

文/金屬中心產業分析師 陳靖惠

車體結構輕量化 對車用零組件的影響

輕量化的趨勢

在探討這個議題之前，我們可以先從【圖1】了解汽車輕量化的發展脈絡，主要的起因，除了包括2009年以前的高油價時代，各國為了降低對石油的進口依賴，也由於環保及健康的意識抬頭，對於排放標準更加嚴格，因此除了電力及工業排放受到限制之外，第二大排放的交通部門，也就難以置身事外。而車身的輕量化對傳統內燃機汽車在節能減排議題上佔很重要的角色，根據研究資料顯示，若整車重量降低10%，燃油效率可提高6%-8%；車輛每減重100公斤，CO2的排放可減少3g/km，因此這無疑是各大車廠被迫要改變的方向之一。

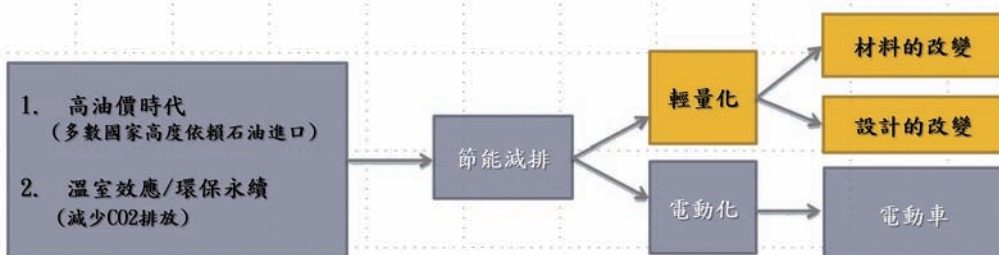


圖1 輕量化的發展脈絡
資料來源：金屬中心MII繪製(2016/03)

本文試著從全球車廠的研發方向，去歸納出目前車廠在輕量化議題上主要努力的重點。整體來說，可分成二大類，一是**材料的改變**，二是**設計的改變**。材料的改變包含了單一材料的變更及異質材料混合使用；而設計的改變，則包含了新的製造方法以及結構最佳化的設計，詳如【圖2】所示。

目前汽車的車體幾乎都是鋼板，一台車上的輕量化材料大概只有佔3成左右，在材料改變進程上，現階段以高強度鋼及鋁合金的發展較為快速，其他還有陶瓷、塑料、玻璃纖維或碳纖維複合材料等。根據McKinsey的研究指出，至2030年，一台車上所使用的輕量化材料將可高達7成，而以先進高強度鋼板、鋁合金及

車體結構輕量化的方向

車體結構的輕量化，不單單僅考慮車架本身，還必須根據汽車被要求搭載的配備項目去做設計，舉個例子來說，一台沒有搭載ABS安全系統及防碰撞系統的車子，其在車體減重的設計上一定跟一台搭配多項系統配備的車子有所不同。1990年代，美國能源部曾主導跨部會合作新一代汽車共同開發計畫，參與者除了學研單位之外，也包含二大車廠GM及福特，該計畫其實就是汽車輕量化的開端，每年由政府提撥二億美元經費，投入車體結構與動力系統輕量化設計的研究。時至今日，輕量化的主題隨著材料技術不斷的演進，仍然是各大車廠持續研究的主軸。

