

基于 ANP 的卷烟制丝质量评价方法

张新锋

(河南中烟工业有限责任公司 南阳卷烟厂, 河南 南阳 473007)

摘要:针对传统制丝质量评价体系以主观因素为主、缺乏科学依据因而难以定量分析的问题,提出了基于网络分析法 ANP 的制丝质量评价方法.为考察制丝工艺关键工序对制丝质量的影响权重,构建了 ANP 网状模型和比较判断矩阵,再根据加权超矩阵的计算排序结果进行质量评价.结果表明,滚筒烘丝工序对制丝质量影响最为显著,生产中着重强化该环节的参数优化和稳定性控制,制丝质量明显提高.这表明基于 ANP 的制丝质量评价方法能够有效提高制丝工艺控制精度和过程质量控制能力,可为制丝工艺确定最佳的工艺条件和准确的工艺参数提供理论依据.

关键词:卷烟制丝工艺;制丝质量评价;网络分析法

中图分类号:TS411.1 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2015.3/4.008

The evaluation method of tobacco primary quality based on ANP

ZHANG Xin-feng

(Nanyang Cigarette Factory, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Nanyang 473007, China)

Abstract: To the problems that the traditional primary quality evaluation system focuses on subjective factors with lacking of scientific evidence and quantitative analysis, an evaluation method of tobacco primary quality system based on ANP was proposed. In order to research the influence weight of the key process of tobacco primary processing, the ANP network model and the comparison judgment matrix were constructed, and the quality evaluation of the ranking results was made based on the weighted super matrix. The results showed that the effect of cylinder drying on the primary quality was the most significant. In production, the quality of the tobacco primary was improved obviously through strengthening the parameters optimization and stability control of cylinder drying process. These showed that the evaluation method of tobacco primary quality based on ANP could effectively improve the control accuracy of tobacco primary processing and the control ability of process quality, and provide the theoretical basis for determining the optimum technological conditions and accurate technological parameters for tobacco primary processing.

Key words: tobacco primary processing; primary quality evaluation; ANP(analytic network process)

0 引言

卷烟加工是一个复杂的工艺过程,有许多环节影响卷烟制品的质量和消耗.在制丝、卷接、包装三大环节中,制丝加工环节工序多、工艺流程长、工艺

设备种类繁多,是提高卷烟制品内在质量、降焦降害、节约能源、降低原料消耗的重要环节.制丝加工流程性较强,它的每一道工序质量都直接或间接影响下一道工序乃至最终产品的质量,所以选用合适的制丝质量评价方法不仅能够提高卷烟生产质量

控制的稳定性,而且能推动卷烟行业的健康发展。

传统的制丝质量评价方法主要包括合格评定法、统计学评定法和层次分析法 AHP (analytic hierarchy process)^[1-5]。合格评定法是按生产技术要求通过检测质量指标值来判断烟丝生产是否合格的方法,该方法使用简单,但评定结果太过粗略且缺乏科学理论依据。文献[2]提出了用过程标准偏差运算方法计算各工艺段的综合过程标偏控制能力的制丝质量评价方法,该方法根据衡量水分曲线的离散程度进行分级运算,能够反映卷烟加工全过程控制水平的总分数。统计学评定法是运用统计技术将制丝质量的各项指标按照等级分值划分评定的方法,该方法采用指标定量分析但缺乏指标间相互影响关系的分析,难以满足卷烟行业质量控制发展的新要求。文献[3]结合运用统计技术设计出新的制丝质量评价方法,将各项评价指标细分为三个质量档次,确定各档次的质量界限和得分值,根据分值对各项指标进行排序。AHP 是指用成对比较衡量质量指标的相对重要性的评价方法^[4-5],能够准确反映质量波动,具有有效性和科学性,但没有考虑指标间的反馈制约网状关系,对整体制丝质量水平的评估有局限性。文献[4]利用 AHP 对进柜烟丝含水率、出柜烟丝含水率、整丝率、碎丝率、纯净度、填充值六个主要指标彼此间的重要程度进行了分析评价。

