

NEUI 600kA 级铝电解槽烟气流场测试与研究

王尚元 班允刚 杨青辰 刘 靖

(东北大学设计研究院(有限公司), 辽宁 沈阳 110166)

[摘 要] 为了提高电解槽的集气效率,减少烟气的无组织排放,对两台 NEUI 600 kA 电解槽内部的烟气流场进行测量。通过分析测试数据发现,在 X 方向上,两台电解槽槽罩板内烟气的温度分布均呈中间高、两边低的趋势,最高温度的点位不固定,出铝端烟气的温度高于烟气端;其中一台电解槽槽内的负压整体比较均衡,但个别位置的负压波动比较大,甚至有部分位置处于正压状态;另一台电解槽负压呈中间大、烟道端和出铝端较小的趋势。烟气温度和压力数据表明内部烟气流场与设计基本符合;电解槽出口的烟气体积、负压值也与设计值基本吻合。

[关键词] 电解槽; 烟气流场; 烟气温度; 负压

[中图分类号] TF821

[文献标志码] B

[文章编号] 1008-5122(2021)05-0013-05

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.05.004

Testing and Research of Off-gas Flow Field of NEUI 600kA Level Aluminum Electrolytic Cell

WANG Shang-yuan, BAN Yun-gang, YANG Qing-chen, LIU Jing

Abstract: In order to improve the efficiency of off-gas collection of electrolytic cell and reduce the fugitive emission of off-gas, the off-gas flow field inside the two NEUI 600kA electrolytic cells was measured. It was found by analyzing the testing data that in the direction of X , the off-gas temperature distribution inside the hood of the two cells had the tendency of being high in the middle and low on both sides, and the position of the highest temperature was not fixed; for all the two cells, the off-gas temperature was higher in the aluminum end than that in the off-gas end; the overall negative pressure inside one of the two cells was relatively uniform, but some specific positions had large negative pressure fluctuations, some positions were even in positive pressure status; the negative pressure of the other cell had the tendency of being large in the middle and being small in the off-gas duct end and the aluminum outlet end. The data of off-gas temperature and pressure showed that the internal off-gas flow field was basically in agreement with the design; the off-gas volume and negative pressure at the electrolytic cell outlet were also consistent with the design values.

Key words: electrolytic cell; off-gas flow field; off-gas temperature; negative pressure

0 前言

电解槽的集气系统是电解槽的重要组成部分,主要用于收集铝电解生产过程中产生的高温、含氟、含尘烟气。NEUI 600kA 铝电解槽自 2014 年投运以来,因其显著的技术、经济优势,已成为行业新建电解铝系列的首选。为了提高电解槽的集气效率,减少高温有害烟气的无组织排放,有必要对电解槽的

[收稿日期] 2021-04-16

[作者简介] 王尚元(1982—),男,山东威海人,硕士,高级工程师,研究方向为轻金属冶炼。

[引文格式] 王尚元,班允刚,杨青辰,等. NEUI 600kA 级铝电解槽烟气流场测试与研究[J]. 有色冶金节能,2021,37(5):13-17.

内部烟气流场进行测试,以了解电解槽内部烟气流场的真实情况。

1 测试仪器

电解槽烟气的主要成分是热空气,另外还有少量的 CO_2 、 CO 、 HF 、 SO_2 以及氧化铝颗粒。由于上述成分含量均不高,因此电解槽烟气可以按照热气体考虑。电解槽的内部烟气流场可以利用仪器直接进行测量^[1]。本次测试用的主要仪器详见表 1。

表 1 测试仪器的型号及规格

设备名称	型号	量程	用途	厂址
热电偶温度计	TES-1310	-50 ~ 600 °C	温度	台湾
压差计	Testo 512	0 ~ 2 kPa	压力	德国
空盒气压表	DYM3 型	80 ~ 106.4 kPa	大气压力	南京

2 测试方案

根据厂区电解系列的整体运行情况,选择 1046# 和 1067# 两台正常生产且具有代表性的 NEUI

600kA 级铝电解槽进行烟气流场测试。

2.1 测试内容

电解槽内部烟气流速场的测试内容主要包括:

- 1) 电解槽槽罩板内负压分布、温度分布。
- 2) 电解槽出口支烟管内烟气流速、温度、负压及流量情况。

2.2 测点分布

测量数据以直角坐标系表示。 Z 向垂直向上, Y 向为系列电流方向,按右手定则确定 X 向为电解槽出铝端。坐标原点定在电解槽中心点上方标高为 4.450 m 的位置。

