

探討街道寬度對都市風廊效能之影響

陳晶慧^{1*} 詹澄潔²

^{1*}國立台灣大學土木工程學系 研究生

²國立台灣大學土木工程學系副教授

摘要

都市街道在緊湊城市形態中扮演引導風流與塑造氣流通道的關鍵角色。風廊作為空氣通道，有助於將新鮮空氣引入高密度城市區域，降低都市熱島效應，並提升高密度建築環境中的熱舒適性。若在都市設計中忽略風廊的考量，可能導致熱島效應加劇、建築冷卻能耗增加、空氣品質惡化，以及對熱相關疾病的影響擴大，對高密度城市尤為嚴重。

因此，本研究旨在探討影響風廊效能的一項關鍵街道參數——「街道寬度」，以臺北市大安區某高密度街區為研究對象，進行模擬分析。本研究利用 ENVI-met 進行模擬，維持原始街道寬度 70 公尺為基準，並與縮減為 50 公尺與 30 公尺的情境進行比較。其他環境與建築條件皆保持一致，以凸顯街道寬度之影響。

研究結果顯示，街道愈窄，風廊效能愈受影響，行人高度的風速亦顯著降低。高密度建築亦對風廊形成產生壓抑，導致局部接近零風速的現象。然而，部分區域若具備較寬的開口或與風向一致的通道，則可能出現局部風速加快的現象。

本研究成果凸顯風響應式都市設計的重要性，以促進更涼爽、宜居的城市環境。未來應進一步納入建築朝向與高度密度等參數，因其亦可能顯著影響風行行為。此外，街道方位與主導風向的一致性對風廊效能亦屬關鍵。後續分析亦應納入風與氣溫交互影響，以推動熱能消散與風流流通，提升整體都市環境品質。

關鍵字:都市風環境，風廊效應，緊湊城市

Keywords: Urban Wind Environment, Wind Corridor Effect, Compact City

1. 前言

隨著都市化的快速發展，都市熱島效應 (Urban Heat Island, UHI) 日益加劇，都市地區因人類活動與基礎建設密集而出現較高的氣溫。此現象與「都市微氣候」(urban microclimate) 密切相關。都市微氣候指的是微尺度大氣過程下的局部參數變化，例如氣溫、相對濕度、太陽輻射與風場 (Orlanski, 1975)。根據 Yang 等人 (2023) 之研究，都市微氣候主要可分為四大類：都市風環境、都市熱環境、建築能耗以及污染物擴散。

都市微氣候的形成受多種形態參數影響，其中以街谷 (street canyon) 的影響尤為顯著。

Chan 等人 (2001) 發現，不同的建築幾何形態並不一定構成氣流障礙，然而街道幾何對峽谷內污染物分布具有明顯影響，且高縱橫比 (aspect ratio) 往往會降低通風效果。Ji 等人 (2023) 提出一種量化方法，透過將三維空間幾何形態與局部風環境進行關聯分析，以辨識關鍵街道形態參數。該研究指出，基於點位的街道形態分析可有效推估並辨識影響都市通風的主要街道幾何特徵。

另一相關議題為街谷中的植栽與綠色基礎設施之作用。Zeng 等人 (2022) 探討了綠帶設計對綠色街谷中行人高度風速不對稱性的影響。結果顯示，雙板三帶配置有助於改善上升式街谷的氣流，而單板雙帶或三板四帶配置則可減輕下降式街谷中的風影效應，進而提升行人層之舒適性。

本研究旨在探討在臺北都市脈絡下，道路寬度對風廊氣流的獨立影響。風廊 (wind corridor) 在促進自然通風及減緩都市熱島效應中扮演關鍵角色 (Hsieh & Huang, 2016)。風廊能協助熱氣散逸，確保都市區域內具備足夠風流，進而提升行人熱舒適性。過往研究多著重於縱橫比的影響，然而往往忽略道路寬度在微氣候中的重要性。本研究則試圖彌補此研究缺口，將「街道寬度」作為關鍵變數進行獨立分析。

