

内部文件
注意保存

内燃机 工业 综合动态

第二期

中国内燃机工业协会

2022年2月

本刊导读

如需浏览内容 点击标题

市场环境、政策法规

2022年1月内燃机行业销量综述..... 3

中国小汽油机2021年产量达到3967万台..... 6

会员动态

国企治理走在最前 潍柴上榜国家级名单..... 7

填补国内市场空白 潍柴大缸径高端动力再出击..... 7

潍柴助力中国基建猛虎添翼..... 8

玉柴零故障助力冬奥收官..... 10

农垦集团与广西玉柴机器集团签订战略合作协议..... 12

玉柴机器与东风华神共创渣运新时代..... 14

奥威CA6DM3荣获值得用户信赖节油重型发动机奖..... 15

解放动力品牌向上怎么做..... 16

发动机事业部获评数字化转型“首企”..... 18

福田时代联手全柴动力 2022年如何攻占专用车市场..... 21

福田康明斯工厂获得 2021 年汽车发动机智能制造示范工厂称号.....22

凤城时代龙增压器实现跨越式发展.....24

南通科星化工股份有限公司获全国企业文化优秀成果一等奖..... 26

行业相关

碳中和背景下内燃机低碳和零碳技术路径及关键技术..... 27

美日德澳氢能四种典型发展模式及对我国的启示..... 44

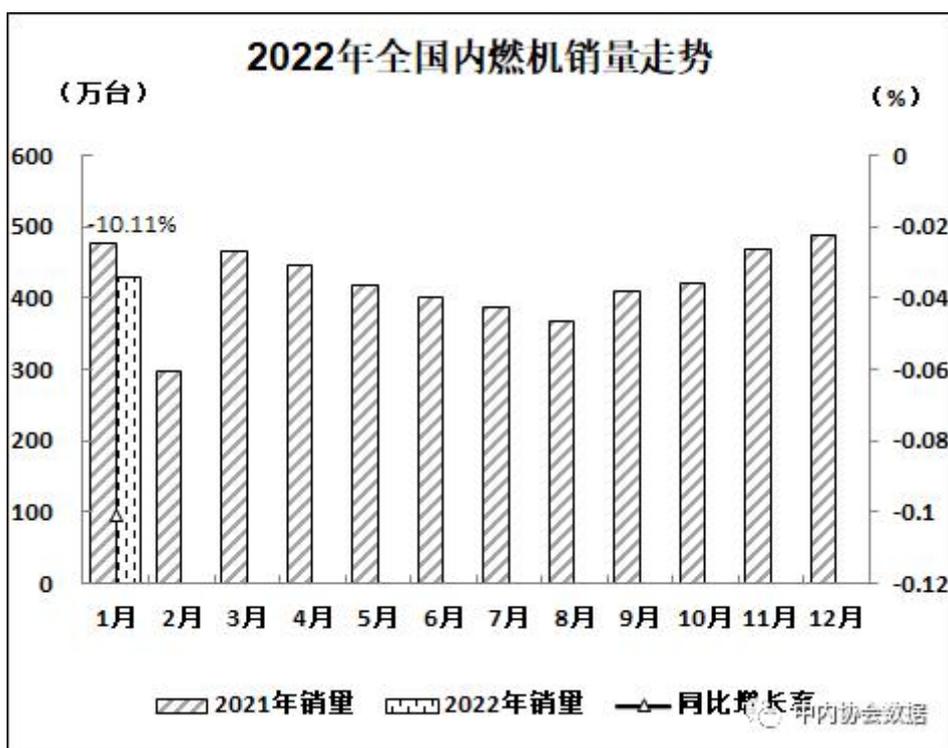
我国车用氢能产业发展现状分析及对策建议.....48

● 市场环境、政策法规

2022年1月内燃机行业销量综述

由于受内燃机行业占比较大的终端市场销量波动的影响，2022年1月，内燃机行业销量429.11万台，环比增长-12.02%，同比增长-10.11%。同比下降主要受去年同期基数较高影响，加上临近春节假期，年初本身就属于销售淡季，不增长也属于情理之中。

汽油机总体基本持平，是因为终端乘用车市场有逐步回暖迹象，原材料供需矛盾有所缓解、地方政策的拉动；商用车柴油机较前没有明显变化，终端市场需求仍显不足，总体呈调整态势，工程机械、农机等市场表现也都处在一定的调整阶段。反观2021年1月份，主要的终端市场均呈现高速增长，乘用车用增长12.20%，商用车用增长53.66%，工程机械用增长71.85%，这是在特殊情况下非正常状态下造成，可以参考不完全具有可比性。销量总体概述：1月，内燃机销量429.11万台，环比增长-12.02%，同比增长-10.11%。功率完成26819.32万千瓦，环比增长-16.70%，同比增长-13.59%。



分燃料类型情况：

分燃料类型情况：1月，在分柴、汽油大类中，柴油机、汽油机环比均为负增长，降幅都在10%左右；同比方面汽油机小幅下降，柴油机降幅较大。具体为：与上月比，柴油机增长-9.85%，汽油机增长-12.26%；与上年同期比，柴油机同比增长-35.70%，汽油机同比增长-5.75%。1月，柴油内燃机销售44.67万台（其中：

乘用车用 0.90 万台,商用车用 18.41 万台,工程机械用 8.08 万台,农机用 14.29 万台,船用 0.24 万台,发电用 2.58 万台,通用 0.17 万台),汽油内燃机销量 384.34 万台。分市场用途情况:1月,在分用途市场可比口径中,工程机械用、农业机械用、园林机械用环比增长,其它用途环比不同程度增长。具体为:乘用车用增长-18.92%,商用车用增长-15.50%,工程机械用增长 0.39%,农业机械用增长 27.12%,船用增长-53.60%,发电机组用增长-34.72%,园林机械用增长 10.75%,摩托车用增长-14.78%,通机用增长-19.17%。与上年同期比,乘用车用、农业机械用增长,其余用途不同程度下降。具体为:乘用车用增长 0.87%,商用车用增长-45.80%,工程机械用增长-20.38%,农业机械用用增长 2.13%,船用增长-34.26%,发电机组用增长-5.50%,园林机械用增长-12.04%,摩托车用增长-16.20%,通机用增长-2.98%。1月,乘用车用销售 172.95 万台,商用车用 23.47 万台,工程机械用 8.60 万台,农业机械用 60.03 万台,船用 0.24 万台,发电机组用 9.88 万台,园林机械用 20.51 万台,摩托车用 131.24 万台,通机用 2.20 万台。

主要品种接单、多缸分用途情况:单缸柴油机 1 月单缸柴油机市场销量环比、同比均下降,同比降幅达 42%。1 月,单缸柴油机销售 6.08 万台,环比增长-4.92%,同比增长-42.24%。排名靠前的五家企业为:常柴、四方、三环、金飞鱼、力帆内燃机。Q 其中主要配套于农业机械的单缸柴油机 1 月销量 5.87 万台,环比增长-4.89%,同比增长-42.55%。多缸柴油机商用车市场 1 月产销环比和同比依然延续去年的下降趋势,且同比降幅较为显著,带动多缸柴油机市场同步波动。

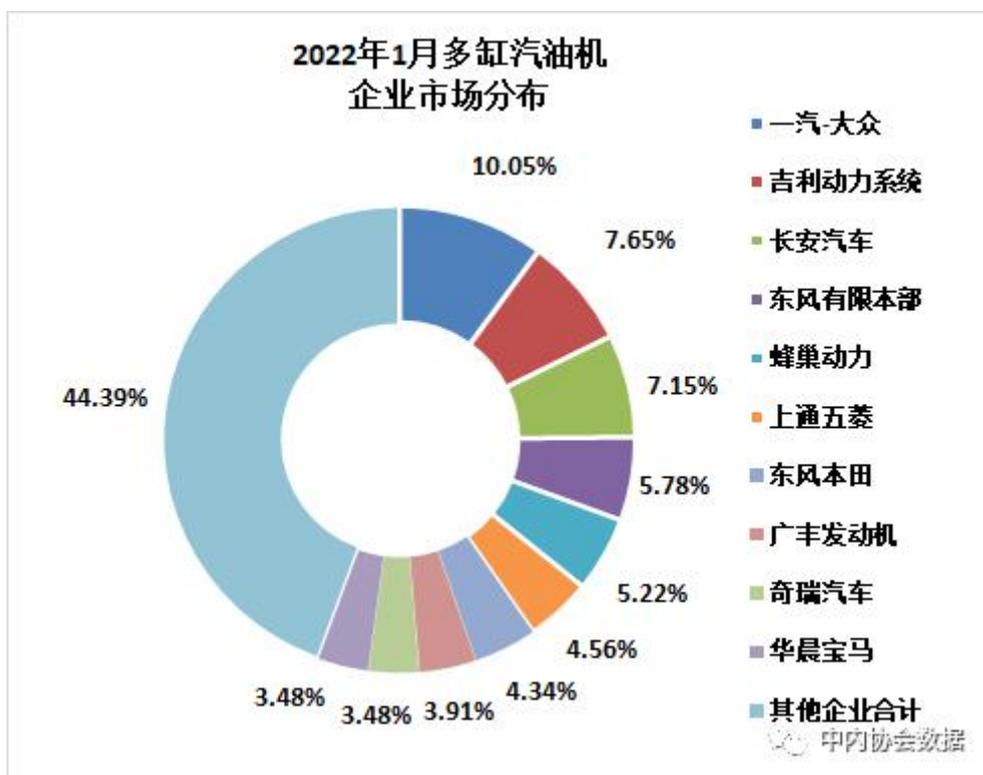


1 月,多缸柴油机企业共销量 38.59 万台,环比增长-10.59%,同比增长-34.53%。潍柴、玉柴、全柴、云内、解放动力、新柴、福田康明斯、江铃、上海新动力、东风康明斯销量局前十名,占多缸柴油机总销量的 76.99%;市场份额占比中:淮

柴 13.80%、玉柴 11.57%、全柴 11.02%、云内 7.88%、解放动力 7.21%、新柴 6.48%、福康 6.08%、江铃 4.79%、上海新动力 4.23%、东康 3.94%。

1月，商用车用多缸柴油机销量 18.41 万台，环比增长-18.59%，同比增长-48.27%。销量前十的为潍柴、福康、解放动力、江铃、全柴、云内、玉柴、江淮、上海新动力、东康，其前十名销量占总销量 87.69%；潍柴在商用车用多缸柴油机市场份额中领先，占比 14.48%，其后依次为福康 12.74%、解放动力 11.30%、江铃 10.04%、全柴 9.12%、云内 8.25%、玉柴 6.81%、江淮 5.31%、上海新动力 5.16%、东康 4.48%。1月，工程机械用多缸柴油机销量 8.05 万台，环比增长 1.88%，同比增长-19.58%。销量前十的为新柴、全柴、潍柴、云内、玉柴、卡特彼勒、东康、广康、上海新动力、解放动力，其前十名销量占其总销量 97.54%。

多缸汽油机主要配套的乘用车市场 1月产销环比有所下降、同比小幅增长。受其影响，多缸汽油机 1月销量基本与去年同期持平。



1月多缸汽油机销量 177.24 台，环比增长-18.16%，同比增长-0.01%。在 51 家多缸汽油机企业中一汽大众、吉利、长安汽车、东风有限、蜂巢动力等十家销量排在前列，其总体销量占行业销量的 55.61%。乘用车用在多缸汽油机占比为 97.07%，1月销量 172.05 万台，环比增长-18.56%，同比增长 1.60%。一汽大众、吉利、长安汽车、东风有限、蜂巢动力、上通五菱、东风本田、广丰发动机、奇瑞、华晨宝马销量排名比较靠前，其总体销量占乘用车用销量的 57.29%。其中上通五菱、东风本田、广丰发动机、华晨宝马为正增长。小汽油机

行业主要做进出口贸易，受内外部环境明显影响导致波及较大。在可比口径中，1月小汽油机销量环比小幅增长，同比小幅下降。1月小汽油机销量 95.75 万台，环比增长 1.82%，同比增长-0.55%。销量前五名企业为隆鑫、润通、华盛、苏

州双马、力帆内燃机。在配套农业机械中,1月销量45.74万台,环比增长29.67%,同比增长14.33%;在配套园林机械领域中,1月销量20.51万台,环比增长10.75%,同比增长-12.04%。

[返回目录](#)

中国小汽油机 2021 年产量达到 3967 万台



[返回目录](#)

● 会员动态

国企治理走在最前 潍柴上榜国家级名单

近日，国务院国资委发布“国有企业公司治理示范企业”名单。潍柴集团成功上榜，标志着潍柴国有企业公司治理改革走在了全国前列。这也是潍柴在国企改革三年行动中取得显著成效的重大体现。



潍柴坚持把党的领导嵌入到治理结构中，充分发挥国有企业党建优势，持续深化改革，全面推动国际化步伐和资本效能释放，不断完善各权属子公司董事会建设及规范运作，形成了独具特色的公司治理体系，持续支撑企业高质量发展。

[返回目录](#)

填补国内市场空白 潍柴大缸径高端动力再出击

日前，搭载潍柴 12M33 高端动力的移动式大流量灭火集成单元在湖北试制成功，泵送流量可达到 2.5 秒钟 1 吨水。进军高端市场，潍柴再出击。

移动式大流量灭火集成单元属国内首创，客户对产品动力性、可靠性要求非常高。该产品主要用于扑灭万吨级以上石油化工储罐火灾，动力源来自潍柴 12M33 高端动力，在油箱满油、水及泡沫液原液供给充足的情况下，可保证在 4 小时内连续以 400L/s 流量输出水或泡沫混合液，直至将油罐火灾完全扑灭。



同时，12M33 高端动力使用了特制冷却系统，不畏火场热浪，为近距离控制火情提供源源不断的可靠动力；采用自主 ECU，满足整车设备远程启、停、调整控制等需求，确保操作人员安全。

[返回目录](#)

潍柴助力中国基建猛虎添翼

新春开工季，各类搭载潍柴发动机的基建车辆捷报频传、交付不断。潍柴助力猛虎添翼，征程再起，为中国基建注入澎湃动力。

装载机市场 高效可靠，不负重托



WP10 发动机

在装载机细分市场，潍柴一路领跑。开工季，在山东、河北、四川等地，多批搭载潍柴 WP10 发动机的装载机扎堆交付。潍柴发动机高效可靠、动力强劲，复杂环境适应性强，助力基建项目建设“加速度”，让客户省时省心又省钱，备受客户青睐。

挖掘机市场 “潍柴发动机+林德液压” 增长迅猛



WP7H+林德液压|挖掘机液压动力总成

在挖掘机市场，搭载潍柴 WP2.3N、WP3.2、WP4.1、WP7H、WP13H 等发动机的挖掘机在全国多地交付不断。尤其是“潍柴 H 系列发动机+林德液压”挖掘机液压动力总成，助推整机性能提升，具有油耗低、噪声低、舒适性好等特点，确保超高作业效率。客户使用后赞不绝口，多次追加订单。

起重机市场 强悍实力，让吊装更省心



WP8 发动机

日前，在江苏、湖南等地，一批批搭载潍柴 WP7、WP8、WP9H、WP13 等发动机的起重机发运客户，随即投身风电、石化等项目建设中。在起重机市场，潍柴“WP 平台+H 平台”产品组合异军突起，针对不同工况定制化开发，高效可靠、动力强劲、省油环保，高温、高原、高寒等极限施工环境吊装作业能力强，凭实力扛起了起重机市场半壁江山。

[返回目录](#)

玉柴零故障助力冬奥收官

2月20日，随着奥运圣火缓缓熄灭，为期17天的第24届冬奥会在北京落下帷幕。本届冬奥会，中国健儿们在赛场上取得了9金4银2铜共15枚奖牌的好成绩。

赛场外，1855辆配装玉柴发动机的大客车以及100余名总部工程师、地方服务人员组成的玉柴冬奥专项服务团队，全程护航参赛选手、赛事工作人员及志愿者，确保冬奥保障任务万无一失。



服务“老兵”冬奥再上阵

继2008年北京奥运会之后，张艺谋导演再创经典，在北京冬奥会的开闭幕式上再次向全世界人民展示了中国式浪漫！一时间，网友们纷纷大喊，“你可以永远相信张艺谋！”

作为中国内燃机行业的龙头企业，多次高质量服务国内外重大会议及赛事活动、为民族品牌增光添彩的玉柴机器，同样值得广大用户的信任。

玉柴股份北京办事处主任刘明坦言，从北京奥运会、索契冬奥会、广州亚运会、深圳大运会，再到 APEC 北京峰会、抗战胜利 70 周年大阅兵、新中国 70 周年庆典，以及每年的全国两会等，“每逢国之盛事，都少不了玉柴机器与玉柴服务人的身影。”

