申报2021年度湖南省科学技术进步奖二等奖

项目公示内容

1. **项目名称：**

典型工矿区土水重金属污染修复与管控关键技术及应用

**2、项目单位：**

湖南凯迪工程科技有限公司

1. **提名单位：**

岳阳经济技术开发区管委会

**4、提名意见：**

工矿区重金属污染形势严峻，其土水生态环境修复和管理是我国的重大战略需求。但工矿区土水污染的类型多样、空间变异大、管控标准缺乏，因此，如何针对典型工矿区土水重金属污染问题，创建绿色、高效、广适、经济的修复和管控技术体系，是环境修复领域的重大前沿课题。该项目针对典型工矿区土水重金属污染问题，创造性构建了一整套修复与管控关键技术体系，并在多个省区实现了规模化推广应用。（1）针对工矿区土壤及地下水污染问题，研发了重度污染土壤异位修复一体化装置、中度污染土壤耐性微生物-电动联合修复技术、轻度污染土壤根际促生菌强化植物修复关键技术、土壤地下水联合修复技术等一体化分级修复关键技术，进一步降低了土壤修复的成本，提高了重金属污染修复效率；（2）针对工矿区污水难收集和处理效率不高的问题，构建出一套污水智能收集装备与重金属污染深度处理技术体系，包含“管道自动铺设-管道自动清理-污水自动预处理”的一体化自动化污水高效收集技术，易分离碳基纳米材料高效富集与定向转化水中重金属技术、一体化装置协同修复材料高效处理重金属污水技术；（3）针对现有工矿区污染风险评估和预警能力不足的问题，研发了一套实时智能的土水污染监测一体化系统，并制定了关于污水零排放、水体生态修复治理、地下水污染防治等相关技术规范，最终形成了工矿区污染智能监测及运营管理关键技术体系。成果关键技术大规模推广应用后，近3年新增产值超过2.9亿元，新增利润0.5亿元。形成了工矿区重金属污染修复的新模式，并向全国辐射推广，为我国工矿区的绿色健康发展提供了重要的技术支持。

该项目拟提名申报2021年度湖南省科学技术进步奖二等奖。

**5、项目简介：**

工矿区的生态环境修复和管理是一个有待攻克的世界性难题，也是我国的重大战略需求。由于工矿区土水污染的类型多样、空间变异大、管控标准缺乏，因此，如何针对典型工矿区土水重金属污染问题创建绿色、高效、广适、经济的修复和管控技术体系，是环境修复领域的重大前沿课题。本项目主要围绕典型工矿区土水重金属污染问题，经过近十年的攻关，创造性构建了土壤及地下水一体化分级修复、污水智能收集装备与重金属污染深度处理、污染智能监测及运营管理等修复与管控关键技术，在多个省区实现了规模化推广应用，并持续性服务于国家和区域工矿区重金属污染修复和管理工作。主要技术内容如下：

（1）研发了工矿区土壤及地下水一体化分级修复关键技术。针对重度污染土壤，研发了异位修复一体化装置，进一步降低了土壤修复的成本，提高了重金属污染土壤修复装置的实用性。针对中度污染土壤，研发了耐性微生物-电动联合修复技术，重金属去除率比传统电动修复可提高19.53%；单位修复能耗可降低116.54 kW·min/mg。针对轻度污染土壤，研发根际促生菌强化植物修复关键技术，复合菌群接种到基质后,能在高浓度重金属胁迫下有效促进蓖麻种子萌发及幼苗生长,同时促进其根系对重金属的富集，对Pb的累积量最大可提升38.6%，对Zn的累积量最大可提升25.2%。针对工矿区土壤和地下水重金属污染问题，开发了土壤修复植物剩余生物质资源化产物修复地下水重金属污染技术，红麻生物炭/BiFeO3耦合磁性材料对地下水中的六价铬去除量达到109.5mg/g。研发了一种耐性功能菌修复地下水中铅锌污染技术，生长菌株对地下水中的Pb2+和Zn2+的去除率分别为92.2％和87.7％。还开发了一种铁改性蛭石-腐殖酸复合物去除地下水中三价砷技术，对三价砷的去除率达到96.06%。

