



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106800320 B

(45)授权公告日 2020.05.01

(21)申请号 201710016073.3

(22)申请日 2017.01.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106800320 A

(43)申请公布日 2017.06.06

(73)专利权人 西北工业大学
地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72)发明人 张立瑜 姜应哲 诸威志

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 陈星

(51) Int. Cl.

C02F 1/14(2006.01)

C02F 1/10(2006.01)

C02F 103/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 104495966 A, 2015.04.08,

CN 103265140 A, 2013.08.28,

CN 103925024 A, 2014.07.16,

CN 101481154 A, 2009.07.15,

CN 102910696 A, 2013.02.06,

CN 203568872 U, 2014.04.30,

CN 205740416 U, 2016.11.30,

CN 104118918 A, 2014.10.29,

US 2011000778 A1, 2011.01.06,

审查员 许金丽

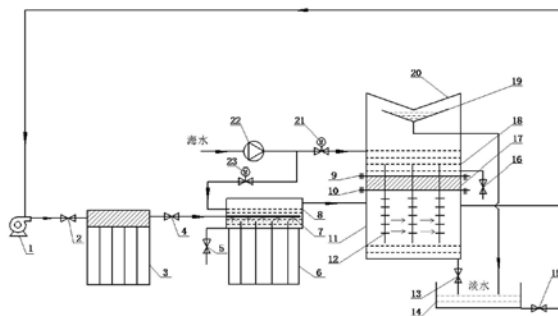
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法

(57)摘要

本发明公开了一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法。采用热管-真空管式太阳能集热器直接加热空气及鼓泡器中的海水；将多孔鼓泡排管浸于海水中，使空气在海水中以喷射的方式鼓泡加湿；加湿器结构简单，易于加工、拆卸和除垢。除湿器中翅片无机热管下部回收水蒸气的冷凝潜热，传给相变材料和海水，一部分热量通过海水淡化器加热加湿其上方的空气产生淡水，另一部分热量以固液形式储存，在夜间再释放出来，冷凝潜热利用率与淡水产量较高。使用相变材料储热，热管换热冷端温度恒定，换热好。海水淡化系统采用电网或独立光伏发电系统供电，规模灵活，应用范围广，可用于沿海、海岛淡化海水，以及内陆边远地区淡化苦咸水。



CN 106800320 B

1. 一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统,其特征在於:包括风机、第一集热器、第二集热器、鼓泡排管、加湿器、第一法兰、第二法兰、除湿器、翅片无机热管、淡水槽、相变材料容器、海水淡化器、淡水收集盘、透光面板、海水泵,所述海水淡化器与所述除湿器为一端封闭的圆筒形结构,海水淡化器位于除湿器的上方,海水淡化器顶部设置V形透光面板,淡水收集盘固定在海水淡化器内位于透光面板的下方,且与透光面板平行放置,透光面板与淡水收集盘的倾斜角度相同,淡水收集盘与淡水槽通过管线连接;

所述相变材料容器位于海水淡化器底部与除湿器顶部之间,且通过第一法兰与第二法兰连接,翅片无机热管固定在两法兰上,翅片无机热管分为下段和上段两部分,翅片无机热管下段为翅片管,翅片管位于除湿器内并与除湿器内的湿空气换热,翅片无机热管的上段为不连接翅片的光滑的管,该光滑的管贯穿相变材料容器并延伸至海水淡化器内,并与相变材料和海水换热;海水淡化器侧壁靠近相变材料容器处安装第二排放阀,除湿器底部安装1[#]淡水阀,淡水槽位于除湿器底部1[#]淡水阀的下方,淡水槽底部安装有2[#]淡水阀;

所述风机为空气循环提供动力;风机出口端与第一集热器一侧端通过管线和1[#]调节阀连接,用于调节空气流量,第一集热器另一侧端与安装在加湿器内的多孔鼓泡排管一端通过管线和2[#]调节阀连接,加湿器位于第二集热器上部,加湿器一侧端上部与除湿器通过管线连接,加湿器另一侧端通过管线与风机入口端连接,加湿器另一侧端下部安装有第一排放阀;

