# 有害空氣污染物控制及影響評估練習題（甲級）

## 壹、前言

### 1.1 緣起

1. 有害空氣污染物排放來源十分廣泛，來自人為排放之空氣污染物的排放源為何？

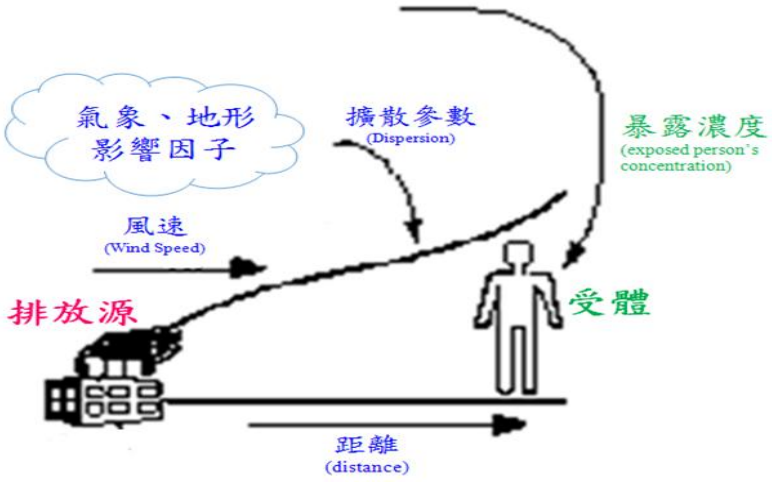
   解答：多數由人為排放源有：

   1. 固定源（如：工廠、煉油廠、發電廠等）。
   2. 移動源（如：汽車、卡車、客運車等）。
   3. 室內排放源（如：建築材料、清潔活動等）。
   4. 意外洩漏（如：洩漏或溢出）。

### 1.2 有害空氣污染物議題重要性

2. 民眾(受體)接觸到來自固定污染源排放之有害空氣污染物會受到哪些因素影響？

   解答：




## 貳、有害空氣污染物問題特徵

### 2.1 有害空氣污染物定義

3. 美國、日本與澳洲對「有害空氣污染物」的定義為何？

   解答：1. 美國聯邦環保署之定義為：「任何可能或會造成癌症或其他嚴重健康影響（如：生殖影響、生理缺陷、不良環境及生態影響等）之空氣污染物」。

   2. 日本環境省之定義為「除煙霧及特定粒狀物外，可能透過長期低濃度暴露持續對人類健康產生不良效應之空氣污染物」。

3. 澳洲聯邦政府之定義為「於空氣中雖為低濃度但可能造成嚴重健康影響或環境問題之空氣污染物」。

4. 環境部篩選固定污染源有害空氣污染物管制名單，以利後續推動有害空氣污染物相關管制或配套工作，其資訊來源為何？

解答：1. 毒管法已納管之毒化物。
2. 國外納管有害空氣污染物。
3. 化學物種危害性。

**2.2 有害空氣污染物類型及可能排放源**

5. 國際癌症研究總署 (IARC) 將化合物於人體內致癌證據的強弱分為哪些類型？

解答：1. Group 1確定人體致癌 (Carcinogenic to Humans)。
2. Group 2A：疑似人體致癌 (Probably Carcinogenic to Humans)
3. Group 2B：可能為人體致癌（證據不足，但有動物試驗數據）(Possibly Carcinogenic to Humans)。
4. Group 3：無法判斷為人體致癌性 (Not Classifiable as to its Carcinogenicity to Humans)。
5. Group 4：疑似非為人體致癌性 (Probably Not Carcinogenic to Humans)。

6. 有害空氣污染物依化合物化學性質分為哪些類型？

解答：1. 揮發性有機物：如苯、1,3-丁二烯、氯乙烯、環氧乙烷等。
2. 醛酮化合物：如甲醛、乙醛、丙烯醛等。
3. 重金屬及其化合物：如砷及其化合物、鎳及其化合物、鈹及其化合物、鉛及其化合物、六價鉻等。
4. 無機氣體：如硫酸、硝酸、鹽酸、氫氟酸、氨氣、氯氣等。
5. 其他類：如戴奧辛類化合物、多環芳香烴化合物、多氯聯苯(PCBs)、氟化物、石綿等。

