

试验研究

基于BP神经网络斜轧穿孔轧制力的预测

刘莉,李传峰,张广军

(山东钢铁集团有限公司,山东 济南 250101)

摘要:借助 Matlab 工具箱中 BP 神经网络,对斜轧穿孔区轧制力进行预测。通过分析影响轧制力预报精度的因素及网络性能,确定了网络结构、有关参数和网络训练算法(优化 BP 算法),实现了轧制力的精确快速预报,预报相对误差 1.67%~6.33%,平均 3.735%,满足了工程计算的精度要求。

关键词:BP 神经网络;斜轧穿孔;轧制力预报

中图分类号: TG335.17; TP183

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2013)02-0043-02

1 前言

准确的轧制力直接决定了斜轧穿孔生产过程毛管的质量和轧制设备的安全,同时对整个生产过程能源消耗的影响至关重要。因此,如果能够结合穿孔区力学参数监测系统所获取的工艺数据,对轧制力进行有效的预报,并根据实际工艺数据,实时优化轧制力模型,提高预报精度,对于制定穿孔工艺制度、实现高效稳定穿孔、延长轧制设备的使用寿命、开发新产品都具有十分重要的实际意义。

人工神经网络是基于模仿大脑神经网络结构和功能而建立的一种信息处理系统,是理论化的数学模型^[1]。它实际上是一个由大量简单元件相互连接而成的复杂网络,具有高度的非线性,能够进行复杂的逻辑操作和非线性关系实现的系统。神经网络利用大量的原始数据,能够灵活、精确地解决多变量非线性系统问题,提高轧制控制模型预报精度,成为人工智能研究的热点之一^[2]。神经网络为斜轧穿孔轧制力的精确预报提供了很好的途径。

2 基于BP网络轧制力预报模型

2.1 网络结构

为了建立性能良好、预报精度高的人工智能模型,应该研究确定影响轧制压力的因素。一般影响轧制压力的因素很多,主要可分为影响轧件力学性能的因素和影响轧件应力状态特性的因素。如果将这些因素全部作为网络输入来处理,将使模型变得极为复杂,不仅大大增加了训练样本的数量和科研工作量,也使网络的学习过程变得困难。本研究在确保预报精度的前提下,根据需要,结合传统的数学模型,只考虑轧制温度(T)、送进角度(θ)、穿孔

前直径(D)、轧制速度(V)、变形参数(ϵ)和碳当量(CE)6个影响参数。碳当量就是将 C、Si、Mn 等元素,按照其影响石墨化的程度,以一定的比例近似换算成相应的 C 含量。当 C 含量 $\leq 0.12\%$ 时,CE (Pcm)应采用公式(1)计算;当 C 含量 $> 0.12\%$ 时,CE (IIW)应采用公式(2)计算。

$$CE(Pcm) = C + Si/30 + Mn/20 + Cn/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B; \quad (1)$$

$$CE(IIW) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15. \quad (2)$$

通过大量试验比较,本模型确定使用含 1 个隐含层的 3 层前馈神经网络。输入层由 6 个神经元组成,隐含层由 13 个神经元组成,输出层就 1 个神经元,即为轧制力。采用输入在 (0, 1) 范围的对数 S 型激活函数 3 层 tansig/purlin 网络,将网络输出作相应的反归一化处理,就可以得到预测值。网络取 6-13-1 的结构,目标误差设为 $err_goal = 1e-3$ 。其网络结构如图 1 所示。

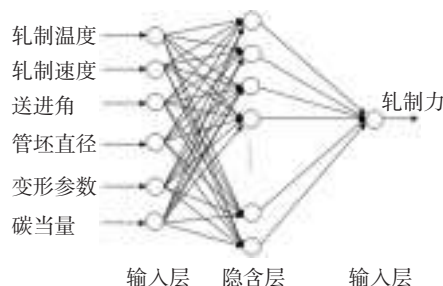


图1 轧制力预报模型网络结构

2.2 网络训练

网络的训练算法采用改进后的 BP 算法,即自适应学习速率加 LM 法,可在 Matlab 工具箱中直接调用 trainlm 函数。制订训练停止准则:设定目标误差精度以及训练步数(1 000 步)。图 2 为网络训练误差变化情况。

