

团 体 标 准

T/CIECCPA 052—2024

铝电解槽烟气深度净化技术节能 及污染控制标准

Energy saving and pollution control standard for deep purification
technology of pot fume in Aluminum Smelter

2024 - 12 - 09 发布

2024 - 12 - 13 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

CLECCRA

目 次

目 次I

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 铝电解烟气净化一般规定2

 4.1 总体配置2

 4.2 基本设计参数2

 4.3 氧化铝输送和计量3

 4.4 系统设备3

 4.5 排烟管道3

 4.6 烟囱4

 4.7 运行检测和控制4

 4.8 安全规定5

 4.9 节能规定5

 4.10 排放环保指标控制5

5 袋式除尘器5

 5.1 基本要求5

 5.2 滤袋5

 5.3 内部流场6

 5.4 清灰方式6

6 脱硫塔6

7 排烟风机6

前 言

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：贵阳铝镁设计研究院有限公司、山东宏桥新型材料有限公司、聊城信源集团有限公司、广西华磊新材料有限公司、北京铝能清新环境技术有限公司、沈阳铝镁设计研究院有限公司、东北大学设计研究院（有限公司）、青海桥头铝电有限责任公司、大连碧海环保设备有限公司、广元中孚高精铝材有限公司、遵义铝业股份有限公司、青铜峡铝业股份有限公司宁东铝业分公司、陕西有色榆林新材料集团有限责任公司、云南神火铝业有限公司、内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司、曲靖云铝渝鑫铝业有限公司、赤壁长城炭素制品有限公司、浙江洁宇环保设备科技有限公司、北京天凯华尊科技有限公司、北京绿碳循环信息技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：邓翔、杨世勇、崔石磊、李全林、宋世伟、张刚、周虹、黄华文、陈永健、石勇、单选户、吴联盟、宋海琛、赵科松、班允刚、王尚元、郑永龙、李呈君、吴超、栾建、张松江、郭庆峰、邓向辉、刘雷、李刚、秦胜广、马志军、邓旭龙、何创民、邢朝东、高文义、张坤、王锐新、曲士民、姜海超、卢达川、赵津、任行强、张伟骑、颜非亚、闫朝宁、路辉、刘迅、许金生、郝培文、李成功。

本文件为首次发布。

引 言

近几年电解铝槽型趋于大型化，新增生产能力基本上完全采用400KA以上大型预焙槽，世界上最大的600KA预焙槽也已投入生产运行。因电解铝行业在能耗、污染方面的提升空间大，进行铝电解烟气深度净化，降低电解净化系统能耗，实现双碳战略目标，减少生产成本是企业竞争重点之一。电解铝生产中会产生氟化物、硫化物等污染，随着国家对环境保护的重视，对电解铝企业污染物排放的指标要求也将越来越严格。

为了进一步提高铝电解废气治理的水平，达到净化节能的实施效果，制定本规范。

CLECCRA

铝电解槽烟气深度净化技术节能及污染控制标准

1 范围

本文件规定了铝电解槽烟气深度净化系统节能设计及控制，包括脱硫、脱氟系统和设备设计及控制。
本文件适用于新建、扩建和改建的铝电解厂烟气净化系统工程设计。铝电解烟气净化设计，除应符合本文件外，尚应符合国家现行的有关标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第一部分 化学有害因素
- GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值 第二部分 物理因素
- GB 3095 环境空气质量标准
- GB 19761 通风机能效限定值及能效等级
- GB 25465 铝工业污染物排放标准
- GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范
- GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
- GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范
- GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- HJ/T 328 脉冲喷吹类

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1
烟（粉）尘污染源 fume dust source
产生烟（粉）尘的部位。
- 3.2
有害气体 harmful gas
生产过程中散发的对环境造成污染的气体。
- 3.3
电解烟气 pot fume
电解槽在生产过程中产生的工艺废气。
- 3.4
通风 ventilation
采用自然或机械方法，使空气进入或排出房间，以满足卫生、安全等空气环境的技术措施，由排风罩、风机、管道及进排风口等组成。