针对传统制丝质量评价方法的不足,本文拟提出一种基于网络分析法 ANP (analytic network process) 的制丝质量评价方法,为确定关键制丝工序的影响权重,构建 ANP 网状模型和比较判断矩阵,再根据加权超矩阵的计算排序结果进行质量评价分析,以期全面分析制丝质量影响因素,改进制丝工艺质量的薄弱环节。

1 研究背景

1.1 制丝质量评价工序

本文根据制丝工艺实际生产情况,咨询多位制丝工艺质量控制专家,由专家评议组确定松散回潮、叶片加料、滚筒烘丝、烟丝混配、加香储丝^[6]五个工序为制丝质量评价工序。

1) 松散回潮。松散回潮是制丝工艺的第一步,通过称重装置控制进入回潮筒的叶片流量,将叶片喂入回潮筒^[7]。其主要控制参数包括回风温度、出口温度和出口水分。

2) 叶片加料。对叶片准确均匀地施加料液,适

当提高叶片的含水率和温度。其主要控制参数包括叶片含水率、叶片温度、瞬时精度和总体精度。

3) 滚筒烘丝。滚筒烘丝是指用烘丝机将切后烟丝干燥去湿,以适合烟支的含水率。其主要控制参数包括筒壁温度、热风温度、出口温度和出口水分^[8-9]。

4) 烟丝混配。按照不同品牌卷烟的不同工艺要求,取不同模块的叶丝、梗丝、膨胀烟丝和薄片丝,混合均匀^[10-13]。其主要控制参数包括烟丝水分、梗丝比例、膨胀烟丝比例、薄片丝比例、瞬时精度和总体精度。

5) 加香储丝。将香料均匀喷洒附着于叶丝、梗丝、膨胀烟丝和薄片丝表面,增香保润,然后将制成的成品丝贮存于成品丝柜中心,供卷包使用。其主要控制参数包括加香比例、加香精度、物料流量、瞬时精度和总体精度。

1.2 ANP 的决策步骤

ANP 是在反馈 AHP 的基础上提出的一种适用于非独立反馈系统的决策方法^[14-15]。它在 AHP 的基础上,考虑各因素或相邻层次之间的相互影响,利用超矩阵对各相互影响的因素进行综合分析,得出其权重。ANP 的决策步骤如下。

1) 确定综合评价的组成因素,建立 ANP 结构模型。

典型的 ANP 结构模型如图 1 所示。设网络 ANP 中控制层的准则为 B_1, B_2, \dots, B_m , 网络层元素组为 C_1, C_2, \dots, C_N 。其中 C_i 包含的元素有 $e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in_i}$ ($i=1, 2, \dots, N$)。

2) 构造比较判断矩阵。

根据上步构建的 ANP 结构模型,以控制层元素 B_s ($s=1, 2, \dots, m$) 为准则,以 C_k ($k=1, 2, \dots, n$) 中的元素 e_{ij} ($j=1, 2, \dots, n_i$) 为次准则,将元素集 C_i 中的元素按其对其 e_{ij} 的影响力大小进行两两比较分析,

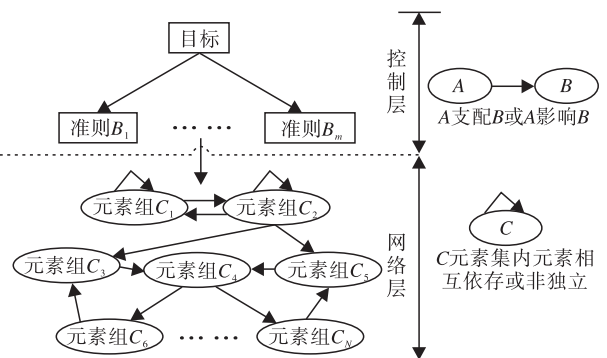


图 1 典型的 ANP 结构模型

据此而构造的判断矩阵见表1.

表1 比较判断矩阵

e_{ij}	e_{i1}	e_{i2}	...	e_{in_i}	归一化特征向量
e_{i1}	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{in}	$w_{i1}^{(j)}$
e_{i2}	a_{i2}	a_{i2}	...	a_{2n}	$w_{i2}^{(j)}$
...
e_{in_1}	a_{n1}	a_{n2}	...	$a_{n_i n_i}$	$w_{in_i}^{(j)}$

3) 计算超矩阵并综合排序.

