**【项目名称】**

城镇污水处理系统数学模拟诊断与优化运行技术研发及应用

**【推荐单位】**

成都市科技局

**【项目简介】**

该项目针对我国城镇污水处理存在的运行不稳定、脱氮除磷效率较低、运行管理较为粗放以及运行成本高等问题，以城镇污水处理系统为研究对象，以系统稳定、高效、经济运行为目标，基于大数据技术的运用构建进水水质预测模型与活性污泥数学模型用于污水处理系统的模拟诊断，并通过多种机器学习算法与多元线性回归分析组合优化进水水质预测模型、通过水质细组分校准以及微生物动力学参数校准以提高模拟预测精度；从氨氧化菌剂、反硝化菌剂的添加与运行参数的优化提高亚硝氮的积累，实现低碳氮比生活污水短程硝化反硝化高效脱氮；从混凝剂种类与操作条件两方面优化复配混凝剂的除磷效果，并通过响应面法快速筛选和优化获得除磷复配条件，实现除磷混凝剂的快速复配。在此基础之上，集成创新研发获得城镇污水处理系统数学模拟与优化运行技术，并实现工程应用。主要创新点如下：

1、大数据采集与数学模型模拟诊断技术：基于大数据采集与分析，采用多种深度学习算法构建了进水水质预测模型，并通过多元线性回归对预测模型进行了优化组合，克服了单纯采用深度学习算法不能在多项指标的预测上同时保持最优的缺陷，提高了进水水质水量指标预测的准确性；

2、菌剂强化与参数优化相结合的短程硝化与反硝化脱氮技术：通过氨氧化菌剂、反硝化菌剂添加与操作参数（溶解氧、水力停留时间、回流比等）优化调控，研发了低碳氮比生活污水短程硝化反硝化脱氮技术，通过工艺运行参数优化实现低碳比生活污水短程硝化反硝化处理的规模化工程应用（日处理规模≥1万吨）；

3、 基于响应面法优化的物化除磷快速复配技术：运用响应面方法学快速筛选和优化获得除磷混凝剂的最佳复配条件，通过除磷混凝剂的筛选与复配、添加量与添加位点的优化组合，实现生活污水高效物化除磷规模化工程应用（日处理规模≥3.96万吨）。

该项目相关技术成果已在成都市金堂县三星大学城生活污水处理厂、天府新区华阳第一污水厂（二期）、河南卢氏县污水处理厂、宜宾杨湾污水处理厂实现工程应用。已累计处理污水8405.03万吨，削减COD 15148.37吨，NH3-N 2152.39吨，TN 1211.66吨，TP 219.71吨；实现销售收入12863.17万元，利润2467.83万元，减少企业亏损530.76万元，上缴税收1009.13万元。本项目共申报国家专利13项，发表论文10篇，出版专著2部，主持与参加制订国家标准2项。

**【客观评价】**

1、成果查新报告

2019年5月7日，委托中国科学院上海科技查新咨询中心完成了对该项目主要研究成果的国内外科技查新，提交的查新报告给出了“该项目构建了基于机器学习与多元线性回归优化组合的进水水质水量预测模型，采用多种深度学习算法构建了进水水质预测模型，并通过多元线性回归对预测进行优化组合，进水流量、COD和NH3-N预测精度分别达到100%、76.8%、78.8%，构建了活性污泥数学模型，结合实验法与专家经验法校准了微生物动力学参数bH、UH、YH，出水COD、TP、TN、NH3-N的相对误差分别达到0.2%、3.4%、4.1%和1.4%；研发了低碳氮比生活污水短程硝化反硝化高效脱氮技术并实现工程应用，构建了泥-膜一体化处理系统，通过氨氧化菌剂、反硝化菌剂添加与操作参数优化调控，研发了低碳氮比生活污水短程硝化反硝化高效脱氮技术，工程应用中，通过优化运行参数（溶解氧、水力停留时间、回流比等），亚硝氮积累率大于50%，出水总氮平均浓度为8.5-8.9mg/L，运行电耗降低22.85%；研发了高效物化除磷快速复配技术并实现工程应用，运用响应面方法学快速筛选和优化获得基于AlCl3和Fe2(SO4)3的复配絮凝剂及其最佳复配条件，工程应用中，通过除磷混凝剂的筛选与复配、添加量与添加位点的优化组合，复配混凝剂平均投加量由135 mg/L降至85 mg/L，出水总磷稳定达标排放，除磷成本下降37%。经检索，未见有与该项目设计及采用的关键技术相对应的文献和专利。因此，该项目具有新颖性”。

