

注塑件相似度计算方法

Similarity Calculation Method of Plastic Injection Part

西北工业大学机电学院 周英 甘忠 张贤杰

[摘要] 提出一种标准化的塑件相似度计算方法, 塑件相似度由规范化的属性距离加权求和构成, 并引入灵敏度系数对相似度、区分度进行调整。各权值按塑件各属性项对目标量的影响程度进行分配。所提出的算法可用于基于实例推理的注塑模设计中相似塑件的搜索与匹配。

关键词: 注塑件 注塑模设计 相似度 实例推理

[ABSTRACT] A standard calculation method of plastic injection parts is put forward. The similarity value of plastic injection parts is composed with standardization attribute distance weighted summation and a sensitivity coefficient is introduced to adjust the similarity value with the differential grade. The weighted value is contributed according to the effect of each attribute item of plastic part on object. The algorithm can be used for searching and matching the similar plastic parts in case-based reasoning injection mould design.

Keywords: Plastic injection parts Injection mould design Similarity Case-based reasoning

航空、家电等领域的各种塑料制品通常需要利用注射模注塑而成, 而注射模模具设计需要综合考虑注射温度、浇口、流道、冷却等各方面的因素以及各因素之间的相互影响, 它是一个十分复杂的问题。即使在计算机辅助技术、数值模拟等技术已经相当成熟的今天, 模具行业依然属于强经验弱理论领域^[1], 注射模结构设计中相关设计知识的表达、设计规则的提取相当困难。目前, 基于规则的智能化工技术在该领域内的应用依然举步维艰, 但实践表明, 对于相似的注塑件, 其模具往往具有一定的相似性, 因此在注射模设计中可以参考已有的成功实例, 这已成为一种非常重要的设计参考资源^[2]。为充分利用既有的实例资源辅助解决注射模模具设计的问题, 基于实例推理(Case-based reasoning, CBR)的技术被引入到注射模模具设计中^[2-4]。

利用基于实例推理的智能技术进行注射模模具设计时, 十分关键的一点在于根据当前已经设计好的

注塑件, 利用一定的搜索算法从实例库中找到一个与当前注塑件相似的塑件。相似塑件所对应的模具就可以作为待设计模具的参考模型, 结合塑件设计的详细工艺要求进一步对参考模型进行修正, 从而快速完成注塑件的模具设计。在基于实例的模具辅助设计方法中, 塑件相似度的度量与计算是一项关键技术。为了衡量塑件之间的相似性, 研究者们提出了相似度^[5]、差异度^[6]等概念, 并提出了对应的相似度度量算法。

本文针对影响注射模设计的塑件属性, 引入类似欧氏空间中距离度量的方法来度量不同塑件对应属性之间的距离, 根据塑件属性对模具影响程度的不同引入相应的权值系数并对塑件距离进行规范化, 提出了度量塑件相似程度的标准化度量算法和基于属性贡献比的权值分配算法。

1 塑件的属性距离及其计算方法

1.1 属性距离

在工程实际中, 一个塑件的完整信息一般包括编号、名称、形状类型、主体尺寸、材料和模腔数等, 本文将这些信息分别定义为塑件不同的属性, 如管理属性、几何属性、材料属性、工艺属性等。各种不同属性的集合共同定义了某个特定的塑件, 并由此影响着塑件的模具。显然, 不同的属性对注射模模具设计的影响程度是不同的。

塑件的属性集与塑件之间具有对等的关系, 因此, 判定两个塑件是否相似, 首先需要判定塑件的各个属性是否相近。为度量塑件各个属性的相近程度, 引入属性距离的概念。假设塑件 U 、 V 的属性集合分别为 $U=U(u_1, u_2, \dots, u_n)$, $V=V(v_1, v_2, \dots, v_n)$ 。其中 u_i, v_i ($i=1, \dots, n$) 分别为塑件 U 、 V 相应的属性, 则属性 u_i, v_i 之间的距离可表示为

$$\text{DIST}(u_i, v_i) = |u_i - v_i| \quad (1)$$

属性距离反映了属性之间差异的大小, 如果两属性的距离为零, 则这两个属性完全相同。在用属性距离度量属性相似度的情况下, 两属性间的距离越小, 其相近程度就越大, 即两属性越相似。

1.2 属性距离的计算方法

在实际的塑件相似度求解中,塑件的属性并非都是数值型的,如塑件的形状类型、材料属性等,属性距离难以直接利用(1)式进行计算,需针对具体的属性性质研究相应的属性距离计算方法。根据塑件属性的特点,可将塑件属性距离的计算分为以下2种情况:

