

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90245

# 基于虚拟堆积试验的食用玫瑰花瓣 离散元参数标定

Discrete element parameter calibration of edible rose petals  
based on virtual stacking test

勾富强<sup>1</sup> 尹志宏<sup>1</sup> 牛宪伟<sup>2</sup> 严跃拔<sup>1</sup>

GOU Fu-qiang<sup>1</sup> YIN Zhi-hong<sup>1</sup> NIU Xian-wei<sup>2</sup> YAN Yue-bo<sup>1</sup>

(1. 昆明理工大学机电工程学院, 云南 昆明 650500; 2. 腾翎机械科技〔云南〕有限公司, 云南 昆明 650500)

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Technology, Kunming, Yunnan 650500, China; 2. Teng-ling Machinery Technology [Yunnan] Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650500, China)

**摘要:**目的: 标定食用玫瑰花瓣离散元仿真参数。方法: 采用离散元方法建立柔性食用玫瑰花瓣离散元模型, 通过物理堆积试验与虚拟堆积试验相结合, 依次采用 Placket-Burman 试验、最陡爬坡试验和 Box-Behnken 试验确定对堆积角影响显著的因素以及参数值, 并对显著性参数进行寻优求解。结果: 参数优化后影响堆积角显著性因素的取值为: 花瓣—花瓣碰撞恢复系数为 0.05, 花瓣—花瓣滚动摩擦系数为 0.051, 花瓣—不锈钢碰撞恢复系数为 0.046。结论: 基于虚拟堆积试验实现了食用玫瑰花瓣离散元仿真参数标定。

**关键词:** 食用玫瑰; 花瓣; 离散元; 参数标定; 虚拟堆积试验

**Abstract:** **Objective:** Calibration of discrete element simulation parameters of edible rose petals. **Methods:** The discrete element method was used to establish the discrete element model of flexible edible rose petals. The combination of physical accumulation test and virtual accumulation test, the placket Burman test, the steepest climbing test and box Behnken test were used to determine the significant factors and parameter values that affect the accumulation angle, and the significant parameters were optimized. **Results:** The values of the significant factors affecting the stacking angle after parameter optimization were: petal-petal collision recovery coefficient was 0.05, petal-petal rolling friction coefficient is 0.051, petal-stainless steel collision recovery coefficient was 0.046. **Conclusion:** Based on the virtual stacking experi-

ment, the parameters of discrete element simulation of edible rose petals are calibrated.

**Keywords:** edible roses; petal; discrete element; parameter calibration; virtual stacking test

目前对食用玫瑰花瓣的研究, 主要集中于玫瑰花瓣的干燥、成分分析、食品工艺研究等方面。而对于食用玫瑰花瓣的加工设备的研制, 方卫山等<sup>[1]</sup>研制的食用玫瑰花瓣的初分选成套设备进一步推动了玫瑰花瓣的加工水平。为提高食用玫瑰花瓣的加工设备研制速度, 研究食用玫瑰花瓣与加工设备之间的相互作用, 食用玫瑰花瓣的建模与参数标定显得尤为重要。

离散单元法是一种研究物料散体运动行为的数值模拟方法, 能够较为直观地研究物料的非线性运动姿态<sup>[2]</sup>。对于难以通过物理试验直接获取的参数, 通常采用堆积角试验、直剪切试验和压缩试验的参数标定方法。马彦华等<sup>[3]</sup>通过物理试验和仿真相结合的方法, 标定了苜蓿秸秆的仿真参数; 廖宜涛等<sup>[4]</sup>通过油菜茎秆弯曲破坏仿真试验进行了仿真参数标定; 侯杰等<sup>[5]</sup>基于堆积试验标定了水稻茎秆接触参数。基于上述文献, 结合食用玫瑰花瓣结构特征, 研究提出采用离散元方法建立柔性食用玫瑰花瓣离散元模型, 通过物理堆积试验与虚拟堆积试验相结合, 采用 Placket-Burman 试验、最陡爬坡试验和 Box-Behnken 试验确定对堆积角影响显著的因素以及参数取值, 以期为食用玫瑰花瓣离散元仿真研究提供数据支持。

