

基于可拓语义分析的注塑机造型设计研究

段金娟¹, 王可心¹, 孟琦¹, 陆杰欢¹, 乔洁²

(1.天津工业大学 机械工程学院, 天津 300387; 2.天津工业大学 艺术学院, 天津 300387)

摘要: **目的** 针对注塑机造型设计中造型意象特征表达不充分的问题, 提出一种基于可拓语义分析的注塑机外观造型设计方法。**方法** 首先, 运用焦点小组法获取注塑机的典型样本, 对其造型意象特征进行分析; 其次, 结合问卷调查, 对所提取的造型意象特征进行可拓特征评估, 得到各造型意象特征的可拓设计区间; 再次, 针对可拓设计区间较大的造型意象特征进行图解分析, 利用图解思维, 将造型意象特征转化为图解语义, 结合可拓变换方法构建图解语义库; 最后, 将造型意象特征以图形的形式应用于注塑机的造型设计中, 并结合模糊综合评价选出最优设计方案, 验证了该方法在注塑机造型设计中具有较好的可行性。**结论** 运用可拓语义分析能有效提取并利用造型意象特征元素, 可以为注塑机造型设计和方案评估提供具体和有效的设计方法参考。

关键词: 可拓语义分析; 造型意象特征; 注塑机; 造型设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)22-0115-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.22.015

Modeling Design of Injection Molding Machines Based on Extension Semantic Analysis

DUAN Jin-juan¹, WANG Ke-xin¹, MENG Qi¹, LU Jie-huan¹, QIAO Jie²

(1.School of Mechanical Engineering, Tiangong University, Tianjin 300387, China;

2.School of Arts, Tiangong University, Tianjin 300387, China)

ABSTRACT: To address the problem of insufficient embodiment of form image features in injection molding machine design, a modeling design method of injection molding machine based on extension semantic analysis was proposed. Firstly, the focus group method was used to obtain the image features of the injection molding machine and analyze the form image characteristics of the injection molding machine; Secondly, the extension features of the extracted form image features were evaluated by using the questionnaire survey, and the extension design interval of each form image feature was obtained; Thirdly, the graphic analysis was carried out for the form image features with large extension design interval, the modeling image features were transformed into graphic semantics by using graphic thinking, and the graphic interpretation semantic database was constructed by combining the extension transformation method. Finally, the form image features were applied to the molding design of injection molding machine in the form of graphics, and the optimal design scheme was selected by combining with the fuzzy comprehensive evaluation method, which verifies the feasibility of this method in the molding design of injection molding machine. The results show that the extension semantic analysis can effectively extract and utilize the form image feature elements, and provide a detailed and efficiently method for the modeling design of injection molding machine.

KEY WORDS: extension semantic analysis; modeling image features; injection molding machines; modeling design

注塑成型是常见的塑料制品成型工艺之一。塑料注射成型机(简称注塑机)是通过将热塑性塑料或热

固性塑料加工处理,从而制成各类塑料制品的成型设备^[1-2]。注塑机设计不仅需要体现其先进的技术性能,

收稿日期: 2021-07-07

基金项目: 天津市艺术科学规划课题(C20025); 天津市高等学校创新团队培养计划(TD13-5012/5045)

作者简介: 段金娟(1979—),女,河南人,硕士,天津工业大学机械工程学院副教授,主要研究方向为工业设计。

通信作者: 乔洁(1967—),女,天津人,硕士,天津工业大学艺术学院教授,主要研究方向为视觉传达、可持续设计。

满足对机器加工工艺、结构和人因工程等多方面技术要素的考量,同时也需要藉由优美的外观造型和造型意象内涵,塑造其外在的造型美感和品质感。目前,针对注塑机设计的研究主要集中在人性化设计改良^[3]、轻量化设计^[4]与结构创新方面^[5-6],对于注塑机机械装备的外观造型设计研究较少。

