



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110026091 B

(45) 授权公告日 2021.02.23

(21) 申请号 201910197657.4

B01D 67/00 (2006.01)

(22) 申请日 2019.03.15

B01D 71/56 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 蒋薇

申请公布号 CN 110026091 A

(43) 申请公布日 2019.07.19

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区100084信箱82

分箱清华大学专利办公室

(72) 发明人 王晓琳 吴欢欢 汪林

(74) 专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司

11327

代理人 邸更岩

(51) Int. Cl.

B01D 69/12 (2006.01)

B01D 69/02 (2006.01)

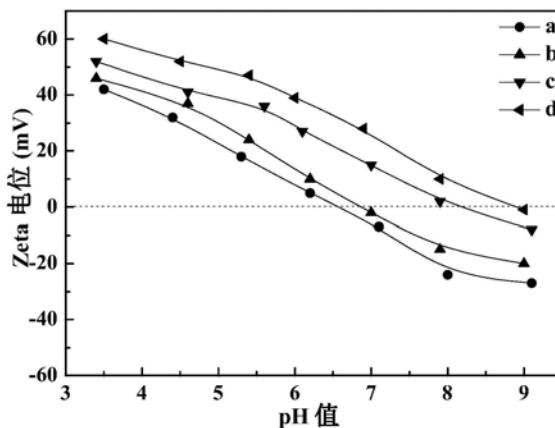
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜及其制备方法

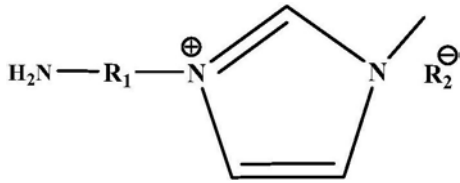
(57) 摘要

一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜及其制备方法。发明是在支撑底膜上,先利用多元胺与多元酰氯发生界面聚合形成初生聚酰胺层,再将初生聚酰胺层表面残留的酰氯基团与氨基功能化离子液体进行酰胺化反应制得复合膜。制备过程为:(1)配置多元胺水相溶液和多元酰氯有机相溶液;(2)在底膜表面界面聚合制备初生聚酰胺纳滤膜;(3)将氨基功能化离子液体溶液与初生聚酰胺层表面酰氯基团反应,经热处理得荷正电复合纳滤膜。本发明通过改变复合膜的荷电性,可有效提取高镁锂比的盐湖卤水中锂资源,且复合膜的镁锂分离因子低于0.15,通量为40-50L/m²h。本发明的优点:制备方法简单,在盐湖提锂方面具有良好的工业化应用前景。



1. 一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜, 含有底膜和功能层, 其特征在于, 所述的功能层是由氨基功能化离子液体与初生聚酰胺层表面的酰氯基团发生酰胺化反应制得; 所述初生聚酰胺层由多元胺与多元酰氯界面聚合过程中制备而成; 所述底膜为聚丙烯腈膜, 其截留分子量为20000~50000Da;

所述氨基功能化离子液体的结构式如下:



式中阳离子为甲基咪唑; R_1 为 C_1 - C_{36} 烷基; R_2 代表阴离子, 该阴离子为四氟硼酸、六氟磷酸或双三氟甲烷磺酰亚胺离子;

所述荷正电复合纳滤膜用以下方法制备而得:

1) 首先配置质量体积浓度为0.1~4%的多元胺水相溶液, 该多元胺水相溶液为哌嗪水溶液, 浓度单位为g/ml;

2) 底膜处理: 将底膜表面浸入哌嗪水溶液中, 使得其表面浸入哌嗪水溶液, 该哌嗪水溶液在底膜表面停留时间为1~5分钟, 并用橡皮辊滚压去除其表面多余水相溶液, 备用;

3) 界面聚合反应: 配置质量体积浓度为0.01~2%的多元酰氯有机相溶液, 浓度单位为g/ml, 将该有机相溶液倒入步骤2) 处理过的底膜表面, 使之进行界面聚合反应, 界面聚合反应所需时间为5~120秒; 之后去除底膜表面的有机溶剂, 制得初生聚酰胺纳滤膜; 所述有机溶剂为甲苯和氯仿中的一种或两种;

4) 表面改性处理: 配置质量体积浓度为0.01~4%的氨基功能化离子液体溶液, 浓度单位为g/ml, 将该溶液倒入初生聚酰胺纳滤膜表面, 进行酰胺化反应, 经热处理制得所述的离子液体改性的荷正电复合纳滤膜, 并放入纯水中备用。

