

第一章 緒論

1-1 研究動機

聯合國世界環境與發展委員會 (World Commission on Environment Development) 於 1987 年提出「永續發展」(Sustainable Development) 的理念與政策，強調地球發展與環境共生共存的重要性及必要性，而如何確保地球環境生態資源的永續發展，業已成為全球性國際環保工作之趨勢與重點。

建築生產與都市開發滿足了人類社會經濟發展對設施功能服務之需求，但由於缺乏整體生態環境平衡考量，其生命週期各階段往往對環境造成各項污染。例如在原料開採階段產生噪音、粉塵及造成河川生態與景觀破壞；在建材製造階段廢水、廢氣及廢棄物之排放；在施工建造階段產生噪音、振動、粉塵、廢棄土及模板等廢棄物；而在拆除階段產生噪音、振動、粉塵、及大量拆除廢棄物等，皆逐步蠶蝕著我們所居住的地球環境(黃榮堯 1996)。為了配合永續發展之世界環保趨勢，各國紛紛推動綠建築(Green Building) 相關之研究，而國內在內政部建築研究所的推動下，亦已擬定「綠建築與居住環境科技」計畫，積極進行建築污染防治、建築節約能源、建築資源利用及室內環境品質的研究發展工作，並已在過去幾年進行多項相關課題之研究；該計畫中程目標之一即建立一套如英國 BREEAM 及加拿大 BEPAC 之建築環境性能評估規範與系統，可針對不同建築設計與施工計畫進行其環境性能評估，並配合後續各項管制與獎懲措施及法令政策制定，加強綠建築輔導管理以減輕建築開發對環境造成之衝擊影響，達成建築開發與環境共生共存、確保地球永續發展之長遠目標。

1-2 研究目的

在「綠建築與居住環境評估指標之研究」主題下，本研究計畫與其他兩個針對建築節能以及室內環境評估指標之研究同時進行，將針對建築開發過程產生之污染進行綜合性指標研究，主要目的是：

建立建築生產污染評估指標及方法架構，能針對單一建築物之設計(構造型式構

法、使用年限、建材選用等)與其施工規劃(工法機具選用、污染防治措施等)進行環境污染評估，以建立規範與管制之依據，達到建築設計改善及建築污染減量控制之目標。

本研究所建立之污染評估指標稍後將與其他兩個研究所建立之建築節能及室內環境評估指標彙整後成為綠建築與居住環境評估指標。

1-3 研究方法與流程

建築生產開發過程中對環境造成多項污染，表一所示為建築工程各類作業可能產生之污染項目及其嚴重程度。表中顯示噪音、振動、空氣污染、廢棄物及水污染為建築物污染較常發生之項目。而一般社會大眾對工程進行之噪音、粉塵、及隨意傾倒之廢棄物，感受又最為強烈。因此，本年度之指標研究將以噪音、振動、逸散粉塵、廢棄物、以及水污染為主要之評估項目，利用文獻資料蒐集法、資料分析、專家座談、及 AHP 權重調查分析等方法蒐集及歸類國內外建築污染指標，並建立本土化之建築污染評估指標系統。

表 1-1 營建工程各類作業可能產生之污染項目

	噪音	振動	空氣污染	水污染	土壤污染	惡臭	地層下陷	廢棄物
基樁作業								
擋土作業								
開挖作業								
搬運作業								
臨時設備工程								
混凝土工程								
鋼骨工程								

：最常發生 ：常發生 ：可能發生 空白：較不會發生
資料來源：林耀煌，「建立營建公害管理制度之研究」，民國 80 年

本研究進行方法及步驟說明如下 (圖 1.1)：

1. 文獻蒐集整理

蒐集整理國內外建築污染及指標研究之相關文獻資料。

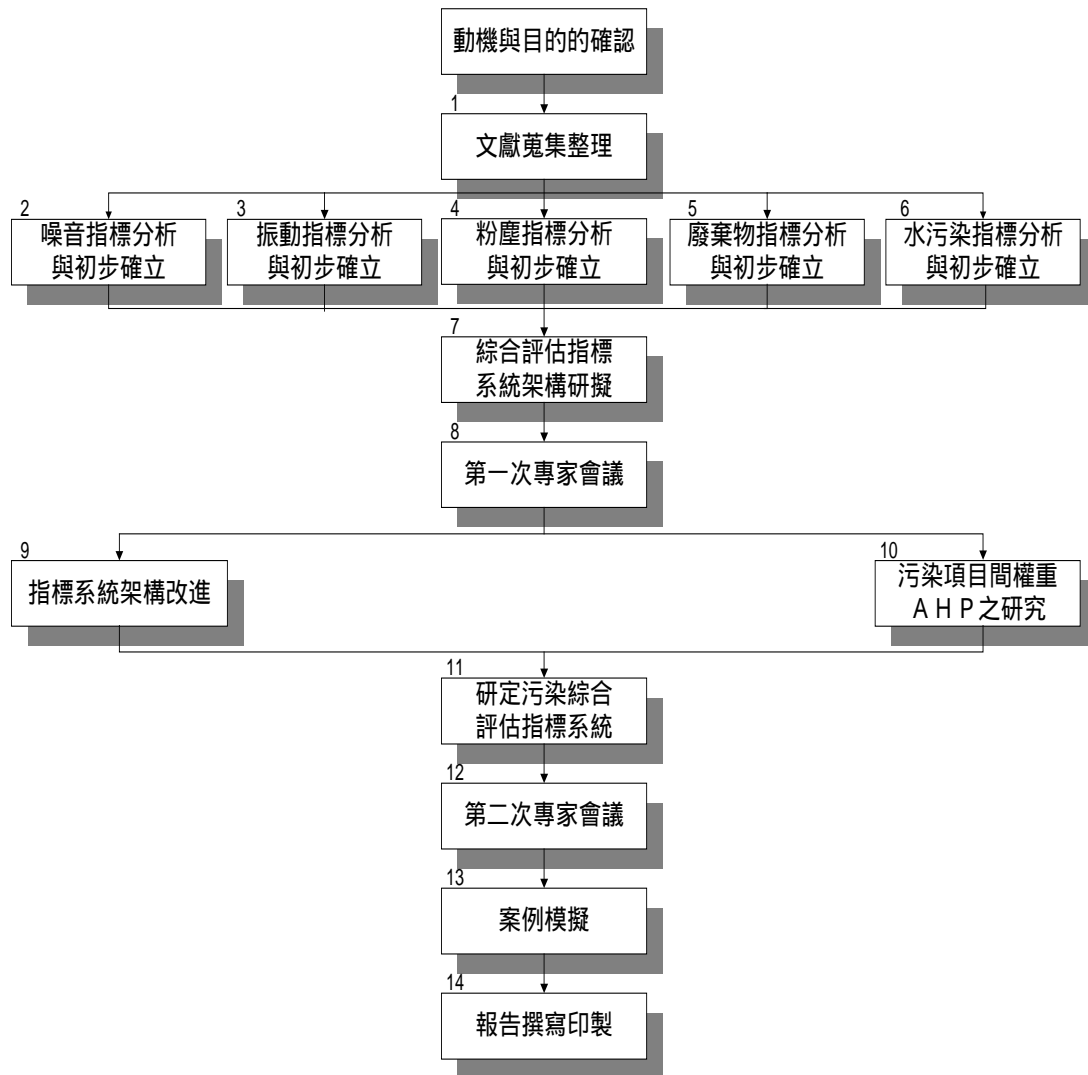


圖 1.1 研究方法及步驟

2.3.4.5.6. 噪音、振動、粉塵、廢棄物、水污染指標分析與初步確立

從文獻資料整理分析各類噪音、振動、粉塵、廢棄物、水污染之指標，評估其做為污染評估指標之適用性。

7. 綜合評估指標系統架構研擬

研擬建築生產污染綜合評估指標及方法架構。

8. 第一次專家會議

針對整體評估指標方法及各別污染指標邀請專家進行研討。

9. 指標系統架構改進

根據專家委員意見，修正改進所研擬之評估指標及方法。

10. 污染項目間權重之 AHP 研究

利用均化及 AHP(Analytical Hierarchy Process)方法，訂定綜合污染指標中各別指標項目間之權重關係。

11. 研定污染綜合評估指標系統

研定建築生產污染之綜合評估指標系統。

12. 第二次專家會議

針對指標系統及測試模擬結果，進行第二次專家研討，並最後修訂評估指標架構及方法。

13. 案例模擬

針對建築案例之設計與其施工計畫，進行綜合污染指標計算模擬演練，探討指標評估系統之正當性。

14. 報告撰寫印製

最後為報告撰寫，經審查後再行印刷製作報告。

第二章 文獻回顧

2-1 營建污染指標相關文獻回顧

- (1) 「環境振動測量與評估系統之建立」，行政院環保署，民國七十七年

振動的原因可分為自然及人為，自然因素主要來自大氣壓力的變化、海浪、風、河流、瀑布及地下震源等；而人為因素則包括附近車輛、機械的運轉；種種行為皆是在頻率 100HZ 以下之振動。該報告提及制定振動管制法規之必要性，且對振動研究項目進行資料蒐集，瞭解目前振動情況及人體對振動的忍受和影響程度；並參考國外相關法令，藉以建立標準化的測量程序以及振動影響的評估準則。

- (2) 「營建工程噪音陳情案件之統計與分析」，喻台生，行政院環保署，民國七十七年二月

營建工程噪音主要分為兩大類，一為營建機械運轉時所發出之引擎聲音，另一為操作時機械與物體碰撞、衝擊的聲音。而我國現行營建工程噪音管制標準，將機械分成四大類：(一)打樁機；(二)空氣壓縮機；(三)破碎機、鑽岩機(四)推土機、壓路機、挖土機、其他。國外在營建工程噪音管制標準以日本、美國、德國而言，則皆以機械類別訂定。該研究統計出居民之噪音陳情案件在營建工程施工現況中以裝修工程為最高，佔 34.53 %；開挖工程次之，佔 20.96 %；再以施工機械區分：電鑽機 24.7 % 最高（未訂立管制標準），其次為挖掘機 22.8 %（未訂定管制標準），打樁機佔 13.6 %（已訂定管制標準）；此項數據有助於本研究訂立噪音污染指標之管制標準。

- (3) 「營建工程公害防治與管理策略」，林耀煌，內政部建築研究所，民國七十八年六月

經濟繁榮帶動工程的需求及營建業的熱絡，由於環保意識的抬頭，營建工程公害的減低及管理制度的建立均面臨挑戰。該研究的重點是針對各階段常見之營建公害討論其防制對策與管理制度探討，報告中並指出為有效減少公害的發生，除了提昇營建技術水準與建立公害防制共識，施工前完善的規劃更是不

容忽視。

- (4) 「營建工程噪音及空氣污染防治規範之先期研究成果報告」，林耀煌，行政院環保署，民國七十八年六月

建築施工過程所引發的污染公害項目眾多，隨著施工階段、作業流程的進展而改變，且污染發生期間幾乎涵蓋整個工程施工期間，其中以噪音最常為民眾所詬病，振動公害與空氣污染次之。該研究報告中對營建公害特性與現行相關法規做一敘述；並對噪音、空氣污染提出綜合性之防制對策。文中並指出污染公害的減少，除了應提升營建技術水準，在施工的前期規劃、設計與施工中對於污染之減少與防制皆應有完善之對策。該研究亦制訂營建工程噪音及污染防治之實施要點，做為公害防治工作之依據與後續研究之參考。

- (5) 「建立營建公害管理制度之研究」，林耀煌，內政部建築研究所，民國八十年

該研究針對營建工程公害管制行政措施之現況與現行相關管理法令及措施進行探討，並建議在此方面儘速訂定環境保護基本法、振動管制法，與修訂噪音管制法使之趨於完備（明確管制範圍、量測地點、罰則等）。同時該研究針對營建工程施工中擾民最甚之噪音與振動，將目前國內常見之施工機具進行實地量測，且加以分析整理，以期建立噪音與振動之實測資料庫。最後該研究草擬「施工環境維護措施」以供建築技術規則施工篇修訂時增列之參考；此外並研擬「公害防治技術規範」以做為業主、設計者及營造業者執行公害防治工作之依據。

- (6) 「噪音原理及控制」，蘇德勝，臺隆書局，民國八十四年九月

在今日環保意識普遍覺醒的時代，噪音控制技術極為重要，政府行政部門及民間事業單位在加強噪音防治與如何維護環境品質之工作上亦日形重要。本書闡述噪音的特性，描述噪音目前危害情形、探討噪音對人類的影響、介紹有關的噪音指標，並描述噪音測定的方法及各種噪音控制的基本原理及方法等等，冀使噪音控制原理與實務配合。

- (7) 「營建工程逸散粉塵推估及其污染防治措施評估研究報告」，章裕民，行政院環保署，民國八十五年六月

台灣各地區空氣品質惡化之部分原因來自營建工程之開發與施工過程，其中影響最大者莫過於涉及土、石、砂等材料所造成的逸散粉塵。該研究利用粉體相關之原理，並配合國內外既有模式，針對國內之土木工程如建築（房屋）、道路（隧道）、橋樑、砂石運輸、管線開挖、區域開挖等項目進行逸散粉塵量與排放係數之推估，並評估不同之污染防治措施與效能。且根據該研究成果報告之數據統計，營建工程逸散粉塵排放量總計每年約 56.4 萬噸，其中以道路（隧道）工程之 26.2% 為最高，再者為建築（房屋）工程之 21.7%；該研究並針對各工程類別訂出評量基準（基地面積、工期等），推估出其逸散粉塵排放係數，此研究結果為環保署徵收空污費與減免（獎勵）付費之參考依據之一。

- (8) 「中華民國台灣地區環境資訊」，行政院環保署，民國八十五年

營建工程對空氣所造成之污染最主要為粒狀污染物，粒狀污染物包括了懸浮微粒與落塵量。根據行政院環保署訂定之空氣品質標準：總懸浮微粒(TSP)年平均為 $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 PM_{10} 年平均為 $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。本研究稍後在訂定粉塵污染指標時，將參考總懸浮微粒(TSP)之年平均值 $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 做為污染程度之評估基準。

- (9) 「環境污染及防治」，曾四恭、吳先琪、李慧梅，明文書局，民國八十六年

該書論述目前常發生的環境污染：空氣、噪音、廢棄物、水污染等。其中對於水質方面，陳述其目前受污染的嚴重性與一般之污水處理方式。對於判斷水質污染程度的指標，則分成物理性、化學性、生物性三方面介紹，最後並討論水污染之各項防治方法，以減輕其對環境所造成的衝擊影響。

- (10) 「建築構造方式對環境負荷與影響之研究」，黃榮堯，內政部建築研究所，民國八十六年六月

此研究參考國內外研究成果，運用生命週期評估（Life Cycle Assessment, LCA）的理念，針對 RC、SRC 以及鋼骨構造在建材原料開採、製造、建造施工、日常使用與拆除廢棄等各階段對環境所產生的負荷與影響進行評估研究。文中針對建築物在生命週期各階段資源耗用、二氧化碳及逸散粉塵排放等環境衝擊項目，整理相關研究之統計資料，並且概述建築污染減量以及改善之方式。

- (11) 「建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，黃榮堯，內政部建築研究所，民國八十七年六月

該研究針對建築開發生命週期中之拆除廢棄階段進行國內外污染現況與廢棄物減量對策之研究。在拆除廢棄物基本資料建立方面，該研究利用單位面積建材用量文獻資料，推估出各類構造方式之單位拆除樓地板面積廢棄物產生量。經統計分析後推估得我國每年建築拆除廢棄物產生量約為 11,622,443 噸/年，而每人每年建築拆除廢棄物發生量則約為 0.53 公噸，相較於日本的 0.176 公噸、德國的 0.369 公噸，略嫌偏高，與西歐的 0.500 公噸則較為接近。該研究並整理不同構造別建築物其單位面積廢棄物產生量約為鋼構造 $0.32 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 、RC 構造 $0.7\text{m}^3/\text{m}^2$ ，可做為本研究污染指標拆除廢棄物產生量推估之參考。

- (12) 「建築施工污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，章裕民，內政部建築研究所，民國八十七年六月

研究中所針對建築施工過程所產生廢棄物之種類、性質、及其數量建立調查架構以及初步試調與數量推估。由於各國對於建築施工廢棄物並未有明確的區分，因此在建築施工廢棄物產生的狀況及數量上，未有確切的統計分析，顯示各國仍必須加強調查與研究。而此研究利用民國 85 年內政部營建署營建統計年報，得知台灣地區建築施工過程之廢棄物產生量平均每年約 $5,896,153\text{m}^3$ ，並推估出每單位樓地板面積會產生的廢料量 0.1345 m^3 ；此數據有利於本研究在指標訂定時施工廢棄物數量推估之參考。

- (13) 「Environmental Engineering」，Vesilind P. Aarne，李公哲譯，茂昌書局，1987 年

本書探討包括噪音、粉塵、振動、固體廢棄物與危害性廢棄物、土壤等項目之污染，書中並介紹空氣品質及噪音污染測定及計算方法，可作為本研究在制訂噪音及粉塵污染指標時參考。

- (14) 「Introduction To Environmental Engineering」，Mackenzie L. Davis & David A. Cornwell，McGraw-Hill，New York，1991 年

該書對於目前所發生之種種環境污染，包括水、空氣、噪音、土壤及固體廢棄物等提出概述。文中指出空氣污染之種類包括粒狀物質、有毒氣體、二次污染物質，以營建工程而言，粒狀物質最為常見，而粒狀物質包括落塵及懸浮微粒，落塵之定義為粒徑在 10~100 μ 之粒狀物質，馬路砂塵屬之，易造成環境之不潔；懸浮微粒之定義則為粒徑在 0.1~10 μ 之粒狀物質，煤煙、燻煙、煙霧、飛灰、灰塵均屬於懸浮微粒，對人體危害較大。文中並對目前較嚴重之環境污染項目提出改善與防制措施。

2-2 國內外營建污染現況

2-2.1 噪音

營建工程產生之噪音主要分為二類；一為機械本身運轉時引擎所發出的聲音，另一為操作時機械與物體碰撞、衝擊所產生之聲音，且兩者大多同時發生；依其施工作業內容，可將產生噪音的營建機械分為五大類：土方工程用機械、基礎工程用機械、解體工程用機械、混凝土工程設備、附屬設備等。營建工程所產生之噪音與其他噪音比較具有下列之特性（行政院環保署，民國 77 年）：

- 1.產生之噪音量與頻率不規則、複雜且具刺激性。
- 2.發生噪音的地點僅止於特定區域（施工地點）。
- 3.發生時間具有階段性，隨工程進度於不確定時間發出聲音。
- 4.施工機械多樣性，依施工階段，不同機械發出不同的噪音量。
- 5.除噪音外，伴隨有振動、粉塵污染產生。
- 6.工程完成，噪音源即自行消失。

2-2.1.1 國內外噪音現況

（一）國內噪音現況

為維護良好的生活環境安寧與民眾的健康，台灣地區對於噪音之管制已明定於行政院環保署公佈之『噪音管制法規』中，其內容與營建工程相關之法規有：噪音管制法、噪音施行細則、噪音管制標準、易發生噪音設施設置及操作許可辦法、噪音管制區劃分原則等五項（參考附錄 C）。

根據民國 77 年『營建工程噪音陳情案件之統計與分析』研究，曾針對各項施

工作業與施工機具對台北市、高雄市（其他縣市營建工程噪音的資料並不完整）於三年內之噪音陳情案件，進行統計整理，期能了解民眾對居住環境的滿意程度。其中由施工現況類別比較，以裝修工程、開挖工程、土木道路工程最為民眾所詬病，為主要之陳情類別；而在施工機械的使用方面，則以電鑽機（24.7%）、挖掘機（22.8%）為主要陳情類別，其次為打樁機（13.6%），此三類影響最為嚴重。

（二）國外噪音概況

在今日環保、勞工意識逐漸覺醒的時代，噪音控制愈顯其重要性，各個國家皆有其個別的管制標準，由於各國之民風國情、生活環境、條件大多不相同，因此在法規訂定方面亦有差別：如音量大小、時段、持續時間、距離、管制機械類別等等，美國、日本及德國是以機器設備為管制，紐西蘭以時段為管制，新加坡以工地所在區域為管制，但在音量之管制單位上，各國皆以最通用之 dB(A) 為其單位（參考附錄 D）。

2-2.1.2 噪音環境指標

本研究在噪音部份期能建立一污染評估指標，因此列舉下列常見之噪音評估方式做一參考比較。（蘇德勝，「噪音原理及控制」，民國 84 年）

(1) 常用之噪音指標

噪音指標	適用情況
A 權聲音壓力位準； L_A ；即一般所用之 dB(A)	噪音計以 A 權衡電網所測得之音壓級，又稱 A 權音量。此最常用來量測噪音之大小，考慮人耳對於聲音的感覺不僅止於聲音壓力或強度的變化，同時對於聲音的頻率亦有不同的反應等特性所發展出來的。
時間率音壓位準； L_n	用以顯示在某一地區有多少時間其噪音是超過此一位準。常見的有 L_0 、 L_5 、 L_{10} 及 L_{50} 、 L_{90} 、 L_{95} ，以 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} 最常使用。 L_0 ：某一時段內的最大噪音位準。 L_{10} ：某一時段內有 10% 的時間噪音超過此指示位準。 L_{50} ：某一時段內有 50% 的時間噪音超過此指示位準。 L_{90} ：某一時段內有 90% 的時間噪音超過此指示位準。

(2) 噪音能量指標

噪音能量指標	定義
聲音功率 (Sound Powers); W	音源每單位時間所輸出之能量，其單位為瓦 (Watts)， 1Watt = Nxm/s or joules/s
聲音強度 (Sound Intensity); I	垂直於聲音傳播方向之平面，單位面積之聲音傳遞介值所通過之聲音功率稱之，單位為 W/m ² 。
聲音壓力 (Sound Pressure); P	因聲音所引起之大氣壓力變化差值，稱為聲音壓力，簡稱音壓，單位為巴斯格 (Pascal : Pa ， 1Pa = 1N/m ²)

(3) 噪音量測單位 (聲音位準)

音量單位	定義	備註
聲音功率位準 ; L _w 或 PWL (Sound Power Level)	量測聲音之能量位準或音功位準。 PWL = L _w = 10 log ₁₀ (W/W ₀)	W ₀ = 10 ⁻¹² Watts ， 為基準音功，相當於人耳所能察覺之最小聲音功率。
聲音強度位準 ; L _i 或 SIL (Sound Intensity level)	SIL = L _i = 10 log ₁₀ (I/I ₀)	I ₀ = 10 ⁻¹² W/m ² ， 為基準音強，相當於人耳所能察覺之最小聲音強度。
音壓位準 ; L _p 或 SPL ; (Sound Pressure Level)	音壓與參考壓比之對數值。 SPL = L _p = 10 log ₁₀ (p ² /p ₀ ²) 或 SPL = 20 log ₁₀ (p/p ₀)	P ₀ = 2x10 ⁻⁵ N/m ² = 0.0002ubars(dyne/cm ²) 為基準音壓，相當於人耳所能察覺之最小音壓。

(4) 均能音量 (Equivalent Continuous Sound Level); L_{eq}

或稱為等價聲音位準，為一連續穩定的聲音位準，對於特定時段中出現任意變化的聲音，L_{eq} 是一個恆定的聲壓級，在這個時間中有恆等的聲能，其計算式如下：

$$L_{eq} = 10 \log_{10} [f_1 \times 10^{L_1/10} + f_2 \times 10^{L_2/10} + \dots + f_n \times 10^{L_n/10}] \dots \dots \dots \text{(式 2-1)}$$

其中：

f_i：聲壓等級為 L_i 的這段時間的時間百分比 (i = 1、2、3、...)。

(5) 日夜音量 (Day-Night Level); L_{dn}

日夜音量為改良之均能音量，環保單位管制社區噪音之標準。在夜間 22:00-07:00 加權 10dB，以說明夜間噪音所造成的困擾。其計算式如下：

$$L_{dn} = 10 \log_{10} [0.625 \times 10^{L_d/10} + 0.375 \times 10^{(L_n + 10)/10}] \dots\dots\dots (式 2-2)$$

