



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111981791 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 24

(21) 申请号 202010885090.2

A23B 7/02 (2006.01)

(22) 申请日 2020.08.28

(71) 申请人 中国农业大学

地址 100083 北京市海淀区清华东路17号

(72) 发明人 肖红伟 于贤龙 王辉 高振江

(74) 专利代理机构 北京中安信知识产权代理事

务所(普通合伙) 11248

代理人 徐林

(51) Int. Cl.

F26B 9/10 (2006.01)

F26B 21/02 (2006.01)

F26B 21/08 (2006.01)

F26B 21/10 (2006.01)

F26B 25/18 (2006.01)

F26B 25/22 (2006.01)

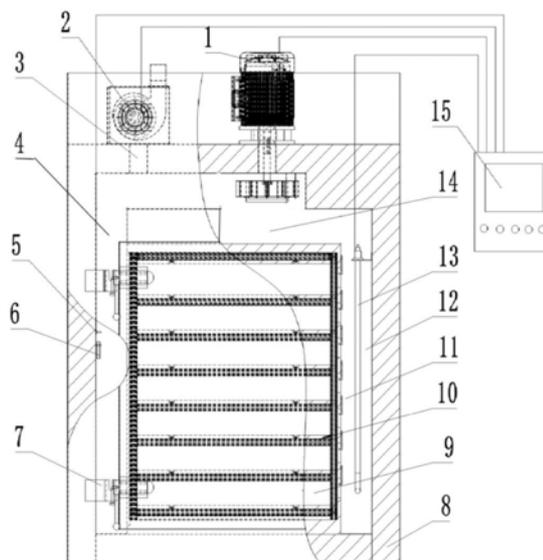
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备及方法

(57) 摘要

本发明属于果蔬热风干燥技术领域,尤其涉及一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备及方法。一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备,包括箱体(8)、干燥室(9)和中央控制箱(15)、热风循环加热装置和排湿装置;热风循环加热装置包括循环风机(1)、集气室(4)、电加热箱(12)、电加热管(13)和回风道(14);集气室(4)内壁设有温度传感器(5)与湿度传感器(6);排湿装置包括排湿风机(2)、排湿风道(3)和进气风道(16);中央控制箱(15)分别与循环风机(1)、排湿风机(2)、电加热管(13)、温度传感器(5)以及湿度传感器(6)电连接。本发明实现干燥过程介质参数的自适应调控,提高干燥热效率,降低干燥成本。



1. 一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备,包括箱体(8)、干燥室(9)和中央控制箱(15),干燥室(9)位于箱体(8)的内部空间中;其特征在于:

所述干燥设备还包括热风循环加热装置和排湿装置;

热风循环加热装置包括循环风机(1)、集气室(4)、电加热箱(12)、电加热管(13)和回风道(14);循环风机(1)位于箱体(8)的顶部,循环风机(1)的出风口和进风口与集气室(4)连通,集气室(4)位于箱体(8)的内部空间中,集气室(4)位于循环风机(1)与干燥室(9)之间,集气室(4)与干燥室(9)连通,干燥室(9)与电加热箱(12)连通,电加热箱(12)内设有电加热管(13),电加热箱(12)通过回风道(14)与循环风机(1)的进风口连通;

集气室(4)内壁设有温度传感器(5)与湿度传感器(6);

排湿装置包括排湿风机(2)、排湿风道(3)和进气风道(16);

排湿风机(2)位于箱体(8)的顶部,排湿风机(2)的进风端通过排湿风道(3)与集气室(4)连通;进气风道(16)的一端与回风道(14)连通,进气风道(16)的另一端与外界连通;

中央控制箱(15)分别与循环风机(1)、排湿风机(2)、电加热管(13)、温度传感器(5)以及湿度传感器(6)电连接。

2. 如权利要求1所述的基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备,其特征在于:干燥室(9)被料架(10)分为多个高度一致的独立的干燥层。

