



# (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 220621981 U

(45) 授权公告日 2024. 03. 19

(21) 申请号 202322297500.3

F22B 1/08 (2006.01)

(22) 申请日 2023.08.25

F22B 33/18 (2006.01)

(73) 专利权人 吉林同达传热工程技术有限公司  
地址 136000 吉林省四平市铁西区南环西路5号

(72) 发明人 徐超 李智博 于雷 王春艳  
张健超 徐红伟

(74) 专利代理机构 吉林省长春市新时代专利商  
标代理有限公司 22204  
专利代理师 曲德凤

(51) Int. Cl.

F01K 25/10 (2006.01)

F01K 11/02 (2006.01)

F01K 27/00 (2006.01)

F01D 15/10 (2006.01)

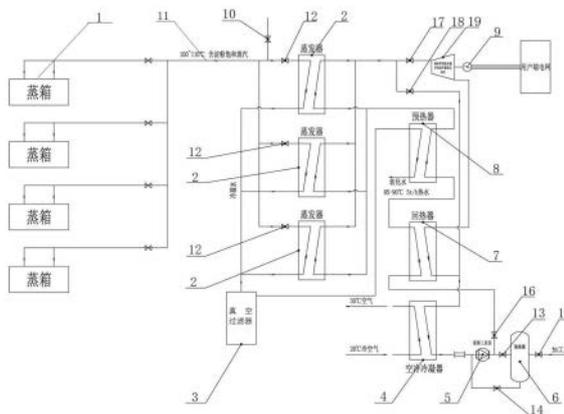
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

## (54) 实用新型名称

适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统

## (57) 摘要

本实用新型涉及一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,包括热源输入系统和发电循环系统,所述热源输入系统包括热源和蒸发器,所述热源通过热源输入管路与蒸发器连接;所述发电循环系统包括蒸发器、发电机、空冷冷凝器、工质泵、储液罐、回热器、预热器、并网逆变器,用于将工质与热源进行热量交换,发电机用于发电。本实用新型将食品加工行业中直排饱和蒸汽的余热的回收,将热能转化为机械能再转化为电能,实现热能的回收,同时降低直排所带来的温室效益风险。



1. 一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,其特征在于:包括:热源输入系统和发电循环系统,所述热源输入系统包括热源和蒸发器,所述热源通过热源输入管路与蒸发器热侧进口连接,所述蒸发器热侧出口与真空过滤器进口连接,真空过滤器出口与预热器热侧进口连接,预热器热侧出口排出软化水;

所述发电循环系统包括蒸发器、发电机、空冷冷凝器、工质泵、储液罐、回热器、预热器、并网逆变器,所述储液罐出水口通过管路与工质泵连接,工质泵另一端通过管路与储液罐回水口连接,在工质泵与储液罐回水口之间的管路通过管路与回热器冷侧进口连接,回热器冷侧出口与预热器的冷侧进口连接,预热器冷侧出口与蒸发器冷侧进口连接,蒸发器冷侧出口与发电机进口连接,发电机出口与回热器热侧进口连接,回热器热侧出口与空气冷凝器热侧进口连接,空气冷凝器热侧出口与工质泵连接,发电机所发的电通过并网逆变器并入电网,蒸发器冷侧出口与发电机之间的管路通过支路与空冷冷凝器热侧进口连接。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,其特征在于:所述蒸发器采用至少一台换热器,蒸发器是管式换热器或钎焊换热器或全焊接换热器。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,其特征在于:所述发电系统的管路外面均包有保温层。

4. 根据权利要求1所述的一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,其特征在于:所述工质泵采用变频工质泵。

5. 根据权利要求1所述的一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,其特征在于:所述蒸发器为三个,所述热源输入系统中的热源为工艺生产中系统排放出来的饱和蒸汽,由多条蒸汽排放直管路汇聚到热源输入管路,热源输入管路引出三条支路与蒸发器热侧进口连接,其中两个蒸发器的第一阀门处于常开状态,第三个蒸发器的第一阀门处于常闭状态。

6. 根据权利要求1所述的一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,其特征在于:所述热源输入管路上还另设一条支路,支路上装有第二阀门,第二阀门处于常闭状态,当发电系统达到额定工况时,打开第二阀门将多余热源进行直接排空。

7. 根据权利要求1所述的一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,其特征在于:所述发电机为磁悬浮膨胀发电机。

