

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°C , 470°C , 480°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°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^[1-2]。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质,蜡含量较低^[3],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^[4];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^[5]。

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^[6],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^[7]。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 ³) 20 °C	0.955 5	0.964 8	GB 261
闪点/°C	—	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/°C	46~58	44~57	42~55	40~53
针入度/0.1 mm (25 °C, 100 g, 5 s)	40~60	60~80	80~100	100~120
延度/cm(15 °C, 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 °C、>460 °C、>470 °C、>480 °C、>490 °C 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 °C、470 °C、480 °C 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 °C 减渣除针入度较大外,其余性质均符合 AH-110 指标要求;>490 °C 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 °C 减渣(VR1)和 >490 °C 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,调合后会影响到沥青性质,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 °C 时,所得重油浆已满足 AH-50 重交沥青指标;450 °C、470 °C、480 °C 时,重油浆闪点均 > 300 °C,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^[8]。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^[8]。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VR1、VR2后对其含量较高的沥青质有很好的胶溶作用^[9],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VR1、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^[10]。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^[11],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^[10],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^[12],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^[11],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^[10],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。

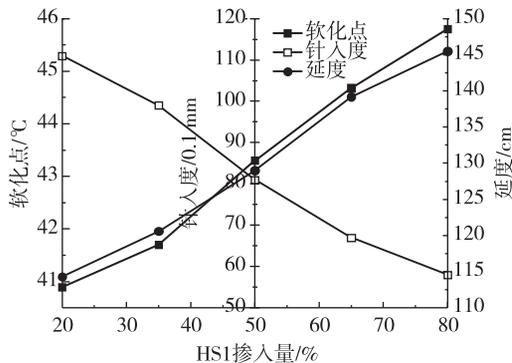


图 1 HS1 掺入量与调合沥青主要性质关系

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

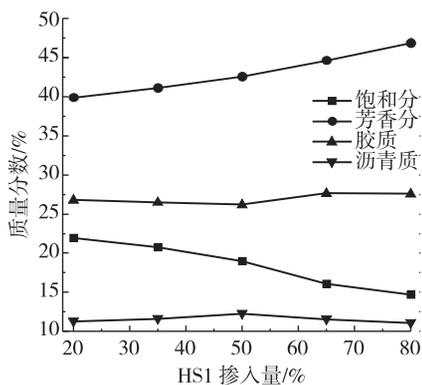


图 2 HS1 掺入量与调合沥青四组分关系

Fig. 2 Relationship between HS1 of incorporation and four-component of blending asphalts

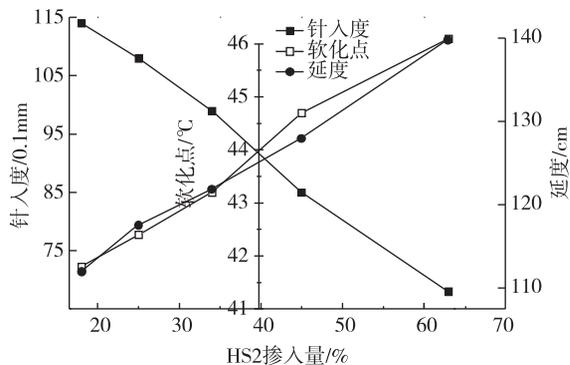


图 3 HS2 掺入量与调合沥青主要性质关系

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

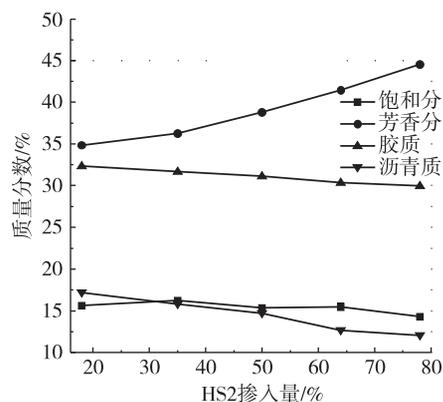


图 4 HS2 掺入量与调合沥青四组分关系

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

Table 6 Blending results of VR1 and HS1

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

表 7 VR2 与 HS2 调合结果

Table 7 Blending results of VR2 and HS2

HS2 掺入量/%	18	35	50	64	78
软化点/°C	49.0	47.5	46.4	44.8	42.9
针入度/0.1 mm (25 °C, 100 g, 5 s)	41	54	65	73	87
延度/cm (15 °C, 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. 催化油浆超临界萃余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)