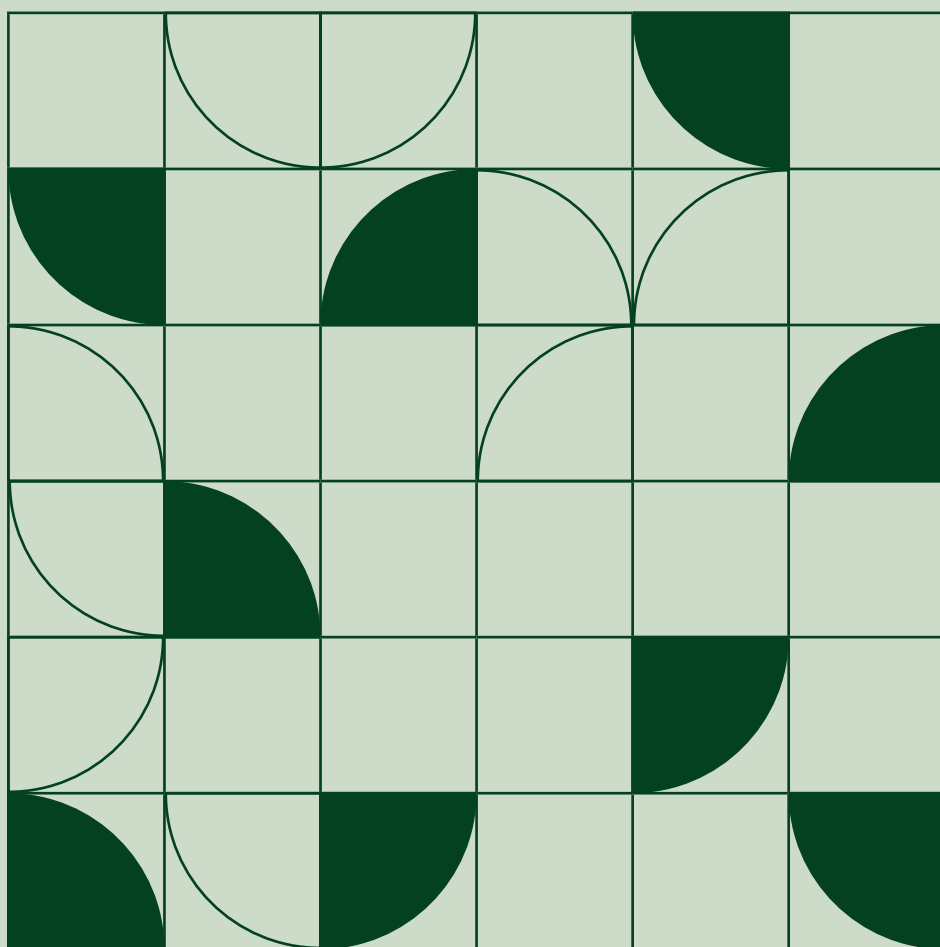


# 测量系统构建完整指南

从数据中提取有用的决策依据并付诸行动已经是必然趋势。但是要构建一个可助您走向未来的测量系统,远不止选择DAQ设备那么简单,您还需通盘考虑系统的每个部分,无论是物理组件(如传感器、DAQ设备和计算机等),还是软件组件(包括驱动程序、软件和报表工具),都需要纳入考虑范围。

本指南主要介绍如何最大化DAQ投资回报的七大考量因素,以确保您的系统足以应对当前和未来的测量需求:



- 02 如何选择合适的传感器
- 11 如何选择合适的DAQ设备:  
技术规格
- 15 如何选择合适的DAQ设备:  
总线和组成结构
- 21 如何选择合适的计算机
- 24 如何选择合适的驱动程序软件
- 27 如何选择合适的DAQ软件
- 32 如何选择合适的数据管理软件

# 如何选择合适的传感器

## 概述

在设计测量系统之前，您需要确定合适的传感器。当今市场针对不同的物理现象提供了大量不同的传感器，甚至测量同一物理现象的传感器也有多种，比如测量温度的传感器就有热电偶、电阻式温度检测器(RTD)等等。

本章对测量以下七种物理现象的最常见传感器类型进行了分类和比较，帮助您选择最适合您应用的传感器：

温度

应变

声音

振动

位置和位移

压力

力

# 温度

最常见的温度测量传感器是热电偶、热敏电阻和RTD。

温度传感器	需要的信号调理功能	精度	灵敏度	优点
热电偶	<ul style="list-style-type: none"> <li>放大</li> <li>滤波</li> <li>冷端补偿</li> </ul>	好	好	<ul style="list-style-type: none"> <li>自带电源</li> <li>价格便宜</li> <li>坚固耐用</li> <li>提供较大的温度范围</li> </ul>
RTD	<ul style="list-style-type: none"> <li>放大</li> <li>滤波</li> <li>电流激励</li> </ul>	最好	更好	<ul style="list-style-type: none"> <li>非常准确</li> <li>非常稳定</li> </ul>
热敏电阻	<ul style="list-style-type: none"> <li>放大</li> <li>滤波</li> <li>电压激励</li> </ul>	更好	最好	<ul style="list-style-type: none"> <li>高电阻</li> <li>低热质量</li> </ul>

表 1 | 常见的温度传感器

## 热电偶

热电偶是最常见的温度传感器，可测量的温度范围非常宽。此类传感器价格便宜(1到50美元)，响应时间小于一秒。但是，由于材料的属性，其温度精度通常大于1°C。

## RTD

RTD的应用范围之广几乎和热电偶相当，而且可以在数年内维持温度读数的稳定性。但与热电偶相比，RTD的温度范围较小(-200至500 °C)、需要电流激励且响应速度较慢(2.5至10秒)。RTD主要用于对时间要求不高的精确温度测量(±1.9%)。RTD的价格在25美元到1000美元之间。

## 热敏电阻

与前面的传感器相比，热敏电阻的温度范围最小(-90到130 °C)，精度最高(±0.05 °C)，但不如热电偶或RTD坚固耐用。热敏电阻与RTD一样需要进行激励；但是，热敏电阻需要的是电压激励而不是电流激励。热敏电阻的价格通常在2美元到10美元之间。

## 应变

应变通常使用电阻式应变计进行测量。这些扁平的电阻器通常会贴在物体表面，例如飞机机翼，用于测量表面非常小的形变，比如拉伸、压缩、弯曲或扭曲。将多个电阻式应变计连接在一起可以形成一个电桥。

使用的应变计越多，测量的灵敏度就越高。例如，您可以使用最多四个有源应变计搭建一个全桥配置的惠斯通电桥电路。您也可以半桥(两个有源应变计)和1/4桥(一个有源应变计)配置。所使用的有源应变计越多，读数的准确度就越高。表2突出显示了不同电桥的优点和缺点。

应变计需要电流或电压激励，并且容易受温度漂移、弯曲应变和轴向应变的影响，如果不使用额外的电阻式应变计，就可能产生错误的读数。常见的应变计安装方法见表2。

- 轴向应变桥可测量材料的两侧拉伸。
- 弯曲应变桥在材料的一端测量拉伸，在另一端测量收缩。
- 扭转和剪切应变桥测量的是材料的扭曲。

应变没有单位，为无量纲量，相当于形变量与原来尺寸长度的比值，用符号 $e$ 或 $\epsilon$ 表示。

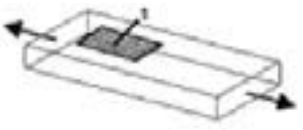
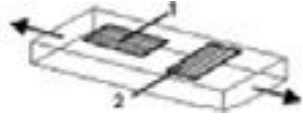


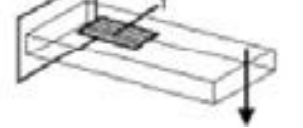
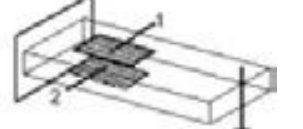
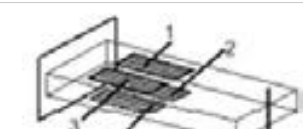


应变	应变计配置	电桥类型	灵敏度 MV/V @100 $\mu$ E	详细信息
轴向应变		1/4桥	0.5	好:最易于实现,但如果需要温度补偿,则必须使用一个补偿应变计。对轴向应变做出同样的响应。
		1/2桥	0.65	更好:提供温度补偿,但对弯曲应变较为敏感。
		1/2桥	1.0	更好:不受弯曲应变的影响,但会受温度影响。如果需要温度补偿,则必须使用一个补偿应变计。
		全桥	1.3	最好:灵敏度更高,提供温度和弯曲应变补偿。
弯曲应变		1/4桥	0.5	好:最易于实现,但如果需要温度补偿,则必须使用一个补偿应变计。对轴向应变做出同样的响应。
		1/2桥	1.0	更好:不受轴向应变的影响且提供温度补偿。
		全桥	2.0	最好:不受轴向应变的影响且提供温度补偿。对弯曲应变最敏感。
扭转和剪切应变		1/2桥	1.0	好:应变计必须与中心线成45度角安装。
		全桥	2.0	最好:最为灵敏的全桥配置。不受轴向和弯曲应变的影响。

表 2 | 常见的应变计

# 声音

麦克风可测量声音。在选择传感器时，有多种类型的麦克风可供考虑。

麦克风	价格	适用环境	阻抗大小	灵敏度	优点
预极化电容式麦克风	中	恶劣	中	最好	<ul style="list-style-type: none"> <li>最常用的电容式麦克风类型</li> <li>潮湿环境下的最佳选择</li> </ul>
外部极化电容式麦克风	高	恶劣	更好	好	<ul style="list-style-type: none"> <li>最常见的电容式麦克风</li> <li>高温环境下的最佳选择</li> </ul>
碳纤维麦克风	低	一般	高	好	<ul style="list-style-type: none"> <li>质量较差</li> <li>用于早期的基础电话听筒设计</li> </ul>
驻极体麦克风	低	一般	低	更好	<ul style="list-style-type: none"> <li>高频环境下的最佳选择</li> </ul>
压电式麦克风	中	恶劣	高	好	<ul style="list-style-type: none"> <li>适用于冲击和爆炸压力测量应用</li> </ul>
动态/磁性麦克风	高	恶劣	中	更好	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐潮湿</li> <li>不适用于强磁场环境</li> </ul>

