

中鋼公司煤化學工場職業衛生管理

李權芳¹、程世平²、盧保良¹、董寶鴻¹

¹中鋼公司安全衛生處、²中鋼公司煉鐵廠

摘要

煤化學工場為一貫作業煉鋼廠中的化學工場，其功能為將煉焦工場所產生的粗焦爐氣淨化，提供其他製程作為燃料使用，而在淨化過程中所回收的煤焦油、輕油、硫磺等化學物質再送至下游作進一步處理。有別於煉鐵、煉鋼、軋鋼等製程中主要的危害因子為高溫、噪音、粉塵等，員工於煤化學工場中作業，除了暴露於物理性危害之外，另處於多種化學性危害之暴露如苯、甲苯、二甲苯、氨、硫化氫、硫酸…等，因此煤化學工場的職業衛生管理格外重要且需特別謹慎。

本文主要介紹煤化學工場之職業衛生管理運作實務，利用本公司運作中之危害物質管理、作業環境測定管理、特殊健檢管理追蹤等資訊系統，採取規畫、實施、查核、改善之原則進行有效率的管理；另配合現場之工程改善、行政管理等措施降低人員暴露；而以歷年作業環境測定結果、健康檢查結果及職業衛生研究評估結論，確認煤化學工場之職業衛生管理成效。

一、前言

煤化學工場為中鋼公司旗下煉鐵廠所屬化學工場，其製程分為焦爐氣淨化製程、煤焦油回收製程、脫硫脫氮製程、輕油回收製程等四大項，主要功能為利用煉焦過程所產生的粗焦爐氣，經冷卻後再加以淨化並回收可用成份(煤焦油、硫磺、輕油)，淨化後之焦爐氣作為中鋼各工場之能量來源。淨化焦爐氣所分離出之煤焦油、硫磺、輕油具有高度經濟價值，回收後以管線或槽車裝載送至下游公司作進一步精製以製成各種化工基本原料。

有別於煉鐵、煉鋼、軋鋼等製程中主要的危害因子為高溫、噪

音、粉塵等，員工於煤化學工場中作業，處於多種化學性危害之暴露如苯、甲苯、二甲苯、氨、硫化氫、硫酸…等，因此煤化學工場的職業衛生管理格外重要且需特別謹慎。

二、煤化學工場現況

◎煤化學工場操作及生產流程

煤化學工場場內設有鍋爐、壓力容器、焦爐氣儲槽、煤焦油儲槽、輕油儲槽、硫磺儲槽等，焦爐氣回收供中鋼各工場使用，而煤焦油與輕油由泵浦運送子公司中碳，硫磺由槽車外售中碳。

煉焦工場乾餾煤碳之過程中所產生的氣體稱為粗焦爐氣，粗焦爐氣的成份富含可燃性氣體如 60%的氫氣、25%甲烷、5.8%一氧化碳，可供燃料用途及多環芳香烴化合物、氨、硫化氫、煤焦油…等許多雜質，由於雜質過多不適合一般燃燒使用，故需經管線送至煤化學工場作淨化處理，而煤化學工場之淨化製程包括冷卻除煤焦油、除硫、除氨及除輕油，變成淨化焦爐氣後再送至本公司各工場使用。

