

氨基膦酸螯合纤维合成和吸附性能的红外光谱研究

冯长根, 孙耀冉, 李明愉*, 曾庆轩, 梁春波

北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室, 北京 100081

摘要 在氨基膦酸螯合纤维的制备过程中, 用红外光谱法对聚丙烯接枝苯乙烯、乙酰基和多胺系列和氨基膦酸螯合纤维进行了定性研究, 用半定量的红外光谱法对氨基膦酸纤维的功能化程度进行了考察, 还对氨基膦酸螯合纤维吸附铜和铜后的红外光谱进行了研究。研究表明: (1) 钠型氨基膦酸螯合纤维在 $1\ 116\ \text{cm}^{-1}$ 出现了一 $\text{P}(\text{ONa})_2$ 的新峰, 验证了基的有效膦酸化。(2) 制备过程中, 通过红外光谱中 $1\ 056$ 和 $1\ 110\ \text{cm}^{-1}$ 峰的变化可以反映出膦酸化的程度。(3) 氨基膦酸螯合纤维吸 In^{3+} 后形成新的 $\text{N}-\text{In}$ 配位键, 在 $1\ 107\ \text{cm}^{-1}$ 处出现强而宽大的吸收峰, 同时在 699 和 $617\ \text{cm}^{-1}$ 出现两个强吸收峰; 氨基膦酸螯合纤维吸附 Cu^{2+} 形成配合物后, 在 $1\ 110$ 和 $618\ \text{cm}^{-1}$ 处出现两个强而宽的新峰。(4) 通过对光谱中 $1\ 200\sim 900\ \text{cm}^{-1}$ 和 $600\ \text{cm}^{-1}$ 之间的峰的变化和峰面积的比较, 可以反映出氨基膦酸螯合纤维对铜和铜的吸附性能。

关键词 氨基膦酸螯合纤维; 红外光谱; 合成; 吸附

中图分类号: TQ342+9 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2012)12-3188-05

引言

1963年, 美国 Fetscher^[1] 制备出含偕胺肟基的螯合材料, 对其吸附金属离子的性能进行了研究, 随后螯合材料的研究受到越来越多的关注。螯合纤维是继螯合树脂后发展起来的一类纤维状高效吸附功能材料, 是功能高分子领域的一个重要分支, 螯合纤维具有有效比表面积大, 吸附、解吸速度快, 应用形式多样化等优点。国内曾汉民等^[2] 以聚丙烯腈纤维为基体经过功能化反应制得一系列含偕胺肟基的螯合纤维, 从此掀起对螯合纤维研究的热潮。氨基膦酸螯合纤维是以 $-\text{NHCH}_2\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$ 为功能基的一类螯合纤维, 具有中强酸性, 氨基膦酸对多价金属离子会形成非常稳定的螯合结构, 所以对多价金属离子有特殊的选择性, 是离子交换法分离回收镓和铟研究中应用最多的一类螯合材料^[3]。刘瑞霞等^[4] 以聚丙烯腈纤维为原料合成了二乙烯三胺膦酸和三乙烯四胺膦酸螯合纤维, 研究了两种螯合纤维对 $\text{Ag}(\text{I})$ 和 $\text{Hg}(\text{II})$ 的吸附情况。本课题组赵红果用以氯甲基化纤维为原料, 经过胺化、膦酸化两步反应制备氨基膦酸螯合纤维, 研究了其对 Cu^{2+} 的吸附性能。Akinori 等^[5] 以乙烯基氯苯接枝聚乙烯包覆的聚丙烯制得含有氨基二甲基膦酸螯合基团和磺酸基团的两种官能团的螯合纤维, 对该螯合纤维吸附分离

Cu^{2+} 的性能进行了研究。

红外光谱已经广泛地应用于螯合纤维合成的结构表征中^[6, 7], 但红外光谱对氨基膦酸纤维络合金属离子的研究, 至今未见报导。本文以聚丙烯接枝苯乙烯纤维为原料, 制备了乙酰基、多胺系列和氨基膦酸螯合纤维, 通过红外光谱对各合成阶段的产物进行表征; 对不同反应条件制备的氨基膦酸螯合纤维的红外谱图进行了比较分析, 以总结出一种监测反应和筛选纤维的简便方法; 还对氨基膦酸螯合纤维吸附铜和铜后红外光谱进行了研究, 以期对氨基膦酸螯合纤维对金属离子的吸附性能和螯合机理的深入研究提供参考和理论基础。

