

# 密集烤房烟叶烘烤过程中变频器对致香物质变化规律的影响

李俊鹏, 赵高坤\* (云南省烟草农业科学研究院, 云南昆明 650031)

**摘要** [目的]研究密集烤房烟叶烘烤过程中变频器对烟叶内致香物质变化的影响,[方法]通过对烘烤过程中烤房内采用异步电机变频技术的循环风机进行操控,设立1个对照和3个处理,分别对其在烟叶变黄及定色期的风机转速进行控制,从而对烤房耗能及烟叶内致香物质进行调控。[结果]通过对叶间风速、垂直温差与能耗的研究及烤后烟叶的常规化学成分与感官评吸质量的测定,最终得出密集烤房变频器改造后电耗明显降低,烤后烟叶质量得到改善和提高。[结论]研究可为密集烤房烟叶烘烤过程中变频器的合理应用提供参考依据。

**关键词** 密集烤房;异步电机变频技术;循环风机;能耗;致香物质

中图分类号 S572 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)35-13721-04

## Effect of Frequency Transformer in Tobacco Flue-curing of Bulk Curing Barn on Change of Aroma Constituents

LI Jun-peng et al (Yunnan Academy of Tobacco Agricultural Science, Kunming, Yunnan 650031)

**Abstract** [Objective] To study effect of frequency transformer on change of aroma constituents in tobacco leaves in bulk curing barn. [Method] Circulating fan asynchronous-motored conversion was adopted for the bulk curing barn, 1 CK and 3 treatments were set to control speed of circulating fan in yellowing and color fixing stage of tobacco leaves, to regulate energy consumption of bulk curing barn and aroma constituents in tobacco leaves. [Result] Through investigating wind speed among leaves, vertical temperature differences and energy consumption, and conventional chemical components of the cured tobacco, sensory evaluation and taste evaluation, it was found that the reform of frequency transformer reduces power consumption, improves quality of tobacco leaves. [Conclusion] The research offers preferences for the reasonable application of frequency transformer in bulk curing barn.

**Key words** Bulk curing barn; Asynchronous-motored conversion; Circulating fan; Energy consumption; Aroma constituents

目前,全国累计推广密集烤房50万座以上,使用的循环风机转速单一,只有1个或者2个转速,自控系统无法自动平滑控制风机调速,而手动控制存在精度差、滞后严重等不足。风机转速大,电能浪费较大,同时烟叶香气不足;转速太小则会导致烘烤曲线与设定值偏离较大,降低黄烟率,上中等烟比率也少于预期值,无法满足烟叶烘烤工艺的需要,而且风机电机转速单一电耗较高。华中科技大学煤燃烧国家重点实验室刘小伟博士成功开发密集烤房风机变频自控设备并进行应用,密集烤房烤后烟叶香气质、香气量明显增加,电耗降低30%以上。樊军辉等研究密集烘烤工艺不同阶段风速与烟叶质量的关系认为,密集烘烤变黄阶段38℃风机转速960 r/min,38℃稳温结束之后至47℃左右稳温结束,风机转速1450 r/min,之后直到60℃,风机转速960 r/min,然后风机运转速度保持720 r/min至烘烤结束,有利于密集烤房烤后烟叶质量的提高,解决了密集烤房风机变频自控设备和烟叶烘烤不同时期风机转速的问题<sup>[7]</sup>。而在烟叶烘烤过程中,烘烤工艺温度、湿度和持续时间三要素组合变化,为保证烟叶烘烤质量,所需要风速、风压、风量也必须发生变化<sup>[2]</sup>,因此变频技术及其自控设备和烟叶烘烤工艺需要进一步优化;单一或是单调的风机电机转速也是造成电机能耗浪费的原因,还需要进一步优化。为进一步满足烟叶烘烤工艺需要,提高稳定密集烘烤烟叶质量,降低能耗,笔者进行了循环风机无极变速变频器研发和试验<sup>[3]</sup>。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 供试烤烟品种为K326,供试烤房为气流下降式密集型烤房。

