



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104258736 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201410591284. 6

(22) 申请日 2014. 10. 29

(73) 专利权人 山东九章膜技术有限公司

地址 257500 山东省东营市垦利经济开发区  
胜兴路 56 号

(72) 发明人 李泽东 魏忠武 许家昌 殷苗苗

(74) 专利代理机构 东营双桥专利代理有限责任  
公司 37107

代理人 侯玉山

(51) Int. Cl.

B01D 65/10(2006. 01)

审查员 顾全

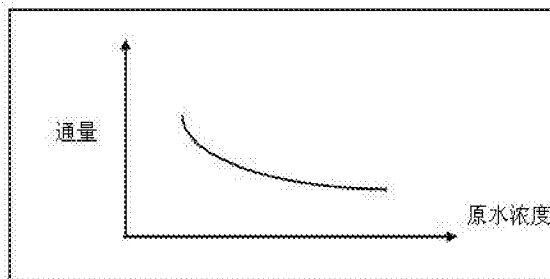
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种反渗透单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算方法

(57) 摘要

本发明公开了一种反渗透单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算方法,在膜片测试与组件测试条件不同的情况下,将膜片测试的压力跟进水盐浓度转换成与组件测试等同的压力跟浓度下所得到的单位面积膜片产水量,就可得出实际膜元件产水量,与现有技术相比,本发明的优点是:当某个型号的反渗透膜元件其单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算公式一旦确定,对后续通过膜片单位面积产水量了解将要卷制的膜元件产水量范围值提供有效帮助,提高膜片利用效率,根据单位面积膜片产水量的不同,可快速判断此类型膜片可卷制成何种通量要求的膜元件。



1. 一种反渗透单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1)、首先,明确膜元件产水量的运行条件:运行压力为 $P_1$ ,进水盐浓度为 $\mu_1$ ;其次明确单位面积膜片产水量的标准测试条件:标准检测压力为 $P_2$ ,进水盐浓度为 $\mu_2$ ;设 $P_3$ 、 $\mu_3$ 分别为与膜元件产水量的运行条件同等检测条件下的压力、进水盐浓度,即 $P_1=P_3$ , $\mu_1=\mu_3$ , $Y_3$ 为该条件下测试所得到的单位面积膜片产水量,忽略其他因素影响,在进水盐浓度一定的情况下,若只考虑压力对单位面积膜片产水量 $Y$ 的影响,压力 $P$ 与单位膜片产水量 $Y$ 成正比关系,则 $Y_2$ 通过压力关系换算成 $P_3$ 、 $\mu_3$ 条件下的单位面积膜片产水量 $Y_4$ 可通过公式(b)来确定:

$$Y_4=P_3/P_2*Y_2 \quad (b)$$

其中: $Y_4$ 为 $Y_2$ 仅通过压力关系换算成 $P_3$ 、 $\mu_3$ 条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd,

$Y_3$ 为 $P_3$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd,

$Y_2$ 为 $P_2$ 、 $\mu_2$ 标准测试条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd,

$P_2$ 为单位面积膜片产水量的标准测试压力,单位 MPa,

$P_3$ 为与膜元件同等检测条件下的压力,单位 MPa,

$\mu_3$ 为与膜元件同等运行条件下的进水盐浓度,单位  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,

(2)、若忽略其他因素影响,仅考虑进水盐浓度 $\mu$ 对单位面积膜片产水量 $Y$ 的影响,通过膜片检测装置,进行测试,膜片产水量数值均为同一膜片在不同条件测试下所得:

$P_2$ 、 $\mu_2$ 标准测试条件下的单位面积膜片产水量为 $Y_2$ ,

$P_2$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量为 $Y_6$ ,

$P_3$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量为 $Y_7$ ,

$P_3$ 、 $\mu_2$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量为 $Y_8$ ,

当膜片测试压力恒定在 $P_2$ 时,进水盐浓度由 $\mu_2$ 降到 $\mu_3$ 时,则膜片产水量变化值 $\Delta T=Y_6-Y_2$ ,

当膜片测试压力恒定在 $P_3$ 时,进水盐浓度由 $\mu_2$ 降到 $\mu_3$ 时,则膜片产水量变化值 $\Delta N=Y_8-Y_7$ ,

综上所述,仅考虑浓度对单位面积产水量的影响,当膜片测试条件由 $P_2$ 、 $\mu_2$ 转化成 $P_3$ 、 $\mu_3$ 时,其单位面积膜片产水量变化值 $\Delta Y$ 可通过以下公式来确定:

$$\begin{aligned} \Delta Y &= (\Delta T + \Delta N) / 2 \\ &= (Y_6 - Y_2 + Y_8 - Y_7) / 2 \end{aligned}$$

