

数字多用表 ABC

数字多用表特性和功能说明

应用文章



数字多用表具有各种特性选项。根据工作需要选择正确的多用表是一项挑战性的工作，您必须熟悉每项特性的作用。本文介绍部分最常见的特性，以及其在实际工作中的应用。

科学技术正在使我们的世界发生着天翻地覆的变化。电气和电子电路已经渗入到每个角落，并功能变得更加强大，体积也更小。随着通信行业蜂窝电话和传呼机，以及互联网连接的爆炸式发展，为电子技术人员提出了更大的挑战。维护、维修和安装这些复杂的设备需要更多能够提供准确信息的诊断工具。

我们首先了解一下什么是数字多用表（DMM）。一台数字多用表就是一个用来进行电气测量的仪表。它可以有各种特殊功能，但是它的主要功能还是测量电压、电阻和电流。

本文中以福禄克数字表为例进行说明。其它数字表的工作方式可能不同，或者提供与以下面说明不同的特性。然而，本文说明的是使用大多数数字多用表时的常见用法和技巧。在下面的内容中，我们将讨论如何使用数字多用表进行测量，以及各种数字多用表的區別。

选择数字多用表

根据工作选择一台数字多用表不仅需要了解其基本的技术指标，而且需要了解其特性、功能以及其总体价值，主要表现为仪表的设计和服务。

可靠性，尤其是在恶劣环境下时，从来没有如此重要过。在福禄克数字多用表出厂到用户的工具箱之前，都经过了严格的测试和校准。

用户安全是设计数字多用表时的

首要考虑因素。提供足够的器件间隔、双层屏蔽和输入保护，能够帮助用户防止伤亡，甚至在数字多用表被误操作时也不受损害。福禄克总是按照最新、最严格的安全标准设计数字多用表。

福禄克的许多数字多用表均具有不同的特性组合，例如保持（Touch Hold®）、模拟指针及增强型分辨率。使用高压附件和温度测量的附件，可以扩展多用表的能力。

基本指标

分辨率、位数和字数

分辨率是指一台仪器能够测量的精细程度。若已知某台仪器的分辨率，就可以确定该仪器是否能够检测到被测信号的细小变化。例如，如果多用表的分辨率在 4 V 量程时为 1 mV，那么当读数为 1 V 时，则能够检测到 1 mV（1 V 的千分之一）的变化。

如果您必须测量四分之一英寸（或 1 mm）的长度，就不会购买最小刻度为 1 英寸（或 1 cm）的直尺。一支整数测量的温度计，对于标称温度为 98.6 度的测量来说，就没有多大用。您需要分辨率为 0.1 度的温度计。

数字多用表的分辨率常用“位数”和“满码数”来说明。多用表按照其满码数或显示位数进行分类。

一台 3½ 位的多用表能够显示三个从 0 到 9 的完整数位，以及一个“半”位，该位只能为 1 或空白。一台 3½ 位的多用表最高能

概述

数字多用表曾经被称为是新世纪的代表性仪表。但是严格地说什么是数字多用表（多用表）呢？人们能用它做什么呢？如何安全地进行测量？您需要什么样的功能？充分发挥数字多用表功能的最简单方式是什么？什么样的数字多用表最适合你的工作环境？这样或者那样的问题都会在本文中找到答案。

显示 1,999 个字的分辨率。一台 4_{1/2} 位的多用表可小时最高 19,999 个字的分辨率。

与位数相比，满码字数能更全面地说明数字多用表的性能。现在，3_{1/2} 位的多用表已经能够将满码字数提高到了 3,200、4,000 或 6,000 个字。

对于特定的测量，3,200 个字的多用表具有更好的分辨率。例如，在测量 200 V 或更高的电压时，一台 1,999 个字的多用表不能进行低至十分之一伏特的测量；而 3,200 个字的多用表在 320 V 以下时则能够显示十分之一伏。再昂贵的 2,000 字多用表，分辨率也是相同的，除非满码字数超过了 320 V。

准确度

准确度，或者不确定度，是指仪器在特定工作条件下的最大允许误差。换句话说，该参数是衡量多用表显示的测量值接近被测信号真值的程度的一个指标。多用表的准确度通常被表示为读数的百分比。

准确度为百分之一就意味着，对于 100 V 的示值，电压的实际值可能介于 99~101 V 之间。

技术指标还可能是在基本准确度指标上增加一个数字。这表示示值的最右边一位可能发生的变化字数。所以，前边的准确度例子就可能被表示为 ± (1 % + 2)。因此，对于 100 V 的示值，实际电压就可能介于 98.8~101.2 V 之间。

