

# ATR-IR 分析氢氧化钠对水及离子液体/水体系氢键作用的影响

倪柳芳<sup>1,2</sup>, 余 璟<sup>1</sup>, 汪心婷<sup>1</sup>, 王 俊<sup>1</sup>, 曹小霞<sup>2</sup>, 曹石林<sup>1\*</sup>, 马晓娟<sup>1\*</sup>

1. 福建农林大学材料工程学院, 福建 福州 350108

2. 福建工程学院生态环境与城市建设学院, 福建 福州 350108

**摘 要** 利用衰减全反射红外光谱(ATR-IR)分析 NaOH 对水及 1-乙基-3-甲基咪唑醋酸酯离子液体水溶液(EmimAc/水)氢键网络的影响, 研究表明, NaOH 的加入会影响水分子的氢键对称性和类型, 对称性氢键谱带 I ( $3\ 218\ \text{cm}^{-1}$ )和 II ( $3\ 375\ \text{cm}^{-1}$ )随着 NaOH 浓度的提高而降低。NaOH 使水溶液氢键发生极化, 产生连续吸收带, 连续吸收带随着 NaOH 浓度的提高而增强。水对 EmimAc 的阳离子和阴离子均有影响。水分子的 OH 和 EmimAc 的  $\text{COO}^-$  产生强的相互作用, 在  $3\ 400\sim 3\ 200\ \text{cm}^{-1}$  产生宽的吸收谱带; 而水分子的质子和  $\text{COO}^-$  作用使得  $\text{C}=\text{O}$  吸收谱带红移。水的加入使得 EmimAc 指纹区的谱带蓝移或吸收强度下降, 表明水可以破坏 EmimAc 原有的氢键网络, 形成“阴离子 $\cdots$ HOH $\cdots$ 阴离子”团簇, 减弱了离子液体阴、阳离子之间的相互作用。NaOH 替代水与 EmimAc 混合, ATR-IR 谱图的变化并不显著, 主要表现在谱带的吸收强度上。与 EmimAc/水相比, EmimAc/NaOH 水溶液的 ATR-IR 谱的吸收强度更高, 表明 NaOH 水溶液对 EmimAc 氢键网络的破坏不如水显著。由此可见, 可利用 EmimAc/NaOH 体系降低离子液体体系黏度, 并且降低离子液体使用成本, 对木质纤维原料预处理有一定的指导意义。

**关键词** 1-乙基-3-甲基咪唑醋酸酯; 氢氧化钠溶液; 衰减全反射红外光谱

**中图分类号:** TQ35 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)10-3106-05

## 引 言

离子液体以其独特的性质, 如阴阳离子的可设计性、低蒸气压、不挥发、环境友好等<sup>[1-2]</sup>, 引起广泛的关注。近年来, 离子液体作为木质生物质的溶剂和反应介质也引发了新的研究浪潮, 包括以离子液体作为预处理助剂, 提高酶解效率等<sup>[3-4]</sup>。离子液体具有吸湿性, 而且水对离子液体的理化性质的影响很大, 如影响其粘度、极性和导电性等, 进而会显著影响木质生物质在离子液体中的溶解效果, 因此对离子液体和水混合物之间相互作用机理研究显得尤为重要。

衰减全反射红外光谱技术(ATR-IR)<sup>[5-6]</sup>、拉曼光谱<sup>[7]</sup>、核磁共振氢谱<sup>[8]</sup>、密度泛函理论(DFT)组合红外光谱技术<sup>[9]</sup>、核磁共振组合红外光谱技术<sup>[10]</sup>等方法可以用来研究离子液体与水之间氢键的相互作用机制。其中 ATR-IR 是最有效的研究工具之一, 该技术的优点在于测试过程中, 不需要对样品进行任何处理, 不会破坏样品原有性质, 因此被用来研究水分子在离子液体中的键合方式和键合类型。Barba

