

# 職業性四烷基鉛中毒認定參考指引

勞動部職業安全衛生署

中華民國110年6月

【本參考指引由勞動部職業安全衛生署委託林意凡醫師主筆修訂】

## 一、導論

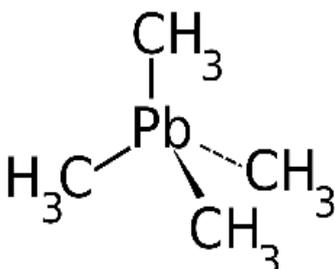
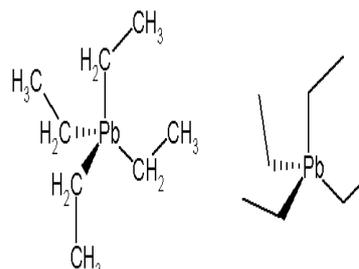
四烷基鉛包含四甲基鉛、四乙基鉛、一甲基三乙基鉛、二甲基二乙基鉛、三甲基一乙基鉛等。1923 年開始，四乙基鉛被加入汽油當中作為抗震劑，1960 年代開始，四甲基鉛、一甲基三乙基鉛、二甲基二乙基鉛、三甲基一乙基鉛等也開始被加入汽油當中作為抗震劑，不過還是以四乙基鉛和四甲基鉛最常見。

因為有機鉛以及汽油中的有機鉛燃燒後產生的無機鉛所造成的人體危害，在數十年公共衛生界與工業界的爭論之後，1980 年代開始各國都頒布法令讓無鉛汽油逐漸取代有鉛汽油。台灣在 1974 年頒布四烷基鉛中毒預防規則，並自 1990 年起逐步限制有鉛汽油的使用，在 2000 年 1 月 1 日全面停售有鉛汽油，目前僅有飛機和賽車用油有添加四烷基鉛。

汽油抗爆震性是以辛烷值作為指標，引擎在壓縮行程中，壓縮比例越大，需要辛烷值越高的汽油以避免油氣自燃造成引擎爆震。過去以加入四烷基鉛增加汽油的辛烷值，現在的無鉛汽油則以加入乙醇及甲基第三丁基醚來提高辛烷值。

四烷基鉛的管理應遵守勞動部「四烷基鉛中毒預防規則」[1]，而四烷基鉛的急性以及慢性中毒若與工作暴露相關，則應列為勞工保險職業病種類表(勞工保險條例第 34 條附表)中第 5 類第 7 項「四烷基鉛中毒及其續發症」(四烷基鉛是四烷基鉛的一種)。

表一 四甲基鉛與四乙基鉛的物化性質

化學物質	四甲基鉛	四乙基鉛
化學式		

IUPAC 名稱	Tetramethylplumbane	Tetraethylplumbane
CAS 編號	75-74-1	78-00-2
分子式	C <sub>4</sub> H <sub>12</sub> Pb	C <sub>8</sub> H <sub>20</sub> Pb
分子量	267 g/mol	323 g/mol
外觀	無色液體	無色液體
味道	水果味	甜味
密度	1.995 g/cm <sup>3</sup>	1.653 g/cm <sup>3</sup>
水中溶解度 (20°C)	0.002%	0.00002%
蒸氣壓 (20°C)	26 mmHg	0.2 mmHg
1 大氣壓常溫狀態 下相對蒸氣密度	6.5	8.6
熔點	-27.5°C	-136.8°C
沸點	110°C (10 mmHg)	200°C
閃點	37.8°C	93°C

## 二、具潛在暴露的職業

有機鉛的使用在汽機車全面使用無鉛汽油後大幅減少，目前僅有飛機用油以及賽車用油有添加有機鉛。有機鉛主要暴露途徑為吸入、食入以及皮膚吸收。目前在台灣少數工作中有可能接觸到四烷基鉛的人主要是處理飛機用油的工作人員。常見暴露的工作項目為[1]：

