

The Evaluation Method and Application of Cigarette Quality Based on Some Physical Indexes

Jie Li¹, Lei Xu^{2*}, Yonghong Li¹, Ping Li¹, Hongyan Yan², Wenliang Wang¹

¹Honghe Cigarette Factory, Hongyunnonghe Tobacco Group Company Limited, Honghe Yunnan

²School of Statistics and Mathematics, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Email: *xulei-2008@163.com

Received: Jun. 2nd, 2015; accepted: Jun. 20th, 2015; published: Jun. 25th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

According to the experiment data of sampling observation of cigarette quality, happening in the Honghe Cigarette Factory from October to November 2014, based on six physical indicators of cigarette making part: Weight, Circumference, Draw Resistance, Length, Total ventilation rate and Hardness, I have used the efficacy coefficient method and the combination of subjective and objective weight assignment method to design a comprehensive evaluation method of cigarette quality. From the evaluation results, we can find that the physical index score of qualified sampling cigarette distributed from 60 to 100, and it also shows that the physical index score of unqualified sampling cigarette distributed from 0 to 60. In addition, the results of this paper can intuitively reflect the overall situation of comprehensive quality of the sampling cigarette, and this evaluation method can be extended to evaluate the quality level of the machine, whose results relatively fit the CPK value which is a common tool for the cigarette factory evaluating the quality control level of machine.

Keywords

Cigarette Quality, Physical Indexes, Subjective and Objective Performance, Comprehensive Evaluation

基于物理指标的烟支质量评价方法及应用

李杰¹, 许磊^{2*}, 李永红¹, 李萍¹, 晏鸿雁², 汪文良¹

*通讯作者。

¹红云红河烟草(集团)有限责任公司红河卷烟厂, 云南 红河

²云南财经大学统计与数学学院, 云南 昆明

Email: xulei-2008@163.com

收稿日期: 2015年6月2日; 录用日期: 2015年6月20日; 发布日期: 2015年6月25日

摘 要

根据红河卷烟厂在2014年10月至11月份卷烟质量抽检过程中的实验数据, 在烟支卷制环节的六个物理指标即重量、圆周、吸阻、长度、总通风率和硬度的基础上, 采用功效系数法和主客观相结合的权重赋值法设计出了烟支质量的综合评价方法。从评价结果可以看出, 质量评价合格的抽检烟支的物理指标得分分布在区间[60, 100], 以及超标烟支的物理指标得分分布在区间[0, 60]。另外, 本文设计的综合评价方法所得的结果能很直观地从整体上反映出烟支质量抽检的综合情况, 并且采用该方法评扩展到评价机台质量水平的结果也比较契合CPK值这一卷烟厂评价机台质量控制水平常用工具的结果。

关键词

烟支质量, 物理指标, 主客观组合赋权, 综合评价

1. 引言

随着卷烟市场的竞争日益激烈, 烟支的质量对卷烟企业的重要性显得日益明显。良好的烟支产品质量是一个卷烟企业核心竞争力的表现, 且质量优良的烟支更容易得到市场和消费者的认可, 从而使相关品牌卷烟的销售量提高, 并可为卷烟企业甚至整个行业带来更大的经济效益。因此, 在卷烟生产过程中, 如何对烟支的质量进行评价显得尤为重要。在卷烟生产的卷制环节, 评价烟支内在质量的指标主要是与烟支的外观和品质息息相关的六个物理指标, 即重量、圆周、吸阻、长度、总通风率和硬度。在对所生产的卷烟进行抽检的过程中, 一般我们使用检测物理指标的相关仪器得出烟支在这六个物理指标下的观测值, 然后再对比烟支所属牌号的技术标准, 最后对所测烟支的质量合格情况进行判定。如果烟支的某项物理指标超出了技术标准, 那么就视该烟支质量为不合格。

