

# 環境保護

## 都市垃圾焚化處理計畫之規劃程序

施增惠 \*

### 摘要

「都市垃圾處理」為行政院十四項重大建設之一[1]。台灣地區快速的工業發展和過度集中的都市人口，其產業活動及一般生活所造成之垃圾，在質與量的方面已產生了相當嚴重的問題。垃圾不妥善處理對市容的整潔、居民的健康及二次公害之產生有著極大的負面影響。垃圾之處理在缺乏足夠及適當掩埋場所的本省，焚化應為垃圾減量化、安定化、衛生化及資源化之最可行方案。本文試說明都市垃圾焚化處理之規劃程序，基本上著眼於計畫總處理量、計畫目標年及計畫處理區域等之分析。在以上考慮皆完備之後即介紹如何預測、調整垃圾收集、運輸路線、如何進行焚化處理廠之流程、設備設計及廠址之選定，並說明如何規劃焚化殘渣之處置以避免發生二次公害。全文嘗試提供環境衛生工程師於規劃垃圾焚化處理計畫時之參考。

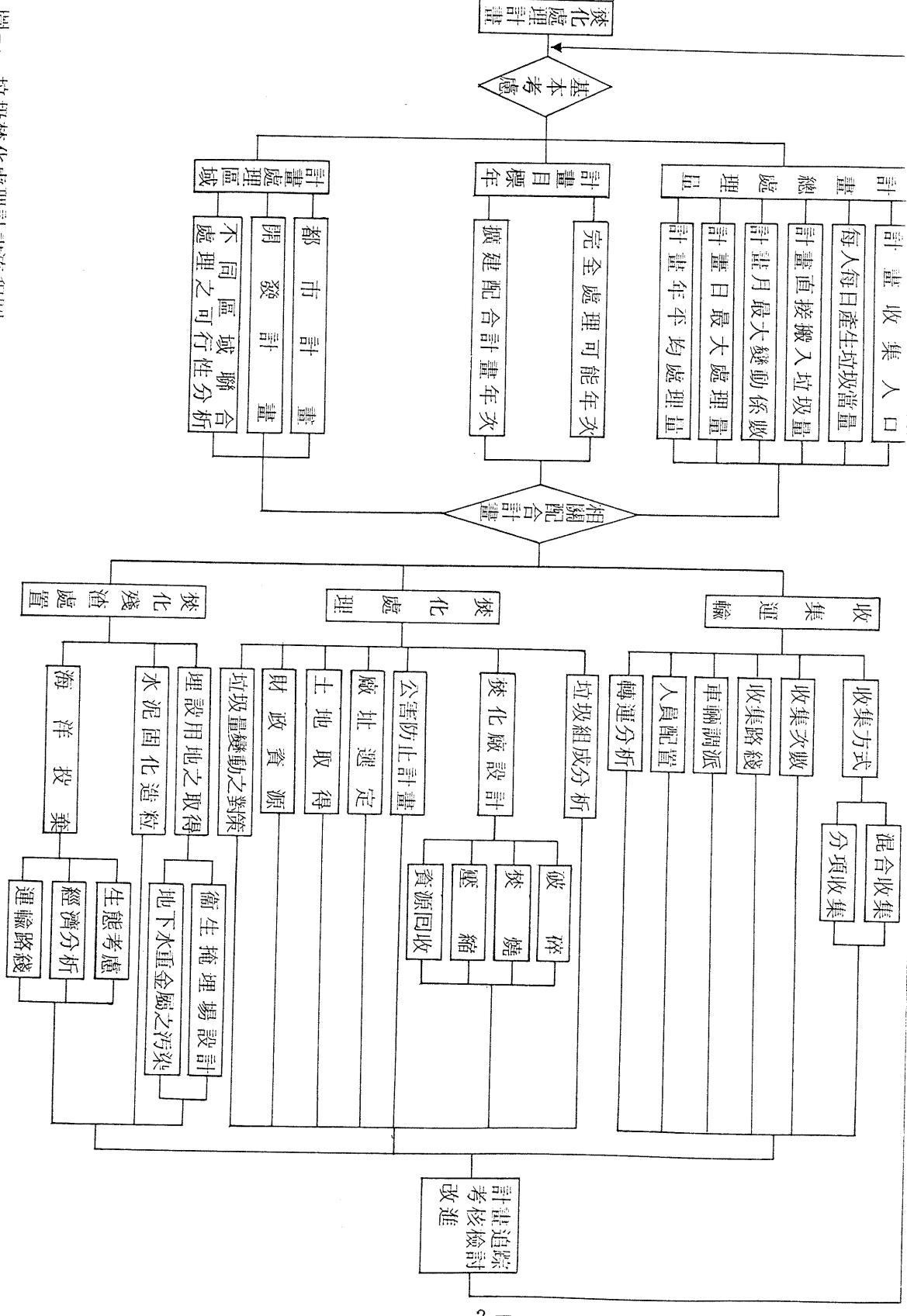
### 一、前言

都市垃圾乃我國「廢棄物清理法」所闡明之一般廢棄物，它和事業單位在生產過程所產生之灰渣、污泥、廢油、酸、鹼等之廢棄物有所不同。一般而言，都市垃圾之量較為龐大，性質較多樣化，其焚化處理所需要考慮的地方甚多，從垃圾之收集、焚化、到灰燼之處置，均需全盤考慮。規劃之前尚需對計畫區域中之人口動態、地區性質、垃圾組成及排出總量等做一詳細長期性之調查。針對各項因素之分析結果，依照土地取得、財政支援、技術能力、都市計劃等諸多條件之配合，選擇最合理最經濟之處理設施規模及處理順序。其規劃程序及所需考量之各項因子關係可如圖一之垃圾焚化處理計畫流程圖說明。

