

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T 663—2007

电解铝生产专用设备 热平衡测定与计算方法 铝液保持炉

Methods for determination and calculation of heat balance
of special equipments for aluminium production
—Aluminium holding furnace

2007-11-14 发布

2008-05-01 实施



国家发展和改革委员会 发布

前 言

本标准由全国有色金属标准化技术委员会提出并归口。

本标准由中国铝业股份有限公司贵州分公司负责起草。

本标准主要起草人：裴天毅、刘贵生、项阳、曾垂新、刘四清、崔鲁川、狄贵华、任剑、蔡亦侠、黄燕、张志红。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会负责解释。

电解铝生产专用设备 热平衡测定与计算方法 铝液保持炉

1 范围

本标准规定了电解铝生产铝液保持炉的热平衡测定与计算基准、设备状况、热平衡测定条件、测定项目和方法、热平衡计算、热效率及主要技术指标及热平衡测定分析与改进建议。

本标准适用于电解铝生产中以重油、煤气、天然气为供给能的铝液保持炉的热平衡测定与计算。

2 热平衡测定与计算基准

2.1 基准温度采用环境温度。

2.2 基准压力采用 101325 Pa。

2.3 燃料的发热量按应用基低(位)发热量计算;卡与焦耳的换算,采用 $1\text{ cal}=4.1868\text{ J}$ 。

2.4 铝液保持炉热平衡测定和计算体系取整个炉体为体系[即燃料(重油、煤气、天然气)管进入炉体到烟气离开炉体烟道],以炉墙作为体系分界线。

3 设备状况

3.1 在热平衡测定报告中写明设备的新旧程度、特点及存在的问题,建成投产或上次大修后投产的日期。

3.2 设备及生产概况填写测试前三个月内某月的平均值,内容以及报告格式见表 1。

表 1

厂名:	车间:	机组号:
项 目	单 位	数值或内容
炉 型	—	
燃料方式	—	
进铝量	t/班	
出铝量	t/班	
炉膛容积	m ³	
炉膛尺寸	m	
炉膛控制温度	℃	
建成日期	—	
最后一次大修日期	—	

4 热平衡测定条件

4.1 被测设备和工艺要求

铝液保持炉热平衡测定,应在设备投产或上次大修后的中期进行,测定时期保持炉生产工艺必须稳

定正常。

4.2 时间要求

测定应为一个连续工班,每次测定不能少于三个工班。

4.3 测定用仪器仪表计量器具的要求

测定用仪器仪表计量器具的要求应在检定周期之内。

5 测定项目和方法

铝液保持炉测定和方法以及报告格式见表 2。

表 2

项 目		符 号	单 位	测定位置	测定仪表与方法	测定频率	取值原则	测定数据
燃 料	燃料量	M_f	kg/h	燃料管道上	流量计	2 小时 1 次	算术平均值	
	燃料发热值	Q'	kJ/kg	—	按燃料材质进行分析和计算	—		
	燃料温度	t_f	℃	燃料管道上	温度计	2 小时 1 次	算术平均值	
烟 气	CO ₂ 体积分数	$\varphi(\text{CO}_2^v)$	%	排烟管道上	烟气分析仪	2 小时 1 次	算术平均值	
	CO 体积分数	$\varphi(\text{CO}^v)$	%					
	O ₂ 体积分数	$\varphi(\text{O}_2^v)$	%					
	CH ₄ 体积分数	$\varphi(\text{CH}_4^v)$	%					
	H ₂ 体积分数	$\varphi(\text{H}_2^v)$	%					
	N ₂ 体积分数	$\varphi(\text{N}_2^v)$	%					
	烟气中水分的体积分数	X_{sw}	%	排烟管道上	干湿球温度计	2 小时 1 次	算术平均值	
	烟气流量	V_{R}	Nm ³ /h		测定后计算			
	烟气温度	t_{S}	℃		数字式温度计	2 小时 1 次	算术平均值	
	烟道面积	m_{S}	m ²		现场测定			
入炉铝水量		M_{Al}	kg/h	—	电子秤	—		
入炉铝水温度		t_{Al}	℃	铝水入炉溜槽	数字式温度计	按实际进铝次数测定	算术平均值	
出炉铝水量		M'_{Al}	kg/h	—	电子秤	—		
出炉铝水温度		t'_{Al}	℃	铝水出炉溜槽	数字式温度计	按实际出铝次数测定	算术平均值	
加入冷材量		M_{L}	kg/h	—	电子秤	按实际次数	算术平均值	
入炉前冷材温度		t_{L}	℃	—	数字式温度计	按实际次数	算术平均值	
除渣量		M_{Z}	kg/h	—	电子秤	按实际次数	算术平均值	
除渣温度		t_{Z}	℃	—	数字式温度计	按实际次数	算术平均值	
炉门开启时间		H_{m}	h	—	秒表	—		
炉门开启面积		m_{m}	m ²	对应区域		—		
炉门辐射温度		t_{m}	℃	—	数字式温度计	2 小时 1 次	算术平均值	

