

文章编号:2095-0411(2016)01-0038-05

## 中间基原油与 FCCS 研制重交沥青

张 阳,崔文龙,杨基和

(江苏省精细石油化工重点实验室(常州大学),江苏 常州 213164)

**摘要:**针对国产重交沥青供不应求现状,用进口中间基原油、FCCS 为原料,通过减压切割、调合工艺研制重交沥青。结果表明:该原油切除 $<460^{\circ}\text{C}$ 、 $<470^{\circ}\text{C}$ 、 $<480^{\circ}\text{C}$ 轻馏分后,可分别获得满足标准的 AH-90、AH-70 和 AH-50 重交沥青;该 FCCS 切除 $<460^{\circ}\text{C}$ 轻组分后可单独作为 AH-50 重交沥青使用。将 $>450^{\circ}\text{C}$ 、 $>490^{\circ}\text{C}$ 减渣作为调合物料,分别与 $>470^{\circ}\text{C}$ 、 $>450^{\circ}\text{C}$ 重油浆在适宜调合比下可研制出满足标准的 AH-50、AH-70、AH-90、AH-110 重交沥青。同时研究发现:当调合沥青中芳香分含量变化较大时对延度影响很大,而饱和分、沥青质含量变化较大时对针入度、软化点影响很大。

**关键词:**原油;FCCS;研制;重交沥青

**中图分类号:**TE 62

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.2095-0411.2016.01.008

## Development of Heavy Traffic Asphalt with Medium-Based Crude Oil and FCCS

ZHANG Yang, CUI Wenlong, YANG Jihe

(Jiangsu Key Laboratory of Fine Petrochemical Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** In view of the current situation of domestic heavy traffic asphalt in short supply, the imported medium-based crude oil, FCCS were used as raw material to develop heavy traffic asphalt by decompression cutting, blending process. The results show that the crude oil cut light fraction in  $460^{\circ}\text{C}$ ,  $470^{\circ}\text{C}$ ,  $480^{\circ}\text{C}$ , AH-90, AH-70 and AH-50 heavy traffic asphalt can be obtained separately, which meet the standard; FCCS removed light components in  $460^{\circ}\text{C}$  can be used alone as AH-50 heavy traffic asphalt. The vacuum residue  $>450^{\circ}\text{C}$ ,  $>490^{\circ}\text{C}$  used as blending materials separately develop AH-50, AH-70, AH-90, AH-110 heavy traffic asphalt which meet the standard respectively with  $>470^{\circ}\text{C}$ ,  $>450^{\circ}\text{C}$  heavy oil slurry in suitable blending ratios. At the same time the study indicates that the aromatics content in blending asphalts for the larger change has a great influence on ductility, and saturates, asphaltene content in larger changes have great impact on penetration and softening point.

**Key words:** crude oil; FCCS; develop; heavy traffic asphalt

随着高速公路的快速发展,重交沥青凭借其更好的承载力和耐磨力,耐高温,低温不易开裂,路用持久性好的优势,市场需求量不断扩大<sup>[1-2]</sup>。而国内

原油中适于生产重交沥青的资源有限,近年来多依靠进口原油来弥补油源不足。进口原油多属中间基基质,蜡含量较低<sup>[3]</sup>,非常适用于重交沥青生产。邓

收稿日期:2015-10-08。

作者简介:张阳(1991—),男,江苏丹阳人,硕士生。通讯联系人:杨基和(1955—),E-mail: yangjihe@cczu.edu.cn

等采用单一或混合进口原油经实沸点蒸馏成功生产出满足 GB/T 15180—2010 标准的 AH-50 重交沥青<sup>[4]</sup>;李等采用加拿大冷湖原油与伊朗油混炼、重质糠醛油调合研制出符合中石化指标的 AH-70、AH-90 重交沥青<sup>[5]</sup>。

另一方面,随着原油重质化进程加快,催化裂化装置重油掺兑比不断上升,外甩催化裂化油浆(Fluid Catalytic Cracking Slurry,简称 FCCS)量越来越多。由于其芳烃含量高,且稠环芳烃占大多数;同时含有一定量的胶质、沥青质,可作为沥青的调合组分<sup>[6]</sup>,这样,既实现沥青增产,又消化吸收了难以利用的 FCCS。鉴于重交沥青庞大需求量及其原料短缺,选择进口中间基原油、FCCS 为原料,通过减压切割、调合工艺研制满足 GB/T 15180—2010 标准各牌号重交沥青。