### 二、基本考慮

---

\* 美國 Rust 顧問工程司環境工程師



圖一 垃圾焚化處理計畫流程圖

## (一)計畫總處理量

計畫總處理量為決定計畫目標年時，焚化處理設施所需之規模與數量的必要數值。其處理量之推估應參考至少五年以上之「計畫處理區域」的垃圾產量紀錄與人口紀錄等資料〔2, p. 23〕（見圖二與表一）。計算計畫總處理量時，首先要計算計畫收集人口，此須根據過去之收集人口動態，利用算術迴歸（或平均成長率）、定額成長百分率、遞減成長率、圓形延長法與同類型或較大都市比較、比例法或對數曲線法等方法預測目標年之計畫收集人口〔3〕。但應特別注意考慮計畫收集區域之都市計畫發展、住宅、商店、中小工業區之位置範圍等，以期精確判斷計畫垃圾收集人口。

表一 某都市垃圾收集處理紀錄

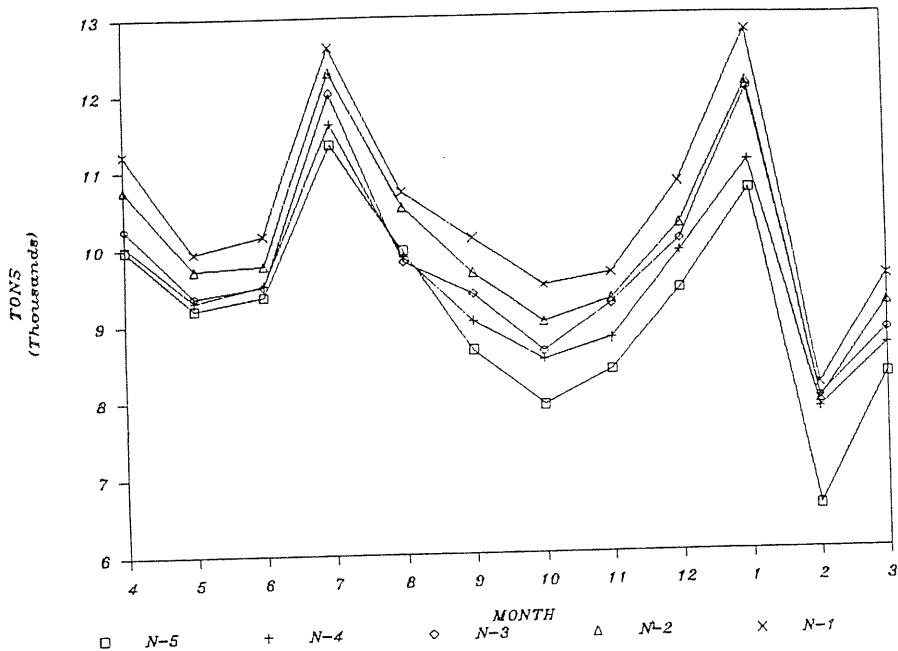
月別	N - 5 年	N - 4 年	N - 3 年	N - 2 年	N - 1 年
	T/M T/D C.C.				
4	9,976 333 1.11	10,040 335 1.07	10,255 342 1.07	10,769 359 1.09	11,218 374 1.09
5	9,193 297 0.99	9,298 300 0.96	9,350 302 0.94	9,703 313 0.95	9,931 320 0.94
6	9,350 312 1.04	9,500 317 1.01	9,480 316 0.99	9,751 325 0.98	10,145 338 0.99
7	11,331 366 1.22	11,600 374 1.20	12,005 387 1.21	12,276 396 1.20	12,610 407 1.19
8	9,936 321 1.07	9,856 318 1.02	9,788 316 0.99	10,509 339 1.03	10,705 345 1.01
9	8,640 288 0.96	9,020 301 0.96	9,363 312 0.98	9,635 321 0.97	10,093 336 0.98
10	7,905 255 0.85	8,504 274 0.88	8,608 278 0.87	8,994 290 0.88	9,460 305 0.89
11	8,356 279 0.93	8,765 292 0.94	9,214 307 0.96	9,277 306 0.94	9,609 320 0.94
12	9,393 303 1.01	9,876 319 1.02	10,032 324 1.01	10,239 330 1.00	10,780 348 1.02
1	10,680 345 1.15	11,050 356 1.14	12,005 387 1.21	12,093 390 1.18	12,775 412 1.20
2	6,552 234 0.78	7,804 279 0.89	7,954 284 0.89	7,924 283 0.86	8,125 290 0.85
3	8,262 267 0.89	8,650 279 0.89	8,843 285 0.89	9,207 297 0.90	9,548 308 0.90
SUM	109,574 300 1.00	113,963 312 1.00	116,897 320 1.00	120,377 329 1.00	124,999 342 1.00

