

# 原油高价运行下我国基础油 生产技术的探讨

宋昭峥<sup>1</sup>, 刘希<sup>1</sup>, 郑爱萍<sup>2</sup>, 唐飞<sup>3</sup>

(1. 中国石油大学重质油国家重点实验室, 北京 102249; 2. 中国石油玉门油田分公司科技信息处, 甘肃酒泉 735019; 3. 中国石油玉门分公司对外经济技术合作与开发处, 甘肃酒泉 735019)

**摘要:**回顾了 2002 年到 2008 上半年国际原油价格。指出了我国润滑油基础油生产技术在当前原油高价运行下存在的问题: 对于传统基础油生产工艺, 炼制原油种类的增多导致基础油的质量下降以及设备腐蚀; 对于基础油加氢工艺, 主要是装置开工率不足。提出要充分了解哪些原油适合传统的基础油生产工艺, 对不同的原油应采取分炼、分输、分储, 加大对基础油加氢工艺的科研力度, 掌握高档基础油结构性质, 提高我国润滑油的生产技术水平, 缓解原油价格增长给润滑油行业带来的压力。

**关键词:**原油价格; 润滑油; 基础油; 传统工艺; 加氢工艺

**中图分类号:**TE624

**文献标识码:**C

**文章编号:**0253-4320(2008)12-0011-04

## Discussion on base oil processing technology when crude oil prices in high position

SONG Zhao-zheng<sup>1</sup>, LIU Xi<sup>1</sup>, ZHENG Ai-ping<sup>2</sup>, TANG Fei<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Heavy Oil for Processing, University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. Information Technology Department, Yumen Oilfield, Jiuquan 735019, China;

3. Foreign Economic and Technological Co-operation and Development Office, Yumen, Oilfield, Jiuquan 735019, China)

**Abstract:** The crude oil prices from 2002 to the first half of 2008 are reviewed in this paper. The problems of China's base oil processes under the high prices of crude oil are pointed out as follows: ① for the traditional base oil process, the problem is that the great diversity of refining crude oil leads to decline in the quality of base oil and corrosion towards facilities; ② and for the base oil hydrogenation process, the problem is mainly the operation under capacity. So it is critical to know what kind of crude oil fits the traditional base oil processes, and first the crude oil classification should be made before refining. The research of base oil hydrogenation process should be strengthened, the structure and characteristics of high-grade base oil products must be known well, the technological level of production of lubricant be enhanced and so the pressure from the high prices of crude oil be mitigated.

**Key words:** crude oil prices; lubricant; base oil; traditional process; hydrogenation process

2007 年, 我国润滑油产销量超过 530 万 t, 仅次于美国居世界第 2 位。我国具有一定规模的润滑油装置(包括溶剂脱沥青装置)约有 100 套, 分布在近 20 个炼厂。随着国际原油价格不断的攀高, 我国以“老三套”工艺为主生产基础油的润滑油厂面临着新旧问题。我国润滑油加氢研究工作虽在 20 世纪 60 年代就已开始, 但直到 90 年代才大规模开展起来, 这对我国润滑油基础油生产工艺的发展和润滑油质量的提高产生了深远的影响, 但同样也存在很多问题。

## 1 国际原油价格回顾

2000—2007 年原油价格发生了很大的变化, 由表 1 可以看出, 世界原油价格总体趋势是上涨的。2007 年底, 国际原油价格在 90 美元/桶徘徊, 2008

年 1 月 2 日, 国际原油价格突破 100 美元/桶大关, 在之后的 6 个月中油价一路飙升, 更是在 7 月 11 日创出 147.25 美元/桶的历史新高。虽然从 8 月份起, 原油价格一直处于回落的趋势, 到 12 月时, 原油价格已经回落到 50 美元/桶左右, 据前 11 个月的原油价格来看, 均价在将近 100 美元/桶, 而且原油作为不可再生资源以及它在国际政治中的特殊性, 所以原油价格总的趋势应该是增长的。

表 1 世界原油年均价格表

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
WTI/美元	30.50	25.89	26.10	31.06	41.41	56.44	66.00	72.41

