

同行专家业内评价意见书编号： 20250855096

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： 董清钰

学号： 22260248

申报工程师职称专业类别（领域）： 机械

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年03月14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)

作为一名机械工程专业的学生，我深入掌握了该领域的基础理论知识和专业技术知识。在基础理论方面，我系统学习了材料力学、理论力学、机械设计、机械原理、机械制造等核心课程，这些课程为我理解机械系统的设计、分析和优化奠定了坚实的理论基础。

在专业技术知识方面，我专注于机械设计、制造工艺、自动化等领域的深入学习。通过课程学习和项目实践，我熟练掌握了CAD/CAE软件（如SolidWorks、ANSYS）进行机械设计和仿真分析，了解了现代制造技术（如数控加工、3D打印）的原理和应用，并具备了一定的自动化控制系统设计和调试能力（labview、python）。此外，我还通过参与科研项目和实习，积累了解决实际工程问题的经验，能够将理论知识与实践相结合，提升工程创新能力。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在工程实践方面，我在机器人系统和自动化设备的开发与调试中积累了丰富的工程实践经历。

在机器人制孔项目中，我负责视觉检测系统和上位机的开发，深入参与了从需求分析、方案设计到系统集成和调试的全过程。在视觉检测系统的开发中，通过结合深度学习技术，提出了一种基于半监督学习的检测方法，有效解决了复合材料声衬孔检测中标注数据不足的问题，显著提高了检测精度和效率。在上位机开发中，通过利用LabVIEW软件实现了与PLC、机器人控制器的通信，完成了多主轴系统的协同控制，确保了制孔过程的高精度和稳定性。此外，项目还对工业机器人运动轨迹进行了优化工作，通过运动学和动力学分析，改进了机器人的控制参数，减少了加工误差。这些实践经历不仅让我掌握了机械工程、自动化和计算机视觉等多学科知识的综合应用，还培养了我解决复杂工程问题的能力，为未来的职业发展奠定了坚实基础。

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）

在实际工作中，我参与了一个机器人制孔项目，主要负责视觉检测系统和上位机的开发。该项目涉及复合材料声衬孔的自动化加工，要求高精度和高效率。在项目过程中，我综合运用了机械工程、自动化控制、计算机视觉和深度学习等多学科知识，成功解决了多个复杂工程问题，积累了丰富的实践经验。

1. 基于视觉的半监督深度学习模型搭建

在项目的初期，面临的主要挑战是如何实现对复合材料声衬孔的精确检测。由于复合材料声衬孔的标注数据非常有限，传统的监督学习方法难以直接应用。为此，提出了一种基于半监督学习的视觉检测方法。该方法结合了少量标注数据和大量未标注数据，通过自训练和一致性正则化技术，逐步提升模型的检测精度。

具体来说，首先利用标注数据训练了一个初始的深度学习模型，然后通过该模型对未标注数据进行预测，生成伪标签。接着，我利用这些伪标签对模型进行迭代优化，同时引入数据增强和噪声抑制策略，确保模型的鲁棒性。最终，该方法在复合材料孔区域的检测任务中达到了较高的精度，显著降低了数据标注的成本和时间。

2. 工业机器人运动学与动力学的应用

在机器人制孔系统中，工业机器人的运动精度和稳定性直接影响到加工质量。为了优化机器

人的运动轨迹和控制策略，深入研究了机器人的运动学和动力学理论。通过建立机器人的运动学模型，能够准确计算机器人末端执行器的位置和姿态，并规划出最优的制孔路径。此外，分析了机器人的动力学特性，包括关节力矩、惯量和摩擦力等因素对运动精度的影响。基于这些分析，对机器人的控制参数进行了优化，减少了加工过程中的振动和误差。

3. 上位机开发与系统集成

在项目的后期，负责开发声衬多主轴机器人制孔系统的上位机。上位机作为整个系统的控制核心，需要实现与PLC、机器人控制器和视觉系统的无缝通信，并完成复杂的逻辑控制和数据处理任务。为此，运用了LabVIEW平台进行上位机开发，并掌握了基于TCP/IP和Modbus协议的通信技术。

