

行業概覽

本節及本文件其他章節所載資料及統計數據摘錄自我們委託的弗若斯特沙利文編製的弗若斯特沙利文報告，以及各種政府官方刊物及其他公開可得刊物。我們委聘弗若斯特沙利文編寫與[編纂]有關的獨立行業報告，即弗若斯特沙利文報告。來自政府官方來源的資料未經我們、獨家保薦人、[編纂]、彼等各自的任何董事及顧問或參與[編纂]的任何其他人員或各方獨立核實，亦無對其準確性發表聲明。

資料來源

我們已委託獨立市場研究及諮詢公司弗若斯特沙利文對全球及中國氫燃料電池行業進行分析並編製報告。弗若斯特沙利文為我們編製的報告在本文件中指弗若斯特沙利文報告。我們將就編製該報告向弗若斯特沙利文支付總費用人民幣550,000元，我們認為該金額符合此類報告的市價。

弗若斯特沙利文為一家於1961年在紐約創立的全球諮詢公司，在全球各地設有超過40個辦事處，擁有超過2,000名行業顧問、市場研究分析員、技術分析員及經濟學者。

研究方法

弗若斯特沙利文報告乃採用情報收集方法，通過從各種來源取得的一手及二手研究資料編製。一手研究涉及與整個行業價值鏈中的若干行業參與者討論行業現狀，並對相關人士進行訪談，以取得客觀事實數據及前瞻性預測。二手研究涉及將公開來源所取得的數據及刊物進行資料整合，包括政府部門的官方數據及公告、公司報告、獨立研究報告及基於弗若斯特沙利文自有數據庫的數據。

基準及假設

於編撰及編製弗若斯特沙利文報告時，弗若斯特沙利文已作出以下假設：(i)於預測期間，全球及中國的社會、經濟及政治環境很可能維持穩定；及(ii)於預測期間，行業關鍵推動因素很可能推動全球及中國氫燃料電池行業增長。所有統計數據均基於弗若斯特沙利文報告日期可得的資料，並將COVID-19疫情的潛在影響納入考慮範圍。

行業概覽

氫能市場概況

氫能的優劣勢分析

氫能被視為是一種最清潔、最高效的可再生能源。作為一種能源介質，氫能具有在能量轉換過程中零排放、效率高、能量密度高、可大規模儲存等優點，因此在能源領域得到越來越多的關注和應用。同時，氫能是一種製取方便、應用廣泛的優質能源。發展氫能對保障國家能源安全、優化能源結構、推動清潔能源轉型以及實現中國未來「2030年前實現碳達峰，2060年前實現碳中和」目標具有重要意義。

相較於其他能源介質，氫能具備多個優點，包括：

- 氫氣資源極為豐富，為我們提供了各種可能性及機遇，讓我們可不受地理限制地獲取氫能源。
- 可再生能源製氫用氫較為環保。首先，太陽能、風能等可再生能源可大量用於有效製氫，使用該等能源不僅有助於減少溫室氣體排放，而且在保護生態系統完整性方面也發揮著重要作用。
- 能量密度高亦是氫能的一大優勢。柴油的能量密度為每千克45.5兆焦(MJ/kg)，略低於汽油，後者的能量密度為45.8 MJ/kg。相比之下，氫氣的能量密度約為120 MJ/kg，幾乎是柴油或汽油的三倍。燃料電池中用於驅動電動機的1千克氫所含能量約相當於一加侖柴油。
- 氫氣的應用十分廣泛。在交通運輸領域，燃料電池汽車具有巨大的商業潛力。在工業生產領域，氫氣可用於工業氣體、合成氨、焦炭等行業，具有巨大的經濟價值。在發電和儲能領域，氫能適合大規模、長週期儲存的性質為解決電力供需失衡提供了新途徑。燃料電池發電解決方案在未來的固定式發電領域具有強大競爭優勢。此外，由於氫燃料電池可獨立於電網，因此被普遍選擇為數據中心、通信塔、醫院、應急響應系統等關鍵負載功能設施提供安全電力供應。

行業概覽

- 大規模儲氫是製氫到終端使用氫能完整產業鏈必不可少的一環。氫氣可以大規模儲存在地上容器中。例如，可再生能源製取的氫氣可以長期儲存，供偏遠地區利用或消納。大規模、長週期儲氫的可能性為更加便利化用氫提供機遇。

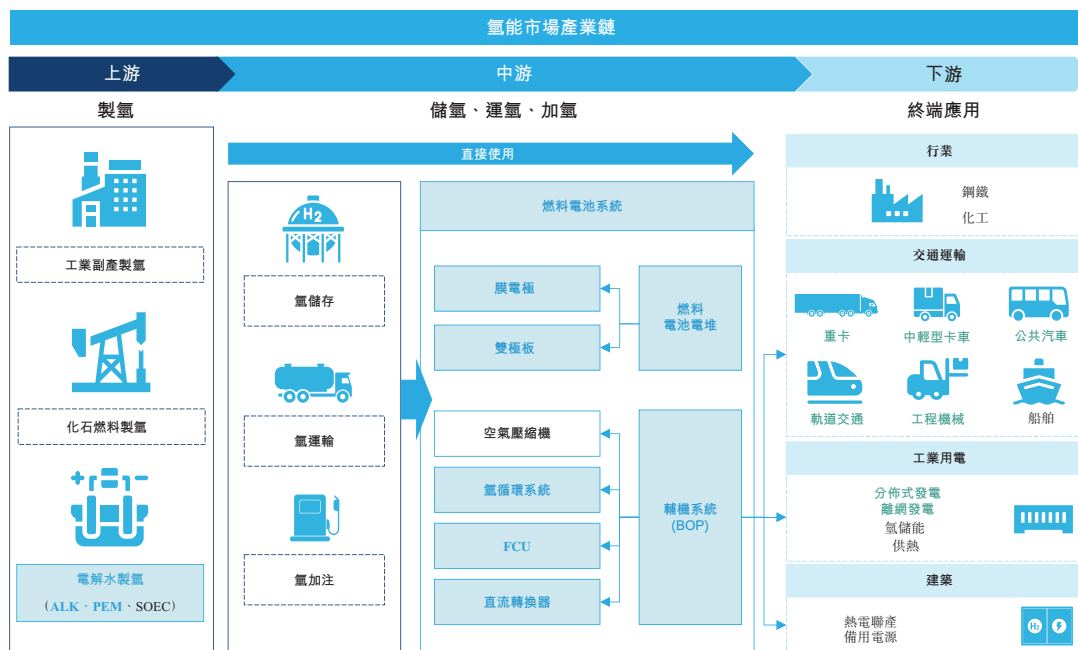
然而，氫能亦存在若干缺點，包括但不限於(i)利用可再生能源電力電解水製氫成本高昂且能耗大；(ii)氫氣的反應強烈且密度低，難以運輸。現有的儲運氫基礎設施有限，需要大力投入基礎設施建設；及(iii)大部分能源系統為化石燃料而設計，雖然太陽能、風能等可再生能源可整合進現有的基礎設施，但氫能需要特殊燃料電池進行儲存，而這可能存在挑戰。

為充分發揮氫能的優勢，發展氫能產業，世界各國紛紛出台利好政策和法規以規範和支持氫能產業的發展。2016年至2023年，東亞國家(如中國、日本和韓國)、歐洲國家(包括德國和法國)、大洋洲國家(主要是澳大利亞)、北美國家(即美國和加拿大)及中東國家(如阿拉伯聯合酋長國)分別實施利好政策以支持本國氫能產業發展。具體而言，中國發佈一系列政策推動氫能產業的發展。2022年3月，中國發佈《氫能產業發展中長期規劃(2021-2035年)》，分析了中國氫能產業的發展現狀，明確了產業戰略定位、總體要求和發展目標。2022年6月，中國發佈《「十四五」可再生能源發展規劃》，推動可再生能源製氫及可再生能源規模化製氫利用。2023年6月，中國發佈《新型電力系統發展藍皮書》，當中指出政府鼓勵突破適用於可再生能源電解水製氫的質子交換膜(PEM)和高溫固體氧化物電解水製氫等關鍵技術，開展儲氫、運氫、加氫環節的關鍵技術、燃料電池設備及系統集成關鍵技術研發。

行業概覽

氢能市場產業鏈

下圖說明氢能市場的產業鏈：



附註：

1. 藍色文字代表屬於本集團業務範圍的項目。
2. 綠色文字代表本集團產品的下游應用。

資料來源：弗若斯特沙利文

上游：製氫

根據製備方法，氫氣可分為：(i)採用傳統資源（如天然氣或煤）製備的氫氣；(ii)通過將傳統資源與CCUS（碳捕集、利用與封存）技術相結合製備的氫氣；及(iii)利用風能、太陽能、光伏等可再生能源製備的氫氣。通過我們的電解水氫能裝備生產的氫氣被歸類為可再生能源製氫。

傳統方式製氫目前是全球製氫的主要形式，按2023年全球市場氫氣銷量計，約佔總量的86.9%。但是，可再生能源製氫具有諸多優點，尤其是在低碳排放及環境可持續發展方面。隨著技術進步，可再生能源製氫的生產成本未來有望降低，使其成為氫氣市場具有前景的發展領域。詳情請參閱本節「一 製氫行業概況 — 製氫的定義及方式」。

行業概覽

中游：儲氫、運氫、加氫

- **儲氫**：主要的儲氫方式有三種：氣態儲氫、固態儲氫、液態儲氫。目前，高壓氣態儲氫是主要的儲氫方式，具有充放氫速度快、容器結構簡單、成本低等優點。固態儲氫目前正處於商業化的早期階段，而液態儲氫在中國尚未得到廣泛應用。
- **運氫**：氫氣的運輸因儲存方式而異，包括以氣態、固態和液態形式運輸。目前，氣態氫長距離配送的主要方式包括使用長途拖車或管道。然而，管道運輸需要大量的前期建設投入。液態氫可以採用卡車或船舶上的專用氫氣儲罐進行運輸，這種方式提高了運輸效率並提升了加氫站的供應能力。固態儲氫涉及利用材料對氫氣的物理吸附和化學吸附作用將氫氣儲存在固體材料中。以鎂基固態儲氫為例，其將氫以鎂合金（氫化鎂）形式儲存。
- **加氫**：在氫氣下游新興應用中，燃料電池汽車是最大的細分市場，具有很大的增長潛力。因此，加氫站已成為推動氫能市場發展的重要基礎設施。

中游到下游：氫燃料電池系統

氫燃料電池系統是氫能大規模應用的重要媒介，連接著氫能市場的中游與下游。詳情請參閱本節「一 氫能市場概況 — 氫燃料電池行業概況」。

下游：終端應用

氫能的終端應用可分為兩類方式。一類涉及氫能通過燃料電池系統應用於交通運輸、發電、鋼鐵、化工、建築等行業。另一類涉及氫能不通過氫燃料電池系統直接作為工業原料使用。特別是，隨著氫燃料電池系統在終端的應用，僅排出水和溫暖空氣而無汽油及柴油車輛排出的任何有害物質，相關行業可有效減少其相關碳排放足跡。

行業概覽

利好政策及法規

海外政策

地區	發佈日期	政策	說明
東亞	2023年6月	日本： 《氢能基本戰略》	日本政府計劃提供價值20萬億日元的前期投資，以吸引公共企業及私營企業對綠色轉型倡議進行相關投資，並在未來十年內實現150萬億日元或更多的綜合投資。日本計劃到2030年將氫氣供應成本降至30日元／Nm ³ ，到2050年降至20日元／Nm ³ ，到2030年將使用日本製造的零部件的全球電解水裝備擴展至約15GW。
	2021年11月	韓國： 《氫經濟發展基本規劃》	韓國政府設定了到2050年低碳氫產量達到27.9百萬噸的目標。預計到2050年，氫能將成為韓國最大的能源來源，將佔韓國能源消耗的33%，發電量的24%。
大洋洲	2023年7月	澳大利亞： 《氫能啟動計劃》	該計劃的目標是加快澳大利亞氫能產業的發展，刺激清潔能源行業的發展，及促進澳大利亞加入新興全球氫能供應鏈。該舉措旨在利用氫能市場提供的大量就業及投資機會。

行業概覽

地區	發佈日期	政策	說明
北美洲	2023年6月	美國： 《美國國家清潔氢能戰略和路線圖》	該政策探討了為實現美國經濟多個行業的國家脫碳目標而發展低碳氫的機會。該政策簡要闡述了美國氫氣生產、運輸、存儲和使用的情況，確定了實現清潔氫大規模生產和使用的戰略框架，研究了2030年、2040年及2050年氫發展的場景。
歐洲	2023年12月	法國： 《國家氢能戰略》	到2030年，法國計劃實現6.5GW的低碳氫產能，到2035年達到10GW。這一目標將通過該國的低碳電力混合來實現，包括核能或可再生能源，同時堅持氫能源的技術中立原則。 自2023年1月起，可再生氢能符合條件參加該計劃。從2024年1月開始，低碳氫也符合條件參加該計劃，每公斤補貼最多4.7歐元。
	2023年7月	德國： 《國家氢能戰略》	德國修訂了2030年國內電解水製氫能力的目標，從5GW提高到10GW。德國預計到2030年氢能進口量將佔氢能總供應量的50-70%。此外，德國計劃加強國際合作，出台單獨的氢能進口戰略。

行 業 概 覽

地 區	發 佈 日 期	政 策	說 明
中 東	2023年11月	阿拉伯聯合酋長國 (阿聯酋)：《國家氢能戰略》	阿聯酋的目標是到2031年氫氣產量達到140萬噸／年，其中100萬噸為可再生能源製取的氫氣，40萬噸為CCUS處理的氫氣。阿聯酋政府計劃成立「氫洲」，旨在從政策、平台、人才等方面推動阿聯酋氢能產業鏈的發展。
香 港	2024年6月	《香港氢能發展策略》	政府制定該策略針對確保安全、合適技術、基礎設施、成本效益、人才培訓，以及社會接受等六大方面的技術挑戰，和香港的獨特情況，提出按照完善法規、制訂標準、配合市場以及審慎推進四大策略，穩慎有序地營造有利香港氢能發展的環境，讓香港把握氢能在世界不同地方，尤其是國家近年不斷發展所帶來的環境和經濟機遇。

行 業 概 覽

中國國家層面的政策

發佈日期	發佈部門	政策	說明
2024年3月	國家能源局	《2024年能源工作指導意見》	政府鼓勵出台加快推動氫能產業的新政策，有序推進氫能技術創新與產業發展，開展氫能試點示範，重點發展可再生能源製氫，拓展氫能應用場景。
2024年4月	全國人民代表大會常務委員會	《中華人民共和國能源法（草案）》	該草案是中國能源領域具有基礎性、統領性的法律草案，明確了氫能被納入能源領域。該法對健全能源規劃體系、完善能源開發利用制度、加強能源市場體系建設、健全能源儲備體系和應急機制、加強能源科技創新、強化監督管理作出了規定。
2024年7月	國務院	《關於加快經濟社會發展全面綠色轉型的意見》	該意見提出，到2030年，節能環保產業規模達到人民幣15萬億元左右；非化石能源消費比重提高到25%左右；營運交通工具單位換算周轉量碳排放強度比2020年下降9.5%左右；及大宗固體廢棄物年利用量達到45億噸左右等。

行業概覽

發佈日期	發佈部門	政策	說明
2023年12月 . . .	國家發展和改革委員會	《產業結構調整指導目錄(2024年本)》	該目錄是中國各級政府配置資源、引導投資的重要指引。該目錄分為鼓勵、限制和淘汰三大類目。 在該目錄中，氫能產業相關的多項業務或項目，包括氫儲能、氫能技術應用、可再生能源製氫、氫燃料發動機等均為鼓勵類產業。
2023年6月	國家能源局	《新型電力系統發展藍皮書》	政府鼓勵突破適用於可再生能源電解水製氫的質子交換膜(PEM)和高溫固體氧化物電解水製氫等關鍵技術，開展儲氫、運氫、加氫環節的關鍵技術、燃料電池設備及系統集成關鍵技術研發。到2030年，非化石能源消費比重力爭達到25%。
2022年3月	國家發展和改革委員會	《氫能產業發展中長期規劃(2021-2035年)》	該規劃分析了中國氫能產業發展現狀，明確了產業戰略定位、總體要求和發展目標。 該規劃提出，到2025年， (i)燃料電池車輛保有量預計將達到約5萬輛，部署建設一批加氫站； (ii)可再生能源製氫量達到10 - 20萬噸／年，成為新增氫能消費的重要組成部分，實現二氧化碳減排100 - 200萬噸／年。

行業概覽

發佈日期	發佈部門	政策	說明
2022年1月	國家發展和改革委員會、 國家能源局	《「十四五」現代能源體系規劃》	「十四五」期間，著力實現能源研發經費投入年均增長7%以上，預計新增關鍵技術突破領域達到50個左右，符合非化石能源消費比重在2030年達到25%的總體目標。
2021年11月 . . .	國家能源局、 科學技術部	《「十四五」能源領域科技創新規劃》	該規劃的目標包括：(i)開展高性能、長壽命質子交換膜燃料電池(PEMFC)電堆重載集成、結構設計、精密製造關鍵技術研究；(ii)突破固體氧化物燃料電池(SOFC)關鍵技術，掌握系統集成優化設計技術及運行特性與負荷響應規律；(iii)完善熔融碳酸鹽燃料電池(MCFC)電池堆堆疊、功率放大等關鍵技術，掌握百千瓦至兆瓦級熔融碳酸鹽燃料電池集成設計技術；及(iv)開展多場景下燃料電池固定式發電及分佈式供能示範應用。
2021年10月 . . .	國務院	《2030年前碳達峰行動方案》	該行動方案重點研發氫製備、氫儲存、氫輸運、氫加注、氫能多元化應用等技術標準，支撐全產業鏈發展。

行業概覽

發佈日期	發佈部門	政策	說明
2021年10月...	國家發展和改革委員會、 國家能源局、 財政部、 自然資源部、 生態環境部、 住房和城鄉建設部、 農業農村部、 中國氣象局、 國家林業和草原局	《「十四五」可再生能源發展規劃》	該行動方案提出：(i)新建通道可再生能源電量比例原則上不低於50%；(ii)到2030年，新增新能源和清潔能源動力的交通工具比例達到40%左右；(iii)營運交通工具單位換算周轉量碳排放強度比2020年下降9.5%左右；及(iv)國家鐵路單位換算周轉量綜合能耗比2020年下降10%左右。 該規劃(i)推動可再生能源製氫，推動規模化製氫利用；(ii)旨在實現新能源電力消費佔比達到70%以上。

行業概覽

中國地方層面的政策

中國各地政府出台了多項政策，以促進旨在發展氫能產業的國家層面政策的實施。2023年，全國30多個省、自治區、直轄市發佈了200多項與氫能相關的地方政策。例如，2023年6月，河北省發佈《河北省氫能產業安全管理辦法》，對省內氫能產品生產、運輸、充裝及使用等環節的安全管理作出規定。2023年9月，山東省實施《關於開展能源綠色低碳轉型試點示範建設工作的通知》，鼓勵發展風電、光伏發電、核能製氫。

