

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：可再生能源发电技术教育部工程研究中心

所属技术领域：能源与矿业

工程中心主任：鞠平

工程中心联系人

/联系电话：13776693663

依托单位名称：河海大学

2020 年 4 月 23 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）

可再生能源教育部工程研究中心于 2015 年 1 月通过教育部建设验收，正式投入运行。工程中心现任主任是国家杰出青年基金获得者、洪堡学者鞠平教授，技术委员会主任是中国工程院院士薛禹胜教授。工程中心现有研发人员 103 人，其中固定人员 90 人，企业流动人员 13 人。本年度内，工程中心从国内外高校引进高水平人才 7 人；研发队伍中 1 人晋升正高级职称，3 人晋升副高级职称；吴峰教授入选江苏省特聘教授，并入选江苏省高校“青蓝工程”优秀教学团队带头人；王冰教授入选江苏省“六大人才高峰”高层次人才计划；派出 8 名青年教师赴国际知名高校交流访问。工程中心人才队伍结构进一步优化，研发队伍技术实力显著提升。

工程中心根据自身技术优势及我国可再生能源资源的特点，针对水电、风电、太阳能发电这三种最主要的可再生能源发电形式及并网消纳这一利用可再生能源发电的关键途径，确立了四个研究方向，各方向在本年度内均取得了多项研究成果：

1. 可再生能源发电建模与并网技术方向：（1）创新了计及多时空尺度的新能源并网运行（RGIPG）模型体系，为新能源并网运行分析与控制提供了支撑；（2）创建了计及随机特性的 RGIPG 概率优化调度方法，为新能源并网经济高效运行提供了支撑；（3）创立了计及连续与离散控制的 RGIPG 非线性混合控制理论，为新能源并网安全优质运行提供了支撑。研究成果应用于江苏启东和大丰海上风电场，降低了大规模沿海风电接入对电网频率控制的影响，降低了常规机组频率调节压力，为沿海风电场安全稳定运行提供了必要保障。研究成果“新能源并网的建模与调控理论”获得 2019 年度江苏省科学技术奖二等奖。

2. 水轮机优化设计与运行监控技术方向：（1）进一步将“水电站水力-机械过渡过程仿真计算通用软件”应用于水电工程的分析计算，机组优化运行所产生的年度效益约 2 亿元以上；（2）进一步研发推广冷却塔专用水轮机，继续在河海嘉裕公司和南京仟亿达新能源科技有限公司转化为产品；（3）进一步开发和推广“水力机组三维可视化管理与故障诊断系统”，在 9 家大型水电厂、水利枢纽和泵站推广应用。

3. 风力发电优化设计与运维技术方向：（1）开展海上风电场微观空气动力学研究，提高风电场风资源计算和微观选址优化技术，其软件平台继续在国内多个大型电力设计院使用。（2）提出新型格构式塔架结构，将该塔架应用于低风速区 3MW 风电机组中，并进行详细的结构优化设计和校核分析。（3）基于 3MW 低风速风电机组设计项目，开展了中速传动机型传动链设计和液压变桨传动系统设计。（4）提出了涡流发生器 CFD 模拟的参数化建模方法，该方法能更精细地得到脱落涡的存在和其带来的流体切向速度分量。（5）全面分析了涡核尺寸对自由涡尾迹方法计算风力机气动特性的影响，得到了初始涡核半径主要影响叶片附近涡量场分布和叶尖涡形状，而涡粘性耗散常数主要影响风轮下游尾流场叶尖涡的耗散特性的重要结论。（6）开展了海上风电机组分布式控制研究，设计单机故障和通信故障两种情况下的领导者-跟随者分布式控制策略，使系统有功功率输出稳定；（7）研究了海上风电场飞轮储能协调无源控制方法，控制设计过程保证了整个控制律在非线系统之中的适用性，使系统达到稳定的转速和电流输出，并有效地提高了系统的暂态稳定性能。

4. 太阳能光伏与光热发电技术方向：（1）开发了光伏/光热规划、设计和评估的

软件，推广到 10 余家企业，应用的光伏工程设计业绩超过 1000 万千瓦，光热工程设计业绩超过 20 万千瓦，具有替代国外同类软件产品的势头。（2）研发了光伏系统运维诊断系列技术，在示范光伏发电系统上创下了 3 年平均发电效率 89.7% 的新世界纪录；（3）开发的塔式光热电站性能评估模型软件应用于青海共和塔式光热电站和鲁能千万千瓦级多能互补项目。该软件与国外引进的软件相比，具有资源计算准确、发电量评估误差小、界面优化、使用方便等优点。

本年度内，工程中心共承接国家自然科学基金 9 项，其中国际（地区）合作与交流项目 1 项、国家自然科学基金联合基金项目（重点支持项目）1 项、面上项目 2 项、青年科学基金项目 4 项，另获江苏省自然科学基金青年项目 4 项，新增纵向研发经费 1244.0 万元。获省部级以上科技奖励 10 项；获发明专利授权 80 项、实用新型专利授权 19 项、软件著作权 12 项；发表 SCI 论文 91 篇，其中一区二区论文 34 篇，占比 37.36%，EI 论文 180 篇（不含 SCI 论文），出版专著 2 部；承接企业及社会机构委托项目 95 项，新增横向经费 3360.0 万元；其中，技术开发、咨询、服务项目 50 项，合同金额 1524.724 万元。

工程中心积极参与各类技术人员的培训工作，如海洋风能专业技术人员继续教育培训、“一带一路”国家技术人员培训等，本年度内为国内外相关行业培训技术人员近 300 名。工程中心除常规的硕士、博士培养外，还通过开放实验室为本科生开设了《电力系统模拟技术》课程，并为大学生创新创业活动提供了指导教师和实验场地，本年度内指导学生获国家级奖励 13 项，省级奖励 53 项。