表 3 | 常见的声音传感器

## 电容式麦克风

电容式麦克风是最常见的麦克风，它可以是预极化的(也就是说麦克风内自带电源)，也可以是外部极化的。外部极化电容式麦克风需要额外的电源，因此成本更高。在潮湿的环境中，由于外部电源组件可能会受损，因此最好使用预极化麦克风；而在高温环境中，最好使用外部极化电容式麦克风。

## 压电式麦克风

压电式麦克风坚固耐用，适用于冲击和爆炸压力测量应用。此类麦克风可以测量高振幅(分贝)的声压范围。缺点是噪音较高。

## 动态/磁性麦克风

除了压电式麦克风，动态或磁性麦克风也可在恶劣环境中使用。它们依靠运动来对电荷进行磁感应，具备较强的防水性能，但显然，此类麦克风在高磁性环境中并不是很实用。

## 驻极体麦克风

驻极体麦克风外形小巧，可有效探测高频声音。它们广泛应用于全球的数百万台计算机和电子设备中。这类麦克风造价相对便宜，唯一的缺点是无法测量低频声音。此外，在不太注重音质的应用中，也可以使用碳纤维麦克风(这类麦克风较不常见)。

# 振动

## 压电式陶瓷传感器或加速度计

在测量振动或加速度时，最常使用的是压电式陶瓷传感器或加速度计。

振动传感器	固有频率	轴数	阻尼系数	比例因子	优点
压电式陶瓷传感器 (加速度计)	>5 kHz	最多3个	小	需要高输出	<ul style="list-style-type: none"> <li>用于振动和冲击测量</li> </ul>
线性可变差动变压器 (LVDT)	<80 Hz	最多3个	中	可变	<ul style="list-style-type: none"> <li>仅限于稳态加速度或低频振动测量</li> </ul>
接近式探头	<30 Hz	最多3个	中	可变	<ul style="list-style-type: none"> <li>仅限于稳态加速度或低频振动测量</li> <li>弹簧质量块固定在电位器动臂上</li> </ul>
可变磁阻传感器	<100 Hz	最多3个	中	可变	<ul style="list-style-type: none"> <li>仅在质量块运动时产生输出电压</li> <li>用于冲击研究和石油勘探</li> </ul>

表 4 | 常见的振动传感器

区分振动传感器的三个主要因素：固有频率、阻尼系数和比例因子。比例因子代表输出与加速度输入之间的关系，与灵敏度有关。固有频率和阻尼系数则共同决定了振动传感器的准确度。在由弹簧及其所连接的质量块组成的系统中，如果将质量块拉离平衡点，然后释放，质量块将在平衡点的两侧来回振动，直至停止。使质量块最终停止运动的摩擦力取决于阻尼系数，质量块前后振动的频率称为固有频率。

压电式陶瓷振动传感器的用途非常广泛，因此是最常用的传感器。此类振动传感器适用于冲击测量(爆炸和故障测试)、高频测量和慢速低频振动测量。它们具有较高的固有频率。但是，这种传感器的输出电压通常在毫伏范围内，而且需要使用输入阻抗较高的低噪探测器来解释压电晶体的电压。

### 接近式探头和LVDT

接近式探头与LVDT类似：二者均只用于稳态加速度或低频振动测量；但是，LVDT振动传感器的固有频率略高，这意味着它可以处理/检测更剧烈的振动。接近式探头只是一个由弹簧和质量块组成的简单系统，固定在电位器动臂上。

### 可变磁阻振动传感器

可变磁阻振动传感器通过永磁体运动穿过线圈来测量运动和振动。这种特殊的振动传感器只有在被测质量块运动时才会产生输出，这使得它可以捕获地下岩层反射过来的振动，通常应用于地震冲击研究和石油勘探。

## 位置和位移

选择位置传感器时，需要考虑的因素包括激励、滤波、环境，以及测量时传感器是否需要直接接触测量对象。正如压力和力的测量一样，虽然我们应尽量选用契合需求的传感器，但实际上并没有哪种位置传感器是万能的。由于位置传感器的发展已经较为成熟，因此偏好和应用这两个因素也会影响最终的选择。

位置传感器	价格	环境	精度	灵敏度	优点
霍尔效应传感器	低	标准	开或关	开或关	<ul style="list-style-type: none"> <li>只能在传感器被按压时才能确定附近的目标</li> </ul>
光电编码器:线性和旋转	可变	标准	可变	高	<ul style="list-style-type: none"> <li>准确度取决于每转的计数</li> </ul>
电位器	低	标准	高	高	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要放置在移动目标上</li> </ul>
线性和旋转可变差动变压器 (LVDT或RVDT)	高	适用于恶劣的工业环境，且精度高	高	高	<ul style="list-style-type: none"> <li>可用于大功率环境</li> <li>需要进行信号调理功能</li> <li>RVDT通常可在<math>\pm 30</math>至<math>70</math> °C的角度范围内工作</li> </ul>
电涡流接近式探针	中	<ul style="list-style-type: none"> <li>非接触式</li> <li>可在多尘环境下工作</li> <li>不受传感器和目标之间的物质的影响</li> </ul>	中	可变	<ul style="list-style-type: none"> <li>不适用于需要高分辨率的应用</li> <li>不适合在传感器和目标之间存在较大间隙的情况 (这种情况建议使用光学和激光传感器)</li> <li>安装在固定好的机械结构上，测量附近机械的移动距离</li> </ul>
反射光接近传感器	可变	标准	可变	高	<ul style="list-style-type: none"> <li>测量时要求传感器与测量对象之间无遮挡物</li> <li>适用于传感器和目标之间存在较大间隙的情况</li> <li>准确度取决于传感器的质量</li> </ul>

表 5 | 常见的位置传感器

### 霍尔效应传感器

使用霍尔效应传感器时，当对象压到按钮时，就可以确定该对象的存在。这时传感器不是处于“开”的状态(对象正在触碰按钮)，就是处于“关”的状态(对象可能位于任何地方)。霍尔效应传感器的一个典型应用是键盘，甚至在机器人拳击比赛中也会使用霍尔效应传感器来确定机器人何时被击中。当按钮处于“关”的状态时，此类传感器不会提供测量对象与传感器之间的距离信息，因此对于不需要非常详细的位置信息的应用，此类传感器就非常有用。

### 电位器

电位器将使用滑动触点来形成一个用于测量位置的可调分压器。虽然电位器会对所连接的系统产生轻微的拉力，但它比其他位置传感器要便宜，而且可以提供很高的准确度。

## 光电编码器

另一种常见的位置传感器是光电编码器，可分为线性和旋转编码器两种类型。此类元件可以快速、准确地确定速度、方向和位置。光电编码器，顾名思义就是使用光来确定位置。一系列条纹状长条会将距离分割成若干个部分，并通过计数来进行测量。计数越多，准确度越高。一些计数多达3万的旋转光电编码器可提供超高的准确度。此外，此类编码器响应迅速，因此是许多运动控制应用的理想选择。

如果传感器(如电位器)有物理元件连接到系统上，则或多或少会给系统部件的移动增加一些阻力。而编码器就不存在这个问题，而且这种传感器非常轻便。但是，有几个重要因素增加了其成本：在恶劣或多尘的环境中，它们需要配备密封件才能正常使用；在高准确度应用中，为了避免在集成到产品中时出现错位，它们需要自配轴承。

## LVDT

LVDT及RVDT通过磁感应来确定位置。它们坚固耐用，因此均可用于工业和航空航天应用。但两者都需要信号调理，因

而增加了成本。此外，此类传感器必须在笨重且昂贵的封装内严格对齐，并需要使用制造成本高昂的绕组线圈。虽然制造成本高，但这类传感器也确实以高精度著称。

## 涡电流传感器

涡电流传感器价格适中，通过磁场来确定位置。对于需要非常详细的位置信息或传感器与测量对象之间存在较大间隙的应用，这种传感器用的比较少。此类传感器更适合在装配线上使用，可以安装在固定好的机械结构上，测量附近机械或产品的移动距离。如要获得更精确的定位信息，建议使用光接近传感器。

## 反射光接近传感器

反射光接近传感器通过光束往返于传感器和目标之间所需的时间来确定目标的距离。此类传感器响应迅速，非常适用于传感器和目标之间存在较大间隙的应用。此类传感器要求传感器和目标之间无遮挡物，且其准确度和质量将直接影响价格。

# 压力

压力的大小是相对而言的，这一点和温度类似。房间里可能很热，但是房间里的温度和太阳表面的温度相比根本不算什么。对于压力而言，比较是测量的基础。

压力测量类型	以轮胎为例	优点
绝对压力	绝对压力 = 标准大气压力 + 表压	相对于0 Pa(即真空中的压力)
表压	轮胎压力表读数	相对于当地大气压力
真空压力	相对于当地大气压力时通常为负值 在真空计上，瘪胎时为0 kPa	相对于绝对真空(0 Pa)或当地大气压力
差压	差压 = 两个不同轮胎之间的压差	相对于另一个加压容器
密封压力	密封压力 = 表压 + 当地大气压力与海平面压力之差	相对于海平面压力

