



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103663835 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310693325. 8

(22) 申请日 2013. 12. 17

(71) 申请人 中国电力工程顾问集团公司  
地址 100120 北京市西城区安德路 65 号

(72) 发明人 周喆 李超 毛永龙

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 任默闻

(51) Int. Cl.

C02F 9/10(2006. 01)

C02F 103/08(2006. 01)

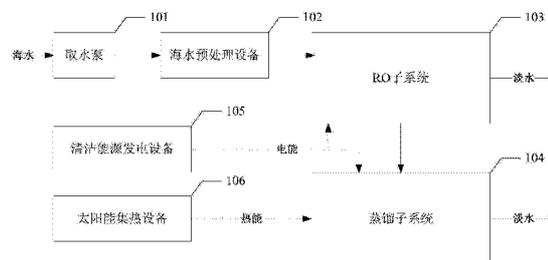
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种热膜耦合海水淡化系统

(57) 摘要

本发明提供一种热膜耦合海水淡化系统,应用于海水淡化技术领域,包括:取水泵,用于获取海水;海水预处理设备,用于对海水进行预处理;RO子系统,用于利用RO技术对预处理后的海水进行淡化处理得到淡水,并将淡化处理过程中产生的浓盐水提供给蒸馏子系统;蒸馏子系统,用于利用蒸馏技术对RO子系统产出的浓盐水进行淡化处理得到淡水;清洁能源发电设备,用于利用清洁能源发电,并为RO子系统和蒸馏子系统提供电能;太阳能集热设备,用于利用太阳能发热,并为蒸馏子系统提供热能。本发明以RO子系统产出的浓盐水作为蒸馏子系统的给水,有效利用了RO技术和蒸馏技术的特点,具有海水淡化效率高、生产成本低、易于推广使用等优点。



1. 一种热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,包括:取水泵、海水预处理设备、反渗透 RO 子系统、蒸馏子系统、清洁能源发电设备、太阳能集热设备;其中,

所述取水泵,用于获取海水并提供给所述海水预处理设备;

所述海水预处理设备,用于对海水进行预处理并将预处理后的海水提供给所述 RO 子系统;

所述 RO 子系统,用于利用 RO 技术对所述预处理后的海水进行淡化处理得到淡水,并将所述淡化处理过程中产出的浓盐水提供给所述蒸馏子系统;

所述蒸馏子系统,用于利用蒸馏技术对所述 RO 子系统产出的浓盐水进行淡化处理得到淡水;

所述清洁能源发电设备,用于利用清洁能源发电,并为所述 RO 子系统和所述蒸馏子系统提供电能;

所述太阳能集热设备,用于利用太阳能发热,并为所述蒸馏子系统提供热能。

2. 根据权利要求 1 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,还包括:电加热器、储热罐;

所述电加热器,用于将所述清洁能源发电设备产出的一部分电能转化为热能;

所述储热罐,用于存储所述太阳能集热设备产出的一部分热能以及所述电加热器转化的热能,并于所述太阳能集热设备产能不足时,为所述蒸馏子系统提供热能。

3. 根据权利要求 1 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,所述太阳能集热设备采用中低温太阳能集热技术。

4. 根据权利要求 1 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,所述清洁能源发电设备为风能发电设备。

5. 根据权利要求 1 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,所述清洁能源发电设备为潮汐能发电设备。

6. 根据权利要求 1 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,所述 RO 子系统包括:高压泵、能量回收装置、增压泵、RO 组件;其中,

所述高压泵,用于接收所述海水预处理设备提供的预处理后的海水并对其加压,然后输送给所述 RO 组件进行淡化处理;

所述 RO 组件,用于利用 RO 膜对所述预处理后的海水进行淡化处理得到淡水,并将所述淡化处理过程中产出的浓盐水输送给所述能量回收装置;

所述能量回收装置,连接所述海水预处理设备,用于接收所述海水预处理设备提供的预处理后的海水以及所述 RO 组件产出的浓盐水,获取所述 RO 组件产出的浓盐水的压力能,并将所述压力能作用于所述预处理后的海水,然后输送给所述增压泵;

所述增压泵,用于对受所述压力能作用的预处理后的海水加压,然后输送给所述 RO 组件进行淡化处理。

7. 根据权利要求 1 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,所述蒸馏子系统利用多级闪蒸 MSF 技术进行淡化处理。

8. 根据权利要求 7 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,所述蒸馏子系统包括:冷凝器、闪蒸罐组、真空泵、换热器;其中,

所述冷凝器,连接所述 RO 子系统和所述闪蒸罐组,用于接收所述 RO 子系统产出的浓盐

水以及所述闪蒸罐组产出的淡水,利用所述闪蒸罐组产出的淡水的热能对所述 RO 子系统产出的浓盐水加热,然后输送给所述闪蒸罐组;

所述闪蒸罐组由多个依次连接的闪蒸罐组成,用于利用 MSF 技术对所述冷凝器输送的浓盐水进行淡化处理得到淡水;

所述真空泵,用于对所述闪蒸罐进行真空处理;

所述换热器,用于利用所述太阳能集热设备提供的热能对所述冷凝器输送给所述闪蒸罐组的浓盐水进行加热。

9. 根据权利要求 1 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,所述蒸馏子系统利用低温多效蒸馏 MED 技术进行淡化处理。

10. 根据权利要求 9 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,所述蒸馏子系统包括:冷凝器、蒸馏器组、真空泵;其中,