将两两比较判断矩阵由特征根法得到的归一化特征向量进行一致性检验,若通过则将其写成矩阵形式,可得到局部的权重向量矩阵即超矩阵

$$W = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_N \\ e_{11} \dots e_{1n_1} & & & & \\ e_{21} \dots e_{2n_2} & & & & \\ \dots & & & & \\ e_{N1} \dots e_{Nn_N} & & & & \end{matrix} \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{bmatrix}$$

超矩阵 W 的每一元素 W_{ij} 都是基于一个两两比较判断矩阵获得的归一化特征向量,列和为1,但 W 不是归一化矩阵. 因此以控制层元素 B_s 为准则,对控制层元素 B_s 下的各元素组与各元素组 C_k 的重要性进行比较,得到一个归一化的排序向量

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix}$$

把矩阵 A 与 W 相乘得到加权超矩阵

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{k=1}^N W^k$$

如果极限收敛且唯一,则 W^∞ 的第 j 列就是控制元素下网络层各元素对于元素 j 的极限相对排序.

2 基于 ANP 的制丝质量评价模型

本文采用基于 ANP 的制丝质量评价模型,全面综合分析各重要制丝工序对制丝质量的影响权重和工序控制参数间的动态影响制约关系,以克服现有的制丝质量评价方法的局限性,达到指导制丝生产过程、提高质量控制水平的目的.

2.1 构建制丝质量评价模型

基于 ANP 的制丝质量评价模型将质量评价划分为两大部分:第一部分为控制层,包括评价目标及参与评价的工序;第二部分为网络层,由重点工序的控制参数因素层支配的元素组成,其内部是互相影响、存在反馈和反支配的网络结构. 基于 ANP 的制丝质量评价模型见图2.

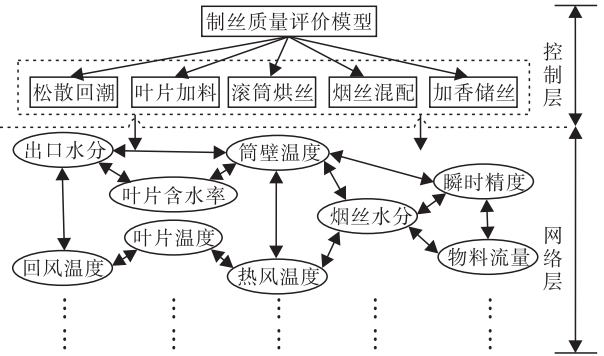


图2 基于 ANP 的制丝质量评价模型

由于制丝工艺各工序间影响关系较为复杂,构建的 ANP 模型的计算量较大. 鉴于美国 Expert Choice 公司开发的超级决策 SD (super decisions) 软件功能强大,可以计算很多 ANP 模型,并完整地表达计算结果,本文采用 SD 软件建立基于网络分析的制丝质量评价工序间相互影响关系模型.

2.2 构建比较判断矩阵

本文通过专家组评议的方式确定制丝工序间影响权重,得到相互影响的各评价工序间两两比较重要性对比情况,然后按照九分法规范性标度将评价工序间两两比较的重要性程度采用1—9的整数及其倒数进行划分. 评价工序间重要程度说明见表2.

根据九分法标度对中间层各个工序的松散回潮、叶片加料、滚筒烘丝、烟丝混配、加香储丝对于制丝质量的影响关系进行分析评价,所得各个工序对目标层制丝质量的比较判断矩阵见表3—表8.

表2 评价工序间重要程度说明表

评价标度	标度说明
1	两个因素同等重要
3	两个因素相比,前者比后者稍微重要,据经验判断前者比后者稍有利
5	两个因素相比,前者比后者明显重要,据经验判断前者比后者更有利
7	两个因素相比,前者比后者非常重要,前者比后者评价更有利且在实践中得到证实
9	两个因素相比,前者比后者极其重要,重要程度是显而易见的
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值

表3 制丝质量判断矩阵

制丝质量	松散回潮	叶片加料	滚筒烘丝	烟丝混配	加香储丝
松散回潮	1	1/2	1/5	1/6	1/7
叶片加料	2	1	1/3	1/4	1/5
滚筒烘丝	5	3	1	1/2	1/3
烟丝混配	6	4	2	1	1
加香储丝	7	5	3	1	1