註：N 為現有最新垃圾收集處理紀錄之年度。

T / M：每月處理噸數。

T / D：每日處理噸數。

C.C.：變動係數。



圖二 某都市過去5年垃圾收集處理變動情形

其次為推算目標年時之計畫垃圾產生當量。其推估方式可依據計畫處理區域過去五年以上之垃圾產量，可參考人口推估之方式據以推估。各年之垃圾產生當量計算方法如公式(1)：

$$\text{垃圾產生當量} = \text{年度總收集量} \div 365 \div \text{該年度之收集人口} \quad (1)$$

生產事業所併隨產生之廢棄物依一般規定是不許進入都市垃圾處理焚化爐。但在產生之垃圾與都市垃圾相接近，不致妨礙焚化廠操作或超出焚化廠處理能力時，或許可以允許該類垃圾進入加以處理。此時需針對其垃圾之化學性質、搬入日數、搬入量、搬入可能形狀等事先予以調查，據此而決定計畫直接搬入垃圾量。

計畫月變動係數也會影響焚化處理廠之規模及爐數之決定，月變動係數之上下限差距小者顯示該地區之垃圾產量很平均，一般而言在較大之都會區發生的可能性較大。其計算方法如公式(2)或公式(3)：

$$\text{計畫月變動係數} = (\text{某月處理量} \div \text{全年總處理量}) \times 12 \quad (2)$$

$$\text{計畫月變動係數} = (\text{某月平均日處理量} \div \text{全年平均日處理量}) \quad (3)$$

$$\text{計畫月變動係數分佈} = \text{過去} X \text{年第} Y \text{順位月之變動係數和} \div X \text{年數} \quad (4)$$

根據表一之垃圾收集處理資料，可計算得到計畫月變動係數分佈如表二。

表二 計畫月變動係數分佈表

順位別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月變動係數	1.20	1.17	1.09	1.03	1.01	1.00	0.98	0.95	0.94	0.89	0.88	0.85

註：順位係以係數之大小排列

$$\text{如第1順位} = (1.22 + 1.20 + 1.21 + 1.20 + 1.20) / 5 = 1.20$$

計畫年時之垃圾產生量，由於不燃物如砂石之直接運往掩埋場掩埋以及紙類、塑膠質、金屬類之回收，實際焚化量可能減少。但由於計畫收集人口與計畫垃圾性質因素之互相影響及變動對計畫年之垃圾產生量之影響較大，計畫年之平均垃圾處理量之推估方法如公式(5)：

$$\text{年平均處理量} = (\text{計畫垃圾產生當量} \times \text{計畫收集人口}) + \text{計畫直接搬入量} \quad (5)$$

由過去歷年間之日最大垃圾產生量與年平均處理量可推估計畫目標年之日最大垃圾處理量。計畫目標年之計畫日最大垃圾焚化處理量之推算方法如計算公式(6)：

$$\text{計畫日最大處理量} = (\text{目標年每人每日垃圾產量} \times \text{計畫收集人口} + \text{計畫直接搬入垃圾量}) \times \text{計畫月最大變動係數} \quad (6)$$

該量對收集搬運計畫之收集時間、車輛數、收集人員、垃圾貯坑、投入口規模等數值之檢討與推計非常必要。該處理量如超出焚化廠之能力範圍，則需考慮運送至其它區域處理或直接掩埋處置。焚化系統及垃圾貯坑大小、垃圾停留時間等之設計均需考慮計畫日最大處理量。然僅為考慮最大日處理量而建造不經濟之焚化系統會造成日後營運的負擔（擔負初期營建成本），但如果不予考慮計畫日最大處理量，屆時必須超額負載操作，對處理設備之壽命恐有影響。是故焚化處理廠在規劃之時除應針對日後垃圾量之變動而擬定各種可能之應變方案外，對計畫日最大可能垃圾產量應更加謹慎處理。

## (二) 計畫目標年

垃圾焚化處理之目標年，需能前瞻考慮未來七年一場可能發生之變化〔2,p.21〕。其變化因素如人口動態、垃圾產量預測、處理設備之耐用年數、投資報酬率、收集垃圾之組成等。人口動態及垃圾產量之預測於前節計畫總處理量部份討論的相當詳細，在此不做贅述。焚化處理設備之耐用年數應至少分為機械設備、電氣計裝設備、土木建築等三部份考慮〔4〕。機械設備包含垃圾傾卸投入設備、廢氣冷卻設備、廢氣處理設備、給排水設備、排水處理設備、廢熱利用設備、通風設備及輸灰設備等。電氣計裝設備係焚化廠內之電力供應系統設備及儀錶控制系統設備。土木建築部份則為廠房結構體本身，內部裝修及周遭環境美化及連接道路等。各項系統及設備如依照操作規範進行保養維修，應可延長其使用壽命。各項設備及其零