但是, 经生产实践及研究发现, 烟支的重量往往与圆周和长度这两个物理指标密切相关, 而烟支的吸阻和硬度也可能会受到重量、圆周和长度这三个物理指标的影响。因此, 这六个物理指标之间的相互影响会给烟支质量的评价带来一定的困难, 甚至采用单一物理指标的传统方法对烟支质量进行评价也可能造成较大的误差。为解决上述问题, 我们可将六个物理指标转换成某一综合的指标来对烟支质量进行评价, 这样从评价的整体性出发更具有现实意义。所以, 本文旨在探讨基于六个物理指标对烟支的质量给出一个综合评价得分的思路, 通过这一评价分值就能直观地反映出烟支质量的优劣, 从而在此基础上对烟支的质量进行综合评价。

2. 评价方法的设计

本文所采用的方法类似于综合评分法这一统计评价分析中最常用的方法。综合评分法的核心内容是对评价目标的不同等级赋予不同的分值, 并以此为基础进行综合评价。因此, 本文设计对烟支质量进行综合评价的主要步骤如下: 首先基于烟支在六个物理指标下的观测值, 通过功效系数法推断出抽检烟支在六个物理指标下的量化得分; 然后根据主观赋权和客观赋权相结合的思路推断出这六个物理指标对烟

支质量评价作用的权重系数；最后通过六个物理指标的得分和相应的综合权重系数计算出每一抽检烟支的综合得分(满分 100 分)。

2.1. 物理指标的定义及量化

根据新修订的 BG5606.3-2005 (简称“新国标”), 对重量、圆周、吸阻、长度、总通风率和硬度这六个物理指标的定义如表 1。

基于以上六个物理指标, 我们首先假定某一牌号烟支的第 j 项物理指标的技术标准的区间为 $[LSL_j, USL_j]$, 中心值为 C_j 。其中, LSL_j 表示下限值, USL_j 表示上限值。若第 i 支卷烟在这一物理指标所检测的值为 X_{ij} , 那么通过功效系数法可计算出这支卷烟在这一物理指标下的量化得分 S_{ij} 。

当 $C_j - LSL_j = USL_j - C_j$ 时, 计算公式如下:

$$S_{ij} = \left(1 - \frac{|X_{ij} - C_j|}{|USL_j - C_j|} \right) \times 40 + 60, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, 6. \quad (1)$$

当 $C_j - LSL_j \neq USL_j - C_j$ 时, 计算公式如下:

$$S_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \frac{|X_{ij} - C_j|}{|LSL_j - C_j|} \right) \times 40 + 60, & X_{ij} < C_j \\ \left(1 - \frac{|X_{ij} - C_j|}{|USL_j - C_j|} \right) \times 40 + 60, & X_{ij} > C_j \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, 6. \quad (2)$$

其中, 100 分为标准得分, 60 分是基本达标得分。

由以上公式(1)和(2)可知, 当检测值 X_{ij} 越靠近中心值 C_j 时, 烟支在这一物理指标下的得分 S_{ij} 就会越高。当 $X_{ij} = C_j$ 时, $S_{ij} = 100$, 这表明所抽检的烟支在该项物理指标下的质量评价合乎标准。当 $X_{ij} = LSL_j$ 或 $X_{ij} = USL_j$ 时, $S_{ij} = 60$, 这表明所抽检的烟支在该项物理指标下的质量评价基本达标。当 X_{ij} 超出技术指标的区间即 $X_{ij} > USL_j$ 或者 $X_{ij} < LSL_j$ 时, $S_{ij} < 60$, 这表明所抽检的烟支在该项物理指标下的质量评价为不合格。因此, 抽检的烟支在这六项物理指标检测下质量评价为合格的得分区间为 $[60, 100]$, 超标烟支的得分区间为 $[0, 60]$ 。

2.2. 物理指标权重的赋值方法

2.2.1. 指标赋权方法的比较分析

目前, 在对烟支质量进行评价的分析中, 确定评价指标权重的方法主要可分为两类: 主观赋权法和

Table 1. The definition table of six physical indexes

表 1. 六个物理指标的定义表

物理指标	定义
重量	指单支烟支的重量, 单位为 mg
圆周	指单支烟支的周长, 单位为 mm
吸阻	指烟支在同一大气压下, 烟支两端的静压力差, 单位为 Pa
长度	指单支烟支的长度, 单位为 mm
总通风率	指滤嘴通风率和指通风率之和, 而通风率是指通风量与总气流量的比值
硬度	指在一定大气环境下, 烟支在径向上抗变形的能力。以一定面积的测头, 一定的压力, 施加于烟支一定时间后, 该处直径方向上长度与原直径之比的百分数表示

