

114-003-6225
IOT-112-TB005

路口交通環境特性對空氣品質影響 及改善指引之研訂(1/2) —調查計畫與資料蒐集

著者：蘇源昌、蘇淳太、洪珮瑜、陳冠男、劉一璇、王思懿
鍾議慶、劉于達、黃大晏、朱珮芸、鄒德傳、黃士騰
楊家銘

交通部運輸研究所

中華民國 114 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

路口交通環境特性對空氣品質影響及改善指引之研
訂. (1/2) : 調查計畫與資料蒐集/蘇源昌, 蘇淳
太, 洪珮瑜, 陳冠男, 劉一璇, 王思懿, 鍾議慶,
劉于達, 黃大晏, 朱珮芸, 鄭德傳, 黃士騰, 楊家
銘著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所,
民 114.04

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-666-2(平裝)

1. CST: 交通管理 2. CST: 交通流量 3. CST: 空氣
汙染

557.15

114003447

路口交通環境特性對空氣品質影響及改善指引之研訂(1/2)－調查計畫與資料
蒐集

著 者：蘇源昌、蘇淳太、洪珮瑜、陳冠男、劉一璇、王思懿、鍾議慶、劉于
達、黃大晏、朱珮芸、鄭德傳、黃士騰、楊家銘

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網 址：www.ilot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)

電 話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 114 年 4 月

印刷者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 57 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：180 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸科技及資訊組・電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號・電話：(04)2226-0330

GPN：1011400325

ISBN：978-986-531-666-2(平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所
書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：路口交通環境特性對空氣品質影響及改善指引之研訂(1/2)－調查計畫與資料蒐集					
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-666-2(平裝)	政府出版品統一編號 1011400325	運輸研究所出版品編號 114-003-6225	計畫編號 112-TB005		
本所主辦單位：運輸能源及環境組 主管：朱珮芸 計畫主持人：朱珮芸 研究人員：鄒德傳、黃士騰 、楊家銘 聯絡電話：(02)2349-6874 傳真號碼：(02)2712-0223	合作研究單位：景丰科技股份有限公司 計畫主持人：蘇源昌 研究人員：蘇淳太、洪珮瑜、陳冠男、劉一璇 、王思懿、鍾議慶、劉于達、黃大晏 地址：臺北市大安區復興南路 2 段 286 號 4 樓 聯絡電話：(02)2377-8011		研究期間 自 112 年 5 月 至 112 年 12 月		
關鍵詞：細懸浮微粒、路口環境特性、交通空氣污染					
<p>摘要：</p> <p>本計畫目的係透過蒐集國內、外路口交通空氣污染及車輛空污排放擴散等文獻資料，瞭解路口車輛與環境對空氣污染影響；研擬交通、環境及空污資料蒐集及調查計畫，並透過專家會議諮詢提升調查計畫品質，依所擬定之調查計畫進行路口交通資料蒐集及空氣污染濃度實測。最後，依據蒐集數據的歸納整理結果，初步掌握影響路口交通空氣污染之關鍵因素，並做為第 2 年期辦理分析與評估之依據。</p> <p>本計畫完成國內、外路口交通特性對環境暴露影響相關文獻彙析，結果發現，路口交通空氣品質除了受季節及天氣特性影響外，路口號誌管制與幾何配置等交通特性，對於路口空氣品質影響係具一定關聯性，故本年度研究以「行人專用時相」與「行人穿越道線退縮」路口交通特性為調查對象，並據以研擬調查計畫。</p> <p>本計畫於臺北市調查 4 處路口，每處路口 4 天、每天 12 小時，完成交通量及 PM_{2.5} 與 CO 濃度實測數據調查。調查結果發現，在行人專用時相路口，行人專用時相啟動或關閉對於 PM_{2.5} 濃度值變化無一致性；而在行人穿越道線退縮之路口，因行人等候區域較為遠離路口機車待轉區及橫向車流，故退縮後區域相較退縮前區域之 PM_{2.5} 平均濃度略有減量。</p> <p>考量交通路口屬微環境區域特性，短期監測調查僅適用於呈現特定路口瞬時污染變化情形，建議後續仍應搭配模擬推估污染物擴散情形，以強化解析交通特性對環境空污影響。</p>					
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式		
114 年 4 月	156	180	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。		
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。					

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: The Impact of Traffic Environmental Characteristics at Intersections on Air Quality and the Development of Improvement Guidelines (1/2) - Survey Plan and Data Collection

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-531-666-2(pbk.)	1011400325	114-003-6225	112-TB005
DIVISION: Transportation Energy and Environment Division DIVISION DIRECTOR: Pei-Yun Chu PRINCIPAL INVESTIGATOR : Pei-Yun Chu PROJECT STAFF: Deh-Juan Wu, Shih-Teng Huang, Chia-Ming Yang PHONE:(02)2349-6874 FAX: (02)2712-0223			PROJECT PERIOD FROM May 2023 TO December 2023
RESEARCH AGENCY: Environmental Simulation Co. Ltd. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yuan-Chang Su PROJECT STAFF: Chun-Tai Su, Pei-Yu Hung, Guan-Nan Chen, Yi-Hsuan Liu, Christina Wang, Yi-Ching Chung, Yu-Da Liu, Ta-Yen Huang ADDRESS: 4F, No.286, Fuxing S. Rd., Da'an Dist., Taipei city 106, Taiwan (R.O.C.) PHONE:(02)2377-8011			
KEY WORDS: Fine Particulate Matter, Intersection Environmental Characteristics, Traffic-Related Air Pollution			

ABSTRACT:

The purpose of this project is to collect domestic and international literature on traffic-related air pollution and vehicle emission dispersion at intersections to understand the impact of vehicles and the environment on air quality. The project aims to develop a plan for collecting traffic, environmental, and air pollution data, improve the quality of the investigation plan through expert consultations, and conduct field data collection and air pollution measurements at intersections based on the formulated plan. The collected data will be analyzed and summarized to identify key factors affecting air pollution at intersections, serving as a basis for analysis and evaluation in the second year of the project.

This project compiled relevant literature on the impact of intersection traffic characteristics on environmental exposure, both domestically and internationally. The results showed that in addition to seasonal and weather effects, traffic signal control and geometric design at intersections are significantly associated with air quality. Therefore, this year's study focuses on intersections with "exclusive pedestrian phases" and "setback pedestrian crossings" as the primary subjects for investigation and planning.

The project conducted surveys at four intersections in Taipei City, collecting traffic volume, PM_{2.5}, and CO concentration data for four days at each site, with 12 hours of monitoring per day. The findings indicate that at intersections with exclusive pedestrian phases, there is no consistent pattern in PM_{2.5} concentration changes when the pedestrian phase is activated or deactivated. At intersections with setback pedestrian crossings, the pedestrian waiting areas are located farther away from the motorcycle waiting zones and lateral traffic flows. As a result, the average PM_{2.5} concentration in the setback areas is slightly lower compared to the areas before the setback.

Considering that intersections are micro-environments, short-term monitoring is only suitable for capturing instantaneous pollution changes at specific locations. It is recommended that future studies incorporate simulation models to estimate pollutant dispersion, enhancing the understanding of the impact of traffic characteristics on air pollution.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
April 2025	156	180

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目 錄

目錄	III
圖目錄	V
表目錄	VII
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫背景與目的	1-1
1.2 計畫內容與工作項目	1-2
1.3 計畫範圍與對象	1-3
1.4 計畫流程	1-4
1.5 名詞解釋	1-5
第二章 文獻蒐集與回顧	2-1
2.1 路口交通空氣污染	2-3
2.1.1 路口交通空污監測應用	2-3
2.1.2 路口交通特性對於空氣污染的影響	2-7
2.2 車輛空污排放擴散模式	2-10
2.2.1 空品模式模擬盤點及應用	2-11
2.2.2 空品模式模擬-GRAL 模式	2-17
2.2.3 車輛空氣污染物排放擴散小結	2-19
2.3 小結	2-19
2.3.1 路口交通空氣污染參採應用	2-19
2.3.2 車輛空氣污染物排放擴散參採應用	2-20
第三章 調查計畫研擬	3-1
3.1 路口交通特性分析	3-1
3.2 調查資料項目探討	3-7
3.2.1 交通資料	3-7
3.2.2 空污資料	3-11
3.2.3 環境資料	3-12
3.3 路口採樣及調查方式說明	3-14
3.3.1 路口交通調查	3-15
3.3.2 路口交通空氣污染物採樣	3-16

3.4 調查路口選址	3-20
3.5 調查時間規劃	3-26
3.6 專家諮詢會議	3-28
第四章 路口資料調查及蒐集	4-1
4.1 路口交通量調查	4-1
4.1.1 路口交通流量調查及車種比例分析	4-1
4.1.2 路口道路幾何配置調查	4-4
4.1.3 路口號誌時制調查	4-17
4.1.4 路口延滯時間分析	4-21
4.2 路口背景環境資料蒐集	4-23
4.2.1 氣象背景資料調查	4-23
4.2.2 空氣品質背景資料調查	4-27
4.3 路口交通特性對空氣品質影響探討	4-29
4.3.1 行人專用時相路口特性對空氣品質影響分析	4-29
4.3.2 行穿線退縮路口特性對空氣品質影響分析	4-35
第五章 結論與建議	1
5.1 結論	1
5.2 建議	2
參考文獻	參-1
附錄 1 計畫摘要	附 1-1
附錄 2 審查意見處理情形	附 2-1
附錄 3 計畫簡報	附 3-1

圖目錄

圖 1.4-1 工作流程圖	1-5
圖 2-1 105-111 年汽車及機車機動車輛登記數變化情形	2-1
圖 2.2.1-1 GRAL 模擬車輛交通源結果示意圖	2-16
圖 3.1-1 行人專用時相路口示意圖	3-3
圖 3.1-2 時制計畫影響情境示意圖	3-4
圖 3.1-3 行人穿越道線退縮路口示意圖	3-5
圖 3.1-4 人行道拓寬情境示意圖	3-6
圖 3.2.1-1 路口交通量及車種比例紀錄示意圖	3-8
圖 3.2.1-2 臺灣公路容量分析軟體 (THCS) 2021 年版操作頁面	3-10
圖 3.2.1-3 路口延滯時間計算相關操作頁面	3-11
圖 3.2.3-1 空氣品質自動連續監測站 (一般測站)	3-13
圖 3.2.3-2 空氣品質自動連續監測站 (交通測站)	3-14
圖 3.3.2-1 行人等候區之定點式空污調查儀器示意圖	3-17
圖 3.3.2-2 DUSTTRAK DRX 氣膠監測儀器示意圖	3-18
圖 3.3.2-3 TSI 7575 多功能手持式空氣品質檢測儀器示意圖	3-18
圖 3.3.2-4 行人穿越道線之移動式空污調查示意圖	3-19
圖 3.3.2-5 行人穿越道線空污調查方式示意圖	3-20
圖 3.4-1 環境部空品自動連續監測站分布圖	3-22
圖 3.4-2 調查路口 (1) 永吉路/松山路路口幾何配置圖	3-23
圖 3.4-3 調查路口 (2) 忠孝東路六段/昆陽街路口幾何配置圖	3-24
圖 3.4-4 調查路口 (3) 南京西路一段/中山北路二段路口幾何配置圖 ..	3-25
圖 3.4-5 調查路口 (4) 酒泉街/重慶北路三段路口幾何配置圖	3-26
圖 3.5-1 2022 年交通測站 CO 濃度標準化下 24 小時平均分布情形 ..	3-27
圖 3.5-2 2022 年交通測站 CO 濃度標準化下每日平均分布情形	3-27
圖 4.1.2-1 行人專用時相路口及時段清單	4-4
圖 4.1.2-2 昆陽街/忠孝東路路口測量圖	4-5
圖 4.1.2-3 昆陽街/忠孝東路路口交通攝影儀器架設現況圖	4-6
圖 4.1.2-4 昆陽街/忠孝東路路口空品調查儀器架設現況圖	4-7
圖 4.1.2-5 松山路/永吉路路口測量圖	4-8
圖 4.1.2-6 松山路/永吉路路口交通攝影儀器架設現況圖	4-9
圖 4.1.2-7 松山路/永吉路路口空品調查儀器架設現況圖	4-9

圖 4.1.2-8	中山北路/南京西路路口測量圖	4-11
圖 4.1.2-9	中山北路/南京西路路口交通攝影儀器架設現況圖	4-12
圖 4.1.2-10	中山北路/南京西路路口空品調查儀器架設現況圖	4-13
圖 4.1.2-11	重慶北路/酒泉街路口測量圖	4-14
圖 4.1.2-12	重慶北路/酒泉街路口交通攝影儀器架設現況圖	4-15
圖 4.1.2-13	重慶北路/酒泉街路口空品調查儀器架設現況圖	4-16
圖 4.2.1-1	路口調查期間環境部中山空品測站風花圖	4-24
圖 4.2.1-2	路口調查期間環境部松山空品測站風花圖	4-24
圖 4.2.1-3	路口調查期間環境部中山及松山空品測站氣溫變化趨勢	4-25
圖 4.2.2-1	環境現況參考測站位置圖 (I)	4-27
圖 4.2.2-2	環境現況參考測站位置圖 (II)	4-28
圖 4.2.2-3	路口調查期間 PM2.5 環境背景濃度變化趨勢	4-28
圖 4.2.2-4	路口調查期間 CO 環境背景濃度變化趨勢	4-29
圖 4.3.2-1	重慶北路/酒泉街路口 10/16 之 PM2.5 濃度變化	4-35
圖 4.3.2-2	重慶北路/酒泉街路口 10/17 之 PM2.5 濃度變化	4-35
圖 4.3.2-3	重慶北路/酒泉街路口 10/18 之 PM2.5 濃度變化	4-36
圖 4.3.2-4	重慶北路/酒泉街路口 10/19 之 PM2.5 濃度變化	4-36
圖 4.3.2-5	重慶北路/酒泉街路口 10/20 之 PM2.5 濃度變化	4-36
圖 4.3.2-6	中山北路/南京西路路口 10/23 之 PM2.5 濃度變化	4-37
圖 4.3.2-7	中山北路/南京西路路口 10/24 之 PM2.5 濃度變化	4-37
圖 4.3.2-8	中山北路/南京西路路口 10/25 之 PM2.5 濃度變化	4-37
圖 4.3.2-9	中山北路/南京西路路口 10/26 之 PM2.5 濃度變化	4-37
圖 4.3.2-10	重慶北路/酒泉街路口 10/16 之 CO 濃度變化	4-38
圖 4.3.2-11	重慶北路/酒泉街路口 10/17 之 CO 濃度變化	4-38
圖 4.3.2-12	重慶北路/酒泉街路口 10/18 之 CO 濃度變化	4-38
圖 4.3.2-13	重慶北路/酒泉街路口 10/19 之 CO 濃度變化	4-39
圖 4.3.2-14	重慶北路/酒泉街路口 10/20 之 CO 濃度變化	4-39
圖 4.3.2-15	中山北路/南京西路路口 10/23 之 CO 濃度變化	4-39
圖 4.3.2-16	中山北路/南京西路路口 10/24 之 CO 濃度變化	4-40
圖 4.3.2-17	中山北路/南京西路路口 10/25 之 CO 濃度變化	4-40
圖 4.3.2-18	中山北路/南京西路路口 10/26 之 CO 濃度變化	4-40

表目錄

表 2-1 空氣污染物排放量清冊 12.0 版各污染源排放占比.....	2-2
表 2.1.1-1 各國地區監測儀器及監測項目彙整	2-6
表 2.1.2-1 路口交通特性項目文獻彙整	2-8
表 2.2.1-1 空氣品質模式說明	2-11
表 2.2.1-2 各類型空品模式模擬彙整	2-17
表 2.2.2-1 GRAL 模擬文獻整理	2-18
表 3.3-1 本計畫路口調查方式.....	3-15
表 3.3-2 本計畫路口調查方式與調查時間	3-20
表 3.4-1 調查點位與臨近空品測站資訊	3-22
表 3.4-2 行人專用時相調查路口資訊	3-23
表 3.4-3 行人穿越道線退縮調查路口資訊	3-25
表 4.1.1-1 中山北路/南京西路路口全日平均車流量及車種比例	4-2
表 4.1.1-2 重慶北路/酒泉街路口全日平均車流量及車種比例	4-2
表 4.1.1-3 昆陽街/忠孝東路路口全日平均車流量及車種比例	4-3
表 4.1.1-4 松山路/永吉路路口全日平均車流量及車種比例	4-3
表 4.1.2-1 選定道路路口幾何設計	4-17
表 4.1.3-1 昆陽街/忠孝東路路口號誌時制現況表 - 平日晨昏峰	4-18
表 4.1.3-2 永吉路/松山路路口號誌時制現況表 - 平日晨昏峰	4-19
表 4.1.3-3 酒泉街/重慶北路路口號誌時制現況表 - 平日晨昏峰	4-20
表 4.1.3-4 南京西路/中山北路路口號誌時制現況表 - 平日晨昏峰	4-20
表 4.1.4-1 號誌化路口服務水準劃分標準	4-21
表 4.1.4-2 調查路口平均延滯統計表	4-22
表 4.2.1-1 臺北氣象測站年氣象資料統計表	4-26
表 4.3.1-1 全國車種不分期別平均排放係數	4-30
表 4.3.1-2 空污加權權重比例.....	4-30
表 4.3.1-3 昆陽街/忠孝東路路口行人專用時相 PM2.5 濃度比較.....	4-31
表 4.3.1-4 松山路/永吉路路口行人專用時相 PM2.5 濃度比較.....	4-32
表 4.3.1-5 昆陽街/忠孝東路路口行人專用時相 CO 濃度比較.....	4-33
表 4.3.1-6 松山路/永吉路路口行人專用時相 CO 濃度比較.....	4-34



第一章 緒論

1.1 計畫背景與目的

隨著經濟發展，國人主要居住及活動區域，逐漸往都會區集中，依據統計資料顯示，全臺灣約有 69.6% 之總人口數集中於都會區域，而都會區密集人口除帶來繁榮的經濟活動外，同時也伴隨龐大交通量，導致都會區居民相較其他地區民眾，易暴露於交通空氣污染排放的風險中。

依據環境部「空氣污染防治方案（109 年至 112 年）」^[1]，其對於移動污染源之管制項目中，除透過車輛汰舊換新、運具電動化等方式，從車輛自身減少空氣污染排放之外，亦應透過引導私人運具之使用者行為改變，配合交通管制措施，減少道路車流量，降低都會區空氣污染總量與交通壅塞問題，同時提升公共運輸。另於交通部「2020 運輸政策白皮書—綠運輸」^[2]中，提出應建構低碳、低污染之運輸環境及規劃相關策略。過往交通改善多以減少壅塞及提升效率或安全性為參考，未考量空氣污染減量之效益，故本計畫認為，在交通管理措施之下，亦可將交通空氣污染減量之效益納入考量，保障用路人健康。

而交通空氣污染排放，會隨著引擎溫度、車速、停等等行駛特性隨之變動，且考量在都會區密集車流活動情形下，交通空氣污染排放危害，對於駕駛人及行人等各方用路人，皆會受到車輛排放之影響，且此類危害，尤其以路口停等狀況下最為嚴重。

因此，本計畫透過探討不同路口交通環境對於空氣品質之影響程度及因素，並尋求適當可行之改善方案，進一步研擬路口交通改善指引，供交通相關單位可依據其當地特性，參考改善指引進行路口交通空氣污染改善策略規劃；本年度為第 1 年期計畫內容，優先以國內外相關文獻為參考對象，掌握路口交通空氣污染影響及空氣污染物排放擴散，了解路口車輛與環境對空氣污染影響，並依據具指標性的路口空氣污染物監測、路口交通資料蒐集與現地環境資料，規劃合適的調查計畫並進行資料調查，以利於第 2 年度依據相關資料蒐集與分析成果，應用於空氣污染排放擴散模式模擬當中，評估交通特性對路口交通空污之影響，並規劃路口交通空氣污染

改善策略，以供相關單位參考應用。

1.2 計畫內容與工作項目

依據環境部發布全國空氣污染排放量清冊第 12 版^[3]成果，我國交通運輸污染排放占全國 PM_{2.5} 之 15.8%，僅次於營建/道路揚塵及工業所帶來的空氣污染排放，又路口為民眾經常往來活動區域，該區域所產生之交通空氣污染排放，不僅僅將影響駕駛人，更容易影響周邊活動之非機動運具使用者、行人等；環境部於 2018 年針對臺北市都會區，以配戴微型感測器模擬民眾通勤型態研究^[4]結果發現，機車使用者因有時候會行經待轉區，或者靠近大型污染車輛附近，可能易受瞬間高污染濃度暴露風險（研究中最高 PM_{2.5} 暴露濃度達 201 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ），其他非機動運具使用者，若行經路口區域，也同樣有時間短，但高污染濃度直接暴露的危害，故從路口進行交通空氣污染改善，促使民眾減少空氣污染之暴露，更具備保障民眾健康的直接性。

改善路口交通空氣污染排放，應優先掌握路口交通環境與空氣污染間關聯性，爰此希冀透過本計畫，運用路口現地調查搭配空氣污染排放擴散模式方式，解析交通特性對路口交通空氣污染之影響情形，進而研擬路口交通空氣污染改善指引，以利相關主管機關可因地制宜參考指引內容，規劃相關管制作為，並提升交通部門執行路口交通空氣污染改善成效，及降低策略規劃執行困難度，達到低污染運輸環境之目標。

本計畫辦理之研究期程為 2 年，本年度為第 1 年期（112 年），「調查計畫與資料蒐集」為目標，詳細工作項目包括以下。

1. 文獻蒐集與回顧：

回顧及蒐整相關文獻，包括路口交通空氣污染及車輛空污排放擴散之文獻，以瞭解路口車輛與環境對於空氣污染之影響。

2. 研擬交通、環境及空污資料蒐集及調查計畫：

- (1) 研擬交通、環境及空污資料蒐集及調查計畫，該計畫內至少需包含調查路口之選擇方式、調查資料項目、調查期間等內容。
- (2) 召開專家諮詢會議討論計畫內容。

3. 依所擬定之蒐集及調查計畫，辦理 4 處以上路口之交通、環境及空污資料蒐集或調查：
 - (1) 蒉集交通資料需至少包含交通量、車種比例、號誌時制、道路幾何配置及延滯時間等項目。
 - (2) 蒉集環境資料係指空污背景值、風速、風向、氣壓、溫度、溼度……等資料，實際蒐集調查項目可依所研擬之調查計畫調整辦理。
 - (3) 蒉集空污資料需至少包含細懸浮微粒 (PM_{2.5})。
4. 蒉集及調查資料進行初步歸納整理。
5. 針對計畫重要成果，製作海報及簡報電子檔。

1.3 計畫範圍與對象

本計畫以交通空氣污染改善為出發點，考量路口為民眾往來頻繁地區，透過路口交通、環境調查與空污模式模擬方式，解析路口交通特性對空品影響，提出通案性交通管理策略，並完成路口改善指引，進而減少行人及運具使用者的交通空污暴露影響，同時提升交通運作效率，支援交通單位運用交通管理策略方式，達到空污減量目的。

本計畫為 2 年期計畫，本年度為第 1 年期 (112 年)，主要工作內容共分為文獻蒐集與回顧、調查計畫研擬與辦理調查、專家諮詢會議辦理等三大工作項目，主要研究對象及範疇規劃如下所述。

1. 文獻蒐集與回顧

- (1) 範疇：針對路口交通環境特性對空氣品質影響及改善指引部分，規劃以國內外路口交通空氣污染、車輛與交通空氣污染物排放與擴散影響情形、路口車輛對環境空氣污染或人體暴露影響等議題之相關文獻及論文內容，進行其影響情形、調查與分析方法、改善策略建議等面向為範疇，進行資料蒐集與研析。
- (2) 時間：以 2013 年至迄今之文獻、相關研究及管理策略為主，並視管理策略發展趨勢進行調整。

2. 調查計畫研擬與辦理調查

- (1) 範疇：依據文獻蒐集與回顧成果，並考量路口特性、交通資料完成度及路口鄰近空品測站資訊掌握情形等，進行調查計畫研擬，並篩選臺北市適宜的 4 個路口辦理調查及資料蒐集。
- (2) 時間：考量 7、8 月為暑假期間，交通環境特性與其他時間具有相當差異，故規劃調查工作原則應於 2023 年 9 月始調查，並於 11 月初調查工作完成。

3. 專家諮詢會議辦理

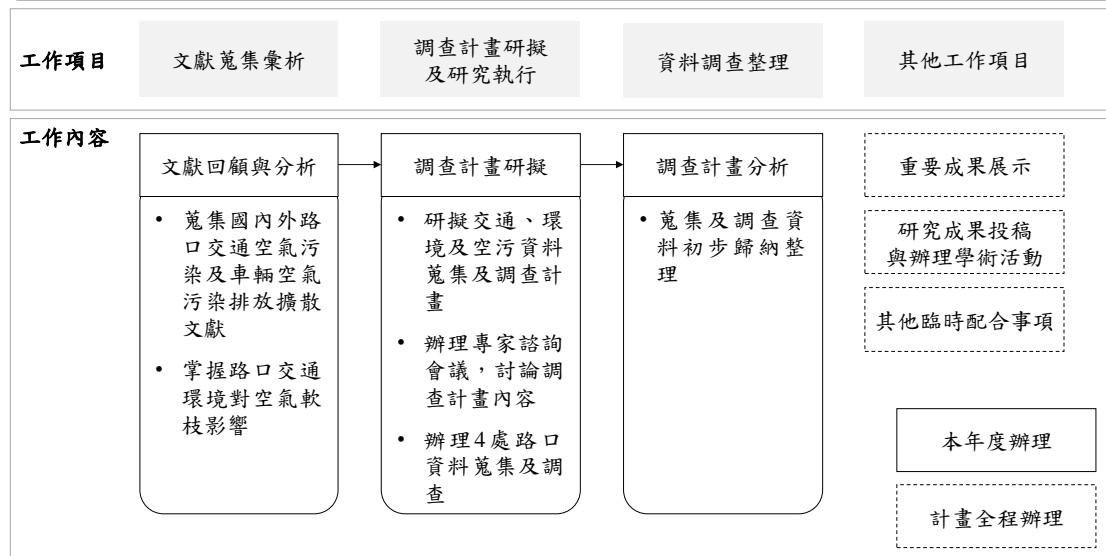
- (1) 會議內容與範疇：針對本案路口交通、環境及空污資料蒐集調查計畫內容進行諮詢，並依據諮詢結果進行調查計畫內容調整。
- (2) 時間：於 2023 年 7 月 17 日辦理。
- (3) 邀請對象：國內交通、環工、公衛或曾執行交通及環境監測規劃等相關領域之專家學者。

1.4 計畫流程

本計畫為研析路口交通空氣污染改善指引，透過國內外相關文獻彙整研析，規劃路口交通、環境及空氣品質調查計畫與調查工作，並配合調查資料成果，應用空氣污染排放擴散模式，評估路口交通特性對空氣污染影響情形，進而提出通案性路口交通空氣污染改善策略建議，並召開成果分享會議，進行研究成果推廣及與相關單位進行意見交流。

本計畫第 1 年期重點工作，將優先透過文獻方式方式，掌握國內外路口車輛與環境對空氣污染之影響，並參考文獻內容及國內路口環境、交通與空品資訊完整度等考量下，規劃路口調查計畫，辦理 4 處路口調查工作，並進行初步資料彙整，以應用於第 2 年期計畫之空污模式模擬及路口空污改善指引。本計畫之工作流程架構如圖 1.4-1 所示。

路口交通環境特性對空氣品質影響及改善指引之研訂(1/2)－調查計畫與資料蒐集



資料來源：本計畫繪製

圖 1.4-1 工作流程圖

1.5 名詞解釋

1. 臺灣空氣污染排放量清冊 (Taiwan Emission Data System) ^[3]：係指行政院環境部全國空氣污染排放量清冊資訊系統，為涵蓋國家各類型污染源排放量之總排放量資料庫，涵蓋之污染源包括固定污染源及移動污染源，或點、線、面及自然源（含生物源、河川揚塵等）等稱之，英文全名為 Taiwan Emission Data System，簡稱 TEDS。目前臺灣最新版本之 TEDS 為 12 版，稱為 TEDS 12，亦為本計畫參考採用之排放清冊版本，此版本以民國 110 年為基準年。
2. DustTrak：本計畫採用之粒狀污染物量測儀器，是一種空氣品質監測儀器，主要用於測量空氣中的粉塵濃度。這種儀器由美國 TSI 公司製造，並且可以提供即時的空氣品質數據。
3. 可攜式儀器 (Portable Instrument)：是一種監測儀器形式，主要採用光學原理測量空氣污染物濃度，且可以自行進行儀器校準。相比於傳統秤重式採樣器，體積更小，單人便可攜帶與操作。
4. 手持式儀器 (Handheld Instrument)：是一種監測儀器形式，大多採用光學原理測量空氣污染物濃度，且可以自行進行儀器校準，無法

測定太細微之空污變化。相比於可攜式儀器，體積更小，可以單手攜帶與操作。

5. 秤重式採樣器 (Weighing Sensor)：是一種空氣品質監測儀器，採集與蒐集空氣中懸浮微粒，進行重量測量，可精準推估空氣中懸浮微粒濃度。
6. 街谷 (Street Canyon)：來自於氣象學術語，指的是城市中由於建築物排列形成的狹長的空間，這些空間像山谷一樣，兩側是建築物，中間是街道。這種現象在大都市或高樓大廈密集的地區特別明顯。在空氣品質模擬模型中，街谷效應是一個需要考慮的重要因素。例如，在網格模型中，可能需要將街谷作為一個單獨的「網格」來處理，並且需要考慮街谷內的風速、溫度和污染物濃度等因素。
7. 線源 (Line Source)：在空氣品質模擬中，污染源的類型是一個重要的考慮因素，因為它影響著污染物的排放方式和分布模式，是指污染物沿一條線性結構排放出來，例如高速公路或鐵路上的車輛排放，或者船隻在航道上的排放。
8. 點源 (Point Source)：在空氣品質模擬中，點源是指污染物從一個固定的點排放出來，例如工廠的煙囪或者一個特定的排放口。
9. 體源 (Volume Source)¹：在空氣品質模擬中，體源指污染物從一個體積內釋放出來，這種情況常見於污染物源分佈在一個三維空間內，並且在這個空間內的任何位置都有可能產生污染物。例如森林火災或者城市區域的廣泛排放。在這種情況下，污染物的排放與該區域的大小和活動有關。在進行空氣品質模擬時，體源的模擬通常比點源或線源的模擬更為複雜，因為需要考慮到污染物在三維空間內的分布和變化。
10. 面源 (Area Source)：在空氣品質模擬中，面源指的是污染物從一個面釋放出來，例如一個場區或一個工業區的排放。在這種情況下，污染物的排放與該面積的大小和特性有關。
11. 生物源 (Biogenic Sources)：在空氣品質模擬中，生物源指污染物來自生物活動，例如人類的呼吸、動物的排泄物、植物的揮發性有

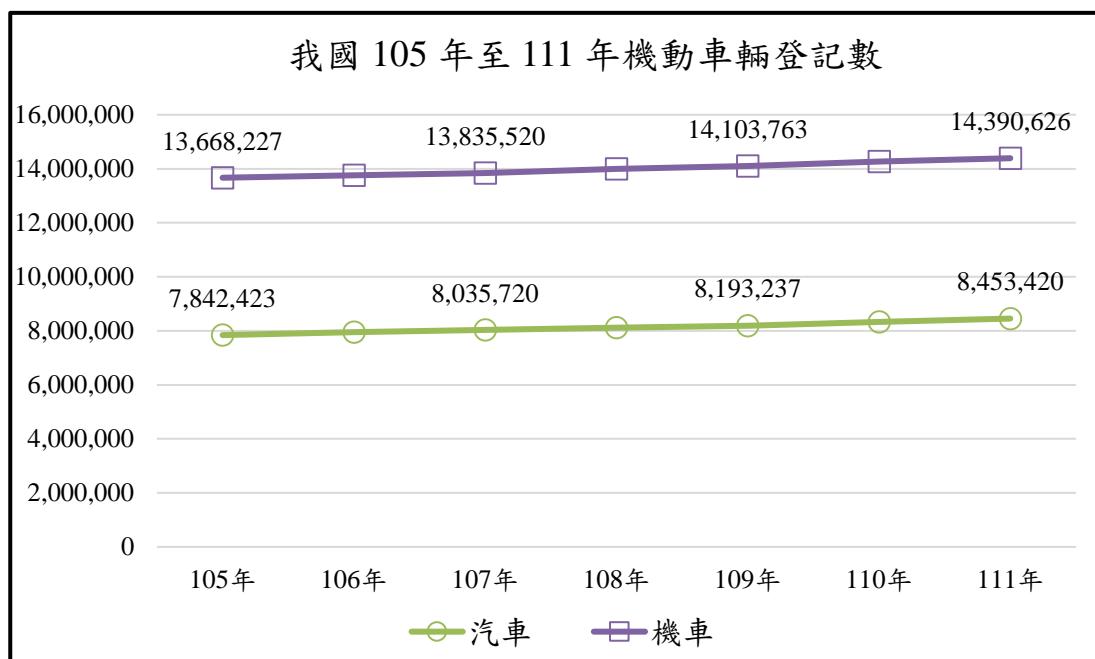
機物排放等。

12. 光化學網格模式 (Photochemical modeling)：該模型在網格模型的基礎上，進一步考慮了污染物的化學反應過程，特別是光化學反應過程。光化學網格模型不僅可以模擬污染物的物理傳輸，還可以模擬污染物在光照和其他化學物質的作用下產生的變化。這種模型主要用於模擬臭氧和其他光化學污染物的形成和傳播。
13. 風場 (Wind Field)：一種描述風速和風向分布的概念，通常用於氣象學、海洋學、環境科學等領域，以研究風的流動特性和其對其他物理過程（如氣候變化、海洋流動、空氣污染傳播等）的影響，風場的研究和模擬對於理解和預測天氣、氣候和環境變化等問題具有重要意義。



第二章 文獻蒐集與回顧

根據交通部公路統計查詢網中的機動車輛登記數，汽、機車車輛數係逐年上升，自 105 年起至 111 年，汽車及機車這兩類車種分別上升 60 萬輛至 70 萬輛，如圖 2-1 所示，平均 1 年增加約 10 萬輛汽車及機車，顯示在臺灣各種土地利用交錯混合特性下，民眾多倚賴私人運具為主要交通運輸工具，因此在空氣污染各項類型中，機動車輛的污染排放貢獻量不容小覷，依據環境部定期公布的國家空氣污染排放清冊 TEDS12 版統計結果，如表 2-1 所示，在粒狀污染物 PM_{2.5}、氮氧化物 NO_x，以及一氧化碳 CO，車輛皆具有一定程度的占比（分別為 15.84%、41.64% 及 47.65%），其主要貢獻車種又以柴油大型車、小客車及機車為主。



資料來源：交通部統計查詢網，機動車輛登記數

圖 2-1 105-111 年汽車及機車機動車輛登記數變化情形

表 2-1 空氣污染物排放量清冊 12.0 版各污染源排放占比

項目	污染物種						
	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _X	NO _X	THC	NMHC
工業	6.40%	10.69%	24.61%	89.39%	41.35%	31.67%	35.00%
車輛	2.67%	6.65%	15.84%	0.19%	41.64%	20.73%	23.35%
非公路運輸	0.67%	1.81%	3.40%	5.47%	11.58%	0.49%	0.59%
商業	1.02%	2.59%	5.52%	2.56%	0.86%	24.87%	28.62%
營建/道路揚塵	88.76%	77.12%	47.70%	0.00%	0.00%	9.96%	12.10%
露天燃燒	0.12%	0.31%	0.61%	0.05%	0.06%	0.05%	0.04%
其他	0.37%	0.83%	2.33%	2.33%	4.52%	12.24%	0.29%
總排放量	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

資料來源：空氣污染物排放量清冊 12.0

考量大眾日常通勤、工作所需及生活環境，不論是時間或空間維度，皆與交通運輸密不可分，包含上下班通勤時間的路口、停車場空間等，都可能是用路人會受交通空氣污染暴露的關鍵，根據運研所 107 年「交通環境之 PM_{2.5} 暴露探討」^[5]中，於空品大同測站周邊路口實測調查數據顯示，路口空氣品質測值可能高於路段 2.7 倍，推測因路口通行車輛較為集中，易造成瞬間高污染濃度排放影響；因此，本計畫以路口交通空氣污染減量為標的，將研究主體聚焦於路口交通特性、交通狀況與空氣品質間關聯性，有別於過往交通研究多著重於減少交通壅塞、用路人安全等面向，希冀以民眾健康提升為考量面向與提升策略推動合理性，藉以提供相關交通單位研擬管理策略及改善措施時，多元化思維及論述。除此之外，運用模式模擬方式，得解析欲探討之交通污染流布情形，對於掌握路口交通空污環境影響，具有相當重要性，故在本計畫 2 年期規劃中，亦將模式模擬納入重要工作項目。

綜上所述，為掌握路口交通特性對於交通空氣污染的影響，以規劃合宜的調查計畫，以及選擇路口微環境下合適的模式模擬工具，本計畫分別就路口交通空氣污染和車輛空污排放擴散蒐集相關文獻，並就不同議題進行彙析，綜整相關資訊作為於本案調查計畫研擬參考，以下將分別針對路口交通空污監測相關資訊，以及車輛空污排放擴散模式進行彙整說明。

2.1 路口交通空氣污染

在都市交通中，尤其是十字路口，行人在路邊等候或在人行道上行走時，往往容易受到來往車輛排放的高濃度顆粒物污染影響（He and Gao，2020）^[6]。而臺灣生活及交通環境特性，民眾日常生活型態易近距離接觸到交通污染，尤其是車輛尾氣排放之氣狀污染物及輪胎剎車產生的懸浮顆粒，相關污染物影響於各項研究中，皆呈現會影響人體心肺功能及提高相關疾病發生機率。參考龍世俊（2005）研究^[7]提出，生活在距離馬路 50 公尺內者冠狀動脈硬化發生率，較生活在 200 公尺外者高出 63%，且其主要為受到路上交通運具所排放之懸浮微粒所致。然在臺灣地狹人稠的區域條件下，大多數民眾居住於馬路周遭，特別是在都會區更是難以遠離馬路居住，因而更需重視交通道路路邊的空氣污染與人體健康間影響。

考量本計畫為透過解析交通路口特性與空污情形，提出路口交通空污改善之研究，故如何掌握路口交通空污情形，以及路口特性影響，具有相當重要性，爰本計畫優先針對路口交通空污監測應用及路口交通特性對於空污影響之相關研究，進行蒐整回顧，以應用於後續調查計畫。

2.1.1 路口交通空污監測應用

交通排放之空氣污染物整體而言可分為氣狀污染物及粒狀污染物兩大類。氣狀污染物主要以一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）、硫氧化物（SO_x）及揮發性有機物（VOCs）等為主，其中 NO_x、SO_x 及 VOCs 於大氣中經太陽照射後，將引發光化學反應而產生其他空氣污染源，即為衍生物污染物，進而對人體造成不良之健康影響。

粒狀污染物主要則為原生性 PM_{2.5} 及 Diesel PM_{2.5} (DPM)，其中 DPM 亦已被列為一級致癌物質。而研究中亦提及，在汽機車排放的氮氧化物（NO_x）、一氧化碳（CO）、揮發性有機化合物（VOC）和粒狀物（PM）是城市空氣污染的主要來源，交通產生的空氣污染物，如 NO₂ 和 PM_{2.5} 則對健康有影響；另外交通產生的溫室氣體，例如二氧化碳（CO₂），可能導致全球變暖（Narjis Basil Theyab 等，2021）^[8]。另外亦有研究提及在都市地區人口密集處，PM 污染已被認為是主要來源之一，其對居住在交通路

口附近的人們將形成潛在的威脅（Adeniran 等，2017）^[9]。

綜上可知，交通產生的空氣污染含有各類型污染物，而依據研究目的與監測污染物的差異，考量不同儀器的偵測極限和反應時間不一，應選擇合適的監測儀器，本小節將透過蒐整各地區相關調查文獻，盤點以路口交通污染監測及行人暴露為目的，參考其主要使用之監測儀器及監測項目，做為本計畫路口調查之監測儀器選用參考。

Unegbu 等人（2023）^[10]於西非奈及利亞東南部的道路交叉口進行環境空氣品質評估，在其旱季的 14 天，每天分早、午、晚各時段進行 4 個點位空污監測，監測儀器係採用 Aeroqual 系列 s500 手持空氣品質和氣體監測器，監測項目包含 $PM_{2.5}$ 、CO、 SO_2 、 NO_2 ，並搭配 GPS 設備記錄採樣位置的坐標；研究結果顯示，所有選定的路口污染物均有升高現象，推斷可能歸因於尖峰時段車輛密度較高以及建築群的存在，並進一步提出長期暴露於類似特性的道路交叉口下，對於各種社會經濟和健康可能具有負面影響，因此實現低碳城市和城市可持續發展的綠化方法變得至關重要。

