

# 基于醇甜香型烟叶原料特性及打叶段设备参数建立打叶质量模型的方法

谭昆 郭杰 杨宇 施旭

湖北烟草金叶复烤有限责任公司恩施复烤厂 湖北 恩施 445000

**[摘要]**结合湖北烟草金叶复烤有限责任公司恩施复烤厂现有设备采集参数,联系打叶段质量数据,建立了一套初步质量模型。通过预设烟叶来料及加工质量标准信息,可较准确的预测关键设备节点的参数,为后续的模块化加工提供了可靠的数据基础。根据实际生产情况,有针对性的选取了湖北产区19个不同加工模块开展建模,其中一打一至四联及二打一至二联打辊转速的决定系数( $R^2$ )均大于0.80。为了验证模型准确性,试验对后续加工的片烟进行验证试验,预测结果与实际加工情况基本一致,说明该模型准确,可较好的用于恩施复烤厂打叶质量预测。

**[关键词]**质量模型;打辊转速;质量预测

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.168

烟草是我国重要的经济作物之一,在国内乃至世界范围内均被广泛种植<sup>[1]</sup>。近年来,随着国内复烤技术的发展,复烤均质化加工要求越来越高<sup>[2-3]</sup>。作为卷烟企业的“第一生产车间”,打叶复烤企业必须对生产过程中各项指标进行不断研究,以满足卷烟企业的需要<sup>[4]</sup>。

在打叶复烤工业生产中,大片率及叶中含梗率是卷烟企业关注的重点。烟叶打叶复烤工艺规范,烤烟上等烟打后大片率需控制在47.00%以上,中等烟需控制在45.00%以上,叶含梗率需控制在0.80%以下<sup>[3]</sup>。研究表明,烟叶的片型结构与烟丝结构有强相关关系,主要表现在比例适中的大片率可以降低碎丝率,过高的大片率却不利于烟支填充性<sup>[5]</sup>。不同尺寸的片型结构在内在化学成分的含量上也存在较大差异,相关文献指出,片型结构会影响主流烟气中NNK的释放量<sup>[6-7]</sup>和卷烟燃烧锥头的掉落率<sup>[8]</sup>,进而影响感官评价。结合目前的研究成果,意味着打叶复烤的片型指标由单纯的追求大中片率转变为“减低大片率、提升中片率、控制碎片率”,并严格控制叶含梗率。作为工艺革新的必选项,利用湖北产区醇甜香型烟叶原料特性及加工设备参数,对打叶效果进行合理预测成为工艺攻关的重点。为此,恩施复烤厂抽取了湖北产区2018至2020年度加工的19个不同模块,并结合实际工艺参数和叶片结构检测数据开展试验,以期建立较为客观、准确的加工质量预测模型。

## 1. 材料与方法

### 1.1 材料与设备

湖北产区烤烟配打模块(湖北中烟工业有限责任公司)。

湖北烟草金叶复烤有限责任公司恩施复烤厂12000kg·h<sup>-1</sup>五打十二分打叶复烤生产线;Griffen质量控制振动筛、Griffen叶中含梗测定仪;RX29型多层振动筛分器(美国

Rotap公司);16001型电子天平(感量0.1g,瑞士METTLER TOLEDO公司)、AL204电子天平(感量0.001g,感量0.1g,瑞士METTLER TOLEDO公司)。

3.5英寸双菱形框栏。

### 1.2 方法

在五打十二分生产线上,按照设定流量12000gk·h<sup>-1</sup>进行加工,在质量数据稳定后实时记录设备参数值,并按记录时间点打后烟叶取样进行结构检测。

## 2. 结果与分析

### 2.1 检测结果

按文献中要求的方法<sup>[9]</sup>对原烟物理特性及打后片烟叶片结构进行检测,并按照取样时间与各设备节点设定值相匹配的原则,形成一套完整的加工参数与叶片结构数据库,共得出有效参数记录近52000项,其中包含产地信息9756项、部位信息3252项、原烟信息8672项、质量检测数据4336项、工艺数据26016项,数据样本量较大,可认为具有一定的代表性。

