

## 实验研究

## 大庆原油降凝剂复配试验研究

关中原\*                      伍丽娟                      郭淑凤  
(西南石油大学)              (中国石油大学(北京))              (西南石油大学)

关中原 伍丽娟等:大庆原油降凝剂复配试验研究,油气储运,2008,27(9) 37~41。

**摘 要** 研究了不同区块大庆原油对降凝剂的感受性与其物性特征和碳数分布的关系。以吸附与共晶理论为基础,结合不同区块原油的蜡碳数分布规律对 VA 含量相同但分子量不同的系列 EVA 进行复配,同时开展具有不同官能团的化合物与有效 EVA 的复配试验研究。试验结果表明,VA 含量为 X2 和 X3 的 EVA 对大庆原油体现出比其它系列 EVA 相对较好的降凝效果。在相同的试验条件下,不同分子量的系列 EVA 经过复配之后改善了单一分子量 EVA 对南一联原油的降凝效果。

**主题词** 大庆原油      物性特征      碳数分布      降凝剂      复配

## 一、前 言

大庆原油属于典型的高凝高粘原油,常温下流动性较差,加上大庆油田地处高寒地区,给大庆原油的集输带来了极大的困难。从节能降耗、提高管道安全运行性的角度考虑,采用化学降凝法是实现原油常温乃至低温输送的最简便、最有效的方法。由于原油降凝剂对原油有强烈的选择性,因此,根据大

庆原油的物性特征及其蜡碳数分布规律,对系列 EVA 及其具有特定官能团的化合物进行复配试验,以期获得对大庆原油降凝改性效果有所提高的降凝剂复配方案。

## 二、大庆原油物性特征与蜡碳数分布

采用相关的国家或行业标准,测定了各区块大庆原油的物性指标,测定结果见表 1。

表 1 不同区块大庆原油的物性指标

原油区块	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	凝点 (°C)	含硫量 %	含蜡量 %	胶质沥青质含量 %	初馏点 (°C)	水分 %
新庙	0.857 3	31.0	0.098	35.21	5.64	78	0.15
南三联	0.851 0	29.0	0.070	37.18	5.05	65	0.15
北油库	0.865 3	29.0	0.091	36.69	6.75	70	0.15
南一联	0.860 8	31.5	0.078	37.35	6.27	83	0.15
林源站	0.862 7	29.0	0.087	36.14	5.97	75	0.15
太阳升	0.869 6	31.5	0.103	35.68	6.14		1.75

采用岛津 GC-14A 气相色谱仪研究了 6 种大庆原油与俄罗斯原油的碳数分布。表 2 和图 1 为不同区块大庆原油蜡碳数分布情况,表明各区块原油中的蜡碳数主要集中在 17~23 之间,除北油库原油碳数为 24~26 的蜡含量高于除南一联以外,南一联原

油碳数为 17~20 的蜡含量明显低于其它原油,碳数为 24~30 的蜡含量明显高于其它原油,新庙原油碳数为 31~35 的蜡含量略高于其它原油,林源和太阳升原油碳数为 17~20 的蜡含量高于其它原油,而碳数为 25~31 的蜡含量则略低于其它原油。

\* 065000,河北省廊坊市金光道 51 号;电话:(0316)2170715。

表 2 各区块大庆原油不同碳数蜡含量

蜡碳数	蜡含量 %					
	北油库	南一联	新庙	林源	南三联	太阳升
C <sub>17</sub>	9.8	8.9	11.8	12.8	12.4	11.3
C <sub>18</sub>	10.9	9.2	12.6	13.6	11.8	12.6
C <sub>19</sub>	12.2	9.9	11.8	13.2	11.5	13.8
C <sub>20</sub>	11.5	9.5	10.0	11.0	12.1	12.0
C <sub>21</sub>	11.1	9.9	10.2	10.4	11.6	11.6
C <sub>22</sub>	9.8	9.4	9.2	9.8	8.6	9.8
C <sub>23</sub>	11.1	9.4	11.4	8.1	8.4	8.2
C <sub>24</sub>	7.3	7.4	5.1	6.1	5.8	6.6
C <sub>25</sub>	5.6	8.2	5.0	4.9	4.9	5.0
C <sub>26</sub>	4.2	5.2	3.3	3.5	3.7	3.1
C <sub>27</sub>	2.3	4.6	2.0	2.1	2.9	1.8
C <sub>28</sub>	1.6	3.2	1.6	1.4	1.7	1.7
C <sub>29</sub>	1.2	1.8	1.4	1.1	1.4	0.9
C <sub>30</sub>	0.8	1.2	0.05	0.8	0.9	1.0
C <sub>31</sub>	0.7	1.0	1.1	0.7	0.7	0.5
C <sub>32</sub>		0.6	0.9	0.6	0.5	
C <sub>33</sub>		0.6	0.8		0.4	
C <sub>34</sub>			0.6		0.3	
C <sub>35</sub>			0.4			

