

数控机床刀具阻尼性能测试解决方案

度纬科技 Application Notes-034-V1.0

<http://www.doewe.com>

1. 应用场景

在现代制造业中，数控机床作为精密加工设备，其加工效率和精度对产品质量至关重要。刀具作为数控机床的关键部件，其质量直接影响加工效率和工件表面质量。传统刀具质量评估方法通常依赖于人工检测和加工实验，不仅耗时费力，而且难以保证评估的一致性和准确性。特别是在高精度和高效加工领域，对刀具质量的要求日益严格，因此，有一种快速、准确的刀具质量评估方法显得尤为重要。

本测试方案旨在利用振动分析技术，结合高精度数采设备，实现对数控机床刀具质量的快速评估。该方法通过监测刀具在敲击激励下的振动响应，利用振动信号的特征参数来评估刀具的阻尼效果，进而判断其质量优劣。



图 1 数控机床刀具展示图

2. 测试方法的介绍

2.1 测试原理

刀具在受到外力激励时，会产生振动。振动信号中包含了刀具材料、结构设计和制造工艺等方面的信息。阻尼性能是衡量刀具质量的重要指标之一，良好的阻尼效果意味着刀具在受到外力作用时，能够更快地吸收并衰减振动能量，从而保持加工过程的稳定性和精度。我们则可以利用这一特点，根据不同阻尼效果的刀具振动时长不同，来实现快速准确辨别刀具质量的好坏。测试框图如下图所示：

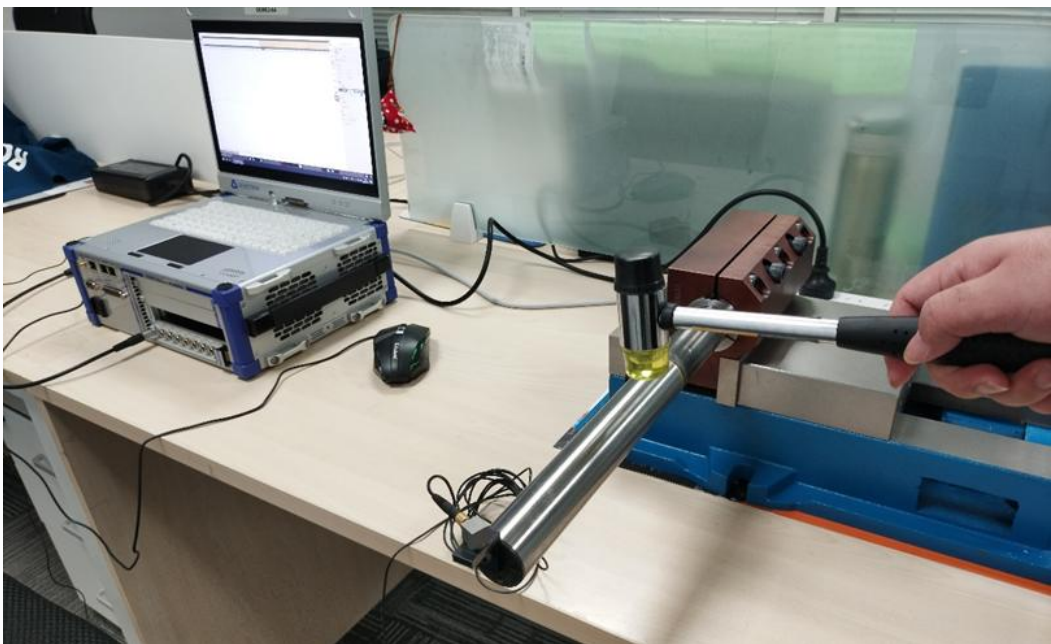
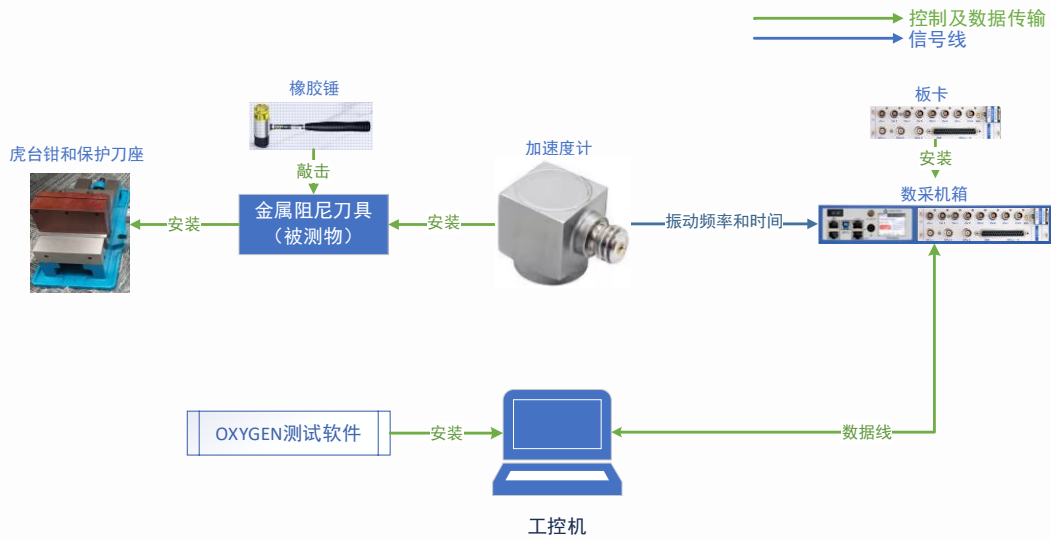


