

[Article]

www.chem.pku.edu.cn/whxb

## 有机盐对水/AOT/醇反相微乳体系电导行为的影响

张晓光 董金凤\* 张高勇 周晓海 洪昕林

(武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072)

**摘要** 用二(2-乙基己基)琥珀酸酯磺酸钠(AOT)为表面活性剂研究了以正构醇(己醇、庚醇、辛醇、癸醇)为连续相的微乳体系的电导行为, 结果表明只有水/AOT/癸醇体系有水诱导的电导渗滤现象. 研究了有机盐(胆酸钠、水杨酸钠)及温度对电导行为的影响, 发现庚醇、辛醇体系电导率随胆酸钠浓度的增加而减小, 而癸醇体系电导率不受影响; 庚醇、癸醇体系的电导率随水杨酸钠浓度的增加而增大; 在 5~40 °C 范围内  $\ln\sigma$  (电导率的自然对数)与温度成很好的线性关系, 无论有机盐存在与否都没有温度诱导的渗滤现象. 根据 Arrhenius-type 公式估算了体系的电导活化能.

**关键词:** 醇, 微乳液, 电导率, 渗滤, 有机盐, AOT

**中图分类号:** O648

## The Effect of Organic Salts on the Conductance of the Water/AOT/Alkanol W/O Microemulsion

ZHANG, Xiao-Guang DONG, Jin-Feng\* ZHANG, Gao-Yong ZHOU, Xiao-Hai HONG, Xin-Lin

(College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, P. R. China)

**Abstract** The conductivity behaviour of water-in-alkanol (hexanol, heptanol, octanol, decanol) microemulsions, in which AOT was employed as surfactant, was investigated. The percolation phenomenon induced by water was found only in the water/AOT/decanol system. The effects of organic salts (sodium cholate and sodium salicylate) and temperature on conductance were then studied. In heptanol and octanol systems the conductivity was decreased with the increase of sodium cholate concentration, whereas it was increased in the case of sodium salicylate. In decanol system the conductivity was hardly changed in the presence of both organic salts. The values of  $\ln\sigma$  had a linear correlation with temperature in the range of 5~40 °C. No percolation threshold induced by temperature was detected either in the absence or in the presence of organic salts. The activation energy for conductance was estimated according to the Arrhenius-type equation.

**Keywords:** Alkanol, Microemulsion, Conductivity, Percolation, Organic salts, AOT

反相微乳液在药物、化妆品、干洗、三次采油、胶束催化和酶催化等领域的广泛应用引起了人们的关注. 目前的研究大多集中在以二(2-乙基己基)琥珀酸酯磺酸钠(AOT)为表面活性剂、中长链烷烃为连续相的反相微乳液体系, 对于表面活性剂在烷烃中的物理化学性质如增溶行为<sup>[1-2]</sup>和电导行为<sup>[3-5]</sup>已经有系

统的研究报道. 中、长链的醇常被用作助表面活性剂来调节界面膜的性质. 而在实际应用中, 醇往往被直接用来作为溶剂或反应介质, 表面活性剂在醇中的行为则较少见报道<sup>[6-9]</sup>. 电导渗滤现象是反相微乳液的一个重要的物理化学性质, 它是指在一定温度下, 分散相(水)体积分数达到阈值体积时或者一定组成下

Received: May 13, 2005; Revised: July 6, 2005. \*Correspondent, E-mail: Jfdong@whu.edu.cn; Tel: 027-87218534.

