

# 中国大学生计算机设计大赛



## 物联网应用类作品技术文档

作品编号：\_\_\_\_\_

作品名称：智井风暴——基于AIOT的工业场景检测与智能巡检系统

作 者：黄正 罗越洋 秦佳蕊 李斯图 李昊泽

版本编号：V 1.0

填写日期：2025/4/14

### 填写说明：

- 1、本文档适用于物联网应用类作品；
- 2、正文一律用五号宋体，一级标题为二号黑体，其他级别标题如有需要，可根据需要设置；
- 3、本文档为简要文档，不宜长篇大论，简明扼要为上；
- 4、提交文档时，以 PDF 格式提交本文档；
- 5、本文档内容是正式参赛内容组成部分，务必真实填写；如不属实，将导致奖项等级降低甚至终止本作品参加比赛。

目录

第1章 作品概述 ..... 3

第2章 需求分析..... 3

    2.1研究背景..... 3

    2.2传统井场痛点分析..... 3

    2.3研究目标..... 3

第3章 技术方案..... 3

    3.1数据采集与通信..... 3

    3.2QT可视化控制平台 ..... 3

    3.3数字孪生系统..... 3

    3.4智能巡检系统..... 3

    3.5图像视频监控..... 3

    3.6语音模块..... 4

    3.7硬件组成..... 4

第4章 方案实现..... 4

第5章 测试报告..... 4

第6章 应用前景 ..... 5

参考文献 ..... 5

# 第1章 作品概述

本项目基于 QT 的操作系统，融合智能硬件与数字孪生技术，构建起了一个具备实时监控、自动预警和远程控制功能的智慧井场体系。该系统全面涵盖多项关键功能：在环境感知方面，配备了多种传感器，包括温度传感器、湿度传感器、空气质量传感器等。这些传感器分布于整个厂区，持续采集环境数据。一旦数据超出预设的正常范围，系统能够立即发出警报，确保生产环境始终符合要求。在设备控制方面，系统集成的智能硬件实现了与各类生产设备的无缝连接。操作人员可通过 QT 界面远程启动、停止设备，还能对设备参数进行调整。这不仅提升了机器作业效率，还降低了现场操作风险。例如，对于高温或高压设备，远程控制能够切实保障工人的安全。智能巡检功能也是一大亮点：我们利用数字孪生技术，创建出与实际物理井场在设备布局、生产流程等方面高度一致的井场实物模型。通过这个模型，系统能够模拟井场的运行状态，进行智能巡检，并提前预测潜在的设备故障。一旦检测到异常，系统会自动生成巡检任务并推送给相关人员，以便快速响应与维护。总的来说，本项目实现了井场生产的数字化与智能化转型，有效提高了生产效率、产品质量以及井场管理水平。

## 第2章 需求分析

### 2.1 研究背景

在工业 4.0 蓬勃发展的时代浪潮下，“智能井场数字化平台”项目成为热门话题，其意义非凡，传统生产体系长期受许多结构性矛盾的困扰。例如，生产流程中信息流通不畅，各环节数据无法实时共享，导致生产计划调整滞后，严重影响生产效率。同时，劳动密集型模式下，人力成本居高不下，且产品质量受人为因素影响波动较大，难以实现高精度、一致性的生产。此外，传统供应链协同性差，企业难以快速响应市场需求变化。而“智井风暴”项目致力于精准破解这些难题，项目构建具备自主优化能力的智能制造新范式。我们使用大数据、人工智能、物联网等前沿技术，实现生产过程全流程的数据采集与分析，让生产决策更加科学精准。通过智能设备与系统的深度融合，能够自动优化生产参数，提升产品质量与生产效率，降低生产成本。并且，该项目能有效增强供应链的协同能力，使企业能够敏捷应对市场动态，在激烈的市场竞争中抢占先机。

### 2.2 传统井场痛点分析

在过去传统井场生产中，存在许多痛点，比如：

(1) 设备老化与维护难题：传统井场部分设备使用年限较长，老化现象严重。如一些抽油机设备老化，容易出现机械故障，导致部件损坏甚至引发安全事故。同时，设备老化使得维护难度增大，维护成本也相应增加。

(2) 高能耗：传统井场设备能源利用效率低，大量老旧设备“能耗高、产出低”。例如，一些热处理设备的能源利用率不足 30%，相较于新型节能设备高出 50% 以上的能耗。照明、通风等系统也缺乏智能化控制，导致能源浪费严重，能源成本居高不下。

(3) 信息传递与协同不畅：井场各部门之间信息传递主要依靠人工沟通和传统的通讯方式，信息传递不及时、不准确，导致各环节协同作业困难。例如，地质部门获取的油层信息不能及时准确地传递给工程部门，可能导致钻井方案调整不及时，影响钻井效率。

(4) 设备自动化程度低：部分井场设备自动化水平不高，如一些老旧的钻井设备，需要人工频繁进行操作和调整，不仅容易出现操作失误，而且影响生产进度。相比之下，自动化程度高的设备可以实现远程监控和自动调节，大大提高生产效率。

(5) 决策缺乏数据支持：管理层决策主要依据经验与手工统计报表，数据时效性差且准确性低。例如，制定生产计划时，无法基于实时的市场需求数据、生产能力数据进行科学分析，导致生产计划与市场实际需求脱节，造成资源浪费。

## 2.3 研究目标

“智井风暴”这类智慧井场的出现，推动着制造业的深度变革。我们以数据驱动为核心思路，致力于通过全方位、实时的数据监控与深入分析，为生产流程的优化与控制提供坚实支撑。

一方面，智慧井场利用密布于生产现场的各类传感器，对生产环境、设备运行、产品质量等关键数据进行实时采集。这些数据以极快的速度传输至中央控制系统，经过算法的分析处理，转化为直观、可操作的信息。井场管理层与操作人员可以通过这些数据精准掌握生产过程，及时发现潜在问题，并做出科学合理的决定。例如，通过实时监控设备的运行参数，提前预测设备故障，安排预防性维护，避免因设备突发故障导致的生产中断，从而保障生产的连续性，有效提高生产效率。

另一方面，智慧井场凭借强大的数据处理能力和灵活的生产调度系统，能够更加敏锐、迅速地适应市场需求的变化。当市场需求发生波动时，系统可以快速分析相关数据，调整生产计划，合理安排生产资源。例如，在接到紧急订单时，智慧井场能够迅速调配设备和人力，优先生产紧急订单产品，确保按时交付，提升客户满意度，增强企业在市场中的竞争力。智慧井场在提高生产效率、降低成本的同时，还能实现对市场需求的灵活响应，推动制造业向智能化、高效化的方向迈进，使得企业占据更为有利的地位。

# 第3章 技术方案

## 3.1 数据采集与通信

下位机连接多种环境传感器（温湿度、光照、接近、红外等）实时采集井场环境数据，使用pythonpaho.mqtt.client库，实现MQTT协议，使用它来连接到MQTT代理服务器，订阅传感器数据主题以及发布控制命令



图3.1 数据采集与传输

### 3.2QT可视化控制平台

QT设有多个功能页面：

登录页面：支持手机号/密码登录，并新增人脸识别登录功能，提高安全性与便利性，其中OpenCV检测人脸，使用python face recognition 人脸识别库进行人脸识别验证。