图 3 刀具阻尼测试实物图

2.2 测试步骤

1. 准备阶段：

- 先按照上述框图将设备进行连接，搭建好测试环境。
- 选择待测刀具，确保其表面干净无油污。
- 将振动传感器（加速度传感器）安装在刀具上，确保传感器与刀具紧密贴合且不会因振动而分开。
- 利用刀座和虎钳将刀具固定，确保测试过程中刀具不会发生位移或松动。

2. 激励阶段：

- 使用敲击锤或其他非破坏性激励方式，对刀具进行敲击，使其产生振动。
- 敲击应快速且力度适中，确保每次敲击产生的振动信号具有可重复性。

3. 数据采集阶段：

- 启动数采设备，开始采集刀具振动信号。
- 记录振动信号的时间历程数据，包括振动的幅度、频率以及衰减速度等关键参数。

4. 数据分析阶段：

- 利用数据分析软件，对采集到的振动信号进行预处理，得到被测刀具的振动波形图。

- 根据振动波形图上的波形衰减情况，评估刀具的阻尼效果，进而判断其质量优劣。



图 4 刀具固定方式展示图

2.3 评估标准

根据振动信号中振动衰减的时间长短来判断刀具的阻尼效果。阻尼效果越好，振动衰减越快，说明刀具质量越好。具体评估标准可根据实际需求进行设定，如设定振动衰减至某一阈值所需的时间作为判断依据。还可以先通过加工实验等方式找到阻尼效果良好的刀具测出振动时长，作为参考标准，用其他被测刀具的振动时长与之作比较，来判断得出被测刀具的质量好坏，这组对照实验的前提要保证被测物刀具与标准刀具的规格大小保持一致。

3. 测试结果 (以 32mm 直径阻尼刀具测试为例)

为了更好的展现刀具的测试结果，增加本测试方案的可靠性，我们采用对照实验的方式对一组刀具进行振动测试；先通过加工实验来找到一组同规格，但不同阻

尼效果的刀具（一个阻尼效果良好，一个阻尼效果较差）。将两种刀具固定好后，选择两种刀具的相同位置作为敲击点，控制其他变量保持一致，多次敲击刀具并采集下多组数据，多次重复采集过程是为了保证实验结果的可靠性和一致性。再将测试结果通过设备软件用波形图的方式进行展现，能够更直观的分析两种刀具振动结果的差异性。下面是两个刀具测试结果的波形图以及其分析的过程。