全球及中國氫能消費市場規模

全球氫能消費市場規模巨大，由2018年的43.0百萬噸增至2023年的67.8百萬噸。預計全球氫能消費市場規模將於2028年達到99.7百萬噸。從供應側來看，隨著技術進步，未來製氫、儲氫和運氫成本將會降低。從下游需求側來看，隨著技術進步，製氫、儲氫和運氫成本不斷降低，刺激了對氫能的需求。因此，氫能在未來仍將保持強勁需求。具體而言，在減碳背景下，低碳氫將成為趨勢。低碳氫的滲透率將大幅增長，低碳氫消費量將由2023年的8.9百萬噸增至2028年的36.4百萬噸，複合年增長率為32.5%。

全球氫能消費市場規模（按產值計）同樣巨大，由2018年的1,134億美元增至2023年的1,373億美元。預計全球氫能消費市場規模（按產值計）將於2028年達到2,031億美元。低碳氫消費市場規模（按產值計）將由2023年的278億美元增至2028年的880億美元，複合年增長率為25.9%。

行業概覽

全球氢能消費市場規模（按消費量計） 百萬噸，2018年至2028年（估計）

複合年增長率	2018年至2023年	2023年至2028年（估計）
總計	9.5%	8.0%
低碳氫*	24.3%	32.5%



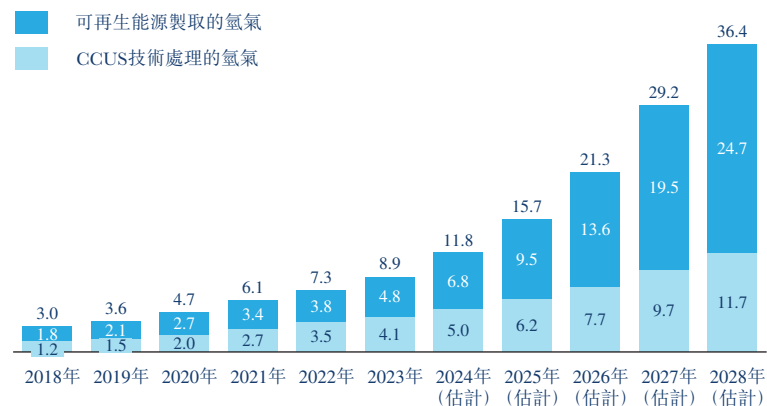
附註：

* 低碳氫是指可再生能源製取的氫氣及CCUS技術處理的氫氣。

資料來源：國際能源署、國際氢能委員會、弗若斯特沙利文

全球低碳氫消費市場規模（按消費量計） 百萬噸，2018年至2028年（估計）

複合年增長率	2018年至2023年	2023年至2028年（估計）
可再生能源製取的氫氣	23.1%	38.8%
CCUS技術處理的氫氣	27.9%	23.3%

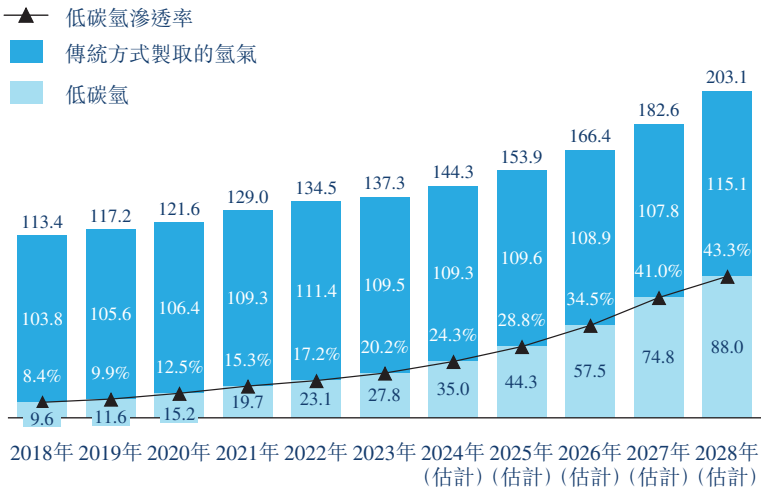


資料來源：國際能源署、國際氢能委員會、弗若斯特沙利文

行 業 概 覽

全球氢能消費市場規模（按產值計）⁽¹⁾
十億美元，2018年至2028年（估計）

複合年增長率	2018年至2023年	2023年至2028年（估計）
總計	3.9%	8.1%
低碳氫 ⁽²⁾	23.7%	25.9%



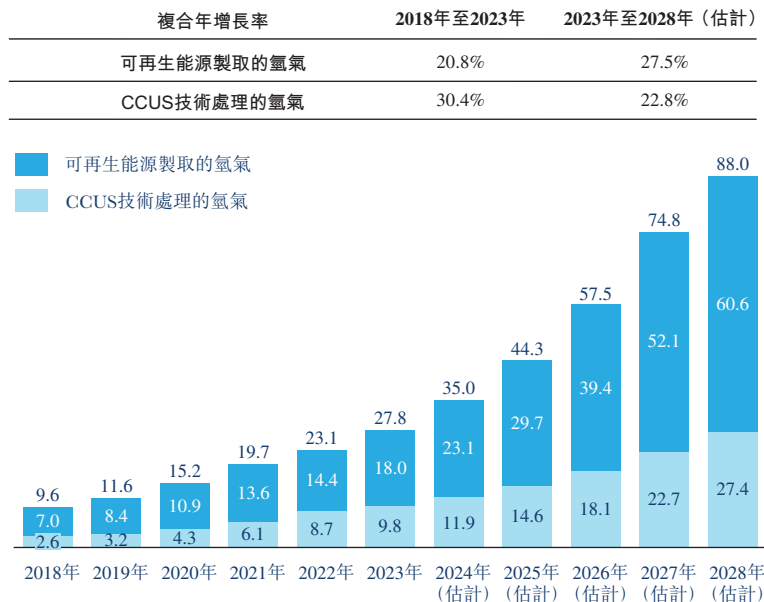
附註：

- (1) 全球氢能消費市場規模（按產值計）是指全球氢能消費各個領域的相應產值。
- (2) 低碳氫是指可再生能源製取的氫氣及CCUS技術處理的氫氣。

資料來源：國際能源署、國際氢能委員會、弗若斯特沙利文

行業概覽

全球低碳氫消費市場規模 (按產值計) 十億美元，2018年至2028年 (估計)



附註：

* 低碳氫是指可再生能源製取的氫氣及CCUS技術處理的氫氣。

資料來源：國際能源署、國際氫能委員會、弗若斯特沙利文

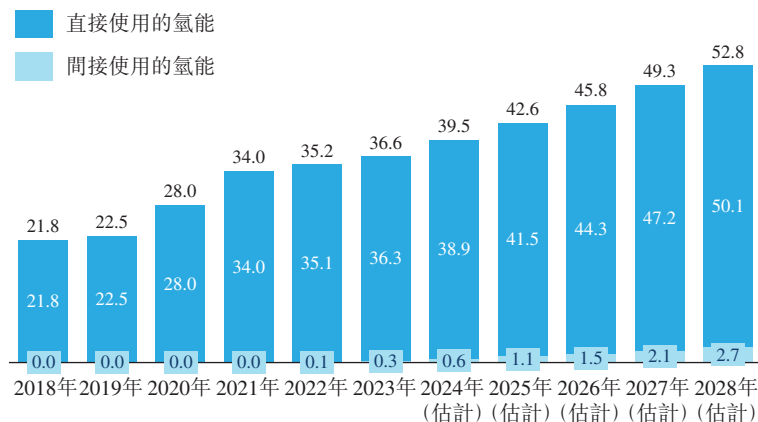
中國氫能消費市場規模 (按消費量計) 巨大。於2023年，按消費量計，中國佔全球氫能消費市場份額的約54.0%。按消費量計，中國氫能消費市場規模由2018年的21.8百萬噸增至2023年的36.6百萬噸，複合年增長率為10.9%。自2018年以來，中國氫能消費受下游石化和冶金產業技術發展所推動。冶金產業使用氫氣作為還原劑已日益變得更加普遍。預計中國氫能市場消費量將於2028年達到52.8百萬噸，2023年至2028年的複合年增長率為7.6%。未來，低碳氫將成為趨勢，並將快速增長，消費量將由2023年的2.9百萬噸增至2028年的13.5百萬噸，複合年增長率為36.0%。

中國氫能消費市場規模 (按產值計) 同樣巨大。於2023年，按消費額計，中國佔全球氫能消費市場份額的約36.9%。按消費額計，中國氫能消費市場規模由2018年的人民幣2,443億元增至2023年的人民幣3,552億元。預計中國氫能消費市場規模 (按產值計) 將於2028年達到人民幣5,781億元。中國低碳氫消費市場規模 (按產值計) 將由2023年的人民幣780億元增至2028年的人民幣2,677億元，2023年至2028年的複合年增長率為28.0%。

行業概覽

中國氫能消費市場規模（按消費量計） 百萬噸，2018年至2028年（估計）

複合年增長率	2018年至2023年	2023年至2028年（估計）
直接使用的氫能	10.7%	6.6%
間接使用的氫能	126.8%	59.9%



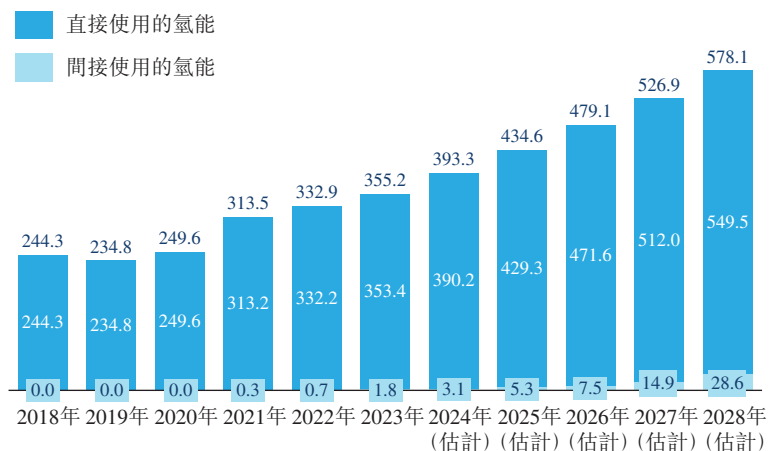
附註：

* 氫能可直接用於化工、鋼鐵等領域；氫能可通過燃料電池系統間接用於交通、發電、建築等領域。

資料來源：中國氫能聯盟、弗若斯特沙利文

中國氫能消費市場規模（按產值計） 人民幣十億元，2018年至2028年（估計）

複合年增長率	2018年至2023年	2023年至2028年（估計）
直接使用的氫能	7.7%	9.2%
間接使用的氫能	/	74.4%



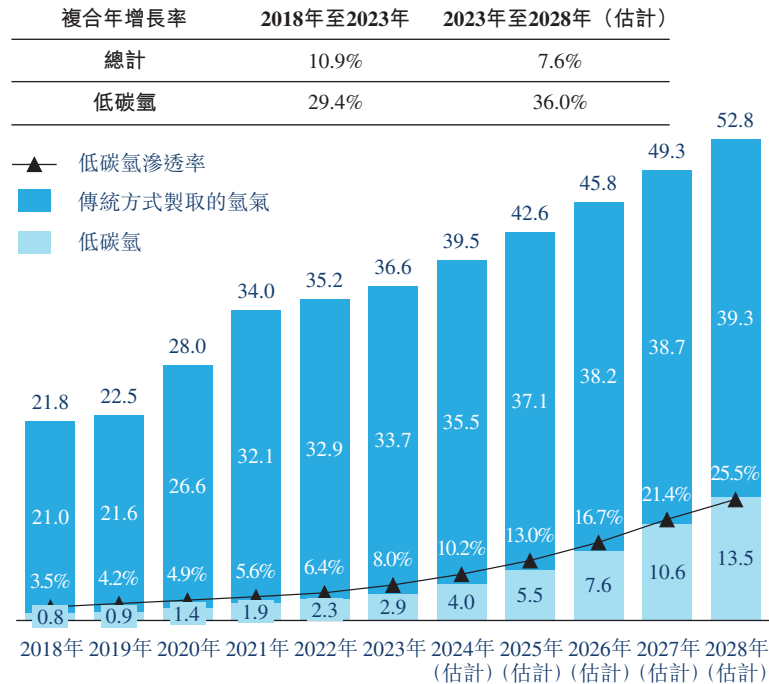
附註：

* 氫能可直接用於化工、鋼鐵等領域；氫能可通過燃料電池系統間接用於交通、發電、建築等領域。

資料來源：中國氫能聯盟、弗若斯特沙利文

行業概覽

中國氫能消費市場規模（按消費量計） 百萬噸，2018年至2028年（估計）⁽¹⁾



附註：

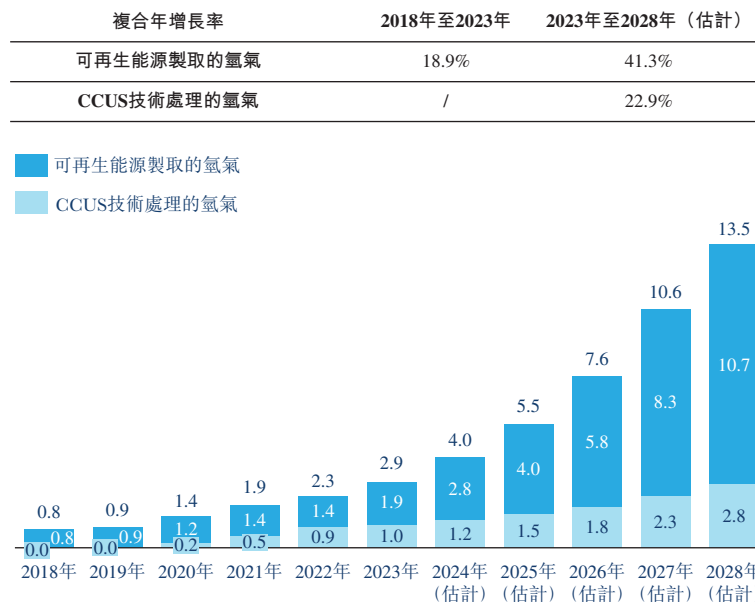
(1) 中國氫能消費市場規模（按消費量計）是指中國氫氣表觀消費量。（表觀消費量=當年進口量－當年出口量+當年生產量）

(2) 低碳氫是指可再生能源製取的氫氣及CCUS技術處理的氫氣。

資料來源：中國煤炭工業協會（中煤協會）、中國氫能源及燃料電池產業創新戰略聯盟（中國氫能聯盟）、弗若斯特沙利文

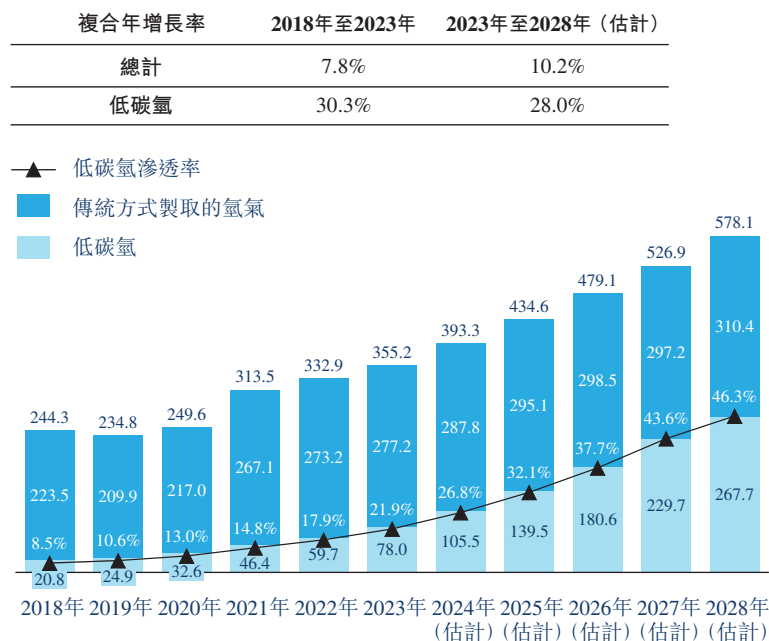
行業概覽

中國低碳氫消費市場規模（按消費量計） 百萬噸，2018年至2028年（估計）



資料來源：國際能源署、國際氫能委員會、弗若斯特沙利文

中國氫能消費市場規模（按產值計） 人民幣十億元，2018年至2028年（估計）⁽¹⁾



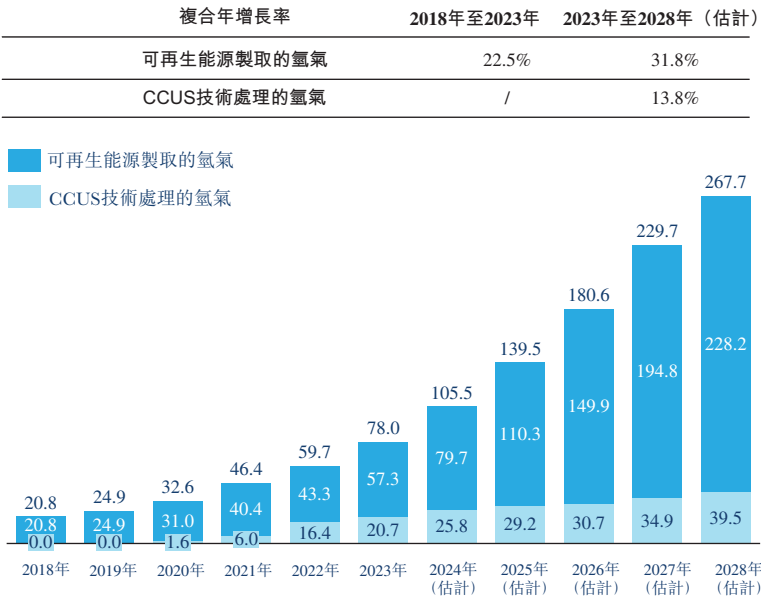
附註：

- (1) 中國氫能消費市場規模（按產值計）是指中國氫能消費各個領域的相應產值。
- (2) 低碳氫是指可再生能源製取的氫氣及CCUS技術處理的氫氣。

資料來源：中國煤炭工業協會（中煤協會）、中國氫能源及燃料電池產業創新戰略聯盟（中國氫能聯盟）、弗若斯特沙利文

行 業 概 覽

中國低碳氫消費市場規模（按產值計）
人民幣十億元，2018年至2028年（估計）



附註：

* 低碳氫是指可再生能源製取的氫氣及CCUS技術處理的氫氣。

資料來源：國際能源署、國際氫能委員會、弗若斯特沙利文

中國氫能市場的驅動因素

氫能市場發展是保障中國能源安全的重要途徑

能源是一國經濟的命脈。從能源結構角度而言，中國原油、天然氣等能源對外依存度較高，因此能源轉型勢在必行。此外，中國是碳排放大國，在2030年前碳達峰和2060年前碳中和的大背景下，氫能作為綠色能源，在國家發展中具備戰略意義。氫能可替代部分傳統能源在工業、建築、交通等領域綜合發展，推動高碳排放行業向低碳型轉變。因此，加快氫能市場發展是實現碳達峰碳中和目標，以及保障中國能源安全的重要途徑。

