

基于拟合优度检验的卷烟卷制过程质量一致性评价

范磊¹, 杨龙飞¹, 刘阳¹, 杨志强¹, 董欢欢¹, 张绍卿¹, 王海宇², 李超³

(1.河南中烟工业有限责任公司 许昌卷烟厂, 河南 许昌 461000;

2.郑州大学 商学院, 郑州 450001; 3.河南中心线电子科技有限公司, 郑州 450004)

摘要: **目的** 为解决当前卷烟卷制评价方式粗放, 通常只重视质量结果而忽视过程质量差异的问题, 建立同一牌号卷烟在不同机台、不同班组的加工质量一致性综合评价方法。**方法** 采用拟合优度检验的方法建立卷烟卷制过程质量一致性评价方法, 并采用判断矩阵确定质量特性的权重, 并进行质量一致性综合评价。**结果** 选取黄金叶(乐途)品牌在卷烟卷制过程中的在线监测数据, 运用新构建的评价模型对3个机台的烟支质量、吸阻、端部落丝等7个质量特性进行质量一致性综合评价, 并有效识别出了机台之间存在的差异。**结论** 该综合评价方法能够对卷烟多加工过程之间的差异进行有效识别和评价, 实现了由结果评价向过程评价的转变, 具有良好的评价能力和可操作性。

关键词: 拟合优度检验; 判断矩阵; 质量一致性; 综合评价

中图分类号: TS452 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)03-0249-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.03.031

Assessment on Quality Consistency in Cigarette Manufacturing Based on Goodness of Fit Inspection

FAN Lei¹, YANG Long-fei¹, LIU Yang¹, YANG Zhi-qiang¹, DONG Huan-huan¹,
ZHANG Shao-qing¹, WANG Hai-yu², LI Chao³

(1. Xuchang Cigarette factory, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Henan Xuchang 461000, China;

2. Business School, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3. Henan Center Line Electronic Science and Technology Co., Ltd., Zhengzhou 450004, China)

ABSTRACT: The work aims to establish a comprehensive evaluation method for the processing quality consistency of the same brand of cigarettes on different machines and work teams to solve the problem that the current evaluation method of cigarette manufacturing process is extensive, which usually only pays attention to the quality results and ignores the process quality itself. The method of goodness of fit test was adopted to establish the evaluation method for quality consistency in cigarette manufacturing. The weight of quality characteristics was determined by judgment matrix for comprehensive evaluation of quality consistency. The assessment model was validated with the data of online monitoring samples of "Huangjinye (Le tu)" cigarette brand. Seven quality characteristics such as cigarette weight, draw resistance, and loss from cigarette end from three machines were involved for identifying the differences in quality among the machines. The comprehensive evaluation method can effectively identify and evaluate the differences between cigarette manufacturing processes, fulfilling the transformation from result evaluation to process evaluation, and thus being of good evaluation ability and operability.

KEY WORDS: goodness of fit inspection; judgment matrix; consistency in quality; comprehensive assessment

收稿日期: 2022-06-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(71672209); 河南中烟工业有限责任公司科技项目(CW201935)

