

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.05.015

小尺寸多型腔塑件充模平衡稳健设计

殷素峰¹, 方琳¹, 阮锋²

(1. 东莞理工学院城市学院, 广东东莞 523419; 2. 华南理工大学机械与汽车工程学院, 广州 510641)

摘要: 针对多型腔小尺寸塑件充模对成型因素波动敏感, 型腔填充不易均衡, 传统修模—试模周期长, 制约生产率提高的问题, 根据前期文献研究成果, 定义了多级流道平衡度概念, 在正交试验的基础上, 基于稳健设计理论, 利用灰色关联分析方法, 控制多级流道平衡度趋于理想值, 并通过关联度方差分析, 寻求最佳工艺水平, 使设计方案趋于最佳的同时, 增强了对成型因素波动的抗干扰性, 缩短了试模周期, 使生产制程更为可靠。通过 Minitab 结果预测显示, 稳健设计方案各级流道平衡度与理想值关联度非常接近。同时在扰动注射试验中, 稳健设计方案抗干扰性明显增强, 型腔填充一致性远高于初始方案, 显示了多级流道平衡度控制方法的正确性和有效性。

关键词: 小尺寸塑件; 多型腔; 平衡度; 稳健设计

中图分类号: QT320 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)05-0078-06

Robust Design of Filling Balance for Small Size Multi-cavity Plastic Parts

Yin Sufeng¹, Fang Lin¹, Ruan Feng²

(1. City College of Dongguan University of Technology, Dongguan 523419, China;

2. School of Mechanical & Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract : The filling of small size plastic parts with multi-cavity was sensitive to the fluctuation of forming factors, the filling of cavities was not easy to be balanced, and the cycle of traditional mould modification-trial period was long, which restricted the improvement of productivity. Based on the previous literature, the concept of multi-stage channel equilibrium degree was defined. On the basis of orthogonal experiment, according to the robust design theory, the grey correlation analysis method was used to control the balance degree of multi-level runners to reach the ideal value. Through the variance analysis of correlation degree, the optimum process combination was sought. The design scheme was optimized and the anti-interference ability to the fluctuation of forming factors was enhanced, the test period was shortened, and the production process was more reliable. The results of Minitab prediction show that the correlation degree between the balance degree of all level runners and their ideal values is very close in the robust design scheme. At the same time, in the disturbance injection test, the robustness of the robust design scheme is obviously enhanced, and the consistency of cavity filling is much higher than that of the initial scheme, which shows the correctness and effectiveness of the multi-stage channel balance control method.

Keywords : small size plastic part ; multi-cavity ; balance degree ; robust design

多型腔注塑是小尺寸塑件生产的重要途径, 为了保证各型腔充模均衡, 流道设计经常采用平衡布置形式, 但由于塑件尺寸小、腔数多, 对成型因素波动敏感, 型腔充模难以均衡一致, 给注塑生产带来很大困扰。

多型腔充模不平衡已引起众多学者关注, J. P. Beaumont 等^[1] 研究认为, 多型腔注塑中, 随着熔体从上一级流道进入下一级流道, 熔体的温度分布会发生改变, 是导致各型腔充模失衡的重要原因, 杨卫民等^[2] 通过实验佐证了这一观点。余磊等^[3] 运

基金项目: 东莞市社会科技发展项目 (2017507151066), 广东省特色创新科研项目 (2015KTSCX180), 东莞理工学院重大科研培育项目 (2017YZD001Z)

通讯作者: 殷素峰, 博士, 讲师, 主要研究方向为模具计算机技术及特种塑性成型 E-mail: 1042784725@qq.com

收稿日期: 2019-02-20

引用格式: 殷素峰, 方琳, 阮锋. 小尺寸多型腔塑件充模平衡稳健设计 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(5):78-83.

