

# 烟叶节能初烤房系列设计

张百良<sup>①</sup> 雷春鸣 赵建林 薛 愈  
(河南农业大学)

**提 要** 介绍了我国烟叶节能初烤房系列设计的方法、优秀炕种选择的依据,评估烟叶初烤房的指标体系。并对选出的优秀炕种进行了对比试验。结果表明,三种系列烤房的设计是符合我国实际的,系列烤房热利用效率均比旧式烤房提高30%以上;热交换器5年不需维修,烟叶质量平均提高0.5~1个等级;操作技术要求不高,适于烧型煤、散煤和柴三种系列烟炕。系列烤房前景广阔,每年节煤效益显著,烟农收入增多。

**关键词** 节能 烤烟房 系列设计

## 1 引 言

我国每年种植130多万公顷烟草,收获25亿多公斤干烟叶。产地遍及河南、云南、山东、贵州、黑龙江等近20个省市。而初烤过程也需要大量的优质煤碳和木材。因此烟叶初烤房的改造和设计,是急待解决的课题。尽管各地出现了种类繁多的新烤房,但基本上没有跳出旧烤房的范畴,每年都要对换热系统进行修筑,既浪费劳力,也不安全;有的高温热气流在火道内流速超过2m/s。使排烟损失超过整个损失40%<sup>[1]</sup>;系统热效率很低,不少旧烤房在20%左右;烤烟质量不稳定,影响烟农的收入。

据1989~1992年全国范围内对各地使用烤房的测评认为:当前最突出的问题是给农民提供规范性、半永久式或永久式的系列设计初烤房,使全国的烤烟科技人员和烟农对初烤房的选择和修造有所依据。

为此,我们接受了农业部下达的这个研究项目,该课题在1991年通过了专家鉴定,1992年中国烟草总公司又列入推广计划,立专题进行示范推广。目前已在河南、山东、贵州、云南推广四万多座,受到烟农欢迎,开始取得新的效益。

该研究工作首先是确定了十个技术经济评价指标,然后用两年时间对全国主烟区的先进烤房进行评估,选出三类烤房进行可比条件下的对比试验,在试验中不断改造创新与选优,经过三年多的工作确定了PJK、PDK、PSK三种为系列设计炕型。经在河南、贵州、云南的推广检验说明这三个系列对国内不同类型区都有适应性,它们的结构特征见表1。

收稿日期:1993-08-25 1993-12-26 修订

<sup>①</sup>张百良,教授,河南郑州市文化路 河南农业大学,450002

表1 烟叶节能烤房结构特征比较

Tab. 1 Comparison of construction characteristics for tobacco energy-saving flue curing-room

项 目	PDK 系列	PSK 系列	PJK 系列
换热器形式	单管	双管	平板
换热器材料	混凝土为主	混凝土	混凝土加筋
进风形式	热风道出气口布于管下方	热风道出气口布于管下方	热风道铁皮管穿过平板箱
排湿天窗	长大窗	双层天棚,五个排气孔梅花状分布	高大窗
燃烧炉形式	立式	立式	立式
燃 料	无烟煤,型煤块或散煤	无烟煤,型煤块或散煤	无烟煤,型煤块或散煤或柴
控制部位	烟囱、排湿孔、火炉、进风口、渣口均设闸门	同左	同左
烟 囱	室外烟囱闸门控制	同左	同左

注: PDK—平走(换热器中气流走势)单管式 PSK—平走双管式 PJK—平走平板式

## 2 系列设计与对比试验

### 2.1 烤房评价指标体系

1) 单位容积负荷指标  $g$  系指单位有效容积的烟叶承载量:

$$g = \frac{G_g}{V_a} \quad (1)$$

式中  $G_g$ ——每炕装干烟重量, kg

$V_a$ ——烤房有效容积。即最上边挂烟梁至换热器上表面之间的容积,  $m^3$

2) 排湿速率  $\omega$  在测试期内(定色和干筋期)烤房天窗单位时间、单位面积上的平均排湿量, 是反映天窗性能的分析指标。

$$\omega = \frac{\omega_p}{T \cdot F} \quad (2)$$

式中  $\omega_p$ ——测试期天窗口总排湿量, kg;  $T$ ——测试期总时间, h;  $F$ ——天窗口截面积,  $m^2$ 。

3) 青烟质量相似系数  $\varepsilon$  根据烟叶控制因素、质量因素、特别是成熟期、生长位置、成份含量等在烤前估计能达到的质量等级(价格)与实际烤出的质量等级(价格)之比。这是经验系数。

