



洞见

罗兰贝格

04.2021
上海 / 中国



借力蓄势, 厚积薄发

中国氢燃料电池重卡行业发展白皮书

前言

中国新能源汽车市场经过多年发展,已在纯电动、混动等领域构建起较为完善的市场及产业链基础。面向未来,以清洁能源替代传统化石能源,实现从能源的生产、运输、利用全链条绿色环保,则是汽车产业发展所追求的重要目标之一。氢燃料电池作为下一代以绿色氢气为燃料,水为排放产物的新能源技术路线,未来将在三大因素推动下进入发展加速通道。

1. 新能源汽车在十四五期间成为国家深化能源结构转型的关键战略要素,绿色氢能及氢燃料电池应用将助力新能源产业发展。

1) 新能源汽车产业发展规划(2021-2035年)明确发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路,是应对气候变化、推动绿色发展的战略举措。

2) 规划提出2035整体目标,明确了氢燃料电池汽车要实现商业化应用:“...纯电动汽车成为新销售车辆的主流,公共领域用车全面电动化,氢燃料电池汽车实现商业化应用,高度自动驾驶汽车实现规模化应用,充换电服务网络便捷高效,氢燃料供给体系建设稳步推进,有效促进节能减排水平和社会运行效率的提升...”。

2. 2030/2060碳达峰、碳中和目标的提出推动上游高耗能行业及下游应用领域转型,氢能及氢燃料等清洁能源为终极目标。

1) 2020年9月22日,中国政府在第七十五届联合国大会上提出:“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”。“碳中和”的提出,背后有着国家对加速经济转型、保障国家能源安全和践行大国社会责任的诉求。

i 加速经济转型:我国正处于经济由高速增长转向高质量发展的阶段,通过逐步收紧碳排放要求,更高效且具备更高碳强度的产能将更具成本优势,倒逼产业结构不断调整优化。发展绿色制氢为代表的零碳电力等产业也将创造更多新的就业机会。

ii 保障国家能源安全:中国能源结构“富煤、少气、贫油”,能源对外依存度高,石油对外依存度72%、天然气43%。在国际局势动荡下,能源安全担忧持续上升。中国也需要优化能源结构,拓展自主掌控、生产的氢能产业,利用风、光等自然资源所生产的绿色氢气作为新的能源将为能源结构转型及能源安全做出重要贡献。

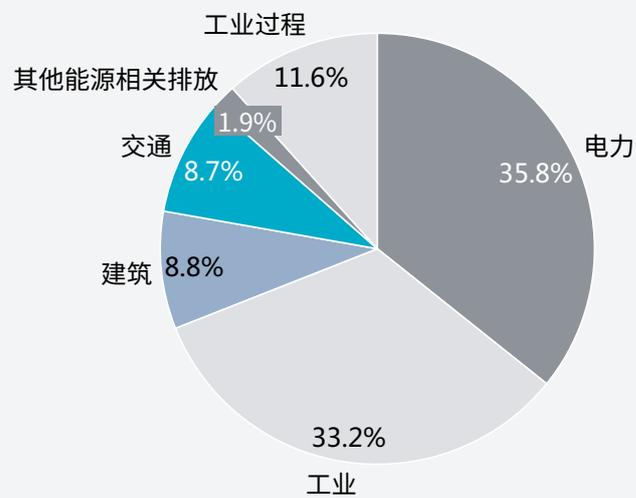
iii 践行大国社会责任:2000年以来,我国碳排放大幅上升,截至2019年,二氧化碳排放占全球28.76%。应对气候变化,是中国树立大国形象、在国际事务中形成影响力的必由之路。

2) 碳中和的实现必须要推动上游高耗能行业及下游应用同步转型,而氢能则是实现碳中和的重要路径。

i 上游高耗能行业转型:电力、钢铁、水泥等高能耗和高排放行业的结构和用能转型;结构方面主要是电力中可再生能源电力占比进一步提升,当前仍有~70%的电力来自火电。用能转型主要是工业用能增加电的比例,同时在工业过程中减少碳排放,如使用氢气替代焦炭还原铁,未来工业氢气的用量将提升。

ii 下游应用转型:为减少排放,需要减少直接化石燃料的使用,用电比例将提升。下游应用中,交通环节的排放占~10%。生态环境部发布的《中国移动源环境管理年报(2019)》显示,汽车是移动源污染排放的主要贡献者。其中,柴油货车使用强度高、单车排放大,保有量虽然只占汽车的~7.9%,一氧化碳、碳氧化物、氮氧化物及颗粒物的排放量,却分别占到汽车排放总量的10%、18.8%、60%与84.6%以上。为实现碳中和,交通领域的电动化为大势所趋,而商用车,尤其是柴油货车则是交通运输迈向碳中和的重要加速器。→ 01

01 / 中国分部门二氧化碳排放情况 [2020,%]



数据来源：清华气候院；罗兰贝格

3. 制造业升级驱动氢燃料等高端产业加速技术突破与自主掌控。

1) 在贸易战等国际关系变化以及国内“中国制造2025”等政策驱动下，制造业升级和解决“卡脖子”技术为未来大势所趋。汽车制造业作为国内制造业的重要组成部分，必将充当制造业升级的排头兵。

2) 当前国内氢燃料电池产业仍然存在一定短板，在外部环境驱动下，技术升级和自主掌握进程将持续推进：在关键材料方面，燃料电池电堆中的质子交换膜、催化剂等关键原材料目前主要依赖进口，在核心工艺方面，膜电极、双极板等生产环节需要进一步提升成品率，关键零部件，如高压氢瓶阀、空压机等品质与国外仍有差距，因此氢燃料相关产业链升级也势在必行。

目录

1/ 氢能及氢燃料电池政策	— 04
以史为鉴, 促进技术、应用、基础设施高质量均衡发展	
2/ 氢燃料电池市场	— 07
车为核心, 从氢燃料客车及中轻卡逐步向氢燃料重卡过渡	
3/ 氢燃料电池技术路线	— 13
逐步迭代, 以成本最优、性能突破、耐久提升为核心原则	
4/ 氢燃料电池重卡应用场景	— 15
区隔竞争, 与纯电车型实现差异化应用场景布局	
5/ 氢燃料电池行业关键成功要素	— 16
四大关键, 成本、技术、应用场景、基础设施	
6/ 氢燃料电池行业未来展望	— 19
借力蓄势, 厚积薄发	
7/ 氢燃料电池行业布局启示	— 20
匹配资源, 调动生态, 掌握节奏	

1/ 氢能及氢燃料电池政策

以史为鉴，促进技术、应用、基础设施高质量均衡发展

1. 政策导向

政府政策将以推动上游关键零部件技术突破(8大类)、促进下游应用及基础设施发展为核心原则，避免将政策过度集中在销售环节而引发产业链低水平发展。

1.1 上游关键零部件技术突破：2020年9月五部委联合发布的《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》，明确8项核心部件(电堆、氢气循环系统、空压机、膜电极、双极板、催化剂、碳纸、交换膜)作为技术突破重点，要求示范城市群在第1-4年间实现至少2项、4项、5项、7项的本土化突破落地。→ [02](#)

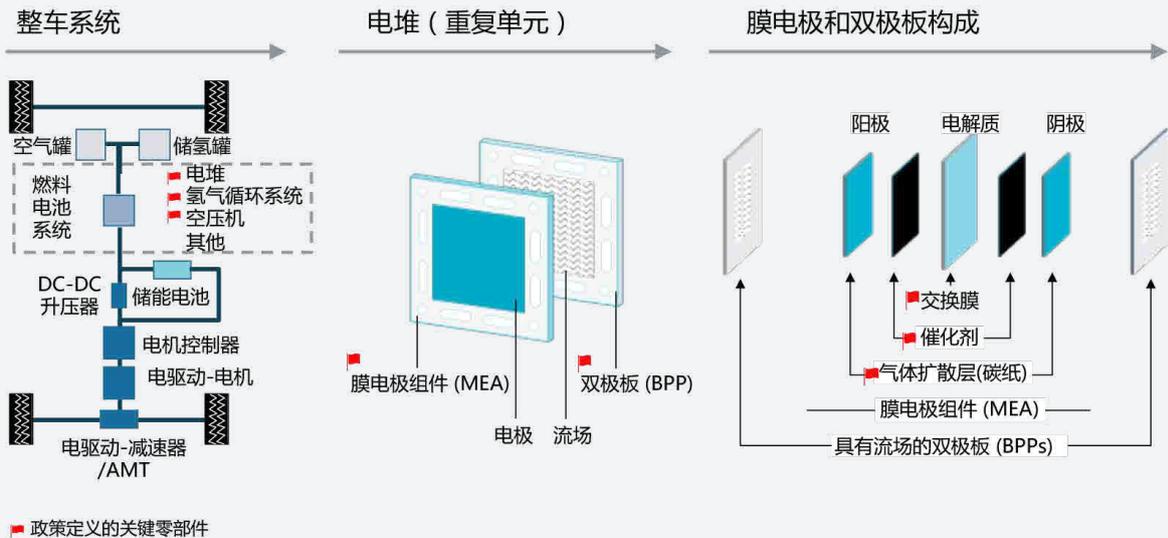
1.2 促进下游应用：自2017年起，国家各部委陆续出台政策，围绕车用场景依次制定技术路线、产业规划和示范应用方案，带动氢能及氢燃料电池产业发展。→ [03](#)

