

中華民國國家標準

CNS

## 水泥工業用窯爐之熱平衡計算方法

總號 11081

類號 R3118

## Method for Calculating Heat Balancing of Cement Rotary Kiln

1. 適用範圍：本標準規定有關製造卜特蘭水泥熟料之窯爐（旋窯及其附屬設備）之熱平衡計算方法。

附註：本標準中 { } 內之單位及數值係為國際單位 SI 制，併記以供參考。

2. 基 準：

- 2.1 熱平衡計算須依據旋窯在正常運轉下，24 小時以上之連續運轉實績作計算。
- 2.2 熱平衡計算應以每一公噸卜特蘭水泥熟料為基準作計算。
- 2.3 熱平衡計算之基準溫度，規定為爐外周邊溫度。
- 2.4 燃料之發熱量，採用使用時之低發熱量。

3. 記錄測定事項：

3.1 有關設備之記錄：須記錄下列各項。

- (1) 廠名、公司名及其地址。
- (2) 旋窯之編號。
- (3) 製造方法<sup>(1)</sup>。
- (4) 旋窯尺度（內徑及全長）。
- (5) 有效內容積<sup>(2)</sup>。
- (6) 使用燃料之種類。
- (7) 燃燒器之型式。
- (8) 冷卻機之型式及其尺寸<sup>(3)</sup>。
- (9) 懸浮式預熱器之型式及旋風筒之段數與各段之直徑。
- (10) 煨燒爐之型式、座數、尺度（內徑及高度）及有效內容積<sup>(2)</sup>。
- (11) 雷波預熱器之型式及爐格之尺度（長度及寬度）
- (12) 沿革<sup>(4)</sup>。

註：1. 乾式（是否有餘熱鍋爐，懸浮式預熱器及煨燒裝置），半乾式，濕式（是否附有餘熱鍋爐及過濾機）等。

2. 旋窯窯殼內尚未砌磚時之內容積。但衛星式冷卻機時，應算至落口之中心為內容積。

3. 空氣激冷式冷卻機時，爐格之尺度（有效長度及寬度），衛星式冷卻機時，各管之尺度（直徑及長度）及支數。

4. 建造及改造年月日及改造之概要。

3.2 測定事項：須測定下列各項。

- (1) 測定期間（年、月、日、時刻）及測定者之姓名。
- (2) 氣候、氣壓、風速及爐外周邊之溫度及濕度。
- (3) 卜特蘭水泥熟料之產量。
- (4) 卜特蘭水泥熟料之化學成分組成及石灰飽和度。
- (5) 卜特蘭水泥熟料在冷卻機入口及出口之溫度。
- (6) 由乾生料產生之排氣量。
- (7) 生料之使用量，水分及溫度。
- (8) 燃料之種類、品名、組成（使用時）<sup>(5)</sup>、發熱量、溫度及使用量。
- (9) 燃燒用之一次空氣及二次空氣之容量，溫度及一次空氣之靜壓。
- (10) 煨燒爐用流動化空氣之容量、溫度及靜壓。
- (11) 預熱機出口之排氣容量、溫度、靜壓，組成及空氣比。
- (12) 旋窯排氣之容量、溫度、靜壓，組成及空氣比。
- (13) 空氣激冷式冷卻機之冷卻空氣及冷卻機排氣管之排氣容量及溫度。
- (14) 預熱機出口處（無預熱機時旋窯出口處）之飛散灰塵量。

註：5. 燃料之組成（%）應依使用之燃料，測定下列項目，但（ ）內者僅限於有作元素分析時方記載之。

(a) 使用重油時：水分、灰分、硫分、（碳）、（氫）、（氧）及（氮）。

（共33頁）

公 布 日 期  
73 年 10 月 15 日

經 濟 部 標 準 檢 驗 局 印 行

修 訂 日 期  
年 月 日

印行日期94年10月

本標準非經本局同意不得翻印

甲 4 (210×297)