客观赋权法。前者主要根据烟草行业的专家群体或者卷烟厂的实际工作人员对各个指标所包含的价值信息进行主观性评判,从而对评价目标的权重系数进行赋值,该类方法以层次分析法为代表;后者主要运用统计方法或者数学方法,根据各指标间的相关关系或各指标观测值的变异程度进行客观赋值,包括熵值法、主成分分析法、模糊聚类法、变异系数法等。客观赋权法在现阶段卷烟质量评价的研究中得到了比较广泛的运用,例如张天栋和杨建云等运用熵值法对卷烟品牌的感官质量构建了消费者感官综合评价指标体系[1],张慧筠等运用主成分分析法对15个牌号的卷烟质量进行了评价[2]。

一般而言,主观赋权法是根据专家的知识经验和实际工作的情况对指标进行权重的赋值,这较好地反映了决策者对评价目标的主观意向和偏好。虽然主观赋值法所得的权重系数往往符合实际生产的需要,其具有较高的合理性,但仍然无法克服人为因素带来的主观随意性较大等问题。而客观赋权法根据样本数据本身的统计特征进行赋值,其充分挖掘了原始数据中蕴涵的信息,使权重系数更具有样本的针对性。但是,客观赋权法的权重赋值却无法反映评价目标的主观意图以及指标体系的导向性,有时得到的权重可能与实际重要程度不相符,甚至相悖。

可见,主、客观权重赋值法都具有一定的优越性和局限性。如果采用主观赋权法和客观赋权法相结合的思路进行权重的赋值,这样既发挥这两种方法的优点,也较好地克服了这两种方法的缺点。因此,本文将运用主客观相结合的综合赋权法,这既可满足卷烟厂实际生产的需要和相关专家对各项物理指标在烟支质量评价作用的经验判断,也能体现样本数据本身对权重系数设定的作用,从而使得评价烟支质量的权重系数显得更具合理性和科学性。

2.2.2. 主客观相结合的权重赋值法

本文运用卷烟厂超标烟支扣分细则所得的主观权重和熵值法所得的客观权重相结合合理推断出六个物理指标的综合权重系数,其具体步骤和算法如下:

1) 采用已有的扣分细则确定主观权重。卷烟厂对超标烟支在六个物理指标下的扣分标准,反映了卷烟厂在实际生产过程中对重量、圆周、吸阻、长度、总通风率和硬度这六个物理指标的评价作用是具有主观导向性的。比如某项物理指标扣分标准比其他物理指标的扣分标准设立得要高,这说明卷烟厂认为该项物理指标对烟支质量的评价作用比其他物理指标的要大。因此,扣分标准的不同就体现出了卷烟厂通过主观赋权对以上六个指标所确定权重的不同。

2) 采用熵值法确定客观权重。熵值法是根据各项指标观测值所提供的信息量的大小来确定指标的权重系数,是一种客观赋权的方法。由信息理论认为,如果有 n 个信号,其出现的概率分别为 $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$,则这 n 个信号的平均信息量,即熵为 $-\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$ 。

假设 x_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$) 为第 i 个被评价对象的第 j 项指标的观测数据。对于给定的 j , x_{ij} 的差异越大,则说明该项指标对被评价对象的比较作用就越大,也说明该项指标包含和传输的信息越多。信息的增加意味着熵的减少,因此熵可以度量这种信息量的大小[3]。用熵值法确定指标权重的步骤如下:

① 不同的指标在量纲和取值上可能都存在很大差异,因此在进行熵值计算之前都需要进行如下标准化处理:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (3)$$

