

# 柏油路面鋪設工程對其鄰近大氣中 MTBE 與 BTEX 濃度之影響

洪祥原<sup>1</sup>、謝連德<sup>2\*</sup>、楊錫賢<sup>3</sup>

1.屏東科技大學環境工程與科學系碩士班研究生

2.屏東科技大學環境工程與科學系 助理教授

3.朝陽科技大學環境工程與管理系 副教授

## 摘要

本研究主要針對柏油路面鋪設工程完工後對周界大氣中 MTBE 及 BTEX 濃度之影響，進行濃度變化之了解。分析方法採用環檢所公佈之「空氣中氣態芳香烴化合物檢驗方法-以活性碳吸附之氣相層析/火焰離子化偵測法」方法，進行樣品分析。在數據整理方面利用統計軟體 SPSS 做分析物種與氣象條件相關性分析，實驗結果顯示：在工程進行完畢後，MTBE 及 BTEX 污染物濃度在鄰近大氣中之遞減很快，且 MTBE 及 BTEX 污染物濃度對鄰近大氣中 MTBE 及 BTEX 濃度分佈之影響並不大。研究發現，於施工完成道路通車後，汽機車所排放廢氣造成之逸散濃度高於柏油施工所逸散之影響。在污染物與氣象條件的相關性方面，經分析為：氣象條件與污染物之生成受道路面積及鄰近環境特性之相關性很低。

關鍵詞：瀝青柏油、揮發性有機物(VOCs)、MTBE、BTEX

## 一、前言

瀝青柏油的使用歷史已經行之有年，瀝青是一種固體、半固體或具有黏滯性的膠結材料，天然或經過加工製造，主要是由多種複雜的碳氫化合物所組成。瀝青按其生產來源分為天然瀝青及石油瀝青(石油精煉後之殘渣)兩種，台灣均使用後者<sup>[1]</sup>。在瀝青煉製、運輸及鋪設過程中極易產生揮發性有機物的逸散排放，由於它們可能對人體健康具有潛在性的威脅，並衍生光化污染及臭味問題，故成為近年來眾所關注「有害空氣污染物」問題焦點之一。根據行政院環境保護署(環保署)公佈之「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」(環保署，1999)中指出，揮發性有機物係指有機化合物成分之總稱，但不包括一氧化碳、二氧化碳、碳酸、碳化物、碳酸鹽、碳酸銨等化合物<sup>[2]</sup>。

為瞭解道路進行柏油鋪設工程時所逸散之 VOCs 對鄰近周界大氣環境的影響，及鋪設完工後其濃度變化之趨勢，特進行本研究。VOCs 大多具有致癌性，致突變性，急性反應，危害中樞神經系統，引發皮膚炎，增加肝、腎之毒性效應<sup>[3]</sup>。在鋪設過程中所排放之揮發性有機物種類及數量甚多，其中以芳香族之苯(benzene)、甲苯(toluene)、乙苯(ethyl benzene)與二甲苯(xylene)對人體危害較大<sup>[3]</sup>。故在本研究中欲探討甲基第三丁基醚(Methyl *tert*-Butyl Ether, MTBE)及 BTEX 之濃度變化。

## 二、實驗設備與研究方法

### 2.1 採樣地點與時間之選擇

本研究之採樣地點主要位於屏東縣內埔鄉勝利路上某一段鋪設柏油中之道路，如圖 1 所示。以 SKC 個人空氣採樣器進行路面周界大氣中揮發性有機物(VOCs)之採樣。主要探討之重點為分析此道路周界經鋪設柏油後，其大氣中 VOCs 濃度衰減情形及特性。

本研究採樣於民國 93 年 5 月 28 日起至 5 月 30 日止，使用三台 SKC 個人空氣採樣器進行採樣，採樣時以每兩小時為一個階段。其中 5 月 28 日 11:00~15:00 此兩階段為施工時間，且於採樣同時測量其氣象條件(如，溫度、相對濕度、氣壓、風速等)。此外，鋪設機具有傾卸卡車、二輪鐵輪壓路機、瀝青撒佈車等。

