

# 数控车床加工过程中的刀具声发射试验研究

常军然<sup>1,2</sup>, 付群峰<sup>1</sup>, 姜志宏<sup>2</sup>

(1.江西理工大学 应用科学学院,江西 赣州 341000;2.江西理工大学 机电工程学院,江西 赣州 341000)

**摘要:**利用 SWAES 声发射检测仪提取数控加工过程中金属切削声发射信号,对信号进行频谱分析,找出主要频段,并利用金属切削过程中的声发射模型及试验数据,对影响声发射信号的因素进行分析,指出进给速度和主轴转速对声发射信号影响较大。

**关键词:**数控车床; 金属切削; 声发射

中图分类号: TG519.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-2333(2007)01-0118-02

## Experimental on Acoustic Emission of Cutting Tools in the Process of NC Machining

CHANG Jun-ran, FU Qun-feng, JIANG Zhi-hong

(Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

**Abstract:** Acoustic emission (AE) signals of cutting tools in numerical control (NC) machining process is extracted with SWAES, and the main frequency band of AE signals of cutting tools is gained after analyzing the spectrum of AE signals. Then, influencing factors to AE signals are analyzed with AE model and testing data, the results show that feed speed and spindle speed have a strong effect to AE signals of cutting tools.

**Key words:** NC lathe; metal cutting; acoustic emission

### 1 引言

在数控车床加工过程中,由于刀具与工件间的冲击和摩擦会产生丰富的声发射信号,金属切削过程中主要的声发射源包括:(a)工件材料的塑性变形;(b)工件材料的开裂;(c)工件材料、刀具、砂轮、切屑等之间的摩擦;(d)工件的折断和部件的撞击;(e)刀具、砂轮的开裂、钝化、崩刃和断裂<sup>[1,2]</sup>。这些声发射信号具有不同的时域和频域特征,通过对切削加工过程中不同因素水平下的声发射信号进行分析,讨论切削加工过程中声发射信号影响因素。

### 2 试验方案设计

#### 2.1 试验装置及参数设置

试验系统如图 1。试验在 CJK6032A 数控车床上进行,工件材料为 45 钢,刀具材料为 YT14。声发射采集系统是广州声华科技有限公司产的 SWAES 全波形多通道声发射检测仪,测试时声发射传感器通过耦合剂粘贴在刀杆尾部。由传感器检测到的信号经前置放大器放大后送

到检测仪中进行处理、鉴别。试验中采用实时处理,整个系统在计算机的控制下进行数据采集、数据保存,并且

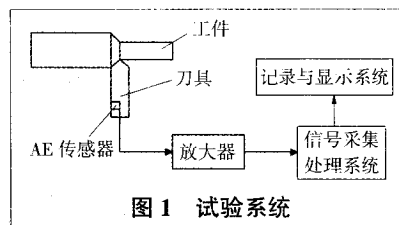


图 1 试验系统

可以实时绘制事件计数、振铃计数、能量计数、上升时间、到达时间等任意两者之间的图形。采集参数为:幅度,能量,振铃计数,上升时间,持续时间,有效值电压(RMS),平均信号电平(ASL),到达时间;传感器为 SR15 型,共振频率 150Hz,灵敏度大于 65dB;相关图设定为振铃计数和到达时间的图表。

因素水平表

主轴转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	进给速度/ $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	切削量/ $\text{mm}$
190	5	0.5
460	15	1
755	35	1.5
1255	50	2

对式编码器的测量范围常为  $0^\circ \sim 360^\circ$ 。

### 3 结语

本次设计的十字龙门式装配机器人为 4 自由度的装配机器人,除了 X、Y、Z 方向上的运动外,还有机械手爪的运动,但由于机器人的装配作业的不同,所需的机械手也不同,故本次设计中机械手爪部分只留出安装机械手所需的空间,不对其进行选择。

[参考文献]

[1] 熊有伦.机器人技术基础[M].武汉:华中理工大学出版社,1997:57-60.

[2] 纪名刚,濮良贵.机械设计(第七版)[M].北京:高等教育出版社,2000:96,140-268.

[3] 邓星钟,朱承高.机电传动控制[M].武汉:华中科技大学出版社,2001:5-10,90-112,349-360.

[4] 郑文纬,赵文刚.机械原理(第七版)[M].北京:高等教育出版社,2000:56-70.

