

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：膜与水处理教育部工程中心

所属技术领域：化工、冶金与材料工程

工程中心主任：侯立安

工程中心联系人

朱宝库/13957100216

联系电话：

依托单位名称：浙江大学

2020 年 5 月 5 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）

本中心总体定位为在基于膜材料和涉水膜法应用工程的全链条创新研究，涵盖了高分设计与合成、有机及高分子膜材料基础与应用开发、膜法水处理技术、膜技术在医药、医疗、工业分离等方向的工程技术的研究。取得科研经费近 900 万元，发表论文 60 余篇，获得发明专利 24 项，培养毕业研究生 30 余人，服务企业 10 余个，在高性能纳滤膜、新型两亲 PVC 高分子原料及超滤微滤膜研制、含氟聚酯及超疏水医用空气净化膜研制、吸附型净水膜基础研究与产业化、高难废水的处理技术、印染及造纸废水的深度处理与回用技术从源头削减污染等工程方面取得突破，获得省部级 1 等科技奖 2 项，励为政府、企业咨询、培训 20 余次，组织实施国家工信部重大项目一项。同时，积极开展国际交流与合作，中心支持建立省级国际合作基地一个，建立国家合作计划 2 个，全面体现出中心的功能与贡献。

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）

中心秉持全链条式发展思路，为企业 provide 技术支持、合

作开发产品，并与地方政府合作建设科技创新平台，对口支持地方发展。其中与 10 余家企业联合研发出多种膜材料，开发出新型纳滤、新型 PVC 膜、含氟聚合物水处理膜、医用超疏水空气净化膜、新型分离吸附膜等 6 种膜新产品并实现规模化生产，研发出多项膜法废水处理与回用、农村饮用水等膜技术，支撑膜相关工程技术的发展，获得省部级科技 1 等奖 2 项。同时，中心作为中国膜工业协会、中国功能材料学会、浙江省膜产业协会的常务理事单位，积极参与和支持企业参与各级政府产业化项目，并成功组织实施了工信部重大项目一项，在学、产、研、政等方面做出了显著贡献，在国内形成了重要的影响力。

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）高性能纳滤膜生产取得突破

面向饮用水深度处理技术升级改造的重大需求，在国家自然科学基金重点项目的资助下，与宁波水艺集团合作，发展高性能纳滤膜，重投资 1.2 亿的生产线已开始调试，计划年底出产第一批具有自主知识产权的低压高通量纳滤膜。

（2）新型两亲 PVC 高分子原料及超滤微滤膜研制取得重大突破

朱宝库教授团队完成两亲 PVC 膜用原料的研制及中试，

与海南立升、黄山徽梦等企业联合，开始膜的规模化生产，成果“脂族两亲高分子”获得工信部先材料项目计划支持，经费 3096 万元。

(3) 含氟聚酯及超疏水医用空气净化膜研制取得重要进展

朱宝库教授团队完成了疏水处理用含氟聚酯的设计与合成，与浙江信纳医疗器械科技有限公司合作，建立了含氟聚酯的中试及其用于微孔膜超疏水化技术，开始了超疏水微孔在医用空气净化中应用的研究，成果进入工信部“生物医用材料生产应用示范平台”的产品，批准财政资金 630 万元。

(4) 吸附型净水膜基础研究与产业化

朱利平教授团队为高效脱除水中的有机微污染物，设计并合成了含有 β -环糊精 (β -CD) 结构单元的自具微孔聚合物纳米粒子，研究发现该聚合物具有多级微介孔贯通结构， β -CD 单元的引入赋予其良好的亲水性和主客体识别能力，对水中双酚 A (BPA) 等典型有机微污染物展现出优异的快速吸附能力，吸附容量达到 502 mg/g，是目前已经报道的主要吸附剂的最高值。进一步将其与聚偏氟乙烯 (PVDF) 复合制膜，在水通量高达 3000 L m⁻² h⁻¹ 的条件下对 BPA 等有机微污染物的脱除率达 99.9%(图 5)，过滤效率是类似功能纳滤膜的 100 倍以上，吸附膜在饱和后采用乙醇简单清洗即可高效再生。基于上述基础研究工作，在国际上首次开发出吸附型净水膜色谱及其制备技术，该膜材料既可过滤细菌、病毒、胶体等常规有害物，还能吸附脱除 99% 的重金属离子以

