

# 塔河原油减压蒸馏生产高等级道路沥青技术

张龙<sup>1\*</sup>, 赵云锋<sup>2</sup>, 张英<sup>1</sup>, 刘树华<sup>1</sup>, 张胜中<sup>1</sup>, 王阳峰<sup>1</sup>  
(1. 中国石化抚顺石油化工研究院, 辽宁抚顺 113001;  
2. 中国石化塔河炼化有限责任公司, 新疆库车 842000)

**摘要:**针对西部发展对高等级道路沥青的市场需求,从塔河原油及其焦化蜡油的性质分析入手,对掺入不同比例焦化蜡油的塔河原油进行减压蒸馏技术研究,分析其不同馏程渣油性质,对其减压渣油生产高等级道路的调和沥青性质进行探索研究。结果表明,塔河原油掺入焦化蜡油减压蒸馏,可提高渣油闪点,降低其软化点、蜡含量,适度降低最终沥青产品的PI值,焦化蜡油掺入比例以15%为最佳。

**关键词:**塔河原油;焦化蜡油;减压蒸馏;沥青

**中图分类号:**TE624.2

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2016)06-0153-04

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.06.037

## Production of high grade road asphalt from tahe crude oil vacuum distillation

ZHANG Long<sup>1\*</sup>, ZHAO Yun-feng<sup>1</sup>, ZHANG Ying<sup>1</sup>, LIU Shu-hua<sup>1</sup>,  
ZHANG Sheng-zhong<sup>1</sup>, WANG Yang-feng<sup>1</sup>

(1. Fushun Research Institute of Petroleum and Petrochemicals, SINOPEC, Fushun 113001, China;  
2. Tahe Petrochemical Co., Ltd., SINOPEC, Kuche 842000, China)

**Abstract:** For the development of the market demand of high grade road asphalt in the west China, the vacuum distillation of Tahe crude oil mixed with different proportions of coker gas oil is carried out from analysing the properties of Tahe crude oil and coker gas oil. The properties of different distillation residue are analyzed. The properties of high grade road blending asphalt produced with the vacuum residue are also explored. The results show that the vacuum distillation of Tahe crude oil mixed with the coker gas oil can improve the flash point of residual oil and reduce the softening point and wax content. There is a modest decrease in PI value of the final asphalt products. The optimal content of coker gas oil is 15%.

**Key words:** Tahe crude oil; CGO; vacuum distillation; asphalt

据预测<sup>[1-2]</sup>,在未来近20年我国高等级道路沥青市场将迎来蓬勃发展的关键时期。在炼油工艺中,减压蒸馏是操作成本最低、过程最简单的生产高等级道路沥青的技术<sup>[3]</sup>。然而,大量的研究和工业生产表明,沥青的性质在很大程度上取决于原油性质<sup>[4]</sup>,直接用减压蒸馏工艺生产高等级道路沥青的原油并不多<sup>[5]</sup>。据石油化工科学研究院报告<sup>[6]</sup>,塔河原油>410℃及>480℃各级渣油均不宜直接生产道路沥青。本文中针对西部发展对高等级道路沥青的市场需求,对塔河原油生产高等级道路沥青进行了研究探索。

## 1 塔河原油渣油性质

近年来,随着塔河原油性质劣质化、重质化趋势加剧,其减压渣油也逐渐变重,性质也逐渐劣质化。以塔河原油减压渣油为原料调和沥青的质量也受到相应的影响<sup>[7]</sup>。塔河原油减压渣油的性质情况如

表1。

表1 塔河原油减压渣油性质情况

项目	2011年12月	2012年6月	2013年6月
针入度/0.1 mm	58	57	49
软化点/℃	57.1	56.8	62.2
10℃延度/cm	5.0	5.5	4.0
60℃黏度/(Pa·s)	1026	1204	
闪点/℃	243	238	241
TFOT后性质			
质量变化/%	0.155	0.38	—
针入度比/%	72.4	68.4	—
10℃延度/cm	3.5	3.0	—
四组分/%			
饱和分(Sat.)	24.62	29.00	27.78
芳香分(Ar.)	33.59	31.75	31.81
胶质(R)	19.74	17.48	17.37
沥青质(Asp)	22.05	21.77	23.54
Ic = (Sat. + Asp.) / (Ar. + R)	0.838	1.031	1.044