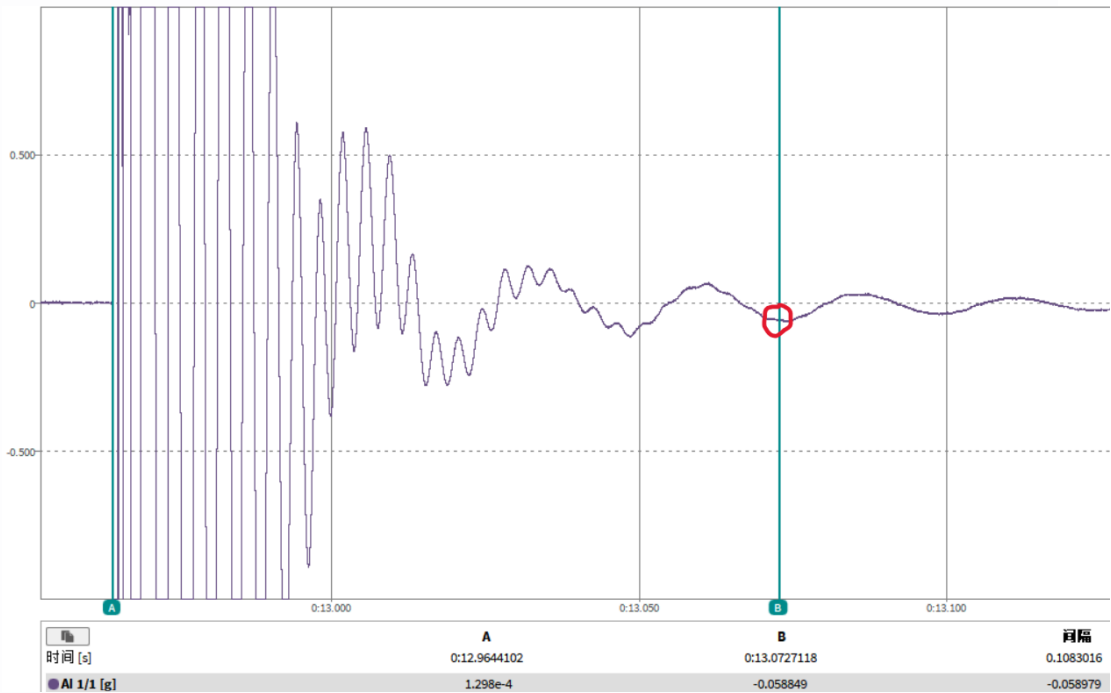


图 5 阻尼特性较差的刀具的振动波形图

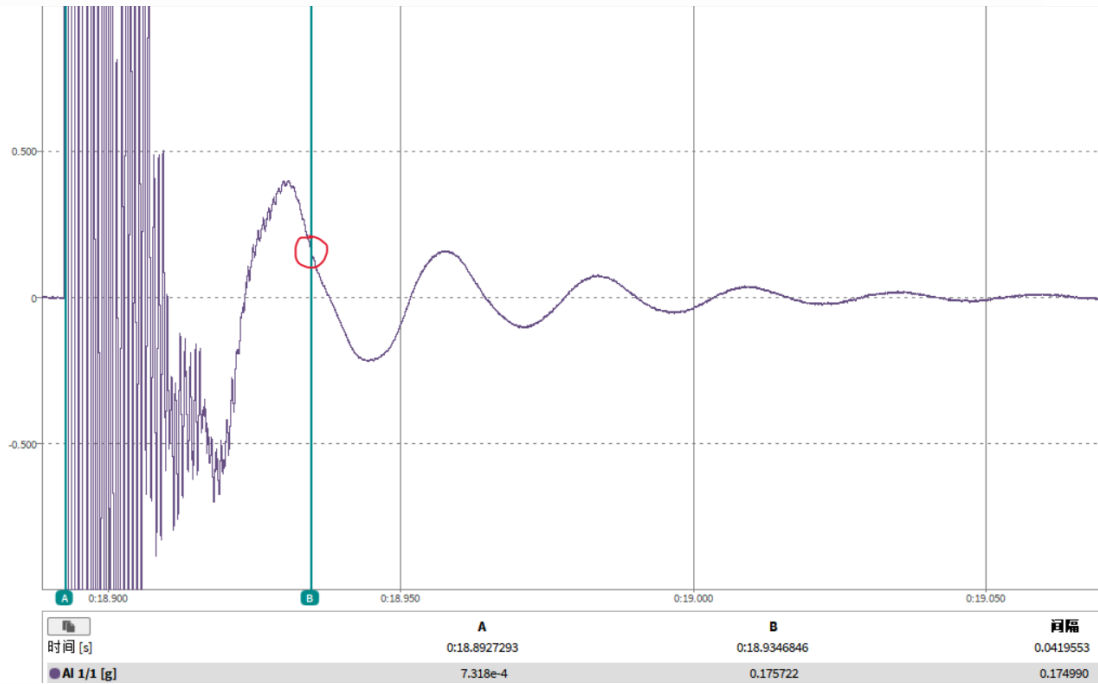


图 6 阻尼特性良好的刀具的振动波形图

- i. **图片分析:** 从两张图片中可以看出, 我们在相同条件下进行了对比, 选取的时间间隔均为约 100ms, 波形幅度值均为 $\pm 1g$, 以保证完全相同的测试环境。红圈标记的位置代表了高频振动分量消失的时刻。尽管两个减振棒在该位置均达到了高频振动的消失状态, 但阻尼特性差的减振棒所需的衰减时间显著长于阻尼特性好的减振棒, 这表明其对高频振动的抑制能力较弱, 而阻尼特性好的减振棒在更短时间内能够消除高频成分并恢复平稳状态, 从而表现出更优异的减震效果。
- ii. **高频振动分量:** 从上述波形图可以看出, 高频振动分量表现为快速变化的波形, 而低频分量则表现为变化速度较为缓慢的波形, 画圈位置是高频振动分量完全消失的时刻。在测试一开始时, 高频振动分量的幅度非常大, 远远超过低频分量。这是因为高频分量主要来源于敲击刀具所引发的瞬时冲击振动, 而低频分量则由测试平台的自然振动所引起, 不属于本次测试所需关注的部