1 实 验

1.1 原料性质

进口中间基原油采自委内瑞拉油田,FCCS 来自某厂催化裂化装置,两者基本性质见表 1。由表 1 可知:该原料油属于中间基高硫重质原油;蜡含量<3.0%,芳香分含量高,且含有较多胶质、沥青质,是生产重交沥青的优质原料。FCCS 富含芳烃,胶质含量较高,可作为沥青调合组分;但其闪点较低且蜡含量较高,若不经处理直接用于调合,可能导致沥青闪点、蜡含量、薄膜烘箱后质量不合格<sup>[7]</sup>。因此,调合前,应对 FCCS 进行拔头,脱除对调合沥青不利的轻组分,所得重油浆用于调合。

表 1 原料基本性质

Table 1 The basic properties of raw material

项目	原料油	FCCS	试验方法
密度/(g/cm <sup>3</sup> ) 20℃	0.955 5	0.964 8	GB 261
闪点/℃	—	208	GB 267
硫含量/%	3.80	—	GB/T 380
蜡含量/%	2.97	6.82	SH/T 0425
四组分			
饱和分/%	29.13	15.68	SH/T 0509
芳香分/%	43.50	60.65	SH/T 0509
胶质/%	19.98	18.21	SH/T 0509
沥青质/%	7.39	5.46	SH/T 0509

本文重交沥青性质指标参照 GB/T 15180—2010 重交沥青指标要求,各牌号主要性质指标见表 2。

表 2 各牌号重交沥青主要性质指标(GB/T 15180—2010)

Table 2 The main properties index of various grades of heavy asphalt(GB/T 15180—2010)

项目	AH-50	AH-70	AH-90	AH-110
软化点/℃	46~58	44~57	42~55	40~53
针入度/0.1 mm (25℃,100 g,5 s)	40~60	60~80	80~100	100~120
延度/cm(15℃,5 cm/min)	≥80	≥100	≥100	≥100
蜡含量/%	≥3.0	≥3.0	≥3.0	≥3.0

1.2 实验内容

1.2.1 原油切割研制重交沥青

采用原油实沸点蒸馏仪,脱除常压轻馏分后,再经减压切割分别得到>450℃、>460℃、>470℃、>480℃、>490℃减渣,之后进行性质考察。

1.2.2 FCCS 与减渣调合研制重交沥青

首先对 FCCS 进行拔头,得到重油浆后与适宜减渣作为调合物料,对两者进行调合研究。

本研究以针入度、软化点、延度及蜡含量为主要考察指标。主要实验仪器:SYD-2806E 全自动沥青软化点试验器、SYD-2801D 针入度试验器、SYD-4508A 石油沥青延伸试验器、WSY-010A 沥青蜡含量试验仪。

2 结果与讨论

2.1 原油切割

该原油在不同切割温度下所得减渣主要性质见表 3。由表 2、表 3 对照可知:460℃、470℃、480℃时,所得减渣主要性质分别满足 AH-90、AH-70、AH-50 重交沥青指标;>450℃减渣除针入度较大外,其余性质均符合 AH-110 指标要求;>490℃减渣因切割温度高,故软化点高,针入度、延度小,性质较差。为充分利用该减渣,可将>450℃减渣(VR1)和>490℃减渣(VR2)作为调合物料。

2.2 FCCS 调合

2.2.1 FCCS 拔头

由于该 FCCS 闪点低,说明其中轻组分含量较高,调合后会影响沥青性质,必须拔去。不同切割温度下所得重油浆主要性质见表 4。由表 2、表 4 对照可知:460℃时,所得重油浆已满足 AH-50 重交沥青指标;450℃、470℃、480℃时,重油浆闪点均>300℃,且蜡含量均<3.0%,可用于沥青调合。但

>480℃重油浆软化点过高,针入度为零,呈碳状,(HS1)作为沥青调合物料。不宜使用。拟将>450℃(HS2)和>470℃重油浆

表 3 不同切割温度所得减渣主要性质  
Table 3 The main properties of vacuum residue in different cutting temperature

