

國立交通大學

環境工程研究所

碩士論文

移動污染空間性影響及風險評估

Spatial Impact and Risk Assessment for

Mobile Source Pollution



研究生：蔡世澤

指導老師：高正忠教授

中華民國九十七年七月

摘要

汽機車所排放污染物是都市空氣污染主要來源，且會隨著車流、車行里程及人口在不同區域造成不同程度的影響與風險，本研究因而發展適當的方法評估移污所造成的空間性影響及風險。且應用於案例區台北市。

移污空間分佈不易估算，雖有人提出道路密度(RND)法，但 RND 相似不代表車流大，因而會低估高污染區，實際誤差可能很大，本研究因而建立車流污染強度密度(VFPID)法改善之，但 VFPID 法未考量行駛距離不同亦會有不同排放量，故以車行里程污染強度密度(VTPID)法進一步改善之。各方法估算前首先依耗油量估算總污染排放量且將案例區劃分為多個網格，再分別依各網格 RND、VFPID 及 VTPID 所佔的比例分配總污染排放量至各網格中，並以失能人年 DALY 值來表示風險的大小。三個方法所得之移污分佈，再配合人口分佈，即可分析移污空間性風險。由於移污亦受街道形式影響，本研究亦因而以 OSPM 街谷模式模擬街道之移污濃度，再配合街道旁的人口，分析案例區街道移污對街道旁住戶的暴露風險。

結果顯示依 RND 法所分配的區域排放量與 VFPID 法的差異最大可達 10000 噸。而 VTPID 結果亦與 VFPID 結果差異可達 5000 噸；而由 OSPM 模擬結果可發現在不同型態街道會造成不同污染濃度，甚至與前三個方法產生不同的結果，例如敦化南路一段的車流雖然大於北安路，但街道寬度比北安路寬 58 公尺，OSPM 模擬的 CO 濃度反而較後者低。依各方法結果及人口分佈所計算的風險值，以 PM10 的 DALYs 最高，NO_x、CO 次之，SO_x 最小，一般車流較大時人口亦較多，風險亦較高，如中山等區，但亦有因街道較窄而有較大風險的地區，如大安區。相信所發展的方法可改善移污空間分佈的推估品質，以利於進行相關的決策分析。

關鍵字：移污、風險評估、污染空間分佈、街谷模式、永續環境系統分析

Abstract

Vehicle exhaust emission is the main source of air pollution in metropolitan areas in Taiwan and greatly affects citizens and causes health risks. Different traffic flows, spatial mobile pollution distributions, and population distributions can cause different levels of impact and health risk. This study was thus initiated to develop appropriate methods for assessing the spatial impact and risk caused by the mobile pollution. The methods were also applied to Taipei City, the case study area for this study.

It is not easy to evaluate the spatial distribution of the mobile pollution. Although a method called the Road Network Density (RND) method had been previously proposed, similar RNDs do not indicate similar traffic flows and thus may underestimate the pollution in high traffic-flow areas, and the error may be quite significant. Therefore, the Vehicle-flow-based Pollution Intensity Density (VFPID) method was proposed in this study to improve the problem. However, the VFPID method does not consider different traveling distances that can cause different emissions. The Vehicle-travel-mileage-based Pollution Intensity Density (VTPID) method was thus proposed. Before implementing the three methods, the total mobile pollution (TMP) emission was estimated according to the amount of gasoline consumed, and the entire study area was divided into grids in the same size. The TMP emission was allocated to each grid according to its RND, VFPID, or VTPID ratio. With the pollution distributions determined by the three methods and the population distribution of the city, spatial effects and health risks caused by mobile pollution were estimated. And the Disability Adjusted Life Years (DALYs) is used to express the risk level. Furthermore, since similar emission in different types of roads would give different distributions of mobile pollution, the Operational Street Pollution Model was adopted to simulate air pollutant concentrations on road sides, and the results obtained were used to assess the exposure risk on the residents living in the road sides.

The results show that the pollution distribution estimated by the RND method can underestimate the pollution up to 10,000 tons when compared with that estimated by the VFPID method. Also the difference between the VTPID and VFPID results can be up to 5,000 tons. According to the OSPM simulation results, it can be observed that different types of streets cause varied pollution concentrations. Significantly different results were observed also when compared to those from the other three methods. For example, the traffic flow of the Section 1 of the Dunhua-South Road is more than that of the Bei-an Road, but the street width of the former is 58 meters wider than the latter street,

and subsequently the simulated CO concentration is lower in the former street. According to the risks estimated from the obtained pollution and population distributions, the risk estimated for PM10 is the highest, the SOx risk is the lowest, and NOx and CO have median risks. When the traffic flow is large and population density is high, the associated risk is high too, such as the Zhongshan district. However, some areas have narrow streets that cause high risk, such as the Da-an District. It is believed that the proposed methods can improve the estimation of spatial mobile pollution distribution and subsequently facilitate further decision-making analyses.

Keyword: mobile source pollution, risk assessment, spatial pollution distribution, modeling simulation, sustainable environmental systems analysis.



致謝

首先誠摯的感謝指導教授高正忠博士，老師悉心的教導使我獲得在環境系統分析上的，不時的討論並指點我正確的方向，使我在這些年中獲益匪淺。老師對學問的嚴謹更是我輩學習的典範。

本論文的完成感謝子欽學長不厭其煩的指出我研究中的缺失，且總能在我迷惘時為我解惑。因為有你的幫忙，使得本論文能夠更完整而嚴謹。

兩年裡的日子，實驗室裡共同的生活點滴，學術上的討論、言不及義的閒扯，感謝涵翔、親民、冠華、坤興學長在研究上的幫忙，感謝彥超、雅如、宥禔、家豪、育農、陳大哥在生活各方面的指導與幫忙，感謝同學立偉、學弟妹旻韓、士強、彥瑋、建宏、展帆、雅如、京澄在生活上的幫助及共同砥礪。感謝大學同學志勳、志安、輝翔、又寧、晏任、奕岑、楚俊、士賓、博傑、嘉玲在生活上的關心，感謝高中學長五、室長、中原及同學勇先、海龜、正偉、孟宗生活上的幫忙及互相鼓勵，你們的陪伴讓兩年的研生活變得絢麗多彩。

最後，謹以此文獻給我摯愛的雙親及妹妹。

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
致謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
符號說明	xi
第一章 前言	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究流程	3
1.4 案例區介紹	5
1.5 論文內容	10
第二章 文獻回顧	11
2.1 移動污染源	11
2.2 移動污染分佈估算法	11
2.3 街谷模式	13
2.4 風險分析	13
2.4.1 移污之危害	15
2.4.2 風險分析	15
第三章 移污之空間分布與風險分析	17
3.1 道路密度法	17
3.1.1 推估排放量	17
3.1.2 依道路密度法分配總排放量	19

3.2	車流污染強度密度法	20
3.2.1	車流污染強度推估	20
3.2.2	依車流污染強度密度法分配總排放量	23
3.3	車行里程污染強度密度法	23
3.4	空間性影響	24
3.5	風險分析	33
3.6	移污空間性分布推估方法比較	39
第四章	街谷模式法	45
4.1	OSPM 模式模擬	45
4.1.1	OSPM 模式簡介	45
4.1.2	OSPM 模式模擬	51
4.2	街道模擬濃度分布	55
4.3	風險分析	59
4.4	車行里程污染強度法與街谷模式法之比較	61
第五章	結論與建議	67
5.1	結論	67
5.2	建議	70
參考文獻	71
附錄	台北市各型車輛排放係數	75

表目錄

表 3.1	不同車種之總油耗車行里程(km).....	18
表 3.2	各污染物之推估排放量(噸/年).....	19



圖目錄

圖 1.1	研究流程圖.....	5
圖 1.2	台北市網格戶數圖.....	8
圖 1.3	台北市道路圖.....	9
圖 3.1	三叉路口與十字路口路網圖.....	22
圖 3.2(a)	台北市 NO _x 網格排放量之空間分布-道路密度法.....	27
圖 3.2(b)	台北市 NO _x 網格排放量之空間分布-車流污染強度密度法.....	27
圖 3.2(c)	台北市 NO _x 網格排放量之空間分布-車行里程強度密度法.....	27
圖 3.3(a)	台北市 CO 網格排放量之空間分布-道路密度法.....	28
圖 3.3(b)	台北市 CO 網格排放量之空間分布-車流污染強度密度法.....	28
圖 3.3(c)	台北市 CO 網格排放量之空間分布-車行里程強度密度法.....	28
圖 3.4(a)	台北市 SO _x 網格排放量之空間分布-道路密度法.....	29
圖 3.4(b)	台北市 SO _x 網格排放量之空間分布-車流污染強度密度法.....	29
圖 3.4(c)	台北市 SO _x 網格排放量之空間分布-車行里程強度密度法.....	29
圖 3.5(a)	台北市 THC 網格排放量之空間分布-道路密度法.....	30
圖 3.5(b)	台北市 THC 網格排放量之空間分布-車流污染強度密度法.....	30
圖 3.5(c)	台北市 THC 網格排放量之空間分布-車行里程強度密度法.....	30
圖 3.6(a)	台北市 PM ₁₀ 網格排放量之空間分布-道路密度法.....	31
圖 3.6(b)	台北市 PM ₁₀ 網格排放量之空間分布-車流污染強度密度法.....	31
圖 3.6(c)	台北市 PM ₁₀ 網格排放量之空間分布-車行里程強度密度法.....	31
圖 3.7(a)	台北市 NMHC 網格排放量之空間分布-道路密度法.....	32
圖 3.7(b)	台北市 NMHC 網格排放量之空間分布-車流污染強度密度 法.....	32
圖 3.7(c)	台北市 NMHC 網格排放量之空間分布-車行里程強度密度 法.....	32

圖 3.8(a) 台北市 NO _x 暴露風險之空間分布-道路密度法	35
圖 3.8(b) 台北市 NO _x 暴露風險之空間分布-車流污染強度密度法	35
圖 3.8(c) 台北市 NO _x 暴露風險之空間分布-車行里程強度密度法	35
圖 3.9(a) 台北市 CO 暴露風險之空間分布-道路密度法	36
圖 3.9(b) 台北市 CO 暴露風險之空間分布-車流污染強度密度法	36
圖 3.9(c) 台北市 CO 暴露風險之空間分布-車行里程強度密度法	36
圖 3.10(a) 台北市 SO _x 暴露風險之空間分布-道路密度法	37
圖 3.10(b) 台北市 SO _x 暴露風險之空間分布-車流污染強度密度法	37
圖 3.10(c) 台北市 SO _x 暴露風險之空間分布-車行里程強度密度法	37
圖 3.11(a) 台北市 PM ₁₀ 暴露風險之空間分布-道路密度法	38
圖 3.11(b) 台北市 PM ₁₀ 暴露風險之空間分布-車流污染強度密度法	38
圖 3.11(c) 台北市 PM ₁₀ 暴露風險之空間分布-車行里程強度密度法	38
圖 3.12(a) 各區移污推估總量-直方圖	41
圖 3.12(b) 各區移污推估總量-區域直方圖	41
圖 3.12(c) 各區移污推估總量相對於車行里程法所得結果之差異	41
圖 3.13(a) 以車流污染強度密度法推估移污網格排放量-網格圖	42
圖 3.13(b) 移污推估量之網格數-直方圖	42
圖 3.13(c) 移污推估量之網格數相對於車行里程法所得結果之差異	42
圖 3.14(a) 以車行里程污染強度密度法推估移污網格總量-網格圖	43
圖 3.14(b) 移污推估量之網格數-直方圖	43
圖 3.14(c) 移污推估量之網格數相對於道路密度法所得結果之差異	43
圖 3.15 以車行里程污染強度密度法與車流污染強度密度法移污 CO 推估量差異比較	44
圖 4.1 OSPM 基礎理論模式圖	46
圖 4.2(a) 街道中之再循環區示意圖	48
圖 4.2(b) 下風處的建築物阻斷再循環區示意圖	48

圖 4.3	OSPM 基礎模擬污染物濃度結果.....	50
圖 4.4	街道基本地理資料.....	52
圖 4.5	街道資料設定圖.....	52
圖 4.6	基本交通流量資訊.....	53
圖 4.7	城市之監測濃度和氣象資訊.....	54
圖 4.8	OSPM 模擬街道之 NO ₂ 年平均濃度.....	57
圖 4.9	OSPM 模擬街道之 CO 年平均濃度.....	58
圖 4.10	台北市移污 NO ₂ 對街道旁住戶之暴露風險.....	60
圖 4.11	台北市移污 CO 對街道旁住戶之暴露風險.....	61
圖 4.12(a)	CO 比例值之空間分布：車行里程污染強度密度法 v.s. 街谷 模式法-直方圖.....	63
圖 4.12(b)	CO 比例值之區域空間分布：車行里程污染強度密度法 v.s. 街谷模式法-行政區圖.....	63
圖 4.13(a)	CO 比例值分布(依總量為基準)：車行里程污染強度密度法..	64
圖 4.13(b)	CO 比例值分布(依總量為基準)：街谷模式法.....	64
圖 4.14(a)	CO 暴露風險比例值之空間分布：車行里程污染強度密度法 v.s. 街谷模式法-直方圖.....	65
圖 4.14(b)	CO 暴露風險比例值之區域空間分布：車行里程污染強度密 度法 v.s. 街谷模式法-行政區圖.....	65
圖 4.15(a)	CO 暴露風險比例值分布(依總量為基準)：車行里程污染強 度密度法.....	66
圖 4.15(b)	CO 暴露風險比例值分布(依總量為基準)：街谷模式法.....	66

符號說明

X_i : 路段 i 的車流量

R_i : 路段 i 的右轉比例

T_i : 路段 i 的直行比例

L_i : 路段 i 的左轉比例

Q : 移污之排放係數

W : 街道路寬

C_d : 街道某一點之擴散濃度

$\sigma_z(x)$: 垂直分布參數， x 為受體點到線源之距離

h_0 : 初始擴散常數

α : 經驗常數

β : 經驗風速轉換係數

u_t : 街道頂端的風速

INFLOW : 每單位長度之進流

L_{rec} : 再循環區域的寬度

OUTFLOW : 車輛排放污染之出流流率

Q_{wt} : 頂端緣之通量速率

u_t : 側端緣之通量速率

u_b : 下側端緣之通量速率

- L_t : 梯形頂邊長
- L_{s1} : 梯形斜邊長
- L_{s2} : 梯形斜邊長
- C_{rec} : 再循環所引起的濃度
- u_t : 街道頂端之風速
- λ : 比例常數
- α_{vw} : 車輛所引起的紊流參數



第一章 前言

1.1 研究緣起

台灣隨著各種機動車輛持續增加，移動污染源所排放的空氣污染物(以下簡稱移污)已成為影響都會區空氣品質的主要原因，且對於居民所造成的影響漸趨增大。移污之空間分佈主要與車流之分佈有關，而其所造成的風險與人口空間分布有很直接的關係，由於過去的研究大多針對整個都市進行總體性評估暴露風險(e.g., Brauer, 2006)，很少評估都市中各區域的暴露風險。本研究因而探討適當的方法，用以評估移動污染對都市中各區域所造成的影響及風險。

評估移污對都市中各區域的暴露風險，必須先了解移污的空間分佈，然而移動污染分佈較繁雜且不易估算，中鼎公司曾發展道路密度法評估污染物之空間分佈(環保署，92年)，此方法把城市劃分為多個網格，計算各網格內之道路密度，再依用油量資料算出各車種之用油量，乘上各車種之耗油率(km/l)，即可得之各車種的油耗行車里程。再選取該車速下各車種之平均排放係數乘上對應之總油耗行車里程即可得出不同車種之排放量，然後依道路密度所佔比例分配至各網格中，即可得移污之空間分佈。道路密度法雖易於計算，但其推估方法與實際情況可能會有顯著差異，例如，移污主要來自於街道中之車輛，但道路較密，不一定代表車流量大，因而可能會與實際情形有顯著的差異。本研究因而收集車流量與污染排放量的關係(Tuia et al.,2007)及移污空間性分布(Costabile et al., 2006; Tuia et al.,2007)等相關研究，以改善道路密度法未考量車流量之缺點，本研究採用街道車流量資料推估全市各網格中的車流量資料，並以各網格中車流量修正污染強度，以作為分配總污染排放量之依據，並據推估污染物排放量之空間分佈。

雖然車流量可改善道路密度法的缺點，但實際的污染排放量不單與車流相關，亦同時與車行里程距離相關，車輛行駛較遠則會排放較多的污染物，故本研究進一步推估車行里程以作為分配總排放量的依據。唯須注意，此處的車行里程是以車流量乘以道路長度推估(陳等，86年)，與一般用於估算總排放量時用耗油率(km/l)乘上用油量(l)的方法並不同，故數值上並不相同，但可作為分配總排放量的合理依據，為了便於區別，以耗油率所推估的車行里程本文改稱為油耗行車里程。本研究把前一方法所得到的各路口車流量資料，乘上道路長度即可推估車行里程，再依據各網格車行里程佔全市車行里程的比例分配總排放量。

移污對居民所造成的風險大小，除了與曝露時間相關，亦與人口分布相關，本研究因而並進一步配合人口分佈，比較及分析不同方法下所推估移污對居民所造成的曝露風險之空間分佈，以作為移污管制與進行相關決策之參考依據。

由於移污對於民眾之風險，除了要考量污染物的排放量外，亦需考量排放地點之空間差異，例如，同樣的污染排放量，在比較在狹窄的街道所對人民造成的風險，會比在寬闊的街道要大。目前國際上對於移污於街道中所造成之污染，常以街谷模式進行模擬(e.g., Vardoulakis et al., 2005)。其中，OSPM(Operational Street Pollution Model) (Hertel, et al., 1989)為常用之街谷模式，其考量街道風速、道路種類、車流量等街道環境因子，模擬道路空氣污染物之濃度。為能依據街道不同型態與環境因子進一步分析移污影響與風險，本研究亦因而以街谷模式法探討依各街道環境因子所模擬之移污分佈，並據以評估都市中各街道旁住戶受移動污染的影響，且與之前所提方法所得結果比較。

1.2 研究目的

本研究主要重點是探討及比較不同方法所推估移污空間分布，並以人口與污染分布評估在都市不同區域中移污可能造成的風險，且以街谷模式法來評估不同街道移污的風險影響。研究主要目的有以下三項：

1. 建立方法改善移污空間分佈之推估，以利於進行後續的影響與風險分析

要分析移污對居民所造成的風險，需要先了解移污的空間分佈，然而移污的空間分佈並不容易估算，雖有道路密度法可使用，但誤差可能很大，故本研究建立車流污染強度密度法 供評估移污的空間分佈；然車流污染強度密度法 雖可改善道路密度法的缺點，但實際的污染排放量不單與車流相關，亦同時與車行里程距離相關，故本研究再進一步建立車行里程強度密度法，並比較三種方法所得結果之差異及其優劣點。各方法所得的移污空間分佈可供了解移污在城市不同區域的分佈狀況及差異性，及作為評估居民曝露風險的依據。

2. 建立方法分析移污風險空間分佈，以評估移污對居民可能造成的風險，及作為移污管制或擬定相關策略之依據

本研究依據前述三個方法所得的移污空間分佈，配合人口分佈分析移污對居民所可能造成的風險，以期看出不同區域民眾所承受的潛在健康風險。且以台北市為案例，建立方法分析移污對居民所造成的風險，以了解移污對居民造成風險之空間分佈，及作為移污移污管制或擬定相關策略之依據。

3. 建立方法評估不同街道之移污風險分析，除了用以分析受移污影響較大的街道兩旁住戶所承受的風險，亦期改善前述方法不足之處

移污對於民眾之風險，預期以街道兩旁住戶最大，且會受到街道風速、道路種類、車流量等街道等因子影響，本研究因而建立街谷模式來分析街道移污對於街道旁住戶的風險影響。

1.3 研究流程

本研究流程圖如圖1.1所示，主要分為收集資料、案例建立、移污之空間分布分析、空間性居民曝露風險分析、街道兩旁居民曝露風險評估等步驟，以下一一摘要說明之：

1. 資料收集及整理：主要收集國內外移污空間分布評估方法、移污居民曝露風險之空間性評估、街谷模式等相關文獻。及收集案例研究所需要的資料，包括全台北市人口住址、路口車流量、移動污染排放量等資料。
2. 案例建立：本研究以台北市為案例，除了收集本研究所需的資料，亦推估所有街道的車流量，及以住址座標點轉成戶數之資料，且以圖層方式展示資料及結果。
3. 移污之空間分布分析：首先收集國內顧問公司所採用的道路密度法，且進一步參考相關文獻及模式建立車流量法和車行里程強度密度法，用以評估移污空間分布，並依據案例分析結果探討實際車流及實際污染排放情形對污染排放量的影響。
4. 空間性居民曝露風險分析：依據上述三個方法所得之移污空間分佈，再配合人口分佈，建立居民對移污移污曝露風險之分析方法，以了解移污移污對居民所造成風險之空間分佈。
5. 街道兩旁居民曝露風險評估：參考國內外相關文獻建立街谷模式法，以OSPM模式來模街道移污的濃度分布，配合街道旁的住戶，建立移污對街道旁居民的暴露風險之分析方法，以了解街道旁住戶受到街道移污的衝擊影響。

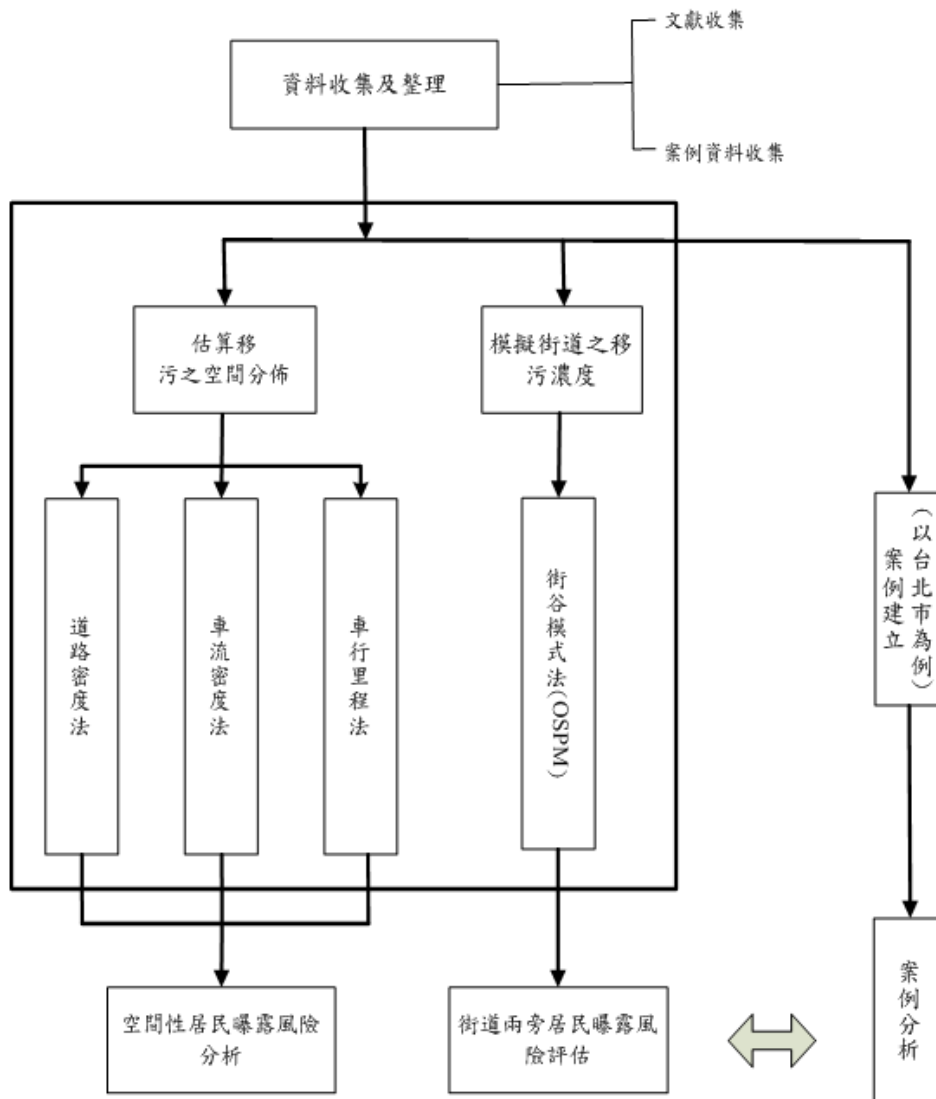


圖1.1 研究流程圖

1.4 案例區介紹

本研究以台北市為案例研討區域，台北市面積約 271 平方公里，人口超過 261 萬人(內政部，95 年)，有 12 個行政區。隨著都市發展，機動車輛成長快速，民國 95 年底機動車輛登記數已達 170 萬以上 (台北市交通局，95 年)，其中以小客車和機器腳踏車占絕大多數。依照 92 年台北市移動污染排放量資料顯示(環保署，92 年)，移污主要來源為汽油車、柴油車、機車。以排放量而言，PM_{2.5} 為 1,330 公噸/年、PM₁₀ 為 1,669 公噸/年、SO_x 為 364 公噸/年、NO_x 為 19,145 公噸/年、CO 為 16 萬公噸/年、NMHC 為

26,838 公噸/年，台北移污排放量約佔台北市空氣污染總排放量的 79%，故對於台北市而言，分析移動污染空間性影響及風險為一重要課題。以下說明本研究中所收集之各項資料及其用途：

1. 住址人口資料：收集了人口數及台北市住址點 UTM 資料(台北市，92 年)，總人口數 96 年統計人口數為 260 萬人(台北市，96 年)，92 年的統計為 262 萬人，為了與其他資料一致，故本研究採用 92 年的統計數據，而住址點資料則用以推估全台北市人口分布情況。本研究把台北市劃分為 313 網格，每一個網格大小為 1 平方公里，且把住址數值資料分配至網格內，接著把網格內之戶數加總。本研究所推估之人口分佈結果如圖 1.2 所示，之後依據人口分布的資料評估移污對居民的影響程度及用以計算風險。
2. 道路資料：收集台北市道路之地理資訊資料(交通部，92 年)，用以推算全台北市之道路分布情況，如圖 1.3 所示，目前台北市的道路主要集中於西南方，其中道路最為密集的是中山區。本研究以道路分布圖配合人口及污染物之分布作為評估風險之依據。
3. 車流量資料：本研究是採用台北市交工處所調查之 95 年車流量資料，所得資料內容包括一天的 4 個時段(07:00~8:00、8:00~9:00、17:00~18:00、18:00~19:00)，及所對應之大型車、小型車、公車及機車等四類車種的車流量(台北市交通管制工程處，95 年)。共有 162 個路口、25 個路段、6 個圓環等車流量資料，調查之位置主要集中於西南方一帶，由於所調查資料並沒有全市所有街道車流情況，故本研究藉由車流推估模式之方法，推估全市街道之車流量，以供各方法使用。
4. 空氣品質監測資料:本研究採用環保署的監測站資料，共有大同、萬華、中山、松山、士林、古亭等站為一整年之資料量，囊括每小時的風速、風向、地球輻射量、混合層高度、大氣溫度、相對溼度、NO_x 濃度、

