

中国循环经济协会团体标准  
《铝基废材有机涂层热脱除及铝材原级再生  
工艺技术规范》

编制说明  
(征求意见稿)

《铝基废材有机涂层热脱除及铝材原级再生工艺技术规范》编制组

二零二五年九月

## 一、 任务来源、编制背景依据

### （一） 任务来源

我国铝土矿储量仅占全球 3.1%，2024 年氧化铝产量达 8500 万吨，但原料对外依存度超 60%，静态保障年限不足 15 年。与此同时，社会废铝蓄积量持续攀升，预计 2030 年达 8.8 亿吨，形成全球最大的“城市铝矿山”。按 5%年回收率推算，年可回收废铝 4400 万吨，相当于电解铝总产量，再生铝成为保障资源安全的战略选择。随着《铝产业高质量发展方案(2025-2027)》明确 1500 万吨再生铝产能目标，产业转型已进入政策与实践双轮驱动阶段。

然而，传统回收技术正遭遇严峻挑战。大量铝基废材表面的有机涂层形成回收屏障，不仅干扰废铝分选，更在熔炼时引发积炭和有害气体释放。更棘手的是，经历多轮回回收的废铝中合金元素不断富集，迫使优质材料降级使用：我国仅 20%再生铝能实现保级循环，远低于发达国家 50%的水平。近年来，以科博新能源环保研究院（清远）有限公司、酒钢集团、湖北兴劲铝基产业园等一系列企业及园区，发展了铝基废材有机涂层热脱除技术与再生技术，突破了多项技术难题。当前，汇总行业普遍性技术水平，确立铝基废材有机涂层热脱除技术原级再生技术有关指标要求，规范化行业技术发展，具有重要意义。

技术源自 2022 年科博新能源环保研究院（清远）有限公司（以下简称科博）牵头承担的国家重点研发计划《铝基废材有机涂层热脱除金属原级再生技术及装备》，项目通过研发应用深入掌握了铝基废

材有机涂层热脱除金属原级再生成套技术，形成了规范化设备，对行业可达到技术水平具备专业见解。

按照中国循环经济协会的安排，由科博牵头组织主要起草单位成立标准编写小组，小组成员由来自铝基废材有机涂层热脱除原级再生技术装备的研发设计、生产制造、检测、应用的工作人员共同组成。

## （二） 编制背景

本标准的制定具有极强的必要性与充分的可行性。其必要性主要体现在三个方面：一是保障国家资源安全的战略需求。我国铝土矿资源匮乏，对外依存度高，而社会废铝蓄积量巨大，高效回收再生是缓解资源瓶颈的必由之路。二是破解行业技术瓶颈的迫切需求。传统回收方式难以有效处理带涂层的废铝，导致熔炼时产生积炭和有害气体，且再生铝降级使用现象严重，本标准通过规范热脱除技术，旨在从源头提升再生铝品质，推动“保级再生”，实现资源价值最大化。三是规范市场秩序、引领行业高质量发展的现实需求。当前该领域技术装备水平参差不齐，缺乏统一标准，导致产品质量不稳定、环保与安全风险突出，本标准将为设备制造、工艺操作和产品验收提供明确依据，淘汰落后产能，促进公平竞争。其可行性同样坚实：首先，技术基础已成熟。以科博公司为代表的单位已承担国家级研发项目，攻克了热脱除与原级再生的核心技术难题，形成了成熟装备和工艺，为标准提供了可靠的技术实践支撑。其次，行业共识初步形成。标准起草过程汇聚了产学研用多方力量，进行了广泛调研和多次研讨，并对专家意

见进行了吸纳，确保了技术指标的先进性和行业可接受性。最后，与现行体系协调一致。标准编制遵循国家标准化导则，充分参考引用了多项现行的安全、环保、产品质量国家标准，确保了其与现有法律法规和标准体系的兼容性与协同性。综上所述，本标准既是中国铝工业绿色低碳转型的迫切呼唤，也具备了从技术、产业到政策层面的落地条件，实施后将产生显著的经济、环境和社会效益。

