

# 常规测量指南-如何进行电流测量

## 概览

美国国家仪器公司的《常规测量指南》是获取常用传感器和信号测量信息的统一资源入门指导。以下每一个文档讲到相应信号/传感器的工作原理，并且提供如何测量的指导。这些文档的目的是帮助您快速开始测量工作。

## 电流简介

电流是电荷的流动。电流的标准单位是安培(A)，它等于每秒内一库仑电荷的流量。

虽然有多种方法测量电流，但最常用的方法是进行间接测量，即根据欧姆定律，通过测量精密电阻器上的电压来测量流过电阻器的电流。

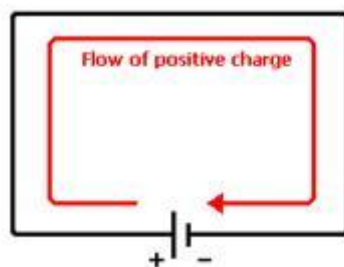


观看 60 秒的视频，来学习如何进行电流测量

## 电流基础

在固体导电金属中，有大量的电子是移动的或是自由的。当金属导线被连接到直流电压源（如电池）的两端时，电压源会在导体的两端加上一个电场。一旦连接完成，在电场的作用下，导体内的自由电子会被迫流向正极端。

因此，在典型的固体导体中，自由电子是电流的载体。对于 1 安培的电流率而言，每秒钟有 1 库仑的电荷（即约  $6.242 \times 10^{18}$  个电子）流过假想的导体平面。



在电学的早期历史中，常规电流被定义为正电荷的流动。在固体金属(如导线)中，正电荷载体是不移动的，只有带负电荷的电子流动。因为电子携带负电荷，所以电子流动的方向与常规电流的方向是相反的。

在解决电路问题时，流经特定电路元件的实际电流方向通常是未知的。因此，每个电路元件被分配一个电流变量和一个任意选定的参考方向。当电路问题被解决时，电路元件的电流值可能为正也可能为负。负值意味着流经电路元件的实际电流方向与选定的参考方向是相反的。

## 如何进行电流测量

### 电流的测量方法

测量电流主要有两种方法：一种是基于电磁学的，与早期的动圈式（达松伐尔）仪表有关，另一种是基于电学的主要理论欧姆定律的。

### 达松伐尔电流计

达松伐尔电流计是一种电流表，是用于检测和测量电流的仪器。它是一个模拟机电传感器，当有电流流过它的线圈时，它会在有限的表弧上产生一个旋转变形。

今天使用的达松伐尔电流计是用小型旋转线圈绕在永磁体外面制成的。线圈被系到绕校正刻度盘旋转的薄指针上。一个小型的扭转弹簧将线圈和指针拉到零的位置。

当有直流电流过线圈时，线圈会产生磁场。这个磁场与永磁体的磁场方向相反。线圈发生扭曲，推动弹簧，使指针发生移动。指针指到显示当前电流值的刻度上。精心设计的磁极片使磁场均匀，这样指针偏转的角度就与电流成比例了。