式中, \bar{x}_j , s_j 分别为第 j 项指标观测的样本均值和样本标准差。

由上述方法得到标准化后的数据会出现负数,而在熵值法中需要运用对数,故无法直接使用。需对标准化后的数据进行平移:

$$z_{ij} = x_{ij}^* + A \quad (4)$$

式中, z_{ij} 为平移后的数据, A 为平移幅度。平移幅度的选取可根据各个指标标准化数据的极小值来确定, 本文取 $A = 6$ 。

② 计算第 j 项指标下, 第 i 项标准化后观测值 z_{ij} 的特征比重

$$p_{ij} = z_{ij} / \sum_{i=1}^n z_{ij} \quad (5)$$

这里假定 $z_{ij} \geq 0$ 。

③ 计算第 j 项指标的熵值

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (6)$$

式中, $k = 1/\ln(n) > 0$, $e_j > 0$, n 为第 j 项指标的样本量。

④ 计算指标的差异性系数。

对于给定的 j , x_{ij} 的差异越小, 则 e_j 越大。当 x_{ij} 全部相等时, $e_j = e_{\max} = 1$, 此时对于被评价对象间的比较指标将毫无作用。因此定义差异系数 $g_j = 1 - e_j$, g_j 越大, 则越应该重视该项指标的作用。

⑤ 确定权重系数

经过归一化处理, 可得第 j 项指标的权重为:

$$a_j = \frac{g_j}{\sum_{i=1}^6 g_j}, j = 1, 2, \dots, 6 \quad (7)$$

3) 确定综合权重。主观赋权法所得的权重表示的是卷烟厂在实际生产过程中对各项物理指标的主观要求, 而客观赋权法所得的权重则表示各项物理指标的观测值本身所体现的客观差异, 可以说这两者是相对独立的。因此, 将主、客观赋权法的值相结合, 可采用如下的综合计算方法:

$$w_j = \beta a_j + 1 - \beta b_j, 0 \leq \beta \leq 1 \quad (8)$$

其中, w_j 为各项物理指标的综合权重, a_j 为客观赋权法所得的权重, b_j 为主观赋权法所得的权重。

当 $\beta = 0$ 和 $\beta = 1$ 时, 分别对应主观赋权法和客观赋权法。根据文献[4]的研究以及结合本文实际评价的需要, 取 $\beta = 0.5$, 则

$$w_j = 0.5a_j + 0.5b_j \quad (9)$$

2.2.3. 主客观相结合的权重赋值法

在确定了六个物理指标的量化得分以及综合权重之后, 本文采用对六个物理指标得分加权求和的办法, 从而推断出烟支的综合得分, 并以此对烟支的质量进行综合评价。

当 S_{ij} 的取值全部落在区间[60, 100], 即所抽检烟支在六个物理指标下的质量评价都为合格时, 第 i 支卷烟综合得分的计算公式为:

$$S_i = \sum_{j=1}^6 S_{ij} w_j \quad (10)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

当 S_{ij} 的取值有落在区间[0, 60], 即所抽检烟支在六个物理指标下的质量评价存在不合格时, 定义第 i 支卷烟的综合得分为:

$$S_i = 0 \quad (11)$$

3. 应用实例

3.1. 数据来源及预处理

本次分析的样本来源于红河卷烟厂在 2014 年 10 月至 11 月间对卷烟质量抽检过程中的实验数据。该卷烟厂对卷烟质量抽检的流程如下：从某一机台所产成品中随机抽取一条烟(10 包)对所生产卷烟的外观和物理指标进行检测。其中的 8 包检测烟支外观，另外的 2 包先检测外观后，随机取出其中的 30 支卷烟检测重量、圆周、长度、总通风率和吸阻这五个物理指标，另外的 10 支卷烟来检测硬度这一物理指标。显然，在对机台的每次质量抽检中，检测重量、圆周、长度、总通风率和吸阻这五个物理指标的样本烟支数为 30 支，检测硬度这一物理指标的样本烟支数为另外的 10 支。