(1)数值型。属性定义在某个实数范围内,如塑件主体尺寸中的长、宽、高、壁厚等,可直接用(1)式计算。

(2)枚举型。属性定义在一组离散的数据上,各离散数据之间不存在依赖关系,如塑件的几何形状、材料属性、模腔数、注射机类型等。此种类型的属性距离可按(2)式计算

$$DIST(u, v) = \begin{cases} 0 & u=v \\ u & v \end{cases} \quad (2)$$

2 塑件相似度

塑件是多种属性的集合体,考察塑件之间的整体相似性需综合考察塑件属性之间的相似性。一种简单的方法是直接对两塑件的对应属性距离求和,如(3)式所示:

$$SIM(U, V) = \sum_{i=1}^n DIST(u_i, v_i) = \sum_{i=1}^n |u_i - v_i| \quad (3)$$

在(3)式中,当两个塑件完全相同(即 $u_i=v_i, i=1, 2, \dots, n$)时,其相似度 $SIM(U, V)=0$,这与通常意义上相似度的概念有矛盾之处,同时,在工程实际中,塑件不同属性之间在其距离的取值范围上可能相差很大,这将导致数值范围较小的属性对塑件相似性所产生的影响被数值范围较大的属性屏蔽掉。因此,有必要对塑件距离进行规范化,如(4)式所示:

$$SIM(U, V) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{1+|u_i - v_i|} \quad (4)$$

在(4)式中, $SIM(U, V) \in [0, n]$ 。当两个塑件完全相同(即 $u_i=v_i, i=1, 2, \dots, n$)时,其相似度 $SIM(U, V)=n$ 。由此可知,属性项数不同的塑件,其整体相似度将有不同的取值范围。在度量塑件相似性上,(4)式所建立的整体相似度仍缺乏可比性,故可将(4)式改造成(5)式的形式:

$$SIM(U, V) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{1+|u_i - v_i|} \quad (5)$$

从而使塑件的整体相似度具有可比性。

从(5)式所示的塑件相似度看,可以内在地认为各属性对塑件注射模设计的影响程度相同,进而对塑

件相似度的影响程度相同。实际上塑件各类属性对注射模的影响程度并不相同,因此可对各属性距离赋予不同的权值 w_1, w_2, \dots, w_n ,且各权值满足 $w_1+w_2+\dots+w_n=1$,以表示塑件各属性对注射模设计的影响程度。这样,两个塑件 U, V 之间的整体相似度可表示为如(6)式的计算公式:

$$SIM(U, V) = \sum_{i=1}^n \left(w_i \times \frac{1}{1+|u_i - v_i|} \right) \quad (6)$$

在(6)式中,当两个塑件完全相同(即 $u_i=v_i, i=1, 2, \dots, n$)时,其相似度 $SIM(U, V)=1$ 。从而使按(6)式所得到的不同塑件之间的相似度具有可比性。此时,塑件的相似度称为标准相似度。

实际上,函数 $f(x) = \frac{1}{1+x}$ ($x \geq 0$) 在 0 点处的斜率变化较快,而随着自变量 x 数值的增大,函数的斜率变化趋于平缓(如图 1 所示),从而使塑件相似度在自变量不同点上的灵敏度不同。因此,又可引入灵敏度系数 λ ,如(7)式所示:

$$SIM(U, V) = \sum_{i=1}^n \left(w_i \times \frac{1}{1+\lambda|u_i - v_i|} \right) \quad (7)$$

通过调整 λ 的大小调整塑件相似度对自变量的灵敏度,进而调整塑件相似度之间的区分度。

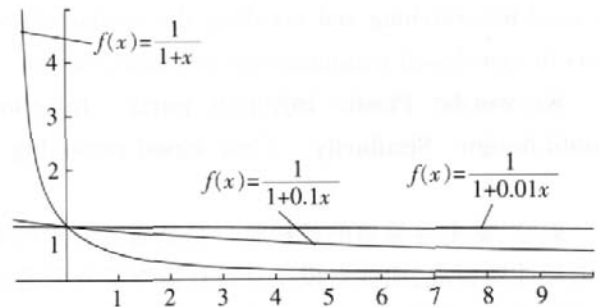


图 1 不同 λ 系数对曲线变化率的影响
Fig.1 Effect of differential coefficients λ on curve variance ratio