(3)、因膜片及膜元件的最终形态不一致,膜片为平面结构,膜元件为螺旋卷式结构,则导致二者的膜片透过水方式不同,膜片测试的水透过方式为垂直透过,膜元件测试的水透过方式为螺旋错流透过,那么由于两种进水方式不同而产生的单位面积膜片产水量差值 $\Delta Z$ 可通过(d)来确定,

$$\Delta Z = X_1/S_2 - Y_3 \quad (d)$$

其中: $X_1$ 为 $P_1$ 、 $\mu_1$ 测试条件下的膜元件产水量,单位为 gpd,

$Y_3$ 为 $P_3$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd

$S_2$ 为膜元件的实际有效膜面积,单位为  $\text{ft}^2$ ,

(4)、综上所述,当膜元件产水量与单位面积膜片产水量测试标准不同时,在  $P_2, \mu_2$  标准测试条件下的所得到的单位面积产水量  $Y_2$  和与膜元件等同条件下的单位面积膜片实际产水量  $Y_5$  之间的定量关系如步骤(1)(2)(3)所叙述,那么与膜元件等同条件下的单位面积膜片实际产水量  $Y_5$  可通过(e)来确定:

$$\begin{aligned} Y_5 &= Y_4 + \Delta Y + \Delta Z \\ &= P_3/P_2 * Y_2 + (\Delta T + \Delta N) / 2 + \Delta Z \\ &= P_3/P_2 * Y_2 + (Y_6 - Y_2 + Y_8 - Y_7) / 2 + X_1/S_2 - Y_3 \quad (e) \end{aligned}$$

其中:

$Y_2$  为  $P_2, \mu_2$  标准测试条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd,

$Y_6$  为  $P_2, \mu_3$  测试条件下的单位面积膜片实际产水量,单位为 gfd,

$Y_7$  为  $P_3, \mu_3$  测试条件下的单位面积膜片实际产水量,单位为 gfd,

$Y_8$  为  $P_3, \mu_2$  测试条件下的单位面积膜片实际产水量,单位为 gfd,

$X_1$  为  $P_1, \mu_1$  测试条件下的膜元件产水量,单位为 gpd,

$P_2$  为单位面积膜片产水量的标准测试压力,单位 MPa,

$P_3$  为与膜元件等同检测条件下的压力,单位 MPa;

最后,膜元件产水量  $X$  就可以通过(f)来确定:

$$\begin{aligned} X &= Y_5 * S_2 \\ &= [P_3/P_2 * Y_2 + (Y_6 - Y_2 + Y_8 - Y_7) / 2 + X_1/S_2 - Y_3] * S_2 \quad (f) \end{aligned}$$

其中: $X$  为膜元件产水量,单位为 gpd

$S_2$  为膜元件的实际有效膜面积,单位为  $ft^2$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的反渗透单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算方法,其特征在于,

所述步骤(2)中为保证膜片测试数据的准确性,可选取不同膜片测试,  $\Delta T, \Delta N$  取平均值,即  $\Delta Y$  可进一步通过以下公式(c)来确定:

$$\Delta Y = (\sum \Delta T + \sum \Delta N) / 2 \quad (c)$$

所述步骤(3)中为使  $\Delta Z$  更加准确,可选取多组膜片在  $P_3, \mu_3$  测试条件下测试单位面积膜片产水量  $Y_3$ ,再用与之对应的膜片卷至相应膜元件,在标准条件下测试膜元件产水量  $X_1$ ,通过公式(d)计算  $\Delta Z$ ,取其平均数,得出:  $\sum \Delta Z$ ;

所述步骤(4)中膜元件产水量  $X$  就可以进一步通过以下公式(g)来确定:

$$\begin{aligned} X &= Y_5 * S_2 \\ &= [P_3/P_2 * Y_2 + (\sum \Delta T + \sum \Delta N) / 2 + \sum \Delta Z] * S_2 \quad (g) \end{aligned}$$

其中:  $\sum \Delta T$  为膜片测试压力恒定在  $P_2$  时,进水盐浓度由  $\mu_2$  降到  $\mu_3$  时的膜片产水量变化值的平均数,单位为 gfd,

$\sum \Delta N$  为膜片测试压力恒定在  $P_3$  时,进水盐浓度由  $\mu_2$  降到  $\mu_3$  时的膜片产水量变化值的平均数,单位为 gfd,

$\sum \Delta Z$  为两种进水方式不同而产生的单位面积膜片产水量变化值的平均数,单位为 gfd。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的反渗透单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算方法,其特征在于:所述计算方法中涉及各个测试条件中的温度均选择为 25℃,其他温度下可用温度系数进行校正。