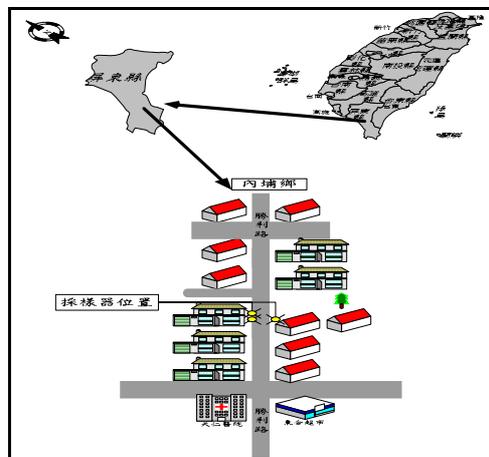


Fig.1 Sampling site

## 2.2 實驗設備與分析方法

### 2.2.1 採樣設備

#### 1. 氣象儀：

採樣現場氣象監測儀器型號為 Davis Instrument 公司生產製造之 Weather Monitor system, product #7440，可同時測定溫度、濕度、壓力，作為計算採樣體積之依據。

2. 溫、濕度及風速計：型號為 LM-8000。

3. 個人空氣採樣器：型號為 SKC Inc., Eighty, PA USA。

4. 流量校正器：型號為 SKC., 863 Valley View road, Eighty, PA 15330 USA。

5. 活性碳吸附管：ORBO-32 (small), 10-1000 ml/min, SUPELCO 公司。

### 2.2.2 分析方法

參照 NIEA A719.10T 建議進行樣品分析。分析流程如圖 2，採樣後之活性碳吸附管將其前、後段活性碳分別取出置於 2 ml vial 瓶中，以二硫化碳( $CS_2$ )為脫附溶劑進行脫附，脫附時間約為 30 分鐘，再以 GC/FID 進行分析。GC/FID 管柱為 DB-1 ( $30\text{ m} \times 0.53\text{ mm} \times 1.5\text{ }\mu\text{m}$ )，分析條件如下表 1：

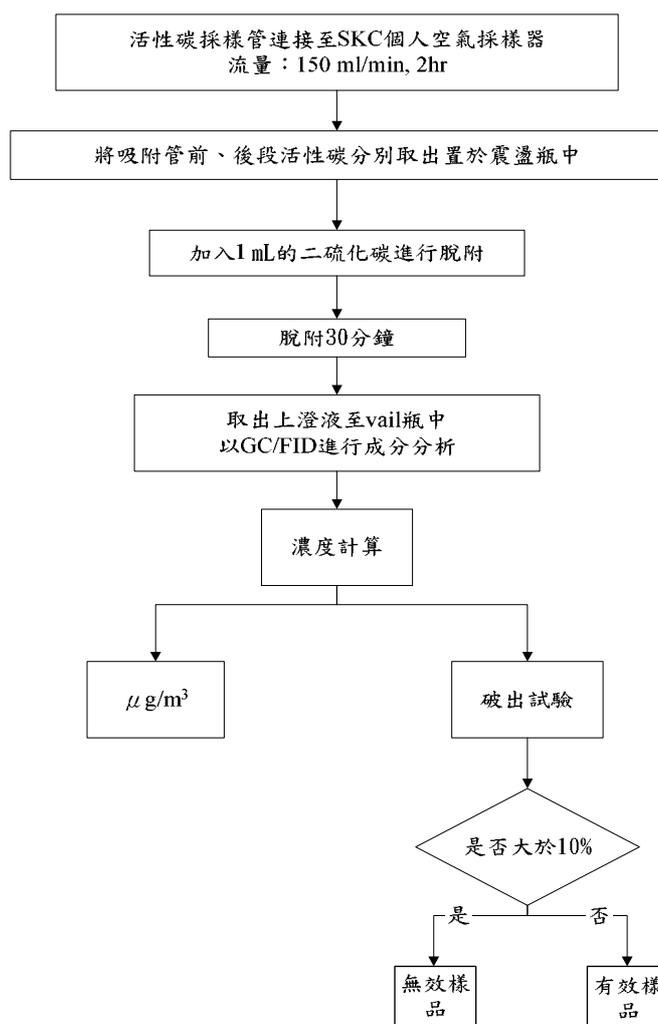


Fig.2 Analyse the procedure

Table 1 Operation condition of GC/FID

| 操作條件 |                                                                     |
|------|---------------------------------------------------------------------|
| 管柱   | DB-1, 30 m × 0.53 mm ID, 3.0 μm film                                |
| 烘箱   | 30°C 維持 5 分鐘，以 15°C/min 升溫至 90°C 維持 2 分鐘，20°C/min 升溫至 200°C 維持 5 分鐘 |
| 載流氣體 | 高純度氮氣，5ml/min                                                       |
| 偵測器  | FID, 250°C                                                          |
| 注入口  | 1 μl, 200°C                                                         |
| 分流比  | 5 : 1                                                               |