1.3 基础设施发展：2020年5月，财政部发布《关于征求〈关于开展燃料电池汽车示范推广的通知〉(征求意见稿)意见的函》，提出新的加氢站补贴政策的补贴门槛或将从200kg/d提升到500kg/d日加注能力，推动加氢站朝着示范性规划建设：

1) 规划目标：虽然2020年受到疫情影响，但国内部分地区依然积极出台氢能产业规划，其中以广东省佛山市、上海市、四川省等省市为典型代表，如广东省发改委提出要在珠三角核心地区、沿海经济带布局建设约300座加氢站，上海计划到2023年规划加氢站接近100座并建成运行超过30座。

2) 建设补贴：在国家推出对加氢站行业发展的利好政策后，部分省市也相继推出补贴细则，主要针对于大于等于500kg/d加注能力的加氢站，平均单站补贴力度在300-500万元左右。

02 /



资料来源：案头研究；罗兰贝格

2. 政策实施范围

2020年9月五部委联合发布的《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》中明确对燃料电池汽车的购置补贴政策调整为燃料电池汽车示范应用支持政策,对符合条件的城市群开展燃料电

池汽车关键核心技术产业化攻关和示范应用给予奖励,目的是形成布局合理、各有侧重、协同推进的燃料电池汽车发展新模式。截止目前已有17大燃料电池汽车示范城市群提出申报,初步答辩后选出3+2个示范城市群。→ [04](#)

03 /

技术路线

2017年:《中国燃料电池汽车发展路线图》

明确燃料电池汽车的技术路线、功能要求、关键零部件和材料

产业规划

2019年:《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》

规划氢产业链和氢燃料电池产业链的高阶发展目标

示范应用

2020年:《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》

制定示范的期限、城市群、产业化目标、奖励支持力度

短期以商用车(特别是重型)为抓手

资料来源:案头研究;罗兰贝格

04 /

初步确定3+2个示范城市群

> 第一轮共有17个城市申报,答辩后初步确定3个示范城市群,待定2个示范城市群

初步确定: ■ 上海城市群(第1名) ■ 广东城市群(第2名) ■ 北京城市群(第3名)

待定: □ 河南¹⁾城市群(第4名) □ 河北²⁾城市群(第5名)

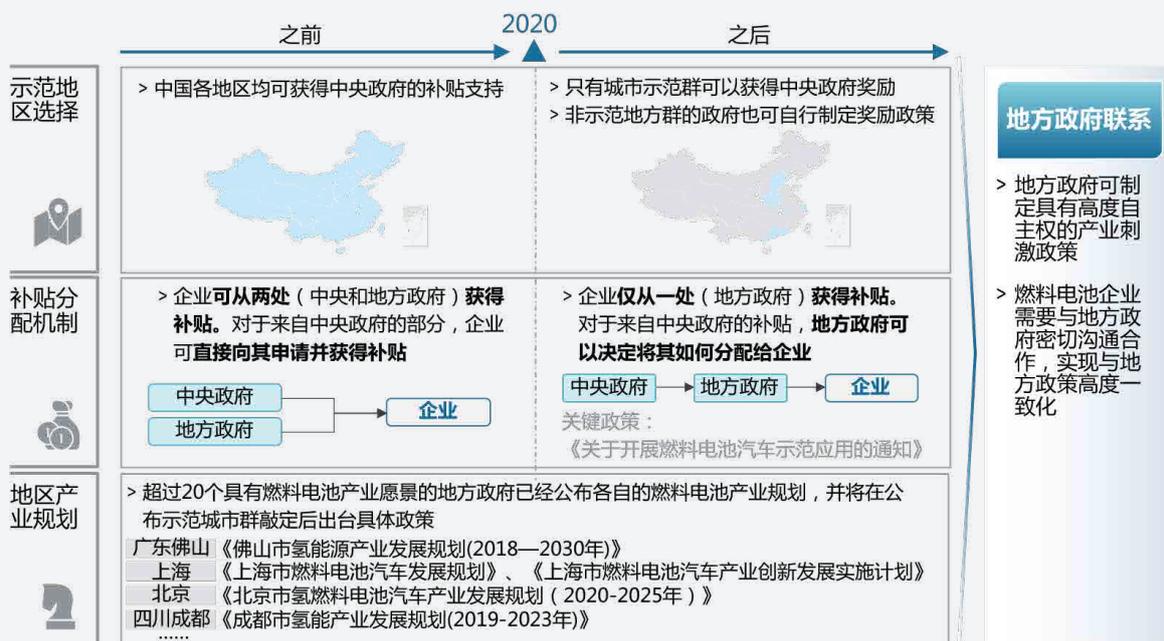
图:三大城市群(上海、广东、北京)覆盖范围



1) 河南城市群由郑州牵头,参与城市是新疆、洛阳、安阳、开封、焦作; 2) 河北城市群由张家口牵头,参与城市是雄安新区、保定、天津

资料来源:案头研究,专家访谈,罗兰贝格

05 /



资料来源：案头研究，专家访谈；罗兰贝格

3. 政策支持方式

在城市示范群政策发布后，对于氢燃料电池汽车的补贴将不再沿用新能源汽车的“国补+地补”模式，而是由中央政府将政策奖励下发给城市示范群所在的地方政府，由地方自主制定并实施产业发展奖励政策，因地制宜发展氢燃料电池产业。先行城市如佛山、上海等均已发布各自的氢能产业发展规划。→ 05

罗兰贝格全球高级合伙人方寅亮表示：“在向2030碳达峰、2060碳中和的目标迈进过程中，氢燃料电池行业政策以促进上游技术突破、驱动下游应用及基础设施发展为核心，同时惠及产业链上下游玩家。另外在发展模式上以具备产业发展基础的城市示范群为核心，也更能有效聚焦资源，促进产业高质量发展。”

2/ 氢燃料电池市场

车为核心，从氢燃料客车及中轻卡逐步向氢燃料重卡过渡

1. 氢燃料电池市场应用主体

氢燃料电池将以车用领域为核心应用，短期以客车及中轻型物流车为切入，中长期以氢燃料重卡为主体。

1.1 氢燃料电池的下游应用广泛，除了交通运输领域，还有便携式电池、发电和建筑储能领域。其中道路车辆为未来的核心增量领域。在道路车辆中，乘用车纯电动市场系统随着锂电池能量密度的逐步提升和充电设施的普及，已经能够较好满足日常使用，因此短期内氢燃料电池的替代必要性有限。而商用车则存在较多相对固定路线的场景，加氢站需求少，其应用场景和所需条件更适合燃料电池的技术特点和产业基础，因此商用车未来将成为氢燃料电池的主要发展重点。→ 06

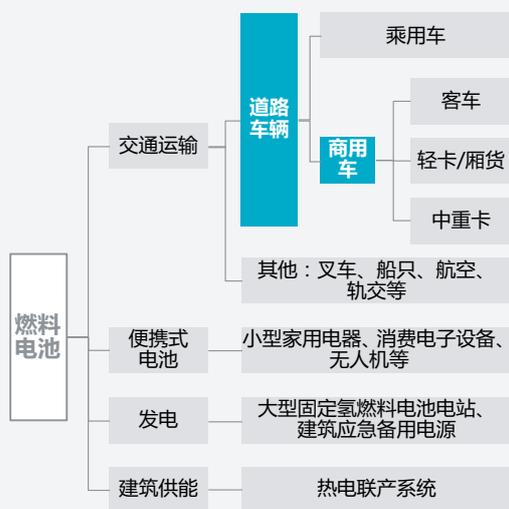
1.2 在市场发展初期，由于氢燃料电池系统成本相对较高、系统及电堆功率较低等原因，所需系统功率相对较低的客车和中轻型物流车成为氢燃料电池汽车的主要车型，而随着电堆功率增大、燃料电池本身具备较大功率和能量密度潜力的特点，加上氢燃料电池政策补贴向重卡倾斜，氢能源重卡发展将进入快车道。

