



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 32931—2016

---

## 铝电解烟气氨法脱硫脱氟除尘技术规范

Technical specifications for ammonia-based flue gas desulphurization,  
defluorination and dedusting in aluminum electrolysis process

2016-08-29 发布

2017-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)归口。

本标准负责起草单位：云南冶金集团股份有限公司、云南省亚太环境工程设计研究有限公司、云南铝业股份有限公司。

本标准参加起草单位：云南云铝涌鑫铝业有限公司、四川启明星铝业股份有限公司、山东南山铝业股份有限公司、国电投宁夏青铜峡能源铝业集团有限公司。

本标准主要起草人：田永、臧健、曾子平、高珺、刘应隆、丁吉林、张辉、杨叶伟、苏其军、周锡飞、李勇、程林波、赵瑞敏。

# 铝电解烟气氨法脱硫脱氟除尘技术规范

## 1 范围

本标准规定了铝电解烟气氨法脱硫脱氟除尘技术的要求、检测、判定和处理、过程控制等内容。本标准适用于铝电解烟气经干法净化工艺后,进行氨法脱硫及深度脱氟除尘的工艺。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

- GB 535 硫酸铵
- GB 536 液体无水氨
- GB 2440 尿素
- GB 3559 农业用碳酸氢铵
- GB/T 6009 工业无水硫酸钠
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 15432 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法
- GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
- GB 25465 铝工业污染物排放标准
- YS/T 273.3 冰晶石化学分析方法和物理性能测定方法 第3部分:氟含量的测定
- YS/T 273.4 冰晶石化学分析方法和物理性能测定方法 第4部分:EDTA容量法测定铝含量
- YS/T 273.5 冰晶石化学分析方法和物理性能测定方法 第5部分:火焰原子吸收光谱法测定钠含量
- HJ/T 56 固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法
- HJ/T 67 大气固定污染源 氟化物的测定 离子选择电极法
- HJ/T 76 固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法(试行)
- HJ 533 环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法
- HJ 2001—2010 火电厂烟气脱硫工程技术规范 氨法
- HJ 2033—2013 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程技术规范
- HG/T 2225 工业硫酸铝
- HG/T 2784 工业用亚硫酸铵
- HG/T 2785 工业用亚硫酸氢铵

## 3 术语和定义

HJ 2001—2010 和 HJ 2033—2013 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**铝电解烟气** flue gas from aluminum electrolysis process

铝电解生产过程中含有的二氧化硫、氟化物、颗粒物等的混合物。

注1:本标准指经过以氧化铝为吸附剂干法净化后的废气。

注2:改写 HJ 2033—2013,定义 3.1。

### 3.2

**烟气氨法脱硫、脱氟及除尘 ammonia-based flue gas desulphurization, defluorination and dedusting**

用氨基物质作吸收剂,脱除烟气中的二氧化硫、氟化物及颗粒物,对其产生的副产物(如硫酸铵、氟盐)进行分离回收的工艺。

### 3.3

**吸收剂 absorbent**

用于吸收烟气中二氧化硫及氟化物等物质的反应剂。

注:改写 HJ 2001—2010,定义 3.3。

## 4 要求

### 4.1 总体要求

4.1.1 铝电解烟气经氨法脱硫脱氟除尘后应达到 GB 25465 等国家法律法规、相关标准的要求。

4.1.2 应根据企业的规划及实际情况选择与其生产条件相适应的工艺及设备,应选择安全、环保、节能的工艺和设备。

4.1.3 氨法脱硫脱氟除尘工程设计对象和范围应根据工程进行实际界定,宜包括系统的工艺、设备、土建、电气、控制、消防、暖通、给排水、环境保护、劳动安全卫生等。

4.1.4 氨法脱硫脱氟除尘工艺所需水、电、气等公用工程宜利用企业主体工程设施。

4.1.5 氨法脱硫脱氟除尘工艺应装设符合 HJ/T 76 要求的烟气排放连续监测系统(CEMS)并进行连续检测。

4.1.6 经氨法脱硫脱氟除尘工艺净化后排放烟气中氨含量不大于 10 mg/m<sup>3</sup>。

4.1.7 氨法脱硫脱氟除尘工艺氨(回收)利用率不小于 97%。

### 4.2 铝电解烟气条件的确定

4.2.1 新建铝电解装置建设氨法脱硫脱氟除尘工艺时,烟气设计总风量应取原废气量的 110%~115%。

4.2.2 现有铝电解装置建设氨法脱硫脱氟除尘工艺时,应根据氨法脱硫脱氟除尘工艺入口处实测烟气参数与设计参数结合以确定设计工况和校核工况,并考虑生产工艺及原材料的变化趋势。

