

附件 2

2024 年常州工学院省级
大学生创新创业训练计划项目申报表
(创新训练项目)

推 荐 学 院 :	光电工程学院
项 目 名 称 :	基于 openEuler 的低功耗 视觉巡检小车设计
所属一级学科名称:	08 工学
项 目 负 责 人 :	朱佩韦
联 系 电 话 :	15896000818
指 导 教 师 :	顾偲雯
联 系 电 话 :	13906129214
申 报 日 期 :	2024 年 05 月 15 日

常 州 工 学 院 制

二〇二四年三月

填表说明

一、申报表要按照要求逐项认真填写，填写内容必须实事求是表述准确严谨。空缺项要填“无”。

二、格式要求：表格中的字体采用小四号宋体，单倍行距；需签字部分由相关人员以黑色钢笔或签字笔签名。

三、项目类型为创新训练项目、创业训练项目、创业实践项目。

四、项目来源：1. “A”为学生自主选题，来源于自己对课题的长期积累与兴趣；“B”为学生来源于教师科研项目选题；“C”为学生承担社会、企业委托项目选题。
2. “来源项目名称”和“来源项目类别”栏限“B”和“C”的项目填写；“来源项目类别”栏填写“863 项目”、“973 项目”、“国家自然科学基金项目”、“省级自然科学基金项目”、“教师横向科研项目”、“企业委托项目”、“社会委托项目”以及其他项目标识。

五、表格栏高不够可增加。

六、填报者须注意页面的排版。

项目名称		基于 openEuler 的低功耗视觉巡检小车设计						
项目所属一级学科		08 工学			项目所属二级学科		0813 化工与制药类	
项目类别		(√) 国家级项目 (推荐) () 省级						
所属重点领域		新能源与储能技术						
项目来源		A	B	C	来源项目名称		来源项目类别	
			√		基于石化工业园区全产业链能效诊断的多能源网络动态调控方法		国家自然科学基金项目	
项目实施时间		起始时间： 2024 年 07 月 完成时间： 2025 年 07 月						
对标竞赛名称		全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛						
项目简介 (限 200 字)		随着石化行业对于安全生产重视程度的加深，石化工业园区的工作重点从“基础建设”向“运维”转变。智能巡检机器人可替代人工对设备进行检查和维护，解决巡检信息获取难和运行费用高等问题。然而，园区中生产工艺流程存在复杂的交互关系、能源系统存在跨厂关联，导致巡检可行区域受限，为智能化巡检小车及其控制系统设计带来巨大挑战。为此，本项目基于 openEuler_embedded 设计及开发星闪低功耗视觉巡检小车及系统。本项目成果有望增强安全性、实现车内降噪。						
申请人或申请团队		姓名	年级	学号	所在院系/专业	联系电话	QQ 邮箱	
	主持人	朱佩韦	22 级	22230635	光电工程学院/新能源科学与工程	15896000818	2971134146.qq.com	
	成 员	张若璐	22 级	22050531	经济与管理学院/财务管理	13665268376	602736475.q.com	
		张旺旺	22 级	22230630	光电工程学院/新能源科学与工程	17327195961	3455480283.qq.com	
		闻志伟	22 级	22030228	计算机信息工程学院/计算机科学与技术	13218900671	1735455740.qq.com	
		纪柏清	22 级	22230509	光电工程学院/新能源科学与工程	19552998239	2102462107.qq.com	
指导教师	第一指导教师	姓名	顾偲雯		单位	光电工程学院		
		年龄	36		专业技术职务	副教授		
	主要成果	指导教师的研究方向为包含化学工程与控制工程交叉学科知识的过程综合、优化与控制，熟悉过程系统集成方法、数学模型的建立以及智能算法的开发等内容。主持江苏省博士后科研资助计划项目 1 项、江苏省高等学校基础科学（自然科学）面上项目 1 项、参与两项国家自然科学基金面上项目。上述项目相关成果申请发明专利 6 项（其中授权 1 项），发表与该项目相关且申请人直接参与的期刊论文 38 篇，其中 1 篇 SCI 论文获得专业委员会优秀论文二等奖，2021 年入选常州工学院“双师双能”，2021 年至 2023 年连续三次校考核优秀，2023 年中国商业联合会科学技术奖三等奖。						