### 2.2.3 品保品管

#### 1. 檢量線製備：

使用 BTEX 及 MTBE 混合的標準品，濃度為 2000 μg/ml，配製不同濃度 (0.5, 1.0, 2.0, 2.5, 5.0, 10 μg/ml) 且最高濃度不得高出最低濃度 20 倍，檢量線的相關係數均大於 0.995。

#### 2. 現場空白：

在採樣地點比照採樣過程模擬採樣，以確認採樣過程有無其他污染。

#### 3. 脫附效率：

取三支吸附管，將活性炭吸附管切開，取出後段活性炭棄置，分別注入 2 μl 的混合標準品，密封吸附管後靜置隔夜，以溶劑脫附進行分析。分析結果由檢量線求得脫附效率，需大於 85% 及誤差在 15% 內。

#### 4. 破出試驗：

將採樣後的活性炭吸附管前後段分別取出進行分析，後段分析濃度若大於前段濃度 10%，即為破出，此樣品無效。

#### 5. 流量校正

個人低流量採樣器需用 SKC 流量校正器校正流量，採樣前後都需完成此程序，若前後流量誤差 15% 以上，則此樣品無效且流量需重新校正。

#### 6. 樣品保存：

採樣完成後樣品需以石蠟膜密封或紅色塑膠套封緊，採完後需在一週內分析完成，且冷藏於 -10°C 以下，應避免高溫照射。

## 三、結果與討論

### 3.1 柏油鋪設工程施工中及完工後 MTBE 及 BTEX 之濃度變化

本研究主要探討施工進行中與完工後施工現場大氣中 MTBE 及 BTEX 濃度之變化情形，採樣濃度結果如圖三所示，在鋪設柏油施工期間自柏油的運輸、倒料及壓平等過程皆會逸散及蒸發 VOCs。由圖中可看出在完工後 4 至 7 小時及完工後 20 至 24 小時為採樣濃度較高時段，此兩個時段分別為 5/28 (19:00~22:00) 及 5/29 (17:00~21:00)，其中以 MTBE 及 Toluene 有明顯較高的現象。文獻指出 MTBE 及 BTEX 主要來源為汽機車排放以及石化工業之逸散<sup>[4]</sup>，