**1.2 变频技术基本原理及结构** 密集烤房循环风机三相异步电机变频技术原理是将三相380V/50Hz交流电通过整流桥整流变成脉动直流电,通过电解电容滤波后变成平滑的直流电,控制板对IPM、IGBT或模块的控制后将平滑的直流电变成三相频率可变的交流电。

$$\text{变速: } n = 60f(1 - K)/p$$

式中, $n$ 为电动机转速;60为常数; $p$ 为极对数; $f$ 为电源频率; $k$ 为滑差系数。只要改变电源频率“ $f$ ”或极对数“ $p$ ”,就可以改变电动机转速。

**1.3 试验处理** 试验于2013年在云南省玉溪市红塔区黑村烤房进行。变频器试验设1个对照3个处理。处理1:在2013年推广的气流下降式密集烤房上安装变频器,对循环风机进行转速控制,变黄阶段38℃风机转速960 r/min,38℃稳温结束之后至47℃左右稳温结束,风机转速1450 r/min,之后直到60℃,风机转速960 r/min,然后风机运转速度保持720 r/min至烘烤结束。处理2:在2013年推广的气流下降式密集烤房上安装变频器,对循环风机进行转速控制,控制方法见表1。处理3:在2013年推广的气流下降式密集烤房上安装变频器,对循环风机进行转速控制,控制方法见表2。对照:在2013年推广的气流下降式密集烤房,变黄阶段38℃风机转速960 r/min,38℃稳温结束之后至47℃左右稳温结束,风机转速1450 r/min,之后直到烘烤结束,风机转速960 r/min。

**1.4 密集烤房性能测试** 调查各变频器处理密集烤房循环风机不同转速风场温场分布状况、烟叶烘烤过程中垂直温差和叶间风速,了解各变频器处理密集烤房性能。用风速仪

**基金项目** 国家局重大专项“提升清香型烟叶质量调制工艺及工业加工技术研究”。

**作者简介** 李俊鹏(1991-),男,云南楚雄人,本科生,专业:烟草。  
\*通讯作者,助理研究员,硕士,从事烟叶调制技术研究。

**收稿日期** 2013-11-05

表1 处理2循环风机转速控制方法

烟叶烘烤温度//℃	变频器赫兹数//Hz	循环风机转速//r/min
35 前	25	720
36~40	30	864
41~42	35	1 008
43~45	40	1 152
46	45	1 296
47~56	50	1 440
61~62	45	1 296
63~68	35~40	1 008~1 152

表2 处理3循环风机转速控制方法

烟叶烘烤温度//℃	变频器赫兹数//Hz	循环风机转速//r/min
35 前	25	720
36~38	27	778
39~40	30	864
41~42	33	950
43~45	35	1 008
46	38	1 094
47	40	1 152
48~49	43	1 238
50~56	45	1 296
57~60	40	1 152
61~62	38	1 094
63~68	30~35	864~1 008

(型号 A531, 测量精度  $\pm 2\%$  m/s) 分别测量密集烤房空载时

高低档顶层、中间层和底层9点平面风速,其中点1、2、3位于靠近供热室一方,距离内墙30 cm处,点4、5、6位于装烟室中间,距离内墙点4和点6距离内墙30 cm,点7、8、9位置靠近装烟室装烟门一方,距离内墙30 cm处,了解风场分布状况,计算平均风速。烟叶烘烤过程中,在35、38、42、47、54℃时,分别用电子火表测量密集烤房顶层和底层温度,用风速仪测量叶间风速计算垂直温差,考察叶间风速变化。

**1.5 取样与分析** 样品应具有较好的代表性,每个采样点按烟叶烘烤的中部,分别采集C3F等级烟叶,每个等级样品选取3 kg(初烤烟叶),分析检测烟叶外观质量、物理特性、常规化学成分、中性挥发性香气、挥发酸,鉴定烟叶品质,考察不同处理烟叶烘烤质量<sup>[4-7]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 变频器改造后密集烤房性能与能耗