（2）开发了污水智能收集装备与重金属污染深度处理技术。首先针对工矿区污水难收集和自动化程度不高的问题，构建出一套“管道自动铺设-管道自动清理-污水自动预处理”的一体化自动化污水高效收集技术，能有效解决污水收集和预处理的问题。并研发了易分离碳基纳米材料高效富集与定向转化水中重金属技术，有效解决铜、铬、镉等重金属污染问题。还开发了一套集重金属吸附、六价铬还原和有机物氧化协同去除、污泥分离等的一体化装置，一体化装置能有效完成进水-反应-分离-再用等过程。同时，研发了一种滨水水体环境修复装置，与现有技术相比，该装置能够将净化水定量、有规律的掺进水体内，防淤效果好，装置结构简单，效果显著。

（3）创建了工矿区污染智能监测及运营管理关键技术。为了实现工矿区重金属污染的风险评估和预警，研发了一套实时智能的土水污染监测一体化系统，解决了现有技术中存在的智能化水平低、成本高、效率低等问题；可以对工矿区土水中重金属浓度数据进行融合和统一管理，能够显著提高工矿区土水重金属污染的管理精度。同时，通过不断的工程应用实践，制定了关于污水零排放、水体生态修复治理、地下水污染防治等相关技术规范，形成了一套工矿区污染风险管控技术体系。

本项目获授权国家专利13件，其中国家发明专利10件，实用新型专利3件；发表论文5篇，SCI收录1篇；形成技术规范/指南/方案4项；成果关键技术与产品在湖南、江西、广东等省份进行了大规模推广应用，近3年新增产值超过2.9亿元，新增利润0.5亿元，产生了显著的经济、社会和生态效益。

**6、客观评价:**

国内公开的中文文献中，已有工矿区重金属污水及其处理、易分离碳基纳米材料应用于重金属污水处理、重金属污水处理一体化装置方面的研究报道，但未见有工矿区污水高效收集与碳基纳米氧化材料协同一体化处理装置及其技术方面的研究报道。湖南省环境治理行业协会在长沙主持召开了由湖南凯迪工程科技有限公司和中南林业科技大学主持完成的“污水智能收集装备与重金属污染深度处理技术应用”湖南省科技成果评价会。专家委员会审阅了成果评价资料，听取了成果完成单位汇报，经质询和讨论，形成如下评价意见：（1）该成果针对污水收集和重金属污染处理方面存在的基础理论问题与技术瓶颈，构建了污水自动化高效收集装备、重金属易分离碳基纳米材料高效富集与定向转化技术、一体化装置协同功能材料深度处理重金属污水技术。（2）该成果充实了污染物在固液界面分配及转化的理论，突破了环境修复材料与一体化装置结合不充分的技术瓶颈，实现了污水智能收集和深度处理方面的技术创新，在湖南乃至全国污水收集和重金属污染深度处理方面具有极大推广应用价值。（3）该成果已在实际工程中进行了推广应用，取得了良好的经济效益、社会效益与环境效益。专家组一致认为，该技术成果总体达到了国内领先水平，重金属易分离碳基纳米材料定向转化技术达到了国际先进水平。

**7、推广应用情况:**

项目成果自2018年以来开始大规模推广应用，先后在、王家河东岸雨污分流改造项目、崇义县柯树岭矿区矿山废渣综合治理工程、桃江县东方矿业拨英湾矿区周边遗留石煤开采区污染治理工程（A区、B区）、桃江县东方矿业拔英湾石煤开采治理项目、桃江县灰山港镇源嘉桥石煤矿岩上、石门关、石家冲采区污染治理项目、岳阳经济技术开发区南港河东岸截污主干管工程（EPC）项目、桃江县黄家坝石煤开采污染治理工程二期工程、零陵区石期河流域历史遗留废弃矿山生态修复工程等项目中得到了广泛应用，带动了土壤和水体污染防治行业技术的创新发展，实现了我国典型工矿区土水重金属污染高效修复与精准管控，近3年新增产值超过2.9亿元，新增利润0.5亿元，产生重要的生态效益和社会效益。