Frey 等人（2022）^[11]為了解路口微環境空氣污染濃度是否受車輛排放影響，運用可攜式儀器於美國的高速公路站點和城市交叉路口站點進行監測，主要調查之污染物包含氮氧化物（ NO_x ）、一氧化碳（CO）、黑碳（BC）、細懸浮微粒（ $PM_{2.5}$ ）、超細懸浮微粒（UFP；PM 空氣動力學直徑 $\leq 0.1 \mu m$ ）和臭氧（ O_3 ），研究成果發現，相對於與道路間的空間距離，時間因素更容易影響環境空氣污染。

He and Gao (2020)^[6]在中國上海的十字路口附近，以 Fluke 985 Particle Counter 手持式儀器進行定點及移動式的空污監測，藉以檢查交通號誌周期內各種粒徑下（ PM_1 、 PM_2 和 PM_{10} ）的粒狀污染物變化，以及懸浮微粒在行人等待及通行時的累積量；研究發現綠燈轉換為紅燈時，路口 $PM_{2.5}$ 濃度將會上升，行人於綠燈後 15 秒過馬路能降低污染濃度。

L.Y. Chan 等人（2002）^[12]在香港的研究調查了通勤者在使用公共運輸通勤時接觸懸浮微粒的情況，研究共選取巴士、電車、公共小巴、計程車、渡輪、九廣鐵路、港鐵及輕鐵八種公共交通模式，並將其分為鐵路運輸、空調道路運輸、空調公路運輸和海上運輸。搭配 DustTrak (TSI Model 8520) 便攜式氣膠監測器測量 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ ，結果顯示粒狀污染物亦受運輸方式以及運輸通風系統的影響，且有軌電車的通勤者暴露量（ 175 mg/m^3 ）是所

有監測的通勤方式中最高的。

由上述相關研究成果可呈現，於路口交通微環境下進行交通特性與空氣污染排放間相關性，多採用可攜式或手持式儀器作為監測，更易於反應微環境下行人受到交通空污暴露的情形。相關研究整理如表 2.1.1-1。

表 2.1.1-1 各國地區監測儀器及監測項目彙整

文獻名稱	調查地點	調查點位	監測儀器	監測項目	重要成果
Traffic air pollution and urban sustainability : an assessment of strategic road intersections in Owerri urban, Nigeria (2023) [10]	奈及利亞-奧韋里	都會區路口	手持式儀器	PM _{2.5} 、CO、SO ₂ 、NO ₂	車輛頻繁的剎車減速會增加環境 PM _{2.5} 濃度。
Characterizing Determinants of Near-Road Ambient Air Quality for an Urban Intersection and a Freeway Site (2022) [11]	美國-達拉謨市	I40 路段、城市交叉路口	可攜式儀器	NO _x	引擎功率高跟 NO _x 排放量濃度相對升高，兩者是有相關性的。
Particulate matter exposure at a densely populated urban traffic intersection and crosswalk (2020) [6]	中國-上海市	雙向四岔路口	手持式儀器	懸浮微粒	1. 綠燈轉換為紅燈時，路口 PM _{2.5} 濃度上升。 2. 行人於綠燈後 15 秒過馬路能降低汙染濃度。
Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong (2002) [12]	中國-香港	道路兩側	可攜式儀器 / 秤重式採樣器	PM ₁₀ 、PM _{2.5}	在同一個測量地點進行監測品質對比，可攜式儀器在適當的天氣條件下進行交通調查，監測品質會與 PM _{2.5} 採樣器呈現高度相關性。

資料來源：本計畫彙整[6][10][11][12]

2.1.2 路口交通特性對於空氣污染的影響

在路口空氣品質方面，除了季節及天氣會影響空氣品質特性外，部分文獻已提出行駛車速、路口號誌和路口幾何配置，對於路口的空氣品質影響具一定關聯性。

針對號誌相關研究部分，Tippichai Atit 等人 (2005) ^[13]研究發現，有號誌的道路交叉口周邊空氣污染濃度，通常高於無號誌道路，主要是受到車輛因駕駛模式（減速、塞車排隊和加速）影響，而若在交叉口附近有較長停留時間，將會產生大量空氣污染；He and Lu (2012) ^[14]研究則發現，交叉路口周邊環境空氣顆粒物的變化受交通號誌週期支配，會產生週期性變化，在綠燈期間，顆粒物的濃度會增加到最高峰，紅燈期間則為維持相對穩定的水平濃度，然而這種穩定濃度易使行人走過或穿越斑馬線時，暴露於該環境下的粒狀污染物中。He and Gao (2020) ^[6]的研究中指出，受到路口車輛頻繁煞停影響，在燈號轉變時，路口 PM_{2.5} 濃度會有上升的現象；另外 Slavin and Figliozzi (2013) ^[15]發現，透過交通號誌控制影響車輛的停頓次數和延遲時間，與車輛污染排放量呈現高度關聯性，進而影響人行道上的空氣污染暴露濃度。

在車速影響相關研究部分則發現，車輛活動與排放在交叉路口附近的車輛排放受到每秒排放率的變化性影響，尤其是與加速相關的排放。

(Ritner 等，2013) ^[16]。此外，車輛頻繁的剎車減速也會增加環境 PM_{2.5} 的濃度 (Unegbu 等，2023) ^[10]。

在路口幾何配置交通特性影響部分，研究指出在交通飽和下，交叉路口的幾何設計對排放量有顯著影響 (Ammar Šarić 等，2023) ^[17]；其他研究則透過模擬路邊環境中，因車輛排放而上升的污染濃度分布，量化不同距離範圍內居民的健康損失 (葉輔根，2018) ^[18]；相關的研究成果還顯示，除了交通流量，道路設計也對 PM_{2.5} 濃度分布有顯著影響，包含路寬和建築物高度等 (Lee, C. H. 等，2023) ^[19]；另外，有研究針對公車專用道的粒狀 PAHs 濃度進行調查發現，污染物濃度以公車專用道> 路邊公車站>一般環境，且工作日>假日，冬季>夏季，其中又以公車流量尖峰時，易出現高濃度之粒狀 PAHs (陳建任，2008) ^[20]，顯示路口交通幾何配置亦為行人

暴露於交通空污的關鍵之一。

關於前述盤點之相關文獻內容，詳細資訊彙整如表 2.1.2-1。

表 2.1.2-1 路口交通特性項目文獻彙整

交通特性	文獻名稱	內容
交通號誌 控制	Impact of Traffic Signal Timing on Sidewalk-Level Particulate Matter Concentrations (2013) [15]	1. 說明關於交通號誌時間參數，每增加一秒的綠燈時間，PM _{2.5} 就會減少 0.17%。 2. 改變交通號誌時間和改善城市交通營運的效率，可以影響人行道上的細懸浮微粒濃度，進而影響行人的健康。
	Effects of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions (2012) [21]	說明交通號誌的時制對於減少車輛空氣污染物排放具有有效且積極的作用，證實了協調交叉路口作為能有效減少排放。
	Urban aerosol particulates on Hong Kong roadsides size distribution and concentration levels with time (2012) [14]	於交叉路口進行了實驗，結果表明，路口邊粒狀物的變化會受到號誌周期影響，產生週期性的變化。
	Particulate matter exposure at a densely populated urban traffic intersection and crosswalk (2020) [6]	1. 綠燈轉換為紅燈時，路口 PM _{2.5} 濃度上升。 2. 行人在號誌燈亮後 0 到 10 秒內出發，所受到污染暴露的濃度，高於在號誌燈亮後 15 到 30 秒內出發。
車速控制	Short-Term Trend Forecast of Different Traffic Pollutants in Minnesota Based on Spot Velocity Conversion (2018) [22]	當平均速度於 40~60 公里/小時時，交通流量的平均污染物排放量濃度保持在最低值。
	Accounting for acceleration and deceleration emissions in intersection dispersion modeling using MOVES and CAL3QHC (2013) [16]	結果表示，車輛在加速時的一氧化碳排放的因子濃度通常高於駕駛時的排放濃度，而在減速時的排放濃度則較低。
	Prediction of CO concentrations from road traffic at signalized intersections using CAL3QHC model the Khon Kaen case study (2005) [13]	通常路口交叉處車輛停留時間較長，因此污染物濃度較高，在駕駛模式（即減速、塞車排隊和加速）中會產生大量的污染物，因此，道路交叉口的空氣污染尤為重要。

表 2.1.2-1 路口交通特性項目文獻彙整 (續)

交通特性	文獻名稱	內容
路道幾何配置	台北市公館地區公車專用道空氣中粒狀多環芳香烴對人體之健康風險評估 (2008) ^[20]	<p>1. 大氣含有 16 種粒狀 PAHs 濃度，以公車專用道 > 路邊公車站 > 一般環境，且工作日 > 假日；指標性物種 BaP 平均濃度在公車專用道 1.04 ng/m³，路邊公車站為 0.25 ng/m³，一般環境為 0.13 ng/m³。</p> <p>2. 公車流量尖峰時易出現高濃度之粒狀 PAHs 與公車流量有很大關係，且大部份集中在較高分子量之致癌性 PAHs 物種。</p>
	路邊環境空氣污染物與車輛排放相關性分析及健康損失評估 (2018) ^[18]	探討路邊環境空氣污染物濃度與車輛排放量的關係。模擬路邊環境會因車輛排放而上升的濃度分布，並依距離不同，量化周遭居民的健康損失。
	The Role of Intersection Geometry in Urban Air Pollution Management(2023) ^[17]	<p>1. 於交通飽和的條件下，號誌化路口引起的排放量比雙車道和渦流環交叉口低高達 50%，幾何變化的影響比零排放車輛比例的影響更為顯著。</p> <p>2. 於交通非飽和條件下，不同路口的排放差異微不足道，使用零排放車輛減少較多污染。</p>
	Three-dimensional spatial inhomogeneity of traffic-generated urban PM _{2.5} in street canyons.(2023) ^[19]	分析不同交通流量和道路設計對 PM _{2.5} 濃度分布的影響。結果顯示，於交通尖峰期間會導致道路兩側和上方的 PM _{2.5} 濃度顯著增加，而街道峽谷設計，如路寬、建築物高度等，也對 PM _{2.5} 分布產生重要影響。

資料來源：本計畫彙整^{[6][13][14][15][16][17][18][19][20][21][22]}

2.2 車輛空污排放擴散模式

所謂車輛空污排放擴散模式，意指透過模式模擬方式，解析車輛排放之空氣污染物，經過大氣環境擴散下，對於鄰近區域空氣品質影響及其影響範圍等推估。由於氣候、地形及污染物特性等因素影響，污染物在空氣中的傳輸亦有所不同，僅計算空氣污染總排放量並無法徹底得知污染物對於環境之影響程度及範圍；因此擴散模型主要是利用數理方程式描述大氣、擴散、煙流的過程，以計算不同地點之濃度，完成空氣品質模式分析。

關於應用擴散原理探討車輛空污的研究主題已有所發展。邱煜勝(2011)^[23]探討號誌化路口，透過不同的號誌時制控制方案，進行區域內一氧化碳之排放與不同距離下污染物擴散影響與比較。結果顯示，污染濃度之推估會受到排放源強度、風速、受體與排放源點之距離等相關之環境因素影響，然而隨著距離的增加，平均污染濃度會有逐漸下降的趨勢。另外，延滯時間的增加雖然對於污染排放也明顯增加的情況，但路口的污染濃度則沒有隨之增加。

吳怡潔（2013）^[24]探討號誌時制變化對於車流污染的影響。該研究以降低於敏感區域（例如醫院、學校）路側的污染排放及濃度為目標，分析污染排放經大氣擴散後，對路側地區污染濃度影響。該研究建立之模式包含車輛排放推估模式、污染擴散模式及其他2個子模式，研究發現當幹道綠燈愈長且週期愈短的號誌設定，可有效控制路側污染，應用於連續路段時，以全連鎖策略最能有效降低路側污染濃度。

而本計畫探討標的路口，其有關空氣污染物擴散可能受鄰近建築物影響，具有微觀風向和風速的差異，相關城市街谷的研究，已有諸多探討。彭軍等人（2005）^[25]針對高斯模式、數值模式、統計模式等，研析其發展歷程和不同條件下的適用性，其指出街衢峽谷模式研究的困難點在於街衢的流場模擬。相關建築物和路口的空氣品質評估另有 Graz Lagrangian Model (GRAL) 模式可採用，該模型適用於低風速條件和復雜地形，有關GRAL 模式應用的文獻彙整則於 2.2.2 小節呈現。

綜上所述，考量本計畫第2年期工作項目將運用空品模式模擬進行相關分析，應於調查計畫執行期間，優先針對模式模擬所需資料進行掌握，故以下依據空氣品質模擬模式主要類型進行盤點，以利後續選擇較適用於

本計畫路口調查之模擬模式，並於調查計畫中及著手進行相關資料蒐集。

2.2.1 空品模式模擬盤點及應用

根據我國環境部空氣品質模式支援中心的分類^[26]，可將空氣品質模式分為幾個主要類型，包括高斯類擴散模式、軌跡類模式以及網格類模式，相關說明整理如表 2.2.1-1。

表 2.2.1-1 空氣品質模式說明

模式類型	模式說明	使用限制
高斯類擴散模式	是以穩定之高斯煙流為基礎，假設連續排放之污染源，在大氣中經過擴散、稀釋、沉降等作用，到達穩定的狀態。穩定狀態時，煙流內部污染物濃度的分佈狀況以中間主軸方向濃度最高，而在垂直於風向之水平面及垂直面二邊，則以高斯分佈之原則進行擴散，亦即常態分佈，符合亂流的隨機性。	1. 穩定均一的風速、風向假設 2. 模擬的污染物種為惰性物種，包含一氧化碳、二氧化硫、懸浮微粒等污染物。
軌跡類模式	軌跡模式因其方法簡單、易於瞭解，且其設計本身即易於追蹤污染物的來源與去向，故在污染來源分析及污染影響的評估上均有廣泛運用。氣柱式軌跡模式是目前已知的軌跡模式中，較適於評估反應性污染物的模式，國內外均有相當多的研究將此類型模式應用於酸沈降、二次氣膠及臭氧的污染評估中。	氣柱式軌跡模式因其忽略垂直風切效應，以單一軌跡線代表污染氣團行進路線，而使其準確性備受質疑。
網格類模式	網格模式是將真實大氣以網格劃分，並假設每個網格內的物理、化學特性均一致，最後針對每網格求解其統御方程式的數值解，由此即可獲得污染物濃度在空間上的分布及其隨時間的變化情形。網格模式採用的參考座標系統通常是尤拉 (Eulerian) 座標系統，因此又稱為尤拉網格模式，其參考座標不隨時間而改變。	此類模式詳細考量污染物在大氣中的物理與化學過程（包括傳輸、化學反應、乾沈降、雲與濕沈降、氣膠等程序），且需要較多如污染物排放量、氣象、地形等參數資料，因此網格模式是含有最少假設、功能最強大的空氣品質模式，但對於電腦資源之需求也較其他類型模式大。

資料來源：環境部，空氣品質模式支援中心^[26]、張能復，軌跡模式在污染來源追蹤及污染源影響評估應用能力之探討研究，2004^[27]

考慮到目前我國路口交通環境的尺度大多不超過百米，使用網格類模式在一定程度上會受到限制。這是因為網格類模式需要將整個範圍劃分成網格單元，這將導致在小範圍內的路口交通環境中，模式的精細度可能不足。因此，在這種情況下，使用高斯類擴散模式或軌跡類模式將更具優勢，能夠提供更準確的分析結果。

而參考國際相關文獻發展情形，Chen 等人（2009）^[28]比較同是高斯類擴散空氣品質模式 CALINE4，CAL3QHC，AERMOD，解析對於道路旁的 PM_{2.5} 濃度模擬之精準性，結果顯示 CALINE4 及 CAL3QHC 在遇到道路排放源（on-road）增量濃度高時，易出現低估情形，但增量濃度高時又會出現高估的特性，而 AERMOD 相較其他兩者，則皆會低估 PM_{2.5} 濃度，但因其輸入氣象資料較為完善，於模擬真實大氣情境下，仍建議為較佳的選擇。

近年來相關研究發現，使用計算流體動力學（computational fluid dynamics；CFD）方法為基礎下，來模擬空氣污染排放擴散情形的 GRAL 模式，透過 GRAL 模式的暫態（Transient）及預後（Prognostic）功能，搭配環境實測的微型感測器，可完整解析路段的交通空污影響情形，而前述所稱的暫態和預後，係指模型能夠模擬污染物在時間和空間上的變化，並預測未來的空氣品質狀況，暫態功能是指 GRAL 模型能夠模擬污染物在時間上的變化。例如，如果工廠在某個時間開始排放污染物，GRAL 模型可以模擬這些污染物如何隨著時間的推移在空氣中傳播和擴散。預後功能則是指 GRAL 模型能夠預測未來的空氣品質狀況，根據當前的氣象條件和污染源資訊，預測未來一段時間內的空氣品質。

以下將針對依據相關文獻中，所提及之各類空氣品質模式，進行應用論述及相關使用限制探討。

1. 高斯模式

(1) CALINE4

該模型由美國加州運輸部所開發，用以評估車輛排放對空氣質量的影響，且多應用於「事件型」的模式，用來計算特定氣象條件下，道路兩側受體點的濃度增量，或垂直道路方向上的濃度分佈，適合特定道路或路口交通行為之模擬（數十公尺級範圍）。這類的

道路兩側均有密集的住宅或人為活動、小尺度區域範圍及最大可能排放影響，為主要受交通影響的區域。

CALINE 4 常用於估計道路交通對周圍環境的影響，包括揮發性有機物 (VOC)、氮氧化物 (NO_x) 和懸浮微粒 (PM) 等污染物質的濃度，是一種高斯擴散模式，基於高斯函數計算污染物在不同風速和風向條件下的傳播。它考慮了污染源的排放率、排放速率、排放高度和排放溫度等因素。對於路口或路段排放源的處理採取等量有限線源 (Equivalent Finite Line Source) 的分段方式，分別計算每一元素對受體的貢獻量最後再進行加總。

可應用於評估公路興建或區域開發所引進交通污染排放，以作為空氣污染評估、管理與決策之依據。

(2) AERMOD

為美國環保署 (EPA) 推薦使用的一種用於近地面污染物傳輸模擬的模型，可以模擬各種污染源 (如點源、線源、面源)。為泛用型的模式之一，可使用全年逐時的氣象條件來計算道路行經區域的整體濃度分佈，得到每一個網格點全年逐時的濃度，對空間及時間的影響進行統計分析，並與相關的法規標準進行比較，例如空氣品質標準或容許增量限值。

此類模式適合於大型道路的空氣污染評估，例如高速公路或快速道路的較長區域路段 (公里級)，這類的道路排放量大，影響的範圍也比較大。模式之設定應考慮下列事項：

- ①道路長度甚大時，可將模擬範圍切割為數個區塊，但每個區塊的範圍至少包括道路兩側各 3 公里以上的區域及重要敏感點，網格點的間距以不大於設定的排放高度的 5 倍為宜。
- ②採用體源排放型式設定其初始擴散係數 (參考模式之使用手冊)、排放高度，其為平面道路時，考量車輛行駛造成的初始擾動，排放高度可視道路寬度及車況設為 5~10 公尺，其為高架道路時，排放高度可設為為行駛之高度加 5~10 公尺。

③排放量的時間分佈型態之設定應有一日內逐時之變化分佈，並應包括平常日及例行性假日（星期六、日）之差異，以符合實際之情況。

(3) R-LINE

是一種高斯類線源空氣污染物模型，主要用於模擬道路交通產生的污染物在大氣中的擴散。

用於預測來自道路源的濃度，例如汽車、公車、大貨車和機車的尾氣排放。作為一種線源模型，它使用多個點源沿著道路鏈接的數值積分，並確認代表每個鏈接所需的點數。擴散參數取自靠近路源的實地數據和風洞實驗。該模型能夠預測接近道路的監測器的濃度，因此特別適合路邊濃度之研究。

2. 軌跡模式

(1) FLEXPART

FLEXPART (FLEXible PARTicle dispersion model) 是軌跡類模式的重要代表。用於追蹤大氣中某一點或區域的空氣質量如何隨時間和空間變化的模型，並適用於模擬大範圍的大氣傳輸過程，它可以從局部到全球範圍內使用，顯示出其強大的應用範疇。除了傳輸和湍流擴散（模擬大氣中的如何讓污染物可以快速地在空間中四處飄散），還能模擬乾沉降和濕沉降（模擬污染物如何因為重力或雨水的作用而落到地面）、衰變（模擬某些污染物如何因為時間的推移而自然減少）、線性化學反應（模擬大氣中的污染物如何因為化學反應而變化）等。

3. 網格模式

(1) CMAQ

是一種網格類模式，由美國環保署開發提供，用於模擬從城市尺度到全球範圍內的空氣品質模擬模型。目前能模擬衍生性空氣污染物之光化學網格模式，以 CMAQ 模式為主流，是美國環保署及臺灣環境部認可之衍生性污染物模擬模式。

CMAQ 模式為納入許多在其他模式中忽略掉或簡化之反應，是一個包容廣泛的研究區域尺度對流層空氣品質及酸沉降問題之工具，可模擬之污染源種類包括點源、線源、面源、生物源；模擬之污染物種類包括原生污染物 (NO、NO₂、SO₂、NMHC、CO、懸浮微粒)，以及衍生污染物 (O₃、懸浮微粒 PM₁₀、細懸浮微粒 PM_{2.5}、NOy、硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽)，酸雨 (含氫離子、硫酸根、硝酸根、銨根等濕沈降) 及 NO、NO₂、SO₂、硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽等乾沉降；透過巢狀網格技術，可模擬數十公里～數千公里範圍；氣象資料配合下，可執行長時間 (1 個月、1 季或 1 年) 之模擬。

對於特定污染物排放量與擴散濃度之關係，光化網格模式是使用對減法「ZERO-OUT」的方式進行計算，作法為將東亞地區國家的空氣污染物排放量及臺灣本島所有的排放量全部納入 CMAQ 模式模擬，取得基準案例之網格模擬值 X，之後把分析目標的排放量拿掉，再重新模擬一次並得到另一個模擬值 Y，將模擬值 X 減掉模擬值 Y，即可得到分析目標排放量對環境空污之貢獻濃度 Z，而 Z 除以 X 即為分析目標排放量對環境之貢獻比例。於本計畫而言，分析目標即為路口或路段之車輛排放量。

光化網格模式之時間解析度為 1 小時，空間解析度則受氣象及背景排放量解析度限制，目前氣象模式臺灣地區之解析度而言，大約是 3 公里 \times 3 公里。以本計畫路口或路段分析情境而言，空間解析度會是網格模式之最大限制，即便網格模式能處理衍生性污染物模擬，但空間代表性不足將是解釋數據之最大缺陷。

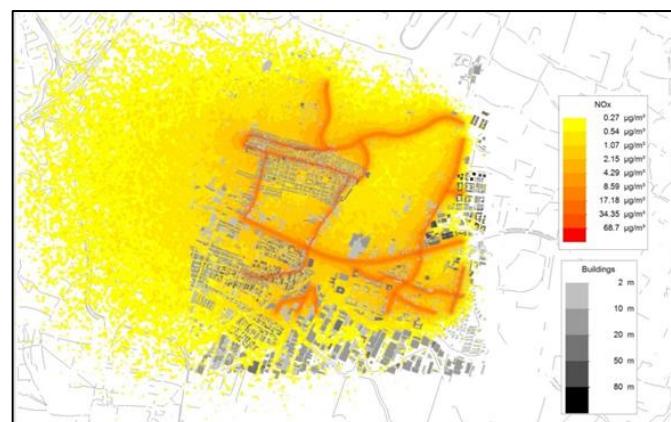
(2) GRAL

GRAL (Graz Lagrangian Model) 是一種用於模擬大氣污染物在複雜城市環境中擴散的模型，可以模擬點源、線源、面源的污染物排放。在不考慮化學反應情況下，GRAL 模式可計算出污染物傳輸情況，包含氣狀污染物 (NO、NO₂、NO_x、CO、NMHC、NH₃ 及各種 VOCs) 和粒狀污染物 (PM_{2.5} 與 PM₁₀) 等 (Oettl and Uhrner, 2011)^[29]，GRAL 先前研究已取得驗證，可用於都會人口稠密區 NO_x 和 PM 模擬 (Berchet 等, 2017)^[30]。

GRAL 模式可在幾公尺解析度下對複雜地形和都會人口稠密區中模擬氣流和空氣污染傳輸情形。輸出資料為每小時一筆，因 GRAL 已包含計算流體動力學（CFD model）和微尺度傳輸模式，水平解析度可設至 2~20m，垂直解析度可設定在 1~5m 之間，輸入資料需給予氣象和建物資料，藉由流體力學動力模式模擬出受建物影響的 urban flow，再利用模擬出來風場資料加上排放量資料藉由傳輸模式模擬出此區域排放濃度。

GRAL 模式主要有三個特色，分別為（1）計算受建築屏蔽效應影響都會人口稠密區風場、（2）可處理低風速情況下蜿蜒流（meandering flow）效應及（3）擁有公尺等級模擬解析度。已知都會人口稠密區內建築物屏蔽效應因素會導致風場產生改變，GRAL 當中微尺度模組，可透過帶入建物資料及環境風場資料模擬出都會人口稠密區街谷內受建物阻擋氣流型態。此外，大多數空氣品質模式無法評估低風條件下 ($< 1.5 \text{ m/s}$) 蜿蜒流對傳輸造成影響，但 GRAL 模式使用特殊算法解決低風速條件下產生的蜿蜒流，經使用後證明在低風速情況下模擬值與觀測值相當吻合，能有效模擬環境風場於低風速條件時所產生都會人口稠密區氣流。

GRAL 解析度可達公尺等級，因此能呈現街道上污染物分佈情況，實際街道、建物以及模擬出濃度狀況，如圖 2.2.1-1 之示意。綜合以上，本計畫利用 GRAL 分析都會人口稠密區街谷內污染物之傳輸，應為較佳之選擇。



資料來源：本計畫繪製

圖 2.2.1-1 GRAL 模擬車輛交通源結果示意圖

關於前述空氣品質模擬模式，本計畫將模擬之適用範圍及優缺點以下表作說明，如表 2.2.1-2 所示，以更進一步清楚盤點出適合本計畫之空氣品質模擬模式。

表 2.2.1-2 各類型空品模式模擬彙整

模式	適用範圍	模式優點	模式缺點
高斯模式-CALINE4	小範圍區域	適合用在小尺度區域範圍。	空品擴散模式年代較舊。
高斯模式-AERMOD	小範圍區域	氣象資訊較完整。	較易低估 $PM_{2.5}$ 濃度。
高斯模式-R-LINE	小範圍至中等範圍區域	可模擬單條道路至整個城市。	無法準確地模擬複雜地形對污染物擴散的情形。
軌跡類模式-FLEXPART	大尺度範圍	可以模擬從地表到大氣層的傳輸過程，並且可以模擬各種氣候條件下的傳輸過程，還可以模擬大氣中的化學反應和微粒的形成過程。	需要大量的計算資源，可能會限制其在一些資源有限環境中的使用。
光化網格模式-CMAQ	大尺度範圍	模擬範圍較廣（數十公里）、可進行長時間模擬（數日以上）。	需要大量的輸入數據，包括氣象數據、排放數據和地形數據來設定和運行模型。
網格流場模式-GRAL	小範圍區域	解析度可達公尺等級、可處理低風速情況下蜿蜒流效應、適合建築物密集之都會區。	當低風速時，會高估空氣污染濃度。

資料來源：本計畫彙整

2.2.2 空品模式模擬-GRAL 模式

繼上一節盤點各類型空品模式後，本計畫最終以適合小範圍區域且解析度相對可達公尺等級之 GRAL 模擬模式作為此次路口調查後續空品模擬之工具。GRAL 特別適合用於亞洲都市的建築物和路口的空氣品質評估，有相關研究針對亞洲住宅社區 PM 濃度擴散進行探討，主要以 GRAL 模式應用調查典型亞洲複雜建物佈置與道路交通各種排放源相關 PM 擴散情形，及社區民眾對 PM 暴露影響。(Hong Ling 等，2020) [31]。

而在臺灣都市建築中，建築物、街道密集，交通流量繁忙，這些因素

都會對空氣品質產生重大影響。而 GRAL 模式能夠精確地模擬這些複雜環境中的污染物擴散。其運作利用風及湍流的影響下的運動軌跡，可以準確地模擬污染物在建築物和路口之間的擴散，並考慮到建築物的形狀和排列之於風場的影響。如李家欣（2021）^[32]研究使用 GRAL 模式，探討交通移動污染源所排放 PM_{2.5} 對都市街谷細懸浮微粒之不均勻度影響，並以新北市板橋區某交通繁忙都會人口稠密區為研究位置，因其擁有複雜建物型態及高密度車流量之住商混合區，並對其道路交通展開觀測活動，其中包含車流量分析及 PM_{2.5} 觀測。

關於 GRAL 相關之模擬研究，本計畫盤點了與 GRAL 相關的文獻如表 2.2.2-1，並針對文獻內容進行要點整理。

表 2.2.2-1 GRAL 模擬文獻整理

文獻名稱	內容要點
Evaluation of the revised Lagrangian particle model GRAL against wind-tunnel and field observations in the presence of obstacles (2014) ^[33]	GRAL 模型適合用於預測地面濃度的變化，但在預測極寬建築物的峰值濃度位置上容易誤差。GRAL 模型的結果在統計上的表現良好，其結果的標準偏差和偏差都在可接受的範圍內。
Graz Lagrangian Model (GRAL) for Pollutants Tracking and Estimating Sources Partial Contributions to atmospheric Pollution in Highly Urbanized Areas (2020) ^[34]	GRAL 模型在評估地表層污染物濃度方面的水平有足夠的可信度，並允許在模擬領域中的任何點估計污染物來源對總濃度的貢獻。
Micro-scale particle simulation and traffic-related particle exposure (2020) ^[31]	GRAL 模式應用於典型亞洲住宅區之模擬成效，PM 粒狀物擴散之模擬數值與觀測數值相近，顯示 GRAL 模式能良好地模擬 PM 擴散與暴露影響；在交通尖峰或離峰時，GRAL 模式皆能有效地模擬 PM 擴散情形。
都市街谷細懸浮微粒之不均勻度—交通排放影響 (2021) ^[32]	以新北市都會區為研究樣區，利用 GRAL 模式模擬 PM _{2.5} 等粒狀污染物在都市街谷中擴散之情況。模擬結果 PM _{2.5} 濃度在建築物密集區域有空間不均勻之情況，符合實際空污擴散情況；GRAL 模式可應用於建築物有垂直落差之區域，如亞洲都市區域。

資料來源：本計畫彙整

2.2.3 車輛空氣污染物排放擴散小結

相關文獻綜整發現，GRAL 模式可用於空氣污染物流布分析及模擬結果圖形視覺化呈現，模擬圖形顯示包含空氣污染物濃度分佈、風場及交通流量等資訊，對於都市規劃、空氣品質改善具有重要價值參考，另 GRAL 模擬模式本身解析度可達公尺等級且適合小範圍區域，且經由文獻彙整，可以得知 GRAL 模擬模式適合用於亞洲都市地區，國內已有相關文獻針對臺灣都市以 GRAL 模擬模式作為研究位置，因此，對於本計畫後續路口調查之空氣品質模擬扮演重要的角色。

2.3 小結

綜合整理路口交通空氣污染及車輛空氣污染物排放擴散相關文獻蒐集與回顧，對於本計畫可參採應用方面，以下分為路口交通特性與空氣污染之關聯性，以及車輛空氣污染物排放擴散模式模擬應用，茲就本計畫回顧及蒐整相關文獻說明如下。

2.3.1 路口交通空氣污染參採應用

於路口交通空氣污染相關文獻方面，本計畫分為路口交通空污監測應用與路口交通特性進行蒐整，在路口交通空污監測應用部分，L.Y. Chan 等人(2002)^[12]搭配 DustTrak(TSI Model 8520)便攜式氣膠監測器測量 PM_{2.5}，對於本計畫於路口定點式監測 PM_{2.5}方面提供了儀器方面的應用建議；而本計畫針對路口空污監測儀器方面，希望藉由文獻了解於路口監測時，手持式儀器及可攜式儀器可否作為微環境方面之使用，而經查找後，He and Gao (2020)^[6]使用手持式儀器進行懸浮微粒採測，對於本計畫路口移動式採測方面可進行手持式儀器監測有相關的應用幫助。

而路口交通特性方面，經查找文獻發現，在路口空氣品質上，行駛車速、路口號誌和路口幾何配置等因素會有相關影響，在 He 與 Lu (2012)^[14]文獻有提及，交叉口路邊空氣顆粒物的變化受交通號誌周期支配，會產生週期性變化，而 Slavin 和 Figliozzi (2013)^[15]的研究中有說明交通號誌

控制影響車輛的停頓次數和延遲時間，間接影響車輛污染的排放量，交通路口號誌的控制對於本計畫行人專用時相方面間接提供了參採價值，以了解號誌變化下的持續時間空污變化對於路口行人的影響；而陳建任（2008）^[20]的文獻中說明路口幾何配置是影響行人暴露於交通空污的因素，這對於本計畫來說，提供了針對路口幾何配置方面的建議，因此本計畫選定行人穿越線退縮進行路口空污濃度之變化比較。

2.3.2 車輛空氣污染物排放擴散參採應用

本計畫在車輛空氣污染物排放擴散方面，先是以空品模式模擬盤點，進行後續空品模式的選擇參考，而在統整文獻資料中，大致分為高斯類擴散模式、軌跡類模式、網格類模式等模式，其中類網格流場模式：GRAL 模式的特性包含，解析度可達公尺等級、可處理低風速情況下蜿蜒流效應、適合建築物密集之都會區，適合應用於路口街道上污染物分佈情況，而於 GRAL 空品模式章節中，更細節提及 GRAL 模式適合應用於亞洲城市，因亞洲城市建築物密集，Hong Ling 等人（2020）^[31]的文獻中有提及 GRAL 模式應用調查典型亞洲複雜建物佈置與道路交通各種排放源相關 PM 擴散情形，及社區民眾對 PM 暴露影響；在李家欣（2021）^[32]的研究提及在新北市板橋區使用 GRAL 模式探討交通移動污染源排放之 $PM_{2.5}$ ，以及模式模擬相關車流量結果的分析，對於本計畫路口調查結果如何應用於第 2 年度的模擬操作，可做為參考依據。

第三章 調查計畫研擬

本計畫以用路人活動空間區域為主要探討目標，討論不同交通特性下，用路人在路口等候區等待紅綠燈與行走於行人穿越線時，受到交通空氣污染物之濃度變化，並藉由實驗設計與現地調查之交通資料、空污資料與環境資料，分析不同道路幾何設計與時制變化對行人、機車與自行車騎士等，受到路口交通空氣污染物濃度之影響。

本計畫透過路口交通調查及空氣污染物濃度監測，比對不同路口交通特性設計，對於路口空氣污染物濃度及行人交通空氣污染暴露情形差異。綜上所述，本次調查計畫將探討路口交通環境中的 5 種路口交通特性，可分為與路口時制變化有關之特性，包含行人專用時相、時制計畫影響，以及與路口幾何配置與規劃有關之特性，包含行人穿越道線退縮、人行道拓寬，以及車種組成有關之大客車比例，並依據每種交通特性制定對應之監測規劃與調查路口選擇。

本年度（112 年度）優先執行行人專用時相及行人穿越道線退縮之交通特性調查，共計調查 4 處路口，每處路口調查 48 小時，總計調查時間為 192 小時；於下一年度（113 年度）依本年度路口資料蒐集或調查之經驗及成果，檢討修訂上一年度擬定之蒐集及調查計畫，以執行其他 3 項路口交通特性調查。規劃將調查 6 處路口，總計 2 年期共調查 10 處路口；以下各節將說明相關調查規劃內容。

3.1 路口交通特性分析

近年來用路人安全議題受到重視，交通部已對路口交通環境進行一系列規劃與改革，建立用路人友善路口環境，本計畫希望在兼顧行人交通安全下，也能減少路口車輛空氣污染對用路人的危害。爰此，本計畫以路口用路人環境為出發點，選擇以下交通特性，包含行人專用時相（包含對角行人穿越道線設置）、時制計畫影響、行人穿越道線退縮、人行道拓寬、大客車比例相對多等 5 種交通特性，探討行人在路口區域活動時，是否會因為路口號誌時制或幾何配置與規劃之差異，影響其接觸到路口交通空氣污染物濃度的差異。

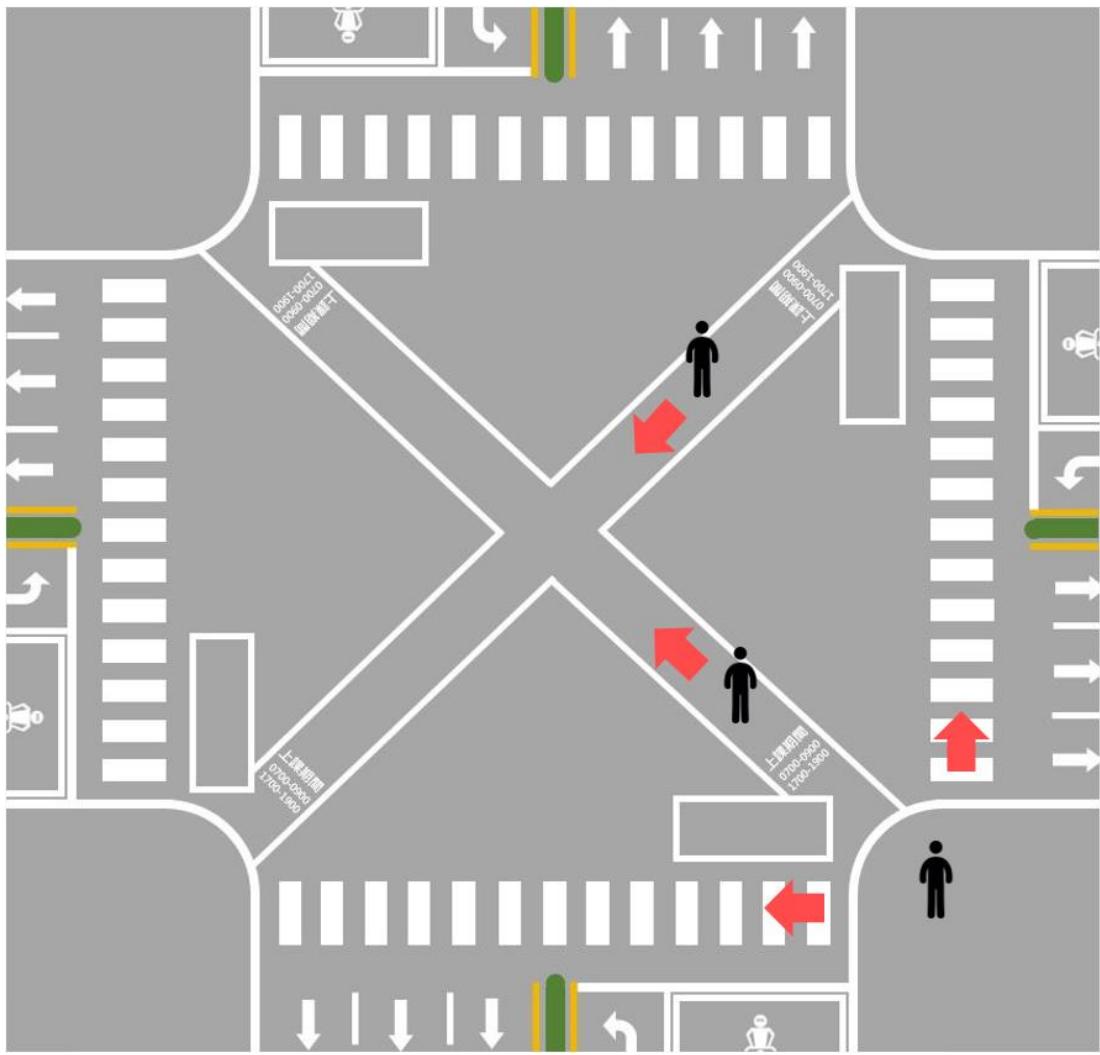
若相關交通規劃能使用路人於路口暴露之交通空氣污染物濃度下降，係能增加此交通規劃推行之優勢；反之，若用路人於路口暴露之交通空氣污染物濃度上升，可藉由空氣擴散模式模擬等方法，瞭解使路口車輛空氣污染物累積之原因，藉此提出可行之交通空氣污染物減量策略，在確保行人安全與不影響交通順暢下，同時兼顧用路人之呼吸道健康，使相關行人友善之交通規劃更加完善。

綜上所述，本計畫將優先針對前述 5 種路口交通特性，以行人活動型態為主要考量因素，建立可能的交通空污暴露情境假設，進而設計對應之路口調查規劃。

1. 行人專用時相

為了保護用路人通過路口時，不會因車輛運行而影響安全性，因而設立行人專用時相，如圖 3.1-1 所示，將車流與人流完全分開，當行人綠燈時，路口車輛皆完全停止，完全保障用路人安全。由於路口車輛在一段時間內處於完全停等的狀態，會降低該區域整體交通流暢度，為此相關單位會依照每個路口的交通量、用路人需求，例如附近區域有無學校、菜市場等人口密集區域，依當地狀況制定每個路口適用之行人專用時相。