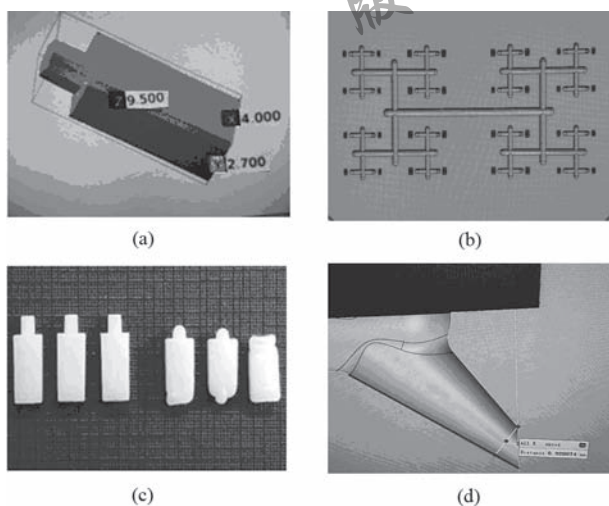
Yin Sufeng, Fang Lin, Ruan Feng. Robust design of filling balance for small size multi-cavity plastic parts[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(5):78-83.

用数值模拟分析了工艺因素对不平衡充模的影响。D. Cardozo^[4]分析了工艺过程对型腔充模的影响。左向宇等^[5]归纳了浇口和流道进料平衡的调整方法。杨方洲等^[6]采用顺序注射成型技术改善了注射成型流动不平衡问题。范杵兰等^[7]对多型腔充模不均衡解决方案作了较全面的综述,但各种方案并未臻熟,生产中并不见普及。

众多文献中,鲜见多腔小尺寸塑件平衡充模稳健性相关研究,笔者针对小尺寸塑件对成型工艺波动的敏感性,提出多级流道平衡度概念,利用灰色理论对成型工艺稳健控制,增强小尺寸塑件“充模”抗干扰能力,以实现多腔充模平衡,旨在为生产提供科学的理论方法,缩短修模—试模过程。

1 小尺寸塑件型腔平衡度

为了提高生产率,小尺寸塑件一模成型常常几十腔以上,如图1a是一个轮廓尺寸为4 mm×2.7 mm×9.5 mm的小尺寸连接轴,设计质量要求为(0.7±0.03) g,一模32腔成型,如图1b,由于几何尺寸小,塑件成型一致性对工况波动敏感,充模不均衡使部分型腔成型不完整,如图1c,生产中为了简化模具设计和实现自动化生产,采用了潜伏式浇口,浇口直径为0.92 mm,如图1d。由于浇口潜伏在模板内且尺寸微小,浇口修正困难,反复的修模—试模延长了生产周期,制约了生产进程。



a—连接轴几何尺寸;b—型腔布局;
c—良品、劣品对比;d—潜伏式浇口

图1 小尺寸连接轴多型腔成型

为了表示两型腔充模平衡,定义型腔充模平衡度 f 为

$$f = \frac{m_a}{m_a + m_b} \quad (1)$$

式中: m_a, m_b 分别为两型腔内塑件a,b质量。

根据定义可知,平衡度有望目特性,当两型腔充模平衡时, $f=0.5$ 。

一模32腔小尺寸连接轴成型中,多级流道平衡度布置如图2所示。

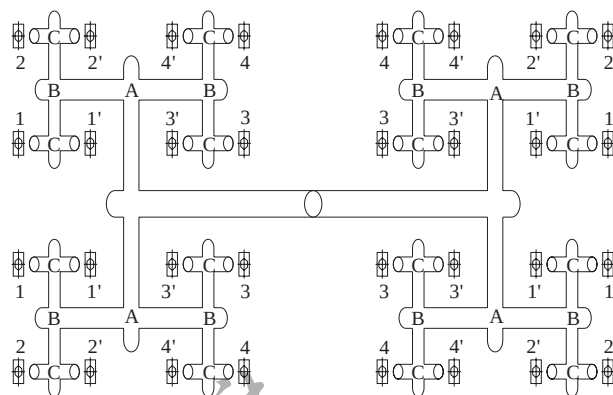


图2 多级流道平衡度

根据熔体流动状态失衡分析,熔体在经过图2中“A”,“B”,“C”岔口均可能出现明显的失衡,为了保证型腔填充平衡,理论上应使熔体通过“A”,“B”,“C”岔口分流后两侧熔体质量相等。以“=”表示平衡, g 表示连接轴质量,为了保证32腔填充平衡,C岔口需满足 $g_1+g_2+g_3+g_4=g_1'+g_2'+g_3'+g_4'$,平衡度记为:

$$f_1 = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_1' + g_2' + g_3' + g_4'} \quad (2)$$

