**2024年度自然资源科技进步奖推荐成果公示内容**

一、成果基本情况

**成果名称：** 海南热带矿山高效生态修复技术

**主要完成人：** 张辉、龚文峰、刘铁东、刑玉庭、崔杰

**主要完成单位：**海南大学

**任务来源：**A4 其他计划，D1 国家自然科学基金

**申报等级：**一等奖或二等奖

二、推荐意见

矿山开采是全球热带雨林被大量破坏的主要原因之一，从而导致全球生物多样性急剧丧失和气候变化问题的出现，因此当前开展热带矿山修复，恢复热带雨林生态是全世界共同的任务。如何有效地进行矿山生态恢复也是我国自然资源领域的重大需求之一。目前国家发展改革委、自然资源部发布的全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035 年）明确指出海南省要开展热带矿山的生态修复工作，然而目前缺少成熟的生态修复技术。本成果以以海南三亚抱坡岭由于长期采矿导致的极度退化热带矿山为研究对象，经过8年的理论探索和技术发现，形成了一套完善的科学和高效的热带矿山生态修复技术，并成功将极度退化的热带矿山修复成热带雨林次生林。并且是世界首个成功恢复了土壤微生物、线虫和土壤氮、磷循环的热带矿山修复。申报成获得了2个国家自然科学基金项目和1个三亚财政支持的300万重点项目资助，在自然资源领域主流期刊Journal of Cleaner Production, Science of The Total Environment、Land Degradation & Development上发表SCI论文8篇（影响因子48），获得了两个软件著作权，成功修复了海南岛由于长期采矿导致极度退化的热带雨林生态系统，相关修复成果被国外媒体（美国科学促进会EurekAlert和scienmag, ‌[AZO Cleantech](https://www.baidu.com/s?rsv_dl=re_dqa_generate&sa=re_dqa_generate&wd=AZO Cleantech&rsv_pq=eb4167b800b610ad&oq=azo cleantech%E6%98%AF%E4%BB%80%E4%B9%88%E5%AA%92%E4%BD%93&rsv_t=38e1IsOYRDwMsxv2RzAXjZ9gphbaURtAB0vpEC39qghQxNxj5vZJRHb5KMbSrUqYRMs&tn=87048150_dg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)和‌[Phys.org](https://www.baidu.com/s?rsv_dl=re_dqa_generate&sa=re_dqa_generate&wd=Phys.org&rsv_pq=d119acfd00b5b00a&oq=phys.org%E6%98%AF%E4%BB%80%E4%B9%88%E5%AA%92%E4%BD%93&rsv_t=59473FFcItP2QiYgrB+qFw58jHTwcvvmyMkbzixmyhv+9MWTllKZdi5KYyd53nDxRHo&tn=87048150_dg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)）和国内媒体（新华网、人民网、科技日本和中新网海南频道）相继报道。还这些为成功完成海南岛退化热带矿山生态修复的国家任务和海南生态文明试验区建设提供了强有力的科技支撑。

同意推荐该成果申报自然资源科技进步奖一等奖或二等奖。

三、成果简介

矿山开采是全球热带雨林被大量破坏的主要原因之一，从而导致全球生物多样性急剧丧失和气候变化问题的出现，因此当前开展热带矿山修复，恢复热带雨林生态是全世界共同的任务。如何有效地进行矿山生态恢复也是我国自然资源领域的重大需求之一。目前国家发展改革委、自然资源部发布的全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035 年）明确指出海南省要开展热带矿山的生态修复工作，然而目前缺少成熟的生态修复技术。本成果以以海南三亚抱坡岭由于长期采矿导致的极度退化热带矿山为研究对象，经过8年的理论探索和技术发现，形成了一套完善的科学和高效的热带矿山生态修复技术，并成功将极度退化的热带矿山修复成热带雨林次生林。并且是世界首个成功恢复了土壤微生物、线虫和土壤氮、磷循环的热带矿山修复。主要成果如下：

1、创新构建了基于热带雨林演替理论的热带矿山近自然四步修复模式，成功解决了海南热带台风和频繁暴风雨对矿山修复的威胁。

2、创新开发了基于植物功能性状的快速筛选适合热带矿山修复的本地物种的理论体系和筛选软件，并利用此筛选软件成功的快速筛选了大量能够修复海南岛由于20 年采矿导致的极度退化的热带雨林生态系统的本地物种。这些物种最终成功修复了海南岛由于长期采矿导致的极度退化的热带雨林生态系统。

