

NO.K 006911



河南省科学技术进步奖 证书

为表彰河南省科学技术进步奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：机器人视觉仿生与伺服控制关键技术及应用

奖励等级：贰等奖

获奖者：王迎佳



2022年3月22日

证书号： 2021-J-058-R03/10

2024 年度河南省科学技术进步奖获奖项目目录

特等奖项目 1 项

序号	证书编号	项目名称	主要完成人	主要完成单位	提名者
1	2024—J—001	轻质及复杂构件精准钎焊关键技术与应用	龙伟民, 秦建, 李爱国, 王星星, 林铁松, 王杜娟, 储继君, 杨振文, 马运五, 彭岩, 任景莉, 李文伟, 王攀锋, 孟兆洁, 郭鹏	郑州机械研究所有限公司, 华北水利水电大学, 中信重工机械股份有限公司, 中铁工程装备集团有限公司, 河南省科学院材料研究所, 上海交通大学, 天津大学, 青岛海尔洗衣机有限公司, 中国空空导弹研究院, 哈工大郑州研究院	郑州市

一等奖项目 26 项

序号	证书编号	项目名称	主要完成人	主要完成单位	提名者
1	2024—J—002	微细粒战略资源浮选全流程流体动力学强化关键技术及应用	曹亦俊, 邢耀文, 桂夏辉, 廖寅飞, 范桂侠, 王洪彬, 李树磊, 邹文杰, 李超, 马子龙, 李国胜, 李景超, 文献才, 刘军伶	郑州大学, 中国矿业大学, 中国平煤神马控股集团有限公司, 金堆城钼业股份有限公司, 攀钢集团矿业有限公司, 河南能源集团有限公司, 江苏中孚矿业科技有限公司, 北京科技大学	刘炯天、瞿铁、赵波

序号	证书编号	项目名称	主要完成人	主要完成单位	提名者
26	2024—J—027	小麦高值化生物制造关键技术创新与应用	黄继红, 侯银臣, 廖爱美, 马森, 魏兆军, 潘龙, 周靖波, 李力, 董得平, 杨玉岭, 郭卫芸, 冯军伟, 张大乐, 王娟, 赵朋辉	许昌学院, 河南工业大学, 莲花控股股份有限公司, 河南飞天生物科技股份有限公司, 河南大学, 河南牧业经济学院, 中原食品实验室	许昌市

二等奖项目 158 项

序号	证书编号	项目名称	主要完成人	主要完成单位	提名者
1	2024—J—028	小麦玉米智慧化生产关键技术及装备研发应用	郑国清, 臧贺藏, 郭燕, 许世卫, 赵巧丽, 王凯, 周国涛, 周蕊, 郑妍妍, 王志敏	河南省农业科学院农业信息技术研究所, 中国农业科学院农业信息研究所, 重庆市农业科学院, 中国农业大学, 河南云飞科技发展有限公司, 河南师范大学, 河南科技大学	河南省农业科学院
2	2024—J—029	猪饲草型日粮节粮增效关键技术创新与应用	史莹华, 朱晓艳, 崔亚全, 刘伯帅, 孙浩, 王志昌, 牛岩, 李德锋, 张晓霞, 马森	河南农业大学, 河南省畜牧技术推广总站, 河南丰源和普农牧股份有限公司, 河南银发畜牧发展有限公司	譙仕彦、南志标

26	2024—J—053	大尺寸硬质合金部件高效钎焊技术与装备	张雷, 李瑞峰, 吴云凯, 常云峰, <u>李立建</u> , 李英发, 黄成志, 尚勇, 刘晟, 陈睿博	郑州机械研究所有限公司, 中国机械总院集团宁波智能机床研究院有限公司, 中铁工程装备集团隧道设备制造有限公司, 江苏科技大学, <u>华北水利水电大学</u> , 郑州煤矿机械集团股份有限公司	郭东明、李贺军
----	------------	--------------------	---	--	---------

证书

KEJIJIANGLI

为表彰在促进石油和化工科技进步中做出
突出贡献者，特颁发此证书，以资鼓励。

奖 种： 科技进步奖

获奖项目： 轴承智能润滑关键技术及应用

获 奖 者： 王迎佳

奖励等级： 二等奖

获奖日期： 2022年12月30日

证书号码： 2022JBR397-2-10



中国石油和化学工业联合会



请输入关键字搜索

[首页](#) [学院概况](#) [党群工作](#) [资源建设](#) [学院文件](#) [国开教育](#) [非学历教育](#) [学习平台](#) [学位考试](#)[首页](#) > [基地培训](#)

2025年河南省职业院校“双师型”教师培养培训班在我校举办

作者： 时间：2025-07-10 点击数：81

为深入贯彻落实国家职业教育改革实施方案，加强“双师型”教师队伍建设，提升教师实践教学能力和专业素养，2025年7月8日下午由华北水利水电大学主办的2025年河南省职业院校“双师型”教师培养培训班在我校花园校区第三会议室正式开班。来自全省（市）多所高职院校的50名骨干教师齐聚一堂，开启为期45天的集中研修。河南省教育厅主管领导、华北水利水电大学副校长马建琴等出席仪式并致辞。开班仪式由继续教育学院院长苗彬主持。

河南省教育厅主管领导在致辞中对我校的周到安排表示感谢。他表示，机械制造及其自动化专业是当前制造业转型升级的核心专业之一，随着智能制造、工业4.0、新能源等领域的快速发展，已从“机械+人工”时代迈向“机械+AI+数据”时代，高技能、复合型人才供不应求，其应用领域和技术内涵发生了巨大变化。因此，作为机械制造及其自动化专业的老师们，就要持续开展学习、更新知识储备、紧密跟踪行业动态。他勉励参训教师珍惜机会，学以致用，为培养高素质技术技能人才贡献力量。

马建琴向各位参训教师的到来表示欢迎，并简要介绍了华北水利水电大学校情及办学成果。她指出，“双师型”教师是职业教育特色和质量的保障，大家要跳出“舒适区”，主动适应职业教育改革的新要求，将此次培训作为提升自身“双师”素养的关键机会。既要夯实教育教学理论，又要强化实践操作能力，真正成为“能上讲台、能下车间”的双能教师。

培训学员代表黄河水利职业技术大学教师吴排霞在发言中表示，“双师型”不仅是一种资质，更是一份责任。在今后的教学中，将培训所学的职业教育政策、教学方法等运用到实际教学中，切实转化为提升教学育人实效、服务学生全面发展的实际能力。

据悉，此次培训是华北水利水电大学深化“三教”改革、推动“双师”队伍建设的重点举措，未来还将通过校企协同、赛训结合等方式，持续助力教师专业化成长，为区域产业转型升级提供人才支撑。

[上一篇：中铁三局水利专业一级建造师脱产培训班在我校举办](#)[下一篇：2025年农村供水高质量发展培训班在我校举办](#)





首页

机构设置

教育动态

政务公开

政务服务

交流互动

专题子站

您好, 今天是2022年01月03日, 欢迎访问中共河南省委高校工委、河南省教育厅网站!