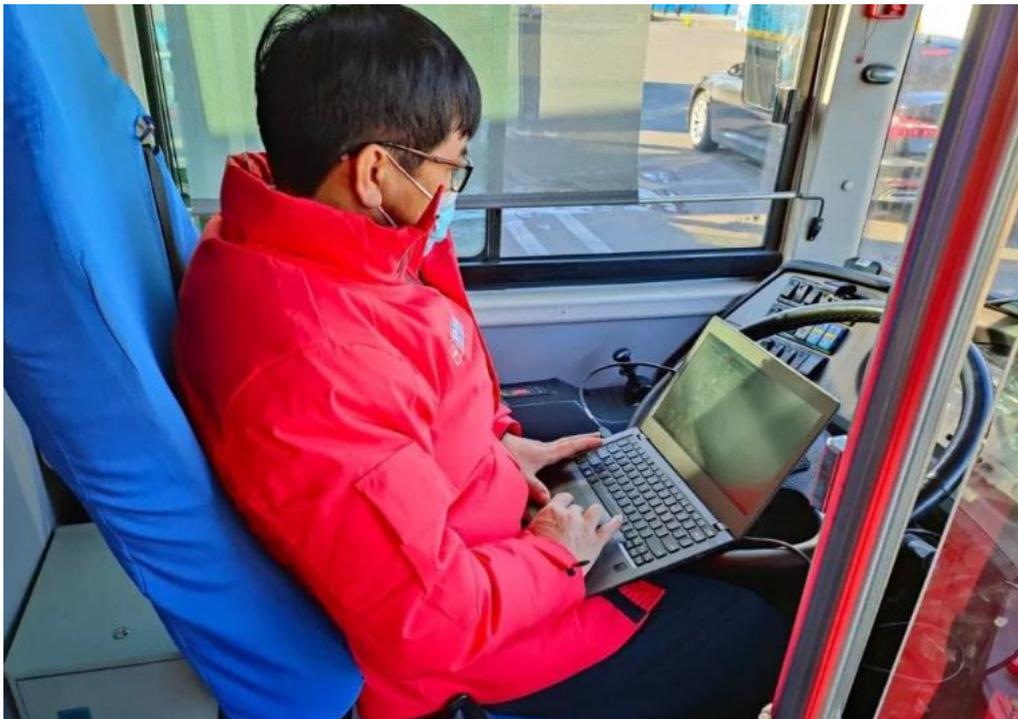
这是对玉柴品牌的考验，也是对玉柴产品与服务的肯定。

本次北京冬奥会，玉柴机器再次“披挂上阵”，不仅向世界展示了中国制造的实力和魅力，也提升了市场对玉柴品牌的信心，为玉柴拓展全球市场提供了有力保障。

精锐团队冬奥显“神通”

此次护航冬奥，玉柴发动机在常规车辆中占比达 90% 以上，涵盖了柴油机、气体机以及插电式混合动力。其中，YCK09 机型 43 台、YCK08 机型 199 台、YCS04N 机型 712 台、YC6L 机型 790 台、YC4S 机型 20 台、YCY24 机型 6 台、YC6MK 机型 55 台、YCS06 机型 30 台。

在各个赛区，玉柴服务团队克服了最低零下 30℃ 的室外温度，以“省心快速”的标准服务，坚持为配装玉柴发动机的服务保障车辆进行排查与调试，获得了与会人员及合作伙伴的一致好评。



在冬奥村东、亚投行西、延庆停保中心、启迪冰雪大世界等场地，玉柴服务人员驻点 33 天，排查服务保障车 10~15 轮，车辆安全行驶 2000~3000 公里；在崇礼越野滑雪场和张家口，玉柴技术人员、工程师分别驻点服务 16 天与 33 天，并且排查服务保障车 7 轮，车辆安全行驶 2000~5000 公里。正是有了这支不畏严寒、无私奉献的玉柴服务团队坚守阵地，玉柴机器才能以零故障、零投诉、零延误的表现获得各方赞誉，为本次冬奥服务保障工作递上完美的“成绩单”。

据悉，自1月21日起，配装玉柴发动机的1223辆欧辉大客车，负责在京、张两地接送参加冬奥的运动员、裁判员、冬奥组委官员、工作人员，累计出车18万余次。

“杀”出重围 排名登顶

在支援“前线”、参加冬奥服务保障工作之余，玉柴机器还在近日发改委发布的国家企业技术中心2021年评价结果中，以100.1分高居全国第一，成为近年来唯一一家在国家企业技术中心排名首位的发动机企业。

资料显示，建厂70年的玉柴机器，拥有的授权专利总数、承担的国家科研项目数量、参与制修订的国家标准数量以及荣获的国家科学技术奖数量均位列我国发动机行业首位。

此外，玉柴机器率先发布全系国六动力产品，并在50%热效率、200万公里B10寿命等内燃机关键技术以及燃氢发动机等新能源产品上实现突破，推动发动机行业打破国外技术垄断，实现绿色、高效升级。

无论是产品、技术还是服务，玉柴机器都经受住了市场的重重考验。未来，携助力冬奥成功举办之势，玉柴机器能否发挥好行业龙头的引领作用，为内燃机产业转型升级、用户提质增效增添强大助力？让我们拭目以待！

[返回目录](#)

农垦集团与广西玉柴机器集团签订战略合作协议



2月16日，广西农垦集团与广西玉柴机器集团举行战略合作签约仪式。农垦集团党委书记、董事长甘承会，党委副书记、总经理谭良良；广西玉柴机器集团董事长、广西玉柴股份董事长李汉阳，广西玉柴机器集团总经理申光、广西玉柴

机器股份总裁吴其伟等双方领导出席并见证签约。农垦集团副总经理张安明、广西玉柴机器集团副总经理李湘凡分别代表双方签署战略合作协议。



签约仪式前，双方围绕加强合作进行了务实、深入的交流。

甘承会表示，玉柴集团是我国最大的独立发动机系统和新能源动力系统制造商，在国内甚至全球具有很高的知名度，玉柴集团先进的经营管理理念值得农垦集团对标学习。“十四五”期间，农垦集团将围绕自治区关于支持广西农垦集团打造一流食品企业的战略部署，完成“五大攻坚战”。当前，农垦集团正紧锣密鼓与地方党委政府及大型国有企业围绕打造一流食品企业目标，签署合作协议开展多层次、多领域、全方位的战略合作。今天，与玉柴集团签订战略合作协议，标志着我们之间的合作又上升到一个新的台阶。希望双方以战略合作协议签约为新的起点，携手推动合作事项尽快落到实处，让合作尽早结出丰硕的成果，共同把事业做强做大，开创合作共赢新篇章。

李汉阳高度赞赏广西农垦这几年改革发展取得的成效。他表示，玉柴发电机组是国内牧业行业电力设备的成熟供应商，也是农用机械制造企业的供应商。同时，玉柴集团在物流及供应链服务、新能源及相关服务产业等方面也具有良好发展基础。玉柴与农垦在奋斗精神和红色基因传承等企业文化方面极为相似，企业“十四五”发展目标也是高度一致。双方优势互补性很强，希望通过双方的务实合作，实现抱团发展、互惠共赢。欢迎桂垦良品进入玉柴集团食堂，成为数万员工的工会福利品，同时借助玉柴粤西农批市场及全国近四千家玉柴服务站销往全国各地。

会上，谭良良重点围绕近年农垦改革发展情况和新时期总体发展战略作了介绍。与会人员围绕在发电设备、农用机械、食品流通贸易等方面展开合作交换了意见。

签约仪式前，李汉阳一行参观了农垦展示展销中心和农垦展示馆。双方企业有关人员参加签约和座谈。

[返回目录](#)

玉柴机器与东风华神共创渣运新时代

随着节后全面复工，玉柴吹响虎年冲锋号角，国六订单交付不断。2月12日，50台装配玉柴S04国六发动机的东风华神4x2城市渣土车隆重交付陕西西安某渣运公司。

西安是中国西部地区重要的中心城市，中国国际形象最佳城市之一。在城市发展的同时，西安积极推进了绿色文明施工的建设，对担任基建重任的渣土车要求极为严苛。



而装配玉柴S04发动机的东风华神4x2城市渣土车就是一款集高效运输、节能环保于一体的绿色城建车型。以客户实际运营工况为出发点，玉柴机器与东风华神联合开发，为用户量身打造，将发动机的效率利用最大化，提速快、可靠性高，油品适应性强，油耗低，能更好地满足城市建设的需求。



YCS04是玉柴全面升级的新一代中型动力，采用高效燃烧技术，爆发力更强；低速大扭矩，最大扭矩770N·m，较国五机型提升20%；机体采用轻量化、模块

化、集成化设计，重量降低 15kg；机油、机滤、柴滤均采用长维保设计，6 万公里长保养周期，保养更省心。

后续，玉柴机器与东风华神将继续以可靠的商品和服务，为国内城市建设贡献源源不断的动力。

[返回目录](#)

奥威 CA6DM3 荣获值得用户信赖节油重型发动机奖

如何评价一款发动机的优劣，这是一道开卷题。动力性、经济性、可靠性……其中最受用户关注的是“节油”这一关键优势。

2 月 22 日，由中国卡车网所举办的发现信赖中国卡车用户调查暨评选活动颁奖典礼在南京举行。



经过前期的层层筛选和最终的严格评定，一汽解放发动机事业部生产的奥威 CA6DM3 发动机从几十款候选产品中脱颖而出，获得 2022 年度值得用户信赖节油重型发动机奖，这也是奥威 CA6DM3 发动机第五次获此殊荣。

事业部作为中国一汽自主体系的重要成员单位，作为国内内燃机行业的领军企业，一直致力于自主创新掌握关键核心技术，以创新技术为民族汽车品牌提供高端动力，推动社会和谐、绿色、可持续发展。

在国六排放阶段，事业部将自主研发的超高效燃烧控制技术、集成电控高压共轨技术、超高爆压技术、高效换气技术等节油十大核心技术应用于产品设计制造过程中，使产品表现出更加优异的节油性能。

这次获奖的奥威 CA6DM3 国六发动机外特性最低油耗为 183g/kW.h，常用工况区域的油耗均低于 190g/kW.h，整车低油耗转速区域宽广，百公里油耗比竞品低 2 至 3L。突显节油优势的同时，动力性和可靠性也达到了行业领先水平。



解放第三届车联网节油大赛 J7-13L 发动机组冠军、河南籍的解放重卡用户吴前方说：“解放动力配解放重卡比其它卡车更节油。”据介绍，他目前所驾驶的解放 J6P 领航版重卡，搭载的就是奥威 CA6DM3 发动机，不仅输出功率大，拉得多，跑得快，而且节油特性好，百公里油耗平均约为 26.9 升，相比身边其他卡友开的车，每月可省油费 6000 多元，一年算下来能节省近 80000 元。

奥威 CA6DM3 发动机承载了自主研发的先进技术，传承了解放动力的优良基因，以节油的突出优势赢得用户的普遍信赖与高度认可，获此殊荣实至名归。

[返回目录](#)

解放动力品牌向上怎么做

2 月 18 日，一汽解放发动机事业部召开了 2022 年一季度品牌工作例会，系统总结 2021 年品牌工作和成效，全面部署 2022 年品牌工作，为解放动力品牌战略第二阶段发展开好局。

一汽解放总经理助理兼发动机事业部党委书记、总经理钱恒荣，事业部党委副书记许海根，事业部副总经理黄成海、李欲晓、黄南翔、糜锡东，研发部部长唐颀，事业部总经理助理彭玉全及各部门品牌大使出席了会议。

事业部副总经理兼大柴党委书记、总经理王志宇，大柴党委副书记白光申等通过视频方式参会。



会上，钱恒荣对事业部 2021 年品牌工作给予充分肯定，并对 2022 年品牌工作提出四点意见：

一、品牌指标方面

对标红旗品牌“五度”指标，在解放动力品牌“三度”指标基础上，研究增加维度；

二、品牌战略方面

重点围绕解放智慧动力域品牌落地，做好相关产品策划和支撑；

三、品牌传播方面

一是传播主题要紧扣省油可靠，二是直达用户要加快推进落实，三是拍摄高质量视频，四是策划好重大活动，五是做好热点传播；

四、品牌支撑方面

一是扩大销量规模，二是策划产品差异化，三是提升国六质量。

会议由许海根主持。

党群工作部（纪检工作部）常务副部长李洪全面回顾了 2021 年度品牌建设的主要工作，反思了品牌建设过程中存在的差距和不足，解读了 2022 年品牌工作纲要，并对一季度重点工作进行了部署。

与会人員围绕 2022 年品牌建设工作进行了热烈讨论，提出了各自的意见和建议。

[返回目录](#)

发动机事业部获评数字化转型“首企”

2 月 14 日，在无锡市梁溪区召开的“智联万物、数引未来”数字经济提速和数字化转型大会上，解放发动机事业部被授予梁溪区数字化转型“首企”称号。

近年来，发动机事业部同步推进智能制造应用和数字化基础设施建设，在“数智化”转型发展上走出了一条坚实的道路，为企业高质量发展提供了有力支撑。



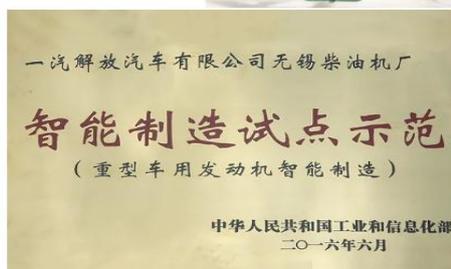
无锡市梁溪区委书记许立新向一汽解放总经理助理兼发动机事业部总经理、党委书记钱恒荣颁发奖牌



瞄准世界领先目标 引领制造智能化

聚焦传统生产模式下效率较低、成本较高等问题，事业部通过场景化、数字化、智能化三步走，推进智能制造不断升级。

2016年，事业部应用“一个指挥平台+三大系统”的先进功能构架，成功入选国家工信部首批“智能制造试点示范”企业。



2019年，事业部建成世界领先的智能工厂，智能化水平达到了3.5-4.5级，填补了汽车行业智能生产调度的空白，搭建了行业领先的智能设备管理系统，开创性实现了离散制造复杂物料自动配送，引领了发动机行业的智能化发展。

从近两年的实施效果看，物流准确率提高了 50%，综合产能提升了 52%，产品不良率降低了 39.3%，单位产值能耗降低了 11.3%，制造成本降低了 20.5%，为传统制造业的智能化发展提供了成功案例。

2021 年，该智能工厂入选“江苏省大数据产业发展试点示范”名单。

深耕用户使用场景 实现服务线上化

基于大数据开发，事业部在 2019 年建成“智慧服务调度中心”，实现用户维保一键完成、维修进度实时监控、服务区域科学管理、服务能力合理评估，为卡友带来了智能化的服务体验。

2021 年，事业部发布精芯服务 2.0，明确要继续深挖用户运营场景，构建数字化服务培训体系，打造智能化服务诊断系统，以数字赋能，保障用户选择、使用解放动力畅通无忧。

加强数据整合应用 实现管理数字化

在基础设施建设中，事业部以“自建数据中心+租赁 IDC”模式构建部署混合云，实现了办公上云、系统上云，提高了运维保障和信息安全能力。



同时，事业部搭建了以现场数据为核心的工业互联网平台，形成了覆盖产品设计、采购管理、生产制造与交付、营销服务管理、财务管理、人力资源管理、流程与 IT 管理等主要业务的运营平台，为企业的高效运行提供了有力保障。

[返回目录](#)

福田时代联手全柴动力 2022 年如何攻占专用车市场

2022 年 2 月 12 日，以“共享共赢 一起向未来”为主题的福田时代专用车 2022 新春团拜会，在湖北随州举行。福田汽车集团党委常委、副总经理杨国涛，福田汽车集团业务副总裁、时代事业部党委书记、总裁巩海东，安徽全柴总经理助理兼营销公司总经理於中义等相关领导和战略合作伙伴代表齐聚一堂，共谋未来。

全柴动力，作为唯一一家发动机企业代表参与了此次活动，表明了其在福田时代专用车动力配套链中有着不可替代的重要地位。

打响新年第一炮

湖北随州，有着“中国专用车之都”之称，占据着专用车市场半壁江山。为此，福田时代专用车 2022 新春团拜会第一站选在随州，并携手全柴动力推介多款热销专用车型。

从生产区域来看，目前，国内专用车产量排名前五的区域分布是山东省、湖北省、安徽省、重庆市、河北省，而湖北省的专用车生产厂家主要集中在随州。据相关数据显示，2021 年，湖北随州的专用车生产企业约有 100 家，成为国内专用车行业的一个重要产业集群区域。

全柴智威国六 H20 轻型柴油机

在谈及 2022 年产品布局时，福田汽车集团时代事业部研发副总裁王宇表示，基于优秀的底盘平台和产品基因，时代事业部将与改装企业协同+定制化开发，打造好的专用车产品，为合作伙伴和客户创造价值。创新专用车产品订单开发模式，根据专用车“短平快”的开发特点，建立敏捷型开发流程，依托专业的研发团队，实现快速响应、精准定义、高质量开发，快速满足市场订单。

在产品介绍环节，多款福田时代专用车配套了全柴动力，以动力强劲、高可靠性及油耗低等优势，得到了众多当地客户的关注。福田时代方面表示，2022 年，时代 S1、领航 H2 等多款专用车型，搭载全柴智威动力 H20、全柴 Q23 等机型的优势日趋明显，产品热销市场已成所趋。后序全柴将陆续在专用车市场投放高端品牌智威 H25、H33 动力，值得期待。

强强联手 打造最强产品

为什么全柴动力在福田时代专用车动力链配套中有着较高地位？相应的配套动力有何优势？

据全柴动力方面介绍，在专用车市场，全柴智威动力 H20、全柴 Q23 等机型有着较多优势。比如，H20 采用单缸四气门及先进的双气道设计，标定功率

85-93kW，最大扭矩 360N·m，具有重量轻、NVH 好、可靠性高等特点。Q 系列功率覆盖 60-115KW，扭矩 220-450N.m，具有低速扭矩大、油耗低等特点，是全柴面向国六排放阶段的主力机型。

正因为产品性能优势突出，全柴在专用车市场，与福田时代形成稳定的配套关系。比如，基于时代 S1 底盘推出的冷藏车、高空作业车、挂桶垃圾车、危化车、清障车等专用车，优先配套了全柴智威 H20 动力；基于时代领航 H2 推出的洒水车、压缩垃圾车、抢险车等专用车，优先配套了全柴 Q23/Q28 动力。

全柴国六 Q23 轻型柴油机

经过多年合作配套，福田时代与全柴强强联手打造的产品，在随州专用车市场已经得到较高认可。据福田时代方面表示，2021 年，福田时代在随州专用车市场取得较好业绩，这离不开全柴动力配套的鼎力支持。

事实上，在随州专用车市场，全柴已经有着很强的品牌优势，市场占有率逐年上升。据全柴方面透露，近年来，全柴在随州专用车市场加快拓展，2021 年在随州专用车市场配套量首破 2 万台。2022 年，全柴将在随州加强环卫车等细分市场的配套率，有望在随州专用车市场实现新的突破。

