

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

有害廢棄物焚化處理技術整合型研究--- 旋轉窯焚化系統處理有害事業廢棄物功能分析(II)

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：NSC89 - 2211 - E002 - 073

執行期間：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人：吳中興

共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：台灣大學農業機械工程研究所

中 華 民 國 89 年 10 月 5 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

有害廢棄物焚化處理技術整合型研究---

旋轉窯焚化系統處理有害事業廢棄物功能分析(II)

Performance Analysis on the Combustion-Related System of the Rotary Kiln Incinerator for the Treatment of Hazardous Wastes (II)

計畫編號：NSC89-2211-E002-073

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：吳中興 台灣大學農業機械工程研究所

一、中英文摘要

摘要

本子計劃配合總計劃與其餘諸子計劃，選擇大發工業區某工業用旋轉窯焚化廠為焚化試驗之研究對象。研究重點為旋轉窯焚化爐處理工業污泥與廢印刷電路板之焚化系統功能分析。研究計劃的執行，兼重理論研究與試驗之進行。首先完成旋轉窯焚化系統、有害事業廢棄物性質、焚化技術及污染防治技術相關資料之蒐集、研讀與彙整，並且訓練研究人員熟悉各種採樣、量測分析等儀器設備之操作與維護。本子計劃焚化試驗包括旋轉窯焚化爐各項設備之溫度量測，煙氣排放之採樣及分析。本研究子計劃根據焚化試驗量測的結果，完成工業用旋轉窯焚化爐處理有害事業廢棄物之功能分析。

關鍵詞：旋轉窯焚化系統、工業污泥、廢印刷電路板、有害事業廢棄物

ABSTRACT

This research cooperated with all other sub-projects to execute the study on the incineration of hazardous wastes in an industrial rotary kiln incinerator. The industrial rotary kiln incinerator set up in DaFa Industrial District was selected as the experimental object. The goal of this study focused on the performance analysis of the rotary kiln incinerator for the treatment of industrial sludge and waste printed circuit board. In the proceeding of the research, experimental test had the counterweight as theoretic study did. The first step was to

collect and review the references about rotary kiln incinerator, properties of hazardous waste, incineration technology and pollution control, and also to train the crew to familiarize the operation and maintenance of instrument in sampling, measuring and analyzing. The major issues of this sub-project included measuring of temperature and analysis the samples of waste gases. According to the experimental results, this study accomplished the performance analysis on the combustion system of the rotary kiln incinerator for the treatment of hazardous wastes.

Keywords: Rotary kiln incinerator, industrial sludge, waste printed circuit board, hazardous waste

二、緣由與目的

旋轉窯焚化爐為常見之有害事業廢棄物焚化處理設備。為了能達到有效地摧毀有害物質之目的，從旋轉窯焚化爐的設計到旋轉窯焚化系統之操作，皆是非常重要的關鍵。然而，要在運作中的旋轉窯焚化爐量測資料，實非一件容易的工作。在國外的文獻當中，有關旋轉窯焚化爐的試驗方面之研究有[1]~[3]。近年來由於電腦計算能力地迅速發展，可藉由數值模擬分析旋轉窯焚化系統之燃燒流場，熱傳質傳現象，以配合質能平衡理論之探討，關於此方面的文獻計有[4]~[8]。本研究子計劃參考文獻中之實驗方法，及焚化理論，以工業用旋轉窯焚化爐為實體，研究旋轉窯焚化爐處理國內有害事業廢棄物之功能分

析，如工業污泥[9]與廢印刷電路板等。本研究計劃的執行，兼重試驗方法與理論分析，希望藉由研究成果，提昇國內旋轉窯焚化爐對於有害事業廢棄物的處理能力。

三、結果與討論

本研究子計劃焚化試驗，藉由工業用污泥、廢印刷電路板等有害事業廢棄物之旋轉窯焚化處理，進行旋轉窯焚化系統處理有害事業廢棄物功能分析。研究計劃選定高雄大發工業區某工業用旋轉窯焚化爐為研究對象，該旋轉窯焚化爐係屬於灰渣式同向流動旋轉窯焚化爐(cocurrent RKI)，亦即爐窯操作溫度控制在 700~1200℃，物料與爐床上方空氣同向流動之旋轉窯焚化爐。此旋轉窯焚化爐的內徑為 1.71m，長度為 7.62m，傾斜度為 3.5°，使用 6 號重油為輔助燃料，爐窯旋轉速度為 0.1~0.8rpm，過剩空氣量為 100%。

