

烤烟三段式烘烤及其配套技术

山富著

振耀编

赵汪

荣华锐

长江

宫陈李

科学技术文献出版社

前 言

10年前,左天觉博士深刻地指出了我国烤烟生产“营养不良、发育不全、成熟不够、烘烤不当”的症结。这些年来,紧紧围绕着主攻质量、提高效益的中心,全面推行品种优良化、栽培规范化、种植区域化的三化措施,烤烟生产水平和鲜烟叶素质明显提高,有些已经接近或达到国际先进水平。但是在此同时,长好烤不好的现象日趋突出,影响了烟叶的质量和效益,甚至在一定程度上阻碍了烟区的进步和发展。许多烟草科技工作者和生产管理人员的经验和调查研究结果认为,就目前我国烤烟生产水平,只要能很好地解决了烘烤问题,增加烟叶烘烤的科技含量,上等烟比例和效益增加20个百分点是完全可能的。

烘烤不当问题已经引起各级烟草主管部门的重视,中国烟草总公司自90年代以来,多次专门召开全国烘烤技术研讨会,组织研究和推广国际上流行的先进可靠的三段式烘烤技术。几年来的示范应用和深化研究,使它更适合于我国国情,适用范围更广泛,能够有效地保证和提高烟叶烘烤质量。因此,这本小册子比较系统、全面而简要地阐述了三段式烘烤增进烟叶质量的技术原理、工艺措施及配套技术。尤其突出它的实践性,并努力提高它的实用性和可操作性,力求使读者一看就懂,掌握操作技术的关键和技巧,以适应复杂多变的具体情况。期望它在普及推广三段式烘烤中起到积极的作用。

本书内容包括烟叶烘烤技术基础、烟叶成熟采收和烤前作业、三段式烘烤工艺技术、烤房标准化和老烤房改造、烘烤与节能等 5 部分。内容通俗易懂,深入浅出,可作为烟叶烘烤技术员培训教材,也可供烟草科技工作者参考。

由于水平有限,时间仓促,难免有疏漏和谬误之处,敬请读者指正。

编 者

1996 年 3 月

目 录

1 烟叶烘烤技术基础	(1)
1.1 烟叶烘烤的意义.....	(1)
1.1.1 烘烤的概念.....	(1)
1.1.2 烘烤环境因素.....	(6)
1.1.3 烤烟温度计挂放的位置.....	(8)
1.1.4 烘烤过程的可分性和模糊性.....	(12)
1.1.5 我国烟叶烘烤的历史和现状分析.....	(15)
1.2 烟叶在烘烤中的主要生化变化.....	(20)
1.2.1 淀粉的水解转化和糖的积累.....	(21)
1.2.2 蛋白质的降解.....	(22)
1.2.3 烟叶呼吸消耗与干物质损失.....	(23)
1.3 烟叶的变黄规律.....	(24)
1.3.1 叶绿素的降解.....	(24)
1.3.2 烟叶变黄的外部条件.....	(26)
1.3.3 烟叶变黄规律和特点.....	(27)
1.4 烟叶的脱水干燥.....	(28)
1.4.1 烟叶水分形态及其与烘烤的关系.....	(28)
1.4.2 烟叶的失水规律.....	(29)
1.4.3 烟叶变黄与干燥的协调统一.....	(36)
1.5 烟叶棕色化反应及其调控.....	(37)
1.5.1 棕色化反应的概念与实质.....	(37)

1.5.2	棕色化反应发生的条件	(39)
1.5.3	棕色化反应的调控	(42)
1.6	烘烤过程中烟叶香吃味的产生	(43)
1.6.1	烟叶香吃味的概念	(43)
1.6.2	烘烤过程中烟叶香吃味的形成与散失	(44)
1.6.3	烘烤条件与烟叶香吃味的关系	(45)
1.7	烟叶烘烤控制的基本手段	(47)
1.7.1	根据烟叶外观变化诊断和调控内在变化	(47)
1.7.2	水、火、风、时四大要素运用	(48)
2	烟叶成熟采收与烤前作业	(50)
2.1	烟叶成熟度与质量的关系	(50)
2.1.1	成熟和成熟度的概念	(50)
2.1.2	烟叶成熟度档次划分	(52)
2.1.3	不同成熟度烟叶的烘烤质量	(55)
2.2	烟叶成熟采收	(59)
2.2.1	烟叶成熟的一般标准	(59)
2.2.2	环境条件对烟叶成熟的影响	(60)
2.2.3	烟叶成熟特征的多样性	(63)
2.2.4	不同营养水平烟叶成熟的主要特征	(66)
2.2.5	适时采收的原则和技巧	(67)
2.3	合理编竿装烟	(72)
2.3.1	合理编竿	(72)
2.3.2	合理装烟配炕	(75)
3	三段式烘烤工艺	(82)
3.1	烟叶烘烤特性	(82)
3.1.1	鲜烟素质和烘烤特性的差异	(82)

