

理解电池测试仪的测量精度 技术指标

引言

当您为研发实验室或生产线指定和购买电芯和电池测试设备时,必须透彻地了解设备的性能技术指标。虽然您很容易便能说明设备的价格、需要的通道数和每个通道的电流,但最关键的技术指标是精度。精准确定您的需求可能并不容易。

在本白皮书中,您将了解到在测试设备领域是如何定义精度和误差的,如何通过四种方法确定精度,以及实际误差与指标规定的误差有什么区别。

开始:精度和误差是什么?

作为一家测试设备制造商,是德科技将精度定义为您测量参数与实际值之间的误差量。以电流测量精度为例。我们会标明仪器在您在进行电流测量时将遇到的误差量,例如我们测量一个 5 A 的电流,那么误差或不准确度就是 100 μ A。

如果我们谈论的是电流编程或输出误差,那么它就是设置电流值与实际值之间的误差。例如,如果您想设置 10 A 的恒流充电率,那么系统可能会有 25 mA 的编程误差。因此,您得到的输出值不是正好 10 A,而是与 10 A 相差 25 mA 之内的某个值。

虽然我们举的是电流输出和测量的例子,但这个概念适用于任何可测量参数,例如电压(伏特)、电流(安培)、电阻(欧姆)、温度($^{\circ}$ C)和各种单位的压力。对于系统输出的任何参数(通常仅限电压和电流),您同样也会有一个输出或编程误差。

这个主题似乎仅适用于电芯、电池测试仪或电池化成系统中的通道。但实际上这些精度技术指标适用于任何测量设备(如电压表或内阻测量仪器)或任何电源设备(如电源、源表模块或模拟输出信号发生器)。

在讨论测量精度时,您经常会看到一个技术指标——测量分辨率。我们将在本白皮书末尾部分介绍测量分辨率。

指定精度的四种方法

目前指定精度的方法有四种。精度技术指标的实际数值是您将会遇到的误差量。您可以基于这个误差量和所需测量参数的真实值来确定精度。虽然本白皮书在后续的讨论中说的是测量精度,但这个概念同样适用于编程或输出精度。

1. 固定误差

如果是固定误差,那么误差就是一个固定值,例如 10 mA。这意味着无论您要测量的参数多大或多小,您遇到的都将是同一个误差量。例如,如果固定误差是 2 mA,那么无论您测量的是 100 mA 还是 100A,误差都是 2 mA。

2. 量程的固定百分比

在这种情况下,误差绝对值会随着测量设备的量程放大或缩小,并将指定为满量程的百分比(FS 的%)或量程的%。例如,如果误差是满量程的 0.2%,满量程是 10 A,那么这个误差就是 10 A 的 0.2%,也就是 0.02 A 或 20 mA。您在很多测量设备上都会看到多个量程;多量程的一个优势就是您可以根据要测量的参数大小选择适合的范围,以便尽量减少测量误差。

例如,假设您希望准确测量 500 mA 的信号。测量设备有三个量程:1 A、10 A 和 100 A。如果误差是满量程的 0.2%,那么采用 1 A 量程,误差将会是 2 mA;采用 10 A 量程,误差将会是 20 mA;而采用 100 A 量程时,误差将会达到 200 mA。您使用这三个量程中的任何一个,都可以测量 500 mA 的信号,但是只有使用最小的量程时,误差才最小。

3. 增益和固定偏置

如果采用增益和固定偏置,那么误差就有两个分量。其中的增益项是一个可随着您要测量的参数大小而放大或缩小的误差分量,固定值是一个始终存在的数值。这个误差可显示为“读数的% + 数值”。我们将精度指定为增益 + 固定偏置,这种方法适用于拥有一个量程或多个量程的测量设备。这是因为技术指标中并未包含“量程”。

