

2023 年度青岛市科学技术进步奖项目公示表

项目名称	全光纤投弃式海洋温盐深传感技术及应用
单位提名意见、 提名等级	<p>我单位已对申报材料进行了认真审阅，确认材料真实有效，提名该项目申报青岛市科技进步奖。</p> <p>该成果瞄准国家海洋环境监测的迫切需求，提出了全光纤投弃式海洋温盐深测量方案，利用全光学原理替代传统的电磁学原理，研制光纤投弃式传感器，满足快速海洋观测探测应用，突破了敏感元件的制作、反射式海水盐度传感器器件集成、光纤双纤轴绕制技术、探头整体结构优化设计等技术瓶颈，创立了以“高精度快速响应”、“低成本制作简单”为鲜明特征的全光纤投弃式海洋温盐深传感器关键技术体系，传感器经过第三方检测和海试验证，指标已达到日本鹤见精机公司（TSK）产品水平。</p> <p>该项目已在海南海睿纳光电有限责任公司等单位应用，为复杂环境下光纤传感系统的长期稳定运行和快速、大面积获取特定海域的温盐深剖面数据信息提供了技术保障，为舰船安全航行、水下光声通讯、海洋牧场建设等提供了数据支撑，获得一致好评。该项目的创新性成果对于发挥山东省特别是青岛市海洋科技和产业资源优势，推动海洋科技创新和产业发展具有重要的意义。通过技术开发与服务等方式，近三年累计获得直接经济效益 2200 余万元。该成果项目发表论文 8 篇，其中 SCI 收录 5 篇，授权国家发明专利 5 件，其他知识产权 3 项。该项目的创新性成果对于推动海洋核心传感器的自主研发，振兴我国海洋仪器装备产业，践行海洋强国战略方针具有重要的意义。</p> <p>我单位提名该项目申报青岛市科学技术进步奖 二 等奖。</p>
项目简介	<p>党的二十大报告指出：“发展海洋经济，保护海洋生态环境，加快建设海洋强国。”这是新时代新征程的“任务书”、“作战图”。以国家战略需求为导向，加强海洋领域原创性引领性科技攻关，加快突破海洋传感器关键核心技术，自主创新和研发关键设备，是建设海洋强国的重要支点。</p> <p>本项目以全光纤投弃式海洋温盐深传感技术及应用为目标，突破了敏感元件的制作、反射式海水盐度传感器器件集成、光纤双纤轴绕制技术、探头整体结构优化设计等技术瓶颈，创立了以“高精度快速响应”、“低成本制作简单”为鲜明特征的投弃式光纤海洋温盐深传感器关键技术体系，促进了海洋传感器产业的结构升级与提质增效。主要科技创新点如下：</p> <p>(1)针对海洋剖面观测需求和传统投弃式海洋温度剖面测量仪存在的响应时间长、传输速率低、距离受限、深度误差大问题，提出了全光纤投弃式海洋温盐深测量方案，利用全光学原理替代传统的电磁学原理，研制光纤投弃式传感器，满足快速海洋观测探测应用。</p> <p>(2)对光纤传感器核心敏感元件关键生产工艺技术和关键装置装备进行了创新。研制了具有自主知识产权的基于飞秒激光逐点法的光纤布拉格光栅（Fiber Bragg Grating, FBG）写制技术，反射峰高度>20dB，3dB 带宽<0.3nm，达到德国 FemtoFiberTec 公司工艺</p>