3.1.2	烟叶易烤性和耐烤性·····	(83)
3.1.3	烟叶烘烤特性的判断和调控·····	(84)
3.2	我国烟叶烘烤工艺的演变和发展·····	(90)
3.2.1	传统烘烤工艺·····	(90)
3.2.2	多段式烘烤工艺·····	(92)
3.2.3	三段式烘烤工艺的引进和确立·····	(95)
3.3	三段式烘烤技术·····	(98)
3.3.1	三段式烘烤模式·····	(98)
3.3.2	三段式烘烤实施中的几个问题 ·····	(104)
3.4	烧火技术 ·····	(110)
3.4.1	燃烧的条件 ·····	(110)
3.4.2	煤燃烧的特点 ·····	(110)
3.4.3	烧火原则和指标要求 ·····	(113)
3.4.4	烧火操作 ·····	(114)
3.5	排湿技术 ·····	(118)
3.5.1	排湿指标 ·····	(118)
3.5.2	排湿操作的原则 ·····	(118)
3.5.3	排湿操作方法 ·····	(119)
3.5.4	排湿操作注意问题 ·····	(120)
3.6	烟叶烘烤几个要素间的关系 ·····	(122)
3.6.1	烤房设备与烘烤工艺 ·····	(122)
3.6.2	适时成熟采收和烘烤 ·····	(122)
3.6.3	烤前作业与烤中作业 ·····	(123)
3.6.4	变黄和定色 ·····	(124)
3.6.5	干球温度、湿球温度与烧火、通风 ·····	(124)
3.6.6	烟叶水分汽化和排湿 ·····	(126)

3.7 几类不同烟叶烘烤要点	(126)
3.7.1 几个不同部位烟叶的烘烤	(126)
3.7.2 干旱烟	(130)
3.7.3 雨后烟	(132)
3.7.4 后发烟和嫩黄烟	(136)
3.7.5 黑暴烟	(139)
3.8 烘烤操作基本原则和技巧	(141)
3.8.1 烘烤操作原则	(141)
3.8.2 烟叶变化的调控	(143)
3.8.3 烘烤能量水平及均匀性	(147)
3.9 烘烤中几种主要不良现象分析	(150)
3.9.1 变黄阶段的异常现象	(150)
3.9.2 烤青烟	(151)
3.9.3 蒸片	(152)
3.9.4 糟片	(154)
3.9.5 挂灰	(155)
3.9.6 色泽不鲜亮	(157)
4 烤房标准化与老烤房改造	(159)
4.1 烤房数量和质量	(159)
4.1.1 烤房质量评价	(159)
4.1.2 烤房数量估计	(160)
4.1.3 烤房容量	(161)
4.2 烤房标准化的基本规格指标	(162)
4.2.1 150 竿容量烤房的规格指标	(163)
4.2.2 400 竿容量烤房的规格指标	(163)
4.3 老烤房改造	(164)

