



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103073083 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 08

(21) 申请号 201310037889. 6

(22) 申请日 2013. 01. 31

(73) 专利权人 东南大学常州研究院

地址 213164 江苏省常州市常武中路 801 号  
科教城惠研楼北楼东南大学常州研究  
院

(72) 发明人 陈瑶 张小松 殷勇高

(74) 专利代理机构 常州佰业腾飞专利代理事务  
所（普通合伙） 32231

代理人 徐琳淞

(51) Int. Cl.

C02F 1/14(2006. 01)

C02F 1/16(2006. 01)

C02F 1/04(2006. 01)

E03B 3/28(2006. 01)

F24J 2/05(2006. 01)

C02F 103/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201161935 Y, 2008. 12. 10, 实用新型内  
容、具体实施方式 .CN 102003797 A, 2011. 04. 06, 摘要、摘要附  
图 .CN 101792191 A, 2010. 08. 04, 摘要、摘要附  
图 .CN 102583602 A, 2012. 07. 18, 摘要、摘要附  
图 .

审查员 李锐

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

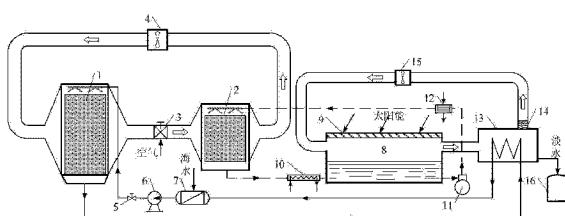
(54) 发明名称

空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置及其  
使用方法

(57) 摘要

本发明公开一种空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置及其使用方法，包括海水循环系统、空气循环系统、溶液循环系统及蒸汽循环冷凝系统，主要由蒸发加湿器、溶液吸湿器、蒸发器和冷凝器组成，实现了水分从海水传递到空气、空气中的水分再转移到吸湿溶液、最后从吸湿溶液中进行淡水提取的过程。整个装置有效的利用了太阳能、工业余热或生活废热等低位热源，对电能的依赖程度小，具有海水制取速度快、制取量较大、设备紧凑、成本低、能量利用效率高等特点，适用于缺水的岛屿、电力不足的沿海非城镇地区、内陆偏远的苦咸水地区、船舶的远洋运输等缺少建立大型海水淡化设备条件的地区和场合。

B

103073083  
CN

1. 一种空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置,其特征在于:该装置包括海水循环系统、空气循环系统、溶液循环系统及蒸汽循环冷凝系统;海水循环系统中,蒸发加湿器(1)中的喷淋管路进口通过流量调节阀(5)与增压循环水泵(6)的出口相连接,蒸发加湿器(1)的海水出口与冷凝器(13)的冷却盘管进口相连接,冷凝器(13)的冷却水盘管出口连接至海水储存器(7)的进口,海水储存器(7)的出口与增压循环水泵(6)的进口相连接;空气循环系统中,风道依次连接第一风机(4)、蒸发加湿器(1)、进气风阀(3)与溶液吸湿器(2);溶液循环泵(11)带动溶液循环,溶液吸湿器(2)的溶液出口经过溶液预热器(10)后与蒸发器(8)底部的溶液进口相通,蒸发器(8)的溶液出口与溶液循环泵(11)的进口相连,溶液循环泵(11)的出口连接溶液冷却器(12)的进口,溶液冷却器(12)的出口与溶液吸湿器(2)的进口相连;第二风机(15)通过风道连接蒸发器(8)、冷凝器(13)带动蒸汽循环,蒸发器(8)的顶部装有太阳能集热板(9),蒸汽在冷凝器(13)中冷凝成凝结水后排入淡水储存器(16)。

2. 根据权利要求1所述的空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置,其特征在于:冷凝器(13)的蒸汽出口设置收水器(14),收水器(14)的形式为纸质、有机或金属波纹板;或者为静电装置或者是由聚丙烯网组成的回收冷凝水装置。

3. 根据权利要求2所述的空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置的使用方法,其特征在于:蒸发加湿器(1)中的海水在填料上喷淋降膜,所用填料为氧化铝泡沫陶瓷填料;蒸发加湿器(1)所使用的循环空气为经溶液吸湿器(2)吸湿后的干空气。

4. 根据权利要求3所述的空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置的使用方法,其特征在于:冷凝器(13)中冷却盘管所使用的冷却水为蒸发加湿器(1)制取的冷却海水,经冷凝器(13)加热后的海水储存在海水储存器(7)中,随后热海水继续输送至蒸发加湿器(1)中对干空气进行加湿。