收稿日期:2016-01-27;修回日期:2016-04-27

基金项目:中国石化科技开发项目(106002000860)

作者简介:张龙(1973-),男,硕士,高级工程师,研究方向为石油化工工艺及节能,通讯联系人,024-56389823, zhanglong.fshy@sinopec.com。

从表1数据可以看出,塔河原油减压渣油的闪点和延度有逐渐下降的趋势。一般来说,软化点、延度等沥青指标与沥青的胶体结构有关<sup>[8]</sup>。沥青质在沥青胶体中是质心或核心,靠芳香分和胶质分散。在沥青质含量高或胶质芳香分含量不足(分散能力降低)情况下,体系的胶溶能力降低,沥青质会集聚并形成具有一定强度的空间结构(也有人称其为网络),导致沥青性质发生变化,如软化点升高、延度下降等。

有人把(沥青质+饱和分)/(芳香分+胶质)比值称胶体不稳定指数<sup>[9]</sup>  $I_c$  (colloidal instability index),用以表征沥青的胶溶能力,其值越大,胶体不稳定性越强(或胶溶能力越差),沥青性质越差。表1数据说明,作为调和塔河沥青的主体原料,塔河渣油不稳定指数逐渐增加,使其所生产的沥青性质逐步变差。另外,沥青质含量增高,也不利于丁苯橡胶在渣油中的分散和溶解,因为两者竞争性吸附芳香分。

## 2 塔河原油焦化蜡油性质

延迟焦化是塔河原油的主要二次加工工艺。由于塔河原油密度大、黏度高,残炭与沥青质含量高的性质<sup>[10]</sup>,其焦化工艺通常都以高循环比设计<sup>[11]</sup>,因此其焦化蜡油的收率很小。总量较小的焦化蜡油的合理使用也是塔河原油加工中的一项重要课题。对塔河原油焦化蜡油取样分析,并与大庆、胜利的焦化蜡油性质进行了比较,以分析其作为沥青调和组分的可行性,具体分析结果见表2。

表2 塔河原油焦化蜡油性质对比分析

项目	塔河焦化蜡油	大庆焦化蜡油	胜利焦化蜡油
密度/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	939.5	908.5	917.8
凝点/ $^{\circ}\text{C}$	20	—	—
硫含量/%	1.82	0.20	0.61
氮含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	2270	2300	5500
氢含量/%	11.13	12.79	11.96
残炭/%	0.08	0.21	0.23
四组分/%			
饱和烃	53.6	—	—
芳烃	41.3	31.7	48.9
胶质	5.1	—	—
沥青质	0	—	—
馏程分析/ $^{\circ}\text{C}$			
IBP	252.4	—	—
10%	366.8	—	—
30%	386.4	—	—
70%	404.8	—	—
90%	421.3	—	—

根据表2分析数据可知:①在焦化蜡油的二次加工性方面,有利方面是其凝固点不高(只有 $20^{\circ}\text{C}$ ),氮含量也不高( $2\,270\ \mu\text{g}/\text{g}$ ),与大庆焦化蜡油相当。不利的是其硫含量非常高,达到了1.82%,氢含量比较低,只有11.13%。因此,总体来说,其二次加工性质应该很差。②在作为沥青补充成分的可行性方面,塔河焦化蜡油组成上基本不含沥青质组分,不会增加塔河渣油本已很高的沥青质,而且具有一定的芳烃和胶质含量,作为生产塔河沥青的调和软组分具备一定的潜在可能性。从馏程上看,塔河焦化蜡油 $400^{\circ}\text{C}$ 以上含量30%左右, $420^{\circ}\text{C}$ 以上含量10%左右,高沸点重质馏分含量并不多,可供利用部分大约30%以下。

