

利用 A40B 系列分流器和 5790B 交流测量标准校准 电流源

应用文章

Fluke Calibration 5790B 交流测量标准是一款多功能交流测量和传递标准，专门为测量高精度交流信号源的应用而设计，既拥有热传递标准的准确度，又拥有数字万用表的易用性。绝对交流电压测量不确定度低至24 ppm (1 年期, 23 °C ± 5 °C)。5790B 与Fluke Calibration A40B 分流器相组合，使用户能够直接测量或通过交直流转换测量电流，在屏幕上直接显示电流读数。该功能使用户能够轻松地使用5790B 测量高精度电流。

5790B 的用户界面提供了分流器菜单，允许输入和储存高达150 个分流器的信息，包括序列号、校准日期，一级和二级校准常数(标称直流电阻、直流电阻误差、24 个 AC/DC 差点，以及5 个负载效应误差点)。加载分流器信息后，通过连接分流器，并在主菜单中选择相应的分流器，在几秒钟内5790B 即测量绝对或相对电流。使用分流器时，5790B 显示电压和电流测量值以及分流器信息。也可加载以前的Fluke A40 和 A40A 分流器信息以及自定义分流器，并将其用于电流测量。

使用A40B 分流器的好处

A40B 分流器具有良好的电阻稳定性，以及出色的自热功率系数、低温度系数，以及非常平坦的频率响应(高达100 kHz)。所有这些特性结合在一起，分流器可以直接测量直流到100kHz 的电流。5790B 获取各种A40B 的平坦度特性，并根据给定频率下的参数自动计算和显示实际电流。这就使用户对屏幕显示的测量值更有信心，大大缩短手动计算一级和二级分流器特性指标所需的时间，降低发生错误的几率。

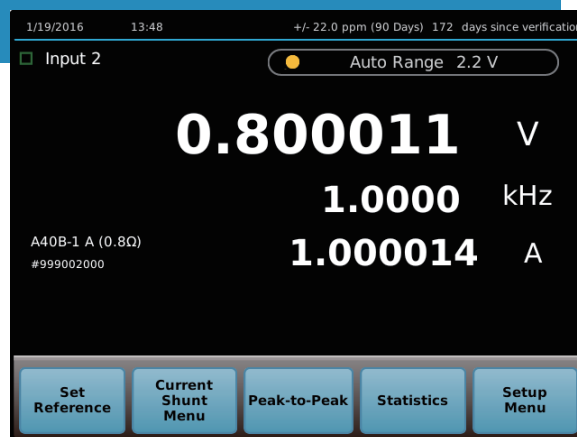


图 1. 5790B 电流读数





图 2. 分流器菜单

将 A40B 分流器加载到 5790B 用户界面

5790B 分流器菜单允许用户增加、编辑和管理分流器库。

分流器菜单位于仪器的“Setup”（设置）菜单中，可通过触摸屏上的“Setup”（设置）菜单访问。只需通过该菜单即可实现所有的分流器增加、编辑和管理。在主菜单中有一个直接选择分流器的链接，但仅限于选择分流器。这种设计可防止分流器的属性被意外更改。进入菜单后，将看到包含所有 A40B 分流器的列表，按其电流值排序，如概览部分所示。从该界面加载分流器时，选择 A40B 的量程，将出现一个子菜单。只需选择“Add New”（添加新分流器），即可增加分流器。

每个分流器都可为 5790B 计算电流测量值所需的必要信息：

1. **序列号**——分流器的唯一标识。
2. **校准日期**——分流器上次校准时的日期。
3. **直流电阻误差(A40B)或真实电阻(A40/A40A/定制分流器)**——对于 A40B，是指相对于分流器标称电阻值的偏差(见图 3)；对于 A40、A40A 或定制分流器，是指分流器的真实(通常称为“标称”)电阻(见图 4)。如果知道分流器的真实电阻，应该将其输入到相应位置，否则它将始终显示“unknown”（未知）。注：如果没有真实电阻值，将不显示电流读数。更多信息请参见之前部分。

4. **AC/DC 差**——各种频率下的交直流转换误差，单位为 $\mu\text{A/A}$ 或 ppm。每个分流器的这些值都是不同的，列在 A40B 的校准证书上。
5. **负载效应误差**——5790B 输入阻抗引起的测量误差。对于 A40B 分流器，这些值都是预加载的，但仍然可根据需要更改。