其中：

L_d：白天之均能音量

L_n：夜間之均能音量

(6) 噪音污染位準 (Noise Pollution Level) ; L_{NP}

係 1971 年羅賓森 (Robinson) 發展而得，除了計算噪音強度外，尚考慮噪音變動之影響。目前美國住宅及都市發展部 (HUD) 已利用 N P L 為環境指標，並對新建住宅區之外在噪音，訂定 N P L 之限制標準值。

L_{NP} 可由下列公式求得：

$$L_{NP} = L_{eq} + 2.56 \dots\dots\dots (式 2-3)$$

其中：

L_{eq}：均能音量； ：標準差

$$L_{NP} = L_{eq} + L_{10} - L_{90} \dots\dots\dots (式 2-4)$$

其中：

L₁₀-L₉₀ 稱為噪音帶

2-2.2 空氣污染 (粉塵)

空氣污染是目前都會區極為嚴重的環境問題之一，其污染物質包括粉塵 (dust)、氮氧化物 (NO_x)、硫氧化物 (SO_x)，其中粉塵包括總懸浮微粒 T S P (含懸浮微粒 P M₁₀) 及落塵 D F。T S P 中的 P M₁₀ 是指粒徑在 10 微米 (μ) 以下之粒狀物質，又稱浮游塵，因粒徑小，以致常懸浮於空氣中，且易進入人體支氣管，沈積於肺部，影響肺功能，部份毒性物質或致癌物質將會對人體造成更嚴重之傷害；落塵則是指粒徑在 10 - 100 微米之粒狀物質，易自空氣中沈降，較不易進入人體呼吸管道，因此對健康的危害較少，但落到地面，仍然造成環境的不清潔。

營建工程相關開發與施工、拆除等作業所排放之粉塵，即是導致空氣品質惡化的部份導因，其所產生的粒狀污染物，屬於逸散性排放物，易經由機械擾動、風行揚塵等不固定管道進入大氣，而散播於空氣中。因其發生源較接近於地表面，加上風向、風速之影響而容易直接侵害周圍居民，影響居民身體健康。

2-2.2.1 國內空氣污染現況

民國七十六年，行政院環保署在各縣市設置空氣品質監測站，但因年代久遠，已無法反應當地之實際空氣品質狀況，乃決議規劃增設六十六座空氣品質自動監測站，並自八十二年九月正式運轉。此後，台灣地區之空氣品質資料分析除了各縣市的人工採樣和監測站外，同時並將環保署所屬之六十六站之空氣品質自動監測資料一併納入，以有效反應台灣空氣品質現況。

根據『中華民國台灣地區環境資訊』之統計資料，台灣地區在建築產業方面每年排放的空氣污染量（固定污染源中之逸散性粒狀物）對台灣地區的空氣品質佔有相當比例的影響，參見表 2-1。

表 2-1 台灣地區空氣污染營建工程造成污染比例表

污染物種類	建材生產階段	施工階段	車輛揚塵	佔台灣地區該種污染物污染比例
TSP	16%	20%	37.23%	87%
PM ₁₀	12.60%	12.20%	40.61%	81%
SO _x	8.80%	0.06%	0%	12%
NO _x	7.90%	0.47%	0%	52%

資料來源：行政院環保署，「中華民國台灣地區環境資訊」，民國 85 年

為了維護民眾的生活環境品質與健康，行政院環保署制訂『空氣污染防治法』，依據其中之第五條第二項訂定空氣品質標準，各項空氣污染之空氣品質標準規定如表 2-2 所示；在營建工程方面，直接相關的為「營建工程空氣污染防治費收費費率」，內容包括興建及拆除兩類，在興建工程方面，又分鋼筋混凝土及鋼骨結構。鋼筋混凝土及鋼骨結構之空氣污染防治費分別為每一平方公尺建築基地面積徵收 1.63 元及 1.56 元，而拆除工程之空氣污染防治費則視總樓地板面積之大小而定，每一平方公尺徵收 0.59 元，收費標準參考表 2-3。

表 2-2 空氣品質標準

項目		標準值		單位
懸浮微粒	總懸浮微粒(TSP)	二十四小時值	250	μg/m ³
		年幾何平均	130	
	粒徑小於 10 微米之懸浮微粒 PM ₁₀	日平均值	125	
		年平均值	65	

資料來源：行政院環保署，「中華民國台灣地區環境資訊」，民國 85 年

表 2-3 營建工程空氣污染防治費收費費率

工程類別		費率	費基	備註
建築 (房屋) 工程	鋼筋混凝土 結構	1.63 元/m ² /月	建築基地面積×工期	包括加強磚造、木構造及 其他一般房屋
	鋼骨結構	1.56 元/m ² /月		包括鋼筋加強混凝土構造 (SRC)
	拆除	0.59 元/m ² /月	總樓地板面積	不分建築房屋形態，均以 同一費率核計

資料來源：行政院環保署，「營建工程逸散粉塵量推估及其污染防治措施評估研究報告」，民國 85 年

2-2.2.2 現有空氣污染指標

(一) 美國空氣污染指標 (Pollutant Standard Index, PSI)

空氣污染指標為美國環境保護署(EPA)、環境品質評議會(CEQ)及其他機構研議統一之指標，目的為將實際測量所得之空氣污染濃度換算為 0 到 500 的指數，以說明空氣污染之程度。

PSI 之計算方法是將某一測站所得當日空氣中各種污染濃度，如懸浮微粒 (PM₁₀)、二氧化硫 (24hr SO₂)、二氧化氮 (1hr NO₂)、一氧化碳 (8hr CO) 及臭氧 (1hr O₃)，分別換算為 0 到 500 之間的副指標值，再選取其中最大值作為該測站當日之 PSI 值。

(二) 日本

日本於昭和 46 年八月中旬頒佈一特定工廠之公害防治規定，在空氣、噪音、廢水方面對於特定工場（製造業、電器供給業）予以規範，其中粉塵的管制量測標準為單位體積/單位時間 (m³/h)。日本之『國立衛生試驗所』為了解空氣污染現況，曾於都會區中實施浮游粉塵量自動測定，其粉塵量之年平均值約為 391 μg/m³。

在空氣污染（粉塵）部份，因使用情況與目的的不同而有所差異，下表為台灣地區粉塵評估單位與其他兩國之量測單位之比較，整理如表 2-4。

表 2-4 國內外粉塵量評估基準

國家	評估單位	適用情況	估算基礎
台灣	Kg/ m ² /月	徵收空污費	面積(基地/樓地板面積)
	Kg/ton	建材生產	處理量
			生料量
			水泥產量
	kg/ m ³	砂石場作業	作業面積
	kg/ m ³ /月		作業面積、時期
	kg/ton		砂石重
	kg/m ³	混凝土作業	混凝土體積
	kg/ton		混凝土重
	kg/kg		水泥重
Kg/ m ² /月	拆除作業	樓地板面積、時期	
kg/ m ²		樓地板面積	
美國	10 ⁶ t/a	污染物排放估計	
	lb/10 ⁶ BUT*	聯邦空氣清靜法	最大 2hr 平均
	μg / m ³	聯邦環境空氣 質量標準	空氣濃度
	噸/英畝/月	加州面源估計	住宅、非住宅排放係數
日本	mg/ m ³	各施工作業	空氣濃度
	m ³ /hr	工廠污染防治	氣體體積、時期
	μg / m ³	浮游粉塵濃度	空氣濃度

*BUT(British Thermal Unit)英國熱量單位，1BUT=1055 J

資料來源：本研究整理

由表 2-4 可知，台灣、美國無論在空氣污染的管制標準或在粉塵的統計量上皆以重量為單位；日本則是除了工廠污染防治方面以單位時間內氣體排放之總體積為管制標準外，其餘亦皆以重量為衡量基準。

2-2.3 營建廢棄物

建築物之開發過程各階段皆產生不同程度之廢棄物，若產生的廢棄物任意處置，則對環境造成污染，但如果能妥善處理、回收、再利用，轉化為可用資源，則可達到建築污染防治、節約能源與資源利用等目標。在環保需求高漲與各國廢棄物持續成長的今日，如何抑制廢棄物之成長和發展回收利用之技術，以有效減緩建築及都市開發過程對環境造成的負面影響，將是社會重要的討論課題。

2-2.3.1 國內外廢棄物現況

(一) 國內

依據行政院環境保護署於民國八十至八十一年間針對全國所產生的事業廢棄物做系統抽樣調查推估，顯示台灣地區事業廢棄物每年總量約為一億一千六百萬公噸，其中營建廢棄物產生量為七千兩百四十萬公噸，即佔了總量之 60% 以上。此外，在剩餘土方部份，根據工研院能資所的統計，自民國八十五年統計至今，總計棄土量為 6,949.7 萬立方公尺，其中在建築工程的棄土量為 2,791.3 萬立方公尺，約佔總棄土量的 40%。

營建之廢棄物主要發生於施工及拆除兩階段。施工與拆除階段皆產生的廢棄物主要有磚瓦、混凝土塊、廢木料、金屬、玻璃，施工階段則尚有剩餘土石方及污泥的產生。整理如表 2-5 所示。

一般廢棄物之回收再利用方式有衛生掩埋、路基填料、回填料、再生骨材等，但目前台灣地區於此方面之實施比率因未進行大規模整體性之調查，所以尚無可靠之統計資料可供參考。

(二) 國外廢棄物概況

(1) 日本

根據日本文獻研究〔戶谷有一，1997〕所述，建設廢棄物的產生量約 1 億噸左右，佔日本國內所有產業廢棄物排出量的 20.6%，而建設廢棄物的再利用、減量化方面（recycle），回收量佔建設廢棄物的 58%，為全部產業廢棄物的 79%。

日本在平成 6 年 4 月「建設副產物型對策行動計劃 - Recycle21」中訂定西元 2000 年（平成 12 年）為目標年次，預計在此目標年達到建設廢棄物的最終處置為現在量的一半；建設發生土於公共工程中的再利用率達到 70%；而建設廢棄物的最終處置「零發生」為最高目標。

表 2-5 營建廢棄物之主要種類

分類	作業項目	建築現場排出之廢棄物內容來源
磚瓦	施工	運送過程損毀之磚瓦片
	拆除	拆除磚牆、屋瓦、水塔等之碎塊
混凝土塊	施工	施工殘餘之廢料、打石修整之碎塊
	拆除	拆除混凝土結構體之碎塊
廢木料	施工	模版、棧木、木作或裝潢工程廢材
	拆除	拆除木構造、木隔間、木門窗、木天花等產生之廢木屑
金屬	施工	鐵作工程殘餘廢料、鷹架鐵管、金屬防護板廢料、廢油漆罐等
	拆除	拆除之鋁門窗框架、鋼骨、鋼筋、鋼板、銅製樓梯防滑梯、鐵捲門等
玻璃	施工	玻璃修邊之廢料
	拆除	拆除玻璃窗之廢料
有害物	施工	噴射石綿粉牆壁剝落碎片、鉻化砷酸銅(CCA)防腐木材屑
	拆除	拆除石綿瓦板碎片、日光燈管
其他	施工與拆除	紙類如紙箱、壁紙屑、水泥袋等；纖維類如絨毯、窗類、破布、繩等；廢塑膠如水管、電線皮保特瓶、便當盒、垃圾.....
污泥	施工	廢鹼性皂土漿、泥狀削掘土
廢棄土方	施工	土方工程

資料來源：黃榮堯，「建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，民國 87 年

(2) 荷蘭

根據資料統計，荷蘭每年新建與拆除廢棄物發生量是 1400 萬噸（1993 年），約佔全國固體廢棄物量的 26%；而根據荷蘭相關研究計劃的進行狀況與結果顯示，最大的建築廢棄物是石版，木樁，混凝土，砂石灰組成和磁磚，約為廢棄物產生總量的 80% 左右。

(3) 歐洲

歐洲在 1994 年對廢棄物做一總量之統計，結果顯示出該區域每年約產生 50 億噸左右之總固體廢棄物；除此，西歐建築方面產生之廢棄物佔總廢棄物量約為 5% 左右（5 千萬噸），且預期西元 2000 年廢棄物產生量將達到 21500 萬噸（其中包括 17500 萬噸之拆除作業和 4000 萬噸的新建作業）。

2-2.3.2 國內外廢棄物評估基準

為尋求一適合之廢棄物評估指標，故在此階段藉由相關資料之研究，整理國內

外廢棄物之統計單位（評估標準）及適用情況，如表 2-6 所示：

表 2-6 各國廢棄物評估基準

國家	評估單位	適用情況	備註
台灣	噸/年	總建築廢棄物及土方年平均量	
	噸/年/人	每人每年建築廢棄物(及土方)平均量	
	m ³ /年	每年建築廢棄物之體積平均量	
	m ³ /年/人	每人每年建築廢棄物之平均量	
	m ³ /m ²	單位樓地板廢棄物發生量	樓地板面積
	噸/m ²		
美國	lbs./ft	估計建物產生之廢棄物重量	Pounds per house (出自與美國舊金山海灣區政府協會會議記錄)
	Weight/lbs.		
日本	噸/年	建築廢棄物及土方年平均量	
德國			
西歐			

一般垃圾使用單位：卡平均垃圾量（磅/人/年）

資料來源：本研究整理

表中顯示日本、德國、西歐之廢棄物評估單位皆為每年產生多少公噸，美國則為單位樓地板面積之產生量，而由台灣之相關文獻資料及研究得知，其評估單位可分為：單位樓地板面積產生量、建築廢棄物之體積平均量及每人每年建築廢棄物之產生量。在考慮目前國內相關研究可用數據資料之單位一致性情況下，本研究將以體積作為污染評估之單位。

2-2.4 振動

地盤經常發生的小振動稱為微地動，發生的來源可分為自然和人為兩方面。自然的振動主要來自海浪、風、河流、地殼活動等；人為的因素則是指車輛行走、機器運轉等情況下所產生的振動，而所謂的「振動公害」正是指這種因人為活動引起或伴隨機械之操作所引發之振動，可藉由地盤或空氣等媒介傳播，並影響周圍鄰近之居民及建築物。

振動是質點或物體在平衡點與一固定距離之間的往返運動，離平衡點位置之位移、速度及加速度均隨時間而變化，故振動之強弱可用振動加速度、振動速度或振動位移來描述。振動加速度與振動速度也可用加速度位準、速度位準來表示，單位

為dB。其基本公式如下。

表 2-7 振動基本公式

	公式	備註
振動速度位準(dB)	$dB = 20 \log \frac{V}{V_0}$	V_0 ：速度參考值
振動加速度位準(dB)	$dB = 20 \log \frac{a}{a_0}$	a_0 ：加速度參考值
總振動量(dB)	$L_n = 10 \log \left(\sum 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$	L_i ：各時段之振動值
振動衰減(dB)	$L_2 = L_1 - 20 \log \frac{a}{a_0}$	L_1, L_2 ：測量點與預測點之振動量 d_1, d_2 ：測量點與預測點之距離

資料來源：行政院環保署，「環境振動測量與評估系統之建立」，民國 77年

2-2.4.1 營建工程之振動情況

營建工程施工當中振動源來自機器的運轉或操作，且與媒介質（地盤等）對振動的強弱大小有直接的相關，表2-8列舉出營建工程中易發生振動之作業項目及其振動位準。其中振動最為嚴重的作業即是基樁工程（直接對地盤產生振動），且造成民眾最多的抱怨。

表2-8 營建工程施工作業之振動位準

營建行為	振動位準dB
打樁、循環鑽探	70
電動式振動打樁	65
推土	66
挖土/載土、轉動/拖曳	65
鑿孔	53

資料來源：行政院環保署，「易發生噪音及振動之設施評估及許可辦法制定」，民國77年

人體開始感覺振動之振動位準值約為55 65dB；當振動位準值超過85dB時則可能造成房屋的龜裂、損壞、漏水而產生危險；長期暴露於振動的環境中將對人體的消化系統、神經系統、關節、骨骼、肌肉等造成傷害。振動經常伴隨著噪音而產生，且皆對人體產生某種程度的影響。在噪音方面，行政院環保署已於民國七十二年五月頒佈「噪音管制法」，但對於振動迄今仍無管制規章之制定（僅有振動管制法草案），使得民眾面對振動困擾之際，卻無任何申訴之管道。針對此方面，政府應透

過立法程序，盡快制定相關法令與管制標準，使有關單位在進行管制取締工作時有所依據。

2-2.4.2 國外振動管制標準

在建立振動污染評估指標時，需有一評估振動位準值作為基準，但在國內管制規範尚未建立與相關資料缺乏情況下，本研究將參考國外資料以訂定振動評估基準值。表2-9，2-10分別為日本東京對營建工程振動公害之管制基準與瑞士標準化協會所刊之振動限制。

雖然長期暴露於噪音與振動環境下皆會對人體造成傷害，但各國大部分皆只對噪音訂定了管制標準與執行的依據（如香港、新加坡等），對環境振動仍處於起步階段。可能原因是西方大多數國家土地廣闊、人口密度較低，降低了人為活動引起之振動情況，因此大都沒有制定法規來限制民眾之各項行為。再者就是防振的困難度較大，以及振動對居民的影響並不如噪音的情況嚴重。因為噪音直接干擾居民的生活，而振動危害的是建築物的安全性，即便如此，振動的管制仍有其建立之必要性。

表2-9 日本東京公害振動規制之建設作業基準值

作業項目		打樁機 拔樁機 打拔樁機	鋼球破壞	鋪裝板 破碎機	破碎機
限制					
基準值	(1),(2)	75dB			
不能作業時間	(1)	19 7時			
	(2)	22 6時			
每日作業時間	(1)	每日不得超過10小時			
	(2)	每日不得超過14小時			
作業期間	(1)	不得連續超過6日			
	(2)	不得連續超過6日			
作業日數	(1),(2)	星期日、休假日禁止			

備註：1.(1)、(2)係指下列各項所列舉之區域。

2.所謂(1)是指符合下列任何事項之區域。

a. 為了維護良好居住環境起見，特別需要保持安靜之區域。

b. 因供做住宅之用，需保持安靜之區域。

c. 除住宅外，亦供做工、商業使用之區域，因有相當數之住宅聚集，所以必須防止振動之區域。

d. 醫院、學校等佔地週邊。

3.所謂(2)區域，是需要維護居民生活環境之地區中，上述所列以外之區域。

資料來源：行政院環保署，「環境振動測量與評估系統之建立」，民國 77年

表 2-10 瑞士標準化協會所刊之振動限制

建築物分類	建築物構造	振動來源	振動頻率(HZ)	振動最大限度 (mm/sec)
	鋼結構或鋼筋混凝土結構物。例如：工廠橋梁、鐵塔、擋土牆。	機器、交通	10 30	12
			30 60	12 18
		開炸	10 60	30
			60 90	30~40
	基礎之牆及基礎樓板為混凝土構造，其他樓層之牆為混凝土或泥水構造之建築物。	機器、交通	10 30	8
			30 60	8~12
		開炸	10 60	18
			60 90	18 25
	如 所述，但屋頂為木構造且牆為泥水構造之建築物。	機器、交通	10 30	5
			30 60	5 8
		開炸	10 60	12
			60 90	12 18
	對振動極為敏感之建築物、或是古跡建築物。	機器、交通	10 30	3
			30 60	3 5
		開炸	10 60	8
			60 90	8 12

資料來源：行政院環保署，「環境振動測量與評估系統之建立」，民國77年

2-2.5水污染

一般的排放水包括家庭污水、工業廢水和入滲水，其中入滲水僅是增加了廢水的量，並不增加廢水處理的麻煩，但家庭與工業之排放水則隨著其規模大小、種類及排放前處理之程序不同而有所差異。

廢水處理的目的在於降低某些特殊物質的濃度，使排放水不致對環境造成危害，而廢水最基本的處理方法為使廢水中的水與其他物質分離，但由於排放的廢水所含物質不同，所以處理方法也不盡相同。目前的廢水處理，依其程度之不同可分為初級處理(Primary treatment) 中級處理(Intermediate treatment) 二級處理(Secondary treatment) 及三級處理 (Advanced treatment) 等基本處理法，而各級處理方式之水中物質去除率與處理水中物質含量如表2-11、2-12所示：

表2-11 各水質處理程度之去除率

處理程度	BOD去除率(%)	SS去除率(%)
初級處理	25 35	30 40
中級處理	65 75	65 75
二級處理	75 85	70 80
三級處理	85 95	80 90

資料來源：歐陽嶠暉，「下水道工程學」，民國69年

表2-12 處理前後水中物質含量

處理程度	BOD(mg/L)	SS(mg/L)	P(mg/L)
生廢水(未處理)	250	220	8
初級處理	175	60	7
二級處理	15	15	6
三級處理	10	10	0.5

資料來源：Vesilind Peirce Weiner，「Environmental engineering」，1990

2-2.5.1 營建工程之水污染

水體中的排放污染源有許多，而營建工程施工中所排放的廢水僅是其中的一小部份，但由於水質的優良與否與民眾生活相關，故亦有納入討論與防治的必要。

營建施工中最易產生水污染物質的工程作業項目包括使用穩定液之各種作業與坡地開發工程，以及現場施工人員每天所使用的生活廢水。穩定液的成分主要是高分子聚合物與水，因成本較高，故施工時皆實施回收、沈澱、再利用，所以對於水體的影響不大；坡地開發或邊坡開挖時，若未確實做好防治措施，則易產生大量污泥，增加水中懸浮物與降低透明度；而現場施工人員每天所使用的生活廢水則是工地內主要的廢水來源，未加處理的排放水就如同表2-12中的生廢水，將產生可觀之水質污染物。

2-2.5.2 營建工程水質管制標準

目前一般用來評估廢水之標準是：BOD（生化需氧量） 15mg/L；SS（懸浮固體） 15mg/L；P（磷） 1mg/L；若以此為標準，則廢水皆須經第三級處理後排放，才能夠符合標準。本研究於水污染之評估指標中，將選擇BOD（生化需氧量）、SS（懸浮固體）與P（磷）為水污染之評估項目。

表2-13 發生水污染之主要工程作業

工程作業項目	作業內容	材料使用量
地盤處理	藥液灌漿,石灰樁施工, CCP,SMW	CCP 工法而言水泥漿之用量約 760kg/m ³
使用穩定液之工程	地下連續壁、場鑄基樁之鑽挖潛盾、推進之開面穩定	目前採用之穩定液成份大多為高分子聚合液，在黏土地質用量約為 0.3 kg/m ³ ，砂質地用量則低於 0.3 kg/m ³
坡地開發		坡地開發計畫時，即由水土保持技師提出雨水沖刷量
採用水中混凝土之工程	反循環樁、連續壁等	開挖體積即為混凝土之用量但必須再加上損耗

資料來源：本研究整理

第三章 評估指標架構方法

如前所述，本研究最主要目的是針對建築物生命週期各階段所產生之各項污染，建立一綜合之評估指標系統。該系統能在建築物之設計階段進行該設計(包括結構、室內、建材、工法等)對環境產生污染程度之評估，做為管制規範之依據，以利污染減量目標之達成。因此，理想之建築生產污染評估指標系統應儘量能反應下列不同之建築設計：

1.構造別

不同構造別如 RC、鋼、SRC 之選用，由於主體構造材料使用之不同（例如 RC 造多混凝土、鋼構多鋼材）以及其所伴隨之施工方式與使用機具之相異，其對環境所造成之污染程度亦不相同。

2.基礎型式選擇：

不同之基礎型式，除使用之工法機具不同外，開發土方量亦不相同，所造成之各項污染量也不相同。

3.建材使用

若能採用製造過程污染較輕或將來可回收之材料，則可以降低整體建築生產對環境所造成的污染程度。

4.工法機具

選用低污染之工法(如儘量採用預鑄構件)或機具(如低噪音機具)可降低建築生產開發對環境所造成之污染程度。

5.污染防治技術及措施之採用

採用噪音、減震、防塵措施或回收再利用之措施等，將可降低污染程度。

6.設計使用年限

設計使用之年限越長，則單位時間內因建築生產開發所產生之污染量較少。

上述建築設計要項影響建築物生產開發過程對環境所產生污染之嚴重程度，本研究於污染評估指標系統擬定時，將上述要項列為主要考量方向。

3-1 評估系統架構

營建工程各類作業可能產生之污染包括噪音、粉塵、振動、水污染、土壤污染、廢棄物、惡臭...等項目，但其中以噪音、振動、粉塵、廢棄物、水污染最為常見，而且最為一般民眾所詬病；因此，本研究將以噪音、振動、粉塵、廢棄物、水污染為主要研究對象，從建築生命週期各階段進行考量，以建立綜合污染指標，未來則可陸續加入其他污染項目之評估，使污染綜合指標更臻完備。