所述冷凝器,连接所述 RO 子系统和所述闪蒸罐组,用于接收所述 RO 子系统产出的浓盐水以及所述蒸馏器组产出的淡水,利用所述蒸馏器组产出的淡水的热能对所述 RO 子系统产出的浓盐水加热,然后输送给所述蒸馏器组;

所述蒸馏器组,由多个依次连接的蒸馏器组成,用于利用所述太阳能集热设备提供的热能和 MED 技术对所述冷凝器输送的浓盐水进行淡化处理得到淡水;

所述真空泵,用于对所述蒸馏器进行真空处理。

11. 根据权利要求 1 所述的热膜耦合海水淡化系统,其特征在于,还包括:蓄电池,用于存储所述清洁能源发电设备产出的一部分电能,并于所述清洁能源发电设备产能不足时,为所述 RO 子系统和所述蒸馏子系统提供电能。

## 一种热膜耦合海水淡化系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及海水淡化技术领域,具体地,涉及一种热膜耦合海水淡化系统。

### 背景技术

[0002] 水资源是人类社会生产、生活的物质基础。我国淡水人均占有量只有世界平均水平的1/4,水资源压力巨大。特别是在沿海地区,由于经济发达,水资源的消耗量巨大。目前,我国已有300多个沿海城市出现缺水的问题。水资源短缺不仅限制了当地经济的发展速度和人民生活品质的进一步提高,而且过度开采地下水引起了海水倒灌、地面下陷等问题。因此,利用海水淡化技术从海洋中获取淡水是解决沿海城市缺水问题的有效途径。

[0003] 传统的海水淡化技术使用化石能源作为动力,会导致各种大气污染物的排放,对环境造成负面的影响。而太阳能、风能等可再生能源蕴藏丰富,具有无污染、可再生的特点,非常适合作为海水淡化系统的动力来源。

[0004] 海水淡化技术种类很多,目前比较成熟的是反渗透RO技术和蒸馏技术(包含多级闪蒸MSF技术和多效蒸馏MED技术)。RO技术利用增加海水压力的方法克服RO膜的渗透压,从而使淡水和溶质得到分离;蒸馏技术则采用加热海水,逐级降低压力的方法使海水蒸发而得到淡水。RO技术主要消耗电能,为高压泵、增压泵等泵组提供动力;蒸馏技术则主要消耗热能,用于海水蒸发,但同时为了创造蒸馏的环境,还需要消耗一部分电能为装置末端的真空泵提供动力。

[0005] 目前,已有许多采用风能和太阳能为动力,利用RO技术或MSF技术进行海水淡化的专利。公开号为CN202046911U和公开号为CN202576048U的中国专利分别披露了一类风光互补反渗透海水淡化系统,这类系统利用风力发电机和太阳能光伏电池生产电能驱动反渗透海水淡化装置,系统中安装了蓄电池,从而可降低风能和太阳能波动导致的供电不稳定。公开号为CN102795693A的中国专利披露了一种基于LNG冷能利用的太阳能和风能联合驱动的海水淡化系统,系统采用反渗透海水淡化法,其消耗的电能由风能与太阳能提供。太阳能发电系统为太阳能光热系统。

[0006] 太阳能和风能具有间歇性、随机性和能量密度低的特点,其利用较为困难。在考虑利用太阳能和风能驱动海水淡化时,面临主要的问题是如何将风能和太阳能转化为合适的二次能源,以低成本的方式实现能量的合理利用。上述的一些专利在风能和太阳能的合理利用上,仍有进一步改进的潜力。譬如,目前的太阳能光伏和光热发电系统仍存在效率低、成本高的问题,若采用太阳能发电驱动反渗透海水淡化系统,则会导致初投资过大、经济效益不佳。目前,大规模储能设备仍处在研发阶段,蓄电的成本偏高,这同样会降低海水淡化系统的经济效益,导致风能和太阳能驱动的海水淡化系统无法大幅度推广。因此,对风能和太阳能联合驱动的海水淡化系统进行合理的系统设计和配置,降低产水成本,是促进这类系统商业化的前提。

### 发明内容

[0007] 本发明实施例的主要目的在于提供一种热膜耦合海水淡化系统,以提供一种低成本、易于推广使用的海水淡化技术。

[0008] 为了实现上述目的,本发明提供一种热膜耦合海水淡化系统,包括:取水泵、海水预处理设备、反渗透 RO 子系统、蒸馏子系统、清洁能源发电设备、太阳能集热设备;其中,

[0009] 所述取水泵,用于获取海水并提供给所述海水预处理设备;

[0010] 所述海水预处理设备,用于对海水进行预处理并将预处理后的海水提供给所述 RO 子系统;

[0011] 所述 RO 子系统,用于利用 RO 技术对所述预处理后的海水进行淡化处理得到淡水,并将所述淡化处理过程中产生的浓盐水提供给所述蒸馏子系统;

[0012] 所述蒸馏子系统,用于利用蒸馏技术对所述 RO 子系统产生的浓盐水进行淡化处理得到淡水;

[0013] 所述清洁能源发电设备,用于利用清洁能源发电,并为所述 RO 子系统和所述蒸馏子系统提供电能;

[0014] 所述太阳能集热设备,用于利用太阳能发热,并为所述蒸馏子系统提供热能。

[0015] 借助于上述技术方案,本发明选择恰当的清洁能源和太阳能作为供电和供热的能源,对系统进行了合理的配置,通过将 RO 子系统和蒸馏子系统相连接,使两个子系统共用一套海水预处理设备,以 RO 子系统产生的浓盐水作为蒸馏子系统的给水,有效利用了 RO 技术和蒸馏技术的特点,达到了热膜耦合两级海水淡化的目的,相比于现有技术,本发明具有海水淡化效率高、生产成本低、易于推广使用等优点。

