

合作 · 分享

福禄克-电子测试 基本技术知识分享

- 问题：精准、安全的内容
- “四位半”的万用表？
- 基本精度：DC精度、AC精度，DMM的测量准确度到底是多少？
- 什么是有效值？DMM如何测量有效值？DMM“真有效值”测量意味着什么？
- 都是“真有效值”仪表，为什么测量结果差别那么大？
- 什么是峰值因数？DMM的CF测量能力有什么意义？
- AC、DC，AC+DC：输入耦合方式有什么区别？
- 测量仪表的安全认证标记，意味着什么？
- 低通滤波的作用和原理

- 117C: VoltAlert和 AutoVolt LOZ技术
- F233: 无线通讯与红外通讯 , Zigbee的解释说明
- 28II: IP67的解释, MSHA认证的意义
- 87V EX: 什么是ATEX认证? 什么是本质安全? II2 EEX ia IIC T4的含义?
- 287、289: Trendcapture, 内存数据存储的说明, 小电阻量程的误区?
- 电流钳: 霍尔效应与互感器
- 热电偶: 工作原理, 常见误区
- 1508: 绝缘测试的电压等级要求, 介质吸收比与极化指数
- 2042: 工作原理, 注意事项
- 922空气流量检测原理
- 941相关概念
- 红外点温仪的相关知识

问题：精准、安全的内涵

FLUKE®

基本特点	型 号										
	15B	17B	73-III	111	112	175	177	179	87-V	187	189
读数	4000	4000	3200	6000	6000	6000	6000	6000	20000	50000	50000
真有效值测量				AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC+DC	AC+DC
基本直流准确度	0.5%	0.5%	0.3%	0.7%	0.7%	0.15%	0.09%	0.09%	0.05%	0.025%	0.025%
带宽										100 kHz	100 kHz

True-rms

	Fluke175	Fluke177	Fluke179
~ A	量程 0.01mA-10.00A (20A 过载约 30 秒)	0.01mA-10.00A (20A 过载约 30 秒)	0.01mA-10.00A (20A 过载约 30 秒)
精度	± (1.5% 读数加 3 个计数)	± (1.5% 读数加 3 个计数)	± (1.5% 读数加 3 个计数)
峰值因子	≤ 3	≤ 3	≤ 3
AC 响应	45Hz 到 1kHz	45Hz 到 1kHz	45Hz 到 1kHz

- 读数、显示位数
- 有效值：峰值、整流平均值、真有效值
- 准确度：DC精度、AC精度
- 量程
- 峰值因数：电流
- 带宽
- 测量仪表的安全等级



万用表基本指标：

显示位数、量程、测量原理、精度、带宽，安全等级、功能

Keeping Your World Up and Running

2015年8月

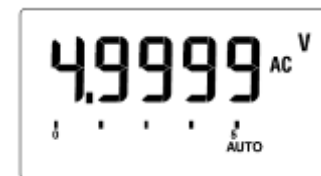
万用表的显示位数

FLUKE®

计数显示：万用表的显示位数范围。

位数显示：传统叫法，能显示从0—9中所有数字的位数称 整位数，其他统称半位。

F189，满量程显示读数为49999，即四位半的万用表。



F189：交流电压显示屏

型号	F15B/17B	F175	F177	F179	F87V	F289
读数	4000	6000	6000	6000	20000	50000
最大显示读数	3999	5999	5999	5999	19999	49999
位数	3 _{3/4} 位	3 _{5/6} 位	3 _{5/6} 位	3 _{5/6} 位	4位半	4 _{4/5} 位

显示位数影响测量结果的分辨率

例：F170显示位数的优势

DMM测量电网电压时，普通3_{1/2}位数字万用表的最高位是0或1，对于220V或 380V电压测量，只能用三位显示，分辨率为1V。

用3_{5/6}位的数字万用表来测量电网电压，最高位可以显示0~5，利用四位显示，分辨率为0.1V。此时的测量分辨力与4_{1/2}位的F87V相同。

如何理解数字式测量仪表的精度？

FLUKE®

国家标准GB776—76规定，电工仪表的准确度等级分为七级：

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差(%)	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5.0

基本精度：

基本直流精度
基本交流精度

Differentiation	<u>110 Series</u> 110, 111, 112	<u>170 Series</u> 175, 177, 179	<u>80 Series</u> 83, 85, 87	<u>180 Series</u> 187, 189
DC Accuracy	0.7%	0.09%	0.05%	0.025%
AC Accuracy	1%	1%	0.7%	0.4%

详细的精度规格：

交流测量精度与信号频率有关。

频率增高，精度将降低。

Function	Range	Resolution	Accuracy				
			45 Hz-1 kHz	20-45 Hz	1 kHz-10 kHz	10 kHz-20 kHz	20 kHz-100 kHz
AC mV ^{1,2}	50.000 mV	0.001 mV	0.4 % + 40	2 % + 80	5 % + 40	5.5 % + 40	15 % + 40
	500.00 mV	0.01 mV	0.4 % + 40	2 % + 80	5 % + 40	5.5 % + 40	8 % + 40
	3000.0 mV	0.1 mV	0.4 % + 40	2 % + 80	0.4 % + 40	1.5 % + 40	8 % + 40

F189: AC耦合方式下交流电压的测量精度

如何理解数字式测量仪表的精度？

FLUKE®

准确度指标描述方法：

“读数误差 + 量程误差”

读数精度：表示为“测量读数的百分比”。例如，电压测量精度为读数的 $\pm 1\%$ ，含义为：对于100.0V的电压测量显示读数，其电压真实值在99.0V至101.0V之间。

