# 廢棄物熱處理技術練習題

## 壹、前言

1. 廢棄物處理之具體目標有哪 4 個？

解答：1. 無害化：廢棄物內常有許多生物或化學性的有害物質。廢棄物處理的目標，即在於以各種處理方法，將此等有害物質安全化或無害化。例如利用焚化處理之化學法，將微生物殺滅，將有毒物質氧化或分解。

2. 安定化：廢棄物中所含之有機物質，每會繼續腐化分解，產生臭味或衍生有害微生物。故廢棄物處理之最終目標在使此等有機質能安定化，不再繼續起變化。

3. 減量化：廢棄物一般多疏鬆膨脹、體積龐大，不但徒增搬運費用，且縮短掩埋處置場之使用年限。廢棄物處理即在於將其減量化。如或以焚化處理將廢棄物燒成灰燼，其體積可以縮小至十分之一以下，以利輸送或掩埋。

4. 資源化：一般廢棄物中，如有可再用性之物料，可加以回收再用 (Reuse)。有時廢棄物中含有廢紙、廢金屬、玻璃等亦可回收重行煉製而予以再利用。又廢棄物在焚化處理過程中，產生高熱能供發電，可做能源回收 (Energy recovery)。

## 貳、廢棄物熱處理相關法規

### 一、一般事業廢棄物相關規定

2. 何謂一般廢棄物之中間處理技術？

解答：中間處理：指一般廢棄物在最終處置或再利用前，以物理、化學、生物、熱處理、堆肥或其他處理方法，變更其物理、化學、生物特性或成分，達成分離、中和、減量、減積、去毒、無害化或安定之行為。

3. 何謂一般廢棄物之再利用？

解答：再利用：指將一般廢棄物經物理、化學或生物等程序後作為材料、燃料、肥料、飼料、填料、土壤改良或其他經中央主管機關會商中央目的事業主管機關認定之用途行為。

4. 何謂一般廢棄物之熱處理法？

解答：1. 焚化法：指利用高溫燃燒，將一般廢棄物轉變為安定之氣體或物質之處理方法。

2. 熱解法：指將一般廢棄物置於無氧或少量氧氣之狀態下，利用熱能裂解使其分解成為氣體、液體或殘渣之處理方法。

3. 熔融法：指將一般廢棄物或灰渣加熱至熔流點以上，使其產生減量、減積、去毒、無害化及安定化之處理方法。

4. 其他熱處理法。

5. 何謂事業廢棄物之中間處理？

解答：中間處理：指事業廢棄物在最終處置或再利用前，以物理、化學、生物、熱處理或其他處理方法，改變其物理、化學、生物特性或成分，達成分離、減積、去毒、固化或穩定之行為。

6. 何謂事業廢棄物之再利用？

解答：再利用：指事業產生之事業廢棄物自行、販賣、轉讓或委託作為原料、材料、燃料、填土或其他經中央目的事業主管機關認定之用途行為，並應符合其規定者。

7. 就氧氣 (空氣) 使用量而言，焚化法與熱解法有何差別？

解答：焚化法：指利用高溫燃燒，將事業廢棄物轉變為安定之氣體或物質之處理方法。熱解法：指將事業廢棄物置於無氧或不足量之氧氣之狀態下，利用熱能裂解使其分解成為氣體、液體或殘渣之處理方法。

8. 就基準原理而言，事業廢棄物處理之熔融法與熔煉法有何差異？

解答：熔融法：指將事業廢棄物加熱至熔流點以上，使其中所含有害有機物質進一步氧化或重金屬揮發，其餘有害物質則存留於熔渣中產生穩定化、固化作用之處理方法。熔煉法：指將事業廢棄物併入金屬高溫冶煉製程中，合併進行高溫減量處理或金屬資源回收之處理方法。

9. 除中央主管機關另有規定外，可燃性之一般事業廢棄物應先以何種中間處理方法處理？

解答：可燃性之一般事業廢棄物，以熱處理法處理。

10. 除中央主管機關另有規定外，人體或動物使用之廢藥品應先以何種中間處理方法處理？
解答：人體或動物使用之廢藥品，以熱處理法處理。

11. 依我國事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第 23 條，事業廢棄物之中間處理設施，除中央主管機關另有規定外，應符合哪些規定？
解答：1. 應有堅固之基礎結構。
2. 設施與廢棄物接觸之表面，採抗蝕及不透水材料構築。
3. 設施周圍應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設施或措施。
4. 應具有防止廢棄物飛散、流出、惡臭擴散及影響四周環境品質之必要措施。
5. 應有污染防制設備及防蝕措施。

**二、有害事業廢棄物相關規定**

12. 感染性廢棄物之貯存方法，除中央主關機關另有規定外，應符合哪些規定？
解答：感染性廢棄物：應與其他廢棄物分類貯存；以熱處理法處理者，應以防漏、不易破之紅色塑膠袋或紅色可燃容器密封盛裝；以滅菌法處理者，應以防漏、不易破之黃色塑膠袋或黃色容器密封貯存。

**參、熱處理之前處理技術**

**一、雜質分離**

13. 事業廢棄物的前處理技術包含哪 4 大類別？
解答：1. 破碎 (減小廢棄物的尺寸)。
2. 壓縮 (減小廢棄物的體積)。
3. 分選 (分類、篩選以利回收或處理)。
4. 乾燥 (減少水分以利燃燒) 等。

**二、乾燥**

14. 事業廢棄物進行熱處理之前若先加以乾燥，有何益處？

解答：事業廢棄物進行熱處理之前若先加以乾燥，可增加其發熱量以提升處理效率並降低處理成本。除了將廢棄物置於貯存區靜置風乾外，可利用乾燥機具以縮短所需時間。

15. 事業廢棄物之加溫乾燥脫水機制有哪 3 種？

解答：1. 對流：藉加熱介質 (空氣或砂) 直接與溼物接觸傳熱乾燥。
2. 傳導：由加熱面與待乾燥廢棄物接觸，再傳導熱進入內部。
3. 輻射：藉輻射方法將熱傳送至廢棄物上。

