



付永民,范磊,李长进,等.基于BP神经网络的烟草制丝工艺参数优化研究[J].轻工学报,2023,38(5):104-111.
FU Y M, FAN L, LI C J, et al. Research on optimization of tobacco silk processing parameters based on BP neural network[J]. Journal of Light Industry, 2023, 38(5):104-111. DOI:10.12187/2023.05.014

基于BP神经网络的烟草制丝工艺参数优化研究

付永民,范磊,李长进,吴庆华

河南中烟工业有限责任公司 许昌卷烟厂,河南 许昌 461000

摘要: 为了提高烟丝质量,以烟丝物理特性、烟支物理特性和卷烟化学成分为质量控制指标,采用BP神经网络(BPNN)对烟草制丝工艺参数进行了优化,将BPNN优化结果与正交试验结果进行对比,并对优化后的参数进行验证。结果表明:所建BPNN模型预测结果具有较高的可靠性和准确性,通过BPNN预测的最优制丝工艺参数组合唯一且准确;通过正交试验方法得出的烟草制丝工艺参数最优组合在蒸汽流量和热风温度的参数设置上存在差异。烟草制丝工艺参数优化后,烟丝整丝率、填充值提升,碎丝率、卷烟单支质量标准差、烟支吸阻标准差、CO释放量、焦油释放量、烟碱释放量均降低,整体优化效果明显。BPNN对烟草制丝最优参数预测准确,避免了误判现象,提高了加工效率,降低了时间成本和资源浪费。

关键词: 烟草制丝;质量控制;BP神经网络;正交试验设计方法;烟丝物理特性

中图分类号: TS452.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2023)05-0104-08

0 引言

烟草加工过程主要包括烟草制丝、卷烟制作和成品包装,烟草制丝是直接决定卷烟质量的关键因素^[1-2]。烟草制丝生产线由承担不同任务的工段通过贮柜衔接成一个有机整体,每个工段都会直接影响卷烟成品的品质,因此各工段的工艺参数设置都非常重要。目前,已有研究人员采用多种方法对制丝工艺进行优化^[3-7],如汪文良等^[6]采用帕累托图对制丝工艺进行质量因素分类统计,发现参数调控、料头水分、天气变化等与烟丝质量密

切相关,通过优化制丝工艺参数能够提高烟丝质量;张馨予等^[7]对混合型膨胀烟丝生产工艺及质量进行分析,研究了切片、松散回潮工序白肋烟和烤烟烟片分组加工技术,并对膨胀工序热风温度进行了优化设置。

目前,国内优化制丝工艺参数大多采用正交试验方法,操作复杂、需要大量的实验数据支撑。BP神经网络(Back Propagation Neural Network, BPNN)全称为多层前馈神经网络,常用于解决非线性问题。近年来,已有利用BPNN对烟叶品质进行预测及对制丝工艺参数进行优化的报道^[8-10]。如卓鸣等^[9]基

收稿日期:2021-12-28;修回日期:2022-03-22;出版日期:2023-10-15

基金项目:中国烟草总公司2021年度科技项目(110202102006);河南中烟工业有限责任公司科技项目(A202041, A202043)

作者简介:付永民(1978—),男,河南省许昌市人,河南中烟工业有限责任公司高级工程师,主要研究方向为烟草质量控制与鉴定。E-mail:hlzy35@163.com

通信作者:吴庆华(1976—),男,河南省郑州市人,河南中烟工业有限责任公司工程师,主要研究方向为烟草加工工艺。E-mail:122502007@qq.com

于MIV法构建了制丝关键工艺参数和成品烟丝质量的BPNN模拟模型,烟丝的填充值、整丝率和碎丝率的平均相对误差分别为3.16%、0.67%、5.33%。陆玉浩等^[10]采用BPNN对工艺参数与烟丝填充值之间的数量关系进行了初步建模,提高了预测烟丝填充值的精确度,相对误差仅为4%。但以上研究仅仅是基于某一两项质量指标,而且对于制丝工艺参数的优化并不全面。鉴于此,本文拟以烟丝物理特性、烟支物理特性和卷烟化学成分为质量控制指标,采用BPNN预测对烟草制丝加工过程的参数进行优化,并与正交试验方法的优化结果进行对比分析,以期对烟草最优制丝参数进行准确预测,提高制丝加工效率。