焚化試驗可分為溫度的量測與煙道器分析兩大部分。溫度的量測部分，所使用的設備為 K type 熱耦感溫棒與 CAMPBELL 21x 資料擷取系統，溫度量測的位置分別為旋轉窯爐、二次室、旋風分離機、降溫塔、吸收塔及煙囪。煙道氣的採樣分析部分，所使用的儀器設備為 ECOM 煙道氣分析儀，採樣分析的位置為煙囪上半部。

圖 1.為工業污泥焚化處理旋轉窯爐與二次室之溫度分布圖，圖 2.為廢印刷電路板焚化處理旋轉窯爐與二次室之溫度分布圖。由圖 1.與圖 2.溫度分布的趨勢可以看出旋轉窯爐內的溫度分布不穩定，而二次室溫度分布變化是相對地穩定，此原因為旋轉窯爐內的溫度分布容易受到廢棄物進料的影響。一般而言，廢棄物在旋轉窯爐內的燃燒機制可分為乾燥、熱裂解、燃燒與後燃等四個反應程序，且需要充分地氧氣及均勻地混合攪拌，在足夠地滯留時間下，才能將有害之有機成分完全地摧毀，

而後將未完全燃燒之有機可燃氣體導引至二次室繼續燃燒，也因為如此，旋轉窯爐內的溫度變化相對於二次室的溫度變化較為不穩定。圖 3.為工業污泥焚化處理各項設備之最高溫度、平均溫度與最低溫度比較圖。就圖 3.中之平均溫度而言，旋轉窯爐內之平均溫度為 838℃，二次室為 930℃，旋風分離機為 479℃，降溫塔為 171℃，吸收塔為 123℃，煙囪為 105℃。其中需要說明的為二次室溫度的量測，雖然二次室的平均溫度低於 1000℃，這是因為溫度量測的位置為二次室入口處之位置。圖 4.為工業污泥與廢印刷電路板焚化處理之溫度比較圖。旋轉窯爐內平均溫度，工業污泥焚化為 838℃，而廢印刷電路板焚化為 686℃。二次室平均溫度，工業污泥焚化為 930℃，而廢印刷電路板焚化為 1025℃。雖然廢印刷電路板之熱值高於工業污泥，然而其需要較長的熱裂解反應時間，因此在旋轉窯爐內之溫度污泥焚化高於廢印刷電路板焚化，而二次室之溫度污泥焚化低於廢印刷電路板焚化。因此可以推論，廢印刷電路板焚化需要較長的固體滯留時間，故可以調低旋轉窯爐之旋轉速度以延長其固體滯留時間。表 1.為 ECOM 煙道氣分析儀所分析的結果，由資料顯示，此旋轉窯焚化系統對於工業污泥與廢印刷電路板焚化處理的結果，沒有測到 SO_x 與 NO_x 之濃度，同時此旋轉窯焚化系統功能亦具有良好的燃燒效率。

四、計畫成果自評

本研究計劃雖然完成了旋轉窯焚化爐處理有害事業廢棄物之功能分析。然而有礙於焚化試驗的量測技術，對於旋轉窯焚化爐燃燒流場的了解還是相當有限。尤其是試驗採樣的位置無法隨意地變更，無法得到旋轉窯焚化爐燃燒流場局部更詳盡之資料。因此本計劃之後續工作，需要研究更精確的試驗方法，此外尚可利用電腦的計算分析，試驗數據結果與數值計算模擬

驗證，俾使能更進一步地進行旋轉窯焚化系統之功能分析。

Waste Slagging rotary kiln.
Environmental Science & Technology.
37(9): 2534-2539.