注: 数据来源为路透社电讯普氏报价。

收稿日期: 2008-09-08; 修回日期: 2008-12-03

作者简介: 宋昭峥(1972-)男, 博士, 副教授, 主要从事重质油化学方面的研究, 010-89733372, song@cup.edu.cn。

如此高的油价导致润滑油基础油价格也随之上漲,进而导致润滑油生产成本提高。从 2006 年开始,国际各大润滑油公司润滑油价格皆有所上涨。2006 年上半年,进口 150BS、500SN 等基础油价格同比提高约 52%;到了 2006 年 7—8 月,150SN 价格超过 7 500 元/t,并且供应紧张。受基础油价格高涨的影响,添加剂供应商也纷纷上调价格,添加剂涨幅达到 15%~30%。2008 年,全球石油供求仍处于相对紧张状态,国际权威机构不断调高国际油价走势的预测,多种因素支持了国际油价在高位运行。“原油—基础油—润滑油”这条产品链的价格联动将越来越紧密<sup>[1]</sup>。

## 2 我国润滑油基础油技术现状

### 2.1 “老三套”工艺

我国基础油加工工艺仍然以溶剂脱蜡、溶剂精制和白土补充精制的“老三套”工艺为主流,占润滑油总生产能力的 86%。所以“老三套”在我国还会存在相当长的时间,而且目前使用“老三套”工艺生产的基础油在数量上还占有绝对优势。多年来,我国在扩大润滑油生产能力的同时,对“老三套”进行了以节能降耗、提高经济效益为主旨的多项技改,已取得明显效果。

#### 2.1.1 溶剂精制

在我国,溶剂精制主要是糠醛精制,加工能力占 80%以上,N-甲烯吡咯烷酮(NMP)装置只有 1 套。在溶剂精制装置中回收溶剂能耗占总能耗的 80%,所以采用多效蒸发是此系统节能的主要手段。北京燕山石化公司糠醛 II 套用石油大学窄点计算程序,采用五塔三效,装置能耗有较大下降,2003 年底能耗为 90.75 万 kJ/t;茂名石化公司将糠醛 III 套从三塔两效改为四塔三效装置,目前能耗为 91.75 万 kJ/t,均属于国内先进水平<sup>[2]</sup>。

在工艺方面的双溶剂抽提技术和应用抽出液及

抽余液分离技术<sup>[3]</sup>;在设备方面主要是对抽提塔的改进,例如清华大学开发的扁环 QH-1 或 QH-2 填料,抽提效率较高,油收率增加 3~4 百分点,精制油质量有所提高,表现为多环芳烃含量降低 1~2 百分点。

#### 2.1.2 溶剂脱蜡

酮苯脱蜡装置工艺较复杂,包括结晶、过滤、回收、干燥、脱水、氨冷冻等过程,装置能耗一般占全厂能耗的 6%~8%,对炼厂经济效益的影响较大。我国脱蜡工艺主要是以丁酮-甲苯为溶剂的脱蜡脱油联合工艺,该工艺流程长,能耗大,生产成本低,而发展趋势是对已有溶剂脱蜡工艺的相关处理设备进行节能降耗和提高效率方面的技术改造。为提高传统的套管结晶器的换热效果和生产能力,可采取改善内套管的内表面以降低其对蜡的吸附,相应地改变刀口结构并更换刮刀材料以保护内套管的内表面等措施<sup>[4]</sup>。

#### 2.1.3 白土补充精制

传统的白土补充精制白土用量大,精制油收率较低,环保问题突出。研究表明,基础油氧化安定性与其组成密切相关,基础油中存在一定量的硫化物可抑制氧化作用,而氮化物尤其是碱性氮则有加速氧化的作用。随着白土与液相脱氮组合工艺的工业化,选择性的脱除油品中的碱性氮,解决了重质润滑油氧化安定性不好的问题,脱氮率可达 90%以上,脱硫率在 10%,白土用量可比以前减少 50%,油收率可提高 1~2.5 百分点<sup>[5]</sup>。