## 一种反渗透单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于反渗透设计基础及应用技术领域,具体涉及一种反渗透膜片单位面积产水量与膜元件产水量换算关系的计算方法。

### 背景技术

[0002] 作为水处理的核心元件,反渗透膜是实现水处理领域深度过滤的关键,它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,一般都是采用的高分子材料制成的。例如醋酸纤维素膜以及芳香族聚酰胺膜和芳香族聚酰胺膜等。其表面的微孔的直径一般是在 0.5 ~ 10nm 之间,透过性的大小是与膜的本身的化学的结构有一定的关系的。随着我国的膜分离技术的不断的应用,反渗透技术以成为我国的的应用的最成功的发展最快的技术之一,我国的反渗透膜的工业的应用的最大的领域依然是为大型的锅炉补给水以及各种的工业纯水,饮用水的市场的规模次之。环保以及电子和医疗,食品饮料以及化工行业的应用也在逐渐的形成一定的规模。

[0003] 目前,反渗透膜元件一般是由以下不同功能的材料组成:进水流道布、产水流道布、反渗透膜片、集水管、Y型圈等;通过对反渗透膜片进行测试,选择合适的膜片性能来卷制反渗透膜元件,产水流道布与集水管连接,并用胶水沿垂直于集水管的两边及平行于集水管的底边与反渗透膜片背面密封,起到透过液的收集导流作用,进水流道布与反渗透膜片正面接触,起到进水导流作用,最后将涂胶密封后的膜元件卷制成型,烘干后装配密封圈使用。

[0004] 不同型号反渗透膜元件,其性能表征的标准测试条件,通常是根据不同进水盐浓度选择膜元件的合适运行压力,达到膜元件标称性能,衡量反渗透膜元件的主要两个指标为脱盐率及产水量,本发明主要讨论膜片及膜元件产水量的影响因素、对应关系等。影响膜元件性能中产水量的因素有很多:温度、产水流道布材质及结构、集水管内集水孔的数量及排布、有效膜面积、膜片单位面积产水量等等,前几方面的影响因素更依赖于卷制过程中工艺设计、原料的选择等,而膜片单位面积产水量则成为影响膜元件产水量的决定性因素,就目前而言,在膜元件和膜片在不同测试条件下所得到的膜片单位面积产水量,与膜元件产水量之间对应关系尚未被确定。

### 发明内容

[0005] 为了更好的控制膜元件的性能,必须确切的知道单位面积膜片产水量与卷制成膜元件后产水量对应关系,本发明提供一种反渗透单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算方法,通过该计算方法可直接通过单位面积膜片产水量 Y 直接得到其相应的膜元件产水量 X:

[0006] 1) 膜片测试与组件测试为同样压力、进水盐浓度下:膜元件产水量与单位膜片产水量的对应关系为:理论膜元件产水量 X= 理论膜片产水量 Y\* 理论有效膜面积 S。

[0007] 2)但在很多实际情况中,膜片测试与组件测试是在不同压力、不同进水盐浓度的情况下进行,此种情况我们可通过本发明提供的算法将膜片产水量的测试条件换算成与组件等同的测试条件下的膜片产水量,即:实际膜元件产水量 $X'$ =与组件等同测试条件下的膜片产水量 $Y'$ \*实际有效膜面积 $S'$ 。

[0008] 上述可以看出,在膜片测试与组件测试条件不同的情况下,将膜片测试的压力跟浓度转换成与组件测试等同的压力跟浓度下所得到的单位面积膜片产水量 $Y'$ ,就可得出实际膜元件产水量 $X'$ ,为了便于理解,首先给出本发明技术方案的理论说明:

[0009] 1、确定影响膜片单位面积产水量的因素:

[0010] 影响膜片单位面积产水量的因素有:温度、压力、原水浓度、原水PH值以及膜片进水方式等。

[0011] a、温度。

[0012] 温度对膜片、膜元件产水量影响较大,膜元件通常以25℃为标准测试温度,在该温度下测的产水量作为膜元件或膜片的基准产水量,在其他温度下,均可以通过温度校正系数矫正到标准温度下单位面积膜片的产水量或者膜元件的产水量,故温度不会对该种计算方法产生较大影响。

[0013] b、进水盐浓度。

[0014] 渗透压是水中所含盐分或者有机物浓度和种类的函数,盐浓度增加,渗透压也会增加,进水驱动压力的大小主要取决于进水中的含盐量。如果压力保持恒定,含盐量越高,通量就会越低。通过做膜片通量-浓度实验进行数据分析,可以看出膜片通量随着原水浓度的增加而缓缓降低,如图1所示。

[0015] c、压力。

[0016] 进水压力主要用于克服自然渗透压,经过多次做膜片通量-进水压力实验得到:膜片的产水量(gpd)与进水压力(mpa)成正比关系,如图2所示。

[0017] d、进水方式:

[0018] 因膜片及膜元件的最终形态不一致,膜片为平面结构,膜元件为螺旋卷式结构,则导致二者的膜片透过水方式不同,膜片测试的水透过方式为垂直透过,膜元件测试的水透过方式为螺旋错流透过。本发明考虑到膜片测试水透过方式是基于垂直透过,对于螺旋卷式膜元件而言,则会与膜片产水量真实值存在一定误差,本发明会将二者的差距考虑进去。

[0019] e、PH:

[0020] Ph值指的是系统进水的酸碱度,膜元件的脱盐率受PH影响较大,水通量也会有一定轻微程度影响。如图3所示,通常情况下,为保证膜元件的脱盐率,膜片及膜元件测试条件一般维持在PH=7.5左右,本发明忽略PH值对该计算公式的影响。

[0021] f、其他原料因素均排除,选择同一条件下对比。

[0022] 通过上述对影响膜片通量因素的分析,我们接下来,给出本发明的具体技术方案,即如何通过反渗透膜片单位面积产水量直接计算得到其相应的膜元件产水量,其确定方法包括以下步骤:

[0023] (1)首先需要明确膜元件产水量的运行条件:运行压力为 $P_1$ ,进水盐浓度为 $\mu_1$ ,回收率控制在15%;其次明确单位面积膜片产水量的测试条件:检测压力为 $P_2$ ,进水盐浓度为 $\mu_2$ ,温度均为25℃(如其他温度下可用温度系数进行校正),当膜元件产水量与单位膜片产

水量测试条件不同时,我们需要知道与膜元件等同条件下的单位面积膜片实际产水量  $Y_5$ , 那么膜元件产水量  $X$  就可以通过(a) 来确定:

$$[0024] \quad X=Y_5*S_2 \quad (a)$$

[0025] 其中:

[0026]  $X$  为膜元件产水量,单位为 gpd

[0027]  $Y_5$ 为与膜元件等同条件下的单位面积膜片实际产水量,单位为 gfd,

[0028]  $S_2$ 为膜元件的实际有效膜面积,单位为  $ft^2$ ,

[0029] 通过上述可以看出,膜元件实际有效膜面积  $S_2$ 为定值,只要确定  $Y_5$ 就可得到相应膜元件产水量  $X$ 。

[0030] (2) 我们设  $P_3$ 、 $\mu_3$ 分别为与(1)中膜元件在同等检测条件下的压力、进水盐浓度及温度参数值,则  $P_1=P_3$ ,  $\mu_1=\mu_3$ ,  $Y_3$  为该条件下测试所得到的单位面积膜片产水量,忽略其他因素影响,在进水盐浓度一定的情况下,若只考虑压力对单位面积膜片产水量  $Y$  的影响,压力  $P$  与单位膜片产水量  $Y$  成正比关系,则  $Y_2$ 通过压力关系换算成  $P_3$ 、 $\mu_3$ 条件下的单位面积膜片产水量  $Y_4$ 可通过(b) 来确定:

$$[0031] \quad Y_4=P_3/P_2*Y_2 \quad (b)$$

[0032] 且  $Y_4 < Y_3 < Y_5$

[0033] 其中: $Y_4$ 为  $Y_2$ 仅通过压力关系换算成  $P_3$ 、 $\mu_3$ 条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd,

[0034]  $Y_3$ 为  $P_3$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd

[0035]  $Y_2$ 为  $P_2$ 、 $\mu_2$ 标准测试条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd

[0036]  $P_2$ 为单位面积膜片产水量的标准测试压力,单位 MPa,

[0037]  $P_3$ 为与膜元件等同检测条件下的压力,单位 MPa,

[0038] (3)若忽略其他因素影响,仅考虑进水盐浓度  $\mu$  对单位面积膜片产水量  $Y$  的影响,通过膜片检测装置,进行测试(膜片产水量数值均为同一膜片在不同条件测试下所得):

[0039]  $P_2$ 、 $\mu_2$ 标准测试条件下的单位面积膜片产水量为  $Y_2$ ,

[0040]  $P_2$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量为  $Y_6$ ,

[0041]  $P_3$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量为  $Y_7$ ,

[0042]  $P_3$ 、 $\mu_2$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量为  $Y_8$ ,

[0043] 当膜片测试压力恒定在  $P_2$ 时,进水盐浓度由  $\mu_2$ 降到  $\mu_3$ 时,则膜片产水量变化值  $\Delta T=Y_6-Y_2$ ,

[0044] 当膜片测试压力恒定在  $P_3$ 时,进水盐浓度由  $\mu_2$ 降到  $\mu_3$ 时,则膜片产水量变化值  $\Delta N=Y_8-Y_7$ ,

