

JC

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 791—2007

代替 JC/T 791—1996

轮窑热平衡、热效率测定与计算方法

The method for the measurement and calculation of heat balance,
heat efficiency of annular kilns

2007-09-22 发布

2008-04-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布



前 言

本标准是对 JC/T 791—1996《砖瓦工业轮窑热平衡、热效率测定与计算方法》进行了修订。

本标准与 JC/T 791—1996 相比,主要变化如下:

——标准的编写格式按照 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则第 1 部分:标准的结构与编写规则》的要求进行编写。

——增加了“技术要求”。

——修改了计量单位。

——提高了测试仪器的技术要求。

——修改了烟气分析方法。

——取消了用温度计测量窑体表面散热的方法。

——取消了附录项。

本标准自实施之日起,代替 JC/T 791—1996《轮窑热平衡、热效率测定与计算方法》。

本标准由中国建筑材料工业协会提出。

本标准由全国墙体屋面及道路用建筑材料标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国建材西安墙体材料研究设计院、国家建材工业砖瓦热工测试中心。

本标准主要起草人:唐宝权、吕新。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB 6053—85、JC/T 791—1985(1996)。

轮窑热平衡、热效率测定与计算方法

1 范围

本标准适用于使用固体燃料的砖瓦工业轮窑。使用其他燃料的砖瓦工业轮窑可参照执行。

本标准适用于使用固体燃料烧制以粘土、页岩、粉煤灰、煤矸石为原料的砖瓦的轮窑。

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 211 煤中全水分的测定方法

GB/T 212 煤的工业分析方法

GB/T 213 煤的发热量测定方法

GB/T 16399 粘土化学分析方法

3 符号

本标准所采用的符号在相应条文内予以解释。

4 条件与基准

4.1 全窑热平衡在窑炉稳定生产状态下,根据对任一部火和从某一时间算起,该部火头被后部火头置换所需全部时间的累计测定结果确定。

4.2 温度以环境温度为准。

4.3 外燃料的发热量以应用基低位发热量为基准。内燃料的发热量以干燥基低位发热量为基准。

4.4 产品及各种热量计算均以质量数(吨)为计算基数。

5 热平衡示意图

见图 1。

JC/T 791—2007

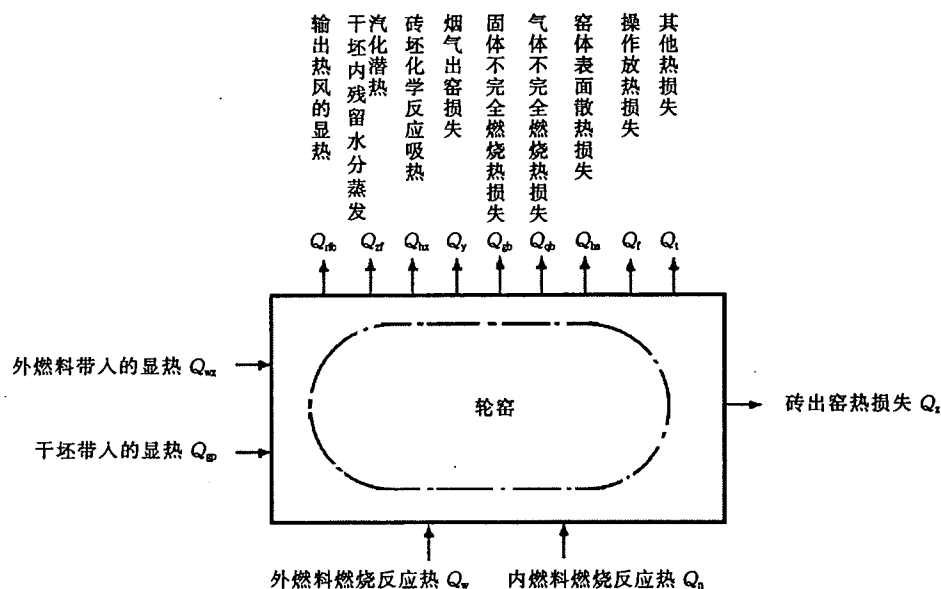


图 1

6 技术要求

6.1 外界条件

6.1.1 环境温度

环境温度在距窑墙 2 m 左右的地方用玻璃温度计测定,与外燃料消耗量的测定同时进行每小时测定一次,取其平均值。

6.1.2 大气压强

