

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203284304 U

(45) 授权公告日 2013. 11. 13

(21) 申请号 201320287338. 0

(22) 申请日 2013. 05. 23

(73) 专利权人 南京师范大学

地址 210046 江苏省南京市亚东新城区文苑路 1 号

(72) 发明人 张甜湑 吴薇 武文彬 王玲珑
苏鹏飞 蔡晶 王磊磊 李克成

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 李媛媛

(51) Int. Cl.
C02F 11/12(2006. 01)

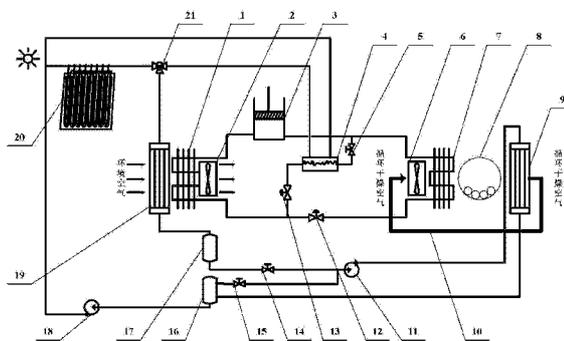
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 实用新型名称

太阳能-热泵耦合溶液除湿污泥干燥装置

(57) 摘要

本实用新型提供了一种太阳能-热泵耦合溶液除湿污泥干燥装置,由溶液循环回路、热泵系统制冷剂循环回路及用于干燥污泥的空气循环回路组成。溶液循环回路包括太阳能集热器、三通调节阀、热交换器、溶液再生器、浓溶液罐、溶液泵、溶液除湿器、稀溶液罐和截止阀;热泵制冷剂循环回路包括蒸发器、变频压缩机、热交换器、截止阀、冷凝器和膨胀阀;空气循环回路包括风机、干燥机和风管。本实用新型的装置通过调节阀门来实现对系统热源的切换,通过切换太阳能和热泵系统的冷凝热作为系统的热源来适应不同天气工况下的运行条件,保证了整个干燥污泥系统的稳定性、高效性、节能性以及环保性。



1. 太阳能 - 热泵耦合溶液除湿污泥干燥装置, 其特征在于, 该装置由溶液循环回路、热泵系统制冷剂循环回路及用于干燥污泥的空气循环回路组成;

溶液循环回路包括太阳能集热器 (20)、三通调节阀 (21)、热交换器 (4)、溶液再生器 (19)、浓溶液罐 (17)、溶液泵 A(11)、溶液除湿器 (9)、稀溶液罐 (16)、溶液泵 B(18)、截止阀 B(14) 和截止阀 C(15); 太阳能集热器 (20) 和热交换器 (4) 的溶液管路并联后通过三通调节阀 (21) 与溶液再生器 (19) 连接; 溶液再生器 (19) 出口的溶液管路和浓溶液罐 (17) 相连, 浓溶液罐 (17) 及截止阀 B(14) 的管路和稀溶液罐 (16) 及截止阀 C(15) 的管路并联, 然后依次和溶液泵 A(11)、溶液除湿器 (9) 相连; 溶液除湿器 (9) 出口的管路和稀溶液罐 (16) 相连, 再通过溶液泵 B(18) 与太阳能集热器 (20) 和热交换器 (4) 的并联管路相连;

热泵制冷剂循环回路包括蒸发器 (1)、变频压缩机 (3)、热交换器 (4)、截止阀 A(5)、冷凝器 (7)、膨胀阀 A(12)、膨胀阀 B(13); 由热交换器 (4) 的制冷剂管路和截止阀 A(5)、膨胀阀 B(13) 组成的制冷剂管路和冷凝器 (7)、膨胀阀 A(12) 组成的制冷剂管路并联, 然后和蒸发器 (1)、变频压缩机 (3) 串联后形成一个回路;

空气循环回路包括风机 A(2)、风机 B(6)、干燥机 (8) 和风管 (10), 风机 A(2) 设在所述蒸发器 (1) 旁, 用于对环境空气送风, 风机 B(6) 设在所述冷凝器 (7) 旁, 用于对干燥污泥的空气送风, 经过所述冷凝器 (7) 加热后的空气进入干燥机 (8) 中, 再经过溶液除湿器 (9) 除湿, 最后通过风管 (10) 送到风机 B(6) 中继续循环。

