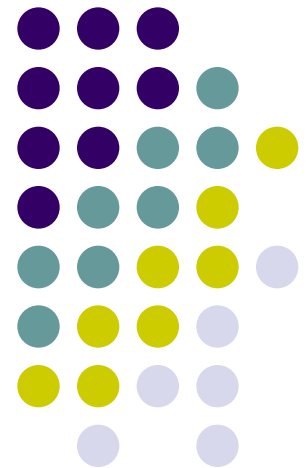


廢棄物最終處置技術



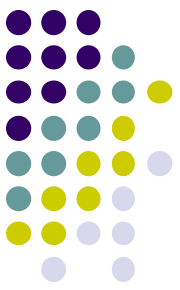
本簡報檔提供講座參考用
各講座得因需要自行調整



壹、前言

「廢棄物清理法」

廢棄物種類	定 義
一般廢棄物	事業廢棄物以外之廢棄物。
事業廢棄物	<p>事業活動產生非屬員工生活產生之廢棄物，包括有害事業廢棄物及一般事業廢棄物。</p> <p>有害事業廢棄物指由事業所產生具有毒性、危險性，其濃度或數量足以影響人體健康或污染環境之廢棄物；一般事業廢棄物指由事業所產生有害事業廢棄物以外之廢棄物。</p>

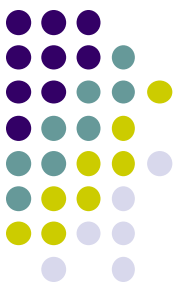


貳、最終處置概述

一、「最終處置」之定義：

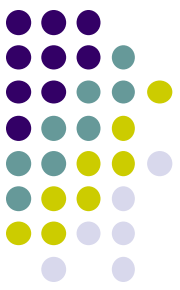
- 「最終處置」之定義：係指將廢棄物（一般及事業廢棄物）以安定掩埋、衛生掩埋、封閉掩埋或海洋棄置之行為。

「一般廢棄物回收清除處理辦法」、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」及「海洋污染防治法」規定。



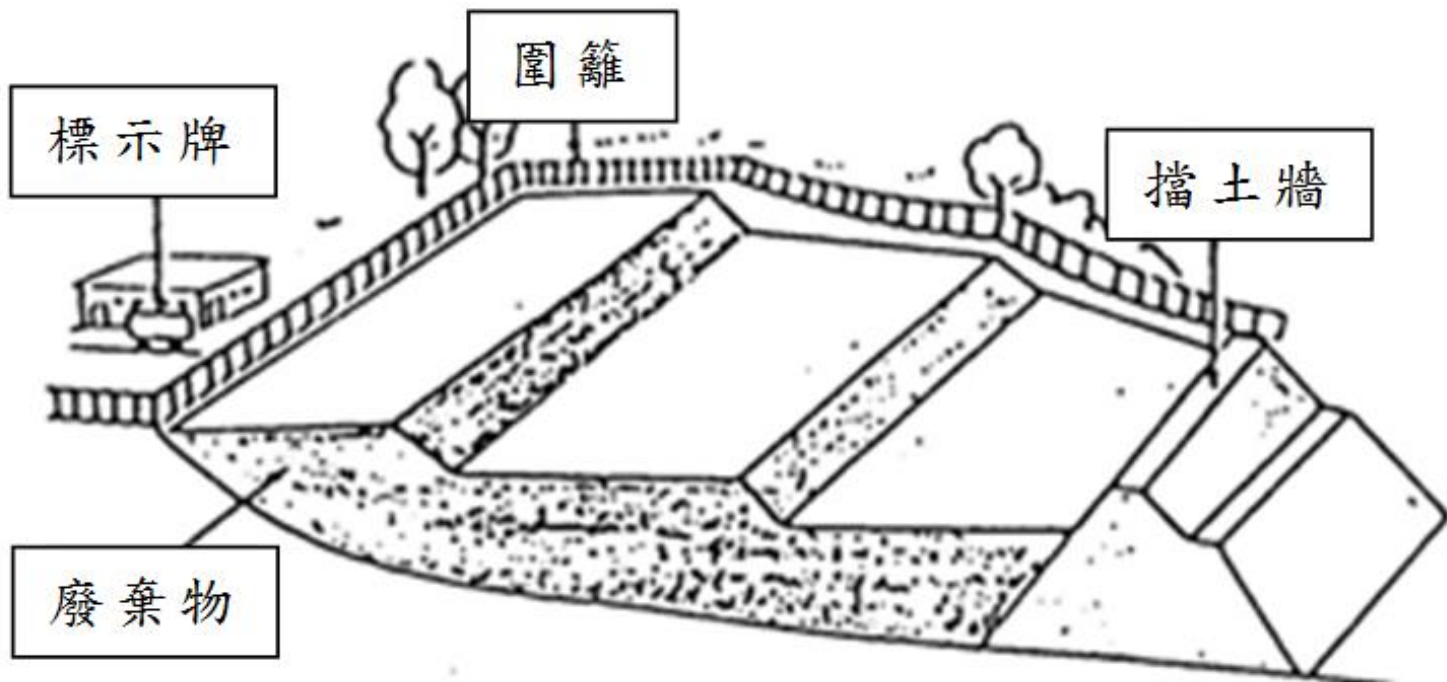
安定掩埋法

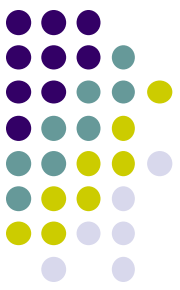
- 指將一般廢棄物及一般事業廢棄物置於掩埋場，設有防止地盤滑動、沉陷及水土保持設施或措施之處理方法。
- 處置對象：
玻璃屑、陶瓷屑、建築廢棄物，天然石材下腳碎片（塊）、廢鑄砂、石材脫水污泥、混凝土塊、廢磚瓦。
其他經中央主管機關公告之一般事業廢棄物。



安定掩埋場構造示意圖

(供掩埋玻璃屑、陶瓷屑及建築廢棄物等安定性之一般事業廢棄物)





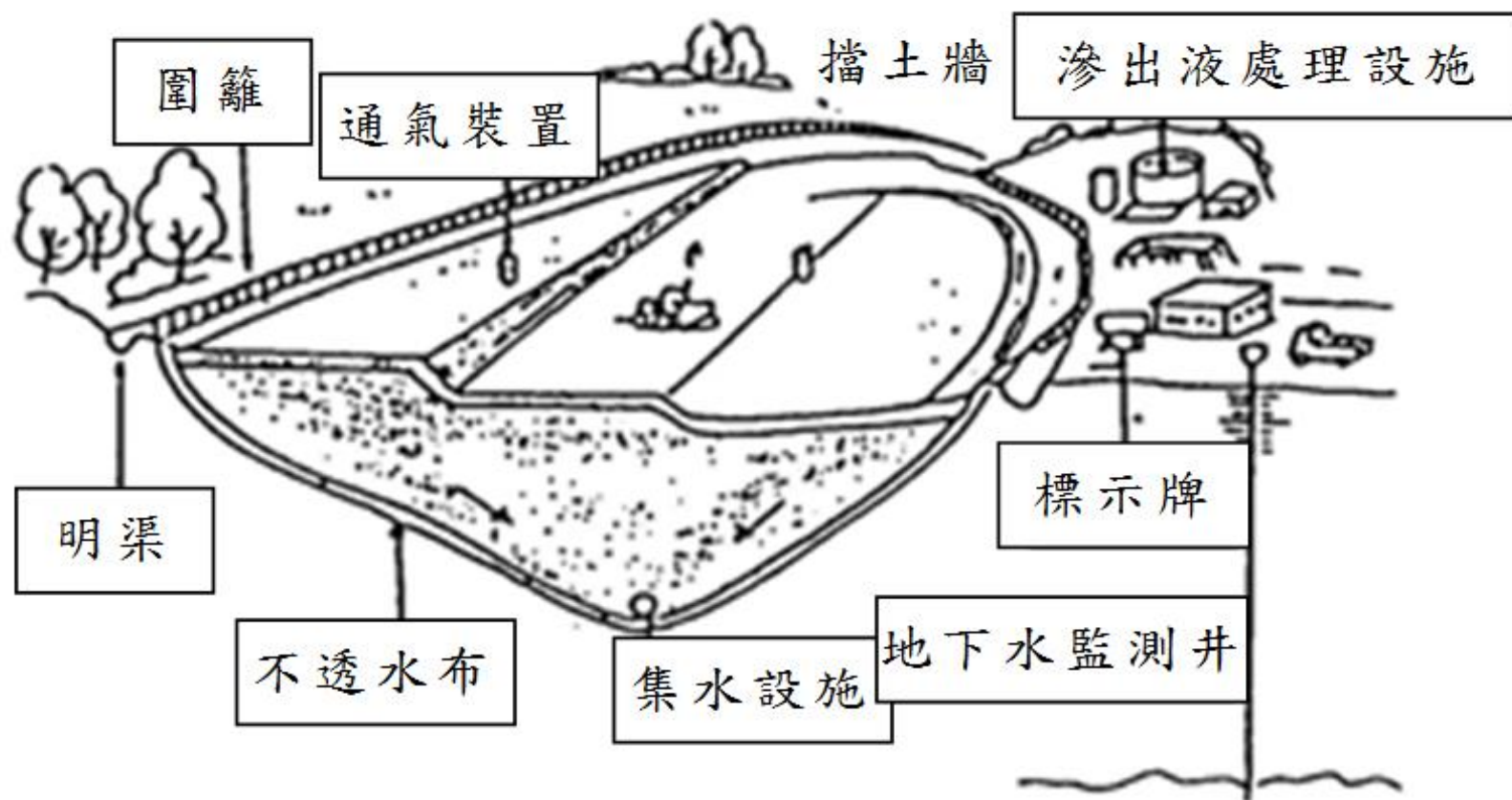
衛生掩埋法

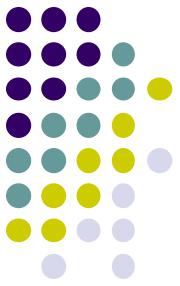
- 指將一般廢棄物及一般事業廢棄物掩埋於以阻水材質或低滲水性土壤所構築，並設有滲出水、廢氣收集及處理設施及地下水監測裝置之掩埋處理方法。
- 處置對象：
 - 一般廢棄物。
 - 一般事業廢棄物無須經中間處理者。
 - 一般事業廢棄物經中間處理後，或有害事業廢棄物經中間處理，並經直轄市或縣（市）主管機關認定為一般事業廢棄物者。



衛生掩埋場構造示意圖

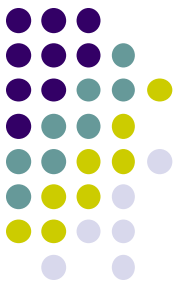
(供掩埋無需中間處理之非安定性一般事業廢棄物)



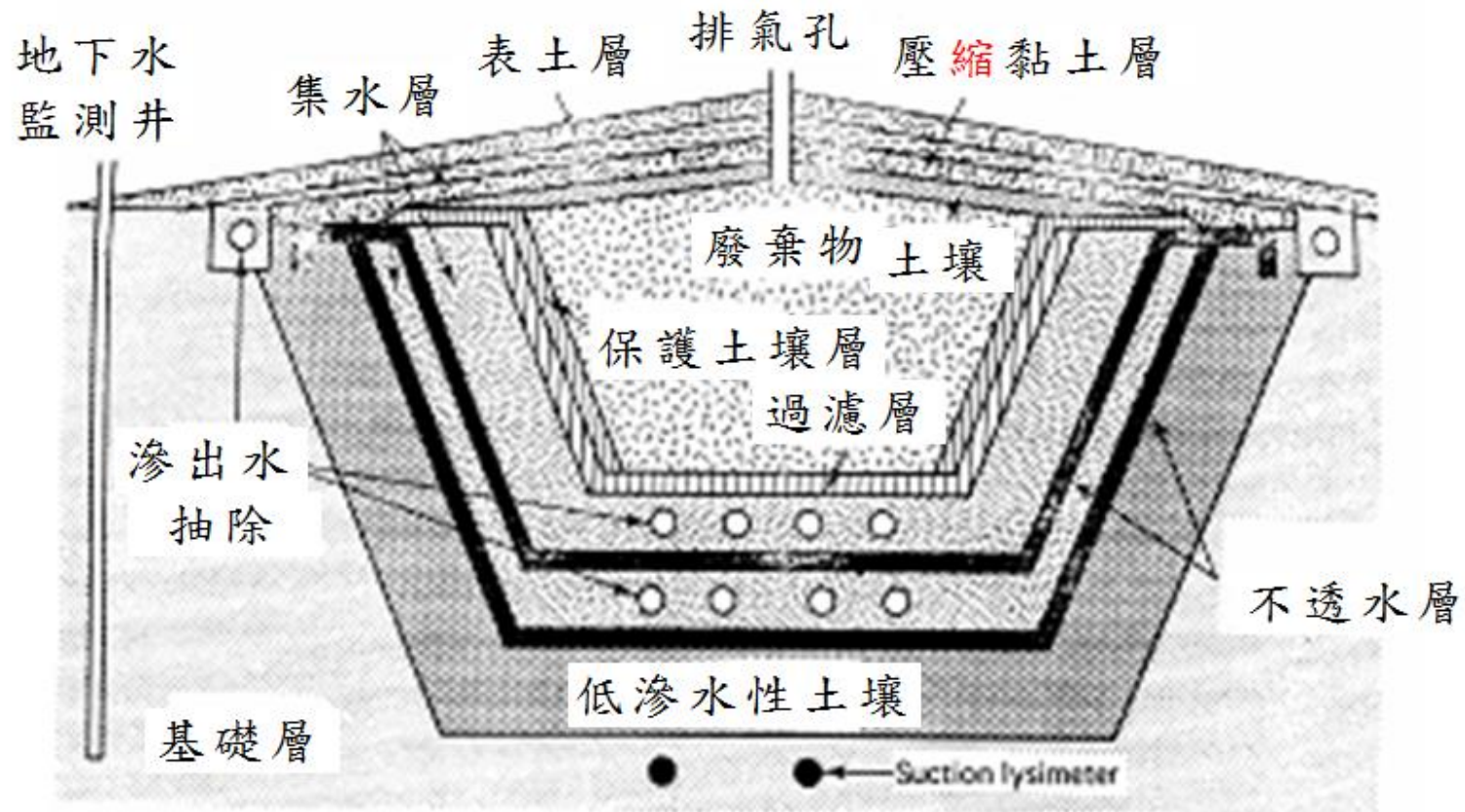


封閉掩埋法

- 指將有害事業廢棄物掩埋於以抗壓及雙層阻水材質所構築，並設有阻止污染物外洩及地下水監測裝置之掩埋處理方法。
- 處置對象：
 - 有害事業廢棄物。
 - 其他經中央主管機關公告之事項。



封閉掩埋法構造示意圖

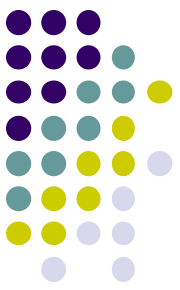


封閉掩埋場構造示意圖



海洋棄置法

- 依海洋污染防治法規定。
- 指海洋實驗之投棄或利用船舶、航空器、海洋設施或其他設施，運送物質至海上傾倒、排洩或處置。



參、衛生掩埋基本原理與種類

一、衛生掩埋基本原理與設施

- 衛生掩埋法係廢棄物之最終處置法，根據美國土木工程學會之定義，衛生掩埋係指一種避免產生公害或對公眾健康及安全造成危害的廢棄物處置法，此法使用工程原理將廢棄物侷限於最小的區域內，於每日廢棄物傾倒處理完畢之後，在其上覆一層土壤，必要時則增加覆土之次數。
- 覆土主要功能-防止廢棄物飛散流失、病媒孳生、控制地面水之入滲與氣體之移動、防火、提供車輛道路、促進廢棄物之分解、配合最終土地利用。



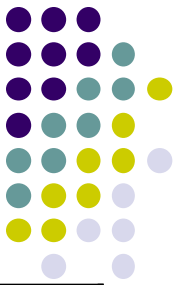
衛生掩埋作業

- 壓實-使廢棄物體積減至最小。
- 侷限-將廢棄物侷限於一最小區域內，有計畫地堆埋廢棄物。
- 覆土-防止廢棄物飛散流失、病媒孳生，控制地面水之入滲與氣體之移動，防火，提供車輛道路，促進廢棄物之分解，配合最終土地利用。



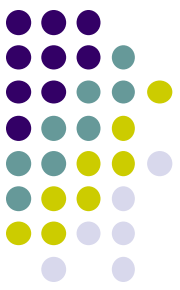
衛生掩埋場基本生化反應

- 依發生順序分成3個階段（5個反應期）
 - (1) 好氧階段（掩埋數日內）——最初適應期與過渡期。
 - (2) 厭氧階段（掩埋數十至500日內）——酸化期與甲烷發酵期。
 - (3) 穩定階段（掩埋後10-20年）。



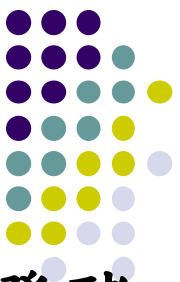
廢棄物穩定化過程與產物消長

階段	反應期	說明
好氧 (數日內)	最初適應期	1. 掩埋完成，場內含水率開始累積，環境變數開始變化。 2. 行好氧性分解將有機物轉化為 CO_2 、 H_2O 、 NH_4^+ ...等。
	過度期	1. 掩埋場達到飽水容量。 2. 內部由好氧條件轉變成厭氧條件，生化反應主要電子接受者由 O_2 轉移為 NO_3^- 或 SO_4^{2-} 。 3. 滲出水可測出揮發酸，產氣中 CO_2 含率漸增。
厭氧 (數十-500日)	酸化期	1. 滲出水有機物主要為揮發酸，pH值下降。 2. 重金屬溶出。 3. 產氣中可偵測出 H_2 。
	甲烷發酵期	1. 酸化期所產生的中間產物轉化為 CH_4 和 CO_2 。 2. pH值上升，緩衝系統由揮發酸轉為氫碳酸鹽系統，氧化還原電位 (ORP) 降至最低。 3. 氣體產量達最高。
穩定 (10-20年)	最終穩定期	1. 垃圾成分趨於穩定，有機物緩慢變為腐植質，且易和重金屬行錯合作用。 2. 環境條件開始恢復初期狀態， O_2 和氧化態物質顯現，ORP緩慢上升。



好氧階段（掩埋前幾日內）：最初適應期與過渡期

- 在掩埋場初期，土壤微生物中之好氧性細菌，利用掩埋層中之存在之分子態氧，在適當的含水情況下將廢棄物中之部分有機物質分解成 H_2O 及 CO_2 等穩定性質，並產生熱，直至氧氣耗盡為止。
- 基於氣相平衡的原理，將有一部分的二氧化碳溶解於滲出液中，因而使本階段維持在酸性pH範圍之內。



