

# 研究和选择含碳能源的最佳利用途径

曹湘洪

(中国石化集团公司, 北京 100029)

**[摘要]** 针对必然会出现的石油资源短缺——后石油时代, 分析了含碳能源的利用现状, 提出应该认真研究和选择含碳能源的最佳利用途径, 改变目前的能源消费结构, 减少对石油资源的过度依赖, 并从分析含碳能源的元素组成出发, 提出了应充分利用石油资源生产运输燃料和石化原料; 合理利用煤炭资源, 压缩工业与民用燃料用油; 合理利用天然气资源, 发展天然气汽车和 GTL; 充分利用生物质能, 生产车用燃料、生物基材料和有机化学品。

**[关键词]** 含碳能源; 最佳利用

**[中图分类号]** TK01 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)11-0062-08

2003年以来, 国际石油价格振荡攀升, 2005年曾一度超过70美元/桶(约440 USD/m<sup>3</sup>), 高涨的油价使人们更多的关心世界石油的长期供应趋势。许多人在预测世界石油产量将在什么时候达到高峰然后出现下降的局面。要准确预测世界石油产量高峰到来的时间十分困难, 预测的结果差异很大, 有人认为2010年前后就可能达到产量高峰, 也有人认为2030年以后达到产量高峰, 认为2015年前后达到产量高峰的人更多一些<sup>[1]</sup>。但是谁都无法否认, 世界石油产量的高峰必然会出现, 石油的需求还会随着世界经济的发展而增长, 人类将进入后石油时代。研究含碳能源的最佳利用途径, 减少经济对石油的过度依赖, 控制石油消费的持续增长是应对后石油时代的重大措施。

## 1 含碳能源的利用现状

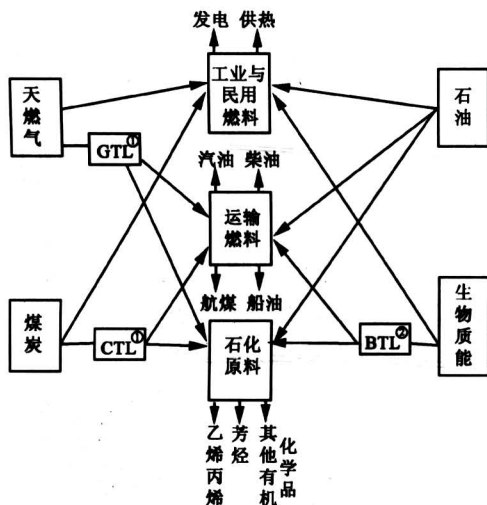
含碳能源有含碳化石能源和含碳可再生能源两大类, 含碳化石能源主要有煤炭、石油、天然气, 含碳可再生能源就是生物质能。2004年世界消耗一次能源的总量(合油当量)为102×10<sup>8</sup> t, 其中石油占36.84%, 天然气占23.67%, 煤炭占

27.17%, 石油所占的比例最高。而到2004年底世界剩余探明可采石油储量是1 743×10<sup>8</sup> t, 储采比是42.3; 世界剩余探明可采天然气储量是171×10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>, 储采比是63.5<sup>[2]</sup>; 到2003年底世界剩余探明可采煤炭储量为9 844×10<sup>8</sup> t, 储采比是192<sup>[3]</sup>。据计算, 全球每年吸收太阳能合成的生物质(以干物质计)约2 200×10<sup>8</sup> t<sup>[4]</sup>, 相当大约7 300×10<sup>8</sup> bbl(4.59×10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>)原油。全球每年技术上可获取的生物质能源潜力达到65×10<sup>8</sup> t<sup>[3]</sup>。2004年我国消费一次能源总量(合标准煤)为19.7×10<sup>8</sup> t, 其中石油占22.7%, 天然气占2.6%, 煤炭占67.3%。和世界一次能源消费结构比, 我国一次能源消费以煤炭为主, 石油消费的比例并不高。但是我国一次能源消费中石油所占的比例已从1990年的16.6%上升到了2004年的22.7%。而截至2003年底我国剩余探明可采石油储量为23.7×10<sup>8</sup> t, 储采比是13.9。由于国内石油资源不足, 增产潜力有限, 对国际石油资源的依存度已超过40%。据统计2005年我国生产原油1.815×10<sup>8</sup> t, 净进口原油、成品油合计1.362×10<sup>8</sup> t, 石油的表观消费量为3.177×10<sup>8</sup> t, 对国际市场的依存度已达到42.86%。从天

