



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101921036 A

(43) 申请公布日 2010.12.22

(21) 申请号 201010221927.X

(22) 申请日 2010.06.30

(71) 申请人 中国科学院电工研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村北二条 6 号

(72) 发明人 原郭丰 王志峰 徐二树 付向东

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司 11251

代理人 关玲

(51) Int. Cl.

C02F 9/10(2006.01)

C02F 103/08(2006.01)

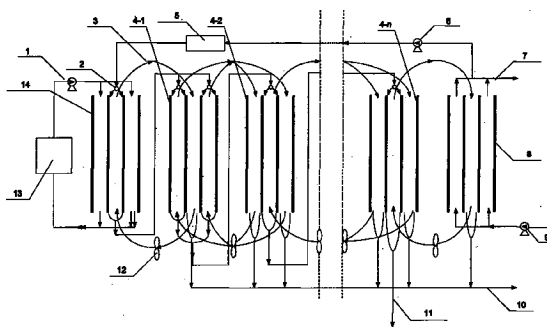
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种空气介质的常压多效蒸发冷凝海水淡化装置

(57) 摘要

一种以空气介质的常压多效蒸发冷凝海水淡化装置。该淡化装置主要包括中低温热源 (13)、第一级加热蒸发器 (14)、蒸发冷凝器 (4) 和末级冷凝器 (8); 第一级加热蒸发器 (14)、蒸发冷凝器 (4) 和末级冷凝器 (8) 依次紧密安装。中低温热源 (13) 与第一级加热蒸发器 (14) 相连; 第一级加热蒸发器 (14)、蒸发冷凝器 (4) 和末级冷凝器 (8) 均由多块换热板从左到右依次排列组合构成, 相邻换热板之间留有缝隙, 形成换热流体的流动通道, 采用板式换热原理, 在常压下实现多效空气加湿减湿的蒸发冷凝海水淡化。喷淋海水与过流空气进行热湿交换, 同时吸收来自前效热湿空气的凝结潜热, 实现能量回收, 并对前效的热湿空气进行冷凝获得淡水。



1. 一种以空气为介质的常压多效蒸发冷凝海水淡化装置,其特征在于,所述的海水淡化装置包括中低温热源(13)、第一级加热蒸发器(14)、蒸发冷凝器(4)和末级冷凝器(8);第一级加热蒸发器(14)、蒸发冷凝器(4)和末级冷凝器(8)组成淡化本体;所述的谈话本体中,第一级加热蒸发器(14)、蒸发冷凝器(4)和末级冷凝器(8)依次紧密安装;中低温热源(13)为淡化本体的外部元件,与第一级加热蒸发器(14)相连;第一级加热蒸发器(14)、蒸发冷凝器(4)和末级冷凝器(8)均由多块换热板从左到右依次排列组合构成,相邻换热板之间留有缝隙,形成换热流体的流动通道。

2. 如权利要求1所述的以空气为介质的常压多效蒸发冷凝海水淡化装置,其特征在于,所述的蒸发冷凝器(4)为多个,多个蒸发冷凝器从左到右排列,紧密安装,其安装顺序为:第一级蒸发冷凝器(4-1)、第二级蒸发冷凝器(4-2),……,第n级蒸发冷凝器(4-n)。

3. 如权利要求1所述的以空气为介质的常压多效蒸发冷凝海水淡化装置,其特征在于,所述的第一级加热蒸发器(14)为淡化本体的最高温度端,第一级加热蒸发器(14)包含中低温热源流体通道和喷淋海水与循环空气通道两种流体通道,中低温热源流体通道和喷淋海水与循环空气通道两种流体通道从左到右依次间隔交替紧密排列;紧邻第一级加热蒸发器(14)的蒸发冷凝器(4)包含上一效热湿空气冷凝通道和下一效喷淋海水和循环空气通道,上一效热湿空气冷凝通道和下一效喷淋海水和循环空气通道从左到右依次间隔交替紧密排列;与第一级加热蒸发器(14)相连的蒸发冷凝器(4)中的第一级蒸发冷凝器(4-1)形成完整的第一效蒸发冷凝循环过程,并作为第二效的蒸发加湿器;与第一级蒸发冷凝器(4-1)相连的第二级蒸发冷凝器(4-2)作为第二效蒸发加湿后空气的冷凝器,也作为第三效的蒸发器,其余各级蒸发冷凝器的功效以此类推;在淡化本体最末端为末级冷凝器(8),末级冷凝器(8)为海水淡化本体的最低温端,末级冷凝器(8)包含冷却海水通道和最后一效热湿空气循环通道两种流体通道,冷却海水通道和最后一效热湿空气循环通道从左到右依次间隔交替紧密排列。

