

· 探索应有 ·

延长混合原油综合评价与加工方案的研究

张春兰¹, 张远欣¹, 陈小龙², 向彬帮²

(1. 兰州石化职业技术学院 石油化学工程系, 甘肃 兰州 730060; 2. 兰州石化公司, 甘肃 兰州 730060)

摘 要: 对延长混合原油进行了综合评价, 分析了原油和各个馏分油的性质。实验结果表明, 该混合原油具有密度小、凝点低、硫含量低的特点, 属于低硫石蜡-中间基原油。实沸点蒸馏及窄馏分性质分析表明, 该混合原油初馏点 <40℃, 小于 200℃ 直馏汽油收率 22.29%, 140~240℃ 喷气燃料馏分收率 9.96%, 200~350℃ 柴油馏分收率 28.43%, 350℃ 前馏分油收率合计 50.72%, 且混合原油灰分含量低, 重金属含量不高, 氮含量较低, 适宜生产燃料和润滑油型炼厂加工。

关键词: 延长混合原油; 原油性质; 综合评价; 加工方案

中图分类号: TE624.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-275X(2013)05-0045-05

延长炼化公司主要加工延长油田生产的延长混合原油, 延长油田位于陕西省延安市(地域包括延安、榆林、内蒙等地)。在 2005 年重组后, 年产原油产量迅速增长, 2007 年跨入千万吨油田行列。2009 年, 延长油田产量突破 1120 万吨。随着延长油田产油量的大幅度提高, 为进一步全面了解、合理利用和加工延长原油提供可靠的生产和设计依据, 对延长混合原油进行综合评价。

1 延长混合原油物理性质及评价

1.1 延长混合原油的一般性质

延长混合性质分析列于表 1。

表 1 延长混合原油性质

Table 1 Extended mixing oil properties

分析项目	实测值	分析项目	实测值
密度(20℃)/(kg/m ³)	843.3	w(胶质+沥青质)/%	5.02
比重度/°API	35.1	w(水)/%	0.13(脱水后)
w(S)/%	0.082	w(NaCl)/(mg/g)	20(脱水后)
w(N)/%	0.13	w(Ni)/(μg/g)	2.2
运动粘度 50℃时	12.46	w(V)/(μg/g)	0.5
mm ² /s 80℃时	6.698	w(Fe)/(μg/g)	1.1
酸值/(mg/g)	0.18	w(Na)/(μg/g)	4.5
w(残炭)/%	2.20	w(Cu)/(μg/g)	0.1
凝点/℃	4	w(Pb)/(μg/g)	0.1
闪点(开口)/℃	20	w(Ca)/(μg/g)	2.0
w(蜡)/%	18.07		

由表 1 可知, 延长混合原油具有密度小, 硫、氮含量较低, 凝点低的特点, 且硫、氮、镍及钒含量不高, 胶质和沥青质的含量较低, 蜡含量较高, 属于优质的轻质原油。

将延长混合原油在实沸点蒸馏装置上按常压温度切割出第一关键馏分油(250~275℃)和第二关键馏分油(395~425℃), 测定两种关键馏分油的密度, 计算特性因数, 确定该混合原油属于低硫石蜡-中间基原油。该原油 350℃ 前的收率为 50.72%, 属于轻质原油, 灰分低、重金属含量不高, 且氮含量低, 适于生产重整原料和催化裂化原料。

1.2 延长混合原油实沸点蒸馏及窄馏分性质

将延长混合原油在实沸点蒸馏装置上切割成窄馏分, 各馏分油的性质见表 2。由表 2 看出, <200℃ 收率为 22.29%, <350℃ 收率为 50.72%, <500℃ 收率为 79.05%; 馏程在初馏点~200℃ 内的各个馏分油的凝点较低, 可以生产喷气燃料, 沸点范围在 200~350℃ 范围内的各个馏分油的柴油指数在 72 以下, 说明此沸点范围内的柴油的燃烧性能不是很好, 需生产质量合格的柴油, 对此馏分还需要二次加工; 在 350~400℃ 范围内馏分油的酸值和酸度最高, 酸值达 0.11, 酸度达 5.72, 说明此混合原油生产的重柴油只需浅度精制后, 可生产符合质量要求的重柴油。而润滑油馏分需要深度精制后, 才能生产符合规格指标的润滑油基础油。