$$\varepsilon = \frac{C_g}{C_s} \quad (3)$$

式中  $C_g$ ——干烟评估实际等级(价格)<sup>[2]</sup>;  $C_s$ ——湿烟时估计可达到等级(价格)。

$\varepsilon$  值一般取 0.95~1

4) 每公斤干烟实际耗标准煤量  $G_B$

$$G_B = \frac{G_m \cdot Q_{DW}}{G_g} \quad (4)$$

式中  $G_m$ ——烤一炕烟总耗原煤量, kg;  $Q_{DW}$ ——原煤低位发热值, kJ/kg;

$G_g$ ——干烟重量, kg。

5) 脱每公斤水实际耗热量  $Q_d$

$$Q_h = \frac{G_m \cdot Q_{DW}}{G_s - G_g} \quad (5)$$

式中  $G_s$ ——湿烟重, kg。

6) 供热系统热效率  $\eta_s$  供热系统包括: 燃烧炉、换热器、烟囱等<sup>[3]</sup>。

$$\eta_s = \frac{Q_s}{G_m \cdot Q_{DW}} \times 100\% \quad (6)$$

式中  $Q_s$ ——换热器散到烤房内的热量称供热系统有效热, kJ;

$G_m \cdot Q_{DW}$ ——燃烧炉应产生的热量, kJ。实际是燃煤量  $G_m$  理论生热。

7) 烤房系统热效率  $\eta_k$

$$\eta_k = \frac{(G_s - G_g)Q_h}{G_s \cdot Q_{DW}} \times 100\% \quad (7)$$

8) 烤房空载性能指标<sup>[4]</sup>:  $V_{升}, V_{降}$

$$\text{空载升温速率 } V_{升} = \frac{C_{60} - C_a}{t_1} \quad (8)$$

$$\text{降温速率 } V_{降} = \frac{C_{60} - C_g}{t_2} \quad (9)$$

式中  $C_{60}$ ——烤房空载 60℃;  $C_a$ ——烤房空载初始温度;

$t_1$ ——温度从  $C_a$  升至 60℃ 需要的时间(天窗、地洞全关闭)。

$t_2$ ——从 60℃ 降到  $C_g$  时需要的时间。

9) 万元产值耗能 计算期内(或每季)烟叶初烤的总能耗, 与售出总收入(万元为基数)之比。

10) 烤房经济效益指标<sup>[5]</sup> 主要有净现值(NPV), 内部收益率(IRR), 投资回收期( $t_i$ ), 益本比 B/C(上述指标计算时不一定都用)。

① 净现值 NPV

$$NPV = \sum_{t=1}^n (C_t - C_o)(1+i)^{-t} \quad (10)$$

式中 NPV——历年净现金流量贴现到建设起点的现值累积值。

$C_t$ ——某年现金流入量;  $C_o$ ——某年现金流出量;  $i$ ——设定的贴现率;

$t$ ——年度变量  $t=1, 2, \dots, n$ 。

要求  $NPV \geq 0$

② 内部收益率 IRR

IRR——计算期内净现值和为 0 时的折现率。其表达式为:

$$\sum_{t=1}^n (C_t - C_o)(1+IRR)^{-t} = 0 \quad (11)$$

式中  $t=1, 2, \dots, n$

使上式成立的  $IRR$  即为内部收益率, 要求其值大于规定的目标收益率  $I_c$  (一般取高于贷款利率 5%)。  $IRR \geq I_c$  时烤房收益合算。

③ 投资回收期  $t_i$

使(11)式成立时的  $t$  值即为投资回收期  $t_i$ 。

④ 益本比 B/C

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n B_t(1+i)^{-t}}{\sum_{t=1}^n C_t(1+i)^{-t}} \quad (12)$$

式中  $B/C$ ——是历年效益现值累积值与历年成本现值累积值之比;

