

# 地盖供送装置的设计

何倩倩, 张国全

(武汉轻工大学, 武汉 430023)

**摘要:** **目的** 以天地盖纸盒成型前纸片状物料的供送方式为研究对象, 对其在纸盒成型过程中的取料供送进行方案设计, 并确定方案中相关的技术参数。**方法** 设定4种地盖取料供送的可取方案, 基于层次分析法(AHP)对影响设计结果的4种决策因素进行权重比较, 得出各因素所占权重比; 再利用多属性决策法(VIKOR)对4种方案进行分析, 从而排定方案的优先顺序, 选出最优解。利用SolidWorks进行三维建模, 并建立实物模型, 对其进行实验验证。**结果** 根据可接受门槛条件, 确定负压吸附旋转式取料为最优取料方式, 根据相关技术参数建立的实物模型, 经验证与理论要求(120张/min)的最大误差<0.5%, 满足使用要求。**结论** 利用AHP/VIKOR方法为地盖供送装置选取了最优方案, 同时建立了适合的负压吸附旋转式取料工艺方法, 对成型前地盖供送提供一定的技术借鉴作用。

**关键词:** 地盖供送; 方案设计; 层次分析法; 多属性决策法

**中图分类号:** TB486<sup>+1</sup> **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)15-0037-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.15.006

## Design of Bottom Cover Feeding Device

HE Qian-qian, ZHANG Guo-quan

(Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

**ABSTRACT:** The work aims to design the reclaiming and feeding scheme of paper-like materials in the carton forming process and determine the relevant technical parameters in the scheme, with the feeding mode of paper-like materials before the forming of the top and bottom cover carton. Four feasible schemes for bottom cover reclaiming and feeding were set up. The weight of 4 decision-making factors that affected the design results were compared based on analytic hierarchy process (AHP) to obtain the weight ratio of each factor. Then, the multi-attribute decision-making method (VIKOR) was used to analyze the four schemes so as to prioritize the schemes and select the optimal solution. SolidWorks was used to carry out three-dimensional modeling, and a physical model was established to carry out experimental verification. According to the acceptable threshold conditions, the negative pressure adsorption rotary reclaiming was the optimal reclaiming method. The physical model established according to the relevant technical parameters was verified to have a maximum error <0.5% compared with the theoretically required error of 120 sheets/min, which met the requirements for use. AHP/VIKOR method is used to select the optimal scheme for the bottom cover feeding device, and a suitable method for the negative pressure adsorption rotary reclaiming process is established, which provides certain technical reference for the bottom cover feeding before forming.

**KEY WORDS:** bottom cover feeding; scheme design; analytic hierarchy process; VIKOR

收稿日期: 2019-04-26

作者简介: 何倩倩(1993—), 女, 武汉轻工大学硕士生, 主要研究方向为包装机械产品设计。

通信作者: 张国全(1963—), 男, 武汉轻工大学教授, 主要研究方向为包装机械产品的概念设计、智能设计与设计方法学。

天地盖包装盒是纸品包装中的一个重要分类<sup>[1]</sup>，目前主要用于各类物品包装中，在高档物品包装中运用更加广泛。随着酒类、食品、医药、数码产品、化妆品等快消品市场需求的急剧增加，对天地盖包装盒的需求也随之增长。目前，国内的天地盖纸盒的制作多用手工包装辅以简单机械装置，尚未有成熟的、含完整工序的快速天地盖纸盒成型生产线。国内自动天地盖纸盒成型机<sup>[2]</sup>的速度为30~40个/min，并不能满足高速快包的市场要求。尤其是在地盖成型过程中，现有生产方式多为手工粘合成型，存在效率低、成品率低、盒溢胶等问题。

天地盖纸盒一般由天盖、地盖、围条和面纸等部分组成<sup>[3]</sup>。纸盒成型工艺流程：首先将围条与内模合拢(简称围模)，再将四周点胶的地盖与围模合拢(简称围模地盖)，接着将天盖与围模地盖合拢(简称半成品)，最后将面纸与半成品合拢，经折耳等动作制成纸盒<sup>[4]</sup>。内模是在纸盒制好后，将纸盒上下切开后再起出。由于纸盒成型的围条、天地盖和面纸都是纸制品，因此在运送过程中如何控制每种物料在运送过程中的相对位置不发生偏移，使其在下一工位能够精确定位，一直是行业内研究的技术问题<sup>[5]</sup>。在地盖成型过程中，为了满足成型后产品的参数指标，需保证地盖在运送过程中运送平稳，保证在下一粘胶工位精确定位，且防止其在运送过程中提前折边，也需充分考虑运送效率、可靠性、安全性、制作成本等一系列行业内亟待解决的技术问题。