收稿: 2013-03-24

基金项目: 甘肃省教育厅科研项目: 原油综合评价数据模型建立及炼油厂加工方案优化研究(编号 1216-03)。

作者简介: 张春兰(1977-), 女, 青海民和人, 主要从事石油加工和油品添加剂的研究。

表 2 延长混合原油实沸点蒸馏及窄馏分性质

Table 2 True boiling point and the nature of narrow fractions of extended mixing crude oil

馏分/℃	收率/%	总收率 /%	密度 /(kg/m ³)	凝点/℃	酸值 /(mg/g)	酸度 /(mg/L)	柴油 指数	特性 因数
IBP~60	2.89		655.0	<-60		1.3		11.89
60~90	2.77	5.66	709.8	<-60		2.8		11.84
90~120	4.58	10.24	738.0	<-60		5.7		11.88
120~150	5.10	15.34	758.9	<-60		7.1		11.90
150~180	4.27	19.61	774.6	<-60		7.7		11.92
180~200	2.68	22.29	788.4	-54		7.2	68	11.91
200~230	4.66	26.95	808.2	-42		17.2	64	11.86
230~250	3.47	30.42	820.3	-37		18.1	63	11.90
250~275	4.95	35.37	824.2	-26		28.1	63	12.01
275~300	4.26	39.63	824.3	-5		32.1	69	12.07
300~320	4.61	44.24	827.6	8		32.8	71	12.21
320~350	6.48	50.72	838.2	15		43.7	72	12.32
350~400	9.21	59.93	848.2	25	0.11	57.2		12.39
400~450	8.28	68.21	881.2	34	0.02			12.41
450~500	10.84	79.05	893.0	41	0.04			12.36
>500	20.42	99.47	938.0	46	0.06			12.44
损失	0.53	100						

2 延长混合原油的各馏分收率和性质

2.1 重整原料性质分析

以初沸点~140℃范围内的馏分油作为生产芳香烃的重整原料,此馏分的性质列于表 3。由表 3 看出,此沸点范围内的馏分油折光率、密度小,烃类组成中环烷烃含量较高,芳烃转化率高,芳烃潜含量为 30.2%。因延长混合原油中重金属含量低,所以此馏分油中的金属含量较低,对重整催化剂的活性影响较小,完全可以作为优质的催化重整原料。

2.2 直馏汽油性质分析

将此混合原油的沸点范围在初馏点~180℃内的馏分油作为直馏汽油馏分,其性质和烃类组

成见表 4 和表 5。

表 3 重整原料性质

Table 3 Reforming nature of raw materials

分析项目	数值	分析项目	数值
占原油收率/%	14.90	馏程/℃	
密度/ d_4^{20}	0.7381	初沸点	58
折光率/ n_D^{20}	1.4103	10%	81
$w(\text{砷})/(\mu\text{g/g})$	0.005	50%	98
$w(\text{氯})/(\mu\text{g/g})$	1.9	90%	121
$w(\text{硫})/(\mu\text{g/g})$	<15	干点	143
$w(\text{水})/(\mu\text{g/g})$	37	$w(\text{芳烃潜含量})/\%$	30.2
$w(\text{正构烷烃})/\%$	33.1		
$w(\text{异构烷烃})/\%$	25.2		
$w(\text{环烷烃})/\%$	30.6		
$w(\text{芳香烃})/\%$	11.1		

表 4 直馏汽油性质
Table 4 Properties of straight-run gasoline

分析项目	数值	分析项目	数值
占原油收率/%	19.61	实际胶质/ (mg/L)	11
密度/d ₄ ²⁰	0.7390	铜片腐蚀(50℃,3h)	1a
MON	45	w(S)/(μg/g)	<150
馏程/℃		酸度/(mg/mL)	0.76
初沸点	61	水溶性酸或碱	中性
10%	79.6	w(烷烃)/%	64.1
50%	122.3	w(环烷烃)/%	25.1
90%	169.8	w(芳香烃)/%	10.2
干点	182.1	w(芳烃潜含量)/%	19.87

由表 4 和表 5 得知,此馏分油的马达法辛烷值只有 45,且小于 C₄ 的链烷含量为 0.31%,饱和烃(P+N)含量高达 89.54%,因此不能直接作为汽油产品,若作为汽油产品,还需进行催化重整,以提高其辛烷值,或与其它二次加工汽油调和才能生产质量规格指标合格的汽油产品。除此之外,该馏分油的 10% 的馏出温度和 50% 的馏出温度略高外,其他性能均符合指标要求。