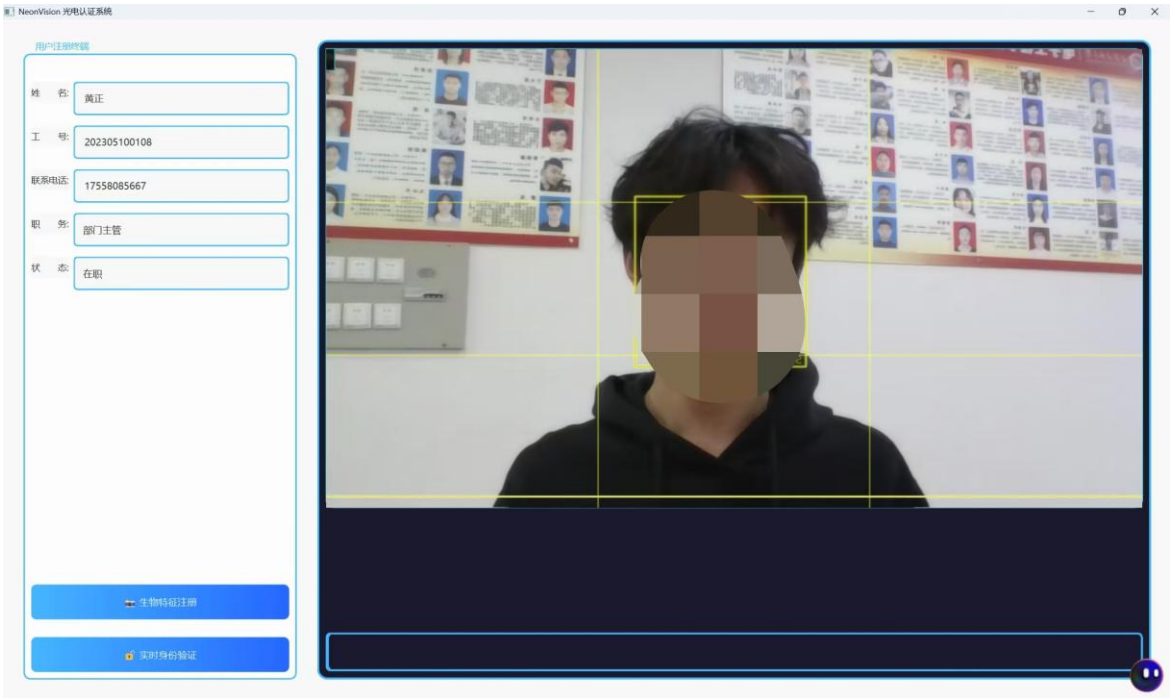


图3.2 人脸识别登录

首页：以简洁直观的可视化设计为核心，采用模块化布局，将环境数据监测与趋势分析有机融合。实时显示环境数据（温度、湿度、光照）及变化趋势，从而可以判断井场情况，如有异常情况，可以第一时间发现，减少损失。