2. 研究方法

根據 Vu 等人 (2024) 之研究，計算流體力學 (Computational Fluid Dynamics, CFD) 模擬工具已成為都市微氣候研究中不可或缺的技術手段，常見軟體包括 ENVI-met、ANSYS-Fluent、OpenFOAM 與 PHOENICS 等。其中，ENVI-met 以其豐富的內建功能與整合資料庫而著稱，能更有效且直觀地進行都市氣候模擬，相較於其他 CFD 軟體，其在操作性與便利性上具明顯優勢。ENVI-met 同時提供多項輔助工具，如 DB Manager 與 Alberio，可協助使用者管理材料與環境參數。因此，本研究選擇 ENVI-met 作為主要模擬平台，以平衡模擬的可操作性與靈活性，進行都市氣流交互的分析。

模擬流程首先從空間資料與氣象資料的蒐集與處理開始，以建立具真實性之街區尺度都市模型。研究使用 QGIS 進行資料整理，作為地理資料與 ENVI-met 模型間的轉換媒介。在 QGIS 中，建立了包括格網設定、街道寬度變化、建築高度、地表材料與三維植栽等關鍵元素。地表材料依據 ENVI-met 內建資料庫進行指派，以確保模擬引擎的相容性。

在模擬前，需於 ENVI-met 的 “Spaces” 模組中設定幾何構型，並於 “Forcing Manager” 模組中輸入氣象邊界條件。最後，進行 ENVI-met 模擬以分析不同道路寬度情境 (30 公尺、50 公尺、70 公尺) 下的氣流行為與微氣候影響，為氣候回應式都市設計提供參考依據。

研究區位於臺北市大安區的一個高密度住宅街區，如圖 1 及圖 2 所示，研究範圍約為 555 公尺 × 513 公尺，總建築基地面積約 81,189 平方公尺。研究主要聚焦於中央主幹道，該道路原始寬度為 70 公尺，並分別模擬兩種替代情境——縮減至 50 公尺與 30 公尺。此主幹道兩側為高密度建築群，樓層高度介於 2 至 56 層之間。道路兩側設有灰色混凝土人行道，並種植約 10 公尺高的行道樹。相較之下，周邊地區多為低樓層建築與狹窄街道，形成更為緊湊的都市空間結構。

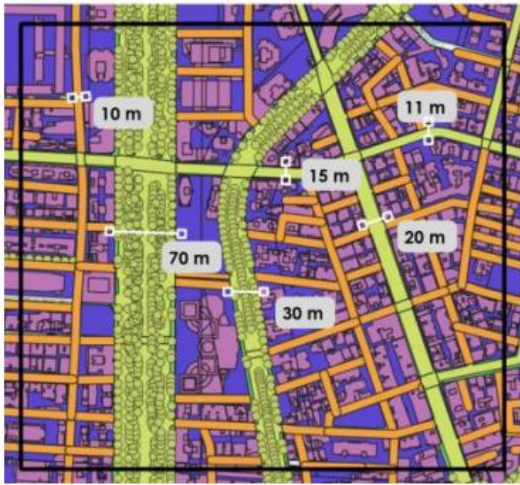


圖 1 為研究區域

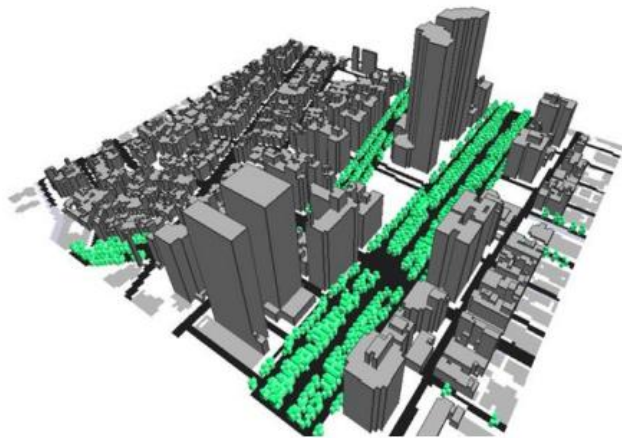


圖 2 為 ENVI-met 模擬模型示意圖

在 ENVI-met 模擬設定中，本研究採用「完全強迫模式 (full-forcing method)」以控制氣候條件，包括氣溫、濕度、風速、風向與輻射等參數。模型以 $3 \times 3 \times 3$ 公尺之均勻格網構建，未使用巢狀網格 (nesting grid)，因模型邊界外已設有 3 公尺緩衝區。兩種替代情境均遵循原始模型之設定，僅針對街道寬度進行調整，並內移部分建築以符合邊界條件。此外，模擬分析設定於 13.5 公尺高度進行，以評估風廊效應對氣流分布之影響。