郑州 7°C 霾

首页 > 教育动态 > 豫教要闻 > 正文

分享:

河南省本科高校青年教师课堂教学创新大赛决赛暨颁奖典礼举行

2019-11-12 14:51 【浏览字号: 大 中 小】 来源: 教育厅新闻办



我省本科高校青年教师课堂教学创新大赛决赛暨颁奖典礼落幕



为最佳组织奖获奖单位代表颁奖



为特等奖获奖单位代表颁奖

活动自今年6月启动以来，历时5个月，经初赛、复赛、决赛三个阶段，全省58所高校近5000余名青年教师参与，涵盖理、工、文、农、医、艺术等学科门类，设置文史哲法教组、艺术经管组、工科组、理农医组四个组别。现场比赛包含说课、模拟授课、专家提问三个环节。此外，大赛还邀请部分青年教师和教学管理人员现场观摩，首次进行网络直播授课，点击量达14300多人次。

(高教处/供稿 编辑/黄发强 初审/杨晓迷 终审/陈凯)

打印

关闭

相关文章

- 创新学习形式 打造鲜活课堂 让党史学习教育贴近学生产生共鸣 2021-12-31
- 平顶山市教体局：突出“五个一” 扎实推进师德师风建设 2021-12-31
- 郑州升达经贸管理学院为提升教师素质“练真功” 2021-12-31
- 河南工学院：构建“一二三四五”工作机制 扎实推进心理育人工作 2021-12-31
- 信阳职业技术学院“四个聚焦” 助力“人人持证、技能河南”建设 2021-12-31



关于我们 | 教育厅方位图 | 联系我们

版权所有：河南省教育厅 地址：郑州市郑东新区正光路11号

邮政编码：450018 豫ICP备09011211号

政府网站标识码：4100000085 公安机关备案号：41000043003-18025

Copyright © 2020 jyt.henan.gov.cn All Rights Reserved

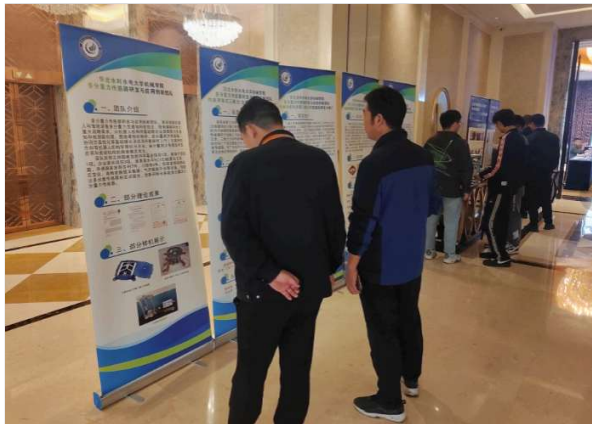


机械学院受邀参加河南省高校科技成果转化论坛

10月30日上午，第六届高博会河南省高校科技成果转化论坛在新乡市开幕。本次论坛以“加速科技成果向现代生产力转化，助力企业与高校科技成果精准对接，实现新乡科技创新高质量发展”为主题，河南省教育厅、河南省科技厅、新乡市人民政府承办。科技处、机械学院组织的“多分量力传感器研发与应用创新团队”作为我校唯一入选团队参加了此次论坛。



团队负责人李立建博士针对团队研究的内容以PPT路演的形式从行业需求、目前存在问题、多维力传感器简介、技术创新、技术成熟度、知识产权、应用场景、市场前景等方面对技术成果“高精度大量程机械解耦型多维力传感器”进行了讲解，他表示，希望趁着本次高博会的东风，把高校的研究成果推广、转化出去。



团队的成果从机构学角度解决了多维力传感器维间耦合问题、力和力矩测量输出信号间的耦合串扰等问题，具备提高传感器测量灵敏度、较高测量精度和线性度的能力，受到现场企业、投融资专家评委的一致好评。

[上一篇：天津大学刘海峰教授应邀来我校作学术报告](#)

[下一篇：机械学院开展秋季健步走活动](#)

最新更新

2025-12-27

[机械学院举办2025年度教职工茶话会](#)

2025-12-27

[凝心聚力迎元旦 携手奋进启新篇](#)

2025-12-12

[机械学院举办《窗外是蓝星》观影活动](#)

2025-11-30

[机械学院党委组织师生观看《志愿军：浴血和平》](#)

2025-11-27

[你的坚持，终将美好——机械学院举办2026届考研出征仪式](#)



联系我们

电话：0371-69127329

地址：郑州市北环路36号

邮编：450045

华北水利水电机械学院多分量力传感器实验室加码传感器应用创新

河南省智能传感器行业协会
2023-12-29 09:44 河南

关注

传感器技术与通信技术、计算机技术并称现代信息产业的三大支柱。

近年来，随着AI、物联网、5G等科技快速发展，传感器作为物联网技术最重要的数据采集入口，将迎来广阔的发展空间。根据数据显示，2022年我国传感器市场规模达3532亿，预计2025年有望增长至5952亿，2022-2025年复合增长率达19.07%。

力传感器是传感器产品的重要组成部分，市场规模占整个传感器市场的19%

。华北水利水电大学机械学院多分量力传感器研发与应用创新团队成立于2020年，面向国家和地方重大战略需求，从机器人机构学基础理论出发探索力觉感知和检测新机理，围绕

柔性机构学、多分量测力传感器、协同仿真优化

等基础理论及应用开展研究工作。团队在研国家自然科学基金项目1项、教育厅项目1项、企业委托项目若干项，发表高水平SCI/EI检索论文10余篇，申请国家发明专利8件。



添加图片注释，不超过140字（可选）

走进华水，初见多分量力传感器

近日，协会一行走进了华北水利水电大学机械学院多分量力传感器实验室，华北水利水电大学机械学院副院长牛金星，多分量力传感器研发与应用创新团队博士李立建、博士刘继高及团队其他研究成员陪同接待。李立建老师分别就多维力传感器的核心元器件、应用领域、传感器构型、市场需求等多维度展开介绍，协会一行也在实验室里近距离的参观了应用结构解耦技术、扩维增程技术、协同优化技术、性能建模技术、柔顺力控技术等不同核心技术的传感器样机。一次“走进”，“余味”悠长。初见多分量力传感器，卓越的性能和广泛的应用令人赞叹不已。它们以其精准的感知能力，无声无息地渗透到我们生活的方方面面，从智能家居到工业自动化，从医疗健康到人行机器人，无不展现出无比的魅力和价值。期待多分量力传感器产品在未来带来更多的惊喜和可能！

百度Ai+ 大家都在问

@文心助手 帮我总结这篇文章

问Ai+

作者最新文章



河南省智能传感器行业协会12月份工作简报
2023-12-29 15阅读



会员风采 | 腾佑科技与河南移动共同打造郑州移动数据中心
2023-12-21 27阅读



副会长风采 | 创变未来 驰诚电气构建“知识产权+品牌...
2023-12-21 8阅读

换一换

- 1 官方确认歼10CE击落多架战机战果
- 2 网购一箱耙耙柑结果开出百种丑法 热
- 3 算算咱家的柴米油盐账
- 4 阿房宫考古大突破：确认宫殿遗址于水 新
- 5 俄外交部：“绑架”普京是痴人说梦 热
- 6 不会杀猪网上求助 上千人驱车来帮忙
- 7 贪官称世界真奇妙退休才知道 热
- 8 A股公司砸580万年薪返聘 最大近90岁 热
- 9 想要膝盖“长寿”少做这5件事
- 10 三大指数涨超1% 两市成交额创新高 热



