



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101731327 A

(43) 申请公布日 2010.06.16

(21) 申请号 201010019218.3

(22) 申请日 2010.01.05

(71) 申请人 华南农业大学

地址 510642 广东省广州市天河区五山路
483 号

(72) 发明人 李长友

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 林丽明

(51) Int. Cl.

A23B 9/08 (2006.01)

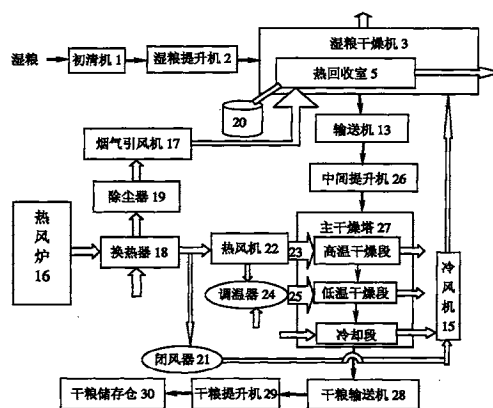
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

高湿粮食集中干燥系统及其干燥方法

(57) 摘要

本发明涉及一种高湿粮食集中干燥系统及其干燥方法,按照粮食输送方向,包括依次连接的初清机、湿粮提升机、湿粮干燥机、输送机、中间提升机、主干燥塔、干粮输送机、干粮提升机及干粮储存仓,主干燥塔依次包括高温干燥段、低温干燥段及冷却段;系统还包括依次连接的热风炉、换热器、除尘器及烟气引风机,烟气引风机连接湿粮干燥机;换热器通过一热风机连接至主高温干燥段;热风机通过一调温器连接低温干燥段;换热器通过一闭风器及一冷风机连接湿粮干燥机;外界空气通过冷却段连通冷风机。本发明能充分利用自然空气并回收利用干燥系统的余热、废气、实现高效节能干燥,减少干燥废气、废液和粉尘排放,干燥效果好,特别适合大量高湿粮食集中干燥。



1. 一种高湿粮食集中干燥系统,其特征在于,按照粮食输送方向,包括依次连接的初清机(1)、湿粮提升机(2)、湿粮干燥机(3)、输送机(13)、中间提升机(26)、主干燥塔(27)、干粮输送机(28)、干粮提升机(29)及干粮储存仓(30),该主干燥塔(27)依次包括高温干燥段、低温干燥段及冷却段;

该系统还包括依次连接的热风炉(16)、换热器(18)、除尘器(19)及烟气引风机(17),该烟气引风机(17)还连接至湿粮干燥机(3);该换热器(18)还通过一热风机(22)连接至主干燥塔(27)的高温干燥段;该热风机(22)还通过一调温器连接至低温干燥段;该换热器(18)还通过一闭风器(21)及一冷风机(15)连接至湿粮干燥机(3);外界空气通过冷却段连通至该冷风机(15)。

2. 根据权利要求1所述的高湿粮食集中干燥系统,其特征在于,该湿粮干燥机(3)包括储粮段(4)、热回收室(5)、预热室(6)、低温风室(7)、干燥室(8)、焦液流管(9)、通风道(10)、排粮漏斗(11)、排粮阀(12)及排烟管(14);

该储粮段(4)与湿粮提升机(2)连接,该储粮段(4)下方依次通过预热室(6)、通风道(10)及干燥室(8)与排粮漏斗(11)连接,该热回收室(5)安装于预热室(6)中,该低温风室(7)安装于通风道(10)及干燥室(8)中,该焦液流管(9)一端与热回收室(5)连通,另一端连通至该湿粮干燥机(3)外的焦液收集装置(20),该排烟管(14)的一端与热回收室(5)的顶端相连通,该排烟管(14)的另一端伸出该湿粮干燥机(3)顶部;

该排粮漏斗(11)通过排粮阀(12)与输送机(13)连接,该烟气引风机(17)与热回收室(5)连接,该冷风机(15)与低温风室(7)连接。

3. 一种根据权利要求2所述的高湿粮食集中干燥方法,其特征在于,包括以下步骤:初清机(1)除去粮食中的大杂质后,首先送往湿粮干燥机(3)中干燥,通入湿粮干燥机(3)中空气的湿球温度不高于粮食的温度,利用外界空气并回收利用系统的余热预热粮食、用冷风机去除粮食中的绝大部分水分,实现高湿粮食的初次干燥;

