

## 如何进行 4-20 mA 电流环路测量

我们经常需要测量 4-20mA（毫安）电流信号，但是如何正确测量呢？我们认为应该重点通过各种 4-20mA 电流环路的配置上，来详细讲解成功测量所需了解的细节。下面将从最常见到最不常见的配置顺序进行讨论说明，尽可能地涵盖客户在实际应用中遇到的配置。



### 4-20 mA 电流环路基础知识

具有 4-20mA 电流环路输出的传感器或其他设备，在工业测量和控制应用中极为常见。它们具有易部署，对供电电源要求宽泛，低噪声输出，并且可以远距离无损失传输等优点。在过程控制、数据记录器及数据采集中应用广泛。4-20mA 电流环路的原理是，传感器电流值与其测量的机械特性成正比。以带有电流环路输出的 100psi 传感器为例。压力为 0psi 时，传感器电流值为 4 mA。压力为 100psi 时，传感器电流值为 20mA。压力为 50psi 时，传感器电流值为 12mA。依此类推，机械性能测量值与电流输出之间的关系几乎总是线性的，因此可以用一个简单的  $kx+b$  公式对得到的电流环路数据进行缩放，以显示更为有用的工程单位值。在实际应用中如何测量 4-20mA 电流环路信号，取决于传感器的构造和测量仪器的功能。

### 专业术语

为了便于表述，下文将采用如下标准化术语：

#### “E”（直流激励）

以下大多数配置中都会有直流电压激励源，将其表示为“E”。除非传感器是自供电型的（即交流电源供电），否则我们需要提供一个外部直流电源。有时可以由仪器直接提供，可接受值的范围通常很宽，典型值为 10-24VDC。第一次使用电流环路传感器时尤其要注意，是否需要提供这种激励源。

#### “R”（分流电阻）

需要注意的是：没有仪器可以直接测量电流。大家通常采用的方法是：通过测量已知阻值电阻两端的电压降来间接测量，然后通过欧姆定律来计算实际电流。这个电阻被称为“shunt-分流电

阻”，是进行电流测量所必需的，可以从外部提供，也可以内置在测量仪中。为了更好地说明情况，我们假设它是外部提供的。

### “i”（电流回路值，范围为 4-20 mA）

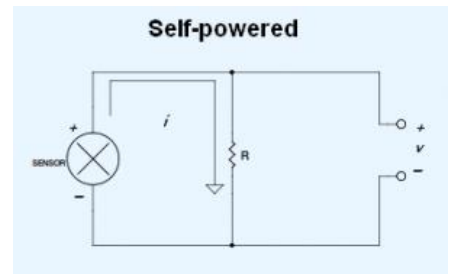
在此指传感器产生的 4-20mA 电流信号。某些传感器可能会产生 0-20mA 甚至其他值，但绝大多数传感器采用 4-20mA。

### “v”（与电流成比例的分流电压）

V 是指由仪器实际测量所得的分流电阻两端的电压降。在行业应用中通常将分流电阻阻值定为 250 欧姆，因此对于 4-20 mA 的电流环路信号，“v”将在 1~5 伏之间（电压 = 电流 \* 阻值）。请注意，分流电阻器的阻值可以是任意值，只要是已知值即可。同时还需要确保它不会增加环路的负担，因此阻值低一些更好。请记住，我们使用的是电流，而不是电压，因此规则是相反的。正如无穷大的电阻器负载对于电压源工作正常一样，对于电流源可以将负载减至零欧姆，而不会产生任何后果。

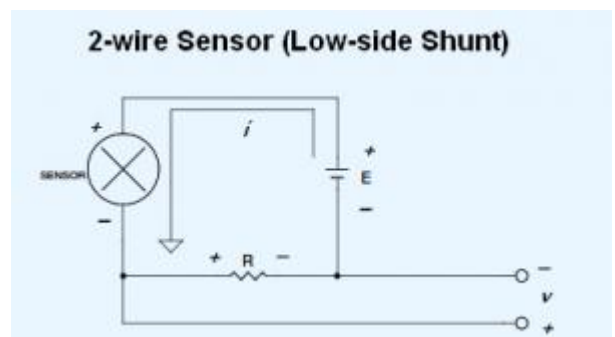
## 自供电传感器

自供电传感器是最常见的传感器之一，是无需外部直流供电的传感器。自供电传感器有可能是在传感器内部集成了交流电源；也有可能它根本就不是传感器；也有可能是来自 PLC 或其他具有内部供电的源的输出。



## 2 线制传感器（低端分流）

这可能会使初次使用 4-20 mA 电流环路的用户感到困惑。但是我们的确可以仅用两条线就可以同时完成了传感器供电和电流测量。如右图所示例，只有两根线将传感器连接到供电电源，并且传感器电流值与所测量的机械性能成正比。随着电流的变化，电阻 R 两端产生的电压也会变化，从而提供适合连接到测量仪器（数据记录仪、数据采集系统等）的信号。