#### 附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0017] 图 1 是本发明提供的热膜耦合海水淡化系统的结构框图;

[0018] 图 2 是本发明实施例一提供的热膜耦合海水淡化系统的结构示意图;

[0019] 图 3 是本发明实施例二提供的热膜耦合海水淡化系统的结构示意图;

[0020] 图 4 是本发明实施例三提供的热膜耦合海水淡化系统的结构示意图。

#### 具体实施方式

[0021] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0022] 如图 1 所示,本发明提供一种热膜耦合海水淡化系统,包括:取水泵 101、海水预处理设备 102、反渗透 RO 子系统 103、蒸馏子系统 104、清洁能源发电设备 105、太阳能集热设备 106;其中,

[0023] 取水泵 101 连接海水预处理设备 102,用于获取海水并提供给海水预处理设备

102 ;

[0024] 海水预处理设备 102 连接 RO 子系统 103,用于对海水进行预处理并将预处理后的海水提供给 RO 子系统 103 ;

[0025] RO 子系统 103 连接蒸馏子系统 104,用于利用 RO 技术对预处理后的海水进行淡化处理得到淡水,并将淡化处理过程中产生的浓盐水提供给蒸馏子系统 104 ;

[0026] 蒸馏子系统 104,用于利用蒸馏技术对 RO 子系统 103 产生的浓盐水进行淡化处理得到淡水 ;

[0027] 清洁能源发电设备 105,连接 RO 子系统 103 和蒸馏子系统 104,用于利用清洁能源发电,并为 RO 子系统 103 和蒸馏子系统 104 提供电能 ;

[0028] 太阳能集热设备 106,连接蒸馏子系统 104,用于利用太阳能发热,并为蒸馏子系统 104 提供热能。

[0029] 本发明将 RO 子系统的浓盐水排放物作为蒸馏子系统的给水,实现了热膜耦合两级海水淡化,相比于单独的海水淡化系统,本发明具有如下好处 :

[0030] 1)RO 子系统和蒸馏子系统可以共享海水预处理设备,从而降低海水预处理单元的规模。

[0031] 2)研究表明,随着进水浓度升高,蒸馏技术的淡水成本变化较小,而 RO 技术的淡水成本升高较快,当海水浓度大于 44000mg/L 时,宜采用蒸馏技术,海水浓度低于 44000mg/L 时,宜采用 RO 技术。本发明充分利用了 RO 技术和蒸馏技术的上述特点,在利用 RO 子系统产出淡水的同时,将 RO 子系统排出的浓盐水作为蒸馏子系统的给水,不仅提高了淡水产出率,而且很大程度上降低了生产成本。

[0032] 3)RO 技术的回收率与给水盐浓度和 RO 膜的承压能力相关 ;若要实现很高的淡水回收率,则需要克服很高的给水渗透压,能量消耗非常大,同时,随着渗透压增高,RO 膜的承压能力也需随之增大,使制膜成本急剧升高。本发明形成的热膜耦合两级海水淡化则不要求 RO 子系统具有太高的回收率,降低了对 RO 膜的要求,使得 RO 海水淡化技术可以在较低条件下运行。

[0033] 在一种较佳的实施例中,图 1 所示的海水淡化系统还可以包括 :电加热器、储热罐。

[0034] 电加热器连接清洁能源发电设备,用于将清洁能源发电设备产出的一部分电能转化为热能 ;储热罐连接太阳能集热设备、加热器和蒸馏子系统,用于存储太阳能集热设备产出的一部分热能以及电加热器转化的热能,并于太阳能集热设备产能不足时,为蒸馏子系统提供热能。

[0035] 考虑到清洁能源(如风能、太阳能、潮汐能等)的获取一般都具有波动性,为了削弱这种波动性的不良影响,在图 1 所示的海水淡化系统中增加电加热器和储热罐,通过电加热器将清洁能源发电设备的多余出力转化为热能并存储至储热罐中,同时也通过储热罐将太阳能集热设备的多余产能存储起来,以备太阳能集热设备产能不足时使用。增加的电加热器和储热罐起到了平抑波动和降低弃电率的作用,提高了图 1 所示的热膜耦合海水淡化系统的可靠性。

[0036] 具体实施时,电加热器可以将清洁能源发电设备的峰值出力转化为热能,然后存储到储热罐中,而储热罐也可以将太阳能集热设备的峰值产能进行存储,等到阳光不充足

时,为蒸馏子系统运行所需的热能进行补充。

[0037] 基于相同的考虑,在另一种较佳的实施例中,图 1 所示的海水淡化系统还可以包括:蓄电池,用于存储所述清洁能源发电设备产出的一部分电能,并于所述清洁能源发电设备产能不足时,为所述 RO 子系统和所述蒸馏子系统提供电能。

[0038] 在一种较佳的实施例中,太阳能集热设备采用中低温太阳能集热技术。

[0039] 由于本发明采用热膜耦合两级海水淡化法,系统需要同时消耗电能与热能。海水淡化系统对所需热能的品质要求并不高,只需高于水的沸腾温度即可。常用的热能提供技术有太阳能集热技术、太阳能光伏发电技术与电能转换为热能的组合、以及太阳能热发电技术与电能转换为热能的组合,考虑到后两种技术所需成本较高而且能源利用率低,本发明选择使用太阳能集热技术为系统提供热能。目前,中低温太阳能集热技术(如真空管集热器)已非常成熟,可以产生 140℃ 左右的热能,能够满足蒸馏海水淡化技术的要求,本发明选择中低温太阳能集热技术,以取代价格昂贵的太阳能光伏发电或太阳能热发电,从而使得投资成本得到大幅下降,具有很大的经济性优势。

