



中华人民共和国建材行业标准

JC/T 792—XXXX

隧道式砖瓦干燥室 热平衡、热效率测定与计算方法

The methods for the measurement and calculation
of heat balance, heat efficiency of tunnel dryer

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会
发布

目 次

前言.....	IV
1 范围.....	1
2 术语和定义.....	1
3 基准.....	1
4 热平衡示意图.....	1
5 测定方法.....	2
6 热平衡计算方法.....	4
7 热效率计算方法.....	10
附录 A（资料性附录） 常用物料热平衡计算参数.....	12

前 言

本标准对 JC/T792-2007《隧道式砖瓦干燥室热平衡、热效率测定与计算方法》进行了修订。

本标准与 JC/T792-2007 相比，主要变化如下：

——标准的编写格式按照 GB/T 1.1-2009《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。

——将“6 技术要求”和“7 测定方法”的内容整合为“5 测定方法”。

——完善了“3 基准”的内容。

——对取样周期进行了合理的调整

——修正部分计算公式。

——增加“附录 A 常用物料热平衡计算参数”。

本标准自实施之日起，代替 JC/T792-2007《隧道式砖瓦干燥室热平衡、热效率测定与计算方法》。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

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：中国建材检验认证集团西安有限公司、国家建筑材料工业墙体屋面及道路用建筑材料节能评价检验测试中心

本标准主要起草人：吴冰、王博

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 6054-85、JC/T428-85（1996）、JC/T792-2007

隧道式干燥室

热平衡、热效率测定与计算方法

1 范围

本标准规定了隧道式砖瓦干燥室热平衡、热效率测定的术语与定义、基准、热平衡示意图、测定方法、计算方法。

本标准适用于隧道式砖瓦干燥室热平衡、热效率的测定与计算。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1 湿坯

