

附件 1

2026 年教育部云南高等研究院 有色金属领域科技攻关技术需求 信息汇编

2026 年 5 月

重点科技攻关技术需求目录

01 大红山铜矿复杂地质条件下岩体质量自动评价及工程参数智能设计平台研究 ——玉溪矿业有限公司.....	1
02 硫精矿中有色组分高值化回收利用研究 ——云南锡业股份有限公司老厂分公司.....	3
03 微合金化协同表面改性优化锌电积铝阴极板性能及产业化应用研究 ——云南驰宏资源综合利用有限公司.....	4
04 氧气斜吹转炉渣型调控及多金属捕集分离应用研究 ——云南铜业股份有限公司西南铜业分公司.....	6
05 钼精矿高效清洁冶炼关键技术研究与应用 ——楚雄滇中有色金属有限责任公司.....	8
06 7N 高纯铜关键技术研究与应用 ——楚雄滇中有色金属有限责任公司.....	10
07 铜阳极泥中碲的高效回收技术研究 ——楚雄滇中有色金属有限责任公司.....	11
08 铋精矿适应性技术研究与应用 ——楚雄滇中有色金属有限责任公司.....	12
09 玻璃钢厚度检测技术 ——易门铜业有限公司.....	13
10 硫磺自动运输上料系统 ——易门铜业有限公司.....	14
11 硫化氢合成区域智能巡检机器人 ——易门铜业有限公司.....	16
12 无钠硫化系统先进控制(自动化) ——易门铜业有限公司.....	18
13 铜冶炼污酸资源化关键处理技术应用 ——易门铜业有限公司.....	20
14 铜冶炼烟气脱氟关键技术研究应用 ——易门铜业有限公司.....	21
15 阳极炉炉衬寿命提升技术研究 ——易门铜业有限公司.....	22

16 阳极板高质效浇铸及模寿提升技术研究 ——易门铜业有限公司.....	24
17 铜冶炼炉渣结晶机理与定向调控技术研究 ——易门铜业有限公司.....	26
18 锡二次资源开发利用过程中的冶炼副产物减量化和资源化关键技术 ——云南锡业股份有限公司锡业分公司.....	27
19 锡冶炼过程优化及机理研究关键技术 ——云南锡业股份有限公司锡业分公司.....	28
20 含铂族金属硅铁合金吹炼关键技术 ——贵研资源(易门)有限公司.....	29
21 超耐蚀海洋工程用锌基多元合金镀层材料的研发 ——云南驰宏资源综合利用有限公司.....	31
22 超细铜粉制备关键技术研究 ——楚雄滇中有色金属有限责任公司.....	33
23 宽幅微通道铜型材制备关键技术 ——中铜(昆明)有限公司.....	35
24 有压烧结关键技术 ——云南锡业新材料有限公司.....	37
25 钢基钙钛矿量子点制备与性能调控关键技术 ——云南锡业新材料有限公司.....	39
26 高纯高性能氧化亚锡可控制备与智能化制造关键技术研发 ——云南锡业锡化工材料有限责任公司.....	41
27 超级电容器用锡基复合纳米材料制备关键技术研究 ——云南锡钢实验室有限公司.....	43
28 半导体封装用镀膜材料的成型制备关键技术及绿色循环利用 ——贵研半导体材料(云南)有限公司.....	45
29 稀土储氢新材料开发及其应用技术 ——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	47
30 新型铂基多元合金高温应变超细丝关键技术 ——昆明贵研新材料科技有限公司.....	49
31 贵金属气固相催化材料领域 AI 大模型关键技术 ——云南贵金属实验室有限公司.....	51
32 一种高分散窄分布超细银粉制备关键技术	

——贵研电子材料(云南)有限公司.....	53
33 稀贵金属高温材料超高温烧蚀考核关键技术	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	55
34 融合可视化在稀金属材料产学研驱动高效数据形成关键技术	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	57
35 汽、柴油车低铂族金属催化剂产品技术攻关	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	59
36 精细化工催化剂的开发与产业示范	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	60
37 多污染物协同催化氧化材料开发与关键技术研究	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	61
38 工业废气 CO₂ 捕集-电催化转化制甲醇技术研究	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	62
39 高精度高性能微米级贵金属窄薄带材关键技术	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	63
40 航空发动机热端部件用金属粉末关键技术研究	
——昆明贵研新材料科技有限公司.....	64
41 超导磁体用 Ag-Au 精密合金低温力学性能研究	
——昆明贵研新材料科技有限公司.....	65
42 低压电器用高性能铜基复合触头材料产业化	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	66
43 高精度高性能新型金属复合材料	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	67
44 集成电路用高性能金属键合丝制备关键技术研究及产业化示范	
——贵研半导体材料(云南)有限公司.....	68
45 高纯稀贵金属靶材晶粒尺寸与取向调控关键技术及产业化应用研究	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	69
46 高频通讯用叠层内电极和端电极贵金属浆料研究	
——贵研电子材料(云南)有限公司.....	70
47 贵金属催化材料 AI 实验室"智能大脑"-垂直大模型开发	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	71
48 医用纳米晶铂合金关键制备技术及应用	
——云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司.....	72

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	大红山铜矿复杂地质条件下岩体质量自动评价及工程参数智能设计平台研究
需求单位	玉溪矿业有限公司
技术需求的背景与意义	<p>大红山铜矿采矿权面积近9平方公里，开采深度跨度大，随着开采深度不断增加，地应力水平持续上升，西部矿体最大埋深已达944米。但由于灾害机理认识不清、风险等级划分不明、防控措施缺乏针对性，部分区域存在防控不足或过度防控的问题。为此，亟需开展不同开采环境下多类型灾害的分区风险评价，制定科学合理的防控措施与安全保障方案，以有效降低安全投入成本，提高防护实效。</p>
国内外研究现状	<p>目前，国内外针对此问题有三个研究方向、成果：</p> <p>1. 深部岩体质量智能分级方法：岩体质量分级方法正从传统经验判别向数据驱动智能预测方向演进，三维激光扫描与双目摄影测量技术已逐渐取代传统罗盘皮尺量测，深度森林（Deep Forest）等级联结构模型可避免深度神经网络在样本有限条件下的过拟合问题；SHAP（Shapley Additive Explanations）博弈论分析框架的引入，使智能分级模型从“黑盒”走向“透明”。</p> <p>2. 深部巷道支护智能设计与优化方法：深部巷道支护设计向数值模拟与智能优化并重的范式转变，国内外学者围绕“岩体质量—围岩稳定性—支护体系”的映射规律开展了系统研究，BP神经网络、随机森林、支持向量机等机器学习方法已成功应用于支护方案匹配，中国矿业大学（北京）提出的针对深部复杂条件巷道围岩大变形的“原位分类—主动支护—高效强化”分阶段完整控制体系已成功应用。</p> <p>3. 爆破参数智能设计与动态优化技术：爆破参数正向数据驱动、闭环优化方向演进，已建立应力波与爆生气体联合作用的断裂力学模型，支持向量回归（SVR）与NSGA-II多目标遗传算法的结合应用取得了显著进展，可建立爆破参数与爆破效果之间的非线性映射关系，并通过数据回灌实现模型的自适应迭代；实现了地质钻探数据、物探数据、水文数据、随掘/随采动态探测数据的融合，地质信息透明化与三维动态更新能力显著增强。</p>
技术难题概述	<p>1. 多源异构地质数据的标准化建模与动态更新机制，通过建立一套能够兼容多源数据格式、实现动态更新的数据建模与存储机制为后续算法层提供统一、可靠、可追溯的数据源；</p> <p>2. 复杂地质条件下岩体质量的智能感知与高精度分级方法，实现结构面产状、迹长、间距等关键参数的快速、自动化提取，岩石强度与岩体完整性系数的高可靠度估算，构建抗过拟合的智能分级模型（如深度森林、优化集成学习），并实现多分级方法（RMR、Q、BQ）的融合评判，实现岩体质量精准分级。</p> <p>3. 支护与爆破参数的智能优化与动态反馈修正技术，根据千变万化的地质条件（节理产状、地应力大小与方向）实现“一巷一策”的精细化、动态化设计。</p>

<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>(1) 构建多源异构地质数据库 1 套，支持人工录入、批量导入及与矿山现有数据库的数据接口对接；</p> <p>(2) 开发基于三维视觉与空间几何算法的岩体结构面智能识别模块 1 套，实现关键参数的自动提取，结构面识别准确率不低于 85%；</p> <p>(3) 建立基于深度森林与群智能优化算法的岩体质量智能分级模型，分级准确率不低于 90%，并具备基于 SHAP 值的模型可解释性分析功能；</p> <p>(4) 构建"岩体质量—围岩稳定性—支护体系"映射规则库 1 套，开发支护方案智能推荐与设计参数优化模块，支护参数推荐合理率不低于 85%；</p> <p>(5) 开发爆破参数智能设计与动态反馈修正模块 1 套，实现孔网参数与装药结构（的自动优化，单次爆破大块率降低 15%以上，半孔率提高 10%以上；</p> <p>(6) 建立爆破效果（超欠挖、大块率、半孔率）现场反馈机制与数据闭环修正功能 1 套，实现爆破模型的自适应迭代与参数库动态更新；</p> <p>(7) 集成研发深部巷道围岩钻爆开挖与支护体系智能化设计平台 1 套，具备可视化看板与标准化报告一键生成功能。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经济、社会 效益</p>	<p>(1) 通过"一巷一策"的智能支护方案，降低支护材料消耗 10%以上，减少支护返工率 20%以上，支护综合成本降低 12%以上；</p> <p>(2) 通过爆破参数智能优化，提升掘进循环进尺速度 10%以上，减少扫眼、补炮、清底等辅助作业时间，掘进综合效率提高 15%以上；</p> <p>(3) 通过地质数据标准化管理与跨部门共享，减少地质工程师数据整理、格式转换等重复劳动，数据管理与决策效率提升 20%以上；</p> <p>(4) 有效降低因岩体质量评价不准、支护参数不当、爆破效果不佳引发的安全事故风险，保障人员与设备安全，预期每年减少灾害处置与停产损失 200 万元以上。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>		<p>博士/名</p>	<p>1</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	硫精矿中有价组分高值化回收利用研究		
需求单位	云南锡业股份有限公司老厂分公司		
技术需求的背景与意义	<p>为进一步提高老厂分公司选矿车间硫化矿工段硫精矿和精选工段硫精矿（两个样品）中铜、锡的综合回收，拟通过开展硫精矿中综合回收硫、锡、铜等有价元素的选矿试验研究，优化药剂制度、工艺参数及配置，探索最佳选别流程，达到提高有价元素铜、锡、硫等综合回收的目的，并为后续的技术改造和生产应用提供技术支撑，最终实现提升经济效益的目标</p>		
国内外研究现状	<p>硫精矿有价组分高值化回收已从单一技术向全流程、多金属、绿色化方向发展。国外在生物冶金、协同冶炼方面技术成熟，国内在复杂矿分选、智能化集成方面突破显著。未来需聚焦复杂难选矿高效分选、绿色工艺工业化、资源循环利用三大方向，推动硫精矿从“制酸原料”向“多金属综合利用资源”转型，实现经济效益与环保效益双赢。</p>		
技术难题概述	<p>选矿车间生产硫精矿有硫化工段和精选工段，两个工段生产的硫精矿中还伴生有部分硫铁矿和铜金属、锡金属。目前硫化矿工段有硫精矿选铜系统选硫铁矿和铜金属，生产指标不是很理想，磁选和选铜的指标没有达到最佳的效果，部分金属损失在硫精矿中；精选工段没有硫精矿选铜，仅作硫精矿销售，价格低且有用金属损失大。精选工段综合硫精矿含有一定的锡、铜金属，锡 0.3-0.6%，铜 0.4-0.7%，锡铜金属损失大。</p>		
预期目标	<p>（1）针对选矿车间硫化矿工段的硫精矿样品（1个），开展选矿实验研究，综合回收其中的铜、锡、硫。在原矿含铜$\geq 0.500\%$、含锡 0.200-0.500%的前提下，获得铜精矿含铜$\geq 8.00\%$、作业回收率$\geq 50.00\%$；浮选得到的硫精矿含锡$\leq 0.150\%$；选硫尾矿探索（以磁选为主）产出低砷硫精矿的可行性（获得低砷硫精矿含砷$\leq 0.900\%$）。</p> <p>（2）针对选矿车间精选工段的综合硫精矿样品（1个），开展选矿实验研究，综合回收其中的铜、锡。在原料含铜$\geq 0.300\%$、含锡 0.400-0.800%的前提下，力争获得铜精矿含铜$\geq 8.00\%$、作业回收率$\geq 40.00\%$（本项铜指标难度比较大，不作为项目最终验收考核指标）；浮选得到的硫精矿含锡$\leq 0.300\%$。</p>		
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>1.提高硫精矿伴生金属利用技术，增加经济效益；形成项目试验和技术总结报告；</p> <p>2.开拓专业技术人员的工作能力和创新能力。</p>		
拟培养研究生情况	硕士/名	1	博士/名

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	微合金化协同表面改性优化锌电积铝阴极板性能及产业化应用研究
需求单位	云南驰宏资源综合利用有限公司
技术需求的背景与意义	<p>湿法炼锌占全球锌产量 80% 以上，铝阴极板是锌电积核心耗材，其性能直接决定生产效益。当前行业主流 1070 纯铝阴极板存在明显短板：寿命仅 10-12 个月，极板腐蚀严重，年更换成本居高不下；抗拉强度低，易变形短路，使电流效率维持在 88-90%，直流电耗高达 3010-3220kWh/吨锌。我国年产锌 700 万吨，需更换 140-210 万块极板，损耗巨大。微合金化及表明改性是破解高强、高导及耐腐蚀性能矛盾的关键，但现有技术存在三者性能协同提升困难，且多停留在实验室阶段，缺乏工业化适配技术，亟需联合产学研力量突破瓶颈。</p> <p>本项目通过微合金化及表明改性技术优化铝阴极板性能，破解高强、高导、耐蚀的核心矛盾，提升其抗变形、耐腐蚀能力，延长使用寿命，降低更换与维护成本，契合锌电积行业节能降耗发展趋势。项目依托产学研协同体系，实现性能调控技术突破与产业化应用落地，填补微合金化铝阴极板规模化生产技术空白，提升我国锌冶炼装备自主创新水平。同时，推动技术成果转化，助力企业降低电耗、提升锌产品纯度，增强行业核心竞争力，具有显著的技术、经济与社会效益。</p>
国内外研究现状	<p>国内研究聚焦 Ce、Mn 等低成本微合金元素，已取得阶段性成果：实验室研究证实，添加微量 Ce 可使铝阴极板铸态抗拉强度提升 25.5%，导电率提升 2.7%，复合添加 Y 元素则无法进一步优化性能反而降低抗拉强度；部分铸轧型微合金铝阴极板实测显示，屈服强度可达 114-124MPa，导电率达 59.87%IACS，但性能余量较小，需进一步优化工艺提升强度。应用现状方面，目前微合金化铝阴极板尚未实现大规模产业化应用，仅少数冶炼企业开展小规模试点：某中型冶炼厂试点应用 Ce-Mn 微合金铝阴极板，批量 1000 块，运行 8 个月，极板变形率降至 2.3%，较传统纯铝极板降低 60%，但存在性能稳定性不足问题，部分极板出现局部腐蚀，腐蚀电流密度达 6.5mA/cm²；另有企业尝试搭配专用重防腐涂料，可使微合金极板寿命延长至 13 个月，但涂层施工复杂，单块极板成本增加明显，难以大规模推广。整体来看，国内应用仍处于试点阶段，缺乏适配工业工况的成熟生产工艺，性能调控稳定性和产业化适配性有待提升。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>一是微合金元素精准调控及热处理工艺与板面材料综合性能调控问题，Ce、Mn 等元素添加量仅为 0.05-0.1%，用量偏差易导致抗拉强度与导电率失衡，如添加量过高会使导电率下降超 3%IACS，难以实现“高强高导”双重目标。二是工业化工艺适配难，实验室优化的配比与铸轧工艺，在规模化生产中易出现晶粒不均匀，导致极板变形率回升至 4%以上，无法适配锌电积连续生产工况。三是耐氟氯腐蚀与成本平衡量常达 300-500mg/L，现有试点无涂层微合金极板腐蚀电流密度超 6mA/cm²，添加防腐涂层则单块成本增加 12 元，且涂层易脱落，难以兼顾耐氟氯腐蚀性能与经济性。四是板面上锌沉积性能调控难，微合金元素配比不当会导致锌层结晶不均匀、附着力过强，锌剥离率降至 97%以下，且易出现锌刺、结瘤，影响锌产品纯度（低于 99.99%），需实现微合金化与锌沉积性能的协同优化。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>1. 板面材料性能：微合金化铝阴极板抗拉强度 ≥ 150MPa，导电率 ≥ 60%IACS，屈服强度 ≥ 130MPa。2. 耐氟氯腐蚀：电解液中 Cl⁻含量 300-500mg/L 工况下，腐蚀电流密度 ≤ 5mA/cm²，腐蚀速率 ≤ 0.02mm/a，使用寿命 ≥ 18 个月。3. 锌沉积性能：锌层结晶均匀，锌剥离率 ≥ 99%，无明显锌刺、结瘤，阴极锌纯度 ≥ 99.99%。4. 工业化适配：规模化生产极板性能合格率 ≥ 98%，适配现有电解工艺，直流电耗不高于较传统极板，可直接替换现有极板，无需改造生产设备。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>本项目通过精准调控微合金元素（Ce、Mn 等）配比，可使铝阴极板抗拉强度提升至 60MPa 以上，导电率达 60%IACS 以上，寿命延长至 18 个月以上，电流效率提升至 90%以上。以某中型冶炼厂为例，年产能 10 万吨锌，采用本技术后，每年可减少极板更换 1.4 万块，节约电耗 800-1200 万 kWh，降本超 500 万元。项目实现微合金化技术产业化落地，打破国外技术壁垒，提升我国锌冶炼装备自主创新水平，同时缓解极板腐蚀、锌层难剥离等行业痛点，推动行业节能降耗，具有显著的技术突破价值和经济、社会效益。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>3</p>	<p>博士/名</p>	<p>1</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	氧气斜吹转炉渣型调控及多金属捕集分离应用研究
需求单位	云南铜业股份有限公司西南铜业分公司
技术需求的背景与意义	<p>铜阳极泥是铜冶炼过程中粗铜电解工序产生的副产物，富含金、银、硒、碲、铂、钯等多种稀贵金属。目前铜阳极泥综合回收行业通常采用的回收工艺为“氧压浸出、氧气斜吹转炉吹炼、银电解精炼及金精炼”，该工艺具有工艺流程短、回收效率高等优点，但氧气斜吹转炉在还原熔炼阶段存在渣型调控困难、金银富集效果差且有价金属损失大等问题一直是制约着该工艺进一步完善的症结点。常规熔炼渣搭配铜冶炼烟尘并入烟尘处理系统，但因氧气斜吹转炉炉渣熔点/黏度较高（Ba、NaO等所致），易造成铜烟尘处理系统的还原熔炼炉死炉等问题。以西南铜业铜阳极泥回收工艺为例，其氧气斜吹转炉熔炼阶段熔炼渣年产量为3000~4000吨（未来随着产能不断增加，预计将可达到6000~8000吨），现熔炼渣处理模式为返回铜系统，这导致大量的Pb、Sb、Bi、Ag、Au等有价金属再次分散，提高了有价金属回收成本及难度。综上所述解决以上问题可避免资源浪费，实现稀贵金属高效综合回收，为企业创造显著经济效益。</p>
国内外研究现状	<p>1.对于渣型稳定方面：</p> <p>（1）目前国内行业氧气斜吹转炉段熔炼渣含银能稳定在0.7%以下。</p> <p>（2）铜陵有色的研究表明，还原熔炼阶段其工艺核心是通过添加还原剂（焦炭）和造渣剂（碳酸钠）进行精准调控，核心配比为以铜阳极泥熔炼渣总质量计，加入3%~4%焦炭作为还原剂，2%~3%碳酸钠（Na_2CO_3）作为造渣剂，通过调整碳酸钠的加入量来优化钠硅比，改善炉渣流动性。熔炼阶段检测渣含铅量判断熔炼终点，当渣含铅小于2%时，意味着还原反应基本完全，有价金属得到充分回收，此时结束熔炼并开始分离炉渣。</p> <p>2.对于氧气斜吹转炉炉渣综合利用方面：</p> <p>（1）湿法处理工艺：</p> <p>紫金铜业采用仅对铅、铋元素开展了“氯化浸出-中和沉淀-铁粉还原-酸洗除杂”方法处置氧气斜吹转炉炉渣试验，针对锑、银、金等分布并未作出探索，且回收产品均为液氯中间物料。</p> <p>（2）综合回收方面：</p> <p>湖南金旺铋业采用1.3m²鼓风机共处理氧气斜吹转炉297.79t，床能率为19t/m²·d，焦率35%，鼓风机属于淘汰落后设备，目前已经不能满足氧气斜吹转炉渣的使用需求。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题 概述</p>	<p>1.还原熔炼渣型动态调控技术与最优渣型构建方面： 目前在处理铜阳极泥原料成分品质波动，导致的配料难度大，同时原料中BaSO₄含量高，导致炉渣粘度大，渣中的有价金属分离困难。故急需掌握氧气斜吹转炉渣的工艺矿物学特性，同时探究不同温度和不同助溶剂下对BaSO₄成渣的机理，建立可适用于氧气斜吹转炉渣的Na₂O-SiO₂-PbO-BaO四元相图、获得低黏度、低渣含银最优渣型是实现贵金属高效富集的关键。最终可实现动态调整氧气斜吹转炉渣型。同时摸清Pb、Ba、Bi、Sb、Ag、Au等各元素嵌布特征和赋存状态等物理化学特性为后续综合回收提供数据支撑。</p> <p>2.氧气斜吹转炉渣中有价金属综合回收技术： 目前炉渣返铜系统处理，导致Pb、Ag、Au、Bi、Sb等有价金属再次分散、回收成本及难度提高；故急需探索渣中有价金属的相分布与界面反应特性，探究氧气斜吹转炉熔炼温度、还原剂等参数对熔渣密度、黏度和碱度等物理化学性质的影响规律，构建多因素耦合作用下的渣型调控模型，揭示反应参数与合金、渣、烟尘三相产物中有价元素的分配系数及其回收率间的定量关系，探明有价金属元素的迁移转化规律，建立造渣动力学模型及强化分离机制，实现炉渣的高值资源化利用。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>1.开展氧气斜吹转炉渣型动态调控研究，建立氧气斜吹转炉熔炼过程高效提银理论体系，形成脱铜泥还原熔炼金银高效富集，实现脱铜阳极泥氧气斜吹转炉冶炼过程高效提银，解决氧气斜吹转炉处理脱铜泥制备高质多尔合金过程存在渣含银高、杂质脱除效率低等问题，熔炼渣渣含银<0.4%；</p> <p>2.开发氧气斜吹转炉渣中有价金属综合回收技术，提升企业经济效益，实现氧气斜吹转炉渣高值资源化利用，通过对熔炼渣的离线预处理，转变熔炼渣中Pb、Ag、Au、Bi、Sb等有价金属在渣中的赋存状态，将其化合物的形态转化为单质或互溶形态，便于后续采用真空蒸馏等方式实现对熔炼渣中有价金属的快捷回收，最终解决氧气斜吹转炉渣中Pb、Au、Ag、Bi、Sb等有价金属分散度高、综合回收难的问题，实现铅直收率≥80%、银直收率≥95%、金直收率≥95%、铋直收率≥90%、锑直收率≥70%。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经 济、社会 效益</p>	<p>1.经济效益：回收氧气斜吹转炉渣中Pb/Ag/Au/Bi/Sb等有价金属不仅可实现资源综合利用，同时能够产生显著的社会经济效益。</p> <p>2.社会环境效益：本项目开发了氧气斜吹转炉渣型调控及多金属捕集分离应用研究，建立渣型调控及有价元素高效回收理论体系，通过技术推广增强云铜股份在复杂市场环境下的抗风险能力，为企业可持续发展奠定坚实基础。在此基础上，项目成果将发挥示范引领作用，通过推动省内铜冶炼技术向精细化、智能化方向演进，实现二次资源的高价值转化，该项目将为云南省重塑有色产业新优势、提升产业链现代化水平提供关键的技术支撑，助力构建资源节约型产业体系。这不仅巩固了云南作为国家有色金属基地的战略地位，更通过技术外溢促进区域经济高质量增长，同时实现源头减渣、节能减排的清洁生产效益，充分体现国有企业以科技创新驱动绿色发展、守护绿水青山的社会责任担当。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究 生情况</p>	<p>硕士/名</p>		<p>博士/名</p>	