行業概覽

可再生能源發電的可持續發展為氫能市場打開需求市場

在雙碳目標和技術進步的共同推動下，可再生能源發電的成本不斷降低，經濟可行性逐漸凸顯，因此，近年來，可再生能源的裝機容量不斷增加。由於風能、太陽能等可再生能源具有波動性和間歇性，以及發電地點與用電地點之間存在距離等因素，電網在接納這些能源時面臨一系列技術和經濟難題。可再生能源發電的快速發展催生了電網消納需求。而氫能是一種較為稀缺的長期儲能方式，能幫助此類可再生能源實現大規模消納，並實現電網大規模調峰和跨季節、跨地域儲能。例如，在用電低谷時，將富裕的風、光電能用於電解水製氫，將能量以氫氣的形式存儲起來；在用電高峰時，再將存儲的氫氣通過氫燃料電池進行發電，通過「電—氫—電」的轉換，實現電網的削峰填谷。因此，隨著可再生能源發電的不斷發展，氫能作為一種有效的電網消納解決方案將實現快速發展。

出台更多利好政策支持行業發展

為應對不斷升級的氣候危機挑戰，中國正積極踐行碳中和承諾。氫能是未來國家能源體系的重要組成部分，屬戰略性新興產業，是中國實現碳中和目標的重要工具。近年來，國家、省、市對氫能市場出台了一系列扶持政策，確立了完善的政策支持體系。詳情請參閱本節「— 氫能市場概況 — 利好政策及法規」。

隨著技術發展，製氫、儲運氫成本不斷降低

可再生能源製氫的生產和利用成本高是氫能市場發展的一大障礙。然而，隨著未來各種技術的不斷進步，相關成本有望降低。隨著可再生能源製氫成本的下降，氫能市場將實現高效增長。

行業概覽

此外，中國氫能供需存在地域錯配。雖然中國東部和南部地區對氫資源的需求較高，但中國氫資源的供應主要位於中國西部和北部地區。因此，高效、低價的氫儲運技術是氫能市場發展的必要保障。目前，常溫高壓氣態儲氫是中國最成熟的儲氫技術。未來低溫液態儲氫、有機液態儲氫、固態儲氫將繼續發展，以實現低成本、高效儲氫。在運輸方面，目前技術上成熟、經濟上可行的運輸方式主要是氣態氫運輸。隨著氫能市場的擴大，氫運輸的成本將不斷降低。

中國氫能產業的未來趨勢

由政策驅動轉向市場驅動

中國氫能產業正從主要受政策影響向更多受市場驅動轉變。近期產業鏈的技術進步使得製氫成本逐步降低。隨著技術進步及市場競爭成為其發展的驅動力，氫能產業對政策的依賴度有望降低。在生產側，製氫成本的不斷下降受到工業副產氫成本降低以及風能和太陽能電價下降趨勢的影響。管道運輸和液態氫運輸的突破解決了大規模運輸的難題，降低了氫氣的整體運輸成本。此外，核心設備的本地化和規模化生產也有助於降低加氫成本。隨著產業鏈各個環節的共同進步，氫能的經濟可行性日益顯現，標誌著氫能產業發展由政策驅動轉向市場驅動。

可再生能源製氫的成本有望下降，而其滲透率有望提升

可再生能源製氫的主要成本是電費及設備折舊。因此，降低電價及電解設備成本是實現可再生能源製氫產業化和規模化生產的兩個關鍵因素。近年來，可再生能源發電成本進一步下降，電解電池的大型化、模塊化發展拉低了其價格，有助於可再生能源製氫成本的全面降低。具體而言，根據國家能源局的數據，2013年至2023年，風力發電及光伏發電成本分別降低約60%及80%。隨著相關基礎設施建設的不斷完善，風電裝機容量從7,600多萬千瓦增長到約4.4億千瓦；光伏發電裝機容量從約1,900萬千瓦增長到約6億千瓦。上述能源裝機容量的規模經濟效應將進一步使生產有關可再生能源

行業概覽

的成本降低，進而使有關能源的發電成本降低。製氫裝備成本亦在持續下降。目前，ALK及PEM仍為主流電解水製氫方法，其中ALK是最常用的方法。據弗若斯特沙利文確認，ALK裝備的售價近年來呈大幅下降趨勢，由2018年的約人民幣1,998.5元／千瓦降至2023年的約人民幣1,194.3元／千瓦，複合年增長率為-11.4%。預計未來仍有進一步下降的空間。隨著更多降碳規定的出台，傳統方式製氫佔比有望持續下降，而可再生能源製氫滲透率將持續提升。

「採用可再生能源發電－電解水製氫－氫燃料電池下游消納」的一體化項目將是未來趨勢

預計未來趨勢還將涉及將可再生能源發電、電解水製氫及燃料電池下游消納相結合的一體化項目。常見的氫氣應用領域包括可再生能源資源豐富、當地對氫氣需求較高的地區。在這些地區，利用可再生能源進行電解水製氫，所製備的氫氣用於車輛的燃料電池，為當地的氫能運輸提供解決方案。另外，在對大規模長期電網調峰有大量需求的地區，可利用可再生能源進行電解水製氫。當需要用電時，可使用氫燃料電池進行分佈式發電。利用電－氫－電的轉換技術，氫氣作為長期大容量儲能的優勢得到利用。此外，在電能過剩的情況下，可將過剩部分製成氫氣，氫氣可進一步製成氨和醇，為氫氣消納提供擴容空間。未來「電－氫－氨醇」的轉化預計也將成為行業的發展趨勢之一。

氫燃料電池行業概況

質子交換膜燃料電池 (PEMFC) 的定義及結構

氫燃料電池是將氫氣和氧氣反應的化學能直接轉換成電能的發電裝置。由於氫能具有熱值高、零碳排放等優點，氫燃料電池可作為理想的發電裝置。基於膜電極組件的不同內部電解質，存在各種類型的氫燃料電池。在此我們將重點介紹質子交換膜燃料電池，本節提及的氫燃料電池僅指質子交換膜燃料電池。

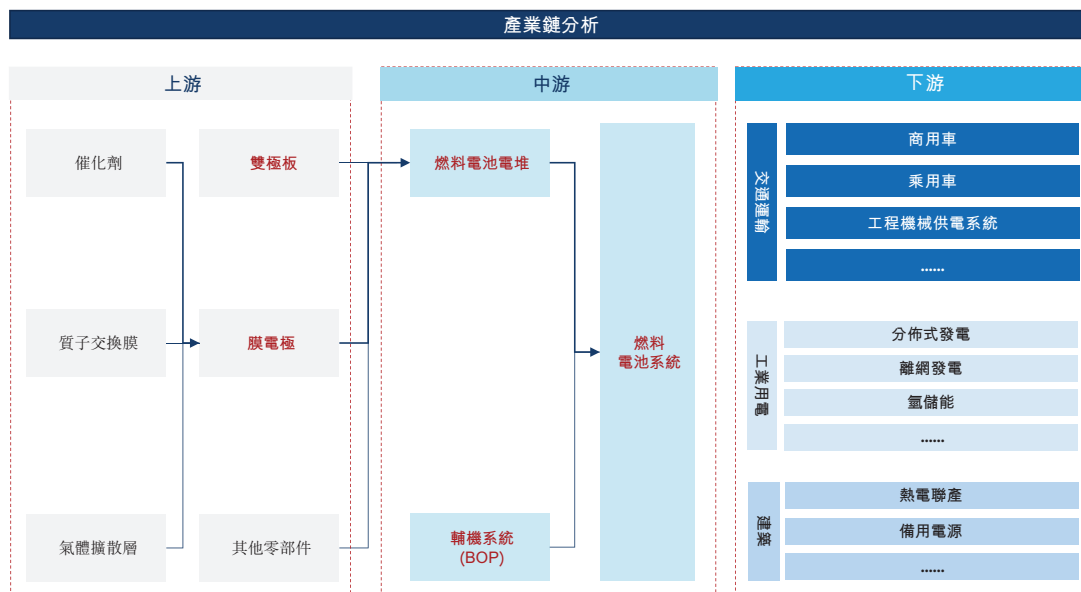
行業概覽

質子交換膜燃料電池主要包括燃料電池電堆及輔機系統(BOP)。燃料電池電堆是氫燃料電池系統的關鍵零部件，負責管理和控制化學能轉化為電能的反應場所，由雙極板、膜電極(MEA)及其他零部件(如密封墊片)組成。輔機系統是指除燃料電池電堆以外的燃料電池系統的模塊及零部件，主要包括空壓機和氫循環系統。

產業鏈分析

氫燃料電池行業參與者可基於其在產業價值鏈中的業務經營情況分為以下三類：

- **上游**。燃料電池行業的上游為燃料電池系統關鍵零部件製造商。關鍵零部件主要包括膜電極、雙極板、質子交換膜(PEM)、催化劑及氣體擴散層。
- **中游**。中游參與者為系統集成商，負責關鍵零部件及系統的研發和集成，並向下游企業銷售燃料電池系統。
- **下游**。下游應用主要集中在燃料電池汽車、船舶、航空、固定式發電等領域。



附註：紅字標註的產品為本集團生產的產品。

資料來源：弗若斯特沙利文

行業概覽

上游分析

燃料電池行業的關鍵零部件主要包括膜電極、雙極板、質子交換膜、催化劑及氣體擴散層。

- **膜電極**..... 膜電極(MEA)是燃料化學能轉化為電能的電化學反應的核心場所，其決定整個氫燃料電池的功率密度和使用壽命。

膜電極的正常運行取決於關鍵零部件，包括質子交換膜、催化劑和氣體擴散層(GDL)。質子交換膜是膜電極的核心材料，其作用是為質子提供離子通道、隔絕陰極和陽極氣體反應物。催化劑通過在電化學反應中分解氫氣和氧氣而發揮作用，從而產生電流。氣體擴散層支撐膜電極，收集電流、傳導氣體，管理反應水(氣體)及熱量。

- **雙極板**..... 雙極板是燃料電池的一種關鍵零部件，主要作用為支撐膜電極、均勻分配氫氣和氧氣以及冷卻液，並分隔氫氣和氧氣、收集電子、傳導熱量。按材料類型分類，雙極板分為三類：石墨雙極板、金屬雙極板和複合材料雙極板。雙極板的性能將顯著影響燃料電池電堆的體積、輸出功率和使用壽命。相同情況下金屬雙極板的使用壽命不足石墨雙極板的一半。此外，石墨雙極板使用壽命長，性能好且穩定，但其成本較高，尺寸更大。

行業概覽

中游分析

中游參與者為系統集成商，可分為以下兩類：

- 從燃料電池系統起家的公司，其中包括我們。該等公司在業務早期一直專注於系統集成技術，從上游供應商購買關鍵零部件，組裝成燃料電池系統，銷售給下游市場參與者。受市場快速發展影響，中游傳統集成參與者開始佈局氫燃料電池作為核心技術，並拓展至關鍵零部件上游製造及下游運營服務。一些頭部參與者（比如我們）通過積極開發自主燃料電池電堆技術，已經具備獨立生產燃料電池電堆等核心模塊的能力。在這些頭部參與者中，我們已具備獨立生產燃料電池電堆關鍵零部件（包括膜電極、雙極板及氫循環系統）的能力。
- 跨行業參與者（比如一些大型國內汽車企業）積極進行研發，實現了燃料電池系統發動機及燃料電池汽車整車的本地化。

下游分析

氫燃料電池是一種完全清潔無污染的能源解決方案，在碳中和進程中有著豐富的下游應用場景。中國氫燃料電池目前主要應用在燃料電池汽車領域。燃料電池汽車被廣泛應用於現今社會碳排放重要源頭的貨運重卡、公共汽車等大型商用車。此外，燃料電池正逐步應用於船舶、軌道車輛、航空等交通運輸領域。

氫燃料電池應用覆蓋各種交通運輸工具，為世界提供有效的碳減排、零碳排解決方案。此外，鑒於氫燃料電池優異的儲能性能，固定式發電、便攜式發電也是未來極具潛力的應用場景。

行業概覽

以下是按照商業化程度列出的場景。

- **商用車** 國內燃料電池系統的應用場景以商用車為主。與純電動汽車相比，燃料電池汽車擁有強大的性能，運行時間和運行里程明顯更長，安全性能也更優。目前，燃料電池商用車的主要示範應用集中在物流、公共汽車等領域。得益於產業補貼和國家扶持政策，中國氫燃料電池在商用車（尤其是公共汽車、物流車）應用方面已處於領先地位，超過了其他應用場景。此外，在低價氫地區，氫能重卡的可擴展性有所提高，預計到2027年安裝氫燃料電池的重卡將達到成本平價。
- **固定式發電** . . . 固定式發電包括所有在固定位置作為主電源（電站）、備用電源或者熱電聯產運行的燃料電池，比如分佈式發電及餘熱供電等，主要被用於商業、工業及住宅發電。隨著政府和市場對氫能的日益重視，基於氫燃料電池技術的固定式發電示範項目將持續發展。
- **工程機械** 工程機械也是燃料電池系統的下游主要應用場景之一，包括叉車、吊車、礦車、攪拌車等。以叉車為例，氫燃料電池叉車主要用於在室內外固定位置短距離（工作半徑一般不超過1公里）高效搬運物料。在「雙碳」背景下，氫燃料電池叉車基於零排放、無污染、加注快、耐低溫、動力足、輸出功率恆定等優勢，成為內燃叉車的理想替代。隨著技術成熟和成本下降，此類應用成為首選，尤其是在重載、低溫、連續長時間工作的應用場景中需求較為剛性。

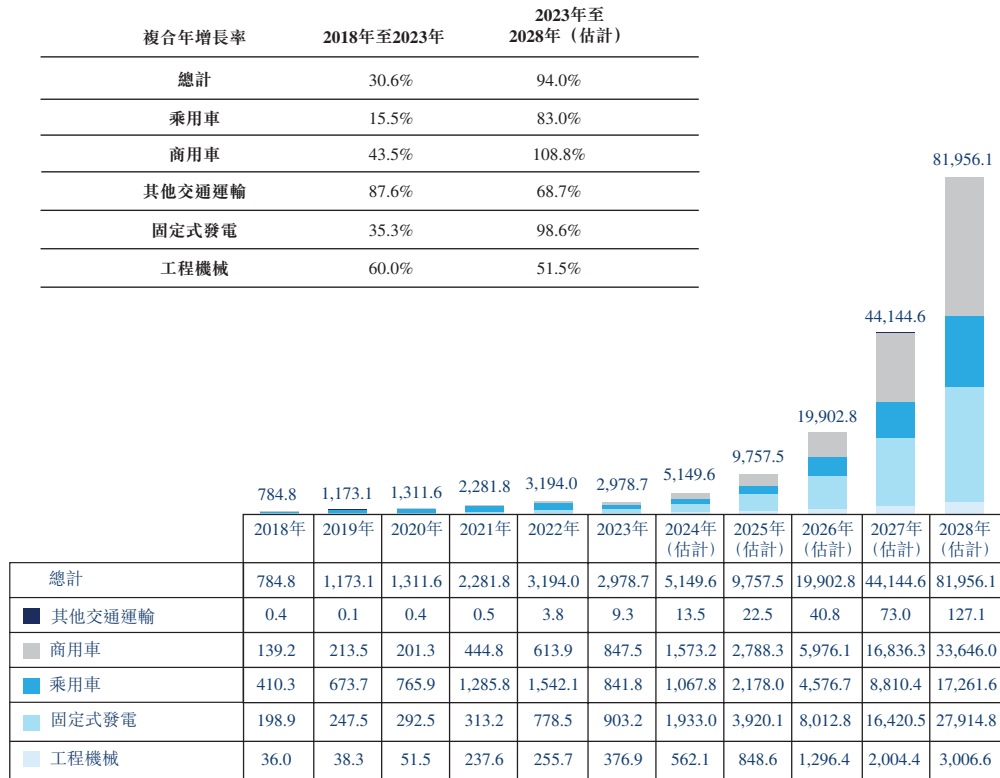
行業概覽

- **乘用車** 鑒於乘用車在推動技術進步方面的優勢地位以及擁有更廣泛的用戶群，乘用車能夠為燃料電池汽車的長期發展提供持續而強勁的動力。商用車的早期示範和運行將發揮引領作用，促進整個燃料電池產業鏈的協同發展，並產生降低成本等有利因素。近年來，在政策驅動及其他有利因素的共同作用下，中國燃料電池乘用車市場已初步形成。
- **船舶** 氫燃料電池技術在船舶上的應用不僅實現了高能效和零排放，還提高了船舶的整體舒適度，是海上運輸的一種理想的綠色推進系統。截至2023年10月，中國首艘氫燃料電池動力示範船「三峽氫舟1號」完成首航。
- **軌道交通** 氫燃料電池電力系統使火車能夠獨立於架空接觸網牽引供電系統運行，從而減少基礎設施投資。此外，它還具有噪音低、污染小、使用壽命長等優點。
- **航空** 燃料電池在航空上的應用主要集中在無人機和航空飛行器方面。氫作為燃料增加了發動機的淨推力輸出功率，降低了燃料消耗率。應用燃料散熱器提高了發動機性能，凸顯氫燃料電池在航空領域的應用潛力巨大。

行業概覽

全球及中國氫燃料電池系統的市場規模

全球氫燃料電池行業的市場規模（按銷售輸出功率計、按類型劃分） MW，2018年至2028年（估計）



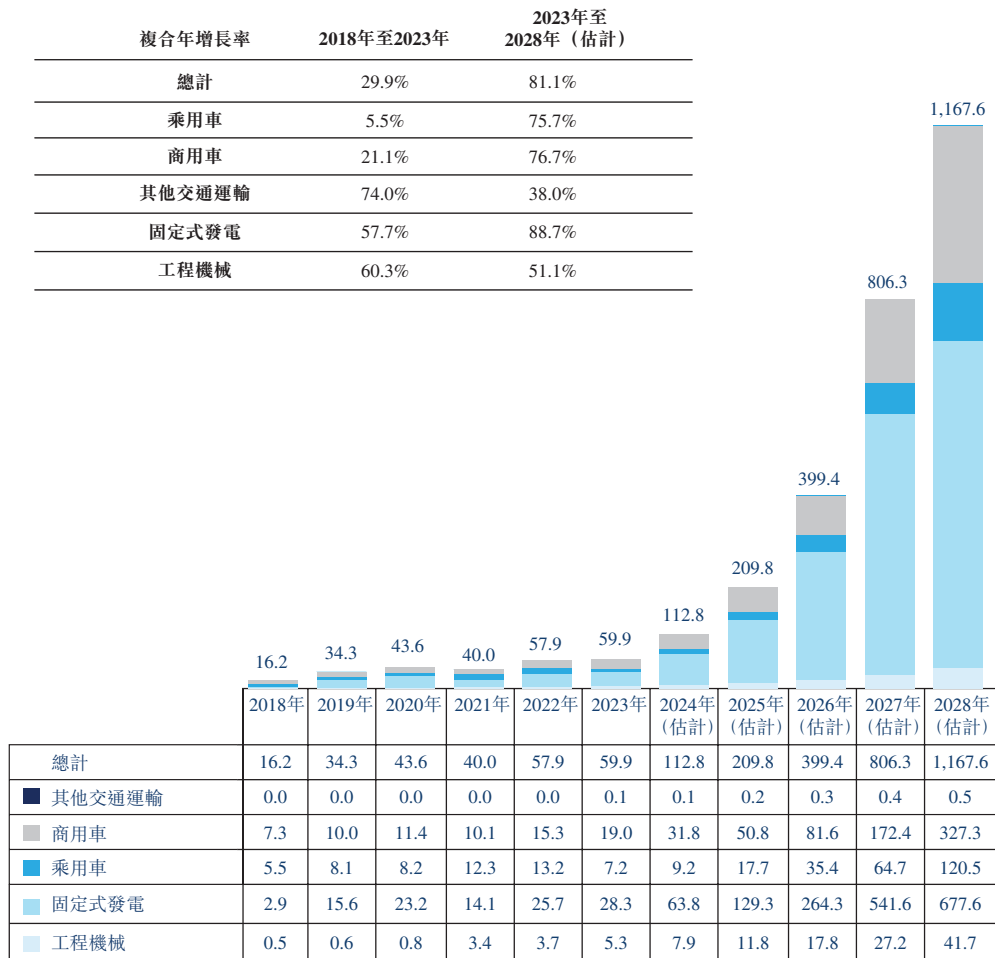
附註：

- (1) 固定式發電是指分佈式發電、熱電聯產及其他固定式發電；其他交通運輸是指燃料電池飛機、氫動力船、燃料電池火車等。
- (2) 銷售輸出功率是指燃料電池系統製造商供應的功率總和。
- (3) 總銷售輸出功率的歷史數據乃按照全球各類下游應用（如商用車、乘用車、其他交通運輸、固定式發電、工程機械等）的銷量乘以各類下游應用的單位平均輸出功率，再加上所有上述各類下游應用的輸出功率得出。估計未來增長率的相關假設主要包括三個方面：(1)氫燃料電池系統的生產成本不斷下降。以全球兩大市場為例，中國氫燃料電池系統的生產成本由2018年的人民幣9,600元／kW大幅降至2023年的人民幣2,400元／kW，預計於2028年將進一步降至人民幣1,100元／kW。日本氫燃料電池系統的生產成本預計由2019年的20,000日元／kW降至2025年的5,000日元／kW；(2)氫能產業基礎設施已達到相對先進的水平，且將會持續提高。具體而言，全球加氫站數量由2019年的597座增至2023年的1,362座，且預計於2028年將大幅增至4,761座。市場對氫燃料電池系統的接受程度將逐步提高，因而推動下游應用呈快速增長趨勢。此外，未來隨著氫能製備、儲運、加注和應用的改進，氫燃料電池系統亦將得到大規模推廣；及(3)隨著全球氫能價格持續下跌，燃料電池汽車的需求將相應上升，繼而進一步擴大燃料電池系統的市場規模。以全球兩大主要市場為例，在中國，預計氫能零售價格將由2023年的人民幣50元／kg至人民幣60元／kg不等降至2030年的人民幣30元／kg至人民幣40元／kg不等。在日本，預計氫能零售價格將由2017年的約100日元／Nm³降至2030年的約30日元／Nm³。