未经干燥的砖瓦坯体。

2.2 干坯

经干燥室干燥后尚残留少量水分的砖瓦坯体。

2.3 稳定生产状态

稳定生产状态是指产品质量、产品数量、内燃料掺配量、外燃料消耗量都保持在一个时期（至少45天）的平均水平。

3 基准

3.1 测试条件基准

热平衡、热效率测试应在稳定生产状态下进行。

3.2 温度基准

采用环境温度（℃）为基准温度。

3.3 燃料发热量的基准

采用低位发热量（kJ/kg）为燃料发热量基准。

3.4 产品基准

采用单位产品质量（t）为计算基数。

4 热平衡示意图

隧道式干燥室热平衡示意图见图1。

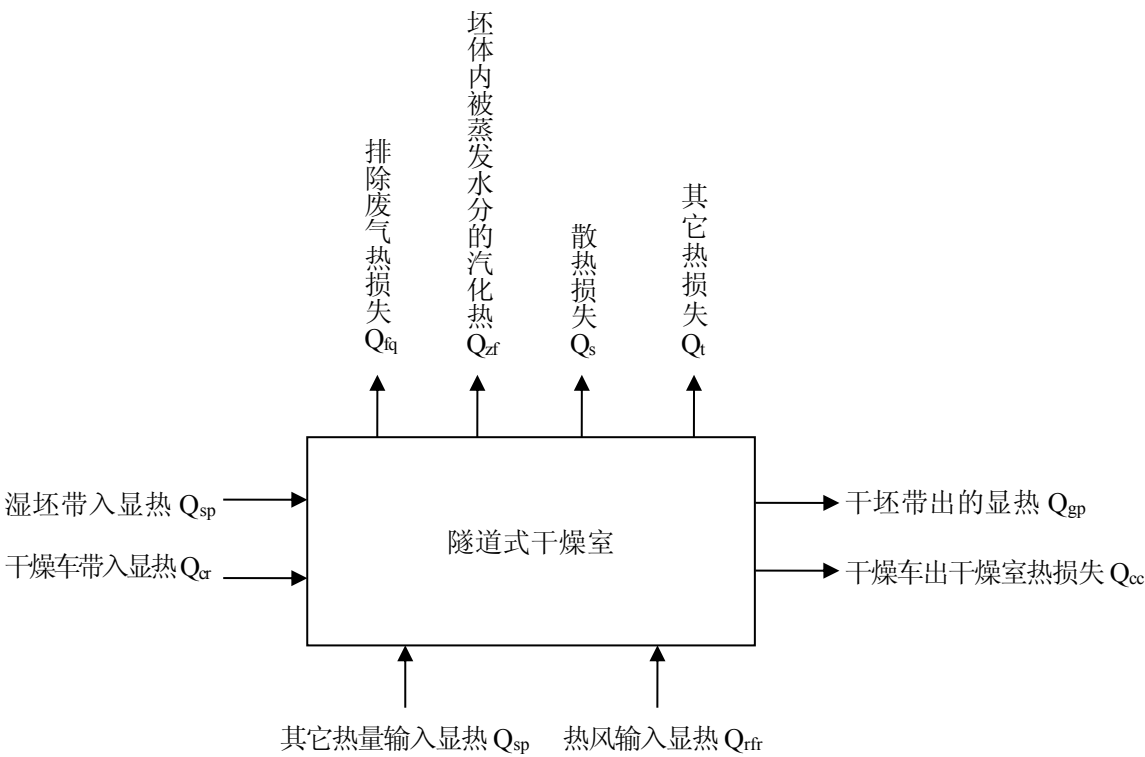


图 1 隧道式干燥室热平衡示意图

5 测定方法

5.1 测定周期

干燥室热平衡、热效率测定周期为 24h。

5.2 环境温度

在距离干燥室墙体 5m 左右，高 1m 左右的位置，每隔 4h 测定一次温度，应在早、中、晚至少各测量一次，精确至 0.5℃，或采用当地气象部门同期发布数据。

5.3 大气压

大气压用大气压力计测量或采用当地气象部门同期发布数据。

5.4 砖瓦坯

砖瓦坯表面温度测量宜采用接触式温度测量仪表，精确至 0.5℃。砖瓦坯质量称量宜采用电子秤，精确至 1g。

5.4.1 湿坯

5.4.1.1 温度和质量

从码坯生产线上或干燥室进车口处进行取样，每间隔 4 小时随机抽取 5 块试样，取样次数应不少于 3 次，逐块测量坯体温度和初始质量。

5.4.1.2 湿坯含水率

从已测定温度和质量湿坯中进行取样，每间隔 4 小时随机抽取 2 块试样（或在坯体上取小试样，体积应不小于原试样的三分之一），先称取湿坯的初始质量 m_{s0} ，然后在 $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境烘至恒质 m_s （恒质是指在烘干过程中间隔 2 小时，前后两次称量相差不大于 0.2%），湿坯含水率计算见公式（1）：

$$W_{sp} = \frac{m_{s0} - m_s}{m_s} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

W_{sp} ——湿坯含水率，单位为质量百分比（%）；

m_{s0} ——湿坯初始质量，单位为克（g）；

m_s ——湿坯恒质，单位为克（g）。

5.4.2 干坯

5.4.2.1 温度与质量

从干燥室的出口处进行取样，每间隔 4 小时按顺序分别从各条干燥洞的干燥车上取五块试样，取样次数不少于 3 次，取样点应在同一车中断面上层的左、中、右三个不同的位置，测温点应在同一车中断面的上、中、下层，左、中、右九个不同的位置。

5.4.2.2 含水率

从已测定温度和质量干坯中进行取样，每间隔 4h 随机抽取 3 块试样，先称取干坯的质量 m_{g0} ，然后在 $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境烘至恒质 m_g （恒质是指在烘干过程中间隔 2 小时，前后两次称量相差不大于 0.2%），干坯含水率计算见公式（2）：

$$W_{gp} = \frac{m_{g0} - m_g}{m_g} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

W_{gp} ——干坯含水率，单位为质量百分比（%）；

m_{g0} ——干坯初始质量，单位为克（g）；

m_g ——干坯恒质，单位为克（g）。

5.5 干燥车

干燥车表面温度测量宜采用接触式温度测量仪表，精确至 0.5°C 。

5.5.1 质量

由生产企业提供干燥车的质量，精确至 1kg。

5.5.2 温度

在测定坯体温度的同时应对进、出干燥室的干燥车进行温度测定，每间隔 4h 进行一次。

5.6 干燥室表面

5.6.1 测点的划分

测定前,根据温度的变化将干燥室全部外墙分为若干个矩形面,同一面上各点温度最大值与最小值之差不得大于 3℃,以每个面的中心作为一个测点,同时测量划分区域面积。

5.6.2 室体表面散热流量

室体表面散热流量采用温差法或热流计法。每间隔 4h,用表面温度计或流量计在 5.6.1.1 确定的测点上进行温度或热流密度的测定,记录各测点的温度或热流密度,根据每次测量结果的平均值计算各次室体表面散热流量。测量温度精确至 0.5℃,热流密度精确至 0.1W/m²。测试周期内测量次数应不少于 3 次。

