**【项目名称】**

环保生态厕所成套处理技术研发与应用

**【提名单位意见】**

该项目以我省厕所问题为导向，重点针对景区厕所卫生与粪便污染问题，经过5年多的技术攻关与推广，研发了厕所粪污生化+电化学深度氧化处理工艺，从粪污产生的源头分类收集处理，围绕物质循环与再生利用的思路处理粪污，实现了粪污治理的资源化与无害化；针对粪污生化处理过程中的硫化氢、氨气和TVOC等恶臭气体，构建出粪污处理专用微生物复合菌剂，实现粪污处理过程恶臭原位控制和氮素污染物高效降解；针对真空收集的高浓度粪污存在的高COD、高氨氮和高色度难题，研发了微生物催化和电化学氧化为核心的水质深度处理技术，实现出水水质回用。对以上技术进行集成，形成达标排放兼顾资源回收的环保生态厕所成套处理技术体系，并在四川省主要旅游景区粪污中进行了应用推广，辐射应用到学校、加油站等厕所粪污处理，提升现有厕所的品质和功能，积极响应国家“厕所革命”的号召。该项目研发了1套微生物催化+电化学深度氧化的黑水处理系统，构建出3种粪污处理专用微生物复合菌剂、生物絮凝制剂，授权发明专利8项，实用新型专利2项，发表论文50余篇。成果在九寨沟风景区、黄龙风景区、海螺沟风景区、峨眉山风景区等50多处进行应用推广，辐射应用到学校、加油站等厕所粪污处理，助推了景区“厕所革命”实施开展，依托成果的成功推广，核心推广单位成都友益佳环保设备工程有限公司三年累计新增销售额4892.78万元，新增利润315.94万元，成为业界的一个典型案例。

推荐材料真实有效，填写栏目符合填写要求。经评审，提名该项目为四川省科技进步一等奖。

**【项目简介】**

厕所问题是基本的民生问题，是我国旅游业突出的薄弱环节，是社会文明和公共服务体系的一块短板。习近平总书记就“厕所革命”多次作出重要批示。该项目针对景区入厕卫生与粪便污染难题，经过5年多的技术攻关及应用，系统研发了真空负压收集式循环水型、气水冲节水型、泡沫封堵型和粪尿分离型厕所及其配套的粪污处理工艺、设备，突破粪污无害化过程中的高效复合菌剂制备、固体残渣堆肥、生物除臭、生物絮凝除磷、电化学脱色除臭、中水回用冲厕等一系列成套关键技术，建立了达标排放兼顾资源回收的环保生态厕所成套处理技术体系。主要创新点如下：

1、研发了多种类型的环保厕所与粪污处理工艺、设备，提升卫生水平，实现粪污无害化、资源化。

在厕所类型上针对景区厕所相对独立、污水分散的特点，结合地形与环境因素，研发节水型的真空收集和气水冲式两种类型，并开展尾水循环冲厕模式，实现节水减排；对于无水少电区域推出泡沫封堵和源分离式厕所，粪渣经过腐熟菌剂强化堆肥。在设备运行环节上构建太阳能、风能或风光一体模式，充分利用可再生能源。在入厕卫生环节上彻底替代原有旱厕、打包厕所，尤其是真空负压式水量为传统水冲式的10%，排水不受重力限制，每次抽吸会交换60L空气，具有除臭、节水、无泄漏等特点。在粪污处理环节，集成生物脱氮除碳+生物絮凝除磷+生物除臭菌剂+电化学深度脱色、除臭、杀菌+尾水回用+粪渣腐熟堆肥，实现高浓度粪污无害化、资源化。

2、构建出粪污处理专用微生物复合菌剂、生物絮凝剂，实现粪污恶臭原位控制和碳氮磷协同降解。

针对粪污释放硫化氢、氨气和TVOC等恶臭气体，驯化选育、优化配伍高效除臭微生物，通过生态位的稳定占据抑制产恶臭物质的腐败菌或对恶臭物质直接降解方式，降低臭气强度31%、氨气浓度40.2%、硫化氢38.6%，TVOC浓度42.1%，实现恶臭原位控制；针对粪污生化处理过程中高氨氮抑制以及生物除磷和化学除磷的局限性，成功构建出自养异养共生氨氧化菌剂，开发基于生物氧化合成聚合硫酸铁的生物絮凝剂，同步脱氮除磷效率均超过99%，出水氨氮稳定在3mg/L以下，磷浓度低于1.0mg/L。

3、突破真空收集后高浓度COD、高氨氮、高色度粪污水低能耗处理与水回用技术。

创新集成微生物催化和电化学深度氧化的水质处理技术，通过生物脱氮除碳工艺、参数调控以及电化学尾水脱氮、脱色、除臭、消毒等高级氧化技术，实现精准曝气和短程硝化-反硝化，曝气能耗相对传统好氧硝化降低20-25%，且为后续反硝化节约碳源40%，实现有机物、氨氮和磷的同步去除，末端出水无色、无臭，达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002），可回用冲厕。

该项目研发3种复合微生物制剂，开发高浓度粪微生物+电化学深度处理及中水回用系统，授权发明专利8项，实用新型专利2项，发表论文50余篇。成果在九寨沟风景区、黄龙风景区、海螺沟风景区、峨眉山风景区等50多处进行应用推广，辐射应用到学校、加油站等厕所升级改造，助推“厕所革命”，三年累计新增销售额4892.78万元，新增利润315.94万元。

