

药品包装机人机工程系统与评价

王都阳, 张建昌

(南昌大学, 南昌 330031)

摘要: **目的** 研究人机工程学在药品包装机中的应用, 以满足包装设备在安全性、方便性、宜人性等方面的需求。**方法** 首先, 在人机工程学的基础上, 剖析药品包装机在结构设计以及运行方式等方面存在的人机问题, 对药品包装机的外型、打印凸轮结构等进行深入研究分析; 其次, 采取模糊数学方法, 针对上述药品包装机的人机工程设计, 建立一套完整的评价系统。**结果** 通过对各阶权重以及专家法设定隶属度的确定, 对药品包装机做出了系统全面的模糊评价, 评价结果为 0.762, 满足了药品包装机的设计要求。**结论** 通过将人机工程学的基础与模糊数学的结合, 可以对药品包装机及其他设备的设计进行很好的评价。

关键词: 药品包装机; 人机工程学; 模糊评价

中图分类号: TS206.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)21-0187-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.21.027

Ergonomic System and Evaluation of Pharmaceutical Packaging Machine

WANG Du-yang, ZHANG Jian-chang

(Nanchang University, Nanchang 330031, China)

ABSTRACT: The paper aims to study the application of ergonomics in pharmaceutical packaging machine to meet the requirements of packaging equipment in safety, convenience and amenity. First of all, based on ergonomics, the paper analyzed the existing structure design and operation mode of the pharmaceutical packaging machine and other man-machine problems to have in-depth analysis on shape and printing cam structure of the pharmaceutical packaging machine. Secondly, the method of fuzzy mathematics was adopted to set up an evaluation system for the ergonomics design of the above-mentioned drug packaging machine. Through determining each order weight and the membership degree set by the expert method, a systematic and comprehensive fuzzy evaluation was made for the drug packaging machine, and the evaluation result was 0.762, which met the design requirements and purposes of the drug packaging machine. Through combination of ergonomics and fuzzy mathematics, the design of pharmaceutical packaging machine and other equipment can be well evaluated.

KEY WORDS: pharmaceutical packaging machine; ergonomic; fuzzy evaluation

如今, 计算机技术逐渐发展成为主流信息技术, 世界经济模式发生了巨大的变化, 逐渐形成了统一市场, 经济周期不断加速, 市场竞争也越来越大。这种趋势使得新产品开发、产品创新、造型设计、人机工

程设计等必须上升高度, 以满足市场需求, 同时也迫切要求工业设计研究有进一步的突破, 来提高企业的市场竞争力^[1-2]。

包装机^[3-4]的主要作用是将产品按照要求进行

收稿日期: 2019-07-21

作者简介: 王都阳 (1991—), 男, 在读博士, 主要研究方向为人机工程学、结构设计及聚合物成型加工。

通信作者: 张建昌 (1986—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为机械设计及理论方向。

包装,达到保护和美观的效果,其主要产品是现代制药包装过程中的重点对象。通过分析可知产品的主要问题有:大多数的模型采用半封闭式基本形式,导致在组装、调试、维护和测试过程中存在极大的不便,也使得装配质量大大降低。实际生产中存在一些现象:不按规定使用包装材料,致使药品及包装盒受到污染;由于受力不均匀,因此在打印过程中会出现包装盒容易被损坏、批号和生产日期不清楚等现象,这些因素致使产品的质量大大下降。由此,将人机工程学理论引入药品包装机设计中具有重要性 and 必要性^[5-6],这可以使得药品包装机达到人机系统的最佳效率,从而提高生产率和工作质量。

1 药品包装机的人机分析及评价体系

1.1 人机工程分析

1.1.1 外观

装盒机^[7-8]所要完成的动作可以分为药品(如药瓶、药板)的输送,药品说明书的自动折叠与输送,药品的装盒,药品盒的合盖,药品信息的打印等,以上这些动作的完成都依托于装盒机底座内部的凸轮机构。通过连接底座前后侧壁上的2个凸轮轴,凸轮机构得以装配在底座内表面,但是这样安装的药品包装机的底座只能以半封闭的形式存在,导致包装机在工作时,人们无法随时观察机构的运行状态。另一方

