

# 基于人机工程学的螺旋榨汁机的控制面板设计

钱月建, 薛强, 黄莎莎  
(天津科技大学, 天津 300222)

**摘要:** **目的** 基于人机工程学理论对螺旋榨汁机的控制面板进行合理排布, 以便于用户操作。**方法** 根据用户的右手臂以及手的生理结构, 构建食指按键的运动模型。通过查阅人机资料, 得出手臂与手的主要尺寸和各个关节的舒适度范围, 应用曲线包络面法得到用户食指的三维轨迹, 进而得出常用按键的范围, 并根据人机工程学中的用户认知特征和用户食指的主要尺寸进行相应的按键设计。**结论** 提出了适合 30~40 岁右撇子男性使用的螺旋榨汁机控制面板的设计方案。

**关键词:** 曲线包络面法; 人机工程学; 用户认知特征

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)08-0193-07

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.08.038

## The Control Panel Configuration Design of Spiral Juice Machine Based on the Ergonomics

QIAN Yue-jian, XUE Qiang, HUANG Sha-sha  
(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

**ABSTRACT:** Based on the reasonable arrangement of ergonomic theory for the spiral juicer control panel, it is easy to use operation. According to the user's right arm and the physiological structure of the hand, the index finger movement model is constructed. Reviewing information, we know the main dimensions of the arm and hand, each individual section outward comfortable adjustment range. Using curve envelope method, the user index finger three-dimensional trajectory range is got, and the usual key area range is also got. According to the user cognitive characteristics, the user's index finger size in ergonomics, we can design it detailedly. A design scheme of a screw juicer control panel is suitable for right-handed men aged 30-50.

**KEY WORDS:** curve envelope method; ergonomics; user cognitive characteristics

随着生活水平的提高,人们对营养的要求也越来越高,果汁成为人们每天必备的饮料。生产果汁的主要方式是压榨,因此螺旋榨汁机的好坏将直接影响出汁的效率。螺旋榨汁机的结构包括控制面板、调压头、进料斗、出料口、制动装置、压榨装置,其中涉及人机交互的部件主要包括控制面板和调压头,其中控制面板与人的交互最为频繁<sup>[1]</sup>。如果设计中不考虑用户与控制界面的协调关系,将直接影响用户操作的准确性和用户情绪<sup>[2]</sup>,因此设计适合用户使用的螺旋榨汁机控制面板就显得尤为重要。

目前对于螺旋榨汁机的研究主要集中在功能方

面。李凌乐、肖付刚通过改变螺杆、出渣口、积液盘的结构从而达到榨汁机的出汁率高、防堵塞、防出汁浑浊的效果<sup>[3]</sup>。刘明月对螺旋榨汁机的挤压结构进行创新,从而解决了出渣口堵塞的问题<sup>[4]</sup>。笔者将曲面包络法运用到螺旋榨汁机控制面板的设计中,构造人体的手臂模型,以各个手臂与手关节的舒适度范围为尺寸依据,找出食指自然运动的三维活动空间,确定控制面板上常用键的区域。同时,根据用户的认知特征、人体的手指尺寸等人机理论进行螺旋榨汁机控制面板的细节设计,使其更加符合人的操作。

收稿日期: 2017-11-12

作者简介: 钱月建(1990—),男,江苏人,天津科技大学硕士生,主攻工业设计。

通信作者: 薛强(1962—),男,河北人,博士,天津科技大学教授,主要从事机械设计方面的研究。

# 1 手臂与食指空间模型的建立

## 1.1 用户的行为习惯

笔者选取了 30~40 岁的 80 名男性进行面板触摸的调查统计,以用户的右手为测量目标。经调查发现,74%的用户都使用食指来操作面板,用户触摸统计结果见图 1。

## 1.2 空间结构模型的建立

用户在操作控制面板的过程中,主要涉及到肩关节、上臂、肘关节、前臂、手腕关节、手掌、食指、食指指尖这 8 个部位。肩关节有 3 个自由度,分别是外展、前后摆、左右旋转摆;肘关节有 1 个自由度,即

