附件1

序号：

编码：

**浙江省第十九届“挑战杯”**

**大学生课外学术科技作品竞赛**

**作品申报书**

作品名称：光擎智测—基于多模态感知与动态误差补偿的工业级智能检测系统

学校全称： 温州理工学院

申报者姓名： 王翰文

（集体名称）： 迅检科技

**类别**（每件作品仅限申报1个类别）**：**

□自然科学类学术论文

□哲学社会科学类社会调查报告

☑科技发明制作A类

□科技发明制作B类

**说 明**

1、申报者应在认真阅读此说明各项内容后按要求详细填写。

2、申报者在填写申报作品情况时只需根据个人项目或集体项目填写A1或A2表，根据作品类别（自然科学类学术论文、哲学社会科学类社会调查报告、科技发明制作）分别填写B1、B2或B3表。所有申报者必须填报D表，可根据情况填写C表。科技发明制作项目分为A类（科技含量较高）和B类（投入较少的小发明），请注明。

3、序号、编码由竞赛组委会填写。

4、学术论文、社会调查报告及所附的有关材料必须是中文（若是外文，请附中文文本），论文类每篇在8000字以内, 调查报告类每篇在15000字以内。

5、作品申报书须按要求由各校竞赛组织协调机构统一寄送。

**A2申报者情况（集体项目）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 申  报  者  情  况 | 姓 名 | 王翰文 | | | 性别 | | 男 | 出生年月 | | 2003年12月 |
| 学校全称 | 温州理工学院 | | | | | 专业 | 人工智能 | | |
| 现学历  （在读情况） | 本科 | 年级 | 22级 | | | 学制 | 4年 | 入学时间 | 2022年 |
| 作品全称 | 光擎智测—基于多模态感知和动态误差补偿的智能制造解决方案 | | | | | | | | |
| 毕业论文题目 |  | | | | | | | | |
| 通讯地址 | 浙江省温州市茶山高教园区景观大道1号 | | | | | | 邮政编码 | | 325035 |
| 单位电话 | | 0577-86680711 |
| 常住地  通讯地址 | 温州大学学生公寓B区 | | | | | | 邮政编码 | | 325035 |
| 住宅电话 | | 13586839909 |
| 合  作  者  情  况 | 姓 名 | 专业 | | | | 年级 | 学历  （在读情况） | 所在单位 | | |
| 张志强 | 人工智能 | | | | 2022 | 本科 | 温州理工学院 | | |
| 葛勇 | 人工智能 | | | | 2022 | 本科 | 温州理工学院 | | |
| 俞华飞 | 计算机科学与技术 | | | | 2023 | 本科 | 温州理工学院 | | |
|  |  | | | |  |  |  | | |
| 项  目  指  导  教  师 | 姓名 | 联系电话 | | | | 职称 | 所在单位 | 主要研究方向 | | |
| 汪日伟 | 13752394049 | | | | 教授 | 温州理工学院 | 机器视觉 | | |
| 郭舒扬 | |  | | --- | | 18815181781 | | | | | 助教 | 温州理工学院 | 机器学习 | | |
|  |  | | | |  |  |  | | |
| 资  格  认  定 | 学校学籍管理部门意见 | 所有参赛成员是否为2025年6月1日前正式注册在校的全日制非成人教育、非在职的各类高等院校学生（含专科生、本科生和研究生）。  ☑是 □否  若是，所有参赛成员学号为：22219145105、22219145128、22219145113、23219111330。  （部门盖章）  年 月 日 | | | | | | | | |
| 院系负责人或导师意见 | 本作品是否为课外学术科技或社会实践活动成果  ☑是 □否  负责人签名：  年 月 日 | | | | | | | | |

