

附件二

# 河南省电解铝行业环境监察技术指南

二〇一二年一月

## **1. 适用范围**

本指南适用于河南省内的电解铝生产企业（不含预焙阳极炭块生产工序）的日常环境监察工作。监察内容包括：产业政策落实情况核查核实；企业建设项目与环评及批复的相符性、“三同时”执行情况；环保设施处理工艺、设备以及运行情况；污染物排放情况；自动监控装置；环境风险防范措施；环境管理机构；环境监测机构及监测设施等方面。

## **2. 基本概念和术语**

### **2.1 电解铝企业**

电解铝企业是指以氧化铝为原料、氟化盐为电解质在电解槽内通过预焙阳极导入强大的直流电，在 950—970℃ 高温条件下，经复杂电化学反应，氧化铝被分解，从电解槽底阴极析出液态金属铝，定期吸入真空抬包浇铸成铝锭的生产企业。

### **2.2 电解铝**

电解铝是指通过电解的方法得到的金属铝。

### **2.3 铝电解**

铝电解是指以氟化盐为溶剂、氧化铝为溶质、碳素体为阳极、铝液为阴极，在强大直流电作用下，电解槽内两极上进行电化学反应的生产过程。

## **3. 环境监察准备**

### **3.1 资料收集**

监察前应向被监察企业或管理部门收集以下基础资料:

#### (1) 报告资料

环境影响评价文件、“三同时”验收报告、综合整治验收资料、清洁生产审核报告等。

#### (2) 行政许可资料

项目排污许可证、项目环评及批复文件、项目重大变更环评及批复文件、验收批复文件等。

#### (3) 设计施工图纸资料

环保设施的设计文件及图纸、环保设施平面布置图、环保设施运行工艺流程图等。

#### (4) 日常管理资料

环保管理制度、日常环境监测报表、物耗、能耗、水循环利用率、排污费交纳情况、主要环保设备及运行记录等资料、自动监测系统运行记录、主要固体废物处理处置协议或合同、环境保护组织机构、风险防范应急预案等。

### **3.2 电解铝企业生产工艺流程简述**

#### **3.2.1 原辅材料及能源**

电解铝生产主要原辅材料为氧化铝、氟化盐（冰晶石和氟化铝）、预焙阳极炭块，能源为电。

#### **3.2.2 工艺流程**

### 3.2.2.1 电解铝生产

预焙阳极电解槽电解铝生产采用氟化盐—氧化铝熔盐电解法。铝电解生产所需要的原材料为氧化铝和氟化盐，电解所需要的直流电由整流所供给。将原料、熔剂加到预焙阳极电解槽中，通过预焙阳极导入强大的直流电，在950—970℃高温条件下，上述原料变为熔融状态的电解质，并在电解槽内发生复杂的电化学反应，氧化铝被分解，在槽底阴极析出液态金属铝，定期通过由压缩空气造成的负压吸入真空出铝抬包，送往铸造车间浇铸成铝锭。在电化学反应过程中，碳素阳极与氧反应生产 $\text{CO}_2$ 和 $\text{CO}$ 而不断消耗，通过定期更换预焙阳极块进行补充。电解槽散发的含有氟化氢及氧化铝、氟化盐粉尘的烟气经集气罩密闭集气后送入干法净化系统处理。

### 3.2.2.2 原料贮运

袋装氧化铝采用汽车运至氧化铝贮存仓库内，用天车将袋装氧化铝调运至拆卸平台上，人工割包后将氧化铝倒入料斗，经压力容器将氧化铝通过浓相输送管道输送至电解烟气干法烟气净化系统新鲜氧化铝仓。新鲜氧化铝进入电解烟气净化系统吸附烟气中的氟化物成为载氟氧化铝，由气力提升机送入两厂房中间的载氟氧化铝日用仓中，载氟氧化铝由超浓相输送系统送至每台电解槽的料箱中，供电解生产使用。电解生产所需要的冰晶石、氟化铝等辅助原料用汽车运进厂内入库，其中袋装氟化铝贮存在氧

