



## 新型水分蒸发抑制剂的研究

肖蕊, 吴燕, 衣守志

(天津科技大学材料科学与化学工程学院, 天津 300457)

**摘要:** 采用长链脂肪醇和短链醇复配, 制成W/O乳液体系, 制备了一种新型水分蒸发抑制剂. 探讨了影响乳液抑制水分蒸发性能的各项因素, 如温度、浓度、时间、杂质等, 并对乳液体系的抑制水分蒸发效果进行了理论分析. 研究表明, 与均相体系相对比, 非均相-乳液体系可提升抑制水分蒸发的效果, 并且该体系具有较好的稳定性, 及抗杂质和抗温度干扰能力.

**关键词:** 水分蒸发抑制剂; 乳液体系; 抑制机理

**中图分类号:** S157.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-6510 (2007) 03-0051-03

## Study on a Novel Water Evaporation Retardants

XIAO Rui, WU Yan, YI Shou-zhi

(College of Material Science and Chemical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** A new sort of water evaporation retardants of W/O emulsion system was prepared by blend of long chain fatty alcohol and short chain alcohol. At the same time, the effect of temperature, concentration, time, impurity on the retardation was also studied. The results show that the emulsion system has a considerably larger effect on retardation of water evaporation in comparison with the mixtures solution of the long chain fatty alcohol and short chain alcohol. On the other hand, the emulsion system have good stability to resist disturb from impurity and temperature.

**Keywords:** water evaporation retardants; emulsion system; retardent mechanism

水是人类赖以生存和发展的重要资源之一, 当前全球面临的资源危机中, 干旱缺水乃是危中之危. 我国是世界上少数严重缺水的国家之一, 在干旱缺水地区, 水体的水分蒸发量是当地降水量的数倍到数十倍, 少数地区甚至高达数百倍 (如新疆自治区及甘肃省河西走廊), 而水体的水分蒸发损失主要来自于河流、湖泊、水库、储水池等大面积水体的水分蒸发流失. 因此, 有效地抑制水分蒸发, 缓解旱情迫在眉睫<sup>[1,2]</sup>.

水分蒸发抑制剂实质是一种表面活性剂, 其可在水体表面自动铺展成为不溶凝聚膜, 能够显著减少大面积水体的蒸发损失, 大幅度降低经济亏损<sup>[3]</sup>. 目前, 作为水分蒸发抑制剂的表面活性剂, 研究较多的是脂肪醇、脂肪酸和脂肪胺化合物等<sup>[1,4-7]</sup>. 然而, 至今国内外研究均停留在实验室阶段, 在实际环境中, 风速、温度、杂质等因素对液膜的干扰显著, 会导致其性能

不稳定, 甚至丧失水分蒸发抑制效果<sup>[8-12]</sup>. 由于这些问题一直没有得到合理解决, 因此阻碍了水分蒸发抑制剂的的应用.

至今国内外研究的水分蒸发抑制剂的均是单一的均相体系, 本课题将其制备成非均相体系, 即用长碳链脂肪醇与短链醇复配, 将其配制成W/O型乳液体系. 研究发现, 非均相体系能有效抑制水体表面的水分蒸发损失, 具有一定的抗环境干扰和自修复能力, 并且稳定性较好.

### 1 实验部分

#### 1.1 试剂及仪器

试剂选用十六醇 (C<sub>16</sub>OH)、正丁醇 (C<sub>4</sub>OH)、乙醚、石油醚、脂肪醇聚氧乙烯醚系列 (AEO), 以上试剂均为分析纯, 亚相水为蒸馏水.

收稿日期: 2006-12-07; 修回日期: 2007-03-12

基金项目: 天津科技大学引进人才启动基金资助项目 (20060413); 天津市高等学校科技发展基金计划项目资助 (20060513)

作者简介: 肖蕊 (1980—), 女, 河北唐山人, 硕士研究生.

仪器选用 KRUSS K9-MK1 型数字表面张力仪, 德国; TISC-TH3251 型室内外温湿度计, 天津市气象海洋仪器厂; HH-8 型数显恒温水浴, 金坛市富华电器有限公司; KQ-250D 型数控超声波清洗器, 昆山市超声仪器有限公司; 微量注射器, 上海高欣玻璃仪器厂。

### 1.2 乳液的制备

十六醇和正丁醇以 3 : 1 的质量比复配, 以 AEO 系列的非离子表面活性剂为乳化剂, 采用超声波分散, 配制 W/O 型乳液。

### 1.3 测试方法

本实验在室内进行, 采用称重法, 用水分蒸发抑制率作为评价所研究体系抑制效能的指标。计算公式如下:

$$\text{抑制率} = \frac{W_f - W_d}{W_f} \times 100\%$$

式中:  $W_d$  为有膜水分蒸发量, g;  $W_f$  为无膜水分蒸发量, g。

表面张力测量采用吊片法, 水温控制在  $25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 分子膜浓度的影响

