

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202881067 U

(45) 授权公告日 2013. 04. 17

(21) 申请号 201220280039. X

(22) 申请日 2012. 06. 13

(73) 专利权人 中国科学院理化技术研究所  
地址 100190 北京市海淀区中关村东路 29 号

(72) 发明人 张振涛 杨鲁伟 吕君 戴群特

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王莹

(51) Int. Cl.

C02F 11/12(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

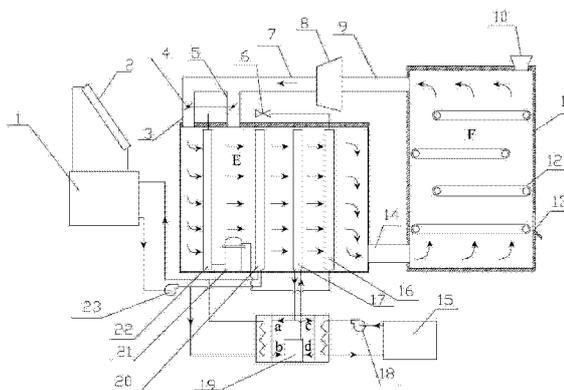
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

太阳能热泵联合污泥干化系统

(57) 摘要

本实用新型公开了一种太阳能热泵联合污泥干化系统,包括太阳能供热子系统、热泵子系统和干燥装置子系统,所述热泵子系统包括空气源热泵子系统和水源热泵子系统;所述太阳能供热子系统,其特征在于,包括用于采集太阳辐射能量的集热器、储热水箱、第一水泵和热水盘管;所述储热水箱和所述第一水泵以及所述热水盘管通过管道连接成一个封闭的水循环系统。本实用新型能够充分利用太阳能的热量,并回收湿空气中水蒸气的潜热,同时通过太阳能供热子系统和水源热泵子系统来保证夜间或太阳能不足情况下的污泥干化所需能量。



1. 一种太阳能热泵联合污泥干化系统,包括太阳能供热子系统、热泵子系统和干燥装置子系统,所述热泵子系统包括空气源热泵子系统和 中水源热泵子系统;其特征在于,所述太阳能供热子系统,包括用于采集太阳辐射能量的集热器(2)、储热水箱(1)、第一水泵(23)和热水盘管(20);所述储热水箱(1)和所述第一水泵(23)以及所述热水盘管(20)通过管道连接成一个封闭的水循环系统。

2. 如权利要求 1 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,所述空气源热泵子系统包括第一压缩机(21)、第一风冷式冷凝器(16)、第一节流阀(6)以及除湿蒸发器(22),所述第一压缩机(21)、所述风冷式冷凝器(16)、所述第一节流阀(6)和所述除湿蒸发器(22)通过相应的管道构成一个封闭的制冷剂循环系统。

3. 如权利要求 1 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,还包括中水源热泵子系统,所述中水源热泵子系统包括水源热泵机组(19)、中水池(15)、第二水泵(18)以及第二风冷式冷凝器(17)。

4. 如权利要求 3 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,所述水源热泵机组(19)包括第一壳管式蒸发器(24)、第二壳管式蒸发器(28)、第二压缩机(26)、第二节流阀(25)以及第三节流阀(27)组成。所述第一壳管式蒸发器(24)、所述第二压缩机(25)、所述第二风冷式冷凝器(17)与所述第二节流阀(25)通过相应的管道连接成一个封闭的制冷剂循环系统。所述第二壳管式蒸发器(28)、所述第二压缩机(26)、所述第二风冷式冷凝器(17)与所述第三节流阀(27)通过相应的管道连接成一个封闭的制冷剂循环系统。

5. 如权利要求 4 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,所述第一壳管式蒸发器(24)与所述第一水泵(23)以及所述储热水箱(1)连接构成一个封闭的水循环系统;所述第二壳管式蒸发器(28)与第二水泵(18)以及中水池(15)连接构成另一个封闭的水循环系统。

6. 如权利要求 1 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,所述干燥装置子系统包括空气处理箱(E)和干燥箱(F),所述空气处理箱(E)和所述干燥箱(F)以及风机(8)通过第一风管(9)和第二风管(7)以及第三风管(14)相连。