5.6.3 干燥室内介质的温度曲线

干燥室内介质的温度应在热平衡测定开始后进行。在整个纵向长度上均匀选择测点测量温度。测量位置应保持在横断面的一个固定位置上,精确至 0.5℃。以温度为纵坐标,以长度(或时间)为横坐标绘制温度曲线。

5.7 热风及其它热源

热风及其它热源的温度、湿度、流速每间隔 4h 测量一次,测量次数应不少于 3 次,不同规格的风机应分别测定,根据每次测量结果的平均值计算各次气体散热流量。测量宜采用数字温湿度和风速流量计,温度精确至 0.5℃,湿度精确至 1%RH,流速精确至 1m/s。

5.8 排潮气体

排潮气体的温度、湿度、流速每间隔 4h 测量一次,测量次数应不少于 3 次,不同规格的风机应分别测定,根据每次测量结果的平均值计算各次气体散热流量。测量宜采用数字温湿度和风速流量计,温度精确至 0.5℃,湿度精确至 1%RH,流速精确至 1m/s。

6 热平衡计算方法

6.1 输入热量

6.1.1 热风输入的显热 Q_{rfr}

$$Q_{\text{rfr}} = \frac{1}{A} [V_{\text{rf}} (1 - \Phi_{\text{H}_2\text{O}_{\text{rf}}}) C'_{\text{rf}} + V_{\text{rf}} \cdot \Phi_{\text{H}_2\text{O}_{\text{rf}}} \cdot C'_{\text{H}_2\text{O}}] \cdot (t_{\text{rf}} - t_0) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Q_{rfr} ——热风输入的显热,单位为千焦(kJ);

A ——干燥室单位小时的产量,单位为吨(t);

V_{rf} ——输出热风的流量,单位为立方米每小时(m³/h);

$\Phi_{\text{H}_2\text{O}_{\text{rf}}}$ ——热风中水蒸汽的容积百分数,单位为百分比(%);

$C'_{\text{H}_2\text{O}}$ ——水蒸汽的平均容积比热,单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m³·℃)];

C'_{rf} ——干热风的平均容积比热，单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m³·℃)]，按下式计算：

$$C'_{rf} = \varphi_{CO_2rf} C_{O_2} + \varphi_{COrf} C_O + \varphi_{N_2rf} C_N + \varphi_{O_2rf} C_{O_2} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

φ_{CO_2rf} 、 φ_{COrf} 、 φ_{N_2rf} 、 φ_{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_{O_2} 、 C_O 、 C_N 、 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，单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m³·℃)]；

t_{rf} ——热风的平均温度，单位为摄氏度(℃)；

t_0 ——环境温度，单位为摄氏度(℃)。

6.1.2 其它热源输入的显热 Q_{tr}

$$Q_{tr} = V_{tr} C'_{tr} (t_{tr} - t_0) \dots \dots \dots (5)$$

式中：

Q_{tr} ——其它热源输入的显热,单位为千焦(kJ)；

V_{tr} ——由其它热源输入气体的流量，单位为立方米每小时(m³/h)；

C'_{tr} ——由其它热源输入气体的容积比热，单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m³·℃)]，计算方法同式(4)；

t_{tr} ——其它热源输入气体的温度，单位为摄氏度(℃)；

t_0 ——环境温度，单位为摄氏度(℃)。

若其它热源输入气体中含水蒸汽， Q_{tr} 计算方法同6.1.1。

6.1.3 湿坯带入的显热 Q_{sp}

$$Q_{sp} = [(m_{sp}(1 - W_{sp}) - m_n^g) C_{pl} + 4.18 m_{sp} W_{sp} + m_n^g C_n] (t_{sp} - t_0) \dots \dots \dots (6)$$

式中：

Q_{sp} ——湿坯带入的显热,单位为千焦(kJ)；

m_{sp} ——吨产品对应的湿坯质量，单位为千克(kg)；

W_{sp} ——湿坯的含水率，单位为百分比(%)；

m_n^g ——吨产品对应的湿坯的内燃料(干燥基)质量，单位为千克(kg)；

C_{pl} ——坯体内干原料的平均比热，单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)]。按式(7)计算：

$$C_{pl} = 0.807 + 313.6 \times 10^{-6} t_{sp} \dots \dots \dots (7)$$

c_n ——内燃料的比热，单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)]；

t_{sp} ——湿坯的平均温度，单位为摄氏度(℃)；

t_0 ——环境温度，单位为摄氏度(℃)。

6.1.4 干燥车带入的显热

$$Q_{cr} = m_c C_c (t_{cr} - t_0) \dots\dots\dots (8)$$

式中:

Q_{cr} ——干燥车带入的显热,单位为千焦 (kJ);

m_c ——装载吨产品对应的砖坯所需干燥车的质量, 单位为千克 (kg);