在产品造型设计中,可拓语义分析将设计中难以规范化表达的隐性知识通过图解思维的方式进行图形化表征,并加以造型要素演变,为产品造型的创新设计与设计方案的科学评估提供了一种有效的设计手段^[7]。目前已有诸多学者运用可拓语义方法对产品进行文化内涵挖掘和再设计研究,例如:金颖磊等人^[8]基于可拓语义分析,将文化特征以语义符号的形式与产品造型相融合,达到文化创意设计的目的,并以夜郎文化为例,验证了该方法的可行性;段金娟等人^[9]基于非遗文化和可拓语义分析,对公共服务产品的文化内涵挖掘和文化语义表达进行了研究与实践;陈香等人^[10-11]运用可拓语义分析的设计方法,结合地域文化特征对有轨电车和智能音箱的造型进行了设计与研究;针对之前研究在可拓语义设计的有效性评估方面量化分析不充分等问题,李伟丽等人^[12]提出了结合可拓语义与模糊综合评价方法,通过对地域文化特征的分析对地铁的外观进行了可拓语义研究与方案设计,并使用模糊综合评价法^[13-14]较为量化地对设计方案进行了评估。但是,机械制造装备类产品并无较为固定的地域文化语义或源文化语义,在进行造型设计时更需要表现其现代性、专业性和智能化等造型风格意象。上述研究主要使用可拓语义分析对地域文化或传统文化元素中隐性文化特征进行知识表征与特征变换,缺乏对产品的现代造型意象的语义特征分析,故而对注塑机造型设计的适用性不足。基于此,本文提出一种结合产品造型意象特征的分析与提取的注塑机可拓语义分析方法,通过对注塑机的造型意象特征进行语义分析、提取与评估,结合图解思维对语义内涵进行图解语义转换,应用可拓变换方法构建图解语义库;从中选取特征图解元素应用到注塑机的造型设计实践中,并结合模糊综合评价对设计方案进行评估,以充分体现注塑机外观造型中的造型意象与文化内涵,为注塑机外观造型设计提供方法参考。

1 可拓语义分析与表征

1.1 可拓语义分析

可拓语义分析源于可拓创新方法^[15-16],是一种基于可拓基元理论并结合图解思维^[17-18]描述事物的符号特征性质的创新方法^[9]。可拓语义分析可以较为智能地处理创造性思维过程中形式化和量化等矛盾问题^[19],将具有主观意象的事物符号特征转化为数据形式或特征表述形式,以便后期分析与评估。同时,

在设计收敛阶段,可拓分析方法也可以为寻找最优设计方案提供方法依据。

1.2 造型意象特征的可拓分析方法

根据可拓基元理论^[20],将可拓基元 B 统一到以对象 O 、特征 C 以及量值 V 组成的三元组中,进而量化描述产品设计的思维过程^[21],其基元表达式为:

$$B = (O, C, V) \quad (1)$$

式(1)中: O 表示研究对象; C 表示研究对象的特征; V 表示可拓区间,即研究对象对应特征的量值信息。

由于本文重点关注注塑机造型设计中的意象特征挖掘与表现,此处将基元表达式中的 C 定义为注塑机的造型意象特征,将其注塑机造型设计的可拓基元定义为可拓创意原点。即在注塑机造型意象设计分析中, O 表示注塑机, C 表示注塑机的造型意象特征, V 为注塑机在对应造型意象特征的可拓区间,得到式(2):

$$B = (O, C, V) = \begin{bmatrix} O & C_1 & V_1 \\ & C_2 & V_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中,注塑机 O 包括 n 个造型意象特征,每个造型意象特征 C_n 对应一个可拓区间 V_n 。可拓区间 V 由造型意象特征量值 V_x 与重要性评估量值 V_y 两部分组成, V_x 指研究对象与造型意象特征之间的关联度, $V_x \in (0, 1)$, $V_{x1} + V_{x2} + \dots + V_{xn} = 1 (n \geq 1)$,其数值越大表示注塑机与该造型意象特征关联度越强,反之则越弱^[9]。 V_y 为设计过程中造型意象特征在造型设计中的重要性评估量值, $V_y \in [1, 7]$,分别表示价值极低、低、较低、中等、高、较高、极高,其数值越大表示该特征在注塑机造型设计中重要度越高,反之则越低。 V 的表达式为:

$$V = \bar{V}_x \bar{V}_y \quad (3)$$

1.3 基于可拓语义分析的注塑机造型设计流程

基于可拓语义分析的注塑机造型设计研究流程见图1,主要分为6个步骤。

第一,设计对象调研。在设计初期,广泛地搜集和调研设计对象,通过文献检索、资料分析与专家访谈等方法,搜集相关资料进行产品调研与用户调研。

第二,造型意象特征提取。通过网络搜索、宣传画册等方式广泛搜集、筛选并处理样本图片;针对样本图片,邀请专家小组进行注塑机形态分析、资料查阅、用户调研等方法提取注塑机造型意象特征。

