

表 2 (续)

序号	热收入 Q_{sr}			热支出 Q_{zc}		
	项目	kJ/kg 产品	%	项目	kJ/kg 产品	%
7	半成品带入的显热 Q_b			孔洞辐射热损失 Q_{kf}		
8	各类窑具带入的显热 Q_y			测点至窑表面管道散热损失 Q_{gd}		
9				干烟气带走的显热 Q_{gy}		
10				烟气中水蒸气带走的显热 Q_s		
11				其它不可预计热损失 Q_t		
12	合 计					

7 热效率计算方法

7.1 有效热

7.1.1 半成品彩烤至最高彩烤温度时净耗热 Q_{ck} ，单位为千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)，按公式 (39) 计算：

$$Q_{ck} = m_c \times c_{ck} \times t_{ck} - m_b \times c_b \times t_b \dots\dots\dots (39)$$

7.1.2 有效热 Q_{yx} ，单位为千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)，按公式 (40) 计算：

$$Q_{yx} = Q_{ck} \dots\dots\dots (40)$$

7.1.3 含窑具材料的有效热 Q'_{yx} ，单位为千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)，按公式 (41) 计算：

$$Q'_{yx} = Q_{yx} + Q_{yj} \dots\dots\dots (41)$$

式中： Q_{yj} ——窑具各类材料加热至最高彩烤温度时净耗热，单位为千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)，

按公式 (42) 计算：

$$Q_{yj} = \sum_i Q_{yji} = \sum_i [m_{yi} (c_{ygi} \times t_{ck} - c_{yi} \times t_{yi})] \dots\dots\dots (42)$$

7.2 供给热 Q_{gj} ，单位为千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)，按公式 (43) 计算：

$$Q_{gj} = Q_r + Q_{dl} \dots\dots\dots (43)$$

式中： Q_r 和 Q_{dl} 的计算方法见公式（1-2）。

7.3 彩烤制品的窑炉热效率 η_c ，数值以%表示，按公式（44）计算：

$$\eta_c = \frac{Q_{yx}}{Q_{gj}} \times 100\% \dots\dots\dots (44)$$

7.4 含窑具材料的窑炉热效率 η_x ，数值以%表示，按公式（45）计算：

$$\eta_x = \frac{Q'_{yx}}{Q_{gj}} \times 100\% \dots\dots\dots (45)$$

7.5 余热资源率 η_r ，数值以%表示，按公式（46）计算：

$$\eta_r = \frac{Q_{rf}}{Q_{gj}} \times 100\% \dots\dots\dots (46)$$

注：本文件供给能量是指由能源供给的能量，不包括由工质或物料带入的能量，以便直接考察能源利用的程序。

7.6 单位产品彩烤能耗 Q_d ，单位为千焦每千克产品（kJ/kg 产品），按公式（47）计算：

$$Q_d = Q_{gj} \dots\dots\dots (47)$$

7.7 窑炉热效率

计算综合表见表3。

表3 窑炉热效率计算综合表

项目	单位	数据
半成品彩烤至最高彩烤温度时消耗热 Q_{ck}	千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)	
有效热 Q_{yx}		
含窑具材料的有效热 Q'_{yx}		
供给热 Q_{gj}		
抽热风带走显热 Q_{rf}		
烟气带走的显热 Q_{yq}		

表 3 (续)

项目	单位	数据
彩烤制品的窑炉热效率 η_c		
含窑具材料的窑炉热效率 η_x		
余热资源率 η_R		
单位产品彩烤能耗 Q_d	千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)	

附 录 A

(资料性附录)

符号的说明

表 A.1 符号的说明

序号	符号	说明	单位
1	A_{ci}	窑底各个测区的表面积	平方米 (m^2)
2	A_{di}	窑顶各个测区的表面积	
3	A_{gd}	各个测点至窑体表面的管道表面积	
4	A_{hi}	测点至窑体表面各个横管的表面积	
5	A_i	窑体各个测区的表面积	
6	A_k	助燃空气管道入口截面积	
7	A_l	冷却空气的管道截面积	
8	A_o	孔口辐射面积	
9	A_{qi}	窑墙各个测区的表面积	
10	A_r	抽出热风管道截面积	
11	A_{si}	测点至窑体表面各个竖管的表面积	
12	A_y	烟气的烟道截面积	
13	c_b	半成品的比热容	千焦每立方米摄氏度或千焦 每千克摄氏度 [$kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$ 或 $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$]
14	c_c	产品的比热容	
15	c_{ck}	最高彩烤温度时产品的比热容	
16	c_{gy}	离窑干烟气的比热容	
17	c_i	各种气体成分的平均比热容	
18	c_k	助燃空气的比热容	