B岔口需满足 $g_1+g_1'+g_3+g_3'=g_2+g_2'+g_4+g_4'$,平衡度记为:

$$f_2 = \frac{g_1 + g_1' + g_3 + g_3'}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_1' + g_2' + g_3' + g_4'} \quad (3)$$

A岔口需满足 $g_1+g_1'+g_2+g_2'=g_3+g_3'+g_4+g_4'$,平衡度记为

$$f_3 = \frac{g_1 + g_1' + g_2 + g_2'}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_1' + g_2' + g_3' + g_4'} \quad (4)$$

为了实现充模均衡,理论上要求 $f_1=f_2=f_3=0.5$ 。

2 多腔成型平衡度实验及工艺灰色稳健设计

为保证充模平衡、并使生产过程的稳健,需要寻求合适工艺方案,使 f_1, f_2, f_3 三个目标趋于0.5,并使成型对工艺的波动具有较强的“抗干扰性”^[8-9]。

灰色关联度分析法^[10]是多目标稳健优化的重要方法,它以各因素的样本数据为依据,用灰色关联度来描述因素间关系的强弱、大小和次序,若样本数据反映出的两因素变化的态势基本一致,则它们之

间的关联度较大;反之,关联度较小。

为了实现对平衡度 f_1, f_2, f_3 的多目标稳健设计,利用 Minitab 软件田口 DOE 模块^[11]设计正交试验,并计算各级流道平衡度。

2.1 正交试验设计

以材料牌号(A)、注射速率(B)、保压压力(C)、熔体温度(D)、模具温度(E)、锁模力(F)、保压时间(G)、V/P 转换控制点(H)为试验因子,其中材料牌号选择 2 水平,其它因子选择 3 水平,具体设置见表 1。构建 8 因子混合水平正交试验 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$,通过注塑试验,按照式(2)、式(3)、式(4)计算型腔平衡度 f_1, f_2, f_3 ,结果见表 2。为了计算可靠,使用 10 模塑件作为样本计量。

表 1 正交试验参数水平

水平	A	B/ (cm ³ ·s ⁻¹)	C/ MPa	D/ ℃	E/ ℃	F/ t	G/ s	H/ %
1	ABS 707K	20	25	60	210	60	1	70
2	ABS GP22	30	30	70	220	70	1.5	80
3		40	35	80	230	80	2	90

2.2 工艺灰色稳健设计

由于平衡度 f_1, f_2, f_3 均望目 0.5,将 (0.5, 0.5, 0.5) 作为参考数列,将表 2 中 18 组平衡度 f_1, f_2, f_3 数值作为比较数列,构建灰色关联矩阵。通过灰色关联分析法,计算比较系列相对参考系列灰色关联度,数值大者表明该组实验方案愈加理想。

具体数学计算模型如下:

(1) 构建灰色关联矩阵。

根据表 2 实验结果构建 $m \times n(3 \times 19)$ 阶灰色关联矩阵:

$$(X_0, X_1 \cdots X_n) = \begin{pmatrix} x_0'(1) & x_1'(1) & \cdots & x_n'(1) \\ x_0'(2) & x_1'(2) & \cdots & x_n'(2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_0'(m) & x_1'(m) & \cdots & x_n'(m) \end{pmatrix} \quad (5)$$

其中 X_0 为参考数列, $X_0 = (x_0'(1), x_0'(2), \cdots, x_0'(m))^T$; $X_1 \cdots X_n$ 为比较数列。

(2) 灰色关联矩阵规范化。

为了便于比较,利用望目特性规范化公式

$$x_i'(k) = 1 - \frac{|x_i(k) - x_0|}{\max x_i(k) - x_0} \quad (6)$$

将式(5)规范化如下:

$$(X_0, X_1 \cdots X_n) = \begin{pmatrix} x_0(1) & x_1(1) & \cdots & x_n(1) \\ x_0(2) & x_1(2) & \cdots & x_n(2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_0(m) & x_1(m) & \cdots & x_n(m) \end{pmatrix} \quad (7)$$

