

信息扩散及神经网络在建立注塑预测模型中的应用

王 祺 黄宗南 刘文豪

(上海大学机电工程与自动化学院,上海 200072)

摘要 注塑工艺参数和塑料件质量之间的关联模型常采用神经网络建立,然而训练样本不足将直接影响模型的质量。为了在适量训练样本条件下得到较好的预测模型,对原始样本数据进行信息扩散处理,然后使用神经网络建模。笔者以汽车音响面板为例建立预测模型,确定了最佳工艺参数,证明了该方法的有效性。

关键词 信息扩散 BP 神经网络 注塑预测模型

在新模具或修改后的模具投入生产前,一般要通过试模来了解模具的性能并确定注塑成型工艺参数。在实际生产中,工程技术人员常凭借经验用反复试凑法来调整工艺参数,这会花费大量工时,同时产品质量稳定性也差。

注塑成型是一个复杂的工艺过程,使用传统的理论获得实际工艺参数与制品质量的关系比较困难,因此越来越多的研究人员尝试各种建模方法,其中神经网络技术常被采用^[1-2]。神经网络具有高度非线性复杂映射、自学习、容错率高等特点,对于不确定性、非线性和时变性问题系统模型建立具有很大的优势。但是神经网络也有自身的缺陷,它对建立神经网络的训练样本数量有一定要求。为了能在适量样本的前提下,建立良好的预测模型,笔者将信息扩散方法与神经网络技术相结合,构建注塑模型。

1 预测模型建立

图 1 示出应用神经网络建立预测模型的流程。首先需要一定数量的数据样本;其次要对原始样本数据进行预处理;最后选择神经网络类型进行建模。

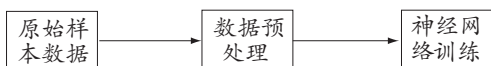


图 1 神经网络建立模型的流程图

1.1 神经网络建立模型

人工神经网络是一种模仿动物神经网络行为特征,进行分布式并行信息处理的算法数学模型。这种网络根据系统的复杂程度,通过调整内部大量节点之间相互连接的关系,从而达到处理信息的目的。人工神经网络可以通过预先提供的一批相互对应的输入/输出数据,分析掌握两者之间的潜在规律,并根据这些规律,用新的输入数据来推算输出结果。

神经网络的类型有多种,其中 BP 神经网络是当今应用最为广泛的人工神经网络,其逼近非线性函数的能力已在理论和应用方面深入研究。BP 网

络神经元采用的传递函数通常是神经元的非线性作用函数型可微函数,可以实现输入和输出间的任意非线性映射。三层的 BP 网络在理论上可以模拟任何复杂的非线性关系,故笔者采用 BP 神经网络构建注塑预测模型。

1.2 原始样本数据

使用神经网络建立预测模型需要一定数量的数据样本。对于新模具或修改后模具,在注塑工艺性能信息不足的情况下,可采用 Moldflow 软件中的 MPI 模块进行模拟取样,样本取点方面使用正交实验设计法^[3-4]。

1.3 数据预处理

通常,神经网络的性能对训练数据的预处理有较大的依赖^[5]。在原始数据预处理方面,笔者采用了信息扩散方法^[6],其基本思想是通过一定方式将原始信息直接过渡到模糊关系,该方法可以将单值样本在不同离散点上信息进行分配,以实现数据模糊,因而在样本不足,知识相对不完备的情况下可获得较好效果。

信息扩散原理: 设 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 是知识样本, V 是基础论域, 记 w_j 的观测值为 V_j , 设 $x = \phi(v - V_j)$, 则 W 非完备时, 存在函数 $\mu(x)$, 使 V_j 点获得的量值为 I_n 的信息可按 $\mu(x)$ 的量值扩散到 v ($v \in V$) 点去, 且扩散所得的原始信息分布 $Q(v) = \sum_{j=1}^n \mu(x) = \sum_{j=1}^n \mu[\phi(v - V_j)]$ 能更好地反映 W 所在总体的规律。在信息扩散原理的指导下, 可以推出一个较为适用的正态型信息扩散公式如式 (1) 所示^[7]:

$$q(v, V_j) = \frac{1}{h \sqrt{2\pi}} \exp[-(v - V_j)^2 / (2h^2)] \quad v \in V \quad (1)$$