2. 根据权利要求1所述的一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜, 其特征在于, 步骤4) 中所述氨基功能化离子液体溶液中的溶剂为去离子水、甲醇、乙醇、正己烷、甲苯、丙酮、二氯甲烷或氯仿中的一种或几种。

3. 根据权利要求1所述的一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜, 其特征在于, 步骤4) 中所述酰胺化反应时间为5~120秒; 所述热处理是在60~90摄氏度下处理3-10分钟。

一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜及其制备方法,属于膜材料制备及膜分离技术领域。

背景技术

[0002] 随着新能源领域如手机、笔记本电脑、电动汽车等产业的快速发展,致使锂资源的市场需求急剧增加,如何有效开发金属锂、锂盐等产品尤为重要。锂资源主要存在于矿石、盐湖卤水和海水中,且我国锂资源含量的70%贮存于盐湖卤水中,但从盐湖卤水中提锂量仅占总提取量的8%。其主要原因是,我国盐湖卤水中镁锂比高,镁锂分离困难导致提锂工艺难度增加,因此如何从盐湖卤水中提锂将成为未来锂盐生产和研究的方向。目前,从高镁锂比的盐湖卤水中提锂的主要方法有吸附法、溶剂萃取法、煅烧浸取法及膜分离法。相比于其它方法,膜分离法工艺绿色环保,能耗低、无高压、易燃、易爆等危险工序,工艺流程短,在盐湖卤水提锂领域具有广阔的应用前景。针对高镁锂比的盐湖卤水,由于纳滤技术具有将一价离子和多价离子有效分离的特点,可有效解决盐湖卤水综合利用过程中镁锂分离难的关键问题。

[0003] 纳滤技术是介于超滤和反渗透之间的压力驱动型膜分离技术,已成为了水处理领域的研究热点之一。纳滤具有以下显著特征:孔径在0.5-2nm左右,截留分子量范围为200-1000Da;根据静电排斥和孔径筛分原理,可对不同价态无机盐和不同分子量的有机物进行分离;其具有操作压力低、通量大、效率高等优点,且正逐步取代一些污染严重、能耗高、工艺繁琐的传统分离技术。目前,纳滤膜的制备方法主要包括相转化法、复合法、共混法等,其中复合法应用最广,该法是指在微孔基膜表面复合一层具有纳米级孔径的超薄表层。制备超薄表层的方法主要有涂覆法、界面聚合法、原位聚合法、等离子体聚合法等,其中界面聚合法具有自抑制性、条件温和与可调控性等优点,已成为制备商品化纳滤膜最有效的方法之一。在界面聚合中,由于酰氯基团易水解成羧酸基团,导致绝大部分纳滤膜呈荷负电性,荷负电纳滤膜对多价阴离子具有较好的截留效果,而对多价阳离子的截留效果较差。在高镁锂比的盐湖卤水中,荷正电纳滤膜可有效提取其中的锂离子,因此有必要研究构建荷正电复合纳滤膜。

[0004] 而事实上,目前报道可用的荷正电纳滤膜相对较少,其主要为壳聚糖系列、两性离子系列、聚乙烯亚胺系列、季铵化改性系列等。Wen等采用Desal DL纳滤膜对稀释后的盐湖卤水进行分离研究,结果表明该纳滤膜对硫酸盐具有较高的截留率,但该膜不适用于从高浓度的含镁盐溶液中提锂(Separation and Purification Technology 49(2006)230-236)。中国专利文献(CN108636140A)提出采用乳酸化壳聚糖为水相,多元酰氯为有机相界面聚合成功制备出截留性能良好的荷正电纳滤膜,但该膜的渗透通量较低。中国专利CN106925121A提出采用碳纳米管改性的聚乙烯亚胺与多元酰氯进行界面聚合,成功制备出可用于从高镁锂比盐湖卤水中提锂的荷正电复合纳滤膜,但由于无机纳米粒子与聚合物基体的相容性较差,导致成膜性差,难以实现工业化应用。因此,有必要研制高性能荷正电纳

