

教育部工程研究中心年度报告

(2024年1月——2024年12月)

工程中心名称：高压过程装备与安全

所属技术领域：化工、冶金与材料

工程中心主任：施建峰

工程中心联系人/联系电话：朱薇/13588768970

依托单位名称：浙江大学

2025 年 3 月 19 日填报

一、技术攻关与创新情况

2024年度，高压过程装备与安全工程研究中心聚焦高压储输装备、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特色鲜明方向，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。

在科研经费方面，浙江大学特种装备研究所2024年度的科研经费突破1.1亿元，连续五年突破亿元，其中军工科研经费占比提高，基本达到了多渠道平衡发展的目标，中心总体上承担国家科研任务的能力显著提升，校企合作持续稳定开展。

在科技攻关方面，中心郑津洋院士、陈志平教授团队自主提出的轴压圆筒屈曲设计方法、内压椭圆/碟形封头设计方法纳入其中成为国家标准，结束了我国轴压圆筒屈曲、内压椭圆/碟形封头设计长期采用美国机械工程师协会（ASME）方法的历史。发布了国家标准GB/T 150.1~150.4-2024《压力容器》和GB/T 4732.1~4732.6-2024《压力容器分析设计》。这是中国压力容器设计制造、安全监察最重要的两部基础性标准。

在国家科技重大专项课题、国家自然科学基金等项目及产业界的持续共同支持下，历时13年，利用弹塑性理论对轴压圆筒屈曲和内压椭圆/碟形封头失效全过程进行了系统深入的理论分析，开展了100多次工业规模轴压圆筒屈曲和内压椭圆/碟形封头破坏性试验研究，试验装置最大直径达5000mm，探明了轴压圆筒屈曲、内压椭圆/碟形封头屈曲和塑性垮塌的失效机制和规律；提出的基于失效模式的弹塑性设计新方法，物理意义清晰、计算精度高、使用简便，在确保安全的前提下可显著减轻重量。经全国锅炉压力容器标准化技术委员会多次论证评审后，提出的设计新方法正式纳入GB/T 150.1-2024《压力容器 第1部分：通用要求》、GB/T 150.3-2024《压力容器 第3部分：设计》和GB/T 4732.3-2024《压力容器分析设计 第3部分：公式法》，替代了使用百年之久的ASME方法，为压力容器行业标准化贡献了浙大力量。

此外，中心还积极推动氢能产业专业人才培养，搭建氢能装备领域技术交流平台。2024年度中心依托浙江大学氢能研究院，通过整合能源、化工、电气、材料、机械、控制等学院氢能优势教学科研资源，招收了第二届氢能科学与工程项目研究生，培养氢能科学和技术高端人才，使之成为形成特色优势鲜明、国际一流的氢能人才中心和创新策源地。在人才团队建设方面，2024年度中心引入焦鹏博士为副研究员。中心骨干成员钱锦远获国家优青资助晋升教授，花争立晋升特聘研究员，陈传勇晋升副研究员。

2024年11月28日，浙江大学化工机械学科办学70周年高质量发展大会暨特种装备大楼启用仪式在玉泉校区举行。浙江大学副校长王靖岱，原国家质检总局副局长陈钢，中国工程院院士岑可法、欧阳晓平、杨华勇、高翔、郑津洋、赫晓东，日本工程院外籍院士李银生

，华东理工大学校长轩福贞，南京工业大学副校长凌祥，沈阳化工大学副校长金志浩，兰州理工大学原副校长俞树荣，合肥通用机械研究院有限公司副总经理陈炜，浙大宁波理工学院原党委书记胡征宇等出席活动。王靖岱在致辞中表示，浙江大学化工机械学科在过去的70年中，始终扎根国家需求，聚焦行业前沿，不断砥砺前行，为科技进步和社会发展做出了卓越贡献。会上，郑津洋院士作浙江大学化工机械学科发展报告。与会院士与专家学者围绕“国家需求”“学科定位与发展”“人才培养”等主题进行了学科发展高端论坛。大会还进行了研究方向论坛及校友创新创业交流。

在科研成果方面，中心王海阔研究员的超强韧大尺寸纳米结构金刚石制备关键技术获2024年中国核学会技术发明特等奖，许忠斌教授的高端复杂结构制品的注塑与挤出关键工艺技术装备研发及应用获2024年机械工业科技进步二等奖，郑津洋院士的氢能储运装备安全性测试评价技术及应用获2024年机械工业科技进步一等奖（排名第二），许忠斌教授的面向高端复杂结构制品的注塑与挤出集成交叉关键理论及装备获2023年浙江省科技进步二等奖，吴大转教授的复杂零部件水射流成形工艺与装备关键技术及应用获2023年浙江省科技进步二等奖（排名第二）。

