

连续油管 TIG 焊接头最薄弱区 工艺-性能神经网络预测模型*

李琳¹, 李继红¹, 余晗^{2,3}, 赵鹏康¹, 毕宗岳^{1,2,3}, 张敏¹

(1.西安理工大学材料科学与工程学院,西安 710048;

2.国家石油天然气管材工程技术研究中心,陕西宝鸡 721008;

3.宝鸡石油钢管有限责任公司钢管研究院,陕西宝鸡 721008)

摘要:通过试验检测出连续油管 TIG 焊接头最薄弱区力学性能,采用 BP 神经网络对该区域工艺性能进行仿真预测,研究了不同训练函数对网络性能的影响,通过对比分析不同训练函数下网络性能,得出连续油管 TIG 焊接头最薄弱区线能量-冲击功预测模型,最终选取 LM 算法、SCG 算法对网络进行训练,采用这两种算法建立起的线能量-冲击功模型精度较高,测试数据预测值与实测值平均相对误差分别为 0.785%和 0.34%,网络能够很好地对“未知”冲击功进行预测。

关键词:连续油管; TIG 焊; BP 神经网络; 冲击韧性

中图分类号:TE973

文献标志码:A

文章编号:1001-3938(2012)01-0005-03

The Neural Network Prediction Model of Process-property in the Weakest Area of Coiled Tubing TIG Welded Joint

LI Lin¹, LI Ji-hong¹, YU Han^{2,3}, ZHAO Peng-kang¹, BI Zong-yue^{1,2,3}, ZHANG Min¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. National Petroleum and Gas Tubular Goods Engineering Technology Research Center, Baoji 721008, Shaanxi, China;

3. Steel Pipe Research Institute, Baoji Petroleum Steel Pipe Co., Ltd., Baoji 721008, Shaanxi, China)

Abstract: The mechanical properties of the weakest areas in the joint of coiled tube welded by TIG was obtained according to the experiment. BP neural network was used to simulate and predict the process performance of the region, The influence on network performance was studied under different training function, Line Energy-Impact energy prediction model of the weakest areas in the joint of coiled tube welded by TIG was obtained by comparing the Network performance which received under different training function. LM algorithm and SCG algorithm was selected to train the network finally. Both the algorithms present higher precision of Line Energy-Impact energy prediction model. The average relative error of predicted and measured values of test data were 0.785% and 0.34% respectively. It was very well that the impact energy were predicted in the network.

Key words: coiled tube; TIG welded joint; BP neural network; impact toughness

0 前言

连续油管技术广泛应用于油气田修井、钻井、完井、测井和增产等作业,在油气田勘探与开发

中发挥着越来越重要的作用。而 TIG 焊是连续油管生产过程中一个不可或缺的环节,因此研究 TIG 焊接头组织性能,进而对接头性能进行预测就显得尤为重要。由于焊接过程中存在许多模糊

* 基金项目:陕西省教育厅自然科学基金资助项目(00k904);
陕西省重点学科建设专项资金资助项目(00X901)

因素,加之焊接电流、焊接电压和焊接速度等工艺参数与焊接接头性能呈非线性关系,使得焊接之后焊接接头工艺-性能用普通方法进行预测研究受到一定的限制。焊接接头性能对焊件至关重要,因此必须控制好焊接时的工艺参数。而焊接工艺与接头性能的确立不可能完全通过试验获得,必须对现有一部分数据进行研究分析,从而得到工艺与性能之间的内在联系。然而非线性关系的分析比较困难,因此必须寻找一种新的方法来解决实际中的非线性问题。神经网络能模拟人脑的并行信息处理方式,具有独特的自组织、自学习、快速处理、高度容错及很强的非线性函数逼近能力,成为处理非线性问题的有力工具。本研究采用神经网络预测模型研究了连续油管 TIG 焊接接头的工艺及性能。

1 试验方法及数据采集

通过对连续油管的管管对接 TIG 焊接接头热影响区的热模拟研究,得出 TIG 焊接接头热影响区 4 个区中不完全正火区为最薄弱区域,针对此区域,改进焊接工艺参数,在 Gleeble 1500 热模拟试验机上模拟,通过试验得出各种焊接工艺下的参数及焊后最薄弱区的冲击韧性,见表 1。表 1 中部分数据作为对网络的训练数据,部分数据作为对训练后网络的检验数据。

