

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2033-2013

铝电解废气氟化物和粉尘治理工程技术规范

Technical specifications for fluoride and dust treatment in aluminum
reduction waste gas

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2013-09-26 发布

2013-12-1 实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言.....	1
1 适用范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	3
4 污染物和污染负荷.....	4
5 总体要求.....	5
5.1 一般规定.....	5
5.2 建设规模.....	5
5.3 工程构成.....	6
5.4 总平面布置.....	6
6 工艺设计.....	7
6.1 一般规定.....	7
6.2 工艺路线选择.....	8
6.3 设备选型设计.....	9
7 主要设备和材料.....	14
7.1 袋式除尘器.....	14
7.2 氧化铝吸附剂.....	16
8 辅助工程.....	16
8.1 一般规定.....	16
8.2 压缩空气供给.....	17
8.3 给排水系统.....	17
8.4 建筑结构.....	18
9 检测和过程控制.....	19
9.1 一般规定.....	19
9.2 控制要求和控制策略.....	19
9.3 检测点及检测参数.....	20
9.4 电气及控制系统的要求.....	21
9.5 检测仪器的要求及维护.....	21
10 劳动安全与职业卫生.....	22
10.1 劳动安全.....	22

10.2 职业卫生.....	22
11 施工与验收.....	22
11.1 一般规定.....	22
11.2 工程施工管理.....	23
11.3 工程制作与安装.....	24
11.4 工程安装.....	24
11.5 净化系统调试.....	25
11.6 工程验收.....	26
12 运行与维护.....	27
12.1 一般要求.....	27
12.2 铝电解车间操作管理.....	28
12.3 废气治理系统运行.....	29
12.4 集气系统的维护.....	29
12.5 废气治理系统的维护.....	30
附录 A.....	31
附录 B.....	35

前 言

为贯彻《中华人民共和国大气污染防治法》，规范铝电解工业废气治理工程建设与设施运行管理，防治铝电解生产废气对环境的污染，保护环境和人体健康，制定本标准。

本标准规定了铝电解废气氟化物和粉尘治理工程的设计、施工、验收与运行维护等技术要求。

本标准为指导性文件。

本标准首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：东北大学、东北大学设计研究院（有限公司）、河南中孚实业股份有限公司、山东南山铝业股份有限公司、中国有色金属工业协会。

本标准环境保护部2013年09月26日批准。

本标准自2013年12月1日起实施。

本标准由环境保护部解释。

铝电解废气氟化物和粉尘治理工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了铝电解废气氟化物和粉尘治理工程的设计、施工、验收与运行维护等技术要求。

本标准适用于铝电解废气氟化物和粉尘治理工程。可作为环境影响评价、工程设计、施工、验收及建成后运行与管理的技术依据。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 4387	工业企业厂内铁路、道路运输安全规程
GB 16279	大气污染物综合排放标准
GB 25465	铝工业污染物排放标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50040	动力机器基础设计规范
GB 50046	工业建筑防腐蚀设计规范
GB 50050	工业循环冷却水处理设计规范
GB 50051	烟囱设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50204	混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50683	现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
GB 50254	电气装置安装工程低压电器施工及验收规范
GB 50255	电气装置安装工程电力变流设备施工及验收规范
GB 50275	压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范
GB 50544	有色金属企业总图运输设计规范
GB /T6719	袋式除尘器技术要求
GB/T 12801	生产过程安全卫生要求总则
GB /T16157	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB /T16758	排风罩的分类及技术条件

GB /T16845	除尘器 术语
GB /T17397	铝电解生产防尘防毒技术规程
GB/T 24487	氧化铝
GB Z1	工业企业设计卫生标准
GB Z2.1	工业场所有害因素职业接触限值化学有害因素
HJ 477	污染源在线自动监控（监测）数据采集传输仪技术要求
HJ /T76	固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法
HJ /T212	污染源在线自动监控(监测)系统数据传输标准
HJ /T254	建设项目竣工环境保护验收技术规范 电解铝
HJ /T284	袋式除尘器用电磁脉冲阀
HJ /T324	环境保护产品技术要求袋式除尘器用滤料
HJ /T325	环境保护产品技术要求袋式除尘器滤袋框架
HJ /T326	环境保护产品技术要求袋式除尘器用覆膜滤料
HJ /T327	环境保护产品技术要求袋式除尘器滤袋
HJ /T328	脉冲喷吹类袋式除尘器
HJ /T329	回转反吹类袋式除尘器标准
HJ /T330	分室反吹类袋式除尘器
JB 10191	袋式除尘器安装要求脉冲喷吹类袋式除尘器用分气箱
JB /T5915	袋式除尘器用时序式脉冲喷吹电控仪
JB/T 5917	袋式除尘器用滤袋框架
JB /T8471	袋式除尘器安装技术要求与验收规范
JB /T10340	袋式除尘器用压差控制仪

3 术语和定义

GB/T 16845的术语及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 铝电解废气 waste gas of aluminum reduction

指铝电解工业生产过程中从铝电解槽、物料输送、物料堆存、阳极组装、残极处理、电解槽大修及其他有关设备排出的含有气态氟化氢、固态氟化盐、二氧化硫和粉尘等污染物的气体。

3.2 滤袋使用寿命 service life of bag filter

依据GB/T6719的要求，滤袋使用寿命指每个袋式除尘器的一批滤袋从开始使用到该批次滤袋的10%发生破损或不能维持正常使用(以先出现的情况为准)所经历的时间。

3.3 新鲜氧化铝 fresh alumina

指与电解烟气混合之前，没有与氟化氢气体进行吸附反应的氧化铝。

3.4 载氟氧化铝 enriched alumina

指与电解烟气混合之后，与烟气中的氟化氢进行吸附反应而含有氟化盐成分的氧化铝。

4 污染物和污染负荷

4.1 污染物

铝电解生产中预焙阳极铝电解槽生产产生的气态氟化氢、固态氟化盐粉尘、氧化铝粉尘和气态二氧化硫；阳极冷却过程中产生的气态氟化氢；氧化铝输送、氟化盐输送、阳极转运、阳极组装及残极处理、电解槽大修、抬包清理过程产生的粉尘等。

4.2 污染物负荷

4.2.1 预焙铝电解槽生产每吨铝将产生总氟15 kg -40 kg，粉尘30 kg -70 kg，二氧化硫4 kg -12 kg。

4.2.2 氧化铝及氟化盐输送系统生产每吨铝将产生粉尘30 kg -60 kg 。

4.2.3 阳极组装车间生产每吨铝产生粉尘50 kg -80 kg 。

4.2.4 电解槽大修及抬包清理车间生产每吨铝产生粉尘10 kg -30 kg 。

4.3 废气量及废气污染物浓度

针对铝电解生产企业的特点，铝电解生产废气量及污染物浓度按年产能10万吨的铝电解生产线计算。对于不同产能的生产企业，其实际废气量应为实际产能除以10万吨产能之后的倍数关系。

4.3.1 铝电解车间的废气量及污染物浓度见附录B的表B.1。

4.3.2 氧化铝及氟化盐输送系统产生的废气量及污染物浓度见附录B的表B.2。

4.3.3 阳极组装车间产生的废气量及污染物浓度见附录B的表B.3。

4.3.4 电解槽大修及抬包清理产生的废气量及污染物浓度见附录B的表B.4。

4.4 铝电解废气处理工艺的污染物去除率应满足表1的要求

表1 铝电解废气处理工艺的污染物去除率设计值

类别	主体工艺	污染物去除率(%)		
		氟化物	粉尘	二氧化硫
电解槽集气	上部集气	98.5%		
电解车间铝电解废气	氧化铝干法净化工艺	97.5	98.5	...
氧化铝及氟化盐输送系统	布袋除尘工艺	...	99.9	...
阳极组装车间	布袋除尘工艺	...	99.9	...
电解槽大修及抬包清理	布袋除尘工艺	...	99.9	...

