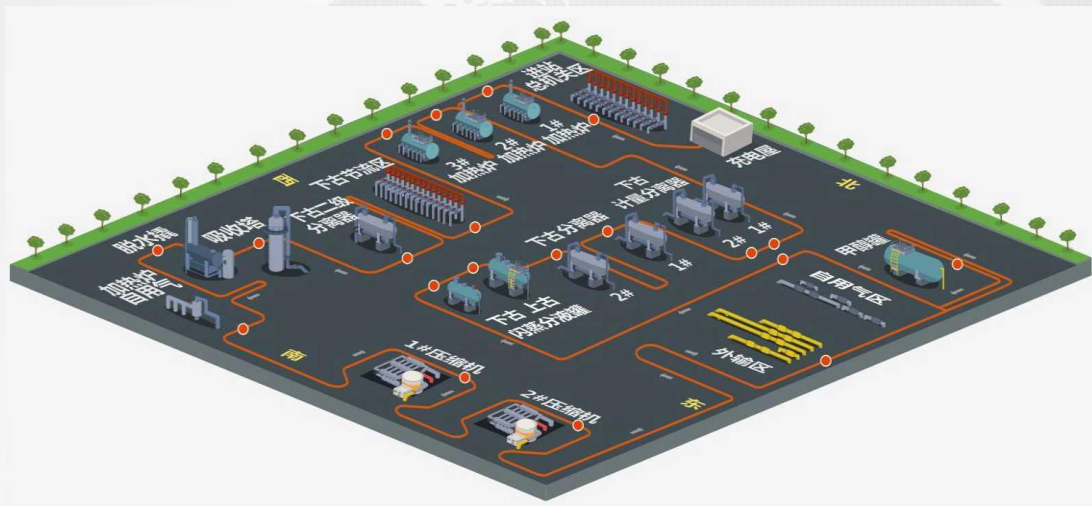


磁导航机器人

项目	性能指标
外形尺寸	918*724*935mm
产品质量	≤350kg
行走速度	0-1m/s
爬坡角度	≤20°
涉水深度	≤20cm
导航方式	磁导航
导航定位精度	≤1cm
控制方式	远程监控、自主运行
电池	磷酸铁锂电池组36V36Ah
工作时间	续航时间5-6小时，待机24小时
工作模式	自动巡检，异常巡检、手动巡检
核心功能	激光气体遥测技术、图像识别技术、红外热成像分析技术、声波检测与分析技术等
防护等级	IP65
环境温度	-30℃~60℃
防爆等级	ExdmbIIBT4 Gb

主要硬件：ACR-1A磁导航机器人

磁导航巡检机器人沿着巡检路线的磁轨运行，不受雨雪、光线、水雾等天气环境的因素影响，定位精度可达1cm，可实现全天候风雨无阻高频次巡检，是可靠性最高的导航机器人。



主要硬件：ACR-1B复合导航型机器人



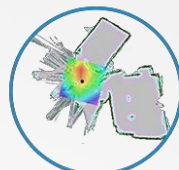
激光惯导型机器人

参数名称	参数标
外形尺寸	1100*750*1070mm
产品质量	≤360kg
行走速度	0-1m/s
爬坡角度	≤20°
涉水深度	≤200mm
控制方式	远程监控、自主运行
电池	磷酸铁锂电池组36V36Ah 德国莱茵TUV检测认证
工作时间	续航时间5-6小时，待机24小时
工作模式	自动巡检，异常巡检、手动巡检
核心功能	激光气体遥测技术、图像识别技术、红外热成像分析技术、声波检测与分析技术等
防护等级	IP65
环境温度	(-30~60) °C
防爆等级	ExdmbIIBT4 Gb

主要硬件：ACR-1B复合导航型机器人

激光导航系统

采用三维激光定位导航技术，通过激光雷达扫描周围景物，自动构建地图及规划巡检路线，按既定路径巡视，实时纠正运行轨迹，确保机器人稳定运行，遇障时主动告警，并尝试绕障。