等<sup>[11]</sup>利用 ATR-IR 光谱以及多元曲线分辨率交替最小二乘法研究了四种咪唑啉阳离子中游离水的含量(不与离子液体形成氢键的自由水含量), 实验结果表明, 离子液体中游离水的含量与温度、烷基链的长度等有关。Cammarata 等<sup>[6]</sup>使用 ATR-IR 技术研究了水在 1-丁基 3-甲基咪唑阳离子与不同阴离子组成的离子液体中的分子状态, 结果表明, 在水与离子液体的相互作用中, 离子液体的阴离子起主要作用, 而离子液体的阳离子起次要作用, 同时推断出离子液体中阴离子的水合作用可能类似于阳离子的水合作用。宋大勇等<sup>[12]</sup>通过结合 ATR-IR、二维红外相关谱和量子化学计算研究了离子液体 1-乙基-3-甲基咪唑三氟甲基磺酸盐与水之间的氢键作用, 结果表明水分子优先与离子液体的阴离子形成“阴离子 $\cdots$ HOH $\cdots$ 阴离子”, 而阳离子和水分子相互作用的位点与水分子的浓度有关, 当水分子的浓度低时相互作用的位点是烷基氢, 而当水分子的浓度高时则为芳香氢。Chen 等<sup>[10]</sup>用 ATR-IR 技术结合核磁共振氢谱研究了醋酸基离子液体与水之间的氢键作用, 提出了“二次爆炸(TTEM)”理论和“亚弹簧模型(ISM)”, 解释了离子液体与水之间的相互作用的机

收稿日期: 2020-11-23, 修订日期: 2021-03-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(31770632), 福建农林大学发展基金项目(KFA19105A, KFA19106A)资助

作者简介: 倪柳芳, 1988 年生, 福建农林大学材料工程学院博士研究生 e-mail: niliufang@fjut.edu.cn

\* 通讯作者 e-mail: 1212juanjuan@163.com; scutesl@163.com

理,提出了适量的水可以通过打破阴阳离子间的氢键从而降低离子液体的粘度,有利于生物质的溶解。

近年来,理论研究大都集中在离子液体与水组成的共溶剂体系中,上述的研究也都解释了两者之间的相互作用。但是关于离子液体与其他溶液之间氢键相互作用的研究鲜有报导,本文利用衰减全反射红外光谱(ATR-IR)分析 NaOH 溶液及 EmimAc/水、EmimAc/NaOH 溶液各分子振动带的变化,进而研究 NaOH 对水及(C<sub>8</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, 1-乙基-3-甲基咪唑乙酸盐)EmimAc/水溶液体系氢键的影响,从而进一步研究其与 1-乙基-3-甲基咪唑醋酸盐离子液体(EmimAc)组成的共溶剂体系之间的相互作用方式,有助于理解 EmimAc/NaOH 共溶剂体系对木质生物质组分的溶解机理。

## 1 实验部分

### 1.1 材料

1-乙基-3-甲基咪唑醋酸盐离子液体 EmimAc 购买于美国 Sigma(纯度 99%);氢氧化钠(分析纯)购买于西亚试剂。

### 1.2 EmimAc/NaOH 溶剂体系的制备

EmimAc 与 NaOH 溶液的质量比为 4 : 1, NaOH 溶液的摩尔浓度分别为 0, 5 和 10 mol · L<sup>-1</sup>。

### 1.3 红外光谱采集

红外光谱数据采用衰减全反射光谱法(ATR-IR)(Nicolet IS 50, 赛默飞世尔公司,美国)采集。ATR 附件中的晶体为金刚石,入射角为 45°,波数扫描范围为 650~4 000 cm<sup>-1</sup>,光谱分辨率为 2 cm<sup>-1</sup>,扫描次数为 32。

### 1.4 红外光谱数据分析方法

红外光谱数据的处理与分析使用 origin 软件。二阶导数分析,傅里叶去卷积分析采用 Omnic 软件。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同浓度的 NaOH 溶液的 ATR-IR 谱图