及有机微污染物，但能保留水中的钙、镁离子，从而实现安全和健康饮水。该技术在厨电龙头企业宁波方太集团成功实现转化和规模化生产，成果被首次命名为“净水膜色谱”。2019年8月12日，宁波方太集团在上海世博中心举行盛大的新品发布会，正式推出基于“NSP 膜色谱双效净水技术”的净水机产品，被搜狐等众多主流媒体报道，实现研究成果既上“书架”，又上“货架”。

(5) 高难废水的处理技术取得重大突破

以强酸碱性、高含盐量、高氨氮、难降解等为特征的高难废水的处理与资源化利用是煤化工、石化、制药、焦化等行业面临的共性难题，以膜分离技术为核心的集成工艺在高难废水的处理中具有重大的应用需求。针对聚合物中空纤维超/微滤膜在处理高难废水时存在的易污染、易破损、化学稳定性不足等问题，从膜结构调控基础研究、中空纤维膜制备关键技术研发、膜法水处理工程应用等方面展开了全链条、多层次的创新研究与开发。拓展了两亲聚合物分离膜结构调控的理论基础，提出并建立了两亲聚合物复合制膜增强膜材料抗污染性能的新方法，发明了原位共混成膜与表面两性离子化反应协同制备高抗污染聚合物超/微滤膜的新技术，突破了超亲水、高通量、抗污染的中空纤维膜制备关键技术，解决了传统水处理膜材料在废水处理中易污堵、清洗频繁、寿命短等问题。针对传统相转化法制备的中空纤维膜强度低、易断丝的问题，发明了复合相分离制备双连续相全海绵结构

超/微滤膜的新方法，有效提高了中空纤维膜的拉伸强度和抗压实性。进一步发展了长纤维/纤维编织管复合增强技术，并结合两亲聚合物复合改性技术，开发出高强度、大通量、抗污染聚中空纤维水处理膜及其组器件，高效率、低成本地解决了传统中空纤维膜易破损的难题。为解决中空纤维膜在处理高难废水时耐酸碱、耐腐蚀、抗氧化能力不足的问题，拓展了制膜原材料种类，提出并建立了热致相分离法(TIPS 法)制备高化学稳定性的类全氟膜材料新方法，在国际上首次开发出聚三氟氯乙烯(PCTFE)和乙烯-三氟氯乙烯共聚物(ECTFE)中空纤维膜，并实现了 ECTFE 膜制备中复合稀释剂的绿色化，解决了膜材料可加工性与化学稳定性难以兼得的矛盾。通过与北京中环膜材料科技有限公司等的合作，所开发出的长效中空纤维膜实现了规模化生产与销售，在全球十多个国家和地区，包括化工废水、焦化废水、制药废水、矿井水、电镀废水等二十余个行业的数百项案例中得到应用。成果获得中国化工学会科技进步一等奖。

(6) 印染及造纸废水的深度处理与回用技术从源头削减污染

中心成员程丽华参加了水专项“嘉兴市水污染协调控制与水源地质量改善”项目课题二，主持课题任务“印染及造纸废水的深度处理与回用技术研究”，针对造纸废水资源化利用过成中钙粒子的累积问题，开展造纸废水好氧除钙关键技术以及以降钙控钙为核心的造纸废水资源化利用长效稳定调控成套技术研发；针对印染废水膜处理浓缩液处理难问

题，开展印染反渗透浓水的正渗透处理技术研究，助力印染废水深度处理与分质回用集成技术和平原河网水污染源头深度削减。（中国环境报，2020.04.29 特别关注 04 版报道）

(7) 饮用水处理膜助力农村饮用水水质保障

中心成员程丽华主持了江西省水利厅项目“农村饮用水源水质防护关键技术研究及示范”，联合江西省灌溉试验中心站、江西省灌溉排水发展中心、江西省水务集团有限公司，针对江西省农村饮用水源水质的现状和污染特征，开展了水源水质分区研究，提出了适合江西省农村饮用水源水质保护策略；构建了涵盖源头控制、过程削减和终端净化的污染控制技术体系，特别是开展含高浓度铁锰地下水的膜处理关键技术研究；在新建县建设了含高浓度铁锰地下水的膜处理技术示范工程，为农村饮用水源水质防护提供关键技术支撑。