自主建图



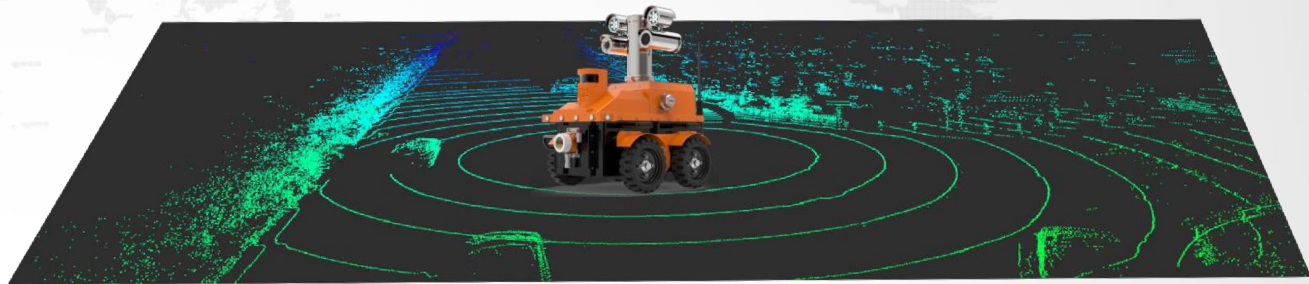
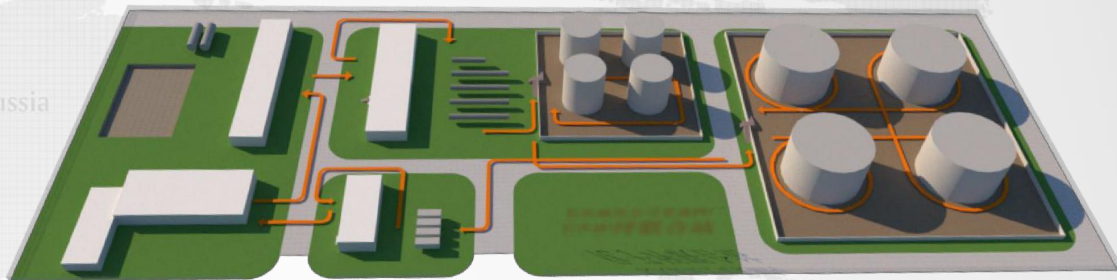
路径规划



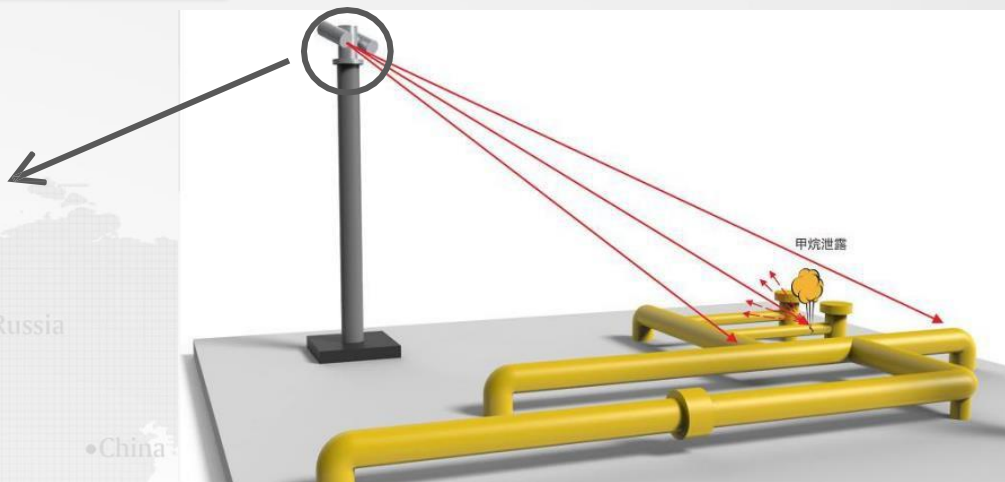
自主避障



定位导航



主要硬件：人工智能防爆云台



360°云台 + 激光甲烷遥测仪 + 视频摄像机 + 红外热成像

- 融合高清图像和激光甲烷遥测技术，实现全天候24小时不间断实时监测和告警；
- 提供点-点巡检，区域巡检和沿管线巡检等多种巡检模式。
- 对移动机器人巡检死角和充电空闲进行巡检工作补充。
- 视觉智能识别场站人员行为判断报警

主要硬件：人工智能防爆云台



类别	指标名称	性能指标参数
甲烷遥测模块	测量原理	激光吸收光谱 (TDLAS)
	最远检测距离	70m、150m、200m
	检测灵敏度	5 ppm·m
摄像机模块	图像分辨率	1920×1080 @ 25 fps
	变焦倍数	30倍光学变焦, Auto/Pull
热成像模块 (可选)	分辨率	384×288 / 17μm
	测温精度	±2℃
云台模块	运动范围	水平±360°连续, 俯仰±90°
	定位精度	≤0.1 °
	旋转速度	0.1~40°/s 可调
其它	巡检模式	点巡检、线巡检、区域巡检
	存储记录	存储90天图像和告警记录
	防爆等级	Ex d IIC T6 Gb x tD A21 IP66 T80℃
	IP等级	IP 68