图 1 为不同浓度 NaOH 水溶液的 ATR-IR 图。水主要在 3 700~2 800, 1 650 及 2 110 cm<sup>-1</sup>处有吸收峰。其中,位于 3 700~2 800 cm<sup>-1</sup>的宽峰为 OH 伸缩振动是由于水分子间

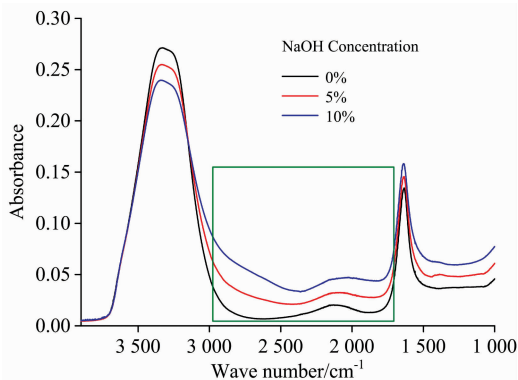


图 1 不同浓度的 NaOH 溶液的 ATR-IR 谱图  
Fig. 1 ATR-IR spectra of NaOH solutions with different concentrations

存在强氢键作用而形成, 2 110 cm<sup>-1</sup>处的吸收峰是由于水分子的组合振动产生的, 1 650 cm<sup>-1</sup>为 OH 弯曲振动模式<sup>[6]</sup>。

当在水中加入 NaOH 后,一方面,OH 的伸缩振动峰位并不显著,但是在 3 500~3 100 cm<sup>-1</sup>波数范围内吸收强度略有下降;随着碱浓度的增加,吸收强度随之下降。NaOH 的加入会改变水分子间氢键的对称性。加入 NaOH 后,Na<sup>+</sup>被吸引至可极化氢键的附近,从而使得氢键的非对称性增加,红外吸收强度减弱<sup>[13]</sup>。

另一方面,碱溶液在 3 100~1 700 cm<sup>-1</sup>处形成“连续吸收体”,这些连续体是由 H<sub>2</sub>O(OH)<sup>-</sup> 群引起的。从图 1 可知随着 NaOH 浓度的提高,“连续吸收体”的吸收强度显著增强。NaOH(OH<sup>-</sup>)的加入使得水溶液氢键网络发生极化,氢键与其环境发生不同类型的相互作用<sup>[13]</sup>,这些相互作用使氢键中的质子呈连续的能级分布,在红外光谱中表现为连续的吸收。此外,2 110 cm<sup>-1</sup>处的吸收带与连续体吸收带合并,这主要是由于氢键间的高极化率引起溶剂分子场与离子场间氢键的偶联作用导致。

为了更好地研究不同浓度氢氧化钠溶液的水合作用,引入了傅里叶去卷积分析(图 2),去卷积分析可以将连续吸收波谱反褶积成复合波段以提供不同 OH 振子相对数量的有关信息。为了判断去卷积光谱的准确性,可将其与二阶导数光谱进行比较,若这两个光谱峰的个数相同,峰位也基本相同,则可认为去卷积的结果是正确的。图 3 为纯水溶液与氢氧化钠溶液的二阶导数不同波段的谱图,对比图 2 和图 3,