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）

本年度内，工程中心取得了多项标志性技术成果，并进行了工程化实施，部分成果已得到推广应用，取得了显著的经济和社会效益。

（1）电网随机振荡建模与监控技术

为应对可再生能源发电和新型电力负荷造成电网随机波动的问题，工程中心最先于河南电网实施“河南电网异常波动分析与抑制”项目。项目中所开发的抑制电网随机波动的技术除应用于河南省电力调度中心外，还应用于河南、浙江等多个电力企业，应用期间累计新增产值 11036 万元，新增利润总计 3732 万元。基于上述技术，联合浙江省电力公司、南京南瑞继保电气有限公司开发了新型电力系统稳定器 PSS-NB 和 PSS-NB2，已成功应用于北海电厂和长兴电厂等机组，有效提升了机组及大电网的阻尼水平，经济社会效益显著。该项目的推广应用获得 2019 年度浙江电力科学技术奖一等奖。

（2）风电场规划、设计和评估系统软件

工程中心开发的风电场规划、设计和评估软件已推广到 10 余个设计院，应用的风电场工程设计业绩超过 2000 万千瓦，超过全国风电总装机的 10%。开发的软件系统是國內唯一具有工程应用的单位，与国外引进的现有软件相比，具有风资源计算准确、风电场微观选址发电量评估误差小、机组运行安全可靠、界面优化、使用方便等优点，具有替代国外同类软件产品的势头。

（3）风力机降本增效系列技术

为提升风电机组整体设计水平，工程中心在叶片、传动系统、塔架等关键部件的设计与计算方面展开了深入研究。阶段性研究成果成功应用于南京中人能源科技有限公司的 3MW 低风速风电机组设计项目中，包括超长柔性叶片高精度计算、中速传动机型传动链设计、液压变桨传动系统设计、格构式塔架设计等，该 3MW 低风速风电机组的年等效发电小时数提升了 4%，每台机组每年可多发 30 多万度电，经济效益显著。

(4) 冷却塔专用水轮机开发设计技术

为替代冷却塔风机电动机以实现节能降耗的目的，工程中心研发了冷却塔专用水轮机开发设计技术，设计建造的水动风机冷却塔可达到使用电动机驱动风机的同等冷却效果，节能效果显著。目前近 400 家企业的冷却塔成功的进行了改造，其性能稳定，制冷效果显著。2019 年，节能科技企业新增产值 8000 万元，经济社会效益显著。

(5) 太阳能光伏与光热发电技术方向

工程研究中心开发的光伏/光热规划、设计和评估软件已推广到 10 余家企业，应用的光伏工程设计业绩超过 1000 万千瓦，光热工程设计业绩超过 20 万千瓦。开发的塔式光热电站性能评估模型软件已应用于青海共和塔式光热电站和鲁能千万千瓦级多能互补项目。所开发的软件系统与国外引进的现有软件相比，具有资源计算准确、发电量评估误差小、界面优化、使用方便等优点，具有替代国外同类软件产品的势头。

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) 可再生能源发电建模与并网技术方向

①支撑大电网频率安全的大规模精准负荷控制关键技术及应用

大电网的受端系统往往一次能源匮乏，高度依赖区外来电和本地新能源发电，但区外来电远距离输送时有故障发生，新能源则具有随机性和间歇性，导致电源的可控性下降，从而大幅度增加了电力供需瞬时平衡难度，给大电网运行带来重大安全风险。尤其是频率安全问题日益严峻，成为大电网安全运行亟需解决的问题。工程中心针对大电网频率安全控制瓶颈问题，创造性提出对海量的可控微负荷进行快速精准控制的思想，采取“理论突破-技术攻关-系统研发-工程应用”路线，取得突破性创新成果。该项目成果已在我国江苏、山东、湖南等 7 个省级电网成功应用。2019 年 12 月 28 日，中国电工技术学会组织召开了项目科技成果鉴定会，由中国科学院程时杰院士领衔的鉴定委员会鉴定意见（电技鉴字〔2019〕第 38 号）认为：项目创建的大电网频率安全精准负荷控制理论是原创性成果，项目研发的大规模精准负荷控制技术与系统为国际首创，整体处于国际领先水平。

②海上风电场送电系统与并网关键技术及应用

为了适应国家海洋大开发战略，以及江苏沿海千万千瓦级海上风电基地建设运行的需要，本中心基于国家 863 项目“海上风电场送电系统与并网关键技术研究及应用”，针对风电场装备之间协调复杂，海底电缆电容效应影响大，实现电压精准控制和故障穿越难度大，且规模化海上风电并网后系统安全稳定风险加大、并网运行控制困难的

问题，基于本中心所建立的近海可再生能源综合发电平台重点对海上风电功率解耦优化控制技术和海上风电场故障穿越控制技术开展了研究。该项目提出了基于场内多无功源分层支撑的海上风电场故障穿越综合控制策略，在故障期间场站层进行 STATCOM 和机组的无功协调分配，机组层则退出 Crowbar 保护，进行转子电流 P 、 Q 分量协调控制，故障后 STATCOM 则输出容性无功，平衡过剩无功，从而故障期间提高了暂态支撑能力，故障切除后过电压得到有效抑制。该项目中研发的安全稳定控制系统已成功应用于三峡响水、广恒东台等我国首批海上风电场，项目成果实现了科研成果向生产应用的快速转化，推动了我国海上风电产业的快速健康发展，经济效益显著。

（2）水轮机优化设计与运行监控技术方向

①冷却塔专用水轮机的开发与应用

分析传统冷却塔工作原理、参数及可改造余地，提出水动风机冷却塔的概念；建立适合水动风机冷却塔的超低比速混流式水轮机设计方法；通过理论分析、数值模拟等手段不断优化水轮机结构和水力特性，联合相关节能科技公司系统地研发新型高效冷却塔专用水轮机（如图 1 所示），替换了冷却塔原有风机、配用的电机及传动系统。通过水轮机物理模型试验，证明超低比转速混流式水轮机性能良好，试验最高效率达到 90%，结构简单稳定，完全可以代替冷却塔风机电动机，使风机达到同样的冷却效果。该项成果经专家鉴定，达到了国际先进水平。该产品自成功投入运行后，节能效果显著。