科技部“十五”攻关计划滚动项目(2004BA308A25-14)资助

温度达到阈值温度时体系电导率会突然增大 100~1000 倍的现象<sup>[9-10]</sup>. 关于烷烃体系的电导渗滤研究已有大量报道<sup>[11-12]</sup>. 人们通常认为发生电导渗滤时, 含有分散相(水)液滴形成簇或聚集体, 离子由一个液滴弹跳到另一个液滴<sup>[13-15]</sup>或者在液滴“融合-分裂”过程<sup>[9]</sup>中离子进行质量转移. Jada 等<sup>[13,16]</sup>通过时间分辨荧光技术测定了液滴间物质交换速率常数( $k_c$ ), 表明其值大于 $1 \times 10^9 \sim 2 \times 10^9 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 时体系才可能发生渗滤. Kataoka 等<sup>[17]</sup>通过 PGSE-NMR 技术测定了  $\text{D}_2\text{O}/\text{AOT}/\text{癸烷}$  体系中水的自扩散, 表明体系电导率的增加主要是水的自扩散, 即主要的带电载体是  $\text{Na}^+$ . 这些研究都证实了发生渗滤时电导率的突然增加主要是反离子在液滴“融合-分裂”过程中进行质量转移. 在最近 20 年里, 添加剂对烷烃体系渗滤影响的研究较多<sup>[18-21]</sup>, 结果表明添加剂如化合物 bile 盐(胆酸钠和脱氧胆酸钠) 通过降低水的渗滤阈值体积或阈值温度而促进渗滤, 而芳香族化合物如甲苯、二甲苯、苯、萘、水杨酸钠等通过增加水的渗滤阈值体积或阈值温度而延迟或阻止渗滤. 关于添加剂对电导渗滤的影响, 文献[15, 19-20, 22]提出了相关解释机理, 认为 bile 盐在液滴融合过程中形成了“通道”, 有助于离子的传递, 而芳香族化合物通过“阻断”液滴的融合而延迟了离子的传递.

Ray 等<sup>[9]</sup>研究了水/AOT/醇体系的电导行为, 结果表明戊醇和己醇体系没有水诱导的渗滤现象, 庚醇、辛醇和癸醇体系有水诱导的渗滤. 关于体系发生渗滤的机理作者并没有给出具体的解释. 胆酸钠和水杨酸钠对烷烃体系电导渗滤有截然相反的作用, 但对水/AOT/醇体系的影响还不清楚. 本文研究了水/AOT/醇体系在有有机盐胆酸钠( $\text{NaC}$ )和水杨酸钠( $\text{NaSal}$ )存在时的电导渗滤, 对体系发生渗滤的机理以及有机盐的影响进行了初步的讨论; 同时研究了温度对水/AOT/醇体系电导行为的影响, 根据 Arrhenius-type 公式估算了体系的电导活化能.

## 1 实验部分

### 1.1 试剂和仪器

表面活性剂 AOT, 纯度 99%(w), 美国 Sigma 公司, 真空干燥箱中  $60^\circ\text{C}$  下干燥 48 h, 贮存在放有  $\text{P}_2\text{O}_5$  的真空干燥器中, 使用前未作进一步处理. 己醇、庚醇、辛醇及癸醇, 中国医药集团上海化学试剂公司进口分装, 使用前经过蒸馏后用  $\text{CaO}$  干燥; 胆酸钠, 纯度 99%(w), Acros Organics 产品; 水杨酸钠,

分析纯, 中国医药集团上海化学试剂公司. 所有溶液用二次蒸馏水(其电导率值  $30^\circ\text{C}$  时为  $2\sim 4 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) 配制.

DDS-6700 数字电导率仪, 上海雷磁新泾仪器有限公司; 流变仪 RS600, 美国 Thermo Electron Corporation; 动态光散射仪 NANO ZS, 英国 Malvern Instruments, He-Ne 激光器, 波长为 633 nm, 测量角度为  $173^\circ$ .

### 1.2 测定方法

为使研究对象在反相微乳液区, 根据文献[7, 23]选取了 AOT 在醇相中的浓度为  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . 含有  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  AOT 的醇溶液在室温配制. 利用数字电导率仪测定微乳液的电导率( $\sigma$ ), 测定时向一定量的 AOT 醇溶液中用微量进样器逐渐加入水(有机盐溶液), 保持温度为  $(30.0 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ , 加入的水与 AOT 的摩尔比为  $x$ . 测定不同温度下电导率时, 温度范围为  $5.0\sim 40.0^\circ\text{C}$ , 控温精度为  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ , 在磁力搅拌下进行. 研究水及有机盐对单纯醇体系电导率影响时, 取一定量的醇, 每次用微量进样器向醇中加入一定体积的水(有机盐溶液), 加入的水与醇的摩尔比为  $x'$ .

利用流变仪通过同轴圆筒法测定醇的黏度, 实验温度为  $(30.0 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ . 微乳液粒径测试时, 测试前样品用  $0.20 \mu\text{m}$  膜过滤除尘, 测定扩散系数( $D$ ), 然后根据 Stokes-Einstein 公式获得流体学直径( $d$ ), 测试温度为  $(30.0 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ .

## 2 结果与讨论

### 2.1 水含量诱导的 W/O 微乳液电导渗滤

图 1 是水/AOT/醇体系的  $\ln\sigma$  随  $x$  的变化图; 为了说明水对单纯醇体系电导率的影响, 图 2 示出了

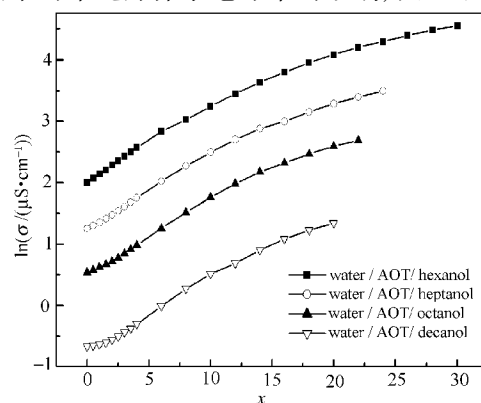


图 1 水/AOT/醇体系的  $\ln\sigma$  随  $x$  的变化

Fig.1 Dependence of  $\ln\sigma$  on  $x$  in water/AOT/alkanol systems

$x$  is the molar ratio of water to AOT.

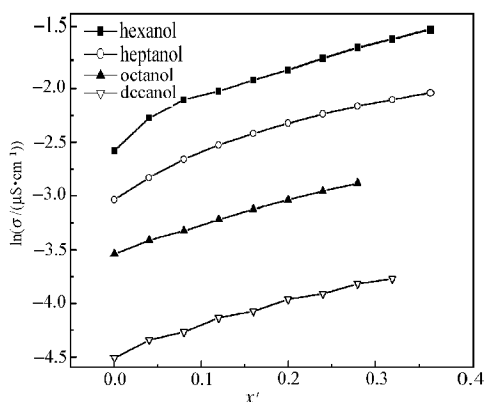


图2 单纯的醇体系  $\ln\sigma$  随  $x'$  的变化

Fig.2 Dependence of  $\ln\sigma$  on  $x'$  in pure alkanol systems

$x'$  is the molar ratio of water to alkanol.

没有 AOT 时单纯醇体系  $\ln\sigma$  随  $x'$  的变化. 对于单纯醇体系,  $\ln\sigma$  几乎都随  $x'$  的增加而直线上升, 其中己醇的  $\ln\sigma$  值最大, 癸醇的  $\ln\sigma$  值最小, 表明中等链长的醇其导电能力随醇碳原子数的增加而降低. 对比图 1 和图 2 可以看出, 单纯醇体系电导率远远低于含有 AOT 的电导率, 表明 AOT 作为一种电解质极大地提高了体系的电导率, 对于水/AOT/醇体系来说醇对体系电导率的贡献很小, 主要是 AOT 对电导率的贡献. 从 4 种醇的介电常数及黏度数据(见表 1)可以看出, 随着醇碳原子数的增加, 介电常数逐渐变小, 黏度逐渐增大, 表明醇的极性和亲水性逐渐降低, 亲油性增加. 结合图 2 和表 1 可知, 对于离子导电来说, 己醇、庚醇和辛醇是比较好的介质, 容易促进离子导电的发生. 癸醇与其它 3 种醇相比极性最小, 水在其中溶解度最小, 亲油性较强, 不利于离子导电.

对于水/AOT/癸醇体系, 当  $x < 2$  时, 随  $x$  增加  $\ln\sigma$  基本不变; 当  $x$  进一步增加时,  $\ln\sigma$  随之单调增加, 体系有明显的电导渗滤现象. 己醇、庚醇及辛醇体系中的  $\ln\sigma$  随  $x$  增加而单调增加, 没有观察到渗滤现象. Ekwall 等<sup>[23]</sup>认为在水/AOT/癸醇体系中, 醇的羟基基团和 AOT 的极性头相互作用会使原有的

Table 1 The physical properties of alkanols

Alkanol	Dielectric constant(20 °C)	$\eta$ <sup>①</sup> /(mPa·s)	Molecular volume(nm <sup>3</sup> )
hexanol	13.03	4.08	0.2078
heptanol	11.75	5.15	0.2354
octanol	10.30	6.56	0.2611
decanol	8.10	9.81	0.3156