太阳能 - 热泵耦合溶液除湿污泥干燥装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种利用太阳能或热泵耦合溶液除湿处理空气用以干燥污泥的装置,具体可以说是采用太阳能集热、部分冷凝热利用、溶液蓄能除湿、以及热空气干燥污泥相结合的一种方法,属于太阳能利用、热泵技术与污泥干燥技术领域。

背景技术

[0002] 污泥是污水处理过程中产生的固体沉淀物质。近年来,随着城市污水管网的服务人口不断增加和水质排放标准逐步严格,我国年废水排放总量逐年上升,产生的污泥也以每年约 10% 的增长速度在攀升,到 2011 年污泥年排放量已超过 3000 万吨。

[0003] 目前,污泥的处理方法主要有农用、填埋、排海、干燥焚烧、作为建筑材料等,含水率过高、体积过大引起的运输不便、燃烧困难是污泥处理过程中的主要问题。污泥所含的污染物一般均有很高的热值,但由于大量水分的存在,使得这部分热值无法利用。如果焚烧高含水率的污泥,不但得不到热值,还需要补充大量燃料才能完成燃烧;而将污泥干燥后含水率降低到 5% 时,其热值可达到 8.4 ~ 19MJ/kg,且无需额外添加燃料。再者,经过机械脱水后的污泥,含水率为 80% 左右,其处理难度和成本较高。而干燥后的污泥含水率可达 30% 以下,处于稳定状态,更不会因为微生物作用而发霉、发臭。因此,对污泥进行干燥、降低污泥含水率是污泥处理过程中的关键步骤。

[0004] 热干燥正发展为一种比较有效和环保的污泥处理方式,污泥经过混合、造粒后到达干燥机,利用热空气将污泥中的水分加热后变成水蒸气并携带走,提高污泥的干度。干燥后的污泥可填埋、制作农用肥、为园林和建材利用或直接焚烧。然而,热干燥处理污泥需要消耗大量能量。处理成本高成为制约污泥热干燥广泛应用的瓶颈。因此,国内外研究者正在研究使用可持续能源或废弃能源,以降低污泥热干燥的能量消耗,从而降低热干燥成本。

[0005] 采用太阳能热泵污泥干燥是一种节能高效的低温干燥方法,该类系统的主要特点是将太阳能加热干燥运行能源费用低以及热泵干燥装置工作稳定可靠的优点结合起来。由于其较常规气流干燥在能源消耗和干燥成本方面具有明显优势,太阳能热泵污泥干燥技术已成为一种新型节能环保技术。但太阳能的不稳定性造成的系统干燥能力波动以及热泵干燥方法中冷却除湿带来的冷却后再热造成的能量损失都是尚待解决的问题。

发明内容

[0006] 本实用新型提供一种高效、节能、环保的基于对太阳能蓄能、热泵系统冷凝热调节利用和热湿独立处理系统以解决生产污泥干燥过程中所需的干燥热空气的装置。

[0007] 为解决上述技术问题,本实用新型的技术方案是将传统的蒸汽压缩式热泵系统、溶液除湿系统和热空气干燥污泥系统相耦合,并辅以辅助部件即可实现。该系统通过调节阀门来实现对系统热源的切换,通过切换太阳能和热泵系统的冷凝热作为系统的热源来适应不同天气工况下的运行条件,保证了整个干燥污泥系统的稳定性、高效性、节能性以及环保性。