3. 研究結果

圖 3 顯示在基準情境下 (高度 13.5 公尺) 之 XY 剖面風速分布，主導風向來自東南方。由風向向量可觀察到，當街道變得較窄時，風廊內出現更多紊流與停滯區。受到穩定風流影響的區域風速可達 5.04 m/s ，而高密度建築區或建築轉角處則出現局部風影現象，風速接近零。

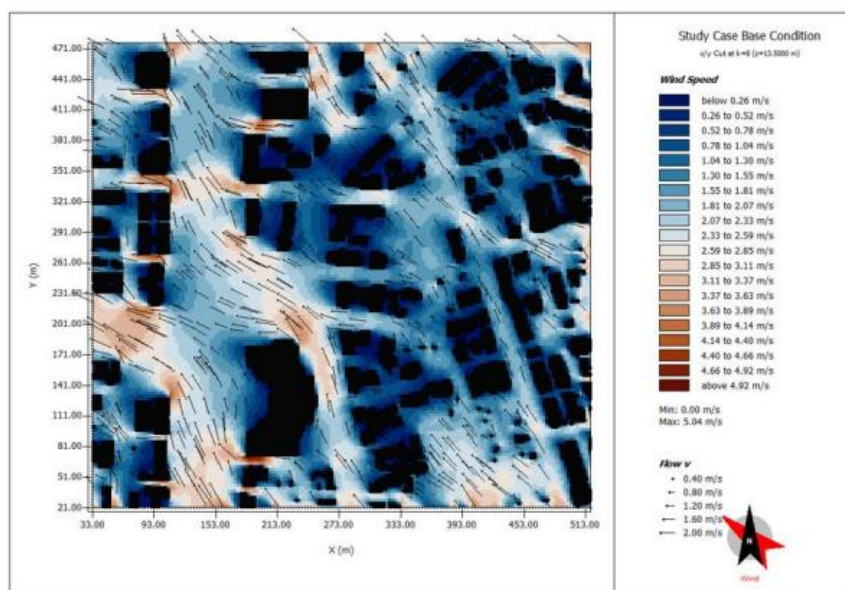


圖 3：XY 剖面風速分布—街道寬度 70 公尺

圖 4 顯示街道寬度為 50 公尺與 70 公尺、以及 30 公尺與 70 公尺兩組情境的比較結果（高度同為 13.5 公尺）。圖中以顏色梯度表示風速的絕對差異，藍色代表風速降低，而棕色則代表風速增加。可觀察到風速變化主要發生於街道與鄰近左側建築之間。在兩組比較中，風速變化可能受建築朝向與間距影響，這些形態因素可能阻礙或引導氣流通行。在 30 公尺街道的情境中，沿街風速變化更為明顯；部分區域的風速甚至高於 50 公尺與 70 公尺之比較結果，顯示較狹窄的街道可能因「文丘里效應」(Venturi Effect) 而導致局部氣流加速。文丘里效應指的是風流在通過狹窄建築間隙時被壓縮並加速的現象。