**肆、熱處理之分解與轉化技術**

**一、焚化主流技術及其分類與應用方式**

16. 何謂焚化處理？

解答：將廢棄物置於控制之高溫情況下，使可燃分氧化轉變為安定之氣體，不可燃分轉化為性質安定之無機物 (灰燼)，這種廢棄物處理方法稱為焚化處理。

17. 試述廢棄物處理採用焚化法的優點？

解答：1. 所需的土地面積較少。
2. 可以選擇處理地點於市區內，減少大量的搬運費。
3. 殘渣灰分變成無害化、有機物少，適於填地 (減量化)。
4. 能夠處理各種不同之廢棄物，環境衛生及二次公害可有效之控制。
5. 氣候的影響較少。
6. 操作有彈性，可做有限度的增加或減少處理量。
7. 焚化所產生之熱能可回收利用於火力發電廠或冷暖房等其他型態之能源。
8. 可迅速處理大量廢棄物，所有的害蟲、細菌均可燒死。
9. 減量效果佳，可將廢棄物體積減至 1/10~1/20。

18. 試述廢棄物處理採用焚化法的缺點？

解答：1. 需要有較高的操作技術，設備費昂貴，須做較大的投資。
2. 操作、維持費較高。
3. 處理位置選擇困難，易遭民眾之反對 (與衛生掩埋同)。
4. 非最終之處置辦法，因還有灰分及無機殘渣，未能解決。

5. 需有防塵、防毒設備 (易產生惡臭、煙塵、有害氣體等，造成空氣污染)。
6. 建廠時間長耽擱廢棄物之處理。

19. 焚化法可能引起之公害問題有哪些？

解答：1. 燃燒溫度控制不良時，易導致空氣污染問題。
2. 排煙中含有害的 HCl 氣體 (低級塑膠品充斥市場)。
3. 會產生廢污水，而其中重金屬含量很高 (飛灰填埋、遭滲出重金屬) 之二次污染。
4. 運轉時會引起噪音問題。

20. 焚化爐的設計溫度一般在多少度之間？又高於多少度時，需要特殊的耐火磚？

解答：焚化爐的設計溫度一般在 700~1,600℃，如設計溫度高於 1,300℃，就需要特殊的耐火磚。

21. 廢棄物所含之發熱量足以維持燃燒所需，而無需補助燃料之助者是所謂自燃廢棄物。一般而言，合乎自燃條件的廢棄物溼基低位發熱值約為多少 kcal/kg？

解答：一般而言，合乎自燃條件約 1,000 kcal/kg。

22. 焚化有害廢棄物時，進料 (含廢棄物及輔助燃料) 之溼基低位發熱值最少要在多少 kcal/kg 以上？

解答：焚化有害廢棄物，一般將其與輔助燃料 (例如重油) 混合，使混合物之發熱量提高到 2,000 kcal/kg 以上，此相當於典型的可燃性之化學工廠廢棄物之發熱量。

23. 試述何謂燃燒室熱負荷？並寫出其單位。

解答：燃燒室熱負荷

$$Q=\frac{W\times H_l}{V\times h}\ (kcal/m^3\cdot hr)$$

$H_l$：溼基低位發熱量 (kcal/kg)
W：每日焚化處理廢棄物量 (kg/D)
h：每日燃燒時間 (hr/D)

V：燃燒室總容積 ($m^3$)
Q：每 $m^3$ 單位淨容積 1 小時燃燒產熱量 ($kcal/m^3 \cdot hr$)
熱量通常以溼基低位發熱量 ($H_l$) 為準。

24. 批次式及連續式焚化爐之燃燒室熱負荷標準值分別為多少？
解答：燃燒室熱負荷之標準值為

$$Q = \begin{cases} \text{批次式：} 4\sim7\times10^4\ kcal/m^3 \cdot hr \\ \text{連續式：} 8\sim15\times10^4\ kcal/m^3 \cdot hr \end{cases}$$

25. 焚化爐內正常壓力原則上一般保持在多少水柱壓力？
解答：爐內正常壓力，以保持在負 1.0 至負 3.0 mm 水柱壓力為原則。

26. 試述何謂爐床燃燒率 (爐床負荷率)？並寫出其單位。
解答：爐床燃燒率 (爐床負荷率) ($kg/m^2 \cdot hr$)，爐床每平方公尺每小時可以燃燒處理之廢棄物量 ($kg/m^2 \cdot hr$) 稱為爐床燃燒速率。

27. 試述下列各種不同型式焚化爐之每日燃燒時間：批次式、準連續式、全連續式？
解答：每日燃燒時間 (hr/d)：批次式以 10 hr/d 計算。準連續式以 16 hr/d 計算。全連續式以 24 hr/d 計算。

28. 溼基低位發熱量 1,000 kcal/kg 之廢棄物焚化時，爐床燃燒率之標準為多少？
解答：溼基低位發熱量 1,000 kcal/kg 之廢棄物焚化時，爐床燃燒速率之標準為：
1. 連續燃燒式：$G=200\ kg/m^2 \cdot hr$
   (1) 焚化能力 150 t/24 hr 爐
   (2) 空氣預熱溫度 200℃
   (3) 未燃分 7%
2. 準連續式：$G=160\ kg/m^2 \cdot hr$
   (1) 強制送風 (或 20 mmHg 以上之自然通風)
   (2) 未燃分 7%
3. 批次式：$G=120\ kg/m^2 \cdot hr$ (自然通風，未燃分 10%)

29. 何謂廢棄物焚化之理論空氣量？
解答：理論空氣量 ($A_0$)：可燃成分完全燃燒理論上所需空氣量。

30. 何謂燃燒空氣量 (又稱為實際需要空氣量)？並試述其主要作用。
解答：燃燒空氣量 (A)－實際需要空氣量應足以供應一次及二次燃燒之需，並應足以供混合 (廢棄物與空氣) 之量。