图 1 冷却塔专用水轮机现场照片

②高效低水头贯流式水轮机的开发及应用

为了充分利用平原地区和沿海潮汐的超低水头（5m 以下）水能资源，应用优化设计理论、数值模拟、模型试验和现场测试等手段，开发了系列超低水头贯流式水轮机。该产品经江苏航天水力设备有限公司、浙江中水发电设备有限公司等厂家生产，应用于江苏省境内古黄河、运西（如图 2 所示）、运东、腰闸、高良涧等 12 座小水电站。2019 年，累计发电量 4000 万度，利润超 400 万元，经济与社会效益显著。



图 2 运西水电站现场水轮机安装照片

③大型水力机组数字化智能化安全运行与故障诊断关键技术与应用

该成果能获得更有用的机组状态特征，大幅提升机组故障诊断准确性达 10%以上，节省机组维修费用 50%以上，节省机组安装、拆卸时间约 40%，节省企业的培训费用达 50%以上。开发的“水力机组三维可视化管理与故障诊断系统”如图 3 所示。研究成果应用于南水北调东线工程江都泵站、淮安一站、淮安三站、泰州引江河枢纽、风滩水电厂、白溪水库水电站等全国 35 座泵站、水电站工程。累计经济效益约 1.5 亿元人民币，社会效益显著，具有广阔的推广应用前景。

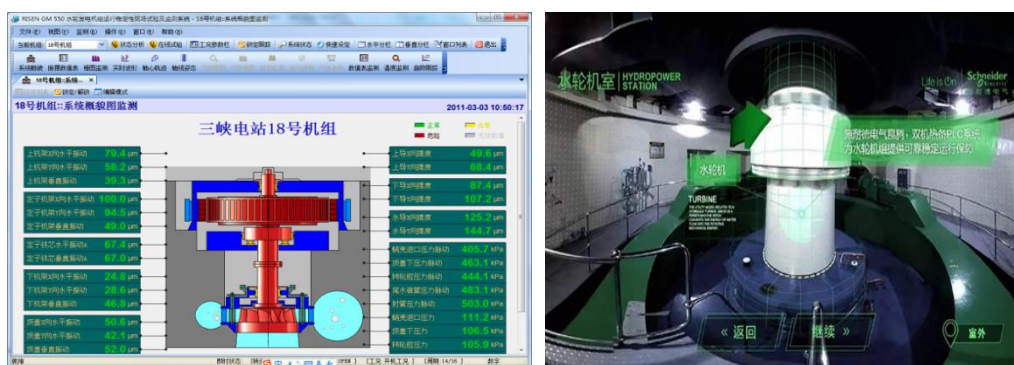


图 3 水力机组三维可视化管理与故障诊断系统

(3) 风力发电优化设计与运维技术方向

① 风电场微观选址软件工程应用

在科技部中丹国际合作项目“复杂地形风电场微观选址优化软件平台开发”的资

(4) 太阳能光伏与光热发电技术方向

①光伏方阵系统仿真软件开发和工程应用

工程中心开发了基于 BIM 技术多应用场景和复杂地形大规模光伏电站 3D 可视化设计平台（即河海安能光伏方阵系统软件），实现复杂地形建模，对电站区域进行精细化分割与设定，实现光伏阵列自动化布置，结合阴影分析对阵列倾角、间距及朝向等进行优化。自主研发了光伏电站系统级数学模型，该数学模型综合了太阳能辐射、光伏组件、逆变器等核心环节的子模型，并根据光伏电站中各个环节能源流动方向及能量转换过程建立了子模型之间的逻辑联系，从而形成基于能量流的系统级数学模型，成果达到国际先进、国内领先的水平。开发的河海安能光伏仿真系统软件如图 5 所示。



图 5 河海安能光伏方阵仿真系统软件部分关键界面

②青海共和 50MW 熔盐塔式光热发电示范项目

青海共和 50MW 熔盐塔式光热发电项目为国家首批光热发电示范项目之一，额定功率 50MW。工程中心为该项目开发了塔式光热电站性能评估模型软件(如图 6 所示)，包括相应设备模型程序开发，能够合理反映各设备的工作过程和不同工况的性能变化；结合了全系统的启动、预热、运行、变工况、停运与各设备的启停过程，能够完整反映系统逐时的工作过程和变辐照条件下的性能变化情况。换热器各工况下参数仿真值与理论值误差均低于 5%；吸热器模块各面板出入口温度仿真值与理论值误差均在 3%

以内；空冷岛各计算参数仿真值与理论误差均在 1%以内；年总发电量仿真计算值比理论值多 1.21%。应用效果表明评估软件的各项模块模型和整体逻辑模型的精度均超过预期目标，达到了推广应用的水平。

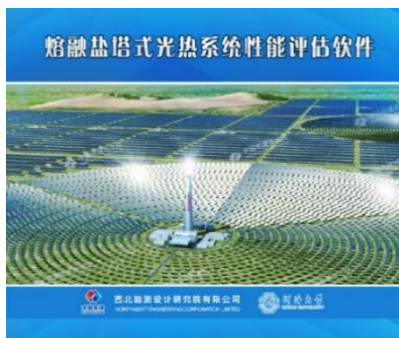


图 6 青海共和光热发电示范项目及开发的评估软件

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）

（1）开展“一带一路”国家技术人员培训

近年来，工程中心积极响应“一带一路”倡议，充分发挥学科特色优势，为“一带一路”沿线国家培养水利水电本土化人才，积极服务中国水利水电“走出去”战略。2019 年度为几内亚苏阿皮蒂水利枢纽培养工程技术人员 30 人，如图 7 所示，为老挝国家电力公司定向培养工程技术人员 21 人（第三批），如图 8 所示，受到所在国家主管部门高度评价，取得了明显成效。



图 7 几内亚工程人员培训班



图8 老挝国家电力公司人才定向培养毕业典礼

（2）海洋风能专业技术人员继续教育培训

依据《国家中长期人才发展规划纲要（2010-2020年）》，人社部启动了专业技术人才知识更新工程，河海大学作为“国家级专业技术人员继续教育基地”，承担相关领域专业技术人才的培养培训工作。本工程中心承担了“海洋风能”专业方向的培训工作，制定了全面的课程体系，分设七个方向：中国海洋开发特点、制度及海上风电场用海策略；海上风资源评估及风电场微观尺度空气动力学；海上风力机叶片设计的若干问题；海上风电基础技术体系及发展；极端天气对海上风电的影响及应对措施；海上风电智能化运维技术的应用与展望；未来海上风电在能源互联网中的定位与作用。2019年，参与培训的风电行业单位有30余家，专业技术人员达140余人。