4.5 铝电解废气治理系统总风量设计余量应取原排气量的10%-15%。

4.6 铝电解废气治理工程处理后的废气排放应符合GB 25465的要求。

4.7 车间空气中粉尘及氟化物的含量应满足GBZ2.1的要求。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 铝电解生产企业采取技术进步、生产管理、行政管理等各种有效措施，防止污染物的无组织排放。

5.1.2 铝电解生产工程应符合国家产业政策的要求。

5.1.3 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程除应符合本标准规定外，还应符合国家现行有关工程质量、安全卫生、消防等方面的强制性标准的规定。

5.1.4 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程产生的废水经处理后排放应达到 GB 25465 和地方排放标准的相应要求。

5.1.5 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程的设计、建设，应采取有效的隔声、消声等降低噪声的措施，噪声和振动控制设计应符合GB50087 和GB 50040 的规定。

5.1.6 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程在建设和运行中产生的固体废物应分类收集和利用，无再利用价值的应安全处置。

5.1.7 企业应把氟化物和粉尘治理设施作为生产系统的一部分，统一配置人员进行操作、管理、检修维护等。

5.2 建设规模

5.2.1 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程建设规模应根据铝电解生产规模及工艺合理配套。污染物的控制水平应符合GB 25465的要求。

5.3 工程构成

5.3.1 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程根据废气的性质，结合经济原则，选取一个污染源配置一套净化系统的单独治理方式，或多个污染源配置一套净化系统的集中治理方式。含不同性质污染物的废气宜单独处理。

5.3.2 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程根据产生废气的种类和生产工序的不同分为：铝电解废气治理工程，物料贮运系统的废气治理，阳极组装车间的废气治理，大修车间的废气治理和抬包清理车间的废气治理。

5.3.3 铝电解废气治理采用分区集中处理的方式。治理系统包括：集气罩、排烟管网、氧化铝吸附反应器、袋式除尘器、排风机、烟囱、物料输送系统、连续监测及控制系统、电气及控制系统、压缩空气供给系统、供水系统等。

5.3.4 铝电解废气治理工程的辅助设施包括：压缩空气、保温设施、冷却水系统、变电站、控制室等。

5.3.5 物料贮运系统的废气治理设施有物料仓库的氧化铝卸料除尘系统、氟化盐卸料除尘系统、新鲜氧化铝贮仓除尘系统、载氟氧化铝贮仓除尘系统、氟化盐贮仓除尘系统和电解质贮仓除尘系统等。

5.3.6 阳极组装车间的废气治理设施有：装卸站除尘系统、电解质清理除尘系统、电解质料斗卸料除尘系统、电解质提升及破碎除尘系统、残极抛丸除尘系统、残极压脱除尘系统、磷铁环压脱及清理除尘系统、钢爪抛丸及导杆清刷除尘系统、导杆清刷除尘系统、残极破碎除尘系统、残极储仓除尘系统、磷生铁化铁炉除尘系统、磷生铁浇铸站除尘系统和钢爪烘干除尘系统等。

5.3.7 大修车间的废气治理设施有：电解槽大修刨炉区除尘系统。

5.3.8 抬包清理车间的废气治理设施有：抬包清理区除尘系统，吸铝管清理区除尘系统。

5.3.9 物料贮运系统的废气治理、阳极组装车间的废气治理、大修车间的废气治理和抬包清理车间的废气治理一般采用单一除尘净化系统。系统包括：集气罩、排烟系统、袋式除尘器、排风机、排气筒、电气及控制系统等。

5.4 总平面布置

5.4.1 总平面布置应符合GB/T17397的相关规定。

5.4.2 主体设备周边应设有运输通道和消防通道，并满足GB50544、GB 4387和

GB50016等设计规范的要求。

5.4.3 应遵循废气治理设施的位置靠近产生污染源的原则。铝电解废气净化设施建设在同一系列的两栋电解厂房之间；其他废气治理设施建设在与废气收集点临近的厂房外或适合安装的位置。

5.4.4 废气治理设施主体设备之间应留有足够的安装和检修空间。

5.4.5 主体设备周边应具备塔吊或汽车吊的工作条件。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 铝电解生产过程所有产生粉尘和有害气体的设备和设施均应设置集气罩及净化系统。生产系统粉状物料输送应选择密闭输送方式，如浓相输送、超浓相输送、管状皮带输送等。用车辆输送的阳极、残极、电解质块等块状物料应加防尘罩。

6.1.2 废气集中处理系统集气管网应进行管网系统阻力平衡计算，选择适宜的管路截面。

6.1.3 铝电解废气净化应选择两段净化或其他高效反应工艺。两段净化宜为载氟氧化铝优先加入高氟化氢浓度的烟气完成一次反应；新鲜氧化铝加入低浓度氟化氢的烟气完成二次反应。

6.1.4 应掌握袋式除尘器入口的烟气工况参数。包括：工况烟气量、烟气温度及波动（烟气最高温度、烟气最低温度和露点温度）、烟气含尘浓度、烟气成分和烟气含尘粒度等。

6.1.5 铝电解废气净化系统布袋除尘器前宜设置粉尘预分离设施。

6.1.6 铝电解废气治理宜采用大型组合式布袋除尘器组作为除尘设施。

6.1.7 铝电解废气治理系统需选择两台或两台以上风机并联使用。

6.1.8 物料输送系统、阳极组装车间、大修车间和抬包清理车间各工序，设备布置集中且基本同时运行、污染物亦相同的宜集中除尘；反之宜采用单独除尘。

6.1.9 铝电解废气干法净化系统和物料贮运、阳极组装、电解槽大修、抬包清理的除尘系统均应采取机械强制通风的负压净化系统。

6.1.10 铝电解废气治理系统不得设置旁路风管。

6.2 工艺路线选择

6.2.1 铝电解车间烟气治理应采用以铝电解原料氧化铝为吸附剂的干法净化工艺，宜采用两段干法净化工艺(见图1)或其他高效吸附净化工艺。

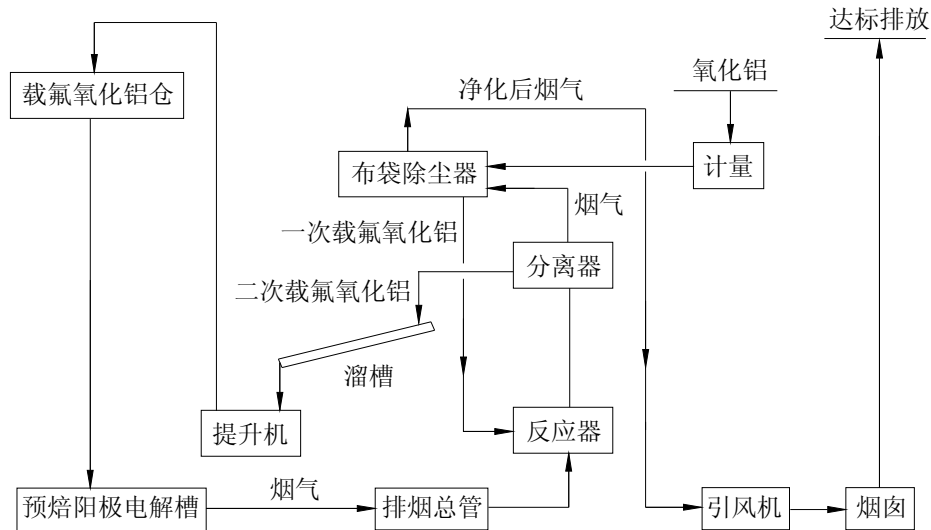


图1 两段干法净化工艺流程

6.2.2 物料输送系统、阳极组装车间、电解槽大修车间和抬包清理车间各工序的废气治理应采用布袋除尘工艺。除尘系统典型工艺流程图见图2。

6.2.3 袋装原料仓库应在拆袋输送的料斗上设置吸尘罩。拆袋时产生的粉尘收集集中送入设置在原料仓库外的袋式除尘器处理。按原料的种类不同分为氧化铝除尘系统和氟化盐除尘系统。

6.2.4 物料输送系统中间贮存功能的物料贮仓宜设置仓顶除尘器除尘，除尘器收集下来的物料直接进入贮仓。

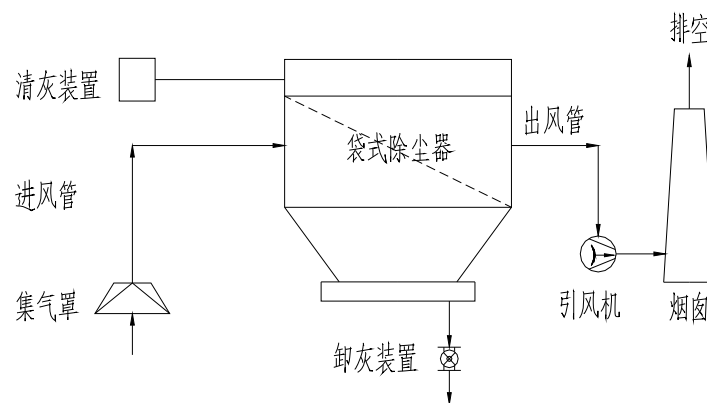


图2 袋式除尘系统流程

6.3 设备选型设计

6.3.1 集气罩

6.3.1.1 集气罩设计应满足GB/T 16758的规定。

6.3.1.2 铝电解槽集气罩宜为组合式、全密闭集气罩。铝电解槽集气罩由排烟道、水平罩板和可移动开启的侧部槽罩板组成。其结构形式宜首选上排烟方式，排烟道设计宜有烟道防积灰措施。

