

2019 年浙江省科技进步奖提名项目公示表

一、项目名称：

大功率流程离心泵关键技术及产业化

二、提名单位及提名意见

提名单位	浙江省教育厅
提名意见（限 600 字）	
<p>大功率流程离心泵是石化和煤化工等流程工业的关键设备。由于高参数化特征和工况苛刻，石化工业的关键装置和关键工位对加氢进料泵、高压切焦水泵、高温油浆泵和急冷油泵等大功率流程离心泵要求非常苛刻。存在三个关键技术难题一直制约着我国大功率流程泵自主研发和应用：1) 高参数化引起的更加突出的跨尺度和动静干涉特征，加上严苛工况的介质特殊性，泵内流动非常复杂，但国内外未能很好揭示泵内流动特性及其对性能的影响。2) 未能考虑全流量工况以及泵内全流场非定常流动特性对转子动力特性的影响，不能反映转子动力特性的真实情况。3) 没有开展针对严苛工况和高参数化的具体结构设计，难以保证大功率流程离心泵的长周期可靠平稳运行。</p> <p>本项目针对这三个卡脖子技术难题，创立了基于考虑动静干涉、非线性和弱可压等特征的泵内全流场湍流流动计算方法、基于熵产和叶片载荷分布的水力设计方法；建立了全流场非定常流动激励作用的转子动力特性分析设计方法；针对高温、高压、易燃易爆介质、含固体颗粒和变工况等不同介质和运行特点进行了结构创新设计，研制出大功率加氢进料泵、高压切焦水泵、高温油浆泵、急冷油泵和高速离心泵等流程离心泵产品。项目产品成功应用于中石化、中石油、中海油、神华集团和浙江石化等企业，并出口到 20 多个国家和地区。项目突破了国外大功率流程离心泵对我国石化泵的垄断，加快了国产化进程，经济和社会效益显著。</p> <p>提名该项目为省科技进步奖<u>一</u>等奖。</p>	

三、项目简介

主要技术内容、授权知识产权情况、技术指标、应用推广及取得的经济社会效益等（限1000字）

大功率流程离心泵是石化、化工和煤化工等流程工业的核心关键设备。随着炼油和煤化工等流程工业向高参数化和大型化发展，加上使用工况苛刻（高温、低温、含固体颗粒和低汽蚀余量等），导致大功率流程离心泵研发难度极大，存在三个关键技术难题制约着我国大功率流程泵自主研发及应用：一是大功率流程离心存在叶轮线速度大、流体压力高、叶轮主流场与间隙之间的尺寸跨度大、低温和易汽化介质的弱可压性等特征，再加上高温和含固体颗粒等严苛工况，导致泵内部流动非常复杂，未能形成考虑这些特征的泵内全流场湍流流动计算和水力设计方法；二是没有考虑泵内全流场非定常流动特性对转子动力特性的影响，尚未建立相应的转子动力系统设计分析方法，不能保证运行平稳性；三是没有针对严苛工况开展针对性的结构设计，不能保证严苛工况下的运行可靠性。这些卡脖子关键技术难题一直未能得到很好解决，我国流程工业关键装置用大功率离心泵严重依赖进口，制约着我国石化装置和战略能源项目的自主化建设和运行。

项目主要创新成果如下：

（1）建立了考虑动静干涉、非线性和弱可压等特征的泵内全流场湍流流动计算方法，揭示了流程泵内部非定常流动特性对水力性能的影响机理，创立了基于能量熵和叶片载荷分布的水力设计方法，保证流程离心泵获得优越水力性能。

（2）提出了基于全流场流体激励作用及调控的转子动力特性设计分析方法，揭示了转子动力特性与泵内非定常流动之间的映射关系，开发了转子系统动力特性分析软件，提高了流程离心泵运行平稳性。

（3）建立了基于实际介质和严苛工况的结构设计方法，保障了大功率流程离心泵安全可靠长周期运行，开发出加氢反应进料泵、液力透平、高压切焦水泵、高温油浆泵、大功率高速离心泵等大功率流程离心泵产品。