数字式测量仪表的技术规格中，除读数精度指标外，一般还加一个数字误差范围(digits)。该数字表明了测量显示读数的最后一位上可能存在的最大误差范围。例如，精度表述为 $\pm (1\% + 2\text{digits})$ ，对于100.0V的测量显示读数，其电压真实值将在98.8V至101.2V之间。

分辨率

分辨力是表示仪表对微弱信号作出反应的指标，由显示位数决定。与测量准确度无关。

误差值 = $\pm$ (读数误差 $\times$ 读数 + 量程误差 $\times$ 该读数下的分辨率)

思考题：319的直流电流精度为：

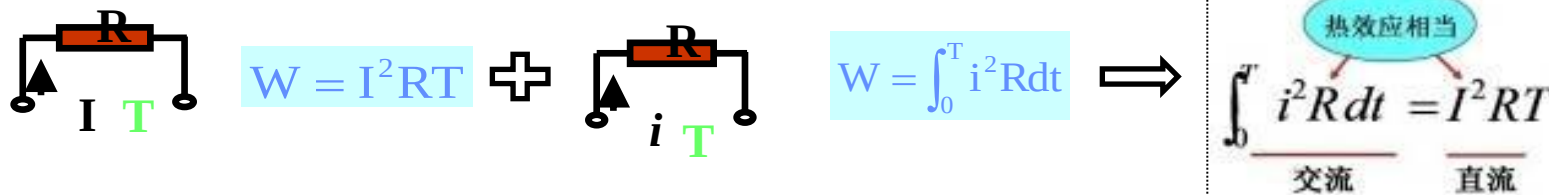
40A：1.6% $\pm$ 6字

600A/1000A：1.5% $\pm$ 5字

那么如果用319测量28A的直流电流，用600A量程测量比40A量程测量更准确？

什么是有效值？

交流电流*i*通过电阻*R*在一个周期*T*内产生的热量与一直流电流*I*通过同一电阻在同一时间*T*内产生的热量相等，则称*I*的数值为*i*的有效值



$$\Rightarrow I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad \begin{array}{l} \text{(方均根值、有效值)} \\ \text{Root Mean Square, RMS} \end{array}$$

当 $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ 时

有效值: $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

有效值测量方法—峰值检测法:

标准正弦波: 峰值与有效值的关系为**1.414**倍。

以峰值检测电路测量有效值。

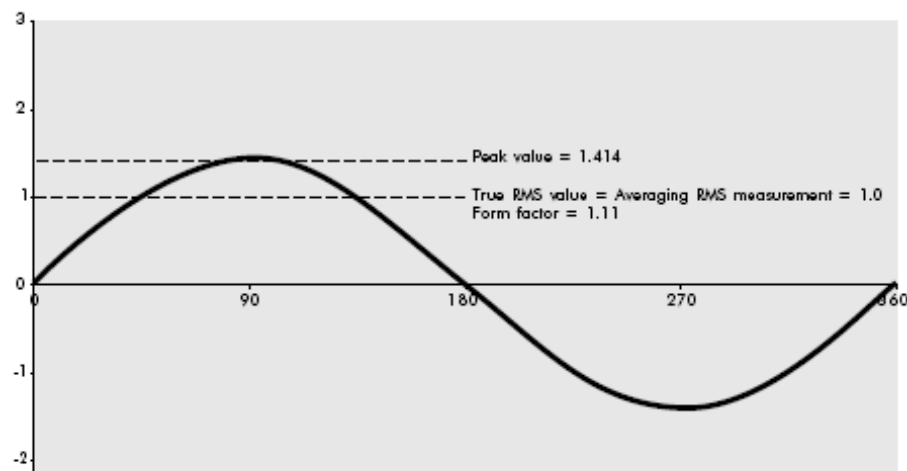
有效值测量

FLUKE®

有效值测量方法—平均整流原理 (MEAN)

平均整流原理测量有效值：绝对值平均，乘1.11倍。

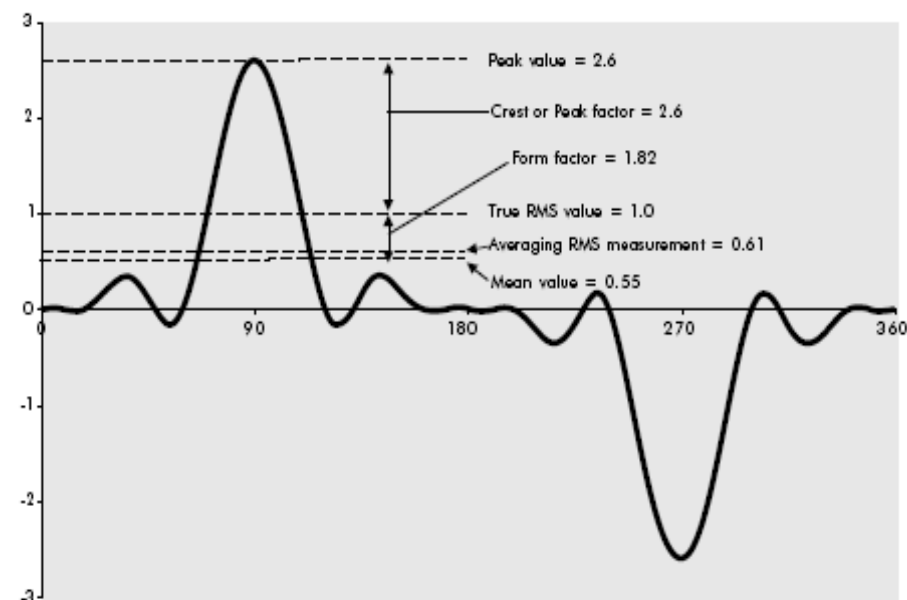
$$U_{rm} = \frac{1}{T} \int_0^T |u| dt$$