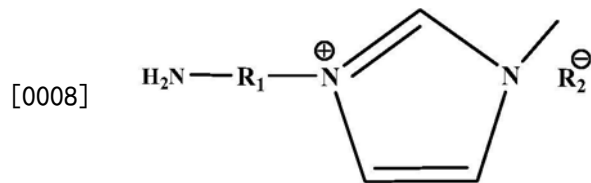
滤膜,使纳滤膜能更有效地截留卤水中的镁离子,而对锂离子具有较好的透过性,这也将成为盐湖镁锂分离工艺的一个重要研究方向。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明目的在于提供一种氨基功能化离子液体改性的荷正电复合纳滤膜及制备方法,使其对二价阳离子如镁离子具有良好的截留性能,对一价阳离子如锂离子具有较好的透过性能。

[0006] 本发明包括涉及将初生聚酰胺膜表面至少一部分酰氯基团与改性化合物反应,所述改性化合物包括但不限于氨基功能化离子液体。

[0007] 本发明所述氨基功能化离子液体为具有如下结构的化合物:



[0009] 式中阳离子为甲基咪唑; R_1 为 C_1 - C_{36} 烷基,更好的是 C_1 - C_{12} 烷基,最好的是 C_1 - C_4 烷基; R_2 代表阴离子,该阴离子为四氟硼酸、六氟磷酸或双三氟甲烷磺酰亚胺离子。

[0010] 本发明提供了一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜,即氨基功能化离子液体改性的聚酰胺复合纳滤膜,包括底膜和附着在所述底膜上的功能层:

[0011] 优选的,所述底膜为聚丙烯腈、聚醚砜或聚砜膜,更优选为聚丙烯腈底膜。

[0012] 所述功能层为采用上述结构式中的氨基功能化离子液体与残留在初生聚酰胺膜表面的酰氯基团发生酰胺化反应制得。

[0013] 本发明还提供一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法,具体包含如下步骤:

[0014] 1) 配置一定质量体积浓度的多元胺水相溶液;

[0015] 2) 底膜处理:将底膜表面浸入多元胺水相溶液中,使得其表面浸入多元胺水相溶液,并用橡皮辊滚压去除其表面多余水相溶液,备用;

[0016] 3) 界面聚合反应:配置一定质量体积浓度的多元酰氯有机相溶液,将该有机相溶液倒入步骤2)处理过的底膜表面,使之进行界面聚合反应,一定时间后去除底膜表面的有机相溶液,制得初生聚酰胺纳滤膜;;

[0017] 4) 表面改性处理:配置一定质量体积浓度的氨基功能化离子液体溶液,将该溶液倒入初生聚酰胺纳滤膜表面,进行酰胺化反应,经热处理制得所述的离子液体改性的荷正电复合纳滤膜,并放入纯水中备用。

[0018] 以上步骤中的温度、浓度、时间等参数,对界面聚合层的形成及性能至关重要。热处理温度低时,聚合层交联度低,膜截留性能差;温度过高时,膜面溶剂挥发较快,聚合层不均匀从而影响膜性能,因此热处理温度优选 $60\sim 90$ 摄氏度,最优为 $75\sim 85$ 摄氏度。单体浓度及聚合、吹扫时间等参数会直接影响聚合层的交联度和均一性,从而影响纳滤膜的性能,本发明所选的参数均基于可提高纳滤膜的性能。

[0019] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法,步骤1)中所述多元胺水相溶液,优先为哌嗪、间苯二胺、氨基甲基哌啶中的一种或多种,更优选为哌嗪水溶

液。所述哌嗪水溶液的质量体积浓度优选为0.1~4%，更优选为0.3~2%，浓度单位为g/ml。

[0020] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法，步骤2)中所述多元胺水溶液在底膜表面的停留时间优选为1~5分钟，更优选为2~4分钟。

[0021] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法，步骤3)中所述多元酰氯有机相溶液，多元酰氯优选为均苯三甲酰氯、邻苯二甲酰氯、间苯二甲酰氯或对苯二甲酰氯中的一种或多种，更优选为均苯三甲酰氯。所述有机相溶液中的有机溶剂优选为正己烷、环己烷、甲苯、氯仿中的一种或几种混合物，更优选为甲苯。更进一步地，步骤3)所述多元酰氯有机相溶液的质量体积浓度优选为0.01~2%，更优选为0.05~0.6%，浓度单位为g/ml。

[0022] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法，步骤3)中所述界面聚合反应所需时间优选为5~120秒，更优选为10~60秒。

[0023] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法，步骤4)所述氨基功能化离子液体溶液中，溶剂为水、乙醇、甲醇、正己烷、甲苯、丙酮、二氯甲烷、氯仿中的一种或几种混合物，更优选为二氯甲烷。氨基功能化离子液体溶液的质量体积浓度优选为0.01~4%，更优选为0.05~2%，浓度单位为g/ml。