然而，本文设计的评价方法中计算烟支的综合得分，需要重量、圆周、吸阻、长度、总通风率和硬度这六个物理指标的观测值一一对应，卷烟厂常用的抽检流程却无法同时满足硬度这一物理指标与其他五个物理指标一一对应的条件。因此，本文将选择合适的统计分析模型拟合出以硬度为因变量的预测方程。在实际生产的过程中每个班组中的工人所能直接操作和影响的烟支物理指标是重量、圆周和长度，而吸阻、总通风率和硬度这三个物理指标属于内生变量，其在生产流程中不会直观地表征出来。经诸多学者研究发现，烟支的硬度可能会受到重量、圆周和长度这三个物理指标的影响。所以，本文所建预测模型的因变量为硬度，自变量为重量、圆周和长度这三个物理指标。拟合该模型所用的数据为原始抽检数据中对每一机台每次抽检物理指标观测值的均值，并且为了便于后续的研究分析，在此假定在六个物理指标下对同一机台每次抽检的烟支是同质的。

以云烟(紫)这一牌号为例，由 2014 年 10 月至 11 月的样本数据所得每次抽检的六个物理指标观测值的均值共有 833 组数据，考虑到这两个月内生产云烟(紫)这一牌号因机台的不同所引起的差异性，故对此采用以机台因素为水平的分层线性模型，分析所得的拟合方程如下：

$$\text{硬度} = 91.34 + 0.031 \times \text{重量} - 10.319 \times \text{圆周} + 2.342 \times \text{长度}$$

重量、圆周和长度的显著性 t 检验的 p 值依次为 0.021、0、0.004，这说明在 5% 的置信水平下重量、圆周和长度对硬度同时具有统计学意义上的显著性影响。根据上述拟合方程，我们就可以较为合理的推断出硬度这一物理指标的观测估计值。所以，在 2014 年 10 月 8 日甲班所操作的第 16 号机台抽检的样本数据中随机选取 10 支卷烟，而硬度这一物理指标的观测值由上述拟合方程进行估计。那么，六个物理指标的数据见表 2 以及云烟(紫)的技术标准见表 3。

3.2. 综合评价的过程及结果

3.2.1. 六个物理指标的量化得分

根据表 1 中抽检序号为 1~10 号卷烟的观测值和表 2 中云烟(紫)各项物理指标的技术标准，运用式(1)和式(2)得出这 10 支卷烟在这六个物理指标下的各自得分情况，见表 4。

从表 4 可以看出，序号为 10 的卷烟的圆周得分为 56 分，很直观的反映出该烟支在圆周这一物理指标下的质量抽检不合格。序号为 4、序号为 6 和序号为 7 的卷烟的长度得分为 100 分，说明这三支烟在长度这一物理指标的质量抽检非常合乎技术标准。

3.2.2. 六个物理指标权重的赋值

卷烟厂以往基于六个物理指标对烟支的生产情况进行的质量评价主要是通过计算超标的烟支的相应扣分而实施的，扣分细则详见表 5。

表 5 中吸阻、圆周、硬度、长度、重量和总通风率的扣分标准依次是 1 分/支、0.5 分/支、0.5 分/支、0.2 分/支、0.2 分/支、0.2 分/支，这说明这六个物理指标对烟支综合评价的作用是依次降低的。因此，可

Table 2. The data table of six physical indexes
表 2. 六个物理指标的数据表

序号	生产日期	机台	班组	重量	圆周	吸阻	长度	总通风率	硬度
1	2014-10-8	16	甲班	875	24.18	1170	83.8	21.2	65.2
2	2014-10-8	16	甲班	884	24.17	1112	84.1	20.7	66.3
3	2014-10-8	16	甲班	878	24.13	1034	84.2	20.9	66.8
4	2014-10-8	16	甲班	866	24.1	1094	84	19.9	66.2
5	2014-10-8	16	甲班	885	24.18	1117	84.1	19.1	66.2
6	2014-10-8	16	甲班	883	24.18	1075	84	22.7	65.9
7	2014-10-8	16	甲班	891	24.13	1129	84	20.8	66.7
8	2014-10-8	16	甲班	891	24.22	1075	84.1	22.5	66.0
9	2014-10-8	16	甲班	887	24.24	1066	83.9	18.8	65.2
10	2014-10-8	16	甲班	915	24.08	1140	84.1	24	68.2

