

國立交通大學

環境工程研究所

碩士論文

季風及區外污染源對工業區空氣品質

監測站網優選之影響分析

Analyzing the effects of seasonal wind and external
sources on air quality monitoring network
optimization for an industrial district

研究生：蒙彥超

指導教授：高正忠

中華民國九十五年七月

季風及區外污染源對工業區空氣品質

監測站網優選之影響分析

**Analyzing the effects of seasonal wind and external sources
on air quality monitoring network optimization
for an industrial districts**

研究生：蒙彥超

Student : Yan-Chao Meng

指導教授：高正忠

Advisor : Jehng-Jung Kao



A Thesis

Submitted to Institute of Environmental Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Environmental Engineering

July, 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年七月

摘要

為有效監控工業區對周圍環境的影響，應設置工業區空氣品質監測站網，以瞭解對周圍環境的影響以及評估污染防治設備之成效。過往設置工業區監測站網時，多考量整年的風向變化進行決策，可能導致某些季節性風向下並未設置監測站，因而無法得到該季節具代表性的監測資料。此外工業區以外污染源的影響，亦可能影響監測的代表性，降低數據的可靠度。因此本研究依據季節特徵風向，進行分季並以不同季節的風場分析結果決定出最適合的分季。並以 ISCST3 空氣品質模式模擬得到不同季節的污染濃度分佈，考量以季節性主要風向所佔之月份比例，判定監測站在不同風向下之權重分配，以確保季節性風向影響下的污染監測代表性。此外，本研究以 ISCST3 分別模擬區內污染源以及全區污染源下之濃度分佈，建立一整數規劃模式，求取受區內污染源影響佔全區污染源比例最大化下之監測站網，以降低區外污染源之影響，提升監測代表性。本研究以兩個案例分別測試所發展之季節性測站優選策略以及考量區外污染源影響之監測站優選模式，並與過往決策模式比較及討論其差異性，以期改善所規劃監測站網之監測代表性。

關鍵詞：空氣品質監測站網、工業區、季風、區外污染源、優選、環境系統分析。

Abstract

For an industrial district, an air quality monitoring network (AQMN) is usually established to monitor potential pollution threats on the ambient air quality in areas surrounding the district and assess the effectiveness of pollution control facilities. In general, an AQMN is designed based on the prevailing wind direction. However, for an area with significant seasonal variation in wind directions, such an approach may lead to an AQMN without any station being placed at a location that can detect seasonal pollution impacts. In addition, the existence of external pollution sources can interfere the assessment and interpretation of monitored data. The study was thus initiated to develop models for designing an appropriate AQMN that can detect seasonal pollution and reduce the effect of external sources.

A partition procedure was proposed to properly divide the whole year into several major seasons based on seasonal wind direction variations. The ISCST3 dispersion model was applied to simulate hourly pollution distribution. According to the season division and simulated pollution distribution, a previously developed model optimizing detection capability was utilized to determine an AQMN that can properly detect seasonal pollution distributions. The other model maximizing the detected ratio of pollution emitted from the industry district was developed to obtain an AQMN that is not significantly affected by external sources. Two case studies were implemented to evaluate the applicability of both models. As demonstrated by the obtained AQMNs, the ability for detecting seasonal pollution is improved and the interference from external sources is reduced.

Keywords : air quality monitoring network, industrial district, seasonal wind, external sources, optimization, environmental systems analysis.

誌謝

世上只有兩種人真的幸福，一種是超級的天才，另一種是真正的傻瓜。很不幸的，我只是個有點小聰明的人，沒有那份獨到的眼光，卻又沒有那種堅持。但是唯一幸運的，我遇見了恩師 高正忠教授，與老師一起經歷了許多特別的經驗，看到老師的眼光與堅持，讓我打從心底想要改變自己，想要去面對自己以前不願意去看的，聽到以前拒絕聽到的。謝謝老師這兩年的照顧和耐心，與老師一起爬山的時光，是我珍貴的回憶。感謝中央大學廖述良教授的教導與論文的指正，並且鼓勵我發揮想像力。同時感謝交通大學白曠綾教授和中興大學的望熙榮教授給予學生論文上細心和精闢的建議以及親切的鼓勵。

我想我是真的能抬頭挺胸的說，這間研究室讓我成為一個更好的人。沛濠一步步的教導，除了課業之外也給了我許多不同的觀點與做事態度的教導，瞭解做事扎實的重要。子欽帶著我挑戰人生的第一座百嶽，並且給了我許多課業以及人生上的意見。感謝坤興帶著我練習柔道，留下『交大柔道隊』的美好回憶，雖然總是造成學長們的許多困擾，但是真的打從心底裡感激你們的寬容以及幫助。阿泰、立夫、文馨的隨和，讓我能很順利的融入這個研究室中。宥禎、家豪、育農，有你們這群好學弟妹，讓我在壓力大的時候，仍然不忘了歡笑。謝謝一直等著我的好同學雅如。不過真的不要等我（連老師都這麼說）。

曾經有過一段看不見前路的日子，但是父母對於那時我的任性，給予最多的包容和支持。我的哥哥們，不計較的給了我了許多的幫助。小馬、小胖、傅少、小黑、肥貓，你們真的是沒有血緣的好兄弟，真心的感謝你們在我人生最低潮時，從沒放棄過我。凱翔，和你真的是很有緣，今年我的口試日是你去年入伍之日，如今要一起出社會了，真是令人期待呢！嘉賢，吃過你這碗豆花，咱們就是兄弟，謝謝你一路上的鼓勵。國沛，謝謝

總是熱情的招待貪吃的我。謝謝嘉瑋，一起運動的好伙伴，也許你不記得，但是你幫我打開了心頭難解的結。

如今的我，知道只要夠堅強，這一切的不論好壞的經歷都是值得的，在此無法以更多的字去述說這份感激，謹將此論文獻給所有在生命中和我有過交集的人，雖然交集的時間有長有短，但是卻成就了現在的我。



蒙彥超 謹誌於交大
民國九十五年七月

目錄

摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	v
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 前言.....	(一)-1
1.1 研究緣起.....	(一)-1
1.2 研究目的.....	(一)-4
1.3 論文內容.....	(一)-4
第二章 文獻回顧.....	(二)-1
2.1 空氣品質監測站網設置考量.....	(二)-1
2.2 空氣品質與季節風場變化相關性.....	(二)-2
2.3 監測資料與目標污染源之相關性.....	(二)-3
第三章 研究流程及方法.....	(三)-1
3.1 研究流程.....	(三)-1
3.2 資料收集與整理.....	(三)-1
3.3 ISCST3 空氣品質模式.....	(三)-1
3.4 季節性考量監測站網優選 (SDC)	(三)-2
3.4.1 季節性風場分析	(三)-2
3.4.2 偵測潛勢區域機率最大優選模式 (DC)	(三)-3
3.5 考量區外影響監測站網優選.....	(三)-5
3.5.1 受區內佔全區污染源貢獻比例最大 (IC)	(三)-6
第四章 案例探討.....	(四)-1
4.1 案例區背景資料說明.....	(四)-1
4.2 空氣品質模式建立.....	(四)-1
4.3 恕限值與站數選取.....	(四)-2
4.4 結果與討論.....	(四)-3
4.4.1 季節性考量監測站網優選 (SDC)	(四)-3
4.4.2 考量區外影響監測站網優選	(四)-6
第五章 結論與建議.....	(五)-1

5.1 結論.....	(五)-1
5.2 建議.....	(五)-2
參考文獻.....	(參)-1
附錄一 區內與全區貢獻比例最大案例結果	(附)-1



圖目錄

圖 3.1 研究流程圖	(三)-8
圖 3.2 季節性風場分析分季流程	(三)-9
圖 3.2 潛勢區域定義圖	(三)-10
圖 4.1 污染源分佈以及候選設站與編號對應位置圖	(四)-12
圖 4.2 案例區全年風花圖	(四)-12
圖 4.3 案例區逐月風花圖	(四)-13
圖 4.4 案例區分季風花圖	(四)-15
圖 4.5 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 四個站 ..	(四)-17
圖 4.6 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 五個站 ..	(四)-18
圖 4.7 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 六個站 ..	(四)-19
圖 4.8 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 七個站 ..	(四)-20
圖 4.9 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 八個站 ..	(四)-21
圖 4.10 偵測東北風向下超過恕限值次數比例比較圖	(四)-22
圖 4.11 偵測西南風向下超過恕限值次數比例圖	(四)-22
圖 4.12 東北與西南風向下偵測超過恕限值次數比例比較圖 ..	(四)-23
圖 4.13 工業區污染源分佈位置與其全年平均濃度值	(四)-24
圖 4.14 區外污染源分佈位置與其全年平均濃度值	(四)-25
圖 4.15 IC 優選結果與工業區全年平均濃度圖 四個站	(四)-26

表目錄

表 4.1 案例區污染源排放資料.....	(四)-8
表 4.2 ISC 模式相關參數設定	(四)-8
表 4.3 不同分季下東北風向和西南風向比例	(四)-9
表 4.4 季節性考量站數分配.....	(四)-9
表 4.5 偵測潛勢區域機率最大優選結果	(四)-10
表 4.6 季節考量偵測潛勢區域機率最大優選結果	(四)-10
表 4.7 區內貢獻比例最大優選結果 四個站.....	(四)-11
表 4.8 監測站網反映工業區內濃度比例平均 四個站	(四)-11



第一章 前言

1.1 研究緣起

為了確保鄰近污染源地區民眾的健康安全和生活環境，必須設立空氣品質監測系統對污染源周遭進行環境監測。然而唯有適當的監測站址方能確實掌握污染物特性，發揮監測站應有的功效 (Calori et. al.,1994; Kao and Hsieh, 2006)。本研究規劃的監測站網是以工業區為監測對象，連續式監測站的工業區空氣品質監測站網可以得到大量數據，能有效評估污染物濃度的隨著空間和時間的變化。過去研究已發展了不少連續式監測站網規劃模式，包括單目標(Noll,1977)及多目標模式(Modak,1985; Arbeloa et. al., 1993; Kao and Hsieh, 2006)。發現以偵測超過法規標準最高或是累積濃度最高為目標時，雖然可以瞭解工業區對附近影響的嚴重性，但導致監測站集中於全年盛行風的下風處。然而若全年某特定方向的盛行風特別明顯，將使得上述優選模式無法在不同於全年盛行風向的季節盛行風方向下，設置合理的監測站，而忽略了其他季節盛行風向下的污染狀況分佈與影響情況，造成污染監測的空窗期，因此空氣品質監測站網的優選決策，應考量季節性盛行風的變化影響。此外欲監測工業區污染源周圍若有其他污染源時，會影響監測所得數據之代表性，而無法有效監測工業區污染源所造成的影響，因此在監測站網設置決策是，應考量區外污染源的影響，有效降低區外污染對污染監測濃度的貢獻，以提升其監測代表性。

空氣品質監測站網一般分成非連續式和連續式兩種。美國環保署(1999)認為監測站網需能監測可能發生最高濃度與其地點，而空氣污染源對於周邊環境的影響，常隨著季節性風向變化而有明顯的空間分佈差異。過往季節性風向變化對污染源監測的影響，僅在非連續式監測中考量，如 Day et. al., (1997) 與 Chiang et. al. (2005) 即探討不同季節代表性氣象條件下的污染分佈，而 Hoek et. al. (1996) 亦考量空氣污染物與空

間分佈特性，而發展出對於非連續式監測站網之優選監測時間及地點。新竹市環保局（2001）針對焚化爐造成的空氣污染，以季節盛行風向作為採樣位置的選擇依據之一。然而所得資料數量有限，導致所得數據較不易反映出監測區域空氣品質的一些代表性狀態。Douglase et.al.（1979）認為評估監測站設置數目時，需考量到該地區氣象的複雜性，而 Nakamori et.al.（1984）指出，氣象狀況越複雜所需要的監測站數越多。而在連續式監測中，過往多以整年的風向變化進行監測站網規劃的參考，可能因為明顯的全年某特定盛行風向導致忽略了其他季節盛行風向下的污染影響。因此需要分別考量不同季節下的污染分佈。Kao and Bau（1996）在季節性總量管制研究中，根據流量變化進行河川流量的分季，此成功的分季方法亦可能利用其概念於風場分析上以幫助分析季節風向下的污染分佈。因此本研究將依據季節風向作為特徵，配合 Kao and Bau（1996）的分季概念將風場資料分析以找出適合的分季，根據不同季節時間比例分配足以反映季節污染分佈的監測站數目，並配合 Kao and Hsieh（2006）中偵測潛勢區域機率最大（Detection capability）為目標分別對不同季節進行空氣品質監測站址優選，使得監測站網能掌握不同季風下的污染分佈，得到更多的有效資料而不影響全年主要風向高污染的監測資料，以有效監測所監測的污染源。

過去已經針對不同目標發展出許多監測站網的優選模式，Modak（1985）以台北市為案例發展了一個交通空氣污染物監測站網規劃模式，Arbeloa et al.（1993）曾以監測總範圍最大、超出標準的機率進行多目標規劃。在這些文獻中，雖然未考量區外污染源的影響，但是在實地監測時，其他污染源可能影響監測站所得數據造成代表性不足。Wayne（1977）指出監測站位置附近的污染源會影響監測站所測得之數值，劉（1991）並認為監測站網的最佳位置也需要考量到較不容易被其他污染源影響。白（1999）在進行監測點選擇時，亦避開人為干擾因素及瞬間高濃度的汽機

車排氣的地方，以提高監測資料的代表性。程等（1997）在針對中部地區空氣品質監測系統之比較中，指出測站受附近污染源干擾會導致監測濃度值偏高，以及污染源的多寡會影響監測變動量較大。黃（1999）更將監測的污染源是否大都來自於交通污染作為評估交通類空氣品質監測站評估項目之一。謝（1997）針對進行工業區站網進行規劃時時考量儘量減少受其他污染源的影響，並建立了考量工業區外污染源影響最小的優選模式進行站網多目標探討。但可能由於工業區外的污染源散佈於工業區外，影響範圍涵蓋工業區污染影響範圍，導致其模式規劃出的測站多在工業區上風處，只能作為背景濃度測站，並不能反映工業區排出污染物的濃度變化。由於謝（1997）的案例較不適合進行探討受其他污染源的影響，因此本研究改以一假想之工業區案例，利用 ISCST3 模擬探討工業區外污染源的干擾及污染排放濃度與分佈範圍。並配合工業區內和區外污染源的貢獻比例最大為目標的監測站網優選模式，建立避免工業區外干擾且能反映出工業區貢獻量的監測站網，以其充分反映工業區的污染影響以及污染控制設備設置之成效並探討其成果。

1.2 研究目的

本研究重點主要在發展針對季節性之監測站網優選策略以及建立一個能考量到區外污染影響的監測站網優選模式，作為可參考的依據以利監測站網的規劃。本研究欲達成的研究目的主要有以下三項：

1. 以工業區為主要監測對象，發展一套能考量季節影響的監測站網優選策略，改善過去研究中監測站多落於全年主要風向下所產生的一些缺點，以掌握全年風向變化下的污染分佈。
2. 依據全年風場分析資料，以季節風向作為特徵進行分季。並根據季節時間比例進行監測站數分配，建立反映季節影響之監測站網優選策略。
3. 根據工業區內和區外污染源的貢獻比例最大的概念建立考量區外污染源影響的監測站網優選模式。

並以假想石化工業區為案例，分別規劃其監測站可能設置站址，並分別比較分析其優選結果，以供相關人員參考。



1.3 論文內容

本文第二章首先回顧相關的文獻，以探討本研究的可行性及必要性。第三章說明本研究所採用的研究流程及方法，並一一說明各項方法及工作，第四章中說明案例研究，示範及討論本研究所建立的季節性考量及優選模式的適用性，第五章將總結本研究的結果以及建議未來將進行的方向與重點。

第二章 文獻回顧

本章將對本研究目前所收集的相關文獻進行回顧。可分為四大部分來說明：(一) 空氣品質監測站網設置考量；(二) 空氣品質隨季節風場變化相關性；(三) 監測資料與目標污染源之相關性，以下將依序進行文獻回顧。

2.1 空氣品質監測站網設置考量

由於空氣污染源排放出來的污染會因為氣象因子而在空氣中擴散或是稀釋。所以需要監測以瞭解污染的時空分佈，確保鄰近地區居民的健康安全與生活環境。空氣品質監測站網系統是否能發揮其功效，主要取決於設置監測站的位置是否適當。空氣品質監測站的規劃早期係以經驗判斷或是簡單定性規則為設站依據，如測站離地高度，與附近建築物之距離及人口密度，行政院環保署(2006)在空氣污染防治法裡有監測相關的定性規則。Clench-Aas et. al. (1999) 指出污染濃度變化受到排放源強度和擴散影響，從擴散模式所獲得的資料能幫助提升監測站網獲得監測資料的代表性。因此本研究採用 ISCST3 空氣品質進行模擬並根據結果作為研究時的主要參考依據。

空氣品質監測站網的規劃過往已做過許多的研究。Noll (1977) 曾以最高濃度之發生機率為目的進行大型點污染源之監測站的規劃設計，決定可能設立的站數與位置。Noll和Mitsutomi (1983) 以模式模擬方法規劃，先以模式模擬各受體點濃度，並將受體點根據自行定義的篩選程序，將最大污染濃度位置挑出。Langstaff et. al. (1987) 亦利用類似的方式，以模式模擬各受體點之人口暴露量，挑出人口暴露量大於自訂恕限值之站。Modak (1985) 在進行站網設計時分別考慮在單目標(偵測範圍最大)，多目標(偵測範圍最大與及超出法規標準最高兩目標)為設站目標。Arbeloa (1993) 針對假想碳酸鹽工廠，以可偵測範圍最大及超出法規標準最大為主要考量設置監測站網。Chang and Tseng (1999) 分別考量不同污染物的污染分佈，以偵測潛勢機率最高為目標進行監測站網優選。Pittau et. al.

