

实验研究

混掺俄油的大庆原油触变特性试验*

马伟平** 祁惠爽 彭士焱 崔健 李立

(中国石油管道公司管道研究中心)

(中国石油管道公司科技与信息处)

严江 王海东 艾民连 郝小虎 潘艳华 胡路胜 叶芳 刘祁

(中国石油管道公司秦京输油气分公司)

马伟平 祁惠爽等:混掺俄油的大庆原油触变特性试验,油气储运,2008,27(5) 27~32。

摘 要 针对混掺 5%~10% 俄罗斯原油的大庆原油,开展了铁大线和秦京线大庆原油触变特性现场试验,结果表明,考虑原油存在不完全可逆性结构的 Houska 修正触变模型能比较准确地描述在特定测试温度、进站温度和多剪切速率条件下的大庆原油触变行为。试验获得了秦京线、铁大线实际管输条件下不同测试温度和进站温度的触变模型参数,对于准确计算管道停输再启动压力具有一定的指导意义。

主题词 大庆原油 俄罗斯原油 混合原油 触变模型 试验

为了对东北管网低输量条件下的安全运行特性进行准确评价,针对混掺 5%~10% 俄罗斯原油的大庆原油,通过试验,确定了能够较好描述含蜡原油触变性且便于工程应用的数学模型。开展了铁大线和秦京线大庆原油触变特性现场试验,以考察实际

管输条件下测试温度、出站温度以及管流剪切历史对大庆原油低温流变特性的影响。本研究中的触变模型参数回归基于考虑原油存在不完全可逆性结构的 Houska 修正触变模型,通过现场试验验证该模型的可靠性和实用性,获得了实际管输条件下不同

五、结 论

(1) 采用自适应网格法计算长输管道的水力瞬变,网格在压力场变化比较快的地方比较稠密,在压力场变化比较慢的地方比较稀疏,关键是对网格方程中的权函数的计算,权函数 w 的计算关系到网格的疏密程度。

(2) 自适应网格法的最大优点在于其与物理问题的解相适应,能够更加准确地捕捉到水击波的前沿位置。

参 考 文 献

- 1, Brackbill J U and Saltzman J S; Adaptive zoning for singular problems in two dimensions, J. Comput. Phys, 1982(46).
- 2, 康红文 王鹏云 徐祥德: 自适应网格技术在数值模式中的应用研究 I(一维问题), 大气科学, 2000, 24(5).

- 3, Kang Hongwen, Gu Xiangqian, Liu Chongjian and Wang Pengyun: Adaptive grid technique based on the variational principle and its weight functions, Advances in Atmospheric Sciences, 2002, 19(4).
- 4, 蒋仕章 蒲家宁: 水力瞬变特征线法和隐式差分法的对比分析, 油气储运, 2001, 20(1).
- 5, 祁雪春 陈永灿 刘昭伟: 水电站管道水击计算的自适应网格法, 水利水电技术, 2001, 32(9).
- 6, Sleiman M: Multistage simulation an adaptive finite element approach using structured grids, Journal of Fluids Engineering, 1999, 121(6).
- 7, Li Shengtai, Linda Petzold: Moving mesh methods with Upwidiug schemes for time-dependent PDEs, Journal of Computational Physics, 1997(131).

(收稿日期: 2007-05-10)

编辑: 孟凡强

* 中国石油天然气股份有限公司“十五”科技攻关项目资助(040103)。

** 065000, 河北省廊坊市金光道 51 号; 电话: (0316) 2077914。

测试温度和进站温度的触变模型参数,可以为热油管道停输再启动的工艺计算提供依据。

一、大庆原油触变模型

自 1959 年 Slibar 使用唯像方法研究触变性以来,形成了诸多触变性模型,主要有直接结构模式、间接结构模式、直接数据回归模式和机械模式^[1],其中间接结构模式应用最广泛,引入结构参数 λ 及随剪切时间的变化率, λ 是定义在 $0 \sim 1$ 变化的相对值, λ 速率方程为:

$$\frac{d\lambda}{dt} = g(\dot{\gamma}, \lambda) = a(1-\lambda)^b - c\lambda\dot{\gamma}^d \quad (1)$$