**2.1.1 循环风机不同转速风场分布规律。**风压、风速、风量是密集烤房烟叶烘烤调制成功的必要条件之一,与调制后烟叶品质、烟叶调制能耗存在密切的关系<sup>[8-10]</sup>。从表3可以看出,密集烤房空载时,随着循环风机转速增加,装烟室上层、中层和下层平面风速不断增加,靠近装烟室一方风速变化规律不明显,装烟室中间和靠近装烟门一端风速随风机转速增

表3 密集烤房空载时循环风机不同转速风场分布状况

循环风机转速 r/min	测量层	测量点风速//m/s									平均风速 m/s
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
576	下层	0.55	0.46	0.64	0.75	0.80	0.72	0.21	0.11	0.32	0.50
	中层	0.37	0.28	0.28	0.35	0.65	0.33	0.44	0.18	0.27	0.35
	上层	0.33	0.16	0.36	0.51	0.37	1.06	0.76	0.21	0.27	0.45
720	下层	1.00	0.73	0.18	0.88	1.03	0.49	0.09	0.29	0.26	0.55
	中层	0.64	0.51	0.31	0.48	0.61	0.30	0.36	0.11	0.26	0.40
	上层	0.19	0.47	0.39	0.49	0.43	0.95	1.00	0.16	0.51	0.51
778	下层	0.53	0.75	0.38	0.42	0.94	0.76	0.16	0.29	0.46	0.52
	中层	0.72	0.26	0.15	0.48	0.75	0.27	0.65	0.24	0.32	0.42
	上层	0.22	0.20	0.35	0.88	0.22	1.22	1.04	0.45	0.52	0.56
864	下层	0.72	0.87	1.19	1.20	1.16	1.19	0.31	0.42	0.43	0.83
	中层	0.85	0.31	0.67	0.35	0.76	0.46	0.41	0.25	0.26	0.48
	上层	0.22	0.35	0.38	0.65	0.31	0.81	1.31	0.55	0.98	0.62
950	下层	0.99	0.39	0.43	1.27	1.05	0.74	0.35	0.32	0.31	0.65
	中层	0.65	0.48	0.64	0.54	1.18	0.57	0.70	0.40	0.65	0.64
	上层	0.25	0.25	0.86	0.83	0.36	0.80	0.72	0.43	1.13	0.62
1 008	下层	0.51	1.14	0.62	0.71	1.52	1.14	0.24	0.26	0.87	0.78
	中层	0.55	0.57	1.00	0.47	0.94	0.35	0.58	0.18	0.53	0.57
	上层	0.34	0.33	0.31	0.99	0.62	1.00	0.92	0.22	0.81	0.61
1 094	下层	0.88	0.96	1.19	1.85	1.51	1.66	0.37	0.48	0.29	1.02
	中层	0.41	0.44	0.55	0.76	0.88	0.57	1.05	0.40	0.46	0.61
	上层	0.34	0.27	0.42	1.63	0.38	2.52	1.27	0.34	0.41	0.84
1 152	下层	1.53	1.33	1.28	1.27	1.68	1.54	0.41	0.38	0.64	1.12
	中层	0.94	0.73	0.83	0.60	1.01	0.88	0.95	0.50	0.49	0.77
	上层	0.26	0.41	0.77	1.74	0.43	1.59	1.12	0.50	0.60	0.82
1 210	下层	1.59	1.46	1.39	1.60	1.91	1.26	0.51	0.47	0.59	1.20
	中层	0.80	0.76	0.88	0.84	0.88	0.84	0.94	0.48	0.69	0.79
	上层	0.61	0.63	0.89	1.54	0.63	1.93	1.21	0.38	0.54	0.93
1 296	下层	1.81	1.70	1.09	2.15	2.19	1.57	0.31	0.50	0.90	1.36
	中层	1.26	0.91	0.90	0.79	1.70	0.94	1.24	1.07	1.07	1.09
	上层	0.24	0.34	0.53	1.68	0.60	1.37	1.95	0.65	0.95	0.92
1 354	下层	0.79	0.89	0.78	2.04	2.48	2.39	0.49	0.48	0.49	1.20
	中层	1.45	1.02	0.78	0.78	1.33	0.63	1.09	0.44	0.48	0.89
	上层	0.69	0.29	0.36	1.13	0.52	0.84	1.58	1.19	1.09	0.85
1 440	下层	1.68	1.68	1.41	1.28	2.30	2.14	0.35	0.50	0.76	1.34
	中层	1.31	1.17	1.17	0.64	1.40	0.86	0.73	0.50	0.75	0.95
	上层	0.38	0.46	1.12	0.45	0.64	1.70	1.95	0.77	1.64	1.01

