



# 中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T 119.8—2005

---

## 氧化铝生产专用设备 热平衡测定与计算方法 第 8 部分 气态悬浮焙烧系统

Determination and calculation method of heat balance  
of special equipments for alumina production—  
Part 8: Gaseity suspension calcine system

2005-05-18 发布

2005-12-01 实施

---

国家发展和改革委员会 发布

## 前 言

本部分为首次发布。

本部分为 YS/T 119 的第 8 部分。

本部分根据目前国内氧化铝行业的实际情况和发展趋势的要求,制定了气态悬浮焙烧系统的热平衡测定与计算方法,为准确量化气态悬浮焙烧系统的能耗水平以及不同类型焙烧设备之间进行能耗比较提供了依据和方法。

本部分由全国有色金属标准化技术委员会提出并归口。

本部分由全国有色金属标准化技术委员会负责解释。

本部分由中国铝业股份有限公司河南分公司负责起草。

本部分主要起草人:李晓勇、闫晋钢、张 虎、马治强、何静华、罗梅、毛永典、邱建伟。

# 氧化铝生产专用设备

## 热平衡测定与计算方法

### 第 8 部分 气态悬浮焙烧系统

#### 1 范围

本部分确定了氧化铝厂气态悬浮焙烧系统的热平衡测定与计算基准、测定条件、测定项目及计算方法。

本部分适用于氧化铝厂以重油或煤气为燃料的氧化铝气态悬浮焙烧系统的热平衡测定和计算。

#### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 476 煤的元素分析方法

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

#### 3 热平衡测定与计算基准

3.1 基准温度采用 0℃。

3.2 基准压力采用 101 325 Pa。

3.3 燃料的发热量按应用基低(位)发热量计算。

3.4 物料平衡与热平衡均以一吨成品氧化铝为基准计算单位。

3.5 热平衡测定范围包括氢氧化铝喂料，文丘里闪速干燥器，多级旋风预热系统，气态悬浮焙烧炉，多级旋风冷却器，二次流态化冷却器，除尘和返灰系统，热平衡计算范围只包括氢氧化铝喂料，文丘里闪速干燥器，多级旋风预热系统，气态悬浮焙烧炉，多级旋风冷却器，返灰。

