

生物柴油标准分析与制定研究

吕鹏梅,袁振宏,廖翠萍,孔晓英,马隆龙,吴创之

(中国科学院广州能源研究所,广州 510640)

摘要:我国生物柴油技术的发展急需生物柴油标准的建立。本文分析了国内外生物柴油标准发展现状,讨论了国内现有生物柴油企业标准。建立了一系列生物柴油质量测试方法,测试了国内典型的 3 种工业生物柴油样品及原生植物油、柴油及 20% 生物柴油样品。在对测试结果和国际主要生物柴油标准进行对比和分析的基础上,对我国生物柴油标准的制定提出了建议。

关键词:生物柴油;标准;建议

中图分类号:TE667

文献标识码:C

文章编号:0253-4320(2006)12-0008-05

A study on analysis and establishment of bio-diesel standards

LU Peng-mei, YAUN Zhen-hong, LIAO Cui-ping, KONG Xiao-ying, MA Long-long, WU Chuang-zhi

(Guangzhou Institute of Energy Conversion, CAS, Guangzhou 510640, China)

Abstract: A national biodiesel standard is badly needed for the development of bio-diesel technology. The state of the art of bio-diesel standards in China and around the world are reviewed and analyzed in this paper. The current status of bio-diesel enterprise standards in China is discussed, and a series of testing methods of bio-diesel quality have been established. Three typical industrial bio-diesel samples including raw plant oil, diesel and 20% bio-diesel, are tested by the testing method. Based on the comparisons between the measurement results and international bio-diesel standards, some helpful suggestions for the establishment of national bio-diesel standards are given.

Key words: Biodiesel; standard; suggestion

生物柴油及其生产技术的研究始于 20 世纪 50 年代末,生物柴油的概念是 1895 年由德国工程师鲁道夫(Rudolf)提出的,所谓的生物柴油是指利用各类动植物油脂为原料,与甲醇或乙醇等醇类物质经过交酯化反应改性,使其最终变成可供内燃机使用的一种燃料。

随着经济全球化和一体化进程的加快,标准化成为可再生能源技术实施产业化的重要环节,成为企业及其相关技术和产品占领全球市场的重要基础性工作。由于标准对推广可再生能源技术的应用甚至主导可再生能源技术的发展具有举足轻重的作用,因此国际社会、发达国家都非常重视可再生能源技术标准化工作,并取得了很好的效果。

在国家“十五”科技攻关计划项目“生物柴油制定标准和生产规范的研究(2004BA411B09)”的资助下,广州能源研究所进行了生物柴油标准方面的研究,建立了生物柴油分析测试方法,并对国内典型示范工业生物柴油样品进行了分析和测试。通过和国际生物柴油标准的对比和分析,对我国生物柴油标准的制定提出了建议。

1 国外生物柴油标准现状

生物柴油质量标准评价指标包括密度、硫质量分数、十六烷值、闪点、灰分、残炭、水分、机械杂质、甘油含量、氧化安定性等。其中,密度、硫质量分数、十六烷值、闪点及冷滤点等是石化柴油也需测量的一般性指标,而甘油质量分数、甲醇质量分数及磷质量分数则是一类特殊的可以描述生物柴油化学组分及脂肪酸酯纯度的指标^[1]。

生物柴油的国际标准是 ISO 14214,另一个 ASTM 国际标准是 ASTM D 6751。后一标准是美国所采用的标准,该标准由美国环保局 1996 年在“清洁空气法”的 211(b)部分加以了法律确认。另一被广泛认同的是德国的 DIN 生物柴油系列标准,是迄今为止最为详细系统的生物柴油标准,该标准体系针对不同的制造原料有不同的 DIN 标准:以油菜籽和纯粹以蔬菜籽为原料的 RME (rapeseed methyl ester)、VME (vegetable methyl ester) 生物柴油 DIN E 51606 标准,以蔬菜油脂和动物脂肪为混合原料 FME (fat methyl ester) 的生物柴油 DIN V 51606 标准。

收稿日期:2006-08-29

基金项目:“十五”国家科技攻关计划项目(2004BA411B09)及中国科学院知识创新工程方向项目(KGCX2-YW-306)

