固定污染源有害空氣污染物排放計算實務練習題

壹、有害空氣污染物鑑定與危害確認

1. 中央主管機關依空氣污染防制法第 20 條第 2 項訂修公私場所固定污染源之有害空氣污染物排放標準或直轄市、縣 (市) 主管機關依本法第 20 條第 2 項擬訂有害空氣污染物個別較嚴之排放標準 (以下合稱排放標準) 時，應根據何種作業方式進行健康風險評估作業？
   解答：固定污染源有害空氣污染物健康風險評估作業方式。

2. 健康風險評估作業應包含哪 4 部分？
   解答：危害確認、劑量效應評估、暴露量評估及風險特徵描述。

1.1 有害空氣污染物概述

3. 請列舉傳統空氣污染物指標物質。
   解答：懸浮微粒 (TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$)、硫氧化物、氮氧化物、一氧化碳 (CO)、臭氧及鉛 (Pb) 等。

4. 「有害空氣污染物」(Hazardous air pollutants, HAPs) 有時亦和哪兩種名詞混用？
   解答：「毒性空氣污染物」(Toxic air contaminants, TACs) 與「空氣毒性物質」(Air toxics)。

5. 美國聯邦環保署對 HAPs 物質之定義為何？
   解答：凡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) 之空氣污染物皆屬有害空氣污染物之一部分。

6. 空氣污染防制法增訂第 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、身體健康者將處以幾年以下有期徒刑？
   解答：7 年。

7. 空氣污染防制法增訂第 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，得併科新臺幣多少元以上多少元以下之罰金？

解答：得併科新臺幣 100 萬元以上 1,500 萬元以下罰金。

8. 請列舉「空氣污染防制法施行細則」第 2 條中所規範之有害空氣污染物。

解答：氟化物、氯氣 (Cl_2)、氨氣 (NH_3)、硫化氫 (H_2S)、甲醛 (HCHO)、含重金屬之氣體、(硫酸、硝酸、磷酸、鹽酸氣)、氯乙烯單體 (VCM)、多氯聯苯 (PCBs)、氰化氫 (HCN)、戴奧辛及呋喃類 (Dioxins 及 Furans)、致癌性多環芳香烴、致癌揮發性有機物及石綿及含石綿之物質等 14 項「有害空氣污染物」。

9. 環境部公告訂定「第一批固定污染源有害空氣污染物種類及排放限值」，彙整出幾項優先列管之有害空氣污染物種類清單？

解答：73 項。

10. 環境部公告訂定「第一批固定污染源有害空氣污染物種類及排放限值」，優先訂定幾項重要有害空氣污染物之排放限值？

解答：5 項。

11. 環境部公告訂定「第一批固定污染源有害空氣污染物種類及排放限值」，彙整出優先列管之有害空氣污染物種類清單，其中的污染物種類分為哪三類？

解答：環境部訂定之 73 項有害空氣污染物清單，包括戴奧辛、苯、丙烯腈及氯乙烯等物種，種類包括有機性有害空氣污染物 (61 項)、重金屬及其化合物 (8 項) 及其他類 (4 項)。

12. 環境部公告訂定「第一批固定污染源有害空氣污染物種類及排放限值」，排放限值優先選定哪 5 項重要有害空氣污染物，訂定排放管道排放限值？

解答：戴奧辛、氯乙烯、鎘、鉛及三氯乙烯等 5 項重要有害空氣污染物。

13. 請說明排放限值之管制目的。

解答：排放限值之管制目的係作為業者排放有害空氣污染物是否違反該法 53 條規定得處刑罰之判斷依據。

14. 請說明排放限值之訂定方式。

解答：排放限值之訂定方式係參考國內外各類有害空氣污染物暴露對人體健康或致死相關參考濃度值 (包括保護行動基準-威脅生命影響 PAC-3、立即致危濃度 (IDLH)、急性暴露指引水準 (AEGL Level 3) 及半數致死濃度 (LC_{50}) 等數值)，並檢視我國產業有害空氣污染物排放情形、控制技術及檢測數據等本土化資料，考量在短時間急性暴露情形下，會對民眾產生危及生命的健康影響或造成死亡之污染物濃度值，藉以評估對民眾健康影響。