依據行人專用時相之交通特性，當行人綠燈時，路口區域無車輛通行，本計畫認為可能使用路人通過路口之空氣污染物濃度降低；另一方面，由於路口時相數目隨著行人專用時相之增加，時相輪轉一次之時間也增加，通常伴隨著車輛平均停等延滯時間的增加，間接導致車輛頻繁的剎車頻率，進而增加路口環境的污染物濃度。



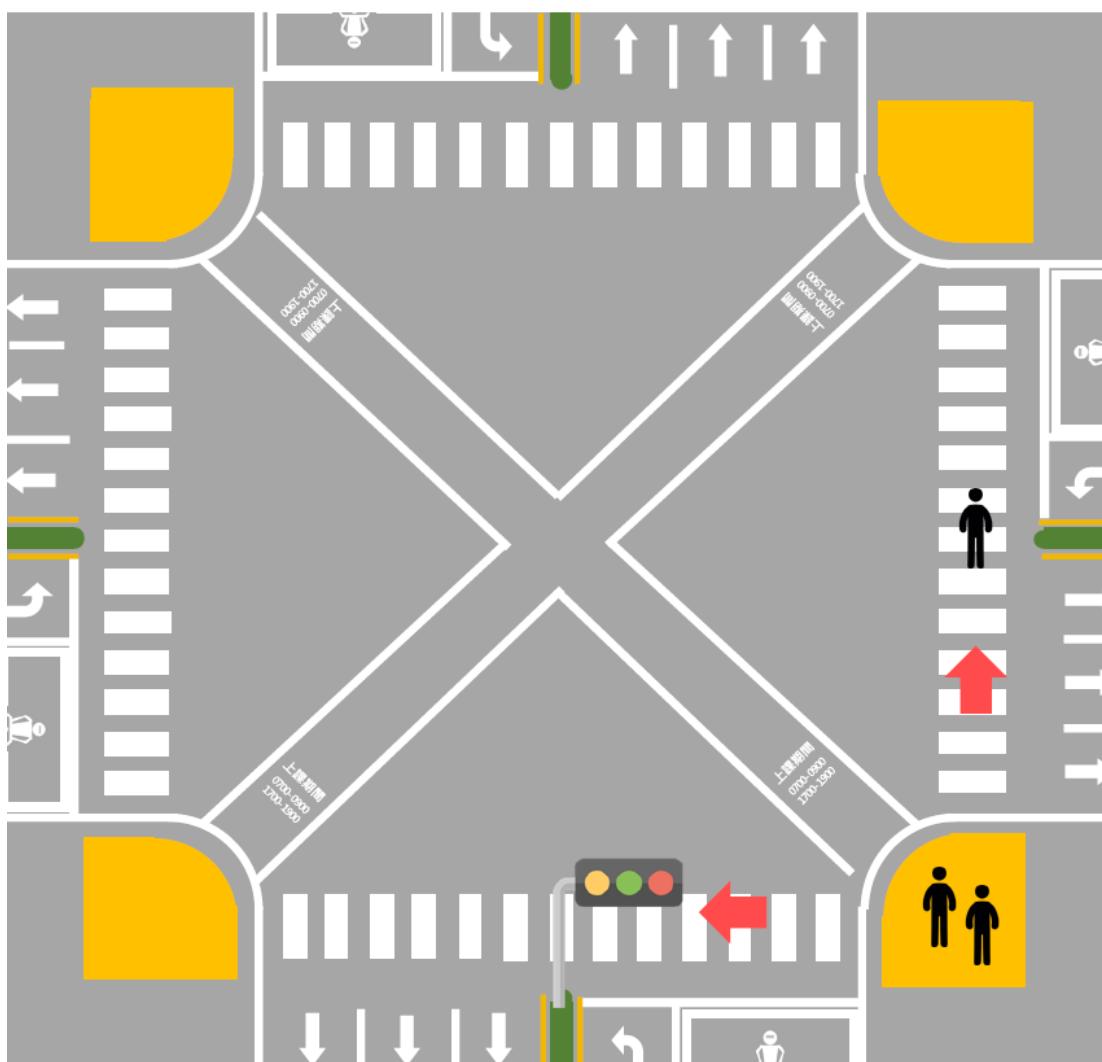
資料來源：本計畫繪製

圖 3.1-1 行人專用時相路口示意圖

2. 時制計畫影響

時制計畫對路口空氣污染的影響，主要為透過調整路口號誌的時制設定，可減少車輛在路口停滯或低速行駛的時間，提升行車效率，從而降低因急速運轉及頻繁加減速所產生的尾氣排放。

在尖峰及離峰時段，因交通量之不同，車輛因號誌等待時間過長或交通量分配不均而導致的延滯，往往會增加額外的尾氣排放，對周邊空氣品質造成不利影響，如能藉由號誌時制調整，減少車輛的停等次數，對於周邊環境亦可能有改善之效果。



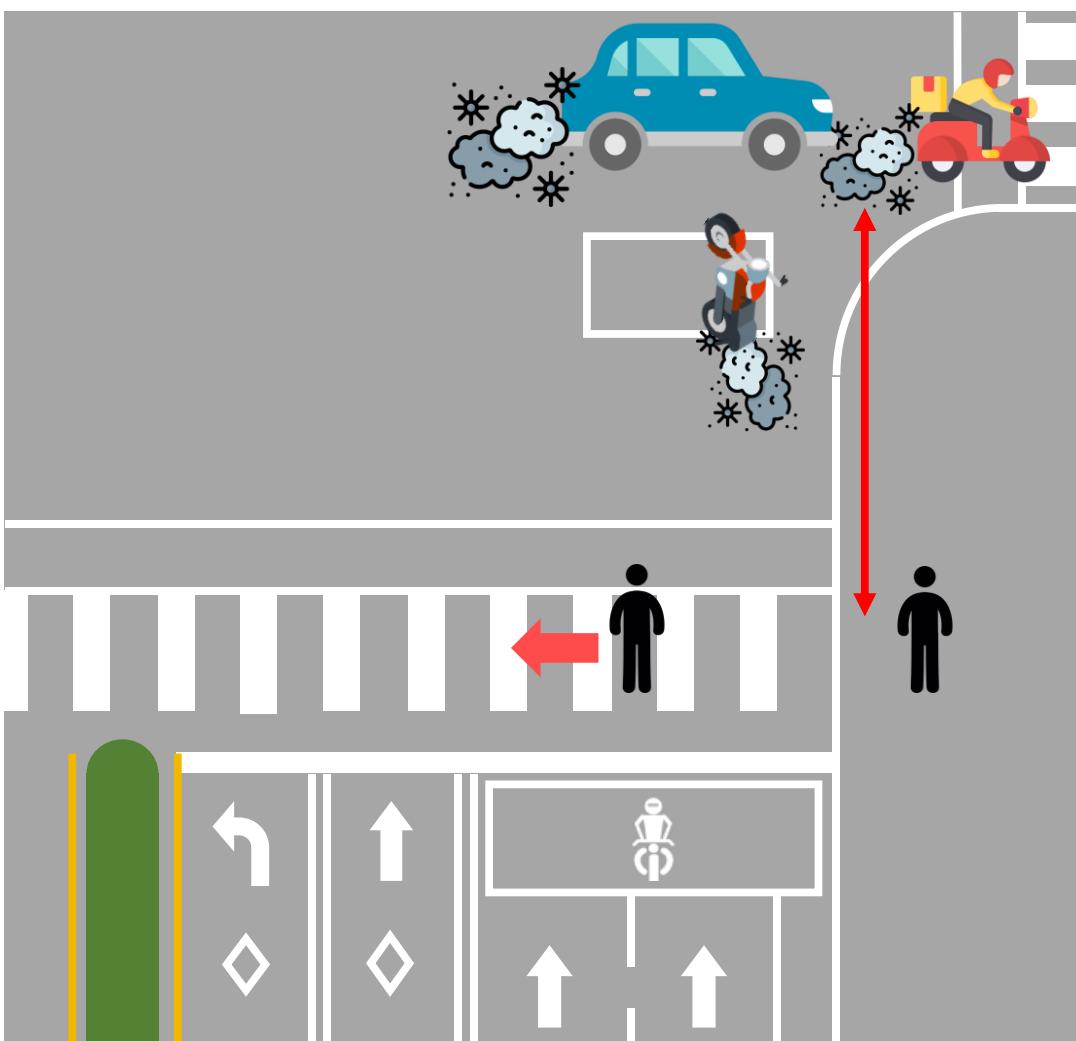
資料來源：本計畫繪製

圖 3.1-2 時制計畫影響情境示意圖

3. 行人穿越道線退縮

為了降低車輛於路口轉彎時碰撞行人之事故率，因而設立行人穿越道線退縮，如圖 3.1-3 所示，增加行人穿越道線與路口間的距離，使行人步行空間不被轉彎車輛壓迫，同時降低轉彎時車輛視野死角，以路口幾何配置方式增加行人通過路口之安全性。

依據行人穿越道線退縮之交通特性，行人穿越道線與路口距離增加，可使用路人行走於行人穿越道線及路側等候時，減少路口直行車輛與待轉區域機車空氣污染影響，降低路口空氣污染物暴露。

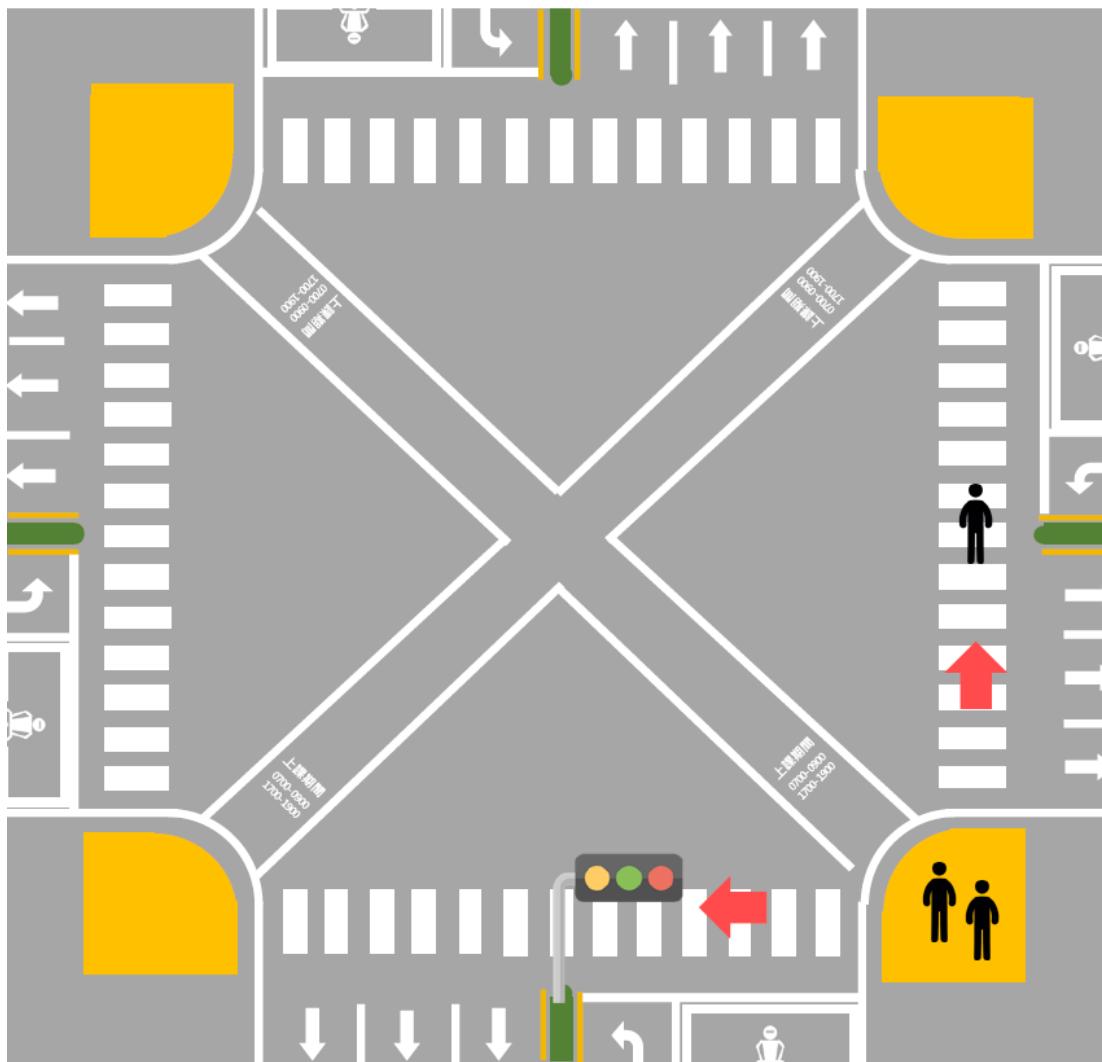


資料來源：本計畫繪製

圖 3.1-3 行人穿越道線退縮路口示意圖

4. 人行道拓寬

人行道拓寬是建立在車道寬度縮減下產生的措施，其與路口空污的關聯性在於可藉由在不明顯影響行車效率下限縮車道寬度，將增加的空間做為人行道，以提升行人等候環境，增加車流與行人間距離，降低行人與路口行駛車輛、待轉機車近距離接觸可能性。



資料來源：本計畫繪製

圖 3.1-4 人行道拓寬情境示意圖

5. 大客車比例相對高

考量大型車與小型車排放之主要污染物種不一，且公路客運和市區公車為一項主要通勤工具，在市區車流往來繁多，故將大客車比例相對高路口納入探討範疇。本計畫針對大客車占比高路口進行前述 4

項交通措施影響的比較分析。

3.2 調查資料項目探討

為了達到本計畫目的，瞭解路口交通特性對空氣污染之影響，可以利用路口交通量與空污調查數值進行比對，找出兩者關聯性，亦可將蒐集及調查資料應用於空氣品質擴散模式模擬方式，以瞭解路口環境下空氣污染物擴散情況。爰此，本計畫需要蒐集目標路口之交通、空污與環境資料，詳細資料項目如下說明。

3.2.1 交通資料

包含路口區域之交通量、車種比例、號誌時制、道路幾何配置與延滯時間，共 5 項交通資料需要蒐集。

1. 交通量

交通量代表一段時間內，車輛通過停止線之數量，包含路口直行、左右轉車輛。交通量與車輛空氣污染排放呈現正相關，同時間內有越多車輛經過路口，可能增加的交通空氣污染物濃度可能越高。

本計畫將採用動態錄影紀錄路口車輛影像方式，再搭配事後人工計數，每 1 分鐘為一單位時間，進行路口車輛數量之紀錄。交通量調查常與車種比例調查一同進行，兩者調查方法相同，可共用相同紀錄表格，紀錄表格格式請參考圖 3.2.1-1。

2. 車種比例

車種比例代表一段時間內，各分類車種通過停止線之百分比，而不同車種於交通空氣污染排放量的貢獻程度不一，因此要探討路口交通空氣污染時，需要同時考量交通量與車種比例 2 種因素。

本計畫考量各種調查因素後，將路口車種分成大客車、大貨車、小型車、機車，共 4 個類別，配合交通量調查一同進行，以錄影機紀錄路口車輛影像，再以人工方式記錄各車種數量，紀錄表格格式請參考圖 3.2.1-1。

資料來源：本計畫繪製

圖 3.2.1-1 路口交通量及車種比例紀錄示意圖

3. 號誌時制

號誌時制代表一個路口號誌變化之規律，應有一個週期所包含之時相及秒數，包括特定方向之轉向保護時相，以統計完整之時制週期，而如尖峰與離峰時段之時制不同，必須分別加以記錄。

本計畫以「臺北市時制調查計畫」資料做為調查路口號誌時制基礎，並於調查過程中進行人工比對，以確保現地號誌時制資料與資料庫資料相符合。

4. 道路幾何配置

道路幾何配置代表一個路口車道和周邊環境規劃，包含幾何構造、交通管理設施等。幾何構造如平面線形、路口配置、車道數配置；交通管理設施如標誌、標線、號誌。

本計畫優先以 Google 地圖街景服務瞭解調查路口之規劃，並於正式路口調查之前，以人工方式至現場確認，欲調查路口的幾何配置是否與 Google 地圖街景服務之資訊，在比對差異並修正後，將調查路口的幾何配置相關資訊製作成表。

5. 延滯時間

延滯時間代表車輛在路口因為減速、加速、停等因素，造成車輛損失的通行時間，並可據其評估路口服務水準。路口調查常計算之停等延滯時間，係發生於號誌化路口車輛因紅燈停等之時間；廣義而言，車輛延滯代表因車輛不能以自由速率行進而增加的時間，而有關道路軟硬體之設置，包含號誌時制狀況和其幾何配置，如是否有行人專用時相、轉向保護時相、車種專用車道、車道類型和其分隔形式，皆可能是影響車輛駕駛人行進的因子。

由於路口延滯時間的現場調查工作複雜，且許芝綾（2018）^[35]一文中亦提及，理論上要直接計算延滯時間數據作業上十分困難，且直接計算道路延滯時間較為複雜及不易操作；因此，主要會透過模擬方式帶入車輛行為和路口號誌，以進行延滯時間之計算。

故本計畫將運用交通部運研所開發之「臺灣公路容量分析軟體」（後稱 THCS 軟體），計算調查路口之延滯時間，並透過停止時間抽樣

法，進行抽樣驗證比對。

THCS 軟體相關操作介面請參考下圖 3.2.1-2、3.2.1-3。調查方法將僅針對大客車、小客車及機車之路口延滯時間進行調查，並依據軟體計算所需資料，蒐集相關參數如下說明。

- (1) 車種比例
- (2) 路口轉向交通量
- (3) 號誌時制
- (4) 中央分隔形式
- (5) 車道數與車道寬
- (6) 有否公車停靠與公車頻率
- (7) 機車待轉區



資料來源：交通部運研所，THCS 軟體，2021 年版^[36]

圖 3.2.1-2 臺灣公路容量分析軟體 (THCS) 2021 年版操作頁面

中央分隔型式 實體分隔 快慢分隔型式 實體分隔 坡度 %

道路幾何設計與流量

快車道				慢車道			
							
車道數	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
車道寬(m)	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="2.0"/>
禁行機車	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有			<input type="checkbox"/> 有		
車道類型	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
流量設定	<input type="button" value="設定"/>	<input type="button" value="設定"/>	<input type="button" value="設定"/>	<input type="button" value="設定"/>	<input type="button" value="設定"/>	<input type="button" value="設定"/>	<input type="button" value="設定"/>
緊鄰公車專用道	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
公車停靠	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有
離路口距離(m)	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="40"/>
公車頻率(vph)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
路旁停車	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有
停車操作率(vph)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
行人衝突	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 有
行人衝突數(pph)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
轉角儲存車數(v)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
車隊到達型態	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="1"/>

資料來源：交通部運研所，THCS 軟體，2021 年版^[36]

圖 3.2.1-3 路口延滯時間計算相關操作頁面

3.2.2 空污資料

空氣污染物資料包含路口區域之粒狀污染物 (PM_{2.5}) 外，本計畫同時增加氣狀污染物 (CO) 資料的蒐集，以作為空污調查資料的相關指標。

1. 粒狀污染物 PM_{2.5}

交通空氣污染物之 PM_{2.5} 主要來源為車輛尾氣排放、車輛輪胎磨損、車輛剎車磨損；由相關研究指出，PM_{2.5} 會增加孩童哮喘發生率、影響肺功能，以及造成成年人慢性阻塞性肺病、心血管疾病發生率提升等風險。

2. 氣狀污染物 CO

CO 污染物排放主要來自汽油小客車與機車之尾氣排放，為汽油不完全燃燒下的空氣污染物，係具有無色無味特性；相關研究中發現，在高濃度交通 CO 暴露下，會造成人體呼吸道與心血管疾病發生率增加，提高腦中風、乳癌，以及眼睛黃斑部病變之機率。

3.2.3 環境資料

本計畫規劃蒐集之環境資料，包含路口區域空氣污染物濃度背景值、風速/風向、溫度/濕度及大氣壓力等，共有多項環境背景資料需要蒐集。相關資料除可有效掌握調查當下氣候條件，對於污染物擴散影響之狀況外，相關資料亦規劃應用於第 2 年期計畫的空氣品質擴散模式模擬中，以合理推估調查路口交通空氣污染物擴散與流動情況。

本年度計畫調查路口優先以臺北市為首要試驗對象，經本計畫盤點目前臺北市一共有 19 個自動連續測站（包含環境部及臺北市環保局測站^[37]），詳圖 3.2.3-1、圖 3.2.3-2，其中 15 個為一般測站，設立在建築物樓頂，用以蒐集整體環境資料，4 個為交通測站，設置於交通流量頻繁地區，以反映行人曝露狀態的空氣品質，其所收集到的調查數據，多用於評估機動車輛管制之成效及評估行人暴露於機動車輛廢氣污染的程度。

1. 空污背景值

包含環境 $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) 與 CO (ppm) 小時平均濃度，此處空氣污染物數值代表大尺度環境下的空氣品質狀態，不受到特定污染源的影響。

空氣污染物濃度背景值可以與調查路口空氣污染數值做比對，以排除調查數據受到背景值影響之干擾。

2. 風速/風向

風速與風向會影響空氣污染物擴散程度與方向，可藉由風花圖之繪製，得判定主要盛行風向，並作為交通空污流向及散落方向之推估依據。蒐集到的風場資訊，後續也可用於 GRAL 模式空氣品質

擴散模擬的參數依據，並搭配路口周遭建築物模型，推算出交通空氣污染物流動後分布情況。



資料來源：臺北市政府環境保護局^[38]

圖 3.2.3-1 空氣品質自動連續監測站 (一般測站)



測站外觀



內部設備

資料來源：臺北市政府環境保護局^[38]

圖 3.2.3-2 空氣品質自動連續監測站（交通測站）

3.溫度/濕度

氣象上的溫度是指量測位置離地面高約 1.2 至 2.0 公尺高的大氣溫度，而濕度是表示大氣中水份含量的多寡；溫度及濕度變化，皆將影響空氣污染物擴散及沉降現象，為空污模式模擬推估應用的重要數據之一。

4. 大氣氣壓

大氣氣壓是大氣重量所產生的壓力。其壓力大小與高度、溫度、溼度等條件有關，一般會隨高度的增加而減少，並將影響空氣污染物的散布情形，且相關數據得應用於空氣品質模式模擬推估。

3.3 路口採樣及調查方式說明

為瞭解路口交通特性對空氣污染之影響，本計畫規劃今年度在 4 處不同路口分別以「行人專用時相」及「行人穿越道線退縮」為特性進行調查，每種交通特性各調查 2 處路口；其餘「時制計畫影響」、「人行道拓寬」、「大

客車比例相對多」等 3 種交通特性，則於第 2 年度進行調查。

參考第二章文獻回顧中，已初步掌握國內外針對交通路口的微環境調查之主要實驗設計及調查應用方式，依循相關調查研究可發現，針對路口微環境調查，多以使用方便、可攜帶且能即時量測之可攜式儀器為優先，故本計畫主要調查方式設計如表 3.3-1 所示。

表 3.3-1 本計畫路口調查方式

調查項目	路口特性	調查方式	調查項目
空污調查	1.行人專用時相 2.行穿線退縮	行人等候區域 空污採樣	1. PM _{2.5} 濃度 2. CO 濃度
		行人穿越道線區域 空污採樣	
交通調查		交通量現地調查	1. 交通量調查 2. 車種比例調查 3. 調查時段路口號誌時制

資料來源：本計畫彙整

3.3.1 路口交通調查

本計畫交通調查資料，包含各路口方向之交通量、車種比例及號誌時制等，將採用現場錄影方式記錄路口交通影像，搭配後續人工方式進行車輛判讀，同時為配合空污調查的單位時間為每 1 分鐘 1 筆資料，交通調查的解析度亦以每 1 分鐘為單位時間，將車輛判讀成果記錄與彙整。

交通量判讀方法可依據行車方向，計算各方向之車輛通過停止線之車輛數目，車種比例判讀方法可根據車輛外型將車輛分為大客車、大貨車、小型車、機車，並記錄各方向中各車種的數量，最終統計出 4 種車種之比例。

號誌時制調查部分，主要將採用「臺北市時制調查計畫」資料做為調查路口號誌時制基礎，並現場進行比對，確保現地號誌時制資料與資料庫資料相符合。

道路幾何配置調查部分，會以現場調查方式進行相關幾何配置資訊之登載。

3.3.2 路口交通空氣污染物採樣

本計畫規劃路口交通空氣污染採樣以路口行人活動區域為主要調查方向，可分為定點調查與移動式調查，分別蒐集行人等候區域及行人穿越道線之PM_{2.5}與CO之空氣污染物濃度。

空氣污染濃度量測將採可攜帶式調查儀器及微型感測器進行採樣，藉由各式運作原理（雷射光學、電化學電阻感應等）測量PM_{2.5}與CO之濃度。相較於空氣品質監測站及監測車之空間尺度及使用空間等限制，本計畫採以體積更小且方便攜帶，可用於定點及移動情境之調查，符合路口行人暴露監測之需求。然而在雨天環境中，水氣會干擾光學儀器測量精準度，導致數據誤差過大，因此若遇到下雨情況，必須延期調查工作，以確保數據準確性。

1. 行人等候區域（定點式）空氣污染物濃度採樣方式

為調查小尺度空間內行人在路口等候區域暴露之空氣污染物濃度，本計畫採以微型感測儀器架設於路口行穿線旁1至1.5公尺處，以不妨礙行人通行為首要條件（依據交通局規定，需保留人行道1.5公尺以上之寬度），並將儀器採樣口（進氣口）架設離地高1.2~1.5公尺處，以模擬實際人體呼吸之高度。

微型感測儀器於路口調查設置前，需經工業技術研究院實驗室認證及環境部測站進行一致性比對等布建規範與維護作業，確保其調查趨勢性及穩定性，提供小尺度空間內空污變化情形。

儀器於現場設置完畢後，會依據調查時間規劃進行空氣污染物調查，並以每分鐘為時間單位記錄1筆空氣污染物濃度數據。微型感測儀器及其架設設計如圖3.3.2-1所示。



資料來源：本計畫拍攝

圖 3.3.2-1 行人等候區之定點式空污調查儀器示意圖

2. 行人穿越道線區域（移動式）空氣污染物濃度採樣方式

本計畫利用 DustTrak 氣膠監測儀（DUSTTRAK DRX）量測行人穿越道線環境之背景值，如圖 3.3.2-2 所示，量測行人行走於行人穿越道線環境中粉塵之濃度變化，於移動式量測期間同時以多功能手持式空氣品質檢測儀 (TSI 7575) 配戴於作業人員身上進行行人暴露 CO 氣狀污染物濃度之量測，如果 3.3.2-3 所示，採樣項目分別為粒狀及氣狀空氣污染物。



資料來源：本計畫拍攝

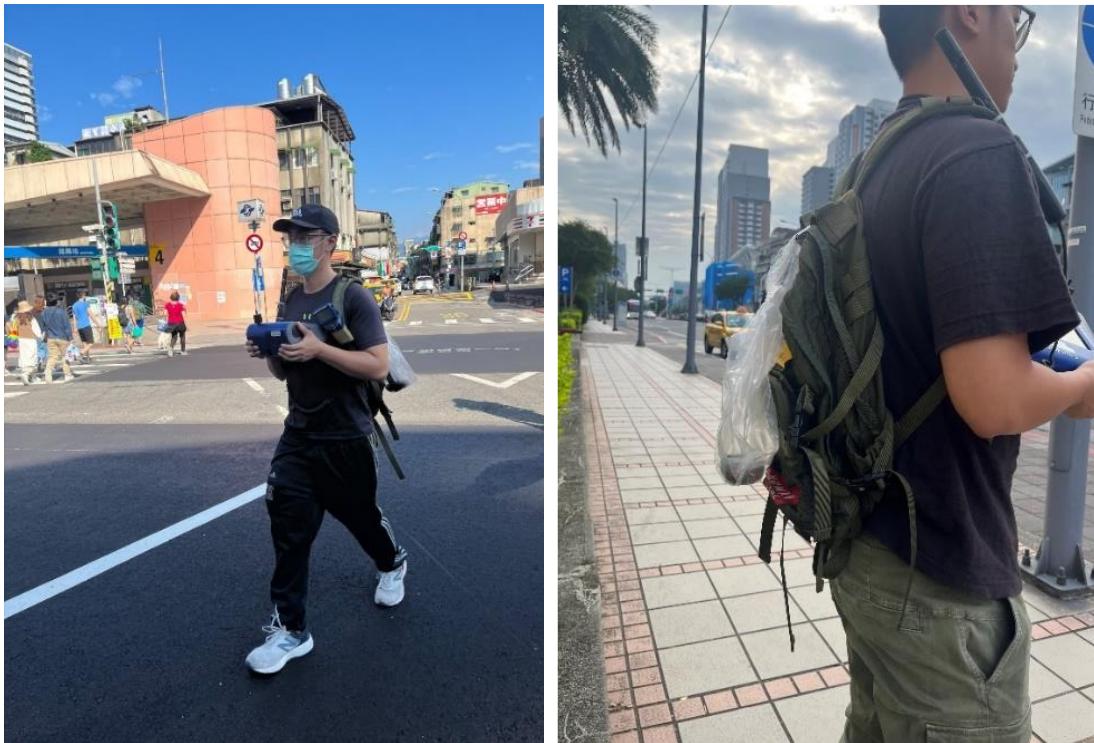
圖 3.3.2-2 DUSTTRAK DRX 氣膠監測儀器示意圖



資料來源：本計畫拍攝

圖 3.3.2-3 TSI 7575 多功能手持式空氣品質檢測儀器示意圖

作業人員會將可攜式空污調查儀器舉至（或配戴）胸膛上方處，進行路口交通空氣污染物調查，以模擬真實人體呼吸高度，如圖 3.3.2-4 所示。同時考量採樣儀器會受到環境條件及微粒特性之影響，會於每次操作前皆須經過歸零校正，確保數據之真實性。



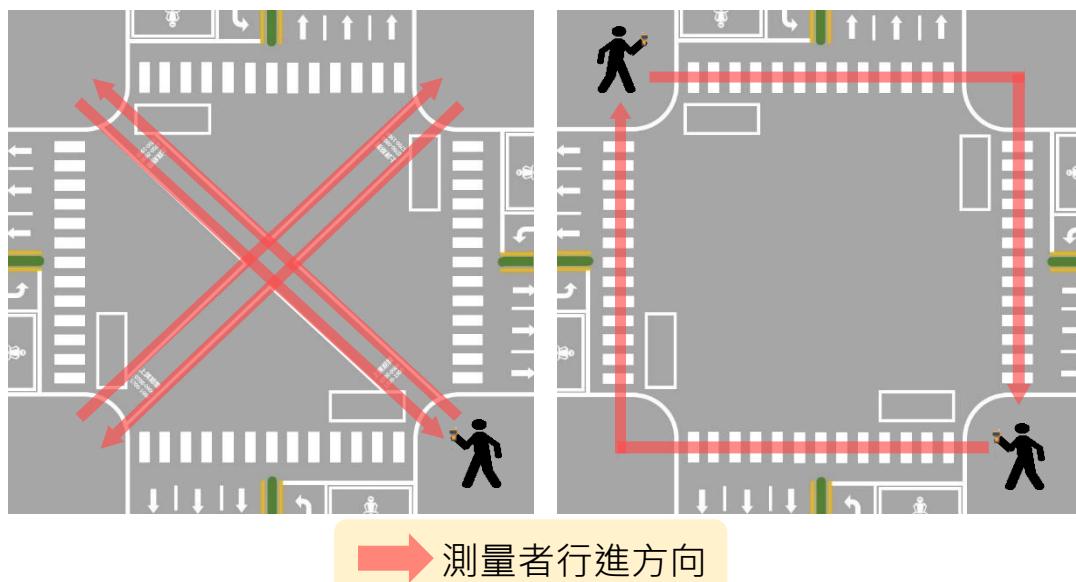
資料來源：本計畫拍攝

圖 3.3.2-4 行人穿越道線之移動式空污調查示意圖

行人專用時相路口之移動式調查，由調查人員於行人專用時相開啟及關閉時段，分別各進行 50 分鐘之行人穿越道線移動式調查，每日總計進行 100 分鐘之空污調查（包含有行人專用時相 50 分鐘，及無行人專用時相 50 分鐘），由調查人員依據號誌時間，沿著路口行穿線與對角行穿線行走，並以每 1 秒為時間單位記錄 1 筆空污資料，反覆進行直到調查時間滿 50 分鐘為止，藉以掌握在不同交通特性下，行人通過行人穿越道線時的交通空污暴露情形，如圖 3.3-5、表 3.3-2 所示。

專用時相啟動時段

專用時相關閉時段



資料來源：本計畫繪製

圖 3.3.2-5 行人穿越道線空污調查方式示意圖

表 3.3.2 本計畫路口調查方式與調查時間

路口特性	調查方式	調查時間	資料總時長(每日)
行人專用時相	行人等候區域	7:00am~7:00pm	12 小時
	行人穿越道線	專用時相開啟時段 50 分鐘	100 分鐘
		專用時相關閉時段 50 分鐘	
行人穿越道線退縮	行人等候區域	7:00am~7:00pm	12 小時

資料來源：本計畫彙整

3.4 調查路口選址

本計畫於 3.1 節中提及的 5 種路口交通特性，原則上皆會選擇 2 處路口進行調查，本年度將優先辦理「行人專用時相」與「行人穿越道線退縮」

路口特性調查；行人專用時相特性將選擇永吉路與松山路路口、忠孝東路六段與昆陽街路口；行人穿越道線退縮特性將選擇酒泉街與重慶北路三段路口、南京西路與中山北路二段路口，以下係針對本計畫路口選址原則及調查路口環境描述進行說明。

1. 調查路口選址原則

本計畫路口選址原則包含以下 3 大主要條件，茲如下說明。

(1) 一定程度交通量

該路口擁有對應之路口交通特性，且該路口至少有雙向車道及十字交叉等特性；以確認該路口具有一定程度之交通量，以符合交通空污調查採樣需求。

(2) 鄰近空品或交通連續監測測站

該路口附近 3 公里範圍內有環境部或地方政府的空氣品質自動連續監測站，以確保環境資料之代表性，並做為環境背景資料蒐集所需。調查路口與對應之空品測站如圖 3.4-1、表 3.4-1。

(3) 足夠的行人空間

該路口環境適合架設空污調查儀器和交通調查錄影機，且路口周圍行人等候區域寬度充足，可保留 1.5 公尺以上之行走寬度，確保此區域有充足的行人通行空間，以符合調查儀器架設需要。

本計畫路口調查選址方式會依據「行人專用時相」、「行人穿越道線退縮」兩種交通特性有所差異。在行人專用時相部分，其時相之設立屬於交通規劃層面，不會影響道路實體設備之變更，以行人專用時相調查路口的永吉路與松山路為例，為了確保行人安全性與車輛暢通性兼顧，該處路口僅在學生通勤時段之 7:00~7:50、12:00~12:30、15:30~16:30 等時段啟動行人專用時相，其餘時段為正常時相，因此可以在同一路口調查到有無行人專用時相之交通特性，為了蒐集更多與時相有關之數據，並減少交通及環境差異造成之影響，本年度計畫的路口時制變化特性有無，將選擇同一路口進行調查，並總計調查 2 處。

另與路口幾何配置與規劃有關之行人穿越道線退縮交通特性部分，其路口幾何配置與規劃係影響道路實體設備，針對評估行人

穿越道線退縮對行人空氣污染暴露的影響，會規劃於同一路口進行調查，將退縮後之行人穿越道線位置定位為實驗組，於退縮前之行人穿越道線位置定位為對照組，以降低路口交通量、車種比例及環境資訊等差異影響。



資料來源：環境部全球資訊網

圖 3.4-1 環境部空品自動連續監測站分布圖

表 3.4-1 調查點位與臨近空品測站資訊

調查項目	調查地點(路口)	調查地點臨近空品測站
環境資料	永吉路/松山路	● 環境部 松山空品測站
	忠孝東路六段/昆陽街	
	南京西路/中山北路二段	● 環境部 中山空品測站
	酒泉街/重慶北路三段	● 臺北市環保局 中北交通測站

資料來源：本計畫彙整。

2. 不同交通特性選址結果與環境描述

(1) 行人專用時相路口選址

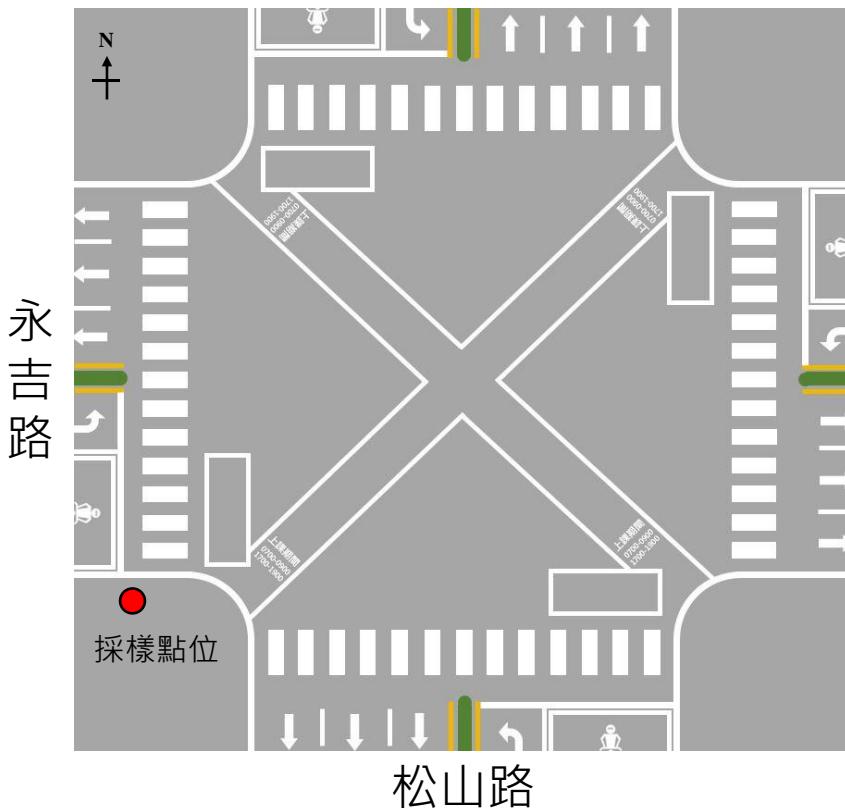
本計畫篩選出下列 2 處路口，做為本交通特性探討之測量地點，第 1 處調查路口是永吉路與松山路路口，第 2 處調查路口是忠孝東路六路一段與昆陽街路口，調查路口資訊如表 3.4-2 及圖 3.4-2、圖 3.4-3。

檢視 2 處路口環境現況，其路口方圓半公里內，無明顯固定污染源設置，故可推測其主要污染貢獻將來自於車輛污染排放。

表 3.4-2 行人專用時相調查路口資訊

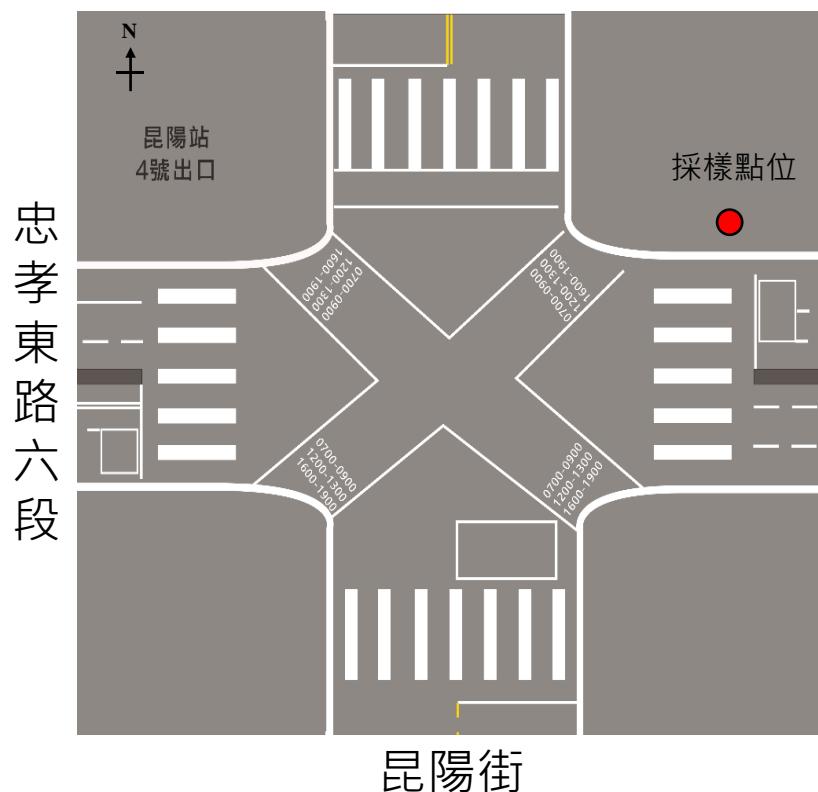
行人專用時相調查			
調查路口 (1)		調查路口 (2)	
東西向道路	南北向道路	東西向道路	南北向道路
永吉路	松山路	忠孝東路六段	昆陽街
上午行人專用時相	7:00~7:50	上午行人專用時相	7:00~9:00
下午行人專用時相	15:30~16:30	下午行人專用時相	16:00~19:00

