

电解槽强化保温与节能降耗的研究

姜海涛,周平,汤昌廷,阎昭辉

南山铝业股份有限公司,山东烟台 265713

摘要:通过对电解槽能量收入、支出情况分析,研究了增加角部阳极全墙、保温料高度、保温型槽盖板、减少烟道负压等强化电解槽保温手段,减少电解槽体系热损失。研究结果表明,电解质过热度由 11.1℃降低至 10.3℃,过热度适中,铝水平提高 1.6 cm,吨铝直流电耗降低 84 kW·h、平均电压降低 18.5 mV。

关键词:电解槽;能量平衡;保温;节能降耗

中图分类号:PTF821

文献标识码:A

目前我国对钢铁、水泥及电解铝等高耗能和过剩行业的能源消费总量进行严格控制,使得电解铝产业发展与节能目标矛盾更加凸显,项目能效评估及技术标准提高。为完成节能降耗的目标,南山电解铝厂与中南大学进行合作,进一步对电解槽进行优化改进。本研究在分析南山电解铝厂电解槽能量收入与支出情况后,选取强化电解槽保温等手段减少电解槽体系热损失,对电解槽节能降耗进行了研究。

1 强化保温预期目标

南山电解铝厂与中南大学合作,分别于 2004 年 10 月、2007 年 9 月和 2012 年 4 月对南山铝电解厂的 300 kA 铝电解槽物理场进行了综合测试。期望实现铝电解槽结构与操作参数的优化及生产过程的有效控制,系统地了解该电解铝厂 300 kA 电解槽的槽电压构成、母线及阳极与阴极电流的分配、各区域能量损失、槽内磁感应强度的分布及熔体流速分布和流动图象,以便对铝电解槽的母线配置、工艺技术条件和加工操作制度的合理性及电解槽槽况进行定量分析和评价,为提高铝电解主要技术经济指标,采取有针对性的技改措施

提供科学依据。表 1 为电解槽能量收入与支出情况。

铝电解槽能量平衡误差一般应在供入总能量的±5%以内。由表 1 可知:三次测试结果显示能量差额均值分别为 3.35%、2.16%和 3.33%,均在允许的误差范围内,表明测试结果具有参考价值与指导意义;铝电解反应能耗是衡量铝电解槽能量利用效率的重要指标,三次测试结果中反应能耗所占的百分比分别为 42.61%、42.46%和 43.45%,可见该电解铝厂存在的主要问题是电能利用效率低、热损失偏大,表明该厂 300 kA 电解槽工艺条件仍有进一步调整优化的潜力。

与国外高电流密度的散热型电解槽相比,国内设计使用的大型预焙铝电解槽槽型侧重于加强侧部散热及底部的保温,所以在一定程度上可通过槽体系散热损失来衡量铝电解槽阴极设计及加工操作的合理性^[1-2]。为了减少散热损失状况、提高电能利用效率、降低槽工作电压及吨铝电耗,该电解铝厂选取 4 台 300 kA 电解槽进行强化保温实验,预期目标在加工操作方面使阳极上部有一个合理的保温料覆盖层,减少电解槽热损失,并在对电流效率影响不大的前提下降低电解槽平均电压和吨铝直流电耗。

收稿日期:2015-08-03

作者简介:姜海涛(1985-),男,山东烟台人,助理工程师,硕士。

表 1 电解槽能量收入与支出情况
Table 1 Electrolys cell energy's income and expenditure

项目	第一次		第二次		第三次	
	折合电压/V	百分比	折合电压/V	百分比	折合电压/V	百分比
电能收入	4.041	100.00	3.888	100.00	4.000	100.00
能量总收入	4.041	100.00	3.888	100.00	4.000	100.00
铝电解反应能耗	1.722	42.61	1.651	42.46	1.737	43.45
电解槽热损失	2.184	54.05	2.151	55.4	2.129	53.2
能量总支出	3.906	96.66	3.804	97.84	3.866	96.67
能量收入与支出差额	0.135	3.35	0.087	2.16	0.134	3.33

2 强化保温手段

2.1 实验槽热平衡现状

表 2 为电解槽热损失情况.由表 2 可知,电解槽的热损失主要集中于烟气带走热和槽体系散热两方面.

2.2 实验槽保温实验措施

2.2.1 角部阳极垒墙保温

在低电压运行期间,电解槽趋冷,存在角部伸腿

肥大等现象.角部阳极垒墙保温是在电解槽 A1, A10,B1 和 B10 位置装入新极后,用尺寸 200 cm×10 cm×0.3 cm 的薄铁皮沿电解槽角部槽立板围好、固定,边部用拳头大小的料块垒墙,垒墙高度以不影响槽盖板安装为上限.垒墙后用电解质将边部浇实以防止氧化铝粉从边部漏出.最后添加足量氧化铝保温料.预期通过减少角部阳极处散热量,控制伸腿生长情况.图 1 及图 2 分别为阳极角部伸腿肥大现场实物图和电解槽增加角部阳极垒墙保温图.

