



# Machine Tool FFT Ver. 4 Analyzer

专门为机床设备的振动测定而开发的FFT分析仪，目的在于使行业内的任何人都能轻松应用。无需繁琐的设定操作，购买后可立即投入使用。

精巧的A4大小FFT主机和PC，与传感器和击振锤一同供货，并全部装入易于携带的便携包里。可以随时轻松带到设备现场、办公室以及出差携带。

本分析仪，尽管网罗所有机加现场所必需的实用性测定和解析功能，仅以推广价格予以供货，以满足更多业界人士的使用需求。

## 专门为机床设备的振动测定而开发的『机床刀具FFT分析仪』

FFT分析仪对设备的振动测定和分析非常有效，这一点已被大家所公认。

当发生影响加工精度的振动和颤振时，需要调查因果关系并进行分析，这时FFT分析仪的威力不可估量，希望如同医院的医生所使用的听诊器一样，能成为排除故障的有力工具，能够轻松自如地予以应用。

但是，FFT分析仪本属电气电子领域发展起来的测量仪器，对机床设备领域的技术人员来讲，使用和分析方法难度大，应用普及受到影响。

因此，基于自身利用FFT分析仪进行故障排除的经验，经反复开发，终于制造出机床设备领域的任何人都可轻松使用的FFT分析仪产品。

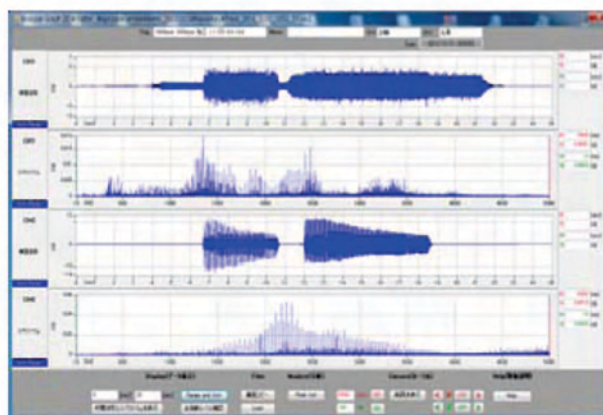
本机床刀具FFT分析仪，顾名思义，以用于机床设备为目的而开发，不但具备机械加工中的振动测量和解析所必要的所有功能，还以业界工程技术人员和操作人员容易设置和容易使用为前提，其实用性大大提高。

测量仪器的主机以外，标准配备了测量所需传感器和击振锤等附件，并以一整套完整的配置予以供货。[请参考右上图片1]

考虑到主要用于机床设备所在的现场或出差携带，主机设计成A4大小，大大提高了便携性，并装入便携包予以供货。



图1



2 CH 输入测定的加工振动表示画面

图2

## 机床刀具FFT分析仪带来振动的『可视化』

伴随加工所发生的振动，混杂着各种频率的振动。据说，熟练的技术人员可以通过手摸振动部位，或者耳听声音，手和耳朵如同传感器，凭经验和感觉大概了解振动的情况。但是，仅限于年长的熟练工，需要经验的积累。

另一方面，有一种叫振动计的仪器可以显示振动大小，尽管可按时间轴表示振动强弱的波形，但靠波形只能知道振动大小。

想要正确分析加工振动，FFT分析仪必不可少。FFT分析仪，是将振动波形按时间轴和频域予以表示的测量分析仪器，可以一目了然地了解是什么频率的振动，以及其振动的大小。

例如，在加工振动时，这是切削刀具在工作时（敲击）切削的声音[ $TPF = \text{RPM} + 60 \times \text{刃数}$ ]，还是发生在切削切屑的高频音，或者是其他的东西，就可以通过FFT分析仪来进行分析。

因此，在故障排除等领域，本设备的数据，可以着手找出其振动的根源以及与加工的因果关系。



工件由固有振动频率引起的颤振表面

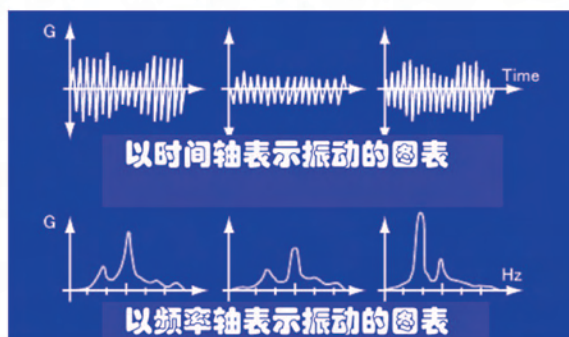
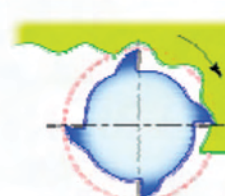