1.2 有害空氣污染物盤點

15. 請闡述風險評估第一步驟危害確認 (Hazard identification) 的主要內容。

解答：危害確認 (Hazard identification) 為風險評估之第一步驟，主要係依據欲訂修或擬訂排放標準之空氣污染物及公告有害空氣污染物清單，來判斷是否為關切污染物；若為關切之有害空氣污染物，即為應評估之有害空氣污染物。需針對其毒性進行確認，並瞭解暴露此污染物可能導致之健康問題如癌症、呼吸系統、神經系統、心臟血管、肺部、腸胃肝膽、腎臟皮膚、生殖缺陷等相關疾病。

16. 請說明公私場所建立廠內有害物質之清單之步驟。

解答：1. 建立廠區完整物質清單。
2. 建立物質相關毒理資料表。
3. 評估排放量計算方式。
4. 排放量計算。

17. 建立廠區完整物質清單應先檢視哪些資料，以完整掌握廠內各製程污染物流布與排放特性？

解答：建立廠區完整物質清單，第一步為檢視空、水、廢、毒許可申請資料、安全資料表 (SDS)、管道定檢申報等資料，並參考相似產業排放資料及國內外相關文獻，完整掌握廠內各製程污染

物流布與排放特性。

18. 依「公私場所固定污染源申報空氣污染防制費之揮發性有機物之行業製程排放係數、操作單元 (含設備元件) 排放係數及控制效率」公告，各行業製程別之屬性可分為哪兩大類製程？
解答：非反應性及反應性製程。

19. 部分行業製程之產製特性為使用含揮發性有機物之原物料，而該原物料未參與製程反應，有空氣污染物會直接排放至大氣中之可能性。請舉出至少兩種此種類型之行業製程。
解答：乾洗作業程序、印刷程序、塗裝程序、金屬表面清洗程序等製程。

20. 請說明反應性與非反應性製程分類之定義。
解答：

製程分類		定義
反應性		1. 係指含揮發性有機物之原物料於製程中參與製程反應者。 2. 非含揮發性有機物之原物料於製程中會產生揮發性有機物者。
非反應性	使用物料單純	係指含揮發性有機物之原物料於製程中未參與製程反應，而直接排放
	使用物料複雜	非反應性製程，但原物料使用變動較大，不易以質量平衡計算者。

21. 請問一般廠區使用之原 (物) 料可分為哪兩種類型？兩者差異為何？
解答：廠區使用之原 (物) 料可分為單一性質原 (物) 料與特殊原 (物) 料，單一性質原 (物) 料為單一化學物質，特殊原 (物) 料則為由兩種以上化學物質所組成之混合物，例如：光阻液、清潔劑等。

22. 請說明如何依照一般廠區使用之原 (物) 料類型初步建立廠區使用之原 (物) 料清單？

解答：初步之原 (物) 料清單可依單一性質原 (物) 料與特殊原 (物) 料分別列表，屬兩種以上化學物質所組成之混合物則再依據供應商提供之資料，如物種成分比例、安全資料表 (SDS) 或相關文獻，再行查找區分。

23. 欲參考固定污染源法規資料庫建立廠區完整物質清單，應從哪些部分確認廠區物質？

解答：1. 自行檢測紀錄。
2. 屬許可核定之對象，清查許可證登載物質。
3. 無許可核定，但依據空氣污染防制費，有申報有害空氣污染物質。
4. 非許可核定與非屬空氣污染防制費申報，但清查資料有登載之有害空氣污染物質。
5. 非屬固定污染源列管，但毒化物資料庫具有害空氣污染物之使用紀錄物質。

