

变电站智能巡检 技术方案

成都零零柒科技发展有限公司

二零二六年九月

目录

一、 项目概况	1
1.1 方案背景	1
1.2 项目实施意义	2
1.3 技术方案及说明	3
二、 智能巡视方案设计	3
2.1 总体目标	3
2.2 总体介绍	4
2.3 系统框架设计	5
2.4 识别内容	7
2.4.1 可见光、红外识别	7
2.4.2 气体检测	8
2.4.3 粉尘检测	8
2.4.4 温湿度检测	9
2.4.5 噪音检测	9
2.4.6 多楼层巡检	9
2.5 自主充电装备	9
2.6 通讯网络设计	10
2.7 现场安装改造	11
2.7.1 充电房安装	11
2.7.2 防火门改造	12

2.7.3 挡鼠板改造	12
2.8 机器狗本体	14
三、 管理平台介绍	16
3.1 视频监控功能	16
3.2 红外测温功能	16
3.3 机器视觉识别功能	17
3.4 自主充电功能	17
3.5 自主巡检功能	18
3.6 安全防护功能	19
3.7 “挂牌” 避障功能	20
3.8 智能巡检机器人管理系统	20
3.8.1 巡检监控	20
3.8.2 任务制定	21
3.8.3 任务展示	22
3.8.4 任务报告浏览	22
3.8.5 设备数据浏览	23
3.8.6 设备告警	24
四、 机器狗本体参数	25
五、 配置清单	26

一、项目概况

1.1 方案背景

目前多数变电站电力设备巡检仍为人工巡检方式,巡检人员的巡视内容主要包括对室外变压器进行温度检测、变压器设备表计读数、高压电缆接头状态检测,以及对高压配电室的各类电流表、电压表、功率因数表和空气开关、刀闸开关等设备进行巡视记录,巡视内容固定单一,且高压电力设备都具有一定的危险性,容易对巡检人员造成人身安全隐患。



随着电力安全运行的要求越来越高,变电站使用智能化设备的必要性也越来越强,能够使用一套既能对变电站设备自动进行数据采集,又能对所得数据进行全面综合分析和比较的智能化巡检系统,是非常必要的。

本项目针对变电站构建一套智能化巡检系统,应用四足巡检机器人,对变电站室外一次设备区域以及室内高配室进行全覆盖巡检,提高巡检效率。

变电站运用智能巡检机器人有以下几点优势:

1)通过集成红外热成像在线监测功能，将部分事故检修转为预见性维修，实现电气设备的状态检修，为设备的安全正常运行提供可靠的科学依据。

2)通过搭载可见光视频系统，对设备操作前后实际运行状态的核对、对减轻运行人员劳动强度及改善劳动环境起到了积极作用，节省大规模安装固定摄像头的采购和维修成本。

3)采用巡检系统的数字化处理方式，可实现标准统一和描述统一，从而提升系统的标准化和智能化水平，减少管理成本。

智能巡检装置可减少因人员疏忽、漏检等带来的设备损失，降低了由于生产运行人员整体素质差异而导致的安全生产运行风险。故障发生时，能快速预警，为事故处理提供初步参考，有效保障设备安全可靠运行，提高安全生产工作效率和质量。

1.2 项目实施意义

本方案探索创新，以提升安全要素生产率为核心，本项目旨在为提高各生产和运营场景的安全管理水平，降低或部分替代现场员工的巡检工作，降低劳动强度，提升巡检工作的质量，降低巡检的安全风险，需在该区域增加智能巡检机器人，该系统实时采集巡检现场的图像、声音、红外热图、多种环境参数等信息，模拟巡检员巡检作业时的“耳听、手摸、眼看”，同时将传统的无法复现记录和不能准确量化的人工感官信息，以数字化的图像、声音用准确的数据形式实时归类存储，便于故障问题的查询、复现。

本方案的实施意味着巡检工作的“去人工化”迈出了重要一步，既保留了人工巡检的灵活性与智能性，又有效克服并弥补了传统人工巡检的局限性与不足。此举不仅降低了人工巡检的成本投入，还显著增强了风力发电过程中的安全保障

能力。

1.3 技术方案及说明

本项目致力于研发适用于变电站环境的四足巡检机器人,并集中攻克其各项关键智能技术。

针对室内外精细化巡检的特定场景,本项目将采用基于激光雷达与里程计辅助的多传感器导航技术,并结合自主路径规划技术,以应对大范围、多任务、复杂环境及高安全标准等挑战。通过集成红外传感器、视觉相机等多种传感器,机器人将建立与后台系统的高带宽通信链路,确保在全天候条件下能够实时捕获巡检目标信息。

四足巡检机器人融合了智能传感器、大数据、机器学习及人工智能等前沿技术,实现了对电力线路、变压器、GIS 装置等关键工作场景的多维度数据(包括环境、设备状态、声音等)的实时感知与监控。借助大数据技术,机器人能深入挖掘数据信息,进行预测性计算分析,为精准决策提供坚实的科学依据。此举旨在减轻运维人员的工作负担,提升整体运维效率,降低运维成本,并为业务系统的安全性与可靠性提供有力保障。