3. 如权利要求2所述的基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备,其特征在于:在每个干燥层与回风道(14)的连接处设有气流调节板(11)。

4. 一种使用权利要求1~3之一所述的基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备进行热风相对湿度自适应控制的节能干燥方法,其特征在于:

包括如下步骤:

a、中央控制箱(15)设定目标干燥温度、第一相对湿度增速设定值、第二相对湿度增速设定值和第三相对湿度设定值;

中央控制箱(15)启动循环风机(1)和电加热管(13)进行预热;热空气在循环风机(1)的增压作用下由循环风机(1)的出风口经集气室(4)进入干燥室(9)的各干燥层内,依次经过电加热箱(12)和回风道(14)返回循环风机(1)的进风口;

预热完毕后,将待干燥物料平铺于物料托盘中,并放置于干燥室(9)的各干燥层内;

b、温度传感器(5)将测得的温度信号传递给中央控制箱(15),当集气室(4)内的温度达到步骤a设定的目标干燥温度后,进入控湿干燥过程;

湿度传感器(6)将测得的湿度信号传递给中央控制箱(15),中央控制箱(15)根据集气室(4)内的相对湿度变化进行待干物料的目标湿度的自适应的调节,控湿干燥过程按时间顺序分为三个阶段,分别为:增湿段、降湿段和低湿段;

b-1、在增湿段,中央控制箱(15)关闭排湿风机(2);当湿度传感器(6)所测得的集气室(4)内的相对湿度的实时增速低于第一相对湿度增速设定值时,确定当前集气室(4)内的相对湿度值为第一相对湿度设定值,且干燥过程进入降湿段;

b-2、在降湿段,中央控制箱(15)设定第二相对湿度设定值;

湿度传感器(6)将测得的湿度信号传递给中央控制箱(15),当集气室(4)内的相对湿度实时值高于第一相对湿度设定值时,中央控制箱(15)控制开启排湿风机(2),同时通过进气风道(16)补充外界干燥空气,当集气室(4)内的相对湿度低于第二相对湿度设定值时,中央

控制箱(15)控制排湿风机(2)关闭;

当第一相对湿度设定值低于第三相对湿度设定值时,干燥过程进入低湿段;

b-3、在低湿段,湿度传感器(6)将测得的湿度信号传递给中央控制箱(15),当集气室(4)内的相对湿度值高于第三相对湿度设定值时,中央控制箱(15)控制开启排湿风机(2),同时通过进气风道(16)补充外界干燥空气,当集气室(4)内的相对湿度低于第四相对湿度设定值时,中央控制箱(15)控制排湿风机(2)关闭。

5. 根据权利要求4所述的使用基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备进行热风相对湿度自适应控制的节能干燥方法,其特征在于:

步骤a中,

所述为目标干燥温度为 $50^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$;

所述第一相对湿度增速设定值为 $0.1\%/min\sim 0.2\%/min$;

所述第二相对湿度增速设定值为 $1\%/min\sim 2\%/min$;

所述第三相对湿度设定值为 $10\%\sim 15\%$ 。

6. 根据权利要求4或5所述的使用基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备进行热风相对湿度自适应控制的节能干燥方法,其特征在于:

步骤b-2中,

第二相对湿度设定值比第一相对湿度设定值低 $4\%\sim 8\%$;当排湿风机(2)关闭后,当湿度传感器(6)所测得的集气室(4)内的相对湿度的实时增速低于第二相对湿度增速设定值时,则将第一相对湿度设定值降低 $5\%\sim 10\%$ 。

7. 根据权利要求4或5所述的使用基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备进行热风相对湿度自适应控制的节能干燥方法,其特征在于:

步骤b-3中,第四相对湿度设定值比第三相对湿度设定值低 $4\%\sim 8\%$ 。

一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备及方法

技术领域

[0001] 本发明属于果蔬热风干燥技术领域,尤其涉及一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备及方法。

