

太阳能辅助热源密集烤房不同透光材料的集热器性能测试研究

沈燕金¹, 许龙¹, 冯坤¹, 唐国俊², 汪秋霖², 李润涛³, 王刚³

(1. 云南省烟草公司文山州公司, 云南文山 663000; 2. 文山州烟草公司丘北县分公司, 云南丘北 663200; 3. 英美烟草远东烟叶有限公司, 云南昆明 650011)

摘要 太阳能辅助热源密集烤房是在普通密集烤房屋顶加装太阳能集热器, 直接高效地将太阳能转化为空气热能, 很好地起到节能减排的作用。对太阳能辅助热源密集烤房不同透光材料的集热器进行了性能测试研究, 测定了进出风口的温度和风速以及太阳辐射等数据, 计算出集热器的瞬时效率和供热系数, 测试结果表明, 采用低铁布纹钢化玻璃的集热器平均瞬时效率和平均供热最高, 单层玻璃纤维阳光板次之, 双层玻璃纤维阳光板最低。

关键词 太阳能辅助热源密集烤房; 太阳能集热器; 性能测试

中图分类号 S214.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517–6611(2015)30–390–03

The Testing Research on Performance of Solar Thermal Collector Installed in Solar Energy Auxiliary Heat Source Bulk Curing Barn
SHENG Yan-jin, XU Long, FENG Kun et al (Wenshan Branch of Yunnan Tobacco Company, Wenshan, Yunnan 663000)

Abstract Solar energy auxiliary heat source bulk curing barn is the curing barn whose roof is installed solar thermal collector, which can directly and efficiently convert solar energy into heat energy and have the effect of energy conservation and emission reduction. The performance of solar energy auxiliary heat source bulk curing barn using different glazing material is studied, the temperature and wind speed of import and export and solar radiation are tested, the instantaneous efficiency and heat coefficient of solar thermal collector are calculate. The results prove that: the low iron tempered glass cloth has the highest average instantaneous efficiency and average heat coefficient, sunlight single-layer glass fiber board next, double deck glass fiber board has the lowest average instantaneous efficiency and average heat coefficient.

Key words Solar energy auxiliary heat source bulk curing barn; Solar thermal collector; Performance test

经过近十年的迅猛发展, 今天中国的烤烟产量已经占到了世界产量的 50%, 已经成为世界上最大的烤烟生产国, 密集烤房已成为我国烤烟烘烤设备的发展方向^[1]。经过多年的研究总结, 现在对烟叶烘烤已形成了一套完整的技术体系。但是, 中国目前的烤烟烘烤都是建立在以传统能源(煤)作燃料的基础之上, 以消耗大量的不可再生能源为条件。中国现在大约有一百万座烤房, 每烤 1 kg 干烟需要 1.5~2.0 kg 煤炭计, 烘烤烟叶需要消耗煤炭 225 万~300 万 t^[2]。太阳能烤房是在普通密集烤房屋顶加装太阳能加热室, 直接高效地将太阳光能转化为空气热能, 能很好的起到节能减排的作用。为了减少煤炭资源消耗, 降低烟叶烘烤过程中的温室气体排放量, 增加烟农收入, 实现烟叶生产的可持续发展, 文山州烟草公司从 2008 年开始在文山进行“太阳能密集型烤房”的研究开发, 2015 年在文山州丘北县推广了 50 座太阳能烤房。玻璃板的透光性对太阳能烤房集热器的效率供热系数有一定的影响, 为进一步筛选透光性好、使用寿命长的透光材料。选用了单层玻璃纤维阳光板、双层玻璃纤维阳光板 and 低铁布纹钢化玻璃等 3 种不同的透光材料进行对比试验。

1 太阳能供热系统

1.1 太阳能供热系统的结构 由图 1 可知, 太阳能集热室长约 8 m、宽 2 m、高 50 cm, 集热室底部和四周采用彩钢复合保温板, 厚度为 50 mm, 彩钢板厚度≥0.375 mm, 聚苯乙烯内衬密度≥12 kg/m³。板与板之间使用铝合金槽结构进行拼装, 安装时保证彩钢复合保温板的连接处密封完好。拼装完

