

变频回热式热泵烤烟房的研究

郭仁宁¹,任常在¹,冯新伟²

(1. 辽宁工程技术大学 机械工程学院, 辽宁 阜新 123000; 2. 沈阳农业大学 高等职业技术学院, 辽宁 沈阳 110000)

摘要:由于传统烤烟容易出现青烟、挂灰、黑糟、阴筋和烤红等影响烤烟质量的问题,目前我国烤烟房主要以立式炉或蜂窝煤火炉作热源,地窖和天窗作排气除湿口,这种方法能源消耗大,效率低。为了解决这些问题,采用变频回热式热泵系统作热源供给烤烟房热量,通过改变压缩机的转速,使压缩机的热负荷的变化与热泵烤房内的热量变化达到最佳匹配,同时再利用回热器使烤烟房排出湿空气的热量来加热蒸发器的干空气以提高热泵干燥系统的去湿能力。变频回热热泵在满足相同的热负荷的情况下,所需要付出的功减小,所以变频回热热泵具有省电和性能系数高等优点,具有广阔的发展前景。

关键词:烤烟;变频;回热;热泵;节能

中图分类号:S210.3;S572

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)03-0139-04

我国传统的烤烟主要热源是燃煤或者薪柴,由于使用这种热源导致烤烟房内的温度升温不均匀且温度变化较大,导致烤出的烟叶质量不好,同时燃烧煤、薪柴等燃料释放出来的二氧化碳是温室气体增加的主要来源,煤炭燃烧所产生的二氧化硫等有害物质严重污染了大气环境,影响人们的身体健康^[1]。传统的烤烟房内各处温差较大,用传统烤烟房烘烤烟叶时,容易形成青筋烟和红焦烟等低等级烟叶,同时升温困难,排湿不畅。传统烤烟房是利用外界冷空气直接进入烤烟房形成对流来实现排湿的,进入烤烟房的冷空气会使烤房内的水蒸汽凝聚成细小的水珠附着在烟叶表面,形成挂灰烟叶,热能利用率低,热量大量从烟囱排出,热能损失大。该文采用变频回热式空气源热泵系统,变频回热热泵系统采用变频压缩机^[2],通过改变压缩机频率的方法,改变压缩机的转速,从而使压缩机的热负荷变化与需要干燥物质温度的变化达到最佳匹配。同时利用冷凝回热装置,使排出的湿空气得到冷凝除湿,对进入冷凝器的干空气进行回热提高系统的热效率。变频回热热泵在满足相同的热负荷的情况下,所需要付出的功就可以减小,所以变频回热热泵具有省电和性能系数高等优点,具有广阔的发展前景^[3]。该文提出的变频回热式热泵系统为今后回热式热泵在农业干燥上的应用指出了研究方向。

1 变频回热式热泵烤烟房原理及热力分析

1.1 变频回热式热泵烤烟房原理

变频回热式热泵烤烟房主要由蒸发器、冷凝器、压缩机、膨胀阀、回热器、变频器、温度与湿度传感器、干燥室、新风管道和排湿口等部分组成。

图1为变频回热热泵烤烟房的原理图,其工作分为内外两个回路,内回路工作原理为:压缩机把气态的热泵工质(热泵干燥机内循环制冷介质)提高压力和温度后,在冷凝器放热冷凝成液态,液态的热泵工质经过膨胀阀膨胀,在蒸发器中吸热蒸发,转化成低温低压的气体,气态的热泵工质进入压缩机从而完成了热泵工质的闭路循环;外回路工作原理:经冷凝器加热的干空气进入干燥室,干燥烟叶而成为湿热空气,然后进入除湿蒸发器析出水分排到外部环境中,而降低温度后的干空

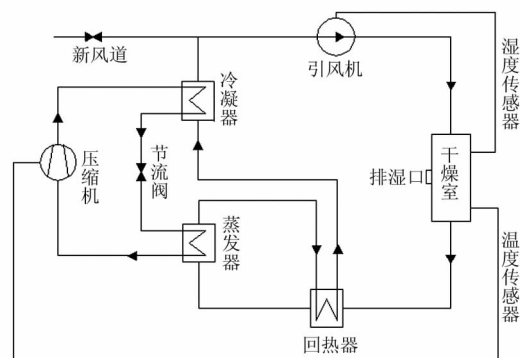


图1 变频回热式热泵系统

Fig. 1 Frequency conversion regenerative heat pump system

收稿日期:2011-10-27

第一作者简介:郭仁宁(1956-),男,辽宁省阜新市人,硕士,教授,硕士研究生导师,从事流体机械及热能工程研究。E-mail:guorenning123@163.com。