圖 3.1 所示為本研究所擬具之綜合污染指標初步架構。針對各別污染項目(噪音、振動、粉塵、廢棄物、水污染)，將選定一評估指標來評估一建築物在其生命週期建材原料開採、建材生產、建築物施工建造、以及拆除廢棄等各階段所造成該污染項目之污染嚴重程度。換句話說，各別指標要能代表一建築物在其生命週期中該項污染之嚴重程度。而本研究所謂污染嚴重程度是指污染發生量相較於法令管制標準或一般平均基準超出的程度，因此，個別污染項目之污染指數定義如下：

$$\text{各別污染項目污染指數} = \frac{\text{污染量(總量或均量)} - \text{評估基準}}{\text{污染量(總量或均量)} + \text{評估基準}} \dots\dots\dots \text{(式 3-1)}$$

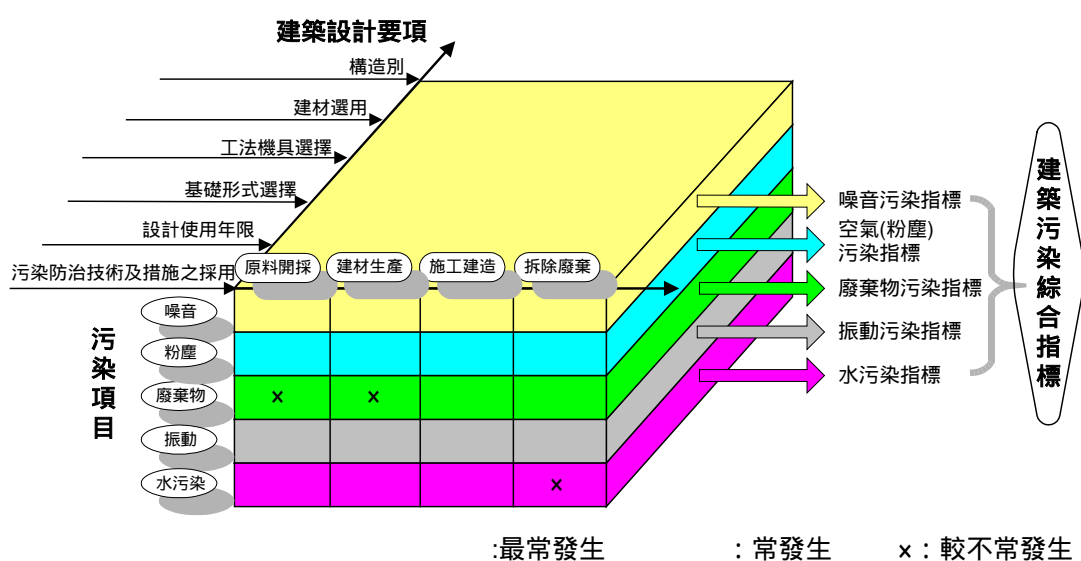


圖 3.1 建築污染綜合指標之架構

當污染量等於評估基準時，則其污染指數為 0，表示沒有造成任何污染。而當污染排放量比允許排放基準值超出愈多時，則污染指數愈接近於 + 1，表示污染程度愈大。反之，當污染排放量比允許排放基準值小愈多時，則污染指數愈接近於 - 1，表示“負”污染程度愈大，當污染排放量為 0 時，則污染指數可達 - 1。此指標不僅能反應各污染項目排放量相對於管制標準或一般平均基準量之“污染程度”，而且由於其值介於 + 1 與 - 1 之間，可使各污染項目之污染指數達到均化效果，以利後續綜合指標之計算。

對於已制定管制標準之污染項目，污染指數中之基準即可因評估建築所座落區域（住宅區、商業區）之不同而選擇適當之管制標準，而在相關管制標準有所調整時（例如更為嚴格），也能在指數中及時反應管制現況。而對於尚無法或尚未訂定管制標準之污染項目，則可以一般平均之排放量作為指數中比較之基準，計算其污染程度。

在有了各別污染項目之污染指數後，尚須加以適當之權重，以反應各污染項目間對環境危害程度之不同，最後得建築污染綜合指標如式表 3-1 所示。而針對綜合指標中各別污染項目之權重，本研究將使用 AHP 層級分析法，經由問卷調查進行兩兩權重比對，最後分析出各污染項目之權重係數。有關 AHP 層級法及問卷發收與資料分析將於稍後討論。

表 3-1 建築污染綜合指標之訂立

污染項目	污染程度指標	污染權重
噪音 (Noise)	$PI_N = \frac{\text{均能噪音} \times (1 - \text{噪音污染防制效率}) - \text{評估基準}}{\text{均能噪音} \times (1 - \text{噪音污染防制效率}) + \text{評估基準}}$	W_N
振動 (Vibration)	$PI_V = \frac{\text{振動發生量} \times (1 - \text{減振防治措施效率}) - \text{評估基準}}{\text{振動發生量} \times (1 - \text{減振防治措施效率}) + \text{評估基準}}$	W_V
粉塵 (Particulate)	$PI_P = \frac{\text{粉塵產生量} \times (1 - \text{防塵措施效率}) - \text{評估基準}}{\text{粉塵產生量} \times (1 - \text{防塵措施效率}) + \text{評估基準}}$	W_P
廢棄物 (Waste)	$PI_W = \frac{\text{廢棄物發生量} \times (1 - \text{營建自動化及構造係數}) - \text{評估基準}}{\text{廢棄物發生量} \times (1 - \text{營建自動化及構造係數}) + \text{評估基準}}$	W_W
水污染 (Water Pollution)	$PI_{WP} = \frac{\text{水污染物濃度} - \text{評估基準}}{\text{水污染物濃度} + \text{評估基準}}$	W_{WP}
綜合污染指標	$PI = PI_N (W_N) + PI_V (W_V) + PI_P (W_P) + PI_W (W_W) + PI_{WP} (W_{WP})$	

建築物生命週期建材原料開採及建材生產階段所產生之各項污染雖無疑地將影響整體建築物生產開發對環境所造成之污染程度，但由於在此兩個階段污染量之推估牽涉各項主要建材的工業製程，例如水泥製程中單位重量所產生之粉塵、廢棄物量、及噪音污染情形，而該類基本資料目前正逐漸由相關工業研究單位陸續建立當中。此外，建築物生命週期中日常使用階段亦會產生各種污染例如垃圾、家庭廢水等，但由於其污染特性與一般營建生產或拆除污染較不相同，所以暫時不包括於本研究之污染指標範圍內。因此，本研究各污染項目污染量之推估將先僅就施工建造及拆除廢棄兩階段進行評估。以下即針對噪音、振動、粉塵、廢棄物、水之污染評估指標進行討論分析。

3-2 噪音污染指標

施工機具為營建工程噪音之主要發生源，因此一般國內外營建工程噪音管制皆以施工機具所發出之音量位準（分貝，dB(A)）為管制對象，訂定管制標準。而由於聲音強度會隨著與聲源距離之增加而減弱，一般管制標準是以距音源一特定距離之聲音位準來訂定。此外，管制標準之訂定亦須考慮施工地域（住宅區或商業區）以及作業時段（白天或晚上）。例如表 3-2 為我國環保署針對營建工程之施工機具，於不同之管制區不同時段施工時之管制標準。本研究針對建築在施工建造與拆除廢棄階段所產生之噪音污染程度進行評估，噪音污染指標之定義為“在施工或拆除過程中聲音位準的均能噪音量與評估基準間之比值”，亦即

$$\text{噪音污染指數} = \left(\frac{\text{噪音的均能音量位準} - \text{評估基準}}{\text{噪音的均能音量位準} + \text{評估基準}} \right) \dots\dots\dots(\text{式 3-2})$$

如此，不論在施工建造或拆除過程，產生噪音的音量愈大，或噪音所持續的時間愈長，則其噪音污染指標值愈大，即愈接近 + 1。

表 3-2 營建工程噪音管制標準

管制區 \ 音量		機械名			
		打樁機	空氣壓縮機	破碎機 鑿岩基	推土機、壓路機、挖 土機、其他
均能音量(Leq)	第一、二類	75(50)	70(50)	70(50)	70
	第三、四類	80(65)	75(65)	75(65)	70
最大音量 (Lmax)	第一、二類	100	85	85	80
	第三、四類				

- 區分時段：括弧內音量適用時段，在一、二類管制區為晚上七時至翌日上午七時，在三、四類管制區為晚上十時至翌日上午六時，未加括弧者為其他時間適用。
- 管制區分類：依據噪音管制法施行細則之分類規定
- 資料來源：行政院環保署，「噪音管制法規」，民國 87 年

3-2.1 工程作業噪音量推估

為能適當推估建築物於施工作業過程所產生之噪音污染情形，本研究根據建築設計之施工規劃而將施工建造階段再細分為假設工程、基礎及開挖工程、結構工程及裝修工程等作業區段(如圖 3.2)而由個別時段所使用之工法可決定於該時段使用之各項機具(例如基礎與開挖工程之挖土機、推土機、鑽掘機、運輸車輛等)，若假設各別作業時段內作業機具之音源皆位於基地之正中央(如圖 3.3)，且同時使用運轉，則可利用聲音位準公式求出個別作業時段之綜合音壓：Lp。工程常見之機具噪音量整理於附錄 E。

$$L_p = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{x_i/10} \right) \dots \dots \dots (\text{式 3-3})$$

其中：
 xi :第 i 個機具之噪音量
 n :某作業時段內使用機具總數

求出個別作業時段之綜合音壓後，再利用噪音衰減公式將其轉換至適當之管制距離，以利稍後與管制標準比較而求得污染指數。衰減公式如下：

$$N_2 = N_1 - 20 \log (R_2/R_1) \dots \dots \dots (\text{式 3-4})$$

其中：
 N1、N2: 距離音源 R1、R2 距離之噪音值
 R1、R2: 距音源之距離

若施工單位能預先規劃採取適當之噪音防治措施，則

$$\text{噪音污染量} = \text{採取防治措施前噪音量} \times (1 - \text{噪音防治係數}) \dots\dots\dots (\text{式 3-5})$$

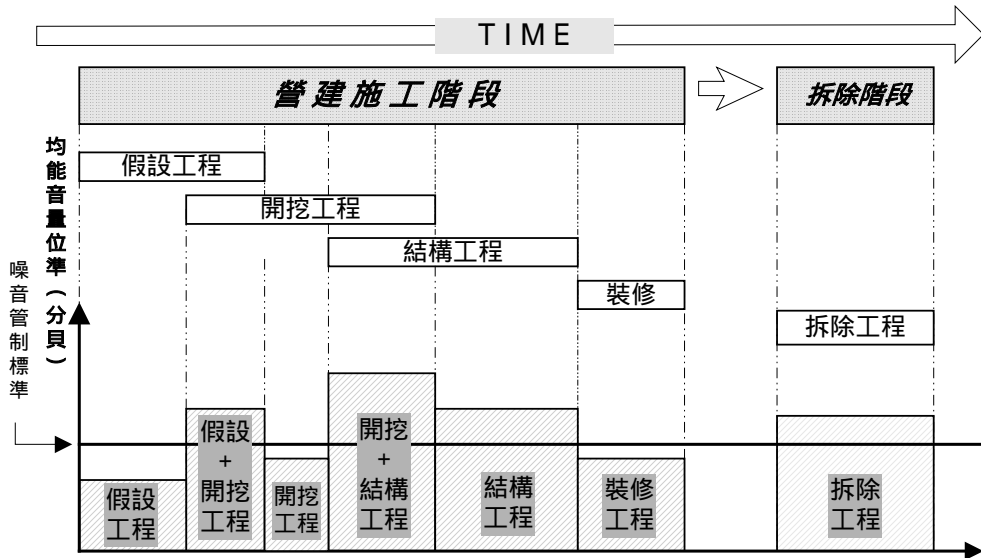


圖 3.2 噪音指標評估架構

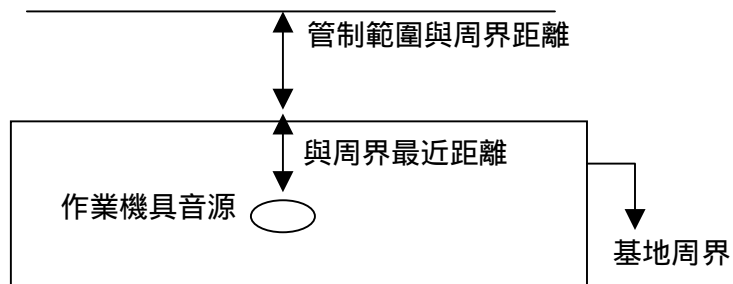


圖 3.3 施工機具音源與管制標準音源之換算

3-2.2 噪音污染指數推估

如圖 3.2 所示，在計算出建築物施工建造各作業時段以及拆除階段之聲音位準後，再利用「均能位準」公式計算均能音量：

$$Leq = 10 \log \left(\frac{T_{ref}}{T} \sum 10^{\frac{LAX}{10}} \right) \dots\dots\dots (\text{式 3-6})$$

其中：

- T_{ref}：某一時間內之噪音量
- T：總時段
- Lax：某一時間內之音壓位準

最後將代表該建築噪音污染強度之均能音量與評估基準比較，求得噪音污染指數。

3-2.3 噪音污染指標計算

綜合上述章節整理噪音污染指數之計算步驟如下：

1. 從施工計畫書，列出各階段各作業項目使用之主要機具。
2. 由附錄 E，查出各機具之噪音量。
3. 利用音壓位準的相加公式（式 3-3），求出各區段之綜合音壓 L_p (total)。
4. 利用噪音衰減公式（式 3-4），轉換各區段音壓至與管制標準相同距離的地方並考慮是否採取任何噪音防治措施。
5. 利用「均能位準」公式（式 3-6），求均能音量。
6. 依據環保署噪音管制標準（表 3-2）與工地所在位置，決定適當之管制標準。
7. 將步驟 5 之均能音量減評估基準後，與步驟 5 之均能音量加評估基準相除求噪音污染指數。

3-3 振動污染指標

國內目前針對振動並無訂定管制標準，而據本研究所蒐集到之資料，日本營建之振動污染是以針對不同時段不同機具所發出之振動位準為管制標準，因此，本研究為了能評估振動污染即參考日本之振動管制標準。表 3-3 為營建行為所需主要機械之振動值及允許振動位準。本研究振動污染指標是針對建築在施工建造與拆除過程中所產生之振動污染程度進行評估。因此，振動污染指標之定義為：

$$\text{振動污染指數} = \left(\frac{\text{均能振動位準} - \text{評估基準}}{\text{均能振動位準} + \text{評估基準}} \right) \dots\dots\dots (式 3-7)$$

表 3-3 營建工程之地表性振動位準

設施	允許振動位準 dB	白天工作時段	連續性工作時間
打樁機	70 (75)	[1]0700-2100(0700-1900) [2]0600-2200(0600-2200)	[1]1 個月 (6 天) [2]2 個月 (6 天)
破碎機、鑿岩機	70 (75)	[1]0700-2100(0700-1900) [2]0600-2200(0600-2200)	[1]1 個月 (6 天) [2]2 個月 (6 天)
泥土搬運、設備	70	[1]0700-2100 [2]0600-2200	[1]1 個月 (6 天) [2]2 個月 (6 天)
爆破設施	70 (75)	[1]0700-2100(0700-1900) [2]0600-2200(0600-2200)	[1]6 天 (6 天) [2]6 天 (6 天)

註：() 內係可根據特案允許之工作時間及振動位準

[1]應用在行政院環保署第一類與第二類管制區

[2]應用在行政院環保署第三類與第四類管制區

資料來源：行政院環保署，「易發生噪音及振動之設施評估及許可辦法制定」，民國 79 年

3-3.1 工程作業振動量推估

基本上，振動污染指標之計算方式與噪音類似，本研究根據建築設計之施工規劃而將施工建造階段再細分為假設工程、基礎及開挖工程、結構工程及裝修工程等作業階段，由各種營建行為決定使用之機具（例如假設工程使用推土機具、基礎與開挖工程使用挖土機及打樁機等），可利用公式算出各階段之振動值：Leq。而工程常見之機具振動值整理於表 3-4。

$$L_p = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{x_i/10} \right) \dots \dots \dots \text{(式 3-8)}$$

其中：

x_i:第 i 個機具之振動值

n:某作業時段內使用機具總數

表 3-4 營建行為振動位準

營建行為	加速度位準(dB)
岩石鑽探	80
打樁、及循環鑽探	70
電動式振動打樁	65
挖土/載土，轉動/拖曳	65
推土	66
鑿孔	53

資料來源：行政院環保署，「易發生噪音及振動之設施評估及許可辦法制定」，民國 79 年

振動值評估基準皆是在振動源上，因此，可利用振動源衰減公式將各區段之振動值

轉換至評估基準上，衰減公式如下：

$$N2 = N1 - 10 \log (R2/R1) \dots\dots\dots (式 3-9)$$

其中：

N1、N2：距離振動源 R1、 R2 距離之振動值

R1、 R2：距振動源之距離

若施工單位能預先規劃採取適當之振動防治措施，則

$$\text{振動污染量} = \text{採取防治措施前振動值} \times (1 - \text{振動防治係數}) \dots\dots\dots (式 3-10)$$

3-3.2 振動污染指數推估

在計算出施工階段建造各作業時段，以及拆除階段之振動位準後，再利用「均能位準」公式計算振動位準：

$$Leq = 10 \log \left(\frac{T_{ref}}{T} \sum 10^{\frac{LAX}{10}} \right) \dots\dots\dots (式 3-11)$$

其中：

Tref：某一時間內之振動量

T：總時段

Lax：某一時間內之振動位準

最後再將代表該建築振動污染強度與評估基準相比較計算，求得振動污染指數。

3-3.3 振動污染指標計算

綜合上述振動污染指數之計算步驟如下：

1. 從施工計畫書列出各階段主要機具。
2. 查出各機具之振動量。
3. 利用均能公式（式 3-8）算出各階段振動值。
4. 利用振動源衰減公式（式 3-9），轉換各區段振動值至適當管制距離，並考慮是否採取任何振動防治措施。
5. 利用「均能位準」之公式（式 3-11），求均能振動位準。
6. 決定適當之評估基準。

7. 將步驟 5 之振動值減 6 之評估基準後，與步驟 6 之振動值加評估基準相除後得振動污染指數。

3-4 粉塵污染指標

營建工程所造成的空氣污染為粒狀污染物，包含總懸浮微粒 TSP(含 PM₁₀)及落塵量(DF)。而由相關文獻得知，國內外粉塵之評估標準多以單位面積所產生之粉塵量為評估單位，因此，本研究在建立粉塵污染指標時亦以此為評估單位，而先針對建築物生命週期所產生粉塵之污染量進行評估（如圖 3.4），再將該推估粉塵量與基準做比較，粉塵污染指數計算如下：

$$\text{粉塵污染指數} = \left(\frac{\text{粉塵污染量} - \text{評估基準}}{\text{粉塵污染量} + \text{評估基準}} \right) \dots\dots\dots \text{(式 3-12)}$$

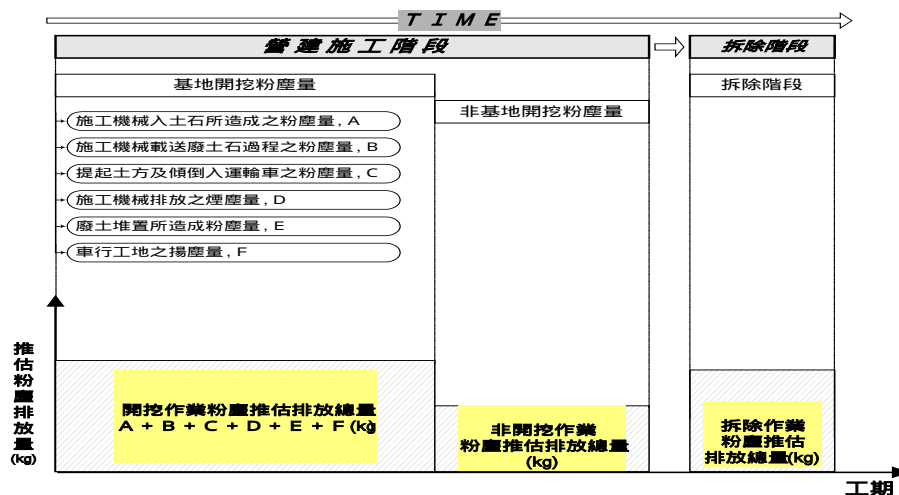


圖 3.4 粉塵評估指標架構

本年度指標建立將只先針對建築物施工與拆除階段所產生之粉塵量進行評估。

3-4.1 工程作業粉塵量推估

在建築工程作業中，以施工階段之基地開挖所產生之粉塵量最多，而基地開挖時之粉塵污染來源為：(A)施工機械入土石所造成之粉塵量；(B)施工機械載送廢土石過程之粉塵量；(C)提起土方及傾倒入運輸車之粉塵量；(D)施工機械排放之煙塵量；(E)廢土堆置所造成逸散粉塵；(F)車行工地之揚塵量（如圖 3.4），由於國內粉塵相關評估標準之研究並不多，因此本研究即以行政院環保署「營建工程逸散粉塵量

推估及其污染防治措施評估研究報告」之粉塵排放係數為推估公式(表 3-5), 針對不同構造別建築物設計在興建以及拆除階段產生之粉塵量進行推估。其中興建階段的粉塵量是依基地範圍面積以及施工期來推估, RC 構造建築物之排放係數為 0.355kg/m²/月; 鋼骨為 0.298kg/m²/月, 而拆除階段產生之粉塵量則是依拆除樓地板面積來決定, 排放係數為 0.1086kg/m²。

表 3-5 粉塵排放係數

類別		評量基礎	排放係數
興 建 類	RC	基地面積, 工期	0.355kg/m ² /月
	鋼骨	基地面積, 工期	0.298 kg/m ² /月
拆除類		總樓地板面積	0.1086 kg/m ²

資料來源:行政院環保署「營建工程逸散粉塵量推估及其污染防治措施評估研究報告」, 民國 85 年

若能在施工過程中採用防治措施如灑水噴霧、防塵罩網等防塵措施, 則所推估之粉塵量可因防塵措施之防塵效率而予以折減, 即

$$\text{粉塵污染量} = \text{採取防治措施前之粉塵推估量} \times [1 - \text{防塵效率係數}] \dots (\text{式 3-13})$$

營建工程施工常用之防塵措施及其效率、加權整理如表 3-6。

表 3-6 建築工程各項粒狀污染物防制措施效率

防制措施	措施內容	防制效率
一、清洗措施	工地設有專用洗滌車量或土石有關機具之清洗措施	0.120
二、鋪設鋼板等措施	鋪設於車行之砂土石路面	0.090
三、灑水噴霧	車行工地路面	0.072
	堆料棄土區/傾卸作業	0.056
	裸露地面	0.081
四、防塵罩網等措施	結構體施工後加裝防塵罩網, 採用網徑 0.5mm, 網距 3mm 為基準	0.022
	土石運輸車離工地前覆蓋不透氣防塵塑膠布	0.090
五、防塵屏等措施	工地周界築有 1.8m 以上之圍籬	0.036
六、防塵覆被	在裸露地或堆料上植被、噴灑化學防塵劑等措施	0.045
七、管理措施	指配有一般管理措施, 如地面粉土清掃工作等	0.040
八、其他措施	指非上述其他防塵措施	0.025

資料來源:行政院環保署「營建工程逸散粉塵量推估及其污染防治措施評估研究報告」, 民國 85 年

3-4.2 粉塵污染指數推估

欲進行粉塵污染指數之推估，除推估得建築物於興建與拆除之粉塵產生量外，尚需決定一適當之評估基準以作為比較計算。然而目前國內並無此基準量之參考數值。因此，本研究以環保署於民國 84 針對台灣地區各縣市所統計之 TSP 年平均值 $130\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{年}$ 為基準，在乘以一般粉塵量測估所設定之大氣對流層 12 公里(環境學基礎，王翊亭)後，可推得單位基地面積每月之平均粉塵量，即

$$\begin{aligned}\text{排放基準} &= 130 (\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{年}) \times 12000\text{m} \\ &= 1560000 (\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{年}) \text{ 或 } 0.13 (\text{kg}/\text{m}^2/\text{月})\end{aligned}$$

