

文章编号:1673-9469(2012)02-0078-03

基于人工神经网络的液压振动系统研究

郭志刚,李文选,冯继刚

(河北工程大学 机电工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:以两自由度液压激振压路机的液压振动系统为研究对象,采用立体正交试验选取试验因素,在每个试验因素中选择3个水平子集合,获得训练神经网络的样本。通过神经网络理论建立数学模型,借助 Matalab 仿真计算出试验因素水平子集合最优组合参数。研究结果表明:通过建立神经网络数学模型,得出立体正交表的最优组合仿真目标值为 0.552 3,系统刚度为 3.3 N/mm,与试验目标值的相对误差为 10.46%,满足工程要求。

关键词:正交试验;人工神经网络;数学模型;计算机仿真

中图分类号:TP393

文献标识码:A

Study on hydraulic vibration system based on artificial neural network

GUO Zhi-gang, LI Wen-xuan, FENG Ji-gang

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: The hydraulic vibration system of two freedom hydraulic vibration roller was the research object in this paper. Three horizontal subsets were selected in every experimental factor which was obtained from the three-dimensional orthogonal experiment to obtain the samples of the training neural network. The mathematic model was built by artificial neural network theory and the optimum combined parameters of horizontal subsets were established by means of Matalab simulation. The results show that target value of the optimum combined is 0.552 3 and the stiffness of the system is 3.3 N/mm through the artificial neural network mathematics model. This meets the project requirement because of the relative error of 10.46% between experimental results and experimental target value.

Key words: orthogonal test; artificial neural network; mathematical model; computer simulation

随着科学技术步伐的加快,液压振动系统在各个领域中得到了广泛应用和发展,目前对其研究多为建立系统模型,然后根据实验参数对系统进行数学优化计算^[1-5]。周顺等^[6]曾提出过模态控制方法,但未见基于神经网络对液压振动系统模型进行的研究。本文通过立体正交试验找出训练神经网络的样本,采用神经网络建立数学模型,运用计算机仿真软件得出最佳优化组合,为液压振动系统的分析和改进提供参考。

1 液压激振基本原理

液压振动压路机的关键部件是二自由度振动轮。工作时,液压激振的工作部件振动轮直接与被压实材料接触;液压振动轮的配重通过差动油缸的活塞杆和活塞筒悬挂在滚筒内;激波器使液压系统产生类正弦液压波,波通过油缸将激振力作用于配重,使配重上下运动,在惯性的作用下,带动振动轮振动。其组成如图1所示。

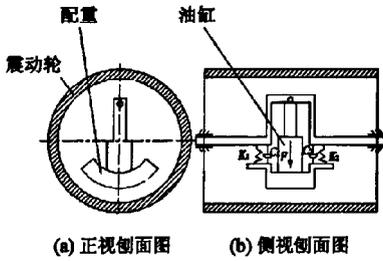


图1 液压激振系统的组成

Fig.1 The composition of the hydraulic excitation system

图 1 中 K 、 C 分别表示配重和振动轮之间的刚度和阻尼,计算公式如下:

$$C = \frac{6\pi\eta l d^3}{(D-d)^3} \quad (1)$$

$$K = 2(K_1 + K_2) = 2\left(\frac{G_1 + d_1^4}{8D_1^3 n_1} + \frac{G_2 + d_2^4}{8D_2^3 n_2}\right) \quad (2)$$

式中: η —流体动力黏度; l —柱塞的厚度; D_1 —缸壁内径; d_1 —活塞直径; G —剪切弹性模量; D_2 —弹簧中径; d_2 —弹簧丝直径; n —弹簧有效圈数。

2 液压振动轮的模型试验

2.1 安排立体正交试验

液压激振振动试验选取 4 个试验因素,每个试验因素选择 3 个水平子集合,在确定水平表之后,由每个因素水平子集内选取 3 个因素水平值,利用正交表构造立体表的竖表。安排立体正交优化试验,获得训练神经网络的样本。因素水平用因素水平子集中间元素值替换,如表 1 所示。

表 1 压路机水平表优化试验安排

Tab.1 The optimization experimental arrangement of horizontal roller table

因素	频率/Hz	振幅/mm	厚度/mm	含水量/%
1	27	0.15	65	12.5
2	27	0.35	105	15.45
3	27	0.54	145	18.4
4	34	0.15	105	18.4
5	34	0.35	145	12.5
6	34	0.54	65	15.45
7	41	0.15	145	15.45
8	41	0.35	105	18.4
9	41	0.54	65	12.5

