



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108654383 A

(43)申请公布日 2018. 10. 16

(21)申请号 201710214188.3

(22)申请日 2017.04.01

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 翟建文 罗敏

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 侯颖嫒

(51)Int. Cl.

B01D 61/02(2006.01)

B01D 61/08(2006.01)

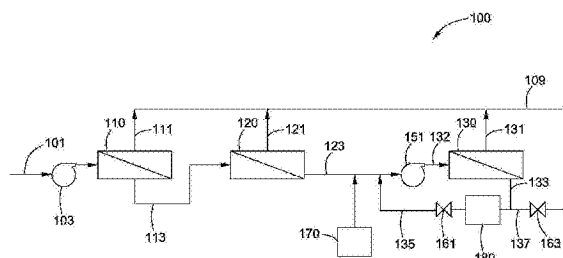
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量的方法和纳滤系统

(57)摘要

本发明公开了一种降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量的方法和相应的纳滤系统。该纳滤系统包括至少三段纳滤膜组件,其中每一段的浓缩液流入下一段,该方法包括:将进液输入其中一段以产生一股浓缩液;回流该一股浓缩液的第一部分至该其中一段;以及控制进液的pH值范围为2-7,温度范围为20-60℃,其中,该进液包括上游浓缩液的至少一部分和该一股浓缩液的第一部分,上游浓缩液是指该其中一段的上一段产出的浓缩液。本发明的方法和系统,能够在纳滤分离过程中大大降低最终浓缩液中单价离子的含量,实现更完全的分离。



1. 一种降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量的方法,所述纳滤系统包括至少三段纳滤膜组件,其中每一段的浓缩液流入下一段,所述方法包括:

将进液输入其中一段以产生一股浓缩液;

回流所述一股浓缩液的第一部分至所述其中一段;以及

控制所述进液的pH值范围为2-7,温度范围为20-60℃,

其中,所述进液包括上游浓缩液的至少一部分和所述一股浓缩液的第一部分,所述上游浓缩液是所述其中一段的上一段所产出的浓缩液。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述其中一段是所述纳滤系统中的最后一段,所述上一段是倒数第二段。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述进液的pH值范围被控制在3-7,温度范围被控制在20-50℃。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述回流操作的回流率大于2。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述回流操作的回流率大于5。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述进液还包括去离子水流。

7. 根据权利要求6所述的方法,还包括:

控制所述去离子水流的流量为所述上游浓缩液的至少一部分的流量的20%-300%。

8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

控制所述其中一段的通量小于 $20\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。

9. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

回流所述上游浓缩液的第一部分至所述上一段。

10. 一种纳滤系统,包括:

至少三段纳滤膜组件,其中每一段的浓缩液流入下一段;

第一循环泵,与其中一段相连接,用于将所述其中一段产生的一股浓缩液的第一部分回流至所述其中一段;

pH值调节单元,用于调节所述其中一段的进液的pH值范围为2-7;以及

温度控制单元,用于控制所述其中一段的进液的温度范围为20-60℃,

其中,所述其中一段的进液包括上游浓缩液的至少一部分和所述一股浓缩液的第一部分,所述上游浓缩液是所述其中一段的上一段所产出的浓缩液。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述其中一段是所述纳滤系统中的最后一段,所述上一段是倒数第二段。

12. 根据权利要求10所述的系统,还包括:

去离子水流供应单元,用于将去离子水流作为所述进液的一部分输入至所述其中一段。

13. 根据权利要求10所述的系统,还包括:

第二循环泵,与所述上一段相连接,用于将所述上游浓缩液的第一部分回流至所述上一段。

## 降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量的方法和纳滤系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及纳滤系统,具体涉及降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量的方法,以及相应的纳滤系统。

### 背景技术

[0002] 纳滤(Nanofiltration,NF)是一种介于反渗透和超滤之间的新型膜分离技术。纳滤膜的截留相对分子质量在200-2000之间,膜孔径约为1-2nm左右,适用于分离大小约为1nm的溶解组分,故称为“纳滤”或“纳米过滤”。纳滤膜能有效地截留二价及高价离子和相对分子质量大于200的有机物,而使大部分单价无机盐透过。

