

流域水体污染控制与治理技术集成及效益评估

编者按

近日,中央环保督察“回头看”已陆续结束各省的进驻工作。进驻期间督察组发现,内蒙古乌梁素海、云南玉溪杞麓湖、河南省黄河湿地等地区依然面临着较为严重的水环境问题。加强科技支撑、加快治理步伐已成为水污染治理工作越来越不可或缺的重要手段。

作为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》设立的16个重大科技专项之一,“水体污染控制与治理科技重大专项”自2007年实施以来,经过“十一五”、“十二五”两个五年计划的组织实施,取得了丰硕的科技成果。如何促进水专项成果更为有效地实现产业化转化,让水专项科研成果切实服务于我国水环境治理工

作,是水专项的重要命题。

但事实上,面对巨大的治理需求,我国水环境治理相关产业发展尚无法与治理需求相匹配,集中体现在产业总体治理能力与技术水平有待进一步提高,尤其是拥有自主知识产权的核心技术、工艺、核心设备相对不足。因此,基于水专项现阶段的研究成果,“流域水体污染控制与治理技术集成及效益评估”课题通过梳理、总结,凝练集成水污染治理、管理以及饮用水安全保障三大技术体系,构建了水专项产业化评估方法并进行了案例分析,并从环境科技进步、流域控源减排与水质改善、以及对流域经济社会可持续发展角度,尝试分析了水专项的实施效益。

构建水体污染控制治理、管理及饮用水安全保障三大技术体系

建立水专项技术评估与集成方法

课题组根据水专项技术的不同层次,提出了水污染防治单项技术和集成技术的技术就绪度评价方法,按照水专项技术的不同层次,制定了水专项治理、管理和产品装备管理平台类三大类技术的9级就绪度准则,针对水专项集成技术特征提出以系统成熟度矩阵算法为方法的集成技术评价方法,评价了湖滨带生态修复技术的就绪度,有力支撑了水专项技术凝练过程中单项和集成技术的评价。

同时,根据水专项技术特征,课题组还将水污染防治技术分成源头减排类、污染治理类、水质净化类、生态修复类这四类,针对不同类别的治理技术,分别建立包含经济指标、环境指标与技术指标的多维评估指标体系。采用层次分析法对指标体系中各指标的两两重要性进行判定,根据Expert choice软件快速计算出各指标对应权重,构建综合评估效益指数及所属于因素分级赋值标准,采用综合效益指数法进行技术综合绩效指数计算和评估。

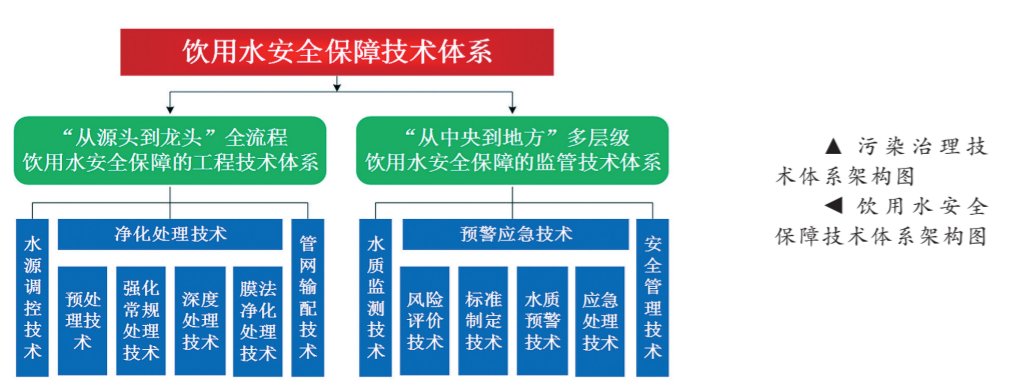
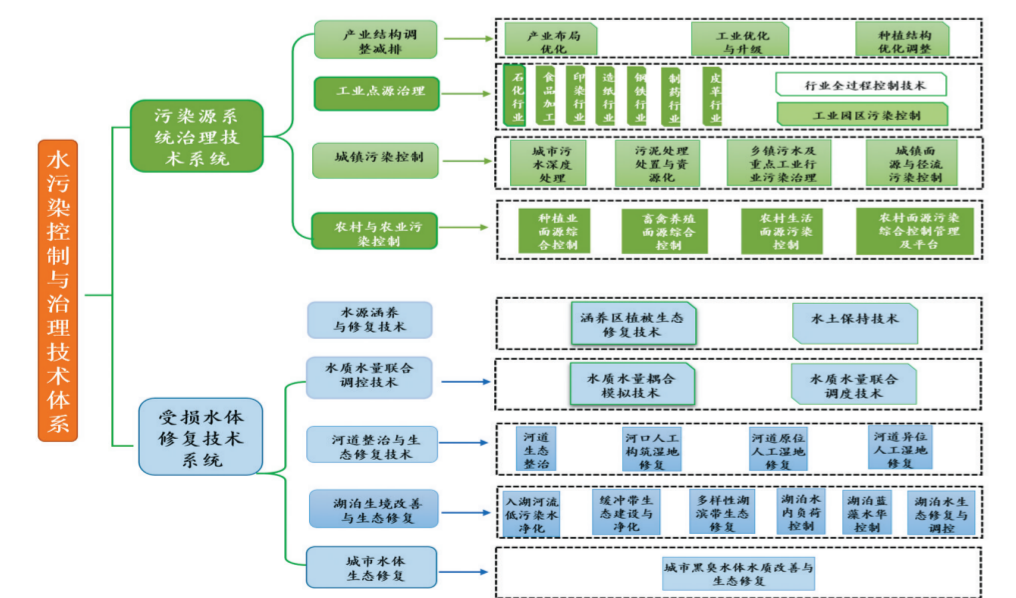
基于建立的评估方法,完成洱海流域污染源控制类、水质净化类、生态修复类三大类11小类56项技术,农业面源种植业、养殖业、农村生活水及农业面源污染管理平台共4小类87项技术的评估,证明方法有效可靠。