模拟仪表的指标是由其在满刻度时的误差，即引用误差决定的，而不是显示的读数。模拟仪表的典型准确度为 ± 2 % 或 ± 3 % 满刻度。在十分之一满刻度时，该指标就变为读数的 20% 或 30%。多用表的典型基本准确度为 ± (0.7 % + 1) ~ ± (0.1 % + 1) 读数，或更好。

欧姆定律

任何电路中的电压、电流和电阻均可通过欧姆定律进行计算，该定律为：电压等于电流乘以电阻（见图 1）。所以，如果该公式中的任意两个参数是已知的，第三个参数也就确定了。

多用表采用欧姆定律的原理来直接测量和显示电阻、电流或电压。在下文中，您将会了解到使用多用表来获得您需要的答案是多么简单。

数字和模拟显示

对于高准确度和分辨率，数字显示具有明显优势，每一测量值可显示为 3、4 位。

对于模拟指针显示，由于必须估算刻度线之间的值，所以准确度和有效分辨率都较低。

棒图和模拟指针一样显示信号的变化和趋势，但是更加耐用，不容易损坏。

直流和交流电压

测量电压

多用表的一项最基本任务是测量电压。一种典型的直流电压源是电池，就像我们汽车中使用的电池。交流电压通常是由发电机产生的。家庭中的墙上的电源插座是常见的交流电压源。有些装置将交流变为直流。例如，类似电视机、音响、录像机和计算机这样的电子设备，在将其连接到墙上的电源插座后，它们采用一种被称为整流器的装置将交流电压转换为直流电压，由产生的直流电压向这些设备中的电子电路提供电源。

在检查电路故障时，第一步通常是测量电源电压是否合适。如果没有检测到电压，或者电压太高或太低，在进一步分析之前就需要先修复电压故障。

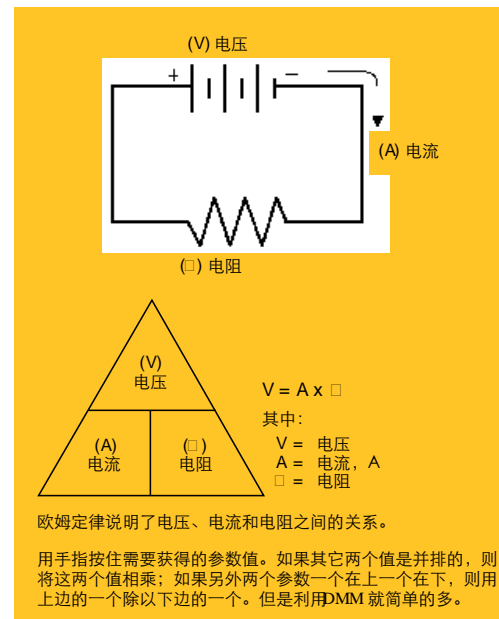


图 1.

与交流电压相关的波形要么是正弦曲线（正弦波），要么是非正弦曲线（锯齿波、方波、三角波，等）。高品质的多用表显示这些电压波形的“rms”值（均方根）值。rms 值是交流电压的有效值或等效直流值。

大多数多用表是“平均响应”式的，如果交流电压信号为纯正弦波，它能够给出准确的 rms 读数。平均响应式多用表不能准确地测量非正弦信号。非正弦信号需要通过能够在其规定的波峰系数下都能进行“真有效值”（True-rms）测量的多用表进行测量。波峰系数为信号的峰值与 rms 值之比。对于正弦波来说，波峰系数为 1.414，但是例如对于整流器电流脉冲来说，往往要高很多。所以，平均响应式多用表的读数通常比实际 rms 值低许多。

多用表测量交流电压的能力受限于信号的频率。大多数多用表能够准确测量频率为 50 Hz~500 Hz 的交流电压，但是多用表的交流测量带宽可达到数百 kHz。这样的多用表会显示较高的值，因为它能够“看”到更多的复杂交流信号。多用表的交流电压和交流电流准确度技术指标应该列出

频率范围及该范围的准确度。

如何测量电压

1. 根据需要选择 $V\sim(ac)$ 或 $V-(dc)$ 。
2. 将黑色的测试探头连接到 COM 输入插孔；将红色测试探头连接到 V 输入插孔。
3. 如果多用表仅有手动量程功能，请选择最高量程，避免输入发生过载。
4. 利用探针接触负载或电源两端的电路（与电路并联）。
5. 查看读数，请注意测量单位。

