

水柱及水霧射水之消防研究

研究生：陳宥佐

指導教授：郭來松

健行科技大學土木工程系研究生

健行科技大學土木工程系副教授

摘要

本研究探討水柱技術與水霧技術在消防應用中的效能、戰術選擇、對消防員的影響及設備與訓練的發展方向。水柱技術具備高射程與直接攻擊火源的能力，適用於開放空間，而水霧技術則有助於降溫與排煙，適合密閉空間。然而，其應用仍受水壓、設備重量、操作熟練度與標準化戰術的影響。透過受訪者訪談方式，研究顯示水柱技術適用於火點攻擊與建築降溫，但可能影響煙層穩定與視線；水霧技術則在煙層降溫與排煙中表現優異，但可能降低能見度與增加濕度，影響撤退安全。受訪者建議應根據火場條件靈活運用兩者，以提升滅火效率與消防員安全。此外，研究發現水壓、設備維護及操作熟練度影響滅火效能，受訪者認為訓練改進至關重要，未來應推動標準化戰術 SOP，並透過 TIC 熱顯像儀、AR/VR 模擬訓練與強化實火訓練，使消防員在真實火場環境中掌握水柱與水霧技術的應用，提高應變能力與戰術協調性，以提升滅火作業的整體效能與安全性。

關鍵詞：水柱、水霧、戰術、安全、消防員

一、前言

火場環境瞬息萬變，消防員需在高溫、濃煙及空間受限的條件下進行滅火與救援作業，因此滅火技術的選擇至關重要。水柱技術（Straight Stream）與水霧技術（Fog Stream）是消防作業中兩種主要的射水方式，然而，它們在火場應用上的優勢與限制各異，影響消防員的戰術決策與安全性。

傳統上，消防員主要依賴水柱技術來滅火，其高壓直流水流能有效擊中火點並降低燃燒物溫度。然而，在密閉空間或需要降溫與排煙的情境下，水霧技術則能提供最佳的煙層穩定與熱輻射控制。然而，目前消防訓練仍以經驗傳承為主，許多消防員未能充分理解如何根據不同火場條件靈活運用水柱與水霧技術。此外，隨著建築結構日趨複雜，以及消防設備技術的發展，如何優化滅火戰術並提升消防員的操作技能，成為當前消防領域的重要課題。

二、射水特性

表一 水柱及水霧之射水特性對照表(本研究整理)

特性項目	水柱（Straight Stream）	水霧（Fog Stream）
水流型態	水流集中，具有強穿透力，適合直接撲滅火焰。	顆粒細小，能快速擴散並包覆火焰。
動能 / 擴散性	動能高，能沖散火焰與煙霧，但可能影響操作穩定性。	擴散性強，能全面包覆空間，適合密閉或半密閉火場。
流量 / 吸熱性	流量大，可迅速冷卻火場，但易造成積水與損害結構。	吸熱效率高，迅速汽化降溫，有效控制火場溫度。
射程 / 抑制效能	射程遠，適用遠距離滅火，降低接近火場風險。	能形成屏障，抑制煙霧與輻射熱，提升人員保護。
使用水量與影響	水量多，可能阻礙行動與造成建物損害。	水量較少，減少積水，提高行動效率。

三、射水優缺

表二 水柱及水霧之射水方式優缺對照表(本研究整理)

分類	項目	優點	缺點
水柱	射程遠	適合遠距離攻擊，減少消防人員暴露於高溫環境。	產生強烈反作用力，影響消防人員的穩定性。
	威力強	可快速控制大火，防止火勢蔓延。	容易造成水損，增加地面積水，影響行動。
	穿透佳	穿透力強，能沖散燃燒物。	無法有效降低煙霧濃度，影響視線。
水霧	降溫快	快速降溫，降低火場溫度，提高作業舒適度。	高溫下可能轉為蒸氣，造成燙傷風險。
	安全性	抑制煙霧與輻射熱，提高視線可見度。	可能影響能見度，使消防人員難以辨識環境。
	靈活性	減少積水，提高行動便利性。	受風向影響較大，在開放空間中可能降低滅火效果。

四、研究方式

（一）專家訪談：本研究透過訪談不同層級的消防專家，以獲取：

- 水柱與水霧射水技術的實務經驗與優劣分析。
- 不同層級消防人員對射水技術應用的看法。
- 滅火效能、安全性與戰術選擇的考量因素。
- 實火訓練與指揮層級的決策影響。

（二）研究重點：透過訪談消防員的實務經驗，建立一個更科學化與戰術化的滅火技術應用標準，並為未來消防設備發展與訓練課程規劃提供參考依據。包含以下：

- 水柱與水霧技術的最佳應用場景。
- 這些技術對火場環境與戰術的影響。
- 目前設備的挑戰與改進方向。
- 如何強化消防員的技術與戰術訓練。

五、研究結果

（一）水柱技術適用於：

直接攻擊火點、建築降溫、控制大範圍火勢，但可能擾動煙層並影響消防員視線。

（二）水霧技術適用於：

密閉空間降溫、排煙、防護消防員，但可能降低能見度，影響撤退安全。

（三）受訪者建議：1. 根據火場條件靈活運用水柱與水霧技術，以提升滅火效率。

2. 設立標準化 SOP，確保戰術運用的一致性。

3. 透過 TIC 熱顯像儀、AR/VR 模擬訓練與強化實火訓練，提高消防員的技術熟練度與戰術協調性。

六、結論與建議

本研究證實，水柱與水霧技術各具優勢，應根據不同火場條件靈活運用，以提升滅火作業的整體效能與安全性。未來應：

（一）推動標準化戰術 SOP，提升消防員對水柱與水霧技術的應用能力。

（二）強化消防訓練，導入 AR/VR 模擬訓練與 TIC 熱顯像儀，以提升消防員的應變能力。

（三）研發雙模消防設備，使消防員能根據火場需求切換水柱與水霧模式，提高作業靈活性。

（四）此研究結果可作為消防單位優化滅火策略的參考，並為未來消防技術發展提供建設性建議。



健行科技大學

Department of civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology

2025

土木工程與防災研討會

