

教育部工程研究中心年度报告

(2019年1月——2019年12月)

工程中心名称：高压过程装备与安全

所属技术领域：机械与运载工程

工程中心主任：郑津洋

工程中心联系人/联系电话：施建峰/13989873211

依托单位名称：浙江大学

2020年4月20日填报

编 制 说 明

一、报告由中心依托单位和主管部门审核并签章；

二、报告中主管部门指的是申报单位所属国务院有关部门相关司局或所在地方省级教育主管部门；

三、请按规范全称填写报告中的依托单位名称；

四、报告中正文须采用宋体小四号字填写，单倍行距；

五、凡不填写内容的栏目，请用“无”标示；

六、封面“所属技术领域”包括“机械与运载工程”“信息与电子工程”“化工、冶金与材料工程”“能源与矿业工程”“土木、水利与建筑工程”“环境与轻纺工程”“农业”“医药卫生”；

七、第八部分“年度与运行情况统计表”中所填写内容均为编制周期内情况；

八、报告提交一份 WORD 文档和一份有电子章或盖章后扫描的 PDF 文件至教育部科技司。

一、技术攻关与创新情况（结合总体定位和研究方向，概述中心本年度技术攻关进展情况和代表性成果，字数不超过 2000 字）

1 技术攻关进展情况

高压过程装备与安全工程研究中心在完成建设验收后，继续以极端承压装备、国防军工装备和新能源装备为特色，进一步明确了自身定位，紧紧围绕**高压储输装备、高压动力装备、高压过程强化、高压过程装备控制与安全**四大方向，以解决国际前沿性问题和行业共性核心技术难题为目标，开展应用基础、关键技术、检验检测、规范标准和产业化研究，培养行业拔尖科研人才和工程技术人才，支撑相关领域的发展。本年度各研究方向的技术攻关取得了多项进展。

在高压储输装备方面，受氢能利用领域重大需求的驱动以及国家重点研发计划等项目的支持，氢能储输技术与装备研究继续取得了新的突破，已成为研究中心特色方向，并在国内外同行业中具有较大影响力。在项目方面，中心主任郑津洋教授作为首席科学家的**973 计划项目**“高压氢系统大型承载件设计制造的基础研究”于 2019 年 12 月以**课题全优的成绩通过验收**，项目围绕高压氢系统承压容器设计制造的基础科学问题，提出了高压常温氢系统和高压高温氢系统的设计理论和方法，在高压氢脆原位检测、制造工艺和高压氢脆关联机制、高性能低成本高压储氢等方向取得突破性进展，项目研究成果得到了国内外同行的高度评价，全面完成了计划任务书规定的研究内容，为我国高压氢系统大型承载件的设计制造提供基础理论支撑。此外，作为项目负责单位**获批国家重点研发计划项目**“加氢关键部件安全性能测试技术及装备研究”，主要针对加氢站氢气泄漏、零部件断裂等突出问题，攻克安全性能测试技术，自主研制测试装备，制订技术标准，构建检测平台，为保障加氢站安全提供支撑。同时，承担的国家重点研发专项课题“氢能储运装备失效模式、损伤机理与质量影响因素研究”、“移动式承压类特种设备损伤与失效模式及风险识别关键技术研究”，分别获得了材料在 45MPa 氢环境下的屈服强度、抗拉强度以及疲劳裂纹扩展速率等力学性能参数，验证了高压储氢气瓶理论分析模型模型可靠性，并使用气瓶模型开展损伤对气瓶性能损减影响规律的研究。两项国家重点研发专项课题均按照项目进度顺利圆满完成 2019 年的年度计划。

在高压动力装备方面，受国防军工重大需求驱动以及相关国防项目的支持，低噪声泵技术研究与应用取得了新的进展，并在国内行业初步形成了泵和风机的“低噪声”特色。中心副主任吴大转教授承担舰船低噪声泵研制任务，带领团队成功解决多个型号泵组噪声问题，获得机关、基地及研究院所的肯定，某关键泵组的振动技术指标明

显优于美国军用标准，并优于采用国外技术的同规格竞优产品，**技术被国内舰船低噪声泵研制生产企业大量使用**。同时，空间低噪声高压微泵技术取得了进展，经多年的研究积累，以第二单位完成的“复杂使役环境下卫星推进剂高效利用关键技术及装备”项目由中国机械工业联合会组织鉴定，总体成果达到国际先进水平，其中“高效低噪声空间微泵”技术指标达到国际领先。

在高压过程强化方面，在国家自然科学基金项目等项目支持下，针对流程工业粘稠、高固等复杂苛刻体系混合低效、高耗的低端现状和提升需求，进一步深入和强化了宽适应双轴搅拌技术与浓密轻浮颗粒悬浮下拉分散的结合研究，解决了将新技术用于解决老问题过程中新出现的表征、机理和模型化问题，形成了同心双轴搅拌器的优化设计与运行的指导理论，2019年有多篇相关论文发表在国际三大化工期刊上。同时有关浓密沉积颗粒在粘稠体系中双轴搅拌驱动悬浮的研究，2019年也获批国家自然科学基金的资助。

