

A quadruped robot, specifically a D3 model, is shown in a power plant environment. The robot is white with black joints and is standing on a yellow safety mat. It is facing a complex industrial structure with pipes and valves. A green rectangular frame is overlaid on the robot's head, highlighting its sensor or camera area. The background is dark and industrial, with various pipes and machinery visible.

D3四足机器人 智慧电力解决方案



Table Of Content

- 01. 电力行业趋势与挑战**
- 02. D3电力版**
- 03. 智慧电力解决方案**
- 04. 智慧巡检平台**
- 05. 应用案例**

01. 电力行业趋势与挑战



电力巡检的趋势与挑战

数智化转型加速

电网智能化改造需求：

- 6万余座变电站
- 30余万座配电站

当前，世界正处于第四次工业革命，数据和电力已成为重要的生产要素。新一轮的科技革命和产业变革正深入发展，数字化、智能化已成为电力产业高质量发展的新引擎。

十四五期间，国家进一步提升电网数字化、智能化水平。作为国家最重要的基础设施之一，电网与变电站、配电站的稳定运行是经济与民生发展的重中之重；

传统电力巡检数智化转型升级过程中迈向智能运维、无人巡检，但依然面临诸多问题亟待解决。

电力巡检的趋势与挑战

➤ 传统人工巡检



作业强度、重复性高

- 传统人工巡检：作业强度、重复性高。

人员一致性无法保证

- 受个人素质、工作经验等因素影响；漏检、误检等情况时有发生。

人员安全无法保证

- 大风、雪雾、冰雹、雷雨等恶劣天气，可能危及巡检人员安全。

从业人员梯度性较弱

- 巡检岗位招收难，从业人员断层，队伍老龄化。

电力巡检的趋势与挑战

➤ 传统机器人巡检



场景适应性有限

- 难以在不规则地面连续作业；
- 难以适应复杂地形，如台阶、石子路、草地、泥地等；
- 巡检盲区多，巡检路线不能灵活配置。

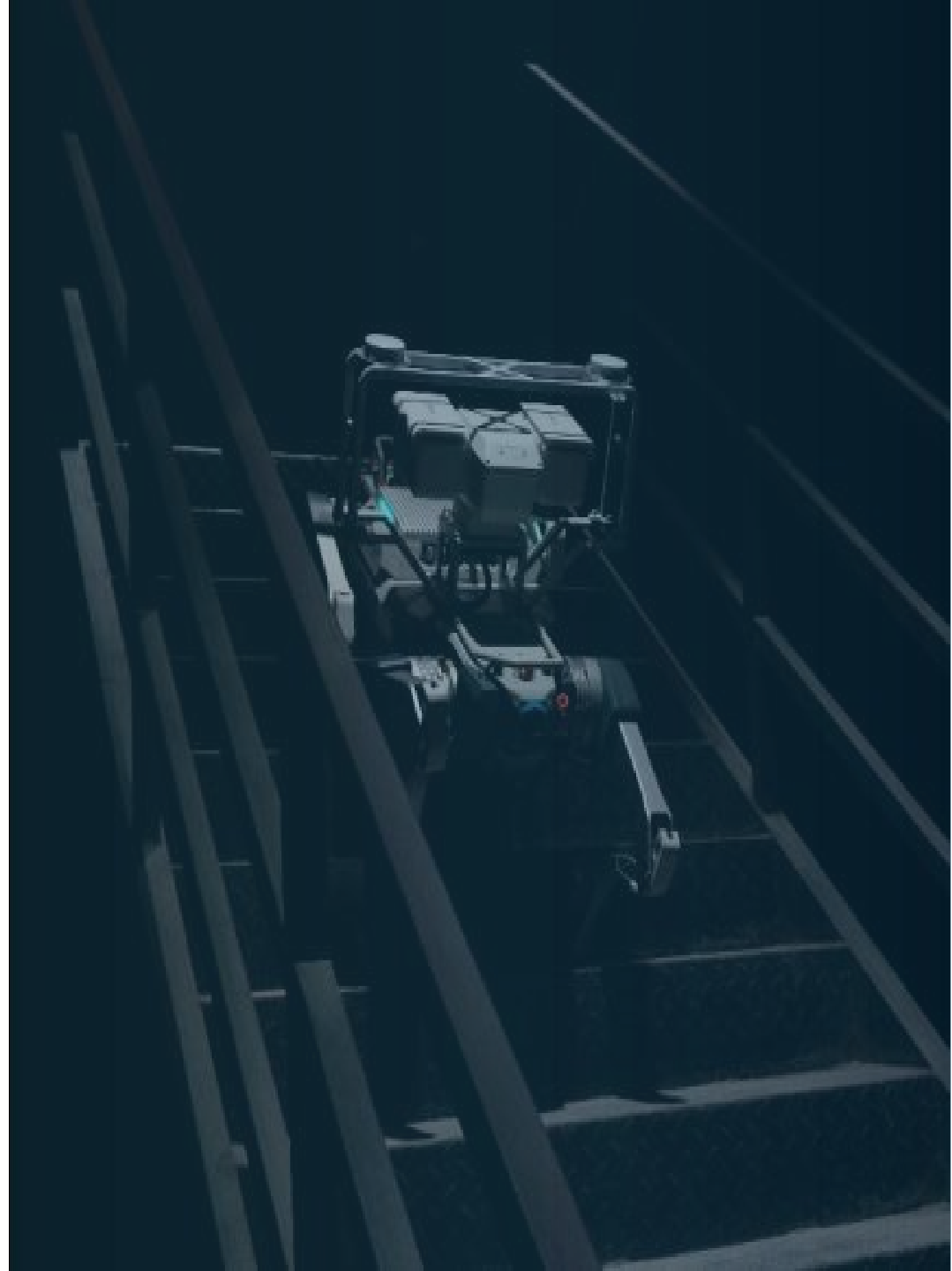
