

有害空氣污染物最佳可行控制技術 (BACT)電子半導體實例分析

陳雄文* 楊慶熙** 王繼國*** 黃振倉****

摘要

美國環保署為能於公元2000年時訂定全部污染源之排放標準，根據各種控制技術執行操作情形，將訂定出各類污染源的最大可達成控制技術(MACT)。但基於對人體健康之考量，此一排放標準訂定方式仍不夠完善。美國最嚴格的加州南海岸空氣品質管制區(SCAQMD)有害空氣污染物法令標準則考量了健康風險與最佳可行控制技術(BACT)來訂定。本文即依據BACT施行法則，以國內電子半導體業為例，說明BACT研選之步驟。

【關鍵字】

1. 最佳可行控制技術(Best Available Control Technology, BACT)
2. 最大可達成控制技術(Maximum Achievable Control Technology, MACT)
3. 有害空氣污染物(Hazardous Air Pollutants, HAPs)

*環保署空保處處長

**環保署空保處第二科科長

***康城工程顧問公司總經理

****康城工程顧問公司工程師

一、前　　言

就有害空氣污染物(hazardous air pollutants，以下簡稱HAPs)而言，先進國家管制項目通常較開發中國家多而且數據化，其標準亦較嚴格，其管制標準約計有三種：即以排放標準管制；或以風險合格標準管制，多為美、歐地區所採用，採用範圍在 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 之間；或以篩選值(針對毒性空氣污染物(TAP)非致癌之毒性)或閾值(threshold)作為管制標準，如安大略省以衝擊點標準(standards for the point of impingement)，即環境空氣品質標準及許可篩選標準，另北卡羅萊納州以年平均、24小時、1/2小時不同時距之AAL(ambient acceptable level)為管制標準。

二、美國有害空氣污染物管制現況

現行主導美國空氣污染物管制之法案為空氣清淨法(Clean Air Act,以下簡稱(CAA))，最早頒佈於1963年，並歷經1965、1970、1977及1990四度增修。而管制有害空氣污染物則源於1977年修正案之七類物質，包括鉛、石綿、汞、氯乙烯、苯、砷及放射性核種，直到1990年CAA修正案(以下簡稱CAAA)之第三標題第301節>Title III-Hazardous air pollutants)對有害空氣污染物控制才有一整體之方案。

CAAA施行後2年內，需出版各類排放標準之預訂公告時程。

2.1 一般原則

- 1.CAAA施行後2年內，至少需公告40類名錄以上之污染源排放標準。
- 2.CAAA施行後4年內，需公告污染源名錄25%之排放標準。
- 3.CAAA施行後7年內，需公告另一25%污染源名錄之排放標準。
- 4.全部污染源名錄之排放標準需於CAAA施行後10年完成。

2.2 排放標準公告之先後順序

環保行政首長於公告有害空氣污染物排放標準時，應考慮以下因素，以決定公告之先後順序：

- 1.已知或可預期對人體健康及環境有不利效應者。
- 2.排放量、污染源所在地及幾乎各類污染源皆會排放之污染物。
- 3.污染源排放、製程或所使用之技術之效率等。

在CAA Title III中對主要污染源（排放單一HAPs每年超過10公噸或多種HAPs每年超過25公噸之污染源），擬將其予以分類並根據各種控制技術執行操作情形，訂定出各類污染源的最大可達成控制技術(Maximum Achievable Control Technology, MACT)，以便美國環保署能於公元2000年時，訂定全部污染源名錄之排放標準。但基於對人體健康之考量，此一排放標準訂定方式仍不夠完善。