表 A.1 (续)

序号	符号	说明	单位	
19	C_{ki}	各助燃风机对应的助燃空气的比热容 (窑炉含多台助燃风机时, 共 i 台)	千焦每立方米摄氏度或千焦 每千克摄氏度 [kJ/(m ³ ·°C) 或 kJ/(kg·°C)]	
20	C_l	冷却空气的比热容		
21	C_{li}	各冷却风机对应的冷却空气的比热容 (窑炉含多台冷却风机时, 共 i 台)		
22	C_{lk}	漏入空气的比热容		
23	C_f	燃料的比热容		
24	C_{rf}	抽出热风的比热容		
25	C_{rfi}	各抽热风机对应的抽出热风的比热容 (窑炉含多台抽热风机时, 共 i 台)		
26	C_{yi}	各类窑具入窑时的比热容 (共 i 类)		
27	C_{yoi}	各类窑具出窑时的比热容 (共 i 类)		
28	C_{ygi}	最高彩烤温度时窑具的平均比热容		
29	C_o	黑体辐射系数, 等于 20.4		
30	m_b	半成品入窑的质量		千克每千克产品 (kg/kg 产品)
31	m_c	出窑产品的质量, 按 1kg 计		千克 (kg)
32	m_{ps}	产品小时质量	千克每小时 (Kg/h)	
33	m_r	燃料的消耗量	千克 (kg)	
34	m_s	燃料燃烧时生成水的质量		
35	m_{yi}	各类窑具的质量		
36	P	电热体的平均电功率	千瓦每千克产品 (KW/kg 产品)	
37	p_d	周围环境的大气压	帕斯卡 (Pa)	
38	p_{kd}	助燃空气的动压		

表 A.1 (续)

序号	符号	说明	单位	
39	p_{kj}	助燃空气的静压	帕斯卡 (Pa)	
40	p_{ld}	冷却空气的动压		
41	p_{lj}	冷却空气的静压		
42	p_{rd}	抽出热风的动压		
43	p_{rj}	抽出热风的静压		
44	p_{yd}	烟气的动压		
45	p_{yj}	烟气的静压		
46	q_i	窑体表面各个测区的平均热流密度	瓦每平方米 (W/m ²)	
47	Q_b	半成品带入的显热	千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)	
48	Q_{bm}	窑体表面散热损失	千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)	
49	Q_c	产品带出的显热		
50	Q_{ck}	半成品彩烤至最高温度时净耗热		
51	Q_{cm}	窑底表面散热损失		
52	Q_d	单位产品彩烧能耗		
53	Q_{dl}	电热体发出的热量		
54	Q_{dm}	窑顶表面散热损失		
55	Q_{DW}^Y	燃料的低位发热量		千焦每千克燃料或千焦每立方米燃料 [kJ/(kg 或 m ³ 燃料)]
56	Q_{gd}	管道表面散热损失		千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)
57	Q_{gi}	供给热		

表 A.1 (续)

序号	符号	说明	单位
58	Q_{gy}	离窑干烟气带走的显热	千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)
59	Q_h	横管的表面散热损失	
60	Q_{hb}	化学不完全燃烧热损失	
61	Q_k	助燃空气带入的显热	
62	Q_{ki}	各助燃风机对应的助燃空气带入的显热 (窑炉有多台助燃风机时, 共 i 台)	
63	Q_{kf}	孔洞的热损失	
64	Q_l	冷却空气带入的显热	
65	Q_{li}	各冷却风机对应的冷却空气带入的显热 (窑炉有多台冷却风机时, 共 i 台)	
66	Q_{lk}	漏入空气带入的显热	
67	Q_{qm}	窑墙表面散热损失	
68	Q_r	燃料燃烧的化学热	
69	Q_{rf}	抽热风带走的显热	
70	Q_{rfi}	各抽热风机对应的抽出热风带出的显热 (窑炉有多台抽热风机时, 共 i 台)	
71	Q_s	烟气中水蒸气带走的热	
72	Q_{sg}	竖直管道的表面散热损失	
73	Q_{sr}	总热收入	
74	Q_t	其他不可预计热损失	
75	Q_x	燃料带入的显热	
76	Q_y	各类窑具带入的显热	
77	Q_{yi}	第 i 类窑具带入的显热	