煤化學工場之粗焦爐氣淨化流程，主要分為以下階段：

1. 初冷塔

初冷塔之主要功能係將 80°C 之高溫粗爐氣降溫至 26°C，降溫過程中同時將粗爐氣中之奈等雜質，和多餘水氣冷凝出來。

2. 靜電除溶器

靜電除溶器之主要功能，係利用靜電除塵原理，將粗爐氣中之氣態煤焦油微粒去除。

3. 氨洗滌塔

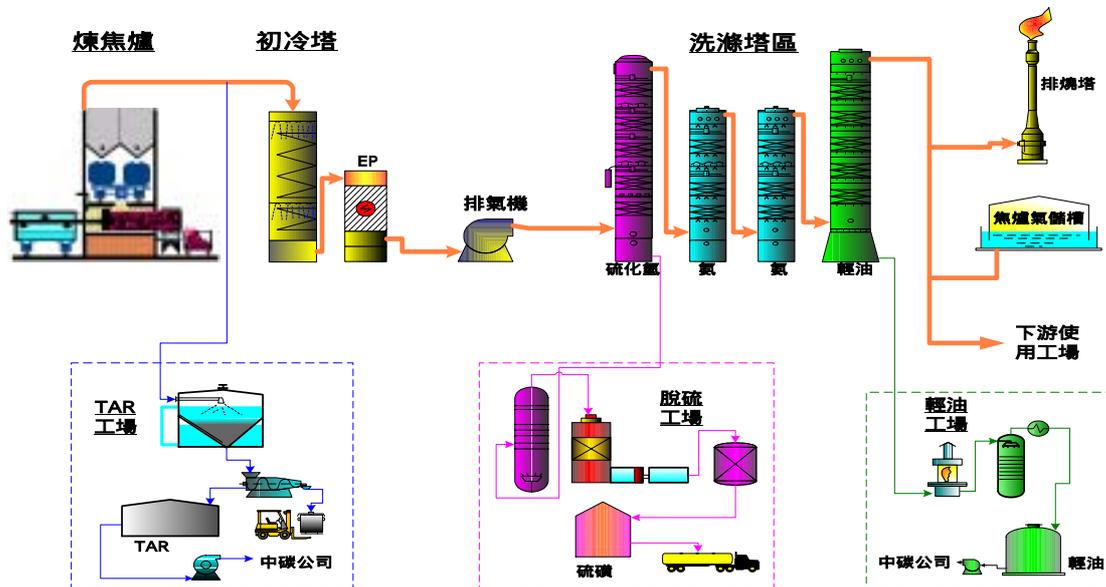
氨洗滌塔係利用水份，洗滌粗爐氣中的氨氣和少量的酸氣硫化氫，避免此種物質腐蝕煤氣管線和下游工場的燃燒設備。

4. 輕油洗滌塔

輕油洗滌塔係利用洗油，吸收粗爐氣中之氣態輕油，以便於回收此種具有高經濟價值之產品。

5. 排氣機

煉焦工場所產出的粗焦爐氣，經由排氣機的運轉動力，使粗焦爐氣通過淨化製程。



三、煤化學工場之職業衛生管理

(一). 職業衛生管理資訊系統

為增進本公司職業衛生管理效率，並使職業衛生相關管理行為資訊化及透明化，本公司安全衛生處自 96 年成立以來，陸續建構了職業衛生管理資訊系統，包括危害物質管理、作業環境測定管理、特殊健檢鑑別與追蹤管理以及其他輔助職業衛生管理等資訊系統，並逐步建構子系統，秉持 P-D-C-A 管理原則，以健全其功能。下表為職業衛生管理系統及功能彙總表。

類別	子系統	主要功能
危害物質管理	物質安全資料管理系統	以此系統為平台，登錄物質安全資料表供全公司使用
	危險物與有害物定期申報系統	危險物與有害物使用與儲存數量登錄與定期申報，格式同法規“危害通識規則”之危害物質清單
作業環境測定	作業環境測定申請作業系統	1. 作業環境測定申請 2. 作業環境測定結果紀錄

類別	子系統	主要功能
管理	環測結果管理系統	3. 作業環境測定結果異常改善追蹤
	環測結果異常之改善追蹤系統	
特殊健檢鑑別與追蹤管理	特殊健檢鑑別系統	1. 作業環境危害狀態設定 2. 人員作業環境設定 3. 特殊健檢申請作業
	特殊健檢結果改善追蹤系統	1. 特殊健檢結果紀錄 2. 第二級管理以上暴露狀況改善追蹤 3. 第三級管理作業經歷調查及作業調整
其他輔助職業衛生管理	安衛教育訓練管理系統	1. 證照訓練與在職訓練人員統計與召訓 2. 已受訓練紀錄，證照與資料登錄
	危害辨識風險評估系統	1. 作業之危害辨識風險評估 2. 作業之潛在危害物質與危害環境確認 3. 高風險作業之危害消除與風險降低措施研訂及管理方案研擬
	管理方案管理系統	危害消除與風險降低措施管理方案進度控管
	工作守則管理系統	工作守則登錄、修訂與公佈
	安全巡視與觀察管理系統	主管巡視紀錄登錄與改善追蹤 作業人員安全觀察登錄與統計分析
	稽查檢查管理系統	工安人員辦理稽查檢查與改善追蹤
	游離輻射設備管理系統	1. 放射性物質及可發生游離輻射設備基本資料管理 2. 定期擦拭試驗及量測紀錄 3. 進口、出口、使用、停用、持有、暫存狀態管理 4. 定期申報作業
	輻射劑量徽章計讀系統	1. 徽章申請與停用登錄 2. 個人徽章計讀結果紀錄