五、參考文獻

- [1] Rovaglio, M.; Manca, D.; Biardi, G. 1998. Dynamic Modeling of Waste Incineration Plants with Rotary Kiln: Comparisons between Experimental and Simulation Data. *Chemical Engineering Science*. 53(15): 2727-2742.
- [2] Acharya, Prakash; Fogo, Denis; McBride Chris. 1996. Process Challenges in Rotary Kiln-Based Incinerators in Soil Remediation Projects. *Environmental Progress*. 15(4): 267-276.
- [3] Jakway, Allen L.; Sterling, Arthur M.; Cundy, Vic A.; Cook, Charles A.; Montestruc, Alfred N. 1995. In Situ Velocity Measurements from an Industrial Rotary Kiln Incinerator. *Journal of Air & Waste Management Association*. 45:877-885.
- [4] Boateng, A. A.; Barr, P. V. 1996. A Thermal Model for the Rotary Kiln Including Heat Transfer within the Bed. *International Journal of Heat Mass Transfer*. 39(10): 2131-2147.
- [5] Yang, L.; Faroul, B. 1997. Modeling of Solid Particle Flow and Heat Transfer in Rotary Kiln Calciners. *Journal of Air & Waste Management Association*. 47:1189-1196.
- [6] Wardenier, K.; Van Den Bulk E. 1997. Steady-State Waste Combustion and Air Flow Optimization a Field Scale Rotary Kiln. *Environmental Engineering Science*. 14(1): 43-54.
- [7] Leger, C. B.; Cundy, V. A.; Sterling, A. M. 1992. A Three-Dimensional Detailed Numerical Model of a Field-Scale Rotary Kiln Incinerator. *Environ. Sci. Technol.* 27: 677-690
- [8] Hhan, J. A.; Pal, D.; Morse, J. S. 1993. Numerical modeling of a rotary kiln incinerator. *Hazard Waste Hazard Mater.* 10(1): 81-95.
- [9] Veranth, John M.; Silcox, Geoffery D.; Pershing David W. 1997. Numerical Modeling of the Temperature Distribution in a Commercial Hazardous