[0003] 纳滤膜典型地以膜元件的形式使用,例如卷式膜元件、中空纤维膜元件以及管状膜元件,膜元件是纳滤系统中能实现分离过程的最小单元。一般地,将1到8个膜元件串联地安装在压力容器(或称为壳体)中构成一个膜组件,每一个压力容器带有进液口、浓缩液出口和渗透液出口,一个膜组件或多个膜组件并联地连接在一起形成一段或一级。通常根据需要,纳滤系统分为多段纳滤系统和多级纳滤系统。其中,多段纳滤系统是指每一段产生的浓缩液作为下一段的进液,通常称为“浓水分段”,最后一段产生的浓缩液作为系统最终浓缩液,每一段产生的透过液汇集起来作为系统最终透过液,该系统可达到较高的回收率,其中回收率是指进液转化为渗透液的百分率。而多级纳滤系统是指每一级产生的渗透液作为下一级的进液,通常称为“产水分级”,最后一级产生的渗透液作为系统最终渗透液,每一级产生的浓缩液汇集起来作为系统最终浓缩液,目的是尽可能降低最终渗透液中的待截留物质,提高渗透液质量。

[0004] 纳滤系统经常用于盐水的分盐处理过程,所述分盐处理是指将盐水中的有机物、二价及高价离子与单价离子分开,其中有机物、二价及高价离子被截留在系统最终浓缩液中,大部分单价离子聚集在系统最终渗透液中。然而,纳滤系统处理盐水经常存在分离不完全的问题,具体是,系统最终浓缩液中的单价离子含量仍然较高。

[0005] 目前,渗滤操作被用于降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量,即将去离子水输入一段或一级膜组件的进液口,用于稀释该膜组件的进液,例如美国专利申请US20140299546A1中所揭示的方法。但为了降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量,降低纳滤系统对单价离子的截留率,仍然需要更有效的方法和纳滤系统设计。

### 发明内容

[0006] 一方面,本发明涉及一种降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量的方法,该纳滤系统包括至少三段纳滤膜组件,其中每一段的浓缩液流入下一段,该方法包括:将进液输入其中一段以产生一股浓缩液;回流所述一股浓缩液的第一部分至所述其中一段;以及控制所述进水流的pH值范围为2-7,温度范围为20-60℃,其中,所述进液包括上游浓缩液的至少一部分和所述一股浓缩液的第一部分,所述上游浓缩液是所述其中一段的上一段所产

出的浓缩液。

[0007] 另一方面,本发明涉及一种纳滤系统,包括:至少三段纳滤膜组件,其中每一段的浓缩液流入下一段;第一循环泵,与其中一段相连接,用于将所述其中一段产生的一股浓缩液的第一部分回流至所述其中一段;pH值调节单元,用于调节所述其中一段的进液的pH值范围为2-7;以及温度控制单元,用于控制所述其中一段的进液的温度范围为20-60℃,其中,所述进液包括上游浓缩液的至少一部分和所述一股浓缩液的第一部分,所述上游浓缩液是所述其中一段的上一段所产出的浓缩液。

[0008] 本发明能够提高纳滤系统的分离效率,进一步降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子的含量,实现更完全的分离。

## 附图说明

[0009] 当参照附图阅读以下详细描述时,本发明的这些和其它特征、方面及优点将变得更好理解,在附图中,相同的元件标号在全部附图中用于表示相同的部件,其中:

[0010] 图1为依据本发明第一实施例的纳滤系统100的示意图;

[0011] 图2为依据本发明第二实施例的纳滤系统200的示意图;

[0012] 图3为依据本发明第三实施例的纳滤系统300的示意图。

## 具体实施方式

[0013] 以下将对本发明的具体实施方式进行详细描述。除非另作定义,在本文中使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属技术领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本文中使用的“第一”或者“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的部分或元件。本文中使用的“一个”或者“一”等类似词语并不表示数量限制,而是表示存在至少一个。“或”、“或者”并不意味着排他,而是指存在提及项目(例如成分)中的至少一个,并且包括提及项目的组合可以存在的情况。“包括”、“包含”、“具有”、或“含有”以及类似的词语是指除了列于其后的项目及其等同物外,其他的项目也可在范围内。

[0014] 本文中所使用的近似性的语言可用于定量表述,表明在不改变基本功能的情况下可允许数量有一定的变动。因此,用“大约”、“约”、“左右”等语言所修正的数值不限于该准确数值本身。此外,在“大约第一数值到第二数值”的表述中,“大约”同时修正第一数值和第二数值两个数值。在某些情况下,近似性语言可能与测量仪器的精度有关。本文中所提及的数值包括从低到高一个单元一个单元增加的所有数值,此处假设任何较低值与较高值之间间隔至少两个单元。

[0015] 本文中列举的所有的从最低值到最高值之间的数值,是指当最低值和最高值之间相差两个单位以上时,最低值与最高值之间以一个单位为增量得到的所有数值。比如,像温度、气压、时间等类似的组件的数量和过程的数值等,当我们说1到90时,指代的是例如15到85、22到68、43到51、30到32等类似的枚举数值。当数值小于1时,一个单位可以是0.0001、0.001、0.01或0.1。这里只是作为特殊举例来说明。在本文中列举出的数字是指用类似的方法得到的在最大值和最小值之间的所有可能的数值组合。