31. 設垃圾之低位發熱量 (Hℓ) 為：
最低值：800 kcal/kg
平均值：1,200 kcal/kg
最高值：2,000 kcal/kg
焚化處理廠處理量 W=100 t/day
方式：全連續式 (24 小時)
試求：1. 焚化爐之爐床面積為多少平方公尺？(假設爐床燃燒率 G=200 kg/m$^2$·hr)
2. 燃燒室所需之容積為多少立方公尺？(假設燃燒室熱負荷率 Q=10×10$^4$ kcal/m$^3$·hr)
解答：1. 爐床面積

$$A=\frac{W}{G\times H}=\frac{100\times10^3(kg)}{200\times24}=20.83\ m^2$$

2. 燃燒室容積

$$V=\frac{W\times H\ell}{Q\times H}=\frac{100\times10^3\times H\ell}{10\times10^4\times24}=\frac{H\ell}{24}=83.33\ m^3$$

32. 焚化爐種類近 10 種之多，哪一種最適合含水分高的廢棄物或污泥之焚化？
解答：流體化床式焚化爐體為直立圓筒型，本式焚化爐最適合含水高之廢棄物或污泥之焚化處理。

33. 流體化床式焚化爐有哪些優點？
解答：1. 高熱傳速率使燃燒迅速，燃燒室熱負荷為其他焚化爐的 5~10 倍。
2. 爐床攪動可防止固體成層現象。
3. 被加熱之顆粒 (砂粒) 儲存大量迅速可利用之熱，進料變化之影響小，溫度變化少。

國家環境研究院 National Environmental Research Academy

4. 廢棄物中的鹵素及硫分可直接將鹼性中和劑噴入爐內中和。
5. 對有機物之燃燒破壞完全，排氣量少，氮氧化物含量低。
6. 構造簡單較少零件需求 (減低維修費用)。
7. 有能力處理熱值變化較大的廢棄物。
8. 不易發生過高壓力的排放 (由阻絕系統設計所造成)。
9. 減少熱點和冷點的產生 (由爐床的高度擾動及混合所造成)。

34. 若欲以流體化床式焚化爐處理尺寸較大的塊狀廢棄物，須經哪些前處理步驟？

解答：塊狀廢棄物必須先經過分類、乾燥、破碎等前處理，至直徑小於 2~3 cm (約 1 in) 為原則，才可送入爐床中。

35. 流體化床式焚化爐操作中，若不需輔助燃料，其廢棄物熱值應達多少 kcal/kg 以上？

解答：在空氣未經預熱時，若廢棄物熱值達 1,260 kcal/kg 則不需輔助燃料。若流體化空氣先經熱廢氣預熱，廢棄物熱值即使低至 880 kcal/kg，仍會產生自燃現象。

36. 流體化床式焚化爐操作時，若注入石灰石其目的何在？

解答：焚化後產生的氯化氫、硫氧化物等酸氣可被直接注入爐中的石灰石中和，產生惰性的氯化鈣及硫化鈣。由於中和反應速率很快，排氣中不含酸氣物質，可省略酸氣去除系統的投資。

37. 旋轉窯焚化爐適合哪些不同型態廢棄物的處理？

解答：旋轉窯焚化爐能有效處理固體、液體、污泥等各種不同形態的廢棄物，目前已普遍為工業界所採用。

38. 旋轉窯焚化爐具備哪些優點？

解答：1. 可以處理各種不同形狀的固液體廢棄物。
2. 可以處理熔點低的物質。
3. 可接受固體及液體分別進料。
4. 可以將桶裝或大形塊狀固體廢棄物直接送入窯內處理。
5. 窯內氣體亂流程度高，氣、固體接觸良好。
6. 窯內無移動的機械組件，保養容易。

7. 窯內固體滯留時間可調整轉速而控制。
8. 溫度可達 1,200℃以上，可以有效摧毀任何有害物質。

39. 主要影響焚化效率的因素有哪 3 者？
解答：溫度、停留時間、含氧量及氣/固體混合程度。

40. 乾灰式旋轉窯內的溫度通常維持在多少度之間？請試敘述其理由。
解答：乾灰式旋轉窯內的溫度通常維持在 850~1,000℃以間，如果溫度過高，窯內固體易於熔融，溫度太低，反應速率慢，燃燒不易完全。

41. 熔渣式旋轉窯焚化爐在操作時，其室內溫度一般控制在多少度以上？
解答：熔渣式旋轉窯則控制於 1,200℃以上。

42. 我國對於有害事業廢棄物焚化爐，規定其燃燒室之出口溫度應維持在多少度以上？
解答：1,000℃以上。

43. 試述焚化操作時，輔助燃料之功用？
解答：輔助燃料的熱能用以提高廢棄物溫度至操作溫度，作為水分的蒸發用與滿足吸熱反應所需之熱能。

44. 一般旋轉窯的二次燃燒室體積是以多少秒的氣體滯留時間為基準而設計的？
解答：以 2 秒的氣體滯留時間為基準而設計。

45. 旋轉窯的轉速大小如何影響焚化速率及粒狀物之排放量？
解答：轉速過大固然可加速焚化，但粉狀物、粉塵易被氣體帶出，排氣處理的設備容量負荷必須增加，投資費用也隨之增高。

46. 試述適於液體噴注式焚化爐處理之廢棄物有哪些？
解答：凡是具流動性的廢液、泥漿及污泥皆可以予以破壞。含高熱值廢液可直接由燃燒器噴注爐內直接焚化，低熱值廢液及廢水則須以輔助燃料補充熱值，以維持適當溫度之最低熱量。

47. 考慮廢棄物是否宜以液體噴注式焚化爐處理時，應考慮之廢棄物「物化特性」包括哪些？
解答：考慮廢棄物物化特性應包括：熱值、水分、鹵素成分、金屬鹽類、硫化物、環狀有機物及固體懸浮物等。

48. 使用液體噴注式焚化爐，一般為了保持燃燒特性之穩定及節約燃料，將廢液熱值混合至多少 kcal/kg？
解答：一般為了保持燃燒特性之穩定及節約燃料，將廢液熱值混合至 4,500~6,100 kcal/kg，但為安全考慮，會產生化學反應的廢液不可隨意混合。

49. 使用液體噴注式焚化爐處理之廢棄物，其水分含量之限制值一般為多少%？
解答：水分含量超過 60%之廢液，除非其中含其他有害物質且無法經由一般廢水處理方法處理，否則應盡量避免以焚化方式處理。

