

# 铝电解槽角部阳极高度调整降低阳极毛耗实践

郑多 韩顺忠 晏晶

(青海百河铝业有限责任公司, 青海 西宁 810000)

**[摘要]** 吨铝阳极毛耗是铝电解生产的一项重要指标,降低阳极毛耗成为降低生产成本、增加经济效益的有效途径。本文从生产实际出发,分析330 kA电解槽角部和中间区域的残极高度,通过调整角部阳极高度降低角部残极高度,达到降低吨铝阳极毛耗的目的。试验数据表明,角部极高度由610 mm调整到600 mm,折合吨铝阳极毛耗降低1.6 kg,降低了吨铝成本,增加了企业经济效益。

**[关键词]** 铝电解槽;角部阳极;调整高度;阳极毛耗;阳极炭耗;阳极消耗

**[中图分类号]** TF821 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1008-5122(2022)03-0029-04

**DOI:**10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.03.007

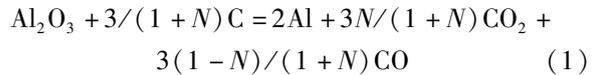
## 0 前言

冰晶石-氧化铝熔盐电解法是以炭素材料作为两极电解生产原铝的方法,炭素阳极是铝电解生产的最基本原材料之一,有电解槽的“心脏”之称,吨铝阳极毛耗是衡量电解铝生产的一项重要指标<sup>[1-2]</sup>。因此,在铝电解生产过程中,降低吨铝阳极毛耗成为降低生产成本、增加经济效益的有效途径。

在降低吨铝炭耗方面,铝电解行业内的做法主要有提高电流效率、提高预焙炭素阳极理化指标、加装阳极保护环和增加阳极高度等<sup>[1-2]</sup>。完整的新阳极在电解槽内工作至特定周期后更换出的部分俗称“残极”,降低残极重量也是降低吨铝炭耗的一个途径<sup>[3-4]</sup>。某电解铝企业330 kA系列电解槽炭阳极高度为610 mm,更换出的角部残极A1、A2、A19、A20、B1、B2、B19和B20的高度相较中间区域阳极偏高,其消耗量小于中间区域,存在浪费现象。本文通过调整330 kA系列电解槽角部阳极高度,降低角部残极高度,实现炭阳极充分利用,最终达到降低吨铝阳极毛耗和增加经济效益的目的。

## 1 铝电解过程炭阳极消耗

在铝电解过程中,阳极发生以下反应<sup>[1]</sup>:



式中, $N$ 为 $\text{CO}_2\%$ 。

由式(1)可知,当阳极反应生成的气体为100%  $\text{CO}_2$ 时,电流效率为100%,理论炭耗为333 kg/t-Al;当阳极反应生成的气体为80%  $\text{CO}_2$ 和20%  $\text{CO}$ 时,电流效率为90%,此时理论炭耗为399 kg/t-Al。但实际生产中由于阳极氧化、掉渣等,实际吨铝炭耗高于理论值。

在实际铝电解过程中,生产1 t原铝所消耗的炭素阳极的总重量称为吨铝阳极毛耗,除去残极后每生产1 t原铝所消耗的炭阳极量称为阳极净耗。在生产中,在一定时间段内(铝电解生产车间一般以月度和年度计算)所消耗的炭素阳极的总重量与原铝的总产量之比为吨铝阳极毛耗。

实际阳极炭耗主要是炭素阳极电化学反应(一次反应)引起的,一般为390~410 kg/t-Al,但是在生产实际中,还有以下几方面的消耗:1)空气的氧化作用,其化反应式为 $\text{C}(\text{阳极}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ 或 $2\text{C}(\text{阳极}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{g})$ ;2)布多尔反应,其化反应式为 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{阳极}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{g})$ ;3)机械消耗;4)残极的产生;5)其他消耗,无机物杂质(如S、Fe、Na、V等)加速阳极与空气和 $\text{CO}_2$ 的反应。

理清了理论阳极炭耗、阳极毛耗、阳极净耗、阳极消耗量的概念后,基于这些基础,下面将探讨通过降低330 kA电解槽角部残极高度来实现降低吨铝阳极毛耗的可行性。

**[收稿日期]** 2021-12-20

**[作者简介]** 郑多(1984—),男,甘肃民乐人,冶金工程师,主要从事铝电解工作。

**[引用格式]** 郑多,韩顺忠,晏晶. 铝电解槽角部阳极高度调整降低阳极毛耗实践[J]. 有色冶金节能,2022,38(3): 29-32.

## 2 角部残极消耗状况及原因分析

### 2.1 角部阳极消耗状况

该电解铝企业 330 kA 预焙阳极电解槽目前使用的炭素阳极高度为 610 mm, 实际电流强度约为 328 kA。根据电流效率 92.10%, 阳极消耗速度约为 14.3 mm/d, 换极周期为 35 d。2021 年 1—4 月份 99.70Al 合格率达到公司指标要求(表 1)。