(3) 计算关联系数矩阵。

式(6)中,计算 $|x_0(k) - x_i(k)|$ 得到绝对差值矩阵,求两级最小差和两级最大差为

$$\min_{i=1}^n \min_{k=1}^m |x_0(k) - x_i(k)| = \Delta_{\min} \quad (8)$$

$$\max_{i=1}^n \max_{k=1}^m |x_0(k) - x_i(k)| = \Delta_{\max} \quad (9)$$

求 $x_0(k)$ 与 $x_i(k)$ 的关联系数 ζ

$$\zeta_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \Delta_{\max}} \quad (10)$$

式中: ρ 为分辨系数,通常取 0.5。

计算每个比较序列与参考序列对应元素的关

表 2 正交试验设计方案及结果

序号	A	B	C	D	E	F	G	H	f_1	f_2	f_3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.39	0.30	0.41
2	1	1	2	2	2	2	2	2	0.29	0.65	0.61
3	1	1	3	3	3	3	3	3	0.47	0.63	0.47
4	1	2	1	1	2	2	3	3	0.37	0.66	0.45
5	1	2	2	2	3	3	1	1	0.53	0.37	0.38
6	1	2	3	3	1	1	2	2	0.53	0.33	0.66
7	1	3	1	2	1	3	2	3	0.24	0.53	0.70
8	1	3	2	3	2	1	3	1	0.73	0.36	0.59
9	1	3	3	1	3	2	1	2	0.63	0.74	0.45
10	2	1	1	3	3	2	2	1	0.44	0.55	0.35
11	2	1	2	1	1	3	3	2	0.40	0.45	0.59
12	2	1	3	2	2	1	1	3	0.46	0.58	0.59
13	2	2	1	2	3	1	3	2	0.51	0.47	0.61
14	2	2	2	3	1	2	1	3	0.44	0.56	0.46
15	2	2	3	1	2	3	2	1	0.28	0.60	0.38
16	2	3	1	3	2	3	1	2	0.74	0.34	0.46
17	2	3	2	1	3	1	2	3	0.55	0.40	0.67
18	2	3	3	2	1	2	3	1	0.35	0.68	0.70

联系数,得关联系数矩阵如下:

$$\zeta = \begin{pmatrix} \zeta_1(1) & \zeta_2(1) & \cdots & \zeta_n(1) \\ \zeta_1(2) & \zeta_2(2) & \cdots & \zeta_n(2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \zeta_1(m) & \zeta_2(m) & \cdots & \zeta_n(m) \end{pmatrix} \quad (11)$$

(4) 计算关联度。

计算比较数列与参考数列间关联度 r_i

$$r_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \zeta_i(k) \quad (12)$$

得关联度数列

$$R = (r_1 \ r_2 \ \cdots \ r_n) \quad (13)$$

计算结果如表 3,根据表 3 中关联度排序可知,田口试验最优方案为第 13 组试验。为了寻求稳健工艺组合,还需对关联度进行方差分析^[12]。

表 3 平衡度多目标响应关联度

序号	目标函数规范化			目标函数灰色关联数据			灰色关联度	关联度排序
	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3		
1	0.577	0.167	0.550	0.585	0.405	0.568	0.519	15
2	0.654	0.792	0.450	0.638	0.762	0.514	0.638	7
3	0.885	0.458	0.850	0.878	0.518	0.831	0.742	3
4	0.500	0.333	0.750	0.540	0.463	0.720	0.574	11
5	0.885	0.458	0.400	0.878	0.518	0.491	0.629	8
6	0.885	0.292	0.200	0.878	0.447	0.415	0.580	10
7	0.000	0.875	0.000	0.360	0.864	0.360	0.528	14
8	0.115	0.417	0.550	0.390	0.498	0.568	0.486	17
9	0.500	0.000	0.750	0.540	0.360	0.720	0.540	12
10	0.769	0.792	0.250	0.739	0.762	0.432	0.644	6
11	0.615	0.792	0.550	0.610	0.762	0.568	0.647	5
12	0.846	0.667	0.550	0.826	0.648	0.568	0.681	4
13	0.962	0.875	0.450	1.003	0.864	0.514	0.794	1
14	0.769	0.750	0.800	0.739	0.720	0.771	0.743	2
15	0.154	0.583	0.400	0.401	0.589	0.491	0.494	16
16	0.000	0.333	0.800	0.360	0.463	0.771	0.531	13
17	0.808	0.583	0.150	0.780	0.589	0.400	0.590	9
18	0.423	0.250	0.000	0.501	0.432	0.360	0.431	18

