



中华人民共和国国家标准

GB/T 39809—2021

平板玻璃窑炉能耗测定方法

Measuring method of the energy consumption of flat glass furnace

2021-03-09 发布

2022-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
平板玻璃窑炉能耗测定方法
GB/T 39809—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2021年3月第一版

*

书号: 155066 • 1-64992

版权专有 侵权必究

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国建筑用玻璃标准化技术委员会(SAC/TC 255)归口。

本标准起草单位:中国建材检验认证集团秦皇岛有限公司、信义节能玻璃(芜湖)有限公司、广东省华中莱格标准事务有限公司。

本标准主要起草人:吴楠、卢忠伟、刘焕章、黄建斌、杨建军、张凤阁、王立祥、王国华、王宇宏、孟照林。

平板玻璃窑炉能耗测定方法

1 范围

本标准规定了平板玻璃窑炉能耗的测定范围、测定方法和测定报告。
本标准适用于平板玻璃窑炉能耗的测定。
本标准不适用于全电熔窑炉能耗的测定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1216 外径千分尺
- GB/T 1598 铂铑 10-铂热电偶丝、铂铑 13-铂热电偶丝、铂铑 30-铂铑 6 热电偶丝
- GB/T 15764 平板玻璃术语
- GB/T 16839.1 热电偶 第 1 部分：电动势规范和允差
- GB/T 24851 建筑材料行业能源计量器具配备和管理要求
- JC/T 648 平板玻璃混合料
- QB/T 2443 钢卷尺

3 术语和定义

GB/T 15764 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

窑炉能耗 energy consumption of furnace
测定期内窑炉熔成每千克玻璃液所消耗的能量。

4 测定方法

4.1 直接法

直接法为依据燃料的消耗量、热值及电助熔消耗的电量来计算窑炉能耗。在燃料用量和燃料热值确定的情况下选用直接法。

4.2 间接法

间接法为通过测定窑炉体系热平衡来计算窑炉能耗。在燃料消耗量或燃料热值不能准确确定的情况下应选用间接法。

5 直接法的测定与计算

5.1 测定期及要求

测定期为实际统计期,测定要求为窑炉连续稳定生产。

5.2 燃料消耗量及热值(低位发热量)的测定

5.2.1 燃料消耗量的测定

计量器具测定的量,计量器具符合 GB/T 24851 的要求。

5.2.2 热值的测定

应优先采用具有相应资质的检测机构出具的检测报告上的数值,也可采用国家公布的值(参见附录 A)。

5.3 电助熔热的测定

用电量依据电表读数确定,按电力折标准煤系数转化为能量,按式(1)计算。

$$Q_d = W \times A \times 29\,271.2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q_d ——电助熔热,单位为千焦(kJ);

W ——用电量,单位为千瓦时(kW·h);

A ——电力折标准煤系数,取 0.122 9 kgce/(kW·h)。

5.4 玻璃液质量的测定

取测定期内统计得到的玻璃液质量。

5.5 计算方法

取测定期内燃料的消耗量、热值、电量和玻璃液质量,按式(2)计算能耗:

$$E = (m_r \times Q_{dw} + Q_d) / m_b \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E ——窑炉能耗,单位为千焦每千克(kJ/kg);

m_r ——燃料的消耗量,单位为千克(kg);

Q_d ——电助熔热,单位为千焦(kJ);

Q_{dw} ——燃料低位发热量,单位为千焦每千克(kJ/kg);

m_b ——玻璃液质量,单位为千克(kg)。

6 间接法的测定与计算

6.1 间接法的测定原理

依据能量平衡原理,通过测定输出体系的总能量,即得到输入体系的总能量。窑炉体系能量平衡框图见图 1。

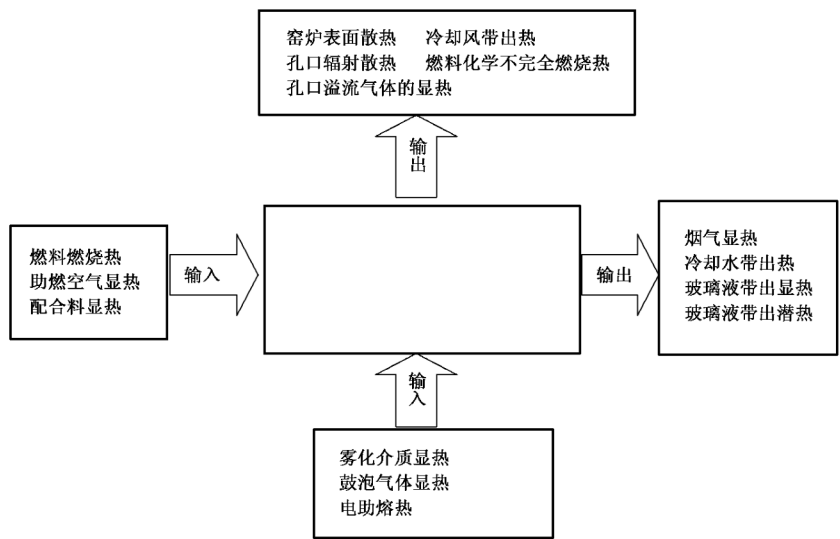


图 1 能量平衡图

6.2 测定体系

测定体系包括窑炉的熔化部、澄清部、卡脖、冷却部、小炉、蓄热室。以窑炉的外表面和物料进、出窑炉的界面作为体系与外界的分界面。

6.3 测定项目

输出体系能量包括玻璃液带出显热、玻璃液带出潜热、窑炉表面散热、孔口辐射散热、孔口溢流气体显热、冷却水带出热、冷却风带出热、烟气显热和燃料化学不完全燃烧热。

输入体系能量包括燃料燃烧热、助燃空气显热、雾化介质显热、鼓泡气体显热、配合料显热、电助熔热。

6.4 测定期

测定期为实际测定时间。

6.5 测定准备

- 6.5.1 查看窑炉的技术资料，了解窑炉的结构、运行状况和经济技术指标，产品的种类、质量、成品率等，初步确定测孔位置，制订测定方案。
- 6.5.2 所用各类仪器仪表及计量设备，均应在检定或校准有效期内。
- 6.5.3 根据测定要求，开好测孔，测孔大小应保证测试仪器配置的采样设备能伸入测孔内。
- 6.5.4 测定工作应在生产正常运行的条件下进行。