此基準可用以計算粉塵污染指數。

3-4.3 粉塵污染指標之評估方法

綜合上述粉塵污染指數之計算步驟如下：

1. 由建築物設計及其施工計劃書得知其構造別、基地面積、樓地板面積、以及施工工期。
2. 由上述之工地基本資料與粉塵排放係數(表 3-5)，推估建築物粉塵發生量，並考慮是否採用防塵措施。
3. 由行政院環保署所統計之粒狀污染物年平均量及基地面積推估粉塵評估基準量。
4. 計算粉塵污染指數(式 3-12)。

3-5 廢棄物污染指標之確立

根據本研究所蒐集到之資料，國外營建廢棄物之評估情形大都以每年產生多少重量之建築廢棄物及土方量作為評估單位，而國內相關研究所使用之評估單位則還包括單位之廢棄物體積產生量，在考慮目前國內相關研究可用數據資料之單位一致性情況下，本研究將以體積作為污染評估之單位。國內目前在施工過程中以剩餘土石方為最主要之廢棄物問題，而在拆除廢棄物中之主要成分則包括混凝土塊、磚瓦、金屬、廢木料、玻璃等，這些廢棄物都將是本研究廢棄物指標主要評估對象。圖 3.5 為本研究廢棄物污染評估指標之架構，其污染程度之定義為“在建築物施工建造以及拆除過程中產生之廢棄物量超出允許排放量之情形”，亦即

$$\text{廢棄物污染指標} = \frac{\text{廢棄物發生量} - \text{評估基準}}{\text{廢棄物發生量} + \text{評估基準}} \dots\dots\dots \text{(式 3-14)}$$

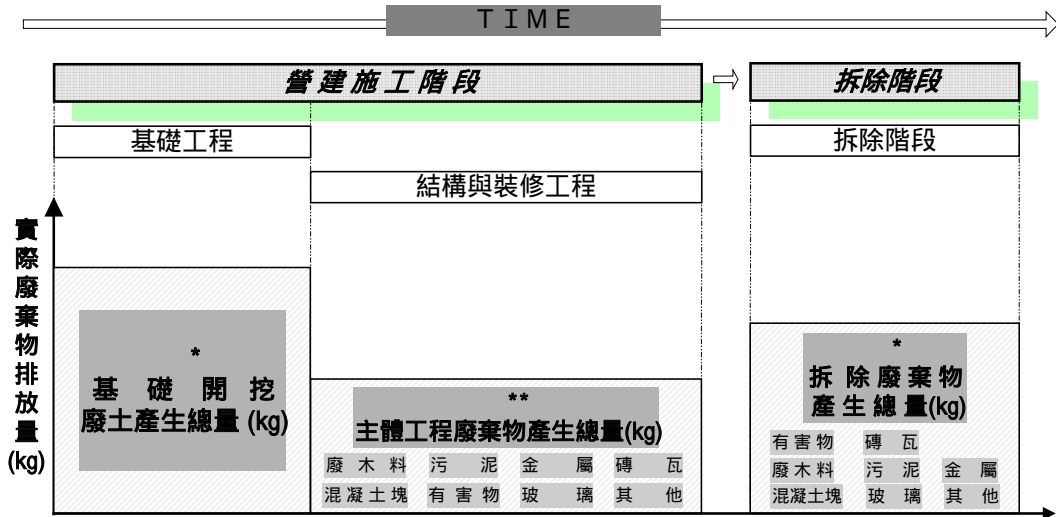


圖 3.5 廢棄物評估指標架構

3-5.1 工程作業廢棄物量推估

為了能有效推估施工及拆除階段之廢棄物產生情形，本研究根據建築設計之構造別與樓地板面積，利用以往相關研究針對施工及拆除階段各類廢棄物產生之推估係數（如表 3-7 及 3-10 所示），計算出單位面積各主要廢棄物之產生量。而營建施工階段產生之廢棄物量因受施工構法及構造方式影響，因此表 3-7 所推估之施工廢棄物發生量可適當予以折減（式 3-15）。例如建築構造型式，若採用廢棄物產生量較少的鋼構造，則可以得到 0.03（表 3-9）之係數折減。又該建築施工若能選用預鑄或系統模板等自動化工法，則廢棄物產生量推估可再予以折減（表 3-8）。

表 3-7 建築物單位面積施工廢棄物產生量 (不分構造類別)

施工廢棄物	產生量
廢砂石(21%)	0.0282m ³ /m ²
廢磚塊(18%)	0.0242m ³ /m ²
木材類(15%)	0.0202m ³ /m ²
鐵金屬類(14%)	0.0188m ³ /m ²
塑膠類(13%)	0.0175m ³ /m ²
非鐵金屬類(5%)	0.0067m ³ /m ²
紙類(3%)	0.0004m ³ /m ²
橡膠(3%)	0.0004m ³ /m ²
陶瓷(3%)	0.0004m ³ /m ²
布類(2%)	0.0003m ³ /m ²
其他(3%)	0.0004m ³ /m ²
合計營建廢棄物	0.1345 m ³ /m ²

資料來源：章裕民，「建築施工污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，民國 88 年

表 3-8 營建自動化優待係數 1

工法種類	金屬系統 模板	木模系統 模板	預鑄外牆 或樑柱	預鑄樓板	預鑄浴廁	乾式隔間	其他工法
優待係數 y _i	y ₁ = 0.04	y ₁ = 0.01	y ₂ = 0.04	y ₃ = 0.03	y ₄ = 0.02	y ₅ = 0.03	y ₆
$1 = \frac{1}{y_i} = \left(\frac{1}{y_1} + \frac{1}{y_2} + \frac{1}{y_3} + \frac{1}{y_4} + \frac{1}{y_5} + \frac{1}{y_6} \right)$							

(限用於 RC、SRC 構造建築，鋼骨構造時 1=0)

資料來源：林憲德，「綠建築標章評估指標及方法之研究」，民國 88 年

表 3-9 構造別廢棄物減量係數 2

主體結構構造別	鋼構造或 木構造	SRC 構造	RC 構造	加強磚造、 磚造
廢棄物減量指數	0.1	0.03	0.0	-0.10

資料來源：林憲德，「綠建築標章評估指標及方法之研究」，民國 88 年

$$\text{施工階段廢棄物發生量} = \text{施工廢棄物推估總量} \times (1 - 1 - 2) \dots\dots\dots(\text{式 3-15})$$

其中：

1：營建自動化優待係數

2：構造別廢棄物減量係數

而由表 3-10 所推估之拆除廢棄物產生量亦可因不同建築構造型式之設計以及回收建材 (如再生混凝土骨材、再生面磚) 之選用而予以折減 (式 3-16)。

表 3-10 建築物單位面積拆除廢棄物產生量

構造別	用途別	建材種類 (主體構造建材→→→→裝修材料)						
		鋼材 (m ³ /m ²)	混凝土 (m ³ /m ²)	磚石類 (m ³ /m ²)	非鐵 金屬類 (m ³ /m ²)	玻璃 (m ³ /m ²)	木材 (m ³ /m ²)	總計 (m ³ /m ²)
RC	住宅	0.0117	0.6010	0.0705	0.0002	0.0008	0.03	0.7142
	工廠	0.0115	0.5360	0.0585	0.0036	0.0009	0.03	0.6404
	辦公	0.0159	0.6363	0.0571	0.0002	0.0006	0.03	0.7398
	學校	0.0135	0.6570	0.1029	0.0003	0.0008	0.03	0.8045
鋼鐵造	不分	0.0210	0.2107	0.0585	0.0036	0.0009	0.03	0.3247
磚造	不分	0.0000	0.0000	0.4800	0.0002	0.0008	0.2	0.6810
加強磚造	不分	0.0027	0.3200	0.4000	0.0002	0.0008	0.32	1.0437
木構造	不分	0.0000	0.0000	0.0500	0.0002	0.0008	0.8	0.8510

資料來源：黃榮堯，「建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，民國 87 年

表 3-11 非金屬再生建材使用率 (無使用再生建材時 = 0)

	再生混凝土骨材	再生陶瓷面磚	再生磚、水泥磚	其他再生材料
分項使用率 Xi	X1	X2	X3	X4
加權係數 Zi	0.23	0.23	0.17	Z4
= Xi×Zi (Xi 及 Z4 之數值需由業者提出計算說明經認定後採用之)				
加權係數 Zi 為一般 RC 建築物之該項非金屬廢棄物所佔總廢棄物量之統計比例				

資料來源：林憲德，「綠建築標章評估指標及方法之研究」，民國 88 年

$$\text{拆除階段廢棄物發生量} = \text{拆除廢棄物推估總量} \times (1 - 2 - 2.0) \dots\dots\dots(\text{式 3-16})$$

其中：

- 2：構造別廢棄物減量係數
- ：非金屬再生建材使用率

除施工及拆除時所產生之廢棄物外，工程開挖時所產生之剩餘土石方亦為常見之營建廢棄物之一，其推估方式為先依據設計圖計算總開挖土方量，而後針對該建築工地土方平衡使用比例（如回填或造景）乘上一土方平衡係數（式 3-17），以求得剩餘之土方量。

$$\text{剩餘土方量} = \text{開挖土方量} \times (1 - 3) \dots\dots\dots(\text{式 3-17})$$

其中：

$$3: \text{土方平衡係數} = \left(\frac{\text{工地內土方使用量}}{\text{開挖土方量}} \right)$$

廢棄物發生量 = 廢棄土方量 + 施工階段廢棄物發生量 + 拆除階段廢棄物發生量

3-5.2 廢棄物污染指數推估

針對建築物施工及拆除階段推估出各主要廢棄物發生量後，可與評估基準相比較以求得廢棄物污染指標。而國內相關單位目前並無訂定建築廢棄物管制標準，而針對此方面之相關研究亦非常少。本研究目前僅能就現有之研究資料訂定評估基準。針對施工階段之廢棄物，台北市政府曾於民國 78 年委託中興工程顧問社進行台北都會區廢土棄置場計畫，其中曾對台北市每年所產生之建築工程廢土及廢棄物數量進行調查統計，約為 160 萬立方公尺，而當年之建築總樓地板面積為 5248806 m²，因此，若以該研究計畫之統計結果進行建築物施工平均廢棄物排放量計算，則：

$$\text{施工階段廢棄物評估基準} = \left(\frac{160 \text{萬立方公尺}}{5248806 \text{平方公尺}} \right) = 0.305 \text{ m}^3/\text{m}^2 \dots\dots\dots(\text{式 3-18})$$

而針對拆除階段廢棄物，根據陳氏碩論（陳明良，「建築產業廢棄物再利用之研究-台北都會區建築廢棄物數量與種類之調查研究」，民國 83 年）針對廢棄物處理業者統計資料，自民國 79 年至 83 年，加強磚造建築每單位樓地板面積約產生 1.088 m³/m² 之拆除廢棄物，而鋼筋混凝土每單位樓地板面積之拆除廢棄物量為 0.738 m³/m²。故，

$$\text{拆除階段廢棄物評估基準} = 1.088 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ (加強磚造)} \dots\dots\dots(\text{式 3-19})$$

$$\text{拆除階段廢棄物評估基準} = 0.738 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ (鋼筋混凝土造)} \dots\dots\dots(\text{式 3-20})$$

未來政府相關單位可針對營建工程及廢棄物處理業者進行大規模廢棄物處理及回收調查，據以訂立適當之管制標準或排放基準。

3-5.3 廢棄物污染指標評估方法

綜合以上說明得知建築物之廢棄物污染指數評估流程：

1. 由建築物設計及其施工計畫書得其構造別、基地面積、樓地板面積、及施工工期。

- 2.計算剩餘土方量（式 3-17）。
- 3.利用表 3-7 推估施工階段所產生之廢棄物量，並評估其建築構造型式及是否採用自動化施工構法（式 3-15）。
- 4.利用表 3-9 推估拆除廢棄物產生量，並評估其構造型式及是否使用回收建材（式 3-16）。
- 5.計算廢棄物總產生量。
- 6.由式 3-18、3-19 與 3-20 之選擇適當廢棄物評估基準，計算廢棄物污染指數。

3-6 水污染指標

營建工地所產生之廢水主要分為工程污水與日常生活污水兩類。表 3-12 為營建工地產生水污染之主要作業項目，包括連續壁施作、地盤改良、坡地開發等，產生如穩定液、皂土液等污染物。但根據與工地地人員以及環保單位委派之稽查人員之訪談了解，此類工程污水多加以循環回收再利用，通常不會直接排放造成水污染。因此，本研究所訂定之營建水污染指標主要是針對工地人員產生之日常生活污水，由污水中分析各污染物（BOD、SS、P）之濃度。水污染指數之定義為“在建築物施工過程所產生日常生活污水之污染物濃度與評估基準之比較”，即

$$\text{水污染指數} = \left(\frac{\text{水之污染物濃度} - \text{評估基準}}{\text{水之污染物濃度} + \text{評估基準}} \right) \dots\dots\dots(\text{式 3-21})$$

表 3-12 營建工程發生水污染之主要作業

工程作業項目	作業內容	材料使用量
地盤處理	CCP、SMW、石灰樁施工藥液灌漿	CCP 工法而言水泥漿之用量約 760Kg/m ³
使用穩定液之工程	地下連續壁、場鑄基樁之鑽挖潛盾	目前採用之穩定一齊成份多為高分子聚合物，在黏土地質約為 0.3 Kg/m ³ ，砂質地用量低於 0.3 Kg/m ³
坡地開發		坡地開發計畫時，由水土保持技師估算出雨水沖刷量
採用水中混凝土之工程	反循環樁、連續壁等	開挖體積即為混凝土之用量，但必須再加上損耗

資料來源：本研究整理

3-6.1 水污染量指數推估

本研究水污染指數訂定之主要目標在於期望建築工地能採取適當的污水處理設施以降低水污染，表 3-13 為各級污廢水處理之作業流程，而各級處理之處理效果則表列於 3-14。例如若能針對廢水進行初級處理，則可降低生化需氧量（BOD）從 250 mg/L 到 175 mg/L；懸浮固體（SS）從 250mg/L 至 60 mg/L；磷（P）從 8 mg/L 到 7mg/L。而根據環保署之規定，目前放流水之管制標準是以經三級處理之水質濃度為準，即 BOD 15 mg/L，SS 15 mg/L，P 1 mg/L。因此，本研究水污染指標即依工地所採污水處理等級之水質情況(包括 BOD、SS、P)與管制標準比較結果來評估其水污染程度。

表 3-13 廢水處理過程

初級處理	攔污柵 沈沙池 初沈池
二級處理	活性污泥法、滴濾池、生物旋轉圓盤法、接觸曝氣法
三級處理	終沈池 硝化 脫硝 化學去磷 活性碳吸附 過濾 消毒 放流

資料來源：：歐陽崎暉，「下水道工程學」，民國 69 年

表 3-14 各級廢水處理後之污染量

	生污水	初級處理後	二級處理後	三級處理後
BOD, mg/L	250	175	15	10
SS, mg/L	220	60	15	10
P, mg/L	8	7	6	0.5

資料來源：歐陽崎暉，「下水道工程學」，民國 69 年

3-6.2 水污染指標計算

綜合上述章節整理水污染評估指標計算步驟如下：

1. 從施工計畫書，得知是否採取水污染處理措施。
2. 由表 3-14 得到各級廢水處理後之污染物濃度。
3. 針對三個主要污染物濃度（BOD、SS、P）分別計算其污染程度（式 3-21）。
4. 將三個個別污染指數平均即為水污染指標。

第四章 指標測試分析

本章針對各項污染指標進行相關影響因子之敏感度測試分析，對於每一項污染指標皆假設一原型案例（案例 0），再將其他影響因子案例之分析結果與原型案例做比較，以瞭解及測試影響因子之影響程度與指標本身之正當性。

4-1 噪音指標測試分析

如表 4-1 案例 0 所示，本指標測試原型案例之基地中心距工地周界之最短距離假設為 15 公尺，施工期間共依序進行了假設工程（5 個月）、擋土及土方工程（15 個月）、結構工程（1 個月）、回填及土方工程（1 個月）及裝修工程（18 個月）等作業，各作業所使用機具種類及其運轉分貝數列於表 4-1 中。假設該工地施工期間並未採取任何噪音污染防治措施，因此在管制基準為 70dB 之情況下，該案例之噪音污染指數為 0.199。

（1）基地中心距工地周界最短距離（基地面積）

案例 1-3 為針對基地中心與工地周界最短距離之敏感度測試，當該距離由案例 0 之 15 公尺逐漸增加至 80 公尺（案例 1）、150 公尺（案例 2）、200 公尺（案例 3）時，噪音污染指數則由 0.199、0.151、0.125、0.113，表示在其他條件皆不變之情況下，噪音污染指數會隨著基地中心與工地周界最短距離之增加而降低。換句話說，當基地面積愈大時（此時基地中心距工地周界距離愈長），在相同之機具、工期等運轉條件情況下，其對工地周界外所產生之噪音污染影響程度愈小。

（2）各作業施工工期

案例 4-6 為將原型案例中各作業項目之工期依相同比例予以增長或縮減。例如案例 4 中各作業工期為案例 0 相同作業工期之 1/5。測試結果發現，案例 4-6 噪音污染指數與案例 0 完全相同，皆為 0.199。分析其主要原因為本噪音指標之噪音發生量為各作業項目施作期間所產生之均能噪音強度，最後再加以對數平均所求得之均能噪音量（式 3-6），因此與各作業項目所使用之機具種類及其施作工期所佔總

工期時間比例相關。由於案例 4-6 所使用之機具不變，而各作業項目施作時間依相同比例增長或縮短，各案例中相同作業項目工期佔總工期之比例亦皆相同，以致其噪音污染數亦會相同。

同樣針對工期之變化，案例 7-9 則是將案例 0 中各作業項目工期做任意調整，所得噪音污染指數結果亦因此不同。

(3) 噪音防治措施

相對於案例 0 中並未採取任何噪音防治措施，案例 10-12 為有採取相關防治措施之案例，且其防治效果分別為 0.3、0.5、0.9。由分析結果顯示，噪音污染指數隨著防治措施折減效果的增加而依次從案例 0 之 0.199 降低至案例 10 之 0.0234、案例 11 之 -0.143（低於評估基準 70dB）及案例 12 之 -0.739。

(4) 評估基準

若將噪音指標之評估基準從案例 0 之 70dB 改為更嚴苛之 60dB（案例 13），則在其他條件不變之情況下，噪音污染程度從案例 0 之 0.199 增為 0.257。反之，若將評估基準放寬至 75dB（案例 14）及 80dB（案例 15），則噪音污染指數分別降低為 0.150 及 0.119。因此，相同條件下噪音污染指數會因評估基準較嚴格而增大，而因評估基準較寬鬆而降低。

(5) 各作業項目使用機具

案例 16-18 為針對案例 0 中各作業項目所使用之機具種類項目加以變化。案例 16 中各作業項目使用機具種類皆增加（裝修工程不變除外），結果噪音污染指數增為 0.204。案例 17 僅留下案例 0 各作業項目中噪音量最低之機具，結果污染指數下降至 0.167；案例 18 則只留下案例 0 噪音量最高之機具，結果污染指數雖仍下降（0.184），但下降幅度不若案例 17 來得大。由以上結果可知，當施工使用機具愈多，產生噪音量愈大，則噪音污染指數亦愈大，反之，則噪音指數愈小。

4-2 振動指標測試分析

振動指標原型案例（表 4-2 案例 0）中，假設基地中心距周界之最短距離為

15 公尺，工地施工期間依序進行了假設、擋土及土方、結構、回填及土方、裝修工程等作業，個別作業施作之工期及主要營建行為列於表 4-2 中。該工地假設未採取任何減振措施，因此在 70 分貝之振動評估基準下，污染指數為 0.020。

(1) 基地中心距工地周界最短距離（基地面積）

案例 1~4 針對基地中心距工地周界最短距離測試其敏感度。隨著最短距離由 5 公尺(案例 1)增加至 10 公尺(案例 2)、15 公尺(案例 0)、20 公尺(案例 3)與 30 公尺(案例 4)，振動污染指數則由 0.032 依次降低至 0.031、0.020、0.015 及 0.001。明顯地在各作業工程之主要營建行為及工期不變之情況下，振動污染指數隨著基地中心距工地周界最短距離之增長(基地面積變大)而降低，表示當基地面積變大，根據本研究指標振動源位於基地中央之假設，其對基地外造成之振動影響愈小。

(2) 各作業施工工期

案例 5~7 中各作業項目工期同樣為原型案例相同作業項目工期之相同倍數或分數，結果所得振動污染指數亦皆與案例 0 相同，為 0.020。其原因如同噪音污染指標一般，因振動指標之振動發生量為一均能強度，與作業項目施作之營建行為及其施作工期佔總工期比例相關(式 3-11)，因此污染指數結果相同。

案例 8~10 則為作業項目施作工期任意調整之組合，其振動污染指數與案例 0 比較有的較大(案例 8)，有的較小(案例 9~10)，表示各作業項目工期佔總工期比例發生變化時，振動污染指數亦隨之會改變。

(3) 減振措施

若能在施工期間採取適當減振措施，則可降低振動污染或影響程度。案例 11~14 採取不同效率之減振措施，減振效率分別為 0.3、0.4、0.5 及 0.6，而其振動污染指數則分別為-0.157、-0.231、-0.316、-0.412 (皆小於評估基準)，顯示當採取較高減振效率之措施，污染指數則會愈低。

(4) 評估基準

在作業項目所使用機具及工期不變之情況下，當採用較嚴格之評估基準時，振動污染指數會因而升高(如案例 15 之 0.139、案例 16 之 0.097 及案例 17 之 0.057)。

反之，則振動污染指數會因而降低(如案例 18 之-0.047)。

4-3 粉塵指標測試分析

如表 4-3 案例 0 所示，本指標原型案例工程採鋼筋混凝土造，為一地上 14 層，地下 2 層之建築物，建築基地面積為 8589.4 平方公尺，總樓地板面積為 138701.7 平方公尺，預定建造工期為 28 個月，施工期間將不採任何粉塵防治措施。由該案例之基地面積及施作工期計算得允許排放基準量為 31265.42kg (參考 3.4-2 節)，最後計算之粉塵污染指數為 0.525。

(1) 建築物構造型式

若案例 0 之建築物構造型式由鋼筋混凝土造改為鋼骨造(案例 1)，則在其他條件不變情況下，由於鋼骨造之粉塵發生係數較低(表 3-5)，因此粉塵污染指數亦由 0.525 降低至 0.470。

(2) 粉塵污染防治措施

案例 2 6 分別採取具不同效率之粉塵污染防治措施。而由測試結果可知，當採用防治效率愈高之措施時，其粉塵污染指數愈低。

(3) 基地面積

案例 7 10 為針對基地面積大小之案例測試。結果顯示當基地面積愈大時，粉塵污染指數反而變小。究其原因為目前本指標施工階段粉塵發生量推估以及評估基準值之推估皆隨著基地面積變大及工期增長而增加(參考 3-4.1、3-4.2 節)，而另一方面拆除階段之粉塵發生量則僅與總樓地板面積相關，而與基地面積大小或工期長短無關(一般拆除之工期短，予以忽略)。因此，造成當基地面積變大或工期變長時，污染指數變小之現象。未來粉塵評估基準應能針對不同構造方式、構法、以及興建總樓地板面積等因素而有不同基準值，不應僅隨著基地面積增大或工期增長而無限制提高。但受限於相關研究統計資料，本研究仍將使用該方法推估粉塵評估基準值。

(4) 工期

案例 11 14 為針對工期長短所進行之案例測試，結果顯示當工期愈長時，粉塵污染則愈小。同樣的這是受限於目前所採用之評估基準推估公式，未來可藉由更進一步相關研究予以改善。

(5) 建築物不同樓層設計

案例 15 17 為針對建築物不同樓層設計所進行之案例測試。在基地面積、工期、構造型式等其他條件不變的情況下，當建築物地上或地下建造樓層數愈多時，則總樓地板面積愈大，所造成粉塵污染愈嚴重，污染指數亦愈高。

