
车用替代燃料发展状况与前景

赵勇强

摘要 交通部门发展车用替代燃料的迫切性日益增加。各种车用替代燃料将在技术革新、政策扶持和市场竞争的推动下实现重大技术突破和快速发展，呈现重叠递进的态势。预计天然气汽车将继续在特定领域得到推广应用，油电混合动力车和电动汽车将来主要用于中短途交通，非粮生物燃料和可再生氢燃料未来将成为重型卡车、航运和航空等长途交通工具的最经济可行的清洁替代燃料，而插电式混合动力车将在中间市场发挥最大作用。建议我国政府继续支持燃气汽车推广应用，大力发展非粮生物燃料和新能源汽车。

关键词： 车用 替代燃料 前景

近年来，传统能源供应趋紧、温室气体减排压力不断增大，发展替代能源已成为世界共识。大力发展替代能源、改善能源结构已成为保障我国能源安全的必然选择。特别地，交通部门是今后能源需求增长最快的领域之一，发展车用替代燃料是推进能源替代工程的重要组成部分。

1、国际车用替代燃料发展趋势

(1) 交通部门发展车用替代燃料的迫切性日益增加。国际能源机构（IEA，2008）预测，在没有重大替代燃料技术突破的基准情景下，2030年世界交通部门的能源消费和温室气体排放将分别比2006年增加9.44亿吨油当量和24亿吨CO₂，分别占同期世界能源总消费增量的18%和温室气体总排放量的19%，届时交通部门在世界石油总需求中的比重也将增加到57%。车用替代燃料得到了许多国家的政府推动和政策扶持。欧盟委员会在2007年发布的《能源技术战略计划》中提出要在今后通过开发推广第二代生物燃料、混合动力技术和氢燃料来实现交通部门的低碳化，2008年初又提出2020年使可再生燃料（主要是生物燃料）满足10%道路交通燃料需求的目标。美国在2007年通过的《能源独立和安全法案2007》中要求可再生燃料使用量在2022年达到360亿加仑（约1.1亿吨），预计届时将占美

国车用燃料的 22%。

(2) 车用替代燃料的发展进程逐步加快, 途径更加多样。从技术角度看, 车用石油燃料的替代途径包括两种: 一种是以适应现有车用内燃机为导向、利用非石油资源生产的液/气态碳氢燃料的直接燃料替代; 另一种是以革新车用发动机和动力系统为导向、节约或彻底摆脱碳氢燃料的间接技术替代。预计在 2030 年前, 传统的车用动力燃料技术体系仍将在道路交通体系中占据主流位置, 使得车用燃气、生物液体燃料、煤基和天然气基合成燃料等直接燃料替代成为车用燃料替代的主要选择。随着现代汽车技术的进步, 采用新型动力系统的新能源汽车也在传统燃料替代之外开辟了重要途径, 主要包括油电混合动力车、纯电动汽车以及氢燃料电池车。按照相应的原料和技术特点, 各种替代燃料具有不同的节能减排效益, 现处于不同的发展阶段(见表 1)。

表 1 车用替代燃料发展状况

	替代燃料	节能减排效益	发展进程
直接燃料替代	燃气(天然气, 液化石油气)	温室气体排放减少约 20%	商业化
	煤基燃料(甲醇、二甲醚、费托合成燃料)	化石能源消耗和温室气体排放均增加 80~200%;	南非实现煤制油商业化
	传统生物燃料	节能减排率约 20~60%,	实现商业化;
	第二代生物燃料	节能减排率约 50~90%	技术研发和应用示范
间接技术替代	混合动力汽车	油耗和温室气体排放减少约 10~40%	前期商业化
	纯电动汽车	温室气体排放减少约 50%	产业化示范
	燃料电池汽车	如采用常规电力电解制氢, 温室气体排放增加约 50%	技术研发和应用示范

(3) 天然气汽车是目前推广条件最成熟的清洁汽车。过去十几年来, 日趋成熟的天然气汽车技术、相对较低的天然气价格和显著的污染物减排效果推动了天然气汽车保有量的快速增加。近几年世界天然气汽车保有量年均增长率超过 30%, 而亚太地区增长率达到 50%。截止 2008 年 3 月, 世界天然气汽车总量超过 850 万辆, 其中大约 75%分布在阿根廷、巴基斯坦、巴西、印度和伊朗等五个国家。据

统计，在相同的当量热值条件下，世界各国天然气的价格大约为汽/柴油的30%~60%。作为技术成熟、资源丰富的清洁替代燃料，车用天然气具有较大的增长潜力，但是其未来发展前景从根本上取决于天然气对石油燃料的比价关系。