一、立项依据

具体内容包括：

1. 项目研究背景（国内外的研究现状及研究意义、项目已有的基础，与本项目有关的研究积累和已取得的成绩，已具备的条件，尚缺少的条件及方法等）

1.1 研究背景与意义

智能巡检机器人是特种机器人的一种，是指用于替代人工对设备进行检查和维护的机器人，主要应用于电力、石化、煤矿等场景，近年来随着机器人领域的高速发展，加之愈来愈严峻的人口老龄化和劳动力短缺的问题，以及企业对于安全生产的重视程度的加深，国家投资重点从“基础建设”向“运维”转变，智能巡检机器人的发展状况与前景成为了热点问题。

石化行业发展迅速，尤其是近几年石化工业园区项目的建设推动石化行业高速发展，如今园区规模居世界首位。园区人工巡检存在高风险、低可靠性和受环境影响大等限制，因此国家大力建设智能园区，并注重设备巡检的智能化改造。园区智能巡检与人工巡检相比能够大幅节省成本，具有全天候、客观准确和巡检范围广的特点。随着园区设施的规模的扩大以及智能园区建设的推进，预计 2026 年园区智能巡检机器人市场规模将达 90.2 亿元。另外，石化行业工作环境危险性较高，而高危环境给人工巡检带来较大的挑战，同时人工巡检成本高，是智能巡检成本的 2.5 倍，而机器巡检能够极大地提高巡检的准确性和全面性。

从节约成本的角度，每台巡检机器人相当于 6 个巡检人员。园区单厂平均巡检人员数量 4 人，配置巡检机器人后每厂只需保留一人，每个巡检机器人服务两个厂计算，则每台巡检机器人可节约巡检人员 6 人。国家统计局数据显示，2017 年化工、煤气及水的生产和供应业就业人员平均工资约为 9 万元/年。考虑到园区巡检人员属于一线人员，假设其平均工资为 6 万元/年，则每台巡检机器人每年节约人员工资 36 万元，以园区单厂巡检机器人 80~110 万元采购成本计算，3 年左右即可收回成本。

因此，本项目分析石化工业园区内多厂耦合生产和用能需求，挖掘巡检各环节蕴藏的节能潜力，探究其内在智能模式，实现提效降耗并保证全园区经济效益。

1.2 研究现状

在“863”计划的支持下，武汉大学吴功平教授研发团队针对 220kV 单分裂相线，进行了巡检机器人关键技术研究，在机器人智能控制、移动导航、机器视觉技术、越障机构等方面取得了突破。该机器人采用两臂回转式悬挂机构，能够越过防振锤、绝缘子串和跳线等障碍。并能利用所携带的摄像机，实现线路及其通道的巡查，再通过无线传输系统，机器人将检测到的数据和图像信息发送给地面基站或接收来自地面基站的遥控命令，实现机器人与地面基站的双向通信。

武汉人学吴功平教授团队联合山广州理邦经济发展有限公司共同开发高压巡线机器人。其具备垂直攀爬功能，重量不超过 50 公斤，是国外同类型机器人的一半，并集成了巡检设备。目前，有三台科凯达巡线机器人在南方电网、湖南电力公司等试用。但自动规划、自动检测、自动维护等功能仍需完善。同时，机器人缺少多关节机械手，导地线断股修补、缠绕异物清除、绝缘子更换等功能需进一步优化。

中国科学院沈阳自动化研究所进行了“沿 500kV 线路巡检机器人”的研制，开发出

巡检机器人和地面移动基站，并在辽宁锦州超高压公司进行了现场带电巡检测试，完成了超高压环境下的巡检测试。机器人能够沿 500kV 线路行走、跨越障碍，并实现机器人和地面基站之间的远程通信与控制。