式中 λ —— 结构参数;

a —— 结构恢复的速率常数;

c —— 结构裂降的速率常数;

b —— 结构恢复的指数;

d —— 结构裂降的指数。

室内试验和数值计算结果表明,考虑原油存在不完全可逆性结构的 Houska 修正触变模型,可以较准确地描述在特定测试温度、进站温度和多剪切速率条件下的大庆原油触变行为。考虑到原油经长时间高速剪切并在有限时间内结构也不能全部破坏,仍然有残余结构的影响,在 Houska 模型中引入了不可恢复结构参数,建立了两个结构参数和两个速率方程的模型:

$$\tau = \tau_{y0} + \lambda_1 \tau_{y1} + \lambda_2 \tau_{y2} + (K + \lambda_1 \Delta K_1 + \lambda_2 \Delta K_2) \dot{\gamma}^n$$

$$\frac{d\lambda_1}{dt} = a_1(1-\lambda_1) - b_1 \lambda_1 \dot{\gamma}^{m_1} \quad (2)$$

$$\frac{d\lambda_2}{dt} = -b_2 \lambda_2 \dot{\gamma}^{m_2}$$

式中 τ —— 剪切应力, Pa;

$\dot{\gamma}$ —— 剪切率, s^{-1} ;

t —— 剪切时间, s;

λ_1 —— 可恢复结构参数;

λ_2 —— 不可恢复结构参数;

τ_{y0} —— 结构充分裂降后屈服应力,即屈服应力不变的部分, Pa;

τ_{y1} —— 可恢复结构的屈服应力的触变部分, Pa;

τ_{y2} —— 不可恢复结构屈服应力的触变部分, Pa;

K —— 结构充分裂降时的稠度系数, $Pa \cdot s^n$;

ΔK_1 —— 可恢复结构的稠度系数的触变部分, $Pa \cdot s^n$;

ΔK_2 —— 不可恢复结构的稠度系数的触变部分, $Pa \cdot s^n$;

n —— 流变特性指数;

a_1 —— 可恢复结构建立速率参数, s^{-1} ;

b_1 —— 可恢复结构裂降速率参数, s^{m_1-1} ;

b_2 —— 不可恢复结构裂降速率参数, s^{m_2-1} ;

m_1, m_2 —— 待定参数。

二、大庆原油触变模型参数

以秦京线为例。进站温度 $35^\circ C$, 取油样, 装入流变仪, 以 $0.5^\circ C/min$ 的降温速率静态降至测试温度 $30^\circ C$, 恒温 30 min, 由低到高逐渐增加剪切速率, 测试屈服值和剪切应力衰减曲线, 试验仪器为 VT550 流变仪和 F8 程控水浴。

屈服应力是评价含蜡原油流变特性的一项重要指标, 目前学术界对屈服应力的定义还没有统一的标准, 本研究选用旋转粘度计法测试屈服应力, 将一定剪切速率下剪切应力由大到小开始衰减的点定义为屈服应力, 见表 1。

根据表 1 数据, 对比铁大线进站温度 $36.97^\circ C$ 和秦京线进站温度 $35^\circ C$ 条件下的大庆原油屈服应力, 大庆原油的性质有一定改善, 显触点由 $32^\circ C$ 降至 $31^\circ C$, 屈服应力由 $18.7 Pa$ 降至 $10.249 Pa$ (测试温度 $30^\circ C$, 剪速 $1 s^{-1}$)。这与管流剪切历史对大庆原油低温流变特性的影响的结论是一致的, 即进站温度降低(仍高于最低允许进站温度), 大庆原油屈服应力均有所降低, 这对于管道停输再启动过程是有利的。铁大线现场试验剪切速率为 $2 s^{-1}$, 屈服应力数值明显偏小; 秦京线现场试验剪切速率为 $2 s^{-1}$ 和 $4 s^{-1}$, 屈服应力数值略为偏大(见图 1 和图 2)。

触变模型参数回归以 Houska 修正触变模型为基础, 大庆原油触变模型参数见表 2 和表 3。秦京线现场试验进站温度为 $35^\circ C$ 、触变试验测试温度为 $30^\circ C$ 时的大庆原油触变曲线见图 3, 铁大线现场试验进站温度为 $38^\circ C$ 、触变试验测试温度为 $30^\circ C$ 时的大庆原油触变曲线见图 4。可以看出, 实测触变曲线与拟合触变曲线吻合很好, 从而验证了该模型的可靠性。