(二). 職業衛生管理措施

煤化學工場位於煉焦工場旁，以管線運送粗焦爐氣至煤化學工場以進行淨化製程，週遭的工作場所有時會有煉焦之排放物(揮發性的化學物質)逸散，而這些排放物中有可能致癌的多環芳香烴化合物及苯、硫化氫、一氧化碳、氮之有害氣體及粉塵等，此外，煤化學製程本身所生產之副產品例如具揮發性之輕油、煤焦油及製程中所使用之酸、鹼如硫酸、氫氧化鈉等危害物質，這些危害物質存放於儲槽，並由管線運輸使用，故如何確保製程管線之密閉，避免危害物質逸散為煤化學工場管理之重點。

由此可知，若設備管理不善、管制措施不落實，現場作業人員即可能處於潛在健康危害之工作場所，故本公司非常重視煤化學工場之職業衛生管理，除依「勞工作業環境測定實施辦法」定期執行測定，另勞工對於作業場所有疑慮、抱怨者並可依程序申請環境測定，並依照測定結果進行現場作業管制或工程改善。另外，從事「勞工健康保護規則」第二條所稱特別危害健康之作業之人員，依法實施特殊健康檢查，檢查結果經醫師判定為第二級管理以上者，本公司要求單位主管對於該同仁之暴露狀況進行了解，第三級管理以上，需對該人員做作業經歷調查及作業調整，其他危害控制措施整理如下：

1. 強化自動檢查計畫，發現管線破損造成氣體洩漏立即修復以消除或減少製程管線破裂導致危害氣體之逸散。
2. 積極工程改善汰換老舊設備，以消除或降低危害氣體之逸散。
3. 焦爐氣成份組成含有大量之一氧化碳、硫化氫等危害氣體，當發生逸散以致累積至高濃度時，會有致命的危險，現場設置自動氣體監測系統、警報裝置及監視器於焦爐氣管線可能逸散處，以隨時監控現場環境狀況，防止突發性之氣體洩漏。
4. 現場配置空氣呼吸器、特殊防護具供特殊作業例如洩漏管線之維修、設備維修保養等使用，並定期訓練現場作業人員配戴。
5. 設置盥洗區供人員下班前可作清洗並將污染之工作服留置於工作場所，換穿乾淨之衣物，避免下班後身上所沾黏之化學物質可能污染製程以外之人、物；設置置物櫃，以分開放置乾淨及受污染之衣物。
6. 設備維修保養、實驗室人員採集樣本時及現場槽車作業時，採取適當管理監督措施及密閉取樣系統，以消除或降低危害物質之逸散。

7. 煤渣需堆置位於密閉空間防止煤渣坑危害氣體之逸散並加強通風換氣以降低該作業場所之危害氣體濃度。
8. 其他管理措施如加強教育訓練、主管巡視均嚴格執行，以降低人員之危害暴露。