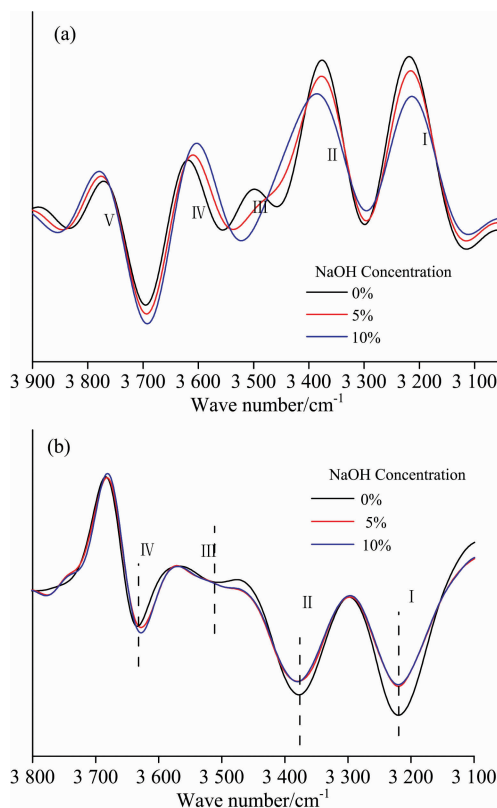


图 2 NaOH 溶液的去卷积分析谱图(a)和二阶导数图谱(b)  
Fig. 2 Deconvolution spectra of NaOH solutions (a) and the second derivative spectra of NaOH solutions (b)

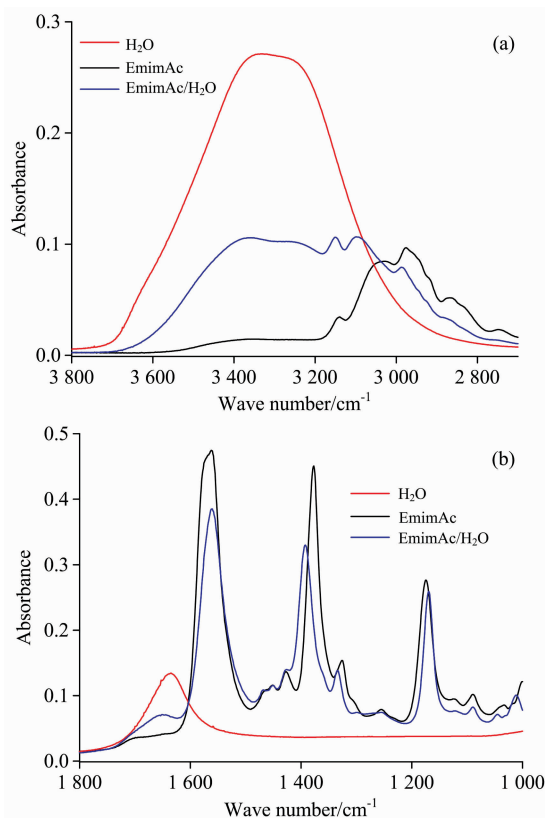


图 3 H<sub>2</sub>O, EmimAc, EmimAc/H<sub>2</sub>O 的 ATR-IR 谱图

(a): 3 800~2 700 cm<sup>-1</sup> 的局部图;  
(b): 1 800~1 000 cm<sup>-1</sup> 的局部图

Fig. 3 ATR-IR spectra of H<sub>2</sub>O, EmimAc and EmimAc/H<sub>2</sub>O

(a): Local figure of 3 800~2 700 cm<sup>-1</sup>;  
(b): Local figure of 1 800~1 000 cm<sup>-1</sup>

两幅光谱图的峰个数相同, 峰位也基本相同, 因此认为去卷积结果是正确的。去卷积分析模型意味着纯水和 NaOH 水溶液有一个广泛的氢键网络, 它产生键角、键长和键能的连续分布。氢氧化钠溶液的振动光谱很复杂, 一般都是用氢氧化钠溶液的拉伸模式来探测氢氧化钠溶液中的氢键相互作用<sup>[14]</sup>。

如图 2 所示, 在拉伸范围内(3 700~3 000 cm<sup>-1</sup>), 纯水以及 NaOH 水溶液的 OH 伸缩振动带通过去卷积产生了 4~5 个相关的组分带(I~V), 每个组分带对氢键网络的变化表现出不同程度的敏感性, 组分带参数(如面积、宽度和高度)的变化情况可与氢键强度和数量的变化相关联。在 3 750 cm<sup>-1</sup> 处的吸收峰没有实际意义, 可能是基线的一些非线性特性产生的。因此使用了 I, II, III 和 IV 四个组分带来充分近似该光谱基本振动。

