

## Experiment Design of Dynamic Paraffin Deposition and Evaluation of Water-Based Paraffin Remover

Dan XUE\*, Hang LUO, Gang CHEN and Rui-yan HAN

School of Chemistry and Chemical Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, China

\*Corresponding author

**Keywords:** Paraffin deposition, Comprehensive experiment, Water-based paraffin remover, Paraffin resistance.

**Abstract.** The simulation experiment of paraffin deposition in crude oil transportation was introduced by using the instrument of dynamic paraffin deposition. A new type of environmental friendly water-based paraffin remover was used for the implementation paraffin control in our experimental process. The project has certain exploratory and practical application, and it is helpful to understand the problems associated with paraffin deposition and removal of crude oil, and it is conducive to improve students' comprehensive experimental skills and ability to analyze and solve practical problems. At the same time, the concept of environmental protection can also be cultivated by the use of water-based paraffin remover.

## 原油动态结蜡及水基清蜡剂评价实验设计

薛丹\*, 罗航, 陈刚, 韩蕊檐

西安石油大学化学化工学院, 西安, 中国

\*通讯作者

**关键词:** 结蜡; 综合性实验; 水基清蜡剂; 防蜡率

**摘要:** 该实验利用动态结蜡率仪模拟原油输送中的结蜡问题并将科研成果新型环保水基清蜡剂用于蜡晶的清除, 实验项目有一定的探索性和应用性, 有助于深化学生对原油结蜡与清除相关问题的理解, 并使学生综合实验技能及分析解决实际问题的能力得到提高。同时水基清蜡剂的使用, 也可培养学生的环保理念。

### 1. 引言

原油在开采和集输过程中, 大部分管道原油含蜡量高, 质量分数在 15%~30%, 且具有高凝点、高粘度的特点, 影响原油管道正常输送<sup>[1-2]</sup>。随着沿程管道内温度和压力的下降, 蜡晶逐渐形成、生长, 并沉积于管壁表面, 严重制约原油产量, 同时也为原油的运输带来了很大的安全隐患。清防蜡技术是油田化学方向应用化学专业的学生需重点掌握的内容。对石油类相关专业学生而言, 《油田化学》是一门必不可少的专业课, 要求学生理论与实践相结合, 培养学生综合分析问题的能力、实验动手能力、查阅文献的能力、解决问题的能力以及协作能力。

工科高等教育的任务是培养社会需要的工程型、实践型和创新型的高素质人才。近年来, 为了适应新形势下高校教学改革的需要, 综合性实验的开展已经逐渐成为学生科研和创新能力的主要培养模式, 也是实验教学改革的重点<sup>[3]</sup>。本课教研室将科研成果应用到实验教学中, 设计了一个需要 4 个学时的绿色综合型清防蜡实验。该实验的绿色性体现在水基清蜡剂安全环保, 不会对环境造成二次污染; 综合型体现在新型水基清防蜡剂的配制, 模拟原油的石蜡-

柴油溶液浓度的确定，动态结蜡仪的正确操作，防蜡率重复性实验，并根据防蜡率结果推测管道结蜡机理及溶蜡速率的影响因素。

## 2. 实验目的

- (1) 掌握一种测定管道原油防蜡率的方法（动态结蜡率测定仪法）；
- (2) 了解防蜡率测定仪的原理，掌握防蜡率测定仪操作方法；
- (3) 了解管道内石蜡沉积机理；
- (4) 学会通过数据处理、分析，考察溶蜡速率的影响因素。

## 3. 实验原理

### 3.1 结蜡机理

输油管道中，石蜡分子在不同的部位浓度不同，原油中的石蜡分子浓度高于管壁处，由于浓度梯度的影响，石蜡分子向管壁移动、聚集、沉淀，并且沿程管壁温度的降低<sup>[4]</sup>，当低于析蜡温度和集输温度，石蜡分子将大量运移到管壁处，形成结蜡中心，继而生长。

### 3.2 水基清蜡剂作用机理

水基清蜡剂是由水和多种表面活性剂复配而来，加入表面活性剂的目的是帮助有机溶剂沿沉积蜡中的缝隙和蜡与油井管壁的缝隙渗入进去<sup>[5,6]</sup>，使结蜡表面反转为亲水性表面，表面活性剂被吸附在油管表面上有利于石蜡从表面脱落。表面活性剂的渗透性能和分散性能帮助清蜡剂渗入松散结构的蜡晶缝隙里，使蜡分子之间的结合力减弱，从而导致蜡晶拆散而分散于油流中。

### 3.3 动态结蜡率测定仪工作原理

防蜡率测定仪是清蜡剂防蜡率测定的新方法。利用温差法原理，在实验仪器中存在两种温度，一种高于实验介质的析蜡点温度高温室，一种低于实验介质的析蜡点温度低温室，蜡在低于析蜡点温度的部件上析出，测量结蜡量来计算防蜡率。

## 4. 实验仪器及药品

甲苯、二甲苯、正己烷、正庚烷、石油醚、环己烷、苯乙烯、二乙胺、煤油均为分析纯；渗透剂吐温 20、吐温 80、OP-10、乙二醇单丁醚、58#石蜡均为工业级。

HH-2 型恒温水浴锅；JEB2002 型电子天平；JLY-2 型原油动态结蜡仪

## 5. 实验步骤

### 5.1 水基清蜡剂的配制

将石油醚、甲苯、煤油和二乙胺等复合有机溶剂<sup>[7,8]</sup>、复合乳化剂二乙烯三胺和 OP-10 等、互溶剂、水进行复配，以清蜡速率为评价标准，确定复合有机溶剂、复合乳化剂、互溶剂、水的配比。