[0016] 本发明的实施例涉及降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量的方法和纳滤

系统。本发明的实施例可以用于,但不限于,处理盐水,将盐水中的二价和高价离子与单价离子分离开来,其中,大部分二价和高价离子被截留在纳滤系统最终浓缩液中,大部分单价离子聚集在纳滤系统的最终渗透液中。在某些实施例中,当盐水含有有机物时,相对分子质量大于200的有机物也被截留在纳滤系统最终浓缩液中。在本文中,“盐水”指含有溶解盐类(无机盐和有机盐均包括在内)的水溶液,例如含有氯化钠(NaCl)和硫酸钠(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)。该盐水可以是来自工业过程如煤化工过程的废水流,也可以是水处理过程中产生的反渗透浓水,地下盐水,或海水淡化过程产生的废盐水。

[0017] 在通常纳滤系统处理盐水的过程中,纳滤系统的最终浓缩液中仍然存在大量单价离子,为了降低纳滤系统的最终浓缩液中的单价离子含量,实现更完全的分离,本发明的实施例提出一种解决方法,以及相应的纳滤系统。

[0018] 一方面,本发明的实施例涉及纳滤系统,该纳滤系统包括:至少三段纳滤膜组件,其中每一段的浓缩液流入下一段;第一循环泵,与其中一段相连接,用于将所述其中一段产生的一股浓缩液的第一部分回流至所述其中一段;pH值调节单元,用于调节所述其中一段的进液的pH值范围为2-7,优选地,将pH值调节至3-7;以及温度控制单元,用于控制所述其中一段的进液的温度范围为20-60℃,优选地,将温度控制在20-50℃,该温度控制单元一般为热交换器,其中,该其中一段的进液包括上游浓缩液的至少一部分和所述一股浓缩液的第一部分,上游浓缩液是该其中一段的上一段所产出的浓缩液。

[0019] 优选地,所述其中一段是所述纳滤系统中的最后一段,所述上一段是倒数第二段。

[0020] 在某些实施方式中,该纳滤系统还包括去离子水流供应单元,用于将去离子水流输入至所述其中一段。在这种情况下,该其中一段的进液还包括该去离子水流,去离子水流的作用是用于稀释进液。

[0021] 在某些实施方式中,上游浓缩液全部被输入至所述其中一段。而在另一些实施方式中,该纳滤系统还包括第二循环泵,与所述上一段相连接,用于将所述上游浓缩液的第一部分回流至所述上一段,在这种情况下,上游浓缩液被分为两部分,第一部分回流至该上一段,第二部分被输入至所述其中一段。

[0022] 图1显示了第一实施例纳滤系统100的示意图,用于处理进液101。如图1所示,纳滤系统100包括三段纳滤膜组件110、120、130,循环泵151,pH值调节单元170,和热交换器180。

[0023] 第一段110接收进液101,优选地,通过增压泵103将进液101增压后输入至第一段110,第一段110对进液101进行处理得到第一渗透液111和第一浓缩液113;第二段120接收第一浓缩液113并对其进行处理得到第二渗透液121和第二浓缩液123。

[0024] 第三段130接收进液132并对其进行处理得到第三渗透液131和第三浓缩液133。循环泵151用于将第三浓缩液133的第一部分135回流至第三段130,这样,第三段130的进液132包括第二浓缩液123和第三浓缩液133的第一部分135。优选地,纳滤系统100还包括阀门161,用于控制第三浓缩液133的第一部分135的流量,从而调节第三段130的回流率。第三浓缩液133的第二部分137作为系统100的最终浓缩液排放,优选地,纳滤系统100还包括阀门163,用于控制第三浓缩液133的第二部分137流量。第一渗透液111、第二渗透液121和第三渗透液131汇集在一起作为系统100的最终渗透液109排出。

[0025] pH值调节单元170用于向第二浓缩液123中注入酸溶液,从而调节第三段130的进液132为酸性,具体地调节进液132的pH值范围在2-7之间,优选地,pH值范围控制在3-7之

间。

[0026] 热交换器180与第三浓缩液133的第一部分135所流经的管道连接,用于对其中的水流进行加热,从而控制第三段130的进液132温度范围在20-60℃之间,优选地,温度范围控制在20-50℃之间。

[0027] 图2显示了第二实施例纳滤系统200的示意图,用于处理进液201。如图2所示,与图1的纳滤系统100类似,纳滤系统200包括三段纳滤膜组件210、220、230,循环泵251,pH值调节单元270,和热交换器280。与纳滤系统100不同的是,纳滤系统200还包括去离子水流供应单元290。

