2022 年度自然资源科技进步奖推荐公示

**一、项目名称**

矿区生态修复中生物多样性保护恢复关键技术研究与应用

**二、主要完成人**

王军、赵中秋、黄元仿、张世文、魏洪斌、曹银贵、沈重阳、原野、张亚男、尹建平、王志鲜

**三、主要完成单位**

自然资源部国土整治中心，中国地质大学（北京），中国农业大学，安徽理工大学，山西财经大学，中煤平朔集团有限公司

**四、申报等级**

自然资源科技进步奖一等奖

**五、成果简介**

开展矿区生态修复中生物多样性保护恢复关键技术研究与应用对于修复受损国土空间、提升生态系统多样性、稳定性和持续性至关重要。项目针对矿区生态修复中生物多样性恢复层次不全、尺度单一，恢复治理措施不够精准，恢复效果评估欠缺，无法形成闭环等问题，在公益性行业科研专项、国家自然科学基金、国家重点研发计划等项目支持下，以多尺度、多层次和全过程矿区生物多样性为对象，以实现开采过程中矿区生物多样性影响最小化和复垦过程中生物多样性恢复最优化为目标，基于“理论方法—工程技术—试验示范—监测监管—推广应用”研究范式开展了矿区生物多样性调查、评价与受损诊断技术，矿区生物多样性保护恢复关键技术和矿区生物多样性保护恢复成效评估技术研究。

取得的主要创新成果有：（1）提出了多尺度、多层次、全过程矿区生物多样性调查、评价与受损诊断技术。针对不同尺度、不同层次的生物多样性，创新提出了“空天地”一体化技术耦合的无损、实时动态、立体、快速生物多样性调查技术，构建了全过程矿区生物多样性评价技术，研发了矿区生物多样性受损诊断技术、诊断标准和预测技术。（2）构建了基于自然的全链条、一体化生物多样性保护恢复关键技术。针对不同矿种和矿区开采造成的地表扰动、地貌损毁和土壤结构破坏，引入了自然解决方案（NbS）理念与方法，研发了保护性开采、近自然地形地貌优化技术和土壤生境再造技术，结合生物多样性重组与生态网络构建，提出了全链条、一体化矿区生物多样性保护恢复关键技术。（3）揭示了矿区生态系统演变规律，提出了全周期的生物多样性保护恢复成效评估技术。明晰了矿区物种—种群—群落—生态系统的结构、过程和功能演变规律及驱动机制，揭示了矿区开采-复垦阶段生态系统碳库破坏与恢复的过程与机理；提出了“重塑地形地貌—再造土壤生境—恢复植被—重建生态系统—矿区景观”全周期的综合评估指标体系，创新提出了全周期的矿区生物多样性保护恢复成效综合评估模型，实现了矿区生态修复全过程控制和闭环管理。

项目成果在山西、内蒙古、新疆、安徽、广东等省（区）开展了应用示范，推广面积达20万亩，取得了显著的经济、社会、生态效益。其中，山西省平朔露天煤矿示范区面积6万亩，通过矿区生境与生物多样性多要素调查技术、矿区生态系统全空间协同无损检测技术等关键技术试验示范，近两年来直接、间接创造经济效益达1.5亿元。通过矿区生态修复与生物多样性保护关键技术研究与应用，矿区生态环境质量明显提高，生物多样性功能持续提升。

项目取得3项授权发明专利，其中一项已转化，制定《露天煤矿复垦生物多样性恢复技术导则》1项，出版《矿业废弃地复垦与生态修复理论及实践》专著1部，发表文章37篇，其中SCI收录13篇、中文核心24篇；培养了矿区生态修复青年骨干30余人，其中1人获得国家优秀青年科学基金，2人入选自然资源部高层次科技创新人才；培养硕士、博士研究生20余名，累计培训地方修复领域相关人员约500人。

**六、客观评价**

在项目绩效评价和专项项目验收过程中，验收专家对该项目给予肯定，评述如下：

（1）研发的露天煤矿生物多样性调查评价技术立足于我国露天煤矿生产、土地损毁和复垦特征，遵循土地复垦与生态系统的原则和规律，通过露天煤矿生物多样性受损诊断和预测技术明确了典型露天煤矿不同阶段、不同层次生物多样性的（微观和宏观层次）调查原则、时间、范围、内容和技术方法，规定了露天煤矿生物多样性评价、诊断预测方法和技术流程，实现了露天煤矿不同阶段生物多样性的受损诊断与预测。