[0040] 本发明对清洁能源发电设备所采用的清洁能源不作具体限定,在实施本发明时,可以根据实际情况去选择合适的清洁能源,以达到为海水淡化系统提供电能的目的,本发明对所采用的清洁能源不作具体限定,即以下说明仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,选择其它任何清洁能源均应包含在本发明的保护范围之内。根据所选清洁能源的不同,发电设备的具体结构也相应改变,具体实施时可选择目前常见的发电设备类型,此处不再赘述。在一种较佳的实施例中,可以选择风能作为发电能源,清洁能源发电设备则可以选择目前常见的风能发电设备。在另一种较佳的实施例中,可以选择潮汐能作为发电能源,而清洁能源发电设备则可以选择目前常见的潮汐能发电设备。

[0041] 鉴于目前常见的蒸馏海水淡化技术有多级闪蒸 MSF 技术和多效蒸馏 MED 技术两种,本发明中的蒸馏子系统可以选择利用 MSF 技术或 MED 技术进行淡化处理。基于 MSF 技术和 MED 技术的蒸馏子系统内部组成结构可参见后面的具体实施例。

[0042] 实施例一

[0043] 本实施例提供一种利用风能作为清洁能源进行供电,并利用 RO 技术和 MSF 技术进行海水淡化处理的热膜耦合海水淡化系统。如图 2 所示,该系统包括风力发电机 201、蓄电池 202、取水泵 203、海水预处理装置 204、高压泵 205、增压泵 206、RO 组件 207、能量回收装置 208、冷凝器 209、太阳能集热器 210、换热器 211、真空泵 212、电加热器 213、储热罐 214、循环泵 215、一级闪蒸罐 216、二级闪蒸罐 217、三级闪蒸罐 218;其中,高压泵 205、增压泵 206、RO 组件 207 和能量回收装置 208 共同组成了 RO 子系统;冷凝器 209、换热器 211、真空泵 212、循环泵 215、一级闪蒸罐 216、二级闪蒸罐 217 和三级闪蒸罐 218 共同组成了多级闪蒸子系统。

[0044] 本实施例的海水淡化处理分别由 RO 子系统和多级闪蒸子系统完成,具体过程如下:

[0045] 1) 取水泵 203 将海水输送至海水预处理装置 204,经过预处理后的海水被分为两部分进入 RO 子系统进行淡化:一部分经高压泵 205 加压后直接进入 RO 组件 207 进行淡化处理,另一部分先经过能量回收装置 208 接受压力能作用,再经增压泵 206 增压后送入 RO 组

件 207 进行淡化处理 ;RO 组件 207 将淡化处理过程产出的浓盐水输送至能量回收装置 208 进行降压,能量回收装置 208 获得 RO 组件 207 产出浓盐水的压力能,这种压力能将被作用于输出给增压泵 206 的海水。

[0046] 2)经能量回收装置 208 降压后的浓盐水将进入多级闪蒸子系统进行淡化:浓盐水首先进入冷凝器 209 进行预热,预热后的浓盐水进入一级闪蒸罐 216,一级闪蒸罐 216 利用换热器 211 提供的太阳能为热源对浓盐水进行闪蒸,处理得到的进一步浓盐水作为二级闪蒸罐 217 的给水,依次进行下去,直到进入三级闪蒸罐 218;各闪蒸罐闪蒸处理得到的淡水被输送至冷凝器 209 进行冷却处理,冷凝器 209 获得各闪蒸罐产出淡水的热能,这种热能将被用于对来自能量回收装置 208 的浓盐水进行预热。

[0047] 本实施例的能量供应关系如下:

[0048] 风力发电机 201 产生的电能为取水泵 203,RO 子系统中的高压泵 205、增压泵 206,以及多级闪蒸系统中的真空泵 212、循环泵 215 提供动力。太阳能集热器 210 为多级闪蒸子系统的一级闪蒸罐 216、二级闪蒸罐 217 和三级闪蒸罐 218 提供热能。

[0049] 风力发电机 201 与蓄电池 202 双向连接,蓄电池 202 存储一部分风力发电机 201 峰值出力产生的电能,以平抑风能波动,当风能缺乏、风力发电机 201 产能不足时,由蓄电池 202 为系统提供电能。风力发电机 201 同时与电加热器 213 相连,电加热器 213 将一部分风力发电机 201 峰值出力产生的电能转化为热能,储存到储热罐 214 当中。

[0050] 太阳能集热器 210 与储热罐 214 连接,储热罐 214 存储太阳能集热器 210 的一部分峰值产能,等到阳光不足时对系统所需热能进行补充。

[0051] 图 2 中提供了一个三级闪蒸子系统,本发明可根据实际情况设定闪蒸的级数,更多级闪蒸罐的布置方式与本实施例类似,在此不加赘述。本实施例提供的海水淡化系统,其具体配置方式,即各设备的规模及操作参数需根据项目的实际情况,通过技术经济性分析确定。

