

项目公示材料

一、项目名称：

铅锌矿区周边多金属复合污染土壤的生态修复与安全利用技术及应用

二、提名者：云南农业大学

三、提名等级：科学技术进步奖二等奖

四、主要知识产权

（一）主要发明专利（8件）

① 黄志红，王万宾。一种高浓度含砷有机废水的复合电絮凝处理方法及其反应器。专利号：ZL 201610407555.7（授权公告日：2019.01.18）

② 肖惠宁，李宗红，潘远凤，张金瑶，侯肖邦，黄志红。一种用于重金属去除的2-氨基对苯二甲酸改性纤维素的制备方法。专利号：ZL 201710961622.4（授权公告日：2020.06.19）

③ 黄志红，肖惠宁，周晓平，李博，肖选虎。一种针对含汞废水处理的生物质新材料靶向吸附剂的制备方法与应用。专利号：ZL 201710957920.6（授权公告日：2020.07.31）

④ 黄志红，肖惠宁，李箫宁，潘远凤，张振强，李博，张金瑶。一种重金属吸附剂及制备方法与应用。专利号：ZL 201810479233.2（授权公告日：2020.12.01）

⑤ 周晓平，黄志红，肖惠宁，李博，侯肖邦，潘远凤，张金瑶，宣志刚，周颖。一种以可降解天然生物质的土壤汞稳定化药剂的制备方法。专利号：ZL 201710421359.X（授权公告日：2020.12.22）

⑥ 解鸿天，张振强，李博，杨燕群，黄志红，潘远凤，肖惠宁。一种使用球磨机改性木质纤维素与无机粉料复合的含砷土壤稳定剂的制备方法专利号：ZL 201910500090.3（授权公告日：2021.03.19）

⑦ 黄志红，龙翔，黄迪，杨燕群，易浩，张沛钦。重金属钝化剂生产方法。专利号：ZL 202010811135.1（授权公告日：2022.10.25）

⑧ 杨燕群，黄志红，黄迪，魏东升，龙翔。一种修复镉污染土壤的微生物菌剂及其制备方法与应用。专利号：ZL 202010322914.5（授权公告日：2023.11.21）

（二）实用新型专利（10件）

① 黄志红，崔文娟，胡飞。一种用于制作填料的模具。专利号：ZL 201620188483.7

(授权公告日: 2016.08.31)

② 黄志红, 王万宾. 一种高浓度含砷废水的复合电絮凝处理反应器. 专利号: ZL 201620559371.8 (授权公告日: 2016.12.21)

③ 湛方栋, 曾文增, 何永美, 蒋明, 李博, 秦丽, 李天国, 李明锐, 李元. 一种收集农田土壤中流的试验装置. 专利号: ZL 201811423738.3 (授权公告日: 2019.10.11)

④ 何永美, 曹力, 湛方栋, 李博, 蒋明, 李明锐, 吴炯, 李元. 一种研究土壤中重金属淋溶迁移的土柱试验装置. 专利号: ZL 201920046447.0 (授权公告日: 2019.10.25)

⑤ 龙翔, 黄志红, 黄迪, 杨燕群, 肖选虎. 制备土壤调理剂的系统. 专利号: ZL 202020388994.X (授权公告日: 2020.12.01)

⑥ 龙翔, 黄志红, 杨燕群, 黄迪, 肖选虎. 土壤调理剂制备系统. 专利号: ZL 202020389543.8 (授权公告日: 2020.12.01)

⑦ 黄志红, 龙翔, 黄迪, 杨燕群, 易浩, 张沛钦. 重金属钝化剂生产装置. 专利号: ZL 202021687016.1 (授权公告日: 2021.02.09)

⑧ 王吉秀, 李博, 李明锐, 秦丽, 祖艳群, 蒋明. 间作植物根系分泌物原位收集装置. 专利号: ZL 202021033464. X (授权公告日: 2021.02.19)