配件之保固年限不定，限於資料收集不完全的關係，各設備之最佳使用年限資料無法一一獲得。但一般而言，機械設備因腐蝕及磨耗的緣故，較電氣計裝設備及土木建築部份壽命為短，焚化廠主要設備之保固、使用年限在發包規範說明書提出前應多加詢問、訪價。主要損耗品部份之替換頻率也應於規範中詳細說明，做為日後保固責任的依據。

以處理垃圾公害之觀點而言，討論未來垃圾焚化處理之投資報酬率應是不適宜的。類似自來水公司之營運宗旨，垃圾焚化處理廠應不以獲利為目標。投資報酬率的計算理應考慮建廠費用、設備折舊、維修及操作等各項成本。一般而言，初期投資成本較高，但操作維修的成本亦非常昂貴（人事、電力、用水、化學藥劑及零配件之換新與保養等）。即使不反映建廠成本也應考慮反映操作成本及維護成本，在受益者付費的前提下（國內學者專家多有主張提高垃圾清運費用之說），由垃圾之產生到處理處置所需花費之處理成本，應有反映之必要。然以目前政府的政策，地方性的焚化處理經費多依賴地方自行籌措，由於社會大眾往往不願反映處理費用，若再加上維修預算遭到刪減，使得處理設備無法進行定期維修保養的工作，更加速設備折舊與損壞，反而造成更大的損失與不便。是故垃圾處理如不完全反映處理成本，至少應反映到社會大眾可接受之最大極限。政府財政之補助也應確保未來焚化處理廠之正常運轉。但如投資報酬率之負值過大，則應對計畫處理目標年加以考慮是否更改處理規模，或與擴建計畫配合以增大投資報酬率。

### (三) 計畫處理區域

都市計畫之規劃多將土地區分成商業區、住宅區、工業區、學校、機關用地等。依據不同之用地區分，其建蔽率之規定有所不同，由於建蔽率之不同而影響人口聚集數目的多寡與道路的興建。人口的數目影響垃圾收集人口的預測，用地的劃分則影響垃圾產生當量的預測。都市之發展應有長遠之計畫，由於垃圾焚化廠之興建到計算使用年之間間隔很長，引用錯誤的都市計畫資料或變動性很大的都市計畫資料將會造成日後垃圾收集路線、收集方式及收集數量的問題。垃圾焚化處理計畫應與都市計畫相配合，如在計畫處理區域內設置焚化處理廠，其預定保留地應予事先劃分以免日後土地徵收產生糾紛與困難。焚化處理廠之用地在徵收取得之前，須完成都市計畫擬訂、變更或修訂之法定程序。其程序依照都市計畫法第四十二條規定，在都市計畫地區範圍內，視實際狀況而設置焚化處理廠之公共設施用地，並依同法第四十七條規定，該處理廠應在不妨礙都市發展及鄰近居民之安全安寧與衛生之原則下，於邊緣適當地點設置之。由於以往各地都市計畫擬訂時，垃圾處理問題尚未白熱化，很少預留所需用地，因此對於目前及未來建廠用地之需求，最好能以都市計畫範圍內已劃設之保護區及農業區為變更對象較為可能〔5〕。

開發計畫多針對土地利用較不完善或都市發展尚未完全之地區而設計。該類計畫多屬較大規模者，其細部計畫大多與都市計畫相配合或為都市計畫之指導綱要。在規劃垃圾焚化處理計畫時也應考慮預定計畫處理區域可能遭遇到的開發計畫，此有助於處理未來收集區域垃圾之質量分析。除了大規模之開發計畫，亦有小型的開發計畫如工業區的開發、海埔新生地的開發。由於開發地區未來土地利用之功能性質往往與鄰近市鎮不同或有相當距離，其垃圾

是否單獨處理（一般採焚化方式，如新竹科學工業園區即是），或付費交附近社區共同處理等也需加入考慮其垃圾收集運輸處理及規劃設置焚化處理廠之必要性。都市計畫及開發計畫所保留或變更之焚化廠預定地可能不只一處，目前除台北市對未來焚化廠預定地已大致選定外，其它地區尚未完全確立其焚化廠之位置所在。未來對區位的選定也可運用數學的方法選擇最佳理論處理區位〔6〕。

