《有色金属再生原料智能识别技术要求》编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

根据国家标准化管理委员会推荐性国家标准制修订计划的安排，《有色金属再生原料智能识别技术要求》由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口，主管部门为中国有色金属工业协会，项目计划编号以国家标准化管理委员会正式下达文件为准。

本文件标准化对象为基于人工智能的有色金属再生原料智能识别系统，主要规定再生有色金属原料（包括但不限于废铜、废铝、废铅、废锌等）在图像采集、预处理、前景分割、品类识别、夹杂物检测、信息处理等环节的技术要求与性能验证方法。

2. 制定背景

有色金属再生资源高效、高值化利用是我国落实"双碳"战略、保障战略性矿产资源安全、构建绿色低碳循环经济体系的关键路径。我国有色金属矿产资源对外依存度高，国内社会累计积蓄量已超过 8 亿吨，但再生金属利用率与国际先进水平存在显著差距，以废铜、废铝为例，我国利用率分别约为 29%和 18%，远低于欧美、日本等国家普遍超过 45%的水平。差距的核心瓶颈在于前端原料识别、分选的精细化与标准化程度不足。

当前行业普遍依赖人工目视、手感和简单工具对再生原料进行分类、定级与杂质筛查，存在主观依赖性强、效率与规模不匹配、密闭容器和爆炸物等安全风险高、检验数据难以追溯等突出问题。人工智能计算机视觉技术已在再生资源行业得到成功验证，工程实践表明 AI 智能分拣系统可将分拣效率提升 6 倍以上。制定统一的智能识别技术标准，是推动再生金属产业从劳动密集型、经验驱动型向技术密集型、数据驱动型转变的必然要求。

本项目是贯彻落实《国家标准化发展纲要》《"十四五"原材料工业发展规划》《"十四五"智能制造发展规划》《"十四五"循环经济发展规划》以及《标准提升引领原材

料工业优化升级行动方案（2025—2027 年）》等文件精神的具体举措，旨在填补国内外在"人工智能+再生金属质检"交叉领域的标准空白。

3. 起草过程

（1）预研与立项阶段（2025 年）。牵头单位在长期开展再生金属 AI 智能识别技术研发和工程化应用的基础上，系统梳理国内外相关技术、标准和产业现状，编制完成《国家标准项目建议书》和《项目申报书》，经全国有色金属标准化技术委员会论证后推荐立项。

（2）起草组成立与启动阶段（2026 年 1 月—2026 年 3 月）。项目立项后，牵头单位联合主要发起单位、核心技术支持单位、典型再生金属回收加工与冶炼企业、检测机构及科研院所，成立标准起草工作组，召开启动会议，明确任务分工，确定标准框架和技术路线，形成标准草案大纲。

（3）草案编写与内部研讨阶段（2026 年 4 月—2026 年 9 月）。起草组按照分工开展标准条文编写，同步开展算法性能验证测试和现场对比试验，先后召开 2—3 次内部专题研讨会，对术语定义、系统架构、性能指标、测试方法等关键内容反复研讨修改，形成标准草案（征求意见稿）及本编制说明。

（4）公开征求意见阶段（2026 年 10 月—2027 年 1 月）。通过全国标准信息公共服务平台等渠道向社会公开征求意见，征求意见期限不少于 60 日，并定向向相关生产企业、使用单位、检验机构、科研院所和行业协会征求意见。起草组对反馈意见逐条汇总、分析和处理，形成征求意见汇总处理表，据此修改形成标准草案（送审稿）。

（5）技术审查与报批阶段（2027 年 2 月—2027 年 5 月）。由全国有色金属标准化技术委员会组织召开标准审查会，对送审稿进行技术审查。起草组根据审查意见修改完善，形成标准草案（报批稿）及全套报批材料，报国家标准化管理委员会审批、编号和发布。

4. 起草单位、起草人及分工

本文件由杭州天眼智联科技有限公司牵头，联合中国资源循环集团有色金属投资有限公司、江西铜业再生资源有限公司、宁波金田铜业(集团)股份有限公司、肇庆市大正铝业有限公司。主要起草人及分工见表 1。

