**【项目名称】**

分散式生活黑水综合处理与生态厕所研发技术

**【推荐单位】**

中国科学院成都分院

**【项目简介】**

针对农村、小型城镇以及旅游景区分散式污水收集与处理的瓶颈问题，经过5年多的技术攻关与工程应用，重点突破了分散式生活污水的分类分质收集、高效微生物除臭菌剂、污染物生物降解、氮磷资源化、电化学脱色除臭、生态厕所功能优化、中水回用等一系列关键技术，形成了以高效微生物降解耦合电化学深度处理为核心的资源回收和达标排放的污水处理成套技术体系，并在旅游景区的分散式生活黑水处理和生态厕所中进行了应用推广。主要创新点如下：

1、基于功能微生物对污染物的降解，集成电化学深度氧化、脱色和除臭技术，实现了分散式生活黑水的资源化、能源化和无害化。通过高效微生物的筛选和菌剂复配研制，强化厌氧消化和好氧接触氧化的 生物处理负荷，实现了高浓度黑水处理后的水质可以用于中水回用、农田灌溉、绿花浇水以及达标排放，出水无色、无味，总氮低于8mg/L，COD不高于60mg/L，氨氮低于0.5 mg/L，总磷低于0.5 mg/L。

2、从污染物产生的源头分类收集处理，以物质循环的方式处理废弃物。在分散污水收集关键技术上，开发了真空负压分质收集装置，采用智能化水质水量监控方式，突破了污水分质收集、分散点资源化处理、面源控制等技术难题，成功开发了适用于水冲式、真空收集式、泡沫封堵式以及粪尿源分离式的4种类型的生态厕所。在厕所房体上结合太阳能和风能利用装置，为系统运行补给动能，节约电能供给，降低系统外供给能耗，并通过低压限流技术以及结构优化提高能量利用效率。

3、提供一种原位增温保温措施，有效维持厌氧消化罐的发酵温度，克服现有技术中增温保温系统可靠性不高，发酵液的温度变化梯度大，换热器换热效率随着使用时间的增加而降低，维护管理成本高的缺陷；在系统的运行管理上，推出集中捆绑、连片治理的方式，建立区域化运营控制平台，发挥了集约化项目群的优势。采用的物联网技术对分散群居区域实行智能化监测和控制，自动化程度高，运行维护简便，无需专业技术人员操作管理，大幅降低了人力成本。

项目研发关键技术10项，小型分散式污水一体化处理装置1套，电化学脱色装置1套，生物除臭装置1套，开发了适用于水冲式、真空收集式、泡沫封堵式及粪尿源分离式的4类生态厕所产品，在污染物生物降解、氮磷资源化、脱色除臭以及中水回用关键技术和生态厕所集成系统上具有重大创新。授权发明专利7项，实用新型专利3项，发表论文50余篇。研究成果已在海螺沟风景区、峨眉山风景区、四姑娘山风景区、甘孜色达佛学院、贵州娄山关风景区、剑门关风景区等50多处进行了应用推广，降低了景区传统打包厕所的人力维护成本，中水回用冲厕方式大大节约了景区用水量，再生能源的利用大大节约了电力能耗，依托生态厕所产品的成功推广，在应用单位三年累计新增产值3.8亿元，产生了显著的经济效益和环境效益，科技推动了小型化分散式污水处理行业的发展，尤其是景区生态厕所的研发和技术突破，成为业界的一个典型案例，为我国分散式污水综合整治提供有力的保障。（以上数据截至2017年6月19日）

**【客观评价】**

1、成果验收意见

（1）由四川大学资源与环境学院杨平教授担任评审委员会主任，西南交通大学付永胜教授等有关专家对“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”项目进行了验收，认为：从“除臭菌株筛选评价、菌株拮抗测定、正交试验优化组配、菌剂应用条件、菌剂发酵制备”为复合菌剂构建与制备主线，以筛选评价获得的高效菌株为复合菌剂组成菌株，优化构建出复合菌剂，该复合菌剂综合除臭效率高；从桔皮中提取香味物质复配到菌剂中，除臭效率得到明显提高。通过复合菌剂的廉价发酵制备与长效保存研究，获得了具有我国自主知识产权的复合菌剂，为我国生活粪便恶臭控制提供了技术支撑。在复合菌剂上制备与生态厕所研制的基础上，开展了复合菌剂在生态厕所上的应用示范，为我国景区生活粪便恶臭控制提供了技术支撑。