## 3 试验研究

为了掌握塔河原油及其焦化蜡油不同馏分段的收率及性质情况,在FY-II型实沸点装置上,对塔河原油、焦化蜡油原料进行了实沸点蒸馏试验。

### 3.1 焦化蜡油

对塔河原油焦化蜡油进行了实沸点蒸馏,主要目的是了解不同温度范围下的蜡油收率、釜底残渣收率,以及各馏分段的闪点变化情况。焦化蜡油蒸馏曲线见图1。

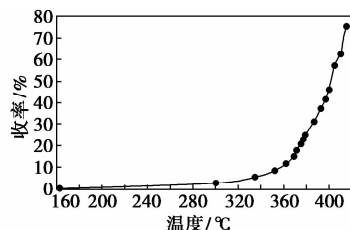


图1 塔河焦化蜡油实沸点蒸馏曲线图

从图1可以看出,塔河原油焦化蜡油 $370^{\circ}\text{C}$ 以后的馏分比较密集。在试验过程中发现, $397^{\circ}\text{C}$ 以上各馏分在室温下有蜡状结晶,并随馏分增高结晶程度加剧。分别选取 $>377^{\circ}\text{C}$ 、 $>405^{\circ}\text{C}$ 和 $>415^{\circ}\text{C}$ 实沸点馏分分析闪点,结果见表3。

表3 焦化蜡油不同实沸点馏分的闪点变化

项目	TH-CG01	TH-CG02	TH-CG03	TH-CG04
蒸馏温度/ $^{\circ}\text{C}$	全馏分	$>377$	$>405$	$>415$
收率/%	100	76.23	42.37	24.47
闪点/ $^{\circ}\text{C}$	187	211	221	223

由表3数据可知,塔河原油焦化蜡油随着实沸点蒸馏温度的提高,闪点增加不十分明显,蒸馏到

415℃的闪点仅为223℃,仍低于道路沥青的要求。在全馏分焦化蜡油中,单纯从馏程上看,可用作沥青调和的高沸点(大于400℃)焦化蜡油大约25%,即在与原油或常压渣油混炼过程中,焦化蜡油中可能有25%左右重馏分留在塔河渣油中。

### 3.2 塔河原油

为了直观对比塔河原油加入焦化蜡油前后的渣油性质,进行了塔河原油的实沸点蒸馏试验,对不同馏程的渣油进行了分析,并与工业渣油进行了对比,结果见表4。

表4 塔河原油不同馏程渣油性质

样品	馏程/ ℃	轻收/ %	针入度/ 0.1 mm	PI	软化点/ ℃	闪点/ ℃
TH-1	>440	37.68	32	—	68.4	254
TH-2	>386	35.56	49	1.86	61.2	254
工业渣油(2011)	—	—	58	—	58.2	246
工业渣油(2012)	—	—	57	—	56.8	238

由表4可以看出,实沸点塔河原油渣油的闪点不高,大约比工业渣油高10℃左右,很难以其为原料调和出高闪点的道路沥青。

### 3.3 塔河原油混炼焦化蜡油

在塔河原油中分别加入质量分数15%和25%塔河原油焦化蜡油,进行实沸点蒸馏试验,结果见表5。

表5 混合蒸馏渣油性质

样品	焦化蜡 油/%	馏程/ ℃	轻收/ %	针入度/ 0.1 mm	PI值	软化点/ ℃	闪点/ ℃
TH-C-1	15	>440	52.13	18	—	77.6	280
TH-C-2	15	>430	47.51	41	1.580	65.3	263
TH-C-3	15	>420	43.98	68	1.313	56.4	260
TH-C-4	25	>440	51.49	24	—	72.7	272
TH-C-5	25	>433	49.40	31	1.716	66.2	265
TH-C-6	25	>425	47.50	43	1.568	60.6	256
TH-C-7	25	>424	45.41	60	0.842	55.2	255