	<p>水平（国际最高水平）。</p> <p>(3)解决了探头在下落过程中姿态不稳、速度不均匀及压力传感器温度补偿的问题，研制出基于光纤光栅的海洋温深传感器，主要技术指标:温度-2~35℃范围内测量精度达到±0.2℃；深度 0~1000m 范围内测量精度达到±2%F.S.，传感器技术指标已达到日本鹤见精机公司（TSK）产品水平（投弃式传感中行业标杆产品）。</p> <p>(4)创造性地提出光纤端面集成微纳结构的海水盐度测量方案，实现反射式海水温盐深传感器件集成，解决现有透射式光纤传感器件在海水盐度测量中使用场景受限、多参数测量存在串扰的实际问题，主要技术指标: 盐度在 30‰~40‰范围内，盐度测量精度达±0.03‰，与 SBE37SI CTD 比测，二者测量结果整体趋势一致。</p> <p>(5)突破了长距离小绕径低损耗光纤纤轴绕制技术瓶颈。创新性地提出 3 个步进电机对绕制张力、光纤环转动和平动 3 个绕制参数进行精确控制，构建自主可控的收放线同步控制、恒张力控制的光纤纤轴绕制技术体系，突破了传统光纤纤轴绕制方式产生“叠匝”、“塌陷”、“间隙过大、不均”的技术瓶颈，实现了几何均匀性好、弯曲不敏感及低衰减等特征。本项目已完成 1km、2km、5km 光纤纤轴长距离低损耗绕制研发，累计损耗小于 0.5dB/km，满足长距离水下通讯需求。</p> <p>项目发表论文 8 篇，其中 SCI 收录 5 篇，授权国家发明专利 5 件，其他知识产权 3 项。实现了快速准确获取大面积海域温盐深剖面信息技术产业化的重大突破，经济效益、社会效益和生态效益显著，通过技术开发与服务等方式，近三年直接经济效益达 2200 余万，经济效益良好。对于海洋科学研究、海洋经济与国防建设等诸多方面都具有极其重要的价值，特别对于潜艇的航行安全、隐蔽、通信、攻击及舰艇和飞机的探潜、反潜行动有非常重要的意义。</p>
客观评价	<p>1、第三方机构评价、验收报告、检测报告：</p> <p>1.1 第三方机构评价：</p> <p>2023 年 7 月 14 日，山东省海洋发展研究会在青岛组织相关专家，对“船载投弃式光纤海洋温深传感技术及应用”成果进行了评价。专家组听取了项目成果汇报，审阅了相关资料，经质询和讨论，专家组认为：…… 船载投弃式光纤海洋温深传感器为快速获取大面积海域温深剖面信息提供了全新的技术方法，项目成果具有较好的创新性和重要意义，成果整体水平达到国内领先。</p> <p>1.2 项目结题验收意见：</p> <p>国家自然科学基金青年项目“水分子对长周期光纤光栅波长变化的影响机理研究”、山东省自然科学基金面上项目“基于 C 型微结构光纤 SPR 效应的投弃式海水温盐传感技术研究”、山东省重点研发计划项目“船载投弃式光纤海洋温深仪关键技术研究”、青岛市应用基础研究计划项目“船载投弃式光纤温深传感器关键技术研究”等项目均已顺利结题，其中山东省自然科学基金面上项目“基于 C 型微结构光纤 SPR 效应的投弃式海水温盐传感技术研究”结题评审专家对研究成果给与了肯定，评价等级良好。</p> <p>1.3 检测报告：</p>

录					门)			
发明专利	基于双导模共振效应的海水温盐传感器、测量系统及方法	中国	ZL20211151900.1	2022.3.1	4964117	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	赵强, 孙鹏, 杜大伟, 云茂金, 曲轶	有效
发明专利	一种船载投弃式光纤海水温深剖面测量系统	中国	ZL201710114841.9	2023.08.11	暂无	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	赵强, 陈世哲, 刘世萱, 张继明, 张可可, 闫星魁, 贺海靖, 雷卓	有效
发明专利	一种基于双共振效应的海水温盐传感器、测量系统及方法	中国	ZL202111519072.3	2022.3.1	4964116	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	孙鹏, 赵强, 杜大伟, 云茂金, 曲轶	有效
发明专利	一种膜片式级联结构的光纤光栅压力传感器及其制作方法	中国	ZL202011384965.7	2022.7.8	5293202	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	赵强, 于璐瑶, 万晓正, 丁宝艳, 李磊, 曲轶	有效
发明专利	一种基于 FBG 阵列的海水表层温度密集剖面传感器	中国	ZL202110905287.2	2021.11.9	4779616	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	赵强, 杜大伟, 张建伟, 于璐瑶, 丁宝艳	有效
实用新型专利	一种投弃式全光纤海水温深剖面传感器	中国	ZL201720187055.7	2017.12.8	6695807	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	赵强, 陈世哲, 张继明, 张可可, 刘世萱, 闫星魁	有效
实用新型专利	一种可同时测量温度和压力的光纤光栅传感器	中国	ZL201921360697.8	2020.4.17	10328871	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	赵强, 陈世哲, 郑洪坤, 吕日清, 张可可, 郑良, 赵勇, 刘世萱, 李磊, 赵健, 穆壮壮, 闫星魁	有效
论文	椭圆芯类矩形保偏光	中国	10.3788/AOS231288	2023.09.14	光学学报	山东省科学院	朱玉雪, 陈东营, 赵	EI