屈曲;而手腕关节有两个自由度,分别是掌屈与背屈、挠屈与尺屈。各关节的运动见图 2。

按照吉尔布雷斯的动作研究原理,有 3 种按键操作的方式,见表 1。根据手臂和手的运动规律,建立



图 1 用户触摸统计  
Fig.1 User touch statistics

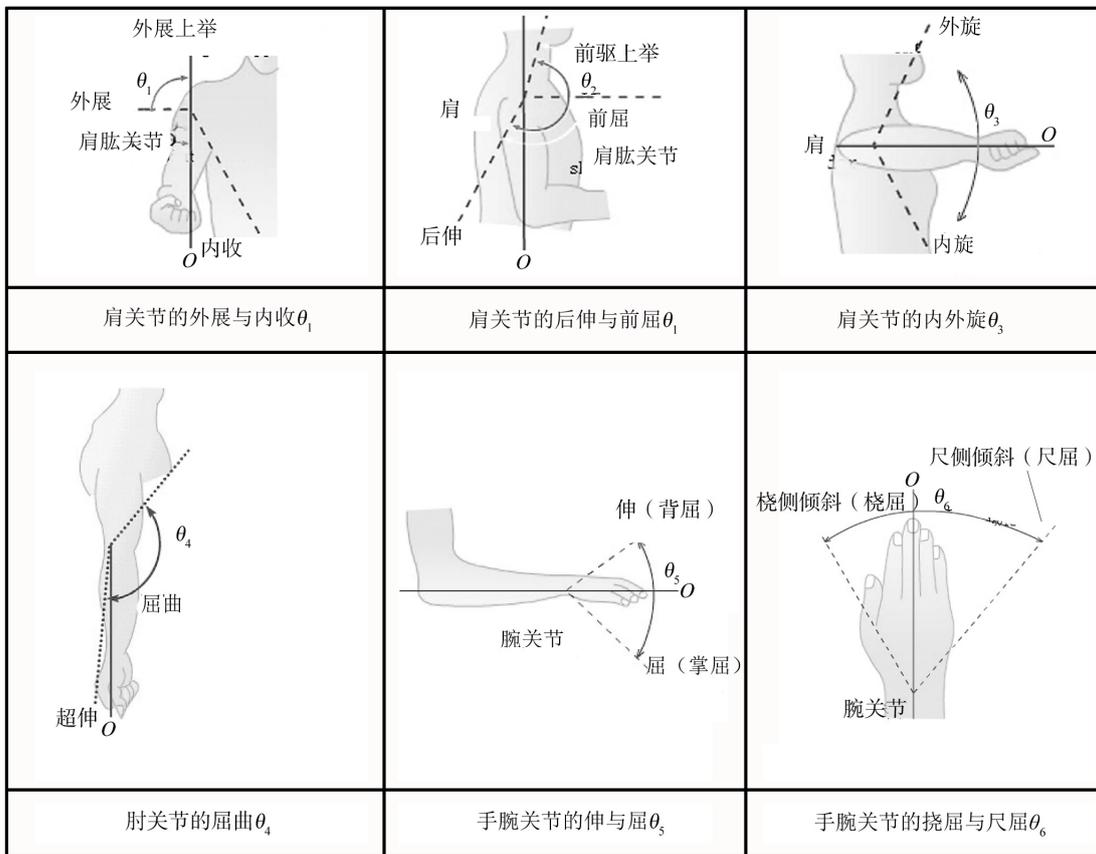


图 2 各关节的运动示意  
Fig.2 Motion of each joint

表 1 动作原理研究  
Tab.1 Working principle research

序号	关节运动过程
1	①肩关节前摆 $\phi_2$ ②肘关节曲屈 $\phi_4$ ③手腕关节掌曲 $\phi_5$ 、挠屈与尺屈 $\phi_6$ ④肩关节外展 $\phi_1$ 、左右旋转摆 $\phi_3$
2	①肩关节外展 $\phi_1$ ②肘关节曲屈 $\phi_4$ ③手腕关节掌曲 $\phi_5$ 、挠屈与尺屈 $\phi_6$ ④肩关节前摆 $\phi_2$ 、左右旋转摆 $\phi_3$
3	①肩关节外展 $\phi_1$ 与前摆 $\phi_2$ 同时进行②肘关节曲屈 $\phi_4$ 、左右旋转摆 $\phi_3$ ③手腕关节掌曲 $\phi_5$ 、挠屈与尺屈 $\phi_6$

