

路口交通環境特性對空氣品質影響及改善指引 先期規劃

Pre-planning of Traffic Environment Characteristics at Intersections Impact on Air Quality and Improvement Guidelines

綜合技術組 黃士騰 朱珮芸

研究期間：民國111年3月至111年12月

摘要

路口為行人與車輛往來交織的地點，也使得民眾常於路口暴露於車輛所排放的廢氣之中，而民眾吸入這些氣體亦將進而影響自身的健康。本研究蒐集與整理我國線源（公路車輛）空污排放現況，不同車種對於不同污染物之排放貢獻，並檢視歷年的排放量趨勢。也進一步整理環保署推動之空污防制方案及各縣市政府所擬定之空污防制計畫之內容，以瞭解目前交通空污的管制措施，亦發現各縣市多以柴油車及機車為管制之對象。

另本研究也檢視過往與路口交通空污相關之國外文獻，參考其研究架構、流程以及成果等，最後也整理目前空污量測的四種方式及差異比較，並提出後續本所委外合作研究案之建議工作項目，供未來研究計畫參考。

關鍵詞：

路口、交通特性、空氣污染

路口交通環境特性對空氣品質影響及改善指引 先期規劃

一、前言

依據環保署 111 年之研究^[1]（資料基準年為 108 年），線源（公路車輛）細懸浮微粒（PM_{2.5}）之排放量占全國排放貢獻比率為 32%，車輛空污排放不容忽視。交通空污排放因具有近地面排放之特性，致使民眾近距離接觸污染源，其實際暴露之空氣污染物濃度可能遠高於環境大氣濃度，恐影響人體心肺功能，增加心肺相關疾病之發生率及死亡率。

考量路口為民眾日常生活經常往來之地點，也導致民眾時常於路口暴露於交通空污環境中，為瞭解我國現況交通空污排放情形，現有管制措施以及影響路口交通空污特性之因素等內容，爰透過本研究先進行初步探討，並做為後續本所委外合作研究案之基礎。

二、我國線源空污排放現況

2.1 我國整體空污排放情形

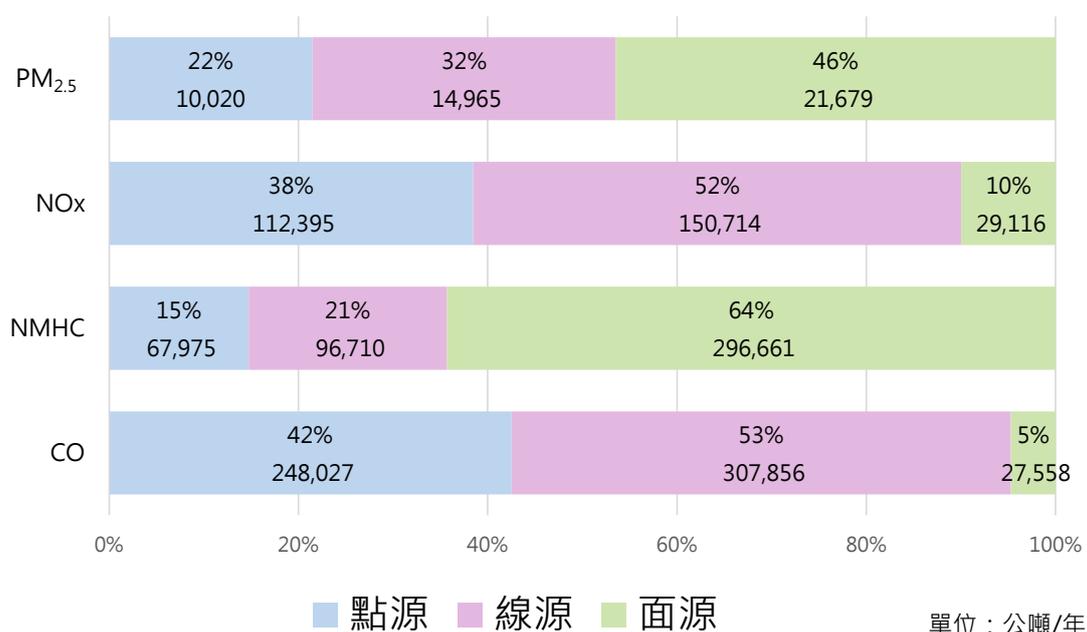
行政院環境保護署為有效改善與維護我國的空氣品質，自 81 年起建立全國性空氣污染物排放資料庫，參考美國等先進國家之作法，以每 3 年為一個基準年更新排放量資料庫，提出臺灣空氣污染物排放量清冊（Taiwan Emission Data System, TEDS）。該清冊收錄了全國各不同種類污染源排放至大氣之空氣污染物，目前最新版本為 111 年公布之 11.1 版，其資料年份（基準年）為 108 年^[1]。

空污排放清冊將污染源區分為點源、線源及面源等 3 類，茲簡要分述如下：

- 一、點源：係指達一定規模之公私場所，包括受固定污染源法規列管之工廠、電廠、大型觀光飯店或學校等，屬空污法定義中之固定污染源。
- 二、線源：在一般道路上行駛之機動車輛，如公車、貨車、小客車或機車等，亦可視為公路運輸之排放，屬於空污法定義中之移動污染源。
- 三、面源：包含家庭、路邊餐廳、加油站等不屬於上述污染源者，均為面源，此外如農機、鐵路、航空、船舶等非公路運輸亦屬於面源之範疇。

依據空污排放清冊 11.1 版資料，各污染源主要空氣污染物之排放情形，如圖 1 所示。細懸浮微粒（PM_{2.5}）以面源排放占比 46% 最高，線源與點源亦皆有一定之排放占比；氮氧化物（NO_x）則以線源約占一半（52%），點源 38% 次之，面源僅占 10%；非甲烷碳氫化合物（NMHC）則以面源占絕對多數（64%）；一氧化碳（CO）則幾乎皆以點源（42%）與線源（53%）為排放來源。

以線源相對於全國之比例而言，線源為我國 CO（53%）及 NO_x（52%）最主要之排放來源，PM_{2.5} 則約占三分之一（32%），NMHC 則約為五分之一（21%）。



資料來源：臺灣空氣污染物排放量清冊 11.1 版（111 年）^[1]、本研究整理

圖 1 我國主要空氣污染物排放量及占比

2.2 我國線源空污排放情形

公路車輛（線源）之空污排放情形，依據環保署 112 年「移動污染源排放資料建置及減量成效評估計畫」^[2]，該計畫推算我國公路運輸各車種歷年之空污排放量，及各縣市之排放情形，茲摘整其重要推估結果如後各小節。

2.2.1 各車種排放量

環保署之計畫對於車種之劃分，除依監理上之車種區分外（小客車、小貨車……等），考量不同能源別之車輛排污係數不同，故亦以汽油、柴油、油電、LPG 等能源別進一步細分進行推估，其推算我國 111

