

105 學年度「機電實作專題成果展」
構想書

作品中文名稱：三維空力套件對休旅車之模擬分析

作品英文名稱：Investigation of the Aero-Kits Effects on
the Sport Utility Vehicle by Using a
Three-Dimensional Model

國立中山大學/機械與機電工程學系/黃亭嘉/B023022055

指導教授：許聖彥 助理教授

主辦單位：國立中山大學機械與機電工程學系

一、摘要

本研究之目的在於透過改變車輛外型設計，分析鯊魚鰭天線與下分流器在車輛行駛中的功用。研究中，利用計算流體力學(Computational Fluid Dynamics)進行在車速為22m/s的暫態模擬，藉由改變鯊魚鰭天線的高度與下分流器的角度，測試單一空力套件對風阻的影響，根據模擬結果選擇110mm高的天線與角度為7.53°的下分流器，接著進一步測試空力套件的疊加效果，當同時車輛安裝上鯊魚鰭天線和擾流板時，車輛可以得到最低風阻。

二、動機與目的

約在1970年代，空氣動力學(aerodynamics)在汽車外觀設計上逐漸受到重視，透過風洞實驗能夠有效評估車型在空氣動力學上的表現。加上2004年國際油價上漲，人們對於如何降低車輛油耗有更多的研究與探討，在外型上除了設計成流線型的車身，更延伸出各種空力套件(aero kit)改善阻力，然而針對不同的車型，空力套件的安裝與搭配未必能夠達到預期的效果[1]。

近幾年來，針對常見的空力套件有許多研究[2][3]，然而，多數研究使用k-ε紊流模型進行穩態分析，吾人認為尾流的流場對風阻的影響遠大於車身周圍的流場，此外，模擬的車速讓流場產生完全不穩定的紊流，因此本研究採用分離渦流模型(detached eddy simulation)進行暫態的模擬。

三、研究內容

在模型上的建構使用 Gambit 2.4.6 前處理軟體來建立幾何外型與網格，接著匯入計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)套裝軟體 FLUENT 14 模擬在 CRV 安裝相異空力套件的速度場、壓力場和風阻係數，最後使用 CFD-Post 後處理軟體，來分析流場物理現象。

2.1 理論模式

連續(continuity)方程式：

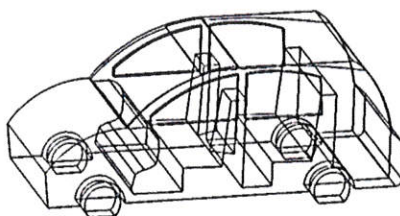
$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

第 j 維動量(momentum)方程式 (u_j)：

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_j) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\mu \frac{\partial u_i}{\partial x_j}) - \frac{\partial}{\partial x_j}(\overline{\rho u_i' u_j'}) + \rho g_i \quad (2)$$

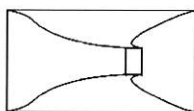
2.2 幾何模型

以實際尺寸繪製休旅車三維模型，長寬高分別為 4545mm, 1820mm 和 1685mm，為避免空力套件互相干擾，影響模擬結果，將原先車身上的所有空力套件省略，如圖一所示。

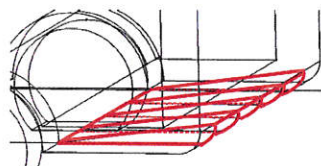


圖一：休旅車實際尺寸三維模型示意圖

圖二為鯊魚鰭天線的原型，參考擾流器(vortex generators)在機翼上的應用，將測試模型中的天線高度分別設定成 20mm、50mm、80mm 和 110mm[4]。圖三為分流器的模型，根據地面效應(ground effect)且不改變車輛重心的情況下，將測試模型的后下分流器角度分別設定成 7.53° 、 13.13° 和 29.3° [5][6]。



