

关于电解铝产业清洁生产的思考

郝俊伟

神华准资氧化铝中试厂 010300

【摘要】电解铝产业具有高污染、高能耗的性质，国家法律法规等监督管理政策越来越严，使得电解铝产业必须进行清洁生产。基于此，文章首先概述了电解铝工业的基本情况，然后分析了电解铝生产流程，阐明了电解铝生产过程中存在的问题，并针对问题提出了相应的解决措施，最后研究了清洁生产对电解铝产业的影响，希望能够为电解铝产业清洁生产提供有价值的参考。

【关键词】电解铝产业；生产工艺；问题与对策；清洁生产

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.746

前言：从根本上讲，清洁生产是对生产过程和产品采取整体预防的环境策略，消除或减少其对环境和人类的危害，全面满足人类需求，最大化社会效益的生产模式之一。清洁生产的目的在于，利用先进的生产技术、工艺设备及清洁原理，在生产期间实现节约能源、降低能耗以及减少污染物排放等，可以大大使用能源和资源，可以将原材料转化为产品，消除在生产过程中的污染源，实现保护自然环境的目的。

在中国经济发展过程中，电解铝产业属于支柱型产业，也属于传统的“三高”产业（高污染、高耗能、高排放）。伴随着我国产业的转移，西部地区承载了更多电解铝企业，现阶段西北省区运行产能大概占整个中国的三分之一，能源被大量消耗，与此同时严重影响了环境。现如今，针对电解铝企业，我国对污染物排放的环境保护要求逐渐提升，监督管理政策越来越严，对节能减排的注重程度越来越高。中国政府提出要强化该企业的清洁生产，省区也十分重视电解铝产业“清洁生产”，并将其纳入生态产业中，需从根源上强化生态环保，加快方式的转变，结构的调整，推动新旧动能转换，促进绿色发展，因此推动电解铝清洁生产非常有必要。

1 电解铝工业基本情况

1.1 生产能力迅速增长，已成为生产能力的红线

中国铝工业是建国后创立和发展的，自改革开放以来，中国铝工业在铝工业优先发展政策的指导下急剧发展，经过近40年的艰苦努力，原铝产量到1992年已超过100万吨，年产量在2001年达到342.7万吨，使其成为世界第一。自2001年以来，中国电解铝呈阶梯式发展态势，2020年末加工铝产量达到3725万吨，占当时全球铝产量的57%。2021年由于受到“碳达峰、碳中和”政策的影响，国家近4200万吨红线已经划定，各地受完成“碳排放以及节能降耗双控指标”压力，开始限制高耗能电解铝企业，逐步向水电丰富的云南、东南亚转移产能。

1.2 消费量随产量同步增加

中国电解铝工业的增长就像铝产量逐年增加一样，中国经济继续快速发展，特别是在过去十年，推动了铝消费行业的高速增长。原铝消费量从2010年的1683.9万吨上升到2020年的3716.7万吨。

1.3 消费结构发生变化

新基建、智能电网、太阳能发电、风电、新能源汽车等

相关产业的发展，已成为拉动铝消费的新动能。中国铝消费量逐年增加，已经是世界头号铝消费国，2016年中国人均消费量为12.5千克，高于世界平均水平(10千克/人/年)，但低于发达国家，中国的铝结构与发达国家的铝消费水平存在一定差异，中国铝工业仍有进一步改善和发展的空间。

2 电解铝生产存在问题

2.1 电解铝生产效率有待提升

相较于其他发达国家而言，我国独立开展并实施电解铝生产的时间较短，实践经验积累不足。同时，因相应的电解铝生产条件较为落后，导致相应的电解铝生产效率始终处于有待提升阶段，部分生产流程与产品生产质量与国际指标不符。