式中: v —— $v \in V$, 信息吸收点

h ——窗宽,控制扩散的范围,与样本数量 n 有关。设 W 的最大、最小观测值分别为 b 和 a ,经过对一个高阶方程的求解,可得 h 的取值公式如式(2)所示^[8]:

$0.684\,1(b-a)$

$n=5$

$0.540\,4(b-a)$

$n=6$

$h=0.448\,2(b-a)$

$n=7$

$0.383\,9(b-a)$

$n=8$

$2.685\,1(b-a)/(n-1)$

$n\geq 9$

为保证所有样本点的地位相同,需对由一个样本经信息扩散得到的结果以信息总量的和为1的原则进行归一化处理。普通的神经网络在对原始数据进行处理时,为了提高训练的效率,对原始数据进行归一化处理。信息扩散方法与简单的归一化方法不同,它可以先进行信息扩散,然后进行归一化处理。这样可以保证原始数据结构破坏更少。归一化计算方式如式(3)所示:

$$q'(v,V_j)=q(v,V_j)/\sum_{i=1}^mq(v,V_i)$$

(3)

式中: m 为 V 的离散点数。对一个连续论域而言,选取多少个离散点合适,目前还没有确定的方法,只能根据经验或试算来确定,一般取5~10个为宜^[9]。

2 建立模型应用实例

2.1 取样实验

以汽车音响面板为例建立预测模型,所用材料为日本电气化学工业株式会社生产的K-090(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)原料,其MPI用的解析模型如图2所示。

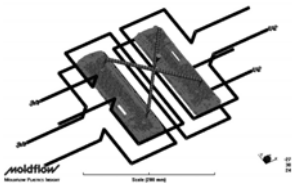


图2 汽车音响面板的解析模型

根据产品结构、形状,结合注塑理论知识,最终选择熔体温度(T_1)、模具温度(T_2)、保压压力(P)、保压时间(t)作为研究对象。通过正交设计方法进行实验,设计两组 $L_9(3^4)$ 正交表,参数变化范围在Moldflow软件中推荐值的基础上进行上下浮动。实验参数及水平如表1所示。其中,表1中第1组第2水平对应的数值为Moldflow推荐值。

利用Moldflow软件的流动模块、变形模块对产品进行综合分析,实验结果如表2、表3所示。表中

表1 正交实验的参数及水平

组别	水平	$T_1/^{\circ}\text{C}$	$T_2/^{\circ}\text{C}$	P/MPa	t/s
1	1	230	60	100	6
	2	240	65	110	8
	3	250	70	120	10
2	1	235	62.5	105	7
	2	245	67.5	115	9
	3	255	72.5	125	11

收缩率的正、负分别表示“收缩”和“胀模”现象。

表2 第1组正交实验结果

序号	$T_1/^{\circ}\text{C}$	$T_2/^{\circ}\text{C}$	P/MPa	t/s	收缩率/%
1	230	60	100	6	1.9003
2	230	65	110	8	1.2886
3	230	70	120	10	0.6609
4	240	60	110	10	0.8919
5	240	65	120	6	0.2489
6	240	70	100	8	1.5627
7	250	60	120	8	-0.0414
8	250	65	100	10	1.1998
9	250	70	110	6	0.4911
极差	2.2566	0.0924	3.8507	0.1133	