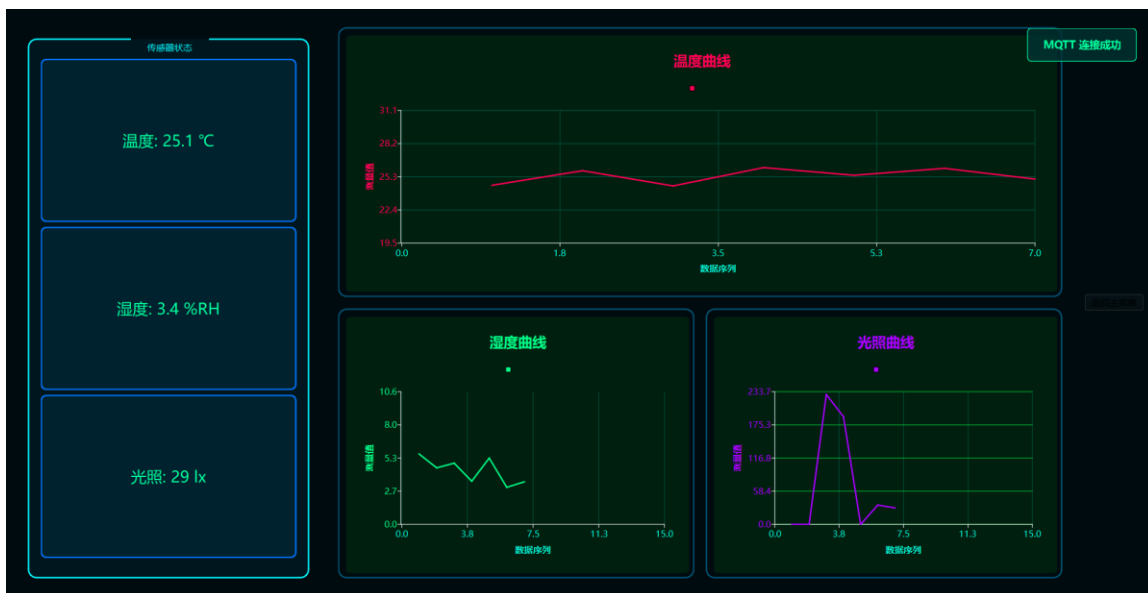


图3.3 实时环境数据

控制页面：支持对LED、蜂鸣器、舵机等设备的远程控制，如环境数据有异常，LED灯亮起，蜂鸣器报警，提醒维修人员进行维修，舵机也可以进行远程操控帮助其维修。

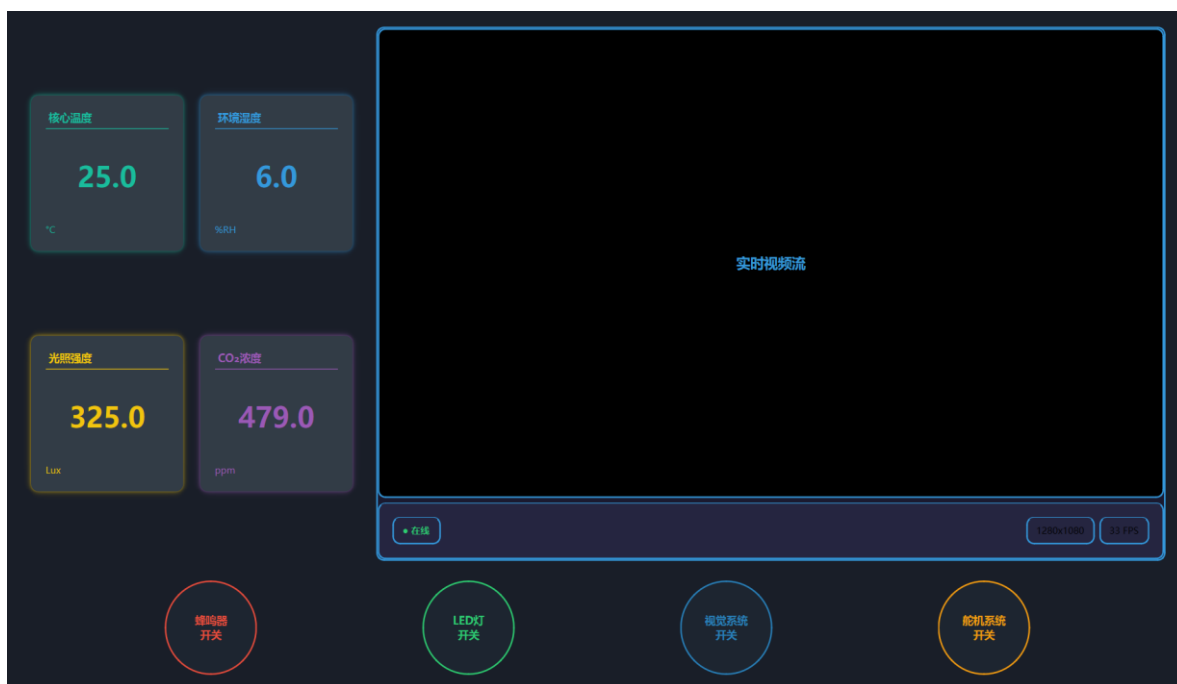


图3.4 远程控制界面

个人信息页面：使用Mysql数据库工具连接后端用户业务数据，展示员工详细信息

息，支持考勤功能。



### 3.3数字孪生系统

搭建了3D井场模型，通过数字孪生系统实现虚拟场景与物理场景联动。实时数据驱动模型运行，实现虚实同步，包括环境变化、设备状态和巡检车状态。

基于Unreal Engine 5搭建高拟真三维场景前端系统，通过VREST插件实现与后端业务数据库的实时API对接，建立动态数据管道。

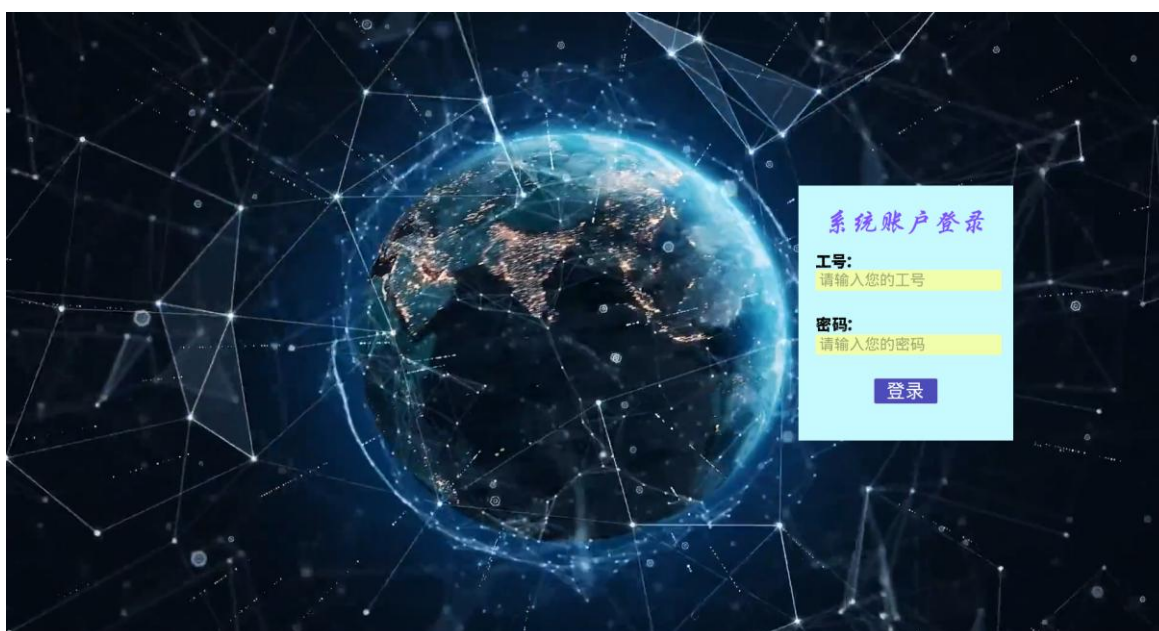


图3.5 数字孪生系统登录界面

运用Cinema 4D完成拓扑优化的参数化场景建模，结合Adobe Photoshop制作4K级PBR材质贴图与矢量化UI组件。

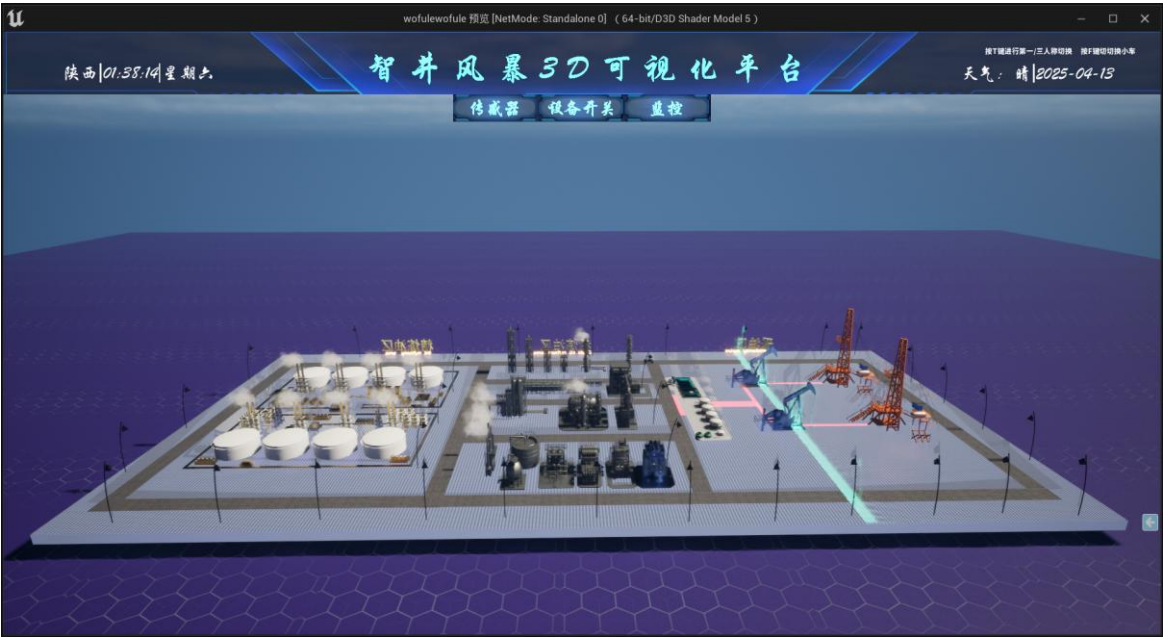


图3.6 数字孪生系统3D建模

Unreal Engine 5（UE5）的用户界面（UI）以操作灵活和界面简洁为核心设计理念，通过高度可定制的布局和功能区的管理，为用户提供高效且舒适的工作环境。依托UE5蓝图系统构建数据解析模块，将实时业务数据经UMG界面系统进行可视化重构，通过可交互图表、动态参数面板实现数据空间的多维映射。