表 2 电解槽热损失情况分析
Table 2 Analysis of heat loss of electrolytic cell

项目	第一次		第二次		第三次	
	折合电压/V	百分比	折合电压/V	百分比	折合电压/V	百分比
阳极气体带走化学热	0.018	0.82	0.014	0.65	0.02	0.94
产物铝液带走热	0.107	4.90	0.09	4.18	0.112	5.26
残极带走热	0.017	0.78	0.005	0.23	0.005	0.23
钢爪带走热	0.003	0.14	0.003	0.14	0.006	0.28
换块散失的热	0.018	0.82	0.034	1.58	0.025	1.17
烟气带走热	0.999	45.74	0.828	38.49	0.887	41.66
槽体系散热	1.022	46.79	1.177	54.72	1.074	50.45



图 1 阳极角部伸腿肥大现象
Fig.1 The anode angle leg growth phenomenon

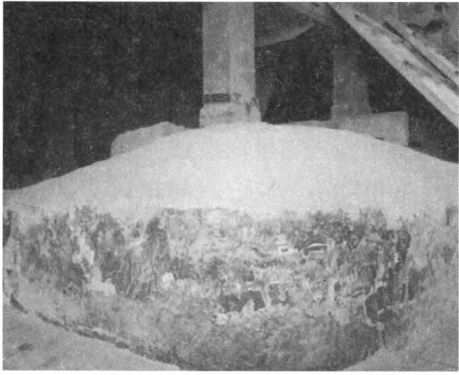


图 2 电解槽增加角部阳极垒墙保温
Fig.2 Electrolytic cell increasing the angle anode vallum

2.2.2 增加保温料覆盖层高度及加工保温型槽盖板

实验前电解槽氧化铝保温料覆盖层厚度的标准为 16~18 cm,实验过程中要求增加保温料覆盖层的厚度,实验槽保温料覆盖层的厚度以接近钢爪横梁上部为准.预期通过增加保温料覆盖层厚度来减少电解槽阳极钢爪散热及电解槽体系散热.



图 3 电解槽侧角部槽盖板外观
Fig.3 The appearance of the side angle of the electrolytic cell

2.2.3 减小烟道负压及降低电解槽设定电压

目前该电解铝厂 300 kA 电解槽烟道内烟气带走热量占电解槽热损失总量的 40%~50%,故实验槽选取工区靠近通道处的电解槽,并将烟道阀门开合度减半.预期通过降低烟道内烟气流速,在不影响电解槽烟气净化效果的前提下减少烟气带走的热量.

增加保温料厚度等保温措施将对电解槽过热度造成一定影响.相关资料中证明^[3-5],增加保温料覆盖层厚度等方式将增大电解槽过热度,通过降低槽电压及加强散热会减小过热度的值.为保持适宜过热度,实验期间根据电解槽运行状况对电解槽设定电压进行调整.预期在不影响电流效率的前提下,通过调整电压达到降低吨铝直流电耗的目的.

目前 300 kA 电解槽使用的槽盖板采用薄铝皮与铝管材的焊接组合形式,其保温效果差.实验期间将原有盖板进行加工改造,增加一层保温石棉布与铝皮,以强化盖板保温效果.预期通过加工保温型槽盖板,减小电解槽体系散热量.图 3 及图 4 分别为电解厂侧角部槽盖板外观和电解槽使用的保温型槽盖板.



图 4 电解槽使用的保温型槽盖板
Fig.4 Insulation type groove cover for the use of electrolytic cell

3 强化保温实验的数据统计及分析

3.1 电解槽烟道负压与风速

于 2014 年 4~6 月分四次对四台电解槽烟道负压、风速进行测量,并选取两组不同位置的电解槽进行对比,测量均值列于表 3.由表 3 可知,调整后负压均值降低约 21%左右、风速均值降低约 11%左右.从电解槽运行及维护情况看,调整后未对电解槽烟气净化造成较大影响.

实验槽保温料覆盖层的厚度由原先 16~18 cm 调整至 22~24 cm,实验槽的盖板使用改造后的盖板.

表 3 电解槽热损失情况分析
Table 3 Analysis of heat loss of electrolytic cell

项目	6 月 3 日		5 月 19 日		5 月 9 日		4 月 23 日		平均值	
	负压 /Pa	风速 /(m·s ⁻¹)	负压 /Pa	风速 /(m·s ⁻¹)	负压 /Pa	风速 /(m·s ⁻¹)	负压 /Pa	风速 /(m·s ⁻¹)	负压 /Pa	风速 /(m·s ⁻¹)
实验槽均值	107.6	13.2	106.4	13.4	138.6	15.7	167.0	18.3	129.9	15.15
对比槽 1	114.2	13.6	146.4	16.1	158.8	16.7	174.0	17.7	148.4	16.03
对比槽 2	143.3	15.4	207.0	19.5	206.4	19.7	191.0	18.7	186.8	18.32

实验前后对四台电解槽的阳极表面温度进行多天跟踪测量,测量结果列于表 4.从表 4 可以看出,阳极保温料覆盖层表面平均温度在加强保温后提高 18.5℃,基本达到保温效果.