⑨ 王吉秀, 李明锐, 秦丽, 蒋明, 祖艳群, 李博. 原位观察超富集植物根系趋重金属行为的试验装置. 专利号: ZL 202021083468. 9 (授权公告日: 2021.02.19)

⑩ 王吉秀, 李博, 李明锐, 秦丽, 祖艳群, 蒋明. 喷淋式培育超富集植物与作物间作模式装置. 专利号: ZL202021034884.X (授权公告日: 2021.07.06)

(三) 主要著作 (2 部)

① 李元、祖艳群、陈建军、湛方栋、王吉秀、何永美等. 重金属污染生态与生态修复. 科学出版社, 2016. 6.

② 李元、黄志红、陈建军 胡飞等. 环境污染生态修复的技术创新与应用实践. 科学出版社, 2024.4.

(四) 代表性论文 (15 篇)

① Zuran Li, Jixiu Wang, Lizhe An, Jianbo Tan, Fangdong zhan, Jiong Wu, Yanqun Zu. Effect of root exudates of intercropping *Vicia faba* and *Arabis alpina* on accumulation and sub-cellulation and sub-cellular distribution of lead and cadmium. *International Journal of Phytoremediation*, 2019, 21(1)4-13.

② Zuran Li, Gilles Colinet, Yanqun Zu, Jixiu Wang, Lizhe An, Qing Li, Xiuyan Niu. Species diversity of *Arabis alpina* L. communities in two Pb/Zn mining areas with different smelting history in Yunnan Province, China. *Chemosphere*, 2019,233:603-614.

③ Shu Yang, Yanqun Zu, Bo Li, Yufen Bi, Le Jia, Yongmei He, Yuan Li. Response and

intraspecific differences in nitrogen metabolism of Alfalfa (*Medicago Sativa* L.) under cadmium stress. *Chemosphere*, 2019,220:69-75.

④ Fangdong Zhan, Wenzeng Zeng, Xingchao Yuan, Bo Li, Tianguo Li, Yanqun Zu, Ming Jiang, Yuan Li. Field experiment on the effects of sepiolite and biochar on the remediation of Cd- and Pb-polluted farmlands around a Pb-Zn mine in Yunnan Province, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26 (8): 7743-7751.

⑤ Yanqun Zu, Li Qin, Fangdong Zhan, Jiong Wu, Yuan LI, Jianjun Chen, Jixiu Wang, Wenyong Hu. Effects of intercropping *Sonchus asper* and *Vicia faba* on plant cadmium accumulation and root responses. *Pedosphere*, 2020,30(4): 457-465.

⑥ Hanqian Zhang, Yuying Qin, Kai Huang, Fangdong Zhan, Ru Li and Jianjun Chen. Root metabolite differences in two maize varieties under lead (Pb) stress, *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12.

⑦ Jingmin Yang, Xinran Liang, Na Jiang, Zuran Li, Yanqun Zu. Three amendments reduced the bioavailability of heavily contaminated soil with arsenic and cadmium and increased the relative feeding value of *Lolium perenne* L. *Science of the Total Environment*, 2022, 847, 157572.

⑧ Na Jiang, Zuran Li, Jingmin Yang and Yanqun Zu. Responses of antioxidant enzymes and key resistant substances in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) to cadmium and arsenic stresses. *BMC Plant Biology*, 2022, 22: 145.

⑨ Cui Xu, Li Qin, Yuan Li, Yanqun Zu; Jixiu Wang. Effects of different sulfur compounds on the distribution characteristics of subcellular lead content in *Arabis alpina* L. var. *parviflora* Franch under lead stress. *Plants* 2023, 12, 874.

⑩ Cui Xu, Cui Liu, Zuran Li, Yanqun Zu, Jixiu Wang. Response of growth and Pb accumulation characteristics of plants with intercropping *Arabis alpina*-*Zea mays* to exogenous oxalic acid. *International Journal of phytoremediation*, 2023, 2248268.