(编辑 昊 天)

作者简介:张君(1967-),男,硕士研究生,工程师,主要研究方向为机器人自动控制。

收稿日期:2006-08-17

2.2 试验方案设计

由于金属切削过程中声发射信号与切削速度、切削量、主轴转速等切削参数有关<sup>[3]</sup>。综合 CJK6032A 数控车床的加工能力,本文设计了在不同因素水平下进行试验,加工条件见上表。

3 试验过程中的声发射信号

图 2 为在主轴转速为 460r/min, 进给速度为 5mm/s,

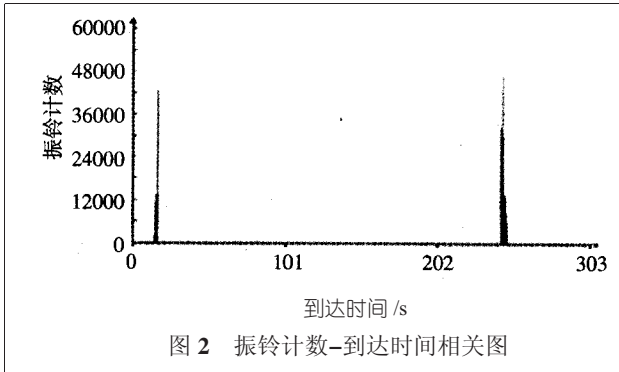


图 2 振铃计数-到达时间相关图

切削量为 1mm 时的声发射信号。在此相关图中可以发现振铃计数在加工开始和结束时远远大于稳定加工过程中的值,从对应声发射信号的能量计数中也可发现,冲击能量是稳定加工过程中的几百倍。这是由于数控加工过程的进刀与退刀时均存在冲击,谱分量表征信号的来源和特征。为了进一步说明问题,通过应用快速傅立叶变换(FFT),对采集的声发射信号进行频谱分析。图 3 为利用 FFT 对实测的 4 组刀具声发射信号的频谱分析。这一结果说明在数控车床加工过程中存在振动,这种振动会缩短刀具寿命、降低加工精度、增大表面粗糙度、降低生产效率。从图 3 中可发现在不同的加工参数下振动频率变

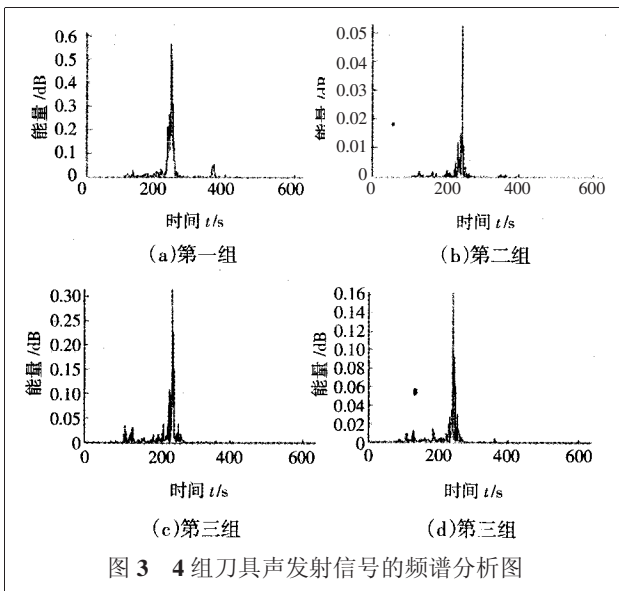


图 3 4 组刀具声发射信号的频谱分析图

化不大,主要集中在 200~300Hz 之间。这是因为车削振动是不随车削速度变化而变化的自激振动(即颤振现象)<sup>[4]</sup>。可以分析其主要频段,采用相应措施减轻振动或增加调振装置改变自振频率使振动变为有利于振动切削的有关频率。

4 实验结果及分析

金属切削过程中的声发射模型为<sup>[3]</sup>:

$$RMS=C_3 \left[ t_k b_1 U \left[ \frac{\cos \gamma}{\sin \phi \cos(\phi-\gamma)} t_1 + \frac{1}{3} (L+2U) \frac{\sin \phi}{\cos(\phi-\gamma)} \right] \right]$$

式中: $C_3$  为比例常数, $RMS$  为声发射包络信号强度均方根值, $U$  为切削速度, $t_1$  为切削厚度, $b_1$  为切削宽度, $\phi$  为剪切角, $\gamma$  为刀具前角。

从模型中可以看出,金属切削过程中的声发射信号与切削速度、切削宽度、切削厚度及刀具角度等参数有关,但它们不是简单的线性关系。针对试验方案中给出的数据,对不同加工条件(主轴转速、进给速度、切削量)下的声发射信号强度进行分析对比。结果如图 4 所示,