针对上述问题 笔者以成型前地盖的运送方式作为研究对象，对地盖在纸盒成型过程中的取料运送进行方案设计，运用层次分析法(AHP)、多属性决策法(VIKOR)对提出的可行方案进行计算分析<sup>[6]</sup>，得到最优方案，对得到的方案进行具体分析，确定方案中机构的技术参数，建立模型图，为地盖成型后序设计和纸盒成型后续设计打下良好基础。建立适合地盖运送的工艺方法，对地盖运送提供一定的技术借鉴作用。

## 1 约束条件

### 1.1 地盖结构

纸盒成型中的地盖成型主要采用带有预折痕的纸板，其结构见图1。地盖由5个部分组成，分别为地盖前后折耳1和5，地盖左右折耳2和4，以及地盖底面3。图1a中， $H$ 为地盖长边长度， $H_1$ 为地盖长边方向的折耳长度， $W$ 为地盖短边长度， $W_1$ 为地盖短边方向的折耳长度， $A$ 为地盖模切槽口。地盖纸板见图1b，成型后的地盖外形见图1c。为了保证折耳1和5与折耳2和4顺利成型(见图1c)，需在地盖纸板(见图1b)的底面3上进行模切，模切深度为纸板厚度的 $\frac{2}{3}$ ，即 $\sigma_0 = \frac{2}{3}d$ ，模切宽度分别为 $d_1$ 和

$d_2$ 。地盖成型方向与模切面的方向相反。

地盖的底面经过模切预处理，在取料的过程中，需考虑作用力的方向。在图1b中，若取料时给予模切面3一个向上的力 $F_1$ ，此时经过模切的折耳在纸张内力作用下，向下折起，则取料过程中会提前折边，见图1c；若给予模切面3一个向下的力 $F_2$ ，由于盒下表面完整，则不会提前折边，因此，选取取料机构时，应保证取料机构对地盖的作用力应作用于模切面向下，见图1d。

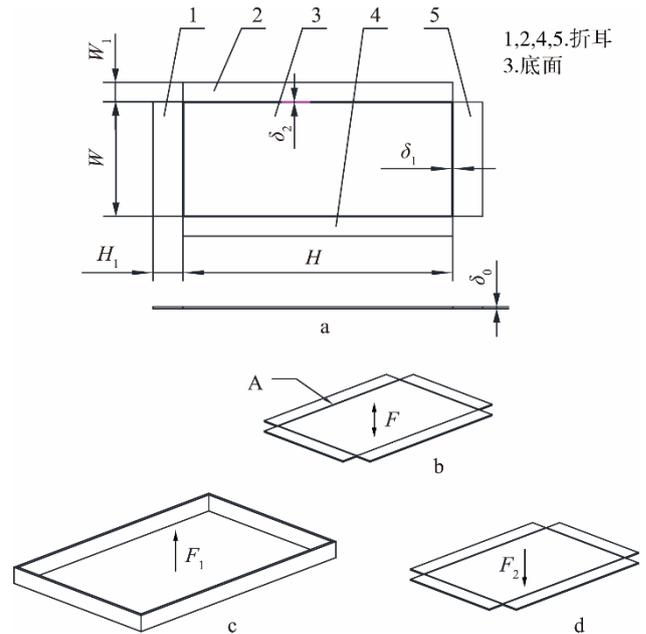


图1 地盖外形

Fig.1 Shape of bottom cover

### 1.2 物料运送的要求

物料运送的要求：物料为材料柔软适中、有预折痕的地盖；每次取且仅取1张物料；保证物料上下表面光滑无划痕；取料速度为120张/min；运送装置需无毒、卫生，满足食品包装的工艺要求；送料过程中需防止提前折边。物料的基本参数为 $L \times H \times \sigma = 107 \text{ mm} \times 83 \text{ mm} \times 0.6 \text{ mm}$ ，属于小盒型地盖成型。