图3



TPF切削振动

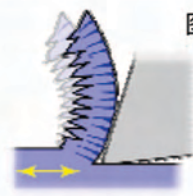


图4 高频率切削振动

## 最实用的三种测定模式 『机械振动・固有振动特性・摇动振动』和简单的操作

与颤振的关系： 比如加工中出现颤振。如右图所示，颤振纹呈流线型，属于再生颤振。我们考虑用改变主轴转速的方法来抑制颤振。但是，事与愿违，即便改变主轴转速也不见好转。 这种情况下，只要知道主轴刀具系的固有振动频率，即可推算出最佳主轴转速。

再生颤振是因固有振动频率引起，所以用FFT分析仪测定固有振动频率，并将其用于安全区域法计算出最佳主轴转速，然后用其转速进行试切削即可，排除故障变得非常简单方便。

与波纹状的关系： 比如加工表面出现低频波纹状痕迹。一般来讲，低频波纹由两种不同频率相互影响所出现的情况居多。这种情况下，有必要分析哪两种频率所致，或者分析振动来自何方。这时，可以用FFT分析仪的振动测定功能进行分析，可以得到明确结论。

与圆度的关系： 比如加工工件的圆度不好，这就需要分析正常加工负荷下，工件和夹具之间，以及设备立柱和主轴之间是否出现摇动振动。 这时可以利用FFT分析仪的摇动振动测定功能进行分析，并可进一步了解与振动相位的关系。

测定「加工中的机械振动」・「设备和刀具的固有振动」・「加工中设备出现摇动现象的摇动振动」等都是最基本的要求，本FFT分析仪具备了所有上述功能。

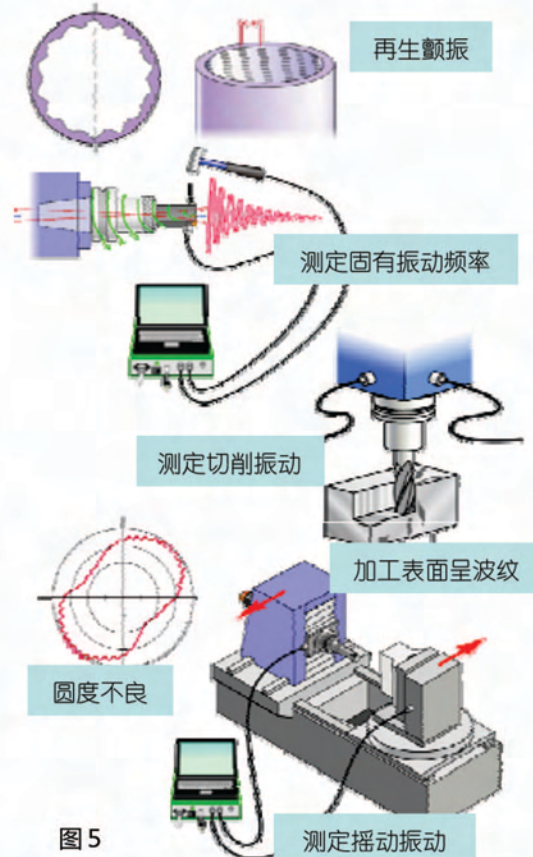


图5

## 凭直觉按显示指引选择操作成为可能

以上测定，有必要进行不同的设置。本FFT分析仪具备适合测定的设定模式，只需从菜单画面点击选择按钮就可直接进入该测定界面。

以任何人都可以轻松使用为目的而开发，在主菜单画面显示所有菜单一览。只需在主菜单一览中选择点击即可进行测定。[请参考右侧主菜单画面]

用鼠标指向测定功能的选择按钮时，画面的右半部分显示测定模式有关说明画面。

通过阅读说明向导，可以了解其测定功能的概要和测定步骤，所以无需一一查阅使用说明书就可直观地了解测定内容。

例如，选择「2面动平衡」按键时，呈现如右图的说明画面，可以事先确认测定内容。再看着说明书进行确认，之后按照画面的操作说明进行测定。



图6



图7

## 振动测定功能

为了分析影响加工的振动，需要弄清什么频率的振动以多大的振幅发生振动。

振动的测定采用加速度传感器，将所采集的振动数据，以时间域上的振幅波形和频域上的频谱予以显示。  
测量模式：1CH振动输入和2CH输入两种。

影响加工精度的主轴系的固有振动频率大体在 300Hz 到 800Hz 左右。立柱系固有振动频率大体在 60Hz 左右。刀具的固有振动频率，与其形状也有关系，大多在 500Hz 到 2000Hz 之间。还有，主轴转速为 3 万转 [RPM] 时，其旋转周期为 2msec，也就是 500Hz，而主轴转速为 3000 转时为 50Hz。