#### 4 设备状况及流程

4.1 测试报告中设备状况的内容

4.1.1 写明设备的新旧程度、特点及存在问题、建成投产或上次大修后投产日期。

4.1.2 生产及设备概况

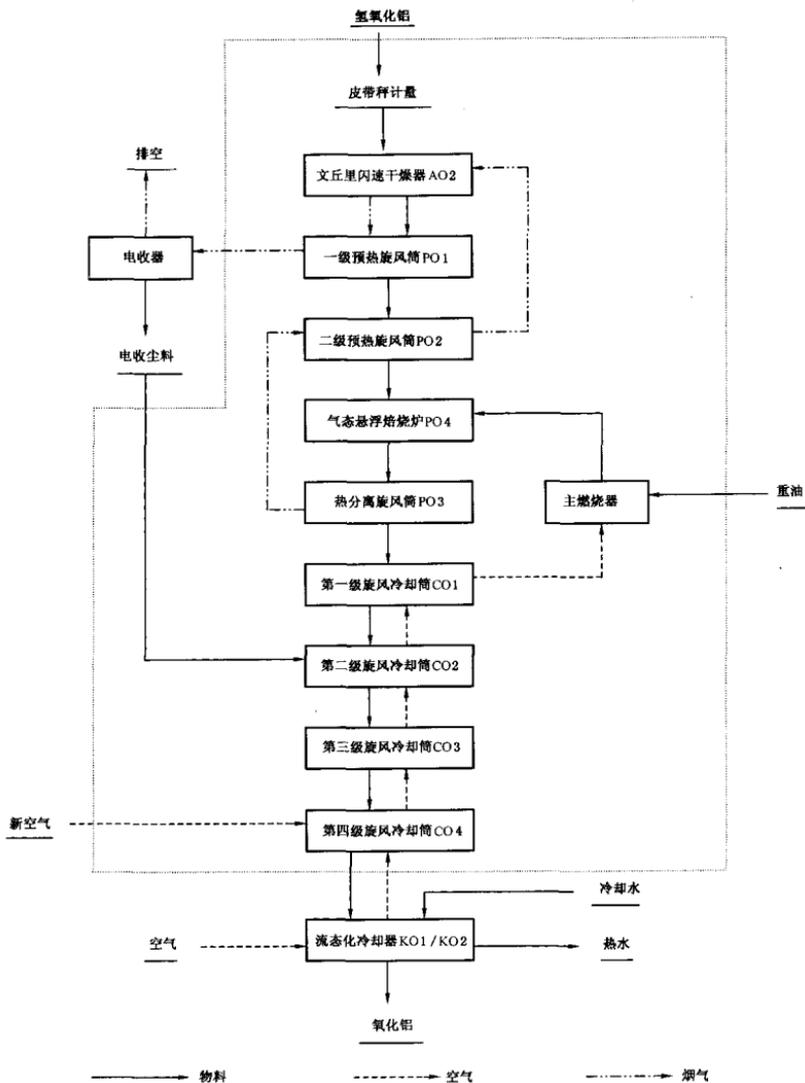
生产及设备概况填写测试前三个月某月的平均值，内容及报告格式见表 1。

表 1 生产及设备概况表

厂名：	车间：	炉号：
项 目	单 位	数值或内容
PO1 规格		
设计产能	t/h	
燃料种类		
燃料单耗	kg/h	
氢氧化铝下料量	t/h	
炉产能	t/h	
单位热耗	kJ/t	

YS/T 119.8—2005

4.2 设备工艺流程示意图及测试体系见图 1。



注：虚线框表示热平衡计算体系。

图 1 气态悬浮焙烧工艺流程图

## 5 热平衡测定条件

## 5.1 被测试设备和工艺要求

气态悬浮焙烧炉测定应在设备投产或上次大修投产后的中期进行,测定时期生产工艺必须稳定正常。

## 5.2 时间要求

测定应为一个连续工班,测定次数不少于三个班次。

## 5.3 测定用仪器仪表及计量器具的要求

测定用仪器仪表及计量器具的要求应在检定周期内。

## 6 测定项目和方法以及报告格式

测定项目和方法以及报告格式见表2。

表2 测定项目和方法

项 目	符号	单位	测点位置	测定仪器与方法	测定频率	取值原则	测定数据	
大气	温度	$T$	$^{\circ}\text{C}$		温度计			
	压力	$P$	Pa		大气压力计			
	相对湿度	$\Phi$	%		大气湿度仪			
人炉 氢氧化铝	人炉湿氢氧化铝量	$M_{\text{AH}}$	kg/h	皮带秤 计量处	皮带秤计量	8小时累积数	算术平均值	
	氢氧化铝 附着水含量	$W_{\text{AH}}$	%		取样实测	2小时1次	算术平均值	
	氢氧化铝 结晶水含量	$W_{\text{AH}}^{\text{I}}$	%		取样实测	2小时1次	算术平均值	
	氢氧化铝入炉温度	$t_{\text{AH}}$	$^{\circ}\text{C}$	給料螺旋	水银温度计	2小时1次	算术平均值	
成品 氧化铝	氧化铝出炉温度	$t_{\text{AO}}$	$^{\circ}\text{C}$	氧化铝 出料管	热电偶测	2小时1次	算术平均值	
	成品氧化铝灼减	$W_{\text{AO}}$	%		取样实测	2小时1次	算术平均值	
	成品氧化铝产量	$M_{\text{AO}}$	kg/h		计算			
流化 冷却器	氧化铝出冷却器 (KO1、KO2)温度	$t_{\text{AO}}^{\text{L}}$	$^{\circ}\text{C}$	冷却器成品 氧化铝出口	水银温度计	2小时1次	算术平均值	
	冷却水	流量	$V_{\text{SH}}$	kg/h	冷却水进口 管道	流量计	8小时累积值	算术平均值
		进冷却器 温度	$t_{\text{SH}}^{\text{I}}$	$^{\circ}\text{C}$	冷却水进口 管道	水银温度计	2小时1次	算术平均值
		出冷却器 温度	$t_{\text{e}}$	$^{\circ}\text{C}$	冷却水出口 管道	水银温度计	2小时1次	算术平均值
	空气	空气量	$V_{\text{e}}^{\text{30}}$	$\text{Nm}^3/\text{h}$	空气进风管 或出风管	压力计实测、 计算	2小时1次	算术平均值
		进冷却器 温度	$t_{\text{k}}^{\text{3}}$	$^{\circ}\text{C}$	进风管道	水银温度计	2小时1次	算术平均值
出冷却器 温度		$t_{\text{k}}^{\text{3}}$	$^{\circ}\text{C}$	出风管道	水银温度计	2小时1次	算术平均值	