大气压强采用大气压力计测量,或采用当地气象部门同期测量的数据。

6.2 原料

6.2.1 测定范围

对全部被测产品的原料进行测定。

6.2.2 取样

分析试样在原料制备车间混入内燃料之前取样。每 2 h 取样一次,每次取样约 3 kg,累计取样次数不得少于 10 次,将所取得的全部试样均匀混合后,用四分法缩分留取试样 1 kg。

6.2.3 化学成分

原料化学分析按照 GB/T 16399 的规定进行。

6.3 燃料

6.3.1 内燃料

6.3.1.1 测定范围

对全部被测产品的内燃料进行测定。

6.3.1.2 取样

内燃料在原料制备车间掺入原料之前取样。在被测试产品成型期间,每间隔约半小时取样一次,每次取样约 0.2 kg,装入密封容器内。将全部试样均匀混合后,用四分法缩分留取试样 1 kg。

6.3.1.3 组成及发热量

内燃料的应用基水分、分析基组成及发热量分别按照 GB/T 211 和 GB/T 213 的规定确定。

6.3.1.4 吨产品对应的砖坯的掺配量

内燃料应采取称量或测定流量的方法准确地计量。吨产品对应的砖坯的内燃料(干燥基)掺配量由测定期间内燃料(干燥基)的累计消耗量除以对应的湿坯累计产量确定。

6.3.2 外燃料

6.3.2.1 测定时间

已测定过掺配量的干坯进入冷却带后,开始对所选定的某一部火测定外燃料消耗量。直至下一部火的第一排投煤孔行进到该部火的第一排投煤孔此时所在位置时为止。

6.3.2.2 取样

从开始计量外燃料消耗量之时起,每间隔 4h 在投煤处煤堆表层分散取样约 0.5 kg,装入密封容器内,到计量停止时,将全部样品均匀混合后,用四分法缩分留取试样 1 kg。

6.3.2.3 组成及发热量

组成及发热量测定方法同 6.3.1.3。

6.3.2.4 吨产品的外燃料消耗量

测定期间所用外燃料应与窑上存留燃料分开堆放,准确计量。每万块砖的外燃料消耗量由测定期间外燃料(应用基)实际消耗量除以对应的砖产量确定。

6.4 灰渣

6.4.1 取样

经测定的窑室出砖后,收集 1~3 个窑室底部灰渣(砖渣除外)称量计数,用四分法缩分留取试样 1 kg。

6.4.2 灰渣含碳率

按照 GB/T 212 的规定确定。

6.4.3 吨产品的灰渣生成量

吨产品的灰渣生成量由灰渣质量除以对应的窑室砖坯装载量确定。

6.5 烟气和热风

6.5.1 测定时间

测定起止时间与外燃料消耗量的测定时间相同,每间隔 4 h 测定一次。

6.5.2 测定位置的选择

测定位置应选在直风管道上距风机中心线 3~7 倍 D(D 为管道当量直径)的地方。

6.5.3 测量仪器与使用要求

烟气和热风的温度、湿度、流量原则上用数字温湿度流量计同时测量。气体成分用燃烧效率仪或气体分析仪测量。

6.6 砖坯与砖

6.6.1 测定时间与间隔

测定起止时间与外燃料消耗量的测定起止时间相同,每间隔 2 h 测定一次,取其平均值。

6.6.2 测量仪器

测量温度用半导体温度计或表面热电偶温度计。称量质量原则上用台秤。

6.6.3 取样

砖坯在入窑运坯车上取样。砖可在出窑运砖车上取样,也可在出砖处窑室横断面上取样,每次在同一车或同一断面的四角及中部共取样五块测定温度及质量;保留两块砖坯测定含水率。根据各项测量的平均值确定为该次测定的结果。