高压过程装备控制与安全方面，重点开展过程装备的安全运行状态检测、监测和智能故障系统的研究。承担了国家重点研发专项任务“危险化学品储存设施燃爆毁伤效应及事故调查技术”，本年度研制基于主动控制的管路减振器原理样机和相应的控制系统，完成了项目任务计划。研制快速测量技术、智能管件技术和基于机器学习的优化调度和实时控制技术，满足高压氢能装备的极端储输环境及动设备故障智能预警的要求。目前已与中国石油集团安全环保研究院合作，联合开发中石油“基于多源信息融合的炼化企业往复压缩机故障智能预警关键技术研究与应用”项目。

2 代表性成果情况

围绕高压过程装备与安全的国际前沿性问题和行业共性核心技术难题的攻关，本年度获得国家横纵向经费支持 5200 万元，获省部级奖励 2 项，牵头制定/参编团体标准与行业标准 4 项，发表 SCI 论文 42 篇、EI 论文 33 篇，获授权发明专利及软件著作权 25 项，**为我国氢能商业化应用、氢能储运装备的自主可控和批量生产提供了重要的技术支撑**。其中代表性成果主要有：

- (1) 以第一完成单位成果“氢气规模化提纯与高压储存装备关键技术及工程应用”经机械工业联合会鉴定，总体处于国际先进水平，该成果为我国氢能的规模化制取、提纯、储存、运输提供技术支撑和大量的工程应用示范，为我国氢能商业化应用奠定基础；
- (2) 973 计划项目“高压氢系统大型承载件设计制造的基础研究”于 2019 年 12 月以课题全优的成绩通过验收。项目研究成果得到了国内外同行的高度评价，为我国高压氢系统大型承载件的设计制造提供基础理论支撑；
- (3) 创建了基础件椭圆形封头全新的设计方法，从基础理论、技术开发和工程应用多角度为更安全、经济的椭圆形封头设计进行论证，实现了国际上椭圆形封头设计的技术变革；
- (4) 牵头制定《固定式高压储氢用钢带错绕式容器定期检验与评定》(T/ZJASE

- 001-2019), 为我国固定式高压储氢容器的安全应用提供标准技术支撑, 填补了该技术领域的空白;
- (5) 牵头制定《液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶》(T/CATSI 02 005-2019), 推动了非金属复合材料液化石油气瓶在国内的大量应用, 相比传统气瓶重量减少 50%, 爆破压力和疲劳性能都显著提升, 提高了我国液化石油气瓶的本质安全性, 提升了我国液化石油气瓶的国际竞争力;
 - (6) 以第一完成单位成果“极端服役条件聚烯烃及其钢丝增强复合管道关键技术与应用”获教育部技术发明二等奖, 该成果为钢丝增强聚乙烯复合管及超大壁厚聚乙烯管在极端恶劣工况下的应用提供基础理论与应用方法参考;
 - (7) 第二单位完成成果“卫星推进剂在轨补加关键技术及装备”经中国机械工业联合会组织鉴定, 总体成果达到国际先进水平, 其中“高效低噪声空间微泵”技术指标达到国际领先, 该成果中国机械工业科学技术发明奖二等奖;
 - (8) HDPE 燃气管道在役无损检测技术研究项目成功实现对深圳燃气 9 个工程在役 HDPE 燃气管道进行现场不停气检测。深圳燃气集团有限公司认为该技术以满足 32-315mm 全系列 HDPE 管道接头的不停气在役检测。

二、成果转化与行业贡献

1. 总体情况(总体介绍当年工程技术成果转移转化情况及其对行业、区域发展的贡献度和影响力, 不超过 1000 字)

研究中心自筹建以来, 在技术研究与开发上致力于打通基础理论研究、关键技术突破和成果产业应用的链条, 在高压储输装备和高压动力装备方向完成两个代表性的成果转化:

随着我国制氢、储氢、输氢、用氢(特别是氢燃料电池)和氢安全技术的进步, 政府高度重视, 能源与制造大型骨干企业加速布局, 我国氢能发展明显提速。储氢、输氢是连接制氢和用氢的桥梁, 在氢能发展中占据着不可替代的地位, 是世界氢能技术竞争的核心焦点之一。中心自研自制了 140MPa 高压氢环境材料耐久性试验装置、高压氢环境零部件耐久性试验装置、聚乙烯管道热熔接头耦合聚焦超声检测设备和聚乙烯管道电熔接头相控阵超声检测设备具有自主知识产权国内唯一的检测装置, 创建了国内领先的氢能安全检测与评价实验室, 形成了全新的金属氢脆检测评价实验系统, 在国内最早系统开展氢能高压储运装备和安全研究; 成功研制高性能低成本的系列大容积全多层储氢高压容器, 实现了加氢站核心装备—储氢高压容器的自主可控和批量生产, 已为国内外著名机构开展了检测服务; 牵头或参与制订了包括[氢燃料电池电动汽车全球技术法规](#)(UN GTR13)在内的多项国际和国家标准规范, 在国内外产生了重要影响。

