



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 211782326 U

(45) 授权公告日 2020.10.27

(21) 申请号 202020063758.0

F26B 21/10 (2006.01)

(22) 申请日 2020.01.13

F26B 25/00 (2006.01)

(73) 专利权人 广东省现代农业装备研究所

F28F 27/00 (2006.01)

地址 510640 广东省广州市天河区石牌五山路261号

F25B 29/00 (2006.01)

F25B 49/00 (2006.01)

(72) 发明人 龙成树 汤石生 陈永春 吴耀森
刘清化 李浩权 龚丽 刘军
肖波 叶开愚

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(74) 专利代理机构 广东广信君达律师事务所
44329

代理人 陈胜杰

(51) Int. Cl.

F26B 9/02 (2006.01)

F26B 21/00 (2006.01)

F26B 21/08 (2006.01)

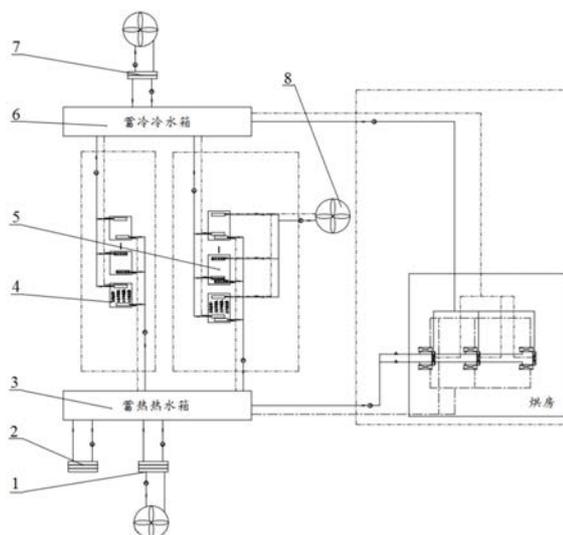
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统

(57) 摘要

本申请公开了一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,所述冷热水均衡系统包括第一散热系统、蒸汽加热系统、蓄热热水箱、双效热泵机组、三效热泵机组、蓄冷冷水箱以及散冷系统。本申请结合实际生产应用,针对农产品、水产品等高湿物料干燥加工过程中,冷热量应用较难均衡控制、顾此失彼的现状,提出一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,设计双效热泵机组、三效热泵机组和蒸汽加热系统联合制取冷热水,将冷热水分开储藏于冷热水箱中,供给农产品干燥烘房所需冷热,实现一托多,缩减设备初始投资成本,减少干燥过程中冷热量的损耗,节约干燥总成本。



1. 一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,其特征在于,包括第一散热系统(1)、蒸汽加热系统(2)、蓄热热水箱(3)、双效热泵机组(4)、三效热泵机组(5)、蓄冷冷水箱(6)以及散冷系统(7),其中:

所述第一散热系统(1)与蓄热热水箱(3)连接,用于通过对蓄热热水箱(3)中的热水进行循环散去多余的热量以维持蓄热热水箱(3)中的水温;

所述蒸汽加热系统(2)与蓄热热水箱(3)连接,蒸汽加热系统(2)包括放热系统和换热回路,其中放热系统用于将蒸汽通过换热的方式,将蒸汽的热量经由所述换热回路提供给蓄热热水箱(3),以向蓄热热水箱(3)中提供热水;

所述双效热泵机组(4)、三效热泵机组(5)均分别与蓄热热水箱(3)、蓄冷冷水箱(6)构成制热回路和制冷回路,用于向蓄热热水箱(3)、蓄冷冷水箱(6)同时提供制取的冷水和热水;其中,所述三效热泵机组(5)上连接有第二散热系统(8),三效热泵机组(5)通过第二散热系统(8)实现单独制取冷水的功能;

所述散冷系统(7)连接在蓄冷冷水箱(6)上,用于均衡蓄冷冷水箱(6)的冷量,通过循环的方式对蓄冷冷水箱(6)多余的冷量进行散失。

2. 根据权利要求1所述的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,其特征在于,所述第一散热系统(1)包括第一冷却水塔、第一水泵和第一球阀,其中,所述蓄热热水箱(3)的出水口与第一冷却水塔的入水口连接,第一冷却水塔的出水口连接第一水泵的入水口,第一水泵的出水口连接蓄热热水箱(3)的入水口从而形成一个热水循环回路,第一球阀设置在蓄热热水箱(3)和第一冷却水塔之间的管路上。

3. 根据权利要求1所述的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,其特征在于,所述蒸汽加热系统(2)的放热回路包括蒸汽入口、蒸汽板式换热器、冷却水箱、涡街流量计、第一截止阀、第二截止阀、第三截止阀、疏水阀和电磁阀,所述蒸汽入口通过管路与蒸汽板式换热器的热源入口连接,蒸汽板式换热器的热源出口通过管路与冷却水箱连接;在蒸汽入口与蒸汽板式换热器之间的管路上依次设置所述第一截止阀、电磁阀、第二截止阀和涡街流量计,在蒸汽板式换热器与冷却水箱之间的管路上依次设置所述第三截止阀、疏水阀。

4. 根据权利要求3所述的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,其特征在于,所述蒸汽加热系统(2)的换热回路包括第二水泵、第二球阀、第三球阀、第一水流开关,所述蓄热热水箱(3)的出水口与所述蒸汽板式换热器的冷却水入口通过管路连接,蒸汽板式换热器的冷却水出口与蓄热热水箱(3)的入水口通过管路连接,从而形成一个单独的制造热水回路;其中在蓄热热水箱(3)的出水口与蒸汽板式换热器的冷却水入口之间的管路上依次设置所述第一水流开关、第二球阀、第二水泵、第三球阀。

5. 根据权利要求1所述的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,其特征在于,所述双效热泵机组(4)包括多个冷热水子系统,其中每个冷热水子系统分别用于制取冷水和热水,每个冷热水子系统包括压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀、气液分离器、储液器,各部件之间通过铜管连接,铜管内流动有制冷剂,制冷剂在蒸发器处吸收热量,在冷凝器处释放热量;