## 适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于食品加工行业余热回收节能技术领域。特指一种基于有机朗肯循环(Organic Rankine Cycle,简称 ORC)原理加磁悬浮高速永磁径向透平膨胀发电技术,利用生产工艺系统尾排低温饱和蒸汽进行余热发电的系统。

### 背景技术

[0002] 我国在能源的使用过程中长期存在着较大的浪费和损失,能源利用率据统计只有不到40%,相比于发达国家,低了10-20个百分点。

[0003] 按照余热的温度不同可以分为以下三种:低温余热、中温余热和高温余热。通常情况下,定义温度低于220℃的余热称之为低温余热;温度处于220~650℃的余热称之为中温余热;温度高于650℃的余热称之为高温余热。在工业成产过程中产生的低温余热能占到50%以上,但利用率却很低。

[0004] ORC是一种已经证实的可将低品位热能转化为电能的发电系统,该系统通过蒸发器使低品位热能与有机工质进行热交换,有机工质吸热后由液体相变为气态,高压的有机工质蒸气驱动透平膨胀机做功,实现热能转化为机械能,并带动发电机转动,产生电能。蒸气状态的有机工质在膨胀机内释放能量后,由膨胀机出口进入冷凝器并冷却为液体,并通过工质泵加压后再次进入蒸发器开始新的循环。

[0005] 低品位热能的高效利用是解决能源问题的一个重要途径,低品位热能包括工业低温余热以及新能源领域的地热能、太阳能、生物质能等。对低品位热能的利用,不仅能够提高能源利用率,促进节能减排,还能优化能源供给结构,具有重要的现实意义。

[0006] 由于在食品加工行业,传统生产工艺系统中需要用到185℃的饱和蒸汽对面饼进行蒸煮,蒸煮的主要目的是促使淀粉 $\alpha$ 化。饱和蒸汽通过蒸箱后被直接排放到大气中,为了避免能源的浪费和对环境的影响,需要提供一种低温饱和蒸汽的解决方案。

### 实用新型内容

[0007] 本实用新型的目的是要提供一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,避免食品加工行业中直排的低温饱和蒸汽直接排放到大气中,及能源的浪费和对环境的影响。

[0008] 本实用新型的技术方案:

[0009] 一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,包括:热源输入系统和发电循环系统,所述热源输入系统包括热源和蒸发器,所述热源通过热源输入管路与蒸发器热侧进口连接,所述蒸发器热侧出口与真空过滤器进口连接,真空过滤器出口与预热器热侧进口连接,预热器热侧出口排出软化水;

[0010] 所述发电循环系统包括蒸发器、发电机、空冷冷凝器、工质泵、储液罐、回热器、预热器、并网逆变器,所述储液罐出水口通过管路与工质泵连接,工质泵另一端通过管路与储液罐回水口连接,在工质泵与储液罐回水口之间的管路通过管路与回热器冷侧进口连接,

回热器冷侧出口与预热器的冷侧进口连接,预热器冷侧出口与蒸发器冷侧进口连接,蒸发器冷侧出口与发电机进口连接,发电机出口与回热器热侧进口连接,回热器热侧出口与空气冷凝器热侧进口连接,空气冷凝器热侧出口与工质泵连接,发电机所发的电通过并网逆变器并入电网,蒸发器冷侧出口与发电机之间的管路通过支路与空冷冷凝器热侧进口连接。

[0011] 本实用新型的有益效果:

[0012] 1、本实用新型是一种针对食品加工行业中直排饱和蒸汽的余热的回收,将热能转化为机械能再转化为电能,实现热能的回收,同时降低直排所带来的温室效益风险。

[0013] 2、本实用新型可对现有食品加工行业中饱和蒸汽,在不降低废热能量品味的前提下,实现余热的高效利用,既能节能减排,又给企业降低成本。

[0014] 3、本实用新型中发电循环系统中使用是磁悬浮膨胀发电机,现有传统膨胀机多为螺杆膨胀机发电机,螺杆膨胀机发电机主要缺点为:

[0015] ①、运转噪音较大、一般情况下需安装消声降噪设备。

[0016] ②、功耗相对稍高。

[0017] ③、长期运转后螺杆间隙会变大,定期修复或更换费用较大。

[0018] 而磁悬浮高速永磁径向透平膨胀发电则:

[0019] ①、热效率较高;

[0020] ②、设备紧凑,整套系统便于集成撬装;

[0021] ③、运转噪音低;