加而增加。不论是在哪一个风机转速时段,平面平均风速:上层风速 > 下层风速 > 中层风。

**2.1.2 烟叶烘烤过程中叶间风速、垂直温差与能耗。**由表 4 和 5 可知,变频器不同处理在烟叶烘烤过程中,伴随着温度、风机转速的增加烟叶逐步脱水干燥,叶间风速逐渐增加,垂直温差逐步变大,到 47 °C 时垂直温差达到最大,之后到 54 °C 时垂直温差缩小,不管是对照还是 3 个处理在整个烟叶烘烤过程中垂直温差始终小于 4 °C。各处理与对照相比,烟叶烘烤过程中叶间风速:对照(0.15 ~ 0.58 m/s) > 处理 1(0.13 ~ 0.51 m/s) > 处理 2(0.125 ~ 0.47 m/s) > 处理 3(0.13 ~ 0.35 m/s);垂直温差:处理 3(0.8 ~ 3.8 °C) > 处理 2(0.9 ~ 3.3 °C) > 对照(0.2 ~ 2.5 °C) > 处理 1(0.8 ~ 2.2 °C);各处理与对照电耗相比较,对照(196.5 kW·h) > 处理 1(141.4 kW·h) > 处理 2(140.0 kW·h) > 处理 3(134.3 kW·h),使用变频器后电耗节约率达 28.04 ~ 31.96 个百分点。

表 4 烟叶烘烤过程中叶间风速与垂直温差

处理	测量温度//°C	风机电流//A	风机转速 r/min	叶间风速 m/s	顶层温度//°C	底层温度//°C	垂直温差//°C
对照	35	-	960	0.15	34.8	34.3	0.2
	38	-	960	0.16	38.3	37.3	1.0
	42	-	1 440	0.26	42.1	39.7	2.4
	47	-	1 440	0.43	46.9	44.4	2.5
1	54	-	1 440	0.58	53.7	51.4	2.3
	35	1.89	731	0.13	35.1	34.3	0.8
	38	1.94	875	0.14	37.7	37.1	0.6
	42	2.07	1 022	0.33	41.6	39.4	2.2
	47	2.72	1 430	0.38	46.6	44.5	2.1
2	54	2.91	1 450	0.51	54.1	51.8	2.3
	35	1.89	728	0.125	35.1	34.2	0.9
	38	1.99	886	0.16	37.8	37.5	0.3
	42	2.07	1 021.7	0.27	42.3	40.8	1.5
	47	3.12	1 505	0.31	46.9	43.6	3.3
3	54	3.12	1 505	0.47	54.1	51.3	2.8
	35	1.87	736	0.13	35.1	34.3	0.8
	38	1.96	890	0.13	37.9	36.4	1.5
	42	2.24	1 160	0.19	41.8	38.7	3.1
	47	2.37	1 247	0.27	43.9	40.1	3.8
	54	2.45	1 305	0.35	54.5	51.6	2.9

表 5 变频器不同电耗处理比较

处理	耗电量 kW·h	与对照相比较电耗	
		降低//kW·h	节约率 %
对照	196.5	-	-
1	141.4	55.1	28.04
2	140.0	56.5	28.75
3	134.3	62.2	31.96

## 2.2 不同处理烟叶烘烤质量

**2.2.1 不同处理烤后烟叶香气物质变化。**由表 6、7 可知,烤后烟叶酸性成分:草酸、丙二酸、丁二酸、苹果酸、柠檬酸、棕榈酸、亚油酸、油酸、亚麻酸、异戊酸、2-甲基-丁酸、戊酸、3-甲基-戊酸、己酸、苯甲酸、辛酸、苯乙酸、硬脂酸等含量总和为处理 3(189.98 mg/g) > 处理 2(164.78 mg/g) > 处理 1(149.62 mg/g) > 对照(143.94 mg/g);非挥发性有机酸含量:

处理 3(79.47 mg/g) > 处理 2(77.3 mg/g) > 处理 1(71.81 mg/g) > 对照(68.46 mg/g);挥发性有机酸含量:处理 3(110.51 mg/g) > 处理 2(87.48 mg/g) > 处理 1(77.81 mg/g) > 对照(75.48 mg/g)。中性致香物质:巨豆三烯酮、大马酮、3-羟基大马酮、3-氧化紫罗兰醇、香叶基丙酮、二氢猕猴桃内酯、6-甲基-5-庚烯-2-酮、茄酮、氧化茄酮、苯甲醇、苯甲醛、苯乙醛、苯乙醇、吡嗪、糠醛、糠醇、二氢呋喃酮、乙酰基吡咯、5-甲基糠醛、2,4-庚二烯醛、4-环戊烯-1,3-二酮、4-乙基-2-甲氧基苯酚、新植二烯、西柏三烯二醇等含量总和为处理 3(561.819 μg/g) > 处理 2(552.119 μg/g) > 处理 1(461.198 μg/g) > 对照(456.263 μg/g)。由此可见,柔和的风速有利于密集烘烤烟叶烟叶香气物质形成和沉淀,形成优良的原烟品质<sup>[11-12]</sup>。

表 6 不同处理烤后烟叶酸性成分含量 mg/g

化合物名称	对照	处理 1	处理 2	处理 3
草酸	7.44	7.81	6.57	8.10
丙二酸	2.28	2.07	2.38	2.43
丁二酸	0.13	0.14	0.13	0.18
苹果酸	41.80	38.81	51.81	49.92
柠檬酸	8.15	13.94	7.76	9.97
棕榈酸	2.38	2.51	2.39	2.50
亚油酸	1.80	1.67	1.74	1.71
油酸	0.93	0.97	1.01	1.02
亚麻酸	3.12	3.42	3.07	3.18
硬脂酸	0.43	0.47	0.44	0.46
异戊酸	27.75	30.98	30.70	44.96
2-甲基-丁酸	24.73	24.68	23.82	34.77
戊酸	0.58	0.66	0.56	0.66
3-甲基-戊酸	1.19	1.52	1.22	1.99
己酸	0.32	0.50	0.36	0.58
苯甲酸	4.52	5.50	4.92	6.94
辛酸	1.47	1.59	1.18	1.89
苯乙酸	14.92	12.38	24.72	18.72
非挥发性有机酸合计	68.46	71.81	77.30	79.47
挥发性有机酸合计	75.48	77.81	87.48	110.51
酸性成分总计	143.94	149.62	164.78	189.98

**2.2.2 不同处理烤后烟叶常规化学成分与感官质量评吸。**郑州烟草研究院经过近几年的研究,结合我国目前卷烟的风格,提出国际型优质烟叶烟碱含量下部叶 1.5%,中部叶 2.5%,上部叶 3.5%;还原糖含量 18% ~ 24%;氧化钾含量大于 2%;淀粉含量小于 5%;石油醚提取物含量 7% 以上。由表 8 可知,3 个处理烤后烟叶常规化学成分均优于对照。

表 7 不同处理烤后烟叶中性致香物质 μg/g

化合物名称	对照	处理 1	处理 2	处理 3
1-戊烯-3-酮	0.243	0.365	0.203	0.318
3-羟基-2-丁酮	0.171	0.141	0.121	0.085
3-甲基-1-丁醇	0.371	0.286	0.460	0.267
吡嗪	0.184	0.123	0.120	0.108
3-甲基-2-丁烯醛	0.165	0.103	0.124	0.137
己醛	0.097	0.087	0.092	0.083
面包酮	0.147	0.099	0.089	0.112