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	钼精矿高效清洁冶炼关键技术研究与应用
需求单位	楚雄滇中有色金属有限责任公司
技术需求的背景与意义	<p>钼作为一种难熔金属和高性能材料的关键合金元素，含量仅占地壳 0.001% 的稀缺战略金属，其需求正呈现结构性爆发，2025 年 2 月已将钼纳入出口管制清单。</p> <p>开发一套以“碱性氧压浸出—萃取分离/离子交换—结晶—热分解”为核心的闭路循环全湿法冶炼新工艺。解决传统火法-湿法联合流程中存在的能耗高、二氧化硫烟气治理压力大、伴生有价元素（如铼、铜、硫）回收率低、工艺流程长等瓶颈问题，建立一套绿色、高效、短流程、资源综合利用的钼冶炼技术体系，为工业应用提供全套设计依据。</p>
国内外研究现状	<p>当前在低品位复杂钼矿高效浮选与富集、钼精矿火法与湿法冶炼工艺选择与优化、高纯钼制品及高附加值产品制备、智能化全流程品质管控四大关键技术方向，国内外研究进展存在明显差异。国际上，欧美及智利等钼资源大国技术成熟度较高，已实现难选滑石型钼矿的高效回收及复杂共生组分的精细分离工业化应用。在冶炼工艺上，火法与湿法形成明确分工：火法（多膛炉、回转窑富氧焙烧）因处理能力大、运行成本低，占据主流工业化地位，尤其富氧焙烧技术能耗较传统降低约 6.7%，硫回收率达 98.5%；湿法（加压氧化、生物氧化等）则凭借无 SO₂ 排放、金属综合回收率高、适应高杂质低品位精矿的优势，成为处理非标准钼精矿的重要补充，在欧美已实现与火法并行的产业化。国内湿法加压氧化设备耐腐蚀与密封可靠性、以及火湿法联合工艺的系统集成能力，与国际先进水平仍有差距，处于跟跑并局部突破阶段，需进一步研究及工程化推广。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题 概述</p>	<p>1.碱性体系下的“强化浸出-定向转化”一体化调控技术：区别于传统碱性浸出，本项目创新性地引入“氧压-协同催化”体系，实现对硫化物矿物晶格的深度破坏，将钼、硫、铼、铜的转化路径从“物理暴露”提升至“化学定向转化”的分子级调控，首次实现复杂矿中多金属同步高效浸出与硫的清洁化转化。</p> <p>2.基于“晶型调控与杂质定向脱除”的短流程高纯钼酸铵制备技术：摒弃传统多级净化-多次结晶的冗长工序，创新性地将溶液深度净化、结晶过程控制与杂质元素在晶体中的占位行为相结合，通过调控溶液的“过饱和度-杂质配位”关系，一步结晶制备出符合高端钼粉要求的超高纯（4N）钼酸铵。</p> <p>3.“介质-热-水平衡”全流程闭路循环系统集成技术：打破传统单元操作孤岛，基于化学计量学和过程系统工程（PSE）原理，对浸出、分离、结晶、热分解各单元的水、热、介质进行全局优化耦合，构建高效的物质循环网络，实现辅料消耗最小化和环境影响趋零化。</p> <p>4.基于“离子印迹/特种萃取”的高铼选择性分离技术： 针对碱性体系中极低浓度铼的高效捕集难题，研发具有高选择性的离子印迹树脂或新型萃取剂，实现对铼的“靶向”提取，解决铼回收率低的行业共性难题，引领伴生稀散金属高效回收技术前沿。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>1.形成一套完整、稳定、高效的“碱性氧压浸出-全湿法闭路循环”钼精矿冶炼新工艺，完成小试及扩大试验的工艺包优化。</p> <p>2.环保指标：废气、废水达标排放，无 SO₂ 排放。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经济、社会 效益</p>	<p>1.金属回收率 钼浸出率 > 95%，综合回收率 > 92%（从精矿到产品）。</p> <p>2.其他综合利用：铜回收率 > 85%，硫酸钠副产品产出率 > 90%。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究 生情况</p>	<p>硕士/名</p>		<p>博士/名</p>	<p>2</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	7N 高纯铜关键技术与开发			
需求单位	楚雄滇中有色金属有限责任公司			
技术需求的背景与意义	<p>7N 高纯铜（纯度$\geq 99.99999\%$）是半导体芯片、集成电路封装键合丝、ITO 靶材等高端领域的核心原材料，更是支撑新质生产力发展、保障产业链安全的战略物资。当前我国作为全球最大高纯铜消费国，需求占全球 56% 以上，但 7N 高纯铜核心制备技术被日本、美国企业垄断，高度依赖进口，制约我国半导体、新能源等高新产业自主发展。传统提纯模式能耗高、效率低，无法满足规模化生产需求。本项目依托我公司产 4N 铜及再生铜高纯化技术研究；聚焦 7N 高纯铜制备关键技术攻关，打破国外技术封锁，实现产品国产化替代，契合《铜产业高质量发展实施方案(2025—2027 年)》要求，助力高水平科技自立自强，推动我国高端电子材料产业转型升级，具有重要战略意义和产业价值。</p>			
国内外研究现状	<p>国外方面，日本三菱化学、美国霍尼韦尔等企业掌握成熟的 7N 高纯铜制备技术，形成“原料提纯—成型加工—检测应用”完整链条，采用电解精炼、区域熔炼等工艺，产品纯度稳定、性能优异，但技术封锁严密，设备与工艺对外保密。国内方面，近年来逐步推进超高纯铜技术研发，海特电子、金川集团、同创普润等企业已实现部分突破，可通过自主研发设备实现 4N 铜一步提纯至 7N，金川集团等企业也已实现部分 7N 产品产业化，但整体仍存在短板：提纯工艺稳定性不足、杂质控制精度不够，高端添加剂依赖进口，产品批次一致性差，在大尺寸铸锭制备、量产效率等与国外先进水平存在差距，亟需突破核心技术瓶颈。</p>			
技术难题概述	<p>本项目攻关面临三大核心技术难题：一是杂质精准控制难度大，制备过程中气体杂质与微量金属杂质难以彻底去除，易导致产品纯度波动，无法稳定达到 7N 标准；二是提纯工艺优化不足，传统逐级提纯模式能耗高、损耗大，自主研发的一步提纯工艺仍存在量产稳定性差、生产成本偏高的问题，难以实现规模化应用；三是跨学科研发人才短缺，制约了工艺整合与技术迭代速度。</p>			
预期目标	<p>通过技术攻关，实现以下目标：一是突破 7N 高纯铜核心制备技术，掌握自主可控的一步提纯工艺，实现 34 种主控金属杂质总量$\leq 1\text{ppm}$，产品纯度稳定达到 99.99999%；二是优化提纯设备与工艺，降低能耗 15% 以上，损耗率控制在万分之二以内，实现规模化量产，年产能达到行业领先水平；三是形成可复制的 7N 高纯铜制备技术方案，开发适配半导体、靶材等领域的系列产品，性能达到国际同类产品水平，打破国外技术垄断，为产业化落地提供全套技术支撑。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>依托滇中有色 4N 铜现有产能与“原生+再生”双轨模式，联合开发 7N 铜实现产品升级，替代进口降低产业采购成本，预计新增亿元级产值，带动就业增长；延伸铜产业链，提升企业核心竞争力，推动资源综合利用提质增效，实现企业与科研人员利益共享，助力企业精益运营、扩产增效。社会效益：打破国内外技术封锁，保障半导体等产业供应链安全；推动滇中有色绿色低碳转型，助力云南有色产业向高端升级，促进产学研融合，为新质生产力发展提供材料支撑，彰显地方国企科技创新与产业担当。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名		博士/名	2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	铜阳极泥中碲的高效回收技术研究		
需求单位	楚雄滇中有色金属有限责任公司		
技术需求的背景与意义	<p>碲作为稀缺战略稀散金属，是光伏、半导体、高端热电材料等新兴产业的核心原料，全球 90% 以上的碲来源于铜阳极泥的综合回收。当前铜阳极泥碲浸出率仅 50%、回收率 28%，远低于行业平均水平，大量碲资源随冶炼废渣循环流失，不仅造成战略资源浪费，还降低了铜冶炼副产物的综合利用价值，同时增加了危废处置的成本与环保压力。开展铜阳极泥中碲高效回收技术研究，提升冶炼产业附加值，助力企业实现绿色低碳转型，保障我国关键战略材料自主可控，对推动铜冶炼行业提质增效、实现资源循环利用具有重要的现实意义和产业价值。</p>		
国内外研究现状	<p>国外铜阳极泥碲回收技术已趋于成熟，主流采用火法预处理-湿法精炼联合工艺，配套氧压浸出、控电位电解分离等核心技术，部分企业碲综合回收率可达 85% 以上，工艺稳定性强、规模化适配性好，但技术壁垒高、引进成本昂贵。国内近年来聚焦湿法回收技术研发，实验室阶段碲浸出率已突破 90%，形成了焙烧浸出、超声强化浸出、溶剂萃取富集等多种技术路径。但工业应用中铜阳极泥中碲物相复杂、伴生元素干扰大等因素制约，现有技术适配性不足，多数企业碲回收率仍停留在 30%-50%，且存在酸碱消耗高、废水处理难度大、工艺连续性差等问题，亟需开发适配企业原料特性、可工程化落地的高效回收成套技术。</p>		
技术难题概述	<p>结合铜阳极泥原料特性，当前碲回收面临四大核心技术难题：一是物相赋存复杂，碲主要以碲化物、固溶体形式与铜、硒、银、铅等元素紧密伴生，常规浸出工艺选择性差，难以实现碲的高效溶出，导致浸出率偏低；二是碲电化电位相近，浸出后两种元素共存于溶液中，分离提纯难度大，易产生交叉损失，直接影响碲的直收率；三是传统工艺酸碱消耗量大，产生的高盐废水处理成本高，难以兼顾高效回收与清洁生产要求；四是现有工艺与企业现有生产流程适配性不足，碲在冶炼系统内循环累积，无法实现高效开路富集，导致整体回收率长期处于较低水平，难以满足工业化规模化生产需求。</p>		
预期目标	<p>针对铜阳极泥碲回收痛点，研发适配企业原料特性的碲高效回收成套技术，实现三大核心目标：一是大幅提升回收效率，使碲浸出率由当前 50% 提升至 $\geq 88\%$，综合回收率由 28% 提升至 $\geq 75\%$；二是优化工艺路线，开发预处理-选择性浸出-精准分离-富集提纯一体化工艺，提升碲分离系数，确保碲产品纯度达到 99% 以上（工业一级标准）；三是实现绿色高效生产，工艺酸碱消耗量较传统工艺降低 30% 以上，浸出液循环利用率 $\geq 80\%$，危废产量显著减少，工艺具备连续稳定运行能力，形成可直接工业化转化的技术方案，同时为国内同类铜冶炼企业阳极泥碲回收提供技术示范。</p>		
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>经济效益：碲回收率大幅提升后，年可新增碲产品产量，新增可观销售收入；降低酸碱消耗成本，提升冶炼副产物综合价值，投资回收期控制在合理范围，显著提升企业盈利能力与市场竞争力。社会效益：高效回收稀缺战略资源，减少资源浪费与固废堆存，降低环保风险；推动铜冶炼行业绿色低碳升级，助力我国关键战略材料自主可控，发挥行业示范引领作用，带动相关产业技术进步。</p>		
拟培养研究生情况	硕士/名		博士/名 2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	锑精矿适应性技术与开发			
需求单位	楚雄滇中有色金属有限责任公司			
技术需求的背景与意义	<p>锑作为关键战略金属，焦锑酸钠广泛用于光伏玻璃、阻燃材料、陶瓷与电子化学品。传统火法能耗高、污染重，常规湿法多以锑白为原料，流程长、成本高。采用硫化钠浸出-加压氧化直接由锑精矿制备焦锑酸钠，可缩短流程、降低能耗、减少排放，契合绿色低碳与战略资源高效利用要求。开展本研究对提升锑资源利用率、推动产业清洁化升级、保障产业链供应链安全具有重要工程价值与战略意义。</p>			
国内外研究现状	<p>国外以日本住友、东曹为代表，湿法工艺成熟，产品纯度高、适配性强，主要面向高端市场。国内以辰州矿业、华锡等企业为主，多采用空气/双氧水氧化路线，对精矿原料要求高，高砷高铁复杂锑精矿适配性差。硫化钠浸出-加压氧化路线已有实验室探索，但多针对单一品位精矿，缺乏多矿种适应性系统研究；杂质深度脱除、晶型调控、加压氧化动力学等关键技术仍未形成成套工业化方案，与国内外先进水平存在差距，难以满足复杂原料规模化生产需求。</p>			
技术难题概述	<p>复杂锑精矿中砷、铁、铅等伴生杂质同步浸出，深度净化难度大，易影响产品白度与纯度。</p> <p>硫化钠浸出体系加压氧化过程温压、氧分压、碱浓度耦合关系复杂，反应动力学与结晶行为控制难。</p> <p>不同品位、矿相锑精矿工艺参数通用性差，缺乏稳定适配模型，工业化放大易出现效率波动。</p> <p>浸出剂循环利用率低，含盐废水与硫系副产物处理压力大，清洁生产与成本控制矛盾突出。产品晶型与粒度分布不均，难以稳定达到光伏、电子级高端指标要求。</p>			
预期目标	<p>建成硫化钠浸出-加压氧化工艺适应性评价体系，覆盖主流锑精矿类型，实现复杂原料稳定适配。</p> <p>锑综合回收率$\geq 96\%$，焦锑酸钠主含量$\geq 99.5\%$，白度达标，杂质砷、铁满足高端应用限值。形成温压-氧势-浓度协同控制技术，氧化时间缩短20%以上，浸出剂循环利用率$\geq 90\%$。突破深度除杂与晶型精准调控技术，产品粒度均匀，可满足光伏玻璃与电子化学品使用要求。完成小试与扩大试验，形成成套工艺包与操作规程，具备工业化转化条件。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>项目实施后可直接由锑精矿生产高端焦锑酸钠，缩短流程、降低原料与加工成本，提升产品附加值与市场竞争力，显著增强企业经济效益。工艺无氮氧化物、低二氧化硫排放，废水盐量减量，固废资源化利用，环保效益突出。提升滇中有色锑湿法冶炼技术水平，带动行业绿色转型与高质量发展，具备良好产业示范效应。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名		博士/名	2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	玻璃钢厚度检测技术		
需求单位	易门铜业有限公司		
技术需求的背景与意义	<p>易门铜业硫酸作业区及污酸处理系统大量采用玻璃钢材质的储酸罐、吸收塔、输送管道及反应槽，其耐强硫酸腐蚀的特性是保障系统连续运行的关键。但玻璃钢设备长期在高温、高浓度酸雾、介质冲刷及交变应力作用下，会出现基体老化、树脂脱落、纤维腐蚀及壁厚均匀减薄等问题，最终导致穿孔泄漏。</p> <p>一旦发生硫酸泄漏，极易引发人员灼伤、环保超标、非计划停产等重大事故，单次停产损失可达数百万元。本技术攻关可实现玻璃钢设备在线无损全面检测，提前预判腐蚀风险，从源头杜绝泄漏事故，对保障企业安全生产具有极端重要性。</p>		
国内外研究现状	<p>国外在玻璃钢厚度检测领域起步较早，主流采用超声波脉冲反射法、电磁感应法及太赫兹成像技术，在实验室条件下可实现高精度检测。美国、德国部分企业开发了便携式检测设备，但针对多层复合玻璃钢及带内衬、带保温层的工业设备，检测精度大幅下降，且设备价格昂贵，维护成本高。</p> <p>国内研究多集中于单一超声波技术的优化，部分科研院所开展了红外热成像、激光扫描等技术探索，但普遍存在现场适应性差、抗干扰能力弱等问题。针对铜冶炼硫酸系统强腐蚀、高粉尘、高温高湿的特殊工况，以及玻璃钢设备多层结构、表面结垢严重的特点，专用在线检测技术几乎空白。现有方案无法实现不停机、不打磨、全覆盖检测，难以满足企业预防性维护的迫切需求。</p>		
技术难题概述	<p>一是多层复合结构检测难度大。玻璃钢设备多为树脂+玻璃纤维+防腐内衬的多层结构，各层声阻抗差异大，超声波信号易发生多次反射和散射，导致壁厚测量误差大，无法准确判断剩余壁厚。二是复杂表面干扰严重。设备表面普遍存在酸泥结垢、腐蚀产物及保温层，传统检测需打磨去除，不仅破坏防腐层，还大幅增加检测时间和成本，且打磨后仍存在信号干扰。三是大型设备全覆盖检测困难。直径大的储酸罐，人工检测只能覆盖局部区域，无法生成完整的壁厚分布图，腐蚀隐患难以全面排查。</p>		
预期目标	<p>检测性能：实现玻璃钢设备不停机、不打磨、不拆除保温层的在线无损检测，厚度检测范围 2mm~50mm，检测精度$\leq \pm 0.1\text{mm}$，单点检测时间≤ 1秒，可生成设备全表面三维壁厚分布图。</p> <p>环境适应性：核心检测单元具备 IP68 防护等级，耐硫酸腐蚀、抗粉尘、抗振动、抗电磁干扰，适应$-10^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$工作温度，可在相对湿度 95%以上的环境中长期稳定运行。</p>		
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>经济效益：彻底消除玻璃钢设备泄漏引发的停产、环保处罚及安全事故风险，避免单次事故可能造成的数千万元损失；实现预防性维护，减少设备突发更换和抢修成本；无需停机检测，保证生产连续运行。</p> <p>社会效益：从根本上杜绝硫酸泄漏对员工身体健康和周边环境的危害，提升企业本质安全水平；树立铜冶炼行业非金属设备检测标杆，推动行业设备管理技术升级；助力落实安全生产专项整治要求，促进冶金行业绿色安全可持续发展。</p>		
拟培养研究生情况	硕士/名		博士/名 1

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	硫磺自动运输上料系统
需求单位	易门铜业有限公司
技术需求的背景与意义	<p>化工行业硫磺运输上料环节长期面临高危环境作业难题，现有人工与防爆叉车配合模式存在突出痛点：作业人员需近距离暴露于硫化氢有毒环境，职业健康风险极高，且人工操作效率低、劳动强度大，易因人为失误导致吨袋破损或设备损伤。随着化工过程安全管理要求升级与智能化改造趋势深化，传统作业模式已无法满足本质安全与高效生产需求。本项目针对性研发硫磺自动运输上料系统，核心意义在于通过技术创新实现人员与高危区域物理隔离，破解硫磺处理环节安全与效率的矛盾，同时推动化工行业危化品物料转运的自动化、规范化升级，为全流程智能化奠定基础，符合国家“智改数转”政策导向与行业安全发展刚需。</p>
国内外研究现状	<p>国外化工行业在危化品自动转运领域已形成成熟技术体系，巴斯夫、陶氏化学等企业通过集成自适应夹爪、激光导航AGV与远程操控系统，实现了高危物料运输的无人化作业，其设备防爆等级达ATEX认证标准，导航精度可达±5mm，作业效率较传统模式提升60%以上。国内方面，随着“智改数转”推进，传化天松、中原油田等企业已开展化工智能装备应用实践，普非森等企业研发的自动拆包投料系统在粉体处理中实现了无尘化、精准化作业，但针对硫磺吨袋的“识别-抓取-运输-拆包-回收”全流程集成系统仍较少，现有技术存在协同性不足、高危环境适应性不强等问题，尤其在硫化氢环境下的设备防腐防爆、多设备协同调度等方面仍需突破，尚未形成规模化推广的成熟解决方案。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>本项目核心技术难题集中在高危环境下的系统集成与稳定运行：一是硫化氢腐蚀环境对设备的特殊要求，需解决机械抓手、AGV 轨道车等关键设备的防爆、防腐设计，确保符合化工 Zone 1 危险区域安全标准；二是吨袋识别与抓取精准性，硫磺吨袋堆放形态不规则，需突破复杂场景下的视觉识别与柔性抓取技术，避免吨袋破损；三是多设备协同控制，单梁吊、AGV、拆包机的动作衔接需实现毫秒级响应，解决路径规划、对位精准度等协同问题；四是远程操控的可靠性，需通过高清视频监控与低延迟通信技术，实现拆包等关键作业的远程精准操控，同时保障系统在粉尘、振动环境下的稳定传输。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>技术攻关后，系统需达到以下核心目标：一是设备安全性能达标，关键部件通过 ATEX 防爆认证与 IP68 防护等级，适应硫化氢高危环境，连续稳定运行时间不低于 3000 小时；二是作业精度与效率提升，吨袋识别抓取成功率 $\geq 99\%$，AGV 运输定位精度 $\pm 5\text{cm}$，远程拆包对位准确率 100%，整体作业效率较传统模式提升 30% 以上；三是系统协同与可追溯，实现“抓取-运输-拆包-回收”全流程自动化连续运行，操作数据实时记录，追溯精度达批次级；四是兼容性与扩展性，支持与企业 MES、ERP 系统对接，预留后续智能化升级接口，满足多批次、柔性生产需求。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>经济效益方面，项目实施后可显著降低人工成本，优化岗位配置使相关岗位人工成本降低 50% 以上；生产效率提升 30% 以上；社会效益方面，实现作业人员与硫化氢环境的物理隔离，将安全事故率降低 90% 以上，从根本上保障职业健康；推动化工行业危化品转运的智能化、规范化转型，树立高危环节“机器换人”示范案例；减少人工操作对环境的影响，降低能耗与污染物排放，符合绿色化工发展理念，同时为行业全流程智能化升级提供可复制的技术方案。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>1</p>	<p>博士/名</p>	

