

碳氫化合物（芳香族） Hydrocarbons, (aromatic) BP 80-145°C

容許濃度：見表 1 參考資料：NIOSH 1500, 1501(8/15/94)[1]
 分子式：見表 2
 分子量：見表 2
 基本物性：見表 2 別名：見表 2
 CAS No.：見表 2
 RTECS No.：見表 2

採	樣	分	析
採樣介質：活性碳管（100mg/50mg） 流率：見表 3 採樣體積：見表 3 樣品運送：例行性 樣品穩定性：15天, @25°C, : 15天, 40°C 現場空白樣品：每批樣品數的10% , 至少需二個以上		方 法：GC/FID 分析物：芳香族碳氫化合物 脫 附：1mL CS ₂ 脫附劑，放置30分鐘 注射量：2 μL 溫 度—注入口：225°C —偵檢器：250°C —管 柱：55°C持續20分 載流氣體：氮氣，3.8mL/min	
準 確 度 [1]		管柱：fused silica WCOT,DB-1 30m× 0.53mm ID 標準樣品：分析物溶於CS ₂ 中 檢量線範圍：見表 5 可量化最低濃度：見表 5 分析變異係數(CVa)：見步驟6.3	
範 圍：見表 4 偏 差：見表 4 總變異係數 (CVT)：見表 4 準 確 度：見表 4			

適用範圍：適用於測定芳香族碳氫化合物。

干 擾：在高濕環境下，採集介質可能減少50%的吸收，增加破出率。其它高揮發有機溶劑，如醇類 (alcohols) ，酮類 (ketones) ，醚類 (ethers) 和鹵化碳氫化合物 (halogenated hydrocarbons) 可能會干擾分析結果。如果有可疑的干擾現象，應採用極性較強的管柱或改變管柱的溫度條件。

安全衛生注意事項：CS₂有毒，易燃（閃火點=-30°C），苯是可疑致癌物，準備樣品及標準樣品時，需在氣櫃中進行。

1. 試藥

- 1.1 脫附劑：CS₂（層析級）。
- 1.2 分析物：碳氫化合物（試藥級）。
- 1.3 氮氣。
- 1.4 氫氣。
- 1.5 經過濾之空氣。

2. 設備

- 2.1 採集設備：活性碳管（100 mg/50 mg），見通則之採樣介質。
- 2.2 個人採樣泵：流率約 20~200 mL/min。
- 2.3 氣相層析儀：備有火焰離子化偵檢器（FID）、積分器，以及管柱。
- 2.4 2 mL 玻璃小瓶，備有聚四氟乙烯（PTEE）內襯的蓋子。
- 2.5 1 mL 定量吸管和吸球。
- 2.6 5,10,25,100 μL 之注射針筒。
- 2.7 10 mL 量瓶。
- 2.8 超音波振盪器

3. 採樣

- 3.1 個人採樣泵連結活性碳管，進行流率校正，見通則之採樣。
- 3.2 以正確且已知的流率，採集空氣。採樣泵流率為 10~200 mL/min，應採集的空氣體積見表 3。
- 3.3 以塑膠蓋封管，並以石蠟薄膜(parafilm)加封。

4. 脫附效率測定與樣品脫附

- 4.1 脫附效率測定
- 4.1.1 見通則之脫附效率。
- 4.1.2 將活性管兩端切開，倒出後段的活性碳，丟棄之。
- 4.1.3 以微量注射針筒取適量的分析物，直接注入前段的活性碳上。添加量見 6.3之脫附濃度。
- 4.1.4 以塑膠蓋封管，並以石蠟薄膜(parafilm)加封，冷藏靜置過夜。
- 4.1.5 以脫附劑脫附後，進行分析。
- 4.2 樣品脫附
- 4.2.1 打開活性碳管塑膠蓋，將斷口切開，使開口與管徑同大，前端之玻璃綿拿出丟棄，前段之活性碳倒入 2 mL 的玻璃小瓶中。取出分隔之聚甲醯胺甲酯 (PU) 泡綿，後段之活性碳倒入另一個 2 mL 的玻璃小瓶。
- 4.2.2 每一玻璃小瓶中，加入脫附劑 1 mL，立即蓋上瓶蓋。
- 4.2.3 以超音波振盪器振盪 30 分後測定。
5. 檢量線製作與品管
- 5.1 檢量線製作
- 5.1.1 見通則之檢量線製作與品管。
- 5.1.2 加已知量的標準品於盛有脫附劑的1 mL的小瓶中。所建立之檢量線濃度範圍見表 5。
(註：至少應配製 5 種不同濃度，以建立檢量線。)
- 5.1.3 將樣品標準溶液與試藥空白樣品一起分析。
- 5.1.4 以波峰面積 (或高度) 對分析物的濃度，繪製檢量線。
- 5.2 品質管制
- 5.2.1 見通則之檢量線製作與品管。
6. 儀器分析
- 6.1 儀器分析條件