所述多个子系统的蒸发器与蓄冷冷水箱(6)之间通过冷水管形成制冷回路,多个子系统的冷凝器与蓄热热水箱(3)之间通过热水管连接形成制热回路。

6. 根据权利要求1所述的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,其特征在于,所述三效热泵机组(5)是在双效热泵机组(4)的基础上,每个冷热水子系统中多添加了一台冷凝器,并在

三效热泵机组(5)上设置了所述第二散热系统(8)。

一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统

技术领域

[0001] 本申请涉及热能利用及电气控制领域,具体涉及一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统。

背景技术

[0002] 农产品干燥是一个能耗很大的领域,而传统农产品烘干的主要热源有蒸汽、燃烧矿物质燃料、燃烧木柴等。近年来,国家大力倡导绿色、协调发展,人们颇为关注农产品水源或者空气源热泵除湿干燥技术。事实上,上述除热泵除湿干燥以外,其它热源的农产品烘干都是采用排湿的方式,如此将会有大量高温高湿空气排至环境,不仅造成了能源的浪费,而且也是对环境的热污染。热泵除湿干燥的主要热能来源水(或者空气)中,且水和空气中的热能廉价,甚至是无偿使用,较大的减少了能耗成本。热泵除湿干燥的优势不仅在于节能,而且其有效的将冷、热进行了循环利用,其冷端为蒸发器主要起除湿作用,热端为冷凝器主要起升温作用,因此,热泵除湿干燥机应用于某些农产品物料干燥几乎能够达到全封闭干燥。然而,农产品干燥过程所需冷热量与热泵除湿干燥机制取的冷热量并不能完全匹配。因此,农产品热泵干燥过程中将会出现热量供给充足,而冷量不足以满足除湿,此时只能回到采用排湿风机排出湿热。

[0003] 综上,无论采用蒸汽等排湿烘干或者采用热泵除湿干燥,都较难满足农产品烘干过程中的冷、热的均衡需求。

发明内容

[0004] 针对现有技术存在的问题,本申请提供一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,以更好地满足农产品烘干过程中的冷量均衡需求。

[0005] 为了实现上述任务,本申请采用以下技术方案:

[0006] 一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,包括第一散热系统、蒸汽加热系统、蓄热热水箱、双效热泵机组、三效热泵机组、蓄冷冷水箱以及散冷系统,其中:

[0007] 所述第一散热系统与蓄热热水箱连接,用于通过对蓄热热水箱中的热水进行循环散去多余热量以维持蓄热热水箱中的水温;

[0008] 所述蒸汽加热系统与蓄热热水箱连接,蒸汽加热系统包括放热系统和换热回路,其中放热系统用于将蒸汽通过换热的方式,将蒸汽的热量经由所述换热回路提供给蓄热热水箱,以向蓄热热水箱中提供热水;

[0009] 所述双效热泵机组、三效热泵机组均分别与蓄热热水箱、蓄冷冷水箱构成制热回路和制冷回路,用于向蓄热热水箱、蓄冷冷水箱同时提供制取的冷水和热水;其中,所述三效热泵机组上连接有第二散热系统,三效热泵机组通过第二散热系统实现单独制取冷水的功能;

[0010] 所述散冷系统连接在蓄冷冷水箱上,用于均衡蓄冷冷水箱的冷量,通过循环的方式对蓄冷冷水箱多余的冷量进行散失。

[0011] 进一步地,所述第一散热系统包括第一冷却水塔、第一水泵和第一球阀,其中,所述蓄热热水箱的出水口与第一冷却水塔的入水口连接,第一冷却水塔的出水口连接第一水泵的入水口,第一水泵的出水口连接蓄热热水箱的入水口从而形成一个热水循环回路,第一球阀设置在蓄热热水箱和第一冷却水塔之间的管路上。

[0012] 进一步地,所述蒸汽加热系统的放热回路包括蒸汽入口、蒸汽板式换热器、冷却水箱、涡街流量计、第一截止阀、第二截止阀、第三截止阀、疏水阀和电磁阀,所述蒸汽入口通过管路与蒸汽板式换热器的热源入口连接,蒸汽板式换热器的热源出口通过管路与冷却水箱连接;在蒸汽入口与蒸汽板式换热器之间的管路上依次设置所述第一截止阀、电磁阀、第二截止阀和涡街流量计,在蒸汽板式换热器与冷却水箱之间的管路上依次设置所述第三截止阀、疏水阀。

[0013] 进一步地,所述蒸汽加热系统的换热回路包括第二水泵、第二球阀、第三球阀、第一水流开关,所述蓄热热水箱的出水口与所述蒸汽板式换热器的冷却水入口通过管路连接,蒸汽板式换热器的冷却水出口与蓄热热水箱的入水口通过管路连接,从而形成一个单独的制造热水回路;其中在蓄热热水箱的出水口与蒸汽板式换热器的冷却水入口之间的管路上依次设置所述第一水流开关、第二球阀、第二水泵、第三球阀。

[0014] 进一步地,所述双效热泵机组包括多个冷热水子系统,其中每个冷热水子系统分别用于制取冷水和热水,每个冷热水子系统包括压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀、气液分离器、储液器,各部件之间通过铜管连接,铜管内流动有制冷剂,制冷剂在蒸发器处吸收热量,在冷凝器处释放热量;

[0015] 所述多个子系统的蒸发器与蓄冷冷水箱之间通过冷水管形成制冷回路,多个子系统的冷凝器与蓄热热水箱之间通过热水管连接形成制热回路。

[0016] 进一步地,所述三效热泵机组是在双效热泵机组的基础上,每个冷热水子系统中多添加了一台冷凝器,并在三效热泵机组上设置了所述第二散热系统。

[0017] 进一步地,所述热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统应用在烘房中时,冷热水均衡系统向烘房提供冷热水,并通过检测冷热水温进行反馈调节,烘房与蓄冷冷水箱、蓄热热水箱之间的冷热水输送由循环水泵和水电磁阀控制;