在湿粮干燥机(3)内去除了大部分水分的半干粮食落入输送机(13),由输送机(13)输送到中间提升机(26),被提升到主干燥塔(27)的顶端,经过高温干燥段、低温干燥段干燥、缓苏过程后流入冷却段,经冷却降温后的干粮,由干粮输送机(28)输送到干粮提升机(29),由干粮提升机(29)提升到干粮储存仓(30)内。

4. 根据权利要求3所述的高湿粮食集中干燥方法,其特征在于,所述高湿粮食的初次干燥的过程具体为:通过烟气引风机(17)将热风炉(16)中经过换热器(18)后的烟气引出直接鼓入热回收室(5),由热回收室的外壁及其上的散热筋片预热粮食,预热后的粮食落入干燥室(8),由冷风机(15)鼓入干燥介质,带走蒸发出的水分。

高湿粮食集中干燥系统及其干燥方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高湿粮食干燥技术领域,尤其涉及一种高湿粮食集中干燥系统及其干燥方法。

背景技术

[0002] 高湿粮食干燥具有明显的二段性。粮食的含水率在第一降速干燥段及以上时,常温自然空气对其就具有相当的干燥能力。这是因为高湿粮食表面存在较多的自由水,表面的这些自由水蒸发并不受物料的限制,容易干燥,所以在同等条件下,第一降速干燥段及以上时的干燥速率也就较大,但是现有的粮食干燥工艺系统,没有充分利用此段较高的干燥势,在设计理念上都是先将空气加热然后送入干燥室,由热风向物料提供升温、水分蒸发所需的热量并接纳从粮食中蒸发出来的水分。对于高湿粮食干燥,这种做法明显的缺点是:①在干燥过程中热风向粮食提供热能,热量传递的方向与水分蒸发的方向相反,逆向传热削弱干燥过程;②由于粮食与热风之间的温差较大,热风在粮层中的温湿度变化很大,经常出现下层干燥而上层吸湿的现象,即高温热风在下层接纳的水分,会因其在干燥层内移行过程中的温度持续降低,而使携带的部分水分又凝结在了上层;③单位能耗高,设备的处理效率低;④存在粮食升温吸热损失大,干燥效率低等缺陷,难以适应大量湿粮集中干燥的需要。缺少针对粮食的高湿特点,专门去除高湿段水分的干燥工艺系统,不仅干燥能耗高而且干燥效率和装备的处理效率都很低。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术中的不足,充分考虑粮食在高水分段,自身具有较高的脱水势,容易干燥的特点,利用常温下的自然空气就可以去除其中绝大部分水分,设计一种既能延长湿粮的干燥时间,又能提高干燥设备的干燥效率的高湿粮食集中干燥系统,适应大量高湿粮食集中干燥的需要。

[0004] 本发明的另一目的在于提供一种通过上述系统实现的高湿粮食干燥方法,该方法能够充分利用自然空气并回收利用粮食干燥系统的余热、废气,实现高效节能干燥,减少干燥废气、废液和粉尘的排放,且干燥效果好。

[0005] 为实现上述目的,本发明的技术方案为:一种高湿粮食集中干燥系统,按照粮食输送方向,包括依次连接的初清机、湿粮提升机、湿粮干燥机、输送机、中间提升机、主干燥塔、干粮输送机、干粮提升机及干粮储存仓,该主干燥塔依次包括高温干燥段、低温干燥段及冷却段;

[0006] 该系统还包括依次连接的热风炉、换热器、除尘器及烟气引风机,该烟气引风机还连接至湿粮干燥机;该换热器还通过一热风机连接至主干燥塔的高温干燥段;该热风机还通过一调温器连接至低温干燥段;该换热器还通过一闭风器及一冷风机连接至湿粮干燥机;外界空气通过冷却段连通至该冷风机。

[0007] 该湿粮干燥机包括储粮段、热回收室、预热室、低温风室、干燥室、焦液流管、通风

道、排粮漏斗、排粮阀及排烟管；

[0008] 该储粮段与湿粮提升机连接，该储粮段下方依次通过预热室、通风道及干燥室与排粮漏斗连接，该热回收室安装于预热室中，该低温风室安装于通风道及干燥室中，该焦液流管一端与热回收室连通，另一端连通至该湿粮干燥机外的焦液收集装置，该排烟管的一端与热回收室的顶端相连通，该排烟管的另一端伸出该湿粮干燥机顶部；