**8、主要知识产权和标准规范等目录**

**表1 主要知识产权和标准规范**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **知识产权（标准）类别** | **知识产权（标准）具体名称** | **国家**  **（地区）** | **授权号（标准编号）** | **授权（标准发布）日期** | **证书编号 （标准批准发布部门）** | **权利人（标准起草单位）** | **发明人（标准起草人）** | **发明专利（标准）有效状态** |
| 发明专利 | 一种污水管处理装置 | 中国 | ZL201710745070.3 | 2018.05.18 | ZL201710745070.3 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 刘军武 | 有效 |
| 论文 | Coupling of kenaf Biochar and Magnetic BiFeO3 onto Cross-linked Chitosan for Enhancing Separation Performance and Cr(VI) Ions Removal Efficiency | 美国 | 2020, 17 (3), 788 | 2020.01.01 | International Journal of Environmental Research and Public Health | 中南林业科技大学 | 周代玺，谢广玉，胡新将，蔡晓曦，赵运林，胡熙，靳琦，傅晓华，谭小飞，梁冲，赖凯琦，王慧，汤春芳 | 有效 |
| 团体标准 | 典型工业园区重金属污染土壤风险管控技术规范 | 中国 | T/HAEPCI075-2020 | 2020.11.19 | 湖南省环境治理行业协会 | 湖南凯迪工程科技有限公司、中南林业科技大学 | 方迎春、刘军武、李光兵、李光盈、胡萧、刘鹏举、王翠娥、孙旗、窦欣童、胡新将、李科林、朱健 | 有效 |
| 发明专利 | 一种高效污水处理装置 | 中国 | ZL201510642562.0 | 2018.08.17 | ZL201510642562.0 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 李光兵 | 有效 |
| 发明专利 | 一种处理污水中喹啉污染物的方法 | 中国 | ZL201610600488.0 | 2018.11.20 | ZL201610600488.0 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 窦欣童 | 有效 |
| 论文 | 抗铅锌功能菌生长菌株和干菌体吸附Pb2+、Zn2+性能优化及机理分析 | 中国 | 2015, 042(007):1224-1233 | 2014.11.21 | 微生物学通报 | 中南林业科技大学 | 李进, 冯冲凌, 李科林,廖佳 | 有效 |
| 发明专利 | 一种新型生物炭\铝铁复合材料的制备方法 | 中国 | ZL201710737554.3 | 2019.11.08 | ZL201710737554.3 | 中南林业科技大学 | 陈润华、王平、李文萱、田静、朱健 杨雄、徐海音 | 有效 |
| 团体标准 | 工业园区污水零排放技术规范 | 中国 | T/HAEPCI031-2020 | 2020.6.22 | 湖南省环境治理行业协会 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 李光盈、彭泽良、李镇海、黄李、刘金余 | 有效 |
| 团体标准 | 矿区地下水污染防治技术规范 | 中国 | T/HAEPCI029-2020 | 2020.06.22 | 湖南省环境治理行业协会 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 刘军武、李红平、胡华南、杨霞、刘其军 | 有效 |
| 团体标准 | 黑臭水体生态修复治理技术规范 | 中国 | T/HAEPCI035-2020 | 2020.06.22 | 湖南省环境治理行业协会 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 刘军武、方迎春、李海平、杨登、孙旗、杨望雄 | 有效 |

**9、主要完成人情况**

**表3 主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **排序** | **姓名** | **职称** | **项目职务** | **单位** |
| 1 | 刘军武 | 高级工程师 | 项目负责人 | 湖南凯迪工程科技有限公司 |
| 2 | 胡新将 | 副教授 | 研发工程师 | 中南林业科技大学 |
| 3 | 方迎春 | 工程师 | 研发工程师 | 湖南凯迪工程科技有限公司 |
| 4 | 李科林 | 教授 | 研发工程师 | 中南林业科技大学 |
| 5 | 朱 健 | 副教授 | 研发工程师 | 中南林业科技大学 |
| 6 | 陈润华 | 副教授 | 研发工程师 | 中南林业科技大学 |
| 7 | 窦欣童 | 工程师 | 研发工程师 | 湖南凯迪工程科技有限公司 |
| 8 | 李光兵 | 工程师 | 研发工程师 | 湖南凯迪工程科技有限公司 |
| 9 | 李光盈 | 工程师 | 研发工程师 | 湖南凯迪工程科技有限公司 |