(1999) 分別針對SO₂ 和NO_x的最大濃度選擇出適合的監測站址。Bladauf et. al. (2002) 以受體點暴露量下計算出的健康風險，作為目標並設置監測站網。Baldauf et. al. (2002) 利用不同氣象狀況下的濃度與氣象發生機率的乘積，求得受體點可能的暴露濃度值作為選擇監測站址的考量。Kao and Hsieh (2006) 則綜合參考之前研究的成果，並考慮工業區未來發展而以 1.偵測潛勢機率最高；2.偵測累積濃度最大；3.監測站網總面積最大及，4.保護人口最多這四項目標作為規劃工業區監測站網的依據。由以上文獻發現設置監測站網時，較少考量到季節風向變化以及同種類干擾污染源。因此有需要針對季節風向變化和干擾污染源分別進行探討以確保監測站網資料的代表性。

2.2 空氣品質與季節風場變化相關性

氣象資料中的風速和風向與空氣污染物流佈的關係密不可分，空氣中的污染物在大氣裡的流佈會受到不同因子而擴散、稀釋。Shirvailar et.al. (1969) 和 Singer and Nagle (1970) 發現在穩定的風速、風向下會在一定時間將煙流推向某一個地方造成高污染濃度；Seaman (1999) 指出污染物由於水平傳輸和擾動而有不同的分佈情形。而風速和風向亦是造成氣流擾動的因子之一。季節的盛行風向會導致污染源下風處的高污染分佈，造成地區空氣品質在時間和空間上的不同。Philip (1979) 顯示出不同季節的風速和風向會造成空氣品質隨季節而變化。之後 Lalas et al. (1982) 發現由於季節的風場變化，導致風向明顯影響冬季時影響雅典地區 SO₂ 濃度。而 Glen et.al. (1996) 指出週遭 CO 濃度夏季冬季的濃度值有所差異變化乃是受到風場的影響。Ziomas et.al. (1994) 在評估都市地區中污染濃度預測的重要性時，發現除了風向和風速之外，高空的氣象變化也是重要的影響因子。莫 (1999) 指出在不同季節下的混合層高度和大氣穩定度會有所不同。在混合層高度低或大氣穩定度高時較容易出現高污染事件。綜合以上空氣品質與季節風場之關連的文獻，可以發現不同季節的風場與高空氣

象，會對於濃度變化有相當大的影響。而台灣地區具有明顯的季風變化現象，因此設置空氣品質監測站時有必要考量季節性的因素，使監測站能得到較有代表性的監測資料。

梁（2001）指出進行空氣品質監測站數據方向性分析時，如只以全年盛行風向來考量，可能會忽略不在全年盛行風向上的污染影響，導致分析所得空氣品質數據不具有代表性。因此進行監測站址考量時應該掌握季節風向變化，以監測真正影響的主要方向。目前考量季節性風向變化對污染源監測的影響，在非連續式監測中一般以季節盛行風向作為考量進行實地採樣，如 Day et al.（1997）與 Chiang et al.（2005）即探討不同季節代表性氣象條件下的污染分佈，Hoek et al.（1996）亦考量空氣污染物與空間分佈特性，而優選出非連續式監測站網之監測時間及地點，新竹市環保局（2001）針對焚化爐造成的空氣污染，以季節盛行風向作為採樣位置的選擇依據之一，然而非連續式監測中考量受限於經費與人力，並無法大量得到數據，因此有必要發展能夠考量季節性變化的連續式監測站網優選策略。以得到更多具有代表性的監測資料量。

本研究除將參考過往研究的測站選取原則，亦將利用系統性的風場分析，考量季節性的影響決策出可有效反應監測區域污染時空分佈的連續式監測站網，以瞭解不同季風下的污染分佈，並得到更多的有效資料。Kao and Bau（1996）曾針對河川的季節性總量管制的研究中針對月份與河川的水量變動進行旱季與雨季的分季研究。此分季方法 因此本研究利用其分季概念作為不同月份的主要風向作為分季依據並進行分季，以期找出季節中代表性的主要風向與最適合的分季時間，藉由不同季節風場條件下的污染濃度變化進行監測站網優選以掌握可能之污染流布。

2.3 監測資料與目標污染源之相關性

由於工業區污染源有著污染源集中，污染量大的特性，因此針對這類污染源發展了許多監測站網的規劃方法，Noll（1977）以最高濃度之發生

機率為目的進行大型點污染源之監測站的規劃設計，決定可能設立的站數與位置。Arbeloa (1993) 以假想碳酸鹽工廠監測站可偵測範圍最大及超出法規標準最大為主要考量。根據特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準（行政院環保署，2006）中，規定特殊性工業區要設立空氣品質監測中心以及至少四個監測站。因此 Kao and Hsieh (2006) 進一步以 1. 偵測潛勢機率最高；2. 偵測累積濃度最大；3. 監測站網總面積最大及 4. 保護人口最多這四項目標分別以 4-7 站進行工業區監測站網的規劃。然而針對目標污染源進行監測時，可能同時也會受到其他污染源的影響，使得在判斷目標污染量的變化與防治污染設備的成效上，缺乏有力的代表性而造成困擾。因此，進行監測站網規劃時亦需要考量和其他污染源之間的相關性。

劉 (1991) 認為監測站網的最佳位置需要考量到較不被其他污染源混淆。白 (1999) 在進行監測點選擇時，避開有人為干擾因素以及瞬間高濃度汽機車排氣的地方，以提高監測資料的代表性。程等 (1997) 在針對中部地區空氣品質監測系統之比較中，指出監測站受到附近污染源干擾，會導致監測濃度值偏高，以及大幅度監測數值的變動。黃 (1999) 更將監測的污染源是否大都來自於交通污染，作為評估交通類空氣品質監測站評估項目之一。Carty et.al. (2003) 進行監測站設置時，考量附近 50 公尺沒有明顯干擾污染源（如工廠、建築工地、電廠等）以避免監測數值之干擾。張 (2000) 指出監測站網應有益於防制對策效果之判定，使監測站所得數據能夠反映目標污染量以利於後續污染防制成效的評估。因此謝 (1997) 在多目標規劃站網中，加入了受工業區外污染影響最小的目標，並建立兩種模式。但是由於可能是因為區外的污染源環繞著工業區，使得工業區的污染範圍都會受到區外污染的影響，以致於此兩種模式所得站址皆落於污染區上風處，只能作為背景濃度用途而無法反映工業區污染造成的濃度分佈。Kenneth (2000) 指出監測站應能反映監測污染源和受體之間相關性以及目標污染源對區域空氣品質的影響。因此本研究擬重新思考反映污染

源和受體之間相關性，並以工業區污染源的貢獻比例，試著建立避免工業區外干擾且能反映出工業區貢獻量的監測站優選模式，並分別探討和比較和所發展之監測站網優選模式之可行性與適用性。



第三章 研究方法

3.1 研究流程

本研究之重點針對工業區的連續式空氣品質監測站網，進行季節性測站的優選策略以及建立避免區外污染源干擾的優選模式。本研究之研究流程如圖 3.1 所示，主要先進行資料的收集與整理，以及 ISCST3 空氣品質模式建立，並進行風場分析與季節分季獲得不同季節下的優選策略，以及建立受工業區外影響最小的優選模式，最後並分別進行案例示範與結果討論。以下將針對本研究所需進行相關工作逐一進行說明。

3.2 資料收集與整理

本研究針對研究需求及建立一個供研究使用的合理虛擬案例區，因此分別收集了相關資料，以建立合理的研究案例，以利空氣品質模式之模擬與建立監測站網優選分析，所收集的相關資料包括：

1. 相關文獻：為對過去相關研究內容有所瞭解，收集過去有關空氣品質監測，探討季節風場與空氣品質間的相關性以及空氣品質監測站網的規劃研究的國內外文獻，並據此探討優缺點。
2. 案例區資料：包含空氣品質監測站全年逐時監測資料，氣象資料與污染源排放資料。模擬污染物的濃度分佈時需要相關氣象資料，本研究示範案例由氣象資料中的風速、風向、大氣穩定度、混合層等資料決定污染物合理的空間分佈。

3.3 ISCST3 空氣品質模式

本研究所採用的空氣品質模式為 ISCST3 (USEPA,1995) 煙流擴散模式。ISCST3 model 是屬於高斯型的空氣品質模式。建議的適用範圍為單一地形之鄉村或都市地區傳輸距離在 50km 以內，而模擬時間可從短期 (1 小時) 至長期 (1 年)。並模擬空氣污染物的濃度分佈以作為規劃空氣品質監

測站網評選依據（行政院環保署, 2006）。此法在使用上十分方便，應用在國內實行環境影響評估已有多數之經驗。本研究中案例區假想污染源為點源，並配合逐時的氣象資料，求出受體格點逐時的濃度變化，並進行相關資料處理以產生優選模式所需的相關變數資料。

3.4 季節性考量監測站網優選（Seasonal Detection capability, SDC）

本研究將首先分析整年風場資料中季節的風場型態，並根據分析結果進行季節的分季與監測站址的分配權重考量。接著結合 ISCST3 空氣品質模式模擬季節風場下的污染分佈，決策較合適設置監測站的地點；並加以比較其結果。以下逐一說明之。

3.4.1 季節性風場分析

風場資料的季節性循環變動，主要是由於四季不同的氣候造成，為了評估空氣品質監測站是否應該考量季風的變動，首先進行每個月的風場分析，以看出是否有明顯的季節變化週期。根據分析各月之風場，可以瞭解整年風場的變化情形。而考量季節性因子的目的在於對於某些特殊風向的季節也可以有效的監測。並且增加有效資料量與保護為目的，對於各月風場風向並無太明顯的變動時，則不需要考量季節性影響，然而台灣普遍具有冬季以東北風為主，夏季則為西南風的風場特性，因此本研究參考 Kao and Bau（1996）的分季方法，藉由風場特性的分析，決定出不同季節下主要的風場以及空氣污染分布影響以提升當季監測站網監測的效能，並以不同季節中其主要風向比例佔 50% 以上作為一個合理的判斷依據，使得藉由分季能夠讓不同季節能有明顯的季節特徵風向。並選擇以分兩季的方式，避免分太多季節造成所決策之監測站效能降低而浪費經費。首先對不同季節的風場方式分別進行模擬，本研究季節性風場分析分季流程圖如圖 3.2，其分析步驟如下：

步驟一

取得逐月的風場資料並分析東北風向和西南風向的比例。

步驟二

從 12 個月份中，選擇當月西南風向比例最高的月份為初始西南季節，其餘 11 個月份則為以東北風向為特徵風向的初始東北季節。

步驟三

將與西南季節相鄰的兩個月中，西南風向比例較高的月份併入初始西南季節為新的西南季節，並將步驟二的東北季節減去併入西南季節的月份，得到新的東北季節。並分析不同季節下東北風向和西南風向的比例。

步驟四

重複步驟三，直到西南季節中的西南風向比例超過且最接近 50%，則結束分季。並進行此種分季下，不同季節的空氣品質模擬以得到污染分佈。

根據以上步驟分析所獲得最適合的分季，能將全年複雜的風場劃分成兩個能反映季節濃度分佈較單純的風場。使得在不同季節下，監測站網設置時能更有效的掌握其主要的風向。並根據兩種季節月份長短比例，分配最適合監測站數作為其季節下足以反映出其污染濃度分佈所需要的監測站數。以利後續進行不同季節下監測站網優選。

3.4.2 偵測潛勢區域機率最大優選模式 (Detection Capability, DC)

本研究利用 Kao and Hsieh (2006) 所提出的偵測潛勢區域機率最大模式 (DC) 為基礎，結合季節性風向的影響，決策可更合理監測污染源之站網。由於污染物經過大氣擴散等效應，地表污染物濃度與污染源之間的分佈關係大致會如圖 3.3 所示呈類似鐘形分佈 (Kao and Hsieh, 2006)，而使周圍區域之污染潛勢程度不同。Noll (1977) 指出合理的監測站位置應該設於潛勢區域 (Potential Zone) 內。潛勢區域之定義是參考發生最高濃度的位置所定出，並以最高濃度的 90% 決定出潛勢區域的範圍。然而以此判定標準可能未達到預警及未能掌握惡化區的目的，因此 Kao and Hsieh

(2006) 利用恕限值 (Threshold Value) 的偵測濃度劃定潛勢區域，使監測站址能設在潛勢區域以掌握高污染濃度的分佈。本研究參考 Kao and Hsieh (2006) 並將恕限值訂為年平均標準 30ppb 的 1.5 倍，45ppb。Kao and Hsieh (2006) 根據潛勢區域的概念，建立偵測潛勢區域機率最高的模式，其模式如下：

$$\text{Max } o_d = \sum_{i=1}^I d_i \dots\dots\dots (1)$$

S.t.

$$d_i \leq \sum_{j \in M_i} y_j \quad \forall i \dots\dots\dots (2)$$

$$\sum_{j=1}^J y_j \leq Q \dots\dots\dots (3)$$

$$0 \leq d_i \leq 1 \quad i=1, \dots, I \dots\dots\dots (4)$$

$$y_j = (0,1) \quad j=1, \dots, J \dots\dots\dots (5)$$

其中 d_i 表示第 i 小時煙流是否被偵測到中超過恕限值之 0-1 變數，超過恕限值時 d_i 為 1，未超過則為 0。由於整數限制式會增加運算的負擔，因此這裡將(4)式寫成 $0 \leq d_i \leq 1$ 。 y_j 表示在第 j 號格點上是否設立監測站的(0,1) 整數， M_i 表示第 i 小時煙流中污染物濃度大於恕限值之格點集合。 I 表示煙流的總數目， J 表示可能設立監測站位置的總格點數， Q 表示可能設立監測站的總站數。(1) 式為本目標的目標式，其中 d_i 代表煙流是否被偵測到超過恕限值，如果 $\sum_{i=1}^I d_i$ 的值越高表示被偵測到超過恕限值的煙流小時數越多。(2) - (3) 式為本目標的限制式，(5) 式表示第 j 號格點上是否設站為 0-1 變數。而 (2) 式中如果 M_i 格點集合中有設立一個以上的適合監測地點，則 $\sum_{j \in M_i} y_j$ 會大於等於 1，但因為 (4) 式使得 d_i 非 0 即 1，為 0-1 變數代表第 i 小時煙流是否被偵測到超過標準。(3) 式表示於整個案例區內

可以設立的總監測站數。

由於此模式能夠反映出潛勢區域超出標準機率最大的污染範圍，因此本研究將配合前述季節性風場分析程序，獲得最適合的分季以及其分別反映不同季節下污染分佈的欲設置監測站數目，先進行較長月份季節（東北季節）進行 ISCST3 模擬得到其污染濃度，配合東北季節的欲設置監測站數，進行偵測潛勢機率最大的優選以獲得足以反映當季污染分佈的監測站網。再以同樣步驟進行另一季（西南季節）的監測站址優選。最後將兩季所獲得之監測站網組合起來，即完成考量季節性所得的優選監測站網。在後續研究結果中，會將考量季節性優選策略和原先以全年風向考量集中於全年特定盛行風向下的優選結果進行分析與討論。

3.5 考量區外影響監測站網優選

謝（1997）在研究中為解決受區外污染影響的問題，提出以區外和區內比例最小為概念的模式。其模式如下：

$$\text{Min } o_e = \sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^I \frac{OC_{ij}}{IC_{ij}} \right) * y_j \dots\dots\dots (6)$$

S.t.

$$\sum_{j=1}^J y_j \leq Q \dots\dots\dots (7)$$

$$y_j = (0,1) \quad j=1, \dots, J \dots\dots\dots (8)$$

其中 IC_{ij} 為只考量區內第 i 小時煙流第 j 號格點的污染物濃度。 OC_{ij} 為只考量區外第 i 小時煙流第 j 號格點的污染物濃度。(6) 式為目標式，表示區外與區內污染源影響的比例。 $\frac{OC_{ij}}{IC_{ij}}$ 或是 y_j 越小，會使得目標式