背景技术

[0002] 新鲜水果和蔬菜的含水量较高,大多为75~95%,受微生物生长活动以及酶催化反应引起的果蔬变质或腐败,每年约有25%~30%的果蔬被浪费,属于高度易腐商品。除了广泛采用预冷、保鲜等方法外,通过干燥降低果蔬中的含水量是保存物料的一种最常用方法,而且干燥是人类已知的最古老的食品保存方法之一。凭借装备结构简单、操作方便、处理量大、物料适应性广泛的优点,热风干燥作为最传统的果蔬干燥加工技术在食品干燥加工中的应用非常广泛。

[0003] 近年来,能源资源,尤其是天然气和石油资源日益枯竭。尽管清洁能源技术不断进步,但世界仍然依赖化石燃料,这导致大量温室气体排放。2018年,能源相关的全球二氧化碳排放量约为338亿吨,相比于2017年增长2.0%,为近七年最高增速。对于热风干燥,热空气作为干燥介质,既是热载体向物料提供热量,同时又是湿载体吸收物料蒸发出的水分,因此一部分热空气需要承载水蒸汽作为废气不可避免地排到环境中,造成大量的能量流失。据统计,干燥过程的热效率相对较低,总体仅在25%到50%之间。通常来说,使用热风作为干燥介质具有固有的低效性,广泛使用的果蔬热风干燥机普遍具有高能耗的问题。因此降低干燥环节的能量消耗对于降低工业整体能耗具有重要意义。

[0004] 目前常见的热风干燥的节能研究方法有:废气余热回收提高能量利用效率、装备结构优化改善干燥均匀性、干燥工艺优化缩短干燥时间。中国发明专利(CN 110806068 A)公开了一种节能环保的热风干燥装置,对烘干室的温度与湿度进行控制,根据不同特性的物料进行干燥。中国发明专利(CN105835525A)公开了废热回收以及热风式节能干燥控制系统,对进风风机、排风风机速度进行调控提高热效率,节能能源。

[0005] 现有的技术存在以下问题:

[0006] 1、余热回收装置无法完全回收并利用废气中的热量,无法匹配工业干燥的全部能量回收潜力。

[0007] 2、缺少对热风干燥过程中介质参数的有效控制,造成干燥机热效率较低,节能效果差。

[0008] 3、热风干燥作为一个非线性过程,目前多阶段控制工艺无法实现对干燥过程的自适应节能调控。

[0009] 4、热风干燥是一种复杂的过程,外部介质的温度、风速、相对湿度等参数会共同作用于物料表面的水分扩散而显著影响干燥特性与过程能耗。

发明内容

[0010] 本发明的目的在于提供一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备,具有介

质温度、相对湿度自动控制功能。

[0011] 本发明的目的还在于提供一种使用上述设备进行热风相对湿度自适应控制的节能干燥方法,实现干燥过程介质参数的自适应调控,提高干燥热效率,降低干燥成本,解决热风干燥低能效的问题。

[0012] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0013] 一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备,包括箱体8、干燥室9和中央控制箱15,干燥室9位于箱体8的内部空间中;

[0014] 所述干燥设备还包括热风循环加热装置和排湿装置;

[0015] 热风循环加热装置包括循环风机1、集气室4、电加热箱12、电加热管13和回风道14;循环风机1位于箱体8的顶部,循环风机1的出风口和进风口与集气室4连通,集气室4位于箱体8的内部空间中,集气室4位于循环风机1与干燥室9之间,集气室4与干燥室9连通,干燥室9与电加热箱12连通,电加热箱12内设有电加热管13,电加热箱12通过回风道14与循环风机1的进风口连通;

[0016] 集气室4内壁设有温度传感器5与湿度传感器6;

[0017] 排湿装置包括排湿风机2、排湿风道3和进气风道16;

[0018] 排湿风机2位于箱体8的顶部,排湿风机2的进风端通过排湿风道3与集气室4连通;进气风道16的一端与回风道14连通,进气风道16的另一端与外界连通;

