**“化工过程泵低碳可靠关键技术与产业化”项目公示内容**

**一、项目基本情况**

项目名称：化工过程泵低碳可靠关键技术与产业化

完成人： 张帆、洪秋虹、曹璞钰、袁寿其、李贵东、张金凤、陈轲、祝路峰、洪文灿、李文进

完成单位：昆明嘉和科技股份有限公司，江苏大学，江苏大学镇江流体工程装备技术研究院

提名者：昆明经济技术开发区管理委员会

提名等级：云南省科学技术进步奖二等奖

**二、项目简介**

石化行业耗能约占全社会总能耗的11%，其中化工泵约占石化行业总能耗的30%；石化工业泵是石化系统介质输送的“心脏”，通常在高温、高压及复杂输送介质等苛刻工况下运行。目前我国石化领域高端叶片泵面临4个方面的难题：难题1：低比转速化工泵效率低、能耗高，难题2：化工泵“多相混输”时性能恶化严重，难题3：高温、高压及复杂输送介质等苛刻工况下泵转子部件可靠性差，难题4：特殊介质输送化工泵耐腐耐磨问题突出。不可避免地制约了我国石油化工的国产化建设及产业升级。随着我国“碳达峰/碳中和”战略的实施，化工行业作为减碳增效重点领域，解决低碳、可靠化工泵设计开发的“卡脖子”问题迫在眉睫。

为打破国外对高端化工过程泵产品的技术封锁，以实现国产替代进口的目标，项目组在国家自然科学基金重点项目、云南省科技厅科技计划项目等国家和省部级项目（课题），以及自筹2.5亿经费的支持下，依托云南省特种工业泵工程技术研究中心并联合江苏大学国家水泵及系统工程技术研究中心，历经10余年，通过产学研深度合作对化工过程泵高效设计和安全可靠等关键技术进行了长期、系统、深入的研究和推广应用，取得了系列创造性成果，主要技术指标高效节能、高可靠性、耐腐蚀性等达到了国际先进水平。

项目主要科技创新：（1）基于交换运动特点和动量守恒定律，创新提出了一种低比转速化工泵性能快速优化设计方法，解决了石化领域低比转速叶片泵效率低的行业难题。（2）创造性设计了离心叶轮和径向叶轮匹配组合的结构型式，在保证水力性能的基础上提高了气液混输能力，解决了石油化工流程叶片泵在气液混输条件下性能恶化的技术难题。（3）揭示了叶片泵的流动诱导振动规律和不稳定流动作用下的非稳态流固耦合机理，创新了水力自动平衡加推力轴承的轴向力平衡组合装置，有效控制了化工过程泵非稳态流固耦合振动。（4）研制出新型耐腐蚀、耐磨蚀特种合金材料，并成功开发了耐腐蚀、耐磨蚀化工泵，相较于常规化工泵叶轮，使用寿命提高30%以上，解决了传统产品在高温、高压油浆、煤浆颗粒介质输送中易磨蚀和易腐蚀难题。

本项目主要技术指标经专家鉴定达到国际领先水平，项目组获直接相关的国家授权发明专利8件，实用新型专利1件，间接相关专利20余件；主持制定国家标准1部；出版专著2部，发表高水平学术论文60余篇。成功开发了OHA悬臂式低比转速化工泵、JHDL多级筒袋泵、JHDT多级径向剖分两端支承泵和JFZ烟气脱硫泵等100多款新型高效绿色节能、高可靠性叶片泵，每年为客户节约能耗30-55%，合计节电量10.8亿KW，已在陕西延长石油（集团）有限责任公司炼化公司500万吨/年配套工程项目-15万吨异辛烷装置和140万吨/年重油裂解硫酸循环装置，中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司炼油厂国Ⅵ汽油质量升级35万吨/年烷基化装置等国内大型石油炼化生产线上100%取代了同类进口产品，实现了大型炼油、煤化工、烷基化装置等关键用泵机组的“以国代进”，为提高我国能源生产安全，推动工业强国和制造业高质量发展做出重要贡献。

**三、完成人及完成单位对项目的贡献情况**

**（一）完成人情况**

**第1候选人：张帆**

项目总负责人，对高效高可靠性化工离心泵进行了长期、系统的研究和推广应用。构建超低比速化工泵快速优化设计方法和产品的研发，突破气液混输化工泵的技术瓶颈，申请并授权3件发明专利，发表与项目直接相关高水平论文5篇。

