**项目名称**：城市集中式再生水系统水质安全协同保障技术及应用

**提名者：**中国环境科学学会

**提名意见：**

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。该成果报奖资料完整、齐备，符合国家科技进步奖提名条件和要求。

该成果以城市集中式再生水系统水质安全保障为目标，研发出AAO/反硝化滤池深度脱氮、臭氧/紫外线/氯消毒、管网水质控制等技术；为满足再生水厂对大型设备的需求，自主研制出大型臭氧发生器、大流量紫外线消毒设备等核心装备；构建了水质安全监控体系，支撑了再生水安全保障。

该项目发表论文90篇，其中SCI论文45篇，授权发明专利40项（美国发明专利3项），其他知识产权16项，主编了行业标准、国家标准和ISO国际标准。

项目成果广泛应用于中国、美国、加拿大等458座污水再生处理工程项目，处理能力总计2,548万m3/d，包括国际上规模最大的再生水厂（100万m3/d）；2015-2017年期间，累计支撑生产再生水20亿m3，新增销售额约46亿元、利润约10亿元，推动了我国再生水处理行业进步，经济、社会与环境效益显著。

该项目相关成果曾荣获环境保护科学技术奖一等奖、全国优秀工程咨询成果奖一等奖、北京市优秀工程咨询成果一等奖、中国专利优秀奖等奖励。

经项目科技鉴定会议鉴定，该成果整体上达到国际领先水平，符合国家科学技术进步奖授奖条件。

综上，提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

**一、项目简介**

污水再生利用是解决我国水资源短缺问题、改善水环境质量的重要途径，其核心是水质安全保障。污水中的污染物种类多、浓度高，如何保障再生水水质安全，特别是总氮、病原微生物等难控制污染物的高标准去除，是污水再生利用面临的突出难题。

该项目以城市再生水利用安全保障为目标，经过15年的技术研发，突破了深度脱氮、高效消毒、管网水质控制、全过程监控等技术难题，形成了水质安全协同保障成套技术和关键设备。获得的主要创新性成果包括：

（1）开发出AAO/反硝化滤池深度脱氮技术，实现了再生水高标准稳定脱氮。

（2）突破了臭氧/紫外线/氯消毒技术、大型臭氧发生器和大流量紫外线消毒设备制造技术，实现了大规模再生水系统高标准消毒。

（3）开发出再生水输配管材评价优选方法，形成了管网水质风险控制技术，支撑了输配管网水质保障。

（4）构建了水质安全监控体系，编制了国家标准和ISO国际标准，支撑了再生水系统稳定运行。

发表学术论文90篇，其中SCI论文45篇，获中国、美国专利和软件著作权56项，主编ISO国际标准、国家标准和行业标准各1项；成果应用于中国、美国、韩国等458个污水再生处理工程项目，处理能力总计2,548万m3/d，包括国际上规模最大的再生水厂（100万m3/d）。通过项目成果应用，累计生产再生水20亿m3（2015-2017年），新增销售额约46亿元、利润约10亿元。获2017年环保部科学技术奖一等奖、中国专利优秀奖、全国优秀工程咨询成果奖一等奖、北京市优秀工程咨询成果一等奖等奖励。

**二、客观评价**

（1）成果鉴定

经中国环境科学学会组织鉴定，专家评价：“该成果整体上达到国际领先水平”，“实现了再生水水质高标准净化和再生水系统的稳定、高效运行”。

（2）成果奖励

成果先后获得2017年环境保护科学技术奖一等奖（城市大规模再生水系统多屏障高标准水质保障技术及应用）、中国专利优秀奖、全国优秀工程咨询成果奖一等奖、北京市优秀工程咨询成果一等奖等奖励。

（3）成果查新

教育部科技查新工作站对所研发的AAO/反硝化滤池深度脱氮工艺、臭氧/紫外/氯消毒工艺、管网安全输配技术等进行了查新：国内外未见与查新点相同的文献报道。福建科技信息研究所对“大型高效玻璃管放电臭氧发生器”进行了查新，结果表明国内文献公开报道中，未见与查新项目相同的产品。