[0022] ④、轴承为非接触式运行、低能耗、无润滑系统、无密封、部件终身免维护、成本低、实时检测转子的不平衡性。

[0023] ⑤、使用寿命长,发电机组使用寿命可达10-15年。

[0024] 4、常规冷凝器通常采用水冷冷凝器,但很多时候现场使用情况并不一定存在冷水源进行冷却,且冷水源还存在着排污的风险,即增加运营维护成本,又需要投入设备,因此本实用新型系统内的冷凝器采用空冷冷凝器,直接采用空气对工质进行降温。

[0025] 5、本实用新型一种适用于低温饱和蒸汽余热利用的ORC磁悬浮发电系统原定用在北方,在冬、春、秋季节完全满足设计需求,但由于夏季温度在30℃以上,空冷无法将工质完全冷凝,这种情况会导致系统的发电效率降低。由于系统最大额定输入为5t/h的饱和蒸汽,但机组实际额定用量为3.5t/h,在夏季发电效率降低的情况下,可采用增大热源流量的方式,调节发电功率。

## 附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本实用新型实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本实用新型的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其它的附图。

[0027] 图1为本申请的系统流程图。

[0028] 图2为本申请的工艺流程图。

[0029] 附图标记:

[0030] 热源1;蒸发器2;真空过滤器3;空冷冷凝器4;工质泵5;储液罐6;回热器7;预热器8;并网逆变器9;第二阀门10;热源输入管路11;第一阀门12;第三阀门13;第四阀门14;第五阀门15;第六阀门16;第七阀门17;第八阀门18;发电机19。

### 具体实施方式

[0031] 本实用新型提供一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用的ORC磁悬浮发电系统,属于食品加工行业余热回收节能技术领域,特指一种基于有机朗肯循环(Organic Rankine Cycle,简称 ORC)原理加磁悬浮高速永磁径向透平膨胀发电技术,利用生产工艺系统尾排的低温饱和蒸汽进行余热发电。系统包括两部分,一是用户工艺系统排放出来的饱和蒸汽作为热源输入系统,二是发电循环系统。食品加工行业在生产工艺系统中存在大量未被完全利用的饱和蒸汽,常规处理方式直接排放到大气中,即造成能源浪费又会产生温室效应。通过将这部分饱和蒸汽引入到发电循环系统中,发出的电做到厂内自发自用,既能起到节能减排的效果,并且每年还会带来很高的经济收益,与此同时冷凝下来的高温水还具备为厂房供暖。本实用新型使食品加工行业工艺系统的余热资源得到充分利用。

[0032] 下面对本申请进行详细说明:

[0033] 一种适用于食品加工行业低温饱和蒸汽余热利用发电系统,包括热源输入系统(用户工艺系统排放出来的饱和蒸汽作为热源输入系统)和发电循环系统。所述热源输入系统包括热源1和蒸发器2,所述热源1通过热源输入管路11与蒸发器2热侧进口连接,所述蒸发器2热侧出口与真空过滤器3连接,真空过滤器3出口与预热器热侧进口连接,预热器热侧出口排出软化水。

[0034] 所述发电循环系统包括蒸发器2、发电机19、空冷冷凝器4(空冷冷凝器采用空气为冷源)、工质泵5、储液罐6、回热器7、预热器8、并网逆变器9。所述储液罐6有三个口,即进水口,出水口和回水口,所述储液罐进水口用于加入工质,进水口管路上装有第五阀门,出水口通过工质泵将工质泵入系统中,回水口用于系统不工作时,将工质液泵回储液罐中。所述储液罐出水口通过管路(管路上装有第四阀门)与工质泵5连接,工质泵5另一端通过管路(管路上装有第三阀门)与储液罐回水口连接,在工质泵5与储液罐6回水口之间的管路通过管路(管路上装有第六阀门)与回热器7冷侧进口连接,回热器7冷侧出口与预热器8的冷侧进口连接,预热器8冷侧出口与蒸发器2侧进口连接,蒸发器2侧出口通过管路(管路上装有第七阀门)与发电机进口连接,发电机19出口与回热器7热侧进口连接,回热器7热侧出口与空气冷凝器4侧进口连接,空气冷凝器4侧出口与工质泵连接,发电机19所发的电通过并网逆变器9并入电网,蒸发器2冷侧出口与发电机之间的管路通过支路(管路上装有第八阀门)与空冷冷凝器4热侧进口连接。所述热源输入管路11上还另设一条支路,支路上装有第二阀门10,第二阀门10处于常闭状态,当发电系统超过额定工况时,打开第二阀门10将多余热源进行直接排空。以避免使磁悬浮膨胀发电机超额定运转造成损坏。