表 A.1 (续)

序号	符号	说明	单位	
78	Q_{yc}	各类窑具带出的显热	千焦每千克产品 (kJ/kg 产品)	
79	Q_{yci}	第 i 类窑具带出的显热		
80	Q_{yj}	各类窑具加热至最高彩烤温度时净耗热		
81	Q_{yji}	第 i 类窑具加热至最高彩烤温度时净耗热		
82	Q_{yq}	离窑烟气带走的显热		
83	Q_{yx}	彩烤产品的有效热		
84	Q'_{yx}	含窑具材料的有效热		
85	Q_{zc}	总热支出		
86	t_b	半成品入窑的温度		摄氏度 (°C)
87	t_c	产品出窑的温度		
88	t_{ci}	窑底各个测区的表面平均温度		
89	t_{ck}	最高彩烤温度		
90	t_{di}	窑顶各个测区的表面平均温度		
91	t_{hi}	各个横管的表面平均温度		
92	t_i	各个测点至窑体表面的管道表面平均温度		
93	t_k	助燃空气的温度		
94	t_{ki}	各助燃风机对应的助燃空气入窑的温度 (窑炉含多台助燃风机时, 共 i 台)		
95	t_l	冷却空气入窑的温度		
96	t_{li}	各冷却风机对应的冷却空气入窑的温度 (窑炉含多台冷却风机时, 共 i 台)		
97	t_{lk}	漏入空气的温度		

表 A.1 (续)

序号	符号	说明	单位	
98	t_o	周围空气的温度	摄氏度 (°C)	
99	t_{qi}	窑墙各个测区的表面平均温度		
100	t_r	燃料入窑的温度		
101	t_{rf}	抽出热风的温度		
102	t_{rfi}	各抽热风机对应的抽出热风的温度 (窑炉含多台抽热风机时, 共 i 台)		
103	t_{si}	各个竖直管道的表面平均温度		
104	t_t	孔洞内平均温度		
105	t_{wg}	窑外辊道温度		
106	t_{yi}	各类窑具的入窑温度		
107	t_{yci}	各类窑具的出窑温度		
108	t_{yq}	离窑烟气的温度		
109	V_{gy}	离窑干烟气量		立方米每千克产品 (m^3/kg 产品)
110	V_k	助燃空气量		
111	V_k^0	理论空气量	立方米每千克燃料或立方米 每立方米燃料 [$m^3/(kg$ 或 m^3 燃料)]	
112	V_l	冷却空气量	立方米每千克产品 (m^3/kg 产品)	
113	V_{li}	各冷却风机对应的冷却空气送入量 (窑炉含多台冷却风机时, 共 i 台)		
114	V_{lk}	漏入空气量		
115	V_{rf}	抽出的热风量		
116	V_{rfi}	各抽热风机对应的抽出热风量 (窑炉含多台抽热风机时, 共 i 台)		

表 A.1 (续)

序号	符号	说明	单位
117	x_{co}	干烟气中一氧化碳的体积分数	%
118	x_i	各种气体成分在烟气中的体积分数	
119	ω_k	助燃空气的流速	米每秒 (m/s)
120	ω_l	冷却空气的流速	
121	ω_r	抽出热风的流速	米每秒 (m/s)
122	ω_y	烟气的流速	
123	a_{ci}	各个测区窑底对空气的综合传热系数	千焦每平方米小时摄氏度 [kJ/(m ² ·h·°C)]
124	a_{di}	各个测区窑顶对空气的综合传热系数	
125	a_{hi}	各个横管表面对空气的综合传热系数	
126	a_{qi}	各个测区窑墙对空气的综合传热系数	
127	a_{si}	各个竖直管道表面对空气的综合传热系数	
128	a_s	彩烤带的平均空气过剩系数	—
129	a_y	抽出烟气中空气过剩系数	
130	η_c	彩烧制品的窑炉热效率	—
131	η_r	余热资源率	
132	η_x	含窑具材料的窑炉热效率	
133	Γ	电热体的通电时间	小时 (h)
134	ϕ	门孔系数	—
135	ε	窑体外表面的黑度	
136	ε_g	管道外表面的黑度	
137	Φ	空气的相对湿度	

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示