有效值测量方法—真有效值原理 (T-RMS):

适用于正弦与非正弦波形

$$U_{rms} = \sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt \right)}$$



True-rms

Keeping Your World Up and Running

2015年8月

Multimeter performance comparison average responding vs. true-rms

Meter Type	Measuring Circuit	Sine Wave Response*	Square Wave Response*	Distorted Wave Response*
				
Average Responding	Rectified Average x 1.1	Correct	10% High	Up to 50% Low
True-rms	RMS Calculating converter. Calculates heating value.	Correct	Correct	Correct

*Within multimeter's bandwidth and crest factor specifications

平均值(直流值):

$$\text{平均值} = \frac{\text{一週期的面積}}{\text{一週期所需的時間}}$$

正弦波平均值: $0.636 I_m$

三角波平均值: $0.5 I_m$

方波平均值: I_m

有效值(均方根值)

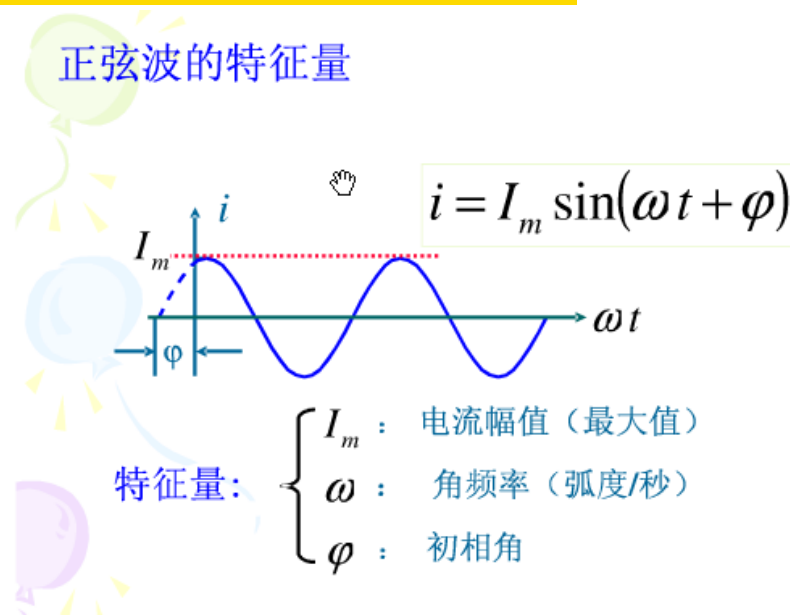
$$\text{有效值} = \sqrt{\frac{I^2 \times t}{t}}$$

正弦波有效值: $0.707 I_m$ 三角波有效值: $0.577 I_m$ 方波有效值: I_m

波形因數(F.F)与波峰因數(C.F)

波形因數=有效值/平均值 → 正弦波=1.11 三角波=1.155 方波=1

正弦波的特征量



电流峰值与波峰因数

FLUKE®

峰值因数=峰值与有效值之比

$$cf = U_p / U_{rms}$$

正弦信号：CF= 1.41；三角波信号：CF=1.732 对于方波：CF =1.00

仪器测量峰值电流的范围

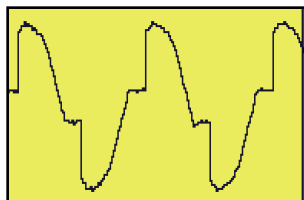
测量CF值的能力：3，6，10 ，不同量程下CF值不同

思考题：以上提到的波形因数和峰值因数，哪一个数字式内置在平均响应的万用表或钳表中？

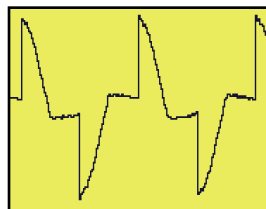
F189：CF测量范围可达6。

在500V量程挡，有效值250V时，可测量峰值电压1500V。

波形与CF测量实例：



C.F. = 1.43



C.F. = 2.39



C.F. = 4.68

AC、DC，AC+DC：输入耦合方式有什么区别？

FLUKE®

F189:

AC\DC测量结果



● AC耦合

测量输入信号中AC分量，不包含直流分量。

例：当测量一个峰值为2V的正弦波信号的均方根值时，测量结果显示为幅值约1.4V的直流波形

有效值：

$$\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)^2 dt}$$

例：V_m为2V，则均方根值约为1.4V。

● DC耦合

测量输入信号中AC与DC成分。

例：当信号为一个2V峰值的正弦波叠加一个1V的直流信号，测量该信号的均方根值时，测量结果显示为幅值约1.7V的直流波形。

如果直流分量表述为V_{dc}，交流分量为u(t)=V_m sin ω t，则含有直流分量的正弦信号的DC-RMS均方根值可由下式得出：

$$V_{rms(+DC)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (V_m \sin \omega t + V_{dc})^2 d\omega t} = \sqrt{\left(\frac{V_m}{\sqrt{2}}\right)^2 + (V_{dc})^2}$$

例：V_{dc}为1V，V_m为2V，则DC-RMS值约为1.7V。

测量仪表的交流带宽

FLUKE®

DMM主要用来测量交流信号。所有DMM都有其能够测量的带宽指标。

Differentiation	<u>110 Series</u> 110, 111, 112	<u>170 Series</u> 175, 177, 179	<u>80 Series</u> 87V	<u>280 Series</u> 287, 289
AC Bandwidth	500Hz	1kHz	20kHz	100kHz