气再经回热器升温之后进入冷凝器充分加热再被风机送入干燥室,这样就完成空气的闭路循环;由于传统的烤烟房中直接将带有大量热量的湿空气排向大气中,降低了能源的高效利用,该研究中采用冷凝排湿系统代替排湿口进行除湿。

图2 冷凝排湿系统由蒸发器、冷凝器、接水槽、排水管路和风机等组成。其工作原理为湿空气在风机吸引下首先与蒸发器接触,进行热交换,由于蒸发器的温度低于空气的露点温度,所以在冷却空气的过程中,湿空气中所含的水分将被冷凝出来,从蒸发器下部的接水槽排出。空气再流经冷凝器吸热,温度升高,相对湿度大大降低^[4]。

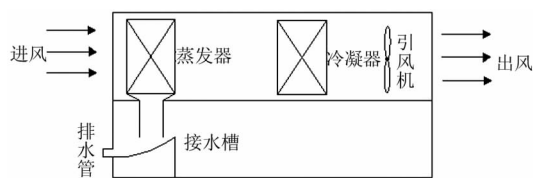


图2 冷凝排湿系统

Fig. 2 Condensing hydrofuge system

由于采用三段式烘烤,考虑各烘烤阶段需要风量不同,所以该研究的风机采用双速风机,当烘烤房内部的湿度较大的时候,烘烤房内的湿度传感器会把信号传给风机进行速度的调节,以便在尽可能短的时间内把烤房的湿度调节到规定范围,免得出现挂灰、黑糟问题。由于3个阶段中热负荷不同,且温度必须控制在一定的界限内,当烤房内温度升高或者降低时会通过安装在烤房内的温度传感器传给变频压缩机,通过改变压缩机频率的方法,改变压缩机的转速,从而使压缩机热负荷的变化与需要干燥物质温度的变化达到最佳匹配,使热泵不是完全处于长时间的运行中,因此可以减小电能的消耗。

1.2 热力循环分析

图3 为回热式不可逆空气热泵循环温熵图,1-5 为蒸发器从环境中吸热过程,5-2 为回热器中工质吸收热量的过程,2-3 为压缩机内不可逆压缩过程,3-6 为向干燥室内放热过程,6-4 为回热器中湿空气的放热过程,4-1 为热泵工质经膨胀阀的不可逆膨胀过程,2-3s 和 4-1s 为与 2-3 和 1-4 相应的等熵压缩和膨胀过程。

图4 为不带回热的热泵循环 T-S 图,其中 5-1 的过程是蒸发器内有相变的等压等温蒸发过程,1-2 为压缩机的等熵压缩过程,2-3 为冷凝器中无相变等压冷却过程,3-4 为冷凝器中有相变的等压等温冷凝过程,4-5 为节流过程。通过对有无回热式热泵系统的温熵图分析可知,带有回热器的热泵系

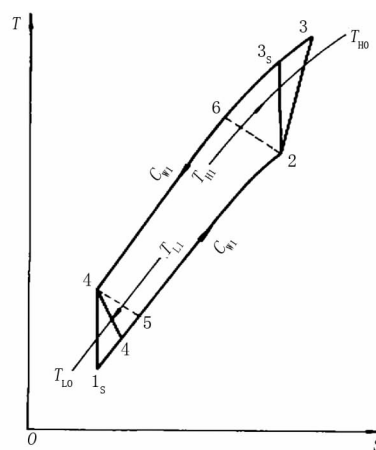


图3 有回热的热泵循环 T-S

Fig. 3 Regenerative heat pump T-S

统,在工质进入压缩机前所吸收的热量要比无回热的热泵系统多吸收热量,所以带有回热的热泵系统的压缩机就少消耗等量的电能。

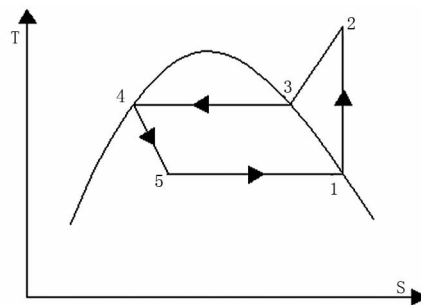


图4 无回热的热泵循环 T-S 图

Fig. 4 Without regenerative heat pump T-S

2 传统烤烟与变频回热烤烟房的对比分析

2.1 三段式烤烟

烘烤是烤烟生产至关重要的技术环节,目前国内常用的烤烟方法是三段式烤烟,三段式烤烟是将国内传统烘烤技术与国外典型烘烤技术进行优势的结合,烤烟的三段式烘烤的基本思想是注重烟叶内在品质及其外观质量的一致性。