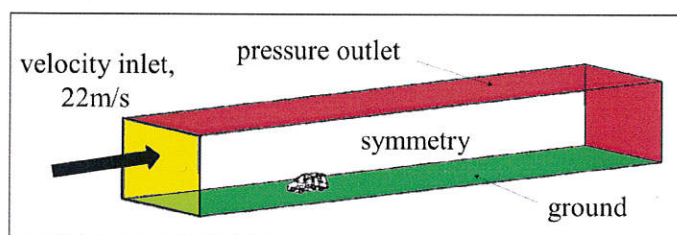
圖二：原型的正視圖與上視圖



圖三：後下分流器(紅色區域)側視圖

2.3 網格測試與邊界條件

關於外流場的邊界設定，如圖四所示。



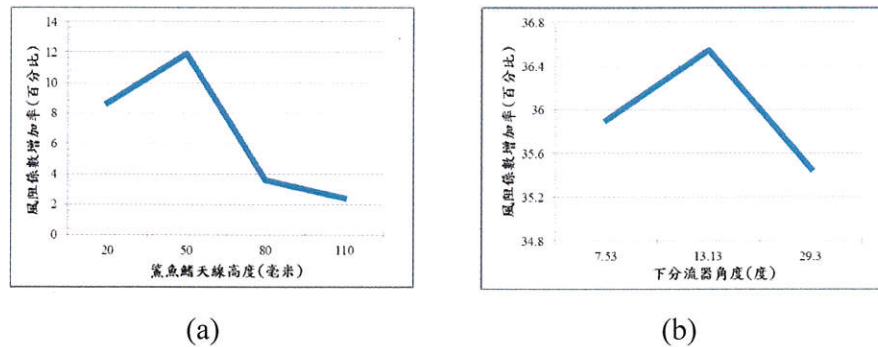
圖四：三維模型的邊界條件

四、結果與討論

以無安裝任何空力套件之車輛的風阻係數 0.434612 當作參考基準，將模擬結果與之對照，並且進一步比較空力套件應用上的差異。

4.1 單一空力套件

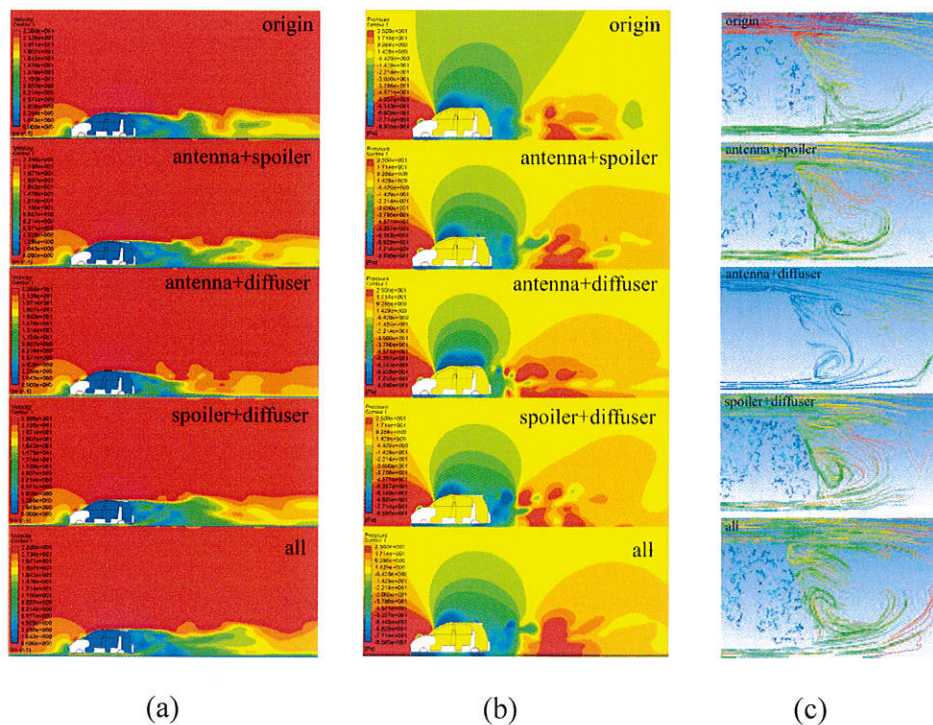
針對鯊魚鰭天線的高度不同，風阻係數的測試結果如圖四-a 所示，當天線的高度在 100 毫米時可以得到最低的風阻係數；圖四-b 為下分流器針對角度的模擬結果，雖然當角度為 29.3° 可得最低風阻係數，但是三個角度的模擬結果差異不大。