## 1 食用玫瑰花瓣柔性离散元建模

食用玫瑰花瓣属于散粒体物料, 基于 GB/T 4472—2011 中关于固体密度的测量方法, 测量得到食用玫瑰花瓣的真实密度均值为 552.8 kg/m<sup>3</sup>。基于 JB/T 9014.7—1999 标准, 将 200 g 的食用玫瑰花瓣装入内径为

基金项目: 云南省重大科技专项计划“先进装备制造重大专项”(编号: 2018ZC001)

作者简介: 勾富强, 男, 昆明理工大学在读硕士研究生。

通信作者: 尹志宏(1962—), 男, 昆明理工大学教授, 硕士生导师, 硕士。E-mail: yzh\_kun@sina.com

收稿日期: 2022-03-01 改回日期: 2022-07-14

100 mm,高 200 mm 的不锈钢空心圆筒进行匀速提升,形成锥形堆积体,测量堆积体母线与水平线的夹角,得到食用玫瑰花瓣的堆积角约为  $26^\circ$ 。

### 1.1 食用玫瑰花瓣模型多球面位置信息获取

食用玫瑰花瓣离散元模型采用多球面颗粒组合<sup>[6]</sup>,每个球面之间采用 Bond 黏结键进行黏接,模拟出与真实花瓣相类似的模型。由于食用玫瑰花瓣的结构属于空间曲面结构,采用手动填充的方法较为繁琐。采用基于颗粒填充法建立食用玫瑰花瓣模型<sup>[7]</sup>,能够快速准确获取多球面位置信息。假设食用玫瑰花瓣的平均厚度为 1 mm,在 SolidWorks 2018 中建立食用玫瑰花瓣的三维模型,并导入 EDEM 2020 中,添加球形颗粒填充材料,球面半径为 0.5 mm。颗粒填充后,得到如图 1 所示的多球面食用玫瑰花瓣离散元模型。导出后处理中的多球面群信息,共 2 256 个球面,并包含球面的 X 坐标、Y 坐标、Z 坐标以及接触半径。

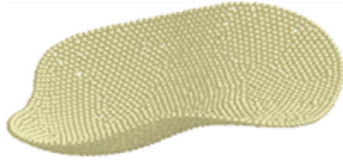


图 1 多球面构建的离散元花瓣模型

Figure 1 Discrete element petal model based on multi sphere

### 1.2 构建柔性化的食用玫瑰花瓣模型

基于 EDEM 2020 版中的 Bonding V2 的元颗粒模型,构建柔性化的食用玫瑰花瓣离散元模型。元颗粒模型能够定义模型中的多球面之间的关系,创建用于工业、自然界中的柔性以及细长的材料,比如纤维、秸秆等。由于食用玫瑰花瓣的厚度较薄,厚度约为 0.6~1.2 mm,为简化离散元建模难度,假设球面直径为 1 mm。离散元多球面建模接触半径的设置用于检测颗粒是否发生黏结,当球面接触半径检测到接触后,生成黏结键,将两个球面黏结在一起。接触半径太小模型会发生碎裂,接触半径太大则会使模型之间相互黏结,为降低接触半径对仿真结果的影响,接触半径应比球面半径大 20%~30%<sup>[8]</sup>。根据多球面的 X、Y、Z 位置信息,定义球面半径 0.5 mm,接触半径 0.6 mm,建立食用玫瑰花瓣离散元模型。根据表 1 与表 2 设置仿真时的材料物理参数与接触参数,根据表 3 设置食用玫瑰花瓣离散元仿真黏结参数。由于后续需要标定碰撞恢复系数和滚动摩擦系数,因此在建立离散元模型过程中,可以先假设碰撞恢复系数、滚动摩擦系数很小,通常设置为 0.01。通过 Bonding V2 接触模型,构建的柔性食用玫瑰花瓣 Bond 模型见图 2。