NO₂ 濃度、O₃ 濃度、CO 濃度、PM10 濃度等監測資料(環保署,87 年)。
本研究供街谷模式法 OSPM 模式模擬濃度所需的監測資料。



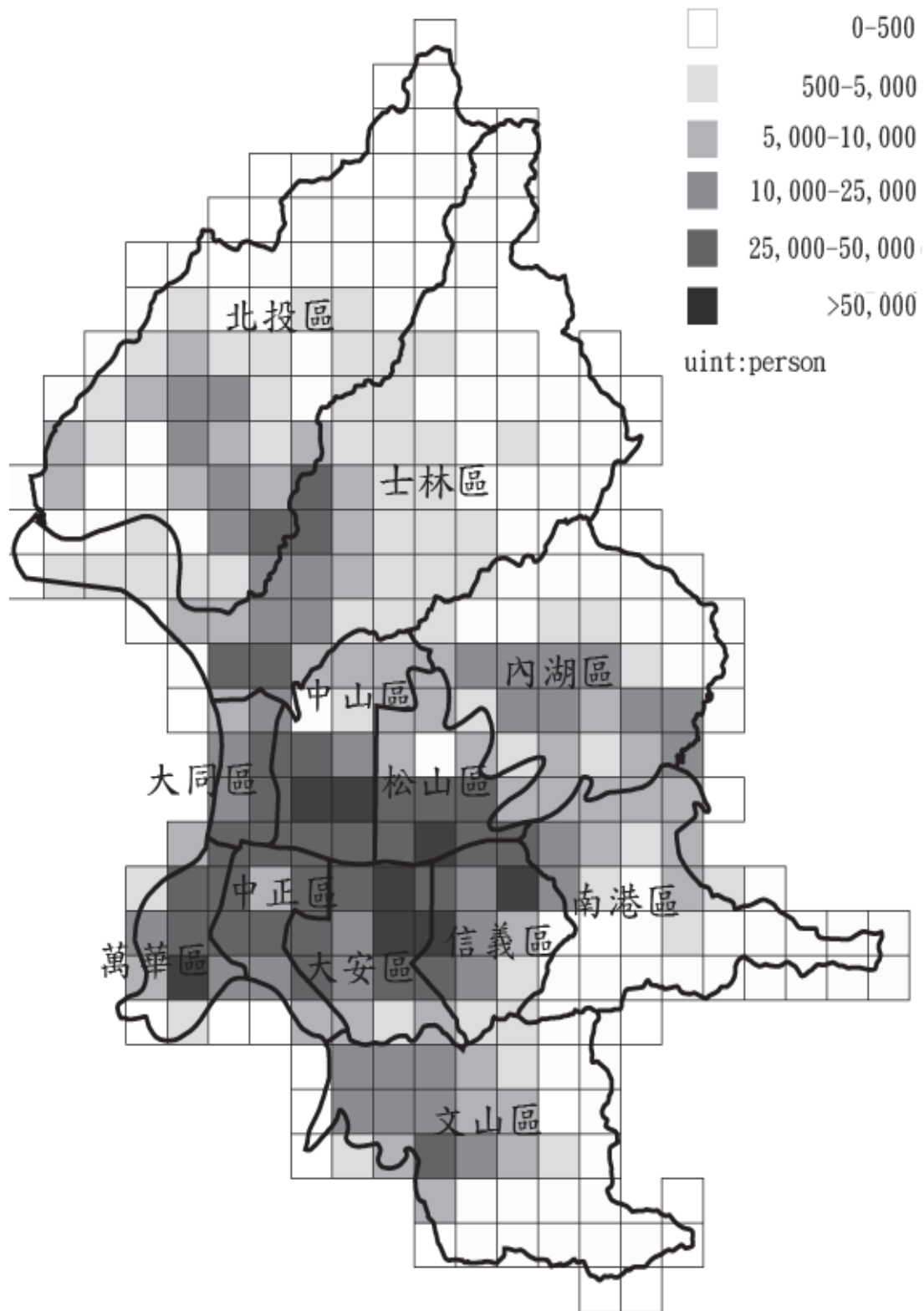


圖 1.2 台北市網格人口圖

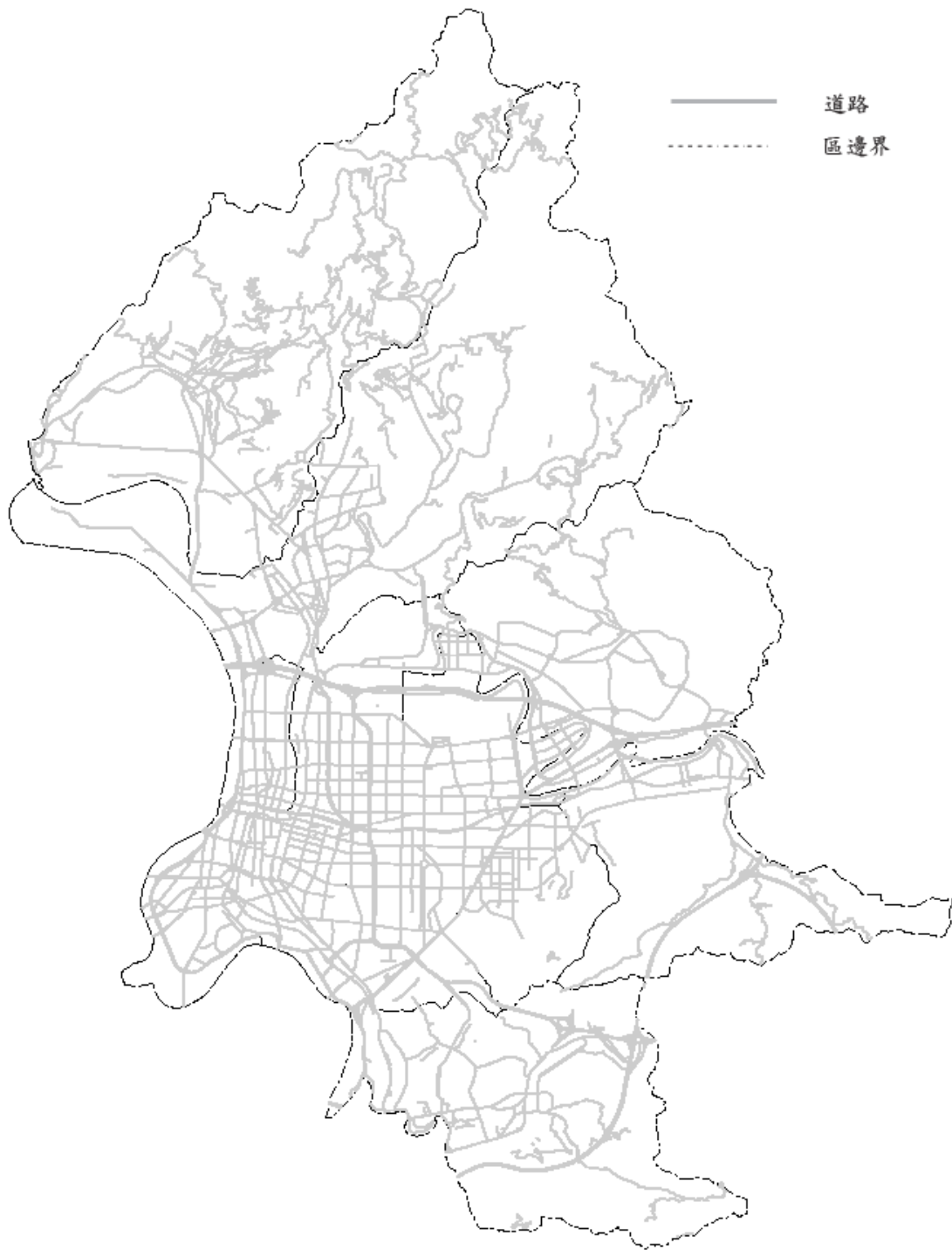


圖 1.3 台北市道路圖

1.5 論文內容

本論文之後章節中，第二章主要回顧移污、移污空間性分布、街谷模式、污染風險評估及空間性風險分析；第三章說明道路密度法、車流污染強度密度法和車行里程強度密度法評估污染物之空間性居民曝露風險評

估，及移污推估方法之比較；第四章說明街谷模式評估街道兩旁居民曝露風險評估及與移污方法之比較；最後第五章說明結論及建議後續研究方向；附錄則為台北市各型車輛排放係數。



第二章 文獻回顧

本章主要回顧及討論與本研究相關的文獻，除了探討過去研究人員已有的相關研究成果，並探討本研究所研擬的研究方向的可行性及重要性。相關重要文獻主要可分為移動污染源、移污分佈估算法、街谷模式、風險評估、空間性風險分析等主題，以下各節一一討論各主題之相關文獻。

2.1 移動污染源

移動污染源依環保署(2008)所指出，乃是因本身動力而改變位置之污染源，包括車輛、火車、飛機、船舶、施工機具等；這類污染源產生之污染有 TSP、PM₁₀、SO_x、NO_x、CO、THC、NMHC、CO、Pb 等項目。目前台灣隨著各種機動車輛持續增加，依據 Lin(2001)指出的移動污染已成為影響都會區空氣品質的主要原因。環保署 95 年統計(環保署，95 年)移動污染源佔總空氣汙染排放量約 40%，其中移污中的 NO_x 佔總空氣排放量排放量 6%、CO 佔 23%、THC 佔 4%、SO_x 佔 3%、PM₁₀ 佔 1% 等，有鑑於國內空氣品質仍不佳，有必要分析移污排放特性及評估其所造成的衝擊。有收集車流量與污染排放量的關係，來分析交通類空氣污染的空間性分布，也有藉由進行街谷模式進行模擬濃度和分析街道移污之空間性分布。以下介紹這些相關文獻。

2.2 移污分布估算法

評估移污對都市中各區域可能造成的影響及風險之前，必須先了解移污的空間分佈，以下將回顧及討論過去文獻中所提出的一些相關方法。

過去中鼎公司(2003)曾依各道路種類對應平均車速，再選取該車速下各車種之平均排放係數乘上對應之總車行里程即可得出縣市不同車種之排放量，而車行里程之算法為耗油率(km/l)乘上用油量(l)，依照道路長度的比例分配總排放量至各區域，Tuia et al.(2007)也曾以一 Spatial

disaggregation approach (SDA)來改善所推估移污之空間分布，而 SDA 其中一個改善因子亦是以道路長度比例分配總污染量，並分配至網格。本研究採用的道路密度即是依據他們所提出的方法來計算。道路密度法是一個計算簡便的方法，其假設道路越密集，車流量也越大，污染排放量也因而越大；但因路多或道路密度高的地方，不見得車流量大，且同樣類型或密度的道路網，在不同地區亦常會有不同的車流量，故依此方法所推估的污染量並不見得合理，採用車流量應會比道路密度法更合理，本研究因而進一步以推估全市車流量作為分配總排放量的依據，惟車流量調查較費人力與時間，當車流量調查資料不易取得時，道路密度法仍有其實用性。

以車流量推估污染排放量之相關文獻中，林(2000)曾以車流量法推估高速高路的污染排放量，並與空品監測站的資料以相關係數比較，發現並無高度相關性，表示其所推估排放量與未能明確反應在空品監測，因此監測站所監測的污染物濃度變化可能受到其他因素之影響，亦有可能因空品監測站的位置或因車輛在高速下的污染排放量的分佈與一般道路不同，而造成此差異。Singh et al. (2006)曾以 MicroFacNO_x 模式來推估污染排放量，此模式設定排放係數及車流量來計算排放量，排放係數的設定則考慮到溫度、相對濕度及車速等因子；Tuia et al. (2007)亦曾以 SEEM(simplified emission estimation model)模式來推估排放量，而 SEEM 模式以設定排放係數及車行里程來推估排放量。所推估移污排放量應較道路密度法合理，本研究因而亦採用車流量作為分配總排放量依據，然而當不是每個路口有車流量資料時，則會造成推估的困難，故本研究採用所建議的程序推估車流，該方法步驟包括設定初始流量、依路口型態決定流量關係式、截取各關係式的交集、分析車流量的收斂程度等該方法包括設定初始流量、依路口型態決定流量關係式、截取各關係式的交集、分析車流量的收斂程度等步驟，

目前國內推估車輛空氣污染排放量一般依據車行里程為主(陳等, 1997), 公式如下:

$$\text{排放量(公噸/年)} = \text{車行里程} \times \text{排放係數} / 10^6 \quad (2.1)$$

其中

$$\text{車行里程(公里/年)} = \text{車流量} * \text{行駛道路長度} \quad (2.2)$$

排放係數: 單位車行里程排放量(公克/公里)

車流量雖可改善道路密度法的缺點, 但實際的污染排放量不但與車流相關, 亦同時與車行的里程距離相關, 車輛行駛較遠則會排放較多的污染物。故本研究進一步以推估車行里程作為分配總排放量的依據。

2.3 街谷模式

街谷模式是已發展多年的模式, 例如 Johnson et al.(1973)藉由背風面和迎風面描述兩種不同的街道污染現象, 且預測背風面的濃度高於迎風面。Yamartino et al.(1986)則結合一些模式建立一個盒子模式, 盒子模式使用從監測站測得之交通流量資料及監測濃度資料來計算在街谷的污染物濃度, 此模式沒有考慮街道的具體地理背景調整參數, 因為會不適合應用到不同地理背景的街道。而 Hertel et al.(1989)依據類似的原理建立了 OSPM (Operational Street Pollution Model) 模式。目前該模式已被一些研究所採用, 如 Jensen(1998)以 OSPM 模式模擬街道中苯的濃度及空間分布。Kukkonen et al.(2003)則使用 OSPM 來分析街道中 NO_x、NO₂、O₃ 等污染物之濃度與風速之間的關係。Xie et al.(2003)利用 OSPM 模式進行污染物濃度對時間的變化。Kastner-Klein and Plate et al.(1999)研究在街道中上風建築物越多, 將使街谷內污染物濃度升高, 而在垂直街谷的風向所造成之污染物濃度最高。由於街谷模式可模擬街道兩旁的移污濃度, 本研究因而採用 OSPM 模式來模擬街道兩旁的移污濃度, 進而據以分析污染物的風險情形。

唯街谷模式所得的結果為濃度，而之前道路密度、車流密度、車行里程等三種方法所推估的是排放量，並不相同，本研究比較這些方法評估移污風險之差異性。OSPM 模式的較詳細原理及公式將在第四章說明之。

2.3 風險分析

2.3.1 移污之危害

移污本身為因本身動力而改變位置，排放污染物之物理或化學單元，主要為汽機車。其所排放之污染物有懸浮微粒、一氧化碳、碳氫化合物、氮氧化物、硫氧化物等，除污染物本身會對人體造成危害外，氮氧化物及碳氫化合物更是光化學煙霧及臭氧形成的前驅物。各污染物特性及對人體所造成之影響摘要說明如下(環保署，96年)：

1. 懸浮微粒(PM10):懸浮微粒是由車輛排氣管排出的粒狀污染物，粒徑在 $1\mu\text{m}$ 左右的微粒容易進入並累積在肺部，造成健康上的影響。粒狀污染物若吸附其他有害或刺激性物質，則對呼吸系統的影響更大，甚或致癌。
2. 一氧化碳(CO):一氧化碳對人體健康的危害主要是降低血液輸送氧氣的能力。因為人體血液中血紅素和一氧化碳的親和力遠大於血紅素和氧的親和力。血紅素與一氧化碳結合成一氧化碳血紅素，則會影響心臟血管系統和中樞神經系統，並使心臟血管疾病加重、惡化，神經及肺部系統受影響，運動功能受損。
3. 碳氫化合物(HC):碳氫化合物低濃度時會對人體呼吸系統產生刺激，較高濃度則可能對中樞神經系統產生影響，甚或致癌。碳氫化合物還會和氮氧化物等起光化學反應，產生臭氧，會對肺產生刺激，造成呼吸系統疾病，降低肺功能，長期曝露可能會造成肺纖維化。
4. 氮氧化物(NO_x):由排氣管排出的氮氧化物大都為一氧化氮，其與血紅素

結合能力非常強，動物實驗約是一氧化碳的一千多倍。一氧化氮因屬較不安定，在空氣中會漸漸氧化成二氧化氮，二氧化氮為褐色有毒氣體，對人體健康會造成呼吸方面的疾病及肺傷害。

5. 硫氧化物(SO_x):主要為柴油車所排放的二氧化硫。對人體的作用主要以刺激呼吸系統為主，通常二氧化硫的作用力和它的水溶性有關，所以眼睛、喉嚨及上呼吸道影響最大。

以上是各移污污染物對人體的影響，移污亦因而會影響民眾的健康，有必要分析移污對民眾所造成的風險。

2.3.2 風險分析

Josep et al.(1998)曾指出風險評估主要是分析具危害性的污染物對人體健康的影響，當污染物排放至環境中，經由吸入、食入或皮膚吸收等途徑會對人體造成負面的影響。風險評估常用來解釋排放源對居民的危害影響，而評估結果亦可做為政府管制策略的依據。

評估的方法有很多，且常使用模式來評估，如 USEPA(2007)以 THERdbASE v1.2 模式評估風險，PIONEER Environmental Conduktant(2007)發展 Smart RISK 工具，然而這些方法調查及分析上均較為費時且成本較高，無法在有限的人力時間下完成，且對於大區域的評估並不太實用，因而美國 EPA(2007)亦建議了一些簡易方法可用以評估污染物的危害風險，其定義危害風險為受體網格之污染物濃度除上污染物參考危害濃度，當危害風險值大於 1 時，則表示可能會對人體產生健康危害。Eco-indicator 99(Goedkoop et al.,2001)則以排放每公斤污染物所造成的 DALYs，其意謂一個人損失之健康年數，評估污染物的暴露風險。

由於污染物及人口之空間分布會造成不同程度的空間性風險，而不同地區的空間性風險可作為政府研擬管制策略的重要參考，故在計算污染物所造成之風險，亦須考量人口分布對於風險評估影響。例如 Brauer(2006)

曾考量以住址點及都市監測的濃度，針對整個都市評估總體性暴露風險；Cicero-Fernandez et al. (2001)曾以人口當權重來計算人口當量濃度，作為風險評估之依據；Greco et al. (2007)以 iF 回歸模式來分析都市的污染物之暴露風險，而 iF 回歸模式則除了考慮人口，亦包括風速、混合層、降雨量等氣候因子來評估風險；Jensen(2001)亦曾以街道的住戶數乘上污染物濃度的總和來評估污染物對住戶的風險大小，惟這些研究並未分析不同區域居民所承受的風險，本研究因而除了參考上述方法以 OSPM 模擬濃度及人口分佈評估空間性風險，亦進一步根據 Eco-indicator 99(Goedkoop et al.,2001)提供之排放每公斤污染物所造成的 DALYs，以網格和分區的概念去評估移污的空間性風險。



第三章 移污之空間分布與風險評估

本章主要說明如何使用道路密度法、車流污染強度密度法和車行里程污染強度密度法評估移污之空間分布與風險。道路密度法主要依據國內中鼎公司所建立的方法(陳, 92 年), 首先推估總排放量, 然後分析各網格的道路長度, 再依道路長度佔總長度的比例, 將總排放量分配至各網格中。車流污染強度密度法則先推估各道路車流量, 再依據車流污染強度密度來分配總排放量。車行里程污染強度密度法則是以全市各街道車流量乘上道路長度即可推估車行里程, 再依據各網格車行里程污染強度密度佔全市車行里程污染強度密度的比例分配總排放量。以下一一說明三個方法如何推估污染物之空間性分佈, 最後應用三個方法於案例區台北市, 並依據所得結果進行空間性移污風險分析, 且討論及比較分析不同方法所得結果之差異性與適用性。



3.1 道路密度法

3.1.1 推估總排放量

此步驟主要是依據中鼎公司 92 年版的排放清冊(環保署, 92 年)所推估總排放量, 包括設定排放係數、油耗行車里程推估、總排放量統計等工作項目, 以下分別說明之。

1. 設定排放係數：排放量依據排放係數推估, 道路密度法首先設定各車種之污染排放係數。影響排放係數主要依車種及車速二項因子決定, 本研究所採用的排放係數如附錄 1 所列(環保署, 95 年), 不同因子值對應不同的排放係數。車種依耗油量及使用油種分為九類：自用小客車、營業小客車、汽油小貨車、柴油小貨車、大貨車、大客車、公車、二行程機車、四行程機車；車速範圍於 5~100 公里/小時間, 劃分成 13 個級距；年份則是由民國 76~95 年, 一般而言, 車速較快時所對應之排放係數

較小。本研究採用各型車平均車速推估之，平均車速為 33.1 km/hr (經濟部能源局，90 年)。

2. 油耗行車里程推估:表 3.1 為台北市各車種之總油耗車行里程，用油量資料則是依據中鼎公司從台北市加油站所收集的資料(陳，92 年)，再依用油量資料算出各車種之用油量，乘上各車種之耗油率(km/l)，即可得之各車種的油耗行車里程。
3. 排放量推估:依各道路種類對應平均車速，再選取該車速下各車種之平均排放係數乘上對應之總油耗行車里程即可得出不同車種之排放量。本研究推估並加總 9 個車種之各污染物排放量，包括粒狀物(TSP)、懸浮微粒(PM10)、硫氧化物(SOx)、氮氧化物(NOx)、一氧化碳(CO)、碳氫化合物(HC)、鉛(Pb)等污染物之排放量。排放量依以下公式推估:

$$\text{排放量} = \text{總油耗行車里程} \times \text{排放係數} / 10^6 \quad (3.1)$$

其中

排放量的單位為公噸/年;

總油耗行車里程: 各車種之總油耗行車里程(公里/年);

排放係數:單位行車里程排放量(公克/公里);

以上所估算各污染物總排放量，如表 3.2 所示，是三個方法分配之主要依據，將依不同方法分配至台北市案例區各網格中。推估資料乃是依據中鼎公司的 92 年版空氣排放清冊為基準推估而得。

表 3.1 不同車種之總油耗車行里程(km)

小客車		小貨車		大客車	公車
自用	營業	汽油小貨車	柴油小貨車		
17397	56495	59885	59885	89278	68872

大貨車	機器腳踏車	
	二行程機車	四行程機車
109738	4631	4631

表 3.2 各污染物之推估排放量(噸/年)

PM10	SOX	NOX	THC	NMHC	CO
1666.186	361.7398	18525.54	29582.2	26717.9	160966.3

3.1.2 依道路密度分配總排放量

算出總排放量之後，此方法依據道路長度所佔比例分配總排放量至各網格區域，此方法假設道路越密集，污染排放量也越大。分配過程包括網格區域劃分、單位排放量、移污之空間分布估算，以下分別說明之。

1. 格網區域劃分:首先把市區劃分成一個個小網格區域，台北市如 1.4 節所述，分為 313 網網格，每個網格大小為 1 平方公里，接著依道路 GIS 圖層計算各網格之道路長度。
2. 單位道路長度排放量:如下式所列，將上一節所推估的總排放量除以市區之總道路長度，即可得之單位道路長度排放量。

$$\text{單位道路長度排放量(公噸/Km/年)} = \frac{\text{總排放量(公噸/年)}}{\text{總道路長度(Km)}} \quad (3.2)$$

台北市的道路總長度為 2,314 公里，主要依據交通部的道路 GIS 圖層計算。

3. 移污之空間分布估算:如下式所列，將網格的道路長度乘上單位道路長度排放量，即可得各網格的移污排放量

$$\text{網格排放量(公噸/年)} = \text{網格道路長度} \times \text{單位道路之排放量} \quad (3.3)$$

台北市案例區依此方法所得的結果與討論及與其他二個方法之比較將於 3.4 至 3.6 節中分析之。

3.2 車流污染強度密度法

上述方法雖可推估污染物的空間分布，但由於道路長度密度不必然代表車流量的大小，路多或道路密度高的地方，不見得車流量大，故直接採用車流量會比道路密度法更合理，惟車流量調查較費人力與時間，故車流量調查資料不易取得，而道路密度法仍是一個簡單且可在沒有車流量資料下可使用的推估方法，唯同樣類型或密度的道路網，在不同地區會有不同的車流量，故本研究因而改為以車流量作為分配總排放量的依據。

一般計算車流的方法的目的一般是求各車種對道路容量和服務流量所產生之影響，且通常將各車種換算為相當於小型客車輛數的當量數，即將道路上各車種車流量以小客車當量換算成相當於小客車之車流量(Passenger Car Unit, PCU)(交通部公路總局，97年)，然而這種方式並不適用於本研究，各車種所排放的污染物排放係數均不同，因而本研究考量各車種不同污染物之排放係數來計算車流污染強度，且同樣的以小客車為基準，將各車種換算為小客車污染強度當量。以下首先說明如何推估車流污染強度，然後再依車流污染強度密度作為分配總排放量的依據。

3.2.1 車流污染強度推估

由於人力經費有限，故車流量調查一般是只就部分路口進行車流調查，導致有不少路口並沒有車流的資料，本研究因而採用陳(94年)所提出的車流量推估模式，依據台北市現有車流資料推估出全市各路口的車流量，該方法步驟包括設定初始流量、依路口型態決定流量關係式、截取各關係式的交集、分析車流量的收斂程度等工作項目，以下分別說明之。(此方法的更詳細說明請參見陳(94年))

1. 設定初始流量:首先必須設定每個路段的初始流量。若該路段已有流量資料，則該路段的流量即假設為該路段的初始流量；若沒有車流量資料，則該路段的初始範圍設定成 0 至該路段的最大容量。此初始流量不是真實流量，是一個初始猜測流量，之後的步驟會依車流關係推估車流量。
2. 決定路口流量關係式:根據流量守恆的原理建立流量的關係式，且以路口之轉向比分配車流，對於無轉向比的路口則假設與鄰近的路口相同。舉例說明三叉路口和十字路口的路網，如圖 3.1 所示，假設欲求路段 6 的流量(X_6)，則依據路段 6 前後的路口型態來決定關係式。與 X_6 有關的關係式如下:

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 L_4}{T_6} \quad (3.4a)$$

$$X_6 = \frac{X_3 - X_2 R_2}{L_6} \quad (3.4b)$$

$$X_6 = X_8 L_8 + X_{10} T_{10} + X_{12} R_{12} \quad (3.4c)$$



其中

- X_i : 路段 i 的車流量;
- R_i : 路段 i 的右轉比例;
- T_i : 路段 i 的直行比例;
- L_i : 路段 i 的左轉比例.

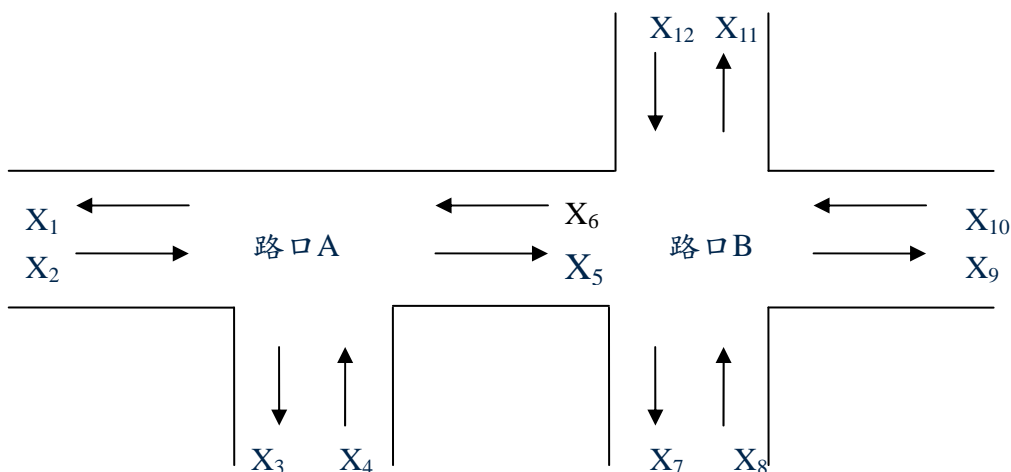


圖 3.1 三叉路口與十字路口路網圖

3. 截取各關係式的交集: 根據所得到的關係式, 可推導各路段流量的上限與下限。若該路段有流量資料, 則流量為一個定值; 對於沒有流量的路段, 則依據關係式求出路段流量的下限與上限, 接下來對所求出的各個上限與下限分別取交集, 以求出路段流量範圍。而上限部分取最小值, 下限部分取最大值。

延續上例, 在求出各關係式的範圍後, 取其交集如下式所列:

$$\text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ \frac{X_1^1 - X_4^2 L_4}{T_6}, \\ \frac{X_3^1 - X_2^2 R_2}{L_6}, \\ X_8^1 L_8 + X_{10}^1 T_{10} + X_{12}^1 R_{12} \end{bmatrix} \leq X_6 \leq \text{Min} \begin{bmatrix} \frac{X_1^2 - X_4^1 L_4}{T_6}, \\ \frac{X_3^2 - X_2^1 R_2}{L_6}, \\ X_8^2 L_8 + X_{10}^2 T_{10} + X_{12}^1 R_{12} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

其中

- 上標 1 代表下限;
- 上標 2 代表上限;
- 下標為道路編號.