-  2
-  1
-  收藏
-  分享

添加图片注释，不超过 140 字（可选）

多项突破性创新传感器产品重塑智能时代

经过多分量力传感器研发与应用创新团队持续3年的研究探索，其团队研发的约束并联式三维力/力矩传感器、装配式平面三维力/力矩传感器、平面仿蛙式并联二维力传感器、机械解耦型六维力和力矩传感器等样机经过多重测试，可广泛应用于机器人、航空、航天、汽车及体育运动测试等领域，在原有市场的基础上降低核心元器件成本、实现更多功能应用，提升产品综合性价比，具有重要的社会价值。



添加图片注释，不超过 140 字（可选）

把握力传感器未来发展

随着世界经济的发展和复苏，目前全球的传感器市场得到了新的发展，产品的市场容量逐步扩大，力传感器适用于各种工业设备或工业器件当中，对当下制造业转型升级大有裨益，力传感器新的发展趋势也正在形成当中。

小型化

随着应用领域的多样化，传感器安装空间会受到限制，需要配置小型化的传感器。在不牺牲精度的前提下实现更高的集成度和便携性，小型化的力/力矩传感器更容易集成到其它设备中，有利于提高整个系统的性能，小型化的传感器由于制造成本低，在大规模批量化生产和使用时更具经济效益。

智能化

传感器具有智能化，能够更有效地检测外部环境中的力/力矩信息，从而更好地帮助力反馈需求场合所需的精准力控制，传感器在实时获取大量数据后，通过智能分析来支持下一步的决策制定。传感器具备自我校准功能，即使应用于复杂的外部环境，如高真空度、高低温交错等，也能维持传感器高精度测量。

错误自诊断

传感器错误自诊断是为确保测量结果的准确性，当传感器出现问题后，则将故障传感器输出信号剔除，以防止出现误报或漏报等问题。另外，通过诊断还可以及时发现潜在的问题，及时排除隐患，降低设备损坏的风险。通过进行传感器错误自诊断，减少设备停机时间和维修工作量，因此可以提高生产效率和生产力。

省计量院“青年文明号”就多分量力传感器校准技术开展调研

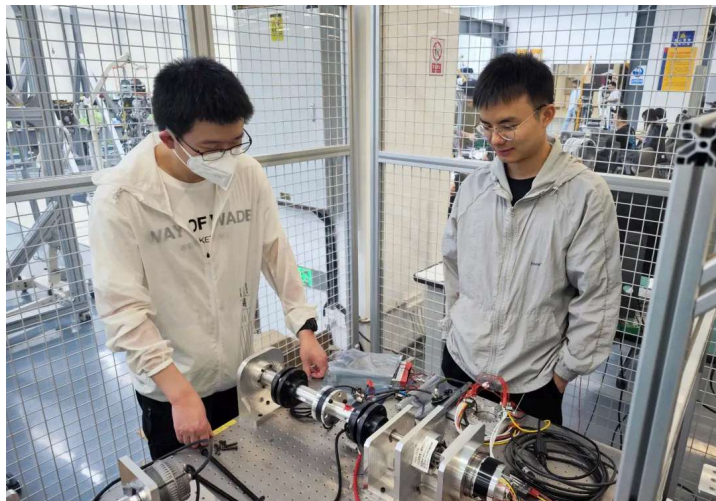
浙江省质量科学研究院 2023年10月26日 17:20 浙江

点击“浙江省计量科学研究院”即可一键关注

近日，省计量院“青年文明号”青年骨干就多分量力传感器校准装置新式结构设计问题受邀前往绍兴上虞，与华北水利水电大学科研团队、绍兴市肯特机械电子有限公司技术人员展开相关研讨。会上，华北水利水电大学李立建老师首先就校准装置新式结构作总体介绍，阐述新式结构在国内相关检测领域的领先性，详述相关技术难点以及解决方案。后续，三方人员就所布置传感器功能类型、矢量力的物理/数字双层面解耦、黑箱环境下应力-应变映射关系等技术细节展开深入探讨，最终对整体技术方案达成初步共识。

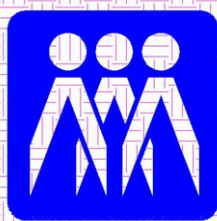


随后，省计量院“青年文明号”青年骨干赴之江实验室机器人研究中心就多分量力传感器在足式机器人关节性能测试中的应用开展调研和讨论。研讨期间，技术人员主要就机器人关节的测试要求及其市场需求开展讨论，了解之江实验室现有测试平台的工作原理、机械结构和控制系统等，对实际测试中可能遇到的问题以及相关检测设备的建设过程进行交流学习。



本次调研活动提高了院技术人员省计量院“青年文明号”团队对多分量力传感器设计及校准技术的认识，加深了与国内相关研究团队间的合作和联系，对院开展多分量力校准装置的研究和建设提供了重要参考，有助于提升院“青年文明号”团队在机器人、高端装备、智能制造等领域动态多分量力值准确计量的整体实力。

编号：23001230471



第十六届“高教杯”全国大学生
先进成图技术与产品信息建模创新大赛

获奖证书

获奖项目：机械类 先进成图技术赛道 一等奖

获奖者姓名：范诺言

所在学校：华北水利水电大学

指导教师：李立建、赵俊龙、牛金星、王迎佳

全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛组委会



防伪查询



编号：23001000138

第十六届“高教杯”全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛

获奖证书

获奖项目：机械类 团体 二等奖

获奖学校：华北水利水电大学

参赛者：范诺言、张帅康、李留锋、郭宇浩、王征宇、黄乐、陈佳豪、
王昊彬

指导教师：赵俊龙、李立建、王迎佳、牛金星、郭飞

领队：赵俊龙

全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛组委会



防伪查询

中国大学生智能装备创新设计大赛



2025 年中国大学生智能装备创新设计大赛（区域赛） 二等奖

赛道名称：2025 年中国大学生机械工程创新创意大赛—创意赛道

作品名称：光引-智能盲杖：高性价比视障出行伴侣

参赛高校：华北水利水电大学

指导教师：刘军、李立建

参赛选手：冯宇静、王恩惠、邵佳怡

中国大学生智能装备创新设计大赛组委会

2025年10月
组委会



获奖证书



证书编号
FETIC2024030097

参赛学校：华北水利水电大学

参赛作品：智能多元一体化大葱机

指导老师：袁丽娟 许兰贵

参赛学生：杨清钰 苏来亚 魏政辉 王若冰 李豫杰

在2024年第十一届全国大学生机械创新设计大赛慧鱼组竞赛暨慧鱼工程技术创新大赛中荣获

三等奖

特发此证，以资鼓励！

主办单位：
全国大学生机械创新设计大赛组委会



承办单位：
北京中教仪人工智能科技有限公司
杭州电子科技大学





预 赛 版

全国三维数字化创新设计大赛

National 3D Innovative Design Competition

龙 鼎 奖

赛 区：河南赛区

获得奖项：特等奖

参赛院校：华北水利水电大学

参赛团队：筑梦星河

指导教师：王丽君 原现杰

团队成员：卢旭 李浩 王松 曹芸玉

参赛作品：欠驱动自动搬运气动机械手

参赛板块：开放自主命题

参赛方向：数字工业设计大赛



科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导

大赛官网：<https://3DDS.3DDL.net>



获奖证书

华北水利水电大学 韩正辰 徐冬冬 刘文凯 姜路阳 杨盛强 张梁
吴国顺 张彦 的作品 《一箭双雕——具有减震底盘的微型双层起重机》 在第
十五届 “挑战杯” 河南省大学生课外学术科技作品竞赛中荣获