表 1 大庆原油不同剪切速率下的屈服应力

测试温度 (°C)	大庆原油不同剪切速率下的屈服应力 (Pa)							
	剪切速率 1 s ⁻¹		剪切速率 2 s ⁻¹		剪切速率 4 s ⁻¹		剪切速率 8 s ⁻¹	
	铁大线	秦京线	铁大线	秦京线	铁大线	秦京线	铁大线	秦京线
32	8.34		6.90		9.46		9.92	
31	13.90	3.416	11.80	4.008	13.70	4.599	16.00	5.256
30	18.70	10.249	24.10	12.089	27.70	12.811	37.10	12.746
29	30.50	17.805	26.90	20.630	29.20	22.206	42.00	20.564
28		32.127		36.201		37.318		35.084
27		40.734		47.107		46.187		43.691

注 铁大线现场试验时间为 2005 年 9 月 27 日,进站温度为 36.97°C,大庆原油凝点为 30.5°C;秦京线现场试验时间为 2006 年 5 月 29 日,进站温度为 35°C,大庆原油凝点为 30°C。

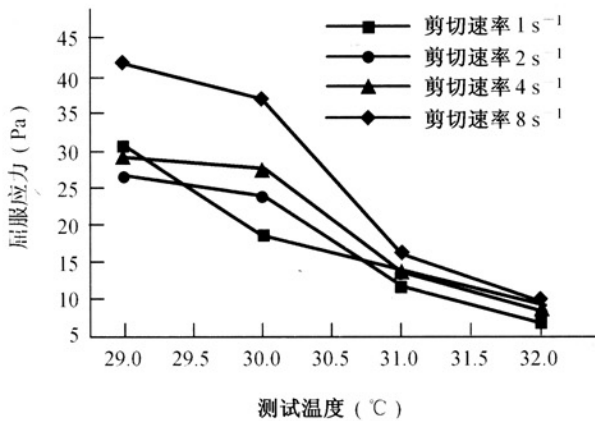


图 1 大庆原油屈服应力(秦京线)

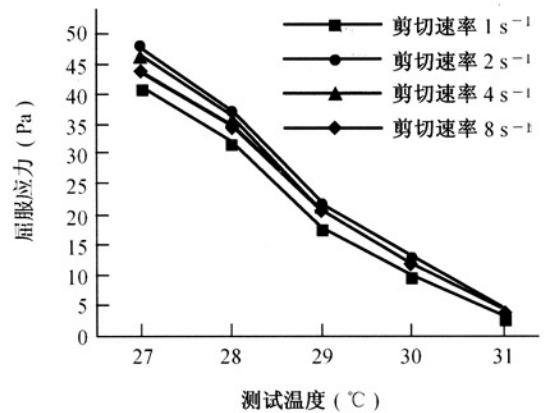


图 2 大庆原油屈服应力(铁大线)

表 2 秦京线现场试验大庆原油触变模型参数

测试温度 (°C)	τ_{y0} (Pa)	τ_{y1} (Pa)	τ_{y2} (Pa)	K (Pa · s ⁿ)	ΔK_1 (Pa · s ⁿ)	ΔK_2 (Pa · s ⁿ)	n	m_1	m_2	a_1 (s ⁻¹)	b_1 (s ^{m₁-1})	b_2 (s ^{m₂-1})
31	0.001	0.625	4.387	0.001	0.463	0.001	0.898	1.000	0.001	0.015	0.001	0.034
30	1.012	1.506	10.687	0.001	0.643	0.001	0.898	1.000	0.022	0.036	0.002	0.036
29	3.582	1.853	0.001	0.045	0.651	0.001	0.898	0.001	0.024	0.001	0.029	0.035
28	7.863	30.00	0.001	0.064	0.691	0.001	0.898	0.001	0.001	0.001	0.034	0.001

表 3 铁大线现场试验大庆原油触变模型参数

测试温度 (°C)	τ_{y0} (Pa)	τ_{y1} (Pa)	τ_{y2} (Pa)	K (Pa · s ⁿ)	ΔK_1 (Pa · s ⁿ)	ΔK_2 (Pa · s ⁿ)	n	m_1	m_2	a_1 (s ⁻¹)	b_1 (s ^{m₁-1})	b_2 (s ^{m₂-1})
32	0.001	1.761	8.146	0.001	0.116	0.157	0.898	0.001	0.021	0.013	0.001	0.035
31	0.952	3.394	10.623	0.155	0.037	0.188	0.898	0.001	0.001	0.011	0.025	0.036
30	2.722	25.846	4.545	0.026	3.118	0.931	0.898	0.001	0.001	0.008	0.162	0.006
29	5.956	30.000	5.667	0.062	1.745	2.106	0.898	0.021	0.058	0.001	0.162	0.005

