

黑 龙 江 省 高 等 教 育
省 级 教 学 成 果 奖 申 请 书

成 果 名 称 面向新工科人才培养的能源动力
大类专业实验教学体系构建与实践

成果主要完成人姓名 姜宝成 刘 辉 帅 永 何玉荣
齐 宏 黄怡珉 王洪杰 李小斌

成果主要完成单位名称 哈尔滨工业大学

成 果 科 类 工 学

类 别 代 码 0811

成 果 网 址 <http://nydl.hit.edu.cn/qtcg/list.htm>

推荐单位名称 哈尔滨工业大学

推 荐 时 间 2017 年 10 月 30 日

目 录

一、黑龙江省高等教育省级教学成果奖申请书.....	1
二、教学成果总结报告.....	18
三、教学成果应用及效果证明材料、及其它佐证材料.....	26
1. 教学研究立项及结题.....	26
2. 教学研究论文.....	46
3. 实验项目目录及建设成果.....	98
4. 学生培养成效.....	110
5. 平台建设成果与教学研究获奖.....	216
6. 精品课程及教材编著.....	226
7. 师资队伍建设成果.....	246
8. 同行评价与借鉴推广.....	274
9. 媒体报道及其他.....	282

一、成果简介

	获奖时间	奖项名称	获奖等级	授奖部门
成果曾获奖励情况	2016年	《工程流体力学》 国家级精品资源共享课	国家级	教育部
	2016年	《传热学》 国家级精品资源共享课	国家级	教育部
	2009年	热能动力技术基础课 国家级教学团队	国家级	教育部
	2015年	工信部能源动力 实验教学示范中心	部级	工信部
	2013年	黑龙江省能源动力虚拟 仿真实验教学示范中心	省级	黑龙江省教育厅
	2009年	国家精品课程建设的 回顾与思考	优秀教育 科研一等奖	黑龙江省高教学会
	2015年	依托学科优势、突出 能力培养创新能源动力 类专业实验教学体系	教学成果 一等奖	哈尔滨工业大学
	成果 起止 时间	起始：2008年01月 完成：2014年12月 实践检验期:3年		

1. 成果简介及主要解决的教学问题

面向国家创新驱动的发展战略，未来新兴产业和新经济需要工程实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型“新工科”人才。哈工大作为国家“双一流”建设的重点工科大学，坚持“厚基础、强实践、重能力、求创新”的学校办学传统与特色，以培养信念执著、品德优良、知识丰富、本领过硬、具有国际视野和领军才能的拔尖创新人才为己任。

在教育部“卓越工程师教育培养计划”等实验室建设项目推动下，积极探索适应新工科人才培养的能源与动力工程专业实验教学体系，先后承担实验教学相关的教改项目和实验室建设项目13项，经费500余万元（附件1），发表教改研究论文18篇（附件2）。以“研究性教学理念”统领，以“学生实践能力和创新能力培养”为目标，基于大类专业知识体系构建包含“专业基础课实验”、“专业课实验”、“科研创新与创业社会实践”3个层次的实验教学体系。整个体系包含135个实验项目、18门创新研修课实验、7

门创新实验课、3 门虚拟仿真实验课（附件 3）。专业基础课和专业课实验教学体系侧重学生共性知识学习与实验能力培养，创新创业实践教学体系通过项目和竞赛实施个性化教育，培养学生创新能力和实践能力。通过名师引领、团队建设形成高水平专兼职实验教学队伍。统筹规划、资源整合，更新实验内容、改革教学方法。依托学科优势，将科研成果转化为优质实验教学资源，创建创新研修课和创新实验课，引导学生提早进入科研实验室，参与教师科研工作，全面培养学生创新实践能力和解决复杂工程问题的能力。

2011 年以来，课题组成员指导学生参加各类科技创新竞赛获奖 31 项，其中国家级一等奖 11 项、二等奖 11 项（附件 4-1），授权国家发明专利 15 项（附件 4-2），发表科研论文 18 篇，其中 SCI 论文 6 篇（附件 4-3），学生获荣誉称号及优秀毕业论文 9 项（附件 4-4）。

项目实施过程中，实验教学中心整体实力与影响力明显提升，先后获批黑龙江省虚拟仿真实验教学示范中心、工信部实验教学示范中心，获哈工大优秀教学成果一等奖 1 项（附件 5）。实验教学改革有力支撑了课程建设，《传热学》、《工程流体力学》评为国家级精品资源共享课程（附件 6-1），根据实验教学需要新编出版实验教材 2 本（附件 6-2）。以“热能动力技术基础课国家级教学团队”建设带动实验教学队伍建设，成效显著，青年教师迅速成长（附件 7）。

建设成果获浙江大学等同行知名专家高度评价，被中国矿业大学等高校借鉴，开发的实验教学设备用于北京科技大学等高校实验教学（附件 8）。

主要解决的教学问题：

（1）实验教学理念相对滞后，根据“新工科”人才培养要求，需要进一步加强实验教学队伍建设，以胜任开展研究性教学需要。

（2）基于原有专业（方向）设置的实验教学体系不适应大类专业人才培养要求，实验教学从属于某一门课程，教学内容交叉融合、协同育人不够。

（3）没有将专业和学科的新发展引入实验教学，科研成果很少转化为实验教学资源，科教融合不足，研究型、创新型实验偏少，不利于培养学生创新能力和解决复杂工程问题能力。

（4）能源动力类专业实际装置庞大，涉及高温、高压、高速流动等极端条件，设备性能影响因素多，欠缺能够开展复杂机理分析的虚拟仿真实验。

（5）需要增加学生主动实践、自主研究的载体，通过实验教学环节强化对学生能力培养，支撑课程建设。

2.解决教学问题的方法

(1) 提升实验教学理念，面向新工科人才培养，构建能源动力类专业实验教学体系。

充分认识“研究性教学”理念对实验教学的重要性，结合前苏联“重专业、强实践”与欧美“重创新、个性化”的教育模式，按照新工科人才素质、能力的培养要求和实验教学的认知规律，构建实验教学新体系。实验教学中心统筹规划类专业实验室建设，打破专业方向和课程界限，重新梳理实验教学内容，增加综合性、创新性和体现学科新发展的实验项目，新构建的“专业基础课实验”和“专业课实验”体系侧重学生知识体系的构建和实验技能的培养，“创新创业实验体系”侧重学生科研能力、创新实践能力的培养，以学科前沿学术问题开阔学生视野，激发学生社会责任担当。各实验实践环节有效协同，为创新型人才培养创造良好条件。同时建立反馈机制，实现实验教学的持续改进。(附件 4-5)