2、专利情况

该项目共获得国家授权专利7项，发表论文10篇，出版专著2部，主持与参加制定的标准2项。

3、成果影响

中国水网以题为“清华大学环境学院中法高级硕士万里长江 环保企业技术交流行参观考察宜宾海天”报道了清华大学环境学院原副院长左剑恶教授/博导带领下，携法国MINS PARISTECH Jasha教授、Daniel教授等一行19人，参观考察了宜宾海天建设运营的宜宾市杨湾污水处理厂。

由联合国环境规划基金会、中国环境保护协会、香港环境保护协会、澳门绿色环境保护协会4家环保组织逾8个月层层甄选的“绿色亚太2018环保成就奖”揭晓，海天集团荣获“绿色亚太2018环保成就奖﹒杰出环境保护企业奖”，公司秉持“海天水务，为民服务”的理念和“改善环境，造福社会”的宗旨，形成了集科研、供排水、资源循环利用为一体的现代环境综合服务产业链。

**【推广应用情况】**

该项目成果已在成都市金堂县三星大学城生活污水处理厂、天府新区华阳第一污水厂（二期）、河南卢氏县污水处理厂、宜宾杨湾污水处理厂实现工程应用。累计处理污水8405.03万吨，削减COD 15148.37吨，NH3-N 2152.39吨，TN 1211.66吨，TP 219.71吨。共实现销售收入12863.17万元，利润2467.83万元，减少企业亏损530.76万元，上缴税收1009.13万元。该项目技术成果的应用可有效提高我国城镇污水处理系统问题诊断的准确性与时效性，提升污水处理系统的稳定性和出水达标率，切实降低运行成本，为减缓我国水体污染、保障饮用水安全、污水处理提标升级改造与工艺节能降耗提供了有力技术支撑。

**【主要知识产权目录】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 授权号 | 授权日期 |
| 发明专利 | 一种采用大数据管理模式进行污水处理的工艺 | ZL201510636537.1 | 2018.01.02 |
| 发明专利 | 一种实现短程硝化反硝化的装置及其方法 | CN201810444023.X | 2018.05.10 |
| 发明专利 | 一种高效的污水脱氮工艺 | CN201711484407.6 | 2017.12.30 |
| 发明专利 | 一种低C/N比有机废水脱氮处理方法 | CN201810935681.9 | 2018.08.16 |
| 实用新型专利 | 一种基于数据采集与监控一体化的污水处理系统 | ZL201520768817.3  | 2016.03.02 |
| 实用新型专利 | 一种基于大数据技术的污水管网监测系统 | ZL201520767392.4 | 2016.03.02 |
| 实用新型专利 | 基于大数据管理技术的城市污水处理系统 | ZL201520767418.5 | 2016.03.02 |
| 实用新型专利 | 一种强化低CN比污水脱氮效能的人工快渗装置 | ZL201720026160.2 | 2017.10.13 |
| 实用新型专利 | 一种强化脱氮除磷的两级人工快渗系统 | ZL201720039234.6 | 2017.10.13 |
| 实用新型专利 | 一种同步硝化反硝化的人工快渗系统 | ZL201620838717.8 | 2017.02.22 |