6.3.1.3 电解槽宜采用两段或多段烟道分区高位集气，集气效率应不低于98.5%。

6.3.1.4 电解槽活动槽罩板设计应控制罩板间的缝隙在2mm以内，阳极导杆和水平罩板间设密封圈。

6.3.1.5 集气罩结构设计和净化系统抽力设计应控制集气罩内的负压应大于-10Pa，负压分布在 -10Pa--30Pa 范围内。

6.3.1.6 新开发的铝电解槽集气罩结构，应根据集气罩的结构尺寸，使用空气流体动力学模拟计算软件（CFD）模拟计算无有害气体外溢时集气罩出口的负压和单槽排烟量。

6.3.1.7 不同容量铝电解槽集气罩的设计风量也可以按实测、类比确定，或用公式(1)进行估算。

$$Q=2000+18.95I-0.006I^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Q—— 电解槽集气罩设计排烟量，Nm³/h

I—— 电解槽容量，kA

6.3.1.8 对于排烟道在水平罩板以上的集气罩结构，出口负压应大于-200Pa；排烟道在水平罩板以下的集气罩结构，出口负压应大于-400Pa。

6.3.1.9 使用已有铝电解槽槽型和集气罩结构的设计，除参考6.3.1.6和6.3.1.8的设计计算外，集气罩出口的负压和排烟量应结合实际测量确定。

6.3.1.10 铝电解槽进行工艺操作，打开槽罩板时，抽风量宜扩大至正常抽风量的两倍以上；集气罩出口负压同样宜升高至正常负压的两倍以上。

6.3.1.11 物料输送系统、阳极组装车间、电解槽大修车间和抬包清理车间各工序的集气罩对废气的集气效率应不低于97%，其结构形式应便于安装、拆卸和工艺操作。

6.3.1.12 集气罩的设置应满足岗位劳动卫生要求，安装位置应正确，靠近尘源，罩口迎着有害气体和粉尘散发的方向。

6.3.1.13 从环境进入集气罩的风量应适当。由设备(设施)与集气罩边缘缝隙吸入的环境空气的流速应控制在0.25-0.5m/s。

6.3.1.14 集气罩抽气口的设置应保证集气罩内各点气体都流向抽气口，在一定抽气量下保证各点均为负压。抽气口不宜设在物料处于搅动状态的区域附近。对于粉状物料，集气罩抽气口截面风速1m/s左右为宜；对于块状物料，抽气口截面风速应不大于3m/s。

6.3.2 排烟管网

6.3.2.1 除连接口外，风管宜采用圆形截面。

6.3.2.2 风管内风速：垂直管道宜取8-12m/s，倾斜管道宜取12-16m/s，水平管道宜取16-20m/s。

6.3.2.3 风管路径宜采取低阻力设计，尽量减少弯管，弯管半径取 $R=(1.5-3)D$ (D为风管直径或当量直径)。

6.3.2.4 铝电解废气干法净化系统，电解槽排烟口与排烟管网之间、风管与除尘器的进出口法兰之间、风管与风机之间应安装伸缩节。

6.3.2.5 铝电解废气净化系统排烟管网在电解槽集气罩出口处、除尘系统在管道适宜的部位及风机前应装设阀门。

6.3.2.6 排烟管布置应防止管道积灰。易积灰的位置宜设置清灰孔并采取防漏风措施。

6.3.2.7 风管采用法兰连接的应在法兰连接处设置密封垫。风管本身应严格焊接质量。

6.3.2.8 除尘器进风管应设置永久采样孔和采样测试平台。采样孔应符合GB/T16157的规定。

6.3.2.9 宜增加专供铝电解槽开罩操作时排烟的辅助排烟管网，即排烟管网应设计为双排烟管网。

6.3.2.10 铝电解槽支烟管的风速取8-12m/s，汇总烟管的风速取16-18m/s，总烟管的风速取18-20m/s。

6.3.2.11 在确定支烟管风速和汇总烟管风速后，以汇总烟管接入每个支烟管时风

速等量递增（增加 Δv ）的原则确定汇总烟管各变径段的直径。

$$\Delta v = (v_{\text{汇}} - v_{\text{支}}) / n \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$v_{\text{汇}}$ —— 汇总烟管最大流速 m/s

$v_{\text{支}}$ —— 支烟管流速 m/s

n —— 单侧汇总烟管的个数

6.3.2.13 辅助排烟管的汇总烟管为等径管，管径设计应遵循6.3.2.10条规定的烟气流速控制值的设计原则，辅助排烟管的烟气量按系统处理烟气总量的10%考虑。

6.3.2.14 主排烟管网和辅助排烟管网上的支烟管均设置调节阀门，阀门的开启控制纳入铝电解槽槽空机的控制管理，两个阀门不能同时开启。

6.3.2.15 风管应进行相应的防腐处理。

6.3.3 反应器

6.3.3.1 反应器的结构形式应保证氧化铝与烟气的混合充分、均匀，对氧化铝的破损低，系统阻力低。

6.3.3.2 新鲜氧化铝的加入量不应超过电解生产实际用量，氧化铝的循环加料量以保证净化效率为宜。

6.3.3.3 新鲜氧化铝进入反应器前应配置过滤筛。

6.3.3.4 新鲜氧化铝和循环氧化铝的加入应流畅、均匀。新鲜氧化铝和循环氧化铝进入反应器的管道应设置断流检测装置。

6.3.3.5 反应器与烟气管道的配置应方便反应器的检修。

6.3.4 除尘器

6.3.4.1 铝电解废气治理采用袋式除尘器，清灰方式优先选用脉冲喷吹方式。

6.3.4.2 袋式除尘器的处理风量应按净化系统需处理废气量的1.1倍计算。

6.3.4.3 滤袋的净过滤风速可根据袋式除尘器的种类、滤料种类和出口排尘要求等工艺条件选择。脉冲喷吹袋式除尘器，推荐净过滤风速1.0-1.5m/min，当出口含尘浓度要求小于5mg/m³时，净过滤风速应不超过0.9m/min，非覆膜滤料的反吹风袋式除尘器，净过滤风速不应超过0.8m/min。

6.3.4.4 除尘器滤料和过滤风速的选择应从投资、净化效果、系统运行能耗、氧化铝损失等方面进行综合经济评价，最终确定经济合理的滤料材质和过滤风速。

6.3.4.5 铝电解废气净化系统，使用针刺毡滤料的除尘器过滤风速选择在0.8 m/min—1.0m/min的范围；选用覆膜滤料的除尘器过滤风速选择在1.0 m/min—1.2 m/min的范围。

6.3.4.6 应根据净过滤风速计算净过滤面积，由净过滤面积和总过滤面积选取除尘器的规格、数量。

6.3.4.7 袋式除尘器处理风量、净过滤风速、净过滤面积、总过滤面积之间按下式计算。

$$S_{\text{净}} = \frac{Q}{60V}$$

$$S_{\text{总}} = S_{\text{净}} + S_{\text{清}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Q——袋式除尘器的处理风量，m³/h；

S_净——净过滤面积，m²；

S_总——总过滤面积，m²；

S_清——执行清灰单元的滤袋面积，m²。

V——净过滤风速 m/min；

6.3.4.8 露天布置的除尘器应设防雨设施，避免雨水渗入、影响运行或设备寿命。

6.3.4.9 脉冲清灰的气源宜采用工厂压缩空气管网的气源，若压缩空气为专用，则按设计要求确定压缩空气压力。

6.3.5 排风机

6.3.5.1 排风机的风量宜为除尘器处理风量的1.1-1.15倍，压头取系统全阻力的1.2倍。

6.3.5.2 应根据使用工况对排风机的工作参数进行校正，使风机的工作点在排风机经济使用范围内。排风机的实际工作参数应按下列公式换算：

全压：

$$H_1 = H_0 \times \frac{P_1}{101325} \times \frac{273+t_0}{273+t_1} \dots\dots\dots(4)$$

流量Q₁=Q₀

有效功率：

$$N_1 = N_0 \times \frac{P_1}{101325} \times \frac{273+t_0}{273+t_1} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

- H₀——额定全压， Pa；
- Q₀——额定流量， m³/h；
- N₀——额定有效功率， kW；
- t₀——额定工作温度， °C；
- P₁——实际进口压力， Pa；
- t₁——实际进口温度， °C；
- H₁——实际全压， Pa；
- Q₁——实际流量， m³/h；
- N₁——实际有效功率， kW。