作者简介: 范磊(1977—), 男, 本科, 高级工程师, 主要研究方向为卷烟工艺。

通信作者: 王海宇(1979—), 男, 教授, 博士, 主要研究方向为质量工程。

随着卷烟企业组织结构调整的不断深化,卷烟品牌整合扩张的步伐日益加快,同一牌号多加工过程的现象已经变得非常普遍,产品质量的均质化已成为行业关注的重要课题,也是各卷烟企业亟须解决的关键问题^[1]。均质化是保证卷烟加工品质一致性、质量稳定性的要求,也是行业适应大品牌、大市场发展战略的技术支撑^[2]。为保证产品的均质化,就需要对相同牌号卷烟的不同生产过程之间的质量一致性进行科学合理的评价分析,找出存在的质量差异并及时纠正。当前行业中对卷烟质量评价主要集中在来料的质量稳定性评价和卷烟成品的质量水平评价上,比如楚文娟等^[3]采用标准分评价法对多个产地的烟梗原料可用性进行质量评价,以便于烟梗配方的数字化设计;陈壮壮等^[4]从工商交接的角度分析了烟叶包内等级内在质量一致性和可接受程度;石凤学等^[5]运用欧式距离系数法从烟气成分、化学指标、感官指标和物理指标等4个方面对卷烟质量进行评价;杨博等^[6]从消费者的角度采用配对比较的方法对规格相近的卷烟产品进行质量比较评价;陶永峰等^[7]运用层次分析法和灰色关联分析法,从物测、烟气、感官等多个方面建立了卷烟综合质量评价模型;陈得丽等^[8]结合层次分析法和模糊算法构建了制丝过程的多层次综合评价方法;汤晓东等^[9]采用烟丝裂解产物指纹图谱对卷烟烟丝质量进行评价比较等。综上,对过程质量的评价还比较缺乏,实际应用中多采用均值、标偏、过程能力指数等作为评价指标,评价方法较为单一,无法综合全面比较生产过程的加工质量,尤其是在分布非正态,以及过程处于非平稳状态时往往不够准确、完善和充分^[10-12]。针对过程质量一致性,行业内的研究还较少,仅有李文伟等^[13]从制丝过程批次间质量一致性分析的角度对制丝过程质量进行优化控制,而对卷制过程质量一致性的探讨还未见报道。为此,本研究基于拟合优度检验,提出卷烟卷制过程质量一致性评价模型,对同一牌号产品在同一机台不同班组、同一生产企业不同机台进行卷制时的整体加工质量进行综合评价,同时也对异地送丝等情形下同一牌号产品在不同生产企业的卷制过程提出可供参考的质量评价方法,为均质化生产水平的提高提供决策依据。

1 评价模型建立

拟合优度检验是一种对总体是否服从某一特定分布的统计检验方法^[14],文中将其用于检验不同来源样本数据的差异是否显著。对于某种过程质量特性指标 X ,将其取值范围分为 k 个互不重叠的子区间 $D_1, D_2, \dots, D_k$, 且有:

$$D_1 = (a_0, a_1], D_2 = (a_1, a_2], \dots, D_k = (a_{k-1}, a_k] \quad (1)$$

其中, $-\infty < a_0 < a_1 < \dots < a_{k-1} < a_k < +\infty$ 分别为各子区间的界限。

选取某卷烟的卷制加工过程 A 的质量特性指标 X 的一组数据,记作 $X_1^A, X_2^A, \dots, X_n^A$; n 为该组数据的个数。按照式(1)的子区间划分,分别计算这组数据中落在各子区间中点的个数,即每个子区间 D_i 的频数。

$$f_i^A = \text{count}\{X_1^A, X_2^A, \dots, X_n^A \in D_i\}, i = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

选取同牌号卷烟加工过程 B 的一组数据作为比较对象,记作 $X_1^B, X_2^B, \dots, X_n^B$, 计算落在各子区间中点的个数。

$$f_i^B = \text{count}\{X_1^B, X_2^B, \dots, X_n^B \in D_i\}, i = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

若以 $X_1^A, X_2^A, \dots, X_n^A$ 和 $X_1^B, X_2^B, \dots, X_n^B$ 2 组数据所服从的分布之间没有显著差异为原假设 H_0 , 以二者的分布之间存在显著差异为备择假设 H_1 , 则计算式(2)和式(3)频数的偏差平方和:

$$\chi^2(X_1) = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i^B - f_i^A)^2}{f_i^A} \quad (4)$$

在显著性水平 α 下,可构造如下拒绝域:

$$W = \{\chi^2(X_1) \geq \chi_{1-\alpha}^2(k-1)\} \quad (5)$$

若 $\chi^2(X_1) < \chi_{1-\alpha}^2(k-1)$, 则接受原假设 H_0 , 认为 2 组数据服从的分布无显著差异;若 $\chi^2(X_1) \geq \chi_{1-\alpha}^2(k-1)$, 则拒绝原假设 H_0 , 认为 2 组数据存在显著差异。