⑪ 陈建军, 于蔚, 祖艳群, 李元. 玉米(*Zea mays*)对镉积累与转运的品种差异研究. *生态环境学报*, 2014, 23(10): 1671-1676.

⑫ 袁兴超, 李博, 朱仁凤, 药栋, 湛方栋, 陈建军, 祖艳群, 何永美, 李元. 不同钝化剂对铅锌矿区周边农田镉铅污染钝化修复研究. *农业环境科学学报*, 2019, 38(4): 807-817.

⑬ 陈国皓, 祖艳群, 湛方栋, 李博, 李元. 钝化剂处理对玉米与伴矿景天间作下植株生长及镉累积特征的影响. *农业环境科学学报*, 2019, 38(9): 2103-2110.

⑭ 陶晨斌, 竺宇航, 陈建军, 阎凯, 李元, 李博. 不同人工植被群落对铅锌矿废弃地径流重金属流失特征的影响. *水土保持学报*, 2022, 36(01): 375-383.

⑮ 张新帅, 张红宇, 黄凯, 施翠仙, 陈建军, 李元, 湛方栋. 石灰与生物炭对矿山废水

污染农田土壤的改良效应. 农业环境科学学报, 2022, 41(3):481-491.

(五) 软件著作权 (3 件)

① 李博; 蒋明; 吴炯; 李祖然; 李元; 张川; 陈建军; 秦丽 ; 基于重金属污染土壤修复效果综合评价系统 V1.0, 2020sr0297720, 原始取得, 全部权利, 2019-11-14.

② 李博; 李明锐; 李祖然; 梁新然; 何永美; 王吉秀; 铅锌矿废弃地再利用辅助决策系统 V1.0, 2022SR0756727, 原始取得, 全部权利, 2021-7-3.

③ 李博; 和成忠; 湛方栋; 阎凯; 煤矸石堆场生态恢复治理技术智能管理系统 V1.0, 2022SR0762920, 原始取得, 全部权利, 2021-11-25.

本成果发表在 Science of the Total Environment、Chemosphere、Environmental Science and Pollution Research、Journal of Environmental Sciences、Pedosphere、International Journal of Phytoremediation 和农业环境科学学报等重要期刊发表论文 94 篇(影响因子共 171.1728, 总被引 796 次, 他引共 643 次)及 2 部专著由国家一级出版社(科学出版社)出版, 15 篇代表性论文中 SCI 论文 10 篇, 5 篇被 CSCD 数据库收录, 影响因子共 66.624, 总被引 440 次, 其中, 10 篇 SCI 数据库收录影响因子累积 49.07, 单篇论文最高影响因子 9.8, 总被引 167 次, 单篇论文最高引用 74。研究成果被国内外权威期刊 Critical Reviews in Environmental Science and Technology、Journal of Hazardous Materials、Environmental Pollution、Environmental Chemistry Letters、Restoration Ecology、Chemosphere 所引用; 中国(陈同斌、魏树和、腾应等)、法国(Benizri E.、Tang Yankui 等)、印度(Vinod Kumar、Su Shiung Lam、Arnab Se 等)、土耳其(Cengiz Kaya 等)、罗马尼亚(Nicoleta Vasilache 等)南非(Xavier Siwe-Noundou 等)和埃及(El-Bebany 等)等权威专家正面评价并跟进研究。查新报告显示: 国内外公开发表的中外文文献中未见针对项目创新点的文献报道。

五、主要完成单位

云南农业大学

圣清环保股份有限公司

六、主要完成人基本情况

李 元, 云南农业大学, 教授

李祖然, 云南农业大学, 讲师

祖艳群, 云南农业大学, 教授

湛方栋, 云南农业大学, 教授

陈建军, 云南农业大学, 教授

李 博, 云南农业大学, 副教授

黄志红，圣清环保股份有限公司，高级工程师

何永美，云南农业大学，教授

王吉秀，云南农业大学，副教授

杨姝，云南农业大学，副教授

胡飞，圣清环保股份有限公司，高级工程师