项目产品成功应用于中石化、中石油、中海油、神华集团和浙江石化等企业，并出口到 20 多个国家和地区，主要性能指标优于国际知名公司流程泵品牌。近三年累计新增销售额 27.18 亿元，新增利润 2.34 亿元，占国内市场份额 60% 以上。项目成果也应用于我国航天领域的液体火箭发动机离心泵型号研制和外太空飞行器动力装置研制。获授权发明专利 15 件、实用新型专利 70 余件和软件著作权 12 件，发表 SCI 检索论文 33 篇，出版著作 2 部，参与修制定国家及行业标准 6 项。项目突破了国外对我国大功率流程离心泵的垄断，加快了国产化进程，为我国流程工业装置和战略能源项目的自主建设和运行提供了装备支撑。

四、第三方评价

评价结论、检测结果等（限 1200 字）

1、科技成果鉴定（JK 鉴字（2019）第 2009 号）：

中国工程院杨华勇院士为主任和南通大学施卫东校长为副主任的中机联和中通协成果鉴定认为：基于熵产分析和叶片载荷分布的水力设计方法，基于全流场非定常流动激励作用的转子动力特性分析设计方法居国际领先水平。应用项目成果开发的高端流程离心泵系列产品，经第三方机构检测，符合 API 等相关标准要求，部分性能指标优于国际同类产品，取得了显著的经济和社会效益。

2、科技查新报告（201833B2112570）：

浙江省科技信息研究院查新结果显示：1）基于流体动力、转子动力、在线监测和实际工况的大功率石化流程离心泵机组融合设计方法；2）基于螺旋度约束动态亚格子大涡模拟的泵内全流场数值计算和水力性能预测技术；3）从泵内全流场来提取流体激励力并加载在 MCK 转子系统运行方程中计算转子动力特性的方法；4）基于考虑实际介质的最大功率石化流程离心泵机组的结构设计技术。除委托单位的相关文献报道外，在上述所检国内外文献未见具体述及。

3、项目验收意见：

（1）浙江省重大科技专项“基于三维流动计算的流体机械高效设计技术研究（2011C16038）”

项目针对流体机械进行了流动模拟计算、流动观测和外特性试验研究，基于三维流动分析，提出以提高效率为目标的流体机械水力设计方法，关键技术已应用于流体机械的开发。

（2）浙江省重大科技专项“大型化工装置带液力透平大功率离心泵机组关键技术研究及产品开发（2013C01141）”

项目建立了适合工程应用的流动分析和性能预测方法和以效率为主线的流程泵过流部件的设计方法。研发的大功率离心泵效率高、振动小、液力透平单级功率大，已成功应用于中石油宁夏石化公司 45/80 大化肥尿素装置。

（3）浙江省重大科技专项“600kW 高速高压流程泵机组关键技术与开发（2014C01020）”

项目分析了 600kW 级高速泵内三维流动规律，基于高速泵转子系统横向振动校核要求分析了泵机组转子动力特性，关键技术已应用于 600kW 级高速高压流程泵机组的开发。

4、试验测试报告

（1）国家工业泵质量监督检验中心对 GSB-S-65-1682 高速泵和 HTT245-205×10KDQ 渣油加氢液力透平（现场监测）的产品性能和振动进行了检测，符合标准要求。

（2）浙江省机电产品质量检测所对 200×150(B)DCD10MT 大功率石化流程离心泵机组和 150×100(B)DCS10 液力透平的产品性能和振动进行了检测，符合标准要求。

5、部分应用单位评价：

①西安航天动力研究所使用本成果的基于修正 RANS 和 LES 的全流场模拟方法，认为：具有很好的技术先进性、合理性和准确性，已经用于液体火箭发动机涡轮泵系统的研制和改进设计。

②杭州新亚低温、新界泵业、合肥华升泵阀等单位使用本成果的性能预测技术、转子动力分析软件等，保障了泵安全高效可靠运行，并实现了产业化开发和规模化应用。

③中海油宁波大榭石化、中石油兰州石化炼油厂、兰州汇丰石化、洛阳炼化宏达实业、山东宝舜化工等单位使用本成果研发的流程离心泵后，认为：泵机组设计合理，各项指标符合 API610 要求，制造质量优良，运行安全可靠，处于国际同类产品的先进水平。