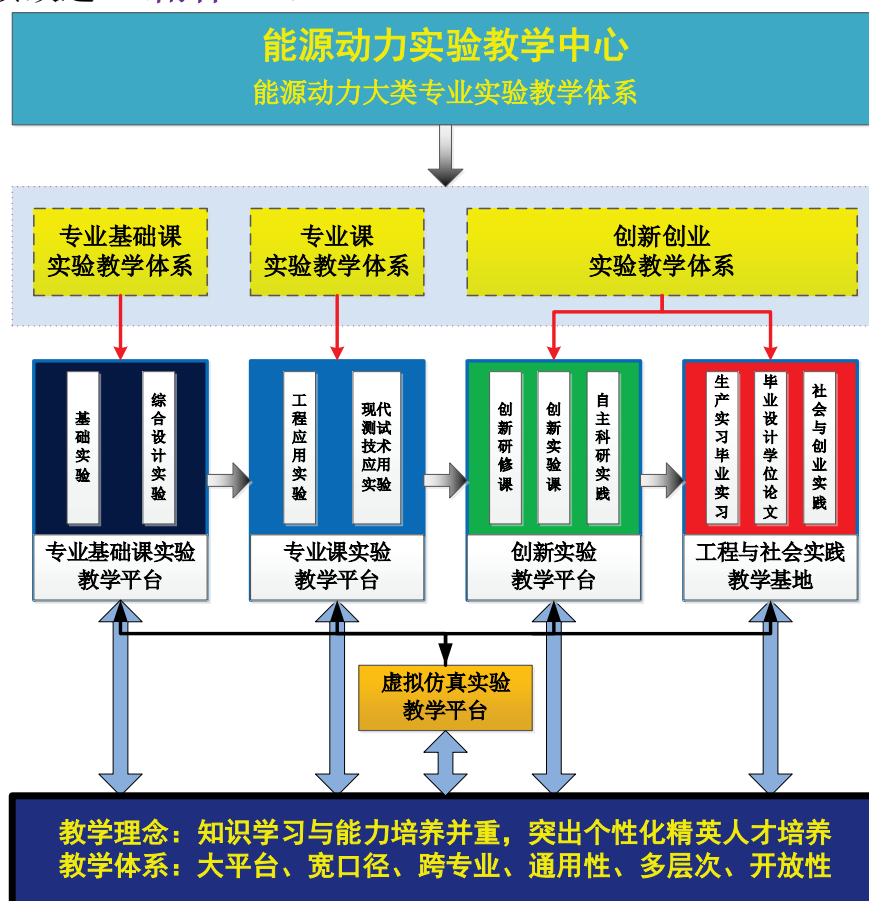


图 1.按人才培养要求构建能源动力实验教学体系

(2) 依托学科优势，教学科研深度融合、把科研成果转化为优质实验教学资源，培养学生创新实践能力，同时促进教师科研工作。哈工大动力工程

及工程热物理学科为国家重点一级学科，科研实力雄厚。将教师工程实践和科学研究的前沿问题引入到实验实践教学环节，通过创建能源动力类专业创新研修课、创新实验课，实现小班授课，采用探究式和讨论式教学，以科技创新项目和竞赛为载体，引导学生自主学习、主动研究、激发创新潜能。例如，帅永教授所在课题组从事太阳能高效利用的研究，开设创新实验课《太阳能高效利用》，后续指导学生基于项目开展研究，学生在国家大学生节能减排大赛获奖（附件 4-1），本科生贾子勋发表 SCI 论文 5 篇（附件 4-3）。哈工大优质的本科生资源参与科研工作，促进科研工作进展。

（3）利用现代技术，建设能源动力专业虚拟仿真实验教学平台。采用“虚实结合、以虚补实”，实现优势互补。虚拟实验可以创设极端条件下多因素耦合的复杂工程问题，其边界条件、实验工况便于设定调整，工况稳定速度快，学生在基本原理的总体框架下，充分发挥想象力，探索寻求多因素耦合规律，有助于培养学生分析和解决复杂工程问题能力。

（4）以名师引领、带动团队建设，形成高水平专兼职实验教学队伍，适应创新型人才培养需要。将实验教学队伍的建设纳入到国家级教学团队建设，引导青年教师积极参加实验实践教学，青年教师更容易接受新的教学理念，同时发挥“传、帮、带”的作用，为青年教师参与人才培养提供适宜的切入点，进一步优化了专兼职实验教学队伍结构。

3.成果的创新点

(1) 基于学科知识体系，构建能源动力大类专业实验教学新体系，符合新工科人才培养要求。新的教学体系统筹规划实验教学资源，打破专业方向和课程界限，实现学科知识的交叉融合，更多的可选择学习内容，有助于实施个性化教育；新增创新创业实验内容，引进专业和学科的最新发展成果和学术前沿问题，开阔学生视野，激发学生使命感、专业认同感和社会责任担当；多层次实验教学有效协同，强化学生实验技能和创新实践能力的培养。

(2) 依托学科优势，将科研资源转化为优质实验教学资源，科研反哺教学，教学科研深度融合，形成合力，在高素质创新型人才培养中协同发挥作用。创建能源动力类专业“创新研修课”、“创新实验课”，采用探究式和讨论式教学，强化学生分析问题和解决问题能力的培养，重视工程伦理教育。引导学生提早进入科研实验室，参加教师科研工作，实现学生主动学习、自主研究。通过导师制把“创新实验”和“项目学习实践”等环节与国家大学生节能减排大赛等学术竞赛及“毕业设计”结合，全面系统培养学生创新实践能力和解决复杂工程问题的能力。哈工大优质本科生资源也促进了教师科研发展，为科研教师参与教学和人才培养提供适宜的切入点。

