

利用觸媒燃燒法處理冷凝後油氣之研究

薛仲娟¹ 何毓珊² 許詩典² 陳枋萱²

魏思怡² 佘尚樺² 連奕婷² 張章堂²

1. 國立宜蘭技術學院化學工程科

2. 國立宜蘭技術學院環境工程系

摘 要

觸媒燃燒試驗是將有機溶劑蒸氣與空氣混合，經加熱器加熱後，達一定的處理溫度，經觸媒床的觸媒氧化，然後經三種油氣所需處理溫度由低至高依序為 92 無鉛汽油油氣、95 無鉛汽油油氣、高級汽油油氣。管道排至抽氣櫃，整理各條件處理溫度與出口濃度之關係，由實驗得知，未經冷凝各種油氣處理效率隨溫度提高而加大；經冷凝後各種油氣處理效率達 90%，處理溫度隨濃度提高而加大；相同的入流濃度下三種油氣所需處理溫度由低至高順序為 92 無鉛汽油油氣、95 無鉛汽油油氣、高級汽油油氣。冷凝回收後由於低分子所占的比例較高，因此較容易分解，所以處理溫度會降低。為有效回收油氣，一般乃冷凝之後，再予以處理，因此本研究將評估各種冷凝溫度之觸媒處理特性與最佳操作條件。

關鍵詞：觸媒燃燒，油氣，處理溫度，處理效率

Study on the Treatment of Gasoline Station VOCs with Catalytic Combustion

Chung-Jeng Shay¹ Yu-San Ho² Shing-Teng Shu² Feng-Sham Chen²

Shing-I Wen² Sun-Hwa So² I-Ting Len² Chang-Tang Chang²

1. Department of Chemical Engineering, National Ilan Institute of Technology

2. Department of Environmental Engineering, National Ilan Institute of Technology

Abstract

The concentrations of VOCs emitted from gasoline station are high and harmful to human-being. It is benefit to recover the VOCs with recovery system. However, the flue gas of the recovery system is usually emitted to atmosphere directly. It is necessary to treat the fugitive VOCs to avoid pollution. Generally, the adsorption beds, absorption scrubbers, condensate system, and incinerators are able to control the waste gas. In this study, we use catalytic incinerator to evaluate the performance since it has the economic and high-efficiency characteristics. There are three kinds of gasoline used in our test, comprising of leaded, 92 unleaded, and 95 unleaded gasoline. Seven different temperature (50, 100, 150, 200, 250, 300, 350°C) and four types of flow rate (10, 30, 50, 100 L/min) are run in this study. The test results show that the most of VOCs can be destroyed by catalytic combustion at temperature 250°C, even the inlet concentration 10,000 ppm. The efficiency is little different between the three kinds of gasoline. Usually, it is the easiest to control the VOCs from 92 unleaded gasoline than others. Whereas, it is the hardest to treat the VOCs from leaded gasoline than others since they have high molecular weight.

Key Words : Catalytic Combustion, VOCs, Treatment Temperature, Treatment Efficiency

一、前言

由於台灣人口密集交通繁忙，本來就有很多的加油站，仍持續增加中，由於加油過程中排放可觀的揮發性有機物大多為潛在性之有害物質，不僅是污染了空氣，也容易對人體的皮膚、呼吸道及肝臟造成危害，嚴重者會造成肝硬化、腎機能減退、蛋白尿；長期暴露，還有導致畸形與癌症的風險[1, 2]。

環保署自民國 86 年以獎勵方式鼓勵加油站業者設立油氣回收裝置，以減少油氣逸散，然而所收集的高濃度油氣大多採用燃燒方式加以處理，而燃燒設備處理之去除效率目前尚未明確瞭解，且燃燒設備深具不安全性[3, 4]。