（3）开展小水电领域国际培训工作

本工程中心依托共建单位亚太地区小水电研究培训中心积极开展小水电领域的国际培训工作。2019年，受商务部、科技部等委托，成功举办了7期援外培训/研修班，为近20个国家的200多名政府官员和技术人员提供了技术培训、研修和研讨，详细清单见表1所列。培训区域覆盖东南亚、南亚、中亚、西亚、非洲等发展中国家；培训内容涉及小水电开发、清洁能源、农村电气化等技术领域。

表1 2019年本工程中心依托亚太地区小水电研究培训中心开展的国际班

培训班名称	时间	人数	学员来源	委托部门
“一带一路”国家水资源管理及小水电开发研修班	2019年5月-6月	40	多米尼加、埃塞俄比亚、圭亚那、肯尼亚、尼泊尔、巴勒斯坦、秘鲁、卢旺达、南苏丹、斯里兰卡、塔吉克斯坦、乌克兰、乌兹别克斯坦、赞比亚	商务部

“一带一路”国家基于清洁能源的电气化模式研修班	2019 年 6 月-7 月	21	阿富汗、朝鲜、埃塞俄比亚、肯尼亚、南非、乌兹别克斯坦、委内瑞拉	商务部
卢旺达小水电技术海外培训班	2019 年 7 月-8 月	52	卢旺达	商务部
埃塞俄比亚小水电技术海外培训班	2019 年 7 月-8 月	50	埃塞俄比亚	商务部
刚果（金）小水电与农村电气化培训班	2019 年 8 月	20	刚果（金）	商务部
非洲法语国家小水电及农村电气化研修班	2019 年 8 月-9 月	43	阿尔及利亚、马达加斯加、塞内加尔、科摩罗、布隆迪、尼日尔、吉布提、科特迪瓦、刚果（金）、刚果（布）、马里、赤道几内亚	商务部
发展中国家小水电与农村社区可持续发展官员研修班	2019 年 8 月-9 月	30	埃及、莱索托、乌干达、肯尼亚、埃塞俄比亚、墨西哥、格林纳达、圭亚那、苏里南	商务部

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）

本工程中心的技术领域主要包括电气工程、水利工程、动力工程及工程热物理等三个一级学科。在本年度内，工程中心在学术成果、科技奖励、知识产权成果、人才队伍建设、国内外学术影响力等方面取得了显著进步，有力支撑并推动了上述三个学科快速发展。

在学术成果方面，本年度内工程中心承接国家自然科学基金 9 项，其中国际（地区）合作与交流项目 1 项，国家自然科学基金联合基金项目（重点支持项目）1 项，面上项目 2 项，青年科学基金项目 4 项；同时，有 4 名青年教师获得江苏省自然科学基金青年项目，新增纵向研发经费 1244.0 万元。本年度内工程中心承接企业和社会机构委托项目 95 项，新增横向研发经费 3360.0 万元。

在科技成果获奖方面，工程中心人员本年度获省部级以上科技奖 10 项，其中江苏省科学技术奖 4 项，新疆维吾尔自治区科学技术进步奖 1 项，中国专利奖优秀奖 1 项，中国可再生能源奖 1 项，中国电子学会科学技术科技进步奖 1 项，中国电工技术学会科学技术科技进步奖 2 项。

在高水平论文发表及知识产权成果方面，本年度工程中心人员共发表 SCI 论文 91 篇、EI 论文 180 篇（不含 SCI 论文），出版专著 2 部；获得发明专利授权 80 项、实用新型专利授权 19 项、软件著作权 12 项。

在人才队伍建设上，工程中心从美国伊利诺伊州立大学、加拿大多伦多大学等世界高校引进博士 7 名，从华中科技大学、东南大学等国内双一流高校引进博士 12 人，进一步优化了人才队伍结构；吴峰教授入选江苏省特聘教授，并入选江苏省高校“青蓝工程”优秀教学团队带头人；王冰教授获得江苏省“六大人才高峰”高层次人才计划。

有 4 名青年教师获得国家自然科学基金青年基金，4 名青年教师获得江苏省自然科学基金青年基金；派出 8 名青年教师赴国际知名高校进行学术交流访问，并在访问期间取得了突出的学术成果。

在国内外影响力上，截止 2019 年 12 月，工程中心人员已经在 IEEE PES、CIGRE、SEMI 标准技术委员会、中国电机工程学会、中国能源学会等 32 个国内外学术或标准化组织中担任技术委员会主席、常务理事、主任委员、召集人等重要职务；工程中心人员已在五种 SCI 学术期刊以及国内十余种高水平中文学术杂志中担任副主编或编委；工程中心人员本年度参加各类国际学术会议 50 余人次，国内学术会议 60 余人次。

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）

（1）硕士、博士培养

本年度内，依托本工程中心，共计培养电力系统及其自动化、高电压与绝缘技术、电力电子与电力传动、控制理论与控制工程、测试计量技术及仪器、流体机械及工程领域学术型硕士 112 人；培养电气工程、控制工程领域专业硕士（含非全日制专硕）112 人；培养电力系统及其自动化博士 12 人；为老挝、斯里兰卡等国家培养电力系统及其自动化专业硕士 3 人；与英国伯明翰大学、新加坡国立大学、加拿大阿尔伯塔大学等国外著名高校开展博士生联合培养（一年期）3 人。同时，本年度招收博士研究生 13 人，学术型硕士生 113 人，全日制专业学位硕士生 158 人，非全日制专业学位硕士生 21 人；获江苏省普通高校研究生科研创新计划项目 4 项、实践创新计划项目 1 项，获江苏省企业研究生工作站示范基地 1 家；获河海大学优秀博士学位论文 1 篇，优秀硕士学位论文 6 篇（含 1 篇专业学位论文）。