6.6.4 砖坯残余含水率

以 $107^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 加热坯体至恒量(前后两次称量差不大于 0.3%),将其减量与坯体恒量的百分比即为砖坯的残余含水率。

6.6.5 砖内残余含碳率

将测定过外燃料消耗量的窑道全长均分为四段,将中间的两个分割断面各自划分为十二个面积近似相等的小截面,如图 2 所示,各取样一块。将三个断面中所取样品全部粉碎后,用四分法缩分并留取试样 1 kg,按照 GB/T 212 测定其含碳率。

JC/T 791—2007

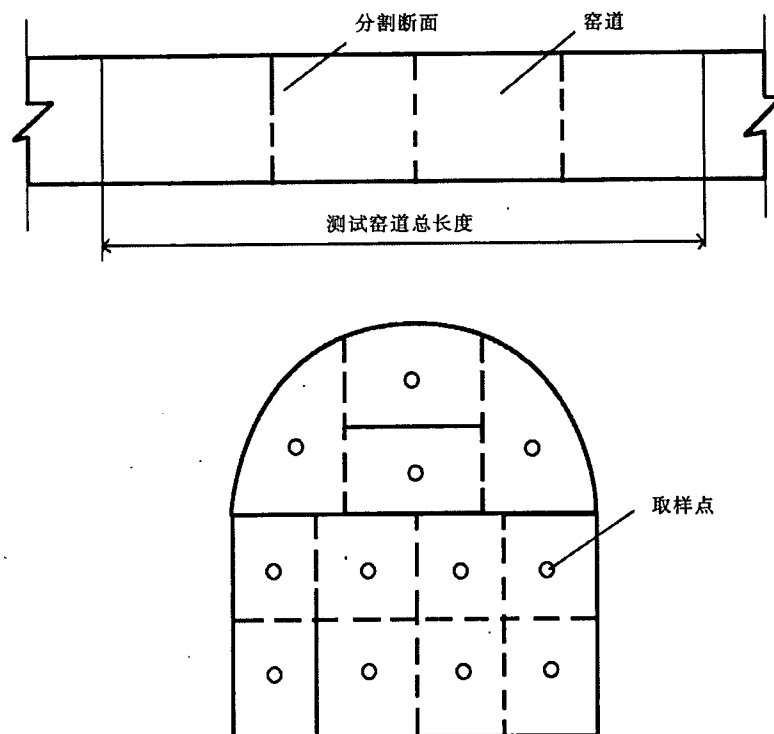


图 2

6.7 散热损失

6.7.1 测定起止时间与间隔

测定起止时间与外燃料消耗量的测定起止时间相同。每间隔 6 h 测定一次。

6.7.2 测量仪器

测定散热流量用热流计,测定表面温度用表面热电偶温度计。

6.7.3 测定步骤

窑体散热固定在一个窑室上测定。被测定的窑室选在外燃料计量开始时正在投煤的窑室。测定开始前,根据温度的变化将选定的窑室表面划分为若干个矩形面,同一面上各点表面温度最大值与最小值之差不得超过 3℃。把每个面的中心作为一个测点,按照规定的测定时间测定其表面温度及周围空间温度。用热流计测定散热损失时应在测定之前装上测头,按照规定的测定时间,测量全部测头的热流值,根据测定所取得的数据计算各次平均散热流量。

6.8 操作放热损失

6.8.1 窑门

6.8.1.1 测定起止时间

测定起止时间与外燃料消耗量的测定起止时间相同。

6.8.1.2 测定仪器

测定放热气体温度用玻璃温度计或电阻温度计。测定流速用热球式风速仪或热线式风速仪。

6.8.1.3 测定步骤

在各个放热窑门平面上均匀地选择 6~9 个测点,每新打开一个窑门前后 5 min,分别测定在各散热窑门上所选测点的流速和温度。根据前后测定结果的算术平均值确定为一次测定的平均流速和温度,以此计算该次测定的平均放热流量。