注：为了获得正确极性（±）的读数，请将红色测试探头连接到电路的正极，将黑色探头连接到电路的负极或电路地。如果极性接反，具有自动极性变换功能的多用表仅仅是简单地显示一个负值，表示极性为负。对于模拟多用表来说，可能会损坏多用表。

注： $1/1000\text{ V} = 1\text{ mV}$
 $1000\text{ V} = 1\text{ kV}$

高电压探头可用于 TV 和 CRT 维修，此时电压可达到 40 kV（参见图 3）

小心：这些探头不可直接用于电力系统，该应用中存在高电压和高能量。这些探头仅限于低能量应用。

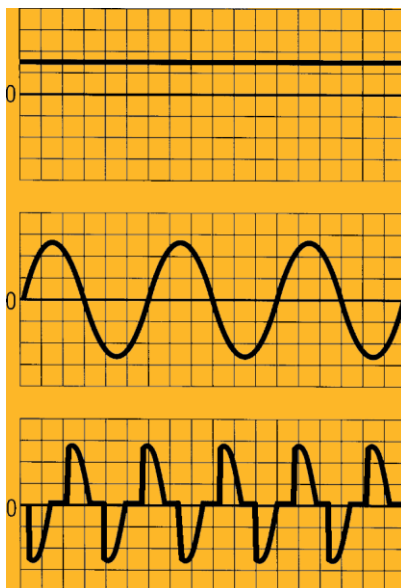


图 2. 三种电压信号：直流、交流正弦波和非正弦交流信号。

电阻、通断性和二极管

电阻

电阻是以欧姆（ Ω ）为单位测量的。电阻值的变化范围很大，从几个毫欧（ $m\Omega$ ）的接触电阻到数千 $M\Omega$ 的绝缘电阻。大多数多用表可测量小至 0.1Ω 的电阻，有些可测量高达 $300\text{ M}\Omega$

（ $300,000,000\Omega$ ）。在 Fluke 多用表上，无穷大电阻（开路）被表示为“OL”，表示组织已经超过了多用表的测量范围。

必须在电路断电后才可测量电阻——否则，多用表电路可能会被损坏。有些多用表提供了欧姆模式下的保护功能，防止意外接触电压。不同型号多用表的防护等级变化很大。

为了获得准确的低阻测量结果，必须将测试线的电阻值从测得的总阻值中减去。典型的测试线电阻介于 $0.2\Omega\sim0.5\Omega$ 之间。如果测试线的电阻超过 1Ω ，则应该更换测试线。



图 3. 附件，Fluke 80K-40 和 80K-6 高压探头，扩展了多用表的电压量程。

如果多用表在测量电阻时提供的测试电压低于 0.6 V ，则能够测量电路中被二极管或半导体结隔离的电阻器阻值。这样就可以在不拆下电阻器就测量电路中的电阻器（见图 4）。

k

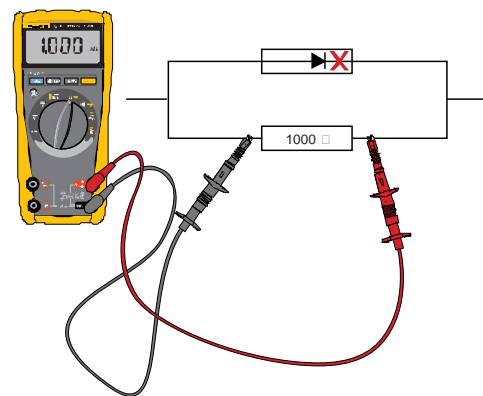


图 4. 为了测量采用了二极管的电路电阻，多用表测试电压应该保证低于 0.6 V ，使半导体结不传导电流。

如何测量电阻

1. 断开电路的电源。
2. 选择电阻功能 (Ω)。
3. 将黑色测试探头连接的 COM 输入插孔；将红色测试探头连接到 Ω 输入插孔。
4. 将探针连接到元件或希望确定阻值的电路部分的两端。
5. 查看读数，请注意测量单位 — Ω 、 $k\Omega$ 或 $M\Omega$ 。

注： $1,000 \Omega = 1 k\Omega$
 $1,000,000 \Omega = 1 M\Omega$

在测量电阻之前，请确保已断开电源。

通断性

通断性测试是一种快速的合格/不合格电阻测试，可识别电路的开路和闭合。

利用一台带有通断性蜂鸣器的多用表，您可以方便、快捷地完成许多通断性测试。当多用表检测到闭合电路时，它就会发出蜂鸣声，所以您不必在测试的时候分神查看多用表。根据多用表型号的不同，触发蜂鸣器所需的电阻门限大小也不同。