我们再次以准确测量 500 mA 的信号为例。假设测量设备的精度技术指标为 0.1% + 750 μ A。增益项为 0.1%,那么误差的增益项分量将为 500 mA 的 0.1%,也就是 500 μ A。固定项分量为 750 μ A。因此,测量 500 mA 的总误差即为 (500 μ A + 750 μ A) 或 1.25 mA。

如果您将测量的信号扩大到 1 A, 那么这个误差也会增加。在 1 A 时, 误差的增益项分量将为 1 A 的 0.1%, 或者说 1 mA。固定项分量将仍然为 750 μ A。当测量 1 A 的信号时, 总误差将为 (1 mA + 750 μ A) 或 1.75 mA。

虽然这种计算方法比较复杂, 但这种增益+固定偏置的方法无疑是指定精度的最好方法, 这也意味着测试设备提供商为表征测量设备做了充分而细致的工作。此外, 由于误差会随着测量参数的大小而放大或缩小, 这种增益+固定偏置的方法能够实现尽可能小的测量误差。

4. 增益和偏置作为量程的 %

从根本上来说, 这种增益和偏置作为量程 % 的示例与第 3 种方法相同, 不过您要基于量程来计算固定项。如果只有一个量程, 那么第三种情况和第四种情况完全相同。

对于第四种情况, 我们再次以使用 5-A 量程准确测量系统上 500 mA 电流信号为例。您的测量设备的精度技术指标为读数的 0.1% + 量程的 0.1%。增益项为 0.1%, 那么误差的增益项分量将为 500 mA 的 0.1%, 也就是 500 μ A。固定项分量为 5 A 的 0.1%, 或者说 0.005 A。因此, 总误差将为 (500 μ A + 5 mA) 或 5.5 mA。

实际误差与指定误差

以上例子介绍的是如何解释和应用精度技术指标, 不过您真正想要了解的是测量的误差。在计算误差项时, 您希望将其与测量结果相比较。现在, 我们重新来看例 2、例 3 和例 4。

在例 2 中, 您尝试准确测量一个 500 mA 的信号。测量设备有三个量程: 1 A、10 A 和 100 A。如果误差是满量程的 0.2%, 当采用 1 A 量程时, 这个误差将会是 2 mA, 此时您可选择 1 A 量程以确保测量结果最准确。

如果您将这个误差项与您正在进行的测量进行比较, 那么您在进行 500 mA 测量时就有 2 mA 的误差。这个 2 mA/500 mA = 0.4% 的误差就是您的测量误差, 而精度技术指标是满量程的 0.2%。显然, 您不能因为技术指标是满量程的 0.2%, 就说测量结果的精度是 0.2%。

在例 3 和例 4 中, 您尝试准确测量 500 mA 的信号。测量设备的精度技术指标为读数的 0.1% + 750 μ A。这个增益项误差分量为读数的 0.1%, 因此这个误差的分量将为 500 mA 的 0.1%, 或者说 500 μ A。其固定项误差分量为 750 μ A。因此, 总误差将为 (500 μ A + 750 μ A) 或者说 1.25 mA。

如果您将这个误差项与您正在进行的测量进行比较, 那么您在进行 500 mA 测量时就有 1.25 mA 的误差。这个 1.25 mA/500 mA = 0.25% 的误差就是您的测量误差, 而精度技术指标是 0.1% + 750 μ A。

在此有一个重要提示,您要将误差项作为测量值的 \pm 值。进一步来说,如果进行 500 mA 测量时,误差项为 2 mA,误差的正确的表述方法如下所示:

- 误差项 = ± 2 mA
- 想要测量的值 = 500 mA
- 可能得到的测量结果最小值 = $500 \text{ mA} - 2 \text{ mA} = 498 \text{ mA}$
- 可能得到的测量结果最大值 = $500 \text{ mA} + 2 \text{ mA} = 502 \text{ mA}$