垃圾焚化處理之計畫區域大小影響垃圾焚化處理量，因其牽涉到初設費用支出、維持管理費用、操作人員之訓練、處理效率之穩定程度，焚化廠用地及其運輸道路之鋪設等。由於各個行政區域的土地取得及財源開闢無法均一，有時必須聯合焚化處理垃圾。新店及永和兩市曾經於數年前聯合焚化處理垃圾。然往往由於處理費用之分配不均常會造成糾紛，例如兩個行政區域相連之市鎮，乙方為了甲方之廢水處理費用徵收過多而拒繳並對簿公堂的情形，在美國時有發生。聯合處理之經濟性是否較高？有值得深入探討的必要。如行政區域過大，集中處理垃圾往往不經濟，如台北市各區之垃圾不分遠近均需運往福德坑掩埋，在運輸過程所造成之臭味散播，運輸過程中油料（間接造成空氣污染）的浪費與交通之擁塞，以全台北市每日二千公噸之垃圾產量而計，垃圾清運超過每日一千多輛次。如能聯合鄰近行政區一併處理，對整體垃圾焚化處理規劃自有其優越性。即使無法聯合處理，灰燼掩埋如能借用鄰市之土地亦可節省費用。不同行政區域聯合焚化處理需考慮經營支出之分配與籌措。計畫區域之大小也影響垃圾收集運輸費用，垃圾處理費用之徵收與分攤須對垃圾收集、焚化處理，灰燼處分等費用作一經濟分析，以決定計畫收集之區域及處理費用徵收之多寡。由於國人本位主義觀念作祟，聯合處理往往無法成功，此時有賴上級機構之調解與疏導，或以行政命令方式或以經費補助方式解決聯合焚化處理垃圾的問題。

區域共同焚化處理垃圾，要在規劃策略上及主客觀條件上來加以分析〔7〕。在策略上須注意①確定目標及理想，強調區域之整體共同目標；②區域內各社區或鄉鎮都市之發展須求平衡，利益要共享；③規劃工作之推動宜由高階層機構辦理，使行政體系各機構間上下以及橫向之溝通協調較方便，減少本位主義及地方派系之阻擾。在主觀條件上則須滿足①地理空間分佈不能太大，太大則垃圾運輸成本增高，各地方之利害增多，不易達成共同觀點；②區域內之人民生活應有互依性，風俗習慣或宗教信仰均無太大之特異性；③政治環境以及社會派系無衝突性或複雜性；④區域內可用資源能充分調配運用；⑤區域內之需求目標應有其一致性。

### 三、相關配合計畫

#### 一、垃圾收集運輸計畫

垃圾之收集直接關係著都市居民的生活。收集計畫之良好與否往往影響人民對政府施政效率之評價，政府除了要對收集區域進行適當之路線規劃、車輛調配、人員分派、收集之頻率等配合都市質與量之變動進行調整外，居民也須配合收集計畫以提高垃圾收集之效率，增進焚化處理之機能。

垃圾收集之方式依其特徵分為混合收集及分項收集兩種。混合收集方式最為簡單且為一般都市所採用，然因垃圾檢選機械設備之初期投資費用高，焚燒熱能再利用之效率低，金屬玻璃等資源回收較困難，對高度發展之都市較為不利。分類收集方式係依垃圾之性質將其分為可燃物與不燃物分別予以收集，收集方式需要居民極力配合，同時在教育宣傳方面需要特別加強。

分類收集之方式很多，有三類式亦有六類式。三類式為：

1. 廚餘類：經磨碎機（鐵胃）處理後排入下水道，或提供養豬戶收集，或利用高速堆肥法處理。
2. 可燃物：送往焚化廠焚燒後殘渣運往掩埋場掩埋或造粒固化做為道路構築材料。
3. 金屬、瓶罐等不燃物：採用單獨收集以回收可循環資源，無經濟效益之不燃物，則採掩埋方式處理之。

六類式之垃圾收集方式依照實際之垃圾性質可有下列之組合方式〔8〕：

1. 混合+巨大：不區分可燃與否，但將大型垃圾分開以利集運處理，用於全量掩埋或全量焚化之地區。（2分類）
2. 可燃+不可燃巨大：配合焚化處理之分類，塑膠類或歸屬可燃（減少掩埋垃圾量）或歸屬不可燃（減低廢氣處理成本）。（2分類）
3. 可燃+不可燃+巨大：為1與2組合之分類。（3分類）
4. 3分類+資源：考慮資源回收之分類，諸如報紙、雜誌、金屬、玻璃等，（4分類）
5. 4分類+有害：為維護環境並提高有效利用層次，將含有重金屬、P C B等有害物質之垃圾另外分類。（5分類）
6. 5分類+不適燃：將可燃物中之塑膠、橡膠、皮革等不適燃物另外分類。（6分類）

其它之分類方式可參考APWA, IIA等之文獻〔9、10〕

要作好分類收集垃圾應有宣導作業計畫。其方法可利用海報宣傳，中小學生之教育，報紙、電台的消息發佈，垃圾車的隨車廣播等均可加強居民配合的意願〔11,p3〕。文獻報告顯示，定線、定點（收集地點需作標示或使用垃圾子車）、定時之垃圾收集方式效果較佳〔11,p10〕。在垃圾運輸方面，垃圾運輸的成本所佔的比例相當高，垃圾運輸路線必需詳細規劃。由於運輸車輛、運送垃圾量及焚化處理地點之不同，垃圾運輸路線也不是一成不變的。垃圾收集運輸路線的決定，可借助作業研究(O.R.)及電腦模擬的方法〔12〕求得最大收集區域、最短時間、最近路線及避免重覆既經道路之最佳化(Optimum)路線。長距離之垃圾運輸，宜考慮設置轉運站(Transfer station)。垃圾轉運站之設置需考慮噪音、臭氣、垃圾飛揚等公害防止。其設置的方法及注意事項可參考John Skitt之著作〔13〕及其他文獻。其轉運方法多以承載體積大之運輸工具為之，道路交通情況需深加考慮。諸如道路荷重、寬窄、路面狀態、車輛密度、尖峰時間等均需考慮〔14〕。垃圾轉運站之設立主要著眼於經濟方面的分析。由於都市地區轉運站土地非常難求，設置轉運站首要解決轉運站之土地獲得。其運輸成本可參考文獻進行其經濟分析〔15〕。