[0018] 烘房在去除新鲜农产品中水分时需要的热量由蓄热热水箱提供,蓄热热水箱通过管路连接烘房的加热器,热水经过烘房内的加热器与空气换热加热烘房内空气介质,空气介质经风机输送在烘房内循环,平流穿过物料区与高湿新鲜农产品对流换热,空气介质变成高湿空气介质,然后回流穿过除湿器,除湿器通过管路连接系统的蓄冷冷水箱,高湿空气介质遇除湿器的冷管,液化降湿变成低温低湿空气介质,而后穿过加热器,等湿加热为高温空气介质,干燥介质如此循环,新鲜农产品中水分不断蒸发与空气介质热湿交换,最终达到干燥标准水分。

[0019] 进一步地,若检测到冷水温降低速率快而热水温度升高速率较慢,则优先关闭三效热泵机组,当蓄冷冷水箱中的冷水水温达到设定值而蓄热热水箱中的热水温度未达到,开启蒸汽加热系统单独制取热水;若检测到热水温度升高速率较快而冷水水温距离设定温度值较大,逐步减少双效热泵机组开启数量,当热水温度已达设定温度值时,开启三效热泵机组单独制冷水功能。

[0020] 进一步地,开关双效热泵机组数量、三效热泵机组数量和蒸汽加热系统通过设定

多个热水温度偏差值来决定,当实测热水温度与目标温度达到不同的温度值时分别代表开启或者关闭相应数量的双效热泵机组、三效热泵机组和开启蒸汽加热系统。

[0021] 一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统的控制方法,包括以下步骤:

[0022] 步骤1,分别设定蓄热热水箱中热水的目标温度 T_{h0} 和蓄冷冷水箱中冷水的目标温度 T_{c0} ,并设定好烘房的干燥工艺;

[0023] 步骤2,检测蓄冷冷水箱、蓄热热水箱中的水位是否均达到预定容量的条件,如不满足,则向不满足条件的水箱中补水直至水量大于预定容量,如满足,则转到步骤3;

[0024] 检测蓄热热水箱中的热水温度 T_h 是否低于预设的热水预警温度且蓄冷冷水箱中的冷水温度 T_c 是否高于预设的冷水预警温度且一直升高,如是,则进行报警;

[0025] 步骤3,检查蓄热热水箱与双效热泵机组、三效热泵机组、蒸汽加热系统之间的热水水路,以及蓄冷冷水箱与双效热泵机组、三效热泵机组之间的冷水水路,和均衡系统与烘房之间的冷热水水路是否正常;同时检查烘房内的温度、湿度是否达到工艺要求,对于水路不正常或者温湿度达不到要求的情况进行报警;

[0026] 步骤4,开启 m 个双效热泵机组和 P 个三效热泵机组,在进行冷热水制取过程中,实时检测蓄冷冷水箱中的热水温度和蓄热热水箱中的冷水温度,当热水温度和冷水温度均达到对应的目标温度时,执行步骤5,否则进行判断:

[0027] 当热水温度与目标温度 T_{h0} 之间的差值 ΔT_h 大于设定的温度阈值 $Q*a$ 时,并且冷水温度与目标温度 T_{c0} 之间的差值 ΔT_c 小于 $Q*a$ 时,执行步骤4-1;

[0028] 当热水温度与目标温度 T_{h0} 之间的差值 ΔT_h 小于设定的温度阈值 $Q*a$ 时,并且冷水温度与目标温度 T_{c0} 之间的差值 ΔT_c 大于 $Q*a$ 时,执行步骤4-2;

[0029] 其中, $Q=m+P$;

[0030] 步骤4-1,关闭 P 个三效热泵机组,开启蒸汽加热系统,以 $a^\circ\text{C}$ 为梯级,在热水温度和冷水温度到达对应目标温度的过程中,逐渐关闭双效热泵机组和蒸汽加热系统;

[0031] 步骤4-2,开启三效热泵机组的第二散热系统,将三效热泵机组转换为单制冷模式,并以 $a^\circ\text{C}$ 为梯级,在热水温度和冷水温度到达对应目标温度的过程中,逐渐关闭双效热泵机组和三效热泵机组;

[0032] 步骤5,当热水温度和冷水温度均达到对应的目标温度时,开启均衡系统与烘房之间的冷热水管路,从而分别将冷水、热水提供给烘房的加热器、除湿器,以使烘房利用提供的冷热水进行加热、除湿,直至农产品的水分被烘干达到要求。

[0033] 本申请具有以下技术特点:

[0034] 1.本申请中通过蒸汽加热系统、双效热泵机组、三效热泵机组融合制取冷热水并分别存储,构建了一个冷热水均衡系统,通过冷热水均衡系统向烘房供给冷量和热量,由于均衡系统的冷量和热量远远大于烘房需求,因此一个系统一般能够供给多个烘房的冷热量。

[0035] 2.本申请的冷热水均衡系统的热泵主机系统制取冷热水与向烘房内供冷热水为两个独立系统,即制取冷热水的热泵系统的工况参数基本为定值,如此有助于最大限度提升热泵系统的COP值,同时也有利于减少热泵系统的频繁切换造成压缩机等制冷零部件的损耗。

[0036] 3.本申请的冷热水均衡系统应用于农产品干燥加工中,相比应用单一热泵除湿干

燥机,可以将前期多余的冷量储存起来,在农产品高温高湿除湿阶段补充冷量,实现冷热量循环利用。

[0037] 4. 本申请的冷热水均衡系统应用于农产品加工企业可以实现一拖多,多余冷量可以应用于车间降温,多余热水通过净化可以做生活用水;此外,由于制冷热系统独立于烘房,在农产品干燥淡季制冷热主机系统完全可以用于冷暖空调、保鲜库等,比热泵除湿干燥机系统的利用效率高。

[0038] 5. 本申请的冷热水均衡系统制热系数可达到3~4,相比于同类设备,在处理相同的农产品干燥的过程中可有效节约设备投资成本和运营过程中的用电能耗。

附图说明

[0039] 图1为本申请的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统的布设结构示意图;