河海大学作为全国首批学位教育改革试点单位，在专业硕士培养上采取“1+1”培养模式，即 1 年在校学习理论知识、1 年进入实习基地参加工程实践，该培养模式为教育部首批学位教育改革。依托工程中心在科研和工程领域的影响力，截止 2019 年年底，共引进国电南京自动化股份有限公司、南瑞集团公司、中国电力科学研究院有限公司、中国电建集团、黄河勘测规划设计研究院有限公司、长江水利委员会长江勘测规划设计研究院、水利部淮河水利委员会、上海电气风电集团有限公司、北京金风科创风电设备有限公司、常州天合光能有限公司、常州协鑫光伏科技有限公司等行业领先企业近 20 家作为专业硕士实习基地。本年度新增南京电研电力自动化股份有限公司、江苏南自通华电力自动化股份有限公司、南京南蓝环保设备制造有限公司 3 家企业作为实习基地，有力支撑了工程中心相关领域专业硕士的培养。

（2）大学生创新创业技术培训

本年度内，工程中心持续积极参与实施“100%的学生受到创新创业教育、50%的学生参加创新创业实践、25%的学生取得创新创业成果”的“1525”创新创业教育实践计划，工程中心人员积极担任指导教师，工程中心向参与创新创业活动的大学生开放了全部实验室和实验仪器。在本年度内，由工程中心人员指导并获国家级奖励的大学生创新创业竞赛项目达到 13 项，另获省级奖励的项目达到 53 项，对大学生创新创业教育工作起到了积极的促进作用。

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）

本年度，工程中心在研发队伍建设、人才计划申报、国家基金申报、国际访学交流几个方面都取得了一定的成绩，工程中心人才队伍的结构得以进一步优化，研发队伍的技术实力显著提升。

在研发队伍建设上，工程中心从美国伊利诺伊州立大学、美国俄亥俄州立大学、加拿大多伦多大学等世界著名高校引进博士 7 人，从国内双一流高校引进博士 12 人；工程中心制定了明确的人才培养计划，尤其针对青年教师的职业成长规划问题，工程中心的资深专家、教授积极开展与青年教师的学术交流和座谈活动，帮助青年教师解除困惑、克服困难、迅速成长；

在人才计划申报方面，吴峰教授入选江苏省特聘教授，并入选江苏省高校“青蓝工程”优秀教学团队带头人；王冰教授获得江苏省“六大人才高峰”高层次人才计划；

在国家基金申报方面，工程中心成员中有 4 名青年教师获得国家自然科学基金青年基金，4 名青年教师获得江苏省自然科学基金青年基金；

在国际访学交流方面，工程中心本年度共派出 8 名青年教师赴美国伊利诺伊州立大学、美国俄亥俄州立大学、新加坡南洋理工大学等国际知名高校进行学术交流访问。

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）

河海大学是国内较早从事各种可再生能源发电技术研究的高校之一，依托电气工程、水利水电工程、动力工程及工程热物理、控制科学与工程等学科，成立了能源与电气学院，专门从事可再生能源发电各方向领域的理论研究、技术开发和成果推广。工程中心建设项目启动后，河海大学给予的相关配套与支撑条件得到进一步加强。

在经费支持方面，河海大学每年为工程中心提供至少上百万元的运行经费，并设立合理的经费使用制度，为工程中心改善软硬件科研条件、深入进行行业调研、开展国内外学术交流等提供充足的经费支持；

在学科建设方面，河海大学以工程中心的特色方向为基础，积极联合工程中心开展学科建设工作，申报学科建设项目，有力地促进了电气工程、水利工程、动力工程及工程热物理三个一级学科的发展；

在人才引进方面，河海大学根据工程中心的人才需求适当调整人才引进条件，并制定了明确的人才培养计划。尤其针对青年教师的职业成长规划问题，工程中心的资深专家、教授积极开展与青年教师的学术交流和座谈活动，帮助青年教师解除困惑、克服困难、迅速成长；

在研究生招生名额上，根据工程中心的发展需求，河海大学适当给予优先支持，并设置明确的奖惩措施，以充分调动工程中心人员的工作积极性，进一步做好研究生

培养工作；

在后勤保障方面，工程中心科研及生活用水由河海大学后勤部门保障，照明及动力用电统一由河海大学配套解决，可完全满足实验平台和计算机的运行需要，关键区域都设有消防栓或灭火器，保障了人员和设备的安全。

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）

本年度，工程中心对风力机结构性能试验设备和水力机械多功能试验台继续进行开放共享，并对水力机械动态试验台进行了升级改造。

（1）风力机结构性能试验设备

工程中心拥有风力机结构性能试验设备，包含 MTS-100 吨动静万能试验系统、PDV 非接触激光测振系统、WDW 电子万能试验机等大型仪器设备，如表 2 所示。2019 年，这些设备继续对全校师生开放共享，在风力机结构降本增效新技术等方面的研究中得到了充分的使用，研究成果丰硕。

表 2 风力机结构性能试验设备一览表

仪器设备名称型号、规格	仪器设备（台或套）	仪器设备值（万元）
MTS-100 吨动静万能试验系统	1	325
PDV 非接触激光测振系统	1	51.14
WDW 电子万能试验机	6	150
500kN 双向万能试验机	1	84
2000kN 万能试验机	1	39
JNT1205 疲劳试验机	1	32.3
均匀风发生器 HHUWT-001	1	105

（2）水力机械多功能试验台

水力机械多功能试验台是“211 工程”重点建设项目之一。试验台按照 SL140-2006《水泵模型及装置模型验收试验规程》进行设计与建造，经鉴定，试验台综合误差 $\leq \pm 0.30\%$ （A 级）精度。试验台不仅可以进行立式、卧式的水轮机和水泵的能量特性、汽蚀特性、飞逸特性和水流内特性等试验研究，还可以进行正向、反向的水轮机和水泵的能量特性、汽蚀特性、飞逸特性和水流内特性等试验研究。试验台主要设备型号及参数如表 3 所示。该试验台可以开展以下几项试验：①能量试验：测定叶片安放角下要求扬程范围内的装置性能，确定装置扬程、轴功率、效率和流量的关系。②空化试验：进行 5 个以上工况点的空化试验。空化试验按照效率下降 1%进行，测出每个不同运行条件相应的临界空化余量、初生空化、并给出空化曲线。③飞逸特性试验：飞逸特性试验应测定模型泵作水轮机工况反转且输出功率为零时的转速，测定该叶片安放角的飞逸转速。④压力脉动试验：测定模型泵叶轮进出口若干扬程工况水压力脉动，并绘制压力脉动曲线。