二等奖

指导老师：许兰贵 李立建 张太萍
特发此证，以资鼓励。



共青团河南省委 河南省教育厅 河南省科学技术协会 河南省社会科学院 河南省学生联合会

二〇二一年六月





第十七届“挑战杯”
河南省大学生课外学术科技作品竞赛

获奖证书

华北水利水电大学

汪锦琦、刘亦诗、张永杰、魏鹏昊、张凌韵、许凯迪、冯文璇

的作品《 静力魔方——桌面级空间力觉标定测量平台 》

在第十七届“挑战杯”河南省大学生课外学术科技作品竞赛中荣获

三等奖

指导教师：李立建

特颁此证，以资鼓励。





第十七届“挑战杯”河南省大学生课外学术科技作品竞赛

获奖证书

第十七届“挑战杯”河南省大学生课外学术科技作品竞赛组织委员会

二〇二五年十一月

附件 1

2025 年中国国际大学生创新大赛河南赛区选拔赛拟获奖项目名单

一等奖（600 项）

序号	参赛项目	所属学校	参赛组别	负责人	项目成员	指导老师
1	"脂在必行，料想未来"——新型动态交联树脂基碳纤维预浸料产业领航者	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	陈金传	方梅,程洪利,刘翔,周扬,孙加豪,蒋昌龙,刘淙奇,张文,魏晓悦,王若竹,岳楠,张勋	刘春太,冯跃战,黄明,董斌斌,陆波,许华杰
2	"食治"不渝——国际领先食管癌防治技术开拓者	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	何鑫宇	黄春尧,徐瑞华,燕思瑜,周玉冰,鲁冰冰,王翔宇	刘康栋,谷辉辉,董子钢,李蓬,王云龙,王立东,万香波
3	"污"中生宝,点"泥"成金——绿色经济下活性污泥的资源再生新路径	郑州大学	高教主赛道/本科生创意组	吕婷婷	杨景惠,金子琳,夏华国,王崇,蔡丽君,徐冬雪,梁欣雨,李易徽,陈鑫,白露,王嘉滢,罗宇萱	万俊锋,李海松,郭笑盈,张杰,郭琼,尹越
4	"智"手助残——全球领先手部重建康复与智能假肢模拟交互仿生平台	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	崔玉莹	李斐然,栾富翔,尹杭,童王灏,肖瑶瑶,韩佳薇,忻震博,陈时旭,宋登攀,陈禹亨,随梦理,陈如, Francisco Zhou, 郁振波	李广帅,李青峰,咎涛,谷辉辉,李剑

三等奖（800 项）

序号	参赛项目	所属学校	参赛组别	负责人	项目成员	指导老师
1	"烯"望沃土-黄泛区撂荒地闪蒸石墨烯土壤改良技术	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	毛小菲	崔璐雪, 宋嘉枢, 刘曼, 周思雨, 周姝怡, 杨英, 谢荣来, 段炳权, 刘若愚, ATIKA ATTI	赵楠, 王乔健, 周建勋, 冯瑞晓, 王保明, 丁俊祥, 牛树海, 李凌霄, 孙学敏
2	“粘结”未来——高性能电子封装胶技术领航者	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	易文静	王子明, 王莉莉, 潘庆贺, 马苗, 王乐, 郑晨晓	岳新政, 刘仲毅, 赵笑统, 花建丽
3	地面终端唤醒星网, 开创全域全时快速预警新纪元	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	李铮	李怡璇, 游博阳, 王昌之, 王梓暄, 金万杨, 张璇, 杨硕	朱政宇, 王帅, 徐明亮
4	点亮睡着的染色体——低成本高通量染色体异常生物识别技术	郑州大学	高教主赛道/本科生创意组	师云慧	孙晓倩, 高天增	付留洋, 张伯阳, 臧新
5	点石成金氧化铟锌靶材引领高清显示新视界	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	韩冰雪	陈鸣, 李琳艳, 董畅, 杜文静, 吴彬, 陈重阳, 黄怡贝, 曹若溪, 王梦迪	王之君, 孙本双
6	更“嫡”一“层”楼: 海洋液压活塞杆耐磨防腐涂层领跑者	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	黄飞龙	李文龙, 李旭阳, 杨江坡, 龙旭, 王利宣, 刘国昂	方成, 宋博, 王海龙
7	固“锂”革新: 全固态锂空电池开启储能新纪元	郑州大学	高教主赛道/研究生创意组	李明慧	王静, 吴京, 付欣瑶, 李珍珍, 周祖樑	张彰, 周震, 潘科成

序号	参赛项目	所属学校	参赛组别	负责人	项目成员	指导老师
214	华水智航——以 5G+人工智能为核心的智慧水利平台	华北水利水电大学	高教主赛道/本科生创业组	李涵	王一然,汪容贤,崔浩天,杨楠,李焱,胡香怡	谭志光,张世宁,李祎晨,李耀,宋鑫
215	健康兰考·饮水先行——农村智慧饮水安全监管平台	华北水利水电大学	高教主赛道/本科生创意组	刘雨颖	刘笑薇,宋怡琳,朱艺佳,王腾鸽,莫旭梅	孙志鹏
216	江河安澜卫士——脑机控制的水利安全无人巡检机器人	华北水利水电大学	高教主赛道/本科生创意组	王玮祺	韦冰怡,任子豪,冯迎博,李永健,邱梦寒,赵佳琳,何海洋,于浩鑫,李蕴益,秦思涵	李秀丽,谢爱民,李立峰,李雷,王家胜,金向杰,魏鹏,王合闯
217	街巷万千——外部空间景观智慧分析设计系统	华北水利水电大学	高教主赛道/本科生创意组	徐煜婷	周易群,上官彦琪,罗浩雨,高雯,李焱,王卓媛,高一鸣,闫情,韩佳一	宋亚亭
218	青空之眼——仿生扑翼机智能监测系统	华北水利水电大学	高教主赛道/本科生创意组	姜志丹	王浚哲,马钰博,刘锦尚,吴诗宇,唐进恒,张芯凯,程沐,侯帛含	李雷,刘少康,李梦雨
219	慎察禾叶 节流清淼——基于深度学习算法的智能一体化灌溉系统	华北水利水电大学	高教主赛道/本科生创意组	宋瑞祺	裴昱晟,毛瑞,邵佳锐,胡宇轩,孙孟洋,余筱雨,王宏烨	郝秀平,崔弼峰
220	拓维破界——多模态协同的自适应多维力传感器标定解耦系统	华北水利水电大学	高教主赛道/本科生创意组	刘亦诗	冯文璇,汪锦琦,陈英华,郭家旭,唐熠萱,杨悦,宣梦乐,张昂	李立建
221	汛安通-城市暴雨应急排水及井盖智能预警系统	华北水利水电大学	高教主赛道/本科生创意组	梅若倩	高璐,苏甜甜,雷宇华,陈雪艳,石彭元,刘兵,王浩天	李秀芹,孙丽云