4-4 廢棄物指標測試分析

廢棄物指標原型案例（表 4-4 案例 0）為一地上 24 層、地下 5 層之鋼筋混凝土住宅，總樓地板面積 277403.4 平方公尺，開挖面積 73 公尺×131 公尺，開挖深度 15 公尺，未採用任何再生建材或自動化工法。依總樓地板面積推估所得之評估基準為 289331.75 立方公尺（式 3-18，3-20），計算得廢棄物污染指數為 0.134。

(1) 構造型式

若案例 0 之構造型式由鋼筋混凝土造改為案例 1 之加強磚造，則因拆除廢棄物數量推估係數（表 3-10）與評估基準推估係數（式 3-19）之分別增大而改變了污染指數。但由於在本案例中評估基準增大之效應顯然大於廢棄物數量增加之結果，因此造成污染係數反而由案例 0 之 0.134 降為 0.098，未來可進一步檢視指標中評估基準推估方式之合理性。

(2) 使用再生建材或自動化工法

建築物設計及施工建造若能儘量使用回收再生建材或自動化之低污染工法，則可降低所產生之廢棄物數量。案例 2~4 假設廢棄物採用再生建材及自動化工法設計，計算所得之污染指數（分別為 0.122，0.109，0.105）均較未採用再生建材或自動化工法的案例 0（0.134）來的低。而由於案例 2~4 分別採用不同之再生建材種類及自動化工法，且污染指標結果亦不相同。

(3) 土方平衡

建築物設計時若能考量土方之平衡，儘可能減少須運出工地之土方數量，則可降低污染程度。案例 5~7 為針對不同土方平衡係數所得之測試分析，土方平衡係數愈高，表示該工地所開挖土方量於該工地自行應用之比例愈高，則所需運出工地之土方比例愈低，廢棄物污染程度亦愈低。

(4) 開挖體積

在相同土方平衡係數條件之下，當建築設計開挖體積愈大，產生之土方數量愈大，造成廢棄物污染程度亦愈高。案例 8~10 為針對不同開挖體積所進行之廢棄物污染指標測試，當開挖體積由案例 8 之 $15 \times 15 \times 10$ 逐漸增加為案例 9 之 $73 \times 131 \times 15$ ，案例 9 之 $90 \times 90 \times 22$ ，及案例 10 之 $150 \times 150 \times 12$ 時，廢棄物污染指數則分別由 -0.064（廢棄物產生量低於評估基準量）提高至 0.134，0.196 及 0.281。

(5) 建築不同樓層設計

案例 11~13 為針對建築物不同樓層設計所進行之測試。不同樓層設計之廢棄物產生量隨著總樓地板面積之增加而放大，但另一方面評估基準亦同時隨總樓地板面積變大，結果造成總樓地板面積大之建築物，其廢棄物污染程度不一定較大。未來對於不同樓層設計建築物廢棄物評估基準之選定，須進一步探討，使指標更為合理。

4-5 水污染指標測試分析

本研究水污染指標僅針對工地是否設置污水處理設施而依處裡前後水質中生化需養量（BOD）、懸浮固體（SS）及磷（P）之濃度變化計算其污染指數（參考 3-6 節）而依所設置污水處理設施等級之不同所得知污染指數分別為案例 0 之 0.845（無污水處理設施）、案例 1 之 0.731（初級處理設施）、案例 2 之 0.238（二級處理）及案例 4 之 -0.244（三級處理）。換言之，測試結果顯示當所設置之污水處理設施等級愈高，污染排放濃度愈低，而水污染指數亦隨之降低。

第五章 綜合指標污染項目權重之建立

本研究擬建立之建築污染綜合指標包括噪音、振動、粉塵、廢棄物、及水污染等項目之污染程度評估，為了能合理反應各污染項目對環境所造成危害程度不一的事實，各污染項目之污染指數需乘上其個別之權重後再加總得綜合污染指標，如式 5-1 所示。本研究採用 AHP 層級分析法(鄧振源、曾國雄，1989)，兩兩比較各污染項目間相對之污染危害或嚴重程度，以決定各污染項目間之污染權重。而為了能得到較客觀的分析結果，本研究選定一般民眾、建築工程人員、環保單位執法人員及環保專業人員(專家)等四個群體進行問卷調查或訪談(問卷內容參閱附錄 F)，希望能從不同群體各自角度觀點獲得較客觀之污染權重結果。而各污染項目之污染指數乘上個別權重後之綜合污染指標如式 5-1：

$$PI = PI_N(W_N) + PI_V(W_V) + PI_P(W_P) + PI_W(W_W) + PI_{WP}(W_{WP}) \dots \dots \dots (式 5-1)$$

其中：

PI : 建築污染綜合指標

PI_N : 噪音污染指數

PI_V : 振動污染指數

PI_P : 粉塵污染指數

PI_W : 廢棄物污染指數

PI_{WP} : 水污染指數

W_N : 噪音污染權重

W_V : 振動污染權重

W_P : 粉塵污染權重

W_W : 廢棄物污染權重

W_{WP} : 水污染權重

5-1 一般民眾

針對一般民眾之污染權重調查，本研究採電話問卷訪談方式進行。首先利用

30 個樣本試調求出結果之變異數及誤差估計，然後在設定信賴區間為 95 % 情況下決定採樣數為 131 份。隨後將台灣地區分為北、中、南、東四區，並根據各區所佔之人口比例抽取樣本數：北部為 53 份、中部為 32 份、南部為 37 份、東部 9 份。最後並以亂數表來決定各區電話號碼，進行訪談。其中總共取得有效問卷 121 份，問卷結果之一致性測試(C.I., Consistency Index)值為 0.01，小於一般要求之 0.1。以下即為根據一般民眾問卷調查結果之綜合指標計算式：

$$PI = 0.2361PI_N + 0.14PI_V + 0.22PI_P + 0.261PI_W + 0.187PI_{WP} \dots \dots \dots (式 5-2)$$

(PI_N：噪音污染 PI_V：振動污染 PI_P：粉塵污染 PI_W：廢棄物污染 PI_{WP}：水污染)

由以上之權重得知一般民眾認為營建工地廢棄物、噪音及粉塵之污染程度較為嚴重，而對振動及水污染之感受程度較低。

5-2 工程人員

就地利之便本研究對國立中央大學受營建署委託舉辦之「工地主任訓練班」上課學員進行問卷調查，這些學員是隨機來自中部及北部的營造公司、建築師事務所、建設公司、業主等單位，應具有代表性及隨機性。總共取得有效問卷 120 份，問卷結果之一致性測試為 0.01，合乎小於 0.1 之要求。工程人員問卷結果之綜合指標計算式如下：

$$PI = 0.217PI_N + 0.125PI_V + 0.249PI_P + 0.251PI_W + 0.158PI_{WP} \dots \dots \dots (式 5-3)$$

(PI_N：噪音污染 PI_V：振動污染 PI_P：粉塵污染 PI_W：廢棄物污染 PI_{WP}：水污染)

由以上結果發現工程人員與民眾對各項污染權重雖不盡相同，但同樣的認為廢棄物、粉塵、噪音的污染較為嚴重，而認為振動及水的污染較為輕微。

5-3 環保單位

除一般民眾及工程人員外，本研究亦針對全省各縣、市政府之環保局進行電話問卷調查，問卷之對象並不限定於環保局下之某一科室，以避免因工作職責關係而對某一污染項目有較主觀或強烈之看法。此次訪談之主要對象為各環保局之技正，希望藉由其對各種污染項目污染情形之了解，使本問卷結果更為客觀。此次總共取

得有效問卷 23 份 (包括澎湖縣), 問卷結果之一致性指標為 0.02。針對環保單位之綜合指標計算式如下：

$$PI = 0.184PI_N + 0.103PI_V + 0.339PI_P + 0.297PI_W + 0.076PI_{WP} \dots \dots \dots (式 5-4)$$

(PI_N: 噪音污染 PI_V: 振動污染 PI_P: 粉塵污染 PI_W: 廢棄物污染 PI_{WP}: 水污染)

如同一般民眾與工程人員, 環保單位人員亦認為粉塵、廢棄物與噪音之污染情形較為嚴重, 但較為特別的是, 環保單位人員給予粉塵污染的權重 0.339, 明顯的高出一般民眾的 0.22 及工程人員的 0.249 甚多, 究其可能原因是目前正執行營建工地空污費之徵收, 因此感受上或許較其他類之污染情況來得嚴重。此外, 環保單位人員認為振動污染嚴重程度較水污染為甚, 此與一般民眾及工程人員之問卷結果明顯不同, 可能與一般民眾及工程人員對振動有較直接之感受有關。

5-4 環保專家

本研究亦針對參與本研究之專家顧問進行問卷調查, 希望藉由專家之專業知識建立一客觀之污染權重。總共取得有效問卷 6 份, 一致性指標 C.I. 值為 0.03, 專家之綜合指標計算式：

$$PI = 0.233I_N + 0.114I_V + 0.319I_P + 0.218I_W + 0.116I_{WP} \dots \dots \dots (式 5-5)$$

(PI_N: 噪音污染 PI_V: 振動污染 PI_P: 粉塵污染 PI_W: 廢棄物污染 PI_{WP}: 水污染)

同樣的, 針對專家的問卷結果亦顯示粉塵、噪音、廢棄物之污染情形較振動、及水污染來得嚴重, 而且如同環保單位人員一樣, 亦認為粉塵污染是最為嚴重。

5-5 小結

表 5-1 整理上述針對一般民眾、工程人員、環保單位人員、環保專家等四個群體所進行污染權重調查分析結果。基本上他們一致認為噪音、粉塵、廢棄物之污染程度較振動及水污染來得嚴重。而且似乎一般民眾與工程人員在污染項目間權重之分配較為平均, 而不似環保單位人員及專家加重某些污染項目權重(例如粉塵污染)。一般說來民眾及工程人員在判斷各項污染項目之嚴重程度時主要以本身所接觸與切身感受污染情形為主要考量, 而營建工地最常為人所詬病的污染便是噪音、粉塵、及隨意傾倒之廢棄物。而專家及環保單位人員在決定各項污染之嚴重程度時可

能還會考量污染項目對整體地球生態環境之衝擊影響程度，因此，權重結果似乎與一般民眾及工程人員等群體較為不同。

表 5-1 不同群體之污染權重之比較

對象	指標
民眾	$PI=0.2361PI_N + 0.14PI_V + 0.22PI_P + 0.261PI_W + 0.187PI_{WP}$
工程人員	$PI=0.217PI_N + 0.125PI_V + 0.249PI_P + 0.251PI_W + 0.158PI_{WP}$
專家	$PI=0.233PI_N + 0.114PI_V + 0.319PI_P + 0.218PI_W + 0.116PI_{WP}$
環保單位	$PI=0.184PI_N + 0.103PI_V + 0.339PI_P + 0.297PI_W + 0.076PI_{WP}$

本研究所進行之污染權重調查在樣本數大小及取樣對象的選取上當然還有可爭議處，不過已儘可能在有限的時間經費下找出各污染項目間可接受的權重關係，以利後續案例研究綜合指標之計算。而由於不同調查群體對各污染項目污染權重不盡相同，在未能更進一步擴大調查及分析其間關連之情形下，本研究擬綜合所有問卷之調查結果而以下列之綜合污染指標計算式進行污染綜合指標之計算。

$$PI = 0.223PI_N + 0.129PI_V + 0.246PI_P + 0.259PI_W + 0.163PI_{WP} \dots\dots\dots (式 5-6)$$

(PI_N ：噪音污染 PI_V ：振動污染 PI_P ：粉塵污染 PI_W ：廢棄物污染 PI_{WP} ：水污染)

第六章 案例研究

6-1 案例模擬

針對本研究所建立之污染評估指標之初步模型，為驗證其正當性與實用性，共進行兩個營建工地之案例模擬演算。本研究首先透過桃園縣環保局委外之營建工地稽核單位，從評核人員稽查結果為「好」和「不好」之工地案例中各選取一例，除透過稽查單位蒐集設計與施工計劃書等相關資料外，並實地參觀案例工地，以瞭解其環保實施情形。為顧及案例工地廠商之意願及隱私，以下案例工程名稱以英文字母表示之。

一、A 工程—稽核優良工地

(一)、工程簡介

A 工程位於桃園縣中壢市，為一國宅建築，基地鄰接八公尺及十二公尺之計劃道路，附近人口為中密度，交通便利順暢，基地內分為 F、G、H、I 等四區興建十三及十四層樓電梯公寓。平面配置圖如圖4.1。其他資料如下：

1. 工程為地上14 F，地下2 F 之公寓大樓，共計779戶，總樓地板面積138701.7 m²。
2. 工程之基地面積約為8589.4m²，結構體以鋼筋混凝土施作。
3. 經由工地訪談得知其開挖體積為33565.81m³。
4. 該工程為通過ISO14000環境管理系統之優良工地。

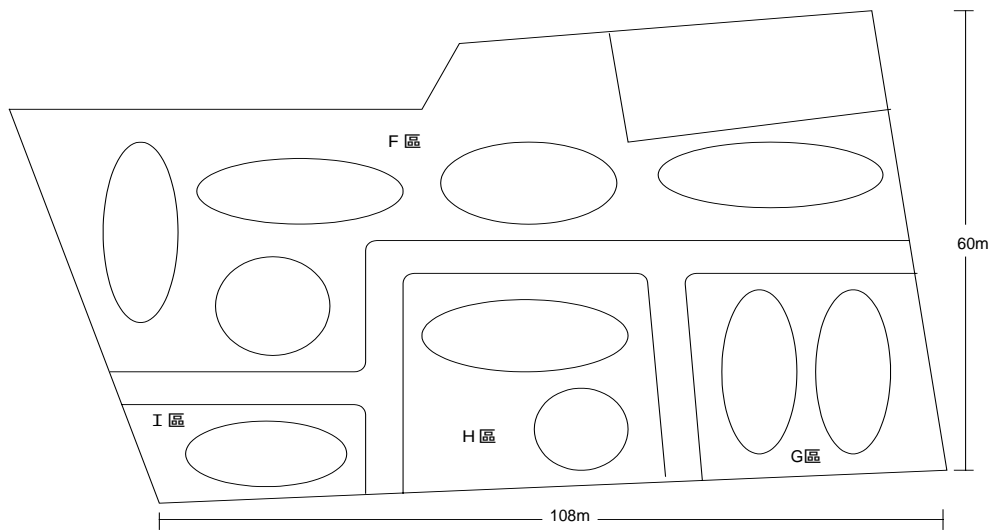


圖 6.1 A 工程平面配置圖

(二) 實施進度

1. 建築工程部份業於八十六年三月六日順利發包，工期共計840日曆天。
2. 工程總進度表如下圖所示：

工程項目	權重	預定進度	實際進度	八十六年度				八十七年度												八十八年度																
				8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
1 準備工程	1.31			█																																
2 原有建物拆除及清理	0.26			█																																
3 擋土設施	2.1			█																																
4 土方工程	2.1			█																																
5 結構工程	47.3							█																												
6 防水工程	1.13							█								█																				
7 回填土方工程	0.2							█																												
8 裝修,什項工程	39.2							█																												
9 電梯工程	3.6											█																								
10 景觀綠化工程	2.8															█																				
	100																																			
累積總進度(%)	預定			0.90	1.79	2.54	5.13	7.71	10.34	12.99	15.65	18.3	22.91	27.73	32.61	37.27	41.94	46.5	50.85	55.17	59.49	63.82	68.14	72.46	78.75	85.86	91.17	96.48	97.90	99.31	100					
	實際			1.33	2.79	4.4	6.72	8.55																												

圖 6.2 工程總進度表

(三) 主要施工作業流程及使用機具

1. 工程之施工程序須實施協調及管制以達最佳施工效率，圖6.3為該工程之施工流程圖。

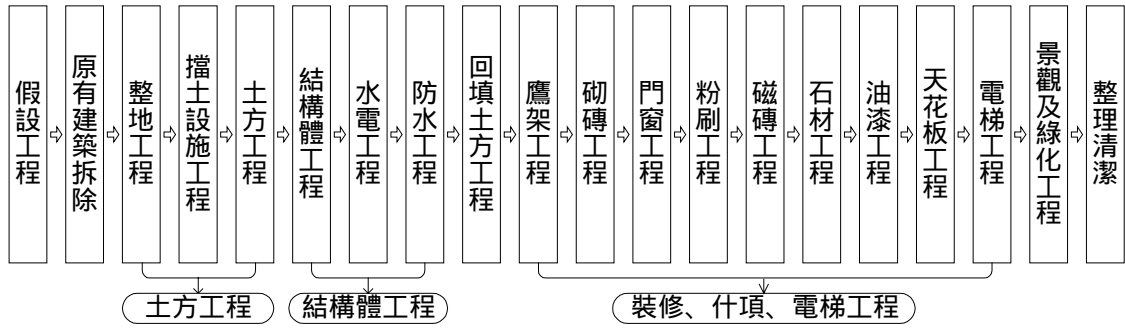


圖 6.3 施工流程圖

2. 工程作業進度如圖6.2所示，而各階段作業使用之主要機具如表6-1所示。

表 6-1 工程作業項目之主要機具

作業類別	機械名稱	噪音位準dB(A)	備註
假設工程	抽水機	81	
	發電機	77	三菱80KW
原有建物拆除	破碎機	96	三菱PC-200
	卡車	88	NISSAN HINO
土方工程	打樁機	98	三菱重工PC-210
	挖土機	84	三菱重工PC-200
	抽水機	81	
	卡車	88	NISSAN HINO
結構工程	吊車	85	三菱FUSO KATO
	卡車	88	NISSAN HINO
	泵浦車	82	三菱FUSO
	預拌混凝土車	88	NISSAN HINO
	混凝土振動機	75	HANDA5.5GX160
回填及土方工程	挖土機	87	三菱重工PC-200
	壓路機	80	
	卡車	88	NISSAN HINO
裝修工程	空氣壓縮機	81	白馬牌3~5HP
	電動鑽	96	HITACHI P80-20

* 噪音位準值距噪音源3m所量測

(四) 環境保護管理措施

根據工地所提供資料，該工地所實施之環境保護管理措施如下：

1. 噪音：假設工程作業時，以電力變電站減少柴油發電機之噪音及廢氣。
2. 振動：目前尚無防治措施。
3. 粉塵：
 - (1) 基地內廢氣排放源主要來自施工機具及車輛，目前無任何廢氣排放處理設施。
 - (2) 結構體工程施工時，皆依規定設置防塵網，減少粉塵及墜落物。
 - (3) 土方工程之裸露面開挖，皆實施灑水作業，減少粉塵之排放。
 - (4) 設置高壓洗車機清洗進出工地之車輛，減少粉塵之排放。
4. 廢棄物：工地廢棄材料依照類別放置，且對廢棄物料之運送地點詳細追蹤，確實做到維護環境清潔之工作。
5. 水質：設置洗車池（沈澱池），減少污泥。

(五) 模擬計算

A. 噪音

1. 基本資料

- (1) 由表6-1可知主要使用之機械項目，且查得噪音位準（或由附錄E）。
- (2) 各施工項目之作業時間分配參考圖6.2。
- (3) 參照施工平面配置圖，基地中心距工地周界最短距離約為30公尺。
- (4) 工地周圍為商業與住宅區，將之劃分為第二類管制區域。

2. 各階段施工噪音均能位準（距噪音源3m）（式3-3）

首先計算各作業項目之均能音量：

- (1) 假設工程 $Leq = 10 \log (10^{77/10} + 10^{81/10}) = 82.46 \text{ dB (A)}$
- (2) 原有建物拆除及清理 $Leq = 10 \log (10^{96/10} + 10^{88/10}) = 96.64 \text{ dB(A)}$
- (3) 擋土及土方工程 $Leq = 10 \log (10^{98/10} + 10^{84/10} + 10^{81/10} + 10^{88/10}) = 98.64 \text{ dB (A)}$
- (4) 結構工程 $Leq = 10 \log (10^{85/10} + 10^{88/10} + 10^{82/10} + 10^{88/10} + 10^{75/10}) = 92.48 \text{ dB(A)}$
- (5) 回填土方工程 $Leq = 10 \log (10^{87/10} + 10^{80/10} + 10^{88/10}) = 90.91 \text{ dB(A)}$
- (6) 裝修工程 $Leq = 10 \log (10^{81/10} + 10^{96/10}) = 96.13 \text{ dB(A)}$
- (7) 防水工程、景觀及綠化工程產生之噪音忽略之。

接著計算各時段之均能位準：

區段 1 工期：3 個月（86.8 86.10）

假設工程 + 原有建物拆除及清理 + 擋土及土方工程

$$Leq = 10 \log (10^{82.46/10} + 10^{96.64/10} + 10^{98.64/10}) = 100.83 \text{ dB(A)}$$

區段 2 工期：3 個月（86.10 87.1）

擋土及土方工程 + 結構工程

$$Leq = 10 \log (10^{98.64/10} + 10^{92.48/10}) = 99.58 \text{ dB(A)}$$

區段 3 工期：3 個月（87.1 87.4）

擋土及土方工程 + 結構工程 + 回填土方工程

$$Leq = 10 \log (10^{98.64/10} + 10^{92.48/10} + 10^{90.91/10}) = 100.13 \text{ dB(A)}$$

區段 4 工期：6 個月 (87.4 87.10)

擋土及土方工程 + 結構工程 + 回填土方工程 + 裝修工程

$$Leq = 10 \log (10^{98.64/10} + 10^{92.48/10} + 10^{90.91/10} + 10^{93.13/10}) = 100.92$$

dB(A)

區段 5 工期：1 個月 (87.10 87.11)

結構工程 + 回填土方工程 + 裝修工程

$$Leq = 10 \log (10^{92.48/10} + 10^{90.91/10} + 10^{93.13/10}) = 97.04 \quad \text{dB(A)}$$

區段 6 工期：7 個月 (87.11 88.6)

結構工程 + 裝修工程

$$Leq = 10 \log (10^{92.48/10} + 10^{93.13/10}) = 95.83 \text{dB(A)}$$

區段 7 工期：2 個月 (88.6 88.8)

裝修工程

$$Leq = 10 \log (10^{93.13/10}) = 93.13 \text{ dB(A)}$$

區段 8 工期：2 個月 (88.8 88.10)

假設工程 + 裝修工程

$$Leq = 10 \log (10^{92.48/10} + 10^{93.13/10}) = 93.49 \text{dB(A)}$$

區段 9 工期：1 個月 (88.10 88.11)

假設工程

$$Leq = 10 \log (10^{82.46/10}) = 82.46 \text{ dB(A)}$$

3.將各階段施工噪音之均能位準換算至管制距離之噪音位準 (式3-4)

由於步驟2中計算所得各作業階段均能位準為距離音源 (基地中心) 3公尺之位準，故 $R_1 = 3\text{m}$ 。而噪音管制標準是以距工地周界15公尺為管制點，由於基地中心距周界最短距離為30公尺，故管制點距音源或基地中心之距離 $R_2 = 30 + 15 = 45$ 公尺。

$$N_2 = N_1 - 20 \log (R_2 / R_1) = N_1 - 20 \log (45 / 3) = N_1 - 23.52$$

區段 1 衰減 $Leq = 100.83 - 23.52 = 77.31 \text{ dB(A)}$

區段 2 衰減 $Leq = 99.58 - 23.52 = 76.06 \text{ dB(A)}$

區段 3 衰減 $Leq = 100.13 - 23.52 = 76.61 \text{ dB(A)}$

區段 4 衰減	$Leq = 100.92 - 23.52 = 77.40$	dB(A)
區段 5 衰減	$Leq = 97.04 - 23.52 = 73.52$	dB(A)
區段 6 衰減	$Leq = 95.83 - 23.52 = 72.31$	dB(A)
區段 7 衰減	$Leq = 93.13 - 23.52 = 69.61$	dB(A)
區段 8 衰減	$Leq = 93.49 - 23.52 = 69.97$	dB(A)
區段 9 衰減	$Leq = 82.46 - 23.52 = 58.94$	dB(A)

4.均能位準

$$\begin{aligned}
 Leq &= 10 \log \left[\frac{3}{28} \times 10^{82.46/10} + \frac{3}{28} \times 10^{82.46/10} + \frac{3}{28} \times 10^{82.46/10} + \frac{6}{28} \times 10^{77.40/10} + \frac{1}{28} \right. \\
 &\quad \left. \times 10^{73.52/10} + \frac{7}{28} \times 10^{72.31/10} + \frac{2}{28} \times 10^{69.61/10} + \frac{2}{28} \times 10^{69.97/10} + \frac{1}{28} \times 10^{58.94/10} \right] \\
 &= 75.22 \text{ dB(A)}
 \end{aligned}$$