1 实验部分

1.1 试剂和样品

硫酸铟溶液 ($100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 硫酸铜溶液 ($3\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$), KBr (Pike, Technologies Spectroscopic Creativity), 钢标准溶液和铜标液 (国家标准样品, GSB 04-1731-2004, $1\ 000\ \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, 国家有色金属及电子材料分析测试中心), 试验用水全部为去离子水。

样品为聚丙烯接枝苯乙烯纤维 (桂林正翰科技有限公司), 多胺系列螯合纤维 (乙二胺、二乙烯三胺 (DETA)、三

收稿日期: 2012-06-29, 修订日期: 2012-09-20

基金项目: 北京理工大学基础研究基金项目 (3020050320909) 资助

作者简介: 冯长根, 1953年生, 北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室教授 e-mail: cgfeng@cast.org.cn

* 通讯联系人 e-mail: limingyu@bit.edu.cn

乙烯四胺(TETB)和四乙烯五胺(TEPA)螯合纤维)(合成方法将另行报道)。氨基膦酸螯合纤维转型:(1)钠型:氨基膦酸螯合纤维于 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 中浸泡 24 h 后,取出,用去离子水洗至中性, $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 真空干燥。(2)氢型:氨基膦酸螯合纤维于 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCl 中浸泡 24 h 后,后处理同钠型。

1.2 仪器设备

分析天平, AR2140 型(奥豪斯公司);傅里叶变换红外光谱仪, Bruker Tensor 27 型;电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES), 美国 Perkin Elmer 公司, Optima 7000DV; 雷磁数字酸度计: pH S-25(上海精科仪器有限公司); 取样器: $100 \sim 1\,000 \mu\text{L}$, (芬兰百得实验室仪器(中国)有限公司)。

1.3 氨基膦酸螯合纤维吸附铜和铜样品的制备

氨基膦酸螯合纤维吸附铜实验:准确称取 $0.050\,0 \text{ g}$ 氨基膦酸螯合纤维于 50 mL 具塞锥形瓶中,准确移取 25 mL 稀释 10 倍的硫酸铜溶液,振摇,确保所有纤维浸没溶液中,室温放置 17 h,用 ICP-OES 检测吸附前后溶液中铜离子的浓度,计算吸附容量。倾掉溶液,用去离子水洗纤维 3 次, $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 真空干燥。相同操作下制备氨基膦酸螯合纤维吸附铜的样品。

1.4 光谱分析

准确称取 1 mg 纤维样品和 100 mg KBr 于研钵中,充分研磨($<0.1 \text{ mm}$),以 100 mg KBr 为空白,用 DLATGS 探测器红外光谱仪在 $4\,000 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$ 范围进行测定,扫描 16 次,测试条件:信噪比 $32\,000:1$,分辨率 0.5 cm^{-1} ,波数精度 0.01 cm^{-1} 。

2 结果与讨论

2.1 氨基膦酸螯合纤维合成各步产物的 IR 研究

2.1.1 合成氨基膦酸螯合纤维的各步产物的 IR 谱图分析

原料聚丙烯接枝苯乙烯纤维和各步合成产物的红外光谱如图 1 所示。

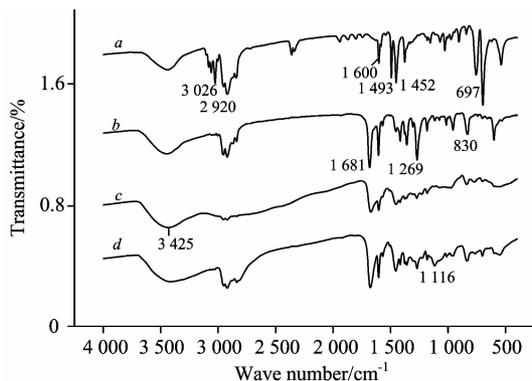


Fig. 1 FTIR spectra of synthetic products

a: Polypropylene grafted styrene fiber; b: Acetylated polypropylene grafted styrene fiber; c: Tetraethylenepentamine chelating fibers; d: Amino phosphonic acid chelating fiber

