

车用替代能源综合评价 与发展策略

陈昊

(长安大学汽车学院, 交通新能源开发、应用与汽车节能陕西省重点实验室, 全国醇醚燃料及醇醚清洁汽车专业委员会西安试验检测中心, 陕西 710064)

摘要: 本文从技术性与政策性角度分析了各种车用替代能源的技术优缺点以及政策支持力度。研究表明: 首先, 发展车用替代能源应该以新能源汽车及传统汽车的替代燃料两个方面为重点。其中, 新能源汽车以燃气汽车、混合动力汽车与甲醇汽车为主要发展方向, 使用替代能源为天然气或液化石油气、电与甲醇; 传统汽车替代燃料以甲醇汽油、生物柴油与二甲醚为主要发展方向。其次, 由于发展的多元性, 车用替代能源发展策略应该同时注重区域性、技术性以及政策性。

关键词: 车用替代能源; 汽车保有量; 新能源汽车; 政策性; 技术性

中图分类号: U473 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-2355(2012)12-0031-05

doi: 10.3969/j.issn.1003-2355.2012.12.007

Abstract: This paper analyzes technology advantages or disadvantages and the policy support of various alternative energy for vehicles in terms of technicality and policy. The results show that: firstly, the development focus of alternative energy should be concentrated on the new energy vehicles and alternative fuels for traditional vehicles. Among them, the main developing directions for the new energy vehicles are gas, hybrid and methanol vehicles. The alternative energy is natural gas or liquefied petroleum gas, electricity and methanol. And the main developing directions for the traditional alternative fuels are methanol-gasoline, biodiesel and dimethyl ether. Secondly, because of the diversity of development, the developing strategies for alternative energy of vehicles should take the regional, technical and policy natures into considerations.

Key words: Vehicle alternative energy; Auto possession; New energy vehicles; Policy; Technicality

1 背景概述

1.1 汽车保有量

根据公安部交管局发布的最新数据, 截至2011年8月底, 全国机动车保有量达到2.19亿辆。其中, 摩托车占54.12%, 约为1.19亿辆。汽车保有量占机动车总量的45.88%, 超过1亿辆。这是我国汽车保有量首次突破1亿辆大关, 仅次于美国的2.85亿辆, 位居世界第二。

图1为2004年至2011年我国汽车保有量的变

化情况。可以看出, 我国汽车保有量由2004年底的2742万辆增长至2011年底的10578万辆。年增长率超过13%; 最低为2008年的13.5%; 最高为2005年的20.6%。预计到2020年我国汽车保有量将超过2亿辆。

1.2 新能源汽车及各自特点

从目前的情况看, 内部解决能源短缺与能源安全问题的共同方法有: (1) 推进新能源汽车产业化; (2) 研究传统汽车的节能技术, 降低汽车能源消耗;

收稿日期: 2012-11-26

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(CHD2010JC095); 长安大学基础研究支持计划专项基金资助。

作者简介: 陈昊(1981-), 男, 长安大学副教授, 主要从事内燃机燃烧与排放控制、交通新能源与交通安全的研究。

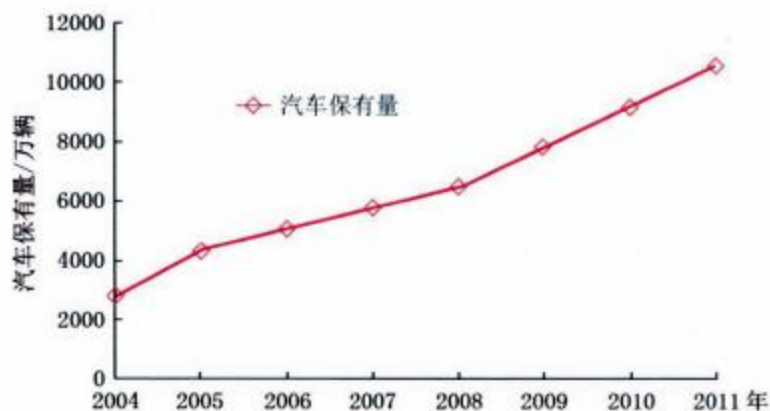


图1 汽车保有量变化趋势

(3) 开发传统汽车的替代燃料, 促进能源供应种类多样化。

首先, 新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源(或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置), 综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术, 形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括燃气汽车、混合动力汽车(HEV)、纯电动汽车(BEV, 包括太阳能汽车)、燃料电池电动汽车(FCEV)、氢发动机汽车及其他新能源汽车等类别产品。新能源汽车中, 燃气汽车是指用压缩天然气(CNG)、液化石油气(LPG)和液化天然气(LNG)作为燃料的汽车, 燃气汽车技术成熟完善、运行成本低、安全可靠且应用广泛, 被世界各国公认为当前最理想的新能源汽车, 在我国新能源汽车中占到90%左右。其他的新能源汽车均存在技术上的难点或者产业化的瓶颈。