成后, 在集热室的内壁四周和底部采用橡塑保温棉+石棉+镀锌铁皮板进行保温处理。

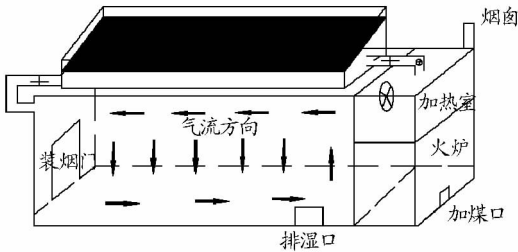


图 1 太阳能烤房示意图

1.2 太阳能集热器的最佳倾角 为了获得最大的太阳能量, 必须使集热器的采光面正午时垂直于太阳光线, 即

$$\alpha + S = 90^\circ \tag{1}$$

式中: S —集热器与地平面的倾角; α —太阳高度角(太阳光线与地平面的夹角)。

由图 2 可知, 当正午太阳在天顶以南时, 即 $\psi > \delta$ 时, $\alpha < 90^\circ$, 且

$$\alpha = 90^\circ - \psi + \delta \tag{2}$$

式中: ψ —当地纬度; δ —不同时间太阳赤纬角, 与月份有关; 当正午太阳在天顶以北时, 即 $\psi < \delta$ 时, $\alpha > 90^\circ$, 且

$$\alpha = 90^\circ + \psi - \delta \tag{3}$$

将(2)(3)分别代入(1)得:

$$S = \psi - \delta \tag{4}$$

$$S = \delta - \psi \tag{5}$$

这里, 太阳赤纬 δ 可按烤烟季的平均值计算。故

$$S = |\psi - \delta| \tag{6}$$

由以上计算可知, 固定式集热器的倾角以正午时太阳光线垂直地照射在集热器的采光面上的原则来确定。但是, 即

基金项目 云南省烟草公司科技计划项目(2013YN34)。
作者简介 沈燕金(1983—), 男, 云南陆良人, 硕士, 助理农艺师, 从事烟叶生产技术工作。
收稿日期 2015-09-28

使在同一个纬度上在不同的季节太阳的高度角也是不相同的。确定倾角时,只能根据整个使用期间的要求。若要得到最大的年日射量,集热器应面朝赤道,其倾角近似等于当地纬度^[3];如果要求冬季获得最大日射量,倾角应比当地纬度高 10°如果要求夏季获得最大日射量则倾角要比当地纬度小 10°。丘北的纬度是北纬 24°,考虑该集热器只在烤烟季(7、8、9 月份)使用,所以倾角 14 度为吸热板的最佳安装倾角。

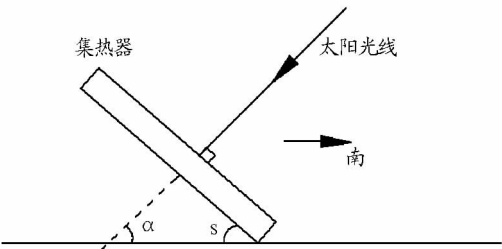


图2 太阳光线垂直与集热器示意图

1.3 太阳能集热器供热原理 由图 1 可知,太阳能集热器两端通过管道与烤房相连,集热器与烤房加热室相连接的管道为前管道,装烟室与集热器相连接的管道为后管道,管道与集热器之间安装有电动风门,在烤房适当位置安装循环风机。在集热器出口处和装烟室中部安装感温探头,当温差大于设定值时,循环风机和电动风门同时开启,通过前管道向烤房内部输送热空气,同时烤房内的冷空气通过后管道输送至太阳能集热室进行循环加热。当温差小于设定值时,循环风机和电动风门同时关闭,太阳能循环停止。