6.3.5.3 需要调整风机转速来满足系统阻力的要求时，风机在工作点的全压、流量和轴功率按下式计算，并结合前三个公式选取风机规格型号。

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{n_1}{n_0} \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{H_1}{H_0} = \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2 \dots\dots\dots(7)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^3 \dots\dots\dots(8)$$

式中：

- n₁——调整后的风机转速；
- n₀——风机额定转速；

6.3.5.4 排风机入口应设调节风门，风门的开度可在控制室内调节。

6.3.5.5 排风机进出口风管的布置应满足烟气流动顺畅、风机运行效率高的要求。

6.3.5.6 排风机进出口管道上应设切断阀，以方便风机检修。

6.3.5.7 排风机进出口管道上应设置软连接。

6.3.5.8 选择排风机配套电机时，应将轴功率除以风机效率、机械传动效率，乘以安全系数后，再圆整到现行电机规格。安全系数通常取1.05-1.2。可参照风机

手册。

6.3.6 烟囱

6.3.6.1 烟囱的高度应符合GB16279的规定。烟囱的设计应符合GB50051的规定。参见附录B表B.5。

6.3.6.2 烟囱的出口直径根据烟气出口流速确定。铝电解废气净化系统烟囱及其他除尘系统的排气筒出口流速应取10-16m/s。

6.3.6.3 烟囱应设置永久采样孔和采样测试平台。采样孔应符合GB/T16157的规定。

7 主要设备和材料

7.1 袋式除尘器

7.1.1 一般规定

7.1.1.1 袋式除尘器应符合HJ/T 328, HJ/T 329和HJ/T 330的规定。

7.1.1.2 袋式除尘器除尘性能应满足GB 25465规定的烟气排放限值的要求。

7.1.1.3 袋式除尘器部件、滤料应符合HJ/T 324、HJ/T 325、HJ/T 326、HJ/T 327和HJ/T 284的规定。

7.1.1.4 袋式除尘器的技术文件应参照附录B表B.6标明主要参数, 因设备结构不同, 可作相应增减。

7.1.1.5 袋式除尘器应能够在铝电解生产中同时进行一般性的检查和维修。

7.1.1.6 袋式除尘器阻力宜小于1800Pa。

7.1.1.7 袋式除尘器本体漏风率根据其使用负压的大小确定, 应小于表2的数值。

表2 袋式除尘器本体漏风率

工作负压 (Pa)	$P \leq 3000$	$3000 < P \leq 6000$	$P > 6000$
漏风率 (%)	2.5	3.0	3.5

7.1.2 袋式除尘器结构

7.1.2.1 袋式除尘器的结构主要包括箱体、灰斗、支柱(腿)、楼梯、栏杆、平台、滤袋框架、滤袋、清灰气路系统 (或机构)、清灰控制仪、排灰设备、卸灰装置等; 脉冲喷吹类袋式除尘器包括脉冲阀分气箱、脉冲阀、气包; 反吹袋式除尘器包括反吹风机及阀门。

7.1.2.2 袋式除尘器的进、出风方式应根据工艺要求、现场情况综合确定。应合

理组织气流，减少设备阻力，防止烟气直接冲刷滤袋。

7.1.2.3 箱体应满足以下规定：

(1) 箱体的强度应能承受系统压力，设计承载压力应不小于系统满负荷工况下承载压力的120%。不足-6000Pa时，按-6000Pa计取；按+5000Pa进行耐压强度校核。

(2) 箱体壁板应进行防腐处理，腐蚀裕度不小于1mm。

(3) 袋式除尘器的花板应平整、光洁，不应有挠曲、凹凸不平等缺陷。花板平面度偏差不大于其长度的2/1000；各花板孔中心与加工基准线的偏差应 $\leq 1.0\text{mm}$ ；相邻花板孔中心位置偏差小于0.5mm。花板孔径偏差为0-+0.5mm。花板厚度应 $\geq 5\text{mm}$ 。

(4) 花板边部孔的孔中心距箱体侧板的距离应大于孔径，花板孔的中心距不小于1.5倍孔径，内部布孔应合理。净气室的高度以控制通过的风速4-6 m/s为宜。

7.1.2.4 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。灰斗的容积应考虑输灰设备检修时间内的储灰量。灰斗应设置检修门。灰斗斜壁与水平面的夹角应大于 60° ，灰斗相邻壁交角的内侧应做成圆弧状，圆弧半径以200mm为宜。

7.1.2.5 除尘器支柱的设计应牢固可靠，满足袋式除尘器的强度和刚度要求。考虑因素包括除尘器的设备重量(包括灰重)、当地的最大风载、雪载、人员活载荷和地震设防附加载荷。

7.1.2.6 排灰设备和卸灰装置应符合相应机电产品标准，满足最大卸灰量，在发生停机检修后能够确保完全排灰，滤袋不发生“灌肠”现象；确保锁风要求，保证粉尘不外溢。

7.1.2.7 袋式除尘器宜采用脉冲喷吹清灰方式。压缩空气量、压力，空压机的选型、去油、去水，储气罐与脉冲阀所在气箱的容量均应满足使用要求，送气管道应保证及时补气。

7.1.2.8 脉冲喷吹类袋式除尘器用分气箱和气包应符合JB10191的规定。

7.1.2.9 反吹风机全压和流量应大于清灰所需压力和风量的1.3倍。

7.1.2.10 反吹风气路系统应配备具有快速开关功能的气动阀。反吹风袋式除尘器，每单元进气管路上应加装手动碟阀，确保除尘器能实现在线检修。

7.1.3 滤袋

7.1.3.1 滤料推荐采用针刺毡滤料或覆膜滤料，滤料的性能应符合HJ/T 324和HJ/T326的规定。滤袋应符合HJ/T327的规定。

7.1.3.2 袋式除尘器用滤料及滤袋应符合GB/T6719的规定。袋式除尘器用滤袋框架应符合JB/T 5917的规定。

7.1.3.3 根据烟气条件和电解铝的运行工况，袋式除尘器应选用与工作温度相适合的过滤材料。还应根据需要对滤料进行诸如热定型、浸渍等后处理。

7.1.3.4 袋式除尘器滤袋应能长期稳定使用，使用寿命不低于20000小时，或投用年限不低于2.5年。寿命期内滤袋破损率应 $\leq 5\%$ 。

7.2 氧化铝吸附剂

7.2.1 铝电解净化系统使用的吸附剂氧化铝应满足GB 24487二级以上的质量要求。

7.2.2 氧化铝的粒径要求为： $+150\mu\text{m}$ 的含量 $\leq 5\%$ ， $-45\mu\text{m}$ 的含量 $\leq 12\%$ ； $-20\mu\text{m}$ 含量 $\leq 3\%$ 。

7.2.3 氧化铝的比表面积 $\geq 80 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

7.2.4 α 氧化铝含量低于10%。

7.2.5 吸附剂氧化铝的磨损指数 $\leq 25\%$ 。

7.2.6 安息角 $\leq 35^\circ$

7.3 排风机

7.3.1 排风机应符合国家或行业相应产品标准，其型号应满足所处理介质的要求。

7.3.2 应优先选用运行平稳、噪声低、效率高的离心风机。

7.3.3 排风机应选择有资质的生产企业的产品。

8 辅助工程

8.1 一般规定

8.1.1 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程的热力、电气自动化、给排水、建筑结构等专业的技术要求应与生产建设工程中相应专业的技术要求一致。

8.1.2 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程工作电源的引接和操作室设置应与生产过程统筹考虑，高、低电压等级和用电中性点接地方式应与生产设备一致。

8.1.3 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程的建筑结构应符合GB50046、GB50016

和 GB 50040 的规定。

8.1.4 铝电解氟化物和粉尘治理工程的结构设计应充分考虑积灰和输送设备故障而积存物料的荷载。

8.2 压缩空气供给

8.2.1 铝电解废气治理设施用压缩空气由厂内压缩空气站统一供给。

8.2.2 压缩空气应经过过滤器、调压阀和给油器组成的气源处理单元净化，压力应保持在气缸许可的范围内。

8.2.3 向除尘系统提供的压缩空气应经除油、除水、除雾净化处理，满足用气设备对压缩空气品质的要求。

8.2.4 储气罐到用气点的管线距离一般不超过50m，超过该距离时宜另设储气罐。用气量较多的点可单独设储气罐。压缩空气管道内的气体流速不大于20m/s，压缩空气站对除尘器的供气能力不小于除尘器耗气量的1.2倍。