在纯液态水中, 带 I 表示四面体配位水中  $\nu$ OH 对称伸缩振动, 每个分子与其相邻的分子对称形成四个氢键, 带 II 是未完全配位水的  $\nu$ OH 不对称伸缩振动, 不能形成所有的四个氢键, 剩下的两个振子通常分配给四面体网络之外的水分子。带 III 和带 IV 两个波数最高的组分带为不对称氢键的水分子的拉伸模式, 水分子中有一个 OH 基团参与另一个水分子的氢键形成。水分子的不对称 OH 键可以用 H<sup>f</sup>-O-H<sup>b</sup> 表示(f 表示“自由”, b 表示“束缚”), OH<sup>b</sup> 振子与另一个分子氢键结合, 而 OH<sup>f</sup> 振子是自由的(或弱氢键)。带 III 指定为  $\nu$ OH<sup>b</sup> 拉伸模式, 带 IV 指定为  $\nu$ OH<sup>f</sup> 拉伸模式, 这一部分水分子为自由水, 不会形成氢键<sup>[14]</sup>。

从图 2 可以看出, 水中加入 NaOH 之后, 组分带 IV 的强度相对增大, 组分带 III 消失, 组分带 II 和组分带 I 相对于水的比重减小。分析认为, NaOH 加入之后, Na<sup>+</sup> 被吸引至可极化氢键的附近, 破坏了氢键的对称性, 增加氢键的非对称

表 1 EmimAc 中各吸收峰所对应的官能团

Table 1 Assignments of the bands in the ATR-IR spectra of EmimAc

波数/cm <sup>-1</sup>	归属	
701	咪唑环面外不对称弯曲振动	
761	咪唑环 HCCH 基团的不对称弯曲振动以及 NC(H)N 基团的弯曲振动	
805	咪唑环 HCCH 基团的不对称弯曲振动以及 NC(H)N 基团的弯曲振动	
900	CCH 基团的弯曲振动	
957	CC 基团的伸缩振动	咪唑咪型的振动模式
1 001	C—N—C 基团的对称伸缩振动	
1 047	CCH 基团的剪切	
1 089	C—C 基团的伸缩振动模式	
1 173	(N)CH <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> (N)CN 基团的面内不对称伸缩振动以及 CC 基团的拉伸振动	OAc 中 C=O 的振动引起的咪唑环上 C—H 基团的面内变形振动
1 258	醋酸根中 C—CH <sub>3</sub> 基团的伸缩振动	
1 327	—CH <sub>2</sub> —基团的卷积振动	
1 378	咪唑环的面内不对称伸缩振动, CH <sub>2</sub> (N)基团的不对称弯曲振动, CC, CH <sub>2</sub> (N)及 CH <sub>3</sub> (N)CN 基团的不对称伸缩振动	不饱和 C 以及芳香环骨架的伸缩振动, 表明咪唑环结构的存在
1 427	与—CH <sub>2</sub> —基团相连的—COOH 基团的面内弯曲振动	
1 560	C=O 基团的拉伸振动	
2 976	N-甲基的伸缩振动	
3 049	C <sub>2</sub> —H 基团的拉伸振动	烷基的伸缩振动, 咪唑环上 C—H 基团伸缩振动
3 144	C <sub>4,5</sub> —H 基团的拉伸振动	

性, 氢键对称性结构的降低导致红外吸收强度降低, 不同波数降低的程度不一样<sup>[13]</sup>。同时,  $\text{Na}^+$  是轻微的结构破坏剂, 在碱金属氢氧化物水溶液中, OH 在水氢键能方面通常以类似于等电子 F 的方式影响水, 组分带 I, II 和 III 的减少表明氢键的非对称性结构增强。而组分带 IV 的强度增大, 表明相对于纯水来说 NaOH 水溶液中“自由”或弱氢键的数目略有增加。