图3.7 数字孪生控制系统

3.4智能巡检系统

智能巡检车搭载摄像头、红外传感器、避障雷达、LED灯和蜂鸣器等，可在三种模式（手动、巡检、自动）下执行厂区巡视任务，数据上传并实时显示于QT与孪生界面中。



图3.8 智能巡检车

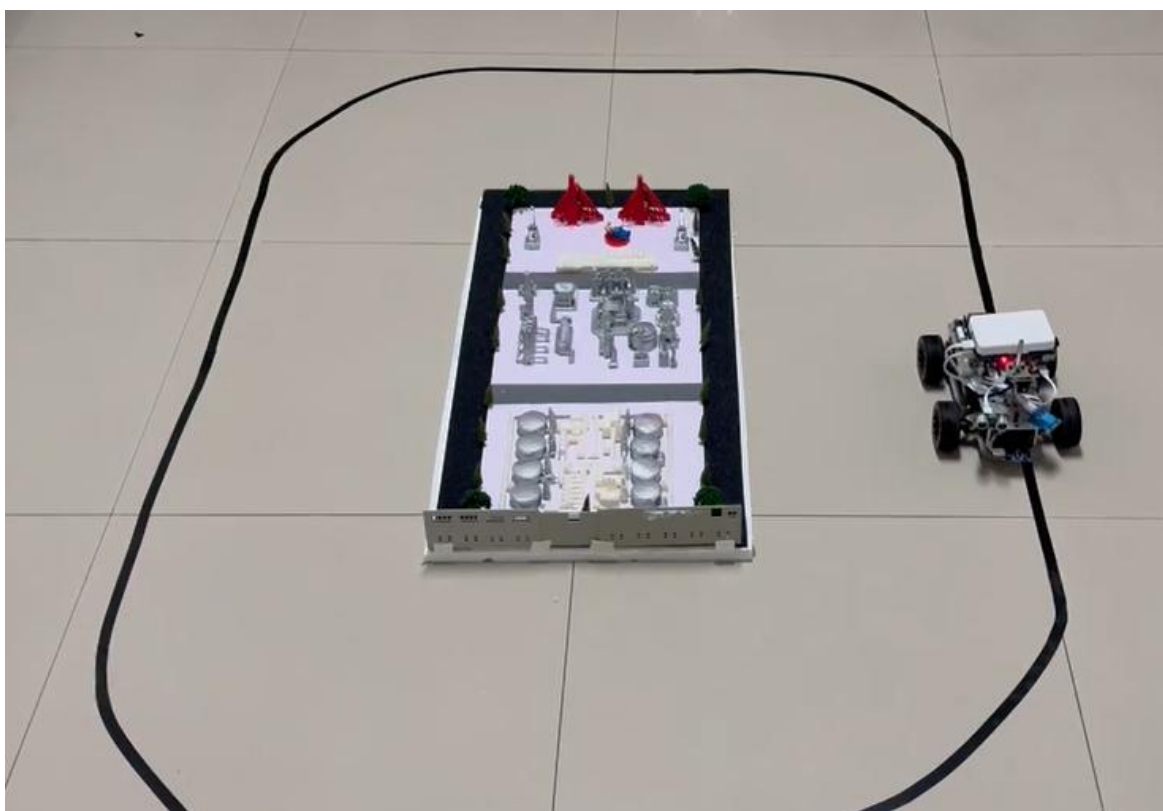


图3.9 巡检车自动巡迹



图3.10 巡检车的避障功能

### 3.5图像视频监控

摄像头通过 WebSocket 技术、UDP网络协议进行视频流转换与传输上传监控画面，并使用YOLOV11训练火焰识别模型，实现远程视频实时查看与预警功能。

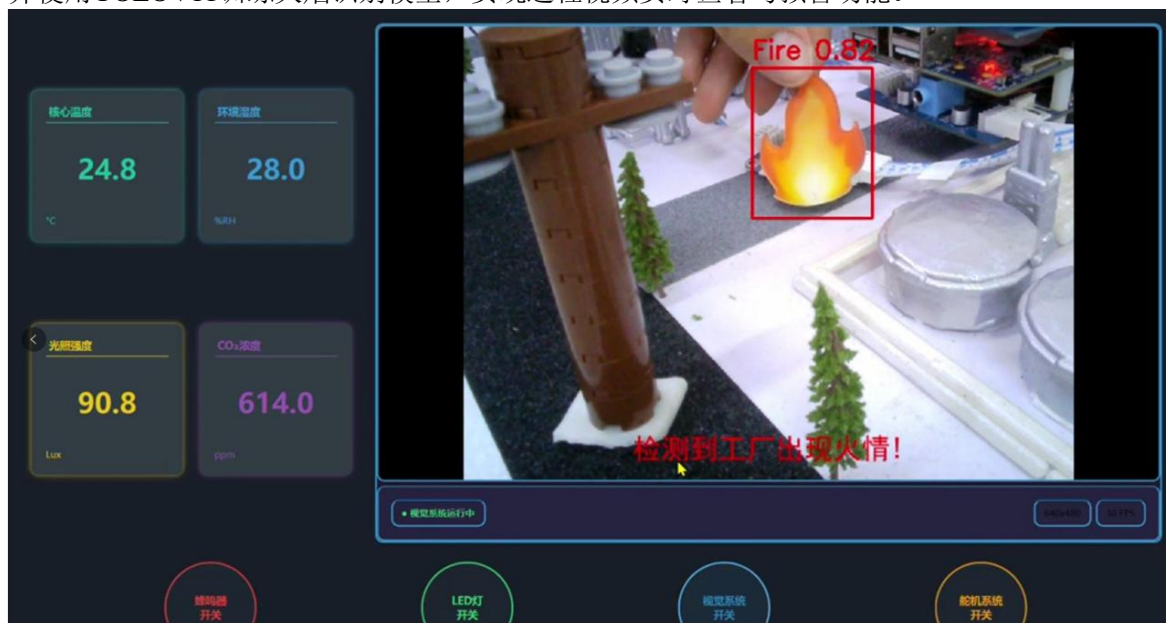


图3.11 摄像头监控画面

## 3.6 智能语音系统

使用的ASRPRO开发板是基于32位RISC-V内核内置神经网络处理器的开发模板，其支持多种神经网络卷积计算，具备语音识别、回声消除和噪声抗噪能力。使用者可以通过语音模块用交流的方式获取实时数据，如温湿度、光照强度等。