[0040] 图2为本申请的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统应用在农产品干燥加工的烘房时的示意图;

[0041] 图3为第一散热系统的结构框图;

[0042] 图4为蒸汽加热系统的结构框图;

[0043] 图5为本申请的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统应用在农产品干燥加工的烘房时的控制流程示意图。

[0044] 图中标号说明:1第一散热系统,2蒸汽加热系统,3蓄热热水水箱,4双效热泵机组,5三效热泵机组,6蓄冷冷水箱,7散冷系统,8第二散热系统。

具体实施方式

[0045] 本申请的第一方面公开了一种热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,参见图1,所述系统包括第一散热系统、蒸汽加热系统、蓄热热水箱、双效热泵机组、三效热泵机组、蓄冷冷水箱以及散冷系统,其中:

[0046] 一、本申请的冷热水均衡系统

[0047] 1. 第一散热系统1

[0048] 本申请中第一散热系统1包括第一冷却水塔、第一水泵和第一球阀,参见图3,其主要功能是维持所述蓄热热水箱3中的水温在设定的温度或温度范围;其中,所述蓄热热水箱3的出水口与第一冷却水塔的入水口连接,第一冷却水塔的出水口连接第一水泵的入水口,第一水泵的出水口连接蓄热热水箱3的入水口从而形成一个热水循环回路;三个设备之间通过PCV水管连接,所述第一球阀设置在蓄热热水箱3与第一冷却水塔之间的管路上。回路中的热水在通过第一冷却水塔时由第一冷却水塔中的风机散去一定热量,从而维持蓄热热水箱3中的水温。

[0049] 2. 蒸汽加热系统2

[0050] 参见图4,蒸汽加热系统2包括放热系统和换热回路,用于单独制造热水。

[0051] 其中:

[0052] 放热系统包括蒸汽入口、蒸汽板式换热器、冷却水箱、涡街流量计、第一截止阀、第二截止阀、第三截止阀、疏水阀和电磁阀,所述蒸汽入口通过管路与蒸汽板式换热器的热源入口连接,蒸汽板式换热器的热源出口通过管路与冷却水箱连接;在蒸汽入口与蒸汽板式

换热器之间的管路上依次设置所述第一截止阀、电磁阀、第二截止阀和涡街流量计,在蒸汽板式换热器与冷却水箱之间的管路上依次设置所述第三截止阀、疏水阀。

[0053] 换热回路包括第二水泵、第二球阀、第三球阀、第一水流开关,所述蓄热热水箱3的出水口与所述蒸汽板式换热器的冷却水入口通过管路连接,蒸汽板式换热器的冷却水出口与蓄热热水箱3的入水口通过管路连接,从而形成一个单独的制造热水回路。其中在蓄热热水箱3的出水口与蒸汽板式换热器的冷却水入口之间的管路上依次设置所述第一水流开关、第二球阀、第二水泵、第三球阀。

[0054] 蓄热热水箱3中的水自出水口进入到蒸汽板式换热器中,与自蒸汽入口进入到蒸汽板式换热器中的蒸汽进行换热后,流回到蓄热热水箱3中,以实现蓄热热水箱3内水的加热,换热后蒸汽冷凝形成冷却水进入冷却水箱。

[0055] 3. 双效热泵机组4

[0056] 双效热泵机组4包括多个冷热水子系统,每个冷热水子系统分别用于制取冷水和热水。其中,每个冷热水子系统包括压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀、气液分离器、储液器等,各部件之间通过铜管连接,铜管内流动有制冷剂,制冷剂在蒸发器处吸收热量,在冷凝器处释放热量。其中,压缩机用于将低温的制冷剂压缩成高温制冷剂,高温制冷剂流经膨胀阀后,节流成低温低压的气液两相状态,之后在所述蒸发器中吸收外界热量,形成低温低压的制冷剂,又被吸入到压缩机中。气液分离器安装在压缩机进气口,储液器安装在冷凝器出口上,作用是存储制冷剂以及过滤和从制冷剂中吸收水蒸气。

[0057] 各冷热水子系统制取冷热时相互独立,而置换出的冷水、热水分别通过管路汇集后连接所述蓄热热水箱3和蓄冷冷水箱6。

[0058] 其中,多个子系统的蒸发器与蓄冷冷水箱6之间通过冷水管形成制冷回路,多个子系统的冷凝器与蓄热热水箱3之间通过热水管连接形成制热回路,故双效热泵机组4可同时制取冷水、热水。在所述冷水管、热水管上均依次设置有第三水泵、第三球阀、第二水流开关。

[0059] 4. 三效热泵机组5

[0060] 三效热泵机组5的结构和双效热泵机组4基本相同,区别之处在于在双效热泵机组4的基础上,三效热泵机组5的每个冷热水子系统中多添加了一台冷凝器,并在三效热泵机组5上设置了第二散热系统8。

[0061] 三效热泵机组5的工作原理与双效热泵机组4相同,均分别与蓄冷冷水箱6和蓄热热水箱3之间连接并构成制冷回路、制热回路,并均可同时制取冷热水。

[0062] 另外,三效热泵机组5由于和第二散热系统8连接,因此还可以用于单独制取冷水,以补充均衡系统所需的冷量。当系统冷水不足时,三效热泵机组5启动的同时开启第二散热系统8,其制取的冷水进入蓄冷冷水箱6,制取的热水进入第二散热系统8,由第二散热系统8散失多余的热量,由此使得整个系统可通过三效热泵机组5实现单独制取冷水的功能;

[0063] 第二散热系统8包括与冷热水子系统中冷凝器连接的第二冷却水塔,在冷凝器与第二冷却水塔之间的管路上依次设置第四水泵、第四球阀、第三水流开关。

[0064] 5. 散冷系统7

[0065] 散冷系统7用于均衡蓄冷冷水箱6的冷量,使蓄冷冷水箱6中的水温维持在设定的温度或温度范围。散冷系统7包括与蓄冷冷水箱6连接的第三冷却水塔,在二者之间的管路

