

# 汽油中含氧化合物檢測方法

## —毛細管柱氣相層析／氧選擇性偵測器法

中華民國 93 年 10 月 11 日環署檢字第 0930073904 號公告

自中華民國 94 年 1 月 15 日起實施

NIEA A445.71B

### 一、方法概要

本法以配備氧選擇性火焰離子偵測器 (OFID) 之氣相層析儀系統，採多階標準品內標或外標校正法，將汽油樣品由自動注射器取固定體積注射進入氣相層析系統分離，層析分離出來的含氧成分經 OFID 裂解器 (Cracking reactor) 媒裂為一氧化碳 (CO)，再經甲烷化器 (Methanizer) 氫化為甲烷 (CH<sub>4</sub>) 後，由火焰離子偵測器 (FID) 檢出，偵測器依滯留時間感應出水份、甲醇、乙醇、異丙醇、第三丁醇、正丙醇、甲基第三丁基醚 (MTBE)、第二丁醇、雙異丙基醚 (DIPE)、異丁醇、乙基第三丁基醚 (ETBE)、第三戊醇、1,2-二甲氧基乙烷 (DME)、正丁醇、第三戊基甲基醚 (TAME) 等含氧成分的尖峰，由積分出成分尖峰面積，再配合分析多階標準品建立之檢量線關係，計算各含氧成分的質量濃度百分比，再依各含氧成分的分子量可計算其含氧量。

### 二、適用範圍

本法適用於終沸點低於 220 °C 之汽油中可能添加的沸點低於 130 °C 之含氧成分，包括：甲醇、乙醇、異丙醇、第三丁醇、正丙醇、MTBE、第二丁醇、DIPE、異丁醇、ETBE、第三戊醇、正丁醇、TAME 等，其濃度範圍介於 0.1 ~ 20 mass % 之分析。(如汽油樣品之含氧成分濃度超出本方法適用濃度範圍，可以無氧汽油稀釋後分析，計算濃度時再將稀釋比納入計算即可。)

### 三、干擾

由於高濃度的單一碳氫化合物在 OFID 裂解器會因反應不完全，而有碳氫化合物穿透 (Breakthrough) 的干擾，校正標準品須以無單一高濃度碳氫化合物成分的無氧汽油 (例如 FCC 媒裂汽油) 為背景稀釋油，而不能以單一成分之溶劑稀釋。

### 四、設備與材料

- (一) 氣相層析儀：配備分流式注射口及管柱程式溫控和氣體流量調節控制功能。
- (二) 自動注射器：取 1.0  $\mu$ L 樣品量之精密度須達連續七次分析 10 % MTBE 峰面積之相對標準差小於 2.0 %。

- (三) 分析管柱：HP - 1 Capillary column (60 m \* 0.25 mm ID \* 1.0  $\mu$ m film)，或其它同級品。
- (四) 氧選擇性火焰離子檢測器 (Oxygen selective flame ionization detector, 簡稱 OFID)：包含裂解器 (Cracking reactor)、甲烷化器 (Methanizer)、及火焰離子偵測器 (FID)，組合如圖一。此 OFID 檢測器須符合下列性能：
  - 1. 以 1.0  $\mu$ L 注射量分析無氧汽油不可檢出會干擾欲定量含氧成分之信號峰。
  - 2. 可檢出含氧量 100 ppm (Mass) 以上的成分。
  - 3. 分析線性範圍至少須達  $10^3$ 。適合 MTBE 含量 0.1 % 至 20 % 濃度範圍之分析。
  - 4. 對不同含氧化合物的莫耳氧回應要十分接近。
- (五) 分析操作控制及數據處理用電腦與印表機。
- (六) 天平：可精秤至 0.1 mg。
- (七) 樣品瓶：自動注射器用玻璃瓶。