1 材料与仪器

主要材料:黄金叶(硬帝豪)配方烟叶,采样时间为2021年7—9月。

主要仪器:河南中烟工业有限责任公司许昌卷烟厂的X烟草制丝流水线。烟草制丝工艺包括松散回潮、烟草加料和烟丝干燥,含回风温度1(A)、回风温度2(B)、出口含水率(C)、蒸汽流量(D)、热风温度(E)、筒壁温度(F)和排潮负压(G)7个可控因子,具体参数如表1所示^[7,11]。

表1 烟草制丝工艺参数

Table 1 Tobacco silk processing parameters

工序	烟草加料			烟丝干燥			
	松散回潮 A/℃	B/℃	C/%	D/ (kg·h ⁻¹)	E/℃	F/℃	G/ μbar
水平1	54	54	19	280	106	127	-8
水平2	59	59	20	480	112	131	-16
水平3	64	64	21	680	118	135	-24

2 BPNN模型构建及预测结果

2.1 模型构建

本文将烟草制丝过程中的工艺参数、烟丝的各项质量指标分别作为BPNN的输入变量和输出变量,以此实现对工艺参数的最优配置和验证^[12]。其中,BPNN的输入变量为A、B、C、D、E、F和G共7项,以此构成神经网络的输入层;加入一个S型隐含层;最后将烟丝物理特性、烟支物理特性和卷烟化学

成分作为神经网络的输出层,包括整丝率、碎丝率、填充值、单支重量标准差、烟支吸阻标准差、CO释放量、焦油释放量和烟碱释放量共8项输出变量。基于质量控制的BPNN结构如图1所示。

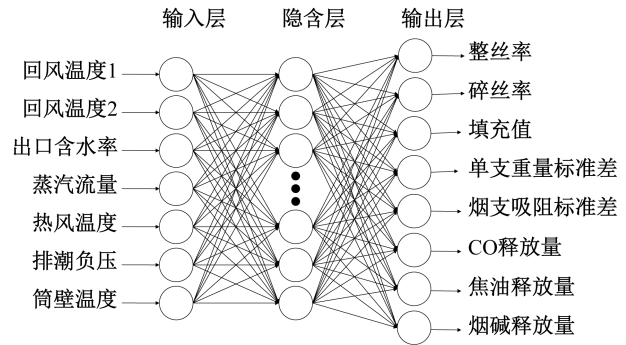


图1 基于质量控制的BPNN结构

Fig. 1 BPNN structure based on quality control

2.2 数据预处理

实验采集了2021年7—9月河南中烟工业有限责任公司许昌卷烟厂黄金叶(硬帝豪)制丝车间的生产数据,训练集的数据来源为2021年7月1日—9月15日实验数据,测试集的数据来源为2021年9月16日—9月30日的实验数据。由于S型函数受输入变量的影响,其输出参数的数据值会影响神经网络的计算速度和收敛速度,因此本文对输入变量的数值进行归一化处理,将数值大小稳定在[0, 1]之内,以降低计算量^[13]。

$$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中,不同输入变量均以X表示,并且用下角标max和min来表示变量的最大值或者最小值,最终计算得到归一化后的无量纲数值X'。

2.3 模型参数设置

通常情况下,烟草制丝工艺质量控制指标的精度在1%左右。为兼顾时间成本和计算精度,本文将迭代精度设置为1/10 000,迭代步数为2000。

由前文可知,输入变量为7个,输出变量为8个,因此输入层和输出层的节点分别为7个和8个。在输入层和隐含层之间、隐含层和输出层之间分别设置tansig函数和purelin函数,并且使用trainbfg函数作为网络的训练函数。

确定隐含层的节点数时,通常采用经验公式 $n_1 = \sqrt{n+m} + a$ 进行初步的节点数量设置,其中n和

m 分别为输入层和输出层的节点数量, a 为 1~10 的任意一个整数^[14-15]。经计算得到隐含层的节点数为 6~16 个, 根据隐含层节点数越多、迭代步数越少的规律, 应选择节点数为 16, 但是由于 14 个节点的计算速度与 16 个节点相近, 并且计算误差更小, 因此本文选择隐含层的节点数为 14。