$3\,000 \text{ cm}^{-1}$ 出现双键氢的组峰, $3\,060$ 和 $3\,026 \text{ cm}^{-1}$ 是苯环上 $\text{C}=\text{C}-\text{H}$ 伸缩振动峰,由于大量甲基和亚甲基的推电子作用,吸收峰位置出现在较低波数; $2\,970 \sim 2\,840 \text{ cm}^{-1}$ 是饱和 $\text{C}-\text{H}$ 的伸缩振动峰区,其中 $2\,954$ 和 $2\,870 \text{ cm}^{-1}$ 是甲基 $\text{C}-\text{H}$ 的伸缩振动峰, $2\,920$ 和 $2\,843 \text{ cm}^{-1}$ 是亚甲基 $\text{C}-\text{H}$ 的伸缩振动峰; $1\,600 \sim 1\,450 \text{ cm}^{-1}$ 是苯环骨架振动区,吸收峰分为两组^[7],第一组峰在 $1\,625 \sim 1\,580 \text{ cm}^{-1}$,第二组峰以 $1\,493 \text{ cm}^{-1}$ 为主峰, $900 \sim 665 \text{ cm}^{-1}$ 的强吸收峰是苯环上 $\text{C}-\text{H}$ 的面外弯曲振动产生的,由于结构中苯环上相邻氢较多,定位峰处于较低波数 $756, 697$ 和 538 cm^{-1} 处。

图 1b 乙酰化聚丙烯接枝苯乙烯纤维的谱图中 $3\,100 \sim 3\,000 \text{ cm}^{-1}$ 苯环上 $\text{C}=\text{C}-\text{H}$ 伸缩振动峰相对减弱, $2\,970 \sim 2\,840 \text{ cm}^{-1}$ 饱和 $\text{C}-\text{H}$ 的伸缩振动峰有所加强,这是由于结构中酰基的引入,加强了甲基的饱和 $\text{C}-\text{H}$ 伸缩振动;最强吸收出现在 $1\,681 \text{ cm}^{-1}$ 处,为羰基的伸缩振动的特征吸收峰,从而验证了聚丙烯接枝苯乙烯纤维的有效酰基化;在 $1\,600 \sim 1\,450 \text{ cm}^{-1}$ 苯环骨架振动区的两组峰中,因为新引入的酰基是吸电子取代基,与原来的烃基给电子取代基电性相反,所以第一组峰 $1\,604$ 和 $1\,568 \text{ cm}^{-1}$ 强度增大,而第二组主峰 $1\,500 \text{ cm}^{-1}$ 消失; $1\,269 \text{ cm}^{-1}$ 处的强吸收峰是 $\text{C}-\text{CO}-\text{C}$ 的伸缩和弯曲振动峰, 830 cm^{-1} 出现较强的苯环 1,4 双取代的 $\text{C}-\text{H}$ 弯曲振动峰,再次验证了苯环对位的酰基化。

四乙烯五胺螯合纤维的红外光谱如图 1c 所示,与文献[8]报道的多胺纤维的红外谱图基本一致, $3\,500 \sim 3\,100 \text{ cm}^{-1}$ 处 $\text{N}-\text{H}$ 的伸缩振动由于氢键的产生,出现强且宽的吸收峰,成为最强吸收峰,其他峰的强度相应变小,胺盐的 $\text{N}-\text{H}$ 的伸缩振动还在 $2\,000 \sim 1\,700 \text{ cm}^{-1}$ 区域产生一个复合谱带,伯胺盐在 $3\,100 \sim 2\,900 \text{ cm}^{-1}$ 出现一个宽大的峰,仲胺盐在 $2\,700 \sim 2\,200 \text{ cm}^{-1}$ 出现一组吸收峰,所以在谱图上 $3\,100 \sim 1\,700 \text{ cm}^{-1}$ 出现一系列宽峰,验证了伯胺和仲胺盐的存在。在 $1\,220 \sim 1\,080 \text{ cm}^{-1}$ 出现了 $\text{C}-\text{N}$ 的伸缩振动峰, 760 cm^{-1} 出现 $\text{N}-\text{H}$ 的面外弯曲振动峰, 580 cm^{-1} 出现 $\text{C}-\text{N}$ 的弯曲振动峰,也验证了前体的有效胺基化。