表 1 线能量-冲击功模拟数据

工艺序号	线能量(底)/J	线能量(面)/J	冲击功 A_k /J	
训练数据	1	5.92	9.87	27.8
	3	5.0	9.0	29.05
	5	5.0	6.0	31.4
检验数据	2	5.0	7.5	30.225
	4	5.46	9.435	28.425

2 神经网络建模

BP 网络是单向传播的多层前向网络,由输入层、隐层和输出层构成^[1]。层间各个神经元实现全连接,即下层的每一个神经元与上层的每一个神经元都实现连接,而每层各神经元之间不连接,网络中每一层神经元的连接权值都可以通过学习来调整。对于给定一个输入节点数为 N 、输

出节点数为 M 的 BP 网络,输入信号由输入层到输出层传递,通过非线性函数来复合完成从 N 维欧氏空间到 M 维欧氏空间的映射,该过程是向前传播的过程。如果实际输出信号与期望值存在误差,网络就转入误差反向传播过程,并根据误差的大小来调节各层神经元之间的连接权值,从而使网络的输出逐渐接近所希望的输出,最终误差满足要求,网络的学习过程结束,获得学习成功后的权值^[2]。

本研究采用三层 BP 神经网络,误差均方差设为 0.000 1,采用以下经验公式(1)^[3],结合网络误差曲线、训练步长、均方差(mse)及标准差(res)来优选隐层节点数:

$$n_i = \sqrt{n+m} + a(1 \leq a \leq 10), \quad (1)$$

式中: n_i —网络的隐含层单元数;

n —输入神经元数;

m —输出神经元数;

a —常数。

在节点数一定的前提下,分别采用 LM 算法、SCG 算法、BFGS 算法和动量 BP 算法对网络进行训练,这 4 种算法对应的训练函数分别为 trainlm、trainscg、trainbfg 及 traingdm。通过对比分析得出了最优的网络预测模型^[4],最终选取的网络结构为 2×13×1。

3 网络训练结果

图 1~图 4 分别列出了采用 trainlm、trainbfg、trainscg 及 traingdm 训练函数下网络误差曲线,训练数据预测值与实测值拟合情况以及检验数据预测值与实测值拟合情况。表 2 列出了采用这 4 种训练函数训练后网络性能。结合图表可以看出采用 4 种训练函数时网络均以不同迭代次数达到了预设目标,其中采用 traingdm 训练函数时网络经过 3 115 次迭代才达到预设目标,相比其他 3 种训练函数收敛过慢;训练数据预测值与实测值拟合效果很好,平均相对误差的绝对值均小于 0.05%;检验数据预测值与实测值拟合效果有所区别:当采用 trainlm、trainscg、traingdm 训练函数时检验数据预测值与实测值平均相对误差均小于 1%,拟合效果良好,当采用 trainbfg 训练函数时检验数据预测值与实测值平均相对误差为