7. 多環芳香烴化合物 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) 的化學與毒性特徵為何？

解答：1. 多項物種被判定具致癌性與致突變性。
2. PAHs為僅由碳原子及氫原子構成且擁有兩個或以上苯環之化學結構物。

3. 同一分子式具多種同分異構物。
4. 其穩固化學結構，在自然界中穩定不易自行分解。
5. 多數PAHs具高熔點、高沸點及低飽和蒸汽壓特性。

8. 說明砷 (As) 重金屬對人體危害有哪些？

解答：1. 長時間攝取或吸入低濃度的無機砷可能導致皮膚暗沉以及在手掌、腳底與軀幹長出小型的繭或疣。吸入高濃度的無機砷會使人喉嚨痛或肺部刺激。攝入非常高濃度的砷可能導致死亡。
2. 暴露於低濃度的砷中可能導致噁心嘔吐、白血球和紅血球的產生降低、心律異常、血管受損和手腳末端有「針刺痛」感覺。
3. 吸入無機砷會導致肺癌的風險增加。
4. 美國環保署 (US EPA) 已歸類吸入無機砷會使人類致癌（A類）。
5. 國際癌症研究總署 (IARC) 將無機砷歸類為人類致癌物 (Group 1)。

9. 說明戴奧辛特性及可能來源？

解答：1. 戴奧辛 (PCDD, Dioxins) 是以1個或2個氧原子聯結1對苯環類化合物的統稱。
2. 在2,3,7,8取代位置的PCDDs/PCDFs較具毒性（共17個）。
3. 2,3,7,8-TCDD其毒性最強，戴奧辛濃度毒性等價係數 (TEF) 定義為1。
4. 戴奧辛水溶性不佳且相當穩定；低氯（3個氯以下）者其揮發性較大，但隨氯數增加，揮發性降低。戴奧辛除穩定於生態環境中不易分解外，親脂性高且抗代謝特性，故進生物體後容易累積脂肪不易排出，又因生物濃縮作用隨食物鏈層級，生物體濃度漸高，其途徑如海洋污染使浮游生物體內含有戴奧辛，再經由魚類進入人體內。
5. 大氣中戴奧辛類化合物來源多為人類活動造成，金屬冶煉、焚化爐、能源產業及化工廠等都為排放源；燃燒為戴奧辛主要產生源，如露天燃燒、森林火災可在製造殺蟲劑、木材防腐劑等含氯化合物、造紙染整等使用氯漂白時生成及廢棄物焚化等，因臺灣塑膠製品使用量大，焚化垃圾（塑膠袋等）產生戴奧辛的機率也較高。

## 參、有害空氣污染物之管制策略

### 3.1 控制技術基準策略

10. 說明「控制技術基準」管制有害空氣污染物有哪些考慮？

解答：1. 污染物減量程度、能源、環境、經濟與其他成本之消耗。
2. 利用生產控制或其他既存方法、系統與技術。
3. 定義各種不同污染源的排放上限，以達成控制固定源所致有害空氣污染物之排放。
4. 降低其對環境及人體健康危害。

11. 說明控制技術基準作業項目內容包含哪些要項？

解答：1. 辨識有害空氣污染物。
2. 污染源分類。
3. 排放申報及清冊。
4. 訂定控制技術為基準之排放標準。
5. 推動提早減量計畫。
6. 殘餘風險計畫。
7. 環境監測。

### 3.2 健康風險基準策略

12. 「健康風險基準」(Health Risk-Based) 為管制策略係以保障人體健康及環境福祉為管制主要考量，國外採取「健康風險基準」管制 HAPs 排放之方法包含哪些？