$\sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^I \frac{OC_{ij}}{IC_{ij}} \right) * y_j$ 會越小，代表受區外污染源影響越小。(7) 式表示如同

前述(3)式，(8)式表示如同前述(5)式，由於謝(1997)的案例中，發現此模式與偵測潛勢區域頻率最大與累積濃度最高這兩項目標有明顯衝突，以該目標所規劃出的測站可做為上風處背景濃度測站。進一步探討其案例，發現工業區外的污染源散布並包圍住工業區，導致區外的污染影響範圍涵蓋了工業區的影響範圍，而在全年盛行風下風處所設置的監測站，皆會受到區外污染源的影響，所以此模式的驅動力(driving force)為使區外與區內污染源影響的比例最小，將驅使站址落至工業區的上風處。然在上風處設置測站並不能有效反應出區內污染源的影響變化，因此只能作為背景濃度的監測站。

3.5.1 受區內佔全區污染源貢獻比例最大 (Internal Contribution, IC)

由於上述目標式中會使區外影響盡可能小，但是卻沒有足夠的驅動力使區內影響的程度盡可能的大，因此導致模式驅使站址遠離區外影響的範圍而落到受區外影響最小的地方。並為了改善此模式的問題，使得監測站能有效的反應出區內污染源的影響，因此反過來思考改以盡可能反應區內污染源影響最大的地方並避免監測站受到區外污染源的影響，並能反映出

區內污染源影響為考量而將目標式改寫成 $\text{Max } o_{er} = \sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^I \frac{IC_{ij}}{OC_{ij}} \right) * y_j$ ，然而

此目標式可能因為 OC_{ij} 值過小而導致所獲得 $\frac{IC_{ij}}{OC_{ij}}$ 值的誤差。此外在監測

時，所獲得的數據是區內和區外污染源共同影響，而上述目標式亦沒有指出區內污染源貢獻量和監測值的相關關係，較沒有其物理意義。因此需要加以修改此模式，使決定的監測站盡可能有效反映區內污染源影響，並且能呈現區內污染貢獻量與監測值的比例，以提供決策者有關區內污染源可能的貢獻量，進而做為決策的參考依據。綜合以上的探討，進一步提出修正的模式如下：

$$\text{Max } o_{pr} = \sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^I \frac{IC_{ij}}{RC_{ij}} \right) * y_i \dots\dots\dots (9)$$

S.t.

$$\sum_{j=1}^J y_j \leq Q \dots\dots\dots (10)$$

$$y_j = (0,1) \quad j=1, \dots, J \dots\dots\dots (11)$$

其中 RC_{ij} 是區內和區外一起第 i 小時煙流第 j 號格點的污染物濃度。(9)

式為目標式， $\frac{IC_{ij}}{RC_{ij}}$ 值代表出區內污染源濃度和監測所得數據之比例上的關

係，其值越大代表區內污染源貢獻和監測所得的數據的比例越大。此外

$\sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^I \frac{IC_{ij}}{RC_{ij}} \right) * y_j$ 值越高表示反映區內污染源濃度的比例越高，並確保監測

站址能位於工業區下風處。(10) 式表示如同前述 (3) 式，(11) 式表

示如同前述 (5) 式。此模式利用 $\frac{IC_{ij}}{RC_{ij}}$ 的比例，可以根據監測所得資料值，

依照其貢獻比例推估出區內污染源的貢獻量，以其掌握污染變化，選擇出

監測區內污染源影響最大且區外污染源影響最小之監測站址。在後續研究

中將會探討此目標式的優選結果與適用性。

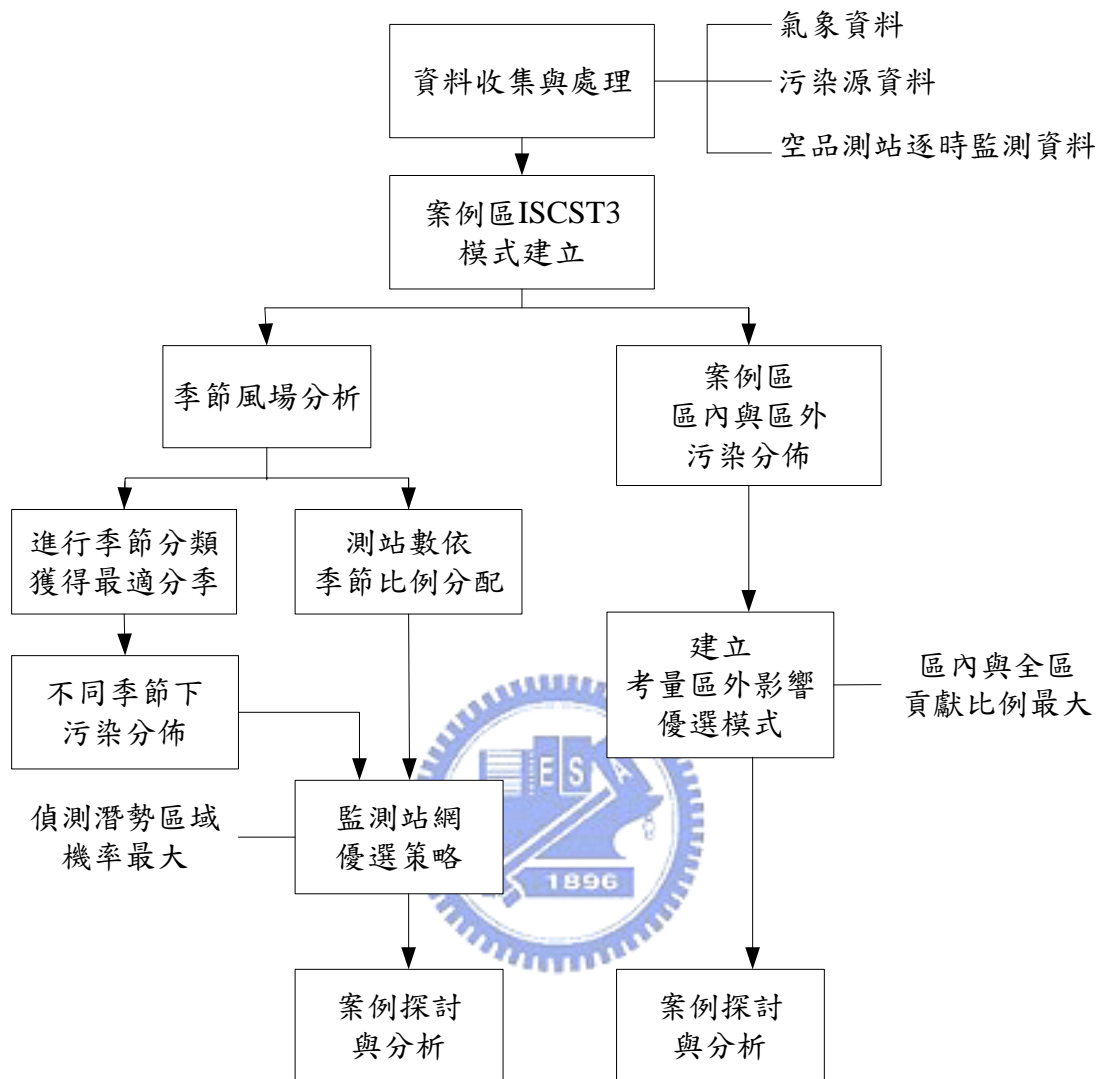


圖 3.1 研究流程圖

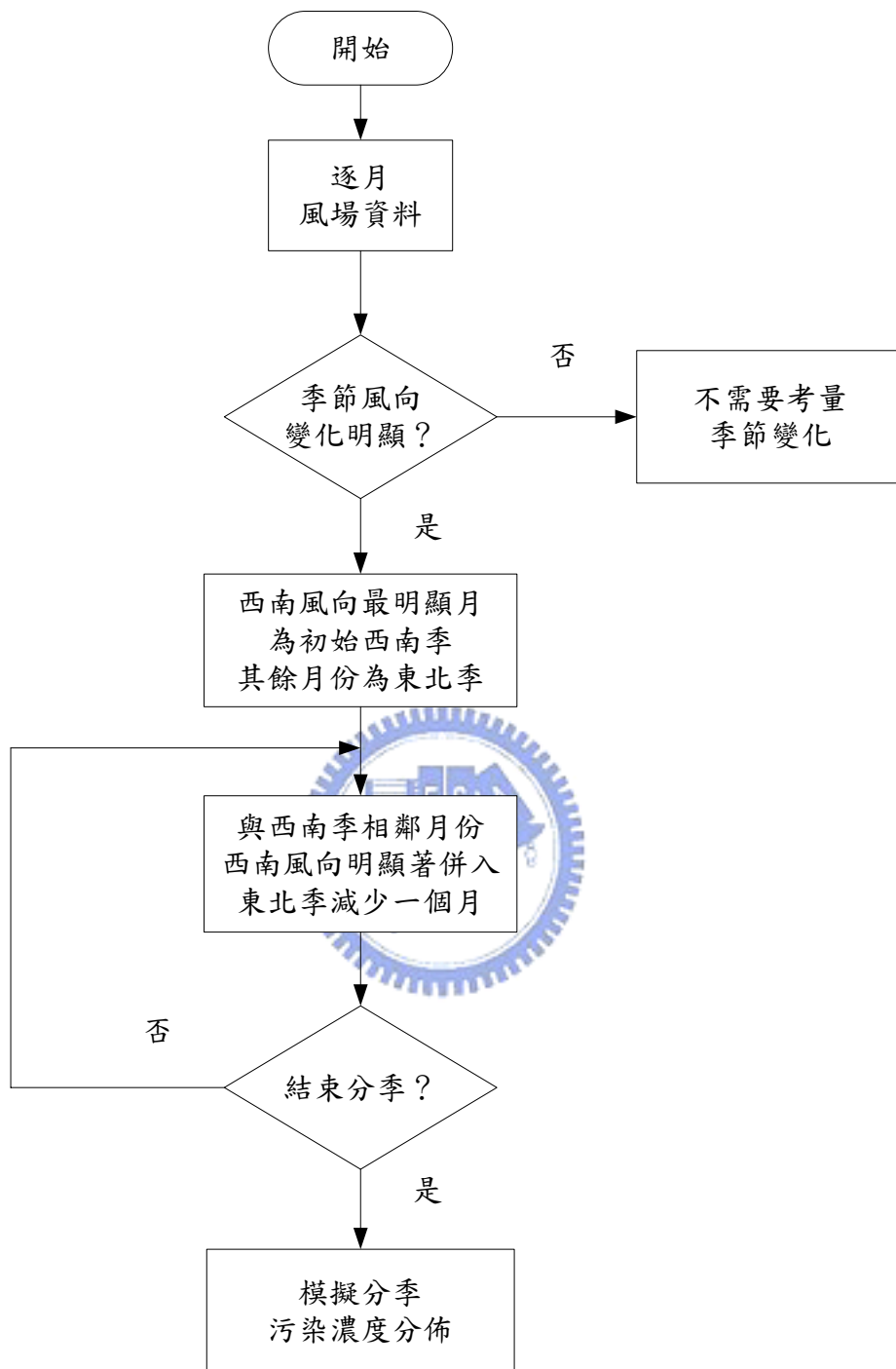


圖 3.2 季節性風場分析分季流程

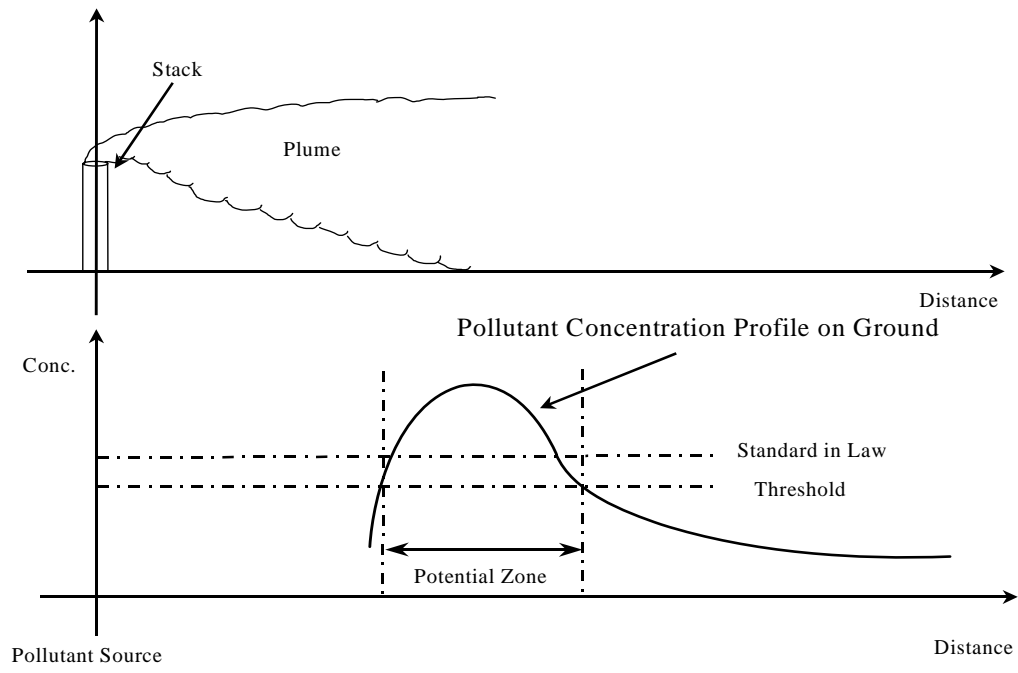


圖 3.3 潛勢區域定義圖



第四章 案例探討

4.1 案例區背景資料說明

謝(1997)曾以頭份工業區周圍進行空氣品質監測站網的規劃，但是由於此工業區周圍的區外污染源分佈環繞工業區，使得區外污染影響範圍籠罩著工業區造成的污染範圍，較不適合進行探討區外污染影響最小的模式，因此本研究改以一假想的石化工業專區(Industrial District)為案例，以案例區之排放SO_x作為監測目標污染物。並配合1998年環保署頭份監測站的氣象資料進行ISCST3空氣品質模擬。結果發現此工業區的最大污染濃度影響範圍多在距離工業區5公里範圍以內。因此以工業區為中心，向東西南北四個方向各延伸5公里作為案例示範範圍。由案例示範範圍中，每500m為間隔劃分成21*21=441個格點。由於案例示範範圍中包含工業區及其緩衝地帶，因此將這部分不需要設立監測站的候選格點刪除。案例區污染源分佈，候選設站與編號對應位置及如圖4.1所示。案例示範範圍中的SO_x污染源除了工業區內的污染源之外，並在工業區外東側有SO_x污染源散佈。其污染源的排放資料如表4.1。本研究使用1998年環保署頭份監測站監測資料做為作為案例的氣象資料進行風花圖的繪製與季節風場的分析。並配合1998年中央氣象局板橋站探空資料和案例示範範圍中污染源排放資料進行ISCST3空氣品質模式模擬。

4.2 空氣品質模式建立

空氣品質模式之建立包括：1.相關氣象檔之建立及模式參數設定，2.模式模擬輸出結果統計整理，其詳細步驟說明如下：

1. 相關氣象檔之建立及模式參數設定

本研究採用環保署頭份監測站1998年的逐時監測資料，並配合1998年間板橋地區探空資料以相關程式進行處理，獲得風速、風向、大氣穩定

度混合層高度之資料，產生執行 ISCST3 模式模擬所需要的氣象資料檔以決定出污染物的空間分佈。有關於本研究使用模式的控制參數如表 4.2 所示。

2. 空氣品質模式模擬與輸出結果統計整理

本研究以工作站進行整年逐時空氣品質模式模擬，模式模擬後所產生的輸出檔經由自行撰寫的相關程式進行處理以產生受體格點逐時濃度資料，受體格點超出恕限值次數資料等優選模式所需的相關變數資料以進行後續之優選規劃。

4.3 恕限值與站數選取

本研究採用了 Kao and Hsieh (2006) 中提出的偵測潛勢區域機率最高 (Detection Capability) 的模式，而模式所使用的恕限值 (threshold value) 的意義與功能已於前一章介紹。在本研究的案例中以空氣品質標準中二氧化硫年平均標準值 30ppb 的 1.5 倍，45ppb 作為研究使用的恕限值。根據特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準(行政院環保署, 2006) 中，規定特殊性工業區要設立空氣品質監測中心以及至少四個監測站。站數的多寡會影響到設置的成本，設置的位置也會因為站數的不同而有所異動。因此本研究在規劃之前先確定所要設置之總站數，並以可能設置的站數分成四至八個站，分別代入模式進行求解。此外劉 (1991) 認為設站之較佳位置中需考量乾淨空氣之背景濃度位置和盛行風上風處背景濃度位置，Kao and Hsieh (2006) 並建議上風處至少設立一站以確保監測站網能瞭解污染物的背景濃度做為工業區監測站污染防制成效的評量基準。因此本研究進行以偵測潛勢區域機率最高為目標的優選規劃並參考 Kao and Hsieh (2006) 以格點累積濃度佔案例區內累積濃度 1% 以下之格點尋找出工業區上風處，設置背景監測站。進行季節性分析時，則依照分季的步驟