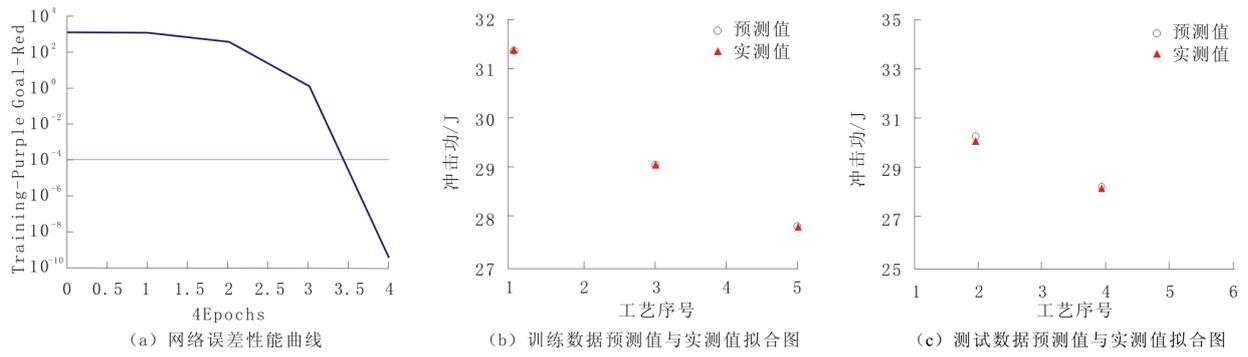


图 1 采用 trainlm 训练函数训练后网络结果

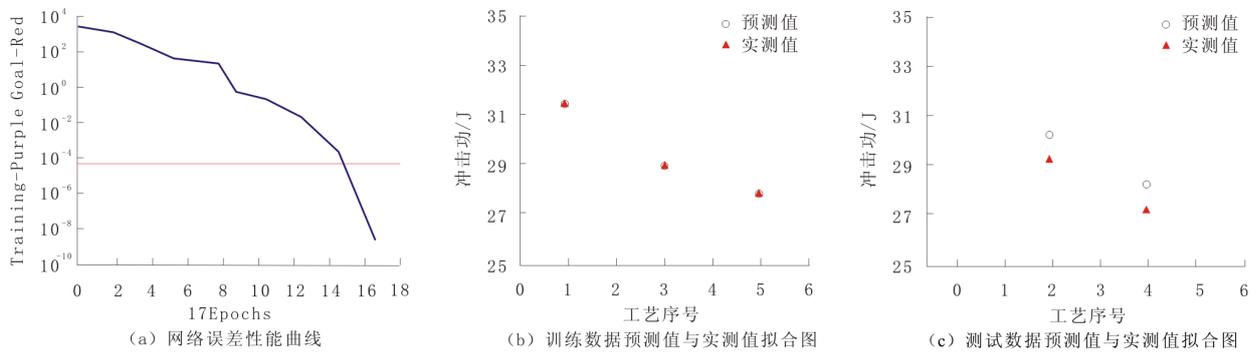


图 2 采用 trainbfg 训练函数训练后网络结果

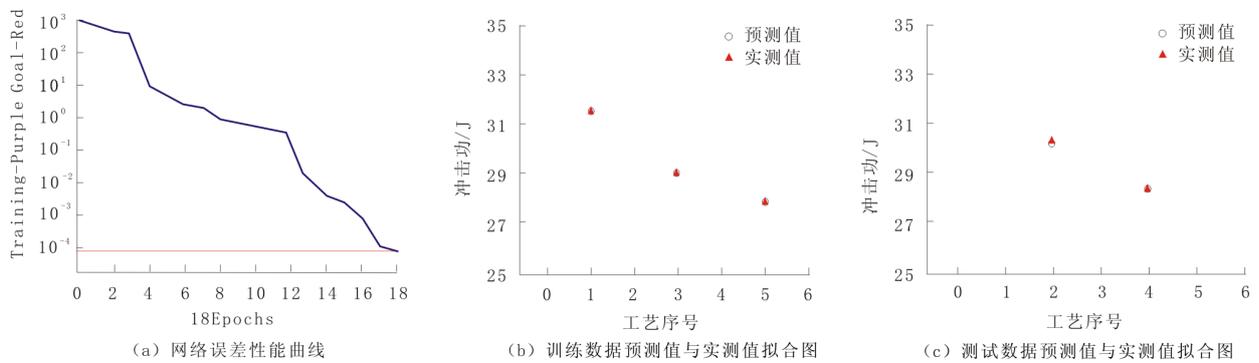


图 3 采用 trainscg 训练函数训练后网络结果

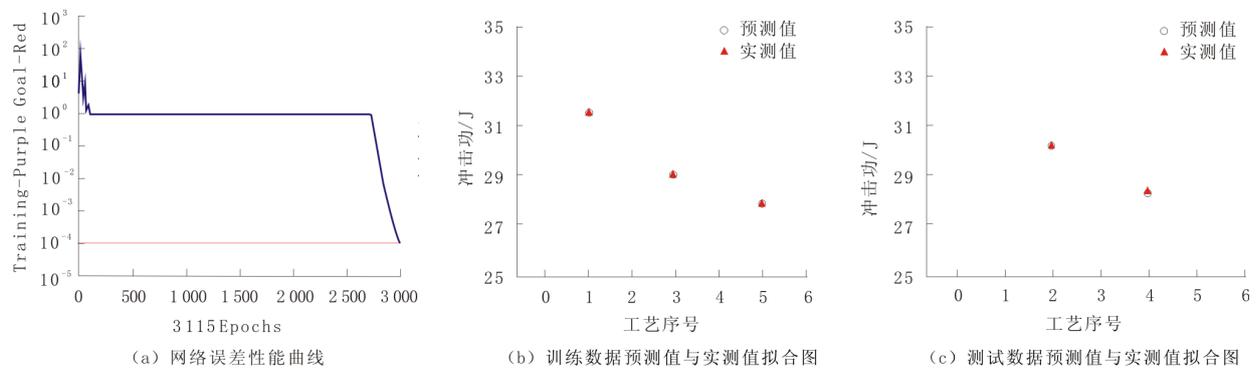


图 4 采用 traingdm 训练函数训练后网络结果

(下转第 12 页)

