

# 攻克科技创新难关 推动实践成果产业化升级

## ——水专项关键材料与装备研制取得重大成果

我国是世界上13个贫水国家之一,淡水资源不到世界人均水量的1/4。改革开放以来,随着我国城市化进程加快和国民经济持续迅猛发展,工业废水、城镇污水以及农业农村面源污染排放日益增多,水生态环境污染日益严重,严重影响我国社会经济可持续发展和人民群众生活质量提升。

为解决制约我国社会经济发展的重大水污染科技瓶颈问题,根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,国家设置了水体污染控制与治理科技重大专项(以下简称“水专项”),是建国以来投资最大的水污染治理科技项目。

“十三五”是水专项收官决战阶段,进一步提升成果标准化及规范化水平,有效推动专项成果转化落地显得尤为重要。



辽河流域耐严寒人工湿地工程



江苏盐城饮用水磁性树脂处理工程

### 现实困难:科技创新能力不足、机制不畅,企业缺乏竞争力

水专项启动之初,我国水环境治理缺乏经济高效的环保材料与装备,生态环境成果转化率低,企业创新能力严重不足,与发达国家有较大差距。总体来说,主要体现在以下几个方面:

环保装备技术创新能力不足,标准化与规模化程度低。我国环保装备制造行业大多是中小型企业,缺少必要的技术研发资金投入,技术创新人才严重匮乏,产品装备的制造工艺、使用材料、加工精度难以达到高水平要求,使得我国环保装备外观粗糙、使用寿命短、治理效果不达标;环保工艺和装备自动控制水平低、高科技含量少,从而导致它们的系统可靠性差,投资及运行成本高。

企业规模较小,行业集中度低,缺乏核心竞争力。据中国环境保护产业协会水污染治理专业委员会发布的《水污染治理行业发展报告》,2008年我国水环境治理行业的从业企业约有2.4万个,主要以小型企业为主,中型企业不足2000个,大型企业很少,特大型企业基本没有。例如,我国城市污水处理市场结构非常分散,全国污水处理运营主体总计约2000余家,分散在各地的水务、市政等政府部门或区域性小型污水处理企业。在“十一五”期间,全国2700余座污水处理厂和849座垃圾发电厂

仍分散在近千个运营主体,全国最大的9家上市公司水处理能力仅占23%。这使得水污染治理行业结构具有分散性,不具备规模优势和市场竞争能力。

科技创新机制不畅,成果转化与产业化存在关键瓶颈。水环境治理行业是高新技术与环境保护的最佳结合媒介,高新技术是水环境治理企业的生命线。但长期以来,我国水环境治理行业主要依靠政策驱动而非技术驱动,与市场需求脱节,因而无法有效利用市场机制实现成果转化。

上述现实造成了大量优秀的环保科技成果与我国水环境治理行业的市场需求无法对接,水污染治理技术的持续创新与环保企业的高质量发展面临双重困境。生态科技成果转化与产业化是一个复杂的社会系统工程,与路径长、市场化风险高。“十一五”水专项实施以来,科研院所、高等院校以国家重大需求与问题为导向,开展新技术、新材料及新装备的研发与示范,但是在产业化过程中普遍面临科研院所与产业联系松散,缺少促进产业科技创新的长效机制,成果转化缺乏资金支持,成果转化与产业化的可行路径和模式。



FMBR反应器美国清洁能源中心试点项目

近十年来,水专项研制了拥有自主知识产权的水环境治理核心材料、关键设备和环境监测仪器205项,包括材料34项、设备127项和仪器44项,实现一大批重大环保装备的国产化,探索了水专项成果产业化“最后一公里”的可行途径及模式,极大提升了我国水环保装备的制造水平与创新能力。

### 其一,研制水处理核心材料,突破污水深度处理与饮用水安全保障关键瓶颈。

在污水处理方面,水专项研制了国产化水处理核心材料34项,推广应用工程达500项以上,工程累计处理水量在3500万吨/日以上。其中,超滤膜、磁性树脂、悬浮填料等水处理核心材料及其装备的国内市场占有率超过50%,比同类进口产品价格降低30%~50%,而且性能更为优越,突破了我国城镇污水及工业废水再生处理和饮用水安全保障的关键瓶颈。

水专项研制的增强型PVDF中空纤维超滤膜及MBR组器,已在全国28个省级行政区推广应用,数量在全球领先,有力推动我国从膜应用大国向膜制造大国转变,支撑我国MBR工程累计处理能力从2006年的不足50万吨/天增长至2019年的1980万吨/天。