所獲得的最適合的分季與其比例分配站數代入模式優選。而在探討區外污染源影響中，以新增監測站不需要位在已存在監測站的監測範圍中的原則，以四到八個站數進行 IC 模式的優選規劃。

4.4 結果與討論

4.4.1 季節性考量監測站網優選 (SDC)

1. 季節分季結果

圖 4.2 為全年之風花圖的結果，由圖中發現，本案例示範範圍中，東北風向占全年的多數，由於季風的變化，而有一部份是西南風向。由圖 4.3 逐月風花圖中可以得知在四月和五月則是同時吹著東北風和西南風，在六到八月則是以西南風和南風為主要風向。其餘月份以東北風和北風為主要盛行風向。從逐月的風花圖中發現，西南風向為主的月份比較少，因此以西南風向比例最高的七月作為初始的西南季節，其餘十一個月份為東北季節。圖 4.4 為不同分季之風花圖。並根據此分季所得到的季節風場資料進行分析，求出此種分季情況下的不同季節的風向比例，其分季之風向分析資料如表 4.3。比較六月和八月的西南風向比例（61% 和 39%），將西南風向比例較高的六月併入為新的西南季節（共兩個月），並將東北季節減去六月後為新的東北季節（共十個月）並繪製季節風花圖如圖 4.4 所示，同樣再根據此種原則分析季節風場資料與風向比例，不斷增加西南季節的時間和減少東北季節的時間，其不同分季之風向分析資料如表 4.3。在分季過程中發現從五到八月作為西南季節時，其西南風向的比例仍然超過 50%。而東北季節的東北風向比例亦超過 50%，從圖 4.2 中看出雖然在四月份亦有一定比例的西南風向，但是若將四月納入西南季節後，雖然東北季節的東北風向比例超過 50%，但是西南季節的西南風向比例則低於 50%。因此從以上的風場分析結果中，選擇五月到八月為西南季節，應該是較適當的分季時間，此分季結果和一般認為從六月到八月以西南風為主

的夏季略有差異。然而此種分季方式所得的結果，有效的將整年的風場，畫分成兩個有明顯主要風向的季節風場。並分別展現出其季節風向下污染的分佈。有助於針對其污染濃度分佈進行監測。在考量季節進行監測站數分配時。由於東北季節和西南季節的時間長度是二比一（八個月比四個月），並且從圖 4.2 發現全年風場東北風和西南風的比例也約為二比一（43% 比 21%），因此選定為總數三分之一的站數作為西南季節風的優選分配站數。依其比例之分配站數如表 4.4。

2.DC 和 SDC 優選結果之差異性

應用 DC 和 SDC 優選模式以總站數四到八站所得的站址結果如圖 4.5 到 4.9 所示，其背景深淺代表超出標準的次數，愈深的顏色代表整年中超出標準的次數越多。DC 和 SDC 的優選結果分別列於表 4.5 和 4.6，發現以 DC 為目標進行優選的監測站址集中在工業區的西南側，隨著站數增多至八個站時，其監測站仍然集中在工業區的西南側。此優選結果應是受全年主要風向為東北風向的影響，然此監測站網分佈較為集中，而且在西南季節時，監測站網都會變成位在工業區上風處，所獲得的資料並無法反映出西南風向下工業區造成的污染分佈與影響。此外在選擇污染累積濃度百分之一以下之格點設立背景監測站時，由於季風變化明顯，導致背景濃度監測站落於全年被風向吹到最少的地方，如圖所示之 209 號候選站址。而 SDC 的優選站址結果中發現監測範圍能包含在監測站季節主要下風處，如以決策站數為 4 時位在工業區東北側所選取之 113 114 155，以及為監測西南季節污染所選定之 310，位在工業區東北側和西南側的監測站可互做作為其季節變換時的背景資料站。

進一步比較 DC 和 SDC 兩模式所決策之監測站網偵測超過標準的污染濃度分佈，此兩種結果在全年能偵測到東北風向超過標準次數比例如圖 4.10 所示。發現 DC 所得結果的比例在總站數為四個站時和 SDC 的結果相同，在總站數五到八的結果中略高 SDC，最大差距到百分之十七，最小差

距為百分之一。推測是因為 SDC 在工業區西南側的站數少於 DC 的站數所導致。DC 從總站數七站變成八站時，偵測的比例僅提高 6%，因此得知 DC 在總站數七站之後，增加站數對提升偵測比例的成效不明顯，可能因研究案例之東北風向較為集中，而測站密度已經較大，因此可改善的程度相對較為有限。總站數為七時，SDC 亦因可設置在西南方向的測站數較多，因而有效提昇監測次數，與 DC 所決策測站之監測次數比例僅差距 10%，SDC 仍然能偵測東北風向下超過標準的比例超過 70%，因此代表 SDC 能夠有效的監測東北風向下的污染流佈。

若以偵測到西南風向超過標準的比例而言，由於 DC 並沒有監測站能偵測西南風向的污染，因此 SDC 能夠得到在西南季節下的污染分佈變化如圖 4.11 所示。SDC 之偵測比例皆隨著站數增加而增加，從表 4.4 中得知 SDC 在總站數五、六和七站的情況下，偵測西南風向超過標準的監測站數皆為二，因此在西南風向偵測比例並沒有變動，都是 33%。在總站數八個站時，偵測西南風向監測站數提高為三個，因此偵測到超過標準的比例提高 49%，由此結果可以看出 SDC 能有效提供西南風向下污染物分佈的資料。

圖 4.7 為全年總偵測到超過標準比例的比較圖，發現總站數為四和五站時，SDC 其監測超出標準的比例較 DC 略佳。推測是因為在以 DC 為考量設置監測站網時，有設置一背景監測站，然而背景監測站能偵測到的超過標準的次數很少，而 SDC 的監測站址中，位在工業區東北側的監測站址能偵測到西南風向下較多的超過標準次數，而且工業區兩側的監測站網恰好能在互相作為季節變化時的背景監測站。在總站數增加為六、七和八站時，DC 的總偵測比例則較 SDC 為佳。推究其原因，是因為全年東北風向的時數遠多於西南風向，此外在東北風向時超過標準的頻率較高，而 SDC 在東北風向下的站數少於 DC 所導致。但是由於 SDC 的監測站增加了偵測到西南風向超出標準的比例，所以從圖中發現兩種目標式結果差異很小，

僅在 2%之內。因此 SDC 在總監測超過標準的比例只略微減少，而能有效反映出全年超過標準的次數。然若單以監測西南風向下污染的結果來看，則 SDC 可以達到更好的效果。由分析結果中發現，SDC 在兩種主要風向上都有設置監測站，因此在監測主要風向上的污染時，相反風向上的測站則可當作背景測站，而無須另行設置一個背景測站，因而可以有效的評估工業區的防制成效，並提升監測站網的代表性。

4.4.2 考量區外影響監測站網優選

1. 受區內佔全區污染源貢獻比例最大 (IC) 優選模式結果

圖 4.13 和圖 4.14 分別為區內污染源和區外污染源的污染累積濃度分佈圖，由圖中可以發現區內和區外的污染分佈有著相當差異，而在工業區南方會有相當大的重疊。若監測站網結果落於工業區的南方，會導致監測資料受到區外污染源的干擾，而使得監測的結果無法判斷高污染的主要來源。本研究所提出之區內貢獻比例最大優選模式其優選結果與站址對應編號如表 4.7 所示。圖 4.15 則是為總監測站數為四時 IC 優選結果的分佈圖，其背景為工業區的污染累積濃度，網格顏色越深代表累積濃度越高。從 4.15 圖中發現，IC 所選取的測站如 148 171 173 和 193，位於工業區西南方累積濃度較高的地區。對照區外累積濃度分佈圖中發現，南方的高濃度區受區外污染源的干擾嚴重，因此優選結果避開並南方受區外影響高的範圍。監測站反映工業區濃度的比例如表 4.8。當監測站數為四站時，反映工業區的比例平均為 84%。總站數五站到八站的 IC 的優選結果如附錄之圖 1.1 到 1.4 所示，其優選結果反映比例平均如附錄表 1.1。

2. DC 與 IC 優選結果之差異性

由於前述 DC 模式優選結果皆落於工業區的南方的高濃度區，此地區會受到區外污染源的干擾，在 DC 總監測站數為四的時候，其監測站網反映工業區的比例平均只有 50%，代表若只考量工業區的污染而選擇監測站

址時，其獲得的監測值將會受到區外污染的嚴重影響，使得在判斷防治污染設備成效以及污染責任歸屬上，無法提供有力的證明。IC 總監測站數四站的時候，監測站網得到污染濃度來自工業區的比例平均有 84%。代表所得到的數據，較能反映出來自工業區所造成的污染。探究 IC 模式發現模式驅使監測站往受區外污染源影響小的方向遠離，但是由於模式中要使區內濃度最大，因此驅使監測站向區內影響大的方向夾擊。結果落在工業區西南側中區內濃度高，且區外影響小的部分，故以此目標式所求得的監測站址較能反映出工業區內的污染物。但是由於此模式是盡可能使監測站能測到工業區內貢獻比例最大，因此導致集中在區內濃度高但是區外影響少的地方，造成此原因是因為工業區外污染源影響範圍與工業區內污染影響範圍並不相符，以避免在規劃時造成的差異。此外，當工業區內外污染分佈及影響範圍重疊性過高，可能使所設置的監測站趨向於污染濃度分佈較低的位置，反而降低監測代表性。



表 4.1 案例區污染源排放資料

	年排放量 (公噸)	煙囪高度 (m)	排氣速度 (m/s)	口 徑 (m)	排氣溫度 (k)
工業區污染源	822.65	20-50	12-15	1-2	520-600
區外污染源	250.71	15-30	12-15	0.5-1.5	520-600

表4.2 ISC模式相關參數設定

	參數項目	參數值
控制參數	使用內定值與否	DFAULT
	指定計算類型	CONC
	城鄉型態	RURAL
	模擬平均時間(小時)	1

表 4.3 不同分季下東北風向和西南風向比例

	西南季 (7 月)	西南季 (6-7 月)	西南季 (5-7 月)	西南季 (5-8 月)	西南季 (4-8 月)
西南風向 比例(%)	64.9	61.5	55.6	51.45	45.6
東北風向 比例(%)	3.1	7.9	12.8	12	14.5
	東北季 (11 個月)	東北季 (10 個月)	東北季 (9 個月)	東北季 (8 個月)	東北季 (7 個月)
東北風向 比例(%)	47.3	50.7	53.9	59.6	64.5
西南風向 比例(%)	17.5	13.5	10	6.3	4.1

表 4.4 季節性考量站數分配

	總站數 4	總站數 5	總站數 6	總站數 7	總站數 8
東北季 分配站數	3	3	4	5	5
西南季 分配站數	1	2	2	2	3

表 4.5 偵測潛勢區域機率最大優選結果

DC	優選站址編號
總站數= 4	114、115、134、209
總站數= 5	114、115、134、175、209
總站數= 6	114、115、133、134、196、209
總站數= 7	93、94、133、134、135、196、209
總站數= 8	93、94、133、134、135、175、209、216

表 4.6 季節考量偵測潛勢區域機率最大優選結果

SDC	東北季節 優選站址編號	西南季節 優選站址編號
總站數4	114、115、134	310
總站數5	114、115、134	310、330
總站數6	114、115、134、154	310、330
總站數7	93、94、134、135、154	310、330
總站數8	93、94、134、135、154	310、330、371

