

廢棄物熱值檢測方法—燃燒彈熱卡計法

中華民國九十三年十一月十九日環署檢字第0930084869號公告

自中華民國九十四年二月十五日起實施

NIEA R214.01C

一、方法概要

將樣品置入燃燒彈熱卡計內，再置於附有絕熱式燃燒彈夾套之水浴槽中，點火燃燒後，樣品所釋放之燃燒熱，由外圍水浴槽吸收，紀錄水浴槽上昇之溫度，乘上水及燃燒彈熱卡計水當量之和，乘上水之比熱，再除以樣品重量，即可求得樣品之熱值。

燃燒彈熱卡計隨水浴槽之溫度上昇，但因對外部絕熱，無二者間之熱傳現象，因此可免除溫度修正之步驟。

二、適用範圍

本方法適用於經粉碎後之可燃性廢棄物樣品及一般廢棄物（垃圾），包括垃圾中之紙類、纖維布類、木竹稻草類、廚餘類、塑膠類、皮革橡膠類及其他類粉碎樣品之熱值測定。

三、干擾

- （一）所測試之樣品若含有高揮發性物質、高爆炸性物質時，將影響發熱量之測定。
- （二）燃燒過程樣品濺出會造成負偏差。
- （三）發熱量低之樣品不容易完全燃燒，應妥善選擇輔助燃料，如雁皮紙、苯甲酸，添加已知熱值之輔助燃料以便助其完全燃燒。

四、設備及材料

- （一）烘箱：可設定 105 ± 5 者。
- （二）分析天平：可精稱至0.001 g。
- （三）燃燒彈熱卡計（如圖一），附有設備如下：
 1. 燃燒筒。
 2. 電子式溫度計或貝克曼溫度計附放大鏡，可正確讀取溫度至小數後第二位，並可以放大鏡讀取小數後第三位之估計值。

3. 鎳鉻絲(ϕ 0.1 mm \times 100 mm)。

(四) 氧氣鋼瓶附壓力閥、氣體壓力表。若非高純度氧氣鋼瓶，必須加裝純化設備，如過濾器、吸收瓶等。

(五) 定量瓶：容量2 L。

(六) 壓錠器。

五、試劑

(一) 試劑水：適用於重金屬及一般檢測分析，其比電阻應在10 M Ω -cm以上。

(二) 苯甲酸：試藥級，苯甲酸之發熱量為6,314 cal/g，通常用以測試水當量或當作輔助燃料使用。

(三) 雁皮紙：其發熱量為3,800至4,000 cal/g之間，用作包裝樣品或當作輔助燃料。

(四) 鎳鉻絲：其發熱量為775 cal/g，一般使用約為0.01 g。

六、採樣及保存

(一) 所有樣品依循採樣計畫執行，採樣計畫必須參照環保署公告之「一般廢棄物(垃圾)採樣方法」或「事業廢棄物採樣方法」撰擬。

(二) 為避免大氣濕度之干擾，樣品需妥善以乾燥箱保存，實驗分析之動作應儘速，讓樣品與大氣之接觸時間縮短。

七、步驟

(一) 將粉碎後之樣品，稱取約2 g置於坩鍋中，置入烘箱以105 \pm 5 \square 烘乾至少2小時，取出置於乾燥器中冷卻至室溫後，以分析天平精稱其重 W_1 。

(二) 將稱重後樣品，以「雁皮紙」包裝，置於燃燒彈熱卡計之燃燒皿上，使其與鎳鉻絲接觸，並將鎳鉻絲兩端纏於燃燒筒之兩電極棒上，牽引鎳鉻線連接於點火電極上。但若樣品發熱量過低或鎳鉻絲無法點燃時，則必須添加已知熱值之輔助燃料以便助其完全燃燒，通常所使用之輔助燃料有苯甲酸或其他已知熱值且可燃性高之物質。

- (三) 將燃燒筒組合完成。將燃燒筒上方之氣閥打開並將和氧氣筒相連之氣體導管鎖入燃燒筒上。緊密蓋上燃燒室之頂蓋，以壓力25 kg/cm²之氧氣導入燃燒彈熱卡計內。
- (四) 將燃燒彈熱卡計之蓋子打開（其下有兩電線切勿弄斷），將燃燒筒放定位後以定量瓶精取2 L之試劑水注入。依步驟（八）拆開燃燒筒後檢查燃燒筒內防漏之橡皮環是否有斷裂、老化或其他可能漏氣造成之原因並予以排除後再從步驟（二）重新進行分析。若無漏氣之現象，以定量瓶精取2 L之試劑水加入水浴槽，將燃燒彈熱卡計之蓋子下方之二電極連接於燃燒筒上方後蓋好。
- (五) 以橡皮環將左側馬達及燃燒彈熱卡計上方之攪拌器相連，並啟動攪拌器。
- (六) 點火後查看貝克曼溫度計之溫度是否有上昇之現象（約在點火後數秒即可發現），若無表示樣品並未點著（註1）。則依步驟（八）將燃燒彈熱卡計及彈筒拆開再從步驟（二）重新進行分析。
- (七) 若溫度有上昇之現象，則持續攪拌至樣品完全燃燒及水溫和燃燒筒之溫度達平衡（約15分鐘）後，再記錄其溫度值，讀取溫度值至小數第3位。（利用放大鏡讀取刻度或電子式溫度計均可）。
- (八) 關閉馬達開關，把馬達和攪拌器相連之橡皮環取下後拆開燃燒彈熱卡計，並將蓋子和燃燒筒相連之兩電極拆下，取出燃燒筒，並將水倒掉。將燃燒筒之氣閥打開排除氣體，拆燃燒筒，並將剩餘之鎳鉻絲清除，將燃燒筒內之水及坩堝內之殘餘灰分擦拭乾淨。
- (九) 每批次樣品分析後，最少需測一次水當量值，一般以苯甲酸為樣品依相同分析步驟測定之，其用意在於測定整個系統所吸收之熱值，並予以校正回正確值。