2.2 数据处理

对上述液压激振振动试验获得的试验振幅值

数据进行小波分析,求得实验的振动轮振幅值,继而求得所采样加速度值,如图 2 所示。

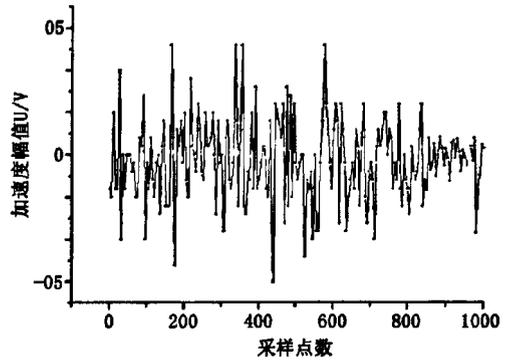


图2 小波去噪后的振动轮振幅曲线

Fig.2 The vibration amplitude curves of wavelet denoised

对数据进行归一化处理,见表 2。

表 2 压路机试验数据归一化结果

Tab.2 The normalization results of roller test data

因素	频率 /Hz	振幅 /mm	厚度 /mm	含水量 /%	高度变化 /mm
1	0.188 9	0.133 3	0.18	0.201 3	0.116 7
2	0.188 9	0.466 7	0.5	0.500 0	0.280 0
3	0.188 9	0.783 3	0.82	0.798 7	0.250 0
4	0.500 0	0.133 3	0	0.798 7	0.333 3
5	0.500 0	0.566 7	0.82	0.201 3	0.366 7
6	0.500 0	0.783 3	0.18	0.500 0	0.450 0
7	0.811 9	0.133 3	0.82	0.500 0	0.216 7
8	0.811 9	0.466 7	0.18	0.798 7	0.433 3
9	0.811 9	0.783 3	0.5	0.201 3	0.483 3

2.3 液压振动试验数据训练神经网络

对表 2 的网络模型的数据记为矩阵形式,得训练模型

$P =$

$$\begin{bmatrix} 0.188\ 9 & 0.188\ 9 & 0.188\ 9 & 0.500\ 0 & \dots & 0.900\ 0 & 0.500\ 0 & 0.900\ 0 \\ 0.133\ 3 & 0.466\ 7 & 0.783\ 3 & 0.133\ 3 & \dots & 0.900\ 0 & 0.466\ 7 & 0.900\ 1 \\ 0.180\ 0 & 0.500\ 0 & 0.820\ 0 & 0.500\ 0 & \dots & 0.100\ 0 & 0.500\ 0 & 0.900\ 0 \\ 0.201\ 3 & 0.500\ 0 & 0.798\ 7 & 0.798\ 7 & \dots & 0.500\ 0 & 0.798\ 7 & 0.201\ 3 \end{bmatrix}_{4 \times 8}$$

$$T = \begin{bmatrix} 0.166\ 7 & 0.280\ 0 & 0.250\ 0 & 0.333\ 3 & \dots \\ 0.316\ 7 & 0.200\ 0 & 0.201\ 3 & \dots \end{bmatrix}_{1 \times 15}$$

建立完成的神经网络模型需通过试验样本为输入矩阵 PP 和输出矩阵 TT 验证:

$$TT = \begin{bmatrix} 0.166\ 7 & 0.113\ 3 & 0.466\ 7 & 0.233\ 3 & 0.125\ 0 & 0.383\ 3 \end{bmatrix}_{1 \times 6}$$

$PP =$

$$\begin{bmatrix} 0.1889 & 0.1000 & 0.4111 & 0.5889 & 0.7222 & 0.9000 \\ 0.4667 & 0.3667 & 0.9000 & 0.5333 & 0.1000 & 0.7833 \\ 0.1240 & 0.5480 & 0.2640 & 0.6920 & 0.2110 & 0.8840 \\ 0.7987 & 0.2013 & 0.5000 & 0.9000 & 0.4544 & 0.1000 \end{bmatrix}_{4 \times 6}$$

通过仿真函数 $\text{simuff}()$, 输入验证矩阵 PP , 得到模型目标值 u :

$$u = 10.1084 \quad 0.1304 \quad 0.4503 \quad 0.1813 \\ 0.1453 \quad 0.4486 \quad |_{4 \times 6} = 3.00$$

3 方差分析

建立液压振动轮合理的 BP 网络之后, 可以根据 MTALAB 软件仿真最优目标值, 选用仿真函数 $\text{simuff}()$ 来完成。

3.1 液压振动试验数水平表所对应的试验目标值

根据函数 $\text{simuff}()$ 得仿真实验结果, 一个水平表对应一个试验号, 各水平表结果见表 3。为了确定水平表中每个试验对应的目标值, 需对每个试验号所对应竖表的目标值进行处理。

表 3 仿真实验结果

Tab. 3 The experimental results of simulation

因素	频率 /Hz	振幅 /mm	厚度 /mm	含水量 /%	高度变化 /mm
1	0.7222	0.7167	0.42	0.1000	0.5347
2	0.7222	0.7833	0.50	0.2013	0.4945
3	0.7222	0.9000	0.58	0.3025	0.3194
4	0.8111	0.7167	0.50	0.3025	0.4332
5	0.8111	0.7833	0.58	0.1000	0.5000
6	0.8111	0.9000	0.42	0.2013	0.4096
7	0.9000	0.7167	0.58	0.2013	0.4455
8	0.9000	0.7833	0.42	0.3025	0.3761
9	0.9000	0.9000	0.50	0.1000	0.4247