6.8.2 投煤孔

6.8.2.1 测定起止时间

测定起止时间与外燃料消耗量的测定起止时间相同。

6.8.2.2 测定仪器

溢出气体的流速可以用耐高温热球式风速仪或毕托管测定。

6.8.2.3 测定步骤

将全部放热孔按照纵向每三排测定一排的方法确定测点。在每次变换投煤孔的前、后 1530 min 将全部测孔分别测定一次流速和温度。根据前后测定结果的算术平均值确定为一次测定的平均流速和平均温度,以此计算该次测定的平均放热流量。

6.9 窑内温度、压力曲线

窑内温度压力应在热平衡测试开始后进行。可以固定在一个测点上按时间的变化进行测定,也可以在一部火包括的整个纵向长度上选择若干个测点,按长度的变化进行测定。两者均以温度、压力为纵坐标,以时间或长度为横坐标绘制曲线。

测定时,测点高度和测点横向位置都应保持不变。根据坯垛间的温度确定为窑内温度。

测定窑内温度用热电偶温度计。测定静压力用毕托管和微压计。

7 测定方法

7.1 测定起止时间

测定前应选定一部火头作为起止时间的依据,热平衡测定从入窑至出窑的整个焙烧周期内进行。原料和燃料的取样及计量提前至构成被测定的坯体的原料制备、成型阶段内进行。

注:1) 被测定坯体包括对全窑的热平衡测定开始前半个焙烧周期和测定开始后一个焙烧周期内进入窑内的半成品。

7.2 外界条件

7.2.1 环境温度

环境温度在距窑墙两米和离地面一米以上的地方测量,每小时测定一次,全周期的平均值为环境温度。

7.2.2 大气压强

大气压强采用大气压力计测量。也可以采用当地气象部门同期测量的数据。

7.3 原料

分析试样在原料制备车间掺入内燃料之前取样。每间隔 2~4 h 取样一次,每次取样约 3 kg,累计取样次数不得少于 10 次,将所取得的全部试样均匀混合后,用四分法缩分并留取试样 1 kg,根据化学分析结果确定其所需的热工计算参数。

7.4 燃料

7.4.1 内燃料

7.4.1.1 取样

内燃料在原料制备车间即将掺入原料之前取样。在被测试产品成型期间,每间隔约半小时取样一次,每次取样约 0.2 kg,装入密封容器内。将全部试样均匀混合后,用四分法缩分留取试样 1 kg。

7.4.1.2 单位质量(吨)产品对应的内燃料掺配量

内燃料应采取称量或测量流量的方法准确地计量。单位质量(吨)砖坯的内燃料(干燥基)掺配量由测定时间内燃料(干燥基)的累计消耗量除以对应原料消耗量确定。

7.4.2 外燃料

7.4.2.1 取样

在确定的测试周期内,每间隔 4 h 在投煤处煤堆表层分散取样约 0.5 kg。装入密闭容器内,到测量停止时,将全部样品均匀混合后用四分法缩分留取试样 1 kg。

7.4.2.2 单位质量(吨)产品的外燃料消耗量

测定期间所用外燃料应与窑上存留燃料分开堆放,准确计量。单位质量(吨)产品的外燃料消耗量由

JC/T 791—2007

测定期间外燃料(应用基)实际消耗量除以对应的产品单位质量(吨)产品量确定。

7.5 灰渣

7.5.1 取样

在测量外燃料消耗量期间的窑室中,分别收集三个窑室内地面上的灰渣(砖渣除外),在现场集中称量计数,然后用四分法缩分留取试样1 kg。

7.5.2 单位质量(吨)产品的灰渣生成量

单位质量(吨)产品的灰渣生成量由收集到的灰渣总量除以对应窑室的产品装载量(吨)确定。

7.6 烟气和热风

7.6.1 测定间隔时间及温度、湿度、流量

在测定周期内用温度、湿度、风速联合测定仪每间隔4 h测定一次,分别记录温度、湿度、流量。热平衡计算取各次测定结果的平均值。

7.6.2 测定位置的选择

测定位置应选在直风道上与风机的距离相当于管道当量直径3~7倍长度的地方。

7.7 砖(瓦)坯与砖(瓦)