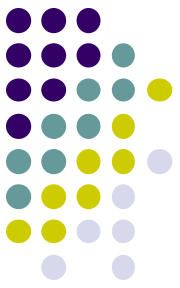
厭氧階段（掩埋數十至500日內）：酸化期與甲烷發酵期

- 此階段缺乏或無氧，兼氣性及厭氧性細菌成優勢微生物。
- 水解菌分泌細胞外酵素，將廢棄物脂肪、蛋白質、碳水化合物等複雜有機水解為溶解性醣類、氨基酸、脂肪酸、甘油等。
- 酸生成菌轉化成有機酸及醇類、醛類、酮類、 H_2/CO_2 等簡單的生成物。pH值下降。
- 甲烷生成菌將中間生成物再分解成甲烷（沼氣）、二氧化碳及水等最終產物。
- 有機物之水解、酸化甲烷化之厭氧分解流程。甲烷發酵期pH值上升，氣體產量達最高。

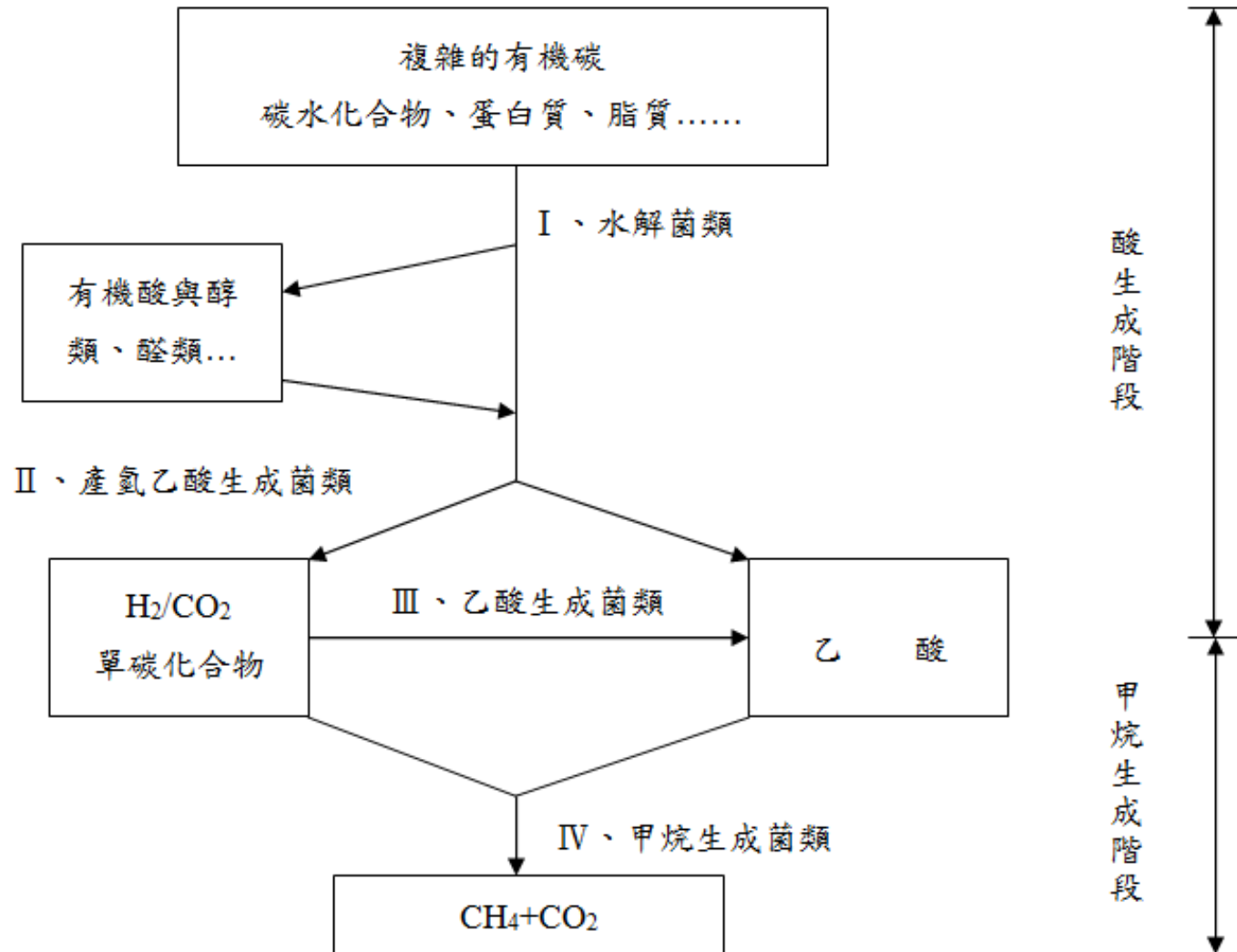


掩埋場垃圾有機物厭氧分解產物比例

- 甲烷產生百分比50-60%。
- 二氧化碳 (CO_2) 產生百分30-40%。
- 理論上每消耗1公斤COD可產生 0.35 m^3 甲烷。



有機物厭氧分解流程





穩定階段（掩埋後10-20年）

- 掩埋數百日內。
- 廢棄物中較易分解有機物質逐趨穩定。
- 正常狀況下，最初2年內氣體產量達尖峰。以後會逐漸降低。
- 持續產氣10至20年或更長。



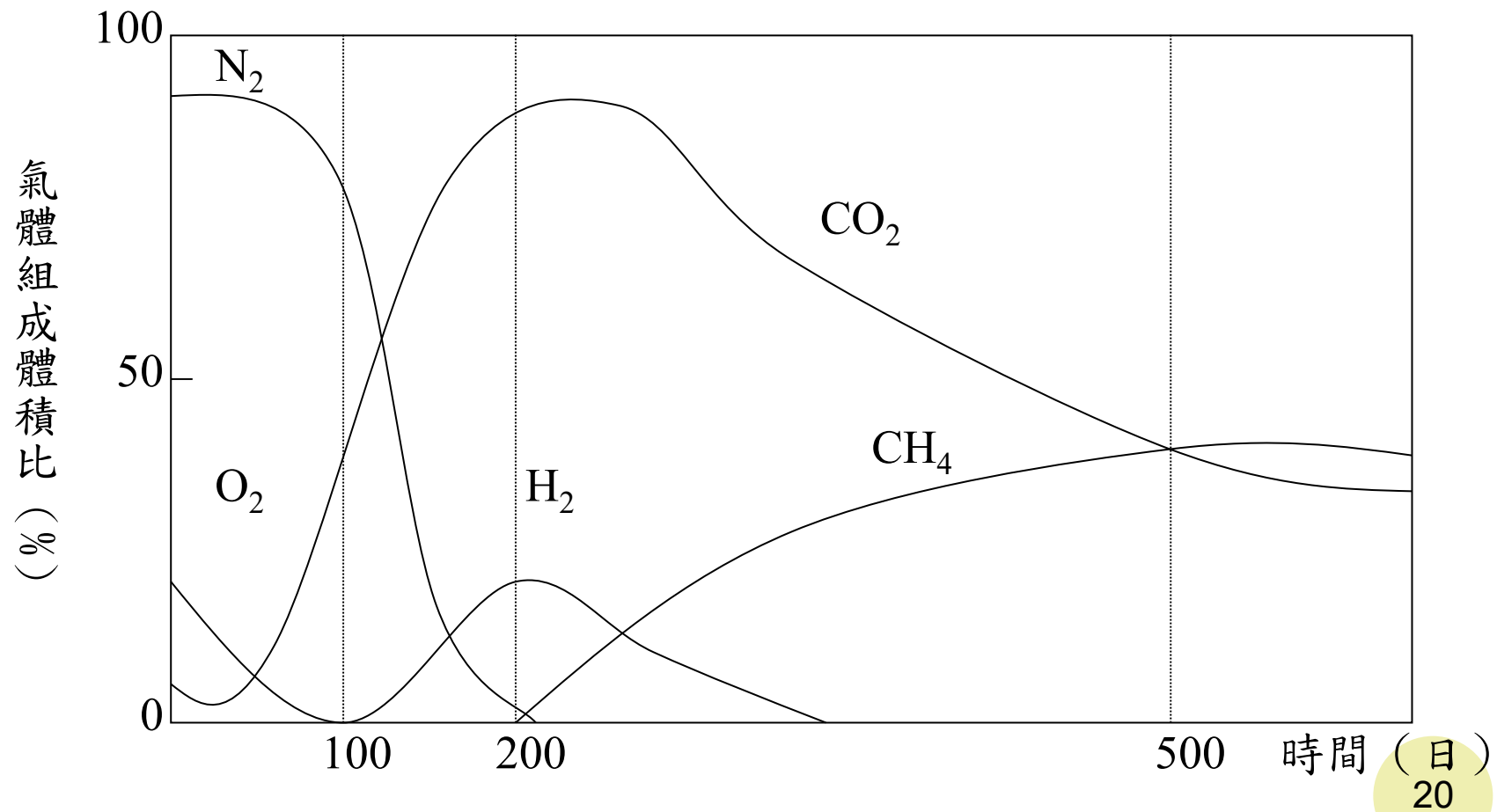
垃圾掩埋場有機物質分解狀況

好氧
階段

厭氧
階段

甲烷生成階段

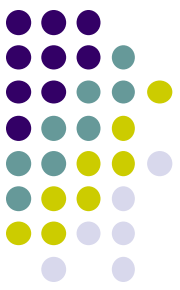
穩定階段





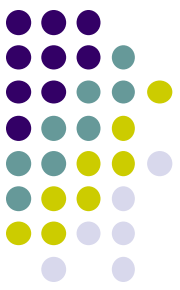
掩埋場內反應影響因素

- 廢棄物組成。
- 掩埋構造（好氧性、準好氧性、厭氧性）。
- 掩埋施工（滾壓、覆土、混合等）。
- 掩埋時間的長短。
- 環境條件如含水率、溫度、pH、ORP、有毒物質、營養源。



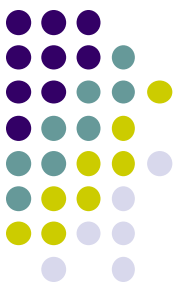
掩埋場內反應之影響因素 (續)

- 有機物分解，結合化學、物理、生物3種作用，經一連串複雜程序而完成。
- 化學作用：水解、溶解、沉澱、吸附、離子交換、氧化還原；改變組成成分部分性質或增加其可變性。
- 物理作用：水流沖刷、洗滌之破壞作用、滲出液濃度不同擴散作用、壓力不同之流動作用。
- 生物作用：（分解穩定中之重要地位）廢棄物的組成、掩埋構造、掩埋施工、掩埋時間長短及環境條件都會影響生物的分解。



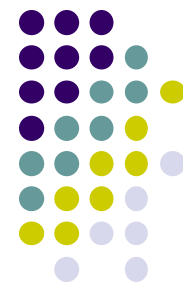
掩埋場內反應影響因素（續）

- 含水率：含水率愈高，反應速率愈快；含水率在60-78%之氣體產量最大。
- 溫度：場內比場外高；初期68°C、緩慢降至60°C、再急速下降至30°C。
- pH & ORP：酸化期/甲烷發酵期。
- 有毒物質：如高濃度陽離子、重金屬、有毒廢棄物等，會影響微生物之活性。
- 營養源：供給微生物生長和代謝所需碳、氮、磷；可分3大類，(a)含纖維素：紙張、碎布、植物組織；(b)不含纖維素：蛋白質、碳水化合物、脂肪；(c)塑膠、橡膠、皮革類（不被微生物分解）。

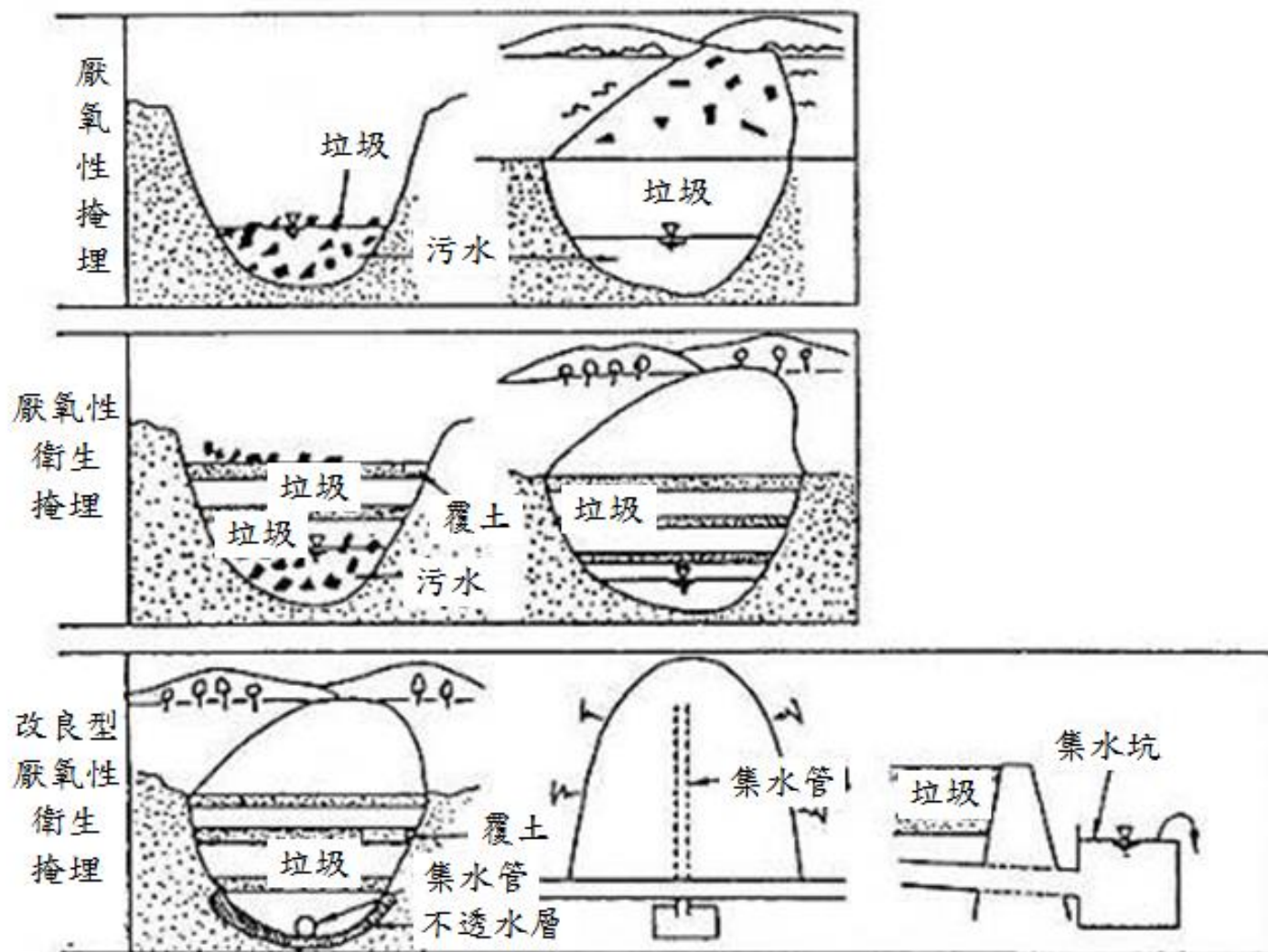


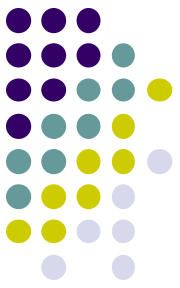
掩埋構造之分類

- 厭氧性掩埋—露天傾棄式。
- 厭氧性衛生掩埋—有覆土但滲出水未做適當處理。
- 改良型厭氧性衛生掩埋—為現行之掩埋法，鋪設不透水層並埋設集水管以防止滲出水污染。
- 準好氧性掩埋—考慮集水效率與淨化能力，以直徑約15公分之大卵石及多孔管做集水裝置，並設抽水機由集水坑抽除滲出水，使大氣中之氧氣可由集水管進入掩埋層內。
- 好氧性掩埋—集水管上設通風管，其上再鋪設空氣擴散層，強制通風使掩埋層保持好氧狀態，以提高廢棄物安定化速率，宛如長期堆肥化處理，可做資源利用。

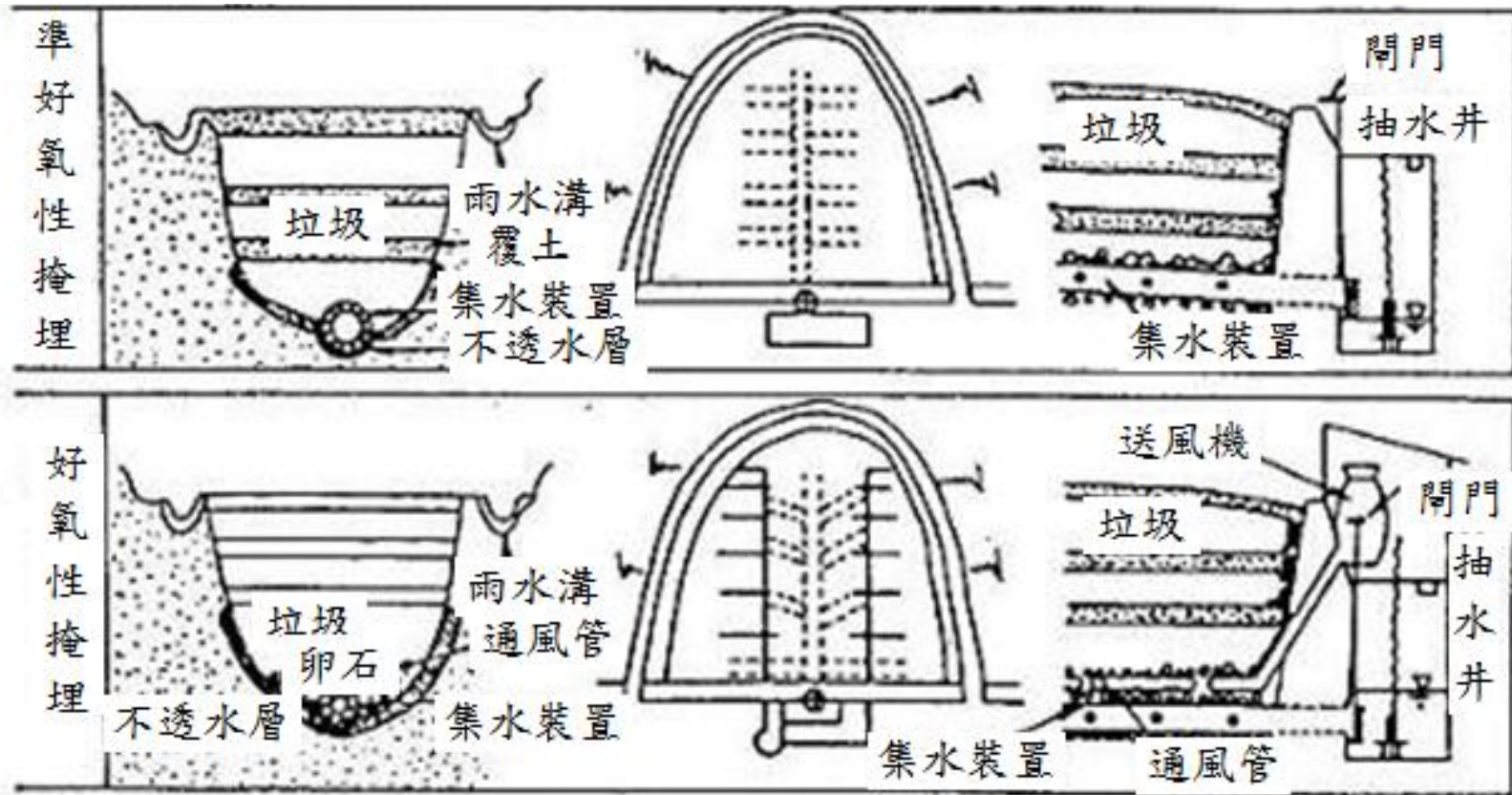


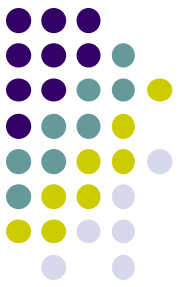
掩埋場構造之種類 (1)