在运行管理方面，中心非定期地召开中心主任会议处理相关事务。同时，中心实验装置全年无事故运行，相关实验装置运转良好，有效支撑了国家重点科研任务。

二、成果转化与行业贡献

1. 总体情况

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。全力服务高压过程装备产业的上下游建设，完成了诸多代表性成果转化。

中心郑津洋院士、陈志平教授团队自主提出的轴压圆筒屈曲设计方法、内压椭圆/碟形封头设计方法纳入其中成为国家标准，结束了我国轴压圆筒屈曲、内压椭圆/碟形封头设计长期采用美国机械工程师协会（ASME）方法的历史。发布了国家标准GB/T 150.1~150.4-2024《压力容器》和GB/T 4732.1~4732.6-2024《压力容器分析设计》。这是中国压力容器设计制造、安全监察最重要的两部基础性标准。历时13年，利用弹塑性理论对轴压圆筒屈曲和内压椭圆/碟形封头失效全过程进行了系统深入的理论分析，开展了100多次工业规模轴压圆筒屈曲和内压椭圆/碟形封头破坏性试验研究，试验装置最大直径达5000mm，探明了轴压圆筒屈曲、内压椭圆/碟形封头屈曲和塑性垮塌的失效机制和规律；提出的基于失效模式的弹塑性设计新方法，物理意义清晰、计算精度高、使用简便，在确保安全的前提下可显著减轻重量。经全国锅炉压力容器标准化技术委员会多次论证评审后，提出的设计新方法正式纳入GB/T 150.1-2024《压力容器 第1部分：通用要求》、GB/T 150.3-2024《压力容器 第3部分：设计》和GB/T 4732.3-2024《压力容器分析设计 第3部分：公

式法》，替代了使用百年之久的ASME方法，为压力容器行业标准化贡献了浙大力量。

2. 工程化案例

典型案例一：硬 α 夹杂钛合金轮盘损伤容限评估技术

国家需求：

随着我国军民航空发动机的快速发展，确保航空发动机的安全性和可靠性已成为国家战略的关键部分。先进损伤容限评估技术的应用，能够有效提高航空发动机寿命，减少事故风险，保障飞行安全。在航空发动机行业向高端化、智能化和绿色化发展的背景下，发展自主创新的损伤容限评估技术，有助于提升国家航空工业的竞争力，也为国防安全和商业飞行提供坚实保障。

关键问题：

含缺陷航空发动机轮盘关键件的设计、制备、裂纹扩展试验与分析评估

核心技术：

发展完善了航空发动机内含缺陷轮盘低循环疲劳裂纹扩展试验技术，形成了针对内部缺陷的一种超声波无损检测方法和复杂轮盘内部缺陷的扩展过程精确记录；建立了一套轮盘失效前安全检测技术，通过轮盘旋转过程中主轴振动特性实时采集和分析，对裂纹扩展进行在线检测，可以避免转子出现异常裂纹后的突然爆裂。

成果应用：

国内首次开展含硬 α 夹杂钛合金模拟盘及离心叶轮裂纹扩展试验，该成果已成功应用于WZ16适航取证，在XX20、AES100、CJ1000等军民航空发动机损伤容限设计分析中发挥了重要作用，获中国航空发动机集团科技进步奖1项，发表相关论文10余篇，授权专利5项，编写专著1部。

典型案例二：机匣包容适航验证技术

核心技术：

发展完善了航空发动机机匣包容及适航验证技术体系，从部件包容扩展到模拟整机包容试验，突破了叶片爆炸/加热飞脱技术、轴向包容试验技术、机匣高温包容试验技术、抗突加大不平衡转子保护技术等一系列关键试验技术。

成果应用：

近年来完成30余型军、民用发动机叶片飞脱机匣包容能力评估与试验验证，有效支撑了相关重点型号发动机适航取证和直升机全负载上高原，获中国航空工业集团科技进步奖1项，中国航空学会科技进步奖1项，中国爆破行业学会奖1项，发表相关论文20余篇，授权专利10余项。其中AES100动力涡轮部件包容和模拟整机包容试验为型号成功取证提供了关键支撑，CJ1000复材风扇包容试验为型号取证和机匣结构定型提供了重要支撑。

典型案例三：发动机转子低循环疲劳与损伤容限测试技术

国家需求：

新一代空天动力系统的服役环境更为恶劣，工作边界更加极端，新材料、新结构、新工艺等先进技术应用更为广泛，对发动机转动件的考核和测试提出了更高要求。发展更接近服役条件下的先进材料和结构转子件的低循环疲劳与损伤容限测试技术，为我国先进空天动力系统的设计、研发和考核验证提供支撑，推进新一代先进发动机的研制。