3.5

铝电解槽烟气净化 pot fume scrubbing

指对铝电解槽生产过程中散发的烟气进行净化治理的技术措施。

3.6

铝电解槽烟气深度净化系统 pot fume deep scrubbing system

指铝电解槽烟气治理的系统工程，由管道、加料反应器、脱硫塔、风机、烟囱、吸附剂输送系统以及系统辅助装置组成。

3.7

袋式除尘器 bag filter

利用由过滤介质制成的袋状或筒状过滤原件来捕集含尘气体中的粉尘及吸附有害气体的固体吸附剂的收尘净化装置。

3.8

脱硫塔 desulfurization absorber

利用吸附剂将烟气中的 SO_2 、 SO_3 等有害物质进行吸附、吸收净化的设备。

3.9

标准状态 normal state

气体在温度为 273.15K (0 °C)，压力为 101.325kPa 的状态。

3.10

反应器 reactor

一种实现反应过程的设备。

3.11

排烟风机 smoke extractor exhaust fan

一种可以将产生的烟气体迅速排走的机械设备。

4 铝电解烟气净化一般规定

4.1 总体配置

4.1.1 铝电解烟气净化流程图（见附录 A）。

4.1.2 系统的总图配置应与新氧化铝供料系统及载氟氧化铝输送系统的一并统筹考虑，每个电解系列可根据生产规模和电解槽操作工区划分为若干个独立的净化系统；每个电解系列宜设置 2~4 套净化系统，宜靠近新氧化铝贮仓。净化区域应保证消防和检修运输通道。

4.1.3 符合总图运输、消防的各项要求及净化系统内部物料输送的要求，符合净化系统施工、安装和设备检修和维护的要求。

4.1.4 净化系统不应影响电解车间厂房的自然通风。

4.2 基本设计参数

4.2.1 新氧化铝的加入量应为电解生产用的新氧化铝除去供给焙烧烟气净化系统的氧化铝外的氧化铝量。新氧化铝的最小用量按其单位比表面积饱和吸氟量 $0.3\text{mg}/\text{m}^2$ 计算。循环氧化铝的加入量宜为新氧化铝加入量的 3~12 倍。

4.2.2 电解槽单槽排烟量应根据工艺专业设计要求确定。电解槽正常生产时排烟量可参照表 1 选取。电解槽进行出铝、换极等槽加工操作时，单槽排烟量应增加 100%以上。

表 1 电解槽单槽排烟量参考表

电解槽型	200kA	300kA	400kA	500kA	600kA
单槽排烟量 (Nm ³ /h)	4500-6000	7000-8000	8000-9000	9000-10000	10000-11000

4.2.3 净化系统总烟气量应包括本系统所有电解槽的排烟量、净化系统的鼓入风量以及系统的漏风量。漏风量包括除尘器、风机等设备和排烟管道的漏风量，漏风系数宜为 2%。净化系统工况下总烟气量和系统阻力应按烟气温度和当地大气压进行修正。残极冷却间、超浓相输送等系统排气接入净化系统时，总烟气量还应包括此烟气量。

4.2.4 系统总阻力损失包括电解槽排烟管道、反应器、除尘器、脱硫塔等设备及烟囱的阻力损失之和。

4.3 氧化铝输送和计量

- 4.3.1 氧化铝水平方向的输送宜采用风动溜槽，氧化铝垂直方向的输送宜采用斗式提升机。
- 4.3.2 新氧化铝向各个反应器的加入量应设有等量分配装置，每个加料点不均衡量宜控制在±10%以内。
- 4.3.3 应设新氧化铝加入量连续在线自动计量和控制装置，显示瞬时值和累计值。