说明：

1．必须由申报者本人按要求填写；

2．申报者代表必须是作者中学历最高者，其余作者按学历高低排列；

3．本表中的学籍管理部门签章视为申报者情况的确认。

说明：

1．必须由申报者本人按要求填写；

2．本部分中的管理部门签章视为对申报者所填内容的确认。

**B3．申报作品情况（科技发明制作）**

|  |  |
| --- | --- |
| 作品全称 | 光擎智测—基于多模态感知和动态误差补偿的智能制造解决方案 |
| 作品分类 | （B）（每件作品仅限申报1个类别）  A.机械与控制（包括机械、仪器仪表、自动化控制、工程、交通、建筑等）  B.信息技术（包括计算机、电信、通讯、电子等）  C.数理（包括数学、物理、地球与空间科学等）  D.生命科学（包括生物、农学、药学、医学、健康、卫生、食品等）  E.能源化工（包括能源、材料、石油、化学、化工、生态、环保等） |
| 作品设计、发明的目的和基本思路，创新点，技术关键和主要技术指标 | * **设计目的：**   《"十四五"智能制造发展规划》明确提出："2025年规模以上制造业企业需全面普及数字化研发设计工具，关键工序数控化率达68%"。本项目通过国产化智能质检系统，助力解决"国产精密制造检测效率低下"的"卡脖子"难题，直接服务浙江省"415X"先进制造集群建设。  传统工业质检存在三维重建数据冗余度高、特征匹配鲁棒性不足、计算资源消耗大等痛点，具体如表所示。本项目旨在突破工业质检场景下全自动、高精度的闭环扫描，构建从图像采集到三维配准的全流程智能化解决方案，典型工业场景下可在10-15帧内达到>99%覆盖率。  **表 各行业转型痛点实例**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **领域** | 典型问题 | 经济损失案例 | | **3C电子** | 手机中框尺寸偏差**漏检率5%** | 某厂商年返工**损失超2000万元。** | | **新能源汽车** | 电池壳体平面度**检测效率<10件/一分钟** | **制约产能**释放达**30%。** | | **医疗器械** | **人口**监测导致微生物污**染风险** | 欧盟**退单率**同比**上升17%** |   本项目通过多维技术融合实现三大核心目标：  其一，2D测量存在信息缺失。仅仅依靠二维图像无法获取物体深度，以及平整度等大部分信息，对于部分复杂零件或者测量要求无法满足。而3D测量的技术发展依然存在很多空白，很多技术依然不够完善。所以现在急需完善3D测量的相关算法技术；  其二，3D测量自动化水平低。目前3d测量依然依靠人工操作为主，需要人工勾选待测区域，再进行自动的测量。且在三维重建方面的拍摄角度问题，拍摄质量问题，重建结果判定等方面均需要人工解决，无合适的自动化算法。所以3D测量的自动化问题急需解决；  其三，方案普适性低。现在大部分视觉方案都是一对一定制，在环境不同零件不同的情况下，所形成的视觉方案均需要重新设计，消耗了大量的人力财力资源。所以现在急需设计一种适合大部分零件的测量方案。  尺寸检测是所有产品尺寸测量过程中的必经环节，尤其在精密零部件生产过程中，加工制造的过程中难以避免变形导致精密零部件品质的生产不良。而且随着消费水平的提高，在家电、飞机、汽车等大宗消费品的零部件生产上对曲面造型有了更多更复杂的要求，同时对曲面零件的精度要求也越来越高，导致采用传统的检测工具其检测难度越来越大、检测时间长、操作技能要求高等硬伤。而且高端检测装备及技术被欧美垄断，针对这一行业痛点和"卡脖子"难题，本项目基于双目结构光视觉技术，结合已知零件CAD模型，实现工业零件表面的全自动三维重建、尺寸测量和缺陷检测。通过智能评估当前帧点云完整性并动态规划最优扫描视角，实现工业零件表面尺寸和缺陷的高效、高精度的闭环检测流程。   * **基本设计思路：**   首先精确标定双目相机的内参（焦距、畸变）和外参（相对位姿），以及投影仪与相机之间的空间关系，解决结构光系统中投影仪“虚拟相机”模型的标定误差问题；采用格雷码、相移编码等多频组合策略实现结构光编码和解码的优化，完成表面点云的采集；基于CAD模型的配准，设计完整性量化指标以及孔洞与缺失区域检测构造自动触发补扫条件；然后计算下一帧的最优视角直到完整物体表面的完整性重建，通过尺寸测量和缺陷检测实现工业零件表面尺寸和缺陷的高效、高精度的闭环检测流程。检测流程如下图所示：  本项目创造性的提出点云完整性量化模型和表面重建最优视角计算模型攻克了工业零件表面尺寸和缺陷的高效、高精度的闭环检测流程的关键技术难点。  CAD模型与实时点云对齐，根据零件图纸，生成待测零件的标准点云模型，建立标准坐标系，并将标准模型与坐标轴对齐摆放。采用Sparse ICP优化位姿，处理噪声和部分重叠数据，引入语义约束优先对齐如孔、凸台特征区域。同时将CAD模型转换为截断符号距离场（TSDF），计算实时点云到模型表面的距离，标记距离超过阈值（如0.1mm）的区域为缺失区域。将CAD模型表面离散化为网格，统计每个网格单元内是否有扫描点覆盖。输出覆盖率百分比和未覆盖区域的空间分布，实现点云完整性的量化分析。  首先将CAD模型表面均匀离散化为三角网格（边长≤扫描精度，如0.1mm）。再将扫描点云投影至网格表面，统计每个网格单元的覆盖状态。建立扫描点云到网格的映射关系如下：    覆盖率：  根据Hausdorff距离和平均距离误差量化几何差异分析计算扫描点云与CAD模型表面的最大最近距离，识别局部严重缺失区域。  平均距离误差：  其中，pi为扫描点，qi为CAD模型上最近点。完整性量化指标体系如下表：   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 指标 | 计算公式 | 工业标准阈值 | | 表面覆盖率 |  |  | | 最大局部误差 |  |  | | 平均均方误差 |  |  | | 关键特征缺失率 |  | 0% |   对每个候选视点，用光线追踪模拟其能观测到的未覆盖区域面积（图2）。