系统复杂度较高

- 难以进行室内、室外切换作业；
- 机器人部署种类多、运维工作量较大。

现场改造成本高

- 轮式或挂轨机器人，需对现场环境进行改造，成本较高。

02. D3电力版



D3电力版

电力巡检四足机器人

➤ 本体参数

整机重量:	59kg	站立尺寸:	1000*470*715(mm)
最大速度:	≥4m/s	续航时间:	2.5-4h
防护等级:	IP67	续航里程:	≥10km
最大爬坡角度:	≤45°	工作温度:	-20°~55℃
有效负载:	≥20kg	台阶/障碍物高度:	≥20cm
外接电源接口: 5V1; 2V; 24V (USB)			
外接通讯接口: Ethernet; WiFi; USB2.0; USB3.0			

➤ 组合功能 (型号不同, 功能有别)

- | | |
|-------------|--------------|
| ➤ 具备感知爬楼梯功能 | ➤ 具备自主充电功能 |
| ➤ 具备障碍物停障能力 | ➤ 融合标定算法 |
| ➤ 多传感融合建图算法 | ➤ 多传感器融合定位算法 |
| ➤ 导航规划算法 | ➤ 具备工业级航插接口 |
| ➤ 内置RTK模块 | ➤ 智能灯语接口 |



D3电力版

电力巡检四足机器人

➤ 固态激光雷达(4个)

配置参数:

- 重量: 256g
- 功率: 6.5w (环境温度25°C)
- 激光波长: 905nm
- FOV: 水平360°, 竖直-7°~+52°
- 测距范围: 40m@10% 反射率
- 点云帧率: 10Hz
- 点云输出: 200,000点/秒



D3电力版

电力巡检四足机器人

➤ 智能控制器

作为导航主机同时兼顾业务相关的程序处理， 主要提供地图构建、定位导航等功能。

电气参数：

- 外接电源接口：12V24V
- 外接通讯接口：Ethernet;USB2.0;USB3.0

➤ 内置RTK （选配）

配置参数：

- 信道间隔：250 kHz
- 工作模式：半双工
- 频率稳定度：1.5ppm
- 协议类型： LoRa
- 每秒最大收发数据大小：1000Byte



D3电力版

电力巡检四足机器人

➤ 声纹相机

基本参数:

- 尺寸: 170×170×65(mm)
- 重量: 0.85kg

相机参数:

- 相机视场角: $65^{\circ} \pm 3^{\circ}$
- 相机分辨率: 30fps时为640p
- 视频分辨率: 720×1280或1920×1080

麦克风参数:

- 类型: MEMS, 数字底部端口
- 麦克风数量: 64
- 频率范围: 2-52kHz
- 探测距离: 120m



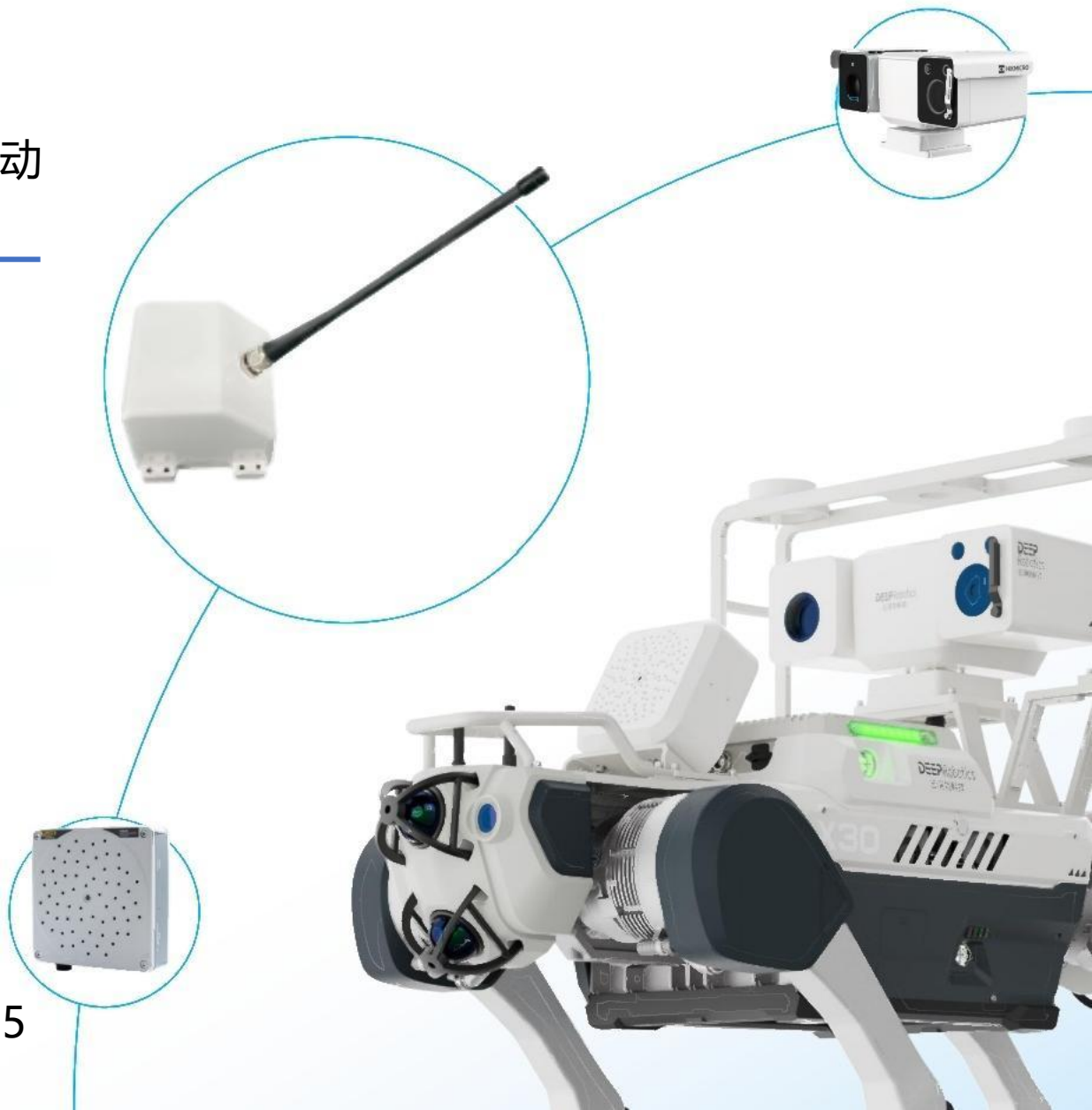
D3电力版

电力巡检四足机器人

➤ 定位模块

可以准确地实现四足机器人的定位、定向，按路径规划自动行进。

- 信道间隔：250KHz
- 工作模式：半双工
- 频率稳定度：1.5ppm
- 调制方式：CSS
- 空中波特率：
500bps/11000bps/12500
bps/15500bps/18000bps
- 协议类型：LoRa
- 每秒最大收发数据大小：
1000Byte
- 发射功率：33dBm±1.5dB
- 工作温度：
-35℃~+65℃
- 首次启动时间：
冷启动：<30s;
热启动：<15s
- 信号重捕：
失锁重捕：<1s
- 测量准确度：
伪距精度：≤10cm
载波相位精度：≤0.005



D3电力版

电力巡检四足机器人

➤ 双光云台

热成像:

- 视场角: $24.55^{\circ}(\text{H}) \times 18.54^{\circ}(\text{V})$
- 分辨率: 384×288
- 测温精度: $\pm 2^{\circ}$ (或者量程的 $\pm 2\%$)
- 测温范围: $-20^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}$

可见光:

- 最大图像分辨率: 2560×1440
- 焦距: $5 \sim 160 \text{ mm}$
- 补光功能: 白光灯补光照射距离30m
- 最低照度: 彩色: $0.05 \text{ Lux} @ (\text{F}1.6, \text{AGC ON})$; 黑白: $0.01 \text{ Lux} @ (\text{F}1.6, \text{AGC ON})$

双光云台整体:

- 水平范围: 水平 360°
- 垂直范围: 垂直 $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$
- 预制点精度: $\pm 0.1^{\circ}$
- 预置点个数: 300个



D3电力版

电力巡检四足机器人

➤ 微气象

检测仪可同时**检测环境的温度、湿度、大气压等多个气象参数**，可用于空气环境监测设备嵌套、空气环境监测系统集成、空气环境监测仪、小区园林环境监控系统，并可拓展为一般在线式检测仪。

主要检测参数	检测范围	检测精度	检测方法等
温度测量	-40 ~ 85℃	±0.5℃	标准能隙型
湿度测量	15 ~ 100%RH	±3%RH	电容式
雨量	0 ~ 10mm/min	±2%F.S.	霍尔效应
风速	0~30m/s	±0.1m/S	流体力学原理
风向	16个方位	22.5°/step	流体力学原理
大气压	200~1200hPa	±0.1%	MEMS原理