其次, 传统汽车的节能技术主要是指传统发动机的节能技术, 主要是改善发动机燃烧过程、提高发动机热效率。常用的节能技术有: 提高压缩比、稀燃技术、缸内直喷技术、增压中冷技术、可变进气技术、改善进排气过程、改善混合气在气缸中的流动方式、改进点火配置并提高点火能量、优化燃烧过程、电控喷射技术、高压共轨技术、绝热发动机技术等。传统汽车或者发动机的节能技术已经广泛地应用于制造领域, 研究工作持续开展。然而, 经过上百年的发展, 发动机节能技术非常成熟完善, 因此发动机技术上的节能空间已经很小, 大幅度或者质的提高很难成为现实。

最后, 以汽油机或柴油机为动力装置的传统汽车仍然是今后占主导地位的主流交通工具。与新能源汽车不同, 开发传统汽车的替代燃料可以部分替代石油资源, 并且不需要对汽车进行结构上的技术

改造。常用的替代燃料有: 甲醇汽油、乙醇汽油、醇醚类燃料及生物柴油等。传统汽车的替代燃料具有应用简单、使用范围广以及性能优良的优点。

综上所述, 当前发展车用替代能源应该主要考虑两个方面: 新能源汽车使用的替代能源和传统汽车的替代能源。

2 新能源汽车的替代能源

2.1 甲醇汽车

2.1.1 技术性评价

甲醇汽车是指使用“车用燃料甲醇”(不含汽油, M100)的汽车, 本质上是改质甲醇。在汽油机上使用燃料甲醇以及M85高比例甲醇汽油时需要安装灵活燃料控制器(事实上当甲醇比例超过40%时, 都需要安装), 对发动机进行改动与调整。下文中传统汽油车使用的甲醇汽油替代燃料, 通常是指M5、M15与M25等低比例甲醇汽油, 本质上是一种改制汽油, 直接可以在汽油车上使用而不需要对发动机进行改动。本节探讨甲醇汽车, 其使用能源为M85或M100。

2009年11月1日我国首个《车用燃料甲醇》标准已获得批准实施。该标准规定了车用燃料甲醇的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存和安全等, 适用于车用燃料甲醇的生产、检验和销售。是把甲醇从化工产品向燃料转变的合法依据, 以车用燃料甲醇为基础调配各种比例的甲醇汽油。2009年7月2日, 国家标准化管理委员会发布公告称, GB/T 23799—2009《车用甲醇汽油(M85)》标准正式批准颁布, 并于同年12月1日起实施。

甲醇汽车技术已经相当完善。通过安装灵活燃料控制器, 调整喷油脉宽, 可以获得与汽油机相当的动力性; 有效燃油消耗率增加(甲醇热值低); HC与CO排放降低; NO_x与甲醛排放增加, 但是仍然处于同一水平。

2.1.2 政策性分析

2012年2月29日, 工业和信息化部决定在山西省、上海市和陕西省开展甲醇汽车试点工作。笔者作为陕西省甲醇汽车试点工作的子项目负责人参加了试点工作会议。此次试点在陕西省内五市进行, 车型有小轿车、微型车、厢式车与重型车。具体工作安排如下: 甲醇小轿车在西安、咸阳、榆林和汉中各安排20辆, 甲醇小轿车以出租车的形式由出租

车公司经营,在市区内运行;甲醇微型车5辆、甲醇厢式车15辆,安排在宝鸡市,甲醇微型车及甲醇厢式车以零担货运在市区运行;甲醇载重车10辆,安排在榆林市,以货运形式,在固定运煤线路运行。运行燃料为M85或M100。2012年8月,华普、陕汽等企业生产的甲醇汽车将发布公告(《车辆生产企业及产品公告》)。