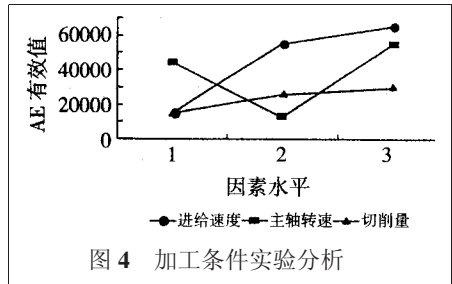


图 4 加工条件实验分析

试验因素极差的大小反映了该因素对试验指标的影响。各因素极差值如下:进给速度: $R=42000$ ;主轴转速: $R=53000$ ;切削量: $R=15000$ 。这说明进给速度和主轴转速对声发射信号影响较大,而切削量因素的影响相对薄弱。实验结果验证了上述模型,并进一步给出了各因素对声发射信号的影响强度。

[参考文献]

- [1] 陈新全.金属切削过程中的声发射现象及其研究的意义[J].长沙电力学院学报,2001,16(1):75-76.
- [2] 穆雷.声发射(AE)技术及其特征参数在机械工程领域的研究应用[J].精密制造与自动化,2005(3):21-23.
- [3] 唐英.金属切削过程声发射机理[J].北京科技大学学报,1995,17(5):339-443.
- [4] 杨尧.金属切削加工中的振动分析及控制途径[J].工具技术,2004,38(3):26-28. (编辑 立明)

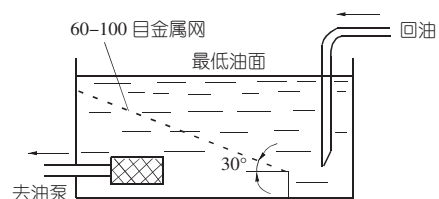
作者简介:常军然(1979-),女,助教,在读研究生,主要研究方向为机械设计理论和机械教学改革。

收稿日期:2006-08-21

小知识 Experience & Method

加倾斜网的油箱

这是一种具有倾斜网去除气泡装置的油箱。这种油箱分离气泡效果很好。试验证明,采用 60~100 目的金属网,按照 30° 倾斜角安装效果极佳,它能去除 90% 混入液压油中的气泡。



# 数控车床加工过程中的刀具声发射试验研究

作者: [常军然](#), [付群峰](#), [姜志宏](#), [CHANG Jun-ran](#), [FU Qun-feng](#), [JIANG Zhi-hong](#)  
 作者单位: [常军然, CHANG Jun-ran \(江西理工大学, 应用科学学院, 江西, 赣州, 341000; 江西理工大学, 机电工程学院, 江西, 赣州, 341000\)](#), [付群峰, FU Qun-feng \(江西理工大学, 应用科学学院, 江西, 赣州, 341000\)](#), [姜志宏, JIANG Zhi-hong \(江西理工大学, 机电工程学院, 江西, 赣州, 341000\)](#)

刊名: [机械工程师](#)  
 英文刊名: [MECHANICAL ENGINEER](#)  
 年, 卷(期): 2007, ""(1)  
 引用次数: 0次

## 参考文献(4条)

1. [陈新全](#) 金属切削过程中的声发射现象及其研究的意义[期刊论文]-长沙电力学院学报(自然科学版) 2001(01)
2. [穆雷](#) 声发射(AE)技术及其特征参数在机械工程领域的研究应用[期刊论文]-精密制造与自动化 2005(03)
3. [唐英](#) 金属切削过程声发射机理 1995(05)
4. [杨尧](#) 金属切削加工中的振动分析及控制途径[期刊论文]-工具技术 2004(03)