**第2候选人：洪秋虹**

项目产品开发负责人，主要负责高效高可靠性技术成果的转化和耐磨耐腐材料的开发，成功地研制出悬臂式单级离心泵、两端支承式轴向剖分多级离心泵、两端支承式单壳体径向剖分多级离心泵、两端支承式双壳体径向剖分多级离心泵、立式悬吊式双壳体多级离心泵等典型产品。

**第3候选人：曹璞钰**

项目技术负责人，对高效高可靠性离心泵进行了深入研究，主要负责技术转化、产品开发和推广应用。申请并授权1件发明专利，发表高水平论文1篇，制定国家标准1部。

**第4候选人：袁寿其**

项目技术指导，协调项目进展中各单位的合作，长期从事高可靠性离心泵的研究。创建了适用于叶片泵高精度流固耦合计算方法，有效地控制了石油化工输送叶片泵非稳定流固耦合振动，并完成了产品开发和推广应用，参与申请并授权6件发明专利，出版著作2部，发表与项目直接相关高水平论文2篇。

**第5候选人：李贵东**

主要技术研发人员，对高气液混输化工离心泵进行了深入研究，主要负责技术转化、产品开发和推广应用。申请并授权1件发明专利，发表高水平论文1篇，制定国家标准1部。

**第6候选人：张金凤**

项目技术指导，对低比速叶片泵理论与设计进行了长期、深入研究，提出了低比转速化工离心泵优化设计方法，并进行了推广应用。参与申请并授权5件发明专利，发表高水平论文1篇。

**第7候选人：陈轲**

主要技术推广人员，参与低比转速化工泵快速优化设计方法的构建，参与申请并授权3件发明专利。

**第8候选人：祝路峰**

主要技术研发人员，深入研究低振动噪声优化方法和高可靠性化工泵产品开发，参与申请并授权1件发明专利。

**第9候选人：洪文灿**

主要技术研发人员，主要负责耐磨耐腐材料的开发并应用到高可靠性化工泵，申请并授权1件发明专利。

**第10候选人：李文进**

主要技术研发人员，主要负责低振动高可靠性化工泵研发，申请并授权1件实用新型专利。

**（二）完成单位情况**

**1、昆明嘉和科技股份有限公司**

昆明嘉和科技股份有限公司是国家高新技术企业，自主研发研制出新型耐腐蚀、耐磨蚀特种合金材料，并成功开发了石油化工耐腐蚀、耐磨蚀叶片泵；同时，引进江苏大学的高效稳定快速设计方法，共同开发了悬臂式单级离心泵、两端支承式轴向剖分多级离心泵、两端支承式单壳体径向剖分多级离心泵、两端支承式双壳体径向剖分多级离心泵、立式悬吊式双壳体多级离心泵等典型产品，产品成功应用于云天化集团有限责任公司、云南铜业（集团）有限公司、中国石油化工股份有限公司茂名分公司，中国石油天然气股份有限公司锦州石化分公司，中国石油天然气股份有限公司大连石化分公司，中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司等。通过本项目的研究，申报并授权发明专利1件、实用新型专利1件，发表论文1篇。

**2、江苏大学**

江苏大学主要负责项目技术开发工作，主要贡献有：（1）基于交换运动特点和动量守恒定律，创新提出了一种低比转速化工泵性能快速优化设计方法，并在无试验条件下验证优化结果的准确性，解决了石化领域低比转速叶片泵效率低的行业难题，技术指标经同行专家鉴定达到了国际领先水平。（2）提出了适用于叶片泵的高精度流固耦合计算方法，揭示了叶片泵的流动诱导振动规律和不稳定流动作用下的非定常流固耦合机理，有效地控制了石油化工输送叶片泵非稳定流固耦合振动，为化工流程系统的安全可靠运行提供了保障。（3）针对来流含气或易挥发介质输送工况需求，创造性提出了提高气液混输能力和效率的叶片泵结构，解决了化工流程叶片泵在气液混输条件下性能恶化的技术瓶颈。申报并授权直接相关发明专利7件，间接相关专利20余件；主持制定出版国家标准1部，出版著作2部，发表论文60余篇。

**3、江苏大学镇江流体工程装备技术研究院**

江苏大学镇江流体工程装备技术研究院依托江苏大学国家水泵及系统工程技术研究中心成立，主要承担江苏大学流体机械工程技术研究中心的技术与产品的推广应用工作，在本项目中主要参与了项目的联合设计与开发工作，承担了试制、试验、验证等工作，尤其是与江苏大学合作共同研发了多个系列的化工流程超低比转速叶片泵模型，并进行推广应用。