表4 松散回潮各参数判断矩阵

松散回潮	回风温度	出口温度	出口水分
回风温度	1	3	1
出口温度	1/3	1	1/2
出口水分	1	2	1

表5 叶片加料各参数判断矩阵

叶片加料	叶片含水率	叶片温度	瞬时精度	总体精度
叶片含水率	1	4	2	3
叶片温度	1/4	1	2	3
瞬时精度	1/2	1/2	1	2
总体精度	1/3	1/3	1/2	1

表6 滚筒烘丝各参数判断矩阵

滚筒烘丝	筒壁温度	热风温度	出口温度	出口水分
筒壁温度	1	2	3	1
热风温度	1/2	1	2	1
出口温度	1/3	1/2	1	3
出口水分	1	1	1/3	1

表7 烟丝混配各参数判断矩阵

烟丝混配	烟丝水分	梗丝比例	膨丝比例	瞬时精度	总体精度
烟丝水分	1	1	1	3	4
梗丝比例	1	1	1	2	3
膨丝比例	1	1	1	2	4
瞬时精度	1/3	1/2	1/2	1	2
总体精度	1/4	1/3	1/4	1/2	1

表8 加香储丝各参数判断矩阵

加香储丝	加香比例	加香精度	物料流量	瞬时精度	总体精度
加香比例	1	2	2	3	4
加香精度	1/2	1	2	2	3
物料流量	1/2	1/2	1	1	2
瞬时精度	1/3	1/2	1	1	2
总体精度	1/3	1/3	1/2	1/2	1

经对表3—表8的判断矩阵进行一致性检验,检验结果小于0.1(见图3),表明制丝质量评价因素间两两比较的判断矩阵是合理的。

2.3 计算超矩阵并综合排序

对得到的制丝质量评价工序间各两两比较判

不一致性指数为0.0892,该指数的可取值小于0.1



图3 一致性检验结果

断矩阵进行量化,由特征根法得到排序向量.如果上述特征向量通过一致性检验,则将其写成矩阵形式,从而得到局部的权重向量即超矩阵,见表9(其中行表示汇,列表示源).针对网络结构中的相互作用和反馈信息,基于源对汇中的元素进行两两比较,求解源对于汇的相对偏好和重要性。

将超矩阵(表9)与各个工艺段判断矩阵(表3—表8)的归一化排序向量相乘得到加权超矩阵.局部加权超矩阵见表10,最终的计算排序结果见图4。

3 质量评价分析

由图4所示的ANP计算排序结果可以对现有的制丝工艺段质量评价进行分析.在影响制丝质量的五个重要工序因素中,滚筒烘丝对整个制丝工艺段质量影响最大,其次是叶片加料工艺段,然后依次是松散回潮、烟丝混配和加香储丝。

在制丝工艺实际生产环节中,按照基于ANP的制丝质量评价结果对制丝工艺的生产控制进行调整,着重强化滚筒烘丝工艺的筒壁温度、热风温度、出口温度和出口水分的参数优化和稳定性控制,调整后的制丝工艺其制丝质量明显提高,有效降低了制丝生产的消耗.要达到大幅度提高整体制丝质量的目的,还需要严格监控并合理调整松散回潮、叶片加料、烟丝混配和加香储丝段的工艺参数。

4 结论

针对制丝工艺的生产情况,本文提出了基于ANP的制丝质量评价方法,该评价方法对制丝质量的评价分析比AHP的层次关系更加灵活,更加切合实际,能够有效提高制丝工艺控制精度和过程质量控制能力,从而为制丝工艺确定最佳工艺条件和准确工艺参数提供理论依据. ANP在制丝质量因素评价体系上的成功运用为其进一步推广到卷烟生产的其他工艺质量评价体系中提供了依据.在实际生产中,如何提前预测并及时调整工艺条件和工艺参数还需要作进一步研究。

