

# 电解铝厂生产废水处理和回用

刘忠发

(贵阳铝镁设计研究院, 贵州 贵阳 550004)

**摘要:** 通过系统分析电解铝厂生产废水来源、排水特点、排水水质、废水回用的途径等条件, 确定了废水处理的工艺方式和设备集成, 具有广泛的推广应用价值。

**关键词:** 电解铝厂; 废水水质; 废水回用; 处理工艺

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-1752(2006)09-0075-05

## The treatment and reclaiming of the process waste water from the aluminum smelting process

LIU Zhong - fa

(Guiyang Aluminum Magnesium Design and Research Institute, Guiyang 550004, China)

**Abstract:** Based on the existing technical progress and through systematic analysis on the conditions of the wastewater source, water drainage characteristics and the way of wastewater reclaiming, a process flow with equipment collections is recommended in the paper, which is worth popularizing and applying widely.

**Key words:** aluminum smelter; wastewater quality; wastewater reclaiming and treatment process

### 1 前言

为缓解水资源的供需矛盾, 遏制水环境的恶化, 有关生产废水回用和用水效率提高的法规不断完善。电解铝和配套炭素工程废水处理、节水、污染控制、废水回用等相关技术取得了长足进步并趋于成型, 节流减污、重复利用率、万元产值耗水量等各项控制指标远远优于国家控制目标值。这其中也得益于企业认识的提高和资金投入的加大, 使许多技术的应用得以实现。

电解铝工程给排水设计许多思路和方法基本基于 1988 年国家环境保护局组织编制的《有色金属工业废水治理》, 但其中对电解铝和炭素工程归纳的水量控制指标、水系统组织、处理技术等参数, 是基于当时的电解铝和炭素生产技术水平, 与目前相比有很大的差异; 2003 年版《有色金属工程设计项目经理手册》基本采用 1988 年版《有色金属工业废水治理》的参数。两者已不足以指导工程设计和生产管理。本文围绕电解铝厂生产废水来源及排水特点、

排水水质、废水处理的工艺方式、废水回用的途径等进行分析, 以推进相关技术的提高。

### 2 生产废水来源及排水特点

电解铝和配套炭素工程, 其生产工艺是电解铝以氧化铝和氟化盐为原料, 通过电解的方式生产金属铝; 电解铝所消耗的阳极制品是以沥青、石油焦为原料经煅烧、配料、成型、焙烧等工序制备。主要生产车间包括电解车间、铸造工段、煅烧工段、配料成型工段、阳极组装等直接生产车间和整变电工段、余热利用工段、空压站、烟气净化工段等辅助生产设施。辅助水系统的特点是用排水点多, 分散且水量小, 仅配套冷却循环水系统就包括整流、空压站、铸造、煅烧、成型、组装、烟气净化等近十个各种水质要求的系统。生产废水和雨水通常采用同一套管网。生产废水来源于以下几个方面: 各循环水系统排污; 余热利用(包括锅炉和发电)系统及软水站排污; 车间地面清洁和道路浇洒废水; 初期雨水冲刷、溶解地面污物进入排水系统。

表1 电解铝厂生产废水来源及排水特点

Tab. 1 Sewage source from production in aluminum smelter and its drainage

废水产生源		水质特点	排放规律	相对排放量
循环水排污 (不含封闭 循环系统)	旁滤反洗排水	含泥砂等大量泥污	间断	处理能力的5%
	离子交换器再生排水	含盐量高	间断	处理能力的1.5%~5%
	吸水池清污排泥	含泥砂等大量泥污	间断	
系统连续或间断排污		清洁,含盐量增加	间断或连续	连续排污循环水量的1%~3%
余热锅炉房 及软水站	过滤预处理反洗排水	含泥砂等大量泥污	间断	
	离子交换器再生排水	含盐量高	间断	锅炉或软水需要能力 的20%~25%
	除氧器溢流机排污	含盐量高	间断	
	锅炉排污	含盐量高	间断	
实验室排水			间断	
车间地平冲洗、拖把槽等非直接生产性排水		含油污等	间断	
初期雨水		泥砂、氟化盐、油污等		按截流倍数1~2计

由于工艺生产用水全部实现循环使用,则正常情况下进入生产废水系统的排水来源相对集中于水和热力两个公用系统,排水以间断排水为主,排水水质明显可预见,与过去电解铝行业的排水相比出现质的变化。