### **（三）编制依据**

本标准编制根据 GB/T1.1-2020《标准化工作导则》的规定编写，遵循充分满足市场要求的指导思想，遵循化繁就简的原则，遵循有利于创新发展的原则。

标准编制坚持高起点、严要求与适宜性、可操作性相结合的指导思想。高起点即标准编制所涉及的产品技术指标，应不低于目前国内相关行业标准规定的限量指标。严要求即标准的编制应严格遵循 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》及相关法规的要求进行。适宜性既要充分考虑到本行业的发展现状与特点及对技术指标的设置与限量指标的控制，要有一个适宜的范围与程度，从而提高标准贯彻实施的可操作性。

## **二、 起草单位组成情况及编制组成员名单**

### **（一）起草单位组成**

本标准起草单位：科博新能源环保研究院（清远）有限公司、广东省科学院新材料研究所、广东豪美精密制造有限公司。

## （二）编制组成员名单

本标准主要起草人：黄振、宋东福、郭伟请、熊麒、袁鑫。

## 三、 主要章节内容及说明

### 1、 范围

本文件规定了铝基废材有机涂层热脱除与原级再生工艺技术的工艺要求、技术指标要求、节能安全环保要求，并描述了相应的证实方法。

本文件适用于带有机涂层的铝基废材热脱除的工艺过程以及热脱除所得铝材的原级再生工艺过程控制。适用于废易拉罐、废铝轮毂等废铝材料的自动脱漆与精炼工艺。

### 2、 规范性引用文件

GB5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB 5959.1 电热和电磁设备处理装备的安全 第1部分：通用要求

GB 5959.13 电热设备的安全 第13部分：对具有爆炸性气氛的电热装置的特殊要求

GB10066.1 电热和电磁处理装置的试验方法 第1部分：通用要求

GB10067.1 电热和电磁处理装置基本技术条件 第1部分：通用要求

GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB/T 16856 机械安全 风险评估 实施指南和方法举例