表 6 | 相对压力测量

常见的压力测量类型有五种：绝对压力、表压、真空压力、差压和密封压力。以下面的测量轮胎内压力为例，请注意每种主要类型对应的不同参考压力。

- 绝对压力测量值等于标准大气压力(101.325 kPa)加上轮胎内部的压力。典型的轮胎压力为34 PSI，相当于约234 kPa。因此，轮胎的绝对压力就是234 kPa加上101.325 kPa，即331.325 kPa。
- 表压测量是相对于当地大气压力，等于234 kPa或34 PSI。
- 真空压力是相对于绝对真空或当地大气压力而言。瘪胎的压力可能与当地大气压力相同或为0 kPa(相对于大气压力)。在这种情况下，真空压力测量值可能等于234 kPa(相对于绝对真空)。
- 差压就是任意两个压力水平之间的差值。在轮胎示例中，差压表示两个轮胎之间的压力差。此外，它也可以表示大气压力与单个轮胎内部压力之间的差值。

- 密封压力测量是使用已知比较压力进行的差压测量。通常这种比较压力为海平面压力，但是根据具体的应用，也可能是任何其他压力。

这些测量类型中的每一种都可能会使压力值发生变化，因此您需要了解传感器读取的是哪种类型的压力值。

桥式(应变计)或压阻式传感器是最常用的压力传感器，因为这两种传感器结构简单且坚固耐用。这些特性降低了成本，使其成为更高通道数系统的理想选择。

此类常见压力传感可以具有调理功能，也可以不具有调理功能。调理传感器通常更昂贵，因为它们包含用于滤波和信号放大的组件，以及激励导线和常规测量电路。如果使用的是未经调理的桥式压力传感器，则您的硬件需要具有信号调理功能。

请查看传感器文档，确定您是否需要额外的放大或滤波组件。

## 力

测压元件	价格	重量范围	精度	灵敏度	优点
梁式测压元件	低	10~5k lb	高	中	<ul style="list-style-type: none"> <li>用于储罐、台秤</li> <li>应变计外置，需要保护</li> </ul>
S型梁式测压元件	低	10~5k lb	高	中	<ul style="list-style-type: none"> <li>用于储罐、台秤</li> <li>密封和保护性能优于弯梁式传感器</li> </ul>
筒式测压元件	中	高达500k lb	中	高	<ul style="list-style-type: none"> <li>用于卡车、储罐和料斗称</li> <li>允许载荷移动</li> <li>无横向过载保护</li> </ul>
扁平传感器	低	5~500k lb	中	中	<ul style="list-style-type: none"> <li>全不锈钢材质</li> <li>用于储罐、货箱和衡器</li> <li>不允许载荷移动</li> </ul>
按钮和垫片式传感器	低	以下任一范围： 0~50k lb或 0~200 lb(典型值)	低	中	<ul style="list-style-type: none"> <li>载荷必须居中</li> <li>不允许载荷移动</li> </ul>

表 7 | 常见的测压称重传感器

过去主要使用机械杠杆秤来测量力。如今，基于应变计的测压元件成为了最常见的称重工具，因为它们不像杠杆秤那样需要诸多校准和维护。

测压元件可以具有调理功能，也可以不具有调理功能。调理传感器通常更昂贵，因为它们包含用于滤波和信号放大的组件，以及激励导线和常规测量电路。如果使用的是未经调理的桥式传感器，则您的硬件需要具有信号调理功能。请查看传感器文档，确定您是否需要额外的放大或滤波组件。

梁式测压元件适用于测量线性力，它们通常可用于称量各种大小的物品(10 lb到5k lb)。它们的灵敏度一般，但准确度很高。这些测压元件结构简单，成本低廉。

S型梁式测压元件与梁式测压元件类似，只是采用了不同的设计。由于这种设计差异(这种测压元件采用了有特性的S型设计)，这种传感器可有效应对高侧抛载现象，并测量未居中载荷的重量。这种经济型测压元件的设计也很简单。

与S型和梁式测压元件相比，筒式测压元件可以称量更大的载荷。它还可以轻松应对载荷移动的场景，且高度灵敏；但是，这种传感器需要横向过载保护。

扁平测压元件的设计方式存在一定的局限性，只有在载荷完全不移动的情况下才能获取准确的读数。如果您的应用对时间有要求或需要快速测量，建议使用筒式测压元件。

按钮和垫片式测压元件通常用于测量较小物体的重量(最高200 lb)。与扁平测压元件一样，为了获得准确的测量值，被称量的物体不能移动。此外，载荷也必须集中在通常较小的范围内。这些测压元件的优点是价格便宜。

[阅读有关常见传感器类型和术语的更多内容](#)

[下载《工程师精确传感器测量指南》](#)

# 如何选择合适的DAQ设备：技术规格

## 概述

可供选择的DAQ设备数不胜数，因此为您的应用选择合适的设备非常棘手。通过了解您试图捕获的信号，您可以构建一个需求列表，从而确保您选择的DAQ系统具有所需的准确度和精确度。

本章简要介绍了在选择硬件之前应提出的五个问题，用以确保您考虑的DAQ系统能够满足您的采样和准确度需求：

我需要测量或生成什么类型的信号？

我是否需要信号调理？

我需要以多快的速度获取或生成信号样本？

我需要检测的信号中的最小变化是什么？

我的应用允许的测量误差是多少？

# 我需要测量或生成什么类型的信号？

虽然有些DAQ设备可以执行单一功能(如测量和生成模拟电压信号),但有些是纯数字的,还有一些可执行多种功能。数据采集应用通常依赖于多种信号,因此请务必了解您的应用需要哪些功能。

## DAQ设备功能

- 模拟输入可测量模拟信号
- 模拟输出可生成模拟信号
- 数字输入/输出可测量和生成数字信号
- 计数器/定时器可对数字事件进行计数或生成数字脉冲/信号

具有多个功能的DAQ设备通常称为多功能I/O设备。单功能DAQ设备和多功能I/O设备的通道数量都是固定的。选择哪种设备取决于应用的需求;但是,最好还要考虑将来是否需要扩展系统。如果需要扩展,那么选择通道数超过当前需求的设备可能更为经济有效,尤其是DAQ设备只需要为当前应用服务一段时间,且之后计划用到其他应用的情况。

另一种选择是模块化平台,您可以根据自己的确切要求对其进行定制。模块化系统由控制定时和同步的机箱以及各种I/O模块组成。模块化系统的一个优点是,您可以选择功能各不相同的模块,来实现不同的配置。基于这一选择,您就可以使用不同的模块来执行不同的任务,且精度要比使用一台多功能设备要高得多。另一个优点是,您可以选择机箱的插槽数量。虽然机箱的插槽数量是固定的,但您可以购买插槽数超出目前所需数量的机箱,方便在未来进行扩展。

# 我是否需要信号调理？

典型的通用型DAQ设备可以测量或生成+/-5 V或+/-10 V的信号。但是某些传感器所生成的信号难以测量或测量时有安全隐患,就无法使用这种类型的DAQ设备直接测量。而且大多数传感器生成的信号都需要先进行调理(如放大或滤波),才能被DAQ设备有效且准确地测量。

例如,热电偶输出的信号在mV范围内,这就需要先将信号放大,才能输出到模数转换器(ADC)进行有效的转换。此外,热电偶测量的信号经过低通滤波,可以消除高频噪声。相对单独的DAQ设备而言,信号调理提供了一种独特的优势,因为它可以提高性能和测量准确度。

表8总结了不同类型传感器和测量常见的信号调理。

	放大	衰减	隔离	滤波	激励	线性化	CJC	桥补全
热电偶	X			X		X	X	
热敏电阻	X			X	X	X		
RTD	X			X	X	X		
应变计	X			X	X	X		X
载荷、压力、扭矩 (mV/V, 4~20mA)	X			X	X	X		
加速度计	X			X	X	X		
麦克风	X			X	X	X		
接近式探针	X			X	X	X		
LVDT/RVDT	X			X	X	X		
高电压		X	X					

表 8 | 传感器和测量信号调理

如果表8列出了您的传感器，那么您应该对传感器信号进行调理。您可以选择自己搭建外部信号调理电路，也可以使用具有内置信号调理功能的DAQ设备。许多设备都可以直接连接到常见的传感器，因此可方便地进行集成。有关传感器信号调理的详细信息，请下载《[工程师精确传感器测量指南](#)》。

## 我需要以多快的速度采集或生成信号样本？

对DAQ设备而言，采样率是最重要的技术参数之一，它是指DAQ设备的ADC进行信号采样的速度。典型的采样率是硬件或软件定时的，最高可达14 MS/s。应用的采样率取决于要测量或生成的信号的最大频率分量。

奈奎斯特定理指出，以两倍于原始信号最高频率分量的速率进行采样可以准确地重构信号。但实际上采样率应至少达到最大频率的10倍，才能准确地再现信号的形状。因此，选择的DAQ设备的采样率必须至少是信号频率10倍，才能确保测得或生成更准确的信号。

例如，假设我们要测量频率为1 kHz的正弦波。根据奈奎斯特定理，必须要在至少2 kHz下进行采样，但理想情况下，您应该在10 kHz下采样，才能测得或生成更准确的信号。图1对比了在2 kHz和10 kHz下测得的1 kHz正弦波。