年各車種空污排放量如表 1 所示。

表 1 我國 111 年各車種空污排放量

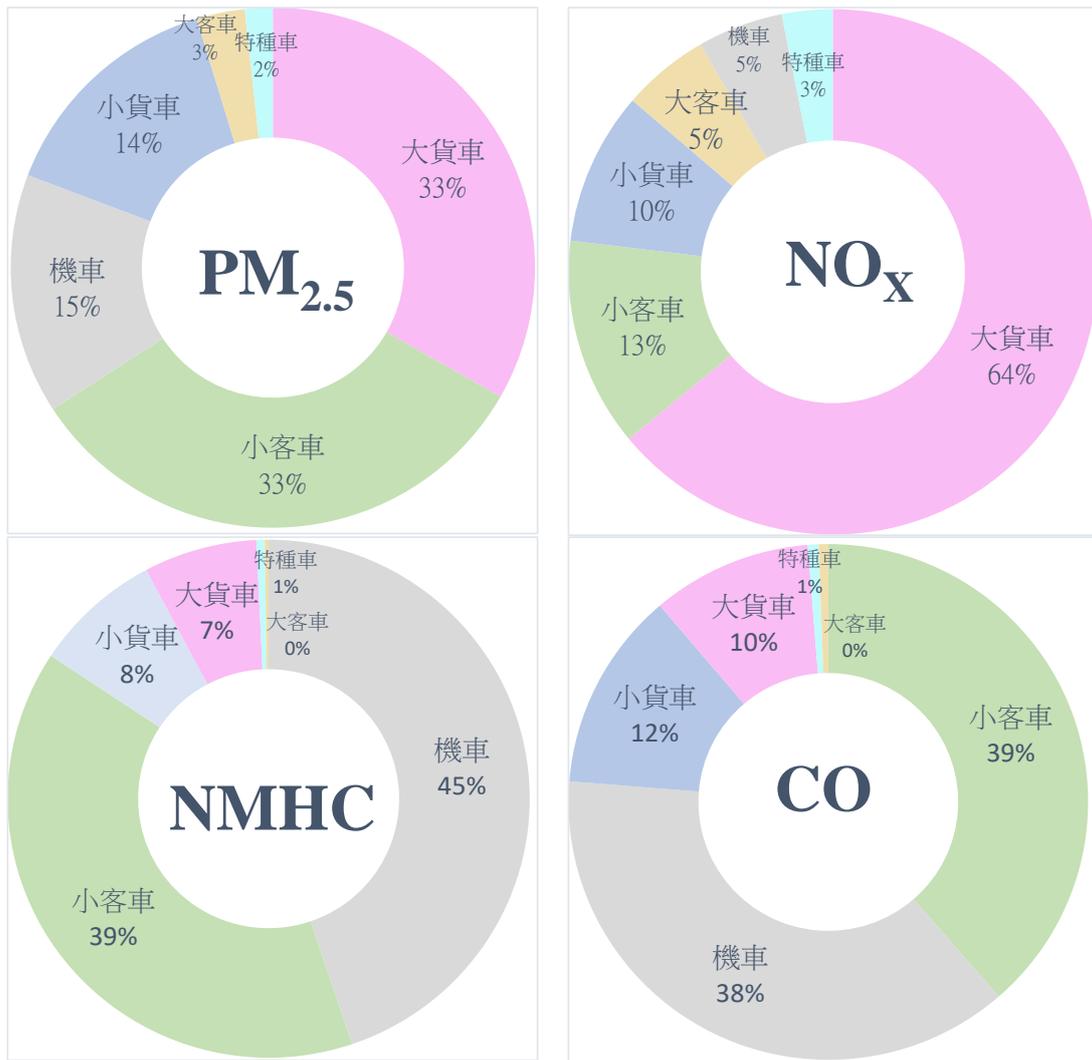
車種		PM _{2.5}	NO _x	NMHC	CO
汽油小客車	自用汽油小客車	3,710	13,210	31,576	89,123
	營業汽油小客車	173	455	1,386	6,040
柴油小客車	自用柴油小客車	306	1,007	118	772
	營業柴油小客車	27	53	11	70
汽油小貨車	自用汽油小貨車	323	3,862	6,361	27,811
	營業汽油小貨車	10	14	59	189
柴油小貨車	自用柴油小貨車	1,576	6,884	447	4,036
	營業柴油小貨車	58	179	16	136
柴油大客車	自用柴油大客車	11	181	10	51
	遊覽車	209	3,098	103	760
	公車客運	183	2,916	91	718
柴油大貨車	自用柴油大貨車	2,229	36,290	3,050	11,649
	營業柴油大貨車	2,279	38,108	3,037	13,979
機車	二行程機車	158	76	2,971	4,668
	四行程機車	1,868	6,028	35,902	92,275
油電小客車	自油電小客車	149	90	908	1,904
	營業油電小客車	37	63	227	967
特種車	汽油特種車	17	44	160	466
	柴油特種車	216	3,563	284	1,260
LPG 車	自用 LPG 車	2	13	5	104
	營業 LPG 車	9	49	17	384
合計		13,550	116,185	86,735	257,363

註 1：單位為公噸

註 2：各欄位數字係經四捨五入調整，故加總後可能與合計值有些微差異

資料來源：移動污染源排放資料建置及減量成效評估計畫（112 年）^[2]

基於表 1 之數據，將各車種之排放貢獻以比例方式呈現，如圖 2 所示。在 PM_{2.5} 部分，大貨車與小客車均分別約占 33% 之排放貢獻，其次為機車（15%）與小貨車（14%）；NO_x 因主要來源為柴油車排放，故使用柴油車為主之大貨車約占三分之二的排放貢獻（64%），其次為小客車（13%）及小貨車（10%）；NMHC 則以汽油燃燒為主要排放來源，因此機車（45%）及小客車（39%）分別列居前 2 名；CO 亦以小客車（39%）及機車（38%）為主要來源。



資料來源：移動污染源排放資料建置及減量成效評估計畫（112年）^[2]、本研究整理

圖 2 我國 111 年各車種空污排放量占比

2.2.2 各縣市排放量

將線源空污排放量以縣市別區分，彙整如表 2。其中六都因人口及車輛數較多，故空污排放量亦相對較其他縣市為高。

表 2 我國 109 年各縣市線源空污排放量

縣市	PM _{2.5}	NO _x	NMHC	CO	車輛登記數
新北市	1,586	12,500	12,680	35,079	3,252,789
臺北市	552	4,617	6,279	29,955	1,762,194
桃園市	1,424	12,653	7,883	20,377	2,078,361
臺中市	1,711	15,970	11,505	30,264	2,872,294
臺南市	1,632	16,869	9,144	24,597	2,029,219
高雄市	1,622	16,482	14,383	60,232	2,957,466
基隆市	171	1,312	1,141	2,683	284,216
新竹市	204	1,622	1,803	4,576	433,284
新竹縣	516	4,725	2,643	6,715	540,347
苗栗縣	858	10,082	3,408	10,157	548,460
彰化縣	1,012	10,825	5,380	14,825	1,327,131
南投縣	495	4,582	3,008	9,846	527,778
雲林縣	703	7,867	3,433	9,477	715,045
嘉義市	105	868	1,051	2,634	274,994
嘉義縣	621	6,964	3,040	8,497	533,264
屏東縣	655	5,927	4,289	12,126	917,199
宜蘭縣	357	3,158	1,859	5,000	436,501
花蓮縣	256	2,113	1,652	4,342	328,480
臺東縣	183	1,507	1,069	2,601	236,560
澎湖縣	68	666	362	953	115,794
金門縣	48	426	241	542	114,647
連江縣	14	170	36	111	10,977
全國總計	14,795	141,907	96,288	295,587	22,297,000