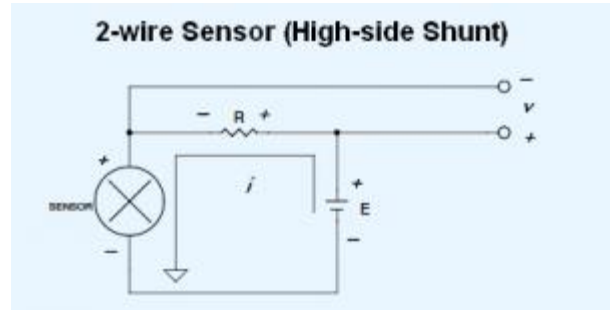


在大多数情况下，应注意将电阻器放置在环路的低端（如图所示），而不是高端。这样做的目的是可以允许使用非隔离的仪器进行测量。

## 2 线制传感器（高端分流）

此配置和上述 2 线制低端分流的方法非常相似，只是将分流电阻器放置在环路的高端。请注意，尽管电阻两端的电压与传感器电流值成正比（同低端分流法一样），但对地的每一端都存在共模电压 (CMV)，一端等于电源电压，另一端等于电源电压减去电阻( $v$ )下降的电压。CMV 的存在为我们选择测量电压的仪器设置了条件。

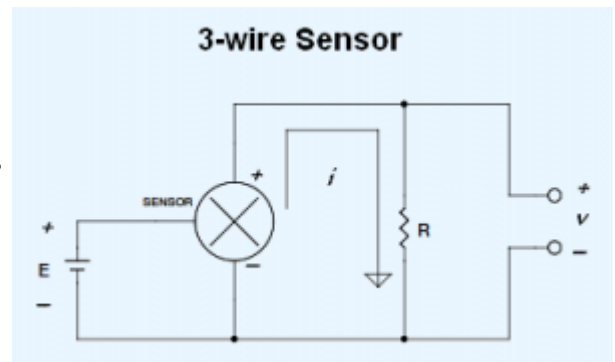
如果使用带有隔离前端的测量仪器，在具有高 CMV 电压情况下，仍然可以成功进行测量。使用不带隔离的单端输入测量仪器，传感器将会对地短路。使用不带隔离的差分输入测量仪器，会造成饱和或提供错误的测量结果。



## 3 线制传感器

具有过程电流输出的三线制传感器具有单独的地线、信号线(4-20 mA)和电源线。这种配置对于电流环路初学者来说是最容易掌握的，一个输入用于电源，另一个输入用于具有共同接地点的电流环路。与两线制传感器相比，三线制传感器主要优势在于它能够驱动更高的电阻负载。对于任何给定的电流，电阻的压降与其阻值成正比。保持电流不变，电阻值越大，电压降越大。对于两线制传感器，电流恒定时，分流电阻越大，其两端的压降也会增大。在某点，分流器的分压会将传感器两端的电压降低到低于传感器正常工作所需的最小值。

有一位客户的 2 线电流环路测量功能良好，直到环路电流达到约 18mA 后，测量失去了控制。经过仔细检查，我们确定该客户使用的电源电压至少低了 0.56V。需要再增加 2mA 的测量才能达到满量程，通过 250 欧姆电阻转换为 0.56V。解决方案是采用更高电压的供电电源，以确保传感器两端的电压降保持在最低水平以上。如果采用 3 线制传感器，可以确保施加到传感器的电压与分流电阻器的压降无关。



## 注意接地（或使用隔离的仪器）

大多数 4-20mA 电流环路传感器应用于工业场合中，与大多数人的认知所相反的是，“地”几乎都是不一样的。“地”相同，就意味着它们具有相同的电势。此时，使用数字电压表(DVM)的直流和交流档分别来测量传感器的地与仪器的地之间的电压差，测量值应该为零伏或非常接近零伏。而实际上，测量值至少会是几伏，我们曾见过高达 75 伏特。当不同电位的地被连接到一起时，将会产生电流，**在使用非隔离式仪器进行测量时，会造成如下几种可能的结果：**

- 1.测量值为噪声。
- 2.测量不准确。
3. 仪器损坏。
- 4.仪器饱和，虽然没有损坏，但也无法成功进行测量。

**要解决这些问题，需要执行以下操作：**

如果您没有带有隔离的仪器，请阅读 1~4。

1.确保回路电源已隔离。即输出端的地（连接到传感器端）与输入端的地（连接交流电源的地线）没有相连。隔离电源意味着输出地可与另一个地相连（例如非隔离的仪器）而不会产生任何后果。

2.如果使用自供电传感器，请确保电流环路的低压侧与其电源隔离。

3.如果使用需要外部直流电源供电的传感器，请确保将分流电阻器放置在环路的低端（请参阅上面的“2 线制传感器（低端分流器）”）。

4.如果无法控制并确认电源是非隔离的，那么唯一的选择是从同一电源插座为所有设备（电源、自供电传感器、仪器及其连接的 PC）供电。即使是相近的插座也不行。如果单个插座板上的插座用完了，请使用接线板。

5.使用带有隔离的仪器进行 4-20mA 电流环路测量，这样可以彻底避免接地问题，在任何情况下都可以成功进行测量。

再重申一下，如果使用带有隔离的仪器进行测量，则这些与正确接地相关的所有注意事项都可以忽视。

几乎所有领域和配置中都会遇到 4-20mA 电流输出型的传感器，如果您遇到特殊情况，请与我们联系。