(8) 贻贝仿生共沉积构建纳滤膜及制备

利用贻贝仿生共沉积构建纳滤膜选择性皮层和膜表面的机理和普适性，提出了一种简便有效的“一锅法”制备双层自支撑纳米薄膜新策略；从水相单体扩散和纳米材料添加两方面对传统界面聚合进行了调控，得到同时具有高通量和高截留的薄层复合纳滤膜；以天然纤维素纳米晶作为添加剂制得薄层纳米复合纳滤膜，显著提升了水通量，并改善了膜的服役稳定性。系统总结了近年来有关超薄 MOF/COF 分离膜研究的发展状况，撰写的综述论文被 Chem. Soc. Rev. 选为内封面。基于贻贝仿生共沉积实现了均孔膜表面改性并提高

了抗细胞污染能力；发展了基于喷涂法的沉积策略，制备了具有两面神结构的膜材料并证实了其特殊的染料吸附与鼓泡等性能。设计合成了自具微孔聚合物纳米粒子，发现其具有多级微介孔贯通结构并对水中双酚 A 等有机微污染物展现出优异的快速吸附能力。首次开发出吸附型净水膜色谱及其制备技术，该膜材料既可过滤细菌等常规有害物，还能吸附脱除 99% 的重金属离子以及有机微污染物，在厨电龙头企业宁波方太集团成功实现转化和规模化生产。

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) 合作技术开放、提供技术咨询

经济快速发展带来的水污染和全球气候变化导致的水资源时空分布不均所引发的水安全问题成为人类社会可持续发展面临的重要挑战。膜分离是最为先进的水处理技术之一，近年来在水安全保障领域得到了广泛应用。针对秦巴山区水资源安全的现状，本中心张林教授受邀参加了由中国工程院主办的“南水北调论坛”，结合秦巴山区水资源可持续开发与利用的迫切需求，介绍了纳滤、正渗透、膜蒸馏等新型膜技术的特点，以及纳滤等新型在饮用水深度处理、污水回用处理以及灾害应急供水中的应用进展，分析和展望了新型膜技术在秦巴地区水资源可持续利用领域的应用潜力。

中心的朱宝库教授参加了山东威海市政府、山东枣庄市

政府、四川德阳市、浙江省海宁市政府膜产业、锂电池、新材料产业等发展规划制定的咨询服务。

(2) 为企业开展技术培训

本中心张林教授受浙江省膜产业协会的邀请，2019年8月，在“第三十七届全国膜法水处理技术高级研修班”上为来自全国各地的60多位学员讲授膜法水处理技术的新进展。

本中心张林教授受中国水利企业协会脱盐分会的邀请，2019年9月参加在延安举办的“水行业科技创新与产业发展研讨会”，向与会嘉宾介绍“膜法水处理新技术”。

本中心张林教授受中国水利企业协会脱盐分会的邀请，2019年12月参加协会年会，向来自近百名各企业的与会嘉宾介绍“纳滤脱盐过程模拟与系统设计”研究进展。

中心张林教授两次赴宁波石化管委会，与相关企业开展工业废水处理技术咨询活动。

本中心姚之侃副研究员受济南市供排水监测中心的委托开展膜法水处理去除水中新兴污染物研究。

本中心朱宝库教授收中兴新材邀请做膜材料及应用技术报告并为企业提供培训。

朱宝库教授收河南驼人医疗集团邀请，为企业做医用膜材料报告并提供技术培训。

(3) 举办或参加国际性学术交流

工程中心不断推进长效机制建设，2019年4月主办“第7届亚洲膜工程研究生学术研讨会”。神户大学、汉阳大学、

中原大学、清华大学和浙江大学多名师生参加了本次研讨会。研究生报告主题包括气体分离膜、分离膜制备、纳滤膜以及膜抗污染、渗透汽化和油水分离等，几乎涵盖了分离膜研究的所有领域。

2019 年 4 月 26 日，中心核心成员举办浙江大学“工科大讲堂”——“可持续发展膜技术”研讨会，邀请国内外 19 位活跃在膜技术领域的学者共同探索膜技术在可持续发展中的应用。