註 1：污染物單位為公噸/年，車輛登記數單位為輛（109 年底）

註 2：各欄位數字小數點以後四捨五入，故加總後可能與全國總計值有些微差異

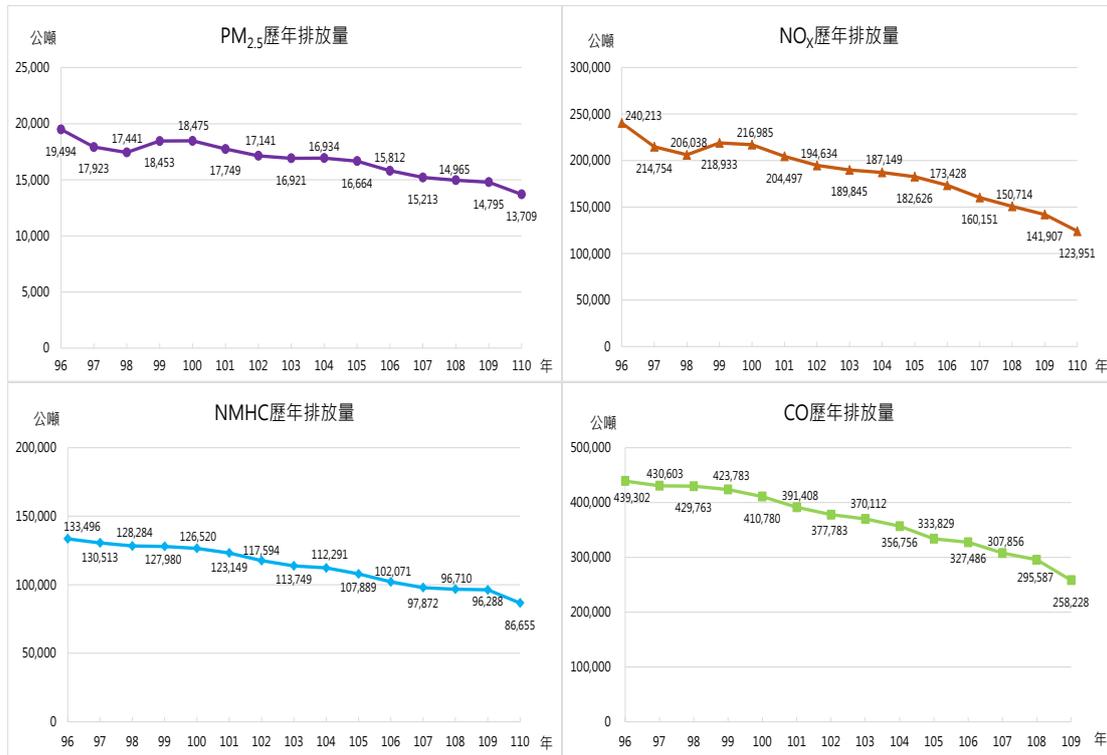
資料來源：移動污染源排放資料建置及減量成效評估計畫（112 年）^[2]、交通部統計查詢網^[3]、本研究整理

2.2.3 歷年排放量趨勢

如以時間軸檢視歷年空污排放情形，可發現各污染物線源排放量均呈現下降之趨勢。圖 3 為自 96 年至 110 年之線源污染物排放趨勢，PM_{2.5} 之年排放量由 96 年之 19,494 公噸，至 110 年降為 13,709 公噸，減少 30%；NO_x 由 96 年 240,213 公噸，至 110 年降為 123,951 公噸，減少 48%；NMHC 由 96 年 133,496 公噸，至 110 年降為 86,655 公噸，減少 35%；CO 由 96 年 439,302 公噸，至 110 年降為 258,228 公噸，減少 41%。

由前述排放趨勢可知，我國推動各種移動源空污排放管制措施，確

有其具體成效。



資料來源：移動污染源排放資料建置及減量成效評估計畫（112年）^[2]、本研究整理

圖 3 我國歷年線源排放量趨勢

三、我國移動污染源防制措施

由第 2 章所整理之歷年排放趨勢，可見排放量逐年降低，其原因一部分應可歸功於我國所推動之各種減污措施，爰本章蒐整我國移動污染源相關防制措施。

依據「空氣污染防制法」第 7 條第 1 項規定，中央主管機關（即環保署）應訂定空氣污染防制方案，並應每 4 年檢討修正。同條第 2 項規定，直轄市、縣（市）主管機關應依各級防制區規定及空氣污染防制方案，擬訂空氣污染防制計畫，報環保署核定後公告之，並應每 4 年檢討修正。

環保署所訂定之空氣污染防制方案（109 年至 112 年）^[4]，業於 109 年 5 月 22 日奉行政院核定，後續各縣市政府並據以撰擬該縣市之空氣污染防制計畫，並於 110 年陸續經環保署核定後公告。本章整理環保署空氣污染防制方案及各縣市政府空氣污染防制計畫涉及移動源空污防制之措施，以瞭解我國目前移動源空污防制現況。

3.1 環保署空氣污染防制方案

空氣污染防制方案（109年至112年）係以112年PM_{2.5}全國年平均濃度15微克/立方公尺以下為目標，依據技術可行性及成本有效性，訂定配套之管制規範，區分為固定污染源管制、逸散污染源管制、移動污染源管制、綜合性管理等四大面向，擬定各項工作內容。其中移動污染源管制部分，包含6項管制對策，分述如下：

一、大型柴油車多元化改善

在移動污染源之中，大型柴油車為PM_{2.5}及NO_x的主要排放來源，在防制方案研擬當時所參考的資料，至107年底止，柴油大貨車中仍有53%為1期至3期之車輛，顯見柴油大貨車之車齡明顯偏高，需強化管制措施來加速該等老舊大型柴油車淘汰，以改善其污染排放。

具體措施包括持續辦理並宣導汰舊換新補助、加強高污染車輛稽查處分、提供低利貸款協助換購新車、建置污染改善補助推動平台等，多管齊下改善柴油車排放。

二、汽油車污染減量

環保署統計，至108年11月，1期至4期之汽油小客車仍有約66.1%，約470萬輛，老舊車輛的污染亦不容忽視。在防制方案內將透過辦理及宣導減徵貨物稅政策、鼓勵民眾檢舉烏賊車、鼓勵民眾養成車輛定期保養習慣等方式，以利車輛汰舊換新。

三、機車汰舊換新

1期至4期之機車供油系統採傳統化油器，難以精準控制噴油，污染排放量較高，因此由環保署針對淘汰老舊機車並換購電動機車或7期燃油機車者提供補助，及由財政部持續辦理機車汰舊換新減徵貨物稅，交通部辦理老舊機車切結報廢，地方政府加強攔檢及通知到檢等稽查管制作為，共同來推動機車排污改善。