然气、煤炭和生物质能资源情况看，截至 2003 年底天然气剩余探明可采储量为  $2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，储采比是 57，煤炭剩余探明可采储量为  $1\ 145 \times 10^8 \text{ t}$ ，储采比为 66，我国生物质资源中农作物秸秆年产量就有约  $6 \times 10^8 \text{ t}$ ，可作为能源用途的秸秆（折合标准煤）约  $3 \times 10^8 \text{ t}^{[3]}$ 。综上所述，从世界和我国含碳能源的资源状况和一次能源消费结构看，研究含碳能源的最佳利用途径，合理利用含碳能源，减少对石油的过渡依赖，应对必然会到来的后石油时代不仅是必须的，而且是有资源基础的。

## 2 研究和选择含碳能源最佳利用途径的思路

图 1 表示了各类含碳能源可能的利用途径，它们都可以分别用于工业与民用燃料、运输燃料和作为石油化工原料生产各种有机化学品、三大合成材料。无论应用于哪种途径，从利用含碳能源的本质看，是含碳能源中碳氢元素的利用。当用于工业与民用燃料时，是利用它们所含碳和氢与氧发生燃烧反应的热量。



注：① GTL, CTL 是将天然气或煤炭气化生成合成气，再经 F-T 合成转化合成油作为运输燃料和石化原料，也可由合成气通过化学过程转化成部分有机化学品。② BTL 是将生物质能气化生成合成气，再经 F-T 合成转化合成油作为运输燃料和石化原料，也可通过生物过程转化成燃料乙醇或部分有机化学品。

图 1 含碳能源利用路线图

Fig.1 Utilization of carbon-containing energy source

图 2 是 1860—2000 年间主要含碳能源的消费状况，生物质能曾经是人类最广泛使用的传统能

源，生物质能的碳氢元素以碳水化合物形态存在，能量密度低，很难作为大工业的燃料，作为民用燃料也很不方便，随着煤炭、石油天然气的大量发现，在现代社会中已很少采用。煤炭、石油、天然气的碳氢元素以不同分子量的烃化物形态存在，能量密度高，是广泛使用的工业与民用燃料。其中天然气是分子量最小的烃类，常温下是气体，是最清洁的燃料，但很多地方没有天然气资源，近几年随着液化天然气 (LNG) 的发展，工业与民用燃料的结构中天然气的比例在上升。

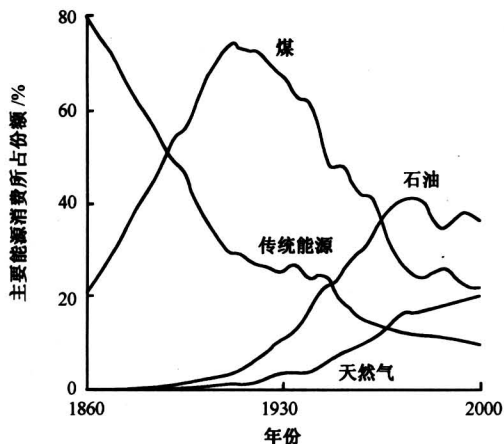


图 2 主要含碳能源资源的应用历程

Fig.2 Utilization history of major carbon-containing energy resources

煤炭曾经是主要的工业与民用燃料，但是它是大分子烃化物组成的固体物质，使用起来不方便。随着石油资源的大量开发，石油产品作为工业与民用燃料，不仅容易获得，且使用方便，对环境的影响也比煤炭小得多，于是石油产品成了世界上主要的工业与民用燃料。

当含碳能源用于制造车用燃料、石化原料和有机化学品时，是利用其含有的碳氢元素，通过不同的反应过程，形成新的、碳氢元素含量不同的化合物。煤炭、石油、天然气、生物质能从技术上讲都可以变成汽车、轮船、飞机等使用的运输燃料和石油化工的原料或产品。但是如表 1 所示，它们分子结构中的氢、碳比差异很大，和运输燃料、石化原料、石化产品中的氢、碳比也明显不同，必须选择不同的反应过程，这就导致碳氢元素的利用效率和加工过程的成本有很大差异。研究和选择含碳能源的最佳利用途径，应该从各种含碳能源的结构特征、碳氢含量和特性、目的产品的分子结构出发。