化铝仓库中。用专用车辆将冰晶石、氟化铝运进电解车间供生产使用。

### 3.2.2.3 阳极组装

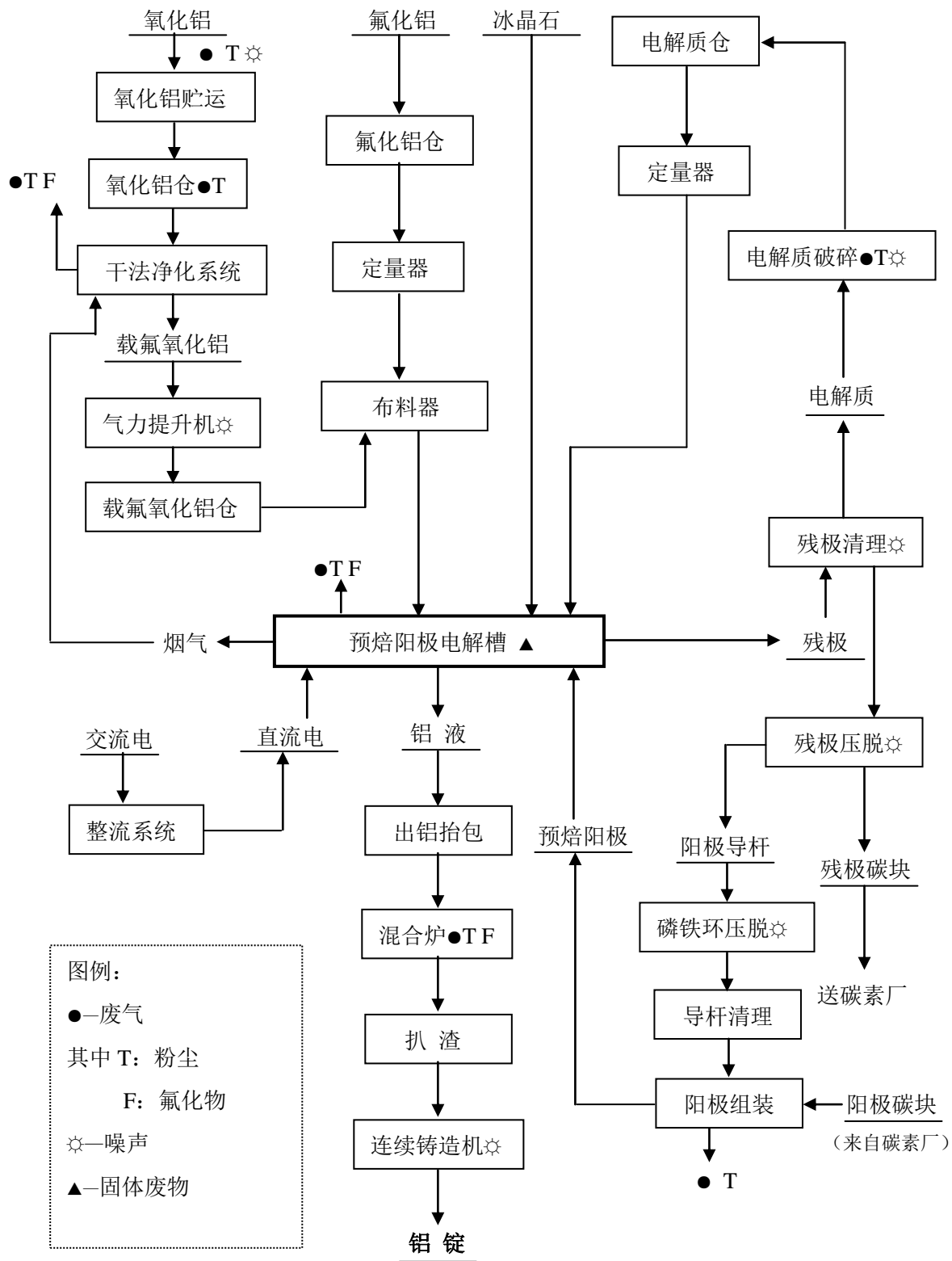
从电解槽卸下的残极返回阳极组装及残极处理车间处理。首先对残极表面的电解质进行清理，清理下来的电解质经破碎工段破碎后送至各电解厂房内的电解质高位贮仓，通过风动溜槽送到电解多功能天车料箱内，由多功能天车加入到电解槽壳面上作为换极时的覆盖料；然后进行残极压脱，压脱下来的残极块送往碳素厂重新制作阳极碳块；之后压脱机对残留的磷铁环进行压脱，并对导杆进行清洗，压脱下来的磷铁环返回中频炉配料使用。