- (一)將四烷基鉛混入汽油或將其導入儲槽的作業，以及管線維修作業
- (二)修護、改裝、拆卸、組配、破壞或搬運前款作業使用之裝置之作業
- (三)處理內部被四烷基鉛或加鉛汽油污染或有被污染之虞之儲槽或其他設備之作業
- (四)處理含有四烷基鉛或加鉛汽油之殘渣、廢液等之作業
- (五)處理存有四烷基鉛之桶或其他容器之作業
- (六)使用四烷基鉛研究或試驗之作業
- (七)清除被四烷基鉛或加鉛汽油污染或有被污染之虞之物品或場所之作業

在過去四烷基鉛的製程中有暴露四烷基鉛中毒的紀錄[2]。在過去一般使用的汽油還有添加四烷基鉛的時候，四烷基鉛急性中毒的報告多與清理含鉛汽油的儲存槽有關，可能會接觸到破裂管線的機師也有觀察到尿鉛升高[3]，販賣汽油的人也有被觀察到血鉛較高[4]。目前僅有航空以及賽車用汽油有添加四烷基鉛，而在過去也有清理含四烷基鉛的航空用油貯存槽而中毒的報告[5]。

### 三、醫學評估與鑑別判斷

要診斷四烷基鉛中毒，最重要的還是四烷基鉛的暴露史。四甲基鉛與四乙基鉛具脂溶性及揮發性，可以經由皮膚與呼吸道吸收[6,7]，四甲基鉛的吸收較四乙基鉛慢，但四甲基鉛較四乙基鉛容易揮發。

動物實驗顯示，四烷基鉛一旦被吸收就會分布到身體各處並迅速被代謝為穩定但毒性較強的三烷基鉛，肝臟是最主要的代謝處也是三烷基鉛濃度最高的地方，三烷基鉛會在體內穩定存在數日到數週[8,9]。四烷基鉛為脂溶性，所以可以輕易通過血腦障壁而進入中樞神經系統，也會進入其他含脂肪較多的組織和器官，如肝、腎、胰、心臟等[6]。在人類的實驗當中，四烷基鉛進入人體之後，在數日之內就會以二烷基鉛或無機鉛的方式經由尿液或糞便排出[10-12]，尿中二烷基鉛與空氣中暴露的四烷基鉛濃度有正相關，而尿中二烷基鉛與尿中鉛亦有正相關[11]。少部分無機鉛會繼續貯存在骨骼中[6]。

四烷基鉛等有機鉛中毒的主要標的器官為中樞神經系統，與無機鉛中毒的臨床表現有許多差異。另一方面，因為四烷基鉛會被添加在汽油中，必須考慮其他有機溶劑中毒的健康效應。

四烷基鉛輕度中毒可能延遲 1 至 5 天甚至 14 天才出現，在急性暴露 24 小時內即出現中毒症狀可能是嚴重中毒，或是其他並存的可機溶劑引起[7]。

#### (一)四烷基鉛的急性中毒

四烷基鉛的急性中毒症狀以非特異性中樞神經系統症狀為主，最初的中毒症狀包含頭痛、倦怠、虛弱、失眠、惡夢、情緒不穩、躁動、

過動、坐立不安、易怒、暴戾、憂鬱、疼痛、感覺異常、記憶力衰退，亦可能出現消化道症狀如食慾不振、噁心、嘔吐。接下來可能出現「四烷基鉛三症狀」：步態不穩、顫抖、肌張力低下，以及心搏變緩、體溫變低[7]。

輕度中毒的症狀包含前述症狀，中度症狀則包含失去定向感、抽搐、肌腱反射升高、舞蹈狀動作、肌肉疼痛、低血壓，嚴重中毒症狀則包含譫妄、意識混亂、癲癇、急性躁症、痙攣、腦水腫、昏迷、甚至死亡[6,7,13]。

若是吸入有機鉛會引發噴嚏和上呼吸道刺激感，也有可能造成支氣管炎或肺炎。若是眼睛和皮膚接觸到會引起癢感、灼熱感、發紅[7,13]。

在急性中毒後，極少數人有發生尿液滯留[7]。

身體檢查可能呈現臉色蒼白、體溫降低、血壓變低、心搏緩慢，可能會有視力模糊、講話不清，眼睛往上看的動作受限、眼睛震顫，四肢可能有明顯震顫，可能有肌腱反射亢進[7,14,15]。