第三,可拓特征评估。利用调查问卷评估注塑机的造型意象特征,通过关联度分析得出注塑机造型意象特征量值;利用访谈法评估注塑机重要性量值,进而计算得到造型意象特征的可拓设计区间。

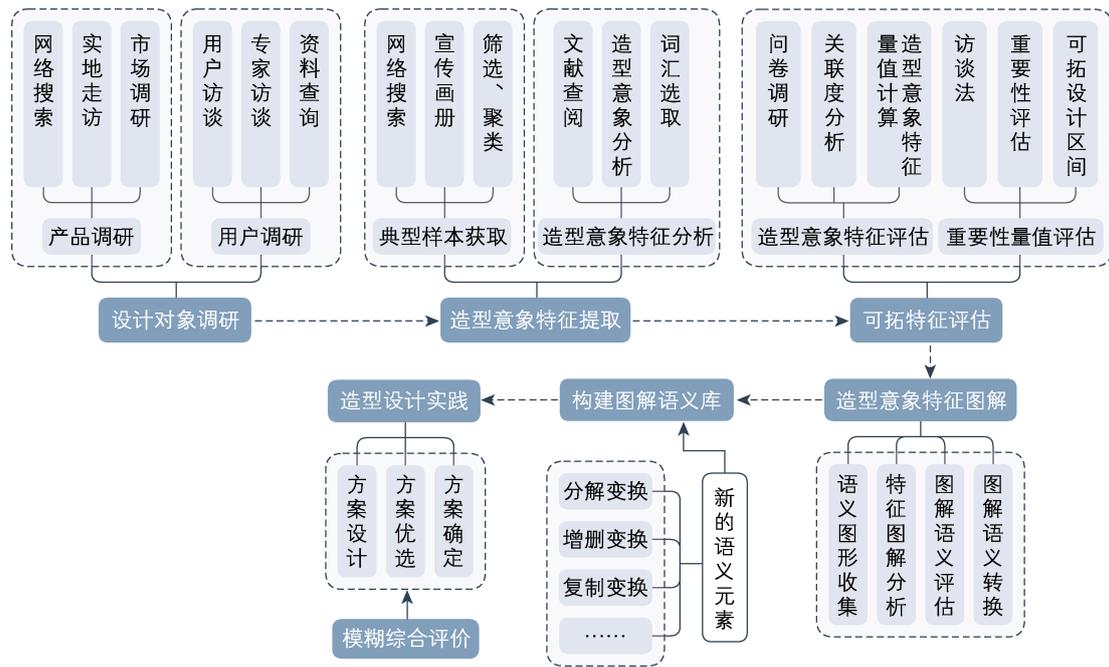


图 1 基于可拓语义分析的注塑机造型设计研究流程

Fig.1 Flow of injection molding machines design based on extension semantic analysis

第四，造型意象特征图解。通过网络搜索与讨论，筛选出各造型意象特征关联图；进而筛选出与造型意象特征关联度高的典型图解语义关联图，进行图解分析。

第五，构建图解语义库。利用可拓变换方法对造型意象特征的图解语义进行增删、分解等变换，得到新的语义元素，并构建注塑机造型意象语义的可拓图解语义库，为注塑机造型设计提供设计元素。

第六，造型设计实践。选取可拓图解语义库中可拓设计区间较大的造型意象语义特征，应用到注塑机的造型方案设计中；运用模糊综合评价法，对所得设计方案进行方案评估与优选，得出最优设计方案。

