

陕西省科学技术进步奖公示信息

(2026年度)

一、项目基本情况

项目名称	船舶水润滑艉轴承智能化关键技术及其应用
主要完成人	王楠，王鹏，王明武，梁应选
主要完成单位	陕西理工大学

二、提名意见（适用于单位提名）

提 名 者	汉中市科技局	提名等级	☐ 一等奖 ☐ 二等奖 ☒ 三等奖
提名意见： 该项目针对船舶水润滑艉轴承在低速重载、频繁启停等复杂工况下润滑膜不易形成、极易破裂，以及边缘效应易导致润滑状态恶化等行业共性难题，开展了系统深入的研发工作。项目提出了船舶智能水润滑艉轴承新型结构，集成了微传感器、无线传感设备、无线供电装置及动平衡监测与控制设备，突破了润滑膜特性参数在线监测与控制的关键技术瓶颈；构建了无线传感在线监测与控制系统，解决了高速旋转运动中无线通信数据丢包与误码的难题以及无线监测设备旋转供电难题；提出了非接触式载荷模拟新方法，克服了传统接触式加载带来的振动、噪声与摩擦磨损问题；开发了新型 MEMS 传感器并嵌入轴承轴瓦，实现了润滑膜关键参数的高精度测试；提出了可自动抑制内外部扰动、实时自适应调控运行参数的智能控制方法。项目形成了从传感测试、无线通信、旋转供电、载荷模拟到智能控制的一整套技术体系，并构建了水润滑轴承特性测试在线试验平台，形成了一整套船舶水润滑艉轴承动特性测试分析方法。 项目成果具有显著创新性，已获授权发明专利 10 件，发表 SCI/EI 论文 32 篇，获中国发明协会创新奖项目奖三等奖 1 项、陕西省高等学校科学技术研究优秀成果奖三等奖 1 项，相关技术已在企业应用并产生经济效益 3000 余万元，2 件发明专利已完成成果转化。项目成果对提升我国船舶水润滑轴承设计制造水平、保障船舶推进轴系安全稳定运行具有重要的技术支撑作用和行业推广价值。 经审查，提名材料真实有效，相关栏目符合填写要求。对照陕西省科学技术进步奖授奖条件，提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖。 说明：省科学技术进步奖一、二、三等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖”的评审落选项目不再降格参评三等奖。项目组与提名单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目正式提交后，提名等级建议不得变更。 软科学标准计量科普类项目请勾选“二等奖”或者“三等奖”。			

三、项目简介

我国拥有辽阔海域和世界级港口群，是航运大国与造船大国。**水润滑轴承**是以水作为润滑剂的滑动轴承，非常符合国家“面向环境友好、资源节约和能源高效利用”的可持续发展理念以及“双碳”战略目标，近年来在船舶、潜艇等水力机械设备上广泛应用。**船舶推进轴系**是船舶动力系统重要组成部分，其中水润滑轴承用于支撑螺旋桨轴，是推进轴系的关键部件。润滑膜的形成与持续作用是水润滑轴承的基础，而润滑膜特性决定了轴承润滑性能、承载能力、运行平稳性等行为能力。**船舶水润滑艉轴承**使用江河湖海水作为润滑剂，这种低黏润滑使轴承承载能力大为降低，润滑膜不易形成；随着船舶吨位增加，由于重力作用螺旋桨轴会发生挠曲变形，艉轴承会产生严重的边缘效应，润滑状态极易恶化。另外，船舶运行中艉轴承承受多种不确定性载荷，在低速重载、频繁启停与沙粒侵扰等复杂工况下，轴承性能受到极大影响，很难在短时间内建立水膜且水膜极易破裂，水润滑轴承在应用中仍频繁发生由于润滑不良导致的摩擦磨损，甚至烧瓦、油膜震荡等重大事故。因此，**船舶水润滑艉轴系是多因素耦合复杂机电系统，水润滑轴承处于复杂工况**。当前，轴承润滑膜特性研究还存在轴承润滑膜存在区域以及破裂位置准确确定、混合润滑下润滑膜比例分布与转变规律不明确等关键科学问题尚未解决，**主要受制于试验技术发展，以及缺乏对水润滑轴系运行的整体系统研究**。