資料來源：E4tech、日本氫能和燃料電池戰略委員會、弗若斯特沙利文

行業概覽

全球氫燃料電池行業的市場規模（按銷售額計、按類型劃分） 億美元，2018年至2028年（估計）



附註：

- (1) 固定式發電是指分佈式發電、熱電聯產及其他固定式發電；其他交通運輸是指燃料電池飛機、氫動力船、燃料電池火車等。
- (2) 銷售額是指燃料電池系統製造商交付的產品總價值。
- (3) 總銷售額的歷史數據乃按照全球各類下游應用的總銷售量乘以各類下游應用的每千瓦平均售價，再加上所有上述各類下游應用的銷售額得出。估計未來增長率的相關假設主要包括三個方面：(1) 氫燃料電池系統的生產成本不斷下降。以全球兩大市場為例，中國氫燃料電池系統的生產成本由2018年的人民幣9,600元/kW大幅降至2023年的人民幣2,400元/kW，預計於2028年將進一步降至人民幣1,100元/kW。日本氫燃料電池系統的生產成本預計由2019年的20,000日元/kW降至2025年的5,000日元/kW；(2) 氫能產業基礎設施已達到相對先進的水平，且將會持續提高。具體而言，全球加氫站數量由2019年的597座增至2023年的1,362座，且預計於2028年將大幅增至4,761座。市場對氫燃料電池系統的接受程度將逐步提高，因而推動下游應用呈快速增長趨勢。此外，未來隨著氫能製備、儲運、加注和應用的改進，氫燃料電池系統亦將得到大規模推廣；及(3) 隨著全球氫能價格持續下跌，燃料電池汽車的需求將相應上升，繼而進一步擴大燃料電池系統的市場規模。以全球兩大主要市場為例，在中國，預計氫能零售價格將由2023年的人民幣50元/kg至人民幣60元/kg不等降至2030年的人民幣30元/kg至人民幣40元/kg不等。在日本，預計氫能零售價格將由2017年的約100日元/Nm³降至2030年的約30日元/Nm³。

資料來源：E4tech、日本氫能和燃料電池戰略委員會、弗若斯特沙利文

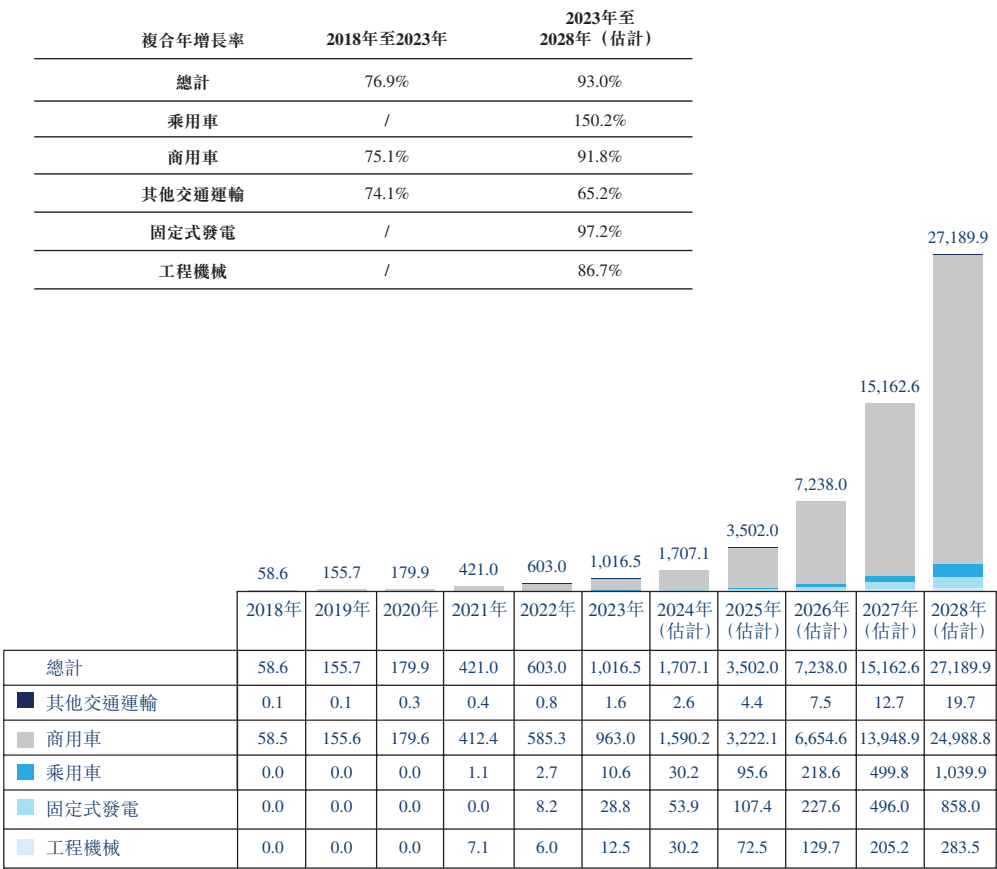
行業概覽

全球氫燃料電池的銷售輸出功率由2018年的784.8MW以30.6%的複合年增長率增至2023年的2,978.7MW。目前，交通運輸和固定式發電是全球氫燃料電池系統下游應用場景的前兩大分部，2023年分別佔56.7%及30.3%。燃料電池汽車是主要驅動因素，但隨著氫燃料電池市場不斷發展，固定式發電和其他交通運輸領域將逐漸商業化。根據有關預測，到2028年全球氫燃料電池市場將達到81,956.1MW，2023年至2028年的複合年增長率預計為94.0%。

2023年，全球氫燃料電池行業的市場規模（按銷售額計）已達到60億美元，自2018年起以29.9%的複合年增長率增長。2023年，交通運輸及固定式發電是全球氫燃料電池下游應用的前兩大分部，分別佔43.9%及47.2%。預計全球氫燃料電池市場將於2028年前達到1,168億美元，2023年至2028年的複合年增長率為81.1%。

行業概覽

中國氫燃料電池行業的市場規模（按銷售輸出功率計、按類型劃分）
MW，2018年至2028年（估計）



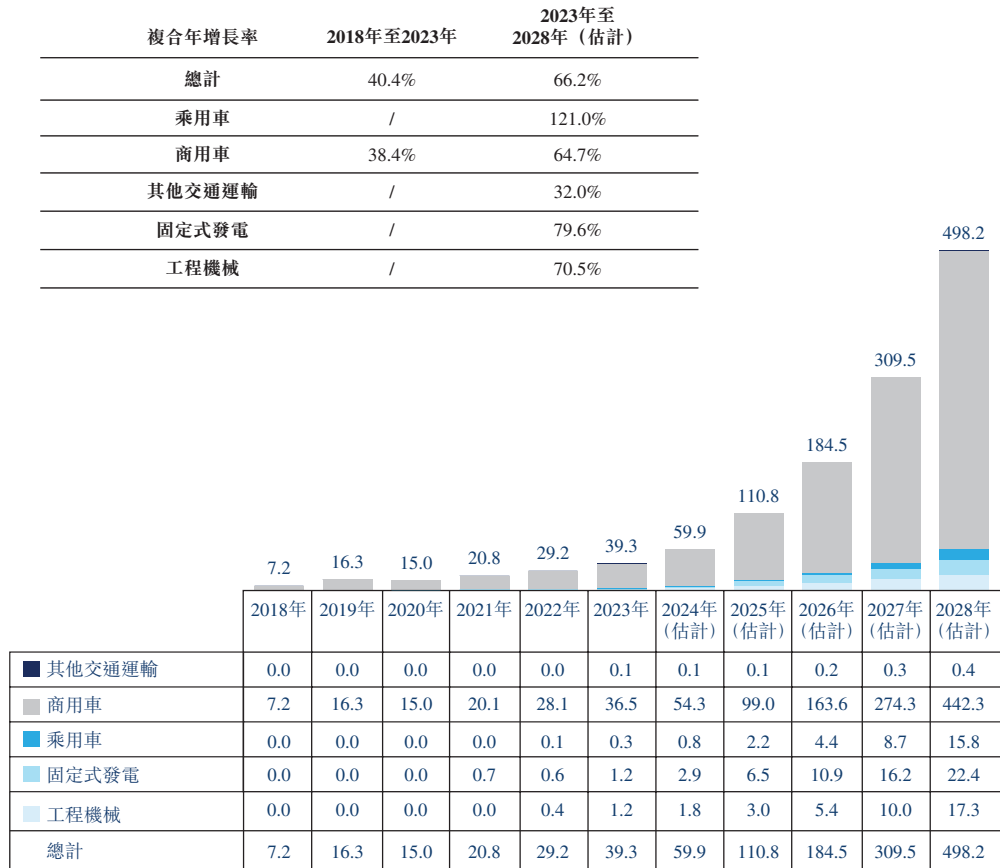
附註：

- (1) 固定式發電是指分佈式發電、熱電聯產及其他固定式發電；其他交通運輸是指燃料電池飛機、氫動力船、燃料電池火車等。
- (2) 銷售輸出功率是指燃料電池系統製造商供應的功率總和。
- (3) 總銷售輸出功率的歷史數據乃按照中國各類下游應用（如商用車、乘用車、其他交通運輸、固定式發電、工程機械等）的銷量乘以各類下游應用的單位平均輸出功率，再加上所有上述各類下游應用的輸出功率得出。估計未來增長率的相關假設主要包括三個方面：(1)氫燃料電池系統的生產成本不斷下降，具體而言，中國氫燃料電池系統的生產成本由2018年的人民幣9,600元／kW大幅降至2023年的人民幣2,400元／kW，且預計於2028年將進一步降至人民幣1,100元／kW，使得氫燃料電池系統在下游應用中具成本效益；(2)氫能產業基礎設施已達到相對先進的水平，且將會持續提高。具體而言，中國加氫站數量由2019年的56座增至2023年的428座，且預計於2028年將大幅增至2,766座。市場對氫燃料電池系統的接受程度將逐步提高，因而推動下游應用呈快速增長趨勢。此外，未來隨著氫能製備、儲運、加注和應用的改進，氫燃料電池系統亦將得到大規模推廣；及(3)隨著中國氫能價格持續下跌，燃料電池汽車的需求將相應上升，繼而進一步擴大中國燃料電池系統的市場規模。具體而言，預計中國氫能零售價格將由2023年的人民幣50元／kg至人民幣60元／kg不等降至2030年的人民幣30元／kg至人民幣40元／kg不等。

資料來源：高工產業研究院、E4tech、中華人民共和國工業和信息化部（工信部）、弗若斯特沙利文

行業概覽

中國氫燃料電池行業的市場規模（按銷售額計、按類別劃分） 人民幣億元，2018年至2028年（估計）



附註：

- (1) 固定式發電是指分佈式發電、熱電聯產及其他固定式發電；其他交通運輸是指燃料電池飛機、氫動力船、燃料電池火車等。
- (2) 銷售額是指燃料電池系統製造商交付的產品總價值。
- (3) 總銷售輸出功率的歷史數據乃按照中國各類下游應用的總銷售量乘以各類下游應用的每千瓦平均售價，再加上所有上述各類下游應用的銷售額得出。估計未來增長率的相關假設主要包括三個方面：(1)氫燃料電池系統的生產成本不斷下降。具體而言，中國氫燃料電池系統的生產成本由2018年的人民幣9,600元/kW大幅降至2023年的人民幣2,400元/kW，且預計於2028年將進一步降至人民幣1,100元/kW，使得氫燃料電池系統在下游應用中具成本效益；(2)氫能產業基礎設施已達到相對先進的水平，且將會持續提高。具體而言，中國加氫站數量由2019年的56座增至2023年的428座，且預計於2028年將大幅增至2,766座。市場對氫燃料電池系統的接受程度將逐步提高，因而推動下游應用呈快速增長趨勢。此外，未來隨著氫能製備、儲運、加注和應用的改進，氫燃料電池系統亦將得到大規模推廣；及(3)隨著中國氫能價格持續下跌，燃料電池汽車的需求將相應上升，進而進一步擴大中國燃料電池系統的市場規模。具體而言，預計中國氫能零售價格將由2023年的人民幣50元/kg至人民幣60元/kg不等降至2030年的人民幣30元/kg至人民幣40元/kg不等。

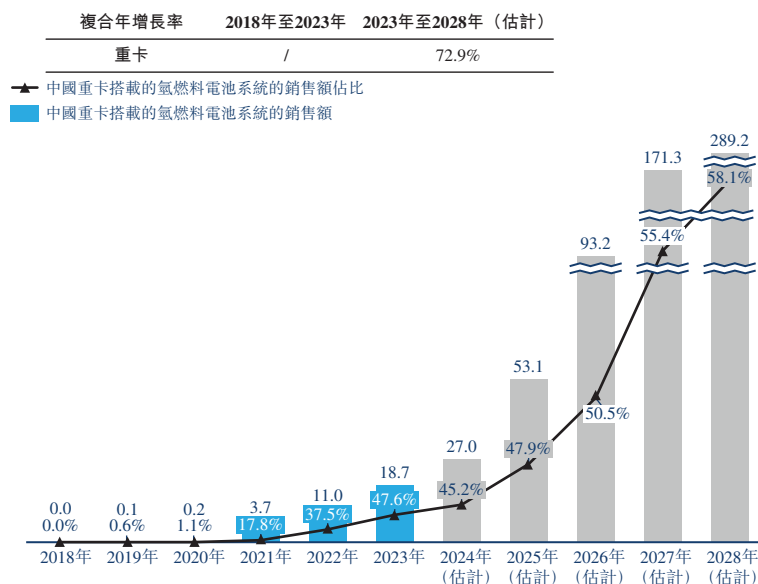
資料來源：高工產業研究院、E4tech、工信部、弗若斯特沙利文

行業概覽

於2023年，按銷售輸出功率計，中國氫燃料電池行業的市場規模約佔全球氫燃料電池市場的34.1%。於同年，中國氫燃料電池系統的銷售輸出功率達至1,016.5MW，2018年至2023年的複合年增長率為76.9%。隨著中國減碳戰略方針逐步落地，氫能市場投資不斷增加，並逐步實現商業化。由於技術發展及規模效應，燃料電池系統的成本日後將會下降，刺激下游需求。預計中國氫燃料電池系統的銷售輸出功率將於2028年達至27,189.9MW。

中國氫燃料電池行業的市場規模（按銷售額計）由2018年的人民幣7億元增至2023年的人民幣39億元，複合年增長率為40.4%。預計中國氫燃料電池行業的市場規模（按銷售額計）將於2028年達到人民幣498億元。

中國重卡搭載的氫燃料電池系統的市場規模（按銷售額計） 人民幣億元，2018年至2028年（估計）



資料來源：弗若斯特沙利文

2023年，中國重卡搭載的氫燃料電池系統的銷售額為人民幣19億元，約佔2023年中國氫燃料電池系統總銷售額的47.6%，為2023年氫燃料電池系統最大的應用細分市場。預計重卡搭載的氫燃料電池系統的市場規模將持續增長至2028年的人民幣289億元，2023年至2028年的複合年增長率達72.9%。

行業概覽

中國氫燃料電池行業的預期大幅增長趨勢是由多項因素促成的。首先，中國政府對氫燃料電池行業的扶持一直並將繼續具有重要意義。根據中國發佈的《氫能產業發展中長期規劃(2021-2035年)》，到2025年，中國企業有望掌握核心技術和製造工藝，預計燃料電池汽車保有量將達到約50,000輛。此外，大力部署加氫站網絡，並將可再生能源製氫量增至每年10萬至20萬噸。不僅如此，國內各省市紛紛出台扶持政策，推動氫燃料電池行業發展。例如，山西省呂梁市、內蒙古鄂爾多斯、陝西省、吉林省、四川省及山東省已頒佈對安裝ETC套裝設備的氫能車輛免收高速公路通行費的政策，旨在促進氫能汽車的應用，推動氫燃料電池行業的需求增長。此外，上海到2025年力爭發展燃料電池汽車超過10,000輛，而佛山計劃到2025年推廣燃料電池汽車3,000輛以上，建成60座加氫站。該等政策舉措為氫燃料電池行業的預期發展奠定了強有力的基礎。

此外，燃料電池汽車成本的大幅下降以及由此帶來的全生命週期成本的下降亦將推動氫燃料電池市場的未來增長。技術進步，特別是燃料電池技術的進步，正在不斷壓低燃料電池汽車的購買價格，及降低氫氣的終端價格。其中一項重要因素為氫燃料電池系統本身成本的不斷降低。系統設計的優化、關鍵零部件的本地化等技術進步促使燃料電池系統生產成本大幅降低。此外，生產規模經濟進一步降低了成本，使得氫燃料電池系統更加經濟可行。與傳統能源汽車相比，燃料電池汽車的全生命週期成本不斷降低，表明其日益增長的市場競爭力。例如，在氫燃料電池行業佔據重要細分市場的重型卡車表現出巨大的增長潛力。燃料電池重卡的銷量預計將快速增長，2023年至2028年的複合年增長率為92.5%，到2028年將達到96,676輛。