在专用车市场，有一句行话——“产品需求看随州”，随州专用车的产品一定程度上代表着行业趋势。近年来，全柴动力在随州专用车市场已站稳脚跟，2022 年与福田时代并肩战斗，将持续实现品牌向上，有望迎来更好的市场表现。

[返回目录](#)

福田康明斯工厂获得 2021 年汽车

发动机智能制造示范工厂称号

近日，在国家工信部 2021 年度智能制造试点示范行动中，福田康明斯发动机有限公司入选 2021 年汽车发动机智能制造示范工厂。

福田康明斯采用现代化数字工厂运营方式，在产品质量优化、在线运行监测与故障诊断、市场快速分析预测、离散型工艺数字化设计、供应链可视化、污染源管理与环境监测、生产计划优化、产线柔性配置 8 大典型场景中均呈现高度智能化的科技优势，得到了相关审核部门的一致认可，为深化智能制造推广应用起到了良好的带头示范作用。

此前，福田康明斯智能工厂，凭借在数字化供应链/制造的全方位应用，从全球上千家工厂中脱颖而出，入选全球制造业“灯塔工厂”。近年来福田康明斯工厂还获得“高新技术企业”、“绿色工厂”、和“两化融合管理体系”评定证书等一系列荣誉。每一个荣誉的背后，都是实力的积淀，是智能制造领域的突破。

作为“数字化制造”和“全球化 4.0”的示范者，“灯塔工厂”拥有第四次工业革命的所有必备特征，改进了传统企业的生产系统，创新设计价值链，打造了具有颠覆潜力的新型商业模式，催生了新的经济价值……福田康明斯正是具备了这些实力，能够从全球上千家企业中脱颖而出。



科技福康 智慧启迪

· 国家工信部公示 ·

北京福田康明斯荣获
2021年汽车发动机智能制造示范工厂



在国家工信部2021年度智能制造试点示范行动中
北京福田康明斯荣获2021年汽车发动机智能制造示范工厂

在产品质量优化、在线运行监测与故障诊断
市场快速分析预测、离散型工艺数字化设计
供应链可视化、污染源管理与环境监测
生产计划优化、产线柔性配置8大典型场景中

均呈现高度智能化的科技优势
并得到了相关审核部门的一致认可
为深化智能制造推广应用起到了良好的带头示范作用

福田康明斯“灯塔工厂”以工业 4.0 标准打造，具有自动化程度高、智能化水平高、加工精度高、环保等级高的特点，制造技术和环保标准均达到国际先进水平，年产能可达 52 万台。

[返回目录](#)

凤城时代龙增压器实现跨越式发展

1 月 27 日，辽宁省政府新闻办召开新闻发布会，辽宁省工信厅发布了 2021 年全省做好“三篇大文章”工作情况和 2022 年重点工作举措。数据显示，2021 年全省新增民营经济市场主体 54.5 万户；全年培育规上工业企业 1100 户；高技术制造业增加值同比增长 12.9%。



当前在辽宁，高新技术制造业正在迸发前所未有的活力，推动数字辽宁、智造强省建设取得新成效。丹东凤城风景秀丽的凤凰山脚下，就坐落着这样一家国家级高新技术企业、国家级科技型企业——凤城市时代龙增压器制造有限公司。这家企业深耕汽车涡轮增压器行业 10 余年，如今已发展成为集涡轮增压器及其配件研发、设计、生产、销售为一体的高科技企业，是丹东地区汽车涡轮增压器制造的龙头骨干企业之一，雄踞地区行业前十大龙头企业之列，为地方经济的增长和繁荣正在做出卓越的贡献。

凤城市时代龙增压器制造有限公司总经理曲勇向中国工业报介绍，公司成立于 2009 年 7 月，位于凤城市现代产业园区二龙工业园 B 区，占地 7000 余平方米，建有现代化标准厂房 5000 多平方米，拥有先进的智能加工中心 5 台、智能数控车床 12 台、智能高精密数控磨床 7 台、智能清洗系统 3 套、淬火装置 1 套、其它设备 17 台，以及辅助生产设备 20 台。公司通过生产智能化、知识工作自动化、数据流动可控化的手段，建立关键环节高效协同与集成管控为一体的数控智能制造体系，实现了产品三维设计、工艺创新、加工制造、资源管理、销售服务等全生命周期管理。智能制造水平位居省内同行业领先地位，形成了智能工厂模式。



一家本土民营制造类企业快速成长的背后，是当地产业集群矩阵的科学布局。辽宁省汽车发动机增压器产业技术创新战略联盟秘书长肖福良曾向中国工业报介绍，2011年5月经辽宁省科技厅批准，凤城率先在国内构建了辽宁省汽车发动机增压器产业技术创新战略联盟，自此凤城增压器制造走上了自主创新道路，到了2021年，凤城用10年的时间，为我国大型车用发动机国产化和车辆增压器研制及发展做出了重大杰出贡献。数据显示，截至2020年底，经过多年培育壮大，凤城市增压器及汽车零部件企业发展到211家、年产值近15亿元，先后被评为“中国内燃机工业增压器产业基地”“辽宁省增压器出口基地”。

政府大布局成就了企业的腾飞。作为其中的龙头企业之一、丹东地区唯一一家建立了省级国际营销网络（海外仓）的出口导向型企业，时代龙增压器如今已在国内外市场上享有盛誉。现已形成“时代龙”和“STD”注册商标的7大类400多种增压器产品，并出口美国、欧盟、中东、东南亚等多个国家和地区。产品质量、性能、精度一流，在丹东地区独树一帜，是汽车涡轮增压器市场的“风向标”“领头羊”，具有极强的竞争力，在引领市场及价格走势方面起到主导作用。

时代龙以市场为导向，以促进产品结构优化、提高产业集中度和行业技术水平、降低环境污染、提高资源综合利用为目标，肩负起装备制造业方面的重点攻关任务，引领全省汽车配件行业的发展。企业获得了中国汽车工业科技进步奖1项、中国产学研合作创新成果奖1项、辽宁省工业高质量发展推荐产品1项、丹东市科技进步奖1项、省市级中小企业专精特新产品4项。获得国家授权发明专利3项、实用新型专利17项、受理发明专利9项、软件著作权1项，并通过了ISO9001:2016和IATF16949:2016质量管理体系认证。

凤城时代龙凭借得天独厚的技术优势，提高了我国汽车涡轮增压器产品的自主研发能力，促进本行业高科技产品的产业化，带动本行业民族工业的发展。企业先后被认定为“中国内燃机工业协会会员”“中国成长企业5020工程重点联系企业”“国家级高新技术企业”“辽宁省汽车发动机增压器产业技术创新战略联盟成员单位”“辽宁省知识产权优势企业”“辽宁省专精特新中小企业”“丹东市级企业技术研发中心”“丹东市专精特新企业”“丹东市小巨人企业”“丹东市创新工作室”。

2021年，在疫情持续肆虐全球、国内疫情防控形势严峻复杂的背景下，凤城时代龙管理层和员工上下齐心、同心协力，实现了企业营业收入跳跃式增长，同比2020年增幅达85%，外贸出口金额占公司总收入的80%以上，成为同行业中的佼佼者。

[返回目录](#)

南通科星化工股份有限公司获全国企业文化 优秀成果一等奖

近日，中国企业联合会/中国企业家协会发布了《关于表彰2020-2021年度全国企业文化优秀成果的决定》（中国企联【2021】14号），南通科星化工股份有限公司凭借着33年对企业文化的培植与坚守，荣获“2020-2021年度全国企业文化优秀成果一等奖”。此奖为国务院批准设立的企业界文化最高荣誉奖，南通市仅此一家上榜企业，更是中国金属加工液行业唯一获此殊荣的单位。

中国 企业 联合 会
中国 企业 家 协 会

中国企联〔2021〕14号

关于表彰2020-2021年度 全国企业文化优秀成果的决定

各副会长、常务理事、理事，各省、自治区、直辖市、副省级城市和中心城市企业联合会（企业管理协会）、企业家协会，各全国性企业团体，获表彰的全国企业文化优秀成果企业，各有关企业：

为深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九届六中全会精神，坚定道路自信、理论自信、制度自信、文化自信，积极培育和践行社会主义核心价值观，激发企业文化创新创造活力，我会开展了2020-2021年度全国企业文化优秀成果发布活动。通过企业申报，各地、各行业企联（企协）和主管部门推荐，按照公开、公正的原则，坚持严谨、科学、规范的评审程序，经专家评审委员会审定，我会决定对国家电网有限公司等22家获得“2020-2021年度全国企业文化优秀成果特等奖”、有研科技集团有限公司等130家获得“2020-2021年度全国企业

附件二：

2020-2021年度全国企业文化优秀成果一等奖 (130家,排名不分先后)

国网湖北省电力有限公司
华南蓝天航空油料有限公司
首钢集团有限公司
中车青岛四方车辆研究所有限公司
中交第四航务工程局有限公司
南通科星化工股份有限公司
晶牛微晶集团股份有限公司

[返回目录](#)

● 行业相关

碳中和背景下内燃机低碳和零碳技术路径及关键技术

本文在分析欧、美、日、中等主要地区和国家碳中和政策和行动的基础上，提出并论述了内燃机近中期低碳和中远期零碳的两条技术路径及其可行性，以及内燃机使用生物质燃料、绿氢、绿氨和绿电合成液体燃料（e-fuel）等碳中和燃料需要解决的关键技术，旨在为内燃机的未来探索可持续发展之路。现有研究表明：内燃机作为一种高效高功率密度的燃料化学能转化为机械能的热力机，通过与电动化和智能化技术结合仍有较大的节能提升空间；内燃机相比氢燃料电池动力，产业链更完整，技术成熟度更高，成本更低，未来通过燃用碳中和燃料的新能源内燃机，仍可以在重型卡车、工程机械、船舶、航空等大型动力装备以及混合动力系统中得到大规模应用，促进中国能源和交通领域早日实现碳中和。

01 背景介绍

大量研究表明，全球气候变暖与人类活动排放的 CO₂ 等温室气体密切相关，尤其是第一次工业化革命以来，大气中 CO₂ 浓度急剧升高，目前超过 400 ppm (1 ppm = 10⁻⁶)，为工业化前 CO₂ 浓度的 145%，造成极端天气频发，危害人类生存。碳中和(carbon neutrality)是人类为了自身长久生存和可持续发展达成的最大共识，是人类由工业文明向生态文明发展的必然选择。碳中和的本质是一场能源革命，是可再生能源革化石能源的命，会带来能源相关上下游产业链的调整与重组，相关产业挑战和机遇并存。碳中和能源革命，从宏观层面看，对中国更意味着一次重大的发展机遇。内燃机是当今世界上道路交通、非道路移动机械和国防装备的主要动力。随着能源的低碳化和零碳化以及动力装置的电动化和智能化发展，内燃机面临纯电动力和燃料电池动力的激烈竞争，全球也不时有“禁燃”的声音，如何在碳中和及电动化的大背景下，寻找内燃机的可持续发展之路，是摆在内燃机和相关行业面前的一道必答题。

02 图文导读

1 全球主要地区和国家碳中和目标及技术路线

1.1 欧洲

欧洲主要国家和地区的科技基础好、实力强，欧盟一直是碳中和的积极推动者。2018 年欧盟委员会宣布 2030 年乘用车的平均每 km CO₂ 排放量不得高于 95 g，而轻型商用车不得高于 147 g。对于无法达标的新车产品，每 km 超出排放限额 1 g 的 CO₂ 排放量制造商需要支付罚款 95 欧元。这个规定从 2020 年开始部分执行，自 2021 年起，油耗和排放测试方法从新欧洲驾驶循环 (NEDC) 循环强制切换为全新的全球轻型车测试规程 (WLTC) 方法。2021 年 7 月，欧盟委员会通过了一系列立法提案 (Fit for 55)，阐明了 2050 年在欧盟实现碳中和的目标，包括到 2030 年温室气体排放量净减少至少 55% 的中间目标 (图 1)。到 2030 年，欧盟可再生电力生产从目前 32% 增至 65% 或更多的份额，除了直接使用可

再生能源和电气化之外，在一些碳密集型工业过程中，还将使用绿氢替代化石燃料。

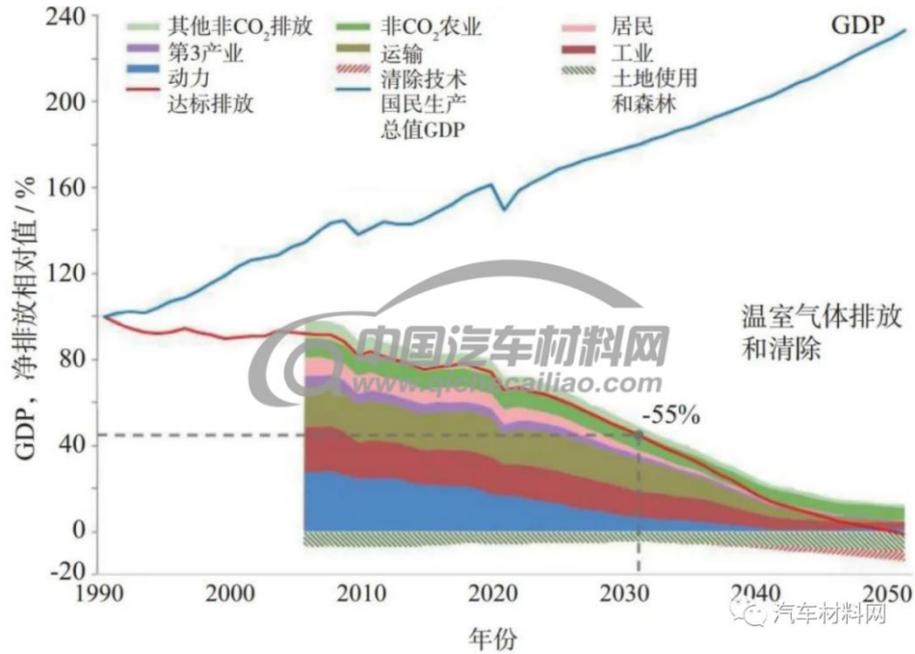


图 1 欧盟实现可持续发展和碳中和的路径

未来汽车氢动力被认为有望成为新的车用动力，尤其是用于重型卡车。欧盟计划投入基础设施建设，例如氢气管道、充电和加氢基础设施，以最大限度地发挥清洁能源转型的好处，并部署替代的无碳排放燃料。对于公路运输，继续采用CO₂和车辆排放标准作为有效的政策工具来推进技术进步。在燃料供应商和道路定价方面将把碳排放交易应用于道路运输，包括大幅减少化石燃料消耗。欧盟委员会将重新审视并加强2030年后汽车和货车的CO₂排放标准。

Fit for 55 法案提出的碳排放新目标将快速推动欧洲汽车电气化进程。要求2030年所有登记注册的新车碳排放总量较2021年降低55%，要求2035年降低100%，即2035年后欧洲所有在售车型将全部实现零碳排放。随着新造车势力和电动汽车技术的快速发展，传统汽车和发动机制造业正面临严重的威胁和挑战，因此，对内燃机实现新燃料、新技术突破使其“焕发新生”成为低碳或零碳动力的要求已经迫在眉睫。

1.2 美国

美国的节能减排法规起步较早，但联邦层面受制于两党理念差异立法推进不力。在特朗普执政期间，美国退出《巴黎协定》，拜登上任后，又重新加入《巴黎协定》，并以行政命令形式明确2030年美国的碳排放比历史峰值降低约50%，到2050年实现碳中和。美国州政府有着比联邦政府更为完善的碳中和约束，加州早在2006年通过《全球变暖解决方案法》，明确2050年的减排目标，2018年以行政命令明确2045年实现碳中和（图2）。

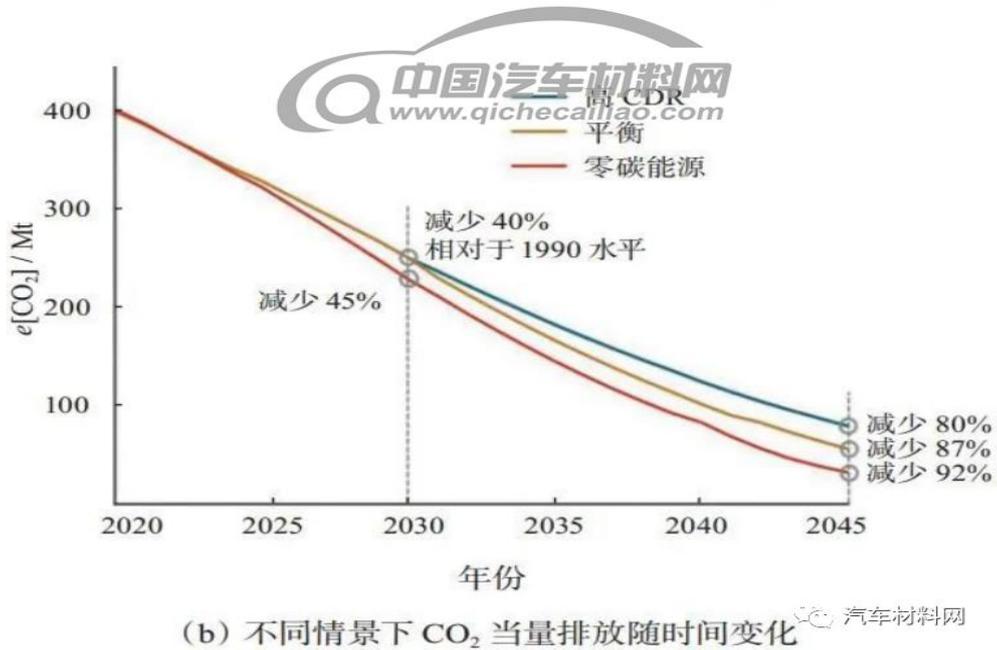
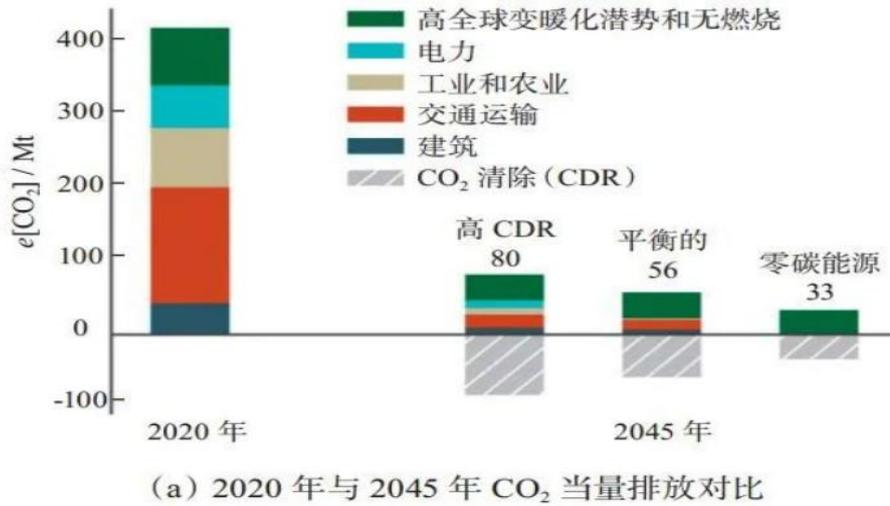


