

电解铝烟气治理现状及发展趋势分析

丁林

青铜峡铝业股份有限公司宁东铝业分公司

[摘要] 电解铝行业最大的污染源是电解槽排放的烟气，主要污染物是粉尘、氟化物（包括气态氟物氢和固态氟化盐）和SO₂。目前国内普遍采取的治理措施是干法净化处理工艺。实践证明，干法净化工艺对电解烟气中氟化物和粉尘具有较高的去除效率，但对SO₂的去除无明显效果，导致电解铝厂SO₂的排放总量一直居高不下。近几年，国家和政府加大环境保护力度，不仅对电解铝行业设备及产能严格控制，对铝行业污染物排放也有了更严的要求，因此，提高电解铝烟气治理技术水平，才能提高行业竞争能力，走可持续发展道路。

[关键词] 电解铝；烟气；治理现状；发展趋势

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.08.490

引言

中国是世界上最大的原铝生产国，电解铝的生产居世界首位。2018年，中国电解铝材生产能力为4662万吨，运营能力为35701.1万吨。但是，中国铝电解企业的年能耗高达420亿千瓦时，占中国总能耗的5%。电解铝生产过程中产生大量烟气，烟气温度一般在100℃到140℃之间，即使在冬天也不会低于80℃。采用电解铝产生的废气可以有效地提高电解铝工业的能源利用率，符合中国节能减排和综合利用废物流的政策。

1 电解铝烟气治理现状

国内电解铝生产企业对电解烟气普遍采取的治理措施是干法净化处理工艺，其原理是通过吸附反应来完成的，即以Al₂O₃作为吸附剂，由于Al₂O₃孔隙率较高，比表面积较大，又是两性化合物，对酸性气体具有良好的吸附性。干法净化除氟的吸附反应原理用如下反应式表示：吸附： $3\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HF} \rightarrow 3(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{HF})$ 转化： $3(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{HF}) \rightarrow 2(\text{AlF}_3 + 3\text{H}_2\text{O}) + 2\text{Al}_2\text{O}_3$ 总反应： $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HF} \rightarrow 2\text{AlF}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 生产时将氧化铝粉加入到电解烟气中，并使之与烟气充分接触而吸附烟气中的HF，吸附HF后的氧化铝为载氟氧化铝，载氟氧化铝通过具有较严格控制指标的脉冲布袋除尘器从烟气中分离出来，分离出来的载氟氧化铝，返回电解生产系统做为原料供电解使用。为了减少污染物排放，电解铝企业首先在原料端采取措施，加大阳极炭素含硫量的控制，同时《铝电解废气氟化物和粉尘治理工程技术规范》（HJ2033-2013）中也提出“铝电解用阳极含硫应≤1.5%”。经市场调查，生产阳极炭块的原料低硫石油焦市场产量少，且价格高，长期处于供不应求的状态，因此，阳极炭块生产厂无奈使用高硫石油焦，导致预焙阳极炭块含硫量升高，市场上电解铝行业所用阳极炭块含硫量一般为2.0~3.0%左右居多。近几年，国家和政府加大环境保护力度，不仅对电解铝行业设备及产能严格控制，对铝行业污染物的排放标准也不断升级。2010年9月国家发布了《铝工业污染物排放标准》（GB25465-2010），制定了电解铝工业生产过程烟气中SO₂、氟化物和颗粒物排放浓度限值，2013年12月又发布了《铝工业污染物排放标准》（GB25465-2010）修改单，在标准中增加大气污染物特别排放限值。对重点区域的电解铝厂提出了更加严格的限值要求。这对国内电解铝企业的生存和发展提出了严峻的挑战，