此外，燃料電池汽車(尤其是重型卡車)在續航里程、車輛整體負載能力及長途重載情況下的性能方面均比傳統燃油車輛及電動重卡更具競爭優勢，使其處於市場有利地位。由於技術進步和規模經濟，氫燃料電池重卡的全生命週期成本持續降低，預計其在成本效益方面將超過傳統能源重卡及電動重卡。最後，政府扶持、降本努力、技術創新及市場擴張舉措將在可預見的未來推動氫燃料電池市場的快速增長。

行 業 概 覽

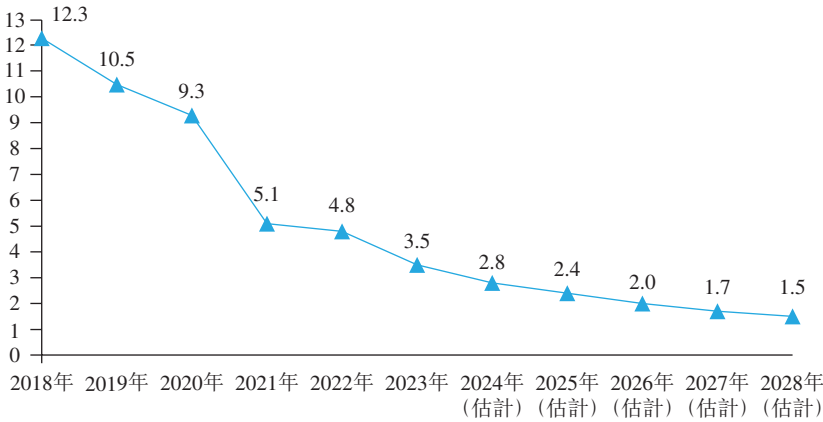
中國氫燃料電池系統價格分析

氫燃料電池系統的價格分析

氫燃料電池系統的價格由2018年的人民幣12,300元／kW降至2023年的人民幣3,500元／kW，複合年增長率為-22.2%。有關下降主要受材料技術和生產工藝進步、關鍵零部件本地化及規模經濟出現所推動。

中國氫燃料電池系統的平均價格
人民幣千元／kW，2018年至2028年（估計）

複合年增長率	2018年至2023年	2023年至2028年（估計）
市場	-22.2%	-15.6%

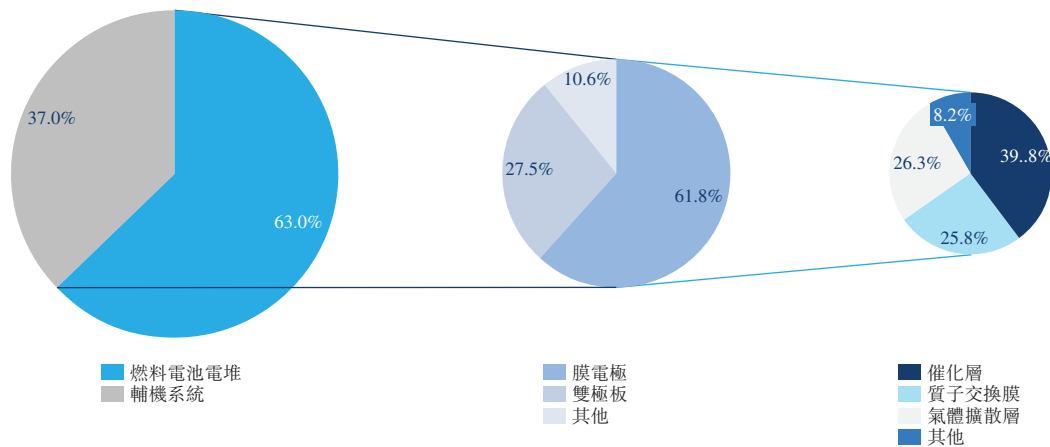


資料來源：中國汽車工程學會(China-SAE)、弗若斯特沙利文

行業概覽

氫燃料電池成本構成及下降路徑分析

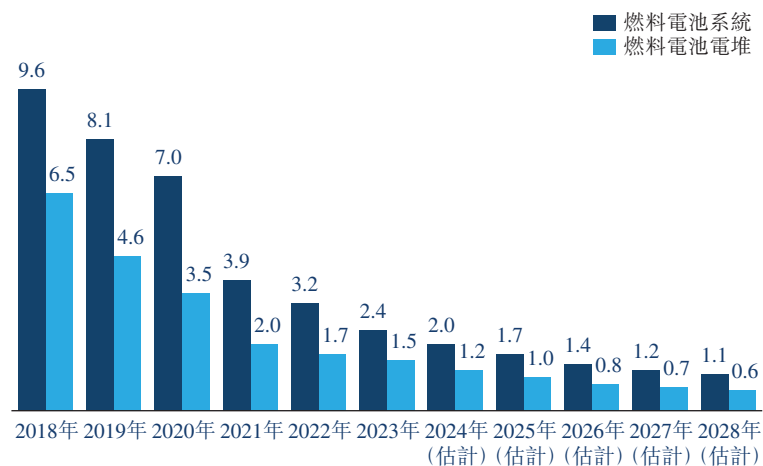
氫燃料電池系統關鍵零部件的成本結構



資料來源：弗若斯特沙利文

以單一氫燃料電池系統的單個電堆組件為例，燃料電池電堆成本約佔燃料電池系統成本的63.0%，是燃料電池系統的關鍵零部件。在燃料電池電堆中，雙極板成本約佔燃料電池電堆成本的27.5%，膜電極成本約佔燃料電池電堆成本的61.8%。在膜電極結構中，催化劑是最大的成本項目，約佔膜電極整體成本的39.8%。

中國燃料電池系統及電堆的成本分析 人民幣千元／kW，2018年至2028年（估計）



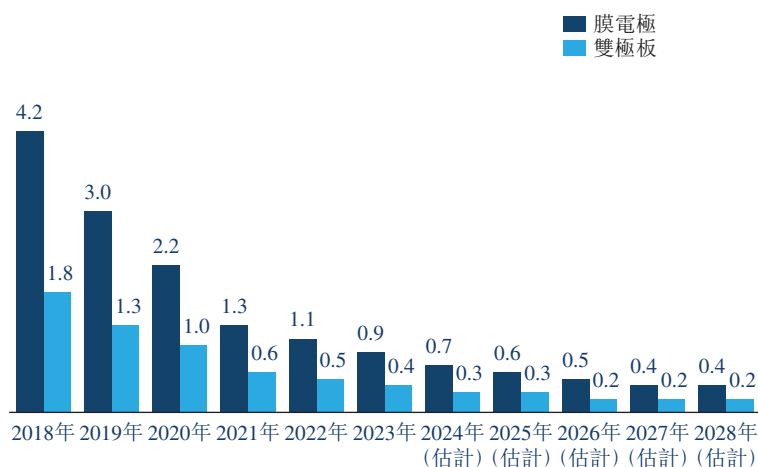
資料來源：China-SAE、弗若斯特沙利文

行業概覽

2018年至2023年，燃料電池系統成本由人民幣9,600元／kW降至人民幣2,400元／kW，預計到2028年，燃料電池系統成本將降至人民幣1,100元／kW。燃料電池系統成本的下降主要是由於技術進步、規模經濟效益及關鍵零部件本地化。

2018年至2023年，燃料電池電堆的成本已由人民幣6,500元／kW降至人民幣1,500元／kW。預計到2028年，燃料電池電堆的成本將降至人民幣600元／kW。成本降低乃由於技術進步、工藝創新以及主要零部件（如膜電極和雙極板）的本地化。隨著燃料電池系統和燃料電池電堆成本的下降，氫能汽車的成本有望大幅下降，從而提升氫能下游應用的商業化速度。

中國膜電極及雙極板的成本分析
人民幣千元／kW，2018年至2028年（估計）



資料來源：China-SAE、弗若斯特沙利文

2018年至2023年，膜電極的成本由人民幣4,200元／kW降至人民幣900元／kW。預計到2027年，膜電極的成本將降至人民幣400元／kW。膜電極由質子交換膜、催化劑、氣體擴散層及其他重要零部件組成。

2018年至2023年，雙極板的成本由人民幣1,800元／kW降至人民幣400元／kW。預計到2026年，雙極板的成本將降至人民幣200元／kW。目前國內雙極板企業正進行石墨雙極板擴產，規模效應帶來的成本下降將直接帶動整體成本下降。

行業概覽

燃料電池成本下降路徑分析

- **技術進步**

可採用兩種主要方法實現成本下降。首先，企業可對系統設計進行系統性優化，以發掘降低成本的機會。這需要通過探索減少零部件，特別是擴散層等部件，精簡系統和反應器結構。其次，可通過提高關鍵材料和零部件的技術能力以降低成本。這包括推進質子交換膜的本地化，減少催化劑鉑載量，以及創新催化劑結構以提高催化活性。在這兩個方向上的協同努力具有顯著降低與燃料電池系統相關整體成本的潛力。

- **本地化**

隨著中國燃料電池全部零部件自主研發政策的出台，中國氫燃料電池市場已逐步實現膜電極、雙極板等主要零部件的全面本地化。目前，質子交換膜、氣體擴散層和催化劑層已經過初步商業化嘗試。進一步的本地化將有助於降低整體生產成本。

- **規模效應**

通過各個零部件的大規模生產，可降低氫燃料電池零部件的成本。在最初發展階段，企業會面對相對較高的生產成本。然而，隨著企業多年來通過將其產品商業化以擴大其產量，總體生產成本已降低。這種規模化生產效應在關鍵零部件（如膜、雙極板、催化劑等）上體現尤為明顯。

中國氫燃料電池行業的未來趨勢

- **隨著功率規模達到重卡等應用場景的使用要求，氫燃料電池技術提高可靠性、延長壽命和降低成本成為趨勢**

隨著重型卡車成為燃料電池汽車商業化的未來趨勢，在氫燃料電池開發中出現了優先開發大功率氫燃料電池的顯著轉變。自2022年起，多家氫燃料電池公司陸續推出輸出功率超過200kW的氫燃料電池。技術進步、工藝創新及關鍵零部件的本地化正在為降低氫燃料電池生產成本鋪平道路。此外，預計先進材料和經改進後生產方法的使用將有助於延長氫燃料電池的壽命並提高其可靠性。

行業概覽

- **氫燃料電池系統在固定式發電中的應用將會快速增長**

未來，交通運輸和固定式發電將繼續是氫燃料電池系統應用的兩個主要領域。隨著在交通運輸領域的廣泛推廣，氫燃料電池的技術成熟度有望得到顯著提升。同時，預計氫燃料電池固定式發電將在基於不同需求的各種場景中得到應用。離網發電、熱電聯產、備用電源等領域正在快速增長。

- **成本優化推動需求增長**

隨著材料技術、製造工藝、關鍵零部件本地化的發展及規模效應，燃料電池系統成本日後將繼續呈現下滑趨勢，燃料電池商用車製造商的採購成本將大幅削減。成本降低將加快實現下游應用整個生命週期成本平價，盈利性氫燃料汽車運營商將有更強的購買意願，氫燃料電池的需求端將繼續擴大。

中國氫燃料電池行業的市場驅動因素

- **政府大力支持。**根據中國發佈的《氫能產業發展中長期規劃（2021年—2035年）》，到2025年，中國企業有望掌握核心技術和製造工藝，預計燃料電池汽車保有量將達到約50,000輛。此外，大力部署加氫站網絡，並將可再生能源製氫量增至每年10萬至20萬噸。預計該等政策舉措將繼續推動氫燃料電池行業發展。
- **下游應用市場持續增長。**中國燃料電池汽車市場的未來增長將推動氫燃料電池需求增加。2023年，中國燃料電池汽車市場規模為人民幣70億元，預計到2028年市場總規模達至人民幣1,023億元，複合年增長率高達71.2%。受益於燃料電池汽車在主要下游場景的快速發展，全球對氫燃料電池的需求將繼續增加。另一方面，新能源發電並網造成「棄風棄光」問題，為儲氫市場的發展提供機遇。隨著中國持續重視環境治理及其他地緣政治危機引發的能源危機，新能源發電逐漸成

行業概覽

為人們關注的熱點之一。光伏、風能等新能源發電目前存在調節靈活性差、間歇性強、波動性強等諸多痛點。儲氫作為一項新興儲能技術，將有效解決該等痛點。未來新能源發電並網將在需求側推動氫燃料電池市場的發展。

- **基礎設施持續完善。**隨著氫燃料電池行業不斷發展，企業愈來愈重視基礎設施建設，其中包括擴建加氫站、供氫中心、氫氣管道等。基礎設施的持續完善對支持氫燃料電池行業的發展至關重要，能夠確保加氫站和氫氣供應點的可及性，有利於燃料電池汽車和其他氫能應用的推廣。此外，完善的基礎設施網絡有助於提高氫燃料電池系統的整體效率和可靠性，從而增強行業利益相關者和消費者的信心。因此，基礎設施的持續完善是氫燃料電池行業增長和發展的重要推動力。

中國氫燃料電池行業的准入壁壘

- **核心零部件研發面臨困難。**燃料電池系統包括電堆、供氫系統、供氣系統等各種零部件，其中質子交換膜、電極材料等關鍵零部件的開發面臨重大挑戰。電化學材料和膜電極對燃料電池高效運行至關重要，但本身異常複雜，因此加大了研發工作的難度。該等零部件由國外公司主導，抬高了新市場參與者的准入壁壘。
- **燃料電池系統快速迭代。**隨著燃料電池商用車及其他下游應用加快部署，對高性能、高經濟性及高耐久性燃料電池的需求不斷增加。為滿足不斷變化的市場需求，頭部製造商積極參與研發工作。燃料電池技術快速迭代旨在從符合政策規定向滿足市場驅動的高性能、高經濟性及高耐久性的需求轉型。然而，迭代速度加快也帶來了挑戰，為新進入者設置了壁壘，他們必須在把控競爭格局的同時，滿足不斷變化的市場需求，應對因此產生的錯綜複雜的局面。

中國氫燃料電池行業面臨的挑戰

- **未來政府補貼逐漸削減。**政府目前對燃料電池在交通運輸領域的應用補貼力度相對較大，旨在擴大燃料電池的應用。然而，未來政府補貼將逐漸減少，這種影響亦將波及燃料電池製造商。汽車企業將縮減燃料電池成本，因此降低燃料電池成本是未來的一大挑戰。

行業概覽

中國氫燃料電池行業的競爭格局

2023年，中國氫燃料電池市場的市場規模（按銷售輸出功率計）約為1,016.5MW，其中前五大公司佔市場總規模的約70.7%。截至2023年12月31日，中國氫燃料電池市場上有近57家燃料電池系統公司（不包括其控股子公司）。氫燃料電池製造商的數量於2023年有所增加，表明進入燃料電池市場的氫能產業鏈的市場參與者的潛在擴張。2023年，我們的已售氫燃料電池系統的總銷售輸出功率達242.3MW。2023年，按燃料電池系統總銷售輸出功率計，我們是中國氫燃料電池市場排名第一的公司，市場份額為23.8%。

此外，按2023年重卡搭載的氫燃料電池系統的總銷售輸出功率計，我們位居中國氫燃料電池市場第一，市場份額為42.4%。根據弗若斯特沙利文的資料，2023年，重型卡車是氫燃料電池系統最大的應用領域。具體而言，2023年重卡搭載的氫燃料電池系統銷售額為人民幣19億元，約佔2023年中國氫燃料電池系統銷售總額47.6%，預計到2028年，重卡搭載的氫燃料電池系統銷售額將增至人民幣289億元，2023年至2028年的複合年增長率為72.9%。

中國前五大燃料電池系統供應商的排名 （按氫燃料電池系統的總銷售輸出功率計） MW，2023年

排名	公司	銷售輸出功率	市場份額
1	本集團	242.3	23.8%
2	億華通	189.4	18.6%
3	國鴻氫能	148.6	14.6%
4	捷氫科技	~100	~9.8%
5	國氫新能源	~40	~3.9%

行業概覽

附註：

- (1) 北京億華通科技股份有限公司是一家於2012年在北京成立、集氫能及燃料電池研究及產業化於一體的高新技術企業，目前在香港聯交所上市。
- (2) 國鴻氫能科技（嘉興）股份有限公司是一家成立於2015年、總部位於浙江嘉興、專門從事燃料電池開發的企業，目前在香港聯交所上市。
- (3) 上海捷氫科技股份有限公司是一家成立於2018年、總部位於上海、專門從事氫燃料電池電堆、系統、核心零部件的研發、設計、製造、銷售及工程技術服務的高新技術企業。
- (4) 深圳國氫新能源科技有限公司是一家於2016年在深圳成立的企業，主要業務包括與領先的燃料電池動力系統及核心零部件研發及製造相關的燃料電池動力系統解決方案及燃料電池應用開發，以及與加氫站能源基礎研發、設施核心設備的生產、設計、建造及運營、新能源汽車運營管理相關的燃料電池行業生態閉環解決方案。

資料來源：弗若斯特沙利文

中國前五大燃料電池系統供應商的排名 （按重卡搭載的氫燃料電池系統的總銷售輸出功率計） MW，2023年

排名	公司	銷售輸出功率	市場份額
1	本集團	209.2	42.4%
2	億華通	99.8	20.2%
3	國鴻氫能	86.7	17.6%
4	捷氫科技	23.1	4.7%
5	濰柴集團 ⁽¹⁾	14.3	2.9%

附註：

- (1) 濰柴動力股份有限公司是一家於2002年成立、總部位於濰坊的設備製造企業。

資料來源：弗若斯特沙利文

行 業 概 覽

前五大燃料電池系統供應商的排名
(按中國重卡搭載的氫燃料電池系統的銷售額計)
人民幣億元，2023年

排名	公司	銷售額	市場份額
1	本集團	5.5	29.4%
2	國鴻氫能	3.2	17.2%
3	億華通	3.0	16.0%
4	捷氫科技	0.9	4.8%
5	濰柴集團	0.6	3.2%

資料來源：弗若斯特沙利文

中國前五大燃料電池系統供應商的排名
(按氫燃料電池系統的銷售額計)
人民幣億元，2023年

排名	公司	銷售額	市場份額
1	億華通	7.2	18.2%
2	國鴻氫能	6.8	17.3%
3	本集團	6.4	16.2%
4	捷氫科技	~4.0	~10.2%
5	國氫新能源	~2.4	~6.4%

資料來源：弗若斯特沙利文

行業概覽

中國氫燃料電池行業的利好政策

下表概述五個燃料電池汽車示範城市群所實施的政策：

示範城市群	主導城市	參與城市	政策及發佈時間	要點
上海示範城市群	上海	- 江蘇：蘇州及南通 - 浙江：嘉興 - 山東：淄博 - 寧夏：寧東能源化工基地 - 內蒙古：鄂爾多斯	《關於開展燃料電池汽車示範應用的通知》 <2021年12月>	- 車用氫能源價格有望大幅下調，最終售價不超過人民幣35元／公斤。 - 符合技術規範的車輛推廣規模目標超過1,000輛。此外，該計劃還包括建設和運營超過15座加氫站。
京津冀示範城市群	北京	- 天津：濱海新區 - 河北：唐山及保定 - 山東：濱州及淄博	《關於開展2021-2022年度北京市燃料電池汽車示範應用項目申報的通知》 <2022年4月>	氫能汽車於第一年的行駛里程需超過7,500公里，及在其後三個年度的年度行駛里程超過12,500公里。此外，在示範城市群的氫動力行駛里程的佔比應超過80%。
廣東示範城市群	佛山	- 廣東：廣州、深圳、珠海、東莞、中山、陽江、雲浮 - 內蒙古：包頭 - 安徽：六安 - 山東：淄博 - 福建：福州	《加快建設燃料電池汽車示範城市群行動計劃（2022-2025年）》 <2022年8月>	- 支持生產燃料電池電堆、膜電極、雙極板、質子交換膜、催化劑、碳紙、空氣壓縮機及氫氣循環系統等主要零部件。於示範期結束後，八大關鍵零部件進入中國前五。 - 實現推廣1萬輛以上燃料電池汽車目標，年供氫能力超過10萬噸，建成加氫站超200座，車用氫氣零售價降到人民幣30元／公斤以下。