Table 3. The technical standards of YunYan (purple)
表 3. 云烟(紫)的技术标准

牌号	云烟(紫)
重量(mg)	895 ± 40
圆周(mm)	24.30 + 0.10/-0.20
长度(mm)	84.0 (25 + 59) ± 0.5
吸阻(Pa)	1100 ± 200
总通风率(%)	25 ± 10
硬度	68.0 ± 10.0

Table 4. The score table of six physical indexes
表 4. 六个物理指标下烟支的得分表

序号	生产日期	机台	班组	重量	圆周	吸阻	长度	总通风率	硬度
1	2014-10-8	16	甲班	80	76	86	84	84.8	88.8
2	2014-10-8	16	甲班	89	74	97.6	92	82.8	93.2
3	2014-10-8	16	甲班	83	66	86.8	84	83.6	95
4	2014-10-8	16	甲班	71	60	98.8	100	79.6	92.9
5	2014-10-8	16	甲班	90	76	96.6	92	76.4	92.9
6	2014-10-8	16	甲班	88	76	95	100	90.8	91.7
7	2014-10-8	16	甲班	96	66	94.2	100	83.2	94.8
8	2014-10-8	16	甲班	96	84	95	92	90	92
9	2014-10-8	16	甲班	92	88	93.2	92	75.2	88.8
10	2014-10-8	16	甲班	80	56	92	92	96	99.3

计算出卷烟厂基于主观赋权法对六个物理指标所确立的权重 b_j 如表 6。

由表 6 可知，吸阻、圆周和硬度这三个物理指标的权重排在前三位，依次为 0.385、0.192 和 0.192。

Table 5. The deducting scores of unqualified sampling cigarette
表 5. 物理指标的超标烟支扣分细则

物理指标的超标烟支扣分细则					
重量	圆周	吸阻	长度	总通风率	硬度
0.2 分/支	0.5 分/支	1 分/支	0.2 分/支	0.2 分/支	0.5 分/支

Table 6. The weight coefficient table of subjective method
表 6. 主观赋权法所得的权重系数表

物理指标	超标扣分	权重
重量	0.2 分/支	0.077
圆周	0.5 分/支	0.192
吸阻	1 分/支	0.385
长度	0.2 分/支	0.077
总通风率	0.2 分/支	0.077
硬度	0.5 分/支	0.192

根据云烟(紫)这一牌号 10 月份和 11 月份的样本数据,运用熵值法中式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)可得六个物理指标的客观权重 a_j 如表 7。

由表 7 可知,硬度和圆周这三个物理指标的权重排在前两位,依次为 0.182 和 0.165。

利用计算公式(9),计算出主、客观综合赋权的权重系数如表 8。

由表 8 可知,吸阻、硬度和圆周这三个物理指标的权重排在前三位,依次为 0.275、0.187 和 0.179。

3.2.3. 烟支质量的综合得分

根据表 3 中抽检序号为 1~10 号卷烟的六个物理指标得分和表 7 中六个物理指标的综合权重,运用式(10)和(11)推断出 1~10 号卷烟相应的综合得分如表 9。

由表 9 可知,从综合得分的纵向比较,这 10 支卷烟中合格烟支的综合得分取值区间为[83.61, 91.82],均值为 87.92。其中,序号为 8 的烟支综合得分最高(91.82),序号为 3 的烟支综合得分最低(83.61)。另外,从六个物理指标得分的横向比较,序号为 10 的卷烟在圆周这项物理指标下的得分为 56 分,其值小于 60。这表明该烟支在圆周这一物理指标上的检测为超标烟支,其综合得分为 0。所以,采用此综合评价方法就能很直观地从整体上反映出这 10 支卷烟质量抽检的综合情况。并且在月度的质量抽检工作中,如果某一班组抽检烟支的综合得分要低于其他班组,我们只需对此班组在这一月度所有机台的烟支综合得分进行比较,就能找出导致班组生产质量抽检得分低下的问题所在,并可在后续工作中对机台的操作采取相应的改进措施。