对比应用于电网环境中的巡检机器人，在国内石化企业中巡检技术的信息化、数字化发展较慢，大多数老企业还处于串牌巡检和手工记录的方式。上海石化、镇海炼化、茂名石化等企业开始逐步推进使用智能化巡检系统，主要使用上海鸣志公司的“小神探”智能巡检系统，该系统与整体功能与 Wonderware 公司的 Intela Trac 系统基本一致。通过该系统，可以设定巡检任务，录入巡检信息，实现的巡检工作的信息化管理解决了人工记录数据量统计不便、报表工作繁琐的问题，使得数据的分析更加的清晰便捷。

近些年新建的石化企业中，已经将智能巡检系统纳入了整体规划中。随着石化企业对智能巡检系统越来越大的需求，越来越多的公司开始了石化智能巡检系统的研发。中石化旗下石化盈科公司开发的智能巡检系统解决了巡检人员手工录入的问题，并且集成了作业票系统，便于巡检人员在现场发现问题了可以及时的呼叫维保人员处理问题

通过智能巡检系统，能够很好的将巡检工作数字化，对巡检取得的数据进行存储、处理及数据交互等，使得管理者能够随时掌握巡检工作的质量以及现场装置的运行状态。现场生产运行数据采集工作由巡检人员完成，生产过程分析工作由专业工程师完成，很好的解决了手工记录方式查阅繁琐，统计工作困难的问题，实现巡检工作的数字化，对数据的统计分析过程变得便捷快速，能够更好的设备的运行状态进行分析，保证设备的可靠性、稳定性，可以为企业带来更多的经济效益。

1.3 项目已有的基础保障

申请人所在学院是国一流专业的建设平台。该学院以生产过程的能源系统设计与优化为特色，拥有 13 间智能控制类、化工过程类实验室，除仪器设备外配备先进的化工过程模拟优化软件，包括 ASPEN PLUS、PROII 和 HEXTRAN 等，GAMS、Lingo、Matlab 等建模优化工具，ANSYS 有限元分析软件、Fluent 计算流体力学仿真软件、EDEM 离散元分析软件等数值分析商用软件。实验室总面积达 1200m²，仪器设备和商业软件总值 1500 余万元，具有良好的技术平台与雄厚的研究基础。同时，依托单位地处常州市新北开发区，区内汇聚有数百家知名研究机构和化工企业，为本项目的开展提供了优良的科研环境及宝贵的技术资源。

本项目指导教师毕业于大连理工大学化工过程系统工程研究所并与其长期保持密切联系和实质性科技合作，该研究所在化工过程系统综合与集成、优化算法研究等方面积累了丰富的理论储备和实际应用经验，可为项目提供复杂工艺流程模拟相关的技术辅助；目前申请人是大连理工大学化学工程与控制工程交叉学科流动站博士后，所在的先进控制技术研究所在石油化工工业能效检测、评估与优化控制等方面积累了丰富的理论储备和实际应用经验，可为项目提供随机优化算法相关的技术辅助。

目前申请人所在团队环境是一个多学科交叉研究队伍，具有新能源、计算机等领域专业人员，学科交叉优势明显，且是知识与年龄结构合理、创新意识强、团队合作的研究团队，拥有先进的硬件设备条件和良好的科研工作环境，学术气氛活跃、信息资源丰富。为本项目的顺利进行提供了基本保障。

1.4 与本项目有关的研究积累和已取得的成绩

首先，申请人所在单位与锦州石化、大庆石化、浙大中控以及北京中科辅龙数据处

理公司一直保持合作关系，于 2007 年至 2021 年间共同完成多个项目，包括一项国家重点基础研究发展计划（973 计划）和一项国家高技术研究发展计划（863 计划），故获取企业生产过程和用能过程流程及相关历史数据可行。

其次，申请人所在单位与常州市滨江化工园区联合开展大型横向项目以建设智慧园区，同时申请人所在单位与中国化工节能技术协会、宝丰能源循环经济工业园合作提出“十四五”期间节能改造措施、方案及实施规划的建议，前期理论框架已基本完成，故获取园区生产和用能过程系统的工艺流程及相关历史数据可行。同时，申请人拟采用 ASPEN 等流程模拟软件对园区部分资源和能源循环利用过程中的变量响应特征进行数据驱动式分析，故保证数据量可行。

