



陈维铅,李玉宏,薛仰全,等. 新型生物质热风炉的设计及其在戈壁日光温室的应用[J]. 黑龙江农业科学, 2021(1): 142-145.

# 新型生物质热风炉的设计及其在戈壁日光温室的应用

陈维铅<sup>1,2</sup>, 李玉宏<sup>1,2</sup>, 薛仰全<sup>1,2</sup>, 李 涛<sup>1</sup>, 陈翔玉<sup>1</sup>

(1. 甘肃省太阳能发电系统工程重点实验室/酒泉职业技术学院, 甘肃 酒泉 735000; 2. 酒泉新能源研究院, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:**为解决戈壁生态农业冬季冻害问题,在现有研究基础上,设计制备了专门应用于戈壁日光温室增温防冻的热风炉,以生物质颗粒为燃料,同轴心双套筒炉膛,分布式双循环散热系统。分别介绍了该新型热风炉的燃烧室、换热装置、自动点火及给料装置的结构设计及工作原理。通过实践证明,该热风炉运行稳定、增温效果明显,能有效预防戈壁日光温室冬季冻害问题,具有较大的经济效益。

**关键词:**热风炉;生物质颗粒燃料;双循环散热;戈壁温室

戈壁日光温室是甘肃河西地区发展戈壁生态农业的主要载体,采用无土栽培技术,在秋冬季通过透光薄膜依赖太阳光来维持室内温度,满足农作物越冬栽培的生长需求,也是日光温室的一种<sup>[1]</sup>。热风炉是一种以空气作为加热介质的热动力机械装置,通过加热空气形成热风可供温室内烘干或供暖使用,其产品种类多样,燃料可以是煤、石油、天然气、生物质能等不同种类<sup>[2]</sup>。

生物质能是仅次于煤炭、石油、天然气的第四大能源,以生物质为载体通过植物光合作用,直接或间接来源于太阳能,是一种可再生的碳源<sup>[3]</sup>。生物质的硫、氮含量较低,燃烧过程中产生的SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>等有害气体较少,其生长需要的二氧化碳与燃烧排放的二氧化碳的量相当,对大气二氧化碳的净排放量近似于零<sup>[4]</sup>。通过长时间的生产实践,利用热风作为介质能有效提高热利用率和热工作效率,所以生物质能热风炉的设计及开发利用成为国内外学者的研究热点。孔凡祝等<sup>[5]</sup>设计了一种节能环保型生物质热风炉,能连续提供恒温、恒压、无尘的热空气,具有操作简单、维护方便、运行成本低等特点。

刘立果等<sup>[6]</sup>设计了一种生物质热风炉,主要

由进料机构、燃烧室和炉灰清除机构组成,实现生物质块状燃料自动进料及炉灰自动清除,有效提高固体燃料和挥发份的充分燃烧。木合塔尔<sup>[7]</sup>开发了一种生物质热风炉,以沼气、稻壳煤气等生物燃料,应用于水果烘干。

2017年8月,甘肃省人民政府办公厅在《关于河西戈壁农业发展的意见》中提出了大力发展河西地区戈壁农业,以高效园艺作物为主要生产对象,以农业废弃物为主要生产原料,以戈壁日光温室为载体,采用基质栽培技术和高效节水技术,走出一条具有甘肃特殊河西戈壁农业开发利用通道,开创农业现代化建设新局面。在甘肃省人民政府引导下,各级政府及相关部门高度重视,出台了一系列惠农政策,鼓励企业和社会资金投入,支持戈壁生态农业的发展。截止目前,酒泉市戈壁农业面积累计达到4 467 hm<sup>2</sup>,预计2020年,建成戈壁日光温室面积达1万hm<sup>2</sup>。但是,河西地区冬季气候干燥寒冷,常有大风大雪持续阴雨天气,最低气温可达零下30℃以下,导致戈壁温室、种植基质温度较低,难以满足农作物正常生长。因此,冬季冻害问题成为影响河西地区戈壁生态农业发展的重要瓶颈。

本文为解决戈壁生态农业冬季冻害问题,设计了一种专门应用于戈壁日光温室热风炉,以生物质颗粒为燃料,以同轴心双层钢套筒为炉膛,以镀锌多级循环套筒为换热装置,以分布式热风收集输送循环为散热系统。通过实践,该热风炉能有效预防戈壁日光温室冬季冻害问题,将大规模推广应用于戈壁生态农业,具有较大的经济效益和社会效益。

收稿日期:2020-10-10

基金项目:甘肃省陇原青年创新创业人才(团队)项目(2020 RCXM125);甘肃省高等学校产业支撑引导项目(2019C-20);甘肃省高等学校创新能力提升项目(2019A-251)。