水力机械多功能试验台在近十年多的时间里，先后完成了包括南水北调东线工程、淮河入海水道工程、上海、苏南地区城市防洪排涝工程等 40 多个大型工程的试验研究，同时在东北、华南等地区的供水泵站及水电站建设中发挥了巨大的作用。围绕水

力机械试验台的开发与应用，已先后发表 30 余篇学术论文，培养博士、硕士研究生 6 名，获省部科技成果一等奖 1 次，二等奖 1 次。本年度中，工程中心继续对水力机械多功能试验台进行开放共享，完成了 5 个大型工程的试验研究。

表 3 水力机械多功能试验台主要设备型号及参数

主要设备	型号及参数
模型机转轮直径	D=φ300- φ350mm
测功电机功率	N=50-100kW
转速	n≤3000rpm
工况调节水泵型号	14Sh-19A，水泵扬程 H=15-20m
与水泵配套的直流电机功率	120kW
差压传感器	型号为：EJA110A，精度为 0.075%
电磁流量计	型号为：RFM4110-500，精度为±0.2%
扭矩仪	型号为：JCZ-1000N.m，精度为±0.1%

(3) 水力机械动态试验台

水力机械动态试验台为开敞式试验台，专为测试水力机组过渡过程动态特性而建造，亦可完成水力机械能量试验，通过管路阀门切换可实现双向运行，水力机组流量、水压力、力矩、轴向力等重要参数可以现场率定，如图 9 所示。2019 年，工程中心对该试验台的测控系统进行了升级改造。基于 PLC 的控制系统可实现电机实时变速、可调节部件（导叶、桨叶或阀门等）按指定规律动作等功能，高速数据采集器完成非稳态信号的采集及存储。

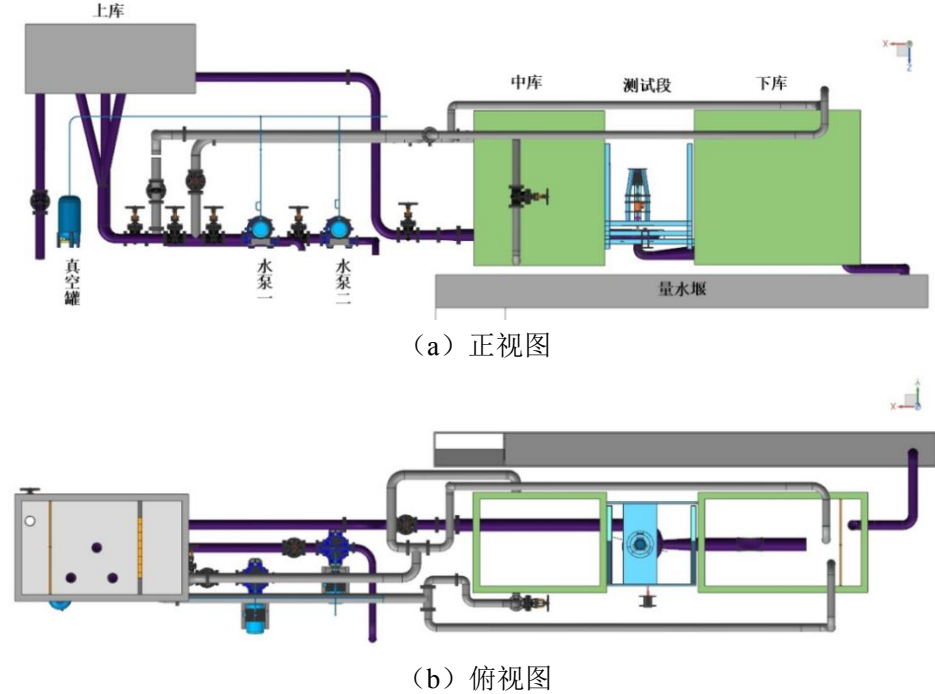


图 9 水力机械动态试验台

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）

本年度，工程中心继续积极配合河海大学能源与电气学院开展“不忘初心 牢记使命”主题教育，加强学风建设工作，从立规矩、搭平台、树典范、养习惯四个方面入手，活化教育模式、深化教育体系。

(1) 协助建立健全相关制度办法。协助出台《能源与电气学院加强学风建设工作的意见》、《能源与电气学院精准帮扶计划实施方案》、《能源与电气学院助学计划班管理实施办法》等文件，工程中心人员配合辅导员、班导师至少每周一次深入学生课堂、宿舍与学生零距离、面对面交流互动。坚持标本兼治，努力形成长效机制。

(2) 协助成立学业支持与发展中心。工程中心人员与能源与电气学院党委副书记、副院长、年级辅导员、班导师、公共课教师等师、生、院、校多方形形成合力，为学业困难学生提供个性化、专业化和全程化的学业指导与发展支持。针对低年级学困生组建非自然班级，以专人负责、集中管理的模式开展辅导工作。通过调查问卷、座谈、个别谈心等方式梳理学生学业困惑，通过团体辅导、专业授课、主题沙龙、朋辈辅导等多种形式帮助学业困难的学生合理规划人生，明确学习目标，提升综合素养。截止 2019 年年底，已针对高数和大学物理两门公共基础必修课程，聘请 3 名任课教师、4 名高年级优秀学生，组织授课和答疑 9 次，受众 500 余人次。学生高等数学和大学物理的及格率分别提高了 21%和 60%，成效显著。

(3) 协助开展加强学风建设讲座。工程中心人员配合能源与电气学院积极开展思政教育、课程学习、保研指导等与学风建设相关的讲座，邀请资深任课教师发表精彩演讲、现场答疑解惑，并请高年级优秀学生介绍学习经验、交流学习心得，这些都为学生在思想政治上端正态度、在课程学习上开拓思路、在未来规划上明确目标提供了十分有益的帮助。2019 年度开展讲座情况具体如表 4 所示。