5.工地周圍為商業、住宅區，故由表3-2採最嚴格之評估噪音基準為70 dB(A)。

$$\begin{aligned}
 \text{6.噪音污染指數} &= \frac{\text{推估噪音發生量} - \text{評估基準}}{\text{推估噪音發生量} + \text{評估基準}} \\
 &= \frac{75.22 - 70}{75.22 + 70} = 0.069
 \end{aligned}$$

B.振動

1.基本資料

- (1) 由該工地所提供之資料，工程之作業流程如圖6-3所示。
- (2) 因為土方工程及回填土方工程等兩個作業項目施作時，牽涉到推土、挖土/載土（其餘忽略之）等行為，而這兩種行為產生之加速度位準分別為66、65分貝（表3-4）。

2.振動評估計算步驟：

- (1) 產生之加速度位準（式3-8）：

$$\text{土方工程} = 66\text{dB}$$

$$\text{回填土方工程} = 10 \log (10^{66/10} + 10^{65/10}) = 68.5\text{dB}$$

- (2) 據表3-3，泥土搬運之評估振動基準值為70dB。

土方工程，66 dB，15個月

回填土方工程，68.5，10個月

$$\begin{aligned} \text{Leq} &= 10\log\left[\frac{6}{28} 10^{66/10} + \frac{9}{28} (10^{66/10} + 10^{68.5/10}) + \frac{1}{28} 10^{68.5/10} + \frac{12}{28} 10^{0/10}\right] \\ &= 66.68\text{dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{振動污染指數} &= \frac{\text{推估振動發生量} - \text{評估基準}}{\text{推估振動發生量} + \text{評估基準}} \\ &= \frac{66.68 - 70}{66.68 + 70} = -0.024 \end{aligned}$$

C. 粉塵

1. 基本資料：

- (1) 工程為地上14F，地下2F之公寓大樓，總樓地板面積138701.7m²。
- (2) 該工程基地面積約為8589.4m²。
- (3) 工期共計為840日曆天（28個月）。
- (4) 構造別：鋼筋混凝土。

2. 依粉塵評估模式：

$$\begin{aligned} \text{建造階段之粉塵排放量} &= \text{排放係數 (表3-5)} \times \text{基地面積} \times \text{工期} \\ &= 0.355\text{kg/m}^2/\text{月} \times 8589.4\text{m}^2 \times 28\text{月} = 85378.64\text{kg} \end{aligned}$$

由於施工時採用防塵網、灑水作業、清洗進出工地之車輛，其防塵效率分別為0.022、0.081、0.12（表3-6），因此，

$$\begin{aligned} \text{建造階段粉塵排放量} &= 85378.64 \times [1 - 0.022 - 0.081 - 0.12] \\ &= 66339.20\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{拆除階段之粉塵排放量} &= \text{排放係數 (表3-5)} \times \text{總樓地板面積} \\ &= 0.1086\text{kg/m}^2 \times 138701.7\text{m}^2 = 15063\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{推估粉塵排放量} &= \text{建造階段粉塵排放量} + \text{拆除階段粉塵排放量} \\ &= 66339.20\text{ kg} + 15063\text{ kg} = 81402.20\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{允許排放基準量} &= \text{管制標準} \times \text{基地面積} \times \text{工期} \\ &= 130 (\mu\text{g/m}^3/\text{年}) \times 10^{-6} (\text{kg}/\mu\text{g}) \times 8589.4\text{ m}^2 \times 12000\text{m} \times (28/12)\text{年} \\ &= 31265.42\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3. \text{粉塵污染指數} &= \frac{\text{推估粉塵排放量} - \text{粉塵評估基準量}}{\text{推估粉塵排放量} + \text{粉塵評估基準量}} \\
&= \frac{81402.20 - 31265.42}{81402.20 + 31265.42} = 0.445
\end{aligned}$$

D. 廢棄物

1. 基本資料

(1) 工程為地上14F，地下2F之公寓大樓，總樓地板面積138701.7m²，開挖體積33565.81m³。

(2) 構造別：鋼筋混凝土。

2. 依照廢棄物之評估模式，計算施工階段之剩餘土方、營建廢棄物及拆除階段之廢棄物產生量。

(1) 施工階段 (參考表3-7)

剩餘土方 (假設剩餘土方平衡係數為0.25)：

$$33565.81 \text{ m}^3 \times (1 - 25\%) = 25174.36 \text{ m}^3 \text{ (式3-17)}$$

$$\text{營建廢棄物} : 0.1345 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 138701.7 \text{ m}^2 = 18655.38 \text{ m}^3 \text{ (表3-7)}$$

由於採取金屬系統模板，因此乘上自動化優待係數 $1 = 0.04$ (表3-8)

其構造別為鋼筋混凝土造，因此構造別減量係數 $2 = 0$ (表3-9)

$$\text{營建廢棄物發生量} = 18655.38 (1 - 0.04 - 0) = 17909.16 \text{ m}^3 \text{ (式3-15)}$$

$$\text{施工階段廢棄物量} : \text{剩餘土方} + \text{廢棄物} = 43083.5 \text{ m}^3$$

(2) 拆除階段 (參考表3-10)

$$\text{拆除廢棄物量} : 0.7142 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 138701.7 \text{ m}^2 = 99060.75 \text{ m}^3$$

其構造別為鋼筋混凝土造，因此構造別減量係數 $2 = 0$ (表3-9)

因未採用再生建材，故 $= 0$ (表3-11)

$$\text{拆除廢棄物發生量} = 99060.75 \times (1 - 0 - 2 \times 0) = 99060.75 \text{ m}^3 \text{ (式3-16)}$$

(3) 建築廢棄物總量 = 施工階段廢棄物量 + 拆除之廢棄物量

$$= 43083.5 \text{ m}^3 + 99060.75 \text{ m}^3 = 142144.25 \text{ m}^3$$

3. 廢棄物評估基準量

根據廢棄物評估基準量

$$\begin{aligned}
&= (\text{施工廢棄物產生係數(式3-18)} + \text{拆除廢棄物產生係數(式3-20)}) \\
&\quad \times \text{總樓地板面積} \\
&= (0.305 + 0.738) \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 138701.7 \text{ m}^2 \\
&= 144665.873 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
4. \text{廢棄物污染指數} &= \frac{\text{推估廢棄物產生量} - \text{廢棄物評估基準}}{\text{推估廢棄物產生量} + \text{廢棄物評估基準}} \\
&= \frac{142144.25 - 144665.873}{142144.25 + 144665.873} = -0.0088
\end{aligned}$$

E. 水污染

1. 基本資料

目前尚無廢水處理設備，僅洗車池(沈澱池)作污泥初級處理後排放。

2. 參照水污染之計算步驟：

- (1) 因該工地之廢水採沈澱池處理法，屬於廢水處理中之初級處理。故生化需氧量(BOD)為175mg/L、懸浮固體(SS)為60mg/L、磷(P)為7 mg/L。
- (2) 根據放流水排放標準，生化需氧量(BOD) 15mg/L；懸浮固體(SS) 15mg/L；及磷(P) 1mg/L。

$$(3) \text{水污染指數} = \frac{(BOD \text{ index}) + (SS \text{ index}) + (P \text{ index})}{3}$$

$$BOD \text{ index} = \frac{175 - 15}{175 + 15} = 0.842$$

$$SS \text{ index} = \frac{60 - 15}{60 + 15} = 0.6$$

$$P \text{ index} = \frac{7 - 1}{7 + 1} = 0.75$$

$$\text{水污染指數} = \frac{(0.842) + (0.6) + (0.75)}{3} = 0.731$$

(六) 小結

經由以上計算得到下列結果

(1) 噪音污染指數 = 0.069

(2) 振動污染指數 = -0.024

(3) 粉塵污染指數 = 0.445

(4) 廢棄物污染指數 = -0.0088

(5) 水污染指數 = 0.731

故A工地建築污染綜合指標(式5-6)：

$$PI = 0.223(0.069) + 0.129(-0.024) + 0.246(0.445) + 0.259(-0.0088) + 0.162(0.731) = 0.238$$

本工程經稽核為一環保優良之工地，而在模擬計算後所得之污染綜合指標為 0.238。

二、B 工程-非優良工地

(一)工程簡介

1. 工程位於桃園縣中壢市，為一集合住宅，附近為商業區，交通便利。
2. 工程為地上 26 層，地下 5 層之大樓，共計 168 戶，總計樓地板面積 40320.13m²。
3. 經由工地訪談得知開挖體積為 10307.98m³。
4. 工程基地面積約 4111.5 m²

(二) 實施進度

1. 建築工程部份於八十八年四月發包，工期共計 41 個月（日曆天）。
2. 工程總進度如下：

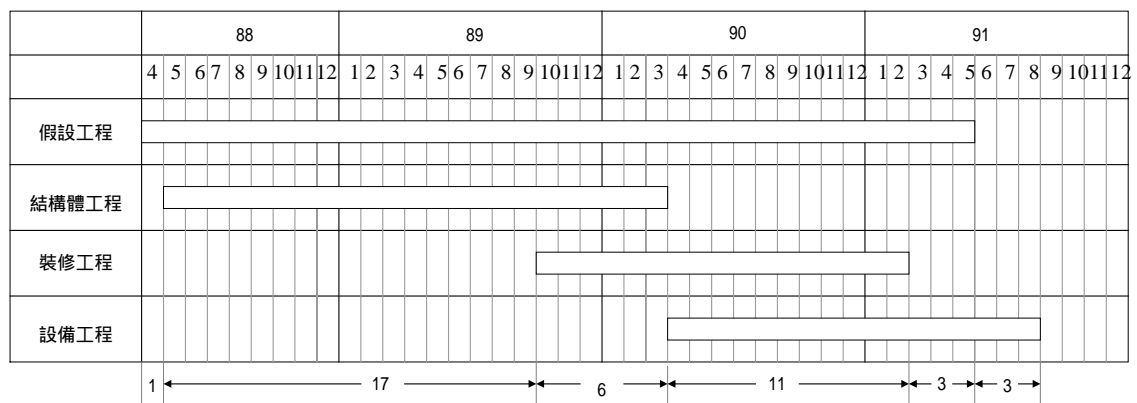


圖 6.4 工程總進度表

(三) 主要施工機具

依據該工程之施工計劃書，整理之施工機具及其噪音值如下：

表 6-2 工程作業項目之主要機具

作業類別	使用機具	噪音位準	備註
假設工程	抽水機	81	
	發電機	77	
結構體工程	挖土機	112	x2
	卡車	112	35T
	起重機	95	50T×2
	吊卡車	104	x2
	抽風機	108	
	電鑽	98	x3
	電鋸	104	
	切斷機	82.5	
	泵浦車	109	
	預拌車	79	
	振動機	75	
	設備工程	起重機	95
挖土機		112	
起重機		104	

*噪音位準距噪音源 15 公尺量測

(四) 環境保護管理措施

根據工地所提供之資料，僅有水質方面設置沈澱池，以減少污泥。

(五) 模擬計算

A、噪音

1. 基本資料

- (1) 由表 6-2 可知主要使用之機械項目及其噪音位準。
- (2) 該工程之個作業時間分配如圖 6.4。
- (3) 基地中心距工地周界最短為 20.6 公尺。
- (4) 工地周圍為商業區，將之劃分為第二類管制區。

2. 各階段施工噪音均能位準

首先計算各作業項目之均能音量：

- (1) 假設工程 $Leq = 10 \log (10^{7.7} + 10^{8.1}) = 82.5 \text{ dB(A)}$
- (2) 結構體工程 $Leq = 10 \log (2 \times 10^{11.2} + 10^{11.2} + 2 \times 10^{9.5} + 2 \times 10^{10.4} + 10^{10.8} + 3 \times 10^{9.8} + 10^{10.4} + 10^{8.25} + 10^{10.9} + 10^{7.9} + 10^{7.5}) = 118.57 \text{ dB(A)}$
- (3) 設備工程 $Leq = 10 \log (10^{9.5} + 10^{11.2} + 10^{10.4}) = 112.7 \text{ dB(A)}$

接著計算各時段之均能位準：

區段 1 工期：1 個月 (88.4 88.5)

假設工程

$$Leq = 10 \log (10^{82.5/10}) = 82.5 \text{ dB(A)}$$

區段 2 工期：17 個月 (88.5 89.9) 假設工程 + 結構體工程

$$Leq = 10 \log (10^{82.5/10} + 10^{119.4/10}) = 119.40 \text{ dB(A)}$$

區段 3 工期：6 個月 (89.9 90.3)

假設工程 + 結構體工程 + 裝修設備工程

$$Leq = 10 \log (10^{82.5/10} + 10^{119.4/10} + 10^{115.4/10}) = 120.86 \text{ dB(A)}$$

區段 4 工期：14 個月 (90.3 91.5)

假設工程 + 裝修設備工程

$$Leq = 10 \log (10^{82.5/10} + 10^{115.4/10}) = 115.40 \text{ dB(A)}$$

區段 5 工期：3 個月 (91.5 91.8)

裝修設備工程

$$Leq = 10 \log (10^{115.4/10}) = 115.40 \text{ dB(A)}$$

3. 將各階段施工噪音之均能位準換算至管制距離之噪音位準 (式 3-4)

由於步驟 2 中計算所得各作業階段均能位準為距離音源 (基地中心) 15 公尺之位準，故 $R_1 = 15\text{m}$ 。而噪音管制標準是以距工地周界 15 公尺為管制點，由於基地中心最短距離為 20.6 公尺，故管制點距音源或基地中心之距離 $R_2 = 15 + 20.6 = 35.6 \text{ m}$ 。

$$N_2 = N_1 - 20 \log (R_2 / R_1) = N_1 - 20 \log (35.6 / 15) = N_1 - 7.51$$

$$\text{區段 1 衰減} \quad Leq = 82.5 - 7.51 = 74.99 \text{ dB(A)}$$

區段 2 衰減	$Leq = 119.40 - 7.51 = 111.89 \text{ dB(A)}$
區段 3 衰減	$Leq = 120.86 - 7.51 = 113.35 \text{ dB(A)}$
區段 4 衰減	$Leq = 115.40 - 7.51 = 107.89 \text{ dB(A)}$
區段 5 衰減	$Leq = 115.40 - 7.51 = 107.89 \text{ dB(A)}$

3. 利用均能音量公式計算均能位準：

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{41} \times 10^{74.99/10} + \frac{17}{41} \times 10^{111.89/10} + \frac{6}{41} \times 10^{113.35/10} + \frac{14}{41} \times 10^{107.89/10} + \frac{3}{41} \times 10^{107.89/10} \right]$$

$$= 110.84 \text{ dB(A)}$$

(四) 該工地位於商業區，故評估基準為 70 dB(A)，

$$\text{噪音污染指數} = \frac{110.84 - 70}{110.84 + 70} = 0.226$$

B、振動

1 基本資料

由該工程所提供之資料，在假設工程與結構工程施作時牽涉到打樁、挖土、推土、載土等行為，而這些行為產生之加速度位準如表 6-3：

表 6-3 工地營建行為振動位準

作業類別	營建行為	振動位準 (dB)
假設工程	振動打樁	65
結構體工程	振動打樁	65
	挖土/載土	65
	推土	66

2. 振動評估計算步驟：

(1) 產生之加速度位準：

1. 假設工程 $Leq = 65 \text{ dB}$

2. 結構體工程 $Leq = 10 \log(10^{65/10} + 10^{65/10} + 10^{66/10}) = 70.1 \text{ dB}$

(2)振動均能位準

$$Leq = 10 \log \left\{ \frac{1}{41} \times 10^{6.5} + \frac{23}{41} (10^{6.5} + 10^{7.01}) + \frac{14}{41} 10^{6.5} + \frac{3}{41} \times 10^0 \right\} = 69.38 \text{ dB}$$

(3)振動評估基準為 70dB，故

$$\begin{aligned} \text{振動污染指數} &= \frac{\text{推估振動發生量} - \text{評估基準}}{\text{推估振動發生量} + \text{評估基準}} \\ &= \frac{69.38 - 70}{69.38 + 70} = -0.0044 \end{aligned}$$

C.粉塵

1. 基本資料：

- (1)工程為地上26 F，地下5 F 之公寓大樓，總樓地板面積40320.13m²。
- (2)該工程基地面積約為4111.5m²。
- (3)工期共計為41個月。
- (4)構造別：鋼筋混凝土。

2.依粉塵評估模式：

$$\begin{aligned} \text{建造階段之粉塵排放量} &= \text{排放係數 (表3-5)} \times \text{基地面積} \times \text{工期} \\ &= 0.355 \text{ kg/m}^2/\text{月} \times 4111.5 \text{ m}^2 \times 41 \text{ 月} = 59842.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

本工程因未採取任何防塵措施，故建造階段粉塵發生量不予折減。

$$\begin{aligned} \text{拆除階段之粉塵排放量} &= \text{排放係數 (表3-5)} \times \text{總樓地板面積} \\ &= 0.1086 \text{ kg/m}^2 \times 40320.13 \text{ m}^2 = 4378.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{推估粉塵排放量} &= \text{建造階段粉塵排放量} + \text{拆除階段粉塵排放量} \\ &= 59842.9 \text{ kg} + 4378.8 \text{ kg} = 64221.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{允許排放基準量} &= \text{管制標準} \times \text{基地面積} \times \text{工期} \\ &= 130 (\mu\text{g/m}^3/\text{年}) \times 10^{-6} (\text{kg}/\mu\text{g}) \times 4111.5 \text{ m}^2 \times 12000 \text{ m} \times (41/12) \text{ 年} \\ &= 21914.3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{3.粉塵污染指數} &= \frac{\text{推估粉塵排放量} - \text{粉塵評估基準量}}{\text{推估粉塵排放量} + \text{粉塵評估基準量}} \\ &= \frac{64221.7 - 21914.3}{64221.7 + 21914.3} = 0.491 \end{aligned}$$

D. 廢棄物

1. 基本資料

(1) 工程為地上26 F，地下5 F 之公寓大樓，總樓地板面積40320.13m²，開挖體積10307.98m³

(2) 構造別：鋼筋混凝土。

2. 依照廢棄物之評估模式，計算施工階段之剩餘土方、營建廢棄物及拆除階段之廢棄物產生量。

(1) 施工階段 (參考表3-7)

剩餘土方 (假設剩餘土方平衡係數為0.25)：

$$10307.98\text{m}^3 \times (1-25\%) = 7730.98\text{m}^3 \text{ (式3-17)}$$

營建廢棄物： $0.1345 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 40320.13\text{m}^2 = 5423.057\text{m}^3$ (表3-7)

由於未採取任何自動化設施，因此自動化優待係數 $1 = 0$ (表3-8)

其構造別為鋼筋混凝土造，因此構造別減量係數 $2 = 0$ (表3-9)

營建廢棄物發生量 = $5423.057 (1-0-0) = 5423.057 \text{ m}^3$ (式3-15)

施工階段廢棄物量：剩餘土方 + 廢棄物 = 13154.037m^3

(2) 拆除階段 (參考表3-10)

拆除廢棄物量： $0.7142 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 40320.13\text{m}^2 = 28796.64\text{m}^3$

(3) 建築廢棄物總量 = 施工階段廢棄物量 + 拆除之廢棄物量
= $13154.037\text{m}^3 + 28796.64\text{m}^3 = 41950.67\text{m}^3$

3. 廢棄物評估基準量

根據廢棄物評估基準量

= (施工廢棄物產生係數(式3-18) + 拆除廢棄物產生係數(式3-20)

×總樓地板面積

= $(0.305 + 0.738) \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 40320.13\text{m}^2$

= 42053.90m^3

4. 廢棄物污染指數 = $\frac{\text{推估廢棄物產生量} - \text{廢棄物評估基準}}{\text{推估廢棄物產生量} + \text{廢棄物評估基準}}$

$$= \frac{41950.67 - 42053.90}{41950.67 + 42053.90} = -0.0012$$

E. 水污染

1. 基本資料

目前尚無廢水處理設備，僅洗車池(沈澱池)作污泥初級處理後排放。

2. 參照水污染之計算步驟：

(1)因該工地之廢水採沈澱池處理法，屬於廢水處理中之初級處理。故生化需氧量 (BOD) 為175mg/L、懸浮固體(SS)為60mg/L、磷(P)為7 mg/L。

(2)根據放流水排放標準，生化需氧量(BOD) 15mg/L；懸浮固體(SS) 15mg/L；及磷(P) 1mg/L。

$$(3) \text{水污染指數} = \frac{(BOD \text{ index}) + (SS \text{ index}) + (P \text{ index})}{3}$$

$$BOD \text{ index} = \frac{175 - 15}{175 + 15} = 0.842$$

$$SS \text{ index} = \frac{60 - 15}{60 + 15} = 0.6$$

$$P \text{ index} = \frac{7 - 1}{7 + 1} = 0.75$$

$$\text{水污染指數} = \frac{(0.842) + (0.6) + (0.75)}{3} = 0.731$$

(六) 小結

經由以上計算得到下列結果

(1)噪音污染指數 = 0.226

(2)振動污染指數 = -0.0044

(3)粉塵污染指數 = 0.491

(4)廢棄物污染指數 = -0.0012

(5)水污染指數 = 0.731

故B工地建築污染綜合指標(式5-6)：

$$PI = 0.223(0.226) + 0.129(-0.0044) + 0.246(0.491) + 0.259(-0.0012) + 0.162(0.731) \\ = 0.289$$

本工程經稽核為一環保非優良之工地，而在模擬計算後所得之污染綜合指標為 0.289。

6-2 案例分析比較

本節根據以上兩個案例做比較分析，針對噪音、振動、粉塵、廢棄物、水污染，藉以了解良好與不好工地間之差異，與影響各指數之因素。

(一) 噪音

A 工地之噪音污染指數為 0.07，B 工地的噪音污染指數為 0.226。B 工地之噪音污染指數比 A 工地大主要由於 B 工地使用多部挖土機、起重機、吊卡車及電鑽，較 A 工地使用機具來得多（參閱表 6-1，6-2），因此 B 工地噪音位準為 110.84，較 A 工地之 75.22 分貝為大，污染指數亦較大。

(二) 振動

A 工地之振動污染指數為-0.024，B 工地的振動污染指數為-0.0044。由於 A 工地產生振動僅有土方工程及回填土方工程兩階段，而 B 工地在假設工程、結構體工程及設備工程三階段皆產生振動，因此，A 工地之總振動位準為 66.68 分貝，B 工地之總振動位準為 69.38 分貝。由於兩工地皆位於商業區，在評估基準皆為 70 分貝情況下，B 工地之振動污染指數大於 A 工地。

(三) 粉塵

A 工地之粉塵污染指數為 0.445，B 工地的粉塵污染指數為 0.491。A 工地施工時採用了防塵網、灑水作業、清洗進出工地之車輛，因此粉塵排放推估量即降低。反觀 B 工地並無任何之防塵措施。但另一方面 A 工地總樓地板面積為 138701.7m²，B 工地為 40320.13m²，依目前指標評估方式，當總樓地板面積愈大其允許排放量亦愈大，因此綜合效果後得 A 工地之粉塵污染指數低於 B 工地。

(四) 廢棄物

A 工地之廢棄物污染指數為-0.0088，B 工地的廢棄物污染指數為-0.0012。A 工地使用自動化工法（金屬模板），而 B 工地並無使用任何自動化工法及再生建材，因此廢棄物產生量多於 A 工地。但另一方面 A 工地總樓地板面積為 138701.7m²，B

工地為 40320.13m²，總樓地板面積愈大其允許排放量亦愈大，故綜合效果後 A 工地之廢棄物污染指數低於 B 工地。

(五) 水污染

本研究水污染指標僅針對工地是否設置污水處理設施而依處裡前後水質中生化需養量 (BOD)、懸浮固體 (SS) 及磷 (P) 之濃度變化計算其污染指數 (參考 3-6 節) 而依 A 工地及 B 工地所提供之資料得知，兩工地皆採用初級處理設施，因此水污染指數皆為 0.731。

小結：

A 工地為環保單位評定良好之工地，B 工地則否，經由本研究計算出各污染項目之污染指數，並由綜合污染指標計算出 A 工地污染指標為 0.238，B 工地為 0.289，與環保單位之評定結果大致相符合。