GB 16914 燃气燃烧器具安全技术条件

GB/T 18209.1 机械电气安全 指示、标志和操作 第1部分：关于视觉、听觉和触觉信号的要求

GB/T 18209.2 机械电气安全 指示、标志和操作 第2部分：标志要求

GB/T 18209.3 机械电气安全 指示、标志和操作 第3部分：操作器的位置和操作的要求

GB/T 19670 机械安全 防止意外启动

GB/T 19839 工业燃油燃气燃烧器通用技术条件

**GB/T 20975** 铝及铝合金化学分析方法

GB 31574 再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准

GBZ 158 工作场所职业病危害警示标识

GBZ/T 229.3 工作场所职业病有害因素作业分级 第3部分：高温

HJ 77.2 环境空气和废气 二噁英类的测定

### 3、术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 铝基废材 aluminum based waste materials

以铝及铝合金为主要成分，在社会生产、流通、消费过程中产生的不再具有原使用价值，可以回收利用的物料。

### 3.2 有机涂层 organic coating

通过喷涂、刷涂、辊涂等方法在铝及铝合金表面覆盖的有机材料保护层，如油漆、塑料、橡胶等。

### 3.3 原级再生 same grade recycling

铝基废材经热脱除处理后，转化为与原生材料相同品质和用途的资源化过程。

## 4、工艺要求

### 4.1 工艺原理

4.1.1 铝基废材有机涂层脱除采用热脱除技术。技术原理为近似绝氧气氛下，铝基废材表面附着有机涂层发生热解反应，转化为积炭和挥发气。

4.1.2 铝基废材再生铝的精炼采用熔融分离技术。技术原理为低氧浓度气氛下，铝在600 °C熔融为液态铝，冷却后可得到高纯度再生铝。

4.1.3 图1给出了铝基废材有机涂层热脱除及铝材原级再生的工艺流程。

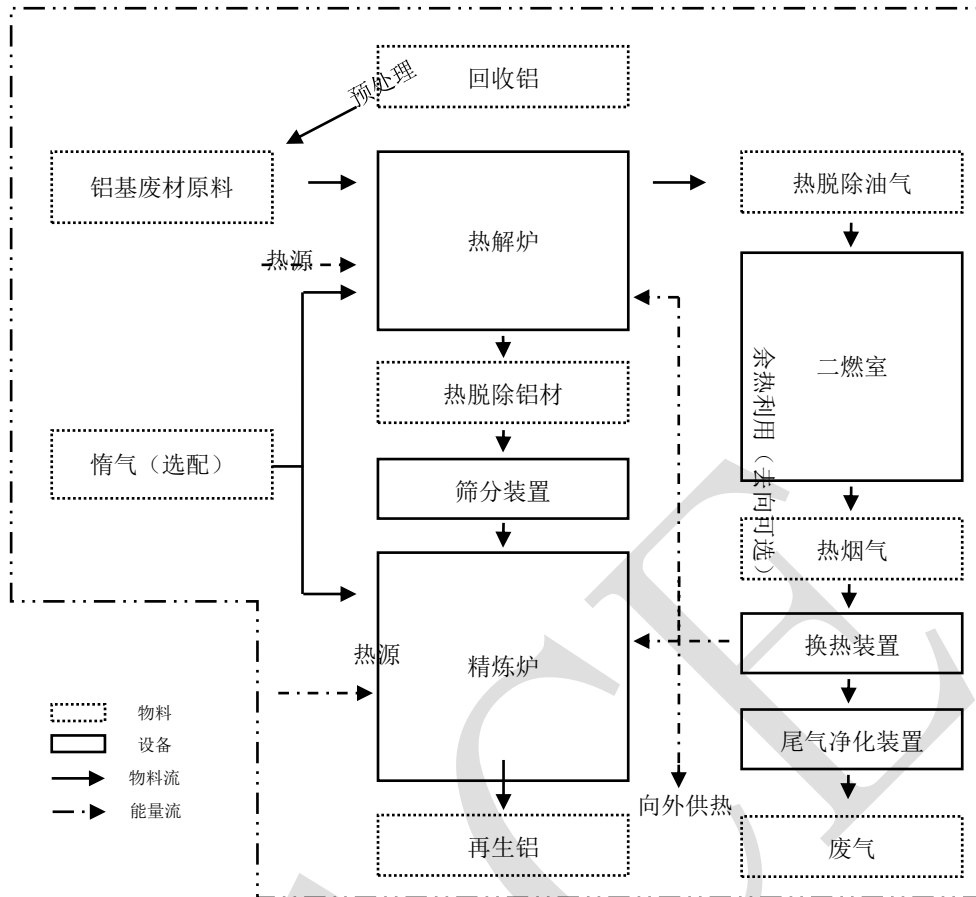


图1 铝基废材有机涂层热脱除及铝材原级再生工艺流程

## 4.2 主要设备及要求

4.2.1 表1给出了铝基废材有机涂层热脱除及铝材原级再生工艺应配备的主要设备及要求

表1 铝基废材有机涂层热脱除及其原级再生工艺主要设备

序号	设备名	设备功能
1	热解炉	维持近似绝氧气氛，加热分解物料的设备
2	二燃室	热脱除尾气在高温和充足空气下充分燃烧分解
3	尾气净化装置	脱除尾气的除尘、氮氧化物等污染
4	振动筛	振动分离热脱除残碳
5	精炼炉	高温加热融化
6	换热器	高温烟气与燃烧废气的能量回收
7	输送机	铝基废材进料与热脱除后铝材的输送

4.2.2 热解炉应配备旋转振荡或机械推板装置，保证铝基废材原

料充分暴露释放热解气。

4.2.3 熔炼炉应配备容器破碎传感器,用于铝液溢出时及时做出反应。

4.2.4 热解炉、熔炼炉、输送机具备应良好气密性,热解和精炼过程应在近似绝氧气氛下进行,工作气氛氧浓度应不高于 5%

## 5、技术指标要求

### 5.1 过程要求

5.1.1 进料原料应为破碎的铝基废材,不应有封闭罐体,水分、铁磁性金属质量分数应不高于 5%。物料 5.1.2 尺寸应不大于 200 mm。

5.1.3 热脱除区温度应精确可控,工作温度不应低于 400℃。

5.1.4 热脱除产生油气应导入二燃室焚烧。

5.1.5 热脱除后铝材应通过筛分等手段分离灰分,再进入精炼炉提纯。

5.1.6 二燃室产生烟气热量应传热利用。

### 5.2 技术指标

5.2.1 产能宜达到 2.5 t/h 以上。

5.2.2 铝基废材有机涂层脱漆率应大于 99.5%。

5.2.3 再生铝金属回收率应大于 98%。

5.2.4 再生铝金属回收纯度应大于 99.5%。

以上指标的计算方法如下:

1) 有机涂层质量分数

有机涂层质量分数按公式 (A.1) 进行计算:

$$w = \frac{m-m_s}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

w —— 有机涂层质量分数, %;

m —— 采样铝基废材质量, 单位为克 (g);

m<sub>s</sub> —— 溶剂浸渍后剩余铝基废材质量, 单位为克 (g)。

## 2) 有机涂层脱除率

有机涂层脱除率按公式 (A.2) 进行计算:

$$D = \frac{M_1-M_2}{wM_1} \times 100\% \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

D —— 有机涂层脱除率, %;

M<sub>1</sub> —— 热解前铝基废材质量, 单位为千克 (kg);

M<sub>2</sub> —— 热解后铝基废材质量, 单位为千克 (kg);

w —— 铝基废材有机涂层质量分数, %。

## 3) 再生金属回收率

再生金属回收率按公式 (A.3) 进行计算

$$R = \frac{M_r W_r}{M_1 W} \times 100\% \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

R —— 再生金属回收率, %;

M<sub>1</sub> —— 热解前铝基废材质量, 单位为千克 (kg);

w —— 热解前铝基废材含铝质量分数, %;

$M_r$ ——再生后回收铝材质量，单位为千克（kg）；

$w_r$ ——再生铝金属纯度，%。

## 6、节能安全环保要求

### 6.1 安全要求

6.1.1 应按照 GBZ 158 规定设置安全警示标志。

6.1.2 技术设备应符合 GB5226.1 中 19.2、19.3、19.4 的规定。

6.1.3 技术设备应有 GB/T 19670 规定的防止意外启动装置，应有 GB/T 15706 规定的急停装置。

6.1.4 设备应具有安全防护所需的文件，包括安装要求、操作说明和维护要求。

6.1.5 采用电热或磁感应加热的设备，应符合 GB5959.1、GB5959.13 的规定。

6.1.6 采用燃油或燃气加热的设备，应符合 GB/T 19839、GB 16914 的规定。

6.1.7 设备运行时产生的热解废渣、焚烧飞灰等，应依据 GB5085.7 鉴别是否为危险废弃物，并委托具备相应资质单位无害化处置。

6.1.8 工作场所温度应满足 GB/Z T229.3 工作场所职业病有害因素作业分级高温要求。

### 节能环保要求

6.2.1 设备应采用降粉尘措施，确保环境、人身、消防安全。

6.2.2 设备应用清洁生产技术或末端治理设备，管控烟尘、废水、

固废、噪声等二次污染。

6.2.3 热脱除释放尾气应满足 GB16297、GB31574 要求,且 NO<sub>x</sub> 含量小于 200 mg/Nm<sup>3</sup>, 二噁英含量小于 0.1 ng/Nm<sup>3</sup>。