[0035] 进一步的,所述热源系统输入的热源为含有淀粉100-110℃之间的饱和蒸汽。作为热源饱和蒸汽在蒸发器内与工质进行热交换相变成冷凝水,由于所述饱和蒸汽中含有淀粉,为保证系统的长期、稳定运行,并且冷凝下来水可以在系统内循环利用,因此系统内加入相应的真空过滤器3。

[0036] 由于生产工艺环节中的饱和蒸汽仅带有微正压,原有处理方式为通过管道直连大

气通过压差排空,现需要将整个厂内的生产线内排放饱和蒸汽聚集后作为输入输送到余热发电系统中的蒸发器中,且蒸发器本身具有压阻,因此要想将饱和蒸汽顺利引入到蒸发器内,需在系统中加入真空过滤器3。

[0037] 进一步,所述蒸发器2、空冷冷凝器4、磁悬浮膨胀发电机19、以及工质泵5通过管路连接,所述系统中管路工质循环流动。工质为低沸点的有机工质R245fa和R134a,按8:2的比例进行混合使用。

[0038] 所述热源输入系统与发电循环系统内的循环流动工质之间在蒸发器内完成热交换;高压的有机工质蒸气驱动透平膨胀机做功,实现热能转化为机械能,并带动发电机转动。所述发电循环系统装置包括蒸发器2预热器、回热器、冷凝器、磁悬浮膨胀发电机等,进一步的发电循环系统带有回热器。通过计算所得回热器压损设计值为20kPa,所引起的能量损失约为20.53kW;回热器回收的能量约为220kW,考虑到系统效率约为10.65%,回收的热量转化为可用功约23.43kW。两者相差约2.9kW,即为系统增加的发电量。

[0039] 用于将工质增压的变频工质泵5;用于将工质由气态冷凝为液态的空冷冷凝器4;用于将热能转化为电能的磁悬浮膨胀发电机19;用于增加整体系统热循环效率的回热器7、预热器8。

[0040] 所述蒸发器2采用钎焊换热器,蒸发器采用至少一台换热器,换热器形式包括管式、钎焊、全焊接。最好三台并联,两用一备。

[0041] 本申请发电系统内的所有管道应做保温处理。

[0042] 所述工质泵5采用变频工质泵,根据热源的流量变化,进行频率的变化。进一步的采用变频工质泵,通过调节工质的流量,来控制蒸发器的蒸发温度。

[0043] 最优,所述蒸发器2为三个,所述热源输入系统中的热源为工艺生产中系统排放出来的饱和蒸汽,由多条蒸汽排放直管路汇聚到热源输入管路11,热源输入管路11引出三条支路(支路上装有第一阀门12)与蒸发器2热侧进口连接,其中两个蒸发器的第一阀门12处于常开状态,第三个蒸发器2的第一阀门12处于常闭状态。用户生产工艺中排放出来的饱和蒸汽需要集中引入到蒸发器,由于厂内存在多条生产工艺线,每条生产线都单独设有蒸汽排放直管道。因此热源输入系统就需将原有蒸汽排放直管道加入三通,使蒸汽排放直管道并联到一起,集中通过热源输入管道引入到发电循环系统的蒸发器热侧进口。进一步的,每条蒸汽排放直管道设有单独阀门,当某一条工艺生产线进行停产检修时,关闭此路阀门,避免蒸汽回流。

[0044] 为使本实用新型的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本实用新型实施例中的附图,对本实用新型中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本实用新型一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本实用新型保护的范围。

[0045] 传统工业行业(钢铁、水泥、化工等)的饱和蒸汽多为电厂热电联产提供的带一定高压的饱和蒸汽。本实用新型提供了一种针对食品加工行业中直排的低温饱和蒸汽的高效解决方案。

[0046] 如图1所示,本实用新型一种适用于食品加工行业的低温饱和蒸汽余热利用ORC磁悬浮发电系统:包括热源输入系统与发电循环系统。热源输入系统:将工艺生产中系统排放

出来的饱和蒸汽由多条蒸汽排放直管路汇聚到一条热源输入管路,热源输入管路引出三条支路与蒸发器串联。三台蒸发器并联使用,其中两个蒸发器的支路第一阀门处于常开状态,第三个蒸发器的支路第一阀门处于常闭状态。