$B_t$ —— $t$ 年度的效益值;  $C_t$ —— $t$ 年度的成本值;  $t$ ——年度变量  $t=1, 2, \dots, n$

烤房要求  $B/C \geq 1$

我们进行烤房评价时,并没有全部运用上述十个指标,主要用了热性能指标和经济分析指标,如测试云南的“云曲”-1型烤烟炕时,首先测脱公斤水耗热量,测试结果其值仅为  $4567 \text{kJ/kg}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,比我们掌握的国内先进水平值和巴西等国家的耗热值还低<sup>[1]</sup>,因此从节能角度出发,决定将“云曲”-1型烤房入选,然后进行对比试验。为了评价其经济性,利用净现值法对其进行评估计算。计算时贴现率按农村能源项目的一般值取 12%,煤和烟叶的价格按当地烟草公司提供价格,砖和水泥按地区市场实际价格,而劳动力价格,考虑我国农村富余劳力比较多,而且实际建筑时又没有市场统一价,所以一律不计,把经济寿命取 15 年(按统计值)。把各种取值方法统一后计算  $NPV = 380 \text{元} > 0$ ;又考虑国家没有烟炕内部收益率标准值,所以不另算  $IRR$  值;不计算烟叶本身价值时,“云曲”-1 型益本比值为  $B/C = 380/220 = 1.7 > 1$ 。从各指标值看,“云曲”-1 型是个可取的炕种,因此我们将其纳入对比试验之列。在对比试验中经多次改造,就成为现在的 PSK 系列节能烤烟房。

## 2.2 移植、改造与对比试验

按照上述指标,对河南、山东、云南、贵州、黑龙江、陕西、江西、湖南的烟叶初烤房进行了评价、优选,结果表明:我国的“火龙式”改造型烟炕在国内农民中有很大的市场,烟农应用比较习惯,但从结构上看,与热工及燃烧机理有许多不符合之处,必须进行改造。其中贵州的 PDK 烤房、云南的 PSK 烤房,虽然优点甚多,效果也较好,但卧式火炉影响了其节能效率的提高,虽应进入先进炕种之列,但火炉要改为立式;河南的 PJK 烤房是最新炕种,是高等学校、研究所、烟农共同试验产物。根据评价指标也应选入优秀炕种之列。

为了对比三种系列烤房,1990 年我们把 PDK、PSK、PJK 均进行改造设计后,移植到河南省长葛县河沿刘村,在完全可比的条件下,由烟农自己操作进行了三年的对比试验,河南农业大学能源研究室连续进行了全面的性能测试,结果见表 2。

由表可知:

1) 三类烤房脱公斤水耗热量均在  $5200 \text{kJ/kg}$  以下,比 1991 年全国 16 省区参加的烤烟节能现场会议上推出的先进炕种还低  $460 \text{kJ/kg}$ 。比我国农村仍在使用的旧“火龙式”烤房节煤 30%~40%。烤房系统热效率、供热系统热效率均比旧式烤房提高 15 个百分点以上,因此三个炕种均属节能效果显著的优秀炕种,节能水平(农民实际操用)占全国领先地位。三类烤房的设计都注意了综合节能效果。其各部件均进行规范化、系列化设计,在我国亦属首次。

2) 三种烤房均把原来的卧式火炉变为立式火炉,炉排位置下降 80cm,CO 在立式炉中充分燃烧后再进入换热器,加之新设计的换热器均采用了降低烟气流速,延长换热时间的措施,因此排烟口温度均降为  $100 \text{C}$  左右,烟气成份 CO 含量由卧式烤房的 0.8%~1.25%降低到 0.4%~0.45%。

3) 烤烟炕中温度差空载时,水平面低于  $3 \text{C}$ ,垂直面低于  $5 \text{C}$ 。装满烟叶后上下层温差变黄期  $3 \text{C}$ ,干筋期  $6 \text{C}$ 。农民反映这几种烤房温度均匀,升温灵敏,保温好,即使短时间“掉

火”(温度突然下降)也没有“挂灰”(烟叶表面颜色发灰)现象。

表2 烟叶节能烤房技术性能比较

Tab. 2 Comparison of technology performance for tobacco energy-saving flue curing-room