主要硬件：ACR-PS-H 机器人防爆充电屋



外形尺寸：2200mm×1800mm×2100mm

- 防爆充电屋采用钢架可拆卸搭建技术，牢固可靠，方便移动。
- 防爆充电屋卷闸门通过防暴处理，机器人进行自动充电进出时，卷闸门自动开合。
- 防爆充电屋内主要用来提供机器人进行无线充电桩和防爆充电控制箱安全场所。
- 机器人无线充电站为机器人提供一体化耐低温安全场所。

主要硬件：ACR-BS-1 机器人无线通信基站



无线基站采用防爆设计，多台无线基站实现机器人运行场地的信号全覆盖，保证机器人通信的稳定可靠。

项目	技术指标
工作频段	WIFI 2.4G/5.8G
输入电压	(12~48) VDC或POE供电
额定功率	24 W
无线速率	300Mbps
覆盖距离	≤200 M
防爆等级	Exdmb I IBT4 Gb
防护等级	IP 65

机器人内置算法能做哪些工作？



高清视频



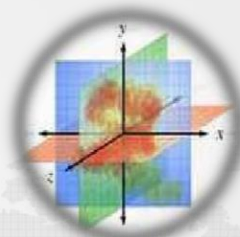
红外热成像



• 表计识别



气体泄露检测



气体泄漏遥测



设备状态检测



声波分析



可视语音对讲



环境监测



智能预警



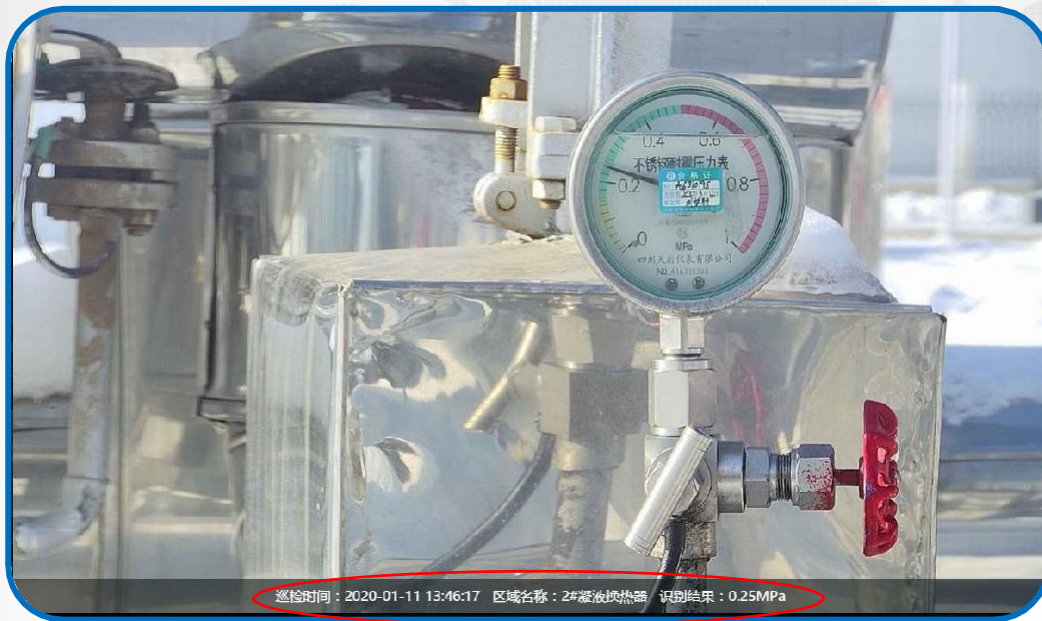
报表分析



无线充电

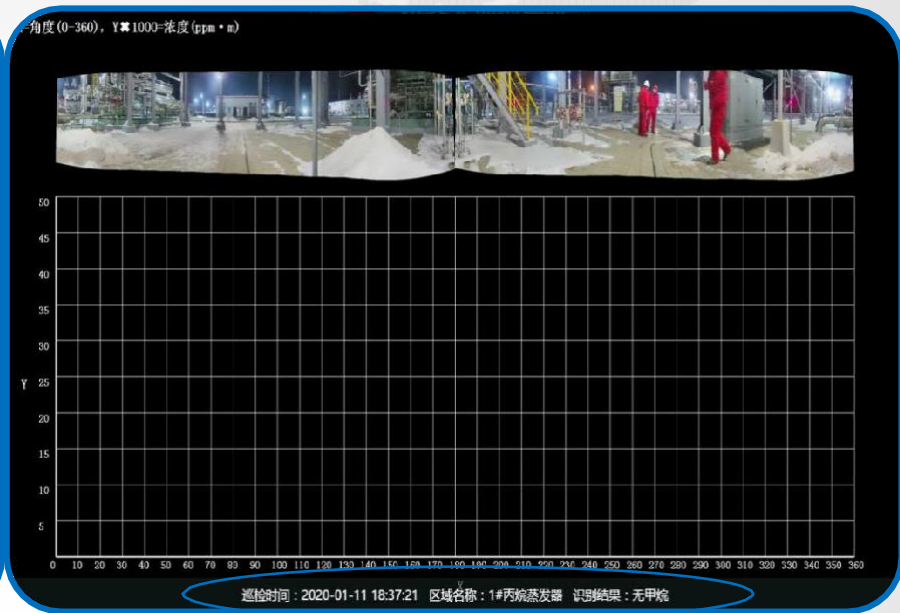
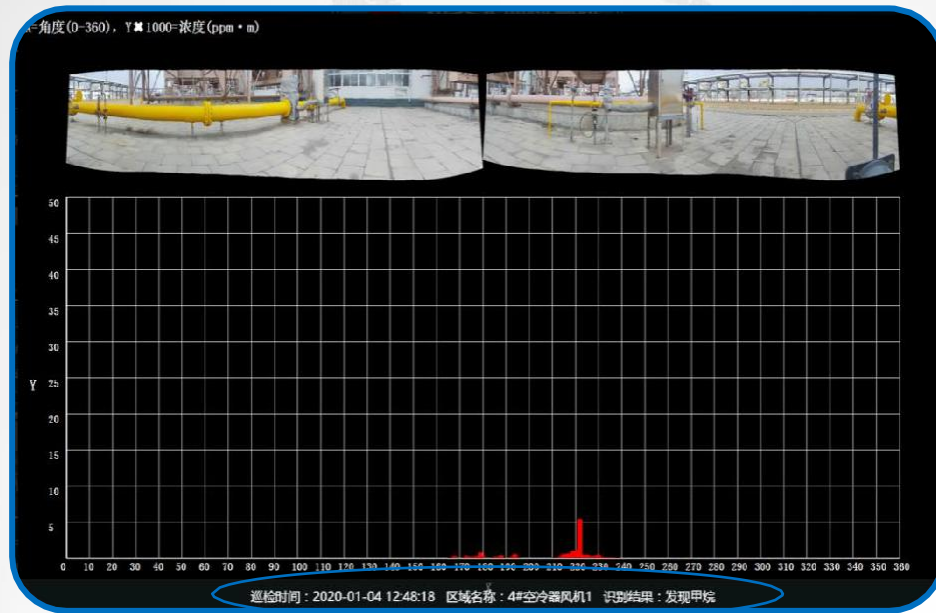
机器人智能算法介绍：机器视觉、图像识别

机器人巡检系统的图像识别功能可以代替人工手动录入仪表和设备状态功能，通过图像建模识别技术和机器深度学习算法，机器人可以准确识别现场各种数字、指针仪表、阀门、液位计以及开关等设备状态，也能对一些液体滴漏进行判别，实现对设备的运行安全进行全方位的记录。机器人进行一个仪表的识别时间平均不超过10秒，综合识别准确度在90%以上，结合操作人员的灵活判断，基本能够代替人工抄表。



