

# 高速深切磨削陶瓷工件表面粗糙度的在线监测

On-line monitor surface roughness of engineering ceramic in high speed deep grinding

彭 兰

PENG Lan

(中南大学 机电工程学院, 长沙 410083)

**摘 要:** 直接从放在工件夹具上的声发射(AE)传感器测得的磨削加工中的AE信号中,提取有关磨削表面粗糙度的信息,用神经网络的方法对高速深切平面磨削工程陶瓷氧化铝的工件表面粗糙度进行了在线连续监测。结果表明,该新方法不仅简易直接,而且切实可行,通过进一步改进,可以用于高速深切磨削加工工程陶瓷工件表面粗糙度的在线监测。

**关键词:** 表面粗糙度;神经网络;声发射;高速深磨;工程陶瓷

**中图分类号:** TG580

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-0134(2009)04-0084-03

## 0 引言

工程陶瓷因具有耐高温、耐腐蚀、耐磨损、高强度和轻质量等显著特点,最近二十多年来在航空航天、国防、电子、机械、汽车、石油、化工、光学等领域得到广泛应用,21世纪被喻为“陶瓷的世纪”。磨削是工程陶瓷最常用的精密加工技术,资料表明<sup>[1]</sup>:磨削加工的费用占到了工程陶瓷制品总费用的80%以上。目前以砂轮超高速、大切深为标志的高速深磨技术正在陶瓷加工领域迅猛发展,这可以获得很大的材料磨除率。从而大幅度提高磨削效率,降低加工成本。

表面粗糙度是磨削加工质量的重要评价指标。目前,磨削加工中的表面粗糙度仍然采用离线测量方法,由于不能及时发现加工过程中表面粗糙度恶化,经常导致废品出现,这已成为阻碍磨削加工高度自动化、智能化的瓶颈<sup>[2]</sup>。因此,当前有关的研究大都定位在连续性在线检测技术的开发上,以便能够及时检测出初期的表面粗糙度恶化情况,在发生致命破坏之前采取补救措施。

影响工件表面粗糙度的因素有很多,包括砂轮速度、工作台速度、切深、砂轮直径、磨削液种类以及砂轮表面状况等。这些因素很难归纳到一个数学模型中去,用传统的数学模型根本无法实现工件表面粗糙度的在线监测,只有利用不依赖数学模型的智能方法才能将这些因素综合考虑在监测模型中。文献<sup>[2]</sup>在理论分析和试验研究的基础上,发现在声发射传感器探头与磨削表面摩擦产生的声发射信号

(acoustic emission, AE)中,其AE信号的有效值(root mean square, RMS)和其快速付立叶变换(FFT)峰值与工件表面粗糙度有很好的对应关系。从而提出了一种在线监测外圆磨削工件表面粗糙度的方法,利用BP神经网络实现了外圆磨削工件表面粗糙度的在线智能检测和预报。但是该方法没有实现直接从磨削声发射信号中测试磨削工件的表面粗糙度。

本文采用BP神经网络的方法,用磨削加工中的AE特征参量做输入,工件表面粗糙度做输出,对高速深切平面磨削工程陶瓷工件表面粗糙度做了直接地在线监测。

## 1 实验研究

一般而言,磨削由滑擦、耕犁和切削3部分组成,其中摩擦起着极为重要的作用。而在工程陶瓷高速磨削中,摩擦的作用更为重要<sup>[1]</sup>。文献<sup>[3]</sup>运用声发射监测磨削原理中的滑擦、耕犁和切削3部分,识别的精度是很高的;而且这3部分中,摩擦所占的份额是最大的。同时应用摩擦声发射监测摩擦表面粗糙度,其可靠性在96%以上。