不同槽口曲线对双连孔力传感器静动态性能的影响

唐守乾, 李立建, 汪锦琦

华北水利水电大学机械学院, 河南 郑州

收稿日期: 2023年11月22日; 录用日期: 2023年12月22日; 发布日期: 2023年12月29日

摘要

力传感器量程和灵敏度间的相互制约关系可利用应力集中效应进行解决, 为探究不同形状的应力集中程度, 进而对传感器静动态性能的影响, 本文构建了四种不同槽口曲线的双连孔弹性体结构, 使用有限元软件分析了在相同测力方向载荷下的应力和应变情况, 结果表明在力敏单元的槽口长度、深度和最薄处厚度相同的前提下, 当槽口曲线为圆弧时, 弹性体结构的等效应力最小, 应变片布片路径上的正向线弹性应变最大, 力传感器的量程更大, 输出灵敏度更高, 最后对四种结构进行了模态分析, 得到了不同槽口曲线传感器的最佳工作带宽, 研究工作可为高性能力传感器的设计提供一定的参考价值。

关键词

双连孔力传感器, 有限元分析, 等效应力, 输出灵敏度, 模态分析

Influence of Different Notch Curves of Double-Hole Force Sensor on Its Static and Dynamic Properties

Shouqian Tang, Lijian Li, Jinqi Wang

School of Mechanical Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou Henan

Received: Nov. 22nd, 2023; accepted: Dec. 22nd, 2023; published: Dec. 29th, 2023

Abstract

The equilibrium relationship between range and sensitivity of the force sensor can be solved by the principle of stress concentration. To explore the influence of stress concentration of different notch shapes on their static and dynamic properties of sensors, four double-hole structures with

文章引用: 唐守乾, 李立建, 汪锦琦. 不同槽口曲线对双连孔力传感器静动态性能的影响[J]. 机械工程与技术, 2023, 12(6): 564-570. DOI: 10.12677/met.2023.126062

conic notch curve are constructed, and the equivalent stress and normal elastic strains of under the same load were analyzed by finite element software. Results indicate that with the same notch length, depth and the thickness of the thinnest part of force-sensitive element, when double-hole structure with circular notch curve, the equivalent stress is the minimized, and normal elastic strain is the maximize. The force sensor with circular notch curve has a larger range and higher output sensitivity. Finally, the optimal working bandwidth of the sensors with different notch curves is obtained by modal analysis of four structures. The research work can provide a certain reference value for designing high-performance force sensors.

Keywords

Double-Hole Force Sensor, Finite Element Analysis, Equivalent Stress, Output Sensitivity, Modal Analysis

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

力传感器作为智能设备与外界环境力交互的关键部件,在柔顺装配、航空航天和智能机器人等领域发挥着重要作用,随着技术的升级迭代,智能设备对力传感器的性能也提出了更为严格的要求,不仅要具有较大的测力量程,而且还需要具有良好的测力灵敏性,由于弹性体材料性能的限制,等效应力和应变相互制约,导致传感器的量程和输出灵敏度存在相互约束关系。为此,在传感器弹性体的设计阶段,常采用应力集中的设计方法,提高贴片处的应变水平,增大弹性体结构的在测力方向的应变输出水平,进而提高传感器的测力灵敏度[1]。姜忠宇等[2]通过在板梁上开孔和布片组桥后,设计了可检测三个方向载荷的高灵敏度力传感器,用于机器人手指对物体抓放等一系列行为的调控。陈堃等[3]使用有限元软件对电子皮带秤的测量系统进行分析,表明了双连孔力传感器的独特设计不仅提高了竖向的测力灵敏度,在其他维载荷方向上也具有很强的抗偏载能力。魏家豪[4]通过应力集中原则,将双孔设计融入轮辐式传感器中,设计了具有高灵敏度、高线性度、迟滞小等优点的关节扭矩传感器,用于机器人的碰撞检测。徐港等[5]对拱形应变传感器输出灵敏度的影响因素和规律进行分析,经优化后制作了传感器实物,实验结果表明传感器稳定性好且具有较高的输出灵敏度。

为探究不同形状的应力集中效应,本文使用有限元仿真软件分析了双连孔弹性体在不同槽口曲线下的应力和应变结果,通过比较四种弹性体结构模型的应力云图和贴片处的应变曲线得到不同槽口曲线的应力集中程度和应变水平,进而得到不同槽口曲线设计对传感器测力性能的影响,最后对不同槽口弹性体的振型和固有频率进行了分析讨论,为不同槽口曲线力传感器的最佳工作带宽提供参考,研究结果可为高性能传感器的设计工作提供一定的借鉴意义。

2. 双连孔力传感器结构特点

双连孔力传感器作为常见的单维测力传感器,具有量程范围广、精度和灵敏度高、结构强度高、安装方便、稳定可靠等优点,在各种商业的称重自动化控制系统中广泛应用[6],其弹性体结构如图1所示。

双连孔力传感器的弹性体结构主要由等厚度的固定孔端、测力单元和加载孔端三部分首尾相连组合而成。其中,测力单元是由四个相同的力敏单元经矩形梁拼接而成,在四个力敏单元的槽口最薄处外平面居中对称位置粘贴有四个应变片 S_i ($i = 1, 2, 3, 4$),四个应变片组成一个惠斯通全桥电路用于解算传感器

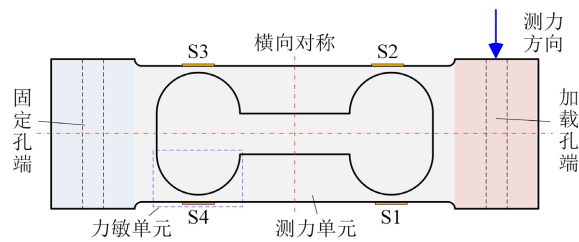


Figure 1. Elastomer structure of double-hole force sensor

图 1. 双连孔力传感器弹性体结构

$$\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} = \frac{1}{4} K (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) \quad (1)$$

加载孔端沿测力方向的待测载荷，传感器的输出灵敏度与四个应变片处感知应变的关系可表示为式中， V_{in} 和 V_{out} 分别为传感器桥路的输入和输出电压， K 为应变片的灵敏系数， ε_i 为应变片 S_i 敏感栅长度范围内感知应变的平均值。

