

# 微波破乳法原油脱水技术研究

丁洋,熊祥祖\*,魏世轅,秦帆,王隆军

(武汉工程大学化工与制药学院,绿色化工过程省部共建教育部重点实验室,  
湖北省新型反应器与绿色化学工艺重点实验室,湖北 武汉 430074)

**摘要:**对原油乳状液分别进行了热化学法和微波破乳法脱水实验,采用含水质量分数为 58.88% 的 3<sup>#</sup> 原油乳状液,根据本实验原油的特点,通过改变温度、微波震荡时间、脱水剂用量研究了影响原油脱水的相关因素以及趋势,依据实验结果提出新的工艺路线;结果证明:此工艺具有脱水速度快,脱出水清澈的特点。

**关键词:**原油脱水;乳状液;脱水剂

中图分类号:TE868

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2010.05.004

## 0 引言

石油是重要的工业原料和战略资源,随着国民经济和工业化的迅猛发展,石油的需求量越来越大.如何提高石油的采收率,充分利用有限的石油资源,意义十分重大.在石油采收过程中,原油的破乳对原油开采,集输和加工都极其重要;而传统的热化学法和电化学法破乳存在着耗能大、破乳剂用量多、易产生二次污染等问题.本实验依据原油破乳的发展趋势以及存在的问题,研究影响原油脱水效果的主要因素,并在此基础上提出了新的工艺路线.

## 1 实验部分

### 1.1 原理及其改进

水在原油中以游离水和乳化水两种形式存在,游离水可通过简单的沉降措施从原油中分离出来,乳化水却不能<sup>[1]</sup>.乳化水需要通过加热,破乳<sup>[2]</sup>,或者震荡等使小油珠和水珠聚集成大油珠和大水珠,由于重力差异,大油珠上浮,大水珠下沉,从而达到油水分离的目的<sup>[3-8]</sup>.

热化学脱水由于成本低廉,工艺简单,目前在国际上得到广泛的应用.然而单纯的热化学脱水往往无法使原油的脱水量到达合格的要求.因此对影响原油脱水的主要因素作综合分析后,建立了集加热破乳微波震荡为一体的原油脱水研究方案.采用微波破乳的同时利用震荡强化类聚过程,加快类聚速度提高油水分聚的效果,然后再将已成熟的热化

学脱水法与之简约集合.经热脱水,化学脱水剂脱水,微波震荡类聚的方法集约在一起,发挥溶合脱水的合力作用,以期达到缩短脱水工艺过程、节约能耗和运输成本并提高脱水效率的目的.

### 1.2 仪器及材料

加热套,冷凝回流管,蒸馏烧瓶(1 000 mL),分水器,干燥器,若干烧杯,温度计;电子天平「EL204,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司」,数显鼓风干燥箱(101A 型,吴江市同里镇田库工业开发区),恒温水浴箱(ZZ17-20L 型,北京中西泰安技术服务有限公司),微波震荡器(JP-C50A 型,广州市吉普超声波电子设备有限公司);1<sup>#</sup>,2<sup>#</sup>,3<sup>#</sup>,5<sup>#</sup> 原油(安陆石油化工厂),2<sup>#</sup> 脱水剂(破乳剂 SP169,北京大田丰拓化学技术有限公司).

### 1.3 测定方法

根据中华人民共和国国家标准(GB/T 8929-88)原油水含量的测定蒸馏法对原油含水量进行测定.

### 1.4 实验步骤

a. 全部仪器用铬酸清洗一遍,除去粘附在仪器内表面上表面膜和有机残渣.

b. 标定接收器:用能读准至 0.01 mL 的精密微量移液管,以 0.05 mL 的增量逐次加入蒸馏水来接收器上刻度标线的准确度.

c. 空白试验:把足够的二甲苯加到烧瓶中,使二甲苯的总体积达到 400 mL(为了减少暴沸,可加入适量的沸石).

d. 用量程为 200 mL 的量筒量取流动的原油.

收稿日期:2009-10-12

作者简介:丁 洋(1988-),男,湖北仙桃人,06 级本科生.研究方向:精细化工.