因此，只需知道要测量或生成的信号的最大频率分量，便可选择相应采样率的DAQ设备。

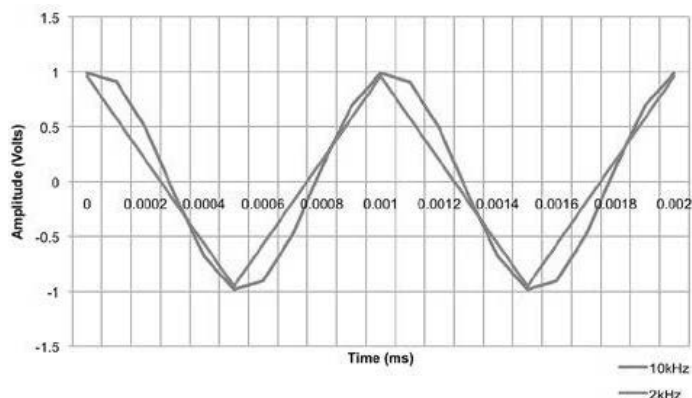


图 1 在10 kHz和2 kHz下测得的1 kHz正弦波

## 我要检测的信号的最小变化量是多少？

信号中可检测到的最小变化量决定了所选DAQ设备的分辨率。分辨率是指ADC可用于表示信号的二进制位数。为了说明这一点，假设让正弦波通过具有不同分辨率的ADC，那么如何表示它？图2比较了3位ADC和16位ADC。3位ADC可以表示八(2<sup>3</sup>)个离散电压电平。16位ADC可以表示65536(2<sup>16</sup>)个离散电压电平。用3位分辨率表示的正弦波更像是一个阶跃函数，而16位ADC的正弦波则能很清晰地看出来是正弦波。

一般DAQ设备的电压范围是 $\pm 5$  V或 $\pm 10$  V。可表示的电压电平在选定的范围上均匀分布，以利用整个分辨率。例如，范围是 $\pm 10$  V并且分辨率为12位(2<sup>12</sup>或4096个均匀分布的电平)的DAQ设备可以检测5 mV的变化，而分辨率为16位(2<sup>16</sup>或65536个均匀分布的电平)的设备可以检测300  $\mu$ V的变化。

分辨率为12、16或18位的设备能满足很多应用的要求。但是，如果要测量的传感器的信号电压范围更低或更高，则可使用具有动态范围的24位设备。因此，为应用选择合适的设备时，应主要考虑应用所需的电压范围和分辨率。

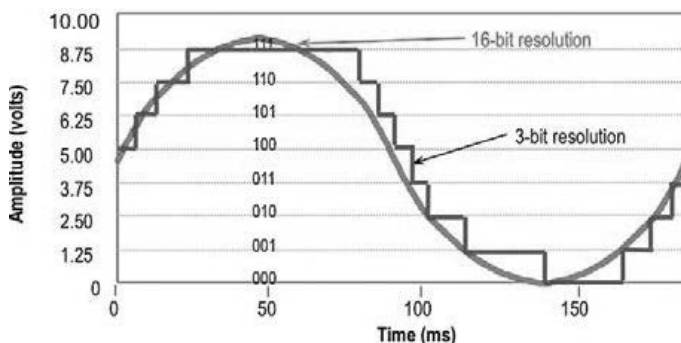


图 2 16位和3位ADC生成的正弦波

## 我的应用可允许多大的测量误差？

准确度是一个度量项，反映了仪器如实指示被测量信号的值的的能力。这个术语与分辨率无关，但是仪器的准确度永远不可能高于分辨率。如何定义测量的准确度取决于测量设备的类型。理想的仪器总是可以十分确定地测量真实值，但在现实世界中，仪器报告的值存在不确定性(由制造商定义)。这种不确定性可能取决于多种因素，如系统噪声、增益误差、偏移误差和非线性。

描述仪器不确定性的常见参数是绝对精度。这个参数定义了指定范围内DAQ设备的最大误差。NI多功能设备的绝对精度计算以如下为例：

$$\text{绝对精度} = ([\text{读数} \times \text{增益误差}] + [\text{电压范围} \times \text{偏移误差}] + \text{噪声不确定性})$$

$$\text{绝对精度} = 2.2 \text{ MV}$$

注意，仪器的准确度不仅取决于仪器，还取决于其测量信号的类型。如果正在测量的信号有噪声，测量的准确度会降低。DAQ设备有很多，它们的准确度和价格各不相同。一些设备可提供自校准、隔离和其他电路来提高准确度。基本DAQ设备可提供100 mV以上的绝对精度，而具有此类功能的更高性能的设备可提供大约1 mV的绝对精度。

了解准确度要求后，您可以选择绝对精度符合您的应用需求的DAQ设备。

[下载《工程师模拟信号数字化指南》](#)

[为您的应用比较不同的DAQ硬件产品](#)

# 如何选择合适的DAQ设备：总线和组成结构

## 概述

在选择DAQ设备时，为了确保高质量的测量，除了选择正确的技术规格，还需要考虑其他因素。环境和设备将影响对DAQ设备的选择。组成结构和坚固性的选择将决定系统适用的场景，比如是受控的实验室还是难以预测的现场。所选择的总线不仅可以决定DAQ系统的吞吐量和延迟，还可以决定测量设备的便携性。

本章探讨了最常见的PC总线选件，并简要介绍了为您的测量应用选择合适的总线和组成结构时，需要考虑的技术因素：

此总线需要处理的数据量有多大？

我对单点I/O有何要求？

该系统需达到何种便携程度？

计算机距离测量对象有多远？

系统需要达到何种坚固程度？

我是否需要同步多个设备？

### 参考资源

[常见总线选型指南](#)

[为基于PC的系统选择合适的DAQ总线](#)

## 此总线需要处理的数据量有多大？

所有PC总线在一定时间内可传输的数据量都是有限的。这种限制称为总线带宽，单位通常是兆字节每秒(MB/s)。如果动态波形测量对于应用十分重要，务必使用带宽足够的总线。

根据您选择的总线，总带宽可以在多个设备之间共享，也可以专用于特定设备。例如，PCI总线的理论带宽为132 MB/s，由计算机的所有PCI板卡共享。千兆以太网提供125 MB/s的带宽，由子网或网络的设备共享。提供专用带宽的总线(如PCI Express和PXI Express)可为每台设备提供最大数据吞吐量。

进行波形测量时，需要根据信号变化的速度达到特定采样率和分辨率。每次采样的字节数(下一个字节取整)乘以采样速度，再乘以通道数，即可得出所需的最小带宽。

例如，在四个通道上以4 MS/s的速度采样的16位设备(2字节)将是：

$$\frac{2 \text{ 字节}}{\text{S}} \times \frac{4 \text{ MS}}{\text{秒}} \quad 4 \text{ 个通道} = 32 \text{ MB/S}$$

您的总线带宽需要能够支持数据采集的速度，需要注意的是，系统的实际带宽往往低于理论上的最高总线带宽。系统的实际带宽，取决于系统中的设备数量以及占用总线带宽的额外开销。如需在多个通道上传输大量高分辨率数据，在选择DAQ总线时，带宽可能是最重要的考量因素。

## 我对单点I/O有何要求？

需要单点读写的应用往往需要实时且持续地更新I/O值。基于总线架构的软硬件实现方式，单点I/O需求可能是您选择总线的决定性因素。例如，对于比例积分微分(PID)控制系统，单点I/O非常重要，而且总线延迟会直接影响控制回路的最快速度。

总线延迟反映了I/O的响应速度，指的是调用驱动程序软件函数与更新I/O实际硬件值之间的时间延迟。根据所选择总线的不同，延迟从<1 μs到数ms不等。

单点I/O应用的另一个重要因素是确定性，衡量的是I/O按时执行的持续性。确定性对于控制应用十分重要，因为它直接影响控制回路的稳定性。许多控制算法的设计期望就是控制回路总是以恒定速率执行。与预期速率的任何偏差都会降低整个控制系统的有效性和可靠性。因此，设计闭环控制应用时，应该避免使用高延迟、确定性差的总线，如无线、以太网或USB。一般情况下，对于低延迟的单点I/O应用，CompactRIO机箱中的PXI Express或FPGA等内部总线要比USB或无线等外部总线更好。

通信总线软件对总线延迟和确定性有着很大的影响。支持RTOS的总线和软件驱动程序可提供卓越的确定性，因此可为您提供超高的性能。

## 该系统需达到何种便携程度？

便携式计算为基于PC的数据采集带来了新的创新方式。便携性很容易成为选择某一种总线的主要原因。例如，车载DAQ应用得益于结构紧凑以及方便携带的硬件。

USB和以太网等外部总线可实现快速硬件安装，并且与笔记本电脑兼容，因此特别适用于便携式DAQ系统。通过USB端口供电的总线供电型USB设备可提供更多的便利，因为它们并不需要单独的电源。

## 计算机距离测量对象有多远？

在不同的应用中，需要测量的物体和计算机之间的距离各不相同。为了达到卓越的信号完整性和测量准确度，DAQ硬件应该放置在尽可能靠近信号源的位置。但在大型的分布式测量(如结构健康监测或环境监测)中，这一点实现起来十分困难。

使用很长的线缆进行跨桥梁或车间布线不仅成本昂贵，而且还可能会导致信号嘈杂。可解决此问题的一种方案是使用便携式计算平台，将整个系统移动到更靠近信号源的地方。借助无线通讯技术，计算机和测量硬件之间不需要进行物理连接，且可以采取分布式测量，将数据发回到一个集中地点。

## 系统需要达到何种坚固程度？

现在，需要走出实验室环境进行的测试越来越多，例如在现场进行测试，但现场存在湿度、冲击和振动方面的问题；或者在测试间进行测试，但测试间存在极端温度和喷雾现象等问题。

因此选择DAQ设备时，需要考虑DAQ系统所处的环境，并确保DAQ系统能够适用于这类环境。查看工作温度以及冲击和振动等级：对于极端环境，需要考虑进入防护(IP)等级，该等级表示的是设备的防尘和防水等级。例如，FieldDAQ设备的IP等级为IP65和IP67，这意味着设备具有防尘、防喷水和防水浸的能力。

## 我是否需要同步多个设备？

许多测量系统都有复杂的同步需求，比如同步数百个输入通道或者同步不同类型的仪器。例如，激励-响应系统可能要求多个输出通道共享相同的采样时钟，并将启动触发器作为输入通道，以便关联I/O并更好地分析结果。