工作时,海水通过海水泵,一路经由管线和第一液位控制阀与海水淡化器连接,另一路经由管线和第二液位控制阀与加湿器连接,加湿器、海水淡化器内海水高度分别由第一液位控制阀和第二液位控制阀控制。

2. 一种采用权利要求1所述的蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统进行海水淡化的工艺方法,其特征在於包括以下步骤:

步骤1. 使用排管鼓泡加湿工艺,加湿率达100%;

步骤2. 将 $30^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ 的不饱和空气在风机的驱动下,经第一集热器加热后,进入鼓泡排管在海水中鼓泡,同时海水被第二集热器加热,强化空气与海水之间的传热传质,经鼓泡与加热,得到 $55^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 的饱和湿空气;

步骤3. 鼓泡排管上均布多个等直径喷孔,孔径为 $0.1\text{mm} \sim 15\text{mm}$,喷孔面积与加湿器内海水面积之比即开孔率为 $0.1\% \sim 20\%$;

步骤4. 除湿器中,翅片无机热管固定在法兰上,管束呈正方形或同心圆排列,翅片无机热管下段与湿空气换热,湿空气被冷却至 $30^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ 并析出部分淡水,淡水收集到位于除湿器下面的淡水槽中,翅片无机热管上段与相变材料和海水换热,翅片无机热管将空气的湿热和水蒸气的冷凝潜热自下而上传递,将一部分热量传递给相变材料,以固液相变储存,确保海水淡化器内海水温度保持在 $45^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$,翅片无机热管换热冷端温度恒定,白天夜晚均可析出淡水;

步骤5. 采用海水淡化器和相变材料回收水蒸气冷凝潜热;通过太阳光照射和翅片无机热管换热,海水淡化器中的海水被加热,海水上方的空气被自然加热与加湿,热湿空气向上流动,在海水淡化器的透光面板底部被外部空气自然冷却,析出淡水;

步骤6. 采用透光面板和淡水收集盘;淡水收集盘放置在透光面板下面,且与透光面板平行放置,淡水收集盘与透光面板的倾斜角度相同,倾斜角取值范围为 $10^{\circ} \sim 70^{\circ}$,淡水收集

盘单边长度为透光面板单边长度的 $2/10\sim 9/10$,淡水收集盘与透光面板之间的垂直间距均不小于5mm,以充分接收透光面板底部凝结的淡水,同时保证湿空气的流通截面积具有较小的流动阻力;

步骤7.除湿器和海水淡化器通过法兰与相变材料容器连接,热湿空气在除湿器除湿后,从除湿器另一侧流出,然后进入风机,进行下一次循环。

一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能海水淡化技术领域,具体地说,涉及一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法。

背景技术

[0002] 加湿除湿法是众多太阳能海水淡化法中热效率最高的方法,适用于中小型太阳能海水淡化装置。加湿除湿太阳能海水淡化工艺中,空气和/或海水依靠太阳能加热。当空气和/或海水被强制循环流动时,产水量相对较大,但需要消耗电能,称之为主动式工艺;反之,若空气依靠自然循环流动,海水不流动,则不需要消耗电能,但产水量相对较低,称之为被动式工艺。

[0003] 空气在海水中鼓泡加湿的主要优点是:加湿率可达100%,超过传统喷淋加湿率与填料塔加湿率;鼓泡加湿器可以采用无毒工程塑料制造,解决了金属加湿器易被海水腐蚀的问题;鼓泡加湿器结构简单,为多孔筛板结构或多孔排管结构;鼓泡过程中,海水被空气扰动,不易结垢;海水不需循环流动,工艺过程能耗降低。