也就是说，影响加工精度的振动频率大多是 2000Hz 以下的低频振动，所以在此领域内进行测量和数据分析非常重要。

本公司 FFT 分析仪产品，将重点放在捕捉影响加工精度的低频部分，所以初期所设定的测定最高频率为 2500Hz。

如需测定更高频率范围时，可以更改测定频率范围，可测定最高 10000Hz 范围内的振动情况。

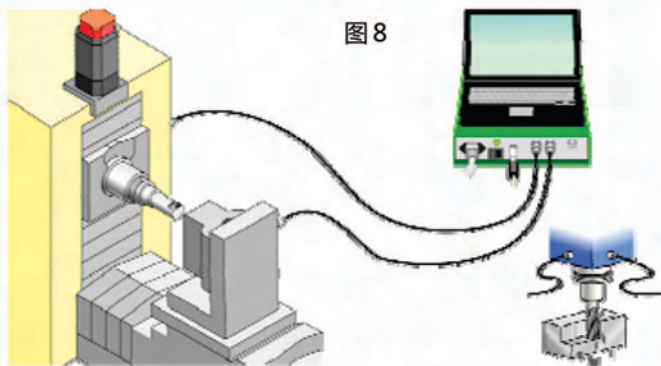
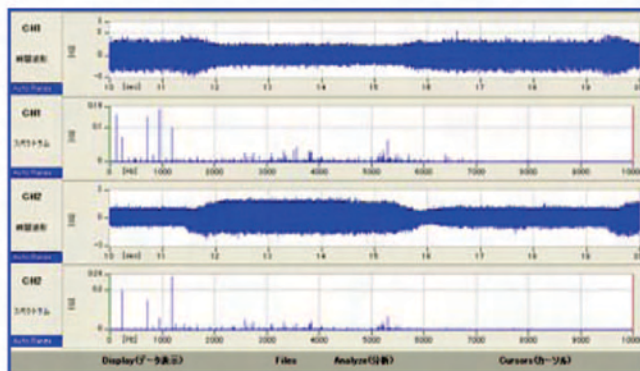


图 8

使用两个传感器的2个通道振动测定



2 CH 振动测定画面，各通道上段是时域波形，其下段显示频谱波形。

图 9

## 固有振动频率测定功能

机械加工领域的振动，很大程度上反映设备本身的固有振动特性。提高与振动有关的加工精度，或者与颤振等有关故障排除领域，事先了解固有振动频率非常重要。

测定固有振动频率时，用击振锤向测定对象物输入击振力，并用加速度传感器捕捉其所具有的固有振动并予以输出，用输出和输入比作为传递函数表示出来。

有必要说明一点，质量大的机械构造物振动舒缓，质量小的刀片工具等振动较快，具有弹性特性的物体的输出/输入比较大，且振动的衰减所需时间也较长。

例如，着手再生颤振有关故障排除时，了解以什么样的振动频率产生颤振是第一重要，也就是[振动测定功能]。其次，寻找出与颤振振动频率相同固有振动频率的物体，也就是[固有振动频率测定功能]。