(3) 以能源动力专业工程实际为背景，自主开发高流速流动，电站锅炉炉内燃烧等虚拟仿真实验项目，与实物实验实现“虚实结合、以虚补实、优势互补”。例如在燃烧学实验台上开设燃烧相关的综合实验，通过反应动力学软件分析燃烧机理，在锅炉热平衡实验中测量设备性能参数，利用“大型锅炉炉内燃烧与污染物控制”虚拟仿真实验，分析各种因素对锅炉燃烧性能的影响规律。

4.成果的推广应用效果

(1) 人才培养成效显著，经过多年实践和改进，在培养学生实践创新能力方面发挥重要作用。实验教学中心除面向能源动力类专业学生，还对机械类、航天类、化工类专业学生开放。每年开出 39 门课程实验，122 个实验项目，2 万余人时学生参加各类实验。2011 年以来有近 500 余名学生参加国家级、校级科技创新，其中参加全国大学生节能减排大赛获奖 60 余项。团队成员指导学生参加各类科技创新竞赛获奖 31 项，其中国家级一等奖 11 项，二等奖 11 项（附件 4-1）；申请国家发明专利 24 项，授权 15 项（附件 4-2）；发表科研论文 18 篇（附件 4-3）；指导学生获荣誉称号及优秀毕业论文 9 项（附件 4-4）。

(2) 实验教学中心整体水平显著提升，形成广泛影响力。2015 年评为工信部实验教学示范中心，2013 年被评为黑龙江省虚拟仿真实验教学示范中心（附件 5）。清华大学、浙江大学等知名高校教师到实验教学中心考察交流，给予高度评价，实验教学改革模式被部分高校借鉴，自主开发实验台被北京科技大学等兄弟院校使用（附件 8）。自主开发虚拟仿真实验教学项目，其中 2 项被学校推荐申报黑龙江省虚拟仿真实验示范项目（附件 9-6）。《哈工大报》对实验教学体系的改革进行了报道，相关报道被高校导航等网络媒体转载（附件 9-3）。

(3) 实验教学改革建设有力地支撑了高水平课程建设。《传热学》、《工程流体力学》先后建成国家精品课、国家精品资源共享课，《燃烧学》评为省精品课，《热机械测试技术》评为哈工大优秀课；出版实验教材 2 部，新编校内实验指导教材 4 本（附件 6）。

(4) 促进高水平实验教学队伍建设，带动青年教师迅速成长。团队成员 2 人为国家级教学团队核心成员（排名 2、3），2 人评为国家优青，1 人为青年长江学者。以第一完成人获黑龙江省技术发明一等奖 1 项、黑龙江省自然科学一等奖 1 项、黑龙江省自然科学二等奖 1 项。1 人获哈工大优秀实验教师，2 人评为哈工大创新创业优秀指导教师（附件 7）。

(5) 团队成员发表教学研究论文 18 篇（附件 1），发表在《实验室管理与技术》上的论文“依托学科知识，构建实验教学新体系”被编入西安建筑科技大学“教学法活动指南-2010 年第 2 期”（附件 8-1）。负责人姜宝成受邀在黑龙江省高教学会做专题报告（附件 9-1）。

(6) 2011 年协助学院承办全国大学生节能减排大赛，2017 年协助承办中国机械工业教育协会能源与动力工程学科教学研讨会，扩大了实验教学中心的影响（附件 9-4）。

二、主要完成人情况

第一完成人姓名	姜宝成	性 别	男
出生年月	1962 年 03 月	最后学历	大学
专业技术职称	教授级高工	现 任 党 政 职 务	能源学院实验教学中心主任
现从事工作及专长	热工实验与节能技术		
工作单位	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院		
联系电话	0451-86412808	移动电话	13199529592
电子信箱	jiangbc@hit.edu.cn		
通讯地址	哈工大能源学院		
何时何地受何种省部级及以上奖励	1 黑龙江省高等教育教学成果二等奖，2007,排序1； 2 热能动力类技术基础课程国家级教学团队，2009，排序3； 3 黑龙江省高等教育教学成果一等奖，2009,排序5； 4 黑龙江省高教学会优秀教育科研成果一等奖，2009,排序1。		
主 要 贡 献	1. 担任实验教学中心主任，主持实验教学中心规划建设管理工作。负责本课题立项、总体方案设计； 2. 负责构建满足创新人才培养需要的实验教学新体系，梳理学院现有实验教学资源，完善专业基础与专业实验教学平台，组织利用学科科研资源建设创新实验教学平台，组织开展虚拟仿真实验平台建设； 3. 统筹规划实验教学中心建设，组织参加了 10 余项教学研究与实验室建设项目，发表教学研究论文 10 篇； 4. 负责实验教学师资队伍建设，组织教学过程管理制度制定、教学过程管理； 5. 审阅、修改实施方案及汇总完成报告；负责成果的总结及应用推广。		
	本人签名： 年 月 日		

主要完成人情况

第(二)完成人姓名	刘辉	性 别	男
出生年月	1972 年 11 月	最后学历	博士研究生
专业技术职称	教授(博导)	现任党政职务	系主任/副所长
现从事工作及专长	动力工程及工程热物理		
工作单位	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院		
联系电话	86413231-888	移动电话	13303605691
电子信箱	liuhui@hit.edu.cn		
通讯地址	哈尔滨工业大学 457 信箱 150001		
何时何地受何种省部级及以上奖励	1 黑龙江省科学技术奖(发明)一等奖, 2017, 排序1; 2 黑龙江省科学技术奖(发明)一等奖, 2014, 排序8; 3 黑龙江省高教学会优秀教育科研成果二等奖, 2014, 排序1; 4 “燃烧学”省精品课程, 2008, 排序2。		
主要贡献	1. 作为系主任和研究所副所长, 协助第一负责人完成项目的组织规划和具体实施; 2. 参加实验教学体系的构建及实验平台建设; 3. 负责创新研修课《锅炉低氮氧化物排放技术》的建设; 4. 参加燃烧学课程虚拟实验建设; 5. 主持省级教改项目 3 项, 已经结题 2 项; 6. 开展本科生科技创新指导方法研究, 指导本科生参加科技竞赛, 获国家级二等奖 1 项, 三等奖 2 项, 校级二等奖 3 项, 指导本科生参加发明专利申请多项, 指导本科生撰写科技论文 3 篇; 7. 发表教学改革论文 3 篇。		
	本人签名: 年 月 日		