[0004] 除湿过程是水蒸气从湿空气中冷凝析出,同时放出冷凝潜热的过程。回收除湿过程释放的水蒸气冷凝潜热,可显著提高海水淡化过程的热利用率与产水量,降低产水成本。目前在海水淡化工艺中,回收水蒸气冷凝潜热主要用于预热海水、直接蒸发海水或储热后再利用,其中直接蒸发海水法的热利用率最高。但是,由于受到工艺设计、设备结构设计与设备性能多种技术制约,目前这种工艺方法应用的仍然较少。

[0005] 在文献“三效管式蒸馏太阳能海水淡化装置”(《Desalination》2013年,Hongfei Zheng,Zhili Chen)中,其采用三级不同管径、不同圆心的套管式蒸馏器,用于回收水蒸气冷凝潜热以直接蒸发海水。该海水淡化装置的工艺属于被动式加湿除湿法,相对于主动式装置而言,单位时间内产水量不高。

[0006] 2016年,在《Desalination》杂志上,埃及A.E.Kabeel等人首次采用多孔排管向下方喷射鼓泡加湿的方式,代替多孔筛板向上方鼓泡的方式,解决了使用筛板鼓泡易产生漏液的问题,但其工艺中没有回收水蒸气冷凝潜热,致使装置太阳能热利用率较低,产水率亦相对较低。

[0007] 在发明专利ZL201410788364.0“一种鼓泡加湿与热泵耦合的海水淡化系统及工艺方法”中,该方法采用筛板鼓泡方式加湿空气,采用热泵回收水蒸气的冷凝潜热并供给加湿过程。该方法提高了热循环利用率及产水率,产水比GOR达到3以上。

[0008] 无机热管是一种比普通热管传热能力更强、热启动性更好的新型传热元件,其传热过程极其迅速,且在传热过程中该热管的冷、热端表面接近等温。将多孔排管鼓泡加湿与无机热管回收水蒸气冷凝潜热的除湿过程相结合,可提高现有加湿除湿太阳能海水淡化工艺的除湿过程的稳定性,以及提高热利用率及产水率。

[0009] 相变材料在特定温度或温度范围下发生相态变化,吸收或释放大量的相变潜热,可以用来蓄热。相变蓄热与湿热蓄热相比具有蓄热密度高、蓄热放热温度比较固定的特点。

将相变蓄热与太阳能加湿除湿海水淡化工艺相结合,可以较好地解决除湿过程水蒸气冷凝潜热的回收利用问题,以及除湿换热过程冷端温度的控制问题,从而有效地提高热能的循环利用效率及淡水产量。

发明内容

[0010] 为了避免现有技术存在的不足,本发明提出一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法;其利用太阳能加热空气和海水,在主动式循环中,空气采用多孔排管鼓泡加湿,翅片无机热管除湿;利用无机热管和蓄热材料回收主动式循环中空气除湿释放的冷凝潜热,供给被动式加湿过程;主动与被动加湿除湿循环共同生产淡水,提高了热利用率及淡水产量。

[0011] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统,其特征在于包括风机、第一集热器、第二集热器、鼓泡排管、加湿器、第一法兰、第二法兰、除湿器、翅片无机热管、淡水槽、相变材料容器、海水淡化器、淡水收集盘、透光面板、海水泵,所述海水淡化器与所述除湿器为一端封闭的圆筒形结构,海水淡化器位于除湿器的上方,海水淡化器顶部设置V形透光面板,淡水收集盘固定在海水淡化器内位于透光面板的下方,且与透光面板平行放置,透光面板与淡水收集盘的倾斜角度相同,淡水收集盘与淡水槽通过管线连接;

[0012] 所述相变材料容器位于海水淡化器底部与除湿器顶部之间,且通过第一法兰与第二法兰连接,翅片无机热管固定在两法兰上,翅片无机热管下段为翅片管位于除湿器内与湿空气换热,翅片无机热管上段为光管穿过相变材料容器位于海水淡化器内,并与相变材料和海水换热;海水淡化器侧壁靠近相变材料容器处安装第二排放阀,除湿器底部安装1[#]淡水阀,淡水槽位于除湿器底部1[#]淡水阀的下方,淡水槽底部安装有2[#]淡水阀;