3.2.4. 对综合评价结果的验证

基于上述所设计的评价方法,以烟支的质量得分为基础,我们也可以推断出每次所抽检机台的质量得分及其均值。以此可评价抽检机台的生产质量水平情况,这样我们就实现了从烟支质量的评价扩展到机台的生产质量管理的评价过程。而在卷烟的生产过程中,评价班组或者机台的质量控制水平的最常用工具是过程能力指数 CPK 值,它也是六西格玛管理中常用的标准工具。一般而言,根据机台抽检样本数据推断的 CPK 值越大则表明机台生产合格烟支的能力也越大。

CPK 值的计算公式如下:

Table 7. The weight coefficient table of entropy method

表 7. 熵值法所得的权重系数表

变量	样本量	熵值	差异系数	权重系数
重量	25,575	0.9986091	0.0013909	0.164
圆周	25,575	0.9986028	0.0013972	0.165
吸阻	25,575	0.9986109	0.0013891	0.164
长度	25,575	0.9986084	0.0013916	0.164
总通风率	25,575	0.9986396	0.0013604	0.161
硬度	9636	0.9984633	0.0015367	0.182

Table 8. The weight coefficient table of combination of subjective and objective method

表 8. 主客观综合权重系数表

变量	样本量	差异系数	客观权重	主观权重	综合权重
重量	25,575	0.0013909	0.164	0.077	0.121
圆周	25,575	0.0013972	0.165	0.192	0.179
吸阻	25,575	0.0013891	0.164	0.385	0.275
长度	25,575	0.0013916	0.164	0.077	0.121
总通风率	25,575	0.0013604	0.161	0.077	0.119
硬度	9636	0.0015367	0.182	0.192	0.187

Table 9. The comprehensive score table of sampling cigarette

表 9. 抽检烟支的综合得分表

序号	生产日期	机台	班组	重量	圆周	吸阻	长度	总通风率	硬度	综合得分
1	2014-10-8	16	甲班	80	76	86	84	84.8	88.8	83.80
2	2014-10-8	16	甲班	89	74	97.6	92	82.8	93.2	89.27
3	2014-10-8	16	甲班	83	66	86.8	84	83.6	95.0	83.61
4	2014-10-8	16	甲班	71	60	98.8	100	79.6	92.9	85.45
5	2014-10-8	16	甲班	90	76	96.6	92	76.4	92.9	88.65
6	2014-10-8	16	甲班	88	76	95	100	90.8	91.7	90.43
7	2014-10-8	16	甲班	96	66	94.2	100	83.2	94.8	89.06
8	2014-10-8	16	甲班	96	84	95	92	90	92.0	91.82
9	2014-10-8	16	甲班	92	88	93.2	92	75.2	88.8	89.20
10	2014-10-8	16	甲班	80	56	92	92	96	99.3	0

$$CPK = \frac{|USL - LSL| - 2|\mu - C|}{6\sigma} = \frac{T}{6\sigma} - \frac{|\mu - C|}{3\sigma}$$

其中， μ 表示样本数据的均值， σ 表示样本数据的标准差。USL 和 LSL 分别为产品规格的上下限， C 为规格中心。 $T = USL - LSL$ 称为技术规格的公差幅度。

因此，本文选取甲班在 10 月 8 日生产云烟(紫)所有机台的抽检数据，首先采用本文设计的烟支质量

评价方法推断出每一机台抽检烟支的得分均值，然后再运用上述 CPK 值的计算公式推断出同样机台抽检烟支的 CPK 值。这两种评价方法所得结果如表 10、表 11。

由表 10 和表 11 可知，从极大值和极小值分布的比较来看，采用本文所设计的评价方法评价机台质量水平的结果能比较契合 CPK 值这一卷烟厂评价机台质量控制水平常用工具的结果。这一验证过程也表明本文设计的烟支质量评价方法在卷烟厂的质量管理工作中具有较高的实用性。

4. 结论

本文依据红河卷烟厂在卷烟质量抽检过程中的实验数据，从烟支卷制环节的六个物理指标即重量、圆周、吸阻、长度、总通风率和硬度出发，运用功效系数法和主客观相结合的权重赋值法设计出能够综合评价烟支质量的方法，并且该方法在样本数据中得以运用和验证，其所得结论如下：