3 灰色关联度的方差分析

对表 3 关联度进行方差分析^[13],各因子关联度效应如图 3,极差越大表明该因子对关联度影响越明显。从图 3 可知,对灰色关联度影响最大的因子是 B (注射速率),水平关联度极差为 0.1275,对灰色关联度影响最小的因子是 F (锁模力),水平关联度极差为 0.0133,工艺因子对关联度影响程度大小排序为: $B > H > E > D > C > A > G > F$ 。每个因子关联度最大水平表明该水平对关联度响应最好^[14],据此,稳健工艺方案为 A2B1C2D3E3F1G3H3 水平。

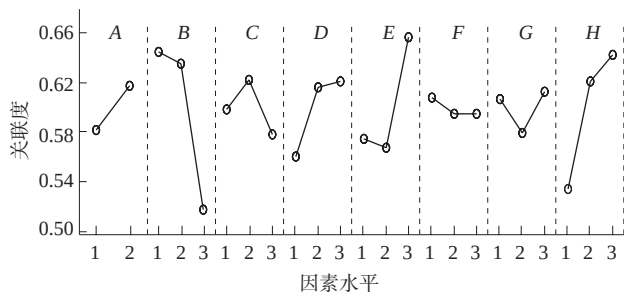


图 3 关联度效应图

4 结果预测及试验验证

在 Minitab 软件中,根据初始设计方案、田口试验最优方案(表 3 中 13 号方案)、灰色稳健设计方案工艺因子水平进行关联度预测,预测结果见表 4。从表 4 可知,灰色稳健设计方案关联度预测均值为 0.829,大于正交试验最优方案、初始设计方案关联度均值,说明灰色稳健设计方案型腔平衡度最好,工艺系统抗干扰能力最强。

表 4 关联度预测对比

方案	A	B	C	D	E	F	G	H	关联度预测值
初始设计方案	1	2	2	2	2	2	2	2	0.623
田口实验最优方案	2	2	1	2	3	1	3	2	0.794
灰色稳健设计方案	2	1	2	3	3	1	3	3	0.829

根据上述三种方案进行注塑试验,结果如图 4 所示。从图 4a 可以看出,初始方案型腔充模严重不均衡,尤其是 1,2 号型腔,熔体填充很少;田口最优方案有明显改观,但个别型腔塑件欠注,如图 4b;而灰色稳健设计方案注塑试验结果显示各腔塑件成型完整,如图 4c。在三种方案注射速率原水平基础

上,取 $\pm 5\%$ 误差作为噪声重复试验,将成型塑件称重计量,各方案样本量为 3 模 96 个塑件,样本质量均值与标准差如图 5,从图 5 可知,灰色稳健设计方案塑件均值为 0.7004 g ,接近目标值 $(0.7 \pm 0.03)\text{ g}$,标准差最小,为 0.006346 ,说明其抗干扰性最强,按照 6σ 质量管理原则,99.9% 塑件符合设计要求。

