

同行专家业内评价意见书编号: 20250854349

附件1

**浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）
同行专家业内评价意见书**

姓名: 李浩然

学号: 22260049

申报工程师职称专业类别（领域）: 电子信息

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年03月16日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

实践围绕线激光旋转扫描技术展开，旨在构建一套适用于复杂形貌金属工件的三维测量系统。该研究涉及光学工程、机械设计、电子信息技术及计算机科学等多学科交叉领域，要求研究者具备扎实的理论基础与专业技术能力。在光学理论方面，需深入理解激光的物理特性、光束传播规律以及线激光扫描的成像机理，特别是激光三角测量法的原理及其在三维形貌重建中的应用。在机械设计领域，需掌握高精度运动控制方法，确保扫描过程的稳定性与重复性。电子信息技术方面，需熟悉光电传感器的信号采集与处理技术，以及步进电机或伺服电机的精密控制策略。此外，计算机科学知识在数据处理环节至关重要，包括点云数据的滤波、配准、分割与三维重建算法的实现，以及对测量误差的分析与补偿。通过本课题的研究，不仅能够深化对线激光扫描测量技术的理解，还能提升对复杂形貌工件三维数字化测量的综合实践能力，为相关领域的工程应用提供理论支持与技术保障。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

实践聚焦于基于机械臂的线激光旋转扫描三维测量系统，旨在实现对复杂形貌金属工件的高精度、高效率三维形貌重建。该研究以机械臂为核心运动机构，结合线激光扫描技术，构建了一套集成化测量系统。在硬件设计方面，系统由六自由度工业机械臂、线激光传感器、旋转扫描装置及高精度相机组成。机械臂作为核心运动机构，通过其高灵活性与多自由度特性，实现了复杂曲面的多视角扫描覆盖；同时，旋转扫描装置的引入进一步扩展了测量范围，提升了数据采集效率。在软件算法方面，重点研究了基于机械臂运动学模型的扫描路径规划方法，以及多传感器数据的融合与配准技术。针对机械臂运动误差对测量精度的影响，提出了基于标定数据的误差补偿算法，有效降低了系统误差。此外，结合点云滤波、特征提取与三维重建算法，实现了对金属工件表面形貌的高精度数字化建模。实验结果表明，该系统在复杂曲面测量中表现出较高的精度与鲁棒性，满足工业检测需求。相关研究成果已申请发明专利，为基于机械臂的三维测量技术提供了新的研究思路与方法。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

三维测量技术作为现代制造业、质量控制、逆向工程及精密检测领域的重要支撑手段，在多个行业发挥着关键作用。特别是在复杂形貌金属工件的测量过程中，传统接触式测量方法由于测量效率低、可能造成工件表面损伤等问题，难以满足高效高精度测量的需求。因此，非接触式测量技术成为工程实践中的重要研究方向，其中基于激光的测量方法因其高精度、非接触性以及对待测表面的良好适应性，受到了广泛关注。

在实践过程中，我对当前主流的三维测量方案进行了深入调研，并分析了局部特征测量与完整特征测量的技术路线。局部特征测量方法主要用于高精度检测小范围区域，通常依赖点、线或面级别的局部扫描，而完整特征测量方法则通过多视角或全局扫描获取整体三维信息，适用于大尺度工件的测量。经过对比分析，我发现传统测量系统在灵活性、配置便捷性和测量效率等方面仍存在一定局限性，因此在本次实践中，我设计并实现了一种基于机械臂的线激光旋转扫描测量系统，以提升测量系统的适应性和效率。

该测量系统由线激光器、工业相机、机械臂及数据处理单元组成，其工作原理基于激光投射的光条在被测物体表面形成的变形信息。相机拍摄光条图像后，通过图像处理提取光条中心线，并结合系统的标定参数，通过坐标变换和几何计算解算出物体的三维点云数据。为了实现高精度的点云重建，我深入研究了相机成像过程涉及的坐标转换，包括像素坐标、相机坐

标及世界坐标的映射关系，并推导了数学模型，使得点云计算结果在不同视角下具有较高的一致性和稳定性。

针对传统三维测量系统难以根据待测样品灵活调整、配置繁琐、标定复杂、测量范围有限以及扫描时间较长等问题，我的系统采用了基于机械臂的旋转扫描方案。机械臂的多自由度运动能力使得激光与相机可以根据测量需求灵活调整扫描路径，提高了测量的适应性。在系统布局设计上，我通过建模分析确定了关键器件的最佳排布方式，使得系统既能保证测量精度，又能在实际应用中提高测量效率。经过多轮实验优化，该系统在不同形貌工件的测量任务中均表现出较好的灵活性和精度稳定性。

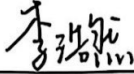
在实践过程中，为了确保测量系统的性能达到工程应用需求，我对核心器件进行了合理选型，并针对关键参数开展了标定实验。首先，在相机选型方面，我结合测量精度、成像质量及相机视场等因素，选择了适合本系统的工业相机，并采用张正友标定法进行了相机内参标定。标定实验结果表明，相机内参误差控制在可接受范围内，并通过参数优化进一步提升了成像质量。随后，为了保证点云计算的精度，我研究并实现了激光平面标定方法，并通过实验获取了激光平面方程。不同标定方法的对比分析表明，该标定策略能够有效提高点云计算的准确性。与此同时，由于系统采用旋转扫描模式，机械臂的旋转轴精度直接影响测量结果，因此我进一步开展了旋转轴标定实验，确保系统在旋转过程中能够保持较高的测量精度。