4.2.3 氨法脱硫脱氟除尘工艺的烟气中主要污染物有二氧化硫、氟化物和颗粒物,其中颗粒物含量应不影响系统的正常运行。

### 4.3 工艺设计

#### 4.3.1 工艺技术选择

铝电解氨法脱硫脱氟除尘工艺应根据当地吸收剂来源、副产物市场、安全环境等条件进行技术经济比较后确定。

#### 4.3.2 工艺流程

本工艺主要包括湿法氨法脱硫脱氟除尘和副产物分离回收两部分,具体应包含吸收剂存储供给系统、吸收系统、亚盐氧化系统、副产物处理系统。铝电解槽排出的废气经氧化铝干法净化,进入吸收系统脱除二氧化硫、氟化物及颗粒物,最后烟气经除雾器由烟囱排放。脱硫脱氟溶液经亚盐氧化系统氧化为含氟硫酸铵溶液,进入脱氟槽脱氟生成固体氟盐,过滤分离硫酸铵溶液和固体氟盐,硫酸铵溶液蒸发、结晶、干燥得到固体硫酸铵,固体氟盐通过干燥处理后回收利用。工艺流程见图 1。

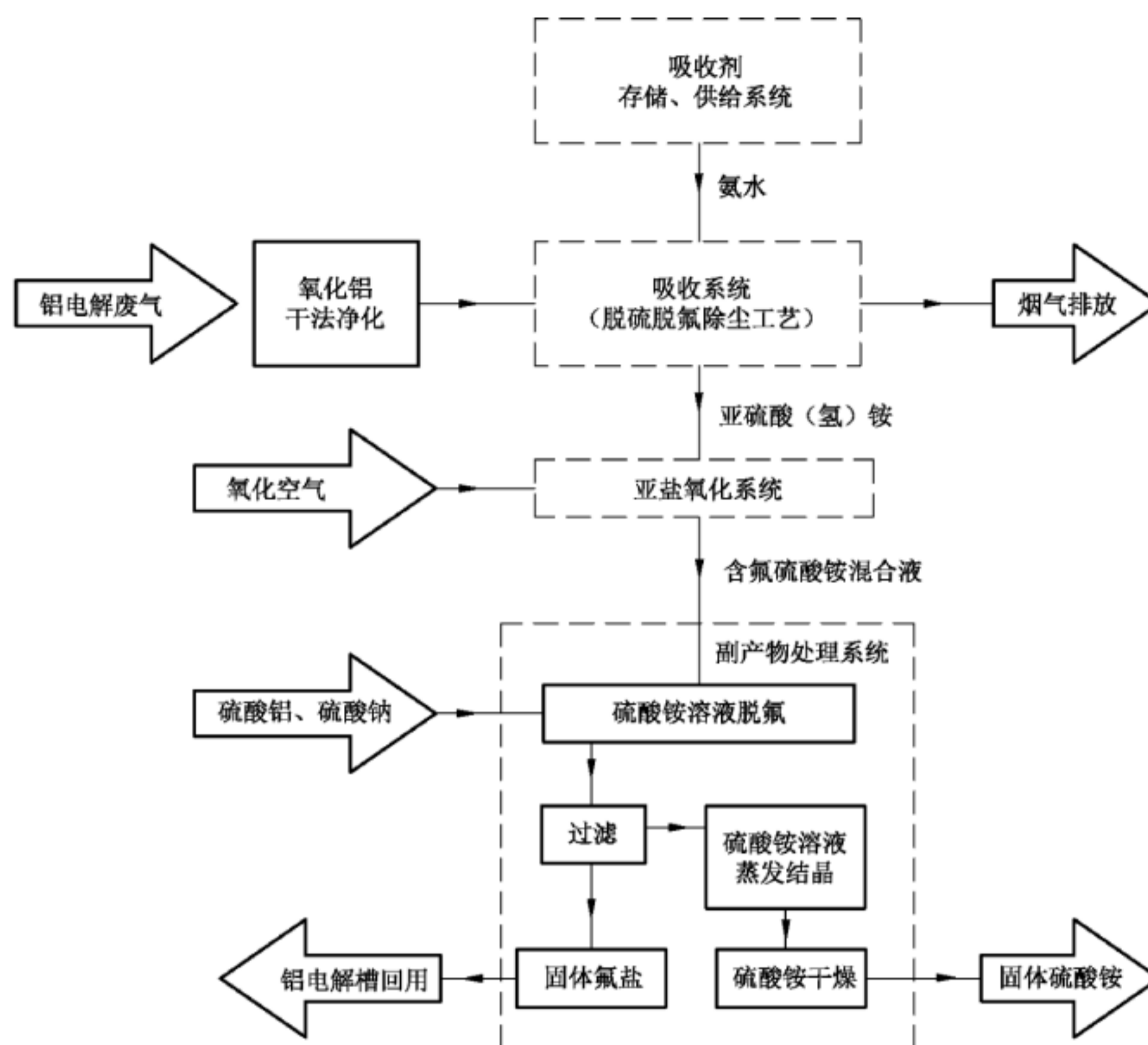


图1 铝电解烟气氨法脱硫脱氟除尘工艺流程示意图

### 4.3.3 吸收剂存储供给系统

4.3.3.1 吸收剂根据来源及相关条件进行安全、经济、环保等综合评价后选择,并采取安全防护措施。可使用液氨、碳酸铵、尿素等氨基吸收剂进行脱硫,但应对其成分进行分析控制,不应影响系统的正常运行和副产物质量。吸收剂质量宜符合表1的要求。

表1 吸收剂质量

吸收剂	液氨	碳酸铵	尿素
执行标准	GB 536	GB 3559	GB 2440

4.3.3.2 固体吸收剂宜设置溶解设备将其制成水溶液使用。

### 4.3.4 吸收及亚盐氧化系统

4.3.4.1 吸收及亚盐氧化装置应能满足技术性能要求,宜选用占地少、流程短、节能低耗的工艺及设备,根据现场实际情况,吸收塔和氧化塔可组合为一个复合塔,亦可分开设置。