**【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8件，实用新型专利2件。

4、媒体报道

央视CCTV-10、CCTV-2、《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及其关键技术在厕所粪污处理、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，已在环保生态厕所中推广应用，合作企业成都友益佳环保设备工程有限公司三年累计新增销售额4892.78万元，新增利润315.94万元，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”，为我国景区厕所升级改造以及村镇分散式污水处理提供了切实有效的技术支撑。目前已在四川黄龙风景区、峨眉山景区、九寨沟景区、海螺沟景区、甘孜色达、陕西石门栈道、宜宾蜀南竹海、贵州娄山等近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 | 一种自养异养共生氨氧化菌剂及用途 | ZL200910058558.4 | 2012-06-13 |
| 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 | 一种微生物燃料电池及其用于处理废水的方法 | ZL201510605166.0 | 2017-11-03 |
| 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 | 粪尿一体式生态厕所 | ZL201420802700.8 | 2015-05-20 |

**【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/主任助理 | 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生态厕所成套技术的集成。主要旁证材料：发明专利4件，实用新型2件，详见核心知识产权证明材料附件1.1，1.2；应用证明2.1，4.1；成果登记证书4.2；客观评价4.3；其他附件4.6。 |
| 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：该项目成果整体产出的核心参与者，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，研发了分离式MBR一体化装置、电化学耦合生物脱氮技术、生物絮凝制剂及除磷技术，完成了工艺设计与优化调控以及生态厕所成套技术的集成、现场工程的调试运行。主要旁证材料：发明专利2件，核心发明专利1件，详见知识产权证明材料附件1.3，4.4.4，4.4.5；应用证明2.1，4.1；成果登记证书4.2；客观评价4.3；其他附件4.6。 |
| 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 |
| 对该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，创造性的开发了适用于气水冲式、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4.4.6，4.4.7；应用证明2.1，4.1；客观评价4.3；其他附件4.6。 |
| 姓名 | 谢翼飞 | 排名 | 4 |
| 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 |
| 对该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，主要旁证材料：详见应用证明2.1，4.1；成果登记证书4.2；客观评价4.3；其他附件4.6。  |
| 姓名 | 袁月祥 | 排名 | 5 |
| 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 |
| 对该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，对本项目的粪污厌氧降解的过程的生物除臭技术进行了优化，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2件，详见核心知识产权证明材料附件1.1，1.2；应用证明2.1，4.1；成果登记证书4.2；客观评价4.3；其他附件4.6。 |
| 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 |
| 对该项目技术创造性贡献：主要科技创新点1和2的主要参与者，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，实用新型2件，详见核心知识产权证明材料附件1.1，1.2；应用证明2.1，4.1；成果登记证书4.2；客观评价4.3；其他附件4.6。 |
| 姓名 | 李大平 | 排名 | 7 |
| 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 |
| 对该项目技术创造性贡献：主要科技创新点1和2的主要参与者，在菌剂研发和工艺集成上具有重要贡献，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4件，详见知识产权证明材料附件1.3，4.4.3，4.4.4，4.4.5，应用证明2.1，4.1；成果登记证书4.2；客观评价4.3；其他附件4.6。 |
| 姓名 | 张礼霞 | 排名 | 8 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 助理研究员 |
| 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 |
| 对该项目技术创造性贡献：主要科技创新点1和2的主要参与者，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，详见知识产权证明材料附件1.3， 4.4.4，应用证明2.1，4.1；客观评价4.3；其他附件4.6。 |
| 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 |
| 对该项目技术创造性贡献：主要科技创新点3的主要贡献者，在真空收集与厕所类型设计、升级改造以及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4.4.6，4.4.7，应用证明2.1，4.1；客观评价4.3；其他附件4.6。 |
| 姓名 | 兰书焕 | 排名 | 10 |
| 行政职务 | / | 技术职称 | 助理研究员 |
| 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 |
| 对该项目技术创造性贡献：主要科技创新点2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，。主要旁证材料：详见应用证明2.1，4.1；成果登记证书4.2；客观评价4.3；其他附件4.6。 |

**【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：该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，在云贵川区域开展了总结示范和推广应用，取得了全面的成效，有效控制了厕所粪污染，提高了景区厕所的品质与形象，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。开发的气水冲式、真空收集式、泡沫封堵式以及粪尿源分离式多种生态厕所，获批发明专利8项，核心技术5项，研发真空收集、电解设备各1套。研究成果已在多处进行了应用和推广，创新科技，推动“厕所革命”。  |
| 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：该项目创新性成果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多种生态厕所，在房体结构和太阳能、风能再生能源利用上具有突出贡献，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、泸沽湖、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，成为业界的一个典型案例，为我国旅游厕所、乡村厕所粪污综合整治提供经验借鉴。 |

**【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、谢翼飞、袁月祥、刘晓风、李大平、张礼霞、兰书焕均为中国科学院成都生物研究所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、集成开发了厕所粪污收集、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，研企合作共同承担四川省重点研发项目，中国科学院成都生物研究所负责粪污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，确保一体化粪污处理装置和生态厕所产品的稳定运行。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 共同知识产权 | 1、3、6、9 | 2010 | 实用新型专利 | 知识产权证明4.4.6；4.4.7 |
| 2 | 共同知识产权 | 1、5、6 | 2010 | 发明专利 | 知识产权证明1.1；1.2 |
| 3 | 共同知识产权 | 2、7、8 | 2010 | 发明专利 | 知识产权证明1.3；4.4.4；4.4.5 |
| 4 | 共建研发实践基地 | 1、2、3、4、5、6、7、8、9 | 2017 | 共建实践基地 | 附件4.6.1 |
| 5 | 共同承担科研项目 | 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 | 2010 | 菌剂研发与生物除臭，生态厕所 | 附件4.3.1；4.3.2；4.3.5 |
| 6 | 推广示范 | 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 | 2014 | 生态厕所示范 | 附件2.1；4.1 |