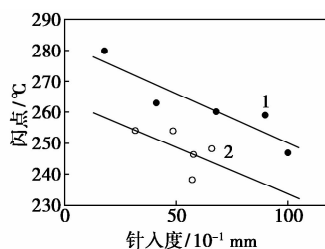
由表5可以看出,塔河原油中加入焦化蜡油可以明显提高渣油的闪点、降低了PI值。应该说,在塔河油中加入适量的焦化蜡油进行共蒸馏,可以在一定程度上提高塔河渣油闪点、降低PI值。虽然质量分数15%和25%的焦化蜡油掺炼量都可以提高渣油的闪点,但从实验数据看,15%掺炼量提高渣油闪点的效果要好些。这可能的原因是,随着焦化蜡

油掺炼量的增加,导致了馏分密集度的提高:在15%掺炼量条件下,10℃馏程(420~430℃)馏分量仅为3.53%,而25%掺炼量1℃馏程(424~425℃)馏分量为2.09%。这种在切割点附近的馏分密集,会使闪点试验时油气的浓度得到提高,进而使闪点有一定程度的降低。因此,从闪点优化的角度看,应选择15%焦化蜡油掺炼量为宜。

## 4 试验分析

### 4.1 闪点

由于15%蜡油掺炼量提高闪点效果较好,仅将实沸点蒸馏的塔河渣油与掺炼15%焦化蜡油的渣油进行了闪点对比分析。图2是2种渣油针入度与闪点关系。



1—含焦化蜡油;2—不含焦化蜡油

图2 2种渣油闪点对比图

图2直观地表明,塔河原油掺炼焦化蜡油进行蒸馏,可使渣油的闪点提高10~15℃。

### 4.2 模拟馏程

为进一步研究渣油馏程分布对闪点的影响,进行了上述2种实沸点渣油的模拟蒸馏试验,以了解闪点与馏程分布的关系,结果见表6。

表6 实沸点渣油模拟蒸馏馏程

项目	TH-2	TH-1	TH-C-2	TH-C-3	工业渣油(2012)
馏程/℃					
IBP	372.4	361.8	382.2	365.6	320.4
10%	429.2	418.8	438.2	417.8	415.0
20%	471.2	459.4	481.2	452.0	
30%	515.6	503.4	524.0	495.6	500.0
针入度/0.1 mm	49	66	41	68	56
闪点/℃	254	248	263	260	238

由表6可以看出,渣油的闪点与初馏点及5%点温度有关,其数值越低,渣油的闪点就越低。焦化蜡油提高了与渣油闪点关系密切相关的初馏点和5%馏出点的温度,并且随着拔出深度提高(渣油针入度的降低),这种效果愈加明显。焦化蜡油改变

了渣油的馏程分布。

### 4.3 组成

从焦化蜡油馏程上看,在原油与焦化蜡油共蒸馏过程中,必将有一部分高沸点馏分留在塔河渣油中,从而对渣油组成产生一定的影响。对不同渣油原料进行了组成和蜡含量分析,结果见表7。

表7 2种渣油的组成分析

样品	针入度/ 0.1 mm	饱和分/ %	芳香分/ %	胶质/ %	沥青质/ %	蜡/ %	Ic
TH-2	66	26.68	33.23	18.24	21.85	1.25	0.943
TH-C-3	68	25.30	34.47	18.53	21.70	0.85	0.887
TH-C-6	43	23.91	33.57	48.60	23.92	0.83	0.917
TH-C-7	60	24.62	34.27	19.39	21.72	1.23	0.864

从表7的结果可以看出,加入焦化蜡油后,胶体不稳定指数(Ic)下降、塔河渣油的蜡含量降低。这2方面数据都说明,通过加入焦化蜡油,塔河渣油组成性质向好的方向变化,为塔河沥青产品质量提高奠定了基础。具体而言,在相近针入度条件下,随着焦化蜡油掺炼量增加,胶体不稳定指数下降,辐射油的不稳定指数最低。从蜡含量指标上看,掺炼焦化蜡油有助于降低蜡含量,但25%掺炼量蜡含量降低效果不明显。值得注意的是,在25%掺炼量条件下,蜡含量对馏程有较强依赖性:蒸馏温度降低1℃,渣蜡含量升高50%左右,这说明该馏分含蜡量较多。

