

西藏自治区科学技术奖公示材料

(2024—2025 年度)

一、项目名称

西藏高原冻融区生源要素过程与生态安全调控

二、提名者

中国科学院成都分院

三、提名等级

西藏自治区科学技术奖项目奖一等奖

四、项目简介

西藏是重要的国家安全屏障、重要的生态安全屏障，确保西藏生态环境良好是中国共产党对世界的郑重承诺。该项目紧密结合筑牢国家生态安全屏障和西藏环境保护的重大战略需求，以“冻融水热变化规律-生源要素关键过程-影响与适应对策”为逻辑链条，经过多年持续科技攻关，破解冻融区变化环境下碳氮循环过程与植物利用机制前沿科学难题，取得高原生态工程成效评估方法学突破，开创了高寒脆弱区生态保护与管理创新模式，具体创新点如下：

创新点 1：植物适应高寒极端环境取得新进展，发现高寒植物功能性状调控养分利用效率新机制。新发现冻融交替期间植物维持较高氮素吸收速率，为完全融化期 66%-87%，植物氮素利用偏好与土壤主导氮形态呈现相契合的特点，刻画了融化期至冻结期高寒植物氮素吸收偏好的 $\text{NH}_4^+ - \text{NO}_3^- - \text{NH}_4^+$ 季节动态模式。发现高寒贫氮环境下植物直接吸收有机氮的关键证据，定量土壤有机氮(甘氨酸)对植物吸收贡献比例为 27%，明确有机氮是高寒植物重要氮源。提出有别于低海拔地区植物氮利用机制，高寒植物采取以比根长与比表面积为主的集约型根系构型氮利用策略，突破了传统根系大小决定植物氮吸收效率的认知。

创新点 2：冻土区碳过程取得新突破，提出植物变化主导高原碳平衡的原创观点。自主建立冻土区地上地下协同的碳通量与土壤剖面碳传输特色监测网络平台，获取 10Hz 分辨率碳水热通量监测数据（部分站点超 10 年）。首次集成分析青藏高原 32 个涡度监测站点，发现 26 个站点植被碳吸收超过了冻土碳排放，定量青藏高原是重要碳汇。进一步融合气候变化模拟实验，改进和发展 LPJ 机理模型提升在高寒区适用性和模拟能力，预测气候暖湿化下青藏高原碳汇仍有潜力，为开展生态恢复提供了关键理论支撑。

创新点 3：高原生态工程成效评估方法学取得突破，开创了高寒脆弱区生态保护与管理创新模式。自主开发了批处理融合-面向对象提取-精度验证的全流程草地围栏识别技术，建立了人工林空间分布自动判识和林龄遥感定量反演方法，形成多尺度重大生态工程时间率定与空间辨识关键技术体系，成功解决了亚像元复杂线性地物提取精度不高的技术难点。建设了首套长时间序列 30 年高原重大生态工程时空格局数据库，生态保护成效评估和气候变化影响辨识等内容作为《人类活动对青藏高原生态环境影响的科学评估（2022）》的三个核心成果之一在中关村论坛发布。制定西藏建设国家生态文明高地科学方案，纳入新时代中央治藏方略。

项目在冻融区生源要素适应机制方面取得重要理论突破，成果在 PNAS 等国内外权威期刊发表论文 120 篇。获授权发明专利 8 项，软件著作权 2 项，提交咨询报告在国家层面产生积极影响。团队系列成果取得了显著的生态和社会效益，有效支撑国家保护青藏高原的重大战略。

五、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权名称	国家 (地区)	授权号	授权日期	权利人	发明人
1	发明专利	A Regional Extraction Method of Ecological Restoration Project in the Grassland Based on the High-resolution Remote Sensing Images	澳大利亚	202110084831429/AU	2021.02.10	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	Hui Zhao, Xiaodan Wang, Yuling Liang
2	发明专利	一种基于时序遥感观测数据的人工林种植时间自动检测方法	中国	ZL202110309180.1	2021.11.02	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	赵伟, 付浩, 熊东红, 王小丹
3	发明专利	青杨雄株的组培培养基及应用	中国	ZL202110709558.7	2022.04.12	四川大学	张胜, 陈遥, 宋海凤, 杨聪聪
4	发明专利	山地地表土壤水分遥感估算方法、装置及电子设备	中国	ZL202210791660.0	2022.10.11	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	赵伟, 蔡俊飞, 周蕊, 欧毅, 骆剑承
5	发明专利	一种基于 210Pbex 退耕地土壤侵蚀速率评估方法	中国	ZL202110538725.6	2023.04.18	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	熊东红, 袁勇, 刘琳, 张宝军, 张信宝
6	发明专利	组培培养基、青杨雌株再生体系和转基因株系建立的方法	中国	ZL202210712527.1	2023.11.17	四川大学	张胜, 陈遥, 夏林超, 孔祥阁
7	发明专利	一种高寒区干暖河谷渣场建植核桃经果林的方法	中国	ZL 201810445659.6	2021.05.11	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	吴建波, 王小丹
8	发明专利	一种草原害鼠的持续性控制方法	中国	ZL 201810134602.4	2020.03.31	四川大学	侯太平, 高续恒, 金洪, 郭聪
9	软件著作权	高原重大生态工程成效评估管理系统 V1.0	中国	2021SR0863878	2021.03.10	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	王小丹, 赵慧
10	软件著作权	无人机高光谱野外植被生长状况监测系统 V1.0	中国	2021SR0310662	2021.03.03	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	赵慧, 王小丹