6.6 输出体系热量的测定

6.6.1 玻璃液带出显热的测定

6.6.1.1 测定参数

出体系玻璃液温度和玻璃液质量。

6.6.1.2 出体系玻璃液温度的测定

在窑炉流道入口用刚玉保护套管单铂铑热电偶与温度显示仪表组合的热电偶测温仪测量,感温部分插入玻璃液中深度应不小于 50 mm,单铂铑热电偶符合 GB/T 1598 规定的技术要求,精度为 I 级,热电偶的允差符合 GB/T 16839.1 的规定。

6.6.1.3 玻璃液质量的测定

用钢卷尺测玻璃原板宽度,用外径千分尺测玻璃原板厚度。钢卷尺符合 QB/T 2443 规定的 I 级精度,外径千分尺符合 GB/T 1216 规定的分度值为 0.01 mm。

依据式(3)计算玻璃液质量:

$$m_b = V_b \times B_b \times h_b \times \rho \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

m_b —— 玻璃液质量,单位为千克每小时(kg/h);

V_b —— 玻璃板拉引速度,单位为米每小时(m/h);

B_b —— 玻璃原板宽度,单位为米(m);

h_b —— 玻璃板厚度,单位为米(m);

ρ —— 玻璃密度,单位为千克每立方米(kg/m³)。

6.6.1.4 计算方法

依据式(4)计算玻璃液带出显热:

$$Q_{bx} = m_b \times c_{bc} \times t_{bc} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

Q_{bx} —— 玻璃液带出显热 Q_{bx} ,单位为千焦每小时(kJ/h);

m_b —— 玻璃液质量,单位为千克每小时(kg/h);

c_{bc} —— 玻璃液在 $0 \sim t_{bc}$ 时的平均比热容,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)],计算方法参见附录 B;

t_{bc} —— 出体系玻璃液温度,单位为摄氏度(℃)。

6.6.2 玻璃液带出潜热的测定

6.6.2.1 测定参数

玻璃液质量、每千克配合料含水量。

6.6.2.2 玻璃液质量的测定

同 6.6.1.3。

6.6.2.3 每千克配合料含水量的测定

在原料混合机下料口取样测量,按 JC/T 648 测定,每天测三次,取平均值。

6.6.2.4 计算方法

依据式(5)计算玻璃液带出潜热:

$$Q_{bq} = m_b \times [K_{bf} \sum_{i=1}^n q_i K_{bi} + 347 \times K_{bf} \times (1 - K_{fq}) + 2\,491 \times K_{bf} \times K_{H_2O}] \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Q_{bq} —— 玻璃液带出潜热 Q_{bq} ，单位为千焦每小时(kJ/h)；

q_i —— 各种原料硅酸盐形成反应热(以千克分解氧化物计)，单位为千焦每千克(kJ/kg)，查附录 C 表 C.3；

K_{hi} —— 每千克配合料(湿基)中，各种原料引入的分解氧化物质量，单位为千克每千克(kg/kg)；

K_{bf} —— 熔成每千克玻璃液所需配合料(湿基)量，单位为千克每千克(kg/kg)；

K_{fq} —— 每千克配合料(湿基)中逸出气体的质量，单位为千克每千克(kg/kg)；

m_b —— 玻璃液质量，单位为千克每小时(kg/h)；

K_{H_2O} —— 每千克配合料实测含水质量，单位为千克每千克(kg/kg)。

6.6.3 窑炉表面散热的测定

6.6.3.1 测定参数

测定体系内窑体的表面温度和相应的环境温度，窑体表面积。

6.6.3.2 温度的测定

测定区域及测点位置分布见表 1，测定区域内的温度取其测点的平均值。

表 1 窑体表面温度测定区域及测点位置

| 测定区域 | 测点位置 |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 熔化部胸墙、澄清部胸墙、冷却部胸墙 | 每 1 m ² 取一个测点，区域中心点为测点位置 |
| 熔化部池底、澄清部池底、冷却部池底 | 每 3 m ² 取一个测点，区域中心点为测点位置 |
| 熔化部池壁、澄清部池壁、冷却部池壁 | 每 1 m ² 取一个测点，区域中心点为测点位置 |
| 熔化部碛、冷却部碛、蓄热室碛 | 每 3 m ² 取一个测点，区域中心点为测点位置 |
| L 吊墙、熔化部后山墙、冷却部前山墙、冷却部后山墙、卡脖、小炉 | 每 1 m ² 取一个测点，区域中心点为测点位置 |
| 操作面上蓄热室和操作面下蓄热室 | 每 2 m ² 取一个测点，区域中心点为测点位置 |

用精度等级不低于 2%或±2 °C 的红外测温仪或显示误差值应不大于±1 °C 的表面热电偶温度计测定窑炉表面温度；用精度等级不低于 2.5%的玻璃温度计测定位于测定区域 1 m 处的环境温度。

6.6.3.3 表面积的确

窑体表面积依据设计图纸确定。

6.6.3.4 计算方法

按式(6)计算每一测定区域的表面散热量：

$$Q_{sri} = a_i \times (t_{wi} - t_{oi}) \times S_{bi} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

Q_{sri} —— 各区域表面散热量，单位为千焦每小时(kJ/h)；

a_i —— 对流辐射换热系数，单位为千焦每平方米小时摄氏度[kJ/(m² · h · °C)]，按式(7)计算；

t_{wi} —— 测定区域的表面温度平均值，单位为摄氏度(°C)；

t_{oi} —— 环境温度，单位为摄氏度(°C)；

S_{bi} —— 各区域的表面积，单位为平方米(m²)。

$$a_i = A_w \times (t_{wi} - t_{oi})^{1/4} + \frac{20.4 \times \epsilon_i \times \left[\left(\frac{t_{wi} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{oi} + 273}{100} \right)^4 \right]}{t_{wi} - t_{oi}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

A_w —— 取决于散热面位置的系数,按表 2 取值;

ϵ_i —— 窑体第 i 区域外表面黑度。

表 2 A_w 系数值

| 散热面位置 | 散热面向上 | 散热面垂直 | 散热面向下 |
|-------|-------|-------|-------|
| A_w | 11.7 | 9.2 | 7.5 |

窑体表面散热量等于各区域表面散热量之和,按式(8)计算。

$$Q_{sr} = \sum_{i=1}^n Q_{sri} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