在高压动力装备方向, 研究中心自成立以来就已高压泵和低噪声泵作为研究特色之一, 尤其是将舰船低噪声泵技术向各个领域拓展, 已有多个减振降噪成功案例, 初

步形成国内泵行业的“**低噪声**”特色。高效低噪声微泵成果已经在宁波地区汽车零部件产业具有重要影响，促成其汽车零部件供应实现核心化、高端化；在航天领域的成功应用，解决在轨加注系统高效高压泵送问题，逐步在航天及电子信息领域形成影响力；低噪声舰船用泵成果在本年度得到更大推广，技术已用于我国多个舰船用泵设计、制造企业及研究院所，成功解决多个型号舰船泵组的振动噪声问题；与此同时，低噪声泵技术在本年度开始向低噪声风机技术领域拓展，并正在面向舰船和家电领域开发高效低噪声风机产品。

2. 工程化案例（当年新增典型案例，主要内容包括：技术成果名称、关键技术及水平；技术成果工程化、产业化、技术转移/转化模式和过程；成果转化的经济效益以及对行业技术发展和竞争能力提升作用）

（1）典型案例 1：大容积全多层储氢高压容器

该技术成果主要通过国内外领先企业开展长期的产学研合作形成，同时长期获得 973 计划项目、863 计划项目、国家重点研发计划项目的支持下，目前已经建立从基础理论、关键核心技术，到规范标准制定，再到产业化工程应用的技术体系，成功研制高性能低成本的系列大容积全多层储氢。本年度，98MPa 大容积全多层储氢容器已经在江苏、上海、浙江等多个省市商用加氢站中投入运行。50MPa 高压储氢容器在江苏、广东等商用加氢站中等投入运行。

（2）典型案例 2：空间高效低噪声微泵

该技术成果主要由舰船低噪声泵技术和低噪声燃油泵技术交叉形成，产品具有小流量、高压、高效率、低噪声特点。成果解决了多环面楔形油槽组合支撑的微型悬浮叶轮、基于大倾角三维扭曲叶片的旋涡叶轮高效能量转换方法、基于非等距叶片分布的低脉动旋涡叶轮、液浮式旋涡泵可靠性设计与测试等关键技术，已经用于卫星推进剂在轨加注系统，“复杂使役环境下卫星推进剂高效利用关键技术及装备”经中国机械工业联合会组织鉴定，总体成果达到国际先进水平，其中“高效低噪声空间微泵”技术指标达到国际领先。该技术是典型的产学研联合研究成果，首先由工程研究中心“高压动力装备”方向团队与企业面向汽车燃油泵开展近 10 年的合作，形成了系列低噪声汽车燃油泵技术，可大量替代传统容积式高压微泵，目前形成年产超过 4 亿元的微泵及其总成产业，微型燃油泵成果先后获得宁波市科技进步一等奖和浙江省科技进步三等奖。其次，团队面向航天领域需求，基于微型高压燃油泵技术和舰船低噪声泵技术基础，专门开发卫星推进剂在轨加注和热控泵，由于其领先的效率和振动噪声指标，已成功用于卫星推进剂在轨加注系统。同时，该成果因低振动低噪声优势而被推荐到中航、中电、中船等集团，成功实现与 3 家相关单位的对接。因此，成果除了在民用领域产生较好的效益之外，还有望实现成果向航空航天、舰船、电子信息等

领域全面推广，对提升相关装备热控系统、燃油系统振动噪声水平具有重要推动作用。其中，本年度的低噪声泵技术的研制开发合同金额超过 600 万元。

3. 行业服务情况（本年度与企业的合作技术开发、提供技术咨询，为企业开展技术培训，以及参加行业协会、联盟活动情况）

研究中心拥有浙江省过程装备与安全重点科技创新团队、浙江省流程工业高效节能技术与绿色装备重点科技创新团队、浙江大学高压过程装备与安全重点科技创新团队，创建全国气瓶标准化技术委员会车用高压燃料气瓶分技术委员会、国际氢能协会规范标准分会，具有压力容器分析设计资质，是浙江省技术标准综合研究基地、中国机械工程学会压力容器分会设计委员会挂靠单位、浙江省特种设备与能源环保计量行业技术创新服务平台的核心成员单位。中心聚焦清洁能源、国防军工和化工领域的国家重大需求，与合肥通用机械研究院、中国特检院和中船重工集团下属研究所等国家重点院所，以及相关大型国有企业、跨国企业、民营企业建立了紧密合作关系，开展产学研合作研究开发工作。中心重视组织行业性的活动，并积极与企业开展合作技术开发，及时将理论和技术研究成果用于企业，本年度组织的行业活动及典型产业合作工作如下：

1) 牵头制定《液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶》(T/CATSI 02 005-2019)，**催生了 IV 型液化石油气瓶这一新产品**，并实现商业化应用。该 IV 型液化石油气瓶相比传统气瓶重量减少 50% 以上，爆破压力和疲劳性能都显著提升，提升了我国液化石油气瓶产品的国际竞争力；

2) 研制的高能效、低噪声微泵成功从军用拓展到民用，并广泛应用于汽车燃油泵系统，形成较为系统完整且具有自主知识产权的燃油泵设计技术，并替代进口汽车燃油泵大量应用到原车系统中，打破了国产燃油泵主要用作备件的被动局面，目前已在**吉利、奇瑞等国产汽车品牌及日产、通用等合资品牌汽车中商业化应用**；