表1 含碳能源、运输燃料、石化原料及典型产品中主要元素含量<sup>①</sup>

Table 1 Content of major elements in transportation fuels, petrochemical feedstocks, typical products and carbon-containing energy sources

类别	名称	主要元素质量分数/%					氢、碳 原子比	氢、碳质 量比/%
		C	H	N	O	S		
含碳能源	内蒙古元宝山煤 <sup>②</sup>	74.25	6.22	1.11	15.75	2.67	1.00	8.38
	黑龙江依兰煤 <sup>②</sup>	78.23	6.04	1.44	14.06	0.22	0.926	7.72
	大庆混合原油	85.75	13.73	0.16	0	0.10	1.92	16.01
	胜利混合原油	86.26	12.20	0.41	0	0.8	1.70	14.14
	大庆减压渣油	86.43	12.27	0.29	0	0.17	1.70	14.20
	胜利减压渣油	85.50	11.6	0.85	0	1.26	1.63	13.57
	天然气	75.0	25.0	0	0	0	4.0	33.33
	多聚葡萄糖 <sup>③</sup>	40.0	6.67	0	53.3	0	2.0	16.67
运输燃料	汽油 <sup>④</sup>	86.4	13.6	0	0	0	1.89	15.74
	航煤 <sup>④</sup>	86.2	13.8	0	0	0	1.92	16.01
	柴油 <sup>④</sup>	86.1	13.9	0	0	0	1.94	16.14
石化原料及典型石化产品	石脑油 <sup>④</sup>	85.7	15.3	0	0	0	2.14	17.95
	乙烯	85.7	14.3	0	0	0	2.0	16.68
	丙烯	85.7	14.3	0	0	0	2.0	16.68
	聚乙烯	85.7	14.3	0	0	0	2.0	16.68
	聚丙烯	85.7	14.3	0	0	0	2.0	16.68
	对二甲苯	90.67	9.43	0	0	0	1.23	15.88
	丁二烯	88.89	11.11	0	0	0	1.50	12.50

注：① 主要元素指质量分数大于0.1%的元素；② 是我国适宜直接液化的14种优选煤中氢含量最高的2种煤；③ 生物质能中的代表性物质；④ 按目前执行的质量标准的组成计算的结果。

### 3 充分利用石油资源生产运输燃料和石化原料

石油包括石油中的减压渣油的碳、氢元素的质量分数及氢碳比和运输燃料、石化原料及其产品最为接近。从分子结构看，石油资源用于生产运输燃

料和石化原料时碳氢元素利用最充分，从原料到产品的加工过程能量损耗最小。

#### 3.1 调整炼油装置结构，发展加氢型炼油厂

炼油过程是通过脱炭或加氢，生产各种氢碳比更高的目的产品的过程，表2列出了2004年世界和我国主要炼厂装置的加工能力。

表2 2004年世界和我国主要炼油装置构成统计

Table 2 Configuration of the world and China's major refining facilities in 2004

10<sup>4</sup> t/a

蒸馏		催化裂化		焦化		加氢裂化		催化重整		热加工		加氢精制	
		总能力	与蒸馏能力之比/%	总能力	与蒸馏能力之比/%	总能力	与蒸馏能力之比/%	总能力	与蒸馏能力之比/%	总能力	与蒸馏能力之比/%	总能力	与蒸馏能力之比/%
世界	412 045	72 548	17.6	24 421	5.93	23 559	5.71	48 793	11.8	20 866	5.06	193 901	47.1
中国	31 846	10 367	32.6	3 725	11.7	1 826	5.73	2 089	6.56				

世界及我国炼油装置构成中，脱炭类加工装置催化裂化、焦化的能力明显高于加氢裂化。原油中大部分蜡、渣油通过催化裂化、焦化加工，在生成

轻质油品的同时生成了焦炭，还有相当一部分渣油或通过减粘或调入部分蜡油生产燃料油。加氢型炼油厂蜡、渣油通过加氢裂化或加氢处理加工，可最

大限度地转化成轻质油品，生产运输燃料和石化原料。

表 3、表 4 是性质基本相同的二种 VGO（蜡油）分别通过催化裂化、加氢裂化加工得到的典型产品产率<sup>[5]</sup>，由此对比可见 VGO 加氢裂化的轻质油收率比催化裂化高 8.56 个百分点。