## 空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置及其使用方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种空气加湿、溶液吸湿与太阳能、废热综合利用的淡水提取技术，属于海水淡化及可再生能源利用技术领域。

### 背景技术

[0002] 淡水资源的缺乏已经成为全世界范围内亟待解决的问题，一些沿海地区人均水资源占有量极低，处于极度缺水状态。发展海水淡化技术能够在很大程度上缓解淡水资源短缺的危机，一些较成熟的技术已经给社会的发展带来了巨大利益。

[0003] 现有的海水淡化技术主要有蒸馏法、膜法、结晶法、溶剂萃取法和离子交换法等。其中蒸馏法和膜法两类方法应用最为广泛，是目前为止淡化累积产量最多的两类方法。蒸馏法分为多级闪蒸法、多效蒸发法和压汽蒸馏法，该类方法需要消耗大量的能源，因此通常需要与火力发电站联合建设与运行，适合于大型和超大型海水淡化设备；膜法海水淡化技术主要分为反渗透法和电渗析法，该类方法对膜的制造工艺要求高、水处理技术较复杂、对电能的依赖程度也较高，出于成本考虑，这类淡化技术也只适用于大规模的应用。

[0004] 常规海水淡化方式普遍存在的问题是以较大的能源换取了较少的水源，将太阳能应用于海水淡化领域，在一定程度上可以解决能源与水资源之间的矛盾，是近些年海水淡化技术的重要研究趋势之一。太阳能技术应用到海水淡化领域主要有两种方式：一种是用太阳能间接利用技术，太阳能作为辅助能源与其它海水淡化方法相结合，以削弱这些方法所受热能和电能的限制；另一种是太阳能直接利用技术，太阳辐射能直接加热蒸发海水，水蒸汽冷凝后得到淡水。两种方式中太阳能直接利用技术所需设备较少、操作较简单、对其他热能和电能的依赖程度较小，因此在中小型规模的海水淡化过程中应用更为广泛。但是，太阳能直接利用海水淡化技术多以太阳能蒸馏器为基础，其淡水获取过程存在着蒸发时间长、凝结速度慢、回热效果差等问题。

[0005] 对于缺水的岛屿、电力不足的沿海非城镇地区、内陆偏远的苦咸水地区来说，淡水需求量并不是特别大而且较分散。这些地区一般能源和电力较缺乏，基础设施差，不适宜建立应用蒸馏法和膜法的大型海水淡化设备，而应用设备简单的太阳能直接利用技术时又存在淡水制取量太小、速度太慢等问题。类似的情况也出现在船舶的远洋运输途中所进行的海水淡化过程中。因此，开发太阳能直接利用的中小型海水淡化设备，提高其制取淡水的效率，具有一定的经济和实用价值。

### 发明内容

[0006] 技术问题：本发明的目的是提供一种利用太阳能、工业余热或生活废热等中低位热源的，以空气和吸湿溶液为载体的中小型淡水制取及海水淡化装置，以解决缺水的岛屿、电力不足的沿海非城镇地区、内陆偏远的苦咸水地区以及船舶中淡水制取问题。

[0007] 技术方案：本发明的空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置，主要由蒸发加湿器、溶液吸湿器、蒸发器和冷凝器组成，包括海水循环系统、空气循环系统、溶液循环系统及蒸

汽循环冷凝系统。海水循环系统中,蒸发加湿器中的喷淋管路进口通过流量调节阀与增压循环水泵的出口相连接,蒸发加湿器的海水出口与冷凝器的冷却盘管进口相连接,冷凝器的冷却水盘管出口连接至海水储存器的进口,海水储存器的出口与增压循环水泵的进口相连接;空气循环系统中,风道依次连接第一风机、蒸发加湿器、进气风阀与溶液吸湿器;溶液循环泵带动溶液循环,溶液吸湿器的溶液出口经过溶液预热器后与蒸发器底部的溶液进口相通,蒸发器的溶液出口与溶液循环泵的进口相连,溶液循环泵的出口连接溶液冷却器的进口,溶液冷却器的出口与溶液吸湿器的进口相连;第二风机通过风道连接蒸发器、冷凝器带动蒸汽循环,蒸发器的顶部装有太阳能集热板,蒸汽在冷凝器中冷凝成凝结水后排入淡水储存器。实现太阳能、工业余热或生活废热等中低位热源在海水淡化设备中的高效利用,同时结合蒸发冷却、溶液吸湿再生技术以降低装置的能耗,提高淡水的制取效率。