[0028] 第一段210接收进液201,优选地,通过增压泵203将进液201增压后输入至第一段210,第一段210对进液201进行处理得到第一渗透液211和第一浓缩液213;第二段220接收第一浓缩液213并对其进行处理得到第二渗透液221和第二浓缩液223。

[0029] 第三段230接收进液232并对其进行处理得到第三渗透液231和第三浓缩液233。循环泵251用于将第三浓缩液233的第一部分235回流至第三段230,优选地,纳滤系统200还包括阀门261,用于控制第三浓缩液233的第一部分235的流量,从而调节第三段230的回流率。第三浓缩液233的第二部分237作为系统200的最终浓缩液排放,优选地,纳滤系统200还包括阀门263,用于控制第三浓缩液233的第二部分237的流量。第一渗透液211、第二渗透液221和第三渗透液231汇集在一起作为纳滤系统200的最终渗透液209排出。

[0030] 去离子水流供应单元290用于将一股去离子水流291输入至第二浓缩液223所流经的管道,对第二浓缩液223进行稀释,这样,第三段230的进液232包括第二浓缩液223,去离子水流291,以及第三浓缩液233的第一部分235。优选地,纳滤系统200还包括增压泵205,用于将第二浓缩液223和去离子水流291增压后输入至第三段230。

[0031] pH值调节单元270用于向第二浓缩液223中注入酸溶液,从而调节第三段230的进液232为酸性,具体地调节进液232的pH值范围在2-7之间,优选地,pH值范围控制在3-7之间。

[0032] 热交换器280与第三浓缩液233的第一部分235所流经的管道连接,用于对其中的水流进行加热,从而控制第三段230的进液232的温度范围在20-60℃之间,优选地,温度范围控制在20-50℃之间。

[0033] 图3显示了第三实施例纳滤系统300的示意图,用于处理进液301。如图3所示,与图1的纳滤系统100和图2的纳滤系统200各包括三段纳滤膜组件不同的是,纳滤系统300包括四段纳滤膜组件310、320、330、340,另外,纳滤系统300还包括:循环泵351、353,pH值调节单元370,热交换器380,以及去离子水流供应单元390。

[0034] 第一段310接收进液301,优选地,通过增压泵303将进液301增压后输入至第一段310,第一段310对进液301进行处理得到第一渗透液311和第一浓缩液313;第二段320接收第一浓缩液313并对其进行处理得到第二渗透液321和第二浓缩液323;第二浓缩液323被输入至第三段330,优选地,通过增压泵307将第二浓缩液323增压后输入至第三段330。

[0035] 第三段330接收进液332并对其进行处理得到第三渗透液331和第三浓缩液333。循环泵353用于将第三浓缩液333的第一部分335回流至第三段330,这样,进液332不仅包括第二浓缩液323,还包括第三浓缩液333的第一部分335。优选地,纳滤系统300还包括阀门365,用于控制第三浓缩液333的第一部分335的流量,从而调节第三段330回流率;第三浓缩液

333的第二部分337被输入至第四段340。

[0036] 去离子水流供应单元390用于将一股去离子水流391输入至第三浓缩液333的第二部分337所流经的管道,对其进行稀释。

[0037] 第四段即最后一段340接收进液342并对其进行处理得到第四渗透液341和第四浓缩液343。循环泵351用于将第四浓缩液343的第一部分345回流至第四段340,这样,进液342包括第三浓缩液333的第二部分337,去离子水流391,以及第四浓缩液343的第一部分345。优选地,系统300还包括阀门361,用于控制第四浓缩液343的第一部分345的流量,从而调节第四段340的回流率。第四浓缩液343的第二部分347作为系统300的最终浓缩液排放,优选地,系统300还包括阀门363,用于控制第四浓缩液343的第二部分347的流量。第一渗透液311、第二渗透液321、第三渗透液331和第四渗透液341汇集在一起作为系统300的最终渗透液309排出。

[0038] pH值调节单元370用于向第三浓缩液333的第二部分337中注入酸溶液,调节第四段340的进液342为酸性,具体地调节进液342的pH值范围在2-7,优选地,pH范围在3-7之间。

[0039] 热交换器380与第四浓缩液343的第一部分345所流经的管道连接,用于对其中的水流进行加热,从而控制第四段340的进液温度范围在20-60℃,优选地,温度范围控制在20-50℃之间。

[0040] 另一方面,本发明的实施例还涉及降低纳滤系统的最终浓缩液中单价离子含量的方法,该纳滤系统包括至少三段纳滤膜组件,其中每一段的浓缩液流入下一段,该方法包括:将进液输入其中一段以产生一股浓缩液;回流所述一股浓缩液的第一部分至所述其中一段;以及控制所述进液的pH值范围为2-7,优选地,pH值范围控制在3-7,并且控制所述进液的温度范围为20-60℃,优选地,温度范围控制在20-50℃,其中,该进液包括上游浓缩液的至少一部分和所述一股浓缩液的第一部分,该上游浓缩液是所述其中一段的上一段所产出的浓缩液。优选地,该其中一段是所述纳滤系统中的最后一段,该上一段是倒数第二段。