[0013] 所述风机为空气循环提供动力;风机出口端与第一集热器一侧端通过管线和1[#]调节阀连接,用于调节空气流量,第一集热器另一侧端与安装在加湿器内的多孔鼓泡排管一端通过管线和2[#]调节阀连接,加湿器位于第二集热器上部,加湿器一侧端上部与除湿器通过管线连接,加湿器另一侧端通过管线与风机入口端连接,加湿器另一侧端下部安装有第一排放阀;

[0014] 工作时,海水通过海水泵,一路经由管线和第一液位控制阀与海水淡化器连接,另一路经由管线和第二液位控制阀与加湿器连接,加湿器、海水淡化器内海水高度分别由第一液位控制阀和第二液位控制阀控制。

[0015] 一种采用所述蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统进行海水淡化的工艺方法,其特征在于包括以下步骤:

[0016] 步骤1.使用排管鼓泡加湿工艺,加湿率达100%;

[0017] 步骤2.将 $30^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ 的不饱和空气在风机的驱动下,经第一集热器加热后,进入鼓泡排管在海水中鼓泡,同时海水被第二集热器加热,强化空气与海水之间的传热传质,经鼓泡与加热,得到 $55^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 的饱和湿空气;

[0018] 步骤3.鼓泡排管上均布多个等直径喷孔,孔径为 $0.1\text{mm} \sim 15\text{mm}$,喷孔面积与加湿器内海水面积之比即开孔率为 $0.1\% \sim 20\%$;

[0019] 步骤4.除湿器中,翅片无机热管固定在法兰上,管束呈正方形或同心圆排列,翅片

无机热管下段与湿空气换热,湿空气被冷却至 $30^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 并析出部分淡水,淡水收集到位于除湿器下面的淡水槽中,翅片无机热管上段与相变材料和海水换热,翅片无机热管将空气的湿热和水蒸气的冷凝潜热自下而上传递,将一部分热量传递给相变材料,以固液相变储存,确保海水淡化器内海水温度保持在 $45^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$,翅片无机热管换热冷端温度恒定,白天夜晚均可析出淡水;

[0020] 步骤5.采用海水淡化器和相变材料回收水蒸气冷凝潜热;通过太阳光照射和翅片无机热管换热,海水淡化器中的海水被加热,海水上方的空气被自然加热与加湿,热湿空气向上流动,在海水淡化器的透光面板底部被外部空气自然冷却,析出淡水;

[0021] 步骤6.采用透光面板和淡水收集盘;淡水收集盘放置在透光面板下面,且与透光面板平行放置,淡水收集盘与透光面板的倾斜角度相同,倾斜角取值范围为 $10^{\circ}\sim 70^{\circ}$,淡水收集盘单边长度为透光面板单边长度的 $2/10\sim 9/10$,淡水收集盘与透光面板之间的垂直间距均不小于5mm,以充分接收透光面板底部凝结的淡水,同时保证湿空气的流通截面积具有较小的流动阻力;

[0022] 步骤7.除湿器和海水淡化器通过法兰与相变材料容器连接,热湿空气在除湿器除湿后,从除湿器另一侧流出,然后进入风机,进行下一次循环。

[0023] 有益效果

[0024] 本发明提出的一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法,其利用太阳能加热空气和海水,在主动式循环中,空气采用多孔排管鼓泡加湿,翅片无机热管除湿;利用无机热管导热与相变材料蓄热回收主动式循环中空气除湿释放的冷凝潜热,供给被动式加湿过程;主动与被动加湿除湿循环共同生产淡水,提高了热利用率及淡水产量。