除了系统硬件设计和标定优化，图像处理与点云数据处理也是本次实践的重要环节。在测量过程中，我发现激光投影的光条图像容易受到环境光照变化、金属表面反射特性及噪声干扰的影响，从而降低光条中心提取的精度。针对这一问题，我研究并实现了一种基于高斯拟合与灰度重心法的光条中心提取算法，以提高光条中心计算的鲁棒性。此外，我引入形态学处理与自适应滤波技术，增强了光条的连续性，提高了点云数据的完整性。在点云处理方面，我采用了坐标变换、离群点去除、平滑滤波及曲面重建等方法，对点云数据进行了优化，并利用迭代最近点（ICP）算法对多角度扫描获取的点云进行精确对齐，从而提升了测量精度。

为了验证系统的测量性能，我选取了多个具有不同形貌特征的金属工件进行测量实验。实验结果表明，该系统在不同类型金属表面（包括光滑、纹理化及复杂曲面）上均能实现稳定测量，测量精度可以控制在50微米以内。同时，我还对系统的测量效率、灵活性及适用性进行了综合评估，实验表明，该系统在测量不同尺寸与形貌的工件时均具有较强的适应能力。相较于传统接触式测量方法，该系统不仅显著提升了测量效率，而且避免了工件表面的物理损伤。基于机械臂的扫描模式，使得系统可以灵活适应不同类型的工件测量需求，在实际工程应用中表现出较高的实用性。

本次实践工作围绕复杂形貌金属工件的三维测量问题，提出并实现了一种基于机械臂的线激光旋转扫描测量系统，并针对系统的核心技术进行了深入研究。实验结果表明，该系统在测量精度、灵活性及测量效率方面均具有显著优势，能够有效应对复杂工件的测量需求。未来，我计划进一步优化扫描路径规划，以减少冗余扫描，提高测量效率。同时，我将探索多传感器融合技术，如结合结构光或深度相机，以增强系统在不同测量场景下的适应性。此外，我还将改进点云数据处理算法，提高数据的自动化处理能力，以满足更高精度的测量需求，为实际工程应用提供更加完善的三维测量解决方案。

(二) 取得的业绩（代表作）【限填3项，须提交证明原件（包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等）供核实，并提供复印件一份】					
1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】					
成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申请时间等	刊物名称/ 专利授权或申请号等	本人排名/ 总人数	备注
一种多模态融合的汽车轮毂型号分类和特征检测方法	发明专利申请	2024年07月15日	申请号：CN 202410942070.2	2/2	
2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】					

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 86 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 84 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！ 申报人签名： 	

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： ☒优秀 ☐良好 ☐合格 ☐不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）： 2020年3月18日
申报材料审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： ☐通过 ☐不通过（具体原因： ） 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日

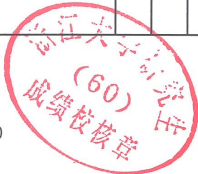
浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩单

学号：22260049	姓名：李浩然	性别：男	学院：工程师学院	专业：电子信息				学制：2.5年			
毕业时最低应获：26.0学分			已获得：29.0学分			入学年月：2022-09			毕业年月：		
学位证书号：				毕业证书号：				授予学位：			
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	90	专业学位课	2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导		1.0	88	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	数值计算方法		2.0	93	专业选修课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	82	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	数字图像处理技术		2.0	74	跨专业课	2022-2023学年春夏学期	工程伦理		2.0	76	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	科技创新案例探讨与实战		2.0	87	专业选修课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	车辆控制理论与技术		3.0	86	专业学位课	2022-2023学年春夏学期	高阶工程认知实践		3.0	89	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	车辆信息传感与通信技术		3.0	90	专业学位课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	91	专业学位课		硕士生读书报告		2.0	通过	
2022-2023学年冬季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	94	公共学位课						

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：
成绩校核人：张梦依
打印日期：2025-03-20





(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118918362 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 08

(21) 申请号 202410942070.2

(22) 申请日 2024.07.15

(71) 申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 林斌 李浩然

(74) 专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

专利代理师 李亦慈 唐银益

(51) Int. Cl.

G06V 10/764 (2022.01)

G06V 10/80 (2022.01)

G06V 10/44 (2022.01)

G06V 10/26 (2022.01)

权利要求书3页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种多模态融合的汽车轮毂型号分类和特征检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多模态融合的汽车轮毂型号分类和特征检测方法,本发明选择合适的图像算法通过降低噪声、图像增强和模板匹配实现了快速且准确的轮毂型号分类,将图像算法计算得到的轮毂型号信息用于后续轮毂特征中心孔的检测,解决了由于轮毂型号多样、激光轮廓测量仪工作距离受限而无法实现高度自动化智能化的问题,选取适当的光源、工业相机、镜头和激光轮廓测量仪,搭建装置扫描获取数据,保证测量精度,本发明网络模型检测速度快、结果准确;上位机封装完善、人机交互性强;兼顾效率、精度,在工业生产中优势明显。

