Hans Journal of Agricultural Sciences 农业科学, 2026, 16(11), 1676-1685
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/hjas
https://doi.org/10.12677/hjas.2026.1611199

Hans汉斯

三、五千制丝生产线切烘丝工序同质化研究

卢彦华[1]，孙明铭[2]，王　斌[1]，张广喜[1]，关　欣[1]，朱　波[1]，郑立文[2]

[1]山东中烟工业有限责任公司青岛卷烟厂，山东 青岛
[2]山东中烟工业有限责任公司技术中心，山东 青岛

收稿日期：2026年10月5日；录用日期：2026年11月4日；发布日期：2026年11月12日

摘　要

为平衡不同制丝生产线的生产任务，实现同一品牌同一规格的卷烟在不同生产线进行生产加工，本研究以制丝生产线关键工序切烘丝的同质化为切入点，根据三、五千切烘丝设备的差异性设定转线后工艺参数，通过物理特性、化学成分和感官评价三级指标质量检测验证同质化程度，并通过欧式距离相似系数构建了一套同质化加工评价方法，解决了现阶段对卷烟产品同质化加工的评判标准主要依靠感官评价而存在的主观因素影响弊端，为卷烟产品同质评价提供了科学量化的评判依据和辅助参考手段，形成了一套可复制的三、五千制丝生产线切烘丝同质化加工模式。研究表明：根据三、五千制丝生产线切烘丝设备的差异，按照相应比例设置蒸汽流量和物料流量，可实现切烘丝工序的同质化加工，为不同制丝生产线的同质化加工提供借鉴。

关键词

切烘丝工序，同质化加工，欧式距离相似系数，转线

Study on Process Homogenization of Cutting and Drying for 3000 kg/h and 5000 kg/h Primary Processing Lines

Yanhua Lu[1], Mingming Sun[2], Bin Wang[1], Guangxi Zhang[1], Xin Guan[1], Bo Zhu[1], Liwen Zheng[2]

[1]Qingdao Cigarette Factory, China Tobacco Shandong Industrial Co., Ltd., Qingdao Shandong
[2]Technology Center, China Tobacco Shandong Industrial Co., Ltd., Qingdao Shandong

文章引用: 卢彦华, 孙明铭, 王斌, 张广喜, 关欣, 朱波, 郑立文. 三、五千制丝生产线切烘丝工序同质化研究[J]. 农业科学, 2026, 16(11): 1676-1685. DOI: 10.12677/hjas.2026.1611199

Received: October 5, 2026; accepted: November 4, 2026; published: November 12, 2026

Abstract

To balance production tasks across different primary processing lines and enable the manufacturing of cigarettes of the same brand and specification on different lines, this study takes the homogenization of the key tobacco cutting and drying process as a starting point. Process parameters for line transfer were set based on the differences between 3000 kg/h and 5000 kg/h cutting and drying equipment. The degree of homogenization was verified through quality testing based on three-level indicators: physical properties, chemical components, and sensory evaluation. Furthermore, an evaluation method for homogenized processing was established using the Euclidean distance similarity coefficient. This method addresses the limitation of current homogenization evaluation standards for cigarettes, which rely primarily on subjective sensory evaluations, providing a scientific and quantitative basis as well as an auxiliary reference for homogenization assessment. Consequently, a replicable homogenized processing mode for the cutting and drying process between 3000 kg/h and 5000 kg/h production lines was developed. The results indicate that, according to the equipment differences between the two lines, the homogenized processing of the cutting and drying process can be achieved by proportionally adjusting the steam flow rate and material feed rate, offering a reference for the homogenized processing across different primary processing lines.

Keywords

Cutting and Drying Process, Homogenized Processing, Euclidean Distance Similarity Coefficient, Line Transfer

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

随着卷烟品牌集中度不断提高，单点加工已不能满足卷烟生产需要，同一品牌同一规格的卷烟需要在不同的加工生产点或生产线进行生产加工。同时企业为了平衡不同生产线的生产任务，也会将同一牌号进行转线生产。因此，研究同一品牌同一规格的卷烟在不同生产线的同质化加工是实现企业转线生产并保证产品质量稳定性的重要前提[1]。王田田等[2]对比分析了叶丝薄板式烘丝干燥与 HDT 叶丝干燥卷烟烟丝质量，通过优化 HDT 工艺参数实现了同一牌号卷烟的转线生产。李焕威等[3] [4]提出品牌异地加工生产的关键是制丝，对制丝工艺流程、设备类型、控制方式及加工强度进行差异化分析，并对卷烟品牌加工生产点进行工艺测试和验证，最终实现了卷烟品牌的异地加工。