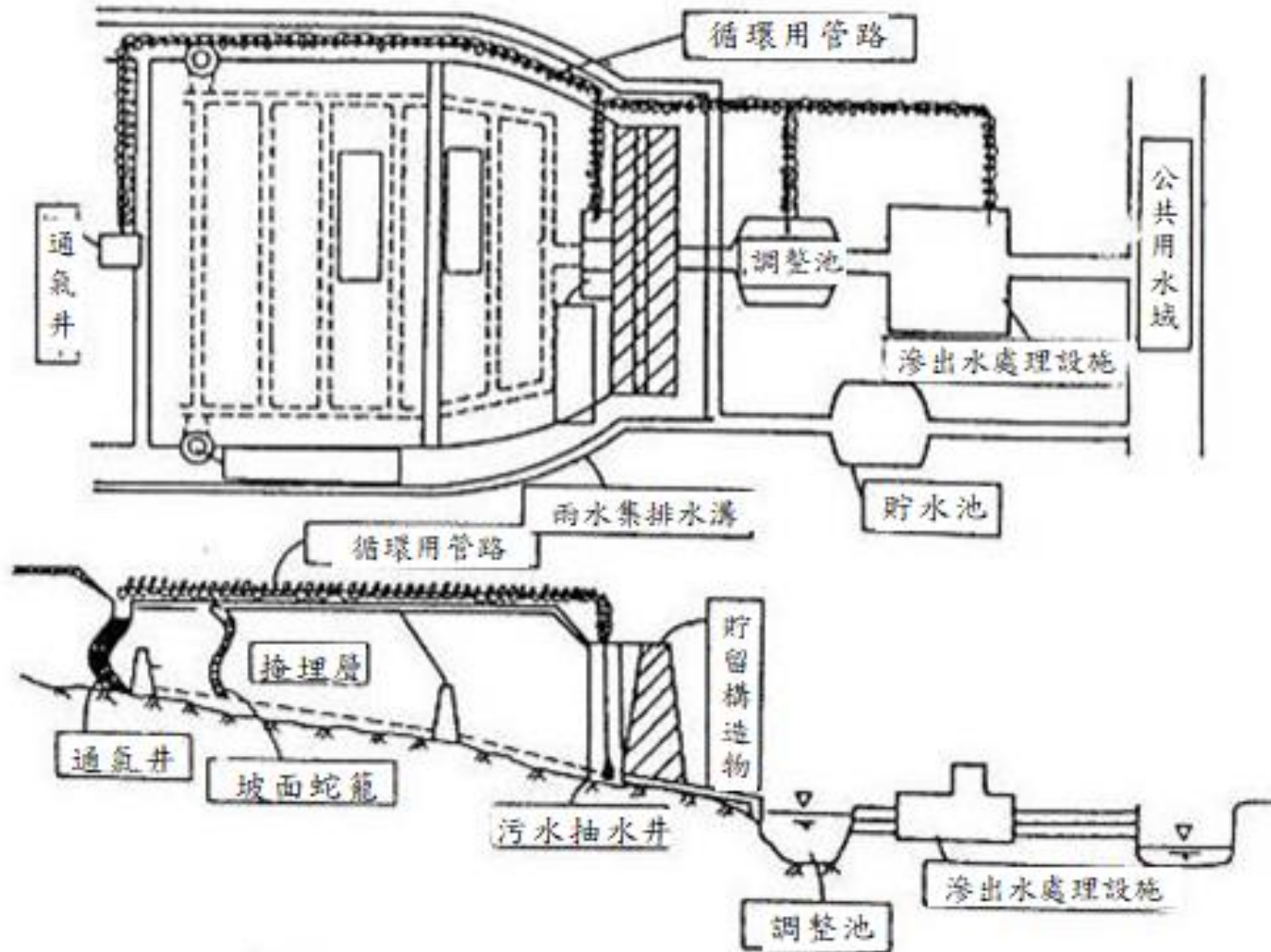


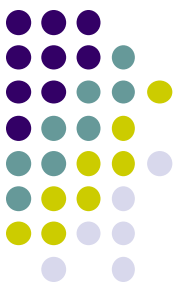
掩埋場構造之種類 (2)





掩埋場構造之種類 (3)

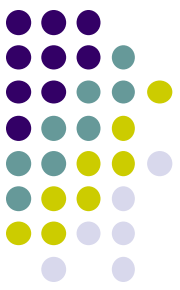




肆、最終處置相關規定

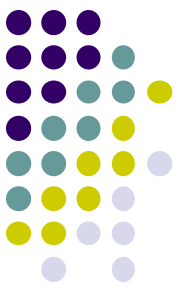
- 共同規定：

1. 於入口處豎立標示牌，標示廢棄物種類、使用期限及管理人。
2. 於場周圍設有圍牆、障礙物及防止飛散之設備或措施。
3. 有地盤滑動，沉陷之虞者，應設置防止之措施。
4. 依掩埋廢棄物之特性及掩埋場址地形，地質設置水土保持措施。
5. 於活動斷層兩側60公尺內之區域不得設置安定掩埋場及衛生掩埋場，100公尺範圍內不得設置封閉掩埋場。
6. 其他經主管機關規定者。

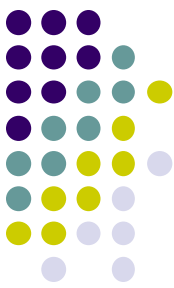


對衛生掩埋場之規定

- 標示牌標示掩埋區地理位置範圍，深度及最終掩埋高度。
- 掩埋有機性廢棄物者，應設置廢氣處理設施。
- 掩埋之底層及周圍應選用下列2者之1為不透水之設施：
 1. 透水係數 $<10^{-7}$ 公分/秒，與廢棄物或其滲出液具良好之相容性，且厚度在60公分以上砂質或泥質之黏土，或其他同等能力之材料。
 2. 透水係數 $<10^{-10}$ 公分/秒，與廢棄物或滲出液具良好之相容性，且厚度在0.2公分以上之人造不透水材料。
- 應有收集及處理滲出液之設施。
- 設置監測井：在場址周圍，於地下水流向之上下游各置1個以上之監測井。

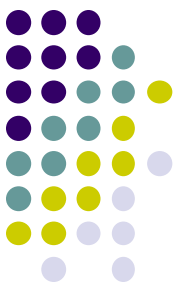


- 除不可燃者外，須設置滅火器或其他有效消防設備。
- 每日覆土應覆蓋厚度15公分以上之砂土或封層劑。
- 最終覆土應覆蓋厚度50公分以上之砂質、泥質黏土、皂土或具相同阻水功能之地工材料組合等阻水材料。
- 事業廢棄物經固化法處理後之固化物，如採衛生掩埋法處理，其固化物之單軸抗壓強度單軸抗壓強度10公斤/平方公分以上。
- 有害事業廢棄物採固化法、穩定法或其他經中央主管機關公告之處理方法處理者，除封閉掩埋法外，可以衛生掩埋法處置。
- 採衛生掩埋時，除「事業廢棄物貯存清除處理法及設施標準」第37條另有規定外，應符合有害事業廢棄物認定標準附表四之毒性特性溶出程序 (TCLP) 溶出標準，應採獨立分區掩埋。



封閉掩埋場之規定

- 標示牌加標示掩埋區地理位置範圍，深度及最終掩埋高度。
- 應有抗壓及抗震之設施。
- 應鋪設進場道路，其寬度為5公尺以上。
- 應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設施。
- 掩埋之周圍及底層設施：
 1. 應以具有單軸抗壓強度245公斤/平方公分以上，厚度15公分以上之混凝土或其他具有同等封閉能力之材料構築。
 2. 掩埋場底層，應以透水係數低於 10^{-7} 公分/秒，並與廢棄物或其他滲出液具相容性，厚度60公分以上之砂質或泥質黏土或其他相當之材料作為基礎，及以透水係數低於 10^{-10} 公分/秒，並與廢棄物或其滲出液具相容性，單位厚度0.2公分以上之人造不透水材料作為襯裡。



封閉掩埋場之規定（續）

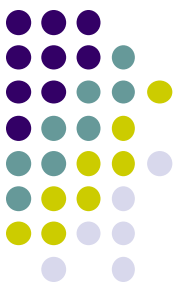
3. 或設置下列連續3層設施：

掩埋場底層及周圍設施覆以透水係數低於 10^{-7} 公分/秒、厚度90公分之黏土，再覆以單位厚度0.076公分以上雙層人造不透水材料。

中層須覆以透水係數大於 10^{-2} 公分/秒、厚度30公分以上之細砂、碎石或其他同等材料並設置滲出液偵測及收集設施，再覆以透水係數低於 10^{-7} 公分/秒、厚度30公分黏土層。

上層須覆以透水係數大於 10^{-2} 公分/秒、厚度30公分以上之細砂、砂石或其他同等材料，並設置滲出液收集設施，再覆以厚度30公分砂質或泥質黏土。

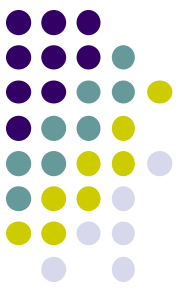
- 應有收集及處理滲出液之設施。
- 設置監測井：在場址周圍，於地下水流向之上下游各置1個以上之監測井。
- 除屬不可燃者外，須設置滅火器或其他有效消防設備。
- 其他經中央主管機關公告之事項。



禁止直接掩埋之規定

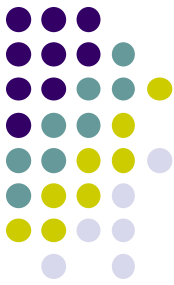
下列之事業廢棄物依規定不得直接以掩埋處理：

- 非屬水污染防治法所規範之液體事業廢棄物，除經中央主管機關核可者外，禁止直接以掩埋法處理。（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第30條）
- 事業廢棄物依規定應先經中間處理，而未遵行者。（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第34條）
- 不具相容性之事業廢棄物不得合併掩埋。（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第30條）



不得直接進行最終處理的事業廢棄物

- 一般廢棄物衛生掩埋設施不得掩埋之廢棄物（第32條第1項第2款）：
 - 可焚化處理之適燃性廢棄物及其混合物。
 - 事業所產生之資源物及廚餘。
 - 有害事業廢棄物。
- 其他經主管機關指定之不適掩埋廢棄物。
- 第32條第4項：一般廢棄物衛生掩埋設施管理單位執行進廠措施，發現有第1項第2款所列不得掩埋之廢棄物者，管理單位得予以退運。



伍、衛生掩埋基本計畫

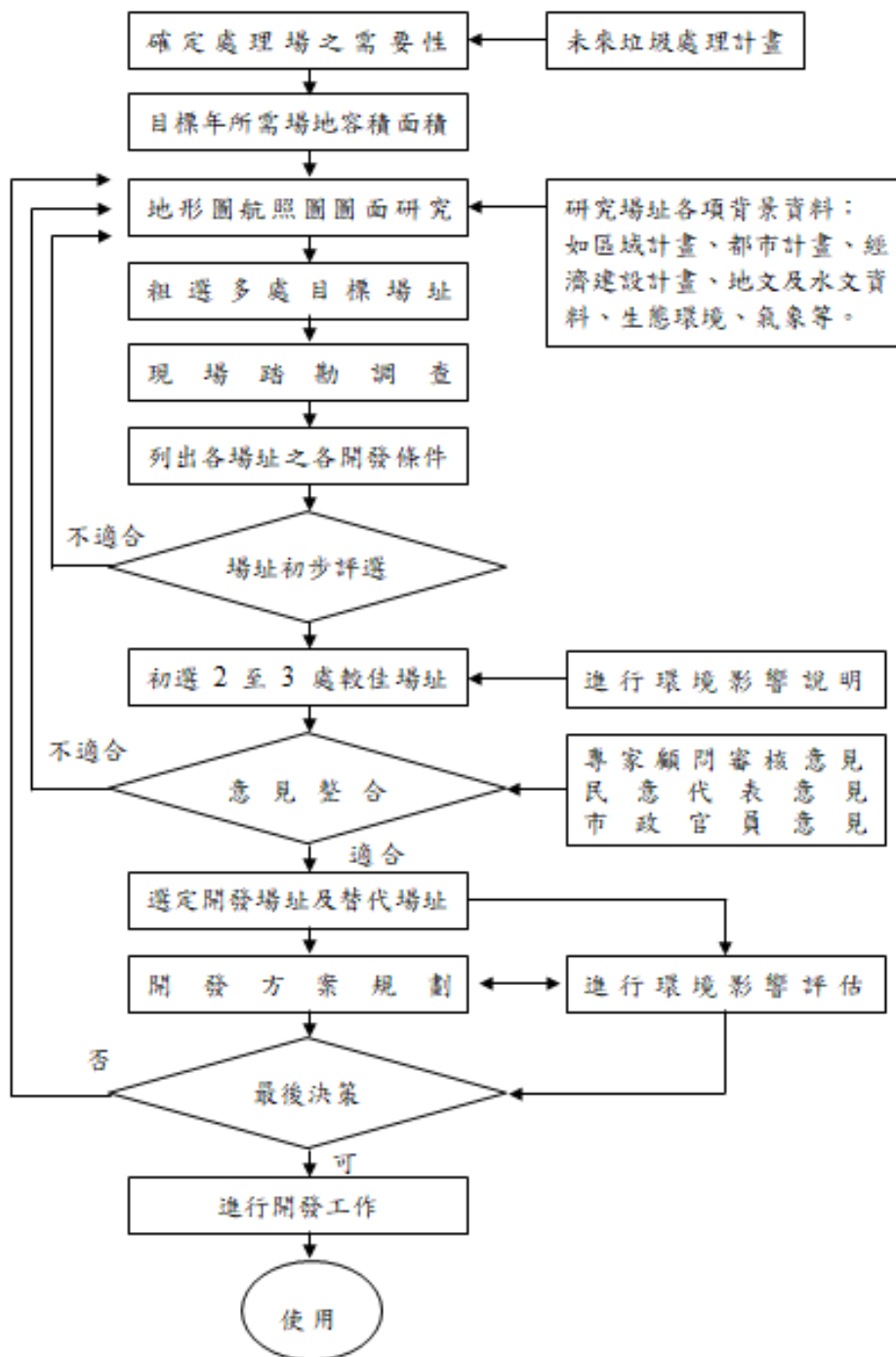
階	段	計	畫	內	容
1	場址之選定	<ul style="list-style-type: none">・對環境影響較小之處・將來之利用計畫（公園、綠地等）・居民之參與			
2	掩埋場之設計	<ul style="list-style-type: none">・環境污染防治之設計・掩埋對象廢棄物之設定・運送路線之設計・掩埋方法之設計・資金費用之籌措			
3	掩埋場之施工	<ul style="list-style-type: none">・掩埋管理體制之確立（包括環境管理）・經費負擔之體系			
4	掩埋後之長期管理	<ul style="list-style-type: none">・掩埋場利用計畫之實施・長期管理體制之確立（定期的環境監測）・異狀時對應體制之確立			

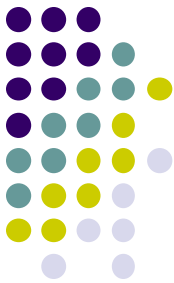


場址選擇考慮因素

1. 應避開地面水、伏流水、地下水等水量豐富處以及水源或取水口上游地區，以防滲出水污染公共水域。
2. 應避開地層滑動之地帶，崖崩危險地帶以及雨水集水區較大之處，於活動斷層兩側60公尺內之區域不得設置安定掩埋場及衛生掩埋場，100公尺範圍內不得設置封閉掩埋場。
3. 應遠離農地、森林或住宅區等，以防火災、廢氣或蟲類危害。
4. 應就收集清運之距離與交通量檢討經濟性與安全性。
5. 應調整其與都市計畫或開發計畫之關係，並考慮完成後之土地利用計畫。
6. 應有適當覆土來源。

垃圾處理場場址研選作業流程





場（廠）址評鑑項目及主要考慮範圍

單元		項目	主要考慮範圍
(A) 場址自然條件	— a1	地質/地層	地質構造、地基、岩基有無斷層、滑動或地震活動區等。
	— a2	地形/地勢	場址附近地形、地面坡度。
	— a3	降雨量/集水面積	場址附近之年降雨量及所屬之流域面積。
	— a4	掩埋容積/年限	場址可利用之掩埋面積、深度及可使用年限。
	— a5	用地面積	可使用之基地面積。
	— a6	土壤	土壤組成、透水性。
(B) 經濟條件	— b1	土地權屬	土地為公有或私有，取得之相對難易度。
	— b2	地價/補償費	購買或租用之價格，地下物之補償費等。
	— b3	清運距離	垃圾排出源至場址之平均距離。
	— b4	預計工程投資	場（廠）址之整地、建築之容易與否，交通可及性及路況、水電等之配合。
	— b5	最終土地利用	掩埋完成後之土地利用計畫及經濟價值。
	— b6	覆土來源	衛生掩埋所需適當覆土之費用。



場（廠）址評鑑項目及主要考慮範圍

單元		項目	主要考慮範圍
(C) 環境 自然 條件	—c1	地面水	場（廠）址水體位置、大小、水文特性、使用情形。
	—c2	地下水	是否會影響地層之穩定性，與掩埋底層之距離。
	—c3	風向/風速	場址與下風村落之距離及風速，廢氣擴散條件。
	—c4	動植物分布	稀有動植物分布及場（廠）址附近農作物之影響。
	—c5	景觀	場（廠）址與附近環境之諧調度。
(D) 社會 人文 條件	—d1	人口分布	場（廠）址附近居民分布及緩衝帶之有無。
	—d2	場址使用 行政劃分	場（廠）址使用權之行政區分（一行政區或多行政區共同使用）。
	—d3	土地使用現況	場（廠）設立與目前土地利用計畫之相符性及變更使用區分之可行性。
	—d4	大眾健康/安全	垃圾車進出、操作之噪音、火災、廢氣、臭味等對居民之影響。