尤其是，分析与颤振密切相关的主轴系中的刀具和夹具工件的固有振动特性，是解决问题的捷径。

在测定方面，需要注意的是，测定固有振动频率时需要施加合适的击振力。本仪器，具备判断击振力大小是否恰当并以「叮咚」声通报的功能。

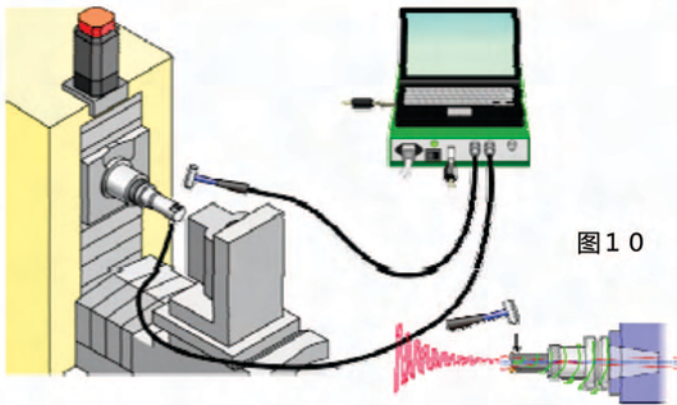


图 10

用击振锤予以击振，然后用传感器拾取振动输出

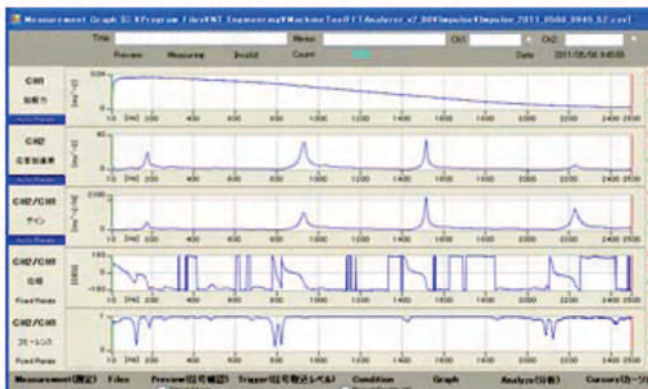


图 11

上图为固有振动频率的测定画面：①击振输入 ②振动输出 ③传递函数 ④相位 ⑤将相关性自上依次表示出来。

## 振动监控功能

本振动监控功能，是用来观察加工过程中振动变化情况的功能，可以连续实时采集加工过程的振动信息并予以记录[可以用2个传感器进行采集]。既有一边显示加工过程中的振动状态一边进行实时监视的功能，也有将记录好的振动数据进行分析的后处理功能，[最长纪录时间为5小时]。

既可以实时表示振动大小的 $G^2$ 整体能量画面，也可按频率大小表示频谱画面。各个画面上可任意设置监视用阈值，更能在频谱图上分段设置阈值。只要振动幅度超过其设定阈值就标注出来。...触发信号本身不具备向外输出功能。

将记录数据用后处理功能『Top-3频率变化图』和『超出阈值履历图』综合观察，可应用于优化加工程序和变更切削条件，作为将伴随切削产生的振动变化情况「可视化」，其功能非常便利。

### 用加工振动的总功率 $G^2$ 与频谱峰值等两个阈值进行监视

在长时间自动运行的加工领域，即使听见瞬间的颤振音，要查出来自何处非常困难。但是，只要在加工伊始开启监控功能，振动数据会与时间一同被记录下来，可以很方便地跟踪时间进行分析。并便于检索为了回避而需要变更的条件等信息。

可将2个传感器安装在不同位置[例如主轴和夹具]，也可以安装在不同方向，如X和Y方向，并分析振动特性的差异。[需注意一点：因传感器的安装位置不同，有可能出现信号强弱不同的结果。]



图 1.2

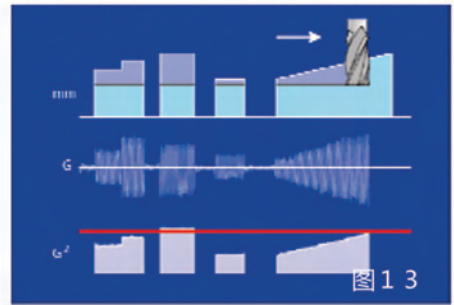
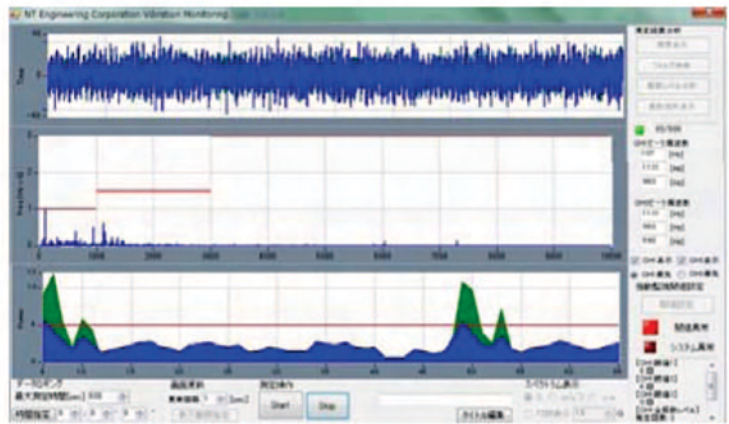