表 2(续)

项 目	符 号	单 位	测定位置	测定仪表与方法	测定频率	取值原则	测定数据
进铝溜槽小孔面积	m_l	m^2	进铝溜槽	对应区域	—		
炉门上端小孔辐射温度	t_k	$^{\circ}C$	炉门上端	红外测温仪	2 小时 1 次	算术平均值	
炉门上端小孔面积	m_k	m^2	炉门上端	对应区域	—		
体系 散 热	炉体表面温度	t_{bi}	炉体表面	红外测温仪	2 小时 1 次	算术平均值	
	环境风速	F_h		热球式测风仪	2 小时 1 次	算术平均值	
	炉体表面面积	m_{bi}		对应区域	—		
	平均表面热流	q_{bi}		测定后计算	—		
大气压力		P	系统环境 位置	大气压力表	2 小时 1 次	算术平均值	
环境温度		t_h		水银温度计	2 小时 1 次	算术平均值	
空气相对湿度		ϕ		干湿球温度计	2 小时 1 次	算术平均值	

6 热平衡计算

6.1 热收入的计算

6.1.1 燃料供给热

a) 液体燃料供给热(Q_l)按公式(1)计算:

$$Q_l = M_y \cdot Q_{DW(y)} = m_y \{ 81w(C^y) + 264w(H^y) + 26[w(O^y) - w(S^y)] - 6W^y \} \quad \dots\dots(1)$$

式中:

$Q_{DW(y)}$ ——液体燃料的低位发热值,单位为千焦每千克(kJ/kg);

$w(C^y)$ 、 $w(H^y)$ 、 $w(O^y)$ 、 $w(S^y)$ ——液体燃料中碳、氢、氧、硫的质量分数,数值以%表示;

W^y ——液体燃料中水分的质量分数,数值以%表示。

b) 气体燃料供给热(Q_g)按公式(2)计算:

$$Q_g = V \cdot Q_{DW(g)} = V \cdot [\sum(K \cdot Q_{DW}) - 4.83V_{H_2O}^s] \quad \dots\dots(2)$$

式中:

V ——气体燃料的流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

$Q_{DW(g)}$ ——气体燃料的低位发热值,单位为千焦每立方米(kJ/ m^3);

K ——某种可燃气体的体积分数,数值以%表示;

Q_{DW} ——某种可燃气体的低位发热值,单位为千焦每立方米(kJ/ m^3);

$V_{H_2O}^s$ ——气体中水分的体积分数,数值以%表示。

6.1.2 燃料带入物理热

燃料带入物理热(Q_2)按公式(3)计算:

$$Q_2 = M_y \cdot C_y \cdot (t_y - t_h) \quad \dots\dots(3)$$

式中:

C_y ——燃料在 $t_h \sim t_y$ 之间的平均比热容,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg· $^{\circ}C$)].