掩埋容量與覆土量之決定

- $$V = \frac{P \times E \times 365 \times C}{D} \times (1 - Q)$$

計畫目標年為10-20年。

V：每年掩埋處置容量，立方公尺

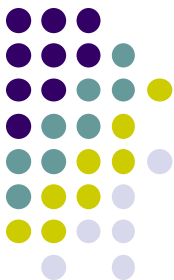
P：計畫平均清運人口，人

E：計畫平均每人每日清運垃圾量，公斤/人-日

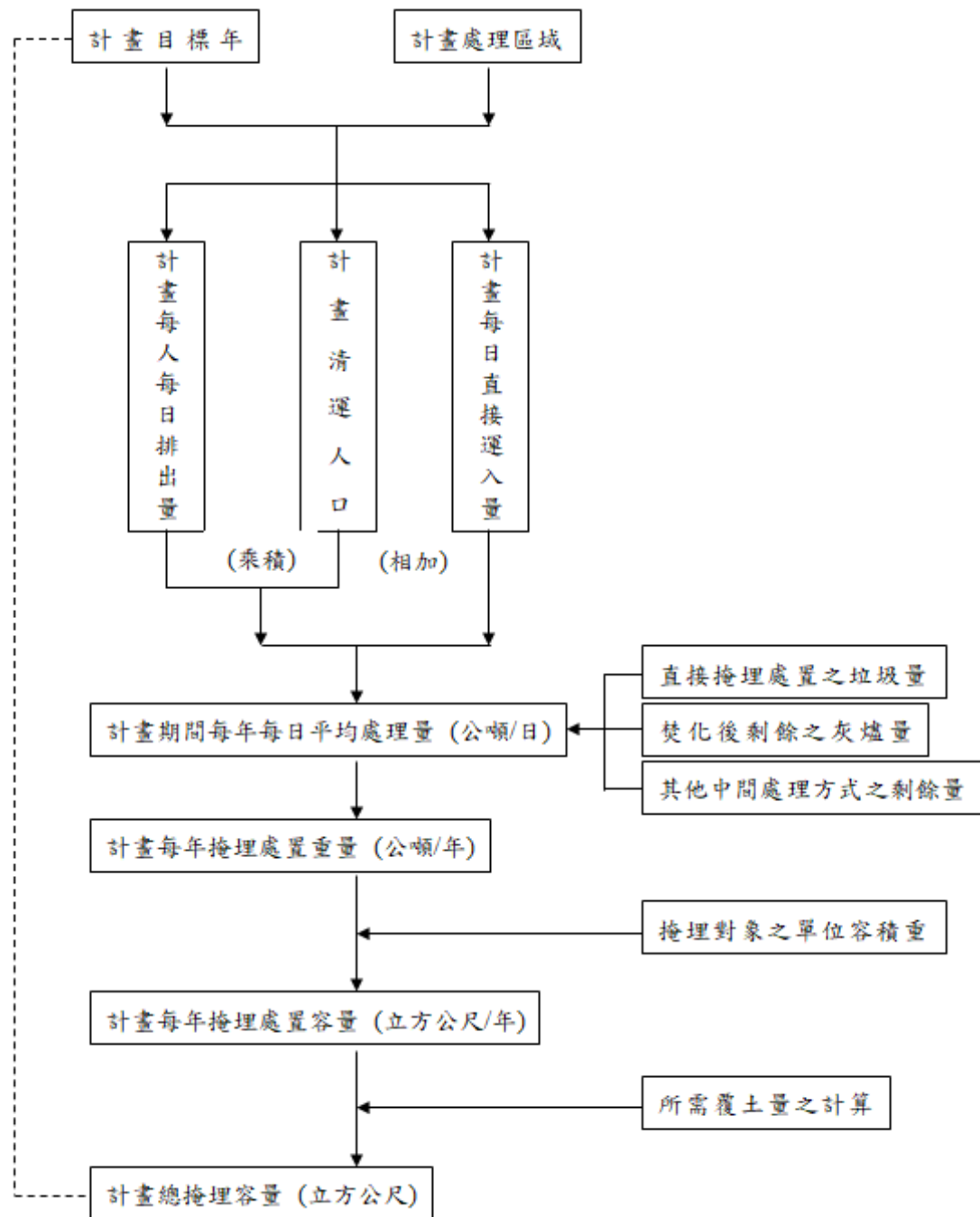
D：掩埋垃圾之單位容積量，公斤/立方公尺，一般垃圾之D值為200-250公斤/立方公尺

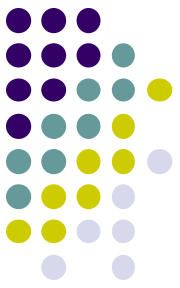
C：覆土因素，視掩埋垃圾之種類、地形，最終土地利用計畫而定，若覆土容量為掩埋垃圾之17-33%時， $C=1.17-1.33$

Q：體積減少率，視掩埋施工而定，一般可取30-40%
一般4-6 m³之垃圾需要1 m³之覆土量

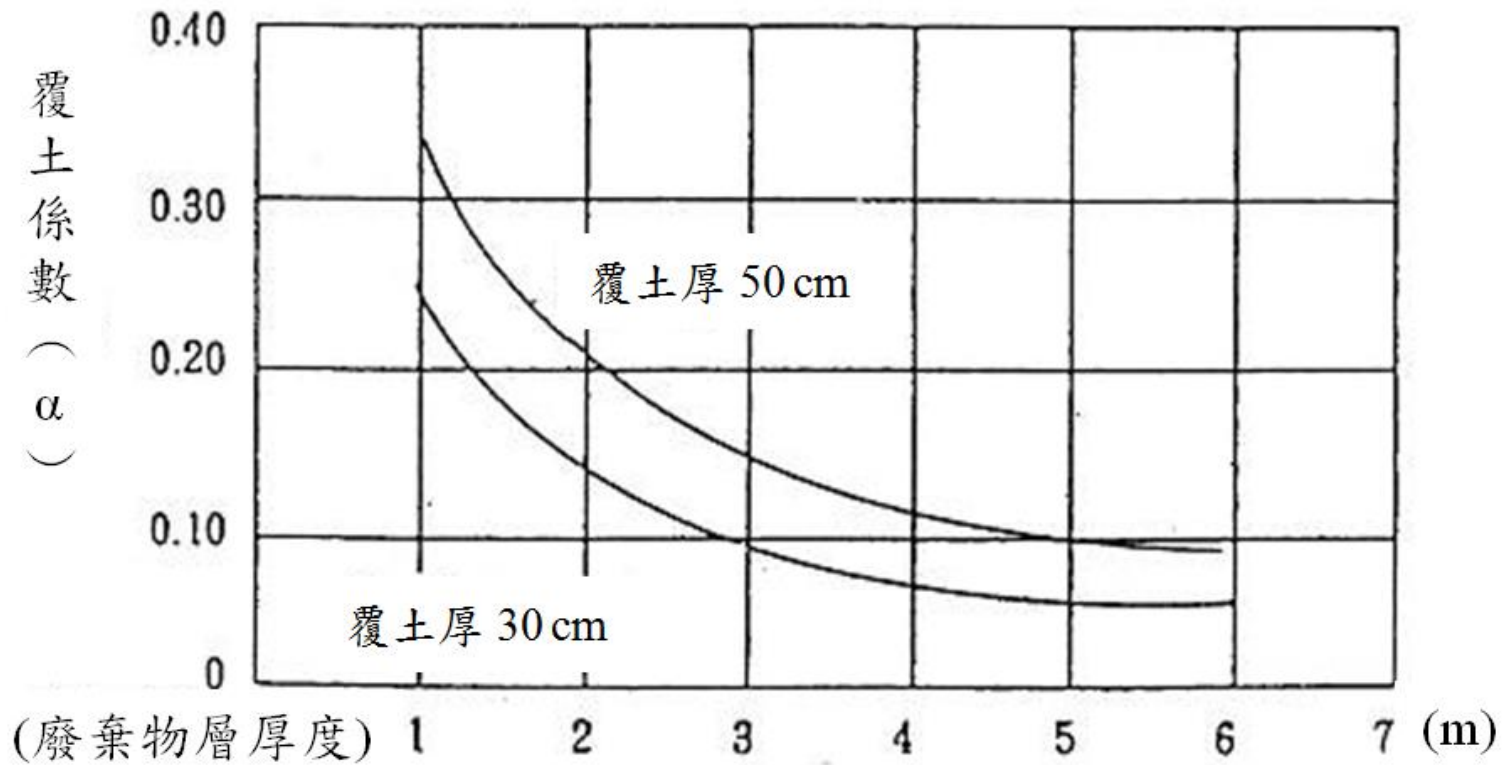


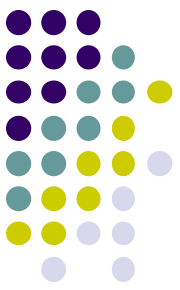
計畫總掩埋容量之研訂流程





廢棄物層厚度與覆土係數關係



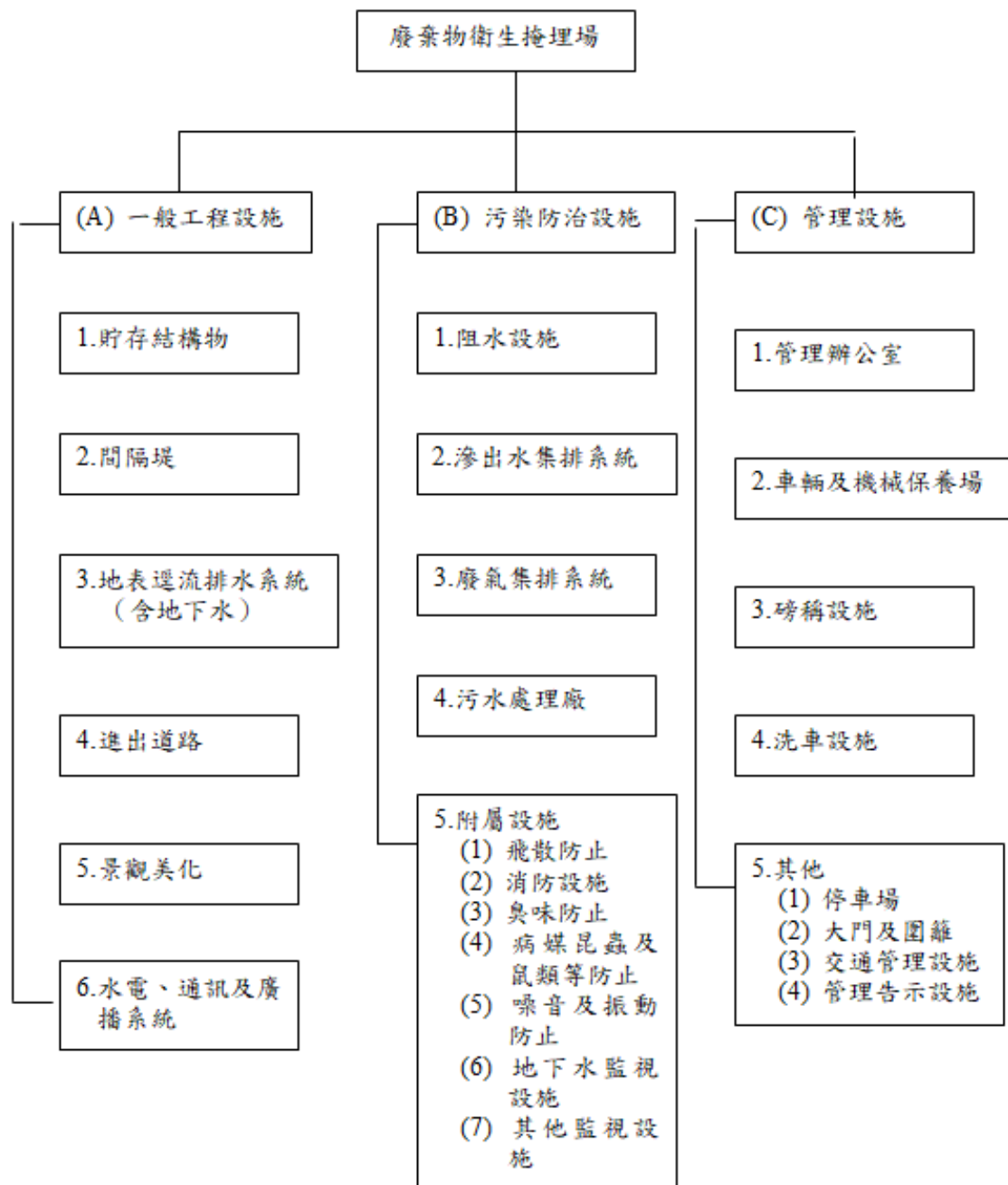


衛生掩埋場基本設計

- 貯存功能——具適當的容量及安定的結構，以貯存廢棄物及所產生的滲出水。
- 阻斷功能——具適當的阻斷能力將廢棄物及可能產生之滲出水、沼氣等污染物與周圍之環境隔絕。
- 處理功能——具適當的設施及操作條件之控制，以有效且安全衛生地使廢棄物及早趨於安定，並將產生的滲出水及沼氣予以收集、處理後排除。