資料來源：本計畫彙整



資料來源：本計畫繪製

圖 3.4-2 調查路口 (1) 永吉路/松山路路口幾何配置圖



資料來源：本計畫繪製

圖 3.4-3 調查路口 (2) 忠孝東路六段/昆陽街路口幾何配置圖

(2) 行人穿越道線退縮路口選址

為了瞭解行人穿越道線退縮與車輛空污污排放之關聯性，將選擇已進行行人穿越道線退縮之路口，本計畫依據臺北市路口交通流量及特性調查近年資料（108 年至 111 年），篩選出下列 2 處路口，做為交通特性探討之測量地點。第 1 處調查路口為南京西路與中山北路二段路口，調查點位為西往東方向路口，此路口擁有 3 線車道，當中 1 線道為右轉車道。

第 2 處調查路口是酒泉街與重慶北路三段路口，調查點位為北往南方向路口，此路口擁有 4 線車道，當中 1 線道為公車專用道。

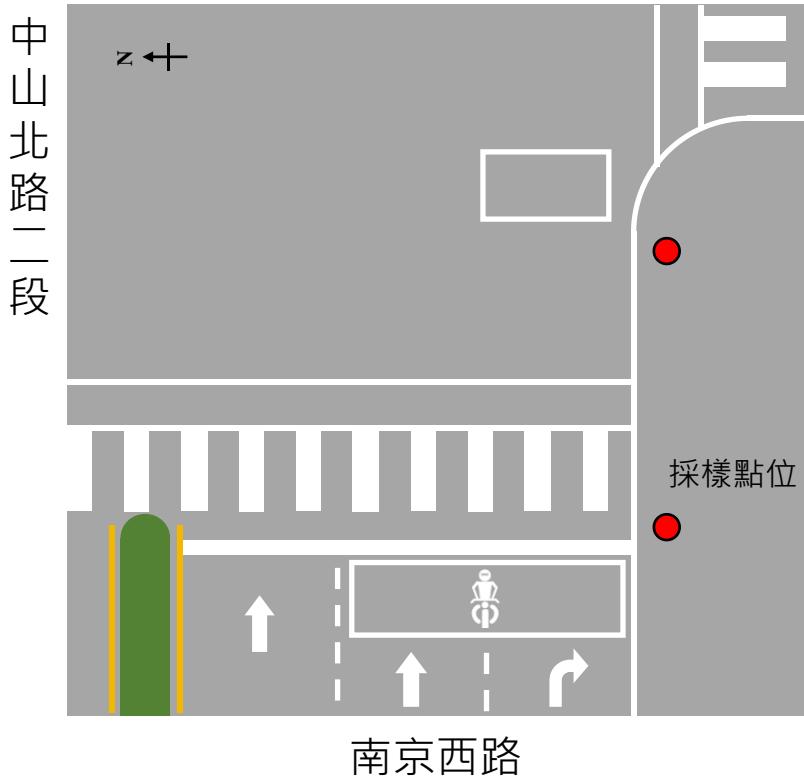
根據上述資料顯示，2 路口擁有 3 線車道以上組成與車種比例皆相近，同時配合 Google 地圖實景調查，該 2 路口多屬於住商區域，原則上無明顯固定污染源，預計其主要污染貢獻將來自於車輛污染排放，符合本計畫調查需求。

行人穿越道線退縮調查路口資訊如表 3.4-3、圖 3.4-4、圖 3.4-5。

表 3.4-3 行人穿越道線退縮調查路口資訊

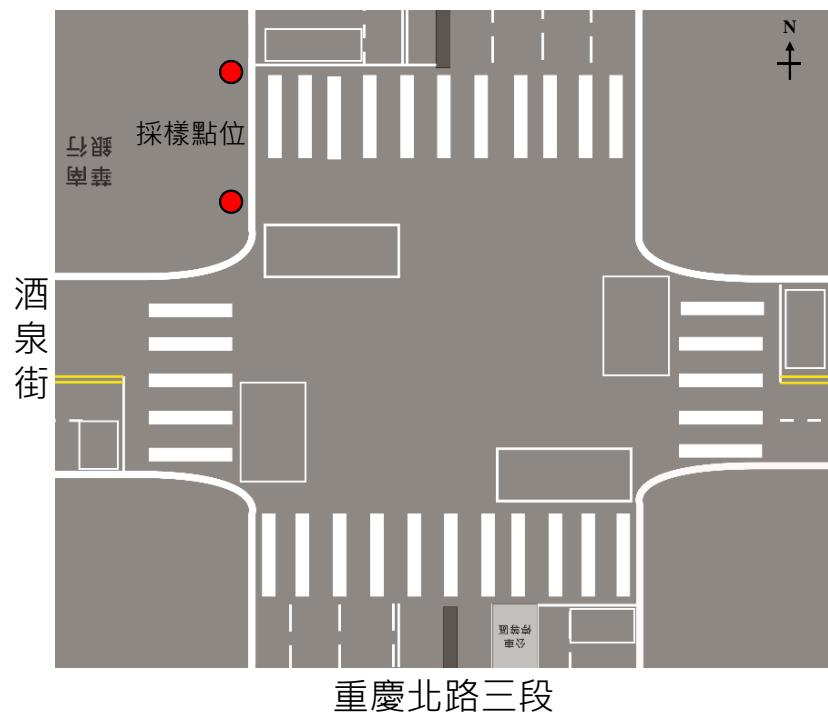
行人穿越道線退縮調查			
調查路口 (3)		調查路口 (4)	
東西向道路	南北向道路	東西向道路	南北向道路
南京西路	中山北路二段	酒泉街	重慶北路三段
調查路口方位	西往東方向	調查路口方位	北往南方向
單向路口車道數	3	單向路口車道數	4

資料來源：本計畫彙整



資料來源：本計畫繪製

圖 3.4-4 調查路口 (3) 南京西路一段/中山北路二段路口幾何配置圖



資料來源：本計畫繪製

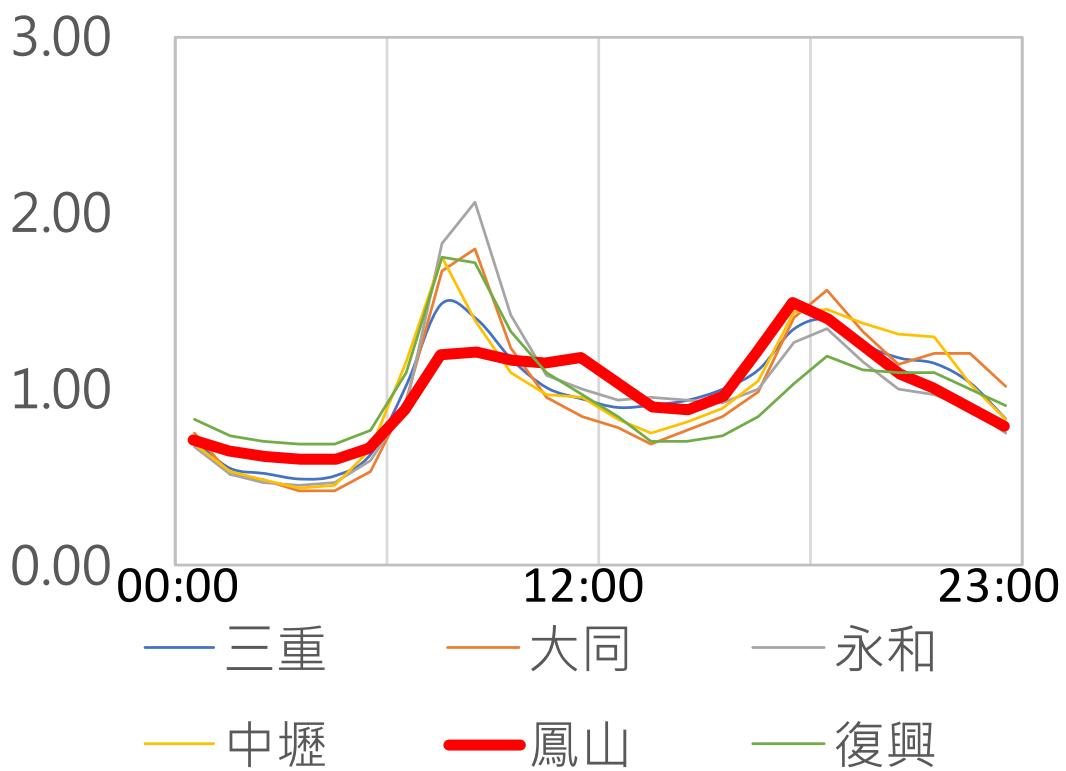
圖 3.4-5 調查路口 (4) 酒泉街/重慶北路三段路口幾何配置圖

3.5 調查時間規劃

依據環境部交通測站各污染監測資料顯示，路口空氣污染物濃度一定程度上係受到車輛排放影響，故本計畫依據 2022 年全年交通測站之 CO（氣狀污染物）濃度監測資料，如圖 3.5-1 及圖 3.5-2 所示，發現 CO 空氣污染物濃度變化與交通尖、離峰間，具有一定程度關係，且相對於假日時段，平日時段更能夠反應出交通空污對於環境影響。

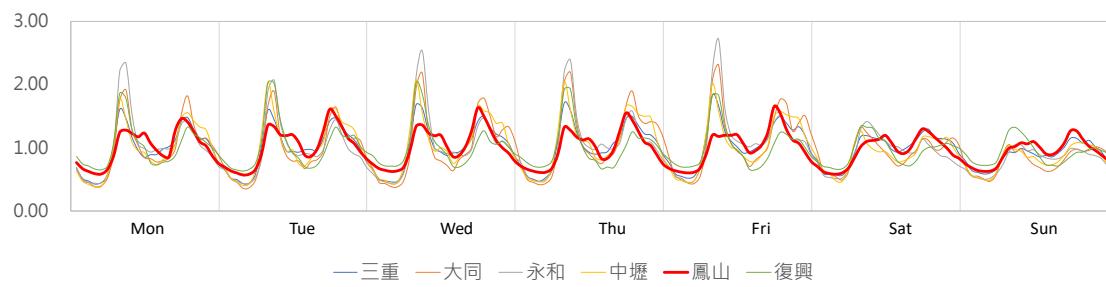
由圖 3.5-1 明顯發現 CO 之高峰時間約於上午 7:00 至 9:00，以及下午 5:00 至 8:00 區間，故本計畫路口調查時間規劃如下說明。

1. 調查時間為每日 7:00~19:00，持續採樣時間總計 12 小時，進行路口之交通資料及空氣污染物採樣。
2. 於平日進行調查，且各路口各採樣 4 天，總計採樣 192 小時，以確保各路口分析樣本數具代表性。
3. 同一調查特性路口，將於同日且同時段進行採樣，以確保環境資料的一致性。



CO 濃度單位：ppm
 資料來源：本計畫繪製

圖 3.5-1 2022 年交通測站 CO 濃度標準化下 24 小時平均分布情形



CO 濃度單位：ppm
 資料來源：本計畫繪製

圖 3.5-2 2022 年交通測站 CO 濃度標準化下每日平均分布情形

此外，考量 7 月份至 8 月份為暑假期間，考量該期間學生通勤數量減少，故規劃避開暑假時段，而於 9 月至 11 月進行路口調查，並於 11 月至 12 月進行調查資料彙整及分析。

3.6 專家諮詢會議

為使調查計畫設計及路口選址規劃，對於後續研究之參採與相關監測數據合理性得以加以運用，本計畫於 112 年 7 月 17 日，召開「調查路口選址與調查計畫」專家諮詢會議，邀請各方專家依據調查計畫內容及調查點位規劃，提供相關建議與指導，以完善調查計畫整體之周延性。

本次會議邀請包含國內交通、環工及公衛領域之 5 位專家學者，以線上會議方式進行，並向與會專家說明本計畫之研究背景，調查計畫規劃內容，以及路口選址之考量，專家提出之建議重點如下。

1. 環境及交通背景值應盡量一致及考量各種可能影響因素

- (1) 路口空氣品質可能在不同環境因素有關，包含有風速、氣溫等，應盡量與其他污染源的關係進行區隔與釐清，並進行排除，以凸顯交通管制的措施引進後造成的影响差異。
- (2) 建議於確認選擇的儀器設備後，以考量檢測儀器之偵測極限是否適用路口環境調查。
- (3) 道路路口屬小區域環境，於小區域環境的氣象資料容易受到地形、建築物等影響，仍會有差異；建議風速、風向等氣候條件，能於路口調查點位上設置氣象監測儀，併同進行監測。

2. 路口選址建議

- (1) 針對「行人穿越線退縮」交通特性路口對行人於空污暴露的影響，建議應於同一路口進行調查，可將對照組架設於未退縮前之行人穿越線位置，以降低路口交通量、車種比例及環境資訊等影響。
- (2) 有關路口選址議題，建議應先進行路口不同條件分析，例如：以流量高低、路型差異、及行人量多寡等因素，納入路口選址考量，以有效評估不同交通管制措施對於機動車輛空氣污染物排放減量之效益。

3. 車種比例調查建議

(1) 車輛數分析建議可納入 light duty vehicles (例：小客車或小貨車) 及 heavy duty vehicles (例：大貨車)，其車輛數之感應線應可透過車輛壓線長度可辨識不同負荷之車種，在空氣污染物排放濃度影響上具相當參考性。

4. 效率與安全之競合關係

(1) 在調查計畫研擬過程中，應思考如何平衡交通效率、交通安全，以及交通空氣污染物濃度減量議題，以回饋到交通工程策略建議。

(2) 當號誌等候時間愈長，行人安全性可能因此提高，但同時易導致汽機車怠速時間增加，交通排放污染物量亦增加，故如何透過交通號誌改善使交通更順暢，同時減少路口交通污染，可能為可納入考量及調查的議題。

(3) 不同的交通環境特性，可能會因為設置點位於市區或市郊而有所影響，此外，路口交通安全與交通效率往往相互衝突，以行穿線退縮的議題為例，即是一種安全與效率的競合關係延伸，透過犧牲效率換取安全，故其路口特性設置對於用路人暴露的情形，應謹慎進行評估。

5. 其他

考量計畫目標為掌握用路人在路口交通空污暴露情形，建議可同時記錄監測人員於路口停留時間，進一步解析行人實際暴露量，以提升計畫檢測結果之貢獻。



第四章 路口資料調查及蒐集

本章係依據路口調查計畫於路口實地完成交通、空污及環境資料調查後，針對各項交通項目、環境背景值與路口交通空污資料，進行歸納整理並加以探討，以利後續了解路口交通環境特性對空氣品質的影響。

4.1 路口交通量調查

本計畫已完成 2 種路口交通特性，共 4 處實測路口現況之尖、離峰交通流量、通行車種比例、路口幾何配置與號誌時制計畫等各項調查作業，車流量採人工檢視影像方式以 1 分鐘為單位計數值，並一併完成車輛延滯時間計算，做為後續評估與分析之依據。

4.1.1 路口交通流量調查及車種比例分析

本計畫將各調查路口 4 天的資料，以各調查日之全日平均及總平均進行統計，並將調查結果以原始通過路口車種輛次進行呈現與說明。

4 個路口調查結果顯示，以總平均之車流量來說，以中山北路/南京西路路口車流量最多，其次為重慶北路/酒泉街路口。以下就中山北路/南京西路、重慶北路/酒泉街、昆陽街/忠孝東路及松山路/永吉路路口等 4 處調查路口之交通量以及車種比例進行說明。

1. 中山北路/南京西路路口

中山北路/南京西路路口，於 10 月 23 日至 10 月 26 日，車種比例以機車為最多接近 60%，小型車約接近 40%，如表 4.1.1-1 所示。

表 4.1.1-1 中山北路/南京西路路口全日平均車流量及車種比例

調查日期		大客車	大貨車	小型車	機車
10 月 23 日	車流量	246.5	47.58	3,195.5	5,048.42
	車種比例	2.89%	0.56%	37.43%	59.13%
10 月 24 日	車流量	256.08	23.08	3,585.42	5,127.58
	車種比例	2.85%	0.26%	39.87%	57.02%
10 月 25 日	車流量	252.83	29.42	3,566.75	5,455.67
	車種比例	2.72%	0.32%	38.33%	58.63%
10 月 26 日	車流量	250.33	34.08	3,515.08	4,703.92
	車種比例	2.94%	0.40%	41.34%	55.32%
總平均	車流量	251.44	33.54	3,465.69	5,083.9
	車種比例	2.85%	0.38%	39.23%	57.55%

車流量單位：輛次

本計畫彙整

2. 重慶北路/酒泉街路口

重慶北路/酒泉街路口調查期間為 10 月 16 日至 10 月 20 日，本路口調查時段因受天氣因素影響，故 10 月 16 日調查時間為 14:30 至 19:00，10 月 20 日則為 7:00 至 14:30，其餘 10 月 17 日至 19 日則均為 7:00 至 19:00。本路口車種比例以小型車最高，略高於 50%，其次為機車約 35%，第三是大客車，大貨車最少，如表 4.1.1-2 所示。

表 4.1.1-2 重慶北路/酒泉街路口全日平均車流量及車種比例

調查日期		大客車	大貨車	小型車	機車
10 月 16 日	車流量	255.56	196.67	2,346.67	1,523.33
	車種比例	5.91%	4.55%	54.29%	35.24%
10 月 17 日	車流量	266.75	184.42	2,189.75	1,528.42
	車種比例	6.40%	4.42%	52.52%	36.66%
10 月 18 日	車流量	287.58	138.58	2,167.5	1,491.92
	車種比例	7.04%	3.39%	53.05%	36.52%
10 月 19 日	車流量	276.25	174.67	2,172.92	1,504.08
	車種比例	6.69%	4.23%	52.64%	36.44%
10 月 20 日	車流量	266.8	229.73	2,163.47	1,433.47
	車種比例	6.52%	5.61%	52.85%	35.02%
總平均	車流量	270.59	184.81	2,208.06	1,496.24
	車種比例	6.50%	4.44%	53.08%	35.97%

車流量單位：輛次

本計畫彙整

3. 昆陽街/忠孝東路路口

昆陽街/忠孝東路路口調查期間為 10 月 16 日至 10 月 19 日，車種比例以機車占約 53%最多，其次為小型車約 40%，大客車及大貨車合計約 6%，詳如表 4.1.1-3 所示。

表 4.1.1-3 昆陽街/忠孝東路路口全日平均車流量及車種比例

調查日期		大客車	大貨車	小型車	機車
10 月 16 日	車流量	169.83	63.08	1,410.83	1,912.08
	車種比例	4.78%	1.77%	39.68%	53.77%
10 月 17 日	車流量	158.17	44.92	1,477.5	1,875.67
	車種比例	4.45%	1.26%	41.55%	52.74%
10 月 18 日	車流量	161.92	64.42	1,500.75	1,931.42
	車種比例	4.43%	1.76%	41.02%	52.79%
10 月 19 日	車流量	173.08	57.17	1,463	1,986.92
	車種比例	4.70%	1.55%	39.75%	53.99%
總平均	車流量	165.75	57.4	1,463.02	1,926.52
	車種比例	4.59%	1.59%	40.50%	53.33%

車流量單位：輛次

本計畫彙整

4. 松山路/永吉路路口

松山路/永吉路路口調查期間為 10 月 23 日至 10 月 26 日，車種比例以小型車為最多約 50%，機車約 45%，第三是大客車，最後為大貨車，如表 4.1.1-4。

表 4.1.1-4 松山路/永吉路路口全日平均車流量及車種比例

調查日期		大客車	大貨車	小型車	機車
10 月 23 日	車流量	106.5	54.08	1,693.17	1,513.67
	車種比例	3.16%	1.61%	50.28%	44.95%
10 月 24 日	車流量	112.50	25.58	1,650.33	1,467.67
	車種比例	3.46%	0.79%	50.68%	45.07%
10 月 25 日	車流量	107.7	43.8	1,660.1	1,495.9
	車種比例	3.26%	1.32%	50.19%	45.23%
10 月 26 日	車流量	113.58	26.58	1,664.08	1,497.67
	車種比例	3.44%	0.81%	50.40%	45.36%
總平均	車流量	110.06	37.5	1,666.92	1,493.73
	車種比例	3.33%	1.13%	50.39%	45.15%

車流量單位：輛次

本計畫彙整

4.1.2 路口道路幾何配置調查

本節針對本計畫調查期間所需進行實測之路口現況，進行實地踏勘並考量實際交通環境限制下，調查儀器規劃之佈設位置，茲分別說明如下。

1. 行人專用時相

本計畫針對臺北市具有行人專用時相之路口進行調查，依據臺北市資料大平臺由交通管制工程處公布之行人專用時相路口及時段清單，如圖 4.1.2-1 所示，進行路口選定，考量調查數據完整性以及空間部分，主要挑選之地點為含有十字路口、非單行道以及路口旁之人行道有足夠空間架設調查儀器之路口。

流水號	號誌編號	路口名稱	分區	實施時段	對角行穿	WGSX	WGSY
1	SK8GR10	青島西路與公園路	中正區	[每日]05:00-24:00	有	121.5	25.05
2	SJTFX10	重慶南路與襄陽路	中正區	[每日]05:00-24:00	有	121.5	25.04
3	SJT4T10	研究院路與舊莊街	南港區	[每日]05:00-翌日01:00	有	121.6	25.04
4	SWLJQ10	福林路與南農路	士林區	[平日]00:00-24:00	不劃	121.5	25.1
5	SI6I910	杭州南路與信義路	中正區	[每日]05:00-24:00	有	121.5	25.04
6	SHMKW1	建國南路與信義路	大安區	[六日]09:00-18:30	有	121.5	25.03
7	SIKR710	仁愛路與市府路	信義區	[平假日]07:00-20:00	不劃	121.6	25.04
8	SSWMR10	北安路與大直街	中山區	[每日]00:00-24:00	不劃	121.5	25.08
9	SISFV10	重慶南路與貴陽街	中正區	[上課期間]週一至週四07:20-08:00、17:10-17:30、週五(有	121.5	25.04	
10	SM8GA10	重慶北路與南京西路	大同區	[每日]00:00-24:00	不劃	121.5	25.05
11	S2JKW10	景福街與溪口國小	文山區	[上課期間]07:00-08:00、12:00-12:30、16:00-16:30	不劃	121.5	24.99
12	SJM4U10	中研院新大門口	南港區	[每日]07:00-20:00	有	121.6	25.04
13	SIANV10	安和路與仁愛路4段266巷	大安區	[每日]05:00-24:00	有	121.6	25.04
14	SINKW10	建國南路與仁愛路	大安區	[六日]09:00-18:00	有	121.5	25.04
15	SLCST10	八德路與塔悠路	松山區	[每日]07:00-隔日01:00	有	121.6	25.05
16	SIWR710	松高路與市府路	信義區	[每日]07:00-19:00	有	121.6	25.04
17	SI9R710	松壽路與市府路	信義區	[每日]07:00-19:00	有	121.6	25.04
18	SI9RI10	松壽路與松智路	信義區	[每日]09:00-22:00	有	121.6	25.04
19	SI9QP10	基隆路與松壽路	信義區	[每日]00:00-24:00	不劃	121.6	25.04
20	SKVTY10	松隆路與松山路	信義區	[每日]07:00-01:00	有	121.6	25.05
21	SJEGJ10	公園路與常德街	中正區	[每日]07:00-19:00	有	121.5	25.04

資料來源：臺北市資料大平臺/交通局交通管制工程處

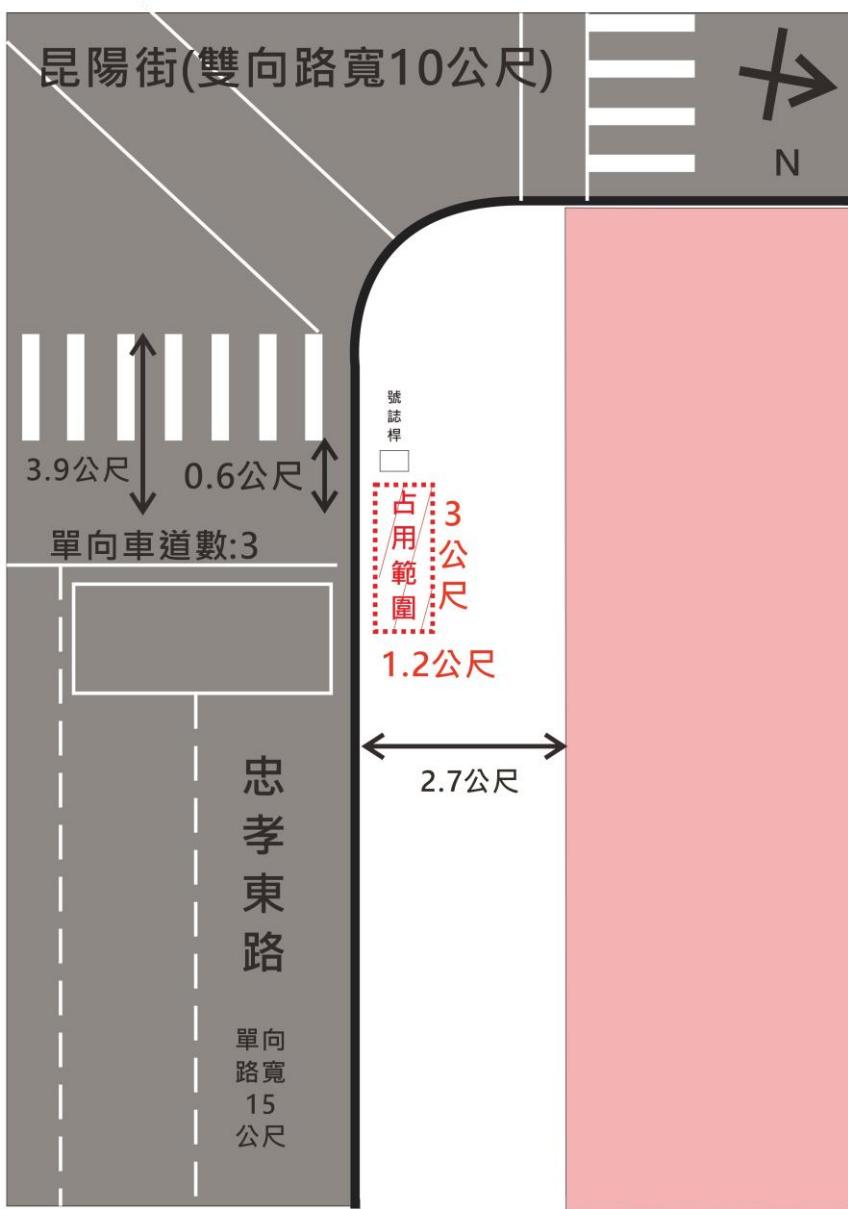
圖 4.1.2-1 行人專用時相路口及時段清單

經由資料比對之後，具備以上條件之行人專用時相路口，選定 2 處路口進行調查，分別是昆陽街/忠孝東路交叉口以及松山路/永吉路交叉口，以下分別撰述 2 處路口之特性。

(1) 昆陽街/忠孝東路

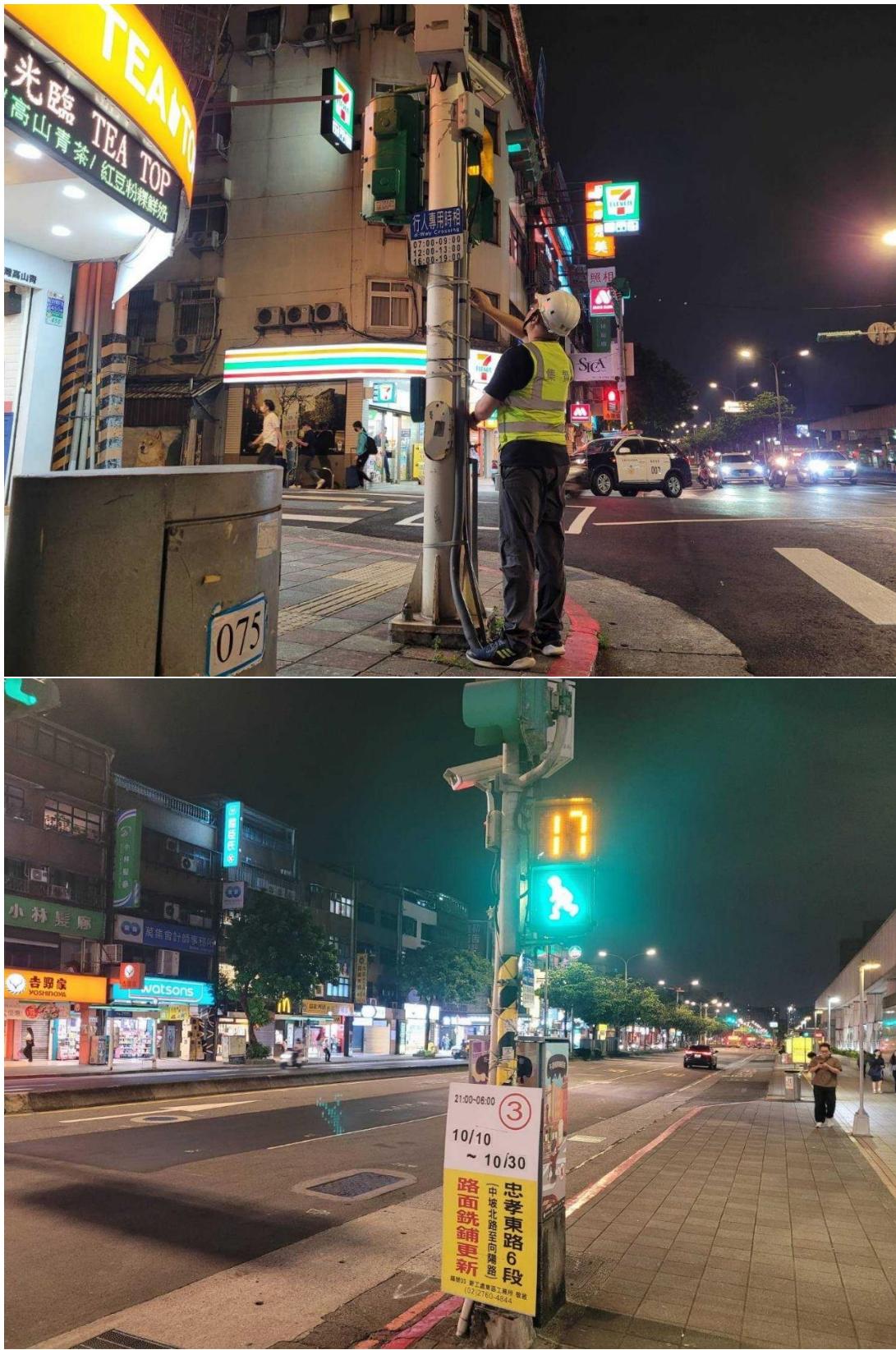
經由實地現勘及測量，繪製路口相關距離示意圖，其路口之忠孝東路段為雙向各 3 車道，雙向路寬約 30 公尺，昆陽街則為雙向

各 1 車道，雙向路寬約 10 公尺，在選擇調查設備放置的地點上，本計畫為確保設備有完整放置空間，且不影響行人之通行，故挑選寬度為 2.7 公尺之人行道路段。本次調查所需實際占用空間為長 3 公尺、寬 1.2 公尺。該路口的配置如圖 4.1.2-2 所示；實測期間之路口攝影及空品偵測儀器實際拍攝照片，如圖 4.1.2-3、圖 4.1.2-4 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.1.2-2 昆陽街/忠孝東路路口測量圖



資料來源：本計畫拍攝

圖 4.1.2-3 昆陽街/忠孝東路路口交通攝影儀器架設現況圖

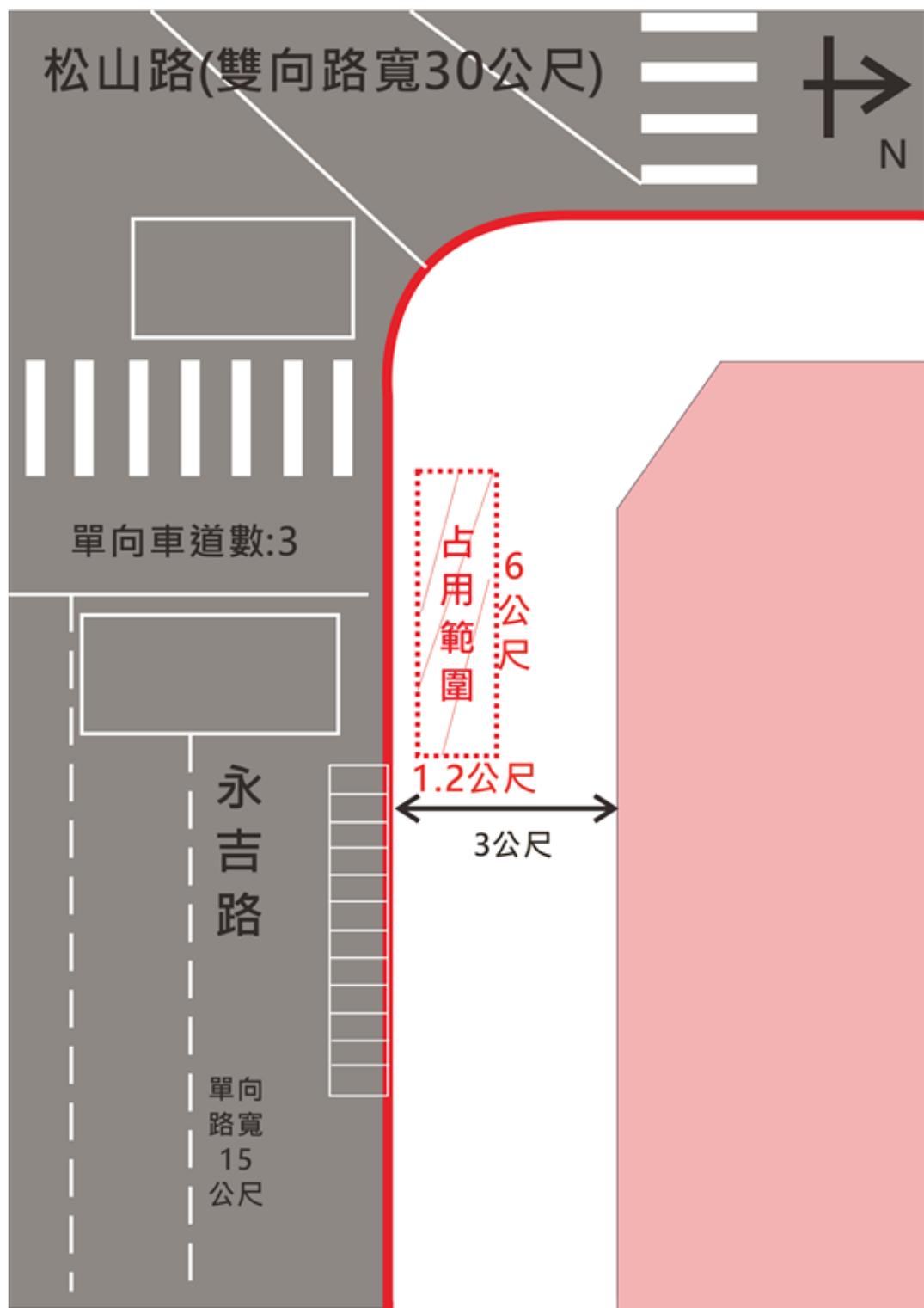


資料來源：本計畫拍攝

圖 4.1.2-4 昆陽街/忠孝東路路口空品調查儀器架設現況圖

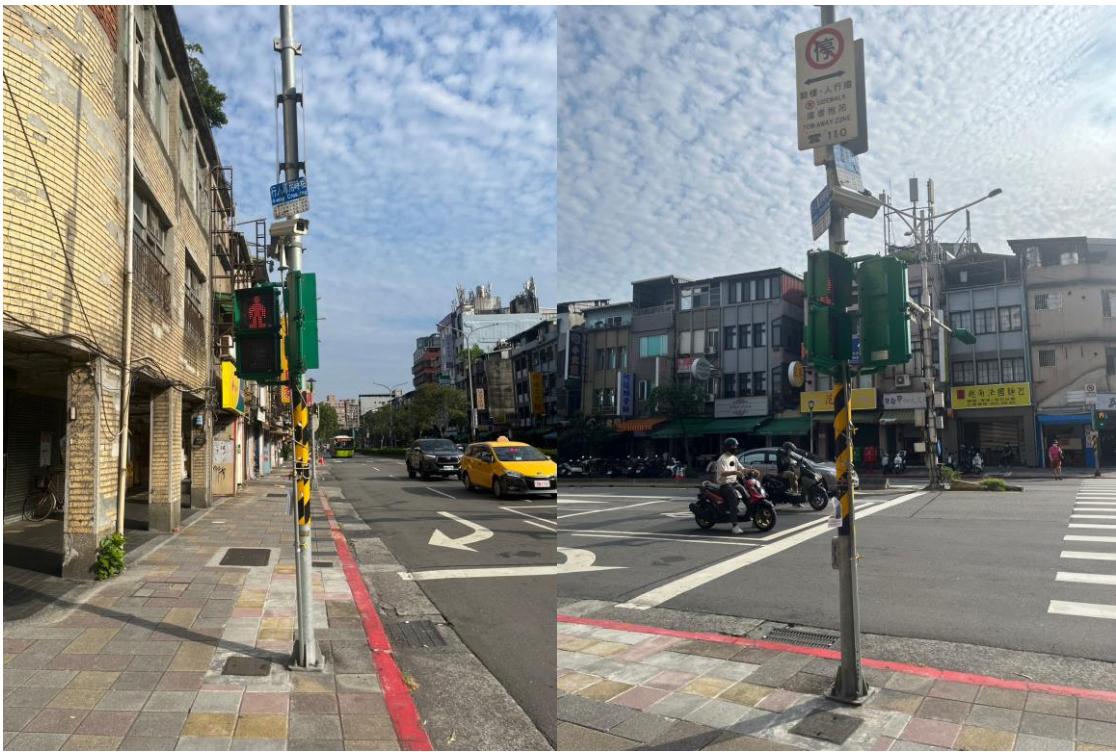
(2) 松山路/永吉路

本路口永吉路路段為雙向車道各具 3 車道，其靠近人行道側之車道路寬為 15 公尺，而松山路路段，則為雙向車道並具 2 車道，其雙向路寬為 30 公尺，在選擇調查儀器放置的人行道點位上，其寬度為 3 公尺之人行道路段，本次調查實際佔用空間長 6 公尺、寬 1.2 公尺。有關該路口的配置，如圖 4.1.2-5 所示；實測期間之路口實際拍攝照片，如圖 4.1.2-6、圖 4.1.2-7 所示。