面,在装配调试时只能根据经验进行,使得装配误差波动较大,仪器的检修过程变得较为繁杂。

1.1.2 操控界面

目前还存在操控界面与机体风格不一致,布局安排差,操作比较烦琐,安全性能较差,显示不合理^[9-11]等问题。在药品包装机的人机界面中,主要由显示屏、压力表、急停按钮等组成。其中一个压力表是液压表,用于显示包装机工作时液压系统的压力数值,另一个是气压表,用于显示包装机吸盒动作时压缩空气的压力数值。急停按钮的作用则是当包装机运动过程中出现紧急情况时,操控者需要快速按下的按钮,该按钮可以起到制动的作用。

界面设计:液晶显示屏设计于操控面板的左侧;右侧区域则采用显示与操控相协调的方式进行设计;上方醒目的位置放置液压表和气压表,以便操控者的观察;根据右手和盲打的操控准则,将急停键设计在操控面板的右下方。

1.1.3 打印装置

打印装置见图1。打印机构的动作原理:由凸轮轴的转动带动偏心轮的转动,从而使得推杆实现上下运动,以达到打印的目的,见图1a。在打印装置动作时,推杆受压,且打印块不在中心线,这容易导致推杆发生弯曲,由于打印装置在打印过程中受力不太均匀,将导致包装盒的变形甚至破损,出现产品信息打印不明等现象^[12]。为了方便调整打印位置和间隙,将打印装置设置为具有多处可调整的结构,但这种结构使得调整打印装置变得更加困难。

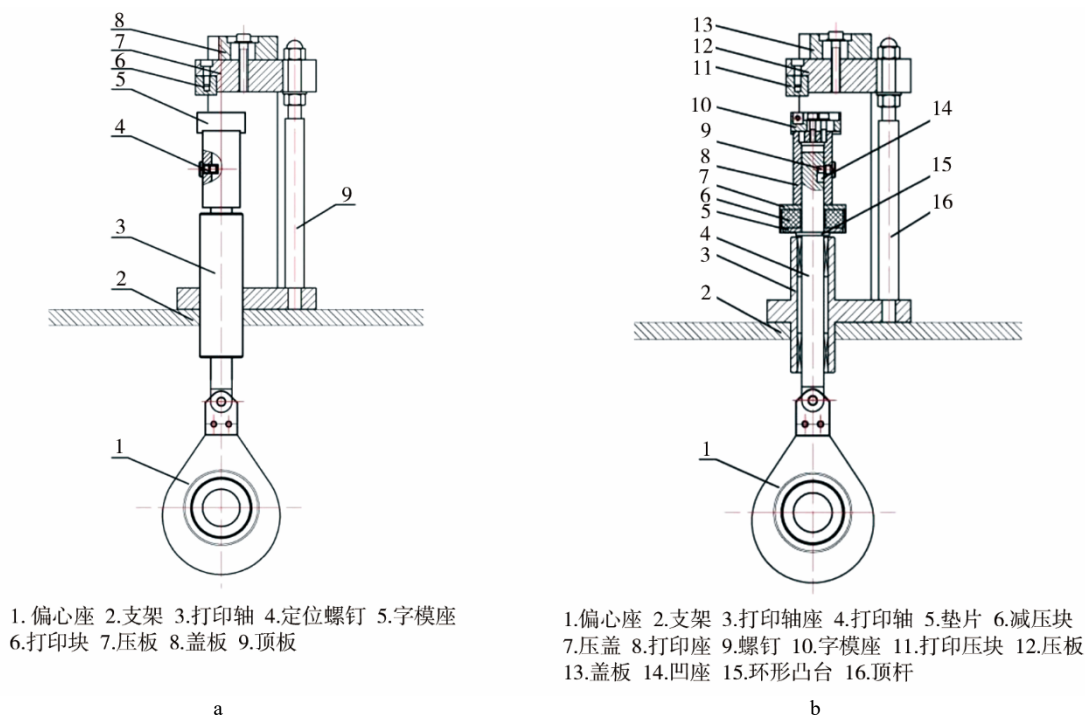


图1 药品包装打印结构改进前后对比

Fig.1 Comparison before and after the improvement of pharmaceutical packaging printing structure