表3 第2组正交实验结果

序号	$T_1/^{\circ}\text{C}$	$T_2/^{\circ}\text{C}$	P/MPa	t/s	收缩率/%
1	235	62.5	105	7	1.4614
2	235	67.5	115	9	0.7491
3	235	72.5	125	11	0.2142
4	245	62.5	115	11	0.3837
5	245	67.5	125	7	-0.2083
6	245	72.5	105	9	1.0217
7	255	62.5	125	9	-0.4545
8	255	67.5	105	11	0.6102
9	255	72.5	115	7	0.2262
极差	2.1428	0.2396	3.8219	0.3882	

对两组正交实验结果分别进行极差分析,从表2、表3实验结果可知,保压压力和熔体温度对收缩率的影响程度较大,而保压时间和模具温度的影响相对较小。

检测由神经网络得到的注塑预测模型质量的样本如表4所示。

表4 神经网络检验样本

序号	$T_1/^{\circ}\text{C}$	$T_2/^{\circ}\text{C}$	P/MPa	t/s	收缩率/%
1	250	60	100	10	1.1981
2	230	70	120	6	0.6629
3	240	65	110	8	0.8934
4	245	67.5	115	9	0.3453

2.2 收缩率预测模型的建立与应用

为验证信息扩散与BP神经网络相结合技术在提高预测模型精度方面的有效性,本研究构建两种神经网络模型:第一种是信息扩散方法与BP神经

网络相结合的网络模型;第二种是普通 BP 神经网络模型。根据多次计算,两者的网络结构均为三层,在隐层神经元数方面,前者为 8 个,后者为 10 个。

此建模计算采用 MATLAB7.1 实现。其中,神经网络使用“NNET Toolbox”。神经网络输入、输出层传递函数分别选择“tansig”正切函数和“purelin”线性函数,训练函数取“trainsecg”函数,仿真误差设定为 0.01,其余参数则采用工具箱默认值。

在数据预处理方面,根据 1.3 中的信息扩散方法,经过多次试算,离散点数确定为 5 个,且为等步长。对于表 1 中的第 1 组数据,各参数离散点如下所示。

- 熔体温度: $\mu_{T_1} = \{ 230, 235, 240, 245, 250 \}$;
- 模具温度: $\mu_{T_2} = \{ 60, 62.5, 65, 67.5, 70 \}$;
- 保压压力: $\mu_P = \{ 100, 105, 110, 115, 120 \}$;
- 保压时间: $\mu_t = \{ 6, 7, 8, 9, 10 \}$ 。

根据公式(2),计算表 1 中第 1 组数据对应的 T_1 、 T_2 、 P 、 t 的 h 值分别为:6.7127、3.3564、6.7127、1.3425。

利用公式(1)将训练样本的数据信息向选定的离散点进行扩散,然后利用公式(3)进行归一化处理。归一化后的新样本即为构建信息扩散 BP 神经网络的最终训练样本。

评估神经网络得到的预测模型质量,使用公式(4)计算模型误差^[10]:

$$E = \frac{1}{p} \sum_p \sum_k (t_{pk} - O_{pk})^2$$

(4)

式中: p ——检验样本个数;

k ——拟合指标个数;

t ——实际收缩率值;

O ——神经网络预测模型拟合值。

检测样本个数为 4,拟合指标只是收缩率,故 k 取 1,预测模型误差 E 如表 5 所示。

表 5 BP 神经网络预测模型检验结果

序号	9 组样本 BP 预测模型拟合值 / %	9 组样本信息扩散 + BP 预测模型拟合值 / %	18 组样本 BP 预测模型拟合值 / %	18 组样本信息扩散 + BP 预测模型拟合值 / %
1	1.325 1	1.261 5	1.286 2	1.237 7
2	0.674 1	0.606 3	0.671 3	0.722 6
3	0.757 3	0.841 8	0.938 5	0.861 7
4	0.384 1	0.389 5	0.342 0	0.355 8
E	0.009 0	0.003 0	0.002 5	0.001 6

由表 5 可知:

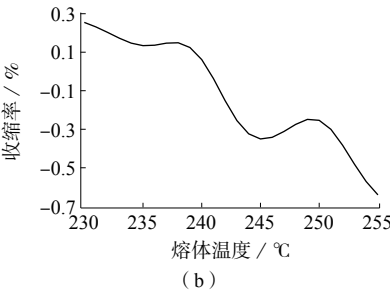
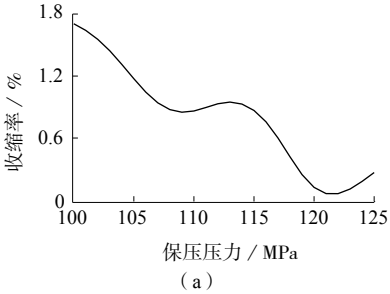
(1) 信息扩散结合 BP 神经网络得到的预测模

型质量好。在训练样本数量相同的情况下,对于 9 组训练样本和 18 组训练样本两种情况,预测质量分别提高了 66.67% 和 36.00%。

(2) 对于信息扩散结合 BP 神经网络,在样本数较少的情况下,可以得到较好的预测模型。如 9 组训练样本经信息扩散处理后建立的 BP 神经网络预测模型质量接近使用 18 组训练样本由普通 BP 神经网络建立的预测模型。

取表 5 中质量最好的预测模型(即 18 组样本信息扩散 + BP 预测模型),进行收缩率随保压压力变化的分析。熔体温度、模具温度和保压时间取 Moldflow 软件中的推荐值,即分别为 240℃、65℃和 8 s,而保压压力的取值范围为 100 ~125 MPa。图 3a 是预测模型得到的曲线图。由图 3 可知,保压压力为 122 MPa 附近收缩率最小。

取保压压力 122 MPa 为基准值,模具温度和保压时间仍取 Moldflow 推荐值,将熔体温度从 230℃逐步升高到 255℃,通过预测模型得到图 3b 所示的收缩率随熔体温度变化的曲线。由图 3b 可知,收缩率在熔体温度为 241℃附近接近于 0,产品无收缩或“胀模”现象。



a—收缩率随保压压力的变化图; b—收缩率随熔体温度的变化图
图 3 收缩率随工艺参数的变化图

将熔体温度设为 241℃,模具温度为 65℃,保压压力为 122 MPa,保压时间为 8 s 再次进行 MPI 仿真验证,实验结果显示收缩率为 0.1290%。故预测模型得到的结果基本能够反映出收缩率随工艺参数变化的规律。

本建模方法也适用于注塑工艺参数与其它质量

指标的预测模型建立。这一方法可为实际试模提供有效的技术参考,减少试模的盲目性。

3 结论

(1) 在注塑训练样本数量相同情况下,信息扩散方法结合神经网络构建的预测模型质量好。

(2) 信息扩散结合 BP 神经网络可以在训练样本较少的情况下得到质量较好的注塑预测模型。

本方法已成功应用到上海某注塑企业,在实际试模过程中,提高了效率,降低了企业成本。

参考文献

- [1] 刘斌,许建文,等.基于 CAE 和神经网络的注射成型工艺参数优化[J].工程塑料应用,2007,35(11):31-34.
- [2] 贾相武.基于 BP 网络的注塑件翘曲变形工艺参数优化研究[J].塑料工业,2007,35(6):235-237.
- [3] 黄娜斌,江波,张志莲,等.基于 Taguchi 实验设计法 CAE 技术优化注塑成型工艺参数[J].上海塑料,2007(3):28-31.