[0024] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法，步骤4)中所述酰胺化反应时间优选为5~120秒，更优选为10~60秒；所述热处理条件为60~90摄氏度下处理3~10分钟，更优选为75~85摄氏度下处理5~9分钟。

[0025] 本发明与现有技术相比，具有以下优点及突出性的技术效果：

[0026] 在本发明中，氨基功能化离子液体为荷正电的离子液体，将其接枝于初生聚酰胺膜表面，可获得表面呈荷正电效果的复合纳滤膜，对二价及多价阳离子具有较高的截留效果，对钠、锂等单价阳离子截留率低。对所述改性纳滤复合膜进行性能测试，结果表明，其纯水渗透通量可达50L/(m²·h)，对镁、钙等阳离子截留率可达90%以上，而对钠、锂等一价阳离子截留率低于20%。另，本发明提供的纳滤膜制备方法工艺简单，易于实现工业化生产。

附图说明

[0027] 图1为实施例3和对比实施例1中复合纳滤膜功能层表面的红外谱图。

[0028] 图2为实施例3和对比实施例1中复合纳滤膜功能层表面的XPS谱图。

[0029] 图3为实施例3中荷正电复合纳滤膜功能层表面的电镜扫描照片。

[0030] 图4为实施例3中荷正电复合纳滤膜断面的电镜扫描照片。

[0031] 图5为实施例1~4中不同离子液体浓度下改性所得荷正电复合纳滤膜表面的Zeta电位测试曲线。

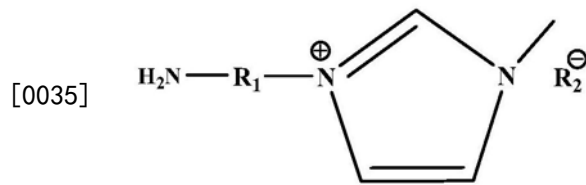
具体实施方式

[0032] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步的说明

[0033] 本发明提供了一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜，含有底膜和功能层，所述功能层由氨基功能化离子液体与初生聚酰胺层表面的酰氯基团发生酰胺化反应制得；所述初生聚酰胺层由多元胺与多元酰氯界面聚合制备而成。所述底膜优选采用聚丙烯腈、聚醚

砜和聚砜膜,更优选为聚丙烯腈底膜。其截留分子量为20000~50000Da。

[0034] 本发明所述氨基功能化离子液体具有如下结构的化合物:



[0036] 式中阳离子为甲基咪唑;R₁为C₁-C₃₆烷基,更好的是C₁-C₁₂烷基,最好的是C₁-C₄烷基;R₂代表阴离子,该阴离子为四氟硼酸、六氟磷酸或双三氟甲烷磺酰亚胺离子。

[0037] 本发明提供了一种荷正电复合纳滤膜,即氨基功能化离子液体改性的聚酰胺复合纳滤膜,包括底膜和附着在所述底膜上的功能层:

[0038] 本发明还提供一种荷正电复合纳滤膜的制备方法,具体包含如下步骤:

[0039] 1) 配置一定质量体积浓度的多元胺水相溶液;

[0040] 2) 底膜处理:将底膜表面浸入多元胺水相溶液中,使得其表面浸入多元胺水相溶液,并用橡皮辊滚压去除其表面多余水相溶液,备用;

[0041] 3) 界面聚合反应:配置一定质量体积浓度的多元酰氯有机相溶液,将该有机相溶液倒入步骤2)处理过的底膜表面,使之进行界面聚合反应,一定时间后去除底膜表面的有机相溶液,制得初生聚酰胺纳滤膜;;

[0042] 4) 表面改性处理:配置一定质量体积浓度的氨基功能化离子液体溶液,将该溶液倒入初生聚酰胺纳滤膜表面,进行酰胺化反应,经热处理制得所述的离子液体改性的荷正电复合纳滤膜,并放入纯水中备用。

[0043] 以上步骤中的温度、浓度、时间等参数,对界面聚合层的形成及性能至关重要。热处理温度低时,聚合层交联度低,膜截留性能差;温度过高时,膜面溶剂挥发较快,聚合层不均匀从而影响膜性能,因此热处理温度优选60~90摄氏度,最优为75~85摄氏度。单体浓度及聚合、吹扫时间等参数会直接影响聚合层的交联度和均一性,从而影响纳滤膜的性能,本发明所选的参数均基于可提高纳滤膜的性能。