分。因此，我们只关心高频振动的衰减情况，以评估刀具的减震性能。

- iii. **数据表：**通过表格形式将测试数据的结果进行记录和分析，通过这些数据可以更直观地观察不同刀具的减震性能差异。

表 1 测试结果数据表

组别	阻尼效果	位置	振动消失时间 (ms)	波形最大幅度值 (g)	敲击力度
第 1 组	较差	靠近传感器	105	上 42.6 下 -70	用力
第 1 组	较差	靠近传感器	108	上 13, 下 -17	轻敲
第 2 组	良好	靠近传感器	38	上 20 下 -20	轻敲
第 2 组	良好	靠近传感器	39	上 88 下 -88	用力

- iv. **总结：**通过对高频振动分量消失时间、波形峰峰值以及振动波形特征的对比分析，可以有效区分阻尼性能好的刀具和差的刀具：阻尼性能好的刀具具有更短的高频振动分量消失时间以及更加平滑的低频振动波形，表现出优良的减震特性。阻尼性能差的刀具表现出更长的高频振动消失时间且波形不稳定，表明减震效果较差。这种基于高频振动分量消失时间以及波形特征的分析方法可以帮助准确地判断和区分刀具的减震效果。

4. 数采设备介绍



图 7 测试板卡模块展示图

4.1 设备概述

本测试方案采用的高精度数采设备，搭配了高灵敏度的振动传感器，数采设备由数据采集模块（功能板卡）、采集分析软件和控制主机组成。该设备具有高精度、高灵敏度、实时性强等特点，能够准确捕捉刀具振动信号，并进行实时处理和分析。



图 8 数采设备实物图

4.2 设备特点

- **高精度采集：**搭配高精度加速度传感器，能够准确捕捉刀具振动的高频成分，确保数据的真实性和完整性。
- **实时处理能力：**内置强大的信号处理算法，能够实时分析振动数据，提取关键特征参数，如振动波形、时间和衰减情况等。
- **用户友好界面：**提供直观的操作界面和数据分析工具，便于操作人员快速理解测试结果，做出判断。
- **扩展性与兼容性：**支持多种传感器接入，不同的传感器可搭配不同的信号采集模块，控制主机通过选择安装不同的采集模块，可以实现不同种类信号的数据采集工作，易于集成到现有的生产监控系统中，实现数据的无缝对接和深度分析。
- **数据存储与导出：**提供大容量数据存储功能，支持数据导出和分享，便于后续的数据分析和报告生成。

3.3 设备应用场景

- **环境适应性测试：**数采系统可以检测设备在极端温度和湿度条件下的测试，如热管理测试、机械和地震振动测试、电磁干扰抗扰性测试等，确保产品在严苛环境下的稳定性和可靠性，适用于多种环境适应性测试。
- **台架测试：**数采设备被广泛用于汽车和航空航天等领域的台架测试中，确保在苛刻条件下的重要部件的可靠性。数采系统可以与台架进行简单集成，通过多种接口（比如 CAN）进行数据传输和远程控制。
- **振动和噪声测试：**通过使用 IEPE 传感器和阶次分析功能，数采设备可以在旋转机械和结构测试中进行噪声和振动的阶次分析和模态测试。

- **高精度信号采集：**数采模块支持包括电压、电流、振动、噪声和热电多种信号类型的高精度采集，适用于科研、工业和国防等多种领域的精密测试。

综上所述，本测试方案利用振动分析技术和高精度数采设备，实现了对数控机床刀具质量的快速评估。该方法具有操作简便、评估准确、效率高等优点，适用于多种类型数控机床刀具的质量评估，为制造业的智能化、精细化生产提供了一种有效的解决方案。

北京度纬科技有限公司（Doewe Technologies）拥有自主品牌“度纬仪器”（Doewe），专注于电子测试测量仪器/测试系统的研发、生产和销售。经过多年发展，公司业务范围涵盖多个领域，分别成立广电/音视频事业部、交通事业部、高校研究所事业部和消费电子事业部几个业务方向。我司不懈追求测试测量技术创新，致力于技术开发、应用软件服务和测试测量解决方案研究。为此，我司在北京成立了“度纬技术中心”，在青岛成立了“青岛技术服务中心”。依托北京总部及相关技术中心，公司逐步建立遍布全国的服务和营销网络，包括东北办事处、华东办事处、西南办事处和华南办事处，可以为您提供及时的售前和售后服务。

联系电话： 010-64327909

网站： <https://www.doewe.com>

邮箱： info@doewe.com

地址： 北京市丰台区南三环西路 16 号搜宝商务中心二号楼 1821 室