指导老师:熊祥祖,副教授.研究方向:化学工程与工艺,精细化工.\*通信联系人

缓慢地把原油倒入烧杯中,避免空气进入,把液面调到要求的刻度.再把烧杯中的油倒入蒸馏烧瓶中,用至少 200 mL 二甲苯以每次 40 mL 分 5 次洗涤烧杯,倒入烧瓶,要把烧杯中的试样完全倒净.把足够的二甲苯加到烧瓶中,使二甲苯的总体积达到 400 mL.

e. 搭建好装配仪器,要保证全部接头的气密性和液封性.把装有显色干燥剂的干燥管插到冷凝器上端,防止空气中的水分在冷凝器内部冷凝.通过冷凝器夹套的循环冷却水采用常温自来水.

f. 加热蒸馏烧瓶.在蒸馏的初始阶段缓慢加热(约 0.5 h),防止暴沸和系统中可能存在的水分损失(不能让冷凝液上升到高于冷凝器内管的 3/4 处,为了使冷凝液容易洗下来,冷凝液应尽可能的保持在冷凝器冷却水入口处).初始加热后,调整沸腾速度,使冷凝液不超过冷凝器内管长度的 3/4.馏出物应以大约每秒钟 2 至 5 滴的速度滴进接受器.继续蒸馏,直到除接受器外仪器的任何部分都没有可见水,接受器中水的体积至少保持恒定 5 min.如果在冷凝器内管中有水滴持久积聚,就用二甲苯冲洗.冲洗后,要缓慢加热,防止暴沸,再蒸馏至少 5 min(冲洗前,必须停止加热至少 15 min,以防止暴沸),重复这个操作,直到冷凝器中没有可见水和接受器中水的体积保持恒定至少 5 min(如果这个操作不能除掉水时,使用聚四氟乙烯刮具把水刮进接受器中).

g. 水的移入完成后,把接受器和它的内含物冷却到室温,用聚四氟乙烯制的刮具把粘附在接受器壁上的水滴移到水层里.读出接受器中水的体积.

## 2 结果与讨论

### 2.1 原油的含水量的测定

根据 1.4 实验步骤,测定原油的含水量.结果如表 1 所示.

表 1 1<sup>#</sup>,2<sup>#</sup>,3<sup>#</sup>,5<sup>#</sup>原油的含水量记录  
Table 1 1<sup>#</sup>, 2<sup>#</sup>, 3<sup>#</sup>, 5<sup>#</sup> crude oil  
moisture content records

	取样量/ g	收集 水量/g	原油含 水量/%	平均含水质量 分数/%
1 <sup>#</sup>	20.91	10.92	52.22	51.29
	9.75	4.91	50.36	
2 <sup>#</sup>	12.29	6.53	53.13	53.33
	12.93	6.92	53.52	
3 <sup>#</sup>	16.18	9.52	58.84	58.88
	11.31	6.55	57.91	
5 <sup>#</sup>	11.22	2.47	22.01	22.06
	7.68	1.71	22.27	
	12.96	2.84	21.91	

### 2.2 热脱水温度对原油脱水的影响

在不同温度下对原油进行破乳实验.取 3<sup>#</sup>原油 60 mL 于 5 个相同的小烧杯中,分别在几个不同温度下恒温水浴箱中水浴加热 30 min,静置片刻.分别取烧杯中上层成品油适量,测含水质量分数.结果如表 2 所示.

表 2 不同温度下成品油含水量

Table 2 Measured beaker refined

oil moisture content at different temperatures

温度/℃	取样量/g	收集水量/g	成品油含水质量分数/%
40	6.32	1.42	22.47
50	9.78	2.10	21.47
60	8.27	1.68	20.31
70	9.41	2.01	21.36

### 2.3 2<sup>#</sup>脱水剂用量对 3<sup>#</sup>原油脱水的影响

在不同脱水剂用量下对原油进行破乳实验.在原油中分别加入不同含量的破乳剂充分震荡混合,震荡 50 min,静置片刻,分别取烧杯中上层油适量,测含水质量分数.结果如表 3 所示.

表 3 脱水剂不同用量下成品油含水量

Table 3 Measured beaker refined oil moisture content

under different content of dehydrating agent

脱水剂/ d	取样量/ g	收集水量/ g	成品含水质 量分数/%	震荡时间/ min	终温/ ℃
3	7.20	1.02	14.17	50	46
5	9.84	1.41	14.33	50	46
5	7.65	1.10	14.38	50	46
6	9.31	1.31	14.07	50	50
8	10.20	1.61	15.78	50	50
16	11.75	2.02	17.19	50	46

实验结果表明,震荡 50 min 原油脱水效果最佳.

### 2.4 微波破乳震荡时间对 3<sup>#</sup>原油脱水的影响

在不同微波破乳震荡时间下对原油进行破乳实验.原油在不同的微波震荡时间下进行破乳,静置片刻,分别取烧杯中上层成品油适量,测含水质量分数.结果如表 4 所示.