7.7.1 测定间隔时间

在测定周期内,每隔约2 h测定一次,热平衡计算取各次测定结果的平均值。

7.7.2 进出窑时的温度与质量

砖(瓦)坯测试样品在即将入窑时采集,每次在坯垛顶部及四角各取一块,共取五块。砖(瓦)的测试样品在刚出窑时采集,每次在砖(瓦)垛的四角及中部各取一块,共取五块。取得的样品分别用半导体温度计或表面热电偶温度计测量温度,用感量为0.5 g的台秤称量质量,根据各项测量的平均值确定该次砖(瓦)坯与砖(瓦)进出窑时的温度与质量。

7.7.3 砖(瓦)坯含水率

每次测完砖坯温度之后,留取两块样品测定其含水率。将样品在 $110 \pm 2^\circ\text{C}$ 的温度下烘干至恒重,将其减量与坯体恒重的百分比确定为砖坯含水率。

7.7.4 产品残余热量

将测定砖的温度时所取样品保留三组(三组样品取样的时间顺序应是不连续的),全部粉碎混合后用四分法缩分留取试样1 kg,参照6.4的规定产品残余热量。

7.8 窑体

7.8.1 测定间隔时间

在测定周期内以开始投煤的第一个窑室为测量依据。每间隔6 h测定一次,热平衡计算取各次测定的平均值。

7.8.2 测点的划分

测定前根据温度的变化将窑室外表面划分为若干个矩形面,同一面上各点温度最大值与最小值之差不得大于 3°C ,每个面的中心作为一个测点。

7.8.3 表面散热流量

按照规定的测定时间用表面热电偶温度计测定选定窑室的表面温度,并同时用玻璃温度计测量周围空间温度。采用热流计测定散热流量。测定之前装上测头,使热流值基本保持稳定,然后在规定的时间内记录各测点的热流值。根据对全部测点进行测定所取得的数据计算全窑的平均散热流量。

7.9 窑门

在测定周期内新打开的窑门,在前后5 min内选择6~9个点用数字式温度计及热球式风速仪分别测量温度及流速。

7.10 投煤孔

在测定周期内打开的投煤孔,按每三排测一排的原则用数字式温度计及高温风速仪分别测量温度

及流速。

7.11 风机

风机散热使用热流计测量。每台风机取1~2个测点。测定时间间隔同7.8.1。测定方法及要求同7.8.3。

7.12 窑内介质的温度、压力曲线

窑内介质的温度、压力应在热平衡测定开始后进行。可以跟踪窑车逐点测定,也可以在整个纵向长度上均匀选择测点同时测定。以长度为横坐标,以温度、压力为纵坐标绘制曲线。

8 热平衡计算方法

8.1 热量输入

8.1.1 内燃料的燃烧反应热 Q_n (kJ)

$$Q_n = Q_{nDW}^s \cdot m_n^s \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: Q_{nDW}^s ——内燃料(干燥基)低位发热量,单位为千焦每千克(kJ/kg);

m_n^s ——吨产品对应的内燃料(干燥基)掺配量,单位为千克(kg)。

8.1.2 外燃料的燃烧反应热 Q_w (kJ)

$$Q_w = Q_{wDW}^y \cdot m_w^y \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中: Q_{wDW}^y ——外燃料(应用基)低位发热量,单位为千焦每千克(kJ/kg);

m_w^y ——吨产品的外燃料(应用基)消耗量,单位为千克(kg)。

8.1.3 外燃料带入的显热 Q_{wx} (kJ)

$$m_{wx} = m_w^y \cdot \left[\frac{(100 - W_w^y) C_w + 4.18 W_w^y}{100} \right] (t_w - t_0) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中: W_w^y ——外燃料(应用基)的含水率,单位为百分比(%);