24. 欲建立廠區完整物質清單，可查找哪些相關文獻？

解答：1. SPECIATE 資料庫。
2. FIRE 資料庫。
3. 國內類似產業環評健康風險評估報告。
4. 國內外類似產業其他健康風險評估報告。

25. SPECIATE 資料庫為美國聯邦環保署對各類污染源哪兩類物種圖譜之資料庫？

解答：總有機化合物 (Total organic compound, TOC) 及粒狀物 (Particulate matter, PM) 物種圖譜之資料庫。

26. SPECIATE 資料庫主要可由哪些項目查詢物質資料？

解答：1. 圖譜代碼 (Profile number)：每個不同製程有特定之圖譜代碼，利用圖譜代碼可以縮短找尋資料的時間並方便記錄。
2. 圖譜名稱 (Profile name)：類似我國的製程名稱，每個圖譜名稱有其代表之製程。
3. 污染物 (Pollutant) 及百分比 (Percent)：描述在此製程下可能產生之特定物種名稱及其特定物種所占百分比。

27. FIRE 資料庫可透過哪些項目選擇資料庫中特定適合之排放係數？
解答：污染源類型 (Source category)、污染源分類碼 (Source classification code, SCC)、污染物名稱、CAS 編碼或控制設備。

28. FIRE 資料庫查詢分為哪二種資料系統？
解答：點源 (Point source) 及面源 (Area source)。

29. 美國聯邦環保署建立之 FIRE 資料庫內建有污染源分類碼 (Source classify code, SCC)，同一 SCC 碼對應有許多污染物的排放係數，該碼可直接與國內哪個資料庫內之 SCC 碼對應？
解答：TEDS 資料庫。

30. 事業單位從事健康風險評估時，應提供哪兩種圖，以利於風險評估順利進行？
解答：詳細流程圖與廠房配置圖。

31. 請列出一般廠區逸散性空氣污染源排放途徑。
解答：開放容器、污泥處理設備、廢水處理設備及輸送管線之揮發洩漏，包括：泵浦、閥件、法蘭、壓縮機、攪拌機或管線接點處洩漏、冷卻水塔、灌裝設施、建物通風系統。

32. 請列出一般廠區煙囪或點源排氣排放途徑。
解答：反應槽或其他製程容器之排氣、貯槽之排氣、廢氣燃燒塔、空氣污染防制設施、焚化爐等之煙囪或排氣。

33. 請列出一般廠區固體、污泥及液體廢棄物排放源排放途徑。
解答：濾餅及過濾介質、蒸餾物、污染控制設備之廢棄物 (例如袋式集塵器收集微粒、吸收塔生成污泥、用過之活性碳、廢水處理生成之污泥)、廢棄之觸媒、容器或貯槽之殘留物 (不列入廢水污染源者)、碎屑、副產物、廢溶劑。

1.3 有害空氣污染物確認

34. 危害物質確認分為哪兩種？

解答：危害物質確認又區分為毒理確認與致癌性確認。

35. 危害物質毒理確認之毒理資料可由哪四方面獲得？
解答：1. 流行病學研究資料。
2. 動物實驗資料。
3. 短期試驗 (Short term test) 資料。
4. 分子結構的比較。

36. 請問危害物質毒理確認之 4 大項毒理資料證據權重最高者為何？最低者為何？
解答：在進行危害確認上，其證據權重以流行病學研究資料最高，而分子結構的比較結果最低。

37. 危害物質毒理確認之 4 大項毒理資料在實際執行上的篩選順序大多為何？
解答：在實際執行上，就篩選之觀點，大多以分子結構的比較、短期試驗、動物實驗、流行病學研究之順序來進行。

38. 致癌物質確認又分為哪兩種類別？
解答：致癌物質確認又分為致癌物質確認與非致癌物質確認兩類。

39. 請問國際癌症研究署 (IARC) 致癌性分類分為哪幾類？
解答：依國際癌症研究署 (IARC) 之致癌性分類，分為確定為人類致癌物 (Group 1, Carcinogenic to humans)；極有可能為人類致癌物 (Group 2A, Probably carcinogenic to humans)；可能為人類致癌物 (Group 2B, Possibly carcinogenic to humans)；無法歸類為人類致癌物 (Group 3, Not classifiable as to carcinogenicity to humans)。