项目	>450 ℃	>460 ℃	>470 ℃	>480 ℃	>490 ℃	试验方法
软化点/℃	41.4	43.6	46.7	53.5	58.1	GB/T 4507
针入度/0.1 mm(25 ℃,100 g,5 s)	123	96	70	47	29	GB/T 4509
延度/cm(15 ℃,5cm/min)	123.6	114.2	100.4	82.7	53.8	GB/T 4508
蜡含量/%	2.30	2.25	2.22	2.15	2.11	SH/T 0425

表 4 不同切割温度所得重油浆主要性质  
Table 4 The main properties of heavy oil slurry in different cutting temperature

项目	>450 ℃	>460 ℃	>470 ℃	>480 ℃
闪点/℃	302	304	310	>350
软化点/℃	40.8	46.3	50.5	74.6
针入度/0.1 mm (25 ℃,100 g,5 s)	84	51	32	0
延度/cm (15 ℃,5cm/min)	157.6	144.2	138.8	脆裂
蜡含量/%	2.96	2.83	2.77	—

### 2.2.2 物料可调性分析

从宏观角度上:沥青调合要以软、硬组分互补性为原则<sup>[8]</sup>。针对软化点较低、针入度较大的 VR1,应选取软化点较高、针入度较小的 HS1;针对软化点高、延度较小的 VR2,应选取软化点较低、延度大的 HS2。

从微观角度上:沥青是由饱和分、芳香分、胶质及沥青质构成的一种胶体体系<sup>[8]</sup>。沥青性能好坏取决于其胶体结构稳定性,而胶体稳定性在于四组分之间的配伍合理性。因此,上述物料间调合应按照胶体结构的特点来调整组分间的比例,进而改善其四组分间的配伍关系,提升沥青品质。4 种物料四组分数据见表 5。由表 5 可知:HS1、HS2 中芳香分含量很高,调入 VR 1、VR2 后对其含量较高的沥青质有很好的胶溶作用<sup>[9]</sup>,增强其胶体结构稳定性。并且:由于 HS1、HS2 中芳烃缩合度较高,掺入 VR 1、VR2 中可改变四组分间的引力场作用,使其重新分配,组分配伍更合理<sup>[10]</sup>。此外,VR1 饱和分含量最高,HS1 饱和分含量最低,而 VR2 沥青质含量最高,HS2 沥青质含量最低,双双调合有利于组分间互补,也可改善组分间配伍关系。

表 5 4 种物料四组分数据  
Table 5 Four-component data of four kinds of materials  
%

四组分	VR1	HS1	VR2	HS2
饱和分	23.67	7.95	15.42	10.68
芳香分	38.53	51.66	32.21	55.74
胶质	25.31	32.23	35.09	29.16
沥青质	12.49	8.16	17.28	5.42

综上,从宏观、微观角度分析 VR1 与 HS1、VR2 与 HS2 之间具有可调性。

### 2.2.3 调合沥青主要性质与其组成变化关系

在 VR1 中掺入 HS1 进行调合,不同掺入量与调合沥青主要性质关系见图 1;不同掺入量与调合沥青四组分关系见图 2。由图 1 可以看出:随着 HS1 掺入量的增加,调合沥青软化点不断减小,针入度、延度不断增大。结合图 2 分析:饱和分随着 HS1 掺入量的增加而不断减小,而饱和分在沥青中起软化剂作用<sup>[11]</sup>,其减少导致沥青质地变硬,表现为针入度减小、软化点增大;芳香分随着 HS1 掺入量的增加而不断增加,而芳香分具有良好的胶溶能力,有助于增强其胶体稳定性<sup>[10]</sup>,使其在应力作用下流动性变好,延展性能增强;同时由于 HS1 属于重油浆,芳烃缩合度较大<sup>[12]</sup>,对胶体体系的胶溶性更强,使其延度不会因质地变硬而减小,反而呈增大趋势。

同理,在 VR2 中掺入 HS2 进行调合,不同掺入量与调合沥青主要性质、四组分关系分别见图 3、图 4。由图 3 可以看出:随着 HS2 掺入量的增加,调合沥青软化点、延度不断增加,针入度不断减小。结合图 4 分析:沥青质随着 HS2 掺入量的增加而不断减小,而沥青质是液态组分的增稠剂<sup>[11]</sup>,其减少致使沥青黏稠度下降,表现为针入度增大、软化点减小;芳香分随着 HS2 掺入量的增加而不断增加,延展性能不断增强,但与 HS1 相比,其切割温度较低,芳烃缩合度较小,导致胶溶力较弱,延展性稍差;此外,虽