3) 受国内燃气行业 G5+ 创始成员之一的深圳燃气集团有限公司委托，对深圳燃气 9 个工程的城市燃气聚乙烯管道进行在役无损检测，检测出 32-315mm 聚乙烯管道电熔、热熔接头的焊接缺陷，有效排查了城市燃气聚乙烯管道的安全隐患。这是**国内首次对在役城市燃气聚乙烯管道进行大规模无损检测**，为聚乙烯管道无损安全保障的商业化推广提供示范应用。

同时中心也牵头组织多项具有重要影响力的学术会议及联盟活动。

在国际上，2019 年 6 月，中心负责人郑津洋教授作为**国际氢能标准化技术委员会 ISO/TC197 副主席、国际氢能协会规范标准分会 IAHE-CSD 主席**，发起并成功组织首届国际氢能标准和安全（南海）论坛。2019 年 10 月，中心骨干成员参加 2019 联合

国开发计划署氢能产业大会，负责其中一个分会场的技术研讨《氢能技术论坛》并作大会报告：氢能储输装备面临的挑战。

在国内，2019年10月，中心负责人郑津洋教授作为**第一届全国气瓶标准化技术委员会车用高压燃料气瓶分技术委员会主任**，成立第二届车用高压燃料气瓶分委会。同时，中心组织行业专家召开液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶研讨会以及全国首届压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶研讨会，网罗国内非金属复合材料气瓶专家，共同面对复合材料气瓶研发的挑战。

在行业里，中心牵头发起了每年一次的浙江省过程装备交流会活动，包括浙江大学、浙江工业大学、浙江理工大学、中国计量大学、浙江省特种设备科学研究院、杭州市特种设备检测研究院、宁波市特种设备检测研究院、浙江省机电设计研究院有限公司等单位参加了会议，交流了高压过程装备等方面的技术进展，展示了各家单位的最新成果，对提升、促进浙江省过程装备技术研发及产业壮大具有重要意义。同时，中心面向空间微泵和舰船低噪声泵需求，签署微泵委托开发合同4项、水下低噪声泵等委托开发合同3项，并且签署空间推进技术研究战略合作协议1份、低噪声泵竞优产品研发战略合作协议1份。围绕高浓生物质深度发酵，重点围绕搅拌釜式发酵罐的优化设计展开，可用于秸秆、酒糟等的发酵制甲烷，相关产品已在河北衡水、内蒙突泉等地产业化实施。

三、学科发展与人才培养

1. 支撑学科发展情况(本年度中心对学科建设的支撑作用以及推动学科交叉与新兴学科建设的情况，不超过1000字)

中心完成建设期验收工作后，为适应国家未来重大需求以及自身发展需要，进一步凝练了研究方向，本年度已将原有的“高压过程装备设计理论与方法”、“高压过程装备制造与集成技术”、“高压反应器放大技术”、“高压过程装备控制与安全技术”等四个方向，调整“高压储输装备”、“高压动力装备”、“高压过程强化”、“高压过程装备控制与安全”等四个方向，这将在很大程度上**引领浙江大学化工过程机械国家重点学科的发展**，支撑学科进一步向氢能、国防军工及极端承压装备聚焦。

在承担科研任务和研究成果方面，本年度中心共获得项目研究经费5200万元，占浙江大学化工过程机械学科的80%以上；浙江大学化工过程机械学科在2019年度获得的省部级奖励及其他国内外学术奖励均来自高压过程装备与安全教育部工程研究中心，凸显了中心的团队建设和协同攻关对学科建设与发展的支撑作用。

在促进学科交叉方面，本年度已开始推进高压过程装备与新能源、新材料的交叉，发展高压过程装备新材料新工艺技术方向。例如，通过能源、材料、机械与控制的交叉，发展超长续航力的新能源、面向减振降噪的复合材料叶轮结构与工艺、面向动力

装备减阻的表面微结构减阻材料等。目前已开展先进功能材料制造技术、基于微流控的过程动力装备的特殊减阻材料、用于流体控制的仿生材料等的研究工作。通过材料科学、化学、过程机械以及流体控制方向的交叉融合，来引领流动控制与减阻领域的前沿技术和颠覆性技术的发展。同时还在大腔体超高压技术、纳米结构陶瓷材料的超高压制备、新型高端超硬材料的合成与精密加工工具的设计制造等方向开展研究，发展高压过程装备及其核心部件新工艺。

2. 人才培养情况（本年度中心人才培养总体情况、研究生代表性成果、与国内外科研机构和行业企业开展联合培养情况，不超过 1000 字）

研究中心本年度共有在读博士生 50 名、在读硕士生 120 名、在站博士后 6 名，同时组织了一支由近 20 名项目聘用人员组成的专职研究队伍，并且积极和行业企业开展人才的联合培养。其中，本年度人才培养的典型业绩如下：