[0025] 本发明蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法,采用热管-真空管式太阳能集热器直接加热空气及鼓泡器中的海水;将多孔鼓泡排管沉浸于加湿器内海水中,使空气在海水中以喷射的方式进行鼓泡加湿;加湿器结构简单,易于加工,易于拆卸和除垢;除湿器中翅片无机热管下部回收水蒸气的冷凝潜热,传给相变材料和海水,一部分热量通过海水淡化器加热加湿其上方的空气产生淡水,另一部分热量以固液形式储存,在夜间再释放出来,冷凝潜热利用率与淡水产量较高;使用相变材料储热,热管换热冷端温度恒定,换热好;装置内仅有空气循环流动,海水不循环流动,总耗电量少,可用电网或独立光伏发电系统供电;规模灵活,可模块化开发。装置应用范围广,可用于沿海、海岛淡化海水,也可用于内陆边远地区淡化苦咸水。

附图说明

[0026] 下面结合附图和实施方式对本发明一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法作进一步详细说明。

[0027] 图1为本发明蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统示意图。

[0028] 图中:

[0029] 1.风机 2.1[#]调节阀 3.第一集热器 4.2[#]调节阀 5.第一排放阀 6.第二集热器 7.鼓泡排管 8.加湿器 9.第一法兰 10.第二法兰 11.除湿器 12.翅片无机热管 13.1[#]淡水阀 14.淡水槽 15.2[#]淡水阀 16.第二排放阀 17.相变材料容器 18.海水淡化器 19.淡水收集盘 20.透光面板 21.第一液位控制阀 22.海水泵 23.第二液位控制阀

具体实施方式

[0030] 本实施例是一种蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统及工艺方法。工作时,白天,利用热管-真空管式太阳能集热器分别加热空气和海水;热空气在加湿器中通过多孔鼓泡排管鼓泡加湿;湿空气在除湿器中被翅片无机热管冷却析出淡水,之后回到加湿器重新进行下次循环。除湿器中,翅片无机热管下部回收水蒸气的冷凝潜热,热量沿翅片无机热管向上传递。翅片无机热管插入相变材料和海水淡化器中,将回收的一部分水蒸气冷凝潜热传给蓄热材料,蓄热材料吸热后由固相变为液相;其余的冷凝潜热由翅片无机热管传递给其上方海水淡化器中的海水。太阳辐射穿过海水淡化器的透光面板,为其中的海水和空气提供热量,热空气被热海水加湿后向上流动,在海水淡化器的透光面板底部被外部空气自然冷却,析出淡水。夜间,风机关闭,主动式空气循环停止运行后,相变材料通过液相向固相的相变过程,将白天储存的水蒸气冷凝潜热通过翅片无机热管传递给其上方的海水,海水升温后,加热加湿其上方的空气,热湿空气在海水淡化器的透光面板顶部遇冷,析出另一部分淡水。

[0031] 参阅图1,蓄热式加湿除湿太阳能海水淡化系统,工作时,加湿过程在加湿器8中进行,除湿过程在除湿器11中进行。海水循环为开式循环,海水进入海水泵22,海水泵22一路通过管线和第一液位控制阀21与海水淡化器18连接,另一路通过管线和第二液位控制阀23与加湿器8连接,液位高度分别由第二液位控制阀23和第一液位控制阀21控制。加湿器8和海水淡化器18根据限定的盐水浓度,定期排放浓盐水,以保持加湿器和海水淡化器内海水的浓度维持在一定范围内。风机1为空气循环提供动力;风机1出口端与第一集热器3一侧端通过管线和1[#]调节阀2连接,用于调节空气流量。第一集热器3另一侧端与安装在加湿器8内的多孔鼓泡排管7一端通过管线和2[#]调节阀4连接,加湿器8位于第二集热器6上部,在加湿器8内,海水直接由第二集热器6加热,加湿器8一侧端上部与除湿器11通过管线连接,加湿器8另一侧端下部安装有第一排放阀5。