二极管测试

一个二极管就像一个电子开关。如果电压超过特定值，硅二极管通常为大约 $0.6 V$ ，二极管就会导通，允许电流单方向通过。

在检查二极管或晶体管结的状态时，模拟伏-欧表不仅读数大幅变化，而且会使高达 $50 mA$ 的电流通过半导体结（参见表 1）。

有些多用表具有二极管测试模式。该模式测量和显示半导体结两端的压降。对于硅结，当施加正向电压时，其压降小于 $0.7 V$ ，当施加反方向电压时，电路开路。

直流和交流电流

测量电流

电流测量不同于其它的多用表测量。利用多用表测量电流时，需要将多用表与被测电路串联。这意味着要打开电路，并使用多用表测试线连接电路。这种方式将使所测试的电路电流通过多用表的电路。还可以通过一把电流钳加多用表来间接测量电流。探头钳环绕在导体外边，从而可避免段开路电路及串联多用表。

如何测量电流

1. 关闭电路的电源。
2. 断开或分离电路，形成可以插入多用表探头的点。
3. 根据需求选择 A~ (ac) 或 A (dc)。
4. 将黑色测试探头连接到 COM 输入插孔；将红色测试探头连接到安培或毫安输入插孔，这取决于预期读数。
5. 将探针连接到断点两侧，使所有的电流都通过多用表（串联）。
6. 给电路加电。
7. 观察读数，请注意测量单位。

注：在进行直流测量时，如果测试线极性接反，就会在屏幕上显示一个“-”符号。

输入保护

一种常见的错误是将测试线连接到电流输入插孔，却试图测量电压。这会造成通过多用表内部被称为分流电阻的低值电阻器直接短路源电压。这时会有大电流通过多用表，如果没有足够的保护，会对多用表和电路造成极端破坏，并可能会伤害操作者。如果涉及到工业上的高压电路（ $240 V$ 或更高），则会引起极高的故障电流。

因此，多用表应该具备电流输入保险丝的保护，其容量应该足以防止来自于被测电路的电流。电流输入中没有保险丝保护的多用表不可用于高能电路（ $>240 V ac$ ）。使用了保险丝的多用表的保险丝应该具有足够的能力来解除高能故障。多用表保险丝的额定电压应该大于预期被测最大电压。例如，一个 $20 A$ 、 $250 V$ 的保险丝就不能解除多用表测量 $480 V$ 电路时的故障；在 $480 V$ 电路上，需要一个 $20 A$ 、 $600 V$ 的保险丝。

电流探头附件

有时候，您需要测量的电流可能超过多用表的额定值，或者实际情况不允许您断开电路来测量电流。在这些较大电流的应用中（通常超过 $2 A$ ），通常不需要太高的准确度，电流探头就非常有用。电流探头钳环绕在承载电流的导体外部，将测量值转换至多用表能够处理的水平。

	伏-欧表	伏-欧表	多用表
量程	Rx1	Rx100	Diode Test
结电流	35 mA - 50 mA	0.5 mA - 1.5 mA	0.5 mA - 1 mA
锗	8 Ω - 19 Ω	200 Ω - 300 Ω	0.225 V - 0.225 V
硅	8 Ω - 16 Ω	450 Ω - 800 Ω	0.4 V - 0.6 V

表 1.

有两种基本类型的电流探头：电流互感器，仅用来测量交流电流；霍尔效应探头，可用于测量交流或直流电流。

电流互感器的输出通常为 1mA/A。100 A 的电流值将降低为 100 mA，可通过大多数多用表进行安全测量。探头线被连接到“mA”和“COM”输入插孔，多用表功能开关被设置为“mA ac”。

霍尔效应探头的输出为 1 mV/A，交流或直流。例如，交流 100 A 被转换为交流 100 mV。探头线被连接到“V”和“COM”插孔。将多用表的功能开关设置至“V”或“mV”。对于直流电流测量，选择 V~，直流电流则选择 V。每测得 1 A 的电流，多用表就显示 1 mV。