将磷生铁加入到中频炉中并加入焦炭熔炼后，铁水经出铁口流入铁水包，然后将铁水倒入到已放入导电钢爪的阳极碳碗内，铁水冷凝后将新的阳极碳块和导电钢爪粘结在一起，组成新的阳极组。

### 3.2.2.4 铸造工艺

装满铝液的真空抬包由拖车运进铸造车间，经称重后将抬包中铝液直接注入40t铝混合炉内，熔池装满后加入造渣剂，经搅拌后静置30分钟，然后扒去铝液表面的浮渣。扒渣后的铝液经流槽进入连续铸锭机进行铸锭，经水冷工序冷却后进行计量打捆包装，之后由叉车运至成品库。

整个电解铝生产工艺流程见下图。



电解铝企业生产流程图

### 3.2.3 电解烟气净化

#### 3.2.3.1 烟气净化工艺及机理

在铝电解生产过程中，电解槽散发出大量有害烟尘，其主要污染物是气态氟化物、 $\text{SO}_2$ 及粉尘，这些有害物不仅危害人体健康，而且污染厂区周边环境，因此必须净化处理。

铝电解烟气净化工艺主要有湿法净化回收和干法净化回收两种，因湿法净化较干法净化具有运行费用高，二次污染，耗水量大，设备腐蚀严重等问题，目前国内外铝厂电解烟气治理基本采用干法净化回收工艺。

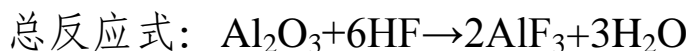
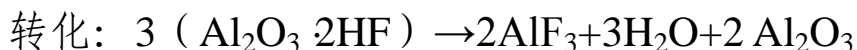
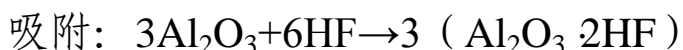
干法净化机理：干法净化过程是通过吸附反应的原理来完成的。吸附为表面作用，吸附剂的比表面积越大其吸附能力越强。吸附质的沸点越高越易被吸附，相反则难于被吸附。吸附一般分为物理吸附和化学吸附。

$\text{Al}_2\text{O}_3$  孔隙率较高，比表面积较大，又是两性化合物，对酸性气体和沥青挥发份具有良好的吸附性。试验证明， $\text{Al}_2\text{O}_3$  吸附 HF 以化学吸附为主，物理吸附次之。化学吸附的结果在  $\text{Al}_2\text{O}_3$  表层，每个  $\text{Al}_2\text{O}_3$  分子吸附两个 HF 分子，生成单分子层吸附化合物。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  对沥青烟的吸附为物理吸附。

对于物理吸附，吸附质的沸点高低具有决定意义。对化学吸附除沸点外，吸附剂和吸附质的反应性也是极其重要的。HF 具有沸点高、化学活性强、很容易被  $\text{Al}_2\text{O}_3$  吸附的特点。

综上所述，可将干法除氟的吸附反应原理，用如下反应式表

示：



当载氟 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 被加温到 $400^\circ\text{C}$ 以下时， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的载氟量无变化，但在高温下 $\text{AlF}_3$ 容易水解和升华，温度越高，水解越多，升华越迅速。当温度达到 $600^\circ\text{C}$ 时就会大量解析，这是因为 $\text{AlF}_3$ 的沸点较低。电解槽的保温层温度大约在 $400^\circ\text{C}$ 以下，这恰好是表面化合物转化为 $\text{AlF}_3$ 所需要的温度。在下层高温状态下，即使有少量的水解和升华，也会被上层低温的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 所吸附。因此，载氟 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 在槽面预热期间，因解析而释放的氟是很少的。

### 3.2.3.2 烟气净化方法

干法回收工艺又分为“VRI”法、管道法、沸腾床法、荷电干法技术等。由于“VRI”法进行电解烟气净化阻力损失较小，氧化铝破损率最小，因此，目前国内铝厂电解烟气均采用“VRI”法净化电解烟气。