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	硫化氢合成区域智能巡检机器人
需求单位	易门铜业有限公司
技术需求的背景与意义	<p>硫化氢合成厂房作为剧毒高危场所，硫化氢泄漏可引发人员瞬时中毒，且生产过程中设备压力、温度、液位等参数异常直接关联安全工况。当前人工穿戴正压式空气呼吸器巡检模式，既面临高毒环境暴露风险，又受人工操作局限，存在参数记录误差、漏点检测滞后、巡检频次不足等问题，易埋下安全隐患。随着化工行业安全生产标准化推进与智能化转型需求，传统人工作业已难以满足精准运维与本质安全要求。研发专用智能巡检机器人，核心意义在于通过“机器换人”实现人员与剧毒环境物理隔离，同时精准完成漏点识别与关键工艺参数采集，提升巡检数据可靠性与隐患预警时效性，为安全生产提供数字化支撑，符合高危化工场景智能化升级的迫切需求。</p>
国内外研究现状	<p>国外在危化品巡检机器人领域技术成熟，德国西门子的 SIPROTEC 巡检机器人集成激光气体传感器与高清视觉模块，可精准检测硫化氢等有毒气体泄漏及设备参数，防爆等级达 Zone 1 标准，定位精度 $\pm 2\text{cm}$；美国 iRobot 的化工专用机器人搭载多参数传感器，支持压力、温度数据实时传输，已在炼油厂规模化应用。国内方面，中国航天科工、新松机器人等企业推出化工巡检机器人，具备气体检测与环境监测功能，中石油、中石化等企业已开展试点应用。但针对硫化氢合成厂房的专项解决方案较少，现有产品存在短板：漏点检测易受环境干扰，参数采集与仪表读数识别协同性不足，狭窄空间适应性弱，尚未形成“漏点+多参数”一体化精准巡检的成熟技术体系。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>本项目核心技术难题聚焦于精准巡检与极端环境适配：一是高毒高腐蚀环境下的设备可靠性，需攻克机器人本体防爆、防腐、密封技术，确保传感器与执行机构在 Zone 1 危险区域稳定运行；二是漏点检测精准性，需解决硫化氢气体扩散不均匀、环境粉尘干扰等问题，实现 ppm 级高精度泄漏识别与定位；三是参数采集智能化，需突破仪表读数自动识别技术，应对不同类型压力表、温度计、液位计的复杂显示形式，确保数据采集准确率；四是复杂场景导航，厂房内管道密集、通道狭窄，需实现动态环境下的高精度自主导航与避障，保障巡检覆盖无死角。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>技术攻关后，机器人需达成以下核心目标：一是安全防护达标，通过 ATEX/IECEX 防爆认证，防腐等级 IP67，可在硫化氢浓度 $\leq 100\text{ppm}$ 环境下连续稳定运行 ≥ 8 小时；二是检测与采集精准，硫化氢泄漏检测灵敏度 $\leq 0.1\text{ppm}$，定位误差 $\leq 50\text{cm}$，压力、温度、液位参数采集准确率 $\geq 99.8\%$，读数识别响应时间 ≤ 2 秒；三是导航与覆盖可靠，激光+视觉融合导航定位精度 $\pm 3\text{cm}$，可自主穿行 $\geq 80\text{cm}$ 狭窄通道、跨越 15cm 障碍，巡检覆盖率 100%；四是数据处理智能，支持异常参数与漏点秒级告警，巡检数据自动上传至企业管理系统，实现数字化追溯与分析。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>经济效益方面，避免因漏检导致的设备故障与停产损失，降低非计划停机率；社会效益方面，彻底杜绝巡检人员中毒风险，将高危区域安全事故率降低 95% 以上，保障职业健康；树立“机器换人”示范标杆，推动剧毒化工场景巡检模式智能化、标准化转型；为同类高危场所提供可复制的“漏点+多参数”巡检解决方案，契合国家安全生产与智能制造发展战略，提升行业整体安全运维水平。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>2</p>	<p>博士/名</p>	

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	无钠硫化系统先进控制（自动化）
需求单位	易门铜业有限公司
技术需求的背景与意义	<p>无钠硫化系统作为危化工艺中的关键核心装备，涵盖水电解制氢、硫化氢合成及废酸硫化三大协同子系统，其操作涉及液位、压力、砷浓度等多参数耦合控制，且硫化氢、砷等介质具有高毒性与腐蚀性。当前依赖人员远程控制的模式，因技能差异导致操作一致性差，参数波动易引发安全事故，同时面临工艺运行成本高、反应效率低的困境（如相关危化企业同类工艺年运维成本超 300 万元）。在石化化工行业数字化转型政策要求下（主要生产装置自控率需达 95% 以上），推进系统自动化控制不仅能解决人员依赖带来的安全隐患，更能实现危化工艺“精准化、安全化”运行目标，为行业高风险工艺提供高效可控的技术路径，契合绿色低碳发展导向。</p>
国内外研究现状	<p>国外在化工过程自动化领域起步较早，西门子通过 SIMATIC PCS 7 系统实现聚乙烯工厂全流程智能控制，韩国 KAIST 研发的生物电子平台已实现硫化氢精准递送控制，但针对无钠硫化这类危化工艺多子系统协同的自动化方案较少。国内方面，中控技术为裕龙石化打造的智能控制系统实现 50 万点 I/O 自主可控，相关企业已完成危化工艺关键单元自动化改造，但在无钠硫化系统的多参数联锁控制、砷浓度在线监测与快速响应等方面仍存在技术空白。行业普遍面临危化工艺“多变量强耦合”管控难题，32% 企业仍依赖人工调参，亟需针对性的先进控制方案。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>无钠硫化系统自动化面临三大核心难题：一是多子系统协同复杂性，水电解制氢、硫化氢合成与废酸硫化的参数耦合（如流量波动引发压力、液位连锁变化）导致控制逻辑设计难度大，64% 危化企业受此类问题制约；二是关键参数监测精准度不足，砷浓度在线监测需兼顾危化工艺严苛工况稳定性与检测精度，现有设备易受介质干扰；三是安全连锁可靠性要求高，需解决危化工艺危险工况下的误触发与响应滞后问题，同时需兼容现有 DCS 系统实现平滑升级；四是模型可解释性难题，AI 控制逻辑需契合危化工艺机理，避免“黑箱”操作引发安全风险。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>实现核心参数精准控制：液位波动范围 $\leq \pm 2\%$，压力控制精度 $\pm 0.05\text{MPa}$，砷浓度稳定在安全阈值内，流量调节响应时间 ≤ 3 秒；</p> <p>构建全流程连锁体系：完成液位、压力、砷浓度、流量的逻辑连锁，异常工况自动响应率 100%；</p> <p>达成半无人化运行：自动化操作覆盖率 $\geq 95\%$，仅特殊工况需人员辅助；</p> <p>兼容现有系统：控制程序与原有远程控制系统无缝对接</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>彻底解决危化工艺高毒介质人工操作风险，推动危化工艺安全管控达到国际先进水平，践行“十五五”新污染物治理要求；形成可复制的无钠硫化自动化技术方案，为化工行业危化工艺智能化提供示范</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>2</p>	<p>博士/名</p>	

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	铜冶炼污酸资源化关键处理技术应用			
需求单位	易门铜业有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>铜冶炼污酸含砷、氟、氯、硫及有价重金属元素，传统处理工艺为硫化-中和处理工艺，处理过程中①造成有价金属损失、硫损失等；②产生大量的危废渣、一般固体渣等；③处理后的水含氟、氯高；④硬度、电导高等问题。企业面临生产成本低、水利用率受限、有价金属损失、环保风险等实际问题。基于企业存在的问题，研究应用铜冶炼污酸资源化的全流程处理的关键技术，对企业长期、高效经济运行具有十分重要的意义。</p>			
国内外研究现状	<p>当前的污酸处理技术路线，可根据其核心理念分为“传统无害化”与“资源化回收”两大类。处理技术通常采用电化学方法、新型硫化剂法、膜耦合工艺等技术，实现产业应用升级、稀散金属回收等。但在全元素资源化、更节能的深度处理技术（如新能源驱动的蒸发、更高效的膜工艺）等有待突破。</p>			
技术难题概述	<p>当前冶炼企业污酸重金属脱除处理技术仍沿用传统方法，缺乏高效低成本的氟、氯脱除技术，污酸资源化利用技术体系尚未在冶炼行业形成推广。面对有色金属行业绿色发展的巨大压力，企业迫不得已继续建设膜处理和蒸发结晶设备，进一步增加乐处理成本。因此，亟待开发新型、低成本的污酸全量化处理与资源化利用技术，解决当前污酸处理过程产渣量大、处理成本高、氟氯去除难、资源回收难等系列问题。</p>			
预期目标	<p>通过技术研究应用，实现：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.危废渣产生量较现有工艺减少 50%以上； 2.污酸 F、Cl 去除率 >60%； 3.稀酸回收，用于配酸； 4.有价金属回收率 >70%。 			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>经济效益：危废废物处置成本节约 1000 万元以上；稀酸利用后年创效 800 万元以上；有价金属回收年创效 2000 万元以上。</p> <p>社会效益：环保风险降低，水利用率提升等，实现绿色、低碳生产，具有很好的社会效益。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	1	博士/名	

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	铜冶炼烟气脱氟关键技术研究应用			
需求单位	易门铜业有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>随着铜原料的短缺，采购高氟铜精矿冶炼已成为趋势。随着入炉原料中氟元素增加，导致进入制酸系统烟气的氟将进一步升高，造成制酸系统设备设施腐蚀加剧，使用周期缩短，严重时发生停产。</p>			
国内外研究现状	<p>国内外对减少氟带入后道工序的处理技术常采取①向熔炼炉中添加碱性物质，与氟、氯反应生成稳定化合物，固定于炉渣中；②对含氟烟气喷入吸附剂等，使氟固定在烟尘；③采用湿法净化洗涤或在洗涤液中加水玻璃固氟等技术。</p>			
技术难题概述	<p>在熔炼炉中添加碱性物质，增加冶炼过程能耗等问题，固氟效果不佳；氟固定在烟尘中技术目前吸附剂没有取得突破；湿法净化洗涤增加能耗及生产成本、增加系统堵塞的风险。基于目前的脱氟技术，存在脱氟效率低、生产成本低、能耗高等问题，急需研究对铜冶炼烟气脱氟的新技术，解决目前技术存在的问题，提高铜原料对高氟原料的适应性。</p>			
预期目标	<p>通过技术研究应用，实现：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.烟气中 60%以上的氟固定在烟尘； 2.制酸净化工序脱氟率大于 80%； 3.降低系统非停风险，投入运行成本控制在吨酸成本 2 元/t 酸以下。 			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>经济效益：放宽铜原料采购对氟元素含量的控制条件，按年使用 60 万吨铜精矿，年节约原料采购费用 2000 万元以上。</p> <p>社会效益：环保风险降低，实现绿色、低碳生产，具有很好的社会效益。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名		博士/名	1

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	阳极炉炉衬寿命提升技术研究
需求单位	易门铜业有限公司
技术需求的背景与意义	<p>火法作业区精炼工序两台阳极炉自投产以来，存在加料口、氧化还原口、烧嘴等处的炉衬寿命短，导致阳极炉炉修频次增加，自投产以来，两台阳极炉炉修次数合计达6次，平均炉修周期为135炉。期间还存在阳极炉炉修后精炼炉数仅30炉便出现炉口炉衬严重损坏、1#阳极炉南北侧氧化还原口处先后出现炉衬烧损严重发生轻微露铜等异常情况，影响了阳极炉的正常生产运行计划，同时增加了阳极炉炉修成本。</p>
国内外研究现状	<p>阳极炉是铜火法精炼的关键设备，其炉衬寿命直接决定生产作业率与冶炼成本。</p> <p>1.国内研究进展方面，江铜集团贵溪冶炼厂针对纯氧助燃技术带来的炉衬局部烧损加剧问题，通过降低目标铜温20-30℃、加长易损区域耐火砖长度（由380mm增至430mm）、采用压缩空气替代中心氧以降低根部火焰温度、开展弱氧化-还原技术攻关等综合措施，使阳极炉炉衬翻修周期提升至4年，在燃料单耗下降50%的前提下实现了炉龄不降反升。白银有色铜业公司通过科学优化砌筑工艺、调整炉口角度避免空烧、动态调控天然气量等精细化操作，将阳极炉寿命从不足600炉次提升至1000炉次以上，节约维护及大修费用350余万元。中条山集团垣曲冶炼厂于2025年完成2号阳极炉技术改造，采用新型复合材质耐火材料、优化水套结构、运用阶梯式升温法烘炉，为长周期稳定运行提供了保障。</p> <p>2.国际技术对比方面，国际先进铜冶炼企业在耐火材料配方优化、梯度功能炉衬设计等方面取得了进展。部分企业已开发出具有抗热震性能的复合炉衬结构，通过梯度设计消除物理界面、解决热应力集中问题。但在操作精细化、燃烧系统适配性等方面，国内头部企业已接近或达到国际先进水平。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题 概述</p>	<p>阳极炉炉衬寿命提升面临的核心技术难题主要集中在以下几个方面：</p> <p>1.高温熔体冲刷与侵蚀的综合作用。阳极炉运行过程，氧化和还原期从风口喷入的介质搅动熔体，对风口区耐火砖产生持续冲刷。精炼渣中的酸性氧化物SiO₂对碱性镁铬砖有明显侵蚀作用，渣线区域因熔体液面波动形成侵蚀凹槽。不同区域耐火砖损耗速率差异显著，燃烧端风口砖损耗尤为严重，形成“木桶效应”，制约整体炉龄。</p> <p>2.热应力导致的耐火材料开裂与剥落。阳极炉在加料、化、还原、出铜等不同阶段经历频繁的温度变化，炉口区域因炉盖开闭承受急冷急热产生的热应力。纯氧助燃技术的应用虽大幅降低了燃料单耗，但提高了火焰温度，加剧了局部热负荷。如何平衡节能与耐材损耗，是当前的技术难点。</p> <p>3.燃烧工艺与炉衬寿命的协同优化。燃料烧嘴砖处于最靠近火焰的位置，极易烧损；因燃料或氧气偏流导致的局部过热会加速烧嘴砖损耗。天然气量的控制策略直接影响炉体关键部位蚀损速率，如何在保证热效率的前提下降低热冲击，需要精细化调控。</p> <p>4.耐火材料选型与砌筑工艺的科学匹配。不同材质的耐火材料在抗渣侵蚀性、抗热震性、高温强度等性能上各有优劣。新型复合材质耐火材料虽性能优良，但对烘炉曲线、砌筑质量要求更高。如何在材料成本与使用寿命之间取得平衡，是工程实践中的现实难题。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>通过技术研究应用，实现：</p> <p>1.阳极炉平均炉修周期≥150炉。</p> <p>2.阳极炉氧化还原口处炉衬烧损漏铜率降低至0。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经 济、社会 效益</p>	<p>经济效益：通过延长阳极炉炉衬寿命，可显著减少检修频次，降低耐火材料消耗和检修费用。按照由135炉提升至150炉，年度节约镁砖6吨，节约耐火材料费用及施工费用约11万元。</p> <p>社会效益：研究成果可为行业提供阳极炉炉衬设计、砌筑及操作维护提供借鉴方案。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究 生情况</p>	<p>硕士/名</p>		<p>博士/名</p>	<p>1</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	阳极板高质效浇铸及模寿提升技术研究
需求单位	易门铜业有限公司
技术需求的背景与意义	<p>1.在阳极板物理外观方面：目前主要存在弯板、开裂、鼓包、气孔等因素影响阳极板物理品质合格率，对废阳极板进行数据分类统计，明确废板率主次影响因素，并对造成阳极板废板的弯板、开裂、鼓包、气孔等因素的原因进行分析，研究制定解决措施将有效提升阳极板合格率；</p> <p>2.在浇铸速度方面：目前公司阳极炉区域双18模圆盘浇铸机平均浇铸能力为73.8t/h，达设计最低值70t/h，浇铸能力有较大提升空间，且为了缩短阳极炉运行周期，保证转炉、阳极炉生产组织有序衔接，进一步提升圆盘浇铸能力极其重要；</p> <p>3.在钢模模寿方面：目前钢模厂家保证钢模模寿为800吨铜，此基础上，进一步研究提升模寿一方面可降低模具使用成本，另一方面可降低模具更换频次，降低劳动强度，同时减小对阳极板物理品质的影响。</p>
国内外研究现状	<p>目前，铜模已成为阳极板浇铸的主流模具选择，其在导热性、可回收性方面具有显著优势，但在高温交变应力下的变形、开裂问题仍是制约寿命提升的关键瓶颈：</p> <p>1.国内研究进展方面，赤峰云铜通过持续技术攻关，将阳极板铜模使用寿命从最初的617吨/块提升至3106吨/块，达到国际领先水平，其核心措施包括优化压铸温度、升级铸造材料、改进模具结构及自动涂模工艺等。侯马北铜公司则通过将铜模侧翼延长至778mm、优化顶帽结构等改造，使铜模寿命显著提升，同时每年节约备件成本90余万元。金川集团通过模具结构优化与性能调控，将单块模具寿命由280吨提升至450吨以上。江西铜业贵溪冶炼厂则围绕银阳极板铸铁模具，系统分析了浇铸温度、模具质量对使用寿命的影响规律，形成了系统优化方案。</p> <p>2.国际技术对比方面，国外先进企业（如奥图泰）的阳极模多采用双顶起结构，虽能保证基本生产，但顶帽更换频繁，使用寿命仅约90吨阳极板/个-2，且进口设备备件价格昂贵、采购周期长，制约了国内企业的降本增效。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题 概述</p>	<p>阳极板高质效浇铸及模具寿命提升面临的核心技术难题主要集中在以下方面：</p> <p>1.高温交变应力导致模具变形与开裂。铜模在浇铸过程中反复经历高温铜液（约 1200℃）的急热和冷却水的急冷，产生巨大的热应力与组织应力叠加。金川集团的研究表明，传统模具在反复热冲击下极易发生表面龟裂和整体变形，影响阳极板尺寸精度。赤峰云铜的技术实践也证实，模具变形、开裂是制约寿命提升的首要因素。</p> <p>2.模具结构与浇铸工艺的匹配优化。模具的侧翼长度、顶帽结构、冷却水道布置等参数直接影响模具的热平衡状态。侯马北铜公司的改造实践表明，侧翼过短会导致模具强度不足，顶帽结构不合理则会加速局部磨损。如何在保证浇铸质量的前提下，通过结构优化降低应力集中，是亟需解决的设计难题。</p> <p>3.脱模剂涂敷均匀性与模具表面防护。模具表面需定期涂刷硫酸钡等脱模剂，但涂敷不均会导致局部粘模，加剧模具侵蚀。弘盛铜业通过余热回收技术替代天然气烘烤浇铸包，虽降低了能耗，但对模具温度的精准控制提出了更高要求。</p> <p>4.不同模具材质的综合性能权衡。钢模虽变形量小、耐冲刷性好，但加工成本高、使用寿命短；铜模虽导热快、可回收利用，但高温强度不足。如何在材质选型与成本控制间取得平衡，仍是行业共性难题。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>通过技术研究应用，实现：</p> <p>1.阳极板物理规格合格率$\geq 99\%$；</p> <p>2.圆盘浇铸机浇铸能力由 73.8t/h 提升至 80t/h；</p> <p>3.钢模模寿由 800 吨提高至 900 吨。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经济、社会效益</p>	<p>经济效益：</p> <p>1.阳极板合格率提升：按合格率由 98%（目前生产目标）提升至 99%、年产阳极铜 150000 吨（滇中月供 3000 吨）、阳极板外售加工费 800 元/吨、回炉成本 200 元/吨计，外售滇中阳极板年创收=$3000 \times 12 \times (99\% - 98\%) \times 800 = 28.8$ 万元，年降低回炉成本=$3000 \times 12 \times (99\% - 98\%) \times 200 = 7.2$ 万元；</p> <p>2.钢模模寿提升：钢模模寿由 800 吨提至 900 吨，按年产 150000 吨阳极铜、钢模单价 18600/个计，年降低钢模成本费用=$(150000/800 - 150000/900) \times 18600 = 38.75$ 万元。</p> <p>社会效益：研究成果可为行业提供阳极板浇铸模具设计、制造及使用维护提供借鉴方案。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>		<p>博士/名</p>	<p>1</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	铜冶炼炉渣结晶机理与定向调控技术研究		
需求单位	易门铜业有限公司		
技术需求的背景与意义	<p>目前铜熔炼后炉渣，经过浮选后尾矿含铜约 0.2%左右，针对该部分尾矿进行取样分析，难以回收的原因分为两个方面：一是大多数铜在四氧化三铁/硅酸铁中难以解离；二是小部分铜颗粒过小，难以浮选回收常规缓冷过程存在时间长、占地面积大、结晶效率低、冷却水消耗大、破碎磨矿成本高以及浮选尾渣含铜高等共性问题。</p>		
国内外研究现状	<p>目前，对铜冶炼熔渣缓冷浮选技术的研究主要集中在冷却速率对金属回收率的影响规律上，缺少改性剂对铜熔渣冷却过程中铜钨形核机制以及在破碎过程中的单体解离行为的机理研究。</p>		
技术难题概述	<p>浮选尾渣中铜损失主要源于渣相未解离铜钨包裹体及化学溶解铜，导致铜回收率受限。然而，目前对铜冶炼熔渣缓冷浮选技术的研究主要集中在冷却速率对金属回收率的影响规律上，缺少改性剂对铜熔渣冷却过程中铜钨形核机制以及在破碎过程中的单体解离行为的机理研究。</p>		
预期目标	<p>通过技术研究应用，实现：</p> <p>(1) 探明熔炼炉渣缓冷过程中结晶规律，建立底吹炉铜熔炼渣结晶热力学体系；</p> <p>(2) 完成实验室试验，实现实验室试验条件下，渣含铜由 0.2%降低至 0.18%。</p>		
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>社会效益：通过对底吹炉渣结晶热力学分析，探究“相平衡调控-矿物定向结晶”规律，从而在缓冷前或者在缓冷过程中开展针对性调控，实现磨矿时间减少及有价金属回收。</p>		
拟培养研究生情况	硕士/名		博士/名 1