## 2 食用玫瑰花瓣离散元参数标定

参数标定,通常也叫“参数匹配”,是通过物料特性试

表 1 材料物理参数

Table 1 Material physical parameters

材料	密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	泊松比	剪切模量/MPa
花瓣	552.8	0.3	4
不锈钢	7 930.0	0.3	74 600

表 2 物料接触参数

Table 2 Particle contact parameters

相互作用	碰撞恢复系数	静摩擦系数	滚动摩擦系数
花瓣—花瓣	0.01	0.453	0.01
花瓣—不锈钢	0.01	0.487	0.01

表 3 食用玫瑰花瓣颗粒黏结参数

Table 3 Bonding parameters of edible rose petal granules

法向刚度系数/ ( $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ )	切向刚度系数/ ( $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ )	临界法向 应力/MPa	临界切向 应力/MPa
$1 \times 10^{10}$	$1 \times 10^5$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$

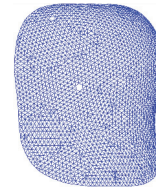


图 2 食用玫瑰花瓣 Bonding V2 黏结模型

Figure 2 Bonding V2 model of edible rose petals

验与仿真相结合的一种确定物料仿真参数的常用方法,经过仿真环境下模拟出与真实试验相一致的虚拟试验,从而确定物料的离散元仿真参数<sup>[9]</sup>。离散元所需要的仿真参数,主要是物料的本征参数与接触参数,这些参数可通过相应的物料试验进行测量,对于难以通过试验测量的参数,需要基于虚拟堆积试验与物料堆积试验,进行仿真参数匹配。

### 2.1 虚拟堆积试验

食用玫瑰花瓣虚拟堆积试验以物理堆积试验数据为基础<sup>[10]</sup>,在 EDEM 2020 软件中,基于 Bonding V2 接触模型建立虚拟堆积试验仿真。添加空心圆筒,并在圆筒上方设置虚拟平面,作为颗粒工厂,静态生成 200 g 的食用玫瑰花瓣离散元模型。当生成的食用玫瑰花瓣离散元模型充满整个空心圆筒后,以 2 m/s 的速度提升空心圆筒,食用玫瑰花瓣虚拟堆积试验示意图见图 3。

食用玫瑰花瓣虚拟堆积试验,生成具有堆积中心的锥形体,与物理堆积试验相符合。使用软件内置量角测量工具,以虚拟堆积中心为测量原点,测量 +X 以及 +Y 两个方向上的堆积角<sup>[11]</sup>,结果取平均值。虚拟堆积试验堆积角测量示意图见图 4。

### 2.2 因子筛选试验

通过试验测量得到的离散元参数有食用玫瑰花瓣密



图 3 食用玫瑰花瓣虚拟堆积试验示意图

Figure 3 Virtual accumulation test of edible rose petals

度  $552.8 \text{ kg/m}^3$ 、食用玫瑰花瓣—食用玫瑰花瓣静摩擦系数 0.453、食用玫瑰花瓣—不锈钢静摩擦系数 0.048 7。将标定参数进行 Placket-Burman 试验设计,如表 4 所示。6 个需要标定的参数,最低需要完成 12 次试验,并增加一组中心点试验,总共 13 次虚拟堆积试验,将测量数据填入表 5 中。根据 Minitab 19 软件对试验结果进行方差分析<sup>[12]</sup>,得到表 6 所示 Placket-Burman 试验结果方差分析表。

2.3 最陡爬坡试验

根据筛选试验分析得到 3 个显著性参数,通过设定步长,在参数范围内逐渐增加,进行最陡爬坡试验。最陡爬坡试验设计与结果见表 7。除 3 个显著性参数外,不显著参数设置:食用玫瑰花瓣泊松比取中心点,为 0.3,食用