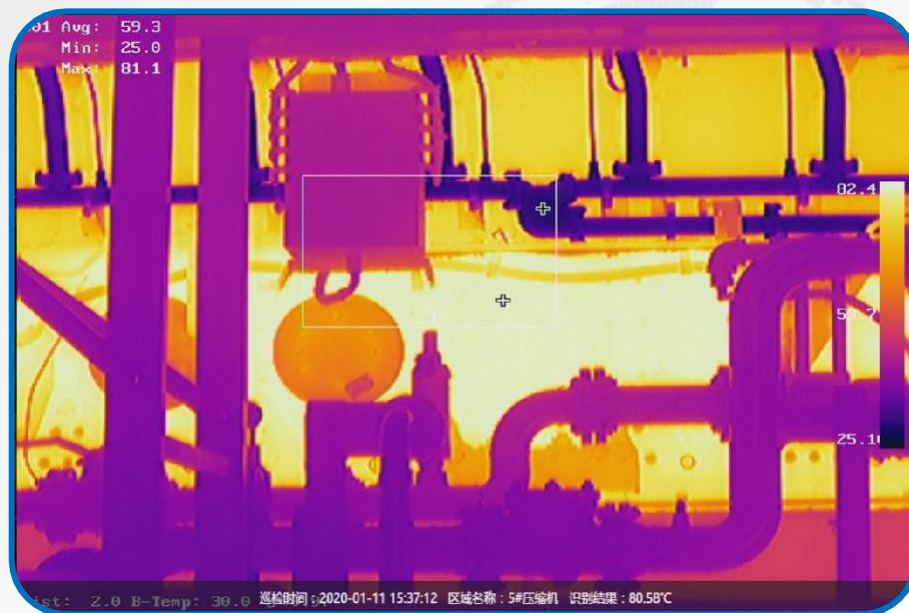
机器人智能算法介绍：3D激光检测定位&定量天然气泄露

通过3D激光扫描遥测功能模块，利用激光光谱检测空气中可燃气体的浓度，结合云台运动机构，实现对被检测工艺设备或者半径50米区域内的空间区域的甲烷气体泄漏精确检测和定位，代替目前人工摸泄漏检测液或者其它手动检测方法，极大提升检测的效率和准确度，并且让人员远离有毒有害、高温高压等高风险区域，确保员工操作安全。

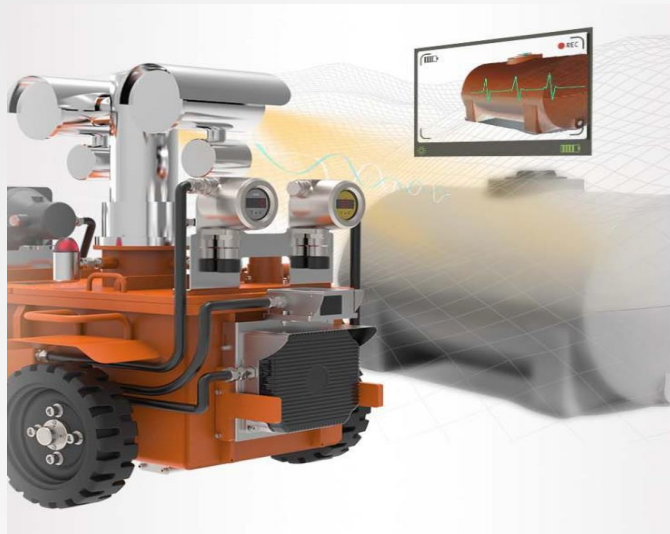


机器人智能算法介绍：热成像检测异常温度和着火起火

通过红外热成像技术实现对现场动设备的某些关键部位的温度分布特征值检测，通过长时间监测特征值变化，可有效评估设备的工作健康状态；通过红外热成像技术检测管道一定时间段内温度梯度图的变化特征，当设备发生超温、剧烈温升及天然气泄漏时，能够及时捕获设备温度变化区域和天然气泄漏点的区域的温度异常，及时推送报警信息。



机器人智能算法介绍：声波检测及分析异响异响



- 通过对压缩机、分离器、管线等动设备的声波信号进行采集，建立声波频谱分析算法模型，通过大数据分析，对比历史数据变化，可有效判断现场动设备健康状态，对未来状态进行预测。