1) 氢燃料电池系统及电堆功率提升：早期系统功率的增长主要跟随补贴趋势提升，比如2017年额定功率主要在30KW-40KW之间，与当时国补条件“燃料电池额定功率不低于30kW”相适应，2021年氢燃料电池系统最大补贴的额定功率上限为110KW，整体功率发展紧随政策补贴需求。后期随着燃料电池技术的进一步发展，以及应用场景对于大功率系统的需求驱动(类比当前主流的重卡牵引车马力-400马力(约300KW)左右，当前主流的燃料电池功率段距市场需求仍有较大差距)，未来燃料电池系统的功率将进一步提升。→ 07

2) 氢燃料电池重卡发展：当前氢燃料电池市场主流仍以大中客和中卡为主，主要由于中小功率燃料电池系统可以与此类车辆所需的马力适配，同时可以获取较大的补贴优惠。另外大中客主要的应用为城市公交，其所受政策的支持力度大，且路线和运行场景相对固定，因此发展也更加快速。未来在技术发展和补贴驱动下，伴随着燃料电池功率增大，氢燃料电池重卡应用将加速发展，同时由于燃料电池天然的高功率和能量密度的特点，使得其更能满足重卡对于载重量的要求。

06 /

燃料电池使用场景



数据来源：案头研究；罗兰贝格

非车用场景介绍

-  **普拉格Plug Power 氢能叉车于2002年面世**
 - 已在沃尔玛、亚马逊、联合利华、通用汽车等大型企业车间中应用
 - 美国保有量~25000辆，欧洲~7000辆
-  **HES energy system: 工业级无人机**
 - 2018年，推出HYCOPTER，为工业维护检查而设计的多旋翼氢燃料无人机，续航3.5小时
-  **Horizon：户外使用的燃料电池充电宝（2011年）**
-  **斗山：全球最大氢燃料发电厂**
 - 于韩国瑞山市安装50MW燃料电池系统，利用氢气副产品运行
 - 将于2020年完工，向16万个家庭每年供应共计4000亿瓦时的电量
-  **日本NEDO：ENE-FARM typeS**
 - 全球首个商业化的SOFC热电联产系统，在日本已大规模应用
 - 发电效率为46.5%，综合能源利用效率高达90%

i 补贴驱动:在最新的氢燃料电池补贴政策中,相较上一版补贴,政策对于中型货车补贴大幅下滑,轻型货车稍有下滑,但随着纯电轻卡发展,氢燃料轻卡相较纯电轻卡的竞争力将下降。而重型货车补贴倾斜则在新政中更加突出,2020年9月最新补贴中,对于31t以上的重型货车来说单车补贴上限涨幅达36.5%。补贴政策的调整正在更加贴近氢燃料汽车的实际应用场景需求。→ 08

ii 氢燃料汽车销量结构转变:氢燃料重卡的销售比重预计将逐步提升,2020年及以前氢燃料重卡销售几乎为零,但到2030年预计销售占比超过整体氢燃料汽车的50%。从2020年的数据可以看出,当市场补贴存在不确定、出现空档期时,氢燃料卡车的销量所受影响极大,而大中客由于主要为公交用途,有地方财政支持,销量所受影响有限,销售占比达~90%。后期当重卡补贴政策明朗,以及相关应用的新能源化,如绿色矿山、绿色电厂、绿色码头等,重卡在短倒牵引的使用将逐步增加,长期随技术发展后,长途牵引也将贡献重卡增量,公开信息显示,仅上汽红岩一家便规划未来4年将落地超10000台氢燃料电池重卡。

2. 市场规模及趋势

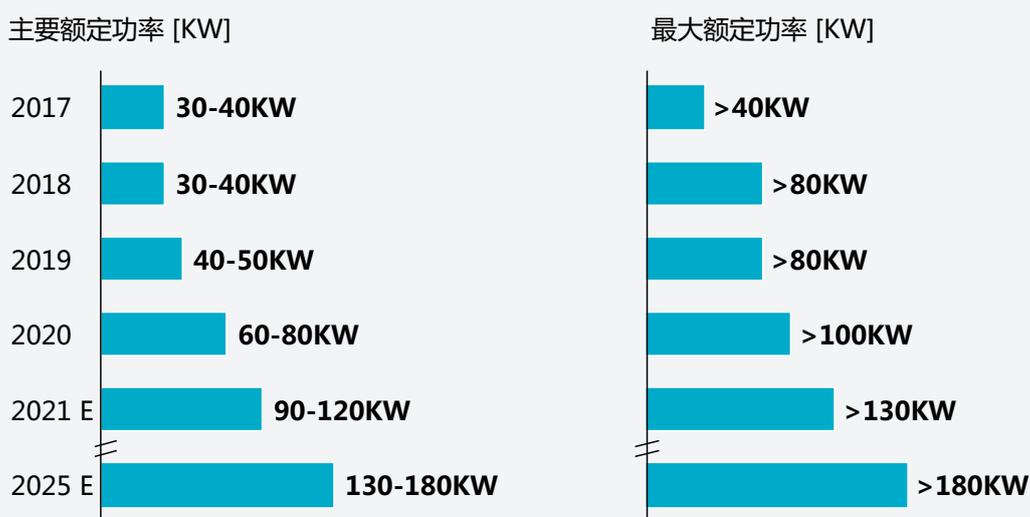
2020-2025年为发展起步期,到2025年氢燃料商用车预计销量达到约1万辆/每年的水平,2025-2030随着基础设施、技术革新和成本下降推动进入发展加速期,到2030年销量有望超10万辆。

2020-2025 起步期

由于当前加氢基础设施和氢燃料电池汽车的技术尚不成熟,整车购置和加氢成本仍然较高,因此预计未来五年内,市场整体仍需以政策驱动为主,以2020年为例,由于经历半年左右的氢燃料政策空窗期,直接导致氢燃料商用车销量腰斩,从未成本变化及政策角度来看:

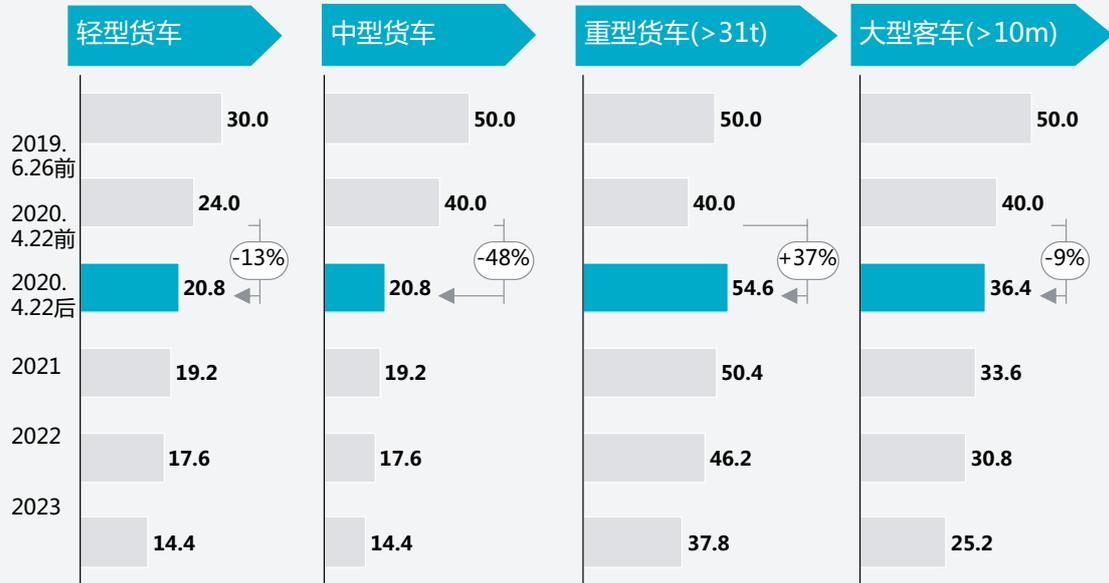
1) 成本方面:不考虑补贴的情况下,氢燃料牵引车的基准配置(110KW电堆+100KWH电池)购置成本预计在2025年能与锂电池相当,但理想情况下能够满足重卡大功率需求的购置成本仍然较高。在2025年以前氢燃料能耗成本优势难以凸显,百公里能耗成本超过250元。预计整体购置和燃料成本需要到2030年,氢燃料才逐步具备一定优势。

07 /



数据来源:案头研究;罗兰贝格

单车补贴上限:万元



资料来源：财建[2019]138号，财建[2020]86号，财建[2020]394号，案头研究；罗兰贝格

2) 从政策端来看:2020年由于政策不明朗直接导致氢燃料电池车销量腰斩: → [09](#)