2 基于可拓语义分析的注塑机造型设计

结合注塑机造型设计实践，更深入细致地研究可

拓语义分析在造型意象特征提取与注塑机造型设计中的应用。

2.1 典型样本获取

通过市场调研、网络检索、浏览产品宣传册等途径，对现有国内外品牌注塑样本进行广泛地搜集与调研，共获得 30 个注塑机样本的图片。由 5 名具有多年工业设计和机械设计经验人员组建专家小组 1，筛选注塑机的典型样本。邀请小组人员对注塑机样本图片进行聚类分析，选取能最大范围涵盖被试者对注塑机造型意象感知和评估的形态特征、样本间形态差异较大、图片角度接近、部件相似的典型注塑机样本图片，共得到 20 张典型样本图片。为避免颜色因素对于造型意象特征选取的干扰，对选取的图片进行去色处理^[22]，注塑机典型样本见表 1。

表 1 注塑机典型样本
Tab.1 Typical samples of injection molding machine

编号	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5
图片					
编号	样本 6	样本 7	样本 8	样本 9	样本 10
图片					
编号	样本 11	样本 12	样本 13	样本 14	样本 15
图片					
编号	样本 16	样本 17	样本 18	样本 19	样本 20
图片					

2.2 造型意象特征提取

为提取出在注塑机设计时应重点考量的造型意象特征,邀请专家小组1的人员结合表1中的注塑机典型样本,对注塑机进行形态分析,结合当代注塑机的时代特征与工作特性选出50个与注塑机造型意象特征相关的形容词。结合注塑机样本图片建立调查问卷,邀请工业设计与机械设计专业共30名学生作为调研对象,进一步筛选最符合注塑机造型意象特征的感性词汇,并结合专家小组1的意见,挑选出最适合注塑机造型意象的特征词汇。最终提炼出“高效”“创新”“精密”“可靠”“亲切”5个词汇作为注塑机造型设计的造型意象特征词汇,表述为:

$$\text{注塑机} = \begin{bmatrix} \text{造型意象特征} & \text{高效} & V_1 \\ & \text{创新} & V_2 \\ & \text{精密} & V_3 \\ & \text{可靠} & V_4 \\ & \text{亲切} & V_5 \end{bmatrix} \quad (4)$$

2.3 可拓特征评估

2.3.1 造型意象特征评估

利用语义差分法^[23],将产品样本图片与所提取的注塑机造型意象特征组合,采用1—5分(5-point Likert scale)语义量表设计注塑机造型意象评估问卷。采用线上问卷调查的方式,邀请从事工业设计工作、有机械装备造型经验的设计人员或机械行业工作的专业人员参与网络调查。请被试者对造型意象特征词与注塑机造型的关联度进行评估,分数越高表示与造型意象特征的关联度越高,反之则越低。为了使评估结果科学有效^[24],本文采用专家语义评价方法^[25]获取注塑机造型特征意象评估值。共收回30份有效问卷,其中从事设计相关行业的被试22人,机械行业工作者8人。造型意象特征评分见表2。

设定上述每个特征词汇所得分 a 的个数为 b_a , $b \in [1,30]$, (a, b 取整数),则注塑机造型意象特征量值 \bar{V}_x 为:

$$\bar{V}_x = \frac{\sum_{a=1}^5 ab_a}{30 \times \frac{5(5+1)}{2}} \quad (5)$$

表2 造型意象特征评分

Tab.2 Score of modeling image features

特征词	评5分 人数	评4分 人数	评3分 人数	评2分 人数	评1分 人数
高效	1	2	5	9	13
创新	12	8	6	3	1
精密	9	10	6	3	2
可靠	4	10	4	3	9
亲切	1	4	6	12	7

2.3.2 重要性量值评估

采用访谈法^[26],邀请5名具有机械装备造型设计经验的人员组成专家小组2,对注塑机造型意象特征的重要性进行量值评估。采用1—7分(7-point Likert scale)语义量表,要求被试者结合设计时对注塑机造型意象特征的考量,对意象特征词的重要性进行评价,分数越高表示该造型意象特征的重要度越高,反之则越低。造型意象特征的重要性量值评分见表3。

设定编号为 c 的设计人员对注塑机造型意象特征语义设计有效度的评分为 W_c ,其中 $c \in [1,5]$, $W_c \in [1,7]$ (c, W_c 取整数),则重要性评估量值 \bar{V}_y 为:

$$\bar{V}_y = \frac{\sum_{c=1}^5 W_c}{5} \quad (6)$$

根据式(3),计算得到造型意象特征的可拓设计区间,见表4。

由表4可知,注塑机造型意象特征的设计区间排序依次为:“创新”“精密”“可靠”“亲切”“高效”,其中“创新”的可拓设计区间最大。在进行造型意象特征设计转换时,应结合可拓设计区间对量值较大的造型意象语义进行充分考量。