不同总线上的DAQ设备可提供不同的方式来实现这一点。同步技术通常可分为两种类型：**基于信号**或**基于时间**。

**基于信号**的技术可在设备之间提供最紧密的同步，但会带来布线复杂的问题。定时信号(包括时钟信号和触发器脉冲)通过物理线缆连接直接在设备之间共享。这些连接线缆可以是外部的(例如，用于将两个USB DAQ设备同步在一起)，也可以是内部的(例如，PXI机箱中的内置同步线缆用于将各个模块同步在一起)。

PXI平台包括PXI和PXI Express，可在多个设备之间提供最紧密的同步。这种开放式标准是专门为高性能同步和触发设计的，提供了多种方式来实现同一机箱内的I/O模块同步以及多个机箱的同步。

**基于时间**的同步技术可简化设备之间的同步，无需额外的硬件或布线即可提供精确的同步。在基于时间的系统中，网络(如以太网)上的多个设备会分别将其时钟设置为一个公共时间源。

在众多基于时间的同步技术中，时间敏感网络(TSN)日益普及。TSN是IEEE以太网标准的升级版，具有开源性，旨在满足各种测量和控制系统需求。部分DAQ设备支持TSN标准的子项——802.1AS，802.1AS使用标准以太网线缆在设备之间提供紧密的同步。利用802.1AS，这些设备可在100米范围内实现低于1  $\mu$ s的紧密同步。支持TSN或其子项的设备还有部分CompactDAQ机箱、FieldDAQ和部分CompactRIO设备。

## 常见总线选型指南

根据前面概述的五个问题，表9展示了最常见的DAQ总线的选型指南。

总线	波形 <sup>1</sup> 流	单点I/O	便携性	分布式测量
PCI	132 MB/s(共享)	最好	较好	较好
PCI Express总线	250 MB/s(每通道)	最好	较好	较好
PXI	132 MB/s(共享)	最好	更好	更好
PXI Express	250 MB/s(每通道)	最好	更好	更好
USB总线	60 MB/s	更好	最好	较好
以太网2.0	125 MB/s(共享)	较好	最好	最好

<sup>1</sup>最大的理论数据传输速率基于以下总线规格：PCI、PCI Express 1.0、PXI、PXI Express 1.0、USB 2.0、千兆以太网

表 9 | 基于应用需求进行NI产品总线选型

## 为基于PC的系统选择合适的DAQ总线

可供选择的总线和组成结构有许多，本部分重点介绍的是为基于PC的系统选择合适的总线：

- PCI和PCI Express
- USB总线
- PXI和PXI Express
- 以太网总线

图3显示了NI DAQ产品系列可使用的所有总线，从内部插入式总线到可热插拔的外部总线，均包含在内。



图 3 | 这些NI DAQ产品使用了多种总线和架构，包括PXIe、PCIe、USB和以太网。

## PCI和PCI Express

PCI总线是一种较为老旧但仍然常用的内部计算机总线。PCI具有132 MB/s的共享带宽，可为单点控制应用提供数据流和数据传输。

PCI Express是PCI的升级版，可将计算机的性能提高到新的高度。PCI Express架构的一项最大优势在于：由独立数据传输总线提供专用总线带宽。PCI Express使用独立的数据通道(lane)，每个通道的数据传输速度高达250 MB/s，这意味着单个设备可以达到数GB/s的带宽。

在PCI/PCIe架构中，有多种DAQ设备可供选择，这些设备提供了不同的分辨率、采样率和信号调理规格。

### 比较NI PCI和PCI Express DAQ设备

## USB总线

USB为DAQ设备和计算机提供一种经济易用的连接选择。USB 2.0的最大理论带宽为60 MB/s，可在连接到单个USB控制器的所有设备之间共享。

但是USB设备本身具有不确定性。这意味着单点数据可能不会完全按照预期进行传输，因此不建议将USB用于PID等闭环控制应用。

另一方面，USB总线的一些特点使得它比内部计算机总线更容易使用。USB设备是热插拔且即插即用的，这意味着计算机可检测到一个新连接的USB设备，并自动使用正确的驱动程序安装该设备。

### 比较NI USB DAQ设备



图 4 | PCI Express X系列多功能DAQ



图 5 | USB DAQ可为任何带有USB端口的计算机添加数据采集功能。

## PXI

PXI弥合了台式机系统与高端VXI和GPIB系统之间的差距。PXI系统联盟拥有200多个成员，一直在维护这一开放式标准，并于2006年通过了PXI Express规范，将PCI Express数据传输技术应用到了PXI平台。

PXI基于CompactPCI，结合了仪器的扩展性和更严格的系统级规范，可确保测量和自动化的开放性和高性能。基于PXI的DAQ系统还拥有坚固的外壳，能承受工业应用中通常较为恶劣的环境。此外，PXI系统提供了一个模块化的架构，这意味着您可以在同一个空间中安装多个设备并将其作为独立的仪器；而且您可以扩展该系统，使其性能远远超出采用PCI总线的台式机。PXI提供的最重要的好处之一是集成式定时和触发功能。无需任何外部连接，通过PXI机箱背板上的内部总线就能同步多台设备。

### 比较NI PXI DAQ设备

## 以太网总线

以太网是世界上几乎每一个企业网络的核心，因此被广泛使用。作为DAQ总线，以太网测量距离远远超过5米长的USB线缆，是便携式或分布式测量总线的理想选择。无需集线器、交换机或中继器，单个以太网线缆就能将距离延长100米。长距离加上由实验室、办公室和生产工厂组成的庞大网络安装群，使得以太网成为偏远地区分布式测量的理想选择。

选择基于TSN (802.1AS) IEEE标准的以太网DAQ设备，只需通过一条普通的以太网线缆，即可轻松在设备之间实现基于时间的同步。部分CompactDAQ和CompactRIO设备以及所有FieldDAQ设备都采用了此标准，因而可轻松实现多设备同步。

### 比较NI以太网DAQ设备

[了解有关DAQ总线和架构的更多信息](#)

[了解有关NI DAQ设备的更多信息](#)



图 6 | PXI平台由机箱、控制器和I/O模块组成。



图 7 | 以太网支持100米范围的数据采集，并且能够利用现有的网络基础设施，因而大幅扩展了测量系统的覆盖范围。

# 如何选择合适的计算机

## 概述

在选择DAQ设备后，请务必为应用选择合适的计算机。计算机可能是数据采集系统中最关键的部分。与传统的台式系统相比，计算机不仅集成了DAQ设备，通过软件来控制该设备，而且还可分析测量数据并保存结果，因而提供了更高的灵活性。

本章介绍了在为应用选择合适的计算机时应考虑的一些问题：

我需要多高的处理能力？

我的计算机是否必须为便携式计算机？

计算机需要达到何种坚固程度？

我的计算机是否必须为模块化计算机？

我是否需要RTOS？

### 参考资源

[计算机选型指南](#)

## 我需要多高的处理能力？

几乎每台计算机都有三个主要组件影响着计算的数据管理能力：处理器、RAM和硬盘驱动器。

处理器是计算机的一个组成部分，负责解析和执行指令，就像大脑一样。大多数新式计算机中的处理器为双核或四核，这意味着计算机可以使用两个或更多独立的处理器（称为“内核”）来读取和执行程序指令。

计算机处理能力还包括RAM、硬盘大小和处理器速度。借助更多的RAM，您可以提高速度，并可以同时运行更多的应用程序。硬盘空间增加后，您便能存储更多的数据。

最后，更快速的处理器意味着更快的应用程序运行速度。一般来说，速度越快越好，但不同品牌处理器的速度可能并不相同。如果您需要分析或保存从应用中采集的数据，计算机处理能力是您需要考虑的一个关键特性。

## 我的计算机是否必须为便携式计算机？

如果您经常在不同应用或位置之间走动，那么便携性是一个必不可少的特性。例如，如果需要在现场进行测量并返回实验室分析数据，那么便携式计算机便必不可少。此外，如果需要监测不同位置的应用，便携性也非常重要。

在评估便携性时，需要考虑两个因素：产品尺寸和重量（需要注意的是，电脑越轻，性能可能越低。）如果您需要一台处理能力强大的计算机，但又需要远程采集数据，则可以考虑构建一个分布式DAQ系统。这样便可以将您的计算机安置在控制室或实验室内，在确保安全的同时，通过以太网将您的测量系统扩展到现场。

## 计算机需要达到何种坚固程度？

如果是在极端的环境中监视您的应用，那么坚固性至关重要。工作环境（例如，运行和存储的温度、相对湿度以及最大海拔高度）决定了对计算机坚固性的要求。商用现成的标准计算机并无法承受恶劣的工业环境条件。

典型规格为50°F至95°F（工作温度）、-13°F到113°F（存储温度）、10000英尺（工作高度）和15000英尺（存储高度）；超出这些规格的计算机均可视为坚固耐用型计算机。

在进行系统设计时，需要考虑系统的工作环境。如果剧烈的振动或温度波动可能导致关键数据的丢失，那么建议您选择坚固耐用的计算机或工业计算机。

## 我的计算机是否必须为模块化计算机？

如果您顾虑到未来的应用需求或者需要处理多个应用，那么计算机的模块化特性也是一个需要考量的重要因素。模块化特性决定了您可以在何种程度上分离和重组系统的组件。您可以修改和调整系统，从而满足当前的需求并兼顾未来的扩展需求；还可以升级单个组件，而无需购买全新的系统。

例如，对于具有PCIe插槽的模块化立式计算机，如果您需要更多空间，则可以安装新的硬盘驱动器；如果您需要更快的采样速度，则可以安装具有更快速模数转换器的DAQ设备。笔记本电脑和平板电脑提供了便携性，但它们的集成度更高，因此更难升级。如果您需要使当前的应用适应未来的需求，那么模块化可能是一个重要的特性。