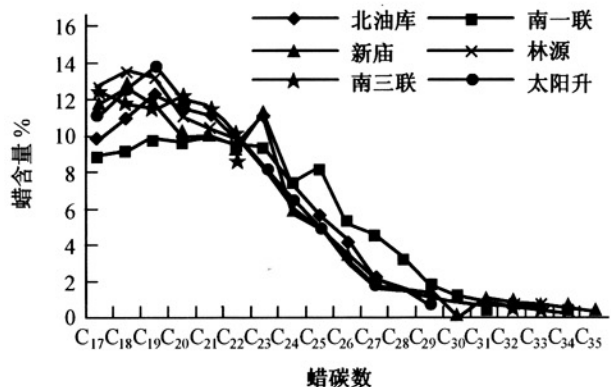


图 1 各区块大庆原油蜡碳数分布曲线

### 三、大庆原油对系列 EVA 的感受性

#### 1、评价方法

考察降凝剂对原油的降凝效果包括原油加剂热处理、加剂前后原油粘温曲线及凝点测试等过程。原油加剂热处理装置见图 2。

用乳胶管将程控水浴和盛放油样的水套瓶连接，程控水浴通过控制水套瓶中循环水的温度来控制其中油样的温度。操作时，将定量待测原油加入水套瓶中，使用注射器将降凝剂溶液按比例加入上

述原油中，开启搅拌器，搅拌速度约为 70 r/min，开启程控水浴，使油样温度升至预定处理温度，再以一定速率降至预定终冷温度，关闭程控水浴和搅拌器，用夹子夹住水套瓶及程控水浴进出水的乳胶管，从连接玻璃管处将连接水套瓶的乳胶管摘下，将水套瓶中的油样分别倒入流变仪和凝点测试仪的盛样器中，分别采用 SY/T7549—2000 和 GB/T510—83 (91) 标准测试加剂热处理原油的粘温曲线及凝点。

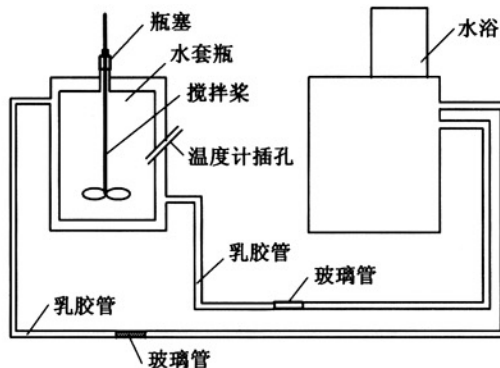


图 2 原油加剂热处理装置

#### 2、系列 EVA 对大庆原油的降凝效果

依据上述评价方法，考察了不同分子结构特征的系列 EVA 对大庆原油的降凝效果。由于极性基团含量和分子量大小(工业上常用熔融指数来反映)是表征 EVA 分子特征的两个重要指标，因此，基于这些指标选取系列 EVA 开展试验研究工作。

系列 EVA 对大庆不同区块原油的降凝效果见表 3，室内模拟评价试验条件为，加剂浓度为 50 mg/kg，处理温度为 65℃，终冷及测试温度为 25℃，降温速率为 0.5℃/min，表观粘度取在 25℃、60 s<sup>-1</sup> 下的测定值。

试验结果表明，试验条件下的热处理和系列 EVA 对大庆不同区块原油表现出不同的降凝效果。北油库、南一联、林源及太阳升原油在试验条件下的加剂热处理效果较为显著，特别是北油库和南一联原油，添加 EVA 对热处理效果不明显；而林源和太阳升原油添加某些降凝剂如 EVA(X2/Y1) 和 EVA(X2/Y2) 后，则会在一定程度上改善热处理效果。新庙和南三联原油在试验条件下的热处理基本没有降凝效果，它们对某些降凝剂如 EVA(X2/Y1) 和 EVA(X2/Y2) 的感受性相对较好。EVA(X2/Y1) 和 EVA(X2/Y2) 对各种原油都表现出相对较好的降凝效果，其中，两种剂对新庙原油的降凝效果相