行業概覽

示範城市群	主導城市	參與城市	政策及發佈時間	要點
河南示範城市群	鄭州	- 河南：新鄉、開封、安陽、洛陽、焦作 - 寧夏 - 河北：張家口、保定、辛集 - 山東：煙台、濰博、濰坊 - 廣東：佛山 - 上海：嘉定區、奉賢區、上海自貿區臨港片區	《河南省氫能產業發展中長期規劃（2022-2035年）》 <2022年8月>	氫能應用領域有望拓展。到2025年，預計推廣超過5,000輛各類型燃料電池汽車，汽車年供氫能力預計達到3萬噸。氫氣終端售價有望降至人民幣30元／公斤以下，低碳氫氣佔比預期將提升。
河北示範城市群	張家口	- 河北：唐山、保定、邯鄲、秦皇島、定州、辛集、雄安新區 - 湖北：武漢 - 上海：奉賢區 - 河南：鄭州 - 山東：濰博、聊城	《張家口市支持建設燃料電池汽車示範城市的若干措施》 <2022年7月>	- 支持燃料電池電堆、膜電極、雙極板、質子交換膜、催化劑、碳紙、空氣壓縮機、氫氣循環系統等關鍵零部件的生產。 - 支持企業應用燃料電池汽車從事運輸業務，對滿足單車平均用氫里程條件的車輛（≥7,500公里／年，4年超3萬公里），給予氫燃料電池中小型客車、大型客車、輕中型貨車、重卡，原則上每輛車每年分別獎勵人民幣2萬元、人民幣3萬元、人民幣3萬元及人民幣5萬元。市級財政統籌安排資金人民幣1,000萬元，建設城市群燃料電池汽車綜合監管平台。

行業概覽

除了上述在示範城市群實施的政策外，中國其他多個省市也對氫燃料電池產業推出了扶持政策。於2023年，中國非示範城市出台了近百項相關政策。

對競爭對手的燃料電池系統及燃料電池電堆的主要特點的比較分析

下表載列本集團與兩家頭部競爭對手提供的氫燃料電池系統的功能、平均售價及技術的比較分析：

	本集團	億華通	國鴻氫能
專有關鍵零部件.....	燃料電池電堆、膜電極、 雙極板、氫循環系統	燃料電池電堆、雙極板	燃料電池電堆、雙極板
應用場景.....	車輛場景：商用車； 非車輛場景：發電應用、 工程機械、軌道交通	車輛場景：商用車； 非車輛場景：發電應用	車輛場景：商用車； 非車輛場景：發電應用、 工程機械、軌道交通
額定功率範圍.....	63kW-220kW	80.5kW-240kW	65kW-240kW
功率密度範圍.....	400W/kg-815W/kg	494W/kg-820W/kg	402W/kg-906W/kg
壽命.....	大部分產品為30,000小時	大部分產品介於5,000小時 至20,000小時	大部分產品為20,000小時， 僅有一款型號達到 30,000小時
冷啟動溫度.....	-30°C，無輔助加熱， 不會損壞系統	-35°C/-30°C	-30°C
高溫運行能力.....	95°C	95°C	95°C
氫耗.....	9.0kg/100km- 10.0kg/100km	10.0kg/100km- 12.0kg/100km	~10.0kg/100km
平均售價.....	~3,720 RMB/kW	~4,238 RMB/kW	~4,079 RMB/kW
與自主開發的氫能產品的 協同應用.....	是	不適用	不適用

行業概覽

附註：

- (1) 此處所列燃料電池系統的平均售價為2022年的價格；本公司燃料電池系統的平均售價是指搭載其自有燃料電池電堆的燃料電池系統的價格。
- (2) 上表所列氫耗是指為49噸重型卡車提供動力的氫燃料電池系統的相關數據。

氫耗是一個受多種因素影響的指標，如車型、車輛重量、氫燃料電池系統的輸出功率等。為評估氫燃料電池系統的性能，比較不同公司提供的相同車型及車輛重量的氫燃料電池系統的氫耗相對於比較不同車型及車輛重量的氫耗更合理及更有意義。

據弗若斯特沙利文確認，重型卡車是2023年氫燃料電池系統最大的應用領域。在不同重量的重型卡車中，49噸重型卡車是最常用的車型，截至2023年底，約佔全部重型卡車的40%。

從上表可以看出，本集團是三家公司中唯一一家能夠自研自產膜電極的公司。膜電極是燃料電池系統及燃料電池電堆的關鍵零部件，其在決定燃料電池系統及燃料電池電堆的整體性能（如可靠性、壽命、成本效益等）方面發揮著關鍵作用。就成本結構而言，膜電極約佔燃料電池系統總成本的40.0%。因此，由於本集團可自研自產膜電極，故本集團在氫燃料電池系統的整體性能及成本控制方面擁有更大的靈活性及自主性，從而實現降本增效。相比之下，其他兩家則要依賴第三方開發的膜電極，因此較難控制成本，同時也受第三方開發策略及開發進度制約。

在應用場景、額定功率及功率密度方面，本集團的產品表現出更廣泛或相若的應用場景，應用範圍超出各類商用車；除此之外，本集團的產品還表現出相似的額定功率及功率密度範圍。儘管在應用場景、功率及功率密度方面，本集團的產品可能不比上表所列競爭對手具有明顯優勢，但在特定應用背景下評估燃料電池汽車的耐用性及成本效益時，將燃料電池系統的壽命及其對不同溫度條件的適應性納入研究範圍至關重要，這對燃料電池汽車的終端用戶更具價值。

具體而言，在產品壽命方面，本集團大部分產品的壽命可達到30,000小時。相比之下，億華通大部分產品的壽命介於5,000小時至20,000小時，而國鴻氢能大部分產品的壽命僅能超過20,000小時，僅有一款型號的壽命可達到30,000小時。

行業概覽

此外，本集團的產品對極端溫度條件的適應性更強。儘管冷啟動通常需要輔助加熱，否則可能導致燃料電池系統材料疲勞、退化或故障，但本集團的燃料電池系統在無需輔助加熱（從而降低了能耗）且不會對燃料電池系統造成任何損壞（從而延長了壽命）的情況下進行冷啟動。此外，該等產品具有耐高溫運行能力，可以忍受燃料電池電堆的高反應溫度，進而減少散發到環境中的熱量。這一較高的恢復力使本集團的產品更加可靠，且能夠在各種環境下長期發揮最佳性能。

氫耗是評價氫燃料電池系統商業可行性的一項重要指標，指示系統利用氫能發電的效率。氫耗在燃料電池汽車的總體成本效益和實用性中起著至關重要的作用，如同燃料效率對傳統燃油車的重要性。就49噸重型卡車而言，本集團的氫燃料電池系統與上表中兩家競爭對手的系統相比，在實現更低氫耗方面具有優勢，即在輸送類似載重能力和運輸能力的情況下，本集團的氫燃料電池系統可以有效地幫助終端用戶降低長期使用燃料電池汽車的日常運行成本，這有助於向市場導向的轉型，以及在日後沒有補貼的情況下氫燃料電池系統的推廣應用。

此外，儘管本集團的產品擁有與其主要競爭對手相同或更優的關鍵特性，但其平均售價（以人民幣元／kW計算）更低。有關成本效益使本集團的產品在保持上述品質的同時，在價格可承受性方面對客戶更具吸引力。

隨著不斷發展，本集團在專注於氫燃料電池系統的同時，逐步將業務拓展到氫能裝備。成功拓展不僅僅憑藉本集團在氫能行業的成熟網絡和與氫能市場其他相關利益者的穩固合作關係，更有賴於本集團的現有膜電極技術和專有知識。PEM燃料電池系統及PEM純水電解製氫系統在化學反應方面具有相互關係。由於本集團在膜電極研發生產方面具備核心技術，其研發能力及技術基礎為氫能裝備的開發提供了堅實基礎，進而為氫能裝備的開發提供了強大的支持。反之，如果缺乏膜電極核心技術，將很難開發出PEM純水電解製氫產品。不同於億華通和國鴻氫能，本集團可以提供囊括氫燃料電池系統和氫能裝備的綜合氫能解決方案，這使得本集團能夠更好地滿足客戶需求，提供一體化解決方案，進一步推動氫能行業的發展。

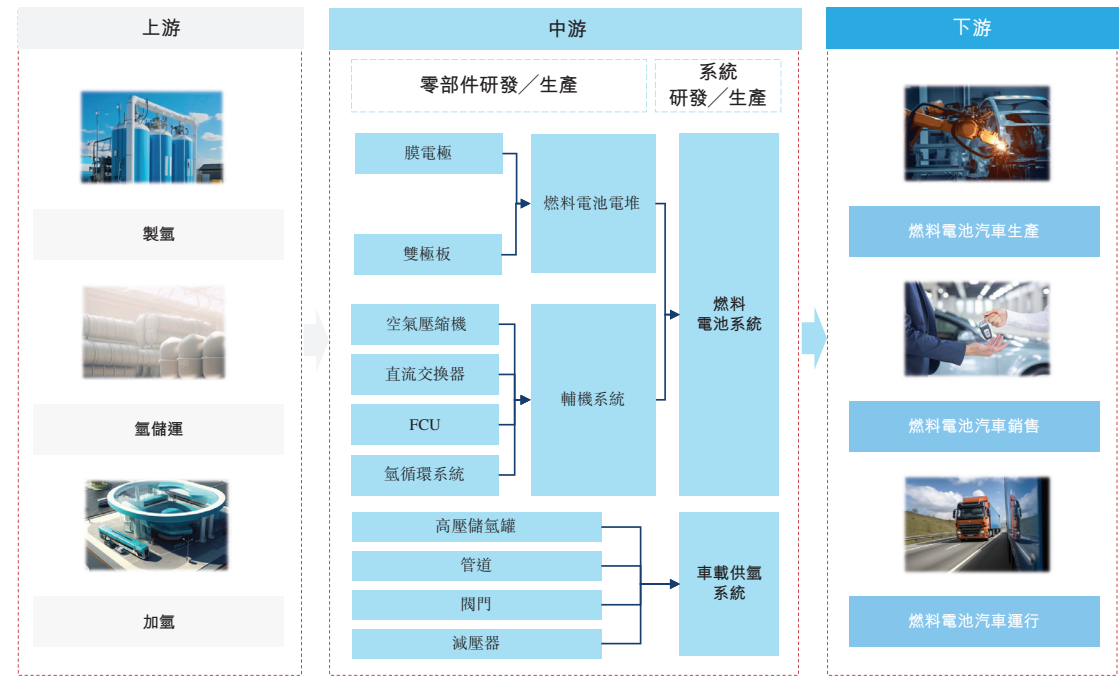
行業概覽

燃料電池汽車行業概況

燃料電池汽車的定義及重要性

燃料電池汽車是一種無污染車輛，通過儲存在車載儲氫罐中的高壓氫氣和從燃料電池系統中的環境空氣中提取的氧氣之間的反應產生電力。由於燃料電池汽車所需的電力通過氫氣和氧氣電化學反應產生，能量產生過程的副產品僅有純水，且在運行過程中可從環境中去除超細粉塵，因此燃料電池汽車作為一種未來的生態友好型交通工具而備受關注。

燃料電池汽車行業產業鏈



資料來源：弗若斯特沙利文

行業概覽

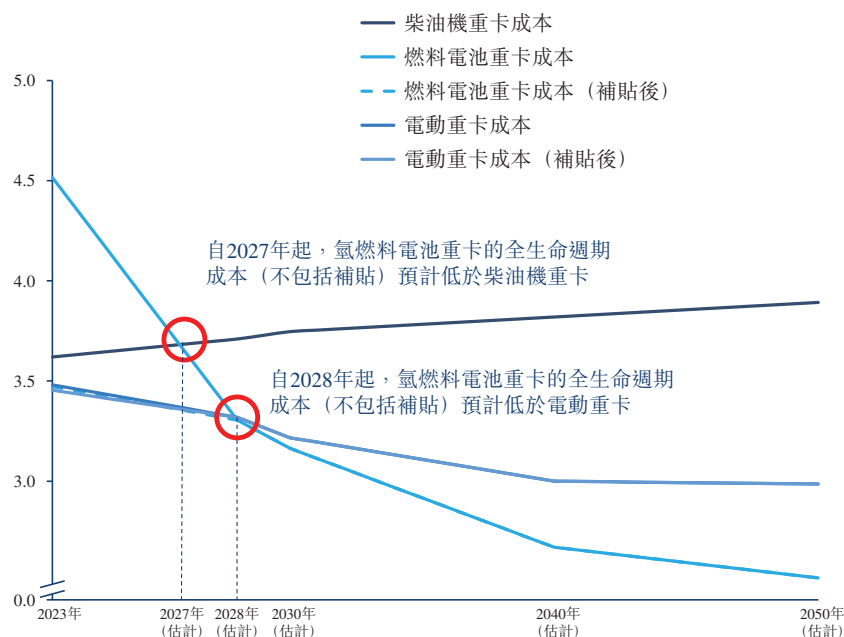
燃料電池汽車優勢分析

指標	燃料電池汽車	電動汽車	燃油車
動力系統.....	燃料電池系統	鋰電池	內燃機
加注物	氫	電	汽油或柴油
安全性	風險主要來自於氫氣儲存和加氫過程	風險主要來自於電池系統，高功率密度與安全性難以兼容	不適用
低溫性能.....	-30°C低環境溫度自啟動，-40°C低溫存儲	常規鋰電池在-20°C以下低環境溫度無法充電，且里程損失可能達到約30%	-18°C以下環境溫度需要配置高性能發動機潤滑油、進氣低溫預熱器和高能輔機
環境保護.....	減少碳排放或實現零排放	污染部分轉移到上游	排放CO ₂ 、CO、SO ₂ 等溫室氣體
續航里程.....	較長，400-800公里	受限，200-400公里	較長，約500公里
能量轉換效率.....	40-60%	不適用	30-40%
加注／充電服務基礎設施.....	加氫站，加注時間：3-15分鐘	充電樁，加注時間：平均30分鐘至8小時	加油站，加注時間：5-10分鐘
應用領域.....	中長距離、重載運輸	中短距離運輸	普適
燃料能量密度.....	~12kWh/kg	~0.2Wh/kg	不適用
載重能力.....	輕，電池整車重量比小，單位載貨量高	重，電池整車重量比大，單位載貨量低	不適用
有無噪聲.....	有噪聲，但比傳統燃油車小	有噪聲，但比傳統燃油車小	噪聲大

行業概覽

燃料電池重卡優勢

中國重卡的全生命週期成本（按價值計，按類型劃分）
（人民幣百萬元，2023年、2027年（估計）、2030年（估計）、
2040年（估計）、2050年（估計））



資料來源：弗若斯特沙利文

燃料電池重卡和電動重卡均為燃油重卡的替代品。然而，相比之下，電動重卡面臨著明顯挑戰，特別是在有效負載能力、貨運量等關鍵方面。有效負載能力和貨運量是影響運輸貨物的重型車輛作為生產性資產價值的重要指標。電動重卡在上述兩個方面一般較為落後，儘管全生命週期成本可能相當。這種差異可以類比為租用一處帶有共享設施的物業，由於共享使用的增加，實際效用價值會減弱。這種固有的限制極大地影響了電動重卡創造價值的能力，特別是在需要長途重載貨運的情況下。因此，在比較電動重卡與其他替代車輛時，必須強調這一點。

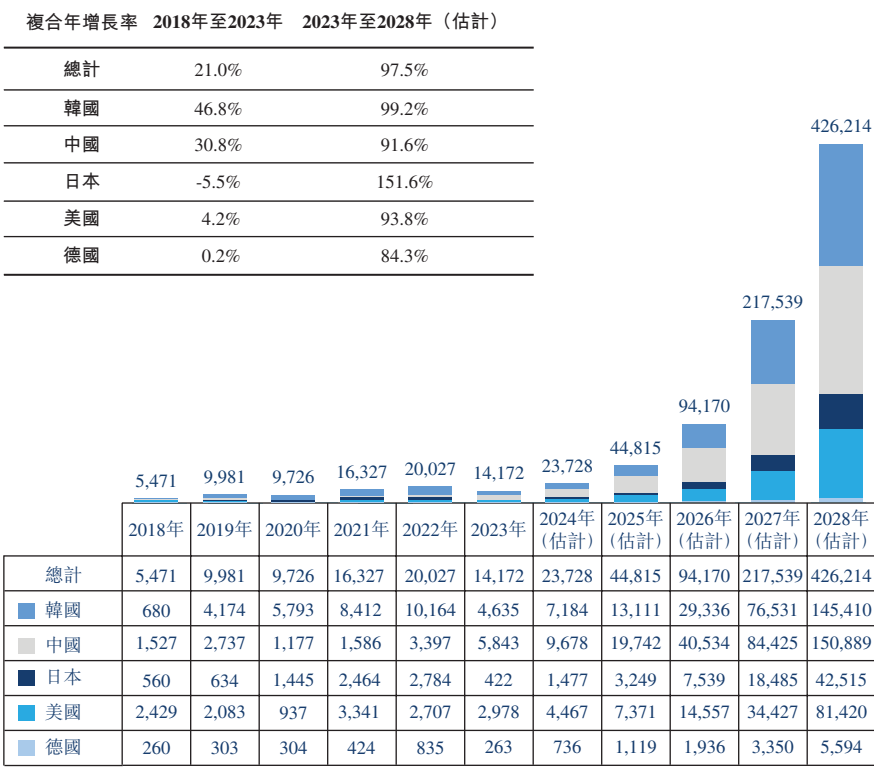
通過燃料電池重卡與燃油重卡之間的比較，倘燃料電池重卡在全生命週期成本上更為有利，則大規模使用燃料電池重卡替代燃油重卡將成為可行。

行業概覽

2023年，政府補貼後的氫燃料電池重卡的全生命週期成本低於傳統能源重卡，自2027年起，無政府補貼的氫燃料電池重卡的生命週期成本預計低於燃油重卡。自2028年起，燃料電池重卡的生命週期成本預計低於電動重卡。2050年，由於氫燃料電池系統的規模效應及技術進步，氫燃料電池重卡的生命週期成本將會大幅下降，生命週期成本將下降至人民幣2.52百萬元，低於電動重卡的成本。