主要完成人情况

第(三)完成人姓名	帅永	性 别	男
出生年月	1978年11月	最后学历	博士研究生
专业技术职称	教授(博导)	现任党政职务	副院长
现从事工作及专长	工程热物理		
工作单位	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院		
联系电话	86412308	移动电话	18504602533
电子信箱	shuaiyong@hit.edu.cn		
通讯地址	哈尔滨工业大学 456 信箱 150001		
何时何地受何种省部级及以上奖励	1 黑龙江省自然科学一等奖, 2016年, 排序4; 2 国防技术发明二等奖, 2015年, 排序5; 3 教育部长江学者青年学者, 2016年; 4 国家自然科学基金优秀青年基金, 2015年; 5 教育部新世纪优秀人才, 2013年。		
主要贡献	1. 讲授《传热学》、《热环境控制》课程; 2. 负责创新实验课《太阳能高效利用》和创新研修课《飞行器热分析与热设计》的建设; 3. 负责创新人才培养教学方法研究; 4. 参加本科生导师制和创新驱动大学生能力培养的建设; 5. 开展本科生科技创新指导方法研究, 指导本科生参加科技竞赛, 获国家级一等奖4项, 二等奖3项, 指导本科生参加发明专利申请7项, 4项已授权, 指导本科生发表SCI论文5篇, EI论文2篇; 6. 发表教学改革与教育论文1篇。		
	本人签名:		
	年 月 日		

主要完成人情况

第(四)完成人姓名	何玉荣	性 别	女
出生年月	1976年11月	最后学历	博士研究生
专业技术职称	教授(博导)	现任党政职务	副院长
现从事工作及专长	动力工程及工程热物理		
工作单位	哈尔滨工业大学 能源科学与工程学院		
联系电话	0451-86413233	移动电话	13936608011
电子信箱	rong@hit.edu.cn		
通讯地址	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院 150001		
何时何地受何种省部级及以上奖励	1 黑龙江省自然科学一等奖, 2016年, 排序1 2 国家自然科学基金优秀青年基金, 2013年 3 黑龙江省杰出青年基金2016年		
主要贡献	<ol style="list-style-type: none"> 1. 作为学院副院长, 协助第一负责人完成项目的组织规划和具体实施; 2. 负责工程实践基地建设; 3. 负责实践课《纳米流体及热物性测量》的建设; 4. 负责本科生创新研修课《复杂多相流与过程强化》的建设; 5. 作为本科生“优才计划”的导师, 指导提前进入实验室的本科生; 6. 指导本科生参加科技竞赛, 获国家级一等奖4项, 二等奖7项, 三等奖1项, 校级一等奖3项, 三等奖1项, 指导本科生参加发明专利申请, 目前已授权5项, 指导本科生发表科技论文3篇; 7. 发表教学论文2篇。 <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">本人签名:</p> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">年 月 日</p>		

主要完成人情况

第（五）完成人姓名	齐宏	性 别	男
出生年月	1980 年 1 月	最后学历	博士研究生
专业技术职称	教授(博导)	现 任 党 政 职 务	系副主任/ 院长助理
现从事工作及专长	动力工程及工程热物理		
工作单位	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院		
联系电话	0451-86412638	移动电话	13644609152
电子信箱	qihong@hit.edu.cn		
通讯地址	哈尔滨工业大学 456 信箱 150001		
何时何地受何种省部级及以上奖励	1 国防技术发明二等奖，2015，排序4； 2 黑龙江省教育学会优秀教育科研论文一等奖，2009，排序3； 3 2014年度黑龙江省大型科学仪器设备共享服务先进个人（技术类）；		
主 要 贡 献	1. 作为系副主任和院长助理，协助第一负责人完成项目的组织规划和具体实施； 2. 负责创新实验平台建设； 3. 负责创新研修课《半透明介质热特性理论》的建设； 4. 负责《传热学》课程建设，虚拟实验建设； 5. 参加实验教学督导工作； 6. 参加省级教改项目 3 项,已经结题 2 项； 7. 开展本科生科技创新指导方法研究，指导本科生参加科技竞赛，获国家级三等奖 2 项，校级二等奖 2 项，指导本科生参加发明专利申请 5 项，其中 3 项授权。		
	本人签名： 年 月 日		

主要完成人情况

第(六)完成人姓名	黄怡珉	性 别	女
出生年月	1963年5月	最后学历	大学
专业技术职称	高级工程师	现任党政职务	实验教学中心副主任
现从事工作及专长	能源与动力工程		
工作单位	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院		
联系电话	0451-86412808	移动电话	13945668081
电子信箱	ym.huang@hit.edu.cn		
通讯地址	哈尔滨工业大学 456 信箱 150001		
何时何地受何种省部级及以上奖励	1 黑龙江省高等教育教学成果二等奖, 2007,排序4; 2 “燃烧学”省精品课程,2008,排序4。		
主要贡献	<p>1. 担任实验教学中心副主任, 协助中心主任主持工作, 负责实验室管理文件制定, 实验教学过程管理, 实验室开放管理, 收集整理各类文件资料;</p> <p>2. 参加实验教学中心基础实验教学平台建设; 负责黑龙江省精品课程《燃烧学》课程实验教学建设;</p> <p>3. 开设工程流体力学及燃烧学实验;</p> <p>4. 参加工信部能源动力实验教学示范中心、黑龙江省能源动力虚拟仿真实验教学示范中心建设;</p> <p>5. 参加燃烧学虚拟仿真实验教学项目建设。</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">本人签名:</p> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">年 月 日</p>		