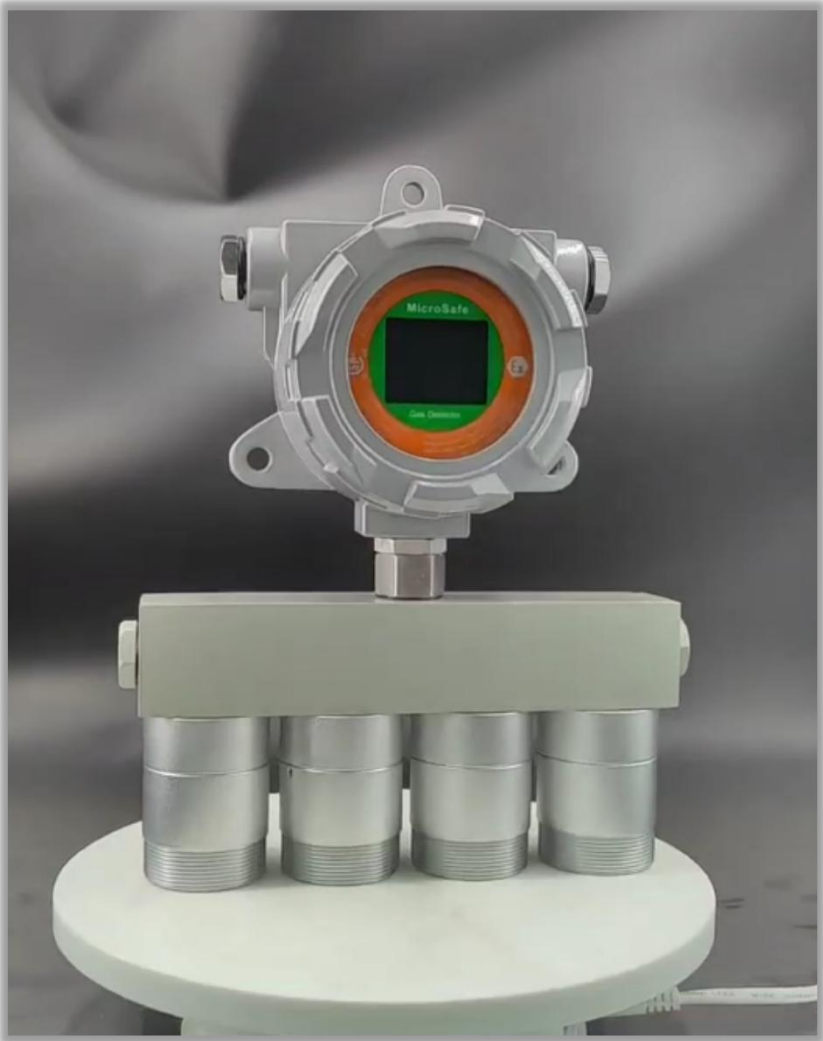
D3电力版

电力巡检四足机器人

➤ 气体传感器

检测仪可同时检测环境的**甲烷、可燃气体、硫化氢、苯气体浓度**，可用于空气环境监测设备嵌套、空气环境监测系统集成、空气环境监测仪、小区园林环境监控系统，并可拓展为一般在线式检测仪。

检测项	检测范围	误差	最小读数	响应时间	使用寿命
可燃	0-100%lel	< ±3%(F.S)	0.1%lel	< 10秒	1、最低2年； 2、内部各电化学模块传感器，寿命到期后易更换；
甲烷	0-100%lel	< ±3%(F.S)	0.1%lel	< 10秒	
苯	0~100ppm	≡ ±3%(F.S)	0.1PPM	<30s	
VOC	0~100ppm	≡ ±3%(F.S)	0.1PPM	<30s	
硫化氢	0~100ppm	≡ ±3%(F.S)	0.1ppm	<30s	



D3电力版

模块架构

多种模块按需选配



通讯定位类加装

4G/5G 模块
GPS/RTK 模块
更多...

- 远程通讯
- 室内外定位辅助
- 其它定位通讯需求

感知作业加装

双光相机云台
气体传感器
温湿度传感器
声音传感器
更多...

- 表计识别
- 阀门开关状态识别
- 变压器油位识别
- 指示灯状态识别
- 设备具备温度检测
- 特殊气体浓度识别
- 更多...

执行作业加装

机械臂
> 伸缩机构
收纳机构
更多...

- 负载搬运
- 疑难角度探入
- 开关操作
- 其它执行类操作

联动作业加装

开关门/梯控模块
更多...