另外,类比纯电市场的发展,纯电市场早期亦为政策驱动,历经约10年才逐步走向市场化,而氢燃料商用车在中国于2015年起步,仍需时间逐步成熟。

2025-2030 加速期

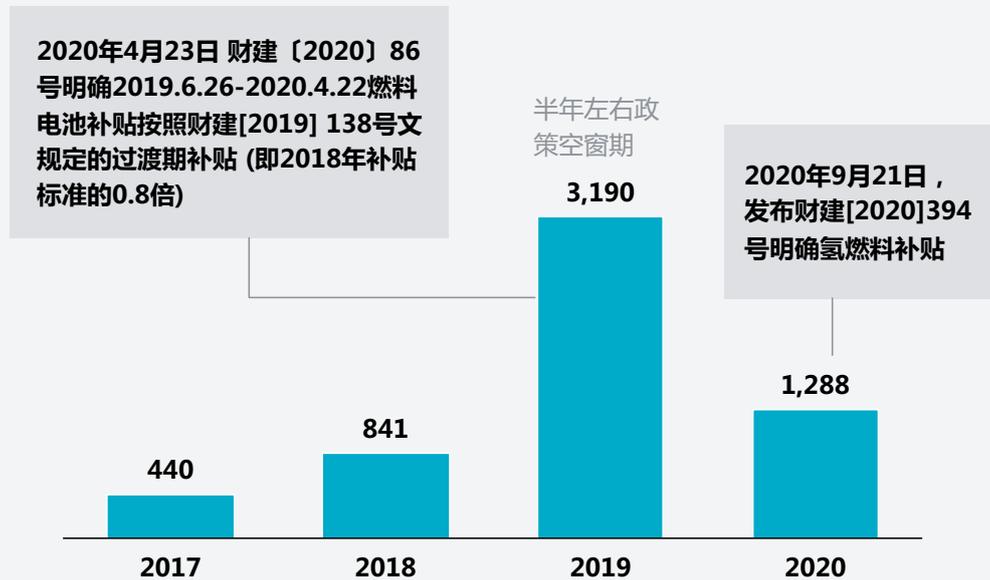
未来随着基础设施普及、技术革新和成本下降,氢燃料电池市场将进入加速发展期。

1) 基础设施建设达到配套要求:当前制约氢燃料电池车使用的关键限制因素之一在于加氢站的覆盖程度不足。加氢站是未来中国新基建的重点内容,预计随着未来车辆保有量的上升,以及加氢站建设成本的下降,加氢站数量增长将进入加速期,预计到2025年达到~500座,2030年到~1500座。类比当前约4800座左右天然气(LNG)加气站规模所支撑起的天然气重卡~13万年销量以及~50万保有量,如若顺利建成1500座加氢站,在加氢站加注能力和规模与加气站类似的前提下,也有望支撑4-5万年销量以及~15万保有量的氢燃料重卡的应用,与我们预计的2030年重卡年销量~6万辆相当。 → [10](#)

2) 技术革新推动氢燃料汽车产品线布局完善:未来氢燃料电池汽车的技术革新将成为系统性的工程,除系统环节的集成外,还需依赖上游电堆和下游整车环节的优化,氢燃料汽车也将从技术上实现从中轻卡、客车向更高功率的氢燃料重卡产品拓展。

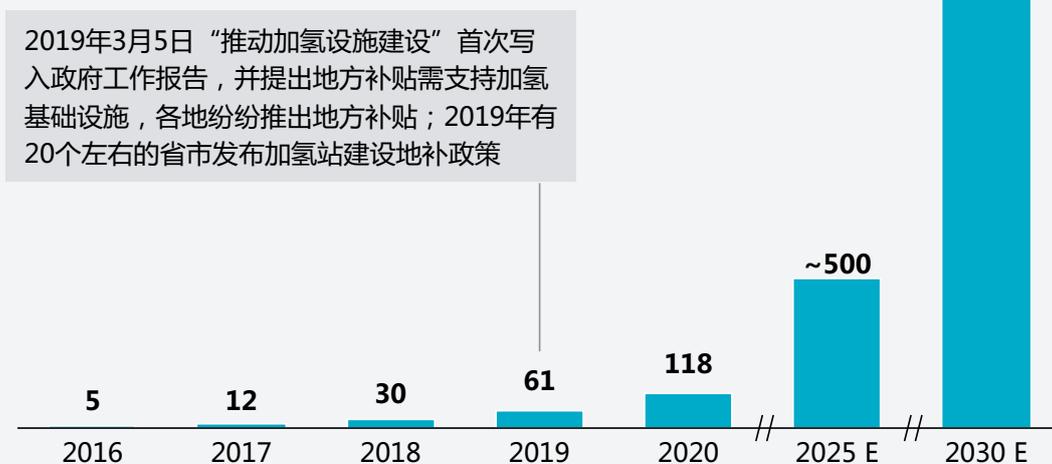
i 上游电堆环节:通过优化膜电极各子组件的抗机械及化学降解能力,以及提升双极板耐腐蚀性以延长电堆寿命。优化电堆组装及设计工艺,提升电堆一致性,并优化双极板流场设计,强化膜电极子组件的导电率、比活性等性能来提升电堆性能。通过降低双极板等硬件厚度,并同时优化电堆集成度来提升整体功率密度;到2030年,电堆体积功率密度有望从当前的3-3.5KW/L提升到7-8KW/L,电堆的寿命从当前的1.5-2万小时,提升到3-4万小时。

09 / 氢燃料商用车上险数 [2017-2020, 辆]



资料来源：案头研究；罗兰贝格

10 / 加氢站数量 [2016-2030E, 座]



资料来源：案头研究；罗兰贝格

ii 下游整车环节: 当前氢燃料重卡多使用柴油底盘进行改装生产, 在当前电堆功率不大、对载重要求不敏感以及重卡天然的布置空间优势下, 尚能满足需求。而未来必将朝着高度集成化的底盘发展, 通过适用于氢燃料和三电系统布置的新一代重卡底盘来满足重卡客户对总使用成本优化、系统集成性能提升的要求, 突出的变动主要有电堆、储氢罐和锂电池与底盘更好的匹配, 以及驱动行驶从中央驱动到电驱动桥发展。→ 11

3) 成本下降提升氢燃料汽车全生命周期成本TCO竞争力。

i 车辆购置成本: 当前氢燃料电池汽车规模化程度有限, 未来随下游应用的推广, 规模化将带来大幅的系统成本节降70%以上, 叠加上游零部件国产化、制造工艺进步提升, 未来燃料系统的成本竞争力相较纯电等其他能源类型车辆将逐步提升。→ 12

ii 氢气成本: 目前由于市场用氢量不足, 各地规模、氢源供应、加氢站类型不一, 不同区域的加氢站氢气销售价格差异大, 目前法规允许的外供加氢站价格主流区间在60-80元/KG, 部分地区最低也需要40元/KG左右, 补贴平均在10-12元/KG。如果以氢燃料重卡牵引车为例, 按照现在行业企业一般测试条件来计算, 则百公里能耗成本已至少超过400元, 而同类型柴油

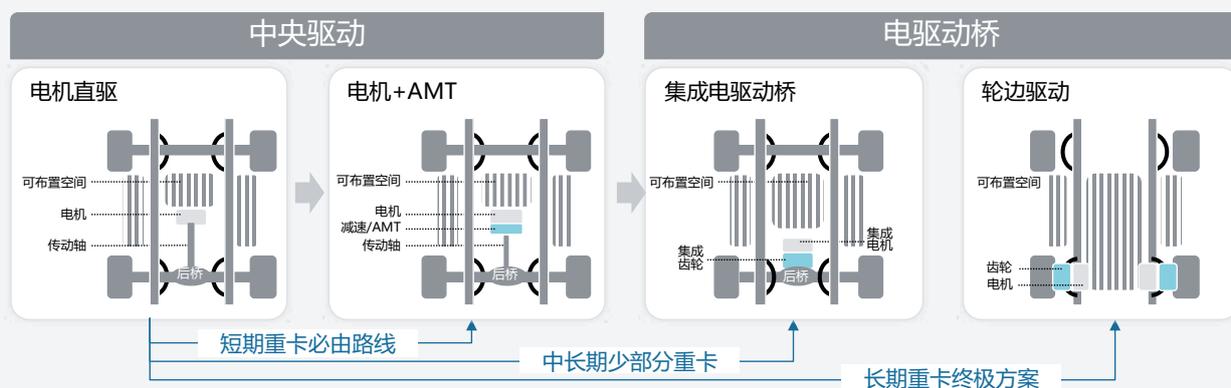
车百公里能耗成本在180-200元。未来随着规模化程度提升, 氢气到站的平均成本有望降低到2030年的25元/KG, 若重卡百公里氢耗降到7KG, 则在氢燃料电池重卡在能耗方面的竞争力开始逐步显现。→ 13