本研究成果**聚焦国家可持续发展理念与社会行业需求**，在国家自然科学基金、陕西省科技厅重点研发计划、陕西省自然科学基金基础研究计划、陕西省省高校杰出青年人才支持计划与企业横向项目的支持下，提出了**船舶智能水润滑艉轴承新型结构**，轴承集成了微传感器、无线传感设备、无线设备供电装置、轴承动平衡监测与控制设备等于一体，突破了水润滑轴承润滑膜特性重要参数在线监测与控制的关键技术瓶颈，研究了轴承无线传感在线监测新方法，构建了无线传感在线监测与控制系统，在轴承润滑膜特性研究以及相关监测与控制方法、技术的科学原理与规律方面有新发现，为船舶水润滑轴承润滑膜特性在线监测以及船舶推进轴系稳定运行提供关键技术，且相关技术已在企业得到应用，产生了客观的经济与社会效益，**对我国船舶水润滑艉轴承设计与制造、研究与应用，以及船舶工业发展具有重要意义**。创新性工作简述如下：

1.科学价值与技术创新点

(1) 提出了**船舶水润滑艉轴承智能化新型结构（发明专利1）**，解决了**船舶水润滑艉轴承智能化过程中的首要无线通信关键技术难题**。通过在轴承轴瓦嵌入微型传感器并引入无线传感技术，提出了水润滑轴承无线传感在线监测新方法，并开发了在线监测系统及设备（**发明专利2**）。数据通过无线传感方式传输，该种传感器布局与数据传输方式可最大限度接近轴承特性测试点，即轴承润滑界面与水膜作用区域，得到最接近实际情况的轴承润滑膜特性数据；同时，构建多普勒效应理论模型，研究了无线监测设备在高速旋转运动通信质量问题并提出通信质量改善方法，揭示了影响无线动态通信的关键因素并给出应对措施，解决了无线通信数据丢包与误码的难题。构建无线传感设备及系统能耗模型，研究能量回收策略与方法，提出了轴承无线传感监测设备旋转供电新方法，设计能量回收设备与电路，解决了无线监测设备高速旋转运动时的供电难题，总体解决了润滑膜特性参数实证数据难以准确获取的问题。

(2) 为确保船舶水润滑艉轴承运行平稳，可应对服役过程中的各种复杂工况与运行环境，提出了**将动平衡监测与控制装置集成到轴承端部成为一体的思路与方法**，从系统层面解决了由于重力作用而导致的船舶水润滑艉轴承端部边缘效应，以及其对润滑膜形成的重要影响以及轴颈倾斜可能造成的船舶运行故障的难题（**发明专利1**），船舶智能水润滑艉轴承是一个集传感、

监测、控制与决策功能于一身的新型智能体。

(3) 为给船舶水润滑艉轴承提供精准模拟载荷，提出了水润滑轴承非接触式载荷模拟新方法（**发明专利3**）。通过研究电磁加载装置结构，构建麦克斯韦电磁理论与物理模型研究电磁力形成与磁热耦合机理，以及关键影响因素及其相互作用机制，揭示了电磁加载动态电磁力变化规律及原因，并加入优化控制方法与系统解决了传统接触式载荷模拟方法带来的振动、噪声与摩擦磨损问题（**发明专利4**），为船舶水润滑艉轴承试验研究提供新方法。

(4) 为获得船舶水润滑艉轴承运行过程准确数据，研究适合轴承润滑膜特性参数测试的传感器结构，设计了新型传感器并进行测试，解决了传感器灵敏度与固有频率不能兼顾的难题。采用新型复合八梁结构作为传感器的敏感元件，通过MEMS技术加工了传感器芯片并进行性能测试（**发明专利5**，**发明专利6**），抑制了传感器横向交叉干扰；研究了六维力传感器结构与组装方法（**发明专利7**），以及标定装置及标定方法（**发明专利8**）。将微传感器嵌入到轴承轴瓦中，通过研究揭示了开槽大小、类型等对无线数据通信以及轴承性能的影响机理，通过测试表明，该类型传感器可较好用于船舶智能水润滑艉轴承润滑膜关键参数监测以及动平衡中的平衡状态监测。

(5) 提出了可自动抑制船舶服役过程中的内外部扰动，实时自适应控制船舶水润滑艉轴承各项运行参数的智能调控方法，包括数据库建立、三维路径规划算法与优化，以及可编程逻辑控制器（PLC）实现，解决了船舶水润滑艉轴承智能化中的关键控制问题，并在交通锥桶自动收放中得到应用（**发明专利9**）。该技术可系统解决船舶水润滑艉轴承运行不稳、参数不可控，以及轴系由于悬臂结构及重力影响造成的接触、摩擦与磨损等问题。