40. 目前對於化學致癌物之研究及評估乃以哪個單位所出版之刊物最具權威性？
解答：國際癌症研究署 (IARC)。

41. 美國環保署對於毒性資料分類標準之慢毒性危害描述包含哪些？
解答：生殖毒性 (包括致畸胎性及生殖能力受損)、生長發育毒性、致突變性、系統毒性。

貳、有害空氣污染物排放量推估

2.1 有害空氣污染物流布分析

42. 請列舉依固定源揮發性有機物空氣污染防制費申報而言，其污染源可區分哪些？
解答：污染源可區分為製程管道排放、廢氣燃燒塔、原物料儲槽與產品儲槽逸散、裝載操作設施逸散、廢水處理廠排放及設備元件洩漏。

43. 化學製造程序其製造過程大多在密閉反應槽中進行反應，且「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」第 9 條規範石化製程排放管道排氣應採何種系統收集？並經過哪種處理後排至大氣？
解答：密閉排氣系統收集；經破壞性處理 (或非破壞性處理) 防制設備削減 (或回收) 排放後排至大氣。

44. 廢氣燃燒塔主要之功用為何？為何現行廢氣燃燒塔廢氣排放之情況亦須納入污染考量中？
解答：廢氣燃燒塔主要之功用在於焚化處理含揮發性有機物廢氣之緊急排放、製程設備所累積之過廢氣釋壓排放，以維持系統壓力不致超過設備容許壓力而發生危險，故因廢氣燃燒塔主要作為緊急排放或廢氣釋壓排放之用，其製程主要排放廢氣理當不得由此排出，但考量現行一般製程工廠使用廢氣燃燒塔作為防制設備或排放管道之虞，故廢氣燃燒塔廢氣排放之情況亦納入考量。

45. 裝載操作設備過程中揮發性有機氣體逸散情形為何？
解答：裝載過程中揮發性有機氣體逸散，主要係由於輸送單元內部壓力調節之變化，致使 VOCs 易隨著其它氣體 (空氣/氮氣) 由呼吸孔或排氣管中釋放出來。

46. 廢水處理設施是否有揮發性有機氣體逸散情形？
解答：是。各類製程之廢水大多仍含有揮發性有機物，故在考量廢水處理過程中揮發性有機物逸散之各種情況與廢水操作單元之廢氣收集時，仍有部分揮發性有機氣體由廢水處理程序中逸散。

47. 化學製造程序中揮發性有機物易從各類機械接合點 (軸封與配件) 之隙縫中逸洩，一般設備元件約略可歸納為哪些類別？
解答：即泵浦、閥件、壓縮機、法蘭、釋壓閥、開口管線、取樣連接裝置、攪拌器及製程排洩口。

48. 使用「質量平衡」進行工廠內有害性揮發性有機物排放量調查的主要目的為何？
解答：使用「質量平衡」進行工廠內有害性揮發性有機物排放量調查，主要目的在於藉由製程之投入和產出統計，配合各項物質質量平衡及排放管道排放檢測，以求出製程中揮發性有機物的逸散排放量。

49. 使用「質量平衡」進行工廠內有害性揮發性有機物排放量調查，一般規劃以多長的時間點進行調查作業與資訊彙整？
解答：單季。

50. 確認各有害空氣污染物之排放途徑及管道流布後，各類途徑之排放量之計算得參考哪些方法？
解答：1. 直接量測法。
2. 質量平衡法。
3. 排放係數法。
4. 經驗方程式法。
5. 其他可估算之方式。

51. 如某公私場所之管道排放量檢測結果為 0.0038 (kg/hr)，由於該製程為金屬表面塗裝程序，屬非反應性製程，故檢測當時之活動強度採用原料之烤漆塗料為估算基礎，檢測資料如下表，請計算該廠二甲苯之管道排放係數 (四捨五入至小數點第三位)、管道排放量 (四捨五入至小數點第一位) 與排放量 (四捨五入至小數點第三位)。

檢測資訊					
製程編號	製程名稱	管道	檢測日期	污染物	排放量 (kg/hr)
M07	金屬表面塗裝程序	P008	2009/10/27	二甲苯	0.0038
物料名稱	類別	估算基礎	估算基礎單位	排放係數	排放係數單位
烤漆塗料	原料	1.87	公斤/小時	**(53)**	公斤/公斤