(三)各製程單元之管理實務

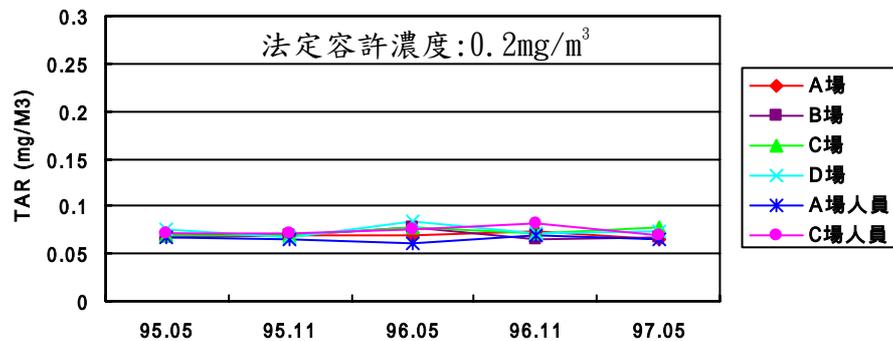
1. 煤焦油製程單元

(1). 危害辨識

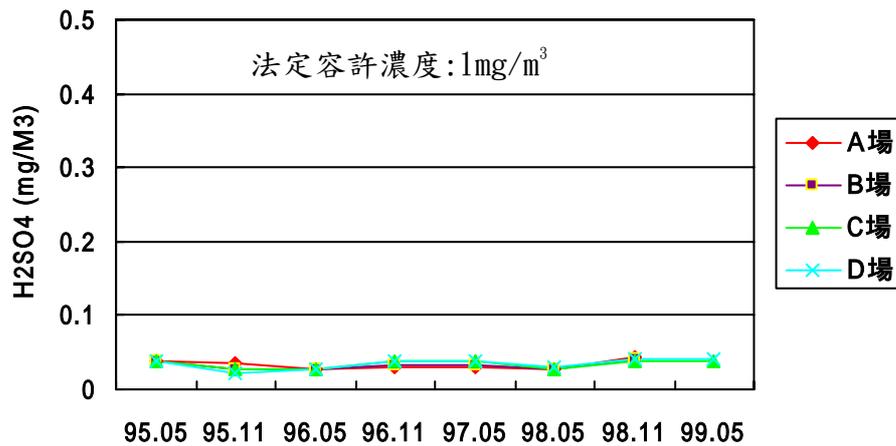
煤焦油製程單元製程中所產生的物理性危害主要有機械設備所產生的噪音暴露；化學性危害主要有煤焦油及硫酸暴露，兩者分別屬於特定化學物質危害預防標準所稱丙類第三種物質及丁類物質，其中煤焦油為已知的致癌物質，而硫酸對人體的健康危害為對皮膚有脫水及腐蝕作用，人員於此工作的主要暴露途徑有吸入、皮膚接觸。

(2). 環境與人員暴露評估方法

煤焦油製程之工作場所每年依法實施噪音、煤焦油、硫酸等項目之作業環境測定，98年噪音檢測結果，部分區域之噪音平均音壓級超過90分貝，但針對人員實施個人劑量檢測之日時量平均值均小於85分貝。歷年之煤焦油、硫酸之作業環境測定檢測結果均遠小於法定容許濃度值(煤焦油及硫酸之日時量平均容許濃度分別為 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $1\text{mg}/\text{m}^3$)。98年起配合ILO國際勞工組織之鋼鐵生產危害型態建議，改為以苯、甲苯、二甲苯、萘、氨、硫化氫取代煤焦油檢測等項目進行作業環境測定，檢測結果均符合法令標準。