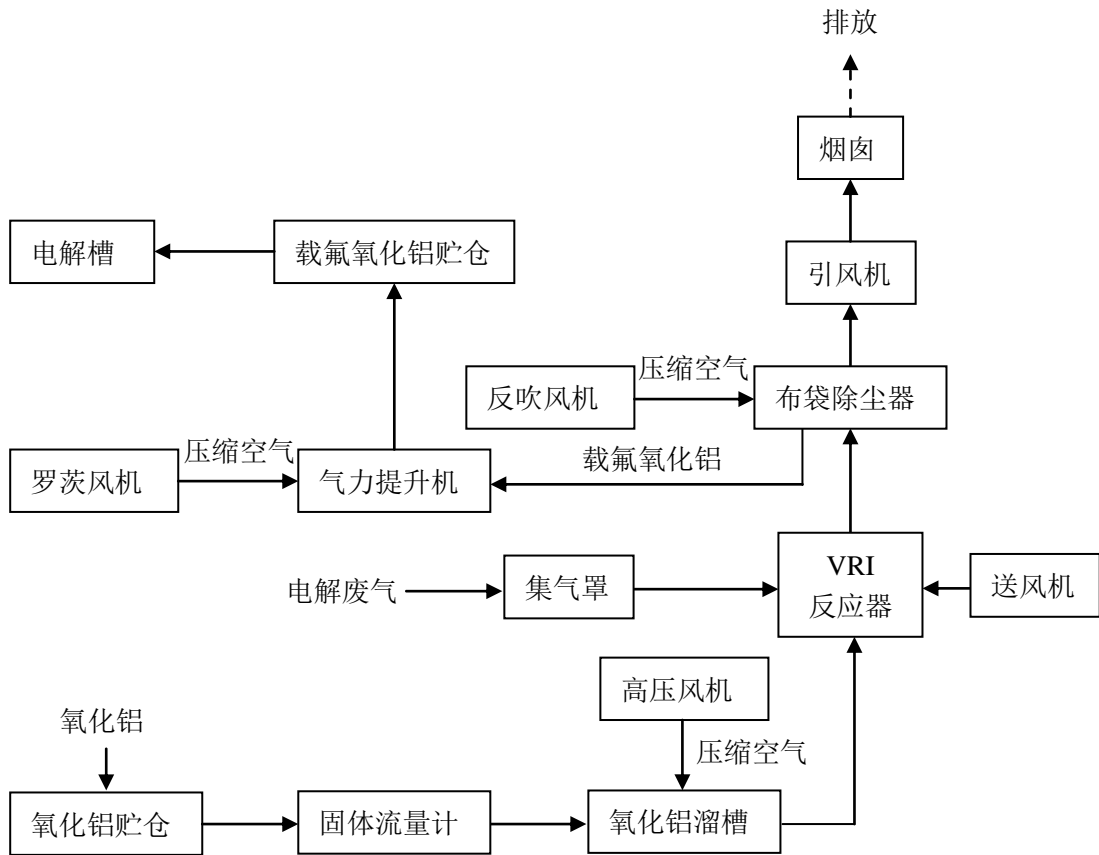
VRI 反应器的工作原理及特点： $\text{Al}_2\text{O}_3$ 经给料箱和流化元件进入 VRI 空心锥体，经锥形壳体上的沿辐射线布置的孔均匀地，呈溢流状态流入烟气烟道内，并很快布满整个管道截面。烟气自下而上穿过这层断面与  $\text{Al}_2\text{O}_3$  接触，烟气和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  均匀接触，完成  $\text{Al}_2\text{O}_3$  对 HF 的吸附过程。

### 3.2.3.3 电解烟气净化工艺流程



电解槽散发的有害烟气，经密闭排烟罩集气后进入电解槽上部的排烟支管汇集到电解厂房两侧的排烟总管，然后经烟道进入袋式除尘器前部的 VRI 反应器，在此与定量加入的新鲜氧化铝和循环氧化铝混合完成吸附反应，烟气中的氟化物被氧化铝吸附下来的载氟氧化铝随烟气进入袋式除尘器进行气固分离。净化后的烟气由主排烟风机送至主烟囱排入大气。分离下来的载氟氧化铝一部分用来循环吸附氟化物使用，另一部分送到电解生产系统作为生产原料使用。整个净化系统由可编程控制器实现自动控制。