解答：1. 訂定健康風險標準限值。
2. 訂定環境濃度限值。

13. 說明執行風險基準所需之作業包括有哪些要項？

解答：1. 辨識有害空氣污染物。
2. 排放申報及清冊。
3. 訂定風險評估程序。
4. 訂定風險模擬工具。
5. 風險管理/減量計畫。
6. 環境監測。

### 3.3有害空氣污染物熱點管制做法

14. 試說明美國加州有害空氣污染物熱點資訊及評估法之架構及主要內容有哪些要項？

解答：1. 建立排放清單。
2. 設施管制優先性排序。
3. 健康風險評估。
4. 風險減量。

15. 說明加州訂定之「設施優先性評估準則」，對各設施進行分數計算，以找出管制優先性項目。設施分數 (Facility Score) 考量不同計算參數有哪些？

解答：依有害空氣污染物之致癌性、非致癌性（慢性及急性）風險予以給分。
1. 有害物質排放量。
2. 污染物致癌潛勢或毒性參數。
3. 鄰近可能之受體距離。

16. 健康風險評估包括哪些程序？

解答：1. 危害辨識。
2. 劑量效應評估。
3. 暴露評估。
4. 風險特徵。

## 肆、固定排放源有害空氣污染物相關法規

17. 空污法中與有害空氣污染物有關條文包括哪些？

解答：

| 條文項次 | 條文內容 |
|---|---|
| 第 20 條<br>第 3 項 | 第 1 項排放標準應含有害空氣污染物，其排放標準值應依健康風險評估結果及防制技術可行性訂定之。 |
| 第 20 條<br>第 4 項 | 前項有害空氣污染物之種類及健康風險評估作業方式，由中央主管機關公告之。 |
| 第 34 條<br>第 2 項 | 經中央主管機關指定公告排放有害空氣污染物之公私場所，應設置健康風險評估專責人員。 |
| 第 53 條 | 公私場所固定污染源排放管道排放空氣污染物違反第 20 條第 2 項所定標準之有害空氣污染物排放限值，足以生損害於他人之生命、身體健康者，處 7 年以下有期徒刑，得併科新臺幣 100 萬元以上 1,500 萬元以下罰金。 |

**4.1固定污染源有害空氣污染物種類及排放限值**

18. 固定污染源有害空氣污染物種類清單係環境部參照各國或組織列出之有害空氣污染物，從中篩選出候選物種，再以國際癌症研究總署 (IARC) 公布之物種危害性為基礎，彙整出優先列管之名單，分為 3 類共 73 項物種。請說明是哪三類？

解答：1. 有機性有害空氣污染物：61項；如甲醛、乙醛、丁二烯、苯、苯乙烯、環氧乙烷、氯乙烯、戴奧辛等。

2. 重金屬及其化合物：8項；砷、鈹、鎘、鉛、鎳、汞、鈷、六價鉻等。

3. 其他類：4項；石綿、氟化物、聯胺、多氯聯苯等。

**4.2固定污染源有害空氣污染物健康風險評估作業方式**

19. 「健康風險評估作業方式」以有害空氣污染物為目標物種，評估由吸入暴露途徑所造成之民眾健康風險影響。其中劑量效應評估內容要點有哪些？

解答：1. 針對應評估之有害空氣污染物，蒐集其致癌與非致癌毒理資料。

2. 對致癌物質應蒐集吸入性致癌斜率因子 (Inhalation Cancer Slope Factor, SFInhalation)，以及吸入性單位致癌風險因子 (Inhalation Unit Risk, URInhalation)。

3. 針對非致癌物質應蒐集吸入性參考濃度值 (Reference Concentration for Inhalation, RfCInhalation)。

**4.6空氣污染防制費個別物種收費介紹**

20. 重金屬及戴奧辛之空污費的收費費額如何計算？

解答：重金屬及戴奧辛收費費額=季排放量×費率。

**伍、公私場所有害空氣污染物之責任及工作**

**5.1個別物種排放申報及計算**

21. 簡述環境部於空污費申報資料中對個別有害 VOCs 訂有排放量計量方式，可採用哪些方式計算？

解答：1. 檢測資料。

2. 排放比例。

3. 排放係數。

4. 質量平衡。

22. 試說明重金屬及戴奧辛之空污費的排放量如何計算？

解答：單一重金屬排放量（公斤）

=活動強度×個別物種排放係數（mg/單位活動強度）×（1−控制效率 (%)）

戴奧辛排放量

=活動強度×戴奧辛排放係數（ng I-TEQ/單位活動強度）×（1−控制效率 (%)）

23. 說明於有害空氣污染物排放申報資料上，所需要的固定污染源資料，至少包含哪些項目？

解答：1. 工廠編碼、行業別。
2. 製程別及排放污染源辨識代碼，一般以SCC排放係數代碼為主，除作為辨識污染源使用外並可對應至排放係數數值。
3. 污染源（含點源及逸散源）對應燃料/物料/產品種類、燃料/物料/產品成分參數、操作量、操作時間。
4. 連結污染源的排放口參數，如排放高度、溫度、排氣速度等。
5. 排放源對應座標。
6. 排放源與鄰近受體距離，包括設施排放源與設施周界最近距離，以及設施周界與最近可能受體之距離，以利計算危害評估所需之鄰近受體距離。
7. 污染源控制前後排放量，以及個別物種最大年排放量（用以計算致癌風險及慢性危害）、平均小時排放量、最大小時排放量（用以計算急性危害）。
8. 控制設備種類、廢氣捕集效率及效率，以掌握該製程/行業類別之最大控制技術，乃至於最佳可行控制技術。