實驗室檢查可能會發現嗜中性白血球升高，肝臟氨基轉氨酶升高[7]。

與四乙基鉛相比，四甲基鉛的毒性較低、致死案例也較少[6]。

## (二)四烷基鉛的慢性中毒

四烷基鉛的慢性中毒症狀與急性中毒類似但更輕微，包含躁動不安、失眠、惡夢、幻覺、精神病症(psychosis)、食慾不振、噁心、嘔吐、顫抖、步態不穩等[13-15]。因為一部分的四烷基鉛會在體內被代謝為鉛，四烷基鉛的慢性暴露有可能會造成體內無機鉛增加，故亦須考慮無機鉛中毒的症狀，請參照無機鉛中毒的診斷指引。

小孩的個案報告中指出有機鉛中毒者有定向不清、顫抖、步態不穩、間歇性舞蹈式動作[6]，但無法完全排除慢性鉛中毒的影響。成人的研究指出有機鉛中毒者其動作熟練度、記憶力與學習皆與有機鉛暴露量有相關性[6]。然而，小孩中毒個案研究無法完全排除慢性鉛

中毒的影響，而成人中毒個案無法完全排除有機溶劑慢性暴露所產生的症狀。另外，過去研究也指出有機鉛暴露造成的血鉛與血壓升高(收縮壓與舒張壓)的相關性[6]。

在慢性嚴重中毒的個案，有肌酸磷激酶 (Creatine phosphokinase, CPK)升高的發現[7]。

### (三)醫學評估

依現行勞工健康保護規則，從事四烷基鉛作業的勞工每年需提供健康檢查，「四烷基鉛中毒預防規定」亦規定，對於疑似四烷基鉛中毒勞工，雇主應協助勞工請醫師診治[1]。

醫學評估項目需包括：

- 1.作業經歷之調查，包括工作的時間、內容、地點、暴露來源、暴露方式、暴露時間、防護具使用。也需要了解是否有輪班情形、抽菸、飲酒、個人衛生習慣(尤其是工作中飲食狀況是否導致手口暴露)。下班後衛生習慣、工作衣帽等處理狀況(是否將暴露帶回家中)等。
- 2.神經、精神、消化系統、心血管疾病、生育狀況等既往病歷之調查。
- 3.神經、精神、消化系統、心血管疾病之身體檢查，評估神經精神狀態，及有無類似中毒症狀。具神經、精神症狀者應會診神經科、精神科專科醫師進行鑑別診斷。
- 4.實驗室和臨床檢查
  - (1)尿蛋白及尿沉渣顯微鏡檢查。
  - (2)尿中鉛。
  - (3)血液生化檢查：血漿肌酸酐(creatinine)、CPK、乳酸脫氫酶(lactate dehydrogenase, LDH)和丙氨酸轉胺酶(alanine aminotransferase, ALT)等，以評估是否有急性肝傷害、腎傷害或肌肉損傷。
  - (4)神經系統檢查：可以考慮以神經傳導檢查(nerve conduction velocity, NCV)評估周邊神經系統。而中樞神經系統的檢查可以考慮腦波、智力和人格測驗、神經行為、誘發電位檢查(evoked potentials, EP)為主，輔以電腦斷層或磁振造影[6]。

## 5. 生物偵測

- (1) 急性中毒時血中鉛和尿中鉛可能升高，但其升高的量與症狀嚴重度沒有確切相關[6,14]。
- (2) 慢性中毒時，血中鉛濃度不能反映體內四烷基鉛含量，尿中鉛則可反映體內鉛總量。四烷基鉛中毒病人尿中鉛往往大於 150 µg/L，嚴重個案尿中鉛含量則大於 300 µg/L[13]。
- (3) 依照現行健康管理分級建議指引，四烷基鉛作業勞工的尿中鉛含量建議應低於 150 µg/L [16]。若勞工尿中鉛低於 150 µg/L 但有神經或精神症狀，或是無症狀但尿中鉛大於 150 µg/L 但小於 300 µg/L 者，應重複測定尿中鉛濃度並積極追蹤其健康狀態變化，檢討工作環境安全衛生條件，找出可能的暴露來源加以防治。尿中鉛高於 300 µg/L 的勞工即使沒有症狀也應該調離四烷基鉛作業，對有症狀者則提供醫療照護。