3、创新开发了基于原土+速生树种的热带矿山高效修复技术，采用此修复技术修复的热带矿山是目前是世界首个成功恢复了土壤微生物、线虫和土壤氮、磷循环的热带矿山修复。

4、首次成功评估了热带矿山修复对于碳中和和“两山论（绿水青山就是金山银山）”的贡献，发现热带矿山修复是海南碳中和和两山论的重要实现途径。

申报成果获得了2个国家自然科学基金项目和1个三亚财政支持的300万重点项目资助，在自然资源领域主流期刊Journal of Cleaner Production, Science of The Total Environment、Land Degradation & Development上发表SCI论文8篇（影响因子48），获得了两个软件著作权，成功修复了海南岛由于20年采矿导致极度退化的热带雨林生态系统，相关修复成果被国外媒体（美国科学促进会EurekAlert和scienmag, ‌[AZO Cleantech](https://www.baidu.com/s?rsv_dl=re_dqa_generate&sa=re_dqa_generate&wd=AZO Cleantech&rsv_pq=eb4167b800b610ad&oq=azo cleantech%E6%98%AF%E4%BB%80%E4%B9%88%E5%AA%92%E4%BD%93&rsv_t=38e1IsOYRDwMsxv2RzAXjZ9gphbaURtAB0vpEC39qghQxNxj5vZJRHb5KMbSrUqYRMs&tn=87048150_dg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)和‌[Phys.org](https://www.baidu.com/s?rsv_dl=re_dqa_generate&sa=re_dqa_generate&wd=Phys.org&rsv_pq=d119acfd00b5b00a&oq=phys.org%E6%98%AF%E4%BB%80%E4%B9%88%E5%AA%92%E4%BD%93&rsv_t=59473FFcItP2QiYgrB+qFw58jHTwcvvmyMkbzixmyhv+9MWTllKZdi5KYyd53nDxRHo&tn=87048150_dg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)）和国内媒体（新华网、人民网、科技日本和中新网海南频道）相继报道。还这些为成功完成海南岛退化热带矿山生态修复的国家任务和海南生态文明试验区建设提供了强有力的科技支撑。

四、客观评价

1. 科技查新评价

海南大学教育部科技查新工作站（LN02）提供的项目国内外查新报告（编号：

20203600LN020054）结论：（1）在所查的国内外文献中，有关本申报成果的四个创新贡献属实，均为国内外首次发现。

2. 学术机构评价

在自然资源领域主流期刊Journal of Cleaner Production, Science of The Total Environment、Land Degradation & Development上发表SCI论文8篇（影响因子48）。

1. 国内外组织评价
2. 本申请成果还成功和东京大学签订了长期的研究协议，开展日本东京大学北海道演习林和海南大学修复热带雨林的自然教育联合研究。目前已经分别在东京大学北海道演习林和海南大学热带矿山修复林开展了自然教育，获得了每年40万的自然教育收益，更重要的是大大提升了海南热带矿山修复技术和自然教育的国际影响力。
3. 政府部门评价

申请成果首次开发了基于生态修复主题的海南热带雨林自然教育，不仅成功吸引了东京大学师生和国内其他学校师生付费来参加此自然教育，还从海南省科技厅成功获批了中国首个森林自然教育的省级平台（海南热带雨林森林康养国际研究中心）。基于此平台将进一步提升海南热带矿山修复技术和自然教育的国际影响力，助力海南生态文明建设。

5. 媒体评价和关注

国外媒体（美国科学促进会EurekAlert和scienmag, ‌[AZO Cleantech](https://www.baidu.com/s?rsv_dl=re_dqa_generate&sa=re_dqa_generate&wd=AZO Cleantech&rsv_pq=eb4167b800b610ad&oq=azo cleantech%E6%98%AF%E4%BB%80%E4%B9%88%E5%AA%92%E4%BD%93&rsv_t=38e1IsOYRDwMsxv2RzAXjZ9gphbaURtAB0vpEC39qghQxNxj5vZJRHb5KMbSrUqYRMs&tn=87048150_dg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)和‌[Phys.org](https://www.baidu.com/s?rsv_dl=re_dqa_generate&sa=re_dqa_generate&wd=Phys.org&rsv_pq=d119acfd00b5b00a&oq=phys.org%E6%98%AF%E4%BB%80%E4%B9%88%E5%AA%92%E4%BD%93&rsv_t=59473FFcItP2QiYgrB+qFw58jHTwcvvmyMkbzixmyhv+9MWTllKZdi5KYyd53nDxRHo&tn=87048150_dg&ie=utf-8" \t "https://www.baidu.com/_blank)）和国内媒体（新华网、人民网、科技日报和中新网海南频道）相继报道了此热带矿山修复成果，取得了良好的社会影响。