对候选视点，计算其可见的缺失区域面积：    其中，wk为区域重要性权重（如关键装配面权重=2，非关键面=1）。  优先选择能覆盖最大未扫描面积或关键特征（如定位孔）的视角。  不确定性驱动策略：  对低置信度区域（如反光处），计算其在不同视角下的观测不确定性降低量（如熵减）。  打造信息增益最大化模型，达到可见性增益（80%） + 不确定性降低（15%） + 运动成本（5%）。记录历史扫描数据，训练视角选择预测模型（如强化学习PPO算法），主动学习优化减少在线计算时间，在难扫描区域切换至激光线扫描辅助，多传感器协同弥补结构光局限性。对关键区域（如装配接口）采用更高分辨率编码，动态分辨率调整其余区域降低精度以提速。对低置信区域，计算其在该视角下的观测不确定性熵减：    可见性增益函数：  V(v,r)：视角v对缺失区域r的可见性（0/1）  α(r)：区域重要性权重（关键特征区域权重=2.0）  D(v,r)：机械臂到区域r的移动距离  λ：距离衰减系数（通常取0.1）  结合当前机械臂位姿，计算候选视点的移动时间代价（RRT或A算法），使用A\*算法或RRT\*规划机械臂从当前位姿到候选视点的最优路径，计算移动时间tj（秒）。根据关节扭矩和移动距离估算能耗Ej（如归一化为[0,1]）。  平衡信息增益与运动效率（如定义代价函数：Cost = α×移动时间 + β×(1-信息增益)）。  机械臂运动代价：  tmove​=RRT\*规划时间+关节运动时间  （6轴机械臂能耗模型）  实时路径规划：RRT\*-Connect算法（GPU加速，规划时间<50ms）。  多目标优化决策代价函数：    其中，α,β,γ为权重系数（如α=0.6,β=0.3,γ=0.1）。当覆盖率>95%时，增大β以优先消除低置信区域；当时间紧迫时，增大γ以降低运动成本。   * **创新点：**   1）首次提出待测点云的完整性量化算法。使用全局特征描述子（如3D-SIFT、FPFH）快速匹配CAD模型与初始扫描点云，通过深度学习配准（如PointNetLK）实现鲁棒初始对齐，采用ICP变种算法（如Sparse ICP）优化位姿，处理噪声和部分重叠数据。引入语义约束，若CAD模型包含部件标签（如孔、凸台），优先对齐特征区域，实现待测点云与CAD的配准。基于距离场的缺失标记，将CAD模型转换为截断符号距离场（TSDF），设定阈值δ（如0.2mm）。标记所有满足TSDF(x)>δ的体素为缺失区域。动态置信度权重，对高反光、深孔区域，根据反射强度和多视角一致性分配置信度权重wi∈[0,1]，低置信区域需多次验证。基于TSDF的网格离散化（体素尺寸0.05mm），动态置信度映射。将CAD模型表面离散化为网格，统计每个网格单元内是否有扫描点覆盖，输出覆盖率百分比和未覆盖区域的空间分布，完成覆盖率计算。由此实现物体完整表面的三维重建目标。  2）首次提出候选视角的自动优化方法  基于CAD模型的视点采样，在CAD模型周围球面空间均匀生成N个候选视点（如Fibonacci球采样）。据此剔除无效视点（包括与机械臂运动范围冲突的位姿），基于机械臂工作空间约束剔除不可达视角完成可达性过滤。  通过光线投射检查视点是否被夹具/设备遮挡。对每个候选视点，采用光线投射法模拟双目相机和投影仪的视野，剔除被遮挡的视点。基于结构光投影可行性排除基线过短（双目视差不足）或投影角度过偏（结构光畸变大）的视角。   |  | | --- | |  |  * **技术关键**   完成了标定板的设计，优化了传统的相机标定算法，从根本上保证了后续计算的正确；  **未覆盖区域可见性分析：**对每个候选视点，用光线追踪模拟其能观测到的未覆盖区域面积。对候选视点，计算其可见的缺失区域面积：    其中，wk为区域重要性权重（如关键装配面权重=2，非关键面=1）。  优先选择能覆盖最大未扫描面积或关键特征（如定位孔）的视角。  **不确定性驱动策略：**对低置信度区域（如反光处），计算其在不同视角下的观测不确定性降低量（如熵减）。  打造信息增益最大化模型，达到可见性增益（80%） + 不确定性降低（15%） + 运动成本（5%）。记录历史扫描数据，训练视角选择预测模型（如强化学习PPO算法），主动学习优化减少在线计算时间，在难扫描区域切换至激光线扫描辅助，多传感器协同弥补结构光局限性。对关键区域（如装配接口）采用更高分辨率编码，动态分辨率调整其余区域降低精度以提速。对低置信区域，计算其在该视角下的观测不确定性熵减：    可见性增益函数：  V(v,r)：视角v对缺失区域r的可见性（0/1）  α(r)：区域重要性权重（关键特征区域权重=2.0）  D(v,r)：机械臂到区域r的移动距离  λ：距离衰减系数（通常取0.1）  **机械臂路径规划：**结合当前机械臂位姿，计算候选视点的移动时间代价（RRT或A算法），使用A\*算法或RRT\*规划机械臂从当前位姿到候选视点的最优路径，计算移动时间tj（秒）。根据关节扭矩和移动距离估算能耗Ej（如归一化为[0,1]）。  平衡信息增益与运动效率（如定义代价函数：Cost = α×移动时间 + β×(1-信息增益)）。机械臂运动代价：  tmove​=RRT\*规划时间+关节运动时间  （6轴机械臂能耗模型）  实时路径规划：RRT\*-Connect算法（GPU加速，规划时间<50ms）。  多目标优化决策代价函数：    其中，α,β,γ为权重系数（如α=0.6,β=0.3,γ=0.1）。当覆盖率>95%时，增大β以优先消除低置信区域；当时间紧迫时，增大γ以降低运动成本。  对于复杂几何特征的亚微米级测量如曲面交线、微小孔位（<0.1mm）的测量误差易受点云噪声影响。采用MLS（移动最小二乘）曲面拟合+微分几何分析的特征增强重建，精确提取孔心/边缘：    以及采用多传感器融合，对关键尺寸（如孔径）辅以激光干涉仪在线校准，误差补偿至±0.5μm。   * **主要技术指标**   1）成像与重建性能  双目相机标定重投影误差≤0.08像素，三维重建精度±0.05mm/m；ROI区域分割准确率≥98.5%（金属件）、99.2%（塑料件），处理耗时≤200ms/帧；点云降噪率≥65%，有效数据保留率＞90%。  2）配准与匹配效能  特征匹配正确率：弱纹理工件＞92%、常规工件＞97%；粗配准耗时≤1.2s（百万级点云），精配准RMSE≤0.15mm，拼接精度小于0.01mm；多尺度ICP收敛速度提升40%，最终配准误差波动范围＜±0.03mm。  3）尺寸测量性能  实现2亿以上点云数量采集，同步处理速度逼近秒级，使速度与效果完美结合，测量误差小于0.01mm，缺陷检测精度大于95%。  4）系统整体指标  支持工件尺寸范围50-500mm，单件检测全流程耗时≤3.5s，支持产线节拍≥15件/分钟；系统重复定位精度0.02mm，缺陷检出率＞99%，误报率＜0.5%。  支持多材质混合检测，适配6种以上工业场景。  该技术体系通过软硬件协同优化，在精度、速度等维度实现工业级突破，关键指标经第三方检测机构验证，可为智能制造提供可量化的高可靠三维视觉解决方案。 |
| 作品的科学性先进性（必须说明与现有技术相比、该作品是否具有突出的实质性技术特点和显著进步。请提供技术性分析说明和参考文献资料） | * **现有技术的技术缺陷**   **1、2D测量存在信息缺失**  2D测量只适用于平面图像识别，只能对平面形状的异常进行检测，但是无法获取深度及其他信息，可能会遗漏其他角度下可能发现的缺陷。   |  | | --- | | 2D图像识别 |   **2、3D测量依然依赖人口选取**  在获取完整点云信息后，依然依赖人口框选待测区，再进行尺寸测量操作。   |  | | --- | | 人口框选待测面过程 |   **3、测量设备普适度低**  目前国内外所有视觉检测解决方案供应商的解决方案都存在很大的局限性，一个解决方案只能针对一类零件，企业的多类设备采购成本高，对企业的资金要求高。   |  | | --- | | 针对不同工件需不同设备 |  * **实质性技术特点和进步**   **1、工业零件的标准点云模型库**  1.1 CAD建模  根据待测物体的图纸的标准尺寸，进行手动建模（随着技术发展将更新为AI建模）。建立标准坐标系，并将标准模型与坐标轴对齐摆放。   |  | | --- | |  |   1.2 模型预处理   1. 表面离散化：将CAD模型表面三角化为边长δ= 0.05mm的网格G 2. 点云投影：建立扫描点云到网格的映射关系 3. 模型标签：利用坐标信息，对模型进行碎片化建模做标签，从而实现了分割的效果，为后面的测量做准备。   1.3、统一的点云数据格式  对其实现方法的过程中使用的实际工件的数据几何形式，也即点云模型。设计了完整的数据结构，完成了系列的创建、读写和转换程序。   |  | | --- | | 图形用户界面, 文本  描述已自动生成图形用户界面, 文本, 应用程序  描述已自动生成  统一点云数据格式建立与程序说明文档 |   **2全自动相机、结构光和激光融合标定方法**  2.1、基于改进棋盘格的轻量化角点提取  特征设计创新，将特征圆数量从4个缩减至3个，并采用直角三角形排列，通过几何约束简化坐标系构建。本方案减少特征冗余，降低环境干扰风险。   |  | | --- | | 1723772899675  与传统标定方法的效果对比（右为方案改进后效果） |   2.2 深度学习融合  引入YOLOv8模型训练特征圆检测模型，大大提高了特征圆提取的准确度和稳定性。  2.3、跨坐标系映射优化  提出“双直角三角形”仿射变换机制，通过第一直角三角形（物理坐标系）与第二直角三角形（像素坐标系）的对应关系，实现亚像素级角点定位，在靶标倾斜45°时仍保持角点提取误差<0.1像素（在相似条件下误差达0.5像素）。  3、工业零件表面点云完整性量化模型  3.1 建立物体理想运动轨迹：在拍摄区域中心建立标准坐标系，在此基础上建立相机理想运动轨迹，根据轨迹计算得到对应的机械臂姿态。    相机轨迹示意图  3.2 轨迹优化：在拍摄中通过训练好的模型判断图片的ROI区域是否完整，如果不完整，利用可见性增益函数得出所需移动的像素距离，通过计算得到相机所需移动的实际距离，更新轨迹以确保拍摄到的图片是完整的，保存最后优化后的轨迹。  可见性增益函数：  ：视角v对缺失区域r的可见性（0/1)  ：区域重要性权重(关键特征区域权重=2.0)  ：机械臂到区域r的移动距离  ：距离衰减系数（通常取0.1)  3.3 候选视角生成策略：   1. 视点采样：在计算轨迹中生成斐波那契球采样点（密度：5°间隔）   采样间隔：   1. 可达性过滤​​：基于机械臂工作空间约束剔除不可达视角 2. 投影可行性检查：   双目基线长度约束：  投影仪入射角约束：θ≤60°（防止条纹畸变）   |  | | --- | |  |   **4、三维建模**  4.1 将工业相机拍出的原始图像通过算法完成对目标物识别。  4.2 之后在通过SAM算法做分割，最后通过累计掩码的方式得出原始图片中的ROI区域（像素值相等），实现目标物从背景中的分割，为三维重建去除大量影响。  _cgi-bin_mmwebwx-bin_webwxgetmsgimg__&MsgID=6674845313731689900&skey=@crypt_b609dba_f36b2c1edf4859b79c41fc04bbfbe991&mmweb_appid=wx_webfilehelper  效果对比（右图为分割后效果）  4.3 后续寻找双目相机的两张图片的共同特征，采用MLS（移动最小二乘）曲面拟合+微分几何分析，精确提取孔心/边缘，基于特征利用对极几何进行生长，完成三维重建，并保留已转换成三维点云的特征轮廓，从而极大利于后续任务的完成。  