第一作者:陈维铅(1986—),男,在读博士,讲师,从事生物质能热风炉的开发与利用。E-mail: chenweiqian0931@163.com。

通信作者:李玉宏(1967—),男,学士,副教授,从事生物质颗粒燃烧特性的研究。E-mail: lyh1919@163.com。



## 1 总体结构及工作原理

### 1.1 总体结构

我国虽然对生物质热风炉的开发利用开展了一定的实践工作,但是目前为止,还没有一款专门应用于日光温室增温防冻设备,特别是以生物质颗粒为燃料、性能可靠、节能环保的热风炉,在我国还是一个空白。本文开发的生物质颗粒燃料热风炉主要包括燃烧室、换热装置、散热装置、自动给料装置、自动点火装置,以及自动控制系统,如图 1 所示。

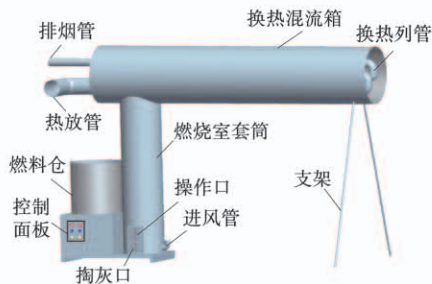


图 1 热风炉总体结构

采用散热与排烟双循环系统,炉膛助燃空气与室内加热空气通过双循环管道隔离开,室外空气从进风管进入炉膛助燃后形成烟气再从排烟管道排出室外;室内冷空气从炉膛侧壁口进入换热装置(混流箱)后形成热空气通过散热管道排向温室另一端,热风出口安装引风机,使混流箱及散热管道内形成负压,迫使室内冷空气从炉膛侧壁进入散热装置,实现温室内空气循环加热,提高热能利用效率。温室外排烟口处安装排烟引风机,使炉膛及排烟管道形成负压,有效预防了烟气从排烟管道遗漏到温室而影响农作物正常生长。

### 1.2 工作原理

戈壁日光温室内,当温度低于影响农作物生长的临界温度时,启动增温防冻热风炉,自动给料装置开始工作,燃料仓内的生物质颗粒燃料从进料管进入炉膛;燃料在炉膛堆积一定量后,开启自动点火装置,电加热元件将燃料加热至浓烟冒出时,排烟口处引风机开启,炉膛内形成负压,温室外助燃空气从进风管进入炉膛,生物质颗粒开始燃烧;随后,开启温室内热风出口处引风机,换热混流箱内形成负压,室内冷空气从炉膛侧壁进入,通过炉膛侧壁加热后进入换热箱进一步被加热,在引风机的作用下经过散热管道排向温室的另一端,使得温室内空气循环加热。

## 2 主要部件

该生物质热风炉主要由双套筒炉膛、换热混流箱、燃料仓、自动给料涡轮、自动点火电热元件、散热管道、排烟管道、引风机等部件组成,这些部件有机合理组合,形成生物质颗粒热风炉,

为戈壁温室冬季提供稳定的热源,预防农作物冻害问题。

### 2.1 燃烧室结构

燃烧室为圆形套筒结构,如图 2 所示,主要包括炉体、炉膛、炉算、掏灰口、操作口、进风口、进料口、排烟口等。

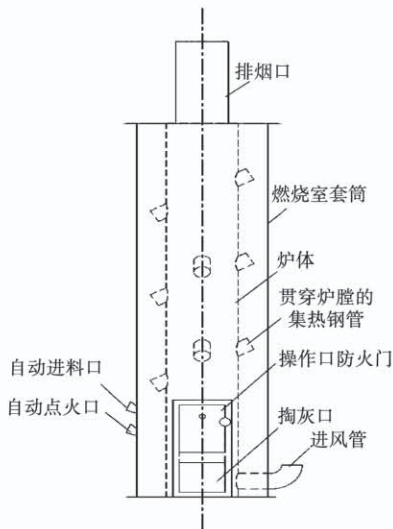


图 2 燃烧室结构

炉体采用直径为 220 mm 的碳钢管,内部涂有耐火材料,体内焊有贯穿炉膛直径为 75 mm 的集热钢管,与炉膛成  $60^\circ$  夹角,目的是增加空气受热面积。掏灰口、操作口在炉体正下方布置,进风口在掏灰口右侧布置,进料口在炉体左侧布置。炉算在炉膛下方,集热钢管斜穿于炉膛上方,炉体正面前后布置两排,左右布置 3 排。排烟口与排烟管道相连通往换热装置,燃烧后的烟气进入换热混流箱进一步进行热能交换。操作口可作为观察口,可以观察燃烧室内生物质颗粒燃烧情况,根据燃烧情况调节给料速率。炉体外侧装有镀锌不锈钢套筒,将炉体与室内空气隔离,室内空气只能从操作口侧壁进入换热装置,增强空气循环性能。热风炉正常工作状态下,操作口和掏灰口处安装的防火门关闭。