[0052] 实施例二

[0053] 本实施例提供一种利用潮汐能作为清洁能源进行供电,并利用 RO 技术和 MSF 技术进行海水淡化处理的热膜耦合海水淡化系统。如图 3 所示,该系统包括潮汐发电机 301、蓄电池 302、取水泵 303、海水预处理装置 304、高压泵 305、增压泵 306、RO 组件 307、能量回收装置 308、冷凝器 309、太阳能集热器 310、换热器 311、真空泵 312、电加热器 313、储热罐 314、循环泵 315、一级闪蒸罐 316、二级闪蒸罐 317、三级闪蒸罐 318;其中,高压泵 305、增压泵 306、RO 组件 307 和能量回收装置 308 共同组成了 RO 子系统;冷凝器 309、换热器 311、真空泵 312、循环泵 315、一级闪蒸罐 316、二级闪蒸罐 317 和三级闪蒸罐 318 共同组成了多级闪蒸子系统。

[0054] 本实施例的海水淡化处理分别由 RO 子系统和多级闪蒸子系统完成,具体过程如下:

[0055] 1)取水泵 303 将海水输送至海水预处理装置 304,经过预处理后的海水被分为两部分进入 RO 子系统进行淡化:一部分经高压泵 305 加压后直接进入 RO 组件 307 进行淡化处理,另一部分先经过能量回收装置 308 接受压力能作用,再经增压泵 306 增压后送入 RO 组件 307 进行淡化处理;RO 组件 307 将淡化处理过程产出的浓盐水输送至能量回收装置 308 进行降压,能量回收装置 308 获得 RO 组件 307 产出浓盐水的压力能,这种压力能将被作用

于输出给增压泵 306 的海水。

[0056] 2) 经能量回收装置 308 降压后的浓盐水将进入多级闪蒸子系统进行淡化: 浓盐水首先进入冷凝器 309 进行预热, 预热后的浓盐水进入一级闪蒸罐 316, 一级闪蒸罐 316 利用换热器 311 提供的太阳能为热源对浓盐水进行闪蒸, 处理得到的进一步浓盐水作为二级闪蒸罐 317 的给水, 依次进行下去, 直到进入三级闪蒸罐 318; 各闪蒸罐闪蒸处理得到的淡水被输送至冷凝器 309 进行冷却处理, 冷凝器 309 获得各闪蒸罐产出淡水的热能, 这种热能将被用于对来自能量回收装置 308 的浓盐水进行预热。

[0057] 本实施例的能量供应关系如下:

[0058] 潮汐发电机 301 产生的电能为取水泵 303, RO 子系统中的高压泵 305、增压泵 306, 以及多级闪蒸系统中的真空泵 312、循环泵 315 提供动力。太阳能集热器 310 为多级闪蒸子系统的一级闪蒸罐 316、二级闪蒸罐 317 和三级闪蒸罐 318 提供热能。

[0059] 潮汐发电机 301 与蓄电池 302 双向连接, 蓄电池 302 存储一部分潮汐发电机 301 峰值出力产生的电能, 以平抑风能波动, 当风能缺乏、潮汐发电机 301 产能不足时, 由蓄电池 302 为系统提供电能。潮汐发电机 301 同时与电加热器 313 相连, 电加热器 313 将一部分潮汐发电机 301 峰值出力产生的电能转化为热能, 储存到储热罐 314 当中。

[0060] 太阳能集热器 310 与储热罐 314 连接, 储热罐 314 存储太阳能集热器 310 的一部分峰值产能, 等到阳光不足时对系统所需热能进行补充。

[0061] 实施例三

[0062] 本实施例提供一种利用风能作为清洁能源进行供电, 并利用 RO 技术和 MED 技术进行海水淡化处理的热膜耦合海水淡化系统。如图 4 所示, 该系统包括风力发电机 401、蓄电池 402、取水泵 403、海水预处理装置 404、高压泵 405、增压泵 406、RO 组件 407、能量回收装置 408、冷凝器 409、太阳能集热器 410、真空泵 411、电加热器 412、储热罐 413、循环泵 414、一效蒸馏器 415、二效蒸馏器 416、三效蒸馏器 417; 其中, 高压泵 405、增压泵 406、RO 组件 407 和能量回收装置 408 共同组成 RO 子系统; 冷凝器 409、真空泵 411、循环泵 414、一效蒸馏器 415、二效蒸馏器 416、三效蒸馏器 417 共同组成多效蒸馏子系统。

[0063] 本实施例的海水淡化处理分别由 RO 子系统和多效蒸馏子系统完成, 具体过程如下:

[0064] 1) 取水泵 403 将海水输送至海水预处理装置 404, 经过预处理后的海水被分为两部分进入 RO 子系统进行淡化: 一部分经高压泵 405 加压后直接进入 RO 组件 407 进行淡化处理, 另一部分先经过能量回收装置 408 接受压力能作用, 再经增压泵 406 增压后送入 RO 组件 407 进行淡化处理; RO 组件 407 将淡化处理过程产生的浓盐水输送至能量回收装置 408 进行降压, 能量回收装置 408 获得 RO 组件 407 产出浓盐水的压力能, 这种压力能将被作用于输出给增压泵 406 的海水。

[0065] 2) 经能量回收装置 408 降压后的浓盐水将进入多效蒸馏子系统进行淡化: 浓盐水首先进入冷凝器 409 进行预热, 预热后的浓盐水进入一效蒸馏器 415, 一效蒸馏器 415 利用太阳能集热器 410 提供的太阳能为热源对浓盐水进行蒸馏, 处理得到的进一步浓盐水作为二效蒸馏器 416 的给水, 依次进行下去, 直到进入三效蒸馏器 417; 各蒸馏器蒸馏处理得到的淡水被输送至冷凝器 409 进行冷却处理, 冷凝器 409 获得各蒸馏器产出淡水的热能, 这种热能将被用于对来自能量回收装置 408 的浓盐水进行预热。