1) 通过功效系数法对六个物理指标的观测值进行量化得分的计算，可以直观地反映质量评价合格的抽检烟支的物理指标得分分布在区间[60, 100]，以及超标烟支的物理指标得分分布在区间[0, 60]。

Table 10. The mean score table of the Class A's machines
表 10. 甲班各个机台的得分均值表

机台	重量	圆周	吸阻	长度	总通风率
3	82.73	86.53	92.77	90.13	94.73
4	85.17	85.93	90.32	79.20	93.27
5	84.97	85.13	92.85	90.40	84.13
6	87.20	68.60	91.86	88.00	89.72
10	82.70	82.80	87.18	78.40	84.97
12	83.03	71.67	93.16	89.87	92.43
16	86.67	69.80	93.79	93.07	84.11
17	84.83	83.33	91.03	88.53	88.27
18	78.93	79.87	91.01	82.67	87.29

注：字体加黑的数值表示机台得分的极大值和极小值。

Table 11. The CPK value table of the Class A's machines
表 11. 甲班各个机台的 CPK 值表

机台	重量	圆周	吸阻	长度	总通风率
3	0.5965	0.6633	1.5820	0.8955	1.8404
4	0.6173	0.8347	1.0855	0.5244	1.5795
5	0.7022	0.5586	1.5112	1.0073	1.4186
6	0.8312	-0.0564	1.3225	0.8147	1.6847
10	0.5582	0.5721	1.3118	0.4314	1.6461
12	0.6079	0.0525	1.5465	0.8884	1.4949
16	0.7031	-0.0054	1.7247	1.4140	1.0556
17	0.6214	0.4926	1.3433	0.9399	1.1251
18	0.4105	0.3082	1.2577	0.5522	1.5880

注：字体加黑的数值表示机台 CPK 值的极大值和极小值。

2) 采用由卷烟厂超标烟支扣分细则所得的主观权重和熵值法所得的客观权重相结合的权重赋值思路,能较好克服以往单独采用主观赋权法和客观赋权法赋值的缺陷。这样所得的权重系数既满足了卷烟厂实际质量管理工作的需要,也能体现了检测样本数据本身对权重系数设定的作用,从而增强了评价烟支质量的合理性和科学性。

3) 通过比较本文所设计的综合评价方法和一般常用的过程能力指数 CPK 值质量评价在同一样本数据下所得的结果,表明采用本文的评价方法评价机台质量水平的结果比较契合 CPK 值这一卷烟厂评价机台质量控制水平常用工具的结果,也进一步说明了本文设计的烟支质量评价方法在卷烟厂的质量管理工作中将具有较高的实用性。

4) 基于本文的烟支质量评价体系,我们可以将烟支的质量得分扩展到班组或者机台抽检烟支质量得分,从而对班组或者机台的质量管理工作进行评价。一方面,如果某一班组月度抽检烟支的综合得分要低于其他班组,我们只需对此班组在这一月度所有机台的烟支综合得分进行比较,就能找出导致班组生产质量抽检得分低下的问题机台所在,并可在后续工作中对机台的操作采取相应的改进措施。另一方面,我们也可通过从同一月份不同机台的烟支质量得分和不同月份同一机台的烟支质量得分这两方面进行比较,这样能直观反映在月度不同机台之间质量控制水平的差异,从而对机台的日常保养和管理也提供了一个评价的思路和依据。

致 谢

感谢红云红河烟草(集团)有限责任公司科技项目《烟支物理指标控制精度的统计分析评价体系研究》(项目编号: 1013-KY04025)对本论文撰写工作的支持,使得本次研究得以顺利完成。

参考文献 (References)

- [1] 张天栋, 杨建云, 等 (2014) 熵值法在卷烟消费者感官质量评价中的应用. *西南农业学报*, **2**, 823-828.
- [2] 张慧筠 (2011) 主成分分析法在卷烟质量评价中的应用. *广东化工*, **5**, 216-217.
- [3] 郭亚军 (2007) 综合评价理论、方法及应用. 科学出版社, 北京.
- [4] 王明涛 (1999) 多指标综合评价中权系数确定的一种综合分析方法. *系统工程*, **2**, 56-61.