### 3 生产废水水质

分析近年部分铝厂环保验收废水水质资料和日常生产运行水质资料,生产初期废水水质受工业生产原料影响以氟化物、石油类、色度和悬浮物等污染物为主,其次为COD、溶解固体;废水长期重复利用的情况下,废水和循环水系统氯化物、总溶解固体、电导率等离子指标明显提高,连续运行5年后总溶解固体和电导率指标与新水相比提高5~8倍,氯离子指标提高近50倍,水质明显受循环冷却水蒸发浓缩,以及水和热工两个公用系统离子交换器再生排水的严重影响。其氟化物由地面降尘和物料运输散落随地面径流进入废水系统,平均污染物浓度4mg/L~6mg/L之间,低于排放标准10mg/L;色度及油污由炭素生产原料粉尘和设备冷却水排污进入,其浓度超过排放标准;悬浮物除常规泥砂、胶体物质,含有部分细小的炭粉粉尘,其浓度超过排放标准。

根据生产用水重复利用率提高后废水产生来源和部分企业环保验收和生产运行监测资料,电解铝厂废水水质基本处于如下范围(见表2)。

## 4 确定废水处理程度

### 4.1 不同接纳体对废水水质的要求

废水处理后的去向分为排入自然水体,执行《污水综合排放标准》GB8978-1996一级标准;排放水用于农田灌溉,执行《农田灌溉水质标准》GB5084-85;废水处理回用循环水补充水及绿化浇洒等非身体接触用水,参照执行《生活杂用水水质标准》CJ25.J-89。

表2 废水水质范围

Tab. 2 Quality range of wastewater

项目	均值	范围值	备注
pH	7.5	6.5~8.0	
悬浮物,mg/L	100	50~200	
COD <sub>Cr</sub> ,mg/L	35.0	25~50	
挥发酚,mg/L	0.25	0.15~0.35	
氟化物,mg/L	6.0	3.0~15.0	
氯化物,mg/L	200	150~300	废水回用情况
硫化物,mg/L	0.01		
石油类,mg/L	7.5	3.5~15.0	
硫酸盐,mg/L	100	400~500	废水回用情况
Cr,mg/L	0.003		
总溶解固体		1000~2000	废水回用情况
电导率		1000~3000	废水回用情况

表3 各项水质与废水水质分项对照

Tab. 3 Comparison between water quality and wastewater quality

主要控制项目	废水水质		排放标准	农灌标准		杂用水标准		备注
	实测均值	预测范围值		一类	二类	冲厕绿化	洗车扫除	
pH	7.5	6.5~8.0	6~9	5.5~8.5	5.5~8.5	6.5~9	6.5~9	
悬浮物,mg/L	100	50~200	70			10	5	
CODcr,mg/L	35	25~50	100			50	50	
挥发酚,mg/L	0.25	0.15~0.35	0.5	1~3	1~3			
氟化物,mg/L	6	3.0~15.0	10	2~3	2~3			
氯化物,mg/L	200	150~300		200	200~300	350	300	废水回用情况
硫化物,mg/L	0.01			1	1			
石油类,mg/L	7.5	3.5~15.0	5	5~10	10			
硫酸盐,mg/L	100	400~450						废水回用情况
Cr,mg/L	0.003							
总溶解固体		1000~2000		1000~2000	1500~2000	1200	1000	贵铝废水回用情况
色度						30	30	
游离余氯(mg/L)						0.2	0.2	
电导率		1000~3000						贵铝废水回用情况

针对《污水综合排放标准》GB8978-1996一级标准,悬浮物为主要控制物,氟化物、石油类个别超标;针对《农田灌溉水质标准》GB5084-85,氟化物为主要控制物,石油类个别超标,但氟化物处理较为困难;针对《生活杂用水水质标准》CJ25.J-89,悬浮物、色度、石油类、总溶解固体超标,根据现有处理成本的承受能力,该用途采用的可能性不大;和《工业循环冷却水处理设计规范》相比,悬浮物为主要问题,其它含盐量的指标需采用缓蚀药剂进行控制。

表4 废水处理常规水质指标

Tab. 4 Conventional water qualities after water treatment

参数	控制值	备注
pH	6~9	
悬浮物,mg/L	10	
COD,mg/L	30	
油类,mg/L	3	
氯化物,mg/L	按浓缩倍数确定	
氟化物,mg/L	6	
色度,稀释倍率	无色	
挥发酚,mg/L	0.2	
硫酸盐,mg/L	按浓缩倍数确定	
总溶解固体,mg/L	按浓缩倍数确定	

## 4.2 废水处理程度

废水处理作为补充水回用循环冷却水系统,事故情况下达标排放是更为可行的处理方式,废水中悬浮物、色度、石油类为需集中处理的污染物。其废水长期的重复回用,将使总溶解固体和电导率增高,增加系统腐蚀的倾向,在循环水系统中应定期投加缓蚀剂,以控制腐蚀。分析确定废水处理常规水质指标见表4,对总溶解固体等相关结合新水对应水质按浓缩倍数确定。