然胶质含量随着 HS2 掺入量的增加呈现减小趋势,而胶质本身也具备胶溶力<sup>[10]</sup>,其减少应导致沥青延展性变差,但与芳烃相比变化幅度太小,故对延度影响可忽略不计。

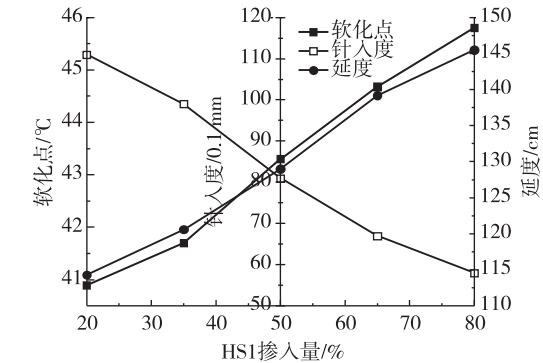


图 1 HS1 掺入量与调合沥青主要性质关系

Fig.1 Relationship between HS1 of incorporation and main properties of blending asphalts

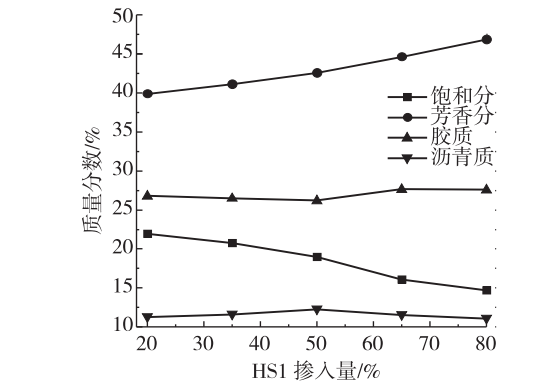


图 2 HS2 掺入量与调合沥青四组分关系

Fig.2 Relationship between HS2 of incorporation and four-component of blending asphalts

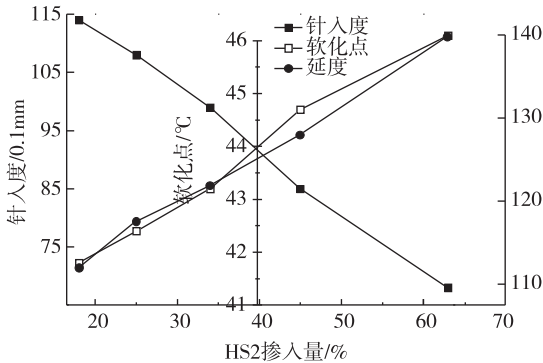


图 3 HS2 掺入量与调合沥青主要性质关系

Fig.3 Relationship between HS1 of incorporation and four-component of blending asphalts

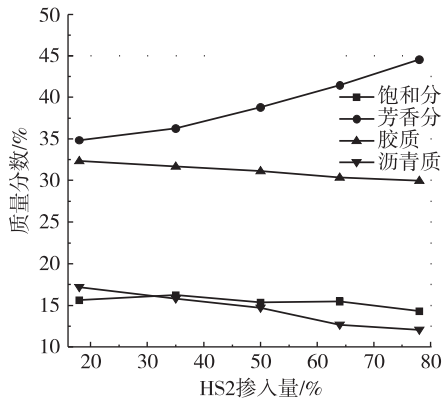


图 4 HS2 掺入量与调合沥青四组分关系

Fig.4 Relationship between HS2 of incorporation and main properties of blending asphalts

2.2.4 调合结果

VR1 与 HS1、VR2 与 HS2 调合沥青主要性质结果分别见表 6、表 7。

表 6 VR1 与 HS1 调合结果

HS1 掺入量/%	20	35	50	65	80
软化点/℃	40.9	41.7	43.3	44.6	45.8
针入度/0.1 mm (25℃,100 g,5 s)	111	99	81	67	58
延度/cm (15℃,5 cm/min)	114.3	120.6	129	139.2	145.5