表 4.7 區內貢獻比例最大優選結果 四個站

區內貢獻比例最大	優選站址編號
總站數=4	148、171、173、193

表 4.8 監測站網反映工業區內濃度比例平均 四個站

反映工業區濃度比例(%)	區內貢獻比例最大	潛勢偵測機率最大
總站數 4	83.7	50.3



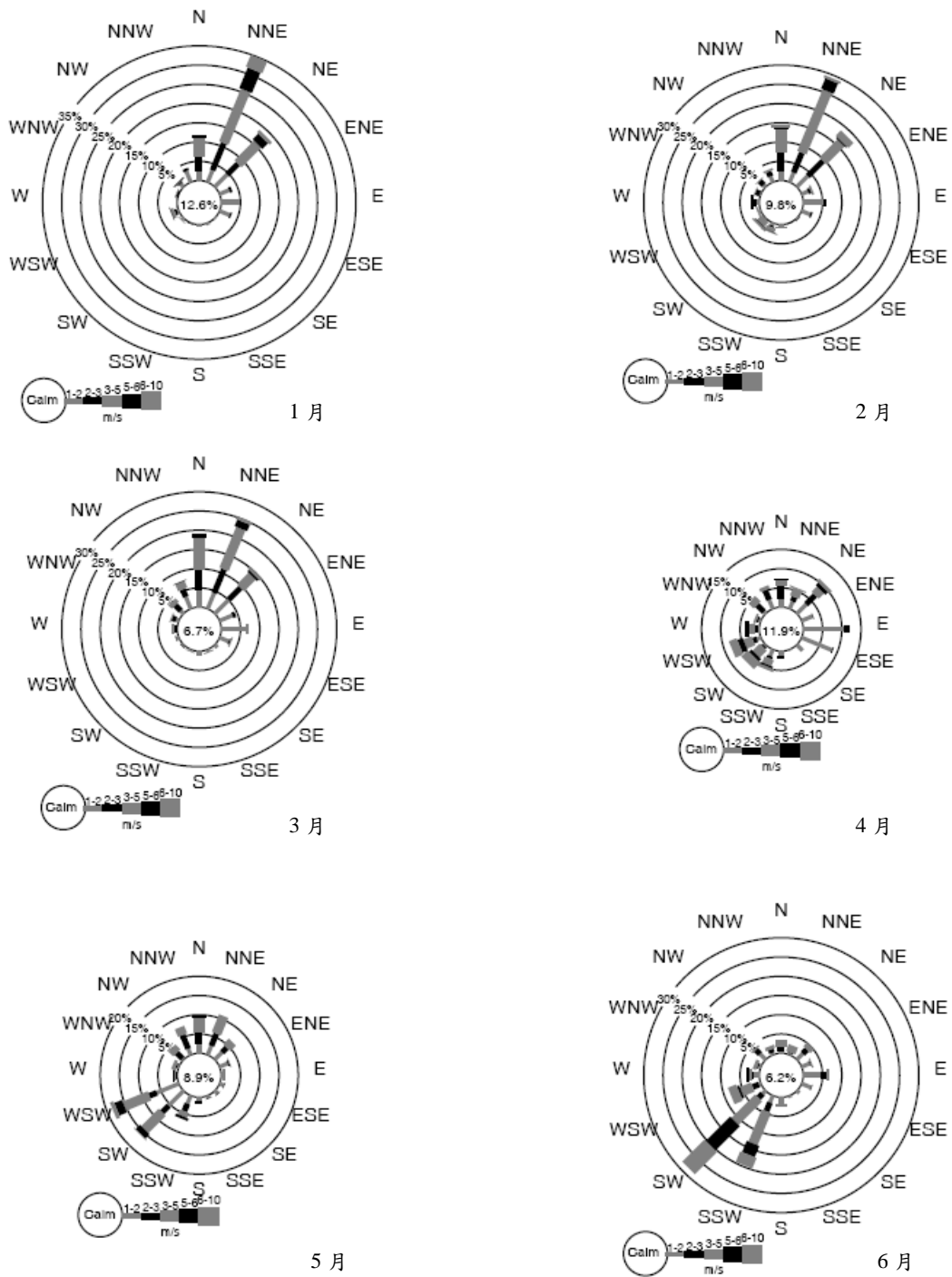


圖 4.3 案例區逐月風花圖

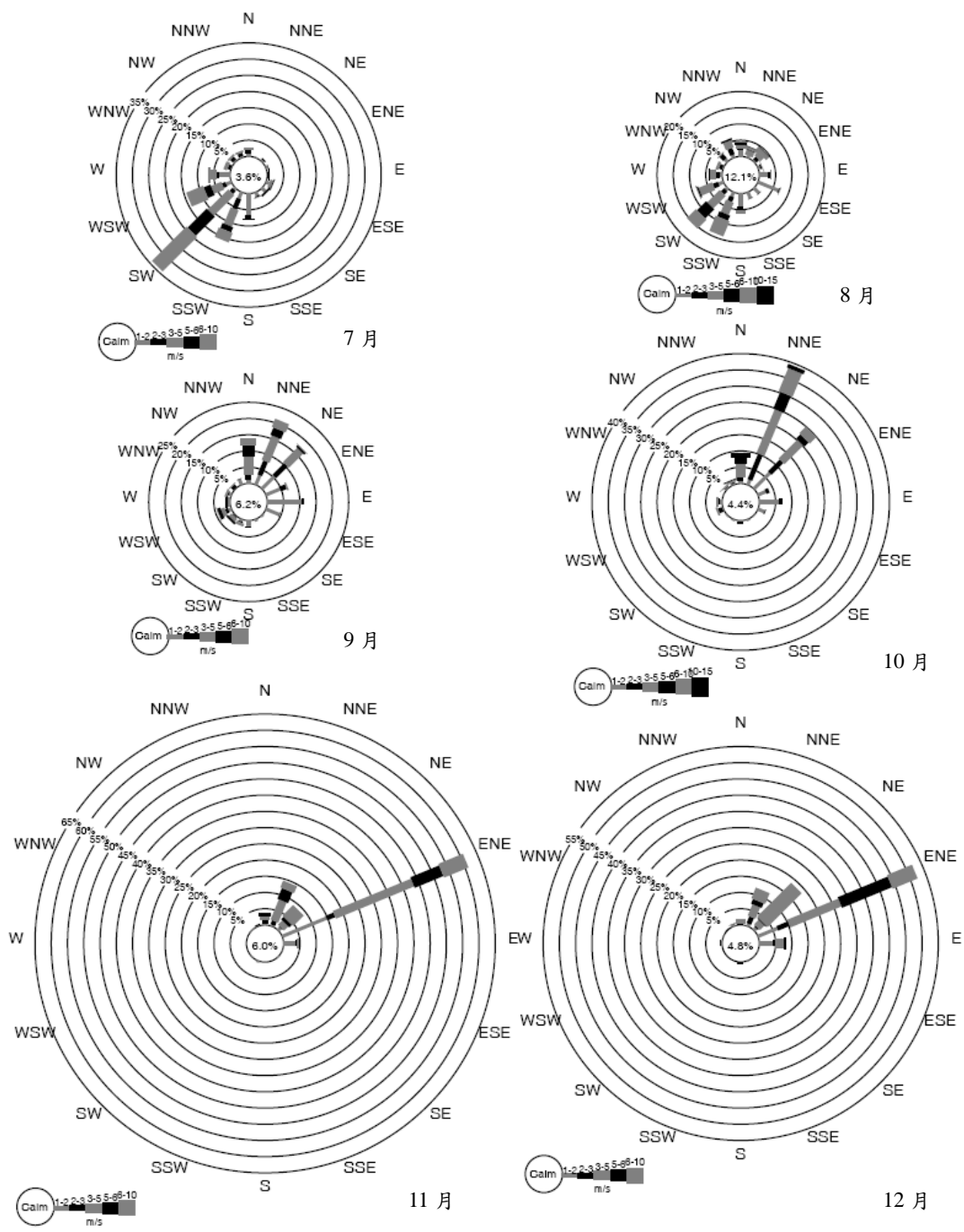


圖 4.3 案例區逐月風花圖 (續)

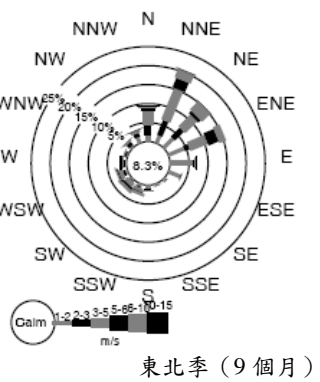
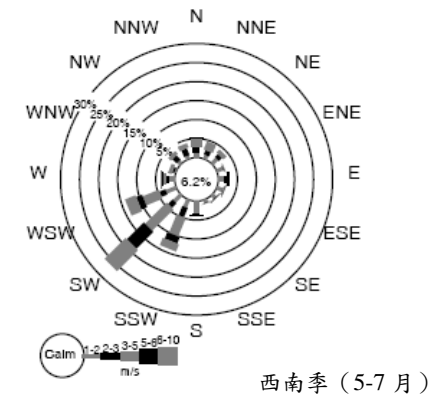
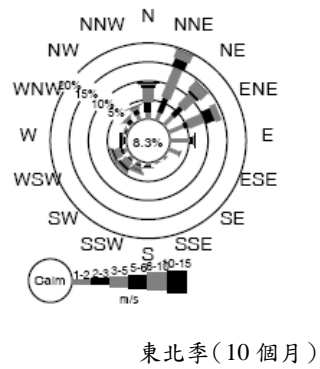
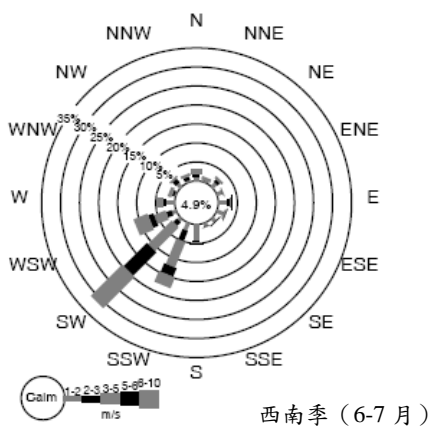
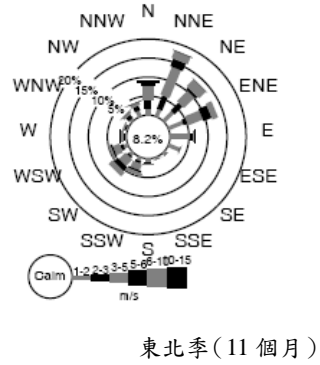
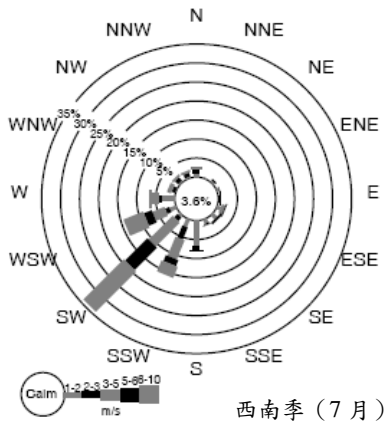
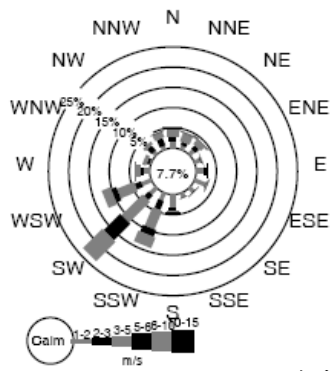
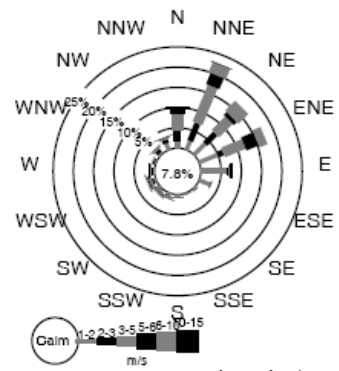


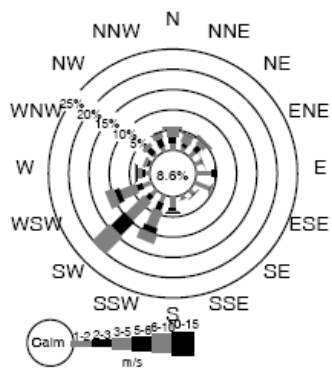
圖 4.4 案例區分季風花圖



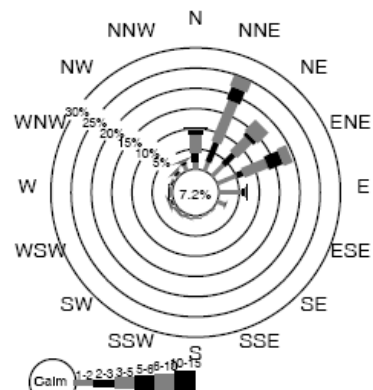
西南季 (5-8 月)



東北季 (8 個月)



西南季 (4-8 月)



東北季 (7 個月)

圖 4.4 案例區分季風花圖 (續)