**【主要完成人情况表】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 潘志成 | 排名 | 1 |
| 行政职务 | 副总裁/技术总监 | 技术职称 | 研究员 |
| 工作单位 | 海天水务集团股份公司 | 完成单位 | 海天水务集团股份公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2、3做出了创造性贡献，具体包括：指导城镇污水处理系统优化运行技术研发，主导污水处理系统诊断技术、短程硝化反硝化脱氮技术、高效物化除磷快速复配技术在城镇污水处理系统中的规模化工程应用。主要贡献成果：申请发明专利2项，授权发明专利1项，授权实用新型专利3项，发表高水平论文4篇，参与编撰专著2本，证明材料见附件1.1-1.4，1.8，1.10，4.1，4.7-4.9，5.1，5.2。 |
| 姓名 | 谭周亮 | 排名 | 2 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 研究员 |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2、3做出了创造性贡献，具体包括：全程指导污水处理系统的工艺诊断与模拟优化技术的研发；主导氨氧化、反硝化菌剂研制，低碳氮比生活污水短程硝化反硝化脱氮技术研发、高效物化除磷快速复配技术研发；指导制定生活污水处理系统优化运行方案。主要贡献成果：申请发明专利1项，发表高水平论文7篇。证明材料见附件1.11，4.1-4.6，4.10。 |
| 姓名 | 陈杨武 | 排名 | 3 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | / |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2、3做出了创造性贡献，具体包括：参与污水处理系统现场诊断工作；生物脱氮研究中，负责氨氧化菌剂的制备；物化除磷研究中，参与利用响应面法快速筛选和优化混凝剂复配条件，研发了物化除磷快速复配技术。主要贡献成果：发表高水平论文6篇。证明材料见附件4.1-4.6。 |
| 姓名 | 汪锐 | 排名 | 4 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 助理研究员/工程师 |
| 工作单位 | 西南交通大学 | 完成单位 | 海天水务集团股份公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2、3做出了创造性贡献，具体包括：参与大数据技术的研发；是污水处理系统诊断技术、短程硝化反硝化高效脱氮技术、高效物化除磷快速复配技术在城镇污水处理系统中规模化工程应用的主要实施者。主要贡献成果：申请发明专利2项，授权1项，授权实用新型专利3项，发表高水平论文1篇。证明材料见附件1.1-1.4，1.10，4.1。 |
| 姓名 | 张建强 | 排名 | 5 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 西南交通大学 | 完成单位 | 西南交通大学 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点2做出了创造性贡献，具体包括：指导并参与短程硝化反硝化脱氮技术的研发，指导该技术在城镇污水处理系统中的规模化工程应用。主要贡献成果：授权专利3项。证明材料见附件1.5-1.7。 |
| 姓名 | 李旭东 | 排名 | 6 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 研究员 |
| 工作单位 | 中国科学院成都生物研究所 | 完成单位 | 中国科学院成都生物研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2做出了创造性贡献，具体包括：指导构建污水处理系统进水水质水量预测模型与活性污泥数学模型；指导氨氧化菌剂、反硝化菌剂的研制与短程硝化反硝化高效脱氮技术的研发。主要贡献成果：申请发明专利1项，发表高水平论文2篇。证明材料见附件1.11，4.1，4.3。 |
| 姓名 | 陈婷婷 | 排名 | 7 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 助理研究员 |
| 工作单位 | 海天水务集团股份公司 | 完成单位 | 海天水务集团股份公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2做出了创造性贡献，具体包括：参与大数据技术的研发；是短程硝化反硝化脱氮技术在现场工程应用中的参与者。主要贡献成果：申请发明专利2项。证明材料见附件1.9，1.10。 |
| 姓名 | 陈科西 | 排名 | 8 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 工程师 |
| 工作单位 | 海天水务集团股份公司 | 完成单位 | 海天水务集团股份公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点2、3做出了创造性贡献，具体包括：参与短程硝化反硝化技术的研发；参与污水处理现场短程硝化反硝化脱氮技术、高效物化除磷快速复配技术的工程应用。主要贡献成果：申请发明专利1项。证明材料见附件1.10。 |
| 姓名 | 陈佼 | 排名 | 9 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 讲师 |
| 工作单位 | 西南交通大学 | 完成单位 | 西南交通大学 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点2做出了创造性贡献，具体包括：参与短程硝化反硝脱氮技术的研发及其工程应用。主要贡献成果：授权实用新型专利3项，发表高水平论文1篇。证明材料见附件1.5-1.7，4.9。 |
| 姓名 | 费功全 | 排名 | 10 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 工程师 |
| 工作单位 | 海天水务集团股份公司 | 完成单位 | 海天水务集团股份公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：对项目成果[主要科技创新]中的创新点1、2、3做出了创造性贡献，具体包括：指导污水处理系统诊断技术、短程硝化反硝化脱氮技术、高效物化除磷快速复配技术在城镇污水处理系统中的规模化工程应用。主要贡献成果：申请发明专利3项，授权实用新型专利1项，参与编撰专著2部。证明材料见附件1.2，1.8-1.10，5.1，5.2。 |

**【主要完成单位及创新推广贡献】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 海天水务集团股份公司 | 排名 | 1 |
| 创新推广贡献：项目技术集成与应用单位，在城镇污水处理系统模拟诊断技术、短程硝化反硝化处理技术、高效物化除磷快速复配技术的工程应用方面作出了重要贡献。作为技术应用方，主要负责技术路线和研究方案的制定与相关技术的具体实施。在项目的实施过程中，该单位作为牵头单位，起草了一系列项目相关文件，多次组织专家讨论项目实施方案的合理性和创新性，推动了项目的发展进程。此外，该单位在人力、物力、财力等多方面给项目实施大力支持，协调各方面的关系，为该项成果的取得提供了有力支撑和保障。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 中国科学院成都生物研究所 | 排名 | 2 |
| 创新推广贡献：项目的原始创新研究单位，取得了系统的研究成果。在污水处理系统进水水质水量预测模型、活性污泥数学模型构建与数学模拟诊断技术研发、短程硝化反硝化处理技术研发、高效物化除磷快速复配技术研发等方面作出主要创新贡献。与企业合作进行成果产业化转化过程中，在污水处理系统诊断与优化运行技术的应用方面提供了有效指导。在项目的实施过程中，该单位作为参与单位，在人力、物力、财力等多方面给项目实施大力支持，协调各方面的关系，为该项成果的取得提供了有力支撑和保障。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 西南交通大学 | 排名 | 3 |
| 创新推广贡献：项目的原始创新研究单位，在污水脱氮除磷方面作出重要的创新贡献，并在污水处理系统优化运行技术路线和研究方案的制定与实施方面提供了有效指导。在项目的实施过程中，该单位作为参与单位，在人力、物力、财力等多方面给项目实施大力支持，协调各方面的关系，为该项成果的取得提供了有力支撑和保障。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 四川海天生环科技有限公司 | 排名 | 4 |
| 创新推广贡献：项目技术应用单位，在项目的实施过程中，该单位作为参与单位在人力、物力等多方面给项目实施大力支持，协调各方面的关系，为该项成果的取得提供了有力支撑和保障。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 四川海天环保能源有限公司 | 排名 | 5 |
| 创新推广贡献：项目技术应用单位，在项目的实施过程中，该单位作为参与单位在人力、物力等多方面给项目实施大力支持，协调各方面的关系，为该项成果的取得提供了有力支撑和保障。 |