二、智能巡视方案设计

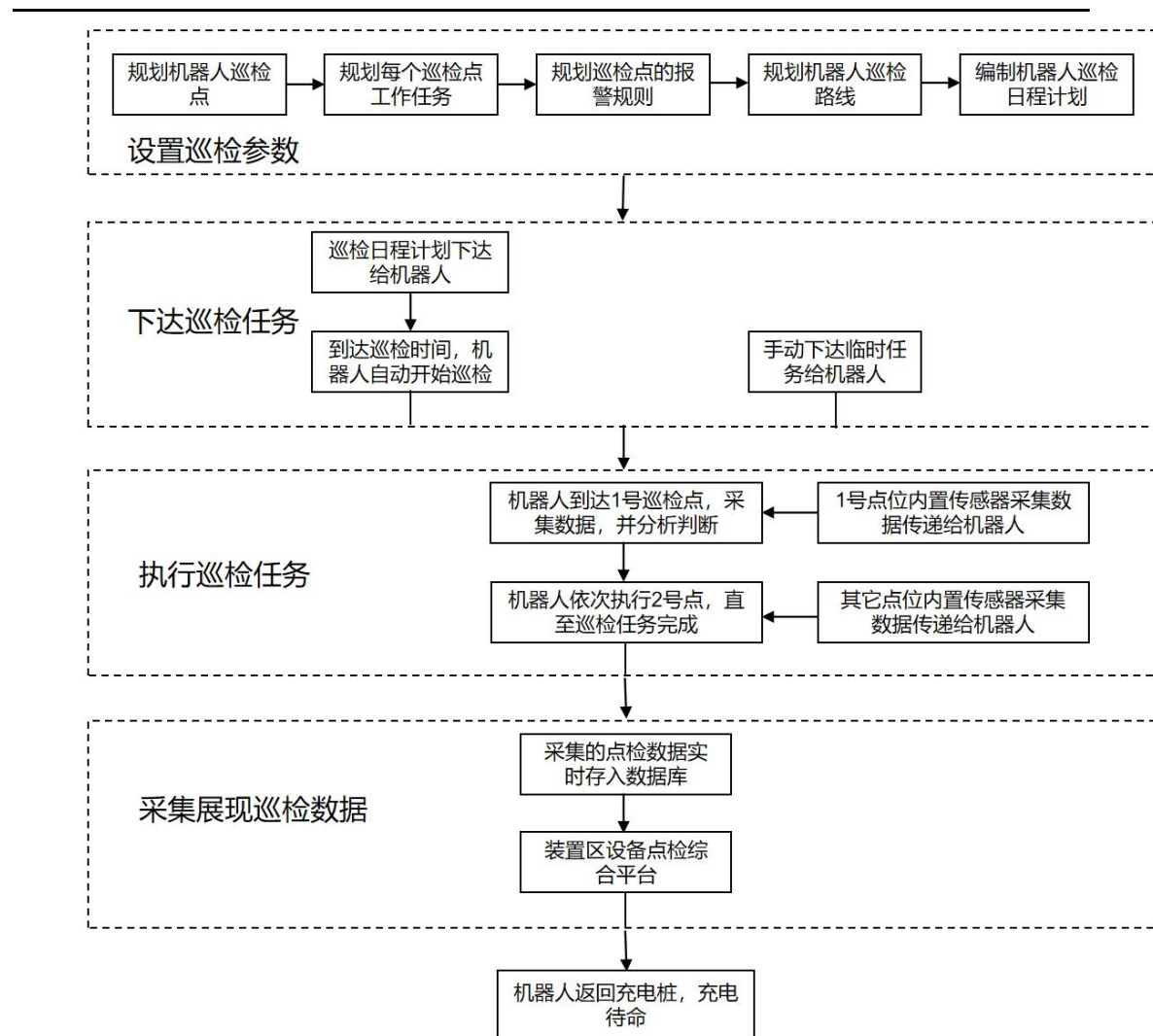
2.1 总体目标

本项目围绕“节能降耗、减人增效、主动安全、提升管理、互联互通、集约协同”思路,运用系统论方法,站在全局视角,从整体层面开展总体设计和体系规划。充分继承用户已有信息化建设成果,采用现代信息技术和通信技术,集成智能的传感与执行、控制和管理等技术,按照覆盖面更广、集成度更深、智能化

更高、互动性更好和可视化更优的方向，形成具有全面的感知能力与智能的就地处理能力，能动态感知、主动安全，准确预测、支撑构建“集约协同、智能优化、无人干预，少人值守”的巡检体系，实现管理最佳、效益最优、风险可控，让企业更安全、更高效、更环保、更智能。

2.2 总体介绍

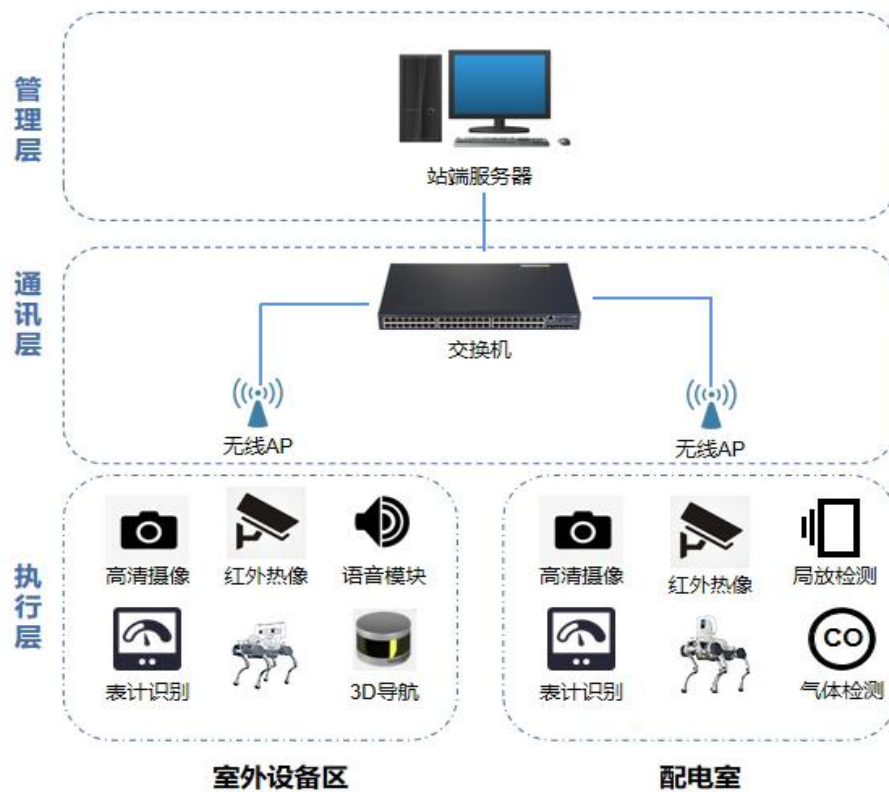
通过本项目引入一套能够适用于变电站巡检的四足机器人巡检系统，实现变电站智能巡检。巡检机器人可以按照预先设定的线路、巡检内容、报警规则、巡检日程自动执行巡检工作，巡检中巡检机器人也可以执行临时下达的各项巡检任务。巡检机器人执行巡检任务时，它会按照巡检路线到达指定巡检点，然后利用自身搭载的热成像、可见光、声音等传感器对检测对象进行扫描，获取各类数据，巡检机器人具备边缘计算能力，可利用自身携带的相关 AI 算法和模型对这些数据进行分析，得出分析结果，如果分析结果超出预先设定的报警阈值，则触发报警。巡检机器人自身具备数据库和数据同步程序，再将各类巡检数据存入自身数据库同时，利用自身数据同步程序将巡检数据和报警数据存入机房端远程监控系统，机器人巡检时，可对这些传感器发出相关获取数据指令，获取这些传感器采集的数据，进行综合数据分析。巡检机器人具备自动充电功能，当巡检过程中，电量不足时，机器人会自动返回充电桩进行充电，具体内容如图所示。



其中，机器人巡检管理平台软件层面融合了大数据、机器学习、人工智能等多种先进技术，可对变电站的环境、设备、声音、温度等多维度数据实时感知，通过大数据技术进行数据信息深度挖掘，并做出预测性计算分析，通过多种数据表现方式实时展示巡检过程全方位数据，为精准决策提供科学依据。从而将运维人员从繁琐的工作中解放出来，提高整体运维效率，降低运维成本，为业务系统安全性可靠性保驾护航。

2.3 系统框架设计

智能巡检系统结构可分为三层，分别为执行层、通讯层和管理层。系统架构设计图如下所示：



系统架构设计

1) 智能巡检系统执行层，由四足巡检机器人等设备组成。四足巡检机器人对设备进行巡检，对表计进行读数识别，对设备进行红外温度检测，并将采集的设备数据传输至巡检后台。

2) 智能巡检系统通讯层，四足巡检机器人采用无线通讯，现场部署无线 AP 设备，保障四足巡检机器人数据的稳定、高效传输。所有四足巡检机器人采集的巡检数据，经过整合后统一传输至巡检监控后台。

3) 智能巡检系统管理层，本项目站端数据汇总、整合后通过专网统一传输至站端工作站，由站端工作站对数据进行处理分析，对异常数据进行报警，集中展示巡检数据。智能巡检系统软件具备标准接口，可与第三方平台进行数据交互，同步巡检内容，便于运维人员查看。