目前行业间开展的同质化研究多是以产品质量为目标要求，而研究方法可复制性不强，未能形成产品转线生产的通用方法[5]-[7]。同时，不同企业不同制丝生产线的设备存在差异，也需根据企业自身设备特点和实际情况进行具体分析。本研究以制丝生产线关键工序切烘丝的同质化为切入点，根据设备差异性设定转线后工艺参数，通过物理特性、化学成分和感官评价三级指标质量检测验证同质化程度，确保产品转线生产过程中“点–线–面”质量稳定性，形成了一套可复制的三、五千制丝生产线切烘丝同质化加工模式。

2. 材料与方法

2.1. 材料、仪器及设备

材料：“泰山”品牌某牌号卷烟叶组配方原料及卷制材料。

仪器：D51 型填充值测定仪(德国 Factory Densimeter 公司)；QTM 型综合测试台(英国 FLTRONA 公司)；WYC-1 型烟支硬度测定仪(成都科学仪器厂)；KBF 型恒温恒湿箱(德国 Binder 公司)。

设备：三千生产线采用意大利 GARBUIO 公司的 SD504 切丝机、HAUNI (德国)公司 HT 隧道式叶丝增温增湿机及 HAUNI (德国)公司 KLD-2 烘丝机(3000 kg/h)；五千生产线采用 HAUNI (德国)公司 TOBSPIN 切丝机、HAUNI (德国)公司 SIROX 增温增湿机及 HAUNI (德国)公司 KLD-2 型烘丝机(5000 kg/h)；试验烟丝卷制均采用 HAUNI (德国)公司的 PROTOS70 卷接设备。

2.2. 试验方法

2.2.1. 工艺参数设定

针对三、五千制丝生产线所使用的切丝机、增温增湿设备和烘丝机特点进行对比分析，如表 1 所示。三千生产线 SD504 切丝机和五千线 TOBSPIN 切丝机都能达到对烟草的直接性切丝，在同样的切丝宽度要求下，SD504 切丝时间更长，但是两者切丝质量无显著性差异[8]。三千生产线 HT 增温增湿机和五千生产线 SIROX 增温增湿机两台设备所消耗的蒸汽量不同。三、五千生产线均采用叶丝顺流式滚筒烘丝 KLD-2，两台机器的烘丝原理相同，仅是承载叶丝流量大小的不同。

试验烟丝原在五千线生产时设置的蒸汽流量为 780~820 kg/h，基于以上三、五千设备分析，将叶丝流量由原来的 5000 kg/h 调整为 3000 kg/h。考虑 HT 隧道振槽式增温增湿与 SIROX 旋转靶钉式增温增湿在蒸汽利用效率、蒸汽与叶丝接触方式上的差异，先依据设备历史运行数据和预试验结果，按蒸汽流量折算系数约 0.375 进行估算，即 $800 \times 0.375 \approx 300$ kg/h；再以增温增湿出口叶丝温度、切后烟丝含水率、烘后烟丝含水率、填充值、整丝率、碎丝率及感官质量符合工艺技术标准为约束条件，在 290~310 kg/h 范围内进行优化确认。最终确定 3000 kg/h 生产线增温增湿工序蒸汽流量为 290~310 kg/h，其他工艺参数保持不变。

Table 1. Comparative analysis of cutting and drying equipment in 3000 kg/h and 5000 kg/h primary processing lines
表 1. 三、五千制丝生产线切烘丝设备对比分析

		三千生产线	五千生产线
切丝机	名称	SD504	TOBSPIN
	原理	滚刀式切丝	旋转式切丝
	对比分析	两种切丝机都能达到对烟草的直接性切丝；在同样的切丝宽度要求下，SD504 切丝时间更长，但是其切丝质量无显著性差异。	
增温增湿设备	名称	HT	SIROX
	原理	隧道振槽式，蒸汽喷嘴安装在振槽底部，叶丝在 HT 上加工时，振槽底部的蒸汽对叶丝进行喷射蒸汽增温增湿。	蒸汽通道在旋转耙钉内，耙钉上均匀分布蒸汽喷孔，叶丝落入 SIROX 中后，耙钉一边旋转一边向叶丝喷射蒸汽。
	对比分析	两台设备原理不同，生产能力和所消耗的蒸汽量不同。	
烘丝机	名称	KLD-2 (3000 kg/h)	KLD-2 (5000 kg/h)
	原理	叶丝顺流式滚筒烘丝	
	对比分析	两台机器的烘丝原理相同，仅是承载叶丝流量大小的不同。	