表 2(续)

项 目		符号	单位	测点位置	测定仪器 与方法	测定频率	取值原则	测定 数据
雾化 蒸汽	蒸汽耗用量	$M_s$	kg/h	与燃油混合 前管道	蒸汽流量计	8 小时累积数	算术平均值	
	蒸汽压力	$P_d$	Pa	与燃油混合 前管道	蒸汽压力表	2 小时 1 次	算术平均值	
	蒸汽温度	$t_s$	℃	与燃油混合 前管道	测温仪表	2 小时 1 次	算术平均值	
燃料	燃料耗量	$M_f$	kg/h	燃料输送 管道	流量计累积	8 小时累积数	算术平均值	
	进炉燃料温度	$t_f$	℃	靠近燃烧器 进口管道	测温仪表	2 小时 1 次	算术平均值	
	燃料取样			燃料输送 管道	装入密闭 容器内	2 小时 1 次		
燃油	燃油应用基成分	$C^r$	%		化学分析	分析 3 个班样	算术平均值	
		$H^r$						
		$O^r$						
		$N^r$						
		$S^r$						
		$W^r$						
	$A^r$							
燃油应用基低(位) 发热量	$Q_{bw}^r$	kJ/kg		化学分析	分析 3 个班样	算术平均值		
煤气	煤气湿基成分	$CO^s$	%		化学分析	分析 3 个班样	算术平均值	
		$H_2^s$						
		$CH_4^s$						
		$C_nH_m^s$						
		$CO_2^s$						
		$N_2^s$						
		$O_2^s$						
		$H_2O^s$						
	煤气低(位) 发热量	$Q_{bw}$	kJ/m <sup>3</sup>		热值测定	测定 3 个班样	算术平均值	
进入 C O 4 的 空 气	空气温度	$t_k^1$	℃	空气分布器 与流化冷却 器预热空气 汇合点之后	水银温度计	2 小时 1 次	算术平均值	
	风速值	$W_k^1$	m/s		根据原始测定 数据计算			
	风量	工作状态	$V_k^{11}$	m <sup>3</sup> /h		根据 $W_k^1$ 计算		
标准状态		$V_k^{10}$	Nm <sup>3</sup> /h		根据 $V_k^{11}$ 计算			

表 2(续)