C_c ——干燥车材料的比热, 单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)];

t_{cr} ——干燥车入干燥室时温度, 单位为摄氏度 (℃);

t_0 ——环境温度, 单位为摄氏度 (℃)。

6.1.5 总输入热量 Q_{sr}

$$Q_{sr} = Q_{rfr} + Q_{tr} + Q_{sp} + Q_{cr} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

Q_{rfr} ——热风输入的显热, 单位为千焦 (kJ);

Q_{tr} ——其它热源输入的显热,单位为千焦 (kJ);

Q_{sp} ——湿坯带入的显热,单位为千焦 (kJ);

Q_{cc} ——干燥车带入的显热,单位为千焦 (kJ)。

6.2 输出热量

6.2.1 坯体内被蒸发水的气化潜热 Q_{zf}

$$Q_{zf} = m_{zf} \gamma \dots\dots\dots (10)$$

式中:

Q_{zf} ——坯体内被蒸发水的气化热,单位为千焦 (kJ);

γ ——被蒸发水分, 在湿坯平均温度下的汽化潜热, 单位为千焦每千克 (kJ/kg);

m_{zf} ——吨产品对应的砖坯所蒸发水分的质量, 单位为千克 (kg), 按式(11)计算:

$$m_{zf} = m_{sp} - m_{gp} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

m_{sp} ——吨产品对应湿坯的质量, 单位为千克 (kg)。

m_{gp} ——吨产品对应干坯的质量, 单位为千克 (kg)。

6.2.2 干坯带出的显热 Q_{gp}

$$Q_{gp} = [(m_{gp}(1 - W_{gp}) - m_n^g)C_{pl} + 4.18 m_{gp} W_{gp} + m_n^g C_n](t_{gp} - t_0) \dots\dots\dots (12)$$

式中:

Q_{gp} ——干坯带出的显热, 单位为千焦 (kJ);

m_{gp} ——吨产品对应的湿坯质量, 单位为千克 (kg);

W_{Gp} ——湿坯的含水率, 单位为百分比 (%);

m_n^g ——吨产品对应的湿坯的内燃料 (干燥基) 质量, 单位为千克 (kg);

C_{PL} ——坯体内干原料的平均比热, 单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)], 按式(7)计算:

c_n ——内燃料的比热, 单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)];

t_{gp} ——湿坯的平均温度, 单位为摄氏度 (℃);

t_0 ——环境温度, 单位为摄氏度 (℃)。

6.2.3 干燥车出干燥室的热损失 Q_{cc}

$$Q_{cc} = m_c C_c (t_{cc} - t_0) \dots\dots\dots (13)$$

式中:

Q_{cc} ——干燥车出干燥室的热损失, 单位为千焦 (kJ);

m_c ——装载吨产品对应的砖坯所需干燥车的质量, 单位为千克 (kg);

t_{cc} ——干燥车入干燥室时温度, 单位为摄氏度 (℃);

t_0 ——环境温度, 单位为摄氏度 (℃)。

6.2.4 排潮气体的热损失 Q_{fq}

$$Q_{fq} = [V_{fq} (1 - \phi_{H_2O/fq}) C'_{fq} + V_{fq} \phi_{H_2O/fq} C'_{H_2O}] (t_{fq} - t_0) \dots\dots\dots (14)$$

式中:

Q_{fq} ——排潮气体的热损失, 单位为千焦 (kJ);

$\Phi_{H_2O/fq}$ ——废气中蒸汽的容积百分数, 单位为百分比 (%);

V_{fq} ——废气的流量 m^3/h ;

C'_{fq} ——干废气的平均容积比热, 单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/($m^3 \cdot ^\circ C$)]。可按 6.1.1 计算或按干空气查表确定;

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

m_{zf} ——吨产品对应的砖坯所蒸发水分的质量, 单位为千克 (kg), 按式(11)计算;

t_{fq} ——排出气体的平均温度, 单位为摄氏度 (℃);

t_0 ——环境温度, 单位为摄氏度 (℃)。

6.2.5 室体表面散热损失 Q_{bs}

6.2.5.1 第 i 次测得的室体表面综合换热系数 a_{bi}

$$a_{bi} = K(t_{bi} - t_{ki})^{0.25} + \frac{20.41\varepsilon \left[\left(\frac{t_{bi} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{ki} + 273}{100} \right)^4 \right]}{t_{bi} - t_{ki}} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

a_{bi} ——第 i 次测得的室体表面综合换热系数，单位为千焦每平方米小时摄氏度 [$\text{kJ} / (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$];