4.3.4.2 吸收塔的塔型内部结构、液气比、喷淋层的设置应保证吸收液与烟气充分接触,保证脱硫率和脱氟率的同时控制逸氨量。吸收塔压力差宜低于1 500 Pa。

4.3.4.3 吸收塔顶部或出口烟道上应设除雾器。

4.3.4.4 吸收液循环泵及其他工艺泵宜根据工艺特点设置,并应根据设备选用泵。

4.3.4.5 应保证氧化塔(段)内亚盐溶液氧化所需空气量,保证空气与溶液良好气液接触和氧化时间。

4.3.4.6 亚硫酸(氢)铵氧化为硫酸铵的氧化率不低于 98.5%。

4.3.4.7 氧化风机选型应满足各项技术要求,并应根据设备选用风机。

4.3.5 硫酸铵溶液脱氟

4.3.5.1 含氟硫酸铵溶液脱氟反应釜应设搅拌及加热装置,脱氟率宜达到 70%~80%。

4.3.5.2 脱氟剂可选用工业硫酸铝和工业硫酸钠,工业硫酸铝应符合 HG/T 2225 的要求,工业硫酸钠应符合按 GB/T 6009 的要求。

4.3.5.3 有蒸汽热源时,宜选用硫酸铵溶液塔外蒸发结晶。当无蒸汽热源时,可利用进口烟气余热进行塔内结晶。

4.3.6 副产物处理系统

4.3.6.1 硫酸铵应达到 GB 535 的要求,且含氟量不大于 0.2%。

4.3.6.2 返回铝电解生产作为助溶剂使用的氟盐质量应符合表 2 的要求。

表 2 氟盐质量要求

成分	氟	铝	钠
含量要求	≥58%	≥17%	≥11%

5 检测

5.1 分析检测

5.1.1 应安装可启闭式手动烟气检测取样孔。

5.1.2 CEMS 检测项目包括烟气流量、压力、温度、二氧化硫量、氟化物量、氨量等。

5.1.3 CEMS 系统所有检测项目信号应传输到脱硫 DCS 进行监控。

5.1.4 各烟气在线检测装置应附设蒸汽伴热管或电加热管,避免烟气中水分干扰检测结果;应附设压缩空气吹管,及时去除检测装置积灰;取样管应有防堵塞措施,防止烟气采样失真。