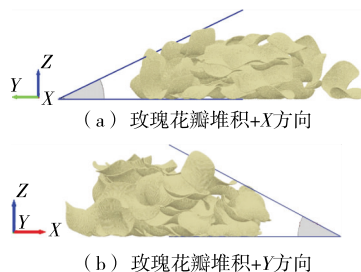


图 4 虚拟堆积角测量示意图

Figure 4 Schematic diagram of virtual stacking angle measurement

玫瑰花瓣剪切模量只影响花瓣之间的碰撞受力,同时为了提高仿真运行效率,取  $4 \text{ MPa}$ ,花瓣—不锈钢滚动摩擦系数取中心点值,为 0.03。随着 3 个显著性参数步长增加,物理堆积角与虚拟堆积角的相对误差呈先减小后增大的趋势,特别是在 3 号试验组,其误差最小。因此确定花瓣—花瓣碰撞恢复系数参数取值范围为  $0.03 \sim 0.07$ ,花瓣—不锈钢碰撞恢复系数的显著性参数取值范围为  $0.03 \sim 0.07$ ,花瓣—花瓣滚动摩擦系数显著性参数的取值范围为  $0.05 \sim 0.15$ 。

2.4 Box-Behnken 试验设计及结果分析

取 3 号试验结果作为中心水平,以 2、4 组试验参数

表 4 Placket-Burman 试验参数表

Table 4 Placket-Burman test parameters

水平	$X_1$ 泊松比	$X_2$ 剪切模量/ MPa	$X_3$ 花瓣—花瓣碰撞 恢复系数	$X_4$ 花瓣—花瓣滚动 摩擦系数	$X_5$ 花瓣—不锈钢碰撞 恢复系数	$X_6$ 花瓣—不锈钢滚动 摩擦系数
-1	0.1	1	0.01	0.01	0.01	0.01
1	0.5	6	0.09	0.20	0.09	0.05

表 5 Placket-Burman 试验设计与结果

Table 5 Placket-Burman test design and results

序号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	堆积角 $\theta / (^\circ)$
1	1	-1	1	-1	-1	-1	26.49
2	1	1	-1	1	-1	-1	24.36
3	-1	1	1	-1	1	-1	28.52
4	1	-1	1	1	-1	1	24.81
5	1	1	-1	1	1	-1	24.97
6	1	1	1	-1	1	1	29.19
7	-1	1	1	1	-1	1	26.72
8	-1	-1	1	1	1	-1	27.76
9	-1	-1	-1	1	1	1	25.72
10	1	-1	-1	-1	1	1	26.66
11	-1	1	-1	-1	-1	1	25.26
12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	24.51
13	0	0	0	0	0	0	24.78

表 6 Plackett-Burman 试验结果方差分析  
Table 6 Analysis of variance of Plackett-Burman test results

参数	自由度	调整后的 偏差平方和	F 值	P 值	显著性 排序
X <sub>1</sub>	1	0.336 70	0.880	0.391	5
X <sub>2</sub>	1	0.785 40	2.050	0.211	4
X <sub>3</sub>	1	12.02 00	31.40	0.003	1
X <sub>4</sub>	1	3.297 00	8.610	0.032	3
X <sub>5</sub>	1	9.487 40	24.78	0.004	2
X <sub>6</sub>	1	0.255 20	0.670	0.451	6

表 7 最陡爬坡试验设计与结果

Table 7 Design and results of steepest climbing test

序号	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	仿真堆积角 $\theta/(\circ)$	相对误差/%
1	0.01	0.20	0.09	28.76	10.60
2	0.03	0.15	0.07	26.93	3.50
3	0.05	0.10	0.05	26.52	2.00
4	0.07	0.05	0.03	25.45	2.10
5	0.09	0.01	0.01	24.76	4.70

作为水平,进行表 8 所示的显著接触参数水平编码。根据参数水平编码,设计虚拟堆积试验方案,将显著性参数的水平组合参数代入 EDEM 2020 软件中,进行虚拟堆积试验仿真,并测量堆积角,食用玫瑰花瓣虚拟堆积试验的 Box-Behnken 试验设计与结果见表 9。