表 4 阳极保温料覆盖层表层温度测量结果
Table 4 Results of surface temperature measurement of anode insulating material

编号	温度/℃	
	保温前(三月)	保温后(五月)
1	177.4	201.9
2	193.2	221.1
3	146.5	225.5
4	215.8	223.3
5	247.8	192.4
6	201.3	182.7
7	198.6	190.3
8	190.7	202.1
平均值	179.6	198.1

3.2 电解技术指标统计情况

于 2014 年 3 月对四台实验槽保温前的电解质进行取样化验,其结果列于表 5.由表 5 可知,电解质的平均初晶温度为 954.2℃,过热度为 11.1℃.由此可知,电解质的初晶温度偏高,过热度适中.

表 5 保温前电解质取样化验结果
Table 5 The results of sampling and testing of the electrolyte before the heat preservation

取样编号	初晶温度/℃	过热度/℃
1	952.0	11.3
2	950.5	13.2
3	958.5	8.8
4	952.4	13.4
5	957.9	12.7
6	953.3	11.6
7	948.3	11.9
8	955.9	5.0
平均值	954.2	11.1

于 2014 年 5 月对四台实验槽保温后电解质进行取样化验,其结果列于表 6.由表 6 可知,电解质的平均初晶温度为 946.1℃,过热度为 10.3℃.由此可知,电解质的初晶温度适中,过热度适中.实验前后电解质过热度的均值由 11.1℃降至 10.3℃.表明,在强化保温与降低电压同步进行的过程中,电解质过热度保持情况良好,未出现过热度偏高或偏低的问题.

表 6 温后电解质取样化验结果
Table 6 The results of sampling and testing of the electrolyte after the thermal insulation

编号	初晶温度/℃	过热度/℃
1	946.1	9.2
2	945.0	9.3
3	944.2	9.9
4	944.7	9.6
5	947.1	10.3
6	948.9	12.2
7	945.9	12.5
8	947.0	9.8
平均值	946.1	10.3

于 2014 年 3 月和 5 月对四台电解槽的电压、铝水平、吨铝直流电耗进行测量,其结果列于表 7.由表 7 可知,保温前后设定电压降低 27 mV,平均电压降低 18.5 mV,铝水平提高 1.6 cm,吨铝直流电耗降低 84 kW·h.

4 结 论

电解质过热度会受到槽电压、电解槽散热情况及电解质成分的影响.降低过热度可以通过降低电解槽运行电压及增加电解槽散热来实现.通过开展电解槽强化保温工作,减少热损失、提高电能利用效率,能够增大电解质过热度,但同时降低槽工作电压也会使电解质过热度降低.从实验结果来看,电解质过热度由 11.1℃降低至 10.3℃,过热度保持适中,实验未对电解质过热度造成较大的影响.对四台实验电解槽进行强化保温、降低电压等措施后,铝水平提高了 1.6 cm、吨铝直流电耗降低了 84 kW·h、平均电压降低了 18.5 mV.表明,通过减少电解槽热损失、

表 7 保温前后电解指标对比

Table 7 Comparison of electrolytic index before and after heat preservation

项目	设定电压/V	工作电压/V	平均电压/V	铝水平/cm	吨铝直流电耗/ kW·h
三月份平均值	3.845	3.857	3.862	22.6	12680
五月份平均值	3.818	3.833	3.843	24.2	12596
两月差值	0. 027	0.0237	0.0185	1.6	84

保持电解槽能量平衡, 有助于实现电解槽低电压稳定运行的目的.

参考文献:

[1] 刘业翔,李劼.现代铝电解[M].北京:冶金工业出版社,2008.

[2] 梁学民,张松江.现代铝电解生产技术与管理[M].长沙:中南大学出版社,2011.

[3] 肖劲,王民,王平,等.电解质过热度对铝电解生产影响的评述[J].矿业工程,2008,28(4):49-52.

[4] 李贤,刘民章.浅谈低电压下保持电解槽能量平衡的措施

Research of cell heat preservation reinforcement and energy saving technology

JIANG Haitao,ZHOU Ping,TANG Changting,YAN Zhaohui
Nanshan Aluminum Limited Company.,Yantai 265713,China

Abstract: Through the analysis of electrolys cell energy’s income and expenditure, we study the electrolys cell heat preservation as increasing the angle anode vallum,heat preservation material height,insulation groove cover, reduce flue subpressure,reducing the heat loss of the electrolyzer system.The results show that electrolyte superheat decreases from 11.1 ℃ to 10.3 ℃,moderate heat can be obtained and aluminum level increased 1.6 cm, tons of aluminum DC power consumption reduced at 84 kW·h, average voltage reduce 18.5 mV.

Key words: electrolytic cell;energy balance;thermal insulation;saving energy and reducing consumption