美國最嚴格的加州南海岸空氣品質管制區(SCAQMD)HAPs法令標準規定(rule 1401)：

除非申請者能夠證實從新設、遷移或修正過的允許污染源或其他允許污染源所在地的一百公尺範圍內不會有下列情形發生，否則執行當局應拒絕污染源的新設、遷移或修正。

- 1.假如污染源在建造時，沒有設置毒性污染物質的最佳可行控制技術T-BACT，在規定範圍內，最大單一癌症風險大於 1×10^{-6} 。
- 2.污染源在建造時，有設置毒性污染物質的最佳可行控制技術T-BACT，在規定範圍內，最大單一癌症風險大於 1×10^{-5} 。
- 3.最大單一癌症風險大於 1×10^{-6} ，且污染源變更，且污染源變更後，每一百萬人口有大於0.5人以上之超量癌症風險。

在規定範圍內的住宅區，最大單一癌症風險不可超過(1)或(2)中一年內最大容許風險值的1/70。

以下即以電子半導體為例，就最佳可行控制技術(Best Available Control Technology，以下簡稱BACT)之研選進行實例分析：

三、最佳可行控制技術定義及施行準則

3.1 定義

美國聯邦法規40 CFR之51.166及40 CFR之52.21中有明文規定：「BACT為一排放極限（包括目視排放標準），此極限是基於在空氣污染清潔法(CAA)中要求任何新申請之主要固定污染源或既存污染源的製程修正，對法規所定之污染物的排放所作最大的減少。BACT在審核時是以個案方式，考量能源、環境、經濟的衝擊，選擇應用製造程序或可行方法、系統、技術及使用清潔燃料或更新燃料組合技術來控制特定污染物。BACT應用所得之排放極限不得超過40 CFR之60及61所定污染物排放標準。若主管機關認為對某一特定污染源決定其技術及經濟極限為無法執行時，可藉著規定設計、設備、操作的標準來達到相當的排放減少程度」。

3.2 施行準則

1987年12月1日起美國環保署針對空氣污染發佈實施以top-down的方法將各類控制技術依照控制效率的次序來排列，任何新設或修改的嚴重污染源之申請者，應針對空氣污染防治來檢驗最嚴格可行控制技術的替代性，若經過考慮能源、環境及經濟衝擊等因素論證並許可後，證實該最嚴格可行技術對於此污染源無法實施，則考慮次嚴格之可行技術，重覆此驗證步驟，直到決定最佳可行控制技術為止。此一方式稱為“to-down”程序。本文以下列五個步驟對此程序作一說明。

步驟 1 - 所有控制技術的設定

首先須對排放單元現有可行控制技術之選擇作認定。可行控制之選擇即係污染控制技術及評估後可實際應用之技術。空氣污染控制技術包括運用於製程中可行之方法、系統或技術，同時亦包括能有效控制污染物之燃燒技術、清洗處理等，可達到最低排放效率(LAER)之技術。

步驟 2 - 剔除技術上不可行之選擇

可行控制技術之選擇是以污染源特定因子為評估基準。一般而言，不可行技術應詳加記錄，並從物理、化學甚至工程的原理說明選擇之困難。因此在未來的考慮將可完全剔除不可控制之選擇。

步驟 3 - 剩餘之控制技術依其控制效率進行排列

篩選後剩下之控制技術將按照污染物之控制效率進行排列，效率最佳之控制技術列居首位，按序排列。針對不同污染物及污染單位賦予不同之BACT分析製成表格，其內容須包括下列各項：

1. 控制效率（污染物去除之百分率）
2. 預測排放率（以噸／年，磅／小時為單位）
3. 預測排放之減少（以噸／年為單位）
4. 環境影響評估
5. 能源評估
6. 經濟因素評估

申請者對其最佳控制技術必須提供成本或詳細資料，然後，申請者並應詳細說明所要選擇之控制技術。至於最高之控制技術則需附具環境影響評估報告書。

步驟 4 - 評估最有效控制及結果

最佳可行技術認定以後，該技術對能源、環境及經濟產能的影響亦須列入控制技術評估之最後考慮。因此，分析即成為控制選擇中極關鍵之決策因素。針對每項選擇，申請者有責任對各項影響提出客觀之評估，可能的話，並統計相關正面或負面之影響並予討論。