## 2 基于AHP/VIKOR的纸盒形片状地盖取料运送方案选择

### 2.1 物料运送装置备选方案

选取满足取料要求拾取方式，包括A上吸移动式、B摩擦滚轮式(上取料)、C侧推水平移动式(上下皆可)、D负压吸附旋转式(下取式)等4种<sup>[7]</sup>。

### 2.2 层次分析法(AHP)指标权

层次分析法(AHP)<sup>[8]</sup>可以运用于各类复杂问题中。首先把复杂问题中涉及的多种因素划分为有相互

联系的有序层次，接着对每一层的元素两两比较，得到其重要性的定量描述<sup>[9]</sup>，然后对定性问题进行定量分析<sup>[10]</sup>，通过数学方法计算出所有元素的相对权重，最后对其权重进行排序。

1) 确定评价目标，建立递阶层次结构，采用 Satty 提出的九级分制<sup>[11]</sup>判断尺度，见表 1。

表 1 两因素的判断尺度  
Tab.1 Two-factor judgment scale

重要性程度	重要性取值原则
1	因素 <i>i</i> 与因素 <i>j</i> 相比较，两者同等重要
3	因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 略重要
5	因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 重要
7	因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 重要得多
9	因素 <i>i</i> 与因素 <i>j</i> 相比较， <i>i</i> 具有绝对重要性
2,4,6,8	分别介于其相邻2种连续判断之间状态的标度

根据纸片状地盖供送过程中重要的影响因素，提出评价目标。设定评价目标为供送效率  $X_1$ 、可靠性  $X_2$ 、安全性  $X_3$ 、制作成本  $X_4$ 。分析各因素关系，建立递阶层次，见图 2。

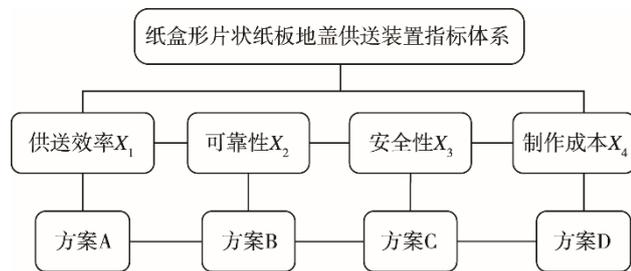


图 2 递阶层次  
Fig.2 Hierarchical graph

2) 确定同层各要素的重要程度及其判断矩阵。查阅相关资料及文献，得到 4 种方案在地盖供送过程中各要素所占比重<sup>[12]</sup>，并列成表格。4 种方案的各项指标评价见表 2。

表 2 4 种方案各种评价指标评价价值  
Tab.2 Evaluation values of various evaluation indicators in 4 schemes

方案	供送效率 (得分)	可靠性 (得分)	安全性 (得分)	制作成本/ 万元
A	5	4	7	15
B	6	7	3	12
C	4	7	3	17
D	8	6	8	15

确立各评价指标的重要程度，对其进行两两比较，得到判断矩阵  $X$ ：

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 1/3 & 1 & 3 & 5 \\ 1/5 & 3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

3) 一致性检验。对于判断矩阵  $X$ ，满足关系式  $|X - \lambda_{\max} I| = 0$ ，计算出最大特征值，得到与之对应的特征向量，每个分量就是所对应指标的权重，将其归一化。采用  $C_R = C_I / R_1$  进行一致性检验，得到综合指标评价矩阵，即  $Q-X$  评价矩阵结果，见表 3。

表 3  $Q-X$  评价矩阵结果  
Tab.3  $Q-X$  evaluation matrix result

$Q-X$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	权重
$X_1$	1	3	5	7	0.8880
$X_2$	1/3	1	3	5	0.4121
$X_3$	1/5	1/3	1	3	0.1847
$X_4$	1/7	1/5	1/3	1	0.0869

$$\lambda_{\max} = 4.117, C_I = 0.039, C_R = C_I / R_1 = 0.041 < 0.1, \text{ 满足一致性检验}$$