油氣中 VOC 之控制技術雖可採用活性碳法、燃燒法、吸收法，因考慮安全性，本研究乃採用觸媒燃燒處理回收油氣，可低溫操作減少燃料費用，而且可減少控制設備容積，降低設備費用，一般選用適當觸媒控制效果甚佳[5, 6, 7, 8]，為有效回收各種汽油（92、95 無鉛汽油、高級汽油）油氣，一般乃在冷凝之後，再予以處理，因此本研究將評估各種冷凝溫度之觸媒處理特性與最佳操作條件。

二、材料與方法

2-1 研究方法

觸媒燃燒試驗乃將有機溶劑蒸氣與空氣混合後，經加熱器加熱後，達一定的處理溫度，再經觸媒床的觸媒氧化，然後經管道排至抽氣櫃，整個實驗過程如下所述：

1. 將汽油裝於衝擊瓶中，封閉後，放於水槽中。
2. 藉冷凝器（廠牌：refrigerated circulator；Model RCB413）調整所需之冷凝溫度，將控制器（廠牌：Glas-col；規格：250℃，10ft）的電源及開關打開，再將觸媒燃燒系統的入口開關打開，將出口開關閉，並使用廢氣分析儀（廠牌：Hariba；Model MEXA-441GE）觀察其 HC 濃度，調整其汽油量及空氣量，以調整至所需之進口濃度，如表 1 所示。
3. 當入口濃度達到所需之溫度時，關閉入口閥門，打開出口閥門，記錄溫度顯示器之溫度（初始溫度），再打開加熱器，並將分析儀歸零再測量。
4. 記錄溫度顯示器之溫度及分析儀之 HC、CO₂、CO 濃度，直到 HC 濃度降為零。
5. 整理各條件處理溫度與出口濃度之關係，並繪製成圖。
6. 計算方式將 HC 濃度變化換算成處理效率，如下：

處理效率=(進口濃度-出口濃度)/ 進口濃度×100%

7. 整理各條件處理溫度與處理效率之關係，並繪製成圖。

表 1 觸媒燃燒試驗參數與條件

試驗參數	試驗條件
進品濃度	4000、6000、8000、10000ppm
汽油種類	92 無鉛汽油、95 無鉛汽油、高級汽油
冷凝方式	未經冷凝、冷凝溫度為 15°C、20°C、25°C、30°C
處理溫度	100°C, 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C