图 2 美国加利福尼亚州 2045 年 3 种碳中和排放情景

2019 年，美国交通运输领域所产生的碳排放占到了总碳排放的 29%，高于其他领域。轻型车占到了交通运输总碳排放的 59%，相当于总碳排放量的 17%。因此，交通领域的碳减排是美国能否实现碳中和的关键。美国加州在交通领域的法规制定上，领先于联邦政府和其他各州。美国国会于 2005 年制定了可再生燃料标准 (RFS)，要求使用一定量的可再生燃料替代石油基交通运输燃料、取暖油或航空燃料，以减少温室气体排放并扩大国家的可再生燃料生产，同时减少对进口石油的依赖。鉴于 RFS 在执行过程中遇到的困难，美国环保署 (EPA) 正在考虑用全国范围内的低碳燃料标准 (LCFS) 来替代 RFS。2018 年，加州大气资源局 (CARB) 确定了 2030 年的 LCFS 目标：CI 目标比 2010 年的基准值降低 20%。

总体上看，由于 2016—2020 年特朗普政府在碳排放立场上的倒退，到目前为止，美国联邦政府并没有形成完善的碳中和政策。需要指出的是，美国总统和州长的行政命令并没有完全的强制作用，行政命令可以被其他的行政命令替代或

者取消。它更类似于一种愿景，是否能够实现还需车辆技术的发展和基础设施的支持。任何行政命令也无法超越经济规律，产品是否满足消费者的需求，将最终决定行政命令是否能顺利执行。

1.3 日本

日本 2019 年一次能源的构成为石油 37.1%、煤炭 25.3%、天然气 22.4%、核电 2.9%、水电 3.5%、可再生能源 8.8%。也就是说，近 85% 的一次能源为化石能源。能源消费构成为工业与商业 62.7%、运输 23.2%、家用 14.1%。

日本于 2020 年 12 月发布了《2050 年碳中和绿色发展战略》。此战略规划指出，要转变传统观念，积极应对碳中和带来的工业和经济变革，抓住这一重大发展机遇。基本思路是整个经济产业结构和社会生活用能要尽量电气化，电能要以可再生能源为主。规划中提出的日本 2050 年实现碳中和目标时的能源结构如图 3 所示，分为电力和非电力。

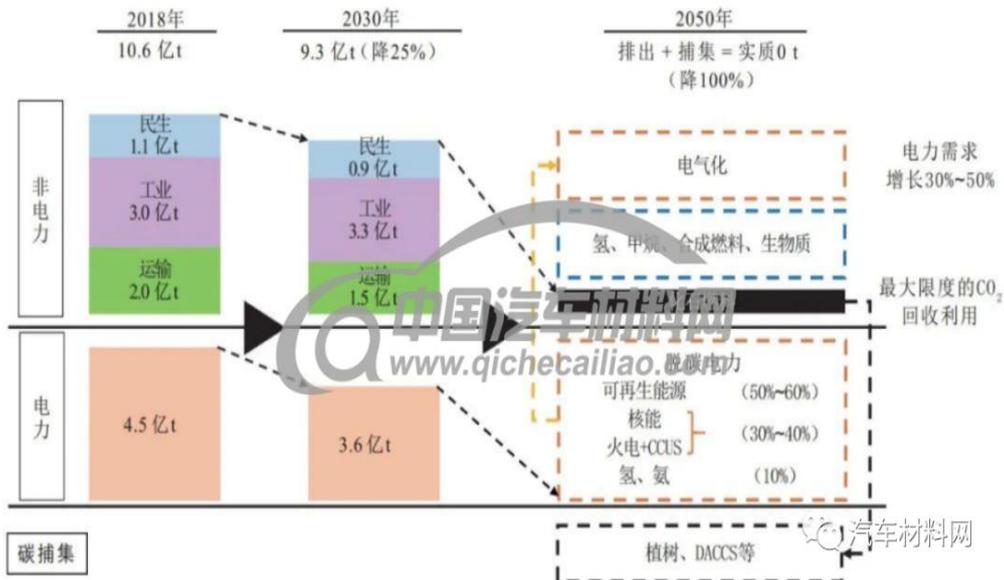


图 3 日本 2050 年能源结构

日本经济产业省在 2021 年 7 月发布了《碳循环利用技术路线》的修订版，进一步明确将 CO₂ 作为一种资源来利用的观念，同时强调实现这一目标需要产学研携手和国际合作，以及各种节能技术也是碳循环利用中的关键部分，碳循环利用的技术路线如图 4 所示。图中设想了 4 类燃料，基本都是在 2030 年要确立新的制备技术，将制备过程的碳排放降至石油产品以下，并开始掺烧（与现有石油产品掺混使用），在 2040 年后成本降至与石油产品相同或更低，制备过程的碳排放降至石油产品的一半以下。



图 4 日本碳循环利用技术路线图

可以看出，日本明确提出 2050 年实现碳中和目标的时间并不算早，但很快就制定了具体技术路线，是目前主要先进国家中第 1 个由国家统一制定并有具体技术路线和实施措施的碳中和战略规划。日本将这次能源革命看作是一次发展机遇，将碳作为一种新的资源载体。日本对未来车用能源的规划，主要是乘用车的电动化和燃料的碳中和化。作为一个汽车电动化全球领先的国家，日本并不是一味强调电动车，制定的技术路线是一个有产业和技术继承性的比较合理可行的技术路线。

1.4 中国

2020 年 9 月，中国在七十五届联合国大会上承诺 CO₂ 排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。对中国而言，2060 年实现碳中和意味着减少化石能源依赖、缓解能源安全危机，通过采用光伏发电、风能发电以及氢能存储、氢电转化等技术提高可再生能源使用比例，是能源供给由资源依赖变为技术依赖的重要机遇。碳中和将成为推动中国经济未来 40 年可持续发展的重要驱动力。图 5 给出了中国基于本世纪末全球温升 2.0 °C 和 °C 目标导向的温室气体排放及构成，其中工业、电力是 2 大主要的碳排放行业，其次是交通和建筑行业。

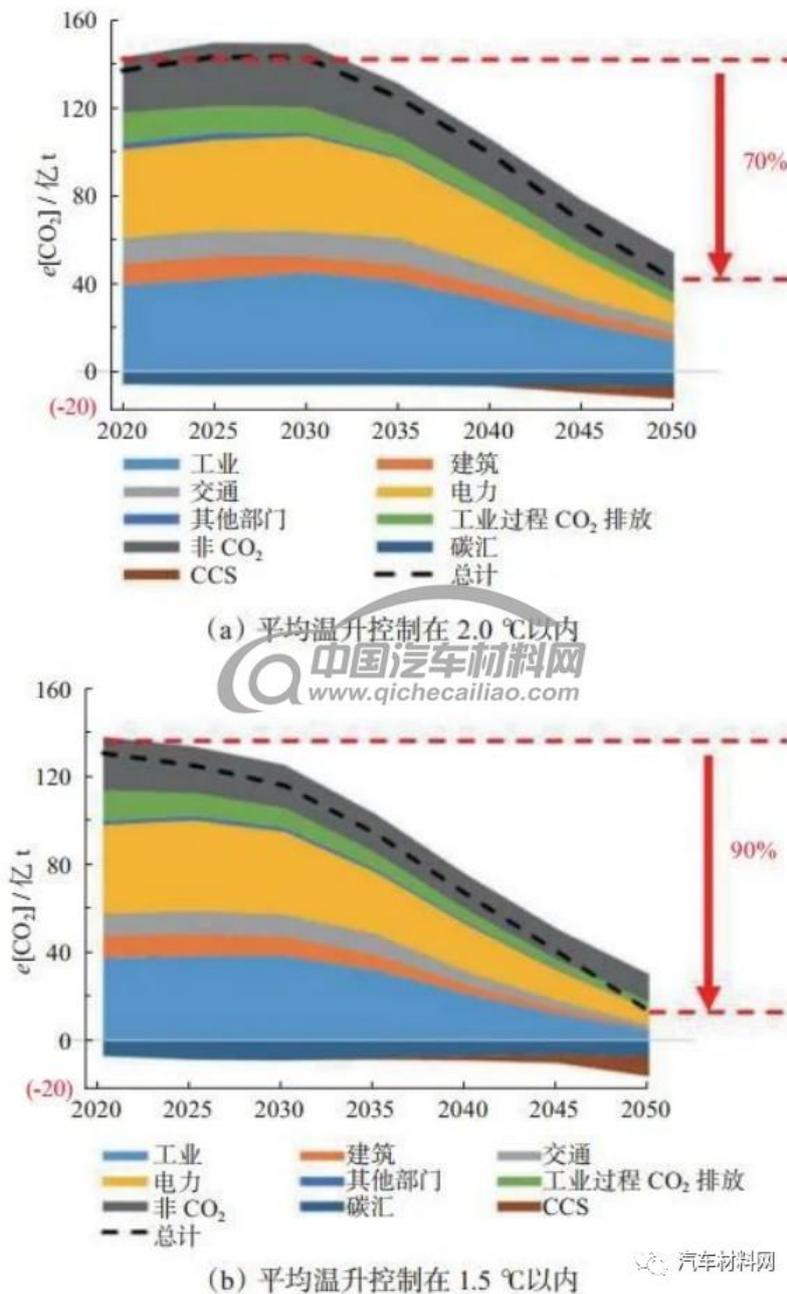


图 5 中国基于不同目标导向的全部温室气体排放及构成

2020 年 10 月，中国汽车工程学会发布《中国节能与新能源汽车路线图 2.0》，进一步确认了全球汽车技术“低碳化、信息化、智能化”发展方向，提出了面向 2035 年中国汽车产业发展目标，包括中国汽车产业碳排放将于 2028 年前后先于国家碳减排承诺提前达峰，至 2035 年碳排放总量较峰值下降 20% 以上，形成自主、完整的产业链；自主品牌纯电动（BEV）和插电混动汽车（PHEV）产品技术水平和国际同步，新能源汽车占汽车总销量的 50% 以上，其中 BEV 占新能源汽车的 95%。

中国 2020 年承诺“双碳”目标，对全球温室气体排放控制是一剂强心剂，增加了全球实现《巴黎协议》目标的信心和决心。中国实现“双碳”的挑战主要来自

工业和电力 2 大领域，两者碳排放占比超过 70%，而交通领域的碳排放占比（约 10%）远低于全球平均交通碳排放占比（超过 20%），加上中国汽车产业较早启动电动化和智能化技术应用，因此中国交通领域实现“双碳”目标压力相对不大，预计可以在 2028 年和 2050 年前后分别实现碳达峰和碳中和。

2 内燃机低碳和零碳技术路径分析

内燃机燃料的低碳化和零碳化是一个较为漫长的过程，中国内燃机量大面广，近中期主要采用低碳技术，即通过燃料低碳化和燃烧高效化尽早实现碳达峰；中远期主要开发全生命周期零碳（即碳中和）燃料发动机的节能减排技术，并在不同场景进行推广应用。

2.1 内燃机低碳技术分析

2.1.1 燃料低碳化

燃料低碳化是指内燃机采用低碳燃料替代高碳燃料，如重型卡车采用低碳的压缩或液化天然气（CNG/LNG）发动机或汽油压燃（GCI）发动机替代高碳的柴油机，或者在高碳燃料中添加低碳或零碳燃料，如在柴油中添加生物柴油即甲酯，在汽油中添加乙醇等，从源头上降低内燃机的碳排放。

此外，石油开采和汽、柴油炼制过程中也存在很大的减排空间。最新研究表明，全球的平均原油开采的碳排放强度（CO₂ eq）约为 10.3 g/MJ。通过回收原油开采过程中产生的伴生气，并严格管控其他废气的燃烧和排放，可以将原油开采过程中的碳排放强度（CO₂ eq）降低到 5.8 g/MJ。以目前世界原油开采量计算，这能大约每年减少 CO₂ 排放 10 亿 t，约为目前全球 CO₂ 排放总量的 2.8%。原油炼制过程也伴随着 CO₂ 的排放，目前中国汽、柴油炼制过程的碳排放强度平均分别约为 11.7 g/MJ 和 8.7 g/MJ。

2.1.2 燃烧高效化

柴油机由于采用稀燃、压燃和质调节模式，压缩比（15~17）和工质绝热指数较高，泵气损失较小，因此具有较高的热效率。目前车用量产柴油机通过采用高增压、高喷射压力、高 EGR 等技术，其峰值有效热效率接近 50%，通过采用隔热、涡轮复合增压、余热回收、超低磨损和电气化、智能化等技术，正在朝 55%~60% 的峰值有效热效率迈进。

车用汽油机还有较大的热效率提升空间，尤其是混动专用汽油机，由于有电机助力，混合动力对汽油机的动力性要求降低，因此混动专用汽油机可以采用高压缩比（15 左右，可匹配高辛烷值汽油 RON ≥ 98）、超膨胀比循环（如 Atkinson 循环或 Miller 循环）、高冷却废气再循环系统（EGR）、低温燃烧、长冲程等节能技术提升热效率（图 6），目前比亚迪、广汽、吉利、东风等企业都开发出了峰值有效热效率超过 41% 的混动专用汽油机，正在朝 45% 峰值有效热效率目标迈进。未来汽油机实现 45% 以上的有效热效率，需要采用稀燃技术；实现 50% 以上有效热效率，则需要采用稀燃加压燃（GCI）技术（图 7）。汽油机稀燃后处理技术是成熟的，可以采用类似柴油机的后处理技术路线，即 TWC + LNT/SCR + GPF + CUC（clean-up catalyst），为了解决未来日趋严格的低温冷启动排放要求，可能还需要增加电加热催化器（EHC）或碳氢捕集器（HCT）（图 8），后处理成本会有所增加。