	纤的设计及其双折射特性					海洋仪器仪表研究所, 海南师范大学	强, 曲轶	
论文	Shipborne expendable all-optical fiber ocean temperature-depth profile sensor	中国	10.1364/AO.450325	2022.3.8	Applied optics	山东省科学院海洋仪器仪表研究所, 海南师范大学	赵强, 王英龙, 孙鹏, 杜大伟, 于璐瑶, 张建伟, 丁宝艳, 韩桂海, 曲轶	SCI
软著	纤轴层尺寸计算分析软件	中国	2020SR0201172	2019.11.04	5079868	山东省科学院海洋仪器仪表研究所		有效
主要完成人情况								
姓名	排名	行政职务	技术职务	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献		
赵强	1	无	副研究员	山东省科学院海洋仪器仪表研究所 / 青岛海洋科技中心	山东省科学院海洋仪器仪表研究所 / 青岛海洋科技中心	项目总负责人, 负责项目的总体实施, 对创新点 1 至 5 均有重要贡献。主要贡献为: 1. 提出了全光纤投弃式海洋温盐深传感设计指标, 揭示了光纤传感器海水温深测量机理, 提出了传感光路优化选择依据; 2. 针对传感器核心敏感元件参数要求, 提出了飞秒激光写制级联光纤光栅串的合理构造型式与写制方法; 3. 指导了全光纤投弃式海洋温盐深传感技术研制与推广应用。		
孙鹏	2	无	助理研究员	山东省科学院海洋仪器仪表研究所 / 青岛海洋科技中心	山东省科学院海洋仪器仪表研究所 / 青岛海洋科技中心	主要参加人员, 对创新点 1、4 有贡献, 对船载投弃式光纤海洋温深传感技术传感器光路进行优化, 理论探明了级联光纤结构系统的光谱特性并实验验证, 为海洋温深剖面快速大面积观测提供了有效方案。提出了海水盐度传感方案, 为船载投弃式光纤海洋温盐深传感技术在海洋环境中稳定运行做出了重要贡献。		
杜大伟	3	无	助理研究员	山东省科学院海洋仪器	山东省科学院海洋仪器	主要参加人员, 对创新点 3 有贡献, 对船载投弃式光纤海洋温深传感技术进行水动力分析研究, 解决了探头在下落过程中姿态不稳、速度不均匀的		

				仪表研究所	仪表研究所	问题，为其应用推广和成果转化提供了重要的技术保障。
张建伟	4	无	助理研究员	山东省科学院海洋仪器仪表研究所 / 青岛海洋科技中心	山东省科学院海洋仪器仪表研究所 / 青岛海洋科技中心	主要参与人员，对创新点 2 有贡献，开展了影响 FBG 写制指标的关键因素研究，负责光纤布拉格光栅（FBG）的飞秒激光写制工作，为海洋光纤传感器研发提供核心敏感器件。编制青岛市《光纤布拉格光栅的飞秒激光逐点写制通用规范》。
陈东营	5	无	助理研究员	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	主要参与人员，对创新点 2 有贡献，深入研究飞秒激光与物质作用的机理、光纤光栅的飞秒逐点写制工艺，提升光纤布拉格光栅、保偏光纤布拉格光栅的性能，实现高质量光纤光栅器件的制备，为高精度海洋温盐传感器的研制奠定基础。
赵勇	6	副校长	教授	东北大学	东北大学	主要参加人员，对创新点 1 有贡献，阐明了传感器核心敏感元件关键因素对其光谱的影响规律，明确了光谱与特征结构之间的内在响应机制，对全光纤投弃式海洋温盐深传感技术关键生产工艺技术和关键装置装备改进升级提供了保障。
曲轶	7	实验室主任	教授	海南师范大学	海南师范大学	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，对全光纤投弃式海洋温盐深传感技术传感器测量信号质量优化，提高了传感器的稳定性，为投弃式光纤海洋温盐深传感技术在海洋环境中稳定运行提供了保障。
高丽	8	无	馆员	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	山东省科学院海洋仪器仪表研究所	主要参加人员，对创新点 5 有贡献，编制纤轴层尺寸计算分析软件，用于分析纤轴尺寸和绕制速度之间的关系，为光纤传感器的纤轴选择与设计提供了精确的依据。