(4) 生物燃料已成为车用替代燃料的最重要发展方向之一，正在酝酿技术和产业升级转型。目前已经实现商业化发展的生物燃料主要包括利用玉米、甘蔗、植物油等传统粮糖油原料生产的燃料乙醇和生物柴油，通常被称为第一代生物燃料（或传统生物燃料）。2007年，世界主要国家的燃料乙醇和生物柴油产量分别达到约4000万吨和880万吨。近年来，国际社会日益重视发展以农林业废弃物、非粮能源植物、富油微藻等为原料的第二代生物燃料技术，主要是纤维素乙醇（丁醇）、加氢生物柴油（HVO）、生物质费托合成燃料（BTL）、合成醇醚燃料（生物甲醇和二甲醚）、以及氢燃料等。中国和印度等一些国家目前还积极发展以甜高粱茎秆、麻疯树果实等非食用粮糖油植物为原料的燃料乙醇和生物柴油技术；鉴于这些生物燃料的技术成熟度介于传统生物燃料和第二代生物燃料技术之间，有时也被称为第1.5代生物燃料。大部分研究显示，传统生物燃料在全生命周期内的化石能源替代率和温室气体减排率大约为20%~60%，第二代生物燃料则提高到50%~90%。因此，从资源潜力和能源环境效益角度看，第二代生物燃料被普遍视为未来的主要发展方向。国际能源机构（IEA, 2007）预测，如果实现了第二代生物燃料的大规模生产应用，2030年全球生物燃料使用量将达到3.3亿吨油当量。但是，第二代生物燃料的大规模开发应用存在技术突破、成本下降、以及最优技术产品路线选择等方面仍然存在不容忽视的不确定性。

(5) 煤基合成燃料发展缓慢，天然气基合成燃料开始进入产业化发展阶段。在国际上，煤基和天然气基合成燃料生产技术都已趋于成熟。但是，由于煤基合成燃料在生产使用过程中的CO₂排放强度比汽/柴油等石油燃料高1~2倍，所以在国际范围上并没有成为重要发展方向。目前全世界除南非和中国外，其他国家并没有启动煤制油（CTL）项目。天然气合成油技术（GTL）既可以高效开发利用分散的小规模天然气田，又能提供超清洁的汽车燃料，近年在经济和环保因素驱动下明显升温。目前全球已建成了3个商业化气制油项目。国际能源机构预计，全球天然气合成油产量将继续大幅增加，但有赖于进一步提高能源转换效率、降低生产成本、提升与液化天然气（LNG）的竞争力。

(6) 新能源汽车技术进展加快，但性能和经济性有待提高。近年来随着镍氢电池和锂离子电池技术的显著进展，电动车（EV）已逐步成为近中期的重要技术选项，但仍需要进一步克服行车里程短、动力和可靠性低、成本偏高等障碍。油电混合动力车（HEV）可显著提高燃油经济性，在城市交通路况下的节油率可达

20%-40%，目前在欧美已进入商业化发展阶段和主流汽车市场。插电式混合动力车（PHEV）综合了油电混合动力车和纯电动汽车两者优势，已处于产业化前期阶段，将为未来纯电动汽车的发展奠定基础。氢燃料电池车（FCV）具有发动机能源转换效率高、没有尾气污染物和CO₂排放等优点，被许多人视为最有发展前途的清洁汽车技术解决方案。但氢燃料电池车的大规模应用有赖于实现低成本的低碳制氢技术（即可再生能源和核能制氢技术）、高能量密度储氢技术、长寿命高效燃料电池技术的重大突破，以及完善的加氢站等基础设施。

综合来看，各种车用替代燃料将在技术革新、政策扶持和市场竞争的推动下实现重大技术突破和快速发展。预计油电混合动力车和电动汽车将来主要用于中短途交通，生物燃料和可再生氢燃料未来将成为重型卡车、航运和航空等长途交通工具的最经济可行的替代燃料，而插电式混合动力车将在中间市场发挥最大作用。

2. 我国发展替代能源和车用替代燃料的政策

我国确立了“以可再生能源替代化石能源，以新能源替代传统能源、以优势能源替代稀缺能源”的替代能源发展总体战略，并将重点确定为发展多元化车用替代燃料。

（1）鼓励推广应用天然气汽车。1999年启动的“空气净化工程清洁汽车行动”和2006年启动的“节能与新能源汽车”高科技计划中都支持研发和推广使用天然气汽车。2007年8月，国家发展改革委颁布的《天然气利用政策》规定，天然气汽车（尤其是双燃料汽车）是优先类天然气利用方式。