步驟 5 - BACT之選擇

步驟 4 中未被剔除之有效控制選擇將視為污染物和排放單位之 BACT。

最佳可行控制技術研訂流程，如圖 1 所示。

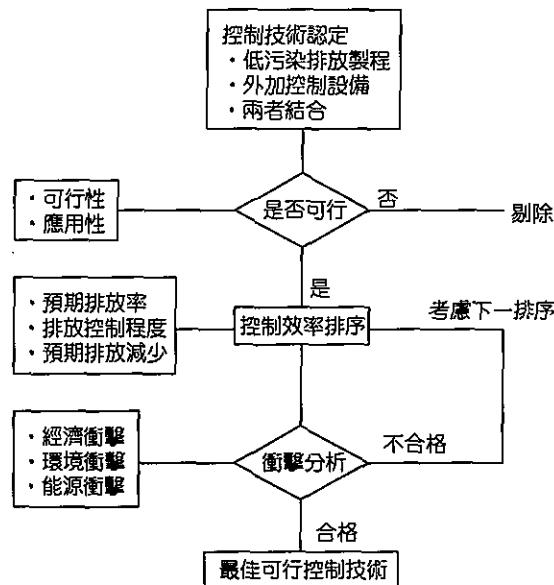


圖1 最佳可行控制技術研訂流程

四、電子半導體業BACT分析實例

4.1 電子半導體業製程概述及污染排放情形

4.1.1 製程概述

晶片封裝完成後，需利用網板印刷方式將晶片型號、生產日期及製造商等代碼印製在晶片上，而後以烘箱將其烘乾。烘烤之排氣必需經過污染防治設備之處理始可排放。

4.1.2 污染排放情形

1. 污染源：

烘烤箱排氣

2. 污染物：

甲苯(toluene)

3. 排氣量：

600Nm³/min

4. 溫度：

115°C

5. 濃度：

200ppm toluene，無粒狀物及其它成份氣體。

6. 年排放量：

$$200\text{ppm toluene} = 821.4\text{mg/Nm}^3 \text{ toluene}$$

$$821.4\text{mg/Nm}^3 * 600\text{Nm}^3/\text{min} * 525600\text{min/yr} * 10^{-9}\text{ton/mg}$$

$$= 259.0\text{公噸/年}$$

4.2 BACT研選步驟

4.2.1 所有控制技術之認定

由表 1 可知，甲苯的控制技術包括：

1. 直接燃燒
2. 吸附
3. 冷凝

而參考國外電子半導體業 BACT 之審查實例(表 2)可知，甲苯亦可用觸媒焚化來處理，故亦含：

4. 固定床式觸媒焚化
5. 移動床式觸媒焚化

4.2.2 各控制技術之可行性分析

根據表 3 顯示，當甲苯的濃度為200ppm時，適合用觸媒焚化、直接燃燒或吸附法來處理；再考慮排放氣體溫度時，吸附法就不適用了，因此本例之可行控制技術僅為觸媒焚化或直接燃燒。

表1 特定有害空氣污染物質之控制技術

空氣污染物質	觸媒焚化(a)	直接燃燒(a)	鍋爐及製程加熱器 (a)	燃燒塔(a)	吸收	吸附	冷凝	袋式集塵	濕式洗滌	靜電集塵	旋風集塵
Acetaldehyde(c)				★	★		★				
Acrolin		★		★							
Acrylic acid	★			★	★		★				
Acrylonitrile	★	★		★	★	★	★				
Allyl chloride				★	★		★				
Aniline		★			★	★	★				
Benzene	★	★			★	★	★				
Benzyl chloride(c)		★			★		★				
Butadiene	★	★	★	★	★		★				
Cadmium								★	★	★	★
Carbon tetrachloride					★		★				
Carbon tetrachloride/perchloroethylene						★					
Chlorobenzene					★	★	★		★		
Chloroform					★						
Chloromethanes(d)				★	★		★				
Chloroprene				★	★		★				
Chromium								★	★	★	
Copper								★		★	★
Cumene	★		★	★							

註：(a)Combustion techniques.