表 4 不同震荡时间下成品油含水量

Table 4 Measured beaker refined oil moisture content  
when concussion time is different

震荡 时间/min	取样量/g	收集 水量/g	成品油含水 质量分数/%
30	13.52	3.42	25.30
50	23.74	5.81	24.47
70	12.23	2.43	19.87
90	12.22	2.30	18.82
110	14.68	2.84	19.35

### 2.5 脱水剂用量、微波破乳震荡时间对 3<sup>#</sup>原油脱水量的影响

保持震荡时间恒定,改变脱水剂用量对原油进行破乳实验,从上述实验中每组分别选取 3 个

最佳实验数据,得到含水量最低的数据对应温度的脱水剂用量、微波破乳时间进行破乳实验.结果如表5所示.

表5 震荡时间一定时,不同用量脱水剂下成品油的含水量

Table 5 Measured refined oil moisture content under different content of dehydrating agent when vibration test time is constant

	取样量/ g	震荡时间/ min	脱水剂/ d	收集 水量/g	成品含水率 量分数/%
1	12.14	50	4	2.21	18.20
2	9.27	50	4	1.50	16.18
3	9.69	50	4	1.30	13.41
4	9.76	50	4	1.41	14.45
5	8.18	50	5	0.91	11.12
6	7.89	50	5	1.01	12.80
7	8.11	50	5	1.00	12.34

注:6,7组震荡时原油放在振荡器边缘.

## 2.6 附加实验

### 2.6.1 原油不搅动、静置对原油脱水的影响

实验结果表明,静置不震荡对结果影响不大,但静置后震荡的结果比无静置的好.

表6 静置对原油脱水的影响

Table 6 The impact of crude oil dchydratation in the static duration

取样量 /g	震荡时间 /min	2#脱水 剂量/d	收集水 量/g	含水质量 分数/%	备注
6.42	0	0	1.11	17.29	静置8 h
6.57	50	0	0.90	13.70	静置8 h后震荡
9.08	0	0	1.21	13.32	静置8 h
6.73	50	2	1.02	15.16	静置8 h后震荡

### 2.6.2 静置与震荡对5#原油脱水的影响

实验结果表明,静置后再震荡的脱水效果较好,而静置的最佳时间为12 h.

表7 静置与震荡对原油脱水的影响

Table 7 The impact of crude oil dehydration in the static duration and vibration

取样 量/g	震荡时 间/min	脱水剂 量/d	收集水 量/g	含水质量 分数/%	备注
6.64	50	2	0.90	13.56	
7.07	50	2	0.81	11.46	震荡前静置30 min
6.56	50	2	0.82	12.50	
6.85	50	4	1.11	16.20	
6.14	0	2	1.23	20.03	静置30 min而无震荡
7.74	50	2	0.92	11.89	震荡前静置30 min
8.25	0	2	1.61	19.52	静置4 h
7.03	0	2	1.42	20.20	静置8 h
7.15	0	2	1.41	19.72	静置12 h
7.64	50	2	0.70	9.16	静置12 h后震荡
6.44	0	2	1.32	20.50	静置16 h
6.55	50	2	0.71	10.84	静置16 h后震荡

综上所述,先加入2滴脱水剂(sp169),再搅匀,静置12 h进行一次破乳,取一次破乳后的上层原油乳状液采用微波震荡二次破乳,震荡破乳

50 min得到成品油的工艺流程,可使原油的含水量降低到9.16%,脱水效果最好.

## 2.7 原油脱水的分析

2.7.1 影响原油脱水的因素 通过分别测定原油在不同温度的恒温水浴箱中加热30 min后的含水质量分数的实验,可知:温度的变化会影响乳状液的稳定性,温度升高,乳状液稳定性下降;同时使连续相的粘度降低,水分子在重力场作用下沉降加快<sup>[9]</sup>;在原油中加入一定含量的破乳剂,破乳剂分子的极性部分具有亲水性而浸没水中,非极性部分浸入油中.上述实验结果表明,破乳剂的用量也有最佳值.在低浓度时,油水界面张力随破乳剂浓度增加下降明显,脱水率增大,当超过最佳值后界面吸附趋于平衡,破乳剂分子易聚集形成胶束<sup>[10]</sup>,使界面张力回升,脱水率反而下降.微波震荡会产生热学、电学、和化学等效应,作用于液体时产生激烈而快速变化的机械运动,震动能量被媒介吸收转变为热能使自身温度升高,在液体中产生空穴或气泡.震荡时间在达到最佳值之前,破乳效果随震荡时间的增大而提高,超过最佳值以后,破乳效果几乎不发生变化.因此,选择合适的温度,微波震荡时间,破乳剂的用量是十分必要的.

