

型形震波：安靜的超音速震波研究

· 彭興仁 ·

自傳奇試飛員葉格上尉駕駛X-1率先突破音障以來，伴隨超音速飛行的高分貝音爆不斷遭人詬病，導致原本商機看好的超音速商業飛行處處受限，最後一架協和式超音速客機在二〇〇三年黯然退出營運。

近年來隨著原油價格不斷攀升，超音速商業飛行再度被提出，但首要課題就是設法減少音爆的噪音。

當飛機以超音速飛行時，前方空氣遭受擠壓使得壓力急速增高，而機尾空氣在機體通過後瞬間膨脹以填回原先機體所占據的空間，使得壓力急劇下降，呈現典型的N字形壓力變化。由於經歷兩次急劇的壓力變化，超音速飛行時震波會產生「碰撞」兩聲的音爆。假如能藉由機體適當的構型來延緩壓力的急劇變化，應該可以大幅降低音爆噪音。

型形音爆實驗SSBE

美國太空總署自二〇〇三年起進行一項名為「型形音爆實驗」(SSBE, Shaped Sonic Boom Experiment)的研究，藉電腦流體力學計算CFD (Computational Fluid Dynamics)的幫助，以改變機身構型，來延緩N形波的發生與降低壓力波的幅度。簡單來說，著名的「面積率」要求飛機的截面積變化平滑以降低阻力，「型形震波」則是舒緩壓力變化來降低音爆噪音。

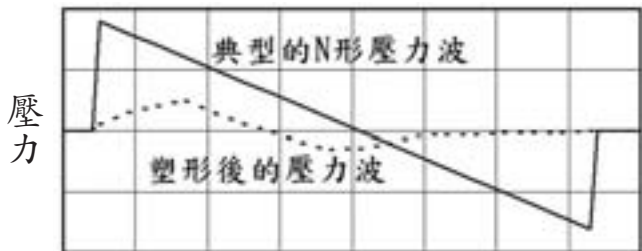
初步的概念驗證測試以一架改裝的F-15E來進行。改裝的F-15E在機首下加裝特殊造型，延伸到機腹的「下巴」，初步測試證實原本尖銳的N形壓力波明顯減緩，音爆噪音值降低四十分貝（一般噪音值的分級如附表）。

以生產中型商用噴射客機聞名的灣流公司(Gulfstream Aerospace)對該項計畫表示高度興趣。二〇〇六年，灣流公司製的二十四呎長「靜音叉」(Quiet Spike)裝在NASA的F-15B鼻錐上進行測試，也獲致良好的效果。與前述F-15E上的裝置不同，「靜音叉」在機身前方二十四呎處製造許多小的震波，也就是把原本一次急遽的壓力變化，分裂成多個細小的波動，同樣能達到降低壓力波幅度，與延緩N形波發生的效果。

音爆的強度與機體的大小及飛行的高度有關。相同飛行高度時翼展愈長音爆愈強；而飛行高度愈高時傳到地面的音爆震幅愈低，據估計，中型商用客機在五萬英尺到五萬五千英尺，以超音速巡航最符合經濟效益。

噪音值分級表

噪音源	分貝
痛苦無法忍受	>134
一百公尺外運轉中的噴射引擎	110-140
建築工地打樁機	~ 100
十公尺外繁忙的大馬路	80-90
十公尺外發動中的客車	60-80
家裡電視音響音量	~ 60
正常談話	40-60



未來的挑戰

儘管型形音爆實驗獲得初步的成功，離實用化商業飛行還是有相當距離。幾個必須克服的議題包括：

- 一、機體上的附加物對飛機氣動力特性的影響，能否符合飛安要求。
- 二、自協和式客機退休後，沒有實用的超音速客機可供驗證實驗，而重新設計建造一架超音速客機所費不貲。
- 三、五萬呎的經濟巡航高度，引擎廢氣對臭氧層的破壞不可忽略。在地球溫室效應日趨嚴重的狀況下，能否通過環保評估還是未知數。
- 四、現行民航法規禁止商用客機在美洲或歐洲大陸上空以超音速飛行，沒有實機測試將很難推翻禁令。

無論如何，重返超音速商業飛行總算踏出了第一步。