Q_{sr} —— 窑体表面散热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

Q_{sri} —— 各区域表面散热量,单位为千焦每小时(kJ/h)。

6.6.4 孔口辐射散热量的测定

6.6.4.1 测定参数

孔口敞开时的辐射温度;孔口用金属板盖住时金属板的外表面温度、金属板的面积;孔口用砖材盖住时孔口砖材内、外表面温度;孔口面积;环境温度。

6.6.4.2 温度的测定

敞开孔口辐射温度用红外测温仪测定;金属板的外表面温度用红外测温仪测定;砖材外表面温度用红外测温仪、表面热电偶温度计测定,孔口砖材内表面温度用红外测温仪测定,无法测定时,可用测点附近的窑体测温热电偶的显示温度替代;用玻璃温度计测定位于测定区域 1 m 处的环境温度。红外测温仪、表面热电偶温度计精度见 6.6.3.2。

6.6.4.3 孔口、金属板面积的测定

孔口面积依据设计图纸确定。

用钢卷尺测定金属板的长度、宽度。

6.6.4.4 计算方法

孔口敞开辐射散热量依据式(9)计算:

$$Q_{kf} = \sum_{i=1}^n \left\{ C_o \times \left[\left(\frac{t_{fi} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{oi} + 273}{100} \right)^4 \right] \times \phi_i \times S_{ki} \right\} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

Q_{kf} —— 孔口辐射散热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

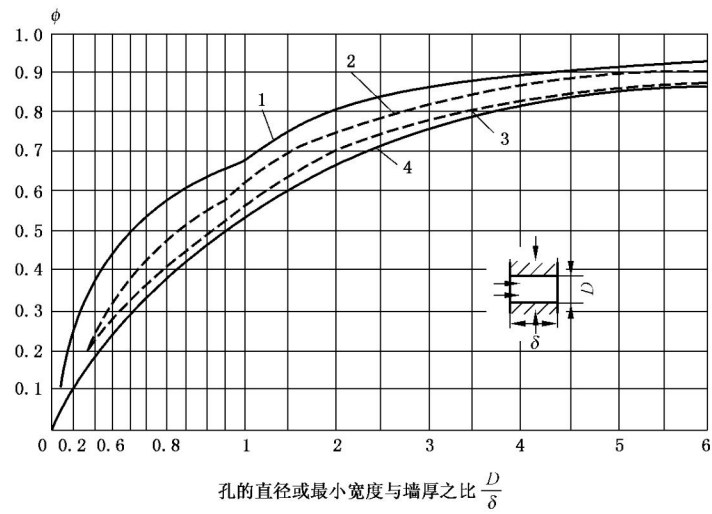
C_o —— 黑体辐射系数, $C_o = 20.4 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^4 \cdot \text{h})$;

t_{fi} —— 窑体第 i 个孔口的辐射温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

t_{oi} —— 环境温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

ϕ_i —— 窑体第 i 个孔口的门孔系数,取决于孔的形状、尺寸及窑墙的厚度,查图 2;

S_{ki} ——窑体第 i 个孔口的面积,单位为平方米(m^2)。



说明:
1——伸长的长方形;
2——长方形;
3——正方形;
4——圆形。

图 2 门孔系数计算图

孔口用金属板盖住时辐射散热量依据式(10)计算:

$$Q_{kf} = \sum_{i=1}^n \left\{ \epsilon_m \times C_o \times \left[\left(\frac{t_{fi} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{oi} + 273}{100} \right)^4 \right] \times \frac{\phi_i}{1 + \phi_i} \times S_{ki} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- Q_{kf} ——孔口辐射散热量,单位为千焦每小时(kJ/h);
- ϵ_m ——金属板的黑度,一般取 $\epsilon_m = 0.8$;
- C_o ——黑体辐射系数, $C_o = 20.4 \text{ kJ}/(m^2 \cdot c^4 \cdot h)$;
- t_{fi} ——第 i 个金属板外表面温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);
- t_{oi} ——环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);
- ϕ_i ——窑体第 i 个孔口的门孔系数,取决于孔的形状、尺寸及窑墙的厚度,查图 2;
- S_{ki} ——第 i 个金属板面积,单位为平方米(m^2)。

孔口用砖材盖住时辐射散热量依据式(11)计算:

$$Q_{kf} = 3.6 \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{\lambda}{\delta_i} \times S_{ki} \times \Delta t_i \right) \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- Q_{kf} ——孔口辐射散热量,单位为千焦每小时(kJ/h);
- λ ——砖材的导热系数,单位为瓦每米摄氏度 [$W/(m \cdot ^{\circ}C)$];
- δ_i ——第 i 个砖材的厚度,单位为米(m);
- S_{ki} ——第 i 个金属板面积,单位为平方米(m^2);
- Δt_i ——第 i 个砖材的内外表面温度差,单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

6.6.5 孔口溢流气体显热的测定

6.6.5.1 测定参数

孔口溢流气体的温度、成分、孔口气体内外静压差。

6.6.5.2 气体温度、成分的测定

气体温度用刚玉保护套管单铂铑热电偶与温度显示仪表组合的热电偶测温仪测定,精度见 6.6.1.2。

采用奥式气体分析仪或其他等效仪器测定 O_2 、 CO 、 CO_2 的成分;采用根据定电位电解法或非分散红外法原理进行测试的便携式气体分析仪,测定 NO_x 成分;采用根据电导率法、定电位电解法和非分散红外法原理进行测试的便携式气体分析仪,测定 SO_2 成分。

6.6.5.3 气体内外静压差的测定

用 U 型管压力计或数字压力计与皮托管测定,测定时测压管与气流方向要保持垂直,避免涡流和漏风的影响。U 型管压力计的最小分度值应不大于 10 Pa,数字压力计精度等级应不低于 1%。

6.6.5.4 计算方法

孔口溢流气体显热依据式(12)计算。

$$Q_{ky} = \sum_{i=1}^n (V_{yi} \times c_{yi} \times t_{yi}) \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

Q_{ky} —— 孔口溢流气体显热,单位为千焦每小时(kJ/h);

V_{yi} —— 孔口溢流气体量,单位为立方米每小时(m^3/h),按式(13)计算;

c_{yi} —— 孔口溢流气体在 $0 \sim t_{yi}$ °C 时的平均比热容,单位为千焦每立方米摄氏度 [$kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$],按式(14)计算;

t_{yi} —— 孔口溢流气体温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

$$V_{yi} = \pm 3\,600 \times S_{ki} \times u_i \times \sqrt{\frac{2 \times |\Delta p_{ki}| \times (p + \Delta p_{ki}) \times 273}{\rho_0 \times 101\,325 \times (t_{yi} + 273)}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

S_{ki} —— 窑体第 i 个孔口的面积,单位为平方米(m^2);

u_i —— 孔口的溢流系数,

当 $\delta \geq 3.5d_e$ 时, $u_i = 0.82$;

当 $\delta < 3.5d_e$ 时, $u_i = 0.62$;