表 5 直馏汽油单体烃组成
Table 5 Straight-run gasoline hydrocarbon monomer composition

碳数	w(烷烃)/%	w(环烷烃)/%	w(芳香烃)/%
4	0.31	0	0
5	3.31	0.39	0
6	7.75	4.21	1.06
7	9.68	5.51	2.23
8	12.48	5.28	3.31
9	12.35	8.53	2.17
10	12.30	2.13	1.69
11	4.95	0.14	0
12	0.16	0	0
合计	63.35	26.19	10.46

2.3 喷气燃料性质分析

延长混合原油切割出 140~240℃ 的馏分作为喷气燃料,其性质分析结果列于表 6 中。因延长混合原油属低硫石蜡-中间基原油,因此此馏分油具有相对密度小、结晶点高、馏程温度高、碘值和酸度大的特点,不宜生产 1[#]、2[#]喷气燃料,是生产 3[#]喷气燃料的原料。但因其相对密度略低,为防止密度合格后结晶点上升,应进行适当的脱蜡处理。

表 6 喷气燃料性质
Table 6 Jet fuel properties

分析项目	数值	3 [#] 喷气燃料指标 (GB6537-94)	分析项目	数值	3 [#] 喷气燃料指标 (GB6537-94)
收率/%	9.96		实际胶质/(mg/L)	20	≤70
密度/d ₄ ²⁰	0.778	0.775~0.830	铜片腐蚀(100℃,3h)	1b	≤1
结晶点	-48	≤-50	银片腐蚀(100℃,3h)	0 级	≤1
馏程/℃			w(S)/%	0.0081	≤0.2
初沸点	136	报告	酸度/(mg/mL)	1.71	≤1
10%	186	≤205	碘值/(g/kg)	36.4	≤42
50%	211	≤232	闭口闪点/℃	47	≥38
90%	216	报告	w(灰分)/%	0.003	≤0.005
干点	238	≤300	无烟火焰高度/mm	31	≥25
ν ₁ /(mm ² /s) 20℃ 时	1.37	≥1.25	w(芳香烃)/%	7.83	≤20
-20℃ 时	3.12	≤8.0			

2.4 直馏柴油性质分析

将延长混合原油切割出的 200 ~ 350℃ 直馏柴油馏分性质作性质分析,数据见表 7。该馏分油的十六烷值和柴油指数低于指标,酸度较高,若作为柴油的调和组分,需要不同深度的精制,以降低酸含量,消除对设备和柴油发动机的腐蚀。其他性能指标低如凝点、闪点等满足 - 10[#] 柴油应用。

表 7 直馏柴油性质
Table 7 Properties of straight-run diesel

分析项目	数值	分析项目	数值
占原油收率/%	28.43	铜片腐蚀(100℃,3h)	1a
密度/d ₄ ²⁰	0.8021	酸度/(mg/mL)	12.5
十六烷指数	48.9	水溶性酸或碱	中性
柴油指数	65	w(硫)/(μg/g)	15
闭口闪点,℃	84	w(氮)/(μg/g)	134
馏程/℃		w(灰分)/%	0
初沸点	208	凝点/℃	-13
10%	221	倾点/℃	-10
50%	258	冷滤点/℃	-5
90%	301	苯胺点/℃	81.3
干点	308		

2.5 润滑油馏分性质

将延长混合原油切割馏分 350 ~ 400℃、400 ~ 450℃、450 ~ 500℃ 三个馏分作为生产润滑油的基础油的原料,其性质分析结果见表 8 中。

由表 8 中可知,三个润滑油馏分具有密度小、黏度小和凝点高的特点,烷烃碳原子数占总碳原子数的百分数较高,酸值、残炭、硫和氮含量都较低,结构族组成分析可知,总环数较小。所以三个馏分油若作为生产润滑油基础油,需采用浅度精制和深度脱蜡工艺。

表 8 延长混合原油润滑油馏分性质
Table 8 Extended mixing properties of crude oil fractions

分析项目	数值		
	350 ~ 400℃	400 ~ 450℃	450 ~ 500℃
占原油收率/%	9.21	8.28	10.84
密度/d ₄ ⁷⁰	0.8021	0.8290	0.8461
平均相对分子质量	326	374	439
折光率	1.4478	1.4621	1.4731
闪点/℃	179	207	238
凝点/℃	25	34	41
黏度/(100℃,mm ² /s)	2.873	5.164	7.861
w(残炭)/%	0.007	0.008	0.017
酸值/(mg/g)	0.11	0.02	0.04
碘值(g/kg)	65.1	69.3	75.8
w(硫)/%	0.051	0.052	0.59
w(氮)/%	0.063	0.082	0.109
苯胺点/℃	96	101	105
结构族组成			
C _P	72.81	68.31	66.32
C _N	14.49	19.78	18.93
C _A	11.78	12.03	13.09
R _T	1.07	1.67	2.09
R _N	0.65	1.13	1.46
R _A	0.42	0.54	1.63