[0045] 综上所述,仅考虑浓度对单位面积产水量的影响,当膜片测试条件由  $P_2$ 、 $\mu_2$ 转化成  $P_3$ 、 $\mu_3$ 时,其单位面积膜片产水量变化值  $\Delta Y$  可通过(c) 来确定:

$$[0046] \quad \Delta Y = (\Delta T + \Delta N) / 2$$

$$[0047] \quad = (Y_6 - Y_2 + Y_8 - Y_7) / 2$$

[0048] 为保证膜片测试数据的准确性,可选取不同 RW 膜片测试,  $\Delta T$ 、 $\Delta N$  取平均值,即:

$$[0049] \quad \Delta Y = \left( \sum \Delta T + \sum \Delta N \right) / 2 \quad (c)$$

[0050] (4) 因膜片及膜元素的最终形态不一致,膜片为平面结构,膜元件为螺旋卷式结构,则导致二者的膜片透过水方式不同,膜片测试的水透过方式为垂直透过,膜元件测试的水透过方式为螺旋错流透过,那么我们由于两种进水方式不同而产生的单位面积膜片产水量差值 $\Delta Z$ 可通过(d)来确定,

$$[0051] \quad \Delta Z = X_1/S_2 - Y_3 \quad (d)$$

[0052] 其中: $X_1$ 为 $P_1$ 、 $\mu_1$ 测试条件下的膜元件产水量,单位为 gpd,

[0053]  $Y_3$ 为 $P_3$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd

[0054]  $S_2$ 为膜元件的实际有效膜面积,单位为  $ft^2$ ,

[0055] 为使 $\Delta Z$ 更加准确,可选取多组膜片在 $P_3$ 、 $\mu_3$ 测试条件下测试单位面积膜片产水量 $Y_3$ ,在用与之对应的膜片卷至相应膜元件,在标准条件下测试膜元件产水量 $X_1$ ,通过公式

(d) 计算 $\Delta Z$ ,取其平均数,得出: $\sum \Delta Z$ 。

[0056] 综上所述,当膜元件产水量与单位面积膜片产水量测试标准不同时,在 $P_2$ 、 $\mu_2$ 标准测试条件下的所得到的单位面积产水量 $Y_2$ 和与膜元件等同条件下的单位面积膜片实际产水量 $Y_5$ 之间的定量关系如步骤(2)(3)(4)所叙述,那么与膜元件等同条件下的单位面积膜片实际产水量 $Y_5$ 可通过(e)来确定:

$$[0057] \quad Y_5 = Y_4 + \Delta Y + \Delta Z$$

$$[0058] \quad = P_3/P_2 * Y_2 + (\Delta T + \Delta N) / 2 + \Delta Z$$

$$[0059] \quad = P_3/P_2 * Y_2 + (Y_6 - Y_2 + Y_8 - Y_7) / 2 + X_1/S_2 - Y_3 \quad (e)$$

[0060] 其中:

[0061]  $Y_2$ 为 $P_2$ 、 $\mu_2$ 标准测试条件下的单位面积膜片产水量,单位为 gfd,

[0062]  $Y_6$ 为 $P_2$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量,单位为 gfd,

[0063]  $Y_7$ 为 $P_3$ 、 $\mu_3$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量,单位为 gfd,

[0064]  $Y_8$ 为 $P_3$ 、 $\mu_2$ 测试条件下的单位面积膜片实际产水量,单位为 gfd,

[0065]  $X_1$ 为 $P_1$ 、 $\mu_1$ 测试条件下的膜元件产水量,单位为 gpd,

[0066]  $P_2$ 为单位面积膜片产水量的标准测试压力,单位 MPa,

[0067]  $P_3$ 为与膜元件等同检测条件下的压力,单位 MPa,

[0068] 将公式 b、c、d 均代入下面公式 f,便可得到膜元件产水量 X:

$$[0069] \quad X = Y_5 * S_2 \quad (f)$$

$$[0070] \quad X = [P_3/P_2 * Y_2 + (\sum \Delta T + \sum \Delta N) / 2 + \sum \Delta Z] * S_2 \quad (g)$$

[0071] 其中: $\sum \Delta T$ 为膜片测试压力恒定在 $P_2$ 时,进水盐浓度由 $\mu_2$ 降到 $\mu_3$ 时的膜片产水量变化值的平均数,单位为 gfd,

[0072]  $\sum \Delta N$ 为膜片测试压力恒定在 $P_3$ 时,进水盐浓度由 $\mu_2$ 降到 $\mu_3$ 时的膜片产水量变化值的平均数,单位为 gfd,

[0073]  $\sum \Delta Z$ 为两种进水方式不同而产生的单位面积膜片产水量变化值的平均数,单位为 gfd。

[0074] 与现有技术相比,本发明的优点是:当某个型号的反渗透膜元件其单位面积膜片



产水量与膜元件产水量换算关系的计算公式一旦确定,对后续通过膜片单位面积产水量了解将要卷制的膜元件产水量范围值提供有效帮助,提高膜片利用效率,根据单位面积膜片产水量的不同,可快速判断此类型膜片可卷制成何种通量要求的膜元件。