（4）成果评价

共发表发表学术论文90篇，其中在Water Research, Desalination, Separation and Purification Technology 等国际期刊上发表SCI论文45篇，成果被Environmental Science & Technology, Water Research, Journal of Hazardous Material等水环境领域顶级期刊所正面引用和评价。

**三、推广应用情况**

项目成果应用于中国、美国、加拿大、西班牙、韩国、印度等458个污水再生处理项目，处理能力总计2,548万m3/d，包括国际上规模最大的再生水厂（100万m3/d）； 2015-2017年间，累计支撑生产再生水20亿m3，新增销售额约46亿元、利润约10亿元。

**四、主要知识产权证明目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家  （地区） | 授权号 | 授权日期 | 权利人 | 发明人 | 专利有效状态 |
| 其他 | 《再生水水质安全评价与保障技术原理》 | 中国 | ISBN 978-7-03-030475-9 | 2011.4 | 清华大学 | 胡洪营、吴乾元、黄晶晶、赵欣 | 其他有效的知识产权（专著，科学出版社出版） |
| 发明专利 | 城市污水厂二级处理出水深度处理的装置及工艺 | 中国 | ZL201110161733.X | 2013-04-24 | 北京城市排水集团有限责任公司 | 李魁晓、宫飞蓬、李慧丽、周军、甘一萍 | 有效专利 |
| 发明专利 | Exhaust Gas Expansion Tank and Ozone Generator System Applying the Same | 美国 | US9,428,385 B2 | 2016.8.30 | Fujian Newland Entech Co.Ltd | Jian Chen, Xiaozhen Yang, Xiangyang Yao, Meiyan Wang | 有效专利 |
| 发明专利 | 复合式生物膜自养脱氮装置的运行方法 | 中国 | ZL201210517694.7 | 2013.10.23 | 北京城市排水集团有限责任公司 | 蒋勇、张树军、甘一萍、常江、张亮、孟春霖、韩晓宇 | 有效专利 |
| 发明专利 | 污水反硝化深度脱氮处理设备和处理方法 | 中国 | ZL201410091440.2 | 2017.2.15 | 清华大学深圳研究生院、昆明滇池水务股份有限公司 | 吴光学、胡洪营、时运红、魏楠、郭玉梅、吴毅晖 | 有效专利 |
| 发明专利 | Ultraviolet Sterilization Device With Autocleaning Structure | 美国 | US7,026,630 B2 | 2006.4.11 | Fujian Newland Entech Co.Ltd | Jian Chen, Xiangyang Yao | 有效专利 |
| 发明专利 | 基于OUR的城市污水生物抑制性实时监控系统与方法 | 中国 | ZL201110378933.0 | 2013.6.12 | 清华大学、桂林理工大学 | 胡洪营、赵文玉、张凯顺、陈玉芬、马邦定、李轶 | 有效专利 |
| 发明专利 | 再生水水质急性毒性连续在线监测设备及方法 | 中国 | ZL201320844595.X | 2014.6.18 | 北京城市排水集团有限责任公司 | 李魁晓、阜崴、白宇、李鑫玮、梁远、李雪梅、魏磊 | 有权 |
| 计算机软件著作权 | 供水管网监测数据自识别软件V1.0 | 中国 | 2014SR206928 | 2014.12.23 | 清华大学 | 刘书明、夏云庆、汪玉、车晗、李林 | 其他有效的知识产权 |
| 计算机软件著作权 | 再生水管网水质安全管理系统V1.0 | 中国 | 2015SR225673 | 2015.11.18 | 清华大学 | 刘书明、余康华 | 其他有效的知识产权 |