从上可见,直接从磨削声发射信号中监测磨削表面粗糙度是可行的,其可靠性应该是相当高的。这点也被后面的研究所证实。

### 1.1 超高速磨削实验<sup>[4]</sup>

实验在一台数控超高速平面磨削机床上进行。机床应用电主轴技术和超高速磨削工艺,具有国际先进水平。电主轴功率为40kw,砂轮最高速度达

收稿日期: 2008-10-22

作者简介: 彭兰(1966-),女,湖南长沙人,工程师,本科,主要从事机械设计制造及其自动化专业工作。

400m/s。

由于工程陶瓷材料属硬脆难加工材料,故实验中采用树脂结合剂金刚石砂轮进行磨削,砂轮参数是:外径348mm,宽度6mm,粒度120/140#,浓度100。该砂轮的修整,分为整形和修锐两个工序,采用80#碳化硅制式修整器对砂轮进行修整。当修整至砂轮外圆跳动约为10 $\mu$ m,再用200#氧化铝砂条对砂轮修锐。

实验采用德国HOMMELWERKE有限公司T8000的粗糙度仪,在垂直于磨削方向上测量被加工工件表面粗糙度 $R_a$ 。实验中取样长度为0.8mm,评定长度为取样长度的6倍,对 $R_a$ 测量5次取其平均值。

工程陶瓷 $Al_2O_3$ 材料的力学性能参数是:晶粒尺寸为2 $\mu$ m~10 $\mu$ m,密度为3.9g/cm<sup>3</sup>,抗弯强度为250MPa,微观硬度为16.7GPa,断裂韧性为4.99MPa·m<sup>1/2</sup>,弹性模量为320GPa。试件的尺寸大小为45mm×20mm×6.7mm。磨削在工件45mm×6.7mm的平面内沿纵向(45mm)进行。实验中,磨削方式采用顺磨,磨削液为含亚硝酸钠的水基冷却液,供液压力为8MPa。实验方案见表1。

表1  $Al_2O_3$  实验方案

序号	砂轮线速度 (m/s)	工作台速度 (mm/min)	磨削深度 (mm)
1	40 90 120 140 160	2400	1
2	120	600 1200 1800 2400 3600 4800 6000	0.5
3	120	2400	0.5 0.8 1 1.5 2

## 1.2 磨削声发射实验监测<sup>[4]</sup>

磨削过程产生的大量声发射信号,传播到放在磨床工作台上的Kistler 8152B2压电声发射传感器(其频率范围是100kHz~900kHz)并被接收,然后经过Kistler 5125B AE压电连接器(Gain=20dB)的前置放大、带通滤波(其频率范围是50kHz~1000kHz)和有效值(均方根RMS)转换,经过Kistler 5125B AE压电连接器得到两路信号:滤波后声发射信号和经过RMS转换后声发射信号有效值,将它们输出到PCI1615采集卡。采集卡执行LabVIEW采集程序的指令进行采集,并输入到计算机进行保存,采集到的数据信号等待后续的处理。如图1所示。

文献[4]认为,机械耦合式AE传感器安装位置距离磨削区的距离超过150mm就不能检测到AE信号。AE传感器应尽可能靠近磨削区。实验中,由于工件太小,无法把AE传感器安装在工件上,就用螺

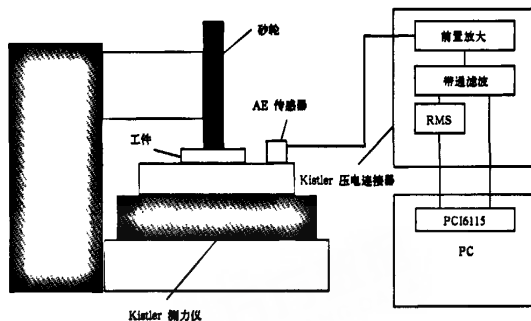


图1 声发射实验系统框图

钉把AE传感器固定在夹具体上。夹具体和AE传感器之间涂有声耦合剂。在声发射波到达传感器之前,都会经过夹具和传感器之间的声耦合剂。因此在每次实验过程中,都要使用同一种耦合剂,这样才能获得可靠的结果。