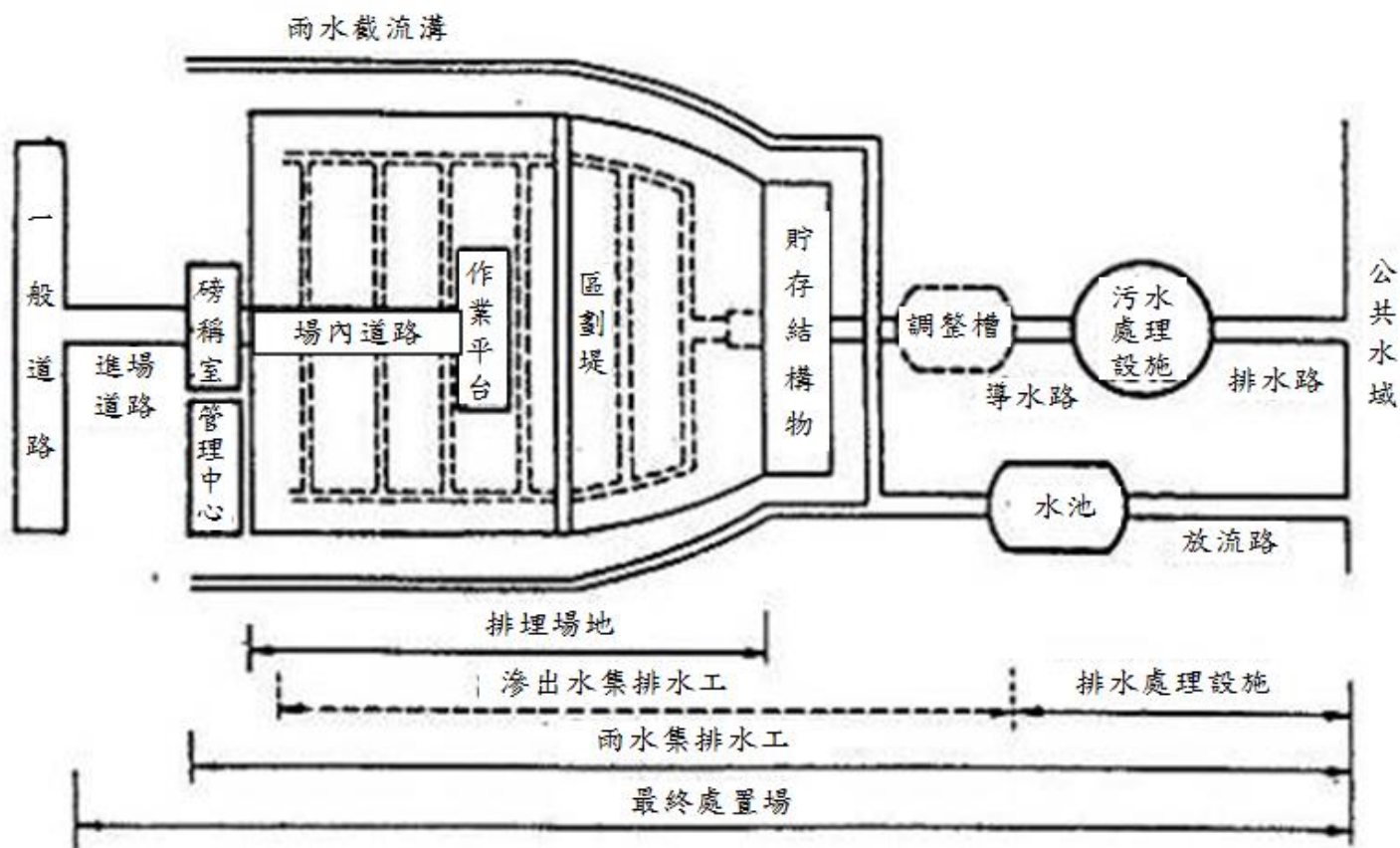


衛生掩埋場之基本設施





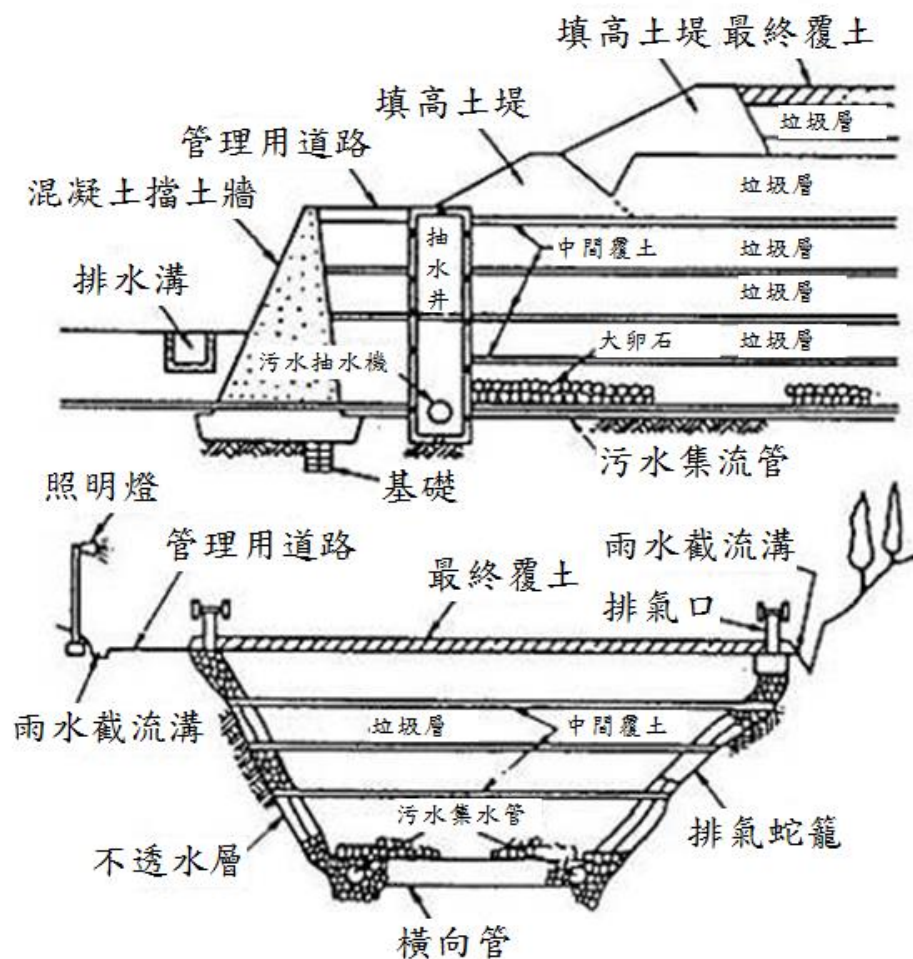
最終處置設施系統概要



(a)平面



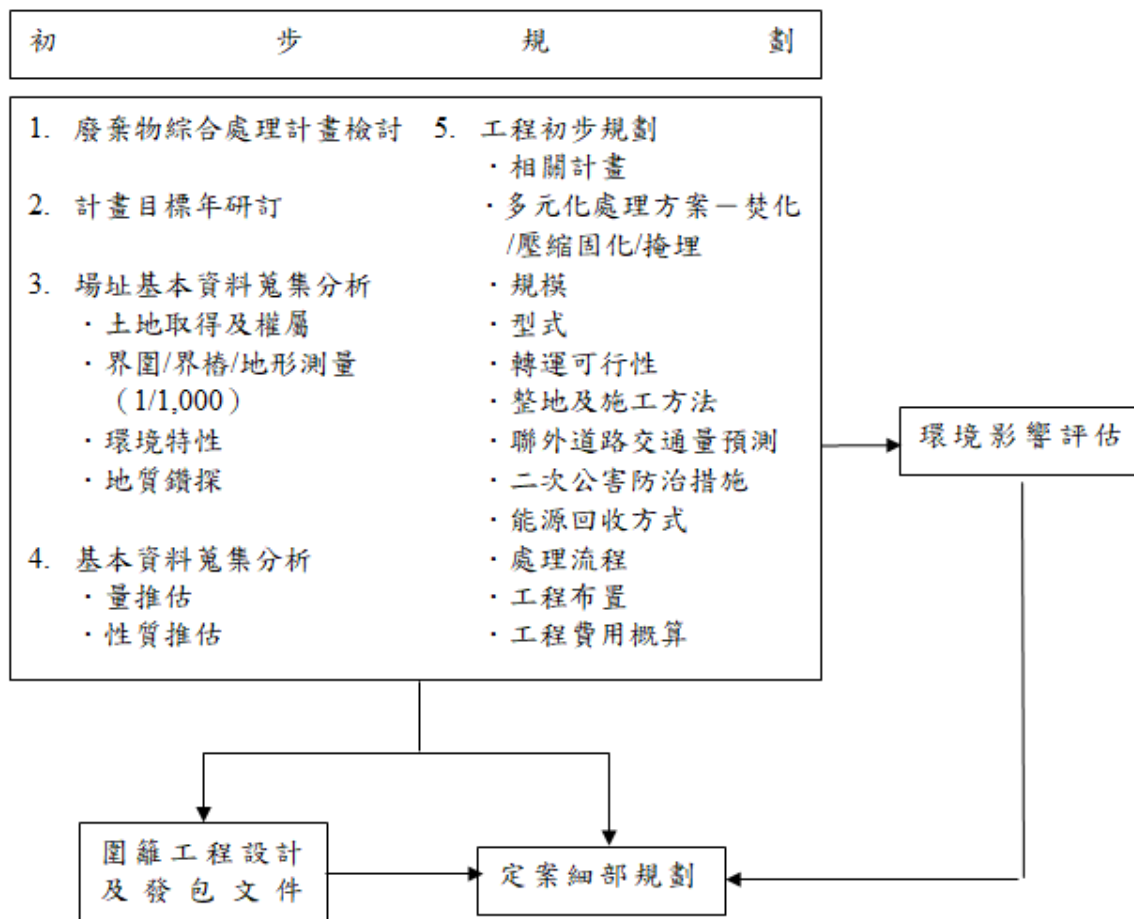
最終處置設施系統概要



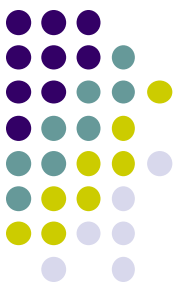
(b)剖面



掩埋場之環境影響評估



工程規劃與環評作業相關流程



環境影響之調查、預測與評估

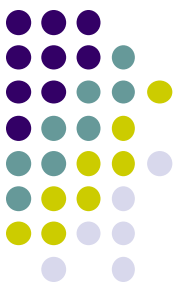
- 環境背景資料調查

計有社會人文、自然條件、空氣污染、水污染、噪音、振動、惡臭、地形/地質、植物、動物、景觀與遊憩地點等12項，可由既有的文獻資料歸納、整理，不足者再補充調查。

- 環境影響預測與評估

(1)利用類似計畫進口預測，而社會人文、動植物、景觀等則需實地調查或專家意見預測影響程度。

(2)將調查與預測結果與環保目標比較，綜合評估衛生掩埋場計畫對環境所造成的影響。



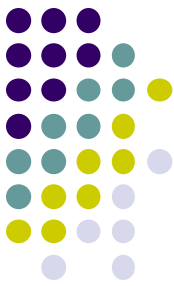
環境保護對策

- 為避免衛生掩埋場計畫成為周圍環境之污染源，應審慎檢討下列條件，採取必要對策：
 1. 掩埋對象之管制
宜先安定化、無害化等前處理，使其適於掩埋處置，並避免有害物質混入而造成二次公害。
 2. 污染防治措施
減少衛生掩埋場之負面影響，施工、掩埋及掩埋完成後之污染防治措施如下表。
 3. 環境監測計畫
衛生掩埋場計畫必要時應對周圍環境狀況進行監測以保護自然環境。



衛生掩埋場計畫之環境保護對策

計畫階段 環境參數	施 工 階 段	掩 埋 階 段	掩 埋 完 成 後 (至 穩 定 化 為 止)
水 污 染	<ul style="list-style-type: none"> • 做好水土保持，設置沉砂池等 • 控制水泥凝固劑、化學藥劑使用量，選用低污染性材料 	<ul style="list-style-type: none"> • 截集地面水／地下水，收集滲出水並妥善處理(排水、截水) • 監測地面水、地下水水質 	<ul style="list-style-type: none"> • 截集地面水，收集滲出水並適當處理 • 監測地面水、地下水水質
空 氣 污 染 (惡 臭)	<ul style="list-style-type: none"> • 選用低污染性機具、建材 • 適時洒水 • 設防塵網、罩 • 調整運輸路線 	<ul style="list-style-type: none"> • 適時洒水、覆土、植生 • 廢氣導排及處理或利用 • 控制掩埋面，配合除臭劑 • 監測空氣品質，惡臭成分 	<ul style="list-style-type: none"> • 廢氣導排、處理，並注意維修 • 監測空氣品質
噪 音 / 振 動	<ul style="list-style-type: none"> • 選用低污染機具並妥善維修 • 調整施工時間／運輸路線 • 改善路面，設防音屏 	<ul style="list-style-type: none"> • 選用低污染機具並妥善維修 • 調整運輸路線／掩埋作業時間 	———
病 媒 害 蟲	———	<ul style="list-style-type: none"> • 密閉式廢棄物清運設備 • 噴洒藥劑／適時覆土 	<ul style="list-style-type: none"> • 隨時填補裸露部分，避免孳生病媒
廢 棄 物	<ul style="list-style-type: none"> • 施工之廢棄物妥善處理 	<ul style="list-style-type: none"> • 密閉式廢棄物清運設備 • 適當貯存構造與掩埋技術 • 適時覆土，設置圍籬、飛散防止網 	<ul style="list-style-type: none"> • 隨時填補裸露部分，防止飛散、流失 • 監視掩埋場址下陷情況
自然環境保護 (景觀、動植物、遊憩、地形、地質)	<ul style="list-style-type: none"> • 指定運輸路線，設緩衝區 • 依自然環境條件、檢討設施高度、形狀、顏色等 • 指定施工期(避開海水浴場利用期、候鳥出現期、生物繁殖期) 	<ul style="list-style-type: none"> • 指定運輸路線 • 適時覆土、植生、綠化 • 生態環境監測 	<ul style="list-style-type: none"> • 最終覆土、植生綠化 • 生態環境監測



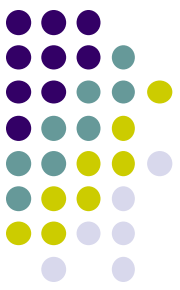
一般工程設施

- 進出道路
 - 考慮交通量、現有道路狀況、車輛進出頻率
 - 應符合公路路線設計規範
 - 道路設計準則須配合交通部「交通技術標準規範公路類公路工程部，公路路線設計規範」
- 雨水集排設施
 - 應設防止場外地表水流入及場內地表水集排系統
 - 場內基準以25年1次連續24小時之降雨量
 - 場外基準以25年1次暴雨尖峰流量



一般工程設施基準（續）

- 暫時貯存設施
 - 掩埋場短期內無法正常運作接受廢棄物時之暫存場所
 - 應有堅固地面，設雨水集排系統，定期清除雜物
 - 應避免被雨水浸泡
 - 時間不應超過48小時



一般工程設施基準（續）

- 防止地盤滑動設施沉陷措施
 - 基礎層整平、開挖等應達設計要求
 - 基礎層須有足夠承載力，預先考量其沉陷量，以免產生不均勻沉陷及過量沉陷
 - 防止地盤滑動，則改良軟弱地質或打樁設護堤
- 防止雨水浸入設施
 - 遮雨設施
- 景觀美化
 - 應對施工中及掩埋過程中之場區景觀及掩埋完成面之景觀加以美化



貯存結構物的條件

- 對本身之自重、廢棄物之壓力及水壓等具有充分抗衡之強度。
- 對於地盤沉陷、滑動及翻轉等具高度安全性。
- 能阻斷場內外水之流動，滲出液不致污染公共水體。
- 貯存之廢棄物不致因大風、大雨而流失。
- 對於掩埋之廢棄物及產生之滲出液、廢氣等引起之腐蝕、火災具有足夠之耐久性。

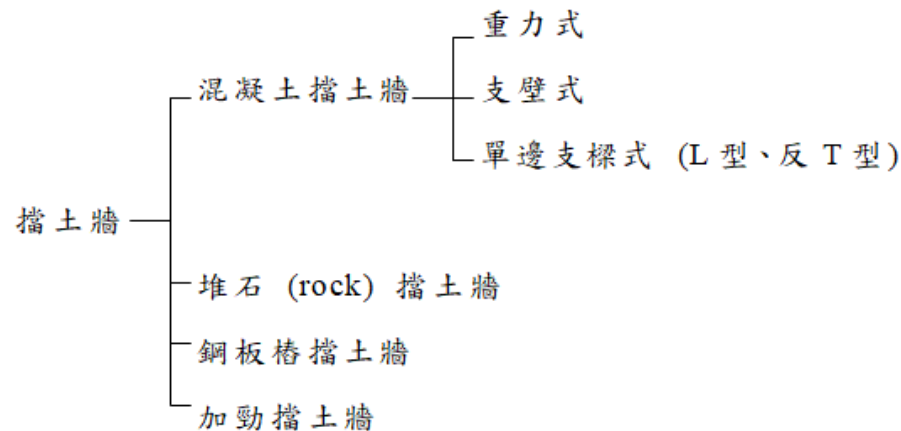


貯存結構物之構造與型式

(1) 壩



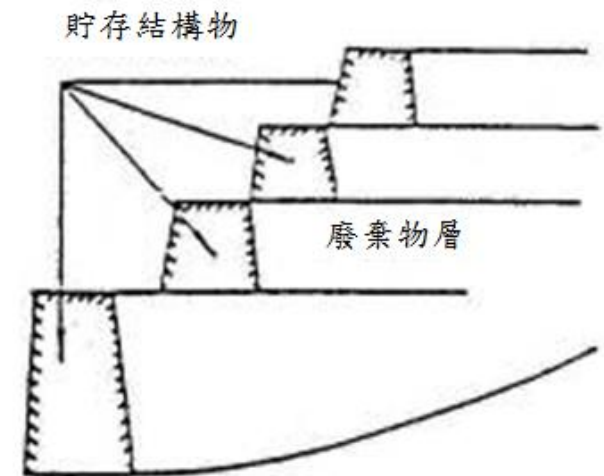
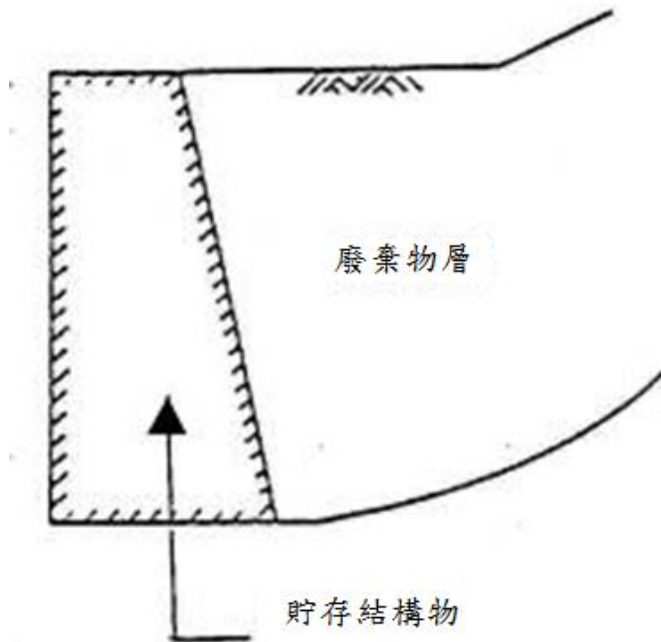
(2) 擋土牆

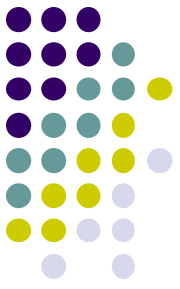




貯存結構物之構造與型式

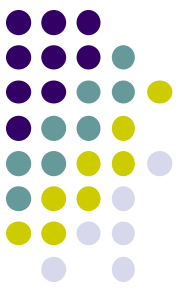
(3)護堤





公害防治設施基準

- 掩埋前後發生公害防治對策
- 公害防治設施：
 - 阻水設施
 - 滲出液集排及處理設施
 - 沼氣集排處理設施，有害氣體處理設施：集中收集vs.個別收集
 - 防止廢棄物飛散設施
 - 地下水監測設施
 - 廢棄物飛散防止設施
 - 消防設施
 - 惡臭控制
 - 空氣品質監測設施



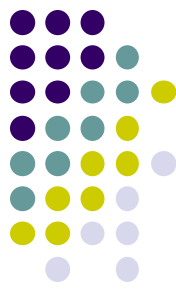
滲出液處理設施

- 應設置滲出液處理設施或滲出液貯存槽
- 貯存槽設置須符合相關規範
- 封閉掩埋場因有防止雨水侵入之設施，滲出量少。小規模之掩埋場因有截流設施排除地表逕流，其滲出量亦少
- 基於用地有限及經濟原則，滲出液量小於 $50 \text{ m}^3/\text{日}$ ，可以貯存槽貯留，再委託公民營清除機構清除
- 衛生掩埋場污水處理設施主要處理對象
 - 垃圾滲出水、洗車廢水、人員污水、其他污水等4種



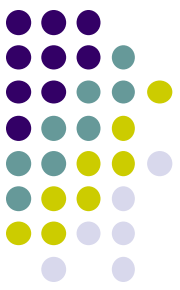
國外垃圾滲出水處理廠設計原水水質

地區項目	美國垃圾滲出水處理設計水質	日本垃圾滲出水處理設計水質
BOD ₅	1,500	250-2,500
COD	—	200-800 (註)
SS	1,500	100-500
Total-N	—	200-400
Organic-N	100	—
Nitrate-N	20	—
Alkalinity-CaCO ₃	1,100	—
Hardness-CaCO ₃	800	—
pH	5.5	5.0-8.6



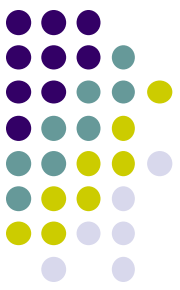
滲出水特性與有機物去除效率比較

滲出水特性						
COD/TOC		BOD/COD		按掩埋場年限 (年)		COD
> 2.8		> 0.5		< 5		> 10,000
2.0 ~ 2.8		0.1 ~ 0.5		5 ~ 10		500 ~ 10,000
< 2.0		< 0.1		> 10		< 500
處理效果						
生物處理	化學沉澱 (增加石灰)	化學氧化 Ca(ClO) ₂	臭氧	返滲透	活性碳	離子交換 樹脂
良好	不佳	不佳	不佳	普通	不佳	不佳
普通	普通	普通	普通	良好	普通	普通
不佳	不佳	普通	普通	良好	良好	普通



滲出水質量處理法適用性

- 掩埋初期5年內：滲出水含高濃度有機物； $\text{COD} > 10,000 \text{ mg/L}$ ， $\text{COD/TOC} > 2.8$ ； $\text{BOD/COD} > 0.5$ ，以生物處理成本效果最佳，而其出流水需再以化學法配合高級處理，才可能達到符合放流水標準之處理效果。
- 掩埋中期5-10年間，含較高無機鹽類與不易分解之有機物； COD 為500-10,000 mg/L， COD/TOC 為2.0-2.8， BOD/COD 為0.1-0.5。隨著BOD逐漸降低，生物處理法的成效受限，物化處理相形重要，通常採用化學混凝配合化學氧化，再以活性碳吸附或逆滲透等高級方法處理。
- 掩埋10年以上之老舊掩埋場，含無機鹽類與低濃度有機碳； $\text{COD} < 500 \text{ mg/L}$ ， $\text{COD/TOC} < 2.0$ ， $\text{BOD/COD} < 0.1$ ，適合物化處理，由於污染物濃度不高，通常僅用化學混凝法即能可達到排放標準。