2.6 渣油性质分析

取延长石油炼化公司的常压渣油和减压渣油进行分析,分析数据列于表 9。该常压渣油凝点高达 +37℃,说明其含蜡量较高。延长混合原油常压渣油的残炭、金属及硫、氮含量很低,可以实现常压渣油全馏分催化裂化。减压渣油的金属含量不高,也可直接作为重油催化裂化的原料。

表 9 常压渣油性质
Table 9 Properties of atmospheric residue

分析项目	数值		分析项目	数值	
	>350℃	>500℃		>350℃	>500℃
占原油收率/%	49.28	20.42	w(Fe)/(μg/g)	16.8	26.32
密度/d ₄ ²⁰	0.8301	0.9381	w(Ni)/(μg/g)	3.1	6.74
凝点/℃	37	44	w(V)/(μg/g)	0.8	1.92
闪点/℃	123	>300	w(Ca)/(μg/g)	73.2	174.6
酸值/(mg/g)	0.13	0.06	w(Na)/(μg/g)	63.1	147.6
w(残炭)/%	4.8	9.73	运动黏度/(mm ² /s)		
w(灰分)/%	0.006	0.010	80℃时	1832	不能做
w(硫)/%	0.22	0.32	100℃时	473.1	不能做
w(氮)/%	0.31	0.41			
w(碳)/%	86.13	88.10			
w(氢)/%	11.02	10.86			

- 3 结论及建议
- 1) 延长混合原油具有凝点较高,蜡含量较多,硫、氮含量低的特点,系低硫石蜡-中间基原油,密度小于 850 g. cm,小于 350℃的馏分油收率达 50.72%,属于优质的轻质原油。
- 2) 延长原油是生产 3[#]喷气燃料的原料,但在生产中为保证结晶点合格,应进行适当的脱蜡处理。
- 3) 该混合原油的重整原料的芳烃潜含量高,汽油辛烷值低,需经过二次加工或调和方能生产辛烷值合格的汽油。
- 4) 该混合原油的润滑油馏分,饱和烃含量较高,环数少,酸值较低,适合浅度精制后生产润滑油基础油。
- (5) 该原油的常压渣油的残炭、金属及硫、氮含量很低,可以实现常压渣油全馏分催化裂化;

减压渣油可作为重催的原料。

(4) 延长混合原油灰分含量低,重金属含量不高,因此,根据评价结果、市场需求情况和产品质量要求,对此混合原油的加工方案提出如下建议:初馏点~140℃的馏分油可作为生产芳烃的催化重整原料;140℃~260℃的馏分区间内调节馏程,生产喷气燃料;200℃~350℃馏程范围内调节生产轻柴油的调和组分;350℃~500℃的馏分油可生产润滑油基础油或催化裂化的原料;>500℃的减压渣油可作为重油催化裂化的原料。

参考文献:

[1] 林世雄.石油炼制工程[M].北京:石油工业出版社,2000.

[2] 田松柏.原油评价标准试验方法[M].北京:中国石化出版社,2010.

Coprehension Evaluation and Study the Processing Scheme of Shanbei Crude Oil

ZHANG Chun-lan¹,ZHANG Yuan-xin¹,CHEN Xiao-long²,XIANG Bin-bang²

(1. Department of Petrochemical Engineering, Lanzhou Petrochemical College of Vocational Technology, Lanzhou 730060, China;2. Lanzhou Petrochemical Company, Lanzhou 730060, China)

Abstract: The properties of Shanbei crude oil and various distillates were analyzed and evaluated comprehensively. The results indicated that this crude oil has the characteristics of low density, low pour point, low sulfur content. It belongs to a low sulfur paraffin-intermediate base crude oil. Its initial boiling point is less than 40℃. The yield of gasoline fraction (boiling range low than 200℃) is 22.29%. The yield of jet fuel fraction (140℃~240℃) is 9.96%. The yield of diesel fraction (200℃~350℃) is 28.43%. The total yield of fraction at boiling range less than 350℃ is 50.72%. This crude oil has low ash content, lower heavy metal content and low nitrogen content, which is fit for producing fuel and lubricating oil.

Key words: Shanbei crude oil; crude characteristics; evaluate comprehensively; processing scheme