δ —— 溢流孔口处窑墙厚度,单位为米(m);

d_e —— 溢流孔口当量直径,单位为米(m);

Δp_{ki} —— 孔口内外静压差,单位为帕(Pa);当 Δp_{ki} 为正值时, V_{yi} 取正值;当 Δp_{ki} 为负值时, V_{yi} 取负值;

p —— 大气压,单位为帕(Pa);

ρ_0 —— 标准状态下气体的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3),按式(15)计算;

t_{yi} —— 孔口溢流气体温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

$$c_{yi} = 0.01 \sum X_i c_{pi} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

X_i —— 气体中各组分的含量(体积分数), %;

c_{pi} —— 气体中第 i 组分的平均定压比热容,单位为千焦每立方米摄氏度 [$kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$],参见附录 C 表 C.1、表 C.2。

$$\rho_0 = 0.01 \sum X_i \rho_{0i} \dots\dots\dots (15)$$

式中：
 X_i —— 气体中各组分的含量(体积分数)，%；
 ρ_{0i} —— 标准状态下气体中各组分的密度，单位为千克每立方米(kg/m³)。

6.6.6 冷却水带出热的测定

6.6.6.1 测定参数

冷却水的流量，冷却水进、出温度。

6.6.6.2 冷却水流量的测定

用便携式超声波流量计测定或在进水管上安装水表计量。便携式超声波流量计的精度等级应不低于1%，水流量计(水表)的精度等级应不低于1%。

- 便携式超声波流量计安装测定点应满足下列要求：
- 选择充满流体的材质均匀质密、易于超声波传输出的管段。
 - 安装距离应选择上游大于10倍直管径、下游大于5倍直管径以内无任何阀门、弯头、变径等均匀的直管段。

6.6.6.3 冷却水温度的测定

用玻璃温度计直接测定进、出冷却水的温度。

6.6.6.4 计算方法

冷却水带出热量依据式(16)计算。

$$Q_{ls} = 4.1868 \times m_{ls} \times (t'_{ls} - t_{ls}) \dots\dots\dots (16)$$

式中：
 Q_{ls} —— 冷却水带出热量，单位为千焦每小时(kJ/h)；
 m_{ls} —— 进出体系的冷却水量，单位为千克每小时(kg/h)；
 t'_{ls} —— 出体系时冷却水温度，单位为摄氏度(℃)；
 t_{ls} —— 进体系时冷却水温度，单位为摄氏度(℃)。

6.6.7 冷却风带出热量的测定

6.6.7.1 测定参数

流量断面的截面积、动压、静压、气体流速，吹向窑体前的冷却风温度、吹向窑体后的反射风温度。

6.6.7.2 冷却风动压、静压、流速、截面积的测定

测定参数、仪器和仪器精度见表3。

表 3 测定参数、仪器和仪器精度

| 测定参数 | 测定仪器 | 仪器精度 |
|------|------------------------------|--|
| 动压 | 标准型皮托管或 S 型皮托管和数字压力计,微压计 | 数字压力计精度等级应不低于 1%,微压计精度等级应不低于 2%。 U 型管压力计的最小分度值应不大于 10 Pa。 热球式风速计的精度等级应不低于 5%。 钢卷尺符合 QB/T 2443 规定的 1 级精度 |
| 静压 | 标准型皮托管或 S 型皮托管和数字压力计,U 型管压力计 | |
| 流速 | 标准型皮托管或 S 型皮托管和数字压力计,热球式风速计 | |
| 截面积 | 钢卷尺 | |

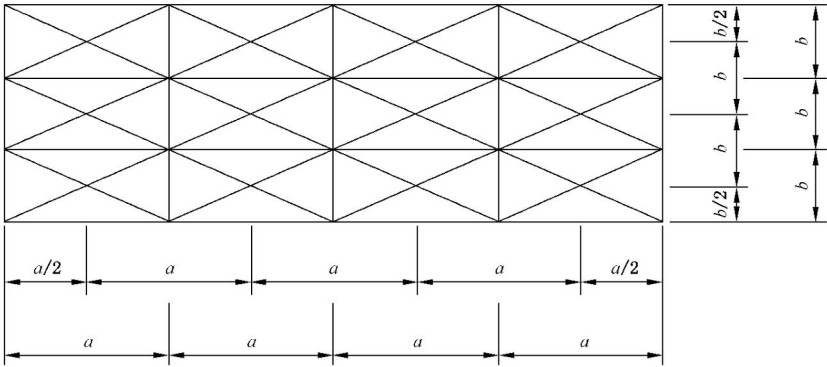
气体管道上的测孔,应尽量避免选在靠弯曲、变形和有闸门的地方,避免涡流和漏风的影响;测孔上游直线管道长大于 $6D$,测孔下游直线管道长大于 $3D$ (D 为管道直径)。

圆形管道采用对数-线性法求平均流速的测点位置(测点在相距 900 的四个半径上取),取法见表 4。

表 4 圆形管道测点位置

| 每个半径的测点数 | 测点离管壁的距离与管道直径的比值, y/D |
|----------|-------------------------------|
| 3 | 0.032 0.135 0.321 |
| 5 | 0.019 0.077 0.153 0.217 0.361 |

矩形管道中流量的测量方法可采用等面积小矩形法,各小矩形的中心为测定点。划分方法如图 3 所示。小矩形的数量取决于管道的边长,沿管道任一边长均匀分布的小矩形数量(测点排数)一般不应小于表 5 中所列的数值。



说明:
 a 、 b ——小矩形的边长。

图 3 矩形截面测点分布图

表 5 矩形管道测点数的选择

| 矩形管道截面边长 mm | <500 | >500~1 000 | >1 000~1 500 | >1 500~2 000 | >2 000~2 500 | >2 500 |
|----------------|------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 测点排数 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

用标准型皮托管或 S 型皮托管测定动压、气体流速时,应使标准型皮托管或 S 型皮托管的测量部分

与管道中气体流向平行,最大允许偏差角不得大于 10° 。

6.6.7.3 冷却风温度的测定

吹向窑体前的冷却风温度用最小分度值应不大于 1°C 的玻璃温度计在风机入口测定,吹向窑体后的反射风温度用抽气热电偶在冷却风风嘴处测定,抽气热电偶显示误差值应不大于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

6.6.7.4 计算方法

用皮托管测定,按式(17)计算冷却风流量。

$$V_{\text{lf}} = 3\,600 \times S_{\text{d}} \times K_{\text{d}} \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{\Delta p_i}}{n} \times \sqrt{\frac{2 \times (p + p_j) \times 273}{\rho_0 \times 101\,325 \times (273 + t_{\text{q}})}} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