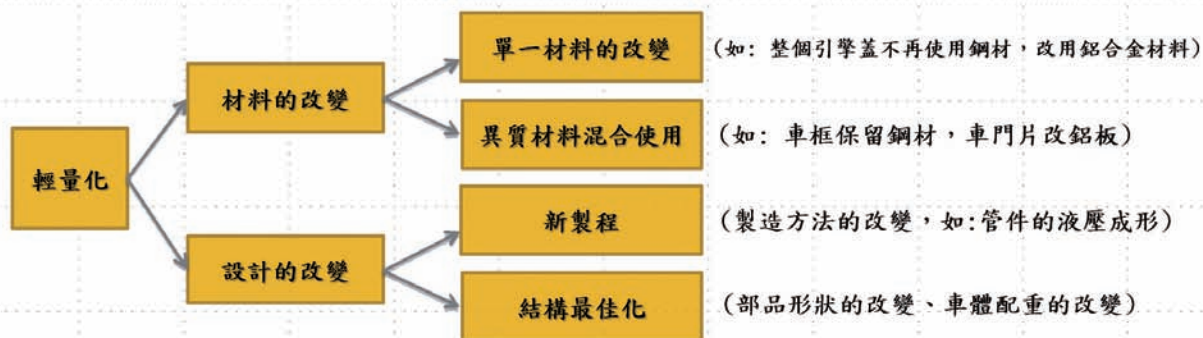


圖2 輕量化的發展方向

資料來源：金屬中心MII繪製(2016/03)

樹脂材料的使用比重增速最為明顯，因此以下茲分別就上述三項材料進行說明。

一、高張力鋼板

受汽車工業朝車體輕量化來提升燃油效率及強化乘客安全之發展需求帶動，過去幾十年來鋼廠投入大量車用先進高強度鋼材(AHSS, Advanced High Strength Steel, 薄板材)之開發，同時在燃油及安全法規的壓力下，AHSS鋼材大幅被應用在汽車車體結構上，據2011年國際鋼鐵協會所提出之未來鋼鐵汽車(Future Steel Vehicle, FSV)概念，其透過97%AHSS鋼材(抗拉強度1000MPa以上佔50%以上)設計，能使FSV車身重量比傳統80%以上軟鋼車身減輕39%，並具最高等級碰撞安全性能。幾年前Nissan的FAIR-LADY Z(第六代)，由於加裝側面安全氣囊、保護行人用的彈跳式安全引擎蓋裝置等安全配備，整體車重從五代的1,480公斤再增加100公斤，為了有效減輕汽車重量，此款車即開始在車體及各項零組件上大幅進行輕量化：包括車體減輕10公斤、車身板金件從過去35%的高張力鋼板(590~780Mpa)使用，提升至53%，且當中有4%是採用980Mpa等級。最近Nissan又表示，為了讓新車在安全的基礎下車重能更輕，將要擴大在為來新車款上使用更多的極高張力鋼板。目前第一款使用AHSS極高張力鋼板的車款是Infiniti Q50，而預計2017年開始，Nissan旗下各車款皆會使用AHSS極高張力鋼板，不僅能夠在兼顧車體剛性的情況下，同時減輕達15%的車體重量。

二、鋁合金

鋁合金是汽車輕量化過程中使用最多的材料，全球乘用車使用鋁材料呈逐年遞增的趨勢如【圖3】，主要由於鋁合金材料具有輕質、可回收和易成型特點，而且根據實測鋁製的車架可以比鋼製車架減重達30%-40%，其中鋁質發動機可減重30%，鋁散熱器比銅製會再輕個20%-40%，汽車鋁輪轂也能減重30%，因此現階段鋁合金材料似乎是汽車輕量化理想的材料。

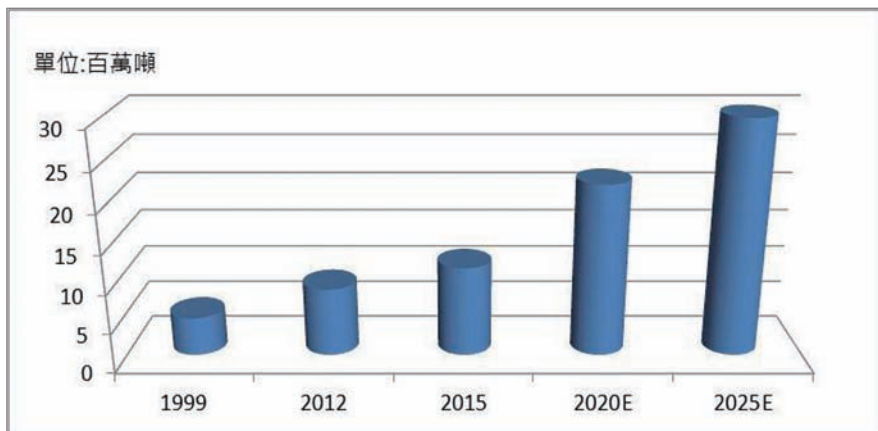


圖3 全球汽車每年用鋁量趨勢

資料來源：Ducker Worldwide / 金屬中心MI繪製(2016/03)