在开发过程中，首先设计了上位机的整体架构，包括数据采集模块、控制逻辑模块和人机交互界面。然后，利用LabVIEW的图形化编程功能，实现了对机器人末端执行器的精确控制。例如，在制孔过程中，上位机需要根据视觉系统的检测结果，动态调整机器人的运动轨迹和制孔参数。通过编写高效的算法，确保了控制指令的实时性和准确性。

此外，完成了上位机与PLC的通信连接，实现了对多主轴系统的协同控制。

4. 项目成果与总结

通过以上工作，项目成功开发了一套高效、精准的机器人制孔系统。该系统不仅能够实现对复合材料声衬孔的自动检测和加工，还具备良好的可扩展性和稳定性。项目的成功实施，不仅提升了我的专业技术能力，也让我深刻认识到综合运用多学科知识解决复杂工程问题的重要性。

（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
集成改进半监督分割方法的航空发动机短舱声衬孔检测系统	一级期刊	2025年02月11日	光学精密工程	1/5	EI期刊收录
Composite acoustic hole segmentation by semi-supervised learning for robotic multi-spindle drilling of aero-engine nacelle acoustic liners	TOP期刊	2024年09月25日	Composites Part A: Applied Science and Manufacturing	1/5	SCI期刊收录
航空发动机短舱声衬制孔的定位误差测量方法	授权发明专利	2024年09月17日	专利号：ZL 202410919254.7	3/4	

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： 88 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： 1.9 年（要求1年及以上） 考核成绩： 85 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：董清乾	

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） 2023 年 3 月 14 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

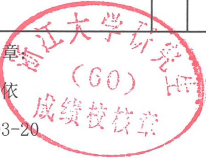
浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260248	姓名：董清钰	性别：女	学院：工程师学院	专业：机械	学制：2.5年
毕业时最低应获：24.0学分	已获得：26.0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
2022-2023学年秋季学期	数值计算方法		2.0	91	专业选修课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	83	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	高性能复合材料制造技术及装备		2.0	96	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	机器人技术		2.0	84	专业选修课
2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	89	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程伦理		2.0	94	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	专业选修课
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	88	专业学位课

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



文章编号 1004-924X(2024)23-3457-12

集成改进半监督分割方法的航空发动机 短舱声衬孔检测系统

董清钰¹, 梅 标^{2*}, 傅 云³, 羊荣金¹, 朱伟东¹

(1. 浙江大学 工程师学院, 浙江 杭州 310015;

2. 中国科学院 海西研究院 泉州装备制造研究中心, 福建 泉州 362100;

3. 浙江西子势必锐航空工业有限公司, 浙江 杭州 311222)

摘要:针对飞机发动机短舱复合材料声衬上大规模制孔需求,以及复合材料表面纹理复杂、声衬孔尺寸小、数量大的问题,开发了一套视觉检测系统,用于短舱声衬机器人多主轴制孔系统。为解决复合材料声衬孔缺乏标注数据的问题,提出改进的半监督分割方法,对复合材料声衬孔进行准确分割。基于半监督分割结果提出一种基准孔检测方案,利用由粗到精的几何参数拟合算法,实现了制孔前的基准孔准确检测。利用穿孔率计算公式和分割结果,实现了复合材料声衬的穿孔率检测。最后,基于Labview和Python开发了可实现声衬孔穿孔率和基准孔自动检测的视觉检测系统。对声衬样品进行检测,结果表明,改进半监督方法的mIoU达到95.70%,节省了70%的数据标注量,并且减少了训练检测所需的参数量。集成该半监督分割方法的视觉检测系统对穿孔率的检测相比人工检测结果相差仅0.023%,对基准孔检测的准确度也较高。该视觉检测系统可以满足航空发动机短舱高质量制造的需求。该系统对基准孔和穿孔率的检测耗时较短,能够满足大规模声衬孔制孔和检测所需的高效率要求。将半监督方法引入到视觉检测系统中,对于缺少标注数据的声衬机器人多主轴制孔工业场景具有重要意义。

关键词:视觉检测;航空发动机短舱;复合材料声衬孔;半监督语义分割;机器人制孔

中图分类号:V260.0;TH691.9 文献标识码:A doi:10.37188/OPE.20243223.3457

Aero-engine nacelle acoustic hole detection system integrating improved semi-supervised segmentation method