带宽是数字万用表在精度范围内，所能测得的AC频率范围。它不是测量频率的功能，而是反映AC频率响应的能力，若频率超过了万用表的AC带宽，万用表将不能在频率响应范围内正确测量AC值。因此，宽的AC带宽在高性能的数字万用表中扮演着重要的角色。

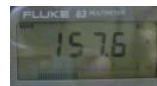
测量仪表的带宽

FLUKE®

例： 实际设定值为144V的变频器输出电压, 用不同的万用表测：

结果变化很大，从154V到1001V。

原因： 各仪表具有不同的测量原理。另外，各“真有效值”仪表具有不同的测量带宽，仪表只对输入信号的相应频段信号计算RMS值。



问题： 哪个测量结果是准确的？

有两种测量结果是正确的：基波有效值、全频带PWM波形的真有效值。

具体说明：

▲变频器的设定值指基波有效值。该值与全频带PWM波形的真有效值完全不同。

▲变频器工作的基波频率范围通常从0至100Hz。上例中，电机工作频率为31Hz。必须注意仪表的基波测量带宽。

▲F180的测量带宽达100kHz。一般变频器的开关频率大概20kHz，F180可以准确测量该输出电压真有效值。

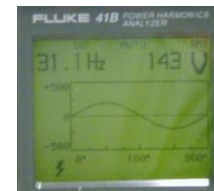
▲F110测量500Hz内的真有效值，可以测量PWM基波有效值。

▲F170测量1kHz内的真有效值，可以测量PWM基波有效值。

▲F336\F337的电压测量带宽为20Hz~400Hz，可以测量转速20Hz以上PWM基波有效值。

▲通用变频器为正弦调制，MEAN原理测量的有效值可以代表基波有效值。

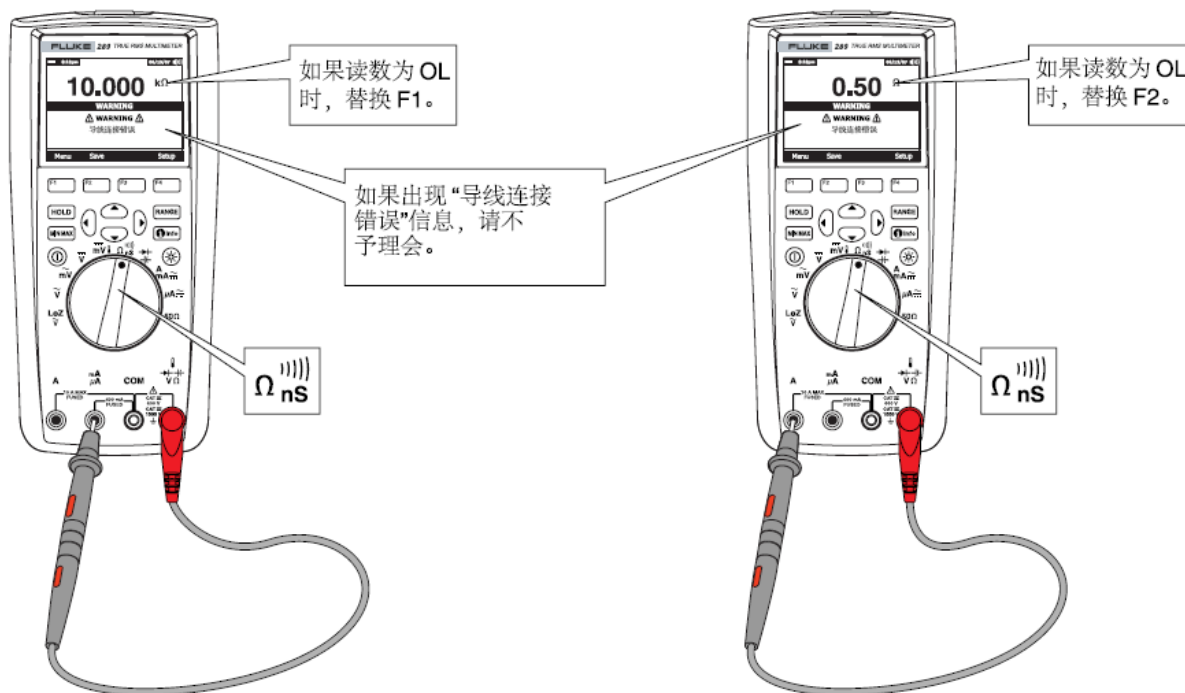
▲F87V的测量结果最准确，适合于正弦调制或非正弦调制（如矢量控制变频器）。



判断电流保险丝好坏步骤

FLUKE®

- 将拨盘达到电阻档
- 将一根表笔插到VΩ的插孔
- 将表笔另一端探入A插孔，电阻读数应该在0.00到0.50之间，如果读数为OL，说明对应保险丝损坏
- 将表笔另一端探入A插孔，电阻读数应该在 $10.00 \pm 0.05\text{K}\Omega$ ，如果读数为OL，说明对应保险丝损坏