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	锡二次资源开发利用过程中的冶炼副产物减量化和资源化关键技术		
需求单位	云南锡业股份有限公司锡业分公司		
技术需求的背景与意义	<p>随着时间的推移，一次资源开发利用向更深更广范围寻求突破的同时，二次资源的利用成为重点关注的对象。国家循环经济和产业结构调整也鼓励二次资源的开发和利用，锡二次资源来源广泛、成分复杂，在开发利用过程中能为企业带来良好的经济效益的同时也不同程度的表现出技术难点和处理难度，例如含氟、砷、镍等元素的二次资源在在在处理过程中产出复杂的废盐、石膏渣、高镍渣等，这些杂质元素的存在在冶炼过程中腐蚀设备，降低主金属的收率。将这些副产物减量化和资源化，减少危废的产出，能为企业和社会带来良好的效益。</p>		
国内外研究现状	<p>国内外对锡二次资源的开发利用一直没停，虽然锡二次资源供给连续性、稳定性较差，公开的统计数据也很少，与锡精矿相比较，其处理难度更大，但其回收利用工作在各锡消费企业、贸易企业、回收企业和锡冶炼企业之间一直没停，都在各自所处环节致力于锡二次资源的回收利用工作。</p>		
技术难题概述	<p>锡二次资源中带入的杂质元素增大了石膏渣的产量，并且石膏渣中砷、氟等含量升高；增加了高镍含锡物料的产出，将这些副产物减量化和资源化，减少危废的产出，减少对设备的腐蚀，能为企业和社会带来良好的效益。</p>		
预期目标	技术攻关后将危废产物减量化，将有价元素资源化。		
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	危废减量后能减少企业处理危废的支出；有价元素资源化后能增加企业的经济效益。		
拟培养研究生情况	硕士/名	1	博士/名

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	锡冶炼过程优化及机理研究关键技术			
需求单位	云南锡业股份有限公司锡业分公司			
技术需求的背景与意义	根据生产实际，从锡冶炼过程的表象研究其机理，从更深层次诊断工艺、装备及生产运行中的关键点，系统优化工艺流程。			
国内外研究现状	随着锡冶炼原料的复杂化，冶炼工艺更趋于复杂，国内外在各自的领域致力于复杂物料的开发利用研究和回收生产工作。			
技术难题概述	随着锡冶炼原料的复杂化，冶炼工艺更趋于复杂，从机理研究出发，研究更深层次的内容，从而更好的优化工艺流程。			
预期目标	技术攻关后优化工艺流程，降低生产成本。			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	技术攻关后优化工艺流程，降低生产成本。			
拟培养研究生情况	硕士/名	1	博士/名	

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	含铂族金属硅铁合金吹炼关键技术
需求单位	贵研资源（易门）有限公司
技术需求的背景与意义	<p>铂族金属（PGMs）具有独特的催化性能，被广泛应用于汽车催化剂、石油化工、氢能、国防建设、电子工业等领域，是促进科技发展的重要金属材料，被称为“环保金属”。中国铂族金属需求约占全球总需求的三分之一，是全球最重要的消费市场，但我国铂族金属储量仅为 80.9 吨，约为世界储量的 0.10%，进口依赖度超过 85%，供需矛盾十分突出。</p> <p>铂族金属的 60% 以上用于汽车尾气净化催化剂行业，截止 2024 年 12 月我国汽车保有量达到 3.53 亿辆，每年产生的失效汽车尾气净化催化剂中含铂族金属 20~40 吨，是重要的铂族金属二次资源之一，被称为“运动着的铂族金属矿山”，同时《国家危险废物名录》中将失效汽车尾气净化催化剂列为 HW50 类危废毒性(T)，因此，无论从资源还是环保层面，失效汽车尾气净化催化剂都亟需高效回收，以保证我国铂族金属资源安全，践行国家绿色发展战略。</p>
国内外研究现状	<p>国内外针对失效汽车催化剂主要采用火法熔炼捕集工艺进行回收，该方法将失效催化剂与捕集剂（主要是 Fe_3O_4）、造渣剂、还原剂、熔剂等混合后置于等离子炉或电弧炉中熔炼，催化剂中的铂族金属由于与捕集剂的相互作用而进入到合金相中，催化剂载体及其他物料在熔炼作用下形成渣相浮于熔体上方，渣-金分离使得铂族金属得到有效富集。由于熔炼过程温度过高等原因，使得原料中部分 SiO_2 在熔炼过程中被还原为单质硅和铁后在凝固过程中形成了含铂族金属的硅铁合金(Si-Fe)。硅铁合金化学惰性高、难溶于酸碱，Si-Fe 成分对合金中 PGMs 形成包裹导致铂族金属浸出效率低，从而导致合金中 Pt 回收率低于 97%，Pd 低于 97.5%，Rh 低于 93%，回收率不高，造成战略资源的严重浪费。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>1.低含量铁合金成分复杂，存在 Fe、Ni、Cr、Cu、C、Si 等杂质，形成的复杂合金难以处理；</p> <p>2.采用酸碱溶解的湿法工艺无法实现铁合金的高效富集；</p> <p>3.在各种工艺流程中，铂族金属回收率由于过程长从而导致金属易分散。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>(1) 技术指标：吹炼后含铂族金属铁合金中铂族金属含量由 <3% 提高至 15%；铁去除率 ≥ 80%；Si、C、P 等杂质去除率 ≥ 95%。</p> <p>(2) 成果指标：获得低成本的含铂族金属硅铁合金吹炼的关键工艺技术；建立可适用于含铂族金属硅铁合金吹炼的试验设备；形成成套可用于指导生产建设及工业推广的技术方案。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>(1) 预计项目建成后，形成年处理 200 吨铁合金的深度富集生产线，综合回收铂、钯、铑金属产品 3 吨，实现新增销售收入 50000 万元，新增利润 3000 万元，新增税金总额 2000 万元。</p> <p>(2) 本项目通过含铂族金属硅铁合金吹炼核心技术的研制开发，经过富氧吹炼后的合金在精炼分离提纯阶段，可减少各类辅料试剂消耗，减少人力消耗，同时极大缩短工艺流程，减少了贵金属在提纯分离过程中的损失，提高贵金属收率，实现降本增效。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>3</p>	<p>博士/名</p>	<p>2</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	超耐蚀海洋工程用锌基多元合金镀层材料的研发
需求单位	云南驰宏资源综合利用有限公司
技术需求的背景与意义	<p>海洋工程装备的腐蚀防护是制约我国海洋强国建设的关键瓶颈。2025年全国海洋生产总值达11万亿元，海工装备市场份额连续8年全球第一，但海洋高盐、高湿环境导致传统纯锌镀层耐蚀性不足，浪花飞溅区腐蚀速度可达全浸区的3-10倍，全行业腐蚀成本曾达4万亿元。当前，锌铝镁系等高端镀层技术被国外垄断，我国海洋防腐材料85%以上依赖外资品牌，严重威胁产业链自主可控。</p> <p>云南是有色金属资源大省，锌产量居全国前列，但长期以原料级产品外销为主，产业链附加值低。开发超耐蚀锌基多元合金镀层材料，可将云南的锌资源优势转化为高附加值功能材料，推动有色金属精深加工向海洋工程高端应用延伸，助力云南从“有色金属大省”向“新材料强省”跨越，实现产业转型升级。</p> <p>本项目旨在突破多元合金镀层成分设计、冶金机理及组织控制等“卡脖子”技术，研制耐蚀性达传统镀锌10倍以上的新型镀层材料，打破国外垄断，构建从锌资源到高端镀层的完整自主产业链，增强关键材料自主可控能力。</p> <p>当前，全球海工装备市场进入新一轮景气周期，国内船厂订单排至2030年，海洋防腐材料需求井喷。云南必须抓住这一战略窗口期，依托资源优势，通过重大专项攻关抢占技术制高点。项目的实施对服务国家海洋战略、保障产业链安全、推动云南经济高质量发展具有重大而紧迫的意义。</p>
国内外研究现状	<p>锌基多元合金镀层是国际海洋腐蚀防护领域的研究热点。日本率先开发出Zn-Al-Mg系镀层ZAM®，耐蚀性达传统纯锌镀层的10至15倍，且切口处具有自修复特性，Mg的添加促进了稳定腐蚀产物$Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$的形成。当前国际研究已从三元向多元体系拓展，如Zn-Al-Mg-Si、Zn-Al-Mg-RE等，通过多元素协同实现性能突破。腐蚀机理方面，Zn-Al-Mg镀层中的Mg优先作为牺牲阳极，随后形成锌铝层状双氢氧化物(LDH)保护层，延缓镀层失效。总体趋势从单一耐蚀性能提升向自修复功能设计与复合镀层体系构建演进。</p> <p>国内起步较晚但发展迅速。在热浸镀锌合金方面，Al-Ni-Re微合金化体系可使镀层组织细小致密，盐雾试验72小时无锈蚀。酒钢于2025年发布新一代锌铝镁产品(ESCS)，耐蚀性能较传统产品提高一倍。包钢于2026年申请稀土微合金热镀锌高强钢专利，耐蚀性提高20%以上。锌-氧化石墨烯复合涂层腐蚀电流密度较纯锌降低80%。云南驰宏锌锗已成功量产低铝锌铝镁、锌镁合金等产品，锌合金销量2025年同比增长20.01%，并获评省级制造业单项冠军。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题 概述</p>	<p>一、多元合金成分优化设计难。锌基多元合金涉及 Zn、Al、Mg、Si、RE 等多种元素，各元素在镀液中的溶解度、交互作用及对镀层组织的影响规律复杂。如何通过热力学计算与高通量实验，快速筛选出兼顾高耐蚀性、良好加工性与成本可控的最优合金成分体系，是首要难题。</p> <p>二、镀层组织精细调控难。多元合金镀层的凝固过程涉及非平衡结晶，极易产生成分偏析、粗大析出相及微裂纹等缺陷，导致镀层致密性下降、局部腐蚀加速。如何在热浸镀或共渗工艺中精确控制冷却速率、镀液温度及浸镀时间，获得均匀细密且取向优化的镀层组织，技术难度大。</p> <p>三、海洋多因素耦合腐蚀防护难。海洋环境同时存在高浓度氯离子、溶解氧、冲刷磨损及微生物附着等多因素协同作用，传统实验室单一盐雾试验难以模拟真实工况。如何建立加速腐蚀试验与实海暴露试验的关联模型，揭示多元合金镀层在浪花飞溅区、全浸区等不同区域的腐蚀演化规律及自修复机理，是亟待解决的基础科学问题。</p> <p>四、镀层与基体结合力与氢脆控制难。海洋工程用高强钢基体在热浸镀过程中易发生氢渗透，引发氢致延迟断裂风险；同时，镀层与基体间的金属间化合物层过厚会降低结合力。如何在保证镀层耐蚀性的前提下，优化前处理工艺与镀后处理，抑制氢脆并提高界面结合强度，是工程化应用的关键瓶颈。</p> <p>五、连续化稳定生产与质量控制难。多元合金镀液成分易受氧化、挥发及杂质累积影响，导致镀层性能波动。如何开发在线成分监测与智能补加系统，实现大尺寸、复杂形状工件表面镀层的均匀一致，满足海洋工程装备的规模化制造需求，是产业化推广的最后一公里难题。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>一、耐腐蚀性能：中性盐雾试验耐蚀时间≥ 3000小时，较传统纯锌镀层提高 10 倍以上；全浸区腐蚀速率≤ 0.01 mm/a，浪花飞溅区≤ 0.02 mm/a，满足海洋工程 30 年设计寿命；切口及划痕处具备自修复能力，腐蚀扩展宽度≤ 1.0 mm。</p> <p>二、镀层结构与结合力：镀层厚度 40~120 μm 可控，极差$\leq 15\%$；界面金属间化合物层≤ 5 μm，无连续脆性相；180° 弯折镀层无剥落，附着力 0 级。</p> <p>三、力学与加工性能：镀层硬度≥ 150 HV0.05；高强钢（≥ 800 MPa）热浸镀后氢脆敏感性降低 80% 以上，延迟断裂临界应力≥ 0.9 倍基体抗拉强度；可承受 3% 弯曲变形不开裂。</p> <p>四、产业化应用：形成年产≥ 1 万吨生产能力，合格率$\geq 98\%$；开发 1~2 种自主配方并形成标准；在海上风电、船舶甲板、海洋油气平台等实现示范应用≥ 1 项，单项目≥ 100 吨。</p> <p>五、知识产权与人才培养：申请发明专利≥ 3 项，发表论文≥ 5 篇，形成技术规范 1 套，培养博士 3 人，硕士研究生 10 人。项目将使产品耐蚀性能达到国际先进水平，打破国外垄断，支撑云南有色金属精深加工产业升级。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经 济、社会 效益</p>	<p>经济效益：项目实施后，可形成年产≥ 1 万吨超耐蚀锌基多元合金镀层材料产能，预计年新增产值 1~2 亿元。带动云南省锌资源从原料级产品向高端功能材料延伸，促进有色金属精深加工产业集群发展。</p> <p>社会效益：打破国外高端海洋防腐材料垄断，增强海洋工程产业链自主可控能力。显著降低海洋装备全生命周期腐蚀维护成本，预计每年可减少因腐蚀造成的经济损失数千万元。推动云南从“有色金属大省”向“新材料强省”转型，培养一批高水平材料工程技术人才，服务国家海洋强国战略。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究 生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>10</p>	<p>博士/名</p>	<p>3</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	超细铜粉制备关键技术研究与开发
需求单位	楚雄滇中有色金属有限责任公司
技术需求的背景与意义	<p>超细铜粉（粒径 0.1~10μm）因其优异的导电、导热、抗菌及催化性能，广泛应用于多层陶瓷电容器（MLCC）内电极、导电浆料、高性能摩擦材料、催化剂及抗菌材料等领域。随着 5G 通信、新能源汽车、柔性电子及高端封装材料的快速发展，对高纯度、高分散性、抗氧化性强的超细铜粉需求急剧增长。我国是全球最大的铜消费国，但高端超细铜粉市场长期被日本三井、住友、美国 AMES 等企业垄断，进口依赖度超过 80%，价格高昂且受出口管制影响。国内现有超细铜粉制备工艺多存在粒径分布宽、形貌不规则、易团聚、氧化严重等问题，难以满足高端电子浆料对球形度高、分散性好、纯度$\geq 99.9\%$的严格要求。因此，开发高分散性超细铜粉制备关键技术，打破国外技术垄断，提升我国高端电子材料自主保障能力，对推动有色金属精深加工产业链向高附加值延伸、服务国家新材料战略具有重要现实意义和战略价值。</p>
国内外研究现状	<p>国外方面，日本、美国 AMES 等企业已实现高品质超细铜粉的工业化生产，采用气相法、液相还原法、电解法等工艺，产品球形度高、粒径可控、分散性好，表面经抗氧化处理后可在空气中稳定储存，广泛应用于高端 MLCC、导电胶等领域。欧美在等离子体蒸发-冷凝法制备纳米铜粉方面技术领先，但设备昂贵、能耗高。国内近年来在超细铜粉制备方向研究活跃，液相还原、脉冲电解、气流粉碎等技术取得一定进展，但整体仍存在明显短板：工业化产品粒径偏大、分布宽、易氧化团聚；高纯度稳定控制与连续化生产能力不足；传统工艺能耗高、污染较大，绿色低碳制备技术不成熟。国内企业普遍难以稳定供应满足半导体、MLCC 等高端领域要求的高纯超细铜粉，关键技术与装备仍需突破。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题 概述</p>	<p>(1) 粒径与形貌精准调控难：液相还原过程中，铜离子还原速率快，易形成树枝状或不规则颗粒，粒径分布宽。如何通过调控还原剂种类、浓度、温度、pH值及分散剂体系，实现球形度高、粒径均匀（0.5~3 μm 可控）的超细铜粉稳定制备，是核心难题。</p> <p>(2) 抗氧化性能提升难：超细铜粉比表面积大，表面极易氧化生成氧化亚铜或氧化铜，严重影响其导电性能。常规有机包覆或钝化处理虽可短期抗氧化，但高温下包覆层易分解，难以满足电子浆料高温烧结工艺要求。</p> <p>(3) 分散性与团聚控制难：超细铜粉在干燥和储存过程中易发生硬团聚，导致后续应用时分散困难。如何通过表面修饰、干燥方式优化（如真空干燥、超临界干燥）及分散剂协同作用，实现高分散性、低团聚度，是工业化生产的关键。</p> <p>(4) 规模化生产稳定性差：实验室小试条件下可制备出性能优异的超细铜粉，但放大到百公斤级或吨级时，温度场、浓度场、混合均匀性等工艺条件难以精准控制，导致产品批次间一致性差，良品率低。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>(1) 产品性能目标：开发出球形度高、粒径均匀、分散性好的超细铜粉，粒径 D50 控制在 0.5~3 μm 范围内可调，粒径分布跨度 ≤1.2；比表面积 2~5 m²/g；纯度 ≥99.9%；</p> <p>(2) 工艺目标：铜离子转化率 ≥98%；干燥后粉体收率 ≥95%；批次间粒径波动 ≤±0.3 μm；</p> <p>(3) 质量目标：制备的超细铜粉可直接用于 MLCC 内电极浆料、导电胶或导电油墨，烧结后电阻率 ≤8 × 10⁻⁶ Ω · cm；在导电胶中体积电阻率 ≤1 × 10⁻⁴ Ω · cm；满足高温无压烧结或低温固化工艺要求。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经济、社会 效益</p>	<p>项目实施后可依托企业现有阴极铜原料生产高附加值超细铜粉，显著提升产品利润率，形成新的经济增长点，带动年产值与盈利能力大幅提升，增强企业市场竞争力。社会效益方面，突破高端铜粉“卡脖子”技术，实现国产化替代，保障电子信息产业供应链安全；推动铜产业向高端化、精细化、绿色化升级，提升行业整体技术水平；减少污染物排放与资源消耗，助力“双碳”目标实现；同时培养有色金属新材料研发与工程化人才，促进产学研深度融合，为区域高质量发展提供技术支撑与产业示范。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>		<p>博士/名</p>	<p>1</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	宽幅微通道铜型材制备关键技术
需求单位	中铜（昆明）有限公司
技术需求的背景与意义	<p>宽幅微通道铜型材是一种高技术含量、高附加值的铜加工产品，它完美地结合了铜材的优异性能和微通道结构的工程优势，是现代高端工业，特别是电力电子、新能源和高效散热领域不可或缺的关键材料。在电子散热领域，随着5G基站、人工智能服务器等高功率密度电子设备的普及，对高效散热解决方案的需求日益迫切。宽幅微通道铜型材作为液冷系统的核心部件，能够有效解决芯片级散热难题，预计在未来五年内市场需求将保持20%以上的年均增长率。在新能源汽车领域，动力电池的热管理直接关系到车辆的安全性和使用寿命，宽幅微通道铜型材在电池包液冷系统中的渗透率正在快速提升。此外，在航空航天、军工装备等特殊领域，宽幅微通道铜型材也因其可靠的性能和紧凑的结构而受到青睐。</p> <p>项目的实施将填补国内在宽幅微通道铜型材连续挤压技术领域的空白，推动我国铜加工行业的技术升级和产品结构调整。项目产品可广泛应用于电子散热、新能源汽车、电力电器等领域，为下游产业提供关键材料支撑，提升整个产业链的竞争力。项目开发的宽幅微通道铜型材是高端装备制造的关键基础材料，项目的成功实施将促进我国高端装备制造业的发展，同时对提升我省有色加工产业、推动技术进步和促进地方工业发展也具有重要意义。</p>
国内外研究现状	<p>中空异型截面铜型材的传统生产方法为卧式穿孔挤压和分流模挤压技术。穿孔挤压方法受限于穿孔针的机械强度，难以加工孔径低于$\Phi 5\text{mm}$、壁厚小于0.5mm的微细结构。分流模挤压工艺中的分流桥结构在800℃左右的加工温度下承受较高应力，模具材料在高温下的强度下降易导致分流桥变形或断裂，模具寿命短、生产成本高。此外，传统工艺还存在成材率低（通常为60%-70%）、能耗高、产品组织均匀性差等问题。</p> <p>本项目采用多坯料同时连续挤压，避免了分流桥结构的使用，可实现最小$\Phi 0.8\text{mm}$孔径的微通道成形，产品晶粒尺寸细小且组织均匀。与传统工艺相比，连续挤压技术的能耗可降低30-40%，材料利用率提高至80%以上，并能够实现超长尺寸产品的连续生产。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题 概述</p>	<p>宽幅微通道铜型材较为可行的生产方法是在卧式挤压机上采用实心锭坯通过组合模实现分流和焊合挤压，但其容易出现分流桥变形塌陷等问题，致使生产效率低下且模具成本较高。为此，本项目拟基于连续挤压技术，采用多根杆料扩展后焊合的方法成形宽幅微通道铜型材，其主要创新点如下：①突破传统分流模挤压依赖“分流桥-焊合室”结构的固有模式，采用多根铜杆同时进料的径向式连续挤压技术，从根本上规避分流桥在挤压高变形抗力铜材时易发生的压塌、断裂等失效问题；②针对小尺寸微通道铜型材模芯极端细小、强度脆弱的难题，提出模芯独立安装与刚性保护的模具结构；③利用金属与挤压轮槽间的摩擦力与变形热实现过程的自热式生产，显著降低能耗（预计为传统工艺的60-70%），缩短工艺流程且可减少氧化烧损；④打破传统“一锭一压”的间歇式生产模式，利用连续挤压的技术特性，实现铜型材的超长尺度（理论上无限长）连续成形。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>本项目研发的宽幅微通道铜型材产品市场上难于见到，属于填补空白的“卡脖子”技术。项目拟基于连续挤压技术，采用多根杆料扩展后焊合的方法成形宽幅微通道铜型材，预期技术目标如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 制造连续挤压宽幅微通道铜型材的工业样机； 2. 获得生产宽幅微通道铜型材的生产流程配置与生产工艺规程； 3. 宽幅微通道铜型材宽度$\geq 85\text{mm}$，最小壁厚达到0.5mm，最小微通道孔径达到0.8mm，尺寸精度达到$\pm 0.05\text{mm}$，直线度$\leq 2\text{mm/m}$。 			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经济、社会效益</p>	<p>经济效益：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 产品附加值大幅提升：项目达产年，新增产值3000万元以上； 2. 驱动产业链整体升级：为下游电力装备、高效制冷等行业提供关键材料支撑，帮助其提升产品性能，共同创造巨大的产业链价值。 <p>社会效益：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 保障国家产业链安全：实现宽幅微通道铜型材的国产化，解决相关领域“卡脖子”的供应链隐患，提升我国在关键基础材料领域的自主保障能力。 2. 推动绿色低碳发展：宽幅微通道铜型材在热管理系统中应用，能大幅提升能源转换与利用效率，直接服务于国家“节能减排”与“双碳”战略目标。 3. 促进行业技术进步：项目的示范效应推动了国内铜加工行业的技术革新浪潮，引领行业向高质量、高技术方向发展。 			
<p style="text-align: center;">拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>2</p>	<p>博士/名</p>	<p>1</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	有压烧结关键技术
需求单位	云南锡业新材料有限公司
技术需求的背景与意义	<p>在电子器件小型化、高功率化趋势下，第三代半导体材料（SiC/GaN）因高禁带宽度、耐高压、耐高温及高导热特性成为核心选择。其应用范围涵盖了新能源汽车、光伏储能、电力传输、高速列车以及航空航天等诸多领域。面对功率器件引发的耐热性和散热性难题，以锡（Sn）基为主的传统封装互连材料已明显陷入瓶颈，传统钎料熔点通常低于 300℃，且温度过高时焊点性能迅速退化，会降低器件运行的可靠性。针对功率器件的高温服役需求，可以低温烧结、高温服役的纳米烧结浆料受到广泛关注。纳米浆料烧结技术通过将银（Ag）、铜（Cu）等金属制成纳米/微米级粉体，利用其高表面能特性，在远低于熔点的温度（200-300℃）下烧结成型，实现高导热、高可靠的互连结构，成为高温功率器件封装的革命性解决方案。</p>
国内外研究现状	<p>全球纳米银膏市场呈现多元化竞争格局，从地域分布看，北美、欧洲和日本是传统领先地区，拥有完整的产业链和先进的技术积累；而亚太地区（除日本外）正成为增长最快的市场，主要得益于中国、韩国等国家电子制造业的快速发展。</p> <p>从技术路线来看，国际领先企业各具特色。日本 TANAKA 通过精确控制银纳米颗粒尺寸和表面修饰技术实现高可靠性；Mitsuboshi Belting 采用压力辅助低温烧结工艺提升功率循环寿命；欧美企业则注重环保型配方研发，如无溶剂和低 VOC 产品以满足严格环保法规。</p> <p>区域发展特点差异明显：北美以医疗和高端电子应用为导向，欧洲强调绿色制造技术，日韩则注重工艺精细化和可靠性，在电子封装市场占据优势。</p> <p>中国纳米银膏产业近年来呈现快速增长，2024 年市场规模已达数十亿元人民币。国内已初步形成完整产业链，华北、华东和华南地区成为产业主要聚集地，深圳、苏州等城市在技术创新和产业化方面表现突出。</p> <p>技术层面，中国在低温烧结纳米银膏领域取得显著进展，烧结温度已降至 200℃ 以下，并实现超高粘接强度（>70MPa），应用于航空航天、雷达微波等高端领域。</p> <p>然而，中国纳米银膏行业仍面临核心纳米银粉体部分依赖进口、标准化体系建设滞后、下游应用验证周期较长等发展瓶颈，制约了产业快速发展。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>1.抗氧化方面：纳米银颗粒因尺寸效应，表面能极高，极易与环境中的氧气和水汽发生反应而氧化，这将直接导致烧结后导电、导热性能的显著下降。更关键的挑战在于烧结工艺，必须在保护气氛下进行，以防止高温下银粉氧化。</p> <p>2.验证过程高标准长周期：纳米银膏主要面向卫星通信、新能源汽等高可靠性领域，客户对新材料的导入极为审慎。验证过程漫长且严苛，不仅需要评估其卓越的导热和高剪切强等性能指标，更要验证其在极端温度循环、高振动冲击等恶劣工况下的长期稳定性。例如，在新能源汽车的 SiC 模块中，需验证其能否将模块寿命提升数倍；在卫星通信中，需验证其能否在数年时间内保证芯片结温稳定和信号低损耗。这种高标准、长周期的验证过程，构成了纳米银膏市场拓展的主要壁垒。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>开发出高性能纳米银膏配方：将制备出的不同规格银粉复配，与助焊剂混合，形成满足以下技术指标的银膏：膏体粘度：30-200 Pa·s；烧结温度：≤ 250° C；热导率：≥ 120 W/(m·K)；剪切强度：≥ 50 MPa。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>目前高端纳米银粉与银膏被日德企业垄断（市占率>90%），本项目实现全链条国产化的话，能够很大程度上降低对进口材料的依赖。例如，苏州银润的纳米银粉专利（CN117300148A）已填补国内 HJT 电池银浆空白。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>		<p>博士/名</p>	<p>1</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	钢基钙钛矿量子点制备与性能调控关键技术
需求单位	云南锡业新材料有限公司
技术需求的背景与意义	<p>全球钢储备量仅 8.3 万吨，而中国是钢资源最为丰富的国家，储备量达 2.1 万吨。其中，云南省又占据了我国钢资源的“半壁江山”，储量约占全国总量 40%。</p> <p>研发钢基钙钛矿材料是企业在新材料领域实现技术突围与产业升级的关键，对提升公司钢新材料供应主力军地位具有关键意义。当前传统钢基材料（如 ITO 靶材）面临同质化竞争加剧、价格波动风险，而钢基钙钛矿材料所处的高效发光材料尚处于开发阶段，且受益于显示、照明、光电探测等行业对高性能材料的增量需求。提前布局该材料的制备工艺开发、性能优化与应用验证，可帮助企业抢占技术先发优势，构建差异化竞争壁垒，既规避传统业务增长瓶颈，又培育新的业绩增长极，从而进一步夯实公司在钢基新材料领域的技术领先地位与市场话语权。</p>
国内外研究现状	<p>金属卤素钙钛矿（MHPs）是具有巨大应用潜力的光电材料，展示出了丰富的光电性质，得到了产业界和科学界的广泛关注。MHP 作为发光材料的研究始于 2014 年，自 Friend 等人将其用于钙钛矿发光二极管（PeLEDs）并获得 0.1% 外量子效率（EQE）以来，经过 10 年的发展，PeLED 的最高 EQE 已经超过 30%，其中红绿蓝的 EQE 分别达到了 28.7%（638 nm），32.1%（516 nm），17.32%（478 nm）和 3.15%（441 nm），稳定性问题也取得了显著进展，红光 PeLED 的寿命可以达到上万小时，可以满足一些日常应用，有希望产生更优质的光电性质。但 PeLEDs 的商业化应用面临诸多挑战，主要是铅元素在固态照明和显示领域的生物不兼容性问题，且使用受到严格限制。因此，开发无铅钙钛矿材料作为发光层已成为工业界和学术界关注的重要科学问题之一。六配位的金属镉离子（In^{3+}）作为铅的潜在替代元素，展现出广阔的应用前景。相较于铅离子，In^{3+} 因原子尺寸较小，促使钢基金属卤化物钙钛矿易形成低维结构。这种低维结构能够显著促进激子的辐射复合过程，进而提升材料的发光性能，但钢基钙钛矿材料仍面临稳定性欠及自捕获激子（STE）发射过程的动态变化不完整现象，需进一步进行研究。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>1.当前钙钛矿研究主要以铅基为主，存在毒性限制，本项目以无毒铟基钙钛矿为研究对象，构筑低维量子点体系，从材料源头突破铅基钙钛矿的毒性瓶颈。</p> <p>2.钙钛矿材料生长速率快，成核与生长过程难以精准控制，项目拟通过低温调控、种子诱导生长等方式，实现对其成核及生长动力学的有效监控与精细调控。</p> <p>3.钙钛矿对水氧、紫外光敏感易降解，导致发光效率下降，项目采用添加剂工程与离子掺杂技术，通过晶格调控、缺陷钝化优化结晶行为，同时优化能带结构，增强载流子传输与辐射复合效率，全面提升铟基钙钛矿的光电性能与环境稳定性。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>1.建立低温诱导与种子介导的可控生长工艺，实现对量子点形核、尺寸、形貌的精准调控，成功制备高纯度、形貌均一、发光波长可控的铟基钙钛矿量子点材料</p> <p>2.通过表面配体工程与离子掺杂实现钙钛矿量子点缺陷钝化，增强铟基钙钛矿对水氧、紫外光等环境因素的耐受性，有效抑制材料降解；同时优化能带结构，提升载流子传输效率与辐射复合概率，实现发光效率、光电转换性能以及稳定性的提升。</p> <p>3.形成一套完整的无毒铟基钙钛矿量子点可控制备与性能强化技术方案，为后续高效发光、显示及光电探测等应用提供稳定可靠的材料基础与技术支撑。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>1.缓解能源与环境问题：钙钛矿材料可用于制作太阳能电池，理论效率高，能更高效地将太阳能转化为电能，有助于降低对传统化石能源的依赖，减少碳排放，缓解能源危机和环境污染。</p> <p>2.降低能源成本：钙钛矿太阳能电池制备工艺相对简单，可采用溶液旋涂、喷墨打印等低成本工艺，材料成本占比不到组件的3%。</p> <p>3.带动产业发展：钙钛矿材料研发涉及材料制备、电池制造、设备生产等多个环节，可带动相关产业链的发展。</p> <p>4.提升显示产业竞争力：钙钛矿材料可用于制备发光二极管，与 OLED 技术相比，其色彩纯度更高，可提升至少 1 倍。发光显示产业规模庞大，钙钛矿材料在显示领域的应用有望提升显示产品性能，占领高端显示市场，带来显著的经济效益。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>		<p>博士/名</p>	