由图 2 可知,网络训练误差在训练过程中下降速度很快,在训练达到 56 步后(还远没有达到 1 000

收稿日期:2013-01-16

作者简介:刘莉,女,1982年生,2010年毕业于安徽工业大学材料加工工程专业,硕士。现为山东钢铁集团有限公司企管部工程师,从事科技管理工作。

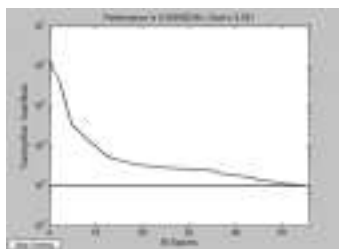


图2 均方误差变化曲线

步的最大训练步数),网络误差(0.000 992 344)就达到了目标误差(0.001),这说明网络的学习训练速度非常快。由于达到了所要求的均方误差界限,因此网络的学习训练过程停止。

表1 实测数据与BP网络预测值对比及误差

序号	轧制温度/°C	轧辊速度/(rad·s ⁻¹)	相对压下率	送进角度/(°)	穿孔前直径/mm	碳当量/%	轧制力/kN		误差/%
							实测值	预测值	
1	1 220	650	0.146 1	12	178	0.189 3	1 241.955	1 186.440	4.47
2	1 220	600	0.146 1	12	178	0.189 3	1 211.186	1 177.394	2.79
3	1 220	500	0.151 7	12	178	0.189 3	1 243.935	1 285.358	-3.33
4	1 200	500	0.157 3	12	178	0.109 2	1 325.669	1 275.692	3.77
5	1 220	550	0.157 3	12	178	0.120 4	1 148.202	1 185.978	-3.29
6	1 160	450	0.148 9	10	178	0.205 8	1 198.890	1 259.794	-5.08
7	1 200	555	0.151 7	12	178	0.296 3	1 505.790	1 480.342	1.69
8	1 200	530	0.151 7	12	178	0.296 3	1 369.170	1 282.502	6.33
9	1 180	530	0.217 9	8.5	195	0.254 2	8 65.414	908.079	-4.93
10	1 180	530	0.220 5	8.5	195	0.254 2	900.167	915.200	-1.67

由表1可知,用基于Matlab神经网络工具箱所做的BP网络模型来预测斜轧穿孔轧制力,预测精度比较高,最大相对误差为6.33%,最小相对误差为1.67%,平均相对误差为3.735%,测试数据2、7和10的预报值与实测值几乎完全拟合,足以达到实际生产要求。

由于用来训练的数据还比较少,预测结果还是可能会出现较大的波动,但随着训练数据的增多,BP神经网络预测的结果表明其将会逐渐逼近实测结果,BP神经网络预测结果的误差将会更小。

4 结 语

1)在建立神经网络轧制力模型时,选择与传统数学模型基本一致的轧制力影响因素(送进角度、穿孔前直径、入口温度、机架速度、变形参数、碳当

3 网络仿真及结果分析

对训练后的网络性能的评价可知,网络性能非常好。用sim函数来仿真网络的输出,即预报轧制力,然后与目标输出(实测轧制力)进行比较,观察它们的相对误差,进一步验证了网络性能的良好。用没有参加过训练的测试数据来测试网络的运行,能够更为准确地评估网络性能。将测试数据代入训练好的BP神经网络模型中进行运算,得到网络测试输出即BP网络预测值,并与实测值进行了对比,见表1。

量)作为输入变量,比较真实地反映了实际轧制过程特性,使模型简单实用。2)在利用trainlm算法对网络进行训练的过程中,网络具有记忆功能,会自动寻找连接输入参数和输出参数的最优网络权值和阈值,从而使网络预报达到最优。3)基于BP神经网络的斜轧穿孔区轧制力离线预报模型的研究表明:优化改进的BP网络收敛速度快,预报精度高(相对误差为0%~6.5%),满足了工程计算的精度要求,将神经网络用来预报穿孔区轧制力是可行的。

参考文献:

- [1] 飞思科技产品研发中心. Matlab 6.5辅助神经网络分析与设计[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [2] Draeger A, Engell S, Ranke H. Model Predictive Control Using Neural Networks[J]. Control Systems Magazine IEEE, 1995, 15(10):61-66.

Rolling Force Prediction of Rotary Piercing Based on BP Neural Network

LIU Li, LI Chuanfeng, ZHANG Guangjun

(Shandong Iron and Steel Group Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: The rolling force in rotary piercing area was studied by BP neural network in Matlab toolbox. Through analyzing the factors of influencing the prediction precision of rolling force and network property, the network structure, relevant parameters and network training algorithm (optimized BP algorithm) were confirmed and the rolling forces were predicted precisely and rapidly. The relative error of prediction value is between 1.67% and 6.33%. The average value is 3.735%, satisfying the requirement of engineering precision.

Key words: BP neural network; rotary piercing; prediction of rolling force