2.4 模型验证与预测结果

设置好 BPNN 的参数之后, 需要对网络模型的准确性和有效性进行验证^[16-18], 随机抽取 2 组实验数据对烟草质量控制指标的检测值和预测值进行对比分析, 结果如表 2 所示。从表 2 可知, BPNN 的预测值与实际制丝过程得出的检测值之间的平均回归误差很小, 均在 2.66% 以内, 说明本文所设计的模型具有较高的可靠性和准确性, 因此能够将本文模型计算结果作为实验的预测结果。

BPNN 对不同制丝工艺参数所得卷烟的烟丝物理特性、烟支物理特性和卷烟化学成分进行预测后, 得出最优制丝工艺参数为回风温度 1 (松散回潮) 59 °C、回风温度 2 (烟草加料) 54 °C、出口含水率 20.0%、蒸汽流量 680 kg/h、热风温度 112 °C、筒壁温度 131 °C 和排潮负压 -8 μbar, 最优制丝工艺参数配置为 $A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$ 。

表 2 烟草质量控制指标检测值和预测值对比分析结果

Table 2 Results of comparative analysis of detected and predicted values of tobacco quality control indicators

质量控制指标	实验批次	检测值	预测值	误差/%	回归误差/%
整丝率/%	1	82.34	83.01	0.81	2.35
	2	84.62	83.25	1.62	2.51
碎丝率/%	1	2.17	2.11	2.76	2.36
	2	2.01	1.94	3.48	2.66
填充值/ ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	1	4.09	3.90	4.65	2.51
	2	3.97	3.83	3.53	2.47
单支质量 标准差/mg	1	30.08	29.73	1.16	2.09
	2	28.46	29.25	2.78	2.33
烟支吸阻 标准差/Pa	1	56.01	55.16	1.50	2.37
	2	56.10	55.28	1.29	2.45
CO 释放量/ ($\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$)	1	13.79	13.68	0.80	2.04
	2	14.05	13.79	1.85	2.15
焦油释放量/ ($\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$)	1	12.56	12.20	2.87	2.31
	2	12.77	12.49	2.19	2.20
烟碱释放量/ ($\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$)	1	1.45	1.51	4.14	2.54
	2	1.51	1.55	2.65	2.29

3 正交试验制丝参数优化

3.1 正交试验设计

为了能够得到最佳烟草制丝工艺参数, 并与 BPNN 预测结果进行全面分析对比, 设计正交试验以优化烟草制丝工艺参数, 参数设计表如表 3 所示。对各个试验的质量指标进行测定, 评估不同制丝工艺参数对烟丝物理特性、烟支物理特性和卷烟化学成分的影响。

3.2 正交试验结果分析

3.2.1 制丝工艺参数对烟丝物理特性的影响分析

不同工艺参数下的烟丝物理特性变化如图 2 所示, 制丝工艺参数对烟丝物理特性的影响的直观分析如表 4 所示, 其中 K_1 、 K_2 和 K_3 分别代表实验中水平 1、2、3 的质量指标均值, R 为极差, P 为方差^[19-20]。由图 2 和表 4 可知, 不同工艺参数对烟丝整丝率的影响程度依次为 $G > A > F > E > D > C > B$, 影响程度较大的是排潮负压和回风温度 1, 极差分别为 1.51、1.37, 方差分别为 0.041 4、0.048 9。不同工艺参数对烟丝碎丝率的影响程度依次为 $A > E = F > D > G > B > C$, 影响程度较大是回风温度 1、筒壁温度和热风温度, 极差分别为 0.18、0.17、0.17, 方差分

表 3 正交试验参数设计表

Table 3 Design table of orthogonal test parameters

试验号	A/°C	B/°C	C/%	D/ ($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)	E/°C	F/°C	G/μbar
1	54	54	19.0	280	127	106	-8
2	54	59	20.0	480	131	112	-16
3	54	64	21.0	680	135	118	-24
4	59	54	19.0	480	131	118	-24
5	59	59	20.0	680	135	106	-8
6	59	64	21.0	280	127	112	-16
7	64	54	20.0	280	135	112	-24
8	64	59	21.0	480	127	118	-8
9	64	64	19.0	680	131	106	-16
10	54	54	21.0	680	131	112	-8
11	54	59	19.0	280	135	118	-16
12	54	64	20.0	480	127	106	-24
13	59	54	20.0	680	127	118	-16
14	59	59	21.0	280	131	106	-24
15	59	64	19.0	480	135	112	-8
16	64	54	21.0	480	135	106	-16
17	64	59	19.0	680	127	112	-24
18	64	64	20.0	280	131	118	-8