表9 局部权重向量矩阵

工序指标	松散回潮			叶片加料				滚筒烘丝
	回风温度	出口温度	出口水分	叶片含水率	叶片温度	瞬时精度	总体精度	筒壁温度
松散回潮	回风温度	0.000	0.500	0.750	0.667	0.000	0.000	0.000
	出口温度	0.333	0.000	0.250	0.333	0.000	0.000	0.000
	出口水分	0.667	0.500	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
叶片加料	叶片含水率	1.000	0.000	0.667	0.000	0.540	0.614	0.547
	叶片温度	0.000	0.667	0.333	0.540	0.000	0.268	0.263
	瞬时精度	0.000	0.000	0.000	0.297	0.297	0.000	0.190
	总体精度	0.000	0.333	0.000	0.163	0.163	0.117	0.000
滚筒烘丝	筒壁温度	0.667	0.540	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表10 局部加权超矩阵

工序指标	松散回潮			叶片加料				滚筒烘丝
	回风温度	出口温度	出口水分	叶片含水率	叶片温度	瞬时精度	总体精度	筒壁温度
松散回潮	回风温度	0.000	0.027	0.026	0.213	0.000	0.000	0.000
	出口温度	0.012	0.000	0.009	0.106	0.000	0.000	0.138
	出口水分	0.023	0.027	0.000	0.000	0.622	0.000	0.000
叶片加料	叶片含水率	0.167	0.000	0.112	0.000	0.137	0.413	0.367
	叶片温度	0.000	0.175	0.056	0.076	0.000	0.181	0.178
	瞬时精度	0.000	0.000	0.000	0.039	0.076	0.000	0.128
	总体精度	0.000	0.088	0.000	0.021	0.042	0.079	0.000
滚筒烘丝	筒壁温度	0.064	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000






名称	图例	理想值	正常值	原始值
加香储丝		0.440 168	0.132 482	0.004 168
叶片加料		0.821 523	0.247 263	0.007 778
松散回潮		0.532 307	0.160 214	0.005 040
滚筒烘丝		1.000 000	0.300 981	0.009 468
烟丝混配		0.528 472	0.159 060	0.005 004

图4 ANP计算最终排序结果

参考文献:

- [1] 尤长虹,张楚安,彭传新.制丝质量评价方法的设计与应用[J].烟草科技,2001(7):22.
- [2] 陈景华.制丝质量评价方法的设计与应用[J].广西烟草,2007(3):36.
- [3] 范胜兴,范林晖,欧亚敏,等.烟丝质量评价方法的改进[J].中国烟草学报,2011(2):25.
- [4] 范胜兴,范林晖,欧亚敏,等.层次分析法在烟丝质量评价中的应用[C]//中国烟草学会工业专业委员会烟草工艺学术研讨会论文集,北京:中国烟草学会,2010.
- [5] 李永宽,杨耀伟,冯剑,等.提高烟丝适用性的综合质量评价方法[J].河南化工,2013(S1):14.
- [6] 姚光明,王文辉,尹献忠,等.烟丝结构对烟丝填充值和卷接质量的影响[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2003,18(4):62.
- [7] 李滢芳,李辉,毛多斌,等.真空回潮工序对卷烟产品

烟丝颜色及内在品质的影响[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2011,27(5):92.

- [8] 熊安言.烟片增温对烟丝质量的影响试验[C]//中国烟草学会2010年学术年会论文集,北京:中国烟草学会,2010.
- [9] 孙雯,李雪梅,曾晓鹰,等.烟丝含水率对卷烟燃吸品质、烟气水分及颗粒物挥发性成分的影响[J].烟草科技,2009(11):33.
- [10] 金哲,朴永革,黄树永,等.3种梗丝不同掺配比例对卷烟质量的影响[J].烟草科技,2012(12):5.
- [11] 朱文魁,张永川,向光,等.片烟成丝模式对烟丝结构与卷制质量的影响[J].烟草科技,2012(5):10.
- [12] 罗登山,曾静,刘栋,等.叶片结构对卷烟质量影响的研究进展[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2010,25(2):13.
- [13] 李东亮,胡军,许自成,等.单料烟感官质量的层次模糊综合评价[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2007,25(1):27.
- [14] 孙宏才,田平.网络层次分析法(ANP)与科学决策[C]//决策科学理论与方法——中国系统工程学会决策科学专业委员会第四届学术年会论文集,北京:中国系统工程学会,2001.
- [15] 孙振营,胡洪安.定量型多指标决策的层次分析法探讨[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,1998,13(3):70.