許可核定內容			
類別	原物料/產品名稱	原物料/產品產量	單位
原料	烤漆塗料 (二甲苯 25~5%)	2,125	公斤
管道排放量	許可污染物	排放量 (公噸/年)	製程/管道核定之排放量比例
(54)	二甲苯	**(55)**	1

解答：0.002、4.3 與 0.004。

52. 當有害物質計量資料來源為空污費個別物種排放係數或 SPECIATE 4，該有害空氣污染物排放量計算公式應為何？

解答：有害空氣污染物排放量

=總 VOCs 排放量×含量比例係數 (%)

=一般製程 VOCs 排放係數×活動強度×含量比例係數 (%)

53. 當有害物質計量資料來源為 FIRE 6.25，該有害空氣污染物排放量計算公式應為何？

解答：有害空氣污染物排放量

=總 VOCs 排放量×含量比例係數 (%)

$$=\text{總 VOCs 排放量}\times\frac{\text{有害空氣污染物排放係數}}{\text{一般製程 VOCs 排放係數}}$$

54. 當有害物質計量資料來源為國內許可資訊，該有害空氣污染物排放量計算公式應為何？

解答：有害空氣污染物排放量=總 VOCs 排放量×含量比例係數 (%)。

2.2 揮發性有機物實廠調查方法

55. 揮發性有機物 (Volatile organic compounds, VOCs) 主要會造成什麼現象？

解答：光化學煙霧。

56. 請列舉 HVOCs 的調查方式。

解答：1. 以目標固定污染源之原物料、產品之申報資料為基礎，計算 HVOCs 之潛在差額，作為環境會計調查目標。

2. 以橫斷面區域性調查方式 (Cross-section investigation, CSI) 大範圍之製程之 HVOCs 濃度，評估製程設備、元件之逸散情形，再配合當地風速和製程高度與側面面積，可作為廠區 HVOCs 逸散之估算方式。

3. 調查煙道排放氣體於製程反應之 HVOCs，以氣體質量平衡觀念，評估煙道氣體檢測之有效性與代表性。

4. HVOCs 儲槽之排放量估算是將儲槽形式、尺寸、外觀顏色、維護狀況、氣候條件、運轉周次等輸入美國環保署認可之 AP-42 中 TANKS 4.09d 軟體，計算該儲槽裝載與存放時之 HVOCs 逸散量。

5. 裝載過程之 HVOCs 逸散估算，是由於液體溶劑注入槽體後，擠壓上方飽和 HVOCs 蒸氣外洩後形成排放現象。此外，在溶劑儲槽在一般儲存時，因溫度變化，日曬、風拂等因素，亦可能有逸散排放之可能。

6. 廢水、廢棄物中 HVOCs 物種與濃度，用於質量平衡之計算。

57. 目前國內環境部針對重大固定污染源之污染物排放，已明文規定需加裝何種監督設備，連線系統連接至地方環保單位，以確實監督重大污染源之污染排放情形？

解答：連續自動監測設備 (Continuous Emission Monitoring System, CEMS)。

58. 對於哪兩種空氣品質項目，由於國內外均無成熟之自動監測技術或設備，目前對此兩者之檢測方式，仍以人工方式進行採樣分析？

解答：臭味及 HVOCs。

59. 一般而言固定污染源 VOCs 調查表單主要項目可分為哪些？

解答：工廠基本資料、VOCs 原物料製造使用、產品產量、廢氣、廢水、廢棄物、製程元件、設備、儲槽、裝載設備、燃燒塔等。

60. 在 HVOCs 調查過程中，對於何種性質製程而言，質量平衡計算較為複雜？對於該製程的何種製造程序更為質量平衡推估之挑戰？

解答：化學性製程，批次式或連續式製造程序。

61. 請說明 HVOCs 調查過程中可利用何種儀器進行製程區元件初步的洩漏掃瞄與濃度判讀？
解答：火焰離子化偵測器 (Flame ionization detector, FID)。