海拔高度与温度对测试仪表的影响

FLUKE®

现场的海拔高度如果高于我们仪表标称的海拔高度时，不会影响其测量精度，但对其安全等级会有影响，例如：

Up to 2,000 mtrs CAT III 1000V max

2,000 – 3,000 mtrs CAT III 600V max

3,000 -3500 mtrs CAT III 300V max

所以当海拔高度增高时，最高的可测量电压也跟着降低。



当温度远低于仪表所标称的操作温度时，并不是一定不能使用，只是在使用时我们不能保证技术资料中所标称的精度指标。

另外，由于我们部门的产品都是低功耗产品，所以长时间在零下10°C以下使用可能出现LCD无法显示。

长年低温地区万用表可以推荐28II三防万用表。

Keeping Your World Up and Running

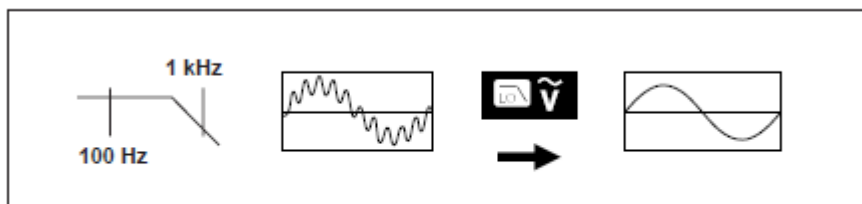
2015年8月

低通滤波器介绍

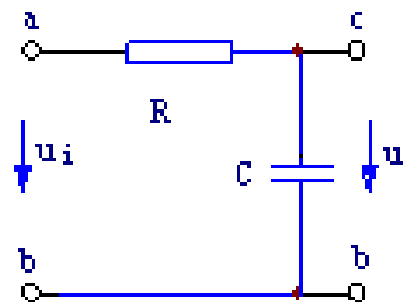
FLUKE®

所谓的低通滤波器就是允许低频信号通过，而将高频信号衰减的电路，常见的RC低通滤波器电路如右图所示：

$$\text{截止频率 } f_H = \frac{1}{2\pi RC}$$



低通滤波器



一阶滤波器电路图

SHOP产品内置低通滤波器会拦截高于**1KHz**的电压，弱化低于**1KHz**高于**100Hz**的电压。

思考题：

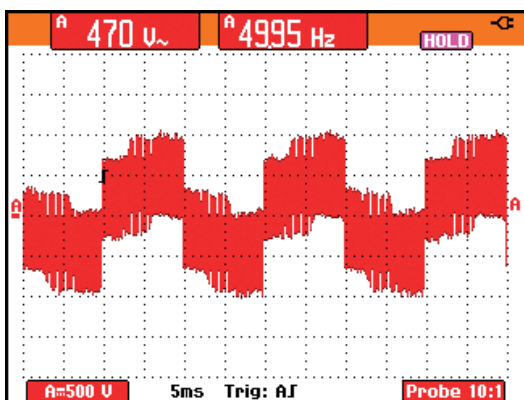
内置低通滤波器的**SHOP**产品有哪些？

低通滤波器介绍

FLUKE®

一般的真有效值万用表测得的是加到电机上的非正弦信号的热效应值，而马达控制器的输出电压读数仅显示基波成分（30Hz 到 60Hz）的有效值。

产生这种矛盾的原因在于带宽和屏蔽。很多真有效值数字万用表的带宽达20KHz或更宽，使其不但能够响应基波成分，而且会响应PWM调制驱动产生的高频成分。并且如果数字多用表没有屏蔽到高频噪声的话，驱动控制器的高频噪声会造成测量结果更大的偏差。



低通滤波器打开前 低通滤波器打开后

思考题：

如果其他性能不便，在15B和17B上内置低通滤波器是否有意义？为什么？

电流钳

FLUKE®

电流互感器

这种电流钳不含有源部件，其功能是基于与电源变压器相同的原理。电流钳（或互感器铁心）被放置在一个携带交流电流的导体周围，由通过导体的电流所建立的变化磁场被耦合到电流钳的铁心中。

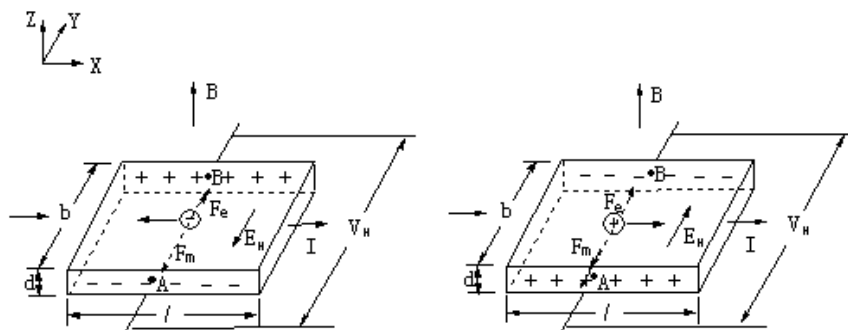
有缘电流钳

使用有源部件，它们不仅可将电流降低，而且还输出一个与被测电流成比例的电压信号。有源电流钳采用了一种基于“霍尔效应”的技术，可以测量交流和直流电流。

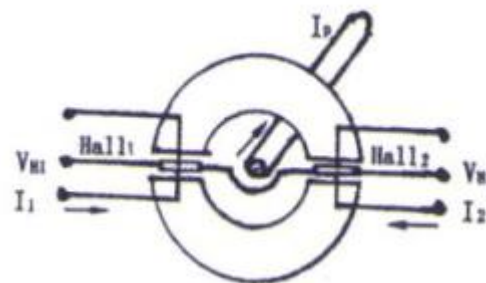
什么是霍尔效应

美国物理学家霍尔(Hall, Edwin Herbert, 1855-1938)于1879年在实验中发现，当电流垂直于外磁场通过导体时，在导体的垂直于磁场和电流方向的两个端面之间会出现电势差，这一现象便是霍尔效应。这个电势差也被叫做霍尔电势差。

将一块半导体或导体材料，沿Z方向加以磁场 $\vec{B}$ ，沿X方向通以工作电流I，则在Y方向产生出电动势 V_H ，如图1所示，这现象称为霍尔效应。 V_H 称为霍尔电压。