① at 30 °C

AOT 胶束分裂成小的胶束. 对于我们所研究的水/AOT/醇体系, 醇既作为油相, 又作为助表面活性剂参与胶束形成. 由于己醇、庚醇和辛醇的极性较强, 醇分子较容易渗透进入胶束单分子层, 羟基和 AOT 的极性头磷酸基有强烈的相互作用导致比较小的液滴(胶束)形成, 小的液滴与醇相极性相近. 又由于液滴间吸引力的作用, 这种小的液滴随水含量的增加很容易相互碰撞融合在一起形成有利于离子迁移的通道<sup>[7]</sup>, 电导率快速增加, 因此没有观察到渗滤发生. 与其它 3 种醇相比, 癸醇极性较低, 碳链较长, 分子体积较大(根据醇的摩尔分子量和其密度估算了醇的分子体积, 见表 1), 由于空间位阻的影响使得醇分子渗透进入胶束的界面层变得困难, 导致它与 AOT 分子的磷酸基相互作用比较弱, 形成的液滴与癸醇相极性差异较大, 液滴间吸引力较小, 液滴碰撞融合在一起形成通道变得困难, 电导率较低, 故在癸醇体系中观察到了渗滤发生. 另外液滴的聚集行为与液滴的扩散速率有关, 而扩散系数与体系的黏度成反比, Stokes-Einstein 公式给出了扩散系数与黏度的关系:

$$D = \frac{kT}{3\pi\eta d} \quad (1)$$

其中,  $D$  是扩散系数,  $k$  是玻尔兹曼常数,  $T$  是绝对温度,  $\eta$  是连续相(醇)的黏度,  $d$  是液滴流体动力学直径. 当  $x=0$  时液滴流体动力学直径及扩散系数结果见表 2, 己醇的液滴直径最小, 庚醇、辛醇、癸醇体系液滴直径基本一致, 扩散系数随碳链的增加而减小. 结合表 1 黏度数据和式(1)可知, 4 种醇体系在相同温度下, 当体系的液滴直径改变不大时, 黏度最大的癸醇体系具有最小的液滴扩散系数, 液滴相互吸引聚集的运动最慢, 导致液滴相互碰撞形成离子转移的通道变得困难, 因此在癸醇体系观察到渗滤现象.

## 2.2 有机盐(NaC 和 NaSal)对水/AOT/醇电导行为的影响

胆酸钠和水杨酸钠的结构见图 3. 二者都含有羟基和羧基, 但是 NaC 分子比较大, 含有环状结构

Table 2 水/AOT/醇体系粒径( $d$ )和扩散系数( $D$ ) ( $x=0$ )

Table 2 The hydrodynamic diameter ( $d$ ) and the diffusion coefficient ( $D$ ) of water/AOT/alkanols systems

water/AOT/alkanol	$d$ /nm	$10^{-6}D$ /(nm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> )
water/AOT/hexanol	3.5	30.4
water /AOT/ heptanol	3.8	22.5
water /AOT/ octanol	3.9	17.1
water/AOT/decanol	3.9	11.5

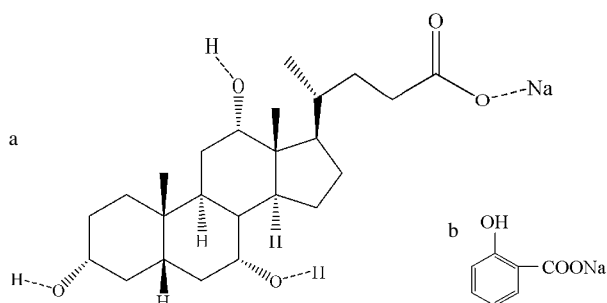
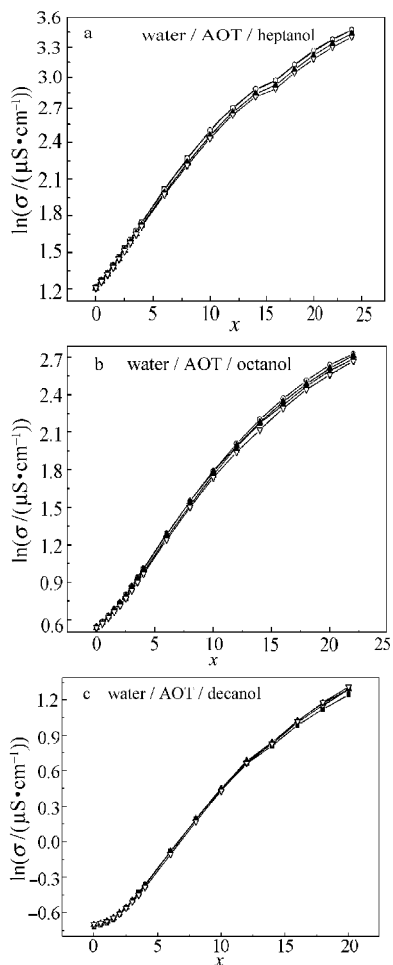