2.2 电解铝生产的先进性不足

就目前来看，部分电解铝生产企业尚未将先进的生产工艺融入到实际生产环节中。由于生产类核心环节经常会出现阴极使用寿命不长，生产规律掌握不得当等问题，导致实际生产期间的设备消耗率较高，生产成本增大。在电解铝焙烧环节，电流分布不均匀，启动期间的能源消耗量巨大，导致电解槽的物理场极易受到各类因素影响，无法实现热平衡合理控制目标。因电解槽的电阻较为敏感，因此在运行期间极易受到不稳定环境因素影响，导致生产设备故障问题频繁发生。

3 电解铝生产优化对策

3.1 优化电解铝生产母线设计方案

在电解铝生产期间，母线内部电流位于熔融体发生电磁感应、由于此种电磁感应会导致熔体流动、电解质溶液波动等问题，导致侧面炭块结构与电解槽结构破损，电解铝与阳极底部氧化碳反应增强，降低了电流的实际利用率，导致电解槽生产并不稳定。为切实满足电解铝生产磁流体稳定要求，需要在优化生产母线期间，严格计算出母线的电磁感应强度，确保电解铝生产具有更高的经济效益，将母线用量以及电损失综合费用控制在最小范围之内。

3.2 优化电解铝生产结构槽

结构槽是电解铝生产期间的重要设备之一，其应用水平可直接影响到电解铝生产质量及效率。为做好电解铝优化生产工作，需要对结构槽内部结构进行不断优化。要求在电解槽内部设置铝液导流网络，在出铝端设置专用蓄铝池，以便能够有效存储流出的铝液。在电解铝焙烧过程中，需要配合使用较为完善的焦粒焙烧技术，确保炉膛内的温度上升过程

均匀合理, 电流分布无异常情况出现。

3.3 电解铝阻流块技术

在电解铝优化生产过程中, 还需配合使用, 阻流块技术从根本上提高电解铝实际生产期间的各类资源利用率。要求阻流块采用陶瓷基体, 横截面为正方形或梯形。将阻流块放入电解槽内, 并依照电解槽规格特征, 控制阻流块放置数量。有效应用电解铝阻流块技术, 能够有效优化铝液的流动形式, 控制铝液流动速度。同时, 降低电解铝液的波动高度, 从根本上提升电解槽的运行稳定性。经过试验验证发现, 在电解槽内放入阻流块, 可以使槽内电压值降低到3.7V以下, 有效控制了电解铝生产期间的电力资源消耗量, 确保电解铝生产能够更好满足铝工业可持续发展要求。

4 清洁生产对电解铝产业的影响

4.1 生产技术和设备对电解铝产业经济效益的提高

近几年随着净化设备的提高, 电解槽集齐回收效果明显提高, 电解粉尘、氟化氢气体排放指标远远低于国家标准, 氟化盐单耗明显降低, 先进企业可长期将氟化盐单耗控制在14.5kg/t·Al以内, 较之前18-20kg/t·Al, 吨铝成本降低50元。氧化铝稀相输送逐步改为气垫式皮带输送, 降低了氧化铝的飞扬损失减少了氧化铝的粉碎程度, 有利于氧化铝单耗的降低, 以及电流效率的提升, 均不同程度降低吨铝成本。自建碳素厂的电解铝企业还可以使用氧化铝粉作为吸附沥青烟、焙烧烟气, 减少烟气的无组织排放, 另外还可以大量节省烟气吸附剂, 同时还减少了固化剂的使用与固体废物的产生, 实现循环利用。碳渣浮选及时的运用, 可将电解产生的碳渣中的冰晶石回收, 回收率达到70%, 大量节省了物料成本, 同时大幅度减少固体废物的产生。

4.2 减少资源和能源消耗

电力。生产一吨铝大约需要14000千瓦小时的电力, 电价约占电解铝成本的40%。铝电解生产的能源消耗直接关系到企业的经济效益, 甚至成为一些企业维持生产的决定性因素。随着石墨化阴极、大尺寸钢棒以及磷生铁浇铸技术的逐步应用, 阴极压降大幅度下降, 拿某电解厂500KA电解槽为例, 电解一系列采用50%石墨质、普通扎固方式、传统钢棒, 电解槽运行3年后炉底压降平均在330mv, 而采用新技术的电解槽炉底压降均在185mv以下, 吨铝电耗可下降近450Kwh/t·Al。另外新的外补偿技术, 可明显降低电解槽铝液波动程度, 电解槽形成较为规程的炉膛内型, 在电压不变的情况下, 有效电流密度明显提升, 电流效率明显提升, 吨铝电耗指标进一步降低。各项指标已达到一等洁净生产水平。