**10、主要完成单位及创新推广贡献**

第一完成单位：湖南凯迪工程科技有限公司

创新推广贡献：公司主要开发了重度污染土壤异位修复一体化装置、“管道自动铺设-管道自动清理-污水自动预处理”的一体化自动化污水高效收集技术、一体化装置协同修复材料高效处理重金属污水技术、工矿区污染智能监测及运营管理关键技术体系。公司为本项目提供中试场地和示范基地，成果关键技术与产品在湖南、江西、广东等省份进行了大规模推广应用，同时积极向社会推广本项目技术成果，提升了本项目的经济、社会、环境和生态效益。

第二完成单位：中南林业科技大学

创新推广贡献：针对工矿区土壤及地下水污染问题，研发了中度污染土壤耐性微生物-电动联合修复技术、轻度污染土壤根际促生菌强化植物修复关键技术、土壤地下水联合修复技术等一体化分级修复关键技术；针对工矿区污水处理效率不高的问题，开发了易分离碳基纳米材料高效富集与定向转化水中重金属技术、一体化装置协同修复材料高效处理重金属污水技术。学校全面参与了项目方案设计、计划实施、核心技术研发和成果推广应用。

**11、主要完成人合作关系说明**

本项目的第一完成人刘军武主要负责整个项目的设计并参与了项目实施，项目第二完成人胡新将和第三完成人方迎春负责了项目的实施，其他主要完成人参与了项目的设计和实施。第一完成人刘军武与方迎春、李光兵、李光盈、窦欣童、胡新将、李科林、朱健等于2020年11月19日共同起草了团体标准《典型工业园区重金属污染土壤风险管控技术规范》（T/HAEPCI075-2020）；第一完成人刘军武与胡新将、方迎春、朱健、李科林、陈润华、李光盈等于2020年12月18日共同完成了湖南省科学技术成果评价《污水智能收集装备与重金属污染深度处理技术应用》（评字[2020]第092号）；第五完成人朱健与第六完成人陈润华于2019年11月8日共同完成了国家发明专利《一种新型生物炭\铝铁复合材料的制备方法》（ZL201710737554.3）；第二完成人胡新将与李科林、陈润华、朱健等主要合作研发了工矿区土壤及地下水一体化分级修复关键技术；第一完成人刘军武与胡新将、窦欣童、李光兵等合作研发了污水智能收集装备与重金属污染深度处理技术；第一完成人刘军武与方迎春、朱健、胡新将、李科林、窦欣童、李光兵、李光盈等合作完成了工矿区污染智能监测及运营管理关键技术。

**表3 主要完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/排名 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 | 备注 |
| 1 | 共同参与制定标准规范 | 方迎春、刘军武、李光兵、李光盈、胡萧、刘鹏举、王翠娥、孙旗、窦欣童、胡新将、李科林、朱健 | 2020年11月19日 | 典型工业园区重金属污染土壤风险管控技术规范 | 附件7 |  |
| 2 | 共同参与完成湖南省科学技术成果评价 | 刘军武、胡新将、方迎春、王平、李科林、朱健、徐海音、王慧、黄超、陈润华、胡 熙、杨雄、刘鹏举、李光盈、孙旗 | 2020年12月18日 | 污水智能收集装备与重金属污染深度处理技术应用 | 附件10 |  |
| 3 | 共同知识产权 | 陈润华、王平、李文萱、田静、朱健 杨雄、徐海音 | 2019年11月8日 | 一种新型生物炭\铝铁复合材料的制备方法 | 附件7 |  |