(b) 使用煤炭時：濕分、水分、灰分、揮發分、固定碳、燃燒性硫、(碳)、(氫)、(氧) 及 (氮)。

#### 4. 測定方法：

4.1 熟料之產量，組成 (%)、石灰飽和度及溫度：須依照如下方法測定。

4.1.1 生產量須實際測量，但從送入之生料乾基量換算亦可。

4.1.2 組成 (%) 及石灰飽和度須依下述方法求出。

4.1.2.1 組成 (%) 須依照 CNS 1078 卜特蘭水泥化學分析法求出其化學成分。

4.1.2.2 石灰飽和度 (L.S.D) 須從水泥熟料組成 (%) 依照下述公式求出。

$$L.S.D = \frac{(CaO)}{2.8(SiO_2) + 1.2(Al_2O_3) + 0.65(Fe_2O_3)}$$

式內，(CaO) = 水泥熟料中之氧化鈣 (%)

(SiO<sub>2</sub>) = 水泥熟料中之二氧化矽 (%)

(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 水泥熟料中之氧化鋁 (%)

(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 水泥熟料中之氧化鐵 (%)

4.1.3 溫度須儘量靠近冷卻機之入口及出口處測定。

4.2 從乾生料產生之排氣量 (水蒸氣量及二氧化碳量)：每 1 kg 水泥熟料乾生料產生之排氣量，須由水泥熟料組成 (%)，依照下述公式求出。

4.2.1 水泥熟料中之氧化鋁，如假設來自高嶺土，則高嶺土之量 (Ka) (Kg) 即如下。

$$K_a = \frac{258}{102} \times \frac{(Al_2O_3)}{100} = 2.53 \times \frac{(Al_2O_3)}{100}$$

由此產生水蒸氣質量及容量 [m<sub>H<sub>2</sub>O</sub>(kg) V<sub>H<sub>2</sub>O</sub>(m<sup>3</sup><sub>N</sub>)] 須依照下列公式求出。

$$m_{H_2O} = \frac{36}{102} \times \frac{(Al_2O_3)}{100} = 0.353 \times \frac{(Al_2O_3)}{100}$$

$$V_{H_2O} = \frac{44.8}{102} \times \frac{(Al_2O_3)}{100} = 0.439 \times \frac{(Al_2O_3)}{100}$$

式內，(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 水泥熟料中之氧化鋁 (%)

4.2.2 水泥熟料中之氧化鈣 (CaO) 及氧化鎂 (MgO) 假設來自碳酸鈣 (CaCO<sub>3</sub>) (kg) 及碳酸鎂 (MgCO<sub>3</sub>) (kg)，碳酸鈣及碳酸鎂之量即如下：

$$(CaCO_3) = \frac{100}{56} \times \frac{(CaO)}{100} = 1.786 \times \frac{(CaO)}{100}$$

$$(MgCO_3) = \frac{84}{40} \times \frac{(MgO)}{100} = 2.10 \times \frac{(MgO)}{100}$$

由此產生之二氧化碳質量及容量 [(m<sub>CO<sub>2</sub></sub> (kg) 及 V<sub>CO<sub>2</sub></sub> (m<sup>3</sup><sub>N</sub>)] 須依照下列公式求出。

$$m_{CO_2} = \frac{44}{56} \times \frac{(CaO)}{100} + \frac{44}{40} \times \frac{(MgO)}{100}$$

$$= 0.786 \times \frac{(CaO)}{100} + 1.1 \times \frac{(MgO)}{100}$$

$$V_{CO_2} = \frac{22.4}{56} \times \frac{(CaO)}{100} + \frac{22.4}{40} \times \frac{(MgO)}{100}$$

$$= 0.40 \times \frac{(CaO)}{100} + 0.56 \times \frac{(MgO)}{100}$$

式內，(CaO) = 水泥熟料中之氧化鈣 (%)

(MgO) = 水泥熟料中之氧化鎂 (%)

備註 1. 如使用水淬爐渣為原料之一部分時，(CaO) 及 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 之量，應先扣減來自爐渣之 (CaO) 及 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，即依下述方法修正後，再依上述公式計算。