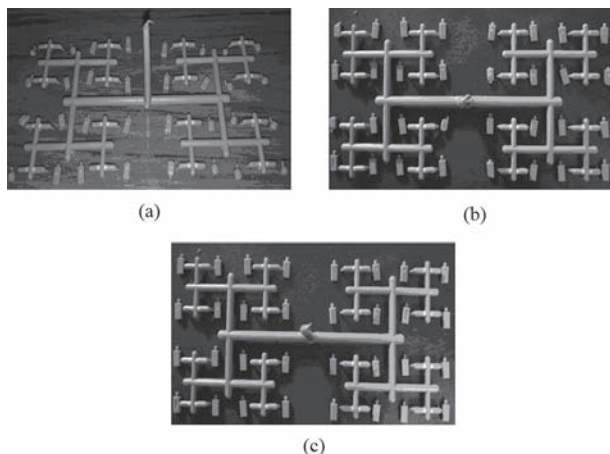
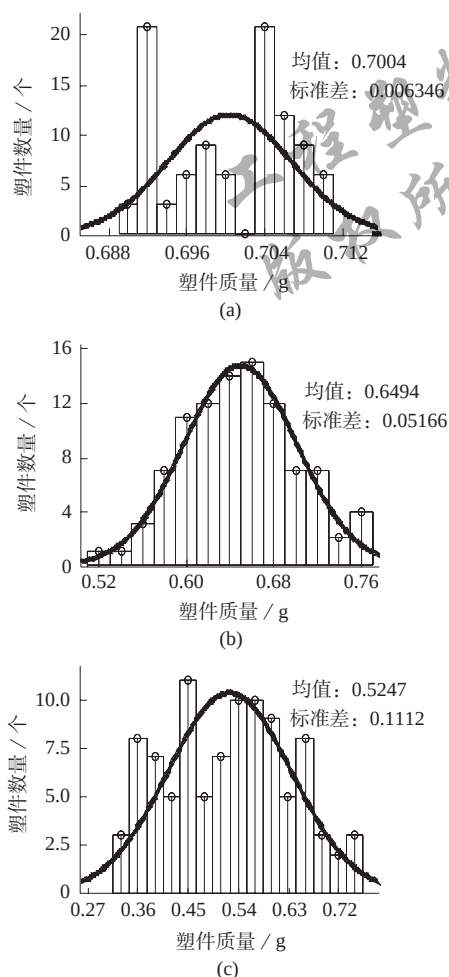


图 4 各试验方案注射试验



a—灰色稳健方案;b—田口最优方案;c—初始设计方案

图 5 各试验方案塑件质量均值与标准差

5 结论

(1) 定义了多型腔充模多级流动平衡度概念,为多型腔充模不均衡问题提供了可行的解决思路。

(2) 针对多型腔小尺寸塑件注射成型对工艺过程的敏感性,将多级流道平衡度作为设计目标,运用灰色关联理论,通过关联度方差分析寻求了最佳工艺组合,实现了充模平衡过程的稳健设计。

(3) 运用灰色稳健计算结果进行注射成型试验,各型腔塑件成型尺寸稳定,成型一致性远高于初始方案,表明多型腔充模多级流动平衡度稳健设计方法的有效性。

(4) 通过多型腔充模多级流动平衡度综合控制,很大程度缩短了修模—试模过程,为多型腔塑件成型提供了可靠的理论方法。

参考文献

- [1] Beaumont J R, Young J H. Mold filling imbalances in geometrically balanced runner systems[J]. Journal of Injection Molding Technology, 1999, 18(6):572-590.
- [2] 杨卫民,谢鹏程,杨高品.注射成型多模腔充填不平衡现象的产生机理(I)——模具流道系统中熔体流动行为的研究[J].中国塑料,2004(11):95-101.
Yang Weimin, Xie Pengcheng, Yang Gaopin. Mechanism of filling imbalance of plastics injection molding in multi-cavity molds(I)——Study on flow behavior of melt in runner systems of mold[J]. China Plastics, 2004(11):95-101.
- [3] 余磊,刘斌,陈静波,等.影响多型腔注射模不平衡充填因素的模拟研究[J].塑料,2011,40(1):109-113.
Yu Lei, Liu Bin, Chen Jingbo, et al. Simulation study on factors of imbalance filling in multi-cavities injection mold[J]. Plastics, 2011, 40(1):109-113.
- [4] Cardozo D. Three models of the 3D filling simulation for injection molding:A brief review[J]. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2008, 27(18):1963-1974.
- [5] 左向宇,张军华,陈俊萍.基于 Moldflow 的快速实现一模多腔进料平衡研究[J].模具工业,2013,39(2):46-49.
Zuo Xiangyu, Zhang Junhua, Chen Junping. Rapid achievement of feeding balance of multi-cavity mould based on moldflow[J]. Die & Mould Industry, 2013, 39(2):46-49.
- [6] 杨方洲,杨晓东.基于 SIM 的多型腔注塑模具流动平衡优化[J].工程塑料应用,2012,40(9):44-47.
Yang Fangzhou, Yang Xiaodong. Optimization of balanced flow for multi-cavity injection mold based on SIM[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(9):44-47.
- [7] 范杵兰,黄泽雄.注塑模的平衡问题——多型腔模具不平衡充模的解决方案[J].国外塑料,2008,26(12):48-54.