煤焦油作業環境檢測趨勢圖



硫酸作業環境檢測趨勢圖

(3). 改善、管制措施

- ① 噪音音壓級超過 85 分貝以上稱為噪音作業場所，依法標示噪音危害預防事項，規範人員作業時需配戴耳塞，現場並裝設耳塞供應器，供作業人員隨時取用。



噪音危害標示

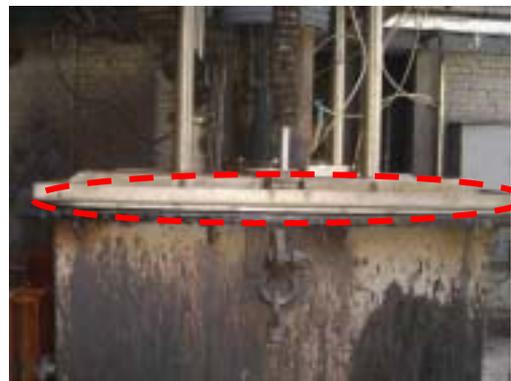


裝設耳塞供應器

- ② 現場設備改善，防止氣體逸散。



PUMP 房使用抽氣系統進行整體換氣



TAR 場 TAR 渣桶加蓋



新三階空壓機為螺旋式，實際量測現場噪音為 80~85dB，較原有往復式空氣壓縮機 90~92dB 為低。

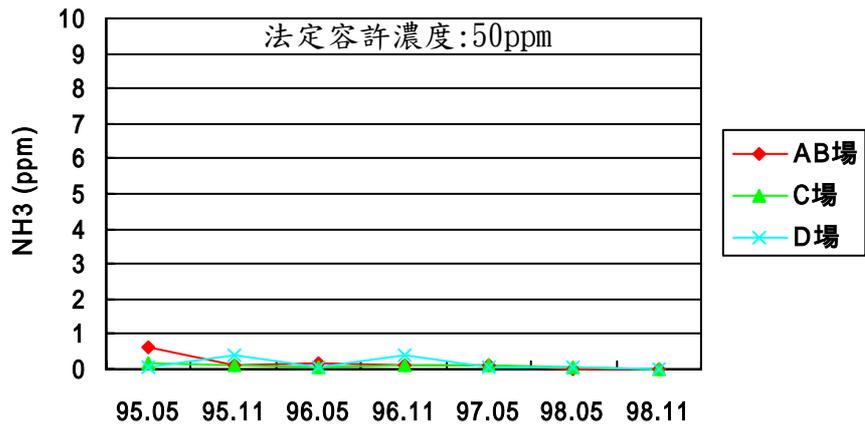
2. 硫氫製程單元

(1). 危害辨識

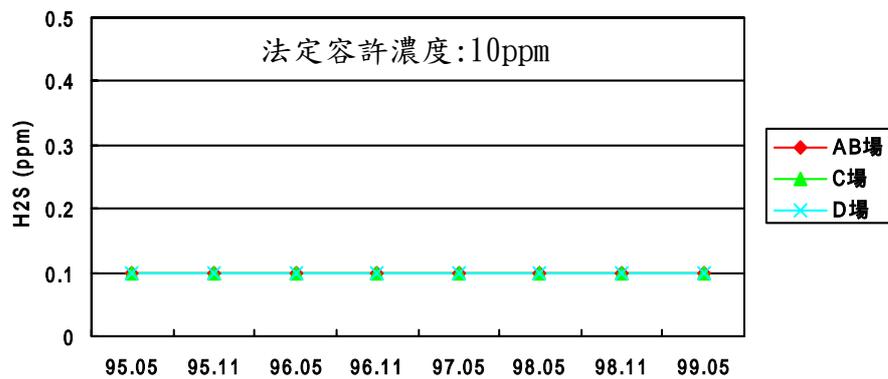
硫氫製程單元之製程中所產生的物理性危害主要有機械設備所產生的噪音暴露；化學性危害主要有硫化氫及氫暴露，兩者分別屬於特定化學物質危害預防標準所稱丙類第一種物質及丁類物質，硫化氫為酸性氣體，而氫為鹼性化學物質，均為可能造成管線腐蝕之高毒性物質，人員於此工作的主要暴露途徑有吸入、皮膚接觸、眼睛接觸。

(2). 環境與人員暴露評估方法

硫氫製程之工作場所每年依法實施噪音、氫、硫化氫等項目之作業環境測定，其中 98 年噪音檢測結果中，大部分區域之噪音平均音壓級均低於 90 分貝，針對平均音壓級超過 95 分貝之作業人員實施個人暴露劑量檢測，其日時量平均音壓值遠低於 85 分貝，員工實際暴露於高噪音區之時間很少。而歷年之硫化氫、氫之作業環境測定檢測結果均遠小於法定容許濃度值(硫化氫之最高容許濃度為 10ppm，氫之日時量平均容許濃度為 50ppm)。



氨作業環境檢測趨勢圖



硫化氫作業環境檢測趨勢圖

(3). 改善、管制措施

- ① 噪音音壓級超過 85 分貝以上稱為噪音作業場所，依法標示噪音危害預防事項，本公司於作業程序規範人員於噪音作業場所工作時需配戴耳塞，現場並裝設耳塞供應器，供作業人員隨時取用，作好自身防護。
- ② 工程改善，加強自動化、隔離，以減少人員暴露機會。