5.1.5 日常运行宜以在线检测仪表为依据,定期取样分析并对在线检测仪器校正。

5.1.6 应配备对烟气进出口、吸收剂、副产物等的取样分析检测装置。

5.1.7 日常分析检测内容见表 3 的规定。

表 3 日常分析检测内容

检测对象	名称	检测频次	分析项目
原料	吸收剂	每批取 1 个样品分析	有效成分含量
烟气	吸收塔进口烟气	CEMS 连续检测,每周 1 次人工取样分析	二氧化硫、氟、颗粒物
烟气	吸收塔出口烟气	CEMS 连续检测,每周 1 次人工取样分析	二氧化硫、氟、氨、颗粒物
中控	吸收液	每班取 1 次样品分析	pH、密度、亚硫酸(氢)铵、硫酸铵、氟
中控	氧化液	每班取 1 次样品分析	pH、密度、亚硫酸(氢)铵、硫酸铵
中控	脱氟硫酸铵溶液	每班取 1 个样品分析	硫酸铵、氟
产品	硫酸铵	每批取 1 个样品分析	硫酸铵、氟
产品	氟盐	每批取 1 个样品分析	氟、铝、钠

- 5.1.8 烟气采样按照 GB/T 16157 规定的方法进行。
- 5.1.9 烟气在线连续监测按照 HJ/T 76 规定的方法进行。
- 5.1.10 吸收剂的检测按表 1 规定的标准进行。
- 5.1.11 二氧化硫的测定按 HJ/T 56 的规定方法进行；颗粒物的测定按 GB/T 15432 规定的方法进行；氨的测定按 HJ 533 规定的方法进行。
- 5.1.12 烟气、吸收液、氧化液、脱氟硫酸铵溶液中氟含量的测定参照 HJ/T 67 规定的方法进行。
- 5.1.13 溶液中亚硫酸铵的检测按照 HG/T 2784 规定的方法进行，亚硫酸氢铵的检测按照 HG/T 2785 规定的方法进行。
- 5.1.14 硫酸铵的检测按照 GB 535 规定的方法进行，硫酸铵中氟含量的测定参照 HJ/T 67 规定的方法进行。
- 5.1.15 氟盐中氟含量的测定参照 YS/T 273.3 规定的方法进行，铝含量的测定参照 YS/T 273.4 规定的方法进行，氟含量的测定参照 YS/T 273.5 规定的方法进行。

## 5.2 计算

氨(回收)利用率按式(1)计算,保留小数点后两位有效数字,数值以%表示,数值修约按 GB/T 8170 的规定进行:

$$\text{氨(回收)利用率} = \frac{X \times Y + \sum_{i=1}^n (X_{i1} \times Y_{i1} - X_{i2} \times Y_{i2})}{X_1 \times Y_1} \times \frac{2 M_1}{M_2} \times 100\% \quad \dots\dots(1)$$

式中:

- $X$  ——计算期生产的硫酸铵产品的量,单位为千克(kg);
- $Y$  ——计算期生产的硫酸铵产品中平均硫酸铵含量,%;
- $X_1$  ——计算期内系统投入吸收剂总量,单位为千克(kg);
- $Y_1$  ——投入的吸收剂含氨的含量,%;
- $X_{i1}, X_{i2}$  ——计算期期初、期末时系统中第  $i$  项设备中副产物总量,单位为千克(kg);
- $Y_{i1}, Y_{i2}$  ——计算期期初、期末时系统中第  $i$  项设备中副产物中氨及铵盐折算硫酸铵的含量,%;
- $n$  ——装置中存有副产物的设备数;
- $M_1$  ——氨的相对分子质量;
- $M_2$  ——硫酸铵的相对分子质量。

## 6 判定及处理

- 6.1 当氨法脱硫脱氟除尘工艺(脱硫塔)出口排放烟气不达标时,应调节吸收剂的 pH、密度、加氨量。
- 6.2 当硫酸铵产品组成(含氮量,氧化率)不合格时,调整干法净化装置的出口尘含量,或调整亚盐氧化工序的溶液密度及氧化空气量。
- 6.3 当副产物氟盐试样不合格时,判该批副产物不合格。调整脱氟剂的添加量和比例。