按照卡方分布的可加性^[15],可以将此判别方法扩展至多个质量特性,比如烟支质量、吸阻、空头等,分别用 $X(1), X(2), \dots, X(m)$ 表示, m 为质量特性的个数。由于抽样检测方法的不同,可能在同一时间段内获得的各质量特性样本数存在差异,分别表示为 $n_1, n_2, \dots, n_m$; 同时根据管理人员对各质量特性的重视程度,可为每个特性赋予一定的权重,记作 $p_1, p_2, \dots, p_m$, 且有:

$$p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1 \quad (6)$$

由此就有过程 B 相对过程 A 的质量一致性综合评价卡方统计量:

$$\chi^2(P_{X_i}) = \sum_{j=1}^m p_j \chi_{X(j)}^2 \quad (7)$$

其中, $\chi_{X(j)}^2$ 表示第 j 个质量特性,按照式(4)计算的偏差平方和。

在显著性水平 α 下,可构造如下拒绝域:

$$W = \{\chi^2(P_{X_i}) \geq \chi_{1-\alpha}^2(r)\} \quad (8)$$

其中, r 为卡方分布的自由度:

$$r = \text{round}\left[\sum_{j=1}^m (k_j - 1)\right] \quad (9)$$

式中: $\text{round}[\]$ 为四舍五入取整函数; k_j 为第 j 个质量特性划分的子区间个数。若 $\chi^2(P_{X_i}) < \chi_{1-\alpha}^2(r)$, 则可认为过程 B 与过程 A 的综合质量比较一致,无

显著差异;若 $\chi^2(P_{X_1})\geq\chi^2_{1-\alpha}(r)$,则认为过程 B 与过程 A 的综合质量存在显著差异。

同样,若多个卷制过程同时进行质量一致性评价时,过程之间的综合评价卡方统计量越小,则质量一致性程度越高,比如分别用 $\chi^2(P_{X_1})$ 、 $\chi^2(P_{X_2})$ 、 $\chi^2(P_{X_3})$ 表示过程 B 相对于过程 A 的质量一致性综合评价卡方统计量、过程 C 相对于过程 A 的质量一致性综合评价卡方统计量、过程 C 相对于过程 B 的质量一致性综合评价卡方统计量。若 $\chi^2(P_{X_1})>\chi^2(P_{X_2})$,说明过程 C 的综合质量比过程 B 的综合质量更接近于过程 A,即过程 C 与过程 A 的质量一致性好于过程 B 与过程 A 的质量一致性。

2 卷制过程质量一致性评价应用

2.1 数据对象

以许昌卷烟厂某二类卷烟的 3 个生产机台的卷制过程数据作为分析对象,用机台 A、B、C 来表示。采集 3 个机台的烟支质量、圆周、吸阻、总通风率、硬度、含末率、端部落丝量等 7 个过程质量数据,其中,前 4 个质量数据由在线综合测试台每 5 min 抽样检测一次,共抽样 180 组并分别计算平均值,因此,前 4 个质量特性数据的样本数 $n_1=n_2=n_3=n_4=n_5=180$;而含末率和端部落丝量由质检人员每隔 10 min 人工抽样检测得到,共抽样 90 组并分别计算平均值,因此后 2 个质量特性数据的样本数 $n_6=n_7=90$ 。

2.2 指标权重设计

指标权重的设计一般根据各指标对最终产品质量的重要程度来确定,权重的设计方法有很多,比如定量统计法、专家打分法、对偶比较法等^[16]。为了更客观地对各质量特性的重要程度进行评价,本研究采用由多位车间质量管理人员共同比较两两成对指标的重要性建立判断矩阵来量化计算各指标的权重(表 1)。

通过判断矩阵的特征根法^[17]就能够计算得到各质量特性的权重, $p=(0.22,0.14,0.27,0.13,0.12,0.06,0.06)$ 。对判断矩阵的一致性进行检验,运用随机一致性指标 $C_1=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1}=\frac{7.41-7}{7-1}=0.068$,其中 $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵的最大特征值, n 为质量特性的个数。通过查平均随机一致性指标表可得 $R_1(n=7)=1.36$,于是就有一致性比率 $C_R=\frac{C_1}{R_1}=0.05<0.1$,因此判断矩阵的一致性可以接受。