四、市區公車電動化

世界衛生組織國際癌症研究所（International Agency for Research on Cancer, IARC）研究證據充分顯示暴露於柴油引擎廢氣與肺癌的風險增加有關，將柴油引擎廢氣列為最高風險的第1類致癌物。由交通部擔任窗口，整合環保署、經濟部資源，實施「交通部公路公共運輸補助電動大客車作業要點」，

由交通部與環保署提供經費補助，經濟部協助完善電動大客車電能補充基礎建設及建構國際化產業價值鏈，共同推動以電動公車取代市區柴油公車。

五、船舶及航空燃料改善

交通部自 108 年 1 月 1 日起，依「國際防止船舶污染公約」(International Convention for the Prevention of Pollution From Ships, MARPOL) 規定，外籍船舶及航駛國際航線之國籍船舶，進入我國國際商港區域，應採含硫量 0.5% m/m 以下之低硫燃油或具有同等減排效應之裝置或替代燃料。

另針對航行於國內之船舶、漁船等，由環保署修訂「移動污染源燃料成分管制標準」，增訂船舶燃油及航空燃油成分管制標準硫含量最大值，並由各地方政府建立燃油成分查核作業，以確保燃油符合管制標準，減少硫氧化物(SO_x)之產生。

六、港區運輸管制

遠洋船舶在接近港區時，引擎排氣即可能會隨著風向進入港區鄰近範圍的陸地，停靠碼頭期間輔助引擎及鍋爐為提供船上所需電力或熱源也必須持續運轉，其排放之污染物將直接衝擊港區周邊空氣品質。因此推動船舶進出港減速，要求船舶航行於距港 20 海浬內將船速降至 12 節以下，以及提升高壓岸電使用。另也授權地方政府依港區當地需求及條件擬定管制措施，如劃設空氣品質維護區，以達車輛管制減少空污之目的。

因空氣污染防制方案(109 年至 112 年)即將屆期，環保署已擬訂「空氣污染防制方案(113 年至 116 年)」(草案)，其中涉及移動源之管制對策包含維持車輛低污染排放水準、持續推動鼓勵汰換老舊車輛、導入車隊管理措施、港區空氣污染防制全面升級、推廣運具電動化、檢視調整移動污染源空氣污染防制費等項目。本方案現由環保署陳報行政院審核中。

3.2 各縣市空氣污染防制計畫

行政院於 109 年 5 月 22 日核定環保署所報之空氣污染防制方案(109 年至 112 年)後，後續即由各縣市政府接續依上開防制方案之管制對策等內容，研訂該縣市之空氣污染防制計畫^[5]，環保署於 110 年上半年就各縣市所提防制計畫分別召開審查會議，並於 110 年下半年陸續經環保署核定後公告。

各縣市防制計畫內所提之防制措施，蒐整如表 3，由表知各縣市多以

柴油車及機車為管制對象，其中柴油車部分包含老舊車輛汰換、加裝減污設備、車隊管理等，而機車之改善面向則多為汰舊換新補助、電動化、加強定檢追蹤等，亦與環保署防制方案內之「大型柴油車多元化改善」及「機車汰舊換新」等 2 項管制對策能夠相互結合。

相較於柴油車與機車，環保署防制方案內雖有「汽油車污染減量」之管制對策，但各縣市防制計畫內有針對汽油車(或小客車)之措施卻相對較少，其內容亦以車輛電動化及設置充電樁等為主。此外「市區公車電動化」為交通部既定政策，亦為防制方案 6 項移動源管制對策之一，然僅有臺北市、臺中市等 7 個縣市有將此項目納入防制措施內。

另一方面，亦有部分縣市提出交通管理層面之措施，例如鼓勵使用公共運輸(新竹縣等)、推廣公共自行車(嘉義市等)、推廣共享機車(桃園市等)、智慧停車(南投縣等)、樂活徒步區(臺中市)等措施，以期能藉由運具移轉的方式，自源頭減少私人運具的旅次量，以達成減污之目標。

表 3 各縣市空氣污染防制計畫之移動污染源防制措施

縣市	防制措施	管制對象
基隆市	C-M-01 1~3 期大型柴油車污染改善補助	柴油車
	C-M-02 機車汰舊換新管理	機車
	C-M-03 港區污染減量	船舶
臺北市	A-M-01 大型柴油車汰舊或污染改善	柴油車
	A-M-02 建置環保車辨系統管制車輛廢氣	機車
	A-M-03 提升綠運輸	全體民眾
	A-M-04 推動車輛電動化	機車、小客車、公車
	A-M-05 劃設空品維護區	柴油車
	A-M-06 航空燃油硫減量	航空器
	A-M-07 檢驗站污染防制	機車、柴油車
新北市	F-M-01 推動綠色運輸、減少私人運具	全體民眾
	F-M-02 推動 1 至 4 期機車汰舊	機車
	F-M-03 推動柴油車維護保養或汰換	柴油車
	F-M-04 臺北港空氣品質維護區	柴油車
桃園市	H-M-01 推動 1-4 期機車淘汰	機車
	H-M-02 定檢不合格機車輔導改善	機車
	H-M-03 推動機車保檢合一	機車
	H-M-04 劃設空氣品質維護區	柴油車
	H-M-05 核發柴油車自主管理標章	柴油車
	H-M-06 推動企業簽署採用四五期柴油車	柴油車
	H-M-07 推動一二期柴油車管制行動	柴油車
	H-M-08 高污染柴油車稽查行動	柴油車
	H-M-09 推動民間保養廠保檢合一	柴油車

縣市	防制措施	管制對象
	H-M-10 淘汰老舊大型柴油車	柴油車
	H-M-11 推廣低污染運具	機車、小客車
	H-M-12 推廣車輛共享運具	機車
	H-M-13 加強路邊廢棄機車查報	機車
新竹縣	J-M-01 提升機車到檢情形	機車
	J-M-02 鼓勵淘汰老舊車輛	機車、柴油車
	J-M-03 推動使用低污染車輛	機車、小客車
	J-M-04 鼓勵搭乘大眾運具	全體民眾
	J-M-05 加強管制檢測不合格柴油車改善完成	柴油車
	J-M-06 推動柴油車自主管理	柴油車
	J-M-07 推動特定區域柴油車自主管理	柴油車
新竹市	O-M-01 淘汰老舊 1-3 期柴油大客貨車	柴油車
	O-M-02 推動淘汰老舊機車	機車
	O-M-03 推動老舊機車汰舊換購低污染機車	機車
	O-M-04 授權認證保養廠核發自主管理標章	柴油車
	O-M-05 提升設籍本市使用中柴油車納管率	柴油車
	O-M-06 推動柴油車自主管理方案	柴油車
	O-M-07 劃設空氣品質維護區	柴油車、機車
	O-M-08 提升設籍機車到檢率	機車
	O-M-09 提升老舊機車改善納管率	機車
	O-M-10 推動機車排氣驗站推廣機車保檢合一制度	機車
苗栗縣	K-M-01 老舊機車汰舊換新	機車
	K-M-02 加強機車稽查作業	機車
	K-M-03 推動一~三期大型柴油車汰舊換新	柴油車
	K-M-04 推動一~三期大型柴油車加裝空氣污染防制設備或調修燃油控制系統	柴油車
	K-M-05 提升使用中柴油車納管情形	柴油車
	K-M-06 推動車隊自主管理	柴油車
	K-M-07 劃設空氣品質維護區	柴油車、機車
臺中市	B-M-01 機車定檢率提升至 85%	機車
	B-M-02 定檢不合格複驗合格數	機車
	B-M-03 加碼老舊機車汰換補助	機車
	B-M-04 淘汰老舊機車	機車
	B-M-05 青白煙檢驗不合格改善完成	機車
	B-M-06 推動企業環保車隊	柴油車
	B-M-07 推動一至三期大型柴油車汰舊換新或換中古車	柴油車
	B-M-08 加強高污染柴油車管制	柴油車
	B-M-09 推廣電動車輛充、換電站	小客車、機車
	B-M-10 電動公車及電動機車倍增	公車、機車
	B-M-11 樂活徒步區試辦運行	各式車輛
	B-M-12 劃設臺中港空品維護區	柴油車