(b)Refers to 1,3-butadiene.

(c)Possible control technique.

(d)Chloromethanes include methylene chloride, chloroform, and carbon tetrachloride. Individual compound is listed whenever specific information is available.

(e)資料來源：USEPA, PN3687-33,3687-40,3687-52, office of Pesticides Toxic Substances, Washington D.C., Dec. 1987.

表1 特定有害空氣污染物質之控制技術(續)

空氣污染物質	觸媒焚化(a)	直接燃燒(a)	鍋爐及製程加熱器 (a)	燃燒塔(a)	吸收	吸附	冷凝	袋式集塵	濕式洗滌	靜電集塵	旋風集塵
Epichlorohydrin		★			★						
Ethylbenzene/styrene			★	★	★		★				
Ethylene dichloride	★				★	★	★				
Ethylene oxide	★	★	★	★	★		★				
Formaldehyde			★	★							
Methylchloroform		★			★	★	★				
Methylmethacrylate		★		★		★	★				
Methylene chloride						★					
Naphthalene						★					
Nickel								★	★	★	★
Perchloroethylene/trichloroethylene		★			★		★				
Phenol	★		★		★	★	★				
Phosgene					★	★					
Polychlorinated biphenyls		★									
Propylene oxide			★	★	★						
Styrene						★					
Toluene		★				★	★				
Toluene diisocyanate		★				★	★			★	
Trichloroethylene											
Vinyl chloride						★	★				
Vinylidene chloride		★				★	★				
Xylene						★	★	★			

註：(a)Combustion techniques.

(b)Refers to 1,3-butadiene.

(c)Possible control technique.

(d)Chloromethanes include methylene chloride, chloroform, and carbon tetrachloride. Individual compound is listed whenever specific information is available.

(e)資料來源：USEPA, PN3687-33,3687-40,3687-52, office of Pesticides Toxic Substances, Washington D.C., Dec. 1987.

表2 國外電子半導體業BACT審查實例

批准之製程	處理量	排放之污染物	排放極限	控制設備	製程修改	基準及效率(%)
LAB,Silicon micromaching	-	AS	4.0E-4LB/H,5.0E-4T/YR	-	Good operation,practice	-
LAB,Silicon micromaching	-	PHO	4.0E-4LB/H,5.0E-4T/YR	-	Good operation,practice	-
LAB,Silicon micromaching	-	THA	1.0E-5LB/H,5.0E-6T/YR	-	Good operation,practice	-
LAB,Silicon micromaching	-	LR	3.0E-4LB/H,0.001T/YR	-	Good operation,practice	-
LAB,Silicon micromaching	-	NI	4.0E-4LB/H,5.0E-4T/YR	-	Good operation,practice	-
LAB,Silicon micromaching	-	VOC	1.5LB/H,4.4T/YR	-	Good operation,practice	-
LAB,Silicon micromaching	-	PHO	0.02LB/H,0.02T/YR	-	Good operation,practice	-
DEMC Conductor MFG,PDS,PESEST	12500wafers/yr	VOC	1.58LB/H,3.29T/YR		POS,PHOTORESEST PROCESS	-
REGEN ERATOR, KATHABOR	12500wafers/d	LIT	5.0E-4LB/H		RECLAMU-T-CHLORRDE WMIST	-
INTEGRATED CIKCUITS MFG	-	VOC	0.89T/YR	-		BACT-90%
MEG STATION, SEMICONDUCTOR	17.4Kw	Toluene	13.22LB/D	觸媒焚化器		BACT-90%
LAB,Silicon micromaching	-	PHO	0.11LB/H,0.13T/YR	chiller, 顯示洗滌器		90%
LAB,Silicon micromaching	-	P OT	0.02LB/H,0.03T/YR	chiller, 顯示洗滌器		90%
Integrated circuits,MFG	-	VOC	0.97T/YR	觸媒焚化器		BACT-90%
Boiler, gas fired	50HP	NOx	0.04LB/H,0.18T.YR	Low,NOx,ceramic,burners		-
semi conductor MFG,POS,PEEST	12500wafers/yr	ACLD	0.01LB/H,0.23T/YR	填充(水)洗滌塔		-
MFG Station, semi conductor PHO	133Kw	Toulene	30LB/D	觸媒焚化器		BACT-90%
Integrated circuits MFG	-	CL	4.28T/YR	文式洗滌器		BACT-90%
LAB,Silicon Wicromaching	-	HYD	0.03LB/H,0.02T/YR	濕式洗滌器		90%
LAB,Silicon Wicromaching	-	HYD	0.04LB/H,0.05T/YR	濕式洗滌器		90%
LAB,Silicon Wicromaching	-	NIT	0.09LB/H,0.11T/YR	濕式洗滌器		90%
LAB,Silicon Wicromaching	-	SUL	0.12LB/H,0.15T/YR	濕式洗滌器		90%