## 7 过程控制

### 7.1 主要工艺过程控制

- 7.1.1 烟气治理过程控制系统应满足工艺流程和技术方案的要求,宜采用可靠实用先进的自动控制技术,保证生产和设备的安全运行。
- 7.1.2 集中在脱硫控制室进行系统运行的实时监控,系统控制宜采用分散控制系统(DCS)、可编程逻辑

辑控制器(PLC)或其他先进控制系统[包括数据采集和处理、模拟量控制(MCS)、顺序控制(SCS)及联锁保护、装置用电源系统监控等]对装置中主要参数进行监控。

7.1.3 自动控制系统应根据吸收塔(槽)内吸收剂变化情况,自动调节吸收剂加入量,对整个系统进行闭环控制。

7.1.4 应及时采集与测定装置出、入口烟气颗粒物、流量、二氧化硫、氟、氮氧化物、氧含量、pH 值等数据,进行分析和记录。

## 7.2 控制及联锁系统

应设置以下主要控制及联锁系统:

- 吸收液 pH 值调节;
- 吸收液液位调节;
- 烟气出口 CEMS 中二氧化硫浓度与氨水加入量的调节控制;
- 各槽罐液位调节;
- 加热器温度调节;
- 除雾器冲洗循环控制。

## 7.3 过程记录可追溯性

7.3.1 记录应包括:

- 脱硫脱氟净化工艺参数记录;
- 进、出口烟气在线监测记录;
- 吸收剂分析记录;
- 亚盐吸收液分析记录;
- 仪器设备维修或更换记录;
- 副产物质量分析记录。

部分记录参见附录 A。

7.3.2 记录应保存一年以上。



附 录 A  
(资料性附录)  
工艺参数记录表

铝电解烟气氨法脱硫脱氟除尘涉及的工艺参数记录格式参见表 A.1~表 A.5。

表 A.1 主要工艺参数记录

时间	洗涤塔液位 mm	洗涤塔循环量 m <sup>3</sup> /h	氧化塔液位 mm	氧化空气量 m <sup>3</sup> /h	脱氟塔液位 mm	脱氟塔循环泵 m <sup>3</sup> /h

表 A.2 进出口烟气参数记录

时间	压力 Pa	二氧化硫 mg/m <sup>3</sup>	氮氧化物 mg/m <sup>3</sup>	颗粒物 mg/m <sup>3</sup>	氟 mg/m <sup>3</sup>	氧 %	氨 mg/m <sup>3</sup>	烟温 ℃	流速 m/s	工况风量 m <sup>3</sup> /h	标况风量 m <sup>3</sup> /h

表 A.3 吸收液、氧化液和脱氟硫酸铵溶液分析记录

时间	pH	密度 g/cm <sup>3</sup>	亚硫酸 g/L	亚硫酸氢铵 g/L	亚硫酸铵 g/L	硫酸铵 g/L	氟 mg/L

表 A.4 硫酸铵分析记录

时间	氮 %	水分 %	游离酸 g/L	氟 %

表 A.5 氟盐分析记录

时间	氟 %	铝 %	钠 %

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
铝电解烟气氨法脱硫脱氟除尘技术规范  
GB/T 32931—2016

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

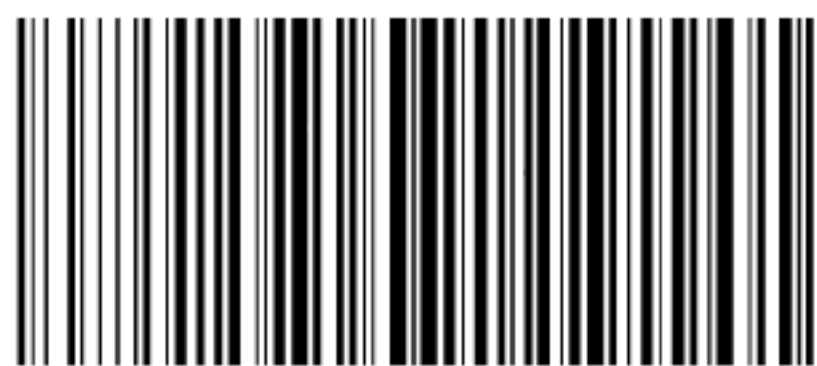
服务热线: 400-168-0010

2016年10月第一版

\*

书号: 155066·1-54491

版权专有 侵权必究



GB/T 32931—2016