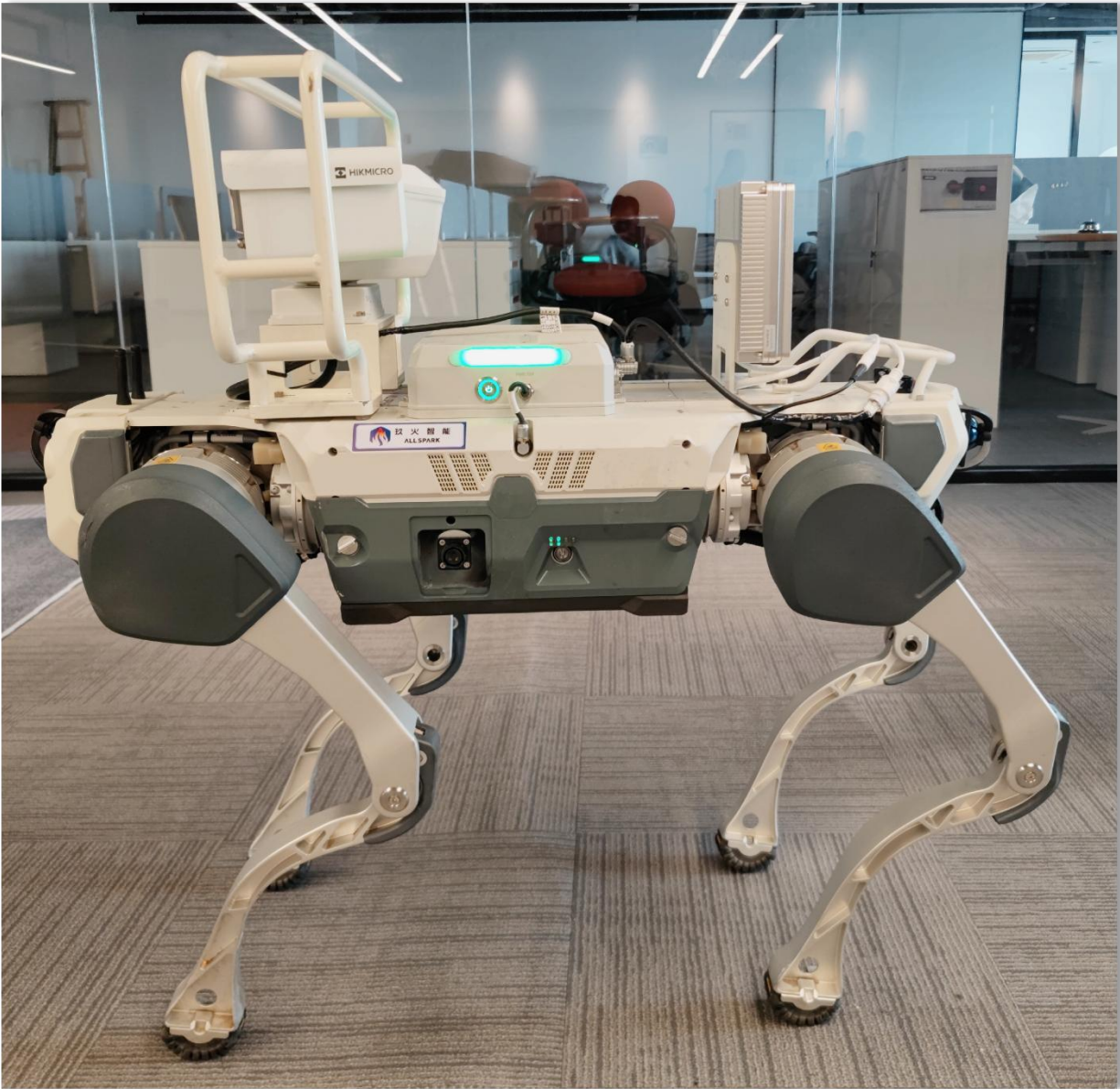
- 场景需要的联动指令通讯

03. 智慧电力解决方案



智慧电力巡检解决方案

整体架构



D3四足机器人



系统巡检场景

功能模块:

运动控制	地图定位	路径规划	感知识别
通讯模块	智能计算	电源管理	

执行模块:

双光云台	气体传感器	声音传感器	
温度传感器	机械臂	自主充电桩	更多...