手臂与手的机构模型，将 A 点肩关节作为空间的原点，E 为食指的指尖，见图 3。其中手臂与手是处于正常的自然下垂， $\theta_2$  表示肩关节的前摆舒适调节角度， $\theta_4$  表示肘关节的屈曲舒适调节角度， $\theta_5$  表示手腕关节的掌屈与背屈舒适调节角度，这 3 个角度在 x, A, z 中不断变化。在 y 方向上， $\theta_1$  表示肩关节的外展， $\theta_3$  表示肩关节左右垂直摆动， $\theta_6$  表示手腕关节

的挠屈与尺屈。AB 为上臂，BC 为前臂，CD 为手掌，DE 为食指。

## 2 目标人群的动静态尺寸

研究人群是年龄在 30~40 岁的右撇子男人，研究数据见表 2 和表 3。

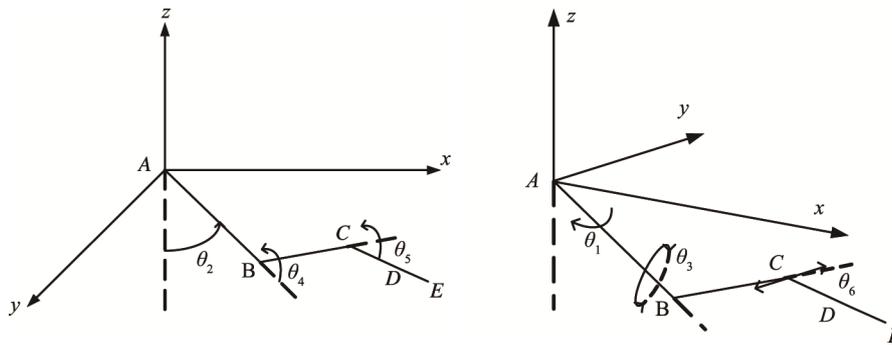


图 3 结构模型  
Fig.3 Structure model

表 2 手臂与食指各项目值  
Tab.2 Measure of hand and index finger

测量项目	上臂长 L1			前臂长 L2			掌长 L3			食指长 L4			食指尖宽 L5		
	P <sub>5</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>
长度	294	325	345	220	247	264	110	117	122	66	72	78	13	15	16

表 3 手臂与食指舒适姿势的调节范围  
Tab.3 Arm and index finger comfort posture adjustment range

关节	操作涉及到的活动	舒适调节角度/(°)
肩关节	外展 $\theta_1$	+15° ~ +35°
	前后摆 $\theta_2$	+40° ~ +90°
	右垂直摆 $\theta_3$	+30° ~ +60°
肘关节	屈曲 $\theta_4$	+85° ~ +110°
手腕关节	掌屈与背屈 $\theta_5$	0°

## 3 食指的运动轨迹范围以及常用键区域

### 3.1 食指的运动轨迹范围

包络面法是一种直观的研究食指在螺旋榨汁机操作面板上自然运动的范围的方法，其基本原理是借助计算机软件模拟手臂与手指的转动角度，得到曲面与曲线，再利用包络原理获得食指的三维运动模型<sup>[5]</sup>。由于本产品涉及用户的健康和安，满足最低要求的是 II B 型产品类型，所以先选取表 2 的 P<sub>5</sub>，再根据表 3 确定运动的轨迹范围。根据包络面法得到食指的二维运动轨迹，见图 4，以及食指的三维活动空间，见图 5。