氨基膦酸螯合纤维的红外光谱图 1d 中, $-\text{P}(\text{ONa})_2$ 基团在 $1\,116 \text{ cm}^{-1}$ 附近出峰,由于结构中有大量 NH_2 和 NH 存在,产生缔合氢键,使 $\text{P}=\text{O}$ 吸收峰大大加强,并向低波数移动(应该在 $1\,350 \sim 1\,160 \text{ cm}^{-1}$),验证了膦酸基团的有效功能化^[9, 10]。

2.1.2 乙烯多胺系列螯合纤维 IR 谱图分析

三乙烯四胺、二乙烯三胺和二乙胺螯合纤维是由乙酰化聚丙烯接枝苯乙烯纤维与乙烯多胺反应制得,红外光谱如图 2 所示。 $3\,500 \sim 3\,100 \text{ cm}^{-1}$ 处出现 $\text{N}-\text{H}$ 伸缩振动的宽峰, $1\,220 \sim 1\,080 \text{ cm}^{-1}$ 出现了 $\text{C}-\text{N}$ 的伸缩振动峰, 760 cm^{-1} 出现 $\text{N}-\text{H}$ 的面外弯曲振动峰, 580 cm^{-1} 出现 $\text{C}-\text{N}$ 的弯曲振动峰,证实了前体乙酰化聚丙烯接枝苯乙烯纤维的有效胺基化^[7]。在三种多胺的谱图中, $3\,500 \sim 3\,100 \text{ cm}^{-1}$ 和 $2\,970 \sim 2\,840 \text{ cm}^{-1}$ 峰的强度和峰的比例不同。 $3\,500 \sim 3\,100 \text{ cm}^{-1}$ 处是 $\text{N}-\text{H}$ 的伸缩振动区,强度顺序是:乙二胺螯合纤维 $>$ 二乙烯三胺螯合纤维 $>$ 三乙烯四胺螯合纤维,这与结构中 $\text{N}-\text{H}$ 的数量一致,由于乙二胺反应活性最高,所以乙二胺螯合

聚丙烯接枝苯乙烯纤维的红外光谱图 1a 中 $3\,100 \sim$

纤维结构中 N—H 的含量最高; 2 970~2 840 cm^{-1} 处饱和 C—H 伸缩振动峰的强度三种螯合纤维基本相同, 但是 C—H 伸缩振动峰与 N—H 的伸缩振动峰的强度比顺序为: 乙二胺螯合纤维 < 二乙烯三胺螯合纤维 < 三乙烯四胺螯合纤维, 这与多胺结构中的 C—H 与 N—H 数量比例的顺序一致。

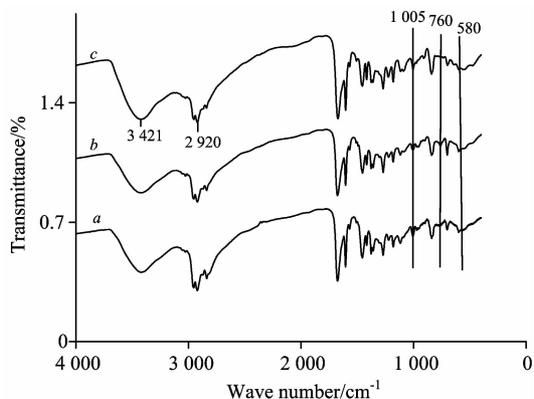


Fig. 2 FTIR spectra of triethylenetetramine, diethylenetriamine and ethanediamine chelating fiber