### 2.2 换热及散热装置

换热装置是由往复排列的烟气列管和套筒组成的换热混流箱,如图 3 所示,换热混流箱与炉体套筒连通,从燃烧室操作口侧壁进入的冷空气流



经炉体进入换热混流箱(列管套筒);换热混流箱内列管与燃烧室排烟口连通,在温室外排烟口引风机的作用下,炉膛内生物质颗粒燃烧产生的高温烟气在换热混流列管中往复流动,与从炉体侧壁流入的室内空气进一步进行热交换。

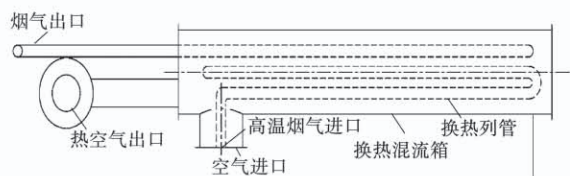


图 3 换热装置结构

列管采用螺旋翅片管,充分增加热交换面积,提高热交换效率。换热混流箱一端设有热风出口和列管出口,热风出口与散热管道(70 m)相连通,散热管道端口处安有引风机,将经过热风炉加热的高温空气排向温室另一端。列管出口与排烟管道(50 m)相连通,列管中换热后的烟气经过较长的烟气管道,将余热散入温室内,最终将室温烟气在排烟口引风机的作用下排出室外。整个热交换过程中,被加热的温室内空气与烟气隔绝,为戈壁温室提供稳定、干净的热风,保障农作物的健康生长。

### 2.3 自动给料装置

自动给料装置由燃料仓、送料机构、进料管等组成,其中送料机构包括传动绞龙、链条、电动机等,如图4所示。传动绞龙将燃料仓内的生物质颗粒燃料运送到送料管,然后通过送料管进入炉膛。电动机采用小型(60 W)变频电动机,可根据生物质颗粒燃烧情况,调节进料速率,满足温室不同热风需求。燃料仓为直径60 cm的圆形结构,所储生物质颗粒燃料可供热风炉连续工作12 h以上,减少夜晚人工添加燃料,降低用工成本。送料机构采用绞龙螺旋送料机,能够可靠、稳定将生物质颗粒燃料输送至进料管,防止燃料堵塞,影响热风炉正常工作。

### 2.4 自动点火装置

自动点火装置由送风机、电加热元件等组成,如图4所示,自动点火器安装在炉膛侧壁。开启自动点火时,电加热元件发热,同时送风机将电加热元件发热产生的高温空气吹入炉膛,点燃堆积在炉算的生物质颗粒燃料。该自动点火装置结构简单、操作方便、点火安全、可靠性高,使用性能较强。

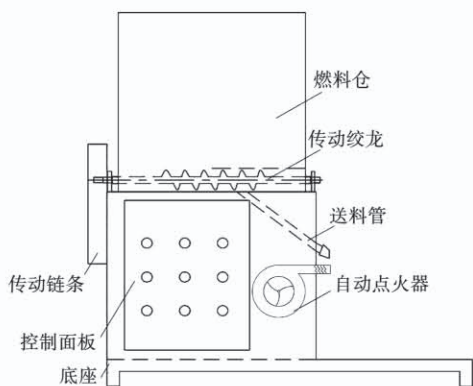


图 4 自动给料装置结构

## 3 自动控制装置

自动控制装置,主要由电源开关、温度传感器、显示器、自动给料电机、自动点火器、排烟引风机、散热引风机等控制按钮组成,如图5所示。温度传感器安装在炉膛位置,控制器时刻显示炉膛温度,通过炉膛温度判断热分炉是否正常工作。自动给料控制设置5档可调式旋钮,根据炉膛燃烧情况,调节给料速率。该控制装置为半自动控制装置,开启热风炉,首先接通电源开关,摁下自动给料按钮,生物质颗粒燃料进入炉膛;一定时间(1 min)后,摁下自动点火按钮,点火器向炉膛吹入高温空气;待燃料浓烟冒起时,摁下排烟引风机按钮,在排烟引风机的作用下,室外空气从进风管进入炉膛,助燃生物质颗粒;燃料充分燃烧后,摁下散热引风机按钮,在散热引风机的作用下,热风排向温室的另一端。