图3 胆酸钠(a)和水杨酸钠(b)的结构

Fig.3 The structure of sodium cholate (a) and sodium salicylate (b)

以及三个羟基. 前面提到在烷烃体系中, NaC 促进渗滤而 NaSal 抑制渗滤的发生, 这是因为 NaSal 分子中含有一个羟基具有“阻断”液滴融合作用, 而 NaC 含有三个羟基具有促进渗滤作用<sup>[18-21]</sup>.

### 2.2.1 胆酸钠对水/AOT/醇体系及单纯醇体系的电导行为

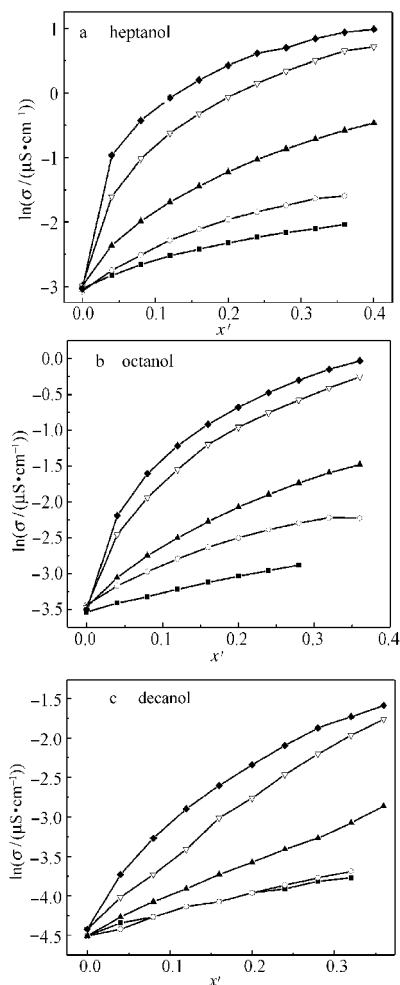
图4 胆酸钠存在时水/AOT/醇体系  $\ln\sigma$  随  $x$  的变化Fig.4 Dependence of  $\ln\sigma$  on  $x$  in water/AOT/ alkanols in the presence of sodium cholate(NaC)

$c(\text{NaC})/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$ : ■)0; ○)0.01; ▲)0.1; ▽)0.2

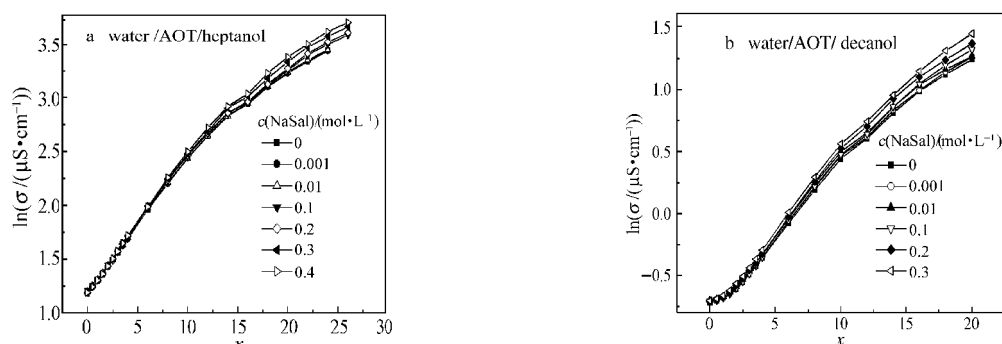
的影响

不同浓度 NaC 对水/AOT/醇体系电导行为的影响见图 4; 为了说明庚醇、辛醇、癸醇与 NaC 间是否存在相互作用, 图5给出了NaC对单纯醇体系电导行为的影响. 对于水/AOT/庚醇(辛醇)体系,  $\ln\sigma$  随 NaC 浓度增加而逐渐下降, 而水/AOT/癸醇体系  $\ln\sigma$  基本不随 NaC 浓度的改变而改变. 对于单纯的庚醇和辛醇体系(图5a, b), 当NaC浓度由0逐渐增加到 $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  时,  $\ln\sigma$  大幅增加; 而对于癸醇体系(图 5c),  $0.001 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaC 对电导行为基本没有影响, NaC 浓度高于  $0.001 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  时  $\ln\sigma$  才迅速增加. 由此推测单纯的醇体系  $\ln\sigma$  增加主要是胆酸钠的贡献, 即  $\text{Na}^+$  的贡献.

