

密 集 烤 房

BULK CURING BARN

宫长荣 陈江华 吴洪田 编著
刘建利 周义和 王胜雷



科学出版社
www.sciencep.com

密 集 烤 房

BULK CURING BARN

宫长荣 陈江华 吴洪田 编著
刘建利 周义和 王胜雷

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书共分8章。重点阐述了密集烤房设计基础、密集烤房建设、密集烤房加热设备、密集烤房的通风系统与设备、密集烤房的温湿度控制系统、密集烘烤理论、密集烘烤技术等。

本书可供高校烟草专业师生、烟草科研单位、烤烟生产技术与管理
人员、密集烤房设备生产厂家工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

密集烤房/宫长荣等编著. —北京: 科学出版社, 2010
ISBN 978-7-03-029256-8

I. ①密… II. ①宫… III. ①烟叶烘烤 IV. ①TS44

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第202501号

责任编辑: 侯沈生

责任校对: 袁海滨

责任印制: 李延宝

封面设计: 汤志海

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

丹东印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年11月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

2010年11月第一次印刷 印张: 12 1/2

印数: 1-3 000 字数: 332 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

《密集烤房》编著委员会

主 编 宫长荣 陈江华 吴洪田

副 主 编 刘建利 周义和 王胜雷

编著人员 （按姓氏笔画为序）

王胜雷 王学龙 刘小伟 刘建利

肖春生 李立新 宋朝鹏 陈江华

吴洪田 周义和 宫长荣 贺 帆

崔国民 戚远明

前 言

烤房是烤烟生产必不可少的专用设备，烤房设备性能的优劣直接关系到烟叶烘烤的成败和烟叶的种植效益。

进入 21 世纪以来，我国农业种植结构调整，耕地资源流转和劳动力的转移，促成了烤烟适度规模种植的快速发展，迫切需要与之相配套、能够最大限度反映烟叶生产质量和效益、降低烟叶烘烤成本的烘烤设备。

密集烤房能够实现规模化生产和烘烤加工过程中的温湿度自动或半自动的精准控制，充分反映烟叶种植质量和效益，具有省工节煤、减少烘烤难度和操作复杂性、减轻烟农劳动强度等特点。密集烤房的应用有利于解放生产力，是实现烤烟专业化生产、社会化服务的重要载体和效益的增长点，也承载着继续促进烤烟适度规模种植与生产组织形式变革的重任，代表了我国烤烟生产设备的发展方向，有望在三五年内全面推广。本书就是为了适应这种新的发展形势而编著的。

本书是编著者多年潜心从事烟叶烘烤研究科技成果的结晶。主要基于近 10 年来致力于密集烤房的研究和生产推广所获取的大量试验数据资料。期间，中国烟叶公司牵头完成了“全国烤烟适度规模种植配套烘烤设备研究与应用”、“密集烤房相关设备对比试验”和“密集烤房技术优化”等科技攻关项目，编写并多次修订《密集烤房技术规范》，提出了密集烤房提质增香烘

烤工艺，使密集烤房在示范应用中不断完善和成熟，实现了全国密集烤房建设布局，建造形式、结构、规格、配套设备的统一。

本书得以出版，得到了各级烟草公司领导和技术人员的大力支持，作者谨此一并表示深深的谢意！

近几年烤烟生产新技术发展迅猛，新的研究成果不断出现，密集烤房也正处于持续深化研究和发展之中，所以书中难免有失偏颇，加之作者水平有限，可能还有许多谬误和不妥之处，敬请读者指正。

编著者

2010年4月

目 录

前 言

第一章 绪论

第一节 密集烤房的概念和作用	1
一、密集烤房的特点	1
二、密集烤房的重要作用	2
第二节 密集烤房的演变与发展	3
一、密集烤房的起源	3
二、密集烤房发展历程	6
三、密集烤房发展的成就	10
四、密集烤房的发展和研究方向	12
第三节 我国密集烘烤工艺的研究与发展	14
一、密集烘烤工艺的改进优化	14
二、密集烘烤工艺的深化研究	17