[0008] 上述技术方案所述的冷凝器中冷却盘管所使用的冷却水为蒸发加湿器制取的冷却海水,经冷凝器加热后的海水储存在海水储存器中,随后热海水继续输送至蒸发加湿器中对干空气进行加湿。

[0009] 上述技术方案所述的冷凝器的蒸汽出口设置收水器,收水器的形式可以为纸质、有机或金属波纹板、也可以为静电装置、或者是由聚丙烯网组成的回收冷凝水装置。

[0010] 本发明的空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置中,海水被送入蒸发加湿器中进行喷淋,在填料中海水与空气进行传热传质,海水中的水分进入空气中,空气被加湿至饱和状态,饱和状态的空气随后进入溶液吸湿器中,空气中的绝大多数水分被吸湿溶液带走。由于在蒸发加湿器中海水始终接触到的是含湿量很低的干空气,因此水分从海水到空气的传递量很大,并且使用的循环海水是经过冷凝器加热的,根据热质交换原理,大量的从海水到空气的潜热传递导致空气的焓值增加而海水的温度明显下降。蒸发加湿器与溶液吸湿器联合运行,空气在连接两者之间的风道内在风机的驱动下循环流动,实现了水分从海水到空气再到溶液的搬运过程,同时制取的冷却海水用作冷凝器的冷却水。

[0011] 上述技术方案所述的蒸发加湿器中的海水在填料上喷淋降膜,所用填料为氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )泡沫陶瓷填料;蒸发加湿器所使用的循环空气为经溶液吸湿器吸湿后的干空气。由于海水的流量大、含有杂质多,对填料的可塑性和挺湿性要求更高。氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )泡沫陶瓷填料相对于一般的纸质、有机填料的可塑性和挺湿性更强,能够经受大量海水的喷淋和有效的过滤海水中的杂质,同时其耐腐蚀性比金属填料高,成本又比金属填料低,将其应用于海水淡化装置优势明显。本发明的溶液吸湿器中使用的溶液是溴化锂、氯化锂、氯化钙或者是其中几种的混合溶液,这些溶液不含杂质并且使用量较海水要小很多,考虑到成本因素,溶液吸湿器中使用的填料可以选用一般的纸质或有机填料。

[0012] 本发明的空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置中,蒸发器和冷凝器是能源利用的关键部位。蒸发器的顶部装有太阳能集热板用于吸收太阳辐射热量,前部装有溶液预热器用于吸收利用工业余热和生活废热;冷凝器内装有大面积冷却盘管,蒸汽出口处设有收水器,下部淡水出口连接至淡水储存器;蒸发器和冷凝器的蒸汽进出口通过蒸汽管道进行连接,第二风机用于带动蒸汽循环。吸收了大量水分的稀溶液从溶液吸湿器中出来后首先经过溶液预热器预热,升温后的溶液输送到蒸发器内,在工业余热或生活废热预热、太阳能直接加热后蒸发出水蒸汽,水蒸汽随后进入冷凝器经过冷却盘管冷凝,冷凝出来的淡水则送入淡水储存器内储存,而溶液的水分被蒸发后浓度得到恢复,经过溶液冷却器冷却后送

回溶液吸湿器中继续吸收饱和空气中的水分。

[0013] 本发明的蒸发器顶部的太阳能集热板也可以为普通的玻璃盖板,利用太阳能的直接照射使溶液蒸发;蒸发器前部溶液预热器中的热源可以为工业余热和生活废热,该装置应用到船舶的远洋运输时辅助热源还可以是机房的锅炉余热或其它机械生活废热;蒸发器内的水蒸汽不直接在太阳能集热板底部或玻璃盖板上冷凝,而是在风机和蒸发器与冷凝器的压差驱动下进入冷凝器,蒸汽最终在冷凝器内转化为淡水。冷凝器内冷却盘管中使用的冷却水是由蒸发加湿器制取的冷却海水,冷却海水的温度越低冷却盘管冷凝蒸汽的效果就越好,冷却水经冷却盘管后温度明显升高这样又有利于海水在蒸发加湿器中向对空气进行加湿。冷凝器的蒸汽循环出口处设有收水器,进一步促进蒸汽冷凝防止其带走水滴,收水器的形式可以为纸质、有机或金属波纹板、也可以为静电装置、或者是由聚丙烯网组成的回收冷凝水装置。