	條	件
儀器	GC/FID	
管柱	fused silica WCOT, DB-1	30m× 0.53mm ID
流率 (mL/min)		
空氣	400	
氫氣	3.3	
氮氣	3.8	
溫度		
注入口	225°C	
偵檢器	250°C	
管 柱	50°C (20分)	

註：以HP 5890為例，亦可使用其它廠牌同級之儀器，但分析條件需另訂之。

6.2 大約滯留時間 (retention time)

化 合 物	滯留時間 (分鐘)	
	(A)	(B)#
CS ₂	2.6	1.7
苯	3.9	
甲苯	7.2	3.8
對-二甲苯*	14.7	
間-二甲苯*	14.7	

鄰-二甲苯	17.0	
苯乙烯	19.1	6.8

(A) 氮氣流率 3.8 mL/min (B) 氮氣流率 20 mL/min。

* 完全重疊在一起

以甲苯為內標物

6.3 脫附效率*

化合物	容許濃度** (ppm)	相當採樣 體積 (L)	脫附濃度 (mg/mL)	平均脫附 效率 (%)	分析變異 係數 CVa (%)
苯	10	0.94~ 4.07	0.03~0.13	100	1.2
甲苯	100	1.14~ 4.59	0.43~1.73	95	1.8
對-二甲苯	100	5.99~24.00	0.91~3.63	95	0.7
苯乙烯	50	4.27~17.04	2.09~8.38	95	2.0
	10	38.42~159.92	2.09~8.38	75	0.5

* 採樣介質為SKC批號120活性碳管。

**參考勞委會民國74年4月之標準。

6.4 注射樣品進入氣相層析儀，使用自動注射器或採用溶劑沖刷注射技術（solvent flush injection technique—利用 10 μ L 之注射針筒先以溶劑（CS₂）沖刷數次濕潤針管與活塞，取 3 μ L 溶劑後，吸入 0.2 μ L 空氣，以分開溶劑與樣品，針頭再浸入樣品中吸入 2 μ L 樣品後，在空氣中後退 1.2 μ L，以減少針頭樣品蒸發之機會，檢視注射針筒之針管樣品佔 1.9~2.1 μ L。

6.5 以電子積分器或其他適當方法計算面積計算方法，分析結果自檢量線上求出。

7. 計算

$$C = \frac{(W_f - B_f + W_b - B_b) \times 10^3}{V}$$

C：空氣中有害物濃度（mg/M³）

V：採集氣體體積（L）

W_f：前段活性碳管所含分析物之質量（mg）

W_b：後段活性碳管所含分析物之質量（mg）

B_f：現場空白樣品前段的算術平均質量（mg）

B_b：現場空白樣品後段的算術平均質量（mg）

註：如（W_b）（W_f/10）表示破出，樣品可能有損失。

8. 方法驗證

	測 試 1	測 試 2
儀 器	GC/FID (HP 5890)	GC/FID (HP 5890)
溫度 (°C) 注入口 偵檢器 管 柱	225°C 250°C 55°C, 持續20分	200°C 200°C 80°C, 持續10分
流率 (mL/min) 空氣	400	400

氮氣		33	33
氫氣		3.8	10
管 柱		fused silica WCOT DB-1， 30m× 0.53mm ID	fused silica WCOT DB-1， 30m× 0.53mm ID
苯	平均脫附效率	98.0%	98.4%
	CVa	0.9%	2.5%
甲 苯	平均脫附效率	96.3%	100.5%
	CVa	0.6%	2.1%
* 苯 乙 烯	平均脫附效率	94.6%	88.3%
	CVa	2.0%	1.7%
二 甲 苯	平均脫附效率	95.4%	96.7%
	CVa	0.7%	0.7%
	平均脫附效率	76.9%	72.5%
	CVa	0.9%	2.5%