8.2.5 每台除尘器输送压缩空气的管道均应设置截止阀。

8.2.6 压缩空气管线应短捷，减少压缩空气漏损和压力降低。管线应具有适当坡度，便于排水。

8.3 给排水系统

8.3.1 铝电解车间烟气净化系统的排烟风机、罗茨风机等需水冷却，冷却供水方式应根据供水水源情况、企业内部水平衡等确定，应循环使用。

8.3.2 冷却水的水量、水质及水压应满足设备要求。

8.3.3 冷却水供水压力0.15 MPa -0.45MPa；

8.3.4 冷却水供水水质应符合GB50050的规定。当企业内部有软化水可以利用，且经济合理时，应优先使用软化水。

8.3.5 冷却水采用直流供水时，应根据冷却水的碳酸盐硬度控制排水温度，且不宜超过表3的规定。超过表中规定时，应对冷却水进行软化处理。

表3 碳酸盐硬度与排水温度的关系

碳酸盐硬度 (mg/L)	排水温度 (°C)
≤140	45
168	40
196	35
280	30

8.3.6 风机冷却水的供回水管道上设切断阀，供水管道上设断流报警装置。

8.3.7 设备的给水和排水管道，应设放尽存水的设施。

8.4 建筑结构

8.4.1 电解车间屋顶通风器

8.4.1.1 电解厂房屋顶应安装屋顶通风器。通风器的喉口尺寸根据厂房跨度的不同，通过厂房通风模拟计算确定。宜设置在5m-10m之间。

8.4.1.2 通风器的材料、材质的选择，应具有良好的抗氟化物腐蚀性能。

8.4.1.3 通风器的结构尺寸应严格按照国家的样图标准比例设计制作。

8.4.1.4 通风器的基础施工要保证尺寸准确，没有遗漏。

8.4.1.5 安装完成后，应对通风器的外观及内部进行检查，确保通风器整体完好、整洁，气流通畅。

8.4.2 电解车间通风窗

8.4.2.1 通风窗的设计应根据厂房整体通风设计要求的通风量，选用能够满足通风要求的通风窗类型、结构形式及规格。

8.4.2.2 电解厂房操作平台以上应设适宜高度的通风窗。宜设可开度最大为45°的百叶窗或窗外加通风墙，风量可调，调节机构应灵活可靠。

8.4.2.3 通风窗的材料、材质应根据具体的使用位置，选用具有良好的防火、防腐性能的材质，并能满足强度要求。

8.4.2.4 通风窗的制作、施工安装及验收应符合相关的国家规范、规程，以及通风设备施工安装技术文件要求。

8.4.3 烟囱

8.4.3.1 铝电解废气净化系统的烟囱为钢筋混凝土结构或钢结构，其他除尘系统的烟囱为钢结构，钢结构的烟囱应做防腐处理。

8.4.4 保温及其他

8.4.4.1 在压缩空气凝结水可能结冰的地区，压缩空气管及净化装置应采取保温或伴热措施。

8.4.4.2 配置在风机房内的排风机要考虑风机的检修设施、通风降温措施等。

9 检测和过程控制

9.1 一般规定

9.1.1 废气治理系统烟囱出口及车间厂房通风器出口应设置氟化物和粉尘连续监测设施，并与监控中心联网。氟化物和粉尘排放应符合GB25465或所在地方当地排放标准规定的限值。

9.1.2 监测装置应符合HJ/T76的规定；运行和维护应符合HJ/T75的规定；排放监测的样品采集方法应符合GB/T16157的规定；数据传输系统应符合HJ/T 212的规定。

9.1.3 废气治理系统连续监测装置的检测项目应包括烟气颗粒物、氟化物浓度，烟气负压，烟气温度和烟气流量。

9.1.4 烟囱上颗粒物或气态污染物监测的采样点数目及采样点位置的设置按GB/T16157执行。

9.1.5 以压差控制清灰的测压装置必须灵敏、可靠、准确。

9.1.6 排风机应配置完善的监测、控制措施。

9.1.7 检测仪器的选择应符合HJ 477的规定。

9.2 控制要求

9.2.1 控制系统的主要功能是检测来自电解车间烟气的工艺参数、净化后烟气的排放指标、净化系统设备的运行情况，构成一个闭环监测控制系统。

9.2.2 净化系统的运行状态实现主控制机的动态画面显示功能。

9.2.3 控制系统应监测排烟管网最远端铝电解槽支烟管的出口压力，实现超低负压报警。

9.2.4 应监测除尘器入口烟气温度，根据除尘器滤料的使用特性要求，实现超高温报警。

9.2.5 监测每组除尘器的进出口压差。

9.2.6 布袋反吹风压力实现在线自动监测及故障报警功能。

9.2.7 电解槽集气罩出口主、副烟管分别设调节阀，调节阀设全关、正常工作二个工作位。

9.2.8 其他通风除尘系统可按生产工艺要求设置温度、压差检测设施。

9.3 检测点及检测参数

铝电解车间烟气干法净化系统的检测点和检测参数如表4所示：

表4 铝电解车间烟气干法净化系统的监测点和检测参数

序号	测点位置		测量参数	单位	测量范围
1	排烟管网远端电解槽集气罩出口	4个-8个	压力	Pa	-800-0
2	排烟管网近端电解槽集气罩出口	4个-8个	压力	Pa	-800-0
3	A车间汇总烟管出口		烟气流量	m ³ /h	0-1000000
4			烟气温度	℃	0-200
5			HF浓度	mg/m ³	0-700
6			粉尘浓度	mg/m ³	0-500
7	B车间汇总烟管出口		烟气流量	m ³ /h	0 -1000000
8			烟气温度	℃	0-200
9			HF浓度	mg/m ³	0-700
10			粉尘浓度	mg/m ³	0-500
11	每组除尘器		压差	Pa	0-3000
12	除尘器机组		平均压差	Pa	0-3000
13	除尘器机组反吹风		压力	Pa	2000-2500
	除尘器机组脉冲反吹风压缩空气		压力	MPa	0.3-0.8
14	除尘器机组的反吹风间隔		时间	秒	0-500
15	除尘器机组出口		压力	Pa	-6000-0
16	烟囱排放口		HF浓度	mg/m ³	0-50
17			粉尘浓度	mg/m ³	0-50
18	罗茨风机出口		压力	kPa	0 -50
19	溜槽风机出口		压力	Pa	0 -11000
20	流态化风机出口		压力	Pa	0 -18000
21	副引风机入口		压力	Pa	-1500 -0
22	高压风机入口		压力	Pa	-5000-0
23	新鲜氧化铝下料口		下料量	t/h	0 -50

9.4 电气及控制系统的要求

9.4.1 电气设施应满足以下要求：

- (1) 控制柜/箱应有单独的回路供电。
- (2) 控制回路电源应由控制柜/箱自身完成配电。

9.4.2 除尘器的控制系统应满足以下技术要求：

(1) 控制柜/箱应具有手动/自动控制功能。自动控制分为中央控制/设备控制柜的控制选择，现场控制应具有“机旁优先”的功能。

(2) 引至中央控制系统的接口信号一般为无源接点或模拟量信号，信号类型要满足用户的要求。

(3) 控制柜/箱的主控制器可采用单片机或PLC可编程控制器，时间控制精度要达到0.01s；时序式脉冲喷吹电控仪应符合JB/T5915的规定，压差控制仪应符合JB/T10340的规定。

- (4) 控制内容：应符合各个部分控制策略的要求。
- (5) 控制方式：自动控制应具有定时/定压控制方式，以适应不同情况的需要。
- (6) 控制器应具有方便修改控制参数的功能，以便实现最佳运行。
- (7) 控制柜/箱的使用环境温度应满足使用说明书的要求。
- (8) 用于高海拔地区的控制柜/箱，主要元、器件的选型必须高出常规一个等级。
- (9) 用于高湿地区的控制柜/箱，必须选择耐湿、耐腐蚀的元器件。
- (10) 部分有震动的检测点，采用防震性检测仪表。

9.4.3 废气治理工程电气及控制系统安装及调试应满足以下要求：

- (1) 控制柜/箱的安装应和水平面保持垂直，倾斜度<5%。
- (2) 控制柜/箱应增加电、磁屏蔽设施，避免剧烈振动的场合。
- (3) 控制柜/箱体必须可靠接地。
- (4) 室内安装应注意通风、散热，室外安装应有防尘、防雨、防晒等措施。
- (5) 设备安装完成后，应在现场进行空负荷调试。

9.5 检测仪器的要求及维护

9.5.1 保持检测设备清洁卫生，防止腐蚀。

9.5.2 定期对检测设备进行校正，保持检测精度。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 劳动安全

10.1.1 铝电解生产各工序废气治理收集的物料应全部在生产中利用，不得抛弃和产生二次污染。

10.1.2 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程在设计、建设和运行过程中，应高度重视职业安全卫生，采取各种防治措施，保护人身的安全和健康。