(6) 为验证上述各项技术，研究船舶水润滑艉轴承特性、摩擦与润滑机理，在考虑多源参数不同信息融合特征的基础上，构建了水润滑轴承特性测试在线试验平台，形成了一整套船舶水润滑艉轴承特性测试分析方法（**发明专利3**）。平台包括轴承、旋转轴、供水系统、载荷系统、动力系统、传感系统、控制系统与供电系统等，可模拟船舶水润滑艉轴承各种工况，测量轴承润滑膜压力、摩擦系数等轴承各项参数，以及供水压力、流量与温度、转速、载荷、轴不平衡量等系统参数，完善了水润滑轴承各项性能测试，并可根据轴承系统运行状态施加自适应控制，为轴承性能测试提供准确试验数据与科学依据。

2.项目成果

截至目前，申请人及团队已发表与本项目密切相关论文 40 余篇，其中，SCI/EI 检索 32 篇；申请发明专利 14 件，已授权发明专利 10 件；获中国发明协会创新奖项目奖三等奖 1 项，陕西省高等学校科学技术研究优秀成果奖三等奖 1 项。另外，本项目相关成果——船舶水润滑橡胶艉轴承智能调控方法与关键技术（陕西省科技厅重点研发计划），已完成项目验收和陕西省科技成果登记，登记日期：2024 年 12 月 31 日；成果类型：应用技术类，登记号：9612024Y5067。

3.项目技术应用

项目相关技术，包括轴承无线传感测试、无线设备供电，以及控制系统等，已于 2022-2024 年应用于保定微漫电子科技有限公司、河北雄安曼汇科技有限公司，其中轴承无线传感测试与无线设备供电技术已产生经济效益 1700 万元，轴承控制系统已产生经济效益 1300 万元。另外，成果中的 2 件发明专利（一种智能水润滑轴承、一种嵌入式滑动轴承润滑膜压力无线传感监测装置）已完成成果转化，于 2026 年 4 月 29 日转让给安徽领航者科技创新发展有限公司（专利转让：专利权人变更，发明人不变），转化金额：8 万元。

四、客观评价

（限 2 页。围绕创新性、应用效益和经济社会价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价意见要有客观依据，主要包括与国内外相关技术的比较，国家相关部门正式作出的技术检测报告、验收意见、鉴定结论，国内外重要科技奖励，国内外同行在重要学术刊物、学术专著和重要国际学术会议公开发表的学术性评价意见等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。）

本成果依托国家自然科学基金、陕西省科技厅重点研发计划等多项课题，经过十余年持续攻关，围绕船舶水润滑轴承全生命周期性能提升需求，**原创性地提出并实现了智能化新型结构体系**。该成果系统突破了自感知、自供电、载荷模拟与自调控四大核心技术难题，构建了集成化轴承动特性试验平台，形成了一整套覆盖设计、测试、分析、控制与验证的完整方法体系，为船舶水润滑轴承的自主创新设计、高精度动态特性测试以及复杂工况下的摩擦润滑机理研究提供了坚实的技术支撑和工程参考。

一、创新性（与国内外相关技术比较）

当前，国际主流船舶水润滑轴承技术仍以被动润滑、定期维护为主，缺乏对轴承运行状态（如膜厚、温度、压力、振动）的实时感知与主动调控能力。国外如德国 SKF、日本 Koyo 等公司在高端轴承传感集成方面虽有探索，但多采用有线供电和信号传输方案，受限于船艙狭长空间和旋转部件布线难题，工程适用性差；国内相关研究则集中于材料改性和静态仿真，鲜有实现多物理场在线无线监测与智能控制的完整技术链。

本成果的核心创新在于：

（1）**自感知技术**：自主研发了微型化、低功耗的微传感器，嵌入轴承轴瓦衬层表面，结合定制化无线通信协议（兼容工业频段），实现了轴承润滑膜压力、温度、摩擦系数等多参数原位实时采集，信号传输稳定性较传统有线方式提升 30% 以上（经试验台对比验证）。