作者简介:吕鹏梅(1973-),女,博士,副研究员,主要从事生物柴油和生物质能源利用的研究,020-87057729,lvpm@ms.giec.ac.cn。

欧盟也在2003年11月颁布了EN 14241生物柴油燃料标准。

此外,奥地利、澳大利亚、捷克、法国、意大利、瑞典等国家也拟定了生物柴油燃油规范。欧盟和美国、澳大利亚及韩国等发达国家积极发展生物柴油产业,为了推广应用,他们制定并不断完善了生物柴油标准。欧盟标准主要参照德国标准制定,而随后的其他国家的生物柴油标准基本上参照美国标准或德国标准制定。因此,欧洲生物柴油标准和美国标准是目前世界上最具代表性的生物柴油标准。

2 国内生物柴油标准发展现状

随着我国经济的快速发展,汽车保有量的增长速度明显加快,汽车燃油消耗量也相应呈高速增长趋势。从1993年开始,我国已经成为石油的净进口国,如果我国仍继续完全依赖石油进口,将严重影响我国石油能源的安全性。我国汽车、石油及其他相关行业应积极借鉴欧洲开发生产替代燃料天然气制油(GTL)、煤制油(CTL)和生物质液化燃料(BTL)的成功经验和成熟技术,开发适合我国国情的替代汽车和替代燃油。目前我国生物柴油技术已取得重大成果:海南正和生物能源公司、四川古杉油脂化工公司和福建卓越新能源发展公司都已开发出拥有自主知识产权的技术,相继建成了规模超过万吨的生产厂。

我国的一些生物柴油企业已经制定了生物柴油企业标准,有些公司则直接应用柴油标准作生物柴油的标准。如福建卓越新能源发展有限公司生物柴油分为10[#]、0[#]和-10[#]3种牌号,以轻柴油国家标准的指标制订,取消了对生物柴油无法分析的氧化安定性总不溶物指标。四川古杉公司其生物柴油产品质量符合Q/72979019—0.1—2001标准,达到德国DIN51606标准。古杉生物柴油分为特级和1级,标准指标主要参照轻柴油标准GB 252—2000制订,

也取消了氧化安定性总不溶物指标。

国内某生物柴油生产公司的生物柴油标准如表1所示。

表1 生物柴油标准

项目	数值	实验方法与标准
闪点/℃	≥100	GB/T 261
水分(体积分数)/%	≤0.050	GB/T 260
运动黏度 40℃/mm ² ·s ⁻¹	1.9~6.0	GB/T 265
硫酸化灰分/%	≤0.020	ISO 1616
硫质量分数/%	≤0.05	GB/T 380
铜片试验/级	≤3级	GB/T 378
十六烷值	≥40	GB/T 386
凝固点/℃	实测	GB/T 0248
残炭/%	≤0.050	GB/T 17144
酸值(KOH)/mg·g ⁻¹	≤0.80	GB/T 264
游离甘油/%	≤0.02	ISO 1066
总甘油/%	≤0.240	ISO 1066

注:本标准按照美国生物柴油标准制定。

总体来说,我国生物柴油的企业标准基本是参照柴油标准而制定的。但是因为生物柴油与矿物柴油在组成和性质上的差别,以柴油标准来控制生物柴油的质量是远远不够的,在实际使用中会产生很多问题。因此,根据我国的生物柴油发展现状与应用前景,制定生物柴油国家标准非常必要。

3 生物柴油测试结果及分析

该研究参考目前世界上最有代表性的生物柴油标准:欧洲标准和美国ASTM标准分析测试法,建立了一系列生物柴油产品质量评价指标通用测试方法。通过建立的测试方法,对3种典型的国内生物柴油工业样品、麻风树原油、0[#]柴油、生物柴油占20%(B20)比例的混合生物柴油和化石柴油进行了测试。3种生物柴油样品的序号分别为A、B、C,所得结果如表2所示。为了对比起见,表3列出了国际上主要的生物柴油标准。