（2）建立了内蒙古大唐国际胜利2号露天煤矿、山西平朔露天煤矿复垦生物多样性技术研究示范区，开展了露天煤矿复垦生物多样性恢复技术示范，开展了生物多样性恢复技术培训，推广了矿区生物多样性保护技术与理念。

（3）通过基于自然的地形地貌设计方法，对研究区的地形地貌进行了优化研究。打破传统的露天煤矿内外排土场“平台-边坡-平台”模式，依据自然生态相关要素（地质、地貌、水文、气象等）设计而成的仿自然地形地貌，达到地貌形态稳定、侵蚀风险小、景观协调、养护成本低、生态效益高的目的。

（4）露天矿区保护性开采技术研究针对不同区域的区域特征提出不同的表土剥离厚度，基于传统的表土存放方式，提出分层剥离、疏松表土堆存、双层覆土等“剥存覆”优化方法，最大限度地保护表土层养分及土壤种子库资源。对土壤种子库保护、土壤微生物和大型动物群落保护与恢复、预防水土流失及支持地表植被恢复有重要作用。露天矿区排土场土壤剖面重构、微地形改造、临时养护等土壤生境再造方法是针对排土场易塌方、水土流失等问题，基于对黄土区露天煤矿排土场土地复垦具体情况的科学分析和长期的研究与实践而提出的，最大程度改善原有土壤层次结构扰动剧烈、土壤生境破坏严重的情况，最大限度地保护表土层养分、土壤种子库资源及减少水土流失。

**七、代表性论文专著目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 通讯作者/  第一作者 | 国内  作者 | SCI 他引次数 | 他引  总次数 | 论文署名单位是否包含国外单位 |
| 1 | 矿业废弃地复垦与生态修复理论及实践/科学出版社/张世文 |  | 2020-06-01 | 张世文/张世文 | 张世文 |  |  | 否 |
| 2 | Characteristics of labile organic carbon fractions in reclaimed mine soils: Evidence from three reclaimed forests in the Pingshuo opencast coal mine, China/Science of the Total Environment/原野，赵中秋，李雪珍，王杨扬，白中科 | 2018年  613卷  1196-1206页 | 2018-02-01 | 赵中秋/原野 | 原野，赵中秋，李雪珍，王杨扬，白中科 | 32 | 37 | 否 |
| 3 | Reclamation promotes the succession of the soil and vegetation in opencast coal mine: A case study from Robinia pseudoacacia reclaimed forests, Pingshuo mine, China/Catena/原野，赵中秋，牛姝烨，李雪珍，王杨扬，白中科 | 2018年  165卷  72-79页 | 2018-06-01 | 赵中秋/原野 | 原野，赵中秋，牛姝烨，李雪珍，王杨扬，白中科 | 53 | 62 | 否 |
| 4 | Spatial distribution characteristics of reconstructed soil bulk density of opencast coal-mine in the loess area of China/Catena/黄雨晗，曹银贵，Marcin Pietrzykowski，周伟，白中科 | 2021年  199卷  105116 | 2021-04-01 | 曹银贵，周伟/黄雨晗 | 黄雨晗，曹银贵，周伟，白中科 | 9 | 9 | 是 |
| 5 | 矿区不同复垦模式下大型土壤动物功能类群及其分布研究—以山西平朔矿区为例/中国土地科学/王军，李红涛，白中科，赵中秋，钟莉娜 | 2017年  31卷  83-90页 | 2017-11-15 | 王军/王军 | 王军，李红涛，白中科，赵中秋，钟莉娜 | 0 | 3 | 否 |
| 6 | 露天煤矿复垦生物多样性恢复技术体系与方法：以平朔矿排土场为例/中国矿业/原野，赵中秋，白中科，牛姝烨，王杨扬，李学燕 | 2017年  26卷  93-98页 | 2017-08-15 | 赵中秋/原野 | 原野，赵中秋，白中科，牛姝烨，王杨扬，李学燕 | 0 | 22 | 否 |
| 7 | 露天煤矿区土地损毁与复垦景观指数分析/资源科学/张立平，张世文，叶回春，黄元仿 | 2014年  36卷  55-64页 | 2014-01-15 | 黄元仿/张立平 | 张立平，张世文，叶回春，黄元仿 | 0 | 61 | 否 |
| 8 | 露天煤矿土地复垦生物多样性保护与恢复研究进展/农业机械学报/黄元仿，张世文，张立平，张红艳，李贞 | 2015年  46卷  72-82页 | 2015-06-26 | 黄元仿/黄元仿 | 黄元仿，张世文，张立平，张红艳，李贞 | 0 | 82 | 否 |