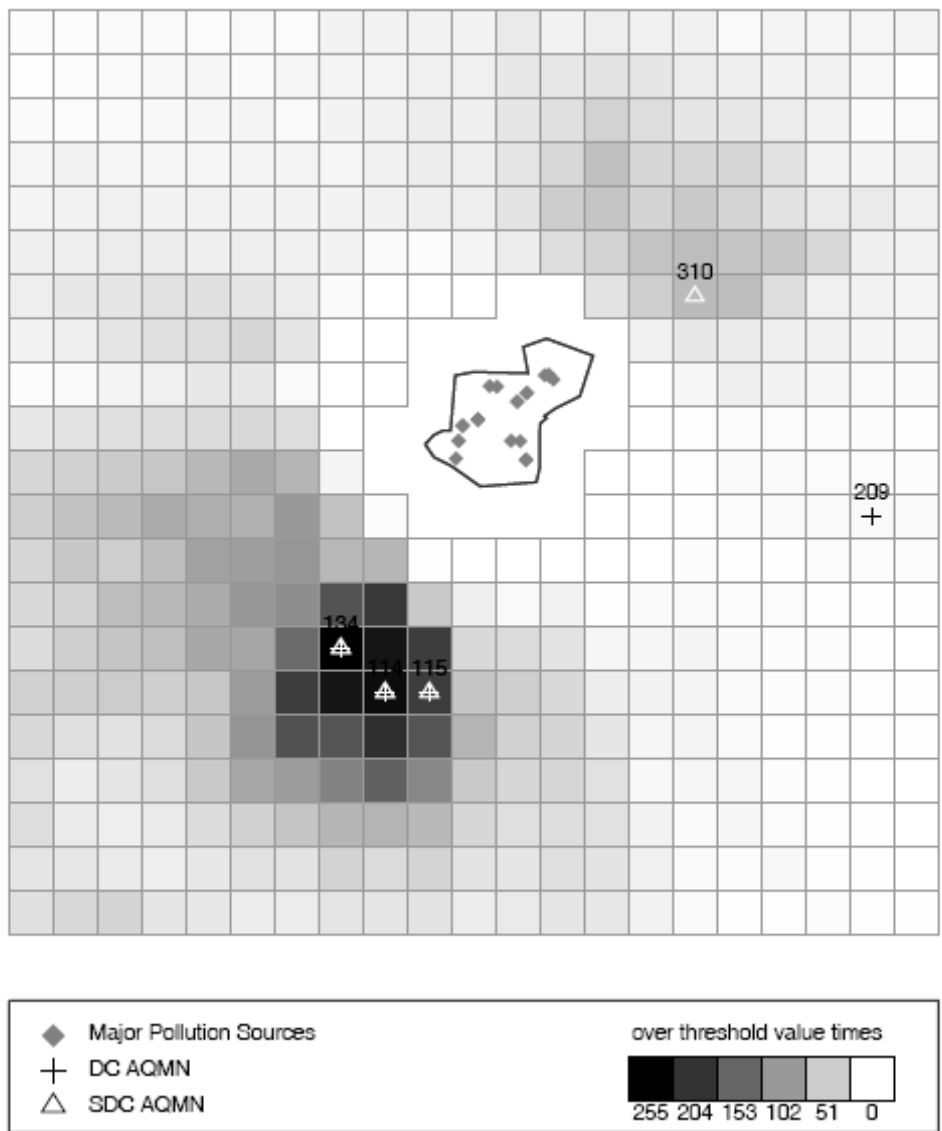


圖 4.5 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 四個站

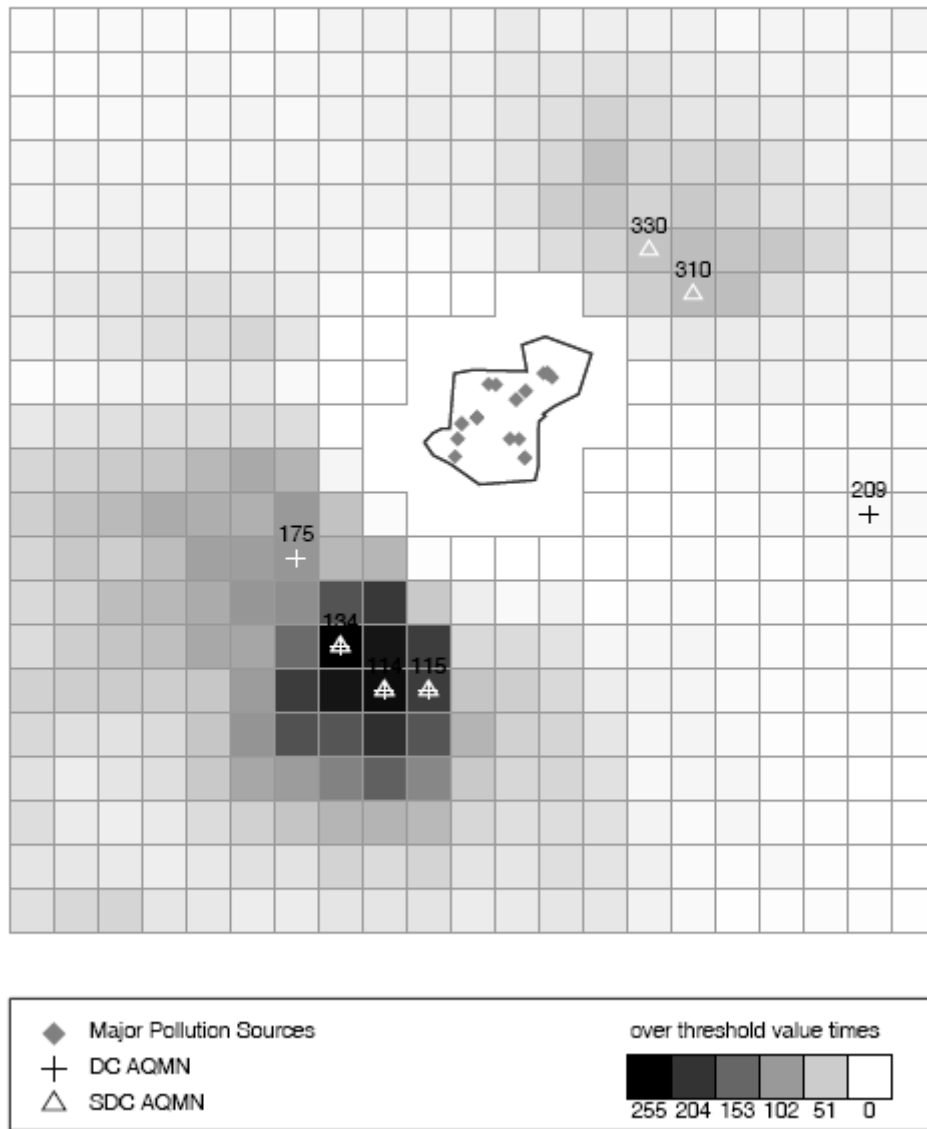


圖 4.6 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 五個站

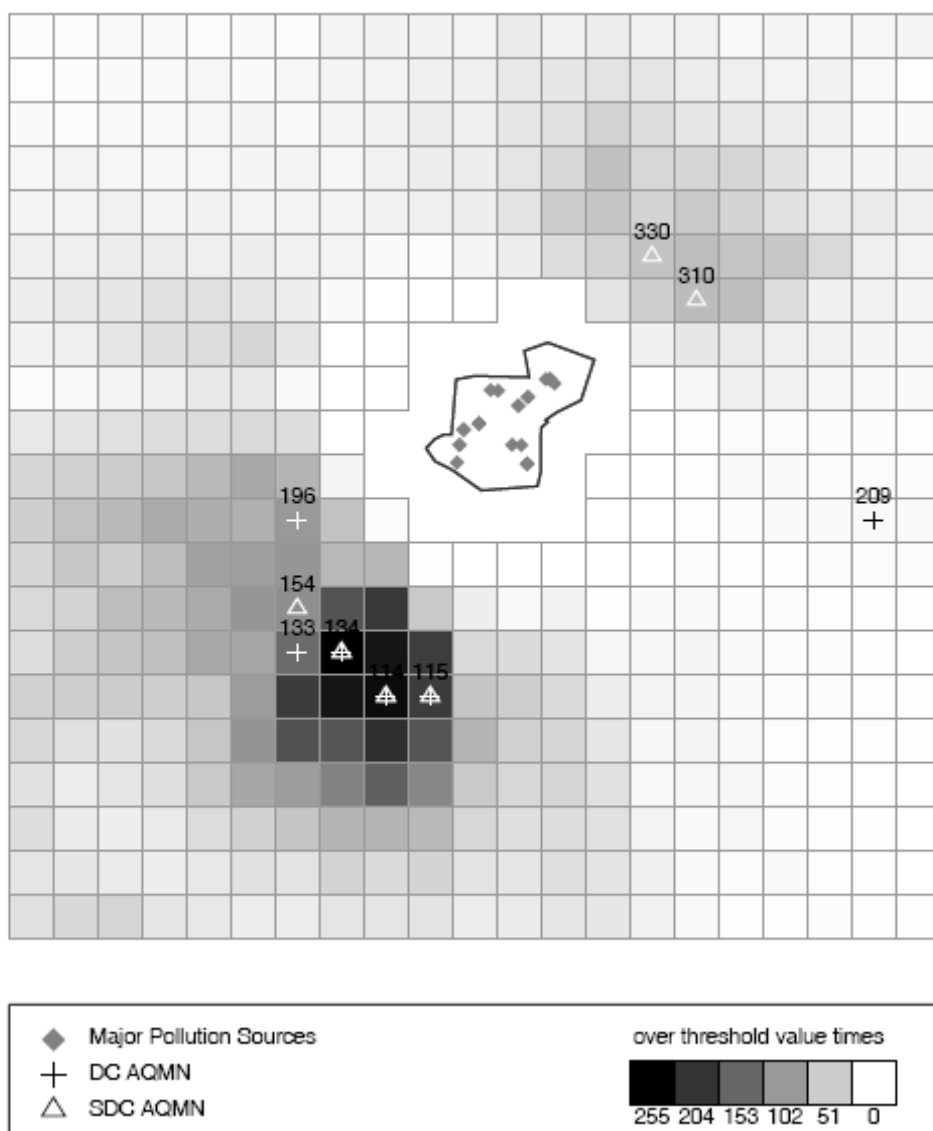


圖 4.7 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 六個站

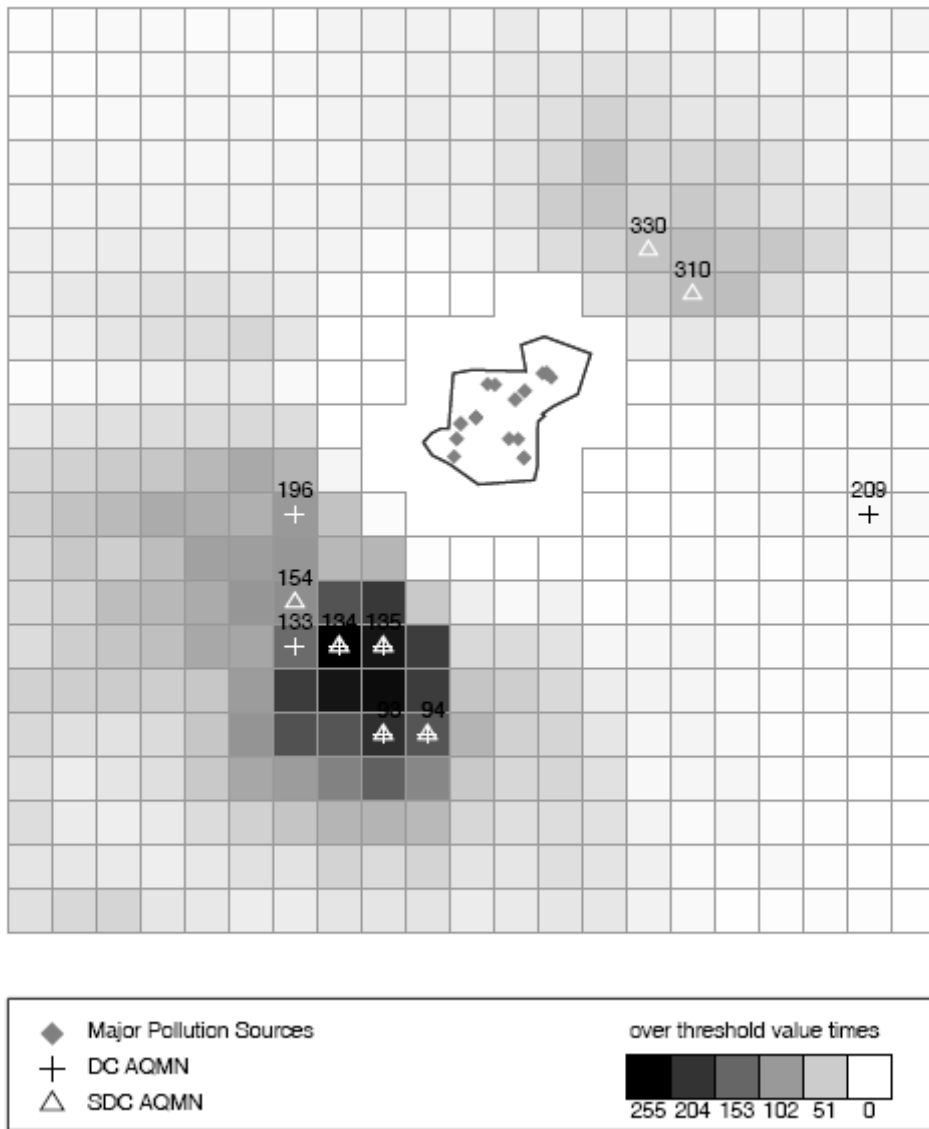


圖 4.8 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 七個站

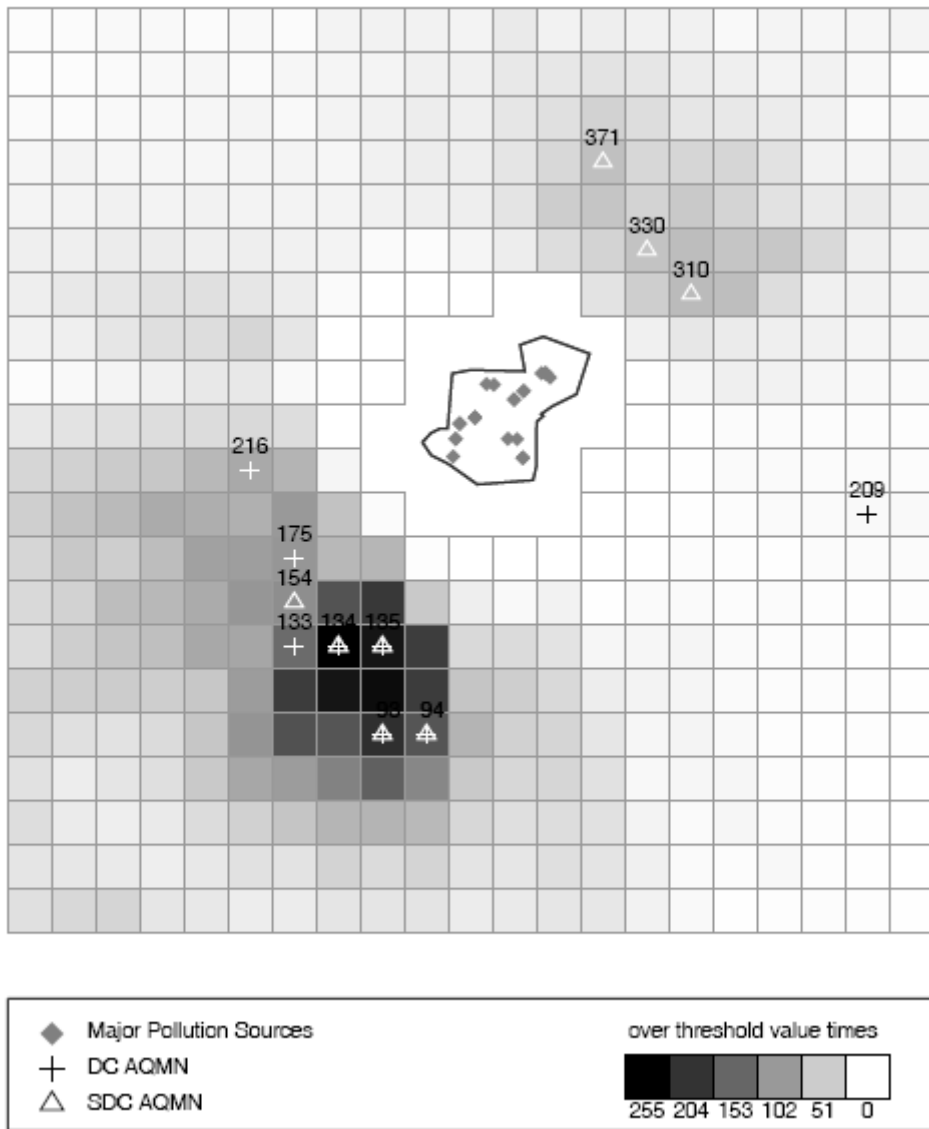


圖 4.9 DC 與 SDC 優選結果與超出標準次數分佈圖 八個站

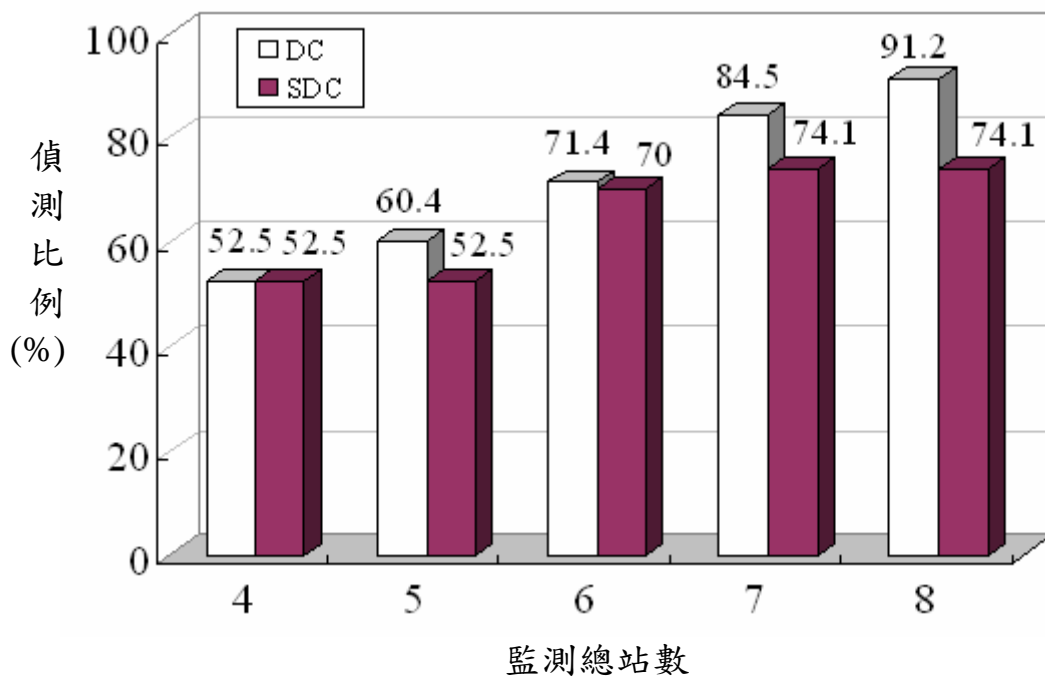


圖 4.10 偵測東北風向下超過恕限值次數比例比較圖

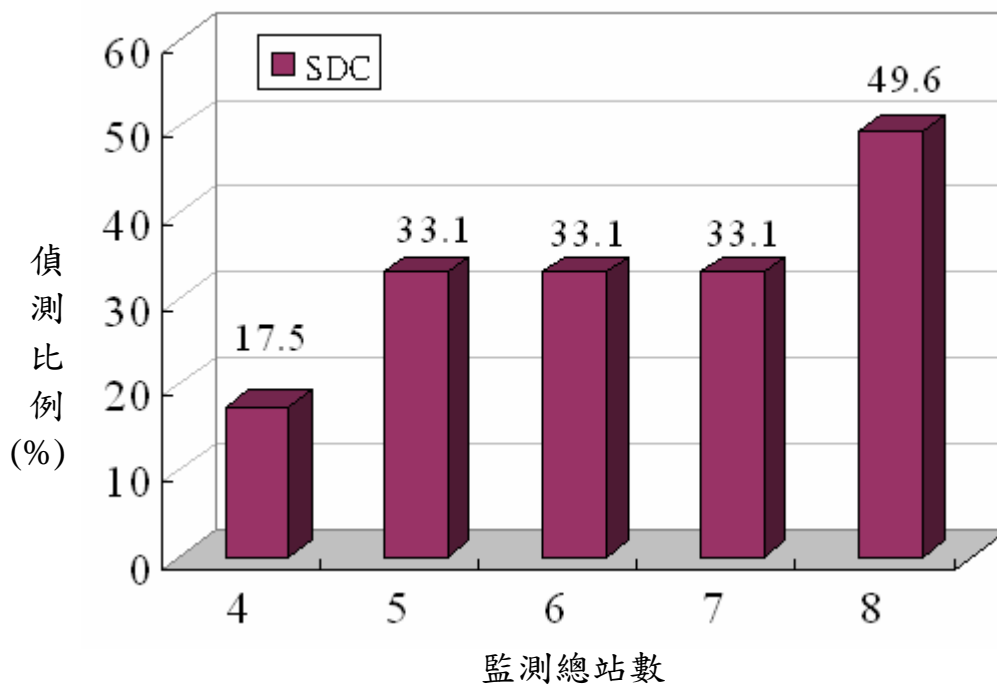


圖 4.11 偵測西南風向下超過恕限值次數比例圖

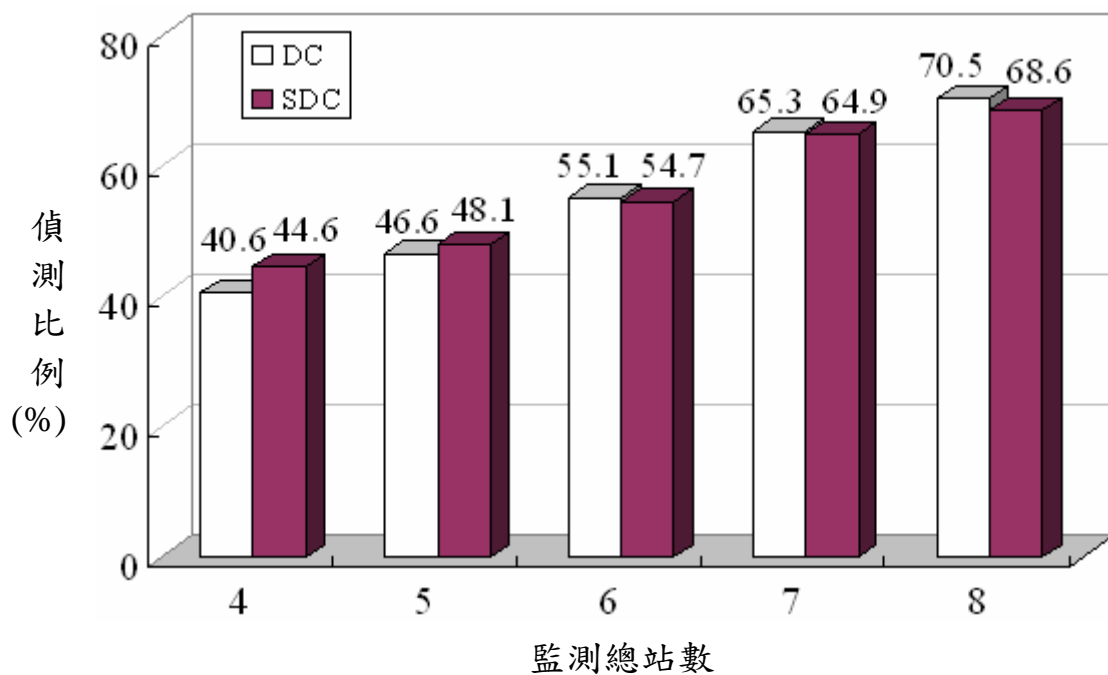


圖 4.12 東北與西南風向下偵測超過恕限值次數比例比較圖



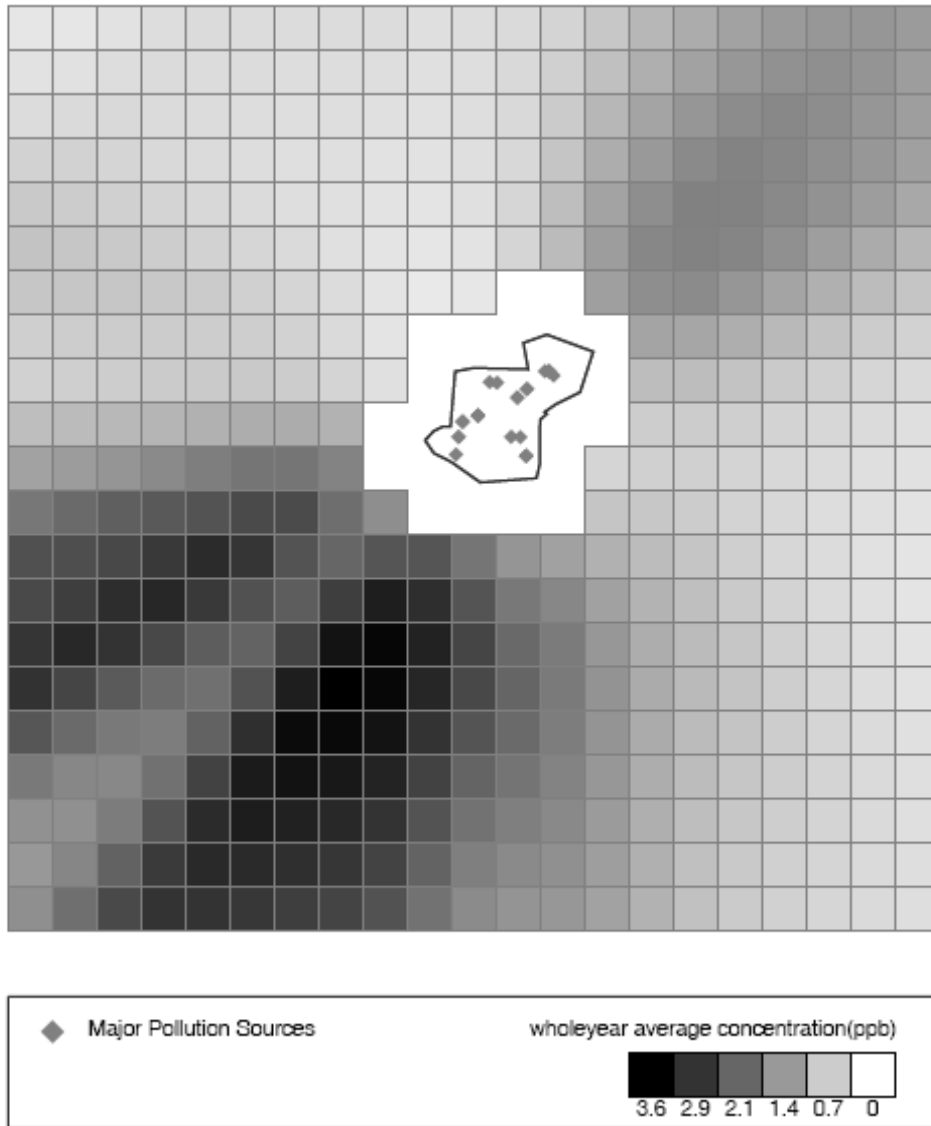


圖 4.13 工業區污染源分佈位置與其全年平均濃度值

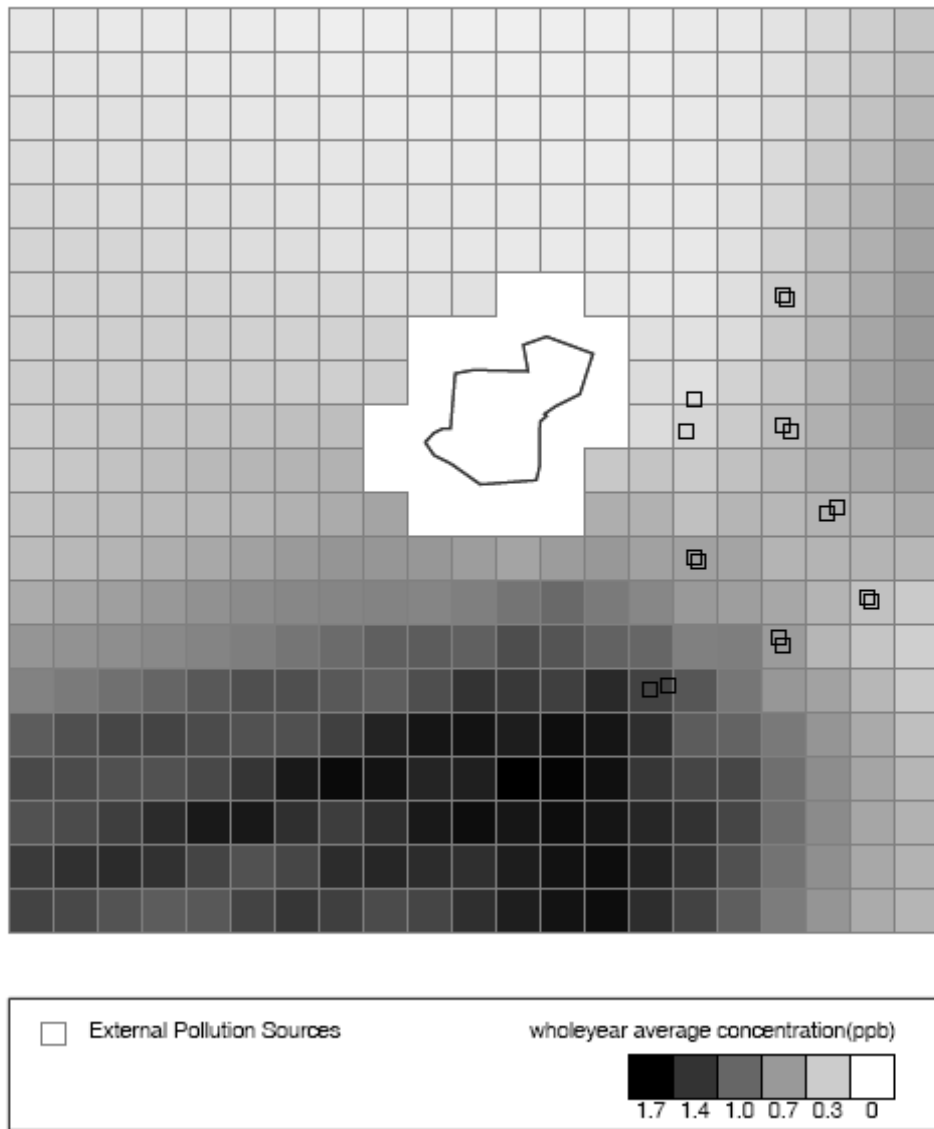


圖 4.14 區外污染源分佈位置與其全年平均濃度值

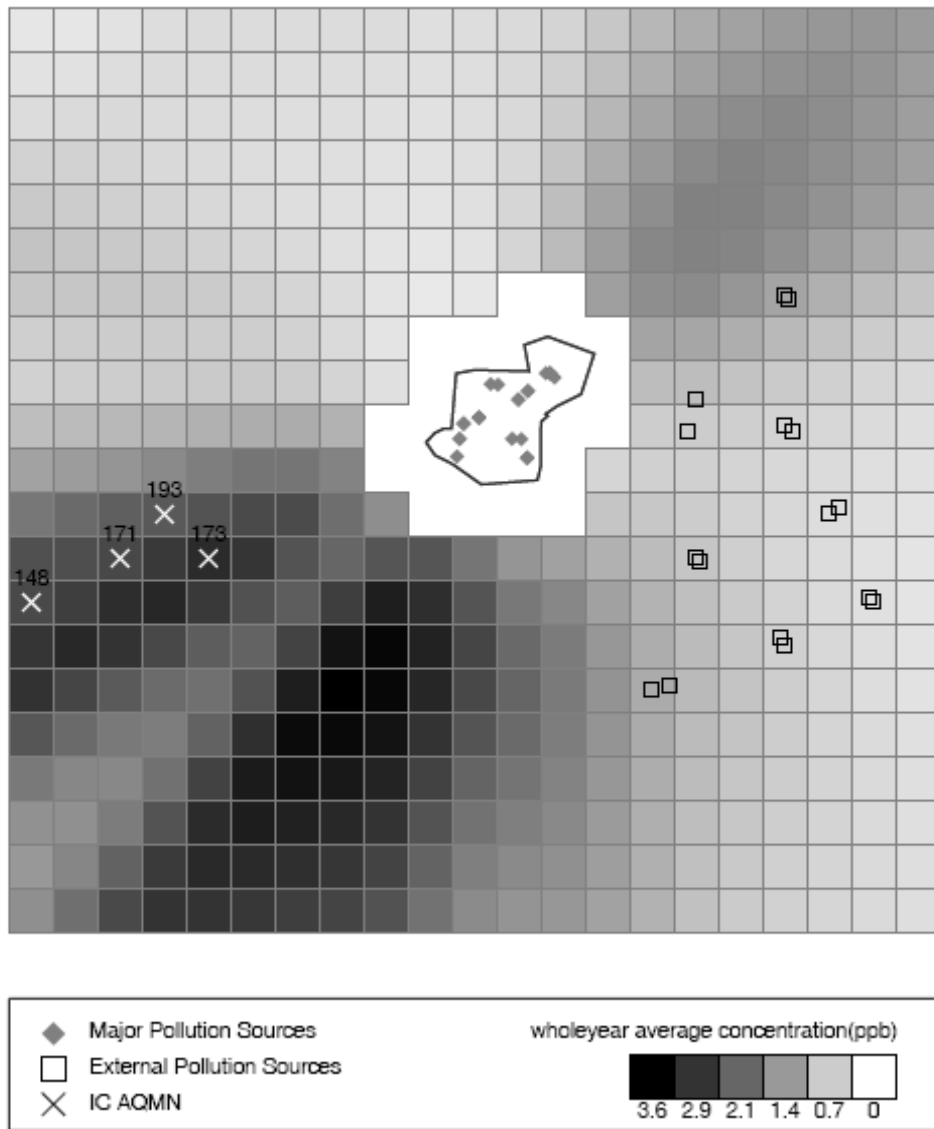


圖 4.15 IC 優選結果與工業區全年平均濃度圖 四個站

第五章 結論與建議

過去在探討如何適當的設置監測站以瞭解工業區污染分佈的研究中，由於可能在某些季節風向下並未設置測站而無法得到代表不同季節的監測資料。而區外污染源的影響亦會造成影響，使得監測資料無法有效反映出工業區內的污染影響。本研究所提出的季節性監測站網優選策略，依據風場資料進行分析，選出適合的分季並進行監測站網優選以確保季節風向下能得到代表性的監測資料。而考量到區外污染影響方面，則建立污染貢獻比例優選模式以降低區外污染源的影響。並利用兩個案例測試本研究所提出的兩個模式，結果顯示所規劃的監測站網，可監測季節性的變化，並可降低區外污染源對於監測站監測的影響比例，而有效改善監測代表性。本章總結本研究的成果與重要結論，並針對未來可能的研究方向提出建議。

5.1 結論

本研究中主要成果與討論如下：

1. 本研究進行風場分析，並根據案例主要風向資料的比例進行分季規劃，將一年區分成東北季和西南季兩個季節。經由本研究利用分季結果獲得的優選站址，其站網分佈較能掌握各季不同風向變化下的污染分佈。
2. 季節性監測站網優選策略所獲得的監測站網，監測到超過標準的比例雖略微下降，但差距小於5%。顯示所得結果在提升各季節監測比例的同時，仍可確保全年度之監測品質。
3. 在西南季的時候，季節性監測站網相對於不考量分季獲得的監測站網，對於西南風向下的監測效果大幅提高。例如，總站數八個的監測站網可提高約達50%。

4. 所提供的分季方法，可系統化的分析分季的必要性及進行適當的分季。
5. 本研究建立受區內污染源影響佔全區比例最大化之優選模式，所優選站網的區內污染源影響比例平均為 84%，較能反映來自於工業區的污染，及提升監測站網對工業區內的監測代表性。

5.2 建議

未來可能的研究方向有：

1. 在海岸附近的地區，受海陸風的影響可能比季節風向變化的影響來的大而無法分出明顯的季節變化，因此在規劃之前，需先確認影響地區風場變化的主要因素。
2. 本研究根據風向的比例和季節長度比例作為一分配監測站數的依據，因此，是否適用於其他案例，宜應用其模式在更多案例及不同風場資料，以評估其適用性。
3. 監測站網往往需具備多目標之功能，因此在進行規劃時，亦可能需要考量受體敏感度以及人口分佈狀況，例如空氣污染嚴重的地區若是在水源保護區或人口較密集區域，那麼污染危害可能有所增加，而必須調整監測站設置位置以有效監測其危害性。
4. 當區內外污染源分佈及影響範圍的重疊性高時，所發展的模式越不適用，如何改善此問題，或是評估所發展模式的適用情形，可作更深入的探討。

參考文獻

白曠綾，(1999)，科學工業園區空氣品質監測規劃揮發性有機物（VOCs）背景濃度調查，科學工業園區管理局。

行政院環保署，(2006)，台灣地區空氣品質監測網簡介，全球資訊網，<http://taqm.epa.gov.tw/emc/default.aspx?pid=b0101&cid=b0101>，2005年9月登入。

行政院環保署，(2006)，特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準，全球資訊網，<http://w3.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=04&lname=0062>，2005年9月登入。

行政院環保署，(2006)，環境影響評估法，全球資訊網，<http://w3.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=03&lname=0010>，2005年9月登入。

黃耀輝，(1999)，“都會區交通空氣污染監測站站網規劃”，國立交通大學環境工程研究所碩士論文。

梁淑婷，(2001)，“空氣品質數據及污染物影響風險之玫瑰圖”，國立交通大學環境工程研究所碩士論文。

張智泳，(2000)，“台灣中南部地區空氣品質監測站代表性評估”，國立中興大學環境工程研究所碩士論文。

莫冬立，(1999)，“基於 ISC3 與 MESOPUFF II 之工業區空氣品質監測站網優選差異性分析”，國立交通大學環境工程研究所碩士論文。

新竹市環保局，(2001)，新竹市垃圾焚化爐週界空氣及土壤中戴奧辛濃度資料之建立，國立清華大學化學系。

劉國棟，(1991)，“台灣地區空氣品質監測站網規劃理論比較研究”，第八屆空氣污染控制技術研討會論文集，第 543-552 頁，台中，國立中興大學主辦。