当,但 EVA(X2/Y1)对南三联、林源以及太阳升原油的降凝效果略好于 EVA(X2/Y2),而 EVA(X2/Y2)对北油库原油的降凝效果则略好于 EVA

(X2/Y1),同时 EVA(X3/Y3)对南一联、太阳升原油则表现出与 EVA(X2/Y1)和 EVA(X2/Y2)相当的降凝效果。

表 3 系列 EVA 对大庆原油的降凝效果

原油 区块	空白油 凝点 (°C)	凝点降(°C)					
		不加剂	EVA (X2/Y1)	EVA (X2/Y2)	EVA (X2/Y4)	EVA (X1/Y5)	EVA (X3/Y3)
新庙	31.0	5.0	16.5	16.0	12.0	13.0	14.0
南三联	29.0	4.0	16.5	13.0	11.5	11.0	14.5
北油库	29.0	12.0	12.5	14.0	11.5	11.5	13.5
南一联	31.5	14.5	15.5	13.5	15.0	13.5	13.0
林源站	29.0	10.0	16.5	13.5	12.0	11.5	12.5
太阳升	31.5	12.5	18.0	16.0	17.0	16.0	15.0

原油 区块	空白油 粘度 (mPa·s)	降粘率 %					
		不加剂	EVA (X2/Y1)	EVA (X2/Y2)	EVA (X2/Y4)	EVA (X1/Y5)	EVA (X3/Y3)
新庙	1 130	* 51.0	91.2	90.4	* 83.6	* 77.3	* 86.5
南三联	548	* 66.6	86.8	86.1	* 82.6	* 77.0	* 86.4
北油库	1 250	* 83.0	87.1	86.8	* 85.3	* 85.4	* 86.1
南一联	1 040	* 86.9	90.2	90.6	89.4	* 89.6	90.8
林源站	962	* 83.2	90.7	90.4	* 88.4	* 88.6	* 89.7
太阳升	884	* 83.1	91.4	90.0	* 89.2	* 86.7	* 88.1

注 X1<X2<X3, Y1<Y2<Y3<Y4。

综上分析试验结果及原油的物性特征与蜡碳数分布情况,可以得出以下结论。

(1)在一定的胶质沥青质含量区间,胶质沥青质含量相对较高的大庆原油在试验条件下的热处理效果相对较差,例如北油库、南一联、林源及太阳升原油;而胶质沥青质含量相对较低的大庆原油在试验条件下对 EVA 的感受性相对较好,例如新庙和南三联原油。

(2)VA 含量为 X2 和 X3 的 EVA 对大庆原油体现出比其它系列 EVA 相对较好的降凝效果。

(3)北油库和南一联原油对试验条件下的热处理较为敏感,但对 EVA 的感受性较差;同时,两者在其组成上具有的共同点是碳数为 24~26 的蜡含量和胶质沥青质的含量均高于其它原油。

(4)林源和太阳升原油对试验条件下的热处理较为敏感,同时对 EVA 具有一定的感受性,两者在其组成上具有的共同点是碳数为 17~20 的蜡含量高于其它原油,而碳数为 25~31 的蜡含量则略低于其它原油。

## 四、降凝剂复配试验

根据不同分子特征的 EVA 对大庆原油的降凝效果,可以初步制订作为不同区块大庆原油降凝剂的 EVA 复配方案。首先,EVA 分别选用 VA 含量为 X2 的系列产品,而含有各种特征官能团的化合物则分别选用带有苯环和醚基的 PX-4 和 PX-7、带有胺基和醚基的 YA-1 和 SZ-1202、带有醇基和醚基的 AEO-3 和 JFC 以及带有酯基和醚基的 EL-10、带有苯环和醚基的 OP-10 等有机化合物。

### 1、系列 EVA 复配

由于 VA 含量为 X2 的系列 EVA 比较容易在国内市场获得,而 VA 含量为 X3 的 EVA 只能获得分子量范围相对较窄的几种样品,无法用来试验获得规律性认识,因此,选用 VA 含量为 X2 的系列 EVA 开展复配试验研究,试验方案见表 4。试验方案中由于不同区块的原油碳数分布不同,对应的降凝剂复配方案也不同。