6.1.3 入炉铝水带入热

入炉铝水带入热(Q_3)按公式(4)计算:

$$Q_3 = M_{Al} \cdot C_l \cdot (t_{Al} - t_h) \quad \dots\dots(4)$$

式中:

C_1 ——铝水在 $t_h \sim t_{Al}$ 之间的平均比热容,单位为千焦每千克摄氏度 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]。

6.2 热支出计算

6.2.1 出炉铝水带走热

出炉铝水带走热(Q'_1)按公式(5)计算:

$$Q'_1 = M'_{Al} \cdot C_2 \cdot (t'_{Al} - t_h) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

C_2 ——铝水在 $t_h \sim t'_{Al}$ 之间的平均比热容,单位为千焦每千克摄氏度 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]。

6.2.2 排烟带走热

排烟带走热(Q'_2)按公式(6)计算:

$$Q'_2 = (V_R \cdot \rho_0) \cdot C_R \cdot (t_s - t_h) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

ρ_0 ——烟气在 t_s 下的密度,单位为千克每立方米 (kg/m^3);

C_R ——烟气在 $t_h \sim t_s$ 之间的平均比热容,单位为千焦每千克摄氏度 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]。

6.2.3 化学未完全燃烧热

化学未完全燃烧热 Q'_3 按公式(7)计算:

$$Q'_3 = (V_R \cdot \rho_0) \cdot (\varphi(\text{CO}^\text{g}) \times 12\,630 + \varphi(\text{H}_2^\text{g}) \times 10\,790 + \varphi(\text{CH}_4^\text{g}) \times 35\,840) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$\varphi(\text{CO}^\text{g})$ 、 $\varphi(\text{H}_2^\text{g})$ 、 $\varphi(\text{CH}_4^\text{g})$ ——烟气中一氧化碳、氢气、甲烷等可燃气体的体积分数,数值以%表示;

12 630、10 790、35 840——一氧化碳、氢气、甲烷等可燃气体的燃烧热,单位为千焦每立方米 (kJ/m^3)。

6.2.4 冷材熔化热

冷材熔化热 Q'_4 按公式(8)计算:

$$Q'_4 = Q_{Al(\text{固})} + Q_{Al(\text{熔})} + Q_{Al(\text{液})} = \lambda_1 \cdot M_L \cdot (t_2 - t_L) + C \cdot M_L \cdot A + \lambda_2 \cdot M_L \cdot (t_3 - t_2) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

C ——铝的熔化热, ($C=94.9 \text{ kcal}/\text{kg}$);

λ_1 ——铝在 $20^\circ\text{C} \sim 658^\circ\text{C}$ 之间的平均比热容 ($\lambda_1=0.232 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$);

λ_2 ——液体铝熔以上的平均比热容 ($\lambda_2=0.2577 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$);

t_2 ——铝的熔融温度,单位为摄氏度 ($^\circ\text{C}$);

t_3 ——铝在保持炉内的平均温度,单位为摄氏度 ($^\circ\text{C}$);

A ——为 4.1868 J 。

6.2.5 除渣带走热

除渣带走热(Q'_5)按公式(9)计算:

$$Q'_5 = M_2 \cdot C_3 \cdot (t_z - t_h) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

C_3 ——铝渣在 $t_h \sim t_z$ 之间的平均比热容,单位为千焦每千克摄氏度 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]。

6.2.6 炉门辐射热

炉门辐射热(Q'_6)按公式(10)计算:

$$Q'_6 = \varepsilon \cdot C_0 \cdot \Psi \cdot [(t_m/100)^4 - (t_h/100)^4] \cdot m_m \cdot A \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

ε ——辐射面的黑度系数;

C_0 ——绝对黑体的辐射系数, [$C_0=4.96 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$];