- (1) 中心成员**刘宝庆晋升为浙江大学教授**。刘宝庆教授主要从事高效反应器的创新开发与协同强化研究，率先将宽适应性双轴搅拌技术与粘稠、高固等复杂苛刻体系中的宏微观混合、下拉分散和离底悬浮等结合，解决了结合过程新出现的表征、机理和模型化问题，发展了同心双轴搅拌器的设计指导理论和工程设计方法，推动其由经验设计向规则设计迈进；发明了能高效回收反应热副产发电用蒸汽的新型磷反应器，提出了基于结膜物特性的高温防腐新方法，开发了能用普通自然空气参与反应的第二代热法磷酸生产技术。上述研究获得了 3 项国家自然科学基金的资助，以第一或通讯作者发表 SCI/EI 论文 42 篇，作为第一发明人获授权专利 11 项，获浙江省科技进步奖 2 项，相关成果已纳入《过程设备设计》等专业书籍；
- (2) 2019 年 7 月，中心主任郑津洋教授带领 5 名研究生赴美国圣安东尼奥参加美国机械工程师协会举办的压力容器和压力管道会议并做学术报告；
- (3) 倪振磊同学以“Burst Strength of Glass Fiber Reinforced Polyethylene Pipes with Delamination Defect”为题的论文，获得美国机械工程师协会压力容器与管道分会 2019 优秀硕士论文竞赛第二名；
- (4) 姚日雾同学以“Mechanical Enhancement and Strain Sensing of Electrofusion Joint with Carbon-Fiber-Reinforced Polyethylene”为题的论文，获得美国机械工程师协会压力容器与管道分会 2019 优秀博士论文竞赛优胜奖；
- (5) 钱波同学获得美国机械工程师协会 2019 年流体工程夏季会议 returning graduate scholar 奖；
- (6) 联合培养 3 名企业博士，分别为广东省特种设备检测研究院郭晋院长、中国特种设备检测研究院薄柯主任和上海船舶运输科学研究所伍锐主任。
- (7) 基于深度学习热成像的轨道交通暖通能效优化与智能运维系统获得第十二届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛一等奖。

- (8) 基于深度学习和热成像的轨道交通暖通系统智能运维平台”获得第 47 届日内瓦国际发明展银奖。

3. 研究队伍建设情况（本年度中心人才引进情况，40 岁以下中青年教师培养、成长情况，不超过 1000 字）

国际化方面，本年度通过浙江省外专千人计划引进日本京都大学终身荣誉教授功刀资彰教授**全职到工程研究中心工作**。功刀资彰教授是国际多相流与传热方面的专家，日本机械工程学会、日本传热学会理事委员会委员和期刊编委，日本原子能学会计算科学部主席，日本多相流学会执行委员会委员和学科促进委员会主席，日本热能工程技术奖励委员会委员，The Open Thermodynamics Journal 编委，7 个国家的政府组织和工业企业的顾问。他发明的沸腾强化换热方法，通过在沸腾面涂抹纳米多孔介质层，可以强化沸腾换热而不增加流动阻力，在多个领域得到应用。功刀资彰教授加盟研究中心后，其主要职责是开展高压动力装备中气液两相流方向的科研工作，并且负责培养高压动力装备方向的年轻教师和研究生。

聘请法国阿里嘉法理教授为中心讲座教授，为本科生和研究生**开设为期 2 个月的智能高压过程装备与安全相关课程**。阿里嘉法理教授是国际著名的贝叶斯方法论学者，长期从事贝叶斯推断方法在人工智能领域的应用，具有 50 年的研发经验，在欧洲空中客车、法国泰勒斯电子集团、达索飞机、阵风集团、雷诺汽车、标志汽车、法国电力、法国核电、法国高铁、巴黎医院等科研和工业深入合作，支持项目超过数百万欧元、发表论文 300 余篇、2 部专著、12 本教材、培养博士生 20 多位、硕士生 30 多位。提出的高斯-波特图像分割算法、快速贝叶斯变分法、超参数贝叶斯推断方法等，受到国际学术界高度认可，在无损探测、机械故障诊断、医学图像处理 and 工业大数据分析等广泛应用。

年轻人才引进方面，在 40 岁以下中青年教师引进方面，面向高压过程装备与新材料的交叉融合，通过浙江大学百人计划引进王秀瑜研究员和王海阔研究员，分别从事特种材料及微流控技术研究，发展用于动力装备的超硬材料及减阻材料。其中，王秀瑜研究员在微流控相关的基础研究及应用研究，开展了系统的工作，发展了多项具有自主知识产权的关键技术及材料。近五年来，在微流控领域发表高影响力 SCI 论文十余篇，影响因子总和 119.756。王海阔研究员作为技术负责人攻克了石墨无触媒快速、直接转化合成大尺度透明纳米多晶钻石（金刚石）的技术（项目经费 1000 万元），并使相关成果产业化。相关成果已经开始在飞行器窗口加工中推广，并打破国外封锁应用于同步辐射高压 X 射线吸收窗口；博士期间设计了可产生 35 万大气压压强的大腔体超高压系统，核心部件材料为自己合成，是国内大腔体超高压技术压强记录的保持者；主持项目 1500 余万元，发表论文 40 余篇，申请发明专利 8 项。