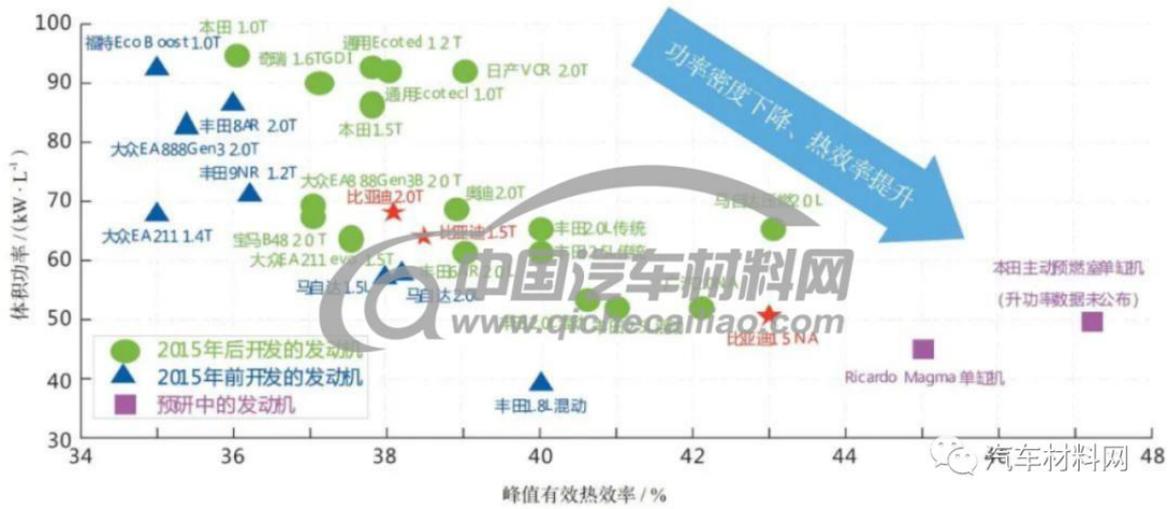


图6 混动专用汽油机体积功率及峰值有效热效率的发展趋势

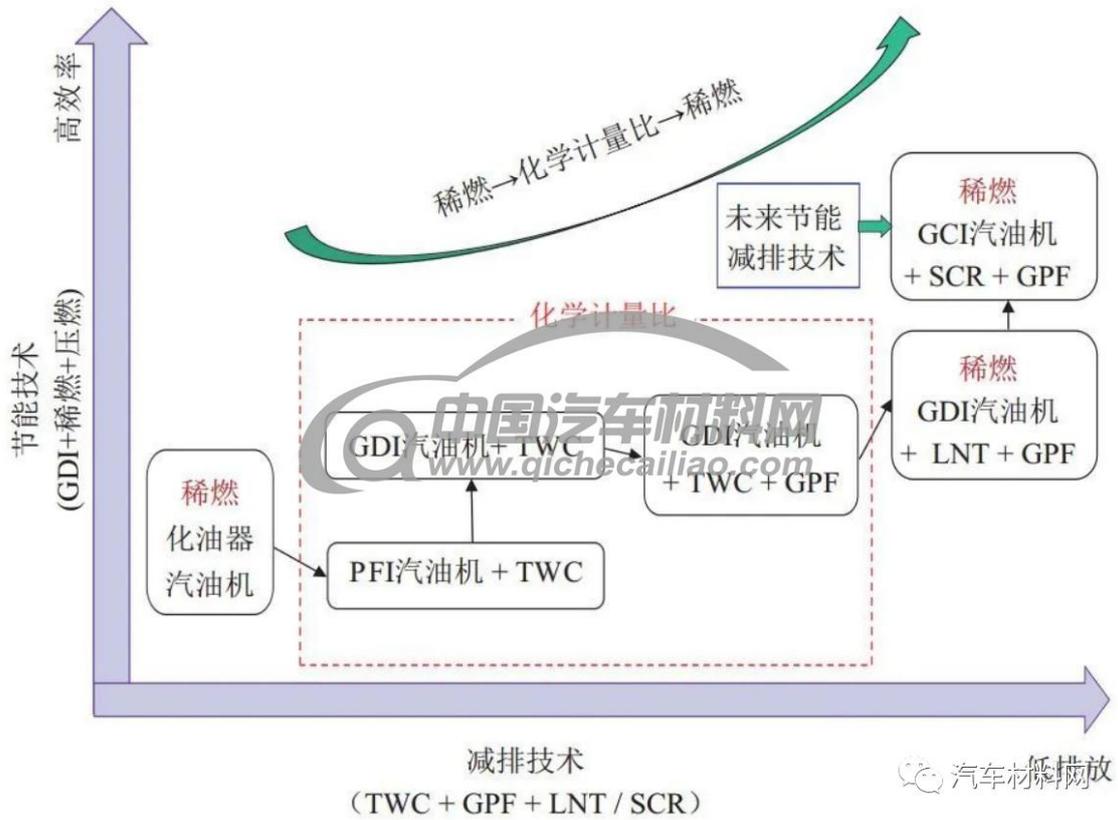


图7 车用汽油机节能减排技术路径发展趋势

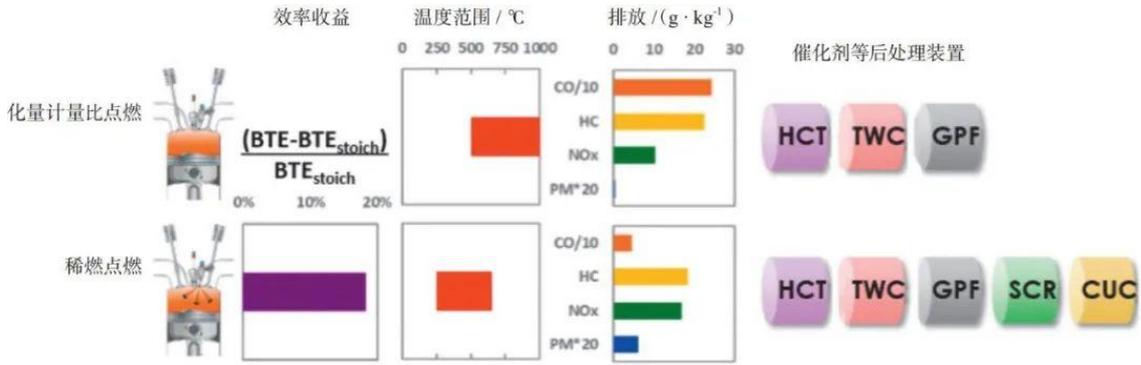


图 8 面向未来排放法规的先进汽油机后处理系统

2.2 内燃机零碳燃料技术分析

内燃机零碳技术的本质是燃烧碳中和燃料实现全生命周期的零碳排放。碳中和燃料有 3 种主要来源（见图 9）：1）直接光合作用得到的生物质燃料（含有 C、H 和 O 组分），如乙醇、生物柴油等；2）通过绿电（太阳能、风能、水能等可再生能源发电）电解水得到绿氢(H₂)，绿氢还可以与氮气 (N₂) 合成得到绿氨 (NH₃)，绿氨可以看成是绿氢的能源载体；3）采用绿氢与直接空气碳捕集 (DAC) 获得的 CO₂ 合成得到各种电力合成液体燃料 (e-fuel)，如合成甲醇、合成汽油、合成煤油和合成柴油等。

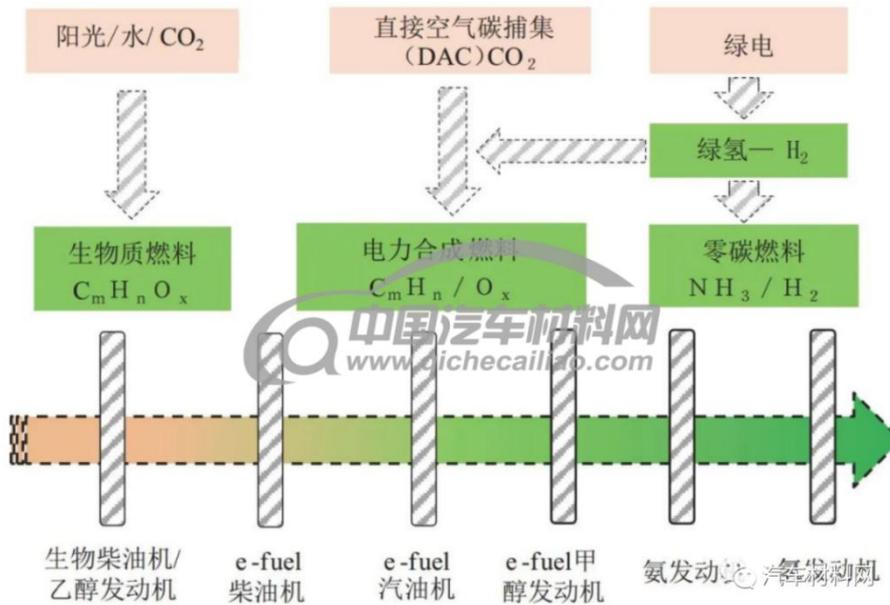


图 9 内燃机零碳燃料技术路径

2.2.1 生物质燃料制备及应用

目前，全球应用最广泛的生物质燃料是乙醇和生物柴油，目前国际上乙醇约 1 亿 t 的年产量，生物柴油约 5000 万 t。生物质燃料产业正处于从 1 代（以粮食和甘蔗为原料）和 1.5 代（以木薯、甜高粱等非粮作物和木本油料植物为原料）为主，向 2 代（以农林废弃物和木质纤维素为原料）乃至 3 代（含油微藻为原料生产的加氢柴油等）升级转换时期。生物乙醇可以用含淀粉（玉米、小麦、薯类等）、纤维素（秸秆、林木等）或糖质（甘蔗、糖蜜等）等原料经发酵蒸馏制

成。生物柴油是一种长链脂肪酸的单烷基酯，是由植物油（如菜籽油、大豆油、花生油、玉米油、棉籽油等）、动物油（如鱼油、猪油、牛油、羊油等）、废弃油脂或微生物藻类等与甲醇或乙醇经酯转化而形成的脂肪酸甲酯或乙酯。

全球有较为丰富的生物质资源，利用不同生物质燃料的特异性互补进行主动燃料调质设计，可以大幅度降低碳烟和 CO₂ 排放，在实现碳中和目标中可发挥重要作用。

2.2.2 氢燃料理化特性及制备

1) 理化特性。氢的理化特性见表 1 所示。

沸点	-252.77 ℃	熔点	-259.2 ℃
密度	0.089 g/L	气液容积比 (15 ℃, 100 kPa)	974 L/L
相对分子质量	2.0157	临界密度	66.8 kg/m ³
生产方法	电解水、裂解、煤制气等	临界压力	1.313 MPa
三相点	-254.4 ℃	燃烧界限(空气中的氢气体积)	4%~75%
熔化热(-254.5℃, 平衡态)	48.84 kJ/kg	表面张力(平衡态, -252.8 ℃)	3.72 mN/m
热值(2.82×10 ⁵ J/mol)	1.4×10 ⁸ J/kg	折射系数(101.3 kPa, 25℃)	1.000 126 5
比热比(101.3 kPa, 25℃, 气体)	$c_p / c_v = 1.40$	易燃性级别	4 级
易爆性级别	1 级	毒性级别	0 级

表 1 氢的理化特性

2) 绿氢燃料制备技术。绿氢是利用可再生能源，如风能、太阳能、水电或地热能等，通过电解水生产获得，没有碳排放（见图 10）。目前有 3 种水电解制氢的方法：碱性水电解制氢(AEL)、质子交换膜水电解制氢(PEMEL) 和固体氧化物水电解制氢(SOEC)，如表 2 所示。其中，AEL 技术最为成熟，生产成本较低；PEMEL 流程简单，能效较高，但因使用贵金属电催化剂等材料，成本偏高；SOEC 采用水蒸气电解，高温环境下工作，能效最高，但尚处于实验室研发阶段。

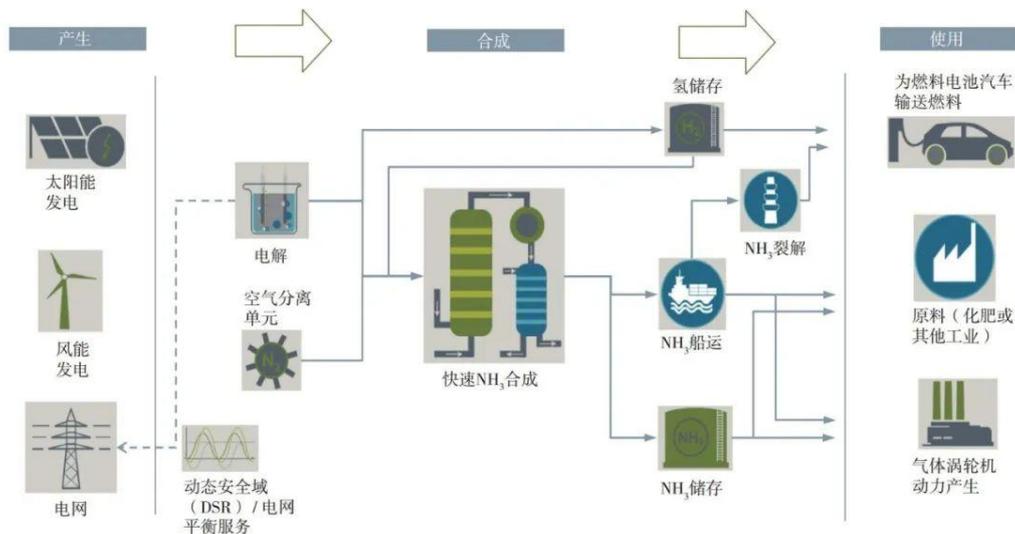


图 10 绿氢 / 绿氨制备及应用

	AEL 法	PEMEL 法	SOEC 法
电解原料	KOH/NaOH 溶液	纯水	水蒸气
电解温度 / °C	80~90	90~120	600~900
电极面积 / m ²	< 3	< 0.2	—
电流密度 / (kA·cm ⁻²)	2.0~5.5	10.0~30.0	2.0~6.0
电解电压 / V	1.75~2.10	1.72~2.20	约 1.50
耗电参数 / (kWh·m ⁻³)	4.5~6.5	4.8~6.0	3.5~4.5
装置价格 / (万元·m ⁻³ ·h ⁻¹)	80	150	—
规模 / (m ³ ·h ⁻¹)	> 500	50	> 5 000

表 2 3 种水电解制氢的方法对比

2.2.3 氨燃料理化特性及制备

1) 氨的理化特性(见表 3)。氨是氢能的良好载体,氨的运输存储较氢更容易。氨气在 298.15 K、0.9 MPa 条件下可完全液化,且液氨密度(602 kg/m³)远大于液氢(71 kg/m³),液氨的含氢密度(106.4 kg/m³)和体积低热值(11.213 GJ/m³)也都超过液氢(70.8 kg/m³、9.168 GJ/m³),使得液氨罐(1 MPa)体积能量密度达到液氢罐(70 MPa)的 2.5 倍。因此氨气被认为是极具前景的碳中和燃料。目前全球氨气年产量超过 2 亿 t,氢气全球年产量约 0.7 亿 t。氨气产业链与基础设施均已成熟,因此氨气作为碳中和燃料具有大规模推广应用的基础。

	含氢质量分数 %	沸点 °C	质量热值 MJ·kg ⁻¹	混合气热值 MJ·kg ⁻¹	层流火焰速度 m·s ⁻¹	最小点火能量 mJ	可燃极限体积 %	辛烷值 RON
氨	17.7	-33.4	18.6	2.61	0.07	680	15~28	130
氢	100.0	-253.0	120.0	3.62	1.60	0.011	4~75	≥ 100, 130
柴油	12.6	180~360	42.5	2.78				15~25
汽油	14.5	20~215	44.0	2.80	0.34	0.8		90~106
甲醇	12.5	64.7	23.9	3.18	0.40	0.14	6.7~36.0	108
乙醇	13.0	78.0	29.7	2.95	0.40		3.2~18.8	108
二甲醚	13.0	-29.5	31.8	3.15	0.43	0.29	3.4~27.0	0

表 3 氨与氢、汽油、柴油等燃料理化特性对比

2) 绿氨燃料的制备。工业制氨绝大部分是在高温(573~873 K)、高压(10~35 MPa)和催化剂(铁系,活性组分为单质铁)条件下,由氮气和氢气按 Haber-Bosch 工艺合成制得。氮气主要来源于空气;制取绿氨的氢气主要来源于水的电解,即绿氢(见图 10)。

3)

2.2.4 电力合成液体燃料(e-fuel)制备及应用

e-fuel 是指将水电解生成的 H₂ 与直接从空气捕集(DAC)的 CO₂,通过催化反应得到的甲醇、汽油和柴油等合成液体燃料。e-fuel 可以继续使用现有的汽油

和柴油加油站等基础设施，以及最大限度地保留同内燃机相关的产业供应链，无需布局新的充电站和加氢站就可以实现碳中和。**e-fuel** 涉及的产业链（图 11）包括可再生发电、制氢、碳捕集、合成燃料制备、内燃机使用等，此外还包括电力、氢气、CO₂、燃料的存储与运输等。



图 11 e-fuel 产业链

目前全球范围并没有企业实现大规模的 **e-fuel** 生产，因此针对 **e-fuel** 的生产成本和价格评估主要是基于现有文献数据进行预测。考虑到技术的不确定性，**e-fuel** 生产各环节成本预测波动较大，但总体上目前 **e-fuel** 的价格是市售燃料的数倍甚至数十倍，其中电解制 H₂ 价格主导 **e-fuel** 成本，而燃料形式（氢气、甲醇、二甲醚 /DME、汽油、柴油）对成本影响较小（图 12）。未来绿氢制造的大规模推广，以及碳税等政策的制定，有可能大幅降低 **e-fuel** 价格，使其具有市场竞争优势。其中甲醇、二甲醚 /DME 和甲醇制汽油/MTG 的价格相差不大（图 13），是未来较为理想的几种内燃机零碳燃料。

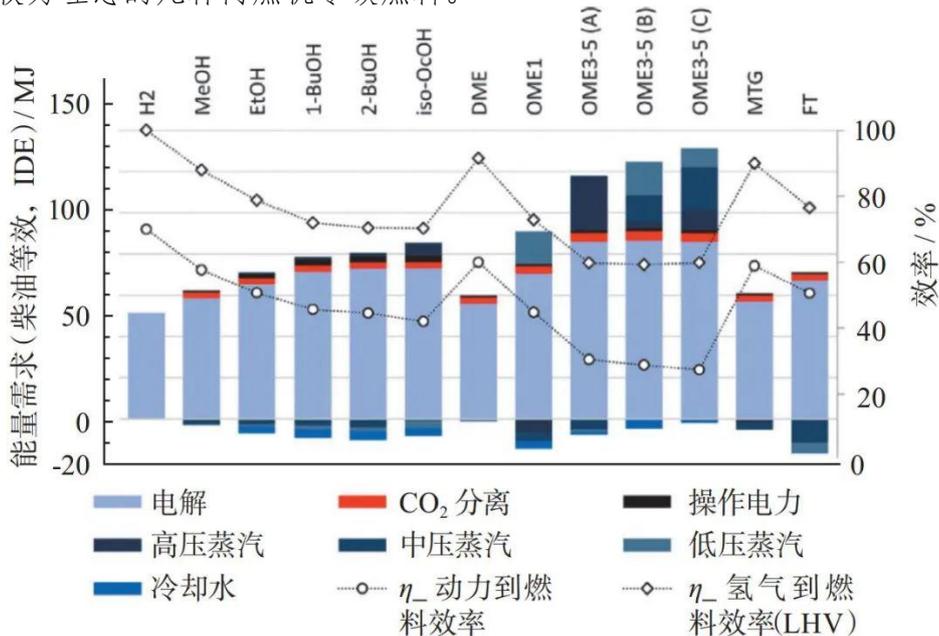


图 12 e-fuel 耗能分析与效率

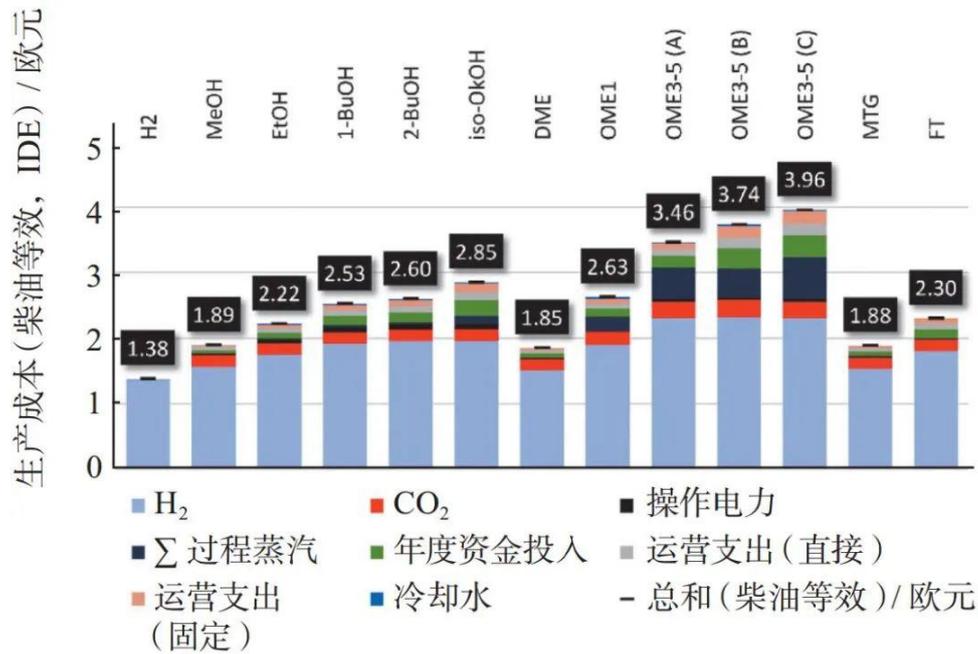


图 13 e-fuel 生成成本

目前比较受关注的 e-fuel 燃料包括直接合成甲醇、甲醇合成汽油、Fischer-Tropsch 合成柴油等。这 3 种燃料的合成技术已经研究多年，较为成熟且具备量产能力。