[0047] 发电循环系统包括用于将工质由液体相变为气态的蒸发器;用于将工质增压的变频工质泵;用于将工质由气态冷凝为液态的空冷冷凝器;用于将热能转化为电能的磁悬浮膨胀发电机;用于增加整体系统热循环效率的回热器、预热器。用于发电并网的并网逆变器;用于为系统提供真空度并将含淀粉的饱和蒸汽过滤的真空过滤器。热源输入管道上还需要另设一条带有第二阀门的支路,第二阀门处于常闭状态,当发电系统达到额定工况时,打开第二阀门将多余热源进行直接排空。以避免使磁悬浮膨胀发电机超额定运转造成损坏。

[0048] 所述回热器串联设置于磁悬浮膨胀发电机与空冷冷凝器之间,且所述变频工质泵冷端出口作为回热器的输入;所述工质泵流出的循环工质返回流过回热器后流入预热器中。

[0049] 本申请装有真空过滤器,由于热源是带有微正压的100~110℃含淀粉的饱和蒸汽,蒸发器存在压阻,正常情况下蒸汽是无法顺利通过的,因此需要在蒸发器热端出口引入真空过滤器,满足蒸发器出口处处于微负压的状态,使蒸汽可以顺利通过蒸发器,并且此装置带有过滤功能可以将蒸发器冷凝下来的带有淀粉的冷凝水进行过滤,将冷凝水中的淀粉残渣进行过滤。

[0050] 工作过程:

[0051] 系统运行前准备,关闭第三阀门13和第四阀门14,打开第五阀门15,通过进水口将有机工质注入到储液罐6中。

[0052] 当储液罐6液位达到系统所需值后关闭第三阀门13和第五阀门15,打开第四阀门14和第六阀门16,有机介质作为蒸汽热能传递的载体,由变频工质泵5从储液罐6中抽出,缓慢提高工质泵的转速。关闭第二阀门10,打开第一阀门12,同时将真空过滤器3中的真空泵打开,将100~110℃含淀粉的饱和蒸汽引入到蒸发器中。在蒸发器2中,饱和蒸汽与有机工质进行热交换,同时记录蒸发器前与空冷冷凝器后的温度、压力等参数。在运行之前,先将磁悬浮膨胀发电机前的第八阀门打开,第七阀门17关闭,当压差达到一定值后,关闭第八阀门18,打开磁悬浮膨胀发电机前的第七阀门将工质通过蒸发器吸热产生的高压蒸汽输送到磁悬浮膨胀发电机中,通过径向透平膨胀做功,从而将热能转化为电能的输出;完成上述的过程后,在膨胀机发电机的出口处会排出释放能量后的低压的气液混合态工质,依次输送到回热器空冷冷凝器中,冷凝为液体。

[0053] 在工质循环泵的作用下,对液体工质进行加压,使其拥有更高的蒸发温度,以液体状态进入蒸发器,完成吸收高温热源产生的能量,再形成高压蒸汽进入到膨胀机内进行做功;通过上述过程的无限循环,实现余热资源转化为高品质电能的过程。

[0054] 当系统停止运行后,关闭管路上第四阀门和第六阀门,打开第三阀门,将工质重新注入到储液罐中。

[0055] 如图2所示,热源先进入蒸发器经过换热后形成冷凝水,进入真空过滤器后再进入预热器,最终形成85-90℃的软化水。预热器出来的软化水通过板式换热机组对厂房进行供暖处理,可以满足3000m<sup>2</sup>的厂房供暖需求,最后的温度降低到50-60℃的循环水将返回到蒸

汽锅炉中,以达到整个系统对蒸汽的闭环高效利用。送热管路用于将余热载体送至用热户,使得用热户能够对余热载体进行利用,使用后的余热载体的温度下降,并在回程管路的作用下送回工厂,使得余热载体能够形成一个完整的循环,实现了对工厂余热的充分利用。

[0056] 最后说明的是:以上实施例仅用以说明本实用新型的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本实用新型进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本实用新型各实施例技术方案的精神和范围。