資料來源：USEPA, Handbook : Control Technology for Hazardous Air Pollutants, EPA 625/6-86-014, Sep. 1986.

表3 各類有害空氣污染物質控制技術之適用範圍

技術別	排放源特性					污染物特性			
	濃度(ppm)	熱值(Btu/scf)	含水率(%)	流量(scfm)	溫度(°F)	分子量(lb/mole)	溶解度	蒸氣壓(mmHg)	吸附性質
1.觸媒焚化	25~10000 (< 25% of LEL)			<100000					
2.直接燃燒	> 20(< 25% of LEL)			<100000					
3.鍋爐及製程加熱器		>150		穩定狀態					
4.燃燒塔		>300(@98%去除率)		<2000000 lb/hr					
5.吸收	250~10000			1000~100000			易溶於水或其它溶劑		必需要能在吸附質上吸附和脫附
6.吸附	<10000 (< 25% or 45~50% of LEL)		<50%	300~200000	100~200	45~130		>10(室溫下)	
7.冷凝	>5000			<20000					
8.生物處理	<1000		40~60%	<90000	68~105				
9.高級氧化	100~10000		>50%	<5000	75~85				

資料來源：1.US EPA, Handbook:Control Technologies for Hazardous Air Pollutants, EPA/625/6-91/014,June 1991
 2.Alison M. Martin et. al., Odor Control for Industroal Facilities, paper for presentation at the A & WMA 85 th. Annual Meeting & Exhibition, June 1992

4.2.3 各可行控制技術排序

參照圖 2 的控制技術去除效率，可知在進氣濃度為 200ppm 的情況下，依去除效率由大到小的排序情形如下：

1. 直接燃燒：去除率 99%
2. 觸媒焚化（包括固定床式及移動床式）：95%

4.2.4 BACT 選擇步驟

1. 能源衝擊：

上述兩類控制技術所需的電力等能源，已在成本估算中的年操作費內一併考量了，其中並無特別嚴重的能源浪費，相反的，能源皆可加以回收。

2. 成本及經濟衝擊：

直接燃燒－熱焚化器的購買成本主要受排氣量的影響，本例之排氣量為 $600\text{Nm}^3/\text{min}(=21,186 \text{ scfm})$ ，假設其能量回收為 50%，由表 4 可知，所需成本為 208,000 美元（1988 年 4 月幣值），此相當於 1993 年 4 月新台幣 6,050,748 元。

觸媒焚化器的購買成本主要亦受排氣量影響，在此列中假設能量回收為 50%，則由表 5 可得固定床式需 312,000 美元（1988 年 4 月幣值），相當於 1993 年 4 月新台幣 9,076,122 元；如為移動床式，則需 408,000 美元（1988 年 4 月幣值），相當於 1993 年 4 月新台幣 11,868,776 元。

在購買成本求得後，便可據以計算初期投資費用如下（表 6）。

表 4 焚化器成本

焚化器成本 TC(April 1988\$)	熱交換效率 HR
$TC = 10,294 \times Q_{fg} 0.2355$	HR = 0%
$TC = 13,149 \times Q_{fg} 0.2609$	HR = 35%
$TC = 17,056 \times Q_{fg} 0.2502$	HR = 50%
$TC = 21,342 \times Q_{fg} 0.2500$	HR = 70%

資料來源：US EPA, OAQPS Control Cost Manual, 4th. edit., EPA 450/3-90-006, January 1990.