表 1 2021 年 1—4 月份 99.70Al 合格率 %

月份	1 月	2 月	3 月	4 月
99.70Al 合格率	99.66	99.80	99.55	99.26

根据电解槽阳极排布(图 1), 统计角部残极 A1、A2、A19、A20、B1、B2、B19、B20 和中间区域残极的高度, 并进行了对比, 具体数据见表 2 和表 3。

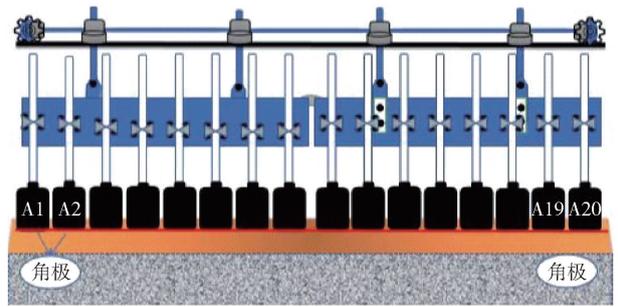


图 1 330 kA 预焙阳极电解槽阳极排布

表 2 2021 年 1—4 月角部残极高度统计 mm

月份	A1	A2	A19	A20	B1	B2	B19	B20	平均
1 月	160	155	156	159	158	155	156	158	157
2 月	163	160	161	162	160	158	159	160	160
3 月	159	157	158	155	152	154	150	150	154
4 月	158	155	154	155	153	155	153	151	154

表 3 2021 年 1—4 月中间区域残极高度抽测 mm

月份	B4	A7	B10	B5	A8	A3	B6	A9	A4	B7	A10	B3	A5	B8	A6	B9	平均
1 月	132	131	142	128	132	134	132	138	132	136	142	136	128	135	132	136	135
2 月	133	130	146	130	136	133	134	137	130	137	140	134	130	134	133	135	135
3 月	132	136	144	136	137	134	135	133	132	135	144	135	140	138	136	138	137
4 月	134	136	146	140	138	138	134	138	132	140	142	136	134	135	134	136	138

从表 2 和表 3 可以看出, 2021 年 1—4 月角部残极高度平均为 157 mm, 中间区域残极高度平均为 136 mm, 可见角部残极高度比中间区域残极高出约 20 mm。根据计算的阳极消耗速度(约 14.3 mm/d), 角部残极比中间区域残极至少多出 1 d 的消耗量。残极重量是影响阳极毛耗的一项重要因素, 在保证原铝质量前提下, 降低残极重量是降低吨铝阳极毛耗的有效途径。

### 2.2 角部残极高度大原因分析

因受到磁场、温度场、电流密度、槽电压、阳极位置、操作质量、炉膛状况等设计和技术参数因素的影响, 电解槽中不同位置的残极在形状和高度上都存在差异。针对影响角部残极高度的因素, 主要从新装阳极导电的滞后性和日常运行中的调整等方面进行分析。

首先, 铝电解槽中的炭素阳极使用至特定周期后要更换, 新装入电解槽的冷阳极表面会迅速形成一层冷凝的电解质。随着阳极温度的逐渐上升, 1~2 h 后电解质开始融化, 阳极也开始导电, 通过的电流逐渐增大。330 kA 电解槽使用的阳极高

度为 610 mm, 中间区域的阳极电流在 24 h 内基本能够达到到额定值, 而角部阳极电流却达不到, 需要 32 h 或更长时间才能达到。330 kA 电解槽角部新阳极导电的滞后性使其电化学反应消耗速度慢于中间阳极。

其次, 正常生产中如果出现阳极偏流引起的针振、摆动, 对角部阳极调整的次数要多一些。当针振或电压摆处理完, 电压稳定后, 角部阳极没有下放到原来的位置, 造成角部阳极在周期内分担的电流减小, 消耗减慢, 相应残极高度也就增大。

最后, 电解槽的两个端头的散热损失较中间更大, 而角部阳极处于两个端头, 传质传热效果不如中间阳极, 温度略低, 导电性相对较差, 从而造成角部阳极消耗速度略慢, 残极高度对应略高。

## 3 采取措施及实施效果

### 3.1 采取措施

对角部残极高出中间残极部分的有效利用有两种思路。

第一种方法是在角部、中间区域使用同等高度

的阳极,延长角部阳极使用周期。这种方法可以有效消耗角部残极高出中间区域残极的部分,减少角部残极高度,降低吨铝炭耗,但是存在以下几个问题:1)打乱正常的阳极周期,出现当天多组阳极更换现象,对电解槽的平稳运行影响较大,长期以来,阳极周期会更乱,不利于电解槽正常管理;2)增加工作量,还会出现忙中出错,忘记更换延长使用天数的角部阳极,造成化爪而降低原铝品位。因此,这种方法不是理想的选择。

第二种方法是从源头考虑,根据角部残极和中间区域残极的高度差,降低安装在角部的阳极高度。这种方法既能避免延长角部残极使用天数带来的弊端,又能降低角部残极重量从而实现降低吨铝阳极毛耗。根据公式  $h_{\text{差}} = h_{\text{角部残极}} - h_{\text{中间残极}}$  计算,将 330 kA 电解槽角部 A1、A2、A19、A20、B1、B2、B19 和 B20 的阳极高度由 610 mm 降低至 600 mm。