项 目		符号	单位	测点位置	测定仪器 与方法	测定频率	取值原则	测定 数据		
出 一 级 旋 风 预 热 筒 废 气	废气温度		$t_t$	℃	第一级旋风 预热器出口 至电收尘进 口管道	水银温度计	2小时1次	算术平均值		
	废 气 量	工作状态	$V_t'$	$m^3/h$		GB/T 16157 或根 据燃料燃烧理论 与物料平衡计算				
		标准状态	$V_t^0$	$Nm^3/h$						
	干烟气成分		$CO_2^s$ $O_2^s$ $N_2^s$ $CO^s$ $H_2^s$ $CH_4^s$	%		气体分析仪	2小时1次	算术平均值		
	含湿量		$X_{sw}$	%		GB/T 16157	每班2次	算术平均值		
	含 尘 浓 度	干气	$C_{d1}$	$g/Nm^3$	第一级旋风 预热器出口 至电收尘进 口管道	GB/T 16157	2小时1次	算术平均值		
		湿气	$C_{d1}'$	$g/Nm^3$		GB/T 16157	2小时1次	算术平均值		
	炉灰温度		$t_{th}$	℃		水银温度计	2小时1次	算术平均值		
	炉灰量		$M_{th}$	$kg/h$		根据 $C_{d1}'$ 和 $V_t^0$ 计算		算术平均值		
	电 收 尘 吹 灰 风 量	风温		$t_k^2$	℃	气体螺旋 泵至二级 旋风冷却 筒的管道	水银温度计	2小时1次	算术平均值	
风速		$W_k^2$	$m/s$	气体螺旋 泵至二级 旋风冷却 筒的管道	计算	2小时1次	算术平均值			
风 量		工作状态	$V_k^2$	$m^3/h$			根据 $W_k^2$ 计算			
	标准状态	$V_k^{20}$	$Nm^3/h$			根据 $V_k^2$ 计算				
电 收 尘 返 灰	返灰温度		$t$	℃	气体螺旋至 二级旋风冷 却筒的管道	水银温度计	2小时1次	算术平均值		
	返灰灰量		$M_k'$	$kg/h$		电收尘进、出口 含尘浓度计算				
炉 子 表 面 散 热	炉子各部分平均 表面热流		$q_{h1}$	$kJ/(m^2 \cdot h)$	炉子各部分	热流仪	每班2次	算术平均值		
	炉子各部分 表面散热量		$Q_{h1}$	$kJ/h$		$Q_{h1} = \sum q_{h1} F_{h1}$				
	总散热损失		$Q_h$	$kJ/h$						

表 2(续)

项 目	符号	单位	测点位置	测定仪器 与方法	测定频率	取值原则	测定 数据		
烟 囱 排 放 废 气	废气温度	$T_{py}$	电收尘出口 至烟囱管道	水银温度计	2 小时 1 次	算术平均值			
	干烟气成分	$CO_2^*$		%	气体分析仪	2 小时 1 次	算术平均值		
		$O_2^*$							
		$CO^*$							
		$H_2^*$							
		$CH_4^*$							
		$N_2^*$							
	含湿量	$X_{sw}$			GB/T 16157	每班 2 次	算术平均值		
	含尘 浓度	干气		$C_{sp}$	g/Nm <sup>3</sup>	GB/T 16157	2 小时 1 次	算术平均值	
		湿气		$C_{sp}$	g/Nm <sup>3</sup>	GB/T 16157	2 小时 1 次	算术平均值	
风量	标准 状态	$V_{py}^*$	Nm <sup>3</sup> /h	根据 $V_{py}^*$ 和气体 成分计算		算术平均值			
排灰	炉灰温度	$t_{pb}$	℃	水银温度计	每班 2 次	算术平均值			
	炉灰量	$M_{pb}$	kg/h	根据 $C_{sp}$ 和 $V_{py}^*$ 计算		算术平均值			