第二章 密集烤房设计基础

第一节 烤房烘烤能力（容量）设计计算	21
第二节 烟叶烘烤的干燥原理	22
一、烟叶水分存在状态	22
二、烟叶水分转移	24
三、烟叶水分运动和湿热交换	26
四、烘烤过程的适宜脱水速度	27
五、烟叶干燥程度的表象	30
六、烟叶干燥的影响因素	31
第三节 燃料与燃烧	32
一、固体燃料	32
二、固体燃料的燃烧过程	36

三、固体燃料的燃烧和供热特点	40
四、燃料燃烧的计算	42
五、固体燃料固定层燃烧床的控制	44
第四节 传热学基础	48
一、材料的热量传递	48
二、对流换热	50
三、热辐射	53
第五节 i-d 在烟叶干燥技术中的应用	54
一、通过空气状态变化的过程分析和确定空气处理方案	54
二、等热加湿和等热减湿过程	56
三、加热加湿和冷却减湿过程	56
四、湿空气的混合	57
五、密集烤房完全内循环阶段的通风及热交换方式	58
六、密集烤房排湿阶段的通风及热交换方式	59
第三章 密集烤房的建设	61
第一节 烤房建设规划	61
一、烤房建设规划原则	61
二、密集烤房群的规划	61
第二节 烘烤工场的设计规划	65
一、烘烤区和编烟分级区	65
二、收购区和综合管理区	66
三、附属设施	67
第三节 密集烤房的建造	68
一、围护结构	68
二、装烟室	71
三、热风室（加热室）	77
四、密集烤房建造质量要求	82
第四节 密集烤房的余热共享	83
一、余热共享的技术原理	83
二、余热共享通道的建造	84

三、余热共享的操作与控制	87
第四章 密集烤房加热设备	90
第一节 加热设备供热衡算	90
一、烟叶在烘烤过程的耗热分析	90
二、供热设备主要技术参数的计算	94
三、烤房的综合热效率	96
第二节 金属加热器	97
一、火炉类型	98
二、散煤金属加热器的结构与主要技术参数	99
三、金属加热设备的材料	111
四、金属供热设备安装	115
第三节 供热设备实效性分析	117
一、加热器结构特点	117
二、加热器表面温度分布	118
三、升温性能	119
四、装烟室温度场分布	120
第四节 加热设备检测使用和养护	121
一、加热设备的检查检测	121
二、供热系统调试	122
三、设备维护与保养	123
第五节 非金属加热设备	125
一、非金属加热器基本特点	125
二、材质类型与基本结构	126
三、实效性测试分析	127
四、主要技术指标	130
第五章 密集烤房的通风系统与设备	132
第一节 通风衡算	132
一、进风和排湿的衡算	132
二、进排风口面积	134
第二节 通风系统和热风循环风机	135

一、通风排湿系统和相关设备	136
二、循环风机在烟叶烘烤中的作用	137
三、循环风机的主要技术参数要求	138
四、高效节能热风循环风机	140
五、循环风机的电动机	143
第三节 循环风机的运行	146
一、循环风机安装与调试	146
二、风机的运转	147
三、热风循环风机的检查与保养	149
第四节 风机电机变频调速	151
一、变频调速原理	151
二、变频调速主电路	153
三、控制部分	156
四、软启动	158
五、三相异步电动机接线方式	159
第六章 密集烤房的温湿度控制设备	160
第一节 温湿度控制的基本要求	160
一、温度自动控制	160
二、湿度自动控制	161
三、温湿度控制的技术指标	161
四、自动控制仪程序设计策略	162
第二节 温湿度自动控制仪及其配套设备配置	163
一、温湿度自动控制仪的显示屏和显示内容	163
二、自动控制仪的主要设计与元器件	164
三、控制目标的配置规格	166
四、自动控制仪配线连接头定义	168
第三节 自动控制设备安装与使用	169
一、自动控制仪的检查	169
二、自动控制仪及执行机构的装接与检查	171
三、自动控制仪的使用注意事项	172