62. 請說明調查元件洩漏之 HVOCs 之完整調查過程。
解答：調查過程中首先可先依製程大小分為數個不同大小之大區塊，每一區可針對不同元件洩漏之 HVOCs 利用火焰離子化偵測器 (Flame ionization detector, FID) 進行初步的洩漏掃瞄與濃度判讀，利用 FID 掃瞄監測過程可發現元件異常高濃度監測，並記錄當時濃度、元件洩漏點並利用 GPS 定位洩漏元件位置，之後再利用 GC/MS 以鐵氟龍管線、採樣袋或注射針取樣 (依現場採樣狀況判定)，針對洩漏點進行洩漏物種之定性與定量分析。

63. 依據目標工廠不同製程與 HVOCs 排放屬性，在調查 HVOCs 過程中，使用檢測儀器針對哪些可能排放 HVOCs 來源進行監測？
解答：煙道、製程作業場所、設備元件、儲槽與原物料與產品。

64. 請問針對可能排放 HVOCs 來源，製程內的哪兩個部分應以獨立取樣的方式進行監測？
解答：煙道與儲槽。

65. 請問針對可能排放 HVOCs 來源，製程內的哪兩個部分會以火焰離子化偵測器 (Flame ionization detector, FID) 掃瞄調查？
解答：製程作業場所與設備元件。

66. 請問針對可能排放 HVOCs 來源，製程內的哪四個部分會使用氣相層析/質譜儀 (Gas chromatography/Mass detector, GC/MS) 進行定性定量？
解答：煙道、製程作業場所、設備元件與儲槽。

67. 為何實廠排放調查作業應以「廠」為單位？
解答：由於製程管線連接複雜，常有污染防制設施或管道共用之情況，因此於現場排放調查上，貢獻量之比例分配是最大的困難，甚至無法切割。

2.3 實廠調查案例介紹

68. 某膠帶製造廠計算其第二季原物料使用狀況，得第二季壓克力-醋酸乙烯共聚合樹脂投入量為 221,300 公斤/季、油性壓克力樹脂投入量為 34,570 公斤，依據物質 100%成分資料表中，其壓克力-醋酸乙烯共聚合樹脂之 VOC 含量重量百分比為 62%，甲苯為 31%；油性壓克力樹脂 VOC 含量重量百分比為 55%，甲苯為 28%。請問該廠壓克力-醋酸乙烯共聚合樹脂之 VOCs 投入量為何？(四捨五入至整數位)
解答：137,206 公斤。

69. 承上題，請問該廠總 VOCs 投入量為何？(四捨五入至整數位)
解答：156,220 公斤。

70. 承上題，請問該廠油性壓克力樹脂之甲苯投入量為何？(四捨五入至整數位)
解答：9,680 公斤。

71. 承上題，請問該廠總甲苯投入量為何？(四捨五入至整數位)
解答：78,283 公斤。

72. 關於一般 VOCs 質量平衡計量應於防制設備何處進行實測作業？若無法進行前端檢測作業，可以檢測當時各管道防制設備後端排放量，配合各防制設備之公告處理效率進行回推，計算公式為何？
解答：防制設備前、後端。檢測當時各管道防制設備前端排放量=檢測當時各管道防制設備後端排放量÷(1−防制設備公告處理效率)

73. 某膠帶製造廠製程之排放管道為 P001，前端設有連續式吸脫附接續冷凝設備，調查期間之膠帶產品量為 1,482,563 m^2，並依照環檢所公告之檢測方法進行一般 VOCs 檢測作業，詳如下表：

含括製程		膠帶業製造程序				
統計時間		98 年度 4~6 月份				
管道編號	檢測時間	調查期間之活動強度 A		檢測當時之活動強度 (單位/hr) B	檢測當時之防制設備前端排放量 (kg/hr) C	檢測當時之防制設備後端排放量 (kg/hr) D
		數值	單位			
P001	2009/04/17	1,702,125	m^2/hr	5,272	58.74	4.33

請問調查期間之防治設備前端排放量為多少公斤？(四捨五入至小數點第二位)

解答：18,964.88 公斤。

74. 承上題，請問調查期間之防治設備後端排放量為多少公斤？(四捨五入至小數點第二位)

解答：1,397.99 公斤。

75. 承上題，請問調查期間之防治設備削減量為多少公斤？(四捨五入至小數點第二位)

解答：17,566.89 公斤。

National Environmental Research Academy 國家環境研究院