4. 如权利要求1所述的以空气为介质的常压多效蒸发冷凝海水淡化装置,其特征在于:所述的第一级加热蒸发器(14)与中低温热源(13)的连接管路间安装有热源水泵(1);第一级加热蒸发器(14)的上端安装海水喷淋器(2);淡化海水循环泵(6)与喷淋海水预热器(5)放置于淡化本体上端,或根据空间就近布局;淡水收集管道(10)安装在淡化本体的换热器板底部。

一种空气介质的常压多效蒸发冷凝海水淡化装置

技术领域：

[0001] 本发明涉及一种海水淡化装置，特别涉及一种多效加湿除湿的蒸发冷凝海水淡化装置。

背景技术：

[0002] 目前，工业化应用的热法海水淡化技术主要为低温多效蒸馏和多级闪蒸海水淡化技术，由于需要海水在较低温度下蒸发冷凝获得淡水，这些技术均需要保持在低温低压条件下运行，系统运行真空度保持、淡水、浓盐水强制排放需要较大电力消耗。同时，由于系统需要在负压条件下运行，使得系统对设备密封性要求很高，加工和维护成本增加、故障排除和检查难度较大、污垢清理难度很大，综合运行和维护技术要求较高。从热性能角度，该类技术在小容量机组条件下，运行费用更高，经济性较差。现行的常压运行系统，多为直接式的太阳能蒸馏，或为基于直接交叉接触的加湿-除湿海水淡化技术，系统能量回收和重复利用困难，系统效率较低，大型化、工业化推广利用较难。在德国专利 DE19620214(A1) 提出了一种基于多效加热热湿原理的太阳能海水淡化方法，系统以太阳能为热源，以空气为介质进行多效的加热加湿，系统空气加湿后在未经冷凝的情况下再次加热，并通过多次加热加湿，最后统一冷凝，系统阻力较大，风机耗电较多，同时，系统能量回收困难，热效率较低。专利 W02007128062(A1) 提出了一个基于非空气为载湿介质的加湿除湿海水淡化方法，采用蜂窝降膜蒸发方法与间壁换热的冷凝方法，由于采用非空气载热载湿介质，系统必须对气体采用封闭循环，系统封闭维护困难，同时非空气系统造成成本增加，系统的单效循环也使得系统热性能较低。中国专利 CN1597540A 设计一种利用利用空气饱和湿度差的海水淡化方法，采用从热海水箱底部鼓入空气，并在上升过程中实现加湿加热，并进入冷凝器内进行降温冷凝获得淡水，系统虽然结构简单，但是系统单效运行，能量回收困难，热性能与经济性较差，大容量发展困难。中国专利 200720075022 设计了一种独立蒸发腔板式海水淡化装置，是一种基于负压蒸发冷凝的单效海水淡化装置，采用了板式换热器作为换热元件，并在板式加热板组内进行海水加热，在独立的蒸发罐内进行闪蒸，同时采用射流器进行真空维持与不凝气体与浓海水排放，与工业化应用的低温多效及多级闪蒸存在同样的运行维护困难、真空及其排放系统耗能较大等问题。中国专利 ZL01278782.5 涉及一种基于蒸发冷凝方法与螺旋板式换热件的小型海水淡化装置，同样存在真空保持与浓海水排放泵造成的电耗问题，同时系统单效运行性能比较小。中国专利 200720144164 涉及一种带有蒸汽供热单元的板式海水淡化造水机，同样存在真空保持与排放系统耗能较高的问题。

发明内容：

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术中基于低温多效蒸发与闪蒸系统负压操作所必须的真空保持、不凝气体、浓海水排放所带来的电耗较大，及其系统保温与运行维护困难、容量适应性不强等问题，以及现有加湿除湿海水淡化技术能量回收困难和系统性能较低的缺点，提供一种以空气为介质的常压多效蒸发冷凝海水淡化装置。

[0004] 本发明采用基于空气循环的多效加湿-除湿海水淡化设备,可以采用常规化石能源作为热源,亦可以采用太阳能、地热、工业废热等作为热源,在低温环境下运行。以空气作为介质,通过海水在空气中的蒸发和冷凝实现海水淡化。

