申报2022年度湖南省科学技术进步奖二等奖

公 示 内 容

1. **项目名称**

典型工矿区重金属污染场地生态修复与管控关键技术与应用

1. **项目单位**

湖南凯迪工程科技有限公司

中南林业科技大学

中南大学

1. **提名单位**

岳阳经济技术开发区管委会

1. **提名意见**

湖南是有色金属之乡，涉采矿、冶炼、电镀等行业的典型工矿区重金属污染形势严峻，其重金属污染场地生态修复与管控是重大的战略需求。现有技术存在着智能化不高、技术集成度低、缺乏管理依据与标准、处理成本高、效果不佳等问题。因此，如何创建绿色、高效、广适、经济的工矿区场地污染修复和管控技术体系，是环境修复领域的重大前沿课题。（1）针对工矿区场地污染严重的问题，本项目研发了工矿区重金属污染场地精准治理关键技术；（2）针对工矿区污染场地生态系统破坏的问题，发明了工矿区重金属污染场地多维度生态重构技术；（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5亿元，新增利润大于1亿元，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强力技术支持。提名该项目为湖南省科学技术进步奖二等奖。

1. **项目简介**

该项目主要针对涉采矿、冶炼、电镀等行业的典型工矿区土壤污染问题突出、污染类型多样、空间变异大、管控标准缺乏的现状和世界性有待攻克的难题，开展了创建绿色、高效、广适、经济的工矿区重金属污染场地生态修复与管控技术体系研究，产生了系列环境修复领域重大前沿技术成果和较好的经济社会效益。

（1）研发了工矿区重金属污染场地精准治理关键技术，解决了现有技术对土壤中重金属提取效果差的技术难题。针对重度污染土壤，研发了重金属污染土壤异位修复一体化装置，解决了现有技术对土壤中重金属离子提取效果差的技术难题。针对土壤高浓度重金属污染处理效率不高的问题，研发了重金属污染土壤原位固化治理技术，可使土壤中重金属残留率低于5%。针对地下水污染的问题，开发了工矿区重金属污染地下水综合治理技术，对水中的Pb2+和Zn2+的去除率分别为92.2％和87.7％。

（2）发明了工矿区重金属污染场地多维度生态重构技术，突破了单一植物对重金属污染土壤修复效率不高的技术瓶颈。针对工矿区场地土壤重金属污染毒性大的问题，开发了微生物-矿物协同转化固定重金属技术。针对工矿区轻度重金属污染土壤问题，研发了工矿区多层级植物生境系统构建技术，植被覆盖度保持在90%以上。针对传统的矿山地貌修复复绿度低或结构复杂、施工难度大、寿命短、维护繁琐等问题，开发了工矿区景观地貌重塑恢复技术。

（3）创建了工矿区污染智能监测及运营管理关键技术，实现了重金属污染的风险精准评估和预警，制定了系列技术规范，解决了工矿区污染风险管控标准缺乏的问题。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。通过土水污染智能监测水平的提升，能有效改善劳动条件，节省人力成本20%以上。同时，通过不断的工程应用实践，制定了关于重金属污染土壤风险管控、污水零排放、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12件，其中国家发明专利10件；发表论文3篇，SCI收录2篇；形成技术规范/指南/方案4项；成果关键技术与产品在华南地区进行了大规模推广应用，近3年新增产值超过5亿元，新增利润超过1亿元，产生了显著的经济、社会和生态效益。

1. **客观评价**

2020年12月18日，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。

1. **推广应用情况**

项目成果自2017年以来开始大规模推广应用，先后在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）、岳阳市云溪区罗家坳垃圾填埋场飞灰填埋改造工程、临湘市农村污水处理设施及配套管网建设工程、王家河东岸雨污分流改造项目、岳阳经济技术开发区南港河东岸截污主干管工程（EPC）项目、崇义县柯树岭矿区矿山废渣综合治理工程、桃江县东方矿业拔英湾石煤开采治理项目、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重金属污染场地高效修复与精准管控，近3年新增产值超过5亿元，新增利润超过1亿元，产生重要的经济效益、生态效益和社会效益。