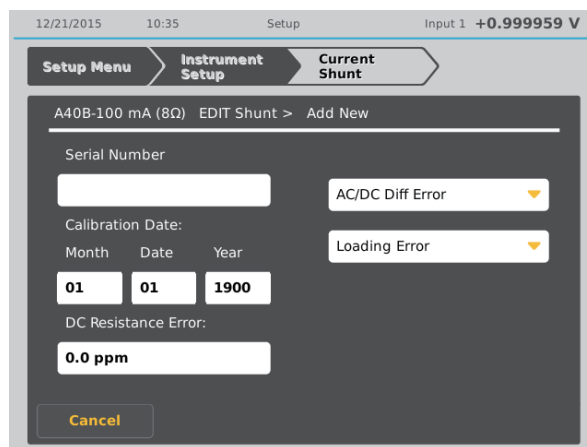


图 3. A40B 属性

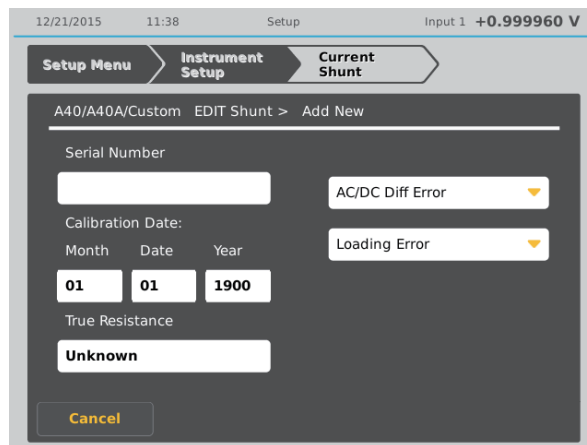


图 4. A40/A40A/定制分流器属性

分流器菜单和功能针对 A40B 分流器做了优化，但也允许用户输入和使用 Fluke A40、A40A 以及定制分流器。也就是说，实时电流读数的关键在于知道真实电阻以及相对于标称值的偏差，通常称为“直流电阻误差”。如果没有真实电阻值，将不显示电流读数。

使用 A40 和 A40A 分流器时，显示电流读数，输入这些分流器的标称电阻值，直流

电阻误差设为“0”。对于 A40 和 A40A 分流器，由于未指定真实电阻，显示的电流值仅供参考。

如何计算电流

根据 A40B 分流器的参数，5790B 按如下计算电流：

$$I = \frac{V}{R_{dc}} \times \left(1 + \left(\frac{ACDC_{Err}}{1,000,000} \right) - \left(\frac{Load_{Err}}{1,000,000} \right) \right)$$

V = 5790B 电压测量值(V)

I = 5790B 电流读数(A)

ACDC_Err = 根据 A40B 校准系数得到的交流/直流转换误差值(μΩ/Ω 或 ppm)。

R_DC = A40B 分流器的实际直流电阻，定义为针对相对于标称值进行修正后的标称直流电阻。将校准证书上列出的偏差值加到标称电阻值。请注意，相对于标称值的偏差是成比例的部分，应正确换算。

以 1 Amp R_DC 为例：

标称电阻值 = 0.8 Ω

相对于标称值的偏差 = 11.3 μΩ/Ω (根据校准证书)

R_DC = 0.800009 Ω

Load_Err = 使用 A40B 分流器时，5790B 负载效应误差(预加载至 5790B) (μΩ/Ω 或 ppm)

注：当被测频率在储存的误差点之间时，该式中的 ACDC_Err 和 Load_Err 为线性内插值。更多信息请参见 A40B 使用手册，其中给出了计算示例和更多信息，帮助用户计算电流。

将 A40B 分流器连接到 5790B

相对于旧型号的 A40 和 A40A 分流器，A40B 的另一项好处是能够直接连接 5790B，无需适配器。如果您使用旧型号的分流器，您就知道连接的复杂性，如图 5 所示，以及由于需要考虑测试线带来的不确定度分量。现在，使用 5790B 时大幅降低了复杂性，使您对电流测量更有信心。