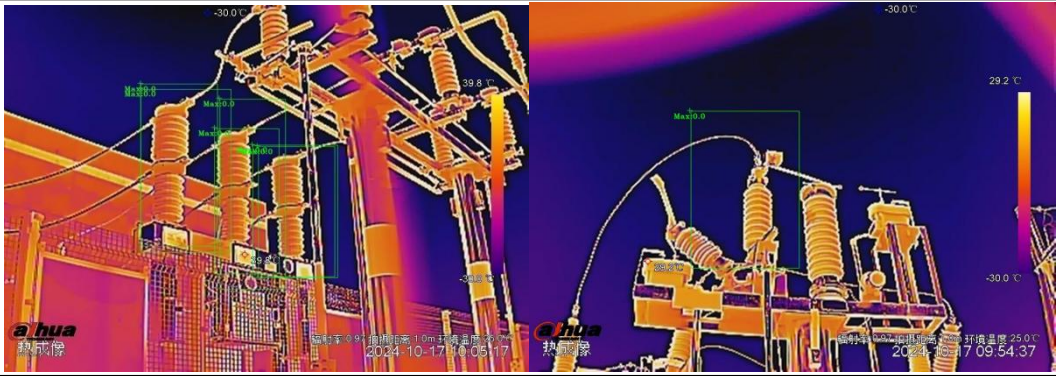
2.4 识别内容

2.4.1 可见光、红外识别

巡检内容包括红外图像温度分析、可见光数据采集等多种监控功能，从实时画面、实时数据、远程操控等多个方面，对主变压器、刀闸等进行全方面辅助监控，为生产过程提供全面、实时的决策依据，主要巡检内容包括：

- 1) 变压器油温表、油压表读数，外观图像采集，温度、接头温度；
- 2) 断路器 SF6 指示表、油压表、分合指示、接头温度；
- 3) 电压互感器、电流互感器的油位计、接头温度；
- 4) 避雷器泄露电流及动作次数，接头温度；
- 5) 隔离开关刀闸位置，接头温度；
- 6) 母线连接各相接头温度；
- 7) 端子箱、机构箱的外观、温度；



分合闸状态	
状态：分	状态：合
	
红外测温	
	

识别内容

2.4.2 气体检测

在变电站复杂环境中，特定设备区域（如 GIS 室、变压器区、电缆沟等）因设备运行异常或材料老化易产生 SF₆ 分解物、可燃气体（H₂ /CH₄）、有毒气体（CO/SO₂）及缺氧风险。为保障运维安全，智能巡检机器人搭载多气体复合检测系统，采用先进的电路设计、成熟的内核算法处理，适用于检测管道、危险环境、大气环境中的气体浓度检测，能够快速精确检测多种气体浓度。

2.4.3 粉尘检测

巡检机器人携带的环境粉尘传感器能够检测 PM10、PM2.5 等。可在机器人监控平台设置报警阈值，当机器人巡检发现超过阈值时，可将报警信号及机器

人定位发送至监控平台。

2.4.4 温湿度检测

传统的变电站温湿度检测方式为固定点位安装温湿度传感器设备,无法检测所有设备区域的温湿度,存在较大数据偏差。智能巡检机器人搭载高精度温湿度传感器,通过动态扫描变电站设备区域,实时采集环境温湿度数据,实现设备健康状态与环境安全的闭环管控,保证数据的准确性,为变电站预防性维护、能效优化及故障溯源提供全场景数据支撑。

2.4.5 噪音检测

智能巡检机器人通过定向拾音与噪声源定位技术,对变电站关键设备(变压器、GIS 开关、电抗器等)进行全频段噪声监测,精准识别机械振动异常、局部放电高频啸叫及冷却系统异响;结合频谱分析与故障特征库,实时解析噪声能量分布与声纹特征,自动生成噪声等级评估报告;为设备机械状态评估、绝缘劣化预警及振动源定位提供非侵入式诊断依据,助力变电站“听声辨症”智能化运维体系构建。

2.4.6 多楼层巡检

机器狗搭载多楼层导航系统,通过激光雷达与 SLAM 技术实现跨楼层精确定位,支持自主上下楼梯,实时构建 3D 环境地图。配备自适应楼梯步态算法,可自主识别台阶,规划足底落点,结合动态避障系统,能在多层场景中自主切换任务,实现跨楼层巡检。

2.5 自主充电装备

工业场景中的光线、污渍、灰尘等问题都会影响传统充电方案的效率,经过

长期实践，新一代融合定位方案，保障充电过程更加顺畅有效。利用激光反射技术，支持一键回充，无需建图就能实现自主充电。

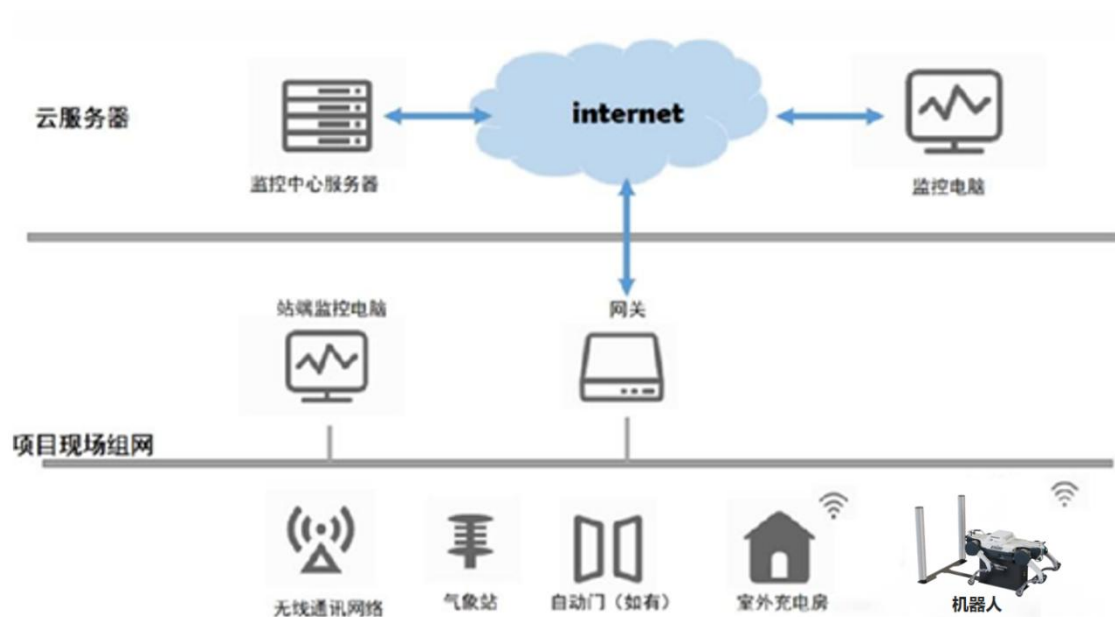


2.6 通讯网络设计

机器人通信系统采用先进的无线数据网络传输技术，以确保在巡检区域内实现无线网络的无缝覆盖。此系统还集成了无线加密通信网络，以保障数据传输的安全性。

在机器人端，工控机和视频装置通过以太网接口与无线集线器相连接，通过搭配机载式的无线通讯终端，可接入局域网络，实现数据的实时传输与处理。如果厂区尚未部署全面的无线网络覆盖，可以设计搭配无线 AP 一体化基站解决方案。根据巡检现场的实际情况，我们可以灵活自组网，通过选择全向或定向天线，以优化网络信号覆盖，同时降低部署成本。