2.3 子区间划分

在拟合优度 χ^2 的检验中,将连续分布用离散分布逼近,称为有限离散化,即对连续型数据进行分区^[18]。由于 χ^2 统计量的计算是基于分区的,因此,分区方式在很大程度上会影响拟合优度检验的有效性。通常可以采用 Wald^[19]建议的等概率分区的方法,即分区后每个子区间的概率基本相同,子区间的个数为:

$$k=2n^{2/5} \tag{10}$$

对于前 4 个质量特性,由于样本数 n 为 180,则可计算出子区间的个数 k 为 16;而对于后 2 个质量特性,样本数 n 为 90,可计算出子区间的个数 k 为 12。选择 3 个机台中的任意一个作为评价基准,即评价其他 2 个机台与该机台的质量是否存在显著差异,本例中选取机台 A 作为基准,于是可以按照机台 A 的抽样检测数据来确定具体的子区间划分。比如对于机台 A 的质量数据,将 180 个样本数据从小到大进行排序,然后分为 16 个子区间,除了第 7、8、9、10 个子区间的数据为 12 之外,其他每个子区间的数据个数为 11。以相邻 2 个子区间中最近的 2 个数据的平均值作为划分子区间的界限,比如第 1 个子区间和第 2 个子区间的界限可由第 11 个数据与第 12 个数据的平均值计算得到。按照这种方法,可以得到各质量特性数据的子区间划分(表 2)。

表 1 质量特性重要度判断矩阵
Tab.1 Judgment matrix for importance of quality characteristics

质量特性	质量	圆周	吸阻	总通风率	硬度	含末率	端部落丝量	权重
质量	1	2	1	2	2	3	3	0.22
圆周	1/2	1	1/2	1	2	2	2	0.14
吸阻	1	2	1	2	3	4	4	0.27
总通风率	1/2	1	1/2	1	1	2	2	0.13
硬度	1/2	1/2	1/3	1	1	2	2	0.12
含末率	1/3	1/2	1/4	1/2	1/2	1	1	0.06
端部落丝量	1/3	1/2	1/4	1/2	1/2	1	1	0.06

