



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112808021 A

(43) 申请公布日 2021.05.18

(21) 申请号 202110061022.9

(22) 申请日 2021.01.18

(71) 申请人 杭州水处理技术研究开发中心有限公司

地址 310012 浙江省杭州市西湖区文一西路50号

(72) 发明人 陈可可 刘文超 罗宵 谭惠芬  
洪勇琦 郑宏林 潘巧明

(74) 专利代理机构 北京易捷胜知识产权代理事务所(普通合伙) 11613

代理人 齐胜杰

(51) Int. Cl.

B01D 67/00 (2006.01)

B01D 71/56 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种采用新型水相体系制备反渗透膜的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种采用新型水相体系制备反渗透膜的方法,反渗透膜采用界面聚合反应制得,且参与界面聚合反应的水相溶液按照如下方法制备:将阴离子表面活性剂与阳离子表面活性剂按比例组成复配体系,共同添加到含多元胺单体的水相溶液中,搅拌混合和/或超声分散后,得到用于界面聚合反应的水相溶液。本发明一方面利用阴阳离子表面活性剂复配体系的协同增溶作用,提高了多元胺在水相中的溶解程度和分散均匀度。另一方面,由于阴阳离子表面活性剂复配体系在水相中的独特存在状态,水相会出现纳米结构,可通过调节水相溶液中阴阳离子表面活性剂各自的浓度和两者的用量比例,达到调整功能分离层的结构的目的,有利于使反渗透膜获得高的截留率和水通量。

1. 一种采用新型水相体系制备反渗透膜的方法,其特征在于,所述反渗透膜的聚酰胺功能分离层采用界面聚合反应制得,且参与界面聚合反应的水相溶液按照如下方法制备:将阴离子表面活性剂与阳离子表面活性剂按比例组成复配体系,共同添加到含多元胺单体的水相溶液中,搅拌混合和/或超声分散后,得到用于界面聚合反应的水相溶液。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述水相溶液中还添加有吸酸剂。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:将制备的水相溶液涂覆在渗透膜底膜材料上,静置一段时间后,将渗透膜底膜材料上流动的水相溶液清除,再在渗透膜底膜材料上涂覆溶解有多元酰氯单体的油相溶液,经热处理后,在渗透膜底膜材料上得到聚酰胺致密功能分离层;或者,

将渗透膜底膜材料浸泡在水相溶液中,静置一段时间后,将渗透膜底膜材料取出,再在渗透膜底膜材料上涂覆溶解有多元酰氯单体的油相溶液或者将渗透膜底膜材料浸泡在溶解有多元酰氯单体的油相溶液中一段时间后取出,经热处理后,在渗透膜底膜材料上得到聚酰胺致密功能分离层。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述渗透膜底膜材料包括无纺布基材和支撑层,支撑层叠合在所述无纺布基材表面;所述水相溶液和油相溶液均涂覆在所述支撑层上,或者将所述渗透膜底膜材料的支撑层朝上的方式先后分别浸泡在所述水相溶液和油相溶液中;其中,支撑层的材质为聚砜、聚醚砜、聚偏氟乙烯、聚四氟乙烯和聚丙烯腈中的一种。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述阴离子表面活性剂为十二烷基苯磺酸钠、苯磺酸钠、十二烷基硫酸钠、月桂酸钠、樟脑磺酸钠、柠檬酸钠中的一种或几种的混合;其在水相溶液中的质量百分浓度为0.1%-5%。

6. 根据权利要求1或5所述的方法,其特征在于,所述阳离子表面活性剂为十六烷基三甲基溴化铵、十六烷基三甲基氯化铵、十二烷基三甲基氯化铵、十二烷基二甲基苄基氯化铵、苄基三乙基氯化铵的一种或几种的混合;其在水相溶液中的质量百分浓度为0.1%-5%。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多元胺单体为间苯二胺、对苯二胺、哌嗪、邻苯二胺、二氨基甲苯、2,5-二甲基哌嗪中的一种或几种的混合,且其在水相中的质量百分比为0.1-3%。

8. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述水相溶液中的吸酸剂为有机碱,其在水中的质量百分比为0.1-1.5%。

9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述油相溶液中,所述多元酰氯单体为均苯三甲酰氯、对苯二甲酰氯、邻苯二甲酰氯、间苯二甲酰氯中的一种或几种的混合;且其在油相溶液中的质量百分比为0.1-2.0%。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述溶解有多元酰氯单体的油相溶液中,所述油相溶剂为Isopar L(1种异构烷烃溶剂)、正己烷、环己烷、甲苯和苯的一种或几种的混合;