在力传感器弹性体结构的初始设计阶段，由式(1)可知，传感器的测力灵敏度主要是由应变片贴片位置的应变水平决定。在材料允许的情况下，当传感器测力端载荷一定时，贴片位置处应变值越大，输出灵敏度越高，传感器的测力性能越好。然而随着应变水平的提高，弹性体材料的最大等效应力也会随之增加，进而影响传感器的测力量程。故而在材料允许范围内，需要根据测力需求来平衡传感器灵敏度和量程的关系。

双连孔力传感器的变截面设计使用应力集中效应，不仅提高传感器在测力维桥路的输出灵敏度，而且通过槽口曲线设计，可较好的控制弹性体在槽口处的应力集中，然而槽口曲线设计带来的应力集中效应对弹性体的应力应变关系现有理论无法进行描述[7]，本文通过有限元仿真软件探究了不同槽口形状曲线对双连孔弹性体的应力集中效应，进而研究其对双连孔力传感器测力性能的影响。

3. 槽口曲线选取

圆锥曲线是柔性铰链槽口形状研究较多的曲线类型，通过平面截切圆锥可得到不同的曲线类型[8]，本文选取圆弧、椭圆弧、抛物线和双曲线分别作为力敏单元的槽口曲线，基函数曲线如图 2 所示，其中力敏单元的槽口长度、深度和最薄处厚度均保持一致。

四种槽口曲线在图 2 所示的 xOy 坐标系下区间 $x \in [-6, 6]$ 中的对应参数方程分别为

$$\begin{cases} y_c = 7 - \sqrt{36 - x^2} \\ y_e = 11.28 - 10.28\sqrt{1 - x^2/43.56} \\ y_p = 1 + x^2/6 \\ y_h = \sqrt{1 + 4x^2/3} \end{cases} \quad (2)$$

式中，下标“c”、“e”、“p”和“h”分别表述圆弧、椭圆弧、抛物线和双曲线槽口曲线的参考方程，力敏单元规格尺寸确认后，根据传感器结构特点便可完成四个槽口曲线的双连孔力传感器弹性体建模。

4. 有限元分析

在 Solid Works 软件中利用方程式驱动的曲线功能构建不同的槽口曲线形状，然后使用对称镜像功能构建出四个力敏单元平面图，最后通过拉伸操作完成四种槽口曲线弹性体的三维建模，除槽口曲线外，其余结构参数均设定一致。将四个三维模型导入有限元软件中分别对其进行有限元分析，四个模型的弹性体材料均采用 2A12-T4 型铝合金，在有限元软件中定义材料属性，其材料属性见表 1 所示。

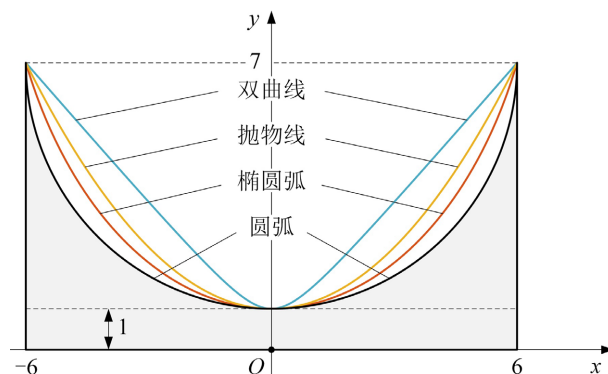


Figure 2. Diagram of four notch curves
图 2. 四种槽口曲线示意图

Table 1. Material properties of 2A12-T4 aluminum alloy
表 1. 2A12-T4 型铝合金材料属性

材料	弹性模量 E/GPa	泊松比 μ	密度 $\rho/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	屈服强度 σ_s/MPa
2A12-T4	73.1	0.33	2700	230

4.1. 静力学分析

分别对四个槽口曲线弹性体进行静力学分析,分析步骤一致,其中圆弧型槽口弹性体的有限元模型、路径定义和加载工况如图 3 所示,弹性体结构长宽高均为 $70\text{ mm} \times 12\text{ mm} \times 22\text{ mm}$,力敏单元四个边线圆角半径均为 1 mm ,固定孔与加载孔端轴线所在平面距弹性体边缘距离均为 12 mm ,路径 C-F 为分别建立在槽口最薄处外平面居中对称位置,长度为槽口曲线长度 12 mm ,用于提取贴片处不同位置的感知应变。

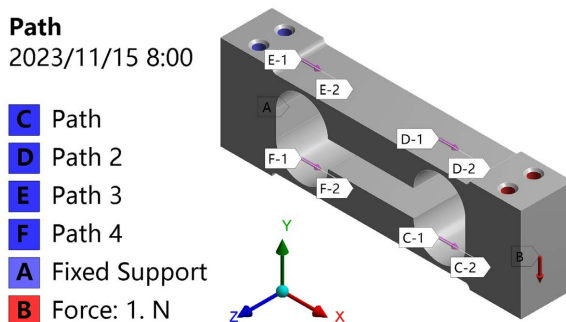
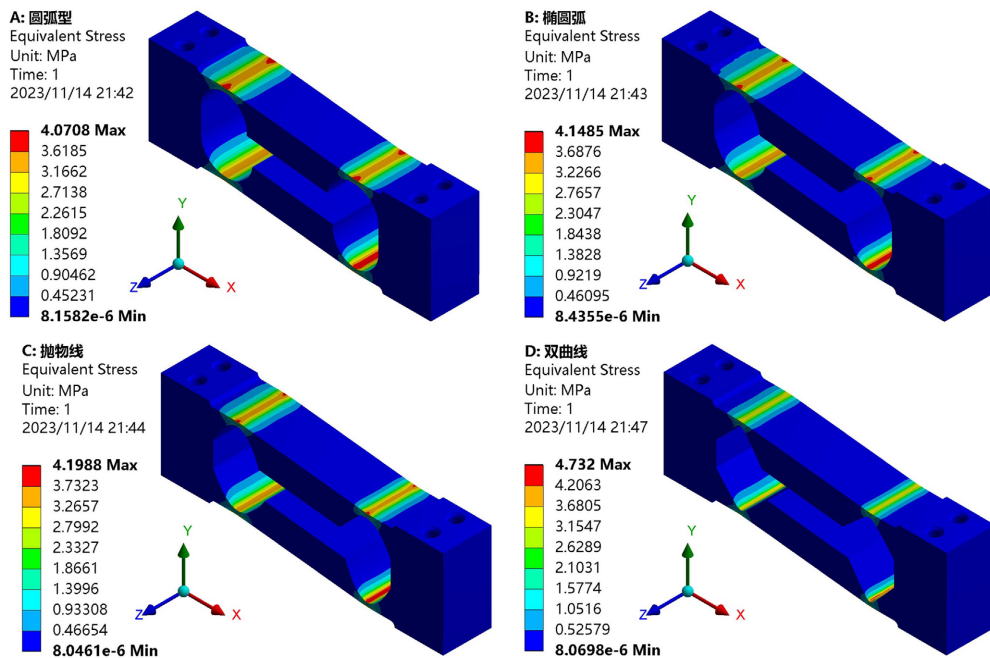