换句话说,如果读数为 500 mA,误差为 2 mA,则测量设备获得的测量结果在 498 mA 至 502 mA 之间。

表 1 对如何计算和应用这四个例子进行了比较。

表 1. 精度技术指标的类型与在满量程的 10%、50% 和 90% 下进行的测量

	基于满量程的 10% 进行电流测量	基于满量程的 50% 进行电流测量	基于满量程的 90% 进行电流测量
测量设备的量程	1 A 量程	1 A 量程	1 A 量程
测量电流	100 mA	500 mA	900 mA
例 1: 精度技术指标: 固定误差	± 2 mA	± 2 mA	± 2 mA
测量误差作为测量值的 %	在 100 mA 时误差为 2%	在 500 mA 时误差为 0.4%	在 900 mA 时误差为 0.22%
得出的最小测量值	98 mA = 100 mA - 2 mA	498 mA = 500 mA - 2 mA	898 mA = 900 mA - 2 mA
得出的最大测量值	102 mA = 100 mA + 2 mA	502 mA = 500 mA + 2 mA	902 mA = 900 mA + 2 mA
例 2: 精度技术指标: 量程的固定百分比	满量程的 0.2%	满量程的 0.2%	满量程的 0.2%
误差项	± 2 mA	± 2 mA	± 2 mA
测量误差作为测量值的 %	在 100 mA 时误差为 2%	在 500 mA 时误差为 0.4%	在 900 mA 时误差为 0.22%
得出的最小测量值	98 mA = 100 mA - 2 mA	498 mA = 500 mA - 2 mA	898 mA = 900 mA - 2 mA
得出的最大测量值	102 mA = 100 mA + 2 mA	502 mA = 500 mA + 2 mA	902 mA = 900 mA + 2 mA
例 3 和 4: 精度技术指标: 读数的 % + 固定偏置	读数的 0.1% + 750 μ A	读数的 0.1% + 750 μ A	读数的 0.1% + 750 μ A
在读数的 0.1% 时的增益误差	100 μ A = 100 mA 的 0.1%	500 μ A = 500 mA 的 0.1%	900 μ A = 900 mA 的 0.1%
固定误差	750 μ A	750 μ A	750 μ A
增益 + 偏置的总误差	± 850 μ A	± 1250 μ A	± 1650 μ A
测量误差作为测量值的 %	在 100 mA 时误差为 0.85%	在 500 mA 时误差为 0.25%	在 900 mA 时误差为 0.18%
得出的最小测量值	99.15 mA = 100 mA - 0.85 mA	498.75 mA = 500 mA - 1.25 mA	898.35 mA = 900 mA - 1.65 mA
得出的最大测量值	100.85 mA = 100 mA + 0.85 mA	501.75 mA = 500 mA + 1.25 mA	901.65 mA = 900 mA + 1.65 mA

注意,随着测量值趋向量程最大值时,作为测量值百分数的误差将显著减小。对于例 1 和例 2 中的固定误差,由于误差是一个固定值,作为测量值百分数的误差会变大。例 3 和例 4 与此相反,由于误差随读数而放大或缩小,在测量值较小时作为测量结果百分数的误差也变小。

注意精度仅指定为百分数的情况

指定精度还有另一种方法,但遇到时一定要谨慎。例如,如果您看到精度仅指定为一个百分数——例如 0.2%,那么这个技术指标可能会产生误导。虽然这种方法可能很容易理解和计算,但结果可能并不真实。

为什么?如果您想用指定精度为 0.2% 的测量设备测量 500 mA 的信号,那么误差项就是 500 mA 的 0.2%,也就是 1 mA。如果您想要测量 1 A 的信号,误差将会等比例放大,达到 2 mA。

不过如果换一个方向呢?如果不是测量 500 mA,而是希望测量 50 mA 的信号呢?误差将会是 100 μ A 吗?如果测量 5 mA 呢?误差会是 10 μ A 吗?如果您想测量一个电流为 0 mA 的开路,这是否意味着系统将会报告电流为 0 mA、误差为 0 μ A,显示这是一个完美测量呢?