### 2.2 加氢基础油生产技术

为改善润滑油基础油的质量,使产品迅速升级换代,我国已建立了 6 套相应的加氢工艺装置,其中有全加氢工艺(包括加氢裂化、加氢异构化、加氢补充精制),也有加氢与传统“老三套”结合起来的组合工艺,有引进国外的,也有自主开发的,现分述如下<sup>[6]</sup>:

(上接第 10 页)

- [7] 王辛龙,万先达.湿法磷酸净化的新进展[J].磷肥与复肥,2001,16(2):32-33,56.
- [8] 钟本和,陈亮,李军,等.溶剂萃取法净化湿法磷酸新进展[J].化工进展,2005(6):596-602.
- [9] 陈亮,龚海燕.浓缩湿法磷酸脱硫新工艺[J].无机盐工业,2005(7):21.
- [10] 黄美英,李军.溶剂萃取法净化湿法磷酸的工艺研究[J].磷肥与复肥,2004(4):9-11.
- [11] Lembrikov V M, Konyakhina L V, Volkova V V, et al. Interaction of Tri-*n*-butyl phosphate, water, and phosphoric acid in purification of wet-

process phosphoric acid [J]. Russian Journal of Applied Chemistry, 2004, 77(10):1606-1608.

- [12] Adavister, Mpeeterbroeck. PRAYON process for wet acid purification [J]. Chemical Engineering Progress, 1982(3):35.
- [13] Ahoud A, Shino O, Khorfan S. Investigació de l'efecte sinergetic d'eters en l'extracció de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> a partir d'acid fosforic humit sirià mitjançant TBP [J]. Afinidad, 2004, 61(509):39-42.
- [14] 贡长生.我国精细磷化工的发展思路和技术创新[J].现代化工,2006,6(12):1-7.
- [15] 刘代俊,蒋绍生,等.我国磷矿资源贫化趋势与对策探讨[J].磷肥与复肥,2005(1):6-9. ■

大庆炼化公司于1998年引进具有世界先进水平的异构脱蜡工艺技术,用以将基础油质量从API I类提升至II类、III类,装置能力20万t/a,采用3种进料,分别是经糠醛精制和酮苯脱蜡的减二线油,经糠醛精制的减四线油和经糠醛精制的轻沥青油切换操作。其产品650SN、150BS可满足API III油类质量标准,150S可满足API II类油类质量标准。

克拉玛依石化公司采用我国第1套国内技术的润滑油高压加氢装置,采用三段高压加氢工艺建设了一套30万t/a全加氢装置,自2000年12月高压加氢建成投产后,原料为克拉玛依低芳烃环烷基原油的减三线、减四线及脱沥青油,全部通过高压加氢转化成橡胶油、光亮油、白油等高质量高价产品。

兰州石化公司于1996年引进法国IFP二段加氢处理技术,用以提高润滑油基础油质量,年处理能力为40万t/a。它采用新疆减压馏分油和脱沥青油为原料,产品的黏度指数在95以上(脱蜡以后),属API I类产品。

上海高桥石化公司于2002年底引进美国雪佛龙公司工艺技术,建设一套30万t/a加氢裂化及一套40万t/a异构脱蜡装置,于2004年底投产,可以生产出22万t/a优质的基础油的API II、III类基础油。

荆门石化公司采用北京石油化工科学研究院开发的中压加氢改质工艺技术(RLT),新建了一套20万t/a中压加氢改质装置,并将其与传统的糠醛精制溶剂脱蜡装置结合起来使用,于2001年底投产。55万t/a润滑油加氢改质—异构降凝装置改造完成后,润滑油基础油生产量增加26万t/a,特种油品增加17万t,实现了润滑油生产短流程、HVI基础油规模化。

茂名石化公司为了从中东油(伊朗原油的减三、减四、脱沥青油)制取低倾点、高黏度指数润滑油基础油,及从加氢裂化尾油生产超高黏度指数润滑油基础油,拟采用北京石油化工科学研究院技术,建一套40万t/a异构脱蜡装置,与现有的基础油生产装置组成较灵活的组合工艺,可增加API II、III类基础油约25万t/a生产能力。