2 三种透光材料集热器的供热系统性能测试对比

2.1 性能分析原理 太阳能供热系统的性能可用集热器热效率 η_r 和系统供热系数 COP_T 来表示^[4]。前者反映太阳辐射能转变为热能的效率;后者等于集热器内空气实际得热与太阳能供热系统风机能耗的比值,它反映了系统的供热效率。

$$\eta_r = \frac{Q_r}{Q_r^0} = \frac{GC_p \Delta t}{IA}$$

（7）

$$COP_T = \frac{Q_r}{W}$$

（8）

式中: Q_r —空气流经太阳集热器的实际得热量; Q_r^0 —太

阳能照射到集热器的理论热值; G —空气在集热器中的流量; Δt —空气在集热器中的温升; C_p —空气的定压比热; I —太阳辐射强度; A —集热器透光面积; W —太阳能供热系统的风机能耗。

2.2 性能测试

2.2.1 试验材料。太阳能辅助热源密集烤房 3 座,太阳能集热器分别采用单层玻璃纤维阳光板、双层玻璃纤维阳光板和低铁布纹钢化玻璃,吸热板采用兰铬镀层的波浪型铝板。集热器总采光面积为 16 m²,风机功率 0.37 kW,双层玻璃纤维阳光板、单层玻璃纤维阳光板和低铁布纹钢化玻璃的透过率分别为 85%、89%、93%。

2.2.2 观察记载项目。开启太阳能风机和循环风机,从上午 9:00 至下午 16:00,每一个小时记录一次装烟室温度、环境温度、集热器进口温度、集热器出口温度、集热器出口风速、太阳辐射强度。

2.2.3 结果与分析。集热器进口温度、集热器出口温度、集热器出口风速、太阳辐射强度直接记录得到,集热器的瞬时效率和供热系数由公式(7)、(8)计算得到。表 1、2、3 分别列出了太阳能供热系统透光材料采用低铁布纹钢化玻璃、单层玻璃纤维阳光板和双层玻璃纤维阳光板的测试数据。从表 1、2、3 可以看出其中透光材料使用低铁布纹钢化玻璃集热器的平均瞬时效率和平均供热系数最高,分别为 44.0% 和 13.7,该效率接近国际同类集热器的效率,供热系数也达 13.7,即太阳能供热系统风机耗 1 kW 电能,可获得 13.7 kW 的热能。透光材料使用单层玻璃纤维阳光板集热器的平均瞬时效率和平均供热系数比使用低铁布纹钢化玻璃的集热器低 2.8% 和 0.8,透光材料使用双层玻璃纤维阳光板集热器的平均瞬时效率和平均供热系数是三者中最低的,比使用低铁布纹钢化玻璃的集热器低 3.5% 和 1.2。通过比较双层玻璃纤维阳光板、单层玻璃纤维阳光板和低铁布纹钢化玻璃的透过率。故可进一步得出结论,太阳能辅助热源密集烤房集热器所使用透光材料对集热器性能有一定的影响,透过率越高,集热器的瞬时效率和供热系数就越高,供热性能就越好。

表 1 低铁布纹钢化玻璃材料集热器的效果

t_0 ℃	t_1 ℃	t_2 ℃	Δt ℃	I W·m ²	集热器效率/%		G kg/h	Q kW	供热系数	
					η_r	平均值			COP_T	平均值
27	26.5	34.9	8.4	507	39.6	44.0	1 368	3.2	10.7	13.7
28	30.5	41.8	11.3	600	45.4		1 380	4.3	14.3	
28	27.6	35.4	7.8	396	47.0		1 365	3.0	10.0	
29	35.3	50.3	15	785	46.4		1 390	5.8	19.3	
29	39.1	55.4	16.3	875	44.6		1 370	6.2	20.7	
28	35.0	44.7	9.7	519	44.1		1 350	3.7	12.3	
28	33.0	42.2	9.2	505	42.3		1 330	3.4	11.3	
27	31.2	40.2	9.0	492	43.3		1 355	3.4	11.3	

注: t_0 为环境温度; t_1 为集热器进口温度; t_2 为集热器出口温度; Δt 为进出口温差; I 为辐射强度; η_r 为瞬时热效率; G 为送风量; Q 为有效得热量(下表同)。