2-2 實驗設備

實驗藥品與器材

1. 高級汽油
2. 92 無鉛汽油
3. 95 無鉛汽油
4. 流量計(0-10lpm)
5. 觸媒劑

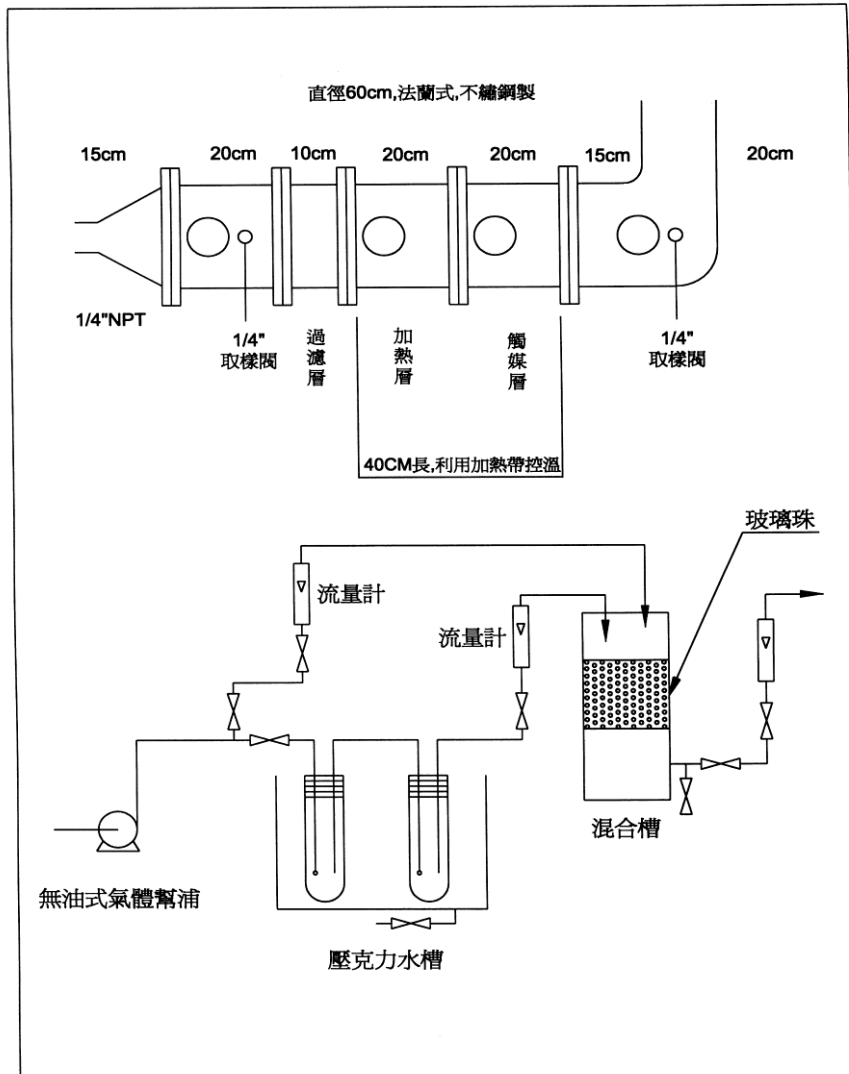


圖 1 實驗設備配置圖

三、結果與討論

1. 各種汽油種類回收油氣處理結果

未經冷凝各種油氣之待處理溫度（係指觸媒處理效率達 90% 時之處理溫度）差異性如圖 2 所示，由圖可知對 92 無鉛汽油之油氣所需處理溫度介於 175°C ~ 275°C 之間，為三種油氣所需處理溫度最高者，但與入流濃度關係不甚明顯。95 無鉛汽油所需處理溫度略低於 92 無鉛汽油，其所需處理溫度約介於 225°C ~ 275°C 之間，且當入流濃度增加其所需處理溫度隨之下降。高級汽油所需處理溫度最低約介於 196°C ~ 275°C 之間，並與 95 無鉛汽油之特性類似，當濃度增加，則所需處理溫度也隨著下降。

如圖 3 為冷凝 15°C 各種油氣之待處理溫度之比較，由圖得知經冷凝 15°C 後，92 無鉛汽油之油氣和 95 無鉛汽油以及高級汽油相比較所需處理溫度仍是最高，其處理溫度變化更大，其溫度約介於 159°C~312°C 之間，處理溫度隨濃度提高而加大。95 無鉛汽油所需處理溫度亦最低其特性與 92 無鉛汽油類似，95 無鉛汽油所需處理溫度也隨之增加；而高級汽油之油氣所處理溫度則次於 92 無鉛汽油所需處理溫度，約介於 206°C~263°C 之間，其特性與 92 無鉛汽油及 95 無鉛汽油皆同，隨濃度增加，則所需處理溫度也隨之增大。由上述可知當經過冷凝 15°C 之各種油氣之待處理溫度，都隨著濃度的增加而增加與未經冷凝之各種油氣之待處理溫度有所不同。

冷凝 20°C 其所需處理溫度介於 216~287°C 之間，溫度變化方面並沒有受入流濃度改變而有顯著的差別，95 無鉛汽油在溫度上的改變受濃度增加影響輕微，當濃度由 4000ppm 增加至 10000ppm，處理濃度僅約增加 50°C，高級汽油所需處理溫度為最高，介於 194~305°C 之間，其變化甚大，且隨著入流濃度增加溫度也有明顯的增加。綜合上圖可看出在入流濃度最低時，三種汽油所需溫度差別較小，反之高入流濃度則三種汽油所需溫度差距較大。