[0005] 本发明是通过以下技术方案实现的。

[0006] 本发明主要包括中低温热源、第一级加热蒸发器、蒸发冷凝器、末级冷凝器,以及海水喷淋器、风机、泵、水管、风管等辅助部件。

[0007] 本发明涉及的第一级加热蒸发器、蒸发冷凝器和末级冷凝器均为基于板式换热器原理和结构的换热器。

[0008] 本发明的第一级加热蒸发器功能为:实现中低温热源流体与加湿海水和循环空气之间换热,为海水淡化的第一效蒸发提供能量,并实现喷淋海水的加热和第一效循环空气的加热加湿。第一级加热蒸发器的数量为一个。第一级加热蒸发器基本结构与板式换热器相同,由多块换热板从左到右依次排列组合构成。换热板由高效传热的金属板或塑料板等板材加工而成。相邻换热板之间留有缝隙,形成换热流体的流动通道。第一级加热蒸发器包含中低温热源流体通道和喷淋海水与循环空气通道两种流体通道,两种流体通道从左到右依次间隔交替紧密排列,通道数量根据海水淡化容量和设计的需求确定,第一级加热蒸发器流体通道数量至少 2 个。

[0009] 本发明的蒸发冷凝器功能为:对上一效热湿空气进行冷凝减湿获得淡水,并由下一效喷淋海水和循环空气对上一效热湿空气的冷凝热量进行回收,同时实现下一效循环空气的加热加湿。蒸发冷凝器的数量根据海水淡化设计效数确定,数量计算方法为海水淡化设计效数减 1。蒸发冷凝器基本结构与板式换热器结构相同,由多块换热板从左到右依次排列组合构成。换热板由高效传热的金属板或塑料板等板材加工而成。相邻换热板之间留有缝隙,形成换热流体的流动通道。蒸发冷凝器包含上一效热湿空气冷凝通道和下一效喷淋海水和循环空气通道两种流体通道,两种流体通道从左到右依次间隔交替紧密排列,通道数量根据海水淡化容量和设计的需求确定,每一块蒸发冷凝器流体通道总数量至少 2 个。

[0010] 本发明的末级冷凝器功能为:采用大流量的低温海水对最后一效的热湿空气进行最大限度的降温冷凝获得淡水。末级冷凝器数量为一个。末级冷凝器的基本结构与板式换热器结构相同,由多块换热板从排列组合构成,换热板由高效传热的金属板或塑料板等板材加工而成。相邻换热板之间留有缝隙,形成换热流体的流动通道。末级冷凝器包含冷却海水通道和最后一效热湿空气循环通道两种流体通道,两种流体通道从左到右依次间隔交替紧密排列,通道数量根据海水淡化容量和设计的需求而定,至少 2 个。

[0011] 一个第一级加热蒸发器、多个蒸发冷凝器和一个末级冷凝器共同构成本发明海水淡化装置的淡化本体。

[0012] 所述的海水淡化本体中,一个第一级加热蒸发器、多个蒸发冷凝器和一个末级冷凝器依次紧密安装,多个蒸发冷凝器依次从左到右排列,紧密安装,其安装顺序为:第一级加热蒸发器、第一级蒸发冷凝器、第二级蒸发冷凝器,……,第 n 级蒸发冷凝器、末级冷凝器。

[0013] 本发明的中低温热源可以视为淡化本体的外部元件。中低温热源与第一级加热蒸发器相连接。中低温热源根据位置与空间关系与淡化本体就近组合,两者之间无特殊的位置关系需求。

[0014] 本发明实现海水淡化的热力学过程和流体流动循环过程如下:

[0015] 中低温热源加热的热源流体通过安装在中低温热源与第一级加热蒸发器之间的热源流体管道上的热源水泵,从第一级加热蒸发器的上部进入第一级加热蒸发器的中低温热源流体通道,通过第一级加热蒸发器的换热板,将热量传递给第一级加热蒸发器的喷淋海水与循环空气通道中的喷淋海水和循环空气,释放热量并降温后的热源流体从第一级加热蒸发器的中低温热源流体通道下部流出,并返回中低温热源进行加热升温,重新经由热源水泵进入第一级加热蒸发器,形成完整的热源流体热力学过程和流动过程。热源流体在第一级加热蒸发器中释放的能量加热喷淋海水和循环空气,使喷淋海水蒸发,并实现对循环空气的加热与加湿。