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	高纯高性能氧化亚锡可控制备与智能化制造关键技术研发
需求单位	云南锡业锡化工材料有限责任公司
技术需求的背景与意义	<p>锡是重要的战略性有色金属，广泛服务于电子信息、新能源、高端装备和精细化工等领域。国家层面已将原材料工业高端化、绿色化、数字化转型作为新型工业化的重要内容，明确提出到 2026 年显著提升生产要素泛在感知、制造过程自主调控和运营决策优化水平；云南也把新材料、稀贵金属和“绿电+先进制造业”作为重点培育方向。与此同时，我国光伏与锂电产业保持快速增长，2025 年底全国太阳能发电累计装机达 12.0 亿千瓦，锂离子电池产业规模持续扩张，对高纯锡基功能材料的需求显著提升。云南锡业具备资源和产业基础，但当前氧化亚锡产品仍以工业级为主，高纯、高性能和数字化制造能力不足，已成为制约企业向高端市场突破的关键瓶颈。实施本项目，有助于推动云南锡资源优势向高端材料优势和制造优势转化，增强关键功能材料自主供给能力，支撑我省锡产业延链、补链、强链和制造业转型升级，具有显著的战略性和必要性与紧迫性。</p>
国内外研究现状	<p>从制备路线看，氧化亚锡工业制备主要包括氯化亚锡中和法、硫酸亚锡中和法和氨水沉淀法；面向高性能产品的研究则更多集中于水热/溶剂热、溶胶-凝胶、模板法及复合法，以实现纯度、粒度和形貌的协同调控。近年国际研究热点已由传统化工用途进一步拓展至钠离子电池负极、二维半导体器件、光催化和气敏等方向，说明 SnO 的微观结构与性能耦合调控正成为前沿研究重点。公开产品目录显示，国外已可提供 99.9% 纯度产品，甚至 5N 等级及纳米化形态的 SnO 产品。国内依托云南、广西等资源优势地区已形成一定产业基础，高纯和电池级产品占比也在提升，但总体仍以常规级产品和传统用途为主，在超高纯稳定制备、窄粒度分布控制、特殊形貌工程化放大以及制造过程智能闭环方面仍存在明显短板。本项目正处于由“常规制备”迈向“高端功能化+智能制造”的关键攻关阶段。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题 概述</p>	<p>本项目面临的核心技术难题，首先在于氯化亚锡中和法体系中“混合—反应—成核—长大—转晶”过程高度耦合。现有工艺下，搅拌强度、加碱速率、局部 pH、温度、停留时间以及体系中溶解氧和离子强度难以精准协同控制，易导致局部过饱和、Sn(II)氧化、杂质共沉淀、颗粒团聚和晶体生长失稳，最终表现为产品纯度不足、粒度分布偏宽、形貌重复性差。其次，企业现有产线缺乏面向质量结果的在线监测、数据采集、机理建模和闭环调控系统，尚未建立“工艺参数—微观结构—产品性能”之间的数字映射关系，难以实现稳定制造和全过程追溯。技术攻关应重点围绕中和结晶过程强化、杂质迁移与副反应抑制、粒度/形貌定向调控，以及质量软测量、智能优化控制和数字孪生示范展开，面向光伏导电浆料、电池负极和电子陶瓷等高端场景形成稳定供给能力。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>立足当前企业产品以工业级为主、尚未形成高纯稳定量产和数字闭环制造能力的基础，项目在常压水相、氯化亚锡中和法主体流程，实现以下目标：突破高纯氧化亚锡稳定制备技术，形成$\geq 99.9\%$高纯级产品稳定制备能力，并完成$\geq 99.99\%$电子级产品中试验证；实现产品 D50 在 0.3—3.0 μm 范围内按需可调、粒度分布跨度≤ 1.2；实现颗粒状、片状/类球形等 2—3 类特殊形貌可控制备；建成关键工序在线采集与闭环控制系统，关键参数数据采集覆盖率$\geq 90\%$、质量预测准确率$\geq 90\%$、批次全流程可追溯；完成一条智能化示范线改造，产品合格率$\geq 95\%$，单位产品综合能耗较现状下降 10%以上。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位 承接转化后 预期的经济、社会效益</p>	<p>项目成果转化后，可推动企业由工业级氧化亚锡向高纯级、电子级及功能化粉体延伸，显著提高吨产品附加值和高端客户占比，培育新的利润增长点，并带动光伏、电池、电子陶瓷等领域关键锡基材料的国产化替代。社会层面，可促进云南锡资源由原料优势向材料优势、制造优势和品牌优势升级，增强我省稀贵金属新材料产业链自主可控水平；同时通过数字化改造提升质量一致性、生产效率和追溯能力，降低能耗和人工依赖，支撑绿色制造、安全生产和我省新材料产业高质量发展，具有较强的示范带动作用。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究生情况</p>	<p style="text-align: center;">硕士/名</p>	<p style="text-align: center;">6</p>	<p style="text-align: center;">博士/名</p>	<p style="text-align: center;">3</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	超级电容器用锡基复合纳米材料制备关键技术研究
需求单位	云南锡钢实验室有限公司
技术需求的背景与意义	<p>锡金属作为战略金属、稀缺性资源，在现代工业和科技发展中扮演着不可或缺的角色，是支撑国防军工、航天航空、电子信息、光伏等高科技产业不可或缺的关键基础材料。全球锡新材料产业发展迅速，产业规模不断扩大。美国、日本、欧洲等在核心技术、研发能力、市场占有率等方面占据优势，尤其在高端锡新材料领域技术壁垒日趋显现。中国是锡资源大国，云南省锡资源储量世界第一。习近平总书记在2025年3月考察云南时指出“云南要以科技创新为引领做强做优做大资源型产业，积极发展战略性新兴产业和未来产业”。云南省对锡精深加工一直给予重视和支持，云锡作为中国最大的锡生产、加工、出口基地，同时也是世界锡生产企业中产业链最长、最完整的企业。开展电容器用锡基材料的工艺研究及制备，在电容器应用领域实现应用拓展，填补云南省锡基材料在该领域产品空白，延伸锡产业链。本项目旨在基于锡基材料具备多种价态、良好的氧化还原性、高热稳定性、机械稳定性、长循环性、易于与其他材料进行复合和改性的特性，通过与锰（钴）元素、聚吡咯等导电高分子复合，开发出具有优异电化学性能的新型电极材料，拓展锡基材料应用领域，促进云南省制造业重点产业链高质量发展，服务云南省资源经济，进一步发展云南省特色锡化学化工产业。</p>
国内外研究现状	<p>面对日趋严格的环保法规与白热化的市场竞争，绿色制造能力已成为企业生存发展的关键资质。当前云南以云锡为代表的锡钢领域重点企业虽已形成涵盖磷酸亚锡、锡酸锌、羟基锡酸锌等多元产品的矩阵体系，并实现规模化市场应用，但在产业升级提速、环保监管趋严及全球经济波动的多重压力下，唯有在现有产品的基础上，通过复配开发，延伸产品的应用领域，实现产业链的进一步延伸，方能在行业洗牌中巩固竞争优势。基于此，本项目聚焦电容器用微米级锡基材料制备工艺研究，通过关键工艺参数的精益化控制，实现微米级锡基材料的制备，同步实现生产能耗降低、作业环境粉尘浓度下降的显著成效。该技术的落地将有效提升产品性价比优势，助力企业在电子封装材料、光学镀膜、超级电容器等高端应用领域扩大市场份额，为构建绿色低碳、高附加值的锡化工产业生态提供技术支点。在锡基材料制备技术领域，国内已形成较为完整的专利布局，主要聚焦杂质控制、工艺优化及功能化产品开发，云锡依托现有生产基础及多项自主知识产权专利布局优势，规避国际巨头在纳米材料领域的专利壁垒，构建“制备-应用-环保”全链条知识产权护城河。本项目主要通过锡/锰（钴）复配，再经导电高分子材料表面包覆形成复合材料，相关工艺技术发明专利未见有报道。所以项目对国内外的知识产权方面不会存在侵权行为，项目可正常开展实施。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>(1) 多尺度形貌精准调控：通过溶剂热/模板法协同优化，实现 Sn/Mn (Co) 纳米材料从 0D (纳米颗粒) 到 3D (多级花球) 的可控制备。</p> <p>(2) 精准界面工程实现均匀包覆与强耦合作用：在 Sn/Mn (Co) 纳米材料表面直接引发单体 (如苯胺、吡咯) 聚合，通过化学键 (如 Sn-O-N、Mn-O-C) 形成强界面结合，避免物理混合的界面接触不良问题。</p> <p>(3) “计算-实验”协同优化：采用 DFT 和分子动力学模拟指导实验，建立“结构-性能”关联模型。</p> <p>(4) 建成一条高性能电子器件用二氧化锡中试线，产能规模不少于 50 吨，为电容器用锡基材料工艺的推广进行探索。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>本项目立足于服务国家战略需求，聚焦云南省特色锡化学化工新材料产业的高质量发展，致力于解决锡基材料在超级电容器应用中的关键瓶颈问题。通过系统研究锡基复合材料的形貌控制与复配改性技术，开发高能量密度、长寿命、高循环性能的超级电容器，进一步强化锡产业链，提升云南省在全国乃至全球锡产业的竞争力。项目将建成 1 条高性能电子器件用二氧化锡中试线，目实施期内实现产能规模不少于 50 吨，实现电容器用锡基复合材料销售收入 1000 万元；形成一套微米级锡基材料的制备工艺；开发新型锡/(钴)/导电高分子复合材料制备技术，并构筑 1 种超级电容器元件，同时，建成一套锡基材料电容器服役性能数据库，数据量不少于 1 万条，为后续技术研发与产品优化提供坚实数据支持。项目预期形成自主知识产权 (专利 5 件)，发表高水平论文 5 篇，培养高级工程师 2 人，博士/博士后 2 人，硕士 2 人，新增就业岗位 ≥ 5 个；组织国内外学术交流活动不少于 1 次，与不少于 3 家高校或科研机构建立产学研合作机制，联合开展技术研发与人才培养，推动锡基材料领域的技术创新与产业升级。通过以上目标的实现，项目将有力推动科技成果的转化与应用，为云南省产业升级和经济社会发展注入新动力，助力我国在新能源材料领域实现自主可控与技术突破。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>主要经济指标：项目实施期内，电子器件用锡基材料 (二氧化锡、氧化亚锡等) 实现销售收入 ≥ 1000 万元。</p> <p>项目实施中形成的示范基地、中试线、生产线及其规模等：</p> <p>(1) 建成高性能电子器件用二氧化锡中试线 1 条，项目期内产能规模不少于 50 吨/年；(2) 建立 1 个锡基材料应用示范基地，展示高性能锡基材料在超级电容器、电子器件等领域的应用效果，为产业发展提供示范引领作用。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>2</p>	<p>博士/名</p>	<p>1</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	半导体封装用镀膜材料的成型制备关键技术及绿色循环利用
需求单位	贵研半导体材料（云南）有限公司
技术需求的背景与意义	<p>1.随着 5G 通信、Micro-LED 显示、VCSEL 激光器及氮化镓功率器件等高端芯片制造技术的快速发展，对关键基础材料的性能提出了更高要求。金基合金蒸发材料（如 AuBe、AuGe、AuGeNi 等）因其优异的导电性、热稳定性和焊接性能，广泛应用于芯片制造中的金属化和连接工艺。然而，现有商用金基合金蒸发材料在成分均匀性、微观组织一致性及加工性能方面仍存在明显不足，难以满足先进芯片制造对高精度、高可靠性及超细微结构的要求。成分偏析、蒸发速率不均等问题严重影响器件性能与良率，制约了高端芯片的技术升级与产业化进程。因此，开发具有高成分均匀性、优异加工性能和稳定蒸发特性的新型金基合金蒸发材料，已成为推动新一代信息技术发展的关键环节。该技术的突破不仅有助于提升我国高端芯片制造的自主可控能力，也将在通信、显示、激光和功率电子等领域产生深远影响。</p> <p>2.半导体封测中，引线框架、探针卡等需要兼具高强度、高导电、高硬度的 CuAg 合金超薄带材。传统 Cu-Be 合金因环保限制逐步被替代，CuAg 合金成为重要方向。本项目开发抗拉强度$\geq 900\text{MPa}$、电导率$\geq 60\% \text{IACS}$的超薄带材成套工艺。</p>
国内外研究现状	<p>随着半导体芯片技术的不断发展和性能的不断提高，作为关键薄膜沉积源材料的金基合金（如 AuBe、AuGe、AuGeNi）正面临着前所未有的性能要求与发展挑战，因其性能直接关系到最终器件的性能与可靠性，产业界对这些材料提出了明确的“三高一低”核心指标：要求纯度达到 4N（99.99%）以上，主元素成分波动不超过$\pm 0.15\text{wt}\%$，批次间标准偏差$\sigma \leq 0.05\text{wt}\%$，同时必须具备良好的加工性能，轧制成材率需达到 70%以上，这些严格的标准不仅体现了高端电子制造对材料质量的高度重视，也反映出金基合金在电子信息产业中的关键地位。国外知名的贵金属供应商，如日本田中、德国贺利氏等，在金合金蒸发材料的研发制造方面起步较早，其产品组织成分均匀性高、批次间一致性好、颗粒脆性开裂少，而国内则起步较晚，其中昆明贵金属研究所在国内率先开展了脆性金合金蒸发材料的技术攻关并实现了产业化应用，国内其他单位随后也逐步突破了相关技术，但在合金组织成分均匀性、批次间一致性、高效加工技术方面于国外相比仍存在不小的差距。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>1.金基合金蒸发材料（如 AuBe、AuGe、AuGeNi 等）在 5G 通信、Micro-LED、VCSEL 激光器及氮化镓功率器件等高端芯片制造中具有不可替代的作用。然而，其在制备与应用过程中面临多项关键技术难题。首先，由于金基合金中各元素物理化学性质差异大，合金在凝固过程中易产生宏观偏析和微观组织不均匀现象，严重影响材料成分一致性和蒸发性能。其次，部分金合金脆性显著，加工性能差，难以实现高精度、高效率的成型加工，限制了其在高端制造中的应用。此外，现有金合金废料回收过程中，存在附着层剥离困难、杂质分离效率低、提纯工艺复杂且环境负担重等问题，难以实现贵金属的高效绿色循环利用。因此，亟需攻克金基合金在相变与偏析行为调控、近终形连续成型、成分均匀性控制、以及高效绿色回收等关键技术瓶颈。通过开展合金相变模拟计算、脆性材料成型工艺优化、成分均匀性调控和贵金属回收工艺研究，突破金合金材料在组织不均、加工脆性及回收利用效率低等方面的限制，建立从材料制备到应用回收的全链条技术体系，推动其在高端芯片制造领域的产业化应用与可持续发展。</p> <p>2.围绕合金成分配比、固溶和时效工艺、轧制成型工艺等方面进行实验，开展 CuAg 合金纤维组织、第二相等组织结构调控等方面的研究，弄清楚合金成分、组织结构和性能之间的关系，获得高强高导的 CuAg 合金材料，开发出满足性能要求的 CuAg 合金超薄带材的成套制备工艺。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>1.近终形连续成型高效制备技术：突破易断裂脆性金合金的成型瓶颈，开发近终形成型工艺，实现金基合金蒸发镀膜材料的高效、低成本制备。</p> <p>2.成分与组织结构均匀性调控技术：掌握金合金蒸发材料从熔炼到成品的全流程组织性能调控方法，确保材料成分偏差小、组织均匀稳定，满足高端蒸镀应用要求。</p> <p>3.高效剥离与绿色提纯还原技术：建立蒸镀设备表面金合金层的专用高效剥离工艺，结合绿色提纯还原方法，实现废料中金的资源化循环利用，回收率高、环境友好。</p> <p>4.银铜合金带材技术指标：抗拉强度$\geq 900\text{MPa}$，弹性模量$\geq 90\text{GPa}$，电导率$\geq 60\% \text{IACS}$，显微硬度 $\text{HV} \geq 250$。</p> <p>5.产业化应用示范：集成上述技术，形成年产规模的示范生产线，完成从材料制备到废料回收的全链条验证，推动金基合金蒸发镀膜材料的绿色制造与循环经济应用。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>项目通过产业化应用示范，推动贵金属新材料技术进步，显著缩小与国外同类材料在性能与技术上的差距，增强我国金基合金材料的自主创新能力与核心竞争力。项目实施将带动相关产业链协同发展，促进高端制造、电子电气等领域应用升级。项目预期实现金的绿色高效循环利用，提升贵金属资源利用效率，减少对原生金矿的依赖，降低环境污染。预计累计新增销售收入达 5000 万元，创造就业岗位，提升行业整体经济效益，助力绿色循环经济高质量发展。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>4</p>	<p>博士/名</p>	<p>4</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	稀土储氢新材料开发及其应用技术
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司
技术需求的背景与意义	<p>当前，无人机、氢能单车等对动力系统提出“轻量化、长续航、快速补能”的迫切需求。锂电池能量密度逼近极限，难以支撑工业级无人机2小时以上续航；小型氢燃料电池能量密度可达300-800Wh/kg，加氢仅需1-3分钟，是破解瓶颈的核心路径。然而，我国小型电堆功率密度低、环境适应性差，空冷电堆的高精度堆叠、轻量化双极板等关键技术仍受制于人。</p> <p>在储能领域，氢储能是实现跨季节长时储能的终极方案，但“电-氢-电”全流程效率仅30%~35%，远低于抽水蓄能和锂电池。低效率导致绿电制氢成本居高不下，直接推高无人机、氢单车等终端用户的用氢费用，形成“低效率→高成本→应用难”的恶性循环。核心原因在于电解槽与燃料电池动态响应失配、储氢压力与发电功率缺乏协同控制。提升系统效率已成为氢储能商业化的首要突破口，也是降低终端用氢成本、激活下游需求的关键前提。</p> <p>本项目聚焦两大方向：一是小型电堆高精度组装、轻量化及密封技术攻关，支撑无人机、氢单车等终端应用；二是氢储能系统动态耦合与协同控制，重点突破系统效率提升瓶颈，从源头降低绿氢成本并保障稳定供应。</p> <p>项目意义重大：突破小型电堆“卡脖子”工艺，实现国产化率超70%；创新“光伏-制氢-储能-发电”高效闭环模式，提升绿电消纳能力，推动云南从资源输出向氢能装备高地转型。</p>
国内外研究现状	<p>全球氢能产业正加速从示范走向规模化。日本在小型空冷电堆领域技术领先，丰田、本田等企业已推出千瓦级便携式燃料电池；欧盟通过绿氢认证推动产业化，德国在氢储能系统集成方面进展显著。我国凭借可再生能源装机优势，已成为氢能产业“规模领跑者”，电解槽产能占全球60%。</p> <p>在小型电堆领域，国内技术取得突破。捷氢科技推出6kW闭合式空冷电堆，质量功率密度$\geq 630\text{W/kg}$，300W级两轮车电堆续航超100km；23kg级联接翼氢能无人机搭载2kW电堆可实现4-5小时续航。成都“氢马儿”投运一年注册用户超55万人，验证了市场可行性。但核心差距依然存在：高精度堆叠与密封工艺一致性不足，导致电堆寿命短、性能衰减率高，与国际先进水平仍有差距。</p> <p>在氢储能领域，国内研究集中于系统效率提升。山海氢研发嵌入式PEM催化剂使铂用量降低85%，理论寿命超24年；河南大学提出基于模糊映射的分布式协同控制策略。然而，“电-氢-电”全流程效率仅30%~35%，远低于抽水蓄能(>70%)和锂电池(85%~95%)。PEM电解槽关键材料依赖进口，系统级动态耦合与能量管理平台尚处验证阶段，缺乏面向商业化的高效集成方案。</p> <p>云南省已出台绿氢最高13元/公斤补贴，允许非化工园区建设电解水制氢，为本项目实施提供有力支撑。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>小型高功率密度电堆与氢储能系统是氢能链条中“用氢”与“储-供氢”的两个紧密环节，其技术瓶颈相互制约。在小型电堆端，百瓦至千瓦级电堆对堆叠精度要求极高，国内缺乏自动化精密组装产线，半人工方式导致接触压力偏差>15%、接触电阻>10 mΩ·cm²，易产生微漏气和流道错位。无人机和氢单车需在-20℃~40℃宽温域、振动及湿度交变环境下运行，现有密封件压缩永久变形率>20%，泄漏率上升加速衰减。同时，空冷电堆依赖空气对流散热，高功率密度下局部热点频发、排水不畅引发“水淹”，2000小时衰减率高达5%~8%，寿命不足2万小时。</p> <p>在氢储能系统端，“电-氢-电”全流程效率仅30%~35%，低效率导致绿氢成本居高不下，直接推高终端用氢费用，形成“低效率→高成本→应用难”的恶性循环。造成效率低下的核心原因：光伏秒级波动与电解槽分钟级冷启动失配，频繁启停能耗大；储氢压力与发电功率缺乏协同控制，响应延迟>10秒。</p> <p>本项目攻关必须打通“电堆→系统”协同路径：开发小型电堆自动化堆叠、宽温域密封及高效热管理技术；同时构建“制氢-储氢-发电”动态耦合模型与智能管控平台，将全流程效率提升至38%以上，从源头降低绿氢成本并提升终端器件适配性。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>一、针对小型电堆高精度堆叠、宽温域密封及热管理三大难题，设定以下攻关目标：组装精度与一致性：建立自动化堆叠工艺，装配压力控制精度≤±1%，膜电极与双极板界面接触电阻≤5 mΩ·cm²，平面度≤0.05 mm，对齐偏差≤0.1 mm，电流密度分布不均匀性降低20%以上。密封寿命：开发宽温域（-20℃~40℃）耐老化密封结构，压缩永久变形率≤10%/5000h，冷热冲击500次后泄漏率衰减≤5%，氢气外漏率≤0.1 mL/min/单元。电堆性能与耐久性：单堆额定功率（千瓦级）质量功率密度≥500W/kg，系统效率≥45%，2000h衰减率≤5%，寿命≥3万小时。</p> <p>二、氢储能系统</p> <p>系统效率：实现“电-氢-电”全流程效率≥38%。其中电解槽直流电耗≤4.5 kWh/Nm³，燃料电池发电效率≥45%。动态响应与协同控制：基于模型预测控制算法，系统响应时间≤3秒；储氢压力与发电功率协调控制精度≥90%；实现光伏波动下电解槽与电堆的功率自动匹配，减少启停能耗。集成与安全能力：建成“光伏-制氢-储氢-发电”一体化氢储能系统，支持离网运行、及故障自愈；智能管控平台实现全链条实时监测与预警。国产化率：电堆及系统集成关键装备国产化率≥70%。实现条件：依托园区屋顶光伏和现有基础设施，采用“自发自用+余电上网”模式。电堆制造成本较进口降低10%以上，制氢成本≤25元/kg。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>经济效益：小型电堆制造成本较进口降低10%以上，运维费用下降20%；氢储能系统全流程效率提升至≥38%，制氢成本控制在≤25元/kg（电价0.25元/kWh）。项目每年可为园区节约用电成本约200万元，结合峰谷套利及碳交易（年减排5000吨CO₂），综合收益率≥8%。带动氢储能装备及小型电堆制造产值超2亿元。</p> <p>社会效益：每年替代柴油≥200吨，降低化石能源依赖，提升区域能源安全；拉动氢能装备制造产值≥2亿元，推动百亿级氢能产业集群发展，创造就业岗位；建成“源网荷储”一体化示范工程，为全国零碳园区提供可复制的“云南方案”。</p> <p>产业竞争力：突破电堆高精度组装、关键材料国产化率超70%，打破国外垄断，显著提升我国氢储能产业链自主可控能力与国际竞争力。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>4</p>	<p>博士/名</p>	<p>3</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	新型铂基多元合金高温应变超细丝关键技术
需求单位	昆明贵研新材料科技有限公司
技术需求的背景与意义	<p>本项目聚焦新型铂基多元合金高温应变超细丝关键技术，与国家重大战略及我省产业升级需求高度契合。当前，在国家“两机”专项及高端装备制造领域，核心热端部件的极限高温传感材料长期面临技术瓶颈与进口依赖。突破该超细丝的自主制造，对打破国外技术壁垒、增强我国高端传感产业链及供应链的自主可控能力具有极强的迫切性与重大战略必要性。依托我省丰富的战略金属资源及产业基础，本项目紧密对接云南省“3815”战略部署与“稀贵金属高值化利用”发展目标。针对数字中国建设导向，研究引入深度学习技术加速合金成分迭代，推动新一代信息技术与材料科学的交叉融合。面对贵金属价格波动，多元合金设计能有效降低单一铂元素占比，在提升高温稳定性的同时实现源头降本，极大增强了材料在航空航天、核电等千亿级高端市场的应用规模与潜力。</p> <p>本项目的实施，将有力推动我省贵金属产业从“传统资源提取”向“高端核心元器件制造”跨越。预期成果不仅能为国家重大装备提供关键材料支撑，更将形成显著的产业带动效应，助力我省构筑贵金属新材料研发的特色优势，对区域经济的高质量发展与产业转型升级具有示范意义。</p>
国内外研究现状	<p>我国航空发动机正朝着更高推重比、更长寿命和更强环境适应性的方向发展，热端部件的工作温度持续攀升，涡轮叶片等核心构件长期处于1100℃以上高温、高转速与重载荷工况。在此背景下，对关键结构件动态应变的精准测量成为保障飞行安全的核心环节。目前主流的高温应变计材料仍以铂基合金为主，虽然现已实现从第一代PtW到第四代PtRhMoW系列材料的工程迭代，最高工作温度突破1130℃，但随着目标使用温度逼近1200℃，材料需同时满足高电阻率、稳定应变系数及良好抗疲劳性能，传统铂基合金改进空间趋于饱和，亟需探索更具突破性的设计路径。</p> <p>在国际层面，欧美传感企业长期占据高端市场主导地位。其技术核心在于微米级超细丝拉拔工艺的高度一致性。国外成熟的高温应变丝在1000~1150℃区间内高温蠕变小、电阻热漂移极低，已广泛应用于先进航空发动机的台架测试。产品对比方面，国产第四代铂基材料在理论耐温上限已基本追平国外竞品。但在逼近1200℃极端工况时，国产超细丝在电阻温度系数稳定性、动态疲劳寿命及大批量制造性能一致性上仍有差距，部分核心高温传感器仍依赖进口。</p> <p>针对上述瓶颈，依据目前国内外合金高熵化的研究，将铂基合金设计为多元/多主元合金，通过高晶格畸变效应和迟滞扩散效应，以提升材料的极端高温稳定性是新一代铂基高温合金的设计思路。未来，突破铂基多元合金制备关键技术，不仅是实现我国“两机”高温传感器自主可控的必经之路，在燃气轮机、核电等高端装备领域也面临广阔的市场前景。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>在航空发动机、先进燃气轮机等高端装备领域，核心热端部件需在 1100℃ 以上的极限高温下长周期运行。目前，新型铂基多元超细丝的工程化制备面临突出的发展瓶颈。一方面，为追求高温电学稳定性，需引入多组元造成严重的晶格畸变，但这极大恶化了材料的室温塑性与加工硬化能力。在将合金拉拔至微米级（通常 <math><20\mu\text{m}</math>）超细丝的过程中，熔炼残留的微小气孔、成分偏析以及形变不均匀导致的应力集中，极易引发频繁断丝，成品率极低；另一方面，复杂的热机械交变载荷下，多元合金内部的位错演变与电阻漂移耦合机制尚不清晰，导致材料在使用中容易出现应变系数突变或灵敏度衰减。</p> <p>为解决上述技术壁垒，本项目从“成分预测—工艺改性—机理调控”三个维度展开攻关。结合纳米压痕原位测试，明晰微区应变爆发（pop-in）与位错滑移机制，以微观动力学指导宏观加工温度区间的划定，消除加工内应力。最后，建立模拟高温动态服役的测试体系，探明晶格畸变对位错及电阻漂移的钉扎阻碍规律。</p> <p>期望通过本项目的实施，突破铂基多元合金加工和性能瓶颈，实现从成分设计到微细丝材成型成熟制备流程。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>本项目聚焦航空发动机热端部件超高温测温难题。当前传统铂基应变合金的最高工作温度难以突破 1130℃，且逼近极限时电阻漂移严重。本项目预期实现的技术指标为：极限工作温度 $\geq 1200^\circ\text{C}$；在 100 小时连续热-力耦合交变服役下，应变灵敏度衰减率 <math><5\%</math>；并具备良好的室温塑性，满足微米级超细丝的不断丝拉拔。上述目标参数的实现依托两大新原理与新技术：一是首创“小样本驱动迁移学习”成分预测技术，在高维成分空间中逆向筛选兼顾高电学稳定性与高加工性的多元最优配方；二是引入高晶格畸变迟滞扩散，利用多组元固溶产生的极高晶格畸变，有效抑制 1200℃ 极端高温下的原子长程扩散与位错滑移，降低高温电阻漂移率。</p> <p>该新材料技术的现实转化需满足合金超细丝需在 1200℃ 机械应变的热-力耦合极端环境下不断裂；制造工艺方面，通过梯度载荷拉拔与精准退火匹配，实现超细丝制备的高良品率；成本方面，成分设计须严格限制单一昂贵铂元素的占比，通过增加非贵金属元素的占比，实现源头降本，确保其在航空航天大批量应用中的经济可行性。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>通过机器学习精准筛选低铂多元配比，从材料源头大幅削减了贵金属的用量；同时，通过优化的成分改善合金塑性，攻克超细丝拉拔频发断丝的工程痛点，有效降低重熔损耗并大幅提升产线良品。</p> <p>依托昆明贵研新材料科技有限公司的数据底座，项目打造了 A 赋能新材料的研发新范式，为传统贵金属制造向数字化、智能化转型提供了极具价值的示范案例，也为公司培养了一批兼具人工智能与材料科学背景的复合型领军。项目贯通“成分预测—工艺改性—超细丝制备”的全链条技术。预期将推动我国在 1200℃ 级高温应变超细丝材料领域的突破。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>3</p>	<p>博士/名</p>	<p>2</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	贵金属气固相催化材料领域 AI 大模型关键技术
需求单位	云南贵金属实验室有限公司
技术需求的背景与意义	<p>面向“双碳”战略及能源化工领域对高效催化材料的重大需求，贵金属气固相催化材料（Pt、Pd、Rh 等）因活性高、选择性好且可再生，在丙烷脱氢、CO₂ 加氢等关键反应中具有重要应用价值。然而该领域数据高度分散且标准化不足，组成—结构—性能—工况关系难以被系统提炼，导致研发依赖经验试错、周期长、成本高，贵金属资源利用率难以持续优化。亟需构建可计算、可推理、可验证的领域 AI 工具与研发闭环，支撑催化剂理性设计与工程化优化，增强关键催化材料自主可控能力，并为产业降本增效与绿色低碳转型提供核心技术支撑。拟依托“高校/科研院所+贵金属产业化企业”的协同体系，构建面向贵金属气固相催化的专业大模型与知识图谱平台，打通“AI 设计—高通量实验—数据反馈”的持续迭代链路。</p>
国内外研究现状	<p>近年来通用大模型快速发展，多模态融合与领域知识增强成为主流方向，但在贵金属气固相催化领域仍面临“专业深度不足、机理理解欠缺、数据难以结构化与可追溯”等问题。国外虽已在材料发现与结构生成方面探索生成式模型，并在催化研发中尝试将大模型与高通量筛选结合，但多停留在通用预测或局部任务，缺少面向贵金属气固相体系的垂类数据标准、跨模态证据链和工况等效验证机制，难以实现“结构—性能—稳定性—寿命”的可验证闭环。国内也在材料基因工程与催化数据平台方面积累，但仍普遍存在数据孤岛与缺少可迁移的领域专用大模型工具链。因而，需要构建贵金属气固相催化专用领域大模型与可验证推理体系，形成可落地的 AI 研发新范式。</p>
技术难题概述	<ol style="list-style-type: none"> 1) 数据标准化与结构化瓶颈：催化材料数据涉及组成、制备、表征、性能与工况等多维信息，文献/专利/实验数据格式不统一，导致知识图谱构建与可计算特征提取困难。 2) “黑箱预测”难以支撑科学决策：模型对“结构—性能—工况”的关联缺少证据链与可解释推理，难以为逆向设计提供可验证依据。 3) AI→实验可靠性不足：模型预测的活性位点结构（单原子/团簇/纳米颗粒及金属-载体界面）需要高保真、可重复的合成与严格实验评价体系来验证，否则闭环难以形成。 4) 跨尺度、跨批次一致性与寿命预测：工业工况变量（温度、空速、氢分压、杂质等）导致性能漂移与失效机理复杂，缺少工况等效高通量评价与 RUL（剩余寿命）误差控制的方法。