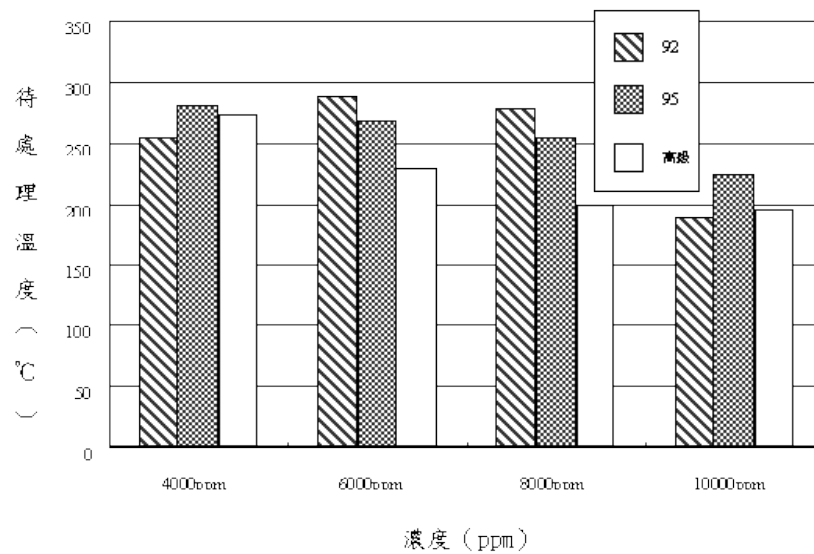


圖 2 各種入流濃度處理效率 90%，未經冷凝各種油氣之待處理溫度

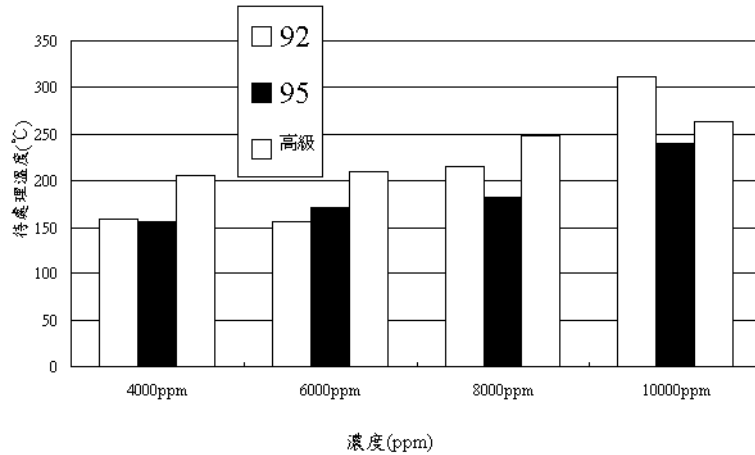


圖 3 各種入流濃度處理效率 90%, 冷凝 15°C 各種油氣之待處理溫度

2. 不同冷凝溫度處理結果

圖 4 所示，可知入口濃度 4000ppm 各種油氣之各種冷凝溫度差異性之比較，當冷凝溫度提高後，所需的處理溫度亦相形提高，如 92 無鉛汽油於 4000ppm 的入

流濃度，冷凝溫度由 15°C 增加至 30°C 時，所需之處理溫度由 159°C 提昇至 255°C，約增加了 100°C 左右，95 無鉛汽油油氣所需處理溫度則約增加 130°C，而高級汽油所需處理溫度約增加 50°C。入口濃度為 6000ppm 時各種油氣之各種冷凝溫度差異性，可由圖 5 得知，將冷凝溫度由 15°C 增加至 30°C 時，92 無鉛汽油之處理溫度由 157°C 提昇至 258°C，95 無鉛汽油則約增加 80°C，而高級汽油則約增加 60°C，綜合上圖可知同一冷凝溫度，所需之處理溫度隨入流濃度提高而增加。