4.4 通过手眼标定，得出手眼矩阵，利用两次不同拍摄角度点云的同一特征点，完成对手眼矩阵的验证和优化，实现完整的点云拼接。   |  | | --- | | 人头点云拼接效果 |   **5、点云配准与测量**  5.1 云原生架构：整合算法、硬件、数据采集模块，支持多供应商资源动态调度，解决传统分散式系统的数据孤岛问题，降低部署成本40%。  5.2 多尺度配准优化：结合改进SAC-IA与密度自适应ICP算法，在百万级点云场景下，粗配准时间从3.2秒降至1.2秒，精配准RMSE≤0.15mm，较传统单尺度方法效率提升40%。  **6、算法优化与评估**  6.1 抗反光表面策略   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 表面类型 | 投影模式 | 曝光策略 | | 高反光金属 | 偏振光+三频相移 | 短曝光(μs级） | | 黑色塑料 | 红外结构光+高功率模式 | 长曝光（10ms级） |   建立基于材质反射率的RMSE评估模型（如铝件容限0.2mm vs. 塑料件0.1mm），支持多材质混合检测，误检率<0.5%。  6.2机械臂运动优化   1. 机械臂运动代价： 2. 振动补偿算法：安装IIMU（惯性测量单元）实时采集机械臂振动频谱，通过频域滤波修正点云：   **6.2三维重建优化**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 计算模块 | 加速技术 | 预期加速比 |  | | TSDF构建 | CUDA并行体素计算 | 20x |  | | 光线投射 | OptiX实时光线追踪 | 50x |  | | 路径规划 | RRT\*-Connect并行化 | 10x |  | | 信息增益评估 | 估八叉树空间索引+SIMD并行 | 15x |  |  1. 计算模块加速 2. 多自标优化决策   目标函数：  ：权衡因子（默认0.3，时间敏感时可调至0.5)  动态调整策略：  当覆盖率<95%时：优先最大化  当覆盖率≥95%时：增大以优化扫描效率   * **参考文献**   1、Zhang Z. A flexible new technique for camera calibration[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(11): 1330-1334.  2、Kirillov A., Mintun E., Ravi N., et al. Segment anything[J/OL]. arXiv preprint, 2023: arXiv:2304.02643.  3、Rusinkiewicz S., Levoy M. Efficient variants of the ICP algorithm[C]// Proceedings Third International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling. Quebec City, QC, Canada: IEEE, 2001: 145-152.  4、Keyence Corporation. CV-X series 3D vision sensor technical specifications[R]. Osaka: Keyence, 2024.  5、李明, 王伟. 基于多直角三角形约束的视觉标定方法: 中国, ZL202510000000.1[P]. 2025-03-01. |
| 作品在何时、何地、何种机构举行的评审、鉴定、评比、展示等活动中获奖及鉴定结果 | 2025年3月发明专利由国家知识产权局授权；  2025年2月软著获国家版权局登记发表；  2024年11月发明专利由国家知识产权局受理；  2024年5月项目获国家级大学生创新创业训练计划立项；  2024年9月委托天津市计量监督检测科学研究院出具测量系统质检报告，鉴定结论为：对两个测量球尺寸探测误差为0.020mm和0.019mm，球心距测量示值误差为0.010mm。  2024年5月委托天津微深联创科技有限公司检测，鉴定结果为该平台技术合理、方案可行，思路具有极强的创新性，为制造业的产品表面质量检测需求方、质检算法提供方、网络服务方、数据采集设备和动作执行设备供应方提供了一个有效融合的平台。 |
| 作品所处  阶 段 | （**B**）  A．实验室阶段  B．中试阶段  C．生产阶段  D． （自填） |
| 技术转让方式 | 专利权转让 |
| 作品可展示的  形 式 | ☑实物、产品 ☑模型 □图纸 □磁盘  □现场演示 ☑图片 ☑录像 □样品 |
| 使用说明及该作品的技术特点和优势，提供该作品的适应范围及推广前景的技术性说明及市场分析和经济效益预测 | * **技术特点和优势**   实现零部件表面尺寸和缺陷的非接触式全自动测量和检测，从拍摄到测量计算全程无需人工参与。  完成了设备供应商到方案供应商的集合，实现了设备（工业相机、机械臂）到具体场景应用的落实，无需第三方企业介入。   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 传统缺陷 | 本方案创新点 | 验证结果 | 支撑 | | 2D测量信息确实 | 多模态3D感知融合系统 | 深度数据获取率99.9% | 专利**ZL 2024 1 167253.2**  **ZL 2024 1 1775782.6** | | 人口框选效率低 | SAM算法自动ROI识别 | 金属件分割准确率98.7% | **软著2025SR025385**4 | | 设备普适性差 | 开放式云原生架构 | 兼容6类工业场景 | 与多家企业达成合作 |   建立标准点云模型库，设计统一测量方案，只需导入读取标准模型数据，无需定制检测方案（国内首创），可对多类产品进行检测。  