## 2.2 水、EmimAc 和 EmimAc/水的 ATR-IR 谱图

$\text{H}_2\text{O}$  加入到 EmimAc 后, 会导致 EmimAc 的谱图显著改变。首先, 在  $3400\text{ cm}^{-1}$  (水分子 OH 伸缩振动) 附近产生一个宽吸收带, 水与 EmimAc 中的  $\text{COO}^-$  产生相互作用, 并在该阴离子周围形成水聚集体。 $\text{H}_2\text{O}$  与  $\text{COO}^-$  的这种作用, 同样可以在  $1650\text{ cm}^{-1}$  处观察到。

水的加入导致  $1560$  和  $1258\text{ cm}^{-1}$  的谱带发生红移,  $1560\text{ cm}^{-1}$  处的吸收峰为 EmimAc 中  $\text{C}=\text{O}$  基团的拉伸振动产生的, 水的质子和醋酸阴离子  $\text{O}-\text{CO}-\text{R}$  基团之间的氢键作用而产生羟基, 使得谱带红移<sup>[6]</sup>。位于  $2976, 1378, 1327, 1001, 900, 805$  及  $761\text{ cm}^{-1}$  的谱带发生蓝移。这些谱带的蓝移说明了水和  $\text{Emim}^+$  存在相互作用。 $\text{H}_2\text{O}$  的加入将离子液体的网络结构解离成聚集的离子簇, 进而形成紧密的离子对, 水分子与阴离子相互作用又可以使离子对的内聚力变松, 导致离子液体阴阳离子之间的相互作用降低, 从而使得 EmimAc 谱带的蓝移, 这一结论与 Chen 的“二维爆炸理论(TTEM)”相符合<sup>[10]</sup>。此外, 水的加入使得离子液体中阳离子和阴离子电荷的分布发生显著变化, EmimAc 阳离子的正电荷大大减少, 静电相互作用减弱也会导致谱带蓝移<sup>[5]</sup>。而吸收强度的降低主要是由离子液体中阴阳离子缔合松散导致。

## 2.3 EmimAc/水和 EmimAc/NaOH 的 ATR-IR 谱图

从图 4(a,b) 可知, 不同浓度的 NaOH 溶液与 EmimAc 的作用方式和与水与 EmimAc 的作用方式相似, 但是相对于水对 EmimAc 的影响, NaOH 对 EmimAc 水溶液的影响要小得多。不同浓度 NaOH 溶液的加入, 混合溶液的谱图也会发生改变, 尤其是吸收强度增大, 表明了 NaOH 溶液的加入虽然会导致离子液体阴阳离子缔合结构的松散, 但是其破坏程度没有  $\text{H}_2\text{O}$  那么明显, 上述图 1 和图 2 的分析结果也表明相对于纯水来说 NaOH 水溶液中“自由”或弱氢键的数目略有增加。同时, 由于  $\text{H}_2\text{O}$  分子也会与  $\text{Na}^+$  结合,  $\text{Na}^+(\text{OH})^-$  中的键能被不同程度地削弱。而溶剂对离子液体的破坏主要通过氢键发生作用, 因此 NaOH 水溶液对离子液体的解离程度不如纯水强<sup>[13]</sup>。此外, 与纯水相比  $\text{Na}^+$  的阳离子半径比  $\text{H}^+$  大, 因此  $\text{Na}^+$  的阳离子场更低, 阳离子-氢键诱导偶极相互作用也更小, 进而减弱其对离子液体离子对的解离过程<sup>[14]</sup>, 因此与 EmimAc/水相比, EmimAc/NaOH 系统的红外吸收强度更强。由此可知, NaOH 可以在一定程度上修复水对 EmimAc 的破坏, 进而可以以低黏度的 EmimAc/NaOH

