

### 了解传感器分辨率规格及性能

#### 适用设备:

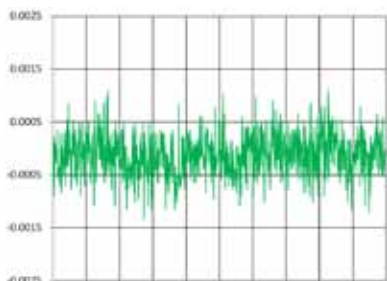
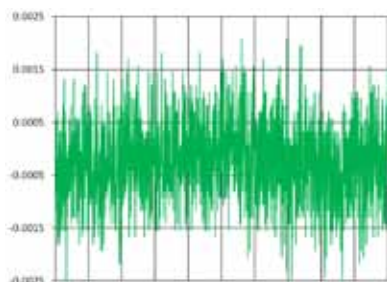
所有非接触式位移传感器

#### 应用:

所有非接触式位移传感器应用

#### 概述:

“技术说明”详细介绍了可在大部分传感器数据手册中发现的分辨率规格，并指出在进行规格说明时应注意的重要因素。



## 介绍

分辨率是一个重要规格，如果传感器未能达到足够的分辨率，您便可能无法可靠地进行所需测量，而性能过高的传感器又会增加您的预算负担。

作为一名机械设计师或工程师，您必须不断指定将在您的设计中使用的传感器。在您寻找传感器的过程中，您将面临众多的产品规格，因此您必须依赖正确的性价比来选择适合的传感器。遗憾的是，并非所有的位移传感器规格都按照可以供您进行直接比较的方式呈现。分辨率便是一个最容易被误读、并且未能得到明确说明的性能描述。分辨率是一个重要规格，如果传感器未能达到足够的分辨率，您便可能无法确实地进行必需测量，而性能过高的传感器又会增加您的预算负担。分辨率仅在传感器制造商使用的系统带宽、应用、测量方法以及测量单位等术语环境中才具备意义。一本数据手册中含有的某一“传感器规格”很难为明智的传感器选择提供足够的信息。了解此重要的规格将使您可以更加自信地选择适合的位移传感器。

## 基本资料

分辨率不是精确度。一台极其不精确的传感器可能拥有非常高的分辨率，而一台低分辨率传感器也可能在某些应用中足够精确。

基本来说，分辨率即是一台传感器可准确标示的最小测量值。在进一步详细讨论之前，您必须了解分辨率不代表的是什么；它不是精确度。一台极其不精确的传感器可能拥有非常高的分辨率，而一台低分辨率传感器也可能在部分应用中十分精确。分辨率并非显示器中的最低有效位数，也不是数字和模拟世界的转换过程中的最低有效位。数字装置的分辨率规格取决于最低有效位数/位，如果该有效位数/位不足，则会进一步导致整体的传感器分辨率水平降低，但是传感器分辨率的基本限制仍取决于模拟世界；争取获得更高的分辨率的过程基本上便是降低电噪声的过程。

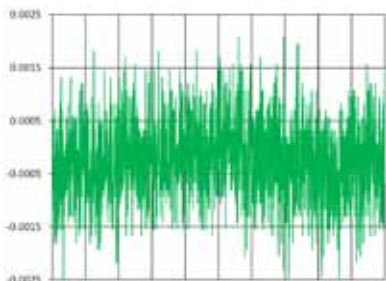


图 1

传感器输出中的电噪声

在传感器输出中存在的电噪声是限制该传感器可实现的最小可能测量值的主要因素。所有的电子元件的电势都会生成微小的随机变化，这些电势变化贯穿整个电路，当通过示波器（图 1）观察时，这种随机变化便显示为一群电噪声。任何电子系统在试图感应非常微弱的电压变化时，电噪声都是一个重要影响因素。举例来说，在使用电荷耦合器件探测器时，电噪声便是导致望远镜图像呈颗粒状的原因。如果观测目标的尺寸与噪音诱发颗粒的尺寸相同，用户便无法观测远距离小型目标。部分高科技望远镜使用冷却电荷耦合器，因为极低温几乎可以完全消除电荷耦合器件中的电荷随机运动，并且因此将电噪声降低到近似为零。在电噪声非常少的情况下，小型观测对象便变得清晰可见。如果您是需指定位移/位置传感器的工程师，那对您来说便存在着一个重要问题：如果传感器输