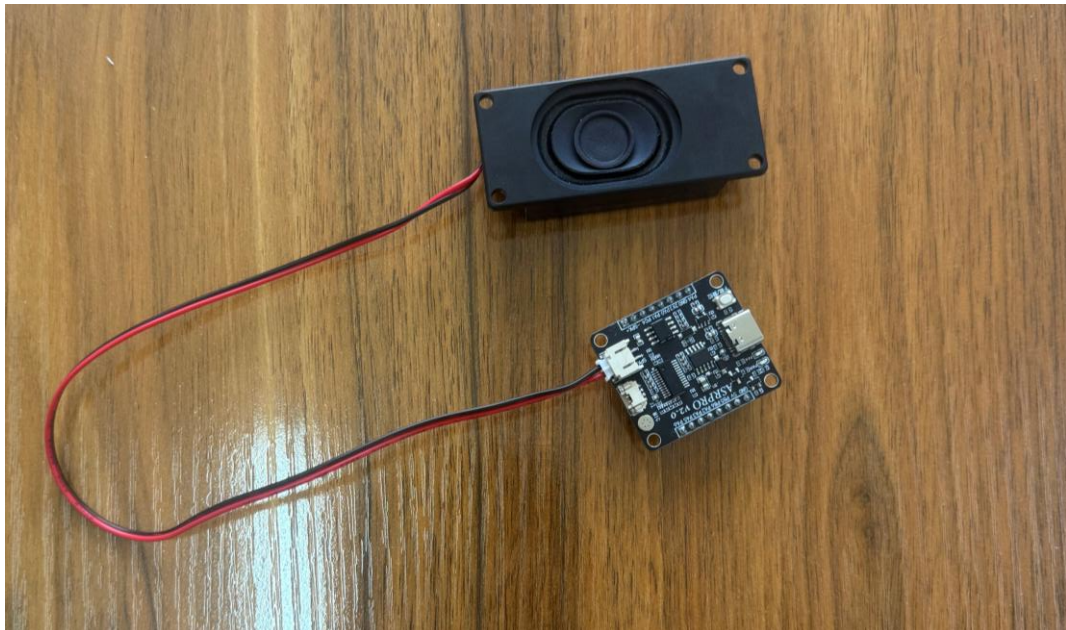


图3.12 语音系统

## 3.7硬件组成

### 3.7.1人工智能口袋机

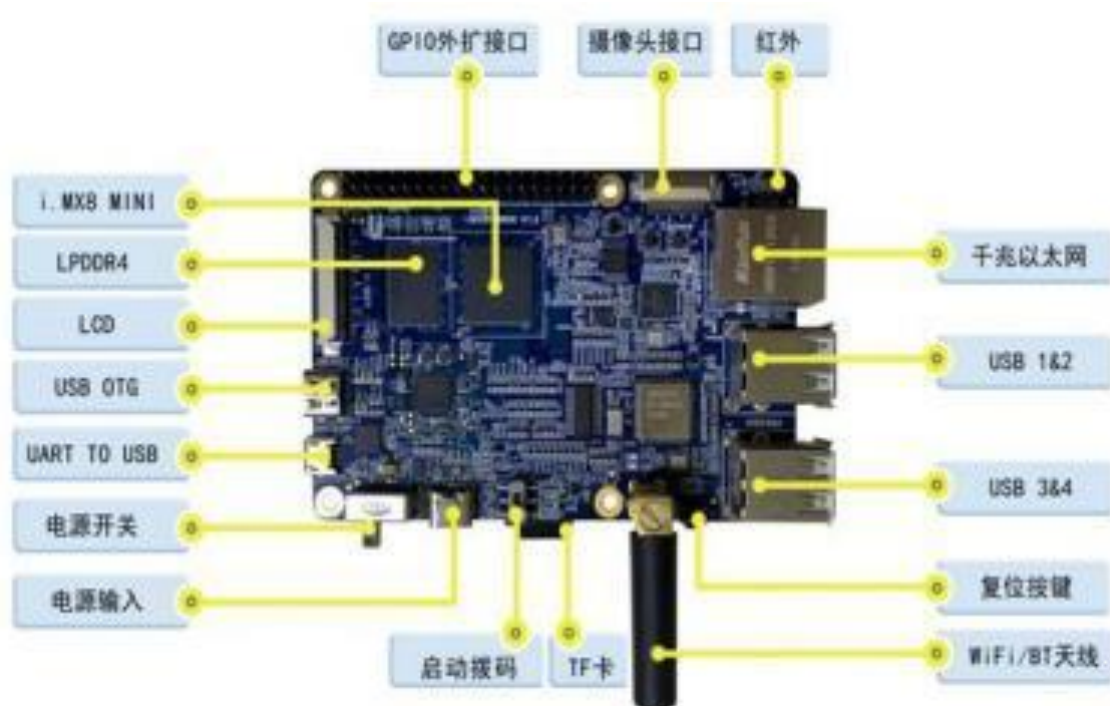


图3.13 人工智能口袋机

作为主控板，负责数据处理、通信等功能。

(1) CPU：采用 NXP 公司64 位4 核ARM Cortex-A53 架构的MIMX8MM6DVTLZAAZ 处理器具有图像硬件加速器与原生千兆以太网，外加ARM Cortex-M4；

- (2) GPU: 采用3D GPU GC7000-NanoUltra 和2D GPU GC5201;
- (3) 主频: 1.8GHz;
- (4) 内存: 2GB LPDDR4; 3000MTS;
- (5) SD 卡: 32GB;
- (6) 显示: 4 寸液晶屏;
- (7) 接口资源: 千兆以太网接口、4 路USB2.0 接口、USBOTG 接口、MIPICSI 摄像头 接口、1 个USB 串口、SD 卡接口、40P 插针接口;
- (8) 板载资源: WIFI/蓝牙模块、红外接收模块、LED、千兆以太网模块、500 万摄像头 模块(选配)、MIPI 屏。