## 相似文献(8条)

1. 期刊论文 [姜志宏](#), [常军然](#), [JIANG Zhihong](#), [CHANG Junran](#) CK6142数控车床经济切削状态下零件尺寸精度试验研究 -[新技术新工艺](#) 2007, ""(9)  
 叙述了利用金属切削试验寻求数控机床经济切削参数的研究. 进行金属切削试验的机床是CK6142数控车床, 切削试验通过切削速度、进给量、切深的变化对数控机床所加工零件尺寸精度的影响程度进行了分析与研究.
2. 期刊论文 [姜志宏](#), [张晓莉](#), [JIANG Zhi-hong](#), [ZHANG Xiao-li](#) CK6142数控车床经济切削状态下零件圆度圆柱度加工精度实验研究 -[机械设计](#)与制造2008, ""(3)  
 利用CK6142数控车床进行金属切削实验, 对数控机床所加工零件的圆度、圆柱度加工误差进行分析, 寻求数控机床的经济切削参数.
3. 会议论文 [李四宝](#) [经济型数控车床在电机转轴加工中的应用](#) 1990
4. 会议论文 [王安民](#), [谢瑛](#) [电流变液技术在金属切削机床中的应用—电流变液减振数控车床](#) 1999  
 该文以数控车床为例, 利用机床动力学原理对机床的动态特性进行了分析, 得出其共振系统主要轴组件. 在主轴上设置电流变液阻尼器, 并采用振幅实时控制, 可提高机床的抗振性能.
5. 会议论文 [张士杰](#), [宋国宁](#), [李立](#) [NCAPES系统的设计与实现](#) 1990  
 该文简要地介绍了NCAPES数控自动编程专家系统的设计与实现. 文中包括: 专家系统的知识表示与知识获取; 基于多层次黑板结构的多知识源(KS)协同求解; 前向推理求解策略和相应的解释功能; 由于在知识的处理上采用编码技术, 推理求解策略中使用启发信息和“剪枝”技术, 提高了系统的时空效率, 系统能自动规划切削路径, 输出供数控机床使用的NC代码, 并在显示屏上进行图形显示和切削仿真. 目前原型系统已经在IBM-PC和Sun3工作台上利用FORTRAN语言实现. (本刊录)
6. 期刊论文 [师鸿飞](#), [邹翠波](#), [张彩虹](#) [我国数控车床的现状和发展趋势 -CAD/CAM与制造业信息化](#)2004, ""(6)  
 数控机床是集机械、电气、液压、气动、微电子和信息等多项技术为一体的机电一体化产品. 是机械制造设备中具有高精度、高效率、高自动化和高柔性化等优点的工作母机. 数控机床的技术水平高低及其在金属切削加工机床产量和总拥有量的百分比是衡量一个国家国民经济发展和工业制造整体水平的重要标志之一. 数控车床是数控机床的主要品种之一, 它在数控机床中占有非常重要的位置, 几十年来一直受到世界各国的普遍重视并得到了迅速的发展.
7. 期刊论文 [台达电子有限责任公司](#) [变频器在车床主轴控制系统中的应用 -数控机床市场](#)2006, ""(6)  
 数控机床的技术水平高低及其在金属切削加工机床产量和总拥有量的百分比, 是衡量一个国家国民经济发展和工业制造整体水平的重要标志之一. 数控车床是数控机床的主要品种之一, 它在数控机床中占有非常重要的位置, 几十年来一直受到世界各国的普遍重视, 并得到了迅速的发展. 主轴是车床构成中一个重要的部分, 对于提高加工效率, 扩大加工材料范围, 提升加工质量有着重要的作用.
8. 学位论文 [张燕敏](#) [淬火钢高速车削过程动态特性及加工参数研究](#) 2006  
 淬火钢是典型的耐磨和难加工材料, 采用陶瓷刀具实施高速硬车削工艺可改变传统切削—淬硬—磨削制造工序, 能有效地提高工件的疲劳强度及生产率、降低能量消耗. 陶瓷刀具高速切削淬火钢的切削力、切削温度及切屑等切削过程特征信息的变化规律是衡量陶瓷刀具高速切削稳定性、提高加工效率及加工表面质量的重要依据. 探明陶瓷刀具切削过程变化规律有助于选择机床、刀具、切削参数, 消除切削过程的振动、优化陶瓷刀具结构及监控高速硬车削过程等. 本文在实验的基础上对高速硬车削过程进行了研究, 针对高速车削淬火钢Cr12的特点, 建立了动态切削力数学模型及表面微观形貌数学模型.  
 采用北京清华紫光方大高技术陶瓷有限公司生产的新型复合Al2O3%瓷刀片FD22及北京科技大学研制的Al2O3基陶瓷刀片ST在CJKI640数控车床上对淬火钢Cr12进行了一系列高速切削实验.  
 实验结果表明径向切削力最大, 其次是主切削力和轴向切削力; 切削力随切削深度、进给量的增大几乎呈线性增大; 采用三组稳态切削试验法, 建立了动态切削力数学模型; 刀具主、副偏角对各切削分力的分配影响很大, 因此其对切削过程稳定性的影响很大. 高速硬车削的切削力随切削速度的变化和工件硬度的变化规律有别于普通的切削理论, 研究其影响因素及其变化规律可为陶瓷刀具结构和刃口的制备、切削参数的选择、切削过程控制提供理论依据, 对于指导生产实践有着重要的参考价值.  
 通过切屑信息研究了切削参数、刀具几何参数及工件材料对切削温度、切屑形态的影响, 发现对切屑形态及切削温度影响最大的是工件硬度, 其次是刀尖圆弧半径, 最后是切削速度、进给量; 通过对切削力信号的小波分解, 初步证实了切屑形态及形成与动态切削力有内在联系.  
 通过对已加工表面粗糙度及表面二维微观形貌的测量, 结合对切削过程各影响因素的分析得出刀具与工件之间的相对振动对表面粗糙度影响最大, 其次是进给量, 刀尖圆弧半径, 工件材料特性; 依据金属切削理论及机床运动学, 建立了表面微观形貌数学模型, 并结合试验验证了模型的有效性.

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jxgs200701052.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jxgs200701052.aspx)

下载时间: 2010年5月31日