结合人机工程学理论，对打印装置进行了改良。由图 2b 可知，打印机构由偏心座、打印轴、减压装置、打印座、打印块等共同构成。其中打印轴座 3 嵌套于支架 2 中，打印轴 4 贯通在打印轴座 3 和打印座 8 中，其下端与偏心座 1 相连，上端被字模座 10 固定，中上段设有呈轴向的凹槽 14，该凹槽 14 外部利用定位螺钉 9 来实现打印轴 4 的活动。在打印轴 4 中间段，环形凸台 15 与打印座 8 下端之间依次穿套着环形垫片 5、环形橡胶块 6、环形套筒式套盖 7。为了减少活动于环形套筒式套盖 7 中的垫片 5、减压块 6 的机械损伤，在套盖 7 上设置环形底盖，以保护该两处机构。

当打印块上的打印压块 11 对字模座 10 施加力时，力由字模座 10 向打印座 8 和偏心座 1 传递，使得打印轴 4 运动，打印座 8 通过环形橡胶块 6 得到缓冲，环形套筒式套盖 7 的保护可以减少橡胶块 6 在径向的变形，既可以削弱打印压块部件 11 对打印轴 4 直接的刚性接触冲击，也可以达到更好的减压缓冲效果，从而延长环形橡胶块 6 的使用寿命。

通过对装盒机打印机构进行合理设计，特别是环形垫片 5、环形橡胶块 6、环形套筒式套盖 7，通过三者之间的组合在实际使用中发现，该装盒机打印装置易于调节，减压缓存效果突出，使用寿命大大增加，有更高的可靠性与工作效率。

该打印装置调整容易，减少了打印位置和间隙的调整环节，其减压装置缓冲、减压效果好，机件使用年限增加，工作质量高，装盒机的工作效率得到了提升。

1.1.4 色彩

如果药品包装机的颜色分布不合理，使用的色调过于单一，则会给操作者带来心理和视觉上的疲劳感^[13]。将装盒机的色彩调配得当，更能增加其美感，通常以单色为宜。目前国内外在各种装盒机中运用的主流色调是灰色，它会给人以适宜、舒畅的感觉。

1.1.5 其他

除了以上对包装机本身的优化设计，对于包装机在市场需求以及后期的维修与保养方面也需要做出分析。

1.2 评价体系

对于人机工程设计评价来讲，其目的在于发现价值和制定目标的最优设计方案。针对不同的对象，评价方法大致会分成定性和定量等 2 种方法。由于定量评价建立在定性评价的基础上，所以在实际操作中，定性和定量评价一般会交叉使用。由于在产品的人机工程设计评价中，有很多对象是无法通过定量分析，因此定性分析就显得非常重要^[14]。

根据国家药品生产质量管理规范和药品包装机功能等方面的要求，制定了评价药品包装机器人工程设计体系的一级指标。

1) 外观 u_1 。包括二级指标：整体效果 u_{11} ，通过整体与功能统一性 u_{111} ，局部与整体风格一致性 u_{112} ，比例协调 u_{113} ，造型宜人性 u_{114} ，造型安全性 u_{115} 等得以体现；材质 u_{12} ，通过选材合理性 u_{121} ，选材经济性 u_{122} ，材质美感性 u_{123} 等得以体现；色泽 u_{13} ，通过色调与主机统一 u_{131} ，色泽与功能、环境协调性 u_{132} ，色泽对比度协调 u_{133} ，色泽宜人性 u_{134} 得以体现；外观件 u_{14} ，通过外观件与主机风格协调性 u_{141} ，使用合理性 u_{142} ，跨市新颖性 u_{143} 等得以体现；标牌 u_{15} ，通过布置合理性 u_{151} ，排版新颖性 u_{152} ，色彩宜人性 u_{153} 等得以体现。