[0009] 该排粮漏斗通过排粮阀与输送机连接，该烟气引风机与热回收室连接，该冷风机与低温风室连接。

[0010] 本发明还提供了一种高湿粮食集中干燥方法，其包括以下步骤：初清机除去粮食中的大杂质后，首先送往湿粮干燥机中干燥，通入湿粮干燥机中空气的湿球温度不高于粮食的温度，利用外界空气并回收利用系统的余热预热粮食、用冷风机去除粮食中的绝大部分水分，实现高湿粮食的初次干燥；

[0011] 在湿粮干燥机内去除了大部分水分的半干粮食落入输送机，由输送机输送到中间提升机，被提升到主干燥塔的顶端，经过高温干燥段、低温干燥段干燥、缓苏过程后流入冷却段，经冷却降温后的干粮，由干粮输送机输送到干粮提升机，由干粮提升机提升到干粮储存仓内。

[0012] 所述高湿粮食的初次干燥的过程具体为：通过烟气引风机将热风炉中经过换热器后的烟气引出直接鼓入热回收室，由热回收室的外壁及其上的散热筋片预热粮食，预热后的粮食落入干燥室，由于冷风机鼓入干燥介质，带走蒸发出的水分。

[0013] 下面对干燥高湿粮食集中干燥工艺系统各种物质的流向分类做进一步说明。

[0014] 所述的高湿粮食集中干燥工艺系统及其方法的粮食流向是，进入干燥系统的湿粮首先经初清机去除其中的大杂后，由湿粮提升机送入湿粮干燥机落入储粮段，并缓慢地自上而下流动，依次经过储粮段、预热室、低温干燥室、排粮漏斗、排粮阀落入输送机，由输送机输送到中间提升机，被提升到主干燥塔的顶端，经过高温干燥段、缓苏段、低温干燥段等多段干燥、缓苏过程后流入冷却段，经冷却降温后的干粮，由干粮输送机输送到干粮提升机，由干粮提升机提升到干粮储存仓内。

[0015] 所述的高湿粮食集中干燥工艺系统及其方法的烟气流向依次是热风炉、换热器、除尘器、烟气引风机、热回收室，经过热回收室后的烟气被排出机外。

[0016] 所述的高湿粮食集中干燥工艺系统及其方法的高温热风的流向是热风炉、换热器、热风机、高温风道、主干燥塔的高温干燥段，穿过粮层后排出干燥塔外。

[0017] 所述的高湿粮食集中干燥工艺系统及其方法的通往主干燥塔的低温热风的流向是、热风炉、换热器、调温器、低温风道、主干燥塔的低温干燥段，穿过粮层后排出干燥塔外。

[0018] 所述的高湿粮食集中干燥工艺系统及其方法的通往湿粮干燥机的干燥介质的流向是热风炉、换热器、经过冷风机时与自然空气混合后，由冷风机鼓入湿粮干燥机的低温风室，穿过干燥室后排出机外。

[0019] 所述的高湿粮食集中干燥工艺系统及其方法的冷却空气流向是自然空气穿过主干燥塔冷却段的粮层后，由冷风机鼓入湿谷干燥机的低温风室，穿过干燥室后排出机外。

[0020] 本发明相对于上述现有技术，具有如下优点效果：

[0021] 1、本发明的工艺系统及其方法充分利用自然空气和回收干燥系统的余热、废气进行干燥；回收利用烟气余热，维持粮食的温度，不仅大幅度提高了干燥系统的干燥效率，也

降低了干燥能量消耗。

[0022] 2、本发明的工艺系统及其方法中,分别通过干燥机和干燥塔对高湿粮食进行初次干燥和二次干燥,其干燥效果好;另外,干燥机对高湿粮食进行初次干燥的干燥介质为回收干燥塔的冷风,能很好地减少能耗,也减少了废气对环境的污染。

[0023] 3、本发明的工艺系统及其方法,干燥及节能效果非常明显,是成套的高湿粮食集中干燥工艺系统,整个干燥系统的处理能力很大。

附图说明

[0024] 图 1 是粮食的干燥特性图;

[0025] 图 2 是干燥空气的状态变化过程图;