霍尔效应原理图



交直流电流钳的工作原理图

热电偶工作原理及选型

FLUKE®

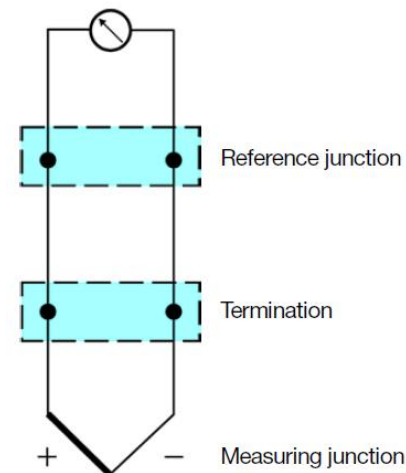
工作原理：塞贝克效应（SEEBECK EFFECT）

当一条导线上存在温度差，就会存在电位差。测量点为两种金属结合点，又称热端。开路端的温度应该是已知的，如果未知需要用补偿线将其延伸到温度已知的区域，又称冷端。

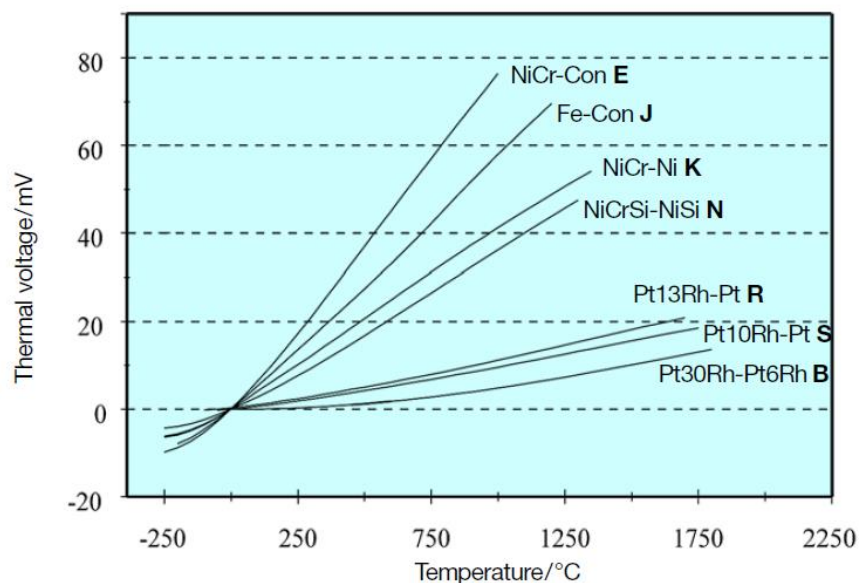
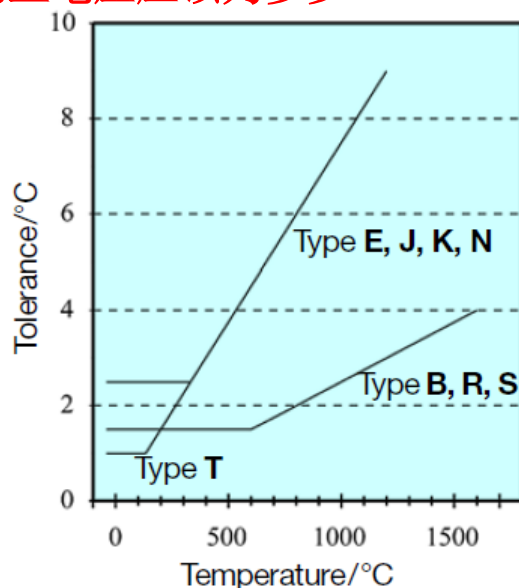
选型误区：

测量介质：气体、液体、固体，需要注意封装

类型：根据客户的实际测量范围来优化选择



思考题：如果在办公室用万用表毫伏档测量80PK-1的开端，理论上电压应该为多少？



电气测量的安全性

FLUKE®

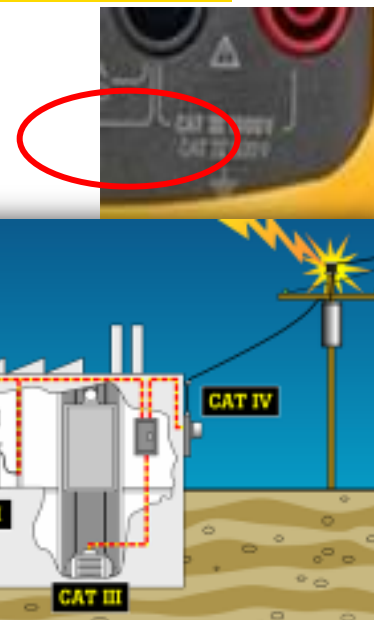
IEC 1010-1第二版：对测量仪器的安全规定了两个基本参数：额定电压与测量种类级别。

电压等级：仪器能够进行测量的最大连续工作电压。（600V、1000V）

测量种类级别：测量环境和地点分类。

- CAT IV 三相公用供电设备、室外供电线路或设备
- CAT III 室内三相配电系统及负载
- CAT II 单相插座及所连接的用电设备
- CAT I 电子仪器设备

例：对于CAT III 1000V仪器，要求通过10次正向8kV脉冲和10次负向8kV脉冲试验。



安全等级	工作电压	瞬变峰值冲击（20次）	测试源（ $\Omega=V/A$ ）	电气间隙	爬电距离
CATII	600V	4000V	12 Ω	11.5mm	11.5mm
CATII	1000V	6000V	12 Ω	11.5mm	14.0mm
CATIII	600V	6000V	2 Ω	11.5mm	14.0mm
CATIII	1000V	8000V	2 Ω	16.0mm	16.0mm
CATIV	600V	8000V	2 Ω	16.0mm	16.0mm

Keeping Your World Up and Running

2015年8月

UL认证, CSA, TUV, VDE认证代表什么?