### 3.7.2 光照强度传感器

使用博创智联的光照强度传感器模块，用于监测工厂内工作点处光照强弱，判断是否需

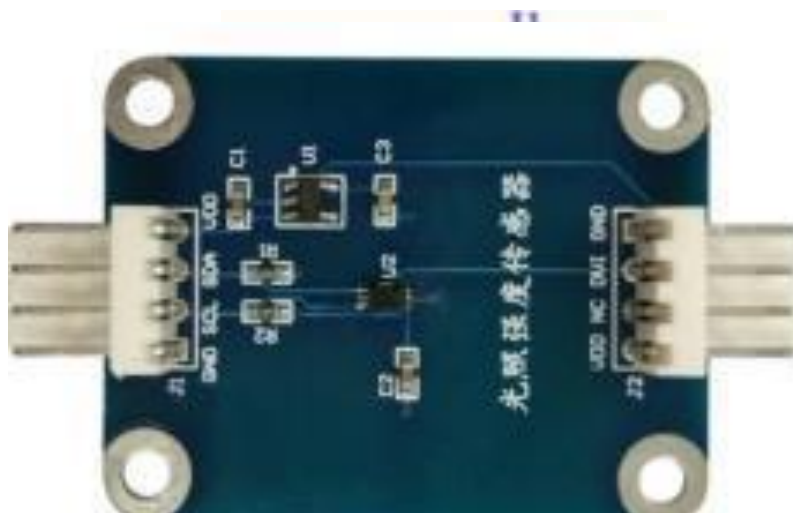


图3.15 光照强度传感器

要进行补光。

### 3.7.3 温湿度传感器

使用博创智联的温湿度传感器模块，用于监测工厂内设备运行的温度和湿度。

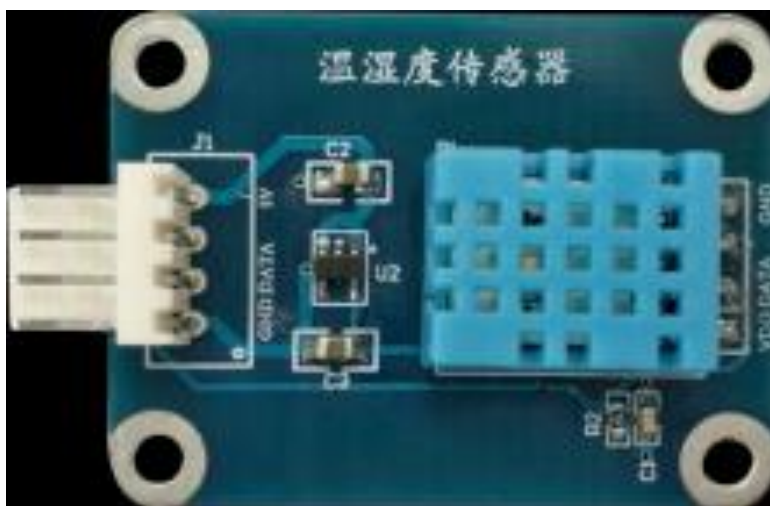


图3.16 温湿度传感器

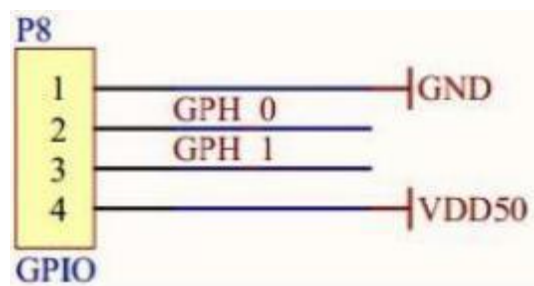


图3.17 温湿度传感器接口原理图

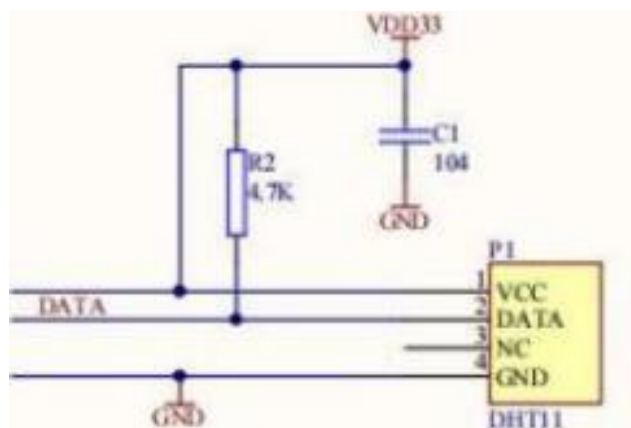


图3.18 温湿度传感器原理图

### 3.7.4 USB摄像头

使用博创智联的USB摄像头，用于收集工厂内环境数据、设备状态等信息，并将其实时传输到监控中心或云端，为后续数据分析和决策提供支持。



图3.19 USB摄像头

### 3.7.6 接近开关-红外反射模块

使用博创智联的接近开关-红外反射模块，用于检测智能车巡检过程中物品遮挡以及碰撞发生。

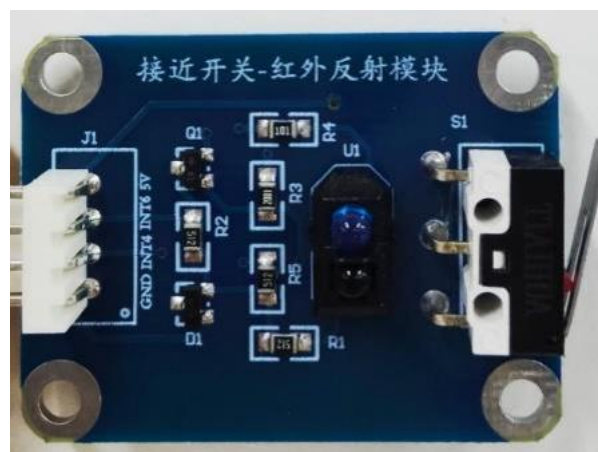


图3.20 红外反射模块

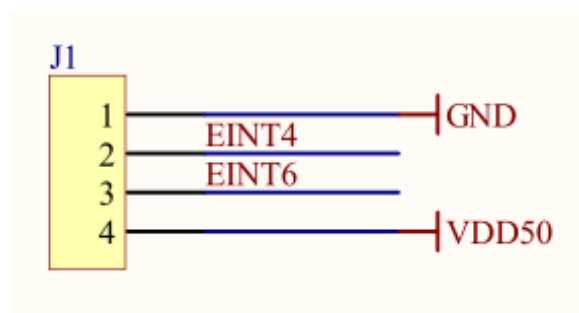


图3.21 接近开关-红外反射模块接口原理图

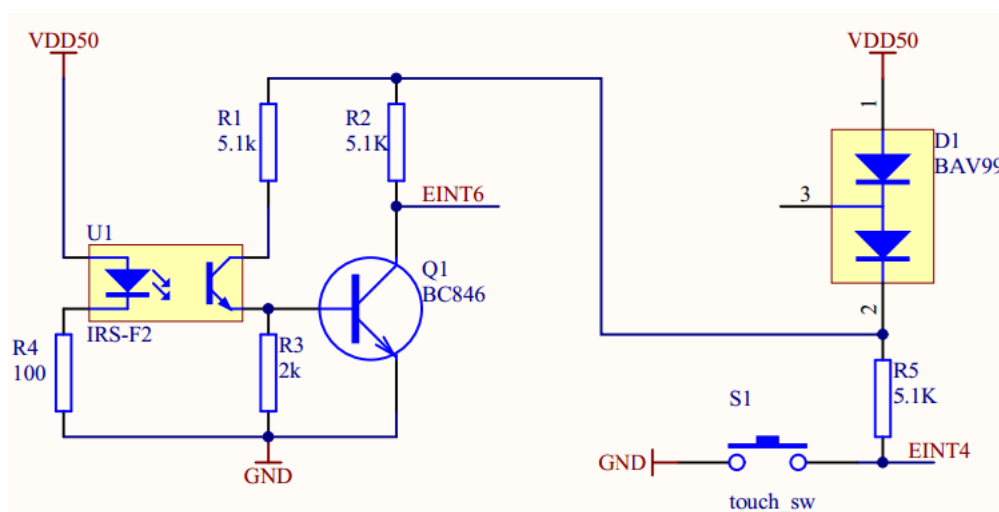


图3.22 接近开关-红外反射模块原理图

## 第4章 方案实现

下位机连接传感器，获取井场环境信息，利用 python 的 paho.mqtt.client 库，通过MQTT 协议将数据发布到服务器，QT 和数字孪生系统订阅相应主题获取数据，并在QT和数字孪生界面显示。智能巡检车有手动、巡检、自动三种模式，搭载多种设备采集数据并上传，检测到异常时，触发报警并在 QT 和数字孪生界面提示，生成工单推送给维护人员，维护后更新系统状态。

