



>> 專題報導

□ 氫燃料車輛發展概況及安全法規介紹

車安中心 施泊甫

一、前言

近年來因環保意識抬頭驅使各國環保法規日趨嚴苛、石化燃料可能枯竭以及各國對多元化的能源重視等議題發酵，以致各車廠紛紛致力於研發各種新能源車輛，使車輛進入多元化發展局面，其中近年來討論非常熱烈的氫能源，在車輛能源應用上當然也沒有缺席，研究報導指出氫燃料車輛將可能成為未來汽車產業的新主流能源之一。

但什麼是氫燃料車輛呢？這要從其能源「氫」說起，氫原子為宇宙間存量最豐富之化學元素，其可藉由光電化學、熱化學等方式取得，亦可透過風能、太陽能等再生能源，以電解水方式取得氫，故氫的來源非常多元，此外根據研究指出氫在提供能量方面，比目前使用的石化燃料有更佳的表現，如此看來氫具備有很好的條件作為車輛的燃料來源，然而氫氣在常溫下是一種無色、無臭、無毒的可燃性氣體，甚至燃燒時火焰都是無色的，很難察覺到它的存在，而且當空氣中含有 4%~75% 體積的氫氣又遇到點火源時將可能引發爆炸，故若要使用氫作為車輛燃料的話，必須有足夠的安全保護機制才能確保使用無虞，有鑑於此聯合國為因應氫燃料車輛的蓬勃發展與安全考量，於 2015 年發布 R134 Hydrogen and fuel cell vehicles，可供各國作為氫燃料車輛的安全檢測規定。

交通部為使我國車輛安全法規與聯合國法規一致以及配合國家能源政策之推動，於是調和聯合國 R134 規定，並規定於中華民國 106 年 4 月 1 日起各型式之 M 及 N 類氫燃料車輛均須符合氫燃料車輛相關規定才可以申請領牌上路，本專題將針對氫燃料車輛發展概況及安全法規進行說明介紹，讓大家能有更進一步的認識及了解。



圖一、氫燃料車輛示意圖

(圖片來源

<http://www.chenyo.com/sitebuilder/page2.php?view=preview&image=17&category=3>)

二、氫燃料車輛發展概況

(一) 氫燃料車輛技術介紹

氫燃料車輛分為以下兩種技術：

1. 氫內燃機車輛(Hydrogen internal combustion engine vehicle, HICEV)：係指以氫氣代替傳統燃油，透過內燃機燃燒氫氣及空氣中的氧產生動力來推動車輛。先前 BMW 等車廠已有發展此項技術，然受限於引擎造價成本高昂等因素，故現已暫停發展。
2. 氫燃料電池車輛(Hydrogen fuel cell vehicle, HFCV)：氫或含氫物質及空氣中的氧通過燃料電池以產生電力與水，再以電力使電動機作動，接著電動機推動車輛。此項技術為目前氫燃料車輛的發展主軸，多數車廠均有開發此項技術，目前發展概況請參考表一。

表一、氫燃料電池汽車發展概況

車型	發展概況	儲存方式	動力	最高時速	續航力
Honda Clarity FCV	目前僅能透過加州授權 Honda Clarity Fuel Cell 經銷商以租賃方式提供給在加州加氫站附近民眾使用。	高壓氣體	170hp	-	589km



					
Mercedes-Benz B-CLASS F-Cell 	2010 年起小批量產試驗，目前該款車型並不會量產，主要以租賃方式提供服務。	高壓氣體	136hp	170km/h	402km
Hyundai ix35 Fuel Cell 	2013 年起小批量產提供歐洲公家及部分私人單位使用，2014 年起推出租貸方案。	高壓氣體	134hp	160km/h	594km
Toyota Mirai 	2014 年 12 月於日本量產販售，售價為 670 萬日幣(約合台幣 181 萬元)，扣除相關稅制減免及補助金優惠後價格約為 470 萬日幣(約合台幣 127 萬元)，亦有推出租貸方案。	高壓氣體	152hp	178km/h	502km

資料來源：各車廠網站資訊

(二)儲存技術

- 1.氣體儲存：直接存放於鋼瓶，但能量密度低可儲存量少。
- 2.液體儲存：超低溫液化(零下 239 度)，隔熱要求高且佔空間。
- 3.固體儲存：透過金屬合金吸收氫氣，再藉由供氣模組將其轉化為氫氣，其儲存量較其他方式高，但重量亦重。

(三)加氫站發展現況

依據國外機構 2017 年 1 月的統計，全球運轉中的加氫站數量共有 272 座。計有歐洲 106 座、美洲 64 座、亞洲 101 座、澳洲 1 座。目前世界各國



的加氫站雖已陸續增加，但對照傳統汽油加油站的數量仍相距甚遠，其便利性亦嚴重影響使用者的購買意願，亦為目前氫燃料車輛較難廣泛推行的主要原因。

三、我國氫燃料車輛法規介紹

我國係參考 UN R134 訂定「車輛安全檢測基準」八十一、氫燃料車輛整車安全防護、八十二、氫儲存系統及八十三、氫儲存系統之組件，針對前述三項檢測基準試驗內容摘要說明如下：

(一)八十一、氫燃料車輛整車安全防護

本項試驗中要求車輛必須執行碰撞試驗並評估洩漏，另要求其燃料系統設計等須符合法規要求，且車輛所使用的燃料系統應符合檢測基準第八十二項「氫儲存系統」規定。

1.使用狀態下的燃料系統要求

- (1)燃料注入口規定：主要係以目視檢查燃料注入口是否具有規定的安全標識資訊(如圖二)，以及燃料注入口的設計與安裝位置等規定。
- (2)防止易燃條件：模擬空氣中氫濃度達 3%時，驗證警示功能是否正常(如圖二)；模擬空氣中氫濃度達 4%時，驗證氫氣關閉功能是否正常。
- (3)低壓系統的超壓保護：壓力調整器下游之氫氣系統應能防止壓力調節器故障所引起的超壓。
- (4)車輛排放氫氣之符合性：

車輛可能排放氫氣的來源有兩種，A.車輛排氣系統：此係因氫燃料車輛無法完全利用氫氣而排出的非常微量氫氣；B.壓力釋放裝置：此係當車輛遭受撞擊等因素使壓力釋放系統執行洩壓功能而排出氫氣。針對這兩種排放方式法規要求說明如下：

A.車輛排氣系統：車輛排氣系統的排氣點在開啟及關閉之正常作動期間 3 秒內，氫濃度平均不超過 4%，而且無論何時氫濃度皆不應超過 8%。



B.壓力釋放系統：從儲存系統的熱致動壓力釋放裝置所釋放之氫氣，其排放不可以進入封閉或半封閉空間等規定區域。

(5)燃料管線洩漏的符合性試驗：主要關閉閥下游連接到燃料電池系統或內燃機之氫燃料管線(例如管路、接頭等)不可以產生洩漏。

2.碰撞後燃料系統之完整性

車輛在碰撞試驗後應符合下述要求：

- (1)燃料洩漏量標準值：自車輛靜止起持續至少 60 分鐘，氫氣洩漏量之容積流率平均值不應超過每分鐘 118 標準升。
- (2)封閉空間濃度標準值：氫氣洩漏不應導致車室及行李廂之空氣中氫體積濃度超過 4%。
- (3)氫儲存容器位移氫儲存容器應至少有一個連接點與車輛保持連接。



圖二、Toyota Mirai 燃料注入口及警告訊號 (資料來源：Toyota 官方網站)



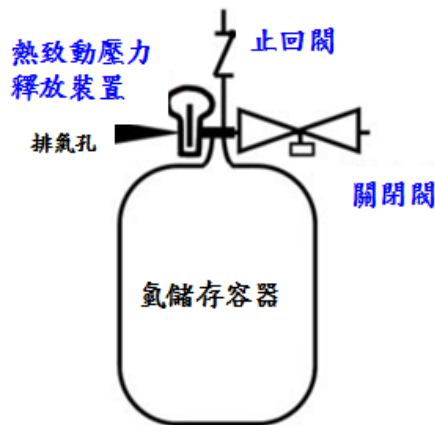
圖三、Toyota Mirai 碰撞試驗 (資料來源：Toyota 官方網站)

(二)八十二、氫儲存系統

典型壓縮氫儲存系統，如圖四所示，由一個加壓氫儲存容器、三個關閉



裝置即熱致動壓力釋放裝置(以下簡稱 TPRD)、止回閥及關閉閥(應符合檢測基準八十三、氫儲存系統組件規定)及其配件所組成。



圖四、典型氫儲存系統

- 1.耐壓試驗：將氫儲存容器加壓至 $150\%NWP (+2/-0MPa)$ ，至少維持 30 秒，氫儲存容器不應產生洩漏。
- 2.掉落試驗：將氫儲存容器以各種不同方向或角度掉落於水平之混泥土墊塊上，氫儲存容器不應產生洩漏。
- 3.表面損壞試驗：對無加壓氫儲存容器的底部外側表面，施以兩道縱向割痕，且在氫儲存容器的五個標記區域各施以 30 焦耳(J)之擺錘衝擊，過程中氫儲存容器不應產生洩漏。
- 4.化學暴露及環境溫度壓力循環試驗：在攝氏 15 至 25 度，將氫儲存容器暴露在行車環境的化學物(如電池酸液、汽油、擋風玻璃清洗液、尿素溶液等)，且於規定的壓力循環次數與壓力下執行，氫儲存容器不應產生洩漏。
- 5.高溫靜態壓力試驗：在超過攝氏 85 度下，將氫儲存容器加壓至 $125\%NWP (+2/-0MPa)$ 持續至少 1000 小時，氫儲存容器不應產生洩漏。
- 6.極端溫度壓力循環試驗：在低於攝氏 -40 度下，讓氫儲存容器壓力達到 $80\%NWP (+2/-0MPa)$ ，執行規定的循環次數；在超過攝氏 85 度及相對濕



度 95%(+/-2)下，讓氫儲存容器壓力達到 125%NWP(+2/-0MPa)，執行規定的循環次數，氫儲存容器不應產生洩漏。

7.殘留液壓試驗：將氫儲存容器加壓至 180%NWP(+2/-0MPa)，維持至少四分鐘而不發生爆裂。

8.燃燒試驗：將氫儲存系統加壓至 NWP 且暴露於火中，並應控制 TPRD 以釋放儲存的氣體，而不產生爆裂。

9.爆裂試驗(液壓)：在攝氏 20(+/-5)度，使用非腐蝕性液體進行爆裂試驗，最後應記錄氫儲存容器之爆裂壓力值。

10.氣壓循環試驗(氣壓)：使用氫氣對儲存系統進行 500 次壓力循環，儲存系統在小於 2(+0/-1) MPa 與規定之最大壓力(+/-1MPa)之間執行壓力循環。



a.水壓試驗系統
b.地下試驗坑洞
c.由高速攝影機所拍下的爆裂瞬間

圖五、爆裂試驗相關設備(圖片來源：日本九州氫能研究技術中心)

(三)八十三、氫儲存系統組件

氫儲存系統組件包含 TPRD、止回閥及關閉閥三個組件，依據組件的特性及功能本項試驗又區分為兩種試驗架構(如圖六與圖七)，各別說明如下：

1. TPRD：

(1)壓力循環試驗：在規定的壓力與溫度執行 11000 次之內部壓力循環後，壓力釋放裝置應符合洩漏試驗、流率試驗及工作臺致動試驗之要求。

(2)加速壽命試驗(Accelerated life test)：依各別規定的溫度放置於溫度保



持恆定之烤爐或液浴中，TPRD 進氣口處的氫氣壓力為 125%NWP (+/-1MPa)。Tact 試驗溫度的 TPRD，應於 10 小時內致動；Tlife 試驗溫度之 TPRD，不應於 500 小時內致動。