未来发展

随着氢燃料电池商用车的发展, 未来氢能还可逐步拓展至乘用车、发电、储能等领域, 同时在工业过程亦可应用氢气来降低碳排放, 整体市场前景广阔; 根据《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》, 氢能将成为中国未来能源体系的重要组成部分, 预计到2050年氢能在中国能源体系中的占比约为10%, 氢气需求量接近6000万吨, 年经济产值超过10万亿元。

罗兰贝格项目经理高仲骐表示: “氢燃料电池汽车市场的发展是一项系统性工程, 政策支持更多是帮助产业链上下游玩家更快突破产业发展瓶颈, 但购置、运营乃至车辆全生命周期成本优化并相较其他燃料类型具备成本竞争力则是行业进入发展加速期的必要先决条件, 需要产业链上下游玩家协同发展, 共同突破”

11 /



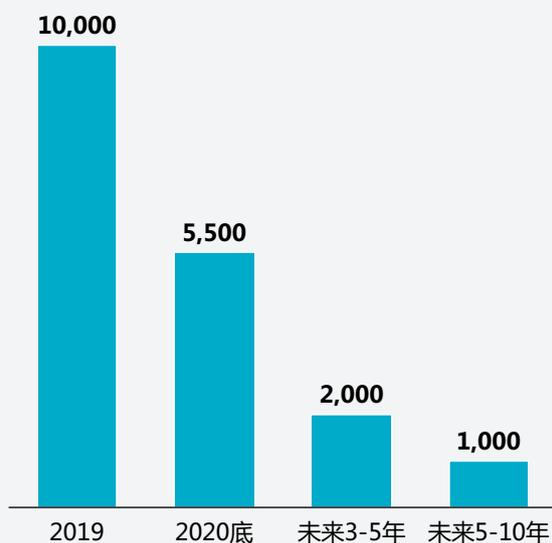
资料来源: 罗兰贝格

12 /

成本下降的关键驱动要素

- ⇒ **规模化**：规模化是影响燃料电池系统成本节降的首要抓手，规模化后上游原材料的成本节降潜力在70%以上
- ⇒ **国产化**：2017年燃料电池系统国产化率~30%，仅掌握系统集成、双极板和DC-DC，其余主要依赖进口，2020年国产化程度60-70%，电堆、膜电极等核心部件均可自主控制，而气体扩散层、催化层和质子交换膜等核心材料也在加速研发中，国产化率将进一步提升
- ⇒ **工艺进步**：产业化进程加快后，制造工艺的进步将提升良品率、改进工艺流程，带来进一步成本节降

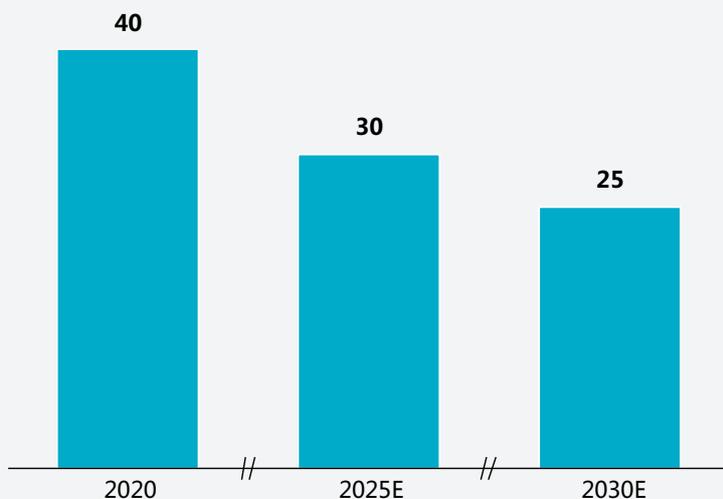
燃料电池系统价格逐步下降[元/kw]



资料来源：案头研究，专家访谈；罗兰贝格

13 / 氢气到站不含补贴价格 [元/kg]

参考行业内有优势的价格为样本



资料来源：案头研究；罗兰贝格

3/ 氢燃料电池技术路线

逐步迭代, 以成本最优、性能突破、耐久提升为核心原则

1. 燃料电池电解质技术路线

PEMFC(质子交换膜)为短期重点技术路线, 中长期固体氧化物在储能等领域具有发展空间, 汽车行业将是质子交换膜的重点应用领域。→ 14

2. 双极板技术路线

在短中期主要的车用领域 - 氢燃料商用车, 尤其是重卡领域, 由于氢燃料重卡对系统使用寿命、效率、系统功率大小要求更高, 在石墨、金属、复合双极板电堆三种技术路线中, 短中期兼具寿命和效率的石墨双极板电堆路线是主流, 部分企业使用复合双极板作为过渡, 但石墨双极板电堆自有的功率密度上限特点(4.3KW/L左右)将制约石墨双极板电堆所能达到的系统功率水平, 而若以多个石墨双极板电堆串并联实现大功率系统则又有着配套系统复杂、体积庞大、稳定性弱等弊端。因此对于系统功率具有更高要求的氢燃料重卡需要通过金属双极板电堆来实现, 未来3-5年内随着重卡对功率和功率密度要求的提升, 并逐步克服金属双极板寿命低的问题后, 重卡电堆中金属双极板逐渐上升。

14 /

	当前主流			潜力细分		
	PEMFC	DMFC	PAFC	SOFC	AFC	MCFC
燃料电池类型	质子交换膜燃料电池	直接甲醇燃料电池	磷酸燃料电池	固体氧化物燃料电池	碱性燃料电池	熔融碳酸盐燃料电池
电解质与燃料	> 聚合物膜 > 氢	> 聚合物膜 > 甲醇	> 磷酸 > 氢	> 陶瓷氧化物 > 氢气/天然气/甲醇 > 钙钛矿	> 钾碱 > 氢	> 碱碳酸盐 > 氢气/天然气/石油气
催化剂	> 铂	> 铂	> 铂	> 钙钛矿	> 铂	> 镍
工作温度	> ~50-90°C	> ~50-120°C	> ~190-210°C	> ~600-1000°C	> ~60-220°C	> ~600-700°C
优势	+ 功率密度大 + 重量轻、体积小 + 寿命长、成熟 + 温度低, 启动快	+ 特定功率密度大 + 燃料易于储存	+ 非常成熟的电池类型, 最早商用 + 允许燃料存在一定杂质	+ 能量转换效率高 + 燃料相容性好 + 非贵金属催化剂	+ 效率高 + 制造成本低 + 简易且技术成熟	+ 效率高 + 燃料相容性好
劣势	- 工艺复杂 - 需要使用专用燃料	- 效率低 - 阴极一氧化碳易中毒	- 体积大, 效率低 - 寿命短 - 需要贵金属催化	- 温度高 - 易受腐蚀 - 启动慢, 寿命短	- 体积大 - 需要纯氢和纯氧, 易受一氧化碳中毒	- 高温+电解质双重腐蚀性 - 启动慢, 寿命短
应用场景	乘用车	■	■	□	□	□
	商用车	■	□	■	■	□
	储能(发电/建筑供能)	■	■	■	■	■

■ 核心应用场景 ■ 次要应用场景或潜在应用场景 □ 无应用场景

资料来源：2018燃料电池行业研究；案头研究；罗兰贝格

3. 氢气储罐技术路线

3.1 当前氢燃料电池车主要使用III型铝内胆35MPa氢气储罐，未来3年内车用氢气储罐仍然以气氢储罐为主，但将由III型35MPa向IV型70MPa气氢储罐过渡。2020年7月21日，7月21日，涉及车载储氢系统的两项国标修改后正式实施，均将原范围中的工作压力不超过35MPa修改为70MPa，2021年3月9日，《燃料电池电动汽车加氢口》(GB/T26779-2021)最新国家标准正式发布，新国标增加了70兆帕加氢口尺寸及耐臭氧老化、耐盐雾腐蚀、耐温度循环和兼容性测试等多项技术条目，预计2021年10月1日实施，因此制约70MPa储氢罐发展的政策条件已经消除，IV型70MPa的气氢储罐发展已经具备政策基础，但IV型70MPa的气氢瓶成本下降速度将影响其推广节奏。