创新巡检模式

1

提供自动巡检、异常巡检、定点巡检、手动巡检等多种工作模式

2

全天24时高频次光谱和声谱泄漏扫描，图像识别和温度梯度图像分析算法

3

DCS报警联动勘察确认报警信息，远程遥控人工巡检、抢险侦察。

4

深度学习设备运行状态，智能预警，设备故障提前感知，确保设备运行安全

巡检机器人项目实施流程



现场考察
确认任务
2天



制作方案
汇报方案
修改方案
确定方案
10工作日



商务确定后
现场布局
软件工作
10/30工作日



试运行优化
10工作日



项目交付
培训
确认巡检制度



3

典型场景案例

•Australia

场景1：天燃气集气站机器人巡检系统（2018年）

情况说明：

- 巡检里程1km，约160个自动巡检项目，包括仪表识别、红外成像、声波检测、气体泄漏检测等多种任务；
- 全站135个仪表识别巡检任务点。



场景2·：天然气处理厂巡检机器人系统（2018年）



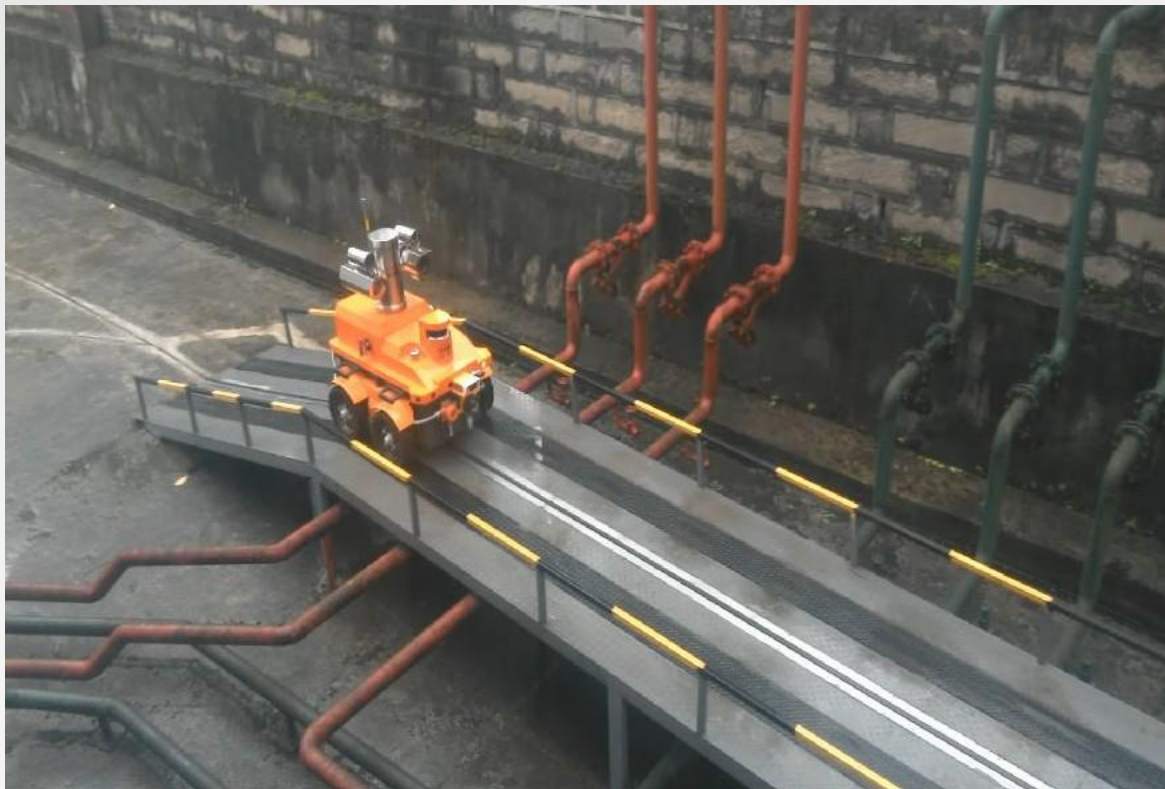
- 巡检区域：包含3套脱烃脱水装置、7台天然气压缩机、供热站、闪蒸分离及丙烷储罐四个区域，
- 共计69个巡检点，220个巡检项目,20处甲烷泄露检测；
- WiFi通信基站7处；自动开关门2处；巡检里程2.2km。

场景3：成品油库机器人巡检系统（2018年）



- 巡检区域有罐区、油气回收区、泵棚区，共计85个巡检点，111个巡检项目；
- 路线情况：巡检里程**1515m**，上下坡里程共计80m（分叉14个，上下坡16处，罐区内绕罐行走基本全部为弯道；

场景3：成品油库机器人巡检系统（2021年）



场景4：天然气净化厂&华为4G机器人巡检系统（2020年）



- 巡检区域：当前仅巡检硫磺回收装置和尾气处理装置两个区域，巡检路线406米，共计110个巡检点，其中有86处检测跑冒滴漏，47处关键设备状态监测；
- 功能：气液泄漏检测、仪表识别、红外热成像测温、声波分析等。
- 场站通讯方式：4G LTE。

场景5：天然气分输门站机器人巡检系统（融合数字孪生）（2020年）



场景5：天然气分输门站机器人巡检系统（融合数字孪生）（2020年）

■ 陕西天然气公司未央门站2020年5月引进机器人进行智能化改造，9月通过专家组验收，被西安市科技局评为智能化改造示范项目。

■ 巡检路线长400米、巡检任务点29多个，甲烷遥测5处，仪表识别70多处，红外测温12处等，巡检周期时长1小时

■ **应用成效：**机器人巡检正常运行后，巡检人员由12人减少到2人，人工巡检由原来2小时一次改成一天一次，机器人巡检每两小时一次，机器人与人工相结合巡检，实现节约人力约85%，故障上报及时性显著提高。