[0044] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法,步骤1)中所述多元胺水相溶液,优先为哌嗪、间苯二胺、氨基甲基哌啶中的一种或多种,更优选为哌嗪水溶液。所述哌嗪水溶液的质量体积浓度优选为0.1~4%,更优选为0.3~2%,浓度单位为g/ml。所述多元胺水溶液在底膜表面的停留时间优选为1~5分钟,更优选为2~4分钟。

[0045] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法,步骤3)中所述多元酰氯有机相溶液,多元酰氯优选为均苯三甲酰氯、邻苯二甲酰氯、间苯二甲酰氯或对苯二甲酰氯中的一种或多种,更优选为均苯三甲酰氯。所述有机相溶液中的有机溶剂优选为正己烷、环己烷、甲苯、氯仿中的一种或几种混合物,更优选为甲苯。更进一步地,步骤3)所述多元酰氯有机相溶液的质量体积浓度优选为0.01~2%,更优选为0.05~0.6%,浓度单位为g/ml。

[0046] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法,步骤3)中所述界面聚合反应所需时间优选为5~120秒,更优选为10~60秒。

[0047] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法,步骤4)所述氨基功能化离子液体溶液中,其溶剂为水、乙醇、甲醇、正己烷、甲苯、丙酮、二氯甲烷、氯仿中的

一种或几种混合物,更优选为二氯甲烷。氨基功能化离子液体溶液的质量体积浓度优选为0.01~4%,更优选为0.05~2%,浓度单位为g/ml。

[0048] 根据本发明一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法,步骤4)中所述酰胺化反应时间优选为5~120秒,更优选为10~60秒;所述热处理条件为60~90摄氏度下处理3~10分钟,更优选为75~85摄氏度下处理5~9分钟。

[0049] 根据上述一种离子液体改性的荷正电复合纳滤膜及其制备方法,下面给出本发明的实施例,结合具体实施例对本发明作进一步说明。本发明的实施例具体步骤与前述实施步骤相同,但本发明不受实施例的限制。

[0050] 在膜分离性能测试实验中,所制备的纳滤膜均是在0.6MPa下用纯水预压半小时,并分别以纯水测试膜的纯水渗透通量,以1000ppm的 Na_2SO_4 、 MgSO_4 、 MgCl_2 、 CaCl_2 、 NaCl 、 LiCl 的无机盐溶液测试膜的截留性能和渗透通量。膜渗透通量的计算公式如(1)所示。

$$[0051] \quad J = \frac{V}{A \times t} \quad (1)$$

[0052] 其中J为膜的渗透通量($\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$),A为有效膜面积(m^2),t为透过液时间(h),V为规定时间t小时内收集到透过液的体积(L)。

[0053] 膜的截留率计算公式如(2)所示。

$$[0054] \quad R = \frac{c_f - c_p}{c_f} \times 100\% \quad (2)$$

[0055] 其中R为膜的截留率, C_f 为原料液的浓度, C_p 为透过液的浓度。

[0056] 无机盐溶液的浓度首先采用电导率仪测定原料液互溶透过液的电导率,然后根据无机盐溶液的标准曲线计算其浓度,从而求出复合纳滤膜的截留率。

[0057] 实施例1~4

[0058] 氨基功能化离子液体改性的荷正电复合纳滤膜的制备方法,包括如下步骤:

[0059] 将质量体积浓度为0.5%的哌嗪水溶液倾倒在所述已固定好的聚丙烯腈底膜表面并覆盖,静置1分钟使哌嗪水溶液浸入底膜表面,用橡皮辊滚压去除底膜表面多余的哌嗪水溶液,晾干备用;向晾干的底膜表面倒入质量体积浓度为0.15%的均苯三甲酰氯/甲苯溶液,界面聚合30秒后移除表面的有机溶液;将质量体积浓度分别为0.5%、1%、1.5%、2%的1-胺丙基-3-甲基咪唑双(三氟甲烷磺酰)亚胺盐/二氯甲烷溶液倒入上述界面聚合后的底膜表面反应1分钟并移除;将所述底膜至于80摄氏度下处理8分钟,制得实施例1-4的荷正复合电纳滤膜。

[0060] 对比实施例1

[0061] 将质量体积浓度为0.5%的哌嗪水溶液倾倒在所述已固定好的聚丙烯腈底膜表面并覆盖,静置1分钟使哌嗪水溶液浸入底膜表面,用橡皮辊滚压去除底膜表面多余的哌嗪水溶液,晾干备用;向晾干的底膜表面倒入质量体积浓度为0.15%的均苯三甲酰氯/甲苯溶液,界面聚合30秒后移除表面的有机溶液;将所述底膜至于80摄氏度下处理8分钟,制得对比实施例1的聚酰胺复合纳滤膜。