4.4 系统设备

- 4.4.1 反应器的设计，应符合下列要求：
 - a) 满足氧化铝与烟气充分混合、反应效率高、运行阻力损失小、氧化铝破损率低的要求；
 - b) 设备维护简单、维修量小、运行可靠；
 - c) 反应器处管道需满足方便检修拆卸及吊装空间的要求，反应器位置处应设计可观察加料情况如快开孔等装置；
 - d) 反应器加料混合应尽可能避免额外能耗。
- 4.4.2 风动溜槽的配置，应符合下列要求：
 - a) 风动溜槽宜采用多节现场组装方式。每节宜单独设快开手孔，料位视镜、排气口、送气口等。风动溜槽安装坡度宜为 1° ~2° ；
 - b) 风动溜槽宜采用高压离心鼓风机供风，并设置备用风机；风机进风口设空气过滤器和消声器；
 - c) 风动溜槽送风风量按输送板单位面积送风量与溜槽输送板总面积乘积确定，输送板单位面积送风量宜为 1.0-1.5 m³/m² · min。送风风压按送风风管、溜槽帆布输送板、料层送风系统总阻力损失之和确定。选择送风风机时，按计算风量和风压宜再增加 20%的富余量确定；
 - d) 物料在溜槽内流速宜为 0.5m/s~2m/s；
 - e) 溜槽排气应接入净化系统除尘器前管道或单独设置排气过滤装置；
 - f) 氧化铝进入溜槽前应设置去除杂质的过滤装置。

4.5 排烟管道

- 4.5.1 管道形式宜采用圆形，也可采用矩形钢制管。钢制管道应做强度和刚度计算并作加固补强处理。管道直径<1000mm 的烟管壁厚宜为 4mm；直径 1000-2000mm 的烟管壁厚宜为 5mm；直径 2000-3000mm 的烟管壁厚宜为 6mm；直径 3000-4200mm 的烟管壁厚宜为 8mm。管道直径≥1500mm、长度大于 3m 时，应采用角钢或扁钢作为加强筋。
- 4.5.2 当排烟管道的伸缩量大于 50mm 时，应设有热膨胀补偿装置。
- 4.5.3 排烟管道固定处应安装承受推动力的固定支架，其余管道支点应安装活动支架。
- 4.5.4 排烟管道中易积灰的地方应设置清灰人孔和平台，管道上设置的阀门操作高度大于 1m 的应设检修平台。

4.6 烟囱

4.6.1 烟囱的高度，应根据有害物质的绝对排放量、环境空气质量功能区类别、有害物扩散计算确定。应符合国家相关标准的要求。

4.6.2 烟囱出口内径根据烟囱出口烟气量计算确定，烟囱出口处烟气流速，机械排烟一般取 12~15m/s，且不宜低于烟囱出口高度处室外风速的 2.0~2.5 倍。

4.6.3 烟囱有多个进烟口时，宜上下错开。同一截面有多个入口时，烟囱内部应设隔墙，隔墙高度应高于入口管上端 3m 以上。

4.6.4 烟囱在气流平稳段设人工采样孔和采样操作平台，并应设连续在线监测装置。平台宜设梯子，烟囱底部应设清理门，上部设避雷装置。

4.7 运行检测和控制

4.7.1 净化系统监控应采用计算机控制系统。

4.7.2 净化系统进口和出口宜在气流平稳的烟气管道上，分别设永久采样孔及采样操作平台。

4.7.3 净化系统用电设备及监测、控制仪表露天安装时，应设防雨、防尘等防护措施，必要时设操作间。

4.7.4 连锁控制：主排烟风机自带进口阀应由电动执行机构控制，此阀完全关闭时，主排烟风机才能启动，现场和控制室微机显示屏上显示此阀开闭角度。

4.7.5 风机启动停车控制：风机可实现在控制室和现场启停。风机现场控制控制箱应设有“启动”、“停止”、“检修”按钮，在“检修”状态下主控制不能操作。

4.7.6 电动阀控制：除尘器进口和出口电动阀、主排烟风机出口电动阀开闭角度（或开闭状态）显示在控制室微机显示屏上，可现场和控制室控制。

4.7.7 除尘器清灰控制：实现自动、手动两种基本清灰方式清灰，由微机程序控制。

4.7.8 净化系统压力测定装置的设置，应符合下列要求：

- a) 除尘器进口汇总管道、主排烟风机进口管道、高压离心风机出口管道设压力测定装置，现场 和控制室显示；
- b) 每台除尘器设进出口压差测定装置，显示在控制室；
- c) 压缩空气贮气罐出口设压力测定装置，现场和控制室显示；当压力低时报警；脉冲除尘器气包设压力表，现场显示。

