

ICS 81.060.20

Y24

团 体 标 准

T/CCIA 00xx—2022

陶瓷燃气隧道窑能效测试与计算方法

Energy Efficiency Test and Calculation Method Of Ceramic Gas

Tunnel Kiln

(送审稿)

2022-xx-xx发布

2022-xx-xx实施

中国陶瓷工业协会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国陶瓷工业协会提出。

本文件由中国陶瓷工业协会团体标准技术委员会归口。

本文件起草单位：广东省特种设备检测研究院潮州检测院，广东省质量监督陶瓷燃气窑炉检验站（潮州）

本文件主要起草人：

陶瓷燃气隧道窑能效测试与计算方法

1 范围

本文件规定了陶瓷燃气隧道窑能效测试与计算方法的范围、规范性引用文件、术语和定义、测试仪器设备、测定项目及测定方法和计算方法。

本文件适用于陶瓷生产中，使用液体和气体燃料的隧道窑能效测试与计算。

2 规范性引用文件

下列文件的内容通过文中的规范性引用而构成文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 384 石油产品热值测定法

GB/T 5000 日用陶瓷名词术语

GB/T 17820 天然气

GB/T 23459-2009 陶瓷工业窑炉热平衡、热效率测定与计算方法

3 术语及定义

3.1 术语及定义

GB/T 5000 及下列界定的术语和定义适用于本文件。

3.2 温度基准

以 20℃ 为基准温度

4 测试仪器设备

4.1 测试所用仪器、仪表经校验合格，在检定周期内，并应满足相关技术规范或使用说明书要求。

4.2 布置好测量点，开设测量孔，安装测量仪器、仪表进行检测。

5 测定项目及测定方法

5.1 隧道窑至少要稳定运行一个烧成周期后，并且烧成合格品率达到 95% 以上方可进行测定。

5.2 总连续监测时间在稳定工作状态下不少于一小时。

5.3 测定项目及测定方法按表 1 进行

表1 测定项目及测定方法

测定项目	参数	测定方法
烧成制度	最高烧成温度/ °C	用高温双色测温仪通过烧成带断面观火孔或用铂—铑铂热电偶、三角锥、测温环测量最高烧成温度对准产品或窑具测量最高烧成温度
气流	截面积 (m ²)	测试开始前, 测量冷却带抽出余热总管道周长再计算截面积; 或厂家设计制造图纸标注尺寸计算截面积
	风速/ (m/s)	在冷却带抽出余热总管道直管部位截面中心点处, 用风速风量仪或微压差计测定风速, 测定风速, 并根据冷却空气总管截面积计算冷却空气风量
	温度/°C	在冷却带抽出余热总管道直管部位截面中心点处, 用热电偶或其它仪器测量
	动压/Pa	在冷却带抽出余热总管道直管部位截面中心点处, 用微压差计测量
质量	燃气消耗量 (m ³ 或kg)	管道天然气在入窑前燃气管道上测定, 管道天然气如隧道窑现场不具备测量条件, 但隧道窑可显示燃气瞬时流量或单位小时流量, 可采用流量读数。瓶装液化气用磅秤测量, 取两次称重时读数的差值。
	坯体、成品质量 (kg/h)	各类坯体、成品各抽取三件, 用台秤测量, 取平均值后再按总数和进车速度计算
	窑具质量/kg	按品种各抽取三件, 用台秤测量, 取平均值后再按总数和进车速度计算
其他	自由水含水率 (%)	<p>随机抽取 3 件样品, 用天平称得质量 m_1, 再在电热恒温鼓风干燥箱中加热至 125°C 并保温 30min, 用天平称得质量 m_2, 含水率 λ 按下式计算</p> $\gamma = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$ <p>式中: m_1——湿样质量, 单位为克 (g); m_2——干样质量, 单位为克 (g)。</p>
	结构水含水率 (%)	<p>随机抽取 3 件样品, 用天平称得质量 m_2, 再在马弗炉中加热至 600°C 并保温 1h, 用天平称得质量 m_3, 含水率 λ 按下式计算</p> $\gamma = \frac{m_3 - m_2}{m_2} \times 100\%$ <p>式中: m_3——干样绝干质量, 单位为克 (g)。</p>

6 计算方法

6.1 燃料燃烧热

$$Q_{gj} = m_r \times Q_{DW}^y \dots\dots\dots (1)$$

m_r ——燃气消耗量， m^3 或kg；

Q_{DW}^y ——低位发热量， kJ/m^3 或 kJ/kg ；

Q_{gj} ——供给热，kJ。

6.2 坯体脱水耗热

坯体脱水耗热包含：自由水汽化耗热、结构水脱水耗热。

$$Q_{sf} = Q_a + Q_b \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_a = m_p \times \gamma \times (i_y - i_0) \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_b = m_2 \times \lambda \times (q_b - i_0) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Q_{sf} ——坯体脱水耗热，MJ/h；