图 1.3

图 1.4



长时间测定随时间变化的振动情况，中间图=频率Hz 下图=功率 $G^2$

## 构成品振动特性的可视化

## 固有振动频率·动刚性·衰减比

测定对象物在动态下的易振动性[柔韧性和坚固性]，用依从性(Compliance) [ $\mu\text{m}/\text{N}(\text{Hz})$ ]或者动刚性 [ $\text{N}/\mu\text{m}(\text{Hz})$ ]来表示，对于某种振动频率，表现出何种强弱变化的特征。另外，相对于击振力容易衰减的程度，也就是[收敛时间]，使用衰减比概念。

动刚性和衰减比(衰减特性)不好的物体容易振动，这影响到颤振和加工精度。但是，动刚性和衰减比的演算非常繁琐。还有，本FFT分析仪所具备的便利功能，就是直接演算并显示峰值频率所对应的动刚性和衰减比。

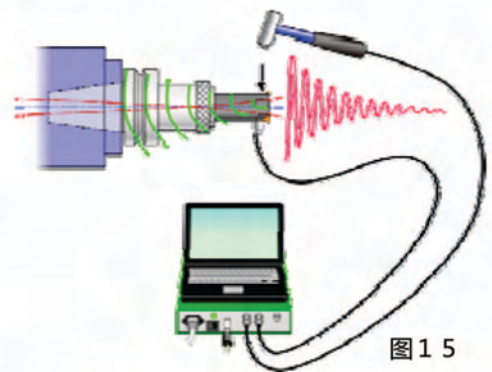


图 1.5

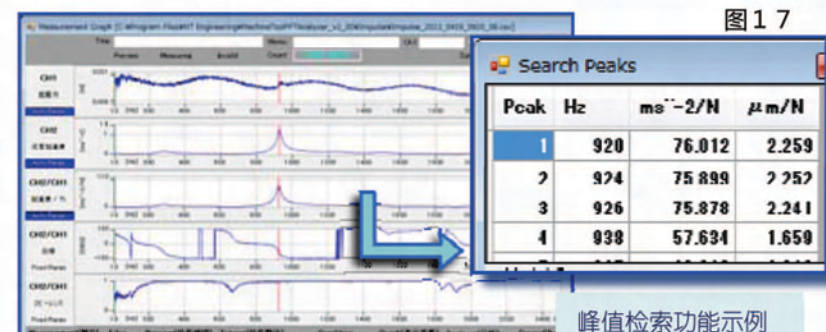
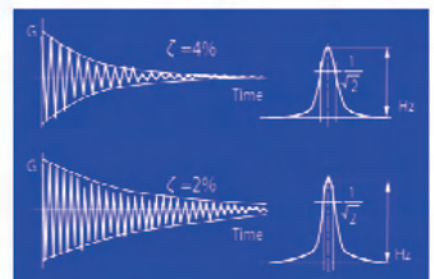


图 1.7

峰值检索功能示例



比较衰减特性的图

图 1.6

## 摇动振动测定功能

用2个传感器，可以测定加工时设备的立柱或者夹具等扭曲振动情况，也就是摇动振动的特征的功能。

设备的主要构成部分，均分别具有各自的固有振动特性。当改变切削主轴转速时，其振动振幅和相位关系也发生变化。

例如，假设设备的构成品产生扭曲振动，以其扭曲轴对称安装2个传感器（参考右下图），边变换主轴转速边测定振动数据。只要查看2个位置之间的振幅和相位关系，就可判断扭曲振动的具体情况，可将此结果反馈到加工条件中。

例如，采用重而长的刀具进行精密加工的情况下，分析主轴端X方向和Y方向的转数比的振动特性，以及轴线上的振动情况，就可选择合适的转数等方法来选择最佳参数。

还有，如怀疑因摇动振动导致圆度超差时，只要分析主轴和夹具的转数比对振幅相位的关系，可以寻找出各自合适的主轴转数区域。

大家也知道，转数不同引起振动振幅发生变化的事实，往往不太关注相位变化情况。例如，解决圆度超差问题时，分析主轴一侧和夹具一侧的相位之间的关系如何，是同一相位还是相反相位，等等信息非常重要，这时摇动振动测定功能非常有效。