水溶液来取代高黏度的 EmimAc 对木质纤维原料进行处理, 可降低 EmimAc 的使用成本。

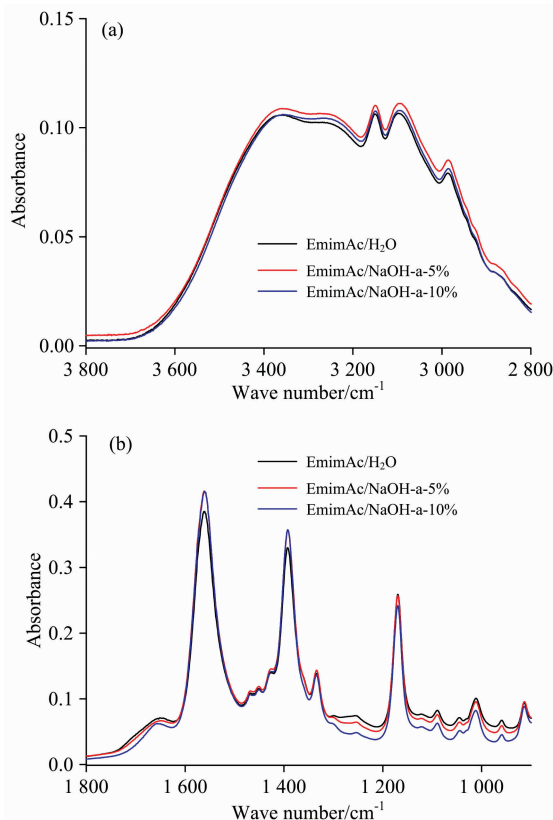


图 4  $\text{H}_2\text{O}$ 、EmimAc/水、EmimAc/NaOH 的 ATR-IR 谱图  
(a):  $3800\sim 2800\text{ cm}^{-1}$  的局部图; (b):  $1800\sim 900\text{ cm}^{-1}$  的局部图

Fig. 4 ATR-IR spectra of  $\text{H}_2\text{O}$ , EmimAc and EmimAc/ $\text{H}_2\text{O}$

(a): Local figure of  $3800\sim 2700\text{ cm}^{-1}$ ;

(b): Local figure of  $1800\sim 900\text{ cm}^{-1}$

## 3 结 论

通过分析 NaOH, EmimAc/水和 EmimAc/NaOH 溶液的 ATR-IR 谱图, 研究 NaOH 对水及 EmimAc/水溶液氢键网络的影响。NaOH 不仅影响水的氢键类型和对称性, 也会使水的氢键产生极化。水的加入, 使得 EmimAc 的网络氢键网络被破坏成离子团簇, 降低了 EmimAc 阴、阳离子之间的相互作用力。NaOH 对水氢键网络的影响, 间接影响 EmimAc/水体系的氢键网络。NaOH 水溶液代替水与 EmimAc 混合, 一定程度上减弱了水对 EmimAc 的破坏的程度, 使得 EmimAc 阴阳离子间的作用力有所加强。利用低粘度 NaOH 水溶液取代一部分离子液体处理的木质纤维原料, 不仅可以降低体系黏度, 还能降低离子液的使用成本, 此项研究成果对后续开展离子液体/水溶液体系溶解木质纤维原料有一定的理论指导意义。