### 2.2 回归分析

以24项自变量 $x_i$ ( $i=1, 2, 3, \dots, 24$ )分别表示产地信息(恩施、宣恩综合、宣恩晓关、宣恩椿木营、鹤峰、巴东、利川、咸丰、重庆万州)、部位信息(上部、中部、下部)、原烟检测信息(叶长、叶宽、叶厚、单叶重量、抗张力、断裂伸长量、原烟含水率、全叶含梗率)及检测质量数据(打后大片率、打后中片率、打后碎末率、打后叶含梗率),以 $\beta_j$ 作为 $x_i$ 的系数。定义一润含水率、一润温度、二润含水率、二润温度、一打一联至四联转速、二打一联至二联转速、三打转速、四打转速、五打转速、一至十一风分风机转速为因变量 $y_j$ ( $j=1, 2, 3, \dots, 24$ )。对每个因变量 $y_j$ 使用所有自变量 $x_i$ 进行多元一次回归分析,目的为得到以下模型结果:

$$y_j = \beta_0 \text{ (常量)} + \sum \beta_i x_i \quad (1)$$

对于上文2.1提到的数据进行汇总并进行多元一次回归分析, 可得出以下回归模型决定系数, 见表1。

表1 预测模型决定系数

系数	R <sup>2</sup>	R <sub>aj</sub> <sup>2</sup>
一润含水率	0.997	0.996
一润温度	0.996	0.996
二润含水率	0.996	0.996
二润温度	0.995	0.995
一打一联转速	0.977	0.977
一打二联转速	0.971	0.970
一打三联转速	0.978	0.977
一打四联转速	0.971	0.970
二打一联转速	0.977	0.977
二打二联转速	0.977	0.976
三打转速	0.635	0.615
四打转速	0.524	0.504
五打转速	0.420	0.400
一风分风机转速	0.018	-0.002
二风分风机转速	0.033	0.013
三风分风机转速	0.022	0.001
四风分风机转速	0.021	0.001
五风分风机转速	0.014	-0.006
六风分风机转速	0.037	0.017
七风分风机转速	0.026	0.006
八风分风机转速	0.015	-0.005
九风分风机转速	0.030	0.010
十风分风机转速	0.018	-0.002
十一风分风机转速	0.028	0.008

从上表可得, 润叶参数、一打及二打打辊转速的回归方程的R<sup>2</sup>及R<sub>aj</sub><sup>2</sup>均大于0.80, 表明回归效果较佳, 预测方程的线性较好。回归系数的大小表明润叶和一、二级打叶属于打叶片型结构关键工艺控制点。在实际加工过程中, 通过润叶处理, 烟叶温度和含水率得到提升, 可有效提高烟叶原料的耐加工性, 也从侧面印证了润叶效果直接关系到打叶叶片结构<sup>[10]</sup>; 一、二打打辊转速对片型结构的影响显著高于后续打叶机组, 缘由在于多级打叶过程中, 整片叶片首先进入一、二打打叶机组, 其单位时间内进入机组内的物料重量较高, 集中在机组底部的打辊和框栏, 能够在前端打叶机组收到较为明显的框栏撕扯力及风分悬浮力, 大片及中片亦集中在此从叶梗上剥离, 该过程主要在打叶机组前端完成, 故其回归系数较大, 对整体片型结构的影响因素较高。后端机组虽然分级较多, 长度较长, 但来料含小片、碎片、碎末及烟梗的比例较大, 物料集中程度不如一、二打打叶机组, 受力作用较前端机组影响不显著, 导致回归效果较差, 其模型指导效果不明显, 故在后续模型预测中将剔除该部分因素。

为简化模型结构, 发掘影响片型结构的主要因素, 在预测模型建立时, 按照(1)式, 对拟合效果较好的十个工艺参数(要求R<sup>2</sup>大于0.80, 具体指润叶含水率和温度、一打及二打打辊转速)进行预测, 得到以下10×25的矩阵(2):

将x<sub>i</sub> (i=0, 1, 2, 3..., 24)按照25×1进行排列, 得到矩阵(3)。由于计算模型中存在常量项, 故x<sub>0</sub>=1。