节能减排任务非常繁重。

2 基于电解铝废烟气的工艺流程说明

2.1 送风机改造

当前，用电解铝废气作为自己电厂燃烧辅助氧源后，一次风机和鼓风机的进气温度上升，同时，由于废气中的氧含量略低于大气，所需总空气量与转化前相比略有增加。更换风扇，将功率提高到1000 kW，并放大风扇后面的风管。设备正常运行期间，主风机出口处的空气加热器可以关闭；考虑到事故状况，如铝厂烟气达不到自行提供的电厂，或者废气达不到使用要求，则必须将锅炉的一部分或全部气流转变为室外空气净化装置，并保留空气加热系统，以防止空气预热器低温腐蚀；为了减少空气加热器的电阻对设备运行的影响，同时将风扇的空气加热器移入风扇入口。此外，这种转化后的一次空气系统在煤层气中带来大量CO，可能超过原系统300 ppm的限值。因此，在每个磨煤机进口处安装了一套CO分析仪，同时修改了原来的报警逻辑。当CO分析仪在煤矸石进出口上的数据差异大于300ppm时，会触发报警信号，然后根据报警信号进行相应的操作。

2.2 低温省煤器

当烟气被选为机组的空气流量时，从项目计算中可以得出，由于电解铝废气的高温，空气预热器的换热效果恶化，废气温度相应升高。过高的排气温度超过了袋式除尘器的安全工作温度。为了回收这部分余热，可以采用空气预热器排气出口处设置低温节电器的方案。在空气预热器出口与除尘装置入口之间的烟道上放置低温省煤器可以有效回收这部分废气。安装低温节能器后，对整个发电系统的影响体现在以下两个方面：一方面是回收部分热量，提高设备的实际性能；另一方面，提高辅助效率。助燃剂消耗量增加的原因如下：（1）随着烟雾和空气系统电阻的增大，感应式牵引风机的耗电量增加；（2）冷凝系统中循环水泵的功耗增加；（3）冷凝水通过吸收烟气余热提高水温，减少再生蒸汽排放。蒸汽的这一部分随着废气进入空冷岛，相应地，空冷的功耗也在增加。

3 电解铝烟气治理

3.1 推进一体化脱硫除尘技术

当前，各公司一般采用综合脱硫除尘技术，经常遇到各种问题。主要体现在技术优化、推广及相关工作思路。为

了提高企业的环保意识,必须解决脱硫除尘的技术问题。采矿企业的脱硫除尘应付诸实践,并不断优化脱硫技术。首先要不断更新观念,统一对脱硫除尘技术的认识。铝生产企业的生产目的不仅是为企业创造利益,而且是为社会提供产品和服务,以满足人们的日常需要。解决生产设备使用问题,采取适当措施。工业中烟气废物的回收可以抵消燃烧设施的生产成本。采用脱硫除尘设备不仅有效地减少污染源,而且控制烟气废物的排放量,增加可用作肥料的有机材料的生产。

3.2 循环利用再生铝资源,提升再生铝占比及消费,改善全行业碳排放水平

由于铝金属的抗腐蚀性极强,在使用期间损失极少,可以多次重复循环利用,铝金属有“能源储蓄银行”的美称。循环利用再生铝资源,即使能耗不变,碳排放也将有所下降。回收的废铝在回炉再生中所消耗的能量只有电解铝生产时的4.9%,而且再生铝与原铝的品质完全相同。我国再生铝产量占比远低于全球平均水平,未来提升空间巨大。通过缩短流程,将电解铝产业链延伸到铝材加工,能减少铝液铸锭和轧制前重熔的环节,节能降低碳排放量和减少金属烧损量。再生铝生产工艺流程较原铝更为简单,废铝经过分选预处理、熔炼和铸锭即可得到铝合金,无需经历原铝生产过程中电解的工艺程序,能耗因此大幅降低。生产1t原铝的碳排放量约为11.2t,而生产1t再生铝的碳排放量仅为0.2t,吨铝碳排放量较原铝减少11t,再生铝低碳排放明显。