## 6. 治療與預防：

- (1) 四烷基鉛中毒時，螯合劑效果不佳，以支持性療法為主。急性中毒的症狀通常會在暴露停止後改善，而慢性暴露的症狀可能無法完全消失。
- (2) 為了保護勞工，對於已經患有神經疾病、精神疾病、酒精中毒、腎疾病、肝疾病、內分泌疾病、心臟疾病、貧血的勞工應避免其從事直接暴露於四烷基鉛的作業。

### (四) 鑑別診斷

1. 無機鉛中毒(ICD-10 碼為 T56.0X1A，但此診斷碼亦包含有機鉛中毒)：臨床症狀如貧血、腹絞痛、鉛腦症、周邊神經病變等與有機鉛中毒不同。檢查血中鉛濃度、血中鋅合原紫質(Zinc Protoporphyrin)濃度等可作鑑別診斷。  
雖然有機鉛暴露後血中鉛也會上升，但是血中鉛與有機鉛中毒的關聯性不強[17]。

鉛會抑制 ferrochelatase 的活性，使 protoporphyrin 不能與二價鐵結合成血紅素原，而與二價鋅結合成鋅合原紫質，聚積在紅血球內。鋅合原紫質的測量對於鉛暴露特異性較低，缺鐵性貧血、慢性病的貧血、紫質病等亦會造成鋅合原紫質上升。而有機鉛中毒案例的鋅合原紫質往往是在正常範圍[17]。

2.有機溶劑中毒(ICD-10 碼為 T52.93XA)：有機溶劑中毒亦常出現神經、精神症狀，往往在暴露後 24 小時內出現症狀，而不會延遲。含鉛汽油引起的中毒需考慮汽油溶劑和四烷基鉛兩方面的健康影響。

3.精神病(psychosis)(ICD-10 碼為 F06.2)：有機鉛中毒引起的精神症狀如幻覺、妄想、感覺異常、易怒等需與精神病作鑑別診斷。其中需注意是否有酒精攝取的病史。

#### 四、流行病學證據

(一)在一篇 1994 年的論文當中，交通警察(低有機鉛暴露組)沒有顯著亞臨床症狀，但是儲油槽員工(高有機鉛暴露組)較控制組有顯著增加的顫抖(tremor)及竇性緩脈[18]。但在此研究當中，並沒有測量分析其他汽油燃燒相關的揮發性有機化合物的暴露量，所以難以完全排除揮發性有機化合物暴露所造成的影響。

(二)在過往有人娛樂性吸入有鉛汽油時，其慢性中毒症狀包含震顫、步態不穩、失去定向感、幻覺等[19]。但因慢性中毒時體內也會有代謝後產生的無機鉛，所以難以完全排除無機鉛所造成的症狀。

(三)致癌性：在一篇 1997 年的論文當中，以四乙基鉛製造廠的員工為研究對象，曾有暴露者與未曾暴露者發生直腸癌的勝算比為 3.7(90%信賴區間為 1.3-10.2)，累積暴露量最高者相較於沒有暴露者有顯著較高的消化道癌症風險(勝算比 2.2，90%信賴區間為 1.2-4.0) [20]。因為相關報告不多，國際癌症研究機構(International Agency for Research on Cancer, IARC)於 2006 年的報告指出根據現有的研究，並無足夠證據顯示有機鉛有致癌性，故將其列為第三類(Group 3) [21]。

(四)生殖危害：雖然有研究指出四烷基鉛會影響男性生育，但證據強度不強。雖然四烷基鉛可以通過胎盤，但是其是否影響胎兒生長目前還是未知[6]。過去有報告指出懷孕者吸入含鉛汽油油氣後觀察到胎兒發展遲緩、肌張力下降、舟狀頭(scaphocephalus)、顴骨高前額窄[22]，但是否單純為有機鉛造成未有定論。

## 五、暴露證據收集方法

(一)工作經歷：包括工作的時間、作業的內容、作業環境控制、工作的地點、暴露來源、暴露方式、暴露時間、防護具使用。目前主要暴露有機鉛的來源以航空用油的處理為主。也需要了解是否有輪班情形、抽菸、飲酒、個人衛生習慣(尤其是工作中飲食狀況、抽菸狀況是否導致手口暴露)。下班後衛生習慣、工作衣帽等處理狀況(是否將暴露帶回家中)等。