场景6：国家管网天然气站点机器人应用（2020年）

- 国家管网某天然气场站，于2020年9月引进防爆智能机器人系统进行智能化改造
- 巡检路线长300米、巡检任务点55多个，甲烷遥测8处，仪表识别135处，红外测温10处等，巡检周期时长40分钟
- **应用成效：**机器人巡检正常运行后，**机器人巡检每两小时一次，基本实现无人值守，提升巡检智能化水平。**



场景6：国家管网天然气站点机器人应用（2020年）



压成
缩机
区



分
离
区



分
输
区



越
站
区



联
络
站
区



收
发
球
筒
区

场景6：国家管网天然气站点机器人应用（2020年）



泄露点



数字表读取

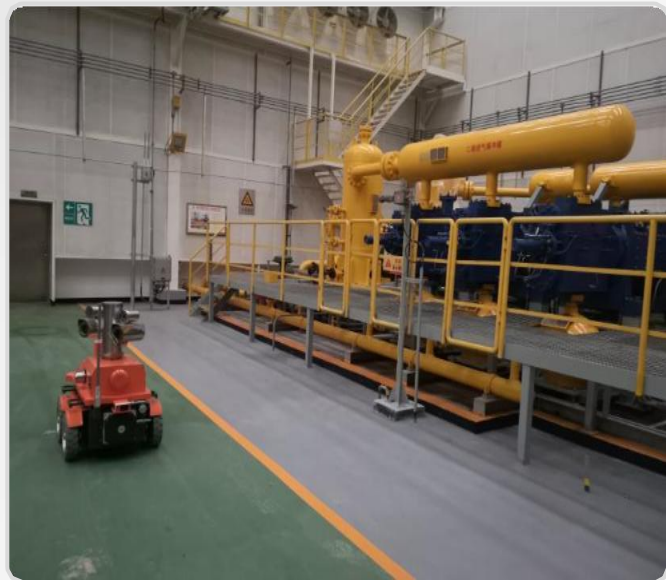


指针表读取



阀状态

场景7：相国寺储气库机器人巡检系统（2020年）



压缩机组室内巡检内容：

- ① 压缩机机组内各个部位的气体泄漏检测；
- ② 压缩机气缸的温度检测；
- ③ 气缸润滑油泵部位的振动检测和液位计识别检测等；
- ④ 循环水泵的振动异响检测和高位水位液位识别检测等；
- ⑤ 分离器的液位识别检测；
- ⑥ 气缸冷却水表的识别检测；
- ⑦ 润滑油的温度表识别检测；
- ⑧ 机油过滤器的压力表识别检测；
- ⑨ 空冷器的振动异响检测等；
- ⑩

脱水工艺区、集输工艺区和其它区域的室外巡检内容：

- ① 连接管线及法兰接头有无气体泄漏的检测；
- ② 对现场的压力表、温变、液位计、开关阀门状态等进行抄表和判断；
- ③ 对现场的温度敏感工艺设备进行温度检测；
- ④ 对现场环境噪声进行异声异响的实时监测；
- ⑤ 对特殊工艺设备的异声异响检测；
- ⑥ 对现场设备的漏液检测；
- ⑦ 对关键设备的声音视频进行录取，让人工判断；
- ⑧ 行进过程中，遇见障碍物的绕障和避障；
- ⑨

场景7：相国寺储气库机器人巡检系统（2020年）



在某注采站部署一套云台式激光甲烷遥测系统，替代人员完成井场的天然气泄漏检测。
目前在现场设置巡检目标43个巡检点，5个巡检区域，每天巡检38次。可以准确发现天然气的泄漏。

场景8：ACR智能巡检+5G煤化工应用（2021年）



集气站巡检系统+数字孪生 (2021年)



- 巡检区域：集气撬，加热炉，脱硫塔，压缩机，甲醇罐等。仪表识别50处，甲烷遥测9处，红外测温7处声音检测2处。WiFi通信基站3处，自动充电屋1处，巡检路线长600米，巡检时长1.5小时。
- 功能：激光导航、气液泄漏检测、仪表识别、红外热成像测温、声波信号检测分析、激光甲烷遥测、数字孪生、3D地图等。

集气站巡检系统+ 数字孪生 (2021年)



无人值守巡检系统

【机器人巡检

+

3D数字孪生

+

站控DCS

+

场站监控摄像机】

第三代ACR智能巡检+5G中海油项目 (2021年)