## 五、試劑

- (一) 氫氣：純度 99.999 % 以上，須再通過除水、除氧吸附裝置，氣相層析用載氣。
- (二) 氫氣：純度 99.99 % 以上，須再通過除水、除氧吸附裝置，甲烷化及 FID 用氫氣。
- (三) 空氣：零級空氣或除水之無油式壓縮空氣，FID 用。
- (四) 無氧汽油：無單一高濃度碳氫化合物成分且未添加含氧成分之汽油，如煤裂汽油。(註 1)
- (五) 試藥級試劑：甲醇、乙醇、異丙醇、第三丁醇、正丙醇、第二丁醇、異丁醇、第三戊醇、正丁醇、及 MTBE、DIPE、ETBE、DME、TAME 等，純度 99.9 % 以上，或實測含水份之成分純度，(水份含量可參考 ASTM D1744 或 E1064 測定)，標準品配製時再以實測之試劑純度修正標準品溶液組成。(註 1)
- (六) 異辛烷 (2, 2, 4 - Trimethylpentane)：清洗注射針用試藥級溶劑。(註 1)
- (七) 精密度查核樣品 (QC - sample)：配製此 QC 標準品所用的稀釋

劑（無氧汽油）必須與校正標準品所用來源不同或不同批。須以玻璃瓶密封冷藏於冰箱（冰箱冷藏 0 ~ 5 °C）。（註 1）

- (八) 準確度查核樣品（獨立參考油樣）：可為購買的標準樣，或已有實驗室比對平均值的 ASTM 分析比對汽油，或與校正標準品配製源及配製者不同的標準品。須以玻璃瓶密封冷藏於冰箱（冰箱冷藏 0 ~ 5 °C）。若發現標準品試藥受汙染，或參考油樣變質，應即停止使用。（註 1）

## 六、採樣與保存

- (一) 採樣依 CNS 1217 或 ASTM D4057 及 D5842 方法執行。
- (二) 玻璃瓶密封之汽油樣品需冷藏於冰箱（冷藏溫度 0 ~ 5°C），並於採樣日起三個月內完成分析。

## 七、步驟

### (一) 標準品配製

標準品配製方法是採用稱重方式混合各標準品與無氧汽油。各含氧成分至少須配製有五個不同濃度，平均分佈在 0.1 ~ 20 % 之間，各含氧成分可以混合配製，但單一含氧成分以不超出 20 %，且含氧成分總量以不超出 25 % 為原則，以避免單一大量成分產生碳氫穿透之干擾，並能儘量接近實際汽油組成。

混合均勻之標準品溶液須密封標示放冰箱冷藏降溫，低溫下再取出以自動注射器用玻璃瓶分裝密封，於各瓶上標示標準品代號及溶液高度（以供存放後再取出使用時判斷溶液是否有揮發變質之虞），並記錄標準品溶液之配製日期、保存期限、溶液名稱、成分濃度、與配製者，再存放冰箱中。

目前國內汽油中添加的含氧成分以 MTBE 為主，濃度範圍約 2 ~ 15 %；另含有少量 DIPE 及 TAME，濃度約 0 ~ 2 %，可為配製校正標準品之參考。

如需換算成體積百分比可以 60 / 60 °F 下的密度作計算，如 MTBE 為 0.7460，DIPE 為 0.7300，TAME 為 0.7758，無氧汽油依實際量測值。

### (二) 儀器校正程序

#### 1. OFID 選擇性測試：

調整 OFID 氣體流量、裂解器溫度及樣品注射分流比等條件，

使分析 1.0  $\mu\text{L}$  無氧汽油不會檢出碳氫化合物信號。(可能會看到  $\text{O}_2$  及  $\text{H}_2\text{O}$  的信號。)

## 2. OFID 感度測試：

分析 0.1 % 的 MTBE 在無氧汽油中的標準品溶液，1.0  $\mu\text{L}$  的樣品注射量下，須可檢出 0.1 % 的 MTBE，分析精密度需符合：連續七次分析之平均相對標準偏差小於 3 %。

## 3. OFID 的線性測試：

分析無氧汽油及含氧成分濃度範圍包括 0.1 至 20 % 之標準品溶液，各含氧成分濃度由低到高至少五個點（無氧汽油分析結果不可有會干擾含氧成分峰之背景信號）之濃度與尖峰面積的二次曲線關係，R 值需達 0.995 以上。

## 4. OFID 精密度測試：

分析 10 % 的 MTBE 在無氧汽油中的標準品溶液，或以汽油實樣重複七次分析，1.0  $\mu\text{L}$  的樣品注射量下，分析精密度需符合：連續七次分析之平均相對標準偏差小於 2 %。