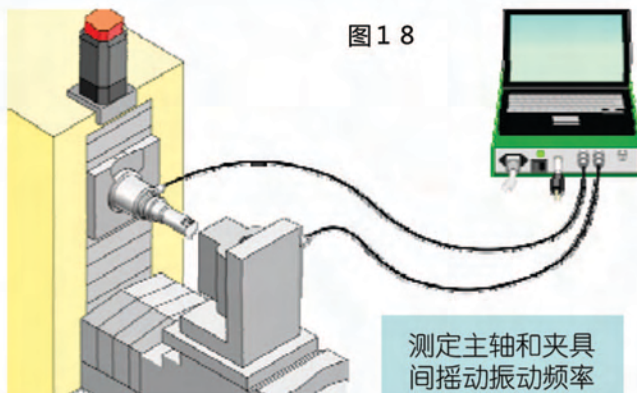


图 18

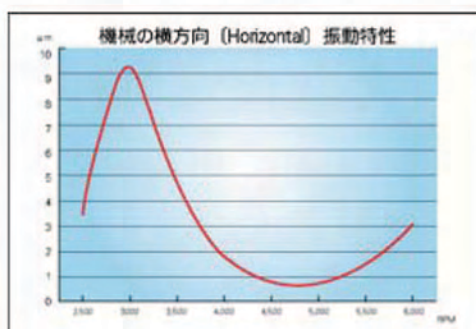
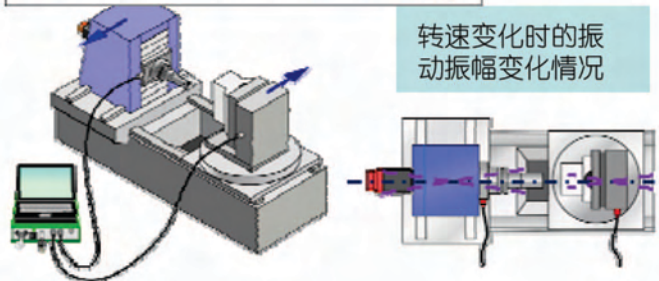


图 19



转速变化时的振动振幅变化情况

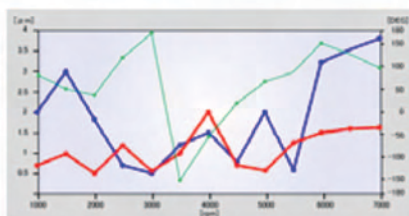
## 功能解析 RPM追踪功能

作为摇动振动测定方面的便利功能，具备了RPM追踪功能。这是在2个测定点上，分别测定不同主轴转数时的振幅和相位信息并进行比较的功能。例如，在主轴和夹具2点上测定振幅的大小和相位信息，并按主轴转数顺序表示在图表上，以便分析相关关系，这就是「振动可视化」方面的便利功能。



图 20

图 2 1



用2个传感器测得的相对于主轴转数出「可视化」的图表的振动振幅和相位间的关系，在转速比图表上可以描绘。

## 功能解析 数据比较功能

测定数据的解析和比较功能，可将分别测得的两组数据重叠表示，以方便进行比较，容易区分各种特征差异。

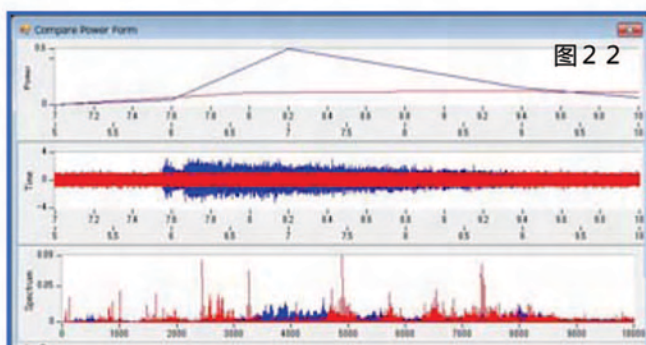


图 2 2

振动测定的比较 两组数据重叠表示

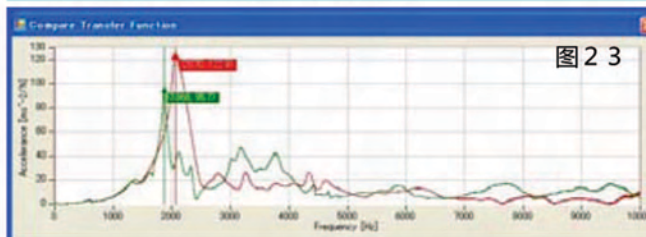


图 2 3

固有振动频率测定的比较 两组数据重叠表示

## 动平衡功能

尽管使用频率达不到购买动平衡用专用设备的程度，但有时需要检查旋转体的动平衡状态，或者想提高其动平衡精度等，为了满足这类需要，新增加了动平衡功能。

关于旋转体的动平衡处理，有1面修正和2面修正两种方法。两种方法都需要在旋转体上安装配重进行测量，并根据测量结果，在旋转体上附加或者去除修正配重。确定重心偏移相位，是通过触发传感器[可选件]来获得的。