(2) 通过 EDS 分析结果可知,耐蚀合金内衬管内层发生 CO_2 腐蚀的产物可能为 FeCO_3 和 Cr_2O_3 的混合物。经去膜后焊接接头均匀且较为光亮,没有局部腐蚀或点蚀特征,焊接接头 CO_2 腐蚀过程均属于均匀腐蚀。

参考文献:

- [1] 姚晓,冯玉军,李颖川.国内外气田开发中管内 CO_2 腐蚀研究进展[J].油气储运,1996,15(2):11-12.
- [2] KERMANI M B, MORSHED A. Carbon Dioxide Corrosion in Oil and Gas Production—A Compendium[J]. Corrosion, 2003, 59(8): 659-683.
- [3] 张雷,丁工,刘志德.温度对 X65 管线钢湿气 CO_2 的影响[J].石油与天然气化工,2008,35(1):48-49.
- [4] 李党国,冯耀荣,白真权.温度对 N80 碳钢 CO_2 腐蚀产物膜性能的影响[J].中国腐蚀与防护学报,2008,28(6):369-373.
- [5] YIN Z F, FENG Y R, ZHAO W Z. Effect of Temperature on CO_2 Corrosion of Carbon Steel[J]. Surface and In-

terface Analysis,2009,41(6):517-523.

- [6] 王能利,潘希德,薛锦.20/0Cr18Ni9 复合管焊接工艺和接头的抗腐蚀性能[J].焊接,2003(5):23-26.
- [7] 虞毅,徐连勇,韩永典,等.X65 /316L 机械复合管焊接接头 CO_2 腐蚀行为研究[J].焊管,2011,34(1):13-16.
- [8] MORAES F D D, SHADLEY J R, CHEN J F. Characterization of CO_2 Corrosion Product Scales Related to Environmental Conditions[C]. NACE International Corrosion, Orlando, Florida,2000.
- [9] 孙建波,柳伟,常炜.低 Cr 管线钢 CO_2 腐蚀产物膜的特征及形成机制[J].金属学报,2009,45(1):84-90.
- [10] ZHANG H, ZHAO Y L, JIANG Z D. Effects of Temperature on the Corrosion Behavior of 13Cr Martensitic Stainless Steel During Exposure to CO_2 and Cl-Environment[J]. Materials Letters, 2005, 59(27): 3370-3374.

作者简介:张念涛(1985—),男,黑龙江人,硕士,工程师,主要从事海洋石油工程焊接工艺与技术的研发工作。

收稿日期:2011-09-05

编辑:刘志军

(上接第7页)

表2 4种训练函数下网络性能

训练函数	训练步长	平均相对误差/%	
		训练数据	测试数据
trainlm	4	0.00	0.785
trainbfg	17	0.00	4.045
trainscg	18	0.023	0.34
traingdm	3 115	0.033	0.225

4.045%,相比其他三种训练函数误差偏大。

结果表明采用 trainlm 和 trainscg 训练函数训练后的网络预测值与实测值拟合效果良好,能够对“未知”冲击功进行预测,网络值得信赖。

4 结论

通过对 TIG 焊接接头最薄弱区性能进行研究,采用 BP 神经网络建立了线能量-冲击功模型,分别采用 4 种算法对网络进行训练,对比分析训练结果最终选取 LM 算法和 SCG 算法对网络进行训练,采用这两种算法建立起的线能量-

冲击功模型精度较高,测试数据预测值与实测值平均相对误差分别为 0.785% 和 0.34%,网络能够很好地对“未知”冲击功进行预测。

参考文献:

- [1] 朱凯,王正林.精通 MATLAB 神经网络[M].北京:电子工业出版社,2010:193-224.
- [2] 朱大奇,史慧.人工神经网络原理及应用[M].北京:科学出版社,2006:33-53.
- [3] 王清,那月,孙东立,等.GH99 合金 TIG 焊焊接接头拉伸性能的人工神经网络预测[J].焊接学报,2010,31(3):77-80.
- [4] 周开利,康耀红.神经网络模型及其 MATLAB 仿真程序设计[M].北京:清华大学出版社,2005:69-100.
- [5] 赵章明.连续油管工程技术手册[M].北京:石油工业出版社,2011.

作者简介:李琳(1987—),女,西安理工大学材料科学与工程学院硕士研究生。

收稿日期:2011-07-19

编辑:罗刚