[0066] 本实施例的能量供应关系如下：

[0067] 风力发电机 401 产生的电能为取水泵 403, RO 子系统中的高压泵 405、增压泵 406, 以及多效蒸馏子系统真空系统中的真空泵 411、循环泵 414 提供动力。太阳能集热器 410 为多效蒸馏子系统的一效蒸馏器 415、二效蒸馏器 416 和三效蒸馏器 417 提供热能。

[0068] 风力发电机 401 与蓄电池 402 双向连接, 蓄电池 402 存储一部分风力发电机 401 峰值出力产生的电能, 以平抑风能波动, 当风能缺乏、风力发电机 401 产能不足时, 由蓄电池 402 为系统提供电能。风力发电机 401 同时与电加热器 412 相连, 电加热器 412 将一部分风力发电机 401 峰值出力产生的电能转化为热能, 储存到储热罐 413 当中。

[0069] 太阳能集热器 410 与储热罐 413 连接, 储热罐 413 存储太阳能集热器 410 的一部分峰值产能, 等到阳光不足时对系统所需热能进行补充。

[0070] 图 4 中提供了一个三级蒸馏子系统, 本发明可根据实际情况设定蒸馏的级数, 更多级蒸馏器的布置方式与本实施例类似, 在此不加赘述。本实施例提供的海水淡化系统, 其具体配置方式, 即各设备的规模及操作参数需根据项目的实际情况, 通过技术经济性分析确定。

[0071] 综上所述, 本发明提供的热膜耦合海水淡化系统具有以下有益效果：

[0072] (1) RO 子系统和蒸馏子系统可以共享海水预处理设备, 从而降低海水预处理单元的规模；

[0073] (2) 充分利用了 RO 技术和蒸馏技术的特点, 在利用 RO 子系统产出淡水的同时, 将 RO 子系统排出的浓盐水作为蒸馏子系统的给水, 不仅提高了淡水产出率, 而且很大程度上降低了生产成本；

[0074] (3) 不要求 RO 子系统具有太高的回收率, 降低了对 RO 膜的要求, 使得 RO 海水淡化技术可以在较低条件下运行；

[0075] (4) 考虑了清洁能源(如风能、太阳能、潮汐能等)的波动性特点, 利用电加热器、储热罐、蓄电池存储多余的热能和电能, 等到清洁能源发电设备和太阳能集热设备产能不足时, 为系统补充电能和太阳能, 起到了平抑波动和降低弃电率的作用, 而且提高了系统的可靠性；

[0076] (5) 选择中低温太阳能集热技术, 以取代价格昂贵的太阳能光伏发电或太阳能热发电, 从而使得投资成本得到大幅下降, 具有很大的经济性优势；

[0077] (6) 海水淡化效率高、生产成本低、易于推广使用。

[0078] 以上所述的具体实施例, 对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明, 所应理解的是, 以上所述仅为本发明的具体实施例而已, 并不用于限定本发明的保护范围, 凡在本发明的精神和原则之内, 所做的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