[0032] 海水淡化器18与除湿器11为一端封闭的圆筒形结构,海水淡化器18位于除湿器11的上方,海水淡化器18顶部设置V形透光面板20,淡水收集盘19固定在海水淡化器18内位于透光面板20的下方,且与透光面板平行放置,透光面板20与淡水收集盘的倾斜角度相同,淡水收集盘19与淡水槽14通过管线连接。相变材料容器17位于海水淡化器18底部与除湿器11顶部之间,且通过第一法兰9与第二法兰10连接,翅片无机热管12固定在法兰上,翅片无机热管12下段为翅片管位于除湿器11内与湿空气换热,翅片无机热管12上段为光管穿过相变材料容器17位于海水淡化器18内,并与相变材料和海水换热;海水淡化器18侧壁靠近相变材料容器17处安装第二排放阀16,除湿器11底部安装1[#]淡水阀13,淡水槽14位于除湿器11底部1[#]淡水阀13的下方,淡水槽14底部安装有2[#]淡水阀15。鼓泡排管7上均布多个等直径喷孔,孔径为0.1mm~15mm;喷孔面积与加湿器8内海水面积之比即开孔率为0.1%~20%。在鼓泡过程过后,热湿空气进入除湿器11,与翅片管无机热管12换热后冷却并析出部分淡水,无机热管将空气的湿热和水蒸气的冷凝潜热自下而上传递,将一部分热量传递给相变材料容器17,以固液相变储存,在夜间释放;另一部分热量传递给海水淡化器18。同时,太阳辐射通过透光面板20加热海水淡化器18,海水获得热量后,将其上方的空气加热加湿,在透光面板20底部凝结淡水;由淡水收集盘19收集淡水。除湿器11和淡水收集盘19收集的淡水汇入淡水收集槽14,通过2[#]淡水阀15取用。被冷却和除湿后的空气流出除湿器11,进入风机

1,进行下一次循环。

[0033] 采用上述系统的工艺方法是:

[0034] 空气加湿除湿过程为闭式循环,空气流量通过1[#]调节阀2和2[#]调节阀4控制,30℃±20℃的不饱和空气在风机1的驱动下,先通过第一集热器3加热后进入鼓泡排管7鼓泡加湿,同时第二集热器6直接加热海水,海水和空气同时加热,空气在海水中喷射鼓泡,强化了空气与海水之间的传热传质,海水吸热后温度升高到55℃±25℃,同时空气的饱和含湿量随着温度的升高而增大,导致部分海水吸热蒸发,经过鼓泡与加热过程,最终得到55℃±25℃范围内的饱和湿空气。热湿空气由除湿器11一侧进入,在翅片管无机热管12的翅片管外表面换热后,被冷却至30℃±20℃,同时析出部分淡水,淡水经由1[#]淡水阀13排放后,落入淡水槽14内。翅片无机热管12下部回收水蒸气的冷凝潜热,部分热量以固液形式储存,在夜间再释放出来;另一部分热量传递给海水淡化器18中的海水。翅片无机热管12传热具有单向性,只有当相变材料温度高于上方海水温度时,热量才会传到上方海水中。翅片无机热管12和透过透光面板20的太阳光同时加热海水淡化器18中的海水,进而加热加湿其上方的空气,在透光面板20底部与外界冷空气换热冷凝产生另一部分淡水。由于相变材料的存在,海水淡化器18内海水温度维持在45℃±20℃。

[0035] 热湿空气在除湿器11除湿后,从除湿器11另一侧流出,然后进入风机1,进行下一次循环。装置运行期间,循环管线以及设备进行保温处理。采用海水盐度计测量加湿器8和海水淡化器18的海水浓度,如果海水盐浓度的质量百分比达到8%,则关闭风机1,或通过调节1[#]调节阀2,减小风机流量,通过第一排放阀5和第二排放阀16排出浓盐水。