## (二)焚化處理計畫

焚化處理計畫之策訂需要考量計畫目標年時所需處理之垃圾量、組成之推估、計畫月變動係數分布狀況、焚化設施之規模數量等，此部分在基本考慮部份即已討論過。此外需根據過去垃圾之成份，推算出計畫目標年之垃圾組成，從而得知欲處理垃圾之可燃物、不燃物之比例及其低位發熱量等資料以供焚化爐設計之參考。

計劃目標年之垃圾性質應分析過去歷年不同季節之垃圾組成而推估其低質、基準質與高質垃圾。其採樣與分析方法應參考環保署之「垃圾採樣分析手冊」〔16〕或「高雄市垃圾品質調查分析報告」〔17〕為之。

垃圾性質之分析可分為物理與化學性質二大類。物理組成之不燃份將為垃圾焚化之灰渣的主要成分，其可燃部份係為垃圾焚燒所產生熱量之主要來源。化學組成中之水分影響了垃圾的低位發熱量。如垃圾之低位發熱量低於  $700 \text{ kcal/kg}$  時，必須補助燃料以利燃燒。此時垃圾如不做預先處理或變更處理方式（如堆肥、混合高發熱值垃圾），將會增加未來焚化廠之補助燃料的使用量，焚化處理之經濟性將有待商榷。垃圾低位發熱量如變動太大，焚化設施之設計較困難，也較不經濟。是故垃圾之收集方式，垃圾質之調整須詳加檢討。

一旦計畫處理之垃圾量、垃圾性質均已決定後，即可著手於焚化爐數、爐規模（每日之處理量）、爐床型式等之選定。垃圾焚化廠之設計，依據規模及經費之限制而有不同之處理流程。一般包括破碎分類、焚化、壓縮等。其中焚化單元最為重要。焚化處理方式在規劃階段。一般包括破碎分類、焚化、壓縮等。其中焚化單元最為重要。焚化處理方式在規劃階段以分為連續燃燒式，准連續燃燒式及分批燃燒式三種較為恰當，燃燒方式的採用與垃圾處理量、發熱量等有關，此可參考文獻之說明〔2. pp. 118-120, 18〕。在規劃階段要決定的是燃燒方式及爐之規模和數量。其爐數之決定可參考下列之建議方式：

### ①連續燃燒式：

如以計畫平均處理量 400 噸 / 日計，計畫月最大變動係數為 1.2（請參考表二），則理論計畫處理量為 480 噸 / 日。如考慮爐體停爐維修、點檢等影響，且導致處理量之變動假設為 0.96，則：

率) = 367 (t/d) < 480 (t/d)。 (太大)

採用 2 爐， $367 (\text{t}/\text{d}) \times 2 = 734 (\text{t}/\text{d}) > 480 (\text{t}/\text{d})$ 。  
 $734 \times 0.89 \div 0.96 = 370 (\text{t}/\text{d})$ 。

考慮採用 3 爐，同理  $2H = 400 \times 0.89 \div 0.96 = 370$  (t)  
 (即：已知熱係數第 3 小值 = 0.89)

$$\therefore H = 185 \text{ (t/d)} \quad (\text{計畫月變動係數第3小值} = 0.89) \\ \text{計畫處理量} = 185(t/d) \times 3 = 555(t/d) > 480(t/d) \circ (\text{太大})$$

若廬採用 4 爐，同理  $3H = 400 \times 0.94 \div 0.96 = 392$  (t/d)

$$\text{計畫處理量} = 131(\text{t/d}) \times 4 = 524(\text{t/d}) > 480(\text{t/d})$$

考慮採用 5 爐，同理  $4 H = 400 \times 0.95 \div 0.96 = 396(t/d)$   
 $H = 99(t/d)$  (計畫月變動係數第 5 小值)  $= 0.95$ )

$$H = 99(t/d) \quad (\text{計畫月變動係數第 } 3 \text{ 小值})$$

$$\text{計畫處理量} = 99(\text{t/d}) \times 5 = 495(\text{t/d}) > 480(\text{t/d}) \quad (\text{O.K.})$$

採用 5 爐，每爐規模 99(t/d) 為最佳之組合。

②非連續燃燒式：

如以計畫年平均處理量 100 噸 / 日計，計畫月最大變動係數為 1.2，則理論計畫處理量為 120 噸 / 日。假設準連續燃燒式之變動率 = 0.85，分批燃燒式之變動率 = 0.83。不考慮計畫月變動係數較小值之影響，則準連續燃燒式之設計計畫處理量為  $120(t/d) \div 0.85 = 142(t/d)$  其爐數組合可為：