构建水污染控制治理技术体系

课题组对流域水污染治理关键环节进行了剖析,在技术分类原则、技术类别与层级确定的基础上,提出了水污染治理技术体系架构设计。此外,针对流域污染源类别、特征及治理现状,课题组以减排减负为目标,集成产业结构调整减排、工业点源治理、城镇污染控制、农村与农业污染源控制等关键技术,形成“污染源系统治理技术体系”。

构建水环境管理技术体系

针对流域水环境质量管理技术体系不够健全、水环境总量控制技术落后、水环境风险管理技术总体薄弱、水环境管理政策与管理技术体系不够配套等问题,集成水生态功能、水生态基准标准、水污染负荷排放核定、水环境风险预警、水环境管理政策支撑等技术,形成水环境管理、总量控制、风险管理和政策保障四大技术体系,共71项关键技术,整体技术就绪度为5~7级,初步构建我国水环境管理技术体系,支撑我国流域、区域水环境管理。



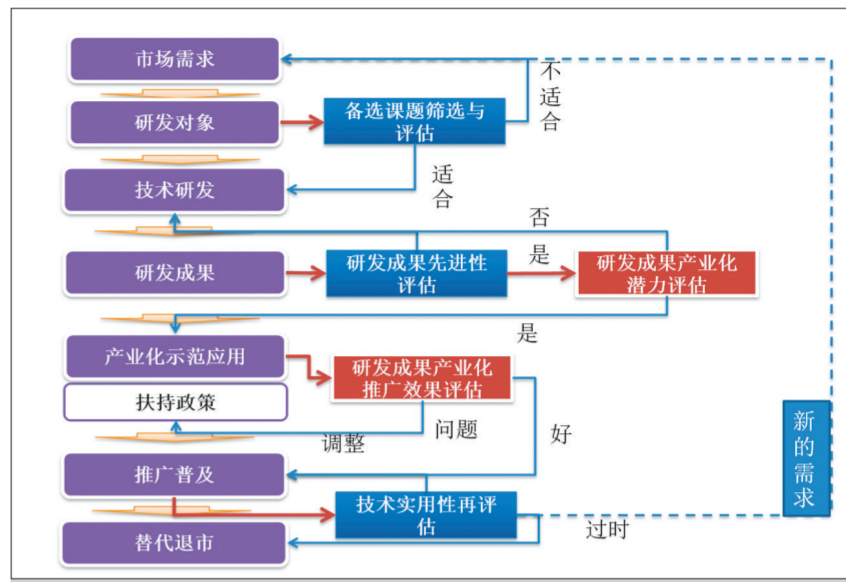
建立技术产业化评估体系 加速推进水专项成果转化

目前,在对于科研成果的产业化机制、产业化潜力、产业化示范项目的推广效果方面仍缺乏系统性、科学性的评估方法与评估体系来有效识别筛选真正具有市场推广价值的技术成果,从而制约了成果转化工作的有效推进。针对这一问题,课题组在对国内外各类的技术产业化理论进行全面梳理的基础上,提出了环保领域的技术产业化阶段,明确了各阶段的重要特征,确定了目前水专项技术产业化的重要节点,提出了具备可操作性的、适用于水专项技术产业化的评估流程,并明确了“前评估”即产业化潜力评估、“后评估”即产业化效果评估两个关键评估节点,分别构建了“产业化潜力评估方法体系”与“产业化效果评估方法体系”,为水专项技术产业化的机制建设提供了有力的支撑。