a: Triethylenetetramine; b: Diethylenetriamine; c: Ethanediamine

2.1.3 钠型氨基膦酸螯合纤维和氢型氨基膦酸螯合纤维的 IR 谱图比较

氨基膦酸螯合纤维是由四乙烯五胺螯合纤维经过膦酸化制得, 钠型和氢型氨基膦酸螯合纤维的红外光谱如图 3 所示。图 3a 中 3 500~3 100 cm^{-1} N—H 的伸缩振动峰, 2 970~2 840 cm^{-1} 饱和 C—H 的伸缩振动峰, 1 700~1 600 cm^{-1} 的羰基峰和 N—H 的弯曲振动吸收峰的位置和强度基本不变, 1 200 cm^{-1} 以下的峰均有所加强。由于氨基膦酸螯合纤维从氢型转化为钠型, 在 2 700~2 560 cm^{-1} 区呈强而宽大的缔合羟基吸收峰, 成盐后消失; $-\text{P}(\text{OH})_2$ 基团也相应地转变为 $-\text{P}(\text{ONa})_2$, 使得在 1 080 cm^{-1} 附近出现新峰, 图 3a 在 1 116 cm^{-1} 处出现一个较为尖锐的峰^[9, 11]。

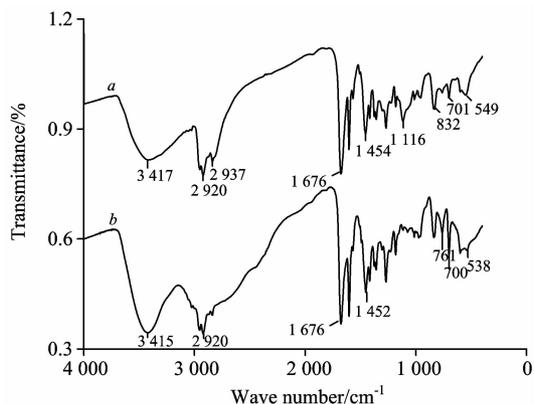


Fig. 3 FTIR spectra of Na form and H form of amino phosphonic acid chelating fiber

a: Na form; b: H form

2.1.4 八种不同反应条件制备的氨基膦酸螯合纤维的 IR 谱图比较

氨基膦酸螯合纤维的合成过程中, 采用正交实验法, 对甲基膦酸化反应的反应时间、胺盐酸比、胺甲醛比和胺亚磷酸比四个因素进行了考察, 制备效果用纤维对 Cu^{2+} 的吸附容量来衡量。正交试验中 8 种不同反应条件制备的氨基膦酸螯合纤维的红外光谱如图 4 和图 5 所示。经过对图 4 和图 5 与螯合纤维性能综合分析发现, 在图 4 中 1 056 cm^{-1} 峰强度大小顺序是 $a > b > c$, 1 110 cm^{-1} 峰强度大小顺序是: $c > b > a$, 纤维对铜的饱和和吸附量顺序: $c > b > a$; 图 5 中五种螯合纤维的 1 110 cm^{-1} 峰强度比较接近, 但都大于图 4 中三种纤维, 1 056 cm^{-1} 峰强度很弱, 几乎消失, 这五种纤维的性能较好。膦酸化的程度与 1 110 和 1 056 cm^{-1} 处的 C—N 的伸缩振动峰的变化有关, 亚甲基膦酸基的引入影响了 C—N 的伸缩振动峰, 反应过程中, 1 056 cm^{-1} 峰逐渐减弱, 1 110 cm^{-1} 峰逐渐加强, 在红外谱图中 1 056 cm^{-1} 峰越小, 1 110 cm^{-1} 越大, 氨基膦酸螯合纤维的制备效果越好。