“按EN 61010-1 (IEC 1010-1)等标准设计。获得UL、CSA、TÜV等权威机构的认证。”

IEC仅仅是制定并建议它的标准,但并不强制执行。只有当一个产品经测试完全满足某个独立验证机构的标准时,才能把诸如UL, CSA, TUV等验证机构的标志标于仪器上。



符合加拿大标准(Canadian Standards Association)协会相关规定。



经TÜV Product Services检查与认可(Technischer Überwachungs Verein). 德国莱茵TÜV集团, 独立的测试、产品安全与品质及管理体系权威机构。



符合欧洲联盟规定。CE标记不是质量标记,而是产品指示符合欧盟关于安全、健康、环保和保护消费者的规定,所有在欧盟销售的产品都必须有CE标记。



美国保险人实验室认证,是美国实施安全认证的资深检验机构。UL是一个独立的,非盈利性的产品安全测试和认证组织,此标记是其注册认证标记。



符合澳大利亚相关标准



符合德国电气工程师协会(VDE)标准。



韩国信息通讯部的认证标记,基于IEC标准。



中国3C认证标记,与IEC安全标准相似,EMC测试为强制性要求。



日本信息产品干扰控制委员会标记

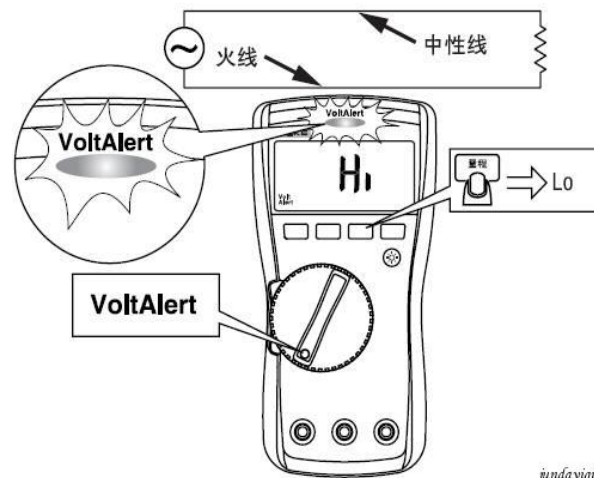
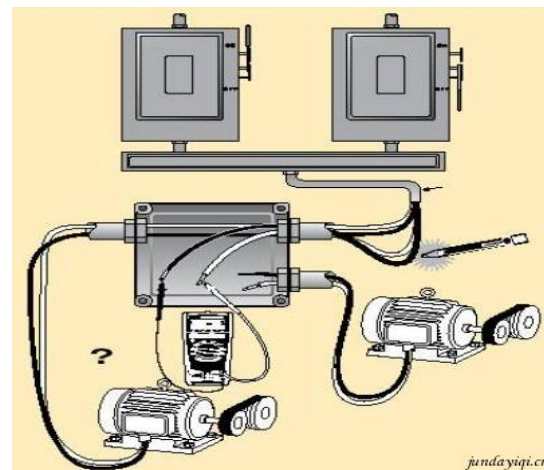
Auto-V/Loz

Auto-V代表自动电压，该性能可以自动确定被测信号号AC电压还是DC电压，然后选择正确的功能和量程；Loz代表低阻抗，该性能对低阻抗回路来说为低阻抗输入，这样可以降低由杂散电压而导致读数错误的可能性。

思考题：SHOP产品中还有哪些产品带有LOZ功能？

VoltAlert

要检测是否存在交流电压，将FLUKE 117C数字万用表的上部靠近导体。当检测到电压时，FLUKE 117C数字万用表会发出声响并提供视觉指示。共有两种灵敏度设置可选。“Lo”（低敏）设置可用于齐平安安装的壁式插座、配电盘、齐平安安装的工业插座及各种电源线。“Hi”（高敏）设置则可用于检测其它类型的隐藏式电源接线器或插座上的交流电压，它们的实际交流电压都隐藏在接线器里面。VoltAlert 探测器可用于“Hi”（高敏）设置下，电压为 24 V 以内的裸线。