第四节 自动控制设备的常见问题与配套设备 的养护·····	174
一、自动控制设备的常见问题检查与解决方法 ·····	174
二、非烤烟季节的设备养护 ·····	176
第七章 密集烘烤理论·····	178
第一节 烟叶烘烤的生理生化基础·····	178
一、呼吸作用 ·····	178
二、烟叶烘烤生理生化变化的关键酶 ·····	181
三、烘烤过程烟叶主要化学成分的变化 ·····	191
第二节 烟叶烘烤的基本原理·····	212
一、烟叶烘烤过程的基本变化 ·····	212
二、烟叶变黄基本原理 ·····	213
三、烟叶烤香的基本原理 ·····	216
四、棕色化反应 ·····	218
第三节 密集烘烤的特殊性·····	221
一、烘烤的环境条件差异 ·····	221
二、烘烤过程的烟叶形态变化差异 ·····	224
三、烟叶的生理变化及内在质量差异 ·····	226
四、密集烘烤质量特殊性的原因剖析 ·····	232
第八章 密集烘烤技术·····	237
第一节 烟叶成熟采收与编（夹）烟装烟 ·····	237
一、成熟度 ·····	237
二、烟叶成熟采收 ·····	238
三、编（夹）烟与装烟 ·····	239
第二节 烤烟烘烤工艺·····	242
一、国外烤烟烘烤工艺 ·····	242
二、烤烟三段式烘烤模式 ·····	245
三、密集烘烤技术 ·····	248
第三节 密集烘烤因素对烟叶烘烤的影响·····	262
一、装烟方式和装烟密度 ·····	262

二、烘烤时间对密集烘烤烟叶品质的影响	268
三、定色升温速度对烟叶烘烤的影响	272
四、湿度对密集烘烤烟叶品质的影响	275
五、风速对密集烘烤烟叶品质的影响	278
第四节 烘烤特殊情况及处理	285
一、烟叶在烘烤过程中的异常现象	285
二、主要烤坏烟分析	288
参考文献	294
附录 I 密集烤房的有关技术数据简表	313
表一 部分常用材料和建筑结构的导热系数	314
表二 常用燃料的低位发热值	315
表三 燃料的理论空气量值	316
附录 II 我国烤烟主要种植品种的基本特征	317
附录 III 密集烤房建筑图例	343
一、气流上升式密集烤房建筑施工图	345
二、气流下降式密集烤房建筑施工图	369

第一章 绪 论

第一节 密集烤房的概念和作用

密集烤房是现代烟草农业建设的重要基础设施，作为引领现代烟草农业发展方向的一种设施载体，承载着促进烟叶适度规模种植与生产组织方式变革的重任，代表了我国烤烟烘烤设备发展的方向。

一、密集烤房的特点

密集烤房的基本特点：

第一，装烟密度和烤房容量和大。我国生产中常用的普通小烤房烘烤能力通常为 $0.3 \sim 0.5 \text{hm}^2$ ，一般每 m^3 装烟室装烟量为 $25 \sim 30 \text{kg}$ ，密集烤房每 m^3 装烟室平均装烟量为 $60 \sim 70 \text{kg}$ 。装烟密度是普通烤房的 $2 \sim 4$ 倍，甚至更大。

第二，采用强制通风和热风循环。密集烤房彻底改变了普通自然通风烤房的被动烘烤方式，通过大风量风机进行开启空气循环，叶间隙风速增大，促进湿热快速交换，实现烟叶烘烤温湿度主动控制，快速实现控制目标。为适应加热和循环需要，在结构设计方面，加热室与装烟室有专门的通风通道。烘烤过程中，根据工艺条件需要，既可实现装烟室与加热室之间热空气的内循环，又可实现冷空气进入加热室、装烟室和排出的外循环。热空气的高速循环保证了密集烤房在较高密度装烟条件下顺利排湿定色，更有效地控制了烟叶内在化学成分的转化速度和程度，使烘烤过程对烟叶质量形成的控制能力增强，在很大程度上降低了烤坏烟的风险，利于保证和稳定烟叶的烘烤质量。