磨削过程中,噪声的来源有很多。而最大限度的消除噪声,能使磨削声发射信号中包含磨削表面粗糙度等有用信息最大化。来自砂轮和磨削液是最主要的噪声。背景噪声的频率范围主要分布在100kHz以下,当传感器频率响应大于100kHz时,背景噪声对AE监测系统的影响很小。另外有一部分噪声来自机床的电气系统,噪声的频率大于2.0MHz。在声发射监测中,通过截至频率50kHz到1000kHz的带通滤波器,由机床振动、砂轮旋转等因素产生的大部分噪声都能消除掉。材料在外部压力作用下产生的AE信号,它的频率范围在50kHz到1000kHz之间。根据采样定理,采样频率要大于2倍被测信号的频率,实验时采样频率设置5MHz。

## 2 基于神经网络的工件表面粗糙度预测

本文采用BP神经网络<sup>[5]</sup>建立AE信号特征参量与磨削表面粗糙度之间的非线性关系,如图2所示。其中,输入 $x_i$ ( $i=1,2,3$ )分别为AE信号的RMS值、快速付立叶变换(FFT)峰值和标准差。输出Y为磨削表面粗糙度 $R_a$ 。 $W_{ij}$ 、 $W_{ji}$ 为输入层和隐含层、及隐含层和输出层单元之间的连接权值。

神经网络的BP算法见文献[2]。

神经网络工具箱<sup>[5]</sup>是Matlab仿真软件所开发出来的许多工具箱之一,现在使用的Matlab 6.5对应的工具箱为NN Toolbox 4.0.2版。在Matlab command窗口输入NNTOOL命令打开人工神经网络工具箱。根据需要,建立1个新的神经网络结构。网络类型选项中,本文选择工具箱提供的Feed前向BP神经

网络(Feed-forward backprop)。采用双层网络,该网络的隐含层(Layer 1)选用双曲正切S型神经元(TANSIG),神经元个数选择5或者10,输出层(Layer 2)采用了对数S型传递函数(LOGSIG),神经元个数为1。输入范围由训练样本导入后自动生成。对于其他训练函数、学习函数以及性能函数等参数,都取其默认值。

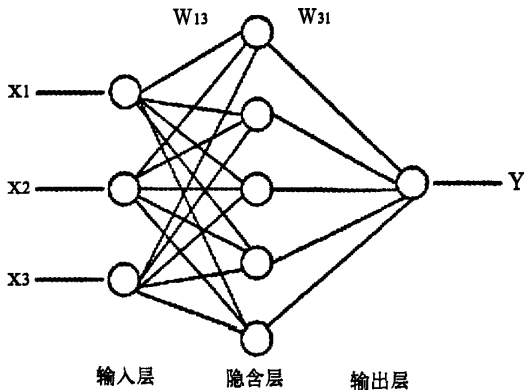


图2 采用的BP神经网络模型

在神经网络的训练参数设定中,我们仅仅将训练的次数设成较大值(本文设成3000),使网络的输出误差能够有充足的时间达到要求,学习速率取为0.1,动量系数设为0.6,允许误差设置为0.00001。导入训练样本,进行训练。最后用训练好的网络预测对预测样本进行预测,得到所需的结果。

### 3 结果与讨论

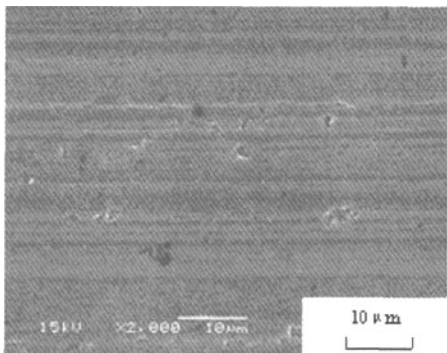


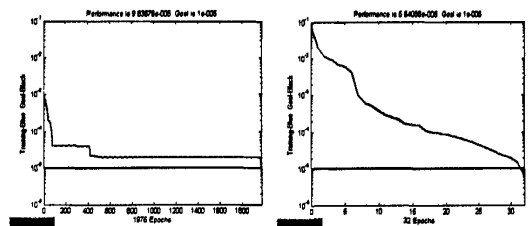
图3 陶瓷磨削表面 SEM 图

图3为陶瓷磨削表面的扫描电镜SEM照片。其表面粗糙度在亚微米级,是比较好的。总体来讲,在整个磨削试验过程中,工件表面粗糙度值没有受到磨削条件的显著影响。而在每种试验工况下,氧化