[0041] 在某些实施方式中,需要控制回流操作的回流率大于2,优选地,大于5。在本文中,回流率是指某一段纳滤膜组件的进液中,来自本段回流的水流流量与来自上游的水流流量的比值。以图1中所示的纳滤系统100为例,第三段130的回流率是第三浓缩液133的第一部分135的流量与第二浓缩液123的流量的比值。

[0042] 在某些实施方式中,进液还包括去离子水流,在操作上体现为,输入一股去离子水流作为进液的一部分至所述其中一段中,起到稀释作用。具体地,可以将该去离子水流输入至上游浓缩液需要输入至该其中一段的那一部分中与之汇合,也可以将该去离子水流输入至回流的所述一股浓缩液的第一部分中与之汇合,或者,直接将该去离子水流输入至所述其中一段的进口。在某些实施方式中,控制该去离子水流的流量为上游浓缩液需要输入至该其中一段的那一部分的流量的20%-300%,优选地,为40%-150%。流量通常以液体的流率来表示,例如每小时的立方米数,单位为 $\text{m}^3/\text{h}$ 。以图2中所示的纳滤系统200为例,去离子水流供应装置290将一股去离子水流291输入至第二浓缩液223所流经的管道中,将第二浓缩液223稀释后输入至第三段230中,第三段230的回流率是第三浓缩液233的第一部分235的流量与第二浓缩液223和去离子水流291总流量的比值。

[0043] 在某些实施方式中,需要控制包含回流操作的段的通量小于 $20\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ,优选地,通量小于 $15\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。所述包含回流操作的段,例如图1纳滤系统100中的第三段,图2纳滤系

统200中的第三段,图3中纳滤系统300的第三段和第四段。其中,通量是指单位膜面积渗透液的流率,通常以每小时每平方米升来计量。

[0044] 在某些实施方式中,本发明的方法还包括:回流所述上游浓缩液的第一部分至所述上一段,即在上一段中也进行回流操作。具体的方法可参照上文中对图3所示的纳滤系统300的描述,在纳滤系统300中,在第四段即最后一段340进行了回流操作,在第三段即倒数第二段330也进行了回流操作。

[0045] 在本发明的方法和纳滤系统中,通过合理配置纳滤系统中各段的进液浓度、pH值范围和温度范围,以及各段的通量、循环量,降低了纳滤系统对于单价离子的截留,降低了最终浓缩液中单价离子的浓度,提高了纳滤系统对单价离子与二价、高价离子和其它有机物的分离效果。

[0046] 示例1

[0047] 示例1中采用如图1中所示的纳滤系统100处理含有氯化钠和硫酸钠的盐水。该盐水中氯化钠和硫酸钠的浓度分别是10g/L和18g/L,将该盐水以100m<sup>3</sup>/h的流量通入纳滤系统100中,具体操作参数如表1中所示。

[0048] 表1.

[0049]

		流量 (m <sup>3</sup> /h)	回流量 (m <sup>3</sup> /h)	去离子 水流量 (m <sup>3</sup> /h)	通量 (L/m <sup>2</sup> ·h)	pH	温度 (°C)	NaCl (g/L)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/L)	SO <sub>4</sub> /Cl
第一段	进液	100	0	0	/	7	25	10	18	0.74
	渗透液	52.8			22	/	/	11	0.3	/
	浓缩液	47.2			/	/	/	8.9	38	/
第二段	进液	47.2	0	0	/	7	25	8.9	38	1.7
	渗透液	21			19	/	/	11	0.5	/
	浓缩液	26.2			/	/	/	7.2	68.1	3.9
第三段	进液	61.2	35	0	/	5.5	35	4.8	124	10.6
	渗透液	16.2			13	/	/	9.1	1.5	/
	浓缩液	45			/	/	/	4.0	175.9	18
最终浓缩液		10	/	/	/	/	/	4.0	175.9	18

[0050] 从表1可以得出,进液中氯化钠的含量为10g/L,而最终浓缩液中氯化钠的含量为4g/L,最终浓缩液中的氯化钠含量较低。

[0051] 示例2

[0052] 示例2中采用如图2中所示的纳滤系统200处理含有氯化钠和硫酸钠的盐水。该盐水中氯化钠和硫酸钠的浓度分别是10g/L和10g/L,将该盐水以100m<sup>3</sup>/h的流量通入纳滤系统200中,具体操作参数如表2中所示。

[0053] 表2.