縣市	防制措施	管制對象
	B-M-13 建置智慧停車雲端系統	小客車
	B-M-14 大眾運輸使用人次提升	全體民眾
	B-M-15 推動公共自行車-iBike 倍增計畫	全體民眾
	B-M-16 汽油車污染減量	小客車
	B-M-17 臺中港船舶污染管制-岸電系統使用	船舶
彰化縣	N-M-01 淘汰老舊機車	機車
	N-M-02 柴油車污染改善	柴油車
	N-M-03 推動柴油車自主管理制度	柴油車
	N-M-04 汽油車污染減量	汽油車
南投縣	M-M-01 老舊小客車輛汰舊	小客車
	M-M-02 老舊小貨車輛汰舊	小貨車
	M-M-03 老舊大型柴油車汰舊	柴油車
	M-M-04 柴油車自主管理/主動到檢車輛數	柴油車
	M-M-05 推動柴油車加裝空氣污染防制設備	柴油車
	M-M-06 推動柴油車調修燃油系統	柴油車
	M-M-07 二行程老舊機車汰舊	機車
	M-M-08 四行程老舊機車汰舊	機車
	M-M-09 使用中機車排氣定檢到檢率	機車
	M-M-10 機動車輛反怠速稽(巡)查管制作業	各式車輛
	M-M-11 檢測不合格車輛改善完成(滾動減量)	機車
	M-M-12 施工機具排放管制	施工機具
	M-M-13 日月潭電動船推動	船舶
	M-M-14 智慧停車地磁感應系統	小客車
	M-M-15 推廣觀光景點搭乘大眾運輸	全體民眾
雲林縣	P-M-01 大型柴油車汰舊換新	柴油車
	P-M-02 大型柴油車加裝濾煙器或燃油系統調修	柴油車
	P-M-03 淘汰老舊機車	機車
	P-M-04 不合格機車複檢後 HC 減量率	機車
	P-M-05 離島工業區移動污染源管制	柴油車、船舶
	P-M-06 西螺果菜市場管制	拼裝車、機車
	P-M-07 雲林科技工業區管制	柴油車
	P-M-08 提升機車車籍定檢率	機車
	P-M-09 移動式定檢車機車定檢服務	機車
	P-M-10 斗六電動車示範區域	機車
	P-M-11 相關電動車輛推廣	公車、機車
	P-M-12 反怠速宣導	各式車輛
	P-M-13 汽油車污染減量	汽油小客車
嘉義市	I-M-01 降低二行程機車上路率(鼓勵老舊機車純汰舊)	機車
	I-M-02 鼓勵換購電動與低污染車輛	機車
	I-M-03 推動機車到檢率	機車
	I-M-04 校車取得標章	柴油大客車

縣市	防制措施	管制對象
	I-M-05 市區公車全面電動化	公車
	I-M-06 提升大眾運輸使用量(載客量)	全體民眾
	I-M-07 老舊柴油車汰舊	柴油車
	I-M-08 柴油車污染改善(調修燃油控制系統或加裝空氣污染防制設備)	柴油車
	I-M-09 中央空氣污染防制方案-汽油車污染減量	汽油小客車
	I-M-10 降低潛在移動污染源-使用中機車管理	機車
	I-M-11 提升柴油車納管率	柴油車
	I-M-12 導入公共自行車，提供民眾最後一哩路之公共運輸服務(使用量)	全體民眾
嘉義縣	Q-M-01 淘汰四行程機車	機車
	Q-M-02 淘汰高污染柴油車	柴油車
	Q-M-03 淘汰二行程機車	機車
	Q-M-04 淘汰高污染自用汽油小客車	汽油小客車
	Q-M-05 淘汰高污染自用汽油小貨車	汽油小貨車
	Q-M-06 推動柴油車保檢合一制度	柴油車
	Q-M-07 推動機車保檢合一制度	機車
	Q-M-08 四行程機車未定檢回檢數	機車
	Q-M-09 二行程機車未定檢回檢數	機車
	Q-M-10 高污染柴油車污染改善(調修、加裝污染防制設備)	柴油車
	Q-M-11 船舶使用低硫燃料油	船舶
	Q-M-12 船舶燃料稽查	船舶
	Q-M-13 農耕機具污染改善及淘汰	農機具
	Q-M-14 推動使用 95 年 9 月 30 日後出產柴油通勤校車比例	柴油大客車
	Q-M-15 公車電動化	公車
臺南市	D-M-01 老舊機車淘汰	機車
	D-M-02 推廣使用低污染車輛及清潔燃料	小客車、機車
	D-M-03 使用中車輛管制	各式車輛
	D-M-04 推動柴油車污染排放改善	柴油車
高雄市	E-M-01 大型柴油車多元化改善	柴油車
	E-M-02 老舊機車汰舊	機車
	E-M-03 發展共享電動載具	公車
	E-M-04 高雄港區船舶污染管制	船舶
	E-M-05 前鎮漁港岸電擴充 打造環保綠能碼頭	船舶
	E-M-06 提升機車納管率與到檢數量	機車
	E-M-07 提高公共運輸系統使用率	全體民眾
	E-M-08 公共腳踏車推廣	全體民眾
屏東縣	T-M-01 高污染機車淘汰	機車
	T-M-02 高污染柴油車淘汰與改善	柴油車
	T-M-03 加強機車管制	機車