2) 操控界面 u_2 。通过操控方便与舒适性 u_{21} ，界面安全合理性 u_{22} ，显示与操作布局协调性 u_{23} ，显示信息人性化 u_{24} 及操作元件人性化 u_{25} 等得以体现。

3) 色彩 u_3 。通过人机协调性 u_{31} ，色彩与环境、功能协调性 u_{32} ，创新性 u_{33} ，审美感 u_{34} 等得以体现。

4) 打印装置 u_4 。通过结构合理性 u_{41} ，装置稳定性 u_{42} ，打印可靠性 u_{43} 等得以体现。

5) 其他 u_5 。通过经济性 u_{51} ，市场需求 u_{52} ，维护与保养 u_{53} 等得以体现。

2 体系的模糊评价

类似于 BP 神经网络训练算法的特征^[15]，将上述的评价体系用树枝状结构图表示，见图 2。第 0 层是评价体系中的总目标，其结果为 B_0 ；第 i 层的第 j 个节点则作为下一级目标，其结果为 B_{ij} ；处于网络最底层的则为评价的指标。

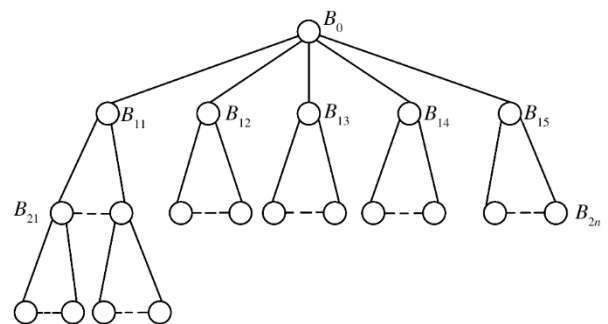


图 2 评价体系的网络
Fig.2 Network of the evaluation system

模糊综合评价法是建立在模糊数学基础上的一种评价方法。该方法通过隶属度理论将各类评价指标进行量化分析，并通过与定性分析有机结合的方法，得出一个关于评价对象的综合、客观的评价结果。由于此方法具有逻辑性强、结果明确等特点，因此非常

适合于对药品包装设备的人机工程进行分析和评价。

2.1 模糊综合评价法^[16—19]

1) 模糊综合评价指标体系的建立。为了尽可能全面地反映出影响评价对象的各种因素,评价前需要建立较为全面的评价指标体系。设所评价指标的主要因素 $u = \{u_1, u_2 \dots u_m\}$ 。

2) 设定评语集。评语等级的取值主要根据具体情况来确定,太大或太小都会影响模糊综合评价的结果,因此一般选取 3~9 之间的整数。 $V = \{v_1, v_2 \dots v_m\}$ 。

3) 根据专家意见确定权重集。给出评价因素权重,由专家评议得到评价因素权重集 $A = (a_1, a_2 \dots a_m)$ 。

4) 评价矩阵的建立。通过对各阶指标的模糊量化,以形成每阶的评价矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$,其中 r_{ij} 指第 i 个指标所对应的评价 j 所形成的模糊评价。

5) 进行模糊变换,得出评价结果向量:

$B = A * R = (b_1, b_2 \dots b_n)$, 其中, $b_j = (a_1 \approx r_{1j}) \dot{+} \dots \dot{+} (a_m \approx r_{mj})$, $j = 1, 2 \dots 5$, \approx 和 $\dot{+}$ 是模糊变换的 2 种运算,即 $M = (\approx, \dot{+})$ 。这里值得注意的是,评价结果向量一定要进行归一化处理。