- [4] 申长雨,王利霞,张勤星.神经网络与混合遗传算法结合的注塑成型工艺优化[J].高分子材料科学与工程,2005,21(5):23-27.
- [5] 叶世伟,王海娟,译.神经计算原理[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [6] 黄崇福.信息扩散原理与计算思维及其在地震工程中的应用[D].北京:北京师范大学,1993.
- [7] 刘涛,邵东国,刘武艺.基于信息扩散和 BP 神经网络的水资源预测[J].武汉大学学报,2007,40(3):31-33,75.
- [8] 何书,王家鼎,王欢,等.基于信息扩散和 BP 网络的黄土边坡稳定性分析[J].西北大学学报,2008,38(6):983-988.
- [9] Huang Chongfu. Information diffusion techniques and small sample problem[J]. International Journal of Information Technology and Decision Making, 2002, 1(2): 229-249.
- [10] Huang Chongfu, Claudio Moraga. A diffusion-neural-network for learning from small samples[J]. International Journal of Approximate Reasoning, 2004, 35(2): 137-161.

APPLICATION OF INFORMATION DIFFUSION AND BP NEURAL NETWORK IN INJECTION PREDICTION MODEL GENERATING

Wang Qi, Huang Zongnan, Lin Wenhao

(School of Mechatronics Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

ABSTRACT Neural Network was widely used to uncover the relationship between injection molding process parameters and part quality. However, the number of training samples was a non-negligible factor which seriously affected the accuracy of the prediction model. To generate better model with certain samples, the information diffusion theory to derive new patterns for training the network was applied. Using the automobile sounder faceplate as the example, the best process parameters was achieved and the effectiveness of this method was proved.

KEYWORDS information diffusion, BP neural network, injection prediction model

春节后工程塑料市场迎来开门红

春节期间国际原油一路攀升,WTI 收盘再度逼近 80 美元/桶,由此单体顺势涨价。春节后开盘随着买卖双方陆续返市,国内工程塑料原料市场在供应紧俏的支撑下,卖方合力提价,行情全线飘红。聚碳酸酯(PC)与尼龙(PA)作为两大主力军,表现较为抢眼。PC 与 PA 作为两大主力军,表现较为抢眼。

近年来,PC 全球消费量持续猛增,2010 年开盘之际,我国国内现货资源仍旧紧俏。据了解,近年来我国 PC 的进口依存度高达 70% 以上,由此其行情多受美金盘主导。节后双酚 A 美金外盘突破僵局,大涨 60~70 美元/t,由此拉动 PC 美金报价大涨,加之国内两家工厂现货偏少,出厂价大幅上调 500 元/t 以上,市场报价顺势提升。华东地区注塑级中低端商谈在 20 500~22 500 元/t,高端商谈在 23 500~25 800 元/t,较春节前大涨 800 元/t。

相对 PC 市场,节后国内 PA 市场行情也毫不逊色。受反倾销影响,多数大型进口商转向从事其它产品。我国国内 PA6 进口货源持续趋紧,据统计近年来 PA6 进口依存度均

在 62% 左右,由此单靠国内产量难以弥补,尽管自 2009 年至今,国内 PA6 行业掀起一波扩产热潮,但真正产能释放需要时间。笔者认为 2010 年上半年内,中国自身产量仍旧难以填补进口缺口。加之其原料 PA 市场大涨,贸易商与聚合工厂联手提价,节后 PA6 切片市场价格暴涨 800~1000 元/t。注塑料价格上涨 400~500 元/t。目前华东地区国产与进口中粘切片主流商谈在 22 200 元/t,注塑料 M2500I 华东地区商谈在 23 500 元/t,华南地区 TP4208 商谈在 20 400 元/t(不含税)。

而国外首诺、杜邦公司双双大幅上调 PA66 价格,分别为 330、200 美元/t,执行时间分别为 2 月 15 日、3 月 15 日。目前华东地区杜邦、巴斯夫、旭化成等基料市场价在 34 500~36 000 元/t 之间,华南地区市场价在 31 500~32 000 元/t(不含税),改性用切片市场价在 29 000~29 500 元/t。

工程塑料市场,3 月份之后,下游工厂需求将逐渐恢复,同时其刚性需求也将同步提升。对工程塑料原料市场第一季度行情较为看好。但中间受买方接受能力的制约,价格涨幅需要时间加以消化,其中存在盘整行情。(齐海艳)