根据本次测试的目的并结合空间的关系,测点可以分为两类:第一类测点位于电解槽罩板内部,沿电解槽 4.450 m 横断面向两侧分布;第二类测点位于电解槽出口支烟管的烟道内部。

NEUI 600kA 铝电解槽内部测点分布如图 1、图 2 所示,槽罩板之间的 4 个测点均匀分布;支烟管上的 5 个测点沿烟管直径均匀分布,具体如图 3、图 4 所示。

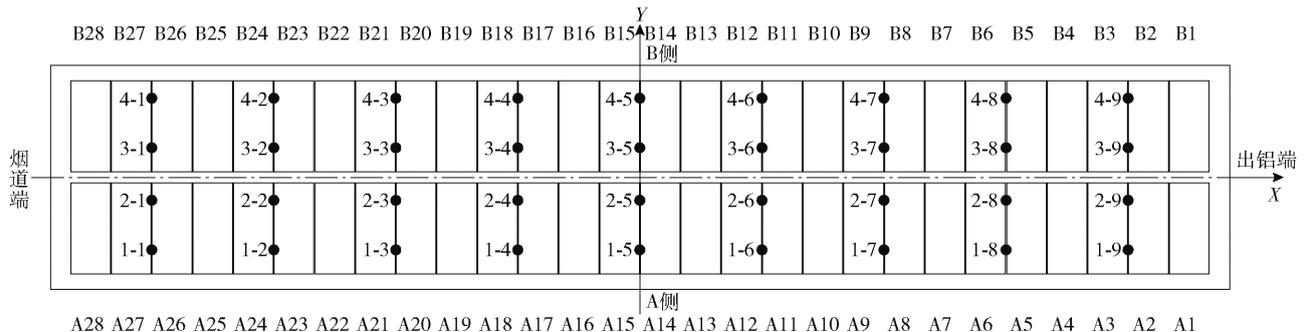


图 1 槽罩板内部流场测点分布图

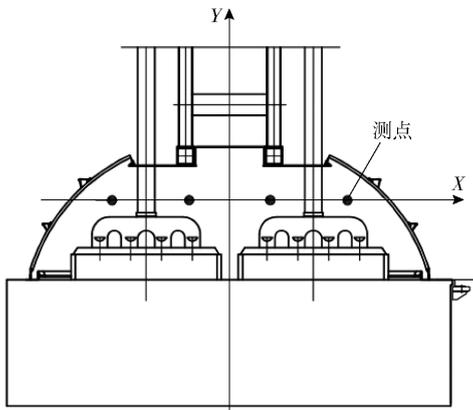


图 2 槽罩板内部测点分布图

2.3 测定原理

对于高温气体,一般使用热电偶温度计测量。当温度场比较均匀,管道中温差不大于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,可

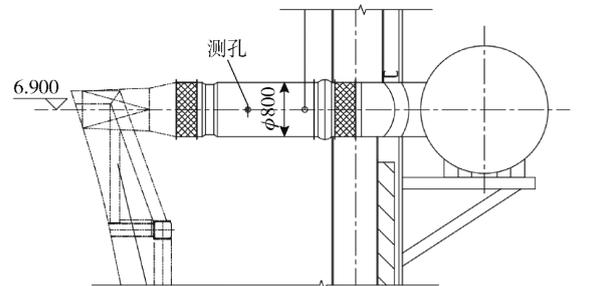


图 3 支烟管中的测孔位置

以只测管道中央部分的温度。本测试选用热电偶温度计测温,因现场测点温度场均匀,管道中温差不大(小于 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$),所以只测定管道中央位置的温度^[2]。