表 1 主要起草人及分工

起草人	单位	主要分工
周媛	杭州天眼智联科技有限公司	统筹标准制定工作，确定标准整体框架和技术路线，主要技术内容编写，标准全文统稿、审查，对外协调与意见处理
谭天	杭州天眼智联科技有限公司	智能识别算法性能指标确定，试验验证组织与数据分析
王强	中国资源循环集团有色金属投资有限公司	再生金属产业调研，应用场景梳理，产业意见征集
李罡	江西铜业再生资源有限公司	工厂现场验证，企业应用反馈与测试
黄一夫	江西铜业再生资源有限公司	工厂现场验证，企业应用反馈与测试
郭巍	宁波金田铜业(集团)股份有限公司	工厂现场验证，企业应用反馈与测试
简力	肇庆市大正铝业有限公司	工厂现场验证，企业应用反馈与测试
刘君	肇庆市大正铝业有限公司	工厂现场验证，企业应用反馈与测试

其他参与单位和起草人参与本文件编制过程的内容讨论、意见整理和试验验证等工作。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

1. 标准编制原则

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草，编制过程中遵循以下原则：

（1）科学性原则。本文件以再生有色金属原料 AI 智能识别领域的技术成熟度和大量工程实践数据为基础，所规定的功能要求、性能指标和测试方法均经过现场验证，指标取值兼顾技术先进性和产业可实现性。

（2）协调性原则。本文件与现行再生有色金属原料产品标准（如 GB/T 38470—2023《再生铜合金原料》、GB/T 38471—2023《再生铜原料》、GB/T 38472—2023《再生铸造铝合金原料》、GB/T 40382—2021《再生变形铝原料》、GB/T 40386—2021《再生纯铝原料》等）相协调，是上述产品标准在智能检验方法层面的延伸和支撑。

（3）可操作性原则。本文件面向再生金属回收、加工、冶炼企业和检验机构的实际业务需求，规定的图像采集规范、识别流程、性能指标和测试方法可直接用于指导系统建设、验收和运行评价。

（4）引导性原则。本文件将我国在再生金属 AI 智能识别领域领先的工程实践转化为国家通用技术要求，引导行业从人工检验向智能化、数字化检验升级。

2. 标准主要内容及其确定依据

本文件主要技术内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、有色金属再生原料智能分类与检验系统功能要求等部分。

（1）范围。规定了基于人工智能的有色金属再生原料进行智能分类、杂质识别的术语和定义、技术框架、功能要求、检验流程、数据管理和系统性能验证方法；适用于有色金属再生原料加工基地、回收企业、冶炼企业及相关检验机构利用人工智能技术进行原料的自动化分类与检验。

（2）规范性引用文件。引用 GB/T 1.1、GB/T 1.2、GB/T 19001、GB/T 20861 以及 GB/T 38470—2023、GB/T 38471—2023、GB/T 38472—2023、GB/T 40382—2021、GB/T 40386—2021 等再生金属原料国家标准，以保证术语、原料分类和技术要求与现行标准体系保持一致。

（3）术语和定义。在 GB/T 20861《废弃产品回收利用术语》等基础上，结合 AI 智能识别场景，界定了基础金属、待回收物、可回收基础金属、禁回收物、杂质、杂金、智能分类、杂质识别等 14 项术语和定义。

（4）系统构成与框架。规定系统由硬件单元（图像采集设备、计算单元）和软件单元（AI 算法引擎、数据管理平台、人机交互界面）构成，整体划分为图像获取、图像预处理、智能前景分割、智能品类识别、智能夹杂物检测和信息处理六个模块。

（5）功能要求。针对六个模块分别规定功能要求：支持 JPEG/GIF/PNG/TIFF/BMP 等常见图片格式、主体区域图像分辨率不低于 1920×1080；针对废铜、废铝、废铅、废锌四类主要再生金属规定采集要点；支持 200 种以上品类识别；支持违禁物品、危废、非金属夹杂物和非金属涂层检测；输出结构化信息。

（6）性能要求。规定输入图像最小分辨率 1920×1080，前景区域面积占比不低于 80%，单批次平均响应时间不超过 10 s（分类识别不超过 5 s），品类识别准确率不低于 90%；夹杂物检测性能按类型分别规定准确率和召回率，具体见表 2。