**5.3 有害空氣污染物檢測方法**

24. 執行有害空氣污染物檢測目的為哪些？

解答：1. 確認法規符合度。
2. 提供計算排放量。
3. 瞭解暴露濃度。
4. 建立排放係數之用。

25. 逸散源空氣污染物的排放源常來自公私場所的何處？

解答：逸散源係指公私場所中除管道排放外之其他排放源，如：設備元件、廢水處理設施、裝載操作、儲槽等等；主要為揮發性有機物

(VOCs) 之洩漏。

**5.4 有害空氣污染物健康風險評估作業**

26. 說明「風險評估」(Risk Assessment) 在有害空氣污染物質管制策略中的目的？

解答：「風險評估」主要是利用風險評估技術瞭解有害空氣污染物或毒化物在環境中之流布狀況，並評估其對人體健康影響之重要性；其意義為以科學化數據，資料描述某特定污染物質或排放源造成風險之形式、範圍及特性。若評估結果顯示具有影響可能，則需進行「風險管理」(Risk Management)，訂定管制對策，以達到削減風險目標。

27. 對非致癌性物種之人體健康危害風險評估是以「危害商數」(HQ) 及「危害指數」(HI) 來表達；單一污染物以「危害商數」(HQ)，多種污染物暴露則為各物種之 HQ 加總得到「危害指數」(HI) 表示，通常以某器官為對象表達影響程度。請說明「危害商數」(HQ) 及「危害指數」(HI) 如何取得？

解答：單一物質暴露：

危害商數 (HQ)=$C_{air}$÷RfC

$C_{air}$：暴露濃度；有害空氣污染物於環境大氣中之最大小時濃度（急性暴露）或年平均濃度（慢性暴露）(μg/m$^3$)

RfC：參考暴露濃度 (μg/m$^3$)；由毒理資料庫查得

多種物質暴露：當同時暴露於多種有害空氣污染物，假設其危害性具有加成性，將每種物質個別危害商數相加，獲得危害指數(HI)。不同物質對不同器官之HI應分別計算。

危害指數 ($HI_{器官i}$)=$HQ_{substance1(器官i)}$+$HQ_{substance2(器官i)}$+…

HQ：各污染物影響i器官危害商數

HI：所有污染物影響i器官危害商數加總值

28. 美國加州空氣資源管理局之「風險減量計畫準備指引手冊」所述之風險減量計畫準備步驟可分為四大項，說明這些項目？

解答：1. 找出造成風險之化學品及來源。

2. 找出降低風險之方法。

3. 決定可以降低風險之措施。

4. 提出風險減量計畫。

## 陸、有害空氣污染物控制技術介紹

### 6.1有機性有害空氣污染物控制技術

29. 說明有害揮發性有機污染物控制技術的類型？

解答：有害揮發性有機污染物控制技術可分為破壞性控制技術與非破壞性控制技術：

1.破壞性控制技術處理方式為焚化技術、化學反應與生物處理；利用高溫設備（如：直火燃燒、觸媒焚化、蓄熱式焚化等）在足夠氧氣、溫度、停留時間條件下，將有害物質轉化為無害成分。

2. 非破壞性控制處理方式有吸收法、吸附法、冷凝法、濃縮處理等。

### 6.2 含重金屬氣體控制技術

30. 說明有害空氣污染物重金屬去除機制？

解答：1. 含重金屬物料經由高溫焚化程序會揮發並存於廢氣，廢氣經過冷卻及熱回收設備，部分重金屬因凝結或吸附作用而被除塵設備去除，廢氣通過集塵設備之溫度愈低，重金屬成分去除效果愈佳。

2. 高溫情形下產生之重金屬為揮發性重金屬，因廢氣溫度降低經凝結形成微粒，被除塵設備去除。飽和溫度較低的重金屬元素雖無法達到凝結之條件，但因飛灰表面的催化作用，反應形成飽和溫度較高、較易凝結的氧化物及氯化物經除塵設備去除。

3. 氣態存在之重金屬以活性碳吸附經粒狀處理設備收集去除，水溶性金屬氯化物可藉由溼式洗滌去除。

國家環境研究院 National Environmental Research Institute