縣市	防制措施	管制對象
	T-M-04 加強柴油車管制	柴油車
	T-M-05 低污染車輛推動	機車
	T-M-06 交通管理措施推動	各式車輛
	T-M-07 推動車輛保檢合一	機車、柴油車
	T-M-08 怠速熄火政策推動	各式車輛
	T-M-09 船舶污染及油品管制	船舶、柴油車
宜蘭縣	G-M-01 提升機車定檢率	機車
	G-M-02 機車排氣檢驗站配合保檢合一比率	機車
	G-M-03 第 1-4 期老舊機車到檢率	機車
	G-M-04 柴油車動力計檢驗數	柴油車
	G-M-05 柴油車檢測不合格柴油車改善完成率	柴油車
	G-M-06 認證保養廠完成維修保養車輛主動到檢數	柴油車
	G-M-07 提升縣內柴油車主動到檢率	柴油車
	G-M-08 汰舊(1-4 期)換購七期燃油機車及電動二輪車	機車
	G-M-09 大眾運輸使用人數	全體民眾
	G-M-10 老舊機車(第 1~4 期)報廢數	機車
	G-M-11 申請老舊高污染柴油車汰舊補助	柴油車
	G-M-12 第 1-3 期公務用垃圾車及回收車汰舊換新	垃圾車
	G-M-13 郊區柴油車管制-柴油車攔檢(查)數	柴油車
	G-M-14 郊區柴油車管制-柴油車目視判煙數	柴油車
	G-M-15 市區柴油車管制-協談增加柴油車主動到檢族群	柴油車
	G-M-16 市區機車管制-老舊機車攔檢稽查	機車
	G-M-17 劃設空氣品質維護區	柴油車
	G-M-18 柴油車、船舶及施工機具油品稽查檢測數	柴油車、船舶
	G-M-19 車輛反怠速宣導	各式車輛
花蓮縣	U-M-01 提升機車定檢到檢率	機車
	U-M-02 提供移動式定檢站檢測服務	機車
	U-M-03 淘汰 1-4 期老舊機車車籍數	機車
	U-M-04 提升柴油車納管率	柴油車
	U-M-05 提升柴油車自主管理(保檢合一)家數	柴油車
	U-M-06 柴油車 NO _x 污染排放管控	柴油車
臺東縣	V-M-01 1~3 期大型柴油車汰除	柴油車
	V-M-02 推動柴油車保檢合一制度(柴油車多元改善)	柴油車
	V-M-03 1-4 期機車汰舊	機車
	V-M-04 推動機車保檢合一	機車
	V-M-05 港區船舶排煙管制	船舶
澎湖縣	X-M-01 租賃機車管制	機車
	X-M-02 觀光型柴油車管理	柴油車
	X-M-03 加速高污染機車汰舊	機車

縣市	防制措施	管制對象
金門縣	W-M-01 柴油車及船舶污染排放改善	船舶、柴油車
	W-M-02 綠色運具推廣	機車、小客車、公車
連江縣	Z-M-01 未定檢機車通知作業	機車
	Z-M-02 空氣品質維護區巡查	機車
	Z-M-03 機車汰舊補助	機車
	Z-M-04 提昇機車定檢率	機車
	Z-M-05 移動源油品含硫量檢測	船舶、公車

資料來源：各縣市空氣污染防制計畫^[5]、本研究整理

四、路口交通空氣污染相關研究

本章整理 3 篇與路口交通空氣污染相關且有進行實地調查之國外研究，做為參考。

4.1 Mađziel—波蘭熱舒夫^[6]

Mađziel 等人就波蘭圓環的車輛空污排放進行實測研究，在 2017 年時，波蘭的空氣品質在歐盟 28 國中排名倒數第二，雖然空氣品質不佳的主要原因是家庭供暖設備燃燒煤炭、木柴或廢棄材料，但機動車輛也造成了嚴重的空氣污染。

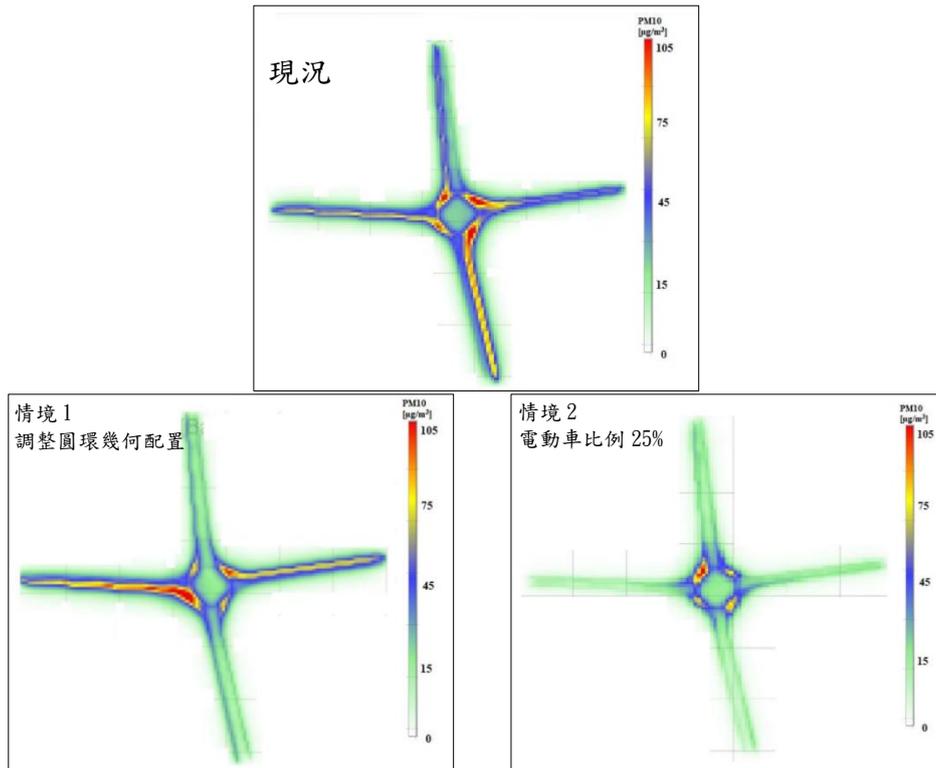
該研究選擇波蘭東南方熱舒夫市(Rzeszow)的圓環，該圓環為最常見之四岔路口，每個道路皆為雙向四車道，平日晨峰時段交通量約為 1,000 輛/小時。

該研究透過現地實際測量之方式，從圓環頂點起至 300 公尺之間，每 50 公尺設置一處儀器測量現況 PM₁₀ 之數據，並以模擬的方式推估以下 2 種情境：1.調整圓環道路幾何配置、2.電動車比例增加，車輛空污排放的變化情形。

現況空污排放之結果如圖 4 上圖，可發現 4 個方向道路的 PM₁₀ 濃度皆在 45μg/m³ 以上，圓環內因車流更緩慢，因此濃度更高。

在情境 1 下，調整圓環道路幾何配置，將現有的雙車道圓環改為加速圓環 (Turbo Roundabout)，加速圓環可將現有圓環之車輛衝突點的數量從 24 個減少到 14 個，可減少車輛停等的情形，改善圓環內車流運行的順暢，進而降低空氣中粒徑小於或等於 10 微米的懸浮微粒 (PM₁₀) 濃度。從圖 4 左下圖可以看出，加速圓環的方案可改善主要車流方向 (南北向) 的停等並進而減少 PM₁₀ 排放，但對於次要道路 (東西向)，PM₁₀ 濃度反而有所增加。