（2）积极发展车用生物燃料。“十五”期间，我国出台了生产陈化粮燃料乙醇生产和开展车用乙醇汽油试点的扶持政策。“十一五”期间，我国开始推动生物液体燃料产业转向利用非粮原料。《可再生能源中长期发展规划》提出根据中国土地资源和农业生产的特点，合理利用非粮生物质原料生产燃料乙醇和生物柴油，到2020年，生物燃料乙醇年利用量达到1000万吨，生物柴油年利用量达到200万吨，总计年替代约1000万吨成品油。

（3）引导煤制油等煤基燃料有序发展，集中力量建立技术储备。2008年8月，国家发改委发出通知指出，目前我国煤制油仍处于示范工程建设阶段，不能一哄而起、全面铺开，应坚持通过煤制油示范工程建设，全面分析论证，确定适合我国国情的煤制油技术发展主导路线，在总结成功经验的基础上再确定下一步工作。

（4）大力研发示范新能源汽车，稳步推进产业化工作。发展新能源汽车已

被视为实现能源环境目标的重要途径和提升我国汽车产业竞争力的突破点。“十五”以来，科技部设立了电动汽车重大科技专项，支持国内企业和研究机构重点开发纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车。国家发改委于2007年10月颁布了《新能源汽车生产准入管理规则》，并陆续把一批国产新能源汽车纳入了《车辆生产企业及产品目录》，准许开展量产。

3、我国车用替代燃料的发展状况

(1) 天然气汽车进入快速发展期。截止到2007年底，全国已有30个省(市、自治区)的80多个城市推广天然气汽车，建成天然气站555座，主要集中在气源地附近。目前，我国已初步建立了完整的天然气汽车产业链，2007年全国天然气汽车产量达到5.7万辆，尾气排放已达欧III标准。目前国内正在研发符合欧IV排放标准的天然气汽车，预计2010年前可投放市场。

(2) 车用生物液体燃料开发得到重视，非粮生物液体燃料成为根本方向。我国在“十五”期间建成了总产能为132万吨的4家陈化粮燃料乙醇企业，在9个省市推广使用乙醇含量为10%的车用乙醇汽油(E10)。“十一五”以来，我国政府明确要求转向发展非粮生物液体燃料，一批民营企业和国有企业积极投身非粮生物液体燃料产业，加大了技术研发、原料基地和生产项目建设力度。目前，我国利用薯类、甜高粱、小桐子等非粮作物/植物生产燃料乙醇和生物柴油的技术已进入项目示范阶段。广西于2007年建成了年产20万吨乙醇的木薯乙醇项目。纤维素乙醇燃料、生物质费托合成柴油燃料(BTL)、加氢生物柴油(HVO)、藻类生物柴油等第2代生物柴油技术目前尚处于技术研发阶段。总体上看，我国生物液体燃料产业发展仍需克服如下挑战：一是原料资源基础仍然薄弱；二是技术产业发展水平不高，三是缺乏足够强的经济竞争力和抗风险能力。

(3) 煤基合成燃料开发取得进展，但仍然面临环境威胁和技术瓶颈等制约因素。我国已形成比较成熟的煤制甲醇和二甲醚生产技术，也在部分地区开展了车用甲醇示范工作，已开始了二甲醚车示范运行，但分别由于环境风险和发动机燃料供给储运技术障碍而难以实现大规模推广。煤制油技术示范项目建设正在稳步推进。2008年，神华集团煤直接液化项目已建成首条生产线。但是，煤制油在根本上仍存在CO₂排放强度高、能耗水耗高、投资大、周期长等制约因素，在近中期还需克服技术工艺不成熟、工程放大风险等问题。

(4) 新能源汽车开发进展加快，但与实现产业化有一定距离。在2008年北京奥运会期间，我国汽车企业和科研机构提供了自主研发的一批电池汽车、混合

动力客车/轿车、燃料电池轿车等各种新能源汽车为奥运会服务。科技部于 2008 年提出“十城千辆”新能源车示范运行计划，拟连续 3 年在国内 10 个以上有条件的大城市进行混合动力汽车、纯电动汽车和燃料电池汽车以及能源供应基础设施的大规模运行示范，使我国到 2010 年节能与新能源汽车的规模达到 1 万辆。但是，目前我国新能源汽车发展还存在技术成熟度不够、关键零部件配套缺乏、可靠性和生产一致性差、市场导入期的成本较高等障碍，使得新能源汽车距离规模化量产和广泛使用尚有一定距离。