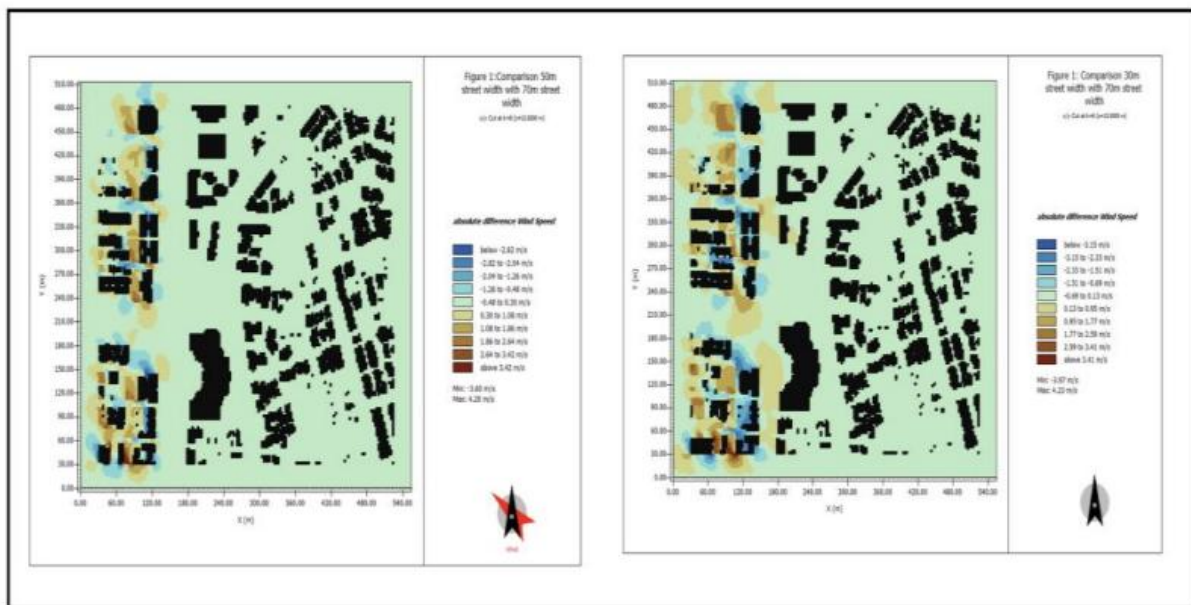


圖 4：左圖為 50 公尺與 70 公尺街道風速比較；右圖為 30 公尺與 70 公尺街道風速比較

圖 5 的 XZ 剖面顯示不同街道寬度下之氣流分布情形。結果顯示，街道越狹窄，風速越低。在最寬的街道（70 公尺）中，進入的氣流速度較高，並隨著接近建築逐漸減緩；而在較窄的街道中，減速過程更短且更為劇烈。此外，風速降低的原因不僅來自建築形體的阻擋，行道樹的存在亦在低層高度造成氣流減弱，因其與建築幾何共同形成氣流阻力。