动平衡处理的操作，只需按显示画面上的步骤[如右图]依次进行即可，无需复杂的设定和操作，任何人都可轻松搞定。...但有一点，因动平衡处理对象是高速旋转体，需要把测试配重和修正配重等牢固安装，以免发生意外。

动平衡处理数据会保存在「履历保存」SW中。可以日后通过「履历检索」SW查阅。

动平衡处理中，重要的是如何甄别旋转体的振动是来自旋转体的重心偏移，还是来自其他振动。甄别振动属性的手段就是「变位频谱画面」，这里将传感器拾得的振动频谱大小以 $\mu m$ 为单位予以表示[上限500Hz]。另外，此画面上同时显示旋转频率相对应的振动和光标，可以直观了解与剩余不平衡量的相关关系。



变位频谱画面

图 2 7

2面动平衡处理时将加速度传感器和相位触发传感器安装到测定对象的示意图

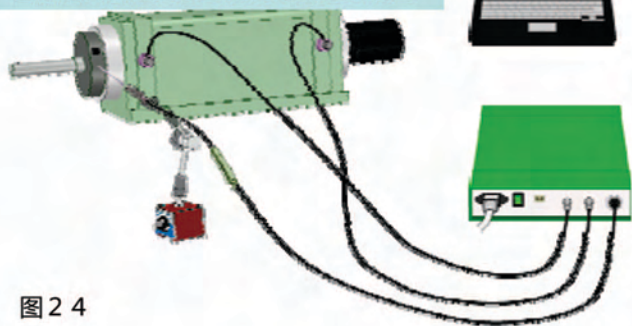
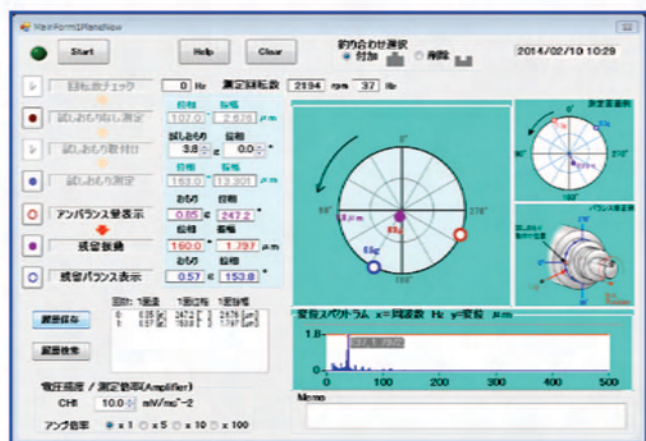
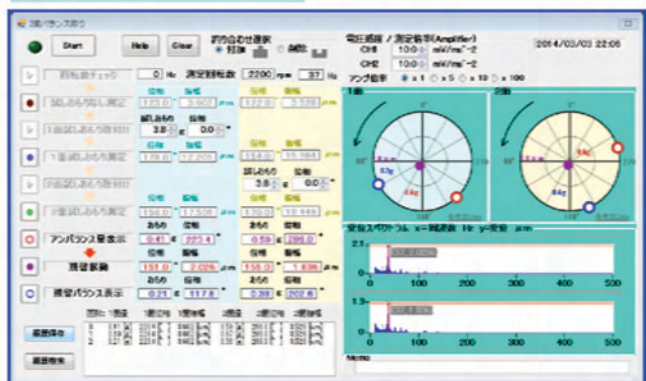