4.3.1	整体结构和装烟设备	(164)
4.3.2	排湿系统	(165)
4.3.3	供热系统	(172)
4.3.4	烤烟烧火中常见故障	(180)
5	烟叶烘烤与节能	(183)
5.1	烟叶烘烤中的热量消耗	(183)
5.1.1	有效耗热	(184)
5.1.2	无效耗热	(185)
5.1.3	烤房热能利用率计算	(186)
5.2	烤房设备与节能	(186)
5.2.1	火炉改造	(187)
5.2.2	减少排烟热损失	(191)
5.2.3	减少排气热损失	(192)
5.2.4	减少散热损失	(192)
5.3	烘烤工艺节能	(192)
5.3.1	工艺条件和操作不当造成热能损失	(192)
5.3.2	烘烤工艺节能途径	(194)
5.4	烤前作业节能	(195)
5.4.1	采收烟叶成熟度和成熟整齐度	(195)
5.4.2	合理装烟	(196)
5.4.3	烟叶预黄	(196)
5.5	太阳能利用	(196)
附表 1	部分常见建筑材料的导热系数	(198)
附表 2	常用燃料的低位发热量	(199)

1

烟叶烘烤技术基础

1.1 烟叶烘烤的意义

1.1.1 烘烤的概念

烟草是叶用经济作物，从田间收获的鲜烟叶含有80%~90%的水分，既不能作为原料直接被加工利用，也不能贮存或出售，必须放置于特定的设备中，通过人为控制温湿度条件使其变黄和干燥，将叶内形成的各种优良性状固定下来，才能成为卷烟工业的原料，这个过程称为烘烤，俗称炕烟。显然，烘烤并不是简单的干制加工，而是一系列独特和复杂的烟叶初级调制。

烤烟最基本的质量特色是颜色黄亮，光泽鲜明，香气怡人，吃味醇和，劲头适中。烟叶烘烤的基本任务和根本目的，就是将在特定条件下形成的、具有一定质量潜势的鲜烟叶，通过合理有效的工艺措施烤黄、烤干、烤香，使其成为适于卷烟工业需要的原料。

1.1.1.1 烘烤的实质 烟叶烘烤的实质是烟叶脱水干燥的物理过程与内部生理化学变化过程的协调和统一。从生物学上看，烟叶是烟草植株的营养器官，烘烤是脱离母体的叶片的饥饿代谢和人为创造条件加速叶片衰老死亡干燥的一

个连续过程。鲜烟叶不具备黄和香的基本特性，这些特性是烟叶在烘烤过程中进行一系列极其复杂的化学和生物化学转化而形成的。其间，烟叶的生命活动由旺盛直到终止，叶内成分、外观形态及组织结构都发生了显著的变化，从而具有了可加工性和可用性。从物理学上看，烘烤是以鲜烟叶为原料和加工对象的热力学干燥过程。烟叶装炕之后，在热空气介质的作用下，一边逐渐受热干燥，一边完成生化变化，最终显现出其特有的色、香、味。这个过程主要是控制温湿度条件，借以恰到好处地协调烟叶内部的变化，使烟叶在品质最佳时得以干燥固定。

事实上，烟叶在烘烤过程中发生的变化十分复杂，其中有具生命活动的叶片进行的酶促生化变化，也有非酶促的化学变化和水分不断散失的物理变化。这些变化只要能正常地进行，对增进和改善烟叶品质必然是有益的。反之，将导致烟叶品质变劣，重量减轻，甚至造成更严重的损失。烟叶在烘烤过程中的变化受制于烟叶内含物的种类和数量等内在因素，尤其以叶片含水量最为重要，但可以通过对温度、湿度、通风和维持时间等外在条件的合理调控，使烟叶品质向好的方向转化。

总之，烟叶烘烤就是人为创造工艺条件，使烟叶脱水干燥的物理过程与其内部生化转化过程的协调和统一。所谓烘烤技术，就是确保烟叶在品质最佳时及时干燥固定的技术，它是叶内生命活动与人为脱水干制的有机结合。