2007年甲醇燃料与二甲醚被国家发展和改革委员会确定为今后20~30年过渡性车用替代燃料。相对于“电动汽车”、“氢燃料汽车”等,甲醇汽车具有技术可行性、大规模应用可行性、经济可行性等多方面优势,是更加现实的新能源路径之一。2007年发展和改革委员会颁布《中国醇醚燃料及醇醚清洁汽车发展专题报告(征求意见稿)》后,国内甲醇二甲醚产业迅速发展。2007年和2008年甲醇产能增长速度分别高达76%和43%,产能过剩局面已显。2002年至2011年,甲醇消费量高于产量,2008年以前消费量与产量的缺口非常小,2008年以后进口量显著增加;虽然产量小于消费量,但是我国的甲醇产能远远超出消费量与产量。因此我国甲醇的产能完全可以支撑起甲醇汽车产业的发展。

2.2 混合动力汽车

2.2.1 技术性评价

混合动力汽车多半采用传统的内燃机和电动机作为动力源,通过混合使用热能和电力两套系统开动汽车。使用的内燃机既有柴油机又有汽油机,因此可以使用传统汽油或者柴油,有的发动机经过改造使用其他替代燃料。使用的电动力系统中包括高效强化的电动机、发电机和蓄电池。混合动力汽车技术已经日益成熟,有些已经进入实用阶段。由于构造复杂且有两套系统,生产成本较高,在电动汽车时代到来之前,混合动力汽车在很长一段时间内是一种成熟产品。

2.2.2 政策性分析

2007年我国混合动力汽车销量为2500辆;2011年混合动力与纯电动汽车的总体销量不到1万辆。工信部产业政策司牵头制定的《节能与新能源汽车产业发展规划》指出:到2015年,纯电动汽车和插电式混合动力汽车累计产销量力争达到50万辆;到2020年,纯电动汽车和插电式混合动力汽车生产能力达200万辆、累计产销量超过500万辆。

按照规划,从2011年不到1万辆发展到2015

年产销50万辆,一方面,难度非常大;另一方面,说明国家对混合动力汽车的重视程度以及其发展空间的广阔。

从目前的情况来看,混合动力乘用车的发展受到价格、补贴机制、认知程度以及便捷性等因素的限制;混合动力商用车作为公交汽车具有明显的节能减排优势,而价格问题也可以由政府主管部门与公交公司协调解决,因此发展相对较快。

综上所述,发展混合动力汽车以商用客车为突破口,使用对象为城市公交系统。在此基础上,完善乘用车价格及补贴机制,进一步推广应用混合动力汽车。

2.3 燃气汽车

2.3.1 技术性评价

燃气汽车主要指天然气汽车与液化石油气汽车。1999年天然气汽车占燃气汽车比例为9.3%;2004年占47%;当前情况表明天然气汽车的保有量与增速远高于液化石油气汽车。

国外液化石油气(LPG)汽车技术成熟,应用较广。我国LPG汽车技术落后,表现在以下几个方面:(1)LPG专用发动机技术落后,改装车较多,导致动力性与经济性较差;(2)LPG汽车配套服务不健全,使用成本偏高;(3)安全问题突出;(4)技术问题导致环保压力增加。但从发展的多元性、能源安全以及世界上LPG汽车的发展情况来看,LPG汽车应该在新能源汽车中占有一定地位,所以我国已经发展LPG汽车的城市应该从科研、安全技术、维修保障技术以及加气站等配套设施建设等方面继续推动其发展。

下面主要讨论天然气汽车。天然气汽车可以分为两类,CNG车和LNG车。(1)压缩天然气(CNG)。加工成本相对较低,CNG汽车的高压钢瓶重、体积大且储气量小,因此汽车连续行驶里程短,另外因钢瓶的存储压力高,具有一定的危险性。(2)液化天然气(LNG)。天然气在常压下冷却至 -162°C 后液化形成LNG,其燃点为 650°C ,爆炸极限为5%~15%,安全性较高。LNG汽车可以行驶500km甚至1000km以上,非常适合长途运输使用。LNG汽车在安全、环保、整车轻量化、整车续驶里程方面都具有优势。

汽油机燃用天然气和燃用汽油相比,功率降低。对于专用NGV(天然气汽车),因发动机进行了

与NG相对应的设计,其动力性可以达到汽油机的水平。如本田公司设计的NG专用发动机,充分利用天然气辛烷值高的特点,设计压缩比为12.5(原机的压缩比为9.4)。CH₄分子含氢量高,因此释放单位能量,燃用天然气时温室气体CO₂的排放量比汽油的少30%以上;天然气与空气在燃烧前混合比较均匀,燃烧比较完善,因此CO和HC的排放比化石燃料低;天然气燃烧时火焰传播速度慢,燃烧温度低,能抑制缸内NO_x的生成。