50. 焚化含鹵素成分之廢棄物所產生之廢氣對焚化系統有何危害？
解答：氯、氟化合物燃燒會產生腐蝕性之氯化氫及氟化氫等氣體，必須使用適當之排氣處理系統，以免造成空氣污染。氟化氫甚至會造成耐火磚之腐蝕。

51. 焚化處理廢棄物時，針對其含有較高量之環狀或多環有機物者，應如何調整焚化之操作條件？
解答：一般環狀及多環有機物較為穩定不易分解，因此，含量較高時，必須提高焚化溫度及加長停留時間。

52. 試述低量空氣系統 (煙式) 焚化爐之第一及第二燃燒室空氣注入量的特徵？

解答：廢棄物以低於理論空氣量之空氣，於爐體內第一燃燒室之機械式爐床上燃燒，使可燃分分解為可燃性氣體，殘渣由爐床下端排出，可燃性氣體再送至第二燃燒室並供應充分空氣使可燃性廢氣及有機性臭氣完全燃燒之裝置。

53. 如何製作廢棄物衍生燃料？
解答：將廢棄物破碎至粒徑 10 cm 以下，再經分選、回收金屬、玻璃等不燃性物質，分類後之可燃性廢棄物即作成廢棄物衍生燃料。

54. 紅外線焚化法的主燃燒室加熱體由何種材料製成？
解答：由碳化矽製成的紅外線燈管，裝置於爐頂並與廢棄物傳動方向相同的位置。利用電熱功率，使溫度控制於 275~1,000℃。

55. 紅外線焚化法的主燃燒室二次燃燒室的主要功能分別為何？
解答：廢棄物在主燃燒室經加熱、蒸發、燃燒或裂解等反應，轉換成有機性氣體，而進入二次燃燒室，其以約 1,300℃溫度，2 秒氣體滯留時間予以完全燃燒。

56. 何種方式的焚化法係利用觸媒促進廢棄物之低溫氧化速率？
解答：觸媒式焚化法乃利用觸媒促進廢棄物之低溫氧化速率，與傳統式焚化系統有所不同。

57. 與傳統式焚化系統相較，觸媒焚化系統有何特點及缺點？
解答：觸媒焚化系統的特點在於操作溫度較低，比傳統式焚化系統消耗較少的輔助燃料，其建造材料亦較不苛求。其缺點是只能焚化處理液體廢棄物，而無法處理固體廢棄物；且觸媒劑會有老化、積垢污染、壓實等現象。

58. 觸媒焚化之反應機構包括哪些步驟？
解答：1. 氣相反應物的熱與質量傳到觸媒劑的表面膜。
2. 吸收的反應物在表面膜內擴散。
3. 反應物間發生氧化反應。

4. 反應生成物的擴散與放散。
5. 氣相生成物的熱與質量傳離觸媒的表面。

59. 造成觸媒焚化爐的觸媒活性衰減有哪些原因？其中僅有哪一個原因是可逆而恢復活性的？

解答：1. 過熱。
2. 熱老化。
3. 中毒。
4. 遮蔽。

在觸媒活性衰減的 4 種反應機構中，只有遮蔽機構為可逆反應。若遮蔽是唯一的困擾，觸媒可以再生、再回復其活性。

60. 哪些物質會造成觸媒焚化爐的觸媒中毒？

解答：觸媒中毒乃是觸媒與污染物發生化學反應而造成的。其反應亦為不可逆的。鉛、銻、鎘、鋅、磷、砷及銅等物質，通常會造成觸媒的中毒現象。

61. 機械爐床式焚化爐是如何在爐床上輸送廢棄物？

解答：機械爐床式焚化爐是利用爐條的前後或回轉的移動來輸送廢棄物，因可燃燒未經前處理之廢棄物，故亦稱混燒焚化爐。

62. 爐的型式依爐中廢棄物及燃燒廢氣流向之相對情形大致分為哪 4 種？

解答：1. 對流式。
2. 並流式。
3. 交流式。
4. 複流式。

63. 機械爐床式焚化爐的焚化過程溫度之控制主要有哪 3 部分？

解答：1. 燃燒室溫度。
2. 爐之出口溫度。
3. 煙囪排煙溫度。

64. 具發電設備之焚化爐，其燃燒室溫度為多少度？
解答：850±25 度。

65. 批次式焚化爐運作時，其燃燒室溫度為多少度？
解答：400~950 度。

66. 燃燒氣體在進入空氣污染防治設備前，需將溫度降至多少度以下？
解答：燃燒氣體冷卻設備：需將溫度降低於 300 度以下，以便安裝空氣污染防治設備。

67. 材料腐蝕速度與溫度有關。焚化設施之低溫腐蝕區的溫度範圍為多少度以下？
解答：小於 150 度。

68. 焚化爐處理有機廢棄物效果的表示方法有兩種，燃燒效率和破壞與去除效率，試解釋其意義？
解答：燃燒效率是根據離開燃燒室之熱廢氣流中之 $CO_2$ 和 CO 濃度而定，可以下式表示之：

$$\text{燃燒效率}(\%)=\frac{CO_2}{CO+CO_2}\times 100$$

破壞與去除效率是衡量廢棄物中，某特定成分經焚化爐 (包括二級廢氣處理，例如洗滌器) 焚化前後重量的變化，以表示燃燒過程有毒分子被破壞去除的比例，可以下式表示之：

$$\text{破壞與去除效率}(\%)=\frac{M_1-M_2}{M_1}\times 100$$

$M_1$：焚化前某特定成分之重量
$M_2$：焚化後該特定成分經過煙道排放的重量

69. 就焚化爐處理有機廢棄物而言，下列各物質之破壞與去除效率應達多少%以上？
解答：1. 多氯聯苯 99.999%以上。
2. 有機氯化物 99.99%以上。
3. 感染性事業廢棄物 99.9%以上。
4. 2,3,7,8 四氯戴奧辛及 2,3,7,8 四氯聯苯呋喃 99.999%以上。