[0062] 说明书中所述附图1为对比实施例1(a)、实施例3(b)的红外谱图。从图1可以看出,在 1140cm^{-1} , 1190cm^{-1} 和 3500cm^{-1} 处出现氟元素的红外峰,证明初生聚酰胺纳滤膜表面接枝新化合物。附图2为对比实施例1(a)、实施例3(b)的XPS谱图,由图可知出现氟元素、硫元素新峰。结合附图1和2,推出1-胺丙基-3-甲基咪唑双(三氟甲烷磺酰)亚胺盐成功接枝于初生

聚酰胺纳滤膜表面。

[0063] 附图3和4为实施例3所制得的荷正电复合纳滤膜的表面、断面电镜图。经过氨基功能化离子液体改性的复合纳滤膜表面孔径小于1nm,表面结构较致密、均一;从复合膜的断面结构可知,底膜上表面成功附上一层致密功能层,功能层厚度约为100-200nm。

[0064] 附图5为实施例1-4的Zeta电位测试曲线。发现实施例1-4在pH大于6的条件下,所制备的纳滤膜均呈现荷正电性,且当pH值增加至10以上时,膜面荷正电性增加。说明在纳滤分离过程中,制备的纳滤膜始终呈荷正电,其对荷正电的多价阳离子如镁离子有较高的截留率。

[0065] 对所述实施例1~4和对比实施例1复合纳滤膜进行纯水通量和盐截留率性能测试,测试结果见下表。实施例1~4主要考虑氨基化离子液体浓度对纳滤膜性能的影响。根据表中结果可知,实施例1-4所制荷正电复合纳滤膜的纯水通量在40L/(m²·h)以上,且随氨基化离子液体浓度的增加,改性膜对MgCl₂的截留率随之增加,而LiCl截留率在25%以下。

实施例编号	1-胺丙基-3-甲基咪唑双(三氟甲 烷磺酰)亚胺盐浓度% (w/v)	纯水通量 (L/(m ² ·h))	MgCl ₂ 截留率 (%)	LiCl 截留率 (%)
实施例 1	0.5	50.21	57.3	13.1
[0066] 实施例 2	1	45.31	81.8	20.0
实施例 3	1.5	41.48	88.6	22.5
实施例 4	2	40.88	92.7	24.4
对比实施例 1	0	53.42	39.7	12.6

[0067] 实施例5

[0068] 按与实施例1基本相似的方式制备荷正电复合纳滤膜,但选用聚醚砜作为支撑底膜,采用不同结构的氨基功能化离子液体有机溶液改性制备。这种有机溶液为1.5%的1-胺乙基-3-甲基咪唑溴盐/乙醇溶液,由此制得改性荷正电复合纳滤膜。

[0069] 将上述所制纳滤膜进行纯水通量和盐截留率性能测试,测试结果表明,所述荷电纳滤膜的纯水通量为55.23L/(m²·h),对MgCl₂的截留率为92.2%,对LiCl的截留率为16.3%,镁锂分离因子为0.12。

[0070] 实施例6

[0071] 按与实施例1基本相似的方式制备荷正电复合纳滤膜,但采用不同结构的氨基功能化离子液体有机溶液改性制备。这种有机溶液为1.0%的1-胺丙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐/二氯甲烷溶液,由此制得改性荷正电复合纳滤膜。

[0072] 将上述所制纳滤膜进行纯水通量和盐截留率性能测试,测试结果表明,所述荷电纳滤膜的纯水通量为46.87L/(m²·h),对MgCl₂的截留率为88.4%,对LiCl的截留率为18.5%。

[0073] 实施例7

[0074] 与实施例3的制膜条件完全相同,以盐浓度为120g/L含Na₂SO₄、MgSO₄、MgCl₂、CaCl₂、NaCl和LiCl的高浓度模拟盐湖卤水为进料液,系统性测试实施例3改性纳滤膜对模拟卤水中盐的截留率性能,测试结果如下。镁锂分离因子为0.2,盐溶液通量为42L/(m²·h)。

盐种类	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	MgCl ₂	CaCl ₂	NaCl	LiCl
[0075] 截留率 (%)	55.7	86.7	88.6	93.1	28.5	18.5