如果不考虑信号的大小,假设任何测量仪器都能提供 0.2% 的恒定误差是不现实的。当精度指定为读数的百分比时,我们找不到描述测量设备下限值。因此,您无法信赖该测量设备的性能,尤其是在量程下限时。

最后一点,如何理解分辨率呢?

人们通常认为分辨率比精度更重要,但事实并非如此。虽然分辨率作为一个品质因数,可以提供有关测量设备质量和性能的一些指示,比如 18 位比 16 位更好,但精度才真正是衡量测量性能的决定性指标。

例如,如果您的测量设备具有 10 μ A 的高分辨率和 50 μ A 的精度,由于测量误差将会是 $\pm 50 \mu$ A,那么 10 μ A 对测量就没有什么实际影响。10 μ A 的分辨率不会影响或提高测量设备的精度,也不会为测量提供更高的置信度,它将永远不会超过 $\pm 50 \mu$ A。

拥有高分辨率有助于查看连续测量之间的相对关系,例如观察温度漂移,您可能会在 25°C 测量结果上看到随着时间的推移,结果有 0.1°C 的变化,精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。不过在绝对意义上,您不能说该温度完全确定是 25.7°C 而不是 25.8°C,因为任何单个读数的精度都是 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。下面的图 1 显示了使用高分辨率温度测量系统以 30 秒为间隔测量温度漂移随时间变化的测量结果。在这种情况下,温度测量的绝对精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$,分辨率优于 0.01°C。这使您可以观察到温度测量点彼此之间的细微变化。不过,任何测量点的绝对精度仍然是 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

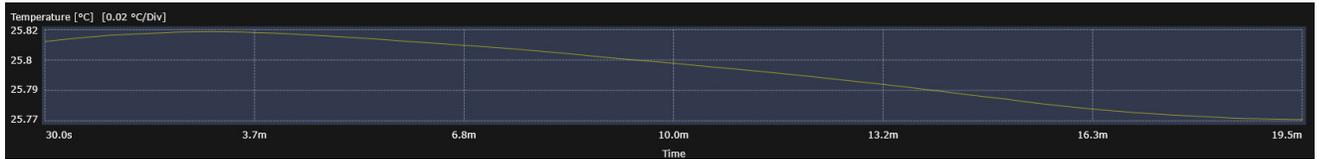


图 1. 温度测量结果随时间的变化

总结

了解电芯或电池测试系统的性能技术指标至关重要。深入理解了如何解释和应用精度技术指标之后,您就更有把握地知道需要什么样的功能,而不会在索取报价时过高或过低指定您的需求。当阅读定制系统的技术资料或工作说明书时,您将知道自己要买什么以及它能够多么好地满足您的需求。

了解更多

是德科技拥有广泛的测试设备供您选择,可以更好地满足您的研发实验室或生产线的电池测试要求。

欢迎详细了解是德科技的一系列解决方案:Keysight 34465A 和 34470A Truevolt 数字万用表拥有极高的精度技术指标,可提供九种类型的测量功能;DAQ970A、DAQ973A 和 34980A 数据采集系统可用于温度测量;N6705C 直流电源分析仪和 BV9210B / 11B PathWave BenchVue 先进电池测试与仿真软件。

如欲了解专用的电池测试系统,请访问 Keysight Scienlab 电池测试系统、BT2152B 锂离子电芯自放电测量解决方案和 BT2200 锂离子电芯充放电解决方案的相关资源。

是德科技赋能创新者快速解决设计、仿真和测试挑战,突破工程设计的限制,创造出杰出的产品体验。
访问 www.keysight.com, 开始您的创新之旅!

此信息如有更改,恕不另行通知。© 是德科技, 2022 年, 2022 年 11 月 17 日, 印于北京, 7122-1127.ZHCN