**五、主要完成人情况**

1. 姓名：胡洪营

排名：1

行政职务：副院长

技术职称：教授

工作单位：清华大学

完成单位：清华大学

对本项目技术创造性贡献：项目负责人，全面主持项目工作，提出了集中式再生水系统水质保障技术路线，指导项目实施方案的论证实施，对创新点1、2、3、4均做出了重要贡献。主持研发了臭氧/紫外线/氯消毒、管网水质保障技术、水质监控技术，建立了再生水消毒微生物灭活与复活模型、再生水余氯衰减模型、生物抑制性监控技术等，并开展相关成果的应用与推广。

1. 姓名：蒋勇

排名：2

行政职务：副董事长、副总经理

技术职称：教授级高工

工作单位：北京城市排水集团有限责任公司

完成单位：北京城市排水集团有限责任公司

对本项目技术创造性贡献：对创新点1、2做出了重要贡献。主持研发了AAO/反硝化滤池深度脱氮技术，研发了AAO微环境调控、反硝化滤池反冲洗模式、臭氧氧化消毒等技术，为工艺方案确定做出创新性贡献，组织开展了上述研究成果的工程示范和推广应用。

1. 姓名：姚向阳

排名：3

行政职务：技术研发平台总工

技术职称：高级工程师

工作单位：新大陆科技集团有限公司

完成单位：新大陆科技集团有限公司

对本项目技术创造性贡献：对创新点2做出了重要贡献，开发了玻璃放电管高频臭氧发生核心技术，研制出大型高效低耗臭氧发生器和大流量高性能紫外线消毒设备，开展设备工程应用实践，确定相关设备应用条件与参数，并开展了臭氧发生器和紫外线消毒设备推广应用。

1. 姓名：李艺

排名：4

行政职务：副总经理

技术职称：教授级高工

工作单位：北京市市政工程设计研究总院有限公司

完成单位：北京市市政工程设计研究总院有限公司

对本项目技术创造性贡献：对创新点1、2、3做出了重要贡献。研究控制堵塞的滤池结构设计优化、管网设计等，提出了反硝化滤池、臭氧氧化、管网等关键单元工程技术参数，主持设计了反硝化滤池、臭氧/紫外线/氯消毒工程和再生水管网系统，并开展了工艺应用推广与优化运行。

1. 姓名：刘书明

排名：5

行政职务：副院长

技术职称：副教授

工作单位：清华大学

完成单位：清华大学

对本项目技术创造性贡献：对创新点3、4做出了重要贡献。研发再生水管网水质保障技术，建立了输配管材评价优选方法，开发出再生水厂加氯量确定方法，建立再生水管网水质异常实时识别技术，并开展了相关技术应用。

1. 姓名：李魁晓

排名：6

行政职务：技术主管

技术职称：教授级高工

工作单位：北京城市排水集团有限责任公司

完成单位：北京城市排水集团有限责任公司

对本项目技术创造性贡献：对创新点1、2、4做出了贡献。研发反硝化滤池防堵塞滤头和碳源投加方法、臭氧/紫外线/氯组合消毒、急性毒性在线监测设备等技术与设备，协助开展了上述研究技术的工程实践与运行调试。

1. 姓名：吴乾元

排名：7

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：清华大学

完成单位：清华大学

对本项目技术创造性贡献：对创新点2做出了贡献。研究了集中式再生水系统水质保障技术路线；阐明臭氧氧化对消毒效果提升特性和臭氧控制消毒副产物生成特性，研究了臭氧/紫外线/氯消毒组合方式。

1. 姓名：吴光学

排名：8

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：清华大学

完成单位：清华大学

对本项目技术创造性贡献：对创新点1做出了贡献。研究了集中式再生水系统水质保障技术路线；研发了再生水AAO/反硝化滤池协同脱氮技术，开发出交替缺氧好氧强化脱氮技术，阐明反硝化滤池生物膜生长特性，开发出反硝化滤池生物膜堵塞控制填料组合。

1. 姓名：白宇

排名：9

行政职务：技术部部长

技术职称：教授级高工

工作单位：北京城市排水集团有限责任公司

完成单位：北京城市排水集团有限责任公司

对本项目技术创造性贡献：对创新点1和4做出了贡献。参与研发了反硝化滤池深度脱氮技术，负责开展了生物滤池操作条件以及滤池启动过程研究，并提出了滤池启动方式和操作条件，参与确定了污水排入城镇下水道水质控制目标。