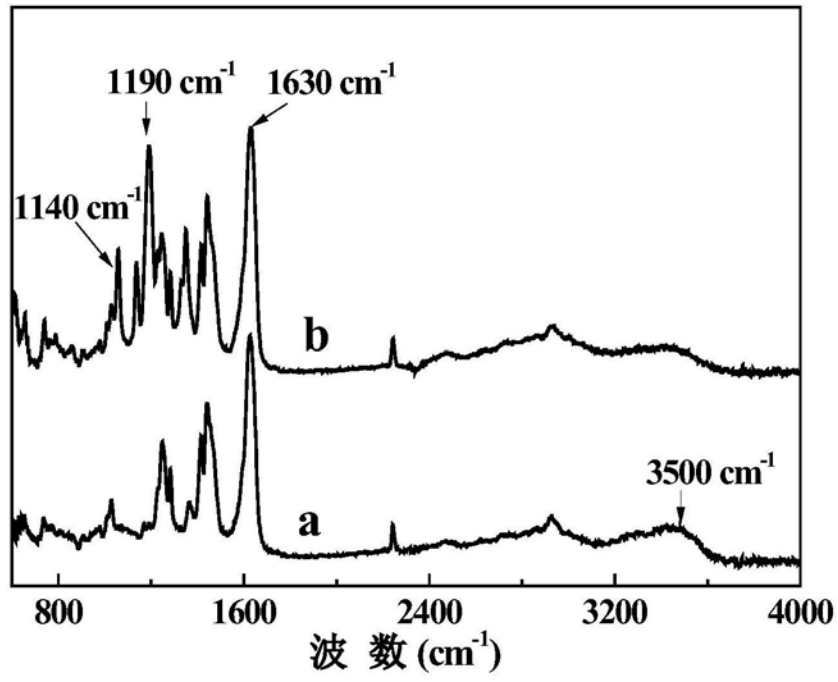


图1

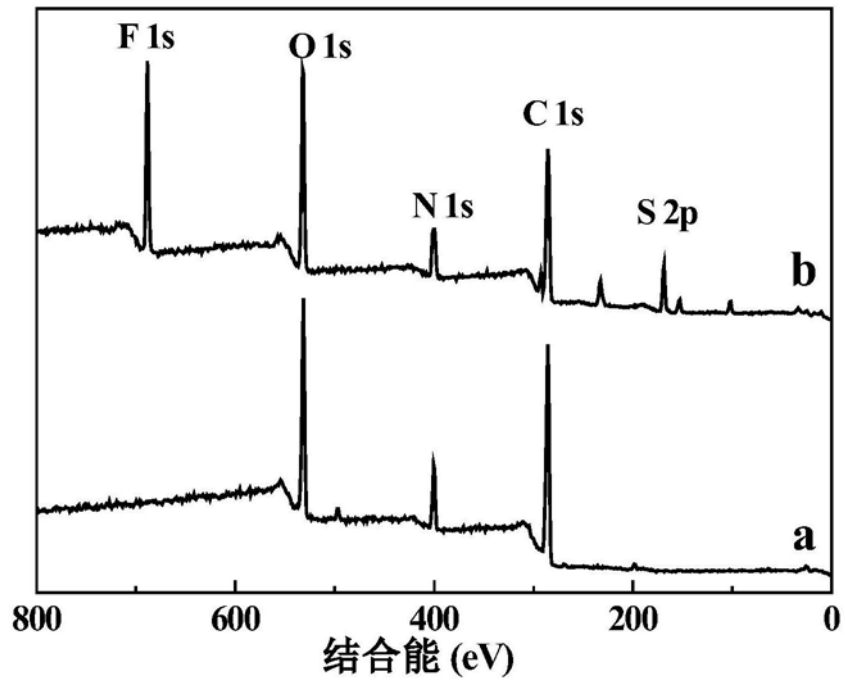


图2

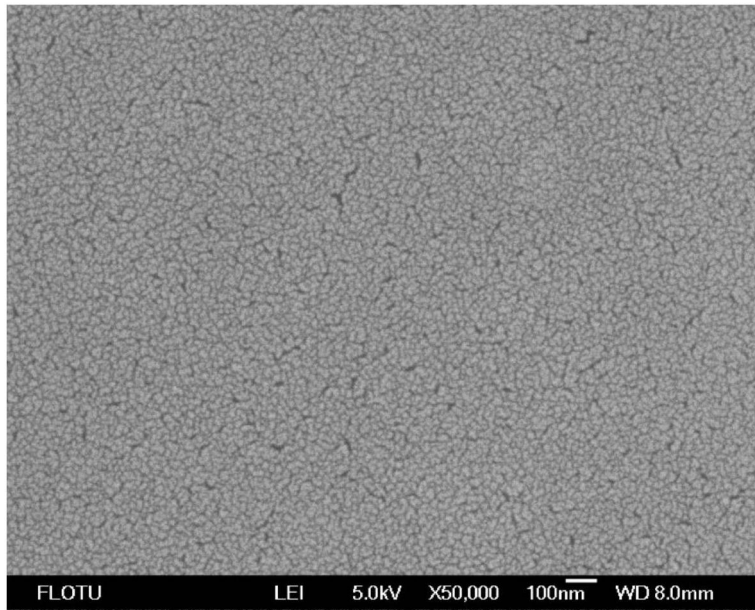