(二)工作環境中有機鉛之空氣中濃度測定：我國勞工作業場所空氣中容許暴露標準針對四甲基鉛和四乙基鉛的容許濃度皆為  $0.075 \text{ mg/m}^3$ (以鉛元素成分計算)[23]。美國職業安全衛生署針對工業使用四乙基鉛的暴露標準為  $0.075 \text{ mg/m}^3$ ，而針對建築業使用四乙基鉛的暴露標準為  $0.1 \text{ mg/m}^3$ [24]。德國的最大職場濃度 MAK 針對四甲基鉛以及四乙基鉛的暴露標準為  $0.05 \text{ mg/m}^3$ [25]。四烷基鉛會經由皮膚吸收，須注意皮膚接觸的防護。

(三)生物偵測：有機鉛暴露時，尿總鉛和其代謝物(三烷基鉛、二烷基鉛、無機鉛)會升高。四乙基鉛暴露時，以尿中二乙基鉛和空氣中的四乙基鉛濃度有線性相關[11]。四乙基鉛作業的生物監測指標建議使用尿液二乙基鉛；然而考慮此檢測非常規實驗室測定，也可以使用尿液總鉛濃度為指標[9]。四甲基鉛作業的生物監測指標則建議使用尿中總鉛濃度。長期暴露者可以使用骨鉛評估身體鉛負荷量[2]。

依照現行健康管理分級建議指引，四烷基鉛作業勞工的尿中鉛含量建議應低於  $150 \mu\text{g/L}$  [16]。若勞工尿中鉛高於  $75 \mu\text{g/L}$  且低於  $150 \mu\text{g/L}$  時，應重複測定尿中鉛濃度並積極追蹤其健康狀態變化，若低

於 150 µg/L 但有神經或精神症狀，或是無症狀但尿中鉛大於 150 µg/L 但小於 300 µg/L 者，應重複測定尿中鉛濃度並積極追蹤其健康狀態變化，並檢討工作環境安全衛生條件，找出可能的暴露來源加以防治。尿中鉛高於 300 µg/L 的勞工即使沒有症狀也應該調離四烷基鉛作業，對有症狀者則提供醫療照護。

其他國家針對四烷基鉛作業勞工的生物偵測方面，德國研究基金會(DFG)之生物忍受值(BAT)規定為尿中四乙基鉛含量低於 25 µg/L(以鉛計)或尿鉛小於 50 µg/L[26]，美國工業衛生師協會(ACGIH)曾建議的生物暴露指標值(BEI)為尿鉛小於 150 µg/g creatinine (1985 年提出，1987 年採用，但於 1995 年取消) [27]，英國職業安全衛生署(HSE)建議之管制值為尿鉛小於 95 µg Pb/g creatinine(一般勞工)或 20 µg Pb/g creatinine(育齡女性勞工) [28]。

表二 英國職業安全衛生署關於有機鉛作業的生物監測規定[28]

管制分類	管制行動值 Action level	調離有機鉛作業值 Suspension level
一般勞工	尿鉛 95 µg/g creatinine	尿鉛 110 µg Pb/g creatinine
育齡婦女	尿鉛 20 µg/g creatinine	尿鉛 25 µg Pb/g creatinine

關於一般勞工以及育齡婦女的暴露管制，因為四烷基鉛會在體內代謝為鉛，是以從事四烷基鉛作業的勞工若有血中鉛的檢查資料，也應該參考我國針對無機鉛暴露勞工血中鉛的管理規範：我國勞工法規的血鉛限值在男性為 40 µg/dl，女性為 30 µg/dl，妊娠之日起至分娩後一年的女性勞工為 5 µg/dl。一般勞工超過限值建議減少或避免暴露，三個月後複查[29]。

2013 年美國國家和地區流行病學家委員會(Council of State and Territorial Epidemiologist Occupational Health Surveillance Subcommittee)基於鉛毒性提出下列醫療監測建議：準備懷孕、已懷孕、分娩後一年內的女性若血鉛為 5-10 µg/dl，應討論相關風險以及如何減少暴露，並持續監測血鉛值。懷孕婦女和腎臟疾病者若血鉛為 10~19 µg/dl 應