聘请兰州兰石集团有限公司总工程师陈建玉和中核苏阀科技实业股份有限公司总工程师吴辉为浙江大学兼职研究员。陈建玉总师是兰州兰石集团公司总工程师，兼

任甘肃省政协委员，长期从事化工装备设计与制造的工作，有着丰富的化工装备重大技术攻关经验。吴辉总师是中核苏阀科技实业股份有限公司，党委委员、副总经理、总工程师，享受国务院特殊津贴专家，长期从事特种阀门设计与制造工作，有着丰富的核电阀门重大技术攻关经验。陈建玉总师和吴辉总师在高压过程装备领域均具有重要影响，加盟中心后，将参与指导化工过程机械的学科建设，并协助指导研究生科研，合作开展高端化工装备等领域的研究工作。

四、开放与运行管理

1. 主管部门、依托单位支持情况（主管部门和依托单位本年度为中心提供建设和运行经费、科研场所和仪器设备等条件保障情况，在学科建设、人才引进、研究生招生名额等方面给予优先支持的情况，不超过 1000 字）

依托单位主要在科研场所、实验设备和运行经费方面为中心的发展提供支持，同时中心科研骨干自筹大量经费用于实验条件建设。目前，研究中心总建筑面积为 4065 平方米，包含中心主体场地和四个分散的场地。中心主体建在浙江大学玉泉校区第四教学大楼一楼和化机小楼，承载除国防军工任务之外的所有研究方向的功能模块。四个分散场地分别在玉泉校区智泉大楼五楼与舟山校区智海大楼一楼、西溪校区西七大楼、海宁联合实验基地，分别承载国防军工技术研究、极端承压设备研究、高压过程装备安全与检测技术研究功能。

在实验条件方面，中心面向极端承压装备、国防军工装备和新能源装备的重大科研需求，自研自制了高压氢环境零部件耐久试验装置、极低温试验装置、高压旋转密封试验装置等 20 余套专用试验装置，购置了三维激光扫描系统、高分辨三重四级杆质谱分析仪等先进的测试仪器 20 台，并购置了多套高性能计算平台，配置了有限元分析软件、可燃气体爆炸模拟软件等先进的软件系统，包含软件在内的仪器设备固定资产合计 3800 余万元，其中，本年度新增固定资产 200 余万元。高压爆破试验台、高压大流量疲劳试验台、高压氢环境零部件耐久性试验装置、高压氢环境材料耐久性试验装置、快开式高低温高压氢脆试验装置、极低温试验装置、湿转子动力学试验装置、瞬态离心泵性能试验装置、高压旋转密封试验装置、ZUST-1 型转子超速试验台等 10 套自研自制设备通过第三方检验，已为国内外研究机构和企业提供公共服务。基于现有试验装置条件，本年度依托单位拨付 50 万元的经费，专门用于装置的运行维护和开展实验室的 CNAS 论证。

2. 仪器设备开放共享情况（本年度中心 30 万以上大型仪器设备的使用、开放共享情况，研制新设备和升级改造旧设备等

方面的情况)

根据科研仪器设备开放共享的原则，发挥高压过程装备与安全在“**高压**”**特种装备领域的技术优势与特色**，调动教学、科研及仪器设备管理人员的积极性，方便各研究院所和相关大学使用中心的设备，同时也提升了高压过程装备与安全工程研究中心设备的利用效率。通过设备开发共享，为多项国家重点研发专项、国际合作项目的完成发挥了重要作用，为高压过程装备行业发展提供关键的材料与设备基础性能数据。本年度，研究中心典型装置的使用情况举例如下：

- (1) 高压氢环境材料耐久性试验装置。①承担国家重点专项：国家重点研发计划项目《氢能储运装备失效模式、损伤机理与质量影响因素研究》，973 计划项目《高压氢系统大型承载件设计制造的基础研究》，浙江省省级重点研发计划项目《氢能高效利用技术及装备研发-加氢站用大容量全多层高压储氢系统及其应用》；②韩国 NK 公司委托项目《Hydrogen Embrittlement Test 氢脆测试》；③支撑团体标准“固定式高压储氢用钢带错绕式容器定期检验与评定”(编号：T/ZJASE 001-2019)。
- (2) 高压压力爆破试验台。①承担国家重点专项：国家重点研发计划项目《移动式承压类特种设备风险防控与治理关键技术研究》，国家重点研发计划项目《氢能储运装备失效模式、损伤机理与质量影响因素研究》；②丰田汽车研发中心(中国)有限公司委托项目《70MPa(50L)氢气瓶爆破和疲劳试验评价》。
- (3) 高压大流量压力疲劳试验台。①承担国家重点专项：国家重点研发计划项目《移动式承压类特种设备风险防控与治理关键技术研究》，国家重点研发计划项目《氢能储运装备失效模式、损伤机理与质量影响因素研究》；②丰田汽车研发中心(中国)有限公司委托项目《70MPa(50L)氢气瓶爆破和疲劳试验评价》。
- (4) 转子超速试验台。完成了包括中国航空集团和中国航空发动机集团在内的国内外近百家企事业单位的上千个叶轮和轮盘的超速，破裂和疲劳试验。对本中心完成国家两机重大专项的“XXXXXX 作用下整机结构动态响应与安全性研究”和“XXXX 结构复合疲劳损伤机理、强度寿命预测与验证”课题提供了试验条件和技术支撑。
- (5) 能效评估测试系统。该实验系统为满足团队正在承担的 2 项国家基金项目研究需要，2019 年度进行了功能提升。新配置了 RGB 图像拍摄专用釜体和仪器，以及考察颗粒浓度分布的电导测量仪，使测试系统能用于粘稠、高固等复杂苛刻体系搅拌悬浮品质与难易的可靠表征与评价，测试能力进一步提高。