2.2.2. 样品制备及取样

样品制备：三、五千制丝生产线叶片处理工段均执行现行工艺路线和工艺技术标准；三千生产线切烘丝处理工段按照以上设定工艺参数执行，五千切烘丝处理段执行现行工艺路线和工艺技术标准；三、五千制丝生产线掺配加香、卷接等工序均执行现行工艺技术标准。

样品取样：测定切后及烘后烟丝含水率样品分别在切丝机和烘丝机出口水分仪探测点后 20 cm 范围内取样，测定烘后烟丝样品在烘丝机出口输送装置末端取样，烟支在卷制机台取样。每个样品设置 5 个重复，机器生产平稳过程中，每隔 2 min 取 1 个重复。

2.2.3. 检测指标及方法

根据相关标准[9]-[11]，分别测定切后及烘后烟丝含水率、烘后烟丝填充值和物理结构。按照参考文献[12]，采用近红外光谱法检测烘后烟丝的还原糖、总糖、总氮、烟碱、钾和氯含量。利用综合测试台，按照相关标准[13]，检测烟支质量、吸阻、总通风度、滤嘴通风度、硬度、长度和圆周。按照相关标准[14]-[16]，检测烟支主流烟气总粒相物、焦油、烟碱和 CO 释放量。

2.3. 统计分析

采用 SPSS12.0 和 EXCEL 进行数据统计分析。

3. 结果与分析

3.1. 烟丝物理特性

制丝生产线切丝工序的主要质控指标为切丝宽度和切后烟丝含水率，烘丝工序的主要质控指标是烘后烟丝出口含水率和填充值。为验证三、五千制丝生产线切烘丝工序的同质化程度，本研究同期测定了烘后烟丝的整丝率和碎丝率。结果表明，三、五千制丝生产线切丝宽度、烘后烟丝含水率、整丝率和碎丝率均符合工艺技术标准，且无显著性差异；切后烟丝含水率和烘后烟丝填充值存在显著性差异，但均符合工艺技术标准，见表 2。

Table 2. Comparison of physical properties of cut tobacco in 3000 kg/h and 5000 kg/h primary processing lines
表 2. 三、五千制丝生产线烟丝物理特性对比分析

指标	三千制丝线		五千制丝线		P value
	平均值	方差	平均值	方差	
切后烟丝含水率(%)	17.87	0.07	18.01	0.06	0.01
烘后烟丝含水率(%)	14.26	0.66	15.05	0.58	0.08
切丝宽度(mm)	0.94	0.04	1.00	0.05	0.07
填充值(g/cm^3)	4.70	0.05	4.30	0.08	0.00
整丝率(%)	91.22	1.51	89.33	1.71	0.30
碎丝率(%)	1.02	0.09	1.52	0.16	0.82

注：P value 小于 0.05，代表样本间存在显著性差异。

3.2. 烟丝化学成分

为验证三、五千制丝生产线切后烟丝含水率和烘后烟丝填充值存在的显著性差异是否影响烟丝的内在质量，本研究采用近红外光谱法测定烘后烟丝的常规化学成分。结果表明，不同生产线的烟丝总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾和氯含量均无显著性差异，见图 1。综上，三、五千制丝生产线切烘丝工序的物理特性差异不影响烟丝的常规化学成分含量。