图 2 4



1面动平衡处理画面

图 2 5



2面动平衡处理画面

图 2 6

## 安全区域的描述功能

## 赋予固有振动频率测定功能的便利工具

即便听说解决再生颤振方面，「安全区域法」很奏效，但亲自使用过的人为数不多。这是因为，不详细了解方法，以及没有付诸实践的具体手段所致。

要亲身实践，有必要测定固有振动频率和计算安全区域法，本FFT分析仪具备了上述任务的功能-安全区域描绘功能。

此功能，测定刀具前端固有振动频率，并从测定数据演算出安全区域[不产生颤振的主轴转速区域]并把它描绘出来。...对安全区域法来讲，5次谐波区域为止对高速加工有效。

根据固有振动频率的数据利用安全区域法快速推算出适当的主轴转速。

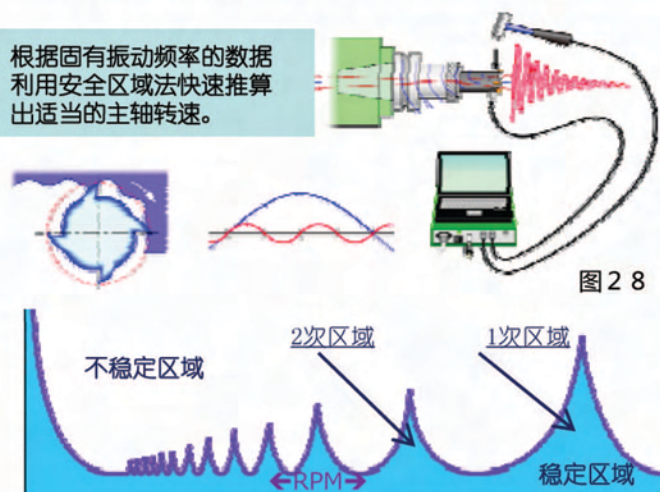


图 2 8

## FFT主机模块 ...2通道输入端

尺寸 W:233mm×H:49mm×D:32.6mm

重量 2.3kg

电源电压 AC100V~240V

## FFT-振动分析软件(已经安装到专用PC中)

与PC数据的数据通讯方式 USB2.0

## 标准配置

主机模块・专用PC (各1台)

加速度传感器(内藏放大器规格)(2个)

电压灵敏度 10mV/m/s<sup>2</sup> 或者 5mV/m/s<sup>2</sup>

可测定频率范围 10 ~ 10000Hz

击振锤(1把)

电缆

主机电源电缆・USB电缆

连接加速度传感器用电缆

■将上述构成品装入专用便携包予以供货



图 2 9



专用PC

主机模块

加速度传感器

击振锤

图 3 0

## FFT功能

振动测定功能 ...2输入端・1输入端

显示: 时域波形 频域波谱(从振动波形计算并表示出峰值频率) [设有2个光标]

检索: 峰值频率[Hz・G・μm]检索 履历检索

解析: 振动数据的比较功能[将2组数据用两种颜色重叠表示]

固有振动频率的测定功能 ...击振测定部位, 然后将其输入输出比作为传递函数予以表示

表示: 击振力 响应加速度 传递函数[加速度/力] 相位 相干性

检索: 峰值频率[频率・动刚性・衰减比]的检索 履历检索

解析: 固有振动数据的比较功能[将3组数据用3种颜色重叠表示] 固有振动频率 动刚性 衰减比  
根据固有振动特性数据和加工参数推算安全区域。

摇动振动测定功能 ...表示2个测定点上的相对于转数的振动振幅和相位差

表示: 振动加速度 振动振幅 相位差

检索: 检索峰值对应频率[频率・振幅] [指定转数]的利萨如图形 履历检索

解析: 转数和振动相位关系曲线

## 振动监测功能

连续监测/记录切削振动[最长5个小时], 然后按时间序列完整地表示其振动特征。

还有, 为了监测异常振动, 可以设置阈值进行触发判定[不对外输出]。

实时功能(IN-PROCESS) ... ①时域波形 ②频域波谱 ③振动能量G<sup>2</sup> ④阈值触发[指示灯]

后处理功能(POST-PROCESS) ... ①TOP 3 峰值频率 ②振动能量G<sup>2</sup> ③阈值触发[标注]

## 动平衡功能

1个面动平衡处理功能 2个面动平衡处理功能 方便连续测量的操作画面

变位频谱表示[μm/10 -500Hz] 相位触发信号输入端 [相位触发用传感器为可选件]

- ☐ 小型击振锤
- ☐ 高频振动用小型加速度传感器
- ☐ 小型加速度传感器专用电缆和变换接头
- ☐ 相位触发用传感器[附带电缆]和磁性支架



小型击振锤

图 3 1



NT Engineering Corporation

大连代表处

116011 辽宁省大连市西岗区新开路99号 珠江

国际大厦 E-Mail: ntegdalian@aliyun.com

TEL (+86-411) 8377-9459

FAX (+86-411) 8377-9460

イヌティエンジニアリング株式会社

本社 愛知県高浜市芳川町3丁目3番地21

〒444-1335 TEL (0566)52-0015 FAX(0566)52-4148

東京 東京都港区芝5丁目13番13号 サダカタビル

〒108-0014 TEL (03)3457-0784 FAX(03)3457-7296

大阪 大阪市淀川区西中島7丁目1-26 オリエンタル新大阪ビル

〒532-0011 TEL (06)6304-7012 FAX(06)6302-0653