表 2 各质量特性的子区间划分
Tab.2 Sub-interval division of all the quality characteristics

区间	质量/g	圆周/mm	吸阻/kPa	总通风率/%	硬度/%	含末率/%	端部落丝量/ (mg·支 ⁻¹)
$(a_0, a_1]$	0, 0.787 7	0, 24.248	0, 0.965 6	0, 13.97	0, 65.642	0, 0.787	0, 3.42
$(a_1, a_2]$	0.787 7, 0.790 1	24.248, 24.263	0.965 6, 0.973 2	13.97, 14.426	65.642, 66.379	0.787, 1.128	3.42, 5.77
$(a_2, a_3]$	0.790 1, 0.792 3	24.263, 24.275	0.973 2, 0.980 7	14.426, 14.627	66.379, 66.655	1.128, 1.15	5.77, 6.63
$(a_3, a_4]$	0.792 3, 0.794 1	24.275, 24.288	0.980 7, 0.986 9	14.627, 14.705	66.655, 66.97	1.15, 1.233	6.63, 7.55
$(a_4, a_5]$	0.794 1, 0.795 7	24.288, 24.30	0.986 9, 0.992 7	14.705, 14.847	66.97, 67.335	1.233, 1.28	7.55, 7.95
$(a_5, a_6]$	0.795 7, 0.797 0	24.30, 24.311	0.992 7, 0.997 4	14.847, 14.995	67.335, 67.60	1.28, 1.31	7.95, 8.36
$(a_6, a_7]$	0.797 0, 0.797 8	24.311, 24.32	0.997 4, 1.001 7	14.995, 15.178	67.60, 67.792	1.31, 1.335	8.36, 8.81
$(a_7, a_8]$	0.797 8, 0.798 5	24.32, 24.327	1.001 7, 1.005 6	15.178, 15.272	67.792, 68.005	1.335, 1.345	8.81, 9.18
$(a_8, a_9]$	0.798 5, 0.799 3	24.327, 24.332	1.005 6, 1.008 7	15.272, 15.484	68.005, 68.412	1.345, 1.368	9.18, 9.50
$(a_9, a_{10}]$	0.799 3, 0.800 5	24.332, 24.339	1.008 7, 1.011 1	15.484, 15.715	68.412, 68.78	1.368, 1.405	9.50, 10.24
$(a_{10}, a_{11}]$	0.800 5, 0.802 2	24.339, 24.347	1.011 1, 1.014 2	15.715, 16.013	68.78, 69.32	1.405, 1.433	10.24, 11.06
$(a_{11}, a_{12}]$	0.802 2, 0.804 1	24.347, 24.356	1.014 2, 1.018 4	16.013, 16.063	69.32, 69.703	1.433, ∞	11.06, ∞
$(a_{12}, a_{13}]$	0.804 1, 0.806 2	24.356, 24.365	1.018 4, 1.025	16.063, 16.337	69.703, 70.037	—	—
$(a_{13}, a_{14}]$	0.806 2, 0.808 6	24.365, 24.375	1.025, 1.033 5	16.337, 16.525	70.037, 70.723	—	—
$(a_{14}, a_{15}]$	0.808 6, 0.811 3	24.375, 24.39	1.033 5, 1.047 5	16.525, 16.845	70.723, 72.187	—	—
$(a_{15}, a_{16}]$	0.811 3, ∞	24.39, ∞	1.047 5, ∞	16.845, ∞	72.187, ∞	—	—

2.4 卡方统计量计算

按照表 2 的子区间划分,分别统计各机台的质量特性数据落在各子区间的个数,如各机台质量数据落在 16 个子区间的频数见表 3。

表 3 质量频数统计
Tab.3 Statistics for weight frequency

子区间	机台 A	机台 B	机台 C
$(-\infty, 0.787 7]$	11	7	9
$(0.787 7, 0.790 1]$	11	13	13
$(0.790 1, 0.792 3]$	11	8	16
$(0.792 3, 0.794 1]$	11	15	17
$(0.794 1, 0.795 7]$	11	8	9
$(0.795 7, 0.797 0]$	11	13	12
$(0.797 0, 0.797 8]$	12	17	14
$(0.797 8, 0.798 5]$	12	9	10
$(0.798 5, 0.799 3]$	12	10	15
$(0.799 3, 0.800 5]$	12	16	14
$(0.800 5, 0.802 2]$	11	15	14
$(0.802 2, 0.804 1]$	11	9	9
$(0.804 1, 0.806 2]$	11	11	8
$(0.806 2, 0.808 6]$	11	7	7
$(0.808 6, 0.811 3]$	11	14	8
$(0.811 3, \infty)$	11	8	5

取显著性水平 $\alpha=0.05$, 根据式 (4) 分别计算频数的偏

差平方和 $\chi^2(X_1)=\sum_{i=1}^{16}\frac{(f_i^B-f_i^A)^2}{f_i^A}=14.681\ 8<\chi_{0.95}^2(15)=$

24.996, 同样 $\chi^2(X_2)=16.022\ 7$ 、 $\chi^2(X_3)=17.011\ 8$ 也均小于 $\chi_{0.95}^2(15)=24.996$, 因此可以认为 3 个机台之间的质量特性没有显著差异。按照此方法, 分别计算各质量特性下机台之间的偏差平方和, 见表 4。

按照式 (7), 将表 4 第 2、3、4 列的值分别乘以表 1 最后一列的权重并求和, 可以得到 3 个机台之间的综合评价卡方统计量 $\chi^2(P_{X_1})=18.160\ 3$, $\chi^2(P_{X_2})=18.968\ 9$, $\chi^2(P_{X_3})=19.899\ 9$ 。