[0026] 图 3 是高湿段粮食干燥过程图

[0027] 图 4 是高湿粮食集中干燥工艺系统流程图。

[0028] 1 初清机,2 湿粮提升机,3 湿粮干燥机,4 储粮段,5 热回收室,6 预热室,7 低温风室,8 干燥室,9 焦液流管,10 通风道,11 排粮漏斗,12 排粮阀,13 输送机,14 排烟管,15 冷风机,16 热风炉,17 烟气引风机,18 换热器、19 除尘器,20 焦液收集装置、21 闭风器,22 热风机,23 高温风道,24 调温器,25 低温风道,26 中间提升机,27 主干燥塔(包括高温干燥段、缓苏段、低温干燥段、冷却段等),28 干粮输送机、29 干粮提升机,30 干粮储存仓

[0029] 温度(°C),露点温度(°C),湿球温度(°C),粮食温度(°C),湿含量(kg 水/kg 绝干空气),相对湿度(%),焓(kJ/kg 干空气),含水比(%),干燥速率比,第 1 降速干燥段,第 2 降速干燥段

具体实施方式

[0030] 本发明的原理

[0031] 本发明的原理如图 1、图 2 所示。图 1 表征的是高湿粮食在最大吸湿含水率以上及二段降速干燥的过程,纵坐标是最大干燥速率比 $f(\phi)$,横坐标是自由含水比 ϕ ,

$$\phi = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e}$$
,式中的 M - 粮食的含水率%, M_0 - 粮食干燥初期的含水率%, M_e - 粮食的平衡含水率%。

粮食的含水率在第二降速干燥段及以上时,表面存在自由水,其干燥速率较大。由于表面水蒸发不受物料限制,接近于自由液面的蒸发,所以,利用常温自然空气就可以去除其中的大部分水分。

[0032] 图 2 是自然空气通过高湿粮食干燥层的状态变化过程。纵坐标是空气的焓 h (kJ/kg 干空气),横坐标是空气的湿含量 d (kg 水/kg 绝干空气)。图 2 中的曲线是等温度 t 线,空气的等相对湿度 ϕ 线。高湿粮食在堆积状态下,由于粮食的呼吸热而使粮层内部的温度一般都会高于外界的环境温度。此时,向粮层中通入常温自然空气后,空气的状态就会沿等温线或者升温至绝热湿球温度线增湿。这是因为在此种情况下粮层内的水分蒸发所需的热量主要来自于粮食自身。在粮食充分湿时,粮食的温度 t_g 在理论上一直可以被降到层内空气的湿球温度 t_w 。可见,此时的干燥是粮食向空气中释放显热和水分的过程,水分蒸发的汽化潜热主要是吸收粮食自身的热量,这样不仅降低了粮食温度,延长了粮食在高水分状态的保质时间,干燥质量好,同时,分析图 2 中的温度变化过程可知,在粮食的温度高于或等于

自然空气的温度的情况下,气流的湿球温度 t_w 经历的是升温或等温过程,所以,空气温度不可能降低到其露点温度 t_d 以下,这就避免了粮食在下层干燥而上层吸湿的现象,并实现了高效节能干燥。

[0033] 下面结合附图对本发明作进一步的详细说明。

[0034] 本实施例的高湿粮食集中干燥系统,如图 4 所示,高湿段粮食干燥过程如图 3 所示,按照粮食流向依次设置初清机 1、湿粮提升机 2、湿粮干燥机 3,输送机 13,中间提升机 26、主干燥塔 27,干粮输送机 28、干粮提升机 29、干粮仓 30 并依次搭接;主干燥塔 27 包括高温干燥段、缓苏段、低温干燥段、冷却段等;湿粮干燥机 3 包括储粮段 4、热回收室 5、预热室 6、低温风室 7、干燥室 8、焦液流管 9、通风道 10、排粮漏斗 11、排粮阀 12、排烟管 14。

[0035] 该储粮段 4 与湿粮提升机 2 连接,该储粮段 4 下方依次通过预热室 6、通风道 10 及干燥室 8 与排粮漏斗 11 连接,该热回收室 5 安装于预热室 6 中,该低温风室 7 安装于通风道 10 及干燥室 8 中,该焦液流管 9 一端与热回收室 5 连通,另一端连通至该湿粮干燥机 3 外的焦液收集装置 20,该排烟管 14 的一端与热回收室 5 的顶端相连通,该排烟管 14 的另一端伸出该湿粮干燥机 3 顶部;