[0054]

		流量 (m <sup>3</sup> /h)	回流量 (m <sup>3</sup> /h)	去离子 水流量 (m <sup>3</sup> /h)	通量 (L/m <sup>2</sup> ·h)	pH	温度 (°C)	NaCl (g/L)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/L)	SO <sub>4</sub> /Cl
第一段	进液	100	0	0	/	7	25	10	10	0.41
	渗透液	52.8			22	/	/	10	0.1	/
	浓缩液	47.2			/	/	/	10	21	/
第二段	进液	47.2	0	0	/	7	25	10	21	0.86
	渗透液	21			19	/	/	11.5	0.3	/
	浓缩液	26.2			/	/	/	8.8	37.6	1.7
第三段	进液	71.2	35	10	/	4.5	35	6.6	60	3.7
	渗透液	28.2			11	/	/	7.0	1.5	/
	浓缩液	43			/	/	/	4.0	117.8	12
最终浓缩液		8	/	/	/	/	/	4.0	117.8	12

[0055] 从表2可以得出,进液中氯化钠的含量为10g/L,而最终浓缩液中氯化钠的含量为4g/L,最终浓缩液中的氯化钠含量较低。

[0056] 示例3

[0057] 示例3中采用如图3中所示的纳滤系统300处理含有氯化钠和硫酸钠的盐水。该盐水中氯化钠和硫酸钠的浓度分别是10g/L和10g/L,将该盐水以100m<sup>3</sup>/h的流量通入纳滤系统300中,具体操作参数如表3中所示。

[0058] 表3.

[0059]

		流量 (m <sup>3</sup> /h)	回流量 (m <sup>3</sup> /h)	去离子 水流量 (m <sup>3</sup> /h)	通量 (L/m <sup>2</sup> ·h)	pH	温度 (°C)	NaCl (g/L)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/L)	SO <sub>4</sub> /Cl
第一段	进液	100	0	0	/	7	25	10	10	0.41
	渗透液	52.8			22	/	/	10	0.1	/
	浓缩液	47.2			/	/	/	10	21	/
第二段	进液	47.2	0	0	/	7	25	10	21	0.86
	渗透液	21			19	/	/	11.5	0.3	/
	浓缩液	26.2			/	/	/	8.8	37.6	1.7
第三段	进液	61.2	35	0	/	7	25	6.6	60	3.7
	渗透液	18.2			13	/	/	10.5	1.5	/
	浓缩液	43			/	/	/	5.0	119.7	9.8
第四段	进液	48	32	8	/	4.5	35	1.6	60	15
	渗透液	8			10	/	/	3.7	1.5	/
	浓缩液	40			/	/	/	1.3	118.2	37.1
最终浓缩液		8	/	/	/	/	/	1.3	118.2	37.1

[0060] 从表2可以看出,进液中氯化钠的含量为10g/L,而最终浓缩液中氯化钠的含量为1.3g/L,最终浓缩液中的氯化钠含量较低。

[0061] 本说明书用具体实施例来描述发明,包括最佳模式,并且可以帮助任何熟悉本发明工艺的人进行实验操作。这些操作包括使用任何装置和系统并且使用任何具体化的方法。本发明的专利范围由权利要求书来定义,并可能包括其它发生在本技术领域的例子。如果所述其它例子在结构上与权利要求书的书面语言没有不同,或者它们有着与权利要求书描述的相当的结构,都被认为是在本发明的权利要求的范围中。