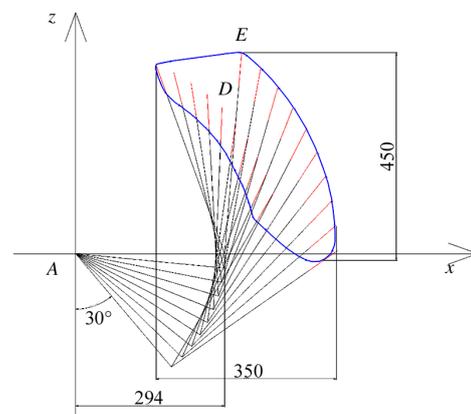


图 4 食指的二维活动空间  
Fig.4 Two-dimensional moving space of the index finger

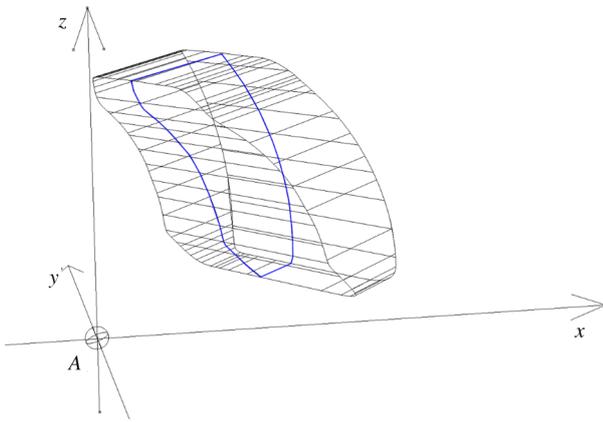


图5 食指的三维活动空间  
Fig.5 Three-dimensional movement of the index finger

### 3.2 常用键区域的确定

笔者将控制面板安装在独立的控制台上,设计的关键在于控制面板的按钮与显示器是否位于用户正常的作业范围内<sup>[6]</sup>,从而保证用户良好的视觉与操作。为了避免用户的眼睛受到伤害,设置最大阅读距离为710 mm<sup>[7]</sup>,控制面板的倾斜角度为52°<sup>[8]</sup>。控制台的高度不能低于人体肘关节的高度,不能高于眼睛的高度,且要满足人体大部分器官的需求,因此应设置控制台的高度范围为954~1474 mm,控制面板的尺寸为420 mm×260 mm,厚度为100 mm。控制台及控制面板的主要尺寸见图6。

在犀牛软件中,将食指的运动轨迹与控制面板进行切割,找到最大的切割面,切割示意图见图7。控制面板的常用键区域见图8。

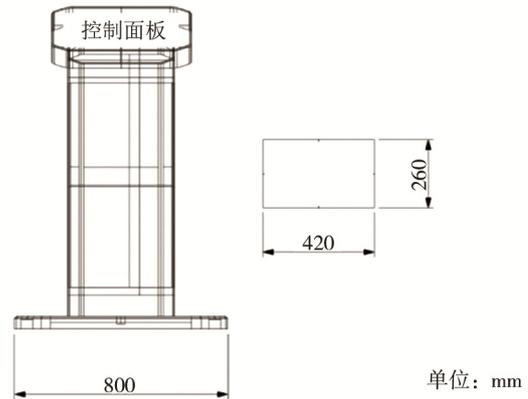
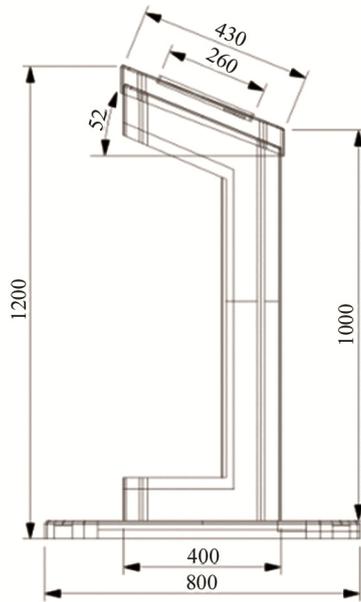