此方案不仅方便四足巡检机器人直接接入网络，还能确保巡检任务的高效执行。具体部署方式请参见附图：



2.7 现场安装改造

2.7.1 充电房安装

为了便于四足机器人在室外进行充电，我们部署了充电站，该站点包括充电站主体、充电桩、控制箱、自动门、防鼠装置以及空调等必要设备。



机器人充电房

2.7.2 防火门改造

针对现场手动门没有驱动电机需要手动前后推拉的防火门需要安装闭门器、门禁控制器来解决机器人巡检过程中自动开门功能。现场门可改造为甲级防火门。



各类手动门参考



门禁控制器

电动开门机

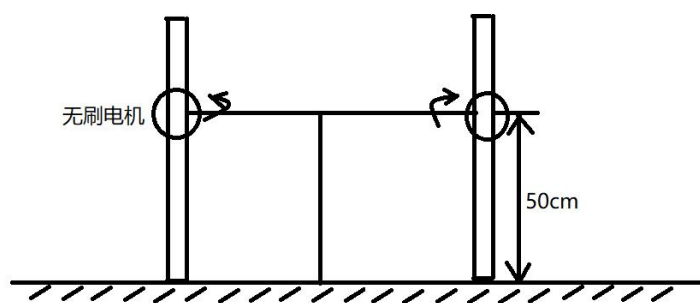
防火门改造用设备

2.7.3 挡鼠板改造

普通挡鼠板：嵌入固定式，高度 30~50cm（一般为 50cm），固定，巡检

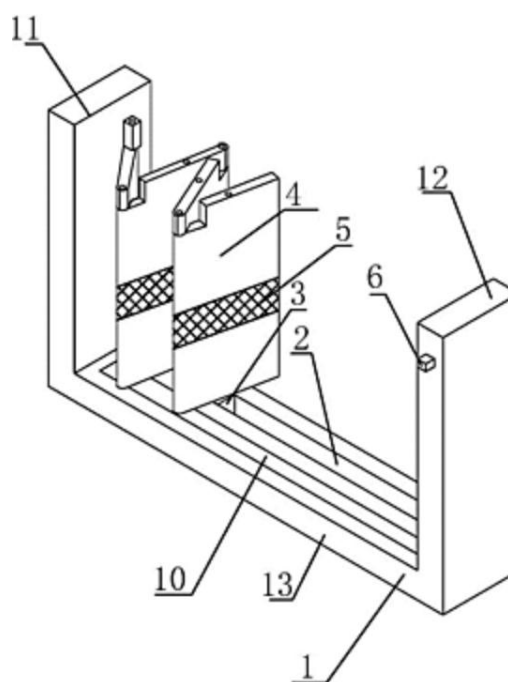
人员需要跨越。鉴于现场各自动门条件各异,既有双开门设计,亦有单开门布局,同时需充分考虑机器人的通行能力,现提出以下三种方案,以便根据现场自动门的实际情况进行灵活选择,仅限选择一种。

方案 1：挡鼠闸门（摆闸）



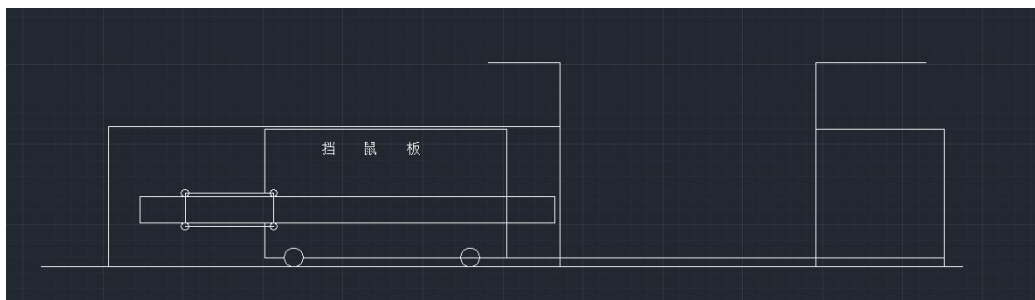
挡鼠板摆闸式

方案 2：伸缩式挡鼠板



挡鼠板伸缩式

方案 3：平移式挡鼠板



挡鼠板平移式

2.8 机器狗本体

绝影 X30 PRO 是四足机器人领域的创新之作，其使用温度范围首次扩展至 -20°C 至 55°C ，从而在极寒与酷暑的极端环境下展现出强大的适应能力。该机器人具备卓越的越障能力，能在复杂多变的环境中迅速且稳定地跨越障碍物，并能精准地上下 45° 的镂空工业楼梯。即便面临昏暗、强光、闪烁或完全无光的极端视觉条件，绝影 X30 PRO 依然能够自主导航并完成既定作业。在交互方面，绝影 X30 PRO 配备了先进的灯语交互功能，通过灯光信号向工作人员传达设备状态信息，提升了操作的直观性和便捷性。同时，该机器人具备针对随机动态物体的安全停障功能，有效保障了作业过程的安全性。在续航能力方面，绝影 X30 PRO 表现出色，其持续续航时间可达 2-3 小时（根据负重情况而定）。为应对长时间作业的需求，电池支持现场快速拆换，极大提高了作业效率。此外，该机器人还具备自主充电能力，通过融合定位技术实现精准自主充电，为各种行业场景中的持续作业提供了有力保障。在防护性能方面，绝影 X30 达到了严格的 IP67 防护等级，确保在恶劣环境中也能稳定工作。同时，该机器人还配备了实时监控系统及应急处理系统，能够及时发现并处理潜在问题，保障智能作业的安全性和效率性。产品外观见下图。



绝影四足机器人标配实时性较高的操作系统，配备高性能多核处理器，确保足够的内存和算力，用以加载运动控制程序、导航算法、智能感知模块程序以及图像采集；支持多线程开发方向，提供的内部参数为运动控制周期 1ms，规划周期可自由配置至（25ms-50ms），便于客户在 MPC、路径规划等算法的实现，以满足项目实施过程的实时性管理要求和快速的算力要求。绝影四足机器人同时具备接入物联网平台能力，接受物联网平台的相关管理要求，并遵循物联网平台设备信息模型的开发要求。

绝影四足机器人可通过自检模块界面进行故障自诊断及报警分析，通过显示四足机器人当前状态下各个模块的功能是否正常来实现，包括常用模块、电池模块、网络连接模块和安全模块。当上述任一模块出现异常时，绝影四足机器人背后的警示灯橙灯长亮，站内的操作人员看到警示灯后能及时作出反应。同时机器人能将故障信息上传到本地监控后台，此时自检模块界面上与发生异常的模块对应的状态栏底色变成红色，并且本地监控后台能发出警报声，主控室的操作人员听到警报声能及时查看出现异常的模块，并处理。

三、管理平台介绍

3.1 视频监控功能

在巡检过程中，四足巡检机器人通过自身携带的一体化云台装置，可对周围环境进行视频图像的采集，并根据工作人员的需要将图像信息经无线网络传回主控室，并自动记录拍摄地点和设备名称，以备工作人员日后能查询完整的信息。

视频监控直观展示机器人当前巡检设备的实时图像，显示当前云台水平位置、垂直位置，可单图全屏放大、双击关闭全屏。主要包括表计、状态指示、外观及辅助设施外观、变电站运行环境等巡检点、设备的实时温度等。界面如下图：

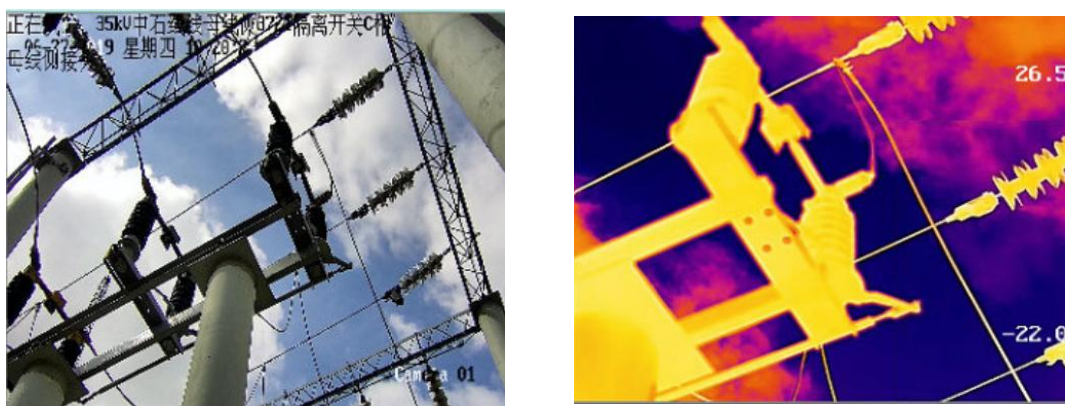


图 3-1 可见光和红外实时监控效果

3.2 红外测温功能

四足巡检机器人搭载红外热像仪，具备自动对焦功能。能够对站内设备进行温度检测，并实时显示影像中温度最高点区域及温度值。能按照要求对电流致热型故障进行自动分析判断，并提出预警。