表 2 单层玻璃纤维阳光板集热器的效果

t_0	t_1	t_2	Δt	I	集热器效率//%		G	Q	供热系数	
					η_T	平均值			COP_T	平均值
℃	℃	℃	℃	$W \cdot m^2$			kg/h	kW		
27	26.4	34.2	7.8	507	37.0	41.2	1 360	2.9	10.0	12.9
28	30.4	40.9	10.5	600	42.4		1 379	4.0	13.4	
28	27.5	34.5	7.0	396	42.7		1 360	2.7	9.0	
29	35.0	49.5	14.5	785	45.0		1 392	5.6	18.7	
29	39.0	54.8	15.8	875	43.3		1 377	6.0	20.0	
28	34.3	43.3	9.0	519	41.2		1 355	3.5	11.5	
28	32.0	40.5	8.5	505	39.2		1 333	3.1	10.4	
27	31.6	39.8	8.2	492	39.7		1 355	3.1	10.4	

表 3 双层玻璃纤维阳光板集热器的效果

t_0	t_1	t_2	Δt	I	集热器效率//%		G	Q	供热系数	
					η_T	平均值			COP_T	平均值
℃	℃	℃	℃	$W \cdot m^2$			kg/h	kW		
27	26.3	33.9	7.6	507	35.9	40.5	1 360	2.8	9.3	12.5
28	30.0	40.3	10.3	600	41.6		1 378	3.9	13.0	
28	27.5	34.3	6.8	396	41.5		1 359	2.6	8.7	
29	35.1	49.4	14.3	785	44.5		1 388	5.5	18.3	
29	39.2	54.8	15.6	875	42.8		1 377	5.9	19.7	
28	35.1	43.8	8.7	519	40.0		1 352	3.4	11.3	
28	33.8	42.1	8.3	505	38.4		1 330	3.0	10.0	
27	31.0	39.1	8.1	492	39.3		1 355	3.0	10.0	

3 结论

倾角 14 度为太阳能辅助热源密集烤房集热器吸热板的最佳安装倾角;透光材料使用低铁布纹钢化玻璃集热器的平均瞬时效率可达 44.0%,该效率接近国际同类集热器的效率,平均供热系数为 13.7,即太阳能供热系统风机耗 1 kW 电能,可获得 13.7 kW 的热能。太阳能辅助热源密集烤房集热器所使用透光材料对集热器性能有一定的影响,透过率越高,集热器的瞬时效率和供热系数就越高,供热性能就越好。

(上接第 389 页)

运行的水银行体系,对水权引入第三方机构进行交易管理,调蓄流转水资源,提高水权交易的效率,减小水权交易的风险。

4 结语

随着水资源的日益缺乏,水权进一步明确不管是经济上,还是社会效益方面都是必需的,也是有必要的。水权制度的建立要根据国情予以把握,分时分区研究制定符合各地区各时段的制度,同时对水资源进行统一管理,明确分工,公开管理信息,接受社会公众的监督,保障居民用水权利,打开水市场,形成市场调节和政府宏观调控相结合的制度,促使

参考文献

[1] 徐秀红,孙福山,王永,等.我国密集烤房研究应用现状及发展方向探讨[J].中国烟草科学,2008,29(4):54-56.
[2] 王文超,贺帆,徐成龙,等.烟叶烘烤节能技术研究进展[J].南方农业学报,2011,42(10):1267-1270.
[3] 张小电,王改成.太阳能热水器集热器安装位置、方向和倾角的确定[J].新能源,1999,21(9):24-26.
[4] 张璧光.太阳能热泵联合干燥木材的实验研究[J].太阳能学报,2007,28(8):870-873.

节约用水、高效用水成为一种“新常态”。

参考文献

[1] 贾绍凤,张丽珩,曹月,等.中国水权进行时:格尔木案例研究[M].北京:中国水利水电出版社,2012:2-3.
[2] 钱焕欢,倪焱平.农业用水水权现状与制度创新[J].中国农村水利水电,2007(5):138-141.
[3] 任丹丽.论水权的性质[J].武汉理工大学学报(社会科学版),2006,19(3):320-324.
[4] 李晶.中国水权[M].北京:知识产权出版社,2008:59-62.
[5] 王小军.美国水权制度研究[M].北京:中国社会科学出版社,2011:210-211.
[6] 王晓东,刘文,黄河.中国水权制度研究[M].郑州:黄河水利出版社,2007:285-291,40-41.