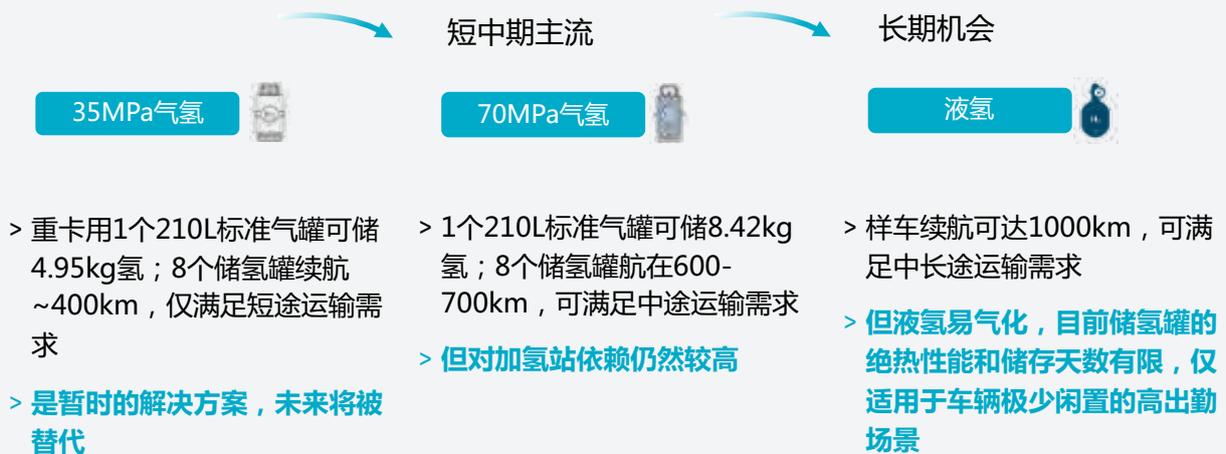
3.2 在液氢储罐方面，预计3年后液氢储罐在政策条件完善、产业链同步跟进的前提下进入规模化拓展应用时期。虽然现在部分行业领先企业正在积极推动民用液氢储罐商业化，但当前液氢储罐的大规模推广应用仍取决于以下因素的发展。

1) 目前民用液氢道路运输许可尚未放开:根据《中华人民共和国道路运输条例》和《道路危险货物运输管理规定》，液氢作为危险货品目前只允许军工用液氢上路运输，民用液氢上路运输许可尚未放开，且解封时间具有较大不确定性。

2) 民用液氢国家标准尚未健全，移动式液氢运输标准有望率先出台:目前三项国家宏观液氢技术标准(《氢能汽车用燃料液氢》、《液氢生产系统技术规范》、《液氢贮存和运输安全技术要求》)已出台征求意见稿，预计正式稿有望于2021年正式出台。但若想实现大规模的商业化应用，还需完善液氢产业链各环节设备标准体系，涉及各环节核心装备(包括移动式及固定式)的设计、生产制造、检测等各个环节。预计2023年前液氢运输相关系统化标准体系有望建立健全。然而车载液氢储罐和固定式液氢储罐相关设备标准体系由于推进进程较慢，具体出台时间尚不明确。

在海外市场的液氢运输方面，目前戴姆勒计划从2023年开始进行液态氢燃料电池重卡GenH2的用户试驾，并于2025年后实现量产，由于采用了能量密度更高的液氢，GenH2卡车性能将媲美传统柴油卡车，但其应用的节奏和实际推广时间仍存在不确定性。→ 15

15 /



资料来源：案头研究，专家访谈；罗兰贝格

4/ 氢燃料电池重卡应用场景

区隔竞争,与纯电车型实现差异化应用场景布局

相较于纯电,氢燃料电池优势在更高的功率和能量密度,在载重和续航方面有优势,而在配套设施方面相较纯电存在劣势;而对于纯电车,虽然续航能力有弱势,但是满足城市内的公交、物流车、环卫等短途行驶的续期,也由于当前的成本优势,短期内城市内交通工具的纯电化会更加迅速。→ 16

因此,氢燃料适用的应用场景主要为三大类。

1. 固定路线: 便于配套加氢站等基础设施,如矿山短倒、港口、物流园区内等相对封闭和固定路线的场景,方便氢燃料汽车布局加氢站等配套能源加注设施。

2. 中长途干线: 里程在400-800公里左右,超过纯电的续航上限将成为氢燃料汽车的优势应用场景区间。

3. 高载重: 纯电车型由于电池能量密度提升空间有限,重卡匹配一定续航里程的电池必然导致自重较大,因此氢燃料过渡到液氢路线后车重较纯电优势进一步放大,在载重量具有更大需求的场景上将更有优势。

16 /

	纯电动汽车 (BEV)	燃料电池汽车 (FCEV)		
性能	功率密度表现	1-1.5KW/L	3-4KW/L (电堆)	氢燃料更能适应大载重,锂电池自重大,影响重卡载重量
	能量密度表现	~170 Wh/kg (磷酸铁锂电芯)	>500 Wh/kg	氢燃料当前在中途更具有差异化优势,且氢燃料为开放系统,续航还能进一步增长
	续航能力	200-300公里 (配备: 300-400KWH电量)	~400公里 (配备: 110KW氢燃料系统+100KWH锂电) > 35兆帕*8标准气罐: ~400公里 > 70兆帕*8标准气罐: 600-700公里 > 液氢储罐: ~1000公里	纯电由于当前单位成本更低,虽然续航较短,但对于城市内公交、物流车、环卫车等适用性好
可靠性	使用寿命 ~3万小时	1.5-2万小时	氢燃料当前使用寿命无法满足商用车要求的~3万小时需求	

资料来源:案头研究;罗兰贝格

5/ 氢燃料电池行业 关键成功要素

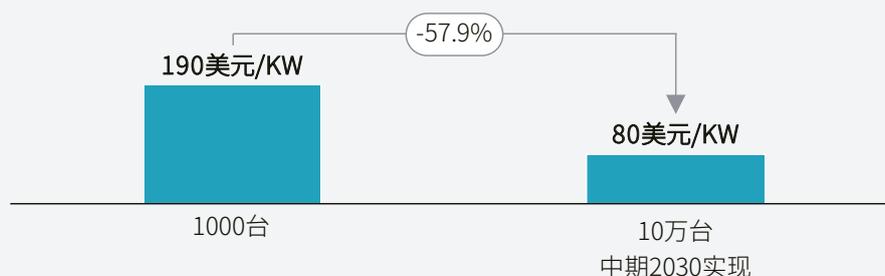
四大关键, 成本、技术、应用场景、基础设施

1. 规模化带动成本下降及技术提升: 规模化的客户资源将给氢燃料电池汽车的应用带来规模效应, 降低关键零部件及系统成本, 同时为氢燃料电池汽车的技术应用及验证、优化提供数据基础。

1) 规模化降低成本: 以美国能源部 (DOE) 2019年12月12日发布的燃料电池长途卡车技术发展路线图规划, 达到10万台产量后, 燃料电池系统的成本可以较1000台下降~60%。在中国市场氢燃料关键零部件成本下降也同样依赖于应用规模的提升。

2) 规模化技术应用验证: 当前氢燃料电池系统、电堆等关键零部件的技术应用由于下游应用规模有限, 部分技术的验证仍局限于实验室仿真或小规模验证阶段。而对于商用车用户来说, 车辆及系统的可靠性是非常关键的要素, 因此规模化能够为技术应用提供大量测试数据以优化技术设计, 为提升可靠性提供关键保障。→ [17](#)

17 / 美国能源部提出的重型车辆燃料电池系统成本目标 [美元/KW]



2. 合适的应用场景：目前氢燃料所主要应用的轻载中短途货运、客车等领域主要受政策支持、应用条件简单等因素支持，但长期来看上述场景在市场化条件下相较纯电车型并不具备显著的TCO及技术优势。而相比新能源纯电车型来说，氢燃料电池汽车在技术、配套产业成熟后，其相较纯电车型所同时具备的更大载重量、更长续航里程的优势将使氢燃料在重卡领域，尤其是应用中长途干线货运的重卡领域具备明显优势，成为氢燃料电池汽车的主要应用场景。

3. 完善的产业链配套：上游低价、绿色的氢源以及下游完善的加氢基础设施。

1) 未来十年内，若不考虑补贴，则难以单纯通过燃料电池系统成本的下降使氢燃料重卡在购置成本上比肩柴油车，而氢燃料重卡的燃料成本占全生命周期总使用成本的~46%，为主要的成本项，因此未来燃料成本的节降对氢燃料重卡推广的整体贡献较大。