[0008] 具体为：太阳能-热泵耦合溶液除湿污泥干燥装置，由溶液循环回路、热泵系统制冷剂循环回路及用于干燥污泥的空气循环回路组成；溶液循环回路包括太阳能集热器、三通调节阀、热交换器、溶液再生器、浓溶液罐、溶液泵 A、溶液除湿器、稀溶液罐、溶液泵 B、截止阀 B 和截止阀 C；太阳能集热器和热交换器的溶液管路并联后通过三通调节阀与溶液再生器连接；溶液再生器出口的溶液管路和浓溶液罐相连，浓溶液罐及截止阀 B 的管路和稀溶液罐及截止阀 C 的管路并联，然后依次和溶液泵 A、溶液除湿器相连；溶液除湿器出口的管路和稀溶液罐相连，再通过溶液泵 B 与太阳能集热器和热交换器的并联管路相连；热泵制冷剂循环回路包括蒸发器、变频压缩机、热交换器、截止阀 A、冷凝器、膨胀阀 A、膨胀阀 B；由热交换器的制冷剂管路和截止阀 A、膨胀阀 B 组成的制冷剂管路和冷凝器、膨胀阀 A 组成的制冷剂管路并联，然后和蒸发器、变频压缩机串联后形成一个回路；空气循环回路包括风机 A、风机 B、干燥机和风管，风机 A 设在所述蒸发器旁，用于对环境空气送风，风机 B 设在所述冷凝器旁，用于对干燥污泥的空气送风，经过所述冷凝器的空气进入干燥机中，再经过溶液除湿器除湿，最后通过风管送到风机 B 中循环。

[0009] 本实用新型一种太阳能-热泵耦合溶液除湿干燥污泥的方法，包括溶液循环、热泵制冷剂循环和干燥污泥的热空气循环三个过程，其中溶液除湿循环和热泵制冷剂循环分三种不同模式工作：

[0010] (1) 太阳能充足的时候，只利用低品能源太阳能作为溶液再生所需热量。溶液先在太阳能集热器中获得热量，温度升高后进入溶液再生器中进行再生，再生后的浓溶液进入溶液除湿器吸收用于干燥的热空气中的水分，提高其相对湿度，溶液浓度降低后再回到太阳能集热器中，循环利用。热泵系统的制冷剂在压缩机中被压缩到高压下排出，在冷凝器中放出热量，放出的热量加热用于污泥干燥的空气，制冷剂液体经过膨胀阀 A 后节流降压，在蒸发器中吸收来自环境的空气热量，汽化后被压缩机吸入，周而复始的循环。

[0011] (2) 太阳能不足的时候，溶液温度升高所需热量由太阳能集热器和部分冷凝热共同提供，溶液一部分经过太阳能集热器被加热，另一部分通过热交换器被压缩机出来的高温制冷剂进行加热。温度升高后的溶液进入溶液再生器中进行再生，再生后的浓溶液进入溶液除湿器吸收用于干燥的热空气中的水分，提高其相对湿度，溶液浓度降低后一部分回到太阳能集热器中，另一部分回到热交换器中，被加热后循环利用。热泵系统的制冷剂在压缩机中被压缩到高压下排出，高压气体制冷剂一部分经冷凝器中放出热量，加热用于污泥干燥的空气，另一部分经热交换器放出热量，加热另一侧的浓溶液。放出热量冷却凝结后的制冷剂液体经过膨胀阀 A、B 节流降压，在蒸发器中吸收来自环境的空气热量，汽化后被压缩机吸入，周而复始的循环。

[0012] (3) 没有太阳能可利用的时候，溶液温度升高所需热量完全由冷凝热提供，溶液经过热交换器被压缩机出来的高温制冷剂进行加热。温度升高后的溶液进入溶液再生器中进行再生，再生后的浓溶液进入溶液除湿器吸收用于干燥的热空气中的水分，提高其相对湿度，溶液浓度降低后到热交换器中，被加热后循环利用。热泵系统的制冷剂在压缩机中被压缩到高压下排出，高压气体制冷剂一部分经冷凝器中放出热量，加热用于污泥干燥的空气，另一部分经热交换器放出热量，加热另一侧的浓溶液。放出热量冷却凝结后的制冷剂液体经过膨胀阀 A、B 节流降压，在蒸发器中吸收来自环境的空气热量，汽化后被压缩机吸入，周而复始的循环。

[0013] 用于干燥污泥的循环空气被送到热泵冷凝器侧,吸收冷凝热后温度升高,相对湿度减少,吸湿能力提高,然后进入到干燥机中,通过热能干燥的方法除去污泥中的部分自由水分。含湿量增加的空气经过溶液除湿器除湿,空气中含有的水蒸气被浓溶液吸收,使得空气中的含湿量降低,循环利用。采用溶液除湿的方式对干燥污泥后的湿空气进行绝热除湿,相较于传统太阳能热泵干燥方法中利用蒸发器表面冷却降温除湿的方式,避免了冷却后再热造成的能量损失。