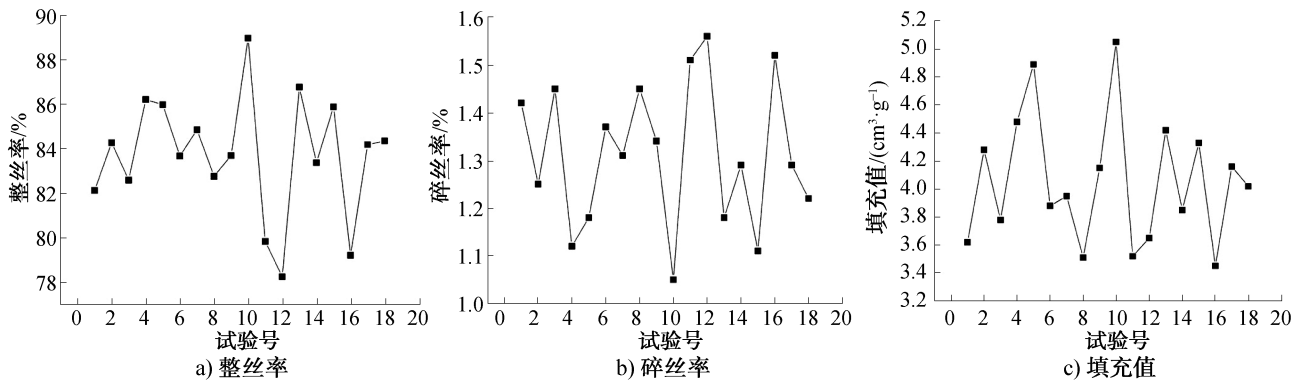


图2 不同工艺参数下烟丝物理特性的变化

Fig. 2 Changes in physical properties of tobacco silk under different processing parameters

表4 制丝工艺参数对烟丝物理特性的影响的直观分析

Table 4 Intuitive analysis of the effect of silk-making processing parameters on the physical properties of tobacco silk

烟丝物理特性	指标	A	B	C	D	E	F	G
整丝率	K_1	81.79	82.59	82.80	82.05	82.79	81.52	82.93
	K_2	82.97	82.31	81.99	81.83	82.23	82.89	82.71
	K_3	81.66	81.88	81.72	82.94	81.66	82.56	82.05
	R	1.37	0.92	1.11	1.14	1.20	1.29	1.51
	影响排序	2	7	6	5	4	3	1
	P	0.048 9	0.153 7	0.127 4	0.102 0	0.098 7	0.075 6	0.041 4
碎丝率	K_1	1.29	1.22	1.26	1.30	1.33	1.29	1.15
	K_2	1.11	1.30	1.21	1.19	1.16	1.12	1.29
	K_3	1.25	1.35	1.31	1.14	1.30	1.19	1.30
	R	0.18	0.13	0.10	0.16	0.17	0.17	0.15
	影响排序	1	6	7	4	2	2	5
	P	0.022 7	0.115 6	0.171 1	0.062 7	0.040 7	0.041 0	0.087 3
填充值	K_1	4.01	4.33	4.22	3.93	3.91	3.78	4.20
	K_2	4.17	4.27	4.27	4.08	4.16	4.09	3.93
	K_3	3.78	4.12	4.17	4.29	4.00	3.89	4.09
	R	0.39	0.21	0.10	0.36	0.25	0.31	0.27
	影响排序	1	6	7	2	5	3	4
	P	0.003 3	0.040 8	0.071 9	0.010 1	0.036 3	0.012 2	0.019 8

别为0.022 7、0.040 7、0.041 0。不同工艺参数对烟丝填充值的影响程度依次为 $A>D>F>G>E>B>C$,影响程度较大是回风温度1和蒸汽流量,极差分别为0.39、0.36,方差分别为0.003 3、0.010 1。

表4中 K_n 的数值越大代表烟丝整丝率、碎丝率、填充值越大,从表4可进一步看出,回风温度2和出口含水率对整丝率、碎丝率的影响效果不明显,因此在考虑烟丝整丝率、碎丝率时得到的最优工艺参数配置为 $A_2B_xC_xD_3E_2F_2G_1$,与BPNN预测结果相符;在考虑填充值时,最优制丝工艺参数配置为 $A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$,与BPNN预测结果相同。