对试验结果进行多元回归分析,得到 3 个显著性参数与堆积角( $\theta$ )的二次多项式方程为:

$$\theta = 20.34 + 6.50X_3 + 67.42X_4 + 88.38X_5 - 842.5X_3X_4 - 793.75X_3X_5 - 127.5X_4X_5 + 847.38X_3^2 - 66.10X_4^2 + 49.38X_5^2 \quad (1)$$

根据试验结果进行堆积角方差分析,结果见表 10。X<sub>3</sub>、X<sub>5</sub>及 X<sub>3</sub>X<sub>4</sub>对仿真堆积的影响是极其显著。该二阶回归模型的拟合模型  $P=0.003\ 1 < 0.01$ ,选用的模型极显著,相关修正系数  $R^2=0.927\ 6$ ,接近于 1,修正决定系数  $R_{adj}^2=0.834\ 5$ ,表明模型可信度高,预测值与真实值具有相关性。失拟项  $P=0.352\ 8 > 0.05$ ,变异系数  $C.V=1.41\%$ 较低,模型可以较为准确的反映实际情况。利用 Design-Expert 12 软件对绘制 X<sub>3</sub>X<sub>4</sub>的响应曲面,见图 5。

2.5 参数优化及试验验证

以物理堆积角  $26^\circ$  为响应目标值,优化参数范围为

表 8 显著性接触参数水平编码

Table 8 Significant exposure parameter level coding

水平	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
-1	0.03	0.05	0.03
0	0.05	0.10	0.05
1	0.07	0.15	0.07

表 9 Box-Behnken 试验设计与结果  
Table 9 Box-Behnken design and results

序号	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	虚拟堆积角/ $(^\circ)$
1	-1	-1	0	26.63
2	1	-1	0	26.78
3	-1	1	0	28.55
4	1	1	0	25.33
5	-1	0	-1	26.21
6	1	0	-1	25.98
7	-1	0	1	28.67
8	1	0	1	27.17
9	0	-1	-1	25.19
10	0	1	-1	26.35
11	0	-1	1	26.89
12	0	1	1	27.54
13	0	0	0	27.03
14	0	0	0	26.62
15	0	0	0	26.86
16	0	0	0	26.12
17	0	0	0	26.56

表 10 Box-Behnken 试验回归模型方差分析

Table 10 Analysis of variance of Box-Behnken test regression model

方差来源	均方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	12.790 0	9	1.420 0	9.960 0	0.003 1
X <sub>3</sub>	2.880 0	1	2.880 0	20.180 0	0.002 8
X <sub>4</sub>	0.649 8	1	0.649 8	4.550 0	0.070 2
X <sub>5</sub>	5.350 0	1	5.350 0	34.470 0	0.000 5
X <sub>3</sub> X <sub>4</sub>	2.840 0	1	2.840 0	19.900 0	0.002 9
X <sub>3</sub> X <sub>5</sub>	0.403 2	1	0.403 2	2.830 0	0.136 6
X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	0.065 0	1	0.065 0	0.455 7	0.521 3
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	0.515 1	1	0.515 1	3.610 0	0.099 2
X <sub>4</sub> <sup>2</sup>	0.115 0	1	0.115 0	0.805 8	0.399 2
X <sub>5</sub> <sup>2</sup>	0.001 6	1	0.001 6	0.011 5	0.917 6
残差	0.998 8	7	0.142 7		
失拟项	0.521 1	3	0.173 7	1.450 0	0.353 8
纯误差	0.477 7	4	0.119 4		
总和	13.790 0	16			