Ψ ——角度系数；

A ——为 4.1868 J 。

6.2.7 炉门上端小孔辐射热

炉门上端小孔辐射热(Q'_7)按公式(11)计算：

$$Q'_7 = \epsilon \cdot C_0 \cdot \Psi \cdot [(t_k/100)^4 - (t_h/100)^4] \cdot m_k \cdot A \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中：

ϵ ——辐射面的黑度系数；

C_0 ——绝对黑体的辐射系数， $[C_0 = 4.96 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)]$ ；

Ψ ——角度系数；

A ——为 4.1868 J 。

6.2.8 炉体表面散热

炉体表面散热(Q'_8)按公式(12)计算：

$$Q'_8 = q_{bi} \cdot m_{bi} \quad \dots\dots\dots(12)$$

6.2.9 其他热损失

其他热损失主要是指不能测定出或无法现场测定的项目。如：炉底蓄热、炉门开启时火焰溢流热以及炉门上方小孔及铝水入炉小孔火焰烟气溢流热等项。

6.3 铝液保持炉热平衡表

6.3.1 铝液保持炉热平衡表及报告格式见表3。

表 3

收 入				支 出			
符号	项目名称	数 值		符号	项目名称	数 值	
		kJ/h	%			kJ/h	%
Q_1	燃料供给热			Q'_1	出炉铝水带走热		
Q_2	燃料带入物理显热			Q'_2	排烟带走热		
Q_3	入炉铝水带入热			Q'_3	化学未完全燃烧热		
				Q'_4	冷材熔化热		
				Q'_5	除渣带走热		
				Q'_6	炉门辐射热		
				Q'_7	炉门上端小孔辐射热		
				Q'_8	炉体表面散热		
				ΔQ	其他热损失		
ΣQ	合计		100	$\Sigma Q'$	合计		100

6.4 热平衡允许误差

热平衡允许相对误差为 $\pm 5\%$ ，即 $|\Delta Q / \Sigma Q| \times 100\% \leq 5\%$ 。

7 热效率及主要技术指标

7.1 铝液保持炉的热效率(η)按公式(13)计算，结果以%表示。

$$\eta = [(Q'_1 + Q'_4) / (Q_1 + Q_2 + Q_3)] \times 100 \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

- Q_1' ——出炉铝水带走热,单位为千焦每小时(kJ/h);
- Q_4' ——冷材熔化热,单位为千焦每小时(kJ/h);
- Q_1 ——燃料供给热,单位为千焦每小时(kJ/h);
- Q_2 ——燃料带入物理显热,单位为千焦每小时(kJ/h);
- Q_3 ——入炉铝水带入热,单位为千焦每小时(kJ/h)。

7.2 主要技术指标及报告格式见表 4。

表 4

序号	名称	符号或算式	单位	数值
1	炉产能	M	t/班	
2	吨铝耗燃料量	W	kg/t-Al	
3	烟气过剩空气系数	α	—	
4	烟气可燃物成分体积分数	$\varphi(\text{CO}^s) + \varphi(\text{H}_2^s) + \varphi(\text{CH}_4^s)$	%	
5	烟气温度	t_s	℃	

8 热平衡测定分析及改进建议

- 8.1 对设备结构、操作及工艺制度的分析。
- 8.2 对热效率及主要技术指标的评价。
- 8.3 提出节能途径及改进建议。

中华人民共和国有色金属
行 业 标 准
电解铝生产专用设备
热平衡测定与计算方法
铝液保持炉

YS/T 663—2007

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

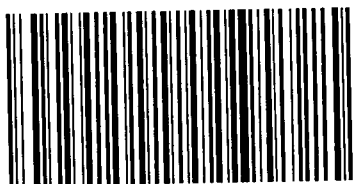
*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 14 千字
2008年3月第一版 2008年3月第一次印刷

*

书号:155066·2-18535 定价 14.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



YS/T 663—2007