3 权值分配和目标量

3.1 权值分配

不同属性项之间权值的分配将对塑件间的标准相似度产生显著的影响,而根据经验指定与调整各属性项权值的方法易受人为因素的影响,因此,研究合理的权值分配算法是十分必要的。本文给出一种基于贡献比的权值分配算法。注塑件某些属性的变化将导致某些与之相关的目标量发生变化,比如当其主体尺寸增加到一定程度后,相应的注射模框架就必须更换

为较大尺寸的型号, 将这种关系定义为一种函数关系。所谓贡献, 即为属性变化对目标量的影响。

设目标量 F 是定义在塑件属性 $\{u_i\}$ 上的广义函数, 如(8)式所示:

$$F=F(U), \quad (8)$$

其中, $U=\{u_i\}$ 为塑件属性集合, 属性 u_i 的定义域为 $D\{u_i\}$ 。则属性 u_i 在单位变化量上对目标量 F 的贡献率可表示为

$$\rho(u_i)=\lim_{u_i \rightarrow 0} \frac{F}{u_i} = \frac{\partial F}{\partial u_i} \quad u_i \in D(u_i)。 \quad (9)$$

在实际实用中为便于计算, 可取其平均值

$$\bar{\rho}_i = \bar{\rho}(u_i) = \frac{F}{u_i} \quad u_i \in D(u_i)。 \quad (10)$$

在标准相似度中, $\bar{\rho}_i$ 应为

$$\bar{\rho}_i = \bar{\rho}_i \left(\frac{1}{1+u_i} \right) = \frac{F}{\left(\frac{1}{1+u_i} \right)} \quad u_i \in D(u_i)。 \quad (11)$$

使各属性权值系数之间满足比例关系

$$\frac{w_i}{w_j} = \frac{\bar{\rho}_i}{\bar{\rho}_j}, \quad (12)$$

且满足标准化要求

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad (13)$$

从而得出各属性项的权值系数。由(12)式可知, 对目标量没有影响的属性项, 其权值系数将为零。

3.2 目标量

一般地, 可以从塑件的纯几何量、加工塑件的模具、注射塑件的模架等多个方面来考察塑件是否相似。所考察的目标不同, 得到的相似度将有所不同, 因此计算塑件相似度前首先应明确相似度计算的应用目标, 本文称之为目标量 F , 如(8)式中所示。目标量通过影响各属性项的权值系数来影响最后的相似度量值, 如(10)~(13)式所示。然后再确定属性项-目标量关系表, 从而确定各属性项对应的权值系数, 以计算塑件的相似度。表1所示是以模架作为目标量时塑件各属性项与该目标量的关系。

4 算例

模架的选择是塑件注射模设计中的重要问题之一, 本文以塑件模架作为目

表1 属性项-模架关系表

属性项	属性项的取值范围	模架变化范围(型号或尺寸)
主体尺寸	长	0~2 000mm
	宽	0~2 000mm
	高	0~1 100mm
形状类型	6种基本类型	0
模腔数	1~20个	3类(小、中、大)
材料	热塑性塑料	0
塑件壁厚	0.45~6mm	3类(小、中、大)

标量来考察塑件的相似度。以模架作为目标量所得到的相似塑件, 其对应的框架类型将具有对应的相近程度。

设有如表2所述的已知塑件, 其中各塑件以其编号作为唯一标志, 名称作为辅助标识, 以形状类型、主体尺寸、材料和膜腔数表示塑件的基本数据。表2信息所描述的对应塑件如图2所示。

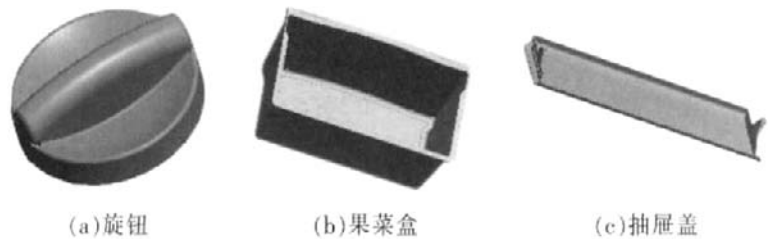


图2 各塑件形状

Fig.2 Shapes of plastic injection parts

塑料储冰盒由注射模注塑而成, 其主要属性信息如表3所示。

为计算塑件标准相似度, 首先应计算表1所示各数据项所对应的权值。按(10)~(12)式计算所得的权值如表4所示。

由表(4)的权值数据, 利用(6)式可计算0号塑件与其他各塑件之间在以模架选择为主要目标意义下的相似度, 如表5所示。

计算结果表明, 2号塑件具有与0号塑件模架设计意义下最高的相似度, 灵敏度系数只影响相似度之

表2 塑件数据表

编号	名称	形状类型	主体尺寸				材料	模腔数
			长或直径/mm	宽或直径/mm	高/mm	壁厚/mm		
1	旋钮	轮辐形	59	59	22	2	ABS	一模四腔
2	果菜盒	方形容器	462	260.2	232	2.8	透明 PS	一模一腔
3	抽屉盖	方碟盒	472	125	54.5	2.5	透明 PS	一模两腔