25.5°~26.5°,利用 Design-Expert 12 软件对显著性参数与堆积角的二次多项式进行寻优求解<sup>[13]</sup>,选择与物理堆积角相对误差最小的一组组合为最优取值,即花瓣—花瓣碰撞恢复系数为 0.05,花瓣—花瓣滚动摩擦系数为 0.051,花瓣—不锈钢碰撞恢复系数为 0.046。其余非显著性参数的取值为泊松比 0.3,剪切模量 4 MPa,花瓣—花

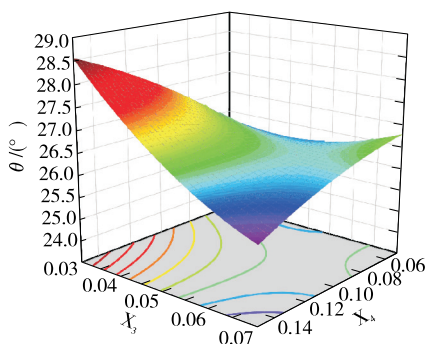


图 5 交互因素对堆积角的影响

Figure 5 Influence of interaction factors on stacking angle

瓣静摩擦系数 0.453,花瓣—不锈钢静摩擦系数 0.487,花瓣—不锈钢滚动模型系数 0.03。为验证优化的参数准确性,对优化后的参数进行 5 次虚拟堆积试验,虚拟堆积试验与物理堆积试验对比见图 6。测量虚拟堆积角分别为  $26.13^\circ, 26.46^\circ, 26.71^\circ, 25.98^\circ, 26.61^\circ$ ,平均值为  $26.378^\circ$ ,与物理堆积角的相对误差为 1.45%,应用  $T$  检验对虚拟堆积角与物理堆积角进行分析,得到  $P = 0.054 > 0.05$ ,表明虚拟堆积角与物理堆积角无显著性差异。



图 6 虚拟堆积试验与物理堆积试验对比

Figure 6 Comparison between virtual stacking test and physical stacking test

### 3 结论

研究表明,采用离散元方法建立柔性食用玫瑰花瓣离散元模型,通过物理堆积试验与虚拟堆积试验相结合,依次进行 Plackett-Burman 试验、最陡爬坡试验和 Box-Behnken 试验对堆积角影响显著的因素进行寻优求解,能够对食用玫瑰花瓣离散元仿真参数进行标定。但该研究仅建立了尺寸单一的食用玫瑰花瓣离散元模型,且构成模型的球形颗粒数量较多,在一定程度上影响了参数标定的速度与效率,后续可以建立不同尺寸的食用玫瑰花瓣离散元模型,进一步提高食用玫瑰花瓣参数标定的准确性。