上依次设置第五水泵、第五球阀,多余的冷量通过管路流入到第三冷却水塔进行散失。

[0066] 参见图2,本申请的冷热水均衡系统应用在生产车间农产品烘房中时,冷热水均衡系统安装在生产车间的屋面上,而所述烘房则位于屋面下生产车间的楼层内。冷热水均衡系统制取的冷热水主要用于工产品加工干燥。

[0067] 烘房在去除新鲜农产品中水分时需要热量和冷量,其中热量由系统的蓄热热水箱3提供,蓄热热水箱3通过管路连接烘房的加热器,热水经过烘房内的加热器与空气换热加热烘房内空气介质,空气介质经风机输送在烘房内循环,平流穿过物料区与高湿新鲜农产品对流换热,空气介质变成高湿空气介质,然后回流穿过除湿器,除湿器通过管路连接系统的蓄冷冷水箱6,高湿空气介质遇除湿器的冷管,液化降湿变成低温低湿空气介质,而后穿过加热器,等湿加热为高温空气介质,干燥介质如此循环,新鲜农产品中水分不断蒸发与空气介质热湿交换,最终达到干燥标准水分。

[0068] 事实上,本申请的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统可以供应多个生产车间的烘房所需的冷、热量。农产品烘干过程所需的冷量和热量并不是恒定的,热泵烘干是一种节能、高效的绿色烘干方式,但是在考虑经济性的前提,热泵烘干设备不可能匹配足够大,因此将会出现前期迅速升温能力乏力,后期农产品低湿将会出现长时间停机,利用率不高。

[0069] 二、本申请的应用

[0070] 根据本申请的第二方面,在热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统的基础上,提供了一套将系统应用在烘房时的控制方法,参见图5。

[0071] 将本申请的系统应用在农产品干燥的烘房时,冷热水均衡系统向烘房中提供冷热水,并通过检测冷热水温进行反馈调节,烘房与蓄冷冷水箱6、蓄热热水箱3之间的冷热水输送由循环水泵和水电磁阀控制。每一套本申请的系统可以供给n个烘房,每套系统包含m个双效热泵机组4、P个三效热泵机组5和T个蒸汽加热系统2以满足不同农产品工况的冷热需求,系统的大小与供给烘房个数相关。

[0072] 例如:广式腊肠烘烤,若将烘烤5-6t的湿肠烘干,约需要热泵冷热水机组80匹;因此建设日处理45t湿肠,将需要同等机组8套,16个机组,共计640匹,占地面积大、装机总容量大,且前期将会有大量冷量散失,后期机组利用率低。若采用本申请的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统,将可以减少一套机组,双效热泵机组 $4m=9$ 个,约432匹,三效热泵机组 $5P=3$ 个,约144匹,蒸汽加热系统 $2T=1$ 个,总计576匹,有效减少总装机容量和占地面积,且集中调配可以大大减少冷量、热量的损失。

[0073] 本申请的热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统由单独的一个控制系统进行控制,农产品干燥加工作业前 t_{min} 设定蓄冷冷水箱6、蓄热热水箱3的温度,开启系统制取冷热水。优先开启双效热泵机组4和三效热泵机组5制取冷热水,控制系统不断检测冷热水温度,比较实时的冷热水温度与设定值之差,随着差值减少逐步关闭双效热泵机组4和三效热泵机组5的开启数量。

[0074] 若检测到冷水温降低速率快而热水温度升高速率较慢(例如当前冷水温度与目标冷水温度差值小于 2°C ,但当前热水温度与目标热水温度差值大于 2°C),优先关闭三效热泵机组5,当冷水水温达到设定值而热水温度未达到,开启蒸汽加热系统2单独制取热水;若检测到热水温度升高速率较快而冷水水温距离设定温度值较大(例如当前热水温度与目标热水温度差值小于 2°C ,而当前冷水温度与目标冷水温度差值大于 2°C),逐步减少双效热泵机

组4开启数量,当热水温度已达设定温度值时,开启三效热泵机组5单独制冷水功能。

[0075] 开关双效热泵机组4数量、三效热泵机组5数量和蒸汽加热系统2主要通过设定多个热水温度偏差值来决定。

[0076] 以系统包含3个双效热泵机组4、1个三效热泵机组5和1个蒸汽加热系统2为例,当实测热水温度与目标温度达到不同的温度值 A_{11} , A_{12} , A_{13} , A_2 , A_3 时分别代表开启或者关闭相应数量的双效热泵机组4(3个)、三效热泵机组5(1个)和开启蒸汽加热系统2(1个)。

[0077] 热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统的冷热水水温检测信号与烘房控制系统关联,当设定蓄冷冷水箱6、蓄热热水箱3的水温达到设定值时逐渐开启烘房烘干农产品,当均衡系统蓄热热水箱3的热水温度低于某个热水预警温度和蓄冷冷水箱6的冷水温度高于某个冷水预警温度值且一直升高,烘房将自动报警,随着烘房开启数量的增加所需冷热量也逐渐增多,制冷热水均衡系统将开启更多数量的双效热泵机组4、三效热泵机组5和开启蒸汽加热系统2,如此循环往复,最终达到一个冷热水均衡系统供给多个农产品烘房干燥的冷热量。

[0078] 参见图,在本申请的一个实施例中,将热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统应用到烘房中时,系统中双效热泵机组4设置 $m=3$ 个,三效热泵机组5设置 $P=1$ 个,蒸汽加热系统2设置 $T=1$ 个,系统的控制方法包括以下步骤:

[0079] 步骤1,分别设定蓄热热水箱中热水的目标温度 T_{h0} 和蓄冷冷水箱中冷水的目标温度 T_{c0} ,并设定好烘房的干燥工艺;

[0080] 步骤2,检测蓄冷冷水箱、蓄热热水箱中的水位是否均达到预定容量的条件,例如满足大于 $2/3$ 水箱容积;如不满足,则向不满足条件的水箱中补水直至水量大于预定容量,如满足,则转到步骤3;