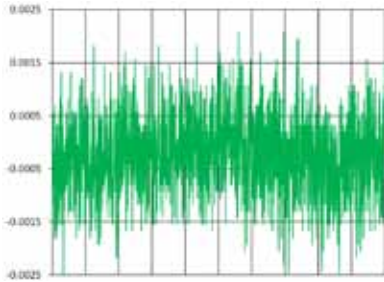


图 2

15 千赫带宽传感器的噪声

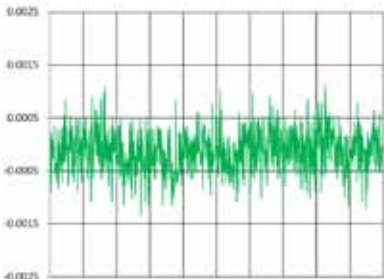


图 3

100 千赫带宽传感器的噪声

不要假设传感器的一般带宽规格及分辨率规格可实现同步。

如果传感器未包括配套带宽滤波器，您将需要自己进行滤波以获得较低的带宽分辨率，而该结果可能不匹配已列出的规格。

出的噪音为 10 微米，那在您的测量结果中 1 微米位移便将被遗漏。您选择的传感器分辨率必须大大低于您试图达到的最小测量值，这一点至关重要，但是传感器分辨率规格经常会使人感到迷惑。分辨率规格中必须包括带宽、测量单位、以及其他信息，以便您推测其可在具体应用中实现的最小测量值。

## 分辨率及带宽

带宽（频率响应）指的是传感器回应不同频率的方式。具有更高带宽的传感器可测量频率更高的运动和振动。通常电噪声皆属于宽频，即电噪声中包含宽广的频谱。若降低传感器带宽，低能滤波器便可以减少或消除高频噪音。经低能过滤的信号会产生较少的噪音，因此可获得更高的分辨率，但同时也会损害可用的带宽。图 2 即显示了带宽为 15 千赫的传感器的电噪声，图表 3 则显示同一传感器在配备了 100 千赫低能滤波器之后的输出。因为噪声水平较低，您可以通过低能滤波观测到较小的位移，但您却无法准确探测到 100 千赫或更高频率的位移。这就是分辨率规格独立于带宽规格单独使用时并非完全可用的原因。您必须了解分辨率规格是否可以保持在您需要进行测量的频率水平。即使一台传感器拥有 1 千赫或更高的一般带宽规格，分辨率也可指定为 100 千赫或更低，但是在数据手册中这一点经常未能予以明确说明。不能假设传感器的一般带宽规格及分辨率规格可实现同步。

有些制造商提供两种分辨率规格：静待及动态。静态规格仅适用于传感器输出经过低能过滤，以达到非常低的带宽，有时带宽需低至 10Hz。如果您使用的传感器配有等效带宽滤波器以测量移动缓慢的系统，那静态规格将产生重要作用。动态规格通常用于未过滤传感器；您可以将此规格用于高速动态应用中的全带宽传感器。如果数据手册中使用了静态及动态术语，您可以搜索注释，相关注释将指明静态和动态规格代表哪些频率。在您获知实际频率之前，您将无法了解您选择的传感器是否适合您的应用。Lion Precision 根据具体带宽列出不同分辨率，使您无需再苦于推测。

## 滤波器位于什么位置？

除了截止频率之外，目前市面上销售的低能滤波器的设计种类还取决于许多其他参数。其结果是，如果您的传感器使用两台不同的 1 千赫滤波器，可能将产生不同的结果。如果报告传感器分辨率适用于较低的带宽，您必须清楚用于分辨率测量的滤波器是否为该传感器的必备滤波器。如果带宽滤波器是传感器的必备滤波器，您便可

以确信您可以获得指定的分辨率。如果制造商使用外部滤波器来生成规格，例如选择数据采集系统或示波器的带宽限制，则您必须要求配置完全相同的滤波器以确保得出相同结果。Lion Precision 传感器包含必备带宽滤波器，以确保传感器实际性能与规格相匹配。

## 测量单位

分辨率规格可能以电压、全刻度百分比、或维量单位的形式表现。对试图测量位置/位移的工程师来说，最实用的表现方式也许是维量单位。维量单位规格可以清楚地表明您可以通过此台传感器获得的最小位移测量值，例如毫微米。如果规格以百分比的形式呈现，则您必须用该数值乘以传感器幅度，以得出最小可能位移测量值。如果规格以电压形式给出，则您必须用该数值乘以传感器敏感度（位移单位/电压变化），以得出最小可能位移测量值。当您了解了传感器的维量单位分辨率之后，您必须判定该规格代表的是 RMS 值还是峰间值。