**四、获得知识产权情况**

本项目共获直接相关的国家授权发明专利8件，实用新型专利1件，间接相关专利20余件；主持制定并发布国家标准1部；出版专著2部，发表高水平学术论文60余篇。

**主要知识产权目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 发明专利 | 一种提高侧流道泵效率的方法 | 中国 | ZL201810330953.2 | 2021.01.15 | 4203937 | 江苏大学 | 张帆陈轲袁寿其张金凤魏雪园 | 有效 |
| 发明专利 | 一种低比转速叶轮及其叶片设计方法 | 中国 | ZL201310256131.1 | 2015.07.29 | 1739120 | 江苏大学 | 张金凤王文杰袁寿其袁野陆伟刚冒杰云张云蕾 | 有效 |
| 发明专利 | 一种有效降低侧流道泵振动和噪声的新型侧流道泵叶片 | 中国 | ZL202010725609.0 | 2022.05.20 | 5168221 | 江苏大学 | 张帆陈轲袁寿其张金凤祝路峰曹璞钰 | 有效 |
| 发明专利 | 基于流固耦合计算的离心泵叶轮水力及结构设计方法 | 中国 | ZL201510675930.1 | 2017.08.04 | 2573998 | 江苏大学 | 王文杰裴吉袁寿其张金凤顾延东 | 有效 |
| 发明专利 | 一种提高侧流道气液混输能力和效率的装置及设计方法 | 中国 | ZL201710919478.8 | 2019.06.28 | 3436590 | 江苏大学 | 张帆陈轲袁寿其张金凤魏雪园 | 有效 |
| 发明专利 | 一种气液两相流相含率控制及气液两相混合装置 | 中国 | ZL201410441228.4 | 2016.08.24 | 2204711 | 江苏大学 | 卢加兴袁寿其司乔瑞周帮伦骆寅 | 有效 |
| 发明专利 | 一种改善射流式离心泵空化性能的射流器 | 中国 | ZL201610431975.9 | 2018.08.21 | 3041058 | 江苏大学 | 李贵东 王洋赵立峰冒杰云曹璞钰胡日新 | 有效 |
| 发明专利 | 一种耐硫酸腐蚀的合金球墨铸铁材料 | 中国 | ZL200610010626.6 | 2007.10.17 | 352912 | 昆明嘉和股份有限公司 | 洪文灿 | 有效 |
| 实用新型专利 | 消除叶轮共振的多级离心泵 | 中国 | ZL201720683152.5 | 2018.02.27 | 7024700 | 昆明嘉和股份有限公司 | 李文进薛开勇黄凯杰 | 有效 |
| 国家标准 | 旋涡式自吸电泵 性能评价规范 | 中国 | GB/T 3350-2017 | 2017.03.09 | 中国国家标准化管理委员会 | 江苏大学 | 王洋曹璞钰李贵东 | 有效 |

**代表性论文专著**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文、专著名称 | 刊名、出版社 | 通信作者/第一责任人、第一作者 | 刊期、刊号 | 页码 |
| 1 | 泵理论与技术 | 机械工业出版社 | 袁寿其 | ISBN 978-7-111-45616-2 |  |
| 2 | 离心泵内部流动与运行节能 | 科学出版社 | 袁寿其 | ISBN 978-7-03-045767-7 |  |
| 3 | Energy loss evaluation in a side channel pump under different wrapping angles using entropy production method | International Communications in Heat and Mass Transfer | 张帆 | 113 | 104526 |
| 4 | Transient ﬂow characterization in energy conversion of a side channel pump under different blade suction angles | Energy | 张帆 | 161 | 635-648 |
| 5 | Cavitationinduced unsteady flow characteristics in the first-stage of a centrifugal charging pump | Journal of Fluids Engineering-Transactions of the ASME | 张帆 | 139(1) | 011303 |
| 6 | Experimental investigation on the performance of a side channel pump under gas–liquid two-phase flow operating condition | Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power & Energy | 张帆 | 231(7) | 645-653 |
| 7 | 气液混输下侧流道泵内压力脉动特性研究 | 振动与冲击 | 张帆 | 40(6) | 1-10 |
| 8 | Spike-type disturbances due to inlet distortion in a centrifugal pump | Renewable Energy | 曹璞钰 | 165（2021） | 288-300 |
| 9 | Numerical investigation of the eﬀects of splitter blade deflection on the pressure pulsation in a low specific speed centrifugal pump | Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power & Energy | 张金凤 | 4（234） | 420-432 |
| 10 | 不同叶片数下管道泵内部流动及振动特性的数值与试验研究 | 机械工程学报 | 袁寿其 | 49（20） | 115-122 |