### 5.2 模拟油样评价实验

#### 5.2.1 动态结蜡率测定仪实验条件的确定

(1) 石蜡-柴油溶液浓度的确定。依据 SY/T 6300-2009《采油用清、防蜡剂技术条件》在测试溶蜡速率时使用 56#石蜡，为保证实验结果的重现率，使用 0#柴油配制 5%~30%的 56#石蜡溶液，用石蜡-柴油溶液作为实验介质来取代原油。结果发现，浓度为 25%的溶液的析蜡温度为 37℃左右，而且原油含蜡量又大多在 20%~30%之间，因此确定石蜡-柴油溶液的浓度

为 25%。

(2) 实验装置高温室温度的确定。高温室温度要高于石蜡-柴油溶液的析蜡温度，使溶液中不析出蜡。在结蜡管温度为室温条件下，选了几个温度点进行实验。由结果可见，如果高温室温度过高，结蜡管结蜡量将很少，因此将高温室温度定在 40℃，比析蜡温度高 3℃。

(3) 实验装置低温室温度的确定。低温室温度即结蜡管温度，将高温室温度定在 40℃后，选了几个温度点进行实验，根据实验结果将低温室温度定在 30℃。

#### 4.2.2 结蜡管的处理和安装

将结蜡管先后用石油醚、蒸馏水、乙醇洗净，放入 100℃烘箱中烘干，冷却至室温后称重，精确至 0.01g，然后将结蜡管安装在低温室中（拧上低温室两端螺纹堵头即可）。

### 5.3 结蜡试验

启动循环泵，并设定运行时间，在运行过程中不断用搅拌器搅拌试验液，使其均匀。循环结束后，拆下结蜡管，冷却至室温后称重，精确至 0.01g。

### 5.4 防蜡率测定重复性实验

选取一种新型水基清防蜡剂，进行重复性实验，计算实验数据的标准偏差，验证结果的可靠性。

## 6. 数据处理

按照《SY/T6300-1997 采油用清防蜡剂通用技术条件》方法计算防蜡率。

$$\text{防蜡率} = \left( 1 - \frac{m_1}{m_0} \right) \times 100\% \quad (1)$$

其中： $m_1$  为处理后的结蜡管结蜡量； $m_0$  为处理后结蜡管结蜡量。

根据实验数据，分析考察溶蜡速率的影响因素。

## 7. 思考题

- (1) 原油中无机盐含量不同对清蜡剂的作用效果有何影响？
- (2) 为什么使用统一标号的 56#石蜡与柴油配制成一定浓度的油样进行测试？
- (3) 实验装置高低温的设置不同对防蜡率的测定结果会产生怎样的影响？

## 8. 总结

本实验的设计应用表界面化学和油田化学的知识，需要学生掌握水基清蜡剂的配制及动态结蜡率测定仪的使用方法，同时需要对原油的结蜡机理及清蜡剂作用原理有初步的了解。学生在查阅文献和设计实验过程中，须具有一定的分析问题和解决问题的能力，有利于开阔学生视野，提高科研潜能。

## 致谢

本文为西安石油大学大学生科研创新训练计划《功能化聚酯在采油废水中的应用》的阶段成果之一。

## References

- [1] L. Lv, K.H. Li, Q. Zhang, Mechanism and Influencing Factors of Paraffin Remover and Paraffin Inhibitor. 12(2011) 17-20.

- [2] G.G. McClallin, Control of paraffin deposition in production operations, *Journal of Petroleum Technology*. 36(1984) 1151.
- [3] J. Geng, H.M. Fan, W.L. Kang, S.S. Fu, Thinking of innovative research experiment teaching mode in practical oil field, chemistry experiments, *Education teaching forum*. (2016) 74-75.
- [4] R.S.M. Samiur, S. Chacko, Improved Paraffin-Deposition-Profile Estimation in Hydrocarbon Pipelines and Effective Mitigation Review, *Oil and Gas Facilities*. 2(2013) 75-85.
- [5] J.G Du, X. Liu, S.J. Li, Performance evaluation and research of water-base paraffin removal agent WPR-I, *Applied Chemical Industry*. 46(2017) 951-954.
- [6] S.G. Agaev, E.O. Zemlyanskii, A.N. Grebnev, S.V. Gul'tyaev, N.S. Yakovlev, Paraffin deposition in crude oil production and depressor additives for paraffin inhibition, *Russian Journal of Applied Chemistry*, 79 (2006) 1360-1364.
- [7] I.K. Ivanova, L.P. Kalacheva, E.Yu. Shits, Choice of potentially effective solvents of asphalt-tar-paraffin deposits on the basis of kinetic parameters of their dissolution, *Russian Journal of Applied Chemistry*. 87(2014) 424-427.
- [8] L. Minssieux, Removal of Asphalt Deposits by Cosolvent Squeeze: Mechanisms and Screening, *SPE Journal*, 6 (2001) 39-46.