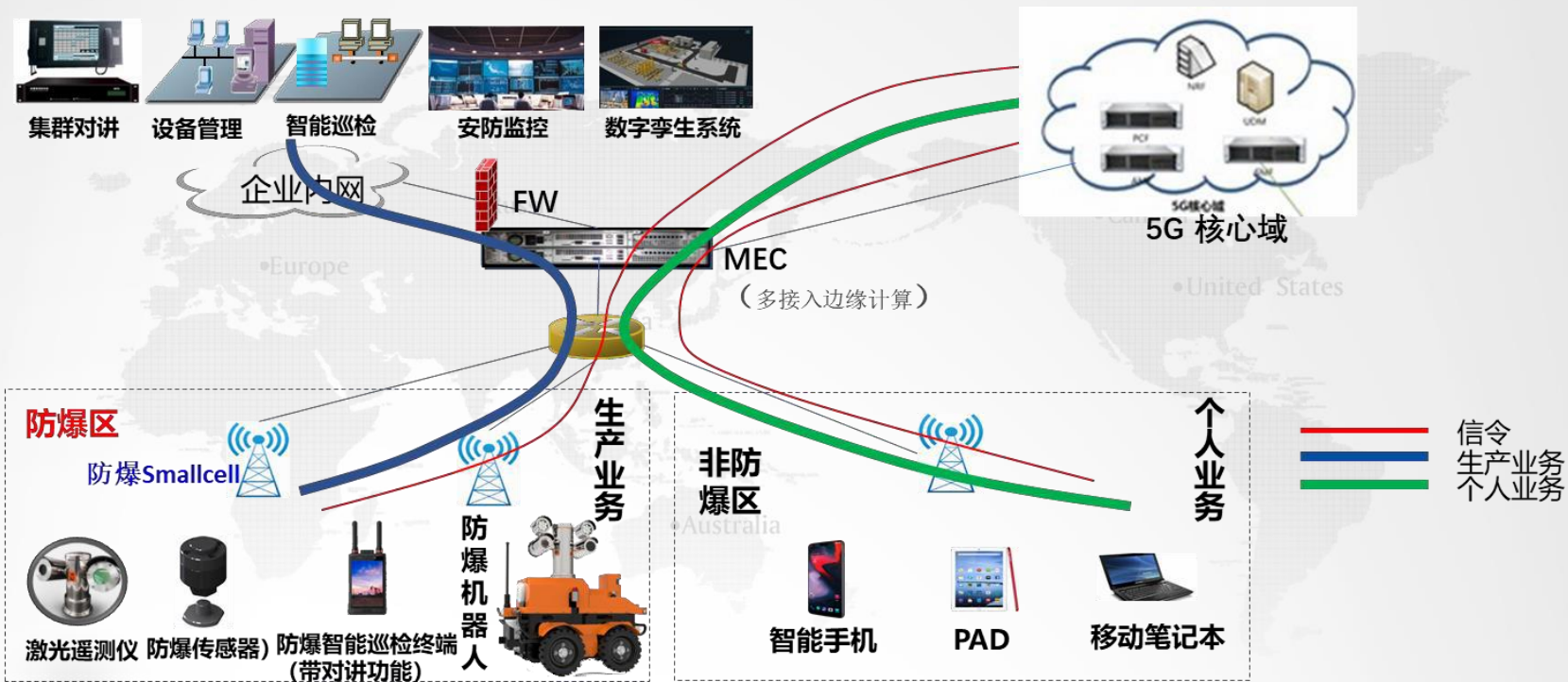
总面积：约20万平方米
相当于30个标准足球场

3套巡检机器人

4套人工智能云台+
30个智能监控终端

第三代ACR智能巡检+5G中海油项目 (2021年)

通过5G强大的通信能力，将“离线智慧”提升到“在线智能”，实现了“实时智能与在线协作”。





4

客户反馈和社会效益

•Australia

经济效益分析

以陕西天然气集团某天然气分输站为例，根据**每2小时巡检一次**的任务要求，需**配备3组巡检人员，每组4人，每天3班次，共12名巡检人员**，全天24小时例行巡检。机器人参与巡检以后，巡检人员**减少到2人**，机器人每2小时巡检一次，人工每天巡检一次，减员增效效果明显。



	人工巡检	机器人巡检
巡检方式	人工	机器人+人工
人员数量	12人	1台机器人+2名巡检工
每年资金投入	xxx万/年	xxx万/年

每年节约成本约xxx万元

注：一台机器人成本xxx万，以使用x年计算

社会效益总结

机器人代替人工巡检，可保障人身安全、提高现场作业效率，降低巡检劳动成本，提高作业现场的智能化水平，达到**降本提质增效**的目标。



谢谢!



Thank you !