最后，在关键技术方面，本项目指导教师对化工过程系统的可操作性分析与优化设计有着坚实的理论和技術积累。对技术路线和研究方案进行详细的科学分析和论证后，已经开展部分工作，对后续的研究具有较大的参考价值。因此，项目实施具有扎实的研究基础。

2. 自身具备的知识条件、自己的特长、兴趣、已有的实践创新成果等

2.1 知识条件

申请人拥有扎实的新能源专业知识基础，通过对该专业系统的学习和不断的知识更新，形成了较为完善的知识体系。在创新领域，申请人深入研究了能源系统集成领域的前沿理论和技术，关注最新的巡检机器人行业动态和发展趋势。此外，申请人具备新能源、化工、控制跨学科的知识储备，能够将不同领域的知识进行融合和创新，为解决本项目中复杂问题提供新思路。

2.2 特长

(1) 分析问题与解决问题的能力：申请人善于从复杂的信息中提炼关键要素，分析问题的本质和核心，并提出切实可行的解决方案。

(2) 团队协作与沟通能力：申请人具备较强的团队合作精神和沟通能力，能够与他人有效协作，共同完成任务。

(3) 创新能力：申请人具有敏锐的洞察力和创新思维，能够在现有知识的基础上进行创新和拓展，提出新的观点和想法。

2.3 兴趣

申请人对新兴技术充满好奇，喜欢研究和探索新的技术应用和趋势。

2.4 已有的实践创新成果

(1) 参与教师科研课题研究：申请人参与了教师多个课题研究项目，并在其中发挥了重要作用。通过这些项目，申请人深入了解了系统工程研究领域的实际问题，并积累了宝贵的实践经验。

(2) 参与发表学术论文：申请人参与发表了多篇学术论文，探讨了相关领域的前沿问题和创新点。

(3) 获得奖项荣誉：申请人凭借出色的学术表现和创新能力，获得了多项学业及大学生创新竞赛等奖项和荣誉。

二、项目方案

具体内容包括：

1. 项目研究背景（国内外的研究现状及研究意义、项目已有的基础，与本项目有关的研究积累和已取得的成绩，已具备的条件，尚缺少的条件及方法等）

在石化工业园区中，应用智能巡检系统，能够很好的提升当前园区巡检效率，并且将巡检记录数字化。但目前的巡检系统数据的采集还有赖于人工测量记录，并且部分数据无法通过设备本身的功能进行测量，需要人工输入，所以目前的智能巡检系统还有改进的空间。

本项目主要研究的内容是在对某石化工业园区日常巡检工作的实际情况上进行调研并且结合各个生产装置现场巡检情况和实际管理情况，以巡检工作数字化为目标，设计开发出一套以基于 openEuler_embedded 的视觉巡检小车及系统。其中包括 Android\iOS\Harmony OS 多端操作系统的统一 NT 架构 APP、5G 移动基站通信技术，综合管理系统为核心的智能巡检系统。系统的设计思想是使用数据采集设备对需要人工记录的数据进行采集、存储，采用 5G 移动通讯技术将采集的数据发送到数据网关 AR502 部署的综合管理系统，使用视觉识别、SLAM 建图功能实时获取巡检场地中工作人员的位置信息，管理人员通过综合管理系统从手机 APP、电脑网页上查询相关巡检人员工作状态、巡检的场地信息、设置巡检路线、巡检质量要求及发布临时巡检任务等。

2. 项目研究目标及主要内容

2.1 研究目标

近些年石化工业园区向着大型化、规模化的方向发展，现场的危险因素、需要关注的信息越来越多，巡检人员的工作越来越中，如何将信息技术、网络通信技术运用到巡检工作中，这是当今石化工业园区信息化进程的重要一环。