安全性

多用表安全

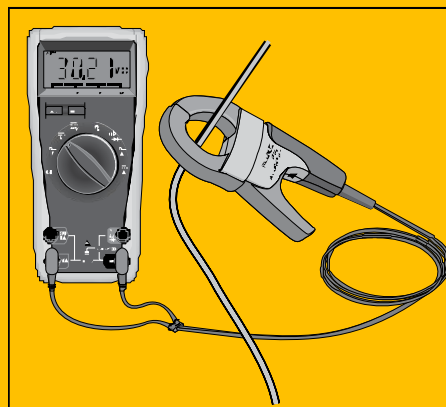
进行安全测量的第一步是选择适合应用及使用环境的正确多用表。一旦选择了正确的多用表，就可以遵循良好的测量规程安全使用。在使用之前要仔细阅读仪器的使用说明书，尤其要注意“警告”和“小心”部分。国际电工委员会（IEC）针对电气系统颁布了相关的安全标准。请确保您正在使用的多用表符合 IEC 关于工作环境的安全等级和电压额定值要求。例如，如果需要在 480 V 配电盘处测量电压，那么就应该使用额定等级为 CAT III 600 V 或 1000 V 的多用表。这意味着多用表的输入电路已经被设计为能够承受这种环境下常见的瞬态电压，而不会伤害用户。选择具有 UL、CSA、VDE 或 TUV 认证的该等级多用表，则意味着该多用表的设计不仅符合 IEC 标准，而且按照这些标准进行了独立测试（请参阅第 6 页的独立测试部分）。



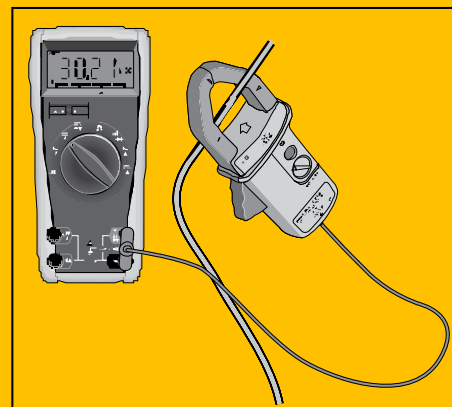
在断开或解焊电路、插入数字多用表测量电流之前，请务必确认断开电源。即使很小的电流也存在危险。



请勿使用连接到电流插孔的测试探头测量电压。否则可能会导致仪表损坏或人员伤亡。



变送器类电流探头，例如 Fluke i400，按比例缩小被测电流。对于被测的每安培电流，DMM 显示 1 mA。



Fluke i1010 霍尔效应探头按比例缩小被测电流，并将其转换为一个电压，从而可安全地测量交流或直流大电流。对于每安培的电流，DMM 显示 1 mV。

图 5.

会导致多用表故障的常见情况：

1. 在测试线被插入到电流插孔时连接到了交流电源
2. 在电阻模式下连接了交流电源
3. 连接了高压瞬变信号
4. 超过了最大输入限值（电压和电流）

多用表保护电路的类型

1. **自动恢复保护。**有些多用表的电路能够检测到过载状态并保护多用表，直到这种状态解除。在过载解除之后，多用表自动恢复至正常工作条件。通常用来保护电阻功能下的电压过载。
2. **不能自动恢复的保护。**有些多用表能够检测到过载状态并保护多用表，但是不能自动恢复，需要操作者对多用表进行操作，例如更换保险丝。

检查多用表的如下安全特性：

1. 保险丝保护的电流输入
2. 采用了高能保险丝（600 V 或更高）
3. 电阻模式下的高压保护（500 V 或更高）
4. 电压瞬变保护（6 kV 或更高）
5. 安全设计的测试线，包括手指挡板和屏蔽端子
6. 独立机构的安全认证（例如 UL 或 CSA）

安全检查

- ✓ 使用安全标准对使用环境的要求的多用表。
- ✓ 使用电流输入具有保险丝保护的多用表，并在测量电流之前检查保险丝。
- ✓ 在进行测量之前检查测试线是否存在物理损坏。
- ✓ 利用多用表检查测试线的通断性。
- ✓ 请务必使用具有屏蔽连接和护套防护的测试线。
- ✓ 请务必使用具有凹陷式输入插孔的多用表。
- ✓ 根据测量参数选择合适的功能和量程。
- ✓ 确定多用表处于良好的工作状态。
- ✓ 遵守所有的设备安全规程。
- ✓ 总是首先断开“火线”测试线（红色）。
- ✓ 不要单独一人工作。
- ✓ 使用在电阻功能下具有过载保护的多用表。
- ✓ 在不使用电流钳测量电流时，连接电路之前先关断电源。
- ✓ 小心大电流和高电压的情形。要使用相应的设备，例如高压探头和大电流钳。