4、我国车用替代燃料发展前景

总体来看，我国车用替代燃料仍处于早期发展阶段，正在政策扶持下推进产业化发展进程，已呈现出发展进程逐步加快、技术路径多元化、市场份额持续扩大的趋势。

(1) 多元化发展是我国车用替代燃料开发进程的必然路径。从资源保障能力上看，目前非常规石油资源、生物质资源、煤炭资源都有规模化开发潜力；但从远期看，我国上述任何一种替代能源若以亿吨级的规模进行开发都可能遭遇不同程度的资源瓶颈和压力；从技术角度看，非粮生物质液体燃料、煤基液体燃料、新能源汽车都还有待于加快产业化发展、明显提高和充分展示能源环境效益；从经济性上看，大多数石油替代能源的生产成本目前既未达到能与常规石油燃料展开大规模竞争的水平，也并不具备足够抵御国际油价宽幅振荡所导致的市场风险的能力。因此，多元化发展将是我国车用燃料替代战略进程的必然路径。

(2) 各类替代燃料发展进程将呈现重叠递进的态势。积极的能源经济扶持政策和日益严格的环境政策（特别是温室气体排放政策）将是车用替代燃料发展的关键促进因素；技术和产业化条件的成熟度差异，以及国际原油市场（以及逐步一体化的天然气市场）的供需形势和价格走势将高度影响车用替代燃料进程。在近期，技术和产业化条件相对成熟、具有明显节能减排效果、与现有发动机和基础设施兼容性好的低碳高效替代燃料可望率先扩大生产使用规模，包括天然气汽车、第 1.5 代非粮生物燃料、油电混合动力车。在中长期，随着国际石油价格大幅回升、替代燃料技术快速进步、国内能源税和温室气体排放权制度的建立健全，清洁替代燃料和新能源汽车将进入快速发展阶段，节能减排效果更加明显的第二代生物燃料和纯电动汽车可望加快商业化发展进程。在长远期，随着各种清洁替代燃料技术的日趋成熟，其中温室气体减排潜力最大和资源保障程度较高的技术途径将得到更多支持和更快发展，预计主要是纯电动车（以及插电式混合动力车）、第二代生物燃料、以及可能的（基于低碳制氢技术的）氢燃料电池车。

(3) 天然气汽车使用量将继续增加，但其发展会受到区域和价格等方面的制

约。天然气资源开发和输送工程建设的快速进展，以及天然气利用政策的支持，将为天然气汽车的继续发展提供资源和政策保障。预计天然气汽车的推广应用区域主要是天然气资源丰富地区和输送接受工程周边地区，主要推广应用领域仍是公交汽车和出租车。但是，随着国内外天然气市场需求日益增加、我国资源性产品价格改革进程的推进、天然气市场价格的逐步攀升，预计车用天然气的成本优势和经济驱动力在中长期将逐步弱化，从而制约车用天然气的进一步扩大推广应用。

(4) 生物液体燃料产业化水平有望进一步提升，1.5 代生物燃料将成近中期主流。近期通过收集利用废糖蜜和废油脂可年产数百万吨级燃料乙醇和生物柴油；近中期通过推广良种良法和开发边际土地，种植甜高粱、薯类和油料林等，预计可年产上千万吨燃料乙醇和数百万吨生物柴油；在中长期，随着第 2 代生物燃料技术的成熟，可望利用农作物秸秆和林业生物质资源等年产数千万吨生物液体燃料。

(5) 煤基合成燃料将成为重要替代燃料技术储备，以保障液体燃料供应安全。在相当长的一段时间里，煤炭将是我国经济发展所依靠的基础能源；开发应用煤基替代燃料将是较长一段时间内发展替代燃料的重要技术选项。但是，考虑到资源环境压力，我国发展煤基合成燃料的任务仍将以技术储备为主，继续延续目前既定政策，有序建成投产若干百万吨级煤制油示范项目。

(6) 新能源汽车的产业化进程将加快，并率先在公共部门、公交和特殊领域实现应用。在示范车辆和基础设施的带动下，我国新能源汽车的产业化和商业化发展进程可望进一步加快，并将首先在公共部门、公交和特殊领域实现推广应用，在具备足够竞争力和基础设施条件后可推广至大众交通领域。

此文章发表于 2009 年第 4 期《中国能源》