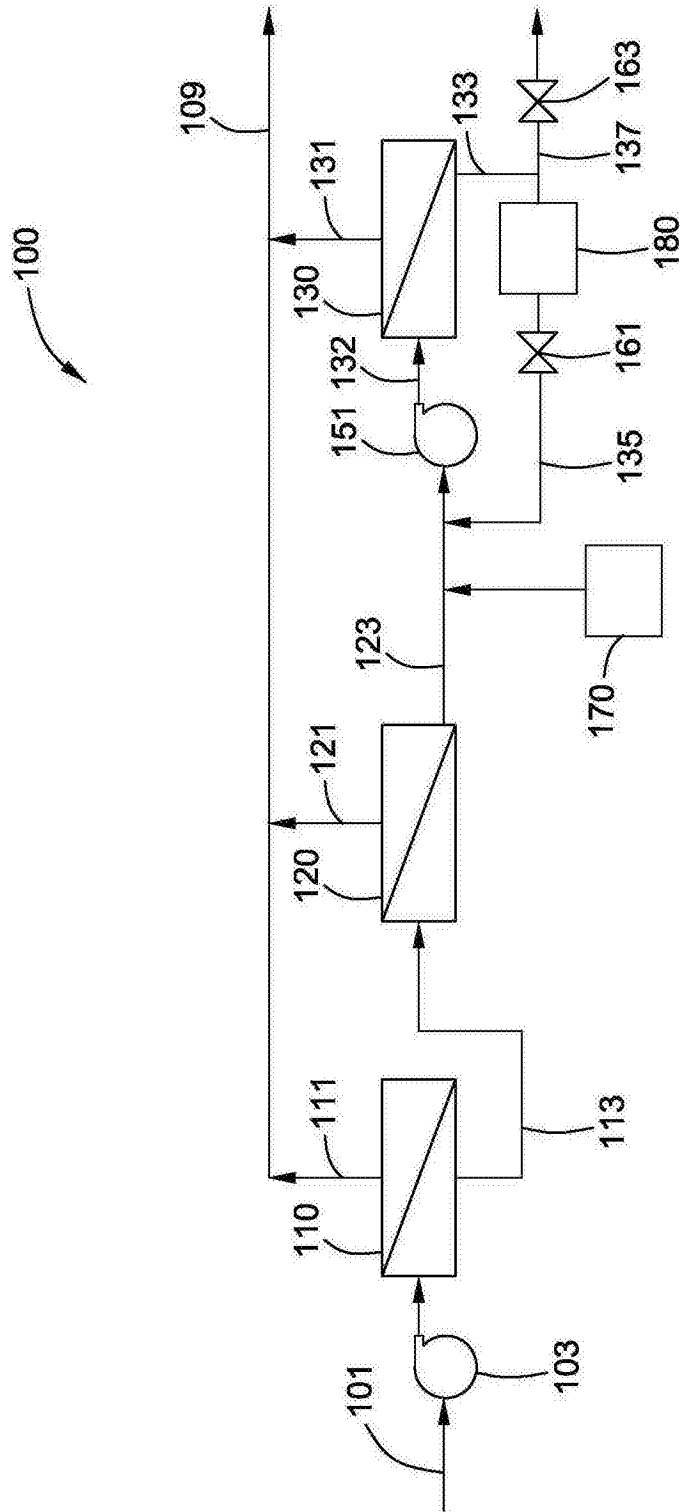


图1

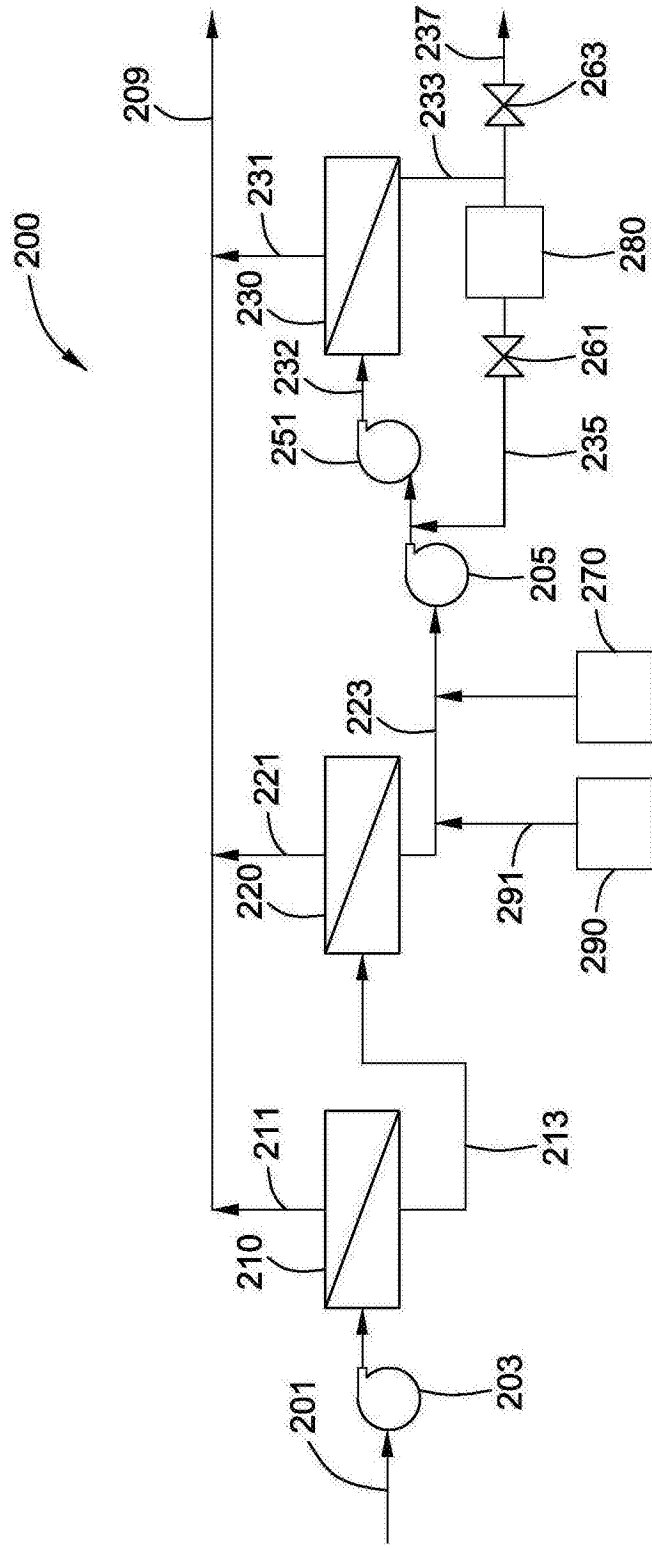