主要完成人情况

第(七)完成人姓名	王洪杰	性 别	男
出生年月	1962 年 01 月	最后学历	硕士
专业技术职称	教授	现任党政职务	研究所所长
现从事工作及专长	流体力学、流体机械		
工作单位	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院		
联系电话	0451-86413251	移动电话	13903610856
电子信箱	wanghongjie@hit.edu.cn		
通讯地址	哈尔滨工业大学动力楼 419 房间 (150001)		
何时何地受何种省部级及以上奖励	1 国家精品课程《工程流体力学》负责人 2009 2 国家精品资源共享课《工程流体力学》负责人 2016		
主要贡献	1. 《工程流体力学》课程负责人，负责该课程建设总体规划，教学改革和具体实施，规划制定流体力学实验教学建设； 2. 参与实验教学体系的改革与建设，负责工程实践基地建设； 3. 负责创新研修课《现代 CFDJ 技术在流体机械中的应用》的建设； 4. 协助负责实验教学队伍建设； 5. 指导本科生参加科技竞赛，获国家级一等奖 3 项，发表教学论文 2 篇。		
	本人签名： 年 月 日		

主要完成人情况

第八完成人姓名	李小斌	性 别	男
出生年月	1984 年 9 月	最后学历	博士研究生
专业技术职称	副教授（硕导）	现任党政职务	无
现从事工作及专长	动力工程及工程热物理		
工作单位	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院		
联系电话	0451-86403254	移动电话	13796600311
电子信箱	lixb@hit.edu.cn		
通讯地址	哈尔滨工业大学能源科学与工程学院 150001		
何时何地受何种省部级及以上奖励	1 黑龙江省自然科学二等奖（排名1），2016； 2 全国能动类专业教学改革会议优秀论文奖，2016。		
主要贡献	1. 以第一参加人申请立项全校本科生任选课程《流体力学多尺度创新实验课》，编纂实验指导书，已进行 6 轮教学，效果良好； 2. 讲授《高等流体力学》和《流体动力学先进测试技术》两门研究生课； 3. 负责哈尔滨工业大学青年教学研究项目《学生主动学习策略研究》，顺利结题； 4. 负责哈尔滨工业大学教育教学改革研究项目《流体力学实践课程一体化建设研究及实践》； 5. 参加流体力学相关实验教学体系及实验平台建设； 6. 担任本科生年度立项项目导师； 7. 合作完成流体动力学测量领域经典译著一部《粒子图像测速仪》，由哈尔滨工业大学出版社出版； 8. 发表教学论文 2 篇。		
	本人签名： 年 月 日		

三、主要完成单位情况

主 持 单位名称	哈尔滨工业大学	主管部门	工业和信息化部
联 系 人	杨华靖	联系电话	0451-86413467 13936166745
传 真	0451-86413267	邮政编码	150001
通讯地址	黑龙江省哈尔滨市西大直街 92 号哈尔滨工业大学本科生院		
电子信箱	hitjxyjk@126.com		
主 要 贡 献	<p>哈尔滨工业大学为该项目独立完成单位，发表教改研究论文 18 篇，出版实验教材 2 本。以“研究性教学理念”统领，以“学生实践能力和创新能力培养”为目标，基于大类专业知识体系构建包含“专业基础课实验”、“专业课实验”、“科研创新与创业社会实践”三个层次的实验教学体系，解决了实验教学体系覆盖面过窄，教学内容交叉融合不够问题；通过本项目实施，促进学生主动实践、自主研究，学生创新实践能力和解决复杂工程问题的能力得到提升，一批学生取得标志性成果。</p> <p>哈工大能源动力实验教学中心建成黑龙江省虚拟仿真实验教学示范中心及工信部实验教学示范中心，提供辐射示范作用；《传热学》、《工程流体力学》2 门课程建设成国家资源共享课程。“热能动力技术基础课教学团队”评为国家级教学团队。</p> <p>国内多所高校予以借鉴，开发的实验教学设备用于北京科技大学等高校的实验教学。</p> <p style="text-align: center;">单 位 盖 章</p> <p style="text-align: center;">2017 年 10 月 27 日</p>		

四、推荐单位意见

推
荐
意
见

课题组针对新工科背景下如何培养高素质创新型人才进行了实验教学体系的改革实践，确定了“依托学科优势，科研反哺教学，教学科研深度融合、形成合力，在高素质人才培养中协同发挥作用”的实验教学改革思路；充分利用学科资源完成了实验教学新体系中的创新实验平台与虚拟实验平台建设工作；通过热能动力技术基础课国家级教学团队建设带动高水平专兼职实验教学队伍建设，教学过程引入学科学术前沿问题培养学生工程创新能力，应用于教学实践效果显著，一批学生取得标志性成果，具有示范推广价值，国内同行给予高度评价并借鉴引用。

该成果的应用实践，提升了实验教学理念，多层次实验教学有效协同，教学科研深度融合，强化学生实验技能和创新实践能力的培养。经过多年研究与实践，成果实施过程稳定、特色鲜明、效果显著。鉴于此，推荐其申报省级教学成果奖一等奖。

推荐单位公章

2017年10月27日

五、评审意见

评审意见	<p>高等教育省级教学成果奖评审委员会签字：</p> <p>年 月 日</p>
审定意见	<p>黑龙江省教育厅（公章）</p> <p>年 月 日</p>

六、反映成果的总结

依托学科优势、突出能力培养创新能源动力类专业实验教学体系 (面向新工科人才培养的能源动力类专业实验教学体系构建与实践)

(一) 研究背景

进入二十一世纪，世界范围内新一轮科技和产业革命正驱动着新经济的形成与发展，培养具有创新精神和实践能力的高素质人才，是高等院校面临的重要任务。哈工大作为国家“985”建设及“双一流”建设的重点大学，自然担负培养具有国际竞争力的高素质工程领军人才及科技创新拔尖人才的任务。面对新形势，研究探索如何建立大类专业实验教学体系，增加学科前沿类创新类教学内容以适应新型工科人才培养需要是非常必要的。

(二) 研究内容及成果

课题组完成省新世纪教改项目“能动类专业大学生科研创新实验教学体系机制建立与探索实践”、教育部“卓越工程师教育培养计划”等 16 项教改项目，经费 500 余万元（附件 1），发表教学研究论文 18 篇（附件 2），主要成果如下：