表 3 VGO 催化裂化典型产品产率<sup>①</sup>

Table 3 Distribution of typical VGO FCC products

原料油	胜利 VGO
$\rho_{20}/g \cdot cm^{-3}$	0.899 6
残炭质量分数/%	0.19
产品质量产率/%	
气体	9.7
汽油	46.9
轻柴油	36.8
重柴油	1.7
焦炭	4.4
损失	0.5
轻质油收率	83.7

① 反应温度 473℃，催化剂再生温度 676℃，剂油比 4.1，回炼比 0.76

图 3、图 4 分别是某种 VR 采用延迟焦化、加氢处理—催化裂化加工得到的产品产率。

利用图 3、图 4 的数据进行计算，采用加氢处理—催化裂化工艺加工 VR（减压渣油），两个过程总汽柴油收率为 62.30%，比采用延迟焦化工艺时的 43.41% 高出 18.85 个百分点；考虑延迟焦化工艺的焦化蜡油经催化裂化加工可以转化成汽柴油的收率，故采用加氢处理—催化裂化工艺加工 VR 的汽柴油收率比延迟焦化工艺高出 8.62 个百分点；把液化气 LPG 的收率也计算在内，VR 采用加氢处

理—催化裂化工艺加工的产品收率比延迟焦化要高 21.5 个百分点。

表 4 VGO 单段串联全循环操作典型产品产率<sup>①</sup>

Table 4 Typical product of VGO single-stage series full-recycle operation

原料油	胜利 VGO: 伊朗 VGO 4:1
$\rho_{20}/g \cdot cm^{-3}$	0.892 7
残炭质量分数/%	0.20
产品质量产率/%	
轻石脑油	16.22
重石脑油	15.74
喷气燃料	45.11
轻柴油	15.19
未转化油	1.15
轻质油收率	92.26

① 反应压力 16.40 MPa，反应温度：精制段 328℃，裂化段 382℃

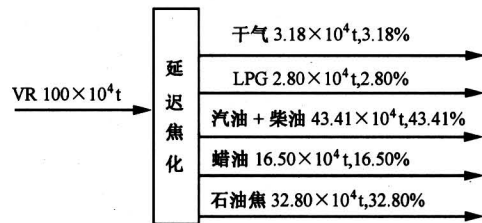


图 3 某种 VR 采用延迟焦化工艺加工产品产率

Fig.3 Product yield of VR delayed coking process

加氢型炼油厂不仅可以使原油最大量转化成轻质油品，资源得到充分利用，还可以脱除产品中的硫，使其更容易满足产品低硫化的要求，生产过程中 SO<sub>x</sub> 的排放更少。表 5 列出了近几年我国延迟焦化装置的能力的变化。延迟焦化能力的快速增长，

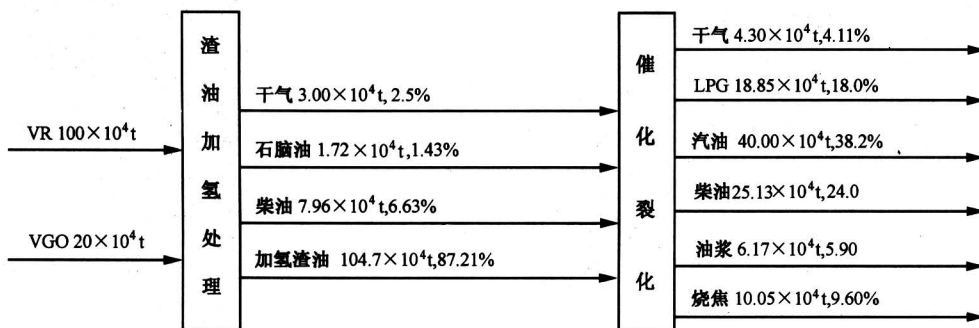


图 4 某种 VR 采用渣油加氢处理—催化裂化工艺加工产品产率

Fig.4 Product yield of VR hydro-treating/FCC process

有利于提高原油加工深度和轻油收率，但并没有使有限的原油资源得到最充分利用。造成这种状况的原因是建设加氢型炼油厂的投资明显比脱碳型炼油厂高，运行费用高，在原油价格低时，投资回报率偏低。高油价下，加氢型炼油厂尽管投资高，运行成本高，但投资回报率将明显改善，并超过脱碳型炼油厂。