制备水分蒸发抑制剂体系时, 应注意铺展溶液的浓度: 一般要求铺展溶液的浓度应足够低, 以免成膜分子在铺展时形成缔和结构, 影响成膜; 但浓度太低, 又不利于成膜操作。

在  $25^\circ\text{C}$  下, 不同分子膜浓度对  $\text{C}_{16}\text{OH}$  溶液体系、 $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  溶液体系和  $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  乳液体系抑制效果的影响, 如图 1。

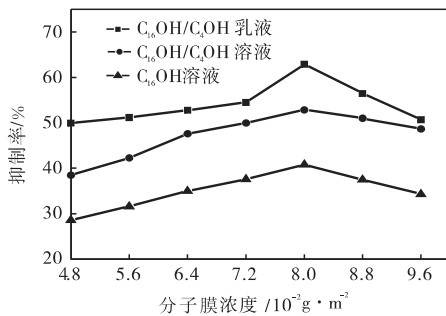


图 1 分子膜浓度对不同体系水分蒸发抑制率的影响

Fig.1 Effect of concentration on water evaporation inhibition rate

由图 1 可以看出, 在相同的分子膜浓度下,  $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  乳液体系的抑制率明显高于  $\text{C}_{16}\text{OH}$  溶液体系和  $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  溶液体系。由实验数据可见,

当分子膜浓度低于  $8.0 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$  时, 随着浓度的增大, 三种体系的抑制率均呈上升趋势, 当进一步增大体系分子膜浓度时, 抑制率呈现明显下降趋势。三种体系的最佳浓度均  $8.0 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 其中  $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  乳液体系的抑制率达到 62.9%, 而  $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  溶液体系和  $\text{C}_{16}\text{OH}$  溶液体系的抑制率仅为 52.9% 和 40.8%。

### 2.2 温度的影响

温度是影响不溶性凝聚膜的显著因素, 不同温度对  $\text{C}_{16}\text{OH}$  溶液体系、 $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  溶液体系和  $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  乳液体系抑制率的影响, 如表 1。

表 1 温度对不同体系水分蒸发抑制率的影响

Tab.1 Effect of temperature on the water evaporation inhibition rate %

不同体系	温度/ $^\circ\text{C}$				
	20	25	30	35	40
$\text{C}_{16}\text{OH}$ 溶液	16.7	39	35	15.6	4.3
$\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$ 溶液	57.3	59	58.5	45.8	30
$\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$ 乳液	58.1	60	61.9	57.5	52

注: 各体系分子膜浓度均为  $8.0 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 时间均为 72 h。

由表 1 可见, 温度的变化对  $\text{C}_{16}\text{OH}$  溶液体系的性能影响显著, 随着温度的变化抑制率波动很大, 当温度达到  $40^\circ\text{C}$ , 分子膜几乎完全丧失抑制效果。当温度在  $20 \sim 30^\circ\text{C}$ ,  $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  溶液体系显示出较好的抗温度干扰能力, 然而当温度超过  $30^\circ\text{C}$ , 抑制率明显下降。随着温度的变化,  $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  乳液体系抑制率波动很小, 当温度达到  $40^\circ\text{C}$  时, 抑制率仍然保持在 52%, 显示出比前两者更为显著的抗温度干扰能力。

### 2.3 时间的影响

时间是影响分子膜抑制率的重要因素, 在实验过程中, 随着时间的延长, 很多杂质 (如灰尘) 会侵入表面不溶膜, 并在膜分子层中构成一些水分子蒸发的孔道, 造成膜结构松散, 直接影响不溶膜的性能。

在  $25^\circ\text{C}$  下, 时间对  $\text{C}_{16}\text{OH}$  溶液体系、 $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  溶液体系、 $\text{C}_{16}\text{OH}/\text{C}_4\text{OH}$  乳液体系的抑制率的影响如图 2 所示。

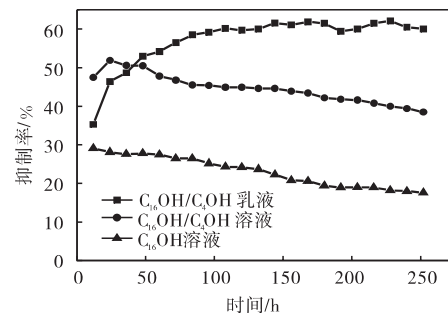


图 2 时间对不同体系水分蒸发抑制率的影响

Fig.2 Effect of time on the water evaporation inhibition rate

由图2可以看出, C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH乳液体系的抑制率要远远高于其他两个体系. 并且, 在实验时间范围内, C<sub>16</sub>OH溶液体系和C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH溶液体系抑制率均呈现下降趋势, C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH乳液体系的抑制率呈现逐渐上升的趋势. 实验结果表明, C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH乳液体系抗杂质干扰的能力远远高于其他两个体系, 显示出优异的抗杂质干扰性.

2.4 稳定性的测试

在相同的实验条件下, C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH 溶液体系、C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH 乳液体系的稳定性如图 3 所示.