調離相關作業，並持續監測血鉛值。一般勞工若血鉛為 20~29 µg/dl 則應該於四星期後複查，若複查依然高於 20 µg/dl 則應調離相關作業，一般勞工若血鉛高於 30 µg/dl，建議調離相關作業並進行醫學評估與治療[30]。

## 六、結論

有機鉛急性中毒的症狀主要影響中樞神經系統，若非嚴重中毒症狀會延遲出現並且較不特定，故臨床上要正確診斷往往需要仰賴暴露史。

(一)急性中毒主要認定基準(下列四條件均須符合)：

### 1.疾病證據：

以神經精神症狀為主，但多半為非特異性症狀如頭痛、倦怠、情緒不穩、感覺異常、步態不穩、顫抖、肌張力低下等，以及腸胃方面非特異性症狀如食慾不振、噁心等。嚴重中毒則可能發生急性躁症、譫妄、意識混亂、癲癇、昏迷。

若是吸入有機鉛會引發上呼吸道刺激感，若是眼睛和皮膚接觸到會引起灼熱感。

### 2.職業暴露證據[4]：

有四烷基鉛作業環境之暴露史，包括具職業史，暴露物質之安全資料表(SDS)或其他資料(如四甲基鉛和四乙基鉛的作業環境量測記錄或生物監測資料)、現場職業安全調查等證實有急性接觸到大量四烷基鉛化合物。

### 3.時序性：

有機鉛暴露相關臨床症狀出現在工作暴露之後。急性中毒者至少暴露四烷基鉛達數小時。嚴重急性中毒或有並存的有機溶劑中毒會在 24 小時內出現中毒症狀，輕度急性中毒可能延遲 1-5 天甚至 14 天才出現症狀。

4.合理排除其他非職業暴露因素：無機鉛中毒、有機溶劑中毒、精神疾病

(二)慢性中毒主要認定基準(下列四條件均須符合)：

1.疾病證據：

有神經或精神症狀或病變，慢性中毒症狀包含震顫、步態不穩、失去定向感、幻覺、記憶減退等。

2.職業暴露證據：

有四烷基鉛作業環境之暴露史，包括具職業史，暴露物質之安全資料表(SDS)或其他資料(如四甲基鉛和四乙基鉛的作業環境量測記錄或生物監測資料)、現場職業安全調查等證實工作上有長期之四烷基鉛暴露。

3.時序性：神經系統退化症狀出現需在工作暴露之後，最短需數月到數年的暴露時間。

4.合理排除其他非職業因素引起的中樞神經傷害的原因：非職業相關的無機鉛暴露(如服用有鉛污染的食品或藥物)、有機溶劑中毒、精神疾病。

(三)輔助基準(如果對以上證據的效度仍有懷疑時，輔助基準可以輔助診斷)：

1.同作業場所或相同工作內容之其他工作人員也出現類似有機鉛中毒的表現。

2.工廠的安全資料表或空氣測量顯示四甲基鉛和四乙基鉛的八小時日時量平均容許濃度超過  $0.075 \text{ mg/m}^3$ 。

3.尿中鉛濃度大於生物偵測容許值可以做為參考指標。

## 參考文獻

- [1] 勞動部「四烷基鉛中毒預防規則」。民國 103 年 6 月 30 日修正發布，民國 103 年 7 月 3 日施行。
- [2] Hamilton A, Reznikoff P, Burnham GM. (1925) Tetra-ethyl lead. JAMA: The Journal of the American Medical Association, 84(20), 1481-1486.
- [3] Kehoe RA, Thamann F, Chorak J. (1936) An appraisal of the lead hazards associated with the distribution and use of gasoline containing tetraethyl lead. II. The occupational lead exposure of filling station attendants and garage mechanics. Journal of Industrial Hygiene and Toxicology, 18, 42-68.
- [4] Moore PJ, Pridmore SA, Gill GF. (1962) Total blood lead levels in petrol vendors. The Medical Journal of Australia, 1(13), 438-440.
- [5] Yamamura Y, Takakura J, Hirayama F, Yamauchi H, Yoshida M. (1975) Tetraethyl lead poisoning caused by cleaning work in the aviation fuel tank. Japanese Journal of Industrial Health, 17(4), 223-235.
- [6] Skerfving S, Bergdahl IA. Chapter 43 Lead, in: Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, editors. (2015) Handbook on the toxicology of metals, 4<sup>th</sup> edition. Volume II: specific metals, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- [7] Rumack BH.(2019/10/18) POISINDEX® Information System Micromedex, Inc., Englewood, CO.
- [8] Cremer JE. (1959) Biochemical studies on the toxicity of tetraethyl lead and other organo-lead compounds. British Journal of Industrial Medicine, 16, 191-199.
- [9] Bolanowska W. (1968) Distribution and excretion of triethyllead in rats. British Journal of Industrial Medicine, 25, 203-208.
- [10] Yamamura Y, Arai F, Yamauchi H. (1981) Urinary excretion pattern of triethyllead, diethyllead and inorganic lead in the tetraethyllead poisoning. Industrial Health, 19, 125-131.