K ——决定于散热面位置的系数。干燥室侧墙取 9.20，干燥室顶面取 11.71；

t_{bi} ——第 i 次测得的室体表面温度，单位为摄氏度 ($^\circ\text{C}$)；

t_{ki} ——第 i 次测得的室体周围空间温度，单位为摄氏度 ($^\circ\text{C}$)；

ε ——室体表面黑度，见附表。

6.2.5.2 第 i 次测得的室体表面平均散热流量

$$Q_{bsi} = \frac{q_{b1}F_{b1} + q_{b2}F_{b2} + \dots\dots\dots + q_{bi}F_{bi}}{F_{b1} + F_{b2} + \dots\dots\dots + F_{bi}} \dots\dots\dots (16)$$

$$\text{或 } Q_{bsi} = \frac{a_{b1}(t_{b1} - t_{k1})F_{b1} + a_{b2}(t_{b2} - t_{k2})F_{b2} + \dots\dots\dots a_{bi}(t_{bi} - t_{ki})F_{bi}}{F_{b1} + F_{b2} + \dots\dots\dots + F_{bi}} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

Q_{bsi} ——第 i 次测得的室体表面平均散热流量，单位为千焦每小时平方米 [$\text{kJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$];

q_{b1} 、 q_{b2} 、 $\dots\dots\dots$ 、 q_{bi} ——分别表示第 i 次用热流计测得的各个测点的热流值，单位为千焦每小时平方米 [$\text{kJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$];

F_{b1} 、 F_{b2} 、 $\dots\dots\dots$ 、 F_{bi} ——分别表示各个测点所在矩形面积，单位为平方米 (m^2)；

a_{b1} 、 a_{b2} 、 $\dots\dots\dots$ 、 a_{bi} ——分别表示第 i 次测得的各个测点的窑体表面综合换热系数，单位为千焦每平方米小时摄氏度 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

t_{b1} 、 t_{b2} 、 $\dots\dots\dots$ 、 t_{bi} ——分别表示第 i 次测得的各个测点的窑体表面温度，单位为摄氏度 ($^\circ\text{C}$)；

t_{k1} 、 t_{k2} 、 $\dots\dots\dots$ 、 t_{ki} ——分别表示第 i 次测得的各个测点的窑体周围空间温度，单位为摄氏度 ($^\circ\text{C}$)。

6.2.5.3 室体表面散热损失 Q_{bs}

$$Q_{bs} = \frac{F_b}{nA} \sum_{i=1}^n Q_{bsi} \dots\dots\dots (18)$$

式中：

Q_{bs} ——室体表面散热损失，单位为千焦 (kJ)；

N ——测定次数；

F_b ——干燥室外表面积，单位为平方米 (m^2)；

A ——干燥室单位小时的产量，单位为吨 (t)。

6.2.6 其他热损失 Q_t

$$Q_t = Q_{sr} - (Q_{gp} + Q_{cc} + Q_{zf} + Q_{fq} + Q_{bs}) \dots\dots\dots (21)$$

式中:

Q_t ——其他热损失, 单位为千焦 (kJ);

Q_{sr} ——总输入热量, 单位为千焦 (kJ);

Q_{gp} ——干坯带出的显热, 单位为千焦 (kJ);

Q_{cc} ——干燥车出干燥室的热损失, 单位为千焦 (kJ);

Q_{zf} ——坯体内被蒸发水的气化热, 单位为千焦 (kJ);

Q_{fq} ——排出气体的热损失, 单位为千焦 (kJ);

Q_{bs} ——室体表面散热损失, 单位为千焦 (kJ)。

6.2.7 总输出热量 Q_{sc}

$$Q_{sc} = Q_{gp} + Q_{cc} + Q_{zf} + Q_{fq} + Q_{bs} + Q_t \dots\dots\dots (22)$$

式中:

Q_{sc} ——总输出热量, 单位为千焦 (kJ);

Q_{gp} ——干坯带出的显热, 单位为千焦 (kJ);

Q_{cc} ——干燥车出干燥室的热损失, 单位为千焦 (kJ);

Q_{zf} ——坯体内被蒸发水的气化热, 单位为千焦 (kJ);

Q_{fq} ——排出气体的热损失, 单位为千焦 (kJ);

Q_{bs} ——室体表面散热损失, 单位为千焦 (kJ);

Q_t ——其他热损失, 单位为千焦 (kJ)。

7 热效率计算方法

7.1 供给热量 Q_{gg}

$$Q_{gg} = Q_{rfr} + Q_{tr} + Q_{sp} \dots\dots\dots (23)$$

式中:

Q_{gg} ——供给热量, 单位为千焦 (kJ);

Q_{rfr} ——热风输入的显热, 单位为千焦 (kJ);

Q_{tr} ——其它热源输入的显热, 单位为千焦 (kJ);

Q_{sp} ——湿坯带入的显热, 单位为千焦 (kJ), 只有在使用其它热源加热砖坯时才计入供给热量。

7.2 有效热量 Q_{yx}

$$Q_{yx} = M_{zf} [r + C_{H_2O_{ps}} \cdot (t_{fq} - t_{sp})] \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- Q_{yx} ——有效热量，单位为千焦（kJ）；
- M_{zf} ——吨产品对应的砖坯所蒸发水分的质量，单位为千克（kg）；
- γ ——被蒸发水分，在湿坯平均温度下的汽化潜热，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- C_{h2Ops} ——水蒸汽在湿坯温度与废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·℃)]；
- t_{iq} ——废气的平均温度，单位为摄氏度（℃）；
- t_{sp} ——湿坯的平均温度，单位为摄氏度（℃）。

7.3 热效率 η

$$\eta = \frac{Q_{yx}}{Q_{gg}} \times 100 \dots\dots\dots(25)$$

式中：

- η ——热效率，单位是百分比（%）。
- Q_{yx} ——有效热量，单位为千焦（kJ）；
- Q_{gg} ——供给热量，单位为千焦（kJ）。

7.4 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	热风输入的显热 Q_{rf}				坯体内被蒸发水分的气化潜热 Q_{zf}			
2	其它热源输入的显热 Q_{tr}				干坯带出的显热 Q_{gp}			
3	湿坯带入的显热 Q_{sp}				干燥车出干燥室热损失 Q_{cc}			
4	干燥车带入的显热 Q_{cr}				排除气体热损失 Q_{iq}			
5					散热损失 Q_s			
6					其他热损失 Q_t			
7	合 计				合 计			
有效热量 Q_{yx} ， 10 ⁴ kJ (10 ⁴ kcal)								
干燥室的热效率 η ， %								

附 录 A
(资料性附录)
常用物料热平衡计算参数

A.1 部分材料的比热容

部分材料比热容见表 A.1。

表 A.1 部分材料比热容

序号	材料名称	干密度 (kg/m3)	比热容 (kJ/kg·℃)
1	锅炉渣	1000	0.92
2	粉煤灰	1000	0.92
3	高炉矿渣	900	0.92
4	浮石	600	0.92
5	膨胀蛭石	300	1.05
		200	1.05
6	硅藻土	200	0.92
7	膨胀珍珠岩	120	1.17
		80	1.17
8	木屑	250	2.01
9	稻壳	120	2.01
10	干草	100	2.01
11	夯实粘土	2000	1.01
		1800	1.01
12	加草粘土	1600	1.01
		1400	1.01
13	轻质粘土	1200	1.01

A.2 几种煤的平均比热

几种煤的平均比热见表A.2。

表 A.2 几种煤的平均比热

单位为 kJ/kg·℃

种类	泥煤	褐煤	长焰煤	粉煤灰	气煤	肥煤
----	----	----	-----	-----	----	----

平均比热	1.338	1.422	1.305	0.753	1.263	1.213
种类	瘦煤	烟煤	无烟煤	煤渣	焦炭	
平均比热	1.116	1.300	0.836	0.836	0.836	

A.3 水的平均比热

水的平均比热见表A.3。

表 A.3 水的平均比热

温度（℃）	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
比热（kJ/kg·℃）	4.211	4.191	4.183	4.175	4.175	4.175	4.178	4.187	4.194	4.207