[0016] 海水淡化本体最左端为与中低温热源相连接的第一级加热蒸发器,第一级加热蒸发器为海水淡化本体的最高温度端。经过喷淋海水预热器的喷淋海水通过置于第一级加热蒸发器喷淋海水与循环空气通道上端的海水喷淋器,将海水喷淋进入第一级加热蒸发器喷淋海水与循环空气通道,并与逆流而上的循环空气进行热湿交换,经过喷淋加热蒸发后剩余的海水经由第一级加热蒸发器下部的管道引入与第一级加热蒸发器紧密相连的第一级蒸发冷凝器上部,通过置于蒸发冷凝器海水喷淋与循环空气通道上部的海水喷淋器将剩余海水喷淋进去蒸发冷凝器海水喷淋与循环空气通道,吸收第一级加热蒸发器热湿空气的冷凝热,并对蒸发冷凝器海水喷淋与循环空气通道内的空气进行加热加湿,此第一级蒸发冷凝器海水喷淋与循环空气通道底部剩余的海水,经过置于第一级蒸发冷凝器下部的管道,进入与第一级蒸发冷凝器紧密相连的相同原理和结构的第二级蒸发冷凝器上部,并通过海水喷淋器进入海水喷淋与加湿空气循环通道,回收上一级蒸发冷凝器内形成热湿空气的冷凝潜热,并对本块蒸发冷凝器内喷淋海水与循环空气通道内的循环空气进行加热加湿。这种结构和原理的蒸发冷凝器根据海水淡化容量和海水淡化装置设计要求可以包括多个,多个蒸发冷凝器从左到右紧密排列,并以上述的蒸发冷凝原理实现多效海水淡化。根据海水淡化装置设计效数以上述方式逐级串联,并经过最后一效蒸发后,通过置于末级冷凝器左侧的最后一级蒸发冷凝器底部的浓海水排放管道统一排放。

[0017] 第一级加热蒸发器内形成的热湿空气,从第一级加热蒸发器上部的管道从上部进入第一级加热蒸发器紧密相连的第一级蒸发冷凝器,并在第一级蒸发冷凝器的热湿空气冷凝通道内冷凝,获得淡水,同时,冷凝后的空气从第一级蒸发冷凝器的底部,经由安装在第一级蒸发冷凝器和第一级加热蒸发器底部之间的循环风机诱导,返回第一级加热蒸发器,完成一个封闭的空气加湿-除湿的热力学循环过程,这一个过程为本海水淡化装置的“第一效”。与第一效热力学循环相同的原理,在第一级蒸发冷凝器内,由于吸收了第一效热力学过程热湿空气冷凝热量而实现加热加湿的热湿空气,从第一级蒸发冷凝器的上部的管道从上部进入第一块蒸发冷凝器紧密相连的第二级蒸发冷凝器,并在第二级蒸发冷凝器的热湿空气冷凝通道内冷凝,获得淡水,同时,冷凝后的空气从第二级蒸发冷凝器的底部,经由安装在第一级蒸发冷凝器和第二级蒸发冷凝器底部之间的循环风机诱导,返回第一级蒸发冷凝器,完成一个封闭的空气加湿-除湿的热力学循环过程,这一个过程为本海水淡化装置的“第二效”,并依此类推,实现多效蒸发冷凝海水淡化过程。本海水淡化装置最后一级蒸发冷凝器内形成的热湿空气,从最后一级蒸发冷凝器上部的管道从上部进入与最后一级蒸发冷凝器紧密相连的末级冷凝器,并在末级冷凝器内冷凝获得淡水,同时,冷凝后的空气从末级冷凝器的底部,经由安装在最后一级蒸发冷凝器和末级冷凝器底部之间的循环风机诱

导,返回最后一级蒸发冷凝器,完成一个封闭的空气加湿-除湿的热力学循环过程,这一个过程为本海水淡化装置的最后一步,即多效海水淡化中常表述的“末效”。

[0018] 在每一效蒸发冷凝循环内部,空气从蒸发冷凝器底部进入蒸发冷凝器的喷淋海水与循环空气通道,在该通道内与喷淋海水进行逆流方式的热湿交换,在蒸发冷凝器上部经由两级蒸发冷凝器之间的空气循环管路进入与本级蒸发冷凝器相同的蒸发冷凝器热湿空气冷凝通道,进行降温除湿获得淡水。降温除湿后的空气在经由安装在蒸发冷凝器底部安装的风机,引导返回与本级蒸发冷凝器紧密相连的前一级蒸发冷凝器的喷淋海水与循环空气通道,形成一效内完整的空气循环,各效之间空气在各效内形成独立封闭循环。各效内湿空气冷凝所获得的淡水,由安装在淡化本体底部的淡水收集管道排出并统一收集。