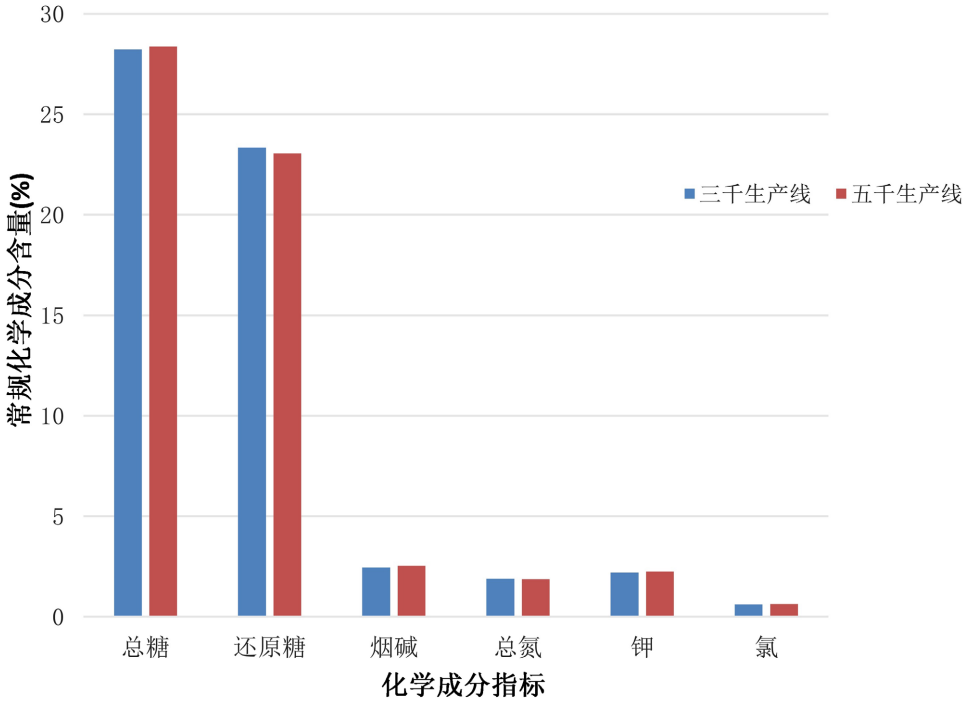


Figure 1. Analysis of conventional chemical components of cut tobacco in 3000 kg/h and 5000 kg/h primary processing lines
图 1. 三、五千制丝生产线烟丝常规化学成分分析

3.3. 烟支物理指标

为明确三、五千制丝生产线切后烟丝含水率和烘后烟丝填充值存在的显著性差异是否影响烟支的卷制质量，本研究分别测定卷制烟支的物理指标。结果表明，三、五千制丝生产线 7 项指标均符合工艺技术标准，烟支的长度、滤嘴通风度和吸阻均无显著性差异，硬度、总通风度、圆周和重量存在显著性差异，见表 3。其中，两样本圆周平均值仅差 0.02 mm，标偏均为 0.01；重量平均值仅差 0.01 g，标篇均为 0.00。但是，两样本 T 检验结果出现显著性差异，主要是各样本间重复性好产生的，对实际烟支质量的影响无参考意义。两样本硬度和总通风度的差异与切后烟丝含水率和烘后烟丝填充值的差异有关。

Table 3. Comparison of cigarette physical indexes
表 3. 烟支物理指标对比分析

指标	三千制丝线		五千制丝线		P value
	平均值	方差	平均值	方差	
长度(mm)	97.10	0.06	97.12	0.02	0.58
硬度(%)	57.93	0.51	55.64	0.27	0.00
总通风度(%)	54.71	0.21	54.11	0.25	0.00
滤嘴通风度(%)	45.20	0.25	45.01	0.24	0.25
圆周(mm)	17.00	0.01	16.98	0.01	0.00
吸阻(Pa)	1.28	0.01	1.26	0.02	0.17
重量(g)	0.55	0.00	0.54	0.00	0.00

注：P value 小于 0.05，代表样本间存在显著性差异。

3.4. 烟支烟气指标

为进一步验证三、五千烟丝卷制的烟支硬度和总通风度的差异是否影响烟支的烟气指标，本研究分别测定了烟支烟气的 TPM、焦油、CO、烟碱和水分释放量。结果表明，5 项烟气指标均无显著性差异，即符合工艺技术标准范围的烟支硬度和总通风度差异不影响烟支的烟气指标，见图 2。