**【完成人合作关系说明】**

项目“城镇污水处理系统数学模拟诊断与优化运行技术研发及应用”由海天水务集团股份公司、中国科学院成都生物研究所、西南交通大学、四川海天生环科技有限公司、四川海天环保能源有限公司合作完成，完成人为潘志成、谭周亮、陈杨武、汪锐、张建强、李旭东、陈婷婷、陈科西、陈佼、费功全。

海天水务集团股份公司是该项目的第一完成单位，完成人潘志成、汪锐、陈婷婷、陈科西、费功全主要负责项目技术路线和研究方案的制定与实施，主导与参加污水处理系统数学模拟诊断技术、短程硝化反硝化处理技术、高效物化除磷快速复配技术在城镇污水处理系统中的规模化工程应用，在项目技术集成与应用方面做出了重要贡献。

中国科学院成都生物研究所是该项目的第二完成单位，完成人谭周亮、陈杨武、李旭东在项目“农村场镇生活污水处理设施运行优化技术应用研究”中进行了长期合作，创新研发了污水处理系统数学模拟诊断技术、短程硝化反硝化脱氮技术、高效物化除磷快速复配技术，并指导了相关技术在城镇污水处理系统中的规模化工程应用，为该项目做出重要贡献。

西南交通大学是该项目的第三完成单位，完成人张建强、陈佼在参与短程硝化反硝化脱氮技术的研发与规模化工程应用中做出了重要贡献。

海天水务集团股份公司、中国科学院成都生物研究所、西南交通大学、四川海天生环科技有限公司、四川海天环保能源有限公司共同推进项目技术的研发与应用，构建了基于“工艺快速诊断-脱氮除磷技术研发-工艺优化运行”的研究与应用思路。其中，中国科学院成都生物研究所与西南交通大学负责城镇污水处理系统诊断与优化运行技术研发；海天水务集团股份公司负责技术集成；海天水务集团股份公司、四川海天生环科技有限公司、四川海天环保能源有限公司共同参与相关技术的规模化工程应用，确保污水处理系统的稳定、高效、经济运行。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者（项目排名） | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 共同立项 | 1，2，3，8 | 2014-2016 | 高效节能优化运行技术 | 附件3.1 |
| 2 | 共同立项 | 2，3，6 | 2014-2017 |  污水处理设施运行优化技术 | 附件3.2 |
| 3 | 共同知识产权 | 1，4 | 2015-至今 | 发明专利 | 附件1.1 |
| 4 | 共同知识产权 | 1，4，10 | 2015-至今 | 实用新型专利 | 附件1.2 |
| 5 | 共同知识产权 | 1，4，10 | 2015-至今 | 实用新型专利 | 附件1.3 |
| 6 | 共同知识产权 | 1，4，10 | 2015-至今 | 实用新型专利 | 附件1.4 |
| 7 | 共同知识产权 | 5，9 | 2017-至今 | 实用新型专利 | 附件1.5 |
| 8 | 共同知识产权 | 5，9 | 2017-至今 | 实用新型专利 | 附件1.6 |
| 9 | 共同知识产权 | 5，9 | 2016-至今 | 实用新型专利 | 附件1.7 |
| 10 | 共同论文 | 1，2，3，4 | / | SCI论文 | 附件4.1 |
| 11 | 共同论文 | 2，3 | / | SCI论文 | 附件4.2 |
| 12 | 共同论文 | 2，3，6 | / | SCI论文 | 附件4.3 |
| 13 | 共同论文 | 2，3 | / | 中文论文 | 附件4.4 |
| 14 | 共同论文 | 2，3 | / | 中文论文 | 附件4.5 |
| 15 | 共同论文 | 2，3 | / | 中文论文 | 附件4.6 |
| 16 | 共同论著 | 1，10 | / | 中文专著 | 附件5.1 |
| 17 | 共同论著 | 1，10 | / | 中文专著 | 附件5.2 |