3.2.2 制丝工艺参数对烟支物理特性的影响分析 不同工艺参数下的烟支物理特性变化如图3所示,制丝工艺参数对烟支物理特性的影响的直观分析如表5所示。由图3和表5可知,不同工艺参数对卷烟单支质量标准差的影响程度依次为 $A>F>E>B>D>G>C$,影响程度较大的是回风温度1和热风温度,极差分别为8.4、6.7,方差分别为0.020 2、0.039 7。不同工艺参数对卷烟烟支吸阻标准差的影响程度依次为 $A>F>E>D>B>G>C$,影响程度较大的是回风温度1、筒壁温度和热风温度,三者极差分别为9.5、7.7、7.0,方差分别为0.017 6、0.049 4、0.052 3。

表5中 K_n 的数值越小则代表越不容易影响单支质量标准和卷烟烟支吸阻标准差,从表5可进一步看出,在考虑卷烟单支质量标准的最佳工艺参数配置为 $A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$,与BPNN预测结果相同;在考虑卷烟烟支吸阻标准差的最佳工艺参数配置为 $A_2B_1C_2D_2E_2F_2G_1$,与BPNN预测结果在参

数 D 上有所区别。

3.2.3 制丝工艺参数对卷烟化学成分的影响分析 不同工艺参数下卷烟化学成分变化如图4所示,制丝工艺参数对卷烟化学成分影响的直观分析如表6所示。由图4和表6可知,不同工艺参数对卷烟CO释放量的影响程度依次为 $A>F>E>D>B>$

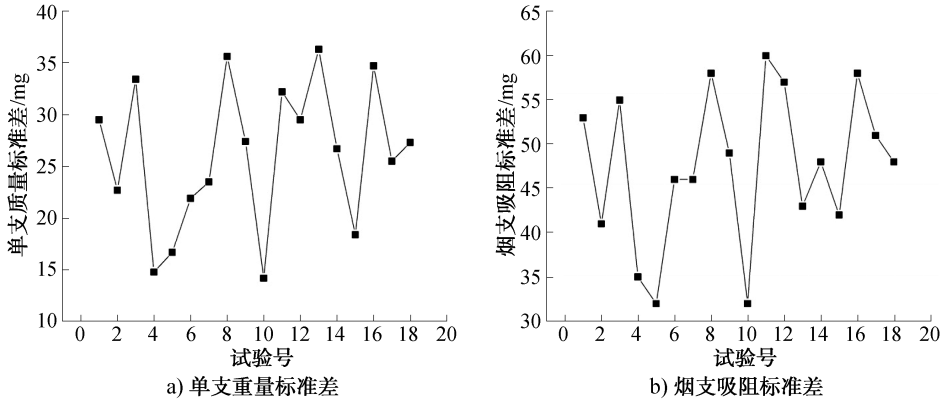


图3 不同处理下烟支物理特性的变化

Fig. 3 Changes in physical properties of cigarettes under different treatments

表5 制丝工艺参数对烟支物理特性的影响的直观分析

Table 5 Intuitive analysis of the effect of silk-making processing parameters on the physical properties of cigarettes

烟支物理特性	指标	A	B	C	D	E	F	G
单支质量标准差	K_1	27.8	23.6	23.7	26.8	27.7	28.9	24.5
	K_2	21.3	25.5	21.9	25.4	22.2	22.2	25.9
	K_3	29.7	27.4	24.5	22.6	24.6	26.9	27.5
	R	8.4	3.8	2.6	4.2	5.5	6.7	3.0
	影响排序	1	5	7	4	3	2	6
烟支吸阻标准差	P	0.020 2	0.141 2	0.354 3	0.134 5	0.071 5	0.039 7	0.295 2
	K_1	50.6	45.7	49.0	51.1	52.4	51.8	47.7
	K_2	42.5	49.2	45.8	49.4	45.4	45.6	50.7
	K_3	52.2	50.4	50.5	50.2	50.2	51.2	51.0
	R	9.5	3.9	4.2	5.1	7.0	7.7	3.7
影响排序	1	5	7	4	3	2	6	
P	0.017 6	0.169 0	0.198 2	0.116 3	0.052 3	0.049 4	0.172 2	