1.1.1.2 烘烤的作用和地位 烘烤是决定烟叶最终质量和可用性的一个重要环节。与其他农作物相比，烟叶的质量具有特别重要的意义。因为烟叶质量的优劣不仅直接影响

烟农的经济收入，而且决定着卷烟工业的产品质量和经济效益。诚然，烟叶质量的形成受多种因素的影响和制约，但烟叶最终商品质量和内在香吃味质量只有通过烘烤才能表现出来。一方面，具有一定质量潜势的鲜烟叶必须经过烘烤转化其优良品质才能显现出来，才具备商品的质量要素，才具有使用价值和经济效益；另一方面，具有相同质量潜势的鲜烟叶以不同的工艺条件烘烤，将得到外观质量和内在品质不同的干烟叶。正因为如此，在不同生态条件下形成的质量潜势不同的鲜烟叶，必须采用与之相适应的烘烤工艺措施，才能使其质量潜势最大限度地表现出来，显现其应有的使用价值和经济价值，这就是烘烤对烟叶质量的能动作用。左天觉博士指出，烟叶质量、使用价值和经济价值的形成，大田生长管理占 1/3，成熟采收占 1/3，适宜的烘烤占 1/3。这充分说明了烘烤在烟叶质量及其在烤烟生产中的重要性。目前我国烤烟生产上，大面积烟田上等烟比例不高，严重影响卷烟工业的发展，其主要原因就在于某些烘烤环节不当而导致烟叶质量下降，如常出现烤青、挂灰、色泽不鲜明，甚至出现花片、黑糟等。另一方面，如果由于气候或栽培管理等方面的原因，生产的鲜烟叶素质较低，缺乏必要的物质基础，虽然不能烤出超越鲜烟潜在价值的原烟，但是，可以通过适宜的烘烤技术措施，在一定程度上弥补鲜烟质量性状的某些不足，增进烟叶的香吃味，提高烟叶的商品等级。根据试验示范，就目前我国烟叶生产现状，只要认真进行烤房标准化改造，严格烤前作业，落实先进烘烤技术，使烤烟上等烟增加 10~20 个百分点是完全可以办得到的。

1.1.1.3 烘烤的系统性与完整性 烟叶烘烤包括从烤

房准备、烟叶成熟采收、编烟、装炕、烘烤操作直至回潮入仓等诸多环节。烟叶烘烤全过程是由各个环节组成的加工系统，每一个环节都影响烘烤操作过程和烘烤结果。从这种意义上讲，烘烤应具有其系统性和完整性。在烟叶烘烤系统中，每一个环节都可以看作是它的“子系统”，这些子系统的有机结合构成了完整的加工体系。就这些“子系统”本身而言，都有其相对的独立性和不可取代性，它们之间具有互相依赖、互相制约、相辅相成的有机联系，若处理得当，则能充分发挥每个子系统的功能，获得理想的烘烤结果；若处理不当或任何一个工序有失误，则必然导致母系统失调，造成难以弥补的损失。所以，在烟叶烘烤过程中要坚持系统控制的原则，首先要做好烤房准备、燃料的储备，并根据实际情况做好烟叶的适熟采收、合理编烟、装炕等烤前基础工作。其次，要确保烟叶在烘烤中的正确判断，以利烧火操作、通风排湿等烤中作业的准确进行。最后，要做好出炕、回潮及入仓等烤后处理工作，确保烟叶安全入库，才能实现烘烤作业的圆满成功。在烘烤实践中只重视烘烤工艺过程，不重视烤房及烤前准备，或试图只做好局部工作就想获得烘烤成功的作法与认识都是错误的。事实上，在生产上有不少严重的质量损失往往是由烘烤过程许多不引人注意的“小过失”综合作用而引起的。只有全面、系统地理解烘烤的含义，在烘烤实践中系统控制，综合管理，才能防患于未然。