## 7 物料平衡计算以及报告格式

## 7.1 物料平衡计算表以及报告格式见表 3。

表 3 物料平衡计算表

序号	项 目	符号	单位	依据或算式	数值
—	物料收入				
1	燃料量	$M_f$	kg/t	$M_f = M_f / M_{AO}$ 式中: $M_f$ ——每小时燃料耗量, kg/h; $M_{AO}$ ——每小时成品氧化铝产量, t/h。	
2	干氢氧化铝量	$M_2$	kg/t	$M_2 = M_{AH}(1 - W_{AH}/100) / M_{AO}$ 式中: $W_{AH}$ ——氢氧化铝附着水质量分数, %。	
3	氢氧化铝附着水量	$M_3$	kg/t	$M_3 = M_{AH} \cdot W_{AH} / 100 / M_{AO}$ 式中: $M_{AH}$ ——入炉湿氢氧化铝量, kg/t; $W_{AH}$ ——氢氧化铝附着水质量分数, %。	
4	进入 CO4 的空气量	$M_4$	kg/t	$M_4 = V_k^{10} \cdot \rho_k^0 / M_{AO}$ 式中: $V_k^{10}$ ——每小时进入 CO4 的标准状态下的空气 量, Nm <sup>3</sup> /h; $\rho_k^0$ ——空气在标准状态下的密度, kg/Nm <sup>3</sup> 。 $\rho_k^0 = N_2 \cdot \rho_{N_2}^0 + O_2 \cdot \rho_{O_2}^0 + H_2O \cdot \rho_{H_2O}^0$ 式中: $N_2, O_2, H_2O$ ——空气中氮气、氧气和水的体 积 分数, %; $\rho_{N_2}^0, \rho_{O_2}^0, \rho_{H_2O}^0$ ——空气中氮气、氧气和水在标准 状态下的密度, kg/Nm <sup>3</sup> 。	

表 3(续)

序号	项 目	符号	单位	依据或算式	数值
5	电收尘吹灰风量	$M_5$	kg/t	$M_5 = V_k^{20} \cdot \rho_k^0 / M_{AO}$ 式中: $V_k^{20}$ ——每小时标准状态下的吹灰风量, $\text{Nm}^3/\text{h}$ 。	
6	电收尘返灰量	$M_6$	kg/t	$M_6 = M_b' / M_{AO}$ 式中: $M_b'$ ——每小时电收尘的返灰量, $\text{kg}/\text{h}$ 。	
7	燃油雾化蒸汽量 注: 本项适用于以燃油为燃料的悬浮焙烧炉。	$M_7$	kg/t	$M_7 = M_4 / M_{AO}$ 式中: $M_4$ ——每小时雾化蒸汽耗用量, $\text{kg}/\text{h}$ ; $M_{AO}$ ——成品氧化铝产量, $\text{t}/\text{h}$ 。	
8	合计	$\Sigma M$	kg/t	$\Sigma M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7$	
二 物料支出					
1	成品氧化铝	$M_1'$	kg/t	$M_1' = 1\ 000$	
2	出一级旋风预热器的废气的量	$M_2'$	kg/t	$M_2' = V_1^0 \cdot \rho_1^0 / M_{AO}$ 式中: $V_1^0$ ——每小时出 PO1 的标准状态下的废气的量, $\text{Nm}^3/\text{h}$ ; $\rho_1^0$ ——出 PO1 废气在标准状态下的密度, $\text{kg}/\text{Nm}^3$ 。 $\rho_1^0 = \text{CO}_2 \cdot \rho_{\text{CO}_2}^0 + \text{N}_2 \cdot \rho_{\text{N}_2}^0 + \dots + \text{H}_2\text{O} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}^0$ 式中: $\rho_{\text{CO}_2}^0, \rho_{\text{N}_2}^0, \rho_{\text{H}_2\text{O}}^0$ ——废气中二氧化碳、氮气和水在标准状态下的密度, $\text{kg}/\text{Nm}^3$ 。	
3	出一级旋风预热器排放灰尘量	$M_3'$	kg/t	$M_3' = M_{b1} / M_{AO}$ 式中: $M_{b1}$ ——每小时出 PO1 排放灰尘量, $\text{kg}/\text{h}$ 。	
4	差值	$\Delta M$	kg/t	$\Delta M = \Sigma M - (M_1' + M_2' + M_3')$	
5	合计	$\Sigma M'$	kg/t	$\Sigma M' = M_1' + M_2' + M_3' + \Delta M$	