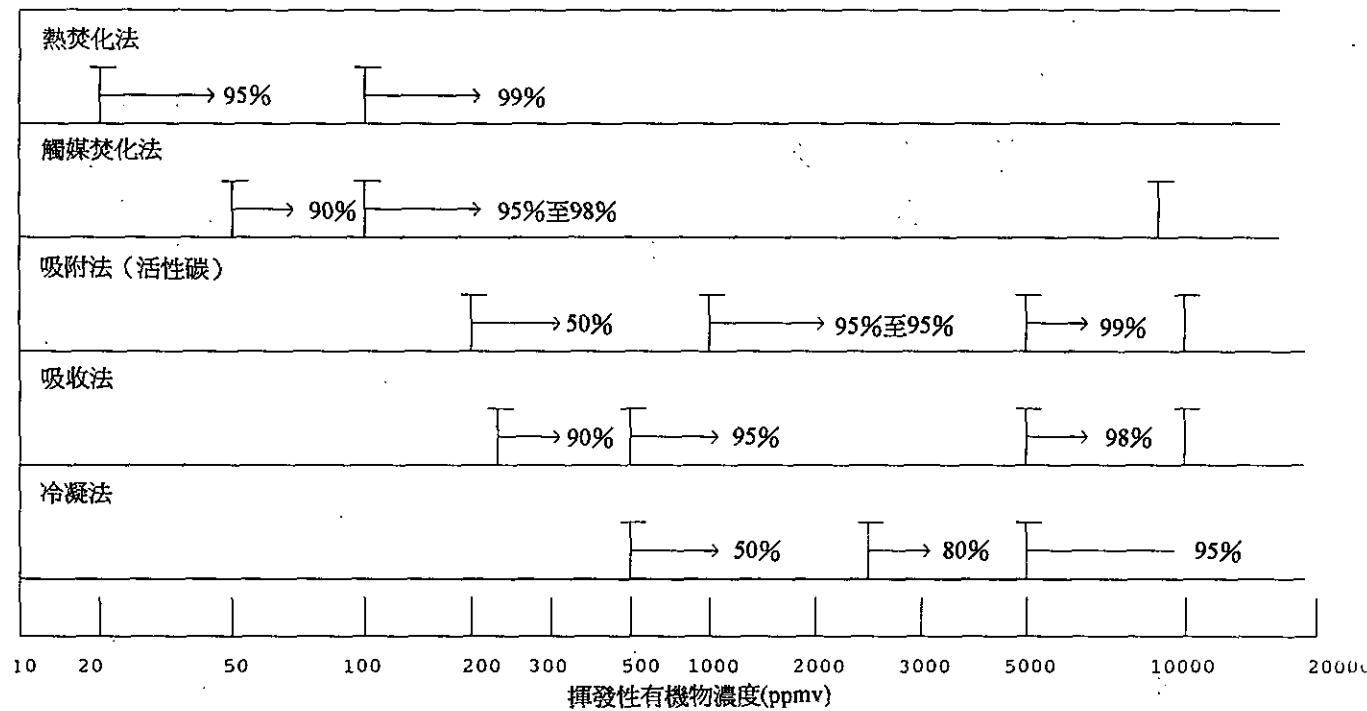


圖 2 各種控制技術之揮發性有機去除率範圍

表5 固定床式觸媒焚化器的設備費

觸媒焚化器費用CC(1988年4月US\$)	熱交換效率HR
CC = 1,105 × Qcom 0.5471	HR = 0%
CC = 3,623 × Qcom 0.4189	HR = 35%
CC = 1,215 × Qcom 0.5575	HR = 50%
CC = 1,443 × Qcom 0.5527	HR = 70%

資料來源：US EPA, OAQPS Control Cost Manual, 4th. edit.,
EPA 450/3-90-006, January 1990.