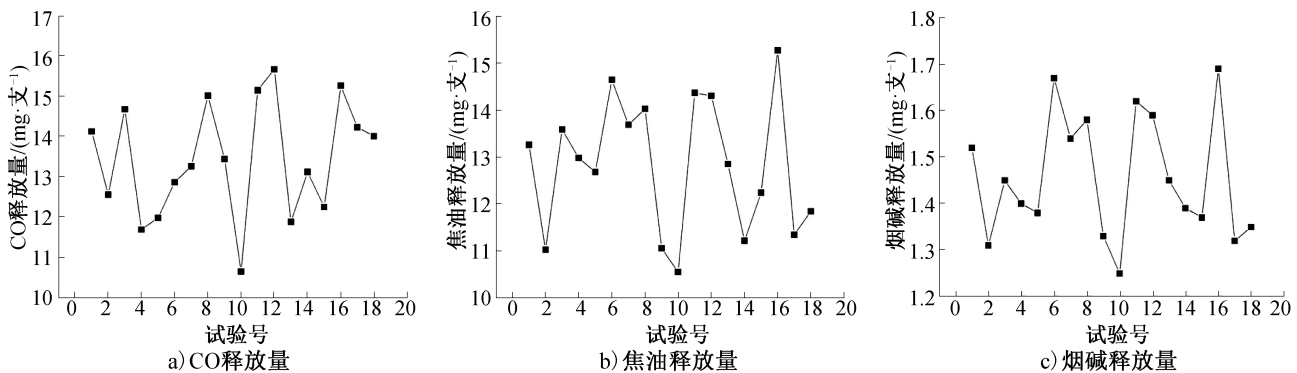


图4 不同工艺参数下卷烟化学成分的变化

Fig. 4 Changes of chemical components of cigarettes under different processing parameters

表6 制丝工艺参数对卷烟化学成分影响的直观分析
Table 6 Intuitive analysis of the effect of silk-making processing parameters on the chemical composition of cigarettes

卷烟化学成分	指标	A	B	C	D	E	F	G
CO 释放量	K_1	12.99	13.56	13.99	14.14	14.31	14.51	14.06
	K_2	12.52	14.00	13.62	13.78	12.96	12.99	14.27
	K_3	14.21	14.35	14.26	13.26	13.80	13.28	14.77
	R	1.69	0.79	0.64	0.88	1.35	1.52	0.71
	影响排序	1	5	7	4	3	2	6
	P	0.014 6	0.153 1	0.300 7	0.119 2	0.042 9	0.030 4	0.223 9
焦油释放量	K_1	13.05	12.94	13.04	13.24	12.86	12.77	12.28
	K_2	12.99	13.42	12.72	13.09	10.90	12.25	12.86
	K_3	13.03	13.22	13.11	11.87	11.57	13.08	12.53
	R	0.06	0.48	0.29	1.37	1.96	0.83	0.58
	影响排序	6	5	7	2	1	3	4
	P	0.883 4	0.610 7	0.787 8	0.107 8	0.029 3	0.198 7	0.527 3
烟碱释放量	K_1	1.40	1.40	1.40	1.45	1.47	1.39	1.34
	K_2	1.38	1.45	1.37	1.35	1.28	1.42	1.45
	K_3	1.41	1.41	1.44	1.31	1.33	1.33	1.39
	R	0.03	0.05	0.07	0.14	0.19	0.09	0.11
	影响排序	7	6	5	2	1	4	3
	P	0.891 7	0.772 7	0.620 7	0.097 7	0.037 9	0.396 7	0.401 0

$G>C$,影响程度较大的是回风温度1、热风温度和筒壁温度,三者极差分别为1.69、1.52、1.35,方差分别为0.014 6、0.030 4、0.042 9。不同工艺参数对卷烟焦油释放量的影响程度依次为 $E>D>F>G>B>A>C$,影响较大的是蒸汽流量、筒壁温度和热风温度,三者极差分别为1.37、1.96、0.83,方差分别为0.107 8、0.029 3、0.198 7。不同工艺参数对卷烟烟碱释放量的影响程度依次为 $E>D>G>F>C>B>A$,影响较大的是蒸汽流量、排潮负压和热风温度,三者极差分别为0.14、0.19、0.09,方差分别为0.097 7、0.037 9、0.396 7。