### 附图说明

- [0075] 图 1 为原水浓度对通量的影响曲线图;  
 [0076] 图 2 为进水压力对通量的影响曲线图;  
 [0077] 图 3 为 PH 值对通量的影响曲线图。

### 具体实施方式

[0078] 根据上述分析,下面以 1812-50 膜元件为例,具体阐述如何通过反渗透单位面积膜片产水量计算出该膜元件的产水量,其具体计算方法包括以下步骤:

[0079] (1) 选定膜片单位面积膜片产水量测试条件为:进水盐浓度  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,检测压力  $1\text{MPa}$ ,使用此膜片卷制 1812-50 膜元件,膜元件运行条件为:进水盐浓度  $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,检测压力  $0.5\text{MPa}$ ,测量 1812-50 膜元件有效膜面积平均值  $\sum S=4\text{ft}^2$ 。

[0080] (2) 选定 3 组不同膜片,测试以下几组数据:

[0081] ①在进水盐浓度  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,检测压力  $1\text{MPa}$  条件下测试单位面积膜片产水量,

[0082] ②在进水盐浓度  $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,检测压力  $1\text{MPa}$  条件下测试单位面积膜片产水量,

[0083] ③在进水盐浓度  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,检测压力  $0.5\text{MPa}$  条件下测试单位面积膜片产量,

[0084] ④在进水盐浓度  $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,检测压力  $0.5\text{MPa}$  条件下测试单位面积膜片产水量,

[0085] 具体测试方法如下:测试条件:A:恒定压力  $0.5\text{MPa}$ ;原水温度保持在  $25^\circ\text{C}$ ,运行  $15\text{min}$ ,记录产水量。压力保持不变,将原水浓度调至  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,运行  $15\text{min}$ ,记录产水量。B:恒定压力  $1\text{MPa}$ ,其他条件不变。(表 2-1 为 3 组不同膜片的测试数据)

[0086] 表 2-1 (注:表中单位面积膜片产水量 GFD 均在  $25^\circ\text{C}$  测试得到)

[0087]

	第一组	第二组	第三组
	单位面积膜片产水量 (gfd)	单位面积膜片产水量 (gfd)	单位面积膜片产水量 (gfd)
①	25	24	26
②	27	26.5	28.3
③	12.7	12.4	13.3
④	15.2	14.3	16.1

[0088] 首先确定单位面积膜片产水量变化值  $\Delta Y$ :

[0089]  $\Delta T_1=27-25, \Delta T_2=26.5-24, \Delta T_3=28.3-26$

[0090]  $\Delta N_1=15.2-12.7, \Delta N_2=14.3-12.4, \Delta N_3=16.1-13.3$

[0091]  $\sum \Delta T = (\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3) / 3 = (27-25+26.5-24+28.3-26) / 3 = 2.27\text{gfd}$

[0092]  $\sum \Delta N = (\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3) / 3 = (15.2-12.7+14.3-12.4+16.1-13.3) / 3 = 2.4\text{gfd}$

[0093] 则单位面积膜片产水量变化值 $\Delta Y$ 为：

$$[0094] \quad \Delta Y = (\sum \Delta T + \sum \Delta N) / 2 = (2.27 + 2.4) / 2 = 2.335 \text{ gfd}$$

[0095] (3) 用上述所选取的 3 组膜片分别卷制 1812-50 膜元件, 每组膜片各卷 1 支, 在原水浓度  $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 检测压力  $0.5\text{MPa}$  的标准测试条件下测试膜元件产水量, 测试数据如表 2-2

[0096] 表 2-2 (注: 表中单位面积膜元件产水量 GPD 均在  $25^\circ\text{C}$  测试得到)

[0097]

膜元件类 型	第一组 膜元件产水量(gpd)	第二组 膜元件产水量(gpd)	第三组 膜元件产水量(gpd)
JRW-1812- 50	68	65	69

[0098] 那么根据表中数据就可以确定由于进水方式不同而产生的单位面积膜片产水量变化值 $\Delta Z$ , 通过上述可知:  $\Delta Z = X_1/S_2 - Y_3$ , 那么:

$$[0099] \quad \Delta Z_1 = 68/4 - 15.2, \Delta Z_2 = 65/4 - 14.3, \Delta Z_3 = 69/4 - 16.1$$

$$[0100] \quad \text{则 } \sum \Delta Z = (\Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3) / 3 = (68/4 - 15.2 + 65/4 - 14.3 + 69/4 - 16.1) / 3 = 1.63 \text{ gfd}$$