为了测压方便,制作了许多形式的测压管。其中,负压管和全压管并在一起的测压管,习惯上被称为皮托管。本次测试采用 L 型皮托管进行测量。

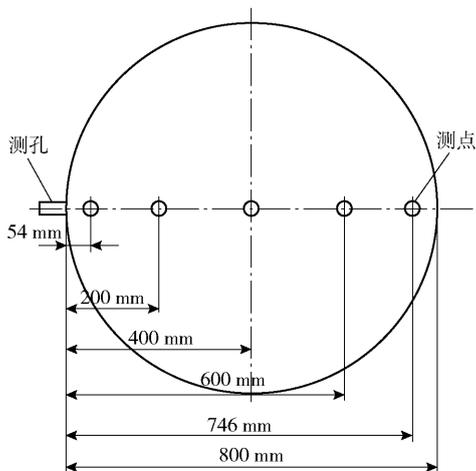


图4 支烟管中的测点分布

本次测试使用空盒式气压计直接读取大气压测量值。

本次测试采用 Testo 512 压差计测量流速和流量。净化管道内的烟气流速、流量与大气压力、烟气温度有关。

3 测试结果与分析

3.1 槽罩板内烟气流场测试结果及分析

3.1.1 测试数据

两台电解槽槽罩板内部烟气的实测数据分别见表2和表3。

表2 1046#槽罩板内部烟气实测数据

编号	温度/℃	负压/Pa	编号	温度/℃	负压/Pa
1-1	95	-10	3-1	118	19
1-2	95	11	3-2	155	15
1-3	135	10	3-3	193	9
1-4	165	40	3-4	178	15
1-5	186	10	3-5	205	15
1-6	178	6	3-6	188	7
1-7	160	20	3-7	150	15
1-8	137	55	3-8	133	30
1-9	117	-10	3-9	108	14
2-1	103	-20	4-1	110	13
2-2	135	13	4-2	100	18
2-3	195	30	4-3	122	9
2-4	172	15	4-4	148	12
2-5	210	7	4-5	179	15
2-6	205	6	4-6	170	5
2-7	167	40	4-7	130	15
2-8	143	18	4-8	110	15
2-9	150	10	4-9	103	2

表3 1067#槽罩板内部烟气的实测数据

编号	温度/℃	负压/Pa	编号	温度/℃	负压/Pa
1-1	80	16	3-1	82	55
1-2	82	35	3-2	120	-10
1-3	150	2	3-3	167	-12
1-4	163	4	3-4	183	108
1-5	142	-5	3-5	181	-5
1-6	162	11	3-6	185	-3
1-7	165	15	3-7	158	5
1-8	135	12	3-8	158	5
1-9	129	20	3-9	133	26
2-1	95	20	4-1	70	53
2-2	102	45	4-2	103	-10
2-3	180	5	4-3	156	-14
2-4	193	52	4-4	184	60
2-5	186	43	4-5	177	-3
2-6	180	3	4-6	120	-3
2-7	205	11	4-7	130	9
2-8	144	24	4-8	140	4
2-9	139	28	4-9	127	25

3.1.2 烟气温度分析

将2台测试槽罩板内各测点的烟气温度沿X方向作图,结果如图5、图6所示,以考察两台电解槽罩板内的烟气温度、负压在X方向的分布。其中,X方向上以进电侧的测点为第1组,依次排列,出电侧的测点为第4组。各组平均温度见表4。

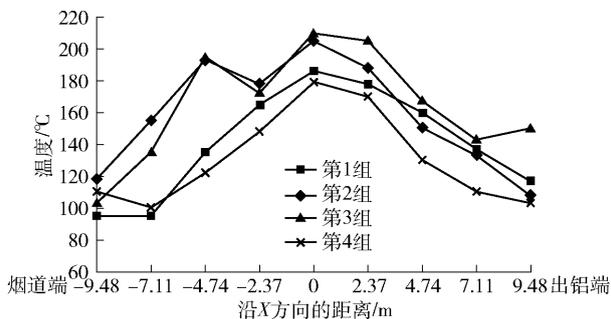


图5 1046#电解槽槽罩板内烟气温度沿X方向的分布

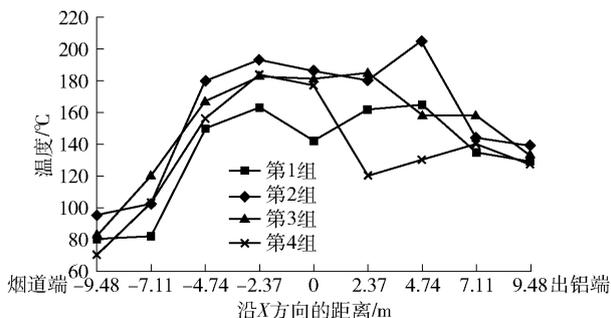


图6 1067#电解槽槽罩板内烟气温度沿X方向的分布

表4 电解槽内部烟气温度分布 ℃

单槽编号	第1组平均温度	第2组平均温度	第3组平均温度	第4组平均温度	槽内平均温度
1046#	140.9	164.4	158.7	130.2	148.6
1067#	134.2	158.2	151.9	134.1	144.6

由图5可知,在X方向上,随着距离的增加,1046#槽内烟气的温度呈增加趋势;到X方向第5个测点时,烟气温度达到最大值;随后烟气温度随距离增加而降低。从整体上来看,出铝端烟气的温度高于烟道端。