接下表

续表 7

化合物名称	对照	处理 1	处理 2	处理 3
糠醛	1.718	1.923	1.665	1.677
糠醇	0.679	0.461	0.509	0.177
2-环戊烯-1,4-二酮	0.232	0.177	0.153	0.172
1-(2-呋喃基)-乙酮	0.128	0.087	0.076	0.093
丁内酯	0.080	0.069	0.066	0.051
2-吡啶甲醛	0.087	0.069	0.071	0.067
糠酸	0.227	0.117	0.122	0.122
苯甲醛	0.054	0.086	0.129	0.055
5-甲基糠醛	0.173	0.073	0.070	0.069
2,4-庚二烯醛 A	0.038	0.065	0.036	0.069
4-吡啶甲醛	0.115	0.156	0.080	0.115
1H-吡咯-2-甲醛	0.035	0.020	0.022	0.024
2,4-庚二烯醛 B	0.092	0.091	0.079	0.098
苯甲醇	3.243	3.648	5.606	2.260
苯乙醛	0.446	0.402	1.857	0.171
1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮	0.481	0.349	0.537	0.340
芳樟醇	0.198	0.337	0.332	0.257
壬醛	0.144	0.112	0.169	0.152
1-(3-吡啶基)-乙酮	0.076	0.052	0.067	0.054
苯乙醇	1.112	1.694	2.888	0.860
氧化异佛尔酮 + 未知物	0.413	0.383	0.388	0.303
2,6-壬二烯醛	0.210	0.293	0.151	0.233
苯并[c]噻吩	0.143	0.126	0.129	0.142
藏花醛	0.150	0.121	0.189	0.125
胡薄荷酮	0.121	0.117	0.132	0.097
2,3-二氢苯并呋喃	0.218	0.296	0.331	0.252
喹啉	0.288	0.332	0.347	0.227
2-甲氧基-4-乙基苯酚	1.348	1.262	1.315	1.283
茄酮	10.335	8.020	9.379	9.283
BETA-大马酮	3.016	4.123	4.258	3.307
BETA-二氢大马酮	0.994	1.246	1.479	1.016
去氢去甲基烟碱	0.529	0.384	0.367	0.291
香叶基丙酮	0.610	0.645	0.754	0.685
BETA-紫罗兰酮	0.479	0.634	0.660	0.470
丁基化羟基甲苯	0.828	0.762	0.897	0.703
2,3'-联吡啶	0.377	0.190	0.265	0.257
二氢猕猴桃内酯	0.467	0.472	0.520	0.495
巨豆三烯酮 A	1.365	1.211	1.599	1.167
巨豆三烯酮 B	4.081	3.864	5.446	3.250
巨豆三烯酮 C	1.122	0.990	1.266	1.006
巨豆三烯酮 D	4.274	3.746	5.406	3.837
3-氧代-ALPHA-紫罗兰酮	0.144	0.136	0.149	0.146
十四醛	1.694	2.233	2.898	2.719
2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮	0.453	0.518	0.477	0.524
蒽	0.999	0.729	1.271	0.960
茄那土酮	1.212	0.694	0.647	0.999
新植二烯	363.578	388.287	460.936	480.338
邻苯二甲酸二丁酯	2.159	1.801	2.034	2.401
金合欢基丙酮 A	4.349	3.636	5.122	4.741
十六酸甲酯	1.100	0.923	1.035	1.340
十六酸	4.973	4.247	4.415	5.136
十六酸乙酯	1.215	1.283	1.397	1.620
寸拜醇	4.451	2.728	3.440	4.050
亚麻酸甲酯	2.596	2.303	2.660	2.341
植醇	2.315	2.206	3.838	2.157
西柏三烯二醇	22.744	8.947	10.643	15.719
金合欢基丙酮 B	0.177	0.118	0.136	0.206
中性香气物质合计	456.263	461.198	552.119	561.819

表 8 烤后烟叶常规化学成分

处理	总烟碱	总糖	氯含量	总氮	还原糖	钾含量
对照	3.03	27.4	0.53	2.30	18.3	1.40
1	2.65	30.0	0.63	2.11	21.4	1.29
2	3.34	28.0	0.71	2.48	21.6	1.28
3	3.69	23.6	0.52	2.82	17.5	1.60