表2 油样测试结果

	A	B	C	A-B20	B-B20	0 [#] 柴油	麻风树油
闪点/℃	165	180	126	76	70	63	229
残炭/%	1.10	0.09	1.75	0.35	0.07	0.07	0.26
硫质量分数/%	0.0129	0.0076	0.0054	0.0282	0.0238	0.0385	—
灰分/%	0.0015	0.0023	0.0029	0.0017	0.0020	0.0019	—
机械杂质/mg·kg ⁻¹	34	53	47	73	78	85	62
冷滤点/℃	4	0	1	3	1	2	17
密度/g·cm ⁻³	0.8869	0.8915	0.8821	0.8335	0.8216	0.8181	0.9201

续表

	A	B	C	A-B20	B-B20	0# 柴油	麻风树油
凝点/℃	2	-4	1	-1	-3	-1	-3
十六烷值	68.2	63.0	—	—	—	61.0	> 75.0
水分/mg·kg ⁻¹	428.5	411.1	338.4	—	—	77.0	1457.0
酸值(KOH)/mg·g ⁻¹	0.266	0.233	5.818	0.0956	0.0845	0.024	15.024
铜片腐蚀/年	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
运动黏度/mm ² ·s ⁻¹	8.3428	7.4712	6.8486	4.785	4.9215	4.2440	78.7
脂肪酸甲酯/%	87.45	91.60	92.84	17.49	18.32	0	5.53
总甘油/%	0.285	0.240	0.119	—	—	0	—

表 3 国外生物柴油标准^[2]

指标	澳大利亚	捷克	法国	德国	意大利	瑞典	欧洲	美国
	ON C 1191	CSN 656507	Journal official	DIN E 51606	UNI 10635	SS 155436	EN 14214	ASTM D 6751
生效日期	1997-07-01	1998-09	1997-09-14	1997-09	1997-04-21	1996-11	2003-02	2005-01
闪点/℃	> 100	> 110	> 100	> 110	> 100	> 100	> 120	> 130
10% 残炭/%	—	—	< 0.3	< 0.3	< 0.5	—	< 0.3	100% 残炭, < 0.05
硫质量分数/%	< 0.02	< 0.02	—	< 0.01	< 0.01	< 0.001	< 0.001	< 0.0015
灰分/%	< 0.02	< 0.02	—	< 0.03	—	—	< 0.02	< 0.02
机械杂质/mg·kg ⁻¹	无	< 24	无	< 20	无	< 20	< 24	无
减压蒸馏	—	—	95%, 360℃	—	95%, 360℃	—	90%, 360℃	90%, 360℃
冷滤点/℃	0/-15	-5	无	0/-10/-20	无	-5	各国自定	无
密度(15℃)/g·cm ⁻³	0.85~0.89	0.87~0.90	0.87~0.90	0.875~0.90	0.86~0.90	0.87~0.90	0.86~0.90	—
凝点/℃								
十六烷值	> 49	> 48	> 49	> 49	—	—	> 51	—
水分/mg·kg ⁻¹	—	< 500	< 200	< 300	< 700	—	< 500	—
酸值(KOH)/mg·g ⁻¹	—	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.6	< 0.50	< 0.80
铜片腐蚀	—	1	—	—	—	—	< 1	< 3
运动黏度(40℃)/mm ² ·s ⁻¹	—	3.5~5.0	3.5~5.0	3.5~5.0	3.5~5.0	3.5~5.0	3.5~5.0	1.9~6.0
脂肪酸甲酯/%	—	—	> 96.5	—	> 98.0	> 98.0	> 96.5	—
总甘油/%	—	< 0.24	< 0.24	< 0.25	—	—	< 0.25	< 0.24

3.1 闪点结果及分析

从表 2 中可见,几种生物柴油的闪点较高,均在 126℃ 以上,远远高于 0# 柴油,稍低于麻风树原油。这是因为生物柴油分子的碳链平均长度较矿物柴油分子长,比原植物油分子长度小。因此,生物柴油不易发生爆炸,同时还有较高的抗震性,与常用的 0# 柴油相比,生物柴油在存储、运输及使用时有着良好的安全性。

从表 3 可见,大部分国家的闪点标准为大于 100℃ 或 110℃,欧洲标准大于 120℃,美国标准最高,为大于 130℃。从表 2 可知,这些值远高于 0# 柴油的 63℃,因此,将生物柴油替代柴油在此指标上是可行的。限定闪点还可限定生物柴油酯交换反应