[0019] 中央控制箱15分别与循环风机1、排湿风机2、电加热管13、温度传感器5以及湿度传感器6电连接。

[0020] 干燥室9被料架10分为多个高度一致的独立的干燥层。

[0021] 在每个干燥层与回风道14的连接处设有气流调节板11。

[0022] 一种使用基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备进行热风相对湿度自适应控制的节能干燥方法,包括如下步骤:

[0023] a、中央控制箱15设定目标干燥温度、第一相对湿度增速设定值、第二相对湿度增速设定值和第三相对湿度设定值;

[0024] 中央控制箱15启动循环风机1和电加热管13进行预热;热空气在循环风机1的增压作用下由循环风机1的出风口经集气室4进入干燥室9的各干燥层内,依次经过电加热箱12和回风道14返回循环风机1的进风口;

[0025] 预热完毕后,将待干燥物料平铺于物料托盘中,并放置于干燥室9的各干燥层内;

[0026] b、温度传感器5将测得的温度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的温度达到步骤a设定的目标干燥温度后,进入控湿干燥过程;

[0027] 湿度传感器6将测得的湿度信号传递给中央控制箱15,中央控制箱15根据集气室4内的相对湿度变化进行待干物料的目标湿度的自适应的调节,控湿干燥过程按时间顺序分为三个阶段,分别为:增湿段、降湿段和低湿段;

[0028] b-1、在增湿段,中央控制箱15关闭排湿风机2;当湿度传感器6所测得的集气室4内的相对湿度的实时增速低于第一相对湿度增速设定值时,确定当前集气室4内的相对湿度值为第一相对湿度设定值,且干燥过程进入降湿段;

[0029] b-2、在降湿段,中央控制箱15设定第二相对湿度设定值;

[0030] 湿度传感器6将测得的湿度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的相对湿度实

时值高于第一相对湿度设定值时,中央控制箱15控制开启排湿风机2,同时通过进气风道16补充外界干燥空气,当集气室4内的相对湿度低于第二相对湿度设定值时,中央控制箱15控制排湿风机2关闭;

[0031] 当第一相对湿度设定值低于第三相对湿度设定值时,干燥过程进入低湿段;

[0032] b-3、在低湿段,湿度传感器6将测得的湿度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的相对湿度值高于第三相对湿度设定值时,中央控制箱15控制开启排湿风机2,同时通过进气风道16补充外界干燥空气,当集气室4内的相对湿度低于第四相对湿度设定值时,中央控制箱15控制排湿风机2关闭。

[0033] 步骤a中,

[0034] 所述为目标干燥温度为50℃~70℃;

[0035] 所述第一相对湿度增速设定值为0.1%/min~0.2%/min;

[0036] 所述第二相对湿度增速设定值为1%/min~2%/min;

[0037] 所述第三相对湿度设定值为10%~15%。

[0038] 步骤b-2中,

[0039] 第二相对湿度设定值比第一相对湿度设定值低4%~8%;当排湿风机2关闭后,当湿度传感器6所测得的集气室4内的相对湿度的实时增速低于第二相对湿度增速设定值时,则将第一相对湿度设定值降低5%~10%。

[0040] 步骤b-3中,第四相对湿度设定值比第三相对湿度设定值低4%~8%。

[0041] 本发明的有益效果在于:

[0042] 热风干燥缺少反馈和动态参数调节,往往是干燥过程中从头到尾使用一个干燥工艺,但是物料特性在干燥过程中不断变化,根据物料特性进行干燥工艺的调整能够更节能、干燥速率和品质也会更好。本发明基于温湿度监测和调控技术实现了对干燥过程的动态调控,比传统“一参定终身”的工艺更节能。

[0043] 本发明基于湿度控制的果蔬热风节能干燥设备包括干燥室9、中央控制箱15、热风循环装置、排湿装置。所述基于介质湿度自适应控制方法包括增湿段、降湿段、低湿段三个阶段,控制系统能够准确地识别干燥过程中物料水分蒸发的状态并提供与之对应的相对湿度设定值,实现干燥过程介质参数的自适应调控,提高干燥热效率,降低干燥成本,解决热风干燥低能效的问题。