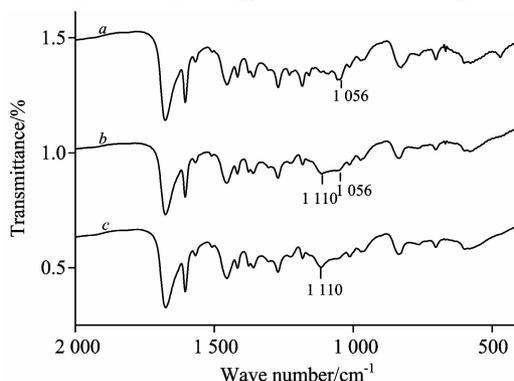


Fig. 4 FTIR spectra of a, b, c amino phosphonic acid chelating fiber

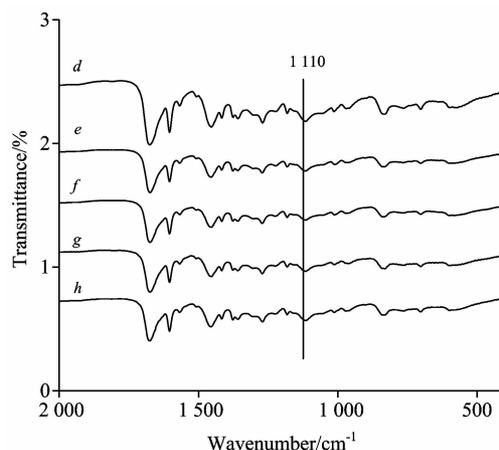


Fig. 5 FTIR spectra of d, e, f, g, h amino phosphonic acid chelating fiber

2.2 氨基膦酸纤维吸附性能的 IR 研究

氨基膦酸螯合纤维的功能基为 $-\text{NHCH}_2\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$, 结构中的胺基可以提供 N 原子为螯合原子, 膦酸结构具有中强酸性, 可以电离出多个离子交换的 H, 氨基膦酸基能与多种金属离子形成非常稳定的螯合物^[11], 示意图如图 6 所示。

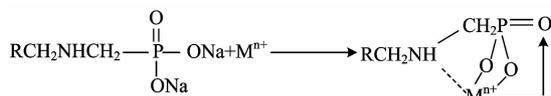


Fig. 6 Structure of amino phosphonic chelating agent of ion exchange chelating metal ion

2.2.1 氨基膦酸螯合纤维吸铜和铜前后 IR 谱图比较

氨基膦酸螯合纤维吸铜和铜的样品制备操作如 1.3, 纤维吸附铜和铜前后的红外光谱如图 7 所示。通过对图 7a 和 c 比较发现, 吸附铜后 $1\ 182\sim 970\ \text{cm}^{-1}$ 的峰明显加强, 互相重叠, 形成宽峰, 最大波数为 $1\ 107\ \text{cm}^{-1}$; $700\sim 540\ \text{cm}^{-1}$ 之间的峰也明显加强, 形成 699 和 $617\ \text{cm}^{-1}$ 两个强吸收峰, 证明了新的配位键的形成^[12, 13], 该纤维吸附铜为螯合机理。

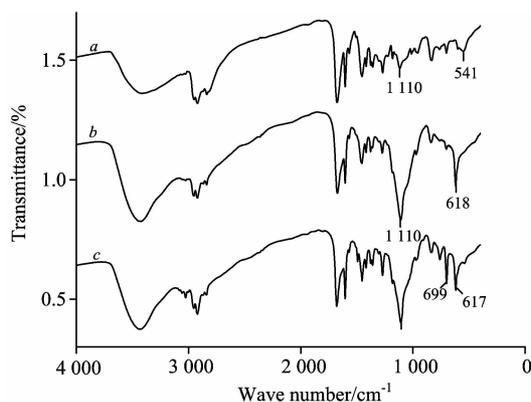


Fig. 7 FTIR spectra of amino phosphonic acid chelating fiber before and after Cu^{2+} , In^{3+} adsorption: a: original fiber; b: after Cu^{2+} adsorption; c: after In^{3+} adsorption

通过对图 7a 和 b 比较发现, 吸铜后形成配合物, $1\ 182\sim 970\ \text{cm}^{-1}$ 和 $673\sim 540\ \text{cm}^{-1}$ 的峰明显加强, 互相重叠, 形成两个宽峰, 最大波数分别是 $1\ 110$ 和 $618\ \text{cm}^{-1}$, 证明了新的配位键的形成。这与文献[9]螯合树脂在吸附 Cu^{2+} 后得出的结论有很大的不同: 该文作者认为氨基膦酸螯合树脂在吸附 Cu^{2+} 后, $1\ 090\ \text{cm}^{-1}$ 峰向低波数位移, 吸收峰 $1\ 060$ 与 $1\ 090\ \text{cm}^{-1}$ 的峰高比的次序和 $1\ 090\ \text{cm}^{-1}$ 向低波数的位移程度都可反映出 N—Me 配位的程度, 而图 7b 中氨基膦酸螯合纤维吸附 Cu^{2+} 后, $1\ 060$ 与 $1\ 090\ \text{cm}^{-1}$ 两个峰复合于一个大的宽峰里面, 不能分开。造成谱图差别的原因可能是: 树脂和纤维在形态上的差别, 纤维吸附 Cu^{2+} 后形成的螯合物不同。