燃料電池汽車的市場規模

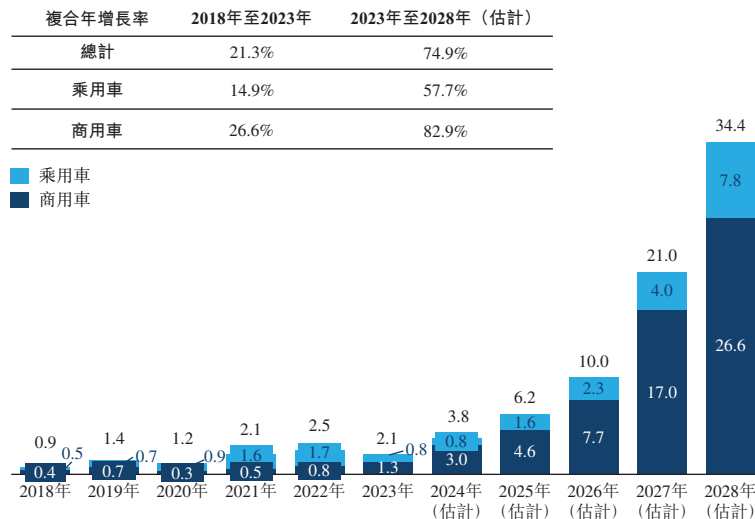
全球燃料電池汽車的市場規模（按銷量計、按國家劃分）
輛，2018年至2028年（估計）



資料來源：國際能源署、The Orange Group、弗若斯特沙利文

行業概覽

全球燃料電池汽車的市場規模（按銷售額計、按類型劃分） 十億美元，2018年至2028年（估計）



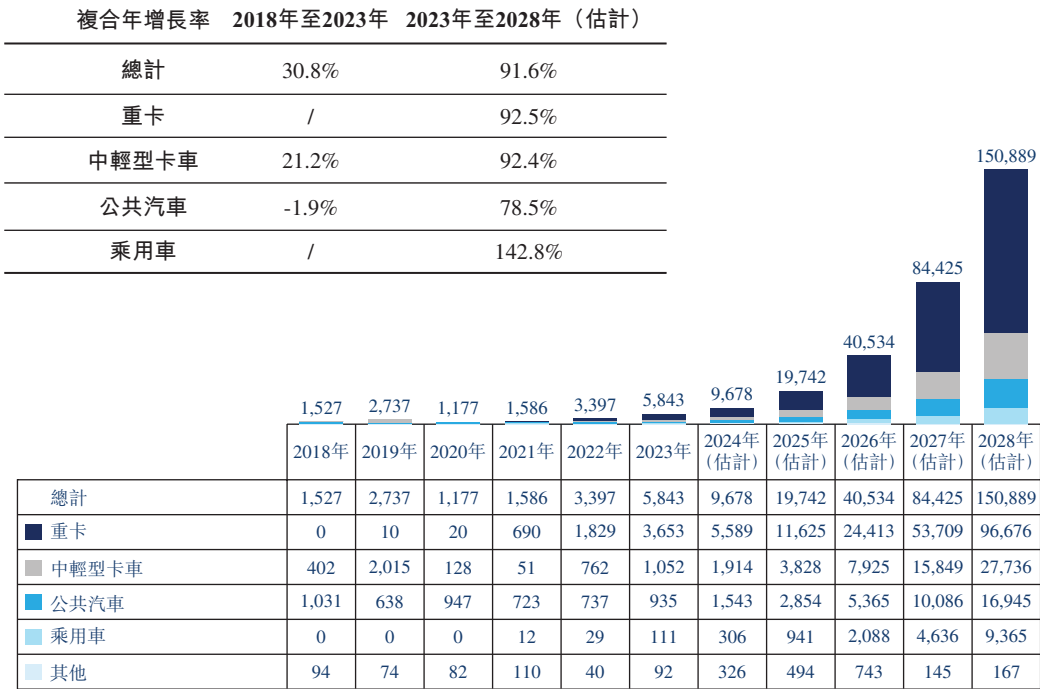
資料來源：國際能源署、The Orange Group、弗若斯特沙利文

於2023年，全球燃料電池汽車銷量達14,172輛。從2018年的5,471輛發展至2023年的規模，行業整體增長較快，複合年增長率為21.0%。此外，隨著多個國家加大對氫燃料汽車行業投資，全球燃料電池汽車的整體市場規模預計於2028年達到426,214輛，2023年至2028年的複合年增長率為97.5%，逐步取代燃油車的趨勢日益凸顯。

於2023年，全球燃料電池汽車的市場規模達21億美元，全球燃料電池汽車的市場規模自2018年發展至9億美元以來按複合年增長率21.3%增長。隨著各國積極部署清潔能源汽車市場，燃料電池汽車的市場規模預計於2028年將達到344億美元，2023年至2028年的整體複合年增長率高達74.9%。

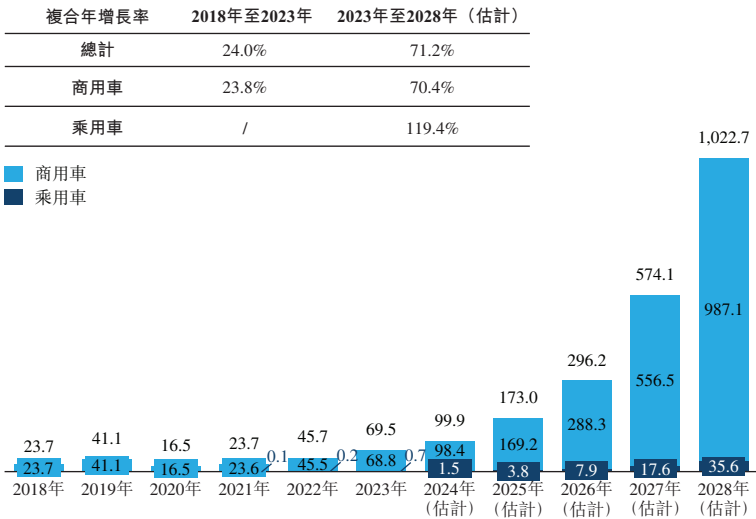
行業概覽

中國氫燃料電池汽車的市場規模（按銷量計、按類型劃分）
輛，2018年至2028年（估計）



資料來源：高工產業研究院、中國汽車工業協會、中國電子電路行業協會、弗若斯特沙利文

中國氫燃料電池汽車的市場規模（按銷售額計、按類型劃分）
人民幣億元，2018年至2028年（估計）



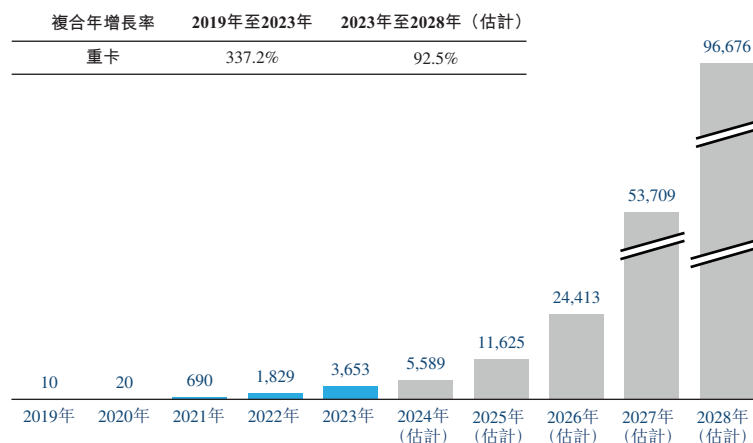
資料來源：高工產業研究院、中國汽車工業協會、中國電子電路行業協會、弗若斯特沙利文

行業概覽

於2023年，按銷量計，中國佔全球燃料電池汽車市場份額約41.2%。於2018年至2023年，中國燃料電池汽車的整體市場規模由2018年的1,527輛增至2023年的5,843輛，複合年增長率為30.8%。政府自2021年起大力推動氫能示範區市建設。因此，得益於有力政策扶持、核心技術持續突破、基礎設施不斷完善及生產成本進一步降低，且隨著市場發展進一步加快及乘用車逐步普及，燃料電池汽車生產將逐漸產生規模效應。預計中國燃料電池汽車銷量將於2028年增至150,889輛，2023年至2028年的複合年增長率為91.6%。

於2023年，按銷售額計，中國佔全球燃料電池汽車市場份額約47.3%。中國燃料電池汽車的市場規模由2018年的人民幣24億元增至2023年的人民幣70億元，複合年增長率為24.0%。燃料電池汽車的市場規模預計於2028年將達到人民幣1,023億元，2023年至2028年的複合年增長率為71.2%。

中國氫燃料電池重卡的市場規模（按銷量計） 輛，2019年至2028年（估計）



資料來源：弗若斯特沙利文

中國燃料電池重卡的銷量於2023年為3,653輛，預計於2028年為96,676輛，複合年增長率高達92.5%。此外，由於其在國內汽車市場的滲透率整體上升，燃料電池重卡市場快速發展，未來主要用於重卡的燃料電池的發展戰略向好，前景十分可觀。

行業概覽

中國燃料電池汽車行業的未來趨勢

- **燃料電池汽車的推廣正在由政策驅動轉向市場驅動**

短期來看，以獎代補政策是推動燃料電池汽車行業發展的驅動力。但中長期看，燃料電池汽車的廣泛推廣將逐步擺脫對政策補貼的依賴，由示範城市群向非示範城市群拓展。燃料電池汽車能否大規模推廣主要取決於燃料電池汽車的全生命週期成本(TCO)。當燃料電池汽車的全生命週期成本低於傳統燃油車時，將實現對燃油車的替代。

燃料電池汽車的全生命週期成本主要由購置成本和能源使用成本構成。一方面，燃料電池技術的不斷進步推動燃料電池汽車購置成本降低；另一方面，上游製儲運加技術的進步將推動氫氣終端價格的降低，進而減少燃料電池汽車的能源使用成本。基於上述降本因素，目前行業內的趨勢是在低價氫資源豐富的地區推廣燃料電池汽車，主要聚焦在工業副產氫資源豐富的地區。綜合目前的技術發展情況來看，工業副產氫是一種低成本的製氫方式，在這些地區推廣燃料電池汽車意味著更低的能耗成本和更低的全生命週期成本，使得燃料電池汽車與傳統燃油車相比更具經濟性。例如在山西等省份，化工企業如焦碳廠、鋼廠、氯鹼廠聚集，存在良好的工業副產氫產業基礎。從供給端看，這些地區的燃料電池汽車為企業提供更低的運輸成本；從需求端看，低價氫地區聚集的化工企業等存在長距離運輸的需求，正是燃料電池汽車擅長的下游應用領域。截至2023年，在中國，應用在大宗貨物運輸場景中的重型卡車保有量超過100萬輛。因此，未來燃料電池汽車市場將逐步向低價氫地區擴張，最終替代傳統燃油車。即便未來政策補貼退坡，燃料電池汽車仍然具有廣闊的應用場景，能夠保持較高的增速。

- **燃料電池汽車的應用預計將繼續多樣化**

隨著燃料電池汽車在公共汽車及物流中的商業應用，預計其未來應用將會向更多領域擴展。隨著氫能及燃料電池系統技術的持續進步及成本降低，預計其應用將會擴展至包括特定路線的軌道運輸及乘用車、城際物流、城際客運等領域。考慮到不同地區能源結構的差異，燃料電池汽車及電動汽車將長期共存，在市場應用中相互補充。

行 業 概 覽

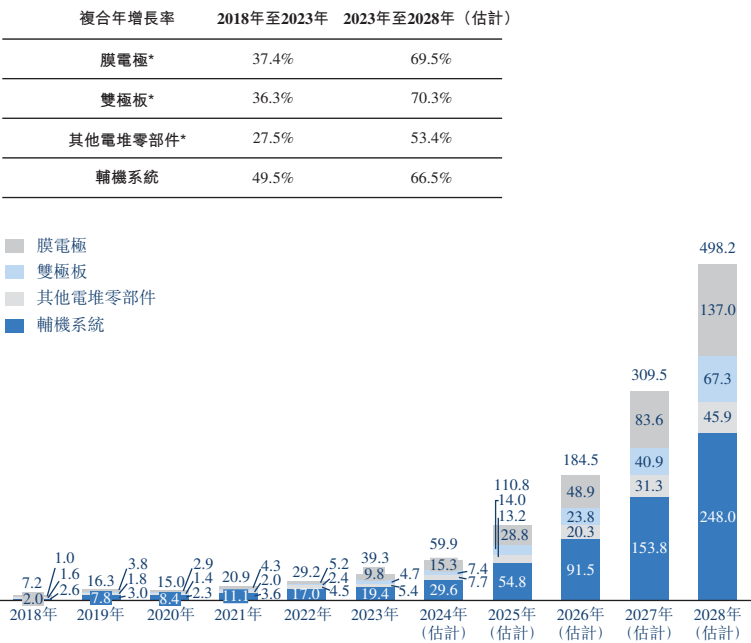
由於燃料電池汽車及純電動汽車可形成互補能源，在不同場景下發揮其優勢而規避各自的劣勢，預計日後將長期維持共存模式。

氫燃料電池零部件行業概覽

氫燃料電池零部件行業的市場規模

2023年，系統銷售額為人民幣39億元，其中膜電極及雙極板銷售額分別達人民幣10億元及人民幣5億元。隨著零部件國產化程度加深，各種零部件的銷售額將繼續增長。預計到2028年燃料電池系統銷售額將達到人民幣498億元，複合年增長率為65.9%。在燃料電池電堆中，雙極板成本約佔燃料電池電堆成本的27.5%，膜電極成本約佔燃料電池電堆成本的61.8%。在膜電極結構中，催化劑是最大的成本項目，約佔膜電極總成本的39.8%，其次是氣體擴散層，約佔膜電極總成本的26.3%，而質子交換膜成本約佔膜電極總成本的25.8%。

中國氫燃料電池零部件行業的市場規模（按零售額計）
人民幣億元，2018年至2028年（估計）



附註：

* 燃料電池電堆的銷售額由膜電極、雙極板及其他電堆零部件的銷售額組成。

資料來源：高工產業研究院、E4tech、工信部、弗若斯特沙利文

行業概覽

製氫行業概況

製氫的定義及方式

根據製備方法，氫氣可分為：(i)採用傳統資源（如天然氣或煤）製備的氫氣；(ii)通過將傳統資源與CCUS（碳捕集、利用與封存）技術相結合製備的氫氣；及(iii)利用可再生能源通過電解水製備的氫氣。

根據弗若斯特沙利文的資料，中國是世界最大的製氫國，2023年製氫量達3,500萬噸以上，佔同年全球製氫量的38%。但非再生製氫（如煤等原材料製氫）仍然是最主要的製氫方式。可再生能源製取的氫氣具有諸多優勢，特別是在低碳排放及大規模、長週期儲存方面。未來，隨著中國氫能技術的發展，可再生能源製氫的成本將不斷降低，氫能價格有望進一步優化，加速提升氫能的消費者滲透率，改善中國的能源結構。採用可再生能源生產的氫主要是通過電解水的方式製取。根據氫能聯盟的預測，到2030年中國可再生能源製氫量將佔中國氫氣總產量的約15%。

電解水製氫行業產業鏈分析



資料來源：弗若斯特沙利文

行業概覽

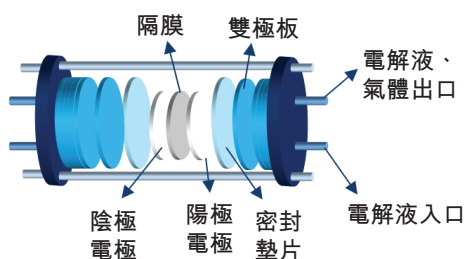
電解水製氫的主要原理是水分子在直流電作用下被解離生成氧氣和氫氣，分別從電解槽陽極和陰極析出。根據電解質隔膜材料的不同，通常將電解水製氫分為鹼性電解水(ALK)、質子交換膜(PEM)電解水、高溫固體氧化物電解水(SOEC)及陰離子交換膜(AEM)電解水製氫。

目前ALK和PEM是主流的電解水製氫方式。ALK材料和部件的研發難度相對較低，整體製造成本相對便宜，因此是最早實現商業化應用的電解水製氫技術。PEM的技術難度高於ALK，但相比ALK，其響應速度更快，可適應波動電源。在可再生能源的應用不斷增多的大背景下，PEM也成為了主流的電解水製氫方式。其他技術(如SOEC、AEM)的技術難度較高，仍處於商業化的早期階段。未來，隨著技術進步，SOEC及AEM可能在製氫行業獲得更大市場份額。

ALK的工作原理

ALK技術是最為成熟的電解水技術。基本原理：以KOH等鹼性水溶液作為電解質，採用無紡布(含氟或氟氯聚合物)作為隔膜，在直流電的作用下將水電解，生成氫氣和氧氣，並在電解槽的陰極和陽極析出。ALK設備系統相對複雜，主要包括電解槽、壓力調節閥、鹼液過濾器、鹼液循環泵、鹼液製備及貯存裝置、氫氣純化裝置以及氣體檢測裝置等模塊組成。ALK製氫技術成熟，但存在鹼液流失、腐蝕、能耗高、佔地面積大等問題。

ALK電解槽的結構



資料來源：弗若斯特沙利文

行業概覽

ALK電解槽主要組成部分

下文載列ALK電解槽的主要零部件：

- **電極**

電極是ALK電解槽中最重要的部分，主要是由於其決定了電流密度及產氫能力。在電極生產中使用更優質的材料可實現更高的電流密度，從而令氫產量增加。為確保最佳性能，需要表面面積大的耐鹼及耐高溫材料。

- **隔膜**

隔膜防止ALK電解槽中氫氧混合。膜的穩定性決定ALK電解槽的使用壽命。為確保隔膜的性能，需防止氫分子和氧分子穿過隔膜，但允許電解質離子通過。因此，隔膜應由耐高濃度鹼液腐蝕、具有良好機械強度及隔膜孔隙率高的材料製成。

- **密封墊片**

密封墊片是為了實現ALK電解槽中各極板之間絕緣而設計。其性能影響氣體產量、穩定性以及極板和膜的使用壽命。

- **極板和極框**

極板和極框支撐電極和隔膜，確保ALK電解槽的導電性。其性能取決於其耐鹼液腐蝕性。

此外，製氫模塊中的製氫電源可改變輸入電能的電壓水平，其後將電能傳導至後續的電解槽製氫，須確保電解槽的平穩運行。因此，製氫電源的穩定運行是確保產生高純度氫氣和高效率製氫的關鍵因素。

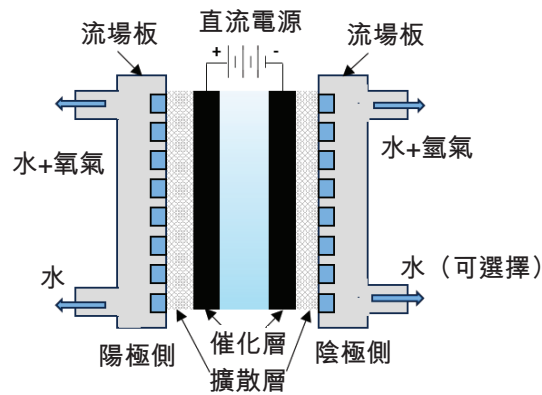
其他零部件包括控制系統、氣液分離系統、純化系統、鹼液系統、補水系統、冷卻乾燥系統及附屬系統。在燃料電池參與者中，只有少數公司有能力和開發ALK電解槽的主要零部件，包括但不限於我們。

行業概覽

PEM的工作原理

PEM目前處於市場化早期，其主要零部件包括具有質子交換能力的薄膜和分別與薄膜兩側緊密連接的陰陽極催化層。和ALK不同，PEM電解使用質子交換膜作為固體電解質替代隔膜和鹼性電解質。此外，PEM電解使用純水作為製氫的原料，避免了潛在的鹼液污染和腐蝕問題。將其業務範圍擴展至PEM電解槽的燃料電池公司擁有部分優勢，原因為PEM電解槽和燃料電池具有類似結構，其隔膜和催化劑等主要零部件具有相似性。