附图说明

[0044] 图1是本发明的基于介质湿度控制的果蔬热风干燥设备的结构示意图;

[0045] 图2是本发明的基于介质湿度控制的果蔬热风干燥装备的侧视图。

[0046] 附图标记:

- | | | | |
|--------|----------|-----------|-----------|
| [0047] | 1. 循环风机 | 2. 排湿风机 | 3. 排湿风道 |
| [0048] | 4. 集气室 | 5. 温度传感器 | 6. 湿度传感器 |
| [0049] | 7. 门栓 | 8. 箱体 | 9. 干燥室 |
| [0050] | 10. 料架 | 11. 气流调节板 | 12. 电加热箱 |
| [0051] | 13. 电加热管 | 14. 回风道 | 15. 中央控制箱 |
| [0052] | 16. 进气风道 | 17. 干燥室门 | |

具体实施方式

[0053] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。

[0054] 如图1所示,一种基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备,包括箱体8、干燥室9、中央控制箱15、热风循环加热装置和排湿装置。

[0055] 干燥室9位于箱体8的内部空间中。箱体8设有干燥室门17,用于密封干燥室9。门栓7设置在箱体8上,用于固定干燥室门17。

[0056] 热风循环加热装置包括循环风机1、集气室4、电加热箱12、电加热管13和回风道14。循环风机1位于箱体8的顶部,循环风机1的出风口和进风口与集气室4连通。集气室4位于箱体8的内部空间中,集气室4位于循环风机1与干燥室9之间,起到气流均匀分配的作用。集气室4与干燥室9连通。干燥室9与电加热箱12连通。电加热箱12内设有电加热管13,用于加热的电加热箱12内的气流。电加热箱12通过回风道14与循环风机1的进风口连通。

[0057] 集气室4内壁设有温度传感器5与湿度传感器6。

[0058] 排湿装置包括排湿风机2、排湿风道3和进气风道16。

[0059] 排湿风机2位于箱体8的顶部,排湿风机2的进风端通过排湿风道3与集气室4连通。进气风道16的一端与回风道14连通,进气风道16的另一端与外界连通。

[0060] 在排湿风机2关闭时,空气由循环风机1的出风口,经过集气室4、干燥室9、电加热箱12和回风道14,最后回到循环风机1的进风口,形成循环回路。

[0061] 在排湿风机2开启时,箱体8内部的湿空气经集气室4、干燥室9、电加热箱12和回风道14,通过排湿风机2排到外部,同时,外界干燥空气由进气风道16进入箱体8内部。

[0062] 中央控制箱15位于箱体8的外部,分别与循环风机1、排湿风机2、电加热管13、温度传感器5以及湿度传感器6电连接。

[0063] 干燥室9被料架10分为多个高度一致的独立的干燥层,在每个干燥层与回风道14的连接处设有气流调节板11。

[0064] 一种使用所述基于介质湿度控制的果蔬热风节能干燥设备进行热风相对湿度自适应控制的节能干燥方法,包括如下步骤:

[0065] a) 中央控制箱15设定目标干燥温度、第一相对湿度增速设定值、第二相对湿度增速设定值和第三相对湿度设定值。

[0066] 优选地,所述为目标干燥温度为 $50^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

[0067] 优选地,所述第一相对湿度增速设定值为 $0.1\%/min\sim 0.2\%/min$ 。

[0068] 优选地,所述第二相对湿度增速设定值为 $1\%/min\sim 2\%/min$ 。

[0069] 优选地,所述第三相对湿度设定值为 $10\%\sim 15\%$ 。

[0070] 中央控制箱15启动循环风机1和电加热管13进行预热。热空气在循环风机1的增压作用下由循环风机1的出风口经集气室4进入干燥室9的各干燥层内,依次经过电加热箱12和回风道14返回循环风机1的进风口;