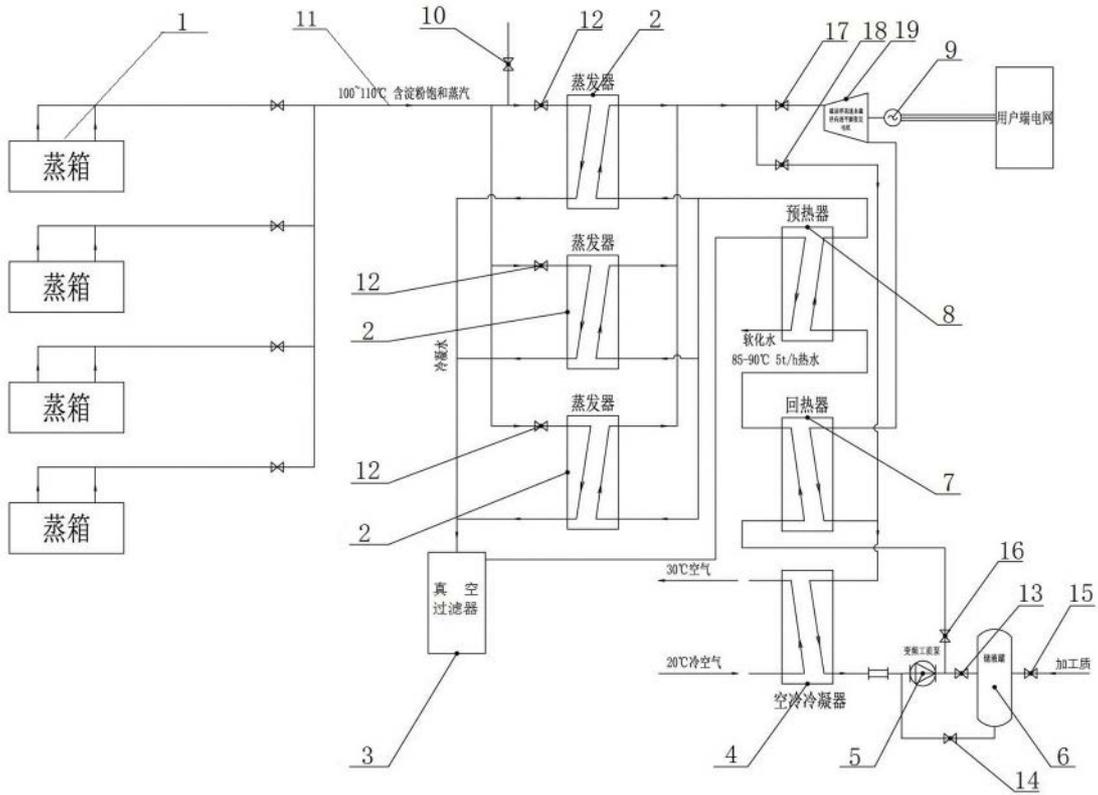


图1

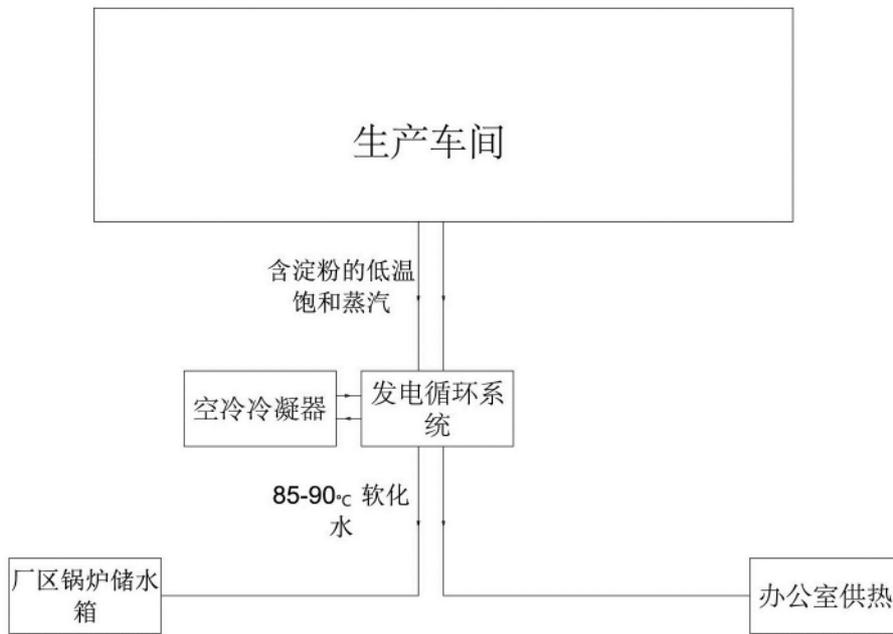


图2