表 2 智能夹杂物检测系统中对不同品类夹杂物的性能要求

夹杂物类型	夹杂物描述	准确率	召回率
违禁品	爆炸物、密闭容器等违禁物品	≥85%	≥90%
危废	线路板、油污等危险废物	≥85%	≥90%
非金属夹杂物	塑料、橡胶等非金属夹杂物	≥85%	≥90%
非金属涂层	油漆、漆包线等非金属涂层	≥85%	≥90%

（7）系统测试。规定测试完整流程，包括确定系统质量目标、构建测试数据集、搭建测试环境、选择测试指标、执行测试步骤和评价测试结果。测试数据集应覆盖 200 种以上品类，总图像不低于 10 万张，每种原料测试图片不少于 50 张，并包含加噪、旋转、缩放、轻微运动模糊等低质量图像以检验鲁棒性。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

1. 试验验证情况

本文件所规定的技术指标主要依据牵头单位在再生有色金属 AI 智能识别领域长期研发和工程化应用积累的数据确定。牵头单位已积累涵盖再生铜、再生铝、再生铅、再生锌等主要有色金属再生原料的海量图像数据和识别样本，建立了专业的行业知识库。

基于深度学习的计算机视觉识别技术目前已达到 TRL 7—8 级，工程实践表明 AI 智能分拣系统可将分拣效率提升 6 倍以上，材质识别准确率稳定在 97%以上。本文件中品类识别准确率不低于 90%、夹杂物准确率不低于 85%、召回率不低于 90%等指标，是在现有工程实测数据基础上考虑不同企业、不同现场环境差异后确定的通用性要求。

起草组联合相关下游冶炼和加工企业，在原料入库检验、在线分选和库存盘点等典型场景开展了对比测试，结果表明按照本文件规定建设的智能识别系统，能够稳定替代或辅助人工完成再生原料分类和杂质筛查，识别结果与资深检验人员判断具有较高一致性。

2. 预期效益

（1）经济效益。本文件实施后，可大幅替代高成本、低效率的人工分拣与实验室化验，智能化改造后人工成本显著降低，分拣效率提升数倍；通过精准分类和杂质检

测，提升再生原料纯度和一致性，实现优质优价；标准化的智能识别可大幅降低因人工误判导致的原料错收、错用以及进口退运风险。

（2）社会效益。提升国内再生资源的回收利用效率和品质，增加战略金属有效供给，支撑制造业高质量发展；推动行业从重复性体力劳动向算法运维、系统管理等技术性岗位升级；为政府监管部门提供客观、统一、可追溯的技术判据，提升再生原料市场监管的精准性和公信力。

（3）生态效益。使用再生金属的能耗远低于原生金属，提升再生金属利用率将直接为下游冶炼环节带来显著的碳减排效益；通过本文件严格识别和剔除危险废物、密闭容器、爆炸物等，从源头防范再生金属加工过程中的二次污染和安全生产风险；助力"无废城市"建设，促进城市矿产资源全面循环利用。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

经检索，目前国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）以及 ASTM、CEN 等国外标准化组织均未发布专门针对"人工智能视觉识别有色金属再生原料"的通用技术标准。与本文件相关的国外标准主要包括：

（1）ISO 59014:2024《再生材料 可持续性和可追溯性 原则、要求和指南》。该标准为再生材料可持续管理提供框架性要求，关注管理体系和供应链信息，不涉及具体识别技术，本文件可视为实现该框架中"精准识别与数据采集"底层操作的关键技术标准。

（2）ASTM B1027、ASTM B1028（2024 年发布）。其中 ASTM B1028 为使用手持式 X 射线荧光（XRF）分析仪进行再生铜污染物检测提供指南，基于化学成分分析；本文件基于计算机视觉进行外观形态识别和杂质定位，两者技术路线不同，在应用场景上互补而非重叠。

（3）EN 13920 系列铝废料标准。主要规定基于人工分选的废料类别和交付要求，未涉及智能化自动识别技术，与本文件在技术方法上存在代际差异。

通过对比可见，本文件在技术路线上具有创新性和引领性，整体技术水平达到国际先进，填补了该细分领域的国际标准空白。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本文件在制定过程中未发现可直接对应的国际标准或国外先进标准，因此未采用国际标准。主要原因：