4. 分析車流量的收斂程度: 所有路段依照路段順序全部計算一次之後, 可得每一個路段的流量範圍, 然後將本次運算結果與上次運算結果相比

較，若全部無車流量路段的流量範圍縮減程度皆小於 1 輛車/hr，則停止運算。若任一無車流量路段流量範圍縮減程度與上一次運算相比大於 1 輛車/hr，則繼續運算，直到收斂為止。

3.2.2 以車流污染強度密度分配總排放量

接下來依照車流量的比例分配總排放量。包括格網區域劃分、網格車流比、移污之空間分布，以下分別說明之。

1. 格網區域劃分:同前一方法，將市區劃分成小網格，接著以所得的道路車流量圖層分配至各網格，計算出各網格各車種之車流量。
2. 網格車流污染強度比:依下式將各網格之各車種之車流量依各污染物的排放係數比先換算成小客車為基準的污染強度當量(以下以小客車污染強度當量稱之)，然後除以總車流污染強度當量和，即可得網格車流污染強度比例。

網格車流污染強度比例(%)=



$$\text{網格車流污染強度當量(輛)} \div \text{總車流污染強度當量(輛)} \quad (3.6)$$

3. 移污之空間分布:依下式將網格車流污染強度比例乘上之前所推估的總排放量，即可得各網格的移污排放量。

$$\text{網格排放量(公噸/年)} = \text{網格污染強度比例} \times \text{總排放量} \quad (3.7)$$

台北市案例區依此方法所得的結果與討論及與其他二個方法之比較將於 3.4 至 3.6 節中分析之。

3.3 車行里程污染強度密度法

雖然車流污染強度密度法可改善道路密度法的缺點，但實際污染排放量不單與車流相關，亦同時與車行的里程距離相關，車輛行駛較遠則會排

放較多的污染物，故本研究進一步推估車行里程污染強度作為分配總排放量的依據。

此方法將前一方法所得到的各路口車流污染強度資料，乘上道路長度即可估算車行里程，再依據各網格車行里程污染強度佔全市總車行里程污染強度的比例分配總排放量。

之後各節將把三個方法所得各網格移污排放量做進一步整理及比較分析，包括比較同區不同污染物、不同區、各移污空間分佈等。

3.4 空間性影響

以上述三個方法應用在台北市案例區所得各網格之移污排放量，包括 NO_x 、 CO 、 SO_x 、 PM_{10} 、 THC 等污染物的排放量，以下一一說明及比較所得的結果。

圖 3.2 所示為三個方法所推估之台北市移污 NO_x 的空間分布，可以看出以道路密度法所求得的 NO_x 空間分布較為平均，且大部分小於 100 公噸/年，最大只有 170 公噸。而以車流污染強度密度法所得的 NO_x 空間分布在車流量較大的區域排放量較大，由於各區域車流量差異較道路密度法所得結果明顯，因而所推估的排放量亦有較明顯差異，大部分網格排放量小於 100 公噸，部分網格由於車流量較大，所推估的排放量因而超過 500 公噸/年，明顯高於道路密度法所推估結果。而以車行里程污染強度密度法所推估之 NO_x 之空間分布與車流污染強度密度法所得結果相似，唯部分區域排放量亦差異頗顯著，譬如在大安區的網格排放差異最大為 300 公噸/年，而亦在中山區有網格排放量小於車流污染強度密度法 200 公噸/年，由上列的結果可以看出採用不同方法的差異，而道路密度法會明顯低估一些高污染區。

圖 3.3 所示分別為三個方法所推估之台北市移污 CO 之空間分布，以道路密度法推估，在中山、信義、松山區大部分為 1 至 2 千公噸/年，其餘

小於 1 千公噸/年，而以車流污染強度密度所推估 CO 之空間分布，在大安、士林和中山區部分網格排放量超過 4 千公噸/年，少數網格因沒有道路，導致推估結果低到 0，此乃因那些網格中沒有較大的道路，但推估值為 0 並不合理，雖然沒有較大的道路，但仍然會感受到移污的污染，這部分需要考量擴散作用來修正，但目前並沒有一個適當方法可供使用，故暫以測站的最低限值 4 輛小客車/hr 取代車流推估值為 0 的情形。而離市區較偏遠的地方，所推估車流結果較低，所分配排放量亦因而較低。而以車行里程污染強度密度法所推估 CO 空間分布，在中山和大同區明顯 CO 之排放量比車流污染強度密度法增加 500-1000 公噸間，而在士林及內湖區則有部分網格排放量則比車流污染強度密度法減少 100-500 公噸間。

圖 3.4 所示分別為三個方法所推估之台北市移污 SO_x 之空間分布，以道路密度法所推估結果，在內湖、中山區有較高的排放量，雖然上述三種移污排放量，都以道路長度比例作分配，但空間分布略有所不同，主要是因各區域車種車流量不同，各移污之排放係數亦不同，因而使得所加總之各移污排放量亦不同；依車流污染強度密度法所推估，不同區域的 SO_x 排放量差異頗大，在中山區有部分網格排放量超過 10 公噸/年，排放量則較集中於西南區；而以車行里程污染強度密度法推估，大同、大安區的部分網格明顯排放量增加，此乃因這些網格車流量較大時，且由於車輛行駛距離較長，因而所造成之移污也相對較大。

圖 3.5 所示為三個方法所推估之台北市移污 PM10 之空間分布，以道路密度法推估，大部分網格排放量小於 10 公噸/年，中山及松山區有部分網格排放量為 10-30 公噸/年；而以車流污染強度密度所推估，在中山、大同及中正區交界的網格排放量超過 50 公噸/年，在士林及內湖區則明顯有些網格排放量增加，但亦有部分減少，與車流污染強度密度法推估之 NO_x 空間分布類似。

圖 3.6 所示分別為三個方法所推估之台北市移污 THC 空間分布，以道路密度法推估，大安區部分網格有超過 100 公噸/年的排放量，其餘小於 100 公噸/年；而以車流污染強度密度所推估，在北投區有網格超過 500 公噸的排放量，由於大客車、公車、機車、小客車的 THC 排放係數比分別為 2.15、1、2.09、1.6，機車之 THC 排放係數相對較高，且機車輛遠大於大客車，機車對於 THC 之排放量分配影響遠大於其他車種，當推估量較大時，表示該網格的機車流量相對其他的大。而以車行里程污染強度密度法推估，中山的部分網格明顯排放量增加。



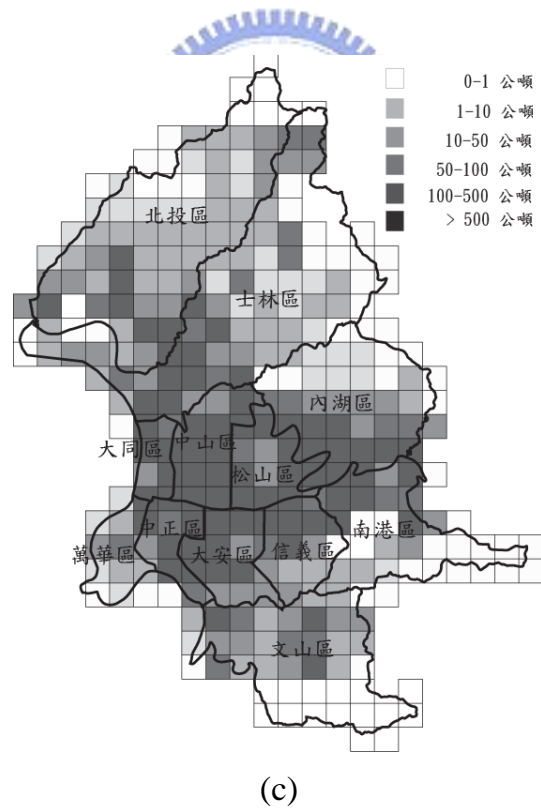
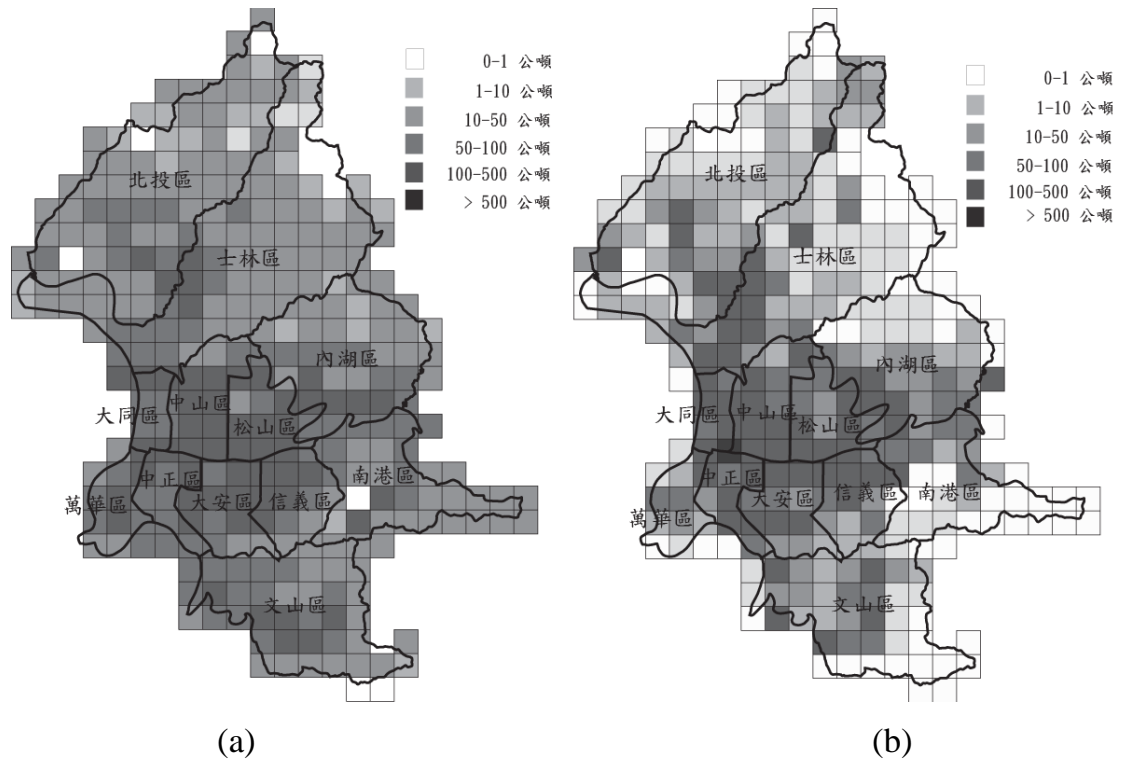


圖 3.2 台北市移污 NO_x 網格排放量之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法

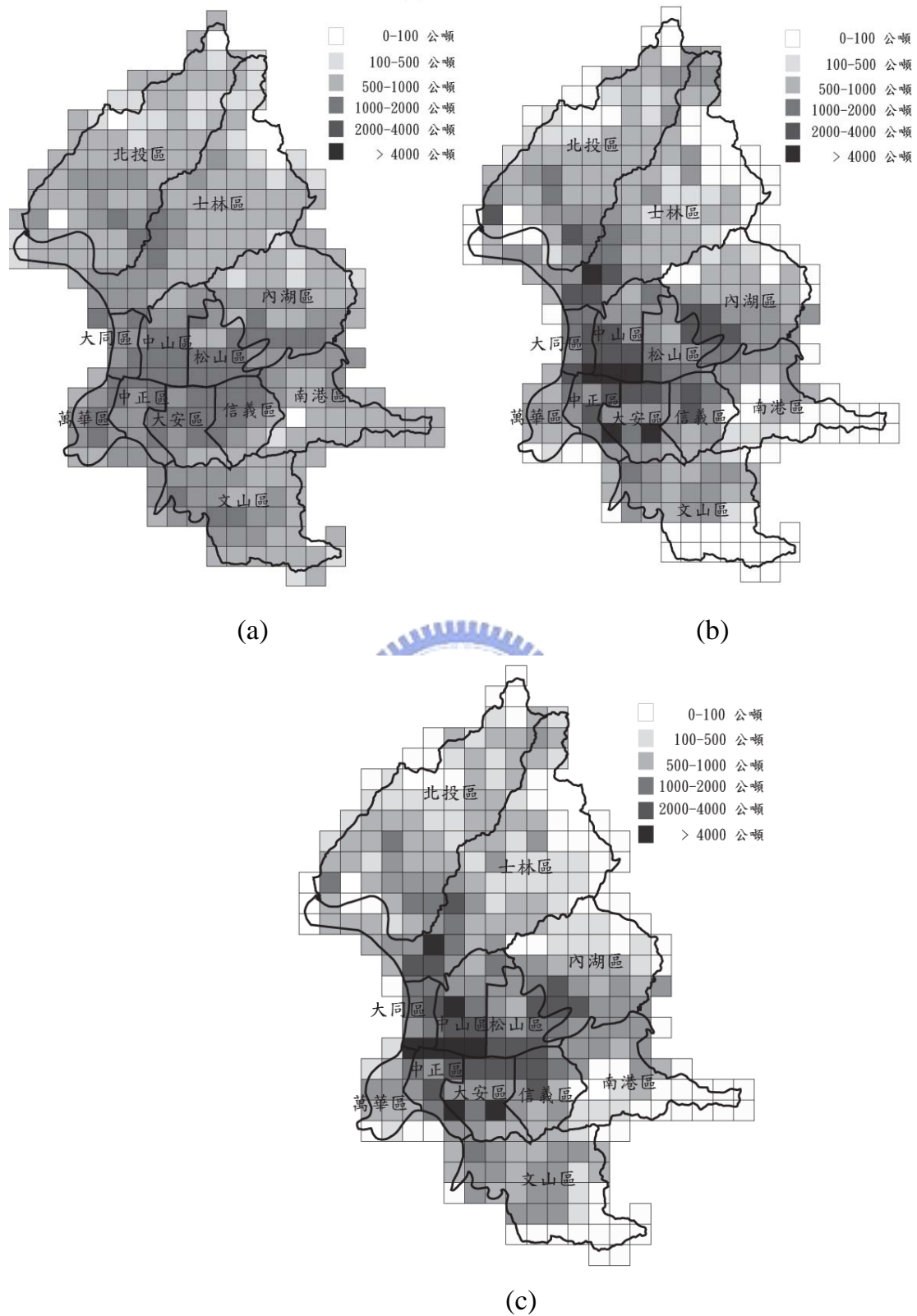
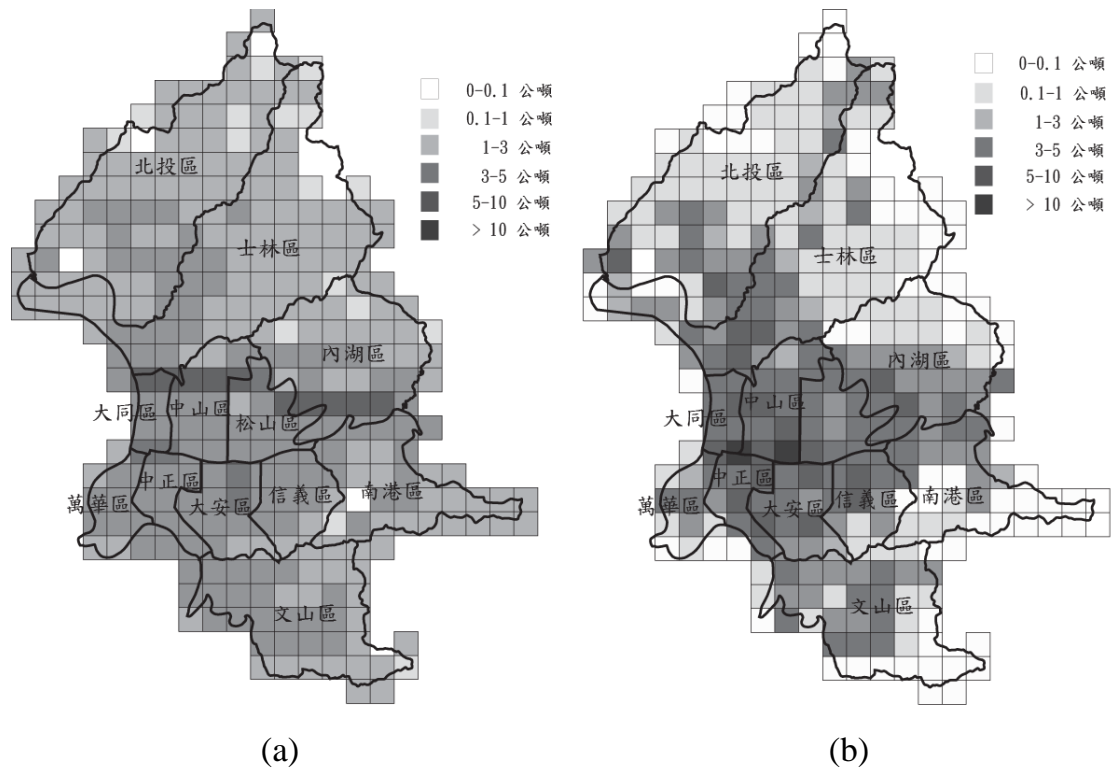
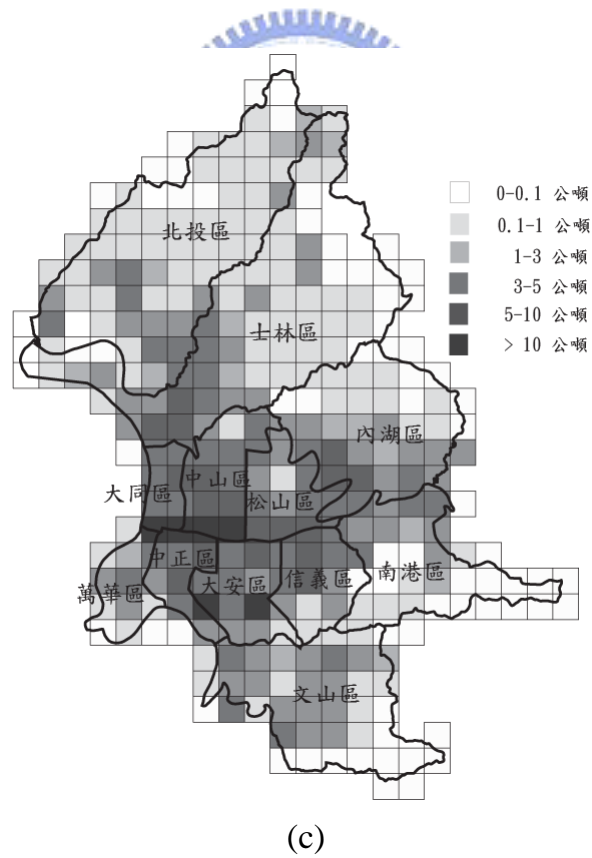


圖 3.3 台北市移污 CO 網格排放量之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法



(a)

(b)



(c)

圖 3.4 台北市移污 SO_x 網格排放量之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法.

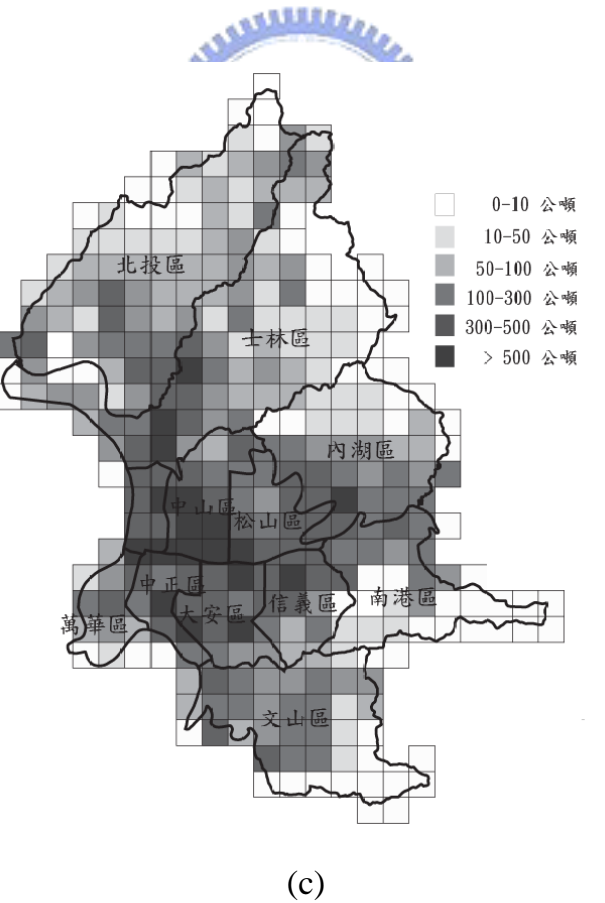
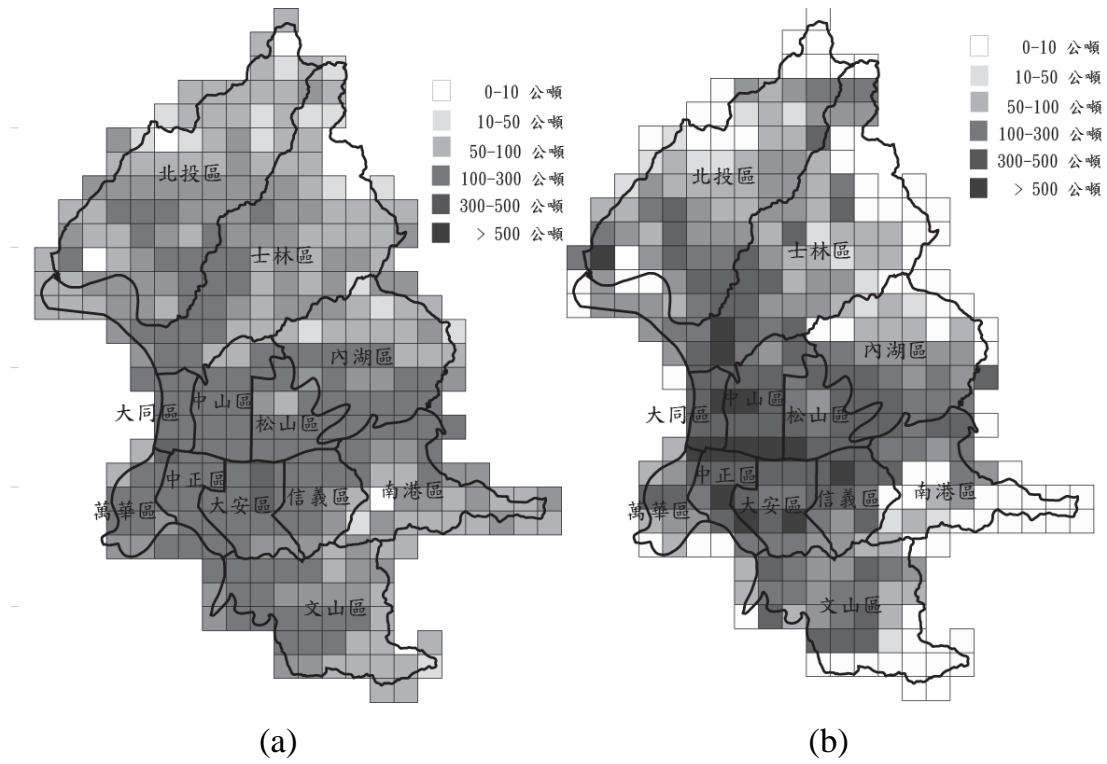