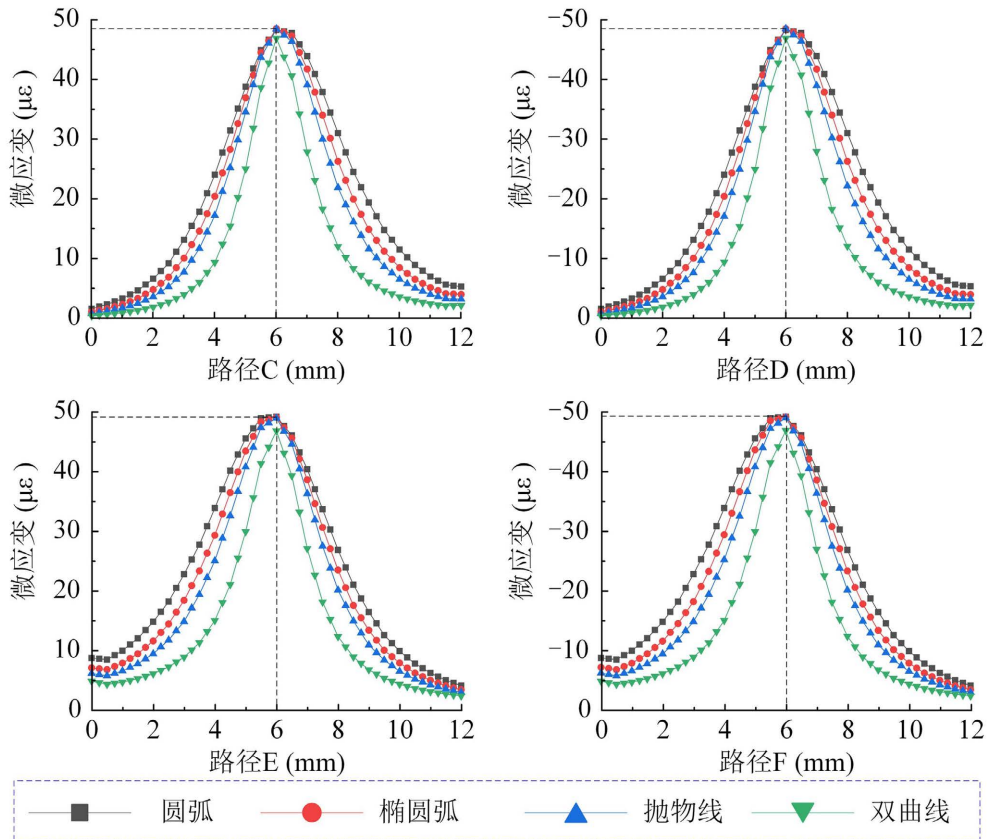
Figure 3. Finite element path definitions and loading method
图 3. 有限元路径定义和加载工况

仿真分析时,对弹性体固定孔端进行固定约束,在加载孔端测力方向施加单位力载荷。四个模型的等效应力云图和四条路径上不同位置的正向线弹性应变结果如图 4 所示。

从图 4(a)的应力云图可看出,在施加测力方向载荷时,四种槽口曲线弹性体的等效应力最大值均集中在四个力敏单元最薄处附近,其中圆弧型槽口的应力最小为 4.0708 MPa ,双曲线槽口的应力最大为 4.732 MPa ,等效应力云图相似却又不同的原因在于力敏单元的参数大致相同,槽口曲线的不同导致了应力集中程度不一致,在图 4(b)的应变曲线能够明显看出在所定义的四条路径上双曲线槽口的应变值降低速度更快,应力集中更加严重。



(a)



(b)

Figure 4. The simulated results of four structures with different notch curves. (a) Equivalent stress nephograms of four structures; (b) Strain curves of four paths
图 4. 四种不同槽口曲线结构的仿真结果。(a) 四个结构的等效应力云图；(b) 四条路径的应变曲线

从图 4(b)的四条路径应变曲线可以得知,同一槽口曲线弹性体路径 C 与 D 和路径 E 与 F 的应变曲线较为相似,且靠近固定孔端两条路径上的应变值略大于加载孔端的两条路径。不同槽口曲线弹性体同一路径上的应变水平从大到小分别为圆弧、椭圆弧、抛物线和双曲线,其应力集中程度按照上述次序依次增强。有限元应变分析结果表明在力敏单元的槽口长度、深度和最薄处厚度相同的情况下,槽口曲线为圆弧时,弹性体结构的等效应力最小,贴片处的应变水平更高,且变化较为舒缓,更适合被用于双连孔力传感器的槽口曲线设计。

4.2. 动力学分析

固有频率是与传感器动态响应有关的主要参数,也是传感器应用中的重要性能指标之一[9] [10] [11],为得到四个双连孔力传感器模型的振型和固有频率,用有限元仿真软件对四个模型进行模态分析,分析结果显示四个模型的前六阶振型图趋于一致,在图 5 中列出了圆弧型槽口弹性体的前六阶振型图,其余模型的前 6 阶固有频率数据如表 2 所示。

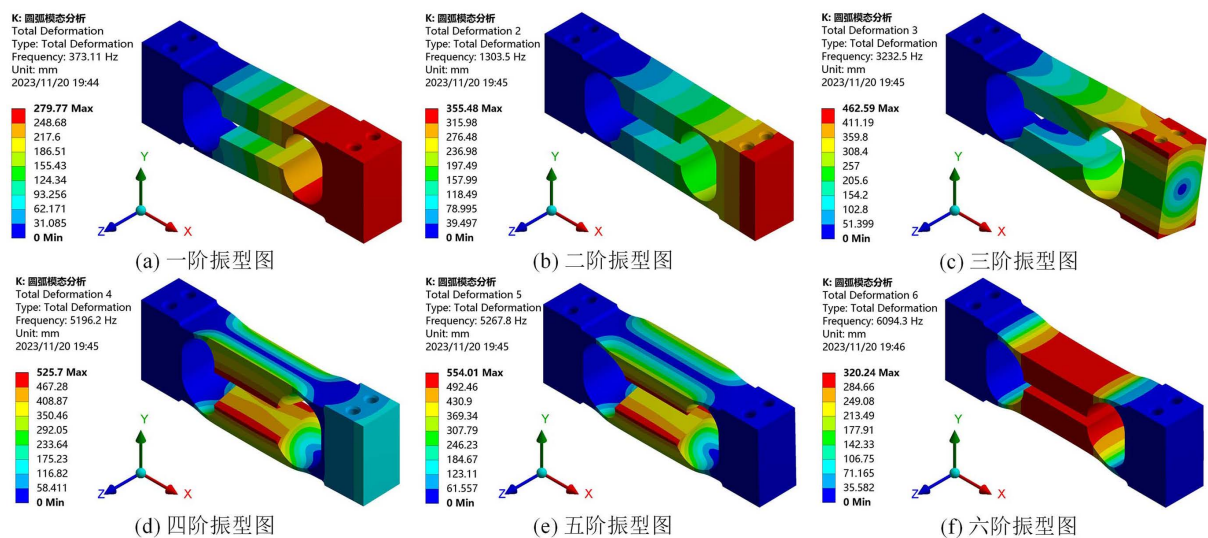


Figure 5. The first 6 inherent frequencies and vibration modes of the double-hole structure with circular notch curve
图 5. 圆弧型槽口双连孔结构的前六阶振型图