（1）无对应国际标准。ISO、IEC 及 ASTM、CEN 等现有标准中，尚无针对人工智能视觉识别有色金属再生原料的通用技术标准，不存在等同采用（IDT）或修改采用（MOD）国际标准的基础。

（2）技术路线不同。本文件聚焦于利用人工智能计算机视觉技术解决再生原料的快速分类和杂质定位问题，与国际上主流的化学成分分析（如 ASTM XRF 指南）和传统人工分类方法属于不同技术路径，一致性程度为"非等效"（NEQ）。

（3）本文件将我国在该领域领先的工程实践转化为国家技术要求，客观上为未来相关国际标准的制定提供了"中国方案"和实践基础。

按照《国家标准管理办法》关于鼓励对外贸易和国际交流领域国家标准同步制定外文版的要求，本项目同步开展英文翻译和外文版制定工作。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本文件严格遵守《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国循环经济促进法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等法律，以及《国家标准化发展纲要》《"十四五"原材料工业发展规划》《"十四五"智能制造发展规划》《"十四五"循环经济发展规划》《废铜铝加工利用行业规范条件》等政策文件，与国家在战略性矿产资源安全、生态环境保护和安全生产方面的政策导向一致。

本文件与现行再生金属原料产品标准形成配套关系：GB/T 38470—2023、GB/T 38471—2023、GB/T 38472—2023、GB/T 40382—2021、GB/T 40386—2021 等标准规定了再生金属原料的分类和技术要求，本文件则为上述产品标准的符合性检验提供智能化、自动化的检验方法和评价依据。

本文件所规范的智能识别系统在设计、制造和运行过程中，应同时符合机械安全、电气安全、防火防爆、职业健康和环境保护等方面现行强制性国家标准的要求。本文件为推荐性国家标准，不涉及新的强制性条款，与现行强制性标准不存在冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在预研和内部起草阶段，起草组已就标准框架、技术指标等关键内容与全国有色金属标准化技术委员会及主要应用企业进行了沟通，各方对制定本标准的必要

性和主要技术内容达成共识，未出现重大分歧意见。公开征求意见阶段如出现重大分歧意见，起草组将按照《国家标准管理办法》的要求逐条研究、协调处理，并在征求意见汇总处理表中详细说明处理结果和依据。

八、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

（1）组织措施。建议本标准发布后，由全国有色金属标准化技术委员会牵头，联合中国有色金属工业协会和再生金属分会，面向再生有色金属回收、加工、冶炼企业，AI 识别系统供应商和第三方检验机构组织开展宣贯培训。

（2）技术措施。建议企业在新建或改造再生原料检验系统时，按照本文件规定的图像采集规范、性能指标和测试方法进行系统设计、选型和验收；已建成系统可对照本文件开展自查和升级，重点补足测试数据集建设和鲁棒性验证。

（3）过渡期建议。考虑到再生金属企业智能化改造需要一定周期，建议本标准发布后设置不少于 6 个月的实施过渡期，过渡期内企业可结合自身实际逐步完成系统改造和对标。

（4）实施日期建议。建议本标准自发布之日起推荐性实施。

十、其他应当说明的事项

（1）本项目为新制定标准，不涉及对现行国家标准、行业标准的废止或替代。

（2）本项目经费预算总额为人民币 30 万元，全部由牵头单位和参与单位自筹解决，主要用于调研与资料费、技术研究与试验验证费、会议与咨询费、起草与编纂费、管理费及预备费等，不申请国家财政补助经费。

（3）经审查，本文件无限制或者变相限制市场准入和退出、无限制或者变相限制商品要素自由流动、无影响经营者生产经营成本、无影响经营者生产经营行为，不适用于《公平竞争审查条例》第十二条的规定。

（4）本文件在征求意见和审查过程中形成的意见汇总处理表、会议纪要、试验验证报告等材料，将作为标准报批附件一并上报。

《有色金属再生原料智能识别技术要求》

编制工作组

2026 年 9 月