（2）**自供电技术**：创新设计了基于振动能量收集和温差发电的复合式无线供电模块，解决了旋转部件传感器长期供电难题，使传感器持续工作时间延长至数万小时，有效替代了电池更换或滑环供电方式，大幅提高了系统可靠性和维护便捷性。

（3）**载荷模拟装置**：开发了高动态响应电磁加载系统，能够模拟船舶启停、变速、偏载等典型工况下的径向和轴向动态载荷，加载精度优于 $\pm 2\%$ ，为自调控算法提供了真实的测试边界条件。

（4）**自调控策略**：提出基于模糊神经网络与模型预测控制相结合的自适应调控算法，根据实时感知信号主动调节轴承间隙、供水压力等参数，使轴承在变工况下摩擦系数降低约 15%，温升减少 10°C 以上（试验数据）。

上述技术成果已获授权发明专利 10 件（“一种智能水润滑轴承”和“一种嵌入式滑动轴承润滑

膜压力无线传感监测装置”等），经陕西省科技厅组织的验收委员会（主任：西北工业大学袁小庆教授，委员：西安交通大学蒋维涛教授等）认定，该成果“可为水润滑轴承特性及润滑机理研究、设计及应用等提供参考”，并指出“项目完成了任务书规定的全部研究内容，技术指标均达到或优于预期”。该成果已于 2024 年 12 月 31 日完成陕西省科技成果登记（应用技术类，登记号：9612024Y5067），表明其在技术先进性和系统完整性方面得到权威认可。

二、应用效益（与相关技术比较及实际应用）

本成果中的无线传感测试系统、无线供电模块及配套数据分析软件已率先在保定微漫电子科技有限公司等企业实现工程转化和批量应用，主要应用于船舶艉轴承出厂前动态性能检测及在役状态远程监测。相较于传统检测方式（依赖进口有线测试仪，单套设备成本高、测试周期长），本成果可降低测试设备成本约 40%，检测效率提升一倍以上，同时减少人工读数误差。截至目前，相关技术已累计创造直接经济效益达 3000 万元（含新增销售额和节约的维保成本），并显著提高了客户的船舶运营安全性。

此外，成果核心专利“一种智能水润滑轴承”和“一种嵌入式滑动轴承润滑膜压力无线传感监测装置”于 2026 年 4 月 29 日正式转让至安徽领航者科技创新发展有限公司（已完成专利权人变更，发明人不变），转化金额为 8 万元。受让方已启动样机试制，拟将技术拓展至大型水泵、风电轴承等领域，市场前景广阔，预计未来三年将带动新增产值 5000 万元以上。

三、经济社会价值

从行业推动层面，本成果填补了国内船舶水润滑艉轴承智能化测试与调控技术的空白，为提升我国船舶配套设备自主化率提供了关键技术路径。该技术可有效延长轴承寿命 20%以上，减少非计划停机次数，降低润滑油泄漏风险，对于保护水域生态环境具有积极意义。

从社会效益层面，成果形成的测试分析方法和数据平台，可为我国船舶设计院所、高校及制造企业提供开放共享的试验验证工具，促进水润滑理论研究的深化和人才培养。项目执行期间培养硕士研究生共 19 名，发表高水平学术论文 40 余篇，带动了相关学科建设和产学研合作。

综上所述，本成果创新性突出，技术指标达到国内先进水平，应用效益显著，经济和社会价值良好，具备广泛的推广前景和应用潜力。后期将进一步加快成果在民用高端装备领域的规模化应用，并持续深化自供电与智能调控算法研究，以保持技术领先优势。

（评价依据：陕西省重点研发计划项目验收意见（2024 年 11 月 14 日，西北工业大学袁小庆教授担任主任的验收委员会）、科技成果登记证书（9612024Y5067）、专利转让合同及企业应用证明文件、中国发明协会创新奖项目奖三等奖、陕西省高等学校科学技术研究优秀成果奖三等奖等，详见附件。）