铝陶瓷的表面粗糙度值总略大于氧化锆陶瓷和氮化硅陶瓷的表面粗糙度值。

采用高速深磨工程陶瓷  $Al_2O_3$  声发射实验得到的20组数据,得到不同的工件表面粗糙度及其对应的AE信号特征值共20组典型样本,以其中12组作为训练样本,另8组作为预测样本。

本文隐含层(第1层)的神经元数取值5和10分别对训练样本数据进行了训练,训练结果如图4所示。当神经元数为5时,神经网络在1976个时间步长里完成了训练,误差变为  $9.8357e-6$ ,达到了神经网络的设计要求。当神经元数为10时,神经网络在32个时间步长里就完成了训练,误差变为  $5.64065e-6$ ,也完成了神经网络的设计要求。



a) 隐含层神经元为5

b) 隐含层神经元为10

图4 神经网络训练过程图

表2为利用声发射技术对高速深磨工程陶瓷工件表面粗糙度的BP神经网络预测结果和工件表面粗糙度的实验结果的对比。由表2数据比较可知,当隐含层神经元数为5时,其预测平均相对误差为10.43%,而当隐含层神经元数为10时,其平均预测相对误差为7.09%,识别误差较小。可见隐含层神经元数为10时预测效果较好。由此可以发现:如果采用更多组实验数据进行训练和预测,结果将更加准确、可靠;同时可以预见,在采取措施提高测试精度后,该方法将能够满足工程需要。

表2 预测结果与实验结果对比

序号	实验结果 ( $\mu m$ )	隐含层为5时 预测结果 ( $\mu m$ )	相对误差(%)	隐含层为10 时预测结果 ( $\mu m$ )	相对误差(%)
1	0.633	0.56566	10.64	0.69010	8.27
2	0.660	0.60912	7.71	0.71364	7.52
3	0.573	0.65826	12.95	0.63489	9.75
4	0.703	0.62456	11.16	0.67583	3.86
5	0.647	0.57991	11.57	0.69100	6.80
6	0.590	0.68201	13.49	0.64700	9.66
7	0.610	0.66271	8.00	0.64915	6.03
8	0.653	0.60112	7.94	0.68587	4.79

例如:针对BP神经网络存在的问题,像收敛速

【下转第84页】

由于白天和晚上运行的算法不相同,因此分别进行了测试,测试数据如表1,表2所示:

总体而言,白天的测试效果要优于夜间测试效果,这主要是由于白天的光线效果比夜间要好很多。而卡车和小轿车识别率较高,主要是由于其车型特征比较明显,而面包车、小型客车和大型客车这3种车型之间差别不是特别大,识别时比较容易发生混乱。但是,在夜间小轿车的识别率明显下降,主要是由于小轿车深色车辆居多,夜间其反光效果差,对识别率影响非常明显。

本文研究了道路交通违章检测问题,分析了图像检测算法的原理思想,并比较分析了各自的优缺点,提出了一种白天夜间自动识别的混合检测方法,即在白天图片质量较好时,采用结合HSV颜色空间分析车辆轮廓检测算法,该算法利用车型框架的边缘结构特征作为依据检测是否存在车辆或阴影道路交通违章,并且加入了HSV颜色空间分析来检测车辆边缘轮廓区域,若获得的车辆轮廓达到预先设定的一定阈值,则判定其车辆类型;在夜晚图片质量下降的时候,采用灰度差值法。此方法用前后帧差法检测,算法简单,虽然误判率较高,但是在图像质量差时能继续工作。本

算法的实现过程中用到了中值滤波、方向性模板除噪、预测补偿和HSV颜色空间分析等图像处理算法,与灰度帧差统计法和色度帧差统计法相比,能够有效克服天气等噪声的影响。在实际测试中取得不错的效果。