RMS（均方根）值与峰间值（有时使用其同义名称“峰谷值”）的区别对于了解传感器绝对性能来说至关重要。用于测量这些数值的模拟方法包括特殊计量器以及对示波器显示的目视判读。在数字化世界中，这些数值通过捕获大量输出电压样本以及统计性地分析数据得出。

动态电子信号的 RMS 测量值表明了直流电源产生的等效功率。该数值类似于平均数值，但却并非完全一致。RMS 值可利用模拟仪判定，模拟仪是用于测量信号功率、并将其等同于可产生相同功率的直流电压的设备。在将其数字化并进行统计性分析时，RMS 值等同于已捕获样本的标准偏差。在测量宽频带振动时，RMS 是最适当的规格。

峰间值（P-P）是在相同的时间周期内，噪音最大值与最小值之间的差额。图 3 显示了一秒内的噪音峰间值水平为 2.4 毫伏。如果信号经数位捕获，则可以通过分析样本来查找最大和最小峰值。如果样本得出完全正常的分布情况（高斯分布），则峰间值可被估认为标准偏差的六倍，但是在实际情况中，这种分布情况是极为罕见的。噪音信号很少会以如此良好的形式分布，其通常包含假性峰值，并得出要远远高于六倍标准偏差的实际峰间值。这意味着由该峰间值范围限定的分辨率数值必须最少为 RMS 值的六倍，并且该数值经常会远远高于此结果。图 3 中的 2.4 毫伏峰间值等同于 0.29 毫伏 RMS 值；在这种情况下峰间值要远远高出八倍 RMS 值。

维量单位规格可以清楚地表明您可以通过此台传感器获得的最小位移测量值，例如毫微米。

大部分数据手册以 RMS 的形式标示分辨率。峰间值分辨率通常为 RMS 值的十倍。在数据手册中搜索峰间值或 RMS 值至峰间值转化乘数。

如果您试图对目标的瞬间位置进行不间断测量，那么峰间分辨率值便是最适用的规格。

如果您试图对目标的瞬间位置进行不间断测量，那峰间值便是最适用的规格。任何时候，传感器输出的变化值差相当于峰间值分辨率规格的数值；因此，您的位置测量值也可改变相同数额。

## 阅读数据手册

为充分了解您正在考虑的传感器分辨率，您必须确定以下规格参数：

- 分辨率规格
- 可获得规定分辨率的带宽
- 该传感器是否拥有任何必备带宽滤波器
- 分辨率规格的测量单位及类型（峰间或 RMS）

大部分传感器的数据手册中都会列出一个分辨率规格，但是它可能无法提供供用户彻底理解您将在应用中获得的实际分辨率所需的所有信息。分辨率可能会以单独规格的形式列出，该规格适用于某一特定型号的全部幅度，或者以单独分辨率规格的形式列出，每个规格皆针对不同的探头/幅度组合。数据手册中可能包含传感器的带宽规格，但是其可能会、也可能不会清楚列出指定分辨率的带宽；用户将必须在脚注或其他附属细则中搜索分辨率带宽。如果数据手册中未列出带宽，您将需要与制造商核实，以确定该分辨率规格是否适用于系统的全带宽。如果分辨率信息适用于多种带宽，用户将难以判定带宽滤波器是否与该传感器配套。如果传感器被注明适用于多种带宽配置，则该滤波器则可能为传感器的必备滤波器，并且分辨率规格将适用于您将收到的传感器。如果对配置不同带宽的传感器能力没有任何提及，您将需要询问制造商在指定分辨率时如何获得其他带宽。

由于 RMS 分辨率规格通常要远远低于峰间值，因此大部分数据手册会以 RMS 值的形式列出分辨率。如果您正在测量连续瞬间位置，您将需要了解峰间值分辨率。数据手册中可能会同时列出 RMS 值及峰间值、或用于将 RMS 值转化为峰间值的乘数。如果未列明峰间值或乘数，您将需要联络制造商以获取此类信息；同时您可以假定峰间值最小为六倍 RMS 值，并且了解通常此数值更接近十倍 RMS 值。

作为一名工程师，您一定体验过在测量途中发现系统的某些组件未能实现预期性能的痛苦。通过了解传感器分辨率、分辨率与带宽的关系、以及不同的测量单位，现在您可以更加自信地选择您的位移传感器。