5. 其它項目依個別儀器操作手冊或標準作業程序必要之校正或查驗規定執行。

6. 儀器校正頻率：OFID 選擇性與線性，每次建立檢量線都要作確認；OFID 感度及精密度至少每年評估一次，及儀器異動後進行即可。

### (三) 檢量線製作

#### 1. 外標法五點檢量線製作：

由分析無氧汽油及含氧成分濃度範圍包括 0.1 至 20 %，由低到高平均分佈之標準品溶液至少五個點之濃度與尖峰面積的二次曲線關係建立檢量線，強迫通過原點，R 值需達 0.995 以上。以各階標準品之各含氧成分的峰面積 (Peak area) 為 y，對各含氧成分的濃度 (Mass %) 為 x 作圖，建立二次曲線關係式，並據以計算樣品之含氧成分質量百分比濃度。

$$A_s = (b_1)(W_s) + (b_2)(W_s)^2$$

$A_s$ ：含氧成分 S 之峰面積。

$W_s$ ：含氧成分 S 的質量百分比濃度 (Mass %)。

$b_1$ ：線性回歸係數 (Linear regression coefficient)。

$b_2$ ：二次回歸係數 (Quadratic regression coefficient)。

而每一含氧成分在 OFID 之感應係數 ( $F_s$ ) 可依下式計算：(多階標準品之平均  $F_s$  可由 1.00 ~ 20.00 五階標準品分析所得之成分  $F_s$  取平均值)

$$F_s = (W_s / A_s)$$

$F_s$ ：含氧成分 S 在 OFID 之感應係數。

$W_s$ ：含氧成分 S 的質量或濃度 (Mass %)。

$A_s$ ：含氧成分 S 的尖峰面積。

## 2. 內標法五點檢量線製作：

以乾淨有瓶蓋密封之玻璃瓶秤取七之(一)的標準品溶液 1 ~ 10 g (秤量至 0.1 mg)，在溶液中再添加 2 ~ 6 % 內標準品 (DME 或其它不會干擾分析的含氧成分均可)，內標準品至少要 50 mg 以上 (秤量至 0.1 mg)，均勻混合後，分裝到自動注射器用玻璃瓶。

分析無氧汽油及含內標之標準品溶液 (含氧成分濃度範圍包括 0.1 至 20 %，由低到高平均分佈) 至少五個點之濃度與尖峰面積的二次曲線關係建立檢量線，強迫通過原點，R 值需達 0.995 以上。

由混合標準品分析的成分尖峰積分面積，每一成分相對於內標準品在 OFID 之感應係數 ( $RF_s$ ) 可依下式計算：(多階標準品之平均  $RF_s$  可由 1.00 ~ 20.00 五階標準品分析所得之成分  $RF_s$  取平均值)

$$\begin{aligned} RF_s &= (W_s / A_s) / (W_I / A_I) \\ &= (W_s / W_I) / (A_s / A_I) \end{aligned}$$

$RF_s$ ：含氧成分 S 相對於內標準品 I 在 OFID 之感應係數。

$W_s$ ：含氧成分 S 的質量或濃度 (Mass %)。

$A_s$ ：含氧成分 S 的尖峰面積。

$W_i$ ：內標準品 I 的質量或濃度 (Mass %)。

$A_i$ ：內標準品 I 的尖峰面積。

以多階標準品之各含氧成分相對於內標準品之面積回應比 (Response ratio) 為  $y$ ，對各含氧成分相對於內標準品的質量比 (Weight ratio) 為  $x$  作圖，可以建立二次曲線關係式 (強迫通過原點)，並據以計算樣品之含氧成分質量百分比濃度。

$$RSP_s = A_s / A_i$$

$$AMT_s = W_s / W_i$$

$$RSP_s = (b_1) (AMT_s) + (b_2) (AMT_s)^2$$

$RSP_s$ ：含氧成分 S 相對於內標準品 I 之面積回應比 (Response ratio)。

$AMT_s$ ：含氧成分 S 相對於內標準品 I 的質量比 (Weight ratio)。

$b_1$ ：線性回歸係數 (Linear regression coefficient)。

$b_2$ ：二次回歸係數 (Quadratic regression coefficient)。

3. 樣品分析前及分析結束前須以精密度或準確度查核樣品確認檢量線，查核樣品收率不符品管要求即須重新製作檢量線。
4. 本方法可以層析分離及選擇性檢出的含氧成分包括：甲醇、乙醇、異丙醇、第三丁醇、正丙醇、第二丁醇、異丁醇、第三戊醇、正丁醇、及 MTBE、DIPE、ETBE、DME、TAME 等，如圖二，各成分滯留時間、分子量及相對感應係數如表一。針對常見汽油含氧成分分析需求可僅作 MTBE、DIPE、TAME 等之檢量線，其它含氧成分之定量分析，可利用 OFID 對不同含氧成分之相對氧回應十分接近的特性 (各含氧成分相對之氧感應係數約介於 0.96 ~ 1.04)，選擇已校正含氧成分之氧平均感應係數作定量計算。