## 参考文献:

- [1] 任达明,向怀坤,刘建伟,席锋.基于视频图像的车速检测研究[J].交通与计算机,2007,25(1):90-93.
- [2] 刘肃亮,李劲华.违章逆行智能视频监控系统设计[J].计算机工程与设计,2007,28(3):732-734.
- [3] Mao-Chi Huang Shwu-Huey Yen A real-time and color-based computer vision for traffic monitoring system[J].IEEE ICME 5/04 2004.
- [4] Tomas Rodriguez Adaptive real-time segmentation in traffic scenes[J].Machine Graphics&Vision vol.13 no.1/2 2004.
- [5] 朱双东,张懿,陆晓峰.三角形交通标志的智能检测方法[J].中国图象图形学报,2006,11(8):1127-1131.
- [6] 林广宇,魏朗.基于数字图像的汽车驾驶员行驶状态判别[J].计算机工程,2007,33(22):193-194,197.
- [7] 胡炜炜,李树广,吴舟舟.序列图像的自适应背景提取及车型分类[J].计算机工程与应用,2007,43(12):239-242.
- [8] Chen Zhao-xue, Shi Peng-fei Urban road area recognition in ITS based on Mean Shift Method[J].Chinese Optics Letters, 2003,1(10):585-587.

【上接第66页】

度慢、容易陷入局部极小值以及全局搜索能力弱等缺陷,可采用遗传算法训练BP神经网络<sup>[6]</sup>,得到基于进化神经网络的学习算法。

## 4 结论

提出了一种新方法,直接从放在工件夹具上的AE传感器测得的磨削加工中的AE信号RMS值、快速傅立叶变换(FFT)峰值和标准差中,提取有关磨削表面粗糙度的信息,用BP神经网络的方法对高速深切平面磨削工程陶瓷 $Al_2O_3$ 的工件表面粗糙度进行了在线监测。结果表明,磨削加工中的AE信号的这3个特征值与磨削表面粗糙度有较好的对应关系。该方法不仅简易直接,而且切实可行,可以用于高速深切磨削加工工程陶瓷工件表面粗糙度的在线监测。同时,通过提高测试精度,可以提高工件表面粗糙度预测精度及可靠性。这为实现磨削加工智能化、自动化控制打下了坚实的基础。

## 参考文献:

- [1] Han Huang, Ling Yin. Grinding characteristics of engineering ceramics in high speed regime [J]. International Journal of Abrasive Technology, 2007, 1(1):78-93.
- [2] 刘贵杰, 巩亚东, 王宛山. 磨削质量在线监测方法研究[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2004, (143, 5):24-27.
- [3] James Griffin, Xun Chen. The classification of rubbing, ploughing and cutting during grinding and the comparison of different evolutionary inspired classification techniques[C]//Timothy Gutowski: Proceedings of the 40th International Manufacturing Systems Seminar, UK: University of Liverpool, 2007.
- [4] 李波, 郭力. 工程陶瓷高速深磨中声发射的实验研究[J]. 湖南大学学报, 2007, 34(11):51-55.
- [5] 闻新、周露、李翔,等. Matlab神经网络仿真与应用[M]. 北京:科学出版社, 2003.
- [6] 李国发、王龙山、丁宁. 基于进化神经网络外园纵向磨削表面粗糙度的在线监测[J]. 中国机械工程, 2005, 16(3):223-226.



作者: 彭兰, PENG Lan  
作者单位: 中南大学, 机电工程学院, 长沙, 410083  
刊名: 制造业自动化 ISTIC PKU  
英文刊名: MANUFACTURING AUTOMATION  
年, 卷(期): 2009, 31(4)  
引用次数: 0次

## 参考文献(6条)

1. Hart Huang, Ling Yin [Grinding characteristics of engineering ceramics in high speed regime](#) 200?(01)
2. 刘贵杰, 巩亚东, 王宛山 [磨削质量在线监测方法研究](#)[期刊论文]-[金刚石与磨料磨具工程](#) 2004(05)
3. James Griffin, Xun Chen [The classification of robbing, ploughing and cutting during grinding and the comparison of different evolutionary inspired classification techniques](#) 2007
4. 李波, 郭力 [工程陶瓷高速深磨中声发射的实验研究](#)[期刊论文]-[湖南大学学报](#) 2007(11)
5. 闻新, 周露, 李翔 [Mtalab神经网络仿真与应用](#) 2003
6. 李国发, 王龙山, 丁宁 [基于进化神经网络外园纵向磨削表面粗糙度的在线监测](#)[期刊论文]-[中国机械工程](#) 2005(03)

