特殊性有機製程廢 (污) 水處理概論練習題 (甲級)

壹、前言

1. 有機製程廢水依廢水之水質特性可概略分成哪些種類？
   解答：1. 高濃度有機製程廢水。
   2. 難分解有機製程廢水。
   3. 具毒性有機製程廢水。
   4. 揮發性有機製程廢水。
   5. 感染性有機製程廢水。

2. 廢水生物處理程序評估分成哪兩部分？
   解答：1. 廢水生物處理可行性評估。
   2. 廢水處理適用性評估。

3. 有機廢水厭氧處理可行性評估之生化甲烷產能試驗 BMP，其目的與用途何在？
   解答：試驗的目的在求取於“最理想”的厭氧環境下，廢水中的有機物能被厭氧微生物分解的比例；實驗過程以厭氧微生物分解有機物之產物甲烷為量測指標，其甲烷產量數值透過理論值計算，來預估此廢水採用厭氧處理時，在最佳的操作條件下 COD 去除率的上限。

4. 廢水之生物分解性試驗之目的用途何在？
   解答：可直接測定廢水中有機物之可分解情形，依分解速率及最後殘存之 COD 濃度，可判斷好氧生物處理之 COD 去除效率與殘餘 COD 是否能符合放流水管制標準。

5. 請說明廢水處理可行性評估完成後之用途。
   解答：可判別該廠廢水是否有生物處理抑制性？是否可厭氧生物處理？是否可好氧生物處理？及厭氧與好氧生物處理可能的去除效果？至於長期操作是否穩定？體積負荷 (或 HRT) 該設計多少？懸浮式好氧處理污泥是否膨化？則需要長期性的廢水處理適用性評估試驗才能確認。

貳、高濃度有機製程廢水

2.2 高濃度有機製程廢水之處理

6. 一般在處理高濃度有機廢水，請說明厭氧技術選用原則。

解答：1. 污染物有毒性但可分解 (含酚、醛)，需要較高內循環以調節進流毒性物質濃度，則優先選用厭氧流體化床。

2 廢水中含有會與碳酸鹽形成結晶物質，除先預處理降低濃度結晶前驅物之外，避免選用厭氧濾床。

3. 厭氧可分解總污染量較大時，優先選用上流式污泥床。

4. 有機物與硝酸共存廢水，優先選用厭氧流體化床。

7. 一般在處理高濃度有機廢水，請說明好氧技術選用原則。

解答：1. 含一價陽 (Na^+、K^+) 離子之高鹽廢水：優先選用固定式好氧系統或 MBR 處理系統。

2. 含二價陽 (Ca^{+2}、Mg^{+2}) 離子之高鹽廢水：除應有前處理外，優先選用懸浮式好氧系統。

3. 易造成微生物膨化廢水 (食品、造紙等)：優先選用選種池搭配懸浮式好氧系統。

8. 從球狀菌與絲狀菌形成競爭生長來看，如何說明污泥膨化現象？

解答：在同一個生物處理系統中，球狀菌與絲狀菌形成競爭生長，以單一個球狀菌與絲狀菌而言，絲狀菌表面積大於球狀菌表面積，因此在低基質 (BOD、DO) 環境下，絲狀菌過度生長的競爭優勢高於球狀菌，因此容易造成絲狀菌過度生長，而造成污泥膨化。

9. 污泥容積指數 (Sludge volume index, SVI) 為判斷污泥沉降性之重要指標，實務上操作，正常活性污泥的 SVI 應介於何範圍？

解答：正常活性污泥的 SVI 應介於 50~150 mL/g。

10. 污泥選種槽的用途為何？請說明之。

解答：污泥選種槽是指裝設在活性污泥主曝氣池之前，以調整污泥菌相為主要目的的反應槽，目前已成為克制污泥膨化的利器。選種槽主要原理：是利用黏液球菌在動力學與基質攝取與貯存方面的優勢，達到選種的目的，依操作條件分為：好氧 (Aerobic)、厭氧 (Anaerobic)、與無氧 (Anoxic) 選種槽 3 種。