當入口濃度 8000ppm，各種油氣之冷凝溫度比較，可得知高級汽油經冷凝過後，其所需處理溫度略為增加；而入口濃度高達 10000ppm 時，可看出冷凝後所需處理溫度隨之略為提升。

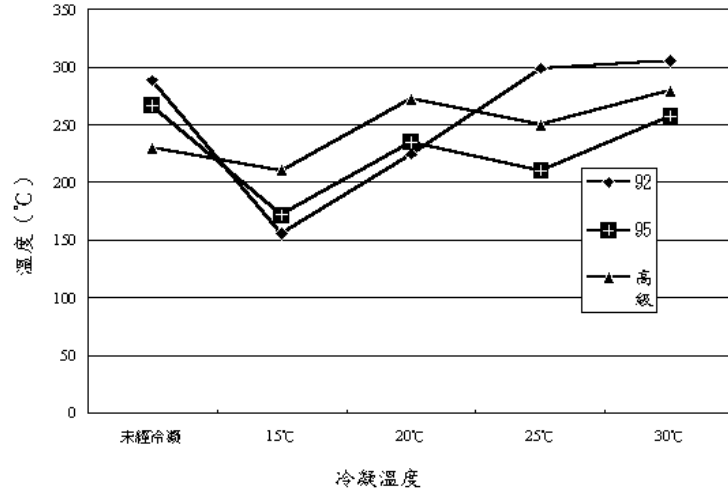


圖 4 入流濃度 4000ppm, 各種油氣之各種冷凝溫度差異性

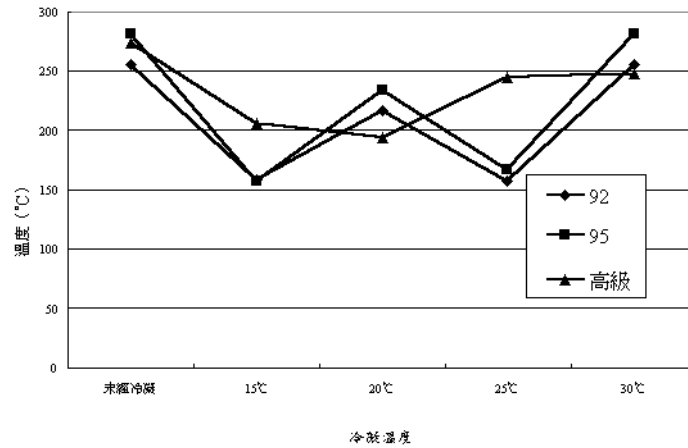


圖 5 入口濃度 6000ppm, 各種油氣之各種冷凝溫度差異性

3. 不同入流濃度處理結果

未經冷凝各種入流濃度，處理溫度之比較如圖 6 所示，由圖可所知 92 無鉛汽油在 10,000ppm 時所需處理較低，所需處理溫度與不同入流濃度關係並不明顯。95 無鉛汽油隨入流濃度的增加而所需處理溫度降低，而入流濃度由 4,000ppm 增為 10,000ppm 時，其所需之處理溫度僅差約 55°C。高級汽油和 95 無鉛汽油類似，隨其入流濃度提高而所需處理溫度亦隨之下降，當入流濃度由 4,000ppm 增至 10,000ppm 時，所需之處理溫度約差 75°C 略高於 95 無鉛汽油所需處理溫度變化。

由圖 7 所示，為冷凝 15°C 之各種入流濃度與處理溫度關係，由圖可知 92 無鉛汽油由 4,000ppm 增加至 10,000ppm 其所需處理溫度隨著增加，而高級汽油其特性類似，其所需溫度相差約 50°C，由上述可得 92 無鉛汽油、95 無鉛汽油與高級汽油三者皆隨入流濃度增加而提高所需處理濃度。