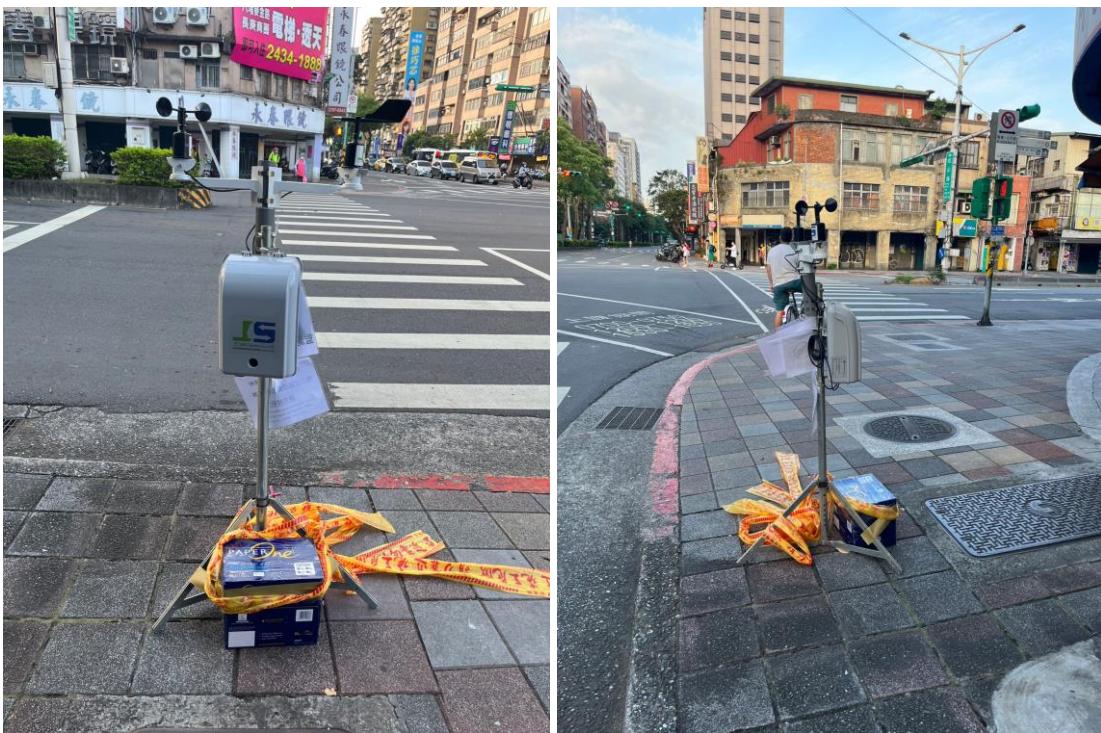
資料來源：本計畫繪製

圖 4.1.2-5 松山路/永吉路路口測量圖



資料來源：本計畫拍攝

圖 4.1.2-6 松山路/永吉路路口交通攝影儀器架設現況圖



資料來源：本計畫拍攝

圖 4.1.2-7 松山路/永吉路路口空品調查儀器架設現況圖

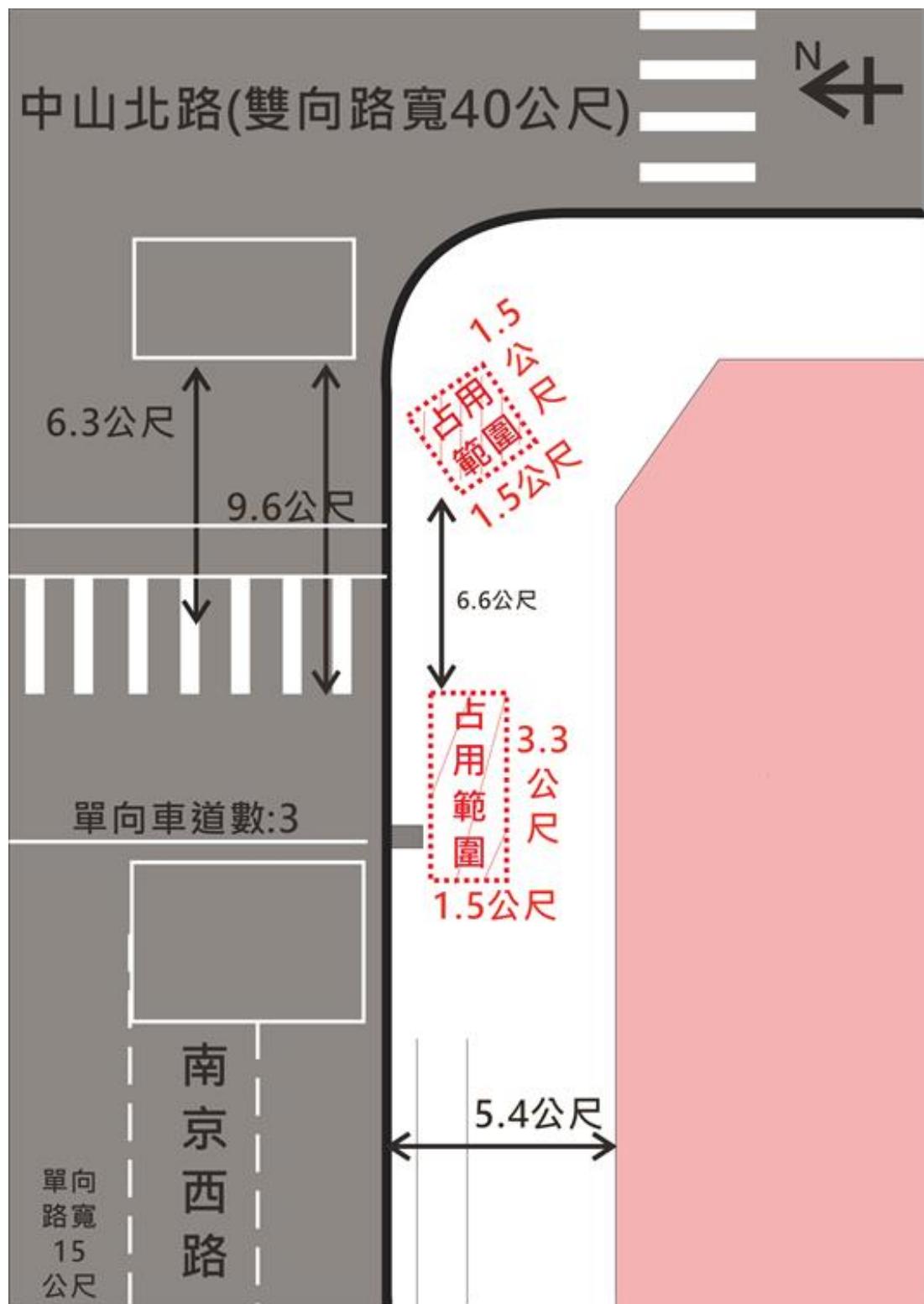
2. 行人穿越道線退縮

行人穿越道線退縮部分，因未有相關公開整理資料，經查找相關資訊後本計畫採用以網頁 Google Map 地毯式尋找及歷史日期比對之方式，挑選適合之臺北市行人穿越道線退縮之路口，選定中山北路/南京西路交叉口以及重慶北路/酒泉街交叉口做為本計畫之行穿線退縮調查路口，以下針對此兩處路口進行說明。

(1) 中山北路/南京西路

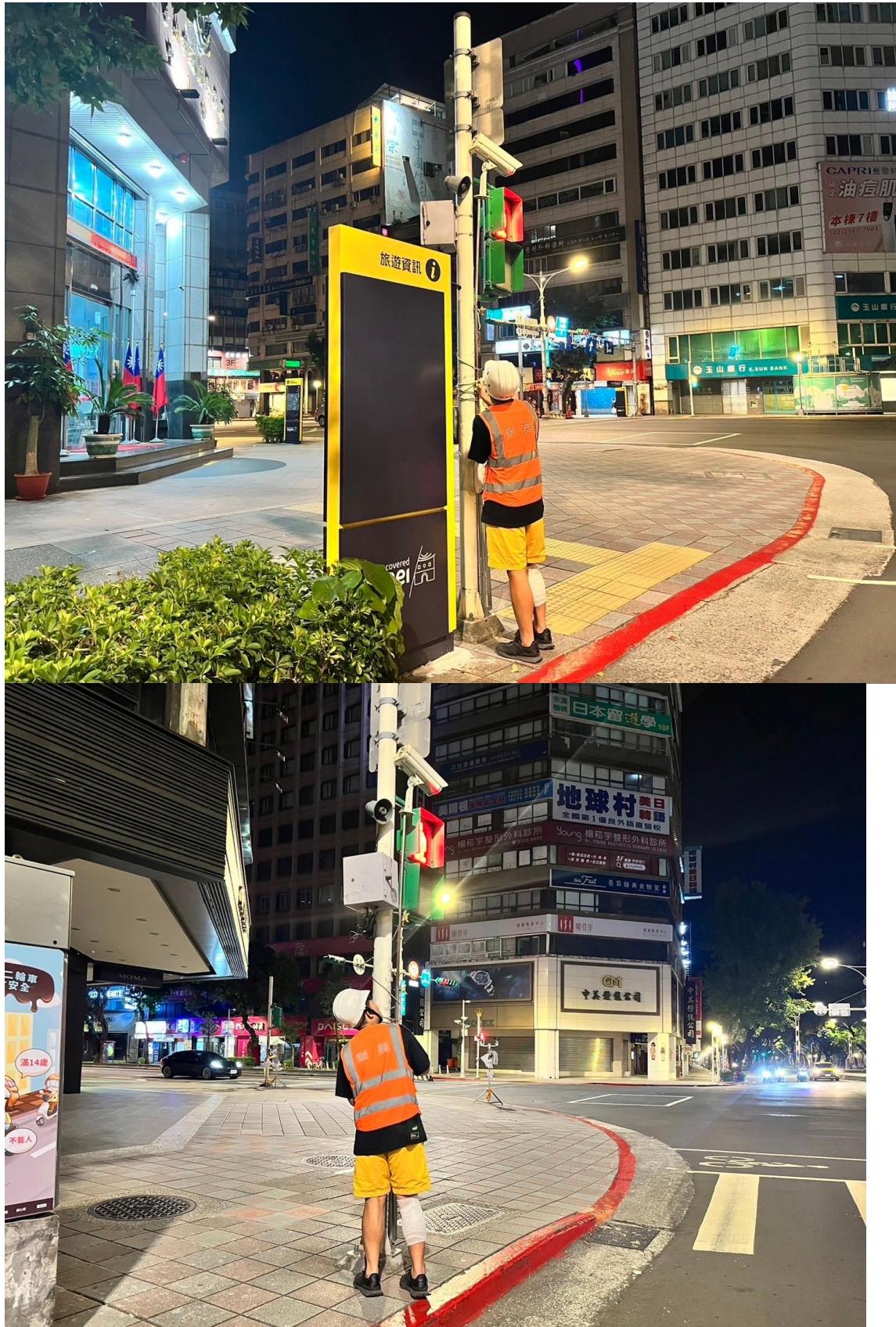
經由實地現勘及測量，繪製出相關路口距離示意圖，其路口之南京西路路段為雙向車道各具 3 車道，雙向路寬 30 公尺(往東方向之單向路寬為 15 公尺)，而中山北路則為雙向各 4 車道，其雙向路寬為 40 公尺。

在調查設備放置的人行道點位上，其寬度為 5.4 公尺之人行道路段，本次調查所需的實際佔用空間共 2 處，分別為長 3.3 公尺、寬 1.5 公尺，以及長 1.5 公尺、寬 1.5 公尺。相關路口的測量示意圖示，如圖 4.1.2-8；實測期間之路口實際拍攝照片，如圖 4.1.2-9、圖 4.1.2-10 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.1.2-8 中山北路/南京西路路口測量圖



資料來源：本計畫拍攝

圖 4.1.2-9 中山北路/南京西路路口交通攝影儀器架設現況圖

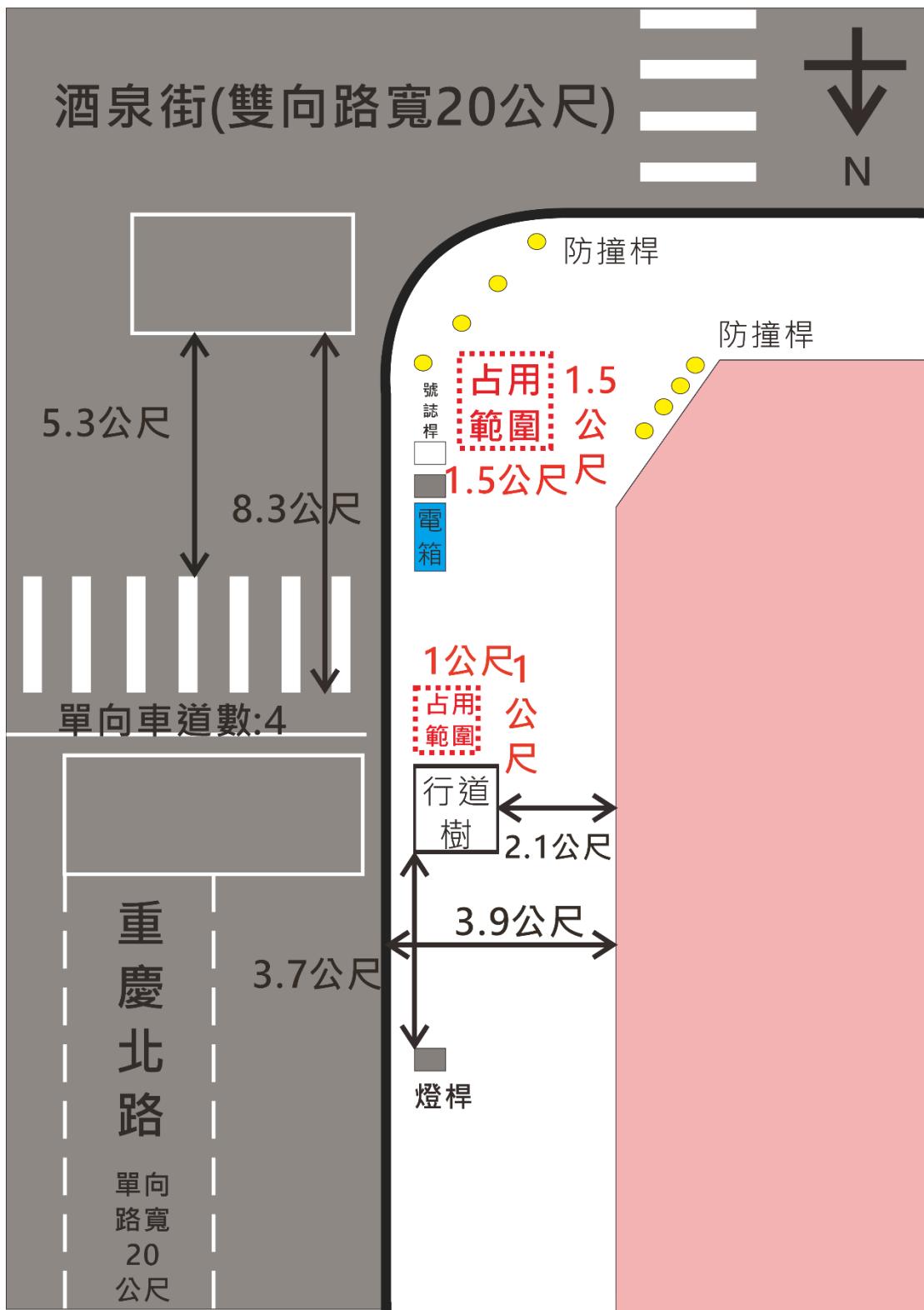


資料來源：本計畫拍攝

圖 4.1.2-10 中山北路/南京西路路口空品調查儀器架設現況圖

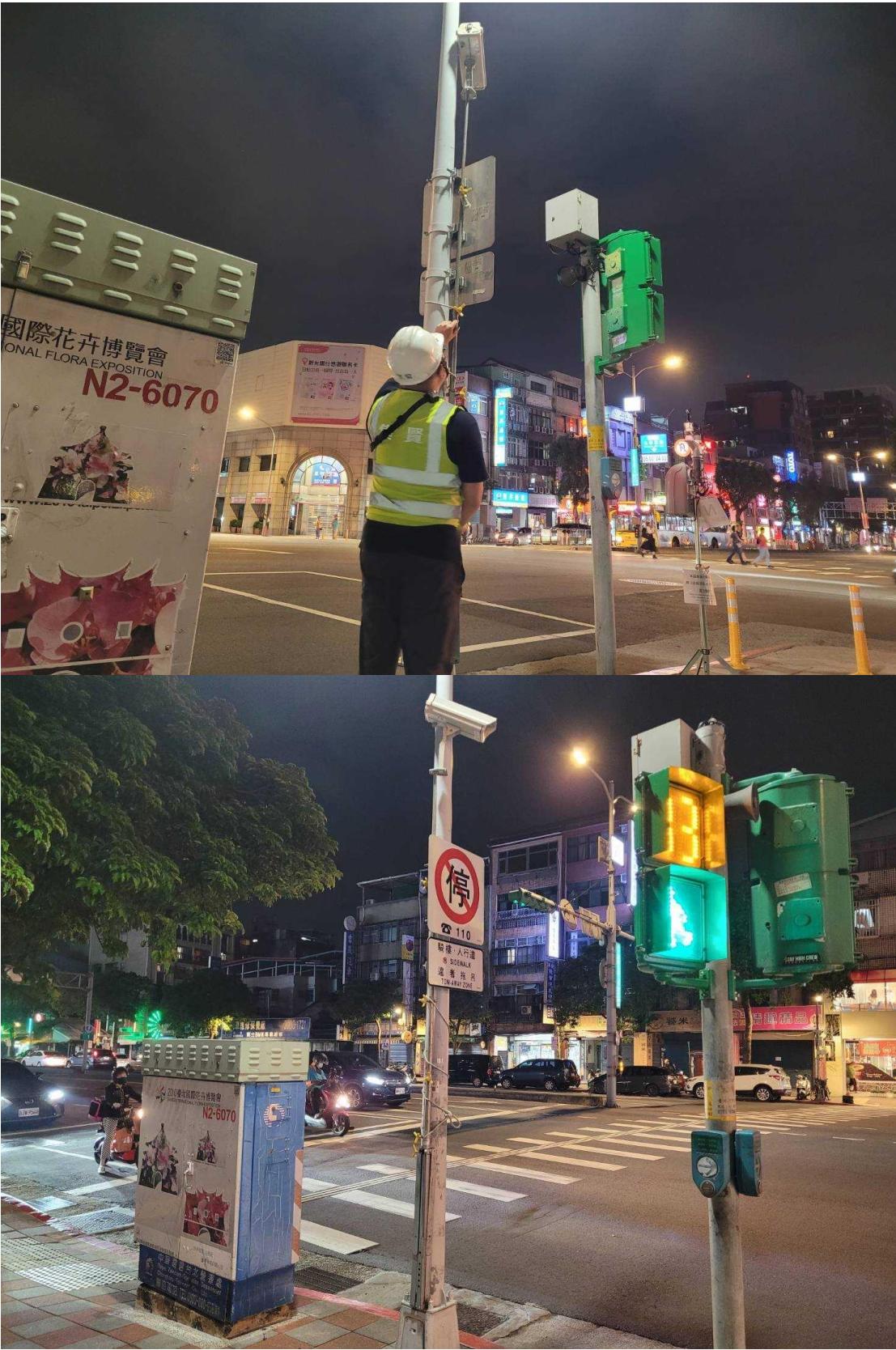
(2) 重慶北路/酒泉街

本路口重慶北路路段為雙向車道各 4 車道，雙向路寬 40 公尺（南向路寬 20 公尺），酒泉街為雙向共 3 車道，雙向路寬為 20 公尺，在調查設備放置的人行道點位上，其寬度為 3.9 公尺之人行道路段，本次調查設備實際所佔用空間共 2 處，分別為長 1 公尺、寬 1 公尺以及長 1.5 公尺、寬 1.5 公尺。相關路口示意圖如圖 4.1.2-11；實測期間之路口實際拍攝照片，如圖 4.1.2-12、圖 4.1.2-13 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.1.2-11 重慶北路/酒泉街路口測量圖



資料來源：本計畫拍攝

圖 4.1.2-12 重慶北路/酒泉街路口交通攝影儀器架設現況圖



資料來源：本計畫拍攝

圖 4.1.2-13 重慶北路/酒泉街路口空品調查儀器架設現況圖

3. 路口道路幾何特性整理

經由前述行人專用時相及行人穿越道線退縮路口測量示意圖及現場拍攝圖，以下綜整上述路口昆陽街/忠孝東路、松山路/永吉路、中山北路/南京西路及重慶北路/酒泉街之道路幾何設計其道路、路寬、分隔設施及車道數部分，進行列表式說明，如表 4.1.2-1 所示。

表 4.1.2-1 選定道路路口幾何設計

路口	道路	路寬(M)	分隔設施	車道數(雙向)
昆陽街/ 忠孝東路	昆陽街	8	中央標線	2
	忠孝東路	30	中央實體	6
松山路/ 永吉路	松山路	30	中央實體	4、5
	永吉路	30	中央實體	6
中山北路/ 南京西路	中山北路	30、40	中央實體	9、6
	南京西路	40	中央實體	8
重慶北路/ 酒泉街	重慶北路	40	中央實體	8
	酒泉街	20	中央標線	3

資料來源：本計畫彙整

4.1.3 路口號誌時制調查

本計畫以現況交通量調查資料及臺北市政府交通局提供之號誌時制，調查昆陽街/忠孝東路、松山路/永吉路、中山北路/南京西路及重慶北路/酒泉街等 4 個路口之號誌週期、綠燈分時、時相等分別紀錄，如表 4.1.3-1、表 4.1.3-2、表 4.1.3-3、表 4.1.3-4 所示，惟上述調查係僅就晨昏峰時段且不考量上下游車流相互影響之結果。

表 4.1.3-1 昆陽街/忠孝東路路口號誌時制現況表 - 平日晨昏峰

路口名稱	路口簡圖	上午時制				下午時制				備註		
		時間	時相數	綠燈	黃燈	全紅	週期	時間	時相數	綠燈	黃燈	
昆陽街 忠孝東路	 0700 - 0900 行人專用	C D A B	← C ← D	76	3	2	150	1700 - 1900 行人專用	← C ← D	76	3	2

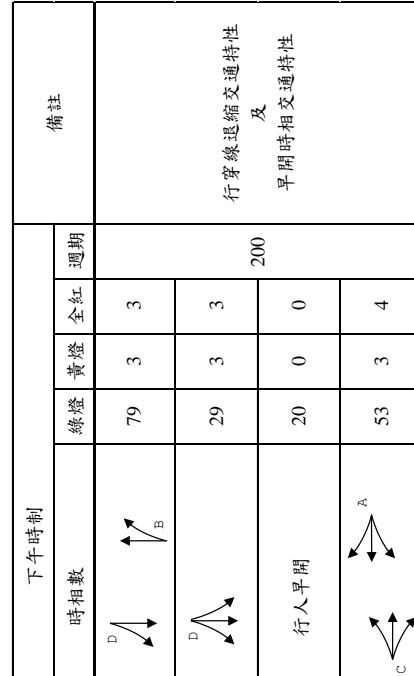
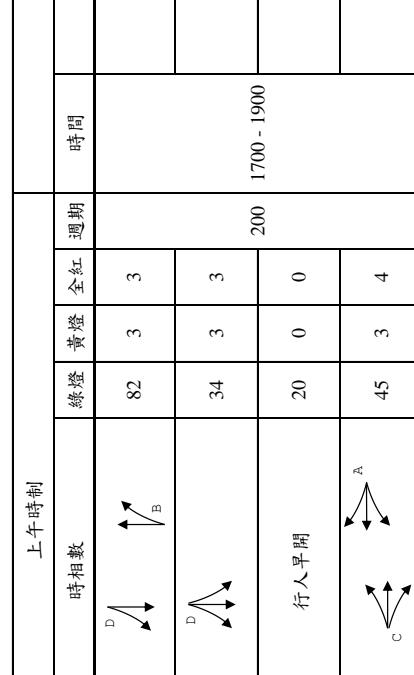
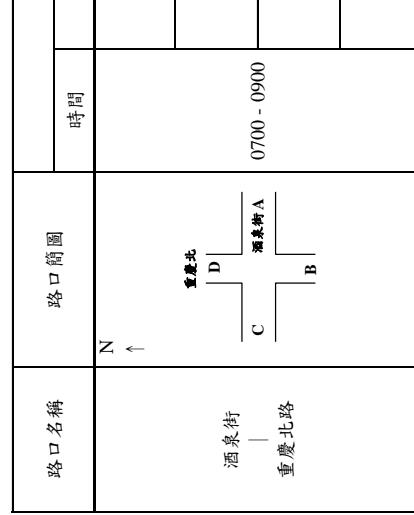
資料來源：本計畫彙整

表 4.1.3-2 永吉路/松山路路口號誌時制現況表 - 平日晨昏峰

路口名稱	路口簡圖	上午時制				下午時制				備註		
		時間	時相數	終燈	黃燈	全紅	週期	時間	時相數			
N ↑ 松山路 永吉路 A C B	0700 - 0750	C	2	72	3	4	200	1530 - 1630	2	72	3	4
		D	1	42	3	4		D	1	42	3	4
		D	2	22	3	4		D	2	22	3	4
		D	3	36	3	4		D	3	36	3	4
		D	4	94	3	4		D	4	96	3	4
	0750 - 0900	C	2	10	3	4	200	1630 - 1700	2	10	3	4
		D	1	43	3	4		D	1	41	3	4
		D	2	25	3	4		D	2	25	3	4
		D	3					D	3			
		D	4					D	4			
專用時相交通特性												
1700 - 1900												
200												

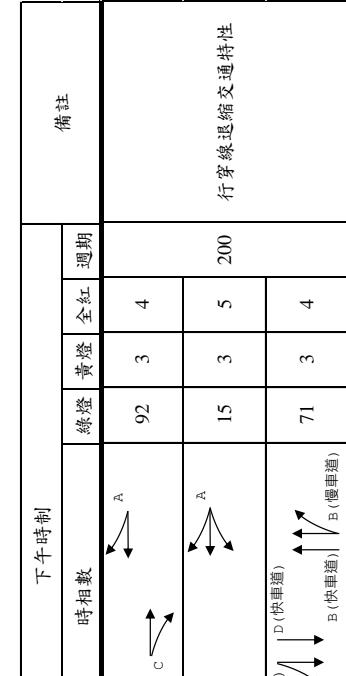
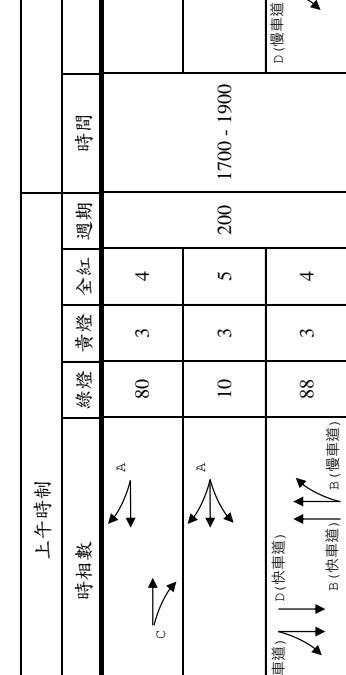
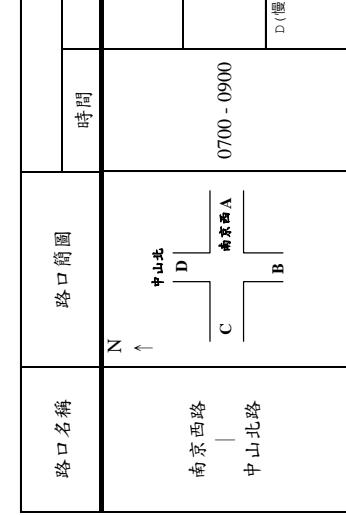
資料來源：本計畫彙整

表 4.1.3-3 酒泉街/重慶北路路口號誌時制現況表 - 平日晨昏峰

路口名稱	路口簡圖	上午時制				下午時制				備註				
		時間	時相數	綠燈	黃燈	全紅	週期	時間	時相數	綠燈	黃燈	全紅	週期	
酒泉街 重慶北路	N ↑ D C B 酒泉街 A 0700 - 0900		82	3	3				200	34	3	3		
			20	0	0				200	45	3	4		

資料來源：本計畫彙整

表 4.1.3-4 南京西路/中山北路路口號誌時制現況表 - 平日晨昏峰

路口名稱	路口簡圖	上午時制				下午時制				備註				
		時間	時相數	綠燈	黃燈	全紅	週期	時間	時相數	綠燈	黃燈	全紅	週期	
南京西路 中山北路	N ↑ D C B 南京西路 A 0700 - 0900		80	3	4				200	10	3	5		
			88	3	4				200	15	3	5		

資料來源：本計畫彙整

4.1.4 路口延滯時間分析

本節調查採以前述 4 個路口轉向交通量及號誌時制週期，並搭配公路容量分析軟體 THCS2021 作為分析依據，計算臨近路口車輛停等之平均停等延滯，並依據交通部運輸研究所 111 年修訂「臺灣公路容量手冊」之建議，號誌化路口服務水準之評估以路口車輛平均停等延滯為評估項目。服務水準劃分標準如表 4.1.4-1 所示。

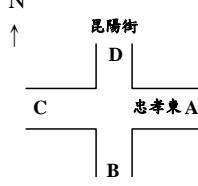
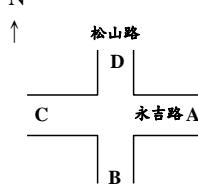
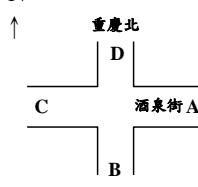
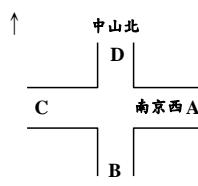
表 4.1.4-1 號誌化路口服務水準劃分標準

服務水準	平均停等延滯時間， d (秒/車)
A	$d \leq 15$
B	$15 < d \leq 30$
C	$30 < d \leq 45$
D	$45 < d \leq 60$
E	$60 < d \leq 80$
F	$d > 80$

資料來源：2022 年臺灣公路容量手冊

將各號誌化路口車輛延滯調查結果區分為晨峰時段（7:00~9:00）、昏峰時段（17:00~19:00），分別整理、統計時段內擇一小時最大車流量，可得路口車輛延滯統計如表 4.1.4-2 所示。由調查結果顯示，本計畫調查之路口延滯服務水準多介於 B 級至 C 級間。

表 4.1.4-2 調查路口平均延滯統計表

路口名稱	簡圖	時段	現況				
			A~D向路口延滯			交叉路口延滯	
			方向	平均停等 延滯時間 (秒/車)	服務水準	平均停等 延滯時間 (秒/車)	
昆陽街 忠孝東路		上午時段	A	21.2	B	24.6	B
			B	38.2	C		
			C	23.4	B		
			D	38.3	C		
		下午時段	A	14.1	A	20.4	B
			B	37.9	C		
			C	18.8	B		
			D	40	C		
永吉路 松山路		上午時段	A	21	B	30.6	C
			B	42.5	C		
			C	21.5	B		
			D	36.8	C		
		下午時段	A	21.2	B	31	C
			B	44.8	C		
			C	22.5	B		
			D	38.7	C		
酒泉街 重慶北路		上午時段	A	35.5	C	36.2	C
			B	17.3	B		
			C	43.6	C		
			D	44	C		
		下午時段	A	32.2	C	32.6	C
			B	19	B		
			C	39.1	C		
			D	38	C		
南京西路 中山北路		上午時段	A	27.8	B	26.9	B
			B	26.2	B		
			C	27.9	B		
			D	26.1	B		
		下午時段	A	27.5	B	33.3	C
			B	44.1	C		
			C	22.6	B		
			D	39.9	C		

資料來源：本計畫彙整

4.2 路口背景環境資料蒐集

本計畫蒐集交通部中央氣象署氣象測站與環境部空品測站數據進行之比較分析，其分析結果詳述如後。

4.2.1 氣象背景資料調查

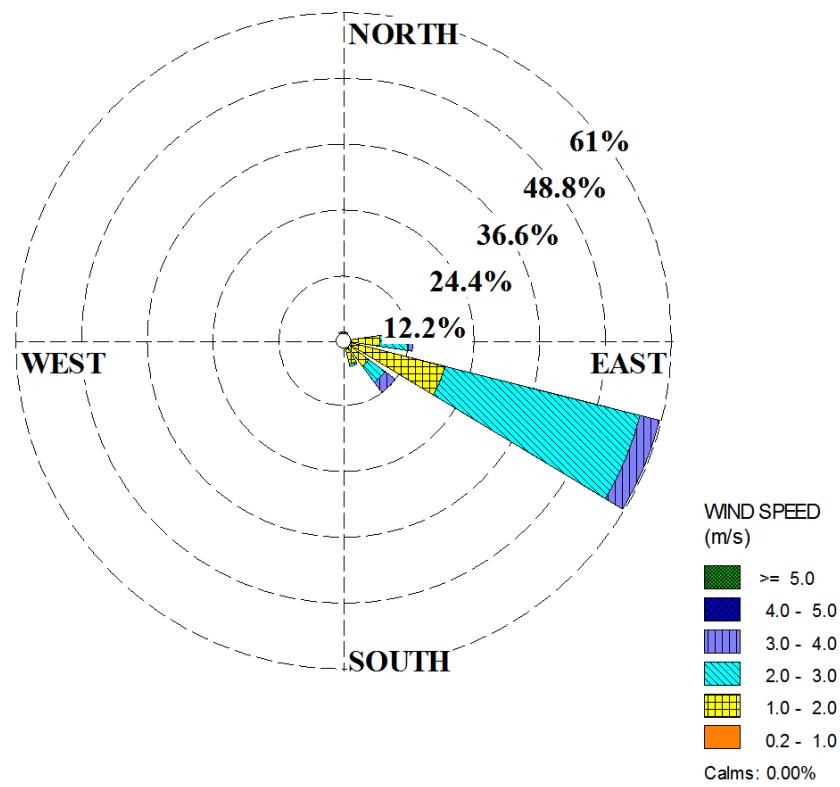
本計畫調查路口位於臺北市大同區、中山區、信義區及南港區，茲參考環境部中山測站（北緯：25 度 3 分 44.5 秒、東經：121 度 31 分 35.5 秒）10 月 16 日至 10 月 20 日、松山測站（東經：121 度 34 分 43 秒、北緯：25 度 3 分 0 秒）10 月 23 日至 10 月 26 日及中央氣象署臺北氣象測站（東經 121 度 30 分 24 秒，北緯 25 度 2 分 23 秒）的觀測資料。

1. 風速

環境部中山監測站 113 年 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均風速值介於 0.1m/s 至 3.2m/s、小時平均風速值約為 1.8m/s；環境部松山監測站 113 年 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均風速值介於 0.1m/s 至 3.2m/s、小時平均風速值約為 1.7m/s。

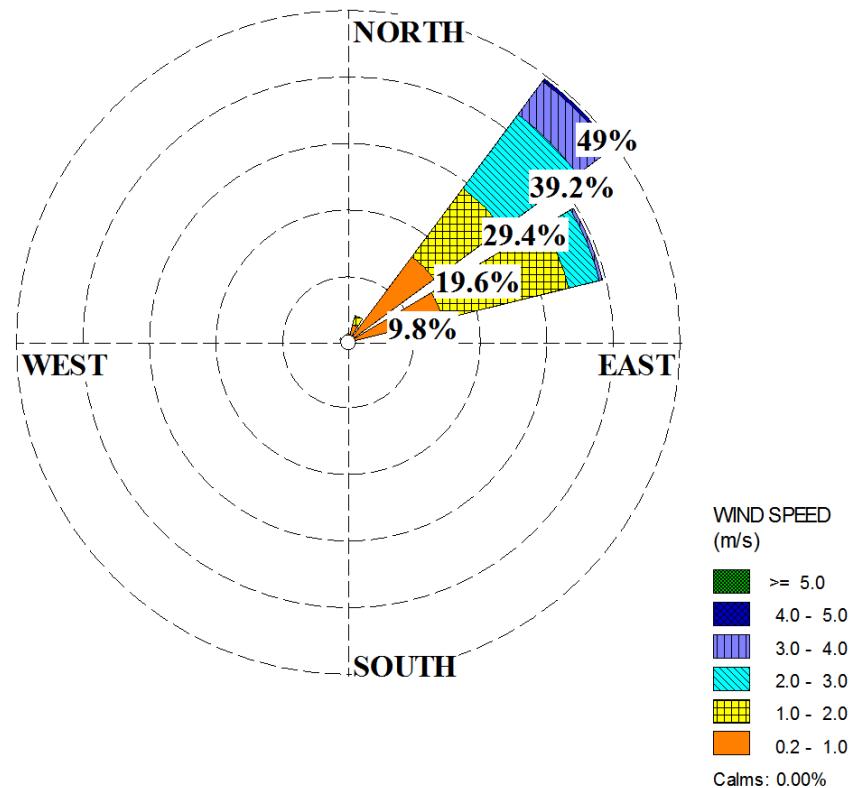
2. 風向

環境部中山監測站 113 年 10 月 16 日至 10 月 26 日風花圖，圖 4.2.1-1 所示，調查期間的小時平均風向介於 38 度至 351 度，盛行風向以東東南為主；環境部松山監測站 113 年 10 月 16 日至 10 月 26 日風花圖，如圖 4.2.1-2 所示，調查期間的小時平均風向介於 32 度至 63 度，盛行風向以東北為主。



本計畫繪製

圖 4.2.1-1 路口調查期間環境部中山空品測站風花圖

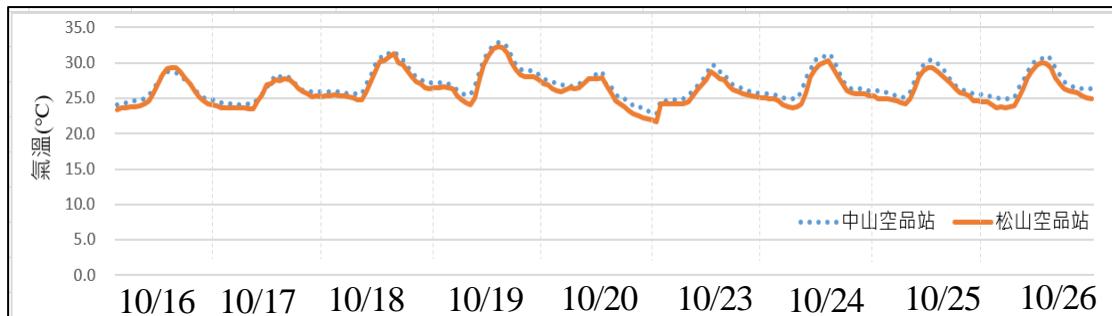


本計畫繪製

圖 4.2.1-2 路口調查期間環境部松山空品測站風花圖

3. 氣溫

調查期間環境部中山及松山空品測站氣溫變化趨勢，如圖 4.2.1-3 所示，中山測站 113 年 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均氣溫值介於 22.8°C 至 32.9°C ，小時平均氣溫值約為 27.0°C ；松山測站 10 月 20 日至 10 月 26 日之小時平均氣溫值介於 21.7°C 至 32.3°C ，小時平均氣溫值約為 26.2°C 。



本計畫繪製

圖 4.2.1-3 路口調查期間環境部中山及松山空品測站氣溫變化趨勢

4. 相對溼度

環境部中山監測站 113 年 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均相對溼度值介於 36% 至 87%、小時平均值約為 58.7%；環境部松山監測站 113 年 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均氣溫值介於 54% 至 91%、小時平均值約為 71.7%。

5. 氣壓

因環境部中山測站及松山測站沒有氣壓氣象監測資料，故氣壓數據將採用中央氣象署臺北氣象測站（東經 121 度 30 分 24 秒，北緯 25 度 2 分 23 秒）民國 101 至 110 年共 10 年期間之氣象監測資料。

臺北地區近十年氣壓年平均值為 $1,010.7\text{hPa}$ ，本計畫設定於 10 月份路口調查，其年平均值為 $1,011.8\text{hPa}$ ，氣壓值接近於臺北地區近十年氣壓年平均值。

表 4.2.1-1 臺北氣象測站年氣象資料統計表

月份	氣壓 (豪巴)
1	1,018.3
2	1,017.3
3	1,014.6
4	1,011.2
5	1,007.3
6	1,003.7
7	1,003.3
8	1,002.4
9	1,006.6
10	1,011.8
11	1,014.8
12	1,018.0
年平均	1,010.8

資料來源：交通部中央氣象署，「氣候資料年報」，民國 101 年至 110 年。

4.2.2 空氣品質背景資料調查

為充分瞭解調查路口背景環境之空氣品質狀況，本計畫蒐集調查路口周界半徑 3 公里內之空氣品質測站監測資料並加以分析。

調查路口半徑三公里內之空氣品質測站計有環境部中山空品站（距酒泉街及重慶北路路口東南方約 1.69 公里處，距南京西路及中山北路路口東北方約 1.13 公里處）及松山空品站（距永吉路及松山路路口北方約 0.53 公里處，距忠孝東路及昆陽街路口西方約 1.58 公里處）。彙整環境部所設置之中山（新興國中，一般測站）及松山（松山國小，一般測站）空氣品質監測站資料，各測站與本計畫調查路口相對位置，如圖 4.2.2-1、圖 4.2.2-2 所示。