DONG Qingyu¹, MEI Biao^{2*}, FU Yun³, YANG Rongjin¹, ZHU Weidong¹

(1. Polytechnic Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310015, China;

2. Quanzhou Institute of Equipment Manufacturing, Haixi Institutes, Chinese Academy of Sciences,
Quanzhou 362100, China;

3. Xizi Spirit Aerospace Industry (Zhejiang) Ltd., Hangzhou 311222, China)

* Corresponding author, E-mail: mechme@126.com

Abstract: To address the need for large-scale drilling of acoustic holes in aero-engine nacelle composite liners, as well as challenges posed by complex material surfaces and the small size and high density of holes, a visual detection system was developed for a robotic multi-spindle drilling system. To overcome

收稿日期:2024-07-01;修订日期:2024-08-23.

基金项目:杭州市重大科技创新项目资助(No. 2022AIDZ0026);浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划资助(No. 2022C01134)



Composite acoustic hole segmentation by semi-supervised learning for robotic multi-spindle drilling of aero-engine nacelle acoustic liners

Qingyu Dong^a, Biao Mei^{b,*}, Yun Fu^c, Yongtai Yang^b, Weidong Zhu^{a,d}

^a Polytechnic Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310015, China

^b Quanzhou Institute of Equipment Manufacturing, Haixi Institutes, Chinese Academy of Sciences, Quanzhou 362200, China

^c Xizi Spirit Aerospace Industry (Zhejiang) Ltd., Hangzhou 311222, China

^d School of Mechanical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310030, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Aero-engine nacelle acoustic liners
Semi-supervised acoustic hole segmentation
Weak-to-strong consistency
Multi-reliability

ABSTRACT

The large-scale tiny acoustic holes densely distributed on acoustic liners are essential in aero-engine noise reduction. Accurate segmentation of those holes is fundamental for a robotic multi-spindle drilling system. This paper introduces a novel semi-supervised segmentation method for acoustic holes on composite acoustic liners. This method uses perturbation consistency loss to ensure output consistency while solving the problem of data volume imbalance. Afterward, a multi-reliability enhancement method and a pseudo-label reliability enhancement module are utilized to enhance the model's robustness and accuracy. The segmentation experiments show that our method is superior to UniMatch and FixMatch. When using only 30% of labeled data, our method achieves an IoU of 96.39%, and the porosity differs only 0.038% from the ground truth, which is better than the fully-supervised segmentation method using all data. Our method can meet the accuracy and efficiency requirements of aero-engine nacelle production in China with only limited labeled data.

1. Introduction

The aero-engine serves as the primary noise source of modern large aircraft, and laying acoustic liners in the aero-engine nacelle is an essential way to control engine noise [1]. Carbon fiber composite acoustic liners can reduce engine weight while achieving noise control [2]. The effectiveness of noise reduction in nacelle acoustic liners is achieved by densely distributed acoustic holes. The large-scale array of acoustic holes can be regarded as Helmholtz resonators in parallel, suppressing the engine noise propagation by converting the acoustic energy into heat energy and dissipating it. In the manufacturing process of nacelle acoustic liners, hundreds of thousands of tiny acoustic holes need to be drilled, and the geometric parameters of the acoustic holes directly affect the noise reduction effect. Due to low cost, good flexibility, high efficiency, and wide application in aviation manufacturing [3,4], the robotic drilling system has become an ideal choice for drilling acoustic holes on the acoustic liners of aero-engine nacelles.

Before using a robotic drilling system for acoustic hole machining, it is necessary to accurately detect the reference holes on the composite acoustic liners against a complex texture background to correct the hole-drilling position and ensure the geometric position parameters of the

acoustic holes. Since the effectiveness of noise reduction in nacelle acoustic liners is closely related to the porosity of the acoustic holes, it is necessary to detect the porosity of the acoustic holes after drilling. Among various detection methods, visual detection has been widely used in industry due to its high efficiency, non-contact nature, and other characteristics [5–7]. Since the predrilled reference holes are also part of the final set of acoustic holes, visual detection of both the reference holes and the porosity of acoustic holes requires accurate segmentation of acoustic holes in complex texture backgrounds. The visual detection problem of acoustic holes in complex texture backgrounds can be attributed to the image segmentation problem in computer vision.

