

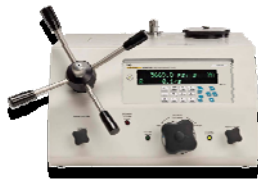
关于不确定度指标的理解

在测试仪器行业，不确定度（很多人称之为精度，因此下面就称之为精度）是仪器的一个重要指标之一，而不确定度指标的表达是有不同的方式的。而不同的表示方式有时会带来一些意义上的混淆或混乱。因此如何理解精度的指标就变得非常重要了。

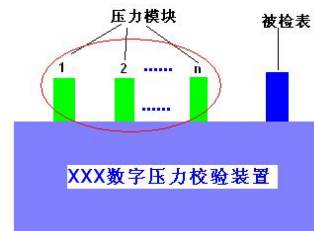
不确定度指标是指仪器测量值的可能范围，也就是估计的误差范围。误差的类型有与测量值成比例的误差，有与测量值大小无关的固定误差，一般仪器的指标是两种误差之和。通常人们希望仅有与测量值成比例的误差，读数（Reading）精度就是指这种误差。如果仪器仅用固定误差表示指标的叫做引用误差，满量程（Full Range）精度就是指这种误差。

在压力测试（通常称为表）中常使用满量程精度。读数精度和满量程精度的表示有什么不同吗？他们是怎么计算出来的？下面我们以一个压力测试的例子来具体说明，更有助于直观的理解之间的区别。

具体的例子如下：两个压力测试仪，最大量程都是 10MPa。一个是读数精度 1%，另一个是满量程精度 1%。二者有何区别？



我的不确定度是 0.02%



我的不确定度也是 0.02%

首先要介绍两种误差表示方式，一个是绝对误差，一个是相对误差。绝对误差是测量值与标准值（估计真值）之差；相对误差是绝对误差和标准值的比值。例如测量数值是 100，其绝对误差是 1，则相对误差就是 1/100，也就是 1%。再如，测量值是 50，绝对误差是 0.5，则相对误差是 0.5/50，还是 1%。

通过相对误差才能表示出测量的质量，所以通常评价测量结果和测量仪器都使用相对误差。如果不确定度给出的是相对误差，马上就知道最后测量结果究竟如何。如果是给出的是绝对误差，最后的不确定度需要进行计算才能知道。在解释读数精度和满量程精度的实际例子中就可清楚的了解这一点。

搞清楚相对误差和绝对误差后，我们就很容易理解读数精度和满量程精度了。所谓读数精度就是用相对误差表示。而满量程精度是用引用误差或绝对误差表示。以上面提出的例子来说，两个压力测试仪，最大量程都是 10MPa。一个读数精度是 1%，另一个满量程精度是 1%。二者有何区别？

以读数精度表示的仪器，其绝对误差随测量值变化，而相对误差不变。在测量 10MPa 时，其相对误差就是 1%，测量 7MPa 时还是 1%，以此类推。

而以满量程精度表示的仪器，其不确定度是引用误差，也就是绝对误差，它是一个恒定值，是百分比数误差乘以满量程的数值，本例中就是 $\pm 1\% \times 10\text{MPa}$ ，也就是 $\pm 0.1\text{MPa}$ 。而这个估计误差对所有测量值都是一样的，而相对误差随测量值变化而变化。如刚才介绍，只有相对误差才能表示出测量的质量，因此，总是要把绝对误差换算为相对误差。当测试值是 7MPa 时，绝对误差还是 0.1MPa，那么相对误差就是 $0.1\text{MPa}/7\text{MPa}$ ，1.4%。

如果一台仪器的指标是读数精度 0.01%，另一台仪器的指标是满量程精度 0.01%。现在将两种精度表示方式在不同测量值的精度（相对误差）列出一个表，这样就可以看到二者的差别。

10MPa 传感器，相对误差		
	0.01% 读数	0.01% 满量程
10MPa	0.01%	0.010%
7MPa	0.01%	0.0143%
5MPa	0.01%	0.020%
3MPa	0.01%	0.033%
1MPa	0.01%	0.100%

从表中可以看出，在满量程时两种表示方式是一样的。但是当测量值开始降低时，使用读数精度的仪器的测量不确定度将保持不变，而使用满量程精度的仪器的测量不确定度随测量值下降而下降。在 50% 量程时不确定度增加一倍，10% 量程时就相差 10 倍。不确定度从满量程时的万分之一的变成了千分之一。

有一点要说明的是，没有一个压力传感器在全部量程范围永远保持同样的准确。因此读数精度的表示都有一定的范围所限制。还以 10MPa 的压力测试仪为例，其指标为 0.01% 读数，对应范围为 10% 至 100% 的量程，也就是从 1MPa 至 10MPa。低于 1MPa 的指标通常会另外给出。不论是哪种表示方式，在远低于最大量程的很小压力时，精度都会大大降低，因此需要选择另外的传感器来覆盖更低的压力范围。

综上所述，使用读数精度就基本是测量时获得的实际精度，因此非常容易理解。而使用满量程精度需要进行计算转换为相对误差后（也就是读数精度）才能知道在每个测量值上实际获得的精度。福禄克的压力校准产品主要是以读数精度来表示的，表示的方式是在某个压力范围的读数精度是多少。例如 0.02% 读数，10% 至 100% 量程。用户可以快速和清楚地了解测量时获得的实际不确定度是多少。