當冷凝 20°C 後對於 92 無鉛汽油所須處理溫度受濃度影響不大，當入流濃度由 4,000 增至 10,000ppm 時，所須之處理溫度僅差 80°C 左右。而 95 無鉛汽油在入流濃度約介於 4,000~8,000ppm 之間時其處理濃度沒有明顯的改變；但在高入流濃度 10,000ppm 時，其待處理溫度也僅與之前條件相差不到 50°C。高級汽油在不同入流濃度時其處理濃度皆不相同，只有在 6,000ppm 與 8,000ppm 時其處理溫度相近。綜合上圖在入流濃度介於 4000~10000ppm 之間，92 無鉛汽油在 6000、8000ppm 時處理溫度最低僅 157°C。

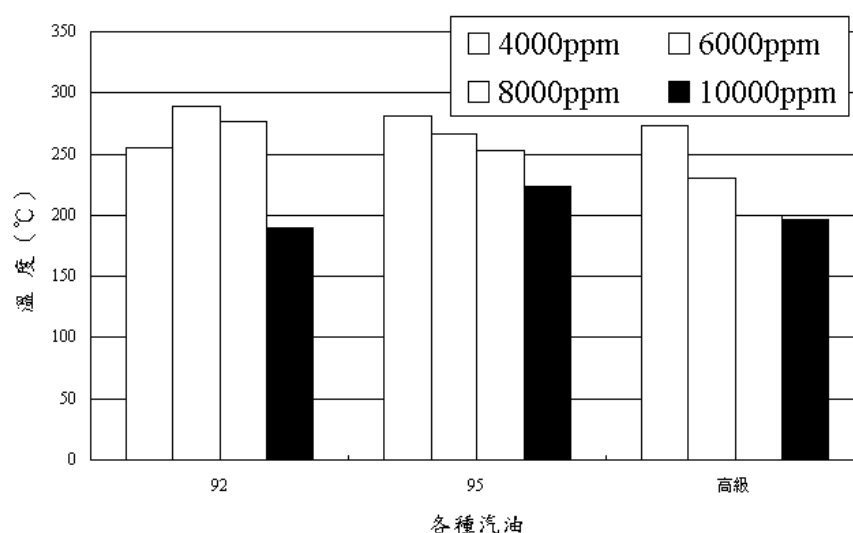


圖 6 各種汽油未經冷凝各種入流濃度, 處理溫度之差異性

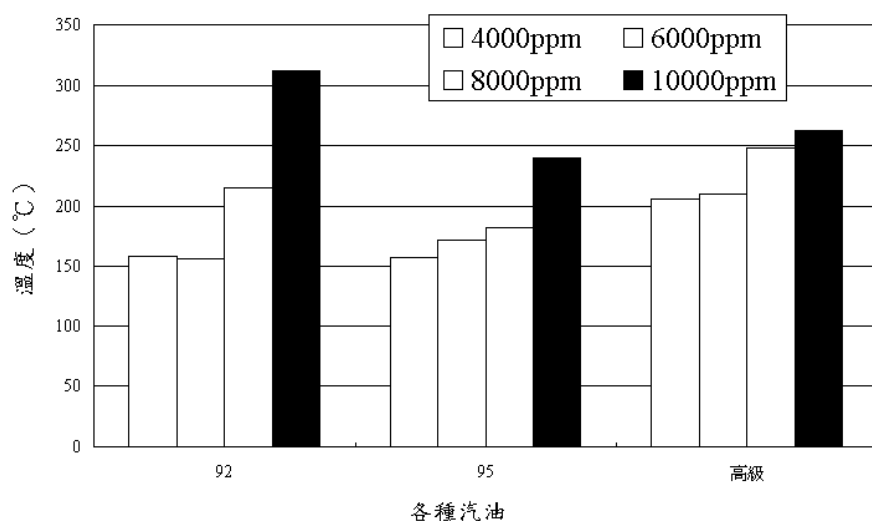


圖 7 各種汽油冷凝 15°C 各種入流濃度, 處理溫度之差異性

4. 不同加熱溫度處理結果

如圖 8 為針對 92 無鉛汽油油氣未冷凝時四種入流濃度之各種處理溫度與處理效率關係, 由圖可知處理效率隨著處理溫度之提高而加大, 其中當入流濃度為 10,000ppm 時, 各種溫度之處理效率較其他入流濃度為高, 一般而言處理溫度約為 275°C, 各種入流濃度之處理效率皆可達 90% 以上, 尤其當入流濃度達 10,000ppm 時, 處理溫度為 200°C, 即可達 90% 處理效率。圖 9 為 92 無鉛汽油處理溫度之變化趨勢, 由圖可知處理效率隨處理溫度之提高而加大, 當入流濃度為 4,000ppm 時, 各種處理溫度之處理效率亦較其他濃度為高, 大致上除了入流濃度為 10,000ppm 以外, 處理溫度為 200°C, 各種入流濃度之處理效率可達 90%, 另當入流濃度為 4,000ppm 時, 處理溫度為 175°C 即可達 95% 的效率。

95 無鉛汽油未冷凝時, 各種處理溫度之處理效率如圖 10, 由圖可知在未冷凝狀態下處理溫度介於 200°C ~ 300°C 之間, 四種入流濃度以入流濃度為 6,000ppm 之處理效率最高, 且約在 280°C 以上, 四種入流濃度之處理效率都可達 90% 以上。當入流濃度達 10,000ppm 時可能油氣中含有太多芳香類有機物, 導致處理效率在各種入流濃度條件中最低, 且須要較高之處理溫度, 才可達到較高之處理效率。圖中亦可得知入口濃度為 6,000ppm 與 8,000ppm 情況之處理效率隨處理溫度之變化趨勢相似。另當入流濃度為 4,000ppm 時, 處理溫度為 150°C ~ 300°C, 處理效率隨處理溫度增加而加大, 與其他入流濃度變化趨勢不一。