本项目根据某石化工业园区当前巡检情况，设计一套基于 openEuler_embedded 的视觉巡检小车及系统。其中包括 Android\iOS\HarmonyOS\Win.NT APP 以及综合管理系统的智能巡检系统。以此，对操作人员的巡检质量进行管控，对现场巡检得到的设备运行参数及发现的安全隐患能够及时的进行数据录入。通过一次巡检任务的测试，测试的综合结果达到了设计的预期目标功能，满足企业对于巡检工作数字化转型、巡检过程的管控要求，有效保障了石化企业生产现场的安全稳定运行。

2.2 主要研究内容

(1) 需求分析和总体方案设计。通过对某石化工业园区各厂生产装置和能源系统巡检需求进行沟通和分析，开发符合园区需求的巡检系统，设计小车，满足所提出的实用性、安全性、便捷性上的要求，实现石化工业园区在巡检工作上的数字化转型。

(2) 设计数据采集设备。基于 STM32 微处理器的数据采集设备可以采集多路 4-20mA 电流信号，通过 5G 通讯技术将数据传送给综合管理系统。

(3) 采用国产 Linux 系统发行版 openEuler 开发手持移动终端 APP、嵌入式 Linux 平台，实现接受巡检任务、上报故障信息、记录巡检人员位置信息等功能。

(4) 搭建综合管理系统，实现下发巡检任务、查看数据记录，查阅报警信息等功能。

(5) 数据的传输与存储安全，结合区块链和 IPFS 网络通讯协议，利用区块链技术的去中心化、去信任、共同维护、不可篡改、可追溯等特性，IPFS 分布式存储的特点，保障数据传输与存储的安全。对于敏感数据采用业内主流可信计算架构，SecGear 可信计算框架构建 APP 加密数据计算处理，做到端-边-云数据安全、可信。

3. 项目创新特色概述

(1) 实现现场数据的自动记录。通过数据采集设备，可以自行设定采集时间，实现 24 小时不间断的对数据进行采集，并上传至综合管理系统，大大拓宽了数据样本，减轻了巡检人员的工作量。

(2) 实现对巡检人员的巡检质量的管控。巡检人员结束巡检任务后，系统会自动将巡检路线、故障信息等相关数据上传，管理人员可以通过综合管理系统查看巡检工作的相关信息。

(3) 实现现场故障问题的信息化。通过手持终端 APP，可以及时的上传现场的故障信息，通过综合管理系统对故障信息的记录，形成了一份重要故障历史数据，对未来的设备维护提供了参考数据。

4. 项目研究技术路线

智能巡检小车驱动部分的微处理器采用 STM32F103RCT6 对全向巡检小车的移动进行 PWM 闭环控制。调用封装完成 openMV 视觉库的 RA-8 对图像数据进行采集与预处理，并通过串口通讯将采集处理后的数据分送至 MQTT 通信网关和 MYD-JX8MP 上位机。通讯模块采用 EB25 模组，将微处理通讯来的数据通过 Nearlink_SLB 技术发送至部署综合管理系统的上位机 imx8-NXP。同时多端同构主流手机系统 APP 和机器人运行软件进行 MCS 混合关键部署开发，将巡检过程中传感器信息和报警信息及时上传至综合管理系统，管理人员可以通过综合管理系统查阅上传的相关信息并对巡检进行判断。根据总体功能要求以及系统总体功能设计，智能巡检系统由 5 部分组成分别是信号采集设备、MCS 机器人运行系统、数据网关 MQTT 接收服务器、智慧工厂综合管理系统、Embedded 巡检小车。系统结构示意图如下所示：