2.4 造型意象特征图解

通过网络搜索、小组讨论等途径,邀请专家小组1成员针对选定的注塑机造型意象特征进行图解分析,共获取50张语义关联图。将选取的图片进行去色处理,进一步结合专家小组的分析、讨论,对各图片的造型意象特征进行图解语义评估与筛选,以获得与各造型意象特征紧密关联的语义关联图。设定评估分数区间为1—5分(5-point Likert scale),分数越高表示该图解语义关联图与造型意象特征的匹配度越高,相反则越低。最终选取3张得分最高的图解语义关联图(P1、P2、P3)作为对应造型意象特征的图解语义,见表5。

表3 造型意象特征的重要性量值评分

Tab.3 Importance for modeling image features

高效	创新	精密	可靠	亲切
3	6	5	2	2
4	5	5	4	3
4	4	5	4	3
3	7	5	5	3
3	5	4	4	4

表4 造型意象特征的可拓设计区间

Tab.4 Extension design interval of modeling image features

	高效	创新	精密	可靠	亲切
\bar{V}_x	0.131	0.260	0.247	0.193	0.156
\bar{V}_y	3.000	5.400	4.800	3.800	3.400
V	0.393	1.404	1.186	0.733	0.530

表 5 造型意象特征的图解语义

Tab.5 Graphic semantics of modeling image features

序号	造型意象特征	P1	P2	P3
1	创新			
2	精密			
3	可靠			
4	亲切			
5	高效			

2.5 图解语义库构建

对表 5 中的造型意象特征图解语义元素进行矢量化处理^[27]，得到图解语义矢量化图形，进而进行可拓变换^[20]，生成新的图形。

定义注塑机可拓变换的基元表达式为：

$$T = \begin{bmatrix} O_T & C_{T1} & V_{T1} \\ C_{T2} & V_{T2} \\ C_{T3} & V_{T3} \\ C_{T4} & V_{T4} \\ C_{T5} & V_{T5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{造型意象特征} & \text{创新} & P_{T1} \\ & \text{精密} & P_{T2} \\ & \text{可靠} & P_{T3} \\ & \text{亲切} & P_{T4} \\ & \text{高效} & P_{T5} \end{bmatrix} \quad (7)$$

式(7)中， $P_{TN} = [P_{T1}, P_{T2}, \dots, P_{T5}]$ $N \in [1, 5]$ ， N 区整数，对应注塑机造型意象语义特征； $P_{TN1}, P_{TN2}, P_{TN3}$ 为每个造型意象特征所选取的 3 个图解语义图形。

基于可拓变换方法中的增删变换、分解变换和复制变换等变换方法，对表 5 中图解语义矢量化图形进行可拓变换，得到新的造型语义元素 TP ，构建注塑机可拓图解语义库^[8]，见表 6。

表 6 可拓图解语义库

Tab.6 Extension graph interpretation semantic library

造型意象特征	图解语义元素	矢量化图形	可拓图解语义集合			图解语义元素	矢量化图形	可拓图解语义集合		
创新	P_{T11}		TP_{111}	TP_{112}	TP_{113}	P_{T12}		TP_{121}	TP_{122}	TP_{123}
	P_{T13}		TP_{131}	TP_{132}	TP_{133}	...	...	...	...	...
	P_{T21}		TP_{211}	TP_{212}	TP_{213}	P_{T22}		TP_{221}	TP_{222}	TP_{223}
精密	P_{T23}		TP_{231}	TP_{232}	TP_{233}	...	...	...	...	...
	P_{T31}		TP_{311}	TP_{312}	TP_{313}	P_{T32}		TP_{321}	TP_{322}	TP_{323}
可靠	P_{T33}		TP_{331}	TP_{332}	TP_{333}	...	...	...	...	...