<p>预期目标</p>	<p>形成面向贵金属气固相催化体系的领域 AI 大模型原型与使用方法论： (1) 构建不少于 10 万条的气固相催化材料结构化数据库，并覆盖 $\geq 80\%$ 关键贵金属催化体系； (2) 建立多模态（文本/结构化数据/图像/符号）知识图谱及“知识注入+符号推理”的混合模型架构，实现跨模态特征对齐准确率 $\geq 85\%$、领域专业问答准确率 $\geq 95\%$，推理可解释性评分 $\geq 80\%$； (3) 实现活性、选择性与稳定性预测，预测结果与实验验证相关性 $R^2 \geq 0.85$；支持目标性能逆向设计，设计成功率 $\geq 70\%$； (4) 建立工业工况下稳定性与寿命预测模型，寿命预测误差 $\leq 15\%$，并通过筛选验证关键反应指标提升（如丙烯选择性 $\geq 90\%$、结焦率 $\leq 5\%$ 等，以试验装置评价结果为准）。 最终形成可部署的“AI 设计—高通量实验—数据反馈”的闭环研发平台原型，并形成可复制的方法论。</p>			
<p>企业或单位 承接转化后 预期的经济、社会效益</p>	<p>通过 AI 大模型驱动的催化剂理性设计与验证闭环，预计显著缩短贵金属气固相催化剂研发周期，降低试错与实验成本，提高贵金属资源利用率与材料综合性能（活性、选择性、稳定性）。产业化应用有助于提升关键工艺效率与产品收率，增强国产催化材料供给能力和产业链自主可控水平。社会与生态效益方面，可支撑“双碳”相关关键反应的绿色低碳转型，降低能耗与污染物排放风险，推动催化材料智能研发能力建设与高质量人才培养。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>0</p>	<p>博士/名</p>	<p>3</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	一种高分散窄分布超细银粉制备关键技术
需求单位	贵研电子材料（云南）有限公司
技术需求的背景与意义	<p>行业背景：超细银粉是电子信息领域核心原料，广泛用于厚膜电路、MLCC电极、射频识别标签等，当前高端市场被日本住友、福田金属等企业垄断，国内产品存在分散性差（团聚率$>15\%$）、粒径分布宽（Span>0.8）、纯度不足（99.95%以下）等问题，无法满足5G通信、新能源汽车电子等高端需求。</p> <p>2. 企业现状：我司现有年产50吨普通银粉生产线，但超细银粉（粒径$<1\mu\text{m}$）产能仅5吨/年，且产品合格率不足60%，成本大幅增高。</p> <p>3. 需求紧迫性：随着国内MLCC等企业扩产（2026年国内产能预计增长30%），高端超细银粉需求缺口达500吨/年，若无法突破制备技术，将面临供应链卡脖子风险。</p>
国内外研究现状	<p>国外：日本住友、福田金属、DOWA等主导高端市场，以精准化学还原+原位分散+闭环纯化为核心技术，产品粒径$<1\mu\text{m}$、Span<0.6、团聚率$<5\%$、纯度$\geq 99.99\%$，适配5G与新能源汽车电子。其通过湿式分级、表面精准修饰与杂质深度脱除，实现窄分布与高分散稳定量产，技术壁垒高、设备与工艺严格保密。</p> <p>国内：中低端已国产化，但高端仍存短板。现有研究聚焦改良化学还原、复合分散与表面包覆，部分企业（如贵研、宁波晶鑫）可制备粒径$<1\mu\text{m}$银粉，纯度接近99.95%、Span降至0.7-0.9、团聚率降至10%-15%。但规模化稳定性不足，产能小、合格率低、成本高；核心瓶颈为团聚控制、粒径均一化、高纯连续化制备，与国际差距显著。</p> <p>趋势：国外深耕纳米级与定制化；国内加速技术攻关，依托政策与下游扩产，推进中试放大、良率提升与成本优化，但突破高端垄断仍需核心工艺与装备创新。</p>