2.7.2 原油脱水工艺的探讨 通过以上实验,单一的热化学脱水,微波震荡破乳,加入脱水剂破乳脱水效果有限.因此,采用多种方式联合破乳,进一步降低原油的含水量.根据实验数据知选取震荡时间为50 min时,温度50℃下,不同脱水剂浓度下实验,原油含水量降低明显.在适当的温度,震荡时间,脱水剂浓度下原油脱水效果明显,联合破乳效果远远优于单一的破乳效果.

## 3 结语

a. 温度是影响热化学法和微波震荡法破乳的因素之一.原油破乳温度存在一最佳值.针对本文所采用原油,实验结果表明最佳破乳温度为50℃.

b. 对于同种原油,实验结果表明微波震荡破乳效果比热化学法破乳效果好.

c. 超声波震荡破乳实验过程中,震荡时间存在一最佳范围.实验结果表明,微波震荡破乳时间控制在50 min左右.

d. 微波震荡破乳实验表明在温度适宜时,震荡时间,破乳剂用量对破乳影响十分明显.温度、震荡时间、破乳剂用量联合破乳存在一最佳范围.对于本实验所用原油,当温度为50℃,震荡时间为50 min时,破乳剂滴数为2滴时,原油脱水率最

高,破乳效果显著.

e. 根据实验结果的分析,提出原油乳状液脱水工艺为:先加入2滴脱水剂(sp-169),再搅匀,静置12 h进行一次破乳,取一次破乳后的上层原油乳状液采用微波震荡二次破乳,震荡破乳50 min得到成品油的工艺流程,可使原油的含水量降低到9.16%,脱水效果最好.

参考文献:

- [1] 杨小刚,谭蔚,谭晓飞. 高含水原油的热化学破乳方法[J]. 化学工业与工程, 2007,24(3):36-239.
- [2] 安秀林,李庆忠. 乳状液稳定性的影响因素和表达[J]. 张家口农专学报,2003,19(3):29-31.
- [3] 刘晓艳,楚伟华,李清波,等. 微波技术及微波破乳实验[J]. 大庆石油学报,2005,29(3):96-98.
- [4] 王明宪. 不同引发剂作用下 PO-EO 嵌段共聚物破乳性能的研究[J]. 油田地面工程,1993,12(4):38-42.
- [5] 傅大放,吴海锁. 微波辐射破乳的实验研究[J]. 中国给水排水,1998,14:4-6.
- [6] 李英,赵德智,袁秋菊. 超声波在石油化工中的应用及研究进展[J]. 石油化工,2005,34(2):176-180.
- [7] Tan W, Yang X G, Tan X F. Study on demulsification of crude oil emulsions by microwave chemical method[J]. Separation Science and Technology, 2007, 42: 1367-1377.
- [8] 赵安康. 微波辐射在油/水乳状液分离中的应用[J]. 上海科技大学学报,1993,5(1):83-85.
- [9] 李扬,朱建华,武本成,等. 格尔木混合原油中金属元素的赋存状态研究[J]. 武汉工程大学学报,2009,31(1):1-4.
- [10] 丁得磐,孙在春,杨国华,等. 原油乳状液的稳定与破乳[J]. 油田化学,1998,15(1):82-86.

## Research of crude oil dehydration

*DING Yang, XIONG Xiang-zhu\*, WEI Shi-yuan, Qin Fan, WANG Long-jun*

(School of Chemical Engineering and Pharmacy, Wuhan Institute of Technology,

Hubei Key Lab of Novel Chemical Reactor and Green Chemical Technology,

Key Laboratory of Green Chemical Process of Ministry of Education, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Dehydration experiments by thermal chemical method and microwave emulsion breaking method for crude oil emulsion were carried out. 3<sup>#</sup> crude oil emulsion with 58.88% moisture content was used in this experiment. According to the characteristics of this experiment, the effects of various factors on the crude oil dehydration by changing the oil temperature, microwave vibration time, and dehydrating agents were studied. This new process route possessed the characteristics of fast dehydration and clear effluent.

**Key words:** crude oil dehydration; emulsion; dehydrating agent

本文编辑:张 瑞