3.3 提高烟气超标预警应急响应

设置烟气(SO₂、NO_x、颗粒物)排放超标预警值,分别制定环保应急预案并加强演练,出现异常时当班职工第一时间排查CEMS仪表问题,及时处置异常情况,避免造成瞬时或小时均值超标。当烟气各指标达到预警值时均需要立即联系维保单位到现场检查CEMS仪表运行情况。分别制定应急措施,若焦化加热炉SO₂预警时需立即调整提高干气脱硫塔胺液量,降低脱后干气硫化氢含量,并要检查再吸收塔柴油吸收剂流量是否变化,应控制<25t/h,对燃料气进行采样分析。当NO_x超标时则主要是降低加热炉氧含量,检查并确认关小或关闭主火嘴风门、长明灯风门,调整加热炉火焰,避免燃烧不完全。当颗粒物超标时,确认是否进行加热炉吹灰操作,暂停吹灰;检查净化风系统是否带水,若净化风带水则需要对烟尘监测仪进行维护,快速清理光学窗口镜片,并对使用的净化风进行脱水作业。

3.4 布局产业绿色发展,压减落后产能,严格环境监控,实施设备系统升级改造

电解铝行业在推行新建绿色发展项目,绿化矿区,提高厂区植被覆盖率;在厂区实施低碳生活,抵消或减少碳排放,如实施节煤项目,减少煤炭消耗;充分利用纯电动客车满足职工的上下班需求,节约燃油消耗;实施矿区余热利用系统,利用余热进行发电和生活取暖等电解铝企业应实施设备系统升级改造,持续开展以电机、风机、水泵等大型、高

耗能机电设备的更新改造,开展用电系统优化和节能技改工作,使企业的单机能耗和生产系统的工序能耗达到国内先进水平;采用新型供配电设备和新型高效电机,对效率低、能耗高的机械设备进行更新换代,对电机拖动系统采取变频调速等措施,实现机电设备的单机节能。

4 发展方向

随着国家环保要求越来越严格,电解铝企业发展进入了瓶颈期,在铝电解过程中实现烟气脱硫脱氟深度处理已成为冶炼企业的共识,对电解烟气治理的研发和实施刻不容缓,是未来企业发展的趋势。杭州锦江集团旗下的内蒙古锦联铝材有限公司铝厂一期100万t电解铝烟气在经干法净化工艺处理后又增加了石灰石-石膏湿法脱硫工艺,在不影响烟气干法净化运行的同时,将干法净化后的烟气引入到湿法脱硫系统中,达到对烟气脱硫并深度脱氟、除尘的效果,此套电解烟气处理工艺于2018年成功运行,污染物排放稳定达标且能满足特别排放限值要求,为国内电解铝企业烟气治理工艺提供了示范性技术保证。因此,只有顺应形式加大环保投入和环保技术研发,采用高技术、高效率、低污染、环境友好生产模式,才能提高企业竞争能力,走可持续发展道路。

结束语

随着工业经济不断发展、工业化进程不断推进。铝加工业取得了突出成绩,矿产资源在工业化发展中发挥了重要的促进发展作用。由与此同时,随着能源发展规模的扩大和铝工业技术和设备水平的提高,全球电解铝产量也在上升。对此我们面对这种现状,就必须合理地利用资源走可持续发展道路,在铝生产加工中降低烟气排放量。

参考文献

- [1]张素娣,马普利,张丹.电解铝烟气治理现状及发展趋势分析[J].甘肃冶金,2021,43(06):48-49+54.
- [2]王学萍.电解铝烟气脱硫技术研究进展[J].世界有色金属,2021(10):9-10.
- [3]朱宏伟.电解铝烟气净化高压引风机的节能改造应用[J].世界有色金属,2021(08):130-131.
- [4]余创,彭学斌,田林,侯彦青,李小英.电解铝烟气脱硫技术研究进展[J].云南冶金,2019,48(04):40-43.
- [5]顾莉娟.电解铝烟气治理技术的应用[J].环境与发展,2018,30(08):229-230.
- [6]电解铝烟气污染物超低排放技术达到国际先进水平[J].有色金属材料与工程,2018,39(04):64.
- [7]马云.浅谈电解铝中的烟气净化余热利用技术[J].世界有色金属,2017(21):8-9.
- [8]吴魁,潘永宝,魏志刚,马超,姬涛.电解铝烟气处理措施技术探讨——以某电解铝企业为例[J].绿色科技,2017(08):78-79+81.

作者简介:

姓名:丁林,(1972.3.30)男,回族,宁夏吴忠人,助理工程师,大专。