## 我是否需要RTOS?

操作系统是选择DAQ计算机时需要考虑的一个重要特性。到目前为止，最常见的通用型操作系统是Windows，但DAQ和控制应用可能需要更专业的操作系统。

RTOS可以确定性地运行，使应用程序按照精确的时间要求执行。RTOS是具有确定性的系统，因为它并不负责决定什么时候发生哪个进程；但是，您可以定义进程的顺序和时间，从而更好地控制应用程序，并且执行速度将比不确定性操作系统要快得多。这一点在需要优先处理关键任务的控制应用中尤其重要。

[详细了解RTOS](#)

## 计算机选型指南

根据前面的六个问题，表10对最常见的计算机类型进行了比较。

	PXI系统	台式机	工业 控制器、COMPACTRIO	笔记本电脑	平板电脑
处理能力	最好	最好	更好	更好	较好
操作系统兼容性	最好	最好	更好	最好	较好
模块化	最好	更好	更好	更好	较好
耐用性	更好	更好	最好	较好	较好
便携性	更好	较好	最好	最好	最好

表 10 | 计算机性能比较

# 如何选择合适的驱动程序软件

## 概述

在选择DAQ设备时，通常很容易忽略驱动程序软件，但DAQ设备背后的驱动程序可能是影响开发时间和设备性能的最重要因素之一。

驱动程序负责处理硬件设备与应用软件之间的通信，让您既可以访问高级函数来实现快速测量，又可以访问底层控制代码来轻微调整复杂的任务。

本章介绍了为DAQ设备选择驱动软件时需要考虑的问题：

DAQ驱动程序是否与我的操作系统兼容？

该驱动程序与我的应用软件的集成度如何？

该驱动程序随附哪些文档？

该驱动程序是否包含任何安装或诊断工具？

该驱动程序是否可扩展到其他DAQ设备？

## DAQ驱动程序是否与我的操作系统兼容？

您可以选择Windows、macOS或Linux操作系统，这些操作系统针对不同的任务、操作和部署提供了不同的优势。而且，每一种操作系统都可能有不同的版本、发行版或针对特定处理器的设计。例如，Windows提供针对32位和64位处理器的版本，而开源Linux操作系统有数百个版本。每种类型和每个版本的操作系统各有不同的功能，它们之间可能兼容，也可能不兼容。

因此，DAQ驱动程序通常无法支持所有操作系统类型和版本。大多数DAQ驱动程序都可用于Windows操作系统，因为这是最常见的操作系统。NI的DAQ驱动程序NI-DAQmx支持大多数Windows操作系统和多个Linux版本。

如果您更换了操作系统，请记得先确认DAQ设备驱动程序是否支持该操作系统，然后再选择DAQ设备。您通常可以在驱动程序的自述文件中找到该驱动可支持的操作系统及版本。

## 该驱动程序与我的应用程序的集成度如何？

驱动程序与不同的应用程序的集成度各不相同。每个驱动程序的核心都是一个库(通常是一个DLL)。该库可管理与DAQ硬件的通信。正常情况下，该库会附带针对各种编程语言的文档和wrapper。wrapper是一种薄薄的代码层，用于将库中的函数转换为针对特定编程语言的兼容接口。

完美情况下，所提供驱动程序可与您的应用程序本机集成。在这种情况下，驱动程序将被重写为本机语言。这样便可实现更好的性能和更流畅的体验，因为函数和文档将直接内置在应用程序中。

在某些情况下，可能没有针对您的首选语言提供wrapper，甚至根本没有提供wrapper，那么您必须手动编写自己的wrapper，才能与应用程序连接。在评估DAQ系统时，请检查驱动程序支持哪些语言，如果可能，请访问针对该语言的相关文档。理想情况下，驱动程序可在各种应用程序中提供完整的驱动程序功能。

## 该驱动程序随附哪些文档？

驱动程序提供多种形式的文档，包括用户手册、函数参考、发行说明、已知问题和范例代码。如果文档内容劣质、不完整或混乱，就会浪费用户的大量时间。同理，如果驱动程序的编程接口文档质量不佳，您可能会浪费不必要的时间来运行枯燥的功能性试错测试。虽然试错也不失为学习函数和语法的一个好方法，但您需要有可供参考的手册。因此，拥有详尽且有逻辑架构清晰的文档是非常重要的。

优秀的驱动软件说明文档应当内容完整、易于查找且易于操作。最理想的情况是，该驱动提供了您的首选语言的代码范例，并提供了详细且实用的错误消息说明。事先查看驱动软件的文档有助于避免将来可能遇到的麻烦。

## 该驱动程序是否包含任何安装或诊断工具？

除了文档之外，安装和诊断工具也可以帮助您快速启动和运行应用程序并诊断问题。

- 借助测试面板，您可以先在最基本的级别上测试硬件功能，然后再设计最终应用。您还可以生成和测量原始信号，并对DAQ硬件进行故障分析，而不受可能会增加额外不确定性的其他软件和编程因素的影响。
- 校准工具可指导您完成设备的自校准，从而确保测量的准确性。
- 传感器换算向导可以帮助您轻松地将原始电压值换算为对应的工程单位，而无需自己编写数学程序。
- 有些驱动程序甚至提供完整的配置向导，提供所有这些工具的概述，逐步指导您设置测量任务，并帮助您使用应用程序完成首次测量。

总的来说，安装和诊断工具在开始使用DAQ设备或诊断问题时非常有用。不过，并非所有的DAQ驱动程序都包含这些工具。

## 该驱动程序是否可扩展到其他DAQ设备？

您可能无法预测您当前的DAQ系统将来可能需要哪些更改和扩展。您可能需要将设备升级到更高性能或添加其他测量。部分DAQ驱动程序仅适用于某个设备，而另一些DAQ驱动程序则是为多种设备而设计。

与可用于多种设备的驱动程序相比，单设备驱动程序通常较为精简。虽然这些驱动程序在开始时能够满足使用需求，但是在添加新设备或更换现有设备时，可能需要进行大量编程工作，才能集成对应的新驱动程序。驱动程序的编程接口可能会采用不同的结构，这就需要对代码进行大幅修改。

相对而言，支持多种设备的驱动程序更易于扩展到其他功能和新设备。因为编程接口对于所有设备都是一致的，因此添加新设备本质上是一种直接的元件替换，几乎不需要更改代码。这些驱动程序还可能支持其他功能，从而使同步和组合多个设备中的测量变得更加容易。

[详细了解适用于DAQ应用的NI-DAQmx驱动程序软件](#)

[浏览NI-DAQmx驱动程序手册，了解兼容性信息](#)

# 如何选择合适的DAQ软件

## 概述

软件是现代DAQ系统的核心。在使用DAQ系统时，大部分时间都是花在软件环境中，因此您选择的软件工具必须既适合当前应用的需要，又能随着系统的成熟而轻松扩展。

在DAQ软件中，既有即用型应用软件，也有可完全定制的编程语言。因此，在为DAQ系统选择合适的工具时，需要考虑您的测量需求、可用的开发时间和编程专业知识。

在选择应用软件之前，请考虑以下问题：

应用软件与开发环境之间有什么区别？

构建测量系统需要多长时间？

了解该软件需要多长时间？

软件是否提供入门培训？

当我遇到困难时，是否有可供求助的社区？

我需要执行哪些类型的分析？

我需要哪些类型的数据可视化？

我能否集成定制或旧版的IP？

参考资源

软件选择表

## 应用软件开发与开发环境之间有什么区别？

在DAQ软件工具中，既有即用型应用软件(无需编程)，也有可完全定制的开发环境。您可以使用其中的任何一种方法来构建一个强大且灵活的测量系统，但两者都需要进行权衡。

应用软件注重易用性，使用户只需最少的(甚至不需要)培训即可采集和处理数据。通过该软件，您可以使用下拉菜单和预先设计好的界面来设置硬件、实现测量通道的可视化和记录数据等。

典型的应用软件是基于工作流程的，例如，FlexLogger™软件专为数据记录应用设计，提供了记录混合测量数据时可能需要的所有配置、可视化功能和事件/警报。当您需要该工作流程之外的功能时(譬如在进行后期处理和报告时)，则可能会遇到限制。在这些情况下，您可能需要开发插件或使用其他工具(如DIAdem)。

而开发环境则注重功能的定制，这样您就可以应对测量系统中的几乎所有挑战。开发环境的灵活性非常高，因为您可以将DAQ驱动程序集成到该软件中，并开发自定义用户界面(UI)和代码，从而执行完全符合您需求的测量或测试程序。

LabVIEW等开发环境可以充当数据记录控制系统、后期处理软件或报表生成器等。开发环境需要顾虑的是，您需要提前花时间学习编程语言并且自己开发应用程序。虽然这听起来很费时间，但如今的开发环境提供了各种工具来帮助您快速开始开发，所花费的总时间反而减少了。

以下部分同时考虑了应用软件开发和开发环境，二者均可作为您开发测量系统的有效选项。

## 构建测量系统需要多长时间？

在选择软件时，一定要了解自己的时间预算。您需要留出时间来学习软件、设置系统，而且可能需要调试测量代码。在评估构建测量系统所需的时间时，还要考虑未来的需求——如果您计划在将来扩展此测试系统，那么随着系统的发展和变化，您现在投入的培训和学习时间将在未来产生更大的回报。

## 了解该软件需要多长时间？

即用型应用软件工具是上手最容易且最快的工具，因为它们已经将用户编程细节抽象化，通常只需要提供一些设置细节。在为您的DAQ系统选择即用型软件工具时，请确保该工具具有您应用所需的硬件支持、处理能力和分析库。此外，还要确认它是否提供了适当的资源(无论是用户手册、产品内帮助信息、在线社区还是支持论坛)，来帮助您快速学会使用该工具。