圖1.工業污泥焚化處理旋轉窯爐與二次室之溫度分布圖

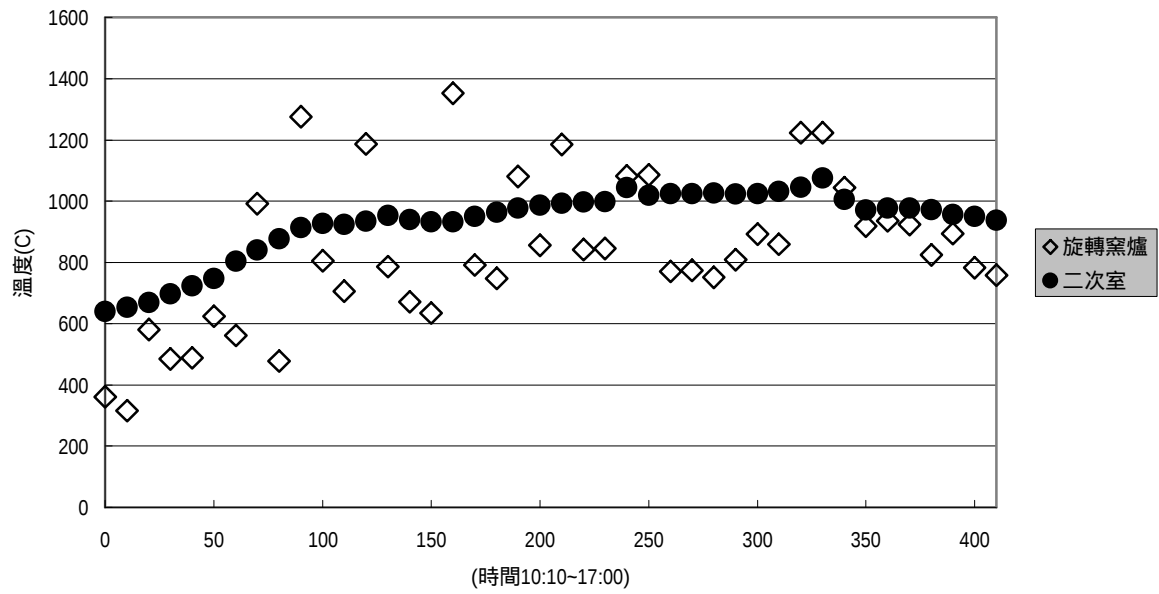


圖2.廢印刷電路板焚化處理旋轉窯爐與二次室之溫度分布圖

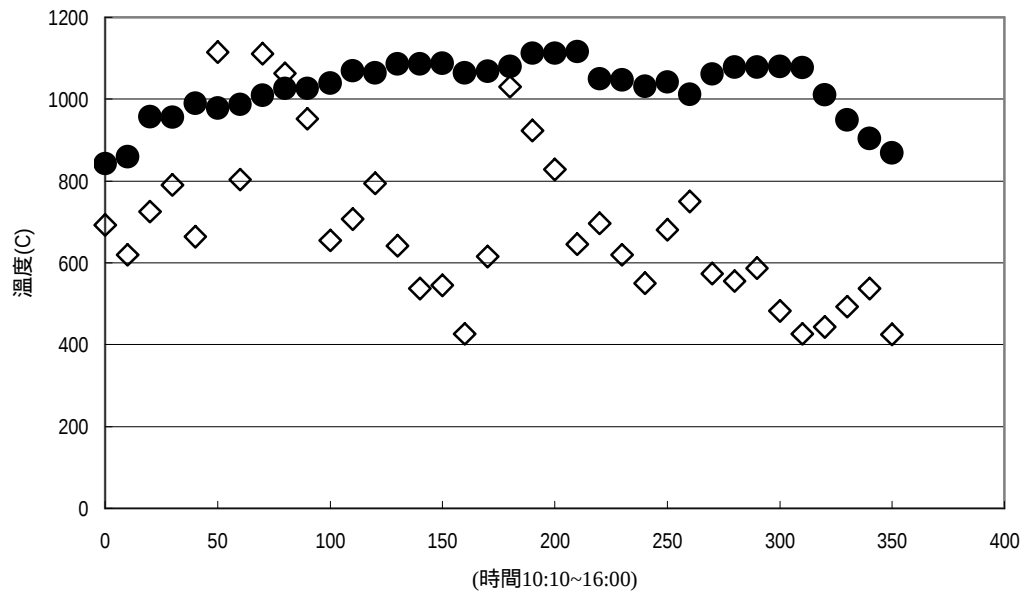


圖3.工業污泥焚化處理各項設備之溫度比較圖

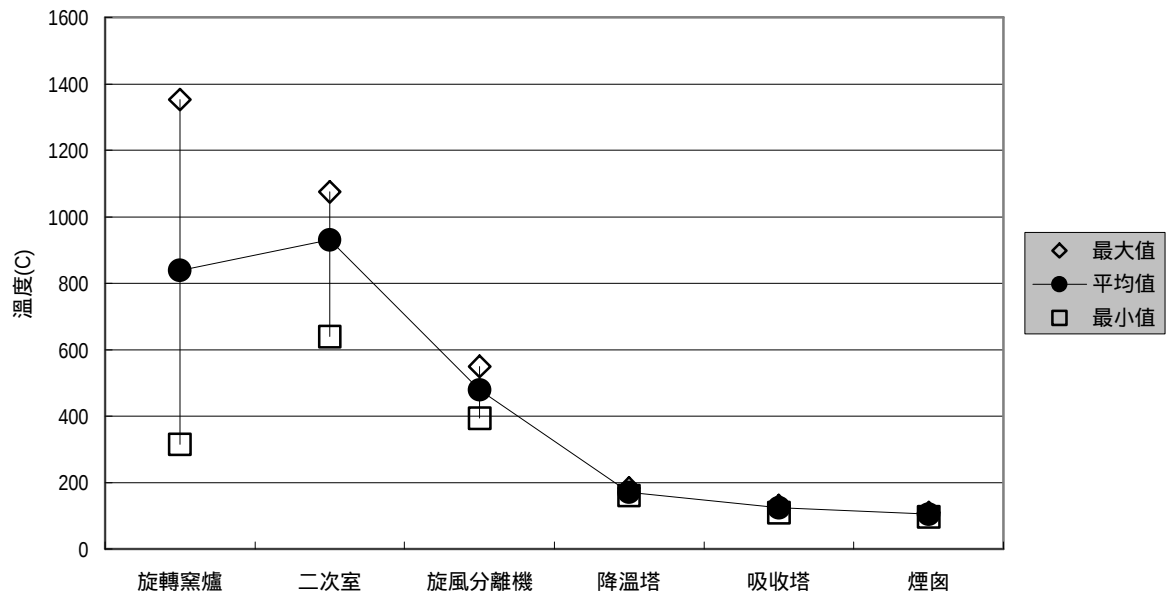


圖4.工業污泥與廢印刷電路板焚化處理之溫度比較圖