2.5 一致性评价

由于 7 个质量特性的取值范围分别被分成 16、16、16、16、16、12、12 个子区间, 所以由式 (9) 可得总自由度 $r=1\ 5$, 则综合一致性评价的拒绝域为 $W=\{\chi^2\geq\chi_{0.95}^2(15)=24.996\}$ 。由于 $\chi^2(P_{X_1})<\chi^2(P_{X_2})<\chi^2(P_{X_3})<24.996$, 因此 3 个机台之间的综合质量差异均不显著, 3 个机台质量的总体质量一致性较好。值得注意的是, 虽然总体质量一致性较好, 但具体到单个质量特性, 如表 4 的第 4 列第 6 行, 机台 B 和 C 的硬度的偏差平方和为 25.104 2, 处于质量一致性评价

表 4 各质量特性的卡方统计量
Tab.4 Chi-square statistics for all the quality characteristics

质量特性	$\chi^2(X_1)$	$\chi^2(X_2)$	$\chi^2(X_3)$	$\chi^2_{0.95}(k-1)$
质量	14.681 8	16.022 7	17.011 8	$\chi^2_{0.95}(15)=24.996$
圆周	18.376 2	18.691 7	17.538 2	$\chi^2_{0.95}(15)=24.996$
吸阻	20.436 8	21.022 3	22.131 5	$\chi^2_{0.95}(15)=24.996$
总通风率	16.884 2	18.763 9	19.330 7	$\chi^2_{0.95}(15)=24.996$
硬度	19.764 1	20.370 5	25.104 2	$\chi^2_{0.95}(15)=24.996$
含末率	19.693 4	17.976 8	18.250 5	$\chi^2_{0.95}(11)=19.675$
端部落丝量	18.190 7	19.810 5	18.431 9	$\chi^2_{0.95}(11)=19.675$

的拒绝域 $W=\{\chi^2 \geq \chi^2_{0.95}(15)=24.996\}$ 中, 说明机台 B 和 C 的硬度之间仍存在显著差异; 同样第 2 列第 7 行, 机台 A 和 B 的含末率的偏差平方和为 19.693 4, 处于含末率质量一致性评价的拒绝域 $W=\{\chi^2 \geq \chi^2_{0.95}(11)=19.675\}$ 中, 说明机台 A 和 B 的含末率之间仍存在显著差异。第 3 列第 8 行, 机台 A 和 C 的端部落丝量的偏差平方和为 19.810 5, 处于端部落丝量质量一致性评价的拒绝域 $W=\{\chi^2 \geq \chi^2_{0.95}(11)=19.675\}$ 中, 说明机台 B 和 C 的端部落丝量之间仍存在显著差异。针对这些质量差异, 可进一步分析差异的来源, 并采用试验设计等方法对相关设备参数进行优化。

3 结果分析与讨论

本研究提出一种对卷烟卷制过程中质量一致性进行综合评价的方法, 与已有的一些行业卷烟质量评价方法存在较大的区别, 具体如下:

- 1) 评价对象不同。已有的很多卷烟质量评价方法主要针对生产结果数据进行评价, 从物测、外观、感官、化学等多个方面建立评价体系进行全面评价, 以说明某牌号卷烟的质量水平, 而本研究主要针对过程质量状况, 从可调可控的角度及时发现并反馈不同生产过程之间是否存在质量差异, 利于过程控制。
- 2) 评价指标不同。已有的质量评价方法的评价指标主要来源于行业要求和顾客感知, 比如理化指标、感官指标等的评价, 评价指标相对固定, 而本研究的评价指标主要根据生产过程的需要, 管理人员可以根据实际情况对质量特性的选择及其指标权重进行必要的调整。
- 3) 评价数据不同。多数卷烟质量评价主要基于过程质量特性服从正态分布的前提为假设, 多采用均值、方差、CPK 等一个或几个计算结果进行评价, 数据量相对较少, 而本研究则可充分利用卷烟过程数据量较大的优势, 不依赖于所服从的分布, 对不服从正态分布的质量特性指标也能够有效评价, 同时还能够有效避免均值、方差等单个数据不能完全揭示生产过程状