(a) (CaO) 如從石灰石及爐渣產生時，其比例R須依下述公式計算得之。

$$R = \frac{C_1 \times m_1}{C_2 \times m_2}$$

式內， $C_1$  = 石灰石中之 (CaO) 含量 (%)

$C_2$  = 爐渣中之 (CaO) 含量 (%)

$m_1$  = 生料中之石灰石配比 (%)

$m_2$  = 生料中之爐渣配比 (%)

(b) 從石灰石產生之氧化鈣 [CaO] 含量 (%)，由 (a) 式依下述公式計算得之。

$$[\text{CaO}] = (\text{CaO}) \times \frac{R}{1+R}$$

(C) 從黏土產生之氧化鋁 [ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ] 含量 (%)，由 (a) 式依下述公式計算得之。

$$[\text{Al}_2\text{O}_3] = (\text{Al}_2\text{O}_3) - (\text{CaO}) \times \frac{1}{1+R} \times \frac{A}{C_2}$$

式內，A = 爐渣中之氧化鋁含量 (%)

( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) = 水泥熟料中之氧化鋁含量 (%)

(CaO) = 水泥熟料中之氧化鈣含量 (%)

備註 2. 因攪入燃料中之灰分，而需補正成分時，比照爐渣計算方法施行之。

備註 3.  $m_w^s$  係氣體於標準狀態 [0°C, 760 mmHg {101.3kPa}] 時之體積單位。

4.3 生料使用量、水分、溫度及發熱量：須依照下述方法測定之。

4.3.1 乾生料之使用量：水泥熟料每 1 kg 產生之氣體量，已由第 4.2 節之方法計算為 [ $m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{CO}_2}$ ] (kg)，因此水泥熟料每 1 kg 之乾基生料之使用量  $m_m$  (kg) 須依下述公式計算之。

$$m_m = 1.0 + [m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{CO}_2}]$$

4.3.2 生料之水分及溫度：須從旋窯入口，懸浮式預熱機或雷波式預熱機入口處採樣測定之。

4.3.3 生料之發熱量：如生料中有可燃物時，其發熱量須依照第 4.4 節方法測定之。

4.4 燃料之組成、發熱量及使用量：依照下述方法測定之。

4.4.1 燃料組成之試驗方法須依照下列 CNS 之有關標準測定之。

(1) CNS 1217 石油及其產品之取樣法。

(2) CNS 3576 石油產品灰分檢驗法。

(3) CNS 3517 石油與瀝青類產品之水分測定法。

(4) CNS 6360 石油產品硫分測定法 (氧彈法)。

(5) CNS 10821~10834 煤炭及焦炭之內含水分定量法等有關煤炭及焦炭元素分析 CNS 標準。

4.4.2 發熱量須依照下列 CNS 之有關標準測定之。

(1) CNS 6359 液體烴類燃料之燃燒熱測定法 (彈卡計法)。

(2) CNS 10835 固體燃料之總熱值測定法 (彈卡計法) 及淨熱值之計算。

4.4.3 使用量：

4.4.3.1 重油之使用量由容積式流量計或測定油槽之容積量，再以比重換算為質量。

4.4.3.2 煤炭之使用量以噴煤狀態之質量表示之。

註：6. 重油之比重依 CNS 1221 原油及石油產品比重測定法 (比重計法) 測定之。

4.5 燃燒用空氣之容量及溫度：依照下述方法測定之。

4.5.1 容量：

4.5.1.1 一次空氣量，煅燒爐用流動空氣量及煅燒爐用三次空氣量要以孔口流量計 (Orifice)，細腰管流量計 (Venturi)，或用皮托管流量計 (Pitot tube) 測定之。

4.5.1.2 二次空氣量，須從燃料組成，使用量及由旋窯排氣之組成以計算求得之總量與一次空氣量之差求得。

4.5.2 溫度：

4.5.2.1 一次空氣溫度在未加入燃料以前測定之。

4.5.2.2 儘量利用吸引式高溫計測定二次空氣溫度。

4.6 預熱機排氣量、溫度、壓力，組成及空氣比：依照下述方法測定之。

4.6.1 容量：須從生料及燃料之使用量，組成及從預熱機排氣組成以計算求得。