V_{lf} ——冷却风量,单位为立方米每小时(m^3/h);

S_{d} ——流量截面的面积,单位为平方米(m^2);

K_{d} ——毕托管校正系数;

Δp_i ——流量截面内第 i 点的动压值,单位为帕(Pa);

n ——流量截面内的测点数;

p ——大气压,单位为帕(Pa);

p_j ——流量截面内的静压,单位为帕(Pa);

ρ_0 ——标准状态下气体的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

t_{q} ——流量截面内的气体平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

用热球式风速计测定,按式(18)计算冷却风流量。

$$V_{\text{lf}} = 3\,600 \times \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i}{n} \times \frac{273}{273 + t_{\text{k}}} \times \frac{p + p_j}{101\,325} \times S_{\text{d}} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

V_{lf} ——冷却风量,单位为立方米每小时(m^3/h);

ω_i ——流量截面内第 i 点气体流速,单位为米每秒(m/s);

n ——流量截面内的测点数;

t_{k} ——流量截面内的气体平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

p ——大气压,单位为帕(Pa);

p_j ——流量截面内的静压,单位为帕(Pa);

S_{d} ——流量截面的面积,单位为平方米(m^2)。

冷却风带出热量按式(19)计算:

$$Q_{\text{lf}} = V_{\text{lf}} \times (c'_{\text{lf}} \times t'_{\text{lf}} - c_{\text{lf}} \times t_{\text{lf}}) \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

Q_{lf} ——冷却风带出热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

V_{lf} ——冷却风量,单位为立方米每小时(m^3/h);

c'_{lf} —— $0 \sim t'_{\text{lf}}$ 冷却风平均比热容,单位为千焦每立方米摄氏度 $[\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})]$,查附录C表C.1;

t'_{lf} ——吹向窑体后的反射风温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

c_{lf} —— $0 \sim t_{\text{lf}}$ 冷却风平均比热容,单位为千焦每立方米摄氏度 $[\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})]$,查附录C表C.1;

t_{lf} ——吹向窑体前的冷却风温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

6.6.8 烟气显热的测定

6.6.8.1 测定参数

烟气的动压、静压、流速、温度和成分。

6.6.8.2 烟气动压、静压、流速的测定

测定参数、仪器和仪器精度见 6.6.7.2 表 3。在主烟道截面三等分线上取 9 个测点如图 4(图中小圆圈为测点位置)测定。

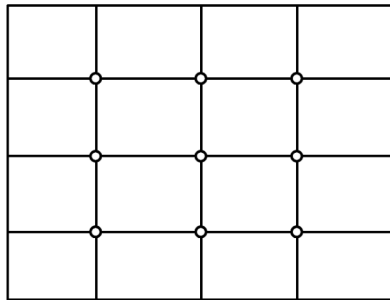


图 4 主烟道截面测点分布图

烟道上的测孔,应尽量避免选在靠弯曲、变形和有闸门的地方,避免涡流和漏风的影响。测孔上游直线管道长大于 $6D$,测孔下游直线管道长大于 $3D$ (D 为管道直径)。

6.6.8.3 烟气温度和成分的测定

用气体分析仪在窑炉的主烟道截面中心点测定烟气成分,测定元件应插入流动气流中间,不得插在死角区域。用热电偶允差符合 GB/T 16839.1 的铠装热电偶与温度显示仪表组合的热电偶测温仪测量窑体各小炉支烟道截面中心点的烟气温度,测三次,取平均值。

6.6.8.4 计算方法

烟气流量依据式(16)或式(17)计算,理论烟气量按附录 D 的公式计算。

出体系烟气显热依据式(20)计算。

$$Q_{yq} = V_{oy} \times c_y \times t_y \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

Q_{yq} ——出体系烟气显热,单位为千焦每小时(kJ/h);

V_{oy} ——出体系的烟气流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

c_y —— $0 \sim t_y$ 烟气平均比热容,单位为千焦每立方米摄氏度 [$kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$];按式(14)计算;

t_y ——烟气出体系时平均温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

6.6.9 燃料化学不完全燃烧热的测定

6.6.9.1 测定参数

出体系烟气流量,出体系烟气中 CO 、 $C_n H_m$ 的成分。

6.6.9.2 烟气流量的测定

采用 6.6.8 中烟气流量的测定数值。

6.6.9.3 CO、C_nH_m 成分的测定

用气体分析仪在窑炉的主烟道截面中心点测定。

6.6.9.4 计算方法

燃料化学不完全燃烧热依据式(21)计算。

$$Q_{rh} = (126 \times V_{co} + 108 \times V_{C_n H_m}) \times V_{oy} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

Q_{rh} ——燃料化学不完全燃烧热,单位为千焦每小时(kJ/h);

V_{co} ——体系烟气中 CO 的含量(体积分数),%;

$V_{C_n H_m}$ ——体系烟气中 C_n H_m 的含量(体积分数),%;

V_{oy} ——出体系的烟气流量,单位为立方米每小时(m³/h)。

6.7 输入体系热量测定

6.7.1 助燃空气显热的测定

6.7.1.1 测定参数

助燃空气动压、静压、流速和入体系温度。

6.7.1.2 动压、静压、流速的测定

同 6.6.7.2。

6.7.1.3 入体系温度的测定

用玻璃温度计在助燃空气风机入风口测定。

6.7.1.4 计算方法

助燃空气显热依据式(22)计算。

$$Q_{kx} = V_{ok} \times c_k \times t_k \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

Q_{kx} ——助燃空气显热,单位为千焦每小时(kJ/h);

V_{ok} ——助燃空气流量,单位为立方米每小时(m³/h),理论空气量的计算公式参见附录 D。

c_k ——助燃空气在 0~ t_k 时的平均比热容,单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m³·℃)],查附录 C 表 C.1;

t_k ——助燃空气入体系时温度,单位为摄氏度(℃)。

6.7.2 雾化介质显热的测定

6.7.2.1 测定参数

雾化介质动压、静压、流速和入体系温度。

6.7.2.2 动压、静压、流速的测定

同 6.6.7.2。

6.7.2.3 入体系温度的测定

用玻璃温度计在压缩风机进风口测定。

6.7.2.4 计算方法

雾化介质显热依据式(23)计算。

$$Q_{wx} = V_{ow} \times c_{wk} \times t_{wk} \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

Q_{wx} —— 雾化介质显热,单位为千焦每小时(kJ/h);