图5 为三段式烤烟的技术指标与一般过程,三段式烤烟分为定黄阶段、定色阶段和干筋阶段。其具体操作及关键的技术:定黄阶段要求烟叶既要变黄又要变软,烟叶如果只变黄不变软会出现烤糟、花片。在这个阶段如果变黄程度较低,会出现烤青烟。定黄阶段注意升温要平稳,提高变黄程度的同时湿度保持不变,既要防止烟叶脱水过快,难以完全变黄而出现烤青,又要防止脱水过慢导致变黄过慢;定色阶段是决定烟叶质量的关键阶段,技术关键是增加烤烟房内温度,加强通风,

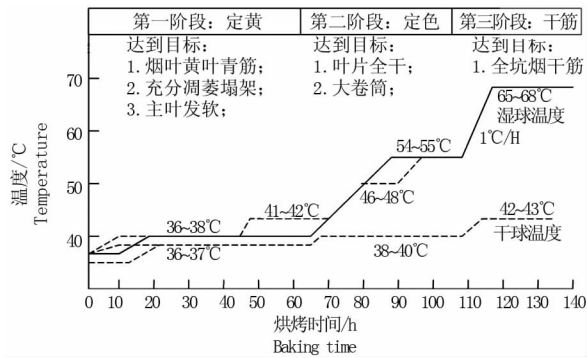


图 5 三段式烤烟的技术指标及一般过程
Fig. 5 3-sectional cured tobacco technology index and general process

在稳定湿球温度的前提下,升高干球温度,使烟叶烟筋变黄。定色阶段须注意升温要稳,以免烟叶产生青筋,更不能因降温而出现挂灰,同时要加强排湿,防止出现高温高湿使烟叶青片,黑槽。湿球温度要保持稳定,以免烟叶颜色发暗不鲜亮;干筋阶段的技术关键是控制干球,限制湿球,通风减小,确保烟叶干筋,减少香气物质的挥发,湿球温度不能超过 43℃,防止烤红,同时温度不能过早下降,以防止湿筋湿片^[5]。

2.2 燃煤烤烟房与热泵系统烤烟房的对比

为了对比普通房与变频回热式烤房的能耗利用,将三段式烤烟方法同时应用于普通烤房与回热式热泵烤房,并对其能耗及质量进行分析。

从表 1 效能对比结果来看,变频回热式热泵烤房表现比较好的制热节能效果,干烟烘烤成本仅为 1.67 元·kg⁻¹,比燃煤烤房节省 0.6 元·kg⁻¹,

表 1 新型烤房与燃煤烤房平均效能对比
Table 1 Average efficiency comparison of new-model tobacco room and tobacco room firing coal

烤房 Tobacco room	热泵烤房 Heat pump tobacco room	燃煤烤房 Tobacco room firing coal	对比 Comparison
装烟数/杆 Pack smoke number	360	360	0
全炉出干烟/kg Dry tobacco weight of whole furnace	556	551	5
煤球耗量/块 Briquettes consumption quantity	0	1883	-1883
烘烤时间/h Baking time	155	167	-12
耗电量//kW·h ⁻¹ Power consumption	1210	233	977
1 kg 干烟耗煤、电成本/元 Cost	1.67	2.27	-0.6

烘烤时间缩短 12 h,变频回热式热泵烤房虽然耗电量增加,但没有耗煤,烘烤成本明显下降,同时烤烟时间缩短,节能较为突出。热泵的耗电量随回热器内湿空气的温度增加而降低,尤其是在定色、干筋阶段,排出的湿空气温度及体积较大,制热效率较高,节能效果比较好。

表 2 中部烟烤后烟叶产值比
Table 2 Tobacco production value of central tobacco roast

烤房 Tobacco room	热泵烤房 Heat pump tobacco room	燃煤烤房 Tobacco room firing coal
装烟数量/杆 Pack smoke number	360	360
全炉出干烟/kg Dry tobacco weight of whole furnace	504	500.4
上等烟比例/% The proportion of first class	22.3	11.2
中等烟比例/% The proportion of medium class	61.6	63.1
下等烟比例/% The proportion of inferior class	16.1	25.7