2.3.2 政策性分析

虽然我国属于天然气资源贫乏的国家,但是由于天然气汽车具有技术完善、排放低的优点,在出租车、公交车等营运车辆中已经得到了大力的推广。国家发展和改革委员会《节能与新能源汽车技术政策研究》报告指出,2012年我国天然气汽车保有量规模达到100万辆,车用天然气消费量达到80亿m³,实现替代燃油640万t;液化石油气汽车保有量达到10万辆,车用液化石油气消费量达到68万t。2020年,我国车用天然气消费量达到200亿m³,实现替代燃油1600万t,车用液化石油气消费量达到400万t,实现替代燃油360万t。

今后我国天然气汽车发展与应用的焦点仍然是出租车与公交车。许多已经制定了交通运输行业节能减排规划的地方均提出提高天然气汽车在营运车辆中的比例,以达到节能减排的总体要求。

3 传统汽车的替代燃料

3.1 甲醇汽油

3.1.1 技术性评价

与燃用93#汽油相比,汽油机不做改动,直接燃用车用甲醇汽油(M15及以下比例)时,动力性略有降低;有效燃料消耗率略有增加;CO与HC排放明显降低;NO_x与甲醛排放增加。低比例甲醇汽油是最优良的汽油机替代燃料。

M15国家标准还在制定之中,许多省份出台了M5、M15与M25等甲醇汽油地方标准。

3.1.2 政策性分析

使用甲醇汽油的汽车不需要发布公告,只要是汽油车均可直接添加使用。事实上,2007年国家紧急叫停粮食产燃料乙醇的时候,很多地方开始使用低比例甲醇汽油。

3.2 生物柴油

3.2.1 技术性评价

生物柴油是指以油料作物、野生油料作物和工程微藻等水生植物油脂,以及动物油脂、废餐饮油等为原料油通过酯交换工艺制成的甲酯或乙酯燃料,这种化合物的碳链长度为14~18,与普通矿物柴油平均15个碳链相近,其它物理性能也比较接近,可供柴油机使用。和矿物柴油相比,生物柴油具有以下特点:(1)生物柴油的闪点大于100℃,高于矿物柴油的60℃,所以生物柴油在运输、储存和使用过程中的安全性要比矿物柴油好;(2)生物柴油含氧量为10%,完全燃烧时对外部氧的需求量比矿物柴油少,有利于燃烧完全程度的提高;(3)生物柴油属于可再生能源,不仅可以满足交通能源的需求,还可以促进经济发展并提供广阔的就业机会推广使用生物柴油具有良好的环境意义。

3.2.2 政策性分析

国家发展和改革委员会发布的《可再生能源中长期发展规划》指出至2020年可再生能源发展重点领域之一是生物质能。生物质能中生物液体燃料是重要的石油替代产品,主要包括燃料乙醇和生物柴油。从长远角度考虑,要积极发展以纤维素生物质为原料的生物液体燃料技术。到2020年,生物燃料乙醇年利用量达到1000万t,生物柴油年利用量达到200万t,总计年替代约1000万t成品油。

3.3 醚类燃料

3.3.1 技术性评价

醚类燃料主要包括二甲醚与乙醚。二甲醚(DME)是目前世界上被普遍看好的超清洁燃料,它能够实现高效、超低排放和柔和压缩燃烧,具有和原柴油机相同或略高的动力性和经济性,能够基本消除柴油机的排烟。燃用二甲醚/柴油混合燃料时,发动机的经济性有所改善;与原机相比,碳烟下降约30%,NO_x排放平均降低约36%。因此,二甲醚是优良的柴油机替代燃料。

乙醚是柴油机冷启动液的主要组成部分。由于乙醚具有易挥发、易压燃、含氧、热值高的特点,因此乙醚的含量越多,柴油机可直接启动的温度就越低,缺点是柴油机工作的粗暴程度也会越大。因此,此种方法虽可在瞬间启动发动机,但由于此时机油温度低、黏度大,启动后在一段时间内气缸壁上油不多,润滑条件恶劣,运动机件间会形成干摩擦,使机件磨损加剧。所以,乙醚不适合直接在柴油机上使用,但可以预见,将其以低比例添加到柴油中应