[0019] 在淡化本体最末端为与最后一级蒸发冷凝器右侧紧密相连的末级冷凝器。末级冷凝器为海水淡化本体的最低温端。末级冷却海水经由安装于冷却海水进水管道的冷却海水泵从末级冷凝器底端管路进入末级冷凝器,并采用大流量的冷却海水对最后一效的湿热空气进行冷却,大部分冷却海水经由末级冷凝器上部冷却海水排放管路排放,部分冷却海水在末级冷凝器上部出口经由淡化海水循环泵打入喷淋海水预热器进行预热,淡化海水循环泵与喷淋海水预热器放置于淡化本体换热器板组上端,或根据空间就近布局。

[0020] 本发明以空气作为载湿介质,在常压条件下实现多效蒸发冷凝,提高系统性能比,减少电能消耗。采用基于蒸发冷却的热法海水淡化技术,充分保证了淡水水质。

[0021] 本发明装置结构紧凑、蒸发冷凝换热面积大、单位容量淡化器重量较轻,传热效率高、能耗较低、容量适应性很强、易于操作和维护。

[0022] 本发明涉及的第一级蒸发冷凝器、蒸发冷凝器、末级冷凝器,均包含了两种通道,由于每种通道的流体状态、流体流量和流道功能不同,可以根据提高传热特性与实现通道功能的需求,采用不同换热板间距,形成不同的流体通道尺寸,以强化换热和实现复杂的换热、喷淋海水成膜、蒸发工艺。

[0023] 本发明的优点在于:

[0024] 1、能耗较低:常压操作,不需要强制的真空度保持和液体、不凝气体排放,电耗较小,操作方便;

[0025] 2、性能比高:系统基于空气循环的多效加湿-除湿原理,有效的实现了能量回收和重复利用,系统性能比较高;

[0026] 3、换热系数高:由于板换的结构特点,系统在海水速度很低的情况下,即进入湍流状态,传热传质效率较高;

[0027] 4、火用效率高:以空气为载湿介质的多效加湿-除湿海水淡化器,维持了每效内空气在较小温差下循环运行,系统热力学火用效率较高;

[0028] 5、循环能耗低:系统每效蒸发器与冷凝器之间的温差可以形成效内空气的自然循环,仅需要很小功率的风机,即可实现效内空气循环,空气循环能耗较低;

[0029] 6、维护方便:系统继承了板式换热器结构特点,可以自由拆卸,装配、维修、系统污垢处理方便;

[0030] 7、容量适应性强:可以通过增加或减小换热板数量,调整系统容量,系统容量适应性较强;

[0031] 8、成本较低:系统换热系数较高、结构紧凑,重量较轻,单位容量淡化机耗材较少,

成本较低；

[0032] 9、启动快：系统热容较小，系统启动速度快，启动与停车能量损耗较少；

[0033] 10、无需保温：系统结构紧凑，比表面积较小，基本不需要进行外表面保温，成本较低。

[0034] 本发明适用于各种容量级别的淡水制取，也可用于化工、医药等行业的溶液浓缩等热工过程。

附图说明：

[0035] 图1是本发明海水淡化装置结构示意图，图中：1 热源水泵、2 海水喷淋器、3、循环空气、4-1、4-2、……、4-n 蒸发冷凝器、5 喷淋海水预热器、6 淡化海水循环泵、7 冷却海水排放管道、8 末级冷凝器、9 冷却海水泵、10 淡水收集管道、11 浓海水排放管道、12 循环风机、13 中低温热源、14 第一级加热蒸发器；

[0036] 图2是第一级加热蒸发器结构示意图，图中：15 第一级加热蒸发器中的低温热源流体通道、16 第一级加热蒸发器中的喷淋海水与循环空气通道、17 第一级加热蒸发器的换热板；