## 5 废水处理工艺

### 5.1 废水污染物特点分析

电解铝厂废水污染物状况:氟化物由地面降尘和物料运输散落随地面径流进入废水系统;色度及油污由炭素生产原料粉尘和设备冷却水排污进入;厂内除盐水站排水、锅炉排污、循环水软化器和过滤器排水等带入悬浮物及溶解固体;车间卫生清扫带入泥砂、油污等污物。其中悬浮物除常规泥砂、胶体物质,含有部分细小的炭粉粉尘;油污含重质焦油、轻质浮油和少量乳化油。

### 5.2 废水处理现状及存在的问题

目前电解铝厂(含配套阳极)废水量在不考虑废水回用的情况下,单位产品废水排放量可控制在 $3\sim 5\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{Al}$ ;对于年产20万吨电解铝以上规模的特

大型企业废水排放量低于  $2 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{Al}$ ;以年产 8 万吨大型电解铝厂计,日废水排量低于  $1000\text{m}^3/\text{d}$ 。因此,电解铝厂(含配套阳极)日废水处理量全部属于较小型规模。

废水处理现状:国内大多数电解铝厂排水系统采用生产废水和雨水合流排放系统。生产废水和初期雨水采用常规的沉砂、混凝沉淀、除油处理达标后排放,污泥采用机械脱水或干化场脱水,同时也存在废水未经处理直接排放的企业。采用常规的沉砂、混凝沉淀、除油处理方式,构筑物为钢筋混凝土结构,操作和控制系统采用人工操作。对于常规处理流程方式,在电解铝厂的废水设计规划和运行管理上存在一些缺点,由于处理水量规模较小,各工艺构筑物很小,设计、施工和日常维护非常不方便;采用钢筋混凝土结构构筑物施工工期较长,配置分散、占地较大,相对投资较大;系统运行调节操作采用人工操作,较为繁琐。同时,由于水资源的日益短缺,通过提高废水的处理深度,以实现废水回用,降低新水消耗,也成为必须解决的技术问题。

### 5.3 推荐采用的处理工艺

基于传统工艺存在的问题,根据电解铝厂(含配套阳极)废水规模和水质特点,采用集成的可自动控制的成套组合设备较为合适。

#### 组织的废水处理工艺

1) 生产废水和雨水合流管网,在总排水口前设置截流井收集全厂废水和截流一定流量雨水,废水和截流的雨水一起经格栅进入废水调节池,再经提升泵加压进入废水成套处理设备;

2) 废水处理流程和设备组合集成,流量计 管道混合器 微絮凝槽 气浮池 中间水箱和加压泵(当采用压力过滤器时) 过滤器 活性炭吸附罐,成套设备配置自动控制系统和常规加药系统;

3) 由废水处理组合设备活性炭吸附罐的出水

进入回用水池和回用加压泵房,废水回用或排放;

4) 设备气浮池排渣、过滤器和吸附罐反洗排水进入干化场脱水,干化场溢流和渗流排水返回废水调节池;

5) 自动控制过程,以调节池水位控制废水提升泵;以流量计确定处理设备运行台数(当多台设备并联时)和加药量,实现自动加药;以过滤器和活性炭吸附罐运行阻力控制自动反洗。