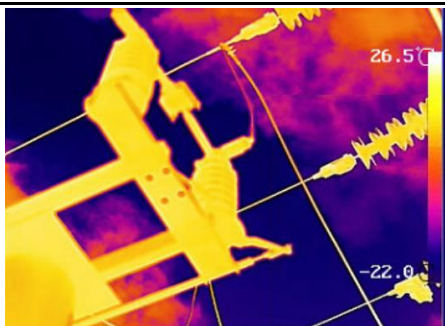


图 3-2 红外实时监控效果图

3.3 机器视觉识别功能

对有读数的表盘进行数据读取或者对于开关的位置进行监测（例：注油设备油位表，开关分合位置）、自动记录和判断，并提出报警。

四足巡检机器人采用专利的机器视觉技术对图像中感兴趣的区域进行配准与提取，而后通过模式识别技术对仪表进行识别与读数判别。并对异常读数提出报警，读数误差小于 2%。下图展示了对仪表进行识别的流程：

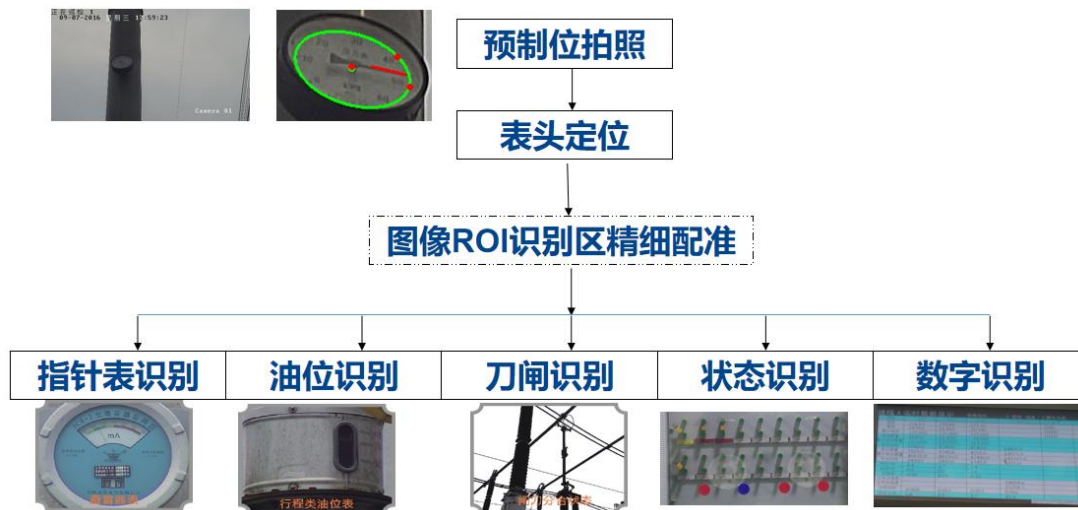


图 3-3 识别流程图

3.4 自主充电功能

四足巡检机器人本体自带电池电量检测电路，且可人工设置电量报警下限，一旦机器人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，同时发出

警报，之后自主运行到充电点进行充电。

3.5 自主巡检功能

四足巡检机器人可进行定时巡检、定点巡检、指定任务临时巡检、遥控巡检多种巡检方式。常用的定点巡检可以根据指定的路径和指定的巡检目标点进行自动匀速巡检，只需要设定巡检路径并启动自动巡检即可使机器人自动完成一次巡检。巡检过程中机器人每到一个巡检工作位置，能自动准确停车探测，做完规定的动作后再按照路径自动往下一个巡检目标点前进，并不需要人为操作控制，完成巡检作业，并自动记录并保存所采集到的数据。

定时巡检：到达设定时间后，机器人可以沿预定好的轨迹进行自动巡视，根据原先设定的地点精确停靠后，自动对待检设备进行检测，所有检测完成后自动回到充电房进行自主充电。

指定点巡检：操作人员可设置区域内任意巡检点，四足巡检机器人可根据当前位置及目标点，规划出最优路径，自主运行到目标点。

遥控巡检：操作人员可以通过鼠标、键盘遥控机器人，脱离预先设定的路线，行驶到满四足式机器人工作环境的指定位置（机器人可以达到），通过远程遥控机器人行驶和云台动作、摄像机调焦、红外热像仪的操作、可见光与红外数据采集，实现对待检设备进行特检。

利用四足巡检机器人自主完成电力设备的巡检，通过数据分析可以为工作人员提供设备工作状态；通过历史曲线提高设备的预知性，为状态检修或状态评估提供有效数据支持，从而减少事故的发生；利用四足巡检机器人完成电力设备的巡检，可以使操作人员远离带电设备，安全性好，可靠性高；同时，可以为无人值守的推广应用提供了创新型的技术检测手段，提高了电力系统的可靠稳定运行

水平。

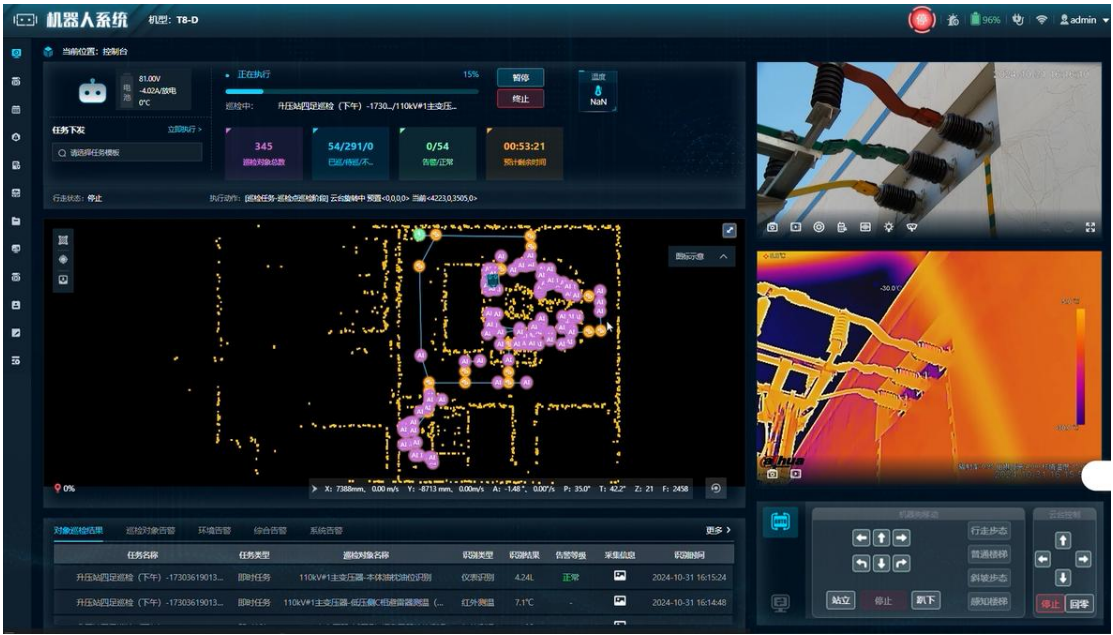


图 3-4 常规巡检

3.6 安全防护功能

四足巡检机器人采用激光停障系统 ,对障碍物和变电站内工作人员进行探测 ,遇到障碍会停障并报警。同时在结构上增加安全防护,防止碰撞造成人员或者设备损伤,与停障系统构筑双重安全保障,在停障系统失效情况下防止与障碍物的激烈碰撞,并进行系统安全报警并在明显位置安装有闪动警示灯,提醒站内工作人员注意。