[0081] 检测蓄热热水箱中的热水温度 T_h 是否低于预设的热水预警温度且蓄冷冷水箱中的冷水温度 T_c 是否高于预设的冷水预警温度且一直升高,如是,则进行报警;

[0082] 步骤3,检查蓄热热水箱与双效热泵机组、三效热泵机组、蒸汽加热系统之间的热水水路,以及蓄冷冷水箱与双效热泵机组、三效热泵机组之间的冷水水路,和均衡系统与烘房之间的冷热水水路是否正常;同时检查烘房内的温度、湿度是否达到工艺要求,对于水路不正常或者温湿度达不到要求的情况进行报警;

[0083] 步骤4,开启 m 个双效热泵机组和 P 个三效热泵机组,在进行冷热水制取过程中,实时检测蓄冷冷水箱中的热水温度和蓄热热水箱中的冷水温度,当热水温度和冷水温度均达到对应的目标温度时,执行步骤5,否则进行判断:

[0084] 当热水温度与目标温度 T_{h0} 之间的差值 ΔT_h 大于设定的温度阈值 $Q*a$ 时,并且冷水温度与目标温度 T_{c0} 之间的差值 ΔT_c 小于 $Q*a$ 时,执行步骤4-1;

[0085] 当热水温度与目标温度 T_{h0} 之间的差值 ΔT_h 小于设定的温度阈值 $Q*a$ 时,并且冷水温度与目标温度 T_{c0} 之间的差值 ΔT_c 大于 $Q*a$ 时,执行步骤4-2;

[0086] 其中, $Q=m+P$;

[0087] 步骤4-1,关闭 P 个三效热泵机组,开启蒸汽加热系统,以 $a^\circ\text{C}$ 为梯级,在热水温度和冷水温度到达对应目标温度的过程中,逐渐关闭双效热泵机组和蒸汽加热系统;

[0088] 步骤4-2,开启三效热泵机组的第二散热系统,将三效热泵机组转换为单制冷模式,并以 $a^\circ\text{C}$ 为梯级,在热水温度和冷水温度到达对应目标温度的过程中,逐渐关闭双效热

泵机组和三效热泵机组；

[0089] 例如,本实施例中, $m=3, P=1$,则 $Q=4$ 。那么 $\Delta T_h > 4a$ 且 $\Delta T_c < 4a$ 时,执行步骤4-1的策略,即以 $a^\circ\text{C}$ 为梯级进行调节,如果一段时间后 $\Delta T_h > 3a$ 且 $\Delta T_c < 3a$,那么先关闭1个双效机组, $\Delta T_h > 2a$ 且 $\Delta T_c < 2a$ 时,再关闭一个双效机组, $\Delta T_h > a$ 且 $\Delta T_c < a$ 时,关闭最后一个双效机组,直至 ΔT_h 、 ΔT_c 均为0时,关闭蒸汽加热系统,此时无论是冷水还是热水均已达到目标温度。

[0090] 步骤4-2的策略同理,不再赘述。

[0091] 步骤5,当热水温度和冷水温度均达到对应的目标温度时,开启均衡系统与烘房之间的冷热水管路,从而分别将冷水、热水提供给烘房的加热器、除湿器,以使烘房利用提供的冷热水进行加热、除湿,直至农产品的水分被烘干达到要求。

[0092] 三、本申请的效果

[0093] 本申请的冷热水均衡系统主要用于农产品干燥加工领域,例如肉制品、水产品、果蔬等脱水干制。通常农产品干燥加工过程中所需要的热量和冷量是不均衡的,因此无论采用传统单一热源加热和排湿、热泵除湿干燥+排湿都将会一定程度造成热量和冷量的浪费。蒸汽加热系统为单一加热热源,双效热泵机组可制取冷热,三效热泵机组可制取冷热亦可单独制取冷量,将此三个系统融合制取冷热水,分别储藏于蓄冷冷水箱、蓄热热水箱中,构建一个冷热水均衡系统。通过冷热水均衡系统向烘房供给冷量和热量,由于均衡系统的冷量和热量远远大于烘房需求,因此一个系统一般能够供给多个烘房的冷热量。

[0094] 冷热水均衡系统与热泵除湿干燥机均应用了热泵系统制取冷热量,热量用于加热物料蒸发水分,冷量用于除湿,但是相比热泵除湿干燥机其制取的冷热量与冷凝温度、蒸发温度相关,即热泵系统的COP值会随着农产品干燥过程所需温度的变化而变化,冷热水均衡系统的热泵主机系统制取冷热水与向烘房内供冷热水为两个独立系统,即制取冷热水的热泵系统的工况参数基本为定值,如此有助于最大限度提升热泵系统的COP值,同时也有利于减少热泵系统的频繁切换造成压缩机等制冷零部件的损耗。

[0095] 冷热水均衡系统应用于农产品干燥加工中,相比应用单一热泵除湿干燥机,能够更好的将冷热量循环利用。在农产品干燥加工前期需要较多热量提升物料温度,因而阶段冷量过剩,若采用单一热泵除湿干燥机将不得不将多余冷量散掉;随着农产品物料本身温度被逐渐提升,烘房内循环空气介质湿度增大,需求的冷量逐渐增加,而热泵除湿干燥机此阶段产生的冷量不足,高温高湿下农产品物料较容易败坏,常采用辅助排湿的方式,以确保农产品物料的烘干品质。应用冷热水均衡系统则可以将前期多余的冷量储存起来,在农产品高温高湿除湿阶段补充冷量,实现冷热量循环利用。

[0096] 冷热水均衡系统应用于农产品加工企业可以实现一拖多,多余冷量可以应用于车间降温,多余热水通过净化可以做生活用水,比如一些肉制品加工企业将多余热水应用于冻肉解冻等。此外,由于制冷热系统独立于烘房,在农产品干燥淡季制冷热主机系统完全可以用于冷暖空调、保鲜库等,比热泵除湿干燥机系统的利用效率高。