所述热处理条件为温度为100°C-130°C;优选温度为110°C-130°C。

## 一种采用新型水相体系制备反渗透膜的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及海水淡化或污水处理技术领域,尤其是一种采用新型水相体系制备反渗透膜的方法。

### 背景技术

[0002] 日趋严重的水污染以及全球淡水资源的匮乏是 21 世纪人类面临的最严峻的问题之一。基于反渗透技术的海水淡化和污水回用是增加淡水资源的有效途径。反渗透膜是一种模拟生物半透膜制成的具有一定特性的人工半透膜,是反渗透技术的核心构件。目前,聚酰胺反渗透复合膜为最先进、高效和使用最广泛的反渗透膜类型。聚酰胺反渗透复合膜一般由无纺布基材、聚砜支撑层以及聚酰胺致密功能分离层构成。其中,实现物质筛分的关键层为聚酰胺致密功能分离层。聚酰胺致密功能分离层一般由多元胺单体(溶解于水相)与多元酰氯单体(溶解于油相)经水油界面的界面聚合反应制得,而聚酰胺致密功能分离层的性能主要取决于水相中多元胺单体溶解程度和分散的均匀性。尽管经过 30 多年的发展,反渗透复合膜的性能得到了极大的提升,但目前研发获得高通量、高截留的反渗透复合膜依然是本领域主要的研发方向之一。

### 发明内容

[0003] (一)要解决的技术问题

鉴于现有技术的上述缺点、不足,本发明提供一种采用新型水相体系制备反渗透膜的方法,通过调整水相溶液的组成,调节水相溶液中多元胺单体的溶解程度和分散均匀性,形成致密且具有可控结构的功能分离层,达到提高反渗透膜的水通量和截留率的目的。

[0004] (二)技术方案

为了达到上述目的,本发明采用的主要技术方案包括:

第一方面,本发明提供一种采用新型水相体系制备反渗透膜的方法,所述反渗透膜的聚酰胺功能分离层采用界面聚合反应制得,且参与界面聚合反应的水相溶液按照如下方法制备:将阴离子表面活性剂与阳离子表面活性剂按比例组成复配体系,共同添加到含多元胺单体的水相溶液中,搅拌混合和/或超声分散后,得到用于界面聚合反应的水相溶液。

[0005] 其中,搅拌混合和/或超声处理包括:仅搅拌混合、仅超声处理、先搅拌后超声处理、或先超声后搅拌四种方式;优选为仅搅拌混合。

[0006] 根据本发明的较佳实施例,所述水相溶液中还添加有吸酸剂(缚酸剂)。该吸酸剂为一种弱碱。

[0007] 根据本发明的较佳实施例,所述方法还包括:将制备的水相溶液涂覆在渗透膜底膜材料上,静置一段时间后,将渗透膜底膜材料上流动的水相溶液清除(如倒掉),再在渗透膜底膜材料上涂覆溶解有多元酰氯单体的油相溶液,经热处理后,在渗透膜底膜材料上得到聚酰胺致密功能分离层;或者,

将渗透膜底膜材料浸泡在水相溶液中,静置一段时间后,将渗透膜底膜材料取出,再在渗透膜底膜材料上涂覆溶解有多元酰氯单体的油相溶液或者将渗透膜底膜材料浸泡在溶解有多元酰氯单体的油相溶液中一段时间后取出,经热处理后,在渗透膜底膜材料上得到聚酰胺致密功能分离层。

[0008] 需说明的是,本发明对上述涂覆的方式不做限制,可以是任何一种可将水相溶液、油相溶液均匀转移(如喷涂、涂覆、蘸涂、浸润等)到渗透膜底膜材料上的方式。

[0009] 根据本发明的较佳实施例,所述渗透膜底膜材料包括无纺布基材和支撑层,支撑层叠合在所述无纺布基材表面;所述水相溶液和油相溶液均涂覆在所述支撑层上,或者将所述渗透膜底膜材料的支撑层朝上的方式先后分别浸泡在所述水相溶液和油相溶液中。其中,支撑层的材质为聚砜、聚醚砜、聚偏氟乙烯、聚四氟乙烯和聚丙烯腈中的一种。

[0010] 根据本发明的较佳实施例,所述阴离子表面活性剂为十二烷基苯磺酸钠、苯磺酸钠、十二烷基硫酸钠、月桂酸钠、樟脑磺酸钠、柠檬酸钠中的一种或几种的混合;其在水相溶液中的质量百分浓度为0.1%-5%。