6-3 污染綜合指標管制門檻值之探討與建議

經由本研究所訂定之污染綜合指標架構未來可評估各建築物之污染程度指數，而藉由適當合理之綜合污染指標門檻值之訂定，該指標系統可用以進行建築污染管制，幫助污染減量目標之達成。理論上本評估系統各污染項目指標中所使用之評估基準或為法令管制標準，或為一般污染發生經統計之平均量，因此，污染綜合指標之門檻值應為 0 以滿足各項污染指標評估基準之最低要求，亦即各污染項目指標值等於 0，整體綜合指標之門檻值亦等於 0。

然而若考量目前建築工地污染管理之現況，以及指標系統本身評估基準與污染推估量推估方式之未臻完備，本研究建議針對各污染項目先採用較寬鬆之評估基準以降低管制水準，但管制門檻值仍應為 0，未來再依情況逐漸提高評估基準之水準，使建築物污染管制漸趨嚴格。

第七章 結論與建議

7-1 具體成果

本研究本年度針對建築污染之主要項目（噪音、振動、粉塵、廢棄物、水污染）研擬建築污染評估指標及方法架構，能針對單一建築物之設計（構造形式、構法、建材選用）與其施工規劃（工法機具選用、污染防治措施）進行環境污染評估，做為未來建立規範與管制之依據，達到建築設計改善及建築污染減量控制之目標。具體成果如下：

1. 建立建築污染綜合評估系統架構

本研究針對建築開發生命週期所造成之各類污染，擬具一污染評估之綜合指標架構，不僅可綜合各項污染進行單一污染指標評估，並且可整合建築生命週期各階段污染進行整體評估。此外，本系統架構之污染指標以污染發生推估量與管制標準量或平均基準量比較以表示污染程度，符合未來環境總量管制之方向。

2. 訂定及測試分析各污染項目污染指標

本研究針對建築開發過程主要污染項目噪音、振動、粉塵、廢棄物、及水，訂定個別污染評估指標如表 7-1，可進行個別項目之污染程度評估。除了詳細條列各污染項目污染發生量之推估方法步驟外，本研究並針對目前尚未或尚無法訂定管制標準之污染項目，提出一評估比較之基準值，以利污染指標之評估計算。此外，針對各項污染指標進行相關影響因子之敏感度測試分析，對於每一項污染指標皆假設一原型案例（案例 0），再將其他影響因子案例之分析結果與原型案例做比較，以瞭解及測試影響因子之影響程度與指標本身之正當性。

3. 分析污染項目之污染權重

為能合理反應各污染項目對環境危害程度不一的事實，使綜合指標更能客觀反應現實污染狀況，本研究採用 AHP 層級分析法，針對一般民眾、工程人員、環保單位執行人員、環保專業人員（專家）等四個群體進行問卷調查，兩兩比較各污染項目間相對之污染危害或嚴重程度，最後綜合得到下列之權重結果(式 7-1)。其中廢棄物、粉塵及噪音依序為污染較嚴重之項目，其次為水污染，最後是振動污染。這些

權重可用以更合理的進行綜合污染指標之評估計算。

$$PI = 0.223PI_N + 0.129PI_V + 0.246PI_P + 0.259PI_W + 0.163PI_{WP} \dots\dots\dots (式 7-1)$$

(PI_N：噪音污染 PI_V：振動污染 PI_P：粉塵污染 PI_W：廢棄物污染 PI_{WP}：水污染)

表 7-1 建築污染綜合指標之訂立

污染項目	污染程度指標	污染 權重
噪音 (Noise)	$PI_N = \frac{\text{均能噪音} \times (1 - \text{噪音污染防制效率}) - \text{評估基準}}{\text{均能噪音} \times (1 - \text{噪音污染防制效率}) + \text{評估基準}}$	W _N
振動 (Vibration)	$PI_V = \frac{\text{振動發生量} \times (1 - \text{減振防治措施效率}) - \text{評估基準}}{\text{振動發生量} \times (1 - \text{減振防治措施效率}) + \text{評估基準}}$	W _V
粉塵 (Particulate)	$PI_P = \frac{\text{粉塵產生量} \times (1 - \text{防塵措施效率}) - \text{評估基準}}{\text{粉塵產生量} \times (1 - \text{防塵措施效率}) + \text{評估基準}}$	W _P
廢棄物 (Waste)	$PI_W = \frac{\text{廢棄物發生量} \times (1 - \text{營建自動化及構造係數}) - \text{評估基準}}{\text{廢棄物發生量} \times (1 - \text{營建自動化及構造係數}) + \text{評估基準}}$	W _W
水污染 (Water Pollution)	$PI_{WP} = \frac{\text{水污染物濃度} - \text{評估基準}}{\text{水污染物濃度} + \text{評估基準}}$	W _{WP}
綜合污染指標	$PI = PI_N (W_N) + PI_V (W_V) + PI_P (W_P) + PI_W (W_W) + PI_{WP} (W_{WP})$	

4. 案例研究

為驗證本研究污染綜合指標評估系統之正當性，本研究透過環保相關單位，蒐集經環境稽查為優良或不優良之工地案例各一個，除實際演練污染綜合指標的計算外，並討論分析其結果之合理性，做為後續相關研究之參考。

7-2 限制與檢討

1. 建築污染基本資料不足

在進行各污染項目污染量之推估及比較基準量之選定時，僅能就現有相關研究資料做合理的計算，故污染指標之正確性及代表性受限於使用資料之有效性。

(1) 針對粉塵及廢棄物污染量推估，目前尚未有因不同工法之採用（如預鑄、系統模板等）而造成污染量不同之研究統計資料，故目前本研究指標評估系統中，廢棄物指標部份僅能參照其他研究(林憲德等，民國 88 年)之概略係數予以考量折減；粉塵部份則並未納入考量。

(2) 針對營建工程廢棄物目前並無管制標準，僅能以相關統計資料計算一平均基

準量，用以比較計算污染程度。

(3)目前除針對特定施工機械外，並無針對地區性（住宅區、商業區）之振動管制標準。

(4)針對水污染，因相關資料缺乏，目前僅以流放水標準及工地是否採用不同等級之廢水處理設施來加以評估。

2.個別污染指標正當性驗證

本研究針對個別污染指標正當性進行深入之分析研究，雖然整體指標架構及理念屬合理可行，大致能反應污染狀況，但由於指標中污染發生量及評估基準量目前相關之統計資料或推估方式之限制，在粉塵及廢棄物指標部份針對少數影響因子(基地面積、工期)之測試結果似乎不甚理想，對此尚待後續研究予以加強。

3.污染權重代表性

對污染綜合指標中污染項目之權重，究竟應代表目前各污染項目之個人感受嚴重程度？還是應指各污染項目對地球環境所造成之危害程度比較？後者似乎是較合理的答案，但在進行問卷調查中，發現受訪者大都很難將兩者獨立加以考慮。此外，本研究問卷調查之取樣對象及數目，未來可更擴大及深入的進行。

4.指標評估僅針對施工及拆除階段

雖然本研究所建立之污染評估指標架構含括建築物生命週期各階段，但其中建材原料開採及建材製造生產階段所產生之污染較屬於工業污染防治體系之一部分，相關研究單位亦正逐步建立各種工業製品的基礎污染排放資料。因此，本研究僅先針對建築物生命週期之施工建造與拆除等兩階段進行污染評估研究，未來可與工業體系所建立之各種工業製品基礎污染排放資料整合，進行整體建築污染之評估。

5.污染綜合指標未包含所有污染項目

本研究所建立之污染評估指標系統僅先針對建築污染之主要項目：噪音、振動、粉塵、廢棄物、及水污染進行綜合評估。但建築污染項目還包括有土壤污染、景觀破壞等，未來可陸續加入，使指標系統更臻完備。

7-3 建議與後續發展

1.設計單位

- (1) 應正視建築污染對環境所造成之衝擊，因此在構造方式、構法及建材的選用上採低污染之設計。
- (2) 對起造者加強宣導低污染設計之重要性，強調地球環保之社會責任。公共工程業主尤應帶頭響應。

2.政府機關

- (1) 訂定營建工程之各種污染評估辦法及管制標準。
- (2) 實質獎勵實施環保措施之業者，例如在公共工程招標時限定廠商必須通過環保標章認證，或給予其他鼓勵。
- (3) 鼓勵及輔導業者進行低污染工法、材料、技術之開發，並且規範獎勵低污染工法、材料，包括回收再利用材料之應用。

3.學術研究

- (1) 儘速建立或整合國內營建工地各主要污染之基礎資料，以提高研究推估結果之正確性。
- (2) 針對個別污染指標，進行較大規模之案例研析，一方面探討指標之正當性與實用性，另一方面藉以建立適當之指標管制範圍（例如噪音污染指標值在 0.3 以下為合格工地），逐步建立積極性之建築污染設計審核與規範管制，達到設計污染減量之目標。
- (3) 除了噪音、振動、粉塵、廢棄物、水污染外尚能針對營建工地其他污染項目進行污染評估，使污染綜合評估指標更臻至完備。
- (4) 針對正在進行之營建工地進行污染評估，以評定優良環保工地與未作污染減量措施之工地並列入檔案管理，並請相關單位進行輔導。

參考文獻

1. 歐陽嶠暉，「下水道工程學」，長松出版社，民國 69 年。
2. 張世典等，「建築污染過程污染源現況分析與管理制度之研究先期規畫報告 - 建築過程過程污染公害問題之分析」，中華民國建築學會，建築研究所籌備小組，民國 77 年 8 月。
3. 林耀煌，「營建工程噪音及空氣污染防治規範之先前研究成果報告」，民國 78 年。
4. 林耀煌，「營建工程公害防治與管理策略」，內政部建築研究所，民國 78 年。
5. 鄧振源、曾國雄，「層級分析法 (AHP) 的內涵特性與應用 (上、下)」，中國統計學報，27 卷 6、7 期，民國 78 年。
6. 林耀煌，「建立營建公害管理制度之研究」，內政部建築研究所，民國 80 年。
7. 林耀煌，「工程廢棄物再生利用之探討」，營建知訊，115 期，pp.3-17(1991)。
8. 吳明洋，「環境管理國際標準之發展趨勢以及我國因應之道」，行政院環境保護署環境檢驗所，民國 83 年 11 月。
9. 于寧，「環保標章對產業之影響」，工業技術研究院污染防治技術發展中心，民國 83 年 11 月。
10. 蘇德勝，「噪音原理及控制」，臺隆書局，民國 84 年。
11. 莊進源，「公害防治概論」，淑馨出版社，民國 84 年。
12. 林憲德等，「台灣建築產業的能源與環保衝擊評估」，行政院國家科學委員會，民國 85 年 7 月。
13. 遠藤一夫，建設廢棄物，月刊 PPM vol.26 No.9，1996 年 9 月。
14. 阿部晶，產業廢棄物現狀課題，月刊 PPM vol.26 No.9，1996 年 9 月。
15. 本條秀樹，產業廢棄物現狀課題，月刊 PPM vol.26 No.9，1996 年。
16. 陳王琨，「營建工程環境管理與污染防治」，淑馨出版社，民國 85 年。
17. 章裕民，「營建工程散粉塵量推估及期污染防治措施研究報告」，行政院環境保護署，民國 85 年。
18. 陳明良，「建築產業廢棄物再利用之研究—台北都會區建築廢棄物數量與種類之

- 調查研究」，國立臺灣工業技術學院碩士學位論文，民國 85 年。
19. 內政部建築研究所、中國工程師學會，第十七屆中日工程技術研討會建築研究組論文集①「綠建築的計畫與設計」
 - 壹、日本之環境共生型建築技術的背景與現況
 - 貳、環境共生型建築物理念與方法

小玉佑一郎、松尾 陽等，民國 85 年 11 月。
 20. 戶谷有一，建設副產物之現狀課題，工學 vol.35 No.7, 1997 年。
 21. 黃榮堯，「建築構造方式對環境負荷與影響之研究」，內政部建築研究所，民國 86 年。
 22. 張世典等，「綠建築技術現況調查與未來發展規劃」，內政部建築研究所，民國 86 年。
 23. 曾四恭等，「環境污染及防治」，明文書局，民國 86 年。
 24. 黃榮堯，「建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，內政部建築研究所，民國 87 年。
 25. 章裕民，「建築施工污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，內政部建築研究所，民國 87 年。
 26. 林憲德等，「綠建築標章評估指標及方法之研究」，內政部建築研究所，民國 88 年。
 27. 行政院環保署，「總逸散粉塵量之計算方法」，營建工程逸散粉塵區域排放特性及其相關規範研定計畫。
 28. 行政院環保署，「營建工程噪音陳情案件之統計與分析」，民國 77 年。
 29. 行政院環保署，「環境振動測量與評估系統之建立」，民國 77 年。
 30. 行政院環保署，「易發生噪音及振動之設施評估及許可辦法制定」，民國 77 年。
 31. 行政院環保署，「營建工程噪音調查及評估之研究」，民國 78 年。
 32. 行政院環保署，「易發生噪音及振動之設施評估及許可辦法制定」，民國 79 年。
 33. 行政院環保署，「營建工程噪音概說與相關管制法令」，營建工程噪音調查及評估研究，pp.5-53。
 34. 行政院環保署，「中華民國台灣地區環境資訊」，民國 85 年。
 35. 行政院環保署，「公民營廢棄物清除處理機構管理輔導辦法」手冊，民國 86 年。

36. 行政院環保署，「桃園縣營建工程空氣污染防治費收費執行要點棄物清除」手冊，民國 86 年。
37. 行政院環保署，「噪音管制法規」手冊，民國 87 年。
38. 行政院環保署，「營建工程環境保護」宣導手冊。
39. 台北都會區廢土棄置場計畫，中興工程顧問社，1989 年。
40. 內政部建築研究所，「建築環境設計」，民國 86 年。
41. 美國系統應用公司、中鼎工程股份有限公司、美國能源及環境分析公司，大台北高雄地區空氣污染源排放資料調查及減量規畫計畫期末報告，行政院環境保護署，民國 80 年 1 月。
42. 工業技術研究院能源與資源研究所，「生命週期評析技術之建立計畫八十四年度計畫執行報告」，民國 84 年。
43. Aarne, Vesilind, P., 李公哲譯，「Environmental Engineering」，茂昌書局，1987
44. Bossink, B.A.G. and Brouwers, J.J.H., Construction Waste: Quantification and Source Evaluation, Journal of construction Engineering and Management Vol. 122 No. 1, ASCE, 1995 年 3 月
45. Gavilan, Rafacl, M. and Bernold, Leonhard E., Source Evaluation of Solid Waste in Building Construction, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, pp. 536-552, 1996
46. Glaumann, Mauritz, Environmental Assessment of Buildings-The CBE Version, GREEN BUILDING CHALLENGE'98, pp. 47-54, 1998
47. Kibert, Charles J., Construction and Demolition Waste Management : The Big Picture, Center for Construction and Environment, University of Florida
48. Mackenzie, L. Davis and David, A. Cornwell , Introduction To Environmental Engineering, McGraw-Hill, New York, 1991
49. Nyman, Bengt, The Swedish Council of Sustainable Buildings-A plan of Action for a voluntary undertaking, GREEN BUILDING CHALLENGE'98, pp. 265-271, 1998
50. Weiner, Vesilind Peirce, Environmental engineering, 李公哲譯, 國立編譯館, 1990
51. Building Research Establishment, Sustainable Use of Materials, 1995
52. Forintek Corp. , The Sustainable Construction Materials Project, Phase II Summary Report, 1993

53. Forintek Corp. ,The Sustainable Construction Materials Project, Phase III Summary Report, 1995
54. Life Cycle studies and ecolabelling of building materials, British Ceramic Transactions, 1994
55. Public Technology Inc., Sustainable Building Technical Manual, US Green building council, 1996
56. SBI, Building for the Environment - Building in Steel, 1996

附錄 A 第一次專家會議

(一)時 間：中華民國八十七年十一月十八日下午二時三十分

(二)地 點：內政部建築研究所

(三)主 持 人：黃教授榮堯 章教授裕民

(四)出席人員：

台灣大學環工所	李教授慧梅(未出席)
財團法人工業污染防治中心	余經理騰耀
台灣區營造工程工業同業公會	金執行長仁成
建築師	吳建築師夏雄(未出席)
台灣科技大學營建系	林教授耀煌(未出席)
台灣大學工業研究中心	胡博士思聰
內政部建築研究所環控組	陳組長瑞玲
行政院環保署空保處廢管處相關人員 (未出席)	

(五)討論主題：

- 1.污染指標整體架構與評估方法之適切性
- 2.各別污染項目污染程度評估方式探討與建議

(六)結論：

- 1.各污染指標不考慮原料開採及建材生產階段
- 2.粉塵污染指標以空污費之粉塵排放係數為推估公式
- 3.噪音污染之評估為施工機具本身所發出之噪音量
- 4.噪音以可能產生之最大噪音量管制
- 5.國外之管制標準不適用於國內

附錄 B 第二次專家會議

(一)時 間：中華民國八十八年三月二日上午九時三十分

(二)地 點：內政部建築研究所

(三)主 持 人：黃榮堯教授 章裕民教授

(四)出席人員：

財團法人工業污染防治中心	余騰耀經理
建築師	吳夏雄建築師(未出席)
中華民國建築學會出版主任委員	洪君泰先生
尚禹營造	胡偉良總經理
經濟部技術處	黃東榮專員
景文技術學院	陳王琨先生
環保署空保處	高增新先生
環保署水保處	蔡鴻德簡任技正
內政部建築研究所環控組組長	陳瑞鈴組長

(五)討論主題：

1. 污染指標整體架構與評估方法知適切性
2. 各別污染項目程度評估方式探討與建議

(六)討論內容：

陳瑞鈴組長：

原料開採及建材開採所產生之污染是屬於經濟部污染防治中心之範疇，所以不列入考慮，本研究之重點是在於施工階段及拆除階段，而指標的訂定是考慮生命週期，因此是否考慮在施工階段與拆除階段間把使用階段所產生之污染納入？

黃榮堯教授：

請各位就陳組長之意見提出看法並對計畫之架構給予意見。

章裕民教授：

使用階段之污染從環境污染角度來看：水污染及廢棄物為最主要，而本研究若要在使用階段量化很困難，因為與使用者的習性有關，並與設計有直接影響，因此，要將使用階段所產生之污染納入很困難。

胡偉良總經理：

本研究案之領域與陳組長所提之使用階段污染差異太大，故建議不併入本研究案，若以一單獨研究案來研究使用階段較適合，因為污染源之產生不同，牽涉使用者及設備。本研究將來評估營造廠商或建造者對施工階段污染的控制是非常適切之指標，可以鼓勵廠商對環境污染減量。

黃榮堯教授：

政府推動政策，鼓勵廠商使必需的。

余騰耀經理：

指標之用途及定義亦很重要。而當訂立指標時，訪談之對象(民眾、工程人員、專家)是否有足夠之代表性？因此，污染指標之權重必須考慮環保單位及環保團體之感受。

黃東榮博士：

針對陳組長之意見，把使用階段納入與本研究之層次、研究方式、研究對象大不相同，因此，建議不把使用階段納入。權重及參數如何客觀訂定很不容易，問卷之對象不同，感受亦不同。

蔡鴻德簡任技正：

此研究案不易做，環保署亦在尋求水污染的指標。推估量與管制標準不同，營建工地之污染項目有許多目前並無管制標準，因此，推估量不應稱為管制標準。權重係數之訂定是最具爭議，權重與指標有相關性，就污水而言，濃度有可能差 10 倍或 100 倍等，整個污染指標之差距將很大如何處理？施工階段工人使用之生活污水是否納入？

黃榮堯教授：

關於用詞部份，會加以注意。而指標單位，每個指標都是無因子，隨管制標準之不同，可做彈性改變，而整個案子，水污染目前僅能提出架構，無法詳細評估，未來會加以研究。

陳王琨先生：

指標量化可能遇到之問題：假設當噪音超過標準很多時，而空氣及廢棄物符合標準，因此指標評估可能符合標準，故可模仿 PSI 之精神，超過之污染項目即以此項目訂定，若無超過則以綜合指標訂定，可以根據環保單位所評定之好或壞之工地以綜合指標計算，以評估指標之敏感度。

黃榮堯教授：

找幾個環保做的好或壞之工地，由我們的評估系統反應是個非常好之意見。

洪君泰先生：

在用詞上必須釐訂更清楚。

高增新先生：

此指標對環境之影響多大，並無法明顯顯現。

洪君泰先生：

是否找出構法及材料組合之關連性，作為下一階段之探討。

附錄 C、國內營建工程噪音管制法規

一、噪音管制之場所及設施—『噪音管制法』規定如下：

第七條：噪音管制區內之左列場所、工程及設施，所發出之聲音不得超過噪音管制管制標準。

- (一) 工廠(場)
- (二) 娛樂場所
- (三) 營業場所
- (四) 營建工程
- (五) 擴音設施
- (六) 其他經主管機關公告之場所、工程及設施。

前項噪音管制標準、類別及其量測方法，由中央主管機關訂定並公告之。

二、營建工程噪音管制標準--『噪音管制標準』規定如下：

第四條：營建工程噪音管制標準

管制區	音量	機械名			
		打樁機	空氣壓縮機	破碎機 鑿岩基	推土機、壓路機、 挖土機、其他
均能音量(Leq)	第一、二類	75(50)	70(50)	70(50)	70
	第三、四類	80(65)	75(65)	75(65)	70
最大音量(Lmax)	第一、二類	100	85	85	80
	第三、四類				

(一) 區分時段

括弧內音量適用時段，在一、二類管制區為晚上七時至翌日上午七時，在三、四類管制區為晚上十時至翌日上午六時，未加括弧者為其他時間適用。

(二) 管制區分類

依據噪音管制法施行細則之分類規定

三、噪音管制區劃分原則—依『噪音管制法施行細則』：

第七條：

本法第五條所定噪音管制區分為四類；其劃分原則由中央主管機關定之。主管認為管制區內有特別需要安寧之場所，得將該場所之周界外五十公尺範圍內，劃為各該類管制區之特定管制區，其噪音管制標準之最高容許音量降低五分鐘。

二以上噪音管制區交界處之音量，不得超過其中任何一區之噪音管制標準。

四、噪音管制區劃分—

1.本原則依噪音管制法施行細則第七條第一項規定訂定之。

2. 噪音管制法施行細則第七條第一項所稱噪音管制區分為四類係指：

- (一) 第一類管制區：指環境急需安寧之地區。
- (二) 第二類管制區：指供住宅使用為主且需要安寧之地區。
- (三) 第三類管制區：指供工業、商業及住宅使用為主且需要安寧的地區。
- (四) 第四類管制區：指供工業使用為主且須防止嚴重噪音影響附近住宅安寧之地區。

3.省（市）及縣（市）轄境內已實施都市計劃者，主管機關劃分噪音管制區時應先參考都市計劃所規劃之土地使用計劃及使用情形予以粗分類，再依據噪音現況逐步調整類別：

- (一) 第一類管制區：第一種住宅區、風景區、保護區、保存區。
- (二) 第二類管制區：第二種及第三種住宅區、文教區、行政區、農業區、水岸發展區。
- (三) 第三類管制區：第四種住宅區、商業區、漁業區。
- (四) 第四類管制區：工業區、倉庫區。

特定專用區，依其用途別及噪音現況，劃定噪音管制區。

4.省（市）及縣（市）轄境內未實施都市計劃已有區域計劃者，主管機關劃分噪音管制區時應先參考都市計劃所規劃之土地使用計劃及使用情形予以粗分類，再依據噪音現況逐步調整類別：

- (一) 第一類管制區：丙種建築用地、古蹟保存用地、生態保護用地、國土保安用地。
- (二) 第二類管制區：甲種建築用地、林業用地、農牧用地。
- (三) 第三類管制區：乙種建築用地、水利用地、遊憩用地。
- (三) 第四類管制區：丁種建築用地、礦業用地、窯業用地、墳墓用地、養殖用地、鹽業用地、交通用地。

五、台北市於民國七十七年針對施工中建築物公佈實行『建築物施工中妨礙交通及公共安全改善方案』。

表 B-1 台北市建築物施工中妨礙交通及公共安全改善方案

管 制 區	音 量 dB(A)	機 械 種 類	打樁機	空氣 壓縮機	破碎機 鑿石機	推土機 壓路機 挖土機
			均能音量 (Leq)	第一、二、三種 住宅區、文教區、行 政區、農業區、風景 區、保護區、特定專 用區、 國家公園	上午七時至 晚上七十 晚上七十至上午 七時	83
均能音量 (Leq)	商業區、 第四種住宅區、 工業區、行水區、機 場用地	上午六時至晚上 十時	86	83	80	75
		晚上十時至上午 六時	65	65	65	75
最大音量 (Lmax)	全部分區都適用		100	85	85	80

六、違反噪音管制標準之罰則--依『噪音管制法』第十五條規定

超過營建工程噪音管制標準標準規定者，處新台幣一萬八千元以上十八萬元
下罰鍰。

經再限期改善，逾期仍未符合噪音管制標準者，得按日連續處罰，或令其停
工、停業或停止使用，至符合噪音管制標準為止屬第八條經許可使得設置之設
施，必要時，並得撤銷其許可。

附錄 D、國外營建工程噪音管制法令與管制標準

- 一、 美國的噪音管制是主要是依照各州郡城市之情況自行訂定，因此各地法規內容皆不界相同。例舉下列幾項管制標準以為參考：

- (1)美國 GENERAL SERVICES ADMINISTRATION 規定所有使用在聯邦政府營建計劃的機械設備均需符合表 D-1 之標準：

表 D-1 美國之營建噪音管制標準(距離 50 呎) 單位:dB(A)

限制音量 dB(A)		有效時間	7 月 1 日 1973 年起	1 月 1 日 1975 年起
設備				
可移動裝備	裝載車		79	75
	除草機		85	75
	挖土機		80	75
	牽引機		80	75
	刮運機		88	80
	平土機		85	75
	傾卸卡車		91	75
	推土機		89	80
材料處理設備	水泥拌合機		85	75
	水泥泵		82	75
	吊車		83	75
	起重機		88	75
固定設備	抽水機		76	75
	發電機		78	75
	壓縮機		81	75
衝擊設備	打樁機		101	95
	鎚破機		88	75
	鑽岩機		98	80
	氣動工具		86	80
其他	動力鋸		78	75
	振動鋸		76	75

資料來源：Beranek L. L., Noise and Vibration Control, McGraw-Hill, Inc.