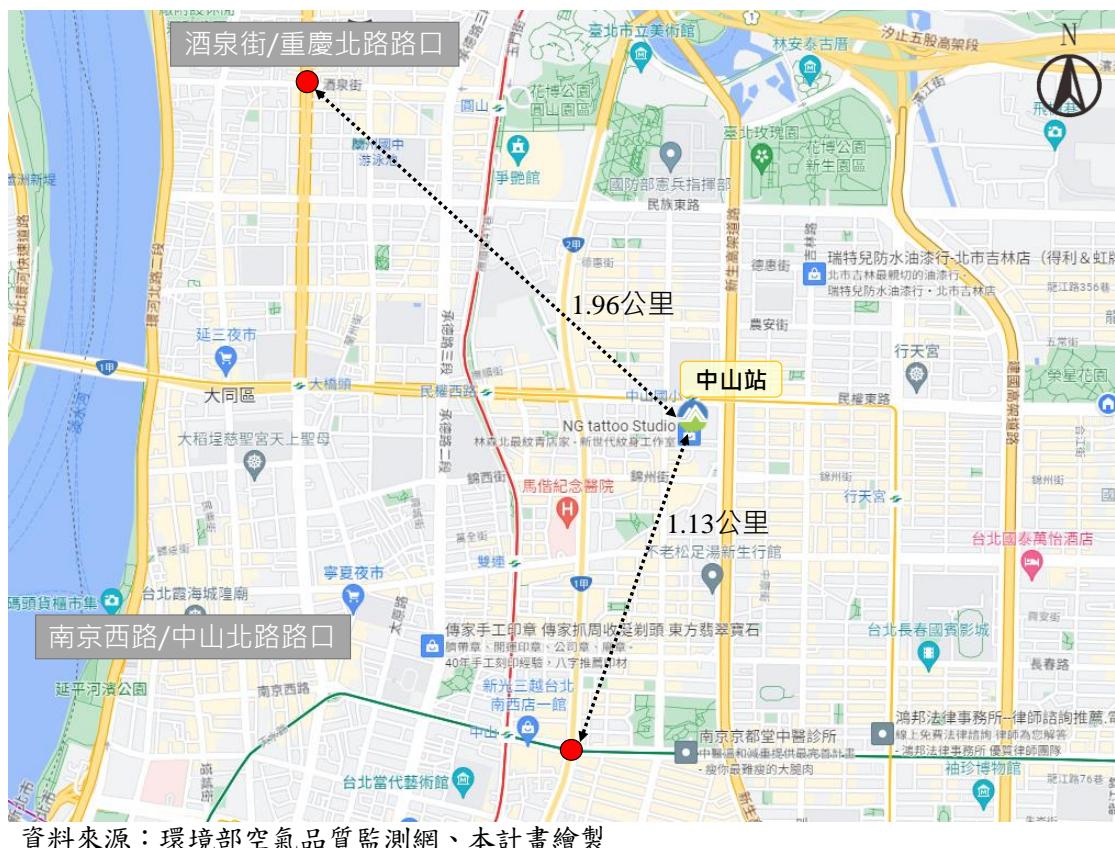


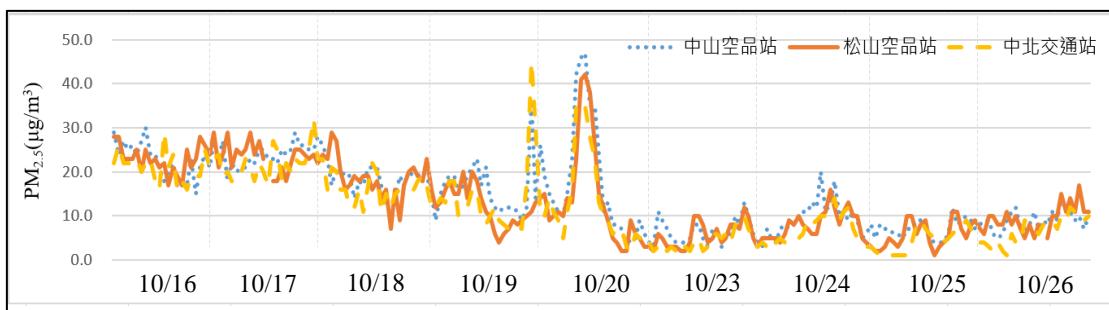
圖 4.2.2-1 環境現況參考測站位置圖 (I)



資料來源：環境部空氣品質監測網、本計畫繪製

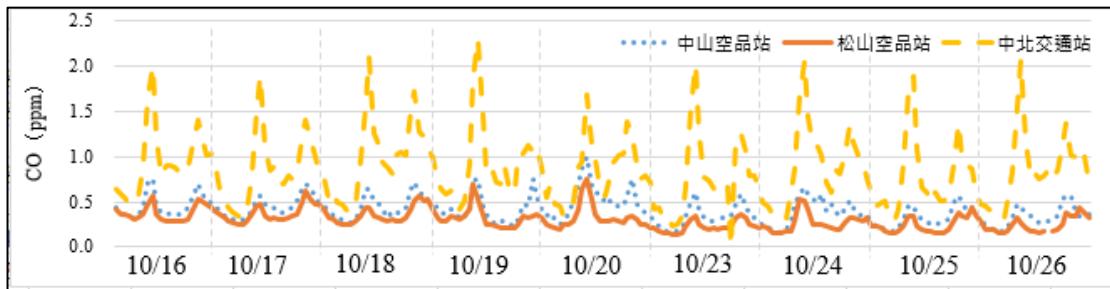
圖 4.2.2-2 環境現況參考測站位置圖 (II)

本計畫擷取環境部中山、松山空品監測站、及臺北市環保局中北交通測站於 113 年 10 月 16 日至 10 月 26 日 $PM_{2.5}$ 及 CO 空氣污染物監測資料，如圖 4.2.2-3、圖 4.2.2-4 所示，不論大區域空氣品質變化監測的空品設站，以及設置於交通流量頻繁路口的交通測站，於調查期間的環境背景之 $PM_{2.5}$ 空氣污染物濃度變化趨勢相近；CO 空氣污染物濃度變化趨勢則是交通測站高於空品測站。路口調查期間的 $PM_{2.5}$ 及 CO 環境背景濃度變化趨勢說明如下。



本計畫繪製

圖 4.2.2-3 路口調查期間 $PM_{2.5}$ 環境背景濃度變化趨勢



本計畫繪製

圖 4.2.2-4 路口調查期間 CO 環境背景濃度變化趨勢

1. 細懸浮微粒 (PM_{2.5})

環境部中山空品監測站 10 月 16 日至 10 月 20 日之小時平均值介於 $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 至 $47.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；環境部松山空品監測站 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均值介於 $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 至 $42.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；臺北市環保局中北交通監測站 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均值介於 $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 至 $45.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。其中中北測站於 10 月 19 日晚上 8 點，以及中山測站於 10 月 20 日上午 7 點到 9 點間，係有超過空氣品質標準日平均值 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2. 一氧化碳 (CO)

環境部中山空品監測站 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均值介於 0.16ppm 至 0.99ppm ；環境部松山空品監測站 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均值介於 0.14ppm 至 0.75ppm ；臺北市環保局中北交通監測站 10 月 16 日至 10 月 26 日之小時平均值介於 0.24ppm 至 2.31ppm 。路口調查期間監測值皆符合空氣品質標準小時最大值 35ppm 。

4.3 路口交通特性對空氣品質影響探討

本節將 2 種路口交通特性調查所蒐集之空品實測數據與交通流量進行比較分析，其分析結果詳述如後。

4.3.1 行人專用時相路口特性對空氣品質影響分析

由於機車、小型車、大客車及大貨車等 4 個車種所排放污染物強度不

同，若直接將各車種原始車輛數相加，無法對應空氣污染物濃度變化趨勢，本計畫使用不同車種排放係數進行車種加權，並檢視加權後交通量與污染物濃度之關聯性。

交通量空污加權計算方法，係利用環境部公告之空氣污染物排放量清冊第 12 版之排放係數為基礎，以全國不分期別之各車種平均排放係數，如表 4.3.1-1 所示，進行算術平均得出各車種空氣污染物排放權重，採排放權重值與路口調查之車種車輛次計算各車種車流量及比例，表 4.3.1-2 為分析計算後之各車種空污加權權重比例，係將小客車設定為 1，其餘車種依照對應空污排放係數之比例進行調整；計算公式如式(1)所示。

$$N = \text{車種別輛次} \times \text{空氣污染物權重} \dots \dots \dots (1)$$

N：空氣污染物加權

車種別輛次：分為機車、小型車、大客車及大貨車

空氣污染物權重：污染物類別包含 $PM_{2.5}$ 、CO，如表 4.3.1-2

表 4.3.1-1 全國車種不分期別平均排放係數

車種	空氣污染物	
	PM _{2.5}	CO
機車	0.0106648	1.663489
小型車	0.0234545	1.5860653
大客車	0.1004526	0.9463751
大貨車	0.2933439	2.362005

資料來源：環境部，空氣污染物排放量清冊第 12 版

表 4.3.1-2 空污加權權重比例

車種	交通量空氣污染物加權權重	
	PM _{2.5}	CO
機車	0.455	1.049
小型車	1.000	1.000
大客車	4.283	0.597
大貨車	12.507	1.489

本計畫彙整

本計畫由昆陽街/忠孝東路、松山路/永吉路等 2 處行人專用時相調查之路口，從中擷取連續 15 分鐘之 $PM_{2.5}$ 加權交通量及 CO 加權交通量相近之時間段，針對行人專用啟動及關閉時段之 $PM_{2.5}$ 、CO 空氣污染物調查平均濃度值進行比較，茲就行人專用時相啟動及關閉期間的 $PM_{2.5}$ 、CO 實測濃度值分析說明如下。

1. 行人專用時相啟動及關閉期間 $PM_{2.5}$ 調查濃度平均值比較

(1) 昆陽街/忠孝東路交叉路口

調查時間為 10 月 16 日晨峰、10 月 17 日晨峰、10 月 19 日晨峰及昏峰，調查期間包含行人專用時相啟動及關閉時段， $PM_{2.5}$ 加權交通量及空氣污染物調查數據資料採算術平均值表示，如表 4.3.1-3 所示，發現此路口行人專用時相啟動及關閉期間的 $PM_{2.5}$ 濃度值差異趨勢無一致性。

表 4.3.1-3 昆陽街/忠孝東路路口行人專用時相 $PM_{2.5}$ 濃度比較

時段		移動式	固定式	$PM_{2.5}$ 加權交通量
專用時相	10/16 晨峰	28.04	28.04	1,107
	10/17 晨峰	28.45	16.60	1,040
	10/19 昏峰	8.66	5.39	825
	10/19 晨峰	55.37	31.07	1,191
非專用時相	10/16 晨峰	24.96	12.99	1,111
	10/17 晨峰	29.84	14.83	1,041
	10/19 昏峰	8.73	5.08	826
	10/19 晨峰	53.89	31.31	1,181
專用 減 非專用	10/16 晨峰	3.08	15.05	-4
	10/17 晨峰	-1.39	1.77	-1
	10/19 昏峰	-0.07	0.31	-1
	10/19 晨峰	1.48	-0.24	10

本計畫彙整

(2) 松山路/永吉路交叉路口

調查時間為 10 月 23 日晨峰、10 月 25 日晨峰及昏峰、10 月 26 日晨峰，調查期間包含行人專用時相啟動及關閉時段，PM_{2.5} 加權交通量及空氣污染物調查數據資料採算術平均值表示，如表 4.3.1-4 所示，發現此路口行人專用時相啟動及關閉期間的 PM_{2.5} 濃度值差異趨勢無一致性。

表 4.3.1-4 松山路/永吉路路口行人專用時相 PM_{2.5} 濃度比較

		移動式	固定式	PM _{2.5} 加權交通量
專用時相	10/23 晨峰	4.81	4.46	802
	10/25 晨峰	11.26	6.47	798
	10/25 昏峰	3.44	3.74	802
	10/26 晨峰	8.69	5.91	792
非專用時相	10/23 晨峰	7.05	5.99	805
	10/25 晨峰	9.45	6.33	806
	10/25 昏峰	6.05	5.36	802
	10/26 晨峰	8.41	5.27	800
專用 減 非專用	10/23 晨峰	-2.24	-1.53	-3
	10/25 晨峰	1.80	0.14	-8
	10/25 昏峰	-2.61	-1.62	0
	10/26 晨峰	0.27	0.64	-8

本計畫彙整

2. 行人專用時相啟動及關閉期間 CO 調查濃度平均值比較

(1) 昆陽街/忠孝東路交叉路口

調查時間為 10 月 16 日晨峰、10 月 17 日晨峰、10 月 19 日晨峰及昏峰，調查期間包含行人專用時相啟動及關閉時段，CO 加權交通量及空氣污染物調查數據資料採算術平均值表示，如表 4.3.1-5 所示，發現此路口行人專用時相啟動及關閉期間的 CO 濃度值差異趨勢無一致性。

表 4.3.1-5 昆陽街/忠孝東路路口行人專用時相 CO 濃度比較

時段		移動式	固定式	CO 加權交通量
專用時相	10/16 晨峰	1.16	1.16	1,176
	10/17 晨峰	0.49	0.17	1,106
	10/19 昏峰	0.24	0.23	727
	10/19 晨峰	0.24	0.27	1,194
非專用時相	10/16 晨峰	0.91	0.19	967
	10/17 晨峰	0.17	0.17	924
	10/19 昏峰	0.11	0.24	747
	10/19 晨峰	0.13	0.28	1,167
專用 減 非專用	10/16 晨峰	0.25	0.97	209
	10/17 晨峰	0.32	0.00	182
	10/19 昏峰	0.13	-0.01	-20
	10/19 晨峰	0.11	-0.00	27

本計畫彙整

(2) 松山路/永吉路交叉路口

調查時間為 10 月 23 日晨峰、10 月 25 日晨峰及昏峰、10 月 26 日晨峰，調查期間包含行人專用時相啟動及關閉時段，CO 加權交通量及空氣污染物調查數據資料採算術平均值表示，如表 4.3.1-6 所示，發現此路口行人專用時相啟動及關閉期間的 CO 濃度值差異趨勢無一致性。

表 4.3.1-6 松山路/永吉路路口行人專用時相 CO 濃度比較

時段		移動式	固定式	CO 加權交通量
專用時相	10/23 晨峰	0.34	4.46	894
	10/25 晨峰	0.18	6.47	882
	10/25 昏峰	0.21	3.94	928
	10/26 晨峰	0.27	6.31	859
非專用時相	10/23 晨峰	0.39	5.99	892
	10/25 晨峰	0.34	4.59	884
	10/25 昏峰	0.18	4.85	929
	10/26 晨峰	0.28	5.72	860
專用 減 非專用	10/23 晨峰	-0.05	-1.53	2
	10/25 晨峰	-0.17	1.89	-2
	10/25 昏峰	0.02	-0.91	-1
	10/26 晨峰	-0.01	0.58	-1

本計畫彙整

4.3.2 行穿線退縮路口特性對空氣品質影響分析

本計畫篩選重慶北路/酒泉街、中山北路/南京西路等路口，做為行穿線退縮路口特性調查對象，就行穿線退縮前後 $PM_{2.5}$ 、CO 實測濃度值分析說明如下。

1. 行穿線退縮前及退縮後 $PM_{2.5}$ 調查濃度平均值比較

(1) 重慶北路/酒泉街交叉路口

調查時間為 10 月 16 日至 10 月 20 日上午 7 點至晚上 7 點 (10 月 16 日調查 14:30 至 19:00、10 月 20 日調查 7:00 至 14:30)，調查期間包含晨昏峰及離峰時段，空氣污染物調查數據資料採算術平均值表示，如圖 4.3.2-1、圖 4.3.2-2、圖 4.3.2-3、圖 4.3.2-4、圖 4.3.2-5 所示。

此路口調查的 $PM_{2.5}$ 濃度平均值在晨峰 (7:00am 至 9:00am) 及昏峰 (5:00pm 至 7:00pm) 時段有較明顯的差異變化，行穿線退縮後的 $PM_{2.5}$ 濃度平均值，各調查日約減量 $0.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $-0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $-0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；離峰時段則較無明顯之差異。

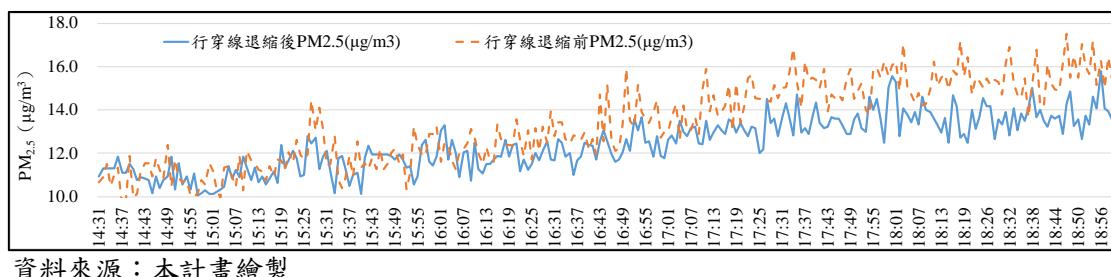


圖 4.3.2-1 重慶北路/酒泉街路口 10/16 之 $PM_{2.5}$ 濃度變化

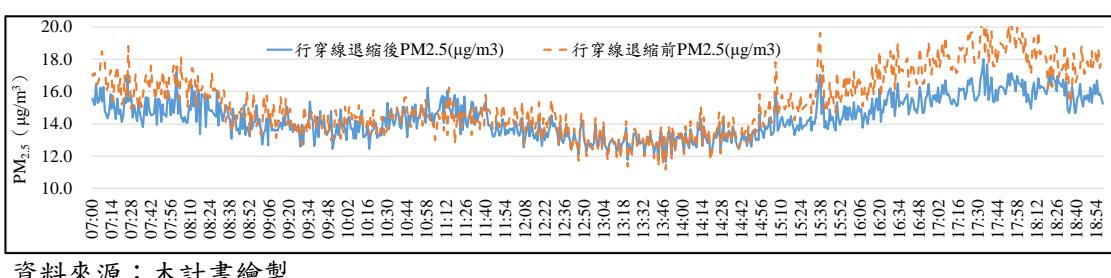
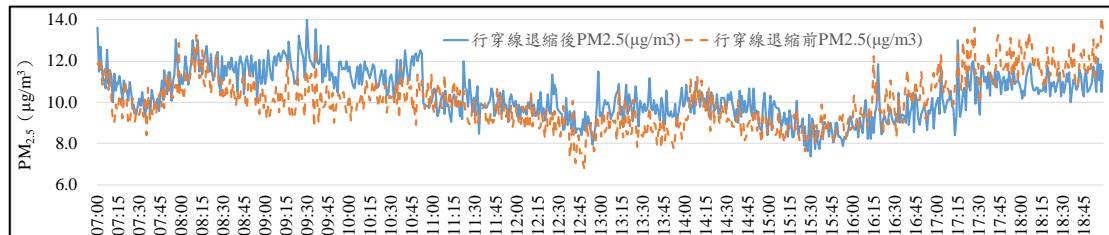
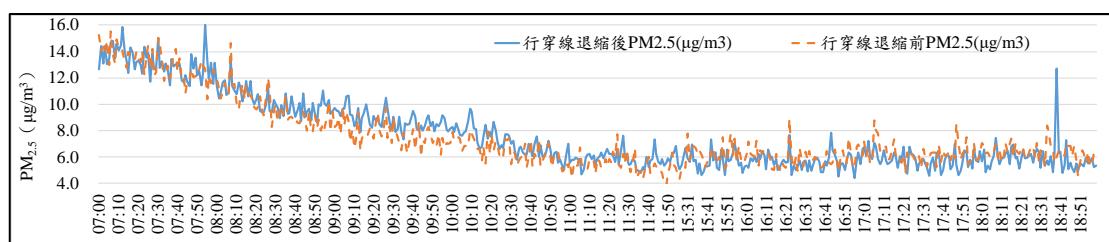


圖 4.3.2-2 重慶北路/酒泉街路口 10/17 之 $PM_{2.5}$ 濃度變化



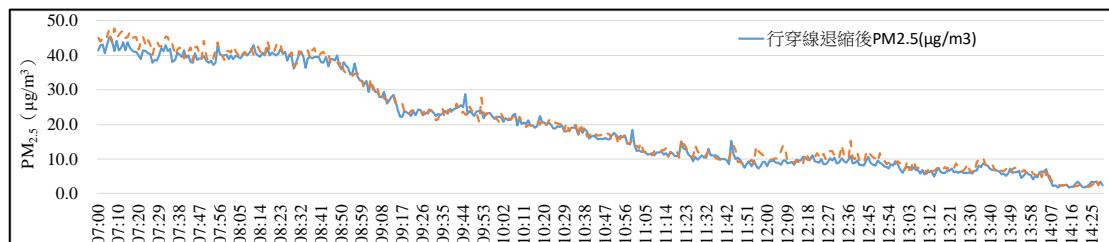
資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-3 重慶北路/酒泉街路口 10/18 之 PM_{2.5} 濃度變化



資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-4 重慶北路/酒泉街路口 10/19 之 PM_{2.5} 濃度變化



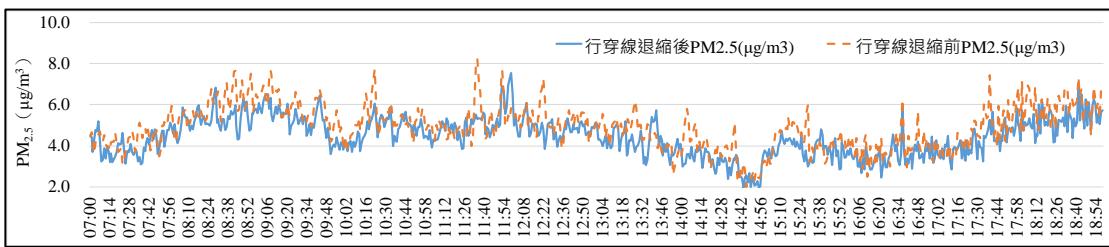
資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-5 重慶北路/酒泉街路口 10/20 之 PM_{2.5} 濃度變化

(2) 中山北路/南京西路交叉路口

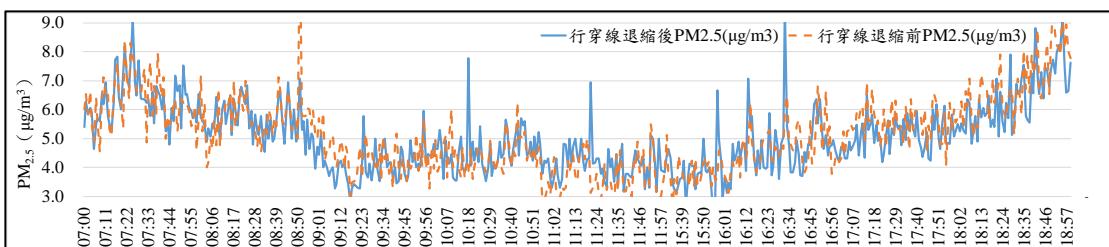
調查時間為 10 月 23 日星期一至 10 月 26 日星期四上午七點至晚上七點，調查期間包含晨昏峰及離峰時段，空氣污染物調查數據資料採算術平均值表示，如圖 4.3.2-6、圖 4.3.2-7、圖 4.3.2-8、圖 4.3.2-9 所示。

此路口調查的 PM_{2.5} 濃度平均值在晨峰 (7:00am 至 9:00am) 及昏峰 (5:00pm 至 7:00pm) 時段有較明顯的差異變化，行穿線退縮後的 PM_{2.5} 濃度平均值，各調查日約減量 0.46 μg/m³、0.82 μg/m³、0.05 μg/m³、-0.07 μg/m³；離峰時段則較無明顯之差異。



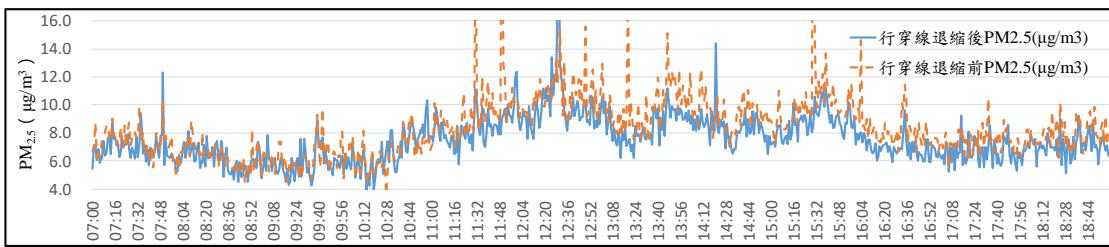
資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-6 中山北路/南京西路路口 10/23 之 PM_{2.5} 濃度變化



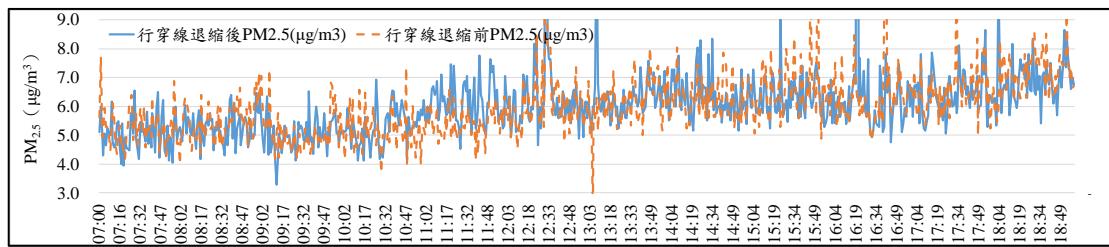
資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-7 中山北路/南京西路路口 10/24 之 PM_{2.5} 濃度變化



資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-8 中山北路/南京西路路口 10/25 之 PM_{2.5} 濃度變化



資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-9 中山北路/南京西路路口 10/26 之 PM_{2.5} 濃度變化

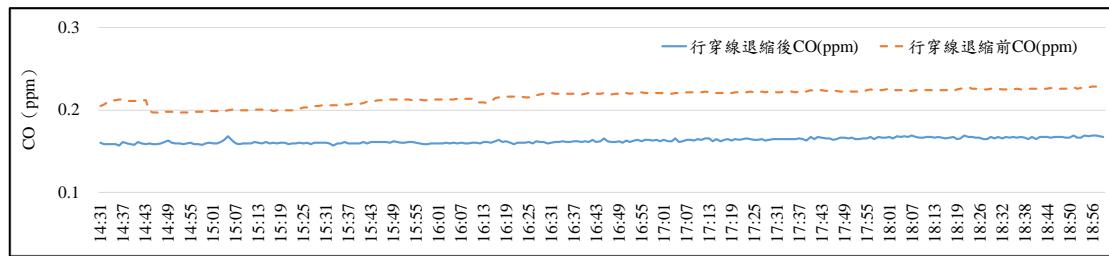
2. 行穿線退縮前及退縮後 CO 調查濃度比較

(1) 重慶北路/酒泉街交叉路口

調查時間為 10 月 16 日至 10 月 20 日上午 7 點至晚上 7 點 (10 月 16 日調查 14:30 至 19:00、10 月 20 日調查 7:00 至 14:30)，調查

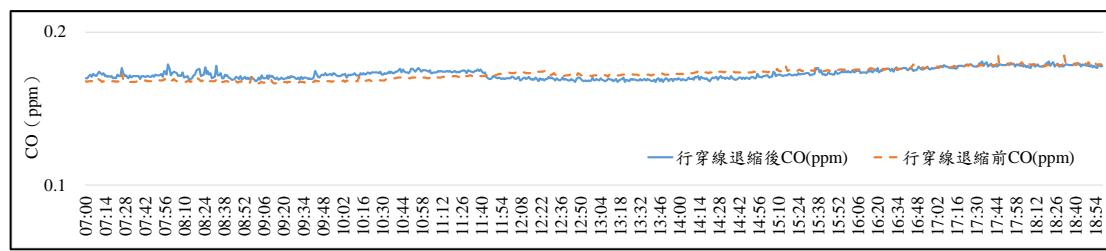
期間包含晨昏峰及離峰時段，空氣污染物調查數據資料採算術平均值表示，如圖 4.3.2-10、圖 4.3.2-11、圖 4.3.2-12、圖 4.3.2-13、圖 4.3.2-14 所示。

此路口調查的 CO 濃度變化不論在晨峰(07:00am 至 09:00am)、離峰及昏峰 (5:00pm 至 7:00pm) 時段皆沒有一定的趨勢性，行穿線退縮後的 CO 濃度平均值約減量 0.05ppm、0.00 ppm、0.01 ppm、-0.02 ppm、-0.04 ppm。



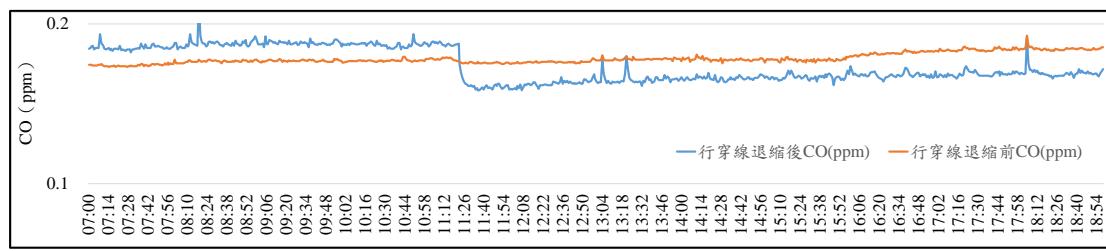
資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-10 重慶北路/酒泉街路口 10/16 之 CO 濃度變化



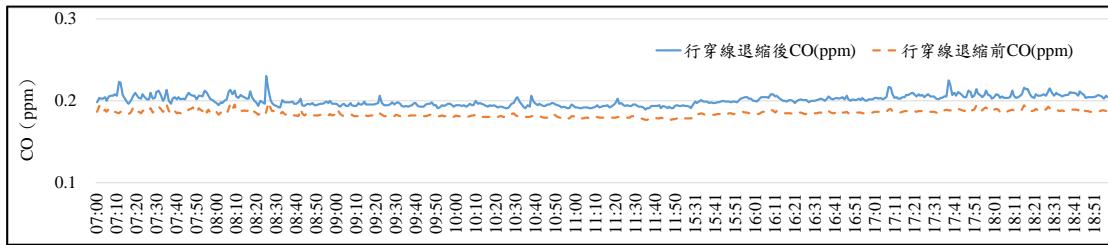
資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-11 重慶北路/酒泉街路口 10/17 之 CO 濃度變化



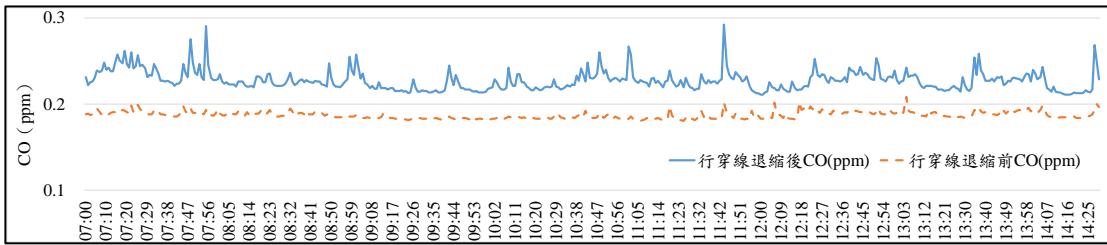
資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-12 重慶北路/酒泉街路口 10/18 之 CO 濃度變化



資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-13 重慶北路/酒泉街路口 10/19 之 CO 濃度變化



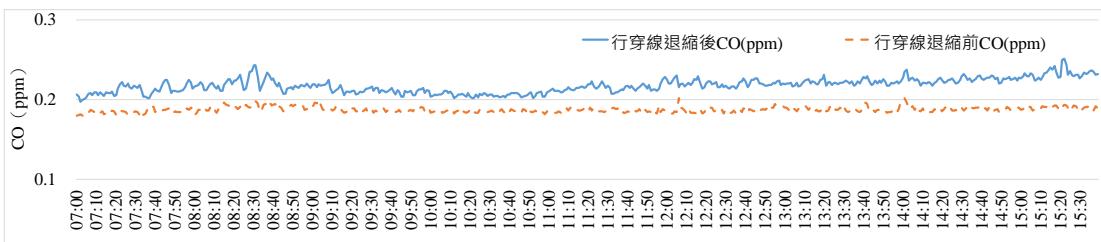
資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-14 重慶北路/酒泉街路口 10/20 之 CO 濃度變化

(2) 中山北路/南京西路交叉路口

調查時間為 10 月 23 日星期一至 10 月 26 日星期四上午七點至晚上七點，調查期間包含晨昏峰及離峰時段，空氣污染物調查數據資料採算術平均值表示，如圖 4.3.2-15、圖 4.3.2-16、圖 4.3.2-17、圖 4.3.2-18 所示。

此路口調查的 CO 濃度平均值，整體而言行穿線退縮後的 CO 濃度平均值較行穿線退縮前稍高，每日增量約為 0.03ppm、0.18 ppm、0.05 ppm、0.09 ppm。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.3.2-15 中山北路/南京西路路口 10/23 之 CO 濃度變化

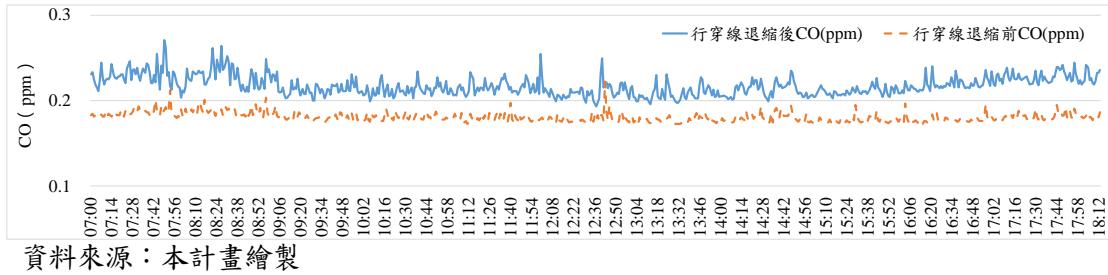


圖 4.3.2-16 中山北路/南京西路路口 10/24 之 CO 濃度變化

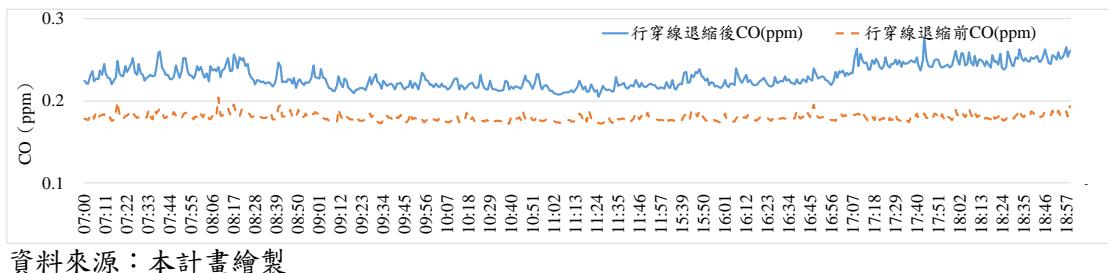


圖 4.3.2-17 中山北路/南京西路路口 10/25 之 CO 濃度變化

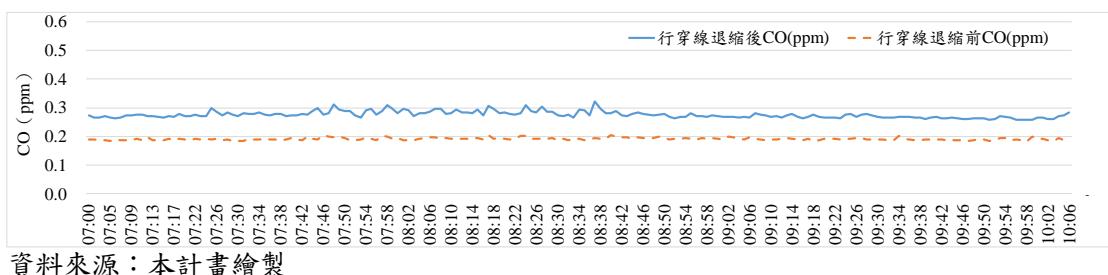


圖 4.3.2-18 中山北路/南京西路路口 10/26 之 CO 濃度變化

綜整觀察，PM_{2.5} 與 CO 空氣污染物調查平均濃度，在行穿線退縮前及退縮後係呈現相反結果，推論可能是因為 CO 來源皆為車輛尾氣排放；而 PM_{2.5} 之來源除尾氣排放以外，尚包含車輛煞停、車行揚塵等因素所造成，因此，空氣污染物濃度影響因素也可能是來自於行車型態、風速/風向等，故需要更深入的數據分析進行釐清。

第五章 結論與建議

本計畫針對民眾日常生活經常往來之路口，探討交通環境對於路口空污濃度之影響。本年度為第1年期計畫內容，優先以國內外相關文獻為參考對象，掌握路口交通空氣污染影響及空污排放擴散，了解路口車輛與環境對空氣污染影響，並依據具指標性的路口的空氣污染監測、路口交通資料蒐集與現地環境資料，規劃合適的調查計畫，並進行4處路口資料調查，以利第2年年度之研究應用。

以下說明本計畫第1年期之重點研究結論與建議。

5.1 結論

1. 影響路口交通空污濃度之因素

文獻蒐集與研究成果回顧顯示，影響路口環境空氣污染物濃度變化的主要因素，相較於與道路的空間距離，交通管理及周邊環境之影響因素更大。例如交通號誌控制方式會影響車輛停留時間與通行效率，進而改變污染物的累積與擴散情況。車輛密度的高低直接影響尾氣排放量，而車輛在路口停留時間越長，污染物濃度累積的可能性也越高。此外，路口周圍建築物的分布，也會影響污染物的擴散。

2. GRAL 模式較符合本計畫分析之需求

本計畫蒐整數種空氣品質模式，包括高斯類擴散模式、軌跡類模式以及網格類模式，並進行分析比較。經評估後 GRAL 模式具有解析度可達公尺等級、可處理低風速情況下蜿蜒流效應、適合建築物密集之都會區等特性，適合應用於市區路口之污染物分佈情況，且過去亦已有採用 GRAL 模式應用於臺灣交通污染源之研究，爰 GRAL 模式尚符合本計畫之需求特性，可做為後續第2年年度計畫模擬使用。

3. 調查資料初步分析結果

針對行人專用時相特性之路口調查，在行人專用時相啟動及關閉期間的 $PM_{2.5}$ 濃度值差值無一致趨勢，即部分時段之數據為專用時相

啟動期間 $PM_{2.5}$ 濃度較高，而部分時段則反而濃度較低，初步研判可能係其他如天氣變化、人車停等時間等因素，對於空污濃度之影響大於專用時相之影響，導致行人專用時相之調查結果趨勢無一致性。

另針對行人穿越道線退縮之路口，當該路口於尖峰時段車流量增加時，行人穿越道線退縮之地點，因行人等候區域較為遠離路口機車待轉區及橫向車流，故退縮後區域相較退縮前區域的 $PM_{2.5}$ 平均濃度略有減量。

5.2 建議

1. 後續模擬分析方式

現地調查資料與模式模擬結果應可互相搭配使用，建議後續可將選址路口之基礎交通調查資料，透過環境部公布之 TEDS 資料轉換成車輛排放量，再應用 GRAL 微環境空品模式，搭配內政部國土測繪中心 3D 建築幾何資料、車輛排放量資料、及我國空品測站氣象資料等，推估於不同交通措施條件下，路口交通空污變化之差異，強化解析交通特性差異對環境空污影響。

2. 通案性路口改善策略

本計畫辦理之路口調查，屬於小範圍微環境區域之短期調查，主要呈現路口特定點位之瞬時空氣污染物濃度變化，調查結果僅適用於具有相似交通特性及條件下，探討路口交通環境與空氣污染之間的關聯性。後續第 2 年度之改善指引，建議宜就路口交通特性研提原則性、通案性之改善策略，並召開專家諮詢會議，邀請環境工程、交通規劃等領域的專家進行跨領域討論，調整策略及指引之內容，以符合規劃單位之需求與合理性。

3. 可攜式監測儀器適用性

本計畫因時間及計畫需求等考量下，採用微型感測儀器及手持式檢測儀進行空污調查，此類可攜式儀器具備成本低、即時監測、輕巧易攜、操作簡單、不受空間限制等優勢，適合短期調查及多點佈設。

然而其精確度易受到操作穩定性與環境干擾的影響。因此若需進行長期性之路口空污監測，建議仍需搭配監測車等高精度設備，以在兼顧靈活性的同時，提升監測數據的準確性與適用性。



參考文獻

1. 環境部，「空氣污染防治方案（109 年至 112 年）」，2020 。
2. 交通部運輸研究所，「運輸政策白皮書-綠運輸」，2020 。
3. 環境部，「空氣污染物排放量清冊（TEDS12.0 版）」，2023 。
4. 環境部，「臺北市都會區通勤期間之空氣污染物暴露量調查」，2018 。
5. 交通部運輸研究所，「交通環境之 $PM_{2.5}$ 暴露探討」，2018 。
6. Hong-di He, H. Oliver Gao. (2020), Particulate matter exposure at a densely populated urban traffic intersection and crosswalk, Environmental Pollution.
7. 龍世俊，台北都會區之機車、汽車及捷運通勤族微粒及 PAHs 之暴露濃度及影響因子，2005 。
8. Narjis Basil Theyab, Hamid Athab Eedan Al-Jameel, Raid R. A. Almuhanna. (2021), Impact of Traffic Flow on Pollution at Urban Intersections.
9. J.A. Adeniran, R.O. Yusuf, A.A. Olajire (2017), Exposure to coarse and fine particulate matter at and around major intra-urban traffic intersections of Ilorin metropolis, Nigeria, Volume 166, Pages 383-392.
10. Rapuruchukwu Nobert Unegbu, Enos Emereibeole, Leonard Mgbeahuruike, Chijioke Uyo, Friday Anegbode Edo (2023), Traffic air pollution and urban sustainability: an assessment of strategic road intersections in Owerri urban, Nigeria, EQA, Vol. 54 (2023):1-10.
11. H. Christopher Frey, Andrew P. Grieshop, Andrey Khlystov, John J. Bang, Nagui Roushail, Joseph Guinness, Daniel Rodriguez, Montse Fuentes, Provat Saha, Halley Brantley, Michelle Snyder, Shams Tanvir, Kwanpyo Ko, Theophraste Noussi, Maryam Delavarrafiee, Sanjam Singh (2022), Characterizing Determinants of Near-Road Ambient Air Quality for an Urban Intersection and a Freeway Site, Research Report 207. Boston, MA: Health Effects Institute.
12. L.Y Chan, W.L Lau, S.C Lee, C.Y Chan, (2002), Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong, Atmospheric Environment, Volume 36, Issue 21,, Pages 3363-3373.
13. Tippichai Atit, Pongrid Klungboonkrong, Pan-Aram Rudklao, Prungchan Wongwises, (2005), Prediction of CO concentrations from road traffic at signalized intersections using CAL3QHC model: the Khon Kaen case study, Songklanakarin Journal of Science and Technology 27(6).