1. 提升实验教学理念，面向新工科人才培养，构建了能源动力类专业实验教学体系，完成了高水平实验教学条件建设。

充分认识研究性教学理念对实验教学的重要性，结合前苏联“重专业、强实践”与欧美“重创新、个性化”的教育模式，按照新型工程人才素质、能力培养要求和实验教学认知规律，构建新的实验教学体系。实验教学中心统筹规划大类专业实验室建设，打破专业方向和课程界限，重新梳理实验教学内容，增加综合性、创新性和体现学科发展的实验项目，新构建的“专业基础课实验”和“专业课实验”体系侧重学生知识体系的构建和实验技能的培养，“创新创业实验体系”侧重学生科研能力、创新能力的培养。各实验实践环节有效协同，为创新型人才培养创造良好条件。根据不同类型实验特点将开出实验特划分为 4 个实验教学平台、1 个教学基地建设

管理，合计 135 个实验项目，18 门创新研修课实验、7 门创新实验课、3 门虚拟仿真实验课（附件 3）。

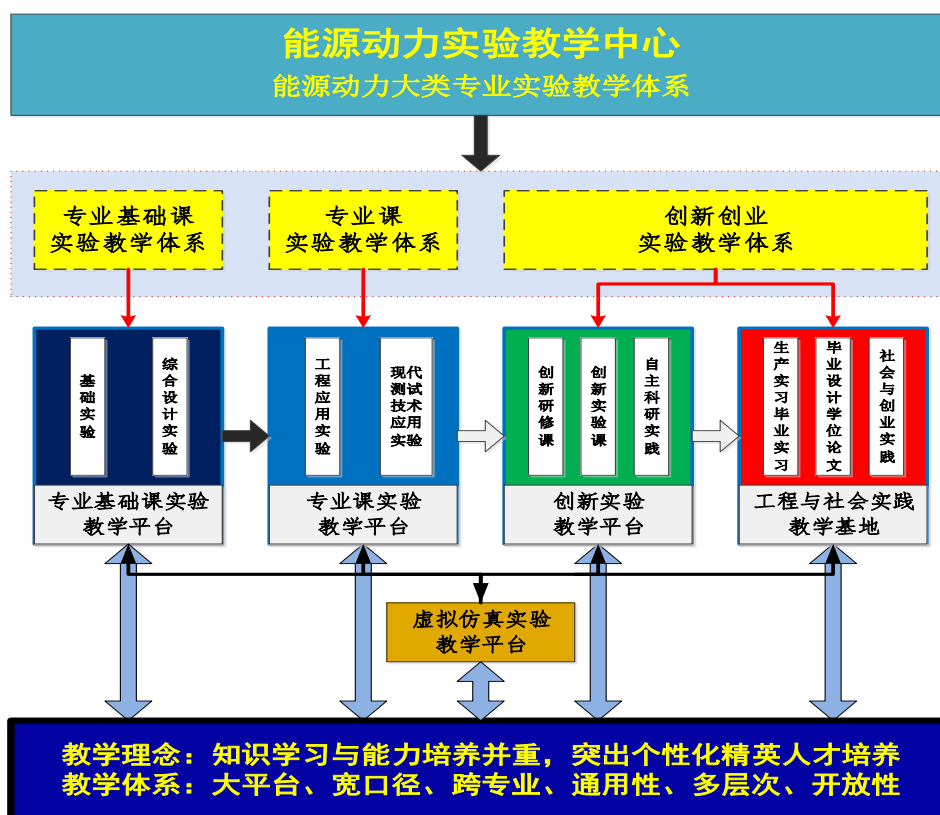


图 1.按人才培养要求构建能源动力实验教学体系

教学过程实行多层次教学，各个层次课程定位不同，发挥不同层次课程协同作用，实现理论教学与实践教学交叉实施，实践教学由基础到综合应用，最后进行科研创新实验训练。专业基础课实验教学与专业课实验教学体系相关实验随理论课程设置，侧重共性知识的学习与能力培养；创新创业实践教育体系独立理论课程之外开设或通过各种科技竞赛实施，实施个性化教育，培养学生创新与实践能力。

2. 依托学科优势，教学科研深度融合、把科研成果转化为优质实验教学资源，培养学生创新实践能力，同时促进教师科研工作。哈工大动力工程及工程热物理学科为国家重点一级学科，科研实力雄厚。将教师工程实践和科学研究的前沿问题引入到学生培养环节，通过建设能源动力类创新研修课、创新实验课，开展小班授课、探究式讨论式教学，以科技创新项目和竞赛为载体，引导学生自主学习、主动研究、激发创新潜能。

图 2 所示，帅永教授所在课题组从事太阳能高效利用的研究，开设创新实验课《太阳能高效利用》、组建相关系列课程进行理论-实践-探究的学习过程，后续指导学生基于项目的研究工作，学生在国家大学生节能减排大赛获奖 2 项，本科生贾子勋发表 SCI 论文 5 篇。出版教材（热辐射测试技术）一部。