后台业务系统

任务规划	状态监控	远程控制
异常处理	数据分析	报表生成

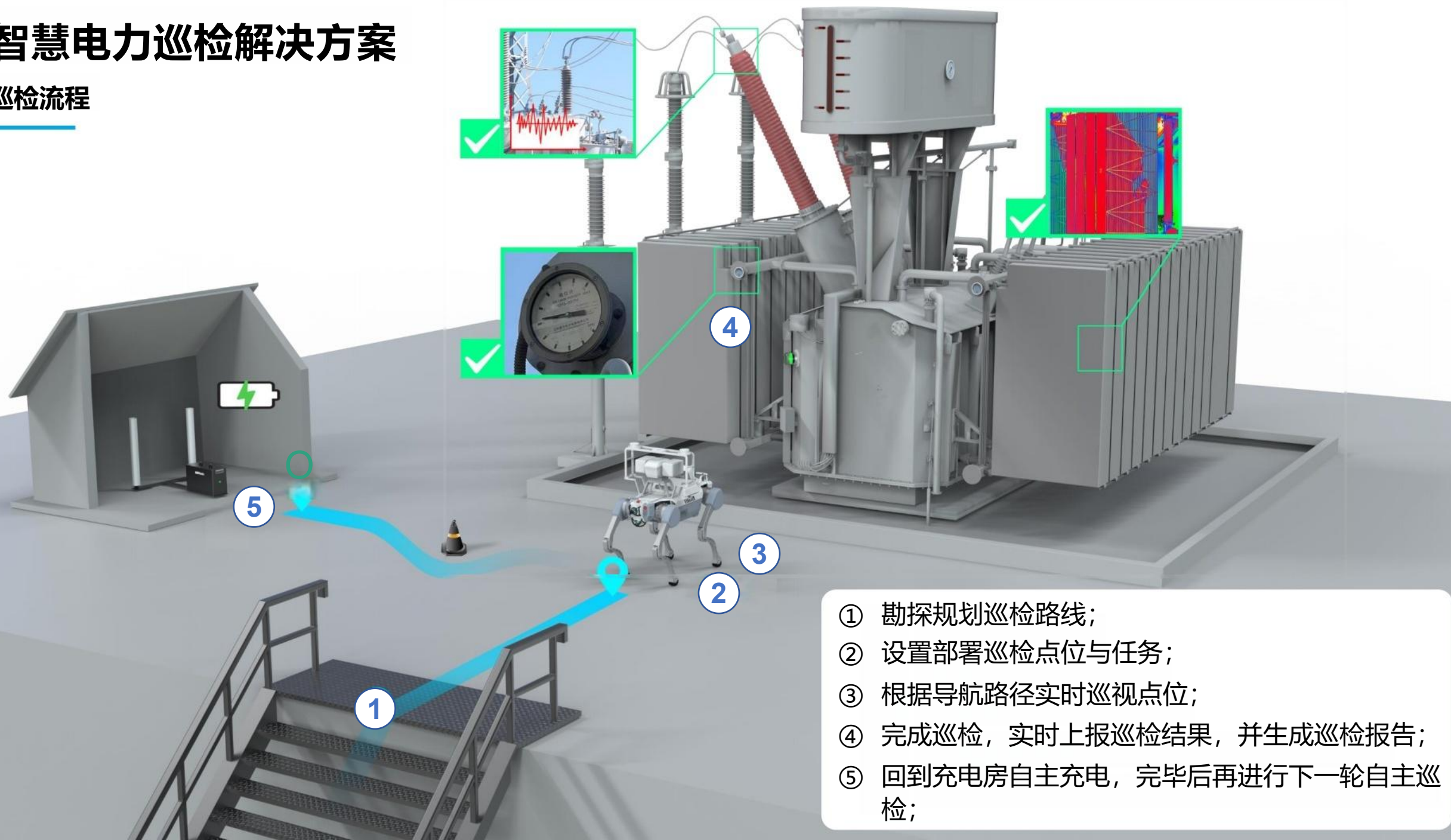


电力调度中心



智慧电力巡检解决方案

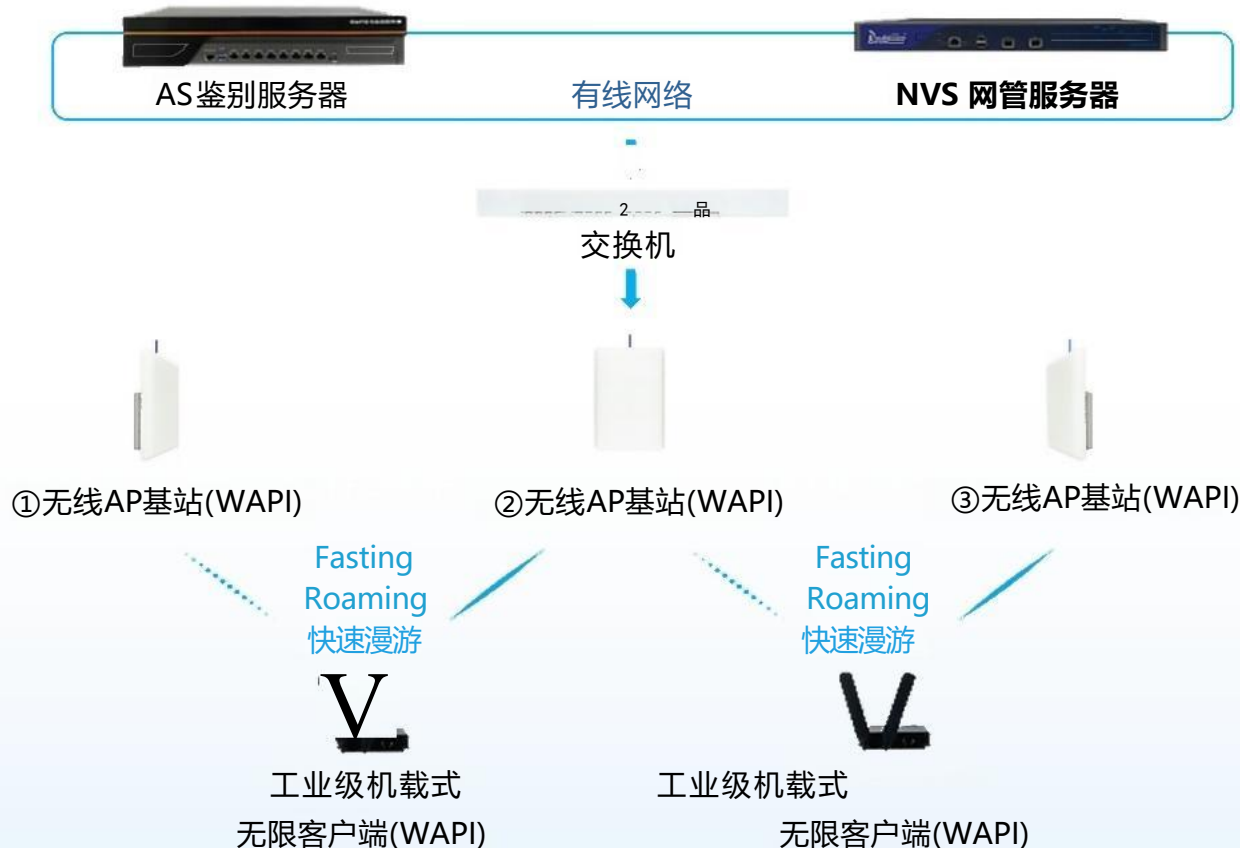
巡检流程



- ① 勘探规划巡检路线;
- ② 设置部署巡检点位与任务;
- ③ 根据导航路径实时巡视点位;
- ④ 完成巡检, 实时上报巡检结果, 并生成巡检报告;
- ⑤ 回到充电房自主充电, 完毕后再进行下一轮自主巡检;

智慧电力巡检解决方案

网络通讯



基站AP(WAPI)