C_w ——外燃料的平均比热,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)];

t_w ——外燃料的平均温度,单位为摄氏度(℃);

t_0 ——环境温度,单位为摄氏度(℃)。

8.1.4 干坯带入的显热 Q_{Φ} (kJ)

$$Q_{\Phi} = \left[\left(m_{\Phi} \frac{100 - W_{\Phi}}{100} - m_n^s \right) \cdot C_{pl} + \frac{4.18}{100} m_{\Phi} \cdot W_{\Phi} + m_n^s \cdot C_n \right] \cdot (t_{\Phi} - t_0) \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: m_{Φ} ——吨产品对应的干坯的质量,单位为千克(kg);

W_{Φ} ——干坯的残余含水率,单位为百分比(%);

t_{Φ} ——干坯的平均温度,单位为摄氏度(℃);

C_{pl} ——干坯的原料的平均比热,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)],按下式计算:

$$C_{pl} = 0.807 + 313.6 \times 10^{-6} \cdot t_{\Phi} \quad \dots\dots\dots(5)$$

C_n ——内燃料的平均比热,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)]。

8.1.5 总输入热量 Q_x (kJ)

$$Q_x = Q_n + Q_w + Q_{wx} + Q_{\Phi} \quad \dots\dots\dots(6)$$

8.2 热量输出

8.2.1 干坯内残余水分蒸发汽化潜热 Q_d (kJ)

$$Q_d = \frac{1}{100} r \cdot m_{\Phi} \cdot W_{\Phi} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中: r ——水在干坯平均温度下的汽化潜热,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

8.2.2 砖坯的化学反应吸热 Q_{hx} (kJ)

砖坯化学反应吸热应以量热仪实测结果为准,若条件不具备时暂按下式计算:

$$Q_{hx} = 20.91 m_{pl} \cdot Al_2O_3 \quad \dots\dots\dots(8)$$

JC/T 791—2007

式中: Al_2O_3 ——制坯原料中氧化铝的含量,单位为百分比(%);

m_{pl} ——吨产品对应的砖坯中原料的质量,单位为千克(kg),按下式计算:

$$m_{pl} = m_{gp}(100 - W_{gp}) - m_{gp} \quad \dots\dots\dots(9)$$

8.2.3 输出热风的显热 Q_{rfc} (kJ)

$$Q_{rfc} = \frac{1}{100A \cdot E} [V_{rf}(100 - \varphi_{H_2O_{rf}})C'_{rf} + V_{rf} \cdot \varphi_{H_2O_{rf}} \cdot C'_{H_2O}] \cdot (t_{rf} - t_0) \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: A ——以吨产品为计量单位的部火小时产量;

E ——窑的部火数;

V_{rf} ——输出热风的流量,单位为标立方米每小时(m^3/h);

$\varphi_{H_2O_{rf}}$ ——热风中水蒸汽的容积百分数,单位为百分比(%);

C'_{H_2O} ——水蒸汽的平均容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度[kJ/($m^3 \cdot ^\circ C$)];

t_{rf} ——热风的平均温度,单位为摄氏度($^\circ C$);

C'_{rf} ——干热风的平均容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度[kJ/($m^3 \cdot ^\circ C$)],按下式计算:

$$C'_{rf} = (\varphi_{CO_{2rf}} \cdot C'_{CO_2} + \varphi_{CO_{rf}} \cdot C'_{CO} + \varphi_{N_{2rf}} \cdot C'_{N_2} + \varphi_{O_{2rf}} \cdot C'_{O_2}) \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中: $\varphi_{CO_{2rf}}$ 、 $\varphi_{CO_{rf}}$ 、 $\varphi_{N_{2rf}}$ 、 $\varphi_{O_{2rf}}$ ——干热风中二氧化碳、一氧化碳、氮、氧的容积百分数,单位为百分比(%)。