4.7.9 净化系统下列测温装置的数据现场和控制室均应显示：

- a) 主排烟风机进烟口管道设烟气测温装置；
- b) 主排烟风机轴承及附电动机三相定子设测温装置，温度高时报警；
- c) 除尘器进口总管设烟气温度测定装置，温度高时报警。

4.7.10 各种风机附电动机的电流值应在控制室微机显示器上显示，超额定电流报警。

4.7.11 主排烟风机设测震装置，超振幅报警。

4.7.12 新氧化铝贮仓和载氟氧化铝贮仓设连续料位计，在控制室微机显示屏上动态模拟其料位高低，并设高、低料位报警。

4.7.13 新氧化铝加入料管、循环氧化铝加入料管、返回氧化铝料管设氧化铝断流检测装置；断流情况模拟显示在控制室微机显示屏上，并报警。

4.7.14 除尘器出口管道(或烟囱) 设 HF 和 SO₂ 在线监测装置，结果即时显示在控制室微机上，超标报警。

4.7.15 除尘器出口管道(或烟囱)应设粉尘监测装置，在线监测出口粉尘浓度，实时显示在控制室微机上，超标报警。

4.7.16 办公室设厂内办公电话，控制室设厂内生产调度电话。现场宜设视频监视系统，显示在总控室。

4.7.17 自动打印净化系统有关运行参数报表，包括新氧化铝的加入量、除尘器的前后压差、烟气温度、

压力值等。

4.8 安全规定

4.8.1 防尘与防毒、防暑与防寒、防噪声与振动、防辐射、辅助用室等应符合《工业企业设计卫生标准》GBZ1-2010、《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ2.1 GBZ2.2 的要求。