VA 含量为 X2 的系列 EVA 复配之后对大庆不同区块原油的降凝效果见表 5。室内模拟评价试验条件为, 加剂浓度为 50 mg/kg, 处理温度为

65℃, 终冷及测试温度为 25℃, 降温速率为 0.5℃/min。表观粘度取在 25℃、60 s<sup>-1</sup> 下的测定值。

表 4 大庆不同区块原油 EVA 复配方案

试验序号	试验用油	系列 EVA 添加比例 %							
		X2/Z1	X2/Z2	X2/Z3	X2/Z4	X2/Z5	X2/Z6	X2/Z7	X2/Z8
FP-1	南三联	25	25	25	25				
FP-2	林源	25	25	25	25				
FP-3	新庙	25	25	25	25				
FP-5	北油库			25	25	25	25		
FP-7	南一联	50				20		20	10
FP-8	南一联	40				20		20	20
FP-9	南一联	25			25			25	25
FP-10	太阳升	50				25		25	

注 Z1=Y1

表 5 不同区块大庆原油 EVA 复配试验结果

原油 区块	空白油 凝点 ℃	凝点降 (℃)									
		不加剂	* EVA (X2/Zi)	FP-1	FP-2	FP-3	FP-5	FP-7	FP-8	FP-9	FP-10
新庙	31.0	5.0	16.5			12.5					
南三联	29.0	4.0	16.5	13							
北油库	29.0	12.0	14.0			11.0					
南一联	31.5	14.5	15.5					17.5	16.5	14	
林源站	29.0	10.0	16.5		10.0						
太阳升	31.5	12.5	18.0								16.5

原油 区块	空白油 粘度 (mPa·s)	降粘率 %									
		不加剂	* EVA (X2/Zi)	FP-1	FP-2	FP-3	FP-5	FP-7	FP-8	FP-9	FP-10
新庙	1 130	51.0	91.2			89.0					
南三联	548	66.6	86.8								
北油库	1 250	83.0	86.8				88.2				
南一联	1 040	86.9	90.2	85.6				92.3	93.2	92.9	
林源站	962	83.2	90.7		87.2						
太阳升	884	83.1	91.4								88.8

注 \* EVA(X2/Zi)代表考察试验中获得的对各对应区块原油降凝效果最好的某单一分子量 EVA。

系列 EVA 复配试验结果表明, 在相同的试验条件下, 针对各区块大庆原油蜡碳数分布特点使用同一 VA 含量但分子量不同的 EVA 进行复配, 除南一联原油外, 其它原油均未获得比单一分子量 EVA 更好的降凝降粘效果, 说明某单一分子量的 EVA 对原油中一定碳数范围的蜡都会起作用; 但是, 不同分子量的系列 EVA 经过复配之后则改善了单一分子量 EVA 对南一联原油的降凝效果, 这与南一联原油的碳数分布明显区别于其它区块的原油有关。试验数据显示, 对南一联原油, 实施降凝剂复配时, 必须确保对其降凝效果最好的单一分子量

EVA(X2/Z1)的量占添加降凝剂总量的 50% 以上。

## 2、具有特征官能团化合物的复配

选择 EVA(X2/Y1)与具有不同特征官能团的化合物按一定比例进行复配, 考察复配后的样品对南一联和新庙原油的降凝效果(见表 6), 室内模拟评价试验条件为, 加剂浓度为 50 mg/kg, 处理温度为 65℃, 终冷及测试温度为 25℃, 降温速率为 0.5℃/min。

由表 6 可以看出, 带有脂肪族碳链及胺类和醚类极性基团的 SZ-1210、HY-1017、SZ-1202、YA-1、YA-2 对南一联和新庙原油都有一定的辅助降凝效

果,但不明显;带有脂肪族碳链及苯环和醚类极性基团的 TX-4、TX-7 则对南一联原油有较好的降凝效果,同时对新庙原油也显示出一定的降凝效果,但不明显。比较而言,带有脂肪族碳链和酯、醇、醚类极性基团的 EL-10、AEO-3 对南一联原油的辅助降凝效果最好;带有脂肪族碳链和醚类极性官能团的 JFC 对新庙原油的辅助降凝效果最好。