<p style="text-align: center;">技术难题概述</p>	<p>当前超细银粉规模化制备的核心技术难题集中于分散稳定性、粒径均一性、高纯可控性三大维度，直接制约产能释放与产品合格率提升。</p> <p>在分散性方面，银粉粒径降至 $1\mu\text{m}$ 以下时，表面能急剧升高，范德华力与静电力主导下易发生不可逆团聚，现有物理分散（超声、搅拌）与化学分散（分散剂添加）手段难以实现长效稳定，导致产品团聚率始终高于 15%，无法满足高端电子元件的均匀涂覆需求。</p> <p>粒径控制层面，化学还原反应速率易受温度、还原剂浓度等参数波动影响，晶核生长与二次成核难以精准调控，造成粒径分布 Span 值超 0.8，且批次间一致性差，直接拉低产品合格率（不足 60%），同时增加后续分级提纯成本。</p> <p>纯度提升面临双重挑战：一方面，原料中的微量杂质（如铜、铁）与反应过程中引入的分散剂残留难以深度脱除，导致产品纯度低于 99.95%；另一方面，高纯度要求与规模化生产存在矛盾，现有纯化工艺（如真空蒸馏、洗涤过滤）易造成银粉损耗或二次污染，进一步推高生产成本。</p> <p>此外，三大难题相互关联形成技术闭环：团聚现象会掩盖粒径分布缺陷，而提纯过程中的物理化学处理又可能加剧团聚，导致现有生产线难以同时突破“低团聚、窄分布、高纯度”三大指标，成为制约超细银粉产能从 5 吨/年向规模化扩张的核心瓶颈。</p>			
<p style="text-align: center;">预期目标</p>	<p>产品性能指标方面，关键参数实现质的飞跃：团聚率降至 5% 以下，通过长效分散技术解决不可逆团聚问题，满足电子元件均匀涂覆要求；粒径分布 Span 值控制在 0.6 以内，确保粒径集中在 $0.5 - 1\mu\text{m}$ 区间，批次间变异系数 $\leq 3\%$，大幅提升产品一致性；纯度提升至 99.99% 及以上，深度脱除原料杂质与工艺残留，杜绝杂质对电子性能的干扰</p> <p>生产效率与成本控制目标明确：超细银粉产能从现有 5 吨/年提升至 20 吨/年以上，规模化生产稳定性显著增强；产品合格率突破 90%，通过精准工艺调控降低批次波动，减少分级提纯损耗；单位生产成本较现有水平下降 30%，通过优化反应体系与纯化流程，平衡高纯度与低成本需求。</p> <p>工艺技术层面，形成具备自主知识产权的核心技术体系：攻克“精准还原-原位分散-闭环纯化”一体化工艺，实现反应参数实时调控；开发绿色高效分散剂与提纯技术，避免二次污染与资源浪费；建立全流程质量管控体系，实现从原料到成品的关键指标在线监测，为后续产能进一步扩张奠定技术基础。</p>			
<p style="text-align: center;">企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>经济效益：产业化后年营收可达数千万元，打破日本企业垄断，议价权显著提升；同时赋能国内 MLCC、5G 通信等下游产业降本增效，推动产业链协同发展。</p> <p>社会效益：破解高端电子原料“卡脖子”难题，保障供应链自主可控，提升我国电子信息产业国际竞争力；带动超细银粉及上下游产业升级与就业增长，培养高端材料研发与生产人才；绿色工艺减少污染与资源损耗，兼顾产业发展与生态保护，助力新能源、5G 等战略新兴产业高质量推进。</p>			
<p style="text-align: center;">拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>4</p>	<p>博士/名</p>	<p>2</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	稀贵金属高温材料超高温烧蚀考核关键技术
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司
技术需求的背景与意义	<p>航天装备极端工况下对抗超高温烧蚀材料的需求极为迫切，铂合金凭借优异的高温稳定性、耐烧蚀性，成为航天热防护体系的核心关键材料，其制备与评价技术直接决定航天装备的运行可靠性，更是航天关键材料国产化的核心环节。云南省有色金属产业基础雄厚，坐拥铂族金属资源与加工制造的双重优势，攻关本技术既契合国家航天强国战略的核心需求，也适配云南省有色金属产业高端化、精细化转型升级方向，可突破国外技术垄断，提升航天关键材料产业链供应链自主可控能力，推动我省铂合金新材料向航天高端领域延伸，完善有色金属高端应用产业链条，增强产业核心竞争力，对保障国家航天工程顺利实施、促进区域高端制造产业高质量发展具有重要战略意义。</p>
国内外研究现状	<p>国外已实现航天级抗超高温烧蚀铂合金的规模化制备与标准化评价，形成成熟的成分设计、精密成型及烧蚀性能专业测试体系，相关产品广泛应用于航天高端装备核心部件，但对我国实施严格的技术封锁和产品禁运。国内虽开展铂合金基础研究，且在民用领域实现部分场景应用，但航天级铂合金产品仍存在成分均匀性差、高温烧蚀性能稳定性不足等问题，缺乏针对性的精密制备工艺，也未建立符合航天极端工况的专业评价体系，现有测试方法难以模拟航天实际的超高温烧蚀环境，产品综合性能与国外差距明显，尚未实现航天工程的规模化应用，亟需突破核心制备与评价关键技术。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>核心技术难题集中在三大方面：一是航天级铂合金成分的精准调控与均匀化制备，高温熔炼过程中合金元素易出现偏析问题，成型环节易产生微孔隙、微裂纹等缺陷，直接影响材料整体耐烧蚀性能；二是缺乏适配航天极端超高温、高气流冲刷复合烧蚀工况的成型工艺，现有工艺制备的铂合金还未进行充分的高温结构稳定性与耐烧蚀性考核；三是无航天专用的铂合金烧蚀性能评价体系，常规测试设备无法模拟航天实际工况，难以精准表征材料的烧蚀失效机制，无法为产品配方与工艺优化提供科学依据。攻关方向为铂合金专用成分设计、精密成型工艺优化及极端工况烧蚀性能评价方法开发，解决航天应用的核心技术壁垒，应用于航天发动机喷管、热防护构件等核心部件。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>突破航天抗超高温烧蚀铂合金核心制备与评价技术，制备的铂合金材料可耐受 1600℃ 以上超高温工况，线烧蚀速率控制在 0.01mm/s 以内，材料致密度 ≥ 99%，整体耐烧蚀性能与结构稳定性满足航天极端工况长期使用要求。建立一套适配航天极端烧蚀工况的铂合金性能专业评价体系，开发专用模拟测试装置，可精准模拟高温、高气流冲刷的复合工况，实现材料烧蚀失效机制的定量表征与分析。形成标准化的航天级铂合金制备工艺流程，实现各环节关键工艺参数的精准控制，产品性能一致性与稳定性达到航天工程应用标准，具备工程化、规模化制备能力。</p>			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>产业化后可打破国外技术与产品垄断，填补国内航天装备核心材料的空白，带动铂族金属精深加工、航天新材料检测装备制造等上下游产业协同发展。推动云南省有色金属产业向航天高端制造领域升级，进一步提升我国航天关键材料的自主可控水平，为国家各类航天工程的顺利实施提供核心材料保障，彰显我国在航天新材料领域的技术突破，具有显著的经济效益、国防安全价值与社会效益。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>3</p>	<p>博士/名</p>	<p>3</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	融合可视化在稀贵金属材料产学研驱动高效数据形成关键技术
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司
技术需求的背景与意义	<p>稀贵金属主要是指包括金(Au)、银(Ag)、铂(Pt)、钯(Pd)、铑(Rh)、铱(Ir)、钌(Ru)、锇(Os)在内的八种元素，在地球元素中属于稀缺金属。其中，铂、钯、铑、铱、钌、锇六个元素被称为铂族金属。稀贵金属具有价格昂贵、资源稀缺、物理化学属性独特的特征。我国稀贵金属材料的发展始于国防科技需要，目前已成为战略性新兴产业领域不可或缺、不可替代的核心支撑材料。但是，我国稀贵金属材料产业无论在产业技术与装备水平、产业规模，还是在产品标准化、系列化及品质等方面与国际先进水平都存在较大差距，部分高端产品缺乏核心技术支撑，存在多项被西方国家“卡脖子”技术。国家迫切需要突破稀贵金属领域的关键核心技术，降低对外依存度，为经济发展和国家安全提供关键材料支撑。开展稀贵金属基础理论与技术研究、打造我国稀贵金属原创技术“策源地”，已成为支撑我国稀贵金属产业“延链、补链、强链”，健康可持续发展和增强自主创新能力的迫切需求。鉴于稀贵金属的稀缺性与高价值属性，其材料研发与试错过程往往需要投入高昂成本。为破解这一难题，急需搭建基于数据-模型驱动的仿真平台，将传统线下研发流程迁移至线上，有效降低实验成本、提升研发效率，为技术突破注入新动能。云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司，全面响应国家战略性新兴产业和国家资源安全的重大需求，服务国家重大发展战略，实现高水平科技自立自强，提出人工智能实际在稀贵金属研发、生产、经营的AI+应用。</p>
国内外研究现状	<p>稀贵金属作为新能源、航空航天等领域的关键战略资源，其高质量数据集（具备标准化、可溯源、多维度关联等特征）是支撑行业数字化、智能化发展的核心底座。截至2026年，国内外稀贵金属行业高质量数据集建设已进入全产业链发展阶段，呈现出差异化发展格局。国外起步早、体系完善，以USGS、ICMM、Materials Project等为代表，形成了覆盖全球、全品类、全链条的数据集体系，依托完善的国际标准实现政府与学术数据开放共享，并深度融合AI技术应用于材料设计、供应链风险预测等领域，但存在发展中国家工艺数据缺失、小金属覆盖不足等短板。国内在国家战略驱动下快速追赶，以云南稀贵金属材料基因工程数据库、中国稀土集团大数据中心为核心，形成区域数据集群，聚焦工程化生产数据，实用性突出，但仍面临数据碎片化、开放度低、铂族与稀散金属数据匮乏、AI应用较浅等问题。随着人工智能模型基础算法架构的成熟，对于下游人工智能实际应用而言，“如何建立一个性能优良的模型是当前研究的热点，也是全球制造业发展的共性瓶颈。未来，国内外协同推进标准统一、开放共享与安全可控，补齐小金属数据短板，深化AI融合应用，将成为稀贵金属行业高质量发展的核心方向。</p>

<p>技术难题 概述</p>	<p>通过跨高校、科研院所与企业深度合作，充分利用好稀贵金属行业高质量通识与专识数据集，促进开展稀贵金属行业先进人工智能算法、模型框架的研制和验证，为模型提供行业的知识实体、术语体系、安全规程等知识信息，只有当模型通过数据掌握了稀贵金属行业的“语法”与“语义”，才能进一步结合具体产线数据进行微调，帮助大模型建立对稀贵金属行业生产的基本认知逻辑，实现从稀贵金属数据模型从“通用对话”到“专业赋能”的跨越；同时，搭建基于数据-模型双驱动的仿真平台，在线精准复现线下实验的相关研发成果，为稀金属材料研发提供高效支撑、注入核心动能。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>通过贵金属集团建设的行业高质量数据集，加速研究，将覆盖研发设计、智能生产等六大环节的多模态数据集，实现跨领域数据融合应用：1.成不少于4个稀贵金属领域数据-模型-仿真平台研发，赋能大模型应用，4个稀贵金属领域“生成式人工智能-第一性原理-模拟仿真”混合建模应用；2.打造稀贵金属领域高质量数据集存储节点和目录，以API等形式实现稀贵金属行业高质量数据集的定向传输；3.服务和赋能稀贵金属领域不少于上下游企业的AI应用场景(如：面对我国铂族金属资源对外依存度超90%的严峻形势，项目通过构建全球贵金属资源分布数据库与二次资源循环数据模型，提升战略资源保障能力，支撑贵研资源易门基地等三大循环利用基地建设)。</p>			
<p>企业或单位 承接转化后 预期的经济、社会 效益</p>	<p>项目建成后，将形成汇聚跨区域、跨层级、跨机构的稀贵金属各种主题的模式应用到制造业业务场景中，包括不仅限于智能规划、智能生产、智能问答、智能运维、智慧安防、智慧培训等，提高业务效率，释放数据价值，推动业务应用创新。支撑我国稀贵金属新材料产业高质量发展。第一，有利于提高国产大模型质量，从数据底层推动整个大模型产业链条的健康发展，助力我国在大模型时代的追赶和超越；第二，能从根本上提高我国的数据集资源储备，夯实人工智能产业和科研发展的根基，抢占下一轮人工智能浪潮制高点，对我国人工智能领域的发展具有重要的战略意义；第三，通过项目实现基于高质量数据集-模型-仿真平台实验的全研发链条闭环，为稀金属材料研发提供新的模式示范。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>3</p>	<p>博士/名</p>	<p>2</p>

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	汽、柴油车低铂族金属催化剂产品技术攻关			
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>1. 随着国六排放标准的全面实施，机动车后处理催化剂对铂族金属的需求量大幅上升，导致成本高昂且依赖进口。开发低铂族金属含量的高效催化剂，是降低整车成本、保障供应链安全的关键。本项目旨在通过超低贵金属 TWC、DOC 催化剂及燃气机催化剂的技术迭代，解决贵金属减量化与耐久性之间的矛盾，支撑我国机动车排放控制技术的自主可控。</p> <p>2. 国七排放标准即将出台，对污染物限值、非常规排放（如 NH₃、醛类、PN10）及耐久性提出更严苛要求。现有后处理技术难以满足，亟需开发新一代催化剂及集成方案。本项目针对汽、柴油车分别开展电加热型 DOC、DDPF、PNA、低 N₂O 选择性 SCR 等新单元技术研究，为满足国七法规提供技术储备。</p>			
国内外研究现状	<p>欧洲、美国已启动欧七/国七预研，电加热催化剂、被动 NO_x 吸附剂（PNA）、低 N₂O 催化剂是热点。丰田、康宁等企业已在实验室阶段取得进展。国内相关研究尚处于起步阶段，系统集成和耐久性评价方法缺失。</p>			
技术难题概述	<p>1. 开展超低贵金属 CNG 重卡产品应用技术开发，探明失活机理研究，进行燃气机用 TWC 催化剂、高效 NH₃ 氧化催化剂性能优化及集成匹配应用研究。建立壁流式催化剂高精度模拟仿真模型，实现稳定一致性控制。</p> <p>2. 开展汽、柴油车国七非常规污染物控制关键技术、后处理产品技术研究，形成第一代国七产品方案。</p>			
预期目标	<p>1. 开发出不少于 2 种超低铂族金属催化剂新技术，建立壁流式催化剂性能评估模拟仿真模型，形成 2 种以上壁流式催化剂新工艺，开发出 15g/套的超低铂族金属燃气机催化剂，性能通过主机厂发动机台架老化验证并实现应用。</p> <p>2. 形成 2-3 条可满足不同细分市场应用需求的柴油机后处理集成路线，排放满足国七排放法规，建立满足国七耐久要求的快速老化方法，申请企标 1 项。形成汽油车非常规污染物控制催化剂技术 1-2 项，建立非常规污染物测试方法。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>形成低贵金属催化剂的大规模供应能力，满足国七法规的后处理系统完整技术方案，在法规实施后占据主流市场份额，推动我国机动车排放控制技术达到国际领先水平。显著减少氮氧化物、颗粒物及非常规污染物排放，改善空气质量，并为混合动力等新构型车辆提供适配技术，促进汽车产业绿色转型。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	4	博士/名	4

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	精细化工催化剂的开发与产业示范			
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>1.精细化工（如树脂加氢、甲醇氧化）广泛使用贵金属催化剂，成本高且资源受限。开发高性能非贵金属催化剂（如镍基、钼铁基）可大幅降低生产成本，提升我国精细化工产业竞争力。本项目聚焦 C5 石油树脂加氢和甲醇氧化两条主线，实现非贵金属催化剂的国产化替代。</p> <p>2.双氧水是绿色氧化剂，广泛用于造纸、化工、环保等领域。目前国内双氧水生产主要采用固定床或流化床蒽醌法，催化剂多为钨系贵金属催化剂。现有产品存在氢效低、选择性差、寿命短等问题，且高端催化剂依赖进口。本项目旨在开发高性能、长寿命的双氧水专用贵金属催化剂，提升国产化水平。</p>			
国内外研究现状	国外如美国 Grace、德国巴斯夫在非贵金属加氢催化剂领域技术成熟，但对中国市场实施技术封锁。国内树脂加氢主要仍用钨、钨等贵金属催化剂，镍基催化剂存在活性低、易流失问题。甲醇氧化铁钼催化剂国内已有生产，但批次稳定性和选择性与国际水平有差距。			
技术难题概述	<p>1.催化剂配方技术和性能评价技术；催化剂的工程化技术和装备技术；催化剂的量产技术和批次一致性技术；催化剂的工业服役技术。</p> <p>2.氧化铝载体的性能控制技术；催化剂配方组合筛选技术；催化剂的工程化技术和装备技术；催化剂的量产技术和批次一致性技术；催化剂的工业服役技术。</p>			
预期目标	<p>1.树脂加氢催化剂：Ni 含量 $61 \pm 0.05\%$、堆密度 $0.30 \pm 0.05\text{g/ml}$、比表面积 $250 \pm 25\text{m}^2/\text{g}$、粒度（D50）$20\text{-}30\mu\text{m}$，C5 氢化树脂色度$<2$、C5 石油树脂氢化率$>90\%$。甲醇氧化催化剂：Mo/Fe 比 2.4-3.0、尺寸 $4.7\text{mm} \times 2.0\text{mm} \times 4.7/3.0\text{mm}$、堆密度 $0.84\text{-}0.92\text{g/ml}$、强度 7-11N/粒，甲醇转化率 97-99%、甲醛选择性 95-99%。</p> <p>2.固定床双氧水催化剂技术指标：Pd 含量 $0.3 \pm 0.02\%$、堆密度 $0.60 \pm 0.05\text{g/ml}$；粒径 $2.5\text{-}3.5\text{mm}$，比表面积 $80 \pm 20\text{m}^2/\text{g}$；水含量$\leq 1\%$；氢效$\geq 8\text{g/L}$，选择性$\geq 95\%$。流化床双氧水催化剂技术指标：Pd 含量 $2 \pm 0.03\%$、粒度 $D50 \geq 50\mu\text{m}$、水含量$\leq 1\%$，氢化效率$\geq 10\text{g/l}$。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	大幅降低精细化工用户的催化剂成本，推动催化剂的设计、制备及应用形成成套技术标准。减少催化剂消耗和废弃物产生，促进行业绿色低碳发展，具有显著的经济示范效应和社会环保效益。			
拟培养研究生情况	硕士/名	4	博士/名	3