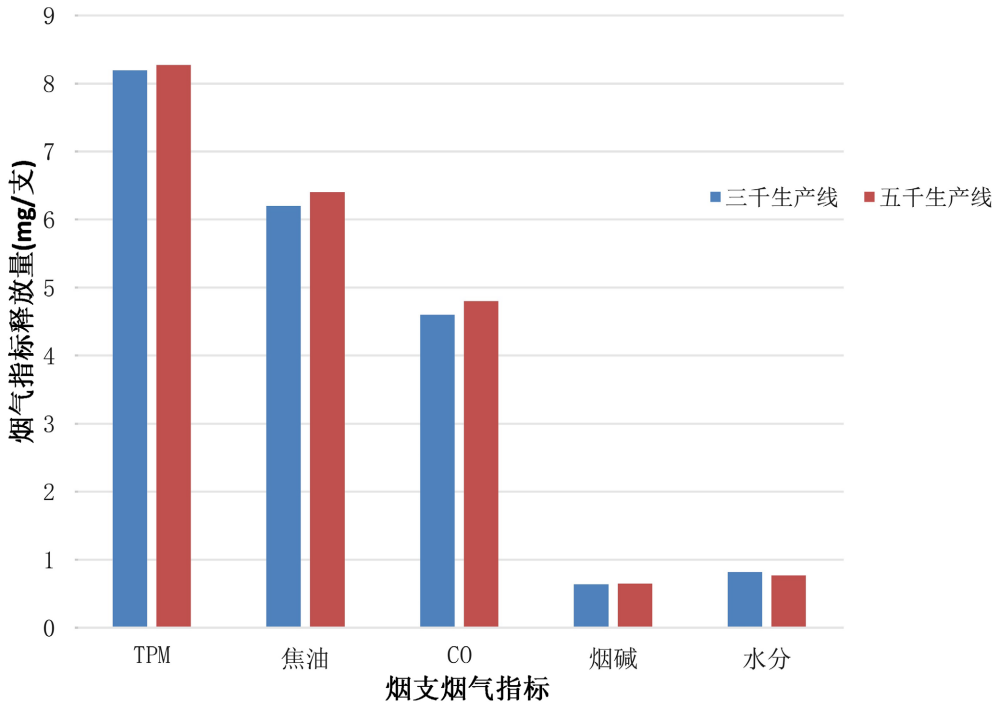


Figure 2. Comparative analysis of smoke indices of cigarettes
图 2. 烟支烟气指标对比分析

3.5. 感官质量评价

感官质量是卷烟产品的核心，厂评吸委员 11 位评委对三、五千制丝生产线卷制的烟支进行感官评价，通过评吸计分、定性描述，最终三千线制丝线产品感官得分 90.4，五千线制丝线产品得分 90.5，10 位评委认为两样品间内在质量无差异，1 位评委认为两样品间内在质量有差异，根据判定规则(9/11)，两样品间内在质量无显著差异，见表 4。

Table 4. Comparison of sensory quality
表 4. 感官质量检验对比分析

得分均值	三千线制丝线	五千制丝线
光泽	5.00	5.00
香气	29.50	29.50
协调	5.00	5.00
杂气	11.00	11.00
刺激性	17.93	18.00
余味	22.00	22.00
合计得分	90.4	90.5

4. 同质化加工评价方法研究

在相似度常用的计算量度有原始数据向量间的欧氏距离、相关系数和夹角余弦[17]，本文采用欧氏距离法计算相似度。欧氏距离是计算欧氏空间中两个点之间距离的一种方法。在相似度计算中，欧氏距离被广泛应用于衡量两个对象之间的相似程度。欧氏距离相似系数的计算方法如下：

计算公式如下：

$$R_{ij} = 1 - \sqrt{\sum_{k=1}^{p} \left(X_{ik} - X_{jk} \right)^2} \tag{1}$$

其中每个样本有 p 个变量，X_{ik} 为第 i 个样本的第 k 个指标的标准化值，X_{jk} 为第 j 个样本的第 k 个指标的标准化值，第 i 个样本与第 j 个样本间的欧氏相似系数记为 R_{ij}。

但由于欧式距离衡量的是多维空间中各个点之间的绝对距离，计算是基于各维度特征的绝对数值，所以欧式距离需要保证各维度指标在相同的刻度级别，因此需对各指标进行标准化处理，这里选择使用 Zscore 方法对各项指标数据进行标准化处理，Zscore 处理方法如下：

$$Z_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma} \tag{2}$$

其中，μ 是均值，X_i 表示样本观察值，σ 表示所有样本观察值的标准差，Z_i 表示该样本点距离样本平均值有多少个标准差，用来表示各原始数据在数据组中的相对位置。