V_{ow} —— 压缩空气流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

c_{wk} —— 压缩空气在 $0 \sim t_{wk}$ 时的平均比热容,单位为千焦每立方米摄氏度 [$kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$],查附录 C 表 C.1;

t_{wk} —— 压缩空气入体系时温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

6.7.3 配合料显热的测定

6.7.3.1 测定参数

玻璃液质量、配合料温度、碎玻璃入窑温度。

6.7.3.2 玻璃液质量的测定

同 6.6.1.3。

6.7.3.3 配合料温度、碎玻璃入窑温度的测定

用红外测温仪在投料机下料口测定配合料温度、碎玻璃入窑温度。

6.7.3.4 计算方法

配合料显热依据式(24)计算。

$$Q_{px} = m_b \times (K_{bf} \times c_{fl} \times t_{fl} + K_{bs} \times c_s \times t_s) \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

Q_{px} —— 配合料显热,单位为千焦每小时(kJ/h);

m_b —— 玻璃液质量,单位为千克每小时(kg/h);

K_{bf} —— 熔成每千克玻璃液所需配合料量,单位为千克每千克(kg/kg);

c_{fl} —— 配合料在 $0 \sim t_{fl}$ 时的平均比热容,一般取 $c_{fl} = 0.963 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ C)$;

t_{fl} —— 配合料温度,单位为摄氏度($^\circ C$);

K_{bs} —— 熔成每千克玻璃液所需碎玻璃量,单位为千克每千克(kg/kg);

c_s —— 碎玻璃在 $0 \sim t_s$ 时的平均比热容,单位为千焦每千克摄氏度 [$kJ/(\text{kg} \cdot ^\circ C)$],计算方法参见附录 B;

t_s —— 碎玻璃温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

6.7.4 鼓泡气体显热的测定

6.7.4.1 测定参数

鼓泡气体动压、静压、流速和入体系温度。

6.7.4.2 动压、静压、流速的测定

同 6.6.7.2。

6.7.4.3 入体系温度的测定。

用玻璃温度计在鼓泡风机进风口测定。

6.7.4.4 计算方法

鼓泡气体显热依据式(25)计算。

$$Q_{gx}=V_{ok}\times c_k\times t_g\qquad\qquad\qquad\cdots\cdots\cdots(25)$$

式中：

- Q_{gx} ——鼓泡气体显热,位为千焦每小时(kJ/h)；
- V_{og} ——鼓泡气体流量,单位为立方米每小时(m³/h)；
- c_k ——鼓泡气体在 0~ t_k 时的平均比热容,单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m³·℃)],查附录 C 表 C.1；
- t_g ——鼓泡气体入体系时温度,单位为摄氏度(℃)。

6.7.5 电助熔热的测定

同 5.3。

6.7.6 燃料热值的测定

同 5.2.2。

7 测定报告

测试报告应至少包括以下内容：

- 窑炉的结构；
- 产品的种类、质量；
- 燃料的种类；
- 测定的仪器；
- 输入体系的能量；
- 输出体系的能量；
- 碎玻璃比例。

附 录 A

(资料性附录)

各种能源折标准煤参考系数

各种能源折标准煤参考系数见表 A.1。

表 A.1 各种能源折标准煤参考系数

| 能源名称 | | 平均低位发热量 | 折标准煤系数 |
|----------|----------|---|--|
| 原煤 | | 20 908 kJ/kg(5 000 kcal/kg) | 0.714 3 kgce/kg |
| 洗精煤 | | 26 344 kJ/kg(6 300 kcal/kg) | 0.900 0 kgce/kg |
| 其他洗煤 | 洗中煤 | 8 363 kJ/kg(2 000 kcal/kg) | 0.285 7 kgce/kg |
| | 煤泥 | 8 363 kJ/kg~12 545 kJ/kg (2 000 kcal/kg~3 000 kcal/kg) | 0.285 7 kgce/kg~0.428 6 kgce/kg |
| 焦炭 | | 28 435 kJ/kg(6 800 kcal/kg) | 0.971 4 kgce/kg |
| 石油焦粉 | | 35 125 kJ/kg(8 400 kcal/kg) | 1.180 0 kgce/kg |
| 原油 | | 41 816 kJ/kg(10 000 kcal/kg) | 1.428 6 kgce/kg |
| 燃料油 | | 41 816 kJ/kg(10 000 kcal/kg) | 1.428 6 kgce/kg |
| 汽油 | | 43 070 kJ/kg(10 300 kcal/kg) | 1.471 4 kgce/kg |
| 煤油 | | 43 070 kJ/kg(10 300 kcal/kg) | 1.471 4 kgce/kg |
| 柴油 | | 42 652 kJ/kg(10 200 kcal/kg) | 1.457 1 kgce/kg |
| 煤焦油 | | 33 453 kJ/kg(8 000 kcal/kg) | 1.142 9 kgce/kg |
| 液化石油气 | | 50 179 kJ/kg(12 000 kcal/kg) | 1.714 3 kgce/kg |
| 炼厂干气 | | 46 055 kJ/kg(11 000 kcal/kg) | 1.571 4 kgce/kg |
| 天然气 | | 38 931 kJ/m ³ (9 310 kcal/m ³) | 1.330 0 kgce/m ³ |
| 焦炉煤气 | | 16 726 kJ/m ³ ~17 981 kJ/kg (4 000 kcal/m ³ ~4 300 kcal/m ³) | 0.571 4 kgce/m ³ ~0.614 3 kgce/m ³ |
| 其他 煤气 | 发生炉煤气 | 5 227 kJ/m ³ (1 250 kcal/m ³) | 0.178 6 kgce/m ³ |
| | 重油催化裂解煤气 | 19 235 kJ/m ³ (4 600 kcal/m ³) | 0.657 1 kgce/m ³ |
| | 重油热裂解煤气 | 35 544 kJ/m ³ (8 500 kcal/m ³) | 1.214 3 kgce/m ³ |
| | 焦炭制气 | 16 308 kJ/m ³ (3 900 kcal/m ³) | 0.557 1 kgce/m ³ |
| | 压力气化煤气 | 15 054 kJ/m ³ (3 600 kcal/m ³) | 0.514 3 kgce/m ³ |
| | 水煤气 | 10 454 kJ/m ³ (2 500 kcal/m ³) | 0.357 1 kgce/m ³ |
| 粗苯 | | 41 816 kJ/kg(10 000 kcal/kg) | 1.428 6 kgce/m ³ |
| 热力(当量值) | | | 0.034 12 kgce/MJ |
| 电力(当量值) | | 3 600 kJ/kW·h[860 kcal/(kW·h)] | 0.122 9 kgce/(kW·h) |
| 标准煤(折) | | 29 271.2 kJ/kg(7 000 kcal/kg) | 1.000 0 kgce/kg |