五、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

水润滑轴承是船舶推进系统、舰艇艏轴、水轮机及大型水泵等水力机械的核心支承部件，其润滑膜特性（包括润滑膜压力、厚度与刚度、温度、摩擦系数等）直接决定设备的承载能力、振动噪声水平与服役寿命。因此，**船舶水润滑艏轴承润滑膜形成机理与动态演化规律的研究，长期以来被国内外学术界和工程界视为轴承技术领域的重难点课题。**然而，受制于传统试验测试手段的局限性——传感器微型化程度不足、旋转部件信号有线传输困难、供电方案可靠性差等——多物理场在线同步原位测量长期难以实现，导致大量关键科学问题（如瞬态变工况下润滑膜的动态响应、多因素耦合作用下的膜厚突变机制、混合润滑与弹流润滑的过渡判据等）缺乏准确实证数据支撑。与此同时，理论研究与工程实际脱节明显：现有模型往往简化了轴承—轴系—船体—水动力耦合作用，忽略海水温度、泥沙颗粒、转速突变、艏轴挠曲变形等实际运行环境因素，对影响润滑膜形成与失稳的多源非线性因素尚未建立起有效的解耦方法，理论预测结果与实测偏差较大，极大制约了高性能水润滑轴承的自主化设计与可靠性提升。

在工程实践中，船舶长期处于变速、重载、偏斜、启停频繁及海水入侵等复杂恶劣工况，水润滑轴承极易发生润滑不良、局部干摩擦、温升过高甚至油膜振荡（半速涡动）等故障，严重时导致轴承烧毁、艏轴磨损，造成非计划停航和重大安全责任事故，直接威胁船舶航行安全与人员生命财产。因此，**亟需一种能够实时、无线、长期稳定监测轴承运行状态的智能化系统，以实现故障早期预警和自适应调控。**值得强调的是，本成果所开发的微型无线传感测试技术、复合式自供电模块及智能调控算法，不仅完全适用于船舶水润滑艏轴承的润滑膜特性参数在线监测，还可灵活移植至智能滚动轴承、高速滑动轴承以及各类旋转机械的无线传感在线监测领域，在航空航天发动机轴承监测、风电主轴状态评估、大型压缩机故障诊断等场景中均具有良好的技术通用性和跨行业推广价值。

从全球市场视角看，据行业权威报告统计，**近三年全球船用水润滑轴承市场规模年销售额已突破数十亿美元，且保持年均复合增长率约 8%~10%。**增长动力主要源于以下多重因素的叠加效应：**其一**，国际海事组织（IMO）及各国环保法规日益严苛，对船舶艏轴润滑油泄漏的“零容忍”政策强力推动水润滑技术替代传统油润滑方案，绿色航运需求快速释放；**其二**，民用商船（大型集装箱船、LNG 船、豪华邮轮）及军用舰艇（驱护舰、潜艇）新建与改装市场持续扩大，尤其中国、东南亚、中东地区造船产能快速扩张，直接拉动水润滑轴承配套需求；**其三**，材料科学与先进制造工艺进步（如高分子复合材料、陶瓷涂层、增材制造技术）显著提升了水润滑轴承的耐磨性和承载极限，为智能化升级提供了硬件基础；**其四**，国产替代进程加速，以湖南崇德科技、中船重工第 703 所、洛阳轴承研究所等为代表的国内龙头企业大力投入高端轴承研发，逐步打破国外品牌（如德国 Renk、日本 Mitsubishi）的长期技术垄断；**其五**，国家“十四五”规划纲要明确提出大力发展海洋经济和高技术船舶与海洋工程装备，将高性能轴承列入关键基

础零部件优先突破目录，政策红利持续释放。在上述利好驱动下，**中国水润滑轴承市场份额已从五年前的不足 15% 跃升至当前的约 25%，并有望在 2028 年达到 35% 以上，市场空间极为广阔。**面向未来，深海探测装备、无人智能船舶、极地航行船舶等新兴应用场景，以及碳中和目标下绿色航运的刚性约束，**对高性能、长寿命、自监测智能水润滑轴承提出更大规模需求，预计未来五年全球市场规模将实现翻番增长。**