[0011] 根据本发明的较佳实施例,所述阳离子表面活性剂为十六烷基三甲基溴化铵、十六烷基三甲基氯化铵、十二烷基三甲基氯化铵、十二烷基二甲基苄基氯化铵、苄基三乙基氯化铵的一种或几种的混合;其在水相溶液中的质量百分浓度为0.1%-5%。

[0012] 根据本发明的较佳实施例,所述多元胺单体为间苯二胺、对苯二胺、哌嗪、邻苯二胺、二氨基甲苯、2,5-二甲基哌嗪中的一种或几种的混合,且其在水相中的质量百分比为0.1-3%。

[0013] 根据本发明的较佳实施例,所述水相溶液中的吸酸剂(缚酸剂)为有机碱,其在水中的质量百分比为0.1-1.5%。所述有机碱优选为三乙胺或二异丙基乙胺,更优选为二异丙基乙胺,可使水相溶液更稳定。三乙胺存在一定几率会与酰基发生酰基化反应,同时脱去一个乙基。而二异丙基乙胺更稳定。

[0014] 根据本发明的较佳实施例,所述油相溶液中,所述多元酰氯单体为均苯三甲酰氯、对苯二甲酰氯、邻苯二甲酰氯、间苯二甲酰氯中的一种或几种的混合;且其在油相溶液中的质量百分比为0.1-2.0%。优选地,多元酰氯单体为均苯三甲酰氯(TMC)。更优选地,均苯三甲酰氯(TMC)在油相溶液中的质量百分比为0.1-1.5%。

[0015] 根据本发明的较佳实施例,所述溶解有多元酰氯单体的油相溶液中,所述油相溶剂为Isopar L(1种异构烷烃溶剂)、正己烷、环己烷、甲苯和苯的一种或几种的混合。

[0016] 根据本发明的较佳实施例,所述热处理条件为温度为100℃-130℃;优选温度为110℃-130℃。

[0017] (三)有益效果

本发明的技术效果在于:通过界面聚合的方法,在反应过程中,一方面,利用阴阳离子表面活性剂复配体系的协同增溶作用,提高了多元胺在水相中的溶解程度和分散均匀度,扩大了可供使用的多元胺种类范围,减少了水相溶液中多元胺单体的用量,有利于获得均匀的聚酰胺功能分离层和膜性能稳定的反渗透膜;另一方面,由于阴阳离子表面活性剂复配体系在水相中的独特存在状态,水相会出现纳米结构(胶团、囊泡等),可通过调节水相溶液中阴阳离子表面活性剂各自的浓度和两者的用量比例,达到调整功能分离层的结构的目的,有利于使反渗透膜获得高的截留率和水通量。经实验反复验证,本发明的方法操作过

程简单、技术参数易控,且重现性较好、制备成本低,确可大大提高反渗透复合膜的性能,因而具有理想的商业化应用前景。

[0018] 在本发明中,渗透膜底膜材料可以是任何厂家提供的底膜,底膜的性能差异、底膜的种类对本发明的结果并无直接影响,因此可以选择商业采购的聚砜底膜(或聚醚砜、聚偏氟乙烯或聚四氟乙烯底膜)或自制底膜。在本发明制备方法中,各组分原材料易得、且水相溶液中所使用的各原料都极易溶于水,制备过程非常简单,对生产企业而言,在生产过程中完全不用改变现有生产线的任何一个生产环节和工艺。因此,本发明的制备方法具有普遍适应性,有利于进行商业化推广应用。

### 具体实施方式

[0019] 为了更好的解释本发明,以便于理解,下面结合具体实施方式,对本发明作详细描述。

[0020] 本发明实施例提出一种采用新型水相体系制备反渗透膜的方法,所述反渗透膜的聚酰胺功能分离层采用界面聚合反应制得,且参与界面聚合反应的水相溶液按照如下方法制备:将阴离子表面活性剂与阳离子表面活性剂按比例组成复配体系,共同添加到含多元胺单体的水相溶液中,搅拌混合和/或超声分散后,得到用于界面聚合反应的水相溶液。

[0021] 在制备金属纳米粒子杂化反渗透膜时,按照本发明的思路可以设计如下步骤:

步骤1:制备水相溶液:

将阴离子表面活性剂与阳离子表面活性剂按比例组成复配体系,共同添加到含多元胺单体、吸酸剂的水相溶液中,搅拌混合和/或超声分散后,得到用于界面聚合反应的水相溶液。

[0022] 步骤2:聚合得到聚酰胺功能分离层

将制备的水相溶液涂覆在渗透膜底膜材料上,静置一段时间后,将渗透膜底膜材料上流动的水相溶液清除(如倒掉),再在渗透膜底膜材料上涂覆溶解有多元酰氯单体的油相溶液,经热处理(热处理促进多元胺单体和多元酰氯单体聚合反应生成聚酰胺)后,在渗透膜底膜材料上得到聚酰胺致密功能分离层;或者,