表 5 近 5 年我国延迟焦化加工能力变化

Table 5 Evolution of China's delayed coking processing capacity in the past 5 years

年份	加工能力/ $10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$	装置/套
2000	2 114	29
2001	2 164	29
2002	2 465	30
2003	2 765	31
2004	3 725	38

### 3.2 积极发展为炼油过程供氢的以煤为原料的 IGCC 技术

加氢型炼油厂通过加氢最大限度得到运输燃料和石化原料，原油资源利用充分，但要消耗大量的氢气。除利用石脑油重整副产的氢气，在传统炼油工艺中一般利用加工过程中的石脑油制氢，但这又降低了轻油收率。如图 5 所示以煤为原料的 IGCC 技术生产氢气，和炼油过程结合起来，炼厂轻油收率更高，原油的利用更充分，而且煤制氢的供氢成本在高油价下明显低于石脑油制氢，可大幅度降低加氢型炼厂的加工费用。现在水煤浆、粉煤气化制氢的技术已经成熟，以煤为原料的 IGCC 技术不仅可为以炼油过程供氢，还可以供电、供蒸汽，煤实现了洁净利用，石油和煤炭两种资源都得到了更充分的利用。

天然气的氢碳比高，是制氢的最好原料，在容易获得廉价便宜的天然气的炼油厂，利用天然制氢也是实现原油资源充分利用的好方案。但是天然气的价格不断上涨是必然趋势，从长远看煤制氢会比天然气制氢更有成本优势。

已经建成焦化装置或渣油脱沥青装置的炼油厂，发展利用石油焦或沥青作原料的 IGCC 技术为炼油过程供氢、蒸汽和发电，取代传统的供氢、供电供热方式，也是充分利用资源提高效益的比较好的选择。

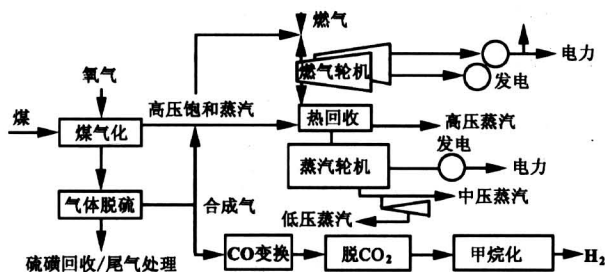


图 5 以煤为原料的 IGCC 氢气蒸汽电联产技术流程

Fig.5 IGCC technology process using coal as feedstock to produce  $\text{H}_2$ , Steam and electricity

## 4 合理利用煤炭资源，压缩工业与民用燃料用油

煤是固体，煤炭中又含有 S, N 等元素，还有不能燃烧的灰分，作为工业与民用燃料使用很不方便，还会造成环境污染，因此人们偏好使用石油、天然气作燃料。但煤炭中的碳含量明显高于其他含碳能源，是最适合作工业与民用燃料的含碳能源。

### 4.1 发展煤的洁净利用

煤炭直接作为燃料用于锅炉发生蒸汽带来的环境污染问题是严重的，必须有严格的烟气除尘，脱  $\text{SO}_x$ 、脱  $\text{NO}_x$  的治污措施，还应有灰渣利用措施。按图 6 表示的流程将煤炭气化，使煤中的碳和氢转化成主要由 CO 和  $\text{H}_2$  组成的合成气，合成气净化后用燃气轮机发电，过程中产生的蒸汽还可以发电或供热，这样可使燃煤发电的最高效率从 40% 提高到 45%，不仅使煤的能量利用效率提高，而且实现了洁净利用，开发合成气净化过程中浓缩的二氧化碳的利用途径还可以进一步减少温室气体排放，在靠近油田的地方，二氧化碳可以注入地下驱油，提高原油的采收率。有报道加拿大韦本油田采用二氧化碳混相驱油，取得了明显成效，预测可使原油采收率从 30% 提高到 46%<sup>[6]</sup>。在太阳光的作用下  $\text{CO}_2$  转化成可以生产生物柴油的生物油藻的技术已进入工业示范阶段，据介绍每吨  $\text{CO}_2$  可以生产 0.18 t 生物柴油。因此，应积极发展煤的洁净燃烧，将更多的煤炭用于工业与民用燃料。