7. 如权利要求 4 或 5 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,所述空气处理箱(E)包括所述空气源热泵子系统全部设备和所述热水盘管(20)以及所述第二风冷式冷凝器(17)。

8. 如权利要求 6 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,所述干燥箱(F)包括干燥箱壳体(11)、多层速度可控的网带(12)、进料口(10)和出料口(13),所述网带与传动装置连接。

9. 如权利要求 6 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,所述第二风管(7)上有第一支管(3)和第二支管(5),内部装有联动风阀(4),所述支管和空气处理箱(E)相连。

10. 如权利要求 9 所述的太阳能热泵联合污泥干化系统,其特征在于,所述第一支管(3)位于所述除湿蒸发器(22)和空气处理箱左壁之间,所述第二支管(5)位于所述除湿蒸发器(22)和热水盘管之间。

## 太阳能热泵联合污泥干化系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及污泥干燥技术领域,尤其涉及一种太阳能热泵联合污泥干化系统。

### 背景技术

[0002] 根据《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》,至 2010 年,城市污水处理率不低于 70%。“十一五”末,全国城镇污水处理能力将达  $1.0 \times 10^8 \text{m}^3/\text{d}$ ,全年的污水处理量达  $3.0 \times 10^{10} \text{m}^3$ ,污泥产量将达  $3.0 \times 10^7 \text{t}$  (80% 含水率)。随着污水处理率和处理深度的增加,污泥排放量在以每年 10-15% 以上的速度增长。污泥的处理处置已经成为城市发展的环境瓶颈问题。污泥的资源化利用已经成为污泥处理处置重要手段。

[0003] 污泥干化(也称干燥)是实现污泥无害化、减量化、资源化处理的关键环节,对于实现污泥的稳定化、减量化,减少储存和运输的体积,对污泥的资源化利用起到越来越重要的作用。利用便宜可再生能源的太阳能干化技术具有清洁、环保、无污染的特点。但太阳能本身是间歇性能源,其能流密度低、不连续、不稳定;太阳能的这些特性,使其难于满足污泥等物料干燥动力学的能量需求,因而直接影响到太阳能干燥技术的推广应用。热泵干燥技术是一种节能的干燥技术,其能够回收干燥废气的显热和水蒸气潜热,因而现有的污泥干化技术将太阳能技术与热泵干燥技术相结合,形成了太阳能热泵联合污泥干化技术,其能够克服单一太阳能热源的缺点,又能够降低污泥干化的能耗。

[0004] 但是,现有的太阳能与热泵联合的污泥干化设备中的太阳能系统只有集热设备,而没有蓄热设备。这样可能出现夏季太阳能吸收的热负荷大于干燥设备所需热负荷的情况,造成夏季的能量利用率较低。

[0005] 其次,现有太阳能与热泵联合的污泥干化设备中的热泵干化系统采用空气源热泵,但由于我国北方冬季寒冷,当室外环境温度降到了  $0^\circ\text{C}$  以下时如果仍采用空气源热泵供热,会出现热泵性能明显降低甚至无法工作的情况,另外,由于蒸发器管壁和空气之间的换热系数很小,造成采用空气源热泵的太阳能与热泵联合的污泥干化设备占地面积较大。

### 发明内容

[0006] (一) 要解决的技术问题

[0007] 本实用新型要解决的技术问题是:提供一种太阳能热泵联合污泥干化系统及干化方法,其能够提高系统的能源利用率,保证夜间或太阳能不足情况下的污泥干化所需能量,并能降低污泥干化过程的碳排放强度。

[0008] (二) 技术方案

[0009] 为解决上述问题,本发明提供了一种太阳能热泵联合污泥干化系统,包括太阳能供热子系统、热泵子系统和干燥装置子系统,所述热泵子系统包括空气源热泵子系统和水源热泵子系统;所述太阳能供热子系统,包括用于采集太阳辐射能量的集热器、储热水箱、第一水泵和热水盘管;所述储热水箱和所述第一水泵以及所述热水盘管通过管道连接