5. 其他毒性化學物質 99.9%以上。

70. 有害事業廢棄物焚化時，其燃燒室出口中心溫度至少在多少度以上？
解答：燃燒室出口中心溫度至少在 1,000℃以上。

71. 感染性事業廢棄物及其他有害事業廢棄物焚化時，其燃燒氣體在燃燒室之滯留時間至少各為多少秒以上？
解答：燃燒氣體滯留時間感染性事業廢棄物在 1 秒以上，其他有害事業廢棄物在 2 秒以上。

72. 分批填料式、準連續式及全連續式焚化處理設施每日運轉時間分別以多少小時為原則？
解答：分批填料式：8 小時/日。準連續式：16 小時/日。全連續式：24 小時/日。

73. 何謂分批填料式焚化處理設施？
解答：分批填料式焚化處理設施：將廢棄物分批投入焚化爐本體內進行移動、攪拌、燃燒及殘渣排出等操作之整體設施。每日運轉時間以 8 小時為原則。此操作方式之焚化處理設施如爐床之攪拌及殘渣之排出等為機械化者，稱為「機械分批填料式焚化處理設施」，反之則稱為「固定分批填料式焚化處理設施」。

74. 何謂連續式焚化處理設施？
解答：連續式焚化處理設施：將廢棄物連續投入焚化爐本體內進行移動、攪拌、燃燒及殘渣排出等操作之整體設施。此操作方式之焚化處理設施，如為每日 24 小時運轉者稱為「全連續式焚化處理設施」，每日 16 小時以上之間歇式運轉者稱為「準連續式焚化處理設施」。

75. 試述連續燃燒式焚化爐的優缺點？
解答：優點：
1. 可處理大量之廢棄物。
2. 灰燼中未燃分少，幾乎已完全燃燒。

3. 廢棄物燃燒可能產生之各種二次公害可較周全地加以防治。
4. 熱利用之效率較高。
5. 單位廢棄物處理量所需之人力少。
6. 爐之損耗少。

缺點：

1. 建設工程費及維持費高。
2. 需要較高度的操作技術。
3. 長時間之操作，工作人員之勞動條件限制較大。
4. 不適合小容量之廢棄物處理。

76. 焚化處理可能產生之空氣污染物有哪些？

解答：廢棄物焚化廢氣中可能含有粒狀污染物、氯化氫氣體、硫氧化物、氮氧化物、一氧化碳、重金屬物質及微量有機化合物等。

77. 焚化廠廢水之主要來源有哪兩者？如何分別處理之？

解答：一為廢棄物貯存坑之滲出水，其有機質含量高，可抽送至焚化爐內予以焚燒；另一則為廢氣洗煙及灰燼冷卻過程所產生之廢水，可藉由化學處理方法進行處理。

78. 焚化設施主要之臭味來源為哪個單位？一般如何防止其臭味之外溢？

解答：廢棄物中的有機成分容易因腐敗導致臭味，為防止焚化廠臭氣外溢，廠內貯存坑 (主要臭味來源) 應維持在負壓。

## 二、其他熱化學轉化技術介紹

79. 何謂廢棄物熱解？

解答：廢棄物熱解則是將廢棄物置於 350~900℃的高溫與低空氣比狀況下，使廢棄物經熱分解而成燃料瓦斯，這些瓦斯可供燃燒產生蒸汽發電。熱分解之殘渣，已成為無害化，且達到減量化之目的。

80. 廢棄物熱解是放熱或吸熱程序？

解答：吸熱。

81. 廢棄物焚化是放熱或吸熱程序？
解答：放熱。

82. 適用於熱解之廢棄物有哪些？
解答：1. 可燃性廢棄物。
2. 不適燃性廢棄物 (廢橡皮、塑膠、橡膠等)。
3. 可燃性事業廢棄物及污泥 (污水、水肥、事業廢水處理等之污泥)。

83. 廢棄物熱解時氣體、液體、固體之產生量與哪些因素有關？
解答：1. 廢棄物之化學構造。
2. 溫度。
3. 加熱速率。
4. 廢棄物之大小與形狀。

84. 已商業化之廢棄物熱解法有哪 2 種技術？
解答：1. 不完全燃燒型：缺空氣下之燃燒。
2. 純熱解：無氧狀態過程產生中值之可燃氣。

85. 試述單塔式熱解系統概要？
解答：單塔式系統概要如下：
1. 投入與貯留：廢棄物投入貯留坑後，再以抓斗送入投入口，內有供料設備，可將廢棄物均勻送入爐內。
2. 熱分解瓦斯化：
(1) 乾燥層：利用下層 (燃燒層) 所產生的熱量乾燥上層廢棄物，而乾燥層有過濾下層 (熱分解層) 所發生之灰燼之作用。
(2) 熱分解層：乾燥層的廢棄物因自重向下移動,有機物在此層中將被熱分解成 HC、CO、$H_2$。
(3) 燃燒層：熱分解後之不燃物與焦炭，再向下移動。焦碳與由爐底供應之空氣接觸而燃燒，燃燒所產生之熱，供給爐上層廢棄物之乾燥與熱分解所須之熱量。
(4) 灰層：灰層為燃燒層完全燃燒後，從爐底之迴轉爐床和排灰裝置排至外部。

86. 熱解法處理廢棄物的設備須包括「冷凝系統」。該系統有何功用？

解答：裂解產生之石油氣需經冷凝過程後得到輕質及重質燃油，冷凝及熱交換系統可採用機械強制空冷、水冷或用冰水提高冷凝效率。

87. 何謂溼式氧化法？

解答：溼式氧化法是一種持續在高壓下操作，並藉溫度之提高來促使水相中的溶解性或懸浮性有機物與溶氧反應分解的方法。完全氧化後的最終產物是水蒸氣、氮氣、二氧化碳及灰分等安定物質。溼式氧化法亦可稱為「溼式燃燒」，故硫化物、氮化物、鹵化物皆截留於水相中而不會造成空氣污染，並且可回收熱能、占用空間不大、應用性廣大。