1.1.1.4 烘烤的基本内容 烟叶烘烤的基本内容包括：

(1) 烘烤设备及燃料

①烤房。烤房是烟叶烘烤的基本设备。它既是装烟的场所，也是实施各种工艺措施的场所。

②仪表。干湿球温度计、钟表、风速仪、电子温度计等有关测试仪表，是烘烤工艺条件的监测工具。

③操作工具。烧火工具、防火器具、编烟设备、照明用具、运输工具、维修器具等。

④燃料。烤烟用煤及引火用的柴草，以及其他能源。

(2) 烟叶成熟与采收。主要包括烟叶成熟度及其诊断；采收数量估测，采收时机掌握，采收方法确定；鲜烟分类；编烟技术；运输、暂存等。

(3) 烤前准备。主要包括鲜烟的配叶编竿、运输、暂存、预黄、加水、配竿装炕等。

(4) 诊断技术

①烤前诊断。主要指点火之前的分析诊断。比如田间诊断，鲜烟分析，设备分析，烘烤结果预测，烘烤方案制定等。

②炕内诊断。主要指对烟叶在炕内调制过程中的变化状态分析，炕内工艺条件的确定，各种复杂情况的应急对策等。

③烤后诊断。主要指针对烘烤结果，正确总结经验教训，分析成败得失。

(5) 操作技术

①烤前准备。主要指烤房调试、仪表测校、燃料及各种用具准备，以及采收、配炕、编烟、运输、装炕等。

②炕内调制。主要指烟叶变化程度的调节控制、炕内工艺条件的掌握、各种复杂情况的应对，以及观察记载、安全防火等。

③烤后处理。主要指出炕（卸烟）、回潮、贮存发酵等。

烟叶烘烤的基本工艺流程为：

烤房整理→鲜烟诊断→选烟配炕→适熟采收→配竿装炕
↓
入仓贮存←卸烟回潮←炕内调制←制订方案←配叶编竿

1.1.2 烘烤环境因素

烟叶烘烤的环境因素主要有温度、湿度和通风，三者相互影响，综合作用，对烘烤质量起至关重要的作用。

1.1.2.1 环境温度 烟叶烘烤的环境温度有两个方面，一个是干球温度，另一个是湿球温度，二者是通过干湿球温度计而测量的。

(1) 干球温度。干球温度代表烘烤环境空气温度，反映烟叶被加热的程度。在其他条件相同且保持在一定范围内时，干球温度高有利于烟叶脱水和变黄，使烘烤时间缩短，也可以避免烟叶变褐变黑。但是，这不利于叶内物质发生充分而完善的转化，容易出现烤青烟和香气不足。相反，干球温度低时，烟叶变黄和干燥速度慢，通过延长时间使烟叶完成后熟，有利于内含物质发生充分和完善的转化，最终使烟叶既黄又香，预防和避免烤青。但是，由于烘烤时间延长，尤其烟叶还处于生命状态下时间延长，烟叶养分消耗量大，有烤黑的潜在因素，特别是水分大、叶片薄、干物质含量少的烟叶。在烘烤定色期间，还有升温速度问题。干球温度提升快，利于排湿定色和缩短烘烤时间，但存在着造成烟叶烤青、挂灰、蒸片等风险（尤其身份厚的烟叶）；若干球温度提升慢，有利于叶内物质继续进行转化，使没有彻底完成变黄的烟叶继续变黄，但也存在着造成片薄、色淡和不同程度糟片等风险（尤其水分大、干物质含量少的烟叶）。所以，只有根据烟叶的基本素质掌握干球温度不高不低，看烟叶变化动态升温不快不慢，才能确保烘烤质量。

(2) 湿球温度。湿球温度的物理学意义在于，它表示水分蒸发使环境空气达到饱和时所能提供热量的能力。空气温度（即干球温度）与湿球温度的差，表示空气吸收和容纳水分能力的大小，所以这个差值也叫做干燥势。在相同条件下，干湿球温度差大，表示空气湿度小，干燥能力强，有利于烟叶脱水干燥和缩短烘烤时间。反之，则表明空气湿度大，干燥能力弱，有利于保持烟叶水分和延长烘烤时间。因此，相同干球温度下，通过调整干湿球温度差可以调控烟叶干燥的快慢。根据湿球温度计的工作原理和烟叶水分的汽化散失过程，湿球温度在烘烤中的意义，不仅在于它与干球温度的差值表示了环境的干燥势，而且在烟叶尚有大量水分情况下它几乎代表了烟叶自身的组织温度。

整个烘烤中，湿球温度的高低对烟叶烤后质量有较大的影响。在一定湿球温度范围内保持各时期和时段湿球温度略高，有利于叶内物质充分转化而烤香，可以促使烟叶在较高湿度下干燥而烤鲜，且色度均匀，但也存在着排湿缓慢，养分消耗过多，甚至烤黑的风险。湿球温度低时，对烟叶水分的蒸发排除有利，可以阻滞烟叶变褐烤黑，增加烟叶烤黄机率，但叶内物质转化不够充分，很容易出现烤青烟。还应当指出，在烟叶变黄期间，湿球温度高，环境介质干燥势小，烟叶容易呈现失水少而变黄相对快的所谓硬变黄现象，给黄色的固定造成困难；烟叶定色期间湿球温度较高时，操作技术难度较大，稍有疏忽会使烟叶颜色更深、灰暗；在叶片基本干燥以后，如果湿球温度超过 43°C ，烟叶又容易因环境相对湿度大而烤成暗红色。但是，从总体上说，湿球温度保持在适宜的范围内略高且相对稳定，不仅有利于烟叶烤黄、烤鲜、