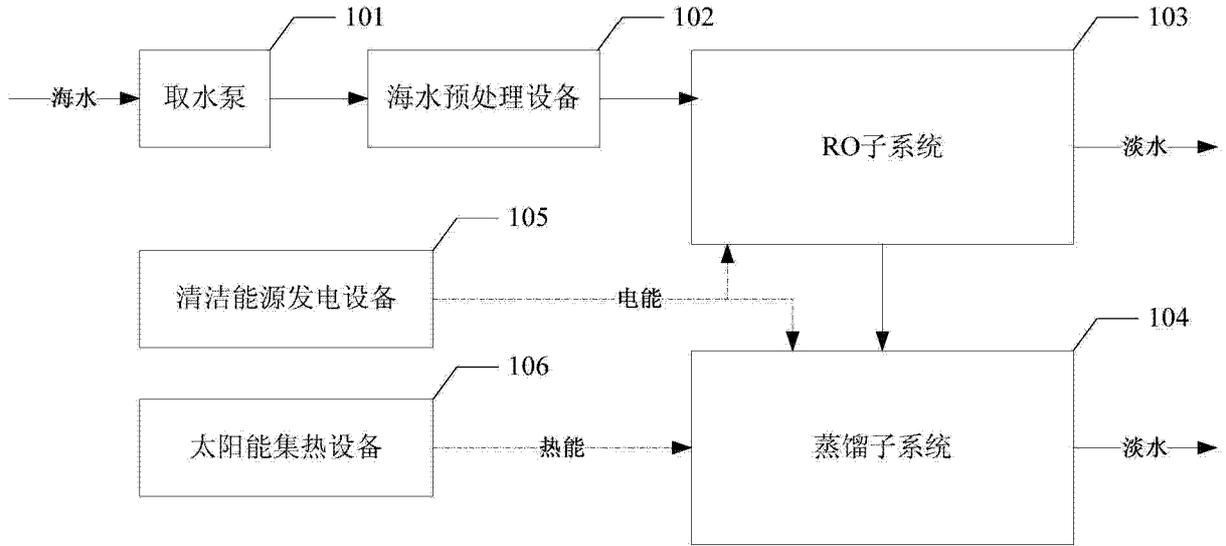


图 1

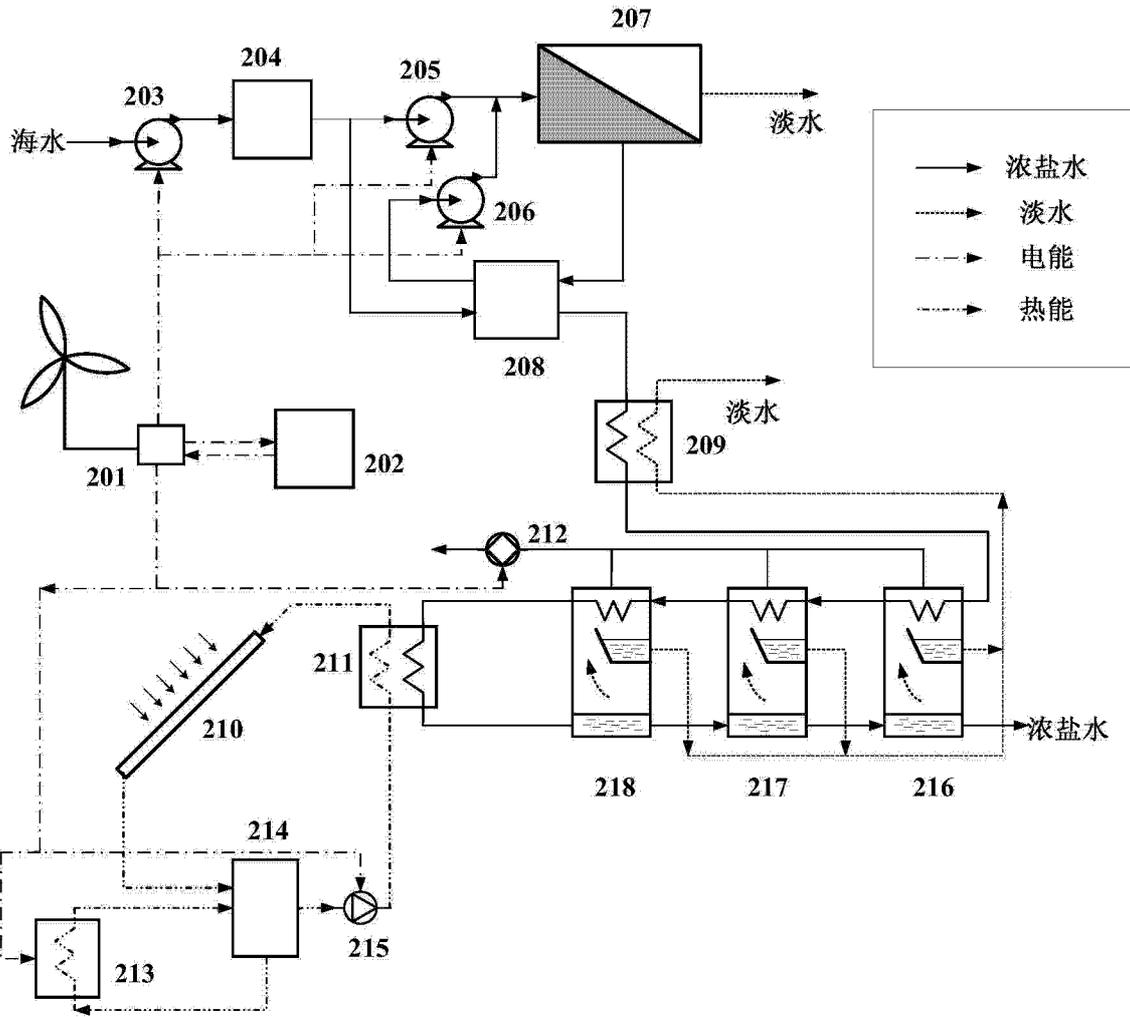


图 2