謝銘儒，(1997)，“工業區空氣品質監測站網多目標分析”，國立交通大學環境工程研究所碩士論文。

程萬里、周經芳，(1997)，“地區空氣品質監測系統之比較”，第十四屆空氣污染控制技術研討會論文集，第 759-765 頁，台中，國立中興大學主辦。

Arbeloa. F. J. S., Perez C. C. and Latorre A. P. M. (1993). “Air Quality Monitoring: Optimization of a Network around a Hypothetical Potash Plant in open Countryside.” *Atmospheric Environment*, Vol. 27, pp. 729-738.

Baldauf, R. W., Lane D. D., Marotz, G. A., Barkman, H. W. and Pierce, T. (2002). “Application of a risk assessment based approach to designing ambient air quality monitoring networks for evaluating non-cancer health impacts.” *Environment Monitoring and Assessment* , Vol. 78, pp. 213-227.

Baldauf, R.W., Wiener, R. W. and Heist, D. K. (2002). “Methodology for Siting Ambient Air Monitors at Neighborhood Scale.” *Journal of the Air and Waste Management Association*, Vol. 52, pp. 1433-1442.

Calori, G, Finzi, G. and Tonezzer, C. (1994). “A Decision-Support System For Air-Quality Network Design.” *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 33, pp. 101-114.

Carty, C.L., Gehring, U., Cyrus, J., Bischof, W. and Heinrich, J. (2003). “Seasonal variability of endotoxin in ambient fine particulate mater.” *Journal of Environmental Monitoring*, Vol. 5, pp. 953-958.

- Chang N. B. and Tseng C. C. (1999). "Optimal design of a multi-pollutant air quality monitoring network in a metropolitan region using Kaohsiung, Taiwan as an example." *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 57, pp. 121~148.
- Clench-Aas, J., Bartonova, A., Bohler, T., Gronski, K. E., Sivertsen, B. and Larssen, S. (1999). "Air pollution exposure monitoring and estimating part I integrated air quality monitoring system." *Journal of Environmental Monitoring*, Vol. 1, pp. 313-319.
- Chiang P. C. , Chang E. E. , Chang T. C. and Chiang H. L. (2005). "Seasonal Source-Receptor Relationships in a Petrochemical Industrial District over Northern Taiwan." *Journal of the Air and Waste Management Association*, Vol. 55, pp. 326-341.
- Day, D. E. , Malm, W. C. and Kreidenweis, S. M. (1997). "Seasonal Variations in Aerosol Composition and Acidity at Shenandoah and Great Smoky Mountains National Parks." *Journal of the Air and Waste Management Association*, Vol. 47, pp. 411-418.
- Demerjian, K. L. (2000). "A review of national monitoring networks in North America." *Atmospheric Environment*, Vol. 34, pp. 1861-1884.
- Glen, W. G., Zelenka, M. P., and Graham, R. C. (1996). "Relating Meteorological Variables and Trends in Motor Vehicle Emissions to Monthly Urban Carbon Monoxide Concentrations." *Atmospheric Environment*, Vol. 30, pp. 4225-4232.
- Hoek G. , Mennen, M. G., Allen, G. A., Hofschreuder, P. and Meulen , T. V. D. (1996). "Concentrations of Acid Air Pollutants in the Netherlands." *Atmospheric Environments*, Vol. 30 , pp. 3141-3150.