应用开发环境通常需要更长的时间才能上手，但其中大部分时间都是在学习环境中的应用编程语言。如果您选择的应用开发环境使用的是您熟悉的语言，那您就可以节省熟悉新应用开发环境所需的时间。许多应用开发环境都可以在单个框架内集成(甚至编译)多种不同的语言。

在评估应用开发环境时，如果您需要学习新语言，建议考虑那些可帮助您将注意力放在解决工程问题上(而不是底层编程细节)的环境上。例如，您可能会发现基于文本的语言(如ANSI C/C++)往往更具挑战性，因为所有语法和句法规则都很复杂，必须严格遵守才能成功地编译和运行代码。

而像NI LabVIEW中提供的图形化编程语言,学习起来则较为简单,因为程序实现更加直观,且视觉效果与工程师思考的方式一致。

```
int32 CreateDAQTaskInProject(TaskHandle *taskOut1)
{
    int32 DAQmxError = DAQmxSuccess;
    TaskHandle taskOut;

    DAQmxErrChk(DAQmxCreateTask("DAQTaskInProject", &taskOut));

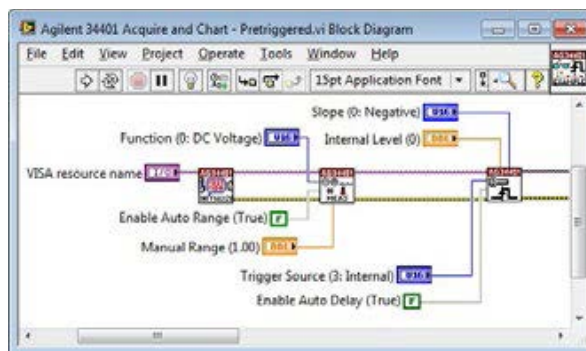
    DAQmxErrChk(DAQmxCreateAIVoltageChan(taskOut, "Dev1/ai2",
    "Voltage", DAQmx_Val_Diff, -10, 10, DAQmx_Val_Volts, ""));

    DAQmxErrChk(DAQmxCfgSampClkTiming(taskOut, "",
    1000, DAQmx_Val_Rising,
    DAQmx_Val_FiniteSamps, 100));

    *taskOut1 = taskOut;

Error:
    return DAQmxError;
}
```

ANSI C代码



LabVIEW代码

图  
8 示例代码

## 软件是否提供入门培训选项?

此外,还要考虑应用软件随附的入门资源。这些资源可以帮助您在更短的时间内熟悉并使用新的软件工具。以下是一些适用于所有软件工具的实用入门资源:

- 评估 — 免费评估可以让您进行充分的测试,从而确定该工具是否满足您的应用的需求。
- 在线课程 — 在学习应用软件的基本概念时,在线教程、视频和技术白皮书是非常有用的。
- 课堂培训 — 如果您需要了解应用软件并动手开发您的DAQ系统,那么课堂培训是最完美的选择。课程费用和内容的详细程度取决于培训形式。通常情况下,您可以拥有多种选择,包括免费的研讨会、正规课堂培训、有授课教师指导的在线课程。
- 随附范例 — 理想情况下,软件应针对最常见的DAQ应用提供足够多的代码范例。借助这些范例,您便无需从头开始。只需简单地修改随附范例,即可满足您的系统开发需求,从而节省时间。

## 当我遇到困难时,是否有可供求助的社区?

软件所处的生态系统与软件工具本身同样重要。一个健康的生态系统会提供丰富的资源,帮助您轻松地学习新的软件工具,并在您开发自己的应用时给予反馈。在购买之前,请浏览社区论坛,并确定它的活跃程度和共享的信息类型(代码、讨论、提示和技巧)。您需要的是一个活动丰富的社区,其共享的信息需与您正在解决的问题密切相关。

此外,用户的应用软件生态系统往往驱使着未来的开发。请检查应用软件背后的组织是否能够积极响应其社区的需求,以及用户群是否可以提供引导未来软件功能的反馈意见。

## 我需要执行哪些类型的分析？

原始数据并不总是最有效的沟通方式。消除信号噪声、补偿温度和湿度等环境影响以及校准设备误差等数据转换操作有助于将原始数据转化为有用数据。大多数工程应用的目的是产生有用的数据，这就需要对数据采集中所用的任何分析工具进行全面的信号处理。分析或处理数据的主要方法有两种：

- 脱机分析也称为后期处理，是在将数据保存到文件后进行。FlexLogger软件等应用软件就适合进行脱机分析，可在运行测试后进行数据记录以及后期处理。有关后期处理和脱机分析的更多详细信息，请参阅“数据管理”一章。
- 内联分析意味着在采集数据的同一应用程序中分析数据。如果您的应用需要一边监测信号，一边根据传入数据的特征更改测试变量，那么内联分析就是不二之选。您可以测量和分析信号的某些方面，使应用程序适应特定的情况并集成执行参数 — 可能是在发生警报时将数据保存到磁盘，也可能是在传入值超过阈值限制时提高采样率。要执行内联分析，应用软件必须具有内置的信号分析功能，或者能够轻松集成外部IP。

大多数数据分析工具供应商都会提供一份方便查阅的工具功能清单，如果您知道自己的特定信号处理需求，这将非常有用。但是如果您并不十分确定自己需要什么，在寻找工具时就需要考虑其是否提供了与您的领域或应用类型相关的函数。

理想的数据分析工具可包含600多个内置函数。虽然基本和复杂的数学运算非常有益，但您更需要特定于您的兴趣领域的函数。如果您的应用涉及控制方面，请查看比例积分微分(PID)控制函数。如果您的应用为光学字符识别(OCR)，请确保您的工具包含相关函数。建议寻找具有附加工具生态系统的软件产品，以便扩展产品功能(包括第三方行业专家分析)。这样，您就节省了自己开发这些函数的时间和成本。

如果需要内联分析，请确保应用软件包含内置或扩展功能。如果您的需求涉及脱机分析，则应用软件必须能够将数据保存为脱机分析包可以使用的格式。

## 我需要哪些类型的数据可视化？

从简单地绘制采集信号到将测量数据与视频、声音或三维模型投影相关联，数据可视化几乎是所有的测量系统必备的功能。选择正确的可视化技术至关重要，这可能决定了您是能够从原始数据中适当地得出实用的信息，还是丢失了重要的决策依据。

与分析一样，可视化也可以内联或脱机进行。最后一章讨论了脱机可视化技术(通常也称为报表生成)。

内联报告活动发生在DAQ软件中，因此您可以跟踪数据趋势、查看关键系统信息并创建有吸引力的UI。例如，您可以在显示器上显示采集的数据，以便技术人员可以看到正在测量的信号并确保连接正确。

如果使用内联可视化运行内联分析，显示器上显示的可能会是同一信号经过滤波的版本。这种架构可为您提供“即时反馈”，因为您可以几乎实时地实现所获取数据的可视化，但这也意味着所选择的应用软件必须包含所需的可视化工具。

就可视化而言，大多数工程师至少需要基本的图表和图形绘制功能。幸运的是，市场上几乎所有的数据可视化工具都可以制作简单的图表和图形，而专用的可视化工具则提供了强大的附加功能，可以帮助您从数据中获取更多信息。

因此可视化功能的可扩展性和可定制性也是非常重要的考量因素。商用现成的应用软件可能提供各种各样的图表和图形，并可在单个图表中绘制多个图。它们可能有显示控件和可视化功能，但无法让您完全控制数据的显示方式。而开发环境却可让您进行广泛、深入的定制，因此您可以控制数据可视化的各个方面。请确保所选择的开发环境可轻松完成GUI设计 — 在一些基于文本的编程语言中，数据可视化编程极具挑战性。

## 我能否集成定制或旧版的IP?

您可能拥有无法作为附加工具软件购买的专有分析算法。或者，由于应用需求随着时间的推移而变化，您已经投入了大量时间和金钱，目的是在较早或替代工具中创建分析程序或自定义IP。在这些情况下，就需要寻找一个可以集成这些外部分析程序的数据分析包。如果已经验证了您的现有算法可以正常工作，则无需在较新的工具中重新设计相同的功能。

无论您是用另一种编程语言创建了分析程序，在较早的财务分析工具中使用了脚本，还是继承了某些配置文件，都请与软件供应商确认：您是否可以将旧的分析程序合并到他们的数据分析工具中。如果无法轻松做到这一点，则可能需要花费宝贵的时间在新工具中重新创建您的功能。现代化的数据分析工具应该可以使用在其他环境中创建的IP。

## 软件选择表

根据上面提到的问题和考虑因素，表11列出了应用软件与以下两种开发环境之间的区别：图形化开发环境(如LabVIEW)和基于文本的开发环境(如Python或C++)。

选择标准	应用软件 (无编程)	开发环境 (图形编程)	开发环境(基于文本的编程)
示例	<i>FlexLogger</i>	<i>LabVIEW</i>	<i>Python、C、C++</i>
易用性	最好	更好	较好
实现首次测量/测试所需的时间	最好	更好	较好
可定制化	较好	最好	最好
DAQ驱动程序集成	最好	最好	较好
内联分析工具	较好	最好	更好
内联可视化工具	最好	最好	更好
外部硬件集成	较好	最好	最好
外部IP集成	较好	最好	最好

表 11 | DAQ软件选型指南

[了解更多关于FlexLogger这款现成即用的记录数据软件](#)

[了解LabVIEW这款旨在加速工程开发的软件环境如何帮助您满足应用和系统需求](#)

# 如何选择合适的数据管理软件

## 概述

您采集数据只有一个原因：为决策提供依据。虽然技术的发展已经可让您更快速地保留更丰富的数据，但存储、处理和共享数据仍然是重大挑战。

大多数DAQ系统都会采集数据来进行分析，并最终通过格式可互换的报表来呈现或共享这些数据。可供选择的数据管理工具数不胜数，但是您应该仔细考虑所选工具的功能，确保工具不会成为系统中的瓶颈。