由图3 (a) 可以看出NaC分子比较大, 含有环状结构以及三个羟基和一个羧基. NaC 分子可能吸附在表面活性剂界面膜表面, 羟基与 AOT 的极性头磺

图5 胆酸钠存在时单纯醇体系  $\ln\sigma$  随  $x'$  的变化Fig.5 Dependence of  $\ln\sigma$  on  $x'$  in pure alkanols systems in the presence of NaC

$c(\text{NaC})/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$ : ■)0; ○)0.001; ▲)0.01; ▽)0.1; ◆)0.2

图6 水杨酸钠存在时水/AOT/醇体系  $\ln\sigma$  随  $x$  的变化Fig.6 Dependence of  $\ln\sigma$  on  $x$  in water/AOT/ alkanols in the presence of NaSal

酸基相互作用可能位于栅栏层。由于庚醇和辛醇极性比较强,与AOT的极性头磺酸基有强烈的相互作用使表面活性剂界面膜比较致密;NaC分子比较大,加入后使界面排列得更加紧密,不利于 $\text{Na}^+$ 在液滴碰撞融合过程中进行迁移。另外NaC分子中的羟基和水形成氢键,减少了AOT分子与水的结合,使得AOT分子的解离度降低,液滴中 $\text{Na}^+$ 数目降低,导致电导率降低。而癸醇极性相对较小,与AOT极性头相互作用形成的界面膜可能比较疏松,加入NaC后虽使界面排列紧密,但对 $\text{Na}^+$ 迁移影响不大。

### 2.2.2 NaSal对水/AOT/庚醇(癸醇)体系电导行为的影响

图6为不同浓度水杨酸钠对水/AOT/庚醇和水/AOT/癸醇体系电导行为的影响。对于水/AOT/庚醇和水/AOT/癸醇体系,当NaSal浓度低于 $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, $\ln\sigma$ 基本不受NaSal浓度的影响;当NaSal浓度高于 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, $\ln\sigma$ 随之增加。另外NaSal对水/AOT/癸醇体系电导渗透没有影响。一方面NaSal为水溶性的添加剂,加入后破坏了液滴内水的结构,降低了AOT的亲油性,使液滴间作用力降低<sup>[24]</sup>,同时增加了胶束界面膜的柔性,为 $\text{Na}^+$ 提供了自由运动的环境;另一方面NaSal增加了液滴中的 $\text{Na}^+$ 浓度, $\text{Na}^+$ 溶解在水中同水一起迁移,是主要的带电载体,

在导电过程中起主要作用<sup>[17]</sup>,随NaSal浓度的增加,体系电导率增加。

### 2.3 温度对水/AOT/庚醇(癸醇)体系电导行为的影响

在渗透过程中微乳液液滴间的相互作用可以用“瞬时融合-质量转移-分裂”过程来描述,其间 $\text{Na}^+$ 穿过界面膜进行迁移。与此过程相关的活化能指的是 $\text{Na}^+$ 迁移所需的能量以及液滴经过融合后再次分裂所需能量之和<sup>[25]</sup>。发生渗透时水分子自扩散的突然增加导致了 $\text{Na}^+$ 自扩散的增加。因此在温度 $T$ 时,迁移率( $\mu$ )、扩散系数( $D$ )和电导率( $\sigma$ )之间的关系可以用Einstein公式<sup>[26]</sup>表示:

$$\sigma = ne\mu = ne^2D/(kT) \quad (2)$$

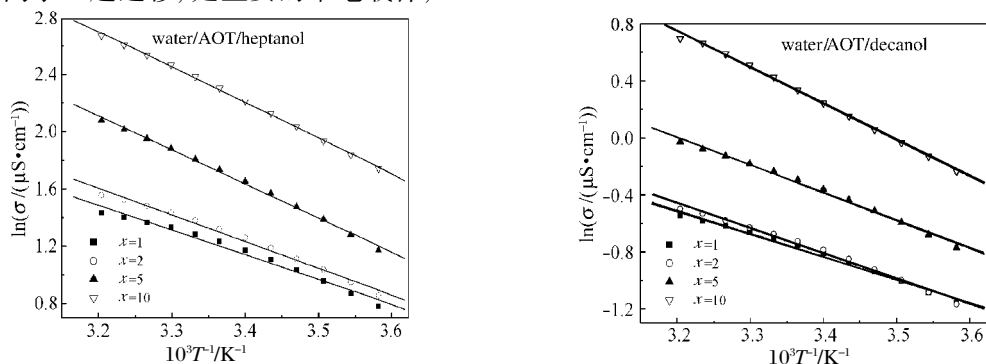
其中 $n$ 是单位体积的迁移电荷数; $e$ 是每个电子的电量; $k$ 是玻尔兹曼常数。

假设带电载体穿过液滴的表面活性剂界面膜进行扩散,其活化能( $E_a$ )可由Arrhenius-type公式<sup>[26]</sup>计算:

$$D = \frac{4l^2kT}{h} \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

其中 $l$ 是表面活性剂单分子层的厚度; $h$ 是普朗克常数; $R$ 是气体常数。由(2)和(3)式可推导出:

$$\sigma = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (4)$$

图7 不同  $x$  时温度对水/AOT/醇体系  $\ln\sigma$  的影响Fig.7 Influence of temperature on  $\ln\sigma$  in the water/AOT/alkanols systems at different  $x$ 

$x$  is the same as Fig.1.

表3 根据 Arrhenius-type 公式由  $\ln\sigma$  对  $1/T$  作图计算的水/AOT/庚醇和水/AOT/癸醇体系活化能  
Table 3 Activation energy estimated from the Arrhenius-type equation by plotting  $\ln\sigma$  vs  $1/T$   
in water/AOT/heptanol and water/AOT/decanol systems

x	$E_a^{\text{①}} / (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$			$E_a^{\text{②}} / (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$		
	H <sub>2</sub> O	0.1 mol·L <sup>-1</sup> NaSal	0.1 mol·L <sup>-1</sup> NaC	H <sub>2</sub> O	0.1 mol·L <sup>-1</sup> NaSal	0.1 mol·L <sup>-1</sup> NaC
1	14.16			13.29		
2	15.35	15.10	16.65	14.32	14.64	13.33
5	19.42	18.23	18.44	17.22	16.56	17.32
10	20.78	20.84	21.07	20.68	20.21	20.40

① in water/AOT/heptanol systems, ② in water/AOT/ decanol systems; x is the same as Fig.1.

其中  $A=4ne^2l^2/h$ , 将(4)式取对数, 通过  $\ln\sigma$  对  $1/T$  作图求出  $E_a$ . 温度对水/AOT/庚醇和水/AOT/癸醇体系的  $\ln\sigma$  的影响见图7, 所求  $E_a$  见表3.

对于水/AOT/癸醇体系,  $x=1, 2$  对应渗滤前,  $x=5, 10$  对应渗滤后. 水/AOT/庚醇和水/AOT/癸醇体系  $\ln\sigma$  都随温度升高而增加, 并与温度呈很好的线性关系, 观察不到温度诱导渗滤现象. 两个体系活化能均随  $x$  增加而增加, 且相差不大, 均在 13.29~21.07  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  范围内, 与水/AOT/甲苯体系活化能 (13.9~27.4  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) 相近, 而大大低于水/AOT/烷烃活化能 (大于100  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )<sup>[27]</sup>. 添加剂对活化能也基本没有影响. 这表明在所研究的水量范围内体系的渗滤阈值没有达到, 大量的  $\text{Na}^+$  迁移也只需越过很低的能垒, 因此没有观察到温度诱导的渗滤现象.