甄别产业化潜力较高的技术

产业化潜力评估方法体系的作用体现在结合技术成果所处的发展阶段综合判定技术的产业化潜力,有效识别技术成果间的产业化潜力差距,识别各技术成果在技术、市场、支撑、效应、政策等不同维度下的优劣势,为技术成果后续产业化推广与应用提供科学依据。

课题组集成研发的这套产业化潜力评估体系由基于技术先进性、市场前景、支撑条件、政策支持、技术效用等5个维度下的32个指标组成的纵向技术产业化潜力评估指标体系及包括产品开发阶段、产能开发初期、产能开发后期等在在的技术产业化阶段评估体系构成。通过纵向与横向相结合的评估方式,明确区分各技术的产业化阶段与产业化潜力。水专项技术产业化潜力评估的评估步骤由构建水专项技术产业化潜力评价指标体系、专家咨询调研,对专家咨询结果进行数据处理、判断纵向评价阶段、横向相结合的潜力评估结果整合与分析等5个部分组成。课题组还以雷达图的形式对各项技术的5项横向一级指标



得分开展了进一步探索。通过对各维度得分的分析,可明晰此项技术在开展产业化工作前的优势与劣势,从而可以更有针对性地对水专项技术成果的产业化进行甄别、筛选、扶持。

准确把握技术产业化进程

产业化效果评估方法体系的作用体现在准确把握水专项框架下技术产业化项目推进效果,为配套政策的制定与落地提供依据;以结果为导向,促进政府主管部门优化产业化推进机制。产业化效果评估方法体系由技术产品属性、技术产品的示范应用、产业化模式的建立、产品的产业化推广4个维度下的17个指标构成。基于上述的研究成果及水专项的特征,课题组提出了包括筛选可用于评价的产业化项目、编制产业化效果信息收集表、开展专家咨询、对专家咨询结果进行数据处理、效果评估结果整合与分

析等5大部分组成的水专项技术产业化效果评估的评估步骤。

产业化评估实证应用

课题组选取了部分“十一五”时期水专项技术成果及“十二五”时期技术产业化课题成果,分别开展了技术产业化潜力评估与产业化效果评估的实证应用。以潜力评估实证应用为例,评估结果显示被评估技术成果在综合评分及各主要评价维度均呈现出较明显差异,可以有效判别在特定时间节点对应技术成果的产业化潜力。此外,课题组结合评估结果,开展了对应技术成果的实际产业化效果的追踪,结果显示与评估结果呈现一致性。通过例证分析与验证,评估方法的有效性得到了验证,可为不同市场主体的技术选择和政府对成果转化相关政策的制定提供判断依据,为进一步的产业化培育奠定了基础。

水专项成果丰硕,促进了流域绿色投资发展

科技成果产出丰硕

当前,我国已成为水处理领域的专利产出大国,数量排名第一,增长速度最快。水专项实施后,全国水处理领域专利数量增长速度加快,年授权专利从500件增加到近3000件。“十一五”期间水专项申请专利2300余项,截至2016年6月6日,已获授权发明专利892项,授权实用新型专利443项。

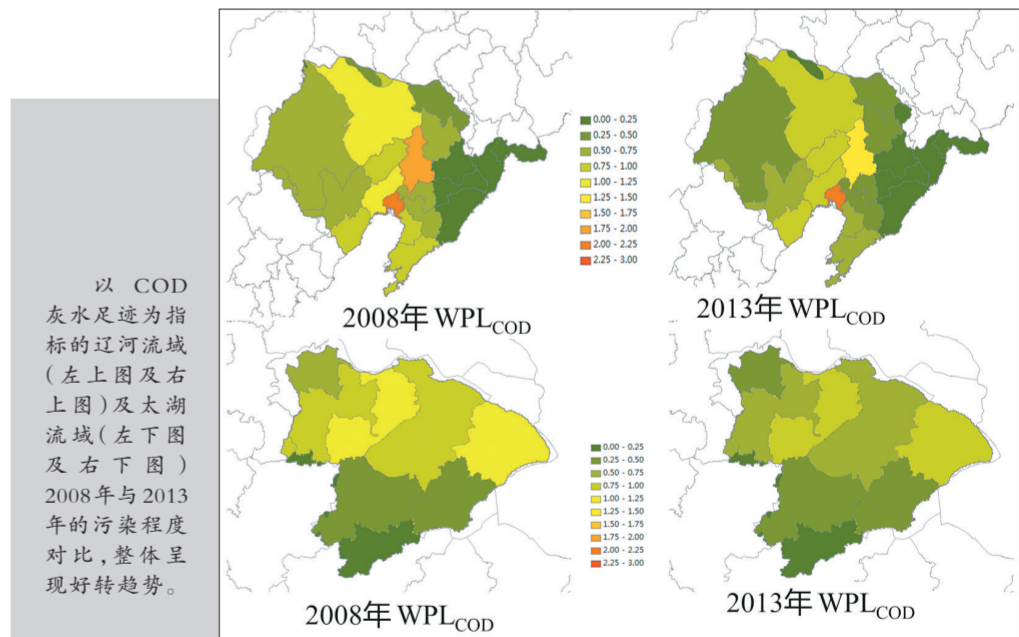
我国在水处理领域论文数量处于绝对的优势,SCIE、CPCI-S、EI论文数量均位列世界第一;水专项实施后,水处理领域的国内核心期刊论文产出增加了将近1倍;从2011年开始,水专项年产出国内核心期刊论文在我国水处理领域中的占比超过1/3,最高达到43.64%。水专项产出国内核心卓越论文占比为21.4%,明显高于全国平均水平9.2%。