### 4.2 大力压缩工业与民用燃料用油

在我国一方面为应对石油资源的短缺已开始发展煤制油，另一方面还有大量的油在作为燃料使用，直接法煤制油，即使选择氢碳比高的优质煤作

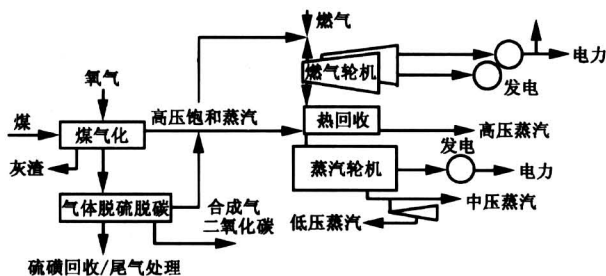


图 6 用 IGCC 技术实现煤洁净利用的工艺流程

Fig.6 IGCC process for the clean utilization of coal

原料，得到的液化油中的氢含量还低于用作燃料油的渣油的氢含量<sup>[7]</sup>，从氢碳元素的有效利用看，用油作为燃料是很不合理的，应大力压缩燃料用油。表 6 列出了我国 2002 年到 2004 年燃料油的消费量情况。

表 6 我国 2002—2004 年燃料油消费及进口情况

Table 6 China's fuel oil consumption and import during 2003—2004  $10^4$  t/a

年份	2002	2003	2004
消费量	3 438	4 489	5 007
国内供应量	1 788	2 110	1 953
进口量	1 650	2 379	3 054
进口占消费的比例/%	48	53	61

从表 6 可见国内炼厂生产的燃料油难以满足要求，还需大量从国外进口。因此应重视用煤替代工业与民用燃料用油；尽量减少发电用燃料油；对燃油的工业窑炉在有天然气的地方改用天然气，不能使用煤作燃料的工业窑炉在没有天然气的地方，可采用煤制燃料气。实施这一类煤代油工程，投资大，难度大，但是实现了含碳能源的合理利用，其长期投资回报会明显优于煤变油。

#### 4.3 不宜用煤生产甲醇作车用替代燃料

我国拥有比较丰富的煤炭资源，许多人提出用煤生产车用替代燃料以应对后石油时代的到来。但是在用煤生产何种车用替代燃料上存在明显分歧，一种意见是主张发展煤制甲醇作车用燃料，一种意见是甲醇不合作车用燃料，宜发展煤制油即 CTL<sup>[8]</sup>。甲醇可以作车用燃料，但使用过程中存在的环保问题，影响接触人群的健康问题，对车辆的慢性损坏问题不能回避。

Wood Mackenzie 对天然气液化、天然气制甲醇、尿素、发电和天然气制油（GTL）项目的净现值作过评估，认为天然气制油的经济性优于制甲

醇。根据这个评价结果，煤间接法制合成油的经济性应该优于煤制甲醇。因此用煤生产车用燃料的途径应该是煤制油而不宜发展煤制甲醇。

## 5 合理利用天然气，发展天然气汽车和 GTL

天然气作为工业与民用燃料，方便、洁净、很受欢迎，我国的天然气市场正在迅速扩大，2005 年的消费量已达到  $487 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，但是天然气是氢碳比最高的含碳能源。不仅要方便洁净更要从分子结构及其特性思考其合理利用方式。

### 5.1 发展天然气汽车

作为车用燃料，天然气氢碳比高，容易和空气混合，充分燃烧，尾气中有害物质浓度低。但是由于其在常温下是气体，体积能量密度低，作为车用燃料在储运分销、加注等方面有很多困难。但是技术的进步使此类问题有了解决的途径和方法，压缩天然气可以使单位体积的储能大幅度提高，新材料及新的加工工艺使压缩天然气储罐质量变得愈来愈轻，汽车使用压缩天然气已成为现实。液化天然气单位体积储能更高，用新材料、新工艺制造的带真空夹套的液化天然气储罐可以替代汽车油箱，利用液化天然气的汽车也已有运行实例。因此在有天然气资源的地方应考虑推广天然气汽车，可以有压缩天然气和液化天然气两种方式。考虑加气站的建设，先在公共汽车和出租汽车上推广，或发展既可使用汽柴油又可使用天然气的双燃料汽车。有人主张用天然气生产甲醇，甲醇再作车用燃料，天然气本来可直接作车用燃料，天然气生产甲醇按目前世界上先进的技术，每吨甲醇总能耗也达到  $29 \sim 31 \text{ GJ}^{[9]}$ ，显然从充分有效利用能源的角度也是不能发展用天然气生产甲醇，再用甲醇作车用燃料的。