10.姓名：王佳伟

排名：10

行政职务：水环境公司总工程师

技术职称：教授级高工

工作单位：北京城市排水集团有限责任公司

完成单位：北京城市排水集团有限责任公司

对本项目技术创造性贡献：对创新点1做出了贡献。参与研发了AAO工艺强化脱氮技术研究，提出AAO溶解氧微环境调控技术，开展AAO/反硝化滤池深度脱氮、臭氧/紫外线/氯协同增效消毒工程优化运行。

**六、主要完成单位及创新推广贡献**

（1）清华大学

作为牵头单位，组建产学研联合研发团队，组织项目实施方案设计和具体实施，负责863、国家重大科技专项、自然基金等课题研究，对创新点1、2、3、4均做出了重要贡献。提出了集中式再生水系统水质保障技术路线等，主持研发了臭氧/紫外线/氯消毒技术、管网水质控制、全流程水质监控预警技术等，联合研发了再生水AAO/反硝化滤池深度脱氮技术，并开展相关成果的推广应用。

（2）北京城市排水集团有限责任公司

作为项目组的重要组成单位和工程实施单位，负责开展项目成果的工程应用，对创新点1、2、4做出了重要贡献。主持研发了AAO/反硝化滤池深度脱氮技术，联合研发了臭氧/紫外线/氯消毒技术，在AAO系统微环境调控、反硝化滤池防堵塞控制与优化运行、组合消毒工艺运行、再生水毒性在线监测设备等方面做出了创新性贡献，并将研究成果应用于北京市多个大型再生水厂。

（3）新大陆科技集团有限公司

作为项目组的重要组成单位，负责大型臭氧发生器与大流量高性能紫外线消毒设备研发与推广应用，对创新点2做出了重要贡献。突破了高频臭氧发生核心技术，研制出大型高效低耗臭氧发生器和大流量高性能紫外线消毒设备，开展设备工程应用实践，确定相关设备应用条件与参数，实现了臭氧发生器和紫外线消毒设备在污水再生处理工程中的大规模应用。

（4）北京市市政工程设计研究总院有限公司

项目组的重要组成单位，负责集中式再生水系统工程设计。对创新点1、2、3做出了重要贡献。研究控制堵塞的滤池结构设计与运行优化、管网设计等，提出了反硝化滤池、臭氧氧化、管网等关键单元工程技术参数，主持设计了相关再生水厂的反硝化滤池、臭氧/紫外线/氯消毒工程和再生水管网系统，支撑了北京、张家口、合肥等地再生水处理与利用。

**七、完成人合作关系说明。**

项目第1完成单位和第2完成单位于2006年起便共建“清华大学（环境科学与工程系）/北京排水集团污水处理与资源化教学--科研--培训基地”。项目第1、2和4完成单位于2010年联合发起成立中关村国家污水资源化产业联盟。

项目第1、2完成单位联合承担再生水安全保障方面的国家863课题，由项目第1、6、7、9、10完成人共同参与；项目第1、2和4完成单位联合承担再生水处理方面的北京市科委课题，由项目第6、9、10完成人共同参与。共同研究与攻关所形成的技术与工艺，由项目第2完成单位委托第4完成单位开展工程设计，实现了大规模应用，由第4完成人负责设计。在总结相关经验基础上，项目第6、2、9和1完成人合作制订行业标准1项，项目第4和9完成人合作制订国家标准1项。

在此期间，项目完成人之间联合发表论文并开展人才培养。项目第1完成人是项目第9完成人的博士后导师。项目第1完成人与第5、7、8、9完成人合作发表论文或获得专利。项目第2完成人与第6、10完成人合作获得专利。项目第1完成人与第3完成人所在单位人员联合发表过论文，并共同培养博士后。

在以上工作基础上，项目第1-4完成单位、第1、3、5-10完成人共同获得2017年环保部科学技术一等奖。