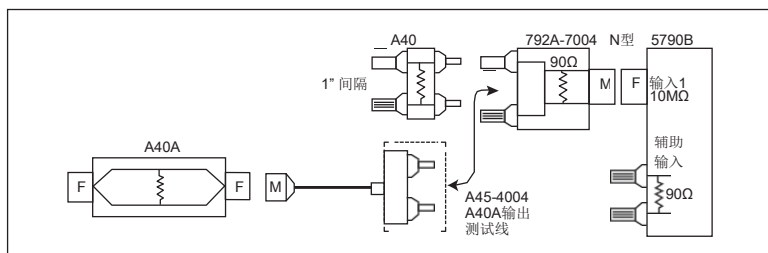


图 5. 使用适配器的 A40A 连接示例

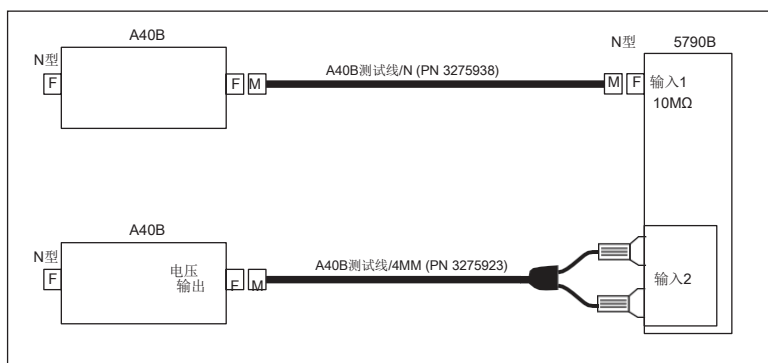


图 6. A40B 连接示例

图 6 所示为 A40B 的简单连接，可直接连接至输入 1 (N 型同轴)或输入 2 (标准端子插孔)。将 A40B 分流器直接连接至输入 1 可消除测试线以及相关误差。请注意，如果首选这种连接方式，请考虑以下因素，以防损坏设备：

1. 支持 A40B，所以向下力不会断开分流器或 5790B。福禄克计量校准部建议使用可上、下调节的剪式插孔支架，以支持多种尺寸的分流器。
2. 支持 A40B，所以侧向力不会断开分流器或 5790B。谨慎考虑 5790B 和 A40B 的位置，确保分流器不会弹跳碰撞，否则可能损坏 A40B 和/或 5790B。
3. 对于较大的 A40B 分流器，直接连接分流器时空间不是特别大。此时，福禄克计量校准部建议使用 A40 测试线，如图 6 所示；不要直接连接到输入 1。

也必须对测试线进行评估，以确保最佳测量结果。连接分流器时，注意以下事项：

1. 使电流输入和电流输出测试线/通路保持独立，或者至少彼此垂直，避免较高电

流时的磁耦合。

2. 使用同轴或双绞线测试线，最大程度降低辐射和敏感度。

福禄克计量校准部提供各种各样的测试线、连接器、适配器，以及 A40B 分流器附件。关于更多信息可参考福禄克计量校准部样本：

“A40B 精密分流器适配器、测试线和连接器”，可从以下网站下载：

www.flukecal.com。

利用 A40B 分流器测量电流

分流器信息已装载，连接到 5790B 后，从主菜单中选择 A40B 分流器，在短短数秒内即可高准确度测量电流。选中时，实时电流读数将显示在屏幕上。

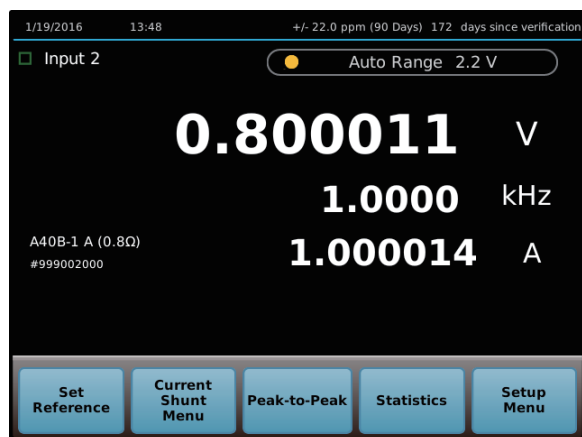


图 7. 电流测量

利用 A40B 分流器测量电流时，电流读数始终显示在主显示屏下半部分的电压测量值下方。注意，屏幕顶部显示的不确定度仅适用于电压测量值，不针对电流读数。

注：施加电流后，应等待分流器达到稳定。

5790B 非常有助于降低测量误差

5790B 利用欧姆定律，根据电压测量值以及与非理想电阻相关的二级参数，计算电流。电阻上的实测电压如下所示，其中 V_s 为电压， I_o 为电流， R_s 为已知电阻值：