A.4 水在不同温度下的汽化潜热

水在不同温度下的汽化潜热表A.4。

表 A.4 水在不同温度下的汽化潜热

温度(℃)	汽化潜热 (kJ/kg)	温度（℃）	汽化潜热 (kJ/kg)	温度（℃）	汽化潜热 (kJ/kg)	温度（℃）	汽化潜热 (kJ/kg)
0	2501.6	30	2430.7	60	2358.6	90	2283.2
1	2499.2	31	2428.3	61	2356.2	91	2280.6
2	2496.8	32	2425.9	62	2353.7	92	2278.0
3	2494.5	33	2423.6	63	2351.3	93	2275.4
4	2492.1	34	2421.2	64	2348.8	94	2272.8
5	2489.7	35	2418.8	65	2346.3	95	2270.2
6	2487.4	36	2416.4	66	2343.9	96	2267.5
7	2485.0	37	2414.1	67	2341.4	97	2264.9
8	2482.6	38	2411.7	68	2338.9	98	2262.2
9	2480.3	39	2409.3	69	2336.4	99	2259.6
10	2477.9	40	2406.9	70	2334.0	100	2256.9
11	2475.5	41	2404.5	71	2331.5	101	2254.3
12	2473.2	42	2402.1	72	2329.0	102	2251.6
13	2470.8	43	2399.7	73	2326.5	103	2248.9
14	2468.5	44	2397.3	74	2324.0	104	2246.3
15	2466.1	45	2394.9	75	2321.5	105	2243.6
16	2463.8	46	2392.5	76	2318.9	106	2240.9
17	2461.4	47	2390.1	77	2316.4	107	2238.2
18	2459.0	48	2387.7	78	2313.9	108	2235.4
19	2456.7	49	2385.3	79	2311.4	109	2232.7
20	2454.3	50	2382.9	80	2308.8	110	2230.0

21	2452.0	51	2380.5	81	2306.3	111	2227.3
22	2449.6	52	2378.1	82	2303.8	112	2224.5
23	2447.2	53	2375.7	83	2301.2	113	2221.8
24	2444.9	54	2373.2	84	2298.7	114	2219.0
25	2442.9	55	2370.8	85	2296.5	115	2216.2
26	2440.2	56	2368.4	86	2293.1	116	2213.4
27	2437.8	57	2365.9	87	2290.9	117	2210.7
28	2435.4	58	2363.5	88	2288.4	118	2207.9
29	2433.1	59	2361.1	89	2285.8	119	2205.1

A.5 各种气体的平均定压比热容

各种气体的平均定压比热容见表A.5。

表 A.5 水的平均比热

单位为 kJ/(m³·℃)

温度，℃	H ₂	N ₂	CO	O ₂	H ₂ O	CO ₂	干空气	湿空气	H ₂ S	SO ₂
0	1.277	1.299	1.302	1.308	1.491	1.597	1.301	1.325	1.516	1.777
100	1.290	1.301	1.302	1.319	1.502	1.697	1.305	1.329	1.541	1.860
200	1.298	1.303	1.310	1.337	1.517	1.793	1.310	1.334	1.574	1.935
300	1.302	1.308	1.319	1.358	1.538	1.877	1.318	1.343	1.608	2.011
400	1.302	1.317	1.331	1.363	1.559	1.923	1.330	1.355	1.645	2.069
500	1.306	1.329	1.344	1.400	1.583	1.998	1.344	1.370	1.683	2.123
600	1.310	1.342	1.361	1.419	1.608	2.052	1.358	1.384	1.721	2.169
700	1.315	1.355	1.373	1.437	1.634	2.098	1.372	1.398	1.758	2.207
800	1.319	1.368	1.390	1.453	1.660	2.140	1.386	1.413	1.796	2.236
900	1.323	1.382	1.403	1.466	1.686	2.178	1.399	1.426	1.830	
1000	1.327	1.394	1.415	1.480	1.713	2.215	1.412	1.439	1.863	

A.6 灰渣的平均比热容

灰渣的平均比热容见表A.6。

表 A.6 灰渣的平均比热容

温度（℃）	100	200	300	400	500	600	700	800	900
比热（kJ/kg·℃）	0.762	0.796	0.829	0.863	0.896	0.930	0.963	0.992	1.022

A.7 金属平均比热容

金属平均比热容见表A.7。

表 A.7 金属平均比热容

单位为 kJ/kg·℃

<div>温度 ℃ 材料</div>	0-200	0-400	0-600	0-800	0-1000
低碳钢	0.502	0.519	0.590	0.703	0.695
铸铁	0.490	0.536	0.595	0.691	0.712

A.8 部分材料的辐射黑度

部分材料的辐射黑度见表A.8。

表 A.8 部分材料的辐射黑度

材料名称	耐火砖	钢板	红砖	铁板（已生锈）	铸铁（已氧化）	抹灰砖砌体
黑度ε	0.71~0.85	0.80	0.93	0.685	0.89	0.94

A.9 常用各种能源平均折算热量及折标准煤参考系数

常用各种能源平均折算热量及折标准煤参考系数见表A.9。

表 A.9 常用各种能源平均折算热量及折标准煤参考系数

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数
原煤	20934kJ/kg	0.7143kgce/kg
洗精煤	263477kJ/kg	0.9000kgce/kg
其它洗煤	8374 kJ/kg	0.2850kgce/kg
焦炭	28470 kJ/kg	0.9714kgce/kg
原油	41868 kJ/kg	1.4286kgce/kg
燃料油	41868 kJ/kg	1.4286kgce/kg
汽油	43124 kJ/kg	1.4714kgce/kg
煤油	43124 kJ/kg	1.4714kgce/kg
柴油	42705 kJ/kg	1.4571kgce/kg
煤焦油	33494 kJ/kg	1.1429kgce/kg
粗苯	41816 kJ/kg	1.4286kgce/kg