下一年度，工程中心将继续配合能源与电气学院加强学风建设工作，促进学院进一步树牢全员育人意识，明确职责，加强管理，齐抓共管，形成学风建设合力；学生明确学习目标，增强自主学习意识，树立热爱学习、主动学习、终身学习的观念，提高学习积极性，增强学习能力，提升学习效果，努力成长为“有理想、有追求，有担当、有作为，有品质、有修养”的新时代大学生。

表 4 2019 年学风建设相关讲座活动情况

时间	主题	面向对象
2019 年 1 月 4 日	“助力期末”之大英专场	学院全体本科生
2019 年 1 月 11 日	“助力期末”之高数专场	学院全体本科生
2019 年 3 月 22 日	“研路启航”之保研讲座	学院低年级本科生
2019 年 10 月 18 日	“启明前路，引航未来”之学习经验交流会	学院全体本科生
2019 年 12 月 11 日	“助力期末”之 C 语言专场	学院全体本科生
2019 年 12 月 27 日	“助力期末”之大英专场	学院全体本科生

4.技术委员会工作情况（本年度召开技术委员会情况）

工程中心技术委员会每年召开一次。2019 年 12 月 16 日，工程中心技术委员会召

开了 2019 年度工作会议，各位成员汇报了年度工作成果。本年度中，各个研究方向在人才队伍建设、科技奖励申报、成果应用转化、实验条件完善方面都取得了良好的成绩。同时，各位成员讨论了目前存在的问题和相应的改进措施，具体内容如下：

（1）存在问题

①由于工程中心人员在发表论文、申请专利、申报软件著作权时习惯性标注依托单位名称，导致标注工程中心名称的成果数量偏少，不利于提升工程中心的知名度和影响力。

②市场拓展方面的专业化人才欠缺，包括商务和法务专业人员的欠缺。目前工程中心的市场拓展、商务谈判等工作主要由相应技术的研发人员亲自开展，既牵扯了研发人员的精力，有时也难以取得令人满意的商务业绩，甚至可能存在合同纠纷的风险。

③随着工程中心参与“一带一路”国家技术交流和培训活动次数的增多，精通小语种的技术人员欠缺问题逐渐显现。由于本工程中心技术人员以使用英语为主，而部分来访国家人员对专业英文不够精通，给双方技术交流造成了一定困难。

④目前工程中心研发技术面较广，可产品化的技术已超出了现有共建及协作单位的产品化能力，由于需要与新企业进行谈判和磨合，延缓了部分技术的商业化速度。

（2）改进措施

①针对科技成果标注不到位的问题，除发文强调相关规定外，工程中心还计划调整绩效奖励规则，今后申请绩效奖励的成果必须准确标注工程中心信息，从而督促工程中心人员严格履行成果标注的相关规定。

②针对缺乏商务和法务专业人员的问题，一方面未来拟聘用若干专职人员；另一方面，在过渡期间，将考虑临时聘请依托单位的专业人员或校外专业服务机构来为提供相应的商务人员支持和法务咨询。

③针对缺乏小语种专业技术人员的问题，一方面考虑在引进时招聘若干在法语、西班牙语国家著名高校留学回国的优秀人才；另一方面考虑聘请依托单位外国语学院专职教师长期合作，以提供满足专业技术交流的翻译服务。

④针对技术产品化推广速度较慢的问题，工程中心拟在未来拓展共建单位数量，优先引入一些产品开发能力强、市场占有率高的知名企业参与工程中心的建设和技术研发，并将工程中心研发的先进技术优先交予这些企业转化，从而实现双赢的格局。

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.年度计划

工程中心将充分利用河海大学的科研、开发、产业化等背景条件，在近期完善工程中心的场地条件、设备条件和人力资源配置，建成与可再生能源建模与并网、水电、风电和太阳能发电相关的若干个技术研发平台；完善协作单位的工程基地、人力资源等条件，形成完善的系统级中试平台；以合作单位为枢纽，建立技术与市场间有效的成果转化渠道；通过技术-市场之间的螺旋式上升过程，提升可再生能源发电产业整体水平，形成稳固的技术和工程基础，为科研及产业化进一步推广工作提供支撑。工程中心重点从开展科研工作、人才队伍建设、完善科研条件、推动技术应用、制度优化

几个方面明确了下一年度的工作计划，具体如下：

（1）在开展科研工作方面，拟对于工程中心目前的研究方向，按原定计划开展研究工作，确保研究进度符合要求；在开展前瞻性技术研究的问题上，拟广泛听取本行业专家的意见和建议，召开若干次专家咨询会或技术委员会会议，研讨并确定重点技术领域和攻关方向，开展科学研究，形成以可再生能源发电模型、新型风力发电机变换与控制设备、可再生能源发电工程软件、可再生能源发电工程应用发明专利等为代表更加丰富的科技成果。

（2）在人才队伍建设方面，拟安排科研人员参加各类先进仿真技术、数据处理技术、实验平台操作的培训班，提高科研人员使用先进科研工具的能力，从而提高科研效率，促进高水平科研成果的产出；鼓励科研人员参加国内外学术会议并做学术报告，广泛宣传最新科研成果，扩大工程中心的学术影响力。

（3）在完善科研条件方面，拟对现有的仿真分析软件进行版本升级及添置功能模块，用以满足各类新增科研项目对仿真功能的要求；计划添置仿真分析软件的使用许可证或加密狗，以满足新增科研人员的工作需求，为相关方向的试验系统提供更为完善的支撑条件；

（4）在推动技术应用方面，拟以合作单位为枢纽，并积极走访行业内有较高影响力的企业单位，深入了解行业企业迫切需要解决的技术难题，推广应用科技成果，拓展技术转化的范围，把技术转化工程单位扩展到行业内的多数企业，覆盖业内大型企业，使更多的可再生能源发电工程企业成为共建伙伴，为工程中心提供持续的资源支持，进一步扩大工程中心的影响。