圖 3.5 台北市移污 THC 網格排放量之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法。

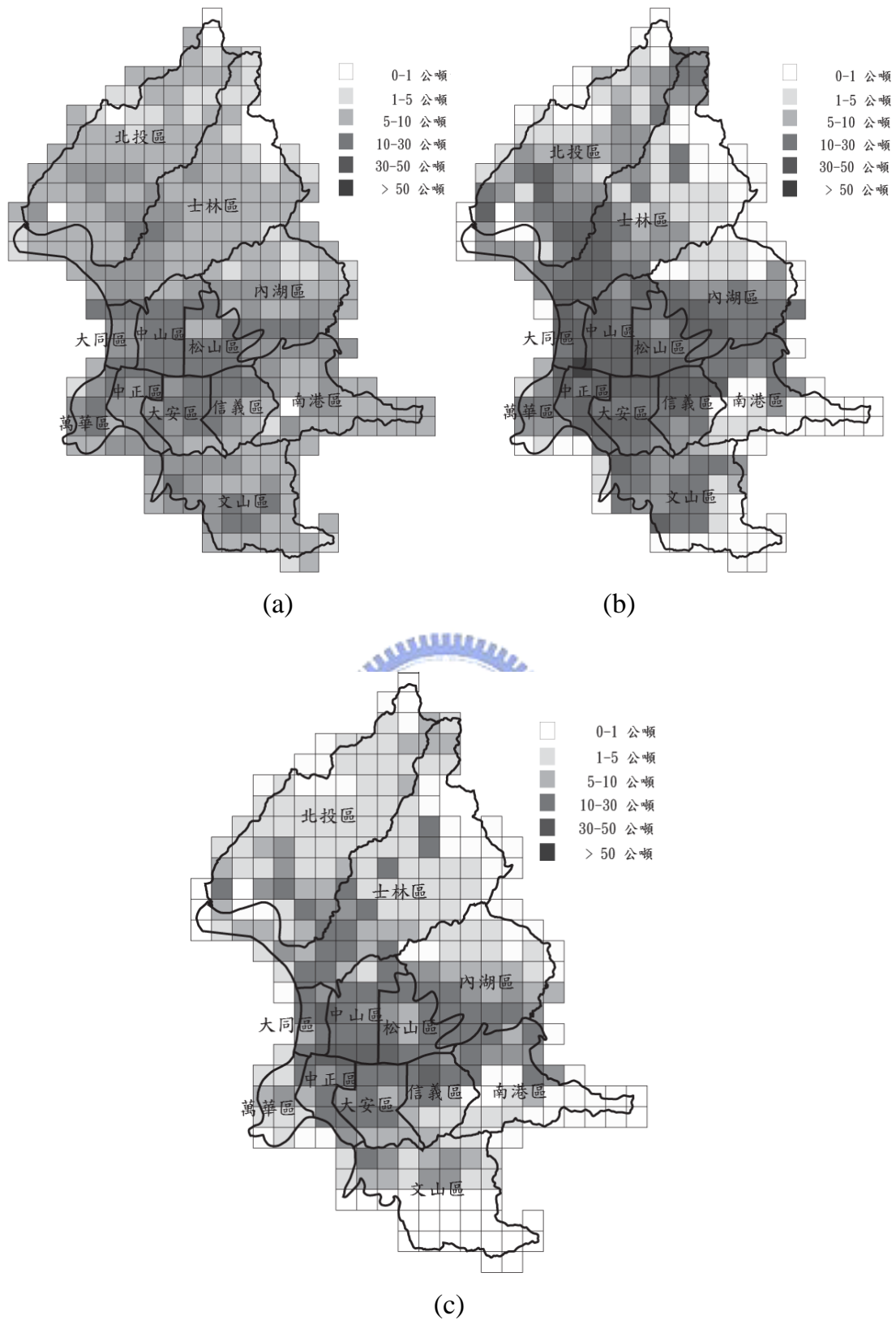


圖 3.6 台北市移污 PM10 網格排放量之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法。

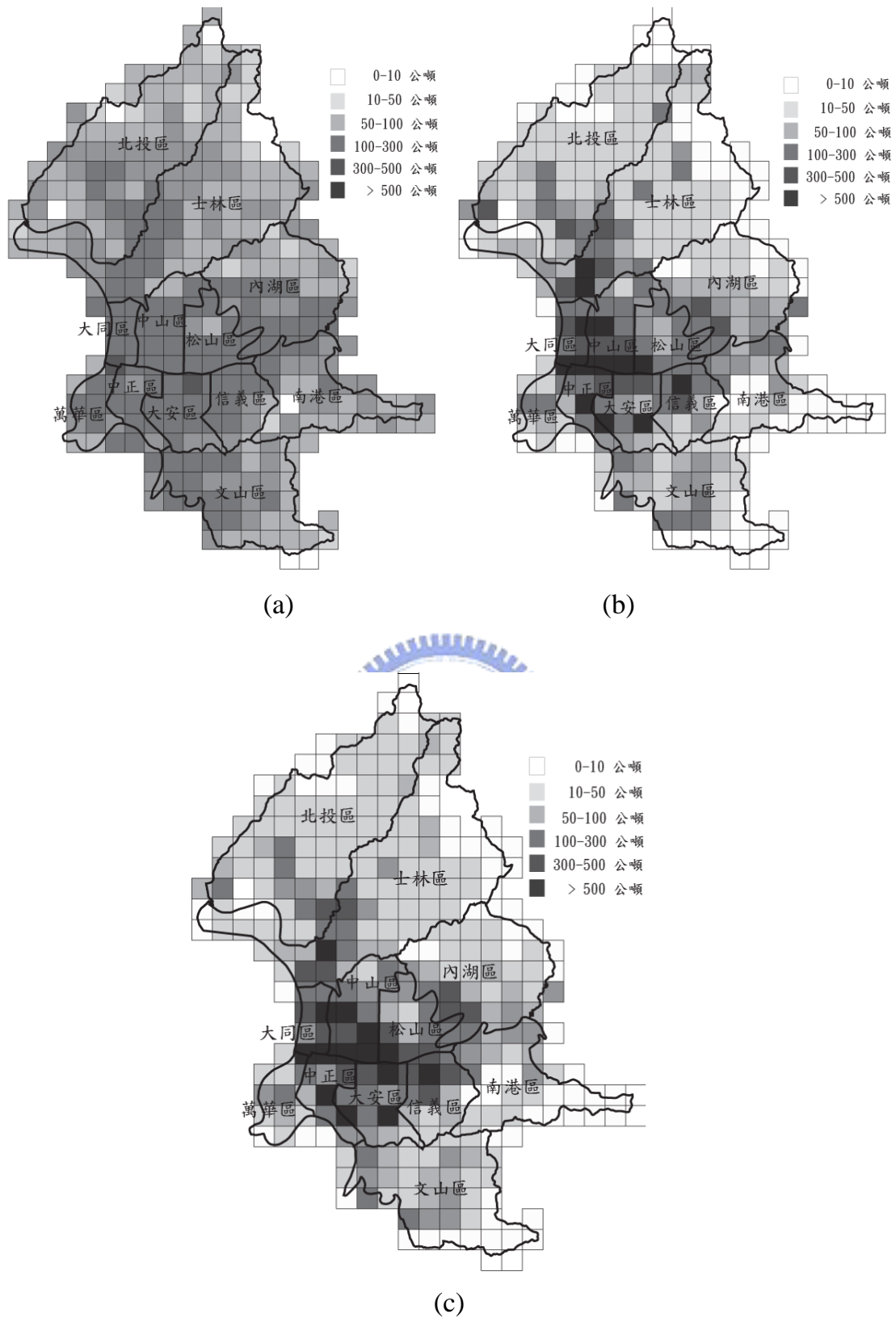


圖 3.7 台北市移污 NMHC 網格排放量之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法。

3.5 風險分析

本研究依據 Eco-indicator 99(Goedkoop et al.,2001)的失能調整後之入年(Disability adjusted life years, DALYs)，一個 DALY 是指一個人失去一個健康年，配合網格移污排放量和網格住戶人口計算移污所造成之風險，以下分別說明之。

1. 網格單人 DALYs:依據 Eco-indicator 99 所提供的各移污排放每公斤對一個人所可能造成的 DALYs，乘上各移污之網格排放量。

網格單人 DALYs=

$$\text{每公斤移污所造成的 DALYs} \times \text{網格年排放量(kg)} \quad (3.10)$$

2. 網格總 DALYs:依下式以各網格之人口乘以各網格之單人 DALYs 即可得此值。

$$\text{網格總 DALYs} = \text{網格單人 DALYs} \times \text{網格人口數} \quad (3.11)$$

上述方法所得之移污網格總 DALYs，分別依據 NO_x、CO、SO_x、PM10 等污染物排放量計算之，圖 3.8 所示分別為道路密度法、車流污染強度密度法和車行里程污染強度密度法所評估移污 NO_x 之暴露風險空間性分布，雖然圖 3.2 所示的道路密度法所推估的排放量空間分布較為平均，但由圖 1.2 所示的人口分布可看出人口較集中於西南區域，且在大安區的部分網格超過 10,000 人，因此造成大安區有部分網格總 DALYs 超過 5,000；以車流污染強度密度法推估，由於人口與排放量較大之區域均集中於中山、大同、大安等區，因此在這些區域總 DALYs 亦因而相對其他區域大；以車行里程污染強度密度法推估的排放量與車流污染強度密度法的 NO_x 分布很類似，故所得結果與車流污染強度密度法相似。

圖 3.9 所示分別為道路密度法、車流污染強度密度法和車行里程污染強度密度法所評估移污 CO 之暴露風險空間性分布，以車流污染強度密度

法推估，總 DALYs 大部分集中於西南區域，而在北投區有部分網格 CO 的排放量較大，但此區域人口較為稀疏，因此所造成的總 DALYs 較為減少；CO 和 NO_x 排放每公斤所造成的的 DALYs 分別為 7.31×10^{-7} 、 4.3×10^{-7} ，DALYs 較為接近，但由於 CO 的排放量相對於 NO_x 較大，因此所造成之總 DALYs 也較多。

圖 3.10 和圖 3.11 分別為道路密度法、車流污染強度密度法和車行里程污染強度密度法所評估移污 SO_x 和 PM10 之暴露風險空間性分布，從上述四個移污的總 DALYs 圖所示，同方法不同移污之總 DALYs 分布的差異並不太大，其原因為人口為主要影響因素，圖中可以發現 SO_x 平均總 DALYs 最小，NO_x、CO 次之，PM10 最大，PM10 的排放量比起 CO 較小，但 PM10 排放每公斤所造成的 DALYs 為 3.75×10^{-4} ，比 CO 的大上約 1,000 倍，造成 PM10 的平均總 DALYs 為最高。



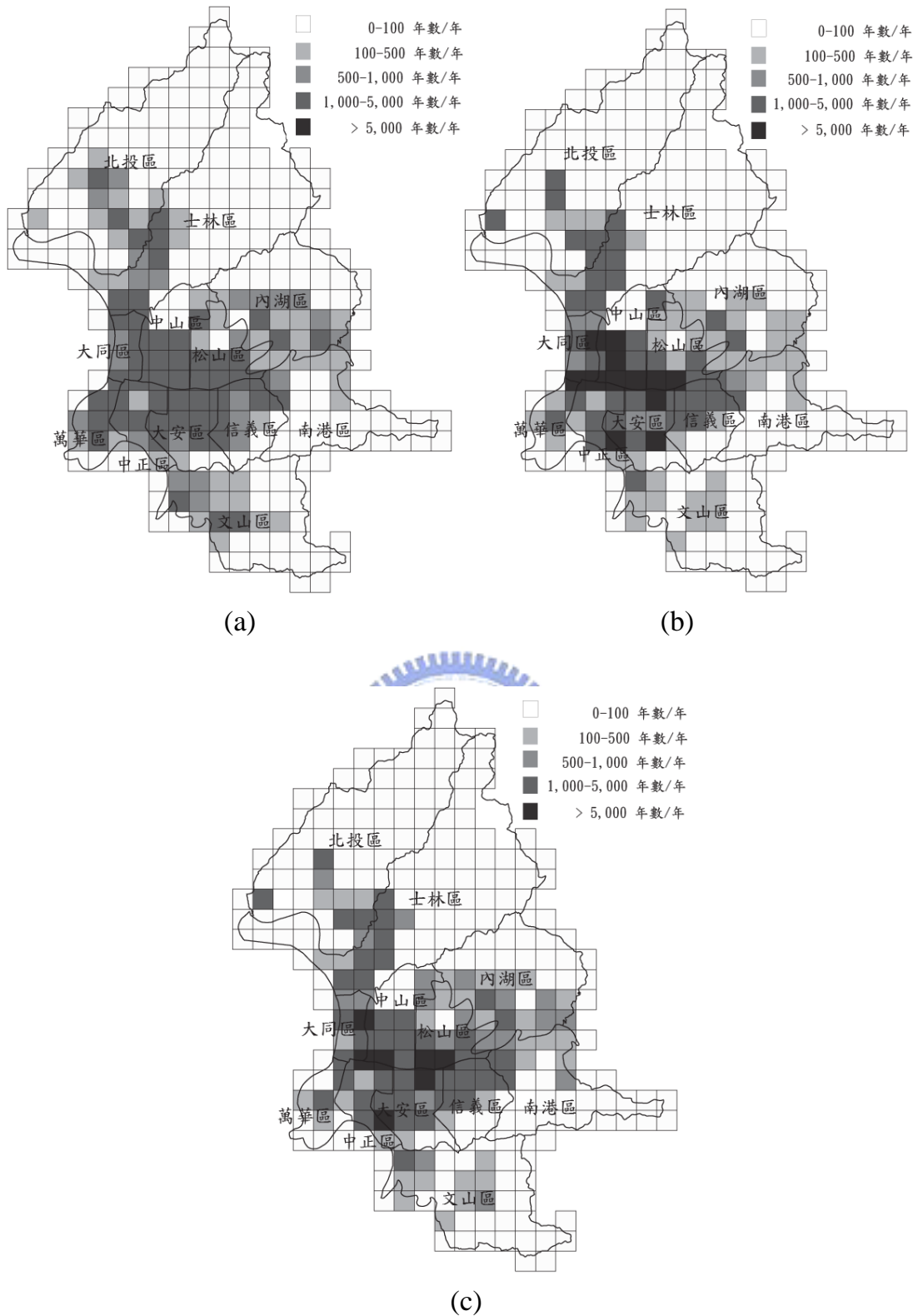


圖 3.8 台北市移污 NO_x 網格暴露風險之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法。

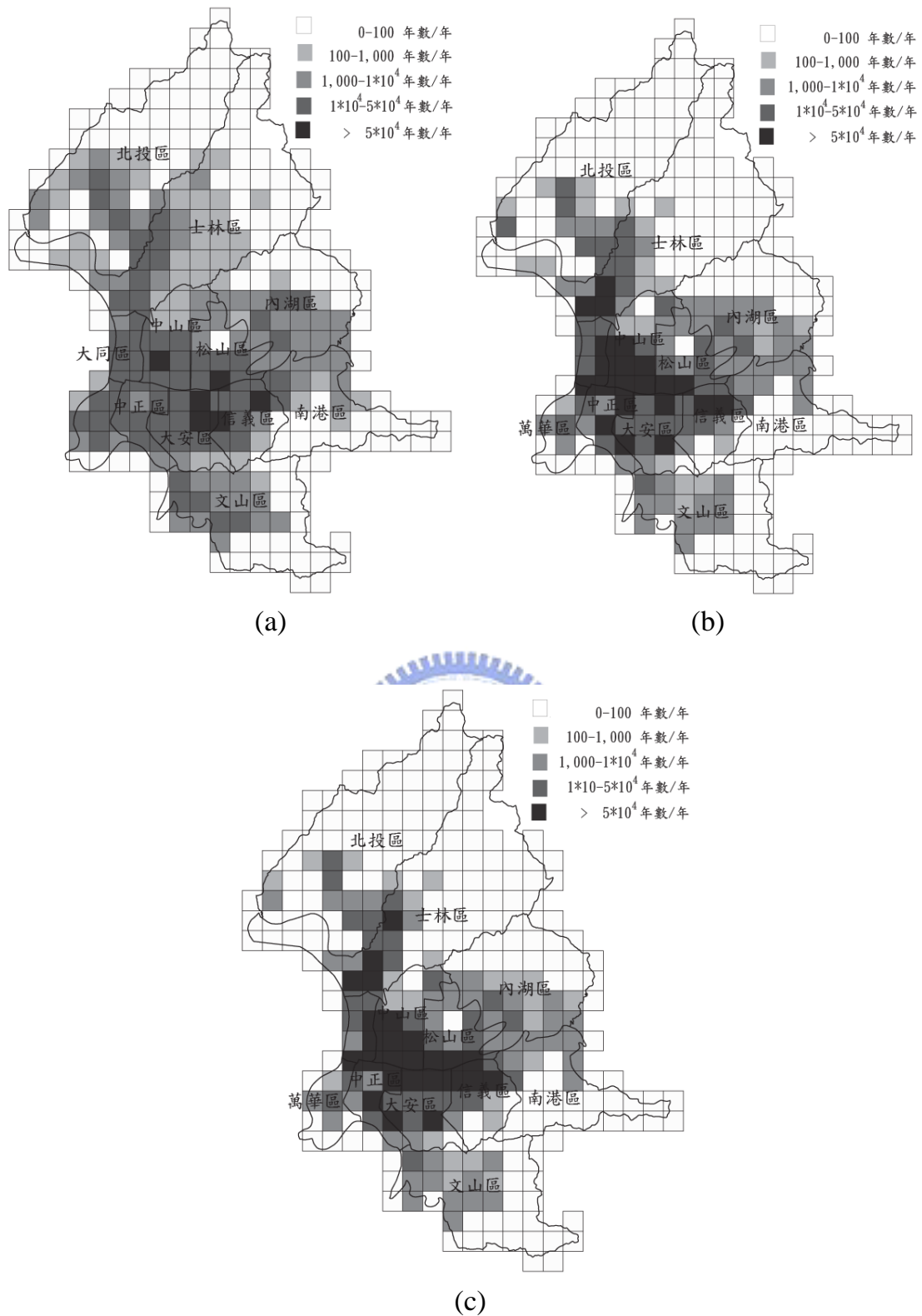


圖 3.9 台北市移污 CO 網格暴露風險之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法。

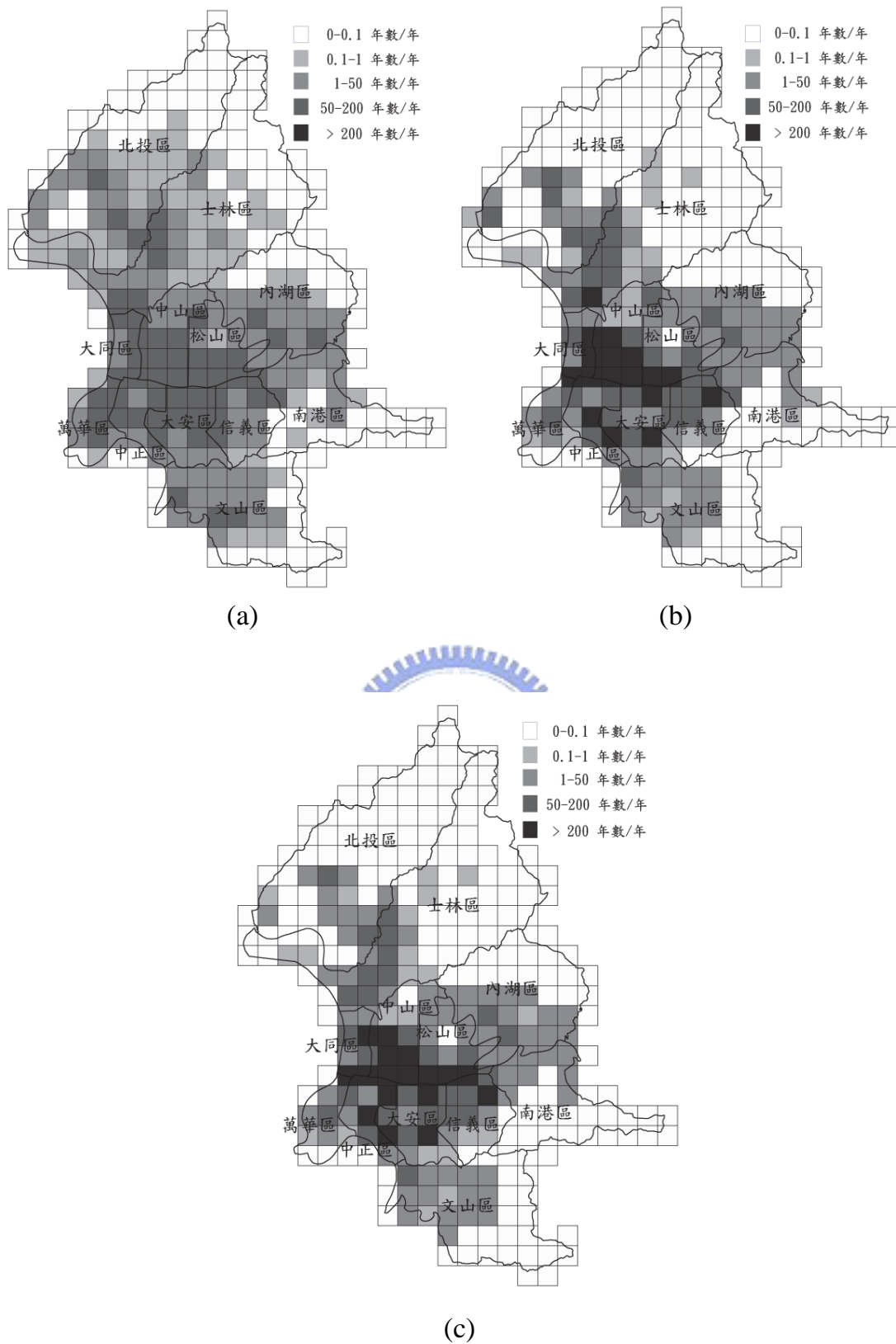


圖 3.10 台北市移污 SO_x 網格暴露風險之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法。

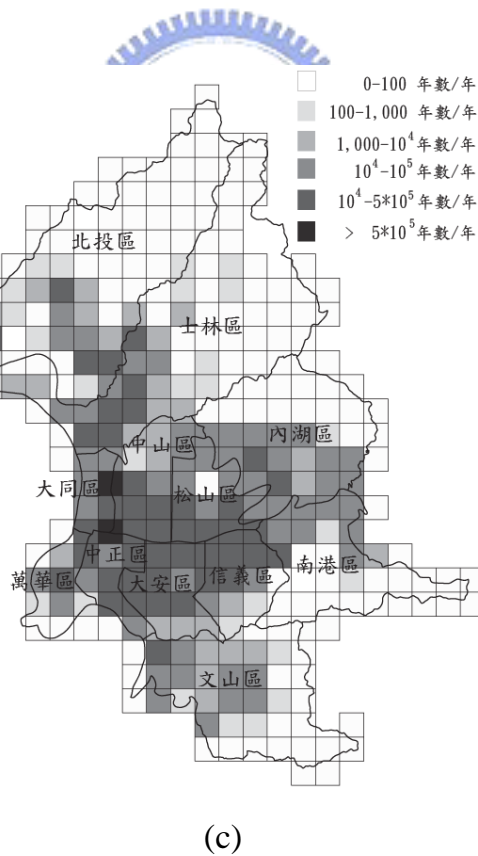
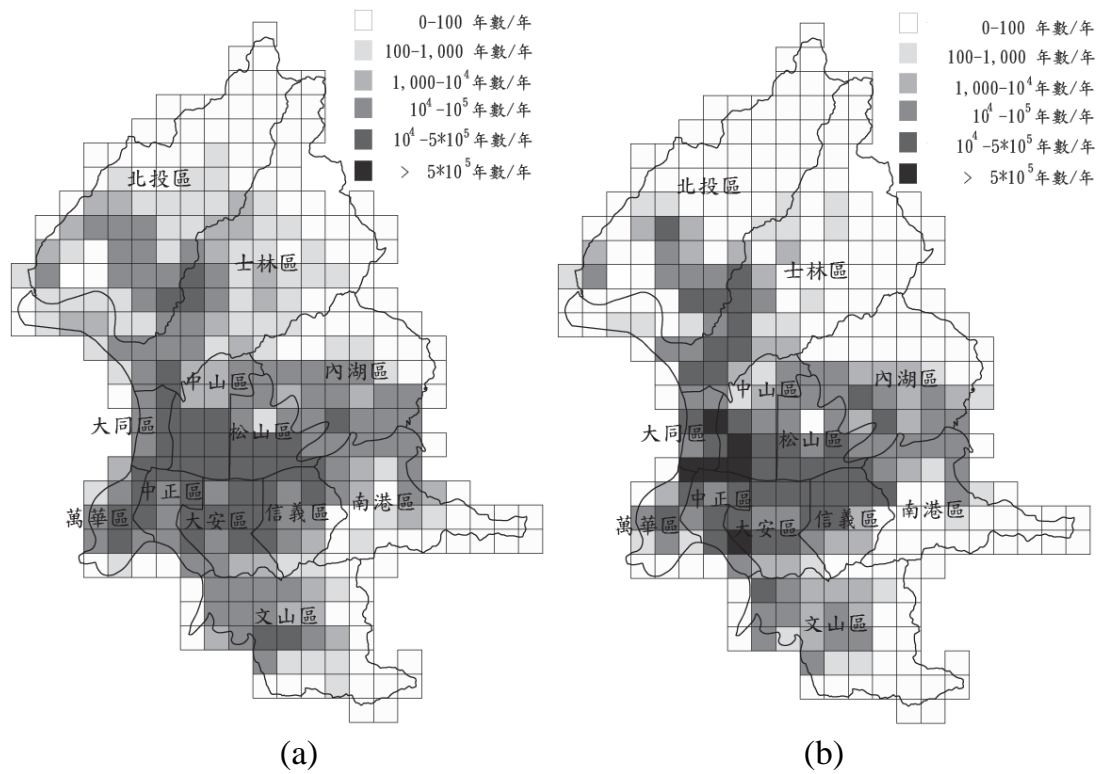


圖 3.10 台北市移污 PM10 網格暴露風險之空間分布: (a) 道路密度法; (b) 車流污染強度密度法; (c) 車行里程污染強度密度法。

3.6 移污空間性分布推估方法比較

依據第三章方法所得之移污網格排放量依台北市區域劃分來分配排放量，如圖 3.12(a)、圖 3.12(b)所示，分別為三個方法所推估之台北市移污 CO 的區域空間分布，在士林區、南港區、萬華區可以看出以道路密度法所求得的 CO 排放量較車流污染強度密度法高，北投區與士林區的路網密度相似，因而道路密度法結果類似，但若以車流污染強度密度法分配則會相差達 8000 噸，在中山區，路網密且車流量大，以車行里程污染強度密度法分配時則排放量較其他兩個方法高。從圖中亦可發現文山區為排放量最低之區域，表示此區域路網較稀鬆且車流量較低。圖 3.12(c) 則可明顯看出中山區、大同區、中正區、信義區等區域由於路網密度類似，因而道路密度法結果相近，而若以車流污染強度密度法則會發現排放量分配差異在 5,000-10,000 公噸間，表示在相同道路長度的區域，此顯示以道路密度法有可能低估一些地區的推估結果很多。

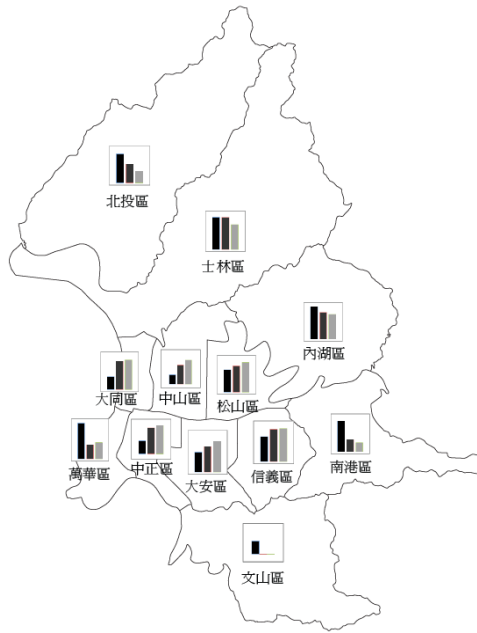
圖 3.13(b)所示為三個方法所推估之台北市不同 CO 移污量範圍之網格數，道路密度法所得的排放量集中於 0-2,000 噸/年，車流污染強度密度法分配之排放量以 0-100 噸/年之網格數較多，亦有分配排放量大於 4,000 噸/年，從圖 3.13(a)為車流污染強度密度法所推估之網格排放量，當在較偏遠市區之道路因為車流量較小，因此所分配之排放量亦較小。

在同樣類型或密度的道路網，以道路密度法所分配的排放量亦相近，而移污應考量車流量大小較合理，亦顯示若單以道路密度來推估，對於一些高污染區會有明顯低估的情形，容易誤導後續的決策分析。

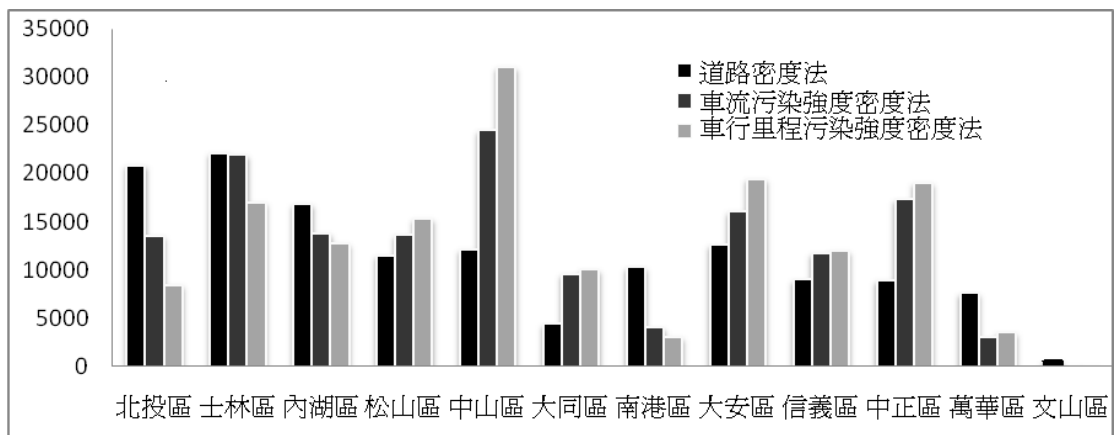
依圖 3.14(b)所示可看出車行里程污染強度密度法所分配之 CO 排放量 0-100 噸/年之網格數最多，當車流較大且道路度較長，則以車行里程污染強度密度法分配之排放量較高，因此使得排放量大於 4,000 噸/年之排放量網格數較車流污染強度密度法多；依圖 3.14(c)所示則可以發現車行里程污