4.3 采用新材料新技术延长电解元件的使用寿命

电解电池寿命是一项综合的技术经济指标, 从行业认可的角度来看, 大修材料质量、炉结构质量、启动质量和后期管理占电解电池罐总寿命的25%。电解室的使用寿命与大修成本、启动成本、铝生产、固体废物的质量、处理和排放有关, 对电解铝装置的生产成本、经济和环境的影响显著。为了解决这个问题, 可以采用许多低成本的替代品来延长电解室的使用寿命。

5 电解铝清洁生产的对策

5.1 强化生产基础管理

在电解铝车间的各种工艺(出铝、换阳极、效应熄灭等)操作中, 会产生烟气、粉尘, 这些烟气、粉尘会危害到人体健康, 污染到环境, 所以, 为高效解决上述问题, 电解铝企业须对生产基础管理进行加强, 提升电解工的操作水平, 减少阳极更换时间, 在第一时间将打开的槽盖板盖好, 防止电解槽有害气体的外逸, 确保电解铝车间总体环境的清洁。在更换阳极时, 在第一时间清理电解槽里面的沉淀等, 与此同时对炭渣需随时打捞, 为电解槽的稳定运行提供保障, 减少摆动和针振, 保持高水平的电流效率。依据季节的变换, 对保温料进行适当添加, 确保电解槽温度, 将沉淀减少。

5.2 加强原料质量管理

氧化铝、炭块等是电解铝的主要原材料, 这些原材料质量是污染物产生的主要原因。炭块含有硫污染物, 所以要确保炭块中的硫磷含量在偏低范围。氧化铝中具有较多的钠, 会提升电解质分子比, 需添加更多的氟化盐, 会增加氟盐单耗。氧化铝中含有比铝更正电性的氧化物, 如Fe₂O₃、SiO₂、TiO₂等, 在阴极上, 这些元素优先析出, 会对电流效率造成影响, 提升能源消耗。氧化铝的物理性能还会对氧化铝在电解质中的溶解造成影响, 导致电解槽沉淀, 这会不利于生产。所以针对原料质量, 我们需进行严格把控, 针对原料质量指标, 我们需进行科学测定, 强化质量管理, 推动清洁生产。

5.3 加大节能环保设备投入

电解铝产生的氟化物、硫化物以及粉尘等通常采用基本干法清洗, 现如今, 大型铝电解槽烟气净化率已达到百分之九十九。继续添加投资大型节能环保设施的投入力度, 对现有电解槽集气罩进行改造增加集气孔径, 抑制氟化物的无组织排放, 提高整个净化系统的密度还可以对排放的烟气进行二次处理, 减少有害气体的排放。与此同时, 直接降压变压器整流单元可用于增加交直流电源变换的投资计量设备数量, 改造供电及变流整流系统, 提高功率因数, 提高供电质量, 降低能源消耗。

结束语

总之, 作为一个传统的高能效、高污染和高排放行业, 国家对电解铝行业的监管越来越严格。电解铝公司必须采取措施, 通过技术条件、原材料质量管理、设备维修等清洁生产措施, 提高产业经济效益和环境效益, 促进电解铝产业可持续发展。

参考文献

- [1] 冯冰. 电解铝生产工艺的优化分析[J]. 世界有色金属, 2021(15): 124-125.
- [2] 金岭. 电解铝生产工艺的优化分析[J]. 世界有色金属, 2019(18): 20-21.
- [3] 赵中义. 探究电解铝生产节能减排技术[J]. 世界有色金属, 2019(8): 28, 31.
- [4] 高金强. 探究电解铝生产节能减排技术[J]. 世界有色金属, 2019(15): 293, 296.