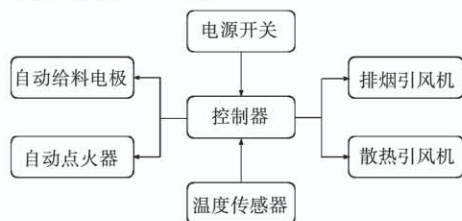


图 5 自动控制框架

## 4 实践分析

为解决河西地区戈壁日光温室冬季冻害问题,我们设计了增温防冻热风炉,根据设计思路及图样制备实物(图6),将该热风炉用于戈壁日光温室,测定其自动给料稳定性、自动点火成功率、正常运行热风温度等性能指标,戈壁日光温室应用如图7所示。经过多次试验,自动点火受生物质颗粒燃料干燥程度的影响较大,若生物质颗粒水分大于30%时,自动点火困难;若水分含量在



15%~30%,点火需要持续一段时间(3~5 min);若水分含量在15%以下,颗粒燃料比较容易点燃。建议农户在使用时,燃料仓中生物质颗粒在温室潮湿环境中不要连续放置10 d以上,颗粒燃料就容易被点燃<sup>[8]</sup>。自动给料设置为5档制,热风炉开启初期,点火前堆积的燃料未充分燃烧,给料速率调节为两档;当堆积燃料充分燃烧后,根据室内温度,给料速率可逐步至5档,热风炉最大效率工作,相应的进风管调至最大进风量。不同蔬菜温度习性不同,果实类蔬菜适合生长的温度范围为20~25℃,冻害临界温度约在5℃以下。



图6 生物质热风炉实物



图7 热风炉在戈壁温室应用

该热风炉最大效率工作时,热风管出口温度约在35℃以上,可根据天气变化和种植蔬菜种类,调节热风炉输出温度,有效预防农作物冬季冻害问题。

## 5 结论

随着河西地区戈壁生态农业发展的持续推进,戈壁日光温室冬季冻害问题成为影响农业生产的主要因素。本文设计制备的生物质颗粒燃料热风炉,实现自动点火、可调式自动给料,操作简单、运行稳定、使用性强。热风输出在35℃以上,可循环加热室内空气,根据农作物生长温度需求,调节室内温度在适宜农作物生长的温度范围,不仅能有效预防冻害问题,而且可以提高戈壁温室生产效率。

## 参考文献:

- [1] 张数庚,郭丛阳,杨积强.西北地区改进型土墙钢架日光温室设计及建造技术[J].甘肃农业科技,2020(7):80-82.
- [2] 袁守利,张胜强,汪雨航.生物质热风炉换热器传热数值模拟及优化[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2016,38(1):123-127.
- [3] 黄艳,杜鹏东,张明远,等.生物质颗粒燃料成型影响因素研究进展[J].生物质化学工程,2015,49(5):53-58.
- [4] 姚宗路,赵立欣,孟海波,等.生物质颗粒燃烧特性及其对燃烧的影响分析[J].农业机械,2010,41(10):97-102.
- [5] 孔凡祝,赵峰,吴文璇.节能环保型生物质热风炉结构设计[J].农业工程,2019,9(11):79-82.
- [6] 刘立果,张学军,刘云.生物质成型燃料热风炉燃烧室的设计与研究[J].农机化研究,2016(10):245-249.
- [7] 木合塔尔.生物质能在新疆水果烘干中的应用[J].现代农业科技,2017(3):233-234.
- [8] 张海云,肖棠,吴海峰,等.高原日光温室生态猪舍冬季保温通风系统的设计[J].黑龙江农业科学,2017(2):68-71.

# Design of the New Hot-blast Stove and Application to the Gobi Sunlight Greenhouse

CHEN Wei-qian<sup>1,2</sup>, LI Yu-hong<sup>1,2</sup>, XUE Yang-quan<sup>1,2</sup>, LI Tao<sup>1</sup>, CHEN Xiang-yu<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Solar Power System Engineering, Gansu Province, Jiuquan Vocational and Technical College, Jiuquan 735000, China; 2. Jiuquan New Energy Research Institute, Jiuquan 735000, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of the gobi sunlight greenhouse frozen disaster in winter, we designed a new hot-blast stove specially used in gobi sunlight greenhouse on the basis of existing research, which taked biomass pellets as fuel. The hot-blast stove mainly included double sleeve furnace with same shaft and distributed double circulation cooling system. This paper introduced the structures and principle of the combustor, heat exchange device, automatic igniter and automatic feeder. It had been found that the hot-blast stove operated stability, increased temperature effect obviously, prevented effectively the problem of frozen disaster in gobi greenhouse. It would be bring greater economic benefits for farmers.

**Keywords:** the hot-blast stove; biomass pellet fuel; distributed double circulation cooling system; gobi greenhouse