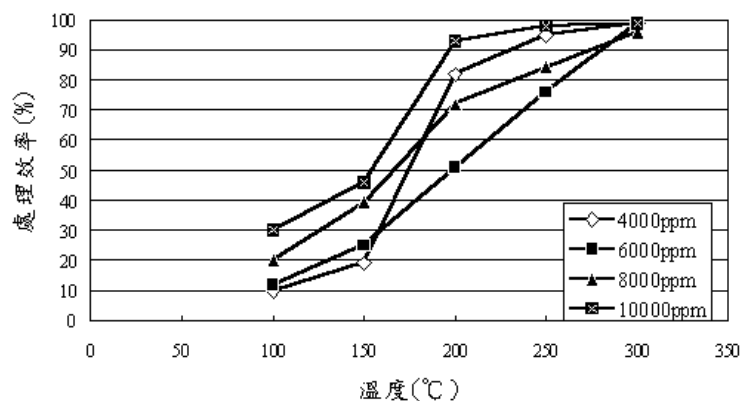


圖 8 92 無鉛汽油未冷凝時各種處理溫度之處理效率

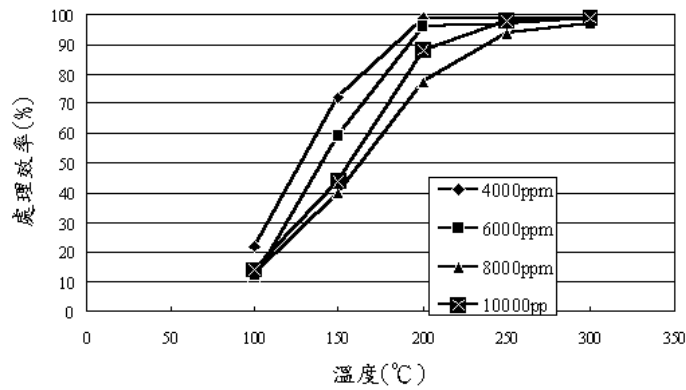


圖 9 92 無鉛汽油冷凝 15°C 時各種處理溫度之處理效率

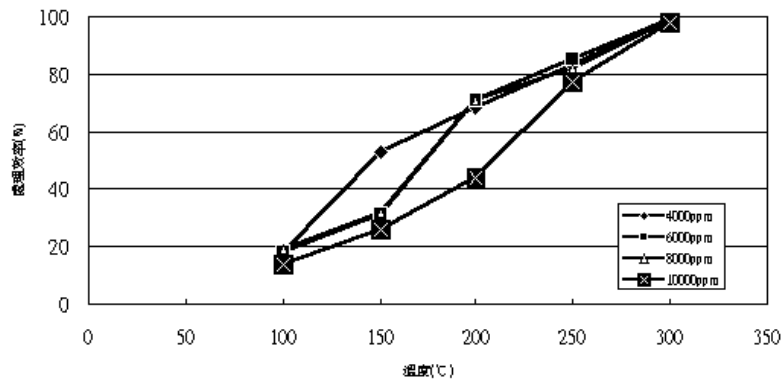


圖 10 95 無鉛汽油未冷凝時各種處理溫度之處理效率

四、結論與建議

1. 未冷凝時各種油氣之處理效率隨著處理溫度之提高而加大，當入流濃度為 10000ppm 時，各種溫度之處理效率較其他入流濃度為高，三種油氣所需處理溫度由低至高依序為高級汽油油氣、95 無鉛汽油油氣、92 無鉛汽油油氣。
2. 當冷凝至 15°C 與 25°C 時，各種油氣處理效率達 90% 之處理溫度隨濃度提高而加大，且 95 無鉛汽油所需處理溫度與 92 無鉛汽油類似，而高級汽油之油氣所處理溫度則次之。
3. 同一冷凝溫度，隨著入流濃度增加，所需處理溫度也有明顯的增加。
4. 當冷凝溫度提高後，所需的處理溫度亦相形提高，相同入流濃度下三種油氣所需處理溫度由低至高依序為 92 無鉛汽油油氣、95 無鉛汽油油氣、高級汽油油氣。

5. 92 無鉛汽油油氣未冷凝時處理溫度約為 275°C，各種入流濃度之濃度之處理效率皆可達 90%以上；當冷凝溫度為 15 ~ 25°C 時，除了入流濃度為 10000ppm 處理溫度為 200°C 處理效率皆可達 90%。