将烟叶样品送红云红河技术中心进行评吸鉴定,得变频  
器试验不同处理烤后烟叶的评吸质量如表 9 所示。香气质:  
处理 2 和处理 3 相等(7.8) > 处理 1 和对照相等(7.3);香气  
量:处理 2(7.8) > 处理 3(7.5) > 处理 1 和对照相等(7.3);  
评吸总分:处理 3(60.3) > 处理 2(59.5) > 处理 1(57.5) > 对  
照(57.3);使用价值评价:处理 2 和处理 3 接近(7.8) > 处理  
1 和对照接近(7.0)。

表 9 不同处理烤烟叶感官评吸结果

处理	香气质	香气量	杂气	浓度	刺激性	余味	燃烧性	灰色	总分	使用 价值
对照	7.3	7.3	7.3	7.0	7.5	6.8	7.0	7.3	57.3	7.0
1	7.3	7.3	7.0	7.8	7.0	6.5	7.5	7.3	57.5	7.0
2	7.8	7.8	7.0	7.5	7.5	7.3	7.5	7.3	59.5	7.8
3	7.8	7.5	7.0	7.5	7.5	7.5	7.8	7.8	60.3	7.8

### 3 结论与讨论

密集烤房变频器改造后电耗明显降低,节约率达 30% 左  
右,风速柔和,烟叶脱水、变黄、干燥循序渐进,香气物质形成  
大量沉淀积累,化学成分协调,烟叶感官评吸结果处理优于  
对照,烟叶工业使用价值得到提高,密集烘烤烤后烟叶质量  
得到改善和提高。密集烘烤循环风机变频器不同控制策略  
以处理 3 较好,不论是从节能效果看,还是烟叶烘烤质量都  
优于处理 1 和处理 2。即在烟叶烘烤 38 ℃,变频器赫兹数为  
27 Hz,循环风机转速 778 r/min,叶烘烤 42 ℃,变频器赫兹数  
为 33 Hz,循环风机转速 950 r/min,叶烘烤 48 ℃,变频器赫兹  
数为 43 Hz,循环风机转速 1 238 r/min,叶烘烤 58 ℃,变频器  
赫兹数为 40 Hz,循环风机转速 1 152 r/min,烤后烟叶常规化  
学成分和评吸质量较好。

### 参考文献

- [1] 樊军辉,陈江华,宋朝鹏,等. 密集烘烤后期风机转速对烤后烟叶质量的影响[J]. 江西农业大学学报,2010(6):1115-1120.
- [2] 李传玉,杨辉,王玉平,等. 不同烘烤工艺对烟叶主要质量性状的影响[J]. 贵州农业科学,2008(5):155-157.
- [3] 毛多斌,马宇平,梅业安. 卷烟配方和香精香料[M]. 北京:化学工业出版社,2001.
- [4] 刘领,王能如,黄义德,等. 烘烤技术对烤后烟叶香味品质影响的研究[J]. 安徽农业科学,2006(11):2428-2430.
- [5] 张永安,王瑞强,杨述元,等. 生态因子与烤烟中性挥发性香气物质的关系研究[J]. 安徽农业科学,2006(18):4652-4654.
- [6] 杨红旗. 中国烤烟主要香气前体物的研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2006.
- [7] 刘齐元,何宽信. 烟叶五步烘烤法与双低烘烤法的烘烤效果比较[J]. 江西农业科技,1997(4):20-22.
- [8] 周冀衡,杨虹琦,林桂华,等. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2004(1):20-23.
- [9] 宫长荣,王能如,汪耀富. 烟叶烘烤原理[M]. 北京:科学技术出版社,1994.
- [10] 刘春奎. 烟叶烘烤技术[J]. 农家参谋,2008(5):12.
- [11] 贾琪光,宫长荣. 烤烟调制[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1985.
- [12] 宋晓华,刘国顺,付劭怡,等. 烘烤过程中拉长变黄和定色时间对烤烟中性致香成分含量的影响[J]. 浙江农业学报,2010(2):249-252.
- [13] 周昆,周清明,胡晓兰. 烤烟香气物质研究进展[J]. 中国烟草科学,2008(2):58-61.