[0036] 该排粮漏斗 11 通过排粮阀 12 与输送机 13 连接,该烟气引风机 17 与热回收室 5 连接,该冷风机 15 经通风道 10 与低温风室 7 连接。

[0037] 按照烟气流向依次设置热风炉 16、换热器 18、除尘器 19、烟气引风机 17、热回收室 5、焦液流管 9、排烟管 14、焦液收集装置 20 并依次相连接;

[0038] 按照通往主干燥塔低温热风的流向依次设置热风炉 16、换热器 18、调温器 24、低温风道 25 并依次相连接,低温风道 25 的出风段与主干燥塔 27 的低温干燥段相连接。

[0039] 按照通往湿粮干燥机 3 的干燥介质的流向依次设置热风炉 16、换热器 18、冷风机 15、通风道 10、湿粮干燥机 3,冷风机的进风口与主干燥塔 27 的冷却段以及换热器 18 的热风输出端相连接,出风口与湿粮干燥机 3 的低温风室 7 相连接,在换热器 18 和冷风机 15 之间设置闭风器 21,控制进入冷风机 15 的热风量。

[0040] 按照冷却空气流向依次设置冷风机 15、通风道 10、湿谷干燥机 3、冷风机 15 的进风端与主干燥塔 27 的冷却段相连接,出风端与湿谷干燥机 3 的低温风室 7 相连接。

[0041] 湿粮首先经初清机 1 去除其中的大杂后,由湿粮提升机 2 送入湿粮干燥机 3 落入储粮段 4,在湿粮干燥机 3 充满粮后,启动后续的供热通风系统和输送系统,此后,湿粮便在自身重力的作用下在干燥机 3 内,自上而下流动,依次通过储粮段 4、预热室 6、低温干燥室 8、排粮漏斗 11、排粮阀 12。在湿粮流经预热室 6 时,来自热回收室 5 外壁及其上的散热筋片的热量使粮食得到预热,从而湿粮进入干燥室 8 时的温度就略高于自然空气的温度,此时,由于湿粮的温度接近或略高于来自冷风机 15 的干燥介质的温度,所以,干燥介质在穿越湿粮层时的状态变化是沿等温线或者升至绝热湿球温度线的增湿过程。在此过程中,湿粮层内的水分蒸发所需的热量主要来自于粮食自身。在粮食充分湿时,粮食的温度 t_g 在理论上一直可以被降到层内空气的湿球温度 t_w ,由图 2 可见,它是一个湿粮向空气中释放显热和水分的过程,水分蒸发的汽化潜热主要是吸收粮食自身的热量,这样不仅降低了粮食自身的温度,延长了粮食在高水分状态的保质时间,干燥质量好,同时,在此种情况下,由于干燥介质的温度不可能降低到其露点温度 t_d 以下,所以,也就避免了粮食在下层干燥而上层吸湿的现象,并大幅度降低了干燥能耗。

[0042] 在湿粮干燥机 3 内去除了大部分水分的半干粮食经排粮漏斗 11、排粮阀 12 落入输送机 13,由输送机 13 输送到中间提升机 26,被提升到主干燥塔 27 的顶端,经过高温干燥段、缓苏段、低温干燥段等多段干燥、缓苏过程后流入冷却段,经冷却降温后的干粮,由干粮输送机 28 输送到干粮提升机 29,由干粮提升机 29 提升到干粮仓 30 内,至此,粮食经历了预热、去除高湿水分,缓苏、高温干燥、缓苏、低温干燥、缓苏、冷却到贮存的工艺过程,延长了湿粮的干燥时间,提高了干燥设备的干燥效率,充分利用自然空气并回收利用粮食干燥系统的余热、废气,实现高效节能干燥,减少干燥废气、废液和粉尘的排放,且干燥效果好。