表 6 具有不同特征官能团化合物的降凝效果

样品名称	特征官能团	凝点 (°C)	
		南一联	新庙
空白		31.5	31.0
EVA(X2/Y1)		16.0	14.5
EVA(X2/Y1)+PX-4	苯环、醚	14.0	12.5
EVA(X2/Y1)+PX-7	苯环、醚	14.0	13.0
EVA(X2/Y1)+YA-1	胺、醚	15.0	13.0
EVA(X2/Y1)+YA-2	胺、醚	14.5	14.5
EVA(X2/Y1)+SZ-1202	胺、醚	15.0	13.5
EVA(X2/Y1)+SZ-1210	胺、醚	15.5	15.0
EVA(X2/Y1)+EL-10	酯、醚	13.5	13.0
EVA(X2/Y1)+JFC	醇、醚	15.0	12.0
EVA(X2/Y1)+HY-1017	胺、醚	14.0	13.0
EVA(X2/Y1)+AEO-3	醇、醚	13.5	12.5
EVA(X2/Y1)+OP-10	苯环、醚	15.0	14.0

注 EVA(X2/Y1)与复配化合物的加剂量均为 50 mg/L。

## 五、结 论

(1) 尽管同属于大庆原油,但由于所处区块不同,因此,6 个不同区块大庆原油的物性特征和蜡碳数分布都存在一定差异。比较明显的区别是新庙和南三联原油的胶质含量相对较低,而其它四种原油的胶质含量则相对较高;同时,南一联原油碳数为 17~20 的蜡含量明显低于其它原油,而碳数为 24~30 的蜡含量则明显高于其它原油。

(2) 试验结果表明,大庆原油化学改性处理带来的凝点降低是热处理和降凝剂双重作用的结果,但不同区块大庆原油对热处理和降凝剂的感受性存在较大差异。在一定的胶质沥青质含量区间,胶质沥青质含量相对较高的大庆原油在试验条件下的热处理效果相对较差,而胶质沥青质含量相对较低的大庆原油在试验条件下对 EVA 的感受性相对较好;北油库和南一联原油对试验条件下的热处理较为敏感,但对 EVA 的感受性较差,两者在其组成上具有

的共同点是碳数为 24~26 的蜡含量和胶质沥青质的含量均高于其它原油。

(3) 系列 EVA 复配试验结果表明,VA 含量为 X2 和 X3 的 EVA 对大庆原油体现出比其它系列 EVA 相对较好的降凝效果。在相同的试验条件下,针对各区块大庆原油蜡碳数分布特点,使用同一 VA 含量但分子量不同的 EVA 进行复配,除南一联原油外,其它原油均未获得比单一分子量 EVA 更好的降凝降粘效果,说明某单一分子量的 EVA 对原油中一定碳数范围的蜡都会起作用;不同分子量的系列 EVA 经过复配之后则改善了单一分子量的 EVA 对南一联原油的降凝效果,这与南一联原油的碳数分布明显区别于其它原油有关。

(4) EVA 与具有特定官能团化合物的复配试验结果表明,对大庆原油具有较好降凝效果的非 EVA 类化合物的共同特征,是带有一定长度的脂肪族碳链,同时具有胺类、醚类、酯类、醇类等极性基团或苯环等具有空间位阻的基团。

(收稿日期:2007-08-24)

编辑:孟凡强

## 下 期 要 目

- |                     |       |
|---------------------|-------|
| 我国石油战略储备的思考 .....   | 李维元等  |
| 新建管道完整性管理理念探索 ..... | 冯庆善等  |
| 长输管道的海水试压技术 .....   | 解立功等  |
| 基于混合智能算法的战略储油       |       |
| 基地选址问题 .....        | 张  涛等 |
| 埋地热油输送管道的经济管径       |       |
| 计算模型 .....          | 董正远   |
| 新型浓缩悬浮体降凝剂的研制       |       |
| 与应用研究 .....         | 关中原等  |
| 基于多源信息融合的管道泄漏       |       |
| 监测 .....            | 秦先勇等  |
| 天然气管道三种碰口作业方法       |       |
| 及其确定 .....          | 李  波等 |
| 加油站火灾统计数据分析及        |       |
| 消防安全对策 .....        | 康  茹等 |
| 机械呼吸阀的通气性能 .....    | 黄起陆等  |