6.2.4 热解设备的额定热功率上限不宜超过 800 kW。精炼设备的额定热功率上限不宜超过 1200 kW。

## 7、证实方法

### 7.1 产能测定

准备足量铝基废材, 统计技术设备连续运行 10h, 入料口投入铝基废材总质量应 >25t。

### 7.2 有机涂层质量分数测定

采样选取 500g 铝基废材, 称重后浸泡在丙酮溶剂中, 在高压反应釜加热至 300℃, 充分搅后取烘干后称重, 有机涂层质量分数依据附录 A-1 公式计算。

### 7.3 有机涂层脱除率测定

选取 20kg 铝基废材, 统计热脱除前后铝材质量, 依据附件 A-2 公式计算脱漆率。脱漆率应大于 99.5%。

### 7.4 再生金属回收率测定

选取 20 kg 铝基废材, 统计再生前后铝材中金属铝质量, 根据附件 A-3 公式计算再生金属回收率。再生铝金属回收率应大于 98%。

### 7.5 再生铝金属纯度测定

选取 20 kg 铝基废材, 脱涂装重溶后采用 GB/T 20975 方法测试再生铝金属纯度。再生铝金属纯度应高于 99.5%。

#### 7.6 尾气二噁英浓度测定

采用 HJ 77.2 检测方法检测尾气二噁英含量，二噁英应小于 0.1 ng/Nm<sup>3</sup>。

#### 7.7 设备额定热功率测定

准备足量铝基废材，统计技术设备连续运行 10h 热解设备和精炼设备的能耗。采用电加热或电磁感应加热的设备，以与设备连接的独立电表为准；采用燃油或燃气的设备，以设备消耗的总燃料热值为准。

### 四、 工作进度计划

2025 年 5 月：标准起草阶段，形成工作组讨论稿；

2025 年 7 月：标准立项评审会；

2025 年 7 月 9 日：标准立项批复；

2025 年 7 月-8 月：标准征求意见稿草稿编制；

2025 年 9 月：标准中期评审；

2025 年 9-10 月：标准公开征求意见；

2025 年 10 月-11 月：标准送审稿编制；

2025 年 11 月-12 月：标准审查会；

2025 年 12 月-2026 年 2 月：标准报批、发布。

### 五、 标准编制进展

#### （一）标准起草

2025 年 4 月，针对我国铝基废材回收再生再生铝品质各异、有机涂层脱除比率不统一等现状，鉴于科博新能源环保研究院（清远）

有限公司（以下简称科博）已具备有机涂层热脱除、铝型废材熔融技术及成熟装备，经考察行业平均技术水平与通用热解、精炼技术指标，建议出台铝基废材有机涂层热脱除原级再生技术有关团体标准，并由科博牵头，广东省科学院新材料研究所、广东豪美精密制造有限公司公司参与，成立团体标准工作组。

2025 年 5 月，工作组通过网络调研与走访探查等方式，广泛调研了铝基废材再生技术有关企业、专利和论文，深入发掘了当前涂层热脱除技术原理、实现方式、常见瓶颈、脱除效果及脱除不完全对下游市场影响的行业现状，综合科博现有热解炉、坩埚炉精炼设备，开展了工作内部会议，拟定了团体标准涉及的涂装脱除率、铝回收率等核心指标要求和设备技术要点。

2025 年 6 月，工作组征求组内组外多方意见，增设了多项设备安全、设备使用要点、示例设备构成，参数等内容，并引用了 GB5226，GB5959 等多项具体标准，对标准草案内容进行了规范化，旨在提供透明、公开、清晰的铝基废材涂层热脱除原级再生技术技术结构和要求供广大同行业企业参考遵守。

## （二）标准立项

2025 年 7 月，协会组织召开团体标准立项评审会，邀请标准化专家和行业专家对标准进行技术指导，立项专家意见如下：

（1）标准名称修改为“铝基废材有机涂层热脱除与原级再生工艺技术规范”；

(2) 按照工艺技术规范要求修改适用范围、主要框架及技术要求内容；

(3) 完善编制说明，补充与同类技术对比数据、主要创新性技术指标及来源和依据。

### (三) 立项批复

2025 年 7 月 9 日，中国循环经济协会对《铝基废材有机涂层热脱除与原级再生工艺技术规范》进行立项批复。

### (四) 标准中期评审

(1) 2025 年 9 月 18 日，协会在北京组织召开了标准（征求意见稿草稿）中期评审会，对标准内容进行逐条讨论，形成评审意见：

1) 标准名称修改为《铝基废材有机涂层热脱除及铝材原级再生工艺技术规范》；

2) 按照 GB/T 1.1-2020 标准要求进一步完善文本格式；

3) 完善标准的术语定义、优化标准框架内容、主要技术要求；

4) 补充完善编制说明，补充主要技术指标的来源和依据。

(2) 中期会后按照专家意见对标准内容进行了修改完善，形成了标准征求意见稿。

## 六、 其他需要安排的工作

无。