五、推广应用情况、经济效益和社会效益

1、完成单位直接经济效益

单位名称	新增应用量			新增销售收入（单位：万元）			新增税收（单位：万元）			新增利润（单位：万元）		
	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年
浙江理工大学	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
嘉利特荏原泵业有限公司	938	984	1722	23230.18	28544.38	47469.05	2883.50	2106.35	3450.52	2106.63	2746.68	7437.45
利欧集团股份有限公司	55	57	50	5510.25	5772.49	4994.33	203.53	124.93	111.97	441.09	239.80	53.33
浙江天德泵业有限公司	425	451	502	3196.73	3411.97	4104.71	404.24	415.10	337.91	180.81	154.40	202.43
杭州大路实业有限公司	839	866	1058	2942.68	4300.89	9892.74	275.25	354.84	54.11	-382.02	-425.26	322.56
昆明嘉和科技股份有限公司	1200	1833	1755	9015.29	11741.24	12485.68	598.07	472.20	287.31	1105.01	880.33	1590.72
烟台龙港泵业股份有限公司	1890	2330	2680	6169.58	6395.03	7802.01	482.41	833.14	507.64	64.35	121.30	369.82
大连罗兰泵业有限公司	24	13	9	322.70	130.93	129.50	41.74	18.30	19.06	-3.73	-21.55	12.26
合计	5371	6534	7776	50387.41	60296.93	86878.02	4888.74	4324.86	4768.52	3512.14	3695.7	9988.57
	19681			197562.36			13982.12			17196.41		

2. 推广应用情况和经济效益（非完成单位）

应用单位名称	起止时间	单位联系人、电话	新增应用量			新增销售收入(万元)			新增税收(万元)			新增利润(万元)		
			2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年
西安航天动力研究所	2016.1-2018.12	陈晖 13096958806	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
杭州新亚低温科技有限公司	2016.1-2018.12	章轶明 13958086739	81	154	217	2578	4861	6850	120	624	770	27	250	852
尚宝罗江苏节能科技股份有限公司	2015.10-2018.12	胡林林 18260689450	270	315	550	2790	3920	5100	135	217	326	196	295	410
浙江科尔泵业有限公司	2016.1-2018.12	陈晓余 13806879710	57	75	103	2762	3516	3809	338	357	472	153	287	395
江苏飞翔泵业制造有限公司	2015.2-2018.12	马跃 15896050800	420	450	507	3191	3420	4110	400	416	473	180	155	203
合肥华升泵阀股份有限公司	2016.1-2018.12	张军辉 055166105980	106	129	187	10242	1810	2484	137	200	273	112	163	224
新界泵业集团股份有限公司	2016.1-2018.12	葛杰 13586268963	24864	42141	81094	2905	6474	12420	225	502	963	237	689	1402
中海油宁波大榭石化、中石油兰州石化公司炼油厂等 20 余家流程工业企业	2016.1-2018.12	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
合 计:			25798	43264	82658	15468	24001	34773	1355	2316	3277	905	1839	3486
			151720			74242			6948			6230		

3. 社会效益和间接经济效益（限 600 字）

项目开发的大功率加氢进料泵及高温液力透平、高压切焦水泵、高温油浆泵、急冷油泵和大功率高速离心泵等大功率流程离心泵产品，在中石化、中石油、中海油、神华集团和浙江石化等企业得到了推广应用，占国内市场 60% 以上，改变了我国流程工业关键装置用大功率流程泵依赖进口的局面，加快了大功率流程离心泵全部国产化的进程，为我国石油化工和煤化工等重点工程和战略能源项目的自主建设和可靠运行提供了有力支撑。为东营联合石化开发的功率 5800kW 的加氢进料泵，总价为 850 万元，而进口则需要 1600 万元；为浙江石化研制了功率为 4400kW 的全球最大的高压切焦水泵，迫使进口产品从 2000 万降到 650 万；用于中海油宁波大榭石化加氢重整装置的 630KW 高压注水泵已成为主泵，价格 330 万元，而进口产品则从原先的 770 万元降到 550 万元，而且成为备用泵。

项目成果也应用于我国的航天领域。建立的离心泵全流场非定常流动模拟方法，已经用于液体火箭发动机涡轮泵系统的研制和改进设计，并将为我国今后重型液体火箭发动机离心泵研制提供了技术支撑。应用项目成果开发的低温离心泵已经用于我国文昌、西昌、酒泉和太原四大火箭发射场的燃料和氧化剂加注。项目成果也用于新界泵业和浙江科尔泵业等单位的流程离心泵产品改进设计和新产品开发，根据各应用单位近三年审计报告、财务报表和销售合同等计算，累计实现间接经济效益 7.42 亿元。