六、代表性论文专著目录

序号	论文/专著名称	刊名/出版设	发表/出版年月	年（卷）：页码	作者（按署名顺序完整填写）
1	Plant uptake of CO ₂ outpaces losses from permafrost and plant respiration on the Tibetan Plateau	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	2021 年 8 月	2021(118): e2015283118	Da Wei, Yahui Qi , Yaoming Ma, Xufeng Wang, Weiqiang Ma, Tanguang Gao, Lin Huang, Hui Zhao, Jianxin Zhang, Xiaodan Wang
2	Which root traits determine nitrogen uptake by alpine plant species on the Tibetan Plateau?	Plant and Soil	2018 年 3 月	2018(424): 63–72	Jiangtao Hong , Xingxing Ma, Yan Yan, Xiaoke Zhang, Xiaodan Wang
3	Seasonal shifting in the absorption pattern of alpine species for NO ₃ ⁻ and NH ₄ ⁺ on the Tibetan Plateau	Biology and Fertility of Soils	2019 年 11 月	2019(55): 801-811	Jiangtao Hong , Xiaojing Qin, Xingxing Ma, Xin Xu, Xiaodan Wang
4	Nitrogen uptake pattern of herbaceous plants: coping strategies in altered neighbor species	Biology and Fertility of Soils	2017 年 12 月	2017(53): 729–735	Jiangtao Hong , Xingxing Ma, Xiaoke Zhang, Xiaodan Wang
5	Phosphoproteomic and Metabolomic Analyses Reveal Sexually Differential Regulatory Mechanisms in Poplar to Nitrogen Deficiency	Journal of Proteome Research	2020 年 3 月	2020(19): 1073–1084	Haifeng Song, Zeyu Cai, Jun Liao, Sheng Zhang
6	Long-term response of runoff and sediment load to spatiotemporally	Journal of Hydrology	2023 年 3 月	2023(618):129154	Dongmei Zhao, Donghong Xiong, Baojun Zhang , Kunlong

	varied rainfall in the Lhasa River basin, Tibetan Plateau				He, Han Wu, Wenduo Zhang, Xiaoning Lu
7	Carbon Sink of a Very High Marshland on the Tibetan Plateau	Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	2021 年 4 月	2021(126): e2020JG006235	Yahui Qi, Da Wei, Hui Zhao, Xiaodan Wang
8	Yak dung pat fragmentation affects its carbon and nitrogen leaching in Northern Tibet, China	Agriculture, Ecosystems & Environment	2021 年 4 月	2021(310): 107301	Ziyin Du, Xiaodan Wang, Jian Xiang, Yong Wu, Bin Zhang, Yan Yan, Xiaoke Zhang, Yanjiang Cai
9	Embedded rock fragments affect alpine steppe plant growth, soil carbon and nitrogen in the northern Tibetan Plateau	Plant and Soil	2017 年 11 月	2017(420):79–92	Ziyin Du, Yanjiang Cai, Yan Yan, Xiaodan Wang
10	西藏生态安全屏障保护与建设成效评估	中国科学院院刊	2017 年 1 月	2017(32), 29-34	王小丹, 程根伟, 赵涛, 张宪洲, 朱立平, 黄麟

七、主要完成人及排序

王小丹（1），魏达（2），洪江涛（3），侯太平（4），张胜（5），赵慧（6），熊东红（7），赵伟（8），吴建波（9），杜子银（10），张建新（11），祁亚辉（12），陶科（13），金洪（14），张宝军（15），王磊（16），徐昕（17）

八、主要完成单位及排序

中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所（1）

四川大学（2）

西华师范大学（3）