PEM電解槽的結構



資料來源：弗若斯特沙利文

行業概覽

PEM電解槽主要組成部分

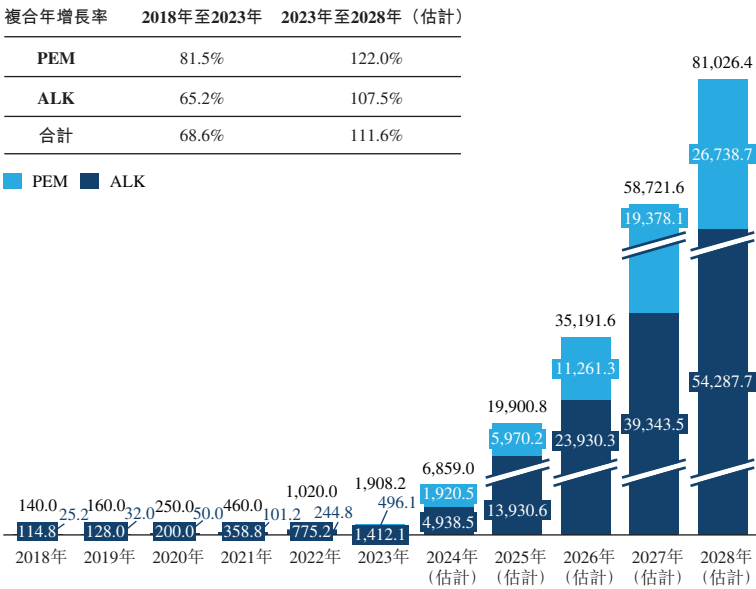
PEM電解槽的主要零部件包括膜電極、雙極板、端板和電源。端板組件引導電力轉換並分配水和空氣。電源將交流電轉換成穩定的直流電源。

- **膜電極**..... 膜電極(MEA)是質子交換膜、催化劑和平板電極的組裝堆棧，用於燃料電池和電解槽。
 - (i) **擴散層**：促進氣液傳遞；
 - (ii) **催化層**：由催化劑、電子傳導介質、質子傳導介質組成的三相界面。催化劑是電化學反應的核心；及
 - (iii) **質子交換膜**：作為固體電解質，一般使用全氟磺酸(PFSA)膜，隔絕開陰陽極生成的氣體，阻止電子的傳遞，並傳遞質子。由於隔膜可提高電流密度，故其對電解槽至關重要。
- **雙極板**..... 雙極板是質子交換膜的重要多功能部件。作為重要的零部件，雙極板在支撐電極膜和氣體擴散層方面起著重要作用。陰陽極兩側的雙極板匯流氫氣和氧氣，隨後將其排出。雙極板的關鍵屬性包括較高的機械穩定性、化學彈性、低氫滲透性和高導電性。

行業概覽

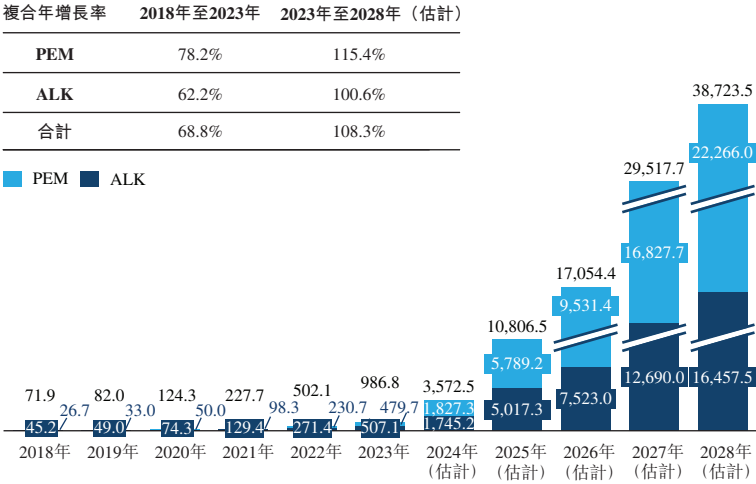
全球及中國電解槽市場規模

全球電解槽行業的市場規模（按出貨量計、按類型劃分）
MW，2018年至2028年（估計）



資料來源：國際能源署、不同政府政策、弗若斯特沙利文

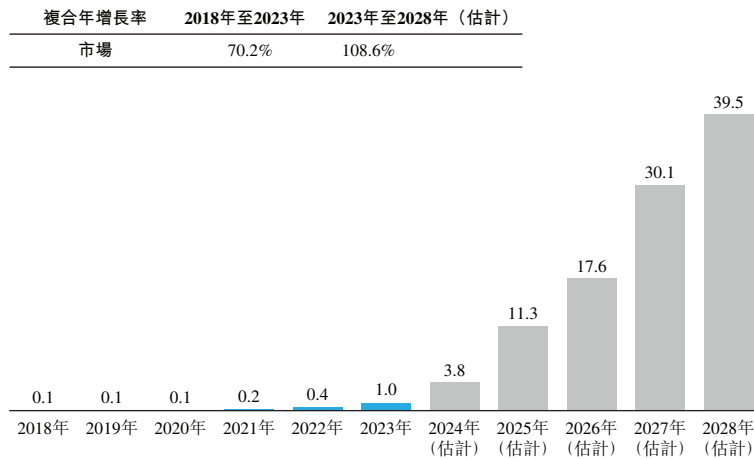
全球電解槽行業的市場規模（按出貨額計、按類型劃分）
百萬美元，2018年至2028年（估計）



資料來源：國際能源署、不同政府政策、弗若斯特沙利文

行業概覽

全球電解槽行業的市場規模（按銷售收入計） 十億美元，2018年至2028年（估計）



資料來源：國際能源署、弗若斯特沙利文

得益於氫能下游應用場景的顯著拓展，製氫行業持續增長。為實現碳達峰和碳中和目標，電解水製氫將成為未來的主流趨勢。2023年，全球電解槽出貨量已達到1,908.2MW，2018年至2023年的複合年增長率為68.6%。未來，隨著技術進步和扶持政策落地，預計到2028年出貨量將達到81,026.4MW，2023年至2028年的複合年增長率為111.6%。

PEM和ALK是兩種主要的製氫方式，兩種方式各有優點。2023年，ALK出貨量達1,412.1MW，PEM出貨量達496.1MW。由於技術較為複雜、成本較高，PEM的出貨量低於ALK。但考慮到PEM在電流密度、氫氣純度方面具有優勢，未來PEM的市場份額將會增加。同時，PEM響應迅速，調節範圍大，可以與可再生能源電力的被動特性相配合。2023年至2028年，預計PEM的出貨量將以122.0%的複合年增長率從496.1MW增長到26.7GW，而ALK的出貨量將以107.5%的複合年增長率從1,412.1MW增長到54.3GW。

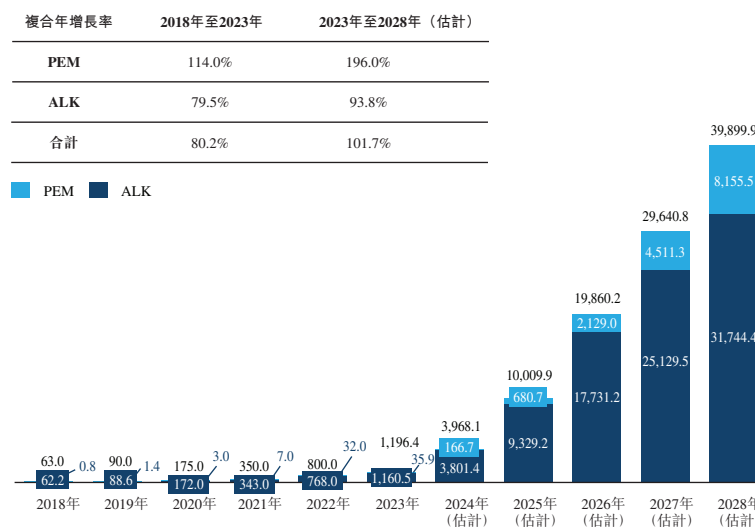
按出貨額計，全球電解槽市場價值已從2018年的71.9百萬美元增長至2023年的986.8百萬美元，複合年增長率為68.8%。未來，隨著製氫產業的發展和可再生能源製氫技術的成熟，電解水製氫的滲透率將會提高。因此，未來電解槽市場將保持增長。預計2028年市場價值將達到387億美元。

行業概覽

由於原材料的稀缺性，PEM電解槽比ALK電解槽更加昂貴，主要是由於PEM倚賴貴金屬（如銨、鉑、鈦等）作為電極及催化劑。PEM的市場規模從2018年的26.7百萬美元增長到2023年的479.7百萬美元，複合年增長率為78.2%。ALK的市場規模從45.2百萬美元增長到507.1百萬美元，複合年增長率為62.2%。鑒於PEM比ALK更具競爭優勢，未來PEM的滲透率將會提高。預計PEM的出貨額將以115.4%的複合年增長率從2023年的479.7百萬美元增長到2028年的223億美元。ALK的出貨額將以100.6%的複合年增長率從507.1百萬美元增長到2028年的165億美元。

受氫能需求激增和電解水技術進步的推動，全球電解槽行業的市場規模（以銷售收入計）持續小幅增長，預計未來幾年將繼續保持增長趨勢。全球電解槽的市場規模（按銷售收入計）由2018年的1億美元增長至2023年的10億美元，複合年增長率為70.2%。此外，根據不同政府宣佈的綠氫戰略，電解槽投資預計將大幅增長，進一步推動全球電解槽市場的擴張。

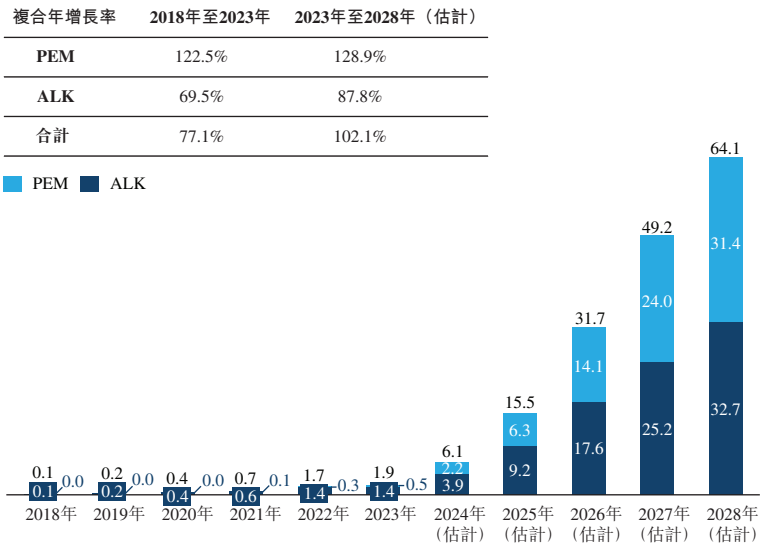
中國電解槽行業的市場規模（按出貨量計、按類型劃分）
MW，2018年至2028年（估計）



資料來源：高工產業研究院、弗若斯特沙利文

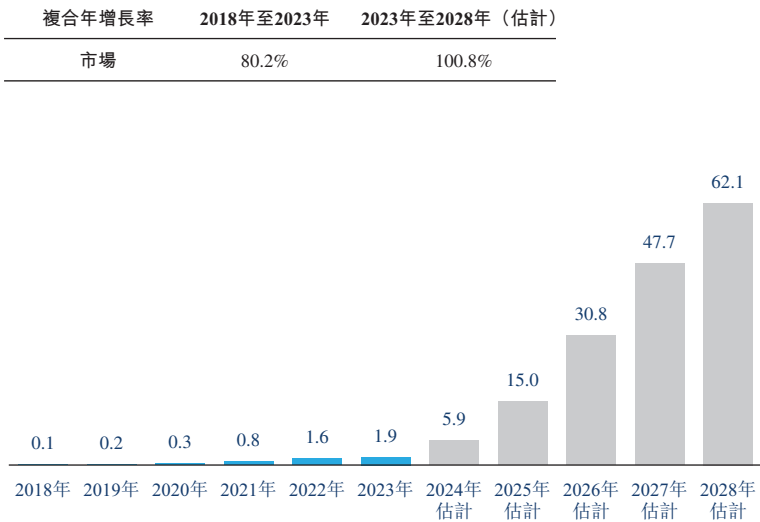
行 業 概 覽

中國電解槽行業的市場規模（按出貨額計、按類型劃分）
人民幣十億元，2018年至2028年（估計）



資料來源：高工產業研究院、弗若斯特沙利文

中國電解槽行業的市場規模（按銷售收入計）
人民幣十億元，2018年至2028年（估計）



資料來源：國際能源署、弗若斯特沙利文

行業概覽

於2023年，按出貨量計，中國佔全球電解槽市場份額約62.7%。在中國，由於ALK的技術比PEM更加成熟，ALK遠比PEM更受青睞。中國有不少企業致力於ALK產業。2023年，ALK出貨量達到1,160.5MW，而PEM出貨量達到35.9MW。預計未來國內PEM技術將突破技術瓶頸，出貨量將因此有所增長。根據預測，PEM的出貨量將以196.0%的複合年增長率從2023年的35.9MW增長到2028年的8.2GW。ALK的出貨量將以93.8%的複合年增長率從2023年的1,160.5MW增長到2028年的31.7GW。

由於技術不成熟以及原材料（如鈷、鉑、鈦）匱乏，國產PEM電解槽價格比國外高。PEM的出貨額從2018年的人民幣1,000萬元增長到2023年的人民幣5億元。ALK的出貨額以69.5%的複合年增長率從2018年的人民幣1億元增長到2023年的人民幣14億元。

於2023年，按出貨額計，中國佔全球電解槽市場份額約27.5%。預計PEM的出貨額將以128.9%的複合年增長率從2023年的人民幣5億元增長到2028年的人民幣314億元。ALK的出貨額將以87.8%的複合年增長率從2023年的人民幣14億元增長到2028年的人民幣327億元。

中國製氫行業的未來趨勢

- **電解水技術成為長期主流**

電解水製氫技術具有無可比擬的優越性，原因如下：第一，該技術不使用化石燃料，不會產生有害氣體。第二，氣體產物的純度一直很高，通常超過99.7%。同時，該技術已達到成熟階段，且工藝和設備簡單。此外，該技術自動化程度高，採用微電腦控制，運行穩定可靠。隨著電解水技術的成熟及技術具有經濟可行性，電解水製氫技術有望發展為製氫的長期主流技術。此外，家用、科研及健康領域使用的小尺寸製氫機日益成為製氫行業的新趨勢。

行業概覽

- **發展可再生能源製氫**

可再生能源製氫是最理想的製氫形式，尤其是考慮到其低碳足跡。然而，該技術目前面臨著技術壁壘及相對較高成本的制約，實現大規模應用尚需時間。儘管可再生能源製氫需要相對較多的水資源，但須注意的是，採用傳統方法製氫亦依賴於水供應。技術進步預計會提高製氫的成本效益及促進資源節約，從而使氫的優勢更為明顯。未來可再生能源製氫有望成為提高可再生能源應用比例及構建清潔、低碳、安全、高效能源體系的最有效途徑之一。

- **通過可再生能源製氫解決棄水、棄風、棄光問題**

中國的水電、風電、光伏發電具有隨機性、波動性、間歇性等特點，由於發電電量難以準確預測，因此會導致一定程度的電能浪費。氫儲能可以通過氫能和電能之間的相互轉換使得電力系統平穩運行，在電力充足時，通過電解水製氫技術將多餘的電能儲存起來；當電力輸出不足時可將儲存好的氫能利用燃料電池發電返回電網系統供電，從而有效解決可再生能源消納問題和電網穩定性問題，提高輸電網絡效率和能源利用率。

中國製氫行業的市場驅動因素

- **降本。**隨著技術不斷進步，電解槽的能源轉換效率得以提高，從而可以降低能耗。合理利用風能及光伏發電產生的廢棄電力亦可降低電價。就設備投資而言，裝機容量擴大將導致設備成本大幅降低。隨著技術不斷進步，貴金屬催化劑的使用將有所減少，雙極板的貴金屬塗層將被價格更低的材料取代，質子交換膜將被國產替代品取代，該等因素將導致設備價格下跌。設備價格下跌將推動製氫行業實現商業化。

行業概覽

- **利好政策扶持。**政策措施強化旨在明確氫能行業發展方向。自2019年氫能源首次被納入政府工作報告以來，政府已實施一系列支持氫能行業發展的政策。2020年11月，《新能源汽車產業發展規劃（2021-2035年）》提出，因地制宜採用可再生能源製氫技術。2022年6月，《「十四五」可再生能源發展規劃》推動可再生能源規模化製氫利用。根據2022年3月公佈的《氫能產業發展中長期規劃（2021-2035年）》，2025年，燃料電池車輛保有量將約為5萬輛，並將部署建設一批加氫站。可再生能源製氫量達到10-20萬噸／年。到2030年，形成較為完備的氫能產業技術創新體系、清潔能源製氫及供應體系。到2035年，形成氫能產業體系，構建涵蓋交通、儲能、工業等領域的多元氫能應用生態。可再生能源製氫在終端能源消費中的比重明顯提升。在政策扶持下，製氫產業將進一步發展。

中國製氫行業的准入壁壘

- **技術發展的迭代風險。**由於未來生產的低碳氫在生產過程中幾乎不會產生碳排放，因此有望成為未來市場的主流能源。然而，此類技術目前成熟度低、成本高且需要推廣，對新進入者的研發方向帶來挑戰。
- **可再生能源的位置差異。**中國不同地區的可再生能源供應能力各異。目前，光伏、光熱、風電等可再生能源集中在西北及東北地區，對行業參與者構成天然准入壁壘。此外，進入製氫行業需要掌握關鍵零部件開發專業知識和氫能裝備專有技術，同時強大的市場開拓和應用場景拓展能力亦至關重要，尤其是對西北地區新能源製氫一體化項目而言。有關項目不僅僅需要製氫能力，還需要具備解決下游綠氫消納的能力，同時具備兩種能力的市場參與者並不常見。因此，該行業的准入壁壘仍然較高。

行業概覽

中國製氫行業面臨的挑戰

- **電解水製氫技術成本相對較高。**儘管與傳統的製氫方法相比，電解水製氫對環境的污染更少，但仍受到電價及初始投資成本的限制。現階段，電解水製氫的成本仍然相對較高。未來，氫氣的大規模使用意味著氫氣的價格將更加敏感，因此壓縮成本將成為電解水製氫發展面臨的挑戰。

中國製氫行業的競爭格局

目前，ALK和PEM是電解水製氫的主要方法。在中國，由於ALK的技術比PEM更加成熟，ALK遠比PEM更受青睞。2023年，中國ALK出貨量達到1,160.5MW，而PEM出貨量達到35.9MW。2023年，中國ALK電解水氫能裝備行業主要參與者超過30家。2023年，按收入計，前五大ALK電解水裝備供應商所佔市場份額超過50%。此外，2023年有超過15家知名公司從事PEM電解水技術。然而，中國的PEM市場正處於商業化早期階段，每家公司的業務規模都相當小。因此，目前無法獲得PEM公司的可靠市場份額資料。