#### (四) 樣品處理

汽油樣品含  $C_4$ ， $C_5$  等高揮發性成分，送到實驗室的樣品須冷藏至低溫狀態，才能在上下搖均勻後打開瓶蓋作分裝處理。上機樣品須以自動注射器用玻璃瓶盛裝密封，樣品量約 1 mL，此樣品須等到與室溫平衡才可上機。

### (五) 分析步驟

1. 儀器開機後設定適當操作條件(如表二), 等 FID 檢測器信號平穩後, 再開始進行分析。
2. 樣品分析: 每批次(註 2)或至少每二十個樣品須作 QC 查核樣品分析, QC 樣品分析精密度須符合品管要求。

計算一批次樣品分析前後之 QC 查核樣品的重複偏差  $V$ , 要求連續兩 QC 之偏差  $V$  須符合表三範圍, 如果偏差過大, 須追查誤差可能原因, 矯正後再重新分析該批次 QC 不符合區間之樣品至符合品管目標。

### 八、結果處理

- (一) 由分析各含氧成分的尖峰積分面積, 代入檢量線可計算各成分的質量百分比, 報告至小數點以下二位 (0.01 % )。
- (二) 由分析所得各含氧成分之質量百分比濃度分別計算其含氧量。如果是以 MTBE 檢量線或其平均感應系數用於其它含氧成分分析, 則分析所得為等質量百分比的 MTBE(MTBE - equivalent mass %), 其含氧量的計算以 MTBE 的分子量 88.2 和氧原子數 1 代入即可。

$$O_s = Wt\%_s \times 16.0 \times N_s / M_s$$

$O_s$ : 含氧成分  $s$  之含氧量。

$Wt\%_s$ : 含氧成分  $s$  之質量百分比濃度。

$N_s$ : 含氧成分  $s$  每分子所含氧原子數。

$M_s$ : 含氧成分  $s$  之分子量。

- (三) 加總各含氧成分之含氧量即得汽油總含氧量, 報告至小數點以下一位 (0.1 % )。

### 九、品質管制

- (一) 儀器校正頻率: 至少每年一次, 及儀器更換 OFID 裂解器、甲烷化器、管柱、或自動注射器等異動後須進行。
- (二) 無氧汽油空白樣品分析: 每次建立檢量線之分析前, 每批次(註 2)或至少每二十個樣品要分析無氧汽油確認無干擾含氧成分峰之信號。

- (三) 檢量線建立：起始檢量線必須符合七、(三)節之規範且須執行檢量線確認，檢量線確認樣品收率不符品管要求即須重新製作檢量線。
- (四) 檢量線確認：以精密度和準確度查核樣品確認檢量線，精密度查核樣品分析值相對於配製濃度之收率須介於 94 % ~ 106 %，準確度查核樣品分析值相對於參考濃度之收率須介於 90 % ~ 110 %。
- (五) 精密度查核樣品分析：每批次 (註 2) 或至少每二十個樣品須分析查核樣品 (即 QC-sample)，查核樣品分析回收率管制範圍為  $100 \pm 6 \%$ ，分析精密度須符合表三之品管要求。
- (六) 準確度查核樣品分析：每批樣品分析都要包含至少一次獨立參考油樣分析，且至少每 100 次樣品分析要有一次獨立參考油樣分析。獨立參考油樣中 1 ~ 20 % 含氧成分之分析回收率須達  $100 \pm 10 \%$ 。
- (七) 繪製查核樣品分析回收率管制圖，追蹤分析系統應用之數據品質區間與趨勢，以協助早期發現分析異常情形。
- (八) 重複樣品分析：每批次 (註 2) 或至少每二十個樣品須執行重複樣品分析。
- (九) 檢量線查核分析：樣品分析前及分析結束前須以檢量線查核標準品執行檢量線查核。