故在本研究中 MTBE 及 Toluene 在這兩個時段突然昇高的原因，推論可能由於完工後通車所造成之影響有關。

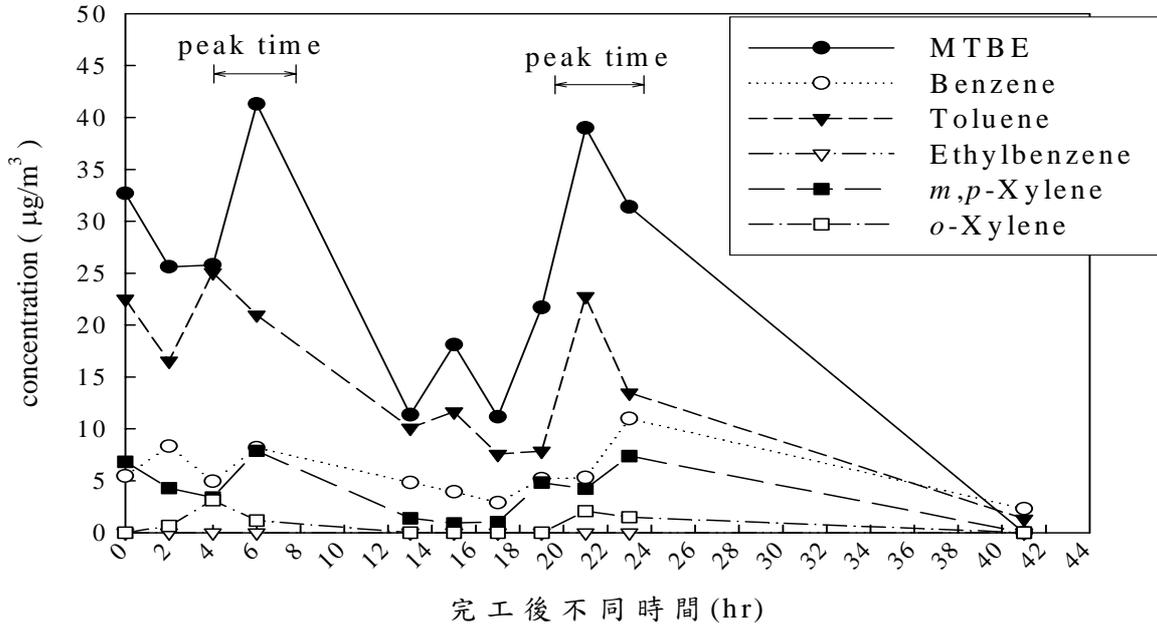


Fig.3 The concentration changing of MTBE and BTEX in the ambient air during(0 hr) /after (2 hrs ~ 41 hrs) the asphalt paving process

### 3.2 柏油鋪設工程施工完成後濃度遞減情形

在本研究中另一主要探討重點即為柏油鋪設工程完工後，其週界大氣環境中 MTBE 及 BTEX 濃度之降減的趨勢。圖四為施工中與完工後濃度比值之關係圖，以施工中濃度為分母、完工後濃度為分子求得其濃度比值：

$$\text{Ratio}_i = [(\text{完工後 } i \text{ 小時}) / (\text{施工中})], \quad i \text{ 為完工後不同時間 (hr)}$$

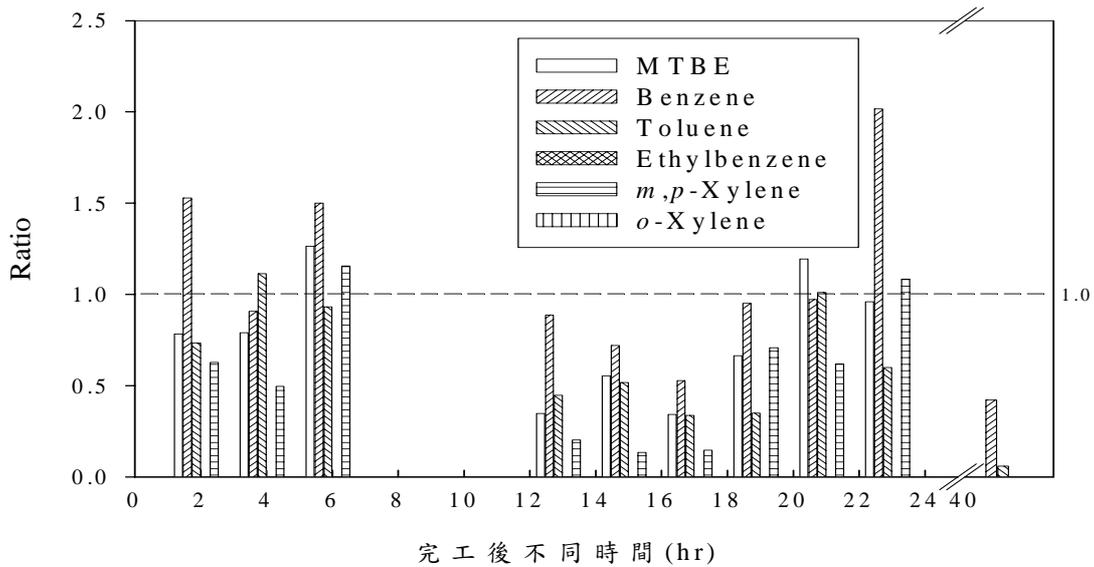


Fig.4 The concentration ratio of MTBE and BTEX in the ambient air during(0 hr) /after (2 hrs ~ 41 hrs) the asphalt paving process

由圖中可看出污染物的濃度除了在完工後 2 小時、6 小時及 22 小時外，有明顯的降減現象產生，而 MTBE 及 Benzene 濃度比值在三個時間點上皆有大於 1.0 之現象，判斷其可能受交通污染源的排放致使濃度升高，此推測論點，與上下班交通時段有關。