10.1.3 建设单位在铝电解废气氟化物和粉尘治理工程建成运行的同时，职业安全卫生设施应同时建成运行，并制订相应的操作规程。

10.1.4 应对工作人员进行环境保护与职业安全卫生培训，提供所需的防护用品。

10.1.5 建立并严格执行经常性的和定期的安全检查制度，及时消除事故隐患，防止事故发生。

10.1.6 对经常检查、维修的地点，应设置安全通道，如有危及安全的运动物体，均须设防护罩。

10.1.7 在操作、维修人员可能进入而又有坠落危险的开口处，应设有盖板或安全栏杆。

10.1.8 高于2m有可能产生人员坠落的平台，应设置安全防护栏杆。

10.1.9 设备的运行、检修、维护必须严格按操作规程执行。

10.2 职业卫生

10.2.1 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程防尘、防噪声与振动、防暑与防寒等职业卫生要求应符合GB 12801 和GBZ1 的规定。

10.2.2 粉尘的收集和输送应采用密闭系统，实现机械化和自动化操作。

10.2.3 应采用噪声低的设备。对于噪声较高的设备，应采取减震消声措施，尽量将噪声源和操作人员隔开，设置隔声操作(控制)室。

11 施工与验收

11.1 一般规定

11.1.1 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程的施工应按工程设计图纸、技术文件、设备图纸和随机文件进行组织。施工前组织工程技术人员认真审图，做好施工前期工作，针对有关施工技术和图纸存在的疑点做好记录并核查清楚。

11.1.2 施工使用的材料、半成品、部件应符合国家现行标准和设计要求，并取得

供货商的合格证书。

11.1.3 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程施工单位，必须具有与该工程相应的资质等级。

11.1.4 业主须提供具备各阶段施工条件的施工场地。施工场地设置围墙，并进行美化装饰，做好临时建筑物、道路等安全防护工作。

11.1.5 对工程的变更应取得设计单位的设计变更文件后再进行施工。

11.1.6 设备安装之前应对土建工程按 GB 50204 和安装要求进行验收，验收记录和结果应作为工程竣工验收资料之一。

11.1.7 设备安装应符合GB50231 的规定。

11.2 工程施工管理

11.2.1 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程建设单位应成立技术、质量监督组，项目总负责人任组长。技术、质量监督组应参与做好下列管理工作：

- (1) 参与设备制造过程的质量监控和主要配套装置及元、部件的质量验证；
- (2) 会同制造商现场代表严格按工程设计和产品要求对施工质量实施监督和控制；
- (3) 进行试车前的工程质量检查；
- (4) 正确进行空载试车和负载试车；
- (5) 对废气治理系统操作维护人员及相关人员进行岗前技术培训；
- (6) 建立铝电解废气治理系统操作、运行、维护工作规范、岗位责任制和管理制度；
- (7) 组织、参与工程验收并建立设备安装和运行档案。

11.2.2 铝电解废气治理系统空载试运行合格后，建设单位应向有审批权的环境保护行政主管部门提出生产申请，经环境保护行政主管部门同意后方可进行生产。生产申请应包括以下内容：

- (1) 项目概况；
- (2) 与废气治理系统有关的工艺流程；
- (3) 生产设备(设施)性能及与生产设备对应的除尘器、排风机性能一览表；
- (4) 净化设备安装位置及排气筒参数；
- (5) 检测内容和检测仪表一览表；

- (6) 配套设施情况；
- (7) 落实环境影响评价要求情况。

11.3 工程制作与安装

11.3.1 集气罩的制作

11.3.1.1 集气罩的制作应依据GB50236 的要求进行。

11.3.1.2 制作罩板用材料要求平整，无明显变形和凹坑。

11.3.1.3 槽罩板制作件焊接后不得有未焊透、夹渣、裂纹等缺陷。焊缝外观不得有气孔、咬边、偏焊等缺陷。焊接成形后，焊缝做无损检测，超出规范要求，须进行修整。

11.3.1.4 槽罩板制作要求规整。

11.3.2 系统管网的制作

11.3.2.1 净化系统管网和烟道制作应符合GB50236 的要求。

11.3.2.2 管道制作用材要求表面无铁锈、污物等，放样气割后应清除熔渣和飞溅物。不应有明显的损伤划痕。

11.3.2.3 系统管网的变径管、弯头、三通制作，各焊接件要严格按照设计放样，件与件之间对缝焊接，不得有一件插入另一件的现象发生。

11.3.2.4 要求焊缝外形均匀，焊道与焊道、焊道与基本金属之间过渡平滑，焊渣和飞溅物清除干净。

11.3.2.5 焊接后不得有未焊透、夹渣、裂纹等缺陷。焊缝外观不得有气孔、咬边、偏焊等缺陷。

11.3.2.6 焊接成形后的构件，焊缝做无损检测，超出规范要求，须进行修整，完成后及时进行喷砂除锈喷防锈底漆一道。

11.4 设备安装

11.4.1 工程安装包括除尘器、风机等本体设备(指土建基础以上的全部结构)和高、低压电源及其控制系统的安装，及与之相关设备和设施的连接。

11.4.2 设备零部件的现场贮存、运输和吊装应符合产品技术文件的规定。

11.4.3 袋式除尘器安装应符合JB/T8471的规定，并满足：

(1) 除尘器壳体安装时侧板和端板组成的各除尘室应有良好的密封性能，壳体各侧板之间、顶板各板之间的搭接板安装后应进行连续焊接；

(2) 滤袋安装应放在全部安装工作的最后进行，装好滤袋后，不得在壳体内部和外部再实施焊接，不得采用气割(明火)；

(3) 清灰气路系统的安装既要保证气路系统的密封、可靠，还要确保各种气动元件的动作灵活、准确。

11.4.4、净化系统相关设备和设施的连接。如系统排灰、风管、调节阀门等的安装应符合GB50275 和GB50236 的要求。

11.4.5 高、低压电源及其控制系统的安装，按GB50254 的要求进行。

11.5 净化系统调试

11.5.1 净化系统的空载试运行应满足以下规定：

(1) 建立净化系统适宜的运行操作规程；

(2) 试运行之前必须清理安装现场，检查烟道，清除设备机内杂物，关闭各检查门；

(3) 各运动部件加注规定的润滑油(脂)，人力应能盘动且转动灵活；

(4) 所有风机启动前应进行手动盘车，入口阀门应打到启动的位置，出口阀门应全部打开，运转正常后再进行风量的调整。

(5) 每台设备都要设专人负责，检查监护系统要有人流动检查监护，调试人员应掌握设备的操作规程。

(6) 打开电解车间与主烟道连接的所有电解槽支烟管阀，打开除尘器进出口阀门，系统中工艺需要的非调整手动阀门都应打开，做好试车准备工作。

(7) 具有压缩空气系统的，通压缩空气时不得出现漏气，压力应保持在规定的工作压力之内，且压力计指示正确；

(8) 配电柜、控制柜(箱)供电正常；

(9) 检查所有配套设备，向各运动部件点动供电，使其运动方向正确；

(10) 按操作规程要求顺序启动各设备，连续空转4-8小时，观察传动电机、各轴承部位的发热情况和清灰控制仪动作的准确性和灵活性，并做好记录。

11.5.2 袋式除尘器试生产应达到以下条件和要求：

(1) 在额定风量的 80%条件下进行；

(2) 连续试验时间在72小时以上；

(3) 观察并记录各测量仪表的显示数据及各运动部件的运行状况；

(4) 试生产各项技术指标均应达到设计要求；

(5) 验证自控系统的可靠性；

11.5.3 调试结束后检查除尘器有无漏风、漏料现象。

11.6 工程验收

11.6.1 与生产工程同步建设的废气治理工程应与生产工程同时验收；现有生产设备配套或改造的废气治理设施应进行单独验收。

11.6.2 废气治理工程分二个阶段进行验收。第一阶段为安装工程(竣工)验收，第二阶段为环保验收。

11.6.3 安装工程验收在安装工程完毕后，由用户组织安装单位、供货商、工程设计单位结合空载试运行对废气治理系统各部分逐项进行验收。安装工程(竣工)验收应对系统控制设备操作的安全性、采样及控制的可靠性等方面进行考核。工程竣工验收前，严禁投入生产性试运行。

11.6.4 安装工程验收应依据主管部门的批准文件、设计文件和设计变更文件、工程合同、设备供货合同及其附件、设备技术文件及其他技术文件。验收前结合废气治理工程的实际情况，制定相应的验收程序和验收内容。验收程序和应符合GB50231、GB50236、GB50275、HJ/T76、JB/T8471、GB50254 和安装文件的有关规定。

11.6.5 新、改、扩建铝电解建设项目的废气治理工程环境保护验收按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》和HJ/T254 的规定执行。