该能够明显改善柴油机燃烧与排放性能。长安大学汽车学院在BD30(30%生物柴油与70%柴油)基础上添加乙醚(5%乙醚、25%生物柴油与70%柴油)并进行台架试验,结果表明:乙醚以低体积比例掺混时,燃烧效率明显提高;经济性明显提高;CO、HC与碳烟排放降低,NO_x排放有所增加。因此,乙醚是柴油机上非常好的低比例掺混燃料。

3.3.2 政策性分析

在当前我国能源供求形势下,二甲醚是具有较好发展前景的替代能源产品,是适合于我国能源结构的替代燃料。财政部、税务总局于2008年6月30日宣布,为促进二甲醚的推广使用,自7月1日起二甲醚的增值税税率按13%征收,下调4个百分点。说明国家对二甲醚作为柴油机替代燃料非常重视。

乙醚的情况比较复杂。从技术性上看,乙醚具备了柴油机低比例掺混燃料的大部分优点,是柴油机最佳的掺混替代燃料之一。但人类急性接触乙醚,会出现兴奋、嗜睡、呕吐、面色苍白、脉缓、体温下降和呼吸不规则,甚至有生命危险。根据《危险化学品安全管理条例》以及《易制毒化学品管理条例》,乙醚受到公安部门的管制,因此乙醚难以实现商品化并进入流通领域。

4 车用替代能源发展策略

4.1 发展的多元性因素

发展车用替代能源不能局限于某一种替代燃料或者某一种新能源汽车。这是由以下几个因素决定的:一是各自的技术特点不完全相同,都具有自身的优势与劣势;二是新能源汽车使用的能源以及传统汽车的替代燃料,都具备区域性特征;三是已经具备的发展基础与工作经验。

4.2 发展的原则

车用替代能源发展的多元性并不代表要发展所有新能源汽车替代能源。确定重点发展的对象应该遵循以下原则:一是区域原材料来源充足且能长期供应,最大程度上保障可持续发展;二是技术性上没有明显缺陷,具体来说,就是不会造成动力大幅度降低以及经济与排放的恶化;三是能得到相应的政策支持,能够满足使用对象的要求。

4.3 发展策略

以各种能源的技术性和政策性分析为基础,以发展原则为指导,以车用替代能源的两个重点部分为核心,制定以下策略。

针对新能源汽车 (1)在全国范围内,鼓励城市公交车(使用对象)采购混合动力客车或者提高其应用比例;(2)以甲醇汽车两省一市(山西、陕西和上海)试点工作为基础,在这些地区深入推动甲醇汽车在出租车、轻型与重型货运车辆中的应用,且在煤资源丰富的地区着手推动甲醇汽车的发展;(3)在全国范围内,天然气汽车在公交车与出租车都占据了重要地位,目前应该根据地区的气源情况与营运车辆天然气汽车的比例,综合考虑天然气汽车的发展;(4)对已经全面应用LPG汽车的城市,比如广州,其来源供给系统完善且汽车维修保养技术成熟,应该继续保持LPG的发展势头,并根据来源供给情况,适当发展其它类型新能源汽车。

针对传统汽车的替代能源 (1)汽油车替代能源以低体积比例甲醇汽油为发展重点;(2)柴油车替代能源以二甲醚、生物柴油为发展重点,应用形式可以以各种体积比例混合使用,但是初期应用应该以低体积比例为主,比如生物柴油柴油混合燃料中生物柴油体积比例通常不能超过20%;(3)二甲醚作为柴油车替代燃料可以在全国范围内推广;(4)生物柴油既可以作为未来柴油车能源推广,在当前也可以与柴油掺混使用。

5 结论

发展车用替代能源的重点由两部分组成。第一,新能源汽车使用的替代能源;第二,传统汽车使用的替代能源。

新能源汽车由于结构上的调整或者改装,主要在商用车辆上应用。进一步细化后,可以说主要运用于城市营运或者公交等商用车辆。传统汽车的替代能源具有广泛的使用对象,包括所有的乘用车与商用车。发展的具体方法应该遵循发展策略的指导。

参考文献:

- [1] <http://www.022net.com/2010/9-17/475144273053820.html>, 到2020年我国汽车保有量将逾2亿辆 新能源汽车正在起步, 人民网,2010-9-17.
- [2] 汽车工业年鉴,2005.
- [3] 袁转,周斌,邵晓杰等.不同类型的天然气发动机燃烧和排放特点[J].四川省汽车工程学会,成都市汽车工程学会,2007年学术年会论文.
- [4] <http://www.askci.com/freereports/2011-01/2011121191328.html>,2010年中国天然气消费量统计分析,中商情报网.