### 3.3 MTBE、BTEX 與氣象條件之相關性探討

在本研究中最後一個重點是探討污染物濃度與週遭氣象條件之相關性，利用統計軟體 SPSS 進行數據之相關係數分析，得到結果如表 2 及表 3 所示，MTBE 除了與 Ethylbenzene 無相關性外，與其他四種化合物皆有正相關性，即表示 MTBE 濃度受其他四種濃度影響。而 Benzene 與 Toluene 之濃度亦受 Xylene 濃度大小之影響。而在氣象條件方面，除了 MTBE 與 Xylene 與壓力有負相關以外，其餘物種顯示在現場採樣之濃度值與氣象條件無直接相關。

Table 2 The correlation compare of MTBE and BTEX at Neipu.

|                    | MTBE    | Benzene | Toluene | Ethylbenzene | <i>m.p</i> -Xylene | <i>o</i> -Xylene |
|--------------------|---------|---------|---------|--------------|--------------------|------------------|
| MTBE               | 1.000   |         |         |              |                    |                  |
| Benzene            | 0.668*  | 1.000   |         |              |                    |                  |
| Toluene            | 0.822** | 0.503   | 1.000   |              |                    |                  |
| Ethylbenzene       | ---     | ---     | ---     | 1.000        |                    |                  |
| <i>m.p</i> -Xylene | 0.753** | 0.833** | 0.583*  | ---          | 1.000              |                  |
| <i>o</i> -Xylene   | 0.654*  | 0.398   | 0.823** | ---          | 0.376              | 1.000            |

\*: The significant level is 0.05(double tail), correlation.

\*\* : The significant level is 0.01(double tail), correlation.

Table 3 The correlation compare of MTBE, BTEX and meteorology measurement at Neipu.

|          | MTBE    | Benzene | Toluene | Ethylbenzene | <i>m.p</i> -Xylene | <i>o</i> -Xylene |
|----------|---------|---------|---------|--------------|--------------------|------------------|
| 溫度( )    | 0.023   | -0.212  | -0.025  | ---          | -0.130             | 0.002            |
| 溼度(%)    | -0.140  | 0.339   | -0.310  | ---          | 0.087              | -0.331           |
| 壓力(mmHg) | -0.688* | -0.501  | -0.543  | ---          | -0.435             | -0.770**         |
| 風速(m/s)  | -0.294  | -0.141  | -0.507  | ---          | 0.050              | -0.553           |
| 照度(Lux)  | -0.501  | -0.571  | -0.343  | ---          | -0.502             | -0.272           |

\*: The significant level is 0.05(double tail), correlation.

\*\* : The significant level is 0.01(double tail), correlation.

## 四、結論

1. 在柏油鋪設工程中施工完成後大氣中周界 MTBE 與 BTEX 之濃度逸散的很快，反而完工後通車，汽機車所產生的污染物增加了附近大氣中的濃度。
2. 瀝青柏油鋪設工程完工後之污染物濃度在其大氣週界濃度的有驟減趨勢成些微線性，在中間有一兩個完工後之濃度高於施工中濃度的時段，推測應為汽機車所排放造成之影響為主要原因。

## 五、參考文獻

1. 王櫻芳，”瀝青拌合至鋪面過程各階段之 PAHs 逸散特徵與鋪面勞工之暴露評估”，碩士論文，國立成功大學環境醫學系，台南市 (2002)。
2. 行政院環保署，”揮發性有機物空氣污染管制及排放標準”，(1999)。
3. 周忠義，”室外空氣中揮發性有機物之毒性探討”，碩士論文，國立成功大學環境工程學系，台南市 (2002)。
4. S.C. Lee, M.Y. Chiu, K.F. Ho, S.C. Zou, Xinming Wang, “Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong,” *Chemosphere*, 48 (4), 373-382 (2002).

## Abstract

The study aimed at the emission of MTBE and BTEX in the ambient air during/after asphalt paving process. Collected samples in the field were used the NIEA A719.10T method. Data was analyzed with statistical SPSS software to understand the correlation between analyse species and meteorology measurement. The result showed MTBE and BTEX concentration decreased with the increasing of time from finishing in ambient air. The influence of mobile pollutant is higher than that of during the asphalt paving emission. Results showed pollutants and meteorology measurements were uncorrelation in the investigation.

Keyword: Asphalt, VOCs, MTBE , BTEX