基于 AHP 法的一致性检验，避免了由于人为误差所引起的各层因素权重失真。基于此，判断出矩阵  $X$  满足要求，能为供送装置的 4 种方案进行 VIKOR 评价排序提供更准确的权重值。

### 2.3 基于 VIKOR 成型前地盖供送装置方案评价

多属性决策法(VIKOR)<sup>[13]</sup>：将所提备选方案的评估值与原理想方案评估值进行对比，根据其距离大小来排列方案的优先顺序，以确定最优解和最差解<sup>[14]</sup>。

#### 2.3.1 数据无量纲化处理

对数据的不同量纲和数量级进行无量纲化处理<sup>[15]</sup>，VIKOR 采用极大值的方法进行数据处理。

$$X_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i(x_{ij})} \quad (2)$$

由式 (2) 求取规范化的决策矩阵  $A$ ：

$$A = \begin{bmatrix} 0.625 & 0.571 & 0.875 & 0.75 \\ 0.75 & 1 & 0.375 & 0.6 \\ 0.5 & 1 & 0.375 & 1 \\ 1 & 0.857 & 1 & 0.75 \end{bmatrix} \quad (3)$$

#### 2.3.2 VIKOR 中的理想解与方案排序

$$f_i^* = [(\max_j f_{ij} | i \in I_1), (\min_j f_{ij} | i \in I_2)], \forall i \quad (4)$$

$$f_i^- = [(\min_j f_{ij} | i \in I_1), (\max_j f_{ij} | i \in I_2)], \forall i \quad (5)$$

式 (4—5) 中  $f_i^*$  和  $f_i^-$  分别代表正理想解和负理想解<sup>[16]</sup>， $I_1$  表示效益型准则集合； $I_2$  表示成本型准

则集合。由式(4)求出正理想解向量  $f_i^* = (1, 1, 1, 1)$ ，由式(5)求出负理想解  $f_i^- = (0.5, 0.571, 0.375, 0.6)$ 。采用层次分析法(AHP)求得各指标权重向量  $W = (0.8880, 0.4121, 0.1847, 0.0869)$ 。

### 2.3.3 运用VIKOR评价4种备选方案

1) 分别计算群体效益  $S_j$  值、个别遗憾  $R_j$  值及利益比  $Q$ ：

$$S_j = \sum_i^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-), \forall j \quad (6)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)], \forall j \quad (7)$$

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (8)$$

式(8)中  $v$  取 0.5，即均衡折中<sup>[17]</sup>，根据以上3个公式，求得表4中4种方案的  $S, R, Q$  值。

表4 4种方案的  $S, Q, R$  值  
Tab.4  $S, Q, R$  values in 4 schemes

特征值	A	B	C	D
$S$	1.169	0.715	1.072	0.192
$R$	0.4121	0.1478	0.1847	0.1154
$Q$	1	0.645	0.567	0

根据  $Q, S, R$  分别对投标单位排序。将备选方案  $S, Q, R$  的值按照升序或者降序的方式排列。选取排序中最小的  $Q$  值所对应的方案(即方案D)，进行以下2个条件的决策：如果方案D同时满足以下2个条件，则该方案为最佳折中方案；如果方案D和其它方案只满足条件2，则这些方案都接近理想方案。

条件1：可接受利益门槛条件<sup>[18]</sup>， $Q'' - Q' \geq 1/(J-1)$ ，其中， $Q''$ 表示在排序中第二小的综合方案值， $Q'$ 表示在排序最小的综合方案值， $J$ 为备选方案数。

条件2：可接受的决策可靠度<sup>[16]</sup>，在  $Q$  排序中，最优方案D对应的  $S$  值或  $R$  值也是最小的。

由条件1求得， $Q'' - Q' \geq 1/(J-1) = 0.33$ 。从表4可以看出，方案D满足条件1。由条件2可知，方案D也满足条件2，所以根据  $Q$  值判定D方案为最佳方案，对4种方案一一判定，其排序的结果见式(9)。