续表 6

造型意象特征	图解语义元素	矢量化图形	可拓图解语义集合			图解语义元素	矢量化图形	可拓图解语义集合		
亲切	P_{T41}		TP_{411}	TP_{412}	...	P_{T42}		TP_{421}	TP_{422}	P_{T42}
	P_{T43}		TP_{431}	TP_{432}	TP_{433}	...	...	...	...	...
高效	P_{T51}		TP_{511}	TP_{512}	TP_{513}	P_{T53}		TP_{531}	TP_{532}	...
	P_{T52}		TP_{521}	TP_{522}	TP_{523}	...	...	...	...	...

上述可拓图解语义库可为注塑机造型设计实践提供形态创意资源。如结合表 4 中可拓设计区间值, 基于表 6 选取图解语义元素进行可拓变换, 进而指导注塑机外观造型设计实践。

3 注塑机造型设计实践

3.1 方案设计

根据各造型意象特征的可拓设计区间排序, 选取可拓设计区间较大的造型意象特征中的图解元素对其进行增变换、删变换、复制变换等可拓深度变换。

例如选取“创新”造型意象特征中的图解元素 TP_{121} 、 TP_{133} , “可靠”造型意象特征中的图解元素 TP_{321} 、 TP_{323} , “精密”造型意象特征中的图解元素 TP_{222} 5 个图解元素进行增变换、删变换、复制变换等可拓深度变换。

对“创新”中的 TP_{121} 与 TP_{133} 进行复制变换, 表示为

$$TB^2 = \begin{bmatrix} \text{复制变换} & \text{创新} & TP_{121} \\ & & TP_{133} \end{bmatrix} \quad (8)$$

参照式(8)的变换方法, 对“可靠”中的 TP_{321} 、 TP_{323} 进行增变换、对“精密”中的 TP_{222} 进行删变换。整合可拓深度变换所产生的新的造型元素, 得到可拓变换造型设计元素集 $TB_1 \sim TB_{20}$, 建立可拓变换造型设计元素集 1, 见表 7。

邀请专家小组 2 的人员对表 7 中的可拓变换造型设计元素进行评估, 选取最能体现注塑机造型意象特征的设计元素。设定评估分数区间为 1—5 分(5-point Likert scale), 分数越高表示该设计元素越能体现注塑机的造型意象特征。最终选取得分较高的表 7 中

表 7 可拓变换造型设计元素集 1
Tab.7 Extension transformation modeling design element set 1

可拓变换方法	可拓变换造型设计元素集			
复制变换	TP_{133}	TB_1	TB_2	TB_3
		TB_4		
增变换	TP_{121}	TB_5	TB_6	TB_7
		TB_8	TB_9	
	TP_{321}	TB_{10}	TB_{11}	TB_{12}
	TP_{323}	TB_{13}	TB_{14}	TB_{15}
删变换	TP_{222}	TB_{16}	TB_{17}	TB_{18}
		TB_{19}	TB_{20}	



图 2 注塑机造型设计方案一
Fig.2 Design scheme 1 of injection molding machine



图 3 注塑机造型设计方案二
Fig.3 Design scheme 2 of injection molding machine



图 4 注塑机造型设计方案三
Fig.4 Design scheme 3 of injection molding machine

TB_5 、 TB_9 、 TB_{10} 与 TB_{18} 四个图形元素，并应用到注塑机的整体造型设计中得到注塑机造型设计方案一，见图 2。

同理，得到注塑机造型设计方案二见图 3，注塑机造型设计方案三见图 4。

3.2 方案评估

为提升设计评价过程中的客观性与科学性，本文采用模糊综合评价法对设计方案进行评估与优选。评估过程如下：

1) 确定评估要素集。根据专家小组 1 的意见，设定造型美观度、工艺可行性与造型意象语义匹配度作为此次注塑机造型设计评估要素，表示为： $U = \{U_1, U_2, U_3\}$ 。

2) 确定评价等级和标准。确定评语集 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ ，采用 5 级语义量表确定评价等级，可表示为 $V = \{\text{极好、好、一般、差、极差}\}$ 。为各个等级赋值为 $v = \{2, 1, 0, -1, -2\}$ 。

3) 确定指标权重。根据上述评价指标的重要程度，由专家小组 1 参考 1—9 重要性判断标度表进行评价，得到各指标权重系数，表示为 $\alpha = \{0.49, 0.20, 0.31\}$ 。