- 供电: DC:DC adapter 输入/输出: 12~24V/1.5A (可选) POE:AC adapter 输入: AC 200~300V, 输出: DC 24V/2000mA (标配)
- 最高带宽: 最大带宽1167Mbps
- 无线加密: 支持WPA/WPA2 PSK EAP AES Tkip 加密, WAPI-PSK、WAPI-Cert
- 支持协议: Fast Roaming、CSMA/CA、TCP/IP、IPX/SPX、NetBEUI、FAP
- 工作模式: 无线接入点 (AP Bridge)

机载式无线AP(WAPI)

- 无线标准: 802.11a/b/g/n/ac
- 工作频率: 2400~2483MHz (中国)、5725~5850MHz (中国)、5150~5850MHz
- 无线频宽: 支持5/10/20/40MHz频宽
- 物理层带宽: 1167Mbps
- 支持标准: IEEE 802.11a/b/g/n/ac/h/d、IEEE802.3d/u/ab

04. 智慧巡检平台



智慧巡检平台

系统功能



智慧巡检平台

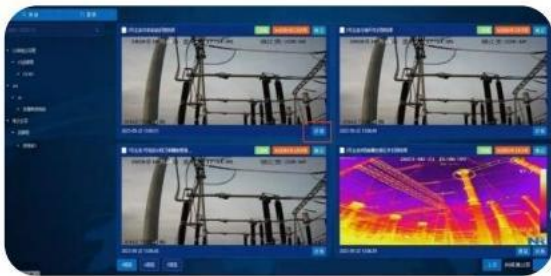
详细功能



巡视点位配置



巡视任务管理



数据分析



台账配置表



巡视任务



巡视告警列表



实施监控界面



巡视结果全览



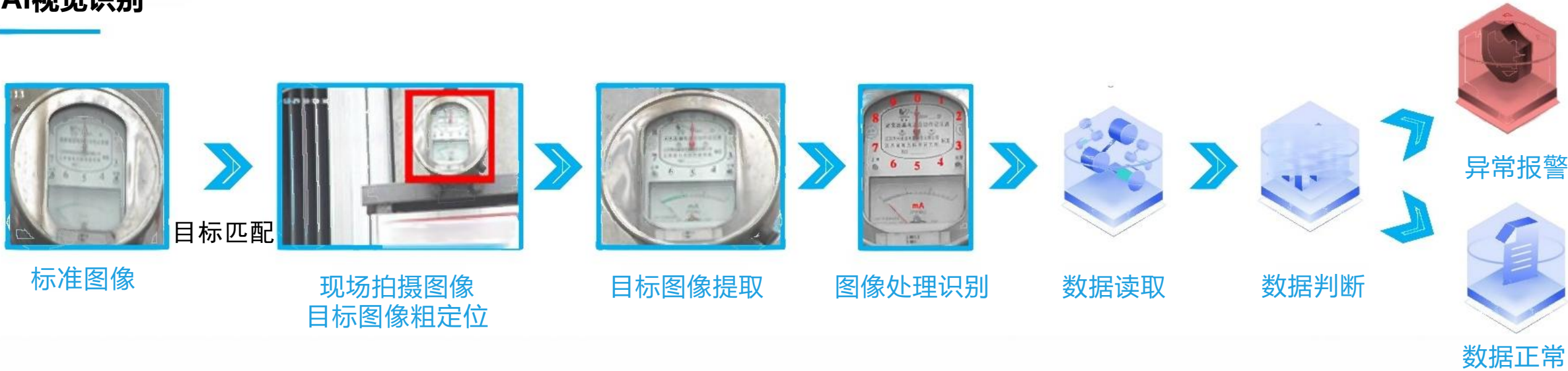
告警确认



静默监视告警列表

智慧巡检平台

AI视觉识别



避雷器指针表



双指针表计



油位计指针表



呼吸器颜色量程



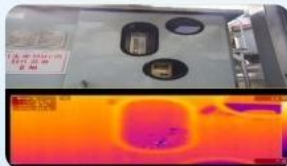
指示灯颜色



液位计颜色量程



刀闸开合识别



红外测温

智慧巡检平台

网络架构



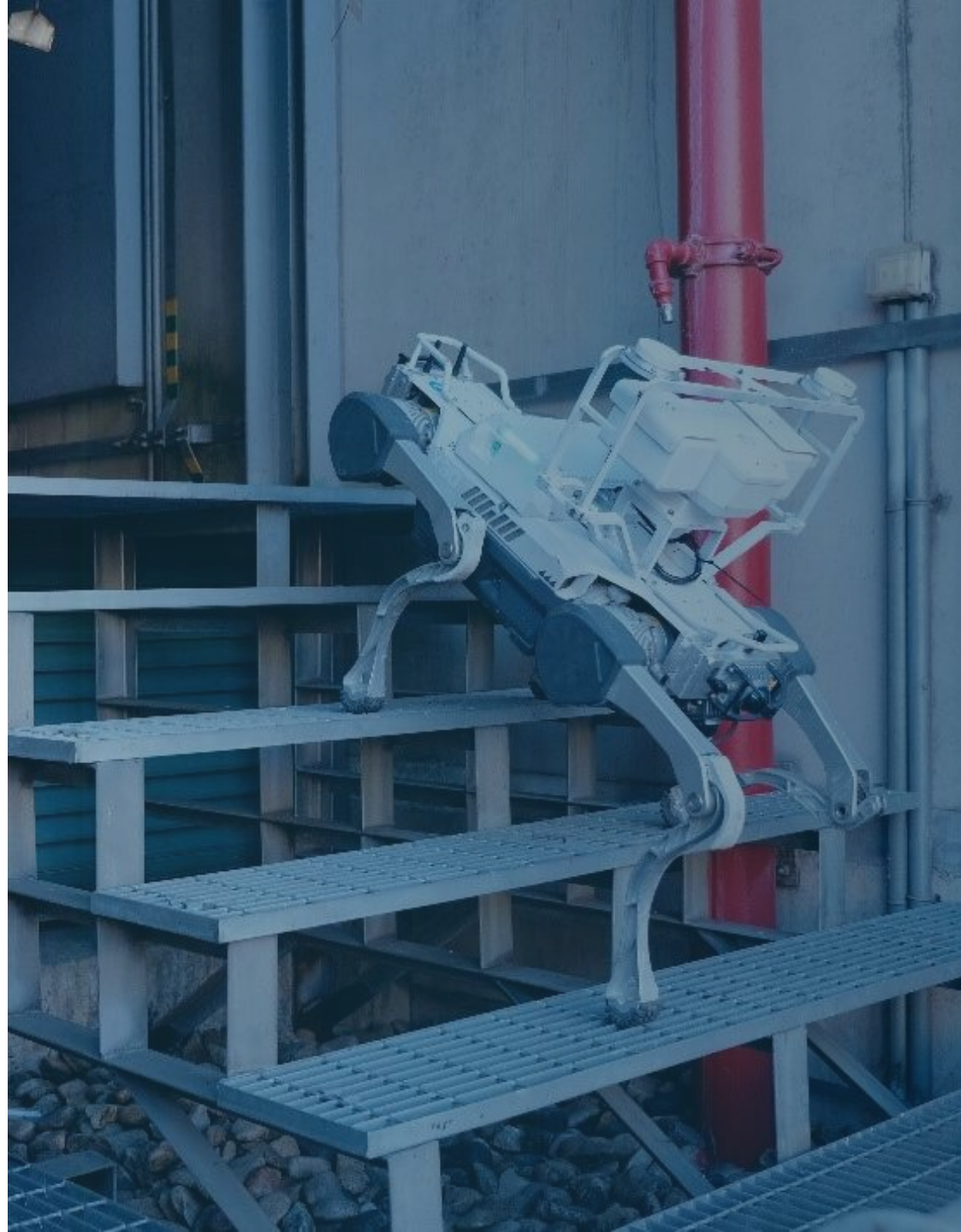
智慧巡检平台

自主充电

- 自带电池电量自动检测电路，且可人工设置电量报警下限；
- 检测到电池电量低于设置值时则会自动停止当前巡检任务；
- 警报后自主运行到充电房并完成与充电桩的对接工作进行充电。