(2)美國紐約州噪音管制條例

a.等級地區 A (住宅區) --距離建築工地 400 呎處, 其噪音量限制為:

上午七時至下午七時: L₁₀ 70dB (A)

上午七時至翌日七時: L₁₀ 55dB (A)

b.等級地區 B (商業區) --距離建築工地 400 呎處, 其噪音量限制為:

一般商店營業時間: L₁₀ 75dB (A)

其他時間: L₁₀ 80dB (A)

c.等級地區 C (工業及農耕區) --利用聽力保護標準, 限制 24 小時之 Leq 為 80dB(A)以內。

(3)美國紐約市噪音管制條例:

上午七時至下午十一時: 不得超過 75dB (A)

其他時間: 不得超過 60dB (A)

(4)1971 年之加哥營建噪音法規規定如表 D-2:

表 D-2 1971 年芝加哥營建噪音法規

機械設備	代表性音量 dB(A) at50ft	總預測聲音能量 (kw-hr/day)
傾卸卡車	88	296
空氣壓縮機	81	147
水泥拌合機	85	111
破碎機	88	84
刮運機	88	79
挖土機	87	78
推土機	89	75
發電機	76	65
打樁機	101	62
鑽研機	98	53
抽水機	76	47
氣動工具	85	36
除草機	85	33

資料來源: Federal Register Vol.39.July 21,1974

二、紐西蘭

下表為紐西蘭工業區之管制標準：

表 D-3 紐西蘭噪音管制標準

白天：07:00~19:00 傍晚：07:00~19:00 夜間：07:00~19:00		管制標準 Leq 單位 dB(A)					
		室外			室內		
		白天	傍晚	夜間	白天	傍晚	夜間
新住宅區	較佳	50	45	40	35	30	25
	最大	60	55	50	35	30	25
舊住宅區	較佳	55	50	45	35	30	25
	最大	65	60	55	40	35	30

三、丹麥

工廠噪音的管制標準市採用某一基準值再加上時間與地區條件限制之修正值來做規範。一般室外基準值為 35 45dB(A)間(係依群眾之生活習慣)，丹麥環保署取 40dB(A)為基準。在舊有工廠方面，允許其噪音量高於一般標準值 5 10 dB(A)。

四、西德

西德於 1962 年各邦制定『公害防治法』以補充聯邦立法之不足。

1977 年聯邦內政部成立噪音防治規劃小組，於 1978 年頒佈『噪音防治行動方案 (Aktionsprogramm Larmbrkämpfung)』，此方案主要精神如下：

- (1) 噪音應儘可能於事先預防，防治其噪音發生。
- (2) 在環境規劃時，應先預先防止。
- (3) 利用市場經濟的力量，預先防治噪音。
- (4) 儘可能減少行政管理的支出。

西德政府對營建工程之主要噪音管制標準，如下表：

表 D-4 德國營建工程噪音管制標準

設備名稱	限值 dB(A)
混凝土攪拌裝置及混凝土攪拌機 (依其大小、操作方式、傳動方式及年齡而定)	61 85
輪型料斗(依其容量、操作過程及年齡而定)	82 88
壓縮機(依其容量、操作過程及年齡而定)	70 84
混凝土泵浦(依年齡而定)	81 84
整平車(依其容量、操作狀況及年齡而定)	82 88
鏈式料斗(依其容量、操作狀況及年齡而定)	91 89
挖土機(依其容量、操作狀況及年齡而定)	78 87
起重機吊車(依其年齡而定)	75 78
壓縮空氣錘(依其重量及年齡而定)	79 90

資料來源：赴德研修環境保護實物出國報告書 林宏端 76年4月

五、香港

香港之噪音管制法規是針對各類型噪音源進行管理。管制之噪音源包括：鄰近環境噪音、一般建築噪音、打樁建築噪音、通風系統噪音、工業噪音、車輛噪音、飛機噪音、郊野噪音、沙灘噪音等，法律就以上噪音予以管制。

噪音來源	管制範圍
一般建築噪音	晚上七時至早上七時及公眾假期的建築噪音。 在此期間使用機動設備須先獲按準則簽發的許可證
打樁建築噪音	(未獲豁免)而在晚上七時至早上七時及公眾假期打樁。

六、日本

日本於 1968 年公佈『騒音管制法』，將噪音公害列入營建工程噪音之管制基準，如表 D-5：

表 D-5 日本騒音管制法

機械種類	Lmax dB(A)
打樁機	85
鎚釘機	80
鑽岩機	75
空壓機	75
水泥拌合機	75

資料來源：日本安全工學協會編：「騒音、振動」，1982

五、新加坡

營建工程周界或鄰近建築物 10 公尺處，兩地中的較大噪音量不得超過

表 D-6 所示之管制標準。

表 D-6 新加坡營建工地周界最大容許噪音值

鄰近建築物形態	營建工地所在區域	最大噪音位準 L _{eq} (5 分鐘) dB(A)	
		星期一 07:00	星期六 19:00
屬噪音敏感的建築物 (住宅、醫院)	鄉村	55	
	郊區	60	
	都市及住所大於 20 m ² /人	65	
	具輕工業都市住所小於 20 m ² /人	70	
	工業區	75	
社區建築 (學校、辦公室、教堂)	郊區	60	
	國宅區	65	
	都市	70	
	工業區	75	
商業與工業建築 (零售商店)	郊區	65	
	國宅區	70	
	都市	75	
	工業區	80	
附近無可居住建築物	待開發的新社區	無限制	

附錄 E1 營建設備之噪音位準

機器	規格	距音源 15 米處 均能噪音位準	機器	規格	距音源 15 米處 均能噪音位準
起重機			吊車		
氣動式起重機		74.48		固定式	63.52
門型起重機		71.86		移動式	72.52
履帶式起重機		65.96	發電機		
膠輪式起重機		69.56		標準型	76.52
爬行起重機	30~50t	72.46		低噪音型	68.52
挖土機				低噪音型	63.52
	4~10t	75.46	運輸車輛		
	15t	78.46	傾卸卡車		73.86
	20t	81.46	載貨卡車		74.68
	30t	84.46	裝載機	3.9m ³	84.46
	40t	87.46		4.4~7.7m ³	89.46
			壓縮機		
鑽土機			空氣壓縮機	3.5~5m ³ /min	75.46
				10~17m ³ /min	81.46
	一般	77.48	挖土機		
螺旋式鑽土機		71.48	抓斗式挖土機		76.48
逆轉鑽機			拖鏟式挖土機		77.48
	柴油引擎	73.46	刮土挖土機		83.46
	商業動力	65.46	刮運機		
打樁機			載重刮運機	牽引機 15t	78.46
	20kw	80.46		牽引機 21t	80.46
振動式打樁機	30kw	82.54	電動刮運機	16m ³	77.46
	40kw	83.46		22m ³	85.46
				25m ³	87.46
			破碎機		
				油壓	90.52
				手提型	78.52
				氣動	90.52

附錄 E2 各施工階段及所需之機具

工程分類		機具
假設工程		起重機 (參考附表) 挖土機 (參考附表) 、推土機 (72.46) 鑽掘機 (參考附表) 打樁機 (參考附表) 預拌混凝土車 (69.86) 抽水機 (71.16) 發電機 (參考附表)
基礎及地下工法		挖土機 (參考附表) 推土機 (72.46) 運輸車輛 (參考附表) 鑽掘機 (參考附表) 吊車 (參考附表) 柴油錘 (95.46) 油壓錘、油壓引樁機、發電機 (參考附表) 油壓泵、振實機、鏟斗機、挖泥機、刮運機 (參考附表) 抽水機 (71.16) 傾卸車 (參考附表) 馬達、皮帶裝載機 (71.48) 輸送帶 (58.52) 壓路機
結構工程	RC 構造	鋼筋切割機、混凝土泵 (77.52) 混凝土振動機 (81.52) 混泥土地板粉光機、混凝土散佈機、混凝土整平機、混凝土舖導機、混凝土切割機 (82.46) 混凝土攪拌車 (參考附表) 混凝土預拌車 (69.86) 吊車 (參考附表)
	鋼結構	移動式吊車、固定式吊機、絞盤機、堆高機、電焊機、切割機、耐火料噴濕機
	SRC 構造	移動式吊車 固定式吊機 絞盤機 堆高機 電焊機 切割機 耐火料噴濕機 混凝土泵(77.52) 混凝土振動機 (81.52) 混泥土地板粉光機、混凝土散佈機、混凝土整平機、混凝土舖導機、混凝土切割機 (82.46) 混凝土攪拌車 (參考附表) 混凝土預拌車 (69.86) 吊車 (參考附表)
粉刷裝修		砂漿拌和機、噴泥土機、砂漿輸送機、空壓機 (參考附表) 地板鑿穴機、砂光機、粉光機、電鍍機、升降機、去泥機、磨石機
解體工程		壓碎機、切削機破碎機 (參考附表) 鋼球 (79.46) 鋼筋剪切機、混凝土破碎機 (81.48) 高壓破碎機

綜合音壓：當連續使用兩種以上機械時，假設其為同時段施作

$$Lp: 10\log(10^{L_{eq1}/10} + 10^{L_{eq2}/10} + 10^{L_{eq3}/10} + \dots + 10^{L_{eqn}/10})$$

附錄 E3 各施工機具之噪音

	機械名稱	機型	聲功率級 dB (A)
1	打樁機	吊錘打混凝土樁	113
		吊錘打鋼樁	116
		蒸汽或空氣單樁單動錘打混凝土樁	127
		蒸汽或空氣單樁單動錘打鋼樁	130
		蒸汽或空氣單樁雙動錘打混凝土樁	132
		蒸汽或空氣單樁雙動錘打鋼樁	135
		柴油錘打混凝土樁	128
		柴油錘打鋼樁	132
		震動式打混凝土樁	120
		震動式鋼樁	123
		2	大直徑鑽孔樁
擺動機	90		
循環式鑽機	100		
3	漿土隔濾機		105
4	拔樁機	油壓	90
			113
5	空氣壓縮機	3.5 5 m ³ /min	107
		5 10 m ³ /min	110
		10 17 m ³ /min	113
6	破碎機	手提型	110
		裝在挖土機上 (氣動)	122
		裝在挖土機上 (油壓)	122
7	鋼球		111
8	鑿岩機		122
9	挖土機	4 10t	107
		15t	110
		20t	113
		30t	116
		40t	119
10	柴油引擎發電機	65 KVA	106
		125 KVA	109
		175 KVA	112
11	卡車		112
12	推土機	4 10t	107
		15t	110
		20t	113
		30t	116
		40t	119
13	鉚釘機		125
14	衝擊扳手		117

	機械名稱	機型	聲功率級 dB (A)
15	挖鑽機	預壘樁	115
		連續壁	115
		螺旋挖鑽樁	114
16	混凝土攪拌機	電動	96
		汽油	96
17	混凝土攪拌車		101
18	混凝土預拌車		70 86 (79)
19	混凝土泵浦車		109
20	混凝土泵	固定式 (裝在貨車上)	109
21	吊車	移動式	104
		固定式	95
22	柏油切割機		114
23	壓石機	震動式	105
24	刮路機		119
25	刨路機		111
26	碾路機		111
27	壓路機		108
27	滾壓機	震盪型	108
28	道路滾壓機		108
29	拖船		118
30	拖拉機		108
31	水泵	電動	88
		汽油	103
32	潛水泵	電動	85
33	石渣夯石機	手提型 (電動)	105
34	機動夯土機	汽油	108
35	混凝土震動機	手提	113
36	手提木鉋床	電動	117
37	輸送帶		90
38	混凝土鑽取機		117
39	石鑽	履帶型 (氣動)	128
		履帶型 (油壓)	123
		手提型 (氣動)	116
40	剝鑿機	手提型 (氣動)	112
41	起重機	流動 (裝在躉船上, 油渣)	112
		塔式 (電動)	95
42	躉船吊機		104
43	抓泥機	鏈斗式	118
		抓斗式	112
44	鑽/磨機	手提撞擊式 (電動)	103
		手提型 (電動)	98

	機械名稱	機型	聲功率級 dB (A)
45	卸土機		106
46	挖土機	輪動式	112
		履帶式	112
47	搬土機	輪動式	112
		履帶式	112
48	吊機	乘客/物料 (氣動)	108
		乘客/物料 (電動)	95
		乘客/物料 (汽油)	104
49	發電機	標準型	108
		低噪音型	100
		低噪音型 (距離 7 米時)	75
		超低噪音型	95
		超低噪音型 (距離 7 米時)	70
50	抽氣扇		108
51	動力供應器	手提式 (油壓)	100
52	平土機		113
53	貨車		112
54	劃線車		90
55	絞車	氣動	110
		電動	95
		汽油	102
56	木鋸	圓型	108
57	鏈鋸	手提型	114
58	混凝土鋸		115
59	開槽機	汽油	115

附錄 F 營建工程不同措施之防塵效率綜合評估表

1.防制措施	2.措施內容	3.權重(不同工程不同的 W i)						4.防塵效率 C i
		建築	道路	橋樑	管線	區域	其他	
清洗	工地設有專用洗滌車輛或與土石有關機具之清洗區域	0.15	0.2	0.15	0.15	0.12	0.15	0.8
鋪設鋼板等措施	鋪設於車行之砂土石路面	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.6
灑水噴霧	車行工地路面	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.9
	堆料棄土區/傾卸作業	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.8
	裸露空地	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.9
防塵罩網等措施	採用網徑 0.5mm，網距 3mm 為參考基準	0.07	-	-	0.05	-	0.04	0.2
	土石運輸車離工地前覆蓋不透氣防塵塑膠布	0.1	0.1	0.1	0.08	0.1	0.1	0.9
防塵屏等措施	工地周界築有高 1.8m 以上之圍籬	0.09	0.09	0.08	0.07	0.1	0.09	0.4
集塵系統 (配有收集導管)	重力沈降或慣性衝擊室	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.8
	吸塵器、袋式集塵器、噴淋槽	0.03	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04	0.9
防塵覆被	植被、化學穩定劑	0.03	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.9
管理措施	指配有一般管理措施，如地面粉土清掃工作	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.5
其他措施	指非上述其他防塵措施	0.05	0.04	0.07	0.07	0.07	0.04	0.5

資料來源：行政院 環保署

因有防塵措施可減免之費額 = 應申繳費額 C

*C 值為各項防治措施之總計值，即 $C = \sum W_i C_i$

$$*W_i = 1$$

附錄 H 期初審查意見答覆

評 審 意 見	答 覆
李慧梅教授	
1. 目前研擬之指標重心在建築物工程期間之污染產生量。至於建築材料之污染量就生命週期分析，建議納入本計畫研究。	在指標系統整體架構將包含建材原料開採與製造過程，但受限於研究經費與時間，本年度重點仍將著重建築物施工過程。
2. 計畫撰寫用心，各項說明相當具體、明確。	
林瓊輝工程師	
1. 有關國外先進國家與國內環保法規，對於噪音及粉塵與廢棄物之限制規定，可作為本計畫重要參考，因此文獻資料應收集完整及詳加分析。	已遵照辦理。
2. 建議歸納出產生較嚴重噪音及粉塵之施工機具，及產生大量廢棄物之建造構造類型，供建築業界研究改善或減少使用。	已遵照辦理。
王榮進科長	
1. 建築物除施工期間外，使用階段所可能產生之污染亦相當重要。本研究之綜合指標似可將建築物使用階段與拆除階段所可能產生之污染項目一併納入研究。	本研究重點針對建築物本身之生產開發過程所造成之污染，因此將不包括使用階段之污染。
徐瑞鐘組長	
1. 建議多收集先進國家之相關指標，以供建立評估指標之參考。	已遵照辦理。
2. 建議對如何減少各建築污染量的方法納入考量。	已遵照辦理。
陳瑞玲組長	
1. 建築廢棄物的污染產生量現況缺乏明確統計數據，而未來研定減量政策，亦不可能以推估數據作為基礎。故本計畫宜就研定指標之相關數據提出需求，及早納入營建署統計要覽建立資料庫。	將隨著研究之進行提出需求。
賴榮平所長	
1. 如何建立建築污染綜合指標之方法，在計畫書中未詳細說明其建立方法，內容亦較著重個別指標。	已改進。
2. 噪音與振動時常為一體兩面，尤其在工法的選擇上，不可避開振動而只談噪音，故建議把振動項目列入研究範圍。	考慮經費時間限制以及相關基本資料之欠缺，本年度仍將先以噪音為研究重點。
3. 本研究案屬綜合污染指標之建立，牽涉專家範圍廣，宜在研究初步提案後多加邀請各方面專家為顧問。	已以專家座談方式尋求專家之參與。

評 審 意 見	答 覆
丁育群副所長	
1. 室內裝修之建築廢棄物亦可納入考量。	已遵照辦理。
羅時麒助理研究員	
1. 有關綜合指標各分項指標之權重關係，請納入本計畫工作項目。	已遵照辦理。

附錄 H 期中審查意見答覆

評審意見	答覆
李慧梅教授	
1. 報告中粉塵發生量之推估，興建部份只涵蓋鋼筋混凝土及鋼骨建築，為包含道路工程，另外開挖階段粉塵發生量亦需考慮。建議相關的推估項目，儘可能參考營建工程空污費徵收辦法，使粉塵發生量推估與空污費徵收之計費方法取得一致。	1. 本研究重點在於建立建築污染指標，故未包括道路工程。 2. 粉塵之推估計算已配合參考環保署空污標準。
2. 污染指標程度所示的意義如何界定，建議先與研定。	污染指標介於-1 與+1, 指標為 0 時意義先予研定。表示完全符合管制或基準要求, 愈接近於+1 表示污染程度愈大, 愈接近-1 表示愈接近零污染排放。
歐陽嶠暉教授	
1. 本計畫可否涵蓋營建工程環境管理研究事項，俾更完整。	目前僅針對噪音、振動、粉塵、廢棄物及水污染等 5 個項目進行評估。
2. 指標項目中振動之定位，如何涵蓋請加以考慮。	已加入振動污染之評估。
3. 基礎及地下室施工之地下水排水及所含物質之評估，建議列入。	已納入指標考量。
4. 施工單位、施工期間、工作人員污水處理亦須考慮。	已納入指標考量。
5. 未來配合都市更新條例之實施，擇期環境影響可能稍不同。	指標中之管制基準可反應不同時期之要求標準。
6. 評估指標可參考河川污染指標 RPI 以求簡化。	已納入指標考量。
溫課長維謙	
都市更新時，須先拆除舊建築物，台電以往在大樓興建時，皆用傳統之混凝土破碎機器，拆除原有 R C 建築物，除花費時間較長，產生之振動、噪音及粉塵問題亦相當嚴重，建議能否鼓勵採用國外爆破方式拆除	目前受限於於資料可及性, 指標中未考慮不周拆除工法。
郭教授斯傑	
1. 國外相關參考文獻不足, 有必要多參考國外相關之研究。 2. 廢棄物標準產生量如何訂出, 尚無明確	1. 已改善加強。 2. 目前僅能先以一統計平均量來作為比較基準。 3. 有否採取適當之防塵措施會反應在指標計算值之大小。 4. 選取經稽核評估工程案例來驗證評估指標系統之正當性。

評審意見	答覆
胡副組長耀祖	
1.噪音之評估對一般人來說,判斷之基準在於是否覺得不舒服,研究計劃是否能提出一個簡單之判定基準,建議噪音及振動應分開判定權重。	1.噪音污染是以環保署管制標準作為評估之基準。 2.已將噪音與振動污染分別權重評估
國科會	
建議未來在期中、期末報告時,應說明執行進度及投入人力經費。	已納入指標考量。
蔡教授添壁	
1.最好根據一套實際的計劃依本報告的理論、方法實際的操作。 2.應說明理論,性指標在實際運用上如何簡化,除理論上的說明外,應有實例說明操作方法,使初學者容易瞭解。	以使用實際案例進行模擬計算,逐步說明指標計算方法。
羅助理研究員時麒	
.評估指標及基準若有涉及其他部會執掌項目,請研究單位於報告中予以註明。	已遵照辦理。

附錄 I 期末審查意見答覆

評審意見	答覆
陳教授振川	
能確定指標之可用性，建議續做調查以確定其合理性。	本研究已針對評估指標進行初步測試分析與案例研究，未來則可進行更多案例之追蹤調查研究，確立指標之可行性。
1. 指標方程式之參數會因外在環境之改變與時間因素而影響，此等因素之考量建議在報告中提出說明。	評估指標中各污染項目之評估基準皆可因時空環境改變而選擇適當基準量。而各污染發生量推估方式亦可在未來基本資料更為充分完備後加以改變。
2. 結合使用環保署委請各地方政府執行營建空污費之監管資料。	未來可繼續此方面研究。
3. 報告中案例之振動污染指標為負值，請考慮其意義與適切性。	負值表示其振動值低於評估基準，因此根據本評估指標定義，並未造成污染，且對污染減量有所助益，可符合總量管制概念。
郭教授斯傑	
1. 本研究建立「建築污染綜合指標」之架構，立意完善，輔以文獻數據支持與案例演，值得肯定。	
2. 以下幾點於報告初稿中尚未釐清，建議加以修正：	
* 綜合指標之範圍為-1 至 +1，案例指標之基準計算值為 0.3，而究竟基準在哪一個範圍為恰當(污染指標在可接受之門檻值)，在報告結論提出建議值。另外，可再多蒐集一些案例統計其綜合指標值，以利決定合宜之門檻值，或列為下年度之研究方向與範圍。	已遵照辦理。
(1) 報告第四十四頁提及預定計算良好與不好案例各二例，但實例卻只有一例，其他三例之結果如何，請補充。	受限於時間，因此本研究提出良好及不好之案例各一例。
(2) 案例結果，簡報中計算值為 0.39 與報告中計算值不符，請釐清。	已遵照辦理。
林科長秉勳	
1. 以建築物生命週期而言，營建廢棄土處理可要求進行基地土方平衡或區域外交換。	
2. 本計畫並未考慮利用之污染量，建議可納入考量，並以鼓勵的角度，加強建築廢棄物的再利用。	已遵照辦理。