## References

- [ 1 ] Wang Y L, Liu X B, Kraslawski A, et al. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 213(10): 480.
- [ 2 ] Yang B, Qin, X Y, Hu H C, et al. *Cellulose*, 2020, (1): 1.
- [ 3 ] Andrade T C C, Bitencourt W C, Bomtempo F V S, et al. *Revista Virtual de Quimica*, 2019, 11(1): 310.
- [ 4 ] Pang Z Y, Lyu W K, Dong C H, et al. *Bioresource Technology*, 2016, 214: 96.
- [ 5 ] Fan Z S, Chen J H, Guo W J, et al. *Journal of Molecular Structure*, 2018, 1164: 297.
- [ 6 ] Cammarata L, Kazarian S G, Salter P A, et al. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2001, 3: 5192.
- [ 7 ] Jonas K, Martynas T, Valdemaras A, et al. *Journal of Molecular Liquids*, 2018, 271: 747.
- [ 8 ] Shi W, Damodaran K, Nulwala H B, et al. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2012, 14(45): 15897.
- [ 9 ] Ding Z D, Chi Z, Gu W X, et al. *Carbohydr Polym*, 2012, 89(1): 7.
- [10] Chen Y, Cao Y Y, Zhang Y W, et al. *Journal of Molecular Structure*, 2014, 1058: 244.
- [11] Barba M I, Larrechi M S, Coronas A. *Talanta*, 2019, 199: 407.
- [12] SONG Da-yong, CHEN Jing(宋大勇, 陈 静). *Acta Physico Chimica Sinica(物理学报)*, 2014, 30(9): 1605.
- [13] Schiöberg D, Zundel G. *Journal of the Chemical Society Faraday Transactions*, 1973, 69: 771.
- [14] Miechowski M, Stangret J. *Journal of Molecular Structure*, 2007, 834: 239.

## Studies on the Effects of Sodium Hydroxide on Hydrogen Bonding of Water and Ionic Liquid/H<sub>2</sub>O Systems by ATR-IR Analyses

NI Liu-fang<sup>1, 2</sup>, YU Jing<sup>1</sup>, WANG Xin-ping<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>1</sup>, CAO Xiao-xia<sup>2</sup>, CAO Shi-lin<sup>1\*</sup>, MA Xiao-juan<sup>1\*</sup>

1. College of Materials Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350108, China

2. School of Ecological Environment and Urban Construction, Fujian University of Technology, Fuzhou 350108, China

**Abstract** In this study, attenuated total reflection spectroscopy (ATR-IR) was used to analyze the influence of NaOH on the hydrogen bonding network of H<sub>2</sub>O and 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate ionic liquid aqueous solution (EmimAc/H<sub>2</sub>O). The results showed that the addition of NaOH affected the symmetry and type of hydrogen bond of water aqueous solution. The symmetric hydrogen bond bands I (3 218 cm<sup>-1</sup>) and II (3 375 cm<sup>-1</sup>) decreased with NaOH concentration. The hydrogen bonds of the water were polarized in the presence of NaOH, thus producing continuous absorption bands; moreover, the absorptions of the continuous bands were enhanced with increasing NaOH concentration. In the case of the EmimAc, water affects both the cation and anion. The OH of H<sub>2</sub>O interacts strongly with COO<sup>-</sup> of EmimAc and generates a wide absorption band between 3 400 and 3 200 cm<sup>-1</sup>, while the interaction of proton on H<sub>2</sub>O and COO<sup>-</sup> makes the C=O absorption band red-shift. H<sub>2</sub>O addition could cause a blue shift or a decrease of the absorption between the band 1 600~1 200 cm<sup>-1</sup>, which is referred that water could damage the original hydrogen bond network of EmimAc and form “anion···HOH···anion” and weaken the interaction between cation and anion of ionic liquid. When water was substituted by NaOH and mixed with EmimAc, the absorption strengthened. It is probably that destruction of the EmimAc hydrogen bond network by NaOH aqueous solution is not as significant as water. In summary, the EmimAc/NaOH system can be used to reduce the viscosity of the ionic liquid system and the application cost of EmimAc, which has a specific guiding significance for the pretreatment of lignocellulosic biomass.

**Keywords** 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate; Sodium hydroxide solution; Attenuated total reflection spectroscopy

(Received Nov. 23, 2020; accepted Mar. 12, 2021)

\* Corresponding authors