Table 2. Modal data of four structures with different notch curves (unit: Hz)

表 2. 四种不同槽口曲线结构的模态数据(单位: Hz)

槽口曲线类型	模态阶数					
	1	2	3	4	5	6
圆弧	373.11	1303.5	3232.5	5196.2	5267.8	6094.3
椭圆弧	395.62	1326.1	3358	5750.7	5889.6	6761.8
抛物线	418.01	1346.99	3483.01	6279.37	6513.82	7195.18
双曲线	498.91	1410.07	3894.11	7767.92	8053.36	8569.66

对图 5 圆弧型槽口双连孔结构的振型图分析可知,图 5(a)振型图为弹性体沿 y 向(测力方向)的移动,频率为 373.11 Hz,图 5(b)振型图为弹性体沿 z 向的移动,频率为 1303.5 Hz,图 5(c)振型图为弹性体沿 x 轴的转动,频率为 3232.5 Hz。由于双连孔力传感器是在矩形梁的基础上进行了开孔设计,其结构特点决

定其弹性体仅在测力方向力载荷下有较大的形变,其他维载荷下均有较强的抗偏载性能,所以第一阶振型为测力方向上的移动,与实际测力情况一致[3]。根据表2中不同槽口形状弹性体的第一阶频率可以大致确定传感器的最佳工作带宽,由此设计的传感器将更具有更好的灵敏度和线性度。

5. 结论

本文利用有限元软件研究了槽口曲线对双连孔力传感器静动态性能的影响,结果表明在其他结构参数一致的前提下,当槽口曲线为圆弧时,弹性体结构的等效应力最小,力敏单元定义路径上的感知应变最大,由此形成的双连孔力传感器具有较大的量程,更高的输出灵敏度,更符合实际测力需求,并对四种弹性体结构进行了模态分析,得到了不同槽口曲线传感器的最佳工作带宽。本文所研究的内容可为双连孔力传感器槽口曲线的设计提供有益指导,也可为其他高性能力传感器的设计提供一定的参考价值。

基金项目

国家自然科学基金项目(52005181),华北水利水电大学硕士创新能力工程项目(NCWUYC-2023064),河南省高等学校重点科研项目计划支持(24A460016)。

参考文献

- [1] 彭庆. 电阻应变式称重传感器的应力集中问题[J]. 衡器, 2015, 44(10): 40-44.
- [2] 姜忠宇, 赵转哲, 周陆俊. 双孔指力传感器的设计与有限元分析[J]. 安徽工程大学学报, 2011, 26(2): 48-50.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0977.2011.02.014>
- [3] 陈堃, 干洪, 丁盼, 等. 电子皮带秤测量系统的静力学分析[J]. 起重运输机械, 2013(1): 47-49.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-0785.2013.01.016>
- [4] 魏家豪. 面向机器人碰撞检测的关节力矩传感器设计与开发[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
- [5] 徐港, 陈少坤, 武文林, 等. 拱形应变传感器的优化设计[J]. 华中科技大学学报, 2021, 49(4): 91-95.
<https://doi.org/10.13245/j.hust.210415>
- [6] 刘九卿. 平行梁型称重传感器的力学特性[J]. 衡器, 2009, 38(6): 5-7.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-5729.2009.06.002>
- [7] 何芝仙, 常小强, 李震. 双孔平行梁式传感器设计的理论分析与实验研究[J]. 试验技术与试验机, 2006(1): 14-17.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-3407.2006.01.004>
- [8] 李立建. 柔顺并联多维力传感器机理建模与应变解析研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2020.
- [9] 沈荣. 基于有限元的微型二维力传感器设计及贴装优化[J]. 制导与引信, 2014, 35(1): 49-55.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-0576.2014.01.012>
- [10] 朱欢欢. 基于有限元法的传感器弹性体模态分析设计[J]. 企业科技与发展, 2015(3): 17-18.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-0688.2015.03.005>
- [11] 徐兴盛, 李映君, 王桂从, 等. 轮辐结构压电式六维力传感器设计[J]. 光学精密工程, 2020, 28(12): 2655-2664.
<https://doi.org/10.37188/OPE.20202812.2655>

证书号第8034578号



专利公告信息

发明专利证书

发明名称：三吸盘限位杆控制装置

专利权人：华北水利水电大学

地址：450000 河南省郑州市金水区北环路36号

发明人：袁丽娟;张鸿斌;马驰;宋文;李浩;张清正;张震宇;蒲贵铭
潘建洲;胡晓静;王炜;王坤;刘一航;王雁佳;董斌

专利号：ZL 2022 1 0816777.X 授权公告号：CN 115352368 B

专利申请日：2022年07月12日 授权公告日：2025年06月27日

申请日时申请人：华北水利水电大学

申请日时发明人：袁丽娟;张鸿斌;马驰;宋文;李浩;张清正;张震宇;蒲贵铭
潘建洲;胡晓静;王炜;王坤;刘一航;王雁佳;董斌

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



证书号第7796372号



专利公告信息

发明专利证书

发明名称：汽车轮速测量装置及使用方法

专利权人：华北水利水电大学

地址：450000 河南省郑州市金水区北环路36号

发明人：袁丽娟;李浩;张鸿斌;张清正;张震宇;程舒畅;马驰;宋文
蒲贵铭;潘建洲;胡晓静;王炜;王坤;刘一航;王雁佳;董斌

专利号：ZL 2022 1 0816571.7 授权公告号：CN 115166282 B

专利申请日：2022年07月12日 授权公告日：2025年03月14日

申请日时申请人：华北水利水电大学

申请日时发明人：袁丽娟;李浩;张鸿斌;张清正;张震宇;程舒畅;马驰;宋文
蒲贵铭;潘建洲;胡晓静;王炜;王坤;刘一航;王雁佳;董斌

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



证书号第6781600号



发明专利证书

发明名称：轮毂螺母抓持器

发明人：袁丽娟;李浩;张鸿斌;程舒畅;张清正;张震宇;宋文
蒲贵铭;潘建洲;胡晓静;王炜;王坤;刘一航;董斌

专利号：ZL 2022 1 0816575.5

专利申请日：2022年07月12日

专利权人：华北水利水电大学

地址：450000 河南省郑州市金水区北环路36号

授权公告日：2024年03月12日

授权公告号：CN 115157146 B

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，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨





华北水利水电大学

North China University of Water Resources and Electric Power

大学生创新训练计划项目

结项证书

项目名称：精准施载-六轴力传感器标定系统软硬件设计与平台搭建

项目编号：202410078002

项目类别：2024年国家级大学生创新训练计划项目

项目类型：创新训练项目

所属学院：机械学院

项目成员：张永杰 张群峰 赵世达

指导教师：李立建

验收结果：合格

文件号：华水政〔2025〕89号

特发此证。



荣誉证书

华北水利水电大学

李立建

河南省优秀学士学位论文

(毕业设计)

指导教师

河南省教育厅

二〇二四年十一月二十五日