水专项还突破了净水用超滤膜材料制备技术,建立了超滤膜产品、膜组件及装备系列化、标准化、产业化的生产体系,为1000余座村镇水厂饮用水安全保障提供服务,促进了膜法净化饮用水技术的大规模应用。

水专项自主研发的新型磁性阴离子交换树脂也是一个重要的产出成果,实现了污染

物的高效分离,容量是国际知名品牌MIEX®商品树脂的两倍左右,成本却只有国外产品的1/2,打破了美国和澳大利亚对磁性树脂水处理技术的垄断。

### 其二,研发水环境治理关键设备,全面提升我国水环境治理能力。

在水专项持续支持下,我国共研制出国产化水环境治理关键设备127项,推广应用工程达千项以上,工程累计处理水量达3000万吨/天以上。例如针对印染、化工、制药等典型行业高盐废水成分复杂、难处理等问题,研制出以水蒸汽压缩机为核心的MVR蒸发装备,形成适用于高浓高盐有机废水处理的MVR蒸发成套工艺包,实现废水中有机物、无机盐、水三者的有效分离,达到废水零排放及资源化处理的目的,打破了阿特拉斯等国外公司的技术垄断,为发展国内高浓高盐有机废水节能蒸发装备起到了关键作用。

污水中碳氮磷及有机剩余污泥单一环节同步高效降解一直是一个难题。基于此,水专项研制的兼氧膜生物反应器突破了这一关键技术,目前已建成年产能1000台(套)的装备生产线,在全国30个省(直辖市)推广应用超3000台(套),同时出口至17个国家,开创了我国污水处理装备大规模出口之先河。

水专项还突破了玻璃介质/搪瓷介质高性能放电核心技术,成功研制出国产化的20公斤/小时~120公斤/小时玻璃和非玻璃介质大型臭氧发生器系列产品,在供水行业应用实现“零”的突破。

### 其三,开发水环境监测仪器,有力支撑全国水环境监测网络建设。

众多中小企业依托水专项研制出总氮、总磷等常规水质在线监测仪、重金属污染物便携式监测仪等水质监测仪器,水中藻类及营养盐生态监测仪器以及便携式水质联用仪(GC-MS)等水环境安全监测仪器44项,在全国10余个省市累计产业化推广1万余台(套)以上,为企业新增产值累计达20亿元以上。其中色谱和质谱仪等高端环境监测仪器实现了国产化,为我国水环境监测网络体系建设起到关键支撑作用,根本性扭转国外产品垄断局面。

在水质在线自动监测仪器研发方面,创建了基于顺序注射分析技术的通用水质在线监测流路平台,具有运维效率高、扩展性强、试剂消耗少、测量稳定准确等优点,为有机物、重金属、营养盐、挥发酚和氧化物等在线自动监测仪器研发提供了技术基础平台。

水专项项目组还研制了适用于水中有毒污染物检测的便携式气相色谱-质谱联用仪和便携式水中重金属自动检测仪,实现水体中有机有毒污染物的现场快速检测,检测下限达1μg/L,大大提高了我国地表水重金属污染防治预警能力,为国内多起重金属突发性污染事故应急处置提供了设备支撑。

### 其四,实践创新成果转化与产业化模式,推动专项成果从“书架”走到“货架”。

“十一五”以来,水专项积极探索成果转化与产业化推广机制,在科研实践中创新了基于技术供给侧需求、环保产业集群发展

需求和地方环境治理需求3种不同类型需求驱动的成果转化与产业化模式,在推动水专项成果转化落地与产业化推广应用方面已经初见成效。

例如为了推动技术及装备在淮河流域转化落地并对外产业化推广应用,经过10余年不断探索和完善,由南京大学牵头的淮河项目构建了基于“技术研发—成果转化—联盟集成—平台推广—机制保障”的全链条水专项成果转化与产业化应用方面取得显著成效,使水专项成果在造纸、食品、发酵等高浓度有机工业废水处理工程市场占有率达到40%以上,有力支持了“长江生态大保护”和“黄河流域生态保护与高质量发展”等国家重大战略实施。