成一个封闭的水循环系统。

[0010] 更好地,所述空气源热泵子系统包括第一压缩机、第一风冷式冷凝器、第一节流阀以及除湿蒸发器,所述第一压缩机、所述风冷式冷凝器、所述第一节流阀和所述除湿蒸发器通过相应的管道构成一个封闭的制冷剂循环系统。

[0011] 更好地,还包括中水源热泵子系统,所述中水源热泵子系统包括水源热泵机组、中水池、第二水泵以及第二风冷式冷凝器。

[0012] 更好地,所述水源热泵机组包括第一壳管式蒸发器、第二壳管式蒸发器、第二压缩机、第二节流阀以及第三节流阀组成。所述第一壳管式蒸发器、所述第二压缩机、所述第二风冷式冷凝器与所述第二节流阀通过相应的管道连接成一个封闭的制冷剂循环系统。所述第二壳管式蒸发器、所述第二压缩机、所述第二风冷式冷凝器与所述第三节流阀通过相应的管道连接成一个封闭的制冷剂循环系统。

[0013] 更好地,所述第一壳管式蒸发器与所述第一水泵以及所述储热水箱连接构成一个封闭的水循环系统;所述第二壳管式蒸发器与第二水泵以及中水池连接构成另一个封闭的水循环系统。

[0014] 更好地,所述干燥装置子系统包括空气处理箱和干燥箱,所述空气处理箱和所述干燥箱以及风机通过第一风管和第二风管以及第三风管相连。

[0015] 更好地,所述空气处理箱包括所述空气源热泵子系统全部设备和所述热水盘管以及所述第二风冷式冷凝器。

[0016] 更好地,所述干燥箱包括干燥箱壳体、多层速度可控的网带、进料口和出料口,所述网带与传动装置连接。

[0017] 更好地,所述第二风管上有第一支管和第二支管,内部装有联动风阀,所述支管和空气处理箱相连。

[0018] 更好地,所述第一支管位于所述除湿蒸发器和空气处理箱左壁之间,所述第二支管位于所述除湿蒸发器和热水盘管之间。

[0019] (三)有益效果

[0020] 本实用新型通过将太阳能供热技术和热泵技术有效结合,形成了稳定高效节能的污泥太阳能热泵干化系统。本实用新型能够充分利用太阳能的热量,并回收湿空气中水蒸气的潜热,同时通过太阳能供热子系统和水源热泵子系统来保证夜间或太阳能不足情况下的污泥干化所需能量。通过太阳能蓄热与热泵技术的使用,最大限度利用太阳能的优势,并充分结合污水处理厂资源特点,回收低品位污水能源和废气能量,因此该系统在实现污泥干化过程中一次能源消耗大幅度降低,同时大幅度降低了污泥干化过程的碳排放强度。

#### 附图说明

[0021] 图1为本实用新型实施方式中所述太阳能热泵联合污泥干化系统的结构示意图;

[0022] 图2为本实用新型实施方式中所述水源热泵机组的结构示意图;

[0023] 图3为本实用新型实施方式中所述进行污泥干化的方法的流程图;

[0024] 其中,1:储热水箱,2:集热器,3:第一支管,4:联动风阀,5:第二支管,6:第一节流阀,7:第二风管,8:风机,9:第一风管,10:进料口,11:干燥箱壳体,12:网带,13:出料口,14:第三风管,15:中水池,16:第一风冷式冷凝器,17:第二风冷式冷凝器,18:第二水

泵,19:水源热泵机组,20:热水盘管,21:第一压缩机,22:除湿蒸发器,23:第一水泵,24:第一壳管式蒸发器;25:第二节流阀;26:第二压缩机;27:第三节流阀;28:第二壳管式蒸发器;E:空气处理箱;F:干燥箱。

### 具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例,对本实用新型的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本实用新型,但不用来限制本实用新型的范围。