况的问题。
4) 评价目的不同。多数质量评价最终通过得分情况对评价对象进行排序或说明当前整体质量水平的高低, 如六西格玛评价等, 而本研究不对整体质量进行评价, 通过过程间的互相对比来发现它们之间的差距, 以指导相关人员对过程质量进行有效的管控。

4 结语

卷烟卷制作为一种多质量特性生产过程, 受原材料、加工方式、设备状态等多种因素的影响, 很难实现完全均质化, 卷制加工过程的质量一致性已成为提升卷烟质量水平的一个瓶颈问题。文中基于拟合优度检验的原理, 建立了一种对卷烟卷制过程质量的一致性进行综合评价的方法, 充分利用过程质量数据, 通过离散化分布区间的划分, 构建了基于频数偏差平方和的卡方统计量, 并采用判断矩阵确定各质量特性的权重进行综合计算和评价。以许昌卷烟厂某二类卷烟为例, 选择 3 个不同生产机台作为评价对象, 选择质量、圆周、吸阻、总通风率、硬度、含末率、端部落丝等的 7 个质量特性作为质量一致性评价指标进行综合评价和差异分析, 说明了文中评价方法的具体步骤和应用效果。同时, 随着同牌号跨省生产、异地送丝等生产方式的不断发展, 文中的评价方法在卷烟行业中具有更为广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 崔庆军. 论产品质量均质化——基于卷烟行业视角[J]. 经济与管理, 2010, 24(4): 57-60.
CUI Qing-jun. On the Product Quality Homogenization[J]. Economy and Management, 2010, 24(4): 57-60.

[2] 王泽宗. 关于深化烟叶产业供给侧结构性改革的思考[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(4): 113-117.
WANG Ze-zong. Domestic Tobacco Production Section[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2019, 25(4): 113-117.

[3] 楚文娟, 田海英, 李红涛, 等. 标准分评价法在烟梗可用性量化评价中的应用[J]. 轻工学报, 2021, 36(2):