在水专项产业化课题支持下,中国宜兴环保科技园实践创新了基于“技术集成—科技孵化—产业推广”的水专项成果转化与产业化模式。包括建立科学的评估体系,结合专家打分筛选和第三方示范验证评估等技术评估方式,为政府平台与高校合作孵化的企业和环保科技企业提供服务,建设大型实体展示平台,举办一系列技术推介会和技术对接会,进行技术系列化推广。这一研究成果荣获“中国产学研合作创新与促进奖”和“2020年中国循环经济协会科学技术奖”等荣誉。

这一模式的实施使宜兴环保科技园总计向约600余人(次)推介了50项水专项成果,直接成功对接项目30余个,成功孵化20家企业,完成转化、推广13项水技术,投资孵化艾科森等企业两家,形成技术合作1项,专利转让1项,带动产品产值6500万元,并为企业实现融资6亿元。

### 应用产出:研发核心技术与材料,实现创新成果有效产出



水质在线监测仪



大型臭氧发生器



中空纤维超滤膜



便携式GCMS



磁性树脂材料

### 成效与影响:治理与创新能力提升,成果优化升级,配合国家战略,促进长久高效发展

公司、海南立昇净水科技实业有限公司等9家企业成为我国环保领域的龙头企业,为环保企业新增产值达2000亿元。同时,也为环保企业培养了一大批技术创新人才,极大提升了我国环保企业的自主创新能力,有力支撑了江苏宜兴、盐城、南京、常州和辽宁沈阳等5个国家级环保产业园和环保服务业集聚区建设与高质量发展。

在水专项成果转化方面,创建了一批产业化推广平台,推动了成果转化应用。日前,水专项已在我国长江、淮河、辽河等重点流域和京津冀等重要区域建成了16个水专项成果转化与产业化推广平台,包括国家生态环境科技成果转化综合服务平台、扬子江生态文明创新中心平台、南京大学盐城环保技术与工程研究院等,积极探索打通成果转化“最后一公里”的市场化机制,支撑了长江、淮河、辽河等重点流域和京津冀等地区污染防治攻坚战实施。比较突出的有国

家生态环境科技成果转化综合服务平台针对污染防治攻坚战热点、难点问题,开发上线了“走进水专项”“畜禽养殖污染防治”等技术专区。初步建立了以工作联络员为核心的线下服务工作模式,实现线上咨询和线下服务的有效贯通、环境治理供需关系的有效对接、环境和技术的有机融合。

在响应国家政策号召方面,水专项实施期间出口了一批重要环保装备,实现了对“一带一路”倡议的响应。据不完全统计,水专项研发的优质环保装备已在全球37个国家推广应用,出口额达数亿元,极大提升了我国环保产业及装备产品的国际竞争力和影响力。江西金达莱公司研制的兼氧膜生物反应器出口到澳大利亚、意大利、迪拜等17个国家,并在联合国500多个维和部队营地应用。

在支持国家战略,带动共同发展方面,水专项成果在全国范围内得到广泛应用,提升了水环境治理

能力水平。水专项成果已在我国长江、黄河等重点流域和京津冀等重要区域进行了大规模推广应用,有力支撑了长江经济带高质量发展、黄河流域生态保护和高质量发展、京津冀协同发展、长三角一体化等国家重大战略实施。2018年,生态环境部开展了长江生态环境保护修复驻点跟踪研究工作,以水专项研究人员为核心的工作团队已经为长江经济带58个城市提供了科技和人才支撑,累计向1500余家企业推介生态环境治理技术和科技成果近600项。同时在长江沿线建成扬子江生态文明创新中心、江西九江环保产业创新中心等成果转化和产业化平台,推动专项成果在南京市化学工业园、江西永修星火工业园、安徽东至经济开发区等10多个大型工业园区水处理工程上转化应用。

水专项科技成果的转化不仅需要

政策和市场双驱动,还需要多个工艺包与整体方案的集成转化,这对水专项科技成果的集成性和系统性提出了要求。

在未来,水专项研究应以国家生态环境科技成果转化综合服务平台为核心,遴选优秀的水专项产业化平台进行重点建设,在重点流域和行业尺度上建成“一核—多极—多点”的水专项成果转化推广平台集群,形成合力,不断提升成果转化转移效率。除此之外,还要从水专项众多技术中选取具有较高产业化推广价值的技术成果进行二次开发,依托技术工艺开发重大环保装备,实现装备的标准化、智能化与系列化,充分发挥产业化平台集群作用,以市场化手段进行大规模推广应用。

董克难 何佩佩  
李爱民 谢显传(南京大学)  
李丹 赵艳芳 籍瑶 王成(中国环境科学研究院)