2.2.2 不同的铜吸附容量的氨基膦酸螯合纤维的 IR 谱图比较

吸附容量为 $1.34, 1.06, 1.70, 0.9$ 和 $1.49\ \text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$ 的氨基膦酸螯合纤维的红外光谱如图 8 所示。氨基膦酸螯合纤维吸铜后形成配合物, 在 $1\ 182\sim 970\ \text{cm}^{-1}$ 和 $673\sim 540$

cm^{-1} 形成两个宽峰, 图 8d 中 $1\ 200\sim 900$ 和 $600\ \text{cm}^{-1}$ 的峰强度最小, 峰面积也最小, 这与该纤维吸附铜的饱和容量最小吻合。图 8a, b, c 和 e 四种螯合纤维的吸附容量虽然有差别, 但是在图 8 中 $1\ 200\sim 900$ 和 $600\ \text{cm}^{-1}$ 的峰强度和峰面积相差不大, 所以红外光谱法能粗略的显出氨基膦酸螯合纤维对铜的吸附性能。

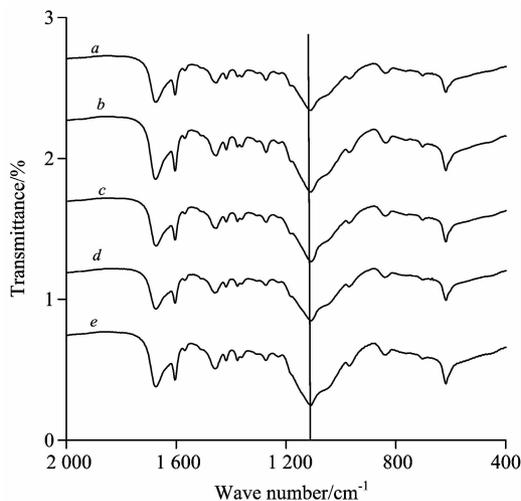


Fig. 8 FTIR spectra of amino phosphonic acid chelating fiber with different adsorption capacity of Cu^{2+}

a: $1.34\ \text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$; b: $1.06\ \text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$;

c: $1.70\ \text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$; d: $0.9\ \text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$; e: $1.49\ \text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$

3 结 论

通过对一系列的螯合纤维定性、半定量检测和红外光谱图的分析发现。

(1) 通过红外光谱对以上各种螯合纤维的定性检测发现, 在各步产物的红外图谱中, 在相应位置都出现了官能团的特征吸收峰, 验证了各步反应的有效功能化。

(2) 在多胺螯合纤维的膦酸化过程中, $1\ 056\ \text{cm}^{-1}$ 峰减弱的程度和 $1\ 110\ \text{cm}^{-1}$ 峰加强的程度可以明确反映出膦酸功能化的程度, 因此红外光谱法可以作为一种简便、快捷的筛选氨基膦酸螯合纤维的方法, 也可以方便地用来监测多胺螯合纤维膦酸化的进程。

(3) 氨基膦酸螯合纤维吸铜和铜前后的红外谱图比较发现, 吸铜后形成新的 N—In 配位键, 在 $1\ 107\ \text{cm}^{-1}$ 处出现强而宽大的吸收峰, 同时在 699 和 $617\ \text{cm}^{-1}$ 出现两个强吸收峰; 螯合纤维吸铜形成配合物后, 在 $1\ 110$ 和 $618\ \text{cm}^{-1}$ 处出现两个强而宽的新峰, 证明了吸附为螯合机理, 为将来吸附机理的研究打下基础。

(4) 通过对光谱中 $1\ 200\sim 900$ 和 $600\ \text{cm}^{-1}$ 之间的峰的变化和峰面积的比较, 可以粗略地考察螯合纤维对铜和铜的吸附性能, 但要进行准确的定量分析比较, 还需要与远红外光谱、拉曼光谱和核磁共振等方法联合进行。