* 乙苯為內標物。

高濕環境破出測試及樣品貯存穩定性測試

本方法評估是以採樣袋法配製標準乾燥氣體，再以高溫、高濕載流氣體與之混合，產生30°C，80%相對濕度之所需標準氣體，然後進行破出測試與樣品貯存穩定性測試。

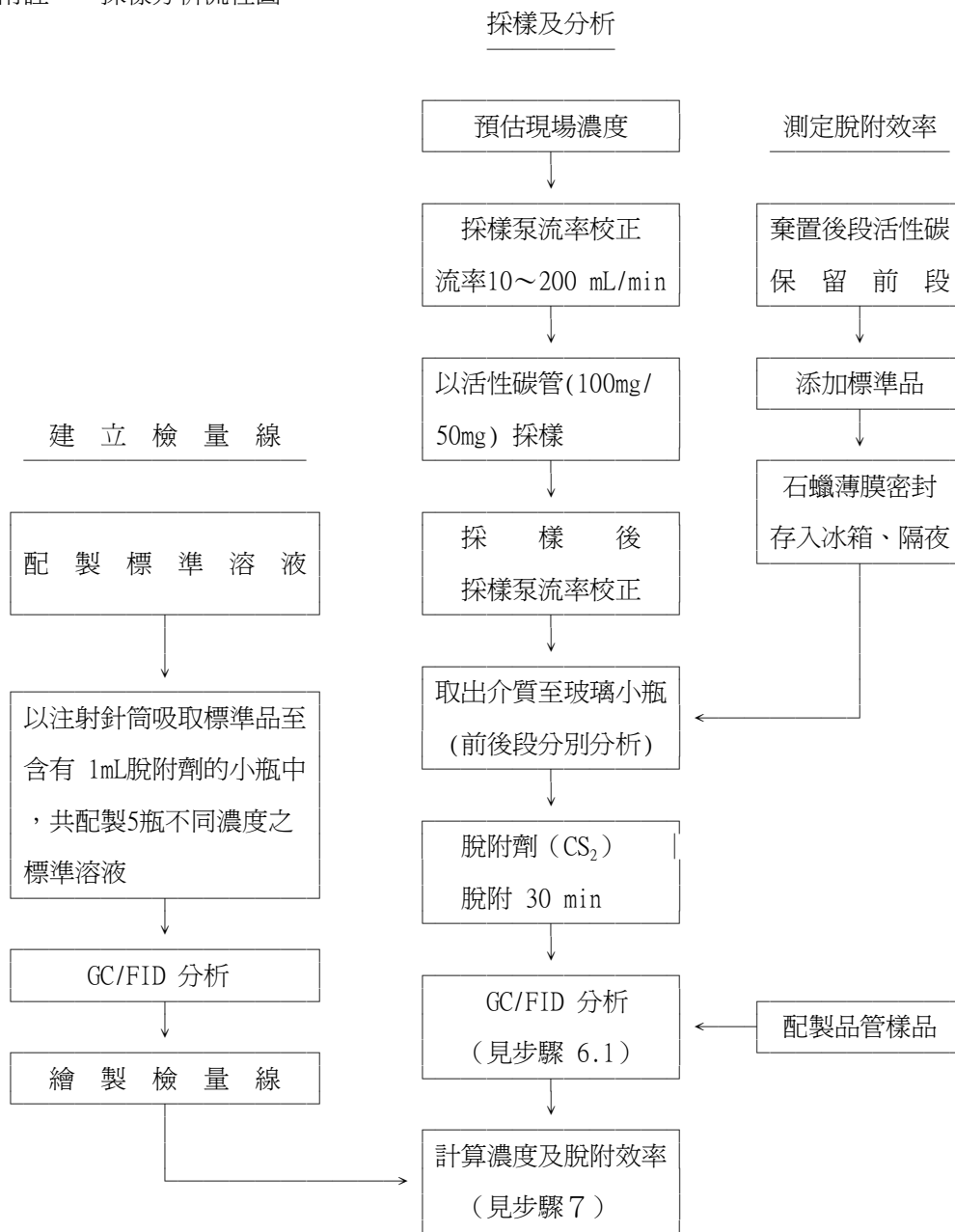
苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯分別於20 ppm，20 ppm，200 ppm，200 ppm濃度下，以 200 mL/min流率進行六個樣品之採樣破出測試，經採樣四小時均未有破現象產生。甲苯於 267分鐘時有 5%破出，由實驗顯示，在容許濃度時採集高濕（80 % RH）氣體，將樣品冷藏貯存 15 天後，樣品之回收率均可達 97 %，在室溫下貯存 15天後，樣品之回收率可達 95 %，唯 之脫附效率均較其他化合物為低（約75%左右）。