- [11]Turlakiewicz Z, Chmielnicka J. (1985) Diethyllead as a specific indicator of occupational exposure to tetraethyllead. *British Journal of Industrial Medicine*, 42, 682-685.
- [12]Kozarzewska Z, Chmielnicka J. (1987) Dynamics of diethyllead excretion in the urine of rabbits after tetraethyllead administration. *British Journal of Industrial Medicine*, 44, 417-421.
- [13]European Communities (2009). Information notices on occupational diseases: a guide to diagnosis. European Commission, Luxembourg.
- [14]Rosenstock L, Cullen MR, Brodtkin CA, Redlich CA, ed. (2005) *Textbook of clinical occupational and environmental medicine*. Saunders.
- [15]Nelson LS, Howland MA, Lewin NA, Smith SW, Goldfrank LR, Hoffman RS, ed. (2019) *Goldfrank's Toxicologic Emergencies*, 11e. McGraw-Hill Education.
- [16]勞動部、中華民國環境職業醫學會。勞工特殊健康檢查健康管理分級建議指引。2014年10月修訂。
- [17]Sittig M, editor. (1985) *Handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens*. 2<sup>nd</sup> edition. Park Ridge, NJ, USA: Noyes Data Corporation.
- [18]Zhang W, Zhang GG, He HZ, Bolt HM. (1994) Early health effects and biological monitoring in persons occupationally exposed to tetraethyl lead. *Int Arch Occup Environ Health*, 65(6): 395-399.
- [19]Coulehan JL, Hirsch W, Brillman J, Sanandria J, Welty TK, Colaiaco P, Koros A, Lober A. (1983) Gasoline sniffing and lead toxicity in Navajo adolescents. *Pediatrics*, 71(1): 113-117.
- [20]Fayerweather WE, Karns ME, Nuwayhid IA, Nelson TJ. (1997) Case-control study of cancer risk in tetraethyl lead manufacturing. *Am J Ind Med*, 31(1): 28-35.

- [21] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2006) IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk to humans, volume 87 Inorganic and organic lead compounds. Lyon, France.
- [22] Hunter AGW, Thompson D, Evans JA. (1979) Is there a fetal gasoline syndrome? *Clinical Teratology*, 20(1), 75-79.
- [23] 勞動部「勞工作業場所容許暴露標準」。民國 107 年 3 月 14 日修正發布施行。
- [24] Harbison, RD, Bourgeois, MM, Johnson, GT. (2015) *Hamilton and Hardy's Industrial Toxicology*. John Wiley & Sons.
- [25] Deutsche Forschungsgemeinschaft. (2015) List of MAK and BAT Values 2015. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9783527695539.oth1>.
- [26] Bolt HM. (1995) Tetraethyl lead [BAT Value Documentation].
- [27] 鐘順輝、錢葉忠。汽車修理業噴漆勞工重金屬生物偵測調查研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所，108年6月。
- [28] United Kingdom Health and Safety Executive. (2002) *Control of Lead at Work Regulations*。
- [29] 勞動部職業安全衛生署。職業性無機鉛及其化合物中毒認定參考指引。2018年3月修訂。
- [30] Council of State and Territorial Epidemiologist Occupational Health Surveillance Subcommittee. (2013) Management guidelines for blood lead levels in adults. (<https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/OccupationalHealth/ManagementGuidelinesforAdult.pdf>)