11.6.6 现有生产设备配套或改造废气治理设施，按照下达治理任务的环境保护行政主管部门的要求，参照HJ/T254 的规定进行。

11.6.7 配套建设的烟气连续监测及数据传输系统，应与废气治理工程同时进行环境保护竣工验收。

11.6.8 铝电解废气氟化物和粉尘治理工程竣工环境保护验收提供的技术文件除应满足《建设项目竣工环境保护验收管理办法》及HJ/T 254 的规定外，还应提供试运行期间的烟气连续监测数据，及废气治理系统的性能试验报告。

11.6.9 铝电解废气治理系统性能试验报告至少应包括如下参数：

(1) 出口粉尘浓度；

(2) 出口氟浓度；

- (3) 出口排烟量;
- (4) 出口排尘速率;
- (5) 出口氟排放速率;
- (6) 出口排烟速率;
- (7) 系统漏风率;
- (8) 系统阻力;
- (9) 集气罩集气效率;
- (10) 粉尘净化效率;
- (11) 氟化氢净化效率。

详见附录A。

12 运行与维护

12.1 一般要求

12.1.1 生产单位应配备环境保护专职技术人员及相应的技术力量,制定废气治理系统的“操作规程”、“岗位责任制”、“定期巡检制度”、“维护管理制度”;制定车间工作制度和大、中、小修计划;制定每台设备的维修内容,确保系统长期、高效、安全运行。至少配备1套废气治理系统检测仪器。

12.1.2 废气治理设施应由固定的工人操作,配备能胜任设备维修保养的各专业技术人员,每台设备均应责任到人。严格执行交接班工作制度。岗位工人应通过培训考核上岗,熟悉设备运行和维护的具体要求,具有熟练的操作技能。定期对岗位人员和维护管理人员进行教育培训,对其操作和维修管理进行评估,采取有效的措施提高操作技能。

12.1.3 岗位工人应填写运行记录。运行记录按天上报企业生产和环保管理部门,按月成册,作为废气治理系统运行档案。所有净化设备均应有运行记录,铝电解槽烟气干法净化系统运行记录表格参见附录A的表A.2、表A.3;其他除尘器运行记录表格格式可参照附录A的表A.4,处理风量大于100000m³/h的通风设备用除尘器运行记录表格宜单独编制。

12.1.4 建立铝电解废气治理设施主要设备档案,各个废气治理系统袋式除尘器的型号及参数记录表参见附录B的表B.6。

12.1.5 岗位工应按操作规程启动或关闭废气治理系统,随时观察设备运行状况,

发现异常应及时处理。

12.1.6 废气治理工程中通用设备的备品备件由生产单位按机械设备管理规程储备。专用备品备件如脉冲阀、滤袋、气动元件及电器元件等储备量为正常运行量的10%-20%。

12.1.7 生产单位应每6个月对所有的废气治理系统进行一次全项目检测。对可能有问题的系统、设备随时检测，检测结果应记录并存档。检测内容见附录A的表A.1。

12.2 铝电解车间操作管理

12.2.1 应减少电解槽作业开罩时间、减少车间内残极、物料外露堆放，并进行相应的污染治理。

12.2.2 在铝电解槽非工艺作业时间，槽罩板或两端工艺操作门不得打开。

12.2.3 槽罩板应实行作业一台打开一台的作业方式，使电解槽罩板及时处于关闭状态。

12.2.4 电解日常操作如：出铝、更换阳极，操作前必须先先在槽控机上执行相应的操作按钮，由槽控机传递操作信号给净化控制系统，再由净化系统完成主副烟道阀门的转换。作业完毕后应立即盖好槽罩板，由槽控机自动传递信号给净化系统，完成主副烟道阀门的逆转换。

12.2.5 阳极更换作业时，单台槽打开的槽罩板不得多于3个，阳极更换时间不得大于20分钟。

12.2.6 更换下来的残极不可随意敞开放置在电解车间。要建立残极冷却间，或在电解车间设置带有侧吸罩的临时冷却点，残极散发出的烟气统一收集送烟气干法净化系统处理。

12.2.7 残极和电解车间的多余电解质用加有密封罩的阳极转运车或加罩的电解质运输车转运，防止运输过程中的氟化物和粉尘飞扬。

12.2.8 从电解槽中捞出的炭渣和取出的多余电解质应收入放置于电解槽集气罩内的容器中。

12.2.9 出铝时出铝抬包抽真空用压缩空气尾气应排入电解槽集气罩。

12.2.10 应减少和取消生产过程中的各种车辆运输，减少道路扬尘、装卸扬尘和沿途抛洒。

12.2.11 铝电解用阳极含硫应 $\leq 1.5\%$ 。

12.3 废气治理系统运行

12.3.1 废气治理系统初期运行和重新开机前，应全面检查运行条件，达到运行要求后才允许启动。

12.3.2 运行中的废气治理系统应与生产操作密切配合，保证运行平稳，排放浓度达标。

12.3.3 废气治理系统风量不得超过系统额定处理风量。

12.3.4 除尘器入口气体温度必须低于滤料使用温度的上限，若超过上限值，必须采取措施予以调整，避免烧损滤袋。

12.3.5 废气治理系统的除尘器应在正常阻力范围内运行。

12.3.6 操作工每班至少应巡回检查一次，对设备进行清扫，保持设备和现场的整洁，及时发现防止故障的发生。

12.3.7 高寒地区废气治理系统建成或长时间停运后，冬季启动之前必须对袋式除尘器采用加热措施，使除尘器内温度高于露点温度 10°C 以上，避免结露糊袋或烧袋、影响系统正常运行。

12.4 集气系统的维护

12.4.1 定期检查烟道，保持畅通无积料。

12.4.2 保证集气罩板无明显变形和破洞。

12.4.3 定期检查维修阳极导杆与水平罩板之间的柔性密封，保持密封完好。

12.4.4 支烟管上的柔性补偿节保持完好无破损。

12.4.5 定期检查铝电解废气排烟管网，保持末端烟道与汇总烟道畅通无积料。

12.4.6 定期检查主、副烟道控制阀门，确保灵敏可靠。

12.4.7 定期检查、调整排烟管网支烟管阀门工作状态，保持管网排烟平衡；两槽集气罩出口负压差值应控制在 $10\text{Pa}--50\text{Pa}$ 之内。

12.4.8 定期检查排烟管网的管道、连接法兰，不允许有漏风现象，并定期进行防腐处理。

12.4.9 保持电磁阀、气缸等卫生干净，定期检查供风管路，不允许有漏气现象。

12.4.10 排烟管网支架定期防腐，螺栓定期维护保养，防止腐蚀。

12.5 废气治理系统的维护

12.5.1 废气治理系统投入运行一周内应对各连接件进行紧固，检查除尘器清灰机构和滤袋滤尘情况。对于反吹风袋式除尘器使用1-2个月后，应定期对滤袋吊挂机构长度进行调整或更换，保证吊挂机构对滤袋的预紧力。

12.5.2 废气治理系统的运转部分应定期加注和更换润滑油(脂)；定期维护电气系统，保证监测仪表指示正确。

12.5.3 废气治理系统袋式除尘器内部维修，相关部分应停止运转，切断开关的总电源，并且在操作盘挂上严禁启动的字牌。维修时应用空气将系统内部的气体置换出去，如果有有害气体存在，还应使用仪器检查，确认安全后方可检修。禁止单人操作，避免人身事故。

12.5.4 袋式除尘器的箱体外部维护主要是防止漏雨、使整体稳固、密封和保温性能良好。阀门维护应保证阀门开闭灵活、位置准确及密封良好。调节或检修清灰机构应满足清灰要求，灰斗内壁不应粘结粉尘，存灰不得超过设计值。及时更换损坏的滤袋和部件。

12.5.5 定期校对仪表，消除误差，保证自动控制、报警、监测和指示系统可靠、正确。

12.5.6 风机和输灰设备的维护按工厂同类设备维护要求执行。

12.5.7 废气治理系统停止运行，应清除滤袋、设备、管道和灰斗的积灰，防止内部结露、生锈；清灰机构与驱动部分要注油，防止灰尘和雨水等进入设备内部。检查滤袋磨损程度、滤袋之间摩擦情况、滤袋或粉尘是否潮湿，针对不同情况妥善处理。

12.5.8 有冰冻季节的地方，废气治理系统停运时，冷却水和压缩空气的冷凝水应完全放掉。长期停运，还应取下滤袋，放在仓库中妥善保管。切断配电柜和控制柜电源，防止各类事故发生。

附录 A

(规范性附录)