以第 9 号实验例说明确定目标值的方法。水平表第 9 号试验所对应的因素子集合为 β_3, A_3, L_2, W_1 。安排正交表进行仿真实验, 本实验的权重 W 选为 0.96。对 9 个实验目标进行权重系数处理, 以第 1 号试验最终值求解为例, $T_1 = t_1^1 \times W \times W \times W \times W = 0.5347 \times 0.996 \times 0.96 \times 0.96 \times 0.96 = 0.4541$, 依次可得水平表 9 个试验所对应的目标值为: $T_1 = 0.4541$; $T_2 = 0.3217$; $T_3 = 0.3585$; $T_4 = 0.3920$; $T_5 = 0.4373$; $T_6 = 0.4861$; $T_7 = 0.2588$; $T_8 = 0.4665$; $T_9 = 0.4765$, 比较大小可得第 9 号试验最终目标最大值为 $0.4945 \times 0.96 = 0.4765$ 。

3.2 液压振动试验数因素水平子集寻优

对水平表试验进行方差分析, 立体正交化试验目的是要求的压实度越大越好, \bar{y}_k 的平均值越大, 因素偏差值 S_j 越大, 试验目标值土的高度变化值 Δh 越大。所以, 因素水平子集最优组合为 $A_3 f_2 w_3 L_2$ (表 3), 其中: $A_3 \in [0.5, 0.61]$; $f_2 \in [32, 36]$; $W_3 \in [17.4, 19.4]$; $L_2 \in [92, 115]$ 。根据最优组合 $A_3 f_2 w_3 L_2$, 计算得其目标值 0.5513 即为系统阻尼, 根据式 (2) 计算得系统刚度为 3.3 N/mm。与神经网络模型目标值 u 比较, 其相对误差为 10.46%。

表 4 最优子集正交表方差分析及最优元素水平
Tab. 4 Optimal subset of the orthogonal analysis
of variance and the level of most elements

因素	\bar{y}_k			S_j
	$K=1$	$K=2$	$K=3$	
频率	0.2643	0.4385	0.4003	0.0504
振幅	0.2545	0.4085	0.4401	0.0591
厚度	0.3551	0.3964	0.3515	0.0037
含水量	0.3491	0.3555	0.4057	0.0068

4 结论

最优组合仿真目标值为 0.5523 即系统刚度为 3.30 N/mm, 这与试验目标值 3.00 N/mm 的相对误差为 10.46%, 满足工程要求。因此人工神经网络模型应用于液压振动系统的方法可行。

参考文献:

- [1] 辛丽丽, 梁继辉, 闻邦椿. 振动轮跳振现象的振动压路机系统的动力学特性分析[J]. 中国工程机械学报, 2008, 6(2): 61-66.
- [2] 谈振藩, 罗跃生, 李康. 振动轮式微机械陀螺仪数学模型及工作状态分析[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2002, 23(2): 33-36.
- [3] 罗跃生. 振动轮式微机械陀螺仪微分方程模型的建立[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2002, 23(3): 16-19.
- [4] 刘智香. 液压振动压路机主要故障诊断与排除[J]. 工程机械, 2001(9): 59-61.
- [5] 刘高君, 郑柯. 基于组态王液压回路控制实验系统研究[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2009, 22(3): 100-102.
- [6] 周顺, 凌林本, 周百令, 等. 振动轮式微机械陀螺仪模态控制方法研究[J]. 中国惯性技术学报, 2000, 8(1): 50-54. (责任编辑 马立)

基于人工神经网络的液压振动系统研究

作者: [郭志刚](#), [李文选](#), [冯继刚](#), [GUO Zhi-gang](#), [LI Wen-xuan](#), [FENG Ji-gang](#)
作者单位: [河北工程大学 机电工程学院, 河北邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [Journal of Hebei University of Engineering\(Natural Science Edition\)](#)
年, 卷(期): 2012, 29(2)

参考文献(6条)

1. [辛丽丽](#); [梁继辉](#); [闻邦椿](#) [振动轮跳振现象的振动压路机系统的动力学特性分析](#)[期刊论文]-[中国工程机械学报](#) 2008(02)
2. [谈振藩](#); [罗跃生](#); [李康](#) [振动轮式微机械陀螺仪数学模型及工作状况分析](#)[期刊论文]-[哈尔滨工程大学学报](#) 2002(02)
3. [罗跃生](#) [振动轮式微机械陀螺仪微分方程模型的建立](#)[期刊论文]-[哈尔滨工程大学学报](#) 2002(03)
4. [刘智香](#) [液压振动压路机主要故障诊断与排除](#) 2001(09)
5. [刘高君](#); [郑舸](#) [基于组态王液压回路控制实验系统研究](#)[期刊论文]-[四川理工学院学报\(自然科学版\)](#) 2009(03)
6. [周顺](#); [凌林木](#); [周百令](#) [振动轮式微机械陀螺仪模态控制方法研究](#)[期刊论文]-[中国惯性技术学报](#) 2000(01)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201202020.aspx