## 相似文献(10条)

1. 学位论文 彭军强 [基于神经网络表面粗糙度测量技术的研究](#) 2001

该文通过对表面粗糙度散斑测量技术和神经网络技术的研究,提出了一种新的表面粗糙度测量方法,这种方法不仅具有准确度高、测量速度快、面采样的优点,而且具有相对比较宽的测量范围和对测量环境要求比较低的优点。因此,该文提出的表面粗糙度测量方法比较适合于生产过程中的在线测量。该文主要研究了散斑图像和表面粗糙度之间的关系,从散斑图像中提取了3个表面粗糙度特征,作为神经网络的输入来识别物体的表面粗糙度。讨论了图像处理在散斑图像预处理中的应用,用中值滤波法和低通滤波法去除散斑图像中产生的噪声。提出了基于BP神经网络的表面粗糙度识别算法,给出了神经网络的训练和识别结果。

2. 期刊论文 郭力, GUO Li [基于BP神经网络的高效深磨工程陶瓷工件表面粗糙度的声发射预测](#) -[湖南文理学院学报\(自然科学版\)](#) 2008, 20(3)

对BP神经网络的原理、算法和公式进行了介绍,在对Matlab及其神经网络工具箱介绍的基础上,采用3个声发射特征值:即声发射信号有效值、FFT峰值和标准差作为输入,工件表面粗糙度作为输出,用BP神经网络的方法对高效深磨加工工程陶瓷A1203的工件表面粗糙度进行了训练、预测和分析。结果表明,使用BP神经网络可以实现高效深磨加工工程陶瓷工件表面粗糙度的监测。

3. 学位论文 张振祥 [基于神经网络的数控车削过程中零件表面粗糙度的在线预测](#) 2008

机械零件的表面精度是除了其尺寸精度和形状位置精度之外用于衡量零件加工质量的又一重要指标。数控机床作为先进的机械制造设备,在对产品尺寸精度和形状位置精度的控制上有着比传统机床所不可比拟的优势。然而困扰着它的自动化水平进一步提高的障碍仍然是对切削过程中零件表面粗糙度的稳定控制。

本文从表面粗糙度的形成机理和评价体系入手,分析了数控精车削过程中影响表面粗糙度值的原因及切削参数与它们之间的关系,发现其主要问题是它们相互作用下所引起的刀具与工件之间的相对振动,从而产生相对偏移,导致了零件表面的粗糙度值的不稳定,且径向振动对表面粗糙度的影响要明显大于其它方向的振动影响。根据现代切削振动信号的测试理论,自制了实验设备,采用压电式加速度传感器提取出不同数控精车工况下与表面粗糙度值存在相关联系的加速度幅值信号,经过自编虚拟仪器软件的后续处理后,输入到具有较强非线性映射能力且经过事先训练的人工神经网络中,进行表面粗糙度值的预测。

实验结果表明,经事先训练的人工神经网络对不同工况下的表面粗糙度的预测值与实测值非常接近,这为切削过程中表面粗糙度的在线检测提供了一种新的方法。结合正在开发的具有切削参数自动调整功能的表面粗糙度值的数控系统,可实现切削过程中表面粗糙度的稳定控制,从而在兼顾效率的同时可保证加工的表面质量满足要求。

4. 期刊论文 李波, 郭力, LI Bo, GUO Li [基于BP神经网络的表面粗糙度声发射预测](#) -[精密制造与自动化](#)2009, ""(1)

介绍了BP神经网络的原理、算法和公式,在对Matlab及其神经网络工具箱介绍的基础上,采用声发射信号有效值、FFT峰值和标准差作为输入,工件表面粗糙度作为输出,用BP神经网络的方法对高效深磨加工工程陶瓷A1203的工件表面粗糙度进行了训练、预测和分析。创新的研究方法是直接从磨削声发射信号中提取磨削表面粗糙度信息。结果表明,该方法可以实现高效深磨加工工程陶瓷工件表面粗糙度的监测。