$71(t/d) \times 2$  爐， $48(t/d) \times 3$  爐， $36(t/d) \times 4$  爐， $29(t/d) \times 5$  爐。

分批燃燒式之設計計畫處理量為  $120(t/d) \div 0.83 = 145(t/d)$  其爐數組合可為：

$73(t/d) \times 2$  爐， $49(t/d) \times 3$  爐， $37(t/d) \times 4$  爐， $29(t/d) \times 5$  爐。

一般都市垃圾焚化爐床型式之選定可分為機械式及流動床式。機械式又可分為爐條型及爐床型。爐條型有反轉式、移動（移床）式、回轉式、搖動式、摺動式五種。爐床型主要是處理爐條型不能負載之污泥和粒徑過小之固體物。爐床型與爐條型之通風方式不同，爐床型規模較小，計有傾斜式、水平式、圓弧曲面等三種不可動爐床，及回轉式、多段式、及旋鑿式等可動爐床。流動床式本為化工廠所常使用之反應爐，其使用在垃圾焚化之歷史較機械式短些，實績也較少。由於該類爐床中多加入特殊選擇之砂磚、石灰或活性觸媒劑，對水份高之垃圾與污泥共同處理有其優點。該類爐床之焚化處理及熱能回收效率較機械式為高，但由於需要將大體積之垃圾事先破碎至粒徑 < 5 cm [19] 以下，加上砂磚媒體等在高速磨擦之下生成的粉塵，增加了集塵設備的負擔。除非有效實施垃圾分類收集，否則對現行台灣地區多樣性之垃圾使用該種爐床有加以研究的必要。但由於流動床式之焚化效率及熱能回收方面之特殊效率（許多燃煤火力發電廠使用流動床式），在規劃階段不宜限制之，只要在預算範圍內，應予該類廠商有一公平競爭之機會。在爐數、爐之規模及爐床種類範圍決定之後，接著要進行垃圾之熱量、物質平衡計算，以及各項設備之設計基準值、圖說規範之準備。據此，建築、結構、排水、整地、機械設備才可實行招標、發包、採購、按裝等手續 [20.21.22.]。疊經試車運轉、現場修正，改進驗收之後，垃圾即可正式進廠處理。

垃圾焚化所產生之廢水、廢氣，在廠區之內就要解決，垃圾貯坑之廢水由於生化需氧量很高，而且水量不多，在收集於污水貯槽中至一定體積後可使用污水泵噴入焚化爐內焚燒，一來解決廢水問題，二來可降低高溫之燃燒廢氣。廠內之生活污水及洗車廢水等如能聯合都市污水處理系統排放為最佳，否則應設簡易之污水處理系統以符合「工廠、礦場放流水排放標準」之要求。焚化之廢氣部份由於氯化氫之規定較嚴格，對於所欲處理之垃圾所產生之廢氣也應推估，再依照市面上各設備廠商之處理能力及規模而決定其處理方式。這部份爭議之處尚多，在規劃時，環境工程師應本職業美德 (Ethics) 提供業主各種可行方案（均應符合法規要求），並予以建議之。

焚化處理廠之用地取得及初期投資設備所需金額龐大，常非地方政府所能負擔，多以

專款或配合款補助（如日本模式及我國之中油超額盈餘專用等）。然每年度之營運，維護管理費用也應照標準編列。地方政府及民意機關應全力支持預算之編列與執行。焚化廠之用電量相當大（如安康垃圾焚化廠每日約需三十萬瓩一小時電力），電氣機械設備應經常維修，否則會降低原設備之設計功能及使用壽命，不可不慎。

焚化廠之設計處理量由於必要之維修、點檢而必須考慮實際處理能力之問題，即乘以一安全係數。如垃圾無法完全焚化處理，或尖峰時期負荷過重，則需考慮衛生掩埋或運送至其它垃圾焚化廠焚化。由於垃圾密度約僅水之 $1/3 \sim 2/5$ ，垃圾體積之龐大可以預見。垃圾量變動之緊急處理計畫一定要很周全，並應沙盤推演各種可能發生情形，否則一旦造成問題可能會達到不可收拾的地步。

### (三) 焚化殘渣處置

垃圾焚燒之灰燼中所含之有機物量多已達到10%以下，會產生臭味之硫化物大多已燃燒揮發，故該灰燼應頗為安定。然其飛灰（Fly Ash）及洗滌設備中所含之殘留濃度應加以分析。灰燼之掩埋場要防止地下水等受到污染，必須設置觀測井以明瞭水質的變化。灰燼之處理在美日曾有造粒做為路面鋪設之補充材料的例子[23]此時要做溶出試驗以檢定重金屬及毒性物質流失之情形。海洋投棄鑑於近年來沿海養殖業受到污染之情形，利用海洋稀釋的方法並非表示無污染之觀念也被今日科學家們所提出，海洋投棄恐會影響水中生態之平衡，應詳細評估後方可實施。灰燼之掩埋場地要與附近居民取得溝通，並注意衛生及安全措施。如無重金屬及有害化學物質時，應可考慮運送至一般垃圾衛生掩埋場掩埋處理。