4.1. 指标选取

选取对卷烟同质化加工影响的三项指标，即卷烟物理指标、主流烟气成分指标及感官评价进行分析研究，其中卷烟物理指标选取重量、吸阻、硬度，烟气成分指标选取口数、CO、TPM、烟碱、水分、焦油，感官评价指标选取香气、协调、杂气、刺激性、余味。

4.2. 相似性分析

4.2.1. 卷烟物理指标相似性

对三、五千生产线生产的产品卷烟物理指标进行欧式相似系数计算，结果见表 5。

Table 5. Euclidean similarity coefficient matrix of cigarette physical indexes
表 5. 卷烟物理指标欧氏相似系数矩阵

欧式相似系数	五千线正品	三千线 1#	三千线 2#	三千线 3#	三千线 4#
五千线正品	1	0.996998	0.99194	0.994995	0.997561
三千线 1#	0.996998	1	0.994871	0.997992	0.998786
三千线 2#	0.99194	0.994871	1	0.996828	0.993846
三千线 3#	0.994995	0.997992	0.996828	1	0.997018
三千线 4#	0.997561	0.998786	0.993846	0.997018	1

经计算，所有试验样品间及样品与正品的卷烟物理指标欧式相似系数均能达到 0.99 以上，其中五千线(正品)与三千线 1#、4#的相似程度最高。

4.2.2. 主流烟气成分相似性

对三、五千生产线生产的产品主流烟气成分进行欧式相似系数计算，结果见表 6。

Table 6. Euclidean similarity coefficient matrix of mainstream smoke components
表 6. 主流烟气欧氏相似系数矩阵

欧式相似系数	五千线正品	三千线 1#	三千线 2#	三千线 3#	三千线 4#
五千线正品	1	0.925032	0.931713	0.88212	0.800224
三千线 1#	0.925032	1	0.964474	0.912461	0.814672
三千线 2#	0.931713	0.964474	1	0.928286	0.829123
三千线 3#	0.88212	0.912461	0.928286	1	0.894832
三千线 4#	0.800224	0.814672	0.829123	0.894832	1

经计算，五千线正品与三千线样品 1#、2#间的主流烟气成分相似性较高，可达到 0.90 以上，三千线的 4 个样品除 4#外，其余三个样品间相似性均在 0.90 以上。

4.2.3. 感官评价相似性

对三、五千生产线生产的产品感官评价进行欧式相似系数计算，结果见表 7。

Table 7. Euclidean similarity coefficient matrix of sensory evaluation
表 7. 感官评价欧氏相似系数矩阵

欧式相似系数	五千线正品	三千线 1#	三千线 2#	三千线 3#	三千线 4#
五千线正品	1	0.99308	0.945799	0.959019	0.944644
三千线 1#	0.99308	1	0.939787	0.952522	0.941192
三千线 2#	0.945799	0.939787	1	0.977339	0.957848
三千线 3#	0.959019	0.952522	0.977339	1	0.963379
三千线 4#	0.944644	0.941192	0.957848	0.963379	1

经计算，五千线正品与三千线试样的相似性均可达到 0.90 以上，其中五千线正品与试样 1#的相似性高达 0.99，五千线正品与试样 2#的相似性也高达 0.95 以上，与感官评委的定性描述结论一致。

4.2.4. 综合指标相似性

通过对卷烟物理指标、主流烟气成分及感官评价的欧式距离相似性分析，得出了各项指标的相似程度，为综合判定正品及样品的同质化程度，需对各项指标相似系数进行一个加权平均处理。

Table 8. Comprehensive similarity coefficients
表 8. 综合相似系数

欧式相似系数	卷烟物理指标	主流烟气成分	感官质量评价	综合
五千线正品与三千线 1#	0.996998	0.925032	0.99308	0.973449
五千线正品与三千线 2#	0.99194	0.931713	0.945799	0.950801
五千线正品与三千线 3#	0.994995	0.88212	0.959019	0.943145
五千线正品与三千线 4#	0.997561	0.800224	0.944644	0.911901

权重设置采用专家咨询与层次分析法相结合确定。项目组邀请 11 位感官评吸委员和 5 位工艺质量专家，以同质化综合相似系数为目标层，以卷烟物理指标、主流烟气成分、感官质量评价为准则层，按 1~9 标度构造判断矩阵，经一致性检验 CR < 0.1 后，确定卷烟物理指标权重为 0.2，主流烟气成分权重为 0.3，