4.8.2 净化系统压缩空气储罐和管道以及罗茨鼓风机送风的高压气体管路设安全阀。

4.8.3 除尘器各层平台、风动溜槽平台、风机电机及阀门检修平台和行人楼梯等均设有扶手和防护栏杆并设照明。高处排烟管道及阀门检修时应使用安全带等防护措施。

4.8.4 净化烟道及除尘器等设备外壁较高温度处，操作应设警示牌提示。

4.8.5 主排烟风机可采用设置风机房或外包隔音材料等措施降低噪声。罗茨风机及高压离心风机进出口应设置消音器、隔音罩或隔音房等防噪声措施。

4.9 节能规定

4.9.1 袋式除尘器运行阻力宜控制在 500-800Pa。

4.9.2 脱硫塔运行阻力宜控制在 400-500Pa。

4.9.3 排烟风机电机宜采用永磁电机等高效能电机，电机效率 96%以上。

4.9.4 脱硫塔运行液气比宜控制在 1L/m³ 水平。

4.10 排放环保指标控制

排放环保指标参考电解铝行业分级管控 A 级企业排放要求。

5 袋式除尘器

5.1 基本要求

袋式除尘器的设计选择及配置，应符合下列要求：

5.1.1 宜采用大型组合式脉冲除尘器，满足单台除尘器离线检修时净化系统仍可以正常运行的要求；

5.1.2 基本设计参数应满足：除尘器的漏风量不大于 2%，设备本体耐压强度不小于-5000Pa，密封材料耐温不小于 150℃；

5.1.3 满足操作、换袋及日常维护检修的要求；

5.1.4 除尘器过滤风速宜控制在 0.9~1.2 m/min；

5.1.5 灰斗的强度应按不小于满负荷工况下承载能力的 150%设计，并能保证长期承受系统压力和积灰的重力，灰斗需设人孔。灰斗斜壁与水平面的夹角应大于 50°；

5.1.6 返回载氟氧化铝宜用流态化溢流形式返回；循环氧化铝应设有加入量调节装置，满足循环次数可调、氧化铝破损率低和在除尘器内死循环量少的要求；

5.1.7 清灰用压缩空气宜由厂区压缩空气管网供给，净化系统应设置贮气罐和油水分离器；

5.1.8 袋式除尘器运行阻力宜控制在 500-800Pa。

5.2 滤袋

滤袋设计选择及配置，应符合下列要求：

5.2.1 滤袋材质采用中温复合针刺毡滤料，滤料表面采用精细面层滤料；

5.2.2 滤料厚度 550g/m²；

5.2.3 滤料透气性 10m³/m²·min；

5.2.4 滤料受力：经向 1500N 纬向 2000N；

- 5.2.5 断裂伸长率：经向 19.0% 纬向 20.0%；
- 5.2.6 滤袋结构形式：圆形外滤式；
- 5.2.7 滤袋使用寿命应大于 3a，寿命期内滤袋破损率不应大于 5%。

5.3 内部流场

内部流场应设气固两相流均布措施，应符合下列要求：

- 5.3.1 袋间平均上升气流速度 1-1.2m/s；
- 5.3.2 袋底下方 200mm 范围内局部气流速度<2.8m/s；
- 5.3.3 上升气流气固两相流分布均匀，浓度偏差<20%；
- 5.3.4 滤袋上同一水平面高度附尘厚度偏差<5%；
- 5.3.5 同一滤袋上垂直方向附尘厚度偏差<20%。

5.4 清灰方式

袋式清灰应采用压缩空气脉冲清灰，应符合下列要求：

- 5.4.1 清灰控制方式宜采用排序清灰控制方式；
- 5.4.2 清灰压力 0.25-0.45MPa；
- 5.4.3 脉冲宽度 250-350ms；
- 5.4.4 脉冲间隔 10~60S，脉冲周期 0.5-1.5h。

6 脱硫塔

- 6.1 电解烟气净化脱硫系统流程图（见附录 B）。
- 6.2 循环流化床脱硫塔应有气流循环流动控制措施，设备出口应按流动最优方案进行设计。
- 6.3 脱硫塔内应安装气流均布装置，实现塔内气流均匀上升。
- 6.4 脱硫塔除雾器采用两层平板+一层屋脊（或管束）结构。
- 6.5 脱硫塔喷嘴应采用“实心喷嘴”，每层喷嘴均实现塔内投影面积全覆盖。
- 6.6 脱硫塔宜采用三层喷嘴结构。
- 6.7 脱硫塔设计液气比宜控制在 1-4 l/m³。
- 6.8 脱硫塔内平均上升气流速度宜控制在 2.5-3.5m/s。
- 6.9 脱硫塔除雾器清洗应采取自动喷淋控制。
- 6.10 脱硫塔运行阻力宜控制在 400-500Pa。
- 6.11 脱硫塔运行液气比宜控制在 1L/m³ 水平。