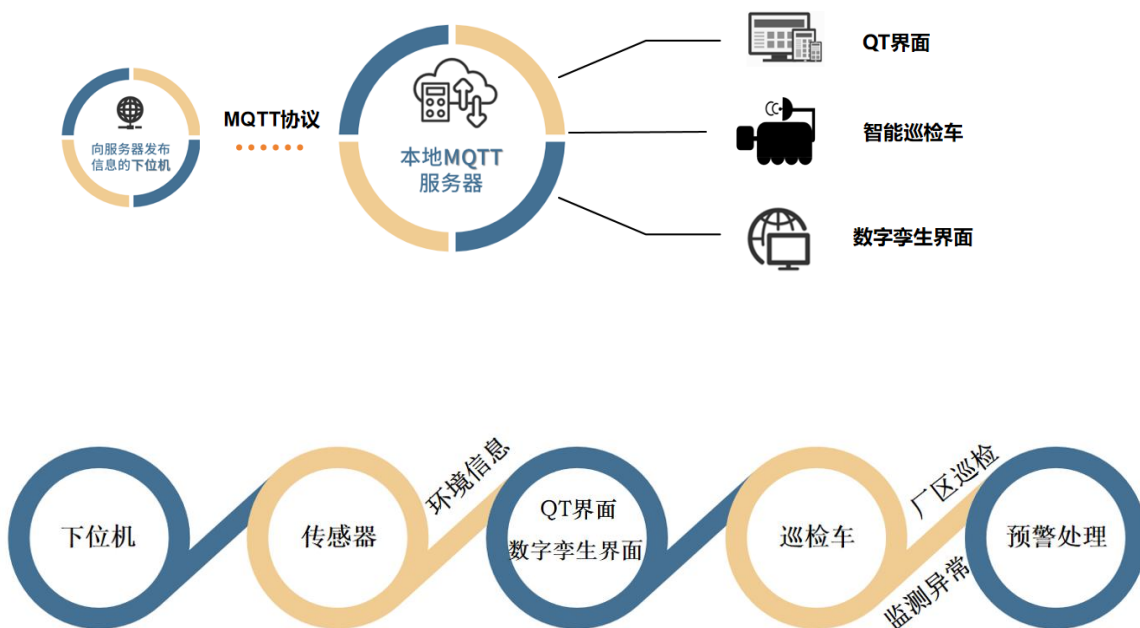


图4.1 方案实现总览

## 第5章 测试报告

在实物模型搭建和系统开发完成后，进行了以下模块的测试验证：

1. 传感器数据采集测试：各类传感器均能稳定采集数据，误差控制在合理范围内；

LED蜂鸣报警器连接正常

```

PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  PORTS

root@imx8mm:/home/uptech/modules/LEDBuzzer/test# ./LEDBuzzer_test

-----
| 1.turn on the led |
| 2.turn off the led |
| 3.turn on the buzzer |
| 4.turn off the buzzer |
| 5.EXIT |
-----

1

-----
| 1.turn on the led |
| 2.turn off the led |
| 3.turn on the buzzer |
| 4.turn off the buzzer |
| 5.EXIT |
-----

```

温湿度传感器连接正常

```
PROBLEMS    OUTPUT    DEBUG CONSOLE    TERMINAL    PORTS

root@imx8mm:/home/uptech/modules/DHT11/test# ls
DHT11_test  DHT11_test.c  Makefile
root@imx8mm:/home/uptech/modules/DHT11/test# ./DHT11_test
Temp : 25.9%, Humi : 28%RH
Temp : 25.8%, Humi : 28%RH
Temp : 25.4%, Humi : 29%RH
Temp : 25.1%, Humi : 29%RH
Temp : 24.7%, Humi : 30%RH
Temp : 24.6%, Humi : 30%RH
```

光照强度传感器连接正常

[illegible]

接近开关红外反射模块连接正常

[illegible]

震动传感器模块连接正常

PROBLEMS   OUTPUT   DEBUG CONSOLE   TERMINAL   PORTS

```
root@imx8mm:/home/uptech/modules/Sw18015P/test# ./Sw18015P_test
shock!
shock!
shock!
█
```

光照强度传感器			
预设参数值	实验参数值	结果	准确度
100lux	120lux	灯亮	100%
100lux	95lux	灯不亮	
100lux	98lux	灯不亮	
100lux	110lux	灯亮	
100lux	101lux	灯亮	

图5.1 光照强度传感器测试表

温湿度传感器			
温度预设参数值	实验参数值	结果	准确度
80℃	83℃	蜂鸣器报警	100%
80℃	78℃	蜂鸣器未报警	
80℃	86℃	蜂鸣器报警	
80℃	80℃	蜂鸣器报警	
80℃	62℃	蜂鸣器未报警	