[0014] 通过太阳能热量驱动除湿溶液再生,其最终转变为溶液吸收水分的势能,因此本实用新型装置具有很强的蓄能能力,这可以有效的消除太阳能的不稳定对系统干燥能力的影响。本实用新型具有以下有益效果:

[0015] 1、此方法利用可持续能源或低品位废热干燥污泥,属于低温干燥范畴。可以有效避免带臭味的有机物挥发,从而减少尾气处理系统负荷。

[0016] 2、此方法在干燥过程中不会形成粉尘,降低污泥干燥过程爆炸的危险,节省了在传统干燥工艺中所需的防爆监控设备,如氮气保护装置,降低干燥工艺设备的投资成本。

[0017] 3、综合利用太阳能和溶液蓄能,以及利用热泵系统部分冷凝热作为再生溶液辅助热源,提高能源利用率,节省了大量的电能,实现了能源利用的可持续性发展。

[0018] 4、环境空气经过溶液再生器后温度升高,再经过蒸发器可以提高蒸发温度,从而有效地提升热泵系统的性能系数。

[0019] 5、本方法针对不同天气工况提出了3种运行模式,即太阳能充足的情况、太阳能不足的情况和无太阳能的情况。通过调节三通阀和截止阀来实现这3个模式,可以在充分利用太阳能的前提下保证整个系统产生用于污泥干燥的热干燥空气的稳定性和节能性。

[0020] 6、本方法为热湿独立处理空气提供了一种可行的方法与方案,只需要将技术已经很成熟的热泵循环、溶液除湿冷却装置和污泥干燥系统加以耦合和改造即可实现。

附图说明

[0021] 图1是本实用新型装置的结构示意图;其中有:蒸发器1,风机A2,变频压缩机3,热交换器4,截止阀A5,风机B6,冷凝器7,干燥机8,溶液除湿器9,风管10,溶液泵A11,膨胀阀A12,膨胀阀B13,截止阀B14,截止阀C15,稀溶液管16,浓溶液罐17,溶液泵B18,溶液再生器19,太阳能集热器20,三通调节阀21。

[0022] 图2是本实用新型装置在太阳能充足条件下的工作流程图。

[0023] 图3是本实用新型装置在太阳能不充足条件下的工作流程图。

[0024] 图4是本实用新型装置在没有太阳能条件下的工作流程图。

具体实施方式

[0025] 本实用新型的一种太阳能-热泵耦合溶液除湿污泥干燥新方法是基于溶液除湿循环、热泵制冷剂循环和干燥污泥的热空气循环三个系统,通过调节三通阀和截止阀A来综合利用太阳能、溶液蓄能以及热泵系统部分冷凝热,来满足不同天气工况下系统稳定、节能、环保、高效的运行。太阳能充足的时候,充分利用太阳能作为溶液再生的单一热源,以实现该系统环保、节能的特点。太阳能不足的时候,利用太阳能和热泵系统的部分冷凝热作为溶液再生的混合热源,以实现该系统高效、稳定的特点。无太阳能利用的时候,利用热泵系

统的部分冷凝热作为溶液再生的单一热源,以实现该系统在恶劣工作环境仍具有稳定、节能的特点。该方法由于提高了热泵系统的蒸发温度,同时太阳能不足和无太阳能的情况下利用热泵冷凝热量,有效提升了热泵系统的制冷系数。

[0026] 该太阳能-热泵耦合溶液除湿污泥干燥装置,包含溶液循环、热泵系统制冷剂循环、干燥污泥的空气循环三个部分,其具体步骤如下:

[0027] 太阳能充足的时候如图 2 所示:截止阀 A5、膨胀阀 B13 关闭,截止阀 B14、截止阀 C15 和膨胀阀 A12 开通。三通调节阀 21 与太阳能集热器 20 连接的管路和与溶液再生器 19 连接的管路连通,与热交换器 4 连接的管路关闭。溶液再生所需热量全部由太阳能提供。溶液先在太阳能集热器 20 中获得热量,温度升高后经过三通调节阀 21 到达溶液再生器 19 中进行再生,再生后的浓溶液部分储存在浓溶液罐 17 中。来自浓溶液罐 17 及截止阀 B14 的浓溶液和来自稀溶液罐 16 及截止阀 C15 的稀溶液在管道中混合后,经溶液泵 A11 送入溶液除湿器 9 中,吸收用于污泥干燥的空气中含带的水蒸汽后,溶液浓度降低变成稀溶液。稀溶液部分储存在稀溶液罐 16 中,部分经溶液泵 B18 加压后再次进入太阳能集热器 20 中加热,循环利用,完成溶液循环。热泵系统的制冷剂经变频压缩机 3 高压压缩后送出,进入冷凝器 7 中,放出冷凝热量给循环空气,制冷剂冷却凝结后经膨胀阀 A12 节流降压后进入蒸发器 1,在蒸发器 1 中吸收被溶液再生器加热后环境空气中的热量从而气化,被变频压缩机 3 吸入,周而复始的循环。

[0028] 太阳能不足的时候如图 3 所示:截止阀 A5、截止阀 B14、截止阀 C15 和膨胀阀 A12、膨胀阀 B13 均开通。三通调节阀 21 与太阳能集热器 20 连接的管路和与热交换器 4 连接的管路均与溶液再生器 19 连接的管路连通。溶液再生所需热量部分由太阳能提供,部分由热泵冷凝热提供。溶液分别在太阳能集热器 20 和热交换器 4 中获得热量,温度升高后经过三通调节阀 21 到达溶液再生器 19 中进行再生,再生后的浓溶液部分储存在浓溶液罐 17 中。来自浓溶液罐 17 及截止阀 B14 的浓溶液和来自稀溶液罐 16 及截止阀 C15 的稀溶液在管道中混合后,经溶液泵 A11 送入溶液除湿器 9 中,吸收用于污泥干燥的空气中含带的水蒸汽后,溶液浓度降低变成稀溶液。稀溶液部分储存在稀溶液罐 16 中,部分经溶液泵 B18 加压后再次进入太阳能集热器 20 和热交换器 4 中加热,循环利用,完成溶液循环。热泵系统的制冷剂经变频压缩机 3 高压压缩后送出,一部分经过热交换器 4 将热量释放给另一侧的溶液,制冷剂冷却凝结后经过膨胀阀 B13 节流降压。压缩机排出的另一部分制冷剂进入冷凝器 7 中,放出冷凝热量给循环空气,制冷剂冷却凝结后经膨胀阀 A12 节流降压。经过膨胀阀 B13 和膨胀阀 A12 节流降压的制冷剂在管道中混合后,进入蒸发器 1,在蒸发器 1 中吸收被溶液再生器加热后环境空气中的热量从而气化,被变频压缩机 3 吸入,周而复始的循环。

[0029] 无太阳能利用的时候如图 4 所示:截止阀 A5、截止阀 B14、截止阀 C15 和膨胀阀 A12、膨胀阀 B13 均开通。三通调节阀 21 与太阳能集热器 20 连接的管路关闭,与热交换器 4 连接的管路和与溶液再生器 19 连接的管路连通。溶液再生所需热量全部由热泵冷凝热提供。溶液在热交换器 4 中获得热量,温度升高后经过三通阀 21 到达溶液再生器 19 中进行再生,再生后的浓溶液部分储存在浓溶液罐 17 中。来自浓溶液罐 17 及截止阀 B14 的浓溶液和来自稀溶液罐 16 及截止阀 C15 的稀溶液在管道中混合后,经溶液泵 A11 送入溶液除湿器 9 中,吸收用于污泥干燥的空气中含带的水蒸汽后,溶液浓度降低变成稀溶液。稀溶液部分储存在稀溶液罐 16 中,部分经溶液泵 B18 加压后再次进入热交换器 4 中加热,循环利

用,完成溶液循环。热泵系统的制冷剂经变频压缩机 3 高压压缩后送出,一部分经过热交换器 4 将热量释放给另一侧的溶液,制冷剂冷却凝结后经过膨胀阀 B13 节流降压。压缩机排出的另一部分制冷剂进入冷凝器 7 中,放出冷凝热量给循环空气,制冷剂冷却凝结后经膨胀阀 A12 节流降压。经过膨胀阀 B13 和膨胀阀 A12 节流降压的制冷剂在管道中混合后,进入蒸发器 1,在蒸发器 1 中吸收被溶液再生器加热后环境空气中的热量从而气化,被变频压缩机 3 吸入,周而复始的循环。