山东能源集团深度重组整合 做大贵州矿业蛋糕

2012年11月2日,山东能源集团有限公司在贵阳召开贵州企业重组整合工作会议,由此拉开山东能源推进贵州所属企业深度重组整合的帷幕。山东能源集团党委委员、副总经理王勇坦言,此次整合是实施能源集团“五大发展战略”的神圣使命,是做大做强贵州矿业的必然选择,是抢抓贵州省资源整合先机的刚性之举,是提升省外生产管理层次与形象的有效途径。

据了解,为支援国家西部大开发,参与贵州省“西电东送”工程,自2004年起,山东能源集团权属企业新汶矿业、枣庄矿业、肥城矿业先后进驻贵州,以煤矿建设为主,火力发电、机械加工、房产开发为辅,集中人力、物力、财力,积极参与当地经济社会建设。目前在贵州获得煤炭资源总量超过20亿t,累计完成投资近50亿元,拥有各类煤矿近20座,设计产能1000万t左右。

山东能源集团组建后,认真分析贵州煤炭资源开发现状、地质条件、产业政策,发挥集团协同优势,整合权属企业贵州现有资产,于2012年1月份设立了贵州矿业公司,统筹推进资源开发。

为进一步提高山东能源在贵州省煤炭产业集中度和可持续发展能力,加快推进在贵州省的煤炭资源开发工作,进一步增强“走出去”的综合竞争能力,充分发挥集团在贵州省的整体协同效应,有效利用各种资源和减少管理成本。山东能源日前又启动对贵州项目的实质性重组整合,推动在贵州省的大基地、大资源、大项目建设。

深度重组整合后,贵州矿业公司作为山东能源集团在贵州省的投资、管理和关系协调主体,负责集团对贵州省项目的指导、管理、开发、服务和协调等工作,是山东能源集团的生产经营中心和利润中心,承担公司国有资产保值增值责任、生产经营责任、安全管理责任、持续发展责任、企业稳定和两个文明建设责任。而原来的各经济实体单位作为贵州矿业公司的生产中心和成本中心。

据贵州矿业执行董事、党委书记、总经理王洪忠介绍,“十二五”期间,贵州矿业将围绕“煤炭产能达到2000万t、矿产资源量突破50亿t、总投资超过200亿元”的目标,立足贵州,辐射云桂(云

(下转第11页)

- [5] http://enews.sinopecnews.com.cn/shb/html/2011-03/03/content_134622.htm,去年我国新增石油探明地质储量11.5亿t,中国石化报,2011年03月03日,第1版。
- [6] <http://www.mfw365.com/News/Details.aspx?newid=27807>,2011年中国天然气消费量为1313m³,密封技术网,2012年05月05日。
- [7] http://www.gtzyb.com/yaowen/20120223_3758.html,2011年石油天然气和主要固体矿产储量数据公布,杨蕾,中国国土资源报网,2012-02-23。
- [8] 曾东建,黄海波,姚英,等.汽油机燃用甲醇汽油的动力性、经济性及非常规排放物试验研究[J].小型内燃机与摩托车,2009,38(3):50-53。
- [9] 侯乐福,王忠,倪培永,等.小型通用汽油机燃用甲醇/汽油排放研究[J].机械设计与制造,2011,(9):78-80。

- [10] 王真.不同比例甲醇汽油发动机的燃烧与排放特性试验研究[D].2010。
- [11] 祁东辉,刘圣华,李晖,等.电喷汽油机燃用甲醇-汽油混合燃料的性能[J].交通运输工程学报,2006,6(2):43-46。
- [12] 倪蓓.生物柴油欧美发展动态及在我国的前景[J].当代石油石化,2005,13(6):21-23。
- [13] 徐元浩,叶盛焱,陈忠祥,等.生物柴油的实用性研究[J].武汉理工大学学报,2005,27(5):90-93。
- [14] 葛蕴珊,张世鹰,郝利君,等.生物柴油在柴油机中的应用研究[J].内燃机工程,2004,25(2):12-14。
- [15] 司利增,边耀璋,蔡永江.柴油机燃用生物柴油的特性[J].长安大学学报,自然科学版,2006,26(5):83-85。
- [16] 司利增,边耀璋,张春化.直喷式柴油机燃用脂肪酸甲酯的排

(下转第43页)