[0071] 预热完毕后,将待干燥物料平铺于物料托盘中,并放置于干燥室9的各干燥层内;

[0072] b) 温度传感器5将测得的温度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的温度达到步骤a设定的目标干燥温度后,进入控湿干燥过程。

[0073] 湿度传感器6将测得的湿度信号传递给中央控制箱15,中央控制箱15根据集气室4内的相对湿度变化进行待干物料的目标湿度的自适应的调节,控湿干燥过程按时间顺序分

为三个阶段,分别为:增湿段、降湿段和低湿段;

[0074] b-1) 在增湿段,中央控制箱15关闭排湿风机2。当湿度传感器6所测得的集气室4内的相对湿度的实时增速低于第一相对湿度增速设定值时,确定当前集气室4内的相对湿度值为第一相对湿度设定值,且干燥过程进入降湿段;

[0075] b-2) 在降湿段,中央控制箱15设定第二相对湿度设定值。

[0076] 湿度传感器6将测得的湿度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的相对湿度实时值高于第一相对湿度设定值时,中央控制箱15控制开启排湿风机2,同时通过进气风道16补充外界干燥空气,当集气室4内的相对湿度低于第二相对湿度设定值时,中央控制箱15控制排湿风机2关闭。

[0077] 优选地,第二相对湿度设定值比第一相对湿度设定值低4%~8%。上述第二相对湿度设定值比第一相对湿度设定值降低的比例值在步骤a中设定。当排湿风机2关闭后,当湿度传感器6所测得的集气室4内的相对湿度的实时增速低于第二相对湿度增速设定值时,则将第一相对湿度设定值降低5%~10%;上述第一相对湿度设定值降低的比例值在步骤a中设定。

[0078] 当第一相对湿度设定值低于第三相对湿度设定值时,干燥过程进入低湿段;

[0079] b-3) 在低湿段,湿度传感器6将测得的湿度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的相对湿度值高于第三相对湿度设定值时,中央控制箱15控制开启排湿风机2,同时通过进气风道16补充外界干燥空气,当集气室4内的相对湿度低于第四相对湿度设定值时,中央控制箱15控制排湿风机2关闭。

[0080] 优选地,第四相对湿度设定值比第三相对湿度设定值低4%~8%。上述第四相对湿度设定值比第三相对湿度设定值降低的比例值在步骤a中设定。

[0081] 实施例

[0082] a) 启动中央控制箱15,设置集气室4内的温度60℃,预热完毕后,称取新鲜胡萝卜块7组份,总重量为8.5kg,胡萝卜块呈单层均匀的平铺于7个料盘中。干燥层内平均气流速度为1.2m/s。

[0083] 胡萝卜购自于北京丰台区新发地农产品批发市场。采用切片机将新鲜胡萝卜切成厚度为7mm的胡萝卜片,再用切块器将其切成尺寸为20mm×20mm×7mm的块状物料,将胡萝卜块平铺于料盘中放入干燥室9内,关闭干燥室门17,锁住门栓7。

[0084] b) 开启基于介质湿度的自适应控制程序,胡萝卜块在干燥室9中进行干燥。

[0085] 在干燥过程中,热空气在循环风机1的增压作用下经集气室4进入干燥室9的各干燥层内,依次经过电加热箱12和回风管14返回循环风机1。

[0086] 在干燥过程中,温度传感器5将感应的温度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的温度达到60℃后,进入控湿干燥过程。湿度传感器6将感应的湿度信号传递给中央控制箱15,中央控制箱15根据集气室4内的相对湿度变化进行目标湿度的自适应的调节,控湿干燥过程按时间顺序分为三个阶段,分别为:增湿段、降湿段、低湿段。

[0087] 在增湿段,排湿风机2关闭,当湿度传感器6所感应的集气室4内的相对湿度的实时增速低于第一相对湿度增速设定值:0.1%/min时,确定当前集气室4内的相对湿度值为第一相对湿度设定值,且干燥过程进入降湿段。