$$D > C > B > A \quad (9)$$

综上所述，负压吸附旋转式取料是地盖的首选取料方式。

## 3 取料工艺方案设计

地盖的取料过程包括物料准备到位、红外线检测料仓有料、地盖供送装置取料、供送、压下盖装置接收物料、物料送出等环节<sup>[19]</sup>，其工艺过程见图3。

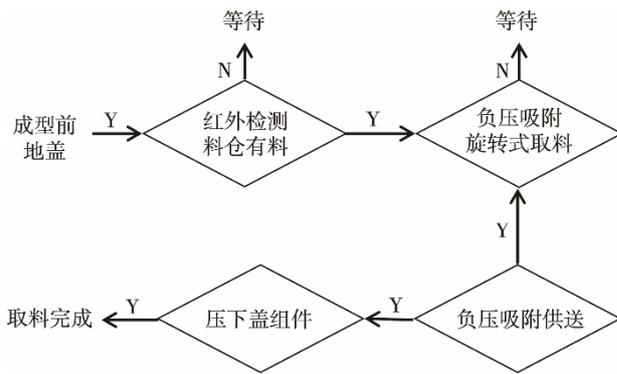


图3 地盖成型工艺流程  
Fig.3 Bottom cover forming process

### 3.1 仓内物料到位

料仓应对物料进行准确定位，以保证物料在仓内位置的唯一性，从而确定负压吸附取料的精确度。如果红外线检测物料到位，则检测系统将信号送至控制系统。

### 3.2 取料

地盖供送装置中的吸附装置从料仓口取料。为保证盒成率，要求每次吸取1张物料。同时要求保证物料不会提前预折，因此需对负压吸附时的吸附方向和吸附点加以讨论。

### 3.3 供送

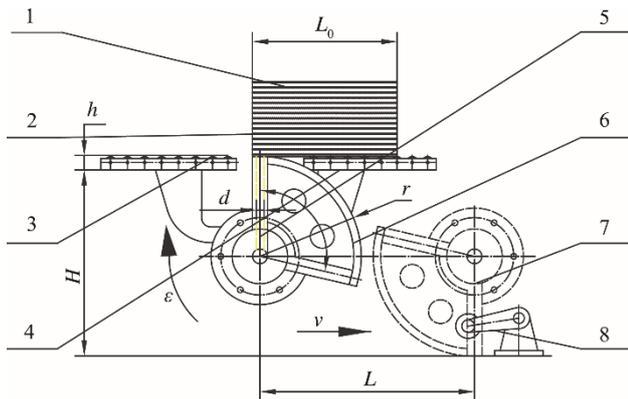
取料之后，机构做平移运动，将物料送至下一工序。为满足120张/min的速度要求，该装置采用不间断式吸附，因此在物料供送到位的同时，加一取纸机构，致使物料与吸附装置分离。

## 4 供送装置方案设计

### 4.1 结构组成

基于上述工艺过程，设计并绘制出纸盒地盖供送原理，见图4。地盖供送装置由储料仓、托辊、吸盘、压下盖组件等机构组成，其工作过程：拾取物料，物料1储存于料仓2中，静止时右托辊4位于料仓底部，托住物料，吸盘吸附孔5采用负压取料；物料供送，取料同时凸轮装置带动吸盘及托辊运动，动作1，物料紧贴吸盘弧面6做圆周运动，动作2，吸盘轴7及托辊水平右移；供送到位，左托辊3向右平移至料仓口托住仓内物料，同时吸盘经180°旋转，将拾取的物料翻面，置于皮带传送装置，压下盖供送组件8在电机的作用下下压，压住物料，完成物料供送；吸盘复位，进行下一轮取料。

为了防止物料提前预折，放料时需将切模槽口朝上置于料仓中。为了保证取料的唯一性，在料仓两对



1.物料 2.料仓 3.左托辊 4.右托辊 5.吸盘吸孔 6.吸盘弧面 7.吸盘轴 8.压下盖组件

图 4 地盖供应原理

Fig.4 Bottom cover feeding principle

角线固定两截面尺寸为  $W_1 \times H_1$  的筋板。

## 4.2 关键参数

在传感器的检测下，各组件协调运动，完成地盖供应的每一个动作。整个供应过程保证对物料的空间位置进行限位，保证每张物料供应至下一机构时位置始终不变，且每个运动机构均可控制调节。