### 参考文献

- [1] 方卫山, 汤瑞学, 王华准, 等. 云南食用玫瑰花瓣初分选成套设备实验研究[J]. 南方农机, 2020, 51(13): 1-2.  
FANG W S, TANG R X, WANG H Z, et al. Experimental study on complete set of equipment for primary separation of edible rose petals in Yunnan[J]. Southern Agricultural Machinery, 2020, 51(13): 1-2.
- [2] 吴正阳, 谢方平, 梅玉茹, 等. 农业领域离散元法 (DEM) 参数标定现状与发展[J]. 农业工程与装备, 2021, 48(4): 7-18.  
WU Z Y, XIE F P, MEI Y R, et al. Review on calibration of discrete element method (DEM) parameters for agricultural engineering[J]. Agricultural Engineering and Equipment, 2021, 48(4): 7-18.
- [3] 马彦华, 宋春东, 宣传忠, 等. 苜蓿秸秆压缩仿真离散元模型参数标定[J]. 农业工程学报, 2020, 36(11): 22-30.  
MA Y H, SONG C D, XUAN C Z, et al. Parameter calibration of discrete element model for alfalfa straw compression simulation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(11): 22-30.
- [4] 廖彦涛, 廖庆喜, 周宇, 等. 饲料油菜薹期收获茎秆破碎离散元仿真参数标定[J]. 农业机械学报, 2020, 51(6): 73-82.  
LIAO Y T, LIAO Q X, ZHOU Y, et al. Parameters Calibration of discrete element model of fodder rape crop harvest in bolting stage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2020, 51(6): 73-82.
- [5] 侯杰, 谢方平, 王修善, 等. 水稻秸秆接触物理参数测定与离散元仿真标定[J]. 江西农业大学学报, 2022, 44(3): 747-758.  
HOU J, XIE F P, WANG X S, et al. Measurement of contact physical parameters of flexible rice straw and discrete element simulation calibration [J]. Acta Agricultural University Jiangxiensis, 2022, 44(3): 747-758.
- [6] 于庆旭, 刘燕, 陈小兵, 等. 基于离散元的三七种子仿真参数标定与试验[J]. 农业机械学报, 2020, 51(2): 123-132.  
YU Q X, LIU Y, CHEN X B, et al. Calibration and experiment of simulation parameters for Panax notoginseng seed based on DEM[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2020, 51(2): 123-132.
- [7] 吴孟宸, 丛锦玲, 闫琴, 等. 花生种子颗粒离散元仿真参数标定与试验[J]. 农业工程学报, 2020, 36(23): 30-38.  
WU M C, CONG J L, YAN Q, et al. Calibration and experiment for discrete element simulation parameters of peanut seed particles[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(23): 30-38.
- [8] 冯硕, 王延刚, 王信轸, 等. 基于离散元方法的餐厨垃圾螺旋挤压装置性能研究[J]. 食品与机械, 2022, 38(4): 109-113.  
FENG S, WANG Y G, WANG X K, et al. Study on the performance of kitchen waste spiral extrusion device based on discrete element method[J]. Food & Machinery, 2022, 38(4): 109-113.
- [9] 王秉. 基于 DEM 离散元技术的玉米直线振动筛仿真分析[J]. 食品与机械, 2021, 37(10): 89-92.  
WANG B. Analysis and simulation of corn vibrating screen based on DEM[J]. Food & Machinery, 2021, 37(10): 89-92.

(下转第 130 页)

有意识到汉字的图形化符号特性在立体化造型设计中的强大适应性。随着现代科技的发展和跨界融合思维的衍射,以及 3D 打印技术对包装材料、造型设计的极大拓展,包装设计对于汉字立体造型的检验是具有先导性的,汉字造型化包装方面的需求也日渐凸显,并显示其强大的适应性<sup>[8]</sup>。

采用汉字造型对酒类包装进行设计,需要从以下 4 个方面进行思考。

(1) 字的选择不是随意的,而是与酒产品的名称或者品牌文字紧密关联,要选取最能体现品牌核心价值的汉字进行创意思考,也可以从产品的名称文字去推演出新的核心关键字。

(2) 造型化汉字包装设计要符合酒的品牌调性,目的是为了酒的特色和内涵更容易彰显出来,汉字的图形性和符号性具有强大的表现力,完全可以胜任。

(3) 对汉字造型进行设计的时候,要把握好汉字造型的构件与酒类包装的功能性部件相互结合的关系,这需要精妙的构思。

(4) 汉字造型的酒类包装设计,要彰显酒产品个性化,具有较强的创造性。不能以单个商品包装去实践,需要从企业整体营销传播的角度去构建产品包装的整体设计体系,通过体系化的设计才能让汉字造型的酒类包装设计发挥出更大的效益。

## 4 结语

汉字文化是中华的根文化和母文化,是中华文化得以长存和不断发展的根本。汉字的文化特质以及丰富表现力,使得各种酒类包装中产生了诸多有关汉字的设计样式。仅仅把汉字单纯地作为一种平面设计的元素,显然是对汉字的强大设计特性认知不足。汉字在酒类包装设计的应用探索是汉字造型化设计的先导实践和应用,汉字造型的酒类包装设计可以将酒文化的内涵融入到整体包装造型设计当中,是产品个性与包装设计的完美结合,是包装设计的创新思路;汉字造型设计也将逐渐成为一种新的设计流行趋势。