9. 文獻

- [1] NIOSH Manual of Analytical Method, 4th ed. NIOSH, Cincinnati, Ohio, Method 1500, 150, 1994.
- [2] “勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準”，行政院勞工委員會，民國84年6月。
- [3] User check, UBTL, NIOSH Sequence #4213-L (unpublished, January 31, 1984).
- [4] NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd. ed., V. 1, P&CAM 127 U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ, (NIOSH) 77-157-A, 1977.
- [5] NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd. ed., V. 2, S28, S89, S90, S94, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-B, 1977.
- [6] NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd. ed., V. 3, S311, S343, S378, S379, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-C, 1977.
- [7] 吳麗珠、余榮彬，“空氣中汽油揮發物（36-145°C）之分析”；第四屆環境分析研討會，新竹，中華民國，1989。
- [8] Driesbach, R. D. “Physical Properties of Chemical Compounds”；Advances in Chemistry Series, No. 15; American Chemical Society, Washington, 1955.
- [9] Driesbach, R. D. “Physical Properties of Chemical Compounds -

- II" ; Advances in Chemistry Series, No. 22; American Chemical Society, Washington, 1959.
- [10] Code of Federal Regulations; Title 29 (Labor), Parts 1900 to 1910; U.S. Government Printing Office, Washington, (1989); 29 CFR 1910. 1000.
- [11] Update Criteria and Recommendations for a Revised Benzene Standard, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, 1976.
- [12] Criteria for a Recommended Standard.. Occupational Exposure to Alkanes (C5-C8), U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-151, 1977.
- [13] Criteria for a Recommended Standard.. Occupational Exposure to Toluene, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 73-11023, 1973.
- [14] 1992-1993 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, ACGIH, Cincinnati, OH, 1992.
- [15] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S28, S82, S90, S94, S311, S343, S378, S379, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-185.
- [16] NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, 1985.

附註一 採樣分析流程圖



附註二 所參考分析方法之主要數據

本分析方法是參照 NIOSH 1500, 1501, P & CAM 127: 苯, 甲苯[4]; S311: 苯[6]; S343: 甲苯[6]; S318: 二甲苯[6]; S292: [6]。當分析複雜的碳氫化合物 (C_{10}) 中的苯, 甲苯, 二甲苯時, NIOSH 1501 (分析苯環碳氫化合物) 會更具有選擇性。

式儀器分析條件:

- 方法: GC/FID
- 脫附: 1mL CS_2 , 放置 30 分鐘
- 注射量: 2 μ L
- 溫度—注入口: 225°C
- 偵檢器: 250°C
- 管柱: 見表 6
- 管柱: 見表 4
- 標準樣品: 分析物溶於 CS_2
- 測試範圍: 見表 4
- 分析變異係數 (CVa): 見表 4

預估偵測極限：見表 4

表 1 碳氫化合物（芳香族）之容許濃度（ppm）[10-14,16]

化 合 物	OSHA	NIOSH			ACGIH		勞委會	mg/M ³ per ppm @NTP
	TWA	TWA	C	STEL	TLV	STEL	容許濃度	
		*			*			
苯 benzene	1	0.1	1		10		5(皮,瘤)	3.19
甲苯 toluene	200	100		150	50	150(皮)	100(皮)	3.77
二甲苯 xylene	100	100		150	100	150	100	4.34
苯乙烯 styrene	100	50		100	50	100(皮)	50(皮)	4.26
萘 naphthalene	10	10		15	10	15	10	5.24