本章简要介绍了为您的应用选择报表工具时需要考虑的六个问题：

我的数据管理软件能否处理我的数据？

我的数据管理软件能否提供我需要的分析？

我的数据管理软件能否提供我需要的可视化技术？

我能否使用模板来简化重复性的报表？

我能否通过自动生成报表来节省时间？

我的数据管理软件能否以正确的格式导出报表？

## 我的数据管理软件能否处理我的数据？

在电子表格中使用图形和图表来处理、分析和共享原始数据——这一经历想必大家都不陌生。但典型的电子表格程序是为财务分析而设计的。如果您要寻找的是测量系统数据管理工具，请考虑两个主要区别：第一，数据存储文件格式；第二，数据量。报表工具不仅要能够通过您选择的文件格式加载数据，还要能够胜任您所需要的数据处理量。

### 文件格式

传统的文件类型很少能满足您对文件格式的所有要求。例如，ASCII文件格式可互换，但却非常庞大而且无法快速读写。二进制文件的读写速度可与高速硬件媲美，但该格式的文件很难共享。

而技术数据管理流(TDMS)文件格式则完美地解决了这些难题。TDMS文件基于TDM数据模型，能够以清晰的架构保存测试与测量数据，并提供完善的文档记录。

使用TDMS格式的文件，您不必随着DAQ需求的增加而重新设计应用程序。您只需扩展数据模型即可满足自己的需求。TDMS是为了满足所有工程师的需求而开发的，因此它易于使用，并且可提供高速流处理和交换能力。

传统的财务分析工具使用单元格作为其基本组成块。单元格形成行和列，最终组成电子表格，这种架构非常适合预算和资产负债表。简单的单点DAQ应用程序(例如，一天中每小时采集一个数据点的应用程序)就很适合使用电子表格，因为当采集的数据点较少时，每个数据点都是很重要的。每个数据点在电子表格中作为一个单元格存在，且必须通过这种基于单元格的方式进行处理。

以每秒数兆采样(MS/s)的速度采集数十个数据通道的DAQ应用也很常见。在这些应用中，需要将某个信号(或通道)的数据作为一个整体进行处理。比如如果单独处理列中的每个单元格，则可能会丢失信号的完整性。

而一次处理整个列很麻烦。除原始的数值数据外，列通常还包含描述性信息，如名称或单位。因此，当您选择列的一部分(例如，A3:A999)时，不但会产生内存开销，而且有可能会造成数据不准确或错误。

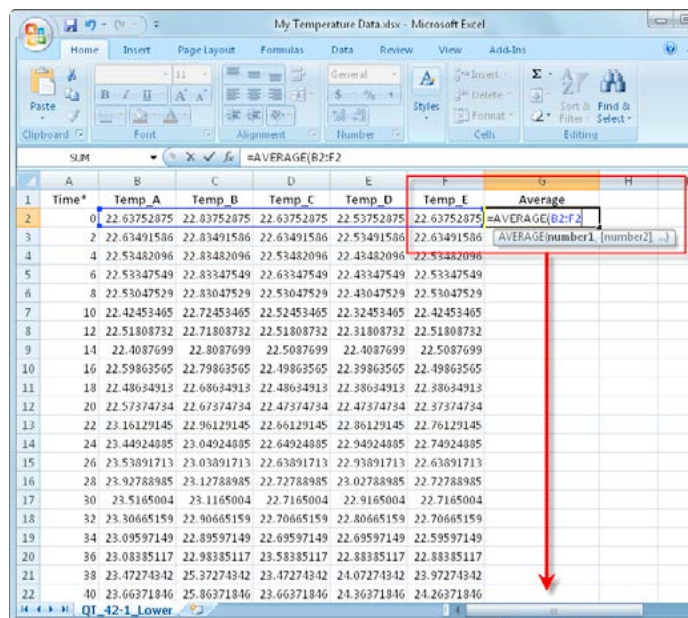


图9 Microsoft Excel使用单元格作为其基本构建块。即使是简单的数据分析也必须应用于一个单元格，然后针对一列(通道)中的所有单元格重复执行。

图9显示了如何使用Microsoft Excel执行一个简单但常见的工程任务：对存储在五个列中的温度通道求平均值，以创建一个最终的平均通道。您必须首先在单元构建块中实现取平均计算，然后将其复制或填充到结果列中的所有单元格。

## 数据量

如今,普通应用程序的流处理速度往往能够达到或超过MS/s水平。就以1MS/s的速度采集单个数据通道的应用程序而言,可在一秒采集过程中采集总共100万个数据点。在几分钟内,就会有数十亿个数据点占据千兆字节的硬盘空间。

传统的数据管理工具试图将每个数据点加载到内存中,然后打开一个大的数据文件,这可能需要耗费许多宝贵的时间。这些基于单元格的灵活工具非常适合需要对单元格数据进行可视化的商业报表,但对于具有数百万个值的数据集,则会增加不必要的内存开销。为了避免潜在的内存问题,传统的报表工具通常会限制为给定列加载的数据值数量上限。这通常需要选择新的文件格式(事后可能需要重新构建应用程序)或将数据分割成许多小文件,重新调整存储策略,这样您的报表工具便可打开它们。

在设计DAQ系统时,请确保您的数据管理工具能够处理您的文件格式以及您打算获取的数据量(保持一定的灵活性,以便适应未来采集数据量增加带来的需求变化)。

## 我的数据管理软件能否提供我需要的分析?

内联分析,或者说在获取数据时执行的分析,并非在所有情况下都适用。如果您不需要在获取数据后即时做出决策,则可以选择执行脱机分析(也称为后期处理)。这包括将获取的数据保存到磁盘以进行无限制的交互,以及让数据管理软件执行分析。

由于此分析是在获取数据之后执行的,因此您可以不受DAQ时间和内存限制的影响,从而将处理器释放出来,用于完成更具挑战性的任务或需要整个数据集的趋势分析。直方图、趋势分析和曲线拟合等都属于后期处理任务。后期处理提供了更广泛的数据交互性,使您能够真正探索原始数据和分析结果。此外,考虑到密集型信号处理算法在大型数据集上运行时需要花费大量时间,这意味着您不必担心分析会成为限制实时采集的瓶颈。

因此,在选择数据管理软件时,应考虑后期的数据处理需求。可查看数据管理软件手册,看看该软件是否提供了系统所需的数学计算、绘图和数据精简功能。

## 我的数据管理软件能否提供我需要的可视化技术?

就报告功能而言,您可能至少需要基本的图表和图形绘制功能。幸运的是,市场上几乎所有的数据管理工具都可以制作简单的图表和图形。但是,请确保这些图表可以绘制出要绘制的数据量,因为许多图表和图形只能够处理有限的数据量。

如果您认为可能需要在同一图表上绘制多条具有不同Y轴比例尺的曲线,则您的报表工具需要能够区分这些标度。虽然许多工具都可以实现,但它们也有一个限制性的最大Y轴数量。

另外,考虑一下您的报告需求是否超出了基本的二维绘图。例如,如果您需要使用极坐标图表示数据,或者如果您的数据最好用三维图形表示,则您的报表工具必须支持这一点。

## 我能否使用模板来简化重复性的报表?

很多时候,您需要针对一系列原始数据文件生成相同类型的报告。例如,如果您每周需要运行相同的测试,并且必须报告标准化的结果,则必然需要使用一个报表布局来汇报不同的数据集。传统的报表工具会将报表显示方式与原始数据一起保存在一个通用的电子表格文件中,这大大增加了使用特定报表方式来汇报多个数据集的难度。每个数据集最终都有各自的报表布局和格式,这意味着如果您需要对布局或格式进行修改(例如,更改曲线颜色之类的简单操作),则必须每个文件都修改,才能实现该更改的标准化。

通过创建模板,您可以更轻松地创建自定义报表,从而使用新的数据和结果进行更新。如果未来需要针对多个数据集多次创建相同的报表,则需要使用一个数据管理工具,来生成报表模板并将其应用于不同的原始数据文件。

## 我能否通过自动生成报表来节省时间？

DAQ应用通常有两种类型的报表：临时报表和重复性报表。临时报表是偶尔生成的报表，通常采用互动、定制的方式。相对的，重复性报表是需要频繁生成的报表，通常是标准化的，并且经常使用模板。

如果您有重复性的报表需求，请确保您的数据管理软件具有自动报表生成功能。即使是最传统的工具，也可以通过所支持的宏或脚本来简化该工作。很多工具都具有录制模式，这样您就可以采用交互方式录制脚本，从而自动执行冗长的评估或计算。

## 我的数据管理软件能否以正确的格式导出报表？

报表具通常以易于交换的格式呈现最终输出，这样您就可以发送(通过电子邮件)、打印或呈现相应数据，而不受原始数据文件格式的影响。大多数报表具都可将报表导出为多种格式，但请确保您的工具支持最常用的格式(PDF、PowerPoint、图像或HTML)。

此外，如果您有大量的报表需求(例如，如果您的报表通常涵盖几十页)，请确保所选报表工具可以按您需要的大小以所需的格式导出报表。否则，就有可能出现以下情况：在系统设计的最后，由于报表工具无法按所需长度创建报表，您需要重新创建所有工作内容。这恐怕是您最不愿看到的状况了。

[了解NI DIAdem如何帮助您管理和报告测量数据](#)

## 下一步

接下来就可以开始设计您的测量系统。我们将帮助您选择合适的传感器来测量您感兴趣的物理现象，并选择合适的DAQ设备来读取这些信号，以便对数据进行分析、可视化和报告。



图 10 | 无论您面临着什么样的测量挑战，NI都可以提供相应的硬件和软件来满足您的需求。

[了解NI DAQ硬件和软件](#)

[咨询NI销售代表，了解适合您的测量系统](#)