[0014] 本发明的空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置,随着装置的不断运行,海水中的淡水被提出后,输送到蒸发加湿器中的海水量逐渐减少、浓度变浓,这将不利于向空气中继续输送水分,需通过向海水储存器中补充海水实现对海水量和浓度的调节。同时通过进气风阀不断补充自然环境的空气,将环境空气中的水分提取的吸湿溶液中,充分利用环境空气中水分增加整个装置的淡水产量。

[0015] 采用了上述技术方案后,本发明的有益效果为:

[0016] 1、是一种将蒸发冷却技术、溶液吸湿再生技术、可再生能源综合利用技术相结合的中小型淡水制取装置,提供了新的海水淡化模式,淡水的获取速度快,淡水产量较同等规模的海水淡化装置更多。

[0017] 2、本发明的海水淡化装置同时提取自然环境空气和海水中的水分,相对于现有的空气凝水和常规中小型海水直接淡化装置,淡水产量得到了提高。

[0018] 3、蒸发加湿器中海水接触到的始终是经过溶液吸湿器处理后的含湿量很低的干空气,水分从海水到空气中的迁移量多、潜热传递量大、制取的冷却海水温度低;蒸发加湿器中制取的冷却海水的温度比常规蒸汽冷凝海水淡化装置所使用的冷却水温度更低,导致冷凝器内蒸汽冷凝的速率更快;整个装置不需要额外的冷却水供给设备,设备的利用率得到了提高。

[0019] 4、蒸发器内空气的强制流动可以促进溶液中水分的蒸发,冷凝器内冷却盘管冷却海水的进水温度低、水蒸汽的凝结速度快、蒸发器与冷凝器中的压差大,这些因素都有利于提高淡水制取速率;蒸发过程的强化使得蒸发器内溶液蒸发所利用的低品位的太阳能和工业余热或生活废热量更少,蒸发温度要求更低。本发明相对于常规太阳能直接蒸馏装置淡水的速率更快,相同的热量输入条件下淡水产量更大。

## 附图说明

[0020] 为了使本发明的内容更容易被清楚地理解,下面根据具体实施例并结合附图,对本发明作进一步详细的说明,其中

[0021] 图1是本发明的结构示意图;

[0022] 图1中有:蒸发加湿器1,溶液吸湿器2,进气风阀3,第一风机4,流量调节阀5,增压循环水泵6,海水储存器7,蒸发器8,太阳能集热板9,溶液预热器10,溶液循环泵11,溶

液冷却器 12, 冷凝器 13, 收水器 14, 第二风机 15, 淡水储存器 16。

## 具体实施方式

[0023] 结合附图 1 进一步说明本发明的具体实施方式。

[0024] 本发明的空气增湿溶液吸湿太阳能淡水制取装置主要由海水循环系统、空气循环系统、溶液循环系统及蒸汽循环冷凝系统组成，包括蒸发加湿器 1、溶液吸湿器 2、进气风阀 3、第一风机 4、流量调节阀 5、增压循环水泵 6、海水储存器 7、蒸发器 8、太阳能集热板 9、溶液预热器 10、溶液循环泵 11、溶液冷却器 12、冷凝器 13、收水器 14、第二风机 15、淡水储存器 16，以及连接各装置之间的风道、水管路、溶液管路与蒸汽管路。海水循环系统中，蒸发加湿器 1 中的喷淋管路进口通过流量调节阀 5 与增压循环水泵 6 的出口相连接，蒸发加湿器 1 的海水出口与冷凝器 13 的冷却盘管进口相连接，冷凝器 13 的冷却水盘管出口连接至海水储存器 7 的进口，海水储存器 7 的出口与增压循环水泵 6 的进口相连接；空气循环系统中，风道依次连接第一风机 4、蒸发加湿器 1、进气风阀 3 与溶液吸湿器 2；溶液循环泵 11 带动溶液循环，溶液吸湿器 2 的溶液出口经过溶液预热器 10 后与蒸发器 8 底部的溶液进口相通，蒸发器 8 的溶液出口与溶液循环泵 11 的进口相连，溶液循环泵 11 的出口连接溶液冷却器 12 的进口，溶液冷却器 12 的出口与溶液吸湿器 2 的进口相连；第二风机 15 通过风道连接蒸发器 8、冷凝器 13 带动蒸汽循环，蒸发器 8 的顶部装有太阳能集热板 9，蒸汽在冷凝器 13 中冷凝成凝结水后排入淡水储存器 16，冷凝器 13 中冷却盘管所使用的冷却水为蒸发加湿器 1 制取的冷却海水，经冷凝器 13 加热后的海水储存在海水储存器 7 中，随后热海水继续输送至蒸发加湿器 1 中对干空气进行加湿。冷凝器 13 的蒸汽出口设置收水器 14，收水器 14 的形式可以为纸质、有机或金属波纹板、也可以为静电装置、或者是由聚丙烯网组成的回收冷凝水装置。蒸发加湿器 1 中的海水在填料上喷淋降膜，所用填料为氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 泡沫陶瓷填料；蒸发加湿器 1 所使用的循环空气为经溶液吸湿器 2 吸湿后的干空气。