图5.2 温湿度传感器测试表

2. MQTT 通信测试：上下位机通信稳定，消息发送与接收延迟在 200ms 内；



图5.3 MQTT测试正常

3. QT控制测试：登录模块测试成功，支持手机号密码和人脸识别；控制功能响应迅速，状态反馈准确；

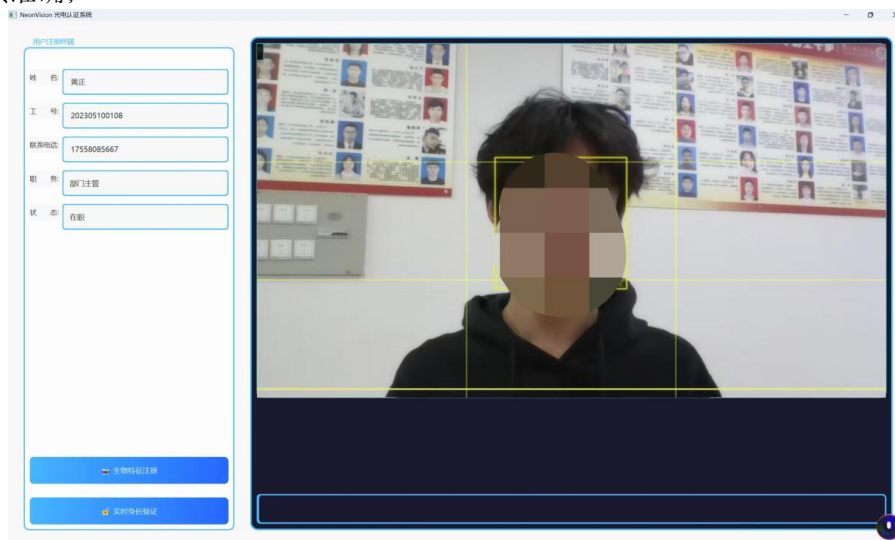


图5.4 QT控制界面正常

4. 数字孪生联动测试：以数字孪生界面为准搭建了井场实物模型，同时传感器数据变化能实时反映在孪生界面；联动路灯、蜂鸣器等响应正确；



图5.5 数字孪生联动测试正常

5. 智能巡检测试：三种控制模式均能有效控制小车运动，巡检检测与避障功能正常

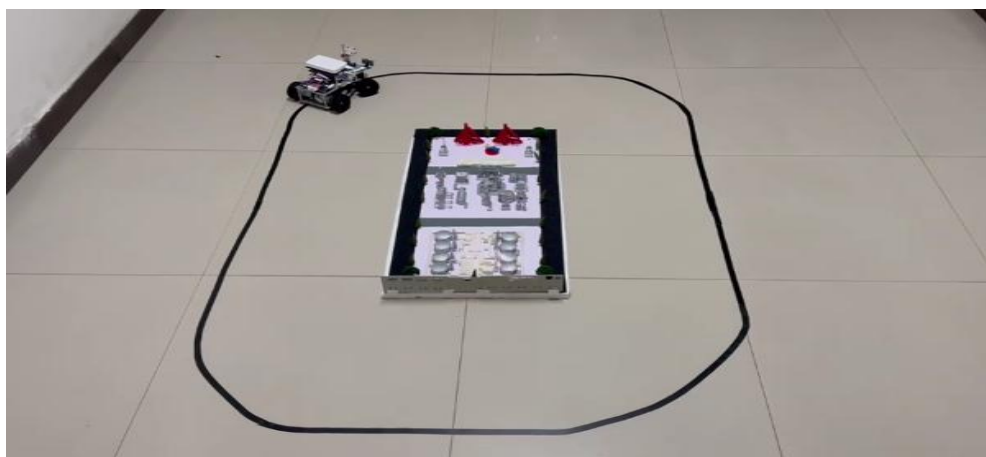


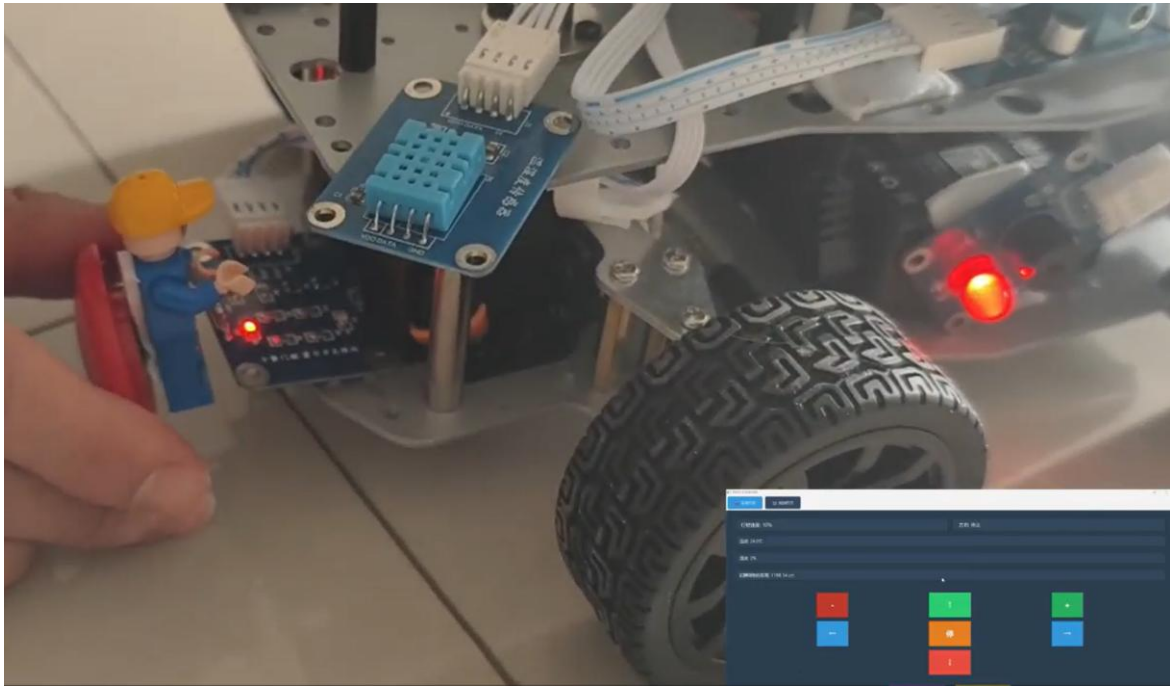
图5.6 智能巡检模式正常

6. 视频监控测试：摄像头画面上传正常，清晰度满足巡检需求；



图5.7 监控画面正常

7. 异常报警测试：如温湿度异常、遮挡物检测等能自动触发 LED 和蜂鸣器联动；



8. 语音模块测试：通过语音交流可以获取到正确的温湿度和光照强度；



9. 避障雷达模块：巡检车扫描到障碍物时，可以迅速调整轨迹重新规划路线。



## 第6章 应用前景



图6.1 井场实物模型

“智井风暴”作为一款基于AIOT的工业场景检测与智能巡检系统，在多个领域展现出了广阔的应用前景和巨大的发展潜力。

(1) 推动传统井场向数字化转型：在工业领域，大量中小型制造企业受困于传统生产模式。“智井风暴”系统的出现为他们带来了转机，可便捷地部署到这些企业中。以传统机械制造企业为例，以往设备管理依赖人工定期巡检记录，效率低且易出错。部署该系统后，通过各类传感器实时采集设备运行数据并上传至管理平台，利用数据分析预测潜在故障，快速提升企业信息化水平，增强市场竞争力。

(2) 提高生产效率与安全性：“智井风暴”系统的实时监控功能，如同给生产井场安装了无数双“眼睛”。一旦参数异常，系统立即自动报警并启动应急措施，避免因人工监测不及时导致的安全生产事故。智能控制方面，操作人员可远程控制生产设备的启动、停止及参数调整，减少了工人在危险环境中的暴露时间。

(3) 节省运营成本：在数据驱动下，“智井风暴”系统能够深度分析生产流程中的各项数据。例如，通过对设备能耗数据的分析，优化设备运行参数，使设备在高效节能的状态下运行。

(4) 适应多样化场景扩展：该系统具备高度的灵活性，可根据不同生产行业的需求，灵活拓展传感器类型和功能模块。在电子制造行业，增加高精度的温湿度传感器和粉尘传感器，对生产车间的环境进行严格控制，确保电子产品的生产质量，充分展现了其在不同行业的适配性和扩展性。

(5) 为智慧城市、智慧园区提供模板：“智井风暴”的项目设计理念，如数据融合、智能决策和协同控制等，在智慧城市和智慧园区建设中具有重要的借鉴意义。

在新形势下，智维工域项目具有巨大的应用前景，将在提高生产效率、降低成本、改善产品质量、优化供应链管理等方面发挥重要作用，推动工业制造业的数字化转型和升级，为企业带来更加广阔的发展空间和更加可持续的发展路径。

## 参考文献

- [1] 赵洵, 孟祥忠. (2024). 化井场智能安监巡检机器人的研发与应用. *自动化与仪表*, 39(9), 66–69, 83.
- [2] 王亚杰, 胡立夫, 王海明, 高玉健. (2020). 化井场智能巡检机器人系统设计. *工业仪表与自动化装置*, (3), 55–59.
- [3] 罗嘉烨, 郑俊康, 谭正. (2024). 物联网时代下应用AIOT技术的智能小车实现及意义. *计算机科学与应用*, 14(4), 6页.
- [4] 黄山, 吴振升, 任志刚, 等. (2020). 电力智能巡检机器人研究综述. *电测与仪表*, 57(2), 26–38.
- [5] Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405–2415.
- [6] Wang, H., Liu, Y., & Zhang, Y. (2019). Path planning and control for autonomous inspection robots in industrial environments. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, 182–193.
- [7] Mourtzis, D. (2020). Simulation in the design and operation of digital manufacturing systems: A review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29, 98–112.