关键问题：

近服役极端环境下新材料、新结构转子件的低循环疲劳与损伤容限先进测试

核心技术：

针对新一代空天动力轮盘、叶片等部件新材料、新结构、极端服役环境问题，研制了基于电磁感应的局部高温加热技术，形成了单晶/铸造涡轮叶片高温-高转速耦合服役条件下的低循环疲劳性能考核及损伤评估方法；开发了超低温环境轮盘超转和低循环疲劳试验技术，支撑超低温服役转子重复使用性能评价。

成果应用：

发展了空心离心叶轮、3D打印转子等新构型轮盘的损伤容限测试与失效特性分析技术，有效支撑了相关重点型号发动机适航取证和新材料、新构型转子在前沿航空发动机中的研制与应用；发表相关论文20余篇，授权专利10余项。其中感应加热低循环疲劳试验支撑了AES100适航取证，为我国研制成功具有国际水平的长寿命航空发动机提供了支撑。

3. 行业服务情况

研究中心现建有氢能装备与安全浙江省工程研究中心、全省氢能储输技术与装备浙江省重点实验室，是全国气瓶标准化技术委员会缠绕气瓶分技术委员会、中国机械工程学会压力容器分会设计委员会、中国仪器仪表学会控制阀专业委员会的挂靠单位，具有国家质量监督检验检疫总局颁发的压力容器分析设计资质，是浙江省技术标准研究创新基地、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。中心与美国、英国、加拿大、德国、法国、瑞士和日本等国家的10余所著名高校和研究机构建立了长期广泛的学术交流和合作研究关系。

三、学科发展与人才培养

1. 支撑学科发展情况

郑津洋教授及其团队参与制/修定了GB/T 4732.3-2024、GB/T 4732.5-2024、GB/T 4457-2024、GB/T 150.3-2024 等八项国家标准，为支撑我国氢能装备发展做出贡献。

2024年6月30日，浙江大学教育基金会能源工程学院过程装备与控制工程专业教材建设Domex-E基金捐赠暨启动仪式在浙江大学玉泉校区举行。浙江大学化工机械与设备专业89级校友杨昕为董事长的杭州德玛仕气体装备工程有限公司慷慨捐赠，设立过程装备与控制工程专业教材建设Domex-E基金，专门用于支持母校过程装备与控制工程专业的教材建

设，助力能源学科拔尖创新人才培养。参加仪式的有：浙江大学党委常委、副校长黄先海，杭州德玛仕气体装备工程有限公司董事长杨昕、董事陈志萍和曹壮勇，中国工程院院士郑津洋，浙江大学本科生院院长张光新，浙江大学发展联络办公室主任、教育基金会秘书长刘峥嵘，浙江大学能源学院常务副院长罗坤，浙江大学化工机械研究所所长洪伟荣，本科生院、校教育基金会相关科室负责人以及能源工程学院教师代表。

2024年11月28日，浙江大学化工机械学科办学70周年高质量发展大会暨特种装备大楼启用仪式在玉泉校区举行。浙江大学副校长王靖岱，原国家质检总局副局长陈钢，中国工程院院士岑可法、欧阳晓平、杨华勇、高翔、郑津洋、赫晓东，日本工程院外籍院士李银生，华东理工大学校长轩福贞，南京工业大学副校长凌祥，沈阳化工大学副校长金志浩，兰州理工大学原副校长俞树荣，合肥通用机械研究院有限公司副总经理陈炜，浙大宁波理工学院原党委书记胡征宇等出席活动。王靖岱在致辞中表示，浙江大学化工机械学科在过去的70年中，始终扎根国家需求，聚焦行业前沿，不断砥砺前行，为科技进步和社会发展做出了卓越贡献。会上，郑津洋院士作浙江大学化工机械学科发展报告。与会院士与专家学者围绕“国家需求”“学科定位与发展”“人才培养”等主题进行了学科发展高端论坛。大会还进行了研究方向论坛及校友创新创业交流。

2. 人才培养情况

2024年度，高压过程装备与安全工程研究中心在人才队伍建设方面，中心培养的钱锦远获国家优青资助晋升教授，花争立晋升特聘研究员，陈传勇晋升副研究员。

中心钱锦远教授主要从事特种阀门的设计方法和可靠性技术研究，兼任全国阀门标准化技术委员会委员、《阀门》期刊编委，成果获中国仪器仪表学会科技进步一等奖、机械工业科技进步二等奖等。

中心花争立研究员主要从事极端环境能源(氢能等)储运装备与安全研究，是全国气瓶标准化技术委员会缠绕气瓶分技术委员会秘书长(SAC/TC31/SC8)，牵头制定了国家标准1项，获2020年国家科技进步二等奖。

中心陈传勇副研究员主要研究航空发动机结构疲劳与损伤容限、极端环境旋转测试技术，主持/参与国家自然科学基金、国防基础科研、两机重大专项等课题20余项，发表论文20余篇，授权专利10项，编写专著1部。