11. 二級生物處理水無法達標之再處理，若採用 (後) 生物處理法，其與前面的二級生物法有何差別特性？

解答：1. 採用固定生長式系統。

2. 設計操作條件與二級生物處理不同，一般最簡單方式是控制不同 pH；在固定生長式系統與不同 pH 生長環境下，可形成另一個優勢菌種，再次降解二級生物處理水中殘餘之有機物。

參、難分解有機製程廢水

3.1 難分解有機製程廢水之污染源

12. 通常判斷有機廢水為難分解廢水的準則為何？

解答：水質分析結果 BOD/COD<0.2，一般定義為生物難分解廢水。

13. 有機廢水生物難分解的可能原因為何？

解答：1. 有機物分子結構關係導致無法生物分解。

2. 有機物分子量過於龐大，微生物短時間無法透過水解等程序，將其裂解成小分子。

3. 廢水有機物毒性 (抑制性) 太高，導致生物無法分解。

3.2 難分解有機製程廢水之處理

14. 難分解有機廢水的處理原則為何？請說明之。

解答：生物難分解廢水之處理，以經濟效益為原則：

1. 若沒有生物毒性，優先將生物可分解有機物，利用生物技術處理。

2. 若因有機物毒性太高導致生物無法分解，可針對該毒性物質進行處理，以降低毒性。

3. 分子量過於龐大之有機物，可嘗試在不同 pH，以不同混凝劑，利用混凝以去除一部分。

4. 無法利用混凝去除之大分子有機物、或因分子結構關係導致無法生物分解之有機物，可嘗試利用活性碳吸附去除，或利用高級氧化將有機物裂解成小分子。

肆、具毒性有機製程廢水

4.2 酚及氯酚類化合物之處理

15. 毒性有機製程廢水以生物處理可朝哪些方向進行？

解答：以傳統生物處理方式處理毒性有機廢水，大多由於菌種被毒害以及濃度限制，使其處理效果不甚理想，加上懸浮系統中微生物易流失，因此近年來多朝向菌種的馴化及培養，與改善微生物系統使微生物固定化方式來處理廢水，以減少微生物流失，增加分解效率。

16. 以化學氧化處理毒性有機廢水具有哪些優點？

解答：化學氧化處理程序包括溼式氧化法 (Wet air oxidation, WAO)、臭氧氧化及 Fenton 法等，此類方法通常對於毒性有機化合物具有較好的破壞去除效率。同時，也可將生物不易分解的物質或難分解物質直接分解或快速分解具小分子量的中間產物，以促進微生物分解轉化。

17. 請描述 Fenton 氧化法的基本原理。

解答：Fenton 氧化程序為相當成熟的化學氧化技術，主要是利用 Fe^{2+}與 H_2O_2 反應生成大量之 OH · 自由基，以對水溶液中之有機物進行氧化及分解，達到廢水處理之目的。

18. 請簡述 Fenton 氧化程序關鍵操作參數與影響。

解答：1. pH 效應：一般而言，pH 操作值應小於 4；pH 大於 5.5 時，會產生 $Fe(OH)^+$、$Fe(OH)_2$ 及 $Fe(OH)_3$ 等，此時可能會產生混凝效應，並使二價鐵離子濃度變少，降低了與過氧化氫反應的機會，故降低 · OH 濃度。此外，在高 pH 情況下，過氧化氫會加快其解離速度。當 pH 小於 3，則過氧化氫的解離效率明顯降低。而且，在非常低 pH 的情況下，也會影響二價鐵離子濃度，產生 $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$，此物種相較於其他的鐵錯合物，與過氧化氫反應速度較慢。另一方面，非常低 pH 的情況，過氧化物也會形成 $[H_3O_2]^+$，此物種會讓過氧化氫變得更穩定，使得不容易與鐵離子反應。

2. 溫度效應：當溫度高於 40℃，過氧化氫解離為水及氧氣，因此 Fenton 反應效果變差。有文獻指出，Fenton 反應較佳的操作溫度為 30℃。

3. Fe^{2+}濃度之影響：一般而言，去除 1 mg/L 的 COD 量，約需要 3.49 mg 的二價鐵離子；二價鐵離子的來源，除了以加藥方式外，尚可應用含鐵的陽極溶蝕方式供應，或將二價鐵氧化後形成的三價鐵離子，於陰極還原成二價鐵離子循環重覆利用，減