To achieve automatic and accurate segmentation of images, researchers have proposed many methods [8], including traditional methods as well as deep learning methods. Among traditional methods, commonly used image segmentation algorithms include threshold segmentation [9], edge detection [10], region growing [11], etc. However, the acoustic holes on composite acoustic liners have the characteristics of complex background texture, low contrast, unclear boundaries, and high noise, making it difficult to segment the acoustic holes accurately using traditional methods. With the development of computer hardware and the progress of artificial intelligence theory, deep learning methods

* Corresponding author at: Quanzhou Institute of Equipment Manufacturing, Haixi Institutes, Chinese Academy of Sciences, Quanzhou 362200, China.
E-mail address: biaomeimech@126.com (B. Mei).

<https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2024.108295>

Received 9 April 2024; Received in revised form 22 May 2024; Accepted 29 May 2024

Available online 31 May 2024

1359-835X/© 2024 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

经检索《Web of Science》和《Journal Citation Reports (JCR)》数据库,《Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)》收录论文及其期刊影响因子、分区情况如下。(检索时间:2024年8月5日)

第1条,共1条

标题:Composite acoustic hole segmentation by semi-supervised learning for robotic multi-spindle drilling of aero-engine nacelle acoustic liners

作者:Dong, QY(Dong, Qingyu);Mei, B(Mei, Biao);Fu, Y(Fu, Yun);Yang, YT(Yang, Yongtai);Zhu, WD(Zhu, Weidong);

来源出版物:COMPOSITES PART A-APPLIED SCIENCE AND MANUFACTURING 卷:184 文献号:108295 提前访问日期:JUN 2024 DOI:10.1016/j.compositesa.2024.108295 出版年:SEP 2024

入藏号:WOS:001263700100001

文献类型:Article

地址:

[Dong, Qingyu; Zhu, Weidong] Zhejiang Univ, Polytech Inst, Hangzhou 310015, Peoples R China.

[Mei, Biao; Yang, Yongtai] Chinese Acad Sci, Quanzhou Inst Equipment Mfg, Haixi Inst, Quanzhou 362200, Peoples R China.

[Fu, Yun] Xizi Spirit Aerosp Ind Zhejiang Ltd, Hangzhou 311222, Peoples R China.

[Zhu, Weidong] Zhejiang Univ, Sch Mech Engn, Hangzhou 310030, Peoples R China.

通讯作者地址:

Mei, B (corresponding author), Chinese Acad Sci, Quanzhou Inst Equipment Mfg, Haixi Inst, Quanzhou 362200, Peoples R China.

电子邮件地址:biaomeimech@126.com

IDS号:XS6H0

ISSN:1359-835X

eISSN:1878-5840

期刊《COMPOSITES PART A-APPLIED SCIENCE AND MANUFACTURING》2023年的影响因子为8.1,五年影响因子为8.2。

期刊《COMPOSITES PART A-APPLIED SCIENCE AND MANUFACTURING》2023年的JCR分区情况为:

Edition	JCR® 类别	类别中的排序	JCR 分区
SCIE	ENGINEERING, MANUFACTURING	8/68	Q1
SCIE	MATERIALS SCIENCE, COMPOSITES	6/35	Q1

注:

1. 期刊影响因子及分区情况最新数据以JCR数据库最新数据为准。
2. 以上检索结果来自CALIS查收查引系统。
3. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。



3. 专利授权

证书号第7377958号



专利公告信息

发明专利证书

发明名称：航空发动机短舱声衬制孔的定位误差测量方法

专利权人：泉州装备制造研究所;浙江大学

地址：362100 福建省泉州市台商投资区洛阳镇上浦村吉贝511号

发明人：梅标;朱伟东;董清钰;杨永泰

专利号：ZL 2024 1 0919254.7

授权公告号：CN 118470117 B

专利申请日：2024年07月10日

授权公告日：2024年09月17日

申请日时申请人：泉州装备制造研究所;浙江大学

申请日时发明人：梅标;朱伟东;董清钰;杨永泰

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨

