



亞洲地區碳纖複材之應用市場 及技術發展趨勢與方向

工研院產科國際所材化組研究員 / 蕭亞漩
工研院產科國際所材化組組長 / 劉致中

關鍵字：複合材料、碳纖複材、燃料電池車、碳纖複材氣瓶

摘要

2016年亞洲地區碳纖複合材料超過25%應用於運動及休閒用品市場中，其次為風電相關應用，約占亞洲碳纖複材用量約20%。汽車和航空應用節能的需求開始逐步推升碳纖複材在亞洲市場的成長與發展；未來在燃料電池車將大幅成長的趨勢下，碳纖複合材料在汽車領域的應用預計將以年複合成長率超過20%的速度增加，成為2030年亞洲最主要的碳纖複材應用且占比將超過1/3，而碳纖複材應用於管線與氣瓶預估也將以年複合成長率30%以上的速度成長，「碳纖複材氣瓶的自動纏繞加工法」與「易加工可回收複材氣瓶」成為近期碳纖複材領域廠商技術開發的重點項目。

一、全球複合材料產業現況

2020年全球複合材料市場的規模為378.8億美元，預計從目前到2028年間全球複合材料產業的年成長率將為5.3%，高於全球的經濟平均成長率。同時，2020年由於受到COVID-19疫情的影響，產業獲利下滑，全球複合材料產業的附加價值為31.78美元，約為整體市場規模的8%。

全球複合材料市場推動成長的主要因素包括：「汽車和航空應用市場的成長」、「人們越來越關注環境相關問題」、「各國政府日趨嚴格的污染控制規定」以及「各國政府不斷增加對綠色運輸的投資」，以上幾項因素推動了複合材料市場的快速成長。



運輸、航空與國防、海運、管線與油罐、電力與能源、電氣與電子、房屋與建材市場為複合材料的主要應用領域；2020年「運輸用途」成為全球複合材料市場的最大應用，預計在2028年前仍將是最大的應用市場。

依據纖維的類型，全球複合材料採用的纖維種類包括：玻璃纖維、碳纖維與天然纖維等；玻璃纖維為目前應用最多的纖維，直至2028年仍將符合此一狀態。

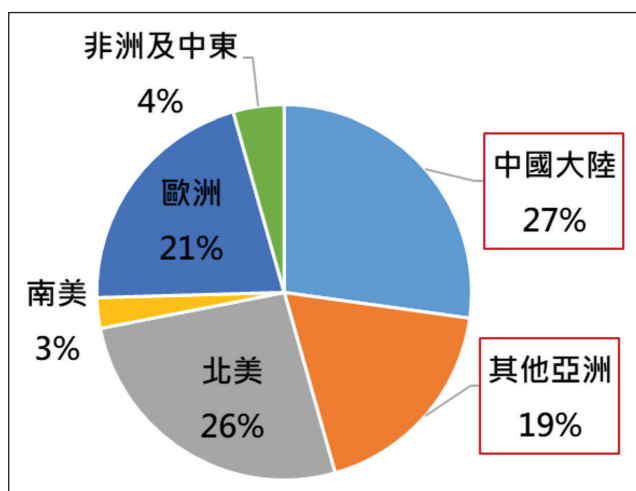
全球複合材料市場依據使用的樹脂類型，可分為「熱固性樹脂」和「熱塑性樹脂」兩種，熱固性樹脂類型有環氧樹脂、聚酯樹脂、乙烯基樹脂等，熱塑性樹脂則有聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）、聚碳酸酯（PC）、尼龍（Nylon）等。2020年前，熱固

性樹脂為全球複合材料應用市場的主流，未來也將持續如此。

2019年JEC Group發表的全球複合材料市場資料顯示（如圖1），亞洲地區複合材料市場占全球用量的46%，已超過美洲以及歐洲用量。

在地域上，亞太地區為全球複合材料的最大市場，其次是北美和歐洲，全球複合材料主要生產者則有：Owens Corning、Gurit、Solvay、Toray、Teijin、Hexcel Corporation、三菱化學公司、Kineco Limited、Ashai Fiberglass、中國玻璃纖維公司、Scott Bader與Arkema等。

同時，全球的複合材料市場亦面臨「高



資料來源：JEC Group（2019）

圖1 2018年全球複合材料各地區用量

昂的加工、材料成本」與「缺乏產品標準化」等不利發展的因素，也是未來產業可以努力改善的主要方向。

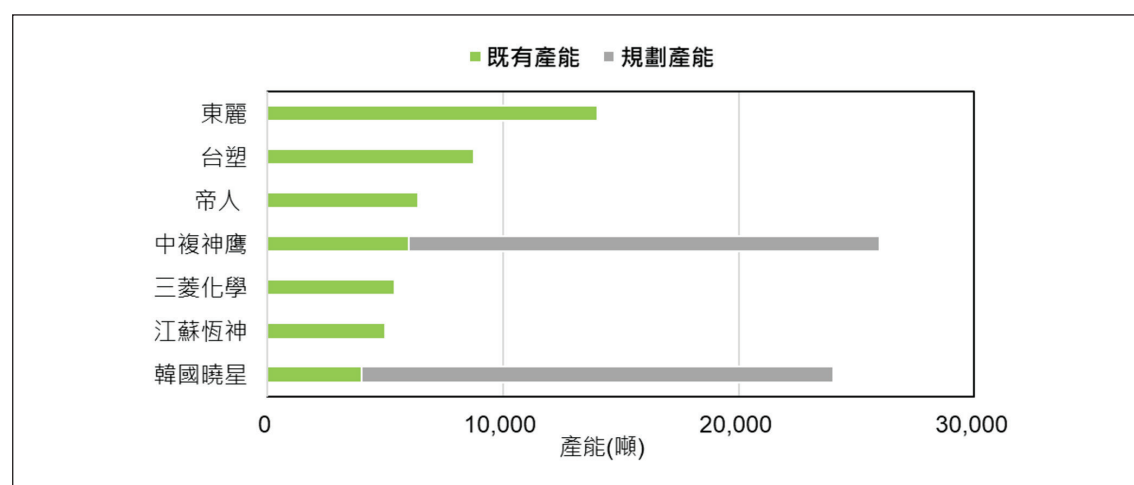
從以上全球複材產業狀態可以知道亞洲地區的碳纖複材為複材產業未來主要的成長與發展區域，底下將就亞洲碳纖複材的發展狀態，進行詳細說明。

二、亞洲碳纖維製造商與產能

2019年亞洲碳纖維既有產能約5萬公噸，全球第一大碳纖維製造商日本東麗的亞洲產能在亞洲地區占比近三成，亞洲第二大製造商為臺灣台塑公司台麗朗占比17%，第三為帝人占13%，亞洲碳纖維前三大公司皆為全球前十大碳纖維製造商（如圖2）。

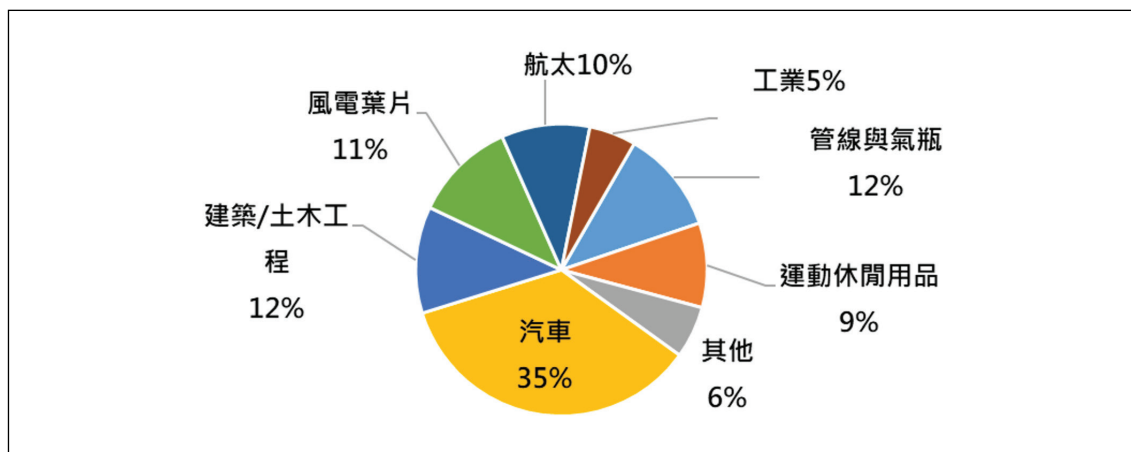
除臺灣、日本廠商之外，中國大陸廠商在近十年間投入碳纖維製造，中複神鷹、江蘇恆神與威海威光等中國大陸碳纖維製造商總產能在亞洲產能占比已超過20%。其中中複神鷹預計未來新增產能2萬公噸，威海光威則是規劃提升總產能至1萬公噸。韓國曉星集團從2008年開始進行碳纖維生產，2011年進入全球銷售市場，2013年韓國年產能為碳纖維2千噸、前驅物4千噸，2019年曉星年產能成長至碳纖維4千噸、前驅物1萬公噸；預計2028年韓國曉星年產能將成長至碳纖維2.4萬公噸、前驅物4.8萬公噸。

亞洲地區韓國與中國大陸碳纖維製造商看好碳纖維複合材料未來應用，皆有大量新增產能計畫，後續將介紹亞洲地區複合材料未來應用情況。



資料來源：BNEF（2019）

圖2 亞洲碳纖維製造商與產能



資料來源：富士經濟

圖 3 2030 年亞洲碳纖複合材料應用預測

三、亞洲碳纖複合材料應用趨勢

2016年亞洲地區碳纖複合材料超過1/4應用於運動及休閒用品中，風電相關應用則占亞洲碳纖複材用量約20%。在全球汽車輕量化以及亞洲鼓勵燃料電池車發展趨勢下，碳纖複合材料在汽車領域的應用預計將以年複合成長率超過20%的速度增加，成為2030年亞洲最主要的碳纖複材應用、占比超過1/3，而碳纖複材應用於管線與氣瓶預估也將以年複合成長率30%以上的速度成長，應用占比從2016年的1%增加到2030年的12%（如圖3）。

四、亞洲複材市場汽車與氣瓶應用逐漸增加

（一）亞洲氢能燃料電池車發展藍圖

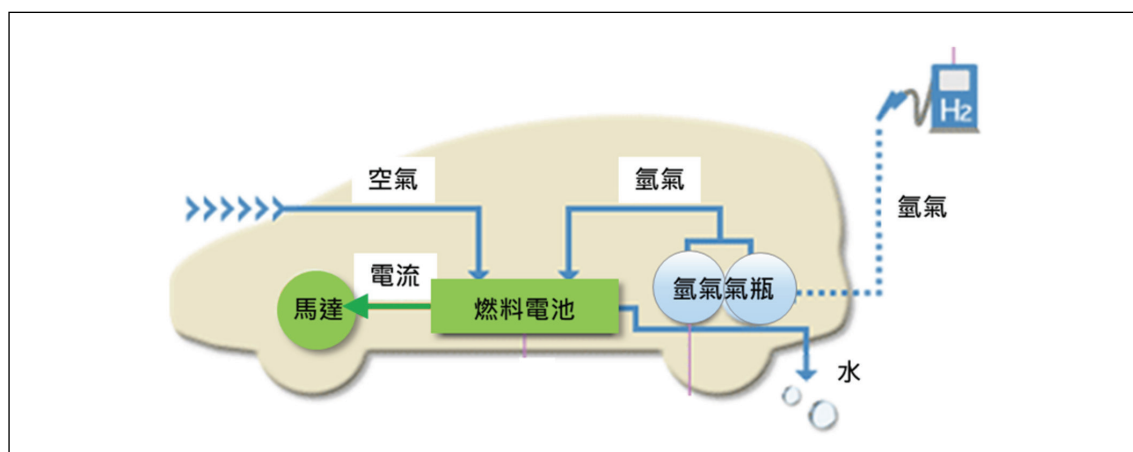
FCEV（燃料電池車）是利用燃料電池中

氫和氧之間的化學反應，產生電能後帶動馬達行駛的車輛；燃料電池須搭載氫氣氣瓶，並於加氫站補充氫氣作為燃料電池所需的「燃料」；發展燃料電池車將需要安全、輕量化的氫氣儲氣瓶（如圖4）。

全球各國皆規劃發展氢能與氢能燃料電池車，美國、德國皆規劃2030年百萬輛燃料電池車上路，亞洲地區也積極投入氫氣燃料電動汽車（FCEV）並設定發展目標，預計2030年全球氫氣電動汽車將成為主流；全球對於高壓氫氣氣瓶需求也將大幅增加（如圖5）。使得2030年亞洲地區輕量化碳纖複材在氣瓶應用高速成長。