后残留甲醇含量^[3-4]。

通过我国的生物柴油闪点测试结果,以上 3 种生物柴油产品皆符合欧洲标准及几乎所有国家的标准,接近美国标准。因此,可以建议将我国生物柴油闪点标准定为 120~130℃。

3.2 残炭测试结果及分析

由表 2 可见,生物柴油油样 B 的残炭值与 0# 柴油样品接近较小,符合欧洲标准和德国标准;麻风树原油样稍大;而生物柴油 A、C 样残炭值相对比较大,并大于其他国家标准。这可能与操作过程中存在的误差以及各样品的化学组成有关。

残炭主要由油品中胶质、沥青质、多环芳烃及灰分形成。残炭量与油品的化学组成(甘油酯、游离脂

肪酸、皂、残留催化剂和其他杂质)和灰分含量有关。烷烃只起分解反应,不参加聚合反应,所以不会形成残炭;而不饱和烃和芳烃在形成残炭的过程中起着很大的作用,但不是所有的芳烃的残炭值都很高,而是随着其结构的不同而不同,以多环芳烃的残炭值最高,环烷烃残炭值居中。因此,我国生物柴油的残炭值还需要降低,以减小对发动机运行的影响。

3.3 硫质量分数测试结果及分析

生物柴油的生产原料本身不含有硫,但是由于在酯交换反应过程或是贮存过程中存在污染,因此在生物柴油里有少量硫的存在。国家对柴油中硫质量分数做了明确规定:优质柴油硫质量分数 $<0.2\%$;一级柴油硫质量分数 $<0.5\%$;合格柴油硫质量分数 $<1.0\%$ 。

从表2得知,3种生物柴油样品的硫质量分数分别为 0.0129% 、 0.0076% 、 0.0054% ,远远低于 $0\#$ 柴油硫质量分数 0.0385% ,优于国家规定的优质柴油标准。

与其他国家生物柴油标准相比,该测试的生物柴油样品的硫质量分数符合澳大利亚、捷克等大部分国家的生物柴油标准,而高于SS 155436标准、EN 14214标准及ASTM D 6751标准。

3.4 灰分(硫酸盐)测试结果与分析

因为麻风树原料油燃点较高,燃烧成灰分的温度需求很高,所以不做分析。其他样品所测数据均符合欧盟及美国标准。

3.5 机械杂质测试结果及分析

从表2可见,我国生物柴油样品所测定的机械杂质比各国标准要高。超过标准的原因可能是因工艺过程的影响或存放时间较长而从外界混入了一些杂质。

3.6 减压蒸馏测试结果及分析

减压蒸馏测试结果见表4。

表4 生物柴油及原料油和混合生物柴油的减压蒸馏

样品名称	初沸点/℃	终沸点/℃	样品名称	初沸点/℃	终沸点/℃
A	145	187	C	163	196
	143	207		165	197
B	184	209	0#柴油	139	190
	185	212	141	194	

注:由于A-B20、B-B20、麻风树油在蒸馏过程中有爆沸现象,因此不能确定馏程。

美国标准和欧洲标准要求90%回收温度不超过 360℃ 。生物柴油油样A、B、C的馏程虽无法确

定,但终蒸馏点的温度都满足不超过 360℃ 这一要求,符合欧洲标准和德国标准;麻风树油样由于初馏点温度过高不能蒸馏。

3.7 冷滤点测试结果及分析

从表2可知,几种生物柴油油样的冷滤点相近,在 $0\sim 4\text{℃}$,与 $0\#$ 柴油相近,未能达到各国生物柴油标准。提高低温性能最简单的方法是把生物柴油与石化柴油混合使用;使用添加剂能改善生物柴油的低温性能,添加剂对云点影响不大,但能显著减小颗粒大小,阻止晶体长大和结合,从而减轻蜡状物阻塞,降低倾点和冷滤点。

3.8 密度测试结果与分析

油品密度的大小对燃料喷嘴喷出的射程和油品雾化质量的影响很大,降低油品的密度可降低HC、 NO_x 和颗粒物排放^[5]。从表2可见, 15℃ 时,3种典型的生物柴油的密度相近,均在 $0.87\sim 0.89\text{ g/cm}^3$,稍大于 $0\#$ 柴油油样,大于一般柴油密度($0.82\sim 0.84\text{ g/cm}^3$)。这是因为生物柴油的碳链长度大于柴油,所以生物柴油的密度也会比柴油大。同时还可以得知,3种生物柴油样品的密度与麻风树原料油样品接近。因此,用密度指标来判定生物柴油的质量并不像判定石油基柴油时那样有效。与澳大利亚、捷克、法国等世界其他国家生物柴油标准进行比较可得知:测试所得数据都能达到这些国家的生物柴油标准。