附 录 B
(资料性附录)
玻璃液平均比热容计算

玻璃液平均比热容采用夏普法,按式(B.1)计算:

$$c_b = \frac{1}{0.001\,46t + 1} [w_1(a_1t + C_1) + w_2(a_2t + C_2) + \cdots + w_i(a_it + C_i)] \quad \cdots\cdots (B.1)$$

式中:

- t ——玻璃液温度,单位为摄氏度(℃);
- c_b ——0~ t 时玻璃液平均比热容,单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·℃)];
- $w_1, w_2 \cdots w_i$ ——玻璃成分中各种氧化物的含量(质量分数);
- $C_1, C_2 \cdots C_i$ ——常数,见表 B.1;
- $a_1, a_2 \cdots a_i$ ——常数,见表 B.1。

表 B.1 夏普比热容计算常数表

| | SiO ₂ | B ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | SO ₃ | MgO | CaO | PbO | Na ₂ O | KO |
|-------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|-------------------|----------|
| a_i | 0.001 96 | 0.002 50 | 0.001 90 | 0.003 48 | 0.002 15 | 0.001 72 | 0.000 05 | 0.003 47 | 0.001 86 |
| C_i | 0.693 8 | 0.810 1 | 0.739 0 | 0.791 3 | 0.896 8 | 0.715 5 | 0.205 2 | 0.933 2 | 0.735 2 |

附录 C

(资料性附录)

常用气体的平均定压比热容

常用气体的平均定压比热容见表 C.1, 烃类气体的平均定压比热容见表 C.2, 各种硅酸盐形成反应热见表 C.3。

表 C.1 常用气体的平均定压比热容 c_p 单位为千焦每立方米摄氏度

| 温度 ℃ | CO ₂ | N ₂ | O ₂ | H ₂ O | 空气 (干) | H ₂ | CO | H ₂ S | SO ₂ |
|---------|-----------------|----------------|----------------|------------------|-----------|----------------|-------|------------------|-----------------|
| 0 | 1.593 | 1.293 | 1.305 | 1.494 | 1.295 | 1.277 | 1.302 | 1.264 | 1.733 |
| 100 | 1.713 | 1.296 | 1.317 | 1.506 | 1.300 | 1.290 | 1.302 | 1.541 | 1.813 |
| 200 | 1.796 | 1.300 | 1.338 | 1.522 | 1.308 | 1.298 | 1.311 | 1.574 | 1.888 |
| 300 | 1.871 | 1.306 | 1.357 | 1.542 | 1.318 | 1.302 | 1.319 | 1.608 | 1.959 |
| 400 | 1.938 | 1.317 | 1.378 | 1.565 | 1.329 | 1.302 | 1.331 | 1.645 | 2.018 |
| 500 | 1.997 | 1.329 | 1.398 | 1.585 | 1.343 | 1.306 | 1.344 | 1.683 | 2.073 |
| 600 | 2.049 | 1.341 | 1.417 | 1.613 | 1.357 | 1.311 | 1.361 | 1.721 | 2.114 |
| 700 | 2.097 | 1.354 | 1.432 | 1.641 | 1.371 | 1.315 | 1.373 | 1.759 | 2.152 |
| 800 | 2.140 | 1.367 | 1.450 | 1.668 | 1.385 | 1.319 | 1.390 | 1.796 | 2.186 |
| 900 | 2.179 | 1.380 | 1.465 | 1.696 | 1.398 | 1.323 | 1.403 | 1.830 | 2.215 |
| 1 000 | 2.214 | 1.392 | 1.478 | 1.722 | 1.410 | 1.327 | 1.415 | 1.863 | 2.240 |
| 1 100 | 2.245 | 1.404 | 1.490 | 1.750 | 1.422 | 1.336 | 1.428 | 1.892 | 2.261 |
| 1 200 | 2.275 | 1.415 | 1.501 | 1.777 | 1.433 | 1.344 | 1.440 | 1.922 | 2.278 |
| 1 300 | 2.301 | 1.426 | 1.511 | 1.803 | 1.444 | 1.352 | 1.449 | 1.947 | |
| 1 400 | 2.325 | 1.436 | 1.520 | 1.824 | 1.454 | 1.361 | 1.461 | 1.972 | |
| 1 500 | 2.345 | 1.446 | 1.529 | 1.853 | 1.463 | 1.369 | 1.465 | 1.997 | |
| 1 600 | 2.368 | 1.454 | 1.538 | 1.877 | 1.472 | 1.378 | 1.470 | | |
| 1 700 | 2.387 | 1.458 | 1.546 | 1.900 | 1.480 | 1.386 | 1.478 | | |
| 1 800 | 2.405 | 1.470 | 1.554 | 1.922 | 1.487 | 1.394 | 1.486 | | |

表 C.2 烃类气体的平均定压比热容 c_p 单位为千焦每立方米摄氏度

| 温度 ℃ | CH ₄ | C ₂ H ₂ | C ₂ H ₄ | C ₃ H ₆ | C ₄ H ₈ | C ₃ H ₈ | C ₄ H ₁₀ | C ₅ H ₁₂ |
|---------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 1.566 | 1.871 | 1.716 | 2.178 | 3.069 | 3.831 | 4.207 | 5.212 |
| 100 | 1.658 | 2.047 | 2.106 | 2.504 | 3.533 | 4.295 | 4.752 | 5.924 |
| 200 | 1.767 | 2.185 | 2.328 | 2.797 | 4.140 | 4.743 | 5.233 | 6.631 |
| 300 | 1.892 | 2.290 | 2.529 | 3.077 | 4.400 | 5.162 | 5.715 | 7.293 |

表 C.2 (续)

单位为千焦每立方米摄氏度

| 温度 ℃ | CH ₄ | C ₂ H ₂ | C ₂ H ₄ | C ₃ H ₆ | C ₄ H ₈ | C ₃ H ₈ | C ₄ H ₁₀ | C ₅ H ₁₂ |
|---------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 400 | 2.022 | 2.370 | 2.721 | 3.337 | 4.798 | 5.564 | 6.196 | 7.929 |
| 500 | 2.144 | 2.437 | 2.893 | 3.571 | 5.129 | 5.916 | 6.627 | 8.474 |
| 600 | 2.269 | 2.508 | 3.048 | 3.806 | 5.455 | 6.271 | 7.058 | 9.022 |
| 700 | 2.357 | 2.575 | 3.190 | 4.015 | 5.769 | 6.589 | 7.452 | 9.319 |
| 800 | 2.470 | 2.629 | 3.341 | 4.207 | 6.041 | 6.887 | 7.812 | 9.901 |
| 900 | 2.596 | 2.684 | 3.450 | 4.379 | 6.305 | 7.159 | 8.139 | 10.265 |
| 1 000 | 2.709 | 2.734 | 3.567 | 4.542 | 6.523 | 7.410 | 8.444 | 10.600 |