### 5.2 发展 GTL

天然气的氢碳比高，气化生成可以生产合成油的合成气工艺过程比煤制油简单，GTL 比 CTL 投资低，过程能耗低，从利用天然气和煤发展石油替代产品看，发展 GTL 比 CTL 合理，因此在有天然气资源条件，而和建设长输天然气管线相比又不具有经济性时，应考虑发展 GTL。

## 6 充分利用生物质能生产车用燃料、生物基材料和有机化学品

生物质能可以直接作燃料，也可以热解气化作

生活燃气或用于锅炉、发电或用于生产合成油，还可以通过生物转化生产车用燃料、生物基材料，生物转化过程和化学过程结合还可以生产多种化学品。不考虑元素氧的含量，生物质中的碳氢元素比和汽柴油相近，而且是惟一的含碳可再生能源，因此生物质能的最合理用途是生产车用燃料、生物基材料和化学品，以弥补石油资源的不足。目前国内有单位在开发生物质能发电技术，这一生物质能的利用思路是不可取的。

### 6.1 发展生物质生产车用燃料

世界上正在积极推动的生物质生产车用燃料项目有燃料乙醇和生物柴油两大类，巴西、美国生产和使用车用燃料乙醇为各国提供了有益的经验，我国也取得了成功。但人口多决定我国不可能用大量的粮食来生产燃料乙醇。加拿大 Iogen 公司采用生物法用作物秸秆生产燃料乙醇的示范工厂 ( $3 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6$  L/a) 已成功运转，为我们展示了发展燃料乙醇的前景，该公司介绍每吨小麦秸秆可以生产 268 kg 燃料乙醇<sup>[10]</sup>。我国河南天冠集团秸秆生产乙醇的实验室研究已取原料转化率达 18% 的研究结果，现已建立了 300 t/a 的中试生产线。我国是农业大国，据统计每年有  $7 \times 10^8$  t 作物秸秆，可作为能源用途的作物秸秆约 50%，折合标准煤约  $2.1 \times 10^8$  t，发展秸秆生产燃料乙醇有巨大的资源潜力，关键是尽快提高秸秆生产燃料乙醇的技术水平，形成和秸秆能量密度低、资源分散的特殊性相适应的经济开发模式，取得秸秆制燃料乙醇经济性的突破。

生物柴油技术已经成熟，正在欧洲推广，我国也已掌握生物柴油的生产技术，关键是扩大生物柴油的原料来源。我国有 1.35 亿亩 ( $9 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>) 空闲土地，可种植油菜生产  $300 \times 10^4$  t 菜籽油，我国还有不宜垦为农田的边缘性土地上亿公顷，种植油果林木，在北方种植黄连木，南方种植麻疯树，平均每公顷可出油 1.5 t。在我国形成一定规模的生物柴油产能是有资源潜力的，重要的是要政府指导，政策引导，科学开发。

### 6.2 发展以生物质为原料生产有机化学品和生物基材料

采用生物工程技术，生物质可转化成有机化学品，生物过程和化工过程结合生成的有机化学品品种就更多，还可能生产生物基材料。如利用淀粉发酵可生产乳酸，乳酸脱水可生产丙烯酸，乳酸聚合

可得到 21 世纪最有发展潜力的可生物降解材料聚乳酸，丙烯酸聚合可得到有高吸水性能的聚丙烯酸树脂。又如利用纤维素可生产乙醇，乙醇脱水可生产目前大量利用原油资源生产的乙烯，乙烯则可生产聚乙烯、乙二醇等许多下游产品。生物质能是替代石油生产有机化学品和高分子材料的重要资源。