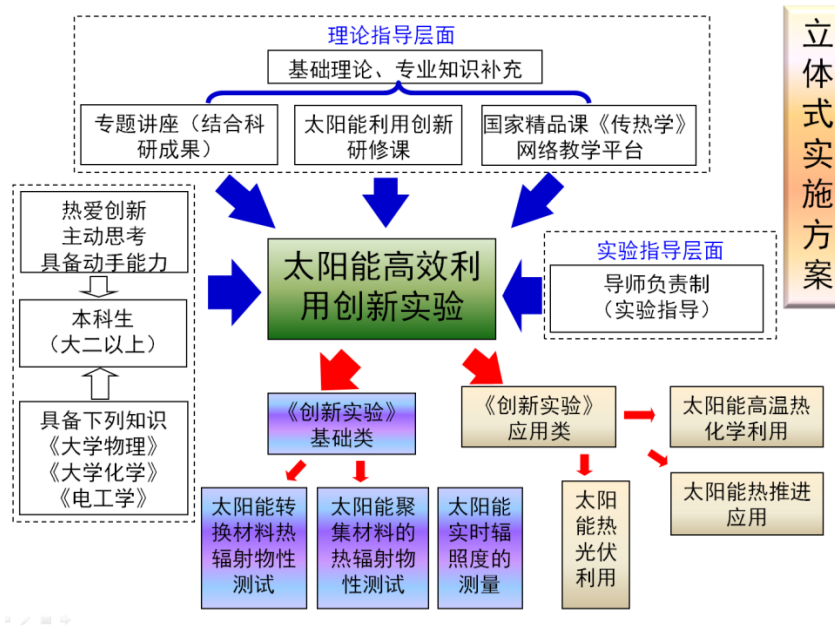


图 2.太阳能高效利用实验实施方案

3. 借助学科资源、本-研交融组建流体力学系列课程教学体系

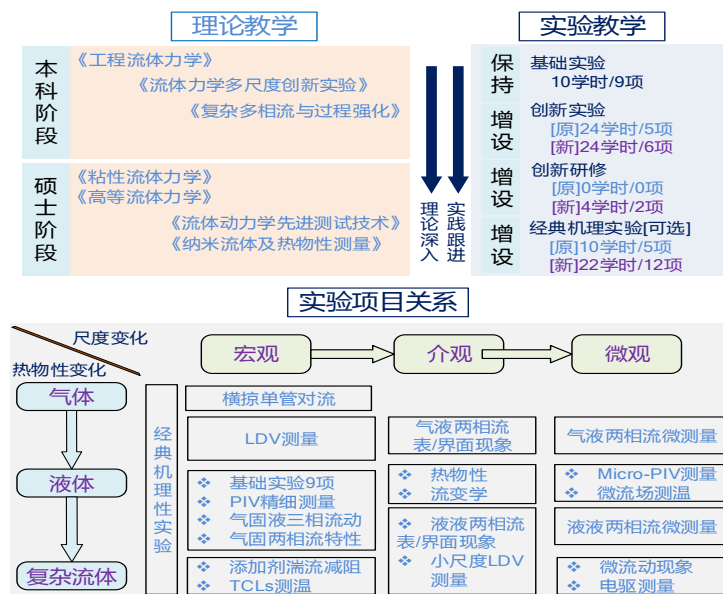


图 3.一体化流体力学实验教学实施方案

如图 3 所示组建的流体力学课程群，其实验首先从认识流体热物性、表面性质开始，再进行不同流体流动现象观测、未知流动现象探索，最后进行流动状态的精细化测量，分析不同流体及不同工况下的流场参数和流动参数，探索流体力学中的流动机理以及在实际过程中的复杂流动问题应用，本科生实验精选经典项目，如雷诺实验等；研究生实验注重现代测量技术引进教学，如利用粒子图像测速仪（PIV）测量三维流场，翻译并出版教材《粒子图像测速仪实用指南》一部。

4. 针对创新人才培养必须的、难以开展实物实验的内容，开发与引进相结合建设能源动力虚拟仿真实验教学平台，并获批黑龙江省能源动力虚拟仿真实验教学示范中心。依托燃煤污染物减排国家工程实验室自主开发了 3 项虚拟仿真实验、依托发动机气体动力省重点实验室等开发了 4 项虚拟仿真实验。其中《发动机高超速流动控制虚拟仿真实验》、《火电站锅炉燃烧机理及氮氧化物排放特性虚拟仿真实验》于 2017 年 10 月被推荐申报黑龙江省虚拟实验教学示范项目。图 4 与图 5 为虚拟仿真实验网页屏幕截图。教学中“虚实结合、以虚补实”，实现优势互补。

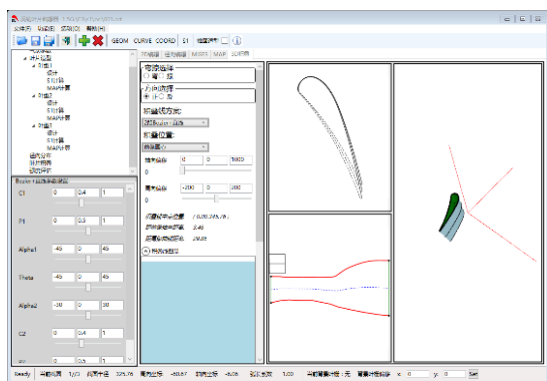


图 4.弯扭叶片三维空间成型图

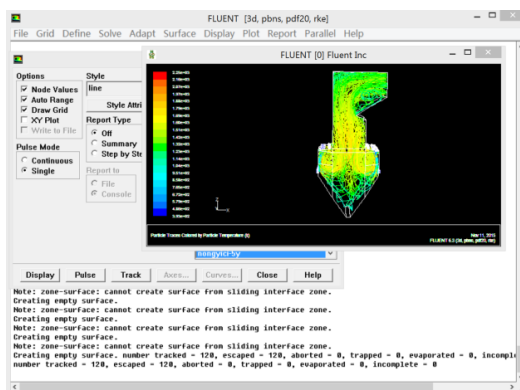


图 5.煤粉颗粒轨迹计算结果显示

虚拟实验可以创设极端条件下多因素耦合的复杂工程问题，便于学生实践，有助于培养学生分析解决复杂工程问题能力。例如燃烧学在实验台上开设气体燃烧的综合实验，通过反应动力学软件分析燃烧机理，在锅炉热平衡实验中测量设备性能参数，在“大型锅炉炉内燃烧与污染物控制虚拟仿真实验”上分析各种因素对锅炉性能的影响规律。针对创新人才培养

必须的，难以开展实物实验的内容，开发与引进相结合建设能源动力虚拟仿真实验教学平台，教学过程采取虚实结合，优势互补的教学方法。

5. 以名师引领、带动团队建设，形成高水平实验教学队伍，适应创新型人才培养需要。将实验教学队伍建设纳入到国家级教学团队建设，引导青年教师参加实验教学，青年教师更容易接受新的教学理念，同时发挥“传、帮、带”的作用，给青年教师参与人才培养提供切入点，优化专兼职实验教学队伍结构。

实验中心聘请国家教学名师谈和平等知名教授为学术顾问，以热能动力技术基础课国家级教学团队建设带动实验教学队伍建设，鼓励思想活跃、具有创新能力的青年教师参加实验教学，利用青年教师在科研学术方向上取得的成就，开设创新研修课、创新实验课，组织指导学生参加基于项目学习的大学生创新实验计划及学科在研科研项目等，青年教师在科教融合过程中迅速成长。