将渗透膜底膜材料浸泡在水相溶液中,静置一段时间后,将渗透膜底膜材料取出,再在渗透膜底膜材料上涂覆溶解有多元酰氯单体的油相溶液或者将渗透膜底膜材料浸泡在溶解有多元酰氯单体的油相溶液中一段时间后取出,经热处理(热处理促进多元胺单体和多元酰氯单体聚合反应生成聚酰胺)后,在渗透膜底膜材料上得到聚酰胺致密功能分离层。

[0023] 其中,渗透膜底膜材料可为市场采购或自制底膜材料。其中,渗透膜底膜材料包括无纺布基材和支撑层,支撑层叠合在所述无纺布基材表面;所述水相溶液和油相溶液均涂覆在所述支撑层上,或者将所述渗透膜底膜材料的支撑层朝上的方式先后分别浸泡在所述水相溶液和油相溶液中。其中,支撑层的材质为聚砜、聚醚砜、聚偏氟乙烯、聚四氟乙烯和聚丙烯腈中的一种。

[0024] 本发明制备方法的设计原理在于:本发明在制备水相溶液时,使用阴阳离子表面活性剂的复配体系,加到水相溶液中,共同对多元胺单体进行增溶。该阴阳离子表面活性剂之间存在强烈的静电作用,使其具有单一表面活性剂无法比拟的高表面活性,即二者的复

配体系在降低水相溶液表面张力的性能上具有良好的协同增效作用。

[0025] 阴阳离子表面活性剂复配体系一般用于衣物洗涤剂及纤维和织物的柔软和抗静电处理方面,本发明首次利用具有阴阳离子表面活性剂复配体系的水相溶液作为界面聚合反应的水相,不仅能够对多元胺单体的溶解起到增效作用,也使得水相因为复配体系的存在出现纳米结构(胶团、囊泡等),因此可通过调节水相溶液中阴阳离子表面活性剂各自的浓度和两者的用量比例(得到不同大小和数量的纳米胶团或囊泡等),达到调节功能分离层的结构的目的,从而有利于形成致密且具有可控结构的功能分离层,在获得高截留率的同时还提高了反渗透复合膜的水通量。

[0026] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合具体实施例更详细地描述本发明的示例性实施例。以下实施例中所用的渗透膜底膜材料为聚砜底膜,为自制底膜,性能与市售底膜产品一致。膜生产日期至实验日期小于30天,期间保存于2%亚硫酸氢钠水溶液中。在进行界面反应制备复合膜之前,将聚砜底膜提前24h浸泡于纯水中。以下各实施例的油相溶液中的油溶剂是Isopar L。

#### [0027] 实施例1

配制含质量分数0.5%十二烷基硫酸钠、0.5%十二烷基三甲基氯化铵的混合水溶液(阴离子表面活性剂:阳离子表面活性剂=1:1),再加入质量分数1%的MPD(间苯二胺)、0.2%的三乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在130℃烘箱中热处理2min。

#### [0028] 实施例2

配制含质量分数0.5%苯磺酸钠、0.5%十二烷基三甲基氯化铵的混合水溶液(阴离子表面活性剂:阳离子表面活性剂=1:1),再加入质量分数1%的MPD,0.2%的三乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在120℃烘箱中热处理2min。

#### [0029] 实施例3

配制含质量分数0.5%十二烷基磺酸钠、0.5%十二烷基三甲基氯化铵的混合水溶液(阴离子表面活性剂:阳离子表面活性剂=1:1),再加入质量分数1%的MPD,0.2%的三乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在130℃烘箱中热处理2min。

#### [0030] 实施例4

配制含质量分数0.5%十二烷基硫酸钠、0.5%十六烷基三甲基氯化铵的混合水溶液(阴离子表面活性剂:阳离子表面活性剂=1:1),再加入质量分数1%的MPD,0.2%的二异丙基乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在130℃烘箱中热处理2min。

#### [0031] 实施例5

配制含质量分数0.5%月桂酸钠、0.5%十二烷基三甲基氯化铵的混合水溶液(阴离

子表面活性剂:阳离子表面活性剂=1:1),再加入质量分数1%的MPD,0.2%的三乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在130℃烘箱中热处理2min。

#### [0032] 实施例6

配制含质量分数1.0%十二烷基硫酸钠、1.0%十二烷基三甲基氯化铵的混合水溶液(阴离子表面活性剂:阳离子表面活性剂=1:1),再加入质量分数1%的MPD,0.2%的三乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在130℃烘箱中热处理2min。