重点流域控源减排效果明显

课题组基于流域灰水足迹和水污染程度指标的核算法,采用ArcGIS Model builder构建流域污染程度核算模型,基于单位面积生产总值、单位面积土地类型及单位面积人口数量,核算流域的工业污染负荷、农业污染负荷及生活污染负荷,结合降雨量及地表径流量计算流域污染程度。经核算,2008年~2013年太湖流域COD及NH₄⁺-N的灰水足迹分别降低了19.3%和6.5%,水专项实施的贡献分别为5.0%和11.2%;辽河流域COD及NH₄⁺-N的灰水足迹分别降低了5.1%和1.0%,水专项实施的贡献分别为8.6%和21.3%。

促进流域绿色投资发展

课题组对新古典经济增长理论,包括柯布-道格拉斯生产函数、索洛余值法、丹尼森测定法、技术进步率指数法等代表性数理模型进行了研究,并重点对计量经济模型的投资乘数模型,包括两部门、三部门和四部门投资乘数进行了对比分析和筛选甄别。在此基础上,对水专项实施相关生产函数关系和经济贡献率测算方法进行了研究,建立了水专项对流域社会经济发展贡献率的评估方法:一是构建一般投资乘数模型,输入参数为边际税收倾向、边际消费倾向、边际进口倾向和存贷比,可计算出流域一般投资



乘数;二是构建绿色投资乘数模型,输入参数为边际税收倾向、边际消费倾向、边际进口倾向、存贷比和绿色投资支出,计算获得绿色投资乘数;三是通过年鉴、流域环境数据及水专项资金投入情况,计算水专项投入,以及水专项与其他资金投入形成合力对流域经济社会发展的贡献情况。

按此方法,以太湖为例,太湖流域绿色投资乘数高于一般投资乘数17.5个百分点,表明水专项投资作为绿色投资的重要组成部分对经济的拉动效应较明显。据统计,“十一五”和“十二五”期间,国家水专项太湖流域共设立了10个项目,65个课题,其中中央财政资金投入15.84亿元,地方配套资金投入32.81亿元,实际投资48.65亿元,通过模型计算得到2008年~2014年间太湖流域绿色投资乘数多年算术平均值为3.45,按此估算,水专项在太湖流域可引致的绿色投资收益为167.84亿元。此外,水专项还技术支撑了《太湖流域水环境综合治理总体方案》2013年的修编,一定程度上拉动了地方治污投资。此方案规划了11类542个重点项目,2015年规划投资658.59亿元,远期到2020年规划投资505.54亿元,总投资1164.13亿元。按预期到2020年太湖流域投资完成率不低于75%来进行计算,可带动太湖流域环保投

资873亿元,以太湖流域绿色投资乘数多年平均值3.45测算,预测从2013年到2020年可撬动太湖流域3000亿元的绿色投资。

可见,水专项投资作为环保投资的重要组成部分,是我国绿色投资的重要组成部分,通过绿色投资乘数的放大效应,对于带动绿色投资规模增加、引领经济绿色发展、撬动社会资本进行绿色投资可发挥重要作用。水专项的组织实施,提升了我国环境科技的发展,促进了流域水质改善。流域水质恶化的总体趋势得到遏制,水生态整体环境质量有所提升,关注了民生,对于人民群众关注的环境问题进行了回应,在维持流域社会安全和稳定等方面发挥了重要的作用。

撰稿:中国环境科学研究院、清华大学、中国城市规划设计研究院、中国科学院生态环境研究中心、中国水利水电科学研究院、中国农业科学院、中日友好环境保护中心、北京科技大学、环境保护部环境规划院、许秋瑾、胡小贞、林明利、常抄、周北海、田仁生、王成、曹宝、杨亮、管鹤卿、韩茹茹、邢飞龙