88. 試述溼式氧化法之優缺點？

解答：優點：

1. 減少空氣污染 (無飛灰、二氧化硫、氮氧化物、金屬蒸氣和臭味形成)。
2. 能處理某些爆炸物質。
3. 能預測各程序之進行。

缺點：

1. 需高投資費用 (建築費材料，鋼/鎳材料)。
2. 需有受高良好訓練之操作員 (較高人事費用)。

89. 「觸媒溼式氧化法」相較於「無觸媒溼式氧化法」有何優點？

解答：觸媒溼式氧化法是在連續攪拌的反應器中，以銅陽離子及硝酸和溴化物等陰離子在酸性溶液裡，用觸媒氧化有害有機物。與無觸媒溼式氧化系統比較，觸媒系統用較低的反應溫度得到較高的氧化率和破壞效率。例如，一般溼式氧化法不能破壞頑強有毒的化合物 (如多氯聯苯、戴奧辛)；但在適當的反應溫度、高觸媒濃度及長停留時間等情況下，這些化合物可被觸媒溼式氧化法破壞。

90. 超臨界流體氧化法可用以處理一些含有頑強有機毒性物質之廢棄物。試舉一些例子？

解答：含酚或是氯酚廢水、低放射性樹脂、印刷電路板、重金屬污泥、含鹵素、N、S 或重金屬之高分子材料、多環芳香碳氫化合物、多氯聯苯、有機農藥及毒性化學品等廢棄物。

91. 何者是自然界中最重要的溶劑？
解答：水為自然界中最重要的溶劑，許多化合物進行反應需水參與反應或作為介質。

92. 試述超臨界下，水能有效應用於有害廢棄物處理的理由？
解答：在超臨界狀態下，水具有類似氣體的擴散性及液體的溶解性之雙重性質。此特性除了可利用於較複雜有害化合物之萃取分離外，也可作為化學物質氧化分解之介質，尤其是應用於有害廢棄物處理，更具污染防治之效用。

93. 相較於傳統焚化處理法，超臨界液體氧化法有哪些優點？
解答：較傳統式焚化處理法，更具有接觸反應時間短、分解去除效率高、能量損耗低、無機鹽類在 SCWO 反應條件下易沉澱利於分離回收及空氣污染物排放量低等實質優點。故發展 SCWO 及無機鹽類分離回收技術，在實際有害廢棄物處理工程應用上具有相當的潛力。

94. 為何含氯酚之廢水不易使用生物處理技術去除？
解答：含氯酚之廢水或高濃度廢液，因具較高毒性，不易使用生物處理法去除，而增加處理成本。

95. 為何廢印刷電路板屬於難處理之廢棄物？
解答：印刷電路板亦包括邏輯電路及零件，且含有機物質 (酚類或環氧樹脂) 及不定形無機物 (例如：溴、電子元件、銅箔和貴重金屬 Ag、Au、Pd、Pt 及 Rh 等)，屬難處理之固體廢棄物。

96. 廢印刷電路板所含之有機溴，經超臨界液體氧化法處理後，形成何種較無害之化合物？此方法為何有利於重金屬之回收？

解答：其中環氧樹脂之溴在 SCWO 反應中形成較無害之溴鹽而重金屬可分離回收。

97. 何謂廢棄物之氣化處理法？

解答：氣化法是一種把煤炭、石油、生質物等含碳的原料，在控制氧氣量及高溫 (700°C以上) 的條件下與水蒸氣進行反應，以轉換成一氧化碳和氫氣的程序。氣化後的一氧化碳和氫氣混合產氣可稱為合成氣，本身是一種燃料。氣化技術是一種具有多重效果的方法，可應用在許多不同類型的有機材料以取得能量。

98. 以氣化法處理廢棄物有何優點？

解答：氣化法的優點主要在於製造出比原始進料能源效率高的合成氣上，燃料中的化學能可以藉由氣化技術抽取而濃縮。另外，合成氣也可以用在內燃機中的直接燃燒、甲醇和氫氣的生產，或透過 Fischer-Tropsch process 製成合成燃料或其他有機物質。氣化的原料可以是本來沒有多少用途的物質，例如農、林廢棄物或都市垃圾等有機廢棄物。

99. 在廢棄物氣化法中，其主要之能源氣體有哪 2 者？

解答：在氣化爐裡，含碳物質會經歷若干不同的反應及作用，以得到一氧化碳和氫氣的能源氣體。

100. 何謂廢棄物氧化法之熱解反應階段？

解答：當含碳廢棄物溫度夠高，會釋放出揮發物產生焦炭，就固相而言可造成約 70%的重量損失。該作用與含碳材料的性質有關，更是決定後續接受氣化反應的焦炭結構與組成。

101. 試述廢棄物氣化法的燃燒反應階段之特性？

解答：在燃燒反應中，揮發物及焦炭等與氧氣反應，形成二氧化碳和一氧化碳。這個氧化作用也提供了氣化反應所需要的熱能。

102. 何謂廢棄物氣化法之焦碳重組反應？

解答：焦炭重組反應，在氣化反應的第三階段裡，剩餘的焦炭與二氧化碳、水蒸氣反應，進而產生一氧化碳和氫氣。

103. 廢棄物氣化法主要的化學反應包括哪 4 個階段？

解答：熱解、燃燒、焦碳重組及產物再反應等 4 大階段。

104. 一般而言，生質燃料之氣化較適合使用流體化床式氣化爐。試述其原因？

解答：流體化床式氣化爐特別適用在會形成腐蝕性灰燼的燃料上，因為腐蝕性灰燼若附著於爐體，將會傷害成渣氣化爐的爐壁。一般而言，生質燃料通常含有較高量的腐蝕性灰燼，因此適合用流體化床式氣化爐來處理。

105. 試述廢棄物蒸煮分選技術的優點？

解答：蒸煮法之優點如下：

1. 可脫臭及殺菌。
2. 使金屬或玻璃包裝容器上之其他物質脫落分離，達清潔之效果，有助於選別回收。
3. 可使塑膠類廢棄物軟化蜷縮成粒，有效減少廢棄物體積。
4. 可使纖維與其他廢棄物易於分開，方便後續進行纖維之分離。