沼氣處理對策

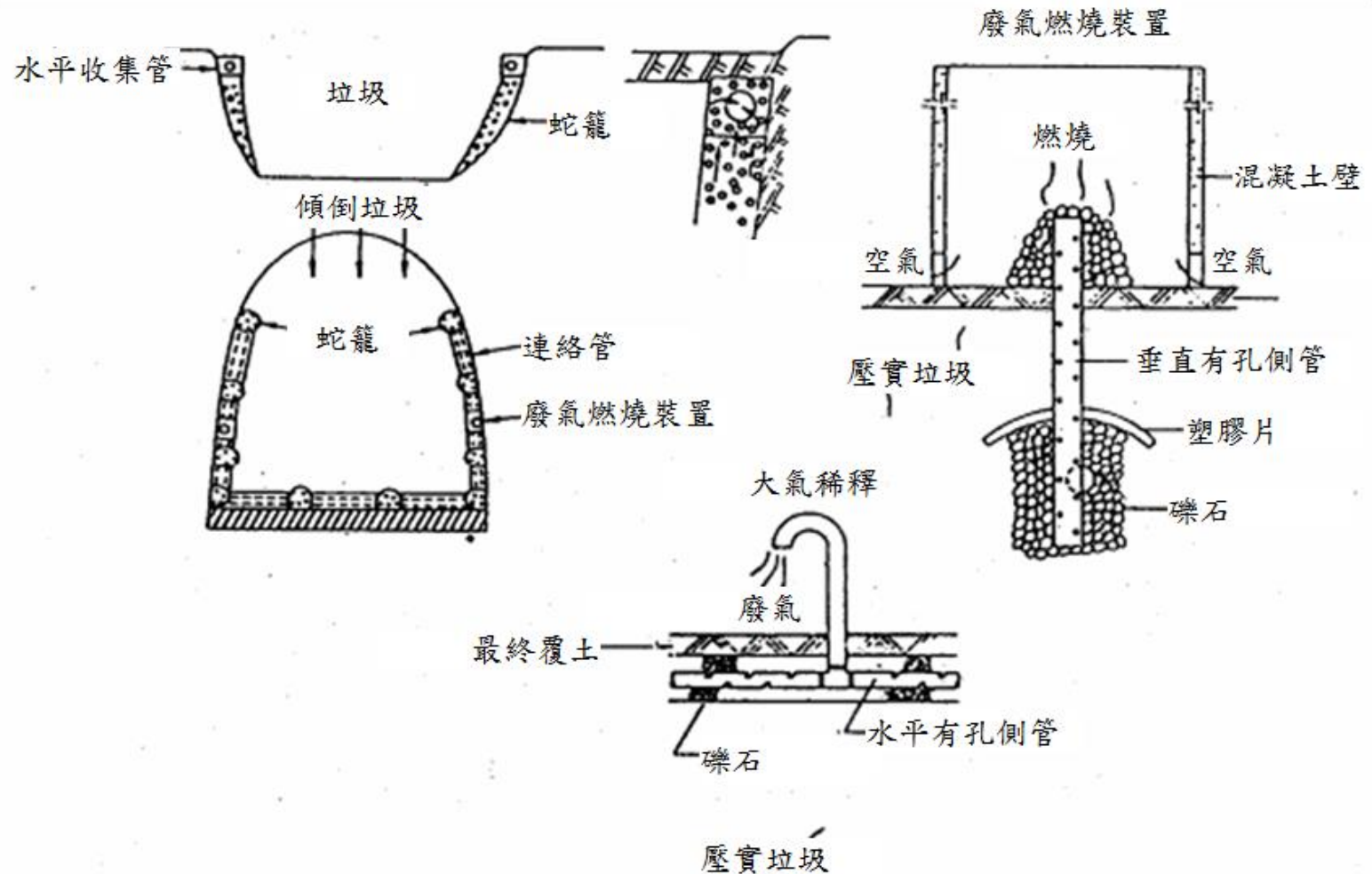
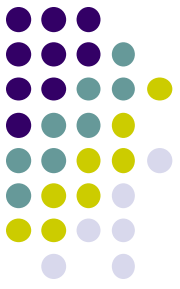
- 阻斷氣體流動-掩埋場底層、頂層及側面鋪設阻斷設施，譬如黏土層、人造合成阻水層等。
- 埋設集排氣設備-埋設通氣管或以碎石構築通氣蛇籠、通風井等集排氣設備。
- 廢氣處理-
 - 大氣擴散：即未經任何處理，逕行排放於空氣中。
 - 燃燒：將集中之廢氣，予以燃燒。
 - 廢氣回收利用：廢氣集中收集、回收利用，其利用方式大致有發電、工業燃料、送往公共瓦斯系統。

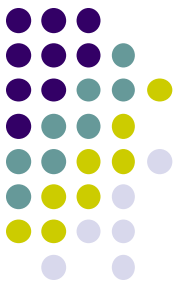


沼氣集排方式

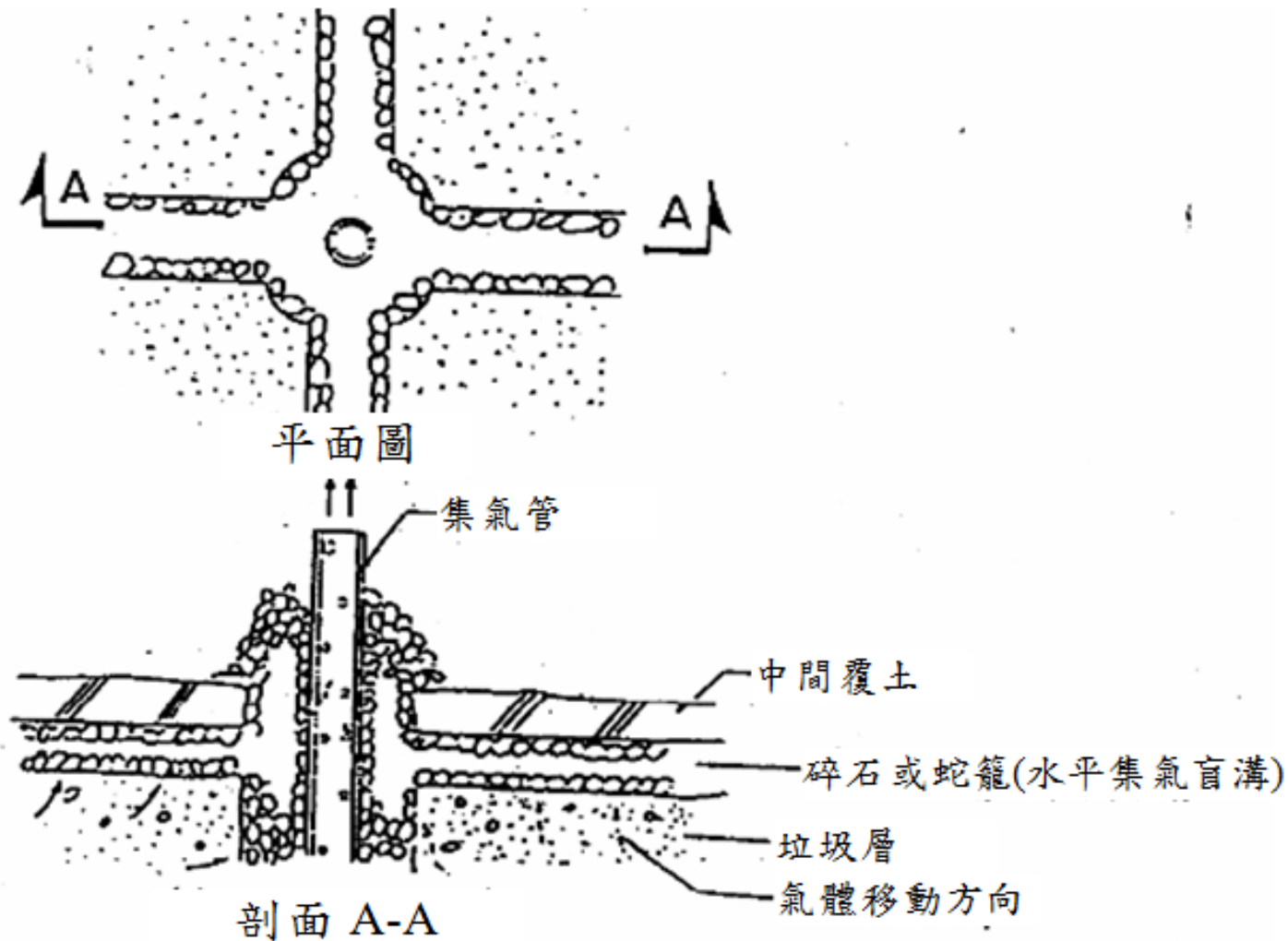
- 個別收集：以有孔管、卵礫石或碎石等隨掩埋面上升而續接，下達底部接或滲出液集排系統。
- 集中收集：類似個別收集，但於底部及適當高度加設水平集氣盲溝連接，材料同上。

廢氣收集設備——斜面集中廢氣



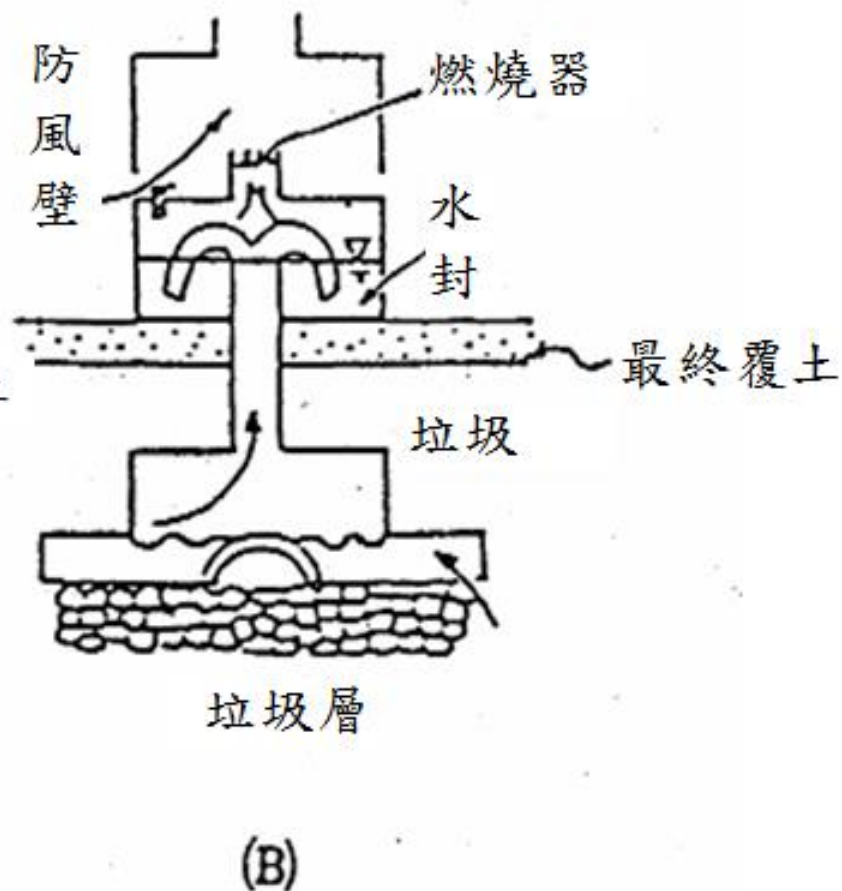
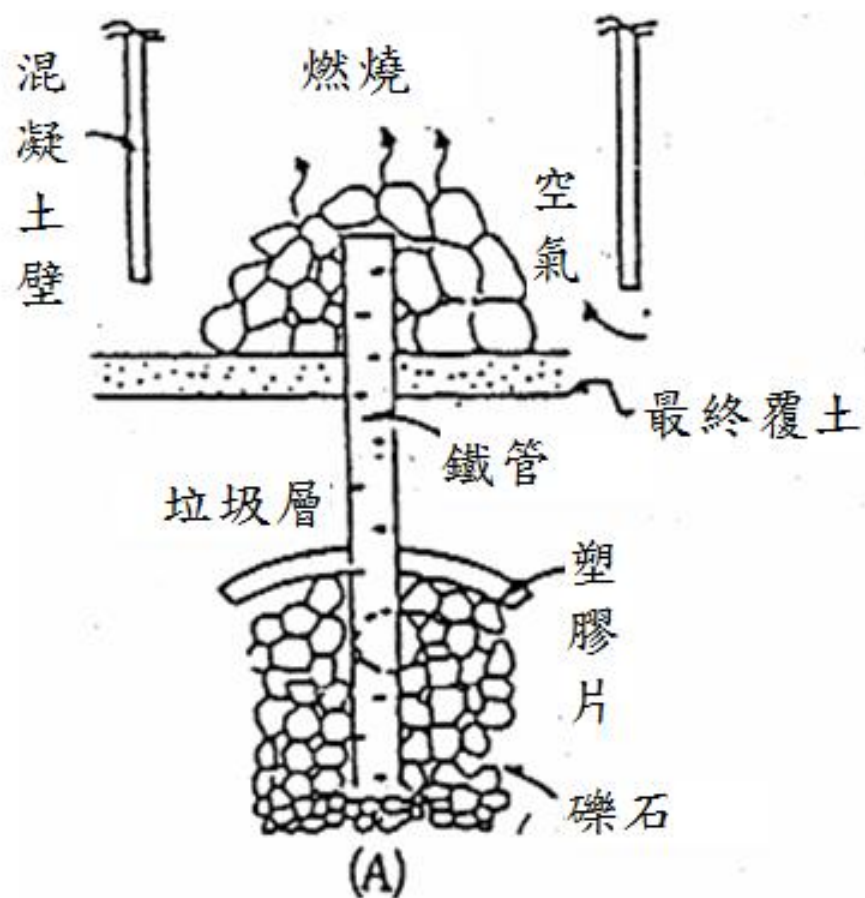


廢氣集排系統構造圖



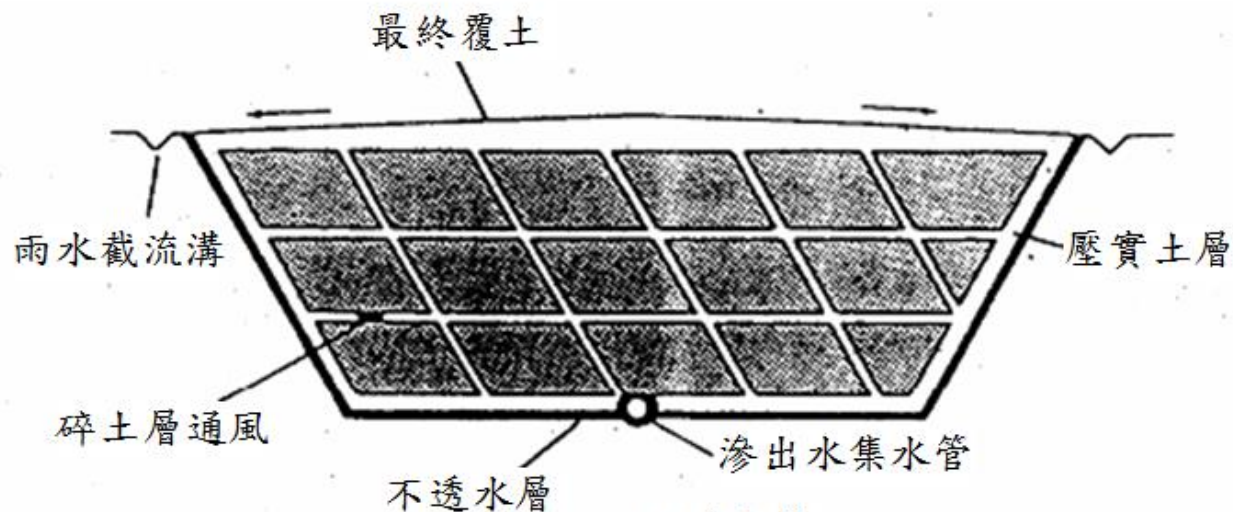


廢氣燃燒設施示意圖

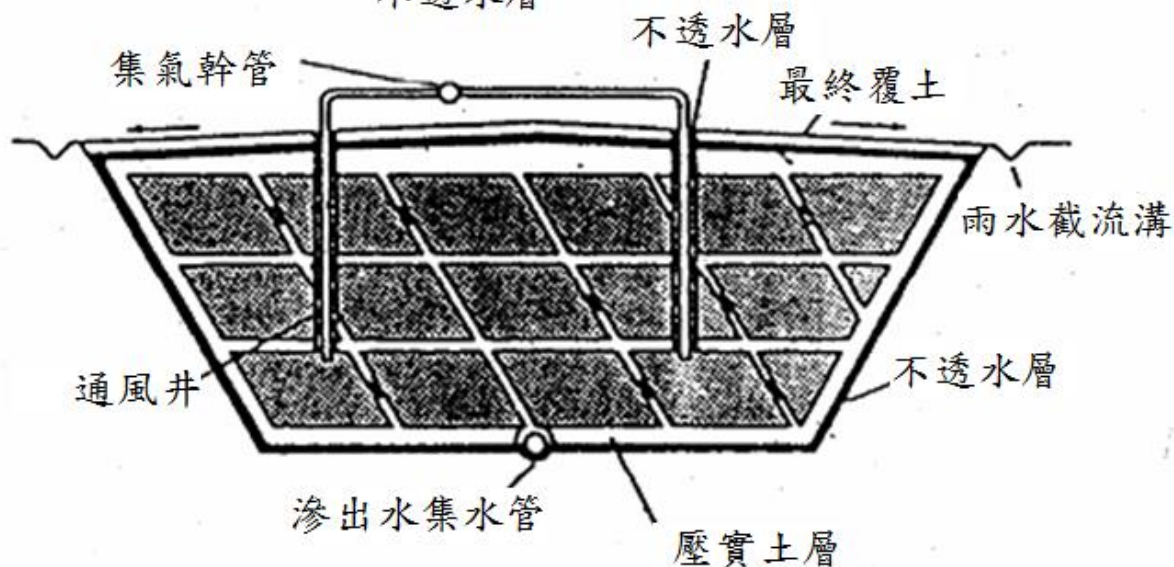




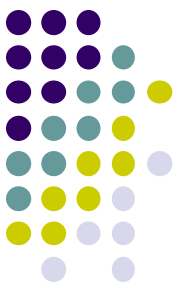
廢氣收集設備—回收與不回收



(a)不回收廢氣



(b)回收廢氣



地下水監測

目的：監測滲出液進入地下水層情形

1.能採集地下水水樣供分析之用

- 上游監測井（至少1個）：在水力坡降之上游端，其數目位置及深度須有效且足以代表掩埋場含水層之背景資料
- 下游監測井（至少1個）：於管理範圍界限之水力坡降下游端，其數目、位置及深度須可立即偵測出滲出之有害成分

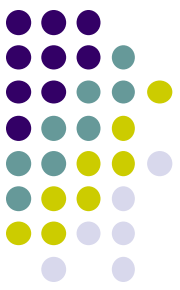


地下水監測

2.維持井孔的完整性，以篩孔或穿孔以收集地下水，上層以水泥漿或膠質狀泥漿封住，以免污染水樣及地下水

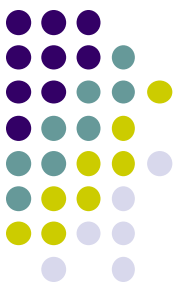
3.設置時為避免污染地下水須：

- 鑽井前應先清洗有關設備
- 避免在現有場址上進行鑽探
- 防止鑽孔污染物之傳遞



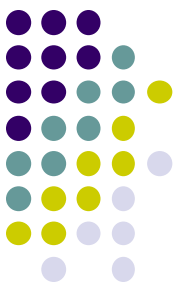
防止廢棄物飛散設施

- 廢棄物飛散設施活動圍籬設置位置：可搬性，置於掩埋工作面之下風處，防止作業中飛散，兼具景觀屏障。
- 廢棄物飛散設施：以高度約2.5-3公尺，網眼約2-4公分之鍍鋅或鍍鋁鐵絲網圍籬防止飛散
 - 固定圍籬：設於掩埋場周圍、管理範圍或山稜線。
 - 活動圍籬：可搬性，置於掩埋工作面之下風處，防止作業中飛散，兼具景觀屏障。



消防設施

- 除非掩埋物完全不可燃，否則須設適當容量之滅火器材或其他消防設備
 - 定期維修更滅火器材
 - 種類：進出道路及適當地點設置蓄水池、加壓抽水機或消防栓及必要之消防水帶、噴嘴
 - 易燃物之掩埋區應有隔離設施，並設嚴禁煙火之標誌
 - 產生可燃性廢氣應收集燃燒之