#### 十、精密度及準確度

- (一) 單一實驗室以 ASTM 比對汽油進行不同天五批次外標法重複分析 (每批前後兩次查核樣品分析)，共十次分析 MTBE 之精密度以兩倍標準差表示為  $10.12 \pm 0.43 \%$ ，及準確度以相較於 ASTM 比對平均值 ( $9.94 \pm 0.75 \%$ ) 之回收率表示為 102 %。如表四。
- (二) 單一實驗室之分析重複性 (Repeatability) 依 ASTM D5599 - 00 (內標法) 在正常且正確地操作情形下，同一樣品由同一分析人員使用同一套設備，二十次測試值中可能有一次超出表五中重複性之值的機率。
- (三) 單一實驗室之分析再現性 (Reproducibility) 依 ASTM D5599 - 00 (內標法) 在正常且正確地操作情形下，相同樣品在兩個獨立的實驗室，由各別的分析人員分別測試，二十次測試值中可能有一

次超出表五中再現性之值的機率。

#### 十一、參考資料

- (一) 行政院環境保護署環境檢驗所“建立汽、柴油中污染物及物理性質檢測標準方法驗證計畫”，EPA - 89 - 1601 - 03 - 03，中華民國八十九年十二月。
- (二) ASTM D5599 - 00, Standard Test Method for Determination of Oxygenates in Gasoline by Gas Chromatography and Oxygen Selective Flame Ionization Detection, 2000。
- (三) ASTM D4815 - 99, Standard Test Method for Determination of MTBE, ETBE, TAME, DIPE, tertiary - Amyl Alcohol, and C<sub>1</sub> to C<sub>4</sub> Alcohols in Gasoline by Gas Chromatography, 2000。
- (四) ASTM D1744 - 92, Standard Test Method for Determination of Water in Liquid Petroleum Products by Karl Fischer Reagent, 2000。
- (五) ASTM D4307 - 94, Practice for Preparation of Liquid Blends for Use as Analytical Standards, 2000。
- (六) ASTM D4057 - 95, Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products, 2000。

#### 註 1：廢棄樣品處理

本分析方法所用試藥、汽油及混合標準品等均為極易燃燒、且吸入或嚥食有毒害，甚至致命的有害化學品，分析後樣品及標準品不可隨意丟棄，須集中後依油脂類廢液處理原則處理。

儀器自動注射分析完的樣品，不可連瓶帶油直接丟棄，必須在抽風櫃內將玻璃瓶內剩餘的樣品倒入廢油收集桶，並讓玻璃瓶在抽風櫃儘量抽除油氣，再依實驗室廢棄物管理辦法分類處理。

註 2：該批次樣品數超過 20 個樣品，須每 20 個樣品需同時進行一個空白樣品分析、查核樣品分析及重複樣品分析。

表一 各含氧成分滯留時間、分子量及相對感應係數

Compound	Retention time (min.)	Molecular mass	Relative response factor <sup>A, B</sup>	Relative response factor <sup>B, C</sup>
Dissolved oxygen	3.60	32.0	D	D
Water	4.00	18.0	D	D
Methanol	4.36	32.0	0.70	0.98
Ethanol	5.20	46.1	0.99	0.97
Iso-propanol	5.99	60.1	1.28	0.96
Tert-butanol	6.68	74.1	1.63	0.99
n-Propanol	7.60	60.1	1.30	0.98
MTBE	8.30	88.2	1.90	0.97
Sec-butanol	9.21	74.1	1.59	0.97
DIPE	9.78	102.2	2.26	1.00
Iso-butanol	10.55	74.1	1.64	0.99
ETBE	10.76	102.2	2.25	0.99
Tert-pentanol	11.28	88.1	2.03	1.04
DME	12.42	90.1	1.00	1.00
n-Butanol	12.76	74.1	1.69	1.03
TAME	14.63	102.2	2.26	1.00

<sup>A</sup> Based on mass percent oxygenate compound basis.

<sup>B</sup> Relative to DME (1,2 - Dimethoxyethane)

<sup>C</sup> Based on mass percent oxygen basis.

<sup>D</sup> Not determined.