2) 低价绿色的氢源：未来需要质子交换膜加可再生能源的共同应用：

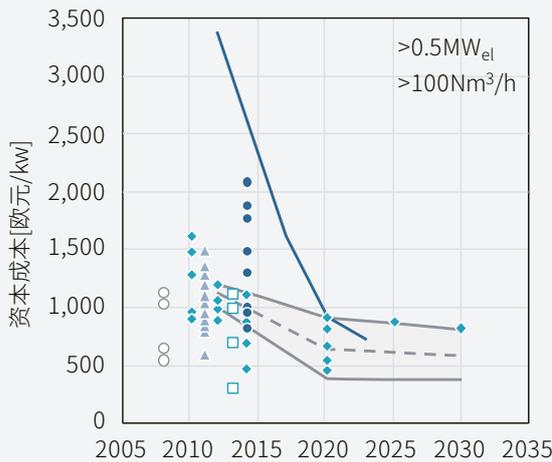
i 质子交换膜技术体积小、产氢密度高，使其更适用于规模化生产，但由于铂、铱等昂贵金属催化剂的使用，整体生产成本目前仍相对较高；随着膜材料寿命和催化效率提升，质子交换膜成本不断下降，将成未来主流技术。→ 18

ii 同时可再生能源电解水制氢在2030年后将成为主流技术路线，碳减排政策将进一步驱动可再生能源制氢发展。→ 19

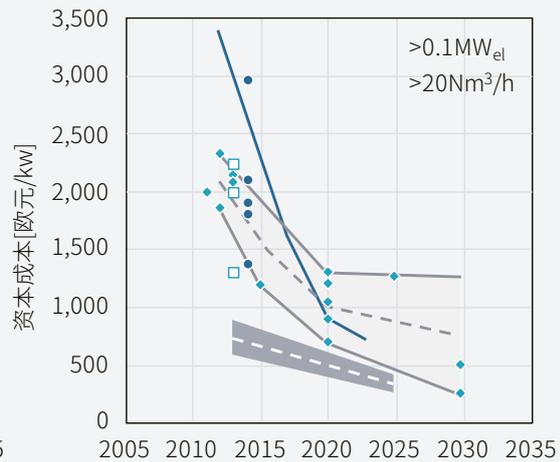
3) 完善的加氢基础设施：除了加氢站数量的增加，还需关注加氢站的模式演变，主要包括从氢源角度来看，外供液氢将逐步替代外供高压氢气，预计到2030年外供液氢的比例将超过50%。以及从加氢站能源加注类型角度来看，单一的加氢站将向油氢/气氢供应站模式的转变，在更好满足下游应用和平衡加氢站的投入产出，通过经济效益的提升促进加氢站在市场化条件下的自主发展。→ 20

18 / 随成本下降，质子交换膜技术将成未来主流

碱性电解水路线



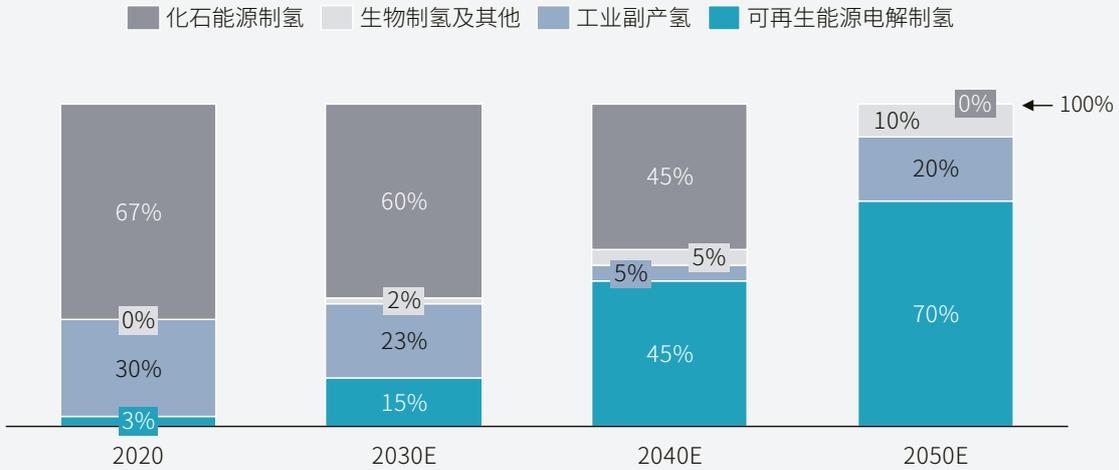
质子交换膜路线



--- E4tech 预测范围 — DOE (PEMEL) 预测 — FCH JU 目标

资料来源：Renewable and Sustainable Energy Reviews，案头研究；罗兰贝格

19 /



资料来源：《中国氢能白皮书》中国氢能联盟；案头研究；罗兰贝格

20 / 加氢站类型由纯加氢站向油氢、气氢共建站转变

加氢站	<ul style="list-style-type: none"> > 单纯建立纯加注氢气的加氢站，短期内加氢车辆规模有限，难以实现良好经济性 	主要驱动因素	<ul style="list-style-type: none"> > 土地资源角度：部分城市土地资源稀缺，土地集约化利用需求较高，因此重新建立占地面积达的氢电共建站难度高，但在现有加油站和加气站基础上改建为油氢、气氢共建站相对容易 > 经济效益角度：仅提供氢气加注的纯加氢站盈利难，须配合其他能源加注业务，诸如加油、加气等帮助实现良好的经济效益
氢电共建站	<ul style="list-style-type: none"> > 提供加氢和充电服务 > 但是因为充电设备占据场地空间较大，经济性一般 		
油氢共建站	<ul style="list-style-type: none"> > 提供汽、柴油加注业务和加氢业务 > 改造便捷且经济性好 > 适合三桶油等大型能源供应商 	未来各类型加氢站区域分布特性	<ul style="list-style-type: none"> > 南方地区 - 以油氢共建站为主：南方地区天然气资源相对较少，天然气站密度低，但加油站密集，将更多基于其改造氢油站 > 北方地区 - 以气氢共建站为主：北方地区天然气资源相对丰富，华北、西北等地区天然气重卡优势明显，因此改建气氢共建站具备更有利条件 > 总体分布特征 - 共建站沿运输干线分布：油氢、气氢共建站将首先覆盖主要运输干线沿途以保证收益
油氢共建站	<ul style="list-style-type: none"> > 提供天然气和氢气加注业务 > 改造便捷且经济性好 > 适合三桶油等大型能源供应商 		
其他共建站	<p>如油、电、气氢共建站等，但因为经济效应一般难以大规模推行</p>		

推荐 不推荐 特殊情况

资料来源：案头研究；罗兰贝格

6/ 氢燃料电池行业未来展望

借力蓄势,厚积薄发

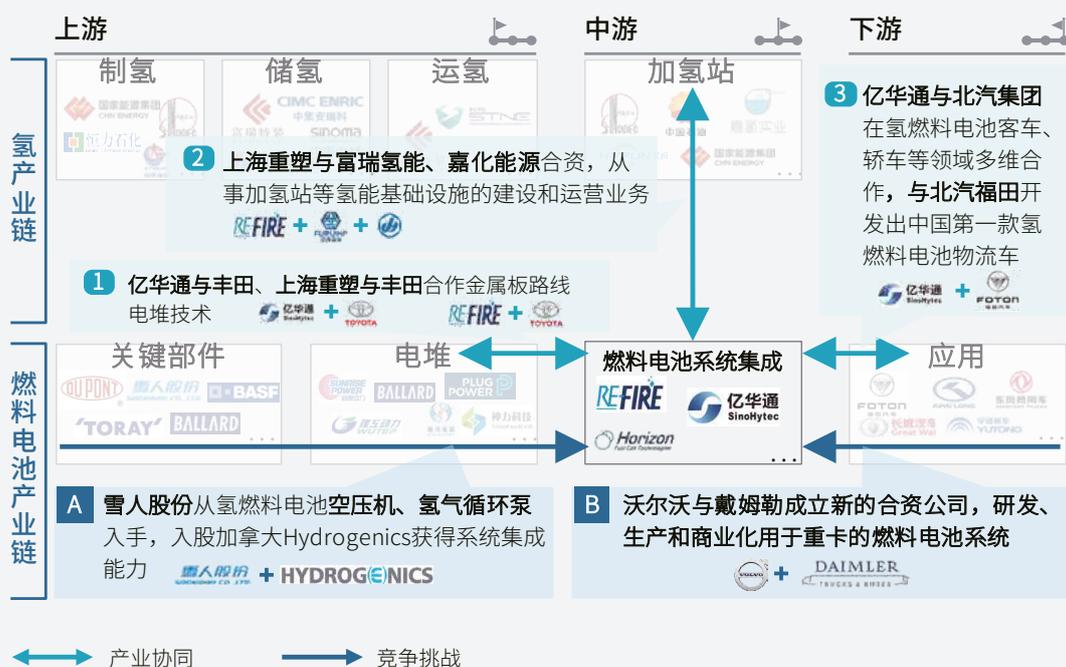
总结来看,当前氢燃料电池行业已进入市场、技术、资源卡位的发展蓄能关键期,我们已经看到燃料电池系统集成商正积极协作上下游企业,扩大应用渗透和加速新技术引入,同时产业链上下游玩家亦通过联盟等方式挑战系统集成商地位,产业链竞争格局纷繁多变。→ 21