染強度密度法與車流污染強度密度法的排放量範圍之網格數差異不大；圖 3.14(a)為車行里程污染強度密度法所推估之網格排放量，與圖 3.13(a)比較可以發現在偏遠市區，雖然有的網格車流量較小，但因網格道路長度較長，使得車行里程污染強度密度法所分配之排放量較其他二個方法大；圖 3.15 為道路長度對應車流量之車行里程與車流污染強度密度法排放差異量的分布，其中矩形代表車行里程強度密度法排放量較高，而圓形代表車流污染強度密度法排放量較高，當網格車流量高於 30,000 小客車污染強度當量數時，且這些網格的道路長度較短時，可以發現車流污染強度密度法的排放量會高於車行里程污染強度密度法，表示當車流量較大時，車流污染強度密度法所分配之排放量較大，但由於行駛距離較短，所排放的污染亦會較少，因此以車行里程污染強度密度法分配的排放量應比之車流污染強度密度法較合理，亦為三個方法中較合理之方法。

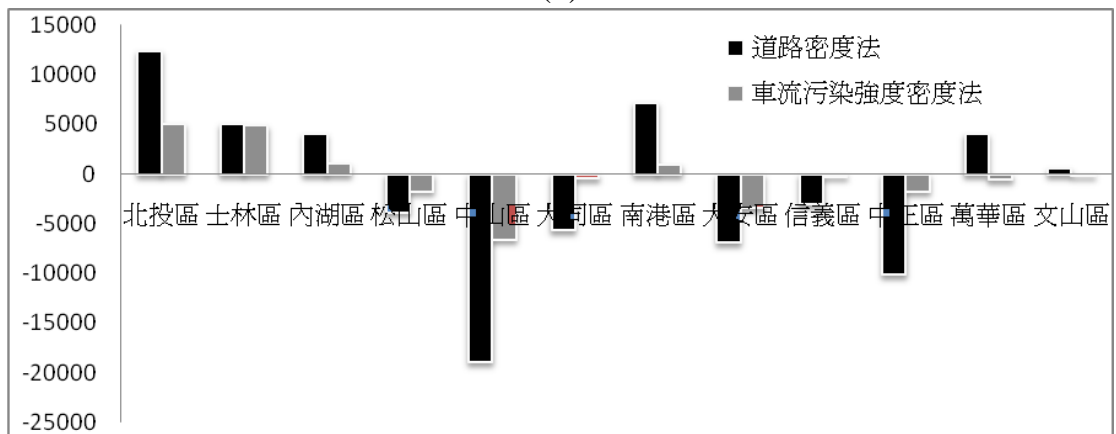




(a)

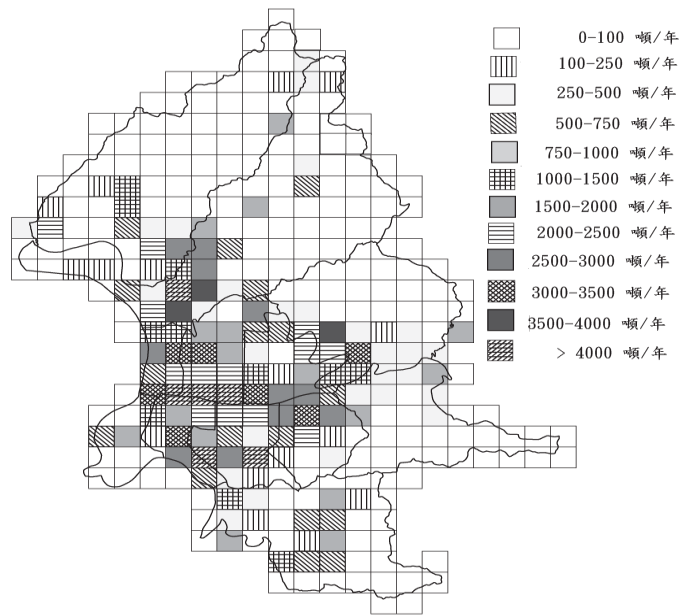


(b)

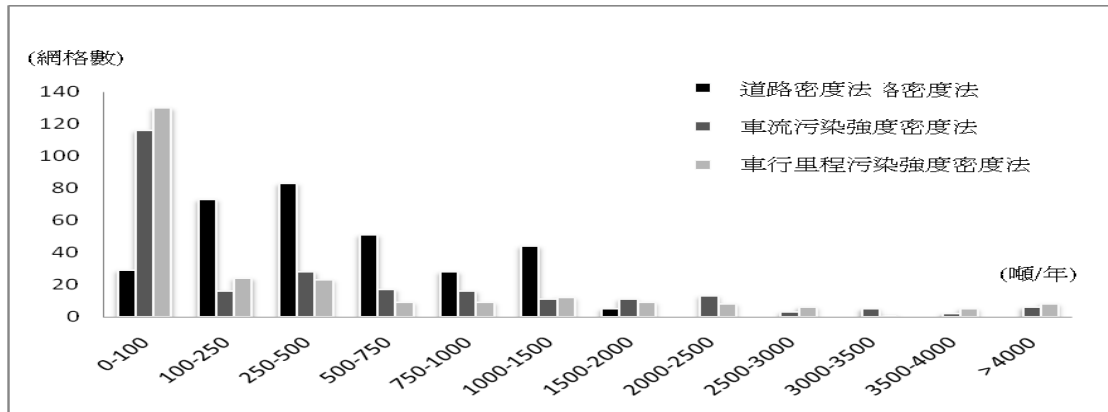


(c)

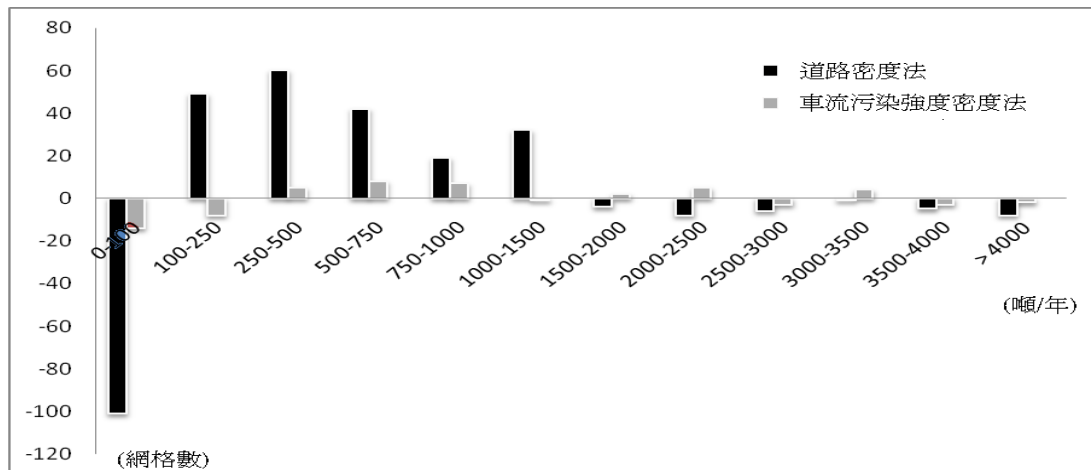
圖 3.12 各區移污 CO 推估總量: (a) 區域直方圖; (b) 直方圖; (c) 相對於車行里程污染強度密度法所得結果各差異區間的網格數.



(a)

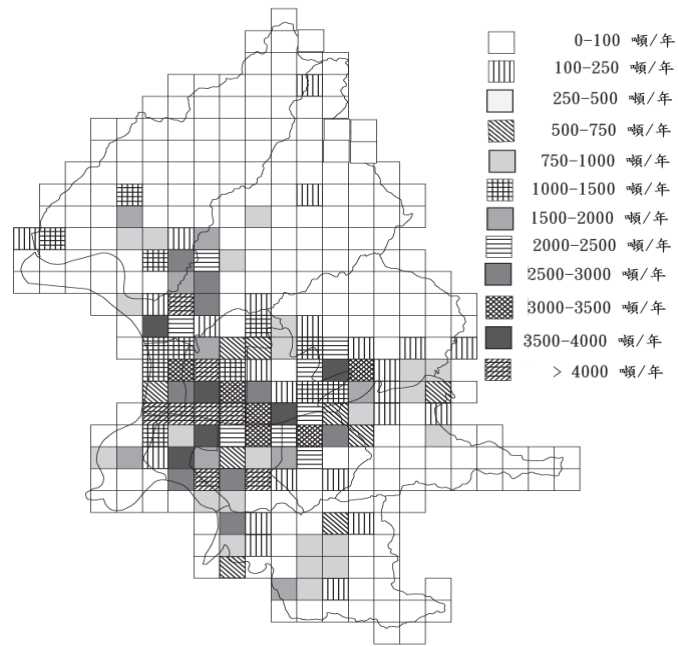


(b)

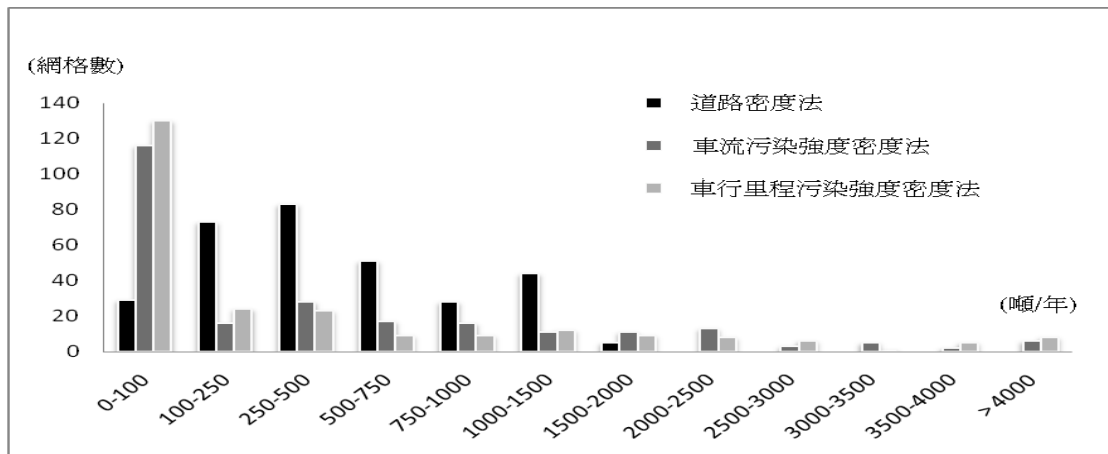


(c)

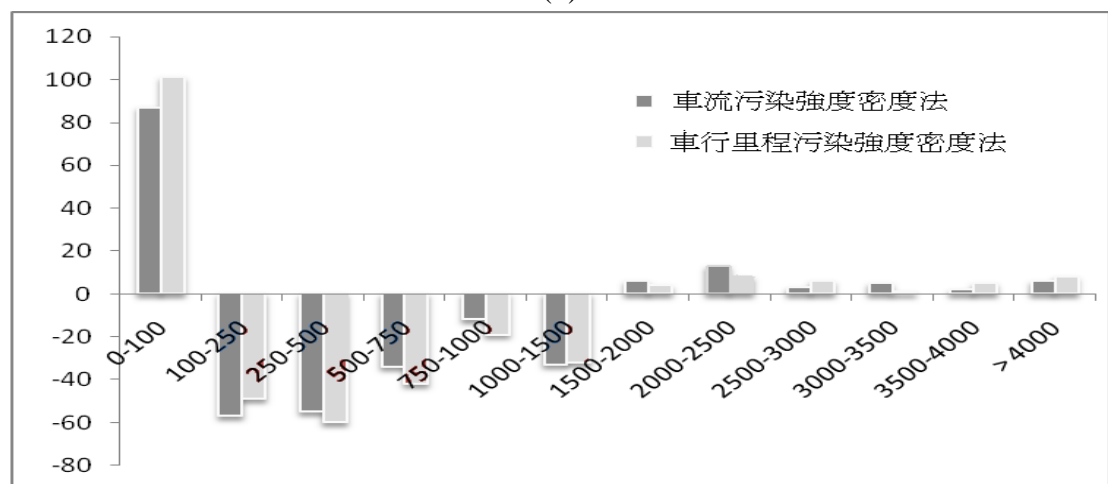
圖 3.13 以車流污染強度密度法推估移污 CO 網格排放量: (a)網格圖; (b) 各排放量區的網格數; 及 (c) 相對於車行里程污染強度密度法所得結果各差異區間的網格數。



(a)



(b)



(c)

圖 3.14 以車行里程污染強度密度法推估移污網格總量:(a)網格圖；(b)直方圖；及 (c) 相對於道路密度法所得結果各差異區間之網格數。

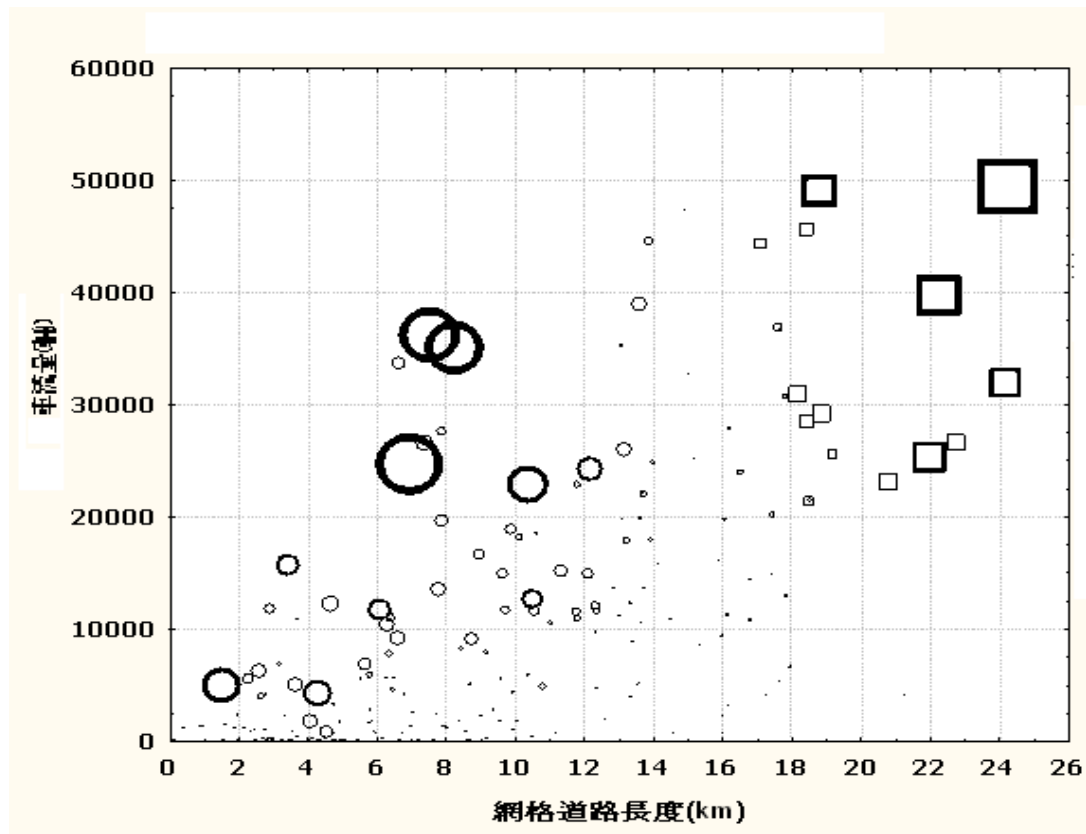


圖 3.15 以車行里程污染強度密度法與車流污染強度密度法移污 CO 推估量差異比較

第四章 街谷模式法

針對移動污染源於街道中所造成之污染，可以街谷模式進行模擬(e.g., Vardoulakis et al., 2005)。由於移污對於民眾之影響，除了需要考量排放量之外，亦需考量排放地點之空間差異，例如，同樣的污染排放量，在比較狹窄街道對民眾所造成的風險，會比在寬闊的街道大。因此除了考量實際情況之外，也要考量街道對於污染物空間分布的影響。此方法主要應用 OSPM(Hertel O et al., 1989)模式進行，分為四個步驟，首先推估車流量(同上一章的方法，故此略)，接著以 OSPM 模式模擬污染物的濃度，最後分析污染物的風險情形。此方法所得的結果與前三個方法有一個顯著不同的地方，前三個方法所得的結果是排放量的空間分佈，而本方法所得的結果是污染物濃度的分佈。故風險分析的方式略有不同。

4.1 OSPM 模式模擬

4.1.1 OSPM 模式簡介(Berkowicz et al.(1997))

OSPM 模式主要模擬街道中移污的濃度，在風流動下，街道中車流所排放的污染會不斷循環。OSPM 模式模擬污染物的濃度主要由直接擴散濃度和街道內氣流渦旋使污染物循環形成的濃度組成，如圖 4.1 所示，直接擴散濃度是以高斯煙羽模式來分析，該模式假定物質在水平和垂直的煙羽截面積均為高斯分布。而再循環濃度則是利用盒子(Box)模式來做分析。以下分別介紹直接擴散濃度和再循環濃度。

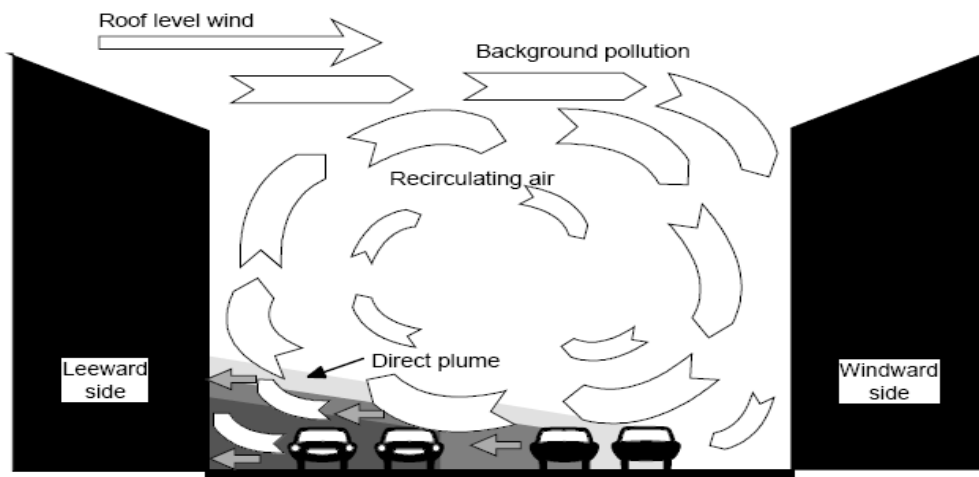


圖 4.1 OSPM 的基礎理論模式(Hertel,1997)

直接擴散濃度的計算是使用簡單的煙羽模式。首先 OSPM 假定汽機車及其排放廢氣都是均勻分佈在整個街道中。汽機車的廢氣排放場視為無窮小的線源，且與風向垂直，而風向延著街道。OSPM 假設忽略橫風擴散及視為無限條線源。線源廢氣排放密度以下列公式計算：

$$dQ = \frac{Q}{W} dx \quad (4.1)$$

其中 Q 為移污之排放系數($gm^{-1}s^{-1}$)， W 為街道路寬(m)。

而街道某一點的擴散濃度則以下列公式計算：

$$dC_d = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{dQ}{u_b \sigma_z(X)} \quad (4.2)$$

其中 C_d 為街道某一點之擴散濃度； u_b 為沿著街道的風速； $\sigma_z(X)$ 為垂直分布參數，藉由風和車輛所造成的擾動產生。

決定 $\sigma_z(X)$ 之公式如下列:

$$\sigma_z(X) = \sigma_w \frac{x}{u_b} + h_0 \quad (4.3)$$

$$\sigma_w = ((\alpha u_b)^2 + \sigma_{w0}^2)^{1/2} \quad (4.4)$$

$$u_b = \beta u_t \quad (4.5)$$

其中 x 為受體點到線源之距離； h_0 為初始擴散常數，一般設為 2m，此參數為污染物初始擴散情形； α 為經驗常數，依風洞試驗之結果，取為 0.1； σ_{w0} 為車輛所引起的紊流參數，該參數與車速和交通量相關； β 為經驗風速轉換係數，一般設為 0.34； u_t 則為街道頂端的風速。

將無限條線源延著風向積分，可推求直接擴散所引起的污染物濃度，所得公式如下列:

$$Cd = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{Q}{W \sigma_w} \ln \frac{h_0 + (\sigma_w / u_b) W}{h_0} \quad (4.6)$$

再循環貢獻濃度的計算是以盒子模式模擬。盒子模式模擬方式如圖 4.2 所示，假設街道之循環流動形狀像是梯形，而再循環區域透過靠著梯形的邊緣流動，若在下風處有建築物阻斷其中一個邊緣，則使流動範圍有所限制。車輛排放污染之進流流率的估算公式如下:

$$INFLOW = \frac{Q}{W} L_{rec} \quad (4.7)$$

其中 INFLOW 為每單位長度之進流； L_{rec} 為再循環區域的寬度，而在狹窄的街道內， L_{rec} 則會受到建築物之間寬度 W 的影響。

出流率是依據頂端與側端的寬度與通量速率之關係計算，公式如下:

$$OUTFLOW = C_{rec}(\sigma_{wt} * L_t + u_t * L_{s1} + u_b L_{s2}) \quad (4.8)$$

其中 OUTFLOW 為車輛排放污染之出流流率； σ_{wt} 為頂端緣之通量速率； u_t 為上側端緣之通量速率； u_b 為下側端緣之通量速率； L_t 為梯形頂邊長、 L_{s1}

及 L_{s2} 為梯形斜邊長，此式有考慮到街道的幾何形式與再循環區域的延展性。

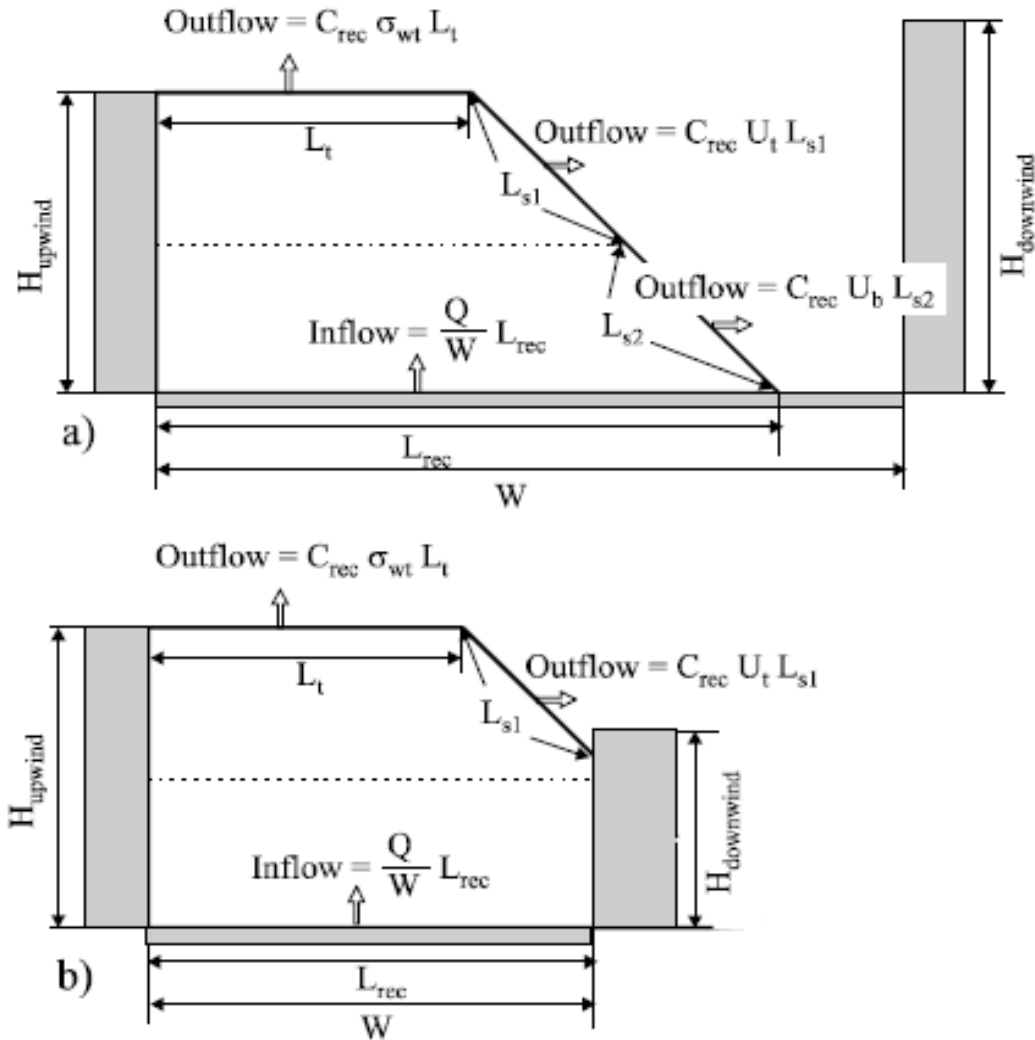


圖 4.2 再循環區(a)街道中的再循環區示意圖; (b)下風處的建築物阻斷再循環區示意圖 (Hertel,1997).