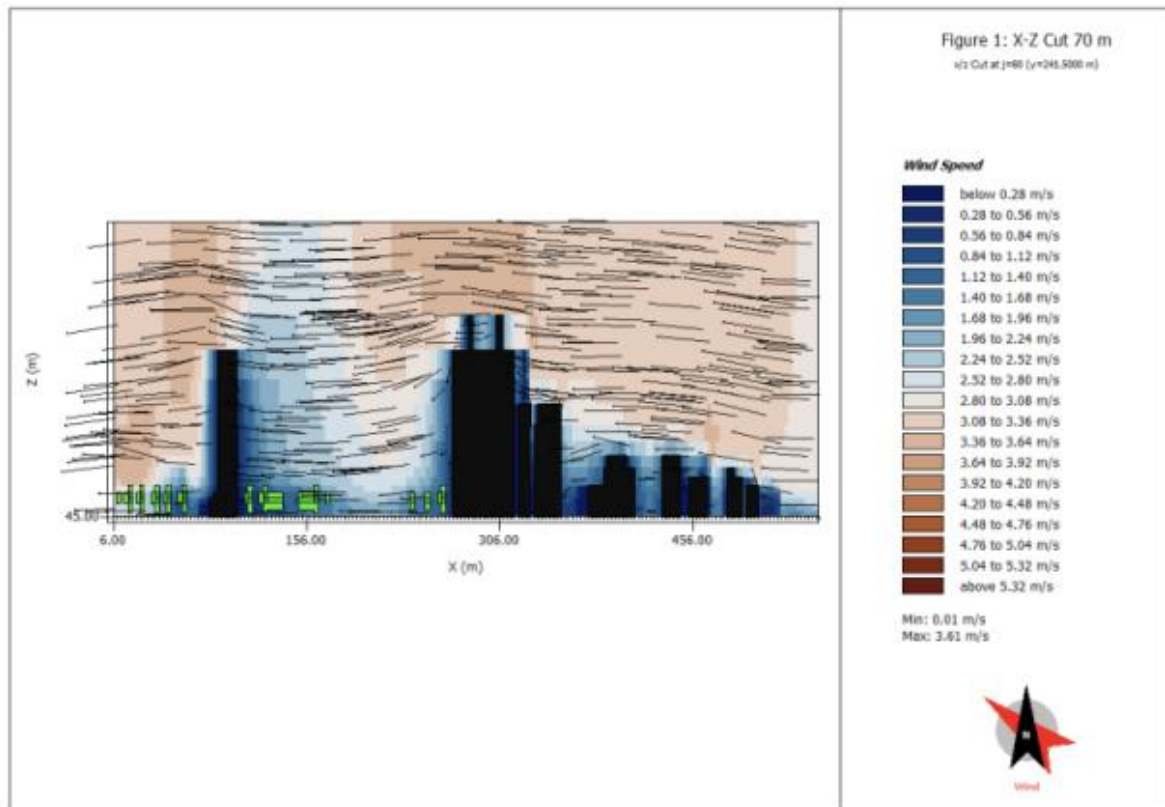


圖 5：XZ 剖面風速分布—街道寬度 70 公尺

4. 結論 (Conclusions)

本研究利用 ENVI-met 模擬分析，探討不同街道寬度對高密度都市街區風廊效應之影響。研究結果顯示，較窄的街道寬度（50 公尺與 30 公尺）相較於原始 70 公尺街道，對氣流分布產生顯著變化。狹窄街廊因空間限制而出現更高的紊流與局部風速變化。此外，狹窄街道中的風速下降更為急劇，且在行人高度的氣流流通也顯著減弱。這些結果顯示，都市幾何特徵——包括街道寬度、建築配置與植栽分布——對都市通風與微氣候具有關鍵影響，應納入未來都市規劃與設計策略中考量。

後續分析可進一步納入建築幾何因子（如建築朝向與高度密度）以更精確量化風廊效應。本研究已辨識不同街道寬度下的差異，但尚未建立明確的趨勢以連結風行行為與特定建築配置。未來模擬若能設定主導風向與街道方位平行，將有助於更準確地評估風廊通風量與氣流特性。此外，街道開口等形態參數亦可納入分析，以探討其對街谷通風效果之影響。最後，建議同時考量風與氣溫的交互作用，以判斷主導風是否能藉由熱量消散提升整體舒適度。結合這兩項因素的分析，將能提供對街谷微氣候性能更全面的理解。同時，街道鋪面材料等其他因素亦可能影響都市通風表現，值得未來進一步探討。

5. 參考文獻

Central Weather Administration. (2024, November 11). 2023 年氣候回顧：臺北創歷史高 溫

- [2023 Climate Review: Taipei Records Historic High Temperature]. https://www.cwa.gov.tw/Data/service/notice/download/Publish_20241111150141.pdf Central Weather Administration. (n.d.).
- Climate Observation Data Inquiry System (CODiS). <https://codis.cwa.gov.tw/> Chan, A. T., So, E. S. P., & Samad, S. C. (2001). Strategic guidelines for street canyon geometry to achieve sustainable street air quality. *Atmospheric Environment*, 35(24), 4089 – 4098. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00212-6](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00212-6) 2025
- Hsieh, C.-M., & Huang, H.-C. (2016). Mitigating urban heat islands: A method to identify potential wind corridors for cooling and ventilation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 57, 130 – 143. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.02.005>
- Le, A.-V., Hip, O.-M., Yang, S.-Y., & Chan, Y.-C. (2024). Sensitivity analysis of building material, ground material, and tree parameters in microclimate simulations. *Urban Climate*, 58, 102184. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102184>
- Ji, H., Li, Y., Li, J., & Ding, W. (2023). A Novel Quantitative Approach to the Spatial Configuration of Urban Streets Based on Local Wind Environment. *Land*, 12(12), 2102. <https://doi.org/10.3390/land12122102>
- Orlanski, I. (1975). A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 56(5), 527 – 530.
- Yang, S., Wang, L. (Leon), Stathopoulos, T., & Marey, A. M. (2023). Urban microclimate and its impact on built environment – A review. *Building and Environment*, 238, 110334. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110334>
- Zeng, F., Simeja, D., Ren, X., Chen, Z., & Zhao, H. (2022). Influence of urban road green belts on pedestrian-level wind in height-asymmetric street canyons. *Atmosphere*, 13(8), 1285. <https://doi.org/10.3390/atmos13081285>