惡臭控制

- 惡臭主要來源：掩埋區、滲出水貯留池、污水處理設施。
- 種類：硫化氫、氨及揮發性有機酸。
- 掩埋區臭味：治本方法為盡可能縮小工作面、設置廢氣集排及燃燒設備。治標方法為妥善施行每日與最終覆土。
- 滲出水貯留池及污水處理廠：覆蓋、抽除、氧化（化學或燃燒）或吸附（活性碳、土壤層等）處理後再排放。污水處理廠宜以操作方法控制之，亦可添加適當藥劑（加氯氧化）或處理設施加蓋、抽除處理之。

四、管理設施



1. 廢棄物檢查與計量設備：

進場檢查：為監視進場之廢棄物是否為原設計種類，主要以外觀檢查為主。

檢查、計量：為作業安排及日後管理之參考數據。

2. 安全設施：界定場區範圍，阻隔閒雜人員進入

大門：寬以能通行2輛大型清運車為原則。

圍籬：簡易金屬網圍籬或刺絲設置。

告示牌：以利作業進行。

3. 停車、洗車及修車設備：

停車：迴車或暫停，瀝青混凝土面。

洗車：去除臭味及附著土砂、垃圾。

修車：車及機械保養。



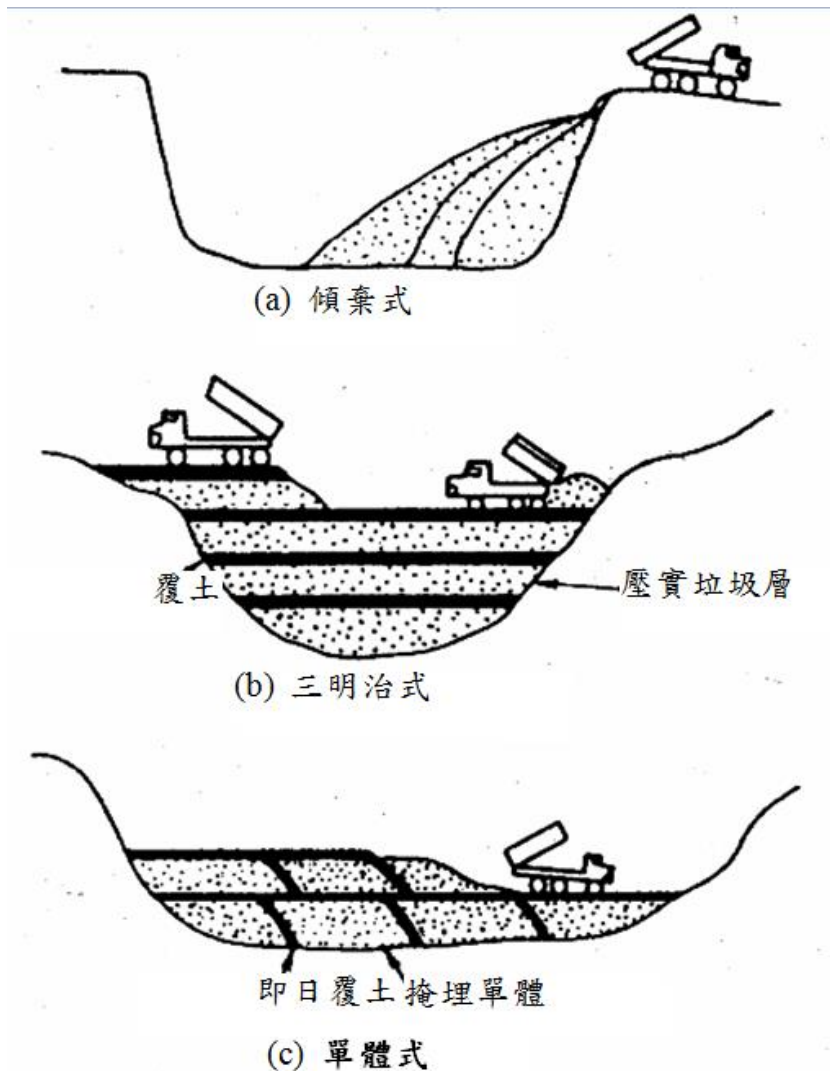
陸、掩埋作業及管理

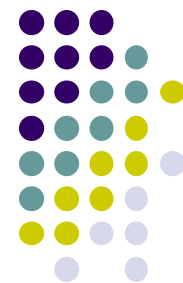
一、掩埋方式

- 衛生掩埋作業依覆土方式可以分成下述3類：
 - 1.傾棄式
 - 2.三明治式
 - 3.單體式



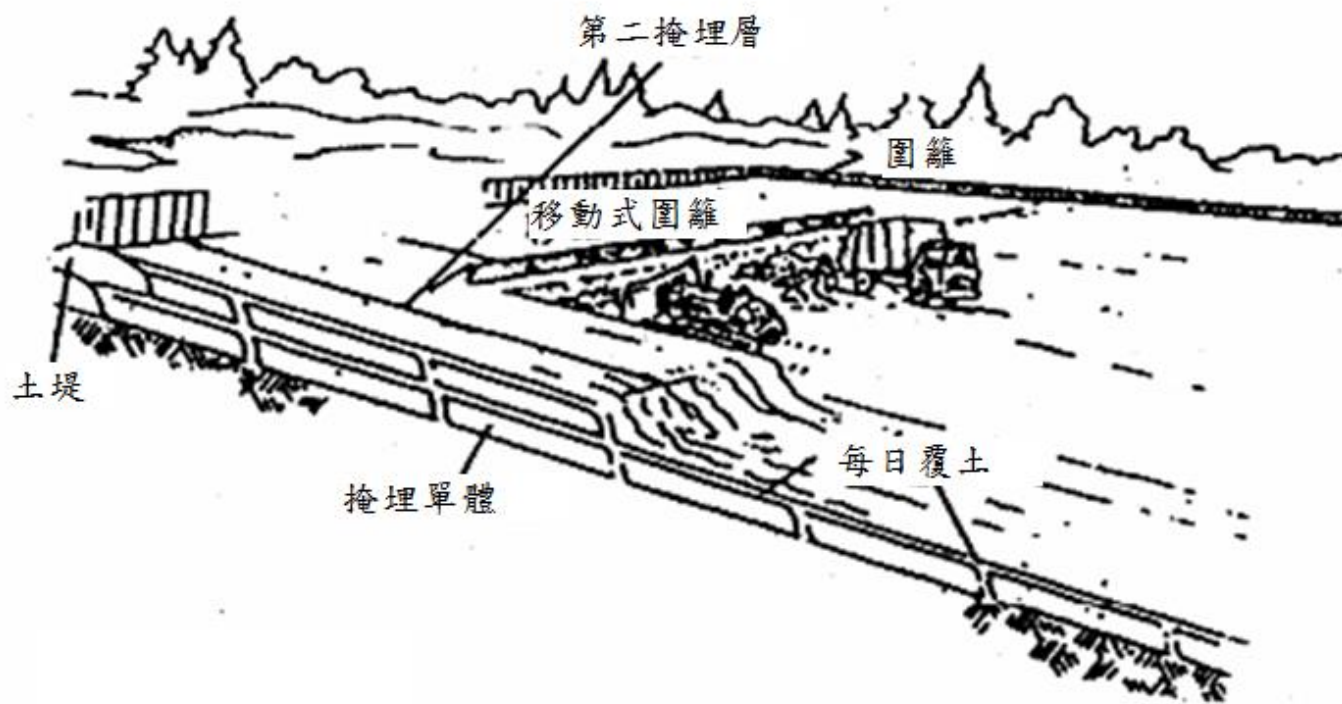
掩埋方式若依掩埋場地形可分成：





區域法衛生掩埋

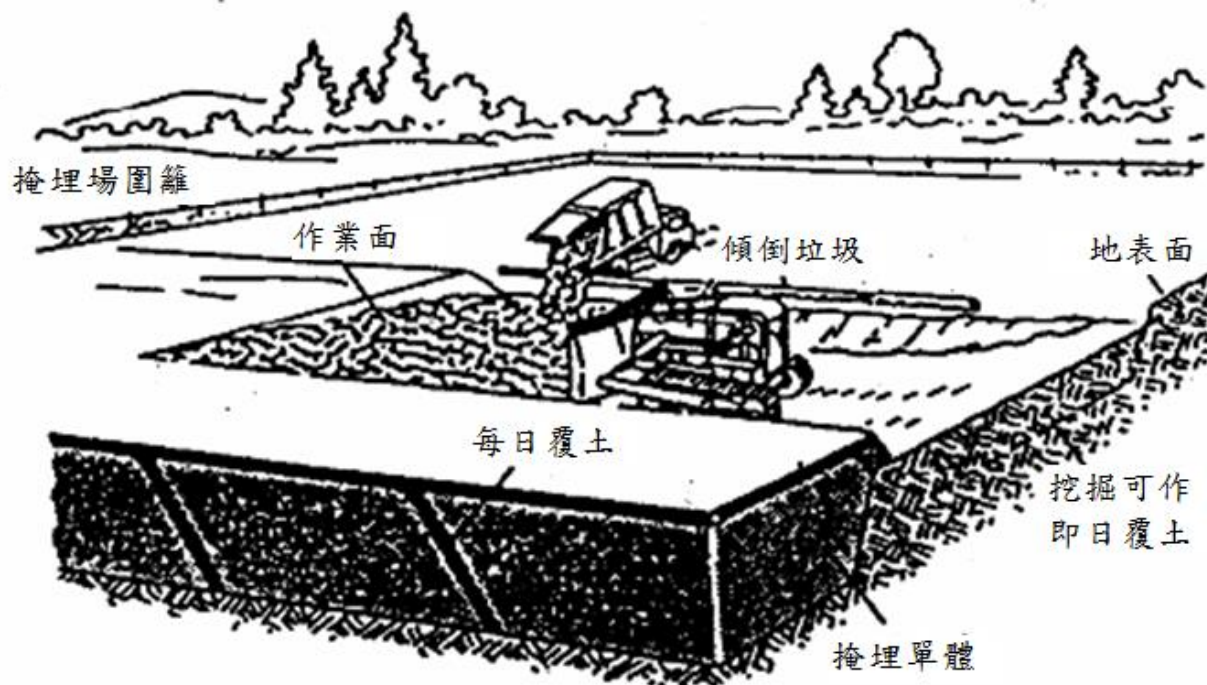
區域法（如圖）：對於不適合挖掘壕溝之地形或可以填高之場地，可以選用此法。設置貯存（擋土牆或圍堤）與阻斷（不透水層與滲出水集水管等）結構物後，以三明治式或單體式由貯存結構物之下游往上游依次掩埋。此法覆土必須由他處運來。





壕溝法衛生掩埋

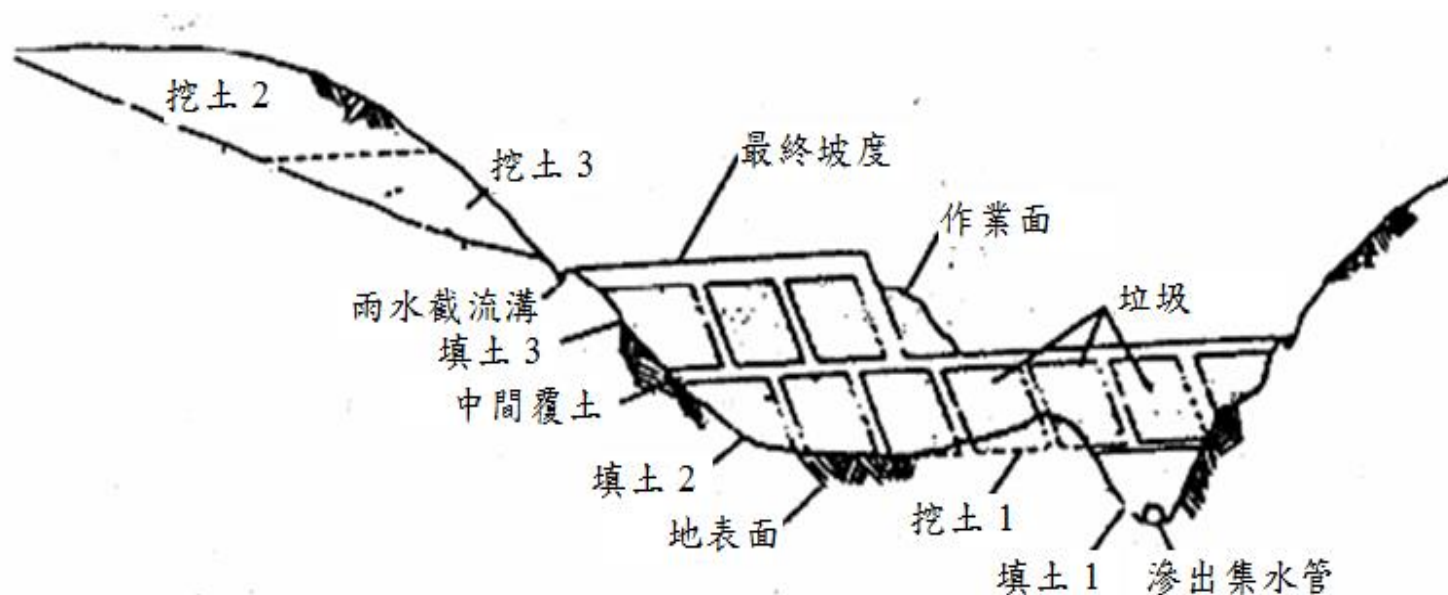
壕溝法（如圖）：適用於平坦、且高水位與挖掘深度間之距離可保持1.5公尺以上之地區。先以挖土機挖掘壕溝，其大小通常為：深2-5公尺，長30-120公尺，寬5-10公尺，設置必要之結構物後，再將廢棄物填埋其上。壕溝應平行建造，並與風向成垂直方向，以避免廢棄物被風吹散。覆土可使用壕溝內挖出之。

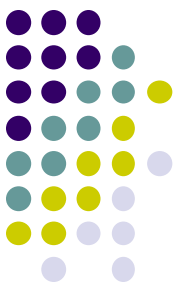




窪地法衛生掩埋

窪地法（如圖）：利用天然或人工窪地、峽谷、土坑、採石場等填埋廢棄物。構築必要之貯存、阻斷等設施後，由谷底之下游往上游掩埋，而不可由上往下傾棄，以免妨礙集、排水。底層面積窄小時可先採用三明治式，掩埋面積擴大後即可用單體法。覆土為整地剩餘土。





二、掩埋施工及作業程序

1. 整地

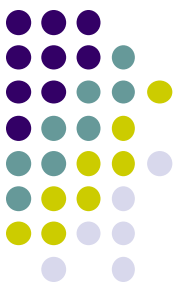
- 廢棄物掩埋進行之前，場址必須先做整地工作，以消除樹木、樹根、殘幹、碎屑及其他所有障礙物。

2. 構築貯存、阻斷結構物

- 依地形、地質、地下水位及作業方法等，構築貯存、雨水截流及地下水排水設施，若掩埋場底部土層之透水係數大於 10^{-5} 公分/秒，則需鋪設自然黏土層或人工不透水層。

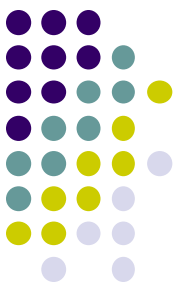
3. 鋪設滲出水與廢氣收集系統

- 掩埋場底部不透水層之上，設置管線收集滲出水，經處理後再放流。此外，採用垂直及水平排氣管，收集廢棄物衛生掩埋過程所產生之廢氣，經燃燒排放或予以回收利用。



垃圾鋪平滾壓

- 進場後廢棄物鋪平、滾壓方式。
- 下推式：將傾倒於工作面之廢棄物，以推土機等由斜面上方往下推壓，此方式即為前述之傾棄式，難以將廢棄物鋪成較一致的厚度，下方處廢棄物層較厚，不易充分滾壓，斜坡面覆土無法確實施作，環境衛生難易控制，為錯誤的操作方式。
- 上推式：將傾倒於工作面之廢棄物，以推土機沿著斜面由下往斗上推壓，此方式易於控制廢棄物層及覆土的厚度，廢棄物滾壓較確實，覆土亦確實，是正確的操作方式。
- 每日廢棄物鋪平、壓實後，須實施覆土作業，並於掩埋完成後，配合最終土地利用，實施最終覆土。覆土經壓實後，應保持1%以上之坡度，以利排水及減少沖蝕。



三、覆土作業

- 覆土為衛生掩埋作業之基本要項，應依作業進度選擇適當的覆土材料，遵照一定之施工方法實施各種型式之覆土。
- 覆土型式及作業要點歸納如下表，而覆土材料之選擇除符合覆土目的外，尚須考慮所需覆土之來源以及取土方式之經濟性。
- 理想覆土之性質：(1)透水性低但透氣性佳；(2)易壓實且不易龜裂；(3)可提供微生物、水分，促進有機物分解；(4)材質均勻、承載力佳，可做通路；(5)含天然養分以利種植（最終覆土）。
- 單一組成之土壤往往無法達到上列之理想，宜依其目的做適當選擇。

覆土型式、覆土材料與作業要點

型式項目	即 日 覆 土	中 間 覆 土	最 終 覆 土
覆土目的	<ul style="list-style-type: none"> 防止垃圾飛散 抑制臭氣發散 防止病媒孳生 減少雨水入滲 預防火災發生 	<ul style="list-style-type: none"> 防止廢氣外洩 預防火災發生 提供車輛通路 	<ul style="list-style-type: none"> 配合廠址利用 減少雨水入滲
覆土時機	<ul style="list-style-type: none"> 壓實後垃圾層厚度已達3公尺 每日掩埋作業完畢之後 	<ul style="list-style-type: none"> 掩埋作業已達相當進度而開始產氣時 暫時轉移工作面時 	<ul style="list-style-type: none"> 垃圾掩埋作業完成後
覆土厚度	<ul style="list-style-type: none"> 壓實後15公分以上 	<ul style="list-style-type: none"> 壓實後50公分以上 	<ul style="list-style-type: none"> 壓實後50公分以上
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 須即日為之 	<ul style="list-style-type: none"> 曝露時間可能長達半年至一年，須定期檢查，表面龜裂或低陷之處須隨時修補 	<ul style="list-style-type: none"> 須依最終土地利用計畫、氣象條件等決定所需厚度
覆土材料	<ul style="list-style-type: none"> 以掩埋地內所挖掘出之砂土，或近距離可取得之砂土等為原則 	<ul style="list-style-type: none"> 採用具有良好壓縮性，且透水係數較小之黏土或砂質黏土等。如兼做車輛道路之路基須採用具有5公噸/平方公尺以上承载力之混有砂礫之砂土 	<ul style="list-style-type: none"> 原則上同中間覆土，但須配合最終土地利用目的，覆土前並應先實施土壤之壓密實驗，求出最適粒徑、最佳含水量等物理性質，作為最適土壤調配之依據
坡度	<ul style="list-style-type: none"> 平坦面坡度>1%斜面坡度15-25% 		<ul style="list-style-type: none"> 平坦面坡度>1%斜面坡度<30%