从图6可知,1067#槽罩板内烟气的温度沿X方向的分布特征与1046#电解槽相似,同样是呈中间高、两边低的趋势,但是最高点出现的位置在X方向分布的第4、6、7测点,最高温度点的位置并不固定。从整体上来看,出铝端烟气的温度同样高于烟道端。

从表4可知,1046#电解槽内部烟气的温度较电解槽槽罩板处烟气的温度高20~30℃,符合电解槽内部烟气的温度分布特征;电解槽内部烟气的总体平均温度为148.6℃。1067#电解槽内部烟气的温度较电解槽槽罩板处烟气的温度高15~25℃,这也符合电解槽内部烟气的温度分布特征。电解槽内部烟气的总体平均温度为144.6℃。

3.1.3 负压分布分析

将两台电解槽槽罩板内各测点的负压沿X方向作图,结果如图7、图8所示,各测点沿X方向的距离及组别分配与研究温度的测点分布相同。电解槽内部平均负压见表5。

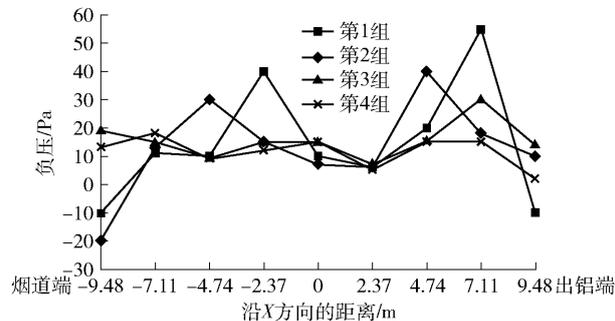


图7 1046#电解槽槽罩板内烟气负压沿X方向的分布

由图7可以发现,1046#电解槽槽罩板内大多数测点的负压在X方向上呈中间小、烟道端和出铝端较大的趋势;电解槽内负压整体上比较均衡,但是个别位置的负压波动比较大,甚至有部分位置处于正压状态。

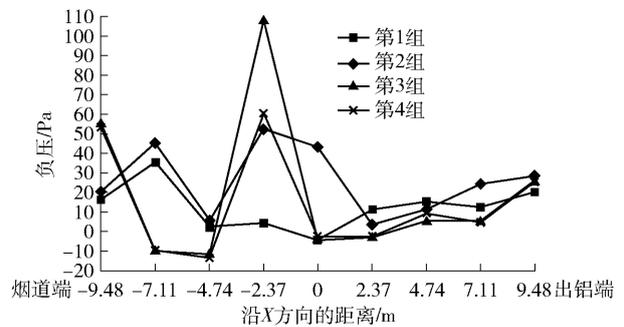


图8 1067#电解槽槽罩板内烟气负压沿X方向的分布

表5 电解槽内部烟气负压分布 Pa

电解槽编号	第1组平均负压	第2组平均负压	第3组平均负压	第4组平均负压	槽内平均负压
1046#	15	13.2	15.4	11.6	13.7
1067#	12.2	25.6	18.8	13.4	17.5

由图8可知,1067#电解槽槽罩板内大多数测点的负压在X方向上呈中间大、烟道端和出铝端较小的趋势;电解槽内负压整体上比较均衡,但是个别位置负压波动比较大,甚至有部分位置处于正压状态。

从表5可以发现,1046#电解槽内部的负压大部分处于5~20 Pa,电解槽内部的平均负压为13.7 Pa,比较符合电解槽槽罩板内部的负压分布规律。1067#电解槽内部的负压大部分处于0~40 Pa,电解槽内部的平均负压为17.5 Pa,整体上比较符合电解槽槽罩板内部的负压分布规律。

3.2 支烟管内烟气流场测试结果及分析

现场测试当地的大气压为0.866标准大气压。

根据测试数据(表6),1046#和1067#电解槽的烟气流量分别为11590 Nm³/h、11266 Nm³/h;标态平均排烟量为11428 Nm³/h,单槽排烟量比较符合设计值(11500 Nm³/h);烟气的平均温度为142℃,烟气温度的分布较为合理;单槽排烟管负压的均值为277.5 Pa。

4 结论

通过对1046#和1067#电解槽槽罩板内36个测点的烟气温度和负压进行测试,研究各参数沿X方向上的分布规律;同时对上述电解槽排烟支管内5个点的烟气流速、温度、负压及流量进行测试,研究了电解槽出口负压以及电解槽单槽的排烟量,得出以下主要结论:

1)在X方向上,两台电解槽槽罩板内烟气的温度分布呈中间高、两边低的趋势,最高温度点位不固

表6 电解槽单槽排烟量

单槽编号	测点编号	速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	负压/ Pa	烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	标态流量/ $\text{Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$	单槽编号	测点编号	速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	负压/ Pa	烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	标态流量/ $\text{Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$
1046#	1	4.5	380	147	11 590	1067#	1	9.5	175	137	11 266
	2	16.5					2	12.1			
	3	20					3	14.2			
	4	13.5					4	10.5			
	5	4.5					5	9.6			
	均值	11.8					均值	11.2			

定,随机性比较大;烟气的温度均为出铝端高于烟气端;电解槽内部的烟气温度比电解槽槽罩板处温度高 $10\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$,符合电解槽内部烟气温度的分布规律。

2)在 X 方向上,1046#电解槽槽内的负压整体上比较均衡,但是个别位置负压波动比较大,甚至有部分位置处于正压状态;1067#电解槽槽罩板内的测点在 X 方向上负压呈中间大、烟道端和出铝端较小的趋势。1046#和1067#电解槽槽内烟气的平均负压分别为 13.7 Pa 、 17.5 Pa ,比较符合电解槽槽罩板内部的负压分布规律。

3)1046#和1067#电解槽槽内部烟气的平均温度分别为 $147\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $137\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。烟气的平均温度为 $142\text{ }^{\circ}\text{C}$,烟气温度偏高,建议采取措施,降低电解槽内烟气的

平均温度;1046#和1067#电解槽的烟气流量分别为 $11\ 590\text{ Nm}^3/\text{h}$ 、 $11\ 266\text{ Nm}^3/\text{h}$,标态平均排烟量为 $11\ 428\text{ Nm}^3/\text{h}$,单槽排烟量比较符合设计值($11\ 500\text{ Nm}^3/\text{h}$);单槽排烟管负压的均值为 277.5 Pa 。

通过分析测试数据发现,NEUI 600kA 电解槽的内部烟气场与设计基本符合;电解槽出口的烟气量、负压值也与设计值基本吻合;但是烟气温度偏高,建议采取措施,降低电解槽内烟气的平均温度。

[参考文献]

- [1] 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,2011:244-248.
- [2] 何爱玲,李锐,李巍.铝电解车间氟化物和粉尘排放测试研究[J].环境科学保护,2015,41(5):138-139,152.

多重因素支撑 氧化铝价格上涨

今年以来,有色金属多数品种价格创下近十年新高,商品超级周期不绝于耳。氧化铝作为电解铝生产关键原料,虽未在年初跟上上涨节奏,但进入五月以来,氧化铝价格保持了一路上涨态势,近四个月的上涨周期在以往的价格走势中也实属少见。此轮上涨周期整体体现持续时间长,涨势平缓的特点。八月氧化铝价格维持上涨态势的影响因素主要有以下几点。

第一,大宗商品价格高位运行,后市仍会持续。直观来看,2021年各类工业品价格同比均呈现较大幅度增长,随着国内经济恢复,消费向好,加之双碳目标、能耗双控政策以及错峰用电措施等一系列因素,大宗商品供应收紧预期明确,支撑上半年多数生产材料价格保持强势走势。由于上游行业价格涨幅过高,国内政府已出台一系列保供稳价措施,促进价格趋于稳定。后市在疫情反复所带来的供给扰动下,大宗商品供给偏紧将使相关商品价格继续高位运行,但在保供稳价的市场主基调下,商品价格涨幅预计控制在合理区间。

第二,环保督查落实整改压力大,山西多家煤

电、焦化行业企业面临限期整改,矿石、煤炭价格维持高位,推升氧化铝生产成本。2021年4月,中央生态环保督察组第二轮第三批环保督查工作全面启动,涉及8个省份,晋豫地区均在其中。

第三,限电政策影响氧化铝生产。受夏季用电高峰及保民生政策影响,国内多地工业企业均要求错峰用电。限电问题持续发酵,涉及氧化铝生产地区包括广西、贵州、云南及河南。

第四,疫情反复导致运输受阻,下游采购意向高涨。近期国内疫情有抬头之势,物流运输受到限制,成本有所上升。其中河南发往新疆、江苏、山西等公路运输线路已停运,而正常收运的线路会因核酸检测,整体时效延误 $1\sim 2\text{ d}$ 。西北地区电解铝企业担心后市运输问题严峻,采购意向高涨,补库积极,市场主动方偏向卖方,氧化铝价格顺势上行。

在宏观整体向好的大背景下,氧化铝生产成本上升、供应偏紧预期加强,后市氧化铝价格将维持坚挺上行的总体趋势。

来源:中国有色金属报 作者:安泰科铝研究团队