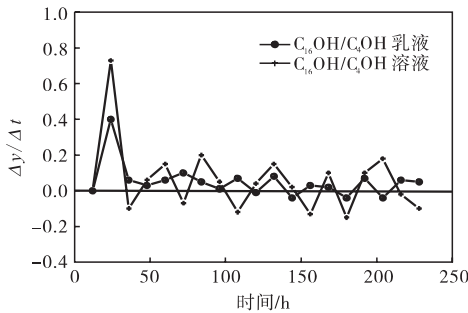


图3 杂质对不同体系稳定性的影响  
Fig. 3 Effect of impurity on stability

由图 3 可以看出, 两种体系在 48 h 前, 抑制率的变化率 ( $\Delta y/\Delta t$ ) 波动相对较大, 这可能是因为体系在气液两相界面铺展成膜时, 需要 48 h 左右的时间, 分子膜凝聚态结构才逐渐稳定. 48 h 后, C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH 溶液体系的  $\Delta y/\Delta t$  介于  $\pm 0.2$  之间, 而 C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH 乳液体系的  $\Delta y/\Delta t$  介于  $\pm 0.08$  之间, 说明 C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH 乳液体系的分子膜凝聚态结构更稳定, 显示出更强的抗杂质干扰能力.

2.5 铺展性能测试

通过对不同体系表面张力的测试, 表征了体系的铺展性能, 见表 2.

由表 2 可见, 在三种不同体系的水分蒸发抑制剂中, C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH 乳液体系的表面张力最低, 说明乳液体系在气液界面铺展成膜的性能最好.

表 2 不同体系的水分蒸发抑制剂的表面张力  
Tab. 2 Surface tension data of water evaporation retardants

体系	水	C <sub>16</sub> OH	C <sub>16</sub> OH/C <sub>4</sub> OH	C <sub>16</sub> OH/C <sub>4</sub> OH 乳液
表面张力/ mN · m <sup>-1</sup>	72.0	23.9	21.5	18.3

3 抑制机理

在水分蒸发抑制剂的研究领域中, 对抑制机理的阐述集中在对均相膜的研究, 常用的经典理论有单分子不溶膜理论、能量障碍理论、最小空位面积理论、

密度变化理论等, 可以较好地揭示均相膜在水面的抑制行为<sup>[12,13]</sup>. 但目前国内外对乳液体系的抑制机理的研究尚属空白, 上述理论都不能完善地解释非均相液膜体系抑制水分蒸发过程的某些现象, 比如: 乳液体系对杂质的良好的抗干扰能力和稳定性. 本研究主要从凝聚膜的铺展性对乳液体系的抑制效果进行分析.

根据基础理论单分子不溶膜理论可知<sup>[7,15]</sup>, 水的蒸发是水分子从水体表面由液相到气相的过程, 当水分子逸出水面时, 受表面分子膜铺展所形成的界面阻挡及其界面力场所产生的阻力, 致使水的蒸发速率明显降低, 有效抑制水分蒸发. 并非所有的油 (泛指一般的碳氢化合物) 都能在水面上铺展形成不溶性分子膜, 其必要条件是油在水面上的铺展系数 ( $S_{o/w}$ ) 大于零. 铺展系数的计算公式如下<sup>[14]</sup>:

$$S_{o/w} = \gamma_w - \gamma_o - \gamma_{o/w}$$

式中:  $\gamma_w$  为水表面自由能;  $\gamma_o$  为油表面自由能;  $\gamma_{o/w}$  为油水界面自由能.

由上式可以看出, 如果要使铺展系数大于零, 则要求油表面的自由能和油水界面的自由能比较小. 即: 如果水分蒸发抑制剂与水形成的油水界面张力较低, 使得其在水面上的铺展系数大于零, 那么水分蒸发抑制剂就能够自行铺展成为不溶分子膜.

由表2中的表面张力测试结果也说明, 乳液体系在气液界面铺展成膜的性能最好, 界面吸附分子排列更为紧密, 凝聚膜的强度更高, 更不易被破坏, 因而具有较强的抗温度和抗杂质干扰的性能, 并具备一定的自修复能力, 验证了前面的实验结果.

4 结论

(1) 与C<sub>16</sub>OH溶液体系及C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH溶液体系相比, C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH乳液体系, 可大幅度提升水表面蒸发的抑制率, 并且该体系随时间的延长衰减减小, 稳定性好, 具有较好的抗温度干扰能力、抗杂质干扰能力和自修复能力.

(2) C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH乳液体系, 在25℃下, C<sub>16</sub>OH/C<sub>4</sub>OH复配比例为3:1, 分子膜浓度为 $8.0 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 时, 抑制率可达62.1%, 并且当实验时间超过250 h时, 体系的抑制率仍然在60%左右, 抑制率比较稳定.

参 考 文 献:

[1] 汤传义, 汤新亮. 天然条件下单分子膜阻蒸发速率的测定[J]. 安庆师范学院学报: 自然科学版, 2002, 8(4): 56—58.