3. 学风建设情况(本年度中心加强学风建设的举措和成果,含讲座等情况)

中心坚持科研发展和立德树人相统一，把人才培养和学风建设放在非常重要位置。通过推进基于科研实践、基于教学互动、基于学生个性的教学理念，促进形成能够激发、维持并持续优化的教育教学体系。同时，积极教导学生培养“工匠精神”，努力把事情做到极致，精通一项本领，心无旁骛。特别关注学生的科研底线教育，充分发挥中心各学术导师在科研诚信方面的言传身教作用，并专门开设了本科生的《信息检索与科技写作》与研究生的《科技论文写作》两门课程，引导学生严格自律、坚守科研道德底线，遏制伪造、篡改、抄袭、剽窃等科研不端行为，避免署名不当、一稿多投等其他违背科学共同体惯例的行为。

研究中心在本年度积极加强与国际知名研究机构和学者的交流，邀请多名学者到中心开展学术和技术进展讲座，典型活动包括：

- (1) 2019年9月6日，日本京都大学终身荣誉教授、浙江省特聘专家一功刀资彰向浙大能源工程学院全体师生做题为 *Multiphase Flows in Science and Engineering* 的学术报告。
- (2) 2019年2月27日，高压动力装备方向与韩国木浦大学 Yong-Do Choi 教授团队开展学术交流活动。
- (3) 2019年3月26日，邀请日本丰田汽车株式会社高级工程师小岛康一，做题目为丰田汽车的燃料电池技术的研发报告。
- (4) 2019年6月11日，邀请国际氢能标准化技术委员会(ISO/TC 197) 主席 Andrei V. Tchouvelev 博士，做题目为 *Renewable Hydrogen Energy Technologies - Foundation of a Green & Clean Society* 的学术报告。
- (5) 2019年11月10-12日，邀请日本九州大学 JOICHI SUGIMURA 教授，做题目分别为 *Recent activities of HYDROGENIUS* 和 *Overview of hydrogen-related tribology researches in Kyushu University* 的学术交流报告。

4. 技术委员会工作情况（本年度召开技术委员会情况）

自中心 2018 年验收完成后，中心的各项工作成果和运行机制得到验收专家组的一致肯定。2019 年以来中心技术委员会总体延续中心各研究方向和人才培养方面的运行管理模式，同时对专家提出的各项未来发展建议进行研讨和落实改进。在依托学科和研究中心负责的 973 项目“高压氢系统大型承载件设计制造的基础研究”验收过程中，中心邀请了部分技术委员会成员进行了咨询和交流工作，进一步明确了中心未来的发展定位与思路。同时，按中心 2018 年验收期间的计划，技术委员会全体会议将在 2020 年召开，届时将对技术委员会成员进行微调。

五、下一年度工作计划（技术研发、成果转化、人才培养、团队建设和制度优化的总体计划，不超过 1500 字）

1、技术研发与成果转化

高压储输装备方向：技术研发和成果转化主要围绕关键能源装备的特色方向。技术研发主要面向氢能储运装备与核电冷却水管道成套技术，重点攻克非金属内胆高压储氢气瓶材料氢相容性测试与调控技术，以及非金属核电站冷却水管道的抗震性能测试与评价技术。成果转化以加氢站用高压储氢系统为重点，在现有高压储氢容器基础上，进一步与高压输氢管路、高压氢控制系统、氢压缩机以及氢安全监测系统等协同配合，建立与完善加氢站的氢储存、加注与安全管理系统。

高压动力装备方向：技术研发和成果转化继续继承国防军工特色。在技术研发方面，首先是加强与高压储输方向的交叉融合，推进国防应用领域的两个关键设备的研发，即氢气循环泵和液氢循环泵；其次是舰船低噪声高压多级离心泵研发，用于替代传统往复泵，以实现噪声的显著下降。成果转化方面，推广的重点是“低噪声微泵技术”、“低噪声动力推进技术”。首先，利用相关项目支持，实现低噪声旋涡泵向电子信息、航空领域的推广，并在卫星在轨加注应用的基础上，向航天热控系统推广。其次，将低噪声泵技术向舰船低噪声动力与推进技术领域推广。

高压过程强化方向：技术研发和成果转化主要围绕关键先进反应装备的特色方向。技术研发主要面向国内在高压聚乙烯反应釜方面的技术需求，突破国外在高压高温聚乙烯生产（250MPa、300 °C）反应釜的搅拌与夹套传热技术的“卡脖子”限制，研制国产自主技术的高压聚乙烯反应釜。成果转化以宽适应性双轴搅拌技术为重点，重点应用于生物质干式发酵生产，预期固含量可突破 30%以上，显著提升反应釜的环保性能。