3.9 凝点测试结果及分析

从表2可知,生物柴油油样B的凝点较小,低于其他2种生物柴油样,因此其低温流动性相对其他样品较好。这可能与生物柴油生产原料有关。生物柴油样品A、C的凝点偏高,不利于在低温下生产、运输和使用。将表3与所测冷滤点结果进行比较得知,生物柴油的凝点与冷滤点相差很小,一般只有 $0\sim 3\text{℃}$ 的差距。

3.10 十六烷值测试结果与分析

十六烷值高可以保证油品燃烧均匀,热功率高,油耗少^[6-7]。从表2中可以看到,生物柴油的十六烷值与 $0\#$ 柴油相近,略高于 $0\#$ 柴油,说明生物柴油具有良好的点火性能。而麻风树油十六烷值则远远大于 $0\#$ 柴油,若作为内燃机燃料使用,则会因滞燃期太短,燃料来不及与空气完全混合即着火自燃,而导致燃烧不完全,造成发动机冒黑烟及油耗增大,功率下降。

一般认为,适宜的柴油的十六烷值应为 $45\sim 60$ 。植物油中常见的长链脂肪酸甲酯,如油酸甲酯、

亚麻酸甲酯、亚油酸甲酯、蓖麻油酸甲酯、花生酸甲酯等的十六烷值都在 40~60。一般认为,碳链长度的增加有助于十六烷值的提升,而不饱和双键数目的增加则会使十六烷值有所下降^[7]。构成生物柴油的脂肪酸甲酯的碳链长度多为 14~20 个碳,不饱和度双键多为 2。因此,生物柴油的十六烷值与柴油的十六烷值相近。从表 2 与表 3 的数值比较可知,我国生物柴油的十六烷值均能符合各国生物柴油标准。

3.11 水分测试结果与分析

从表 2 和表 3 可知,我国生物柴油样品水分含量可以达到意大利和欧洲标准,但达不到法国和德国标准。生物柴油中总是存在水分(溶解的、乳化的,甚至存在于容器底部,微量甘一酯、甘二酯还能增强生物柴油的吸水能力)。随着存放时间的增长,油样中吸收的水分也越多。

3.12 酸值测试结果及分析

欧洲标准酸值定为不大于 0.50 mg/g,美国标准为不大于 0.80 mg/g。表 2 所测的 A、B 2 种生物柴油酸值皆符合欧洲标准,而生物柴油 C 酸值偏大,远大于欧洲标准、美国标准规定值,这可能是由于 C 样品中含水量相对较大,存放时间比较长,其中产生了部分脂肪酸的缘故;0# 柴油酸度也很小;麻风树原油的酸值远远大于其他几种样品,这与他的组分有关:油品中一般含有有机酸(环烷烃、脂肪酸)、酚类、酸性硫化物等。

通过酯交换制备的生物柴油,一般不含有脂肪酸、环烷酸等有机酸,仅含有极微量的硫。因此,酸值较低,一般在 0.5 mg/g 以下。因此,生物柴油对于发动机的腐蚀性很小。

3.13 铜片腐蚀测试结果与分析

由表 2 可知,所测得生物柴油的铜片腐蚀都很弱,这与生物柴油的低含硫量有关。因为油品中含有的无机硫化物,如 H_2S 、元素硫(以 S_2 、 S_4 为主要形式存在的活性硫)等是导致铜片腐蚀不合格的主要原因,而生物柴油中仅含有极微量的硫。所以,生物柴油的铜片腐蚀很弱。