Q_a ——自由水汽化耗热，MJ/h；

Q_b ——结构水脱水耗热，MJ/h；

m_p ——坯体质量，kg；

γ ——自由水含水率，%；

λ ——结构水含水率，%；

i_y ——大气压力下过热水蒸气的焓，3022.2kJ/kg；

i_0 ——水焓值，123.51kJ/kg；

q_b ——1kg 结构水脱水耗热，6700kJ/kg。

6.3 坯体烧成过程物理化学反应耗热

$$Q_{wh} = m_p \times (1 - \gamma) \times Q'_{wh} \dots\dots\dots (5)$$

$$Q'_{wh} = (2100Al_2O_3 + 2823CaO + 2747MgO) \dots\dots\dots (6)$$

Q'_{wh} ——单位物理化学反应耗热，kJ/kg；可根据产品类型代入表 2 对应单位物理化学反应耗热。

Al_2O_3 、 CaO 、 MgO ——分别为三氧化二铝、氧化钙、氧化镁成分占比，%。

表 2 常见陶瓷坯体烧成过程单位物理化学反应耗热

坯体类型	骨质瓷	镁质瓷	长石质瓷	陶器
单位物理化学反应耗热 (kJ/kg)	912.09	833.87	470.68	631.87

6.4 坯体烧成过程生成玻璃相耗热

$$Q_{bl} = 347 \times W_x \times m'_p \dots\dots\dots (7)$$

347——产品中生成每千克玻璃相耗热，kJ/kg；

W_x ——玻璃相含量，%，按表 3 数值；

m'_p ——出窑成品质量，kg。

表 3 常见陶瓷坯体玻璃相含量

坯体类型	骨质瓷	镁质瓷	长石质瓷			陶器
			细瓷	普瓷	炻瓷	
玻璃相含量 (%)	18	35	60	50	40	25

6.5 冷却带抽出热风带出显热

按照冷却带抽出热风各项数据并带入式 8 计算。

$$Q_{yr} = \frac{V_{yr}^{nh} \times C_{yr} \times (t_{yr} - t_0)}{1000} \dots\dots\dots (8)$$

$$V_{yr}^{nh} = V_{yr}^h \times \frac{101.325 + p}{101.25} \times \frac{273.15}{273.5 + t_{yr}} \dots\dots\dots (9)$$

$$V_{yr}^h = v \times A \times 3600 \dots\dots\dots (10)$$

V_{yr}^{nh} ——气体小时标态流量，Nm³/h；

C_{yr} —— 气体比热, kJ/Nm³;

t_{yr} —— 流量测点温度, °C;

t_0 —— 环境温度, °C;

p —— 气体动压, kPa;

v —— 气体截面平均流速, m/s;

A —— 气体流量测点截面积, m²。

6.6 坯体焙烧至最高烧成温度时耗热

$$Q_{zg} = m_p c_{zg} t_{zg} - m_p c_0 t_0 \dots\dots\dots (11)$$

式中:

c_{zg} —— 最高烧成温度下比热容, kJ/(kg*°C), 按 GB/T 23459-2009 附录 A 表 A.2 执行;

t_{zg} —— 最高烧成温度, °C;

c_0 —— 坯体入窑时温度下比热容, kJ/(kg*°C), 按 GB/T 23459-2009 附录 A 表 A.2 执行;

t_0 —— 坯体入窑时的温度, °C。

6.7 隧道窑烧成热效率 η_1

有效热包含 4 部分: 坯体水分蒸发并加热所需热量、坯体烧成过程物理化学反应耗热、坯体烧成过程生成玻璃相耗热, 焙烧至最高烧成温度时的耗热, 将式 2、式 5、式 6、式 10 分别代入式 11 计算。

$$\eta_1 = \frac{Q_{yx}}{Q_{gj}} = \frac{Q_{sf} + Q_{wh} + Q_{bl} + Q_{zg}}{Q_{gj}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

6.8 隧道窑综合热效率 η_2

$$\eta_2 = \frac{Q_{yx} + Q_{yr}}{Q_{gj}} = \frac{Q_{sf} + Q_{wh} + Q_{bl} + Q_{zg} + Q_{yr}}{Q_{gj}} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

Q_{yr} —— 隧道窑冷却带抽出热风回收余热

6.9 单位产品烧成热耗

$$Q_d = \frac{Q_{gj}}{m_p} = \frac{m_r \times Q_{dw}}{m_p} \dots\dots\dots (14)$$

6.10 单位物料烧成热耗

$$Q'_d = \frac{Q_{gj}}{m_p + m_j} = \frac{m_r \times Q_{dw}}{m_p + m_j} \dots\dots\dots (15)$$

式中： m_j ——窑具质量，kg。

6.11 余热利用率

$$\eta' = \frac{Q_{yr}}{Q_{gj}} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

附录 A
(资料性附录)
各种燃气热值参考数据

A.1 各种燃气热值参考数据

各种燃气热值参考数据见表 A.1

表 A.1 各种燃气热值参考数据

燃气名称	参考热值	燃气名称	参考热值
液化石油气	49822 kJ/kg	发生炉煤气	5275 kJ/m ³
油田天然气	38978 kJ/m ³	重油催化裂解煤气	19343 kJ/m ³
气田天然气	35461 kJ/m ³	重油热裂解煤气	35168 kJ/m ³
煤矿瓦斯气	15679 kJ/m ³	焦炭制气	16412 kJ/m ³
焦炉煤气	17291 kJ/m ³	压力汽化煤气	14947 kJ/m ³
高炉煤气	3810 kJ/kg	水煤气	10551 kJ/m ³