A.1 铝电解废气治理系统运行情况及性能测定原始记录表

表A.1 铝电解废气治理系统运行情况及性能测定原始记录表

工厂名称									
车间名称									
系统编号及名称									
尘源设备名称及产量 及工作情况									
除尘系统		测定项目	单位	设计值	测定值				
					1	2	3	4	
集气罩		集气效率	%						
粉尘	成分	入口 气体	流量	m ³ /h					
	粒径分布 或中位径		温度	℃					
	真密度		静压	Pa					
	气体		成分	含氟浓度	mg/m ³				
理化性质			含尘浓度	mg/m ³					
除尘器	型号规格	出口 气体	流量	m ³ /h					
	过滤面积		温度	℃					
	清灰方式		静压	Pa					
	清灰周期		含氟浓度	mg/m ³					
滤袋	尺寸	系统出口粉尘排放率		kg/h					
	材料	除尘效率		%					
	运转天数	漏风率		%					
风机	型号	设备阻力		Pa					
	风量 x 风 压 x 功率	过滤风速		m/min					
	消声情况								
备注				测定日期					
				测定人员					

A.2 当班铝电解废气干法净化系统运行记录

表 A.2 当班铝电解废气干法净化系统运行记录表

车间名称:					日期:			
系统编号及名称:								
处理能力 (m ³ /h)								
测量参数		时间:						
		单位	测量值					
车间	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	汇总烟管出口	烟气流量	m ³ /h					
		烟气温度	°C					
		HF浓度	mg/m ³					
		粉尘浓度	mg/m ³					
车间	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	#槽出口压力	Pa						
	汇总烟管出口	烟气流量	m ³ /h					
		烟气温度	°C					
		HF浓度	mg/m ³					
		粉尘浓度	mg/m ³					
除尘器机组平均压差		Pa						
#除尘器压差		Pa						
#除尘器压差		Pa						
备注					操作员:			
					班长:			

A.3 当班铝电解废气干法净化系统运行记录

表 A.3 当班铝电解废气干法净化系统运行记录表（续表）

车间名称:					日期:		
系统编号及名称:							
处理能力 (m ³ /h)							
测量参数		时间					
		单位	测量值				
#除尘器压差		Pa					
#除尘器压差		Pa					
#除尘器压差		Pa					
#除尘器压差		Pa					
除尘器反吹风压力		Pa					
除尘器脉冲反吹风压力		MPa					
除尘器机组反吹风间隔		秒					
除尘器机组出口压力		Pa					
烟囱排放口	HF浓度	mg/m ³					
	粉尘浓度	mg/m ³					
罗茨风机出口压力		kPa					
溜槽风机出口压力		Pa					
流态化风机出口压力		Pa					
副引风机入口压力		Pa					
高压风机入口压力		Pa					
新鲜氧化铝下料口下料量		t/h					
备注					操作员:		
					班长:		

A.4 当班铝电解废气干法净化系统运行记录

表 A.4 当班除尘器运行记录表

车间名称:							日期:	
系统编号及名称:								
设备型号			处理能力 (m ³ /h)					
记录时间								
温度 (°C)								
系统负压 (Pa)								
主阀门开度 (%)								
压缩空气压力 (MPa)								
出口排放情况 (自测或连续监测)								
清灰设备情况								
卸灰设备情况								
故障及交接班记录								
备注					操作员:			
					班长:			

附录 B
(资料性附录)

表 B.1 铝电解企业每 10 万吨产能采用不同电解槽型时的总排烟量

采用槽型 项目	160kA 槽	200kA 槽	300kA 槽	400kA 槽
安装槽台数 (台)	232	185	124	93
单槽排烟量 (Nm ³ /h)	5000-6000	6000-7000	7000-8000	8000-10000
总排烟量 (Nm ³ /h)	1160000-1392000	1110000-1295000	868000-992000	744000-930000
生产每吨铝产生的 烟气 (Nm ³ /t-Al)	99000-119000	95000-111000	74000-84500	64000-79000
烟气中氟含量 (mg/ Nm ³)	120-400	130-420	170-540	190-620
烟气中粉尘含量 (mg/ Nm ³)	250-700	270-720	350-940	380-1090
烟气中二氧化硫含 量 (mg/Nm ³)	30-120	35-125	45-160	50-180

表B.2 氧化铝及氟化盐输送系统的废气量及废气浓度

序号	污染源	风量 (Nm ³ /t-Al)	含尘浓度 (g/m ³)	污染物
1	新鲜氧化铝拆袋站	1200-1600	10-13	氧化铝粉尘
2	新鲜氧化仓顶	50-150	50-60	氧化铝粉尘
3	载氟氧化仓顶	60-200	80-100	氧化铝粉尘
4	氟化盐及破碎电解质仓顶	10-20	60-70	电解质粉尘

表B.3 阳极组装车间的废气量及废气浓度

序号	污染源	风量 (Nm ³ /t-Al)	含尘浓度 (g/m ³)	污染物
1	装卸站	300-400	12-13	电解质粉尘
2	电解质清理	500-600	13-15	电解质粉尘
3	电解质料斗卸料	220-270	12-13	电解质粉尘
4	电解质提升及破碎	220-260	18-20	电解质粉尘
5	残极抛丸	300-350	20-25	炭、铁、电解质粉尘
6	残极压脱	220-250	12-13	炭、电解质粉尘
7	磷铁环压脱及清理	200-230	12-13	铁、电解质粉尘
8	钢爪抛丸及导杆清刷	280-320	18-20	炭、铁、电解质粉尘
9	导杆清刷	60-100	12-13	金属铝粉
10	残极破碎	350-400	18-20	炭粉
11	残极储仓	170-200	15-18	炭粉
12	磷生铁化铁炉	380-420	8-12	炭、铁粉尘及二氧化硫气体
13	磷生铁浇铸站	190-230	8-10	炭、铁粉尘及二氧化硫气体
14	钢爪烘干系统	180-210	8-10	炭、铁粉尘及二氧化硫气体

表B.4 铝电解槽大修及抬包清理产生的废气量及污染物浓度

序号	污染源	风量 (Nm ³ //t-Al)	含尘浓度 (g/m ³)	污染物
1	电解槽大修刨炉区	650-800	8-10	电解质、炭、耐火材料粉尘
2	抬包清理机	190-230	10-13	电解质、金属铝、耐火材料粉尘
3	吸铝管清理机	30-50	10-13	电解质、金属铝粉尘

表B.5 烟囱氟化氢排放浓度、排放速率和烟囱设计高度之间的关系

最高允许 排放浓度 (mg/m ³)	铝电解企业年产能 (万吨/a)											
	10			20			30			40		
	排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高 度 (m)	
		二 级	三 级		二 级	三 级		二 级	三 级		二 级	三 级
0.5	0.5	30	30	1	40	40	1.5	50	40	2	60	50
1	1	40	40	2	60	50	3	70	60	4	80	70
2	2	60	50	4	80	70	6		80			
3	3	70	60	6		80						
4	4	80	70									
5	5		80									
最高允许 排放浓度 (mg/m ³)	铝电解企业年产能 (万吨/a)											
	50			60			70			80		
	排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高 度 (m)	
		二 级	三 级		二 级	三 级		二 级	三 级		二 级	三 级
0.5	2.5	70	60	3	70	60	3.5	80	70	4	80	70
1	5		80	6		80	7			8		
最高允许 排放浓度 (mg/m ³)	铝电解企业年产能 (万吨/a)											
	90			100			110			120		
	排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高度 (m)		排放速 率 (kg/h)	烟囱高 度 (m)	
		二 级	三 级		二 级	三 级		二 级	三 级		二 级	三 级
0.5	4.5		80	5		80	5.5		80	6		80
1	9			10			11			12		

表B.6 袋式除尘器型号规格及基本参数

车间名称:			
系统编号及名称:			
型号规格:		记录时间	
除尘器台数:		记录人	
参数名称	单位	数量	
处理风量	m ³ / h		
过滤风速	m / min		
净过滤风速	m / min		
室数	个		
每室滤袋数	条		
滤袋规格 (直径×长度)	×mm		
总过滤面积	m ²		
入口含尘浓度	mg / Nm ³		
出口含尘浓度	mg / Nm ³		
运行阻力	Pa		
脉冲阀规格			
每室脉冲阀数量	只		
换袋空间高度	mm		
压缩空气压力	MPa		
压缩空气消耗量	m ³ / min		
排灰设备型号 / 功率	/ kW		
锁风设备型号 / 功率	/ kW		
入口气体温度	°C		
总装机功率	kW		
滤袋材质			
反吹风机型号 / 功率	/ kW		
反吹风机风量 / 风压	m ³ / h, Pa		
壳体承受压力	≤Pa		
设备外形尺寸 (长×宽×高)	m		
设备总质量	kg		