表6 實例中各控制設備初期投資成本（萬元，1993年4月）

成本項目	熱焚化器	固定床式觸媒焚化	流體床式觸媒焚化
直接成本			
設備購買成本			
焚化器+輔助設備	665.4	998.4	1035.6
儀控	66.5	99.8	130.6
營業稅	20.0	30.0	39.2
運費	33.3	49.9	65.3
	785.2	1178.1	1540.7
直接裝設成本			
地基和支撐	62.8	94.2	123.3
處理和裝配	109.9	164.9	215.7
電力	31.4	47.1	61.6
管線	15.7	23.6	30.8
絕緣管線	7.9	11.8	15.4
油漆	7.9	11.8	15.4
	235.6	353.4	462.2
總直接成本	1020.8	1531.4	2002.9
非直接成本			
工程	78.5	117.8	154.1
建造及土地擴充	39.3	58.9	77.0
簽約費	78.5	117.8	154.1
起動試車	15.7	23.6	30.8
性能測試	7.9	11.8	15.4
臨時狀況	23.6	35.3	46.2
總非直接成本	243.5	365.2	477.6
總初期投資成本(TCI)	1264.3	1896.7	2480.5

資料來源：行政院環保署：有害空氣污染物排放管制規範研訂計畫，EPA-82-F103-09-13，民國83年。

總初期投資成本求出後，即可進行總年成本的估算，以下是幾個考慮因子：

(1)觸媒更換：

- a.熱焚化器：無
- b.觸媒焚化器：每兩年一次

(2)燃料（天然氣）

(3)電力

(4)工作時數：每年2000小時

計算結果如表7中所示。

由前述總初期投資成本及總年成本的計算可得：

	熱焚化器	固定床式觸媒焚化器	移動床式觸媒焚化器
總初期投資成本	1,264.3萬元	1,896.7萬元	2,480.5萬元
總年成本	1,886.98萬元／年	1,149.08萬元／年	1,278.58萬元／年
年排放減少量	256.41公噸／年	246.05公噸／年	246.05公噸／年

今將總年成本除以年排放減少量，可得總成本效益如下：

	熱焚化器	固定床式觸媒焚化器	移動床式觸媒焚化器
總成本效益 (NT\$／公噸甲苯)	73,592.3	46,701.1	51,964.2

此總成本效益即為每去除掉1公噸的甲苯需花掉的錢。由以上的計算，可知熱焚化器的總成本效益約為觸媒焚化器的1.6倍。

3.環境衝擊

基本上，上述三種控制選擇皆無明顯的二次環境污染之衝擊，惟觸媒焚化器的廢觸媒應由原供應商收回處理。

4.2.5 選擇BACT

將上述分析結果列於表8中，從表中可以看出，熱焚化器有最佳的去除效率（即最大的排放減少量），但成本亦為最昂貴，其總成本效益約為觸媒焚化的1.6倍。由於此需加裝污染控制設備之製程為一舊有污染源，非新設污染源，因此廠方在考慮成本的因素下，擬選擇固定床式觸媒焚化器做為BACT，並將此選擇過程及結果送交主管機關認可。

表7 實例中各控制設備年成本(萬元, 1993年4月)