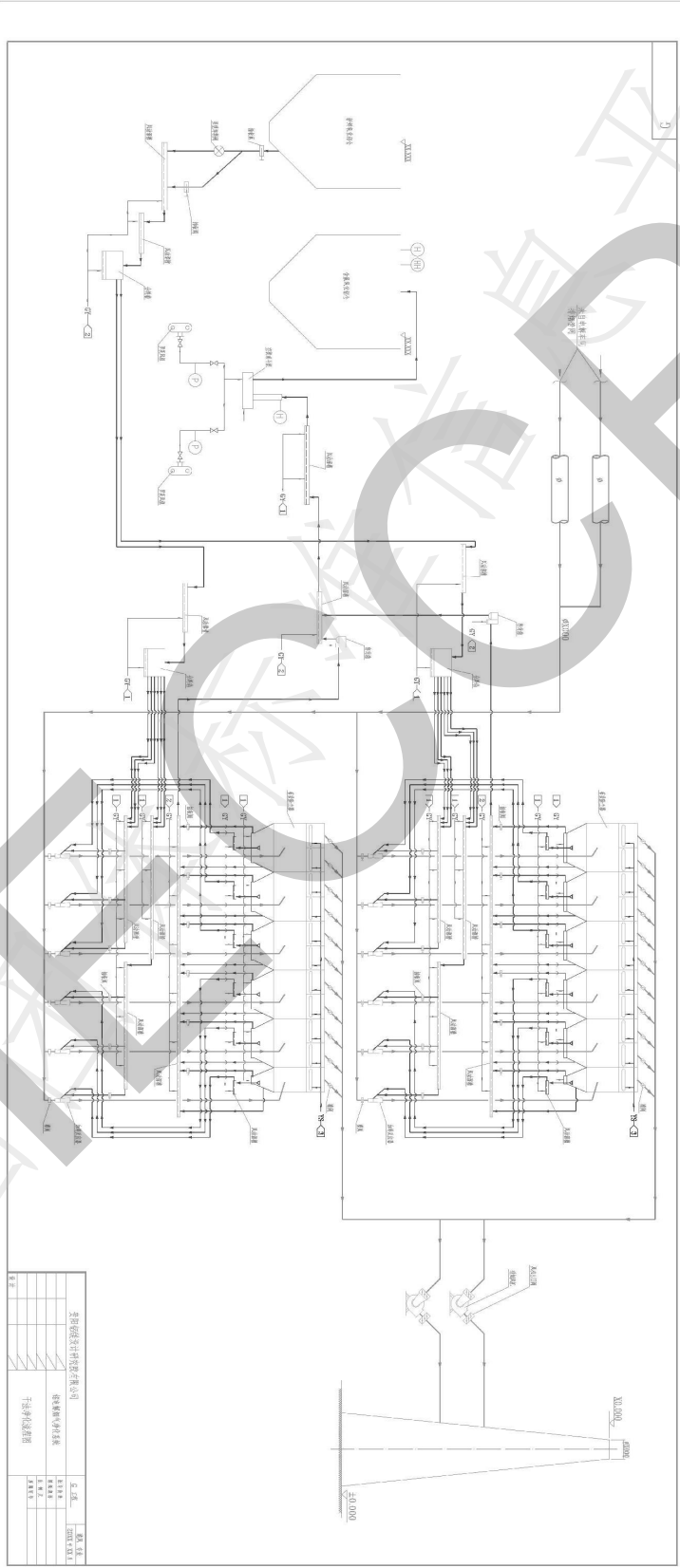
7 排烟风机

- 7.1 根据净化系统所需排烟量、风压、烟气温度、烟气性质确定排烟风机的型号及运行参数，风机计算风量应在系统计算的总风量上附加风管和设备的漏风量，风机选型风量应在风机计算风量上附加 5%。
- 7.2 通风机的压力，当采用定转速通风机时，应在系统计算的压力损失上附加 5%；当采用变频通风机时，应以系统计算的总压力损失作为额定风压，风机电机的功率应在计算值上再附加 10%。
- 7.3 风机应在高效率区运转，运行工作点必须避开风机喘振区域，排烟风机工况点内效率应控制在 85% 以上，新建系统排烟风机电机宜采用永磁电机等高效能电机，电机效率 96% 以上。
- 7.4 风机入口的风量应采用变频控制调节风量。进出口管道应设置切断阀门，以方便检修。№16 以上的

大型风机入口调节阀应采用电动执行机构驱动。

7.5 主排烟风机冷却宜采用风冷。

附录 A
(资料性)
铝电解烟气净化流程图



附录 B
(资料性)
电解烟气净化脱硫系统流程图