六、主要完成人员情况

排名	姓名	行政职务	技术职称	现从事专业	工作单位	二级单位	完成单位	对本项目主要科技创新的创造性贡献
1	朱祖超	国家地方联合工程实验室主任	教授	流体机械及工程	浙江理工大学	机械与自动控制学院	浙江理工大学	负责总体方案和技术路线的制定和实施，对创新点 1、2、3 均做出贡献，建立了基于熵产分析和叶片载荷分布的水力设计方法和基于全场非定常流动激励作用的转子动力特性分析设计方法。论文 1-3 的通讯作者，专著 1 的主编之一，软件著作权 1 和发明专利 2 的主要完成人。
2	李晓俊	无	副教授	流体机械及工程	浙江理工大学	机械与自动控制学院	浙江理工大学	主要完成创新点 1 中泵内全场非定常流动计算模型和方法，量化评价了工况参数和几何参数对流程泵能量损失的影响，发展了考虑低温介质热效应的低温空化模型。是发明专利 2 和代表性论文 1、2 的第一作者。
3	曲景田	总工程师	高级工程师	水力机械	嘉利特荏原泵业有限公司	无	嘉利特荏原泵业有限公司	完成创新点 2、3 中大功率流程泵转子系统设计和结构设计，主持研发了高压切焦水泵、反应进料泵和带液力透平离心泵机组等典型的大功率流程泵并进行产业化推广。是本项目支撑课题之一“浙江省重大科技专项（大型化工装置带液力透平大功率离心泵机组关键技术研究及产品开发）”的负责人，是 6 项国家和行业标准的主要起草人。
4	涂必成	副总经理	工程师	水力机械	嘉利特荏原泵业有限公司	无	嘉利特荏原泵业有限公司	完成创新点 1 中的模型试验方案，创新点 3 中高温炼化用泵整体结构方案的制定。是支撑课题“浙江省重大科技专项（基于三维流动计算的流体机械高效设计技术研究、大型化工装置带液力透平大功率离心泵机组关键技术研究及产品开发）”的主要参

									加者，主持研发了高温油浆泵和急冷油泵等典型高温炼化用泵并进行产业化推广。
5	聂小林	部长	工程师	机械制造	嘉利特荏原泵业有限公司	无	嘉利特荏原泵业有限公司		完成创新点 3 中大功率流程离心泵的动力特性分析、参与高温油浆泵的开发和推广。是本项目支撑课题之一“浙江省重大科技专项（大型化工装置带液力透平大功率离心泵机组关键技术研究及产品开发）”的主要参加者，代表性论文 4 的主要作者。
6	薛宽荣	总经理	工程师	流体机械	杭州大路实业有限公司	无	杭州大路实业有限公司		完成创新点 3 中大功率流程离心泵的密封系统的设计和分析、参与急冷油泵的开发和推广。发明专利 4 的主要完成人。
7	崔宝玲	无	教授	流体机械及工程	浙江理工大学	机械与自动控制学院	浙江理工大学		参与创新点 1 中大功率流程泵内全流场计算方法的制定，完成创新点 3 中大功率流程泵平衡机构的设计和分析。主持研发了 600kW 级高速离心泵，是本项目支撑课题之一“浙江省重大科技专项（600kW 级高速流程泵机组关键技术与开发）”的课题负责人。发明专利 3 和代表性论文 4 的第一完成人。
8	杨顺银	部长	高级工程师	流体机械	嘉利特荏原泵业有限公司	无	嘉利特荏原泵业有限公司		完成创新点 3 中大功率流程泵整体结构方案的制定，参与高压切焦水泵的开发和推广。浙江省重大科技专项“大型化工装置带液力透平大功率离心泵机组关键技术研究及产品开发”的主要参加者。发明专利 1 的第一完成人。
9	韩安达	总工程师	工程师	水力机械	浙江天德泵业有限公司	无	浙江天德泵业有限公司		完成创新点 3 中大功率高速离心泵整体结构方案的制定，参与 600kW 级高速离心泵的开发和推广。是浙江省重大科技专项“600kW 级高速流程泵机组关键技术与开发”的主要参加者。