圖五：單一空力套件之風阻係數測試結果 (a)鯊魚鰭天線在不同高度的測試結果 (b) 下分流器在不同角度的測試結果

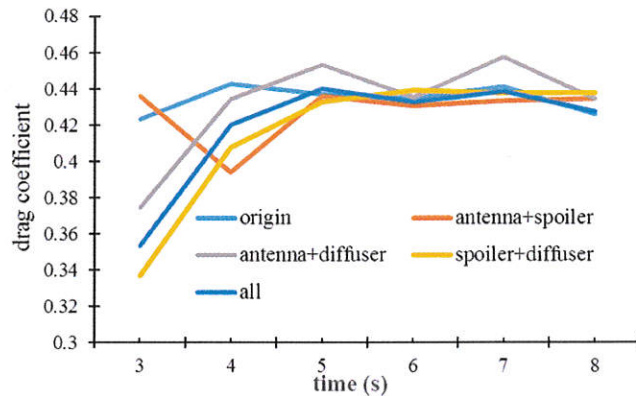
4.2 多重空力套件

由先前的測試結果，選擇高度 110 毫米的鯊魚鰭天線、 7.53° 的下分流器以及原始的擾流板在這個部分進行搭配效應的模擬，分別為天線與擾流板、天線與下分流器、擾流板與下分流器和同時安裝這三種空力套件。



圖六：多重空力套件在第八秒的流場 (a)速度場 (b)壓力場 (c)粒子路徑

圖六為多重空力套件的比較，速度場(a)與壓力場(b)在暫態模擬中短時間內有劇烈的變化，透過粒子路徑(c)可以比較車尾渦流的差異，其中以同時安裝天線與擾流板的風組表現較好。鯊魚鰭天線和擾流板將車頂的分離點延後，下分流器功用主要是將底盤的流場整流，但事實影響不大，因此由圖七的結果將各個狀況的風阻係數取第五秒到第八秒的平均，可得到最小風阻係數 0.433486。



圖七：多重空力套件在不同時間的風阻係數

五、結論

妥當的使用空力套件，能夠讓車輛在高速行駛時能有更好的表現。透過本研究的模擬結果發現並非安裝越多的空力套件就能夠有效的降低風阻係數，仍須考慮各個配件對彼此效果的影响，才能更恰當的應用空力套件。

六、參考文獻

- [1] Bettes, William H. "The Aerodynamic Drag of Road Vehicles-Past, Present, and Future." Engineering and Science 45.3 (1982), pp 4-10.
- [2] R. B. Sharma, Ram Bansal, CFD Simulation for Flow over Passenger Car Using Tail Plates for Aerodynamic Drag Reduction, Journal of Mechanical and Civil Engineering, Volume 7, Issue 5, pp28-35 2013
- [3] Hu, X. X., and T. T. Wong, "A numerical study on rear-spoiler of passenger vehicle." World Academy of Science, Engineering and Technology (2011), pp 1800-1805.
- [4] Masaru KOIKE, Tsunehisa NAGAYOSHI, Naoki HAMAMOTO, Research on Aerodynamic Drag Reduction by Vortex Generators, 2004
- [5] AHMED, H and CHACKO, S, Computational Optimization of Vehicle Aerodynamics, DAAAM International, Vol. 23, No.1, pp.313-318, 2012
- [6] Laurent Dumas, Optimization and Computational Fluid Dynamics, Spring, 2008, pp. 191-216
- [7] Irene Michelle Berry, The Effects of Driving Style and Vehicle Performance on the Real-World Fuel Consumption of U.S. Light-Duty Vehicles, Massachusetts Institute of Technology, 2010