### 3.2 实施效果

自 2021 年 5 月开始,在 330 kA 电解槽的角部 A1、A2、A19、A20、B1、B2、B19 和 B20 安装高度 600 mm 阳极。一段时间后,角部残极和中间区域残极的高度差明显降低,详细数据见表 4。车间 99.70Al 合格率也达到了公司指标要求(表 5)。

表 4 2021 年 5—6 月角部残极高度统计 mm

月份	A1	A2	A19	A20	B1	B2	B19	B20	平均
5 月	140	138	138	141	140	135	136	140	138
6 月	141	133	137	142	142	138	139	141	139
7 月	139	139	139	143	141	134	140	139	139
8 月	140	138	138	144	140	135	138	141	139

表 5 2021 年 5—8 月 99.70Al 合格率 %

月份	5 月	6 月	7 月	8 月
99.70Al	99.02	99.23	99.04	99.28

由表 4 和表 5 可以看出,角部极高度从 610 mm

调整到 600 mm 后,角部残极的平均高度约为 139 mm,比调整前的 157 mm 降低了 18 mm,基本接近中间残极的高度 136 mm,并且原铝质量保持稳定,说明角部极高度调整取得了良好效果,实现了角部残极的有效利用。

角部阳极降低 10 mm 后,角部残极高度减小,炭阳极利用率提高,吨铝阳极毛耗降低。目前车间电流 328.00 kA,运行电解槽数 282 台,电流效率 92.10%,阳极周期 35 d,阳极密度  $1.6 \text{ g/cm}^3$ 。经计算,吨铝阳极毛耗降低约 1.6 kg,按照目前 5 000 元/t 的阳极市场价格计,阳极毛耗降低成本约 8 元/t。该电解铝企业产能为 25 万 t/a,通过降低角部极高度实现降低阳极毛耗带来的经济效益为 200 万元/a。

## 4 结束语

炭阳极的成本在铝电解成本中占有较高比例,降低阳极毛耗是降低吨铝成本的一个有效途径。本文根据某 330 kA 系列电解铝企业角部残极偏高的生产现状,采取了降低角部阳极高度的措施,将角部阳极的高度从 610 mm 降至 600 mm。阳极高度调整后,角部残极高度从调整前的 157 mm 降至 139 mm,基本接近中间残极高度 136 mm,实现了残极高度均衡性。调整角部极高度后,折合吨铝阳极毛耗降低约 1.6 kg,降低了吨铝生产成本,增加了企业经济效益,试验取得了良好的效果。

### [参考文献]

- [1] 邱竹贤. 预焙槽炼铝(第3版)[M]. 北京:冶金工业出版社,2006.
- [2] 刘业翔,李劫. 现代铝电解[M]. 北京:冶金工业出版社,2008.
- [3] 马军玺. 大型预焙铝电解槽降低阳极毛耗实践[J]. 中国金属通报,2019(9):22,24.
- [4] 詹磊. 预焙阳极电解槽炭阳极降耗实践[J]. 轻金属,2011(4):33-37.

## Practice of Lowering Gross Anode Consumption by Adjusting Anode Height in Corners of Aluminum Electrolytic Cell

ZHENG Duo, HAN Shun-zhong, YAN Jing

**Abstract:** As the gross anode consumption per ton of aluminum is a crucial indicator for aluminum electrolysis and production, reducing this indicator is an effective means to lower production costs and increase economic benefits. Based on the practical production, the height of anode scrap in corners and the

middle area of 330 kA electrolytic cells was analyzed to explore the viability of reducing the gross anode consumption per ton of aluminum by adjusting the anode height in corners and lowering the anode scrap height in corners. It can be seen from test results that when the anode height in corners drops from 610 mm to 600 mm, the gross anode consumption per ton of aluminum is decreased by 1.6 kg, saving the cost per ton of aluminum and increasing corporate economic benefits.

**Key words:** aluminum electrolytic cell; anode in corners; height adjustment; gross anode consumption; anode carbon consumption; anode consumption

---

(上接第 24 页)

## Test on 3N Aluminum Production by Molten Salt Electrolysis

LIU Chi, GUO Bin, WANG Yu, DAI Lian-song, LIU Wei-ping, TAN Zhan-ping

**Abstract:** In the conventional aluminum electrolytic cell, the production of 3N refined aluminum by molten salt electrolysis was carried out by using high-quality raw material and auxiliary materials, optimizing technological conditions and fine operation management, and the problems existing in the experiment were discussed. and problems in the test were discussed. The results show that the content of impurity elements in the aluminum solution decreases in varied degrees, and the quality of the aluminum solution reaches the standard of 3N aluminum, which indicates that it is feasible to produce 3N refined aluminum by Molten Salt electrolysis. The cost of 3N Aluminum production by molten salt electrolysis is reduced substantially compared with conventional method.

**Key words:** molten salt electrolysis; aluminum electrolytic cell; refined aluminum; impurity content