- 43-48.
CHU Wen-juan, TIAN Hai-ying, LI Hong-tao, et al. Application of Standardized Score Evaluation Method in Quantitative Evaluation of Tobacco Stem Usability[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Natural Science Edition), 2021, 36(2): 43-48.
- [4] 陈壮壮, 陈雨峰, 何澎, 等. 工商交接烟叶包内等级内在质量一致性评价[J]. 烟草科技, 2021, 54(5): 23-30.
CHEN Zhuang-zhuang, CHEN Yu-feng, HE Peng, et al. Evaluation on Internal Grade Quality Consistency in Industry/Commerce Hand-over Flue-Cured Tobacco Bales[J]. Tobacco Science & Technology, 2021, 54(5): 23-30.
- [5] 石凤学, 王浩雅, 张涛, 等. 欧式距离系数在多点生产卷烟产品的均质化评价中的应用[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(20): 12569-12572.
SHI Feng-xue, WANG Hao-ya, ZHANG Tao, et al. Application of the Euclidian Distance Coefficient in Homogenization Evaluation of Tobacco with Muti-Point Production[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(20): 12569-12572.
- [6] 杨博, 李建, 王彬彬. 配对比较法在卷烟产品质量比对中的应用[J]. 质量探索, 2015, 12(7): 56-57.
YANG Bo, LI Jian, WANG Bin-bin. Application of Paired Comparison Method in Quality Comparison of Cigarette Products[J]. Quality Exploration, 2015, 12(7): 56-57.
- [7] 陶永峰, 张胜华, 李文璟, 等. 基于层次分析和灰色关联分析的评价模型在卷烟多点加工质量评价中的应用[J]. 中国烟草学报, 2017, 23(1): 43-49.
TAO Yong-feng, ZHANG Sheng-hua, LI Wen-jing, et al. Application of AHP and GRA-Based Models to Quality Evaluation of Cigarettes from Different Production Sites[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2017, 23(1): 43-49.
- [8] 陈得丽, 高立秀, 孙成顺, 等. AHP-模糊算法在卷烟制丝过程质量评价中的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(23): 195-203.
CHEN De-li, GAO Li-xiu, SUN Cheng-shun, et al. Application of AHP-Fuzzy Algorithm in Quality Evaluation of Tobacco Primary Processing[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(23): 195-203.
- [9] 汤晓东, 蒋佳磊, 陈晓水, 等. 烟丝裂解产物指纹图谱及在卷烟品质评价中的应用[J]. 烟草科技, 2020, 53(1): 44-52.
TANG Xiao-dong, JIANG Jia-lei, CHEN Xiao-shui, et al. Fingerprinting Cut Tobacco Pyrolysis Products and Its Application in Cigarette Quality Evaluation[J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(1): 44-52.
- [10] 吕祥敏, 李秋潼, 王鹏, 等. 同厂生产卷烟的物理指标差异分析[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2014, 26(4): 85-88.
LYU Xiang-min, LI Qiu-tong, WANG Peng, et al. The Variation Analysis of Physical Characteristics of Cigarette in the Same Factory Production[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science (Natural Science Edition), 2014, 26(4): 85-88.
- [11] 张新锋. 基于ANP的卷烟制丝质量评价方法[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版, 2015, 30(4): 35-38.
ZHANG Xin-feng. The Quality Evaluation Method of Cigarette Shreds Based on ANP[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry: Natural Science Edition, 2015, 30(4): 35-38.
- [12] 黄治, 何蓉, 谭奇忠, 等. 灰色关联法分析烟丝对烟支物理指标的影响[J]. 烟草科技, 2010, 43(12): 12-15.
HUANG Zhi, HE Rong, TAN Qi-zhong, et al. Effects of Cut Tobacco Status on Cigarette Physical Indexes Analyzed with Gray Incidence Method[J]. Tobacco Science & Technology, 2010, 43(12): 12-15.
- [13] 李文伟, 靳毅, 王海宇, 等. 基于双层EWMA方法的叶丝干燥出口含水率质量一致性控制[J]. 烟草科技, 2020, 53(5): 93-98.
LI Wen-wei, JIN Yi, WANG Hai-yu, et al. Consistency Control of Moisture Content in Output Cut Strips from Drying Process Based on Double EWMA Method[J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(5): 93-98.
- [14] CHOU Y M, POLANSKY A M, MASON R L. Transforming Non-Normal Data to Normality in Statistical Process Control[J]. Journal of Quality Technology, 1998, 30(2): 133-141.
- [15] 卢冶飞, 孙忠宝. 应用统计学[M]. 4版. 北京: 清华大学出版社, 2019: 117-128.
LU Ye-fei, SUN Zhong-bao. Applied Statistics[M]. 4th ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2019: 117-128.
- [16] 张凤娟, 李波, 段铁英. 基于模糊AHP的第三方物流企业服务质量评价研究[J]. 工业工程, 2005, 8(3): 108-112.
ZHANG Feng-juan, LI Bo, DUAN Tie-ying. Evaluation of the Service Quality of Third-Party Logistics Based on Fuzzy AHP[J]. Industrial Engineering Journal, 2005, 8(3): 108-112.
- [17] 吴晓冬, 刘世豪, 刘志刚. 基于模糊层次分析法的切丝机综合性能评判[J]. 烟草科技, 2010, 43(3): 18-21.
WU Xiao-dong, LIU Shi-hao, LIU Zhi-gang. Comprehensive Assessment of Tobacco Cutter Performance with Fuzzy Stratification Analysis[J]. Tobacco Science & Technology, 2010, 43(3): 18-21.
- [18] 杨振海, 程维虎, 张军舰. 拟合优度检验[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 87-101.
YANG Zhen-hai, CHENG Wei-hu, ZHANG Jun-jian. Test of Goodness of Fit[M]. Beijing: Science Press, 2011: 87-101.
- [19] WALD H. On the Choice of the Number of Class Intervals in the Application of the Chi-Square Test[J]. Annals of Mathematical Statistics, 1942, 13(3): 306-317.