廢氣管線原使用閥門人員須手動開啟增加暴露



廢氣管線閥門改為氣動閥由控制室遠端遙控減少人員暴露機會機會



熱交換反洗油手動方式改善為自動化控制



現場取樣分析由手動取樣提升為自動化分析

- ③其他管制措施：辦理衛生教育訓練，留有紀錄備查；主管巡視，加強同仁安全護具配戴觀察，留有紀錄備查。

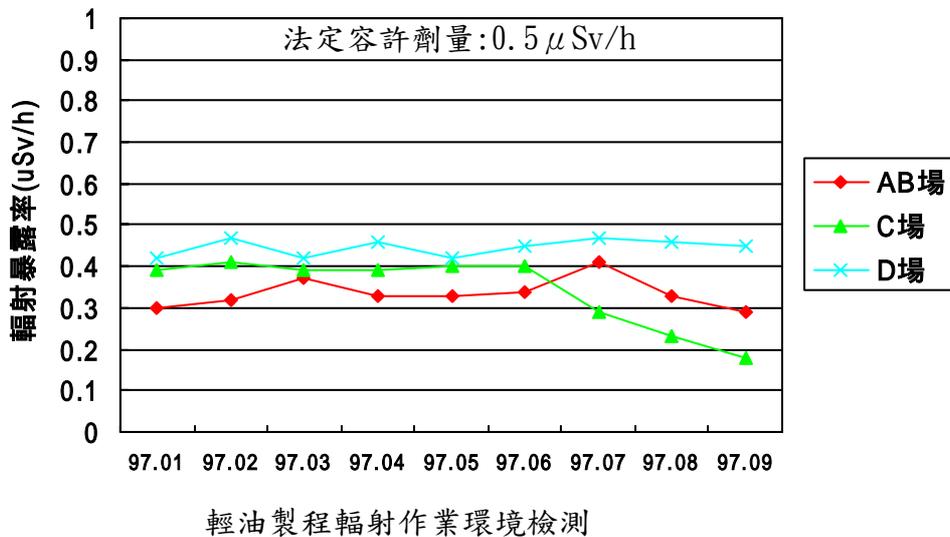
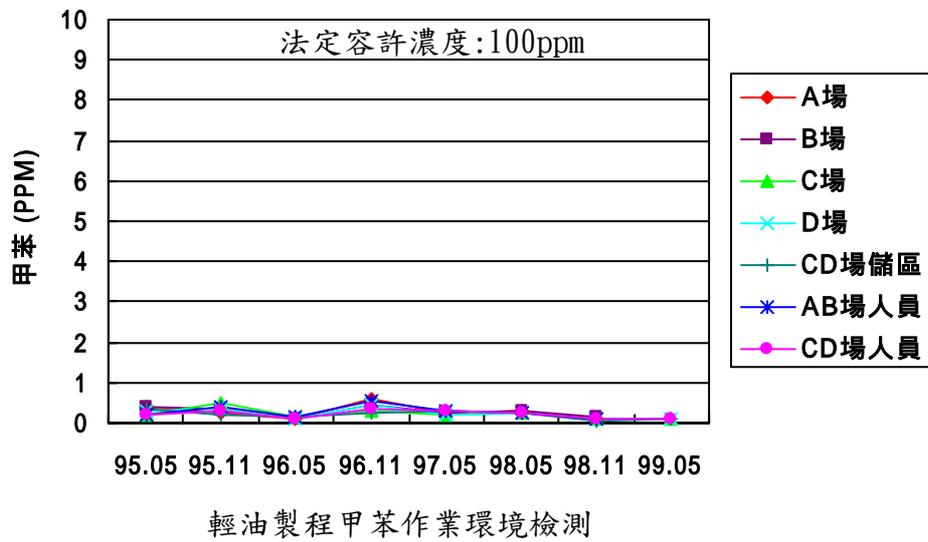
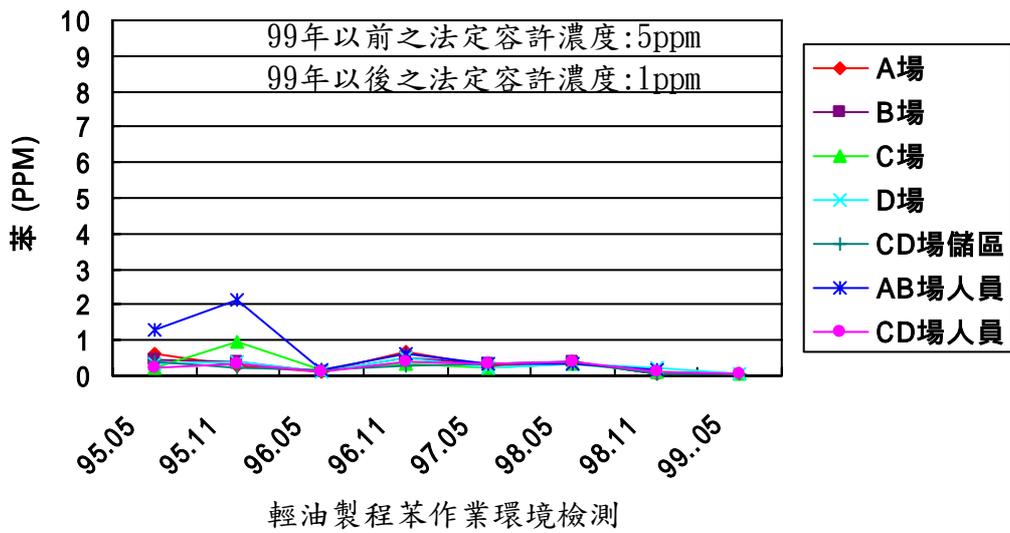
3. 輕油製程單元