电解烟气净化工艺流程见下图。



电解烟气净化工艺流程图

### 3.3 电解铝企业产排污节点及污染防治概述

电解铝企业生产过程中以大气、固体废物、噪声污染为主，为便于环境监察，分污染因素按生产工序概述如下。

#### 3.3.1 大气污染物产排污节点及污染防治概述

##### 3.3.1.1 电解车间

电解槽烟气是电解铝生产企业最主要的大气污染源，烟气中主要污染物为粉尘、 $\text{SO}_2$ 和特征污染物氟化物（以氟计）。

电解槽散发的含氟、含尘及 $\text{SO}_2$ 烟气采用氧化铝干法净化回收技术治理。电解槽采用罩板进行密闭，集气效率98%，烟气经密闭排烟罩集气后由管道引入袋式除尘器前部的反应器，烟气中的HF被反应器中的氧化铝吸附下来并在其表面发生化学反应生成氟化铝，反应后的载氟氧化铝随烟气进入袋式除尘器进行气固分离。分离下来的载氟氧化铝一部分用来循环吸附氟化氢使用，另一部分送到电解生产系统作为生产原料使用，净化后的烟气由排气筒排放，主要污染物为氟化物、 $\text{SO}_2$ 和粉尘。

##### 3.3.1.2 氧化铝贮运废气

氧化铝有散装和袋装两种。散装氧化铝由槽罐车运入厂内，在卸料站通过管道直接送入位于两厂房中间的新鲜氧化铝贮槽内。袋装氧化铝由汽车运至氧化铝贮存仓库内，用天车将袋装氧化铝调运至拆卸平台上，人工割包后将氧化铝倒入料斗，经压力容器将氧化铝通过浓相输送管道输送至电解烟气干法烟气净化系统新鲜氧化铝仓。

袋装氧化铝在割包落料时会产生一定量的粉尘，主要净化设施采用负压侧吸式集气装置收集后由管道引入袋式除尘器净化，净化后的废气由排气筒外排。

#### 3.3.1.3 氧化铝储库粉尘

压缩空气系统运来的氧化铝入库时会产生一定量的粉尘。主要净化设施为氧化铝库顶设置袋式除尘器，含尘废气经袋式除尘器净化后直接排入大气，捕集下来的氧化铝粉尘落入氧化铝储库内。

#### 3.3.1.4 阳极组装车间废气

阳极组装车间接收电解车间电解残极，经清理、压脱后外销碳素厂，磷铁环经处理后进入中频炉熔炼，再经浇铸站组装浇铸，送电解车间使用。主要废气产生环节及治理措施如下。

① 中频炉熔炼磷生铁用于粘结阳极碳块和导电钢爪，组装新的阳极。磷生铁在熔炼过程中会产生一定量的含尘烟气，主要净化设施为集气罩收集、布袋除尘器净化处理。

② 阳极组装车间电解质破碎会产生一定量的粉尘，主要净化设施为集气罩收集、布袋除尘器净化处理。

#### 3.3.1.5 无组织排放

电解槽密闭罩板有较高的集气效率，但仍有少量的烟气会从电解槽逸出，以无组织排放的形式从电解车间的侧窗和顶部的天窗排入大气，主要污染物为氟化物、SO<sub>2</sub>和粉尘。大气污染物产排污节点及污染防治概述见下表。

工序	主要污染源	主要污染物	污染防治要求
电解车间	电解槽	粉尘、SO <sub>2</sub> 、氟化物	电解槽盖板密闭、引风管、干法净化系统
氧化铝贮运	氧化铝割包	粉尘	侧吸集气罩加布袋除尘器
氧化铝储库	储库	粉尘	布袋除尘器
阳极组装车间	电解质破碎	烟尘	集气罩、布袋除尘器
	中频炉烟气	粉尘	集气罩、布袋除尘器

### 3.3.2 水污染物产排污节点及污染防治概述

电解铝企业生产用水环节主要为整流所、空压机及铝锭铸造。

整流所、空压机为设备间接冷却水，工程中均设置有净循环水系统，循环使用，不外排。

铝锭铸造为铝锭直接冷却用水，铝锭冷却在冷却水池中进行，属于亏水运行，且对冷却水质无要求，该工序只补不排。

### 3.3.3 固体废物产排污节点及污染防治概述

电解铝生产企业主要固体废物为电解槽大修渣及残阳极，电解槽大修渣由于吸附大量的氟化物，属危险固体废物，残阳极经分解后的电解质返回电解槽使用、残极碳块外销碳素厂生产预焙阳极。目前，电解槽大修渣主要有两种处置方式，一是无害化处理后用于生产耐火材料综合利用，二是按照危险废物管理要求进行填埋处理。