6) 评价结果^[19]。根据 $B * V^T$,对各子评价指标的评价结果进行变换,即可得出系统总的评价结果得分

C , 其中 $V = (1, 0.8, 0.6, 0.4)$ 。

2.2 指标权重集的确定

针对不同的事物或设备对象,具有不同的评价标准,甚至相同的事物也存在不一样的评价指标。由此,针对同一或异同对象,评价指标在评价结果中所占比重是不相同的。量化评价指标是模糊评价中的常用方法,以此来反映该指标在评价体系中的重要性。以 HDZ-150 药品包装机为例,首先由课题组成员对整个药品包装机的权重进行划分,接着由公司所邀请的行业专家进行评估评分。专家对药品包装机的权重评分结果见表 1。值得注意的是,权重的量化数值需要进行归一化处理,即数值之和需等于 1。

由此可知,一级权重系数: $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\} = \{0.3, 0.3, 0.1, 0.2, 0.1\}$;二级权重系数: $A_1 = \{a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{15}\} = \{0.3, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1\}$, $A_2 = \{a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{24}, a_{25}\} = \{0.3, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1\}$, $A_3 = \{a_{31}, a_{32}, a_{33}, a_{34}\} = \{0.3, 0.3, 0.2, 0.2\}$, $A_4 = \{a_{41}, a_{42}, a_{43}\} = \{0.4, 0.3, 0.3\}$, $A_5 = \{a_{51}, a_{52}, a_{53}\} = \{0.4, 0.4, 0.2\}$ 。

由于在外观造型上存在三级指标,所以单独将其列出,见表 2。

外观造型下的三级权重系数: $A_{11} = \{a_{111}, a_{112}, a_{113}, a_{114}, a_{115}\} = \{0.3, 0.3, 0.2, 0.1, 0.1\}$, $A_{12} = \{a_{121}, a_{122}, a_{123}\} = \{0.4, 0.3, 0.3\}$, $A_{13} = \{a_{131}, a_{132}, a_{133}, a_{134}\} = \{0.3,$

表 1 专家对药品包装机的权重评分
Tab.1 Expert rating on the weight of drug packaging machine score

评价指标体系 U								
u_1 (0.3)	u_{11}	0.3	u_2 (0.3)	u_{21}	0.3	u_3 (0.1)	u_{31}	0.3
	u_{12}	0.2		u_{22}	0.2		u_{32}	0.3
	u_{13}	0.2		u_{23}	0.2		u_{33}	0.2
	u_{14}	0.2		u_{24}	0.2		u_{34}	0.2
	u_{15}	0.1		u_{25}	0.1			
u_4 (0.2)	u_{41}	0.4	u_5 (0.1)	u_{51}	0.4			
	u_{42}	0.3		u_{52}	0.4			
	u_{43}	0.3		u_{53}	0.2			

表 2 专家对外观的权重评分
Tab.2 Expert rating on the weight of appearance

外观 u_1								
u_{11} (0.3)	u_{111}	0.3	u_{12} (0.2)	u_{121}	0.4	u_{13} (0.2)	u_{131}	0.3
	u_{112}	0.3		u_{122}	0.3		u_{132}	0.3
	u_{113}	0.2		u_{123}	0.3		u_{133}	0.2
	u_{114}	0.1					u_{134}	0.2
	u_{115}	0.1						
u_{14} (0.2)	u_{141}	0.4	u_{15} (0.1)	u_{151}	0.4			
	u_{142}	0.4		u_{152}	0.4			
	u_{143}	0.2		u_{153}	0.2			

$0.3, 0.2, 0.2\}$, $A_{14}=\{a_{141}, a_{142}, a_{143}\}=\{0.4, 0.4, 0.2\}$,
 $A_{15}=\{a_{151}, a_{152}, a_{153}\}=\{0.4, 0.4, 0.2\}$ 。

2.3 模糊隶属度

针对评价体系中的各阶指标，对其进行的打分评价因人而异，为了能够形成一个统一、可靠的打分系统，通常由行业内专家进行分析和归纳，从而得出相对应指标的权重比，即为隶属度。首先对最底层的布局进行模糊综合评价，即从三级指标开始。以整体效果的模糊隶属度为例，结果见表 3。其余的用向量表示。