表二 氣相層析儀參考操作條件

OVEN temperature	Initial temp. : 40°C (4 min.) Rate 1 : 5°C/min. Final temp. 1 : 50°C (9 min.) Rate 2 : 25°C/min. Final temp. 2 : 180°C (0 min.)
Split inlet	Injector temperature : 225°C Constant pressure : 30 psi Split ratio : 100 : 1 Split flow : 186 mL/min. He total flow : 190 mL/min. H <sub>2</sub> flow : 10 mL/min.
OFID detector	OFID cracking reactor temperature : 1250–1350°C OFID cracking reactor purge He : 100 mL/min. Methanizer temperature : 450°C Methanizer hydrogen flow : 30 mL/min. FID temperature : 250°C FID hydrogen flow : 2.0 mL/min. FID air flow : 300 mL/min.

表三 連續兩 QC 之重複偏差 (V) 上限

含氧成分	濃度範圍 (Mass%)	重複偏差 (V) 上限 (Mass%)
甲醇	0.20 to 1.00	0.010+0.043C
甲醇	1.00 to 12.00	0.053C
乙醇	1.00 to 12.00	0.053C
MTBE	0.20 to 20.00	0.069+0.029C
DIPE	1.00 to 20.00	0.048C
ETBE	1.00 to 20.00	0.074C
TAME	1.00 to 20.00	0.060C

$$C = (C_o + C_d) / 2$$

$$V = | C_o - C_d |$$

$C_o$  = 查核樣品分析之濃度值。

$C_d$  = 重複查核樣品分析之濃度值。

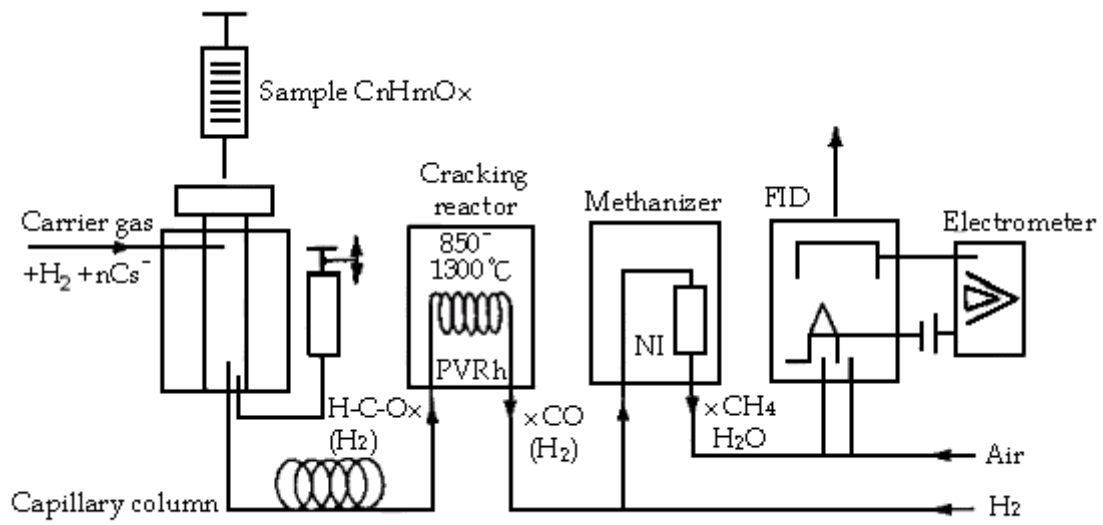
表四 單一實驗室驗證分析精密度及準確度

樣品：RFG9909 (ASTM 比對汽油)				
測試日期		MTBE	DIPE	TAME
89.04.28	QC-1	9.86	0.32	1.00
89.04.28	QC-2	9.99	0.32	1.01
89.05.05	QC-1	10.13	0.33	1.04
89.05.05	QC-2	10.01	0.32	1.02
89.05.06	QC-1	9.81	0.32	1.01
89.05.06	QC-2	10.12	0.32	1.03
89.05.23	QC-1	10.18	0.36	1.03
89.05.23	QC-2	10.46	0.36	1.06
89.05.30	QC-1	10.45	0.36	1.05
89.05.30	QC-2	10.21	0.36	1.02
Average (10)		10.122	0.337	1.027
Stdev. (10)		0.216	0.020	0.017
RSD% (精密度)		2.1	5.9	1.7
2*RSD% (精密度)		4.3	11.9	3.3
Recovery% (準確度)		101.8	112.2	101.7
ASTM D5599比對平均值		9.94	0.30	1.01