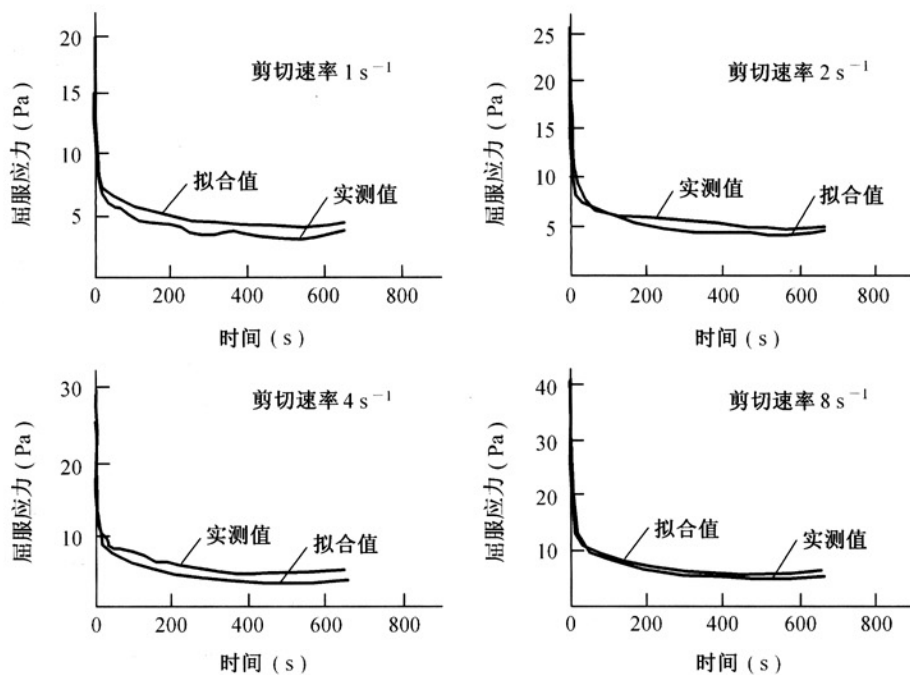


图 3 进站温度为 35℃, 测试温度为 30℃时的大庆原油触变曲线

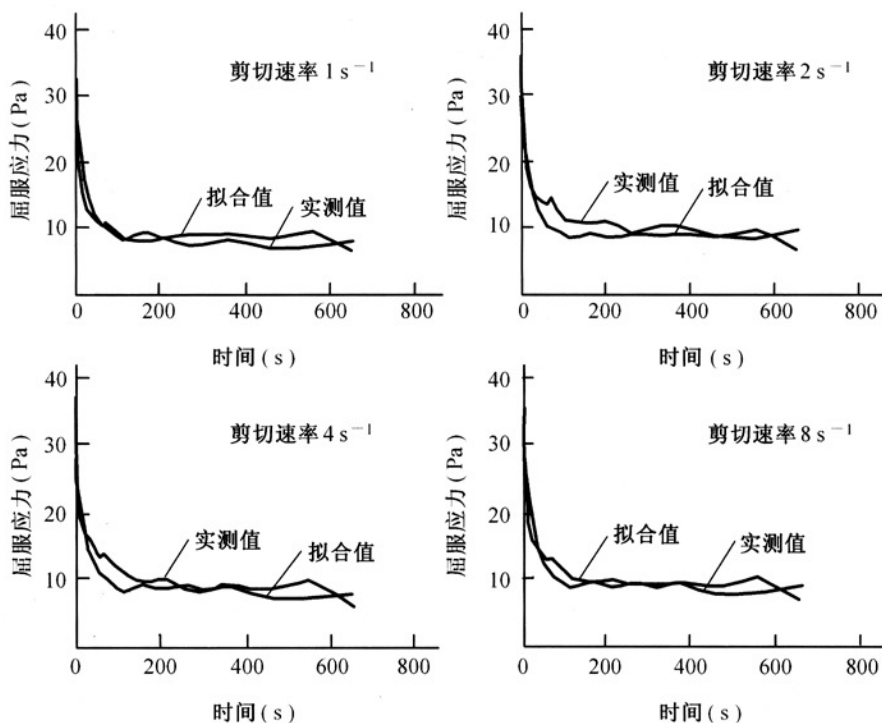


图 4 进站温度为 38℃, 测试温度为 30℃时的大庆原油触变曲线

三、出站温度对大庆原油 低温流变性的影响

以秦京线为例。将迁安站进站原油加热至上一

站昌黎站出站温度, 研究不同出站温度对大庆原油低温流变特性的影响。出站温度对大庆原油低温流变性的影响见图 5 和图 6。

进站温度为 35℃, 取油样, 水浴内加热至出站温度 45℃、50℃、55℃、60℃, 油样装入带有循环水

套和搅拌装置的试验瓶,搅拌装置转速为 80 r/min,以 0.5℃/min 的降温速率动态降温至进站温度 35℃,油样装入流变仪,以 0.5℃/min 的降温速率静态降温至测试温度 30℃,测试屈服值和粘度,剪速为 8 s⁻¹。出站温度对大庆原油凝点影响较小,在 30~31℃ 之间。

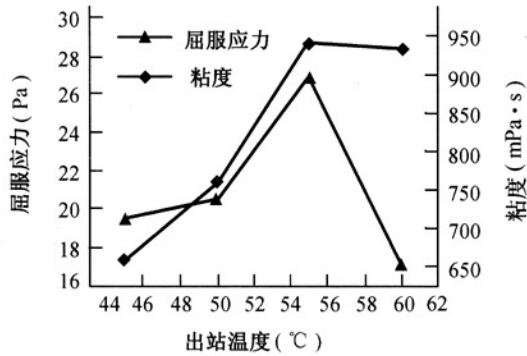


图 5 出站温度对大庆原油低温流变性的影响
(秦京线测试温度为 30℃)

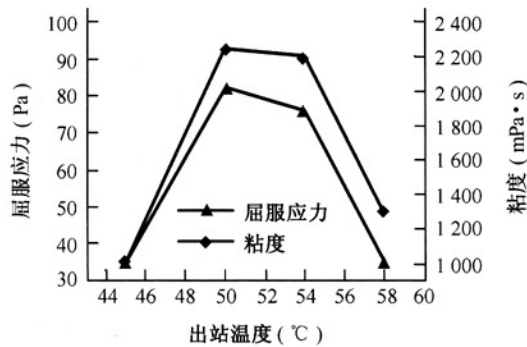