[0101] 那么 1812-50 膜元件产水量计算公式可以根据公式(g) 确定:

$$[0102] \quad X = [P_3/P_2 * Y_2 + (\sum \Delta T + \sum \Delta N) / 2 + \sum \Delta Z] * S_2$$

$$[0103] \quad = [(0.5/1) * Y_2 + (2.27 + 2.4) / 2 + 1.63] * 4$$

$$[0104] \quad \text{整理得: } 1812-50 \text{ 膜元件产水量 } X = 2Y_2 + 16$$

[0105] 其中:

[0106]  $X$  为 1812-50 膜元件产水量, 单位为 gpd,

[0107]  $Y_2$  为在进水盐浓度  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 检测压力  $1\text{MPa}$  测试条件下的单位面积膜片产水量, 单位为 gfd,

[0108] 一般 1812-50 膜元件产水量为 50-65gpd, 代入公式(g) 中, 得到卷至 1812-50 膜元件需要标准测试条件下的单位面积膜片产水量  $Y_2$  在 17-25gfd 的膜片。

[0109] 通过上述分析, 选取通量在 17-25gfd 的膜片卷至 1812-50 膜元件 5 支, 之后在如下测试条件下 (进水盐浓度  $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 检测压力  $0.5\text{MPa}$ , 回收率控制为 15%, 温度  $25^\circ\text{C}$ ) 测试膜元件产水量, 与直接通过本计算方法得到的膜元件产水量作对比, 以下为多次实际测试数据的一组, 如表 2-3

[0110] 表 2-3

[0111]

1812-50 膜元件编号	标准测试条件下的单位 面积膜片产水量 (gfd)	标准测试条件下膜元 件产水量 (gpd)	通过本计算公式 $X=2Y_1+16$ 得出的膜元件产水量 (gpd)
①	18	53	52
②	20	54	56
③	22.5	60	61
④	23.8	64.3	63.6
⑤	24.5	62.5	62

[0112] 通过表 2-3 可以看出:通过本计算方法得出的 1812-50 膜元件的产水量与标准测试条件下的膜元件产水量接近一致,其误差在允许范围内,通过上述小范围测试与对比,可以达到预期效果,。

[0113] 通过本计算方法来指导卷制膜元件,可以快速将单位膜片产水量范围值确定,避免了用单位膜片产水量过高或者过低的膜片卷制膜元件而造成的浪费,进一步优化成本,提高了生产效率。

[0114] 根据实际情况,测试单位面积膜片产水量会存在一定误差,及有效膜面积也会存在一定误差,通过该公式所计算出来的膜元件产水量通常会存在  $\pm 2\text{gpd}$  的误差,属于正常现象。

[0115] 综上所述:当某个型号的反渗透膜元件其单位面积膜片产水量与膜元件产水量换算关系的计算公式一旦确定,对后续通过膜片单位面积产水量了解将要卷制的膜元件产水量范围值提供有效帮助,提高膜片利用效率,根据单位面积膜片产水量的不同,可快速判断此类型膜片可卷制成何种通量要求的膜元件。本领域技术人员应当理解,以上举例仅仅是本发明的一个典型实施例,在不超出或不偏离本发明保护范围的情况下,本发明的技术方案及其实施方式有多种修饰、改进或等价变化,这些均应落入本发明的保护范围内。