05. 应用案例



应用案例

显著提升电力巡检效率

>90%

巡检识别准确率

<3cm

巡检点位定点精度

>90%

全地形覆盖巡检区域



显著提升数智化水平

全程接入集控系统，实时数据同步上传至上级站点



全地形覆盖监控盲区

及时发现潜在缺陷，预防事故发生，确保设备安全运行



24小时全天候作业

运维人员足不出户掌握变电站的全部动态



实现无人/少人值守

±800kV 超高压换流站仅需2只四足机器人



打通室内室外巡检

1只四足机器人覆盖站房



缩短机器人巡检路径

提升巡检效率，减少运维工作



降低巡检人员劳动强度

代替操作人员完成暴雨、低温、冰雹等恶劣天气下巡检

应用实例

电力巡检



安徽古泉换流站巡检

运维人员应用四足机器人等智能设备开展巡检，保障电力设备安全运行。



地空一体化巡检

在110kV金河变电站，机器狗+无人机地空一体化智能运维巡检，对变电站设备运行状态进行检测。



纪南变电站智能巡检

在荆州市荆州区220kV纪南变电站，保障设备安全健康运行。机器狗替代了人工巡视，减轻了人工巡视的劳动强度，也提高了巡检质效。



江苏某变电站巡检

在110kV变电站内自主开展开关柜、组合柜等预定点位进行图片采集、表计读数、设备外观识别和远程红外测温巡视任务。



浙江某换流站巡检

结合数字化系统集成，2022年已实现从数据收集到后台接入、数据分析、报告生成、缺陷预警的机器狗全流程巡检。

应用实例

电力巡检



杭州亚运村

220kV电力管廊

电力管廊是修建在城市的地下空间，将电力线缆集中在一起的地下综合走廊，目前主要依靠人工周期巡视检查，存在巡检工作量大、巡检质量难以把控、巡检数据不全面且无法及时上传、巡检成本高等诸多问题。

国网某管廊采用智能四足机器人电力管廊巡检解决方案，根据管廊巡检业务需求增加局放检测传感器、红外测温、视频监控、机械臂等设备，采用AI智能算法的方式，搭建一套智能化巡检平台，实现对管廊重点区域设备的全智能化巡检运维。

应用实例

电力巡检



安徽古泉换流站巡检



地空一体化巡检



纪南变电站智能巡检



江苏某变电站巡检



杭州亚运村电力管廊



浙江某换流站巡检