106. 針對有機廢棄物，焙燒法與熱解系統的原理有何異同？

解答：焙燒法為於常壓、缺氧環境下操作進行之熱處理程序，其反應溫度較熱裂解及氣化程序為低，僅須 200~300℃。所得到的產物為固態焙燒物 (生質炭)、液體產物 (焦油及有機揮發物) 及合成氣，生質炭是此製程之主要產物，其反應類似於熱解系統。焙燒主要作用機制為將半纖維素與部分木質素分解和液化。樹膠質為主之半纖維素會在 250~280℃時分解。木質素則在 200℃以上之溫度開始緩慢分解，

107. 目前焙燒多用於何種廢棄物的處理？其主要產品為何者？

解答：目前焙燒多用於林業廢棄物處理，不同於熱裂解系統，焙燒產品主要為固體相，獲得其焦炭殘餘物。此固體產物稱為焙燒木屑或焙燒生質物，其熱值較高。焙燒產物之組成以生質炭所占比例最大。

108. 有機廢棄物經焙燒後，其所得之固體產物之氧/碳比例、熱值，若與原來之廢棄物相比，會有何變化？此種變化使得焙燒可當成製作「垃圾衍生燃料」之前處理程序？

解答：焙燒所得之所有非固體產物皆有較高含氧量。因此焙燒生質物中之氧/碳比例遠低於原料生質物，故焙燒所得之固體生質物的熱值較高。焙燒可適用於將生質廢棄物轉製成垃圾衍生燃料之前處理程序。然而若將生活垃圾直接進行焙燒其效果較差，若欲提升其成效，須搭配蒸煮前處理。

**三、其他高溫處理技術介紹**

109. 試述廢棄物熔融技術之起源？

解答：熔融技術起源於冶金工業及玻璃工業之高溫熔融技術，其中以金屬冶煉工業、煉鋼業等因熔融溫度高達 1,500℃以上，可以使灰渣變成熔融液體如火山岩漿態，以達到無害及減容之目的。

110. 試述焚化爐所產生的灰渣的熔融處理原理？

解答：灰渣熔融處理的原理主要是將焚化灰渣用燃油火焰或電力加熱至熔融溫度 (1,200~1,500℃以上) 有機物熱解及燃燒，無機物則形成熔渣。低沸點的重金屬及鹽類將蒸發至氣相，由排氣集塵系統收集，而 Fe、Ni、Cu 等有價金屬則還原成金屬熔液，可回收再利用，至於其他重金屬則殘留於熔渣中。

111. 試述電弧爐熔融廢棄物的原理？

解答：使用煉鋼用的電弧爐，即電極施加高電壓後產生電弧，伴隨產生約 3,000℃之高熱可造成熔融，經氣冷或水冷產生熔渣後，與金屬同時連續出渣。

112. 試述電漿熔融爐處理有害污泥的原理？

解答：由爐體、直流電源、電漿管、供氣、供水、出灰等裝置構成，其特性與電弧爐類似。將爐頂之電漿管插入被熔融物中，並通入空氣，產生電漿後，由於溫度達 2,000℃以上，可將有害污泥中的重金屬一併熔融。

113. 試述電熔玻璃焚化法之原理？

解答：本處理法係以電阻加熱器將玻璃熔化，熔化玻璃保持 1,260℃以上之溫度。固體或液體廢棄物從入口進入熔化器後，可燃物在接觸熔化玻璃時立刻燃燒，燃燒大部分發生在隧道前半段。氣體全部停留時間大約 2 秒，灰及其他不燃物均熔化或埋入熔融玻璃中，定期由熔化器中清除。主要氣體產生為 $CO_2$、$H_2O$ 及鹵化物 (如進料含鹵化物)，在熔化器出口氣體溫度約為 1,200℃ (比玻璃溫度低約 60℃)；離開熔化器後，熱氣先經過一些陶瓷纖維過濾器，去除粒狀物 (這些灰塵被清除後，回到玻璃池)；其次廢氣通過熱回收鍋爐、冷卻；再經鹼液洗煙、中和酸性物質及洗滌殘留污染物；最後飽和水氣的廢氣再加熱至露點以上，通過木碳濾床排出。

114. 何謂熔鹽焚化法？

解答：此處理法使用溫度 800~1,000℃的熔鹽 (熔化的碳酸鈉) 來燃燒有機廢棄物；熔鹽溫度可由廢棄物燃燒的釋熱來維持。固、液體廢棄物和空氣 (或過氧空氣) 從熔鹽表面下注入，熔鹽裡及表面皆能燃燒廢棄物；廢氣從鹽池頂部排出。不燃物散布在熔鹽中，稍後從系統中排出；酸性化合物 (如磷、硫、砷及鹵化物) 則被鹽類中和掉。

115. 何謂玻璃化法之廢棄物處理？

解答：此法是將廢棄物與細小的玻璃質，如玻璃屑、粉混合，經混拌造粒成形後，在 1,000~1,100℃高溫熔融下形成玻璃固化體，藉著玻璃體的緻密結晶結構，確保固化體的永久穩定性。

116. 何謂燒結化法之廢棄物處理技術？

解答：此法是利用黏土、頁岩及無機添加劑等材料與廢棄物經混拌成形後，先在 110℃乾燥後，移入 200~1,100℃的高溫環境燒製，

冷卻而成。燒成的成品性質與一般的建築用磚相似。

117. 試述電漿熱解法的原理？

解答：電漿熱解技術利用電漿弧設施以產生極高溫度 (局部溫度高達 10,000℃)，用來分解極劇毒廢棄物。

118. 電漿熱解法有何優點？

解答：此系統可破壞頑強性混合物，設備中的移動式快速啟/停製程，能分別處理液體及固體廢棄物。

119. 電漿能迅速破壞可燃的廢棄物，液態廢棄物在「電漿生成帶」離子化，然後進入「平衡帶」。兩帶的總停留時間約多久？

解答：電漿能迅速破壞可燃的廢棄物，液態廢棄物在「電漿生成帶」離子化，然後進入「平衡帶」。兩帶的總停留時間約 1 秒。

120. 電漿產生之熱廢氣如何處理？

解答：熱廢氣再立即用鹼性溶液淬冷、中和酸性成分，洗滌後的氣體經活性碳濾過器後排入大氣。

121. 為何電漿熱解爐體積遠較傳統熱解爐小？

解答：由於電漿熱解熱爐溫度很高 (2,250℃以上)，分子大多裂解為電漿態離子及電子，反應速率很快，固體可燃物可在 35~50 毫秒中完全分解，由於反應速率快，滯留時間短，爐體遠較其他焚化爐小。