内燃机使用 e-fuel 燃料的最大好处是不用改变现有燃料供给基础设施以及现有内燃机制造产业链。e-fuel 内燃机面临的最大挑战是燃料成本高问题，由于 e-fuel 燃料制备要以绿氢为基础，因此其炼制工艺必然比制备氢更为复杂，成本更高，尤其是目前电解水制氢成本较高（参见图 13），导致 e-fuel 内燃动力汽车的使用成本相比同规格的 BEV 和 FCEV 更高，因此 e-fuel 内燃机的应用场景主要是难以电动化或对燃料价格不敏感的交通动力装置，如长途车用动力、船舶动力以及航空动力等。未来随着制氢成本的降低，e-fuel 内燃机的应用场景会不断扩大。

2.3 内燃机实现零碳排放的可行性分析

内燃机排放 CO₂ 的原因是使用了化石燃料，而碳中和燃料的使用将使内燃机发生质的变革。作为世界最大汽车公司掌门人的丰田章男在 2021 年 9 月代表日本汽车工业协会的讲话中，明确提出了“汽车碳中和的敌人是碳，而不是内燃机”的观点，这也是日本汽车工业界的共识。多项研究结果表明，如果从全生命周期分析，目前不同国家和地区的电动车碳排放可能并不低于以内燃机为动力的汽车。

关于低碳和零碳燃料的未来发展，可形成图 14 所示的发展过程，即碳中和燃油车与电动车 BEV 同时达到零碳排放的目标。图中评价指标是全生命周期的碳排放，在中国现阶段可以粗略将混动车 HEV（带有高效汽油机）与电动车 BEV 的碳排水平视为同等或略高；至 2030 年前后，由于采用低碳燃料（CNG/LNG 等低碳化石燃料）和生物质混合燃料（乙醇汽油、甲酯柴油等），以及内燃机效率的进一步提高，燃油车的碳排放显著降低；至 2040 年前后，随着各种碳中和燃料的应用（以高比例掺混使用），燃油车碳排放进一步降低；最终在 2050 年前后，由于各种碳中和燃料生产技术成熟及成本降低，加之内燃机效率的显著提高（高

达 50%~60%)，燃油车可以实现零碳排放。另一方面，电动车 BEV 也随着电力能源的不断脱碳，其碳排放也不断降低，最终在电力能源达到零碳排放时，电动车也实现真正的零碳排放。尽管这一设想是针对汽车或混合车的，但可以拓展到所有内燃机使用领域，即只要燃料实现了碳中和，则内燃机也就实现了零碳排放。可以说，当内燃机开始使用碳中和燃料时，它也可以称之为新能源内燃机，它所搭载的汽车也可以称为新能源汽车。

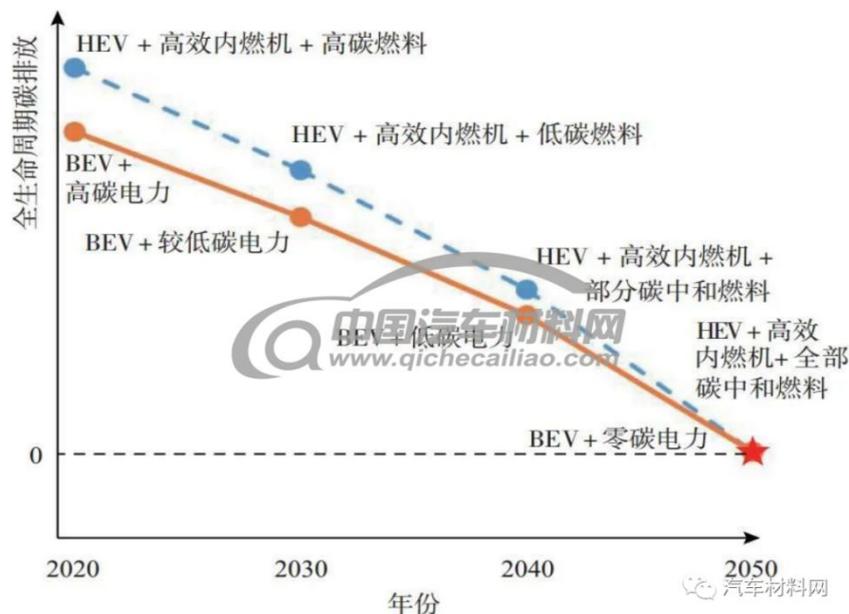


图 14 燃油车和电动车实现碳中和的对比示意图

3 氢内燃机研究现状及需要解决的关键技术

为了满足碳中和要求，内燃机必须在未来 5—10 年能够燃烧碳中和燃料，这需要能源行业 and 内燃机行业一起合作，解决内燃机碳中和燃料供给和高效清洁燃烧的关键技术问题。从碳中和燃料成本看，如果加氢基础设施有保障，内燃机直接烧氢更可行，而且在使用寿命和成本上比质子膜燃料电池 (PEMFC) 动力有优势。如果加氢基础设施没有保障，内燃机直接烧氨（绿氨可以看作绿氢的液态能源载体）也是一条可行的零碳技术路线，尽管绿氨燃料的制备来自于绿氢，但无需加氢储氢等基础设施，氨内燃机综合效益较氢内燃机高。

3.1 氢内燃机

氢气在内燃机上的应用可追溯到 20 世纪 30 年代。氢气内燃机的氢气喷射方式有进气道喷射 (PFI) 和缸内直喷 (DI) 2 种方式。对于 PFI 方式成本较低，但容易回火。此外，由于氢气占据进气的体积，也会导致 PFI 氢内燃机升功率的提高受限。

目前，典型的氢内燃机样机有马自达公司氢气转子发动机 (图 15) 和宝马公司汽油版氢-汽油发动机：汽油 / 氢气双燃料供应，氢气进气道喷射，最高热效率 42%，最高有效平均压力 (BEMP) 0.8 MPa。KEYOU 公司柴油版氢内燃机，采用气道喷射、火花点燃，同时压缩比降低为 12，最高热效率超过 40%。联电和博世联合研究的进气道喷射 / 缸内直喷氢内燃机，氢气在高压直喷模式下，可实现 39% 的峰值有效热效率 (图 16)。结合混合动力的仿真结果表明，在混合

动力发动机常用工况点下，NO_x 排放可低于 10 ppm。国内高校和企业也针对氢内燃机开展了大量的研究。北京理工大学氢气专用发动机研究表明，在混合气浓度接近当量比的条件下，在三效催化剂（TWC）中可用氢气直接还原 NO_x 排放，实现氢内燃机 NO_x 的近零排放。

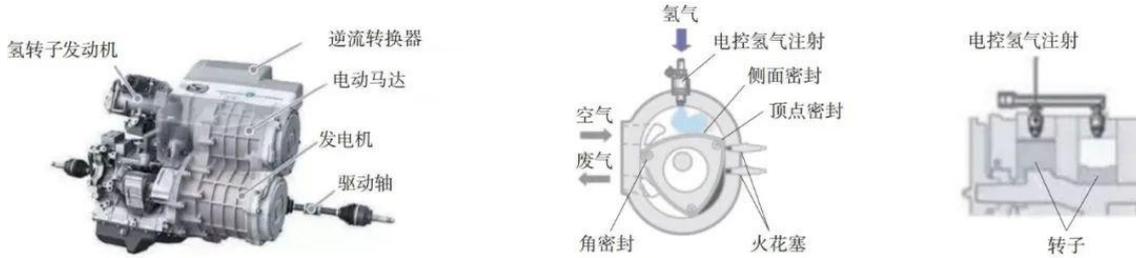


图 15 马自达 RENESIS 氢动力转子发动机结构示意图

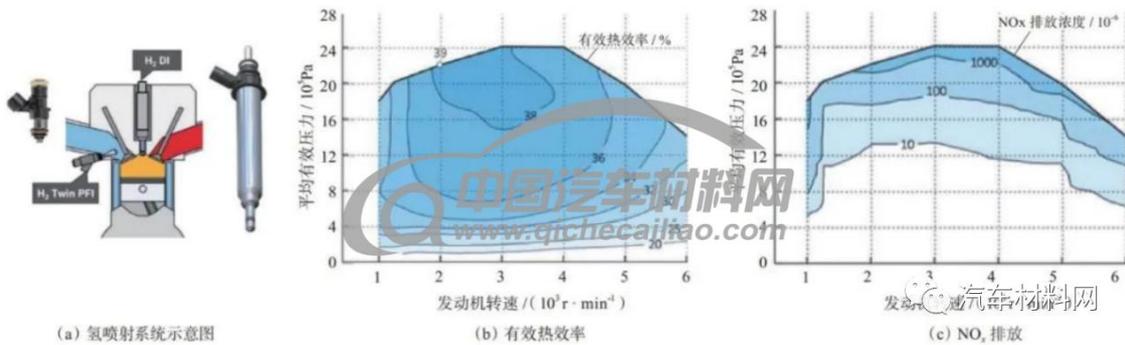


图 16 联电 / 博世(PFI+DI) 氢内燃机

总之，氢内燃机在技术上是完全可行的，但在使用过程中，还需要解决氢气喷射系统、专用润滑油、氢脆等的安全性和可靠性问题。

3.2 氨内燃机

氨内燃机的应用也可追溯到 20 世纪 30 年代。第二次世界大战期间，由于石油短缺，氨燃料火花点火内燃机开始用于军事用途；进入 21 世纪后，随着温室效应加剧，氨内燃机的研究又重新展开，但点火难与燃烧慢的问题提高了氨内燃机的开发难度。

为了解决氨气燃烧难的问题，目前氨气在发动机上的应用研究多采取高活性燃料引燃的方式，常见的高活性燃料包括柴油、二甲醚、氢气等（见图 17）。

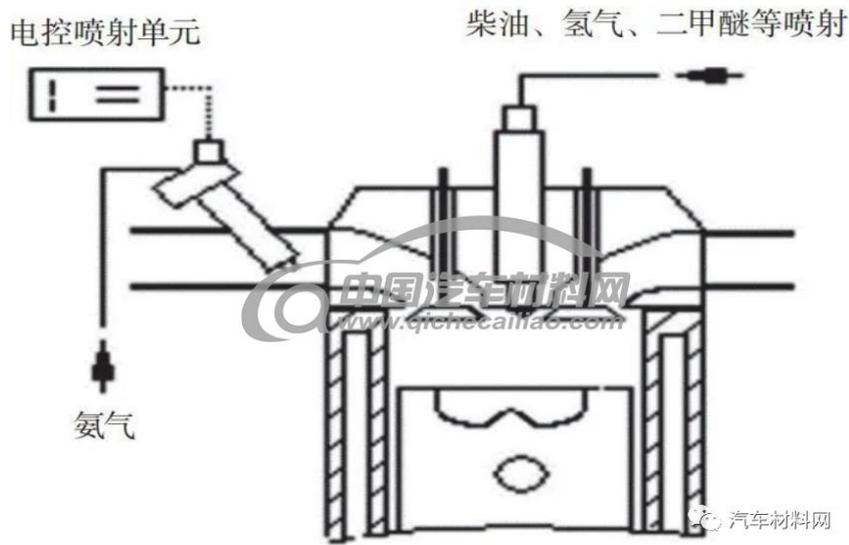


图 17 氨内燃机引燃燃烧模式示意图

氨内燃机实现高效清洁燃烧， 还需解决以下关键科学和技术问题：

1) 高温高压宽浓度范围下氨燃料燃烧化学反应动力学机理。目前国际上缺少对于氨燃料内燃机条件下燃烧热解、氧化和 NO_x 生成机理的研究，尚无适用于高温（800~1 200 K）高压（2.0~6.0 MPa）宽浓度范围（当量比 $\phi = 0.5 \sim 2.0$ ）下的氨燃料燃烧化学反应动力学机理。

2) 氨内燃机高效清洁燃烧组织。相比于传统碳氢燃料，氨气反应活性低、自燃温度高，其层流火焰速度低、最小点火能高，这限制了氨气在发动机上的使用。氢活性基射流点火引燃氨混合气燃烧（H-A）是解决氨点火难和燃烧慢这一关键问题的有效手段，结合汽、柴油机燃烧优点，提出多点预混燃烧（MPC）概念，如图 18 所示。

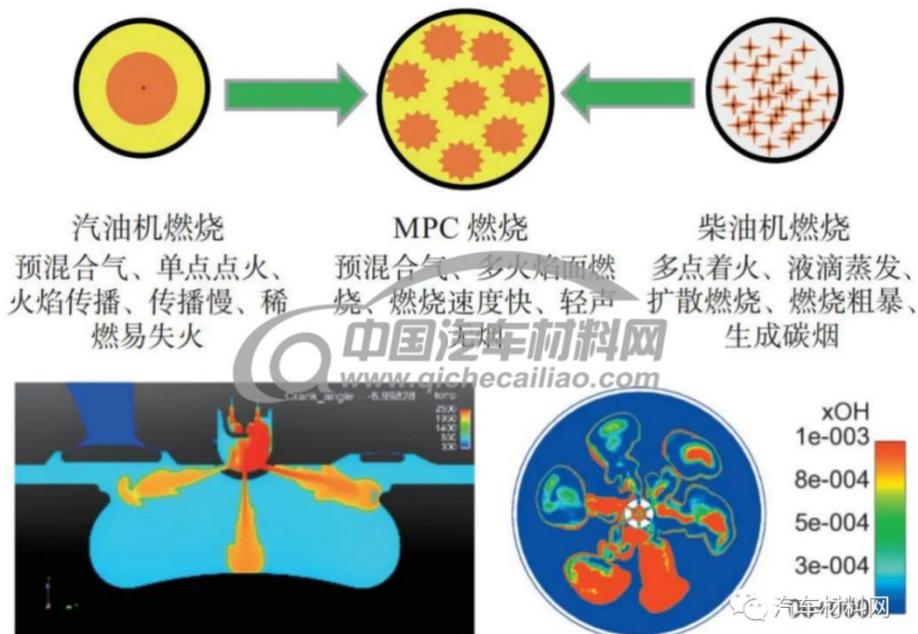


图 18 多点预混燃烧（MPC）概念

2) 氨在内燃机上的应用还存在零部件腐蚀问题。美国科埃帕默公司针对氨与不同材料的相容性研究表明,铜、黄铜、青铜、钛、氟橡胶、天然橡胶被严重腐蚀;而 304 不锈钢、316 不锈钢、铝、碳钢、铸铁、丁腈橡胶、全氟橡胶、氯丁橡胶等受氨气影响微弱。

3) 4) 尽管氨可以作为 NO_x 后处理的还原剂,但仍需考虑开发针对氨燃烧特性的高效、耐久 SCR 装置。另一方面,尾气中未燃氨会散发出刺激性气味,因此在尾气处理中还必须考虑采用吸附、催化氧化 / 催化分解等技术来大幅度降低氨进入大气环境的比例,并同时考虑与废气再循环相关措施的互联与控制策略,实现对大气环境的零影响。

4) 5) 事故与泄露的安全措施。液氨作为车用燃料的储存和燃料供应系统须考虑汽车碰撞安全问题。由于氨常温下会迅速气化、有一定毒性并具有刺激性气味,其安全措施不能简单照搬过去的 LPG/CNG 或者氢气储存系统,需从主动和被动防护两个方面加强安全设计,并充分考虑氨泄露后的保护措施。

03 总结与展望

1) 2020 年中国承诺“双碳”目标,碳中和成为全球共识和未来发展目标,是由工业文明向生态文明发展的必然选择,将给人类社会和经济带来全方位的影响,既有挑战,也有机遇。中国将在 40 年内实现碳中和,能源将由过去主要依靠油气等化石能源进口的资源依赖型国家,转变为未来主要依靠水能、风能、光能等可再生能源的技术依赖型国家,从而实现可持续发展。

2) 内燃机是一种量大面广的道路、非道路移动机械和国防装备动力装置,在实现碳中和的过程中,其节能减排技术的应用将起到立竿见影的减碳作用。特别需要指出,混合动力可以使内燃机经常运行在高效区,峰值和系统总热效率可以大幅度提升,是非常有效的低碳节能技术。

3) 在碳中和背景下,随着绿电应用比例越来越高,纯电动车越来越接近全生命周期零碳排放,而内燃机随着本身节能减排技术的不断进步,以及不断增加碳中和燃料应用的比例,也可以逐步实现内燃机全生命周期的零碳排放。

4) 中国有一定量的乙醇、生物柴油等生物质资源,有乙醇汽油和生物柴油在内燃机上大规模应用的经验,也有较好的生物质燃料制备技术和产业基础,可以形成一定规模的内燃机所需生物质液态碳中和燃料。

5) 在加氢基础设施有保障的地区,氢内燃机应该与氢燃料电池动力各自发挥特长和优势。氢内燃机制造产业链完备,相比氢燃料电池在技术成熟度、耐久性和成本等方面具有优势,因此大力开发和使用氢内燃机是一种较低成本的动力碳中和解决方案。