项 目	PDK	PSK	PJK	
公斤干烟需青烟重/ $\text{kg青烟} \cdot (\text{kg干烟})^{-1}$	7.56	7.86	7.85	
总脱水量/kg	1051.35	893.09	957.53	
单位时间平均脱水量/ $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	8.25	7.06	7.51	
烘烤时间/h	127.5	126.5	127.5	
脱每公斤水的耗热量 $Q_h/\text{kJ} \cdot (\text{kgH}_2\text{O})^{-1}$	4908.20	5197.48	4851.16	
单位重量干烟耗热量 $G_h/\text{kJ} \cdot (\text{kg干})^{-1}$	32215.20	35669.80	33229.87	
蒸发单位重量水耗标煤量/ $\text{kg标} \cdot (\text{kgH}_2\text{O})^{-1}$	0.17	0.18	0.17	
单位重量干烟耗标煤量/ $\text{kg标} \cdot (\text{kg干})^{-1}$	1.10	1.22	1.13	
供热系统热效率 $\eta_h(\%)$	70.5	70.2	82.1	
烤烟房系统热效率 $\eta_r(\%)$	38.1	36.5	39.0	
烟煤成份 (%)	$\text{CO}_2$	4.1	5.3	6.8
	$\text{CO}$	0.2	0.6	0.4
	$\text{O}_2$	13.6	15.1	14.4
空载温度均匀度	上下棚温度差/ $^{\circ}\text{C}$	5	4	4
	棚水平面温度差/ $^{\circ}\text{C}$	3	3	3
灰渣含碳量(%)		6.0	6.5	5.6

注:烟叶品种 Ne89;均用无烟煤  $Q_{DN} = 2064092\text{kJ/kg}$ ; 个炕位置相距 5m,测试期间由一个农民操作。

### 3 结 论

1) 三种系列烤房节能效果显著,烤烟质量稳定,尤其对脚叶、青暴叶等难于烤制的烟叶提高质量尤佳。都是国内最优秀的炕种。

2) 三种系列均采用了综合节能措施,不仅便于满足烤烟工艺操作,而且坚固耐用,3~5年不需维修,各项经济指标合理,农民愿意接受。从已推广的4万多座烤烟炕,实践检验表明符合设计要求。

3) 对比试验结果表明 PJK 型综合性能好,尤其是把“火龙”变成“平板”是烤烟炕史上的大变革,它操作方便,一炕多用,坚固耐用,系我国一个最新炕种;PDK 型火龙平走,预制板块成型组合收到良好节能和提高烟质效果,但它仍属传统的火龙型,热利用效果虽略低于 PJK 型,也可属国内优秀炕种;PSK 型为双管式,烤房烟气流程明显加大,延长了传热时间,加之其他措施的配合所以其节能效果也较明显,但存在下管道温度低,散热效果差等不足之处,其下底板厚度,及整体孔径的大小,需在实践中继续改进。

4) 三种系列的全部部件进行了系列化,规范化、标准化设计,这在中国烤烟史上是第一次,标志着我国烟叶初烤由自发建炕进入到规范化阶段,全国范围内的“节能高质”烤烟房将形成新的规模,取得显著的效益。

## 参 考 文 献

- 1 Huang B K. Solar curing tobacco-room. 中国农业工程学术研讨会论文集,1981,1~3
- 2 阵瑞泰主编. 烟叶烘烤与分级. 山东科技出版社,1988,178
- 3 马建隆主编. 实用热工手册. 北京:水利电力出版社,320
- 4 余茂勤等主编. 烟叶烘烤. 北京:轻工业出版社,1983,75
- 5 中国农业工程研究设计院等主编. 农业工程手册(第一册). 农业工程项目可行性研究. 北京:农业出版社,1990,119~123

## Study on Series Design of Energy-Saving Flue Cured Tobacco-Room

Zhang Bailiang Lei Chunming Zhao Jianlin Xue Yu

(Henan Agricultural University)

### Abstract

The method of series design, the criteria for the selection of excellent construction and the appraisal index system of the energy saving flue cured tobacco room were introduced and comparing tests of the selected constructions were conducted. Test results showed that all the 3 series of room design were adaptable to Chinese conditions. Their thermo-efficiency was about 30% higher than that of the old ones. The heat exchanger could have a service life of 5 years without repair, Tobacco quality could be raised by 0.5 to 1 grade. The curing room was easy to operate and could be accommodated to the burning of molded coal, loose coal or even timble. There will be a bright prospect for the series curing room with evident yearly savings of coal and increase of farmer's income.

**Key words** Series design Flue cured tobacco-room Energy conservation