从中部烟叶外观质量评价来看,变频回热式热泵烤房烤出的烟叶质量要明显好于燃煤烤房,烤后烟叶颜色鲜,叶片正反面色泽均匀,油分足,组织结构疏松。热泵烤房升温灵活,烟叶变黄充分均匀,烤烟后烟叶中上等烟叶比例高于燃煤烤

表 3 热泵烤房与普通烤房所烤烟叶的评吸质量对比
Table 3 Quality evaluation comparison of heat pump tobacco room and general tobacco room

烤房 Tobacco room	热泵烤房 Heat pump tobacco room	普通烤房 General tobacco room
香气质 Sweet smell quality	好—	中+
香气量 Sweet smell quantity	有++	有+
杂气 Foreign flavour	少—	有
劲头 Strength	中	中+
刺激性 Cost	有—	有
余味 Remaining taste	尚舒适+	尚舒适
评价 Evaluation	好+	好—

房9.6个百分点,经济效益显著提高。通过对中部烤烟叶的产值比分析,热泵烤房升温灵活,温湿度变化均衡,能明显提高烟叶的烘烤质量,烘烤后的中上等烟的比例较高。

表3为热泵烤房与普通烤房的评吸质量对比,烟叶质量的好坏是通过烟叶评吸来定义的,烟叶评吸反映了烟叶的香气质量特色。根据国际型优质烟评吸质量标准,烟气香气质好,香气量足,劲头适中,杂气、刺激性小,燃烧性好,灰白为最佳^[6],通过对其评价可知经过热泵烤房烘烤后的烟叶效果为较好,烟叶各指标均优于燃煤烤房,并且烟叶具有浓厚的香气味。

3 结论

变频回热式热泵烤房由于采用变频热泵加热及冷凝排湿系统,热风循环,使其密封性能良好,热能利用率高,可有效降低烘烤成本10%以上。

变频回热式热泵烤房可根据三段式烘烤工艺对湿湿度的要求,对压缩机能自动地开、停机,以保证烤房内温度不会过低或过高,从而从根本上避免了烤青和挂灰等问题的产生。热泵烤房需要

工作人员少,所以能节省大量的人力资源。

变频回热式热泵烤房在整个烘烤过程中全部以电能供热,避免了因燃烧煤而产生的大气污染,无废渣排出,具有绿色环保的优点,实现了烟叶烘烤的废气零排放,具有显著的社会效益、环境效益和经济效益。

综上,变频回热式热泵烤房性能优良,烘烤之后烟叶质量较高。因此,这种烤房具有广阔的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 孙培和,王先伟,王法懿,等. 高温热泵烟叶烤房的研究与应用[J]. 现代农业科技,2010(1):252-256.
- [2] 王晓路. 航天器变频回热热泵系统研究[D]. 南京:南京理工大学,2010.
- [3] 杜垵,张建成. 分离式热管回热器用于热泵干燥系统传热分析[J]. 中国电机工程学报,2001,19(4):429-433.
- [4] 希普. 热泵[M]. 张在明,译. 北京:化学工业出版社,1984.
- [5] 宫长荣,周义和,杨焕文. 烤烟三段式烘烤导论[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [6] 史宏志,刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京:中国农业出版社,1988.

Research on Frequency Conversion Regenerative Heat Pump Cured Tobacco Room

GUO Ren-ning¹, REN Chang-zai¹, FENG Xin-wei²

(1. Mechanical Engineering College of Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000; 2. Advanced Vocational Technical College of Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110000)

Abstract: Because of the problems of traditional cured tobacco that green tobacco, ash, black bad, cloudy muscle, roasted red affecting the quality of cured tobacco, the present heat sources of cured tobacco room mainly were vertical stove or honeycomb coal stove, exhaust and dehumidification were the cellar and skylight, this method was large energy consumption and low efficiency. In order to solve the above problems, heat source was frequency conversion regenerative heat pump. By changing the speed of the compressor, the compressor heat flux and heat change of heat pump room achieved the best match. Meanwhile forced the heat recovery, the air coming from drying room was cooled before entering the evaporator and the air from the evaporator was heated by heat recovery exchanger, the drying ability of the heat pump drying system was increased. Frequency conversion heat pump to meet the same thermal load cases, the power required could be reduced. Therefore, the frequency conversion heat pump had the advantages of energy saving, high coefficient of performance and had broad prospects for development.

Key words: cured tobacco; frequency conversion; heat recovery; heat pump; energy saving