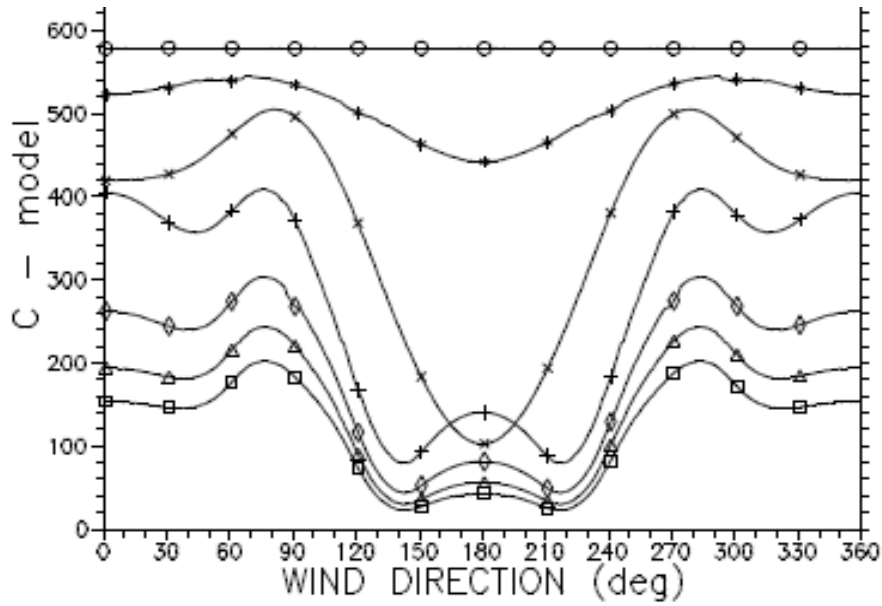
當風的流動延伸到整個街道時，則在上風處只剩下再循環所貢獻的濃度，而在下風處的濃度則為再循環濃度和直接貢獻濃度的總和，且通常直接貢獻遠大於再循環所貢獻的濃度。假設風的渦流延伸至整個街道，且再循環區域之濃度計算假定污染物的進流等於污染物的出流，則再循環的貢獻濃度可以下列公式計算：

$$C_{\text{rec}} = \frac{Q}{\sigma_{\text{wt}} W} \quad (4.9)$$

$$\sigma_{\text{wt}} = [(\lambda u_t)^2 + 0.4(\sigma_{\text{w0}})^2]^{1/2} \quad (4.10)$$

其中 C_{rec} 為再循環所引起的濃度； u_t 為街道頂端之風速； λ 為比例常數，與 α 相同原理取 0.1； σ_{w0} 為車輛所引起的紊流參數，該參數與車速和交通量相關。模式模擬的結果如圖 4.3 所示，該圖所示為一虛擬的東西向街道，街道建築物高度為 20m 和寬度為 20m；而常態交通量為 900 輛小客車和 100 量大客車，且假設車速為 40m/s；街道兩旁則假設為均勻相等之高度。從結果 4.2a 和 4.2b 可以看到為不同風向對應的污染物濃度，在下風處(街道的南邊)的濃度較大於上風處之濃度，最大濃度位於風向 90 和 270 度，Wedding et al.(1977)以風洞試驗指出當風速 > 2m/s，則下風處會累積高濃度，模式模擬結果亦呈現此趨勢。當風速小於 2m/s 時，風的流動則會減小，當風速維持在較低速時，街道的循環流消失，而風向的影響也逐漸趨近於零，根據公式 4.4 可以發現決定污染物濃度只剩下車輛所引起的紊流 (σ_{w0})，因此可以從圖中看出風速=0 時，風向不會決定濃度變化，且因風速過小使得濃度大為增加。上述為模式模擬基礎圖，OSPM 根據這個原理，以風流動的構造和擴散條件修正模式的模擬，比較不同區域測量結果也是很重要的修正參考依據。

a) North side; $W=20m$, $H_{upwind}=20m$



b) South side; $W = 20m$, $H_{upwind} = 20m$

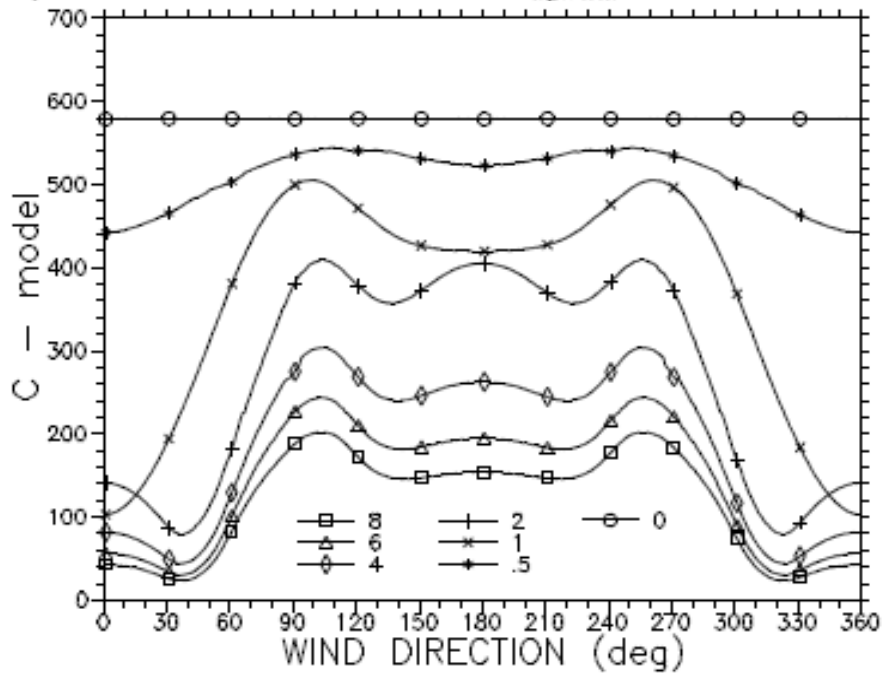


圖 4.3 OSPM 模擬污染物濃度示範圖(Hertel,1997).

OSPM 模式所需考量因素包括交通檔案、排放因子、街道結構、氣象資料、背景濃度。以下分別說明之。

1. 交通檔案:每日交通量之型態、每日平均交通量、每小時交通量。
2. 排放因子:推估不同地區的排放系數。
3. 街道結構:道路寬度、道路長度、建築物高度等資料。
4. 氣象資料:風速和風向。
5. 背景濃度:街道中之背景濃度。

OSPM模式模擬

OSPM 模式模擬所需要資料包括交通流量資料、城市的背景濃度和氣象資訊、街道背景資訊、排放系數資料等，分為 4 個步驟以 OSPM 模式模擬多個街道之移污濃度，包括建立街道基本地理資料、輸入基本交通流量相關資料、建立城市背景資訊及模擬各種不同的移污的濃度，以下分別說明之：

1. 建立街道基本地理資料:如圖 4.4 所示，包括街道名稱、街道座標位置、交通流量基本資訊(在下一步驟中說明之)、每日交通量、街道平均車速、建築物高度、街道寬度、測點兩端之街道長度、測量點高度等，建築物高度則採用街道兩旁之建築物平均高度；車速假設為台北市的街道平均車速，OSPM 主要模擬街道某一點的道路兩旁之濃度，其中模式所入的街道長度為以該點為中心，往道路兩端展開之長度，雖然 OSPM 模擬單一點之濃度，本研究假設建築物高度類似，亦即不同位置之模擬濃度亦假設類似，雖然這與實際的情形有所差異，但估計差異不大。由於針對模擬單一點而言，75m 以外的影響已很小可忽略，道路長度的最大長度因而設定為 75m，而街道寬度採街道平均寬度。如圖 4.6 所示，為一典型街道的模式所需資料設定示意圖，圖中的 Rector1 和 Rector2 分別為擬模擬濃度的街道兩旁點，該點位置假設在 2.5m 處，在下方則填入此街道各建築物的高度及方位，本研究假設各街道之建築物高度為

平均高度，由於是針對大範圍區域進行模式模式，不易一一清查所有建築物的位置及高度，故如此假設，雖會有誤差，但預期不大。

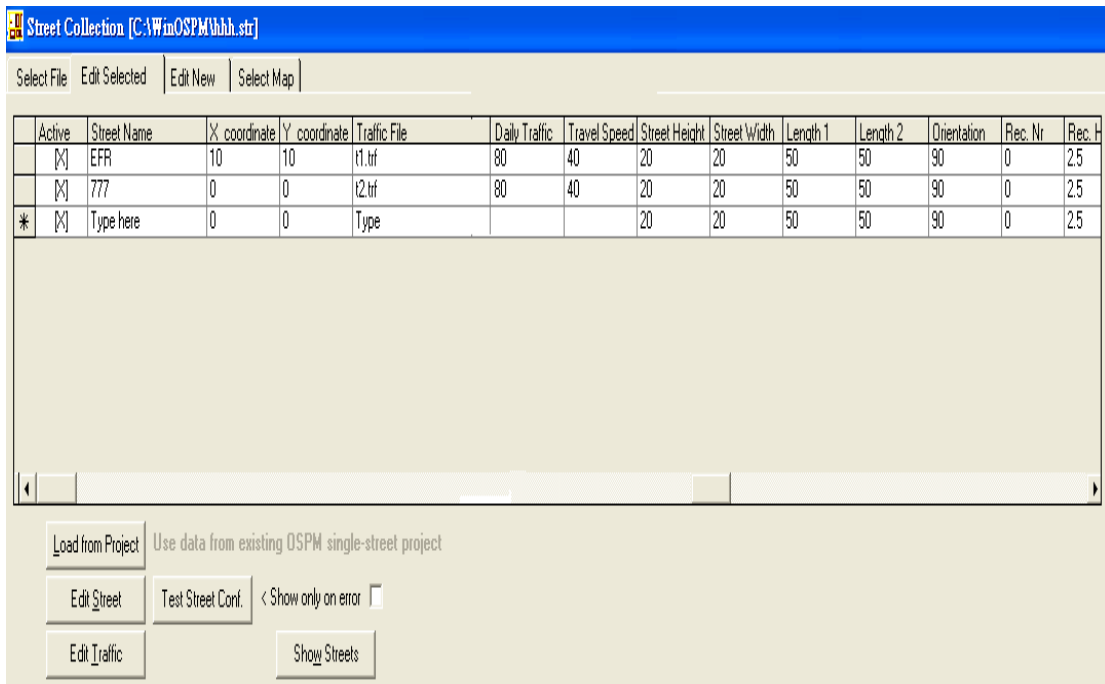


圖 4.4 街道基本地理資料介面(摘自 OSPM 模式系統, Berkowicz, 2003).

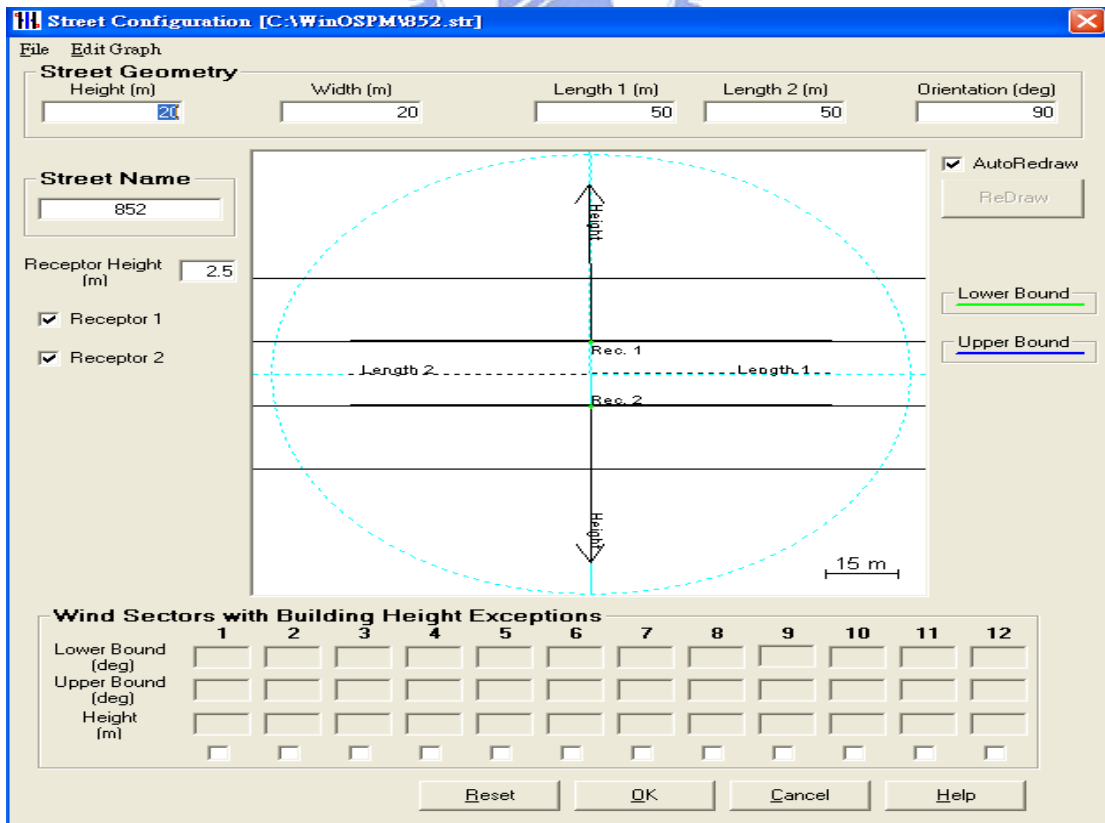


圖 4.5 街道資料設定圖(摘自 OSPM 模式系統, Berkowicz, 2003).

2. 輸入基本交通流量相關資料:如圖 4.7 所示,輸入資料包含不同車種每小時車流量、車速、不同移污之排放係數設定。其中車速假設為台北市街道平均車速。所取得之車流量資料為上午 7 時至 9 時及下午 17 時至 19 時等時段的車流量。雖然這四小時的資料不代表一天 24 小時的變化,但由於這四個時段代表尖峰時段,因此在模擬 OPSM 可得到尖峰時段之濃度,也可能是一天之中最高的濃度,亦因而可用以推估居民在一天內的_{最大}暴露風險。沒資料的時段輸入資料欄位可設為-99,則模式將不會模擬缺資料的時段。排放係數設定方面則依不同車種輸入不同之排放係數,同上一章道路密度法所採用的排放係數。

ADT split-up		400.0	400.0		
<input checked="" type="radio"/> Show as Number of Vehicles <input type="radio"/> Show as fraction of Daily Total <input type="radio"/> Show as fraction of All Vehicles					
Day Case		Scenario Year			
1 of 1		Mandag-Sdag	83.1% CAT 2005		
Hour	All vehicles	PAS_Car	Speed short (km/h)	Speed long (km/h)	Cold Starts (%)
00-01	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
01-02	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
02-03	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
03-04	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
04-05	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
05-06	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
06-07	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
07-08	100.0	100.0	40.0	40.0	0.0
08-09	100.0	100.0	40.0	40.0	0.0
09-10	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
10-11	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
11-12	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
12-13	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
13-14	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
14-15	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
15-16	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
16-17	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
17-18	100.0	100.0	40.0	40.0	0.0
18-19	100.0	100.0	40.0	40.0	0.0
19-20	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
20-21	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
21-22	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
22-23	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
23-24	-99.0	-99.0	40.0	40.0	0.0
Daily Total	400.0	400.0			
Daily Average Emission Factors (g/km)					
NOx					
CO					
Benzene					

圖 4.6 基本交通流量資訊介面(摘自 OPSM 模式系統, Berkowicz, 2003)。

3. 建立城市之背景濃度和氣象資訊: 如圖 4.8 所示,背景資料為一年資料量,囊括每小時的風速、風向、地球輻射量、混合層高度、大氣溫度、相對溼度、NO_x 濃度、NO₂ 濃度、O₃ 濃度、CO 濃度、PM10 濃度等監

測資料(環保署,1998)，其中六個測站依距離劃分成六個區域，各區域使用不同測站的資料，所有資料依照順序輸入表中。

day	month	year	hour	DayOfWeek	u_mast	Wind_dir	GlobalRad	H_mix	Temperature	R_hum	cNOX_r	cNO2_r
1	1	2000	1	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	2	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	3	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	4	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	5	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	6	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	7	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	8	6	0.2	96	131.1	-99	18.2	-99	-99	72.1
1	1	2000	9	6	5.2	99	95.8	-99	19	-99	-99	6.2
1	1	2000	10	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	11	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	12	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	13	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	14	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	15	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	16	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	17	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	18	6	3.1	343	344.2	-99	14.3	-99	-99	8.3
1	1	2000	19	6	1.5	213	210.2	-99	10.6	-99	-99	21.2
1	1	2000	20	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	21	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	22	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	23	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	1	2000	24	6	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99

圖 4.7 城市之監測濃度和氣象資訊介面(摘自 OSPM 模式系統, Berkowicz, 2003).

4. 模擬各種不同的移污之濃度:將上述三個步驟設定完成，填入城市的人口，執行 OSPM，如圖 4.9 所示，結果為各個街道之兩個測點的年平均移污濃度值。

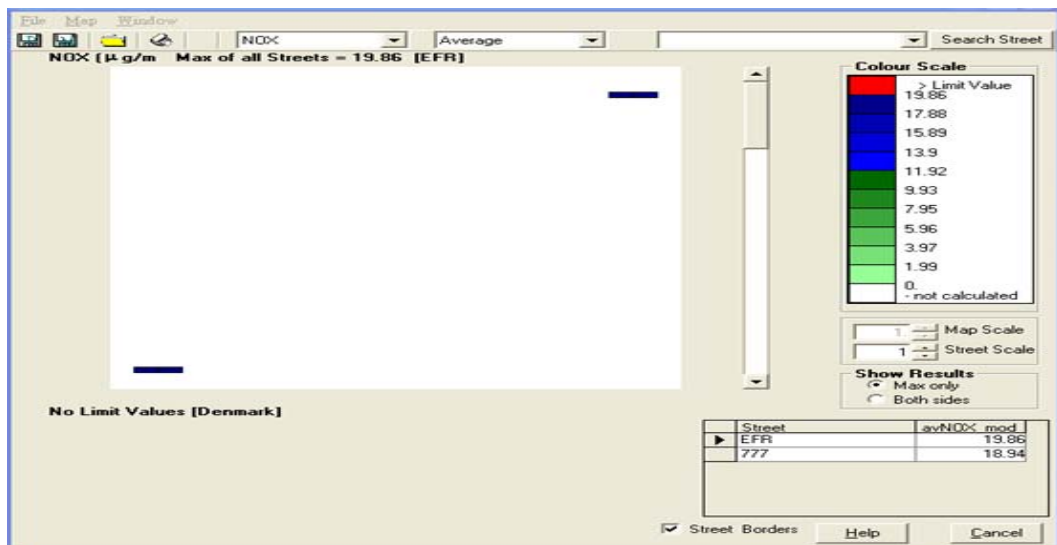


圖 4.9 OSPM 模擬移污之年平均濃度值介面 (摘自 OSPM 模式系統, Berkowicz, 2003).

4.2 街道模擬濃度分布

以 OSPM 模式模擬街道中各移污的濃度，包括 NO_2 、 CO 等污染物，圖 4.10 所示為所模擬台北市街道移污 NO_2 之年平均濃度分布，空氣品質標準 NO_2 之年平均濃度標準為 50ppb，而依圖所示即使是最低值已超過此標準值(註:唯注意模擬值並不是年平均值)，這是由於所模擬車流量資料為上午 7 時至 9 時及下午 17 時至 19 時四個小時尖峰時段的車流量，因此模擬濃度較高，不過亦可得知在尖峰時段所造成之污染對於街道旁居民的衝擊頗大。與 NO_x 之車流污染強度密度法所推估之網格排放量分布比較，大部分的分布類似(註:唯需注意二者所得結果意義不同，以 OSPM 所模擬結果是街道旁濃度，而車流污染強度密度法是推估網路的排放量)，可看出 OSPM 模擬受車流量影響頗大；除了車流量會影響到移污分布外，街道狀況亦會影響模擬結果，即使南寧路與忠孝東路在車流情況接近情況，道路寬度也相同時，OSPM 模擬後的 NO_2 濃度則分別為 73ppb 及 156ppb，此乃因南寧路的街道旁建築物平均高度為 7 公尺，而忠孝東路的街道旁建築物平均高度為 24.5 公尺，雖然忠孝東路街道的車流也稍大於南寧路街道，但由於建築物平均高度越高，造成移污停留蓄積在街道內。

圖 4.11 所示為 OSPM 所模擬台北市街道移污 CO 之年平均濃度分布，與 CO 之車流污染強度密度法所推估之分布比較，在大安區、中山區部分網格排放量大；街道之建築物和寬度也會影響 OSPM 模擬，如中正區一些街道建築物平均高度雖較高，但因街道較寬，使得模擬之濃度並沒有因此偏高，但在街道寬度較窄的街道則會受到影響，例如在建築物平均高度相同時，敦化南路一段的街道寬度為 70 公尺，北安路的街道寬度為 12 公尺，雖然敦化南路一段街道的車流較大於北安路街道，但 OSPM 模擬後的 CO 濃度分別為 1.98ppm 及 2.07ppm，由此也可得知街道寬度亦會顯著影響

OSPM 模擬的濃度，街道寬度越窄使得街道污染不易排出，而造成污染停留在街道內。

從上述 OSPM 模擬之濃度分布可以發現影響模擬結果包括車流分布、街道與建築物分佈，以車流分布影響 OSPM 模擬之濃度較大，而街道寬度及建築物平均高度亦影響 OSPM 模擬之濃度。



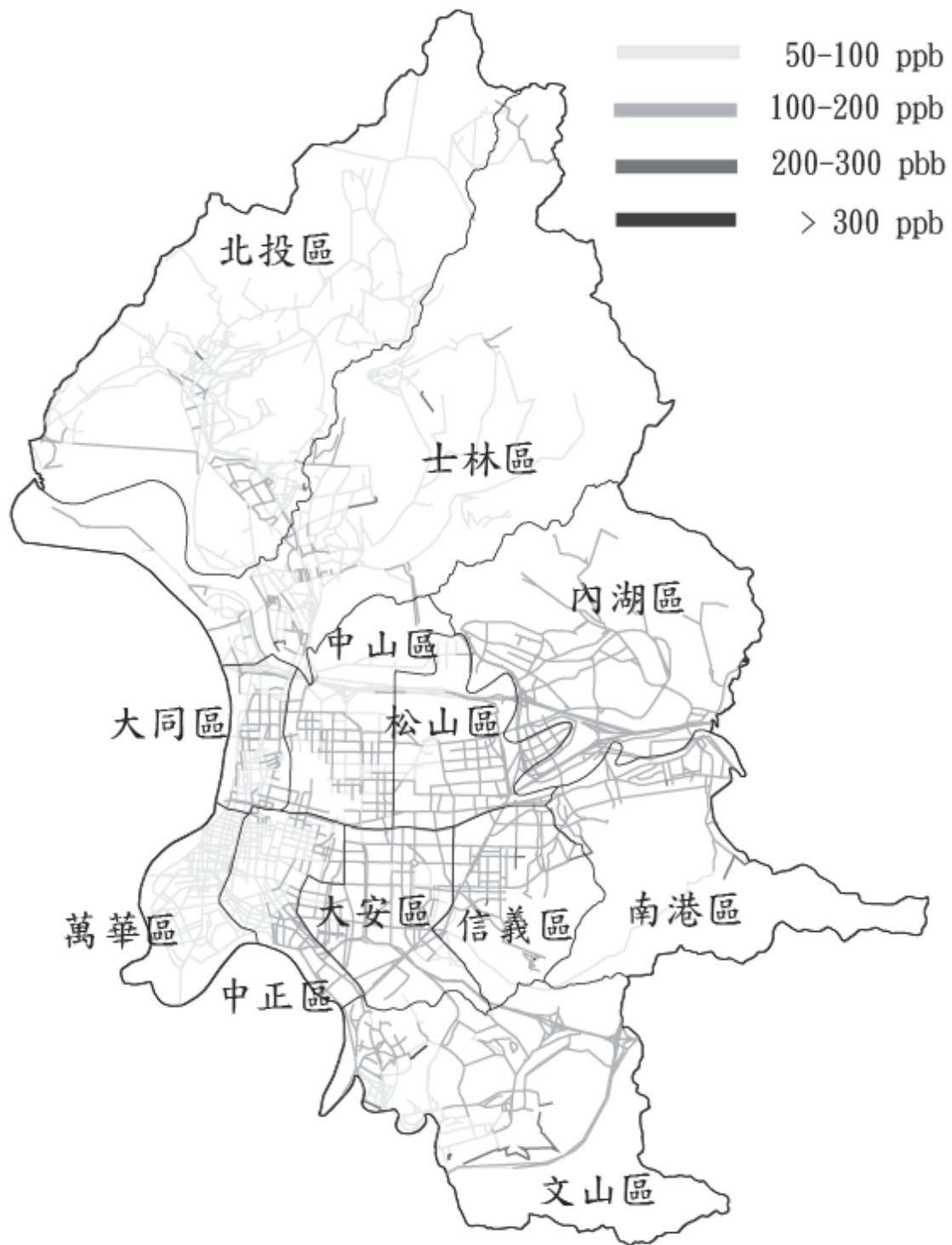


圖 4.8 OSPM 模擬街道之 NO₂ 年平均濃度

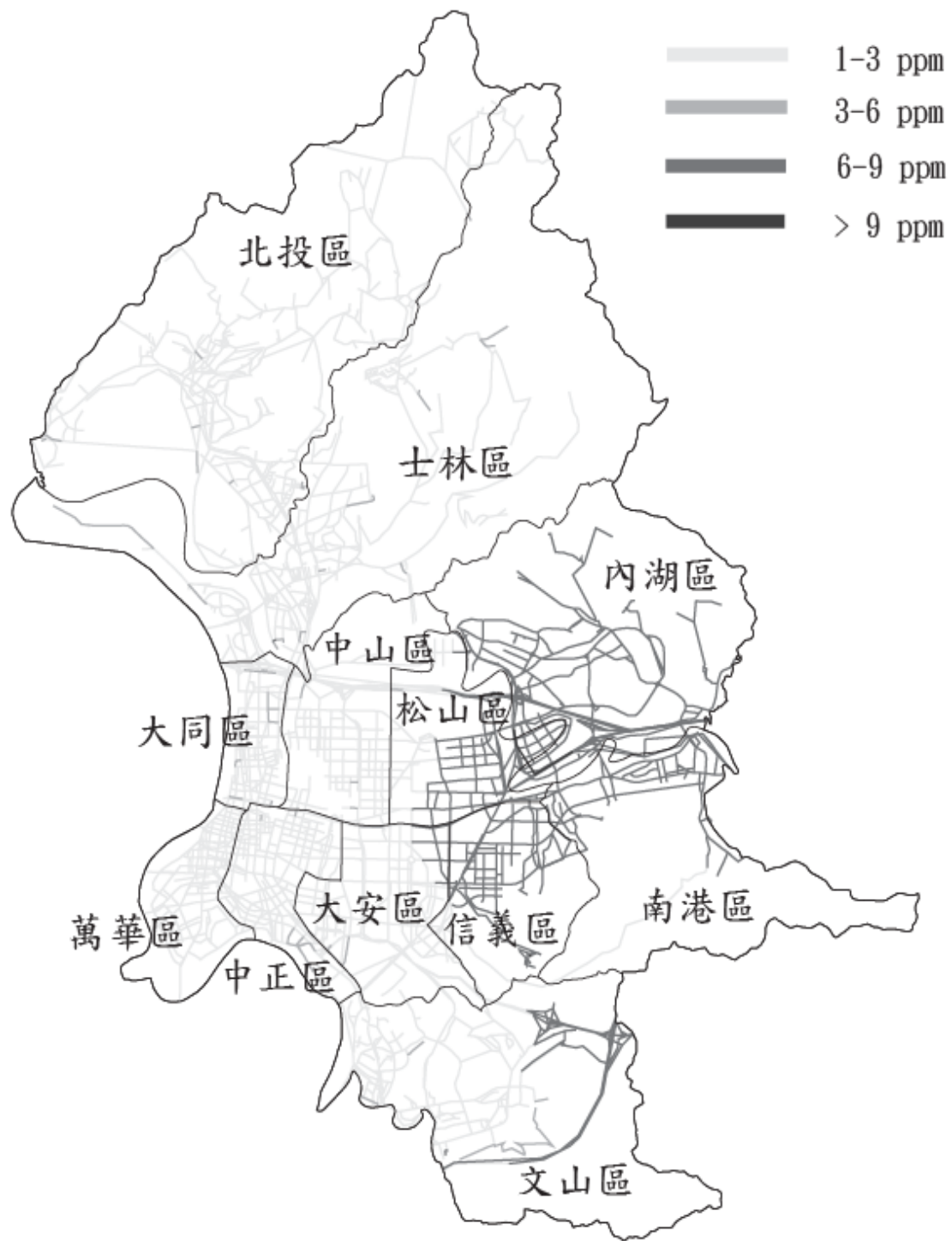


圖 4.9 OSPM 模擬街道之 CO 年平均濃度

4.3 風險分析

本研究根據模式模擬之街道移污濃度分布和街道旁之住戶數，計算移污對街道旁住戶所造成之暴露風險(Jensen *et al.*, 2001)，公式如下：

$$\text{暴露風險} = \text{街道之移污濃度} \times \text{街道旁人口數} \quad (4.10)$$

暴露風險值是依據模擬所得之 NO₂、CO 等污染物濃度計算之。圖 4.12 所示為街谷模式法所評估移污 NO₂ 之街道暴露風險分布，可發現各個區域都有風險較高的街道，依圖 4.10 所示 NO₂ 的移污模擬濃度分布，在信義、內湖、大安區部份街道濃度偏高且街道旁住戶較多，造成部分街道風險值有超過 10⁵ ppb-person，而其他區域也有些許街道的暴露風險值超過 10⁵ ppb-person。雖然在信義區，松智路街道模擬濃度與松高路街道模擬濃度偏高且相近，但由於松高路街道旁之住戶較多，因此造成對民眾的總體風險值亦較高。

