

# 我国中远期石油补充 与替代能源发展战略研究<sup>\*</sup>

中国科学院学部

(北京 100864)

关键词 中远期, 石油, 替代能源, 战略

全球性的石油供应短缺和我国对石油需求的不断增大是今后的主要趋势, 发展石油补充与替代能源对满足日益增长的石油需求和保障国家能源安全均有重大意义。从保障我国能源长期可持续发展出发, 中科院学部组织有关院士和专家对我国中远期能源发展战略进行了研究。该研究基于我国石油资源状况, 预测了中远期需求和产能, 阐述了发展补充与替代能源的必要性; 在发展石油替代燃料方面, 研究了非常规石油开发, 论述了用煤、煤气和生物质制取燃料的有关进展与展望; 在交通节油方面, 研究了发展节油的综合交通体系, 论述了电气化轨道交通, 节能、代用燃料与机动车辆以及燃料电池与动力蓄电池的有关进展与展望。本文简要阐述有关专题的研究结果, 提出主要结论与建议。

## 一 主要结论

(一) 据估计, 现世界常规石油可采储量约 3 500 亿吨。目前年产 42 亿吨, 预计 2035 年前后产量将达到峰值, 在一段时期保持略有波动的稳定产量, 然后逐步下降。我国情

况同样不容乐观, 预计 2050 年前国内年产量 2 亿吨左右, 然后缓慢下降。由于需求持续增长, 势将面临供不应求的局面, 必须尽早采取一系列节油和补充替代措施。

根据我国经济发展速度, 2020 年原油消费至少将达 4.5 亿吨, 若缺口额全靠进口原油, 则进口依赖程度将达 55% 以上; 2050 年原油消费将达 7 亿吨(若不采取多种节油措施, 此数值将是 9 亿吨以上), 若缺口额全靠进口原油, 则进口依赖程度将达 75%, 这对我国能源安全十分不利。因此, 除了节约用油之外, 及时采取有效的补充替代石油措施势在必行。

当前已经被采用的替代运输燃料有甲醇、乙醇、生物柴油、煤基合成油和天然气基合成柴油, 虽然替代比例很小, 但根据欧盟和美国提出的规划, 2020 年其替代比例将为 20% 和 10%。我国在几个地区已推广了乙醇汽油, 几年后生物柴油和煤基合成柴油将投放市场。氢能作为运输燃料将随着本世纪 30 年代燃料电池汽车可能批量进入市场而逐渐普及。总之, 21 世纪前半叶将是石油和多种替代燃料、多种车型(内燃机汽车、混合动力汽车、纯电动与燃料电池汽车)并存的具有多元化特征的时代。

(二) 非常规石油以加拿大油砂中天然沥青、委内瑞拉超重质石油和美国页岩油为

<sup>\*</sup> 本文为该咨询报告摘要。咨询研究组成员: 中国科学院院士严陆光、陈俊武、赵忠贤、匡廷云、何祚庥、吴承康、蔡睿贤, 中国工程院院士翟光明、谢克昌、衣宝廉, 研究员周凤起、陈勇、白克智、刘振宇、黄常纲, 教授毛宗强、欧阳明高  
收稿日期: 2007 年 8 月 28 日

代表,合计可采储量达 1 500 亿吨。如果原油价位持续处于高位,则可吸引投资而较快发展到每年亿吨以上规模,可望在 2030 年补充常规石油 5%,2050 年达到 10%。我国油页岩资源尚丰,但品位低,大规模产油并加工成运输燃料尚待认真论证,并应展开一系列研发工作,以便早日建成示范厂,以补充国内原油生产。

(三) 我国煤炭资源相对丰富,西北产区价格较低,而且不能直接燃烧的高硫劣质煤数量多,在原油价格高于 40 美元而煤价格较低的情况下,将其转化作为替代运输燃料(合成油、甲醇、氢等)的技术基本成熟,经济上是可行的。如能每年利用 1.5 亿—2.0 亿吨煤加以转化,不论是液化或是制取醇醚燃料,就能替代 4 000 万—5 300 万吨原油。鉴于多年来山西省成功地进行了甲醇燃料的发动机改造和行车示范工作,如能全面从宏观角度对甲醇燃料做出科学评价,在合理的地域性布局内推广应用,有着重要意义。在已有基础上,还需努力抓紧近期完成煤的直接液化和间接液化工业示范,研究直接从合成气生产二甲醚的技术和相应的发动机技术,研究伴随大量煤转化引发的 CO<sub>2</sub> 减排技术,在广泛应用可再生能源之前,使煤基替代石油燃料在运输方面占有较多份额。