2019 年 3 月和 8 月，中副主任朱宝库教授带队（共 8 人次）赴埃及国家研究中心访问，探讨中埃（及）膜技术交流合作，并参加南部国家可持续发展论坛。

（4）组织实施国家重大项目

中心的朱宝库教授组织行业 23 家企业，联合投标并中标“生物医用材料应用示范平台”建设项目，包括了血液净化膜材料、空气净化分离膜材料等，平台建设经费 4.03 亿元，国拨经费 1 亿元。

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）

中心极大推动了所依托学科的建设。在开展科学研究的基础上，促进了科技合作及学科交叉，取得了系列研究成果。

在科学研究方面，充分发挥科研项目经费对学科建设的支撑作用，同时，开展重大企业横向合作。固定成员积极承担相应学科的教学任务，主讲课程《分离功能高分子》、《高分子化学》、《聚合物结构表征原理》、《高分子膜材料》等。在内部各学科、各研究方向之间开展交叉合作，同时注重大学科之间的交叉合作。各研究方向均与医学、能源、环保、给排水等学科有合作。通过开展科学研究、共同培养学生、共同发表研究论文、共同申报科学技术成果奖励，取得了丰硕的科研成果，促进膜材料与其他学科相结合和共同发展。在依托单位的指导和固定人员的共同努力下，实验室的科研工作遵循依托单位部署，紧密结合国际前沿和国家科技发展趋势，科研规模持续稳定发展，国际交流与影响力不断扩大。中心本年度在人才培养、成果产出和学生培养方面均有不俗的产出，获得海南省科技进步奖一项，中国化工学会科技进步奖一项，入选省部级人才培养计划 1 名，1 名博士生论文获浙江省优秀博士论文，对化学分离工程学科的发展做出了重要贡献。

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 and 行业企业开展联合培养情况，不超过 1000 字）

中心在人才培养方面的定位是：引进与培养相结合，致力于打造一支世界一流师资队伍。在注重高层次人才发展的同时也明确常规师资的学术定位，注重基础研究的同时加强

校企合作、军民融合以及成果转化。中心也十分注重国际合作，与丹麦理工大学、日本神户大学、埃及国家研究中心众多知名高校签订国际合作关系，联合进行学术研究扩大了中心学术影响力。

本年度，中心张林教授入选浙江省万人计划创新领军人才培养计划。博士研究生应文获国家博士研究生奖学金，硕士研究生马旭获国家硕士研究生奖学金。

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

本年度，中心引进加拿大阿尔伯塔大学曾红波院士作为中心的客座教授，中心引进了香港大学姚之侃博士后作为浙江大学特聘副研究员。

中心引进博士后一名（方立峰博士）并获得国家自然科学基金青年项目、博士后基金等项目支持，1位巴基斯坦籍博士后 Amin Khan 入选“2019年度博士后国际交流引进计划”进站工作。

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）

2019年度，依托单位浙江大学为中心提供相对集中的科

研场所 3000M²。本年度中心依托浙江大学在读硕士研究生 37 名，博士研究生 32 名。中心依托单位高分子科学与工程学系、化学工程与生物工程学院、材料科学与工程学院、环境与资源学院等二级机构，给予中心引进国际学术大师 1 名的指标，本年度中心引进加拿大阿尔伯塔大学曾红波院士作为中心的客座教授，常规师资引进指标一名，引进了香港大学博士后姚之侃副研究员；给予提前攻读博士研究生指标、专项招生指标等 5 名。同时，通过校内科研、人才计划，给与中心年轻教师专项经费支持。

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）

中心现有大型仪器设备总产总值 5700 万 30 万以上大型仪器设备 15 台。本年度新增 30 万以上大型仪器 1 台。对仪器设备实行专人负责制，进行科学管理，严格按操作规程进行，保证设备的高效、正常运行，为科研和教学提供便利条件。为每台仪器聘请了责任教授，参与仪器的管理、维护和功能开发，提高了大型仪器的使用效率，更好地为科研服务。仪器面向全社会开放，使用开放机时数达 5000 小时/年，测试样数 6000 个/年，培训人数约 150 人次/年。其中约 80% 面向中心内部，约 20% 面向校内外。