表 3 整体效果专家评分结果
 Tab.3 Results of overall effect expert rating

$u_{11} (R_{21})$	很好	好	一般	差	很差
u_{111}	0.2	0.5	0.2	0.1	0
u_{112}	0.3	0.6	0.1	0	0
u_{113}	0.2	0.7	0.1	0	0
u_{114}	0.1	0.6	0.2	0.1	0
u_{115}	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1

二级指标材质、色泽、外观和标牌的专家评分结果分别为：

$$R_{22} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix},$$

$$R_{23} = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.7 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_{24} = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_{25} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix}$$

一级指标操控界面、色彩、打印装置和其他的专家评分结果分别为：

$$R_{12} = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.2 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_{13} = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_{14} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_{15} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0.1 & 0 \end{pmatrix}$$

2.4 模糊综合评价

对于整体效果，其各项指标模糊隶属度所组成的模糊评价矩阵为：

$$R_{21} = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix}$$

由此，整体效果的综合评价可由模糊变换得出：

$$B_{21} = A_{11} * R_{21} = (0.3 \ 0.3 \ 0.2 \ 0.1 \ 0.1) *$$

$$\begin{pmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix} \quad (\text{结果已归一化})$$

通过采用相同的方法可以得出 $u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}$ 的评价结果，再由其对应的评价结果 $B_{22}, B_{23}, B_{24}, B_{25}$ 组成新的模糊矩阵 $R_{11}=(B_{21} \ B_{22} \ B_{23} \ B_{24} \ B_{25})^T$ ，根据各指标的权重 A_{11} 即可求出 B_{11} ，即为外观的总评价。同理可求出操控界面的总评价 B_{12} 、色彩的总评价 B_{13} 、打印装置的总评价 B_{14} 及其他的总评价 B_{15} ，接着再次组成新的模糊矩阵 $R_0=(B_{11} \ B_{12} \ B_{13} \ B_{14} \ B_{15})^T$ ，由 u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 的权重求出药品包装机的整体综合评价 B_0 ，即为 $(0.2 \ 0.56 \ 0.14 \ 0.05 \ 0.05)$ ，最后根据 $C=B * V^T$ 得出评价结果，结果为 0.762，可判别该药品包装机的设计水平为优级（好）。

3 结语

根据人机工程学的理论，针对药品包装机现存的问题进行了人机工程学分析，以及提出了系统的评价体系，通过模糊数学的方法对评价体系作了进一步研究分析。首先对各阶每个元素进行分析，建立比较全面的评价指标体系；其次对各项指标进行评语集的设定，并通过专家评分法确定各评价因素的权重集和模糊隶属度；接着将对各类指标做模糊量化处理，构成相应的评价矩阵，再通过模糊变换得出评价结果向量；最后对评价结果向量变换得出药品包装机的模糊评价结果，其结果满足药品包装机的

设计要求及目的。

参考文献:

- [1] 丁玉兰. 人机工程学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2011: 142—199.
DING Yu-lan. Ergonomics[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2011: 142—199.
- [2] 王继成. 产品设计中的人机工程学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 188—216.
WANG Ji-cheng. Ergonomics in Product Design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 188—216.
- [3] 高德. 包装机械设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 136—167.
GAO De. Packaging Machinery Design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 136—167.
- [4] 黄丽文. 国产药品装盒机的现状及发展研究[J]. 包装与食品机械, 2006, 24(3): 36—38.
HUANG Li-wen. The Present Situation and Development Research of Leechdom Installing Box Machine in our Country[J]. Packaging and Food Machinery, 2006, 24(3): 36—38.
- [5] 曾晓红, 刘春晖, 郝喜海. 包装机械产品绿色设计评价体系及方法研究[J]. 包装工程, 2007, 28(4): 71—73.
ZENG Xiao-hong, LIU Chun-hui, HAO Xi-hai. Research on Evaluation System and Method of Packing Machinery Green Design[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(4): 71—73.
- [6] 骆磊. 工业产品形态人机设计理论方法研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2006: 56—87.
LUO Lei. Theories and Methods of Industrial Product Form's Ergonomics Design[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2006: 56—87.
- [7] 唐书喜, 赵有斌, 马季威, 等. 自动装盒机开盒成型装置的研究与设计[J]. 包装与食品机械, 2015, 33(4): 30—33.
TANG Shu-xi, ZHAO You-bin, MA Ji-wei, et al. Research and Design of Open-carton Former Device in Automatic Cartoning Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2015, 33(4): 30—33.
- [8] 曾珊珊, 江勇. 基于Ansys的自动装盒机的设计与研究[J]. 食品机械, 2013, 34(12): 168—170.
ZENG Shan-qi, JIANG Yong. Design and Research of Automatic Cartoning Machine Based on Ansys[J]. The Food Industry, 2013, 34(12): 168—170.
- [9] 覃群. 基于人机工程学的多媒体控制台的设计[J]. 包装工程, 2007, 28(11): 122—124.
QIN Qun. Design of Multimedia Console Based on Ergonomics[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(11): 122—124.
- [10] 侯金奎. 浅谈人机界面设计[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 69—71.
HOU Jin-kui. Discussion on Human-machine Interface Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 69—71.
- [11] Patricia A. Chalmers. The role of cognitive theory in human—computer interface[J]. Computers in Human Behavior, 2003, 19(5): 593—607.
- [12] 杨明朗. 自动装盒打印装置: 中国, 200920185417.4 [P]. 2009-12-23.
YANG Ming-lang. Automatic Box Printing Device: Chinese, 200920185417.4 [P]. 2009-12-23.
- [13] AMOD D, SMITH P J. Biasing Cognitive Processes during Design: the Effects of Color[J]. Design Studies, 2009, 30(5): 521—540.
- [14] 罗爱民, 谭东风, 曾熠. 人机界面的模糊多层次综合评价[J]. 模糊系统与数学, 1999, 13(4): 80—86.
LUO Ai-min, TAN Dong-feng, ZENG Yi. Fuzzy Multi-level Synthetic Evaluation for Human Computer Interface[J]. Fuzzy System and Mathematics, 1999, 13(4): 80—86.
- [15] 黄树运. 改进的粒子群算法训练BP神经网络的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2013: 7—28.
HUANG Shu-yun. Research on Improved Particle Swarm Algorithm for Training BP Neural Network[D]. Nanning: Guangxi University, 2013: 7—28.
- [16] 杨明朗, 蔡克中. 基于模糊数学综合评判法的缓冲包装设计水平的评价[J]. 包装工程, 2001, 22(5): 26—31.
YANG Ming-lang, CAI Ke-zhong. Evaluation of Design Level of Cushioning Packing Using Fuzzy Mathematics Comprehensive Judgement[J]. Packaging Engineering, 2001, 22(5): 26—31.
- [17] 刘春风, 董建军, 郑飞云, 等. 模糊综合评价法在啤酒口感协调性品评中的应用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2008, 36(8): 213—222.
LIU Chun-feng, DONG Jian-jun, ZHEN Fei-yun, et al. Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation in Beer Harmony Characteristic Tasting[J]. Journal of Northwest A & F University (Nat Sci Ed), 2008, 36(8): 213—222.
- [18] 傅金祥, 陈喆, 马兴冠, 等. 改良模糊综合评价法在水质评价中的应用[J]. 环境工程, 2011, 29(6): 120—123.
FU Jin-xiang, CHEN Zhe, MA Xing-guan, et al. Application of Improved Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in Water Quality Assessment[J]. Environmental Engineering, 2011, 29(6): 120—123.
- [19] 张建昌. HDZ-150药品装盒机的人机工程学研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2012: 26—45.
ZHANG Jian-chang. The Ergonomics Study of HDZ-150 Pharmaceutical Cartoning Machine[D]. Nanchang: Nanchang University, 2012: 26—45.