经过3-5年的发展,氢燃料电池的应用基础和条件将大为改善,为2025-2030市场进入发展加速期提供基础,在这一过程中行业核心竞争力从规模化降本转向产品技术提升,因此市场的主导环节也将从原来由系统厂商主导的规模化,向电堆企业主导核心技术提升,以及整车企业主导系统集成能力提升双线发展。因此下一阶段中燃料电池电堆企业、整车主机厂将有望逐步提升话语权,并主导燃料电池技术的进一步升级,将产业推向更加成熟的发展阶段。

因此,对于氢燃料电池的市场玩家来说,当前应充分利用政策资源,在氢燃料电池示范区内积极布局卡位,借助有利的政策支持,顺应大势在关键零部件、下游应用、基础设施等领域选择与自身资源条件与发展禀赋契合的环节进行重点布局,并联合产业链上下游企业共建氢燃料电池汽车应用生态。蓄势待发,为今后在氢燃料电池市场发展加速期占据先机做好充分准备。

罗兰贝格全球高级合伙人方寅亮表示:“对于氢燃料电池产业链玩家来说,当前应充分利用政策资源,在氢燃料电池示范群内积极卡位,顺应大势在关键零部件、下游应用、基础设施等领域选择与自身资源条件与发展禀赋契合的环节进行重点布局。在发展模式上联合产业链上下游企业共建氢燃料电池汽车产业生态,为今后在市场发展加速期占据先机做好准备。”

21 /



资料来源: 案头研究; 罗兰贝格

7/ 氢燃料电池行业布局启示

匹配资源, 调动生态, 掌握节奏

最后, 我们也想站在产业链玩家发展自身业务的角度, 从发展模式、市场定位、商业模式、产品规划等四方面提出一些建议思考的问题, 帮助产业链玩家以具备活力的发展模式、契合市场需求和自身资源条件的市场定位、健康且可持续的商业模式、科学合理的产品规划为氢燃料电池业务保驾护航。

1. 发展模式

明确氢燃料电池汽车业务的产业链布局环节选择: 在准确选择产业链布局环节的基础上, 灵活地以自建、投资并购、合资合作等方式联合产业链上下游玩家协同发展, 与合作伙伴共建氢燃料电池汽车业务生态圈, 合力突破产业链短板环节。

2. 市场定位

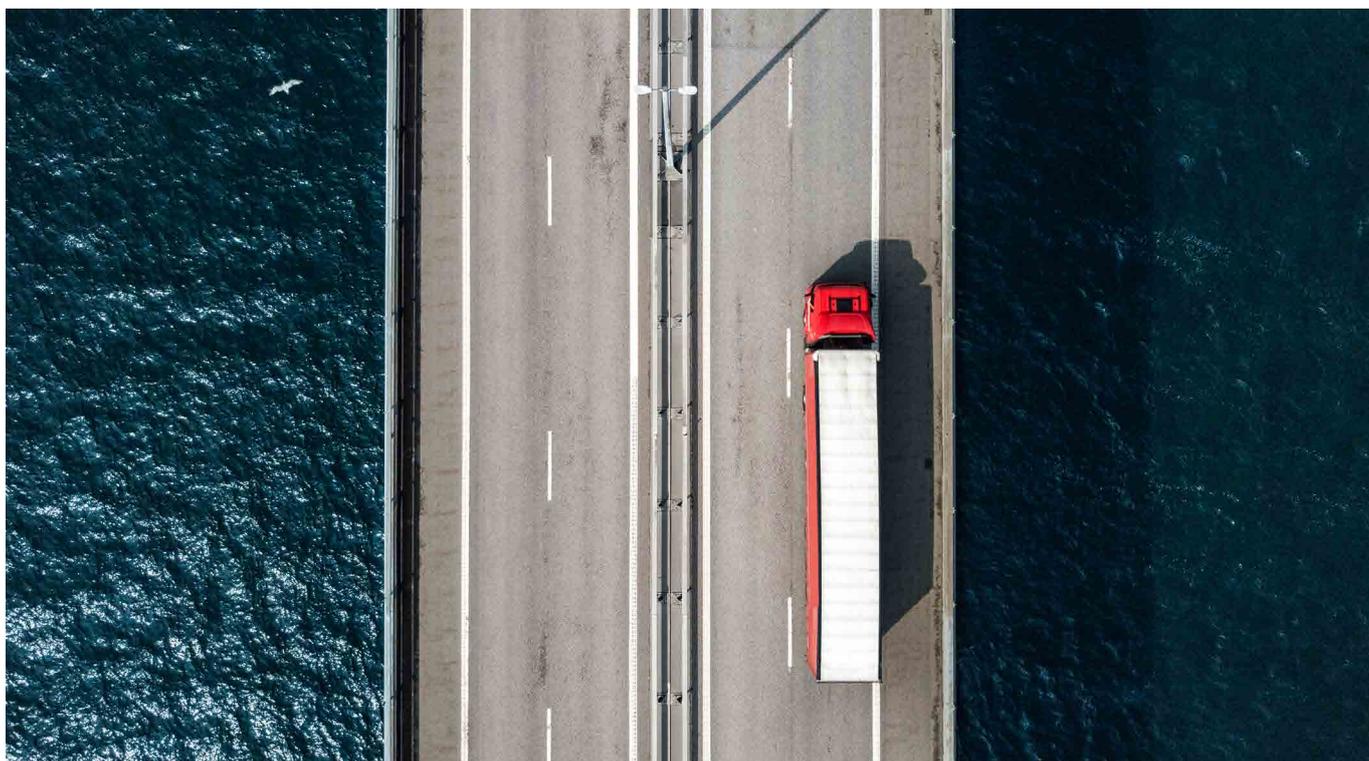
明确氢燃料电池汽车业务切入的应用场景: 选择与自身资源(氢源、系统水平、政策资源等)禀赋相匹配的应用场景切入, 形成规模化优势后再逐步拓展到其他应用场景。

3. 产品规划

明确产品规划的节奏和实施路线: 在产品规划方面结合市场需求和政策补贴节奏, 根据不同应用场景中的车型规划, 合理匹配燃料电池系统及电堆功率, 并均衡考虑性能及成本需求进行锂电池及电机配套。

4. 商业模式

明确适合氢燃料电池汽车的创新销售及服务模式: 结合氢燃料电池汽车所面临的如购置成本偏高、加氢便利性低、售后要求提升等挑战, 通过诸如金融租赁赋能解决早期的成本劣势、提供加氢服务及保障等方式, 辅助业务布局和销售, 在解决用户购买顾虑、使用痛点的同时在数据积累和客户资源构建方面抢占先机。



作者

方寅亮

全球高级合伙人

thomas.fang@rolandberger.com

袁文博

合伙人

wenbo.yuan@rolandberger.com

罗兰贝格项目经理高仲骐、罗兰贝格林运对本文亦有贡献。

联系人

郑赞

全球高级合伙人

ron.zheng@rolandberger.com

方寅亮

全球高级合伙人

thomas.fang@rolandberger.com

袁文博

合伙人

wenbo.yuan@rolandberger.com

吴钊

合伙人

neil.wu@rolandberger.com

[欢迎您提出问题、评论与建议](#)

www.rolandberger.com

本报告仅为一般性建议参考。
读者不应在缺乏具体的专业建议的情况下，擅自根据报告中的任何信息采取行动。罗兰贝格管理咨询公司将对任何因采用报告信息而导致的损失负责。

© 2021 罗兰贝格管理咨询公司版权所有。

罗兰贝格成立于1967年,是全球顶级咨询公司中唯一一家始于德国、源自欧洲的公司。我们拥有来自34个国家的2400名员工,并成功运作于国际各大主要市场。我们的50家分支机构位于全球主要商业中心。罗兰贝格管理咨询公司是一家由近250名合伙人共有的独立咨询机构。

出版方
罗兰贝格亚太总部

地址:
中国上海市南京西路1515号
静安嘉里中心办公楼一座23楼, 200040
+86 21 5298-6677
www.rolandberger.com