建立模糊评价表。邀请从事设计工作的专业人员与机械行业工作人员进行问卷调查，根据各评价指标

表 8 评价体系各指标权重
Tab.8 Index weight of evaluation system

	造型美观度	工艺可行性	造型意象语义匹配度	权重值
造型美观度	1	2	2	0.49
工艺可行性	1/2	1	1/2	0.20
造型意象语义匹配度	1/2	2	1	0.31

表 9 各方案综合评价
Tab.9 Comprehensive evaluation of each scheme

评价因素	方案一	方案二	方案三
造型美观度	0	0.07	0.5
工艺可行性	0.83	0.97	1.17
造型意象语义匹配度	0.2	0.4	0.3

对两个方案进行打分。共收回 30 份有效问卷，其中从事工业设计相关行业的被试 18 人，机械装备行业工作者 12 人。统计问卷调查数据，计算各方案的评价值均值，得到各方案综合评价见表 9。

为消除数据量纲对评价结果的影响^[28]，使用规范关联函数公式^[29]对评价矩阵进行归一化处理，得到规范评价矩阵：

$$R(M_1) = [0 \quad 0.14 \quad 1]$$

$$R(M_2) = [0.71 \quad 0.83 \quad 1]$$

$$R(M_3) = [0.5 \quad 1 \quad 0.75]$$

5) 模糊综合评价值计算。计算各方案的模糊综合评价值^[13]，得到各方案评分为：

$$C(Z_1) = R(M_1) \cdot \alpha = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.14 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \{0.49, 0.20, 0.31\} = 0.338 \quad (9)$$

$$C(Z_2) = R(M_2) \cdot \alpha = \begin{bmatrix} 0.71 \\ 0.83 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \{0.49, 0.20, 0.31\} = 0.824 \quad (10)$$

$$C(Z_3) = R(M_3) \cdot \alpha = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 1 \\ 0.75 \end{bmatrix} \cdot \{0.49, 0.20, 0.31\} = 0.678 \quad (11)$$

根据模糊综合评价结果，方案一、方案二、方案三的综合评分分别为 0.338、0.824、0.678。因此，选定方案二作为注塑机造型设计的优选方案。

4 结语

为了提升注塑机造型设计中对造型意象特征的

表达,本文应用可拓语义分析方法对注塑机外观造型进行了设计与研究。首先,获取注塑机的典型样本,利用焦点小组法结合样本对注塑机造型意象化特征进行提取;其次,进行造型意象特征评估与重要性评估,得出各造型意象特征的可拓设计区间,选取设计区间较大的造型意象特征进行图解;再次,结合可拓变换方法构建可拓图解语义库,并从中挑选出造型意象匹配度高的图形应用到注塑机造型设计实践中;最后,运用模糊综合评价法选出最优的造型设计方案。

结果表明,该方法可以较好地将造型意象特征进行图解表征和量化评估,建立注塑机的可拓图解语义库和造型设计元素集,指导注塑机的造型设计实践,为注塑机造型设计提供一种有效的设计方法参考。但本文在获取造型意象特征与图解语义时较多地依赖专家和用户评价,仍存在一定的主观因素。因此,在未来的研究中,应结合计算机辅助技术、机器学习等智能方法,充分挖掘造型意象特征,同时降低设计过程中的主观性,提升注塑机造型设计的理性化与客观化,更好地指导产品造型设计与研究。

参考文献:

- [1] SVEN-OLAF L, GERALD R, KURT S. Identification and Control of an Injection Moulding Machine[J]. IFAC Proceedings Volumes, 2014, 47(3): 10.
- [2] 国外热固性塑料注射成型(综述)[J]. 特殊电工, 1976(2): 55-71.
Injection Molding of Thermosetting Plastics Abroad (Review)[J]. Special Electrician, 1976 (2): 55-71.
- [3] 周慧玲. 全电动注塑机人性化设计研究与应用[D]. 济南: 山东大学, 2014.
ZHOU Hui-ling. Research on Application of the Human-Centered Design for All-electric Injection Molding Machine[D]. Shandong: Shandong University, 2014.
- [4] 张哲衍, 葛鹏翔, 娄军强, 等. 基于拓扑优化的二板式注塑机动模板轻量化设计[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(3): 81-84.
ZHANG Zhe-yan, GE Peng-xiang, LOU Jun-qiang, et al. Lightweight Design for Moving Template of Two Plate Injection Molding Machine Based on Topology Optimization[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(3): 81-84.
- [5] 付琳, 欧宇, 唐承辉, 等. 全电动注塑机设备合模机构结构优化[J]. 塑料科技, 2021, 49(7): 121-123.
FU Lin, OU Yu, TANG Cheng-hui, et al. Structure Optimization of the Clamping Mechanism of All-Electric Injection Molding Machine Equipment[J]. Plastics Science and Technology, 2021, 49(7): 121-123.
- [6] PATIL D C, KELAGERI N K, JANAWADE S A, et al. Design and Analysis of 25 T Injection Molding Machine[J]. Materials Today: Proceedings, 2021.
- [7] CAI W, YANG C Y, SMARANDACHE F, et al. Extenics and Innovation Methods[M]. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013.
- [8] 金颖磊, 潘伟杰, 吕健, 等. 基于可拓语义分析的文化创意产品设计方法研究[J]. 工程设计学报, 2017, 24(1): 27-33.
JIN Ying-lei, PAN Wei-jie, LYU Jian, et al. Study on Cultural and Creative Product Design Method Based on Extension Semantics Analysis[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2017, 24(1): 27-33.
- [9] 段金娟, 张峰, 周鑫. 基于非遗和可拓语义的服务产品设计[J]. 图学学报, 2019, 40(4): 783-789.
DUAN Jin-juan, ZHANG Feng, ZHOU Xin. Service Product Design Based on Intangible Cultural Heritage and Extension Semantics[J]. Journal of Graphics, 2019, 40(4): 783-789.
- [10] 陈香, 吴剑斌. 基于可拓语义分析的有轨电车造型设计研究[J]. 机械设计, 2018, 35(3): 119-123.
CHEN Xiang, WU Jian-bin. Tramcar Modeling Design Based on Extension Semantic Analysis[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(3): 119-123.
- [11] 陈香, 杨瑞. 基于可拓语义分析的智能音箱造型设计研究[J/OL]. 包装工程, 2020, 6(15): 1-9.
CHEN Xiang, YANG Rui. Intelligent Speaker Modeling Design Based on Extension Semantic Analysis[J/OL]. Packaging Engineering, 2020, 6(15): 1-9.
- [12] 李伟丽, 向泽锐, 李然, 等. 融合可拓语义和模糊综合评价的地铁列车外观设计方法[J].图学学报, 2020, 41(5): 814-823.
LI Wei-li, XIANG Ze-rui, LI Ran, et al. Study on the Approach to Exterior Design for Metro trains Based on Extension Semantics and Fuzzy Comprehensive Evaluation[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(5): 814-823.
- [13] 李付星, 陈亮. 模糊综合评价在摩托车方案优选中的应用研究[J]. 包装工程, 2015, 36(8): 87-91.
LI Fu-xing, CHEN Liang. The Application Research of Fuzzy Comprehensive Synthetic in the Evaluation Optimization Choice of the Motorcycle[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(8): 87-91.
- [14] 李静, 祖江颖, 王依晨, 等. 基于 AHP 和模糊综合评价方法的儿童早教机设计[J]. 包装工程, 2021, 42(2): 118-122.
LI Jing, ZU Jiang-ying, WANG Yi-chen, et al. Design of Early Childhood Instructor Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation Method[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(2): 118-122.
- [15] YANG C, Li X. Research Progress in Extension Innovation Method and its Applications[J]. Industrial Engineering Journal, 2012(1): 10.
- [16] ZHANG C, WEI X, LIANG Y. Airport Self-service Terminal Design Based on Extenics[J]. Boletín Tecnico/Technical Bulletin, 2017, 55(12): 202-212.
- [17] 罗仕鉴, 潘云鹤, 朱上上. 产品设计中基于图解思维的隐性知识表达[J]. 机械工程学报, 2007, 43(6): 93-98.
LUO Shi-jian, PAN Yun-he, ZHU Shang-shang. Atterns of Tacit Knowledge Based on Graphic Thinking in Product Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(6): 93-98.