[0037] 图3是蒸发冷凝器结构示意图，图中：18 蒸发冷凝器热湿空气冷凝通道、19 喷淋海水和循环空气通道、20 蒸发冷凝器的换热板；

[0038] 图4是末级冷凝器结构示意图，图中：21 末级冷凝器冷却海水通道、22 末级冷凝器热湿空气循环通道、23 末级冷凝器的换热板。

具体实施方式

[0039] 以下结合附图和具体实施方式进一步说明本发明。

[0040] 如图1所示，本发明主要包括中低温热源13、第一级加热蒸发器14、蒸发冷凝器4、海水喷淋器2、循环风机3、热源水泵1、冷却海水泵9、淡水收集管道10、浓海水排放管道11、末级冷凝器8等。中低温热源13可以视为海水淡化系统中以换热器板组组成的淡化本体的外部元件。中低温热源13根据位置与空间关系与淡化本体就近组合，无特殊的位置关系需求。淡化本体由一个第一级加热蒸发器14、蒸发冷凝器4和一个末级冷凝器8构成，蒸发冷凝器4可以为多个蒸发冷凝器4-1、4-2、……、4-n。第一级加热蒸发器14、蒸发冷凝器4、末级冷凝器8均由多块换热板从左到右依次排列组合构成，相邻换热板之间留有缝隙，形成换热流体的流动通道。由一个第一级加热蒸发器14、多个蒸发冷凝器4-1、4-2、……、4-n和一个末级冷凝器8构成的淡化本体中，一个第一级加热蒸发器14、蒸发冷凝器4和一个末级冷凝器8依次紧密装配的原则安装。蒸发冷凝器4由多个蒸发冷凝器4-1、4-2、……、4-n从左到右串行连接组成。淡化本体的最左端为与中低温热源13相连接的第一级加热蒸发器14，第一级加热蒸发器14为淡化本体的最高温度端，紧邻第一级加热蒸发器14的是第一级蒸发冷凝器4-1，第一级蒸发冷凝器4-1作为与第一级加热蒸发器14配套的冷凝换热部件，作为第一级加热蒸发器所产生热湿空气的冷凝器，形成完整的第一效蒸发冷凝循环过程。同时，经过第一级加热蒸发器14加热蒸发后的剩余海水进入第一级蒸发冷凝器4-1的喷淋海水与循环空气通道，回收第一效热湿空气的冷凝热，并在第一级蒸发冷凝器4-1的喷淋海水与循环空气通道内与逆流而上的空气进行热湿交换，对逆流空气进行加

热加湿,作为第二效的蒸发加湿器。与第一级蒸发冷凝器 4-1 紧连的是第二级蒸发冷凝器 4-2,蒸发冷凝器 4-2 的结构和工作原理与蒸发冷凝器 4-1 相同,作为第二效蒸发加湿后空气的冷凝器,也作为第三效的蒸发器,其余各级蒸发冷凝器 4-3,……4-n 的功效以此类推。蒸发冷凝器 4 的数量根据海水淡化装置设计效数来确定。在淡化本体最末端为末级冷凝器 8,末级冷凝器 8 为海水淡化本体的最低温端。

[0041] 热源水泵 1 安装于第一级加热蒸发器 14 与中低温热源 13 的连接管路中间,以实现加热流体在热源与负载之间强制循环。热源水泵 1 的相对位置根据管路位置与空间决定。末级冷却海水经由安装于冷却海水进口管道中间的冷却海水泵 9 从末级冷凝器 8 底部管道进入末级冷凝器 8,对最后一级蒸发冷凝器 4-n 内形成的湿热空气进行冷却。大部分冷却海水由经由末级冷凝器 8 上部冷却海水排放管道 7 排放,部分冷却海水在末级冷凝器 8 的上部出口经由安装于冷却海水排放管道 7 与喷淋海水预热器 5 之间的淡化海水循环泵 6 打入喷淋海水预热器 5 预热,淡化海水循环泵 6 与喷淋海水预热器 5 放置于由第一级加热蒸发器 14、蒸发冷凝器 4 和末级冷凝器 8 组成的淡化本体上端,或根据空间就近布局。经过喷淋海水预热器 5 的喷淋海水通过置于第一级加热蒸发器 14 上端的海水喷淋器 2 进入加热蒸发器的加湿蒸发通道,并与逆流而上的空气进行热湿交换,经过喷淋加热蒸发后剩余的海水经由第一级加热蒸发器 14 下部统一管道从第一级蒸发冷凝器 4-1 上部,通过与海水喷淋器 2 结构和功能相同的海水喷淋器进入第二级蒸发冷凝器 4-2,对上一效热湿空气的冷凝热回收,并进一步蒸发,所有的蒸发冷凝器 4 根据海水淡化装置设计效数,按以上述方式逐级串联,并经过最后一效蒸发后,通过置于最后一级蒸发冷凝器 4-n 下部的浓海水排放管道 11 统一排放。在每一效蒸发冷凝循环内部,空气从蒸发冷凝器底部进入蒸发冷凝器的喷淋海水与循环空气通道,在该通道内与喷淋海水进行逆流方式的热湿交换,由该级蒸发冷凝器的上端,经由统一风管从该级蒸发冷凝器的上部进入下一级蒸发冷凝器,进行降温除湿获得淡水,降温除湿后的空气在蒸发冷凝器底部经由安装在蒸发冷凝器底部的风机 12,引导空气循环返回上一级蒸发冷凝器的喷淋海水与循环空气通道,形成一效内完整的空气循环,各效之间空气在各效内形成独立封闭循环。各效湿空气冷凝所获得的淡水,由安装在淡化本体底部的淡水收集管道 10 排出并统一收集。