### 其它电流表

基本上，今天的大多数安培表都是根据电学基本理论欧姆定律设计的。现代电流表基本上由电压表和精密电阻组成，利用欧姆定律，就可以进行精确而且具有成本效益的测量了。

欧姆定律 —— 欧姆定律指出，在电路中，流过导体两点间的电流与两点间的电势差成正比(或者说，压降或电压)，与两点间的阻抗成反比。

描述这种关系的数学表达式为：

$$I = V/R$$

其中 **I** 为以安培为单位的电流，**V** 是以伏特为单位的两点间的电势差，**R** 是电路参数，它以欧姆为单位(相当于伏特每安培)，被称为电阻。

电流表工作原理—— 今天的电流表通过一个内部电阻来测量特定信号的电流。然而，当内部的电阻不能测量更大的电流时，就需要外部的配置了。

为了测量更大的电流，可以在电流表上并联一个被称为分流电阻的精密电阻。大部分电流流过分流电阻，只有一小部分电流经过电流表。这就使得电流表可以测量更大的电流。

只要期望的最大电流乘上电阻的值不会超过电流表或数据采集设备的输入范围，那么任意的电阻都是可以接受的。

在使用这种方法测量电流时，你应该使用最小的电阻值，因为这对现有电路造成的干扰最小。然而，阻抗越小，造成的电压降越小，所以你必须分辨率和电路干扰间做一个折中。

图 1 显示了通常的利用分流电阻的电流测量原理图。

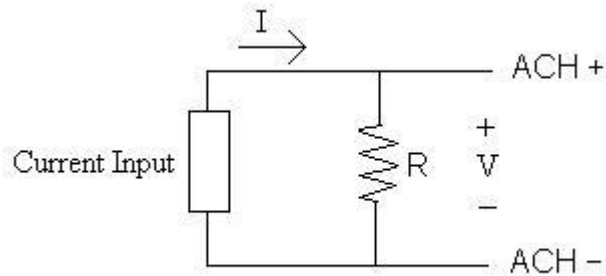


图 1. 将分流电阻连接到测量电路中

使用这种方法，电流不会被直接输入给安培表或数据采集电路板上，而是要经过外部的分流电阻。因而，只要分流电阻上的电压降不会超过电流表或数据采集电路板的工作电压范围，那么理论上可以测量的电流值是无限大的。

## 电流公约

### 常规电流

常规电流是今天的电子电路、传输线等中常见的电流测量度量。它们不符合传输标准，而且它们的范围可以从零到很大的安培数。

### 电流环/4-20mA 公约

当设备需要通过一对导体进行远程监测或控制时，那么需要使用模拟电流环。在任意的时刻，只存在有一个电流级别。

“4 到 20 毫安的电流环”或者 4-20mA 是工业仪器和通信的模拟电器传输标准。对于电流环信号而言，4mA 表示没有信号存在，20mA 表示信号 100% 存在[1]。mA 是毫安培的缩写，即千分之一安培。

4 毫安的“带电零位”允许接收仪器区分零信号和损坏的导线或坏的仪器【1】。虽然开发于 20 世纪 50 年代，今天这个标准仍然被广泛用于工业。4-20mA 公约的好处包括制造商的广泛使用、相对较低的实现成本以及对抗电气噪声的能力。此外，利用带电零位，你可以直接利用电流环为低功耗仪器供电，节省了额外电线的成本。

### 精确度考虑

分流电阻在电路中的放置位置是很重要的。如果外部电路与带有电流表或数据采集电路板的计算机共地，那么你应该把分流电阻放置在尽可能接近电路的地端的位置上。如果不这样的话，由分流电阻产生的共模电压可能处在电流表或数据采集板规格外，这将导致不精确的读数，甚至可能损坏电路板。图 2 显示了分流电阻正确和不正确的放置位置。

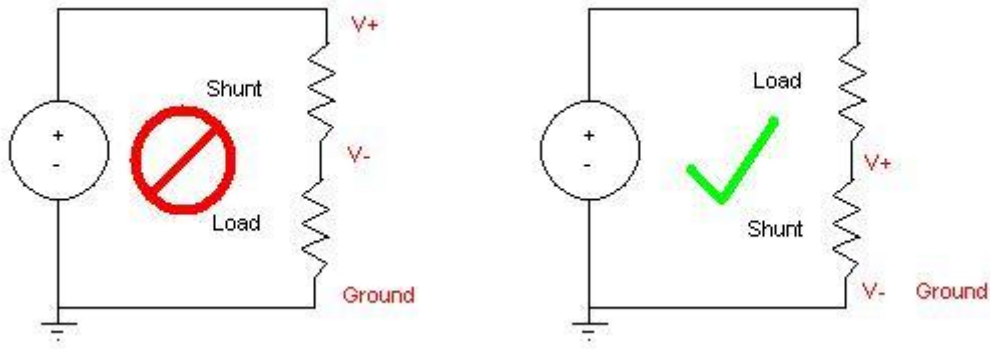


图2 分流电阻放置

## 数据采集设备测量

有三种不同的方法用于测量模拟输入。请查阅文献《如何进行电压测量》来获取每种配置的更详细信息。

例如，考虑 [NI CompactDAQ](#) USB 数据采集系统。图 3 显示了一个 NI CompactDAQ 机箱和一个 NI 9203 模拟电流输入模块。由于 [NI 9203](#) 内部有一个精密电阻，所以不要求外接的分流电阻。