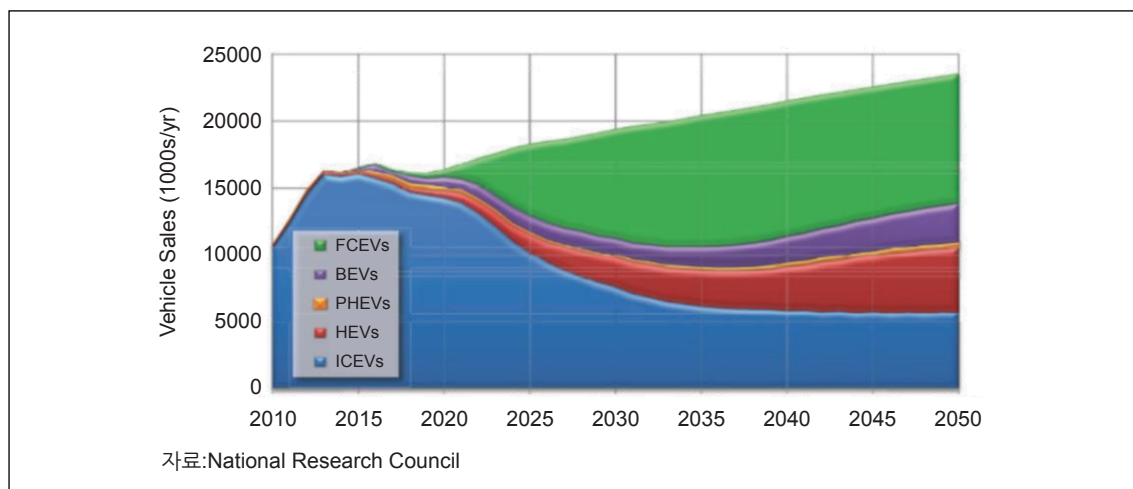
1. 日本NEDO的節能技術戰略2016

根據日本經濟產業省資源能源廳和新能源產業技術綜合開發機構（NEDO）制定的



資料來源：日本自動車研究所 JHFC

圖 4 燃料電池車車載氫氣氣瓶



註：FCEVs 氫能燃料電池車；BEVs 純電池動力車；PHEVs 插電式混合動力車；HEVs 混合動力車；ICEs 內燃機燃油車

資料來源：JEC ASIA 2019

圖 5 全球氫氣燃料電池車需求快速成長

「節能技術戰略2016」，運輸領域將發展下世代汽車，投入研發方向包括：改良燃油汽車效率、改良純電池與充電電動車、

開發燃料電池車技術、重型車輛開發、汽車輕量化以及運輸基礎建設等。另外日本經濟產業省也在2016年提出日本能源計畫



(Japan's Energy Plan)，設定2030年日本以氫能與燃料電池為發展主軸之一的目標。日本2030年目標為90萬輛燃料電池車、900座充電站。

2. 中國大陸新能源汽車產業發展規劃（2021~2035年）初版

中國大陸2019年12月發布「新能源汽車產業發展規劃（2021-2035年）」初版徵詢各界意見，初版以純電動汽車、插電式混合動力車以及燃料電池汽車為三大開發方向，並發展動力電池相關技術與材料、智慧聯網服務以及新能源車基礎技術與材料。此版規劃中突顯強化推動氫能燃料電池車，同時配合推動氫能相關基礎設備以發展綜合式的運輸與能源整合。

3. 韓國氫氣經濟藍圖2040

韓國在2015年宣布「環境友善氫能經濟計畫」(Eco-friendly Hydrogen Economy Master Plan)後，2019年1月最新規劃韓國「氫氣經濟藍圖2040」(The Roadmap for Hydrogen Economy)。目標在2030年將韓國氫能燃料電池車製造從2018年不到2萬台，提升至81萬台；並在2040年累積製造氫能燃料電池車620萬台，同時普及加氫站基礎設施以創造氫能生態圈。

五、亞洲的燃料電池車發展現況

全球最早發展氫氣燃料電池車的廠商為日

本豐田汽車、本田汽車以及韓國現代汽車。現代汽車於2001年、2005年推出第一款商業化燃料電池動力車，並在2017推出同樣是燃料電池動力的運動型休旅車NEXO。日本本田汽車公司在2007年推出氫氣燃料電池動力車，並在2016年推出最新車型；日本豐田汽車公司則是在2015年推出未來(Mirai)車款。