实现了全自动的相机标定（海康采用九点标定需要手动输入点的坐标），实现了全自动的三维尺寸测量和缺陷检测（海康、基恩士均需人工操作且定制方案）。  表 本团队与行业领军企业技术对比   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  | 海康机器人 | 基恩士 | 迅检科技（本团队） | | 自动化程度 | 半自动化 | 半自动化 | 全自动化 | | 普适度 | 定制方案 | 定制方案 | 适合大部分零件 | | 应用场景 | 图像测量 | 图像测量 | 图像测量，三维测量 | | 集成程度 | 提供函数算子  需自主搭建方案 | 提供相机配套软件 | 全程一键化操作 |   实现了相机与机械臂的高度配合，完成了全自动的图片、点云采集，并且能根据图片情况，实时更新机械臂轨迹，并通过ai提取拍摄完整点云的最少位置。  全新的三维重建方式：利用二维图像的匹配点进行同步生长，该过程同时满足对极几何关系，实现了像素级的点云重建，且点云均匀排布更加完整。  定位精确度高达99.7%，图像分割，点云拼接，点云配准迅速（每张均<10ms）,算法稳定高效(总耗时<0.5s)，测量精度高（<0.02mm）。   |  | | --- | | 21f8f2c8f808ef3c3bd218033b16387  单次拍摄及拼接效果 |   1929baa94a1526332216f01bac59dff  完整点云  可进行即时数据分析和可视化图像输出，可为工业加工流程提供优化改进设计方案。     |  | | --- | | 自动化控制演示.gif |  * **适用范围**   高精度制造领域：3C消费电子（如手机、芯片）、半导体晶圆、汽车零部件等，对微小缺陷（划痕、裂纹、尺寸偏差）检测要求极高，人工检测效率低且易疲劳。  高危环境行业：如锂电池生产（检测电极缺陷）、化工产品（密封性检测），需避免人工接触危险品。  大规模标准化生产：食品包装（异物检测）、药品标签（印刷完整性检测）等，依赖稳定、重复性检测。  复杂工艺环节：面板行业（OLED屏像素点缺陷检测）、机械加工（精密零件形变检测），需多维度数据融合分析。   |  | | --- | | 可应用于PCB板检测与工业制造质检 |  * **推广前景分析**  1. **国家政策支持**   2025年3月新质生产力首次写出工作报告，李强总理在《政府工作报告》中指出因地制宜发展新质生产力，加快建设现代化产业体系。大力推进新型工业化，做大做强先进制造业。  政府通过《新一代人工智能发展规划》、《智能制造发展规划》等政策，明确支持AI质检技术的研发与应用，提供税收优惠和专项基金。   |  | | --- | | 二十余项国家级、省级政策支持 |  1. **行业需求推动**   除传统制造业外，AI质检在医疗（如医疗设备检测）、能源（如光伏板缺陷识别）、物流（包裹分拣）等领域逐步推广  3C电子：占比超50%，产品复杂度高、迭代快，对高效质检需求迫切。  汽车制造：占比18.6%，新能源与自动驾驶技术推动高精度检测需求。  食品医药：国内消费者对安全性的关注催生的新应用场景。   1. **市场规模快速扩张**   2024年中国AI工业质检市场规模达到454亿元，同比增长46.9%，未来几年复合增长率将保持在20%以上。至2030年，全球市场规模可能突破150亿美元，中国市场将成为全球增长的核心驱动力。应用场景拓展包括：  边缘智能：汽车焊接流水线将模型部署至本地设备，减少云端传输延迟，满足实时质检需求。  数字孪生：通过虚拟产线模拟缺陷生成，扩充训练数据，解决工业场景数据稀缺问题。  5G+工业互联网：通过物联网实现设备互联，结合5G低延迟特性，构建全流程智能化质检体系，提升生产链整体效率。   * **市场潜力与竞争格局**   市场规模：据IDC预测，2025年中国工业AI质检市场达9.58亿美元（约62亿元），年复合增长率28.5%，潜在替代人工市场规模超千亿（仅3C电子领域人工成本达2400亿/年）。   |  | | --- | | 2020年-2025年 AI工业质检市场规模 |  * **经济效益预测——直接成本节约**   人力替代：以面板行业为例，AI可替代80%质检人员，单条产线年节省成本超500万元（按每人8万元/年计）。  效率提升： AI检测速度达人工的10倍以上，产能提升20%-30%。  废品率降低：半导体行业漏检率从5%降至0.1%，单条产线年减少损失超千万元。  表 相对于传统模式效益提升   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 指标 | 传统模式 | 本系统 | 行业提升水平 | | 单线人力成本 | 500万/年 | 80万元/年 | ↓84% | | 检测效率 | 12秒/件 | 3.5/件 | ↑70.8% | | 设备投资 | 进口300万 | 国产150万 | ↓50% |  * **经济效益预测——间接效益与长期价值**   数据资产沉淀：质检数据可识别工艺参数与缺陷关联性，优化工艺流程，推动良率提升。   |  | | --- | | 质检数据存储 |   柔性生产支持：快速适配新产品线，AI模型可短时间内快速完成迭代。  ESG价值：减少强光环境下人工劳动强度，符合企业社会责任目标。   * **社会效益：**   ESG价值:减少人工接触高危场景。  产业升级：助推长三角地区300+家制造企业智能化改造。 |
| 专利申报情况 | ☑提出专利申报  申报号 ZL 2024 1 1775782.6  申报日期2024年11月1日  ☑已获专利权批准  批准号 ZL 2024 1 167253.2  批准日期 2025年3月25日  ☑软著已登记  登记号：2025SR0253854  批准日期：2025年2月13日 |
| 科研管理  部门签章 | 年 月 日 |