### 3 我国基础油生产中存在的问题

#### 3.1 “老三套”工艺

我国的“老三套”工艺中,由于炼制原油品种越来越复杂,各个基础油生产厂出现了不同的问题。例如,中国石化燕山分公司在大庆原油掺输俄罗斯

及冀东原油后,基础油的质量明显下降,表2是大庆油中混兑8%俄油前后原料油的性质<sup>[7]</sup>,由于俄油属含硫中间基原油,混兑后原料油与大庆油相比,黏度、凝点降低,盐含量、硫含量、氮含量及金属含量上升。而且长远而言,掺输比例将进一步增加。而生产的基础油存在基础油中和值高和执行标准偏低的问题。

表2 大庆油中混兑8%俄油前后原料油的性质

样品名称	大庆原油	俄罗斯原油	大庆原油混兑8%俄油
密度(20℃)/g·cm <sup>-3</sup>	0.8591	0.8407	0.8579
水分/%	0.15	0.20	0.30
凝点/℃	33	14	31
残炭/%	2.86	2.69	2.86
灰分/%	0.120	0.008	0.005
运动黏度/mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>			
20℃		6.597	
50℃	24.10	3.05	18.93
80℃	9.512		8.654
盐含量/mg·L <sup>-1</sup>	2.55	29.00	5.60
酸值/mg·g <sup>-1</sup>	0.0511	0.0322	0.0452
IBP/℃	74.5	<69.0	54.0
S质量分数/%	0.09	0.61	0.14
N质量分数/%	0.13	0.18	0.15
Fe质量含量/μg·g <sup>-1</sup>	2.32	2.83	2.64
Ni质量含量/μg·g <sup>-1</sup>	3.41	6.84	3.90
Cu质量含量/μg·g <sup>-1</sup>	0.010	0.080	0.015
V质量含量/μg·g <sup>-1</sup>	0.06	9.30	0.90

对于中国石化荆门分公司,随着南阳原油稠油逐年增加,原油性质逐年劣质化趋势,所产润滑油基础油质量越来越差,减二线馏分生产的MV1150基础油氧化安定性从2000年前180min左右降低到目前130min左右,减三线馏分生产的MV1500基础油氧化安定性从2000年150min左右降低到目前110min左右,MV1500的黏度指数也由之前65下降到目前60左右。

各个基础油生产厂除了受到石蜡基原油减少,影响基础油质量外,还存在原料、成品油罐较少的问题,这也对润滑油生产带来一定影响。中国石化高桥分公司“老三套”加工装置较多,且加工品种较多,实际生产中油罐就显得较少。而中国石化荆门分公司没有基础油储罐,无论白土精制油或加氢补充精

制油出装置后直接进入润滑油荆门分公司储罐,无法将脱氮基础油与加氢补充精制基础油进行调和,导致部分交库产品统计质量合格率较低。

基础油生产长周期运行一方面受原料量不足和基础油后路不畅影响,导致装置不能长周期开工。另一方面原油性质的重质化和劣质化对生产设备的腐蚀和产品质量也有一定的影响。荆门分公司 2 套蒸馏装置加工原油设计酸值均小于 0.5 mg/g,中间基和石蜡基原油分输分炼后,无论是仪长管输原油还是南阳江汉混合原油,实际酸值均达到 1.0 mg/g 以上,超过了装置设计承受能力,虽然部分设备材质进行了升级,但总体抗腐蚀能力依然很弱。

由于国际原油价格持续攀升,原油采购的品种受到了非常大的限制,我国在进口原油时多为含硫原油或含酸原油。优质的润滑油生产原料来源成为了润滑油生产的瓶颈,随着原料来源的变化,许多工艺已经不再适应现有新开采原油的生产了,所以就要研究和掌握哪些原油较适合用“老三套”工艺生产基础油,并尽量用适合“老三套”工艺生产基础油的原油生产基础油。在安排基础油生产时,应做到原油分储、分输和分炼,同时在现有的工艺设备上,根据不同的原油对溶剂精制、溶剂脱蜡、白土吸附工艺条件进行优化,在保证基础油质量的前提下,尽量提高基础油与石蜡的综合收率,充分发挥“老三套”工艺生产润滑油的作用<sup>[8-9]</sup>。