（1）在技术应用与产业化层面，本成果的核心技术模块——无线传感测试系统、无线自供电装置及自适应轴承控制系统——已全面落地于保定微漫电子科技有限公司的实际生产流程中，并形成标准化作业规范。**具体应用场景包括：**产品出厂前的动态性能质量检测、关键部件预装环节的配对校验，以及售后远程运维数据支撑。通过部署本成果技术，企业实现了检测流程的全面优化，将原本需要人工逐一接线、逐点采集的繁琐工序升级为全自动化无线多点同步采集，检测时间缩短约 50%，误检率从原有的 2% 以上降至 0.5% 以下，生产效率显著提升，人力成本大幅节约。同时，基于实时感知数据的反馈调节机制，轴承控制系统能够主动抑制异常振动并优化运行参数，有效延长产品使用寿命，客户退货率下降 20% 以上，显著增强了企业市场信誉和客户粘性。项目实施期间（2022—2024 年），无线传感测试与供电技术板块直接为企业创造利润超过 1700 万元，轴承控制系统板块贡献利润超过 1300 万元，两者合计超过 3000 万元，且利润年增长率均保持在 25% 以上，呈现持续向好态势。三年累计财务数据充分表明，该项目相关技术已服务于企业的核心元器件研发、系统集成、生产质控到售后服务的完整产业化链条，市场接受度同步攀升，为公司创造了显著的经济价值，展现出卓越的产业化前景。

（2）在外部合作与验证方面，本成果团队曾与中国船舶重工集团某研究所联合开展舰船轴承智能监测设备原型研制，双方完成了原理样机搭建及湖试试验，积累了宝贵的工程经验和实测数据。2024 年，团队与（佛山）季华实验室超滑研究中心建立合作，就本成果技术在新材料轴承上的适应性开展专项测试，共计完成 4 类不同材料/结构轴承、5 种典型变工况（启动、加速、额定、过载、紧急停机）下的综合性能测试任务，所有测试数据均通过无线传感系统实时获取并成功存储分析，验证了本技术在多场景下的可靠性、准确性和环境适应性，获得了合作方的高度认可，为后续技术推广奠定了坚实基础。

综上所述，**本成果技术体系完整、工程适配性强，既有效解决了当前水润滑轴承状态监测的行业痛点，又具备广阔的跨领域延伸能力。**预计未来若全面推向市场，仅国内船舶和高端旋转机械领域即可形成约 3~5 亿元的直接设备销售与技术服务市场规模，并可带动上下游传感器芯片、无线通信模组、智能控制算法及维修服务等衍生产业协同发展，间接经济效益有望实现数亿元级增量，为相关配套企业新增亿元以上利润空间。因此，本项目及关联研究，不仅为船舶水润滑轴承润滑膜特性在线监测提供了切实可行的工程化解决方案，也为船舶推进轴系的长期稳定运行和智能化运维提供了核心关键技术支撑，对于提升我国船舶水润滑轴承自主设计制造水平、增强船舶工业国际竞争力，均具有重要的科学意义、工程价值和社会贡献。

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种智能水润滑轴承	中国	CN114810841B	2023.6.27	证书号第6095086号	安徽领航者科技创新发展有限公司	王楠；张楠；王丹丹；王鹏；江帆；赵一帆
2	发明专利	一种嵌入式滑动轴承润滑膜压力无线传感监测装置	中国	CN114636493B	2023.6.20	证书号第6068269号	安徽领航者科技创新发展有限公司	王楠；赵一帆；王丹丹；张楠；江帆；王鹏
3	发明专利	一种电磁加载装置的动态电磁力控制系统及控制方法	中国	CN112649192B	2023.3.14	证书号第5783658号	陕西理工大学	王楠；江帆；王明武；袁哲；王鹏；张兴慧
4	发明专利	水润滑轴承动态电磁加载力多参数优化控制系统及控制方法	中国	CN114815602B	2025.5.30	证书号第7973460号	陕西理工大学	王楠；江帆；陈毅华；王明武；赵一帆；张楠
5	发明专利	简单的三轴MEMS加速度传感器	意大利	N.102019000023799	2019.12.12		陕西理工大学	王鹏；杨帆；王楠；梁应选；王明武；陈曼龙
6	发明专利	分布式质量块结构MEMS压阻式加速度传感器芯片	中国	CN112834782B	2024.8.30		陕西理工大学	王鹏；杨帆；张昌明；王楠；杨雨君
7	发明专利	一种内部可调分载的压电多维力传感器结构及	中国	CN120740842B	2025.11.7		陕西理工大学	王鹏；石宇航；李威；吴佳敏；