## 7 结语

1) 面对必然会到来的后石油时代，应该认真研究含碳能源的最佳利用途径，减少经济发展对石油的过度依赖。

2) 研究和选择含碳能源的最佳利用途径要从其分子结构、碳氢元素的含量和目的产品的分子结构、碳氢元素含量出发。

3) 要充分利用石油资源生产运输燃料和石化产品。一是调整炼油装置结构，发展加氢型炼油厂，使运输燃料和石化原料收率最大化；二是发展为炼油过程供氢的以煤为原料的 IGCC 技术。

4) 要合理利用煤炭资源。一要发展煤的洁净燃烧，二要大力压缩工业与民用燃料油，三是不宜用煤生产甲醇作车用燃料。

5) 要合理利用天然气，一是在拥有天然气资源的地区发展天然气汽车，二是发展 GTL。

6) 要充分利用生物质能，一要发展用生物质生产车用燃料，二要发展以生物质为原料生产有机化学品和生物基材料。

### 参考文献

- [1] Hirsch R, Bezdek R, Wendling R. Mitigating a long-term shortfall of world oil production[J]. World Oil, 2005, 226(5): 47 ~ 52
- [2] Special report worldwide look at reserves and production [J]. Oil and Gas Journal, 2004, 102(47): 21 ~ 22
- [3] 中国能源年鉴编辑委员会编. 中国能源年鉴 2004 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2005. 669, 683
- [4] 中国科学院. 2005 高新技术发展报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2005. 36 ~ 41
- [5] 侯祥麟主编. 中国炼油技术 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2001. 120 ~ 121, 270 ~ 272
- [6] 刘嘉, 郭晓霞. 加拿大韦本油田二氧化碳储存试验取得重大突破 [N]. 世界石油工业, 2006, 13(1): 48 ~ 50
- [7] 曹湘洪. 我国蜡油及渣油深加工应大力发展加氢型装置 [J]. 石油炼制与化工, 2004, 35(6): 1 ~ 11

- [ 8 ] 曹湘洪. 谨慎对待甲醇、二甲醚作车用燃料加快 GTL 技术开发[J]. 化工进展, 2004, 23(10): 1035 ~ 1042
- [ 9 ] 徐文渊, 蒋长安主编. 天然气利用手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2002. 1. 515 ~ 516
- [ 10 ] [Http://www.iogen.ca](http://www.iogen.ca)

## Research to Find the Best Utilization of Carbon-containing Energy

Cao Xianghong

(*China Petroleum & Chemical Corporation, Beijing 100029, China*)

[ **Abstract** ] In view of the inevitable shortage of oil resources, or a so-called post-oil era, this article analyses the current utilization of carbon-containing energy, calls for a down-to-earth research of find the best utilization of carbon-containing energy so as to readjust the current energy consumption pattern and ease the over dependence upon oil resources. The author starts his analysis from the element structure of carbon-containing energy, proposes some suggestions including the full utilization of oil resources to produce transportation fuels and petrochemical feedstock, the rational utilization of coal to curb the industrial and civil consumption of fuels, the reasonable utilization of natural gas resources to develop natural-gas-fueled vehicles and GTL, the full utilization of biomass to produce motor fuels, biomaterials and organic chemicals.

[ **Key words** ] carbon-containing energy; best utilization

(上接第 61 页)

- [ 3 ] 郑焕能, 温广玉, 柴一新. 林火灾变阈值[J]. 火灾科学, 1999, 8(3): 1 ~ 5
- [ 4 ] 党国英. 试论农村社会的灾变承载能力[J]. 江苏社会科学, 2003, 11(5): 33 ~ 40
- [ 5 ] 刘乐平. 时间序列分析在灾变预测中的应用[J]. 华东地质学院学报, 1997, 20(2): 191 ~ 195
- [ 6 ] 曾维华, 程声通著. 环境灾害学引论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 22 ~ 32

## Study on Some Basic Problems of Safety Science

Lü Baohe

(*Jiangsu University, Department of Safety Engineering, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China*)

[ **Abstract** ] The scientific meanings of safety are analyzed. The concept of “zaishi” is introduced and the fact that it is just the research object of safety science is pointed out. The types of “zaishi” and their relationships are also discussed, based on which the necessity and feasibility of the construction of safety science are expatiated. The connotation of safety science and the basic approach of the construction are analyzed in a new point of view. Finally, the hierarchy of system of safety science and technology is discussed.

[ **Key words** ] safety; “zaishi”; safety science; the construction of subject