少加藥量降低操作成本。若二價鐵離子濃度過量，部分未與過氧化氫反應的鐵離子，會造成系統產水中的總溶解固體物濃度提高，或產生較多的鐵錯合物沉澱，進而可能產生不符合放流水標準的情況發生。

4. H_2O_2 濃度之影響：一般而言，去除 1 mg/L 的 COD 量，約需要 2.13 mg 的過氧化氫；但未被利用的過氧化氫濃度太高時，則可能造成負面影響：
   (1) 使產水 COD 濃度提高。
   (2) 應用於生物處理的前處理程序時，過量的過氧化氫濃度，抑制生物反應槽內的微生物正常運作，導致生物處理系統失效。
   (3) 與・OH 反應，降低污染物氧化的效果。
5. 污染物濃度之影響：不同有機物的氧化效果不同，較低的污染物初始濃度對於 Fenton 反應而言是相對有利的。

伍、揮發性有機製程廢水

5.2 揮發性有機製程廢水之處理

19. 不同濃度的揮發性有機物處理原則為何？
    解答：原則上，較高濃度廢水或廢液適合以溶劑萃取回收或以焚化及化學氧化處理，低濃度廢水則適合以生物、光催化及化學氧化等處理方法。

20. 含氯有機化合物之氯取代量與生物分解之關係性為何？。
    解答：氯化碳氫化合物之特性，以生物處理氯化碳氫化合物，低氯量之氯化有機物通常可在好氧環境中進行分解，但對於高氯量之氯化有機物則仍需在無氧及厭氧環境中進行轉換分解。

21. 環境部公告之揮發性有機物空氣污染管制及排放標準，為何規定石化製程廢水處理系統應維持氣密狀態？
    解答：因為揮發性成分在廢水處理過程中，部分成分會轉移至氣相，可能造成空氣污染。

22. 環境部公告之揮發性有機物空氣污染管制及排放標準，規定石化製程廢水處理單元應符合哪些規定？

解答：環境部公告之揮發性有機物空氣污染管制及排放標準，規定石化製程之廢水收集系統、廢水處理設施初級處理單元設備、生物曝氣池及污泥處理設施，應維持氣密狀態，且應符合下列規定之一：

1. 採用密閉集氣系統或圍封式集氣系統連通至污染防制設備，使削減率達 85%濃度 150 ppm 以下。
2. 合排氣管規格之固定頂蓋，且廢水直接進流活性污泥處理單元處理。

23. 針對揮發性有機廢水，避免 VOCs 於廢水處理場各處理單元可能造成散逸，有哪些可行的控制技術？

解答：1. 設有通氣管之加蓋措施：加蓋措施可減少大量 VOCs 排放至空氣，一般有 90%以上之效果，並可直接導入生物處理單元，將 VOCs 藉生物分解達減量目的。

2. 進流前氣提及後端控制設備處理：若水中物種藉由氣提方式於進流單元時集中收集並拉至末端控制設備處理，可減少後續因操作條件改變又引起逸散之困擾。可根據亨利常數查表得知苯、甲苯、二甲苯、乙苯、二氯甲烷、苯乙烯、醋酸乙烯等物種較具有採用氣提塔法處理之效益，而如甲醇、乙醇、異丙醇 (IPA)、環己醇、甲醛、乙醛、丙酮、丁酮 (MEK)、戊酮 (MIBK)、環己酮、乙酸甲酯、乙酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯 (MMA)、丙烯腈、單乙醇胺等物種因水中穩定度大，採氣提塔法處理，塔高、空氣量等設置操作成本相對提高。氣提後之 VOCs 濃度高，常見之破壞性處理，如：一般熱焚化、蓄熱式焚化、觸媒焚化等或在低濃度情況下採活性污泥池注入法。

3. 空氣、水與廢棄物三相環境媒介聯合管制：減少 VOCs 排入水中，直接以廢棄物方式處置，在廢棄物管制系統下配合行業別製程之原物料特性掌握廢溶劑產生量，在事業水管制面上要求 VOCs 廢水源盤查，建立廢水水質特性資料，由資料共享及聯合輔導稽核模式，訂定個別廢水允入或放流標準，避免處理單元之曝氣等操作型態於處理過程中影響周界空氣品質，配合有效收集及控制處理後之效率要求，使 VOCs 處理成本及實際管制減量合理化。