（5）在管理制度优化方面，拟在现有制度的基础上，针对人才引进要求、科技成果考核、研究生培养质量等方面制定更加细致的激励政策，例如设置奖惩措施或弹性机制，进一步调动工程中心人员的工作积极性，促进优秀成果的产出。

2.发展目标

本工程中心将会进一步面向我国可再生能源发电工程发展的市场需求，发挥河海大学的多学科综合优势和共建单位的工程资源优势，进一步研究大规模可再生能源发电工程的物理本质，研发可再生能源发电原创性和开拓性技术；推动实验平台范围内各类原创性和开拓性技术的应用；研发面向产品级应用的可再生能源发电关键产品及技术；研发面向可再生能源发电工程级应用的工程措施和保障技术，提供可再生能源发电工程实用技术；研究、探索和实践可再生能源发电理论和技术的工程转化途径，从而使工程中心成为可再生能源发电工程领域有核心技术特色、转化效率高、示范作用明显的工程技术原发地、聚集地和成果转化枢纽；完善人才引进政策、科技成果考核、研究生培养质量等各项管理制度，设置奖惩措施和弹性机制，促进成果产出。

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. 进一步优化可再生能源发电技术研发的创新机制、组织机构和人才队伍，形成可持续的技术研发和工程应用人力资源；
2. 开拓和建设可再生能源发电技术创新产品研发的实验平台，形成产品级研发的技术创新能力和实验室验证能力；
3. 多方筹措可再生能源发电工程技术研究的配套资源，扩充可再生能源发电工程系统级中试能力；
4. 进一步拓展工程应用市场空间，形成成果转化能力和市场运作能力，提高市场的影响力；
5. 进一步优化人才队伍建设、科技成果奖励、研究生培养等各项管理机制，形成长效机制，促进工程中心更加高效的运行。

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	可再生能源发电技术教育部工程研究中心于 2009 年 12 月获批建设，于 2015 年 1 月通过教育部组织的建设验收。工程中心现设有可再生能源发电建模与并网技术、水轮机优化设计与运行监控技术、风力发电优化设计与运维技术、太阳能光伏与光热发电技术等四个研究方向。在本年度内，工程中心共承接国家自然科学基金 9 项，江苏省自然科学基金青年项目 4 项，新增纵向研发经费 1244.0 万元；承接企业和社会机构委托项目 95 项，新增横向经费 3360.0 万元；获省部级以上科技奖励 10 项；获发明专利授权 80 项、实用新型专利授权 19 项、软件著作权 12 项；发表 SCI/EI 论文共计 271 篇，出版专著 2 部；培训国内外工程技术人员 456 名。在研发队伍建设、创新能力提升、标志性技术开发与应用、人才培养及人员培训等方面均取得了较为突出的成绩。 本人认为工程中心的各项建设和运行工作符合《教育部工程研究中心建设与运行管理办法》的具体规定和要求，同意本工程中心参加教育部组织的 2019 年工程中心年度汇报。 工程中心负责人： 2020 年 5 月 6 日
-------------	--

依托单位 审核意见	可再生能源发电技术教育部工程研究中心于 2009 年 12 月获批建设, 依托单位为河海大学, 共建单位为国电南京自动化股份有限公司和亚太地区小水电研究培训中心。该工程中心已于 2015 年 1 月通过教育部组织的建设验收。 该工程中心目前的负责人为河海大学鞠平教授, 工程中心目前共有人员 103 名。该工程中心现设有可再生能源发电建模与并网技术、水轮机优化设计与运行监控技术、风力发电优化设计与运维技术、太阳能光伏与光热发电技术等四个研究方向。2019 年, 该工程中心承担纵向项目 13 项和横向项目 95 项, 累计科研经费达到 4604.0 万元; 获得授权发明专利 80 项, 授权实用新型专利 19 项; 发表 SCI/EI 检索论文共计 271 篇, 出版专著 2 部; 培训国内外工程技术人员 456 名。 本单位组织专家对年度报告进行了审核, 审核意见认为, 该工程中心的管理制度和组织机构健全; 人员规模和结构较为合理; 相关文件、资料、档案完善; 财务决算账目清楚, 账务相符, 手续齐全; 在研发队伍建设、创新能力提升、标志性技术开发与应用、人才培养及人员培训等方面取得了较为丰富的业绩。 综上, 该工程中心的各项建设和运行工作符合《教育部工程研究中心建设与运行管理办法》的具体规定和要求, 同意上报可再生能源发电技术教育部工程研究中心 2019 年年度报告。 依托单位: 河海大学 2020 年 5 月 6 日
主管单位 审核意见	

八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向 1	可再生能源发电建模与并网技术		学术带头人	吴峰
	研究方向 2	水轮机优化设计与运行监控技术		学术带头人	郑源
	研究方向 3	风力发电优化设计与运维技术		学术带头人	许昌
	研究方向 4	太阳能光伏与光热发电技术		学术带头人	丁坤
工程中心面积	8774m ²			当年新增面积	950m ²
固定人员	90 人			流动人员	13 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	2 项	二等奖	4 项
当年项目到账总经费	4604 万元	纵向经费	1244 万元	横向经费	3360 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	80 项	其他知识产权	31 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	3 项	其中专利转让	3 项
		合同金额	32 万元	其中专利转让	32 万元
		当年到账金额	32 万元	其中专利转让	32 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	50 项	技术开发、咨询、服务项目合同金额	1524.724 万元

当年服务情况		技术咨询		13 次		培训服务		456 人次	
学科发 展与人 才培养	依托学科 (据实增删)	学科 1	电气工程	学科 2	水利工程	学科 3	动力工程及 工程热物理		
	研究生 培养	在读博士	60 人		在读硕士		1028 人		
		当年毕业博 士	12 人		当年毕业硕士		224 人		
	学科建设 (当年情况)	承担本科 课程	64 学时	承担研究生 课程	1648 学时	大专院校 教材	2 部		
研究队 伍建设	科技人才	教授	23 人	副教授	47 人	讲师	48 人		
	访问学者	国内		0 人	国外	8 人			
	博士后	本年度进站博士后		8 人	本年度出站博士后		0 人		