(3)溫度循環試驗：將未加壓之 TPRD 放置在攝氏-40 度以下液池 2 小時→攝氏 85 度以上液池 2 小時→攝氏-40 度以下之液池，重複 15 次。

(4)耐鹽蝕試驗：依各別規定暴露在 ASTM B117 所規範的鹽霧試驗下 500 小時。

(5)車輛環境試驗：將 TPRD 分次暴露於四種化學溶液(硫酸、氫氧化鈉、硝酸銨及甲醇)中，TPRD 不應出現損壞功能的實體劣化跡象。

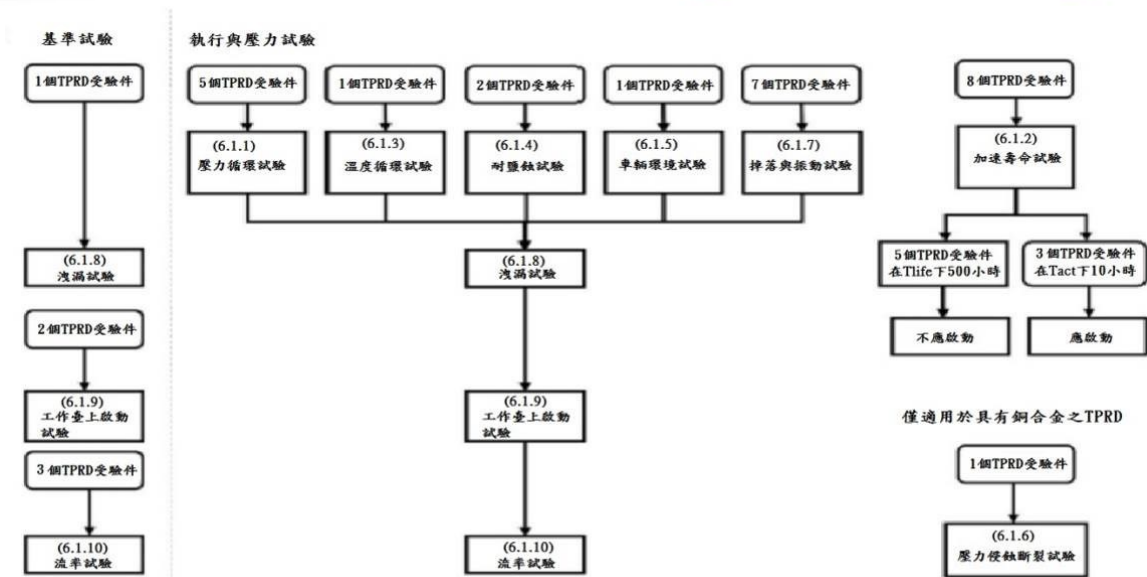
(6)壓力侵蝕斷裂試驗：若 TPRD 組件以銅合金製成(例如黃銅)，則將其置於氨水溶液上方 35 公釐處之惰性托盤，使其處於含潮濕氨氣-空氣混合物之玻璃室內 10 天，銅合金組件不應出現裂痕或脫層。

(7)掉落與振動試驗：將 TPRD 依規定之方向從高度 2 公尺處掉落，若均未出現表面損壞跡象，則繼續進行振動試驗後，所有受驗件均不應出現表面損壞跡象。

(8)洩漏試驗：TPRD 先在各個規定的溫度及試驗壓力下保持 1 小時，接著浸入受溫度控制之液體中 1 分鐘。若於規定時間內沒有觀察到氣泡則符合本項規定。

(9)工作臺上致動試驗：本項試驗主要驗證 TPRD 的致動反應時間，透過全新未執行過其他試驗的 TPRD 來建立致動的時間標準，接著與已執行過其他試驗的 TPRD 比對致動時間，以確保即使 TPRD 經過各種條件的試驗(壓力循環等試驗)後其致動反應時間仍然在安全範圍中。

(10)流率試驗：本項試驗主要驗證 TPRD 在經過各種條件的試驗(壓力循環等試驗)後其仍可保持適當的流率。



圖六、TPRD 試驗架構綜覽圖

2.止回閥與自動關閉閥：

(1)靜液壓強度試驗：對受驗件的進氣口施以 250%NWP (+2/-1MPa)之靜液壓力，檢查受驗件確保無發生爆裂，接著以小於或等於每秒 1.4MPa 之速率增加靜液壓力，直至受驗件故障，記錄受驗件發生故障時的靜液壓力值。

(2)洩漏試驗：受驗件須先在各個規定的溫度及試驗壓力下保持 1 小時，接著將其浸入受溫度控制之液體中 1 分鐘，若於規定時間內沒有觀察到氣泡則符合本項規定。

(3)極端溫度壓力循環試驗：止回閥的總作動循環數為 11000 次；關閉閥的總作動循環數為 50000 次。以各規定壓力下的氫氣及規定的溫度，不間斷地對受驗件進行重複作動。

(4)鹽蝕試驗：受驗件在正常安裝位置且暴露在 ASTM B117 所規範的鹽霧試驗下 500 小時後，其不應出現可能損壞受驗件功能之物理性劣化跡象。

(5)車輛環境試驗：同 TPRD 車輛環境試驗規定。

(6)大氣暴露試驗：若受驗件中有非金屬材質暴露於大氣中，則應執行本



項試驗。依據 ASTM D572 加熱及氧氣之橡膠劣化標準試驗方法，在攝氏 70 度及 2MPa 的壓力下暴露氧氣達 96 小時後，不應出現龜裂的劣化跡象。

(7)電氣試驗：若為自動關閉閥，則應執行本項試驗：

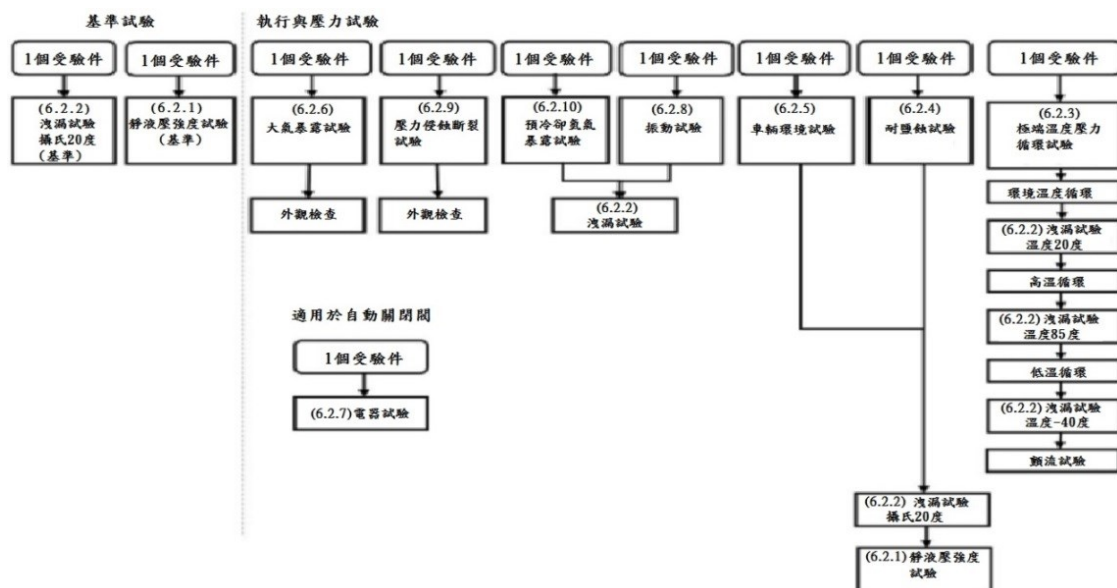
A.異常電壓試驗：將電壓增至額定電壓的 2 倍或增至 60 伏特維持 1 分鐘後，任何故障不應導致外部洩漏、閥開啟或危險狀態。

B.絕緣電阻試驗：施以 1000 伏特的直流電至少 2 秒，該自動關閉閥允許的最小電阻為 240 千歐姆。

(8)振動試驗：受驗件以氫氣加壓至 100%NWP (+2/-0MPa)，以最快的共振頻率振動 30 分鐘。

(9)壓力侵蝕斷裂試驗：若止回閥與關閉閥組件以銅合金製成(例如黃銅)，則應執行試驗(同 TPRD 規定)。

(10)預冷卻氫氣暴露試驗：以每秒 30g 的流率向止回閥與關閉閥注入攝氏-40 度(或更低)的氫氣，在規定的時間後，對該受驗件減壓，然後再重新加壓，重複執行十次。



圖七、止回閥與自動關閉閥試驗架構綜覽圖



然囿於氫燃料車輛法規內容繁多，為使讀者可以容易理解故本篇文章採以精簡方式介紹，若讀者有興趣深入了解各項試驗內容，可自行參閱車輛安全檢測基準相關規定或聯合國 UNECE R134
[<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs121-140.html>]。

四、結論

氫燃料車輛目前仍處於發展階段，在市場的接受度上，受限於造價成本昂貴，以致於該車輛在售價上較無競爭力，故先前於國際上發表的氫燃料車輛多透過租賃或提供公部門使用等方式讓大眾接觸，並未直接對外販售，此外氫燃料車輛仍存在著尚待克服的問題，例如加氫站的普及度、氫燃料取得技術等問題，這些問題都是氫燃料車輛能否成為未來新能源車輛主流的關鍵。

由於氫氣的化學特性，使它在某些條件下可能會發生爆炸等危險情事，故多數人對於氫氣的運用仍有很大的疑慮，然而任何含有高能量的燃料其實都是具有危險性的，只要有適當的安全措施，氫氣並不比其他燃料危險，透過前述氫燃料車輛相關安全法規介紹，可以瞭解這項法規執行試驗的嚴謹與嚴苛，筆者認為法規是產品性能的基本保障，因此氫燃料車輛若能符合法規要求，其安全性應能有相當的保障，希冀本文章能給予讀者對於氫燃料車輛有更進一步的了解，也期待未來氫能源技術發展能夠更上一層樓。

五、參考文獻

- [1]洪劍長、黃蓀芸(2016)。國際加氫站發展現況與安全法規分析探討。臺灣能源期刊，第三卷第四期第 461-475 頁。
- [2]黃耀忠、黃財旺。從「小型天然氣重組製氫設備」談氫能設備的安全防護。
- [3]蘇順發(2013)。儲氫材料。科學發展 483 期。



[4] <http://www.hydrogencarsnow.com/index.php/mercedes-benz-b-class-f-cell/> ◦

[5] <https://www.hyundai.com/worldwide/en/eco/ix35-fuelcell/safety> ◦

[6] <https://ssl.toyota.com/mirai/fcv.html> ◦

[7] <https://automobiles.honda.com/clarity> ◦