References

- [1] Fetscher C A. U. S. Patent, 1963, 3088: 798.
- [2] ZENG Han-min, XU Zhi-da, LU Yun(曾汉民, 徐志达, 陆耘). Ion Exchange and Adsorption(离子交换与吸附), 1993, 9(3): 216.
- [3] HE Xiao-lin, JIAO Yun-fen(何小林, 焦芸芬). Sichuan Nonferrous Metal(四川有色金属), 2006, (3): 31.
- [4] LIU Rui-xia, TANG Hong-xiao, ZHANG Bao-wen(刘瑞霞, 汤鸿霄, 张宝文). Metallurgical Analysis(冶金分析), 1998, 18(3): 1.
- [5] Akinori J, Yuko H, Hirotaka M, et al. Reactive & Functional Polymers, 2010, 70: 508.
- [6] Shin D H, Ko Y G, Choi U S, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2002, 83(7): 1608.
- [7] NING Yong-cheng(宁永成). Organic Structure Identification and Organic Spectrum(Second Edition). 有机结构鉴定与有机波谱学, 第 2 版). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2000. 329.
- [8] SUN Xiao-li, ZENG Qing-xuan, FENG Chang-gen(孙小莉, 曾庆轩, 冯长根). Acta Polymerica Sinica(高分子学报), 2010, 2: 245.
- [9] XU Rong-nan, YAN Jun, XIA Yan(徐荣南, 严俊, 夏炎). Ion Exchange and Sorption(离子交换与吸附), 1986, 2(3): 25.
- [10] Silverstrin R M, Webster F X, Kiemle D J. Translated by Analysis Department of WuXi PharmaTech Co., LTD(药明康德新药开发有限公司分析部译). Spectrometric Identification of Organic Compounds(有机化合物的波谱解析). Shanghai: East China University of Science and Technology Press(上海: 华东理工大学出版社), 2007. 98.
- [11] Shin D H, Ko Y G, Choi U S, et al. Ind. Eng. Chem. Res., 2004, 43: 2060.
- [12] XIE Jing-xi, CHANG Jun-biao, WANG Xu-ming(谢晶曦, 常俊标, 王绪明). The Application of Infrared Spectra in Organic Chemistry and Pharmaceutical Chemistry(Revised Edition)(红外光谱在有机化学和药物化学中的应用, 修订版). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2001. 79.
- [13] WU Miao-xin, LING Da-ren, HUANG Dong-mei, et al(巫淼鑫, 凌达仁, 黄冬梅, 等). Ion Exchange and Sorption(离子交换与吸附), 1994, 10(5): 398.

FTIR Spectroscopic Study on Synthesis and Adsorption Performance of Amino Phosphonic Acid Chelating Fiber

FENG Chang-gen, SUN Yao-ran, LI Ming-yu*, ZENG Qing-xuan, LIANG Chun-bo

State Key Laboratory of Explosion Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

Abstract During the preparation of amino phosphoric chelating fiber, polypropylene grafted styrene, acetyl, amine series and amino phosphonic acid chelating fibers were certified by infrared spectrum, and the functionalization degree of raw fibers was studied. By the semi-qualitative method of infrared spectrum, the adsorption performance of indium and copper on amino phosphonic chelating fiber was also discussed. The results showed that (1) The peak at $1\ 116\ \text{cm}^{-1}$ was assigned to $-\text{P}(\text{ONa})_2$ in amino phosphonic acid chelating fiber. So the success of phosphorylation was verified. (2) During preparation, the phosphorylation effect of amino phosphonic acid chelating fiber could be reflected by the change of the peaks at $1\ 056$ and $1\ 110\ \text{cm}^{-1}$. (3) After adsorption of In^{3+} on amino phosphonic acid chelating fiber, the new forming N-In coordination key was absorbed strongly at the bands of $1\ 000\sim 1\ 200\ \text{cm}^{-1}$ and at $1\ 107$, 699 and $617\ \text{cm}^{-1}$. After adsorption Cu^{2+} on amino phosphonic acid chelating fiber two new strong and wide peaks were found at $1\ 110$ and $618\ \text{cm}^{-1}$, respectively. (4) Through the area change of the bands at $1\ 200\sim 900$ and $600\ \text{cm}^{-1}$, the adsorption performance of indium and copper on amino phosphonic acid chelating fiber was compared.

Keywords Amino phosphonic acid chelating fiber; Infrared spectrum; Synthesis; Adsorption

(Received Jun. 29, 2012; accepted Sep. 20, 2012)

* Corresponding author