$C'_{CO_{2rf}}$ 、 C'_{CO} 、 C'_{N_2} 、 C'_{O_2} ——被测气体中二氧化碳、一氧化碳、氮、氧的平均容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度[kJ/($m^3 \cdot ^\circ C$)]。

8.2.4 烟气出窑热损失 Q_y (kJ)

$$Q_y = \frac{1}{100A \cdot E} [V_y(100 - \varphi_{H_2O_y})C'_y + V_y \cdot \varphi_{H_2O_y} \cdot C'_{H_2O}] \cdot (t_y - t_0) \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中: V_y ——出窑烟气的流量,单位为标立方米每小时(m^3/h);

C'_y ——干烟气的平均容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度[kJ/($m^3 \cdot ^\circ C$)],计算方法同

7.2.3;

$\varphi_{H_2O_y}$ ——烟气中水蒸汽的容积百分数,单位为百分比(%);

t_y ——烟气的平均温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

8.2.5 砖出窑热损失 Q_z (kJ)

$$Q_z = m_z \cdot C_z \cdot (t_z - t_0) \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中: m_z ——吨产品的质量,单位为千克(kg);

C_z ——砖的平均比热,单位为千焦每千克摄氏度(kJ/kg $\cdot ^\circ C$),计算方法同 7.1.4;

t_z ——砖出窑时的平均温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

8.2.6 固体不完全燃烧的热损失 Q_{gb} (kJ)

$$Q_{gb} = 338.71(m_{hu} \cdot C_{hu} + m_z \cdot C_z) \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中: m_{hu} ——生产吨产品产生的灰渣质量,单位为千克(kg);

C_{hu} ——灰渣内残余含碳率,单位为百分比(%);

C_z ——出窑砖内残余含碳率,单位为百分比(%)。

8.2.7 气体不完全燃烧的热损失 Q_{qb} (kJ)

$$Q_{qb} = \frac{1.26}{A \cdot E} [V_y(100 - \varphi_{H_2O_y})\varphi_{CO_y} + V_{rf}(100 - \varphi_{H_2O_{rf}})\varphi_{CO_{rf}}]_z \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中 φ_{CO_y} ——干烟气中一氧化碳的容积百分数,单位为百分比(%);

$\varphi_{CO_{rf}}$ ——干热风中一氧化碳的容积百分数,单位为百分比(%)。

8.2.8 窑体表面散热损失 Q_{bs} (kJ)

$$Q_{bs} = \frac{F_b}{n \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{bsi} \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中: n ——窑体表面散热测定次数;

F_b ——一部火包括的全部窑体散热面积,单位为平方米(m^2)。

8.2.9 操作放热损失 Q_f

8.2.9.1 第 i 次测得的放热气体的平均放热量 Q_i (kJ)

$$Q_i = \frac{3600}{A} \cdot \omega_i F_i \cdot C_i (t_i - t_0) \quad \dots\dots\dots(17)$$

式中: ω_i ——第 i 次测得的放热气体的平均流速;

F_i ——第 i 次测得的放热窑门(或投煤孔)的总面积,单位为平方米(m^2);

t_i ——第 i 次测得的放热气体的平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);

C_i ——第 i 次测得的放热气体的平均容积比热,单位为千焦每立方米(kJ/m^3)。

8.2.9.2 窑门放热损失 Q_{mf} (kJ)

$$Q_{mf} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{mfi} \quad \dots\dots\dots(18)$$

式中: Q_{mfi} ——第 i 次测得的窑门平均放热量,单位为千焦(kJ)。

8.2.9.3 投煤孔放热损失 Q_{kf} (kJ)

$$Q_{kf} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{kfi} \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中: Q_{kfi} ——第 i 次测得的投煤孔平均放热量,单位为千焦(kJ)。