美國Alcoa公司曾在2011年採用鋁合金打造一輛大客車，整體車身因此減重12%，燃油效率提升6%，這輛車的生命周期可減碳50噸，目前根據IKA, University of Aachen的研究結果顯示，一輛重量為1,229kg的乘用車，在徹底全鋁化以後，理論上最大可以減輕785kg，也就是可以達到最大輕量

化36%的水準。不過值得思考的是，鋁的密度大約是鋼的1/3，鋁的彈性模數(modulus of elasticity)大約也是鋼的1/3，代表同樣的結構採用鋁合金材料重量會是採用鋼鐵材料的1/3，但是結構剛性也會只有採用鋼鐵材料的1/3，換言之，使用鋁板若期望要有跟鋼板相同的剛性，重量很有可能完全不會減輕，這也就是為什麼鋁合金大多被使用在引擎蓋、車頂、行李箱、煞車卡鉗、輪圈等不需要高剛性的地方上，這也代表著現階段鋁合金板材要被使用在底盤及車體，仍然存在一些問題需要突破。

目前市面上使用全鋁合金車體的車子，仍以高級房車為主(例如：Audi A8L 3.0TSI)，售價400萬元以下的房車罕見全鋁合金車體，主因在於鋁合金成本昂貴，加工技術較高，生產線不能和鋼製車體混用，設計與製成較為複雜，機具也相當昂貴，在缺乏規模的情況下，生產成本難以降低，因此現階段也只能應用在旗艦房車與跑車等高價車型上。

三、樹脂材料

碳纖維是一種含碳量在95%以上的高強度、高模量纖維的新型纖維材料。與鋼鐵相比，其強度達到10倍，而重量僅為其四分之一。做為與樹脂一起燒結而成的複合工業材料，目前大多被應用於飛機機身。根據日本材料廠的測試，如果該材料用於汽車領域，燃油效率將至少能提高4成，又因其大幅的減輕了汽車重量，間接有效降低CO2排放量，因此被視為是不可多得的環保新材料。日本豐田集團旗下的「LEXUS LFA」2010年12月在日本上市時已首次採用CFRP，而且CFRP占了車體結構的65%，與原來的車型相比，約減重100Kg，但售價將近3850萬日幣，儘管碳纖維的價格目前仍然高不可攀，應用也尚未廣泛化，但其在汽車輕量化的道路上，其「比鋼強、比鋁輕」的特性，無疑已經指出了未來材料發展的一種趨勢。

輕量化對車用零組件的影響

以一台汽車的車重配比來看，底盤、內裝、動力系統及車身零組件若未採任何減重材料，合計可達680磅(約308Kg)，以一台汽車平均1500Kg來看就佔了20.56%。因此，即使只是將每個零件的重量減輕一點，對於一台由數千個零組件裝配起來的複雜汽車而言，其總體重量就能夠減輕很多。

目前汽車零組件輕量化的主要材料有碳纖維、輕質合金(鋁合金、鎂合金、鈦合金)、工程塑膠、複合材料與高強度鋼等，不過不管是車體還是零組件的輕量化，其實都還是得在維持駕駛安全與性能的前提下，如前面所談，去藉由材料與設計的改變來達成減重的目的。現階段鋼鐵材料仍然是車用零組件材料的主要成分，但鋁合金、鎂合金、塑膠與複合材料使用量不斷成長，鑄鐵與中、低強度鋼的應用逐步減少，各種材料的性能差異導致在汽車零組件應用比例不斷發生變化，輕量化材料與零組件與汽車產品設計、製造技術的整合將更為密切。以下分別就大體積零組件(如：馬達傳統系統)與小體積零組件(如：車用扣件)分別說明。