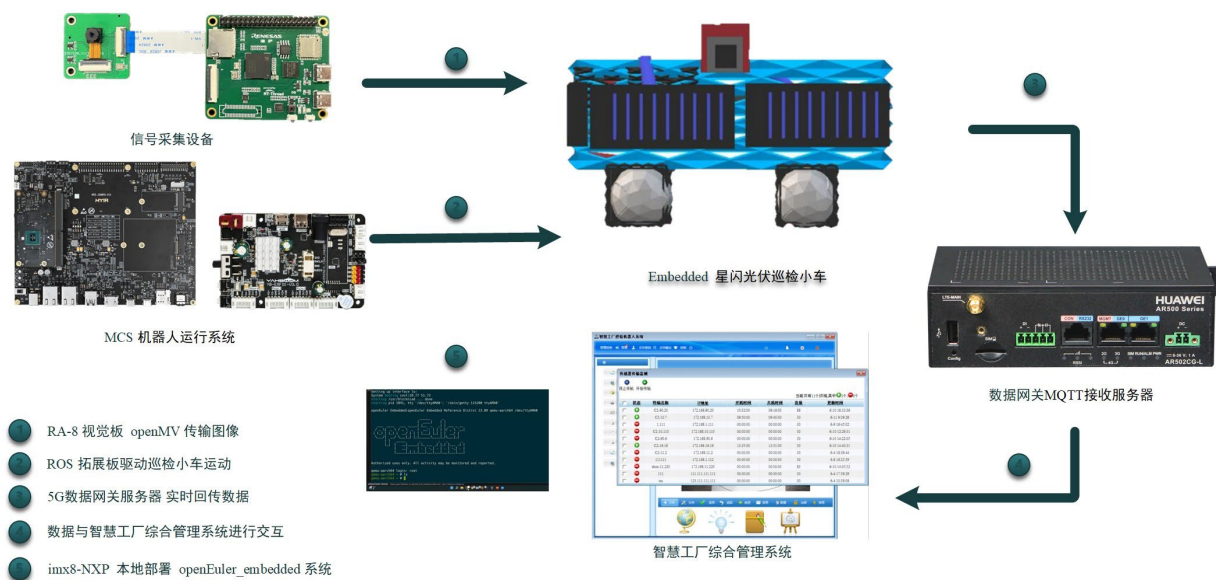


图 1 智能巡检小车及系统示意图

5. 研究进度安排

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| (1) 2024 年 07 月—2024 年 12 月 | 智能巡检系统的架构设计，光伏巡检小车搭建。 |
| (2) 2025 年 01 月—2025 年 03 月 | 信号采集设备硬件底软设计，配置数据网关。 |
| (3) 2025 年 04 月—2025 年 07 月 | 智能巡检系统的软件设计、多端系统测试。 |

6. 项目组成员分工

朱佩韦负责系统框架搭建，张若璐负责文档整理，张旺旺、闻志伟和纪柏清负责软件设计和硬件选型整理。

三、学校提供条件（若需要使用大创园工位，可在此处填写）

学院拥有 13 间智能控制类、化工过程类实验室，除仪器设备外配备先进的化工过程模拟优化软件。实验室总面积达 1200m²，仪器设备和商业软件总值 1500 余万元，具有良好的技术平台与雄厚的研究基础。

四、预期成果（预期成果形式包括：研究论文、专利、作品、设计报告、研究报告、获奖等）

1. 本课题组预期中期成果

- (1) 项目负责人作为独立作者或第一作者所取得的成果
明确石化工业园区多厂耦合生产工艺特性与多能源网络间内在作用机制。
- (2) 课题组成员所取得的成果
学习星闪模块 EB25，进行 SLE 应用模组小车/无人机。

2. 本课题组预期结项成果

- (1) 项目负责人作为独立作者或第一作者所取得的成果
研究成果计划发表高水平论文 1~2 篇。
- (2) 课题组成员所取得的成果
构建一套巡检小车，完成设计报告。

五、经费预算

总经费（元）		财政拨款/企业资助（元）		学校拨款（元）	
2000					
二级学院是否愿意自筹经费	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		支持经费编号		
指导老师是否愿意自筹经费	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		支持经费编号	E7-6201-21-042	

具体包括：

1. 调研、差旅费：无。
2. 用于项目研发的元器件、软硬件测试、小型硬件购置费等：500 元。
3. 资料购置、打印、复印、印刷等费用：无。
4. 学生撰写与项目有关的论文版面费、申请专利费等：1500 元。

六、指导教师推荐意见

课题研究方案详尽，研究计划合理，推荐申报。

签名：

年 月 日

七、二级学院推荐意见

二级学院负责人签名：

二级学院盖章：

年 月 日