图6 控制台及控制面板的主要尺寸  
Fig.6 Main dimensions of the console and control panel

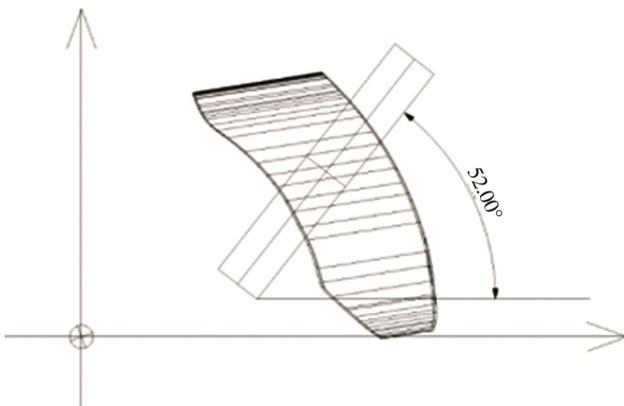


图7 切割面  
Fig.7 Cutting surface

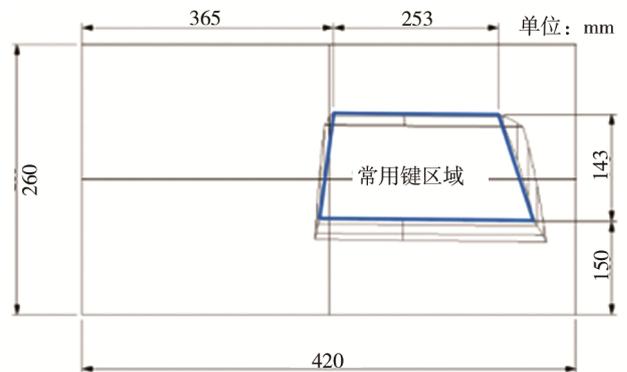


图8 常用键区域  
Fig.8 Common key area

### 4 用户认知特征对控制面板的影响

产品设计的本质是以人为中心<sup>[9]</sup>，因此控制面板的设计必须考虑到用户的信息获取与处理习惯。

#### 4.1 用户的认知特征

认知的过程即通过知觉、意识、思考、学习、记忆、回忆、处理等方式将信息转化成知识经验，进而形成理论系统<sup>[10]</sup>，见图 9。用户的认知主要包括感觉

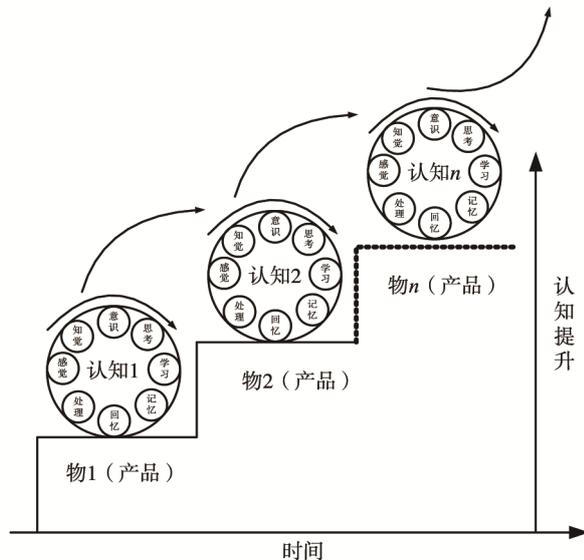


图 9 认知的过程

Fig.9 The process of cognition

与知觉两个方面，知觉是在感觉的基础上，通过思维处理器由短时记忆和长时记忆共同完成，见图 10。

#### 4.2 用户的认知特征对控制面板的影响

用户的认知特征主要从视觉、听觉和知觉中的注意、思维、记忆等方面研究用户信息的获取与处理信息的习惯特征，从而为螺旋榨汁机控制面板的设计提供理论依据。用户认知特征对螺旋榨汁机控制面板的影响见表 4。

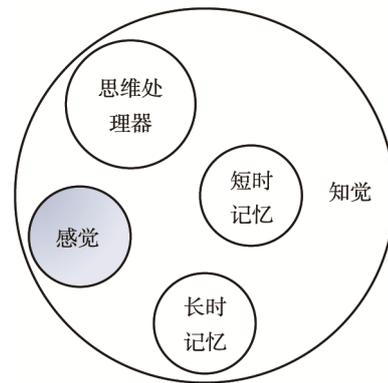


图 10 感觉与知觉的关系

Fig.10 Relationship between sensation and perception

表 4 用户认知特征对螺旋榨汁机控制面板的影响

Tab.4 Effects of user cognitive characteristics on the control panel of the screw juicer

