

太陽能智能晶片戶外涼亭降溫系統設計研究

陳宣佑¹、涂博奕¹、林均瑞¹、陳鵬仁^{1*}

¹服務單位: 國立勤益科技大學智慧自動化工程系

* 通訊作者 E-mail: pjchen@ncut.edu.tw

國科會編號: NSTC114-2637-E-167-015

摘要: 本研究以提升戶外公共休憩空間之舒適性為核心目標，提出一套結合太陽能發電與熱電致冷技術之自給自足降溫系統設計。利用太陽能板提供系統所需電力，並搭配電能管理與儲能機制，驅動熱電致冷晶片產生溫差，藉由風冷散熱設計，將冷能集中輸送至人體活動區域，以達到有效降溫之目的。預期本系統可於半開放空間中實現約 3-5°C 之體感降溫效果，並在晴天條件下維持數小時穩定運作，具備實務可行性與推廣潛力，期望本研究能作為綠色能源於戶外公共設施應用之參考基礎。

關鍵字: 太陽能，致冷晶片，綠色能源。

1. 前言

因傳統戶外降溫方式主要依賴有遮陽、通風或需要外部電力的空調設備。並針對過去在無電力供應的戶外環境中，缺乏有效的主動降溫方案，我們想要開發一套自給自足的戶外降溫系統，使用製冷晶片 TEC[1]和散熱模組[2]，實現空間溫度較環境溫度降低 3-5°C 的舒適空間。研究會分為熱電製冷、散熱鰭片、風道結構三個方面進行設計，最後透過公式計算得到結果，來證明此研究具有實現戶外降溫的可行性。

2. 研究方法

本研究針對熱電製冷模組、散熱鰭片、風道結構與供電方式進行整合設計，並透過公式計算、數值模擬與實體驗證三個面向交互分析，逐步確認系統的可行性。本研究利用熱電製冷的吸熱、熱損失及熱平衡公式推導系統降溫能力，作為設計基礎與參數判斷依據，在模擬部分，透過風道、鰭片片數與網格測試，找出較合適的散熱與流場配置，提升出口降溫效果與模擬可信度，在實體製作部分，依照模擬結果建立相對應的縮小版裝置，並利用溫度感測器量測風道出口溫度，將實測結果與模擬及理論值進行比較。

$$P_{PV,req}(\Delta T) = \frac{P_{tot}(\Delta T)}{\eta_{sys}} = \frac{\rho c_p V \Delta T}{\eta_{sys} COP_{TEC}(\Delta T)} + \frac{P_{aux}}{\eta_{sys}} \quad (1)$$

$$Q_c = \alpha T_c I - 0.5 I^2 R - U(T_h - T_c) \quad (2)$$

$$Q_{cooling} = \dot{m} C_p \varepsilon (T_{room} - T_c) \quad (3)$$

$$Q_{load} = U \cdot A \cdot (T_{ambient} - T_{room}) \quad (4)$$

$$A_{PV}(\Delta T) = \frac{P_{tot}(\Delta T)}{\eta_{PV} \cdot \eta_{sys} \cdot E} \quad (5)$$

3. 結果與討論

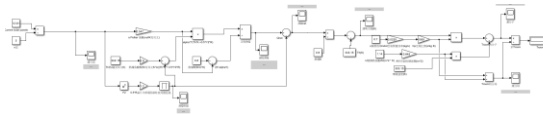


圖 1. 利用 simulink 找出最終空間溫度

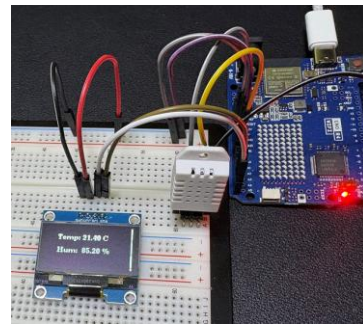


圖 2. 使用 arduino 連接溫度感測器測量溫度

表 1. 鰭片片數與間距對散熱溫度影響

鰭片個數	出口溫度(degC)	片間距
5	39.32827766	0.045
10	38.71039776	0.02091
15	38.18875811	0.01188

4. 結論

本研究以戶外降溫系統為目標，結合公式計算、數值模擬與實體驗證三種方法，建立系統設計與性能評估流程。結果顯示，透過理論分析可初步掌握熱傳與降溫機制，並藉由模擬優化風道與散熱結構，再以實體量測驗證其可行性。本研究證明此設計方向具有實現戶外局部降溫之潛力，並可作為後續系統優化與實際應用之基礎。

參考文獻

1. S. Ahmad, P. C. Sekhar, O. S. Rao, M. Bhaskar, and S. K. Kumar, "Design and Investigation on Portable Thermoelectric Air Chiller," *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 67, no. 2, pp. 18–22, Feb. 2019, doi: <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V67I2P204>.
2. “國立交通大學機械工程學系碩士論文 散熱器對熱電致冷器之性能影響 指導教授：傅武雄 博士 研究生：王威翔 中華民國九十七年七月。” Accessed: Mar. 07, 2026. [Online]. Available: <https://ir.lib.nycu.edu.tw/bitstream/11536/38531/1/454201.pdf>
3. Z. He, Q. Yu, J. Ye, F. Yan, and Y. Li, "Optimization of plate-fin heat exchanger performance for heat dissipation of thermoelectric cooler," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 53, p. 103953, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103953>.