图2

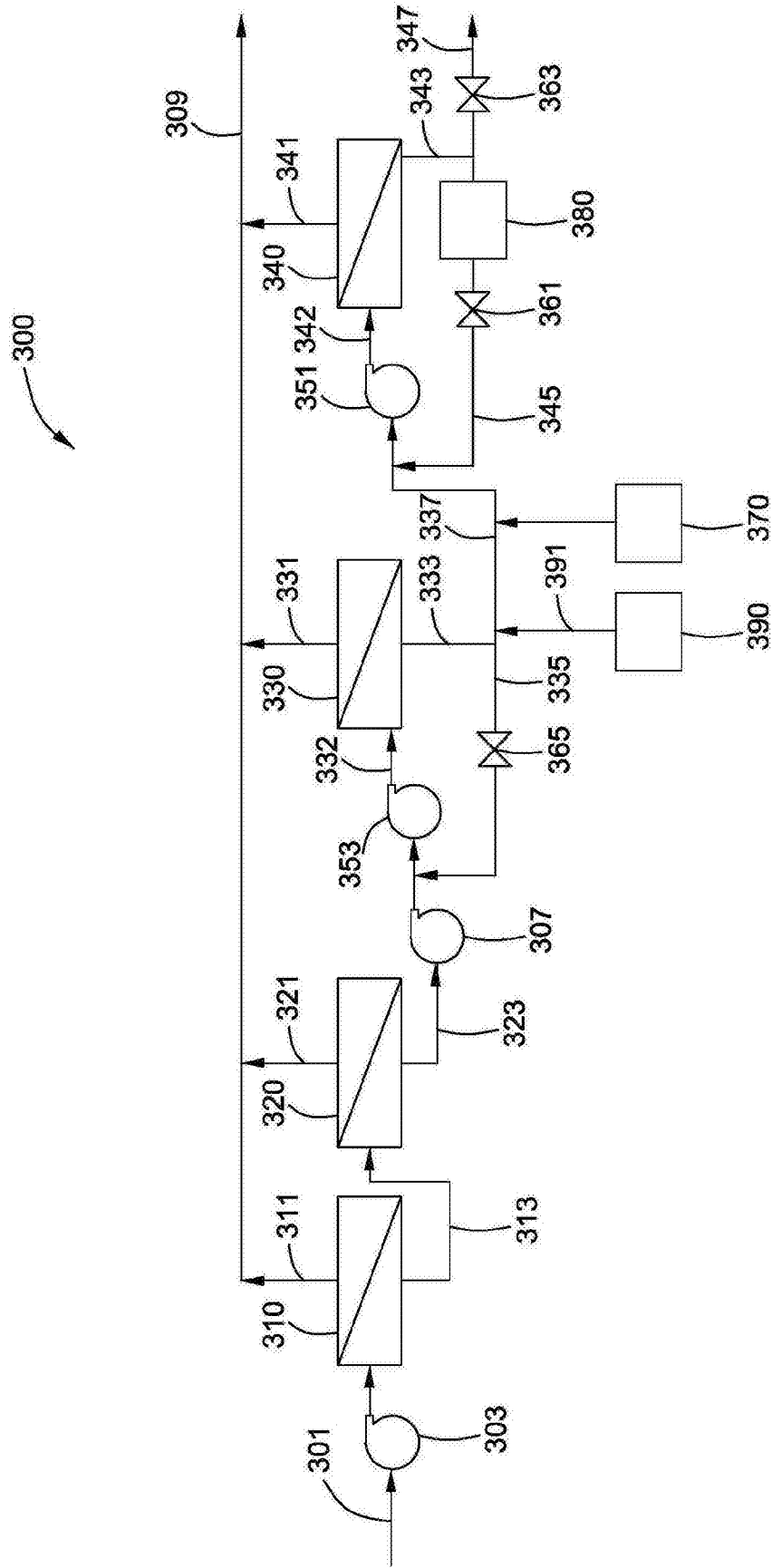


图3