表6中 K_n 的数值越小则代表产生CO、焦油、烟碱的释放量越小,从表6中可进一步看出,在考虑卷烟CO释放量时最佳工艺参数配置为 $A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$,与BPNN预测结果相同;在考虑卷烟焦油释放量时的最佳工艺参数配置为 $A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$,与BPNN预测结果相同;在考虑卷烟烟碱释放量时的最佳工艺参数配置为 $A_2B_1C_2D_3E_2F_3G_1$,与BPNN预测结果仅在参数F上有所区别。

由上述研究可知,通过正交试验设计方法得出的

最优组合并不是唯一的,共有3种较优组合,分别为 $A_2B_1C_2D_2E_2F_2G_1$ 、 $A_2B_1C_2D_3E_2F_3G_1$ 和 $A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$,在热风温度和筒壁温度的设置上存在争议。

4 烟丝制丝参数优化结果验证

本文参照BPNN优化组合($A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$),对优化前后的工艺参数组合分别在制丝线上进行实验并测定其卷烟质量,并与BPNN卷烟质量预测结果进行对比,结果如表7所示。由表7可知,通过参数优化,烟丝整丝率、填充值得到提升,碎丝率、单支质量标准差、烟支吸阻标准差、CO释放量、焦油释放量、烟碱释放量均得到降低,整体优化效果明显。同时,BPNN的预测结果与实际实验结果接近,且极大地降低了时间成本和资源浪费。此外,由于正交试验设计存在误差,容易在最佳工艺参数配置中出现误差波动,造成参数选择出错,而BPNN则很好地排除了这类误差,具有较高的可靠性。

5 结论

本文以烟丝物理特性、烟支物理特性和卷烟化学成分为质量控制指标,采用BPNN构建预测模型

表7 优化前后卷烟质量对比结果
Table 7 Comparison results of cigarette quality before and after optimization

组别	实验批次	整丝率/%	碎丝率/%	填充值/ ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	单支质量 标准差/mg	烟支吸阻 标准/Pa	CO 释放量/ ($\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$)	焦油释放量/ ($\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$)	烟碱释放量/ ($\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$)
优化前	1	83.82	2.05	3.93	30.19	56	13.84	12.37	1.45
	2	84.31	1.94	4.07	32.44	54	14.07	13.09	1.39
优化后	1	89.94	1.20	4.55	23.48	51	11.68	11.12	1.12
	2	91.04	1.31	4.71	24.71	51	11.34	11.98	1.20
BPNN 预测	1	90.15	1.17	4.67	23.50	52	11.50	11.35	1.17
	2	91.66	1.19	4.82	24.28	51	11.53	11.66	1.15

对烟草制丝工艺过程的参数进行优化,并与传统的正交试验方法分析结果进行对比。结果表明,所建BPNN模型预测结果具有较高的可靠性和准确性,通过BPNN预测的最优烟草制丝工艺配置为 $A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$;通过正交试验设计方法得出的最优组合并不是唯一的,共有3种组合($A_2B_1C_2D_2E_2F_2G_1$ 、 $A_2B_1C_2D_3E_2F_3G_1$ 和 $A_2B_1C_2D_3E_2F_2G_1$),参数D和F均存在差异。通过实验验证得出,BPNN预测结果为最佳参数组合,参数优化后烟丝整丝率、填充值提升,碎丝率、单支质量标准差、烟支吸阻标准差、CO释放量、焦油释放量、烟碱释放量均降低,整体优化效果明显。

基于质量控制的BPNN的预测模型能够避免卷烟企业广泛应用的正交试验设计方法所产生误差的出现,不仅可提高加工效率,同时可降低时间成本和资源浪费,该研究结果可对提高烟草质量和加工工艺提供技术参考。

参考文献:

- [1] LEHMANN K, KUHN S, REIMER J. E-electronic cigarettes in germany: Patterns of use and perceived health improvement[J]. European Addiction Research, 2017, 23(3): 136-147.
- [2] 刘晓东,陈竺,陈洁,等.烟草制丝生产线人机交互界面设计研究[J]. 电气自动化, 2020, 42(2): 116-118.
- [3] 冯煜. 优化烟草制丝设备提高烟丝质量[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2020(4): 176-177.
- [4] 窦志. 预测PID控制在烟草工业松散回潮工序中的应用[D]. 绵阳:西南科技大学, 2020.
- [5] 聂铭,周冀衡,杨荣生,等. 基于MIV-SVM的烤烟呼吸质量预测模型[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(6): 56-62.
- [6] 汪文良,范兴,朱雪峰,等. 基于帕累托图的卷烟制丝工艺质量分析[J]. 现代农业科技, 2021(13): 235-239, 243.
- [7] 张馨予,严莉红,易小丽,等. 不添加料液的混合型膨胀烟丝生产工艺及质量分析[J]. 中国烟草学报, 2020, 26(1): 36-41, 47.
- [8] 邓羽翔,罗诚,李东亮,等. 基于BP神经网络的烟叶醇化感官质量仿真模拟[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 161-165.
- [9] 卓鸣,汪鹏,望开奎. 基于MIV-BP神经网络的成品烟丝质量预测模型构建[J]. 食品与机械, 2021, 37(12): 161-166, 214.
- [10] 陆玉浩,王彬彬,万云飞,等. 基于神经网络的烟丝填充值预测模型研究[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(5): 82-86.
- [11] 温延,林敏,罗民,等. 烟块分散装置的设计及应用[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(5): 130-132.
- [12] 李秀芳. 烟片松散回潮关键工艺参数过程控制系统的优化设计[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(3): 34-41.
- [13] BO M. Moisture control methods in silk reeling process of tobacco based on the random forest regression[J]. Open Journal of Statistics, 2015, 5(5): 393-402.
- [14] 张丽娜,许利平,樊虎,等. 高精度自动化加料加香烘丝一体化微型设备的研制和应用[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(4): 27-34.
- [15] RENÉ H, NICOLA W, ANGELIKA S, et al. Low-tech, pilot scale purification of a recombinant spider silk protein analog from tobacco leaves[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(10): 1687.
- [16] 田忠,陈闯,许宗保,等. 制丝关键工序对细支卷烟燃烧温度及主流化学成分的影响[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(6): 19-26.
- [17] 曹家升,王海明,吴龙元. 烟包垂直分切机卸料装置的优化设计[J]. 烟草科技, 2021, 54(9): 108-112.
- [18] 和智君,王理珉,张强,等. 云南烤烟品种加工性能评价[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(4): 72-75.
- [19] 罗军,赵科文,王强春,等. 薄板烘丝工艺参数对卷烟焦油释放量的影响[J]. 轻工学报, 2016, 31(4): 76-81, 87.
- [20] 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(3/4): 34-38.

Research on optimization of tobacco silk processing parameters based on BP neural network

FU Yongmin, FAN Lei, LI Changjin, WU Qinghua

Xuchang Cigarette Factory, Henan China Tobacco Industry Co., Ltd., Xuchang 461000, China

Abstract: In order to improve the quality of tobacco silk, the processing parameters of tobacco silk were optimized by using BP Neural Network (BPNN), taking the physical properties of tobacco silk, the physical properties of cigarettes and the chemical composition of cigarettes as quality control indicators. The BPNN optimization results were compared with the orthogonal test results, and the optimized parameters were verified. The results showed that the prediction results of the established BPNN model had high reliability and accuracy, and the optimal silk-making processing parameters combination predicted by BPNN was unique and accurate. There were differences in the parameter settings of steam flow and hot air temperature for the optimal combination of tobacco silk-making process parameters obtained by the orthogonal test method. After the parameters of the tobacco silk-making processing parameters were optimized, the whole cut rate and filling value of tobacco silk had been improved, the broken cut rate had been reduced, the standard deviation of single cigarette weight and cigarette suction resistance had decreased, and the CO, tar, and nicotine releases had been reduced, and the overall optimization effect was obvious. BPNN accurately predicted the optimal parameters of tobacco silkmaking, which avoided misjudgment, improved processing efficiency, and reduced time cost and resource waste.

Key words: tobacco silk; quality control; BP neural network; orthogonal test; physical properties of tobacco silk

(责任编辑:吴晓亭)

本刊数字网络传播声明

本刊已许可中国知网,万方数据资源系统,维普网,国家科技学术期刊开放平台,博看网,超星,中国科技论文在线,中教数据库,CA,EBSCOhost,Ulrichs,FSTA等在其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。其相关著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我刊上述声明。