

附件：拟申报 2024 年云南省科技进步奖的公示材料

拟申报 2024 年云南省科技进步奖项目介绍

一、项目基本情况

项目名称：钢铁工业典型固危废高值化利用关键技术及应用

项目完成单位：鑫联环保科技股份有限公司、清华大学、昆明理工大学、武钢集团昆明钢铁股份有限公司、广东先导稀材股份有限公司、深圳海关工业品检测技术中心

拟提名情况：云南省科技进步奖

二、项目简介

（一）项目背景

稀有金属，钒、铟、铋和铯等，是国家战略资源，广泛用于国家军事制造和高科技产品，对国防建设和国家经济发展有着至关重要的作用。我国铟和铋的资源储量分别占全球总量的 72%和 75%，而云南的铟和铋储量位列全国第一和第四。但传统的稀散金属富集和冶金技术，具有能耗高、污染大和持久性长等问题，对云南的生态文明建设带来了巨大挑战。特别地，钢铁工业是国民经济发展的支柱产业和国家安全的命脉行业。但钢铁冶炼过程消耗了海量矿石资源，且

产生了大量固体废物和危险废物，造成了严重的资源浪费和重金属污染。一方面，降低源头消费量是资源可持续利用的重要途径之一；另一方面，钢铁冶炼烟尘及其废渣，富集了多种伴生型稀有金属，资源化潜力巨大。因此，针对钢铁冶炼环节稀有金属消费量大，以及废物种类繁多、赋存状态复杂等问题，亟需开展稀有金属减量生产和废物高效回收技术研究。

（二）主要科技创新

本项目以维护国家战略资源安全为主题，分别从工业源头减量化消费，复杂废料深度资源化回收和稀有金属超纯高值化利用三个角度，形成“源头减量，深度分离，超纯提取”等为特征的钢铁冶炼行业典型稀有金属可持续利用模式，主要创新点如下：

1.研发了钢铁冶炼行业稀有金属钒的源头减量化生产与污染控制技术。开发了功能性钢铁冶炼过程“微晶强化+废料循环”的金属钒源头减量生产技术，通过钒氮/钒氮碳合金调控钒氮微晶成形动力学条件，提高功能钢中钒氮微晶强化和析出强化效率，实现“增氮降钒”。

2.研发出钢铁冶炼行业超细烟尘分选与稀有金属高效分离成套技术及装备。针对复杂冶金混合废料，研发了基于富氧燃烧、蒸汽余热回收和多段耦合净化的多金属联合回收技术，攻克了高氯烟尘的设备腐蚀难题，提升了冶炼过程燃烧

效率、减少了粉尘排放和能量损失，综合节能 13%，并实现了从冶金废料中分步分离回收 $\geq 65\%$ 铋、 $\geq 82\%$ 铟、 $\geq 88\%$ 锌和 $\geq 98\%$ 铅等稀贵金属。

3.研发出冶炼废物回收产物生产超纯稀有金属产品的高值利用技术。成果开发了多段真空蒸馏、氢气氛围涡流区域熔炼和微区梯度加热等关键单晶生长控制技术，深度净化了锡、铅、镉、铝、硼、磷、硅和氧等十余种复杂伴生元素，批量生产了纯度达 99.99999%（7N）的超纯铟产品和纯度达 13N 的超纯锗产品。

三、主要完成单位对项目的贡献情况

序号	主要完成单位	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献
1	鑫联环保科技股份有限公司	负责项目整体方案设计，建立了校企合作平台，提供了良好的产学研合作基础。国内首次研发出钢铁冶炼行业废弃物中稀有金属高效分离成套技术及装备，实现了从冶炼废料中提取锌、铟、铋、镉和铅等稀贵金属。
2	清华大学	负责项目的框架设计、组织实施和成果转化，主要负责各项技术难点的科技攻关和知识产权保护工作，并合作研发钢铁烟尘超细分离关键技术。
3	昆明理工大学	参与项目的框架设计、组织实施和成果转

		化，参与开展各项技术难点的科技攻关和知识产权保护工作，并合作研发钢铁烟尘回收过程烟气治理关键技术。
4	武钢集团昆明钢铁股份有限公司	负责钢铁冶炼减量化技术专项的方案设计、实验研究和运营推广，主要负责研发钢铁冶炼过程中稀贵金属减量化生成技术。
5	广东先导稀材股份有限公司	研发并建成了基于多段连续真空蒸馏和氢气氛围涡流区域熔炼的超纯铟生产线、基于单晶区域熔炼和高纯氢气还原保护的超纯锗生产线、基于氨水调节和氢气还原的高纯铋生产工艺。
6	深圳海关工业品检测技术中心	参与项目的组织实施和成果转化，参与开展各项技术难点的科技攻关和知识产权保护工作，并合作开展钢铁烟尘治理技术的标准化工作。

四、主要完成人情况

序号	姓名	工作单位	职称/职务
1	李金惠	清华大学	教授
2	马黎阳	鑫联环保科技股份有限公司	高级工程师
3	林琳	鑫联环保科技股份有限公司	高级工程师
4	陈伟	武钢集团昆明钢铁股份有限公司	正高级工程师

5	李凯	昆明理工大学	教授
6	谭全银	清华大学	助理研究员
7	朱刘	广东先导稀材股份有限公司	高级工程师
8	冯均利	深圳海关工业品检测技术中心	高级工程师
9	余嘉栋	清华大学	助理研究员
10	施磊	昆明理工大学	副教授
11	胡智向	广东先导稀材股份有限公司	高级工程师
12	刘林刚	武钢集团昆明钢铁股份有限公司	正高级工程师
13	韦乃团	鑫联环保科技股份有限公司	高级工程师

五、项目推广应用情况

项目成果获得社会各界的普遍好评，国内十余家家企业对本项目的核心技术进行了推广应用。项目核心技术也获得国际认可，在巴塞公约推广使用。

六、项目获得知识产权情况

项目重视技术突破和成果转化，是多项国家、行业和地方标准的科技支撑，并形成了学术论文、发明专利、实用新型专利和软件著作权。