图 6 出站温度对大庆原油低温流变性的影响
(铁大线测试温度为 28℃)

四、管流剪切历史对大庆原油低温流变特性的影响

为了研究停输状态下不同管段原油流变特性和管道停输再启动的安全性,设计了模拟试验,以研究在相同进站温度条件下,经历不同管流剪切历史对大庆原油低温流变特性的影响。以秦京线为例。进站温度为 35℃,取油样,水浴内加热至上一站昌黎站出站温度 45℃,油样装入带有循环水套和搅拌装置的试验瓶,搅拌装置转速 80 r/min,以 0.5℃/min 的降温速率动态降温至管道停输温度 45℃、40℃、38℃、36℃、34℃、32℃,油样装入流变仪,以

0.5℃/min 的降温速率静态降温至测试温度 30℃,测试粘度和屈服值,剪速为 8 s⁻¹。管流剪切历史对大庆原油低温流变特性的影响见图 7 和图 8。管流剪切历史对大庆原油凝点影响较小,在 29~30℃ 之间。

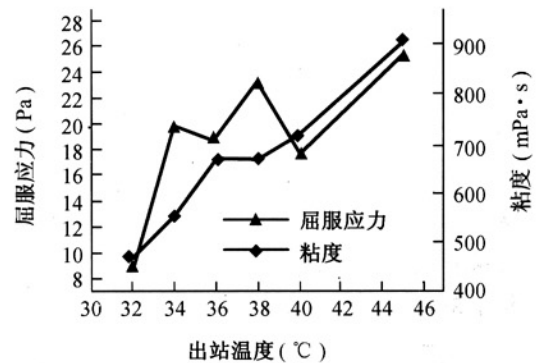


图 7 管流剪切历史对大庆原油低温流变特性的影响
(秦京线测试温度为 30℃)

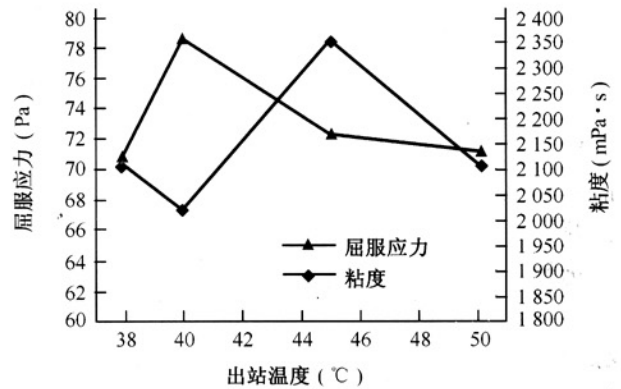


图 8 管流剪切历史对大庆原油低温流变特性的影响
(铁大线测试温度为 28℃)