#### [0033] 实施例7

配制含质量分数1.0%苯磺酸钠、1.0%十二烷基二甲基苄基氯化铵混合水溶液(阴离子表面活性剂:阳离子表面活性剂=1:1),再加入质量分数1%的MPD,0.2%的二异丙基乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在130℃烘箱中热处理2min。

#### [0034] 实施例8

配制含质量分数1.5%十二烷基硫酸钠、0.5%十二烷基三甲基氯化铵的混合水溶液(阴离子表面活性剂:阳离子表面活性剂=3:1),再加入质量分数1%的MPD,0.2%的二异丙基乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在120℃烘箱中热处理2min。

#### [0035] 实施例9

配制含质量分数1.5%月桂酸钠、1.5%十二烷基三甲基氯化铵的混合水溶液(阴离子表面活性剂:阳离子表面活性剂=1:1),再加入质量分数1%的MPD,0.2%的二异丙基乙胺,混合均匀。再配制含质量分数0.2%的均苯三甲酰氯(TMC)油相溶液。先在聚砜底膜上涂覆水相溶液,60s后倒掉多余的溶液,阴干,再将油相溶液涂覆在阴干的膜上,30s后,倒掉多余的油相溶液,并在130℃烘箱中热处理2min。

#### [0036] 对比例1

本对比例是在实施例1的基础上,不添加阴阳离子表面活性剂复配体系,制备水相溶液,其他条件与步骤均与实施例1相同,制备了反渗透膜。经过实验测试,所制备的反渗透膜对500PPm氯化钠截留率最高为98.7%,水通量最高为53LMH。

#### [0037] 对比例2

本对比例是在实施例1的基础上,仅在水相中添加质量分数为1%的十二烷基三甲基氯化铵(阳离子表面活性剂)制备水相溶液,其他条件与步骤均与实施例1相同,制备了反渗透膜。经过实验测试,所制备的反渗透膜对500PPm氯化钠截留率最高为98.5%,水通量最高为51LMH。

#### [0038] 对比例3

本对比例是在实施例1的基础上,仅在水相中添加质量分数为1%的十二烷基硫酸

钠(阴离子表面活性剂),MPD的质量分数为1.5%,其他条件与步骤均与实施例1相同,制备了反渗透膜。经过实验测试,所制备的反渗透膜对500PPm氯化钠截留率最高为98.9%,水通量最高为55LMH。

[0039] 对以上各实施例和对比例制备的纳米杂化反渗透膜的膜性能从“氯化钠脱盐率和水通量”两个方面做出性能评价。性能评价时,测试压力=0.75MPa,浓水流量=1.0 GPM,环境温度=25°C,浓水pH值=6.5-7.5,浓水是指500 ppm氯化钠水溶液。

[0040] 各实施例中,脱盐率(截留率)定义为浓水与产水的浓度之差除以浓水浓度;水通量定义为在上述测试过程中单位时间透过单位面积复合分离膜的水体积,单位为L/m<sup>2</sup>·h(LMH)。以上每个数据点由9个试样取平均值得到。

[0041] 测试结果如下:

	对氯化钠的截留率最高值	水通量最高值
实施例1	99.5%	72LMH
实施例2	99.3%	66LMH
实施例3	99.5%	61LMH
实施例4	99.3%	67LMH
实施例5	99.6%	58LMH
实施例6	99.5%	70LMH
实施例7	99.3%	69LMH
实施例8	99.4%	74LMH
实施例9	99.5%	66LMH
对比例1	98.7%	53LMH
对比例2	98.5%	51LMH
对比例3	98.9%	55LMH

通过上述实施例和对比例可证明:本发明的制备方法,确可使纳米杂化反渗透膜在保持高的截留率的同时又保持较高的水通量,提高反渗透膜渗透性能的均一性和稳定性,且方法重现性好。此外,在仅使用阴离子表面活性剂或仅使用阳离子表面活性剂的情况下,即便阴/阳离子表面活性剂的用量仍与同时使用两种离子表面活性剂总量相等的情况下,所制备的反渗透膜的截留率和水通量都明显下降。从上述实验结果可知,在配制水相溶液中,阴阳离子表面活性剂在水中的质量百分浓度为较佳分别为0.5%-2%,更优为1-1.5%;另外,阴阳离子表面活性剂的复配比例(质量比)较佳为1:1-3:1,更优选为3:1,此时获得的水通量最高值最大,最高截留率也接近最大值。

[0042] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。