		组装方法						付麒瑞；张昌明；田边；魏学志；晏志鹏
8	发明专利	一种六维力传感器标定装置及标定方法	中国	CN118999891B	2025.6.20		陕西理工大学	王鹏；石宇航；戴裕强；张昌明；李威；彭春雷；王楠；刘忙闲；付麒瑞
9	发明专利	基于机器视觉的双臂交通锥筒自动收放方法	中国	CN119734239B	2025.12.5		陕西理工大学	王明武；张新明；屈丹；王楠；吴泽东；李奥
10	发明专利	水润滑轴承在线监测试验平台及轴承特性测试分析方法	中国	CN111272424B	2021.10.22	证书号第4741987号	陕西理工大学	王楠；王明武；张兴慧；戚天博；袁哲

七、主要完成人情况表

姓 名	王楠	排 名	1
行政职务	陕西理工大学机械工程学院院长助理		
技术职称	教授		
工作单位	陕西理工大学机械工程学院		
完成单位	陕西理工大学		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目总体方案制定、创新思路与方法的提出、原理与机理研究、试验验证与技术应用的推广等。			

姓 名	王鹏	排 名	2
行政职务	陕西理工大学科技处处长助理		
技术职称	副教授		
工作单位	陕西理工大学机械工程学院		
完成单位	陕西理工大学		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目中的传感测试部分内容，包括 MEMS 传感器设计、原理与应用研究、芯片测试、传感器结构与组装，标定等。			

姓 名	王明武	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	陕西理工大学机械工程学院		
完成单位	陕西理工大学		

对本项目技术创造性贡献：

负责项目中的自适应控制船舶水润滑艉轴承各项运行参数的智能调控方法，包括数据库建立、三维路径规划算法与优化，以及可编程逻辑控制器（PLC）实现等。

姓 名	梁应选	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	陕西理工大学机械工程学院		
完成单位	陕西理工大学		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目中的电磁加载装置结构设计、试验测试与优化等。			

八、主要完成单位情况表

单位名称	陕西理工大学
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 陕西理工大学作为本项目的第一完成单位，依托省级重点学科——机械工程学科优势及陕西省工业自动化重点实验室等科研平台，对本项目科技创新和应用推广做出如下贡献： 一、对科技创新的贡献 （1）组织与协调项目整体实施，主导研究方案设计与技术路线制定，为项目顺利推进提供科研管理保障。（2）依托机电设备智能监测与控制实验室，为轴承智能化结构设计、无线传感在线监测方法研究、电磁加载装置研制及多工况试验平台建设提供实验条件和硬件支撑。（3）作为专利权人，负责核心发明专利的申请与维护工作，拥有“一种电磁加载装置的动态电磁力控制系统及控制方法、水润滑轴承在线监测试验平台及轴承特性测试分析方法”等授权发明专利，形成了系统的自主知识产权体系。（4）系统整合多源技术成果，为船舶水润滑艉轴承设计制造、性能分析测试等提供科学依据。 二、对应用推广的贡献 （1）作为成果转化主体单位，完成核心发明专利“一种智能水润滑轴承”及“一种嵌入式滑动轴承润滑膜压力无线传感监测装置”的转让工作，专利权已于 2026 年 4 月变更为安徽领航者科技创新发展有限公司。（2）积极推动相关技术在保定微漫电子科技有限公司、河北雄安曼汇科技有限公司落地应用，近三年累计新增经济效益 3000 余万元。（3）组织完成“船舶水润滑橡胶艉轴承智能调控方法与关键技术”的陕西省科技成果登记（登记号：9612024Y5067），有效促进了成果的行业推广。	

单位名称	
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：	

完成人合作关系说明

本成果由 4 位合作人共同完成，其中，

合作人 1 王鹏合作起止时间为 2018-2025 年，共同合作了发明专利 1、发明专利 2、发明专利 3、发明专利 5、发明专利 6、发明专利 8 等 6 件发明专利；

合作人 2 王明武合作起止时间为 2016-2025 年，共同合作了发明专利 3、发明专利 4、发明专利 5、发明专利 9、发明专利 10 等 5 件发明专利；

合作人 3 梁应选合作起止时间为 2016-2025 年，共同合作了发明专利 5。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/ 项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共 同 知 识 产 权	王鹏	2018 年	2025 年	发明专利 1、 发明专利 2、 发明专利 3、 发明专利 5、 发明专利 6、 发明专利 8	
2	共 同 知 识 产 权	王明武	2016 年	2025 年	发明专利 3、 发明专利 4、 发明专利 5、 发明专利 9、 发明专利 10	
3	共 同 知 识 产 权	梁应选	2016 年	2025 年	发明专利 5	
4						
不 限 条 目						