完成人合作关系说明

完成人赵强、孙鹏、杜大伟、张建伟、陈东营、高丽均为山东省科学院海洋仪器仪表研究所在职职工，是全光纤投弃式海洋温盐深传感技术及应用研究团队的核心人员，已经进行长期合作。2022 年 5 月，完成人赵强、孙鹏、张建伟双聘至青岛海洋科技中心，依托青岛海洋科技中心科研平台优势和问海计划项目资助支持，更好地开展全光纤投弃式海洋温盐深传感技术及应用研究。

东北大学赵勇教授是光纤传感领域知名学者，入选“长江学者奖励计划”特聘教授，“国家杰出青年科学基金”获得者，享受“国务院特殊津贴”，

获得“全国优秀科技工作者”，入选教育部“新世纪优秀人才”，山东省“泰山学者”特聘专家。2017年赵勇教授受聘山东省科学院海洋仪器仪表研究所特聘研究员，在光纤传感技术及光纤海洋温盐深探测等领域展开广泛合作，包括开展学术交流、合作发表论文、申报项目等，2019年合作立项国家自然科学基金重点项目“面向深海常规参数检测的光纤传感器阵列基础问题研究”（61933004），赵勇教授依托山东省科学院海洋仪器仪表研究所获得“泰山学者”特聘专家项目支持，同年赵强博士与赵勇教授团队合作立项山东省自然科学基金面上项目“基于C型微结构光纤SPR效应的投弃式海水温盐传感技术研究”（ZR2019MF022）。在本项目中负责分析传感器核心敏感元件关键因素对其光谱的影响规律及内在响应机制，对投弃式光纤海洋温盐深传感技术关键生产工艺技术和关键装置装备改进升级提供了理论依据。

海南师范大学曲轶教授光学工程领域知名学者，入选教育部“新世纪优秀人才计划”、“新世纪百千万人才工程”国家级人选，获国务院政府特殊津贴。2020年7月，曲轶教授受聘山东省科学院海洋仪器仪表研究所特聘研究员，在光纤传感技术及光纤海洋温盐深探测等领域展开广泛合作，包括开展学术交流、合作发表论文、申报项目等。在本项目中负责对全光纤投弃式海洋温盐深传感技术传感器测量信号质量优化，提高了传感器的稳定性，为全光纤投弃式海洋温盐深传感技术在海洋环境中稳定运行提供了保障。

主要完成单位情况

本项目的围绕“全光纤投弃式海洋温盐深传感技术及应用”的目标，汇聚了山东省科学院海洋仪器仪表研究所、青岛海洋科技中心、东北大学、海南师范大学四家单位。2017年，东北大学赵勇教授正式受聘为山东省科学院海洋仪器仪表研究所特聘研究员，在光纤传感技术及光纤海洋温盐深探测等领域展开广泛合作，包括开展学术交流、合作发表论文、申报项目等，2020年赵勇依托山东省科学院海洋仪器仪表研究所获得“泰山学者”特聘专家项目支持；2020年7月，曲轶教授受聘山东省科学院海洋仪器仪表研究所特聘研究员，在光纤传感技术及光纤海洋温盐深探测等领域展开广泛合作，包括开展学术交流、合作发表论文、申报项目等；2022年山东省科学院海洋仪器仪表研究所赵强、孙鹏、张建伟等人双聘到青岛海洋科技中心，借助青岛海洋科技中心优势资源，围绕全光纤投弃式海洋温盐深传感技术及应用开展了一系列合作，突破了长距离小绕径低损耗光纤纤轴绕制等关键技术难题。完成单位之间既各有侧重、又优势互补，实现了“创新”、“协调”、“开放”、“共享”的合作关系。

山东省科学院海洋仪器仪表研究所

2023年11月1日