3. 研究队伍建设情况

2024年度，中心引入焦鹏博士为副研究员。焦鹏副研究员2021年9月毕业于浙江大学，获工学博士学位，导师为陈志平教授。主要从事薄壁结构强度与稳定性、承压设备等方面的研究工作。主持或参与国家自然科学基金面上项目、国家重点研发计划课题、浙江省重点研发计划课题、中国博士后科学基金面上项目等。已在国内外权威学术期刊或会议上发表论文20余篇，其中以第一或通讯作者发表SCI论文8篇，申请国家发明专利3项。焦鹏老师

博士论文被评为浙江大学优秀博士论文和浙江省优秀博士论文。

四、开放与运行管理

1. 主管部门、依托单位支持情况

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6865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、大江东联合实验基地等，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。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，本年度依托单位正在开展实验室的CNAS论证。

2. 仪器设备开放共享情况

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。研制非金属密封件高压氢环境服役性能测试装置，开展了密封件的高压氢气耐久性测试方法及疲劳性能测试方法，服务国家重点研发计划课题《塑料内胆碳纤维缠绕储氢瓶失效模式与损伤机理研究（2019YFB1504801）》。
- 2) 完成高压氢环境非金属材料氢渗透试验装置的研制和搭建，为国家标准《高压氢气瓶塑料内胆和氢气相容性试验方法》的编制提供数据支撑。

3) 有偿开放共享湿转子动力学实验装置、100米深旋转密封试验装置、离心泵性能测定实验装置。在组合式机械密封试验、立卧式转子动平衡试验台、对转泵性能测试、离心泵性能测试、泵振动测试等方面发挥了作用。

4) 建立了高压过程装备与安全教育部工程研究中心的“智能过程装备创新创业实验室”。

3. 学风建设情况

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，通过本科生的《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。

4. 技术委员会工作情况

在中心运行管理方面，除了非定期地召开中心骨干成员的研讨会处理相关事务之外，还制定了中心教师每月1次定期例会制度，及时向中心成员教师通报中心的工作，并促进了教师之间的交流。同时，实验装置全年无事故运行，氢能、高速转子相关实验装置很好地支撑国家重点科研任务。

五、下一年度工作计划

以高压过程装备教育部工程研究中心、浙江省氢能装备与安全工程研究中心、氢能储输技术与装备浙江省重点实验室为基础，突出智能化特种装备优势，争取国家级科研平台。突出舰船领域超静音流体机械特色优势，服务于重大工程，建设低噪声舰船流体机械国防重点学科实验室。

联合行业龙头企业或上市公司。

通过下一年度工作，预期达到的主要目标如下：

- (1) 争取科研总经费再创新高，并新增千万级国家级项目。
- (2) 争取国家级科研奖励1项，省部级科研奖励2项以上，发表相关领域顶级期刊论文30篇以上，授权发明专利30件以上，牵头或参与制定标准5项以上。
- (3) 新引进海外/专职研究员等青年人才3人，争取入选省部级人才工程项目1人以上。

六、问题与建议

- (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）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。

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）

工程中心负责人审核意见：

经审核，确认以上填报内容真实有效。

工程研究中心主任：

年 月 日

依托单位审核意见：

情况属实，同意上报。

依托单位：
（单位公章）

年 月 日

八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向1	高压动力装备	学术带头人		吴大转
	研究方向2	高压过程强化	学术带头人		刘宝庆
	研究方向3	高压储输装备	学术带头人		郑津洋
	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	6865.0 m ²		当年新增面积		1585.0 m ²
固定人员	58 人		流动人员		0 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	2项
当年项目到账总经费	11000.0万元	纵向经费	6050.0万元	横向经费	45950.0万元
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	230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	8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	0.0万元	其中专利转让	0万元
		当年到账金额	0.0万元	其中专利转让	0.0万元
	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	0.0万元	其中专利许可	0.0万元
		当年到账金额	0.0万元	其中专利许可	0.0万元

		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	0.0万元	其中专利作价	0.0万元
		产学研合作情况		技术开发、咨询 、服务项目合同 数	28项	技术开发、咨询 、服务项目合同 金额	5714.0万 元
当年服务情况		技术咨询		3次		培训服务	0人次
学科发 展与人才 培养	依托学科 (据实增删)	学科1	工程热物理其 他学科	学科2	机械工程其他 学科	学科3	化学其他学科
	研究生 培养	在读博士		144人	在读硕士		116人
		当年毕业博士		14人	当年毕业硕士		22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	24人	副教授	4人	讲师	0人
	访问学者	国内		0人	国外	0人	
	博士后	本年度进站博士后		1人	本年度出站博士后		2人