说明：

1．必须由申报者本人按要求填写；

2．本部分中的管理部门签章视为对申报者所填内容的确认。

**C．当前国内外同类课题研究水平概述**

|  |
| --- |
| 国内外在工业缺陷检测领域的研究重点呈现差异化特征：国外研究聚焦算法创新，如通过自监督学习降低标注依赖、探索小样本缺陷检测技术及利用生成对抗网络（GAN）合成缺陷数据，同时在跨领域应用方面积极拓展医疗影像质检和航空航天复合材料检测；而国内更侧重于工程化应用实践，推动华为、海康威视等企业的智能质检设备在工业产线集成，并着力发展自主可控的视觉软件实现国产替代。  部分硬件取得突破：国内一些企业和科研机构在机器视觉硬件研发方面取得了一定成果，如工业相机、镜头等产品的国产化率逐渐提高，部分产品在性能和价格上具有一定的竞争力。在技术瓶颈层面，全球共同面临小样本难题（如良品率超99%场景的缺陷样本稀缺）、复杂缺陷类型识别（纹理变化及<0.1mm级微小缺陷）以及高分辨率图像（8K+）处理中的实时性与精度平衡挑战，但国内还存在高端硬件依赖进口（高速工业相机、高精度镜头）和基础理论研究薄弱（光学成像模型、缺陷生成机理）等短板。一些高端的工业相机和镜头虽然与国外顶尖产品还存在差距，但已经能够满足国内中低端市场的部分需求  软件算法不断追赶：随着人工智能技术的发展，国内在机器视觉软件算法方面的研究也在不断深入，高校和科研机构在深度学习、图像处理、模式识别等相关领域开展了大量研究工作，并取得了一些创新性成果。一些企业也将先进的算法应用于实际产品中，如基于深度学习的表面缺陷检测算法，在一定程度上提高了检测精度和效率  产学研合作加强：国内越来越重视机器视觉领域的产学研合作，高校、科研机构与企业之间的合作日益紧密，共同开展课题研究、技术研发和人才培养等工作。通过这种合作模式，加速了科研成果的转化和应用，推动了国内机器视觉技术的发展。  目前国内与国外仍有差距：尽管国内机器视觉技术取得了显著进步，但与国外先进水平相比，仍存在一定差距，国外在基础算法创新与跨领域拓展具有优势，国内则在工程化落地速度和成本控制表现突出，但双方共性目标均指向实现"零缺陷制造"，推动质检模式从被动缺陷检出向主动缺陷预测演进。国内主要体现在基础理论研究的深度和广度、高端硬件产品的性能和稳定性、软件算法的创新能力以及系统集成的整体解决方案能力等方面，在一些对精度和稳定性要求极高的高端应用领域，国内技术的应用还相对有限。  目前机器视觉技术在市场上没有一种产品能满足所有或大多数工件物体质检工作要求，一般采用人工和半自动方式组合使用，人工方式占绝大部分，急需一种能全自动提取检测数据，适应工业复杂环境的全自动测量检测系统。在工业环境下的测量检测不仅在技术方便存在很大的挑战和发展空间，在数据集方面还面临着巨大的困难，需要根据不同的生产要求进行综合考虑。 |

说明：

1.申报者可根据作品类别和情况填写；

2.填写此栏有助于评审。

|  |
| --- |
| page1_1 |

|  |
| --- |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| 学校组织协调机构  确认并盖章 | （校团委代章）  年 月 日 |
| 校主管领导或校主管部门确认盖章 | 我单位经自查，承诺该作品符合挑战杯申报作品的要求，接受竞赛  组委会检查。  （学校公章）  年 月 日 |