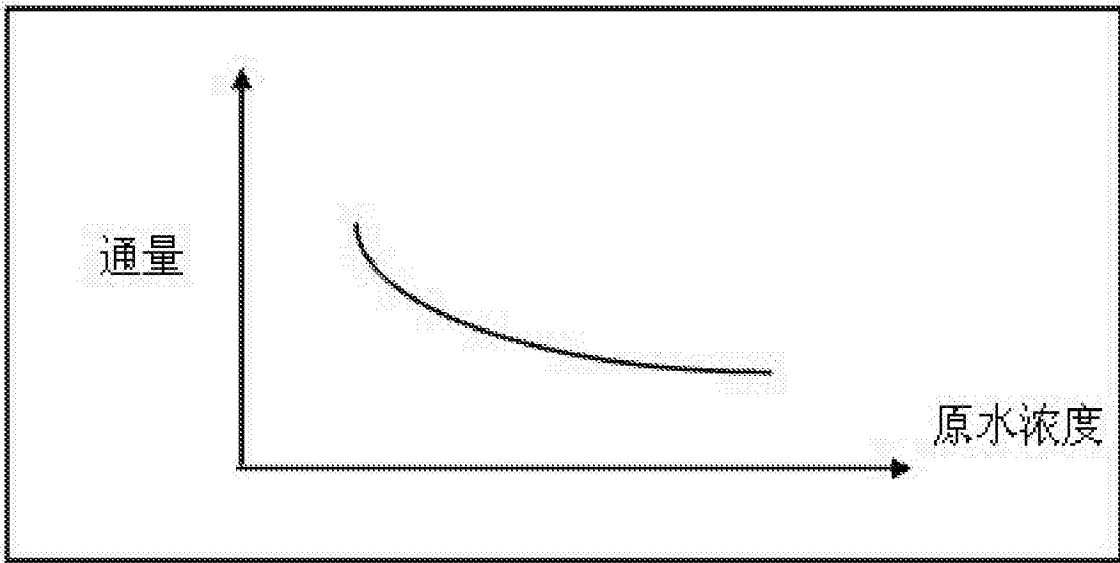


图 1

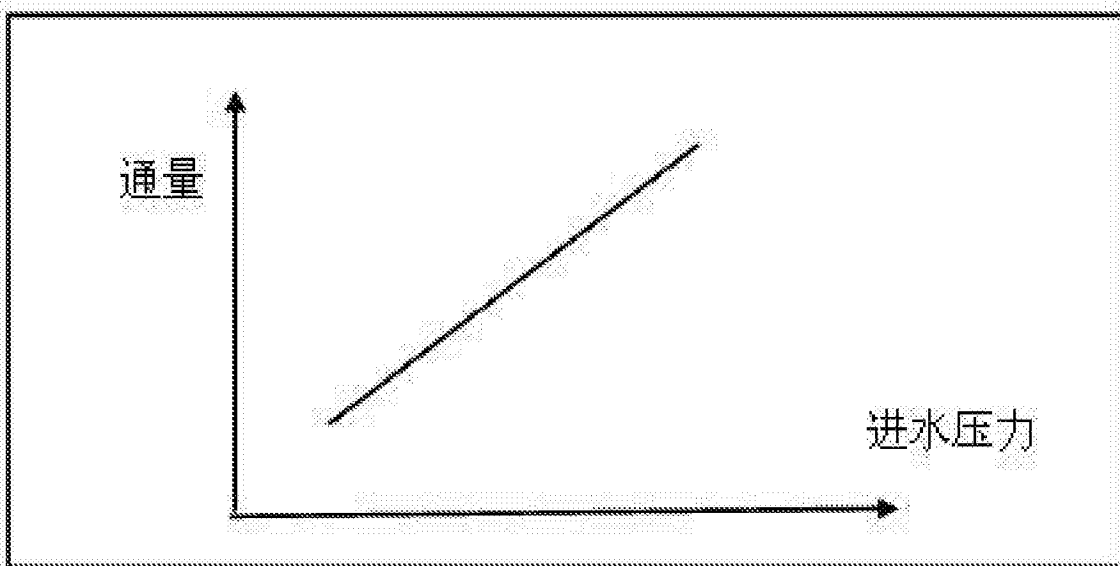


图 2

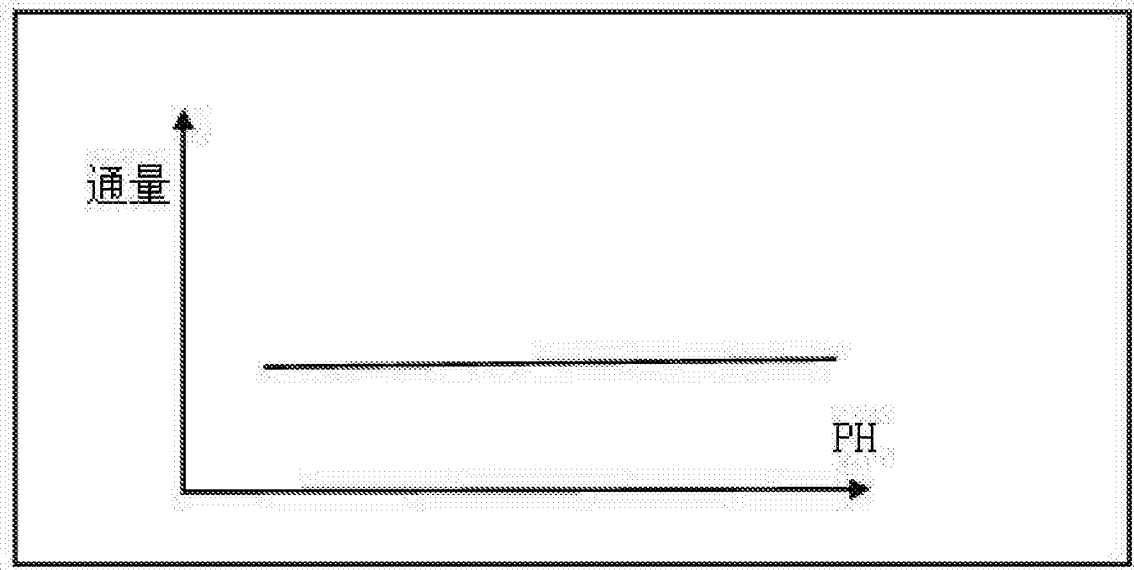


图 3