围绕地盖成型方向、吸盘取料吸附孔的作用位置、吸盘带料传送距离等来确定料仓的长度和宽度，吸盘的弧长，旋转方向和空间位置尺寸等，以作为该装置的相关参数，并进行分析和确定。

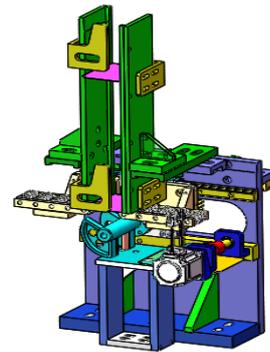
地盖供应装置中，吸盘旋转前后空间结构尺寸参数应相互协调，确保地盖供应可靠进行，见图 6。其中， $L_0$  为物料总长， $L_0 = \alpha r + \Delta l$ ，即纸片状地盖长度应略大于吸盘弧长，保证吸盘通过 4 个直径为  $d$  的气孔能够吸附纸片状地盖的四角，从而拾取物料； $H$  为托辊底部到传送带表面垂直距离， $h$  为托辊厚度， $H + h = 2r$ ，满足吸盘左吸孔竖直向上在料仓取料，到其吸孔竖直向下，将物料送至传送带上； $L$  为取料位到送料位吸盘中心的距离， $W$  为吸盘自身圆周运动角速度， $v$  为吸盘送料速度。由于要求取料速度为 120 张/min，则吸盘每工作 1 个周期仅 0.5 s，时间极短，在此将吸盘取料供应过程视为匀速传送，其相互关系满足： $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\pi}{\Delta t}$ ， $L = v\Delta t$ ，因此  $L = \frac{\pi v}{\omega}$ 。

## 5 供应装置的结构实现

供应装置的三维模型及实物制作见图 5。在图 5 中，料仓四角根据物料形状增加了 4 条筋板，用以对物料的限位，利于吸盘四角取料。取料装置中的吸盘圆弧面光滑，无凸起，其弧面总长与物料折边长度相等，可快速取料。各运动件之间的相对关系唯一，可保证料仓内物料始终处于托盘上。吸盘中的负压和皮

带传送装置中的负压为持续性负压，避免了由换气引起的吸附不到位等现象。

根据设计的尺寸进行实物制作，将加工零件进行安装，并对其进行调试处理，在满足运行条件后带料运行。经过反复调试，并进行实验记录，可以得到该方案设计满足 120 张/min 的速度要求，其误差  $< 0.5\%$ ，且所用材料对纸张表面有保护作用，达到预期要求。



a



b

图 5 供应装置的三维模型及实物

Fig.5 3D model and physical object of the feeding device

## 6 结语

根据天地盖纸盒成型前地盖的供应要求，提出了负压吸附两段式连续快速取料的工艺方案，并对取料装置的主要结构和技术参数进行了优化，最终设计生产出相关产品。该技术对于我国目前天地盖成型类包装盒的生产具有重要意义，且该产品已投入使用，填补了天地盖纸盒快速包装的市场空白。

### 参考文献：

- [1] 贡红来. 天地盖包装盒蕴藏的专业主义[J]. 印刷技术, 2016(12): 16—18.  
GONG Hong-lai. The Professionalism Contained in the Box of Heaven and Earth Cover[J]. Printing Technology, 2016(12): 16—18.
- [2] 余培宽. 我为天地盖命名[J]. 印刷经理人, 2015(3): 52.