第三，烘烤过程温湿度自动控制。采用温湿度自动控制代替人工对烘烤过程进行控制，不仅有效避免了人工控制的粗放和失误，提高了控制的精准度，而且极大地解放了劳动力，使密集烤房在节省用工和提高烟叶烘烤质量方面效果突出。通过温湿度自动控制，烟叶烘烤技术的复杂性大大降低，为密集烤房和密集烘烤技术的发展提供了强大动力。

第四，使用特制的烟叶夹持设备。传统的手工编烟方式与密集烤房大容量、高密度装烟的特点不相适应，手工编烟装烟不仅难以保证装烟密度，而且编烟过程用工量大，不适应规模种植和工场化管理的现代烟草农业发展需要。为提高生产效率和节省烘烤环节编烟、装烟的繁杂用工，国外密集烤房使用了梳式烟夹、盒式烟夹、扎烟机，甚至大型装烟箱等各种各样的装烟设备。目前我国在烟夹应用方面才刚刚起步，先进装烟技术的研究与应用较为滞后。

二、密集烤房的重要作用

（一）将复杂的烘烤技术简单化

密集烘烤在设备和工艺等方面不断取得突破和创新，节能、提质、省工、减耗等方面的优势日益明显。作为烘烤工艺的载体，密集烤房降低了技术复杂性和烟叶烘烤风险，改善了烟叶等级结构，烘烤整体质量得到有效提升。操作人员不必掌握大量的、成套的烘烤技术，只通过简单劳动就可实现高技术的烘烤过程，提高了烟叶烘烤质量和效益，使劳动效率大大提高。

（二）强化对烟叶烘烤质量的定向控制

通过强制通风、热风循环，强化了排湿定色能力，不仅能够使烟叶充分完成内在物质转化后进行颜色和化学成分的固定，而且能够控制烟叶内含物质的转化方向和程度。通过温湿度自动控制，提高了温湿度控制的精准度，有效避免了人工粗放控制和可

能的烘烤失误,使烟叶烘烤质量控制的主动性提高,质量控制的定向性增强。

(三) 促进适度规模种植,引领现代烟草农业发展。

2008 年以来,适应烟叶规模种植和现代烟草农业发展需要,密集烤房每年推广数量均在 10 万座以上,全国户均种烟面积由 2007 年的 5.38 亩,快速提高到 2008 年的 7.71 亩和 2009 年的 11.19 亩,烟叶种植的集中度进一步提高,促进了适度规模种植的发展,为生产环节的专业化分工奠定了物质基础,催生了以烤房群和烘烤工场为中心的烟农互助组和专业合作社的产生和发展,带动了生产组织方式变革,有力地引领了现代烟草农业的发展。

第二节 密集烤房的演变与发展

一、密集烤房的起源

1956 年,美国北卡罗来纳州立大学的约翰逊(W. H. Johnson)等人进行了一项他们称之为“bulk - curing”(我国开始直译为“堆积烘烤”,1975 年将其定名为“密集烘烤”)的实验研究,对烟叶烘烤设备、绑烟和装烟方式以及烘烤工艺进行了重大改革,揭开了烟叶烘烤的新篇章。最初,他们的做法是将烟叶直接堆积在有孔隙的地板上,用鼓风机向地板底下鼓风,强制热风自地板孔隙进入装烟室,通过烟层并循环。观察结果表明,这种直接堆积烘烤存在着很大的问题,烟叶烘烤环境空气状态分布并不均匀,孔隙处与没有孔隙的地方温湿度差异过大,烟叶变黄和干燥速度参差不齐。在热风出口处的烟叶受热多,容易出现干燥快而烤青,而其他地方受热较少,烟叶干燥缓慢造成烤黑,质量下降,整体烘烤结果不理想。1957 年,他们改变了烟叶的放置方式,将烟叶用烟夹(最早为梳式烟夹)夹