五、代表性论文专著目录与被他人引用情况

1. 代表性论文专著目录（不超过8篇）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **论文专著名称** | **刊名** | **作者** | **年卷页码（xx年xx卷xx页）** | **发表时间****（年月 日）** | **通讯作者/第一作者是否为本成果主要完成人** | **SCI 他引次数** | **他引总次数** |
| 1 | The recovery of soil N-cycling and P-cycling following reforestation in a degraded tropical limestone mine | Journal of Cleaner Production | Zhang Hui ; Yousheng Li; Yihui Xu; Robert John | 2024年448卷 | 2024.4.5 | 是 | 4 | 5 |
| 2 | Root traits drive the recovery of soil nematodes during restoration of open mines in a tropical rainforest | Science of the Total Environment  | Zhang Hui., Yakov, Kuzyakov, Yu, H.Z., Pei, X.C., Hou, W.C., Wang, C., Zhou, S.R. and Shree, P.P. | 2024年 953卷176-178页 | 2024.11.25 | 是 | 1 | 1 |
| 3 | Soil fungal community is more sensitive than bacterial to mining and reforestation in a tropical rainforest | Land Degradation and Development | Zhang, Hui \*., He, M.F., Pandey, S.P., Liu, L. & Zhou, S.R | 2023年34卷4035-4045 | 2023.5.8 | 是 | 4 | 7 |
| 4 | [Wood density can best predict carbon stock in the forest aboveground biomass following restoration in a post open limestone mining in a tropical region](https://www.frontiersin.org/article/1553886%22%20%5Ct%20%22https%3A//research-topic-management-app.frontiersin.org/manage/64604/_blank) | Frontiers in Plant Science | Mao, Junyang, Peipei Xue, Yuxin Chen, Ting Xiang, Hui Zhang, Cui Chen, Qingqing Yang, and Wenfeng Gong. | 2025年16卷 | 2025.2.20 | 是 | 0 | 0 |
| 5 | [A quick and effective trait-based protocol for selecting appropriate native plant species for the reforestation of degraded tropical mines](https://www.frontiersin.org/article/1456740%22%20%5Ct%20%22https%3A//research-topic-management-app.frontiersin.org/manage/64604/_blank) | Frontiers in Plant Science | Xu, Changbin, Hui Zhang, Huai Yang, Cui Chen, and Chen Wang. | 2024年15卷 | 2024.8.14 | 是 | 0 | 0 |
| 6 | Reforestation based on mono-plantation of fast-growing tree species make it difficult to maintain (high) soil water content in tropic, a case study in Hainan island, China | Water | Hong, W.J., Luo,J.H., Yang, J.D., Jiang, K., Zhang, H | 2020年12卷11期3077页 | 2020.11.3 | 是 | 1 | 5 |
| 7 | Tropical rainforest successional processes can facilitate successfully recovery of extremely degraded tropical forest ecosystems following intensive mining operations | Frontiers in Environmental Science  | Zhao, Y., Zou, Y., Wang, L., Su, R., He, Q., Jiang, K., Chen, B., Xing, Y., Liu, T., Cui, J., Wang, C., Zhang, H | 2021年9卷 | 2021.6.7 | 是 | 3 | 6 |
| 8 | A method for performing reforestation to effectively recover soil water content in extremely degraded tropical rain forests | Frontiers in Ecology and Evolution | Liu, T.D., Jiang, K., He, Q.F., Tan, Z.Y. , Zhang, H. | 2021年9卷 | 2021.2.10 | 是 | 2 | 15 |

1. **被他人引用情况（不超过8篇）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **被引代表性论文****专著序号** | **引文名称/作者** | **引文刊名** | **引文发表时间****（年月日）**  |
| 1 | 1 | Incorporating functional traits into heavy metals phytoremediation: the future of field-based phytoremediation |  Ecological Indicators | 2024.6.24 |
| 2 | 1 | Differentiation of soil metabolic function and microbial communities between plantations and natural reforestation | Frontiers in Microbiology | 2025.2.28 |
| 3 | 3 | Sediment hardening changes the physicochemical characteristics and microbial diversity of sediment and has potential effects on submerged macrophytes.  | Plant and Soil | 2024.11.10 |
| 4 | 3 | Reforestation significantly enriches soil microbial carbon, nitrogen, and phosphorus cycling genes but simplifies their co-occurrence network.  | Applied Soil Ecology | 2025.3 |
| 5 | 6 | An overview of the role of forests in climate change mitigation | Sustainability | 2024.7.17 |
| 6 | 6 | Long-Term Monitoring and Research in Forest Hydrology: Towards Integrated Watershed Management | water | 2022.8.19 |
| 7 | 7 | Light curve parametrization of three rice (Oryza sativa L.) cultivars based on mechanistic models | Photosynthetic | 2024.9.30 |
| 8 | 8 | Generating Multifunctional Landscape through Reforestation with Native Trees in the Tropical Region: A Case Study of Gunung Dahu Research Forest, Bogor, Indonesia | Sustainability | 2021.10.28 |

六、主要知识产权和标准规范等目录（不超过10项）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |
| 软件著作权 | Recovery Plant Species Selection软件V1.0 | 中国 | 2019SR1160222 | 2019-11-15 | 海南大学 | 海南大学 | 张辉 | 全部权利 |
| 软件著作权 | Native Plant Species Selection软件V1.0,  | 中国 | 2020SR0565571 | 2020-6-4 | 海南大学 | 海南大学 | 张辉 | 全部权利 |