## 四、結論與建議

都市垃圾焚化處理計畫之規劃，從最初之基本考慮到最後焚化殘渣之處置，其間所經過之調查、協調、溝通之處很多。事先之調查，長期資料紀錄之建立，對都市垃圾焚化處理之整體計畫有非常大之助益。相關之資料提供越詳細，越能使焚化處理設計之功能達到預計之目標。

垃圾焚化處理在國內的經驗，由於經費的不足，在建造維修及操作人員之待遇上無法合理，以致效果不彰，連帶的使民衆對垃圾處理產生恐懼感。為使民衆接受垃圾焚化處理廠之設立，在廠區周圍之美化、進廠道路舖面及廠區的外觀方面都要加以注意維護，更重要的是垃圾焚化處理廠之規劃、設計及設備製造人才應加速培養。由於垃圾焚化廠之建造費用龐大，技術如能於國內生根，對於帶動相關工業之活動及避免資金外流有很大助益。這方面除透過技術移轉方式獲得他人之技術經驗之外，應多辦理研討會及觀摩活動以交換資訊，鼓勵廠商加入研究發展的工作。目前垃圾焚化處理廠之進度已經落後，政府除應加快進行垃圾焚化處理廠之建造外（仍需嚴格控制工程品質），對未來即將興建之處理廠也應提早規劃設計，以提昇我國人民之生活品質。

## 五、參考文獻

1. “都市垃圾處理計畫”，行政院衛生署，中華民國73年12月。
2. “廢棄物處理設施構造指針解說”，(日本)財團法人全國都市清掃會議，昭和59年4月1日
3. “Water Supply and Pollution Control”，4 th. ed. Viess man, Warren Jr. Z. and Hammer, Mark J., Harper & Row Publishers, New York, 1985 , p.42。
4. 狄鄉修，“焚化爐的選定方法及爐構造說明”，垃圾焚化處理技術研習會資料集，衛生署環保局編印，民國72年3月，p.11。
5. 柯鄉堂，“都市計畫垃圾處理場之土地使用規劃”，垃圾處理研討會論文集，行政院衛生署環境保護局，民國76年7月9～10日，pp.1-5。
6. 王鯤生，“線性規劃在最佳垃圾處理區位選定之應用”，第一屆廢棄物處理技術研討會，民國75年6月17日，p.61。
7. 陳章鵬，“區域性垃圾處理之規劃”，垃圾處理技術資料彙編(一)，行政院衛生署環境保護局，民國73年6月，pp.5-3。
8. 張祖恩，“都市垃圾之產生、減量、貯存、收集及運輸系統”，垃圾處理技術資料彙編(二)，行政院衛生署環境保護局，民國74年7月，p.7。
9. “Municipal Refuse Disposal”，American Public Works Association (APWA), 3rd ed, Interstate Printers and Publishers, INC.N.Y. 1970。
10. “Standards of Incinerator Institute of America”，Incinerator Institute of America (IIA)，1969。
11. 張祖恩等“垃圾分類收集及清運研究”，第一屆廢棄物處理技術研討會，民國75年6月17日。
12. Wang, Hsiao-Fan, “A Supply Model for Municipal Waste collection”，Transportation Planning Journal, Vol.12, No.4, Dec., 1983, pp.523-537。
13. “Waste Disposal Management and Practice”，Skitt, J. John Wiley & Sons, New York, 1979, pp.135 - 138。
14. 内藤幸穂及F.-ペ-ペル“ごみ處理技術事典，收集とコニポストシステムへのアプローチ”，日本評論社，東京，1976年，pp.88-91。
15. “高雄地區性垃圾綜合處理中長程計畫，規劃報告書附錄”中華顧問工程司，民國75年6月，pp. 附 4-1 ~ 4-32。
16. “垃圾採樣分析手冊”，行政院衛生署環境保護局，民國73年5月。
17. “高雄市垃圾品質調查分析報告”，高雄市政府環境保護局，民國75年5月，pp.11-20。

- 18.平山直道，“ごみ處理施設の構造と管理”，財團法人日本環境衛生センター，pp.37—38
- 19.大藤恒久，“廢棄物燒却爐—計畫と設計”，環境整備研究會，1982年2月10日，  
p.56。
- 20.“一般廢棄物處理施設建設工業に係る局發注仕様書標準様式”，日本厚生省衛生局水道  
環境整備課。固體廢物，No.23, 1977, pp.3-36。
- 21.林鴻祺“焚化爐之技術轉移”，垃圾處理技術資料彙編(二)，行政院衛生署環境保護局，民  
國74年7月，pp.12-14。
- 22.曾聰智，“掌握最佳的污染防治系統給工廠經理人員的幾點建議”，工業污染防治，第一  
期，民國71年元月，pp.26-33。
- 23.日本習志野市芝園清掃工場。