10	林仁勇	行政总监	助理经济师	工程管理	利欧集团股份有限公司	利欧集团浙江泵业有限公司	利欧集团股份有限公司	完成创新点3中带液力透平离心泵整体结构方案的制定,参与高温液力透平的开发和推广。
11	翟璐璐	无	讲师	流体机械及工程	浙江理工大学	机械与自动控制学院	浙江理工大学	主要完成创新点2中基于泵内非定常流体激振力作用的转子系统设计方法,开发了流程泵“湿转子”动力学分析软件。代表性论文3的第一作者、软著1的第二著作权人。
12	贾晓奇	无	讲师	流体机械及工程	浙江理工大学	机械与自动控制学院	浙江理工大学	主要完成创新点2、3中流程泵振动响应和优化分析,研发了基于流场控制的流程泵减振技术。是软著1和代表性论文4的主要完成人。
13	李映	无	教授	流体机械及工程	浙江理工大学	机械与自动控制学院	浙江理工大学	主要完成创新点1中高温固液两相流动模型及磨损预测模型,完成了高温油浆泵的水力性能和磨损的分析。是发明专利2和代表性论文1、2的主要完成人。

七、主要完成单位情况

排名	单位名称	对本项目的支撑作用情况
1	浙江理工大学	浙江理工大学为本项目完成的牵头单位，为本项目的完成提供了场地、人力、物力和财力，支持完成了项目的核心内容，对创新点 1、2 和 3 均做出了重要贡献。通过校内的学科建设经费、浙江省重点学科和重中之重学科的建设经费给予该课题的经费支持。通过“产学研用”合作模式，将科技创新及时推广应用，已将数个专利成果运用于工程实践，取得了显著的经济和社会效益。
2	嘉利特荏原泵业有限公司	作为项目的主要研究单位，与浙江理工大学合作承担国家自然科学基金委-浙江两化融合联合基金“智能化大功率流程离心泵关键技术基础研究”（U17092092），并合作完成浙江省重大科技专项 2 项（2011C16038，2013C01141），对项目的主要贡献为：（1）参与大功率流程离心泵转子动力系统的的核心影响因素研究；（2）参与编制 GB/T 34875-2017《离心泵和转子泵用轴承系统》等国家和行业标准；（3）参与大功率流程离心泵产品在石油化工和煤化工企业中的推广应用。
3	利欧集团股份有限公司	作为项目的主要研究单位，与浙江理工大学合作承担了国家自然科学基金委-辽宁省联合基金“非定常流动环境下大功率多级离心泵动力学特性研究”（U1608258），负责高温化工液力透平及其结构设计研发过程中的工艺制定、应用推广和工程实施。
4	浙江天德泵业有限公司	作为项目的合作单位和技术推广单位，与浙江理工大学合作完成了浙江省重大科技专项 4 项（2008C01024-1，2009C13006，2011C16038，2014C01020），参与了高速离心泵转子动力学设计方法制定，负责大功率高速离心泵研发过程中的工艺制定、应用推广和工程实施。
5	杭州大路实业有限公司	作为项目的合作单位和技术推广单位，与浙江理工大学合作完成了浙江省重大科技专项“流程泵非额定工况下流固耦合振动特性研究”（2014C01069）。负责流程离心泵振动产生机理和减振技术方面的数值和试验研究，参与大功率流程离心泵的研制和结构优化。
6	昆明嘉和科技股份有限公司	作为项目的合作单位和技术推广单位，对本项目科技创新和应用推广的主要贡献为：（1）负责适用于硫磷化工的高温流程泵的材料研发、产品结构设

		和开发；（2）参与大功率流程离心泵的转子系统和结构技术的测试与校核，与浙江理工大学共同完成项目成果的工程应用。
7	烟台龙港泵业股份有限公司	作为项目的合作单位和技术推广单位，对本项目科技创新和应用推广的主要贡献为：（1）负责适用于石油化工和煤化工的耐腐蚀流程泵的研发、产品结构设计和开发；（2）共同合作开发输送原油的大流量石化流程泵的新产品开发；（3）参与大功率流程离心泵的性能优化技术的测试与校核，与浙江理工大学共同完成项目成果的工程应用。
8	大连罗兰泵业有限公司	作为项目的合作单位和技术推广单位，对本项目科技创新和应用推广的主要贡献为：（1）负责适用于石化和化工的大功率磁力泵的滑动轴承和磁转子结构强度等技术方面的开发；（2）共同合作开发高效率、高可靠性的无涡流大功率磁力驱动泵，最大功率达到 200kW；（3）参与石油化工特种泵的结构设计技术的测试与校核，与几家工程实践单位合作，共同推动成果应用与推广。