1. **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 | 一种重金属铜镍混合污染土壤的修复装置及其使用方法 | 中国 | ZL201910751739.9 | 2020.07.14 | ZL201910751739.9 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 程洪鹏 | 有效 |
| 发明专利 | 一种耐风蚀的改性聚氨酯固沙修复土壤剂及制备方法 | 中国 | ZL201910539982.4 | 2021.06.15 | ZL201910539982.4 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 陈庆,昝航 | 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 |
| 论文 | Pyrite-Based Cr(VI) Reduction Driven by Chemoautotrophic Acidophilic Bacteria | 瑞士 | 2020，10:3082 | 2020.02.07 | Frontiers in Microbiology | 中南大学 | Xinxing Liu, Haiyan Wu, Min Gan，Guanzhou Qiu | 有效 |
| 发明专利 | 一种利用小麦草修复治理镉污染土壤的方法 | 中国 | ZL201710378523.3 | 2020.01.10 | ZL201710378523.3 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 梁钟 | 有效 |
| 发明专利 | 一种防止水土流失固沙植被护坡建立方法 | 中国 | ZL202010945841.5 | 2021.04.23 | ZL202010945841.5 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 不公告发明人 | 有效 |
| 发明专利 | 一种模块式的酸性矿山废水处理设备 | 中国 | ZL202110979318.9 | 2021.12.31 | ZL202110979318.9 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 刘军武,方迎春,袁浩凌,王翠娥 | 有效 |
| 发明专利 | 一种干旱地区土壤修复处理装置 | 中国 | ZL202011360043.2 | 2021.09.28 | ZL202011360043.2 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 刘鹏举,李光盈,孙旗,胡华南 | 有效 |
| 发明专利 | 一种实时智能的土壤污染监测系统 | 中国 | ZL201811419423.1 | 2020.01.10 | ZL201811419423.1 | 湖南凯迪工程科技有限公司 | 不公告发明人 | 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、胡新将、胡萧、李光兵、李科林、朱健、窦欣童、李光盈、刘鹏举、王翠娥、孙旗 | 有效 |

1. **主要完成人情况**

**表2 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 | 甘敏 | 副教授 | 研发工程师 | 中南大学 |
| 5 | 王慧 | 副教授 | 研发工程师 | 中南林业科技大学 |
| 6 | 傅晓华 | 教授 | 研发工程师 | 中南林业科技大学 |
| 7 | 孙旗 | 工程师 | 研发工程师 | 湖南凯迪工程科技有限公司 |
| 8 | 刘鹏举 | 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 |

1. **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：公司主要开发了研发了重金属污染土壤异位修复一体化装置、重金属污染土壤原位固化治理技术、工矿区多层级植物生境系统构建技术、工矿区景观地貌重塑恢复技术、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：针对工矿区地下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。与湖南凯迪工程科技有限公司合作研发了工矿区多层级植物生境系统构建技术、工矿区景观地貌重塑恢复技术、工矿区污染智能监测及运营管理关键技术体系。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。

第三完成单位：中南大学

创新推广贡献：针对工矿区场地土壤重金属污染毒性大的问题，开发了微生物-矿物协同转化固定重金属技术；与湖南凯迪工程科技有限公司合作研发了工矿区多层级植物生境系统构建技术、工矿区景观地貌重塑恢复技术。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。

1. **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、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）；第一完成人刘军武与甘敏、方迎春、孙旗、何鹏、李光盈等于2022年获得2022年绿色矿山重大工程奖。第二完成人胡新将与王慧、傅晓华等合作研发了论文Coupling of kenaf Biochar and Magnetic BiFeO3 onto Cross-linked Chitosan for Enhancing Separation Performance and Cr(VI) Ions Removal Efficiency。

**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 |  |  |
| 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 |  |  |
| 3 | 共同获得2022年绿色矿山重大工程奖 | 刘军武、甘敏、方迎春、章可、柯朝晖、孙旗、何鹏、李光盈、李海平、杨宝军、顾春尧 | 2022年 | 湖南桃江石煤开采区多元立体综合治理及生态重建工程 |  |  |
| 4 | 共同发表论文 | 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 | 2020年01月01日 | Coupling of kenaf Biochar and Magnetic BiFeO3 onto Cross-linked Chitosan for Enhancing Separation Performance and Cr(VI) Ions Removal Efficiency |  |  |