图3. NI CompactDAQ 机箱和NI 9203 模拟电流输入模块

图 4 显示了使用 NI cDAQ-9172 机箱和 [NI 9203](#) 进行参考信号终端（RSE）电压测量的连接图以及模块的管脚定义。在图中，管脚 0 对应于“模拟输入 0”通道而管脚 9 对应于共同的地。

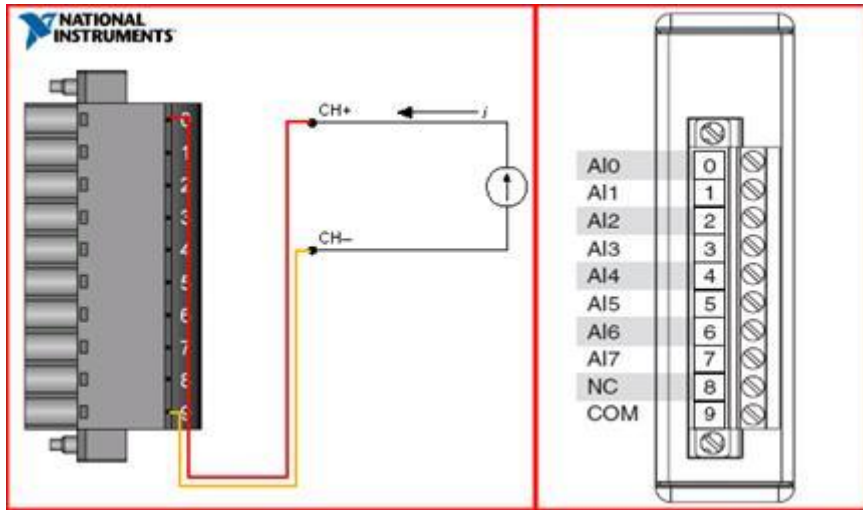
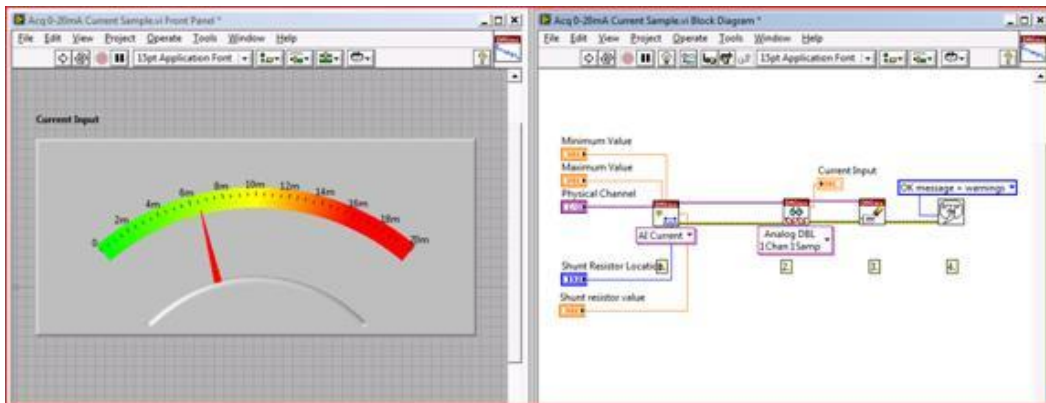


图 4. 在 RSE 配置中的电流测量

除了 NI 9203，通用模拟输入模块（如 [NI 9205](#)）也可以利用外部分流电阻提供电流的输入功能。

### 查看你的测量结果：NI LabVIEW

一旦你将传感器连接到测量仪器上后，就可以使用 LabVIEW 图形化编程软件来对所需要的数据进行可视化和分析了。



[\[+\] 放大图片](#)

图 5. LabVIEW 中的电流测量

### 参考文献：

Bolton, William (2004). Instrumentation and Control Systems. Elsevier. ISBN 0750664320.