[0042] 图 2 所示为本发明第一级加热蒸发器 14 的结构示意图。第一级加热蒸发器 14 基本结构与板式换热器相同,由多块换热板 17 从左到右依次排列组合构成。相邻换热板之间留有缝隙,形成换热流体的流动通道,第一级加热蒸发器包含中低温热源流体通道 15-1、15-2、15-3,以及喷淋海水与循环空气通道 16-1、16-2,两种流体通道从左到右依次间隔交替紧密排列,通道数量根据海水淡化容量和设计的需求,第一级加热蒸发器流体通道数量至少两个。

[0043] 图 3 所示为本发明蒸发冷凝器 4 结构示意图。蒸发冷凝器 4 的基本结构与板式换热器结构相同,由多块换热板 20 从左到右依次排列组合构成。相邻换热板之间留有缝隙,形成换热流体的流动通道。蒸发冷凝器包含上一效热湿空气冷凝通道 18-1、18-2、18-3,以及下一效喷淋海水和循环空气通道 19-1、19-2 两种流体通道,两种流体通道从左到右依次间隔交替紧密排列,通道数量根据海水淡化容量和设计的需求,每一块蒸发冷凝器流体通道总数量至少两个。

[0044] 图 4 所示为本发明末级冷凝器 8 的结构示意图。末级冷凝器 8 的基本结构与板式

换热器结构相同,由多块换热板 23 从左至右依次排列组合构成。相邻换热板之间留有缝隙,形成换热流体的流动通道。末级冷凝器 8 包含冷却海水通道 22-2、22-1,以及最后一效热湿空气循环通道 21-1、21-2、21-3 两种流体通道,两种流体通道从左到右依次间隔交替紧密排列,通道数量根据海水淡化容量和设计的需求而定,至少两个。

