



侯立安,中国工程院院士,环境工程专家。兼任教育部高等学校环境科学与工程类专业教学指导委员会副主任委员,国家环境咨询委员会委员,全国分离膜标准化技术委员会副主任委员。长期致力于环境科学与工程领域的基础研究、工程设计和技术管理工作。

## 创新非常规水资源开发技术,提高水生态文明建设的水平

侯立安

西安高技术研究所,西安 710025

水是生命之源、生产之要、生态之基,水资源关系到生态安全、经济社会安全以及国家安全。随着中国工业化和城镇化的全面推进,水资源短缺、水环境污染、水生态退化、次生水灾害突出等一系列水环境和水生态问题给我国水安全保障带来了诸多挑战。与此同时,全球性气候变暖带来的譬如水资源量及空间分布变化等多方面与综合性的不利影响,进一步导致中国的水生态问题加剧。

作为最大的发展中国家,中国高度重视水环境和水生态的建设。2007年开始实施“水体污染控制与治理”科技重大专项。2014年3月,习近平总书记在中央财经领导小组第五次会议上就治水发表重要论述:要大力增强水忧患意识、水危机意识,

从全面建成小康社会、实现中华民族永续发展的战略高度,重视解决好水安全问题。2015年4月,《水污染防治行动计划》出台,使治水成为国家层面前所未有的大业,也为水生态文明建设提供了制度保障。2018年1月,新修订的水污染防治法正式实施。

然而,随着国民经济持续快速的发展,中国对水资源的需求量也在不断增加,供需矛盾日益突出。针对水资源短缺且分布不均、地表水和地下水等常规水源供给紧张的现状,适时地加强包括再生水、海水、雨水、苦咸水和矿井水等在内的非常规水源的开发利用,在一定程度上能够有效补充水源是气候变化背景下中国应对水量型和水质型缺水的

重要途径之一。因此,需瞄准世界前沿,对现有的非常规水资源开发技术进行升级改造,加大新技术的研发力度与集成创新。

#### 1) 开发新工艺和新材料加速净水技术发展。

针对日益严重的水源污染和水资源短缺问题,研发高效的净水技术是亟待解决的民生问题之一。膜法水处理技术能有效减少温室气体排放且具备高效、低耗等优势,近年来在污水回用、海水和苦咸水淡化、雨水利用、矿井水再用等非常规水源处理中备受关注,展现出良好的应用前景。目前,膜法净水技术的创新主要围绕着高效膜工艺构建和新型膜材料开发这两个方面展开。

在膜工艺构建方面,由于非常规水源中污染物种类多、组成复杂,单一的膜技术往往难以保证水质安全,将分离性能互补的膜过程通过集成设计构建组合工艺,发挥不同膜过程的分离特点,达到处理复杂污染的效果。利用流体计算软件耦合分离机理模型,建立面向复杂水处理系统的“膜材料优选-组件结构优化-分离系统构建”的辅助创新设计平台。

在膜材料开发方面,功能材料和纳米材料等相关科学的发展进一步推动了新型膜材料的开发。除了研制具有高分离性能、高化学稳定性、耐污染等高性能分离膜以外,针对日趋复杂的非常规水源,利用二维纳米材料、框架结构多孔纳米材料等制备具有精准切割分离性质的膜材料是膜分离技术的研究热点。另外,从全新的角度解析膜制备与膜分离过程的机理,则是实现“量身定制”分离膜材料的关键。

#### 2) 大数据助推“一体化”水安全保障体系建设。

在“十二五”期间,针对供水系统存在的安全隐患,已对“从水源地到水龙头”的全流程饮用水安全保障技术体系进行了优化。但是,长期形成的数据多头采集体系,造成数据冲突的现象时有发生。需要利用物联网、智能传感、云计算等技术构建水环境监测信息感知体系,实现定点采样、自动监测、现场视频、移动终端等各类监测设备的广义互联、信

息融合、实时接入和共享,并全面实现从监测数据到监测信息的转化。最终,基于大数据平台和智能终端的联动模式,构建“一体化”的水安全应急保障体系。实现大数据监管,重点是在传感系统开发、数字模型建立、监管能力建设以及“大数据、云计算、互联网技术融合”等方面实现突破和创新,尤其是在“大数据、云计算、互联网技术融合”方面。

#### 3) 利用“AI+”技术,建设“智慧”水厂。

水处理系统是重要的城市公用基础设施。随着智慧城市建设的要求,水厂的生产、运营也要实现智能化,即建设“智慧”水厂。为此需要利用视频识别、智能运算、机器人等新一代智能技术,建立生产巡检系统、水质分析系统、应急处理系统等,智能化管理水厂整个生产过程,使各净水模块间的搭配方式更灵活、更自由,实现水厂工艺灵活化、管理智能化、水质多极化等目标。利用卫星遥感、智能传感等技术,开发水系统全过程监控机器人,重点研发水监控无人机、样品采集机器人、多功能水质监测机器人、水设施巡检机器人等智能监控装备,通过设备间的互联提高相互协同能力,并可以针对性的去除常规水处理工艺无法处理的污染物,助力于中国未来“智慧”水厂的建设以及饮用水安全保障事业的发展。

为了全面建成小康社会和大力推进生态文明建设,各级政府正在努力解决所面对的水资源短缺和水污染问题,并已经取得了显著成效。相信进一步加大科技创新研发力度,推进非常规水资源的开发与利用,将能够更好地解决水环境问题,实现水资源的可持续利用,提高我国的水生态文明水平。

关注未知世界,追求卓越创新,恪守为政之道,心系家国天下。

祝全国科技工作者节日快乐!



(2020年5月于北京)

(责任编辑 卫夏彦)