（2）由四川大学资源与环境学院杨平教授担任评审委员会主任，西南交通大学付永胜教授等有关专家对“畜禽粪便恶臭控制与资源化复合菌剂的研制与示范”项目进行了验收，认为：从“除臭菌株筛选评价—菌株拮抗测定—正交试验优化组配—菌剂应用条件”为复合菌剂构建主线，选育了多种有益微生物除臭菌株，优化构建复合菌剂，综合除臭效率高；并对复合菌剂的应用条件进行了系统研究，获得了复合菌剂的最佳使用条件。通过复合菌剂的廉价发酵制备与长效保存研究，获得了具有我国自主知识产权的复合菌剂，为我国畜禽粪便恶臭控制提供了技术支持。

2、生物除臭菌剂毒理学检测报告

项目研制的微生物菌剂，对小鼠急性经口毒性试验结果报告，MTD值大于10000mg/kg.BW，按照《食品安全性毒理学评价程序和方法》（GB15193-2003）评价标准，属实际无毒级。

3、专利情况

该项目共获得国家授权发明专利7件，实用新型专利3件。

4、行业标准制定

该项目制定了中华人民共和国农业行业标准NY/T2601-2014，规定了生活污水净化沼气池施工的实验程序和技术要求。

5、媒体报道

《环球时报》、香港《南华早报》以及《中国新闻网》等对中科院成都生物研究所研发的畜禽粪污微生物除臭菌剂在公厕除臭上的效应进行了相关报道。

**【推广应用情况】**

该成果技术经过完成单位5 年多的研发及推广应用，已在分散式污水综合处理工程中得到应用，技术的推广给以下应用企业带来产值总和超过3.8亿人民币的经济价值，同时带来的环境效应巨大，形成了具有行业特色的生态厕所产品，响应国家的“厕所革命”，为我国偏远村落和旅游景区的分散式污水处理提供了切实有效的技术支撑。在转化应用过程中，成都友益佳环保设备工程有限公司、四川中恒远态环保科技有限公司、四川新水平衡环保科技公司、剑阁县剑门关景区管理局、四川环静环保科技有限公司、无锡中康泰博环境科技有限公司、江苏安泉环保工程有限公司作为成果应用推广单位，在四川成都、德阳、乐山、凉山、峨眉、海螺沟、甘孜色达、陕西石门栈道、宜宾蜀南竹海、江苏无锡、连云港、盐城、南京等近50余处开展了成果应用，并且客户反馈评价良好，技术、产品运行稳定可靠，得到用户的一致好评。

**【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 | 一种畜禽粪污微生物除臭菌剂、其制备方法及其应用 | ZL201210190607.1 | 2013-09-04 |
| 发明专利 | 一种用于公厕除臭的复合生物制剂、制备方法及其应用 | ZL201210190627.9 | 2014-04-30 |
| 发明专利 | 一种酵母菌菌株及其应用 | ZL201310036086.9 | 2014-10-08 |
| 发明专利 | 一种乳酸杆菌菌株及其应用 | ZL201310036200.8 | 2014-11-19 |
| 发明专利 | 一种生物电化学脱氮反应器及其使用方法 | ZL201110271646.X | 2013-06-05 |
| 发明专利 | 一种生物电化学偶联脱氮装置和方法 | ZL201010254242.5 | 2013-07-31 |
| 发明专利 | 地上沼气池的增温保温系统 | ZL201310281681.9 | 2015-02-04 |
| 实用新型专利 | 粪尿一体式生态厕所 | ZL201420802700.8 | 2015-05-20 |
| 实用新型专利 | 粪尿分离式生态厕所 | ZL201420804109.6 | 2015-05-20 |
| 实用新型专利 | 料液循环流化发酵装置 | ZL201620922373.9 | 2017-04-12 |