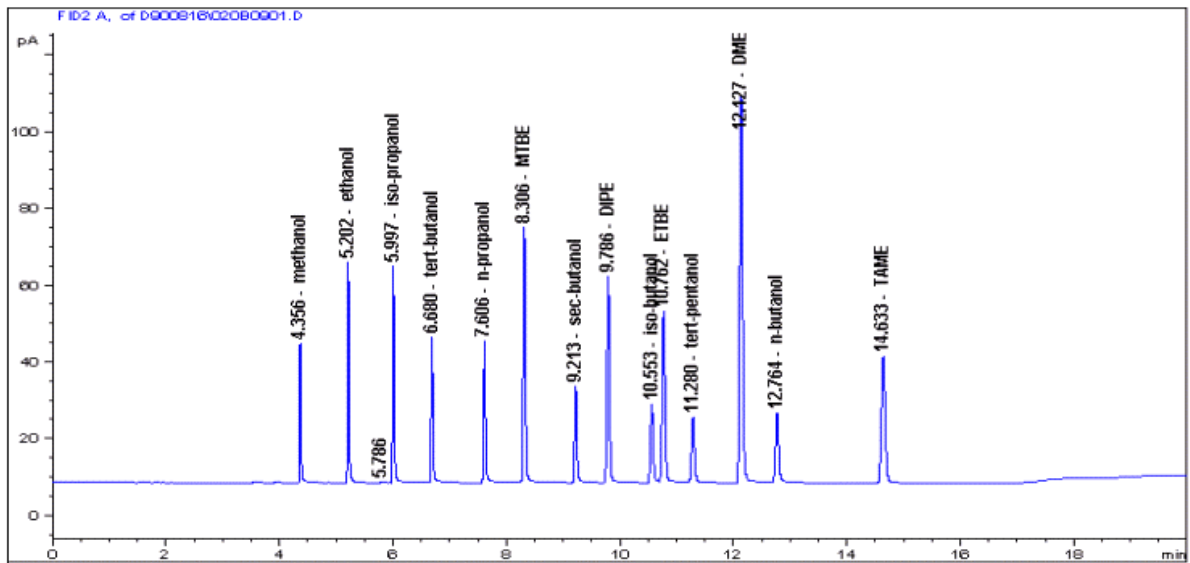
表五 汽油含氧成分分析之重複性與再現性

Component	Repeatability	Reproducibility
Methanol	0.07 ( $X^{0.49}$ )	0.25 ( $X^{0.86}$ )
Ethanol	0.03 ( $X^{0.92}$ )	0.27 ( $X^{0.80}$ )
Iso-propanol	0.04 ( $X^{0.54}$ )	0.21 ( $X^{0.71}$ )
Tert-butanol	0.05 ( $X^{0.65}$ )	0.20 ( $X^{0.80}$ )
n-Propanol	0.04 ( $X^{0.35}$ )	0.17 ( $X^{0.88}$ )
MTBE	0.05 ( $X^{0.58}$ )	0.10 ( $X^{0.95}$ )
Sec-butanol	0.03 ( $X^{0.54}$ )	0.17 ( $X^{0.73}$ )
DIPE	0.05 ( $X^{0.65}$ )	0.16 ( $X^{0.71}$ )
Iso-butanol	0.03 ( $X^{0.79}$ )	0.19 ( $X^{0.83}$ )
ETBE	0.04 ( $X^{0.86}$ )	0.25 ( $X^{0.79}$ )
Tert-pentanol	0.05 ( $X^{0.41}$ )	0.18 ( $X^{0.55}$ )
n-Butanol	0.06 ( $X^{0.46}$ )	0.22 ( $X^{0.30}$ )
TAME	0.04 ( $X^{0.58}$ )	0.24 ( $X^{0.69}$ )
Total oxygen	0.03 ( $X^{0.93}$ )	0.13 ( $X^{0.83}$ )

註：X 為平均測量值 (Mass %)



圖一 氣相層析儀配備氧選擇性偵測器系統組合示意圖



圖二 GC / OFID 含氧成分分離層析圖