[0026] 如图1所示,本发明所述的一种太阳能热泵联合污泥干化系统,包括太阳能供热子系统、热泵子系统和干燥装置子系统,所述热泵子系统包括空气源热泵子系统和中水源热泵子系统。所述太阳能供热子系统,包括用于采集太阳辐射能量的集热器2、储热水箱1、第一水泵23和热水盘管20;所述储热水箱1和所述第一水泵23以及所述热水盘管20通过管道连接成一个封闭的水循环系统。所述储热水箱中的水吸收从太阳能集热器收集的热量,温度升高,然后经水泵的作用被输送至所述热水盘管加热从干燥箱出来的空气。

[0027] 所述空气源热泵子系统包括第一压缩机21、第一风冷式冷凝器16、第一节流阀6以及除湿蒸发器22,所述第一压缩机21、所述第一风冷式冷凝器16、所述第一节流阀6和所述除湿蒸发器22通过相应的管道构成一个封闭的制冷剂循环系统。

[0028] 如图2所示,所述水源热泵机组19包括第一壳管式蒸发器24、第二壳管式蒸发器28、第二压缩机26、第二节流阀25以及第三节流阀27组成。所述第一壳管式蒸发器24、所述第二压缩机28、所述第二风冷式冷凝器17与所述第二节流阀25通过相应的管道连接成一个封闭的制冷剂循环系统。所述第二壳管式蒸发器28、所述第二压缩机26、所述第二风冷式冷凝器17与所述第三节流阀27通过相应的管道连接成一个封闭的制冷剂循环系统。

[0029] 所述第一壳管式蒸发器24与所述第一水泵23以及所述储热水箱1连接构成一个封闭的水循环系统;所述第二壳管式蒸发器24与第二水泵18以及中水池15连接构成另一个封闭的水循环系统。

[0030] 所述干燥装置子系统包括空气处理箱E和干燥箱F,所述空气处理箱E和所述干燥箱F以及风机8通过第一风管9和第二风管7以及第三风管14相连。

[0031] 所述空气处理箱E包括所述空气源热泵子系统全部设备和所述热水盘管20以及所述第二风冷式冷凝器17。

[0032] 所述干燥箱F包括干燥箱体11、多层速度可控的网带12、进料口10和出料口13,所述网带与传动装置连接。

[0033] 所述第二风管7上有第一支管3和第二支管5,内部装有联动风阀4,所述支管和空气处理箱E相连。

[0034] 所述第一支管3位于所述除湿蒸发器22和空气处理箱左壁之间,所述第二支管5位于所述除湿蒸发器22和热水盘管之间。

[0035] 如图3所示,本发明所述的利用前述的太阳能热泵联合污泥干化系统进行污泥干化的方法,包括以下步骤:

[0036] A:储热水箱1中存储的由太阳能集热器2产生的热水经第一水泵23进入空气处理箱E中的热水盘管使空气加热,也就是说:所述储热水箱1中的水吸收从太阳能集热器2收集的热量,温度升高,然后经水泵的作用被输送至所述热水盘管加热从干燥箱出来的空

气；

[0037] B:干燥箱F排出的湿空气进入空气处理箱E后,除湿蒸发器22和第一风冷式冷凝器16对湿空气进行除湿和加热;由干燥箱F排来的湿空气先经过风机8加压,经过风阀4,一部分沿第一支管进入除湿蒸发器22前,另一部分经第二支管进入除湿蒸发器22后。进入除湿蒸发器22前部的湿空气脱湿后和经第二支管进入除湿蒸发器22后的湿空气混合,依次被热水盘管20、第二风冷式冷凝器17和第一风冷式冷凝器16加热,最后通过第三风管14进入干燥箱F。干燥空气在干燥箱中由下至上依次通过各层网带,吸收污泥水分后,进入第一风管,完成一个干燥循环。

[0038] C:经除湿和加热后的干燥空气进入干燥箱F对污泥进行干化处理。

[0039] 前述的进行污泥干化的方法,还包括D:通过水源热泵机组19中制冷剂吸收储热水箱中热水的能量,然后通过第二风冷式冷凝器17放出热量加热循环空气的步骤。另外,也可以通过水源热泵机组19中制冷剂吸收中水池中水的能量,然后通过第二风冷式冷凝器17放出热量加热循环空气的步骤。