[0025] 本发明的工作原理为：海水和自然环境中的空气首先分别通过海水储存器 7 和进气风阀 3 输送到系统中，开启第一风机 4、增压循环水泵 6 和溶液循环泵 11，运行蒸发加湿器 1 和溶液吸湿器 3。自然环境中的空气进入系统后经过溶液除湿器 2 时，空气中的水分被吸湿溶液所吸收，干空气在第一风机 4 的驱动下进入蒸发加湿器 1。同时，海水储存器 7 中的海水经增压循环水泵 6 输送进蒸发加湿器 1。干空气与海水在填料中接触后，水分从海水中传入空气，湿空气又进入溶液吸湿器 2 中将水分传递给吸湿溶液；海水温度降低后作为冷却水送入到冷凝器 13 的冷却盘管中，海水在冷却盘管中被加热后又输送回海水储存器。

[0026] 在海水循环和空气循环运行的同时，空气和海水中的水分被不断的转移到溶液吸湿器 2 中的吸湿溶液中。吸收了大量水分的稀释吸湿溶液从溶液吸湿器 2 流出后首先经过溶液预热器 10 进行预热。溶液预热器中的低位热源可以为工业余热和生活废热，该装置应用到船舶的远洋运输时辅助热源还可以是船上的各种机械废热。溶液预热后进入蒸发器 8 的底部，在太阳辐射热能的作用下蒸发释放出水蒸汽，此时溶液重新变浓，恢复了吸湿能力的浓溶液经溶液冷却器 12 冷却，随后再次进入溶液吸湿器中吸收空气中的水分。溶液冷却器 12 中的冷却介质可以是自然空气也可以是自然条件下的海水。

[0027] 蒸发器内产生水蒸汽后开启第二风机 15，水蒸汽在流动空气和蒸发器 8 与冷凝器 13 的压力差的驱动下进入冷凝器 13，热的水蒸汽被冷凝器 13 中的冷却盘管冷却后凝结，凝

结水排入淡水储存器 16 中储存。空气中残留的水蒸汽通过收水器 14 进一步收集，提高淡水的制取效率。空气的强制流动可以促进溶液中水分的蒸发，冷却盘管内冷却海水的温度越低水蒸汽的凝结速度越快、蒸发器 8 与冷凝器 13 中的压差越大，这些因素都有利于提高本装置的淡水制取速率。

[0028] 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，并不用于限制本发明，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。

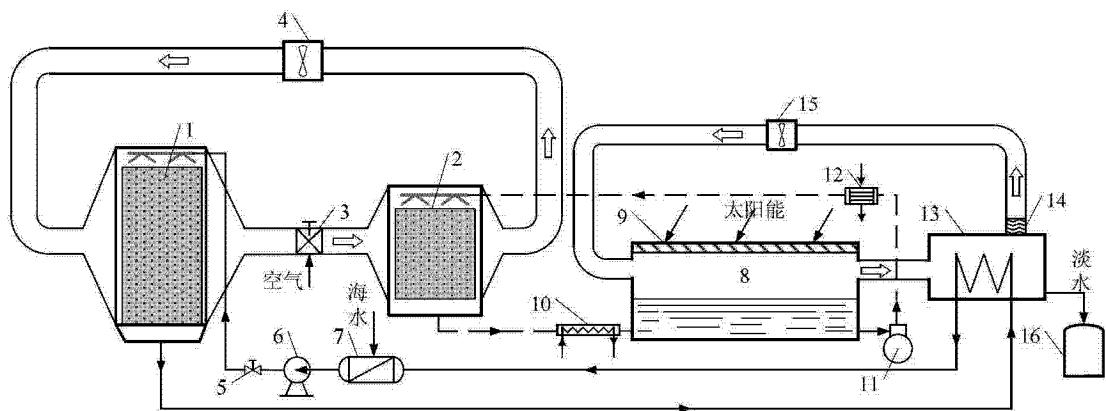


图 1