122. 熔煉冶金概分為哪 2 類？

解答：冶金技術概分為火法冶金與溼法冶金。

123. 何謂火法冶金？

解答：火法冶金乃利用高溫熔煉法從礦材中提煉出金屬或金屬化合物，此過程沒有水溶液參與反應，為提煉氧化類礦材的主要方法。

124. 電弧爐集塵灰主要之成分為哪 2 種化合物？
解答：典型電爐 (或稱電弧爐) 集塵灰主要成分為鐵鋅氧化物、氧化鋅。

125. 為何電弧爐集塵灰之處理或資源化，可以由火法冶金法的思維切入？
解答：電爐集塵灰像是個複金屬氧化礦，也由於傾向氧化礦組成，外加含高揮發性金屬成分，故以火法冶金處理的思維甚為自然。

126. 各種主要集塵灰火法提煉製程後廢碴普遍認定可以製磚。請敘述其理由？
解答：各種主要集塵灰火法提煉製程後廢碴毒性問題，因經過高溫重熔製程，廢碴不管是玻璃化或共晶化，結構上都算是相當安定，且大部分揮發性重金屬 (如 Pb、Cd) 成分多進入氣體凝結相中，故相關研究報告與工研院的研究成果顯示，皆無 TCLP 與戴奧辛問題疑慮，而廢碴的出路，除掩埋外，製磚是普遍認定有機會去化之路。

127. 集塵灰內金屬資源提煉方面，以何種金屬為主要目標？
解答：鋅為主要目標。

128. 為何電弧爐煉鋼的產生之及集塵灰含有偏高的戴奧辛？
解答：由於臺灣電爐煉鋼業使用石灰之特性，外加廢鋼投料中含有為數不定之工業用油、漆料、或 PVC 類之物質，使得電爐集塵灰含了偏高的氯成分 (一般約在 3~10 wt%間，也間接造成戴奧辛偏高問題)。

**伍、特定熱處理技術之應用**

**一、廢印刷電路板處理**

129. 試述熱解法之原理？
解答：熱裂解乃是在缺氧的環境下將有機物質加熱 (通常是 350~900°C) 使其分解。在高溫及缺氧之狀態下產生有機物裂解反應，分子較大之物質逐漸由於分子間化學鍵之斷裂而生成分子量較低之分子，而形成液態、氣態及固態之生成物，熱裂解後的產物通常有焦炭、氣體、油及水 4 個相。

130. 為何廢印刷電路板裂解後，易於進一步分選回收？

解答：裂解後廢印刷電路板中膠結之有機物分解、揮發，廢印刷電路板中各種組成則成單離狀態，易於以簡單的粉粹、磁選、渦電流分選等方法將其分選回收，依廢料之種類及特性決定下一回收處理之流程。

131. 裂解過程所產生的揮發氣體經由反應器之排氣管排出後，應如何進一步處理？

解答：裂解過程所產生之揮發氣體經由反應器之排氣管排出，經過油氣分離 (冷凝)、將可凝結之氣體冷凝成油，不可凝之氣體則經處理後則可作為燃料利用，並經二次燃燒室在 1,000℃停留 2 秒，使其完全破壞後排放。

132. 何謂直接冶煉法？

解答：利用直接冶煉法可回收廢板邊料中的金屬成分。經焚化處理後之廢板邊料可供為陽極精煉或燒結之原料。而未經焚化處理之廢板邊料亦可直接供為焙燒之原料，經焙燒處理後即可再送燒結製程進行處理。

**二、土壤去污**

133. 當土壤受到重金屬或有機污染時，下列 4 種處理技術 (固化/安定化、玻璃化、焚化、熱解技術) 中，通常何者適用於重金屬污染？何者適用於有機污染？

解答：當土壤受到重金屬污染時，可藉由固化/安定化或玻璃化等熱處理技術進行污染整治。當土壤受到有機污染時，則可藉由焚化或熱解等技術進行處理。

134. 試述土壤污染之固化/安定化的原理？

解答：固化/安定化處理技術，而是盡量使污染物無法移動，以降低其對環境的危害。固化法係指以固化劑與土壤或廢棄物進行物理結合，達到限制有害成分溶出或移動之處理方法。安定化法係指利用化學藥劑將土壤或廢棄物中之有害成分轉換成無害成分或降低其有害性之處理方法。

135. 何謂土壤污染之玻璃化處理法？

解答：玻璃化法是屬於固定化技術之一，係為將廢棄物於高溫 (超過 1,000℃) 下處理之技術，將土壤中污染物質破壞分解或固定於成玻璃狀的矽酸鹽物質中，而降低污染物的移動性。玻璃化法與其他固化方式的不同之處在於所需熱能之供給方式不同。現地玻璃化法的操作方式是將電極棒插入待處理區域的土壤中，在通入高壓電後，因土壤的高電阻特性而將電能轉變為熱能，以熔化待處理區域的土壤。當熔化物質逐漸冷卻後，即成為類似玻璃狀的穩定物質。

136. 土壤污染採玻璃化處理法有何優缺點？

解答：土壤在玻璃化後體積約可減少 20~40%，此為土壤污染處理技術中少見的優點。然而，因玻璃化耗電量大而導致處理成本高，是玻璃化法最大的缺點。

**三、金屬物融煉**

137. 以含銅污泥為例，利用火法熔煉之第一個步驟為「乾燥灰化處理」。何謂乾燥灰化處理？

解答：由於含銅污泥中含有較高之水分，故先採用適當之熱源，將含銅污泥加熱至 600~750℃之操作條件下，此時含銅污泥中所含之水分因加熱而完全蒸發，可燃分亦可完全分解為二氧化碳、水蒸氣或其他氣體化合物，同時高溫亦可使金屬氫氧化物完全轉化為金屬氧化物。

國家環境研究院 National Environmental Research Academy