(三) 应用效果

1. 人才培养效果显著。



图 6.部分学生获奖证书

上述各项改革、研究及建设成果现已成功地应用于教学中，近年来中心除接待能源动力类专业学生外，还接待机械类、航天类、化工类专业

学生，每年开出 39 门实验课程，122 个实验项目（附件 3），2 万余人次学生参加各类实验，学生在条件先进优越的实验环境中，进行多层次、多模式实践训练。课题组成员所指导的学生参加各类科技创新竞赛获奖 31 项，其中国家级一等奖 11 项，二等奖 11 项（附件 4.1）；获国家发明专利授权 15 项（附件 4.2）；发表科研论文 18 篇（附件 4.3）；指导的学生获荣誉称号及优秀毕业论文 9 项（附件 4.4）。

2. 实验教学中心整体水平提升，形成了广泛影响力。2015 年实验教学中心通过工信部实验教学示范中心评审验收；2013 年被评为黑龙江省虚拟仿真实验教学示范中心（附件 5）。

3. 支撑了高水平课程建设。《传热学》、《工程流体力学》先后建成国家精品课、国家精品资源共享课，《燃烧学》评为省精品课课程，热动机械测试机械课程评为哈工大优秀课程；出版实验教材 2 部，新编实验指导书 4 本（附件 6）。

4. 教学与科研有机结合，促进了创新精神与实践能力的高水平实验教学队伍建设，带动青年教师迅速成长。课题组主要成员 6 人，1 人是哈工大热能动力技术基础课程国家教学团队建设核心成员，排名 3，哈工大优秀实验教师；3 名青年教师评为拔尖人才（教授）；2 人评为国家青年杰青人才，1 人同时被评为教育部青年长江学者；2 人被评为哈工大创新创业优秀指导教师。1 人获黑龙江省自然科学奖一等奖，排名 1；1 人获黑龙江省发明奖一等奖，排名 1（附件 7）。

5. 2009 年 11 月发表在实验室管理与技术上的论文“依托学科知识，构建实验教学新体系”被编入西安建筑科技大学“教学法活动指南-2010 年第 2 期”（附件 8-1）。

6. 国内许多著名高校，如清华大学、上海交通大学、浙江大学、西安交通大学等高校教师曾来中心进行考察交流，并给以很高评价，实验教学改革模式被部分大学借鉴（附件 8-2 至附件 8-5）。

7. 自主开发的实物实验台被北京科技大学等兄弟院校使用（附件 8-6）。

8. 发表教学研究论文 18 篇（附件 2）；课题组负责人 2009 年受邀在黑

龙江省高教学会做专题报告（附件 9-1），2017 年在中国机械教育学会，能源与动力工程学科教学研讨会做报告（附件 9-2）。

9. 2011 年，哈工大校报对能源学院实验教学体系的改革进行了报道，相关报道被高校导航等网络媒体转载（附件 9-3）。

10. 2011 年学院承办了全国大学生节能减排大赛（附件 9-4），2017 年承办了中国机械工业教育协会能源与动力工程学科教学研讨会，扩大了实验中心的影响，取得成果受到同行关注（附件 9-5）。



图 7. 承办能源与动力工程学科教学研讨会—参观实验室

11. 自主开发与引进相结合建设 3 门虚拟仿真实验课，共计 20 项教学实验，其中两项虚拟仿真被学校推荐申报黑龙江省虚拟仿真实验示范项目（附件 9-6）。

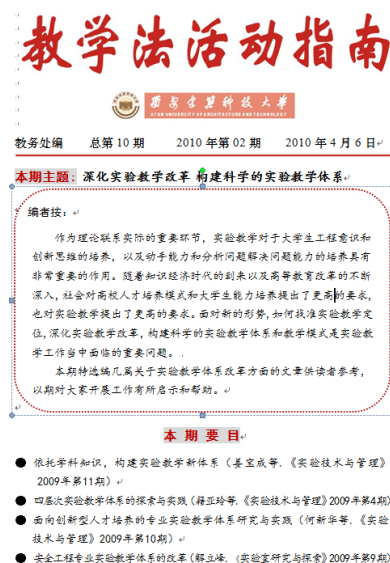


图 8. 媒体报道，同行关注

（四）成果的价值和主要创新点

课题组改革探索方案科学合理，建设成果用于人才培养效果显著，具有推广价值。

1.基于学科知识体系，构建能源动力大类专业实验教学新体系，符合新工科人才培养要求。新的教学体系可以统筹规划实验教学资源，打破专业课程界限，有助于学科知识的交叉融合，更多的可选择学习内容，有助于实施个性化教育；新增加的创新创业实验内容，引进专业和学科的最新发展成果和学术前沿问题，有助于开阔学生视野，激发学生使命感、专业认同感和社会责任担当；多层次实验教学有效协同，强化学生实验技能和创新能力培养。

2.依托学科优势，将科研资源转化为优质实验教学资源，科研反哺教学，教学科研深度融合，形成合力，在高素质创新型人才培养中协同发挥作用。创建能源动力类专业“创新研修课”、“创新实验课”，采用探究式和讨论式教学，强化学生分析问题和解决问题能力的培养，重视工程伦理教育。引导学生提早进入科研实验室，参与教师科研工作，实现学生主动学习、自主研究。通过导师制把“创新实验”和“项目学习实践”等环节与国家大学生节能减排大赛等学术竞赛及“毕业设计”结合，全面系统培养学生创新实践能力和解决复杂工程问题的能力。哈工大优质本科生资源促进了教师科研发展，也为科研教师参与教学和人才培养提供适合的切入点。

3.以能源动力专业工程实际为背景，自主开发高超速流动，电站锅炉炉内燃烧等虚拟仿真实验项目，与实物实验实现“虚实结合、以虚补实、优势互补”。例如在燃烧学实验台上开设燃烧相关的综合实验，通过反应动力学软件分析燃烧机理，在锅炉热平衡实验中测量设备性能参数，利用“大型锅炉炉内燃烧与污染物控制”虚拟仿真实验，分析各种因素对锅炉性能的影响规律。

本课题是能源学院实验教学中心集体项目，参加课题研究与实验室建设工作的人员有：姜宝成、刘辉、帅永、何玉荣、齐宏、黄怡珉、李小斌、王洪杰、刘彬、翟明、温风波、曾令艳、严利明、宋彦萍、赵广播等。