[0030] 三种不同工况下用于干燥污泥的空气循环过程是一致的。循环空气被风机 B6 送到冷凝器 7,吸收制冷剂冷凝放出的热量后温度升高,同时相对湿度减少,吸湿能力高,然后进入到干燥机 8 中,通过热能干燥的方法除去污泥中的部分自由水分,含湿量增加的空气再经过溶液除湿器 9 除湿,空气中含有的水蒸气被浓溶液吸收,使得空气中的含湿量降低,最后通过风管 10 送到中风机 B6,继续被冷凝器加热循环利用,完成污泥干燥循环。

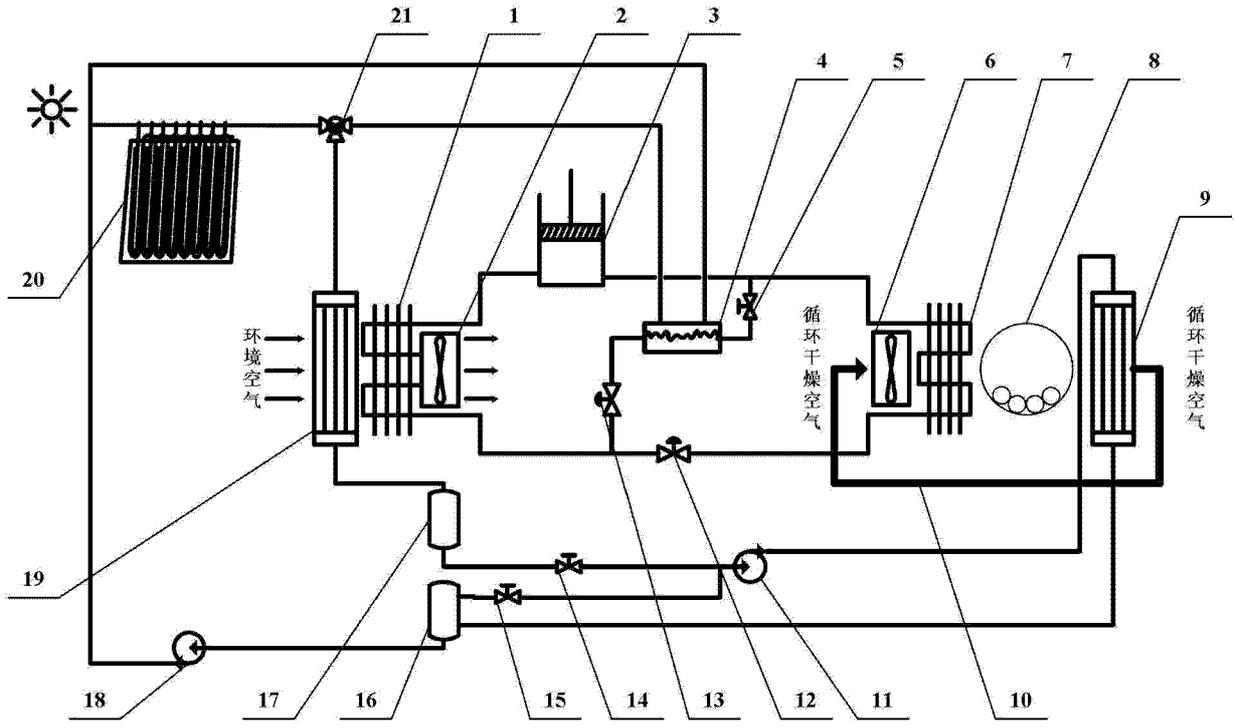


图 1