表 3 储冰盒信息

编号	0	
名称	储冰盒	
形状类型	方形容器	
主体尺寸	长	380mm
	宽	312mm
	高	200mm
	壁厚	2.5mm
材料	ABS	
模腔数	一模一腔	

表 4 各属性项数据所对应的权值

属性项	权 值	
主体尺寸	长	0.207 1
	宽	0.207 1
	高	0.207 3
形状类型	0	
模腔数	主体尺寸长和宽的系数因子	
材料	0	
塑件壁厚	0.378 5	

表 5 0号塑件与其余各塑件之间的相似度

灵敏度系数	1号塑件	2号塑件	3号塑件
=1	0.257 2	0.409 8	0.203 7
=0.1	0.404 9	0.587 2	0.387 4
=0.01	0.632 3	0.890 5	0.592 1
=0.001	0.912 5	0.986 7	0.870 4

间的区分度,而不影响相似度之间的大小顺序。对于0号塑件的模架设计,2号塑件的模架具有最高的参考价值。

5 结束语

本课题提出了一种计算注塑件相似度的标准化算法,该算法将塑件处理为多种属性的集合,建立了塑件属性距离度量,对塑件属性距离标准化,引入属性距离权值参数和灵敏度参数并求和,得到标准化的塑件相似度。对于属性距离权值分配,提出了一种基于属性项贡献比的分配算法。本课题所采用的塑件标准化相似度使不同的相似度之间具有了可比性,基于属性项贡献比的权值分配算法避免了经验式权值分配方法中人为不确定因素对相似度的影响。

本课题所提出的标准化相似度计算方法可引申到有相似度计算要求的相关领域中。其中,在权值分

配上,属性项与目标量的关系或者属性项对目标量的贡献将对权值分配产生显著影响,而属性项与目标之间往往并不存在显式的函数关系,这仍是一个值得进一步深入研究的问题。

参 考 文 献

- 1 文劲松,李德群.基于实例推理的注塑模结构设计研究.中国塑料,2000,14(3):89-92.
- 2 Kwong C K, Smith G F, Lau W S. Application of case based reasoning in injection moulding. Journal of Materials Processing Technology, 1997, 63(1-3): 463-467.
- 3 王爱臣,赵震,彭颖红.基于CBR的注射模结构智能设计系统研究.金属成型工艺,2001,19(4):28-30.
- 4 李寿兵,张佑生,葛亮.基于实例推理的注塑模概念设计.计算机工程与应用,2002(9):89-91.
- 5 周美立.相似工程学.北京:机械工业出版社,1998.
- 6 Han Jiawei, Micheline Kamber. 数据挖掘概念与技术.范明,孟晓峰,译.北京:机械工业出版社,2001.
- 7 王鹏驹,唐志玉.塑料模具技术手册(第一版).北京:机械工业出版社,1999.

(责编 雨涛 立十)

(上接第86页)

4 结束语

低频振动液体磨料研磨具有一定的工程实际应用价值,可以有效地去除喷杆微孔的毛刺,并且去毛刺后能保持孔壁的完整。

低频振动研磨与普通研磨相比提高了去毛刺的加工效率,实际生产中可以采用多件并行加工来进一步提高加工效率。

参 考 文 献

- [1] 隈部淳一郎.精密加工振动切削基础及应用.北京:机械工业出版社,1985.
- [2] 刘利.加振研磨法.机械制造,1996,5:43-44.
- [3] Zhang Peng, Li Xianhao, Zhang Deyuan. Study on micro-hole vibration drilling and magnetic deburring. ICPMT '2004, Suzhou China, Dec. 2004: 398-401.
- [4] Mori T, Hirota K, Kawashima Y. Clarification of magnetic abrasive finishing mechanism. Journal of Materials Processing Technology, 2003,143-144: 682-686.
- [5] 陈镇宇,王贵成.毛刺的研究现状及去除技术.现代制造工程,2004,2:126-128.
- [6] 吴敏镜.“毛刺工程”的产生和展望.新技术新工艺,2000,7:19-20.

(责编 凌川)