8.2.9.4 操作放热损失 Q_f (kJ)

$$Q_f = Q_{mf} + Q_{kf} \quad \dots\dots\dots(20)$$

8.2.10 其他热损失 Q_t (kJ)

$$Q_t = Q_{sf} - (Q_d + Q_{hx} + Q_{mc} + Q_y + Q_z + Q_{gb} + Q_{qb} + Q_{bs} + Q_f) \quad \dots\dots\dots(21)$$

8.2.11 总输出热量 Q_{sc} , kJ

$$Q_{sc} = Q_d + Q_{hx} + Q_{mc} + Q_y + Q_z + Q_{gb} + Q_{qb} + Q_{bs} + Q_f + Q_t \quad \dots\dots\dots(22)$$

9 热效率计算方法

9.1 供给热量 Q_{gs} (kJ)

$$Q_{gs} = Q_n + Q_w \quad \dots\dots\dots(23)$$

Q_n 、 Q_w 分别按 8.1.1、8.1.2 计算。

入窑干坯和外燃料若用外热源从基准温度加热到入窑温度时,供给热量应加上砖坯和外燃料的显热。

9.2 有效热 Q_{yx} (kJ)

9.2.1 排除干坯残余水水消耗的显、潜热 Q_{ps} (kJ)

$$Q_{ps} = m_Z [r + C_{H_2Ogs}(t_Y - t_{gp})] \quad \dots\dots\dots(24)$$

式中: C_{H_2Ogs} ——水蒸汽在干坯温度与烟气温度范围内的平均质量比热,单位为千焦每千克摄氏度 [$kJ/(kg \cdot ^{\circ}C)$]。

9.2.2 砖坯的化学反应吸热 Q_{hx} (kJ)

计算方法同 8.2.2。

9.2.3 有效热 Q_{yx} (kJ)

$$Q_{yx} = Q_{ps} + Q_{tx} \quad \dots\dots\dots(25)$$

9.3 热效率 η (%)

JC/T 791—2007

$$\eta = \frac{Q_{yx}}{Q_{gs}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(26)$$

10 热平衡、热效率计算汇总表

热平衡、热效率计算结果汇总表

序号	热量收入				热量支出			
	项目	数值		百分数	项目	数值		百分数
		10 ⁴ kJ	10 ⁴ kcal	%		10 ⁴ kJ	10 ⁴ kcal	%
1	内燃料的燃烧反应热 Q_n				干坯内残余水分蒸发汽化热 Q_{st}			
2	外燃料的燃烧反应热 Q_w				砖坯的化学反应热 Q_{hx}			
3	外燃料带入的显热 Q_{wx}				热风输出的显热 Q_{re}			
4	入窑干坯带入的显热 Q_{ϕ}				烟气出窑热损失 Q_y			
5					砖出窑热损失 Q_z			
6					固体不完全燃烧热损失 Q_{ϕ}			
7					气体不完全燃烧热损失 Q_{ϕ}			
8					窑体表面散热损失 Q_{bs}			
9					风机散热损失 Q_b			
10					其他热损失 Q_i			
11	合计			100	合计			100
有效热量 Q_{yx} , 10 ⁴ kJ(10 ⁴ kcal)								
热效率 η , %								
注： 上述各项收支热量均以产品的单位质量(吨)为计算基数。								

中 华 人 民 共 和 国
建 材 行 业 标 准
轮窑热平衡、热效率测定与计算方法
JC/T 791—2007

*

中国建材工业出版社出版
建筑材料工业技术监督研究中心
(原国家建筑材料工业局标准化研究所)发行
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
地矿经研院印刷厂印刷
版权所有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 26 千字
2008 年 3 月第一版 2008 年 3 月第一次印刷
印数 1—250 定价 18.00 元
书号:1580227·150

*

编号:0509

网址:www.standardcnjc.com 电话:(010)51164708
地址:北京朝阳区管庄东里建材大院北楼 邮编:100024
本标准如出现印装质量问题,由发行部负责调换。