圖 4.13 所示為街谷模式法所評估移污 CO 之街道暴露風險分布，依圖 4.11 所示 CO 的移污模擬濃度分布，在內湖區移污 CO 濃度分布偏高，由於部分街道住戶較多，而使 CO 暴露風險值高於 10⁴ ppb-person，CO 的移污模擬濃度分布在內湖、信義、松山等區較為偏高，而在 CO 之街道暴露風險分布較為平均，表示街道旁住戶為影響風險的因素之一；在信義、內湖區部份街道濃度偏高且街道旁住戶較多，因此造成的風險較高，其餘區域的暴露風險值則大部分分布於 100-10⁴ ppb-person 之間。

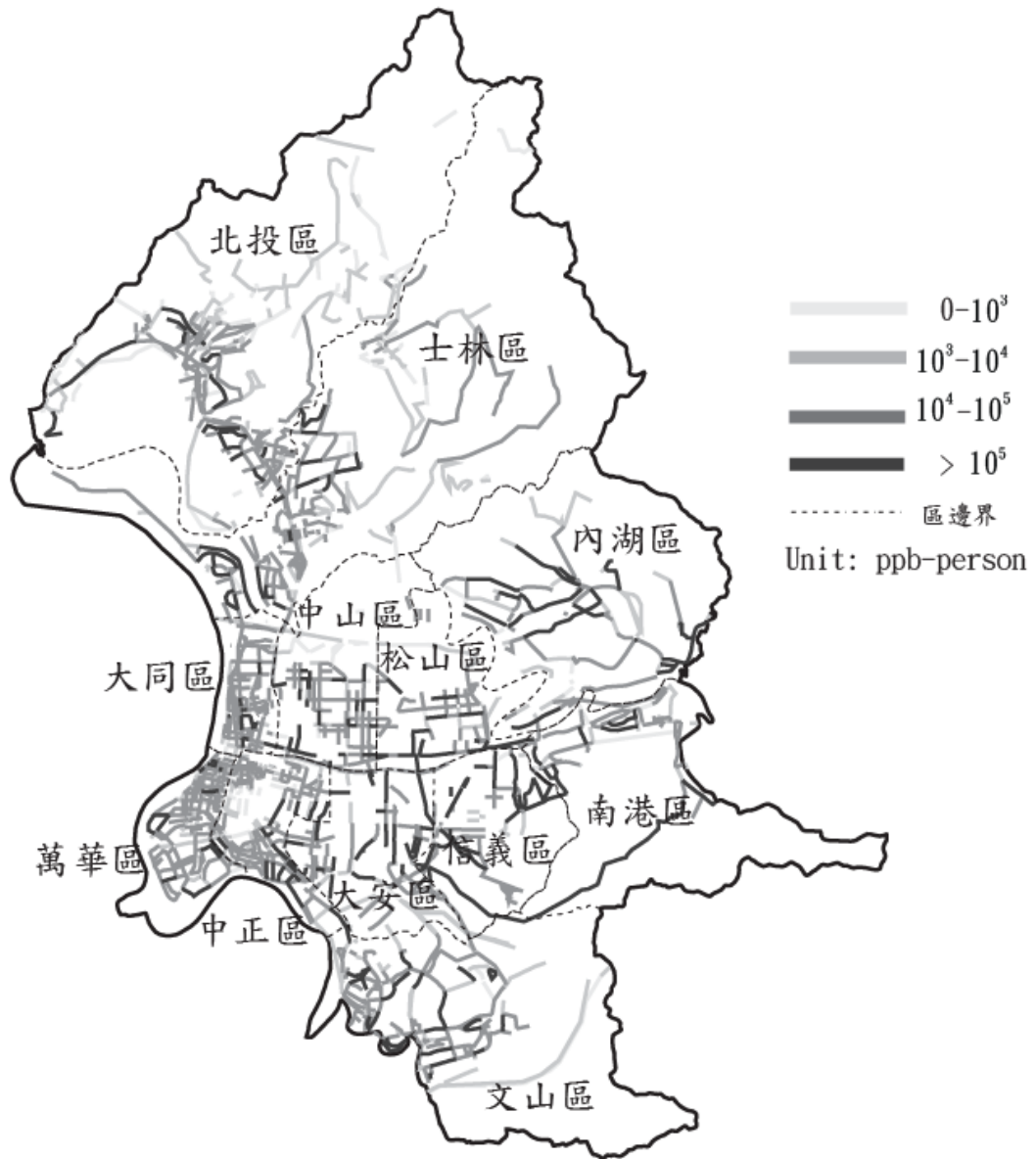


圖 4.10 台北市移污 NO₂ 對街道旁住戶之暴露風險

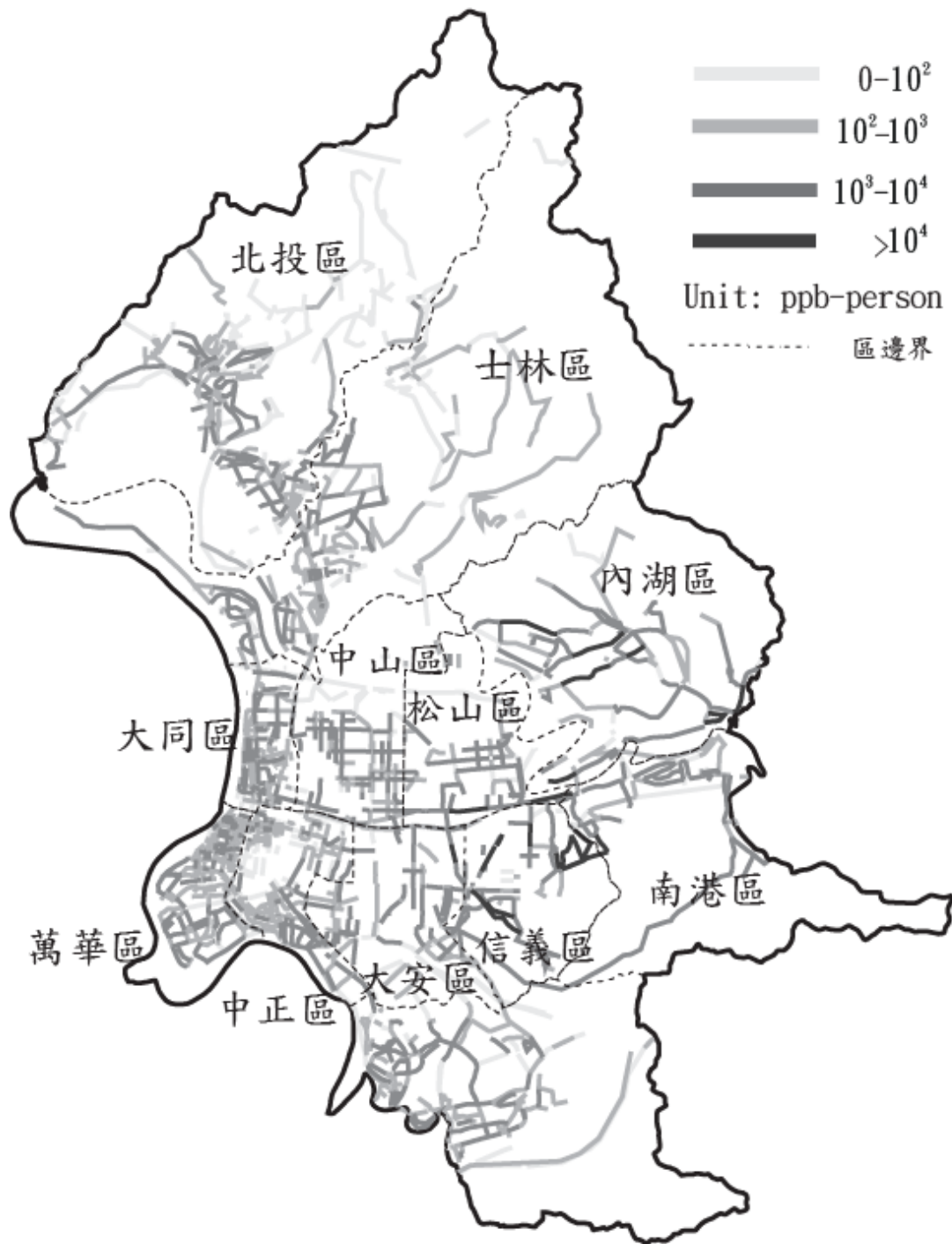


圖 4.11 台北市移污 CO 對街道旁住戶之暴露風險

4.4 車行里程污染強度密度法與街谷模式法之比較

由於車行里程污染強度密度法與街谷模式法計算出的 CO 分別為排放量及濃度值，單位不同，無法直接比較，為了比較二種方法推估結果空間分佈之差異，本研究將街谷模式模擬出之濃度(單位: ppm)乘上道路長度(單

位: km)代表其在空間分佈上的污染強度(ppm-km)，再加總每一網格中各街道的污染強度值，以中山區為基準換成比例值，以利於比較二個方法之結果。而風險的部分，則分別依前述 DALY 值及暴露風險量來比較。在比較時先將二個方法所得各網格結果值，換算成佔總量的比例值，以利於比較及分析二個方法所得結果空間分佈之差異。

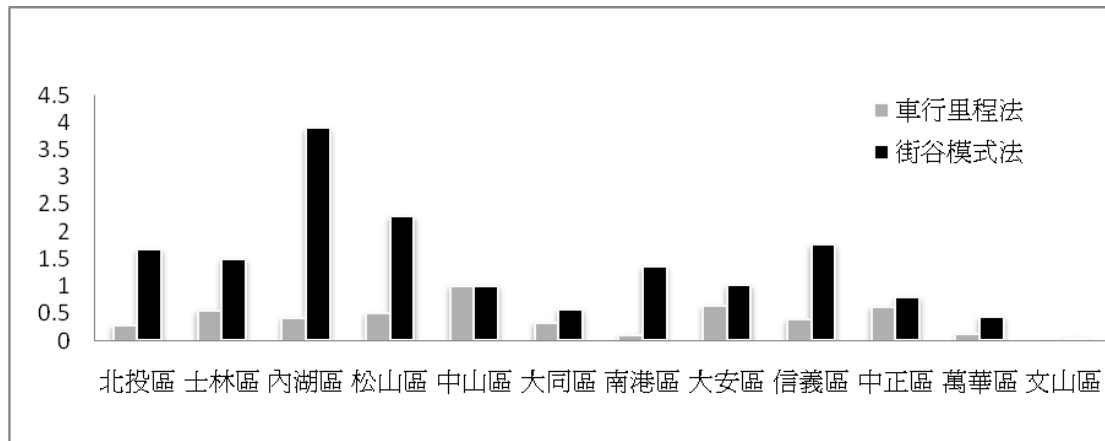
圖 4.14 (a)與圖 4.14(b)所示為兩個方法均以中山區為基準的 CO 比例值比較圖，中山區為總車行里程污染強度較其他區為多，因而該區是車行里程污染強度密度法結果中推估值最高的一區，然而移污濃度除需考量車輛本身排放外，亦會受到其他因素影響。例如，大安區以車行里程污染強度密度法分配之排放量比例值分布，雖比中山區小 20%，但由於街道寬度較窄，所以污染物不易擴散，進而導致其污染濃度較高，依污染強度所分配的推估值反而較中山區高 20%。表示除了車流分布的影響，街道的背景亦會影響移污推估之分布情形。

圖 4.15(a)與圖 4.15(b)所示為兩個方法 CO 在各網格佔總量比例值分布，車行里程污染強度密度法中，中山、大安區均大於 2.75%；中正區以車行里程污染強度密度法分配之排放量比例值分布，雖比中山區小，但由於建築物平均高度較高且密集，所以污染物不易擴散，進而導致其污染濃度比例值分布較中山區高，因此街谷模式法在中正區部分網格的 CO 污染強度所得的比例值較車行里程污染強度密度法比例值高 0.25%-0.5% (以總污染量為基準)，大約增加 2.5%-5%。

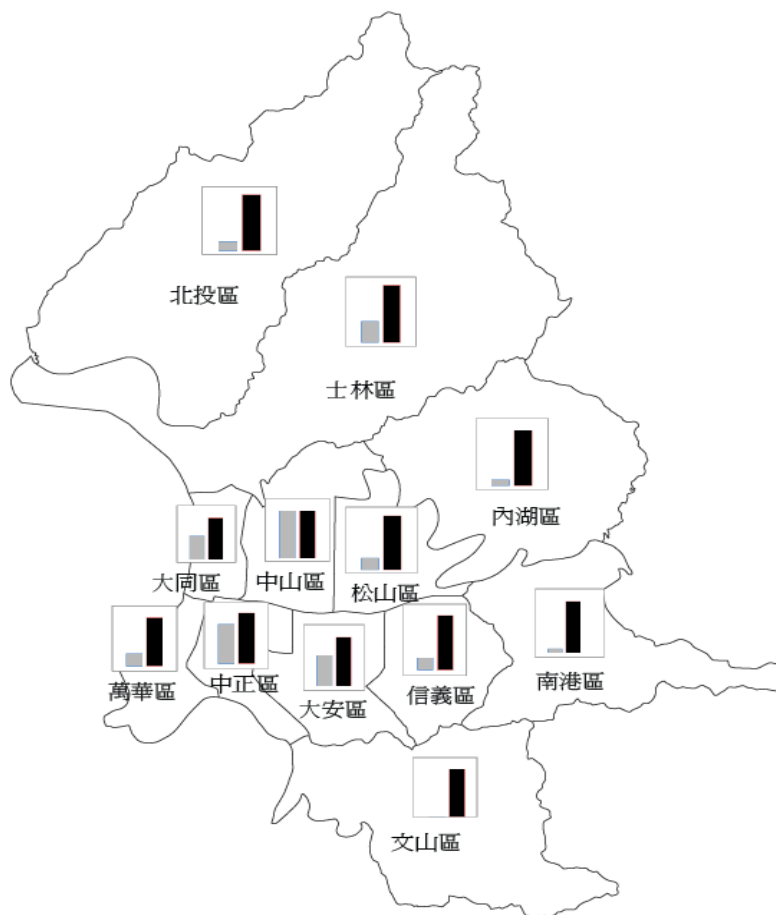
圖 4.16(a)與圖 4.16(b)為以中山區為基準之兩個方法的 CO 暴露風險比較，車行里程污染強度密度法所計算的暴露風險以中山區最高，由於中山區所推估的排放量高，且是人口較高之區域，故暴露風險亦因而較高；街谷模式法在中正、中山區模擬濃度高且人口分布較高，因此暴露風險較高。

圖 4.17(a)與圖 4.17(b)所示為兩個方法在各網格的暴露風險比例值，以車行里程污染強度所估算的暴露風險，在中山、松山區有部分網格的比例

值大於 2.75%，其中中山區有部分網格比例值甚至大於 4%，均為高排放量且人口較高的網格；而街谷模式法在中山、中正區則有超過比例 2% 的網格，其餘區域之網格比例值分布大都為 1.5% 以下。



(a)



(b)

圖 4.12 車行里程污染強度密度法 vs. 街谷模式法各行政區 CO 比例值比較 (以中山區為基準) (a) 直方圖; (b) 行政區圖。

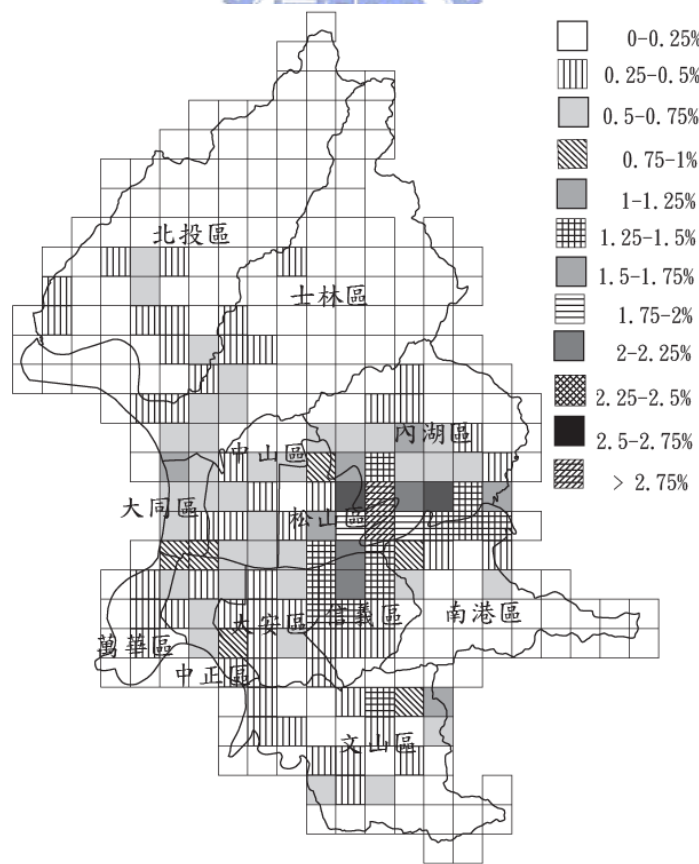
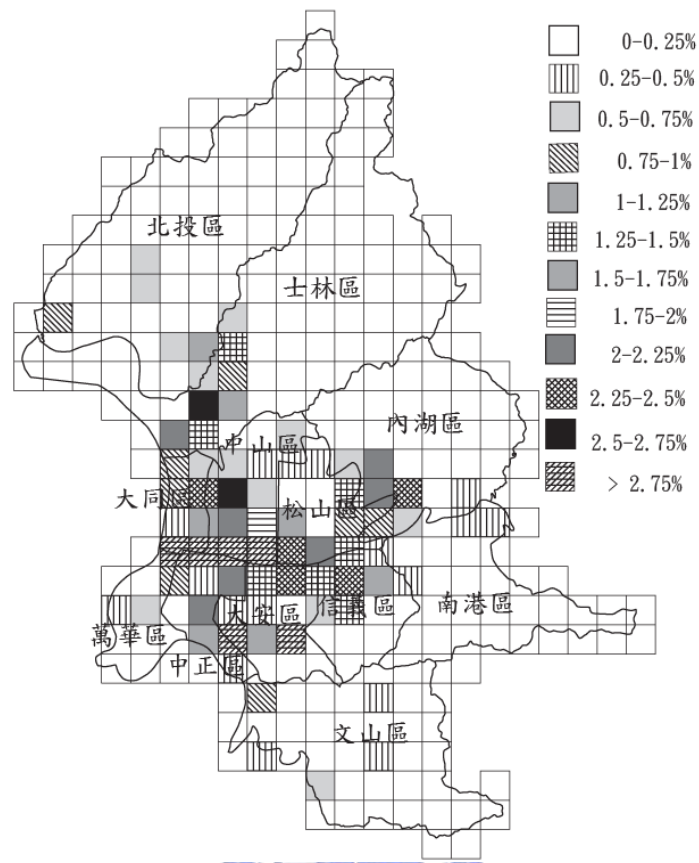
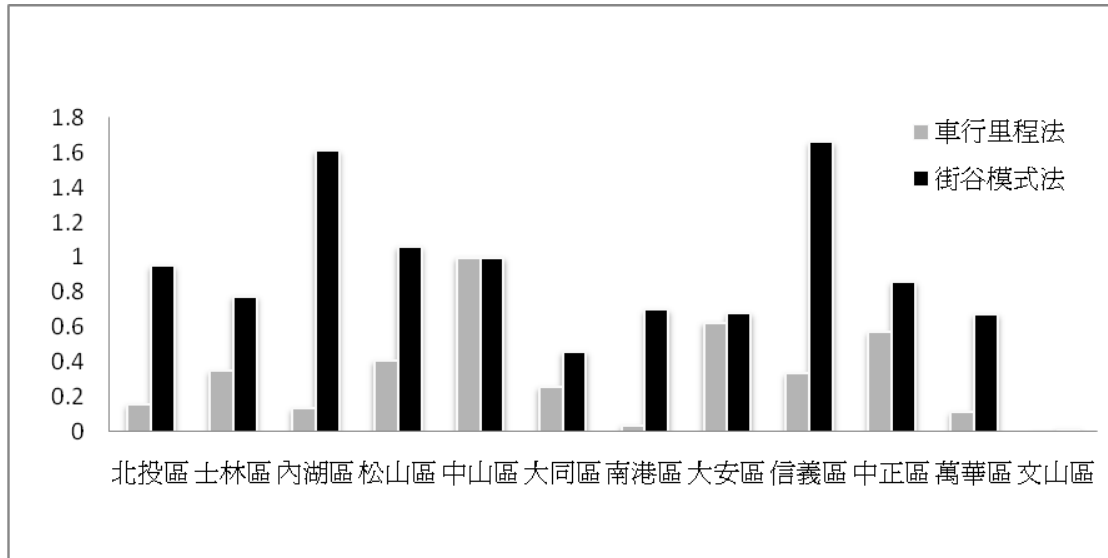
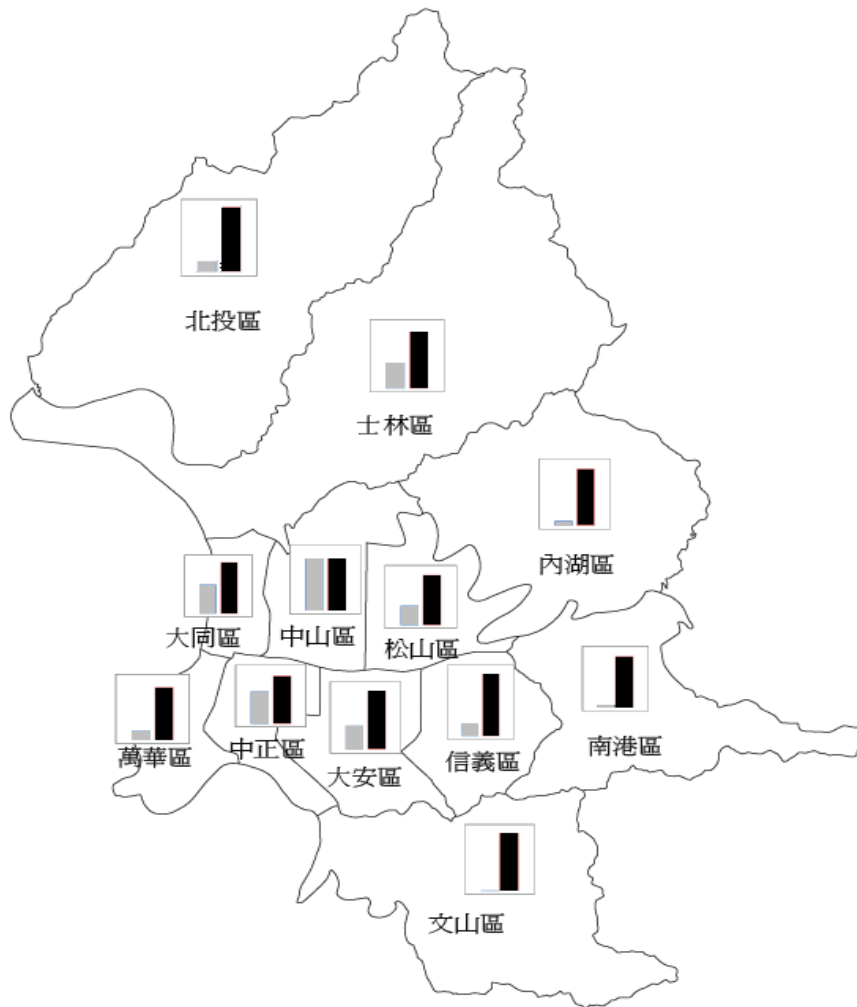


圖 4.13 CO 比例值分布(依總量為基準) (a)車行里程污染強度密度法 (b)街谷模式法



(a)



(b)

圖 4.14 車行里程污染強度密度法 v.s. 街谷模式法 CO 暴露風險比例值比較 (a)直方圖; (b)行政區圖.