## 7.2 物料平衡表以及报告格式见表 4。

表 4 物料平衡表

收 入				支 出			
符号	项 目	数 值		符号	项 目	数 值	
		kg/t	%			kg/t	%
$M_1$	燃料量			$M_1'$	成品氧化铝量		
$M_2$	干氢氧化铝量			$M_2'$	出一级旋风预热器的废气的量		
$M_3$	氢氧化铝附着水量			$M_3'$	出一级旋风预热器排放窑灰量		
$M_4$	进入 CO4 的空气量			$\Delta M$	差值		
$M_5$	电收尘吹灰风量						
$M_6$	电收尘返灰量						
$M_7$	燃油雾化蒸汽量						
$\Sigma M$	合 计		100	$\Sigma M'$	合 计		100

7.3 物料平衡允许相对误差为 $\pm 5\%$ , 即:  $|\Delta M / \Sigma M| \times 100 \leq 5\%$ 。

YS/T 119.8—2005

## 8 热平衡计算以及报告格式

## 8.1 热平衡计算表以及报告格式见表 5。

表 5 热平衡计算表

序号	项 目	符号	单位	依据或算式	数值
<b>一、热收入</b>					
1	燃料的燃烧热	$Q_1$	kJ/t	$Q_1 = Q_{DW} \cdot M_1$ 式中: $Q_{DW}$ ——燃料的应用(湿)基低位发热量, kJ/kg	
2	燃料带入显热	$Q_2$		$Q_2 = M_1 \cdot C_f \cdot t_f$ 式中: $C_f$ ——燃料在 $0 \sim t_f$ °C 间的平均比热, kJ/(kg·°C); $t_f$ ——燃料进 PO4 前管道内温度, °C。	
3	干氢氧化铝带入显热	$Q_3$		$Q_3 = M_2 \cdot C_{AH} \cdot t_{AH}$ 式中: $C_{AH}$ ——氢氧化铝在 $0 \sim t_{AH}$ °C 间的平均比热, kJ/(kg·°C); $t_{AH}$ ——氢氧化铝入 AO2 前的温度, °C。	
4	氢氧化铝附着水带入显热	$Q_4$		$Q_4 = M_3 \cdot C_{H_2O} \cdot t_{AH}$ 式中: $C_{H_2O}$ ——水在 $0 \sim t_{AH}$ °C 间的平均比热, kJ/(kg·°C)。	
5	进入 CO4 空气带入显热	$Q_5$		$Q_5 = M_4 / \rho_k^0 \cdot C_k \cdot t_k^1$ 式中: $C_k$ ——空气在 $0 \sim t_k^1$ °C 间的平均比热, kJ/(Nm <sup>3</sup> ·°C); $t_k^1$ ——进入 CO4 空气的温度, °C。	
6	电收尘吹灰风带入显热	$Q_6$		$Q_6 = M_5 / \rho_k^0 \cdot C_k \cdot t_k^2$ 式中: $t_k^2$ ——电收尘吹灰风进 CO2 前管道内温度, °C。	
7	返回窑灰带入显热	$Q_7$		$Q_7 = M_6 \cdot C_h^1 \cdot t_h$ 式中: $C_h^1$ ——电收尘返回窑灰在 $0 \sim t_h$ °C 间的平均比热, kJ/(kg·°C); $t_h$ ——进 CO2 前管道内返回窑灰的温度, °C。	
8	雾化蒸汽带入的热	$Q_8$		$Q_8 = M_7 \cdot h'$ 式中: $h'$ ——雾化蒸汽热焓, kJ/kg。	
9	合计	$\Sigma Q$		$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8$	
<b>二、热支出</b>					
1	成品氧化铝带走显热	$Q_1'$	kJ/t	$Q_1' = M_1' \cdot C_{AO} \cdot t_{AO}$ 式中: $C_{AO}$ ——成品氧化铝在 $0 \sim t_{AO}$ °C 间的平均比热, kJ/(kg·°C); $t_{AO}$ ——成品氧化铝出 CO4 的温度, °C。	
2	出 PO1 干废气带走的显热	$Q_2'$		$Q_2' = M_2' \cdot (1 - X_{SW}/100) / \rho_k^0 \cdot C_{kg} \cdot T_1$ 式中: $X_{SW}$ ——PO1 出口废气含湿量, %; $C_{kg}$ ——PO1 出口干废气在 $0 \sim T_1$ °C 间的平均比热, kJ/(kg·°C); $T_1$ ——PO1 出口废气温度, °C; $\rho_k^0$ ——PO1 出口干废气标准状态下的密度, kg/Nm <sup>3</sup> 。	