八、主要知识产权证明目录（和论文专著数量总和不超过 10 件）

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	权利人	发明人（培育人）
发明专利	风冷式轴承箱特种离心泵	中国	ZL200910099138.0	2012.02.29	嘉利特荏原 泵业有限公司	杨顺银, 朱明煌, 陈小光
发明专利	一种用于离心泵叶轮全流道的 PIV 流场测试的试验装置	中国	ZL201610797432.9	2017.11.24	浙江理工大学	李晓俊, 江志武, 王艳萍, 朱祖超, 李映
发明专利	回转泵用新型密封环及其制 作方法	中国	ZL201410051430.6	2018.12.25	杭州大路实 业有限公司	杨建青, 薛宽荣
发明专利	用于固液两相流输送中的平 衡盘	中国	ZL201410147436.3	2016.08.17	浙江理工大 学	崔宝玲, 饶昆, 方晨, 张 鑫
发明专利	一种离心泵空化监测装置	中国	ZL201610915044.6	2017.11.14	浙江理工大 学	李映, 冯光伟, 王艳萍, 朱祖超, 李晓俊

九、代表性论文专著目录（和知识产权数量总和不超过 10 件）

作者	论文专著名称/刊物	年卷期 页码	发表 时间 (年、月)	SCI 他 引次数	他引 总次 数
张玉良,朱祖超	离心泵非稳定工况流动特性/机械工业出版社	2017	2017.10	0	0
Li, Xiaojun; Gao, Panlong; Zhu, Zuchao; Li, Yi	Effect of the blade loading distribution on hydrodynamic performance of a centrifugal pump with cylindrical blades/ Journal of Mechanical Science and Technology	2018, 32(3), 1161-1170	2018.03	8	9
Li, Xiaojun; Zhu, Zuchao; Li, Yi; Chen Xiaoping	Experimental and numerical investigations of head-flow curve instability of a single-stage centrifugal pump with volute casing/ Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A: Journal of Power and Energy	2016, 230(7), 633-647	2016.11	7	8
Zhai, Lulu; Chi, Zhonghuang; Guo, Jia; Zhang, Zhenjie; Zhu, Zuchao	Theoretical Solutions for Dynamic Characteristics of Liquid Annular Seals with Herringbone Grooves on the Stator Based on Bulk-Flow Theory/ SCIENCE AND TECHNOLOGY OF NUCLEAR INSTALLATIONS	2018, 9412154	2018.08	0	0
Cui, Baoling; Li, Xiaodi; Rao, Kun; Jia, Xiaoqi; Nie, Xiaolin	Analysis of unsteady radial forces of multistage centrifugal pump with double volute/ Engineering Computations	2018, 35(3), 1500-1511	2018.05	0	0
合 计:				15	17

承诺：上述第八、九部分的知识产权、论文、专著用于报奖的情况，已征得未列入项目完成单位或完成人的发明人（培育人）、权利人、作者的同意。

十、完成人合作关系说明

浙江理工大学 6 人（朱祖超（1），李晓俊（2），崔宝玲（7），翟璐璐（11），贾晓奇（12），李旻（13））都来自以朱祖超（1）教授为主任的流体传输系统技术国家地方联合工程实验室/浙江省流体传输系统技术研究重点实验室，共同构成流体工程技术研究团队，多年来，围绕大功率流程离心泵关键技术集中研发，合作承担项目、发表论文、申请专利等。

浙江理工大学（朱祖超（1）、翟璐璐（11））与嘉利特荏原泵业有限公司（杨顺银（8））和浙江天德泵业有限公司（韩安达（9））合作承担国家自然科学基金委-浙江两化融合联合基金“智能化大功率流程离心泵关键技术基础研究（U17092092）”。