14. Hong-di He, Wei-Zhen Lu, (2012) Urban aerosol particulates on Hong Kong roadsides size distribution and concentration levels with time. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 26(2):177-187.
15. Courtney Slavin, Miguel A. Figliozzi, (2013), Impact of Traffic Signal Timing on Sidewalk-Level Particulate Matter Concentrations, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2340, Issue 1.
16. Mark Ritner , Kurt K. Westerlund , C. David Cooper & Michael Claggett, (2013) Accounting for acceleration and deceleration emissions in intersection dispersion modeling using MOVES and CAL3QHC, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 63:6, 724-736.
17. Ammar Šarić, Suada Sulejmanović, Sanjin Albinović, Mirza Pozder. (2023). The Role of Intersection Geometry in Urban Air Pollution Management.
18. 葉輔根,路邊環境空氣污染物與車輛排放相關性分析及健康損失評估,2018。
19. Lee, C. H.; Lung, S. C. C.; & Chen, J. P. (2023) Three-dimensional spatial inhomogeneity of traffic-generated urban PM2.5 in street canyons. *Atmospheric Pollution*.
20. 陳建任,台北市公館地區公車專用道空氣中粒狀多環芳香烴對人體之健康風險評估,2008。
21. B.De Coensel, A. Can, B. Degraeuwe , I. De Vlieger , D. Botteldooren, (2012), Effects of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions, *Environmental Modelling & Software* 35 74-83.
22. Xiao jian Hu, Dan Xu, Qian Wan,(2018), Short-Term Trend Forecast of Different Traffic Pollutants in Minnesota Based on Spot Velocity Conversion, *Int J Environ Res Public Health*, 15(9):1925.
23. 邱煜勝,混合車流污染排放與擴散模式之建構,2011。
24. 吳怡潔,考量混合車流污染排放濃度影響之適應性號誌控制模式,2013。
25. 彭軍,公路和城市街衢機動車大氣污染物擴散模式發展綜述,2005。
26. 環境部,空氣品質模式支援中心, <https://aqmc.moenv.gov.tw/>。
27. 張能復,軌跡模式在污染來源追蹤及污染源影響評估應用能力之探討研究,2004。
28. Chen, H., Bai, S., Eisinger, D., Niemeier, D., & Claggett, M. (2009). Predicting near-road PM2. 5 concentrations: comparative assessment of CALINE4, CAL3QHC, and AERMOD. *Transportation research record*, 2123(1), 26-37.
29. Dietmar Oettl, Ulrich Uhrner, (2011) Development and evaluation of GRAL-C dispersion model, a hybrid Eulerian–Lagrangian approach capturing NO–NO2–O₃ chemistry, *Atmospheric Environment*, Volume 45, Issue 4, Pages 839-847.

30. Antoine Berchet, Katrin Zink, Clive Muller, Dietmar Oettl, Juerg Brunner, Lukas Emmenegger, Dominik Brunner, (2017), A cost-effective method for simulating city-wide air flow and pollutant dispersion at building resolving scale, *Atmospheric Environment*, Volume 158, Pages 181-196.
31. Hong Ling, Shih-Chun Candice Lung, Ulrich Uhrner, (2020), Micro-scale particle simulation and traffic-related particle exposure assessment in an Asian residential community, *Environmental Pollution*, Volume 266, Part 2, 115046.
32. 李家欣，*都市街谷細懸浮微粒之不均勻度—交通排放影響*，2021。
33. Dietmar Oettl, (2014), Evaluation of the Revised Lagrangian Particle Model GRAL Against Wind-Tunnel and Field Observations in the Presence of Obstacles, *Boundary-Layer Meteorology* volume 155, pages271–287 .
34. Anderson, KP; Waddington, MA; Balaich, GJ; Stauber, JM; Bernier, NA; Caram, , JR; Djurovich, PI; Romanov, AA; Gusev, BA; Leonenko, E; Tamarovskaya, AN; Vasiliev, AS; Zaytcev, NE; Philippov, IK, (2020), Graz Lagrangian Model (GRAL) for Pollutants Tracking and Estimating Sources Partial Contributions to Atmospheric Pollution in Highly Urbanized Areas, *Atmosphere* 2020, 11(12), 1375.
35. 許芝綾，個別車輛於號誌交叉路口預估延滯式之研究，2018。
36. 交通部運輸研究所，臺灣公路容量分析專區 THCS，
<https://thcs.iot.gov.tw/WebForm1.aspx#gsc.tab=0>
37. 臺北市政府環境保護局，臺北市環境品質資訊網，
https://www.tldep.gov.taipei/Public/EnvMonitoring/Air_NormalStation.aspx.
38. 臺北市政府環境保護局，臺北市政府環境保護局官方網站
<https://www.dep.gov.taipei/>
39. 環境部，「建置 AERMOD 本土化模式及空品模式審驗制度專案工作計畫」，2019。
40. 內政部建築研究所，應用高精度數值地形模型進行 CFD 風場模擬，2016。
41. 內政部國土測繪中心，國土測繪圖資服務雲，<https://maps.nlsc.gov.tw/>。
42. Bowker, G. E., Baldauf, R., Isakov, V., Khlystov, A., & Petersen, W. (2007). The effects of roadside structures on the transport and dispersion of ultrafine particles from highways. *Atmospheric Environment*, 41(37), 8128-8139.
43. Choi, W., Ranasinghe, D., DeShazo, J. R., Kim, J. J., & Paulson, S. E. (2018). Where to locate transit stops: Cross-intersection profiles of ultrafine particles and implications for pedestrian exposure. *Environmental pollution*, 233, 235-245.
44. Gokhale, S., & Raokhande, N. (2008). Performance evaluation of air quality models for predicting PM10 and PM2. 5 concentrations at urban traffic intersection during winter period. *Science of the total environment*, 394(1), 9-24.

45. Gurram, S., Stuart, A. L., & Pinjari, A. R. (2019). Agent-based modeling to estimate exposures to urban air pollution from transportation: Exposure disparities and impacts of high-resolution data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 75, 22-34.
46. Krecl, P., Targino, A. C., Landi, T. P., & Ketzel, M. (2018). Determination of black carbon, PM_{2.5}, particle number and NO_x emission factors from roadside measurements and their implications for emission inventory development. *Atmospheric Environment*, 186, 229-240.
47. Lee, S. H., & Kwak, K. H. (2020). Assessing 3-D spatial extent of near-road air pollution around a signalized intersection using drone monitoring and WRF-CFD modeling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6915.
48. McKercher, G. R., & Vanos, J. K. (2018). Low-cost mobile air pollution monitoring in urban environments: a pilot study in Lubbock, Texas. *Environmental technology*, 39(12), 1505-1514.
49. Wang, Z. Y., Zhao, H. M., & Peng, Z. R. (2021). Spatiotemporal analysis of pedestrian exposure to submicron and coarse particulate matter on crosswalk at urban intersection. *Building and Environment*, 204, 108149.
50. Zanobetti, A., Schwartz, J., & Dockery, D. W. (2000). Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease. *Environmental health perspectives*, 108(11), 1071-1077.
51. S. Franco, Suglia, A Gryparis, R O Wright, J Schwartz, R J Wright. (2007). Association of Black Carbon with Cognition among Children in a Prospective Birth Cohort Study, Vol. 167, 2007, No. 3.
52. 行政院國家科學委員會，「移動源排放污染物在短距離內之擴散」，2016。
53. 陳惠國、邱裕鈞、朱致遠，交通工程第2版，第56頁，2017。
54. 陳錦煌，台灣空氣污染物排放量推估方法之演進及展望，2010。
55. 嘉南藥理科技大學，米孝萱、楊昆霖、施俊宏，「石化廠區周界有害空氣污染物之來源鑑別-發展適切網路模式」，2016。
56. IARC Monogr, Eval, Carcinog, Risks Hum (2014), Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarenes. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 105, Pages 9–699.

附錄 1 計畫執行成果摘要

一、研究背景與目的

隨著經濟發展，全台灣約 69.6% 人口集中於都會區，密集人口帶動經濟活動的同時，也增加交通量，導致居民更容易暴露於交通空氣污染中。根據環境部「空氣污染防治方案（109 至 112 年）」規劃，除車輛汰舊換新、運具電動化等措施外，還需引導私人運具使用者改變行為，配合交通管制措施，減少車流量，降低都會區空氣污染與壅塞問題，並提升公共運輸發展。交通部「2020 運輸政策白皮書—綠運輸」也強調，應建構低碳、低污染的運輸環境。過去交通改善以效率與安全為主，較少考量空氣污染減量，因此有必要將空污減量效益納入交通管理策略。

交通空污排放受引擎溫度、車速及停等狀況影響，尤其在路口停等時污染最嚴重，對駕駛人及行人健康造成威脅。因此，本計畫將探討不同路口交通環境對空氣品質的影響，尋找可行改善方案，並制定路口交通改善指引，供交通單位參考，依據各地特性規劃空污改善策略。

第 1 年計畫將優先蒐集國內外相關文獻，掌握路口交通空污排放及擴散影響，並進行空污監測、交通及環境資料調查，為第 2 年度的空污擴散模式模擬提供數據基礎。後續第 2 年度將評估交通特性對空污的影響，並制定改善策略供相關單位應用，提升都會區空氣品質。

二、研究成果與結論

本計畫第 1 年期包含優先文獻蒐集與回顧成果，同時透過路口交通、環境背景與空污檢測等調查方式，初步解析路口交通特性對空氣品質影響，並進行調查資料彙整，以應用於第 2 年期之模式模擬參數使用，以及做為路口空污改善指引參考依據，相關研究執行成果如下說明。

文獻蒐集與成果研究回顧發現，相對於與路口的距離，交通號誌控制、車輛密度、車輛停留時間及建築物群存在等因子，更容易影響路口環境空氣污染物的濃度變化。

本計畫透過路口交通調查及空氣污染物濃度監測，比對不同路口交通特性設計，對於路口空氣污染物濃度及行人交通空氣污染暴露情形差異。綜上所述，本次調查計畫將探討路口交通環境中的 5 種路口交通特性，可分為與路口時制變化有關之特性，包含行人專用時相、時制計畫影響，以及與路口幾何配置與規劃有關之特性，包含行人穿越道線退縮、人行道拓寬，以及車種組成有關之大客車比例，並依據每種交通特性制定對應之監測規劃與調查路口選擇。

本年期已優先執行行人專用時相及行人穿越道線退縮之交通特性調查，共計調查 4 處路口，每處路口調查 48 小時，總計調查時間為 192 小時；行人專用時相特性選擇臺北市永吉路與松山路路口、忠孝東路六段與昆陽街路口；行人穿越道線退縮特性選擇酒泉街與重慶北路三段路口、南京西路與中山北路二段路口。

研究結論如下：

1. 影響路口交通空污濃度之因素

文獻蒐集與研究成果回顧顯示，影響路口環境空氣污染物濃度變化的主要因素，相較於與道路的空間距離，交通管理及周邊環境之影響因素更大。例如交通號誌控制方式會影響車輛停留時間與通行效率，進而改變污染物的累積與擴散情況。車輛密度的高低直接影響尾氣排放量，而車輛在路口停留時間越長，污染物濃度累積的可能性也越高。此外，路口周圍建築物的分布，也會影響污染物的擴散。

2. GRAL 模式較符合本計畫分析之需求

本計畫蒐整數種空氣品質模式，包括高斯類擴散模式、軌跡類模式以及網格類模式，並進行分析比較。經評估後 GRAL 模式具有解析度可達公尺等級、可處理低風速情況下蜿蜒流效應、適合建築物密集之都會區等特性，適合應用於市區路口之污染物分佈情況，且過去亦已有採用 GRAL 模式應用於臺灣交通污染源之研究，爰 GRAL 模式尚符合本計畫之需求特性，可做為後續第 2 年度計畫模擬使用。

2. 調查資料初步分析結果

針對行人專用時相特性之路口調查，在行人專用時相啟動及關閉期

間的 $PM_{2.5}$ 濃度值差值無一致趨勢，即部分時段之數據為專用時相啟動期間 $PM_{2.5}$ 濃度較高，而部分時段則反而濃度較低，初步研判可能係其他如天氣變化、人車停等時間等因素，對於空污濃度之影響大於專用時相之影響，導致行人專用時相之調查結果趨勢無一致性。

另針對行人穿越道線退縮之路口，當該路口於尖峰時段車流量增加時，行人穿越道線退縮之地點，因行人等候區域較為遠離路口機車待轉區及橫向車流，故退縮後區域相較退縮前區域的 $PM_{2.5}$ 平均濃度略有減量。

三、建議

1. 後續模擬分析方式

現地調查資料與模式模擬結果應可互相搭配使用，建議後續可將選址路口之基礎交通調查資料，透過環境部公布之 TEDS 資料轉換成車輛排放量，再應用 GRAL 微環境空品模式，搭配內政部國土測繪中心 3D 建築幾何資料、車輛排放量資料、及我國空品測站氣象資料等，推估於不同交通措施條件下，路口交通空污變化之差異，強化解析交通特性差異對環境空污影響。

2. 通案性路口改善策略

本計畫辦理之路口調查，屬於小範圍微環境區域之短期調查，主要呈現路口特定點位之瞬時空氣污染物濃度變化，調查結果僅適用於具有相似交通特性及條件下，探討路口交通環境與空氣污染之間的關聯性。後續第 2 年度之改善指引，建議宜就路口交通特性研提原則性、通案性之改善策略，並召開專家諮詢會議，邀請環境工程、交通規劃等領域的專家進行跨領域討論，調整策略及指引之內容，以符合規劃單位之需求與合理性。

3. 可攜式監測儀器適用性

本計畫因時間及計畫需求等考量下，採用微型感測儀器及手持式檢測儀進行空污調查，此類可攜式儀器具備成本低、即時監測、輕巧易攜、

操作簡單、不受空間限制等優勢，適合短期調查及多點佈設。然而其精確度易受到操作穩定性與環境干擾的影響。因此若需進行長期性之路口空污監測，建議仍需搭配監測車等高精度設備，以在兼顧靈活性的同時，提升監測數據的準確性與適用性。

附錄 2 審查意見處理情形

一、期中報告審查意見回覆情形表

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
一、吳委員章甫		
1. 請再檢視確認是否還有更多近期相關文獻，並蒐集納入報告書中。	感謝委員意見，已持續更新路口空污調查等相關文獻，並於期末報告中彙整補充台灣、中國、美國及西非等國家對於路口空污之創新做法以及相關文獻。	同意辦理
2. 請確認空污量測儀器之校正方式，以及所測讀數值與空品測量測值間之可比性。	感謝委員意見，考量採樣儀器會受到環境條件及微粒特性之影響，本計畫採樣儀器的校正方式如下，首先送至環境部認可之實驗室進行儀器比對認證，再與環境部之空品測站一致性比對，並於進行實場測試前，內部感測元件均須透過標準氣體進行零點校準，進而達到測值資料之間的可比性。	同意辦理
3. 建議提高空污量測之時間解析度。	感謝委員建議，已參酌建議依據儀器原始數據調查極限（如可備載容量），進行時間頻率調整，最終於實驗設計空污採樣時間解析度設定為 1 筆/秒。	同意辦理
4. 相關資料蒐集及調查需與未來規劃應用之車輛空污排放擴散模式相互結合，例如：空污量測之時間解析度，必須與未來模式之時間解析度相互配合。	感謝委員意見，研究規劃應用之 GRAL 模式基本上屬於微觀模式，可運用於都會區建築物複雜之地形特性，為求蒐集及調查資料與 GRAL 模式相互結合，爰已參酌委員意見，檢討實驗設計，並提升空污量測及交通調查之解析度，以達研究之目的。	同意辦理
5. 目前規劃交通調查之時間解析度為 15 分鐘，建議可再更細緻，以利與空污量測值比對。	感謝委員建議，已參酌委員建議提升交通調查之時間解析度，最終於實驗設計交通調查時間解析度為 1 筆/分。	同意辦理
6. 建議在空污量測的現場設置微環境氣象儀，以掌握現場之氣象條件狀況。	感謝委員建議，已參酌委員建議於實驗設計加入簡易風速/風向監測儀器之架設，納入環境資料參照。	同意辦理
7. 量測之時間解析度部	感謝委員意見，遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
分，應在量測前就先規劃確定，並採用適合之調查方式。		
8. 在下一年度計畫所採用之模式，需要哪些 input 參數，才能反映出有 / 無行人專用時相之影響與變化；另穿越道線退縮 無行人專用時相之影響與變化；另穿越道線退縮將量測 2 處點位，該 2 處量測點位所間隔之距離，在後續模式所 output 之結果是否能反映 2 處點位之差界，請補充說明。	本計畫屆時將以車流量排放相關參數進行輸入，並比較較時間上發生的空污濃度差異影響，另外兩處點位測量之距離可藉由車流排放相關參數進行模擬兩處點位空污濃度。	同意辦理
二、吳委員昆峯		
1. 透過本計畫成果，可掌握與權衡空污環境與交通安全兩者間的平衡點。	感謝委員指教，敬悉。	同意辦理
2. 關於模式建立部分，請補充說明後續如何進行模式驗證、建立模式需要哪些資料，以及需要控制的干擾因子為何？	本計畫並未建立交通評估模式，而係應用空污模式搭配路口環境調查資料進行擴散模擬，以獲得不同路口情境下交通空污對空污濃度之影響情形，合先敘明。而關於本計畫規劃應用之 GRAL 模式基本上屬於微觀模式，可運用於都會區建築物複雜之地形特性，故模式建立需納入路口建築物及微風場等資料，以進行空污濃度計算，且空間解析度可達公尺等級下的空污濃度分布結果；模擬結果應用將與本年度及第 2 年期計畫進行之路口實際環境 調查結果共同解析，以強化路口交通空污對環境影響之論述，進而提出相關改善策略建議。	同意辦理
3. 請說明如何定義污染量到達多少的程度下，會對於人體健康造成影響。	針對行人空污濃度暴露影響限值，因健康風險調查尚涉及呼吸量、暴露時間等多元且複雜因素影響，需另規劃完整計畫進行解析；本計畫主要以針對環境及交通監測為主，故	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
	本計畫可透過運用基礎情境假設方式，配合紀錄行人等候時間，進行空污暴露量初步評估，尚無法針對實際健康效益影響進行討論。	
4. 透過車輛本身的空污排放量計算，即可掌握各車種所對應污染排放情形，且相對不受現地調查的環境其他因素影響，請說明本計畫不採用排放量推估，而採現場調查之原因。	感謝委員建議，確實空污排放量計算即可掌握各車所對應污染排放的情形，由於污染物排放至大氣當中的流布，往往受到氣象條件、地型地貌、甚至人為活動等影響，因此用路人實際暴露之污染物與排放量之間不一定具關聯性；故本計畫著重於掌握路口交通環境與空氣污染物濃度，以求用路人行經路口所暴露之大氣環境特徵與交通特性之關聯性。	同意辦理
5. 建議調查前應先確定計畫成果欲如何應用，並確立要應用之模式、欲控制之變量，再回頭進行資料蒐集及分析之規劃，以避免後續蒐集之資料，卻與模式或成果應用之間連結性低而無法使用。	感謝委員建議，模擬模式中輸入的參數為：道路資料、建築物資料、氣象資料、排放源資料，其中氣象資料細分為日期、時間、風速、風向、穩定度分級；排放源資料包含，交通車流量資料，以及各車種不同行駛速度下的各污染物排放係數。	同意辦理
6. 交通空污影響範圍並非限於單點，而是以空間為影響範圍，請補充說明本計畫如何界定空污影響範圍。	感謝委員建議，本計畫係採用定點採樣，主要影響範圍為該交通特性之點位下路口用路人暴露狀況。	同意辦理
三、林委員文印		
1. 期中報告書 1-6~1-9 頁，名詞解釋的內容，建議註記參考文獻來源。	感謝委員建議，參酌辦理。	同意辦理
2. 期中報告書 2-3 頁，「DPM 亦已被列為一級致癌物」，建議附註文獻來源。	感謝委員建議，參酌辦理，已於期末報告附註文獻來源。	同意辦理
3. 行人穿越線空污採樣，目前規劃儀器以每 30	感謝委員意見，已參酌建議依據儀器原始數據調查極限（如可備載容量），進行時間頻	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見						
秒紀錄 1 筆空污資料，若能縮短每次量測之時間頻率，以及增加距離路口不同位置之量測，則可解析不同時間與空間之污染濃度。	率調整，最終於實驗設計空污採樣時間解析度設定為 1 筆/秒；另關於空間之污染濃度解析，本計畫已於移動式採樣實驗設計當中，納入 GPS 座標紀錄，未來於將可應用於路口濃度空間解析之用途。							
4. 空污調查、交通調查與模式模擬數據時間解析度，應預先規劃各項目之間如何調查及配合，以利後續數據可相互比對分析。	<p>感謝委員意見，本計畫空污調查、交通調查與模式模擬數據之時間解析度彙整如下。</p> <table border="1" data-bbox="626 652 1236 733"> <tr> <th data-bbox="626 652 791 733">空污調查</th><th data-bbox="791 652 955 733">交通調查</th><th data-bbox="955 652 1236 733">模式模擬</th></tr> <tr> <td data-bbox="626 733 791 733">1 秒/筆</td><td data-bbox="791 733 955 733">60 秒/筆</td><td data-bbox="955 733 1236 733">300 秒/筆</td></tr> </table> <p>各項目之間進行時間紀錄及同步啟動，以配合後續數據比對分析。</p>	空污調查	交通調查	模式模擬	1 秒/筆	60 秒/筆	300 秒/筆	同意辦理
空污調查	交通調查	模式模擬						
1 秒/筆	60 秒/筆	300 秒/筆						
5. 環境資料除了參考空品測站之風速/風向，建議也可在路口採樣時，簡易監測其風速/風向。	感謝委員意見，參酌辦理。	同意辦理						
6. 期中報告書 3-15 頁，表 3.1.3-1 中，空污調查，除了 PM _{2.5} 之外，建議也評估所選用之量測設備，是否可同時取得其他粒徑區間濃度，如 PM ₁ 等。	感謝委員建議，目前國內空品及交通測站監控數據，及後續搭配 GRAL 模式可採用之最小粒徑微粒皆為 PM _{2.5} ，本計畫為求後續數據比對一致性及應用考量，爰使用之微粒量測儀器，並以 PM _{2.5} 數據為主，方能夠達到環境背景分析、模式模擬應用與測值差異分析之目的。	同意辦理						
四、鄭委員永祥								
1. 建議路口空污調查資料文獻應持續更新補充，並檢視國外之路口調查方式做為本計畫參考。	感謝委員意見，已持續更新路口空污調查等相關文獻，並於期末報告中彙整補充台灣、中國、美國及西非等國家對於路口空污之創新做法以及相關文獻。	同意辦理						
2. 後續採用 GRAL 模式進行空品模式模擬時，建議應先釐清其係屬於微觀還是巨觀模式，是否符合本計畫需求。	感謝委員意見，關於本計畫規劃應用之 GRAL 模式基本上屬於微觀模式，可運用於都會區建築物複雜之地形特性，故模式建立需納入路口建築物及微風場等資料，以進行空污濃度計算，且空間解析度可達公尺等級下的空污濃度分布結果，尚符合本計畫研究標的於時間及空間解析度上之需求。	同意辦理						
3. 建議調查路口在象限	感謝委員建議，為考量路口背景條件一致	同意辦理						

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見																				
選定上，需考慮一致性，且交通流量受早晚尖離峰影響，具旅次因素的不對稱性，建議調查涵蓋時間應增加橫跨尖離峰時段，以利資料分析應用。	性，本計畫已參酌建議於最終實驗設計之時段設定上，採以每日連續進行 12 小時監測，方能夠將早晚離尖峰時段於一次調查當中皆被納入。																					
4. 請確認本計畫之路口交通量調查時段，是否已涵蓋路口各種不同時項分配與流量之情境組合。	<p>本計畫最終調查計畫各路口規劃之調查時段及其時項涵蓋率以及排除時段彙整如下說明。</p> <table border="1" data-bbox="581 747 1155 1015"> <thead> <tr> <th>路口</th> <th>調查時段</th> <th>涵蓋率</th> <th>缺少時段（時相）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>路口一</td> <td>07:00~19:00</td> <td>50%</td> <td>20:00~06:00</td> </tr> <tr> <td>路口二</td> <td>07:00~19:00</td> <td>50%</td> <td>20:00~06:00</td> </tr> <tr> <td>路口三</td> <td>07:00~19:00</td> <td>50%</td> <td>20:00~06:00</td> </tr> <tr> <td>路口四</td> <td>07:00~19:00</td> <td>50%</td> <td>20:00~06:00</td> </tr> </tbody> </table> <p>因本計畫著重於用路人於路口所接觸到的空污環境，因此本計畫採以每日連續進行 12 小時監測，包含日間尖離峰時段，原則上已滿足本計畫調查之目的。</p>	路口	調查時段	涵蓋率	缺少時段（時相）	路口一	07:00~19:00	50%	20:00~06:00	路口二	07:00~19:00	50%	20:00~06:00	路口三	07:00~19:00	50%	20:00~06:00	路口四	07:00~19:00	50%	20:00~06:00	同意辦理
路口	調查時段	涵蓋率	缺少時段（時相）																			
路口一	07:00~19:00	50%	20:00~06:00																			
路口二	07:00~19:00	50%	20:00~06:00																			
路口三	07:00~19:00	50%	20:00~06:00																			
路口四	07:00~19:00	50%	20:00~06:00																			
5. 交通量調查以 15 分鐘為一筆資料，應確認是否能符合本計畫分析之需求。	感謝委員建議，已參酌委員建議重新評估，並提升交通調查之時間解析度，最終於實驗設計交通調查時間解析度為 1 筆/分。	同意辦理																				
6. 行人專用時相及行人早開時相特性部分，建議考慮時相完整時間週期及不同時段下各時相所分配之時間差異，並以整個週期進行分析。	感謝委員建議，已參酌委員建議，於行人專用時相採以每日連續進行 12 小時監測，包含日間尖離峰時段，並以完整週期進行分析，惟各路口每日的尖離峰時段有些微不同，但平均尖峰時段都是位於早上 07:00~9:00 以及 17:00~19:00。	同意辦理																				
7. 請補充說明延滯時間之調查或計算方式。	本計畫延滯時間分析，係透過「臺灣公路容量分析軟體 (THCS)」進行計算，運用參數包含時制時間、道路分隔型式、車道數、車道寬、轉向交通量、是否緊鄰公車專用道、公車停靠及是否有路線停車；其中，時制時間係參考臺北市交通局調查資料，其餘項目為本計畫實地調查並搭配 GOOGLE 街景資訊之成果，藉以獲得目標路口各方向延滯時	同意辦理																				

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
	間和路口總延滯時間。	
8. 現場空污調查前，考量儀器規劃架設於路口位置，應確認是否會對行人造成干擾。	感謝委員意見，遵照辦理，本計畫儀器放置的位置均避開阻礙行人動線的地方，並且有向警察局申請人行道使用路權。	同意辦理
9. 請說明本計畫的模擬結果，如何解析交通的空污分布，及如何透過不同政策工具來模擬分析改善的結果，以做為後續推動政策建議之參考應用。	本計畫預計第2年期運用GRAL模式之模擬結果應用，將與本年度及第2年期計畫進行之路口實際環境調查結果共同解析，以強化路口交通空氣污染物對環境影響之論述，進而提出相關改善策略建議。	同意辦理
五、臺北市交通管制工程處		
1. 有關「行穿線退縮」之調查原則無意見。	敬悉。	同意辦理
<p>2. 有關「行人專用時相」之調查，意見如下：</p> <p>(1)本處路口號誌秒數將因應車流特性或行人通行需求機動調整，請一併考量未來計畫期間號誌秒數調整對計畫之影響。</p> <p>(2)本市路口號誌秒數調整受限各路口車流特性不同、車流量、車流續進、鄰近路口及行人通行秒數等條件，致調整秒數空間有限，請計畫團隊一併考量。</p> <p>(3)路口調查請一併考量疫情、寒暑假、週間車流特性的不同</p>	<p>感謝貴處意見，相關意見分項說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 已參酌納入考量，已於監測同時進行各路口號誌的秒數紀錄。 已參酌納入考量，已於監測同事進行各路口號誌的秒數紀錄，已了解各路口的號誌時長。 本計畫所有路口監測於平日進行，為求行人專用時相調查之可行性，爰已避開暑假時段進行路口調查。 	同意辦理
六、交通部運輸研究所運輸能源及環境組		
1. 2.1.1 小節2-3頁提及交通排放氣狀污染物以	遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
CO、NO _x 、SO _x 、VOCs 等為主，惟交通源排放 SO _x 係以船舶為主，與本計畫討論之路口交通關聯性較低，建議刪除。		
2. 第二章文獻回顧，目前已有查找路口交通空污監測應用、交通特性對空污影響、空品模式等文獻，建議在第二章再增加小結，簡要整理文獻回顧的發二，並提出可供本計畫參採的內容。	遵照辦理，已於期末報告第二章的每一小節新增小結，針對文獻回顧之發現進行整理，並提供本計畫參採內容。	同意辦理
3. 3.1.4 小節有關行人穿越道線退縮路口之調查方式，經討論後將以同一路口進行調查，爰報告書內提及於不同路口進行實驗組與對照組之相關內容，已與目前計畫規劃不同，請全面檢視修正。	遵照辦理。	同意辦理
4. 簡報第 26 頁所提行人專用時相路口，擬調查忠孝東路六段與昆陽街口，該路行人專用時相運作之時間(7~9、16~19)已包含整個尖峰時段，則該路口之對照組(行人專用時相未運作之時間)是否會因交通量差異過大導致變因增加，請妥為考量規劃。	本計畫已分析前測調查結果，得知交通量於行人時相啟用前後無明顯差異，故適合於上午 08:10~09:50 時段進行移動式監測，比對時相啟用前後行人暴露空污之影響。另永吉路往西的路口車流量相對最高，故調整調查點位。	同意辦理
5. 後續後工作之部分，請計畫團隊預為考量下	遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
雨等因素，保留足夠之時間辦理調查及後續資料整理。		
6. 計畫團隊目前初步規劃明年度將就行人旱開時相、行人療護島、公車專用道等3項目進行調查，請計畫團隊再檢視及繳納相關文獻資料，挑選較為適宜之策略項目進行調查。	遵照辦理。	同意辦理
七、主席結論		
1. 綜整各位委員意見，現場交通量調查、空污量測調查，以及模式分析運用，其時間解析度與空間解析度之細緻化都相當重要，且必須相互之間能串連應用，請計畫團隊再進行評估設定。	遵照辦理。	同意辦理
2. 實驗組及對照組會因不同調查計畫項目的特性，所需的調查時間可能不同，對於調查時間規劃修正部分，以及調查計畫中的5個路口特性如何選定，請計畫團隊於報告書中補充說明。	遵照辦理。	同意辦理
3. 針對文獻回顧部分，本計畫已彙整路口交通空污量測方法，以及交通特性對空品模式應用，請於報告書中增加小結內容，針對文獻回	遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
顧結果重要發現，以及本計畫可參採應用之處進行說明。		
4. 目前調查計畫已研擬 5 項調查項目，惟應強化選擇調查項目之考量因素，請計畫團隊再蒐集相關文獻，並考慮南實務應用和操作之可行性，再檢討評估是否有更適合之調查項目。	遵照辦理。	同意辦理
5. 經徵詢審查委員意見，本計畫期中報告審查通過，請計畫團隊依據委員及單位代表意見列表回應，後續請計畫團隊依本所出版品印製相關規定撰寫報告，於期中報告後納入每月工作會議查該事項。	遵照辦理。	同意辦理

二、期末報告審查意見回覆情形表

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本計畫執行單位審查意見
一、林委員文印		
1. 現地調查資料與模擬結果常為互相同回饋，建議提出本年度調查的結果如何應用至第二年度的模擬操作。	感謝委員建議，本計畫第2年度執行重點，將著重調查資料與模擬應用上之調合，並針對模擬不足或缺漏的資料，再進一步實地調查。而本年度的調查結果於第二年度擬採以下列方法進行運用；交通量的部分，擬換算為活動量後搭配排放係數推估調查案例情境之排放量，並運用氣象資料調查結果及空品測站資料作為 Gral 模式之背景參數，經擴散模擬後獲得之濃度分布再與實際監測之污染物濃度進行交互比對，進而達到相互通饋之目的。	同意辦理
2. 表 2-1 空氣污染物排放量清冊，建議蒐集最新版本(目前為 12.0 版)。	感謝委員建議，已遵照指示完成更新。	同意辦理
3. 建議再多蒐集國內交通環境之空氣品質相關文獻，納入文獻回顧內。	感謝委員建議，已遵照指示加強蒐集國內交通環境之相關文獻，包括 Three-dimensional spatial inhomogeneity of traffic-generated urban PM _{2.5} in street canyons. (龍世俊，2023)、The Role of Intersection Geometry in Urban Air Pollution Management (Ammar Saric 等，2023)、路邊環境空氣污染物與車輛排放相關性分析及健康損失評估 (葉輔根，2018) 等文獻內容。	同意辦理
4. 不同監測儀器對同一污染物的量測結果，建議做儀器特性比對，同時讓不同儀器進行監測，以掌握不同儀器間之差異。	感謝委員建議，本計畫對於不同監測儀器於批次實驗前皆會完成校正及特性比對工作，而經比對監測結果為微型感測器數據較手持式儀器數據低，爰此能夠掌握不同儀器間差異之情形。	同意辦理
5. 本計畫針對各車種進行空污排放加權，建議可將詳細之	感謝委員建議，已遵照指示描述交通量和排放量加權的計算之方法學，並	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
計算方式及數據納入附錄，亦可供未來研究參考。	補充於附錄七。	
6. 行穿線退縮前後之濃度分析結果顯示有其減污效益，建議可進一步探討退縮距離與濃度的關聯性。	感謝委員建議，本計畫初步認為，行穿線退縮前/後的位置與空污濃度的關係，在行穿線退縮有空間尺度上的差異，此空間尺度的差異可能是在車流量導致空污量高的時候較容易被凸顯出來，為本計畫以今年現有的資料無法進行細微分析，將會於隔年於實驗設計上進行探討與評估。	同意辦理
二、吳委員章甫		
1. 第一章名詞解釋建議增加英文對照。	感謝委員意見，遵照辦理。	同意辦理
2. 2-3 頁，請釐清列入 Pb 鉛的合適性。	感謝委員意見，遵照辦理。	同意辦理
3. 2-19 頁，建議補充模式表現與實際值的比較。	感謝委員意見，因相關文獻無確切提及，將於第二年酌參納入評估。	同意辦理
4. 文獻蒐集部分，可適度與 5 種擬探討之交通特性連結。	感謝委員意見，已將今年實地採樣之兩種交通特性與查找之文獻進行整理，並以 2.3 小節進行相關交通特性之連結。	同意辦理
5. 本計畫有採納哪些專家諮詢會議時專家所提之建議，宜再進一步說明。	本計畫採納專家諮詢會之建議為 1. 風速/風向調查納入，架設簡易風速/風向紀錄儀器 2. 行人停留時間，建置測量表格，提供給行人穿越線的測量人員記錄時間、路線、停等時間。 3. 修正為同路口不同位置進行同步檢測	同意辦理
6. 第五章目前多為描述性之統計資料，建議此類數據可以放在附錄，本文內則呈現整理過的資訊。	感謝委員意見，遵照辦理。	同意辦理
7. 第五章統計表之標題宜更明確，目前有不同表格標題相同之問題。	感謝委員意見，遵照辦理。	同意辦理
8. 交通量空污加權的公式有 ab 上標記號，易誤解為次方，建	感謝委員意見，遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
議修正。		
9. 建議呈現不同儀器間可比性資料，第 2 年度計畫宜以精準度較高之相同儀器進行量測，不建議使用 Local Sensor。	本年度調查結果 DUSTTRAK 精確度確實較高，但微型感測器與 DUSTTRAK 仍有一致之趨勢，比對結果會納入附錄內；第 2 年度將會進行探討採用何種儀器進行實地調查。	同意辦理
三、鄭委員永祥		
1. 交通資料以 1 分鐘為解析度，建議補充說明其調查方式，後續要如何處理及分析運用。	感謝委員建議，交通資料調查方式係透過每分鐘的交通資料影像，記錄通過停止線的交通量，目前本計畫已於 5.1 節進行路口交通量調查之使用，後續規劃交通量可與空氣污染物濃度做比對運用。	同意辦理
2. 請說明簡報 19 頁所述「專用時相時間至少涵蓋一個交通尖峰」之意義。	感謝委員意見，本計畫分析比對專用時相對空氣污染物濃度之影響。由於各路口專用時相時段不同，因此本計畫團隊在進行調查時，選擇專用時相開啟時與尖峰時段重疊的號誌化路口，其意義代表至少包括峰或昏峰其中之一。	同意辦理
3. 如何推估路口平均停等延滯？建議可探討平均延滯對空污之影響。	1. 本計畫先透過實地交通調查，蒐集調查路口非假日時段尖峰、非尖峰之車流量，並彙整各車種與轉向車輛。透過實地調查數據，使用 THCS 之號誌化路口分析軟體，輸入路口幾何型態、各車種交通流量，可推估出調查路口之平均停等延滯及服務水準。同時，本計畫亦採停等時間法抽樣驗證，透過調查影像統計每 15 秒，於停等線停等之車輛數/車種，推估平均等延滯時間，其與 THCS 軟體分析之結果差異不大。 2. 感謝委員建議，停等延滯與空污濃度間的關聯性，將在第 2 年度進行分析。。	3. 同意辦理
4. 文獻回顧應再進行綜整分析歸納與說明，而非條列式列	感謝委員意見，遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
出。		
5. 路口調查應嘗試解析目前觀察現象的根本原因；例如行穿線退縮在尖峰時段減污較多，離峰時段則不明顯，可與交通及空污專家學者討論其原因，以利後續政策之建議。	感謝委員意見，遵照辦理。	同意辦理
6. 7-6 頁建議路口調查應四季各進行一個月以上之調查，惟交通調查大多一週即可看出趨勢，請說明建議調查一個月之原因。	謝謝委員意見，本計畫第2年度將透過實地調查和模式模擬之間相互搭配，不一定要進行長期觀測，報告書內原建議「四季各量測一個月」，已修正為考量各種路口交通特性差異，建議後續應更細緻化交叉比較分析，探討路口交通特性與空污的關聯性。	同意辦理

四、臺北市交通管制工程處

1. 第 5.3 節，松山路/永吉路口昏峰車流量較晨峰大，且昏峰無行人專用時相，除異常值外，PM _{2.5} 及 CO 濃度於晨昏峰無明顯差異，是否可推論此路口不會因實施行人專用時相而減少路口車輛空氣污染對行人的危害？	謝謝貴處意見，本計畫針對尖峰時刻有無專用時相進行相關分析，並無特別分析晨昏峰差異，而同路口不同調查日及在其行人專用時相啟動及關閉期間的 PM _{2.5} 、CO 濃度值差異性，研判路口尚存在多項難以控制的因素（如天氣變化、人車停等時間等），本計畫推論可能是導致此路口交通特性的調查結果趨勢無一致性。	同意辦理
2. 請補充針對行穿線退縮、行人專用時相、行人早開實施與否，是否影響相關空氣污染氣體排放之論述或推論。	<p>感謝貴處意見，已於 3.1 節路口交通特性分析有補充相關論述，簡述如下。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="647 1602 1175 2021">行人專用時相之交通特性，當行人綠燈時，路口區域無車輛通行，本計畫認為可能使行人通過路口之空氣污染物濃度降低；另一方面，由於路口時相數目隨著行人專用時相之增加，時相輪轉一次之時間也增加，亦可能導致行人停留於等候區域時間增加，進而增加空氣污染的累積 <li data-bbox="647 2021 1175 2098">行人早開時相之交通特性，當行人綠燈時，因可優先通過路口， 	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
	<p>可降低行人與路口啟動車輛的瞬間空氣污染暴露影響，並減少車輛與行人接觸時間，可能使行人通過路口之空氣污染物濃度降低。</p> <p>3. 行人穿越線退縮之交通特性，行人穿越線與路口距離增加，能減少行人行走於行人穿越線及於等候區域時，受到路口直行車輛與待轉區域機車空氣污染影響，降低路口空氣污染物暴露。</p>	
五、交通部運輸研究所運輸能源及環境組		
1. 1-1 頁所述內容，環境部空氣污染防治方案(109 年至 112 年)「透過引導私人運具之使用者減少或行為改變，配合交通管制措施，減少道路車流量……」，惟經檢視該方案似無上開內容，請再確認。	遵照辦理。	同意辦理
2. 第五章之空污濃度折線圖，採黑白印刷後圖片辨識度不佳，請修正。	遵照辦理。	同意辦理
3. 在調查資料整理上，期末報告書僅將調查資料整理呈現，而今日期末審查之簡報內容則增加了部分之分析內容，後續請將相關分析納入期末報告書定稿內。	遵照辦理。	同意辦理
4. 7.1 節研究結論多為文獻回顧之內容，請依照簡報之結論全面修正，改以路口調查之結果為主。	遵照辦理。	同意辦理
5. 針對路口行穿線退縮前/後之 PM _{2.5} 與 CO 濃度呈現相反之趨勢，以及行人專用時相有/無之空污濃度差異，本計畫可提出推測原因，並列入研究建議，於第 2 年度進行	遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行單位審查意見
探討。		
6. 請依照本年度調查經驗及結果，進一步提出精進或改善之方向建議，以供第2年度計畫進行調整；例如調查項目、調查方式，或是否採用交通模擬模式進行分析等，請納入研究建議。	遵照辦理，數據深入分析的工作會在第2年度搭配模擬來進行，並針對模擬不足或缺漏的資料進一步實地調查。	同意辦理
六、主席結論		
1. 文獻回顧部分，請研究團隊再蒐集路口空污相關文獻，並統整文獻的研究成果，歸納可供本計畫參採之處。	遵照辦理。	同意辦理
2. 今日簡報所呈現之資料分析等內容，請研究團隊再整理並參考會議意見修正後，納入期末報告定稿。	遵照辦理。	同意辦理
3. 透過本年度調查之經驗，請提出後續第2年度之精進建議。例如調查項目、調查儀器之選擇、調查與模擬之相互配合、是否採用交通模擬等之精進建議。	遵照辦理。	同意辦理
4. 針對行穿線退縮之PM _{2.5} 濃度和CO濃度呈現相反趨勢，以及行人專用時相對於空污濃度差異，請提出可能之推測原因，並建議第2年度可如何進一步進行分析。	遵照辦理。	同意辦理
5. 審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請景丰公司整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	遵照辦理。	同意辦理
6. 本計畫經徵詢審查委員意見，期末報告初稿審查通過，請景丰公司於112年12月22	遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員及其所提供的意見	合作研究單位答覆辦理情形	本所計畫執行 單位審查意見
日前提送報告書修正定稿。		