$$V_s = I_o \cdot R_s$$

遗憾的是，所有分流器均非理想电阻，意味着电阻的特性并不完全符合欧姆定律。与非理想电阻相关的误差源包括特定频率下的交流/直流转换误差和负载效应误差，在进行精密电流测量时必须加以考虑。图 8 所示为 A40B 的详细连接图，以及许多潜在误差源。

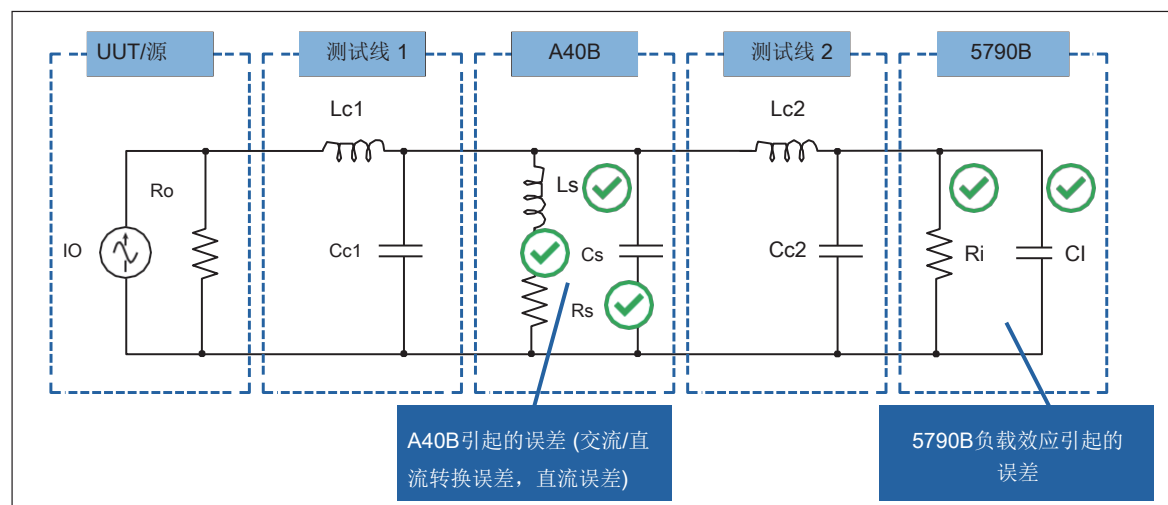


图 8. 误差源及考虑因素

图示表明，电流测量中可能出现许多潜在的误差源。5790B 通过综合考虑 A40B 和 5790B 设备的技术指标，大幅降低测量误差。

如图 8 所示，可能存在许多与连接和 UUT 相关的误差，例如：

- 源的非理想输出电阻
- 测试线带来的误差
- 共模效应

这些类型的误差是变化的，并且与外部连接及被测 UUT 有关，所以难以综合处理。对于测试线带来的误差，福禄克计量校准部建议使用专门针对 A40B 设计的 A40B 测试线，或者采用之前介绍的直接连接。这两种方法都能最大程度降低与“Cable 1”和“Cable 2”相关的误差。关于更多信息可参考福禄克计量校准部小册子：“A40B 精密分流器适配器、测试线和连接器”，可从以下网站下载：www.flukecal.com。

关于连接及 UUT 相关误差的更多信息，请参考福禄克计量校准部的计量手册：《校准——理论与实践》(第二版)该书介绍了如何识别以及降低这些误差。

福禄克公司 计量校准部

中文网址：cn.flukecal.com

英文网址：www.flukecal.com

福禄克中国客户服务中心热线：400-810-3435

福禄克中国维修客服中心热线：400-921-0835



Fluke Calibration. Precision, performance, confidence.™

Electrical	RF	Temperature	Humidity	Pressure	Flow	Software
------------	----	-------------	----------	----------	------	----------

由于产品会不断改进，因此此处的技术指标如有更改，恕不另行通知。
本文中介绍的产品受美国和国际专利法的保护。