而情境 2 則是假設現況車種組成比例中，有 25% 的車輛為純電動車。此情境的模擬結果如圖 4 右下圖，可發現圓環外道路的 PM₁₀ 濃度僅約為 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，只有圓環內部之濃度較高，約為 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，但仍較現況為低。因電動車除了減少尾氣排放以外，因電動車的扭力較燃油車更高，加速度更快，也使交通更加順暢。研究也建議提高電動車的比重，對行人有極大好處，因為這將減少行穿線和人行道的空污濃度。



資料來源：Mądział 等(2021)[6]

圖 4 Mądział 模擬路口排放結果

4.2 Alobaidi—伊拉克巴格達^[7]

Alobaidi 等人分析交通壅塞時的路口車輛空污排放情形。其研究對象為伊拉克首都巴格達一處號誌化之三叉路口，由於該路口附近有許多違規停車，因此經常交通壅塞。

該研究透過錄影方式蒐集上午尖峰（8:15 至 9:15）之路口交通量、尖峰小時係數（Peak-hour factor, PHF）以及重車比例（Percent heavy vehicles, HV(%)）等數據，透過 SIDRA 軟體進行模擬，分析結果顯示該路口尖峰平均延滯為 273.9 秒，服務水準 F 級。

而針對該路口之改善方式，當透過號誌時制最佳化、減少違規停車、減少公車停靠等措施實施後，該路口平均延滯將降為 161.9 秒，雖然服務水準仍然為 F 級，但空氣污染物排放均有顯著降低，如表 4。

表 4 路口改善後空污排放變化情形

項目	改善前	改善後	減少比例
延滯時間(秒)	273.9	161.9	40%
CO ₂ (公斤/時)	2817.3	2205.1	21%
CO(公斤/時)	151.8	139.1	7%
HC(公斤/時)	5.569	4.179	24%
NO _x (公斤/時)	4.470	4.049	9%

資料來源：Alobaidi 等(2020)^[7]

4.3 Šarić—波士尼亞與赫塞哥維納塞拉耶佛^[8]

Šarić 等人分析塞拉耶佛 (Sarajevo) 的路口交通排放，塞拉耶佛是波士尼亞與赫塞哥維納的首都，該城市因木材和煤炭燃燒、化石燃料燃燒、重工業以及火力發電廠等排放，導致粒狀污染物濃度較高。在 2021 年之空污數據顯示，PM₁₀ 最高小時濃度為 673 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，全年濃度超標日數高達 86 天；而 PM_{2.5} 最高小時濃度為 297 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，亦有連續 62 天日濃度超標。經分析有 23% 的粒狀污染物來自交通源。

該研究蒐集塞拉耶佛市區內 3 處圓環及 3 處號誌化路口，以無人機空拍搭配影像辨識方式蒐集道路車流的數據，如車速、加速度、車間時距 (headway) 等資料，再以 Vissim 及 ESTM 軟體進行模擬計算排放量。

研究模擬了 3 種改善情境：1. 改變路口幾何配置，2. 部分燃油車輛變為零排放車輛，3. 車流量減少一定比例，結果如下：

情境 1 改變路口幾何配置，當車流在飽和之情況下，因圓環的車流需要頻繁地加減速及停車，如改為一般號誌化路口可減少 50% 之空污排放；而當車流未飽和時，圓環與號誌化路口之排放差異很小。

情境 2 在假設有 20% 燃油車更換為零排放車輛的情況下，不論車流是否飽和，零排放車輛在各路口的排放減量比例幾乎都相同。

而情境 3 減少車流量則與車流是否飽和關聯性較大，在交通量減少 20% 的情況下，飽和路口的排放平均降低 40%，而未飽和路口則僅減少 22%。

整體而言，在飽和車流下之空污減量成效，以改變路口幾何配置最佳，車流量減少次之，零排放車輛最低；而未飽和車流之空污減量成效則以車流量減少最佳，零排放車輛次之，改變路口幾何配置最低。

4.4 小結

歸納前述路口交通空氣污染相關研究可知，在其他國家，車輛也是空污的主要貢獻來源之一，然我國針對路口交通空污之研究相對較少，

仍有進行調查研究，分析及研擬改善策略之必要。

路口交通空污排放量數據，除可透過儀器現場調查外，亦有併採軟體模擬取得排放量數據之方式。現場調查項目應包含交通量、車種組成、號誌時制、路口延滯、道路寬度、車道數、空污量/濃度等資料，此些資料亦可做為軟體模擬之輸入資料，透過模擬方式亦可設定特定之改善情境，並取得改善後之數據，做為改善方案之成效評估。

至於改善方案之情境，文獻所研擬之改善策略包含路口幾何配置調整、電動車比例增加、號誌時制最佳化、減少路口違停車輛、減少交通量等方式，相關措施可做為後續研究之參考。

五、空氣污染物量測方式

現地量測為取得現況空污資料之重要工作，藉由取得路口空污資料並搭配背景監測資料，可掌握路口及背景之空污狀況，及後續方能進一步進行模擬或策略研擬等工作。

爰此，本研究蒐整我國主要現地空污量測之方式，依據環保署之資料^[9]，可分為國家監測站、智慧城鄉感測器、校園微型感測器以及民間微型感測器等4類，分述如下：

一、國家監測站

由環保署所建置，為推動空氣品質保護及防制空氣污染工作的重要依據，其選址係依據當時各地污染源排放資料、氣象及空氣品質濃度分布資料等，經審慎規劃、設計後設置完成，主要目的在監控大區域範圍之空氣品質狀況及長期趨勢。

二、智慧城鄉感測點

蒐集大量且時間解析度密集的空品數據，經過密集感測、數據匯流並搭配列管工廠等資料解析後，進行污染熱區鑑定、排放追蹤溯源及相關稽查執法應用。

三、校園微型感測器

其設置位置多在學校具備遮蔽且通風良好處，由環保署、教育部及中研院共同合作參與，應用於校園環境教育，提供微環境空氣品質相對變化趨勢資訊及原因的探勘。

四、民間微型感測器

其設置位置多在住家陽台具備遮蔽且通風良好處，由民眾自發性的投入與參與，機型多種，使用目的多為個人、居家應用，提供微環境空氣品質相對變化趨勢資訊及原因的探勘。

本研究針對各現地量（監）測方式之目的、應用、使用限制、選址要求等彙整如表 5。由表 5 之各項條件，本研究建議後續研究可先蒐集國家監測站資料做為參考資料及空污背景值數據，並採民間微型感測器方式進行現地量測作業。