预计在 2030 年后,燃料电池汽车可能批量进入市场,对氢气的需求将增大。开发煤的气化、净化、制氢和 CO<sub>2</sub> 减排的国产化新技术以便降低投资和成本,并且降低大量用煤带来的温室气体排放应是当前及今后煤的清洁高效开发利用的重点内容。

(四) 生物质能所生产的燃料归于清洁燃料。国外首先开发的是燃料乙醇和生物柴油,技术成熟,可作为汽油或柴油的调合组分,预期 2020 年产量可替代 10%—20% 的运输燃料。我国待有效利用与开发的生物质资源尚属丰富,参照国外经验也以燃料乙醇

和生物柴油为先期目标。为了增加生物质原料的替代份额,且不与民争粮,不与粮争地,宜着力开发利用纤维素、半纤维素水解、酯化、发酵制燃料乙醇的技术,着力在基因工程研究方面有所突破,提高产率并降低成本,应采取有力措施,争取经过 10 年左右使其成本达到粮食乙醇水平,2040 年前可与汽油竞争。同时应积极开发生物质热化学工程技术革新,降低生产净化合成气的装置成本,创造全面综合利用生物质的范例。

(五) 交通运输是耗油的大户。2000 年,我国交通石油消耗为 0.55 亿吨,占全国总油耗的 25%,预计 2020 年交通油耗将增至 2.56 亿吨,占全国总油耗的 57%,2000—2020 年,全国油耗增加 2.3 亿吨,其中交通油耗增加 2.0 亿吨,占 87%。由此可见,降低交通耗油在保障我国石油供应方面意义重大。我国整个交通运输系统仍在高速发展,在制定规划构建我国未来可持续发展的综合系统时,应将交通节油作为最重要的原则之一。进行交通结构的宏观调控,大力发展公共交通与电气化轨道交通,努力保持铁路交通的骨干地位,大幅度提高其电气化率,节省内燃机车的柴油消耗,积极发展城市轨道交通,对新兴磁浮交通的发展给予特别关注。

(六) 公路在交通运输中居重要地位。为有效减小油耗,汽车动力系统必须朝着车辆节能化、能源多元化、动力电气化与排放清洁化的方向积极推进,发展节能、代用燃料与电动汽车,逐步实现过渡与转型。在电动汽车方面,除了促使燃料电池汽车早日实现产业化并批量生产进入市场外,还应加强作为高效能源前沿技术之一的高性能锂离子动力蓄电池的开发与产业化。

(七) 在燃料电池汽车逐步进入市场的同时,相对廉价的氢能燃料也需源源不断地进入“加氢站”。氢的规模生产、储存、运输的

大量技术课题和制订产品使用标准及开展社会安全教育等工作也应提前列入日程。

## 二 主要建议

(一) 发展石油补充与替代能源对满足日益增长的石油需求和保障国家能源安全均有重大意义, 至 2050 年其份额期望可达石油总耗量的 30% 以上, 但其科学研究和工程技术问题复杂, 时间跨度大, 内容涉及面广且投资巨大, 国家发展战略研究需要长期、综合、持续进行, 本项研究仅是在已有工作基础上, 提出一些初步意见, 供有关部门参考。

制定国家发展战略并推动其有效实施, 单纯靠传统的“切块式”管理、多头领导、多项并行, 难以达到预期目标, 可以借鉴国外一些行之有效的做法, 设置一项国家统一协调的重大课题, 集中领导和管理, 反复滚动式进行研究, 及时提出有关意见与建议。中科院学部曾就我国能源发展问题的咨询做过许多研究工作, 可以继续在我国能源发展的决策咨询中发挥重要作用。

(二) 任何一种高新技术产品的发展大致均要依次经过研发、中试示范、初步产业化与大规模产业化 4 个阶段, 必须循序渐进不可逾越: 从一个阶段进入下一阶段需要经过严格的调查、分析与论证, 避免盲目性与任意性。因此, 能源技术的发展需要长期、分阶段的努力。从我国当前情况看, 近期内 (“十一五”期间) 宜大力支持多方面的研发与中试示范工作, 有选择地开展一些初步产业化工作。在大规模产业化方面, 虽然各方面积极性很大, 但仍应采取谨慎态度, 充分论证后再做决策。

(三) 根据组织实施分层次、分阶段进行安排的原则, 在发展替代石油燃料方面, 包括开发非常规石油、用煤和煤气以及生物质制取油品燃料, 建议近期内 (“十一五”期间)

开展如下工作:

页岩油。大力组织进行国内页岩资源勘测与评估, 落实经济可采储量, 进行开采与加工技术研发, 为现代示范厂建设奠定基础。

煤液化合成油。在长期工作基础上, 继续深化与直接和间接液化有关的关键技术研发工作, 支持建设两种途径年产十万吨级至百万吨级的示范厂, 取得产业化经验。根据我国未来的实际需求, 依据示范厂建设与运营经验和所得到的技术经济性能的可靠数据以及我国资源与环境的许可条件, 深入研究明确我国产业化的规模、重点技术途径、选址与发展战略, 做出规划, 逐步实施, 避免一哄而上。

煤与未利用焦炉气合成甲醇与二甲醚。应尽快完成其作为汽油、柴油替代燃料的全面科学论证, 然后进行 M85 混合以及 M100 纯甲醇燃料在我国不同地区合理布局和分阶段发展前提下的生产、应用与推广工作; 积极发展焦炉气等大量工业废气合成甲醇的产业, 形成一定规模; 对煤合成二甲醚应进行研发示范与前景评估。

煤与煤气制氢。应积极进行研发与小型示范生产, 并随着燃料电池车的发展确定其产业化进程。

生物质制乙醇与生物柴油。在已有基础上继续推进产业化发展, 其规模应与实际市场需求、可靠的持续原料供应来源和降低成本相适应。应大力开展利用纤维素、半纤维素制乙醇技术的研发, 在荒漠地区培育速生生物质制乙醇与生物柴油植物的研发, 发展不占用农业耕地的大规模生物质乙醇和生物柴油生产基地。积极开展不同地区、不同类别的生物质资源数量、质量、种植、采集、运输的调研, 为合理规划产业发展提供依据。

(四) 有关交通节油方面的建议:

积极推进我国汽车动力系统的过渡与转型,朝着车辆节能化、能源多元化、动力电气化、排放清洁化方向发展。继续进行节能汽车、代用燃料汽车与电动汽车的研发与示范,掌握核心技术的知识产权,形成自主品牌。在示范与积极开拓市场基础上,根据市场需求,建立相关产业体系,使先进内燃机车、代用燃料汽车及混合动力轿车进入产业化。

积极开展高性能低成本车用燃料电池和锂离子动力电池的研发与产业发展,推进纯电动车的应用并早日产业化,其关键是要有效解决车载电能的供应与氢燃料的储运问题。要重点组织针对寿命短、价格高、可靠

性与可使用性差的瓶颈问题,相应研究和示范建设大规模加氢站与充电站等基础设施的可行性,促进燃料电池和锂离子动力电池产业的发展。

大力发展电气化轨道交通是交通节油的重要方面,应在我国未来可持续发展的综合交通体系研究规划中给予充分重视。应大幅度提高铁路电气化率及客运速度,以保持铁路交通的骨干地位。积极发展城市轨道交通,有效减缓汽车数量的增速和降低单位车辆平均年耗油量。对新技术(如磁浮交通)的发展、应用与产业化应给予特别的关注,抓住新技术与新产业的机遇,实现跨越式发展。

(接 403 页)

路已能满足输电要求,可以取代一条 330kV 的工频输电线路。分频输电方案比工频输电方案节省投资 5 862 万元,即总投资节省 15%,有明显经济效益。

(3) 分频输电的优越性主要体现在降低电气频率减小输电线路电抗,从而提高输送能力,因而特别适用于原动机转速较低、电源发电频率较低的水电及风力发电等可再生能源发电远距离输电接入系统。鉴于大容量电力电子变频器、分频变压器等装备制造和运输方面可能存在困难,大中型远方水电站采用分频输电方式的实现需要更长时间;当前较大容量的风力发电场电力采用交流输电接入电力系统遇到无功功率和电压波动、输电距离受限等困难,采用分频输电将风电接入系统具有明显的优越性。

基于上述研究结论,建议:

(1) 在已有研究基础上,国家科技部、发改委、教育部设立“可再生能源发电通过分频输电接入系统”研究项目。对分频输电系统及有关设备进行优化设计,并对其控制、动态特性进行理论研究,建立我国自主知识产权的分频输电系统及相关设备的设计制造技术。

(2) 深入研究采用分频输电方式的风力发电接入系统对风电机组等设备和系统的影响,并与现有轻型直流输电(HVDC Light)方式进行比较,条件具备时立项进行风电分频输电的工业实验,创立并实现一种新的风力发电接入系统的输电方式,并为进一步利用分频输电技术输送风电、水电等可再生能源发电积累并网运行经验及电力设备制造技术。