23.293	-0.006	0.000	0.004	-0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	-0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	-0.010	0.000	0.001	0.000	-0.302	0.000	-0.001	0.000	0.306	0.011
83.483	-0.024	0.000	0.017	0.004	0.002	0.000	-0.004	0.004	0.006	0.000	-0.008	0.071	0.009	0.000	-0.015	-0.003	0.005	0.001	-1.506	-0.302	0.013	0.001	-0.011	0.001	0.014	-0.635	
23.430	-0.017	0.000	0.006	-0.002	0.004	0.000	0.000	-0.000	-0.007	0.000	0.003	0.022	0.009	0.000	-0.013	0.000	0.002	0.000	-0.480	-0.301	0.015	0.000	0.014	-0.635			
83.977	-0.077	0.000	0.018	0.004	0.001	-0.012	0.034	0.013	-0.013	0.000	-0.008	0.088	0.009	0.000	0.008	-0.003	0.001	0.001	-1.589	-0.302	0.040	0.003	-0.021	-0.284			
220.365	-0.417	0.000	0.615	0.334	-0.004	0.670	0.702	-0.188	-0.410	0.000	0.735	3.114	0.155	3.719	-0.773	0.297	1.178	1.234	11.015	4.464	-0.682	-0.962	9.750	-28.831			
213.971	-0.466	0.000	0.654	0.323	-0.108	0.649	0.823	-0.087	-0.486	0.000	0.712	2.115	0.154	3.718	-0.804	0.300	1.162	1.224	11.929	4.460	-0.685	-0.962	9.860	-28.902			
234.404	-0.527	0.000	0.638	0.289	-0.132	0.734	0.591	-0.085	-0.122	0.000	0.885	1.805	0.152	3.673	-0.422	0.290	1.454	1.201	11.741	4.385	-1.133	-1.009	9.751	-24.165			
308.877	-1.019	0.000	0.470	-0.197	-0.140	0.562	0.577	0.488	-0.644	0.000	0.711	2.725	0.124	3.941	-0.778	0.233	1.166	0.991	9.654	3.408	-1.378	-0.967	8.588	-59.237			
208.971	-0.466	0.000	0.654	0.323	-0.108	0.649	0.823	-0.087	-0.486	0.000	0.712	2.115	0.154	3.718	-0.804	0.300	1.162	1.224	11.929	4.460	-0.685	-0.962	9.860	-28.902			
209.433	-0.704	0.000	0.655	0.291	-0.156	0.669	0.864	-0.065	-0.424	0.000	0.778	1.815	0.154	3.718	-0.407	0.304	1.538	1.218	11.926	4.468	-0.732	-0.940	9.846	-28.354			

(2)

$$\begin{bmatrix} 1 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_{24} \end{bmatrix} \quad (3)$$

将矩阵(2)与(3)相乘, 得到矩阵即为期望预测的十个工艺参数。理论上通过预设该十项工艺参数, 在确保来料为试验烟叶的前提下, 应得到预设的质量数据。

### 2.3 验证试验

为验证上述模型的准确性, 在实际生产过程中, 抽取了3个组分较类似的加工模块, 通过部分质量指标检测及参考加

工要求, 针对上述回归方程, 拟合出y<sub>1</sub>-y<sub>10</sub>的值。

在确保加工质量指标满足《卷烟工艺规范》的前提下, 按照y<sub>1</sub>-y<sub>10</sub>的拟合数据, 对一打一至四联及二打一至二联打辊转速进行调整, 叶片结构检测见表2。

根据表2可得, 通过该模型对打后大片率及中片率预测较为准确, 绝对误差控制在1.50%以内, 符合工业企业的加工协议要求, 相对误差均低于7.00%, 处于较低水平, 表明该模型可用于日常加工过程中叶片结构预测。打后碎末率及叶含梗率相对误差偏高, 最高达到7.14%, 一方面是该指标数值较小, 受限于检测设备精度, 在绝对值差异不大的情况下仍会导致相对误差高于前两项, 另一方面说明模型的精准性有待

表2 打后叶片结构检测数据表

		模块A	模块B	模块C
打后大片率	预设值/ %	35.00	35.00	35.00
	检测值/ %	34.11	33.78	34.29
	相对误差/ %	2.61	3.61	2.07
打后中片率	预设值/ %	50.00	50.00	50.00
	检测值/ %	50.96	51.15	51.08
	相对误差/ %	1.88	2.25	2.11
打后碎末率	预设值/ %	0.40	0.40	0.40
	检测值/ %	0.43	0.38	0.42
	相对误差/ %	6.98	5.26	4.76
打后叶含梗率	预设值/ %	1.30	1.30	1.30
	检测值/ %	1.37	1.40	1.32
	相对误差/ %	5.11	7.14	1.52