持起来悬挂进烤房进行烘烤，并对密集烘烤设备进行了改进。试验证明，将烟叶叶尖向下、叶基向上有规则地悬挂起来，热空气自叶尖向叶基流动，能够防止烟叶表面聚集水分，有利于各层烟叶均匀变黄和及时定色干燥。1958 年，他们进行了强制通风试验，使热风以 $0.075 \sim 0.152\text{m/s}$ 的速度通过烟层，以防止烟叶发生“烫片”，促进烟叶变黄和干燥。试验结果表明，烟叶烘烤质量比普通烤房有所提高，热效率也大大提高，显著地节省了劳动力和烘烤时间。1960 年设计成适合于生产上使用的结构形式，装烟室为砖木或土木结构，高度为 1.95m ，长为 3.05m ，宽为 3.65m ，装烟 2 层，每层 2 路烟夹，烟夹长 1.82m ，宽 0.41m ，每个烟夹装鲜烟 54.43kg 。与此同时，还研究提出了密集烘烤相应的烘烤工艺。

密集烘烤设备发明以后，其结构形式又不断地得到改进和完善。20 世纪 60 年代中期，密集烤房使用的燃料由最初的煤气改为石油和天然气，在结构设计上基本采用在地面安装进风管，顶部设置回风管，送风机设在烤房外的循环风管中，热源在风机的下面，风机运转将热风送入装烟室，经过烟层后由回风管返回，再经热源加热后又被风机送入装烟室，如此循环往复。20 世纪 60 年代末，日本的木原改造了烤房基本结构，取消了顶部的回风管，以煤油为燃料，燃料由电磁泵自动吸收供给，温度的高低通过供油量的大小来调控，基本实现了温度自动控制。

1969 年，日本鹿儿岛烟草试验场在实践中发现了一个新的烘烤工艺方法，即将湿球温度控制在 38°C ，按照一定工艺的要求升干球温度，就可以保证烟叶烘烤质量。根据这一原理，山中弘久和川上嘉通二人研制成功了湿球温度自动控制系统，从而实现了烟叶烘烤自动控制。该控制器以热敏电阻为感温探头，在感温探头上包被与水源相连的纱布，以此显示的温度视为湿球温度。该温度与规定的温度（ 38°C ）通过电路检出偏差，经放大

器放大后,推动开关回路,再通过继电器,将开关信号传到燃烧器和进风门的脉冲电机。如果感温探头感受的温度高于规定温度的一定值时,燃烧器则自动减小火力或熄火,同时进排气口的脉冲电机自动地将进风门开启或开大;如果低于规定温度的一定值时,燃烧器则自动点火或增大火力,进风门自动关小或关闭。温度控制的灵敏度达 0.3°C 。

20 世纪 60 年代到 70 年代间,美国和日本等国的烟草专家研制出不同形式的烟叶夹挂设备。美国最早使用的是梳式烟夹,逐步发展为箱式。日本早期的烟叶夹持工具为铁丝框式,70 年代中期,日本三洲产业株式会社又设计出弹簧杆式烟夹。90 年代韩国在此基础上对弹簧杆式烟夹进行了改进。1974 年,日本三洲产业株式会社开发了气流上升式密集烘烤装置。1976 年,鲍威尔(Powell)公司研制成功了大箱式堆积烘烤成套设备,省去了用烟夹夹烟这一手工操作工序,将烟叶直接堆积于大箱中进行烘烤,使烟叶烘烤实现了完全机械化和自动化。每个大箱规格为 $2.24\text{m} \times 0.50\text{m} \times 2.80\text{m}$,两边和顶部由钢板和保温材料制成,烟叶装在箱中部,装好后由人工压下上面有许多金属针棒的上盖,下部留 30cm 左右、上部留 40cm 左右作为进、回风道,中部装烟高度约为 210cm。大箱既是夹烟和装烟器具,又是围护结构。一般由 8~12 个大箱放在混凝土衬垫上,相互连接锁住,组成一个烘烤单元,再接上热风发生器,就成为了一个烘烤系统,能自动进行烘烤。1977 年北卡罗来纳州立大学的石格斯(C. W. Suggs)发表了大箱式密集烘烤研究报告。同年,约翰逊(W. H. Johnson)又发表了气流横吹式密集烤房的研究报告,由烤房中间的垂直风道向两边的大箱吹风比从底部吹风时烟叶受风面积增大,气流通过烟叶的途径和时间都缩短了,因而能缩短烘烤时间,并有利于提高烘烤质量,此外,还可以增加烤房的宽度和高度,使大箱式烘烤得到进一步改善。