### 5 调和沥青

以塔河原油减压渣油、掺入15%和25%比例焦化蜡油的塔河原油减压蒸馏渣油为原料,按照现行的橡胶轻度改性生产沥青的工艺技术进行沥青调和试验,调和70号和90号2种牌号沥青。沥青性质见表8。

表8的调和试验结果表明:①调和沥青的软化点和PI值随着焦化蜡油用量的提高而降低。25%及以上用量,PI值符合A、B级道路沥青的要求;15%及以下用量PI高于A级沥青的上限要求。PI值反映了沥青针入度对温度变化的敏感性,其值越小敏感性越强,路面越易出现高、低温病害。②掺炼焦化蜡油提高了塔河沥青的闪点,其中15%用量提高的幅度最大,高出90号、70号沥青闪点要求14~15℃,说明塔河原油与焦化蜡油共蒸馏制备的渣油原料对沥青产品闪点提高有一定帮助。③所有调和沥青延度都合格,均大于150 cm。

表8 不同渣油调和沥青试验

项目	TH-1	TH-2	TH-C-3	TH-C-2	TH-C-6	TH-C-7
针入度(25℃)/0.1 mm	83	68	84	62	87	66
针入度指数PI	1.63	1.71	1.13	1.34	0.34	0.68
软化点/℃	54.0	56.9	53.8	57.5	50.7	54.0
延度(15℃)/cm	>150	>150	>150	>150	>150	>150
闪点/℃	245	262	260	274	258	258
粘度(60℃)/(Pa·s)	713	1021	635	1124	337	757
薄膜烘箱后性质						
质量变化/%	-0.37	-0.21	-0.31	-0.25	-0.11	-0.16
残留针入度比/%	67.5	64.7	68.9	71.3	63.6	63.6
延度(15℃)/cm	>150	>150	>150	>150	>150	>150

### 6 结论

在沥青的渣油原料制备阶段掺炼焦化蜡油进行共蒸馏,或者在沥青调和阶段引入焦化蜡油,均可适度降低最终沥青产品的PI值,使塔河油沥青PI指标得到适度优化,闪点得以一定程度的提高。

### 参考文献

- [1] 孙劲媛,王彬婷,朱恩东,等. 中国沥青市场中长期展望[J]. 国际石油经济,2014,(7):93-97.
- [2] 纪潼. 我国石油沥青市场发展研究[J]. 中国外资,2014,(1):88-89.
- [3] 李天金,俞华信,严家富,等. 用沙特阿拉伯中质原油经减压蒸馏研制70号高等级道路沥青[J]. 石油炼制与化工,2001,32(2):18-22.
- [4] 张田英,毛卉,王传民,等. 科威特原油制取高等级道路沥青的工业试验[J]. 石油炼制与化工,2001,32(2):22-26.
- [5] 马坚,曾建华,孙小玲,等. 魁托原油生产重交道路沥青[J]. 石油炼制与化工,2001,32(9):14-16.
- [6] 中国石化石油化工科学研究院. 塔河2012-1重质原油评价报告[R]. 北京,2012.
- [7] 柴志杰,郭蛟河,王文博,等. 提高塔河原油所产沥青闪点的技术研究[J]. 石油炼制与化工,2014,45(1):55-58.
- [8] 杨树人. 温拌添加剂对沥青和沥青混合料性能的影响[D]. 重庆:重庆交通大学,2008.
- [9] 林璐,李晓林,郑广宇,等. 石油沥青老化性能与其化学组成的关系探讨[J]. 材料导报,2013,27(16):123-126.
- [10] 程国香,郭蛟河,沈本贤,等. 塔河原油特性及其沥青产品性能评价[J]. 石油沥青,2005,19(4):5-9.
- [11] 宁爱民,沈本贤,刘纪昌,等. 常压闪蒸-溶剂脱沥青组合工艺提高塔河原油加工中液体收率的研究[J]. 石油炼制与化工,2014,45(11):74-78. ■