(1). 危害辨識

輕油製程單元製程中所產生的物理性危害主要有機械設備所產生的噪音、輻射暴露；由於輕油之主要成份為苯、甲苯、二甲苯，故人員之化學性危害來自於空氣中之苯、甲苯、二甲苯蒸氣暴露，其中苯屬於特定化學物質危害預防標準所稱丙類第一種物質，易由皮膚、黏膜滲入體內且為確定致癌物；甲苯、二甲苯屬於有機溶劑中毒預防規則之第二種有機溶劑，為常用化工原料及溶劑，對於肝臟、腎臟具輕微毒性，人員於此工作的主要暴露途徑有吸入及皮膚接觸。

(2). 環境與人員暴露評估方法

①輕油製程之工作場所每年依法實施噪音、苯、甲苯、二甲苯等項目之作業環境測定，其中噪音檢測結果中，區域檢測之噪音平均音壓級均低於 85 分貝，。而歷年之苯、甲苯、二甲苯之作業環境測定檢測結果均遠小於法定容許濃度值(苯、甲苯、二甲苯之日時量平均容許濃度分別為 1ppm、100ppm、100ppm。99 年起苯之法定容許濃度由 5ppm 修改為 1ppm)。



②煤化學工場職業衛生研究計畫

煤化學工場於 96-97 年與學術單位合作，進行為期二年之苯暴露評估、健康危害與改善控制計畫，此研究主要分成三部分：

- A. 作業環境測定：針對煤化學工場之苯(Benzene)、甲苯(Toluene)、乙苯(Ethyl benzene)、二甲苯(Xylene)與萘(Naphthalene)環境測定(統稱 BTEXN)與作業人員之苯、萘的代謝物分析以評估個人有害物之暴露劑量。

結論：

透過學術單位所施作之作業環境測定檢測結果皆遠低於現行法令標準，與煤化學工場每年定期檢測結果可相互比對驗證，顯示本工場之職業衛生管理維持在相當的水準，有效地消除或減少有害物之逸散，以降低人員的暴露。

- B. 員工健康檢查資料：透過歷年健檢資料分析，評估目前健檢項目能否早期偵測苯對員工之健康危害。

結論：

- a. 根據歷年健檢資料分析結果發現，人員之主要異常健檢項目多集中於與心血管系統方面有關的項目(膽固醇、血壓、心電圖異常)，以及聽力與腹部超音波異常(脂肪肝、膽囊息肉)。
- b. 由過去相關苯、PAHs 暴露研究文獻中得知，高暴露族群在血液檢查方面，可以觀察到血液相關疾病，但此現象未在員工的歷年健檢資料中發現。