五、结 论

针对混掺 5%~10% 俄罗斯原油的大庆原油,开展了铁大线和秦京线大庆原油触变特性的现场试验,得到了以下结论。

(1) Houska 修正触变模型能比较准确地描述在特定测试温度、进站温度和多剪切速率条件下的大庆原油触变行为。

(2) 在热处理温度 55℃ 条件下,秦京线大庆原油低温流变性最差,热处理温度在 50~54℃,铁大线大庆原油低温流变性最差,满足热力条件约束下的出站温度应该避免这两个温度区间。

(3) 管流剪切历史对大庆原油低温流变性影响

顺序输送汽油与柴油混油回掺试验*

郑 瑜** 赵会军 赵书华

(江苏工业学院省油气储运重点实验室)

郑 瑜 赵会军等:顺序输送汽油与柴油混油回掺试验,油气储运,2008,27(5) 32~34。

摘 要 针对顺序输送中混油掺混处理问题,对某炼厂出厂的柴油与汽油进行了掺混试验,考虑了油品质量控制指标及质量潜力的影响,确定了最大允许混油比例。试验结果与经验公式计算结果对比表明,油品性质不同,油品之间允许的混油比例就明显不同,顺序输送混油切割与回掺操作中对经验公式的使用应慎重。针对经验公式的局限性,提出了混合油品质量控制指标预测模型。

主题词 顺序输送 汽油 柴油 混油 回掺 试验

一、试验目的、试验内容及方法

成品油顺序输送^[1]混油处理既是长距离顺序输送成品油管道以及油品储存的重要生产环节,又是降低管道输送成本,提高管输经济效益的重要研究课题^[2]。混油处理方法主要有掺混法、蒸馏法、金属氧化物处理法、碱处理法、过滤法等,较为经济的处理方法为掺混法^[3],即根据国家纯油品质量控制指标和质量潜力,向其掺入混油的方法。针对现有混油切割回掺处理的经验性与不精确性,就如何准确把握切割点,提高回掺比例,减少混油损失展开了研究,以柴油与汽油形成的混油进行了掺混试验。柴油和汽油都有相应的质量控制指标及测试方法。当掺入其它油品时,有些指标得到改善,有些指标受到

不大,秦京线进站温度进一步降低(仍高于最低允许进站温度),大庆原油屈服应力和表观粘度均有所降低,对于管道停输再启动过程是有利的。

(4)室内与现场试验的结果表明,屈服应力不随剪切速率的增大而增大,这可能是原油物性的体现,继续研究触变性应特别注意这一点。

(5)获得了秦京线、铁大线管输条件下不同测试温度和进站温度的触变模型参数,由此可以得到特

干扰,而有些指标基本不变。油品混合试验研究的主要目的,旨在研究允许混油临界浓度随油品质量余量不同而变化的规律;在保证产品质量合格的前提下,确定其相互掺合所允许的最大临界浓度;根据试验结果进行混油计算,确定混油切割和回掺方案。

本试验通过向0号柴油中逐步加入90号汽油,观测汽油掺入量对柴油质量性能的影响,主要是对其闪点的影响。研究汽油掺入量与柴油质量合格指标之间的规律,从而将该规律用于成品油混油界面的切割与混油回掺处理方面。

(1)试验方法。试验采用GB/T261石油产品闪点测定法(闭口杯法)(相当于ISO 2719, ASTM D 93等标准)。

(2)试验仪器。SYP1002—I闭口闪点测定仪。

(3)试验油剂。0号柴油;90号汽油。

定测试温度下触变模型参数与进站温度的经验关系式,这对于准确计算管道停输再启动压力具有一定指导意义。

参 考 文 献

1. Barnes H A: Thixotropy—a review, J. of Non-newton Fluid Mech, 1997.

(收稿日期:2007-04-25)

编辑:孟凡强

* 江苏省油气储运重点实验室项目资助(SCZ06059157E)。

** 213016,江苏省常州市江苏工业学院(白云校区)储运研 05;电话:13961151526。