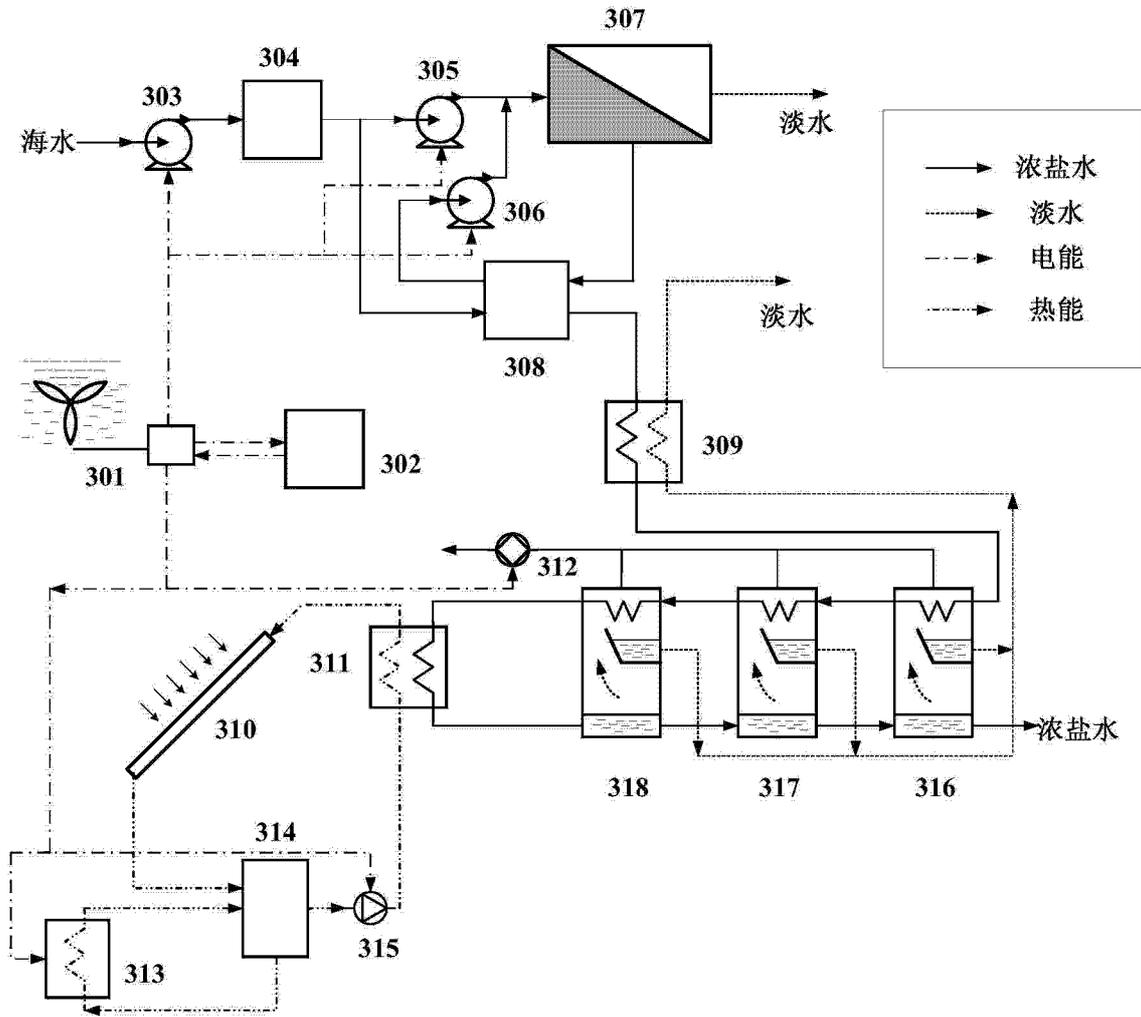


图 3

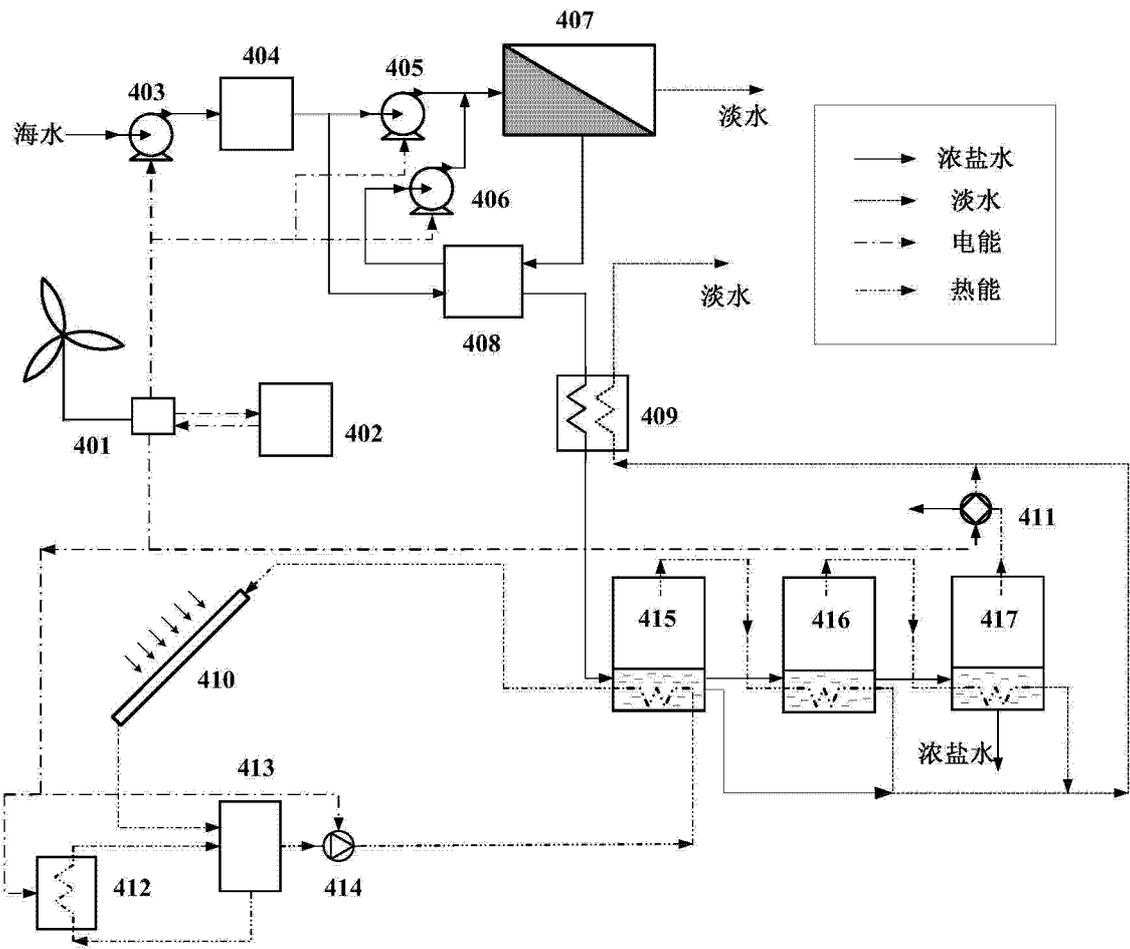


图 4