### 3.2 加氢基础油生产技术

对于加氢基础油的生产,我国各个炼厂还是存在一些问题的。由于我国还缺少相当于 API II 和 III 类的基础油产品的行业或企业标准,并且各个炼厂的技术水平不成熟对该工艺吸收能力不高,影响了装置的开工,产品的销售和效益都未达到预期水平。开工率不高导致了某些质量问题的出现,例如馏分的切判等,通过装置的开工率提高,操作经验的积累,这些问题都会得到很好的解决。此外,装置的开工率不高,无法稳定地为用户提供产品,也影响市场开拓和产品的开发。例如中石油大庆炼化分公司存在的问题有:受市场制约,装置不能连续运转,使催化剂提前失活;异构脱蜡主产品收率低于设计值,而副产品收率则高出设计值比较多;絮状悬浮物的问题。兰州石化分公司存在的问题有:原料性质与设计时有较大的变化,现已停产。克拉玛依石化分公司存在的问题有受到国内专用油市场的不规范和市场竞争的影响,开工负荷率只有 70% 等。上海高桥石化公司有原料来源不稳定、分炼分装困难等问题。

我国应加快开发具有自主知识产权的加氢裂化、异构脱蜡技术,生产 API III 类基础油,特别要重视蜡膏异构化技术的开发,生产蒸发损失低、低温黏度小、氧化安定性优异,黏度指数大于 140 的基础油。同时全面掌握 II 类及 III 类油的结构组成,分析、归纳该基础油与添加剂(尤其是国产添加剂)的感受性规律,并由此探索添加剂在 II 类及 III 类油中的作用机制,II 类及 III 类油与 I 类油在使用过程中衰变机制的不同。不能仅停留在对其表观物理性能进行测试、使用性能的考察上,而应挖掘一些更深层次的本质联系。

## 4 结语

我国传统的“老三套”工艺与加氢技术生产润滑油基础油并存的局面将持续较长的时期。因此要优化各个厂“老三套”工艺,在保证基础油质量的前提下,尽可能提高基础油的收率。

针对我国加氢基础油生产中的问题,比较突出的就是各种原因造成的装置开工率不足,因此润滑油生产企业要充分认识到国内现有的 II、III 类基础油性质,掌握高档产品的添加剂技术,目前应着手考虑解决加氢油添加剂溶解性、光稳定性、絮凝物、沉淀问题。

在当前国际原油高价运行的情况下,我国润滑油科研要加大在基础油的生产过程中的科技含量,加大力度研究各种添加剂,掌握现代化的润滑油调和技术,致力于全面提高我国润滑油生产的水平。

## 参考文献

- [1] 李亮耀. 2008 年中国润滑油市场展望[J]. 石油商技, 2008(1): 8-10.
- [2] 张志娥. 国内外润滑油基础油生产技术及发展趋势[J]. 当代石油石化, 2005, 13(4): 25-29.
- [3] 叶安道. 润滑油双溶剂精制工艺研究[J]. 炼油技术与工程, 2004, 16(2): 19-24.
- [4] 陈孙艺, 梁小龙, 曹恒, 等. 润滑油脱蜡工艺及其设备发展[J]. 润滑油, 2007, 22(3): 21-25.
- [5] 文菊生, 苏光华, 王清华, 等. 液相脱氮—白土补充精制提高润滑油基础油质量[J]. 润滑油, 2001, 34(16): 14-16.
- [6] 付兴国. 润滑油及添加剂技术进展与市场分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 174-199.
- [7] 申福龙, 余学军. 大庆油混兑俄罗斯油对润滑油基础油生产及性质的影响[J]. 润滑油, 2006, 21(2): 14-21.
- [8] 戴鉴. 中国实验润滑油基础油生产技术及产品特点[J]. 石油商技, 2004, 22(4): 5-8.
- [9] 王玉章, 杨文中, 龙军. 从润滑油基础油标准看我国基础油生产现状[J]. 炼油技术与工程, 2006, 36(6): 1-6. ■