表 7 VR2 与 HS2 调合结果

HS2 掺入量/%	18	35	50	64	78
软化点/℃	49.0	47.5	46.4	44.8	42.9
针入度/0.1 mm (25℃,100 g,5 s)	41	54	65	73	87
延度/cm (15℃,5 cm/min)	61.7	73.5	89.9	102.1	115.4

由表 2、表 6 对照可知:HS1 掺入量为 20%~35%时,调合沥青主要性质满足 AH-110 指标;掺入量为 65%(即“调合沥青 1”)、80%时,所得沥青性质分别满足 AH-70、AH-50 指标。由表 2、表 7 对照可知:HS2 掺入量为 64%(即“调合沥青 2”)时,所得产品性质满足 AH-70 指标;掺入量为 78%时,产品性质满足 AH-90 指标。此外还发现合格沥青中,调合沥青 1 与同牌号调合沥青 2 相比,软化点、针入度几乎一致,但延度上前者明显优于后者。结合两种沥青四组分数据(见表 8)分析:调合沥青 1 与沥

青 2 相比饱和分、沥青质含量相差不大,更能说明两组分对沥青软化点、针入度变化起主导作用;前者芳香分含量比后者多出约 3.2%,是四组分中相差最大的,因而也可看出沥青中的芳香分对其延度的影响力有多大。

表 8 调合沥青 1、2 四组分数据  
Table 8 Four-component data of blending asphalt 1,2

调合沥青	1	2
饱和分/%	16.05	15.49
芳香分/%	44.62	41.46
胶质/%	27.67	30.37
沥青质/%	11.56	12.68

### 3 结 论

1)原油切割试验表明:该原油切至 460℃、470℃、480℃时,所得减渣主要性质分别满足 AH-90、AH-70、AH-50 重交沥青指标要求。

2)FCCS 拔头试验表明:该 FCCS 切至 460℃时,所得重油浆可作为 AH-50 重交沥青单独使用。

3)调合试验表明:将该原油切至 450℃、490℃所得减渣作为调合物料,分别与 >470℃、>450℃拔头重油浆在适宜调合比下可成功研制出满足标准的 AH-50、AH-70、AH-90、AH-110 重交沥青。同时研究得知:调合过程中,沥青中个别组分含量发生较大变化时,对其主要性质影响很大。当芳香分含量变化较大时,对其延度影响明显;而当饱和分、沥青质含量变化较大时,对其针入度、软化点影响明显。

### 参考文献:

- [1]薛军. 我国重交通道路沥青的发展现状与展望[J]. 中国化工贸易,2014,6(25):68.
- [2]徐春明,杨朝合. 石油炼制工程[M]. 北京:石油工业出版社,2010:152.
- [3]宁爱民. 用进口原油研制高等级道路沥青[J]. 石油炼制与化工,2000,31(3):1-4.
- [4]邓庆忠,张玉贞,黄小侨. 原油混炼生产 AH-50 重交通道路沥青[J]. 石油沥青,2012,26(6):47-49.
- [5]李国民,欧晔,许宏,等. 加拿大冷湖原油混炼制取高等级道路沥青研究[J]. 石油沥青,2013,27(5):22-27.
- [6]张婷婷,孙学丈,爽妨告,等. 催化油浆超临界萃取物调合道路沥青的研究[J]. 石油沥青,2014,28(2):36-41.
- [7]杨书显. 催化裂化油浆拔头调合重交沥青的工业应用[J]. 河南石油,2005,19(6):91-93.
- [8]柴志杰,黄婉利,刘慧敏,等. 沥青调合工艺应用研究[J]. 石油沥青,2008,22(3):64-67.
- [9]王延飞,程健,贾生盛,等. 催化裂化油浆对渣油的改性机理[J]. 化工学报,2001,52(9):838-841.
- [10]王为民,王永刚,廖克俭,等. 调和法在废旧沥青再生技术中的应用[J]. 石油化工高等学校学报,2004,17(1):20-23.
- [11]陈军. 重交通道路沥青生产工艺及质量控制研究[D]. 天津:天津大学,2007.
- [12]傅亮,杨基和,朱兴松. 油浆利用加工工艺的对比[J]. 常州大学学报(自然科学版),2012,24(4):20-23.

(责任编辑:殷丽莉)