- C. 生殖健康評估：調查苯與其他有機溶劑暴露之生殖危害風險

結論：

煤化學工場高暴露族群(操作人員)與低暴露族群(維修人員和行政區人員)之生殖健康評估項目，包括精液量、精子濃度、精子活動力及精子正常型態比例之平均值均

符合聯合國世界衛生組織(WHO)參考值。

(3). 改善、管制措施

- ①輕油製程之噪音平均音壓值均未達 85 分貝，噪音值與其他製程比較起來，相對來的低，故人員之日時量平均音壓值遠小於 85 分貝，未達勞工健康保護規則所稱特別危害健康之噪音作業。
- ①輕油主要成份為苯、甲苯、二甲苯，即使作業環境測定結果均遠低於容許濃度值，但由於此工作場所潛在之苯暴露風險、有機溶劑暴露風險較高，為確保人員之健康，以作業程序規範作業時仍需使用防毒口罩並提供防有機物噴濺工作服於現場供操作人員使用。
- ③現場設備改善，減少泵浦、開口管線及實驗室取樣可能造成的氣體逸散；另改善空氣污染防治系統(ECS)之逸氣收集系統，加強逸氣回收，避免有機溶劑之揮發造成環境污染。



改善取樣系統達成完全密閉



將軸封閘閥更換 BELLOW SEAL TYPE
減少軸封逸散

- ④由於現場使用輻射源作為液位計，因此有人員有輻射暴露、射源受外力撞擊有輻射外洩的可能，故依規定每月於射源表面實施輻射劑量率偵測，並確認管制區外不得超過 $0.5 \mu\text{Sv/h r}$ ；每年並委由行政院原子能委員會認可之廠商執行擦拭測試作業；加強管制進入管制區人員需配戴輻射劑量佩章，並填寫領用紀錄現場，建置輻射工作人員清單等。

- ⑤其他管制措施：實施個人衛生教育接談，留存紀錄備查；加強主管巡視，著重現場同仁安全護具配戴觀察並留存紀錄備查。

4. 設備維護作業

(1). 危害辨識

從事設備維修作業之人員包括本公司員工及協力廠商人力，當各製程中機械設備發生問題時，維修人員便投入修復工作，故除了可能暴露於噪音危害之外，另所有製程中所使用及產生之化學物質(特定化學物質：煤焦油、H₂S、NH₃、硫酸、苯；有機溶劑：甲苯、二甲苯)，維修人員都有可能暴露其中，由於設備維護非常態性作業，因此需注意維修人員之短時間高濃度暴露，特別是防護具之穿戴，防護重點在於避免有害物經由吸入、皮膚接觸進入人體。

(2). 環境與人員暴露評估方法

維修人員之所處工作場所有害物濃度暴露評估，同各製程單元之作業環境測定結果。

(3). 改善、管制措施

- ①由於維修人員含協力廠商，協力廠商為我們的工作夥伴，故協力廠商之安衛管理也非常重要，例如協力廠商需備妥必備之安全防護具如安全帽、安全皮鞋、安全眼鏡、口罩、耳塞及安全帶等，並嚴格要求協力人員依規定配帶個人防護具以避免有害物之暴露。
- ②辦理危害通識教育訓練，強化維修人員之危害辨識能力，使工場內各工作人員，能因為認識危害而產生安全的觀念與行為；作業環境測定結果公告週知，認知工作環境可能吸入、接觸之有害物，除做好自護之外，也期待達到互護、監護。
- ③落實自動檢查，發現洩漏源立即通報並檢修。
- ④其他管制措施：加強主管巡視，著重現場同仁安全護具配

戴觀察並留存紀錄備查等。

四、結論及未來展望

由歷年作業環境測定數據及職業衛生研究案結果發現，無論是委託勞委會認可之環測機構或學術單位所執行之作業環境測定相互比對，現場測得之空氣中有害物濃度均遠低於容許濃度值，由此可確認作業環境測定數據之可信度及煤化學工場安衛管理成效顯著，即使如此，我們對於低濃度之暴露仍然不敢鬆懈，持續落實各項管制措施、思考設備改善的可能性都將持續進行。

另外職業衛生管理資訊系統所秉持的 PDCA 持續改善精神，在煤化學工場之管理亦扮演了重要的角色。目前本公司危害物質管理系統之運作已趨於穩定，作業環境測定系統、特殊健檢管理追蹤系統於 98 年底至 99 年初陸續上線運作，除持續補強個別系統之功能之外，系統間的整合、資料連結都是未來推動職業衛生管理電腦化的重點。