[0097] 热泵系统制取冷热水,其制热系数可达到3~4,即消耗1份电能可以制取3~4份热量,同时可以制取2~3份冷量。若某种农产品烘干前期需要4份热,需要3份冷,直接采用热泵除湿干燥机勉强可满足;事实上很多农产品干燥,前期需热较多,需冷较少,比如需要4份热和1份冷。物料温度上升后除湿阶段需冷就增加了,如需要4份热3份冷,这样热泵除湿干

燥机将无法满足,而采用冷热水均衡控制系统则可以将前期的蓄下的2份补给除湿阶段,达到农产品烘干作业的冷热量均衡需求。因此,采用冷热水均衡系统应用于大中型(日处理25t湿腊肠以上)腊肉制品烘干,配置一套热泵蒸汽联合的冷热水均衡系统供给多个烘房的冷热量,农产品干燥烘房内只需配置换热器和循环风机,相比直接应用热泵除湿干燥机一个烘房配一个热泵除湿系统,平均日处理相同腊肉制品节约设备投资成本约20%,节约电耗约15%。

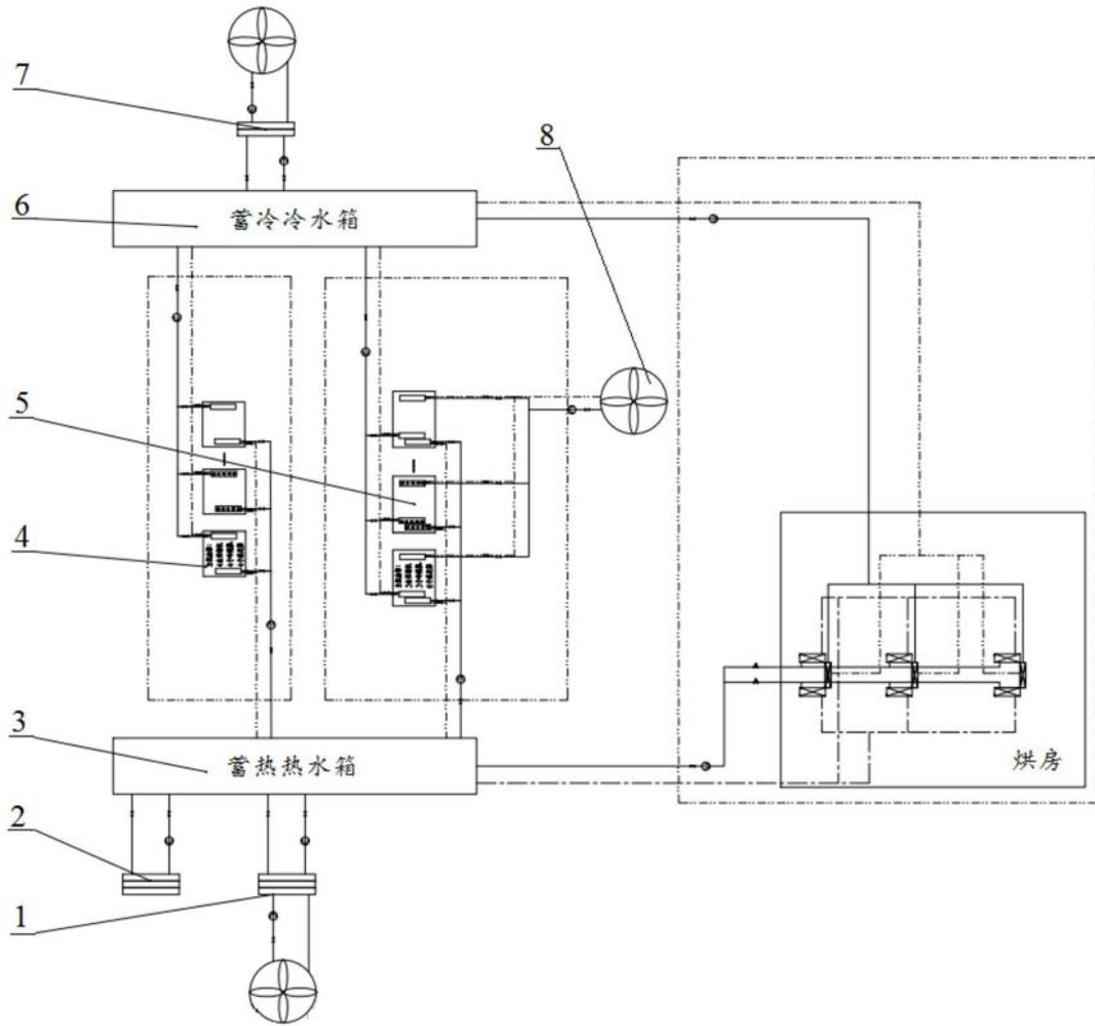


图1

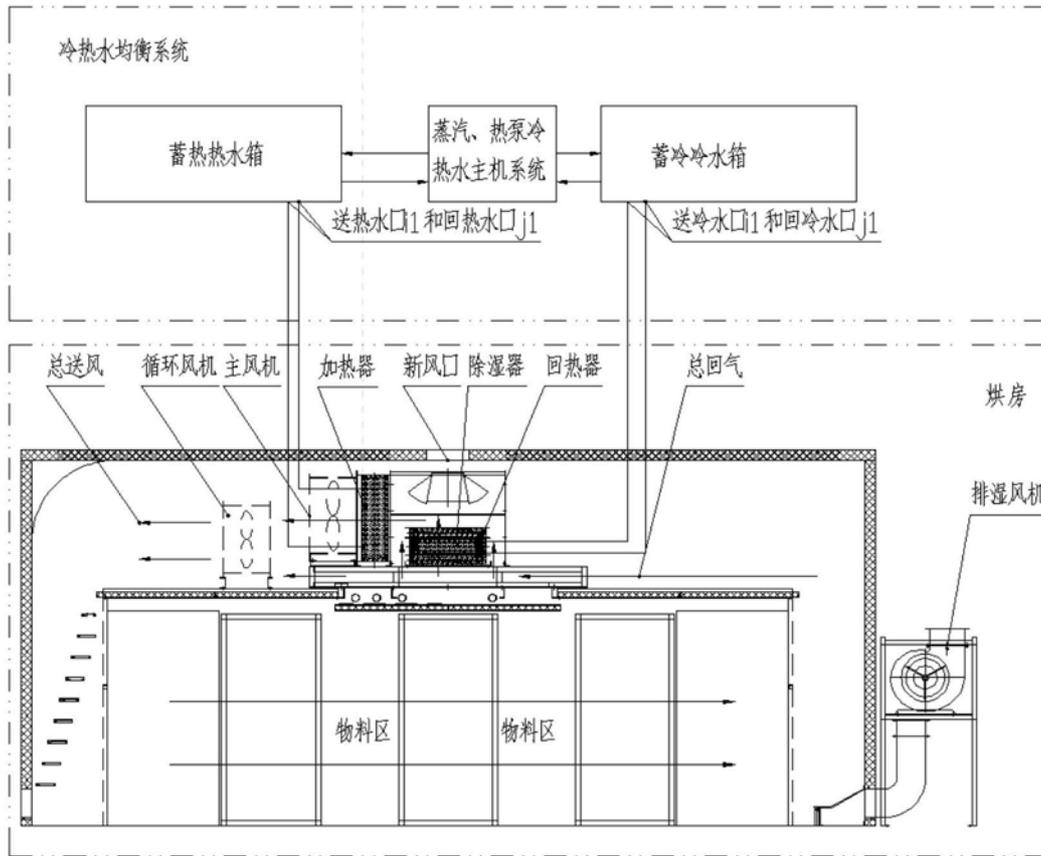


图2

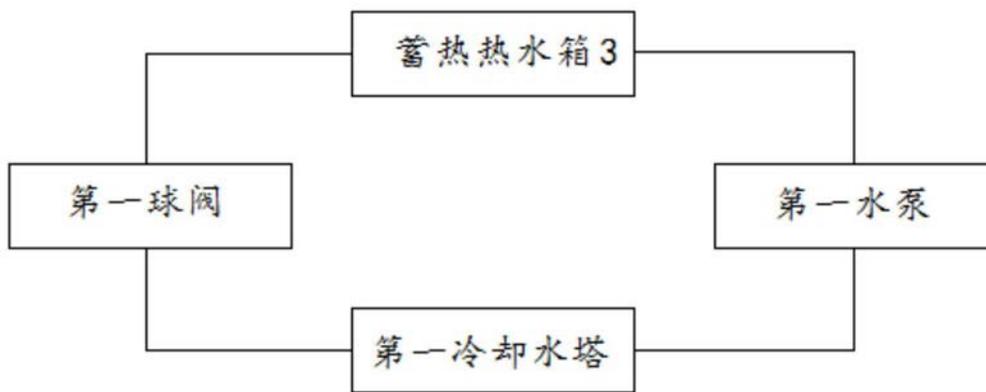


图3



图4

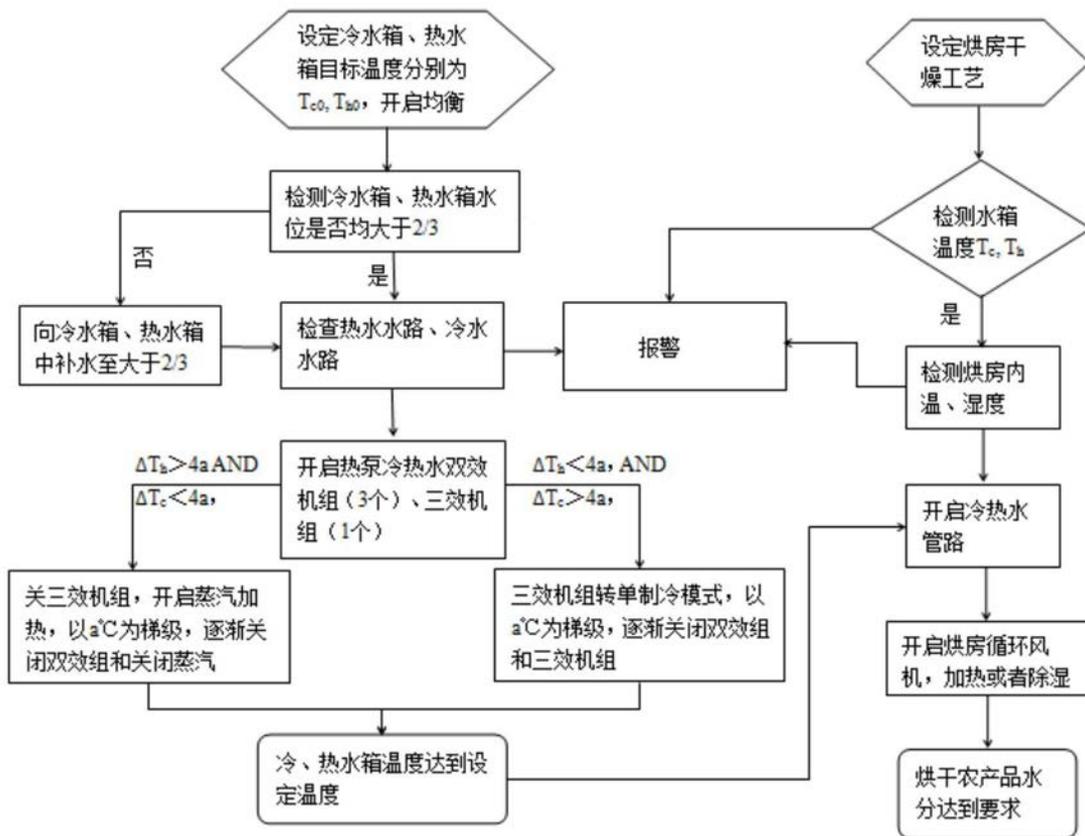


图5