感官质量评价权重为0.5。该权重分配的理由是：感官质量是卷烟产品的核心，故权重最高；主流烟气成分反映产品内在质量与安全性，权重次之；物理指标主要反映加工稳定性与卷制质量，权重相对较低。经计算，正品与各样品的综合相似系数见表8。

分析可知，正品与1#样品和正品与2#样品的各项指标相似系数均超过0.90，其综合相似系数超过0.95，其中正品与1#样品的相似系数最高，达到0.97。

结合实际判定结果，认为该方法可有效评价各样品间的相似性，当样品间的综合相似系数达到0.97即可判定其达到了同质化加工的要求，综合相似系数越高则同质化程度越高。

5. 结论

本研究根据三、五千制丝生产线切烘丝设备的差异，按照相应比例设置蒸汽流量和物料流量，通过物理特性、化学成分和感官评价三级指标质量检测，发现三、五千制丝生产线切后烟丝含水率、烘后烟丝填充值、烟支硬度和总通风度存在显著性差异，但均符合工艺技术标准。通过烟丝化学成分、烟气指标测定和感官评价，证明了以上符合工艺技术标准的差异不影响卷烟的内在质量。综上，按照三、五千制丝生产线的设备差异设置蒸汽流量和物料流量，可实现切烘丝工序的同质化加工，为不同制丝生产线的同质化加工提供借鉴。

同时，通过构建一套基于欧式距离相似系数的同质化加工评价方法，解决了现阶段对卷烟产品同质化加工的评判标准主要依靠感官评价而存在的主观因素影响弊端，为卷烟产品同质评价提供了科学量化的评判依据和辅助参考手段。

本研究仍存在一定局限性：仅针对“泰山”品牌某一牌号，且局限于3000 kg/h与5000 kg/h特定设备组合下的切烘丝工序，样本批次和评价指标有限，综合评价权重及0.97阈值仍需更多数据验证，结论的普适性有待进一步检验。后续可采用该研究方法对其他工序进行同质化研究，探索牌号转线生产在不同设备的匹配性，汇点成线，逐步形成整条制丝生产线的同质化加工方法，进而“以线促面”，最终形成一种可复制性、可类比性的转线生产基础研究方法，为不同制丝生产线的同质化加工提供依据。

参考文献

[1] 陈景云, 赵急世. 卷烟品牌扩张过程中异地加工产品同质化问题探讨[C]//中国烟草学会2006年学术年会论文集. 2007: 1433-1437.

[2] 王田田, 刁千钧, 赵亚楠. 不同工艺路线卷烟同质化加工的研究[J]. 科技风, 2012(8): 232-233.

[3] 李焕威. 卷烟异地制丝工艺的研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2013: 1.

[4] 陈杰. 如何保证品牌异地加工同质化[C]//河南省烟草学会2005年学术交流年会论文集. 2006: 121-123.

[5] 江家森, 李跃峰, 等. 一种滚筒叶丝干燥参数移植方法[P]. 中国, ZL201010256577.0. 2012-03-14.

[6] 杨蕊艳, 杨文超. 一种新的制丝同质化评价体系设计[C]//上海市烟草学会2019年度优秀论文集. 2019: 523-533.

[7] 李江, 刘炳军, 张旭升, 杜媚, 邱琳, 覃宁波. 制丝不同生产线卷烟均质化加工分析[J]. 大众科技, 2017, 19(12): 20-23.

[8] 徐鹏. TOBSPIN切丝机和SD504切丝机的对比分析[J]. 中国设备工程, 2018(6): 148-149.

[9] YC/T 31-1996 烟草及烟草制品试样的制备和水分测定 烘箱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.

[10] YC/T 152-2001 卷烟烟丝填充值的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.

[11] YC/T 178-2003 烟丝整丝率、碎丝率的测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

[12] 张朝, 葛少林, 佘世科, 黄兰, 田振峰. 近红外光谱法快速测定烟草中的常规化学成分含量[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(2): 286-288.

[13] GB/T 22838-2009 卷烟和滤棒物理性能的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

[14] GB/T 19609-2024 卷烟 用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
[15] YC/T 30-1996 卷烟 烟气气相中一氧化碳的测定 非散射红外法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
[16] GB/T 23355-2009 卷烟 总粒相物中烟碱的测定 气相色谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
[17] 关洪月, 李林, 刘晓, 等. 中药指纹图谱相似度计算方法探析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(18): 282-287.