陸、感染性有機廢水

6.1 醫院廢水污染源

24. 醫院廢水組成特性與一般家庭污水或工業廢水的主要不同點為何？

解答：醫院廢水之組成特性與一般家庭污水或工業廢水不同，除了一般的有機污染物外，尚含有一些潛在有害的成分：

1. 病原菌：包含細菌、病毒及寄生蟲等，在特定傳染病流行時，因治療病人而排放廢水，此時該問題特別重要。
2. 化學物質：在清洗與消毒時，可能會排放一些化學物質至廢水收集系統。
3. 藥物：可能含有抗生素、基因毒性藥物等。

25. 何謂 PPCPs？對環境有何影響？

解答：所謂 PPCPs，極為藥物及個人保健用品 (Pharmaceuticals and personal care products, PPCPs) ，包含處方籤用藥、營養食品到個人日常生活用品，如抗生素、抗癌劑、麻醉劑以及荷爾蒙 (或腺素類) 等。抗生素在排入環境水體後，因可能促使微生物產生抗藥性，影響微生物生態平衡，部分抗生素甚至具急毒性。廢水中若含抗生素也將影響生物處理效能。另避孕藥、雌性激素、雄性激素等荷爾蒙類藥品，則因其結構與人體內天然荷爾蒙結構類似，可能會在人體或生物體內發生假像作用，產生模仿正常荷爾蒙之過程，導致生理反應異常。

6.2 醫院廢水處理

26. 醫院廢水處理的著重要點為何？

解答：醫院污水處理場除一般傳統污水處理方式 (如活性污泥法) 外，特別著重感染性微生物之消毒處理要求。好氧生物處理單元去除 COD/BOD 有機污染物，好氧生物處理可選擇接觸氧化、活性污泥和高效能好氧處理技術，如薄膜生物反應器、曝氣生物濾池等。採用具有過濾功能的高效能好氧處理技術，可以降低懸浮固體濃度，有利於後續消毒。不過醫院廢水一般營養基值不高，活性污泥法 MLVSS 馴養不易且操作技術較高，故多採低負荷之接觸曝氣法。

27. 有效的醫院廢水處理應包括哪些方式？

解答：1. 初級處理；進行一般調勻與前處理。

2. 二級處理：主要進行有機污染物的分解，此外可從水相移除幾乎所有的寄生蟲、90~95%的細菌及部分病毒，因此二級處理基本上可移除所有寄生蟲，但處理水可能尚含有具感染濃度之細菌與病毒。

3. 三級處理：二級出流水可能還有 20 mg/L 的懸浮固體，可通過如快濾單元，將懸浮固體降至 10 mg/L 以下，方可有效進行消毒程序。
4. 消毒：為將病原體降至天然水體範圍，需進行消毒操作，一般可使用二氧化氯 (效率最高)、次氯酸鈉、氯氣等，另外紫外光消毒亦可選擇。
5. 污泥處理：廢水處理產生污泥可能含有高濃度寄生蟲及致病菌，因此污泥需要經過厭氧消化，以確保病原體在溫度較高環境下被消除；污泥亦可以乾燥方式脫水，然後併同其他固體廢棄物進行焚燒。

28. 典型的醫院廢水處理流程是甚麼？

解答：前處理後之廢水→調勻池→接觸曝氣法 (固定濾材) 或生物曝氣池→沉澱池→消毒 (以氯錠或加漂白水為主)→過濾 (備用)→放流。

29. 醫院污水處理系統除了包括一般廢水的處理和消毒外，尚有哪些特殊排水需要單獨處理？

解答：含有重金屬的廢水，放射性廢水、含油廢水和洗印廢水等。重金屬廢水來自牙科治療和化驗室，含有汞、鉻等有害污染物，可用化學沉澱法或離子交換法處理。放射性同位素治療和診斷產生之低濃度放射性廢水，儲存後交原能會指定單位收集清除。含油廢水來自廚房餐廳，一般採用油水分離處理。洗印廢水來自照片洗印，含有銀、顯影劑、定影劑等有害物質，含銀廢水可採用電解法回收銀，顯影劑可用化學氧化法處理。

國家環境研究院 National Environmental Research Institute