图3

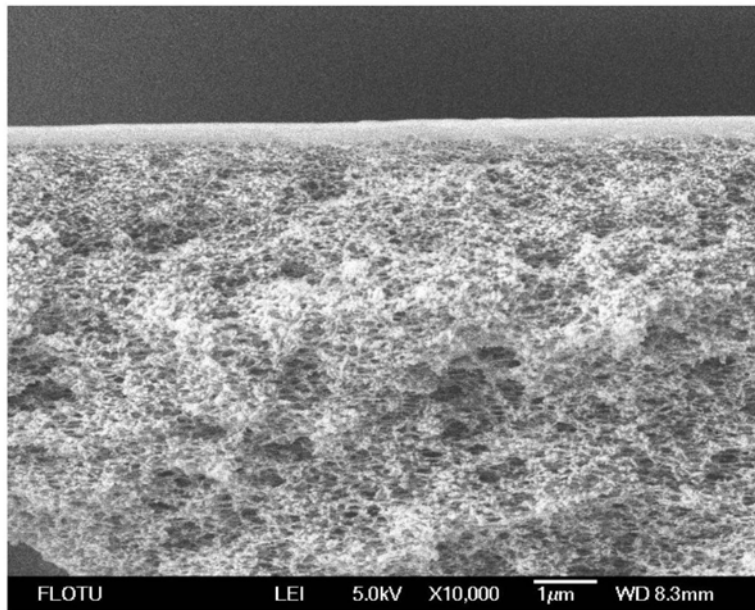


图4

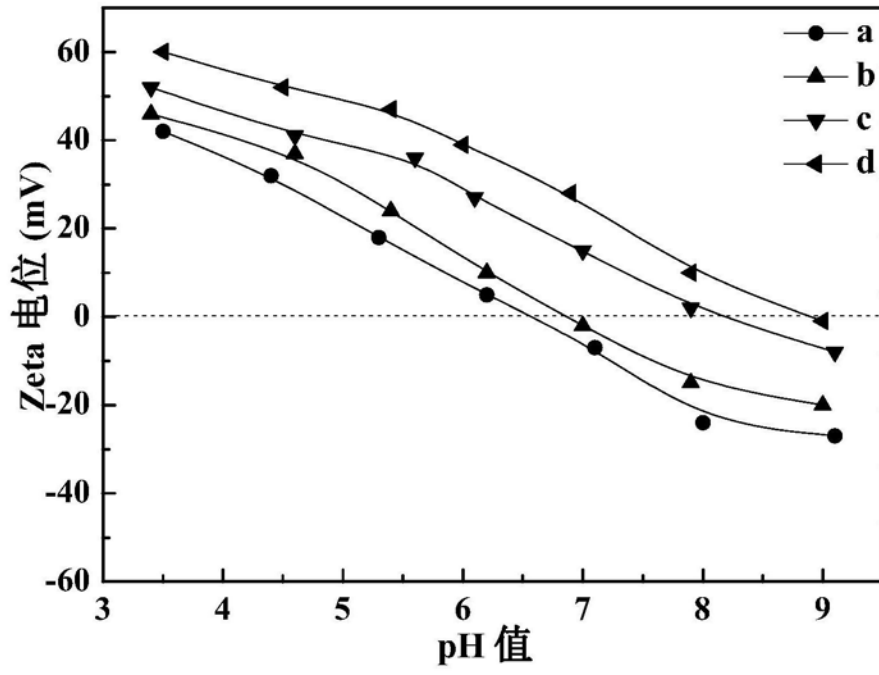


图5