- Fan Chulan, Huang Zexiong. Balance of injection mold——Solution to unbalanced filling of multi-cavity molding[J]. World Plastics, 2008, 26(12):48–54.
- [8] Sreedharan J, Jeevanantham A K. Optimization of injection molding process to minimize weld-line and sink-mark defects using taguchi based grey relational analysis[J]. Materials Today:Proceedings, 2018, 5(5):12 615–12 622.
- [9] 程锦, 谭建荣, 余加红. 基于 TOPSIS 的注塑工艺参数多目标稳健优化设计 [J]. 机械工程学报, 2011, 47(6):27–32.
- Cheng Jin, Tan Jianrong, Yu Jiahong. Multi-objective robust optimization of injection molding process parameters based on TOPSIS[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(6):27–32.
- [10] 孙靖民. 机械优化设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- Sun Jingmin. Mechanical optimal design[M]. Beijing:China Machine Press, 2012.
- [11] 吴令云, 吴家祺, 吴诚鸥, 等. MINITAB 软件入门——最易学实用的统计分析教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- Wu Lingyun, Wu Jiaqi, Wu Chengou, et al. Introduction to MINITAB software——The easiest and most practical statistical analysis course[M]. Beijing:Higher Education Press, 2012.
- [12] Pervez H, Mozumder M S. Optimization of injection molding parameters for HDPE / TiO₂ nanocomposites fabrication with multiple performance characteristics using the taguchi method and grey relational analysis[J]. Materials, 2016, 9(8):710–718.
- [13] 黄凤立, 林建平, 钟美鹏, 等. 基于综合关联度的注塑成型工艺参数多目标稳健设计 [J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(3):162–166.
- Huang Fengli, Lin Jianping, Zhong Meipeng, et al. Multi-objective robust design on craft parameters of plastics injection based on synthesis relation degree[J]. Polymeric Materials Science and Engineering, 2011, 27(3):162–166.
- [14] 蔡厚道. 基于响应面和灰色关联分析的汽车滤清器盖注塑工艺多目标优化 [J]. 塑料工业, 2017, 45(1):48–52.
- Cai Houdao. Multi-objective optimization of the injection molding of automobile filter cover based on response surface and grey relational analysis[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(1):48–52.

欢迎订阅 2019 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘, 请注明订阅期刊 / 光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》 国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物, 月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊, 是中国合成树脂供销协会会刊, 荣获首届、第二届、第三届全国期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘 (CA) 千种表。2019 年定价 20 元 / 期, 全年 240 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存, 如需订阅, 请联系杂志社。

《化学分析计量》 国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物, 双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊, 荣获多项省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘 (CA) 千种表。2019 年定价 20 元 / 期, 全年 120 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存, 如需订阅, 请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号 (1973 年) 至 2018 年底共 46 卷 350 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售; 同时也将《化学分析计量》自创刊号 (1992 年) 至 2018 年底

共 27 卷 127 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文, 又可根据读者自定义的关键词进行全文检索, 非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 550 元; 《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 260 元。

邮局汇款:

收款地址: 济南市天桥区田庄东路 3 号

收款单位: 《工程塑料应用》杂志社

邮编: 250031

电话: (0531)85878223 85878057 85878278

传真: (0531)85947355

银行汇款:

户 名: 山东非金属材料研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

账 号: 1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>