表 5(续)

序号	项 目	符号	单位	依据或算式	数值
3	氢氧化铝结晶水及附着水蒸发吸热	$Q_3'$		$Q_3' = (M_3 + M_2 \cdot W_{AH}^1 / 100) \cdot [(100 - t_{AH}) \cdot C_{H_2O} + 2253.9 + 1.24(t_i - 100) \cdot C_{H_2O}^0]$ 式中: $W_{AH}^1$ ——氢氧化铝结晶水的质量分数, %; $C_{H_2O}$ ——水在 $t_{AH} \sim 100^\circ\text{C}$ 间的平均比热, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ; 2253.9——水在 $100^\circ\text{C}$ 时的汽化潜热, $\text{kJ}/\text{kg}$ ; $C_{H_2O}^0$ ——水蒸气在 $100 \sim t^\circ\text{C}$ 间的平均比热, $\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ 。	
4	空气、燃油中水份及燃油雾化蒸汽带走热	$Q_4'$		$Q_4' = [(M_4 + M_5) / \rho^0 \cdot 0.00124 \cdot g_{H_2O} + (0.112H^v + 0.0124W^v) \cdot M_1 + M_7 / 18 \times 22.4] \cdot C_{H_2O}^0 \cdot t_i$ 式中: $g_{H_2O}$ ——空气中水分含量, $\text{g}/\text{Nm}^3$ ; $H^v, W^v$ ——燃料中氢和水的应用质量分数, %; $C_{H_2O}^0$ ——水蒸气在 $0 \sim t^\circ\text{C}$ 间的平均比热, $\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ; $t_i$ ——出 PO1 废气温度, $^\circ\text{C}$ ; 0.00124——1 克水汽在标准状态下所占体积, $\text{Nm}^3/\text{g}$ 。	
5	出 PO1 废气中炉灰带走显热	$Q_5'$	$\text{kJ}/\text{t}$	$Q_5' = M_{th} / M_{AO} \cdot C_{th} \cdot t_i$ 式中: $M_{th}$ ——出 PO1 废气每小时带走炉灰量, $\text{kg}/\text{h}$ ; $C_{th}$ ——出 PO1 废气带走炉灰在 $0 \sim t_i^\circ\text{C}$ 间的平均比热, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ; $t_i$ ——出 PO1 废气带走炉灰温度, $^\circ\text{C}$ 。	
6	反应吸热	$Q_6'$		$2Al(OH)_3 = \gamma \cdot Al_2O_3 + 3H_2O(\text{液})$ $\Delta H = 19.2 \times 4.1868 \text{ kJ/mol} Al_2O_3$ $2Al(OH)_3 = \alpha \cdot Al_2O_3 + 3H_2O(\text{液})$ $\Delta H = 11.3 \times 4.1868 \text{ kJ/mol} Al_2O_3$ $Q_6' = M_2 \cdot 1000 / (2 \times 78) \cdot (47.25 \cdot \alpha / 100 + 80.29 \cdot \gamma / 100)$ 式中: $\alpha$ ——成品氧化铝中 $\alpha \cdot Al_2O_3$ 的质量分数, %; $\gamma$ ——成品氧化铝中 $\gamma \cdot Al_2O_3$ 的质量分数, %; 78——氢氧化铝的分子量, $\text{g}/\text{mol}$ 。	
7	化学不完全燃烧热损失	$Q_7'$		$Q_7' = M_2' / \rho^0 (12630 \cdot CO^v / 100 + 10790 \cdot H_2^v / 100 + 35840 \cdot CH_4^v / 100)$ 式中: $CO^v, H_2^v, CH_4^v$ ——PO1 出口废气(湿废气)中一氧化碳、氢气和甲烷体积分数, %; $\rho^0$ ——PO1 出口废气(湿废气)在标准状态下的密度, $\text{kg}/\text{Nm}^3$ ; 12630, 10790, 35840——一氧化碳、氢气和甲烷的燃烧热, $\text{kJ}/\text{Nm}^3$ 。	
8	表面散热损失	$Q_8'$		$Q_8' = \sum q_i \cdot F_i / M_{AO}$ 式中: $q_i$ ——焙烧炉第 $i$ 部分的平均表面热流, $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ; $F_i$ ——焙烧炉第 $i$ 部分的散热面积, $\text{m}^2$ 。	
9	差值	$\Delta Q$		$\Delta Q = \Sigma Q - (Q_1' + Q_2' + Q_3' + Q_4' + Q_5' + Q_6' + Q_7' + Q_8')$	
10	合计	$\Sigma Q'$		$\Sigma Q' = Q_1' + Q_2' + Q_3' + Q_4' + Q_5' + Q_6' + Q_7' + Q_8' + \Delta Q$	