[0088] 在降湿段,湿度传感器6将感应的湿度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的

相对湿度高于第一相对湿度设定值时,中央控制箱15控制排湿风机2开启,同时补充外界干燥空气,当集气室4内的相对湿度低于第二相对湿度设定值时,中央控制箱15控制排湿风机2关闭。第二相对湿度设定值比第一相对湿度设定值高6%。

[0089] 当排湿风机2关闭后,当湿度传感器6所感应的集气室4内的相对湿度的实时增速低于第二相对湿度增速设定值:1%/min时,则第一相对湿度设定值降低10%。

[0090] 当第一相对湿度设定值低于第三相对湿度设定值时,干燥过程进入低湿段。

[0091] 在低湿段,湿度传感器6将感应的湿度信号传递给中央控制箱15,当集气室4内的相对湿度值高于第三相对湿度设定值时,中央控制箱15控制开启排湿风机2,同时补充外界干燥空气,当集气室4内的相对湿度低于第四相对湿度设定值:5%时,中央控制箱15控制排湿风机2关闭。

[0092] 干燥终了含水率为10%。

[0093] 基于介质湿度控制自适应控制工艺的单位去水能耗,相对于连续排湿控制工艺降低44%。

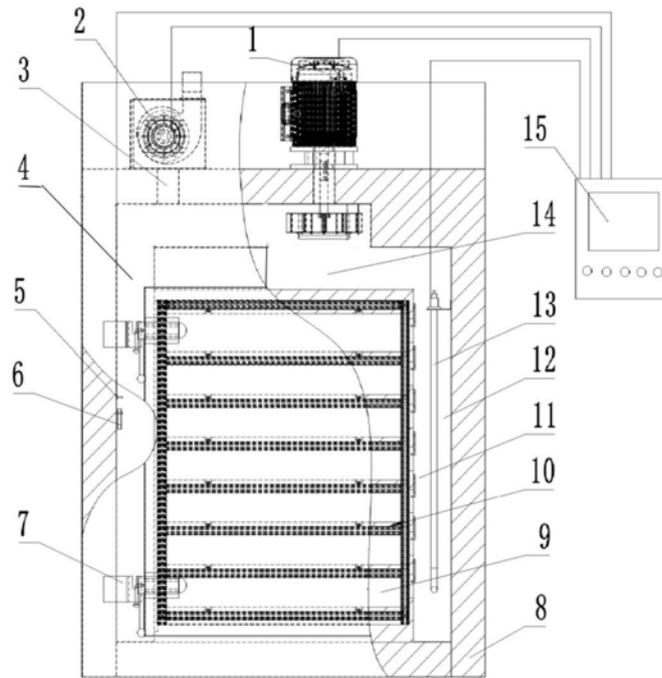


图1

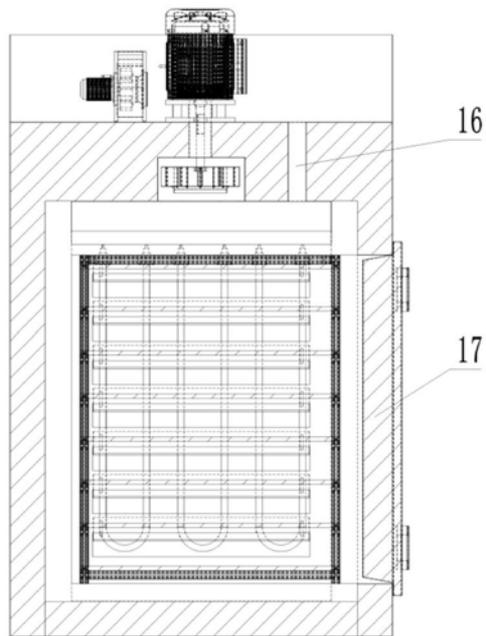


图2