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	多污染物协同催化氧化材料开发与关键技术研究			
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>工业废气中常同时含有 VOCs 和 NO_x，传统技术需要分步处理，设备投资大、能耗高。开发能同时氧化 VOCs 和还原 NO_x 的双功能催化剂，实现低温 (<180℃) 协同去除，可大幅降低治理成本。本项目设计 CeO₂-MnO_x 复合载体负载 Pt 等催化剂，并研究抗硫中毒机制。</p>			
国内外研究现状	<p>协同催化是环境催化领域热点，日本 NEDO、欧盟 LIFE 项目均有布局。文献报道的 Pt/CeO₂-MnO_x 等体系在实验室条件下可实现 80% 以上协同去除，但抗硫性和长寿命 (>3 年) 仍是挑战。国内相关研究多集中于单一污染物，协同催化剂工程化应用较少。</p>			
技术难题概述	<p>设计双功能催化剂 (如 CeO₂-MnO_x 复合载体负载 Pt)，实现低温 (<180℃) 氧化 VOCs 与还原 NO_x 同步，研究催化剂抗硫中毒机制，优化孔道结构提升传质效率。</p>			
预期目标	多污染物去除率 ≥95%，运行成本降低 40%，催化剂寿命 ≥3 年。			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>成果可应用于涂装、化工、印刷等行业，为用户节省设备投资和运行费用，显著减少 VOCs 和 NO_x 排放，助力 PM_{2.5} 和臭氧协同控制。形成双功能催化剂设计、制备、应用的完整知识产权体系，提升我国大气污染治理技术国际竞争力。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	2	博士/名	2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	工业废气 CO ₂ 捕集-电催化转化制甲醇技术研究			
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>CO₂资源化利用是实现碳中和的重要途径。电催化还原 CO₂ 制甲醇，可将间歇性可再生能源（风、光）转化为液态燃料/化工品，兼具储能和减排价值。本项目研发高选择性贵金属电催化剂及模块化反应器，耦合可再生能源供电，降低处理成本。</p>			
国内外研究现状	<p>电催化 CO₂ 还原制甲醇仍处于实验室到中试阶段。国际上，加拿大 Dioxide、德国 Siemens 等公司已开展百吨级示范。国内天津大学、中科院大连化物所等有高水平研究，但单程转化率（目标 ≥ 60%）和甲醇选择性（≥ 99.5%）距离工业要求尚有差距。</p>			
技术难题概述	<p>研发高选择性贵金属电催化剂，提升 CO₂ 至甲醇转化效率。设计模块化反应器，耦合可再生能源供电系统。</p>			
预期目标	<p>单程转化率 ≥ 60%，甲醇纯度 ≥ 99.5%，吨 CO₂ 处理成本 ≤ 300 元。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>可实现对工业 CO₂ 的大规模资源化利用，生产绿色甲醇，具有显著的碳减排效益。为高碳排放行业提供 CO₂ 循环利用新方案，推动形成“CO₂-甲醇-化工产品”循环经济产业链，助力实现碳中和目标。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	3	博士/名	2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	高精度高性能微米级贵金属窄薄带材关键技术		
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司		
技术需求的背景与意义	精密电子、医疗器件、航空航天等领域对微米级贵金属窄薄带材（厚度公差 $\pm 1\mu\text{m}$ ，宽度公差 $\pm 5\mu\text{m}$ ）需求迫切。国内产品在尺寸精度、表面光洁度、平直度等方面与国际先进水平差距明显，高端产品依赖进口。本项目通过塑性加工与热处理协同调控，实现高性能窄薄带材的国产化。		
国内外研究现状	日本田中贵金属、德国贺利氏等企业占据高端市场，可生产厚度 $10\mu\text{m}$ 级、侧弯 $\leq 1/1000\text{mm}$ 的精密带材。国内企业多停留在厚度公差 $\pm 5\mu\text{m}$ 、侧弯 $>3/1000\text{mm}$ 水平，且合金种类有限。		
技术难题概述	①研究塑性加工过程对材料组织与性能的演变规律以及加工硬化机制，建立“成分-组织-缺陷-性能”的关系；②研究多级热处理退火工艺，揭示多道次退火过程动态再结晶与静态再结晶机制，细化晶粒，消除加工硬化效应，提高延展性；③建立塑性变形数值模拟仿真模型，研究轧制过程应力场变化规律，揭示宽展变化机制，调控弯曲应力分布；④塑性变形与多道次退火协同调控合金制备过程组织与性能，实现对窄薄带成形性的精准调控，满足力学性能、机械性能、电学性能要求。		
预期目标	尺寸精度（厚度公差 $\pm 1\mu\text{m}$ 级，宽度公差 $\pm 5\mu\text{m}$ 级），表面光洁度（ $R_z < 0.8\mu\text{m}$ ），带材平直，侧弯度 $\leq 1/1000\text{mm}$ 。		
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	可形成高精度贵金属窄薄带材的批量供货能力，替代进口产品，满足微电子、航空航天等领域急需。带动下游连接器、继电器、精密弹簧等产品性能提升，增强我国高端制造业基础材料自主保障能力。		
拟培养研究生情况	硕士/名	3	博士/名 2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	航空发动机热端部件用金属粉末关键技术研究			
需求单位	昆明贵研新材料科技有限公司			
技术需求的背景与意义	航空发动机热端部件（涡轮盘、叶片等）对金属粉末的纯净度、球形度、粒度分布要求极高。国内高端金属粉末仍依赖进口，存在断供风险。本项目突破金属粉末制备关键技术，开发 3-5 种产品并建设中试线，保障航空发动机自主研制。			
国内外研究现状	美国 Carpenter、德国 TLS 等公司在航空级高温合金粉末领域占据主导，采用 VIGA、PREP 等技术。国内钢研总院、航发材院等已实现部分牌号国产化，但批次稳定性和夹杂物控制仍有差距。			
技术难题概述	以国内航空发动机热端部件用金属粉末的巨大需求为牵引，重点突破金属粉末制备关键技术。			
预期目标	开发 3~5 种金属粉末产品，建立用金属粉末制备中试生产线。			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	满足国内航空发动机研制阶段的关键金属粉末需求，突破国外封锁，保障航空发动机热端部件材料供应安全。促进增材制造等先进工艺在航空领域的应用，具有重大国防和战略意义，并带动民用燃机、核能等领域粉末国产化。			
拟培养研究生情况	硕士/名	3	博士/名	2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	超导磁体用 Ag-Au 精密合金低温力学性能研究			
需求单位	昆明贵研新材料科技有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>超导磁体（如 MRI、核聚变装置）在液氮温区（4.2K）至高场（15T）下运行，其稳定体、电流引线等部件需用 Ag-Au 合金。该合金在低温下的力学行为（强度、韧性、疲劳）直接影响磁体安全。本项目通过微合金化设计和组织调控，优化低温力学性能。</p>			
国内外研究现状	<p>国际核聚变实验堆（ITER）项目对 Ag-Au 合金有明确规范。日本住友、美国 ATI 等公司可提供产品。国内超导磁体用 Ag-Au 合金基本依赖进口，低温力学数据匮乏，合金设计基础薄弱。</p>			
技术难题概述	<p>①精准控制合金成分，微合金化设计 Ag-Au-X（X=Cu, Pt, Zr 等）多元合金体系，调控铸造凝固组织均匀化和纯净度，抑制晶界偏析，构建成分-工艺-性能关联关系；②研究多道次冷轧变形计分段退火对晶粒取向等组织演变的影响规律，调控超导相织构；③研究热处理过程相组成、微观结构及组织演变对载流性能等的影响。</p>			
预期目标	<p>温度范围 1.5K~77K（液氮至液氮温区），磁场强度 0~15T（超导磁体集成）；低温原位拉伸/压缩/疲劳测试（应变率 $10^{-6} \sim 10^{-2} \text{s}^{-1}$）新技术推广应用。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>建立 Ag-Au 合金低温力学性能数据库，支撑国产超导磁体自主设计，合金成本明显降低。应用于核聚变、高能物理等大科学装置及高端 MRI 医疗设备，具有重要战略价值。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	3	博士/名	2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	低压电器用高性能铜基复合触头材料产业化			
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>低压电器（接触器、断路器）中的触头材料要求高导电、耐电弧、抗熔焊。传统银基触头（AgCdO、AgSnO₂）成本高，铜基触头（Cu-C、Cu-WC）具有成本优势，但易氧化形成不导电层。本项目开发新型铜基复合触头材料，通过双复合材料设计解决氧化难题。</p>			
国内外研究现状	<p>国际低压电器巨头如 ABB、西门子已广泛使用 Cu-C 复合材料，Ag 含量可低至 15% 以下。国内铜基触头材料仍存在接触电阻不稳定、寿命短问题，高端市场被进口占据。</p>			
技术难题概述	<p>针对铜基触头材料在空气中易氧化形成不导电层的技术瓶颈，重点开发具有优异抗氧化性能的新型铜基复合触头材料。基于公司数十年在铜基触头材料领域的技术积累，项目将突破高性能铜基复合触头材料的关键制备工艺，开发双复合材料触点和高性能复合材料触点等系列产品。</p>			
预期目标	<p>Ag 含量 ≤ 25wt%，C 含量 ≤ 5wt%，密度 ≥ 8.30g/cm³，硬度 ≥ 65HB，电阻率 ≤ 3.40 μΩ · cm。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>相比银基触头，铜基复合触头材料成本大幅降低，按年产量计算可节约可观成本。推动低压电器行业绿色化、低成本化，提升国产产品竞争力。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	4	博士/名	3

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	高精度高性能新型金属复合材料			
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>金属复合材料（如 Cu/Ni/Cu、Al/Cu、SUS/Cu 等）广泛应用于电池连接片、散热器、电磁屏蔽等领域。国内高端宽幅（$\geq 300\text{mm}$）、超薄（0.03mm）复合材料依赖进口，国产产品在板形、公差、覆层均匀性方面存在差距。本项目实现 10 余种复合材料国产化批量生产。</p>			
国内外研究现状	<p>日本日立金属、美国 EMS 等公司可生产宽度 350mm、厚度 0.03mm 的高精度复合材料，侧弯 $\leq 1\text{mm/m}$。国内企业多限于宽度 150mm 以下，且覆层比例控制精度不足。</p>			
技术难题概述	<p>重点研发宽度 300mm 以上、最薄 0.03mm 的高精度复合材料批量生产工艺，实现 Cu/Ni/Cu、Al/Cu、Ni/Cu、Ni/Cu/Ni、SUS/Cu/SUS、Cu/kov/Cu、Ni/Al/Ni、SUS/Al、Cu/SUS/Ni、Al/SUS/Ni 等 10 余种复合材料的国产化生产。</p>			
预期目标	<p>厚度范围 $0.03\text{-}1.0\text{mm}$，宽度 $150\text{-}350\text{mm}$，板形平直度（侧弯 $\leq 3\text{mm/m}$），厚度公差 $\pm 8\%$，宽度公差 $\pm 0.2\text{mm}$，覆层比例 $5\%\text{-}50\%$。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>实现宽幅超薄金属复合材料国产化，价格比进口明显降低，年产值可观。应用于新能源汽车、5G 基站散热器等，支撑战略性新兴产业发展。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	4	博士/名	3

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	集成电路用高性能金属键合丝制备关键技术研究及产业化示范		
需求单位	贵研半导体材料（云南）有限公司		
技术需求的背景与意义	<p>1.集成电路封装用键合丝正从金丝向铜丝、镀钯铜丝、金钯铜丝方向发展，以降低成本并提升性能。超薄复层镀层（镀钯、镀金）技术是核心，国产产品在镀层均匀性、键合可靠性方面仍有差距。本项目开发连续电镀工艺及键合应用技术。</p> <p>2.功率器件（IGBT、MOSFET）封装中，铝键合丝是主流互连材料，要求高断裂负荷、合适延伸率、低电阻率。国内高性能铝丝（尤其是细径$\phi 25\mu\text{m}$及铝带）仍依赖进口。本项目开发微合金化及微细线材加工技术，建设产业化示范线。</p>		
国内外研究现状	<p>1.日本田中、日铁、韩国MK电子等占据高端键合丝市场，镀钯铜丝钯层厚度可控制在$\pm 0.02\mu\text{m}$内。国内部分企业已能生产镀钯铜丝，但在超细（$\phi 15-25\mu\text{m}$）产品上稳定性不足</p> <p>2.德国贺利氏、日本新日铁等公司的键合铝丝占据高端市场，纯铝丝断裂负荷可达120cN（$\phi 125\mu\text{m}$）。国内产品断裂负荷多在$80-100\text{cN}$，细径丝（$\phi 25\mu\text{m}$）和铝带（$<0.3\text{mm}$厚）生产技术薄弱。</p>		
技术难题概述	<p>1.以镀钯铜丝和金钯铜丝为研究对象，开展连续电镀工艺研究及其应用性能研究，通过镀液浓度、电流强度及走线速度等工艺参数对镀层厚度、均匀性的影响研究，退火温度、时间等对界面结构、界面结合强度等的影响研究，键合丝拉断力、延伸率、熔断电流等物理性能与线材组织结构的关系研究，键合丝成球形、键合界面组织性能研究等，开发集成电路用超薄复层镀钯铜丝及金钯铜丝批量制备成套技术和产品。</p> <p>2.通过微合金元素对材料铸棒微观组织的影响研究、微细线材塑性加工研究，微细线材组织结构与性能研究等，开发功率器件用高性能键合铝丝制备技术及系列产品，并开展产业化示范线建设。</p>		
预期目标	<p>1.钯铜：拉断力（cN）$>4.5\text{g}$、延伸率$4-16\%$、电阻率$\leq 3.5\mu\Omega\cdot\text{cm}$、熔断电流$400-410\text{mA}$；金钯铜：拉断力（cN）$>6.0\text{g}$、延伸率$6-20\%$、电阻率$\leq 2.0\mu\Omega\cdot\text{cm}$、熔断电流$520-550\text{mA}$。</p> <p>2.开发至少3种铝键合材料产品，性能达到如下指标：纯铝丝：Al$\geq 99.99\%$，断裂负荷$\geq 100\text{cN}$、延伸率$5-15\%$（$\phi 125\mu\text{m}$），电阻率$\leq 2.8\mu\Omega\cdot\text{cm}$；铝合金丝：Al$\geq 99\%$，断裂负荷$\geq 13\text{cN}$、延伸率$1-4\%$（$\phi 25\mu\text{m}$），米电阻$\leq 60\Omega/\text{m}$；键合铝带，厚度$\leq 0.3\text{mm}$，宽度$\leq 2\text{mm}$，断裂负荷$\geq 1800\text{cN}$、延伸率$\geq 10\%$（$0.3\text{mm}\times 1.0\text{mm}$），电阻率$\leq 2.8\mu\Omega\cdot\text{cm}$。</p>		
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	建设国内领先的键合丝材示范线，满足国内功率器件、集成电路封装需求，替代进口节约大量成本。提升功率器件、集成电路封装可靠性，支撑新能源汽车、光伏逆变器、集成电路产业发展		
拟培养研究生情况	硕士/名	3	博士/名 3

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	高纯稀贵金属靶材晶粒尺寸与取向调控关键技术及产业化应用研究			
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>半导体溅射靶材对稀贵金属靶材的晶粒尺寸和取向有严格要求，晶粒过粗或不均匀会导致薄膜沉积速率和均匀性下降。高纯金、钨、钽等靶材（$\geq 4N5$）的晶粒组织调控是技术难点。</p>			
国内外研究现状	<p>日本田中、日矿金属、美国霍尼韦尔等公司在稀贵金属溅射靶材领域技术领先。国内企业多采用铸造+轧制工艺，且批次稳定性差。</p>			
技术难题概述	<p>针对高纯金、钨、钽等溅射靶材，通过热加工变形发生动态再结晶，结合热处理再结晶实现靶材晶粒尺寸取向控制，研究初始晶粒尺寸及取向、轧制温度、变形量、变形速率、变形方向、热处理温度及时间等因素对靶材微观组织的影响，分析热处理参数、变形织构等与再结晶形核、生长及再结晶织构内在关联。开发出晶粒细小均匀的稀贵金属溅射靶材产品。</p>			
预期目标	<p>攻克 4N5 级及以上高纯金、钨、钽靶材的制备关键技术；平均晶粒尺寸 $\leq 100\mu\text{m}$，最大晶粒尺寸 $\leq 150\mu\text{m}$。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>实现高纯金、钨、钽靶材国产化，替代进口，每公斤成本显著下降。支撑半导体、显示面板产业自主可控，提升溅射薄膜质量。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	6	博士/名	5

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	高频通讯用叠层内电极和端电极贵金属浆料研究			
需求单位	贵研电子材料（云南）有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>多层陶瓷电容器（MLCC）、LTCC滤波器等高频通讯器件需要内电极和端电极银浆。国产银浆在高固含、细线条印刷、共烧匹配性等方面存在不足，高端产品被杜邦、住友等垄断。本项目研究银粉特性、玻璃相设计及印刷工艺。</p>			
国内外研究现状	<p>美国杜邦、日本住友金属矿山、昭荣化学等占据高端银浆市场，产品可满足01005尺寸MLCC要求。国内银浆在细度（$<13\mu\text{m}$）、粘度稳定性、电镀抗腐蚀性上仍有差距。</p>			
技术难题概述	<p>研究银层结构和银层与基材界面结合，建立银粉特性与烧结指数的关系，开发适合于叠层共烧银浆使用高活性银粉；实现对高固含浆料体系的成浆化，以及多层材料印刷过程中的对准精度和转移印图案饱满度；研究玻璃相和无机添加物成分与瓷介质材料的匹配性，减小无机粘结相对界面接触电阻影响，提高电镀层连续性和电镀效率；理解材料组分—结构—性能之间的定性与定量关系，实现成分和结构的精准设计和性能调控。</p>			
预期目标	<p>粘度：34-42Pa·S；细度：$<13\mu\text{m}$；固含量：$76\pm 3\%$；粘度变化：$\leq 5\text{Pa}\cdot\text{S}$；电镀抗腐蚀：不腐蚀。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>国产高端银浆价格可比进口明显降低，按年需求计算可节约大量成本。打破国外垄断，保障5G通讯、车规级MLCC产业链安全。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	1	博士/名	2

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	贵金属催化材料 AI 实验室“智能大脑”-垂直大模型开发			
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司			
技术需求的背景与意义	<p>智能实验室的核心是“智能大脑”——面向贵金属催化材料的垂直大模型。该模型需融合知识图谱、计算模拟、实验数据、文献等多模态信息，实现智能设计、工艺优化和实时决策。本项目开发参数量≥ 50亿的垂直大模型及轻量化边缘部署版本。</p>			
国内外研究现状	<p>国外有 Google Materials Project、IBM RXN for Chemistry 等。国内在通用大模型（如盘古、文心）基础上，材料领域垂类模型尚处探索阶段，贵金属催化方向空白。</p>			
技术难题概述	<p>聚焦贵金属垂直大模型的开发，首先整合多模态数据，包括前期构建的知识图谱（成分-工艺-性能关系）、高通量计算模拟结果、实验数据及专业文献/专利文本，构建统一语义表征；其次设计多模态预训练框架，基于 Transformer 架构开发混合编码器，融合图神经网络（知识图谱嵌入）、文本编码器（文献解析）、分子式编码器（结构生成）及数值编码器（实验参数处理），通过跨模态对比学习与知识图谱补全任务，实现文本、分子式、数值及图像数据的深度关联与特征融合，并通过领域自适应预训练注入材料科学规律，确保模型输出具有科学一致性；同步开发自动化特征工程与动态实验设计，利用高通量计算与实验数据自动生成并筛选关键特征，优化材料成分与工艺参数；同时设计轻量化部署方案，采用知识蒸馏、剪枝与量化技术，将百亿参数大模型压缩至适配边缘设备的版本，支持实时决策与调控；并通过在线反馈机制持续优化性能，形成“数据-模型-实验”闭环的智能研发生态。</p>			
预期目标	<p>完成贵金属催化材料垂直大模型 1 套，模型参数量≥ 50亿，支持文本、分子式、数值及图像数据的多模态融合分析，跨模态关联准确率$\geq 85\%$；开发轻量化边缘部署模型 1 套，压缩率$\geq 80\%$，推理速度≤ 0.5秒/样本，适配至少 3 类高通量实验设备。</p>			
企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益	<p>垂直大模型可大幅缩短催化材料研发周期，从“试错”转向“按需设计”。预计每年可辅助开发多种新催化材料，节省大量研发经费。轻量化版本可嵌入高通量设备，实现实时工艺调控，显著提升实验成功率。</p>			
拟培养研究生情况	硕士/名	4	博士/名	3

有色金属领域重点科技攻关技术需求信息表

需求名称	医用纳米晶铂合金关键制备技术及应用
需求单位	云南省贵金属新材料控股集团股份有限公司
技术需求的背景与意义	<p>本项目聚焦的高端医用纳米晶铂合金材料，是脑机接口与高端心血管植介入器械（如微创介入超薄显影环、高通量微电极等）不可替代的核心底层关键材料。当前，随着人口老龄化加剧，我国心脑血管及神经系统疾病微创治疗需求催生了数百亿规模的高端医疗器械市场。然而，该核心材料的核心深加工技术长期被海外寡头绝对垄断，严重制约了国家产业链的安全与自主可控。本项目立足国家医疗器械产业链安全与人民生命健康的重大战略需求，依托我省在贵金属新材料领域的产业优势，开展纳米晶铂合金的工程化制备攻关。本项目的实施不仅能彻底打破海外技术封锁与断供隐患，更能强势带动我省及我国传统贵金属冶金向高附加值、高技术壁垒的尖端医疗精密制造价值链顶端跃迁，对推动新材料产业转型升级具有重大且紧迫的战略意义。</p>
国内外研究现状	<p>当前，高端医用铂合金材料的核心深加工技术被日本田中、德国贺利氏等海外寡头绝对垄断。国外在医用铂合金管、丝材的制备上起步早，占据了高端植介入与神经调控应用市场的主导地位。相比之下，国内该类材料在纳米晶调控机制上缺乏系统研究，尚未建立成熟的工程化制备体系。国产材料在组织调控、力学性能、电学性能、加工性能与疲劳寿命上，与国际顶尖水平存在显著差距。这种差距的根源在于纳米晶铂合金极细加工面临的冶金微缺陷放大、热力学极易失稳等挑战。虽然国内高端医疗器械市场呈高速增长态势，但底层材料严重依赖进口。项目前期团队已剖析进口材料并攻克了多联熔炼提纯工艺，验证了形变纳米化的可行性。本项目的开展将全面填补我国医用纳米晶铂合金工程化制备的学术与产业空白，具有广阔的国产替代前景。</p>

<p>技术难题概述</p>	<p>本项目面向脑机接口及心血管植入高端医疗器械的应用场景，重点攻克铂合金纳米化极难跨越的三大技术瓶颈。一是冶金与加工瓶颈：铂合金极高的加工硬化率导致极细尺寸加工极易发生脆断，微缺陷在微米级极限形变中会被致命放大；二是热力学瓶颈：铂合金极高的扩散激活能导致退火弛豫窗口极窄，极小特征尺寸下高能纳米晶极易异常粗化失稳；三是化学瓶颈：铂合金的强惰性令传统的间隙原子晶界钉扎策略彻底失效。</p> <p>期望通过科技创新，依托“多联熔炼-微合金化-形变纳米化”全链条攻关，重点解决微尺寸大塑性变形中的纳米晶演化规律，以及极小特征尺寸下铂合金高能纳米晶界的热力学失稳与强韧协同机制，突破极细管丝材成型中“强塑互斥”的技术壁垒。</p>			
<p>预期目标</p>	<p>本项目攻关后，将全面突破极微细尺度成型的“强塑互斥”及极端纯净度控制等科学瓶颈，建立完全自主可控的高端纳米晶铂合金成套工程化制备体系。核心目标包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.铂合金杂质含量<0.2%，铸锭致密度>99%，在5 μm标尺下合金铸锭无缺陷； 2.铂合金铸锭晶粒度≥2级，硬度>140HV； 3.连续3批次以上铂合金铸锭满足晶粒度、致密度和硬度等要求，铸锭成品率大于85%，损耗≤1% 4.稳定量产纳米级铂合金超细丝材及细径薄壁管材，晶粒度≥14级，抗拉强度≥1300MPa，物理性能、表面质量等满足医疗行业应用要求。 			
<p>企业或单位承接转化后预期的经济、社会效益</p>	<p>依托贵金属集团雄厚的产业化能力，项目将建成1条年产能500万米高端纳米铂合金丝、管材料示范线。执行期内预期带动新增产值5000万元以上，并借力百亿级高值耗材国产替代市场，创造持续的高额经济增量。</p> <p>项目开展将彻底打破海外寡头对核心底层基础材料的绝对垄断，切实筑牢我国高端医疗装备产业链与人民生命健康安全底座。强势赋能国产高值医疗耗材自主创新，提升我国新材料及医疗器械产业的全球竞争力。</p>			
<p>拟培养研究生情况</p>	<p>硕士/名</p>	<p>3</p>	<p>博士/名</p>	<p>3</p>