提高。由于其绝对误差控制在0.10%以内，在加工协议要求的范围内，表明该模型仍具有一定的指导意义。根据其他文献资料研究<sup>[11]</sup>，对于叶含梗率，风分频率带来的风机转速影响的显著性明显高于打辊转速，但本次试验中，由风机转速得出的拟合方程线性较差，说明需进一步开展试验，方可予以解释说明。

### 3. 结论

(1) 对于打后叶片结构，润叶参数与一、二打打辊转速对片型结构的影响显著高于后续打叶机组，说明在打叶阶段片型结构指标控制中，润叶和一、二级打叶属于关键工艺控制点。生产加工中不同工业企业对片型结构要求不尽相同，表明复烤企业应将该部分工序参数作为重点控制指标加以管理，以来料信息为依据，通过线性拟合的方式，由得到的拟合方程预测出相应的参数。

(2) 本次通过拟合的模型方程回归效果较佳，表明模型建立较为准确，其中经过验证试验，打后大片率、中片率相对误差较小，打后碎末率及叶含梗率虽然在相对误差上较大，但该部分绝对误差仍在可接受范围内，表明该模型对湖北产区醇甜香型烟叶加工具有一定的指导意义。若对于其他产地及品种的不同来料烟叶，仍需进行重新建模以确定各项系数，防止因物料差异带来的模型预测偏差，避免对产品质量造成影响。

(3) 叶含梗率预测模型虽然决定系数较高，但从打叶机理上分析，更多的影响因素应为风机转速而非打辊转速，但在该模型中，风机转速对其的决定系数均低于0.10，远低于打辊转速的决定系数，这与部分研究结果具有出入，故该部分预测模型仍需继续加大数据采集力度，其可靠性仍需通过后续试验予以论证方可应用。

### 参考文献

- [1] 魏焯昕, 党江波, 李超, 等. 不同倍性烟草杂交活的多倍体烟草植株[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(6): 50-54.
- [2] 何结望, 李琳, 吴风光, 等. 打叶复烤片烟质量均匀性评价方法的构建和实践. 江西农业学报 2014, 24(8): 43-46.
- [3] YC/T 146-2010 烟叶打叶复烤工艺规范[S].
- [4] 董守伟. 浅谈打叶复烤工艺与质量的关系[J]. 东方烟草报, 2000(5): 10-13
- [5] 余娜. 片烟结构与叶丝结构关系研究[D]. 郑州: 郑州烟草研究院, 2012.
- [6] 唐军, 邱昌桂, 周冰, 等. 不同尺寸片烟及不同长度成品烟丝化学成分的变化[J]. 烟草科技, 2016, 49(11): 42-55.
- [7] 李超, 张承明, 李颖, 等. 烟丝结构对主流烟气中NNK逐口释放量的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2016, 31(4): 700-706.
- [8] 王亮, 夏平宇, 罗伟, 等. 烟丝结构分布对细支卷烟燃烧锥落头的影响[J]. 烟草科技, 2018, 51(11): 79-84.
- [9] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范[M]. 北京: 中国轻工业出版社
- [10] 连长伟, 张腾健, 卢敏瑞, 等. 不同润叶强度对打叶复烤在制品质量及能源消耗的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(15): 194-196.
- [11] 卫盼盼, 吴祚友. 打叶复烤流程研究进展[J]. 宁夏农林科技, 2013, 54(03): 11-12.

#### 作者简介:

谭昆: (1990.12-), 男, 本科, 汉, 湖北烟草金叶复烤有限责任公司恩施复烤厂品质管理技术员, 研究方向: 打叶复烤工艺与质量。

郭杰: (1986.8-), 男, 本科, 土家, 湖北烟草金叶复烤有限责任公司恩施复烤厂品质管理科化验员, 研究方向: 产品质量。

杨宇: (1982.11-), 男, 本科, 汉, 湖北烟草金叶复烤有限责任公司恩施复烤厂品质管理技术员, 研究方向: 产品质量。

施旭: (1986.9), 男, 本科, 汉, 湖北烟草金叶复烤有限责任公司恩施复烤厂生产业务调度科业务经理, 研究方向: 打叶复烤工艺及机械设备。