表 C.3 各种硅酸盐形成反应热

| 序号 | 组分 | | 分解 氧化物 | 最后产物 | 耗热量 kJ/kg | | 逸出气 体产物 | 气体数量 m ³ /kg | | 比率 | |
|----|------|---|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------|------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 名称 | 分子式 | | | 以千克 分解氧 化物计 | 以千克 组分计 | | 以千克 分解氧 化物计 | 以千克 组分计 | 组分/ 分解 氧化物 | 分解氧 化物/ 组分 |
| 1 | 石灰石 | CaCO ₃ | CaO | CaSiO ₃ | 1 536.6 | 860.4 | CO ₂ | 0.400 | 0.224 | 1.785 | 0.560 |
| 2 | 纯碱 | Na ₂ CO ₃ | Na ₂ O | Na ₂ SiO ₃ | 951.7 | 556.8 | CO ₂ | 0.360 | 0.210 | 1.710 | 0.585 |
| 3 | 芒硝 | Na ₂ SO ₄ | Na ₂ O | Na ₂ SiO ₃ | 3 467.1 | 1 514.0 | SO ₂ + CO ₂ | 0.363 + 0.180 | 0.158 + 0.079 | 2.290 | 0.437 |
| 4 | 硝酸钠 | NaNO ₃ | Na ₂ O | Na ₂ SiO ₃ | 4 144.9 | 1 507.3 | NO ₂ + O ₂ | | | | |
| 5 | 冰晶粉 | Na ₃ AlF ₆ | Na ₂ O | Na ₂ SiO ₃ | 951.7 | | F | | | | |
| 6 | 碳酸钾 | K ₂ CO ₃ | K ₂ O | K ₂ SiO ₃ | 996.5 | 678.7 | CO ₂ | 0.236 | 0.160 | 1.470 | 0.680 |
| 7 | 硝石 | KNO ₃ | K ₂ O | K ₂ SiO ₃ | 3 166.1 | 1 473.3 | N ₂ O ₅ | 0.239 | 0.111 | 2.150 | 0.465 |
| 8 | 菱镁石 | MgCO ₃ | MgO | MgSiO ₃ | 3 466.1 | 1 657.1 | CO ₂ | 0.553 | 0.264 | 2.090 | 0.479 |
| 9 | 白云石 | CaMg(CO ₃) ₂ | CaO + MgO | CaMg(SiO ₃) ₂ | 2 757.4 | 1 441.5 | CO ₂ | 0.463 | 0.241 | 1.913 | 0.523 |
| 10 | 硼酸 | H ₂ BO ₃ | B ₂ O ₃ | B ₂ O ₃ | 3 018.7 | 1 693.6 | H ₂ O | 0.960 | 0.541 | 1.770 | 0.565 |
| 11 | 硼砂 | Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O | B ₂ O ₃ | Na ₂ SiO ₃ | 1 364.9 | | H ₂ O | | | | |
| 12 | 碳酸钡 | BaCO ₃ | BaO | BaSiO ₃ | 988.1 | 768.3 | CO ₂ | 0.146 | 0.013 | 1.290 | 0.775 |
| 13 | 硝酸钡 | Ba(NO ₃) ₂ | BaO | BaSiO ₃ | 2 260.9 | 1 327.2 | N ₂ O ₅ | 0.146 | 0.085 | 1.710 | 0.585 |
| 14 | 硫酸钡 | BaSO ₄ | BaO | BaSiO ₃ | 2 260.9 | | | | | | |
| 15 | 红丹 | PbO | | PbSiO ₃ | 1 256.0 | | | | | | |
| 16 | 氢氧化铝 | Al(OH) ₃ | Al ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | 1 766.8 | 1 155.6 | H ₂ O | 0.656 | 0.430 | 1.530 | 0.655 |

附 录 D
(资料性附录)
理论空气量和烟气的计算

D.1 液体燃料理论空气量 V_k^o (m^3/kg)、理论烟气量 V_y^o (m^3/kg)

液体燃料理论空气量 V_k^o 、理论烟气量 V_y^o 分别按式(D.1)和式(D.2)计算:

$$V_k^o = \frac{0.203Q_{\text{DW}}^y}{1\ 000} + 2 \quad \dots\dots\dots (\text{D.1})$$

$$V_y^o = \frac{0.265Q_{\text{DW}}^y}{1\ 000} \quad \dots\dots\dots (\text{D.2})$$

D.2 气体燃料理论空气量 V_k^o (m^3/m^3)、理论烟气量 V_y^o (m^3/m^3)

D.2.1 煤气

煤气燃料理论空气量 V_k^o 、理论烟气量 V_y^o 分别按式(D.3)~式(D.6)计算:

当 $Q_{\text{DW}}^y < 12\ 500\ \text{kJ}/\text{m}^3$ 时:

$$V_k^o = \frac{0.209Q_{\text{DW}}^y}{1\ 000} \quad \dots\dots\dots (\text{D.3})$$

$$V_y^o = \frac{0.173Q_{\text{DW}}^y}{1\ 000} \quad \dots\dots\dots (\text{D.4})$$

当 $Q_{\text{DW}}^y > 12\ 500\ \text{kJ}/\text{m}^3$ 时:

$$V_k^o = \frac{0.26Q_{\text{DW}}^y}{1\ 000} - 0.25 \quad \dots\dots\dots (\text{D.5})$$

$$V_y^o = \frac{0.272Q_{\text{DW}}^y}{1\ 000} + 0.25 \quad \dots\dots\dots (\text{D.6})$$

D.2.2 天然气

天然气燃料理论空气量 V_k^o 、理论烟气量 V_y^o 分别按式(D.7)和式(D.8)计算:

$$V_k^o = \frac{0.263\ 9Q_{\text{DW}}^y}{1\ 000} + 0.02 \quad \dots\dots\dots (\text{D.7})$$

$$V_y^o = \frac{0.263\ 9Q_{\text{DW}}^y}{1\ 000} + 0.02 \quad \dots\dots\dots (\text{D.8})$$



GB/T 39809—2021

版权专有 侵权必究

*

书号:155066 · 1-64992