5. 学位论文 徐晓梅 [基于神经网络和激光散斑的表面粗糙度测量技术研究](#) 2005

本文把神经网络技术、图像处理技术与表面粗糙度的激光散斑测量技术相结合,提出一种新的表面粗糙度测量方法。该方法以散斑图像中提取的特征向量作为神经网络的输入,利用神经网络的自组织、自学习和记忆等特性来测量表面粗糙度。

本文根据提出的测量方法,建立了一套测量实验系统。实验结果表明,该测量系统具有非接触测量、测量速度快、准确率较高等特点,且对测量环境和条件要求不高。

6. 期刊论文 邓朝晖, 程文涛 [基于神经网络的成形磨削表面粗糙度的研究](#) -[机械制造](#)2006, 44(7)

表面粗糙度是评价磨削表面完整性的一个重要参数,为此建立了基于BP神经网络的成形磨削表面粗糙度模型,并与传统回归分析建立的模型进行了比较。通过与实测值进行比较,基于神经网络建立的模型能够达到很高的预测精度,并且可以通过增加学习样本来进一步提高精度,表明该方法具有很高的实用性。

7. 期刊论文 胡仲翔, 滕家绪, 钱耀川, 王一波, HU Zhong-xiang, TENG Jia-xu, QIAN Yao-chuan, WANG Yi-bo [用声发射](#)

## 信号和改进的BP神经网络预测磨削表面粗糙度 -装甲兵工程学院学报2009, 23(6)

针对磨削表面粗糙度传统BP(Back Propagation)神经网络模型在线预测时存在预测精度低、误差大等问题,以磨削声发射信号的RMS值、FFT值、标准差、方差和偏斜度5参量为输入单元,建立了三层BP神经网络来预测磨削表面粗糙度,并应用附加动量法和自适应学习速率法对其进行了改进.通过仿真优化了隐层单元数,利用模型对磨削加工10个频段的声发射信号样本进行优选,确定将300~400 kHz的声发射(Acoustic Emission, AE)信号作为表面粗糙度预测模型学习样本频段.实验结果显示:改进后的BP预测模型与传统BP模型相比,具有收敛速度快、预测精度高的特点,相对误差可控制在8.66%以内.

### 8. 期刊论文 汪晓东, 叶美盈 RBF神经网络在表面粗糙度光纤传感器中的应用 -光电子·激光2001, 12(9)

本文提出了以径向基函数(RBF)神经网络处理表面粗糙度光纤传感器输出信号的方法.将传感器的输出信号及作为光源的激光器光强信号同时加在RBF神经网络的输入端,利用RBF神经网络能够以任意精度逼近非线性函数的能力的优点,同时实现对传感器的非线性补偿及减轻激光器输出光强变化带来的影响.采用这种方法的表面粗糙度光纤传感器,降低了对激光器输出功率稳定性的要求,具有测量范围大、精度高的特点.

### 9. 期刊论文 王武, 汤三, 张元敏 基于神经网络的高速铣削表面粗糙度预报 -机械设计与制造2010, ""(3)

提出利用神经网络进行高速铣削表面粗糙度预报的方法,给出了具体的网络实现过程.应用灵敏度剪枝算法克服了网络隐层难以确定的问题,仿真结果表明该方法的有效性,对高速加工切削参数的选择和表面质量控制具有指导意义.

### 10. 期刊论文 王毅, 陈荣, 陈光辉, 谢树森, Wang Yi, Chen Rong, Cheng Guanghui, Xie Shusen 基于神经网络的反射式表面粗糙度光纤传感器 -光子学报2000, 29(6)

本文提出了一种新型表面粗糙度光纤传感器,阐述了它的结构、工作原理,给出了测试结果.利用神经网络很强的输入-输出映射能力,将实验数据交给神经网络处理,减小了测量误差,提高了测量精度,扩大了测量范围.本系统能准确地识别Ra分别为0.012 μm, 0.025 μm, 0.5 μm, 0.1 μm的被测表面.

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zzyzdh200904021.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zzyzdh200904021.aspx)

下载时间: 2010年5月27日