在自主巡检的过程中,激光停障系统发现前方有障碍物时,四足巡检机器人将发出警报并可紧急停车,通知主控室排除障碍物,在此过程中可由主控室下达返回、待命或其它无影响的巡检任务,待命状态下系统转入低功耗状态节约电力。

同时,由于变电站内的特殊环境,四足巡检机器人本体还设计有极强的抗电场干扰能力,其可行性已在电解铝超大电流整流室中成功验证。

3.7 “挂牌” 避障功能

检修区域设置实现变电站设备检修时对所检修设备和占用道路进行设置,任务编制时自动封闭相关巡检点位和道路,包括检修设备本身所有巡检点位以及定位在检修区域内对其他设备进行检测的所有巡检点位。

3.8 智能巡检机器人管理系统

智能巡视系统的作用是让用户能更方便地进行现场智能设备的管理及数据的查询。该软件界面友好、操作方便、信息显示清晰直观,并且具有一系列强大的功能,软件采用 B/S 架构设计,主要由实时监控模块、数据统计模块、报表系统、地图编辑模块、任务管理模块、系统设置模块和系统集成模块等组成,并具有数据采集、储存、统计、检索、报表输出、智能分析等多种功能。

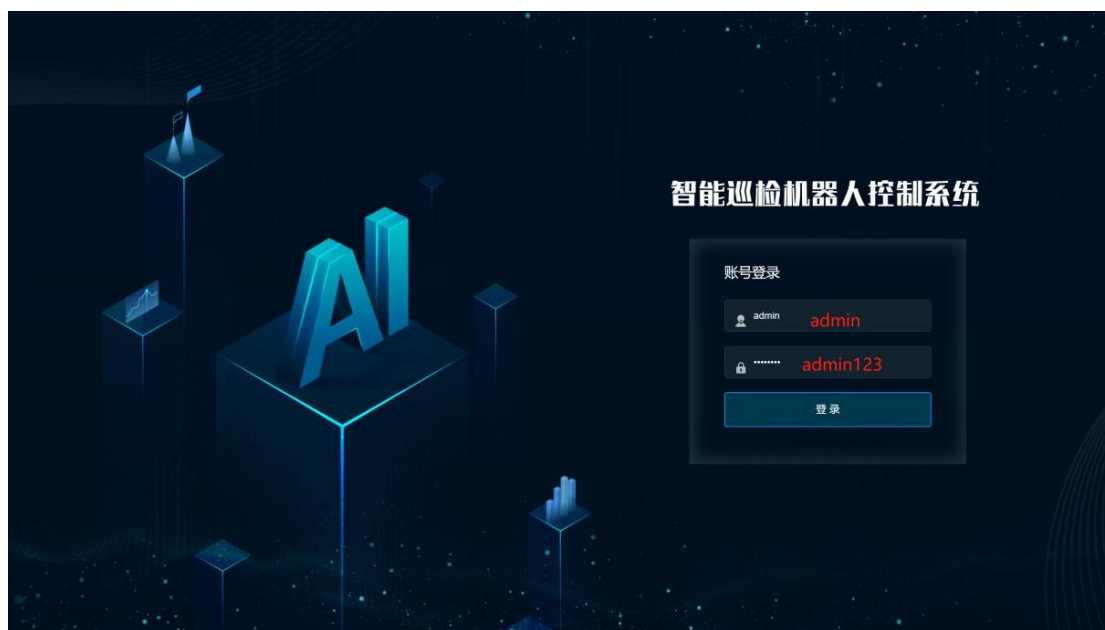


图 3-5 登录界面

3.8.1 巡检监控

巡检监控主要实现机器人巡检运行的实时监控功能,包括巡检任务信息、巡检地图、实时视频、巡检结果、巡检告警,机器人控制等内容。

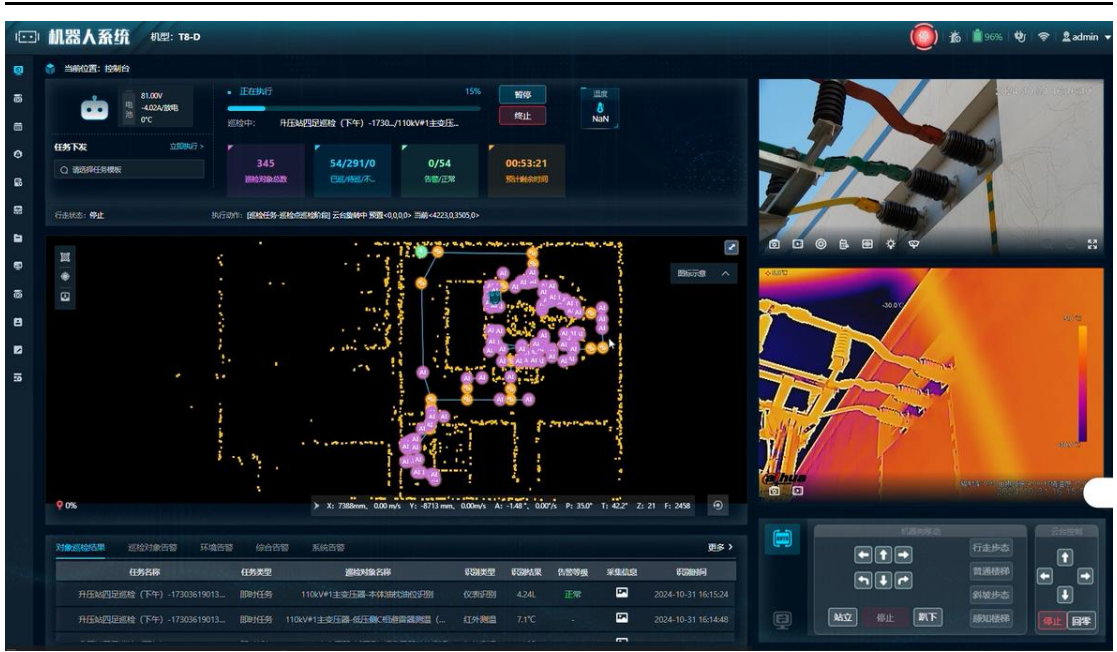


图 3-6 系统主界面

3.8.2 任务制定

任务制定模块可制定全面巡检、例行巡检、专项巡检、特殊巡检、自定义任务。每个子功能模块集合了任务编制、任务下发等功能。根据不同巡检任务类型自动预设相关巡检点位，并自动生成任务名称。