成本項目	建議係數	單位成本	熱焚化器	固定床式 觸媒焚化	流體床式 觸媒焚化
直接年成本					
操作勞工					
操作	0.5小時/班	372.4元/小時	18.62	18.62	18.62
管理	15%*操作	—	2.79	2.79	2.79
操作材料	—	—	—	—	—
維護					
勞工	0.5小時/班	409.7元/小時	20.49	20.49	20.49
材料	100%*勞工	—	20.49	20.49	20.49
觸媒更換	2年更換一次	18675.7元/ft ³	0	45.19	45.19
公用設備					
天然氣		94.8元/Kft ³	1424.27	509.64	509.64
電力		1.7元/KWh	106.62	117.91	129.06
總直接年成本			1,593.28	735.13	746.28
非直接成本					
管總費	60%*(操作、管理維護勞工和維護材料)	—	37.43	37.43	37.43
管理費	2%總主要成本	—	25.29	37.93	49.61
財產稅	10%總主要成本	—	12.64	18.97	24.81
保險	10%總主要成本	—	12.64	18.97	24.81
主要回收	主要回收係數[總主要成本 - 1.08(觸媒價格)]		205.70	300.65	395.64
總非直接年成本			293.7	413.95	532.3
總年成本			1,886.98	1,149.08	1,278.58

資料來源：行政院環保署：有害空氣污染物排放管制規範研訂計畫，EPA-82-F103-09-13，民國83年。

表8 BACT範例分析總結表

排放物／ 排放單元	控制選擇	控制後之排放量 (公噸／年)	排放減少量(a) (公噸／年)	經濟衝擊		毒性空氣污染物 衝擊(d) (是/否)	反面環境 衝擊(e) (是/否)	節省或損失 (仟焦耳/年)
				年總成本(b) (萬元／年)	總成本效益(c) (元／公噸)			
甲苯	熱焚化器	2.6	256.41	1,886.98	73,592.3	否	否	有能源回收
	固定床式觸媒焚化	13.0	246.05	1,149.09	46,701.1	否	否	有能源回收
	移動床式觸媒焚化	13.0	246.05	1,278.58	51,964.2	否	否	有能源回收

註：(a)以未加任何控制設備時之排放為基準。

(b)總年成本：包括設備費、操作費等總成本，以年回收率計算出總年成本。

(c)成本效益乃總年成本(控制設備)／排放減少量。

(d)毒性空氣污染物衝擊表示此一物控制有無毒性氣體排出作考慮。

(e)反面環境衝擊表示考慮對環境之負面影響。

資料來源：行政院環保署：有害空氣污染物排放管制規範研訂計畫，EPA-82-F103-09-13，民國83年。

4.2.6 其它考慮：無

4.2.7 列入技術資料庫

待送交主管機關的申請文件正式被認可後，該廠對該製程所選用的控制技術即成為該特定製程的BACT，此時主管機關就需將該結果列入一技術資料庫中，以作為往後有相同製程之工廠在選擇控制術時之參考。

五、結語

本文以國內電子半導體業排放甲苯為例，選定直接燃燒和觸媒焚化（包括固定床式及移動床式）等可行控制技術進行BACT的研選。BACT考量能源、環境、經濟的衝擊，選擇應用製造程序或可行方法、系統、技術及使用清潔燃料或更新燃料組合技術來控制特定污染物。

分析結果顯示熱焚化器有最佳的去除效率，但其總成本效益約為觸媒焚化的1.6倍，由於此需加裝污染控制設備之製程屬舊有污染源，廠房在成本因素的考量下，擬選擇固定式觸媒焚化器做為BACT，待送交主管機關的申請文件被認可後，廠方對此一製程所選用的控制技術即成為正式BACT。

參考文獻

1. USEPA, PN3687-33, 33687-40, 3687-52, Office of Pesticides Toxic Substance, Washington D.C., Dec. 1987.
2. USEPA, Handbook : Control Technology for Hazardous Air Pollutants, EPA/625/6-86-014, Sep. 1986.
3. USEPA, Handbook : Control Technology for Hazardous Air Pollutants, EPA/625/6-91/014, June 1991.
4. Alison M. Martin et. al., Odor Control for Industrial Facilities, paper for presentation at the A & WMA 85th Annual Meeting & Exhibition, June 1992.

5. USEPA, OAQPS Control Cost Manual, 4th. edit., EPA 450/3-90-006, January 1990.

6. 行政院環保署：有害空氣污染物排放管制規範研訂計畫，EPA-82-F103-09-13，民國83年。