- Kao, J. J. and Hsieh, M. R. (2006). "Utilizing multiobjective analysis to determine an air quality monitoring network in an industrial district." *Atmospheric Environment*, Vol. 40 , pp. 1092-1103.
- Kao, J. J. and Bau, S. F. (1996). "Risk analysis for flow duration curve based seasonal discharge management programs." *Water Research*, Vol. 30 , pp. 1369-1376.
- Lalas, D. P., Veirs, V. R., Karras, G., Kallos, G . (1982). "An analysis of the SO₂ concentration levels in Athens, Greece." *Atmospheric Environment*, Vol. 16, pp. 531-544.
- Langstaff, J., Seigneur, C. and Liu, M. K. (1987). "Design of an optimum air monitoring network for exposure assessments." *Atmospheric Environment*, Vol. 21, pp. 1393-1410.
- Modak, P. M. (1985). " Optimization of Ambient Air Quality Monitoring Networks (Part I) . " *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 5, pp. 1-19.
- Noll, K. E., Miller, T. L., Norco, J. E. and Raufer, R. K. (1977). "An Objective Air Monitoring Site Selection Methodology for Large Point Sources." *Atmospheric Environment*, Vol. 11, pp. 1051-1059.
- Noll, K. E. and Mitsutomi, S. (1983). "Design Methodology for Optimum Dosage Air Monitoring Site Selection." *Atmospheric Environment*, Vol.17, pp. 2583-2590.
- Philip, L. H. (1979). "Meteorological and Climatological Factors Affecting Denver Air Quality." *Atmospheric Environment*, Vol. 13, pp. 79-85.

- Pittau, M.G., Romano, D., Cirillo, M.C. and Coppi, R. (1999). "An optimal design for air pollution monitoring network." *Environmetrics*, Vol. 10, pp. 351-360.
- Seaman, N. L. (1999). "Meteorological modeling for air-quality assessments." *Atmospheric Environment*, Vol. 34, pp. 2231-2259.
- Shirvaikar, V. V., Kapoor, K. K., and Sharma, L. W. (1969). "A finite plume model based on wind persistence [sic] for use in environmental dose evaluation." *Atmospheric Environment*, Vol. 3, pp. 145-156.
- Singer, I. A., and Nagel, C. M. (1970). "Variability of wind direction within the United States." *Nucl. Safety*, Vol.11, pp. 34-39.
- U.S. EPA (1995) *User's Guide for the Industrial Source Complex. (ISC3). Dispersion Models Vol. I.* EPA-454/B-95-0003a, Research Triangle Park, NC.
- U.S. EPA (1999) "The Ambient Air Monitor Program."
<http://www.epa.gov/ora/oaqps/qa/monprog.html>.
- Wayne, R. O. (1977). "Development of Criteria for Siting Air Monitoring Stations." *Journal of the Air Pollution Control Association*, Vol. 27, pp. 543-547.
- Ziomas, I. C., Melas, D., Zereros, C. S., and Bais, A. F. (1995). "Forecasting Peak Pollutant Levels from Meteorological Variables." *Atmospheric Environment*, Vol. 29, pp. 3703-3711.

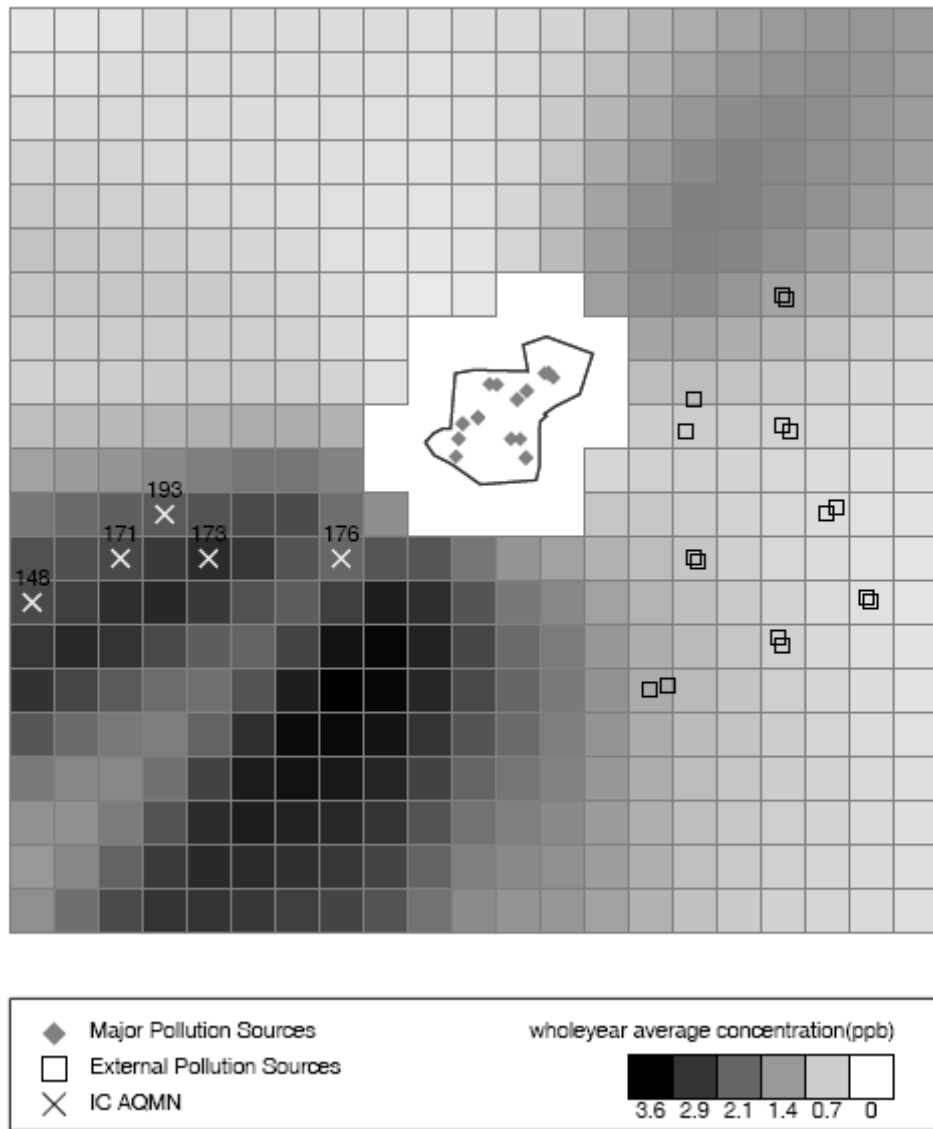
附錄一 區內與全區貢獻比例最大案例結果

附表 1.1 區內貢獻比例最大優選結果 (總站數五到八站)

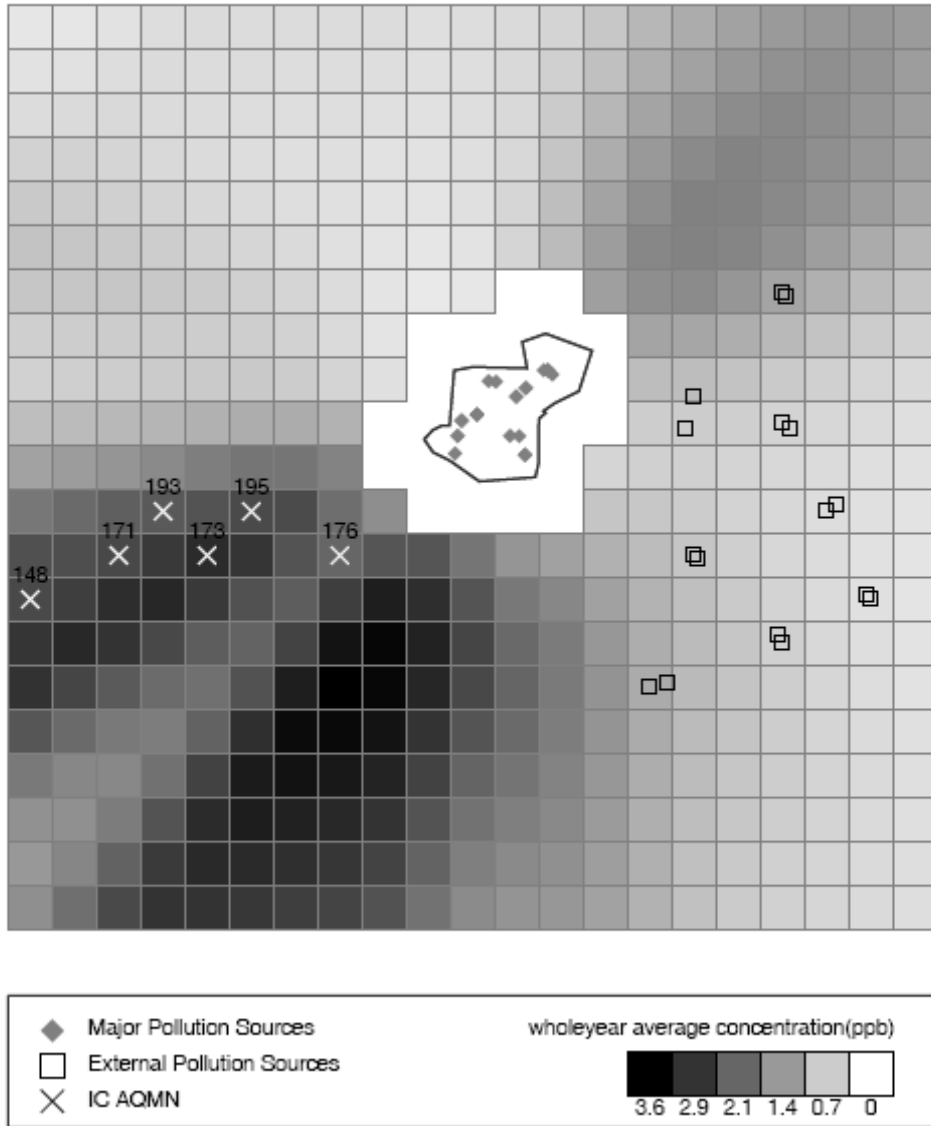
區內貢獻比例最大	優選站址編號
總站數= 5	148、171、173、176、193
總站數= 6	148、171、173、176、193、195
總站數= 7	148、151、171、173、176、193、195
總站數= 8	128、148、151、171、173、176、193、195

附表 1.2 監測站網反映工業區內濃度比例平均

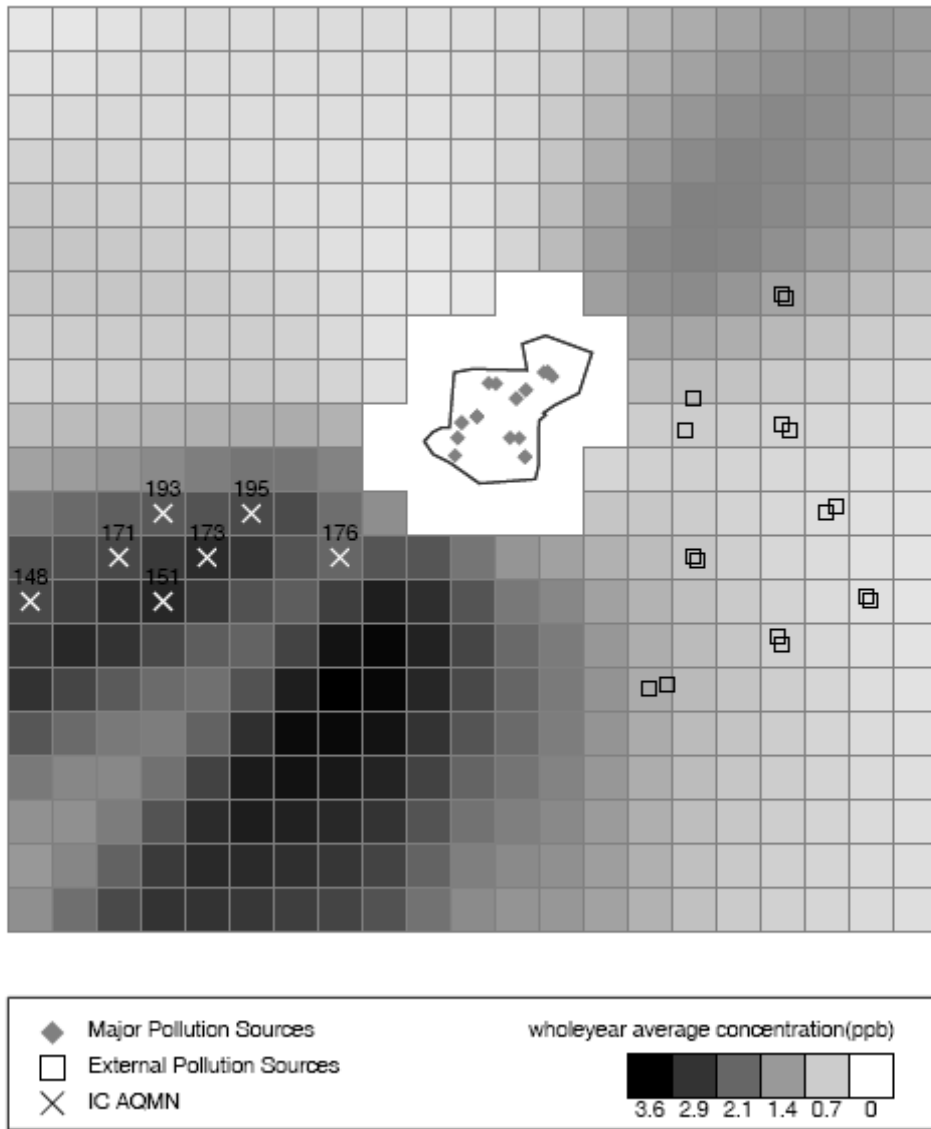
反映工業區濃度比例(%)	區內貢獻比例最大	潛勢偵測機率最大
總站數 5	80.4	55.7
總站數 6	80.4	57.8
總站數 7	80.2	54.8
總站數 8	80.2	58.6



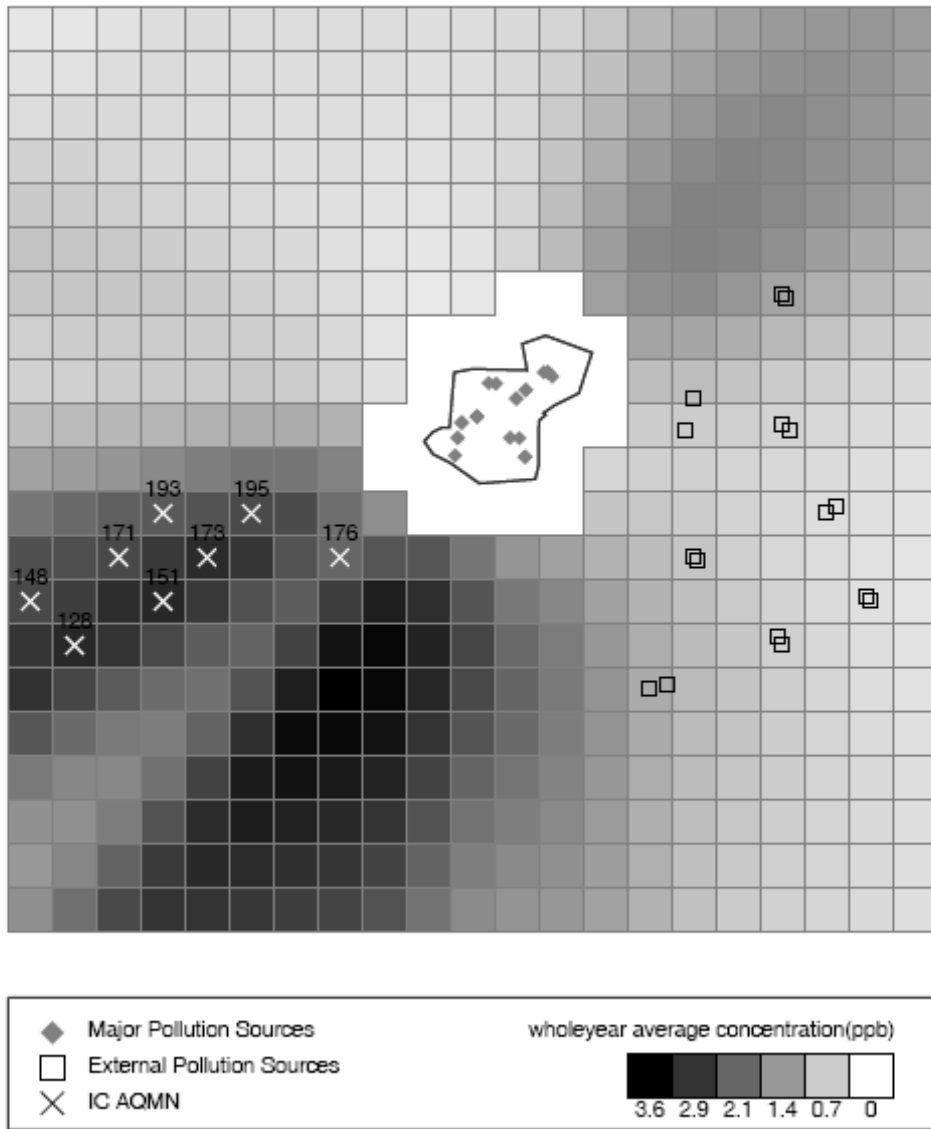
附圖 1.1 IC 優選結果與工業區全年平均濃度圖 五個站



附圖 1.2 IC 優選結果與工業區全年平均濃度圖 六個站



附圖 1.3 IC 優選結果與工業區全年平均濃度圖 七個站



附圖 1.4 IC 優選結果與工業區全年平均濃度圖 八個站