浙江理工大学（李晓俊（2）、李旻（13））与杭州大路实业有限公司（薛宽荣（6））合作承担浙江省公益技术研究工业项目“污水处理中固液两相介质混合泵送关键技术（2015C31001）”。两单位联合完成浙江省重大科技专项“流程泵非额定工况下流固耦合振动特性研究（2014C01069）”。

嘉利特荏原泵业有限公司（曲景田（3）、涂必成（4）、聂小林（5）、杨顺银（8））与浙江理工大学（崔宝玲（7））联合完成浙江省重大科技专项“大型化工装置带液力透平大功率离心泵机组关键技术研究及产品开发（2013C01141）”。双方合作发表“半开式离心泵变工况叶顶间隙的流动特性（涂必成（4）、聂小林（5）、崔宝玲（7）、贾晓奇（12）”等论文多篇。

浙江理工大学与浙江天德泵业有限公司合作完成了“高通量固液物料输送技术及装备开发”（2008C01024-1）、“千吨级含固废混合液处置的泵送关键技术研究与开发”（2009C13006）、“基于三维流动计算的流体机械高效设计技术研究”（2011C16038）、“600kW 级高速流程泵机组关键技术研究与开发”（2014C01020）等 4 项浙江省重大科技专项。

浙江理工大学（崔宝玲（7）、李晓俊（2）、翟璐璐（11）、贾晓奇（12））与大连利欧华能泵业有限公司（利欧集团全资子公司）合作承担了国家自然科学基金委-辽宁省联合基金“非定常流动环境下大功率多级离心泵动力学特性研究（U1608258）”。此外，双方（朱祖超（1）、林仁勇（10））与 2015 年分别签订了科技合作协议，联合攻关大功率流程离心泵机组、带液力透平离心泵机组和电站用大功率离心泵等流体工程装备及系统的开发。

浙江理工大学与昆明嘉和科技股份有限公司、烟台龙港泵业股份有限公司、大连罗兰泵业有限公司等公司与 2015 年分别签订了科技合作协议，约定组建研发团队联合开展流程离心泵及流程输送控制等领域的研究开发工作，积极申请和承担国家级和省部级科研项目，并根据具体合作项目或者实际工作内容开展实质性技术开发合作。

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：



完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料编号	备注
1	共同立项	朱祖超 (1) 杨顺银 (8) 韩安达 (9) 翟璐璐 (11)	2018-至今	智能化大功率高速流程离心泵关键技术基础研究		国家自然科学基金委-浙江两化融合联合基金 (U17092092)
2	共同立项	李晓俊 (2) 李旻 (13) 薛宽荣 (6)	2015-2017	污水处理中固液两相介质混合泵送关键技术		浙江省公益技术研究工业项目 (2015C31001)
3	共同立项	曲景田 (3) 聂小林 (5) 崔宝玲 (7) 涂必成 (4) 杨顺银 (8)	2012-2015	大型化工装置带液力透平离心泵机组关键技术研究及产品开发		浙江省重大科技专项重点工业项目 (2013C01141)
4	共同立项	崔宝玲 (7) 韩安达 (9)	2014-2017	600kW 级高速流程泵机组关键技术研究开发与		浙江省重大科技专项重点工业项目 (2014C01020)
5	共同完成成果鉴定	朱祖超 (1) 李晓俊 (2) 曲景田 (3) 涂必成 (4) 聂小林 (5) 薛宽荣 (6) 崔宝玲 (7) 杨顺银 (8) 韩安达 (9) 林仁勇 (10) 翟璐璐 (11) 贾晓奇 (12) 李旻 (13)	2008-2018	高端石化离心泵关键技术及产业化 JK 鉴字(2019)第 2009 号		中国机械工业联合会主持科技成果鉴定
6	共同发表论文	朱祖超 (1) 李晓俊 (2) 李旻 (13)	2008-2018	Effect of the blade loading distribution on hydrodynamic performance of a centrifugal pump with cylindrical blades		代表性论文 1
7	共同发表论文	崔宝玲 (7) 贾晓奇 (12) 聂小林 (5)	2008-2018	Analysis of unsteady radial forces of multistage centrifugal pump with double volute		代表性论文 4
8	共同发表论文	聂小林 (5) 涂必成 (4) 崔宝玲 (7)	2008-2018	多级离心泵内部动分析及性能预测		浙江理工大学学报 2016, 35(3)