八、結果處理

$$E_W = H_{BA} \times W_{BA} / (T_U \times 1 \text{ cal/g}^\circ) - W_{H_2O}$$

E_W ：水當量(g)（註3）

H_{BA} ：苯甲酸之發熱量(cal/g)

W_{BA} ：苯甲酸重量(g)

T_U ：上升溫度(°C)

W_{H_2O} ：內圓筒水量(g)

$$\Delta K = (H_p \times W_p + H_{Ni} \times W_{Ni})$$

ΔK ：發熱補正值(cal) (註5)

H_p ：雁皮紙發熱量(cal/g)

W_p ：測定時所使用雁皮紙重量(g)

H_{Ni} ：鎳鉻絲發熱量(cal/g)

W_{Ni} ：測定時所使用鎳鉻絲重量(g)

$$H_i = [T_U \times (W_{H_2O} + E_W) \times 1 \text{ cal/g} - \Delta K] / W_1$$

H_i ：各類樣品乾基發熱量(kcal/kg)

W_1 ：樣品重量(g)

$$H_{Td} = \sum_{i=1}^7 H_i \times A_i / \sum_{i=1}^7 A_i$$

H_{Td} ：廢棄物乾基總熱值(kcal/kg)

7：七類可燃物

A_i ：各類樣品重量百分比 (註4)

$$H_h = (100 - W) / 100 \times H_d$$

H_h ：廢棄物濕基之高位發熱量(kcal/kg)

W ：廢棄物水分(%)

$$H_l = H_h - 6 (9 H + W)$$

H_l ：廢棄物濕基之低位發熱量(kcal/kg)

H ：廢棄物元素分析中氫含量(%)

九、品質管制

- (一) 樣品重複分析：每一樣品必須執行重複分析，若兩次分析的差值在10%以下，取其平均；若在10%以上，需再進行第三次測定。

(二) 若第三次測定值與前二次平均值的差值大於10 %時，則必須捨去前三次的實驗數據，重新混合樣品進行分析。

(三) 若第三次測定值與前二次平均值的差值小於10 %時，則取三次分析數據平均值作為該樣品之檢測結果。

十、精確度與準確度

略。

十一、參考資料

(一) 日本厚生省環境衛生局水道環境部環境整備課，燒卻施設各種試驗方法，昭和58年（1983）。

(二) 日本工業分析方法標準，JIS M8814，1994。

(三) Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter, ASTM D2015, 2000。

註1：未著火可能之原因為：

(1) 樣品在裝置燃燒筒或加氣時受震動而未壓到鎳鉻絲。

(2) 在綁鎳鉻絲時未綁好。

(3) 鎳鉻絲燒斷時產生之火花並未和樣品相觸。

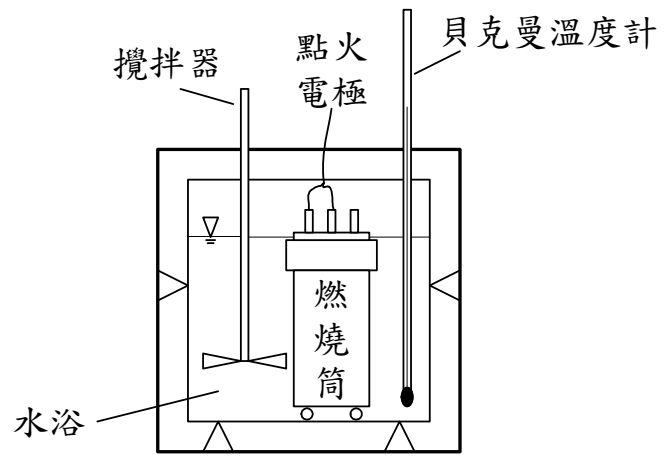
(4) 樣品本身之可燃分不高或熱值低，不易著火。

註2：本方法所測得之熱值為乾基高位熱值，再以計算方式求得濕基高位熱值及濕基低位熱值。

註3：水當量：燃燒筒內樣品燃燒時所產生之熱量不僅使內筒水量溫度上昇，燃燒室本體、內筒、攪拌器及溫度計等亦吸收熱量，因此其溫度上昇亦應列入考慮，此等熱量以水量表示時即稱為水當量。水當量之測定係利用熱量標定用苯甲酸1.0 g作樣品，以上述方法加以燃燒後利用公式計算求得。此時苯甲酸之燃燒，不需使用雁皮紙包裝，而係以成型器（壓錠機）擠壓成型後，置於燃燒皿上燃燒，進行測定。

註4：不燃物之熱值為0 kcal/kg。

註5：發熱補正值：因使用雁皮紙及鎳鉻線所造成發熱量誤差之修正。



圖一 燃燒彈熱卡計圖