6) 另一条可行的碳中和之路,其优势是无需专门的供氢基础设施,而液氨燃料的制备、存储和输运均方便,适用于长途重卡和船舶动力,但其实际应用需要解决氨内燃机着火难、燃烧慢以及 NO_x 排放等技术问题。

7) 在成本能够得到有效控制条件下,内燃机可以直接使用电力合成液体燃料(e-fuel) 包括直接合成甲醇、甲醇制汽油(MTG)、Fischer-Tropsch 合成柴油等,此方案无需对现有内燃机生产及燃料存储输运设施进行更新,是内燃机实现碳中和的理想路径和选择。

[返回目录](#)

美日德澳氢能四种典型发展模式及对我国的启示

当前，世界各国都在加快推进氢能产业发展，初步形成了四种典型模式，即以德国为代表的“深度减碳重要工具”模式，以日本为代表的“新兴产业制高点”模式，以美国为代表的“中长期战略技术储备”模式和以澳大利亚为代表的“资源出口创汇新增长点”模式。我国在推动氢能产业高质量发展的过程中，应充分参考借鉴国际经验，进一步明确“初心”与“使命”、目标与路径，以推进能源革命为出发点，构建“大氢能”应用场景，统筹推进氢能产业技术与市场、供应与需求的协调发展。

氢能作为二次能源，具有来源广泛、适应大范围储能、用途广泛、能量密度大等多种优势。随着氢能产业的兴起，全球迎来“氢能社会”发展热潮，欧盟、日本、美国、澳大利亚、韩国等经济体和国家均出台相关政策，将发展氢能产业提升到国家（地区）战略高度，一批重大项目陆续启动，全球氢能产业市场格局进一步扩大。对我国而言，加快发展氢能产业，也有现实而迫切的意义。具体来看，发展氢能产业是优化能源结构、推动能源转型、保障国家能源安全的战略选择，是促进节能减排、应对全球气候变化、实现绿色发展的重要途径，是超前布局先导产业、带动传统产业转型升级、培育经济发展新动能、推动经济高质量发展的关键举措。

2019年是我国氢能发展的创新之年，“理想照进现实”特点明显——战略共识基本成形，探索的步伐正在加快，先进理念、技术、模式层出不穷。超过30个地方政府发布了氢能产业发展规划/实施方案/行动计划，相关的“氢能产业园”“氢能小镇”“氢谷”项目涉及总投资额多达数千亿元，氢燃料电池汽车规划推广数量超过10万辆，加氢站建设规划超过500座。我国在加快发展氢能产业的过程中，需要广泛参考借鉴国际经验。我们认为，对于国际经验的研究不应只停留在政策、措施和行动的简单总结及归纳层面，而应该深入分析各国发展氢能背后的初衷、动机、利益格局等内容。在充分了解各国资源禀赋、产业基础、现实需要等各方面因素的基础上，找到发展的方向、目标、路径、模式与政策措施之间的逻辑关系。换言之，不止要看“做了什么”，更要研究“为什么做”“做了有什么好处”等深层次问题。

从不同国家发展氢能产业的出发点、侧重点、着力点等方面看，全球各国实践大致可总结为四大类型，本文称之为四种典型模式，即把氢能作为深度脱碳的重要工具的德国模式（法国、英国、荷兰等国做法类似）；把氢能作为新兴产业制高点的日本模式（韩国做法类似）；把氢能作为中长期战略技术储备的美国模式（加拿大做法类似）以及把氢能作为资源出口创汇新增长点的澳大利亚模式（新西兰、俄罗斯等国做法类似）。

德国模式：推动深度脱碳，促进能源转型

德国能源转型近年来暴露出越来越多的问题。首先，随着可再生能源装机容量和发电量的稳步提升，维护电力系统稳定性成为其头等挑战。2019年德国部分地区出现了电力供应中断事故，暴露出其储能和调度能力不足的短板。其次，为提升电力系统供应能力，德国增加了天然气发电，但由此需要从俄罗斯等国家进口更多天然气，导致能源对外依存度提升。最后，能源转型使带来能源价格走高，

能源转型面临越来越多的争议。与能源转型陷入困境一脉相承的问题是碳减排进展不如预期。德国政府已经提出了 2030 年比 1990 年减排 55% 的中期目标和 2050 年实现碳中和的长期目标，然而自 2015 年以来碳排放量不降反升，2018 年在暖冬的帮助下才实现了“转跌”。传统减排路径边际效益递减，急需开辟新途径，挖掘更多减碳潜力。

发展氢能可助力大规模消纳可再生能源，并实现“难以减排领域”的深度脱碳。电解水制氢技术发展迅速，规模提高、响应能力增强、成本下降，使其有望成为大规模消纳可再生能源的重要手段。在区域电力冗余时，通过电解水制氢将多余电力转化为氢气并储存起来，从而减少“弃风能”“弃光能”“弃水能”等现象，降低可再生能源波动性对于电力系统的冲击。与此同时，氢能具有高能量密度（质量密度）、电化学反应活性和还原剂属性，能够在各种应用领域扮演“万金油”角色，对“难以减排领域”的化石能源进行规模化替代，实现深度脱碳目标。

围绕深度脱碳和促进能源转型，德国创新提出了电力多元化转换（Power-to-X）理念，致力于探索氢能的综合应用。具体而言，在氢气生产端，利用可再生电力能源电解水制取低碳氢燃料，从而构建规模化绿色氢气供应体系。在氢气应用端，将绿色氢气用于天然气掺氢、分布式燃料电池发电或供热、氢能炼钢、化工、氢燃料电池汽车等多个领域。现阶段，德国政府与荷兰等国正在开展深度合作，重点推广天然气管道掺氢，构建氢气天然气混合燃气（HCNG）供应网络。其中，依托西门子等公司在燃气轮机方面的技术优势，已开展了若干天然气掺氢发电、供热等示范项目。截至 2019 年年底，德国已有在建和运行的“P to G”（可再生能源制氢+天然气管道掺氢）示范项目 50 个，总装机容量超过 55MW。此外，蒂森克虏伯集团已开展氢能炼钢示范项目，预计到 2022 年进入大规模应用阶段。

日本模式：保障能源安全，巩固产业基础

日本能源安全形势严峻，急需优化能源进口格局和渠道。日本的能源结构高度倚重石油和天然气，二者占能源消费比重高达 2/3，因为国内能源资源比较匮乏，95% 以上的石油和天然气都需要进口。能源地缘政治局势日趋复杂，断供风险犹如“达摩克利斯之剑”，再加上国际能源市场价格的大起大落，都会给日本能源安全甚至经济安全带来冲击。2011 年福岛核事故之后，日本核电发展遇到越来越多的阻力，如果实现本土“弃核”，意味着能源对外依赖程度还要提升。因此，日本迫切需要在当前能源消费格局中开辟新的“阵地”，寻找能源安全的缓冲区和减压阀，摆脱其对于石油和天然气的依赖。

发展氢能可提升能源安全水平、分化能源供应中断及价格波动风险。日本未来消费的氢能虽然仍需要从海外进口，但主要来自澳大利亚、新西兰、东南亚等国家和地区，与中东、北非等传统油气来源地区形成了空间分离，进而分化了地缘政治风险。同时，石油和天然气在价格上有较高的关联度，两者仍然属于“一个篮子里的鸡蛋”。而氢能来源广泛，价格与油气的关联度不高，增加氢能进口和消费，能够在一定程度上分化油气价格同向波动对本国经济的影响。此外，氢能还能够提升本国的能源安全水平。日本是地震、海啸、台风等自然灾害多发的地区，能源供应中断情况经常发生。氢燃料电池汽车、家用氢燃料电池热电联产组件等设备在充满氢气或其他燃料的情况下，可维持一个家庭 1~2 天的正常能源供应。氢能终端设备的普及，还可以为日本减灾工作作出贡献。

日本氢能基本战略聚焦于车用和家用领域的应用，是产业和技术发展的必然延伸。日本在技术、材料、设备等方面拥有非常明显的优势，尤其是已基本打通氢燃料电池产业链。经过多年耕耘，日本已在氢能领域打造出一批“隐形冠军”，如东丽公司的碳纤维、川崎重工的液氢储运技术和装备等。据统计，日本在氢能和燃料电池领域拥有的优先权专利占全球的50%以上，并在多个关键技术方面处于绝对领先地位。专利技术既是日本的“保护网”，也是其他国家的“天花板”。推广氢燃料电池汽车和家用燃料电池设备，一方面，可将过往的投入在市场上变现、获取现金流，另一方面，还能及时获取信息反馈，完善技术和设备，由此形成了“技术促产业、产业促市场、市场促技术”的良性循环和正向反馈。

美国模式：储备战略技术，缓推实际应用

美国氢能发展经历“两起两落”，但将氢能视为重要战略技术储备的工作思路一直没有改变。早在20世纪70年代，美国政府就将氢能视为实现能源独立的重要技术路线，密集开展了若干行动和项目，但热度随着石油危机影响的消退而降温。2000年前后氢能迎来了第二个发展浪潮。2002年美国能源部（DOE）发布了《国家氢能路线图》，构建了氢能中长期愿景，启动了一批大型科研和示范项目，但后因页岩气革命和金融危机的冲击，路线图被搁置，不过联邦政府对氢能相关的研发支持延续至今。

在过去的10年中，美国能源部每年为氢能和燃料电池提供的支持资金从约1亿美元到2.8亿美元不等，根据2019年年底参议院、众议院通过的财政拨款法案，2020年支持资金为1.5亿美元。总体来看，在近50年的时间里，尽管有起伏，但联邦政府将氢能视为重要战略技术储备的工作思路一直没有改变，持续鼓励科技研发使得美国能够保持在全球氢能技术的第一梯队。

页岩气革命是美国氢能发展战略被搁置的最主要原因。凭借具有经济、清洁、低碳优势的页岩气，美国已逐步实现能源独立和转型，而页岩气和氢能在应用端存在较多重合，对氢能形成了巨大的挤出效应。加州燃料电池合作伙伴组织

（CaFCP）的数据显示，美国的氢燃料电池汽车市场已陷入停滞状态，在2019年甚至出现了12%的下滑，发展势头已被日韩、中国赶超。

澳大利亚模式：拓宽出口渠道，推动氢气贸易

澳大利亚一直是全球最主要的资源出口国，同时资源出口也是其最重要的经济增长引擎。根据澳大利亚联邦矿产资源部发布的数据，2019年资源出口直接贡献了该国GDP增长的1/3以上。但传统的“三大件”（煤炭、液化天然气、铁矿石）出口已现颓势。在煤炭方面，长期以来澳大利亚在全球煤炭贸易中占比超过1/3，主要目标市场集中在东北亚地区，然而近几年中、日、韩相继开展减煤控煤行动，煤炭出口前景暗淡。在铁矿石方面，中国买走了60%以上的澳大利亚出口铁矿石，而中国钢铁产量进入峰值平台、电炉钢比重提升，这都将拉低其对铁矿石的需求；在液化天然气（LNG）方面，尽管市场需求增长潜力仍然可观，但由于国际油价暴跌，LNG出口创汇能力也被大幅削弱。据世界天然气网站分析，未来五年内澳大利亚LNG出口收入将持续收缩。

出于经济可持续发展考虑，澳大利亚政府急需找准新兴市场需求，拓宽出口渠道。2019年11月，澳大利亚政府发布了《国家氢能战略》，确定了15大发展目标、57项联合行动，力争到2030年成为全球氢能产业的主要参与者。打造全球

氢气供应基地是澳大利亚发展氢能的重要战略目标。澳大利亚正积极推动与日、韩等国的氢气贸易，签订氢气供应协议，同时与相关企业开展联合技术创新，完善氢能供应链，扩大供应能力、降低成本。

如澳大利亚政府与氢能供应链技术研究协会（HySTRA，由川崎、岩谷、电力开发有限公司和壳牌石油日本分公司组成）合作组成联合技术研究组，开展褐煤制氢、氢气长距离输送、液氢储运等一系列试点项目。2019年年底川崎重工首艘液氢运输船下水，补齐了澳大利亚和日本氢气供应链最后一块拼图。这种“贸易+技术创新”一体化模式调动了各参与方的积极性，澳方可实现本国氢气资源的规模化开发，川崎等企业能够获得成本更低的氢气，技术研发团队获得了宝贵的试验田。

值得一提的是，澳大利亚提出的低碳氢能，既包括可再生能源电解水制氢，也包括化石能源（尤其是煤炭）制氢（碳捕捉）与储运技术。虽然化石能源制氢备受争议，但正是在煤炭出口增长乏力背景下的现实选择。

对我国的启示：明确氢能“协同互补”定位，构建多元化应用场景

每个国家发展氢能产业都有其“初心”和“使命”。德国模式将氢能视为手段，即发展氢能是为了破解能源转型和深度脱碳过程中出现的诸多问题；日本模式将氢能视为目的，即发展氢能是关乎国家能源安全和新兴产业竞争力的战略选择，是迎合技术在市场变现中的强烈诉求；美国模式将氢能视为备选，即氢能只是众多能源解决方案中的一种，氢能发展与否，取决于其技术进步、成本下降等因素；澳大利亚模式将氢能视为产品，即乘着全球刮起的“氢风”，积极扩展出口产品结构，获取更多收益。

从上述对全球氢能发展四种典型模式的分析中可以看到，各国发展氢能产业均有其出发点和立足点，均考虑了各自的资源禀赋、产业基础、现实需要等多方面因素，大多遵循了战略上积极、战术上稳健，坚守发展初衷、不盲从、不冒进的推进策略。当前，我国有关部门正在研究制定国家层面的氢能产业发展战略规划，首先应该明确的是我国发展氢能产业的“初心”与“使命”、目标与路径等问题。参考借鉴国际经验，结合我国实际国情，本文提出我国氢能产业战略定位及发展导向等方面的三点建议。

一是明确产业定位，发挥氢能在现代能源系统中的载体和媒介作用。国家《能源统计报表制度》已将氢气纳入能源统计，明确了氢能的能源属性，氢能即将成为能源系统的新成员，其发展必须服从和服务于能源革命的总体要求。需要认清的是，我国拥有多个与氢能存在替代关系的能源解决方案，因此氢能并非我国的必选项，而是备选项和优选项。因此，应从我国能源系统的核心问题出发，找准切入点，选择融入能源系统的合适路径。应利用氢能的特点和优势，发挥其在可再生能源消纳、增强能源系统灵活性与智能性等方面的作用，更好地与既有的各种能源品种互动，最终促进能源革命战略的深入实施。

二是提升认识视角，逐步构建绿色低碳的多元化应用场景。2018年以来出现的各地区扎堆造车情况，既源于对氢燃料电池汽车发展前景认知过于乐观，又源于对氢能认识的局限。事实上，我国的氢能技术储备不足、产业根基不牢固，地区间差异非常明显，绝大多数地区都不具备将技术装备推向市场变现的能力和条件。而在深入推进生态文明建设和积极应对气候变化的格局之下，我国已经提出2030年前碳达峰和2060年碳中和的目标愿景，“难以减排领域”的深度脱碳将成

为未来我国需要面对的重大问题。因此，应统筹经济效益、节能减碳和产业发展等因素，利用氢能具有的“高效清洁的二次能源、灵活智慧的能源载体、绿色低碳的工业原料”三重特点，逐步构建在交通、储能、工业、建筑等领域的多元化应用场景。

三是加强统筹协调，推动技术与市场、供应与需求“齐步走”。氢能和燃料电池集尖端材料、先进工艺、精密制造于一身，兼具高附加值和高门槛属性。须清醒地看到，我国氢能产业与发达国家差距明显，远未达到大规模商业化的临界点，对价值创造功能不可预期过高。再加上目前产业利润集中在国外企业的事实，我国更应保持战略定力，坚持以“安全至上、技术自主、协调推进”为原则，不盲目追求市场扩张，避免强行通过补贴手段刺激下游需求，进而把大量补贴资金输送至国外公司。各地在谋划氢能产业发展过程中，应遵循“需求导向”原则，“自下而上”布局生产、储运及相关基础设施建设，推动氢能供应链各环节协同发展，避免某环节“单兵突进”。

[返回目录](#)

我国车用氢能产业发展现状分析及对策建议

摘要：车用氢能（以下简称“氢能”）涉及制备、储运和加注多个环节，且各个环节对氢能产业的发展都至关重要。因此，系统性的对策建议意义显著。本文对国外发达国家氢能的制-储-运-加全环节发展现状进行了系统研究，分析了欧洲可再生能源制氢与管道运氢现状，总结并借鉴其发展经验。基于我国氢能的制-储-运-加全环节发展现状及瓶颈问题，在符合我国国情前提下，针对性提出我国氢能产业发展的对策建议。

关键词：氢能，制氢-储氢-运氢-加氢，现状，对策建议

0 引言

近年来，新一轮能源技术革命正在兴起[1]，构建清洁低碳、安全高效的能源体系已成为迫切需求[2]。氢能是指氢气通过和氧气发生化学反应所产生的能量，由于其具有无污染、热值高、能量密度大、来源多样等优点，被视为清洁的二次能源和 21 世纪的“终极能源”[3-6]。

世界各国对氢能的开发利用高度重视[7]，日本 2017 年发布《氢能源基本战略》，美国 2019 年发布《美国氢能经济路线图》，欧盟 2019 年发布《氢能路线图》，德国 2020 年发布《德国国家氢能战略》。随着做好碳达峰（2030 年）、碳中和（2060 年）工作确定成为我国今后一段时期的重点任务之一[7]，我国也在积极完善氢能政策体系，推动氢能产业发展。目前宏观综合政策、行业管理政策、科技创新政策和财税优惠政策均能找到与之相关的内容。2020 年，《政府工作报告》中提出引导加大氢燃料电池基础科研投入，鼓励能源企业建立稳定、便利、低成本的氢能供应体系，制定国家顶层氢能规划。国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划（2021~2035 年）》，明确提出有序推进氢燃料供给体系建设。国家能源局印发《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》，氢能被列为能源范畴。财政部