高压过程控制与安全方向：技术研发和成果转化主要围绕氢能装备安全状态远程监测评价、智能化氢气增压储存加注、基于数据智联的多能互补系统集成的研发，满足氢能装备在极端使用环境下的安全可靠稳定运行。重点开发智能传感技术、信号分析技术、远程监控技术、故障分析专家系统等。

2、人才培养

预期培养或引进长江学者、杰青、卓青、青年千人、青年长江、优青、浙江大学百人计划研究员等高层次人才 1-2 人；通过专职科研岗或项目聘用等方式引进青年科研人员 2-4 人；新招博士后 2-3 人。

维持稳定的研究生招生规模，预期在读博士生 50 人，在读硕士生 120 人；争取研究生在国际学术会议或科研竞赛上获奖 2 项以上，国内学术会议或科研竞赛获奖 2 项以上。

继续与国内外企业及研究院所联合培养工程博士或工程硕士，预期新招工程博士 2 名，新招工程硕士 3 名。

3、团队建设与制度优化

中心团队建设主要从内部建设与外部管理两方面同时展开。在内部建设方面，以科研创新团队的领军人物为中心，进一步开展团队目标与规划建设、团队人员与结构建设、团队规范与机制建设、团队精神与文化建设；在外部管理方面，加强团队的科研战略目标规划、人事及科研考核的深度优化、科研激励机制的保障。

团队建设的核心是人员培养与结构建设。进一步发展具备学科交叉、视角多维的成员团队，注重发挥团队建设的同心圆效应，即“领军人物—团队骨干成员—团队辅助成员”，既能保证研究的人员需求，又能培育新一代的科研后备军，为团队的持续发展提供保证。同时进一步强化和培养团队精神与团队文化，加强团队的国家使命与社会责任培养，坚持科研成果为国家需求服务、为社会建设服务，在加强国际交流的同时，引导团队成员把优秀成果发表在祖国大地上。

六、问题与建议（工程中心建设运行、管理和发展的的问题与建议，可向依托单位、主管单位和教育部提出整体性建议）

(1) 建议进行团队整体考核或对团队成员个人进行柔性考核，支持团队积累和沉淀更大、更有影响力的成果；

(2) 中心在依托单位强有力的支持下，人均承担科研经费、成果产出等均在国内学科、行业中前列，希望依托单位未来在团队人才引进、研究生招生指标以及实验室空间方面给予更多的支持。

七、审核意见（工程中心负责人、依托单位、主管单位审核并签章）

所填信息属实。通过年度考核。

中心围绕能源、化工、军工等国家行业需求，坚持“高压”特色，形成了高压输电装备、高压动力装备、高压过程强化、高压过程装备控制与安全四个特色研究方向，2019年承担了国家横纵向经费5200万元，完成了多项国家重点研发专项及重大横向项目攻关，为浙江大学化工过程机械学科的发展和青年人才的培养发挥了重要作用。建议教育部继续加大对中心的支持力度，将中心建设成为高压过程装备与安全国家级科研平台。依托单位将协调校内资源为中心的进一步建设与发展提供支持。

工程中心负责人

依托单位

八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向 1	高压储输装备	学术带头人	郑津洋	
	研究方向 2	高压动力装备	学术带头人	吴大转	
	研究方向 3	高压过程强化	学术带头人	刘宝庆	
	研究方向 4	高压过程装备控制与安全	学术带头人	洪伟荣	
工程中心面积	4065m ²		当年新增面积	m ²	
固定人员	27 人		流动人员	人	
获奖情况	国家级科技奖励	一等奖	0 项	二等奖	0 项
	省、部级科技奖励	一等奖	0 项	二等奖	1 项
当年项目到账总经费	5200 万元	纵向经费	2000 万元	横向经费	3200 万元
当年知识产权与成果转化	专利等知识产权持有情况	有效专利	12 项	其他知识产权	0 项
	参与标准与规范制定情况	国际/国家标准	0 项	行业/地方标准	0 项
	以转让方式转化科技成果	合同项数	0 项	其中专利转让	0 项
		合同金额	0 万元	其中专利转让	0 万元
		当年到账金额	0 万元	其中专利转让	0 万元
	以许可方式转化科技成果	合同项数	0 项	其中专利许可	0 项
		合同金额	0 万元	其中专利许可	0 万元
		当年到账金额	0 万元	其中专利许可	0 万元
	以作价投资方式转化科技成果	合同项数	0 项	其中专利作价	0 项
		作价金额	0 万元	其中专利作价	0 万元
	产学研合作情况	技术开发、咨询、服务项目合同数	25 项	技术开发、咨询、服务项目合同金额	911.2 万元

当年服务情况		技术咨询		8次		培训服务		2人次	
学科发展与人才培养	依托学科 (据实增删)	学科 1	动力工程及工 程热物理	学科 2	机械工程	学科 3	化学工程		
	研究生 培养	在读博士		43人	在读硕士		120人		
		当年毕业博 士		7人	当年毕业硕士		6人		
	学科建设 (当年情况)	承担本科 课程	640学时	承担研究生 课程	320学时	大专院校 教材	0部		
研究队 伍建设	科技人才	教授	14人	副教授	5人	讲师	2人		
	访问学者	国内		0人	国外	0人			
	博士后	本年度进站博士后		2人	本年度出站博士后		2人		