液化石油气		50241 kJ/kg	1.7143kgce/kg
炼厂干气		46055 kJ/kg	1.5714kgce/kg
油田天然气		38979 kJ/m ³	1.3300kgce/m ³
气田天然气		35588 kJ/m ³	1.2143kgce/m ³
煤矿瓦斯气		14654kJ/m ³ ~16747kJ/m ³	0.5000kgce/m ³ ~0.5714kgce/m ³
焦炉煤气		18003kJ/m ³	0.6143kgce/m ³
其他 煤气	a)发生炉煤气	5234kJ/m ³	0.1786kgce/m ³
	b)重油催化裂解煤气	19259kJ/m ³	0.6571kgce/m ³
	c)重油热裂解煤气	35588kJ/m ³	1.2143kgce/m ³
	d)焦炭制气	150729kJ/m ³	0.5571kgce/m ³
	e)压力汽化煤气	18003kJ/m ³	0.5143kgce/m ³
	f)水煤气	10467kJ/m ³	0.3571kgce/m ³
电力（当量）		3601kJ/(kW.h)	0.1229kgce/(kW.h)
氢气（标况）		10802kJ/m ³	0.3686kgce/m ³
热力（当量）		—	0.03412MJ

A.10 常用耗能工质平均折算热量及折标准煤参考系数

常用耗能工质平均折算热量及折标准煤参考系数见表A.10。

表 A.10 常用耗能工质平均折算热量及折标准煤参考系数

耗能工质名称	平均低位发热量	折标准煤系数
外购水	2.51MJ/t	0.0857kgce/t
软水	14.23MJ/t	0.4857kgce/t
除氧水	28.45MJ/t	0.9714kgce/t
压缩空气（标况）	1.17MJ/m ³	0.0400kgce/m ³
鼓风（标况）	0.88MJ/m ³	0.0300kgce/m ³
氧气（标况）	11.72MJ/m ³	0.4000kgce/m ³
氮气（标况）	19.66MJ/m ³	0.6714kgce/m ³
二氧化碳（标况）	6.28MJ/m ³	0.2143kgce/m ³
蒸气（低压）	3765.60MJ/t	128.6kgce/t

A.11 常用气体的密度

常用气体的密度见表A.11。

表 A.11 常用气体的密度

单位为 kg/m^3

名 称	化 学 式	密 度, ρ_0
干空气	—	1.293
氧	O ₂	1.429
氮	N ₂	1.251
氢	H ₂	0.090
二氧化碳	CO ₂	1.997
一氧化碳	CO	1.250
二氧化硫	SO ₂	2.926
水蒸汽	H ₂ O	0.804

A.12 各温度下饱和水蒸汽的分压Ps

各温度下饱和水蒸汽的分压Ps见表A.12。

表 A.12 各温度下饱和水蒸汽的分压 Ps

温度 (°C)	p_s (Pa)	温度 (°C)	p_s (Pa)	温度 (°C)	p_s (Pa)
-15	165.1	25	3 165.2	65	24 988
-10	259.7	30	4 240.2	70	31 136
-5	400.9	35	5 919.3	75	38 520
0	610.2	40	7 371.4	80	47 314
5	871.8	45	9 577.5	85	57 771
10	1 227.0	50	12 326	90	70 050
15	1 702.1	55	15 727	95	84 476
20	2 826.3	60	19 903	100	101 325

A.13 燃料基准的换算系数

燃料基准的换算系数见表A.13。

表 A.13 燃料基准的换算系数
(适用于除水分以外的各种成分及高位发热量的换算)

已知的“基”	所 要 换 算 的 基			
	应用基	分析基	干燥基	可燃基
应用基	1	$\frac{100 - W^f}{100 - W^y}$	$\frac{100}{100 - W^y}$	$\frac{100}{100 - (W^y + A^y)}$
分析基	$\frac{100 - W^y}{100 - W^f}$	1	$\frac{100}{100 - W^f}$	$\frac{100}{100 - (W^f + A^f)}$
干燥基	$\frac{100 - W^y}{100}$	$\frac{100 - W^f}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^g}$
可燃基	$\frac{100 - (W^y + A^y)}{100}$	$\frac{100 - (W^f + A^f)}{100}$	$\frac{100 - A^g}{100}$	1