烤香，而且对于节省烤烟燃料也有积极的作用。

1.1.2.2 相对湿度 湿度对烟叶烘烤的作用很大。没有适宜的湿度，烟叶不能完成其内在的成分转化，烘烤过程不能圆满进行。湿度过大，烟叶容易变褐而烤坏；湿度过小，烟叶容易失水过速而青干。因此，在烟叶烘烤过程中，保持炕内一定的相对湿度条件很重要。在相等温度条件下，空气相对湿度越低，烟叶与环境的湿度梯度越大，越有利于烟叶水分蒸发。相对湿度越高，空气的饱和亏缺量越小，烟叶水分蒸发就越困难。当相对湿度达饱和状态时，烟叶水分停止蒸发。所以，在烘烤前期较高的相对湿度有利于保持烟叶组织一定的含水量，促使叶内生化变化的进行；后期较低的相对湿度条件对于加快烟叶排湿干燥是必需的。

1.1.2.3 通风速度与进排气量 通风速度和进排气量的大小对烤房内的温湿度状况和烟叶水分的迁移蒸发都有很大影响。随着通风量增大，空气对流带走了烟叶表面水汽饱和层的水分，同时又连续不断地给烟叶补充热量，使烟叶水分继续汽化。空气流速越大，烟叶与空气间的湿热交换越充分，越有利于烟叶干燥。但是必须根据烟叶变黄和干燥的程度控制通风速度和进排气量的大小。如果烟叶没有完成变黄之前过多通风，将导致烟叶过快干燥而烤青；叶片干燥阶段需要空气对流量较大，耗热量多，但过多的通风会造成无效耗热量增大，浪费燃料。当然，此时通风量不够对烟叶烘烤质量的影响更大。

1.1.3 烤烟温度计挂放的位置

温度计在烤房内挂放的位置对烘烤操作技术有很大的影响。在 90 年代以前，大多数人都主张将温度计挂放在二棚，

用以监测烤房内环境温湿度,指导烘烤作业。90年代以来,随着烤烟生产三化水平的提高,鲜烟素质有很大提高,烘烤工艺由传统工艺改为三段式烘烤工艺,强调了烟叶在低温条件下充分变黄,以提高烟叶的香吃味质量。为配合三段式烘烤工艺的推广应用,不少学者提出应将温度计设在底棚,并在生产实践中应用,取得了较好的效果。为此,这里有必要对温度计挂放的位置问题作为专题进行讨论。

1.1.3.1 烤房底棚与二棚的温湿度差异 底棚与二棚在温度上的差异主要表现在两个方面,一是底棚温度高于二棚,因为底棚距热源最近,二棚略远。二是底棚的温度稳定性较差,变动频繁,变幅较大,而二棚则相对稳定。因为底棚受热源和进风的直接影响,而二棚主要受间接影响,所以在烘烤的升温阶段,或者烘烤操作失误而降温时,两棚间温度的差异增大。而在稳温阶段,或者烧火适宜时,两棚间温度的差异缩小。当烘烤进入干筋期稳温段时,两者之间的差异已很小,可以视为基本相同。

底棚与二棚在湿度上的差异主要表现为底棚湿度较低,二棚湿度略高。而且,随着底棚烟叶脱水干燥,其湿度差异有先大后小的趋势。因为底棚所承受的是相对较热和较干燥的热气流,而热气流在通过底棚烟层时携带了烟叶汽化脱除的水分,从而使二棚烟叶所承受的热气流的湿度有所增大。

1.1.3.2 温度计挂在二棚 从烤房内整个环境条件和烟叶变化看,温度计挂在二棚温湿度稳定性比较好,具有比较大的代表性,但是和挂在底棚相比,也存在几个方面的问题:

(1) 相对提高了烘烤温度。由于二棚温度低,湿度大,当