认知	用户生理、心理特征	对螺旋榨汁机控制面板设计的影响
视觉	水平方向优于垂直方向 人眼对左上限观察最优 识别颜色的能力依次是红、绿、黄、白 视线的变化习惯是从左到右、从上到下	控制面板外形是长方形；显示器安排在控制面板左上方；急停键与关关键红色，开始键用绿色，其他键都是黑色；控制键顺序的设计从上到下，从左往右
听觉	人耳对声音的频率以及间断特别敏感 声音的三要素是响度、音调、音色，其中音色对人的心理影响较大 <sup>[11]</sup>	选择扬声器声音频率是中频与低频，且非正常情况下声音是间断的；音色的改变，正常工作下的音色比较舒适，非正常下的音色是急促
记忆	记忆易混淆、易记错、易遗忘。影响记忆的因素有动机、理解、知识、经验等 人对经常看到的物体比较熟悉，不易出错 短时记忆容量是 7±2 的数量 <sup>[12]</sup>	功能的分区有助于人对信息的处理。将控制面板功能分区，分为常用键区域、不常用键区域、显示屏区域常用键区域按键的排布都是按照操作顺序从上往下、从左往右依次排布，且每一个按键上都标有按键的功能文字，有助于人的理解与记忆；根据右手出击原则，将急停键安排在控制面板的左下方
注意	注意易转移，很容易受外界的影响 引起用户注意主要方法有新颖突出的刺激等 注意过多容易疲劳，注意过少容易忽略 能力不足、缺乏灵活性等	控制面板按键颜色选择有红色、绿色、黑色，这些颜色对人的刺激程度都比较大；操作要考虑单手操作 <sup>[13]</sup> ，降低操作要求，减少不必要的注意
思维	减少思考量，降低操作难度 短时逻辑思维良好，长时间容易疲劳	用户操作控制面板，用尽量减少思考，减轻操作者的思维负荷。控制面板按钮的设计上，采用文字的标记、不同颜色、大小的选择来减轻人的思维。

## 5 用户的按键设计

笔者通过研究食指的大小,从而确定了按键的大小。按键的边长由食指的远位指关节的尺寸来确定,如果尺寸不合适,操作者就会感到不适<sup>[14]</sup>。取按键的边长为 15 mm,按键距离根据食指近位指关节的尺寸来确定。用户在站立操作过程中,近位指关节很可能会碰到其他按键,造成操作失误,根据人机操作器的适宜尺寸<sup>[9]</sup>,按键的压入深度为 3~18 mm,按键行程取 8 mm,按键高于台面 1.5 cm。在操作过程中,用户使用按钮可能会存在阻力,这样才能让用户拥有操纵感<sup>[15]</sup>。根据人机工程学中操作装置的最大允许阻力,一般为 2.8~5.6 N<sup>[16]</sup>,取操作阻力为 5 N。

## 6 整体效果图

按照按键的使用频率,将按键分为常用按键与不常用按键。常用按键有启动键、模式选择键、压榨、清洗、速度、加速、减速、复位键。将常用按键重新排布,初步设计有 3 种排布方案,且所有按键的排布还要根据用户的认知特征进行设计,见图 11a—b。

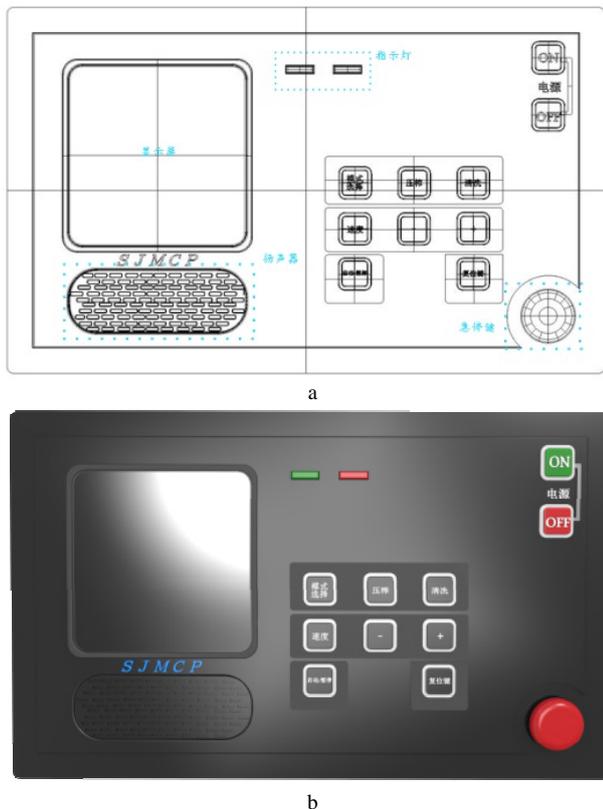


图 11 按键排布  
Fig.11 Key arrangement

## 7 结语

本文基于人机工程学理论,从用户的生理与心理

方面出发,对螺旋榨汁机控制面板进行改良设计,使之更加人性化。同时,根据用户的手臂与手的生理结构特点,构造三维运动模型,运用曲面包络法得到食指的三维活动范围,再根据用户的视距得到食指与控制面板的相对位置,最后找出常用按键区域。按键的排布主要是根据用户的认知特征为理论依据,使整体的布局设计便于用户观察与操作。