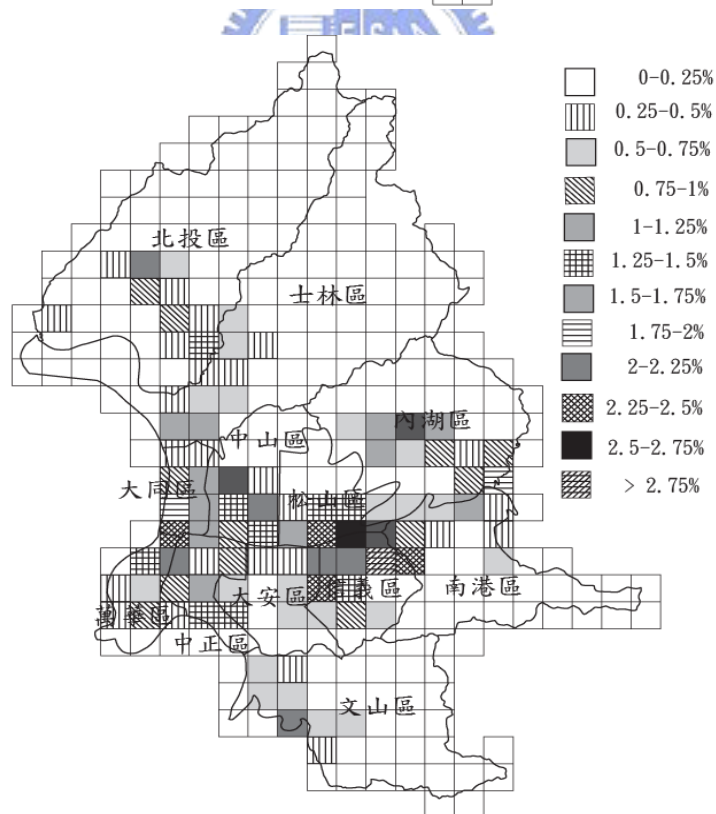
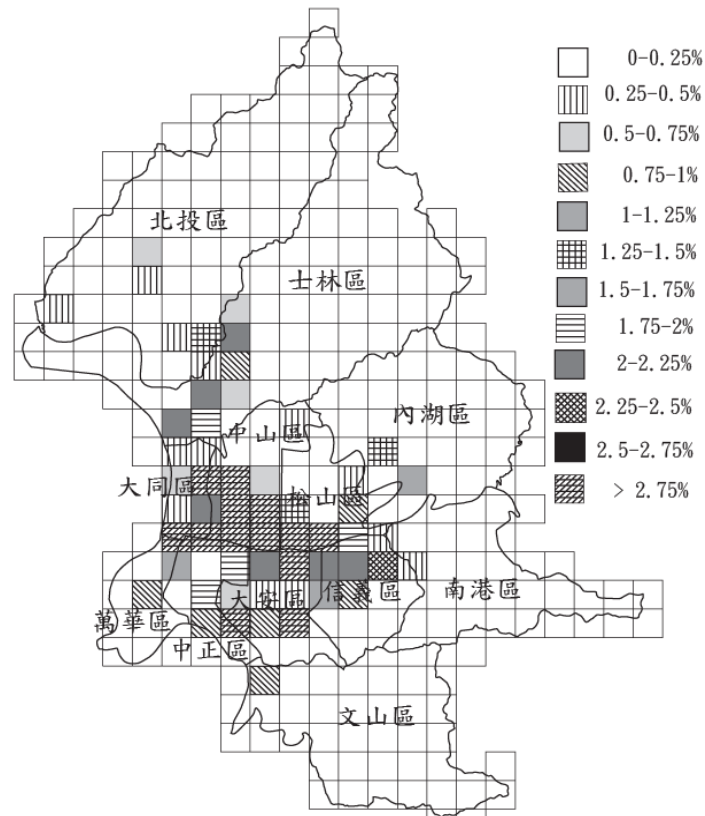


圖 4.15 CO 暴露風險比例值(依總量為基準) (a)車行里程污染強度密度法;
(b) 街谷模式法

第五章 結論與建議

評估移污的空間分佈及對於居民所造成的暴露風險是擬定移污管制策略的重要依據，本研究因而建立推估移污空間分佈的方法，並與過去中鼎公司所建議的道路密度法比較，且依據所得結果評估移污所造成的風險，亦進一步考量街道形態的影響，建立街谷模式分析街道污染物之濃度分布，評估街道移污之曝露風險。本研究以台北市為案例區，應用前述方法評估及分析移污的空間分佈及對居民所造成的風險。以下總結本研究的成果及說明重要結論，及建議可再探討的方向及問題，以供後續研究參考。

5.1 結論

本研究基本上已達成第 1.2 節所說明的三大項研究目的，主要成果有以下四項，以下一一說明各項主要成果及案例研討所得的結論。

1. 建立移污空間分佈推估方法

雖然中鼎公司曾建議了道路密度法供推估移污的空間分佈，但沒有考量與污染直接相關的車流及行駛里程等因子，因而可能所得結果與實際分佈差異甚大，本研究因而建立了車流污染強度密度法及車行里程強度密度法改善之，前者是先依陳(94 年)車流量推估法依所收集得的路口車流量資料推估案例區台北市各路口的車流量，再以車流量比例來分配移污總排放量，以車流污染強度密度法所分配之移污空間分布，以 NO_x 排放量為例，大部分網格排放量小於 100 公噸，部分網格由於車流量較大，所推估的排放量因而超過 500 噸/年，由於可看出道路密度法會有明顯低估的情形。由於移污不只與車流相關，亦與車行里程距離相關，故本研究進一步建立車行里程污染強度密度法，此法乃是將各路口車流量資料乘上道路長度即可推估車行里程污染強度，再依據各網格車行里程污染強度佔全市的比例分配總排放量，部分 NO_x 區域排放量與車流污染強度密度法亦差異頗顯著，

譬如在大安區的網格排放差異最大為 300 公噸/年，而亦在中山區有網格排放量小於車流污染強度密度法 200 公噸/年，由上列的結果可以看出採用不同方法的差異，而道路密度法會明顯低估一些高污染區的排放量。

2. 建立移污風險空間分佈之分析方法

本研究依據道路密度法、車流污染強度密度法和車行里程強度密度法依所推估的污染量及各區的人口，推估各區所承受的風險值。風險值是依據 Eco-indicator 99(Goedkoop et al.,2001)所提供各移污每公斤對一個人所可能造成的失能調整後人年(Disability adjusted life years)DALYs 值，乘上各移污之網格排放量，即可得該網格受移污影響之單人 DALYs，接著乘上各網格之人口即可得到網格總 DALYs。結果發現以 PM10 的總 DALYs 值最大，為 10^4 DALYs，此乃因 PM10 排放每公斤所造成的 DALYs 為 3.75×10^{-4} ，比 CO 的大上約 1,000 倍，造成 PM10 的平均總 DALYs 為最高，而 NO_x(1,000 DALYs)、CO(5,000 DALYs) 次之，SO_x 由於排放量不大，故最小(25DALYs)。

3. 建立街谷模式分析街道移污之濃度分布及風險分析方法

由於街道形式不同，亦會影響移污之空間分布，因此本研究進一步以街谷模式評估移污的空間分佈，以全市各路口車流量資料，再建立街道基本地理資料、輸入基本交通流量相關資料、建立城市背景資訊，最後以 OSPM 模式(Berkowicz et al.(1997))模擬出街道各種不同的移污的濃度，配合台北市 GIS 圖層分析街道移污之分布。OSPM 模擬結果以 CO 為例，在建築物平均高度相同時，敦化南路一段的街道寬度為 70 公尺，北安路的街道寬度則僅為 12 公尺，雖然敦化南路一段街道的車流大於北安路，但 OSPM 模擬後的 CO 濃度分別為 1.98ppm 及 2.07ppm，由此可看出街道寬度會顯著影響 OSPM 模擬的濃度，街道寬度越窄使得街道污染不易排出，而造成污染停留在街道內。本研究根據 OSPM 模式模擬之街道移污濃度分

布和街道旁之住戶，計算移污對街道旁住戶所造成之暴露風險，風險值則為街道之移污濃度乘上街道旁戶數。風險值結果以 CO 為例，在內湖區移污 CO 濃度分布偏高，由於部分街道住戶較多，而使 CO 暴露風險值高於 10^4 ppb-person，CO 的移污模擬濃度分布在松山區較為偏高，而在 CO 之街道暴露風險分布大多在 10^2 - 10^3 ppb-person 間，顯示人口密集的地方應加強控制移污，以避免更多人受到影響。

4. 移污空間性分布推估方法比較

當在中山區、大同區、中正區、信義區等區域由於路網密度類似，因而道路密度法結果相近，而若以車流污染強度密度法則會發現排放量分配差異在 5,000-10,000 公噸間，移污應考量車流量大小較合理，結果顯示若單以道路密度來推估，對於一些高污染區會有明顯低估的情形，容易誤導後續的決策分析。而在偏遠市區，雖然有的網格車流量較小，但因網格道路長度較長，使得車行里程污染強度密度法所分配之排放量較其他二個方法大；當網格車流量高於 30,000 小客車污染強度當量數時，且這些網格的道路長度較短時，可以發現車流污染強度密度法的排放量會高於車行里程污染強度密度法，表示當車流量較大時，車流污染強度密度法所分配之排放量較大，但由於行駛距離較短，所排放的污染亦會較少，因此以車行里程污染強度密度法分配的排放量應比之車流污染強度密度法較合理，亦為三個方法中較合理之方法。中山區的車行里程較其他區長，因而該區是車行里程污染強度密度法結果中推估值最高的一區，然而移污濃度除需考量車輛本身排放外，亦會受到其他因素影響。在大安區以車行里程污染強度分配之排放量比例值分布，雖比中山區小 20%，但由於街道寬度較窄，所以污染物不易擴散，進而導致其污染濃度較高，因而依街谷模式法所分配的推估值反而較中山區高 20%。表示除了車流分布的影響，街道的背景亦會影響移污推估之分布情形。

5.2 建議

依據研究過程的發現及經驗，提出下列四項建議，以供後續研究參考。

1. 以交通狀況設定權重改善道路密度法

道路密度法雖然精確度可能不佳，但是一個簡單且可在沒有車流量資料下採用的推估方法，唯同樣類型或密度的道路網，在不同地區會有不同的車流量，建議後續研究可嘗試研擬一個修正權重，以較容易塞車或流量大的道路，設定較高的權重，而其他道路依其離這些道路的距離遠近來設定不同的分配權重。

2. 車流污染強度密度法在沒有或道路很少網格的推估值低估問題

由於而非市中心區及路網較疏的區域車流監測站數較少，因而可能造成推估的車流量較不精確，車流可能因而低估，少數網格由於交通部的道路 GIS 沒有納入較小的道路，導致推估結果低到 0，但其應會仍有移污，本研究以設定一個低量來解決此問題，這不是很準確的方法，雖然這部分所估的量不大，但未來可探討適當的方法改善之，如用區域的道路與居民人口數等推估車流。

3. 改善街谷模式法之風險分析

雖然移污影響最大的是街道兩旁住戶，但街道附近的住戶亦會受影響，但目前的街谷模式法只分析街道兩旁，因此建議推估移污濃度對不同距離非道路旁住戶的可能影響濃度，以做為評估風險之依據

4. 不同污染物的風險權重

由於目前移污推估方法的分析比較是分別以不同污染物來做為討論，未來建議可比較不同污染物所造成風險程度，並探討設定各污染物風險權重的可行性，則可將各污染物依據權重加總做為不同方法間分析比較之依據。

參考文獻

中鼎公司，(92 年)，中華民國中鼎公司台北市移污排放量資料，中鼎公司。

內政部，(95 年)，中華民國內政部統計處內政統計年報。

<http://www.moi.gov.tw/stat/index.asp> (accessed on 2008).

北市交通局，(95 年)，中華民國台北市交通局交通統計資訊。

<http://www.dot.taipei.gov.tw/newch/statistic.asp> (accessed on 2008).

北市民政局，(95 年)，中華民國北市民政局門牌系統查詢。

<http://www.houseno.tcg.gov.tw/> (accessed on 2008).

北市交通管制工程處，(95 年)，中華民國台北市交通管制工程處交通流量

調查資料。<http://www.bote.taipei.gov.tw/flow.asp> (accessed on 2008).

交通部運輸研究所，(93 年)，中華民國交通部運輸研究所道路網數值圖，

交通部運輸研究所。

林永章，(89 年)，「移動性污染源排放量推估與地理資訊系統之整合」，碩

士論文，國立中興大學環境工程研究所，台中。

陳彥佑，(95 年)，「應用偵測器推估公路車流量之研究」，碩士論文，國立

交通大學運輸工程研究所，新竹。

環保署，(92 年)，中華民國行政院環境保護署空氣排放清冊。

http://www.epa.gov.tw/b/b0100.asp?Ct_Code=04X0000145X0010219&L=1 (accessed on 2008).

Brauer, M. (2006). "Spatial modeling of exposure to traffic-related air pollution and application to birth cohorts in the Georgia basin-puget sound international airshed." *Epidemiology*, 17, pp. S56-S56.

Cicero-Fernandez, P., Torres, V., Rosales, A., Cesar, H., Dorland, K., Munoz, P., Uribe, R., and Martinez, A. P. (2001). "Evaluation of human exposure to ambient PM10 in the metropolitan area of Mexico city using a GIS-based

- methodology.” *Air & Waste Management*, 51, pp. 1586-1593.
- Costabile F., Desantis F., and Hong W. M. (2006). “Representativeness of urban highest polluted zones for sitting traffic-oriented air monitoring stations in a Chinese city.” *JSME International Journal Series B-Fluids and Thermal Engineering*, 49, pp. 35-41.
- Greco, S. L., Wilson, A. M., Spengler, J. D. and Levy, J. I. (2007) “Spatial patterns of mobile source particulate matter emissions-to-exposure relationships across the Unites States.” *Atmospheric Environment*, 41, pp. 1011-1025.
- Hertel, O. and Berkowicz, R. (1989). “Modelling pollution from traffic in a street canyon.” *Evaluation of data and model development*, 77p.
- Jensen, S. S. (1998). “Mapping human exposure to traffic air pollution using CIS.” *Journal Of Hazardous Materials*, 61, pp. 385-392.
- Louvar, J. F. and Louvar, B. D. (1998). “Health and Environmental Risk Analysis: Fundamentals with Applications.” *Health Risk Assessment*, pp. 180-185.
- Johnson, W. B., Ludwig, F. L., Dabbert, W. F., and Allen, R. J. (1973). “An urban diffusion simulation model for carbon monoxide.” *Journal of the Air Pollution Control Association*, 23, pp. 490-498.
- Kastner-Klein, P., Fedorovich, E., Ketznel, M., Berkowicz, R., and Britter, R. (2003). “The Modelling of Turbulence from Traffic in Urban Dispersion Models- Part II: Evaluation against Laboratory and Full-Scale Concentration Measurements in Syreet Canyons.” *Environment Fluid Mechanic*, 3, pp. 145-172.

- Kukkonen, J., Partanen, L., and Karppinen, A . (1997). “Evaluation of the OSPM model combined with an urban background model against the data measured in 1997 in Runeberg Street Helsinki.” *Atmospheric Environment*, 37, pp. 1101-1112.
- Lin, M. D. and Lin, Y. C. (2002). “The application of GIS to air quality analysis in Taichung City.” *Environmental Modelling and Software*, 17, pp. 11-19.
- PRé Consultants, The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. <http://www.pre.nl> (accessed on 2008).
- Singh, R. B. and Sloan, J. J. (2006) “A high-resolution NO_x emission factor model for North American motor vehicles.” *Atmospheric Environment*, 40, pp. 5214-5223.
- Tuia, D., de Eicker, M.O., and Zah, R. (2007). “Evaluation of a simplified top-down model for the spatial assessment of hot traffic emissions in mid-sized cities.” *Atmospheric Environment*, 41, pp. 3658-3671.
- USEPA, Integrated Risk Information System, United State Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iris/> (accessed on 2008).
- Vardoulakis, S., Valiantis, M., and Milner, J. (2007). “Operational air pollution modelling in the UK - Street canyon applications and challenges.” *Atmospheric Environment*, 41, pp. 4622-4637.
- Xie, S. D., Zhang, Y. H., Li, Q., and Tang, X. Y. (2003). “Spatial distribution of traffic-related pollutant concentrations in street canyons.” *Atmospheric Environment*, 37, pp. 3213-3224.
- Yamartino, R. J. and Wiegand, G. (1986). “Development and evaluation of simple models for flow turbulence and pollutant concentration fields

within an urban street canyon.” *Atmospheric Environment*, 20, pp. 2137-2156.



附錄 台北市各型車輛排放係數

附表 台北市各型車輛排放係數(陳，92 年)

車種		車速					95 年排放係數(克/公里.輛)			
	(公里/小時)	TSP	PM10	PM2.5	SOx	Pb	NOx	CO	THC	NMHC
自用小客車	5	0.154	0.091	0.067	0.014	0.002	1.059	56.498	8.121	7.3039
	10	0.152	0.090	0.066	0.013	0.001	0.951	32.233	3.918	3.5235
	15	0.152	0.090	0.066	0.012	0.000	0.907	22.575	2.760	2.4825
	20	0.152	0.090	0.066	0.011	0.000	0.897	17.853	2.223	1.9998
	25	0.152	0.090	0.066	0.011	0.000	0.886	15.214	1.909	1.7171
	30	0.152	0.089	0.066	0.010	0.000	0.897	13.521	1.685	1.5154
	40	0.152	0.089	0.066	0.009	0.000	0.940	10.996	1.404	1.2632
	50	0.153	0.090	0.067	0.008	0.000	0.972	9.2868	1.224	1.1011
	60	0.153	0.090	0.066	0.007	0.000	0.994	8.1142	1.082	0.9732
	70	0.153	0.090	0.066	0.007	0.000	1.015	7.3977	1.006	0.9048
	80	0.153	0.090	0.066	0.007	0.000	1.080	7.1045	0.958	0.8616
	90	0.153	0.090	0.066	0.008	0.000	1.253	8.0328	0.966	0.8688
100	0.153	0.090	0.067	0.008	0.000	1.426	14.286	1.152	1.0364	
營業小客車	5	0.148	0.087	0.063	0.0168	0.0022	0.7740	35.906	6.5576	5.8972
	10	0.1475	0.0862	0.0630	0.0157	0.0011	0.6571	19.747	2.5574	2.2999
	15	0.1472	0.0859	0.0628	0.0146	0.0008	0.6220	13.677	1.7425	1.5671
	20	0.1470	0.0858	0.0627	0.0136	0.0006	0.5986	10.732	1.3961	1.2555
	25	0.1469	0.0857	0.0626	0.0128	0.0005	0.5986	9.0559	1.1759	1.0575
	30	0.1469	0.0857	0.0626	0.0120	0.0004	0.5986	7.9656	1.0297	0.9260
	40	0.1468	0.0856	0.0625	0.0106	0.0004	0.6220	5.9802	0.8295	0.7459
	50	0.1483	0.0868	0.0635	0.0097	0.0003	0.6454	4.6296	0.7023	0.6316
	60	0.1482	0.0867	0.0634	0.0091	0.0002	0.6571	3.7183	0.6072	0.5460
	70	0.1482	0.0867	0.0634	0.0088	0.0002	0.6688	3.1324	0.5441	0.4893
	80	0.1482	0.0867	0.0634	0.0089	0.0002	0.7156	2.8558	0.5021	0.4515
	90	0.1482	0.0868	0.0635	0.0094	0.0003	0.8559	3.3277	0.4931	0.4434
100	0.1482	0.0868	0.0635	0.0103	0.0003	0.9962	6.4522	0.5503	0.4948	

附表 台北市各型車輛排放係數(陳，92年)(續)

車種			車速				95年排放係數(克/公里.輛)			
	(公里/小時)	TSP	PM10	PM2.5	SOx	Pb	NOx	CO	THC	NMHC
汽油小貨車	5	0.1609	0.0969	0.0720	0.0187	0.0029	2.9156	120.40	20.102	20.1027
	10	0.1594	0.0957	0.0710	0.0171	0.0014	2.5070	63.696	10.336	10.3363
	15	0.1589	0.0953	0.0706	0.0157	0.0009	2.3357	42.572	7.2832	7.2832
	20	0.1587	0.0952	0.0705	0.0144	0.0007	2.2566	32.128	5.7967	5.7967
	25	0.1586	0.0951	0.0704	0.0132	0.0006	2.2434	26.075	4.9187	4.9187
	30	0.1585	0.0950	0.0704	0.0122	0.0005	2.2566	22.155	4.3284	4.3284
	40	0.1584	0.0949	0.0703	0.0106	0.0004	2.4148	18.290	3.5851	3.5851
	50	0.1607	0.0967	0.0718	0.0096	0.0003	2.5598	15.783	3.1029	3.1029
	60	0.1606	0.0967	0.0718	0.0092	0.0002	2.6652	14.052	2.7604	2.7604
	70	0.1606	0.0967	0.0718	0.0094	0.0002	2.7311	12.97	2.5426	2.5426
	80	0.1606	0.0967	0.0718	0.0102	0.0003	2.9947	12.514	2.4195	2.4195
	90	0.1607	0.0967	0.0718	0.0116	0.0003	3.7329	15.118	2.5258	2.5258
	100	0.1608	0.0968	0.0719	0.0135	0.0004	4.4842	32.668	3.2855	3.2855
柴油小貨車	5	0.4776	0.4202	0.3715	0.0998	0.0000	2.8900	4.4700	0.5300	0.5300
	10	0.4776	0.4202	0.3715	0.0919	0.0000	2.5400	3.4900	0.4500	0.4500
	15	0.4776	0.4202	0.3715	0.0848	0.0000	2.2600	2.7800	0.3900	0.3900
	20	0.4776	0.4202	0.3715	0.0784	0.0000	2.0500	2.2500	0.3400	0.3400
	25	0.4776	0.4202	0.3715	0.0728	0.0000	1.8800	1.8500	0.2900	0.2900
	30	0.4776	0.4202	0.3715	0.0680	0.0000	1.7400	1.5500	0.2600	0.2600
	40	0.4776	0.4202	0.3715	0.0606	0.0000	1.5700	1.1500	0.2100	0.2100
	50	0.4776	0.4202	0.3715	0.0562	0.0000	1.4900	0.9100	0.1700	0.1700
	60	0.4776	0.4202	0.3715	0.0549	0.0000	1.4900	0.7800	0.1500	0.1500
	70	0.4776	0.4202	0.3715	0.0567	0.0000	1.5800	0.7100	0.1300	0.1300
	80	0.4776	0.4202	0.3715	0.0616	0.0000	1.7700	0.7000	0.1200	0.1200
	90	0.4776	0.4202	0.3715	0.0695	0.0000	2.0900	0.7300	0.1100	0.1100
	100	0.4776	0.4202	0.3715	0.0804	0.0000	2.6200	0.8300	0.1100	0.1100

附表 台北市各型車輛排放係數(陳, 92 年)(續)

車種			車速				95 年排放係數(克/公里.輛)				
	(公里/小時)	TSP	PM10	PM2.5	SOx	Pb	NOx	CO	THC	NMHC	
大貨車	5	1.7009	1.5359	1.3698	0.2060	0.0000	35.240	33.610	6.2000	6.2000	
	10	1.7009	1.5359	1.3698	0.1971	0.0000	30.990	26.250	5.3000	5.3000	
	15	1.7009	1.5359	1.3698	0.1889	0.0000	27.62	20.870	4.5600	4.5600	
	20	1.7009	1.5359	1.3698	0.1815	0.0000	24.970	16.880	3.9600	3.9600	
	25	1.7009	1.5359	1.3698	0.1748	0.0000	22.880	13.900	3.4700	3.4700	
	30	1.7009	1.5359	1.3698	0.1688	0.0000	21.250	11.650	3.0600	3.0600	
	40	1.7009	1.5359	1.3698	0.1591	0.0000	19.110	8.6200	2.4500	2.4500	
	50	1.7009	1.5359	1.3698	0.1524	0.0000	18.150	6.8500	2.0300	2.0300	
	60	1.7009	1.5359	1.3698	0.1486	0.0000	18.210	5.8300	1.7400	1.7400	
	70	1.7009	1.5359	1.3698	0.1478	0.0000	19.290	5.3300	1.5400	1.5400	
	80	1.7009	1.5359	1.3698	0.1499	0.0000	21.600	5.2300	1.4100	1.4100	
	90	1.7009	1.5359	1.3698	0.1550	0.0000	25.550	5.5000	1.3400	1.3400	
	100	1.7009	1.5359	1.3698	0.1631	0.0000	31.920	6.2000	1.3100	1.3100	
大客車	5	1.6492	1.4842	1.3222	0.2106	0.0000	34.310	32.820	6.0100	6.0100	
	10	1.6492	1.4842	1.3222	0.2015	0.0000	30.170	25.630	5.1300	5.1300	
	15	1.6492	1.4842	1.3222	0.1931	0.0000	26.900	20.380	4.4200	4.4200	
	20	1.6492	1.4842	1.3222	0.1855	0.0000	24.310	16.490	3.8400	3.8400	
	25	1.6492	1.4842	1.3222	0.1787	0.0000	22.270	13.570	3.3600	3.3600	
	30	1.6492	1.4842	1.3222	0.1726	0.0000	20.690	11.370	2.9700	2.9700	
	40	1.6492	1.4842	1.3222	0.1627	0.0000	18.600	8.4200	2.3800	2.3800	
	50	1.6492	1.4842	1.3222	0.1558	0.0000	17.670	6.6900	1.9700	1.9700	
	60	1.6492	1.4842	1.3222	0.1519	0.0000	17.730	5.7000	1.6800	1.6800	
	70	1.6492	1.4842	1.3222	0.1511	0.0000	18.790	5.2000	1.4900	1.4900	
	80	1.6492	1.4842	1.3222	0.1532	0.0000	21.030	5.1000	1.3700	1.3700	
	90	1.6492	1.4842	1.3222	0.1585	0.0000	24.880	5.3700	1.3000	1.3000	
	100	1.6492	1.4842	1.3222	0.1667	0.0000	31.080	6.0600	1.2700	1.2700	

附表 台北市各型車輛排放係數(陳，92年)(續)

車種			車速				95年排放係數(克/公里.輛)				
	(公里/小時)	TSP	PM10	PM2.5	SOx	Pb	NOx	CO	THC	NMHC	
公車/ 客運車	5	1.2483	1.0833	0.9534	0.1999	0.0000	28.580	27.390	4.6600	4.6600	
	10	1.2483	1.0833	0.9534	0.1912	0.0000	25.140	21.390	3.9800	3.9800	
	15	1.2483	1.0833	0.9534	0.1833	0.0000	22.410	17.010	3.4200	3.4200	
	20	1.2483	1.0833	0.9534	0.1761	0.0000	20.250	13.760	2.9700	2.9700	
	25	1.2483	1.0833	0.9534	0.1696	0.0000	18.560	11.330	2.6000	2.6000	
	30	1.2483	1.0833	0.9534	0.1638	0.0000	17.240	9.4900	2.3000	2.3000	
	40	1.2483	1.0833	0.9534	0.1544	0.0000	15.500	7.0300	1.8400	1.8400	
	50	1.2483	1.0833	0.9534	0.1479	0.0000	14.720	5.5800	1.5200	1.5200	
	60	1.2483	1.0833	0.9534	0.1442	0.0000	14.770	4.7500	1.3100	1.3100	
	70	1.2483	1.0833	0.9534	0.1434	0.0000	15.650	4.3400	1.1600	1.1600	
	80	1.2483	1.0833	0.9534	0.1455	0.0000	17.520	4.2600	1.0600	1.0600	
	90	1.2483	1.0833	0.9534	0.1504	0.0000	20.720	4.4800	1.0100	1.0100	
	100	1.2483	1.0833	0.9534	0.1582	0.0000	25.89	5.0500	0.9900	0.9900	
二行程 機車	5	0.2712	0.2000	0.1627	0.0115	0.0018	0.1300	21.320	9.4300	8.4511	
	10	0.2699	0.1990	0.1618	0.0064	0.0005	0.1200	11.560	5.7100	5.1343	
	15	0.2697	0.1989	0.1617	0.0048	0.0003	0.1100	7.5100	4.0700	3.6721	
	20	0.2696	0.1988	0.1616	0.0041	0.0002	0.1100	5.5300	3.2500	2.9410	
	25	0.2696	0.1988	0.1616	0.0037	0.0002	0.1100	4.4100	2.7800	2.5220	
	30	0.2696	0.1987	0.1616	0.0035	0.0001	0.1200	3.7000	2.4800	2.2545	
	40	0.2695	0.1987	0.1615	0.0035	0.0001	0.1300	2.8100	2.1100	1.9246	
	50	0.2695	0.1987	0.1615	0.0039	0.0001	0.1500	2.2200	1.8500	1.6928	
	60	0.2695	0.1987	0.1615	0.0047	0.0001	0.1600	1.8100	1.6600	1.5234	
	70	0.2696	0.1987	0.1616	0.0059	0.0001	0.1600	1.5700	1.5500	1.4253	
	80	0.2696	0.1988	0.1616	0.0072	0.0002	0.1800	1.4600	1.5200	1.3985	
	90	0.2696	0.1988	0.1616	0.0075	0.0002	0.2100	1.7800	1.5900	1.4610	
	100	0.2696	0.1988	0.1616	0.0075	0.0002	0.2500	3.9500	2.0900	1.9068	

附表 台北市各型車輛排放係數(陳，92年)(續)

車種			車速				95年排放係數(克/公里.輛)			
	(公里/小時)	TSP	PM10	PM2.5	SOx	Pb	NOx	CO	THC	NMHC
四行程 機車	5	0.0945	0.0587	0.0443	0.0115	0.0018	0.7100	23.310	5.9700	5.3205
	10	0.0933	0.0577	0.0435	0.0064	0.0005	0.6300	12.600	3.6700	3.2892
	15	0.0931	0.0576	0.0433	0.0048	0.0003	0.5800	8.1600	2.6700	2.4060
	20	0.0930	0.0575	0.0433	0.0041	0.0002	0.5700	5.9900	2.1600	1.9555
	25	0.0929	0.0575	0.0432	0.0037	0.0002	0.5900	4.7700	1.8700	1.6994
	30	0.0929	0.0574	0.0432	0.0035	0.0001	0.6200	4.0000	1.6900	1.5404
	40	0.0929	0.0574	0.0432	0.0035	0.0001	0.6900	3.0200	1.4600	1.3373
	50	0.0929	0.0574	0.0432	0.0039	0.0001	0.7600	2.3700	1.3000	1.1960
	60	0.0929	0.0574	0.0432	0.0047	0.0001	0.8100	1.9300	1.1900	1.0988
	70	0.0929	0.0574	0.0432	0.0059	0.0001	0.8400	1.6600	1.1200	1.0370
	80	0.0930	0.0575	0.0432	0.0072	0.0002	0.9100	1.5500	1.1000	1.0194
	90	0.0930	0.0575	0.0433	0.0075	0.0002	1.0900	1.8900	1.1400	1.0547
	100	0.0930	0.0575	0.0433	0.0075	0.0002	1.2700	4.1800	1.4400	1.3196