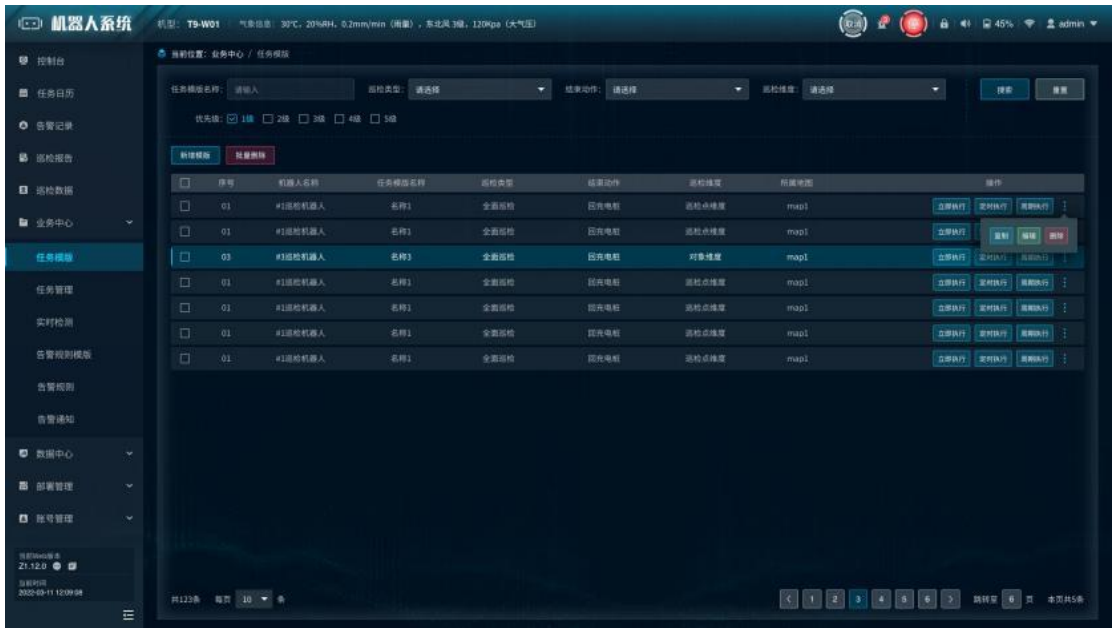


图 3-7 任务设置

3.8.3 任务展示

任务展示实现以月历形式显示所有下发的巡检任务。月历上每一日的单元格内显示当日所有已下发任务的执行时间、任务名称，并且根据任务状态改变显示字体的颜色：执行完成，绿色；中途终止，褐色；正在执行，红色；等待执行，蓝色；任务超期，黄色。

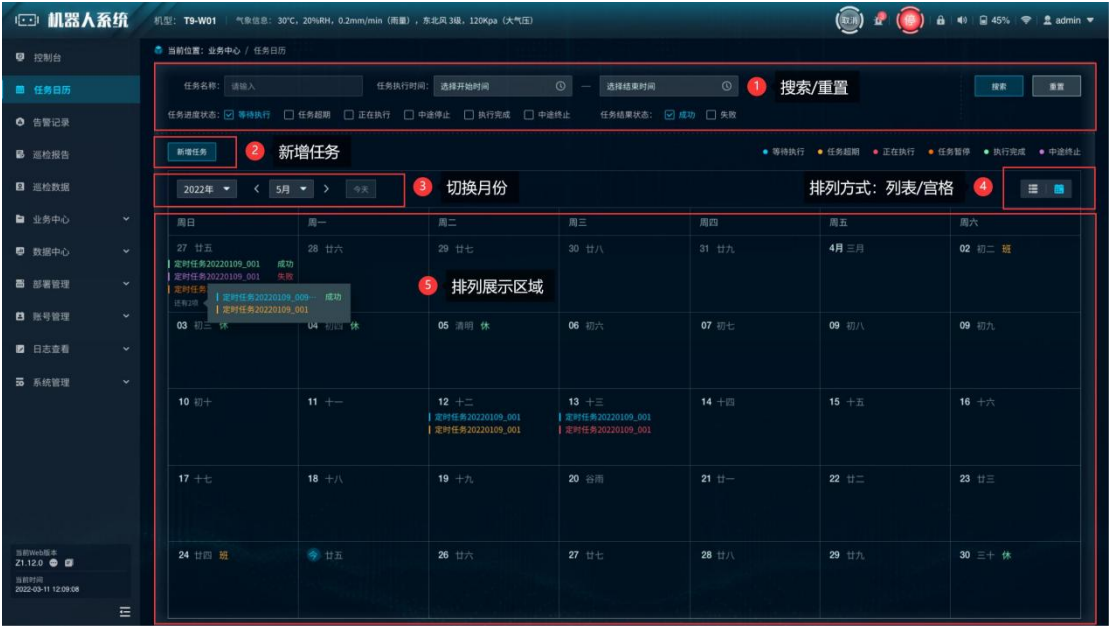


图 3-8 任务展示

3.8.4 任务报告浏览

任务报告浏览模块主要是通过任务的维度，来展示任务相关的巡检点位采集获取的数据和图片等其他信息。展现某个时间段内已经完成的任務信息，信息内容包括：任务名称、开始时间、结束时间、总耗时、巡检设备总数、疑似异常设备总数、审核状态。勾选某些任务，可以对这些任务中的数据进行审核以及任务相关巡检任务报表导出。

变电站智能巡检技术方案

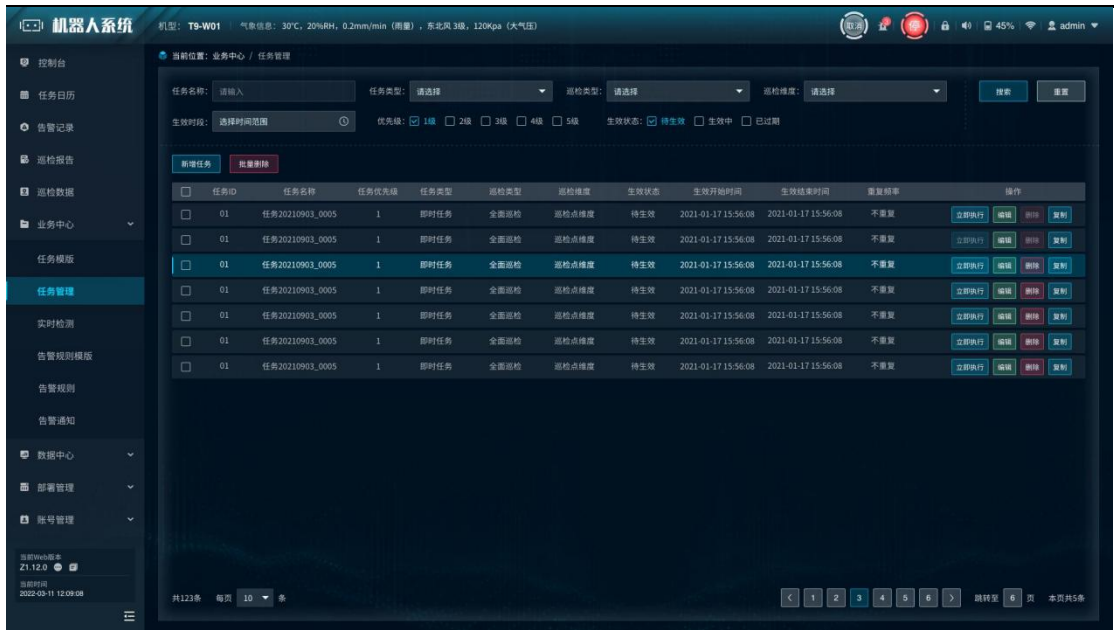


图 3-9 任务报告总览

3.8.5 设备数据浏览

设备数据浏览模块主要是通过设备的维度，来展示巡检点位采集获取的数据和图片等其他信息。设备数据浏览主要以设备树的形式，按照巡检点位设置次序，依次逐点查询本次巡检任务所包含点位的采集信息，同时对这些信息进行核对、确认。当本次巡检任务所包含的所有点位均确认后，可输入审核人和审核时间，此时具备生成任务报告条件。