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）

本中心的师生按照国家各级部门政策、学校制度等加强师风、学风建设，通过学习、讲座、以老带新等方式进行强化学风，中心所有成员没有出现弄虚作假、剽窃等违规行为。

4. 技术委员会工作情况（本年度召开技术委员会情况）

中心建有由国内专家组成的技术委员会，本年度通过多种形式召开年度会议或远程咨询，为中心的现状、问题及发展规划提出了合理和切实的建议。

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）

围绕中心的定位及发展方向，下一年度工作计划主要有如下，

（1）技术研发

针对国家重大需求和十四五规划，规划科技部、工信部、自然金等重大、重点课题，重点开展“脱盐及工业分离膜材料及应用技术”、“离子分离纳滤膜新材料及应用技术”、“医用及制药膜新材料及应用技术”、“能源（锂离子电池）膜材料及应用技术”、“无机膜膜新材料及分离技术”等内容的研究，取得突破 2-4 项，申请发明专利 10 项以上。

（2）成果转化

通过技术/专利转让、联合研发等模式，实现纳滤膜材

料、医用制药膜材料、锂电池膜材料等 2-3 中新型膜材料的产业化，开发出填埋场场地地下水污染治理示范装置、医用分离膜器件及装置，并实现应用。

（3）团队建设及制度优化

在团队建设方面，拟引进具有良好水处理和化学基础的优秀的年青教师 1-2 名，开展团队内外的多学科交叉和融合，加强对青年学者的培养，同时联合企业、行业，引进校外团队加入中心，促进中心材料及工程应用的发展。在制度方面，根据国家新形势对科研的要求、国家及学校新政策，建立适合于新时代的中心管理与运行制度。

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）受制于编制限制，中心人员规模较小。在建议和争取依托单位给予人才引进的同时，加强人才的培养与引进，聘用外部人员深度参与中心的工作。

（2）过去一段时间内，主管部门与依托单位对中心的管理和运行、经费、场地、人员等支持较为薄弱，建议形成政策和制度，加强对中心发展的支持。

（3）工程中心作为以“工程”中心，需要依托单位在“工程博士”学生方面基于倾斜和支持。

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）

1、工程中心负责人意见

中心承诺所填内容属实，数据准确可靠。

工程中心负责人：

侯海



2020年5月5日

2、依托单位意见

情况属实，通过年度考核，同意上报。



年 月 日

八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向 1	净水及环境膜材料与应用技术		学术带头人		徐志康
	研究方向 2	医用及制药膜材料及应用技术		学术带头人		朱宝库
	研究方向 3	脱盐及工业分离膜材料及应用技术		学术带头人		张林
工程中心面积	3000 m ²			当年新增面积		0 m ²
固定人员	12 人			流动人员		12 人
获奖情况	国家级科技奖励	一等奖	项	二等奖	项	
	省、部级科技奖励	一等奖	2 项	二等奖	项	
当年项目到账总经费	895 万元	纵向经费	699 万元	横向经费	196 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	24 项	其他知识产权	项	
	参与标准与规范制定情况	国际/国家标准	项	行业/地方标准	项	
	以转让方式转化科技成果	合同项数	项	其中专利转让	项	
		合同金额	万元	其中专利转让	万元	
		当年到账金额	万元	其中专利转让	万元	
	以许可方式转化科技成果	合同项数	项	其中专利许可	项	
		合同金额	万元	其中专利许可	万元	
		当年到账金额	万元	其中专利许可	万元	
	以作价投资方式转化科技成果	合同项数	项	其中专利作价	项	
		作价金额	万元	其中专利作价	万元	
	产学研合作情况	技术开发、咨询、服务项目合同数	6 项	技术开发、咨询、服务项目合同金额	960 万元	
	当年服务情况	技术咨询	5 次		培训服务	

学科发 展与人才 培养	依托学科 (据实增删)	学科 1	高分子材料	学科 2	化学工程与技术	学科 3	环境科学 与工程
	研究生 培养	在读博士	32 人		在读硕士		37 人
		当年毕业博 士	5 人		当年毕业硕士		5 人
	学科建设 (当年情况)	承担本科 课程	144 学时	承担研究生 课程	134 学时	大专院校 教材	部
研究队 伍建设	科技人才	教授	7 人	副教授	4 人	讲师	1 人
	访问学者	国内		1 人	国外	人	
	博士后	本年度进站博士后		3 人	本年度出站博士后		2 人