[0040] 制冷剂在除湿蒸发器22吸收湿空气的热量蒸发为气态,并使湿空气降温脱湿。气态制冷剂被第二压缩机26从第一管壳式蒸发器吸入并压缩升温后进入第二风冷式冷凝器17,在第二风冷式冷凝器17中放出热量,加热循环空气,自身凝结为液态制冷剂。液态制冷剂经过第二节流阀后,降压降温,进入蒸发器继续用来除湿和降温。由此完成热泵循环和空气脱湿与能量回收。造粒后的污泥颗粒经过进料口10落在第一层网带上,经过多层网带干燥后,从带式干燥机另一端最下层网带位置的出料口13出料,完成污泥干燥过程。本发明的系统封闭循环,几乎没有废气排放,其主要排放物是冷凝水,对环境友好。

[0041] 太阳能热泵联合污泥干化系统使用方法:

[0042] 在本系统运行的启动阶段,需要开启太阳能系统或污水源热泵系统对污泥进行加热,并根据要求成品含水率调节网带运行速度。

[0043] 将造粒后的污泥从干燥机顶部的进料口10送至干燥箱F内最上层网带。太阳能储热水箱1储水量和水温达到设定值后,开启风机8和第一水泵23,对系统和少量进料进行预热,直到风机8前回风温度达到设定温湿度。开启干燥机网带12,各层网带按照设定速度运行,并通过进料口正常进料。启动第一压缩机21进行能量回收和除湿。系统进入稳态运行前,根据除湿蒸发器22出风温湿度调节旁通风量调节阀,调整除湿蒸发器22的进风量和旁通风量比例,直到系统进入稳态工作状态。经过除湿的干空气和部分循环空气混合后,经过热水盘管20及第一风冷式冷凝器16加热成为干燥热空气。作为干燥介质的干燥热空气经第三风管14进入干燥箱,然后由下到上比较稳定均匀稳定的通过各层网带,吸收网带上的污泥水分,并加热污泥。空气自身温度降低,湿度增加,完成绝热等焓加湿过程后,经过第二风管7后进入风机8入口,被风机8吸入加压后,又进入空气处理箱E进行除湿和能量回收、加热作业,完成空气干燥循环。达到干燥终了含水率的污泥颗粒,通过最下层网带一端的出料口13出料,完成污泥的干化操作。

[0044] 用于说明本实用新型,而并非对本实用新型的限制,有关技术领域的普通技术人员,在不脱离本实用新型的精神和范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,因此所有等同的技术方案也属于本实用新型的范畴,本实用新型的专利保护范围应由权利要求限定。