一、大體積零組件的輕量化-以馬達傳動系統為例

汽車或卡車上最重的系統就是它的發動機。組成發動機的零件，如發動機缸體、活塞、曲軸和各種配件都是由高強度，耐熱金屬製造的。這些零組件必須能夠承受每分鐘數千次受控爆炸產生的巨大壓力和溫度。而為了使發動機經久耐用，傳統的發動機都非常的沉重，因為要想讓汽車移動，發動機必須將其轉動的能量，從發動機傳到汽車四個角的至少兩個車輪上，要做到這一點，需要變速箱、汽缸體和許多零組件的整合，這無疑是汽車零組件中重量最重的部分。因此未來若將電動馬達直接集成在每一個單個車輪的輪轂上，就可以省去常規汽車上的這些笨重且需時常維護的汽車零組件。目前法國跑車獨立品牌Venturi-Venturi正致力於這項產品的開發及應用。

二、小體積零組件的輕量化-以扣件為例

有研究指出，對於汽車輕量化而言，小體積零組件的減重並不是特別重要的議題，但事實上，對小體積零組件(如：扣件)的影響應該要從不同的二個層面來思考，一是若目前的車體維持相同鋼鐵材料時的影響，二是若未來車體改採不同材料時又會造成什麼影響。

以層面一來看，當車體維持鋼鐵材料時，我們必須思考一輛汽車使用的扣件最高可達3,000個，約佔車子總重的4.5%，也就是平均一個扣件的重量目前約落在22.5g~27g之間，若平均每個扣件減重1g，整體車重約能減重2kg以上。此時對於車廠而言，如何透過減少這2kg的目標，來促使零組件及結構有更好的設計，就

會是發展的重點。舉例來說，美國扣件廠Phillips Screw Company在車用扣件的設計上，就透過縮短頭部長度以及使用六角型取代圓形提高了扣件的有效作用面積，從而減少每台汽車的扣件使用數量【圖4】。



圖4 美國扣件廠在扣件輕量化的解決方案

資料來源：Phillips Screw Company/金屬中心MII整理(2016/03)

若從層面二來看，未來車體改採不同材料時，對扣件這樣的小型零組件廠而言，就不單單是形狀及設計上的改變，而很有可能是在扣件材質/材料的替換了。扣件主要的用途，是將車子的重要零組件與車體做適當的接合，而且不會在汽車的行駛過程中造成鬆動或斷裂，以確保行車的安全，換言之，扣件被要求的是強度的最適化，並不是強度越高越好，假設未來車用材料大量改採鋁合金及碳纖維塑膠材料時，現有碳鋼及低合金鋼材質扣件是否仍然適用，就會是一個很值得思考的問題。

過去幾十年來，車廠在接合金屬結構的主要方法接觸點焊，任何車輛都需要2,000到5,000個焊點，這個工藝廉價(每個焊點大約0.05美元)、快速(每個焊點不到1秒鐘)，很容易進行自動化，而且沒有獨立耗材。然而，接觸點焊無法接合複合材料之零組件。因此不久前，碳纖維塑膠材料廠曾提出，當CFRP這種材料被大量使用時，車廠將不再使用過去的點焊工藝，甚至扣件的使用量也將大幅減少。

結論

綜合上述的討論，我們知道汽車輕量化已經是一個全球的演進過程，使得材料之間的代替和競爭也會更趨白熱化，雖然目前汽車在需要使用高鋼性的結構件上，仍然以鋼材為主，但未來的隨著技術的提升及法規的要求，可以預見台灣廠商在輕量化議題上勢必會面臨更多的機會與挑戰，因此如何在現有的技術基礎上提前佈局，將會是值得思考的問題。