**【主要完成人情况表】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 闫志英 | 排名 | 1 |
| 行政职务 | 中心副书记 | 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：  该项目成果整体产出的核心组织者，科技创新点1和2的主要贡献者，项目“畜禽粪便恶臭控制与资源化复合菌剂的研制与示范”课题负责人，主持完成了该项目成果的全过程研发、技术集成、示范与应用，研发了复合微生物菌剂，完成了工艺设计与优化调控以及分散式黑水处理成套技术的集成。支撑的旁证材料：发明专利4件，实用新型2件，详见知识产权证明材料附件1.1，项目验收报评价告附件2.2，菌剂检测报告附件2.2，2.3，其他证明材料附件5.1。 | | | |
| 姓名 | 占国强 | 排名 | 2 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 副研究员 |
| 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：  科技创新点1和2的主要贡献者，，项目“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”课题技术骨干，研发了地埋式MBR一体化装置、电化学耦合生物脱氮技术，完成了工艺设计与优化调控以及分散式黑水处理成套技术的集成。支撑的旁证材料：发明专利2件，详见知识产权证明材料附件1.1，验收报告附件2.1，2.2，菌剂检测报告附件2.2，2.3，其他证明材料附件5.1。 | | | |
| 姓名 | 冯正远 | 排名 | 3 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 成都友益佳环保设备工程有限公司 | 完成单位 | 成都友益佳环保设备工程有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：  主要科技创新点2的主要贡献者，项目“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”课题技术骨干，创造性的开发了适用于水冲式、真空收集式、泡沫封堵式以及粪尿源分离式的4种类型的生态厕所，在成果的应用推广过程中起到核心作用。主要旁证材料：实用新型专利2件，详见知识产权证明材料附件1.1，四川省环境监测总站水质分析附件2.5。 | | | |
| 姓名 | 罗涛 | 排名 | 4 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 副研究员 |
| 工作单位 | 农业部沼气科学研究所 | 完成单位 | 农业部沼气科学研究所 |
| 对本项目技术创造性贡献：  主要科技创新点3的主要贡献者，项目“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”课题技术骨干，制订了生活污水净化沼气池施工规程，研发一种原位增温保温技术，有效维持厌氧消化罐的发酵温度稳定，克服现有技术中增温保温系统可靠性不高，发酵液的温度变化梯度大，换热器换热效率随着使用时间的增加而降低，维护管理成本高的缺陷。主要旁证材料：发明专利1件，实用新型专利1件，详见知识产权证明材料附件1.1，中华人民共和国行业标准附件2.6。 | | | |
| 姓名 | 李大平 | 排名 | 5 |
| 行政职务 | 中心主任 | 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：  主要科技创新点1和2的主要贡献者，，在菌剂研发和工艺集成商具有重要贡献，在工程应用过程中的调试起到核心作用。主要旁证材料：发明专利2件，详见知识产权证明材料附件1.1，菌剂附件材料2.3，2.4。 | | | |
| 姓名 | 刘晓风 | 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：  主要科技创新点1和2的主要贡献者，项目“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”课题负责人，对本项目的粪污厌氧降解的过程和工艺组合进行了优化，提高了日处理负荷，为后续深度氧化减轻了符合冲击。主要旁证材料：发明专利4件，详见知识产权证明材料附件1.1，验收报告2.1，菌剂附件材料2.3，2.4。 | | | |
| 姓名 | 何晓红 | 排名 | 7 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 高级工程师 |
| 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：  主要科技创新点1和2的主要贡献者，项目“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”课题技术骨干，本项目中调控好氧接触氧化菌群结构，优化粪污工艺条件，通过工艺条件的优化、外源功能菌剂的投加改变好氧生物处理单元的菌群结构，加快氮素污染物的转化，并通过开发高效生物填料，提高菌群密度，强化生物脱氮除磷处理效果。主要旁证材料：发明专利1件，详见知识产权证明材料附件1.1，菌剂附件材料2.3，2.4。 | | | |
| 姓名 | 袁月祥 | 排名 | 8 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 高级工程师 |
| 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：  主要科技创新点1和2的主要贡献者，项目“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”课题技术骨干，对本项目的粪污厌氧降解的过程和工艺组合进行了优化，在技术集成和应用推广中起到核心作用。主要旁证材料：发明专利4件，实用新型专利2件，详见知识产权证明附件1.1，菌剂附件材料2.3，2.4。 | | | |
| 姓名 | 陈萍 | 排名 | 9 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 成都友益佳环保设备工程有限公司 | 完成单位 | 成都友益佳环保设备工程有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：  主要科技创新点3的主要贡献者，，对本项目的粪污厌氧降解的过程和工艺组合进行了优化，生态厕所应用推广中起到核心作用。主要旁证材料：实用新型专利2件，详见知识产权证明材料附件1.1。 | | | |