- YU Pei-kuan. I Named the Heaven and Earth Cover[J]. *Printing Manager*, 2015(3): 52.
- [3] 赵霞. 包装机械行业发展的未来[J]. *机械工业标准化与质量*, 2002(10): 7—9.  
ZHAO Xia. The Future of the Development of the Packaging Machinery Industry[J]. *Mechanical Industry Standardization and Quality*, 2002(10): 7—9.
- [4] 吕晓彬. 全开式包装盒制盒工艺的改进[J]. *印刷杂志*, 2017(9): 45—48.  
LYU Xiao-bin. Improvement of the Process of Box Making of Fully Open Packaging[J]. *Print Magazine*, 2017(9): 45—48.
- [5] 贾子年. 精致包装的背后[J]. *印刷经理人*, 2014(10): 102—103.  
JIA Zi-nian. Behind the Delicate Packaging[J]. *Printing Manager*, 2014(10): 102—103.
- [6] SATTY T L. *The Analysis Hierarchy Process*[M]. New York: Mc Graw Hill Inc, 1980.
- [7] 张继忠, 张艳平, 王晓东. 包装机供料机构方案设计与分析[J]. *现代制造工程*, 2008(10): 97—99.  
ZHANG Ji-zhong, ZHANG Yan-ping, WANG Xiao-dong. Design and Analysis of Packaging Machine Feeding Mechanism[J]. *Modern Manufacturing Engineering*, 2008(10): 97—99.
- [8] 曹束, 周根贵, 张定岳. 一种基于 AHP 和模糊理论的多方案综合评价方法[J]. *浙江工业大学学报*, 2003, 31(4): 355—359.  
CAO Jian, ZHOU Gen-gui, ZHANG Ding-yue. A Multi-program Comprehensive Evaluation Method Based on AHP and Fuzzy Theory[J]. *Journal of Zhejiang University of Technology*, 2003, 31(4): 355—359.
- [9] 许树柏. *实用决策方法: 层次分析法原理*[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988: 146—163.  
XU Shu-bo. *Practical Decision-making Method: the Principle of Analytic Hierarchy Process*[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1988: 146—163.
- [10] 高长元, 王宏起. 高新技术产品评价系统研究[J]. *系统工程理论与实践*, 1999, 19(2): 82—87.  
GAO Chang-yuan, WANG Hong-qi. Research on New High Technology Product Evaluation System[J]. *System Engineering Theory and Practice*, 1999, 19(2): 82—87.
- [11] 刘鸿雁, 阎涛, 王光远. 基于 AHP 和 VIKOR 算法的评价方法研究[J]. *技术经济*, 200(5): 32—34.  
LIU Hong-yan, YAN Tao, WANG Guang-yuan. Research on Evaluation Method Based on AHP and VIKOR Algorithm[J]. *Technical Economy*, 2009(5): 32—34.
- [12] CHIN K S, PUN K F. An AHP Based Study of Critical Factors for TQM Implementation in Shanghai Manufacturing Industries[J]. *Technovation*, 2002, 22(4): 707—715.
- [13] OPRICOVICE S. *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*[D]. Belgrade: Faculty of Civil, 1998.
- [14] OPRICOVICE S, TZENG Gwo-Hshung. Compromise Solution by MCDM Methods: a Comparative Analysis of VIKOR and TOPSS[J]. *European Journal of Operational Research*, 2004, 156(2): 445—455.
- [15] 王芳, 石全. 基于 AHP 和 VIKOR 算法的维修策略选择研究[J]. *装备学院学报*, 2014(5): 49—52.  
WANG Fang, SHI Quan. Research on Maintenance Strategy Selection Based on AHP and VIKOR Algorithm[J]. *Journal of Equipment College*, 2014(5): 49—52.
- [16] 乞建勋, 张之光, 孔峰, 等. 基于 VIKOR 算法的供应商选择方法研究[C]// 第二十六届中国控制会议文集, 2007: 146—148.  
QI Jian-xun, ZHANG Zhi-guang, KONG Feng. Research on Supplier Selection Method Based on VIKOR Algorithm[C]// The 26th China Control Conference. Zhanjiang: China Automation Society Control Theory Committee, 2007: 146—148.
- [17] 孔峰, 贾宇, 贾杰. 基于 VIKOR 法的企业技术创新综合能力评价模型研究[J]. *技术经济*, 2008(2): 26—30.  
KONG Feng, JIA Yu, JIA Jie. Research on Evaluation Model of Enterprise Technology Innovation Comprehensive Ability Based on VIKOR Method[J]. *Technical Economy*, 2008(2): 26—30.
- [18] 李勇, 王燕. 基于 AHP 和 VIKOR 的房地产企业项目投资决策评价研究[J]. *项目管理技术*, 2014, 12(2): 84—88.  
LI Yong, WANG Yan. Research on Investment Decision Evaluation of Real Estate Enterprise Project Based on AHP and VIKOR[J]. *Project Management Technology*, 2014, 12(2): 84—88.
- [19] 张国全. *包装机械设计*[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2013.  
ZHANG Guo-quan. *Packaging Machinery Design*[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2013.