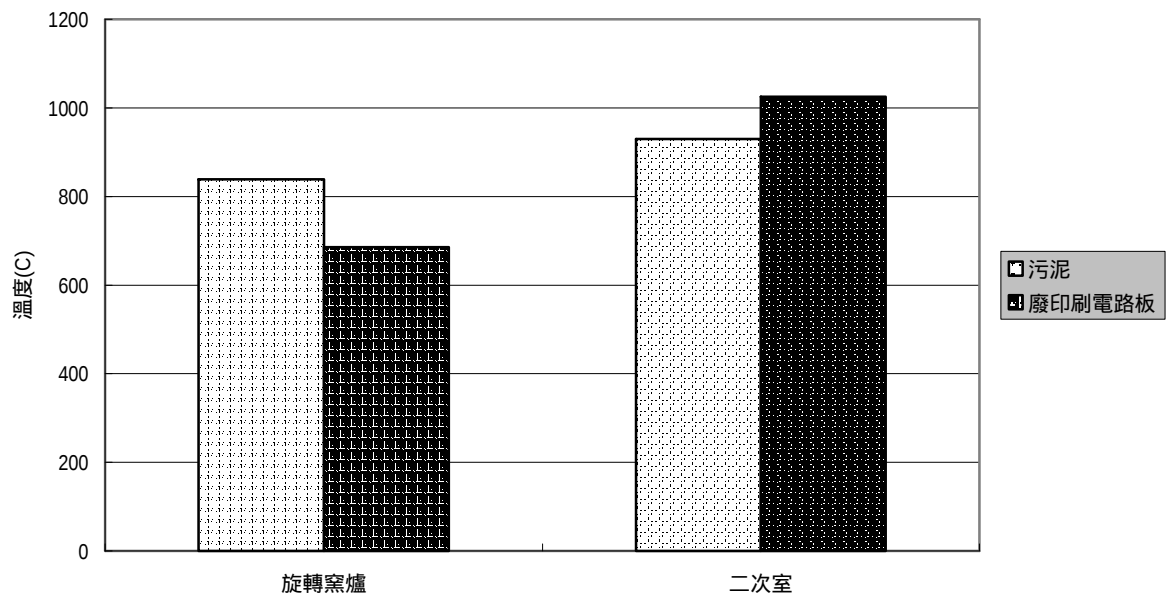


表 1.煙道氣採樣分析結果

項目 \ 次數	X1	X2	X3	X4	Average
Gas Temp()	218	217	220	214	217
O2(%)	17.2	16.2	12.8	15.8	15.5
CO(ppm)	2	7	0	2	2.75
NO(ppm)	71	76	69	46	65.5
NO2(ppm)	0	0	1	0	0.25
SO2(ppm)	0	0	0	0	0
CO2(%)	2.8	3.5	6	3.8	4.025