变电站智能巡检技术方案

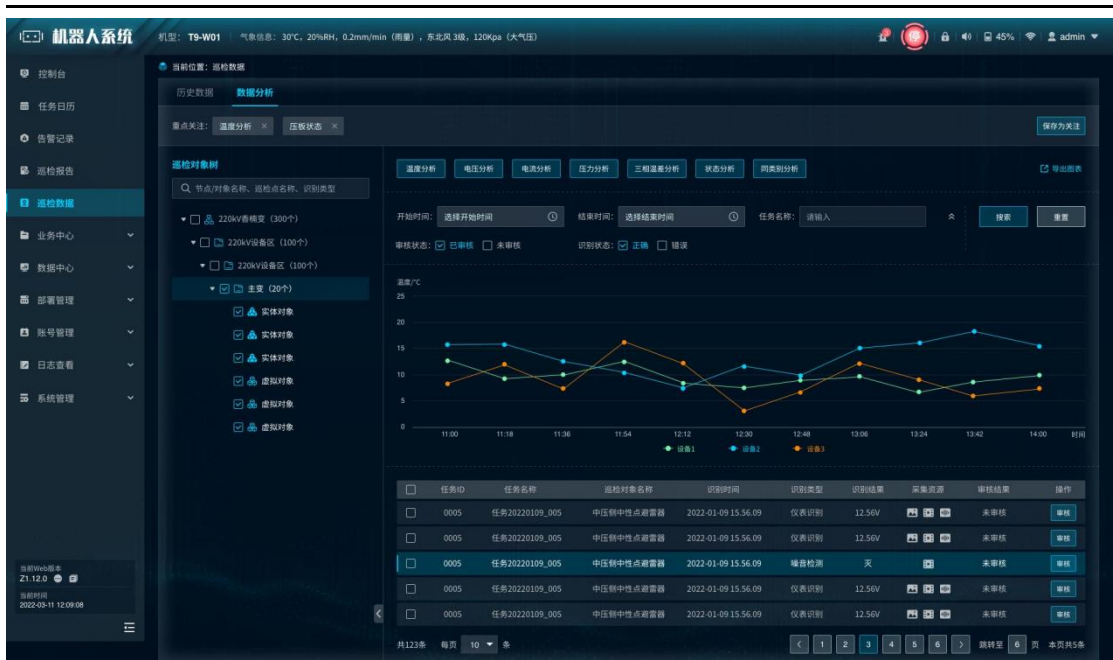


图 3-10 任务数据浏览

3.8.6 设备告警

设备告警显示各变电站的设备告警，包括告警时间、识别类型、告警等级、巡检值等，并可以参考数据信息、历史趋势、历史缺陷、三相比较曲线、三相缩略图对设备告警进行审核，确定缺陷类型。

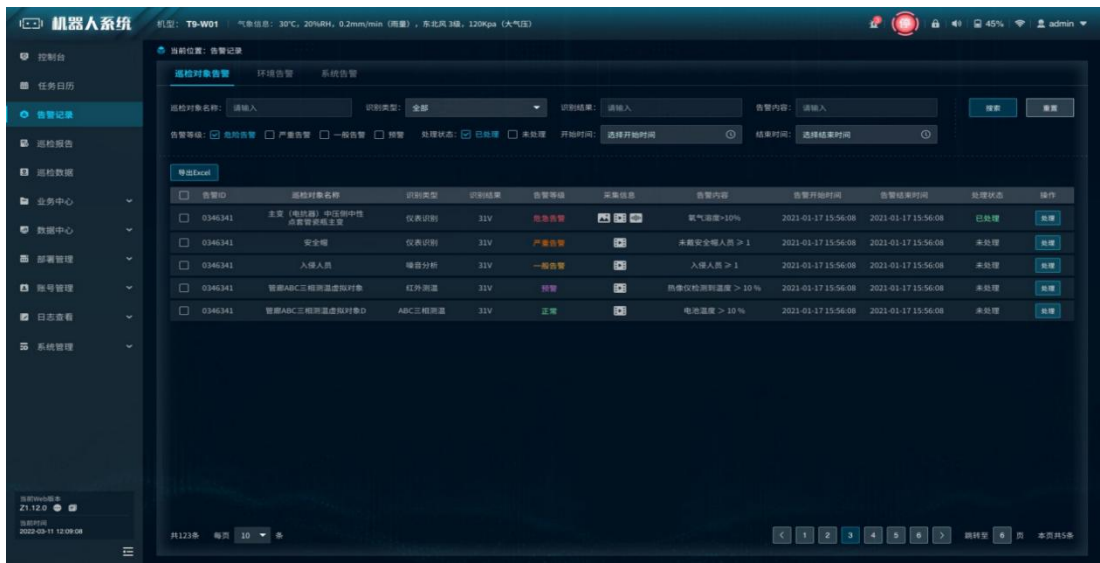


图 3-11 设备告警管理

四、机器狗本体参数

绝影 X30Pro 是一款行业应用级智能四足机器人 ,头部和尾部分别配备 2 个激光雷达 , 头部搭载 1 个广角相机 , 内部搭载 2 台主机 , 用于运动控制和环境感知计算等。背部配备智能控制器 , 内置 1 台导航主机用于建图导航等。

四足巡检机器狗技术参数：

序号	型号	技术参数
1	站立尺寸	1000mm×470mm×715mm
2	趴地尺寸	1130mm×470mm×285mm
3	整机重量	59kg
4	电池容量	22.4Ah
5	电池额定电压	72V
6	充电器输入	200V~240V
7	充电器输出	84V/8A
8	充电时长	2.5~3h
9	外接电源接口	12V ; 24V ; 5V (USB)
10	外接通讯接口	Ethernet; WiFi; USB2.0; USB3.0
11	自主充电功能	支持
12	最高速度	4.95m/s (极限测试数据)
13	可攀爬斜坡最大坡度	±30°
14	可攀爬台阶最大高度	20cm
15	可攀爬台阶最大角度	±45°

变电站智能巡检技术方案

16	空载续航时间	4h
17	有效负载续航时间	2.5h
18	有效负载	20Kg
19	最大负载	85Kg
20	工作温度	-20℃ ~ 55℃
21	防护等级	IP67
22	控制和感知算力	瑞芯微 RK3588，搭载四核 A76+四核 A55 的八核 CPU 和 Arm 高性能 GPU，内置 6T 算力的 NPU；Pico11，Intel® 11th Generation Core™ / Celeron Processors: i7-1185G7E (4C/8T, 1.80GHz, 15W)
23	固态激光雷达	4 个
24	广角相机	1 个

五、配置清单

序号	产品名称	功能参数	数量	单位
1	四足巡检机 机器人 绝影 X30 Pro	最高速度 4.95m/s (极限测试数据) 最大行走速度 1.3m/s	1	套

变电站智能巡检技术方案

		可攀爬斜坡最大坡度 $\pm 30^{\circ}$ 可攀爬台阶最大高度 20cm 可攀爬台阶最大角度 $\pm 45^{\circ}$ 空载续航时间 4h 有效负载续航时间 2.5h 有效负载 20kg		
2	双光谱云台	云台： 水平 360° 垂直 $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 可见光： 5-160mm 32 倍光学变倍，16 倍数字变倍 最大图像分辨率：2688 $\times 1520$ 焦距 5~160 mm 红外：	1	套

变电站智能巡检技术方案

		传感器类型：氧化钒非制 冷型探测器 分辨率：384×288 测温范围： -20℃-150℃，0℃ -550℃		
3	通讯设备	机载无线终端	1	套
4	巡检系统		1	套
5	充电桩	输入：220V，输出： 84V8A	1	套
6	手动充电器	输入：220V，输出： 84V8A	1	套
7	遥控手柄	工作电压：4.2V 充电接口：TYPE-C	1	套