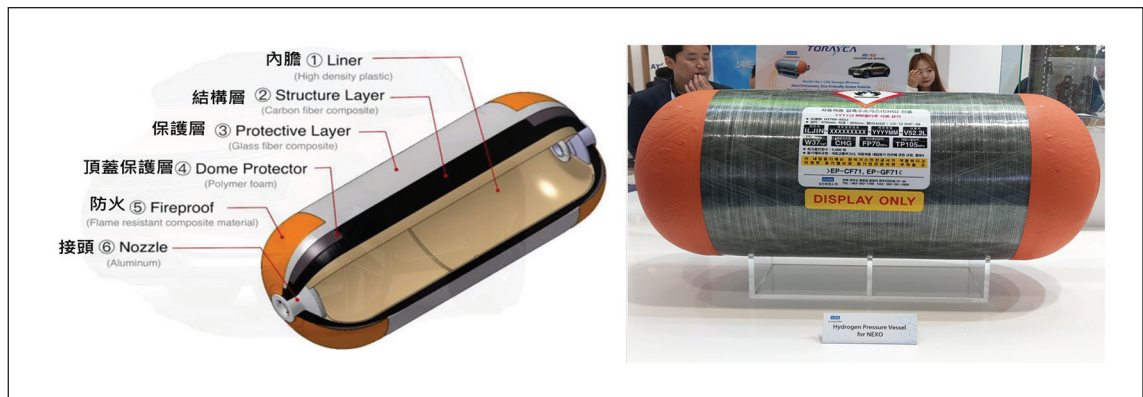
在未來車款中，日本豐田汽車與日本碳纖維製造大廠東麗公司合作，開發熱塑性碳纖維複合材料應用於車底電池架中，具有保護電池組功能，同時做為車底使用。另外也開發碳纖維複合材料的氫氣氣瓶，以樹脂聚合物作為內膽，中層以碳纖維複合材料纏繞提供強化保護，最外層以玻纖複材提供外層保護。日本本田汽車2016年新款車型搭載的氫氣氣瓶也是使用相同的輕量化碳纖維複材氣瓶。

韓國最新的燃料電池車使用韓國碳纖維製造商曉星合作，製造碳纖維複合材料車架。NEXO車款的氫氣氣瓶使用高密度聚乙烯氣瓶內膽、鋁製接頭，外圍以碳纖維預浸帶纏繞，樹脂基質目前仍是熱固性樹脂環氧樹脂。在2019 JEC ASIA展覽上，展出NEXO氫氣氣瓶的是日本東麗公司（如圖6）。

六、碳纖維複材氫氣氣瓶技術發展趨勢

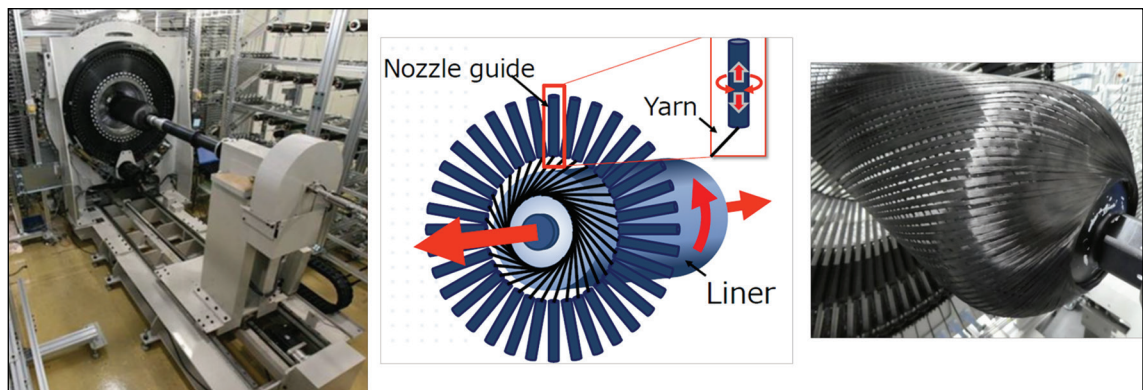
（一）自動化纏繞加工方法

根據亞洲2020年目標需生產4萬個氫氣氣



資料來源：JEC ASIA 2019

圖 6 NEXO 燃料電池車氫氣氣瓶結構



資料來源：村田機械

圖 7 村田機械全自動纏繞設備

瓶供燃料電池車使用推算，現行纖維纏繞氣瓶技術製造1個1~3噸的氫氣氣瓶，需耗時超過2個小時；超過8萬小時的製造時間將難以實現目標，更別說2030年亞洲地區預計製造百萬輛燃料電池車，對於輕量化高壓氣瓶需求量非常大。