附錄3 計畫簡報



交通部運輸研究所
Institute of Transportation, MOTC

路口交通環境特性對空氣品質影響 及改善指引之研訂(1/2) -調查計畫與資料蒐集

112年12月12日



大綱

- 01 計畫緣起及研究架構
- 02 回顧及蒐整相關文獻
- 03 路口資料蒐集及調查計畫
- 04 路口調查歸納整理及初步分析
- 05 結論與建議

01

計畫緣起及研究架構



計畫緣起及研究架構

計畫緣起與目標

□ 以減少交通空污排放，保障民眾健康為出發點

- 路口為民眾經常往來場所，由路口進行交通改善，最直接降低民眾交通空污暴露。
- 以不同面向考量交通改善目的，建立改善指引減少相關單位操作困難度。



□ 配合國家策略方向，建立低污、低碳運輸環境

- 「2020運輸政策白皮書 - 綠運輸」提出建構低碳、低污染運輸環境之策略。
- 降低路口交通空污同時，提升路口交通運作效率及安全性等多元效益。

➤ 掌握路口交通空污排放情形，研擬管理策略及改善措施，
建立改善指引，供交通主管機關參考改善應用。

計畫緣起及研究架構



本年度(112年)計畫研究重點與工作架構

- 瞭解路口交通空污擴散及路口車輛對空氣污染之影響。
- 研擬交通、環境及空污資料蒐集與調查計畫。
- 辦理路口調查並進行路口交通環境特性對空污影響之初步歸納整理。



計畫緣起及研究架構



重要工作項目與對應章節內容

工作項目及辦理情形	期中	期末	對應章節	完成
1.文獻蒐集與回顧				
(1)回顧與蒐集包括路口交通空氣污染及車輛空污排放擴散之文獻	✓	✓	2.1~2.2	O
2.研擬資料蒐集與調查計畫				
(1)研擬交通、環境及空污資料蒐集及調查計畫	✓	✓	3.1~3.6	O
(2)召開專家諮詢會議討論計畫內容	✓		4.1~4.2	O
3.辦理資料蒐集調查及資料整理				
(1)依所擬定之蒐集及調查計畫，辦理4處以上路口之交通、環境及空污資料蒐集或調查		✓	5.1~5.2	O
(2)蒐集及調查資料進行初步歸納整理		✓	5.3	O
4.其他工作項目				
(1)計畫重要成果，製作海報及簡報電子檔		✓	附錄	O
(2)協助運研所交通空氣污染相關之臨時配合事項	✓	✓	Ch6	O

02

回顧及蒐整相關文獻



路口交通空氣污染

路口交通特性對空污影響



交通號誌控制

- 車輛的停頓次數和延遲時間，會造成路口環境PM_{2.5}濃度上升。
(Emereibeole, E. I et al, 2023、Slavin et al, 2020)
- 行車綠燈秒數每增加1秒，路口PM_{2.5}濃度可減少0.17%。
(Slavin, C et. al, 2020)



車速控制

- 當平均速度於40~60公里/小時，交通平均污染物濃度會保持在最低值。
(Xiaojian Hu et al, 2018)
- 車輛加速時的CO排放濃度通常高於一般駕駛情形，而減速時濃度則較低。
(Mark Ritner et al, 2013)



路口幾何配置

- 公車流量尖峰時易出現高濃度粒狀污染物(PM)。
- 濃度空間分布：**公車專用道 > 路邊公車站 > 一般環境**。
(陳建任, 2008)

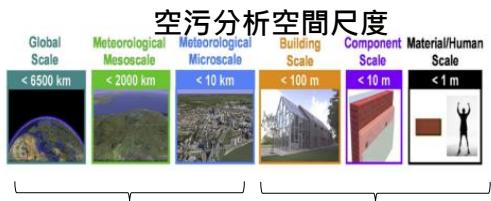
➤ 路口**路口號誌、車速控制和幾何配置**等交通特性，皆可能影響路口空氣品質變化。



路口交通空氣污染



路口交通空污監測應用



- 跨國傳輸空污
- 區域污染特性
- 國際背景測站
- 區域空品測站
- 微環境空污特性
- 特定情境暴露
- 行動式監測站
- **手持式或可攜式採樣監測**

手持式儀器

- 車輛頻繁的剎車減速會增加環境 $PM_{2.5}$ 濃度。
(EI Emerebeole,2023)
- 綠燈轉換為紅燈時，路口 $PM_{2.5}$ 濃度上升。
(HO Gao et al,2021)

可攜式儀器

- 可攜式監測儀器進行路口 $PM_{2.5}$ 採樣，監測品質與 $PM_{2.5}$ 高量的採樣結果具有高度相關性。
(L.Y Chan et al,2002)

➤ 採用**手持式**或**可攜式儀器**，可解析路口交通微環境下，粒狀

及氣狀污染物影響情形解析。

- 適用於反應微環境空間下**用路人受到交通空污暴露**情形。



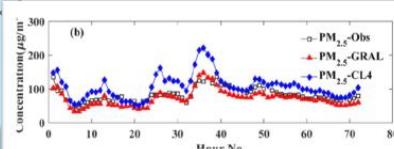
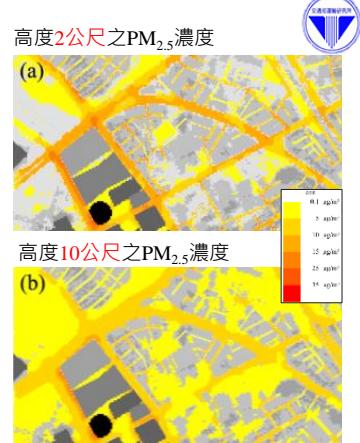
路口交通空氣污染

車輛空氣污染物排放擴散參採應用

GRAL模式特點與應用

✓ 適用**都會區建築密集環境**

- 可模擬 $PM_{2.5}$ 於建築物密集區域下的空間分布狀況，呈現街谷效應、污染物垂直分布等**微環境實際空污擴散**。
(李家欣,2021)



✓ 適用**道路交通排放解析**

- 部分研究呈現 GRAL 與傳統擴散模式相比，GRAL 模擬結果與觀測數據具有更佳的一致趨勢。
- 提及 GRAL 模式應用調查**典型亞洲複雜建物佈置**與道路交通各種排放源相關 PM 擴散情形，及社區民眾對 PM 暴露影響。
(Hong Ling 等人,2020)

➤ 文獻綜整空品模擬模式，GRAL，解析度達**公尺**等級，適用於**亞洲都市且小範圍區域**空污排放特性分析，可符合於第 2 年期空品模擬分析的應用工具。

03

路口資料蒐集及調查計畫



路口資料蒐集及調查計畫



調查計畫執行流程

112年7月17日 提供專業建議

依照交通特性選擇 4 個 路口

掌握尖離峰交通及空污特性

調查計畫
分析目標

調查路口
特性

調查項目
及
方法研擬

調查點位
選擇

調查計畫
確認

舉辦專家
諮詢會議

調查期程
訂定

民眾於路口交通空污暴露影響

交通、環境、空污三大面向

調查預計於 **112年9月至10月**



路口資料蒐集及調查計畫



調查計畫分析目標

- 配合交通安全及道路流暢提升議題，掌握路口時制及幾何變化對空污影響
 - 人車空間分隔
 - 減少行人與車輛衝突
- 行人活動空間區域為主要探討目標
 - 行人、機車與自行車騎士於同一空間下皆易受路口環境交通空污暴露影響



路口時制變化



路口幾何配置與規劃

- 行人專用時相
- 時制計畫影響

有無行人專用時相，對行人穿越路口及行人等候區的空污暴露濃度變化。

在同一時段下，行人穿越路口與行人等候區間的空污暴露濃度差異。

- 行人穿越線退縮
- 人行道拓寬
- 大客車比例

同一路口在同一時段下，有無行人穿越線退縮，對於行人等候區空污暴露濃度變化情形。

• 本年度路口調查項目

• 本年度路口調查項目



路口資料蒐集及調查計畫

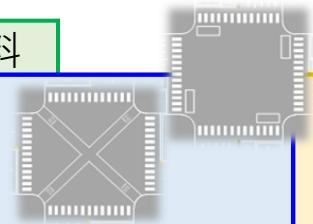


調查項目：交通資料

交通資料

空污資料

環境資料



1. 交通量：

車流大小會影響空污數值。

2. 車種比例：

大客車、大貨車、小型車及機車對於空污影響程度不一。

3. 號誌時制：

包含號誌時相、行人專用時相。

4. 道路幾何配置：

包含公車專用道、行人穿越道線退縮、行人庇護島。

5. 延滯時間：

可由路口服務水準判斷依據，知道路口交通擁塞度。

路口資料蒐集及調查計畫

調查項目：空污及背景環境資料

空污資料

空污監測項目：

1. 粒狀污染物：**PM_{2.5}**
2. **增加監測**

氣狀污染物 CO 作為有效指標



環境資料

環境資料蒐集項目：

1. 空污背景值：粒狀物 PM_{2.5}、氣狀物 CO。
2. 風速/風向：影響空氣污染物流向、散落方向。
3. 溫度/濕度：影響空氣污染物擴散及沉降現象。
4. 氣壓：影響空氣污染物的散布情形。

資料蒐集方式：

1. **環境部**和**臺北市環保局**空氣品質連續測站資料，包含一般測站及交通測站。
2. **中央氣象署**臺北氣象測站氣象監測資料。
3. 本計畫**路口調查**。

環境資料應用：
應用於本計畫第二年度交通空污擴散模式模擬。





路口資料蒐集及調查計畫

採樣及調查方法 - 交通監測

交通量、車種比例

以定點錄影後判讀之監測方式，**增加**調查員採**每1分鐘**就錄影資料進行判讀

- 按流向計算所有通過停止線之車輛，再**空污加權權重**計算
- 統計通過之**車種**車輛數比例。



延滯時間

運用運研所研發之臺灣地區公路容量分析軟體(THCS)中之號誌化路口分析，評估路口「平均停等延滯」時間



路口幾何配置

依據路口實際現勘結果，進行**路口**、**道路**、**路寬**、**分隔設施**及**車道數(雙向)**盤點登載



路口	道路	路寬(M)	分隔設施	車道數(雙向)
花陽街	花陽街	8	中央標線	2
忠孝東路	忠孝東路	30	中央實體	4
松山路	松山路	30	中央實體	4~5
永吉路	永吉路	30	中央實體	6
中山北路	中山北路	40	中央實體	8
南京西路	南京西路	30~40	中央實體	9~6
重慶北路	重慶北路	40	中央實體	8
酒美街	酒美街	20	中央標線	3



路口資料蒐集及調查計畫



採樣及調查方法 - 空污定點式監測

微型空污監測儀器：

- 雷射光學、電化學電阻感應原理偵測
- 定點架設於行人等候區，以符合路口行人暴露情形



空氣污染物微型感測裝置

廠牌：Jsene

型號：AQNA-1000

監測設定條件：

✓ 數據紀錄：

每 1 秒紀錄一筆空污數據



✓ 監測高度：

採樣口離地高 1.2~1.5m
(模擬人體呼吸高度)



✓ 空污調查位置：

路口行人等待區：距行穿線 2 公尺內



路口資料蒐集及調查計畫



採樣及調查方法 - 空污移動式監測

手持式空污監測儀器：

- 利用光學原理偵測
- 手持、肩背方式模擬行人行穿路口狀態，採測空污濃度



桌上型氣膠監測儀

8533 (DUSTTRAK DRX)

✓ 偵測極限： $1 \sim 1.5 \times 10^5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

多功能空氣品質偵測器

7575 (Q-TRAK)

✓ 偵測極限： $0 \sim 500 \text{ ppm}$



監測設定條件：

✓ 數據紀錄：

每 1 秒紀錄一筆空污數據



✓ 監測高度：

將儀器舉至胸膛上方 (模擬人體呼吸高度)

✓ 空污調查位置：

監測人員攜帶儀器沿著行穿線步行，
監測過程須遵守交通規定

手持方式

肩背方式



路口資料蒐集及調查計畫

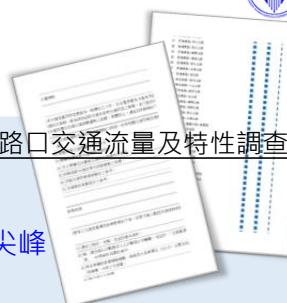


調查路口選址篩選原則

1 選擇有對應**交通特性**之路口

- ✓ 至少擁有**雙向車道**及**十字交叉**等特性
- ✓ 行人專用時相：專用時相時間至少**涵蓋一個交通尖峰**
- ✓ 行人穿越線退縮：須有**機車待轉區**

臺北市路口交通流量及特性調查



2 路口附近是否擁有**空污連續測站**

- ✓ 距點位**3公里**範圍內具**空氣品質**及**大氣環境資訊**之**自動連續測站**



3 路口行人等候區是否**適合設置測量儀器**

- ✓ **申請道路臨時使用範圍平面圖**之申請
- ✓ 可保留**1.5公尺**以上之**行人移動空間**



路口資料蒐集及調查計畫



行人專用時相交通特性 - 路口篩選

- 路口**擁有對角行人穿越線**。
- 通行方向為**雙向車道**，且路口類型為**十字交叉路口**。

調查路口 - 永吉路/松山路路口

東西向：永吉路 南北向：松山路

晨峰行人專用時相 7:00 ~ 7:50

昏峰行人專用時相 15:30 ~ 16:30



調查路口 - 忠孝東路/昆陽街路口

東西向：忠孝東路 南北向：昆陽街

晨峰行人專用時相 7:00 ~ 9:00

昏峰行人專用時相 16:00 ~ 19:00



■ 定點式採樣位置



路口資料蒐集及調查計畫



行人專用時相交通特性 - 路口勘查及監測規劃

儀器位置及量測方式	空污調查	交通調查	調查時間
<p>資料來源：本團隊繪製</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 行人等候區域 ● 定點監測儀器位置 ← 專用時相啟動採樣路線 ↔ 專用時相關閉採樣路線 	<p>定點監測</p> <ol style="list-style-type: none"> 於人行道架設監測儀器，監測行人等候區域 $PM_{2.5}$、CO 濃度值。 採樣口高度設置離地 1.5 公尺，模擬人體呼吸之情況。 每 1 分鐘記錄一次監測數據。 增加監測 <p>移動監測</p> <ol style="list-style-type: none"> 以攜帶式監測儀器，監測行人穿越線 $PM_{2.5}$、CO 濃度。 量測員將儀器放至胸口處，配合號誌時制於行穿線走動採樣。 於晨峰或昏峰時段進行採測。 	<ol style="list-style-type: none"> 每個路口架設 1~2 台攝影機，記錄各路口方向之車流量影像。 連續監測 12 小時。 車種(大型車、小型車、機車)比例統計。 「臺北市時制調查計畫」及調查過程 人工比對號誌時制 現地調查道路幾何配置。 人工檢視車流量影像，並以 1 分鐘為單位，記錄車流量與車種比例。 	7:00 ~ 19:00 連續 12 小時
			有專用時相 50分鐘
			無專用時相 50分鐘



路口資料蒐集及調查計畫



行人穿越道線退縮交通特性 - 路口篩選

- 通行方向為**雙向車道**，且路口類型為**十字交叉路口**。
- 行穿線前方**須有機車待轉區**。
 - 同一路口於行人穿越線退縮前、後位置進行空污監測，以降低交通量及背景環境對空污監測結果的影響。



路口資料蒐集及調查計畫

行人穿越道線退縮交通特性 - 路口勘查及監測規劃

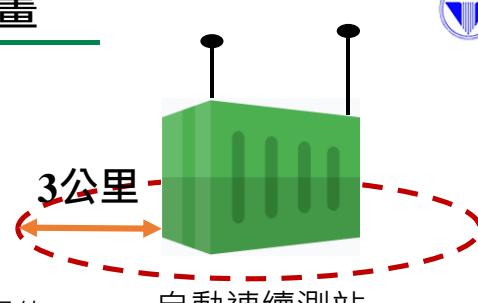
儀器位置及量測方式	空污調查	交通調查	調查時間
 <p>■ 行人等候區域 ● 行穿線改善前定點監測儀器位置 ● 行穿線改善後定點監測儀器位置</p>	<p>定點監測</p> <p>1. 於人行道架設監測儀器，監測行人等候區域 $PM_{2.5}$、CO 濃度值。 2. 採樣口高度設置離地 1.5 公尺，模擬人體呼吸之情況。 3. 每 1 分鐘記錄一次監測數據。</p>	<p>1. 每個路口架設 1~2 台攝影機，記錄各路口方向之車流量影像。 2. 連續監測 12 小時。 3. 車種(大型車、小型車、機車)比例統計。 4. 「臺北市時制調查計畫」及調查過程人工比對號誌時制 5. 現地調查道路幾何配置。 6. 人工檢視車流量影像並以 1 分鐘為單位，記錄車流量與車種比例。</p>	7:00 ~ 19:00 連續 12 小時

路口資料蒐集及調查計畫

環境資料蒐集篩選

➤ 監測數據可代表方圓 3 公里區域內空氣品質及大氣環境資訊

➤ 路口調查係選用距離調查點位最近的連續測站資訊，做為該路口的環境背景值



調查目標	調查路口	調查說明	調查項目
行人專用時相	永吉路/松山路	環境部 松山空品測站	1. 空污背景值： $PM_{2.5}$ 、CO 2. 風速
	忠孝東路六段/昆陽街		3. 風向 4. 溫度 5. 濕度 6. 氣壓(臺北氣象站)
行人行穿線退縮	南京西路一段/中山北路二段	環境部 中山空品測站	
	酒泉街/重慶北路三段		



辦理專家諮詢會議



路口調查計畫與選址專諮詢會要點整理及採納

- 針對調查路口選址以及調查計畫設計，辦理專家諮詢會議，邀請交通管理及空污監測領域專業學者，對於相關內容合理性及適用性提供專業建議。
- 已將相關建議修正納入調查計畫書及路口選址。

「調查計畫」

「調查路口選址」



採用之建議：

- 於實驗設計加入簡易風速/風向監測儀器之架設，納入環境資料參照
- 依據儀器原始數據調查極限進行時間頻率調整，於實驗設計空污採樣時間解析度設定為1筆/秒。
- 提升交通調查之時間解析度，最終於實驗設計交通調查時間解析度為1筆/分。

採用之建議：

- 行穿線退縮交通特性調查，可在同路口的行穿線改善前後位置同步檢測。
- 行人專用時相優先掌握專用時相啟動前後的交通量調查，減少變因。



路口資料蒐集及調查計畫



調查資料應用與時間規劃

□ 路口基礎資料及交通特性分析：

- 不同路口交通及空品監測資料
- 空品變化及交通量分布交叉比對
- 不同交通特性交通量及空品變化差異

□ 模式模擬分析：

- 蒐集相關資訊應用於第二年交通空污擴散模式模擬
- 以模擬結果解析交通空污流布
- 定性比對模擬及監測資料差異

7月

8月

9月

10月

11月

↓ 路口現勘、儀器測試、前測調查

考量暑假期間，
交通及環境特性與其他時間具有相當差異



路口調查

調查資料處理

□ 調查時間為一般平常日7：00~19：00。

□ 4個調查路口至少監測4日。



04

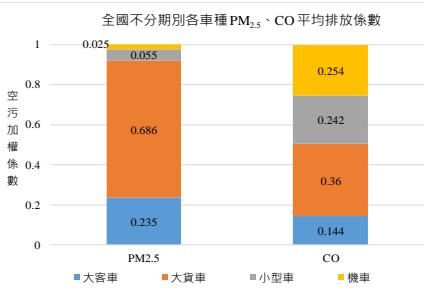
路口調查歸納整理及初步分析



路口調查歸納整理及初步分析

路口交通量調查-交通流量調查及車種比例分析

- 由於各車種排放污染物強度不同，故車輛數無法直接對應污染物濃度變化趨勢。
- 使用不同車種排放係數與車輛數，檢視加權後交通量與污染物濃度之關聯性。



資料來源：環境部 TEDS 12.0

車種	PM _{2.5} 加權交通量	CO加權交通量
機車	0.455	1.049
小型車	1.000	1.000
大客車	4.283	0.597
大貨車	12.507	1.489

資料來源：本研究自行計算

空污加權公式

$$N = \text{車種別輛次} \times \text{空氣污染物權重}$$

細數說明：

N：空氣污染物加權

車種類別輛次：

機車、小型車、大客車及大貨車

空氣污染物：PM_{2.5}、CO

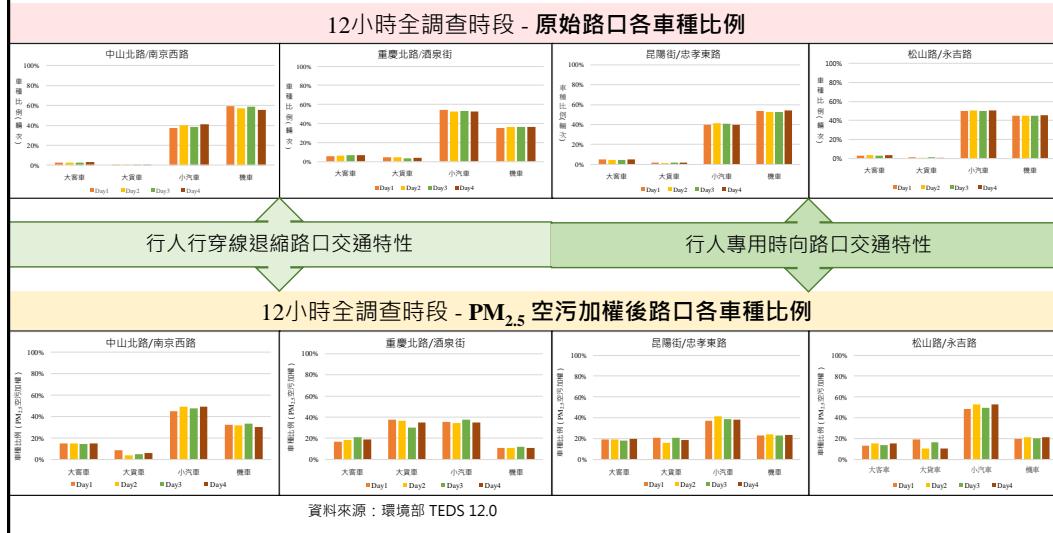


路口調查歸納整理及初步分析



路口交通流量與車種比例分析

➤ 不同車種進行 $PM_{2.5}$ 排放係數進行加權計算，發現 4 個調查路口的交通量與污染物濃度之關聯性。



路口調查歸納整理及初步分析



路口交通量調查-道路幾何配置

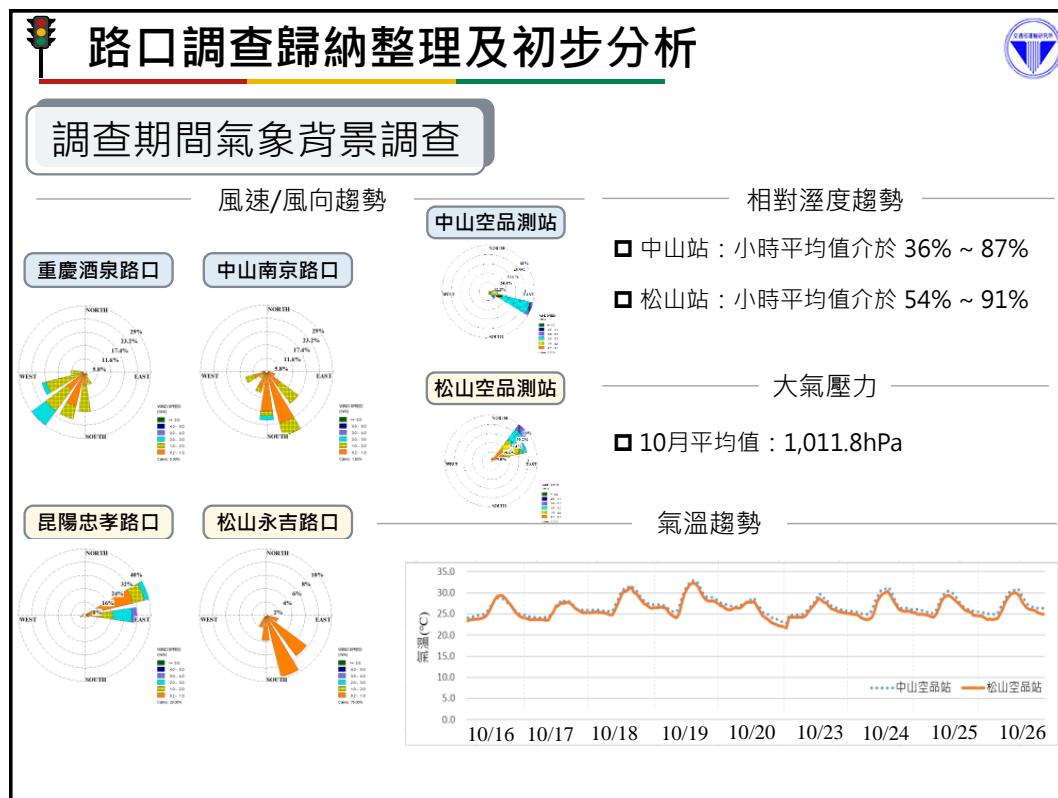
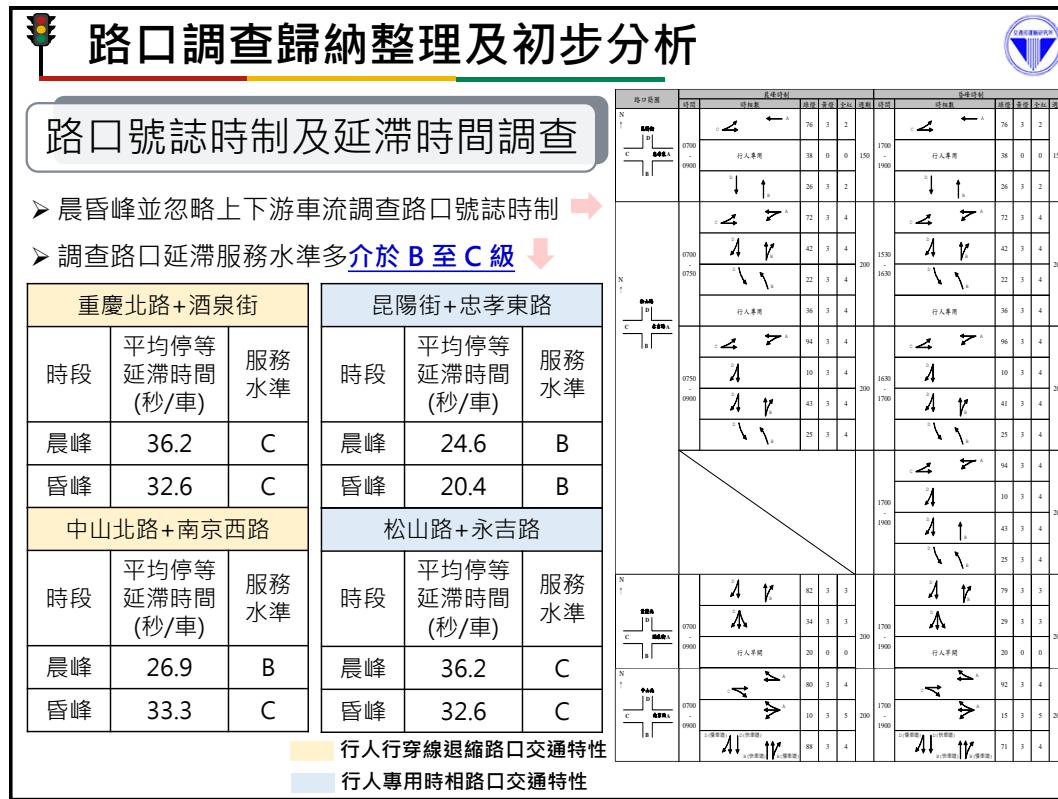
➤ 以實地踏勘並考量實際交通環境限制下，規劃定點及可攜式偵測器佈設位置。

➤ 針對各路口進行路口道路幾何特性整理。



路口	道路	路寬(M)	分隔設施	車道數(雙向)
1 昆陽街+忠孝東路	昆陽街	8	中央標線	2
	忠孝東路	30	中央實體	6
2 松山路+永吉路	松山路	30	中央實體	4、5
	永吉路	30	中央實體	6
3 中山北路+南京西路	中山北路	30、40	中央實體	9、6
	南京西路	40	中央實體	8
4 重慶北路+酒泉街	重慶北路	40	中央實體	8
	酒泉街	20	中央標線	3







路口調查歸納整理及初步分析

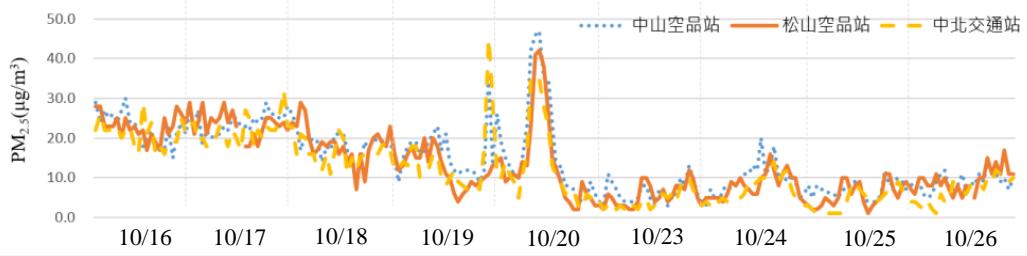


調查期間空品背景調查

➤ 不論大區域空氣品質變化監測的空品設站，以及設置於交通流量頻繁路口的交通測站，於調查期間的背景空污濃度變化趨勢相近。

➤ 調查期間的環境背景 $PM_{2.5}$ 小時

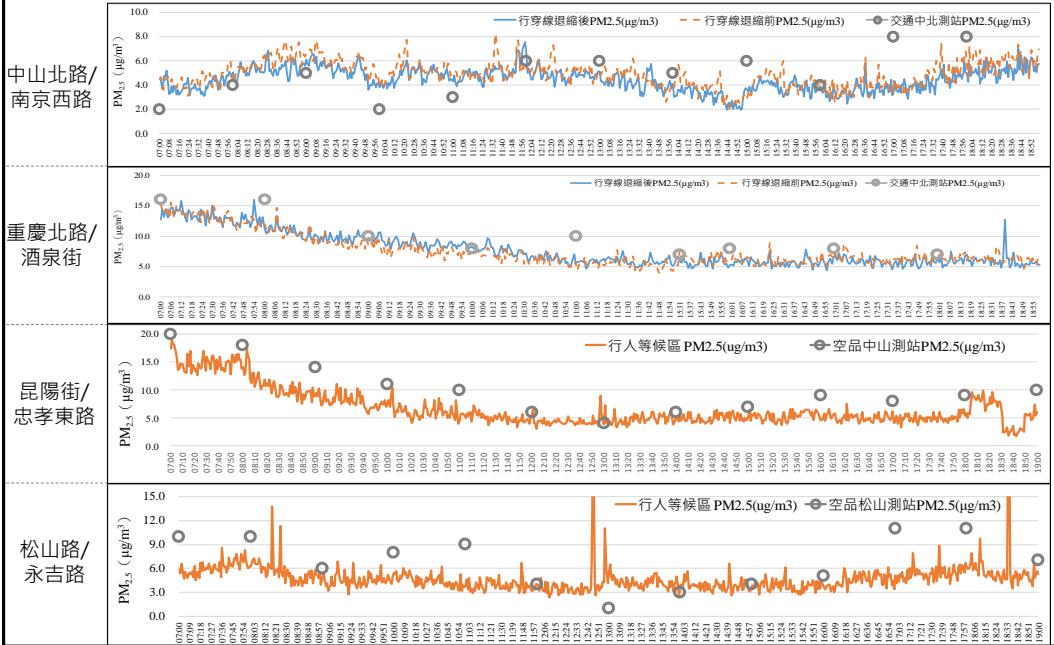
平均值介於 $11.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 至 $32.0\mu\text{g}/\text{m}^3$

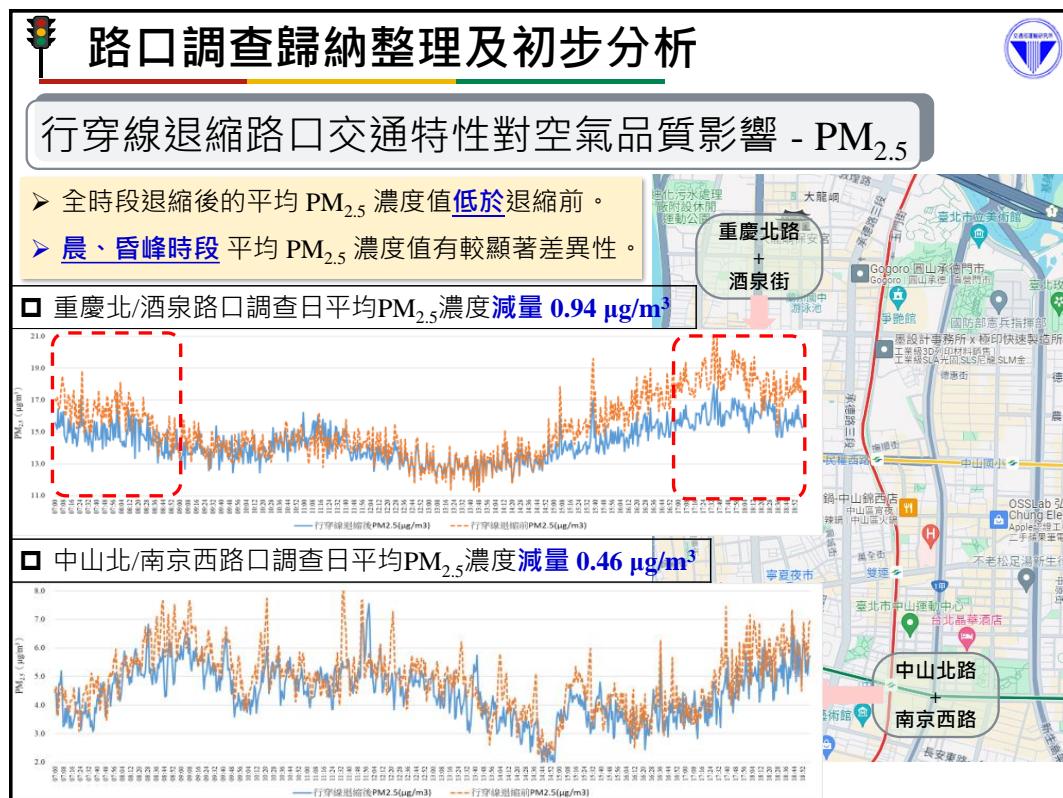
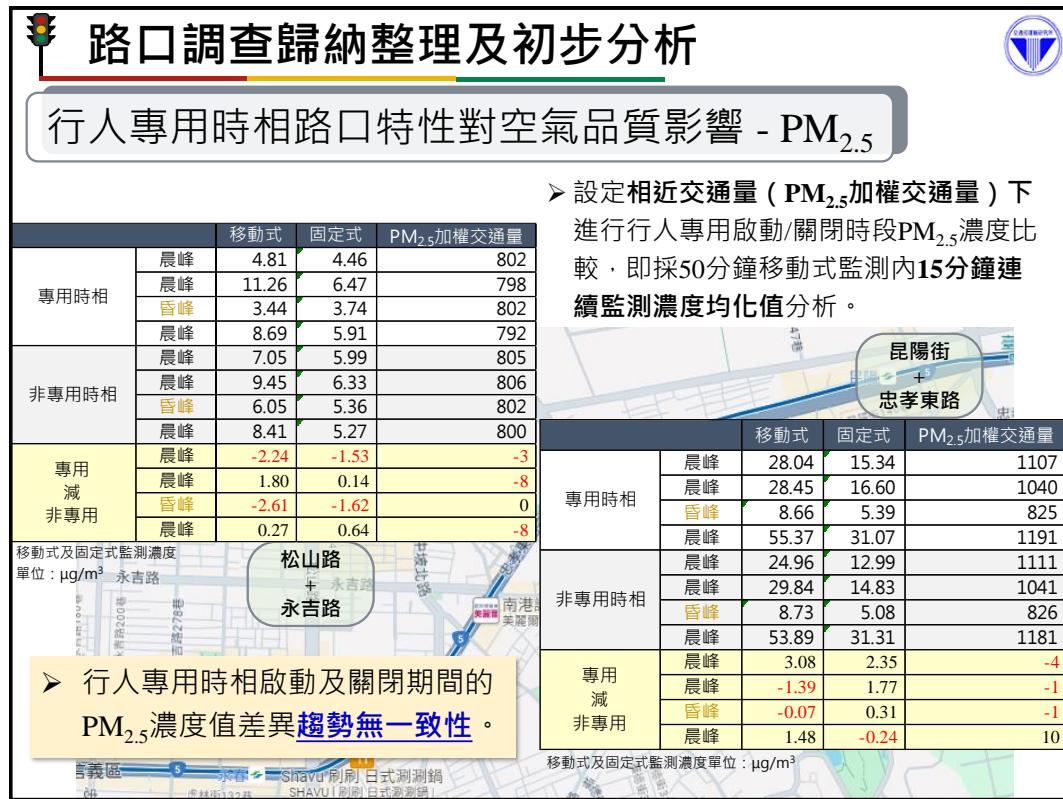


路口調查歸納整理及初步分析



環境背景與路口調查濃度比較 - 細懸浮微粒 $PM_{2.5}$







05

結論與建議



結論



掌握影響路口交通空污關鍵因素

- 過往研究成果發現，相對於與道路間的空間距離，**交通號誌控制**、**車輛密度**、**車輛停留時間**及**建築物群存在**等因子，更容易影響路口環境空氣污染物的濃度變化。

行人專用時相路口交通特性調查

- 就**同路口不同調查日**及**在不同路口**的行人專用時相啟動及關閉期間的PM_{2.5}濃度值差異性，研判路口尚存在多項難以控制的因子（如天氣變化、人車停等時間等），可能是導致此路口交通特性的調查結果趨勢**無一致性**。

行人行穿線退縮路口交通特性調查

- 當**尖峰時段**車流量增加時，因執行行人穿越線退縮改善措施，行人等候區域遠離路口機車待轉區，相較退縮前區域的PM_{2.5}平均濃度有**減量**0.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、0.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

 **建議** 

後續搭配空品模式模擬分析

路口屬於微環境區域，短期監測調查僅適用於呈現特定路口瞬時污染變化，建議仍應搭配模擬推估污染物擴散情形，以強化解析交通特性差異對環境空污影響。

通案性路口改善策略

依據調查結果提出通案性路口交通空污改善策略，建議召開專家諮詢與成果分享等會議，強化策略改善合理性。

可攜式監測儀器適用性

可攜式儀器使用成本低、即時監測、輕巧易攜帶、操作簡單與不受空間限制等特點。唯可攜式儀器之**精確度**亦受操作穩定性及環境干擾影響，適用於短時間調查，長時間性路口空污調查仍需搭配監測車。