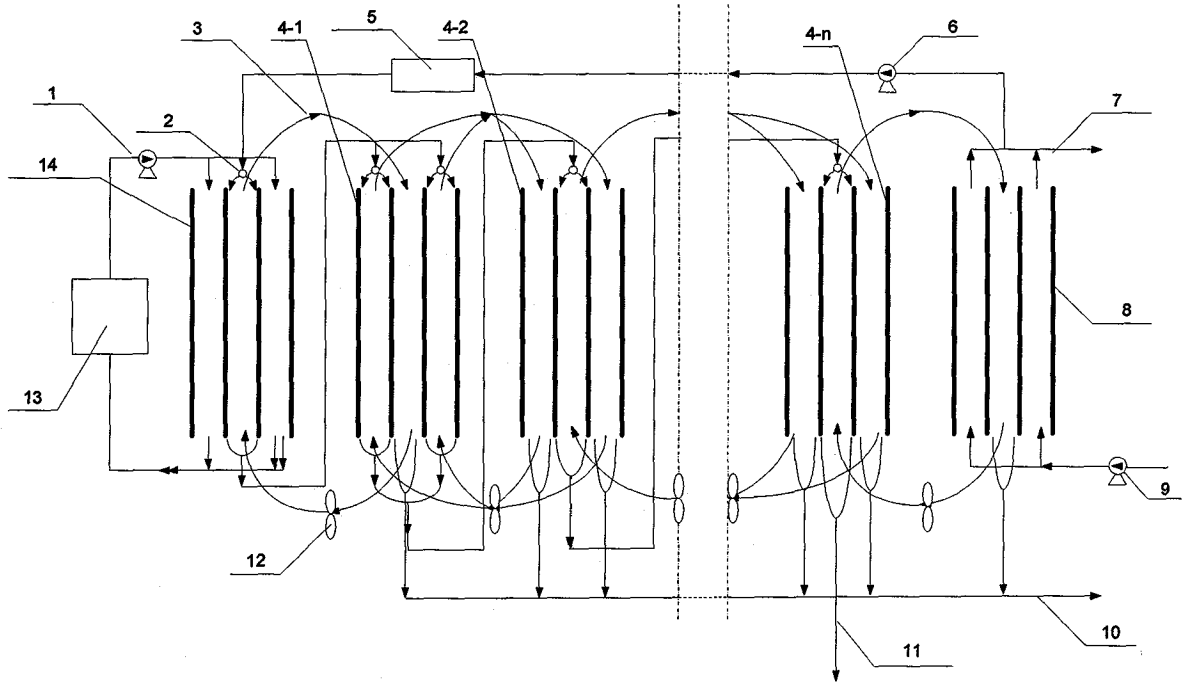


图 1

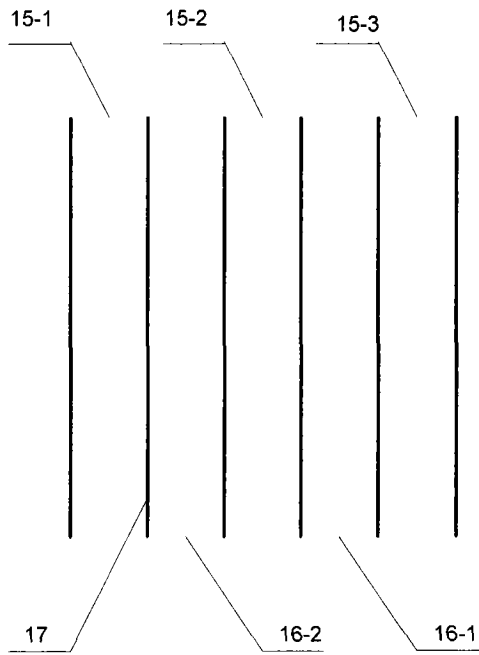


图 2

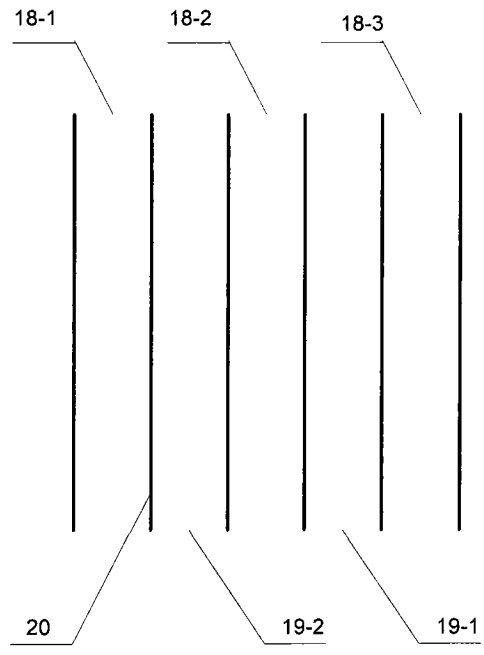


图 3

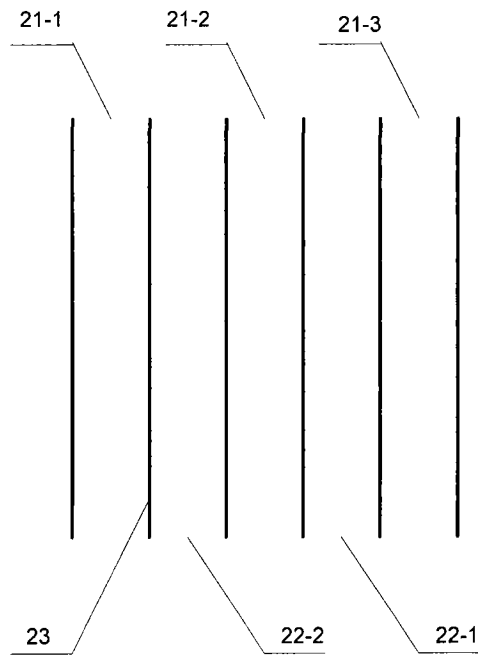


图 4