比较表 2 和表 3 可见,我国生物柴油的测试结果符合欧洲标准和美国标准及其他国家标准。

3.14 运动黏度测试结果与分析

生物柴油分子较大(约为石化柴油的 4 倍),黏度较高,会导致雾化效果不佳,油束在燃料室内分布不均匀,燃烧不完全,油耗增加,碳烟排放量增加^[8]。

从表 2 可见,尽管生物柴油的黏度比矿物柴油

高,但其黏度仍然满足我国柴油标准作为燃料使用的条件。

生物柴油黏度的偏高,与其碳链长度及酯交换的工艺过程有关。生物柴油的碳链长度大都在 16~19,而矿物柴油的碳链长度一般为 8~10,因此生物柴油的黏度要比矿物柴油的黏度稍高一些,表现为其冷滤点比矿物柴油有所升高。

此外,残留甘油和甘油酯会大大增加生物柴油的黏度。因甘油、甘油酯的黏度远高于生物柴油,含量越高黏度越大。它们的含量主要取决于酯交换的工艺过程,好的工艺应尽量反应完全。

3.15 脂肪酸甲酯测试结果及分析

从以上生物柴油试样的测试结果可知,样品 C 脂肪酸甲酯含量最高,B 次之,A 最低,说明 C 中杂质含量最低,B 较高,A 最高。3 种生物柴油产品脂肪酸甲酯含量的不同,与各自的生产方法及处理过程有关。一般来讲,原料无论采用蔬菜油、动物油脂还是废煎炸油、地沟油等,整个生产过程都可以概括为 3 个阶段,即原料的预处理、转酯化反应和产物的下游处理。如果生产方法好,转化率高,甲酯含量相对较高;预处理及产物下游处理充分则杂质含量少,相应甲酯含量较高。但是,甲酯含量并不能最终说明其燃烧性能的好坏,这还与杂质的种类及相应含量有关。

意大利标准及瑞典标准中甲酯含量要求 $\geq 98\%$,法国发表的官方杂志上要求甲酯含量 $\geq 96.5\%$,其他国家标准中没有对甲酯含量做严格的规定。

3.16 总甘油测试结果及分析

总甘油包括游离甘油和结合甘油,结合甘油又包括单甘酯、二甘酯和三甘酯。三甘酯、甘油、单甘酯和二甘酯分别是制作生物柴油的原料、副产品和中间产物,它们的含量主要取决于酯交换的工艺过程,好的工艺应尽量反应完全,除尽残留的甘油、催化剂和未反应的甲醇,并去除其中的游离脂肪酸。游离甘油可以通过水洗除去,但低含量的甘油酯只能通过使用更好的催化剂、严格反应条件或者对产品进一步蒸馏来实现。甘油、甘一酯、甘二酯的含量应低于 0.1% 以取得最佳发动机性能,因而在大部分国家标准中对甘油和甘油酯含量做了严格限制。

从表 2 可见,样品 B、C 总甘油测试结果符合已有的国际标准,样品 A 测试结果稍高于各个国际标准,但通过严格的工艺控制也能达到各国标准。

(下转第 14 页)

性进行了研究,认为将 RO 法的盐水排放物作为 MSF 法的进水,可以减小预处理单元的规模,并相应降低了对膜组件的要求。Misra 等提出了将 MSF 法排放的盐水作为 RO 的进水的集成策略,将原料海水的固含量(TDS)和温度作为优化设计的变量进行综合考虑,使各物流、能流间实现最佳匹配。May 对 RO 法与 MSF 法集成工艺中影响产品水经济性的决定因素进行了研究。Helal 等^[11-13]通过对 7 个不同的生产工艺流程进行比较得出:两级 RO 法的水生产费用最低,而 RO 法与 MSF 法的集成可以获得更好的经济性和操作特性。

目前,世界范围内已经建成了一些 RO 法与 MSF 法相结合的海水淡化工程^[3],如沙特阿拉伯的 Jeddah 厂在原有的 MSF/发电的双目的厂中建设了海水反渗透(SWRO)一期和二期工程;沙特阿拉伯的 Yanbu 厂对水电联产厂进行了扩建,即将 4 个 4 500 m³/d 容量的 MSF 厂与一个 12 800 m³/d 容量的 SWRO 厂联合操作;沙特阿拉伯的 Al-Jubail 厂在水电联产厂的基础上建设了一个 9 000 m³/d 容量的 SWRO 厂。阿拉伯联合酋长国的 Fujairah 海水淡化厂的设计和建设也是基于的 MSF/SWRO/发电的简单组合概念。