表 5 國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器之差異比較

項目	國家監測站	智慧城鄉感測點	校園 微型感測器	民間 微型感測器
監測目的	法規監測	污染熱區 鑑定感測	環境教育	個人、居家 應用
數據應用	評估大範圍空氣品質是否 符合空氣品質標準及政策 訂定依據	小區域環境空氣污染熱區 鑑定及污染排放追蹤溯源 以執法應用	微環境空氣品質相對變化 趨勢資訊及原因探勘	
儀器原理	β 射線衰減或慣性質量法		物理光散射原理	
粒徑定義	氣動粒徑：將懸浮微粒粒 徑以運動特性類比為具有 相同特性的單位密度圓球 粒徑	光學粒徑： 雷射光照射顆粒所測定的 粒徑 表面粗糙度、水分、吸光度 會影響粒徑測定		
空間解析度	約 10 至 25 公里	工業區內 100-300 公尺	約 1 公里	
時間解析度(粒狀)	1 小時	1-3 分鐘	1-5 分鐘	
時間解析度(氣狀)	1 分鐘	1-3 分鐘	無	視機型而定
使用限制	<ul style="list-style-type: none"> 分布密度較低，較難追蹤空氣污染來源 自動監測數據需定期校正 操作使用需專業訓練 設置地點有高度及遮蔽物限制，與民眾生活的區域不同 	<ul style="list-style-type: none"> 光學粒徑與氣動粒徑換算具有誤差 長時間使用後光源易受灰塵覆蓋失去作用 測值容易受干擾因子（如濕度等）影響 測站數據變動範圍大，測值與標準測站測值間的差異也可能是數倍以上 數據無法代表真實空氣品質，且感測器品質不一 		
選址要求	嚴謹，依據空污法施行細則設置	以工業區、交通要道等具有通風、可通電及有行動通訊特性者	學校內具備遮蔽且通風良好處	多在住家陽台具備遮蔽且通風良好處
設置高度	10 公尺高	3 公尺高	多在一樓約 2~3m 高	不確定
設置維護成本	非常高	中	低	
誤差範圍(器差)	小於 10%	小於 30%	原始資料平均誤差約 5	視機型而定

			0%，極端值 可能達 100%	
--	--	--	--------------------	--

資料來源：環保署空氣品質監測網^[9]

六、結論與建議

6.1 結論

一、路口交通空污研究有其必要性

環保署資料顯示，線源（公路車輛）為我國空污主要來源之一，惟其係整體性之統計數據，而車輛空污排放鄰近民眾日常生活範圍，尤其路口更為車輛及民眾可能停留之地點，民眾所接觸到之空污濃度可能較統計數據更高。

我國目前針對路口之空污研究相對較少，爰有必要針對路口空污提出調查方式、分析空污影響，並研擬改善策略，以減輕民眾於路口所受到之空污暴露。

二、我國公路運輸空污排放及管制情形

(一) 本研究整理環保署之資料，線源（公路車輛）之各車種排放占比中，私人運具（小客車及機車）為 NMHC 與 CO 之主要排放來源，分別占 84% 及 77%，而 NO_x 則以大貨車為主，占 64%，PM_{2.5} 則分布較為平均，大貨車與小客車均分別占有約 33% 之排放貢獻，其次為機車（15%）與小貨車（14%）。

(二) 線源各污染物之排放量均有逐年降低之情形，自 96 年至 110 年，PM_{2.5} 之年排放量減少 30%、NO_x 減少 48%、NMHC 減少 35%、CO 減少 41%。由此趨勢可見，我國推動各種移動源空污排放管制措施，確有其具體成效。

(三) 各縣市空氣污染防制計畫內所提之防制措施，大多以柴油車及機車為管制對象，而針對汽油車或小客車之措施則相對較少。另有部分縣市提出交通管理層面之措施，例如鼓勵使用公共運輸、推廣公共自行車、推廣共享機車等措施，藉由運具移轉的方式，自源頭減少私人運具的旅次量，以達成減污之目標。

三、路口交通空污量（監）測方式

綜整文獻回顧發現，欲得到路口交通空污數據，可透過儀器現地調查或軟體模擬，現地調查之優點為可取得現況實際之數據資料，而軟體模擬則可設定特定之改善情境，並取得改善

後之數據，做為改善方案之成效評估。爰此，後續研究除採用現地調查外，亦可採用模擬方式取得空污數據。

現地量測為取得現況空污資料之重要工作，我國主要現地空污量（監）測之方式，可分為國家監測站、智慧城鄉感測器、校園微型感測器以及民間微型感測器等 4 類，在路口交通空污之研究上，可蒐集國家監測站資料做為參考資料及空污背景值數據，並採成本較低之民間微型感測器方式進行現地量測作業。

四、路口交通改善策略考量因素

本研究已彙整路口交通空污相關文獻，文獻所研擬之減少空污之改善策略包含路口幾何配置調整、電動車比例增加、號誌時制最佳化、減少路口違停車輛、減少交通量等方式，整體而言除了電動車比例以外，其餘各項目主要均係改變車輛之延滯時間，進而影響空污排放量。

前述各項減少交通空污之策略，可納為後續研究分析及研提改善策略之參考。

6.2 建議

一、研提後續合辦計畫之建議

本研究針對後續合辦計畫之工作項目，研提建議如下：

- (一) 回顧及蒐整路口交通空污相關文獻，以瞭解路口車輛與環境對於空氣污染之影響。
- (二) 研擬資料調查計畫，以做為後續交通及空污調查工作之執行參據。
- (三) 辦理路口資料調查，資料資料需至少包含交通量、車種比例、號誌時制、道路幾何配置、延滯時間及空污資料等項目。
- (四) 應用模擬模式，分析及評估不同交通特性對於路口交通空污之影響情形。
- (五) 提出通案性路口交通空污之改善策略建議，並研訂改善指引。

二、空污微型感測器需進行校正後再量測

空污量測可分為 4 種量測方式，其適用條件、原理、解析度、使用限制、成本等各不相同，因此需要依各研究之目的選擇適合之量測方式。本所後續路口交通空污之研究，基於經費

及場地空間等考量，勢必僅能使用一般微型感測器為調查工具，然因感測器畢竟較為簡易，其量測結果有可能有較大誤差，因此在量測前務必先進行校正或試測等作業，以提升所蒐集資料之正確性。

參考文獻

1. 行政院環境保護署空氣品質改善維護資訊網，「空氣污染物排放量清冊」，https://air.epa.gov.tw/EnvTopics/AirQuality_6.aspx，111年10月12日檢閱。
2. 行政院環境保護署，移動污染源排放資料建置及減量成效評估計畫，112年。
3. 交通部，交通部統計查詢網，<https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100>。
4. 行政院環境保護署，空氣污染防制方案（109年至112年），行政院109年5月22日核定。
5. 各縣市政府，空氣污染防制計畫（109年至112年）。
6. Mądziel, M., Campisi, T., Jaworski, A., & Tesoriere, G. (2021). The development of strategies to reduce exhaust emissions from passenger cars in Rzeszow city—Poland. a preliminary assessment of the results produced by the increase of e-fleet. *Energies*, 14(4), 1046.
7. k Alobaidi, M., Badri, R. M., & Salman, M. M. (2020). Evaluating the negative impact of traffic congestion on air pollution at signalized intersection. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 737, No. 1, p. 012146). IOP Publishing.
8. Šarić, A., Sulejmanović, S., Albinović, S., Pozder, M., & Ljevo, Ž. (2023). The Role of Intersection Geometry in Urban Air Pollution Management. *Sustainability*, 15(6), 5234.
9. 行政院環境保護署，空氣品質監測網，國家監測站、智慧城鄉感測點及學校民間感測器的差異，https://airtw.epa.gov.tw/cht/Encyclopedia/AirSensor/AirSensor_2.aspx，112年7月10日檢閱。