## 参考文献:

- [1] 邓春红. 基于人机工学的压力机控制面板设计[J]. 工业设计, 2016 (11): 145—147.  
DENG Chun-hong. Design of Press Control Panel Based on Ergonomics[J]. Industrial Design, 2016 (11): 145—147.
- [2] 宋小青, 沈玺. 基于人机工程学的控制面板设计研究[J]. 装备制造技术, 2006(4): 67—69.  
SONG Xiao-qing, Shen Xi. Research on Control Panel Design Based on Ergonomics[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2006(4): 67—69
- [3] 李凌乐, 肖付刚. 螺旋榨汁机的多功能化设计研究[J]. 食品工程, 2011(11): 170—171.  
LI Ling-yue, XIAO Fu-gang. Research on Multi Functional Design of Spiral Juicer[J]. Food Engineering, 2011(11): 170—171.
- [4] 刘明月. 新型榨汁机挤压装置的创新设计[J]. 机械工程师, 2016(7): 64.  
LIU Ming-yue. Innovative Design of Extrusion Device for New Juicer[J]. Mechanical Engineer, 2016(7): 64.
- [5] 刘敏娟, 崔建昆. 手指可达工作空间的三维建模[J]. 上海理工大学学报, 2006, 28(1): 95—98.  
LIU Min-juan, CUI Jian-kun. 3D Modeling of the Reachable Work Space of Human Finger[J]. University of Shanghai for Science and Technology, 2006, 28(1): 95—98.
- [6] 陶国林. 人机工程学在包装设计中的应用[J]. 包装工程, 2002, 23(6): 24—25.  
TAO Guo-lin. The Application of Ergonomics in Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(6): 24—25.
- [7] 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.  
TAN Qun. Design of Multimedia Console Based on Ergonomics[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(11): 122—124.
- [8] 丁玉兰. 人机工程学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2010.  
DING Yu-lan. Ergonomics[M]. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 2010.
- [9] 王兴. 基于用户知识的按键设计研究[D]. 安徽: 合肥工业大学, 2009.  
WANG Xing. Research on Key Design Based on User Knowledge[D]. Anhui: Hefei University of Technology, 2009.

- [10] 黄希庭. 认知心理学[M]. 台北: 五南图书出版社, 1992.  
HUANG Xi-ting. Cognitive Psychology[M]. Taipei: Five South Book Publishing House, 1992.
- [11] 鲁瑞华. 听觉特性在数字音频压缩编码中的应用[J]. 电声技术, 1998(5): 6—11.  
LU Rui-hua. Application of Auditory Characteristics in Digital Audio Compression Coding[J]. Electroacoustic Technology, 1998(5): 6—11.
- [12] MILLER G A. The Magical Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information[M]. Psychological Review, 1956.
- [13] 李乐山. 人机界面设计[M]. 北京: 科学出版社, 2004.  
LI Le-shan. Man Machine Interface Design[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [14] 张剑琴, 贺成柱, 贾洪仁, 等. 5GDZ1500 大型高效节能带式果蔬干燥机控制面板的人机工程学设计[J]. 设计与制造, 2011(5): 58—61.  
ZHANG Jian-qin, HE Cheng-zhu, JIA Hong-ren, et al. 5GDZ1500 Ergonomics Design of Control Panel for Large and Efficient Energy Saving Belt Fruit and Vegetable Dryer[J]. Design and Manufacture, 2011(5): 58—61.
- [15] 樊曦. 基于用户中心的铣齿机外防护人机交互研究及造型设计[D]. 天津: 天津科技大学, 2015.  
FAN Xi. Research on Human Machine Interaction of Gear Protection Based on User Center[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015.
- [16] 周玉美. 工业设计应用人类工程学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.  
ZHOU Yu-mei. Industrial Design Applied Anthropology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001.