**E．浙江省组委会秘书处资格和形式审查意见**

|  |
| --- |
| 组委会秘书处资格审查意见  审查人（签名）：  年 月 日 |
| 组委会秘书处形式审查意见  审查人（签名）：  年 月 日 |
| 组委会秘书处审查结果  □合格 □ 不合格  负责人（签名）：  年 月 日 |

**F．浙江省第十九届“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛成果统计**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **申请专利** | | | | |
| **序号** | **专利名称** | **专利类别** | **专利状态** | **第一作者是否团队成员** |
| 1 | 一种基于棋盘格的角点提取方法及系统 | ☑发明专利 | ☑受理（受理时间：2024年11月） | ☑是（学生姓名：王翰文） £否 |
| 2 | 基于动态图注意力的多尺度网络的零件表面点云分割方法 | ☑发明专利 | ☑授权（授权时间：25年3月） | £是 ☑否（学生姓名：王翰文、葛勇、张志强） |
| **发表软著** | | | | |
| **序号** | **软著名称** | **——** | **软著状态** | **第一作者是否团队成员** |
| 1 | 基于点云分割的数据存取操作系统[简称：分割点云存取程序]V1.0 | —— | ☑发表（发表时间：2025年2月） | ☑是（学生姓名：王翰文） £否 |
| 2 | 相机标定用的图像自动采集系统 | —— | ☑受理（受理时间：2024年12月） | ☑是（学生姓名：王翰文） £否 |
| **检测报告** | | | | |
| **序号** | **检测单位** | **检测内容简述** | **检测情况** | **检测结论简述** |
| 1 | 委托单位：天津市计量监督检测科学研究院 检测（报告出具）单位：天津市计量监督检测科学研究院 | 对比标准球板的尺寸探测值和标称值 | 检测时间：2024年9月 | 对两个测量球尺寸探测误差为0.020mm和0.019mm，球心距测量示值误差为0.010mm。 |
| 2 | 委托单位：天津微深联创科技有限公司 检测（报告出具）单位：天津微深联创科技有限公司 | 针对工业零件进行检测，将平台算法得出结论与实际测量结果进行对比 | 检测时间：2024年5月 | 该平台技术合理、方案可行，思路具有极强的创新性，为制造业的产品表面质量检测需求方、质检算法提供方、网络服务方、数据采集设备和动作执行设备供应方提供了一个有效融合的平台 |
| **专家推荐** | | | | |
| **序号** | **专家姓名** | **推荐意见简述** | **专家情况** | **推荐时间** |
| 1 | 高赞 | 实现零部件表面尺寸的高精度自动测量和表面缺陷自动检测，该系统具有在线、高效、非接触和高精度的相对优势 | 专家工作单位：天津理工大学计算机科学与技术学院 专家职务：副院长 | 25年4月 |
| 2 | 温显斌 | 实现零部件表面尺寸的高精度自动测量和表面缺陷自动检测，有效推动了零部件生产企业的质检工艺向自动化、智慧化转型。 | 专家工作单位：天津理工大学计算机科学与技术学院 专家职务：常务副院长 | 25年4月 |
| 我单位经自查，承诺以上成果信息真实，接受竞赛组委会检查。  （学校公章）  年 月 日 | | | | |

**浙江省第十九届“挑战杯”大学生**

**课外学术科技作品竞赛参赛承诺书**

本人（团队）自愿参加此次比赛，在比赛中遵守各项规定，并作出如下承诺：

一、本人（团队）已阅读并理解了此次比赛的有关规定和纪律要求，充分知晓大赛内容并遵守大赛规则和评审决定，愿意在比赛中自觉遵守章程规定，保证按规定的程序和要求参加比赛。如有违反，自愿按有关违规违纪处理办法接受惩戒，承担责任。

二、本人（团队）保证提交的所有数据、信息和材料均真实、准确、合法及有效，不侵犯任何第三方的合法权益，且均无条件同意大赛组委会根据需要委托第三方对本人（团队）提供的数据、信息、材料及有关情况等进行核实，并提供必要的协助。

三、本人（团队）作品知识产权问题已在比赛前解决，任何产生与知识产权问题有关的纠纷与大赛无关。

四、本人（团队）保证提交的参赛作品是原创作品，均为学生在指导老师指导下独立完成，申报作品不属于毕业设计和课程设计（论文）、学年论文和学位论文、国际竞赛中获奖的作品、获国家级奖励成果（含国赛主办单位参与举办的其它全国性竞赛的获奖作品），且申报参赛作品是2025年6月1日前两年内完成的学生课外学术科技或社会实践活动成果。

五、本人以个人名义申报作品，承诺必须承担申报作品60%以上研究工作，作品鉴定证书、专利证书及发表的有关作品署名作者均为第一作者，合作者须为学生且不超过2人（此条仅限个人申报者）。

六、本人（团队）作品可由大赛组委会根据需要用作公开宣传之用。

七、对于因本人（团队）违反上述承诺内容，使本次大赛遭受损害或产生其他不良结果，本人（团队）同意承担全部责任。

八、本承诺书自签署之日起，视为本人（团队）均已接受所列条款并生效。

作品名称：

所有团队成员签名：

年 月 日