### 3 结论

己醇、庚醇、辛醇和癸醇随其碳链增加分子体积增加, 极性逐渐降低, 醇渗透进入胶束单分子层变得困难, 醇的羟基与 AOT 极性头的相互作用力降低, 液滴间吸引力也相应变弱, 同时癸醇体系的黏度比较大, 导致液滴扩散运动变慢, 因此只在水/AOT/癸醇体系观察到渗滤现象. 加入胆酸钠使表面活性剂界面排列得更加紧密, 限制了  $\text{Na}^+$  的迁移, 使电导率降低; 水杨酸钠使表面活性剂界面膜柔性增加同时增加了液滴中  $\text{Na}^+$  的浓度, 使电导率增加. 水/AOT/醇体系的活化能在 13.29~21.07  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , 大大低于水/AOT/烷烃体系活化能,  $\text{Na}^+$  迁移运动只需越过很低的能垒, 因此没有观察到温度诱导渗滤现象.

### References

- Liu, D. J.; Ma, J. M.; Cheng, H. M.; Zhao, Z. G. *Colloids Surfaces A*, **1998**, **143**: 59
- Li, Q.; Li, T.; Wu, J. G. *Colloids Surfaces A*, **2002**, **197**: 101
- Jada, A.; Lang, J.; Zana, R. *J. Phys. Chem.*, **1989**, **93**: 10
- Bordi, F.; Cametti, C. *Colloid. Polym. Sci.*, **1998**, **276**: 1044
- Liu, D. J.; Ma, J. M.; Cheng, H. M.; Zhao, Z. G. *J. Disp. Sci. Technol.*, **1999**, **20**: 513
- Ray, S.; Moulik, S. P. *J. Colloid Interface Sci.*, **1995**, **173**: 28
- Gradiiowski, M.; Hoffmann, H.; Panitz, J. C.; Wokaun, A. *J. Colloid Interface Sci.*, **1995**, **169**: 103
- Zhang, X. G.; Dong, J. F.; Zhang, G. Y.; Hong, X. L.; Li, X. F. *J. Colloid Interface Sci.*, **2005**, **285**: 336
- Eicke, H. F.; Brokovic, M.; Dasgupta, B. *J. Phys. Chem.*, **1989**, **93**: 314
- Jada, A.; Lang, J.; Zana, R.; Makhlouffu, R.; Hirsch, E.; Candau, S. *O. J. Phys. Chem.*, **1990**, **94**: 87
- Moulik, S. P.; Pal, B. K. *Adv. Colloid Interface Sci.*, **1998**, **78**: 99
- Moulik, S. P.; De, G. C.; Bhowmik, B. B.; Panda, A. K. *J. Phys. Chem. B*, **1999**, **103**: 7122
- Lagues, M.; Santerey, C. *J. Phys. Chem.*, **1980**, **84**: 3503
- Hilfiker, R.; Eicker, H. F.; Geiger, S.; Furlur, G. *J. Colloid Interface Sci.*, **1985**, **105**: 378
- Maitra, A. N.; Mathew, C.; Varshney, M. *J. Phys. Chem.*, **1990**, **94**: 5290
- Jada, A.; Lang, J.; Zana, R. *J. Phys. Chem.*, **1990**, **94**: 387
- Kataoka, H.; Eguchi, T.; Masui, H.; Miyakubo, K.; Nakayama, H.; Nakamura, N. *J. Phys. Chem. B*, **2003**, **107**: 12542
- Mukhopadhyay, L.; Bhattacharya, P. K.; Moulik, S. P. *Colloids Surfaces*, **1990**, **50**: 295
- Ray, S.; Bisal, S. R.; Moulik, S. P. *J. Chem. Soc. Faraday Trans.*, **1993**, **89**: 3277
- Ray, S.; Paul, S.; Moulik, S. P. *J. Colloid Interface Sci.*, **1996**, **183**: 6
- Nazário, L. M. M.; Hatton, T. A.; Crespo, J. P. S. G. *Langmuir*, **1996**, **12**: 6326
- Dutkiewicz, E.; Robinson, B. H. *J. Electroanal. Chem.*, **1988**, **251**: 11
- Ekwall, P.; Mandell, L.; Fontell, K. *J. Colloid Interface Sci.*, **1970**, **33**: 215
- Roy, B. K.; Moulik, S. P. *Colloids Surfaces A*, **2002**, **203**: 155
- Fu, X.; Pan, Y.; Hu, Z. S.; Ma, Z. F. *Colloids Surfaces A*, **1996**, **110**: 55
- Mathew, C.; Patanjali, P. K.; Nabi, A.; Maitra, A. *Colloids Surfaces*, **1988**, **30**: 253
- Velazquez, M. M.; Valero, M.; Ortega, F. *J. Phys. Chem. B*, **2001**, **105**: 10163