* 疑似致癌物

表 2 碳氫化合物（芳香族）之基本資料

化合物及別名	分子式	分子量	沸點(°C)	蒸 氣 壓 (mm Hg)	(kPa)	密 度 @ 20°C (g/mL)
苯 benzene CAS #71-43-2 RTECS CY 1400000	C ₆ H ₆	78.11	80.1	95.2	12.7	0.879
甲苯 toluene CAS #108-88-3 methylbenzene RTECS XS 5250000	C ₇ H ₈	92.14	110.6	28.4	3.8	0.867
(a)						
二甲苯 xylene CAS #1330-20-7 dimethylbenzene RTECS WL 5075000	C ₈ H ₁₀	106.17				
		鄰(ortho)	144.4	6.7	0.89	0.880
		間(meta)	139.1	8.4	1.12	0.864
		對(para)	138.4	8.8	1.18	0.861
苯乙烯 styrene CAS #100-42-5 vinyl benzene RTECS WL 3675000	C ₈ H ₈	104.15	145.2	6.2	0.81	0.906
(b)						
naphthalene CAS #91-20-3 vinyl benzene RTECS QJ 0525000	C ₁₀ H ₈	128.18	80.2	0.2	0.03	1.025

(a) 為混合之異構物

(b) 為熔點 C₆H₆ C₇H₈ C₈H₁₀ C₈H₈ C₁₀H₈

表 3 採樣流率、採樣體積、破出體積

化 合 物	採 樣		破 出 體 積		
	流 率 ^a (L/min)	體積 (L)		體積 (L)	濃 度 (ppm) [步驟9]
		最 低 [1]	最 高 [步驟9]		
苯 benzene	≤0.20	2	32	48	20
甲苯 toluene	≤0.20	2	32	48	200
二甲苯 xylene	≤0.20	12	23[1]	35[1]	870[1]
苯乙烯 styrene	≤0.20	5	32	48	200
萘 naphthalene	≤0.20	200	32	48	20

a：最低建議流率 0.01 mL/min，b：約為破出體積的 2/3

表4 NIOSH 1500 和 1501 分析採樣資料[1]

化 合 物	a		載流氣體	b			採 樣 分 析		
	分 析	變異係數		管 柱 參 數	流 速	溫 度	長 度	偏 差	總變異係數
	範 圍	(CV _a)(%)	(mL/min)	(°C)	(m)	填 充 物	(%)	(CV _T)(%)	(%)
苯 benzene	0.09–0.35	3.6	50	115	0.9	A	-0.4	5.9	11.4
萘 naphthalene	4.96–19.7	1.9	30	125	3.0	C	-2.6	5.5	11.5
苯乙烯 styrene	2.17–8.49	1.3	50	109	3.0	B	-7.9	5.8	16.7
甲苯 toluene	1.13–4.51	1.1	50	155	0.9	D	1.6	5.2	10.9
二甲苯 xylene	2.60–10.4	1.0	50	180	0.9	D	-1.2	6.0	12.2

a 注射體積 5.0 μL；載流氣體為N₂

b 不銹鋼管為 OD 3.2mm

c A, 50/80 mesh Porapak P; B, 10% FFAP on 80/100 mesh Chromosorb W AW-DMCS;

C, 10% OV-101 on 100/120 mesh Supelcoport; D, 50/80 mesh Porapak Q.

d 修正值，由文獻15計算而得

表5 檢量線範圍和可量化最低濃度

化 合 物	檢量線範圍 (mg/mL)	可量化最低濃度 (mg/mL)
苯	0.003—0.58	0.003
甲苯	0.043—8.65	0.043
對—二甲苯	0.091—18.1	0.091
苯乙烯	0.21—41.9	0.21
	0.21—41.9	0.21

表6 NIOSH 1500 和 1501 分析方法管柱溫度

化 合 物	50°C	100°C	150°C	升溫
苯	2.5			2.5
甲苯	4.3	1.1		4.2
對—二甲苯	7.0	1.4		5.2
間—二甲苯	7.2	1.5		5.6
鄰—二甲苯	10	1.9		6.5
苯乙烯	16	2.6		7.6
		25.0	4.3	12.0