[0043] 上述实施例仅为本发明的较佳实施例,并非用来限定本发明的实施范围;即凡依本发明内容所作的均等变化与修饰,都为本发明权利要求所要求保护的范围所涵盖。

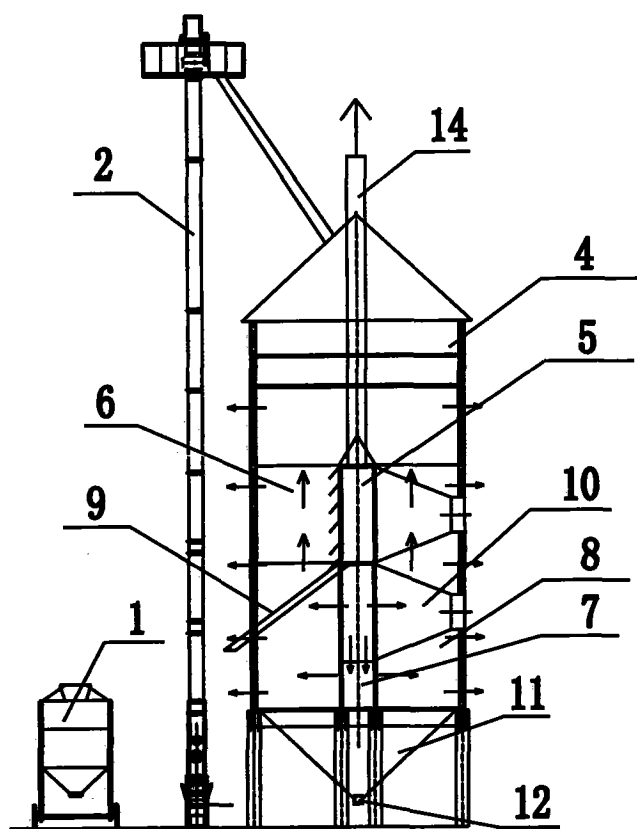


图 3

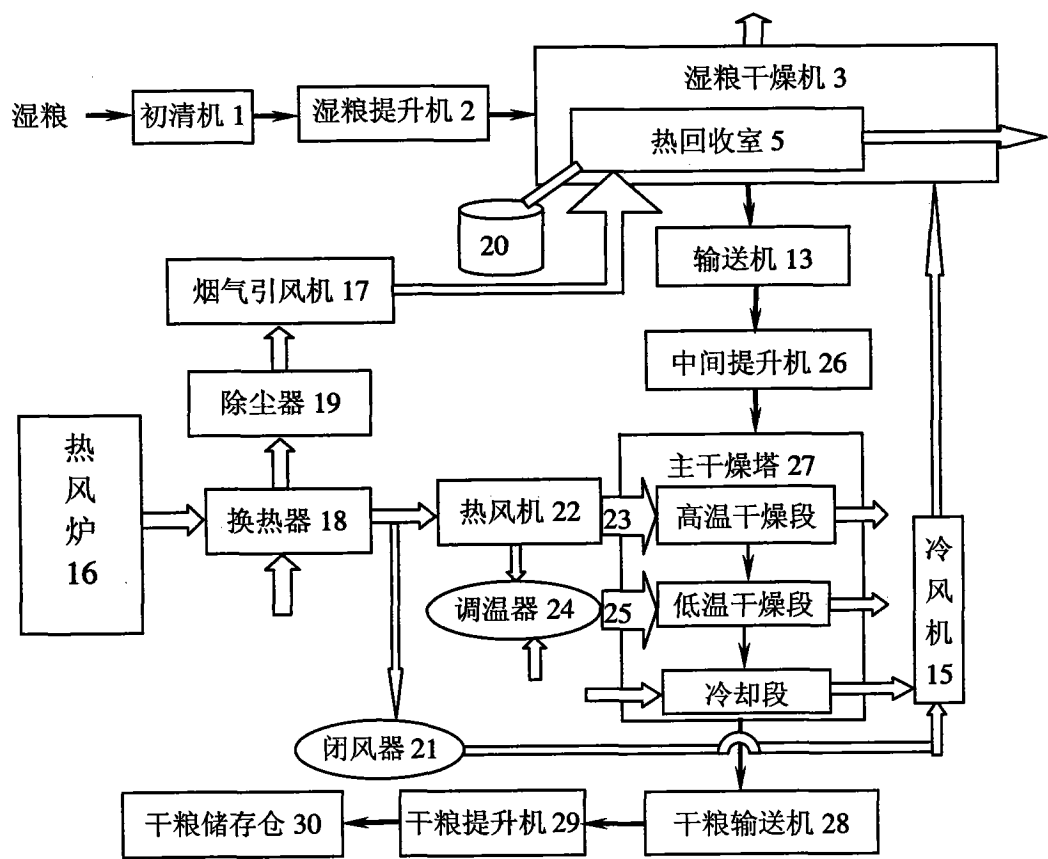


图 4