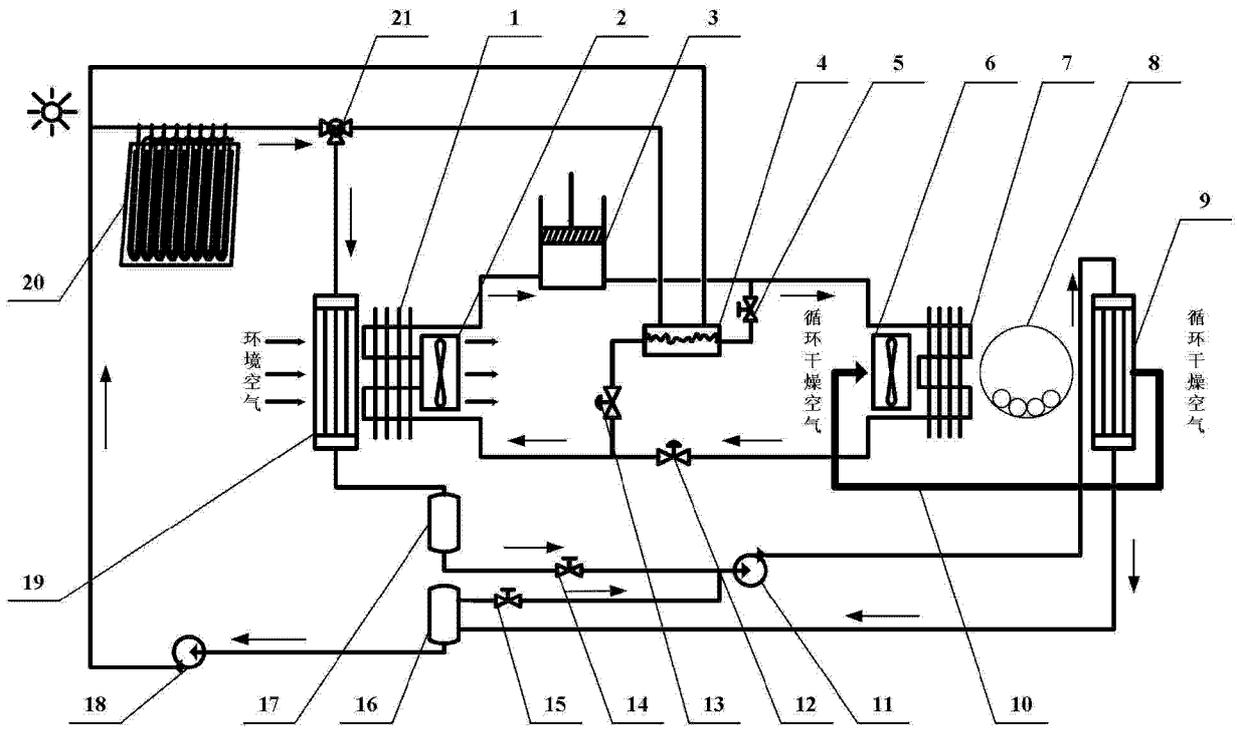


图 2

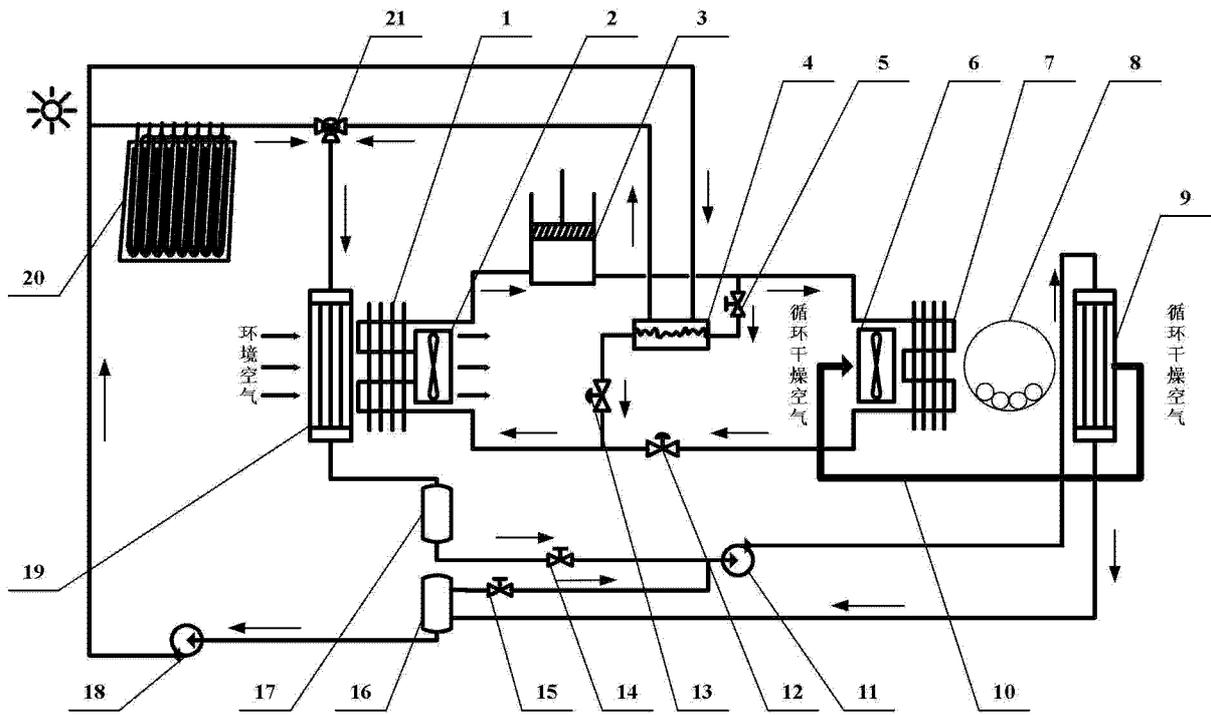


图 3

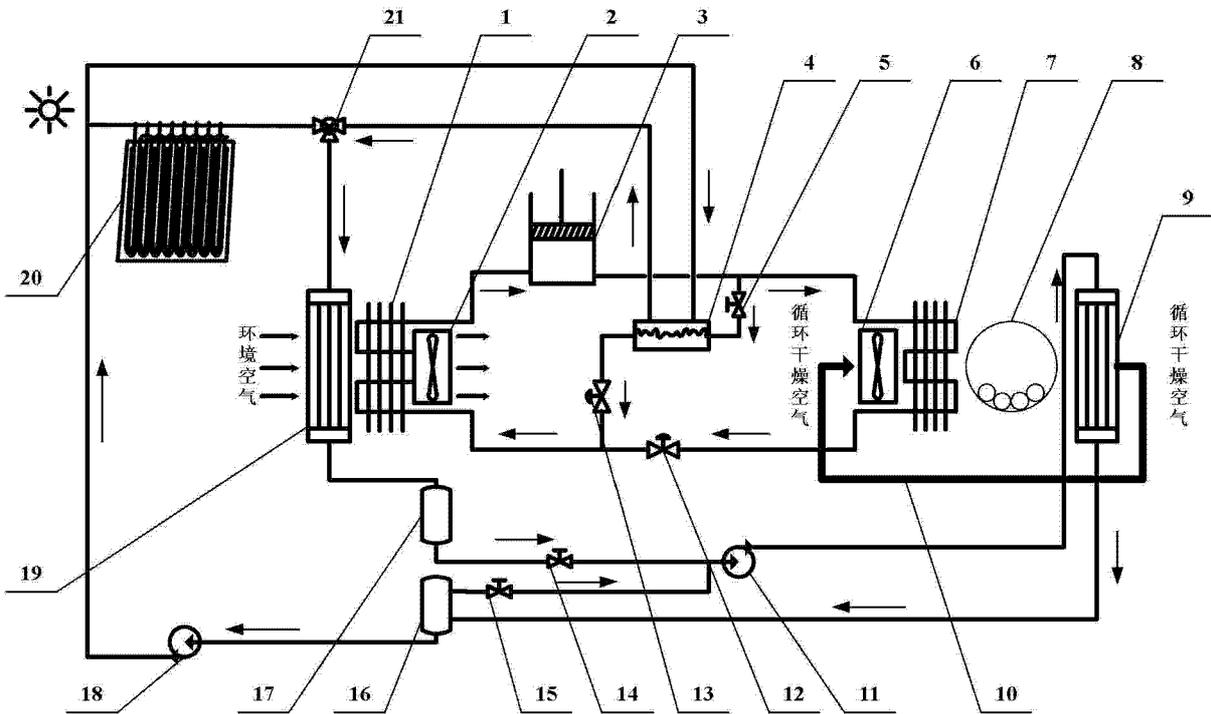


图 4