YS/T 119.8—2005

## 8.2 热平衡表以及报告格式见表 6。

表 6 热平衡表

收 入				支 出			
符号	项 目	数值		符号	项 目	数值	
		kJ/t	%			kJ/t	%
Q <sub>1</sub>	燃油的燃烧热			Q <sub>1</sub> '	成品氧化铝带走显热		
Q <sub>2</sub>	燃油带入显热			Q <sub>2</sub> '	出 PO1 干废气带走显热		
Q <sub>3</sub>	干氢氧化铝带入显热			Q <sub>3</sub> '	氢氧化铝结晶水及附着水蒸发吸热		
Q <sub>4</sub>	氢氧化铝附着水带入显热			Q <sub>4</sub> '	空气、燃料中水份及燃油雾化蒸汽带走显热		
Q <sub>5</sub>	进入 CO <sub>4</sub> 空气带入显热			Q <sub>5</sub> '	出 PO1 炉灰带走显热		
Q <sub>6</sub>	电收尘吹灰风带入显热			Q <sub>6</sub> '	反应吸热		
Q <sub>7</sub>	返回窑灰带入显热			Q <sub>7</sub> '	化学不完全燃烧热损失		
Q <sub>8</sub>	雾化蒸汽带入的热			Q <sub>8</sub> '	表面散热损失		
				ΔQ	差值		
ΣQ	合 计		100	ΣQ'	合 计		100

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

## 9 热效率及主要技术指标

9.1 气态悬浮焙烧炉的热效率  $\eta$  按公式(1)计算：

$$\eta = (Q_3' + Q_6') / (Q_1 + Q_8) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

Q<sub>3</sub>'——氢氧化铝附着水及结晶水的蒸发吸热，单位为千焦每吨(kJ/t)；Q<sub>6</sub>'——反应吸热，单位为千焦每吨(kJ/t)；Q<sub>1</sub>——燃油燃烧热，单位为千焦每吨(kJ/t)；Q<sub>8</sub>——雾化蒸汽带入的热，单位为千焦每吨(kJ/t)。

9.2 主要技术经济指标以及报告格式见表 7。

表 7 主要技术经济指标

序号	名 称	符号或算式	单 位	数 值
1	炉产能	M <sub>A0</sub>	t/h	
2	单位热耗	Q <sub>1</sub> + Q <sub>8</sub>	kJ/t	
3	烟气过量空气系数	$\alpha = \frac{N_2^*}{N_2^* - 79/21(O_2^* - 0.5CO^*)}$		
4	出 PO1 烟气 CO 含量	CO*	%	
5	出 PO1 烟气温度	t <sub>t</sub>	℃	

## 10 热平衡测定分析与改进建议

10.1 对设备结构、操作及工艺制度的分析。

10.2 对热效率及主要技术指标的评价。

10.3 提出节能途径及改进建议。