各種土壤作為衛生掩埋覆土之適用性

項目	礫石	帶粘土及泥土之礫石	砂	帶粘土及泥土之砂	泥土	粘土
防止鼠類掘洞	G ⁽¹⁾	P-G	G	P	P	P
防止蠅鑽進鑽出	P	F	P	G	G	E ⁽²⁾
進入掩埋層之水分最少	P	F-G	P	G-E	G-E	E ⁽²⁾
掩埋層之廢氣自覆土逸出最少	P	F-G	P	G-E	G-E	E ⁽²⁾
外觀及飛散控制	E	E	E	E	E	E
掩埋後種植草木	P	G	P-F	E	G-E	F-G
排氣作用好	E	P	G	P	P	P

註(1)：E：優 G：良 F：可 P：不良

註(2)：除非覆土面產生龜裂現象



掩埋作業管理要點

1. 依掩埋規模、建立健全的經營體系；編制適任人力，並選用適當機械，以改善施工品質，並提高工作效率。
2. 確實管制掩埋對象（廢棄物），建立廢棄物量、種類、來源等基本資料，作為控制掩埋處理量或作為收費之依據。對於有毒或有害於人體或機械的廢棄物，須先做分離前處理，且依設計規定進行適當處理。
3. 管制進出車輛及人員，嚴禁資源回收業者於工作面上撿拾廢棄物。但基於資源回收及廢棄物減量，可於不妨礙作業效率、安全之條件下，在工作面以外進行。
4. 掩埋作業工作面以30-50公尺之寬度為宜，掩埋場內車輛之進出，應事先擬妥交通路線。進掩埋場可傾卸於工作面底部或頂部，再以推土機等作業機械將其推向工作面。傾卸廢棄物之車輛不可經由工作面駛出，亦不可將廢棄物運入掩埋作業地點。



掩埋作業管理要點

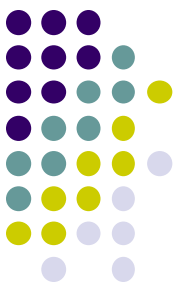
5. 需將掩埋廢棄物盡量壓縮，以延長掩埋地壽命，並使掩埋後之沉陷減至最低限度。
6. 為使廢棄物盡量壓縮成高密度，必須使用推壓機械來回輾壓3-5次。
7. 廢棄物層之厚度應在40-80公分之間，壓實後每層厚度得超過60公分。最終以3公尺為原則。
8. 盡量將一般廢棄物、大型廢棄物、焚化殘渣等加以分別掩埋。若有必要先破碎再掩埋。
9. 必須實施當日覆土，不得露天燃燒廢棄物，並防失火。
10. 對於焚化殘渣、易飛散之廢棄物，可先灑水或土砂混合掩埋。
11. 雨量較少地區，晴天時可將收集之滲出水噴灑於掩埋層上，讓其蒸發以減少滲出水量，並促進廢棄物之早期穩定。
12. 應確實管制塵埃、臭氣、病媒、滲出水，維護與美化場地，保育環境。



病媒、昆蟲及鼠類等防制設施

◆ 防制方法：

1. 施行覆土：覆土隔絕食物源、內層高溫滅絕蟲卵
2. 使用殺蟲劑：必要時

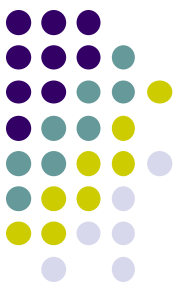


防火設施

- 火災主要原因：甲烷氣體，容許濃度5-15%
- 防火設施：滅火器、消防池/栓、加壓消防配備、灑水車運水滅火、以現場機具之覆土滅火

噪音及振動防制設施

- 來源：廢棄物清運車輛、作業機具、污水處理廠設施
- 防制方式：改善車輛及機具狀況、改善道路設施、交通管理、設置遮音體
- 遮音體：利用自然地形、設置土堤遮音（4-5公尺）遮音、設置景園隔音



二、環境監測系統

- 一般監測分析系統為地下水、垃圾滲出水、空氣品質等項目。
- 監測自設施開始興建到封閉後5年內經常取樣分析。
 1. 地下水：監測井至少要兩口以上，上下游各一，要加蓋井圈。
 2. 垃圾滲出水：自滲出水收集或自垃圾層中之適當深度採取樣品予以分析水質。
 3. 地下水及垃圾滲出水採樣監測每季至少1次為原則；分析項目有8個；異常現象7天內通知主管機關。



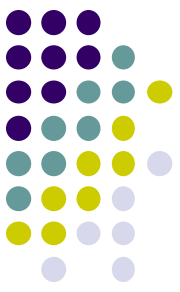
空氣品質監測

1. 附近地形地物人文調查。
2. 附近交通及工廠污染源調查。
3. 監測站之採樣：至少每個月做1次；採樣離地面1.0~1.5公尺；分析項目有7個；異常現象7天內通知主管機關；資料保留至少3年。



空氣監測

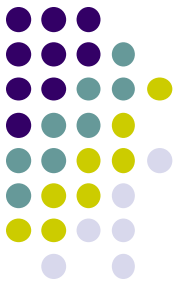
- 應設監測站
- 位置：上風處、下風處及附近敏感地點
- 數目、位置必須足以掌握掩埋場產生之空氣污染物



掩埋封閉復育及土地再利用

掩埋場地復育再利用，一般之要求條件如下：

- 地盤沉陷量小且能在短時間內達到穩定性。
- 地盤盡可能有較大之承載力。
- 在坡面不可發生崩坍滑落現象。
- 不可發生可燃性氣體及惡臭散發。
- 不可對基礎構造物之耐用性有不良影響。
- 須為適合植生之土壤。



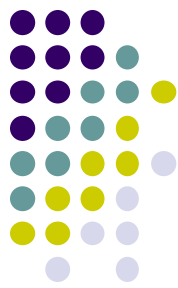
掩埋場再利用前應注意事項

- 掩埋場土地之特性
- 密度
- 沉陷
- 承載能力
- 氣體
- 腐蝕



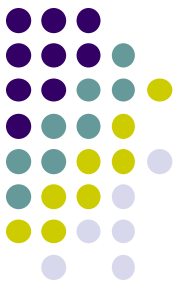
舊掩埋場挖除活化再生

- 環境部配合「資源循環利用法（草案）」最新修訂內容，考量廢棄物處理以能源、資源回收或生質能再利用為優先，及掩埋場活化等前瞻性做法。

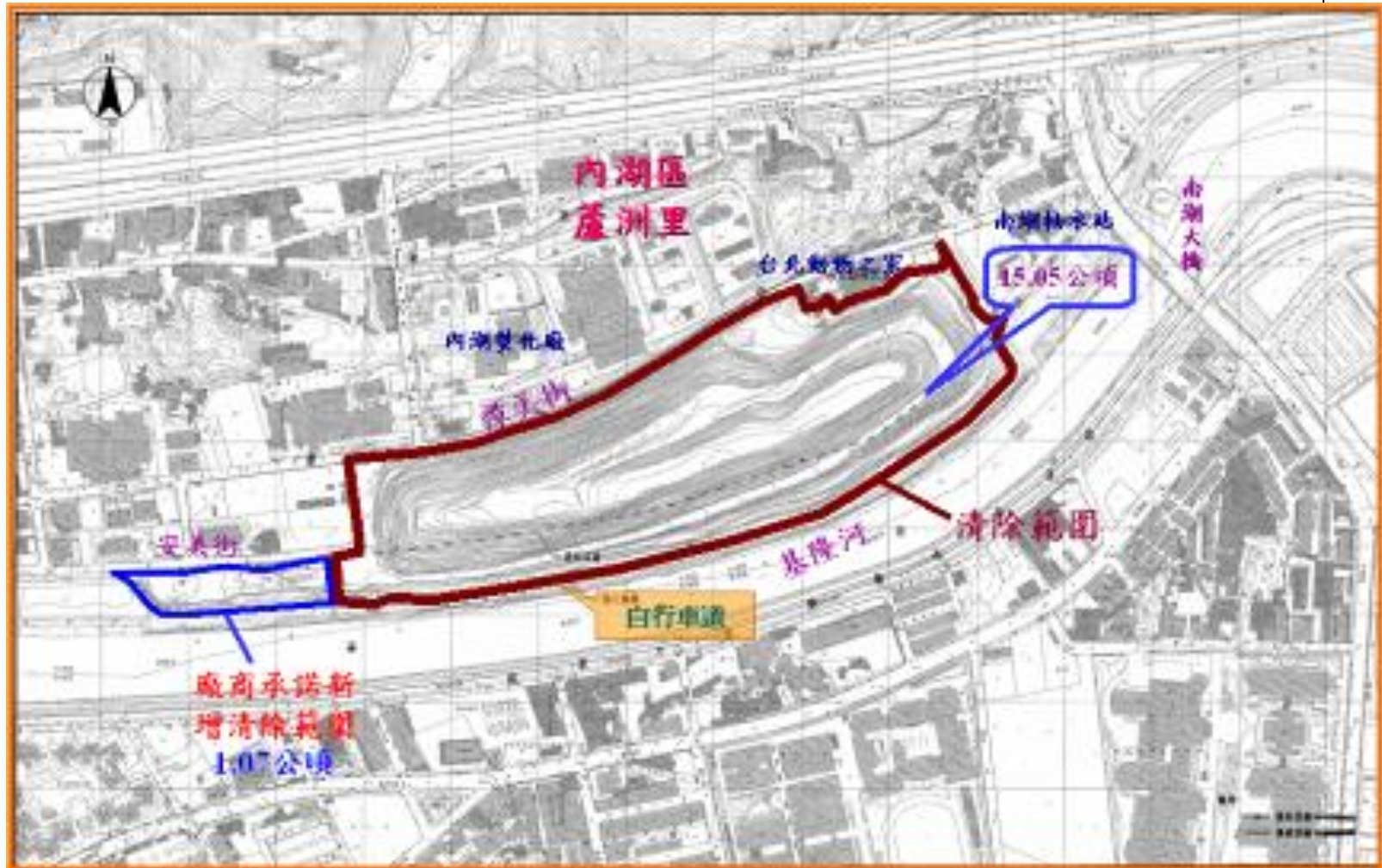


再生案例-臺北市內湖垃圾山

- 臺北市過去垃圾多採堆置處理，商借內湖區蘆洲里基隆河北側窪地，堆置處理臺北市一般家戶垃圾，至民國74年12月底封閉。
- 該處形成高程約55公尺之小山，環保局評估後，計畫清除量體約222.8萬立方公尺，其中行水區部分全部清除，非行水區保留90萬立方公尺作為景觀假山、景觀緩坡、堤防用途。
- 內湖垃圾山清除活化工程：採用篩選分類方式，將垃圾層分類為「可燃垃圾」、「土石方」、「資源回收物」及「其他廢棄物」分別處理，清除工程總預算13.8億元。

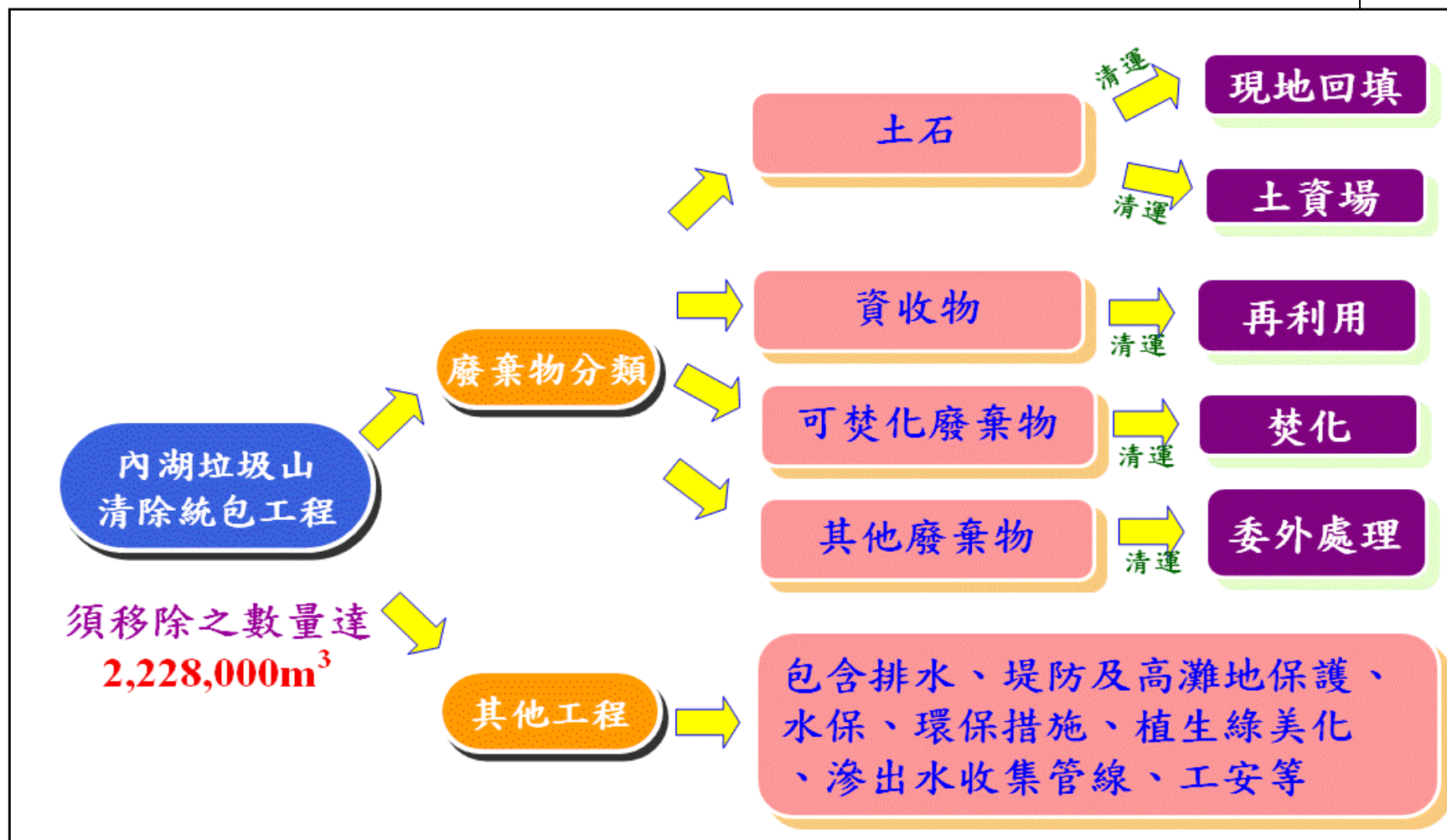


內湖垃圾山清除前之範圍及高程圖

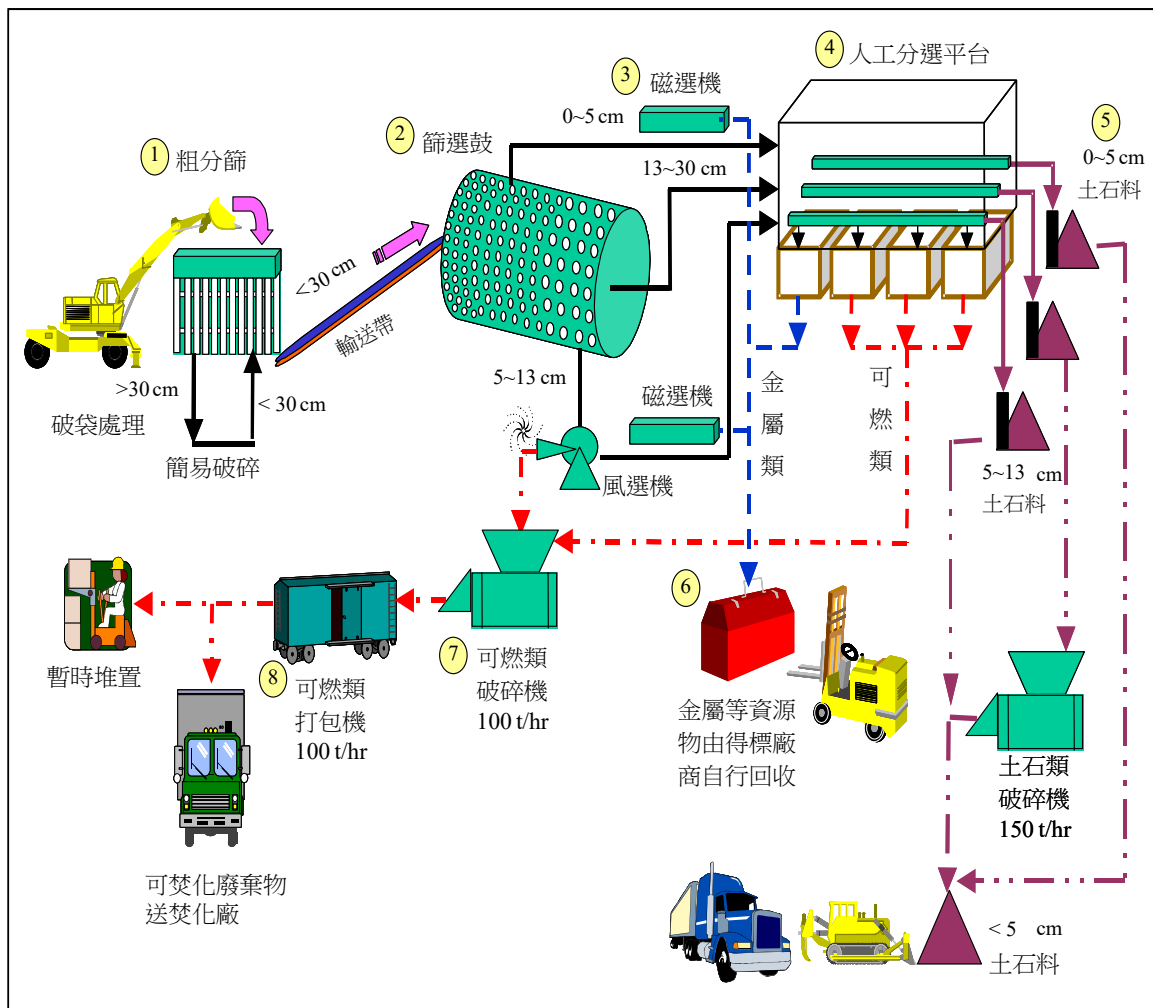




內湖垃圾山清除工程執行計畫內容



清除工程篩分流程





復育案例

臺北市山豬窟垃圾衛生掩埋場復育工程

- 民國82年5月臺北市闢建山豬窟垃圾衛生掩埋場以銜接福德坑垃圾掩埋場之處理工作，場區面積65公頃，掩埋面積30公頃，容量617萬立方公尺。
- 為配合「臺北市2010零掩埋全回收政策」，其中完成掩埋之21公頃先進行復育綠美化工程，剩餘9公頃掩埋面積則轉型為廢棄物暫置場。
- 先前購置各類機具如磁選機、破碎機、粉碎機、篩分機等，平時進行樹枝、巨大垃圾破碎、粉碎及彈簧床墊拆解、溝泥溝土篩分等回收再利用作業，遇有天災則進行災害廢棄物分類物回收再利用作業。



山水綠生態公園—南港山豬窟



(攝影/周孫有)



遊客活動中心

兼具環境教育與賞景功能



(攝影/周孫有)