6. 高級汽油油氣未冷凝時處理溫度約為 275°C，各種入流濃度之濃度之處理效率皆可達 90%以上；當冷凝溫度為 15 ~ 25°C 時，除了入流濃度為 10000ppm 處理溫度為 200°C 處理效率皆可達 85%。

參考文獻

1. 劉希平，台北縣固定污染源 VOC 濃度調查研究計畫，台北縣環境保護局，八十七年三月。
2. 張章堂，燃燒法處理電子工廠有機溶劑廢氣之研究，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文，七十八年六月。
- 3 工研院工業安全衛生技術發展中心，加油站設置真空輔助式回收設備補助申請之檢測及審查執行計畫，行政院環境保護署，八十七年六月。
4. 林文印，高雄市加油站 VOCs 逸散影響之調查研究，高達政府環境保護局，八十六年五月。
5. 陳傑源、許天熊，油氣營運類-油庫油氣回收系統之研究，第 24 卷，第 4 期，p312-p329。
6. 梁正中、簡大惟、葉志銘、陳應慶，氟氣碳化物氧化觸媒之篩選研究，第 14 屆空氣污染控制技術研討會論文專輯，p83-89，八十六年十二月。
- 7 鄭清宗，工業上氣狀有機氯化物之產生狀況及其 DAP 觸媒分解處理法，工業污染防治季刊，第 43 期，p37-45，八十一年七月。
8. 吳玫玲譯，污染防治技術譯介：控制揮發性有機物(VOC)的熱焚化與觸媒焚化技術，工業污染防治季刊，第 39 期，p139-153，八十年七月。

88 年 2 月 1 日 收稿

88 年 3 月 15 日 接受