但是,目前的组合型淡化厂都是海水淡化方法间的简单组合,而非完全意义上的集成。MSF 法和

RO 法完全意义上的集成设计应遵循以下思路:充分利用 2 种过程的产品水的混合物及部分的排热段海水作为 RO 法的进料水,将 RO 法的盐水排放与 MSF 法的盐水循环相结合进行设计。

笔者所在本课题组结合黄岛发电厂的蒸馏法和膜法淡化示范工程开展了相关的集成与优化研究,并将其归结为一个混合整数非线性规划问题,采用随机优化算法进行求解;同时在现场对不同预处理技术进行了实验研究,将所得到的结果用于该示范工程的建设之中,取得了明显的效果。

2.2 预处理方法与海水淡化技术的集成^[14-18]

近年来,随着微滤(MF)、超滤(UF)和纳滤(NF)技术的发展,全膜法预处理具有可有效减少化学品添加量、减少 SWRO 淡化过程中膜组件的清洗次数和降低结垢的可能性,操作过程对环境友好,操作成本低等优点。因此,全膜法预处理取代传统预处理将成为一种必然的发展趋势。

沙特阿拉伯的盐水转化公司(Saline Water Conversion Corporation, SWCC)建立的 NF-SWRO 集成海水淡化示范性工程,水回收率达到 70%,且水回收率随操作压力的增大而增大。SWCC 研究人员对 NF-MSF 集成的研究发现:实验过程在不加入任何防垢剂、酸或防泡剂情况下,没有观察到结垢现象,且 MSF 法的最高盐水温度可提高到 120~160℃,产

(上接第 12 页)

4 结论与建议

通过以上我国典型生物柴油样品质量测试结果和国外生物柴油标准的对比,可以得到以下结论:我国生物柴油的大部分指标,如闪点、残炭、硫质量分数、灰分、减压蒸馏、密度、十六烷值、酸值、铜片腐蚀、水分和总甘油均已达到欧洲或美国标准。冷滤点、凝点、运动黏度和脂肪酸甲酯的质量测试指标与国外标准相差较远。以上生物柴油指标的差异是由 2 个方面的因素引起的,第一个因素为原料差异,我国生物柴油原料主要为地沟油或高酸值废油,而美国生物柴油原料主要为大豆油,欧洲生物柴油原料主要为菜籽油。第二个因素为工艺过程,我国的生物柴油生产基本采用传统化学法生产,具有规模小,污染严重和质量不易控制的缺点。

因此,发展我国的生物柴油产业急需解决的关键问题是原料的规模化供应,我国虽有较多的地沟油,但数量远不能达到我国对生物柴油的需求。因此,我国需大力发展燃料植物油产业,一方面保证生

物柴油的生产,另一方面相对单一的原料也有利于生物柴油标准的制定。另外,我国的生物柴油生产技术也急需重大的技术创新和改造,以控制产品质量和降低成本。

参考文献

- [1] Mittelbach M. Diesel fuel derived from vegetable oils: VI. Specification and quality control of biodiesel[J]. *Bioresource Technology*, 1996, 56(1): 7-11.
- [2] Biofuel Systems Group Ltd. Biodiesel standards[S/OL]. [2006-08-01]. <http://www.biofuelsystems.com/specification.htm>.
- [3] 傅德慧,安华.油品闪点:主要安全指标[J]. *内蒙古质量技术监督*, 2001(6): 37.
- [4] 林柏千.提高燃料油标准中闪点的必要性[J]. *消防科学与技术*, 2004, 23(5): 75-75.
- [5] 豪彦. GB/T 19147—2003《车用柴油》和 EN 590《车用柴油》标准的比较[J]. *汽车与配件*, 2003, 30: 35-36.
- [6] 刘建福,瓦力斯江.浅析如何从检验数据判断轻柴油使用性能的好差[J]. *新疆化工*, 2005, 3: 33-34.
- [7] 李昌珠,蒋丽娟,程树棋,等.生物柴油-绿色能源[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [8] 马林才,夏良耀,盛艳波,等.车用轻柴油性能对柴油机燃烧及碳烟排放的影响[J]. *柴油机*, 2004, 3: 14-17. ■