快速量產的自動化纏繞設備與技術將是

燃料電池車商業化的門檻之一，日本村田機械開發自動氣瓶纏繞設備，以獨立但可組合的螺旋纏繞系統以及平行纏繞（hoop）系統（如圖7）。設備配備碳纖複材180束同時進行氣瓶纏繞，最後以非捲曲織物（NCFs）型式複合材料包覆氣瓶內膽。全自動化纏繞包括對其進行螺旋纏繞、剪切纖維、平行纏繞、剪切纖維、再次螺旋纏繞以及收尾，整



註：左為韓國三養社的尼龍 6 複材氣瓶；右為阿科瑪開發可回收樹脂
資料來源：JEC ASIA 2019

圖 8 易加工可回收複材

體纏繞時間僅需現行製程的10%，氣瓶生產能力較過去提升十倍，可降低製造纏繞時間以及人工成本；村田機械此設備系統已在日本商業化，未來規劃進行海外商業化。

（二）易加工可回收複材氣瓶

在汽車回收指令影響下，汽車部件的可回收性仍是廠商投入研究的方向，現行碳纖維複材氫氣氣瓶使用的複合材料樹脂基質以熱固性環氧樹脂為主，但熱塑性碳纖維複材在氣瓶上的應用也持續發展，如尼龍系列樹脂。

韓國漢陽大學開發氫氣氣瓶製造研究，該研究中使用法國材料公司阿科瑪（ARKEMA）新開發的材料ELIUM進行複合使用，ELIUM為常溫液態壓克力系樹脂，可與碳纖維進行光固化或熱固化複合使用，

此材料於氣瓶應用將可對碳纖維做快速回收（如圖8）。

七、結論

（一）燃料電池車將帶動碳纖維複材氣瓶應用

亞洲已經是全球複合材料的重要市場，儘管碳纖維強化複合材料現行亞洲應用市場仍以運動用品為主，但在日本、中國大陸以及韓國的氫能燃料電池車推動政策下，2030年亞洲地區預估將有200萬輛燃料電池車，2040年則將累積製造超過600萬輛。對應政策發展，燃料電池車須搭載的氫氣氣瓶需求也相應增加，而在汽車輕量化需求下，碳纖維複材於管線和氣瓶應用將在未來15年每年以超過10%的速度增加。



（二）日、韓燃料電池車搭載碳纖維複材氣瓶

日本豐田、本田以及韓國現代汽車為燃料電池車先期投入者，也都在2015年以後最新推出的車型中搭載碳纖維複材氫氣氣瓶。碳纖維複材在氣瓶中主要作為強化保護用，現行氣瓶使用碳纖維複材規格以T700單向預浸帶、熱固性環氧樹脂基質為主，但仍持續發展新型熱塑性複材的氣瓶應用。

3. 新能源汽车产业规划（2021-2035年），国务院办公厅，2020/10/20。
4. 節能技術戰略2016，日本經濟產業省與新能源產業技術總合開發機構（NEDO），2016/9/16。

（三）亞洲地區碳纖維產能持續增加

碳纖維製造商看好亞洲碳纖維複材商機，尤其以新進的碳纖維製造商規劃新增產能居多，在中國大陸、韓國碳纖維製造商的規劃中，亞洲地區未來碳纖維將增加4.8萬公噸新產能。

（四）成本是碳纖維複合材料氣瓶應用關鍵

儘管碳纖維複材氣瓶應用快速增長，但在開發氣瓶使用的複合材料時「成本考量」為商業化的關鍵，尤其氫氣氣瓶將配合量產車搭配，氣瓶使用的複合材料成本、設計困難度以及製造的生產週期，都是影響最後氣瓶製造的關鍵。複合材料於氣瓶應用同樣關注快速量產、全自動設備以及易加工的樹脂。

參考文獻

1. <http://www.globenewswire.com>, Chemical Business NewsBase (CBNB), 13/4/2021.
2. Bloomberg New Energy Finance (BNEF)。