## 参考文献

- [1] 潘虎. 代际更迭引发的食品包装设计观念嬗变[J]. 食品与机械, 2021, 37(7): 102-106.
- PAN H. Evolution of food packaging design concept caused by intergenerational change [J]. Food & Machinery, 2021, 37(7): 102-106.
- [2] 李如龙. 汉字的历史发展和现实观照[N]. 光明日报, 2014-12-08 (16).
- LI R L. Historical development and reality of Chinese characters[N]. Guangming Daily, 2014-12-08(16).
- [3] 张宇, 张大鲁. 民俗文化语境下合体字的设计形态与表现方法探究[J]. 湖南包装, 2022, 37(1): 37-40.
- ZHANG Y, ZHANG D L. Research on the design forms and expression methods of combined characters in the context of folk culture[J]. Hunan Package, 2022, 37(1): 37-40.
- [4] 杨应时. 探寻“汉字艺术”的未来[N]. 中国美术报, 2020-07-27 (14).
- YANG Y S. Exploring the future of "Chinese character art"[N]. China Art Daily, 2020-07-27(14).
- [5] 张夫也, 刘粟. 多元·融合·华美: 日本近世酒器工艺的审美特质[J]. 湖南包装, 2020, 35(5): 24-28, 53.
- ZHANG F Y, LIU S. Pluralism, fusion and magnificence: A study on the aesthetic characteristics of modern Japanese wine making techniques[J]. Hunan Package, 2020, 35(5): 24-28, 53.
- [6] 曲梅. 汉字招贴设计中“意象精神”的视觉解构[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 25-28.
- QU M. Visual deconstruction of "imagery spirit" in Chinese characters poster design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 25-28.
- [7] 张爱鹏. 汉字海报“形意”转化的设计本源探索[J]. 湖南包装, 2020, 35(4): 14-16, 28.
- ZHANG A P. Design origin of transformation of "form meaning" in Chinese characters poster[J]. Hunan Package, 2020, 35(4): 14-16, 28.
- [8] 王龙, 刘圣文. 传承与创新: 汉字艺术融入高校艺术设计教育路径研究[J]. 湖南包装, 2022, 37(1): 138-142.
- WANG L, LIU S W. Inheritance and innovation: Research on the path of integrating Chinese character art into art design education in colleges and universities[J]. Hunan Package, 2022, 37(1): 138-142.
- (上接第 110 页)
- [10] 徐玉菁. 基于 DEM 离散元建模技术的双轴桨叶式食品混合机运动仿真分析[J]. 食品与机械, 2021, 37(8): 115-118, 125.
- XU Y J. Dynamic simulation analysis of double-shaft paddle type food mixer based on DEM[J]. Food & Machinery, 2021, 37(8): 115-118, 125.
- [11] 肖子卿, 田海清, 张涛, 等. 玉米秸秆饲料除尘筛出物离散元数值模拟参数标定[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(7): 172-183.
- XIAO Z Q, TIAN H Q, ZHANG T, et al. Parameter calibration of discrete element numerical simulation for the dedusting sieve of corn straw feed[J]. Journal of China Agricultural University, 2022, 27(7): 172-183.
- [12] 张胜伟, 张瑞雨, 陈天佑, 等. 绿豆种子离散元仿真参数标定与排种试验[J]. 农业机械学报, 2022, 53(3): 71-79.
- ZHANG S W, ZHANG R Y, CHEN T Y, et al. calibration of Simulation Parameters of mung bean seeds using discrete element method and verification of seed-metering test[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(3): 71-79.
- [13] 温翔宇, 袁洪方, 王刚, 等. 颗粒肥料离散元仿真摩擦因数标定方法研究[J]. 农业机械学报, 2020, 51(2): 115-122, 142.
- WEN X Y, YUAN H F, WANG G, et al. calibration method of friction coefficient of granular fertilizer by discrete element simulation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2020, 51(2): 115-122, 142.