**【主要完成单位及创新推广贡献】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 中国科学院成都生物研究所 | 排名 | 1 |
| 创新推广贡献：  项目成果的主创完成单位，课题“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”、“畜禽粪便恶臭控制与资源化复合菌剂的研制与示范”的牵头单位。创新性成果1和2的负责完成单位，全面负责成果的研发和应用推广，主持研发了微生物菌剂、生物脱氮除磷、电化学脱色除臭等关键技术，集成该项目的整体性成果，在江苏、四川等地组织开展了总结示范和推广应用，取得了全面的成效，有效控制了农村分散式污水的面源污染，削减了C/N/P污染物，提高了景区生态厕所的产品质量，完成了厕所功能拓展，带来了显著的经济效应、环境效应和社会效应。开发的水冲式、真空收集式、泡沫封堵式以及粪尿源分离式4种生态厕所，获批发明专利6项，核心技术5项，研发设备3套。研究成果已在多处进行了应用和推广，科技推动了小型化分散式污水处理行业的发展，尤其是景区生态厕所的研发和技术突破，成为业界的一个典型案例，为我国分散式污水综合整治提供有力的保障。 | | | |
| 单位名称 | 成都友益佳环保设备工程有限公司 | 排名 | 2 |
| 创新推广贡献：  项目创新性成果3的负责完成单位，全面负责成果的研发和应用推广，负责开发水冲式、真空收集式、泡沫封堵式以及粪尿源分离式4种生态厕所，在房体结构和太阳能再生能源利用上具有突出贡献，核心技术2项，研发设备2套，授权专利2件。研究成果中的生态厕所产品已在海螺沟、峨眉山、四姑娘山、甘孜色达、娄山关、剑门关等50多处进行了应用推广，降低了景区传统打包厕所的人力维护成本，中水回用冲厕方式大大节约了景区用水量，再生能源的利用大大节约了电力能耗，尤其是生态厕所产品的成功推广，产生了显著的经济效益和环境效益，科技推动了小型化分散式污水处理行业的发展，尤其是景区生态厕所的研发和技术突破，成为业界的一个典型案例，为我国分散式污水综合整治提供有力的保障。 | | | |
| 单位名称 | 农业部沼气科学研究所 | 排名 | 3 |
| 创新推广贡献：  项目创新性成果1和2的参与完成单位，负责成果的研发和应用推广，污水生物处理以及厌氧发酵工艺的研发和工程示范，在结构控温和太阳能再生能源利用上具有突出贡献，核心技术2项，中华人民共和国行业标准1项，研发设备2套，授权专利2件。在江苏、四川等地组织开展了总结示范和推广应用，取得了全面的成效，有效控制了农村分散式污水的面源污染。 | | | |

**【完成人合作关系说明】**

中国科学院成都生物研究所是该项目的第一完成单位，完成人闫志英、占国强、李大平、刘晓风、何晓红、袁月祥均为中国科学院成都生物研究所应用与环境微生物中心污染物控制与能源化技术团队的核心成员，在项目“生活粪便处理复合菌剂的研制与生态厕所开发”、“畜禽粪便恶臭控制与资源化复合菌剂的研制与示范”等中国科学院知识创新工程重要方向项目中进行了长期合作，创新研发了微生物菌剂耦合电化学强化生活黑水脱氮除磷技术、集成开发了分散式污水源头分质分类收集、生物处理与电化学脱色除臭、生态厕所中水回用技术，为该项目做出重要贡献。

中国科学院成都生物研究所与成都友益佳环保设备工程有限公司（完成人冯正远、陈萍）共建了“粪污无害化处理与生态厕所研发实践基地”共同申请新型实用专利2件，中国科学院成都生物研究所负责分散式污水处理技术研发和集成，成都友益佳环保设备工程有限公司负责结构设计和智能控制，共同推进技术的研发—验证—改进，确保一体化污水处理装置和生态厕所产品的稳定运行。

中国科学院成都生物研究所与农业部沼气科学研究所（完成人罗涛）在污水处理、沼气工程等方面进行了长期合作，共同完成了分散式污水综合处理技术的工程示范，在江苏、四川等地的污水处理工程和沼气工程中得到广泛应用。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 共同知识产权 | 1、3、6、8、9 | 2010 | 实用新型专利 | 知识产权证明7、8 |
| 2 | 共同知识产权 | 1、3、6、8、9 | 2010 | 实用新型专利 | 知识产权证明7、8 |
| 3 | 共同知识产权 | 1、3、6、8、9 | 2010 | 实用新型专利 | 知识产权证明7、8 |
| 4 | 共同知识产权 | 1、3、6、8、9 | 2010 | 实用新型专利 | 知识产权证明7、8 |
| 5 | 共同立项 | 1、2、5、6、7、8 | 2010 | 菌剂研发与生物除臭 | 附件2.1、2.2 |
| 6 | 共建研发实践基地 | 1、2、3、9 | 2017 | 共建实践基地 | 附件5.1 |
| 7 | 示范工程共建 | 1、2、4、6、8 | 2014 | 示范工程实施与行业标准 | 附件2.6 |