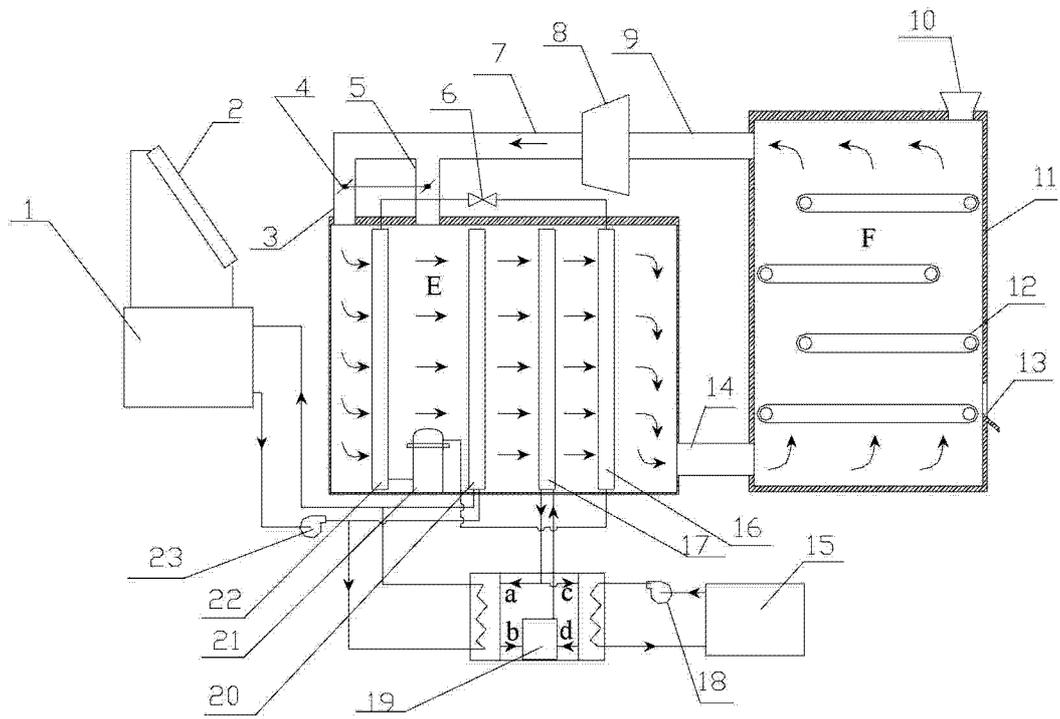


图 1

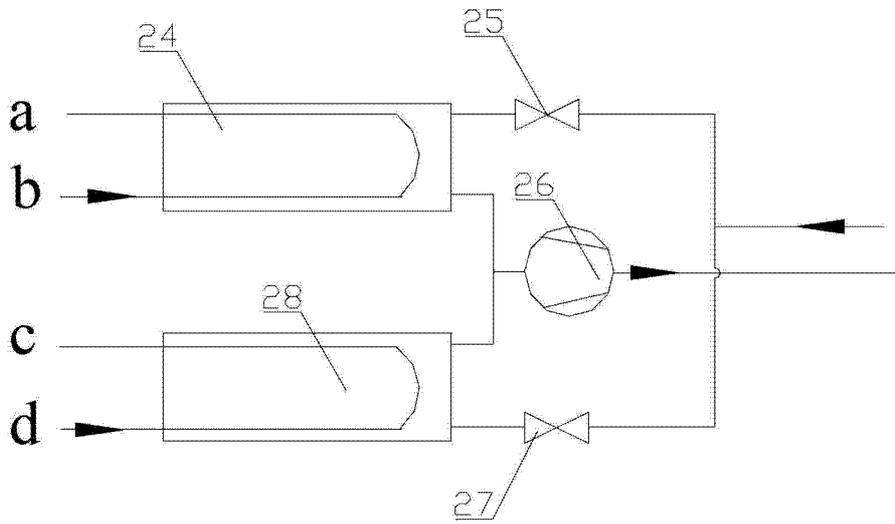


图 2

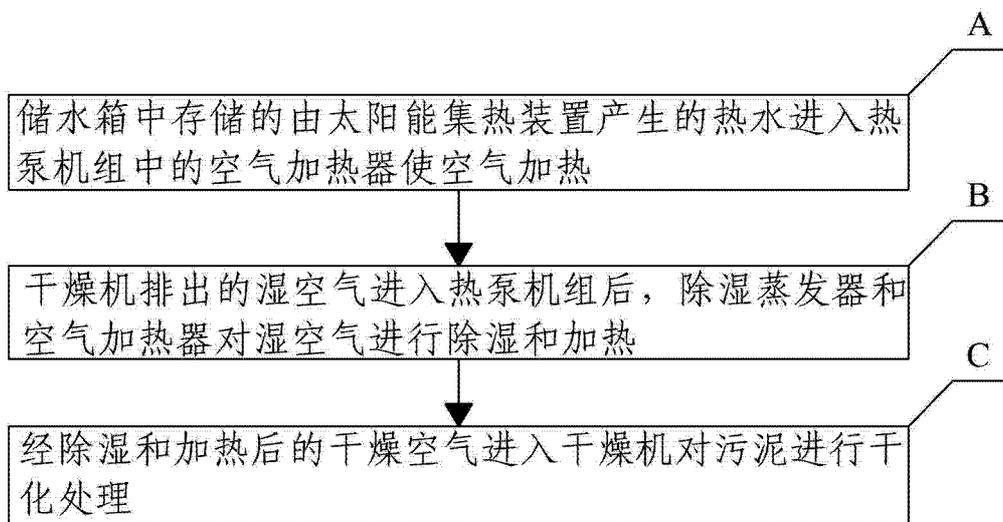


图 3