以上工艺流程的过程组成为:收集管道 截流井 格栅 废水调节池及提升泵 废水处理成套组合设备 回用水水池及回用泵,附属污泥干化场。

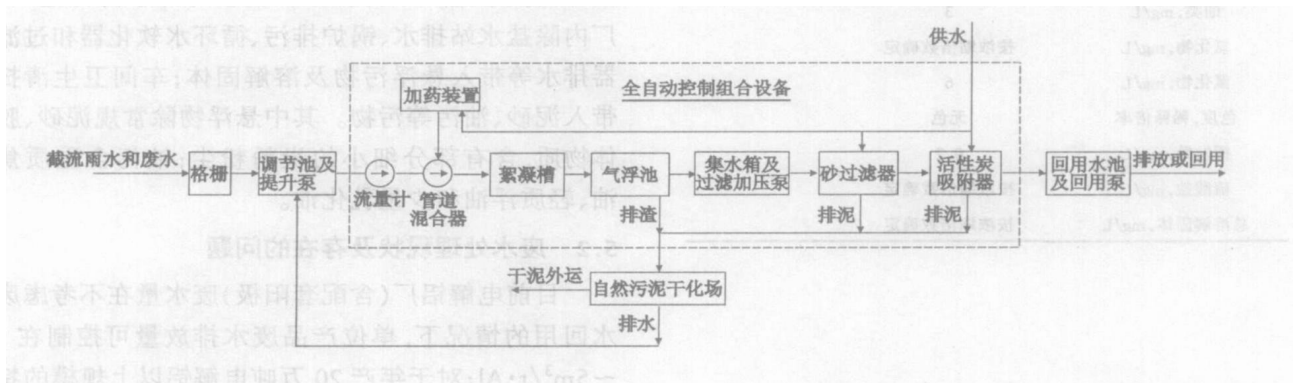
#### (2) 处理流程特殊配置原理

采用废水调节池(停留时间 2~3 小时)调节水量和水质,同时兼作沉砂和初沉池,取消系统的常规沉砂池设置;采用微絮凝气浮方式取代传统混凝沉淀、除油方式,系统设置的废水调节池停留时间较长,具备了一定的常规沉淀功能,大部分泥砂、焦油已在调节池沉积,经废水提升泵提升进入处理设备,废水悬浮物以比重较小的炭素粉尘、石油类以乳化油和轻质油为主,因此采用气浮方式去除,同时辅助去除部分 COD 成份,气浮单元可采用散气气浮法等常规方式;增加常规过滤进一步去除废水中污染物;增加活性炭吸附设置,进一步深化处理,并去除色度和降低 COD 成份,同时辅助处理氟化物;加药系统为常规组合,其药剂择优选明矾(硫酸铝  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ),辅助去除氟化物。

#### (3) 废水处理工艺和流程特点

该成套处理工艺和设备集加药系统、混合反应、气浮、过滤、活性炭吸附和自动控制为一体,具有结构紧凑、占地面积小、组合性强、操作简单、管理方便、适应性强、处理效果稳定等特点,处理后的废水可达标排放或回用于厂区绿化、浇洒、循环水补充水等。

#### (4) 工艺流程示意图



### (5) 废水处理工艺过程

1) 生产废水和雨水通过截流井截流后一起经格栅拦截较大的漂浮物和固体污染物后进入调节池,经调节池初沉和沉砂(调节池分格定期清掏),再经提升泵加压进入废水处理设备;

2) 生产废水和初期雨水在处理设备中首先经流量计计量;经管道混合器进行絮凝剂快速混合、再经微絮凝槽初步絮凝;絮凝后的废水进入气浮池气浮,浮渣经明沟排至干化场;气浮后的废水进入过滤器过滤,当采用压力过滤器时增设中间水槽过滤加压泵,过滤反洗水经明沟排至干化场;过滤后废水进入活性炭吸附罐进一步稳定处理,清洗水经明沟排至干化场,活性炭采用整体更换;处理后的废水进入回用水池,直接排放或经回用水泵加压后回用于厂区绿化、浇洒、循环水补充水等。加药装置为常规配置,药剂加至管道混合器前管道;系统反洗等用水可

使用回用水;

3) 处理设备排水和排渣经明沟进入干化场脱水干化,干化场分为多格,干泥定期外运;干化场排水返回调节池;

4) PLC 控制系统,采集调节池水位、流量计流量、过滤器阻力、吸附罐阻力、药剂槽液位等信号,控制废水提升泵、处理设备台数(当多台并联时)、药剂配置、加药量、过滤器反洗、吸附罐反洗各过程。

## 6 结 语

该电解铝厂废水回收利用技术和设计理念已广泛应用到广西、青海、陕西、四川等工程项目中,取得良好的环境和经济效益,具有广泛的推广使用价值。但废水回收后产生的腐蚀和水质关系、控制腐蚀的有效措施有待积累完善。

(责任编辑 范鸿雁)

## · 书 讯 ·

### 《中国铝工业企业简介》征订启事 (电解铝企业分册)

改革开放二十多年来,我国有色金属工业持续高速发展,尤其铝工业的发展势头迅猛,中国已跃居世界原铝生产大国,同时也是铝消费增长最快的国家。跨入新世纪,已加入 WTO 的中国铝工业已具备了参与全球铝业竞争的能力,全国仅大中型电解铝生产企业已有 130 多家,我国铝工业已经进入了一个快速发展阶段。为了适应这种新的市场变化,及时沟通企业之间的信息渠道,宣传企业形象;同时广大有色金属企事业单位各级干部及有关企业产供销人员也极为需要这方面的权威资料,我们编印了这本内容实用的《中国铝工业企业简介》,中国铝业公司总经理郭声琨任本书编委会主任。该书主要内容:企业名称、企业性质、地址、邮编、电话、传真、生产方法及设备、技术指标、“十五”规划等。本书发行范围包括国内外有色企事业单位及相关行业,国家与地方省市主管有色行业的领导部门。现该书已正式出版。定价:每本 240 元。

联系地址:沈阳市和平区北大街 184 号《轻金属》编辑部 收

电话、传真:024 - 23261062