### 3.3.4 噪声产排污节点及污染防治概述

电解铝企业高噪声源多，分布广，主要有机械动力学噪声，如电解槽、整流所、大型泵类等；空气动力学噪声，如空压站、

大型风机等。对于不同的噪声源采取不同的噪声污染防治措施，首先是采用低噪声设备；其次，对于机械动力学噪声采取设置减振基础、置于室内的噪声污染防治措施，对于空气动力学噪声采取安装消声器、设置减振基础、置于室内的噪声污染防治措施，可有效减轻噪声污染。

### **3.4 电解铝企业污染物排放标准**

- (1) 《铝工业污染物排放标准》（GB25465-2010）；
- (2) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）。

### **3.5 电解铝企业其它污染控制标准**

- (1) 《清洁生产标准—电解铝业》（HJ/T187-2006）；
- (2) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18598-2001）；
- (3) 《危险废物鉴别标准—浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）。

### **3.6 电解铝工业产业政策及技术规范**

- (1) 《产业结构调整指导目录》（2011年本）；
- (2) 《铝工业产业发展政策》；
- (3) 《铝工业发展专项规划》；
- (4) 《铝行业准入条件》；
- (5) 《有色金属产业调整振兴规划》。

## **4. 现场环境监察要点**

### **4.1 现场普查内容**

(1) 新建、技术改造、改扩建项目环保法规执行情况，是否执行环境影响评价及环评批复、“三同时”制度，是否按照规定完

成验收等；是否按照环评批复的规模、工艺装备、厂址及规定或推荐的污染治理工艺规范设计并建设污染防治设施。

(2) 是否完成“总量控制、区域削减”等要求。

(3) 新建、技术改造、改扩建项目环保治理设施处理效率或污染物的排放是否达到原设计指标要求。

(4) 各污染源污染物的排放是否达到国家或地方规定的环保标准要求，固体废物是否按照要求安全处置或综合利用，各类污染物是否实现长期稳定达标排放。

(5) 环境保护设施及自动监控设施是否正常稳定运行、排污口是否规范化设置。

(6) 国家或地方规定实施总量控制的污染物排放量是否满足环保部门规定或核定的总量要求。

(7) 是否制定突发性环境污染事故应急预案或应急处理处置措施等。

(8) 是否对环保验收、环境影响评价文件中规定的环境保护设施和环境风险防范措施存在的问题按要求进行了整改完善。

(9) 排污费缴纳情况。

(10) 污染防治设施运营台账等。

## **4.2 环境监察重点内容**

(1) 企业生产规模、工艺技术装备、清洁生产水平是否符合目前国家产业政策和环保政策要求。

(2) 污染防治设施是否经由资质的设计单位设计、施工，污

染防治设施是否按环评及批复的要求建设、运行，并通过环保验收。

(3) 污染防治设施及自动监控设施是否正常稳定运行，环境风险应急预案和应急措施是否到位。

(4) 污染物排放是否达标，大气污染物有组织源重点监察电解槽烟气、氧化铝贮运、氧化铝储仓及阳极组装车间各排气筒污染物是否达标，大气污染物无组织源重点观测电解槽车间、阳极组装车间等无组织烟（粉）尘排放状况。

(5) 水污染物重点监察整流所、空压站、铸锭车间用水环节生产废水产生、处理及回用情况。

(6) 固体废物重点监察电解槽大修渣处置方式（无害化综合利用及安全填埋），厂区临时堆存措施，大修渣无论是厂区临时堆存，还是渣场填埋，均应按危险废物填埋场标准要求防渗处理。察看大修渣堆场的建设、运行、管理是否规范，重点查看堆场底部及堆场四周是否采取了规范的防渗措施等。

(7) 核查污染物年排放总量，重点核查企业烟（粉）尘、SO<sub>2</sub>、COD年排放量是否满足总量控制要求。

## **5. 现场环境监察内容**

### **5.1 建设项目环境监察**

(1) 项目建设地址、环境保护距离及排水去向等是否与环评及批复一致。

(2) 项目主要原辅材料、燃料种类、成分及数量是否与环评

及批复一致，项目生产规模、生产工艺、生产设施是否与环评及批复一致。

(3) 污染防治设施是否按批复要求与工程主体设施同步建设到位。根据建设项目环保设施“三同时”验收一览表逐一核对各工序环保设施是否按要求建设落实到位。

(4) 污染防治设施建设的规模及处理效果能否满足要求。实地查看设计文件确定的污染防治设施的建设规模和设计的处理效果，分析能否满足环评文件及变更批复的要求。

(5) 建设项目环境违法调查。若发现项目建设地址、生产工艺、技术装备、主要原燃料、污染防治设施等与环评批复不一致的情况，应及时将项目实际的建设情况上报审批该项目的环境保护行政主管部门，由审批该项目的环境保护行政主管部门依法依规对该项目做出处理。