附件和术语

多用表附件

多用表的一项重要条件是它能配合各种各样的附件使用。许多附件都能提高多用表的量程和用途，使测量工作更加简单。

高压探头和电流探头能够将高电压和大电流按比例缩小至多用表能够安全测量的水平；温度探头可将多用表变为一个数字温度计；也可利用 RF 探头测量高频电压。

不仅如此，选择合适的测试线、测试探头和测试夹能够帮助您方便地将多用表连接到电路；软携包和硬质仪器箱可保护多用表，并方便地保存多用表的附件。

术语

准确度。多用表的测量示值接近被测信号真值的程度。表示为读数的百分比或满刻度的百分比。

模拟多用表。一种采用指针移动来显示被测信号值的仪器。用户根据指针在刻度上的位置来判断读数。

指示。一种用来识别所选量程或功能的标识。

平均响应式多用表。一种能够准确测量正弦波，而测量非正弦波时准确度较低的多用表。

满码字数。用来说明多用表分辨率的一个数字。

分流器。多用表中用来测量电流的低值电阻。多用表通过测量分流器两端的压降，根据欧姆定律计算电流值。

多用表，数字多用表。一种利用数字显示屏显示被测信号值的仪器。与模拟多用表相比，数字多用表具有更好的耐用性、分辨力，并且准确度要高得多。

非正弦波形。一种失真的波形，例如脉冲串、方波、三角波、锯齿波和毛刺。

分辨力。测量中能够显示细小变化的程度。

rms。交流波形的等效直流值。

正弦波形。无失真的纯正弦波。

真有效值多用表。一种能够准确测量正弦波形和非正弦波形的数字多用表。



多用表的额定值和能力随制造商的不同而变化。在使用新万用表之前，请务必熟悉随多用表提供的用户手册中的所有使用和安全说明。

独立测试是安全符合性的关键

您是否能够确认自己拿到的是一款真正的 CAT III 或 CAT II 多用表？有时并不容易。有可能一起未经任何独立检定，仅仅是制造商自己声明多用表为 CAT II 或 CAT III 等级。请提防类似“设计满足规范要求...”这样的词语。设计者的图纸并不能代替实际的独立测试。IEC（国际电工委员会）制定并提议标准，但并不为标准的执行负责。

请检查独立测试实验室，例如 UL、CSA、TüV 或其它公认的认证机构的标识和编号。产品只有在按照这些机构的标准经过完整的测试后才能使用这些标识，其标准通常基于国家/国际标准。例如，UL 3111 标准就以 IEC 1010 标准为基础。在一个并不完美的世界中，这是您确保所选多用表经过实际安全测试的最现实途径。

LISTED



特殊特性

以下的特殊特性和功能可能会使您使用起多用表来更容易。

- 指示清晰易懂，瞄一眼即可知道被测参数(电压、电阻，等)。
- 触发保持功能 (Touch Hold®) 冻结屏幕上的读数，使您可以使用两只手进行测量，随后再查看结果。
- 单开关操作，选择测量功能更简单。
- 过载保护，防止损坏多用表和电流，同时保护使用者。
- 特殊的高能保险丝，在电流测量和过载时为用户和多用表提供额外保护。
- 自动量程功能，自动选择合适的量程。手动量程功能可使您在重复测量时锁定到特定的量程。
- 自动指示极性，用负号标识负读数，所以即使将测试线接反，也不会损坏多用表。
- 电池电量低指示。

本文中提供的信息覆盖了基本的数字多用表功能，例如 Fluke 170 系列数字多用表具备的功能。

Fluke 还提供针对各种不同应用进行了特殊设计、具有特殊功能的数字多用表。

福禄克，助您与时代同步！

美国福禄克公司

中文网址: www.fluke.com.cn

英文网址: www.fluke.com

北京办事处:
地址: 北京建国门外大街22号赛特大厦2301室
邮编: 100004
电话: (010)6512343 传真: (010)65123437

上海办事处:
地址: 上海市天目路218号嘉里不夜城第-座1208室
邮编: 200070
电话: (021)6354889 传真: (021)63545852

广州办事处:
地址: 广州体育西109号高盛大厦15楼B座
邮编: 510620
电话: (020)3879580 传真: (020)38791137

©2007 Fluke Corporation. 保留所有权利。

技术指标如有更改，恕不另行通知。

5/2006 1260898 A-EN-N Rev M