等五部门印发《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》，氢能也是其中重要的支持内容[7, 8]。

虽然在政策支持下，我国氢气年产量超过 2000 万吨，运营加氢站数量超过 80 座，氢能产业取得积极进展，但仍然面临多方面严峻挑战[9]。我国氢能产业尚处于起步期，且氢能涉及制氢、储运、加注多个环节，目前综合考虑氢能产业各个环节，对我国氢能产业进行可行性研究的文献尚未发现。为弥补该领域研究的不足，前瞻引领氢能产业发展，本文将分析国外主要氢能产业发展较好国家的制氢、储运和加氢站建设情况，提取并总结适合我国氢能产业发展的有益经验。此外，将重点分析欧洲可再生能源制氢和德国管道运氢的先进经验，针对性强化我国氢能产业的短板弱项。最后通过深度分析我国氢能产业各个环节的现状 & 问题，结合国外先进经验，提出有利于我国氢能发展的对策建议。研究结论一方面能够为我国氢能产业发展政策的制定提供决策依据，另一方面可指导地方政府科学发展氢能产业。

1 国外氢能产业发展现状

1.1 制氢环节现状分析

制氢方式方面，2020 年全球氢气年产量约 7330 万吨，各主要制氢来源中，48% 来自天然气重整、30% 来自石油气化，18% 来自焦炉煤气，4% 左右来源于电解水。目前欧洲多国开始大力发展可再生能源制氢，未来可再生能源电解水制氢的比例将持续提高。电解水制氢设备包括碱性电解水（Alkaline）、质子交换膜纯水电解（PEM）、固体氧化物水电解（SOE）三种类型，关键性能指标包括制氢速率（Nm³/h）、平均功耗（kWh/Nm³）等。其中碱性水电解槽技术最为成熟，生产成本较低，单台最大产气量为 1000m³/小时。质子交换膜电解槽流程简单，能效较高，单台产气量相对较低，已成为未来发展趋势。

本文主要介绍代表未来先进技术的质子交换膜电解水制氢，国外质子交换膜电解槽设备的主要生产企业为美国 Proton onsite 公司、Giner 公司和德国的 H-TEC 公司，国外典型质子交换膜产品技术水平如表 1 所示。

表 1 国外典型质子交换膜水电解装置技术水平

国家	美国	德国	美国
公司名称	Proton onsite	H-TEC	Giner
电解槽类型	PEM	PEM	PEM
代表产品	M 系列	ME 100/350	Allagash 系列
成本（美元/kW）			< 1000
制氢速率 Nm ³ /h	103-400	13-66	30-400
氢气纯度%	99.9998%	99.9%	99.9995%
平均功耗 kWh/Nm ³	4.53	4.9	--
输出压力 bar	30	30	0-40
环境温度℃	10-40	-15-35	--
特点	模块化	电解效率达到 74%， 可移动	模块化

1.2 储运环节现状分析

国外氢气储运体系已形成高压气态储存长管拖车运输、液氢储存与槽车运输、低压气态储存管道运输等多种运输方式并行发展的格局。目前，国外长管拖车运氢已开始采用 45Mpa 甚至更高的纤维全缠绕高压氢气瓶长管拖车，部分企业单车运氢可提升至 1100 公斤以上。液氢运输在国外已有较大规模，全球液氢总产能已超过 470 吨/天，其中北美占全球液氢市场总量的 85% 以上。美国通过大规模化氢液化工厂和高效的液氢储运体系所建立的氢能基础设施，已经实现了燃料电池叉车不依赖于国家补贴的市场化运营。德国、日本也已建成多座液氢加氢站以及与之匹配的液氢运输体系。近几年，美国、日本、韩国已建成为加氢站供氢的氢气管道系统示范。

1.3 加氢站建设运营环节现状分析

到 2020 年底，全球共有 553 座加氢站投入运营。其中，欧洲共有 200 座加氢站，德国拥有 100 座，位居第一，法国拥有 34 座加氢站，并计划建设 38 座，数量仅次于德国。此外，亚洲有 275 座加氢站，其中日本有 142 座加氢站，韩国有 60 座加氢站。在加氢站加注压力方面，德国、荷兰、丹麦、挪威等国 70Mpa 及 35/70Mpa 加氢压力的加氢站已占较高比例。各国情况如图 1 所示。

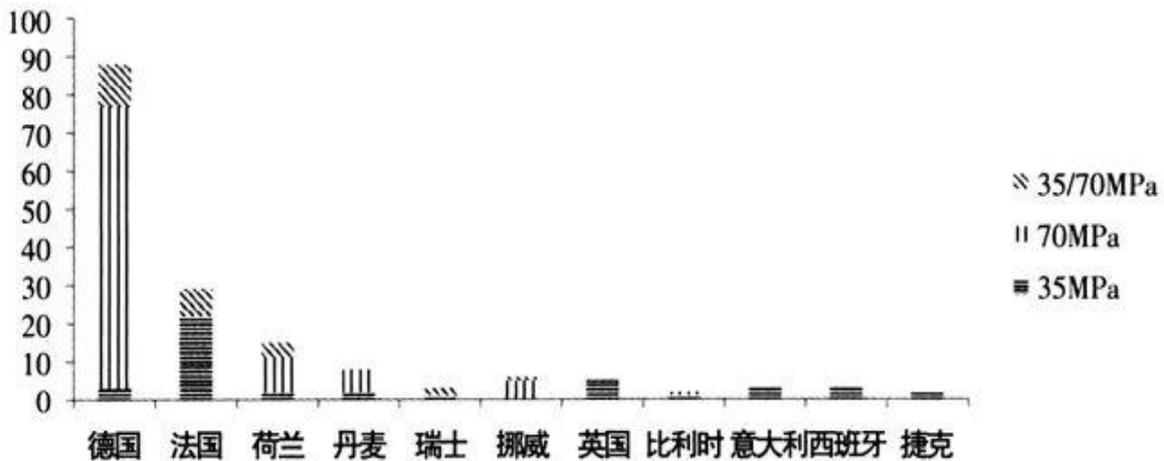


图 1 国外加氢站加注压力

1.4 德国可再生能源制氢经验借鉴

德国通过顶层设计推动、应用场景拉动、龙头企业先行，推进关键技术突破，并成立专门的管理机构，加强资金保障，注重国际合作，构建了全面发展可再生能源制氢的框架体系。

1.4.1 顶层设计推动产业发展

围绕氢能战略，德国和欧盟明确制定了可再生能源制氢在氢能产业中的优先地位，详细制定了可再生能源制氢的发展目标、发展路径、成本和规模展望，提出了技术创新突破的方向，并完善产业发展的组织结构、资金保障、人才保障等。

1.4.2 培育广泛的应用场景

德国和欧盟广泛培育氢能的应用场景，全面覆盖叉车、出租车、城市公交、中重型汽车、有轨电车和铁路、货车、乘用车等交通领域，建筑物供暖和供电领域，工业原材料领域，工业能源领域，以及发电领域，逐步实现多领域全面脱碳。

1.4.3 龙头企业大力推进

壳牌、沃旭能源等一批龙头企业大力投入，加快开展一批可再生能源制氢重点项目。

1.4.4 重视基础科学研究和关键环节技术突破

在创新研究领域，德国希望继续保持在氢能及相关领域技术的领先优势，将提供专项资金支持氢气生产、存储、输配、应用等全产业链关键技术和工艺的创新。

1.4.5 注重国际合作

德国、欧盟的氢能战略中都有独立内容描绘国际合作的愿景，包括建立通用的标准、术语和认证机制，在技术研发和基础设施建设上加强合作，推动建立开放的国际氢能贸易体系，促进能源、产品、技术的流通。

1.5 国外氢气管道运输现状分析

德国及欧洲多国利用现有的天然气基础设施，以及扩展和新建氢气专用运输网络，提升氢能运输和配送能力，对我国有一定借鉴意义。欧洲地区开展了多处掺氢示范项目，掺氢比例为 2%~20% 之间，示范应用范围在局限范围内进行。从欧美天然气管道掺氢实际项目的运行情况来看，在一定掺氢比例范围内技术上是可行的。近年来，美国、日本、韩国已建成为加氢站供氢的纯氢管道系统示范。全球范围内氢气输送管道总里程超过 4600 公里，基本由法国 Air Liquide、美国 Air Products、美国 Praxair 和德国 Linde 等 4 大公司建设，绝大多数由氢气生产商运营。纯氢管道运输适合氢气需求量很大、前期投资较高的场景。在目前我国加氢站尚未普及、站点较为分散的背景下，管道运氢成本优势尚不明显，可选重点区域小规模试运行。

2 我国氢能产业发展现状

2.1 制氢环节现状分析

近年来，我国氢气产量持续增长，且以化石能源制氢为主，煤基制氢、天然气及石油基制氢占比超过 80%，电解水制氢仅占比 1% 左右，如图 2 所示。

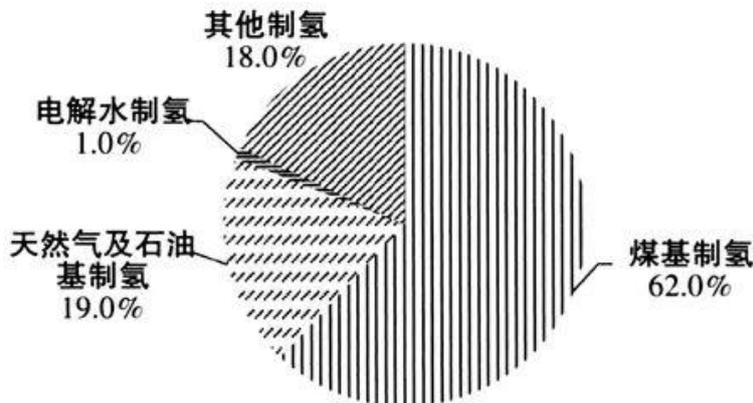


图 2 中国氢气生产结构

未来，可再生能源电解水制氢潜力巨大，电解水制氢主要包括碱性电解水、质子交换膜电解水、固体氧化物电解水等方式。各类电解水制氢方式的基本情况如表 2 所示。

表 2 电解水制氢技术现状

	碱性电解水	质子交换膜电解水	固体氧化物电解水
电解质隔膜	30%KOH@石棉布	质子交换膜	固体氧化物
电流密度	<1 A/cm ²	1~4A/cm ²	0.2~0.4 A/cm ²
电耗 kWh/Nm ³ H ₂	4.5~5.5	4.0~5.0	≤3.5
系统寿命	20~30年	10~20年	-
工作温度	≤90℃	≤80℃	≥800℃
产氢纯度	≥99.8%	≥99.99%	
能量效率%	62~82	67~82	81~92
设备体积	1	~1/3	—
操作特征	需控制压差 产气需脱碱	快速启停 仅水蒸汽	启停不便 仅水蒸汽
可维护性	强碱腐蚀强	无腐蚀性介质	
环保性	石棉膜有危害	无污染	
产业化程度	充分产业化	特殊应用/商业化初期	实验室阶段
单机规模	≤1000 Nm ³ H ₂ /h	≤200Nm ³ H ₂ /h	

碱性电解水制氢是目前商业化最主流的电解水制氢技术，质子交换膜电解水制氢成本较高，尚未商业化应用，固体氧化物电解水尚处于实验室阶段。

2.2 储运环节现状分析

从发展现状和技术条件来看，高压储氢、液化储运及金属氢化物储氢三种方式更适用于商用要求。国内氢气运输主要有 4 种方式，分别为高压气态运输、液氢运输、管道运氢和固态运氢。

高压气态运氢一般采用长管拖车，储氢容器多为氢气压力 20MPa 左右的 II 型瓶，单车运输氢气量一般不超过 400kg。国内 20MPa 长管拖车运输设备产业在国内已经成熟。由于政策标准约束，国内高压气态运氢尚无法突破 20Mpa。

我国液氢主要应用在航天领域。随着航天事业的发展，我国已形成了液氢生产、试验及测控、安全与检测等完整的应用技术体系和工业装备。2011 年我国成功研制 300 m³ 液氢储存容器并应用于军事火箭发射场储运，基本掌握了液氢容器的设计、制造工艺等核心技术。

天然气管道掺氢运输方面，我国天然气掺氢技术尚处于起步阶段，仅浙江大学在掺氢天然气与管材相容性研究、临氢材料寿命预测等方面进行了部分研究，且仅有一个示范项目“朝阳可再生能源掺氢示范项目第一阶段工程”，并仅为一个用户供气。

纯氢管道运输方面，我国氢气输送系统建设较国外明显滞后，现有氢气输送管道总里程仅约 400km，其中包括自主建设的典型输氢管道有 2 条，分别是 2014

年建成投产的中国石化巴陵石化的巴陵-长岭输氢管道（42公里），与2015年建成投产的中国石化洛阳分公司的济源-洛阳输氢管道（25公里）。

2.3 加氢站建设运营环节现状分析

截至2020年12月底，中国累计建成118座加氢站（不含3座已拆除加氢站）。其中，101座建成的加氢站已投入运营。全国共有20个省市布局加氢基础设施，其中广东建成的加氢站最多，累计达到30座，山东以11座排在第二位，上海10座，位居第三。在加氢站加注压力方面，以35MPa为主，少部分35Mpa/70MPa加氢站处于研发和示范阶段。

3 我国氢能产业发展的主要制约因素与对策建议

3.1 主要制约因素

3.1.1 低成本清洁氢气来源有待拓展

我国氢气产量较高，但大多都已有明确用途，车用氢气占比较低。煤制氢成本较低，但污染物排放较高，不符合当前绿色发展的理念。工业副产氢多数供给工业应用，车用提纯难度较高。网电电解水制氢能耗较高，且当前电力结构以火电为主，污染物排放和成本均较高。清洁、低成本仍是制氢的主要制约因素。

3.1.2 规模化及高经济性的运氢体系尚未建立

国内运氢方式以20Mpa长管拖车运氢为主，运氢量小，经济性不足。45MPa及以上高压气态运氢标准及液氢运输标准成为主要制约因素，管道运输受技术和经济性制约，全面推广难度较高。

3.1.3 关键设备及技术存在短板，自主化程度有待提升

车载储氢系统、运氢长管拖车、氢气压缩机、加氢机等关键设备的技术水平与国外存在明显差距，部分耐高压阀门、管路、车载储氢瓶用碳纤维等核心零部件仍依赖进口。

3.1.4 加氢站建设审批流程尚不完善

国家主管部门的领导机制及分工尚不明确，导致加氢站建设运营主管部门尚不明确。加氢站建设运营的流程和规范有待完善，缺乏统筹部门及可操作的管理规范和流程，产业政策、技术规范、管理办法及氢气存储、运输等技术标准不完善。

3.2 对策建议

3.2.1 因地制宜探索绿色环保低成本制氢

优先选择可再生能源丰富，同时经济发展条件较好的区域，如京津冀、四川等地，探索验证可再生能源制氢、用氢，逐步形成经济性和可复制推广的经验。在初步形成经济性的基础上，选择甘肃、新疆、西藏等弃光较多的区域，形成新的经济增长点。

3.2.2 加快探索高效运氢技术和商业模式

在部分具备条件的区域，通过试点示范等方式，加快探索30Mpa、45Mpa等更高压力运氢长管拖车的应用，验证高压长管拖车的运氢经济性，力争运氢成本大幅下降。开展大规模氢气液化，推进液氢运输加氢站建设运营，探索较长距离液氢运输，验证液氢运输的技术可行性和经济性。

3.2.3 突破氢气储运以及加氢站关键设备短板

鼓励企业突破 30Mpa、45Mpa 等更高压力高压气态储氢技术。支持企业开展低温液氢储运新工艺、新技术的开发与应用，突破氢脆技术制约难题，突破液氢运输技术。开展新型氢气管道运输材，探索管道运氢技术。突破管路、阀门、高端碳纤维等关键材料和零部件。培育一批国产压缩机关键零部件企业，提高国产化水平。

3.2.4 积极探索加氢站建设审批流程与规范虽然国家尚未建立加氢基础设施的管理流程与规范，但可通过地方试点先行，建立地方层面的加氢站建设审批流程与规范，并在试点过程中不断优化完善，成熟后可探索将地方管理流程与规范向全国推广。

参考文献：

- [1]中华人民共和国国家发展和改革委员会.能源技术革命创新行动计划（2016-2030 年）[EB/OL].（2016-04-07）http://www.ndrc.gov.cn/zefb/zcfbtz/201606/t20160601_806201.html.
- [2]赵俊玮, 陈轶嵩, 方海峰等.我国燃料电池汽车加氢站发展现状分析及对策建议[J].汽车工程学报, 2019, 9（03）：49-56.
- [3]曹蕃, 陈坤洋, 郭婷婷等.氢能产业发展技术路径研究[J].分布式能源, 2020, 5（1）：1-8.
- [4]于蓬, 王健, 郑金凤等.氢能利用与发展综述[J].汽车实用技术, 2019（24）：22-25.
- [5]程婉静, 李俊杰, 刘欢等.两种技术路线的煤制氢产业链生命周期成本分析[J].煤炭经济研究, 2020, 40（3）：4-11.
- [6]ALAM M, KUMAR K, SAKET V, et al. Renewable sources based DC microgrid using hydrogen energy storage: modelling and experimental analysis[J]. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2020, 42: 100840.
- [7]李建林, 李光辉, 马速良等.碳中和目标下制氢关键技术进展及发展前景综述[J].热力发电, 2021, 50.
- [8]丁振森、王佳、姚占辉、方海峰.多视角下中国氢能与燃料电池电动汽车发展研究[J].中国汽车, 2020, 342（09）：34-39.
- [9]王颖, 崔志广.氢能产业面临三大挑战[J].中国能源报, 2021, 4: 1-2.

[返回目录](#)

主 编：邢 敏 编 审：沈 彬 王 梦 编 辑：沈 彬 王 梦

发 送：各理事单位、各分会秘书处

中国内燃机工业协会

2022年2月印发