## **5.2 生产现场监察内容**

根据电解铝企业的实际，生产现场的监察应分电解铝车间、电解烟气干法净化系统、氧化铝贮运、阳极组装车间、槽大修渣临时堆场、公用设施（包括锅炉房、污水处理站等）等工序，按照污染因素、产污节点逐处、逐项进行检查、观察和分析。

### **(1) 电解铝车间**

电解铝车间是主要的无组织排放源，主要查看电解槽盖板是否变形、破损，车间空气是否混浊。如果车间无组织排放严重，说明电解槽盖板变形破损严重，电解烟气集气效率低，应立即修



缮或更换。

### (2) 电解烟气干法净化系统

电解烟气是电解铝企业主要污染源，烟气干法净化是主要的环保设施，主要查看是否建设有烟气干法净化系统及在线监控装置。

### (3) 氧化铝贮运系统

氧化铝贮运系统主要有氧化铝割包及储库产生的粉尘，主要查看是否设置布袋除尘器净化处理。

### (4) 阳极组装车间

阳极组装车间主要为残极破碎粉尘及中频炉熔炼烟尘，主要查看是否设置集气装置和布袋除尘器净化措施。

### (5) 槽大修渣临时堆场

槽大修渣为危险固废，主要查看厂区临时堆场是否设置有防风、防雨、防流失的“三防”措施，是否按照危废堆存标准要求进行管理。

## 5.3 重点污染源环境监察

电解铝企业主要以大气、固体废物污染为主，不同工序重点污染因素不同，不同工序环境监察重点也不同。监察时，应了解企业的技术经济指标是否达到国家及我省的有关规定，新改造电解铝企业综合交流电耗必须低于 14300kWh/吨铝、电流效率必须高于 94%、氧化铝单耗低于 1920kg/吨铝、氟化盐消耗低于 25kg/吨铝、阳极炭素净耗 410kg/吨铝、新水消耗低于 7t/吨铝，现有

电解铝企业综合交流电耗必须低于 14450kWh/吨铝、电流效率必须高于 93%、氧化铝单耗低于 1930kg/吨铝、氟化盐消耗低于 30kg/吨铝、阳极炭素净耗 430kg/吨铝、新水消耗低于 7.5t/吨铝，从源头削减污染物产生量。

#### (1) 大气重点污染源环境监察

根据电解铝企业生产特点和大气污染物产排权重，电解铝企业中电解槽车间、阳极组装车间等为主要大气污染源，在实际工作中应将上述工序作为大气重点污染源环境监察对象。

电解槽车间：电解槽盖板是否变形、破损，车间空气是否混浊，是否建设有烟气干法净化系统及在线监控装置，检查在线监测数据及处理效果。

阳极组装车间：残极破碎是否采取了集气、净化设施及效果，中频炉冶炼烟气是否采取了集气、净化设施及效果。

#### (2) 固体废物重点污染源环境监察

根据电解铝企业生产特点和固体废物产排权重，电解铝企业中电解槽大修渣为主要固体废物污染源，在实际工作中应将槽大修渣厂区临时堆场、填埋场及无害化综合利用措施作为固体废物重点污染源环境监察对象，检查大修渣临时堆场、填埋场是否按照危险废物处理处置要求进行建设、运营及管理。

### **5.4 环境监察记录**

填写《环境监察现场记录表》

### **6. 环境监察报告**

现场环境监察结束后应及时就排污单位的建设项目建设情况、整体运行情况、污染防治设施建设运行状况、污染物达标排放情况、风险防范措施及应急控制措施情况、自动控制设施建设运行情况及环保监测设施等方面做出结论，并对存在的问题提出整改建议要求；环境监察报告应包括以下主要内容。

### **6.1 监察概况**

### **6.2 监察中发现的问题**

### **6.3 查处情况及处理建议**