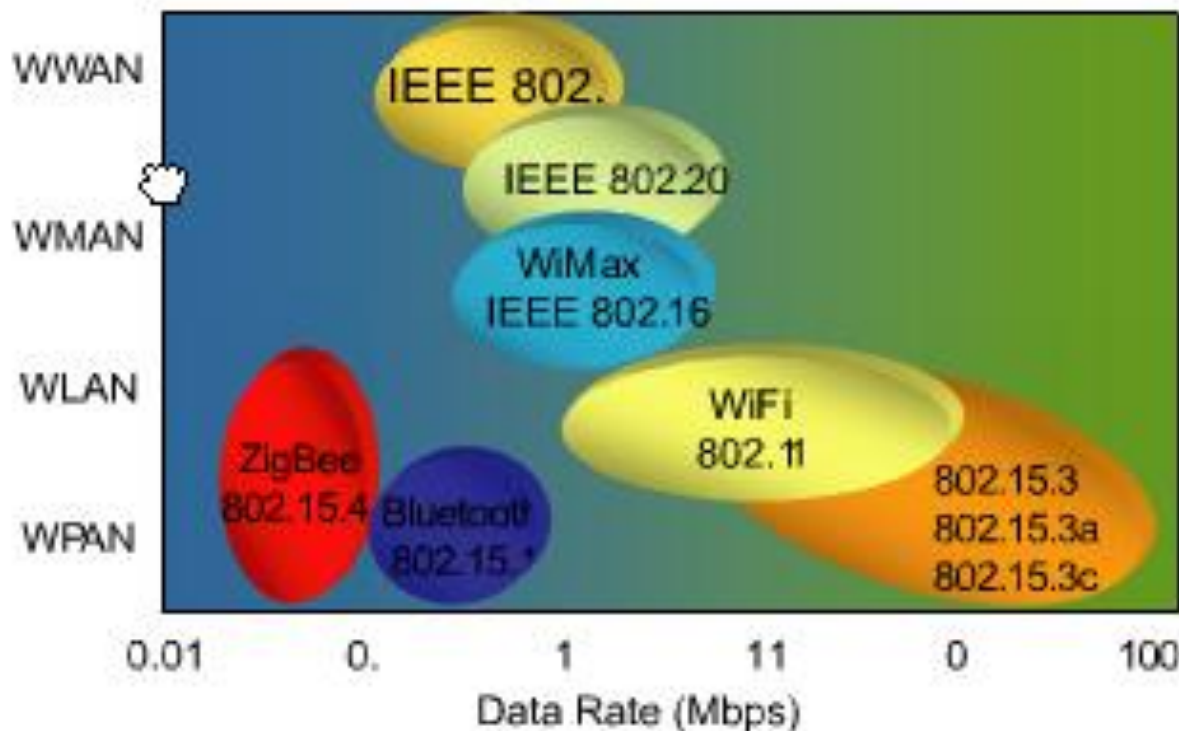


F233和F381两种通讯模式，Zigbee解释

FLUKE®

F233和F381的通讯方式完全一样，具有红外和无线两种通讯方式，但红外通讯的优先级要高于无线通讯方式。当显示屏和表体驳接在一起的时候采用红外通讯，显示屏和表体分离，因为红外通讯中断，从而无线通讯打开，同时，红外通讯仍在尝试建立通讯，一旦红外通讯连接正常（显示屏接回表体），无线通讯自动关闭。

ZigBee是基于IEEE802.15.4，工作在2.4GHz ISM频段的高可靠性的无线数据网络。具有低功耗、低数据量、低成本使用免费2.4G频段、抗干扰能力强、高保密性并能自动动态组网等特点。



防爆类型共有四种：隔爆、增安、本安、无火花

本安技术是通过把电路和设备中的电能限制到太低而不会使危险区域中最易点燃的混合物点燃来工作的。

欧盟 9/94/EC 指令，通常称为 ATEX（“**A**tmosphères **E**xplosibles”），作为总的一致性指令，规定了本质的健康和安全要求，并取代已有的、存在分歧的国家和欧洲法令。

从2003年7月1日起，成为强制性标准，适用于在爆炸危险环境中使用的电气和电子设备。ATEX 所派生出的标准被全球范围内所采用。

ATEX 认证

FLUKE®

Fluke 87V Ex 经 ATEX 认证为 EX II 2 G EEx ia IIC T4

	ATEX 认证标识。凡被应用于欧洲危险区域的所有设备都需要具有该标识。
II 2 G	区域分类。“II”表示工具经认证适用于所有非采矿区域。“2”表示设备类型，本例中的设备被认证适用于次严重危险区域。“G”表示气体大气，本例中为气体、蒸汽和薄雾。
EEx	基于欧盟爆炸规范的防暴装置。
ia	防暴类型，本例中，设备或连接器中的能量已经被降低至安全值。
IIC	气体分类。“IIC”表示适用于最危险的气体类型。
T4	温度类型，是在故障条件下可以和爆炸气体接触的最大表面温度。T4的额定值为135 °C。



Keeping Your World Up and Running

2015年8月

28II IP67的定义，MSHA认证的意义

FLUKE®

外壳防护IP代号	
第一位数防止固体进入	第二位数防止液体进入
0 没有保护	0 没有保护
1 大于50mm的物体	1 垂直滴水
2 大于12mm的物体	2 斜向滴水（75° 至90°）
3 大于2.5mm的物体	3 淋水
4 大于1.0mm的物体	4 溅水
5 防止粉尘(不完全)	5 喷水
6 粉尘	6 猛烈喷水
--	7 短时间浸水
--	8 连续浸水

由劳工部管理的矿山安全与健康监察局负责矿山安全与健康方面的监察工作。**MSHA**对矿用安全产品的管理非常严格，根据法规规定，煤矿及含瓦斯的非煤矿山所用的安全产品，必须有**MSHA**进行测试、评价与审批，并颁发统一的**MSHA**安全标志，方可使用。安全管理的产品涉及到矿山生产的各个方面，除对矿用新产品严格管理外，对在用产品、产品维修、产品报废都有明确的管理规定。

对于矿用安全产品的测试、评价和审批由美国**MSHA**下设的认证和发证中心承担。确保矿用安全产品符合美国《联邦法典》“矿产资源卷”的有关规定。

28II定义了苛刻工作环境下使用万用表新的标准，在国内煤矿对测试仪表的要求分为井上和井下，井下使用时必须通过**MA**（煤安）认证，井上使用的测试仪表绝大多数煤矿对认证没有要求。

F289: 新的特点

FLUKE®

带有 TrendCapture 功能的**真有效值**工业用**记录**万用表

➤ 记录存储器:

每一条记录可存储10000组采样数据。每一类数据（测量值、MIN/MAX、PEAK、RECORDING）最多可以存储400条，V1.1版硬件每一个采样价格采集3个数据（实时值+最大值+最小值）用于在现场检测设计性能或进行无人看管的监视。用户无需 PC 即可查看记录的读数。

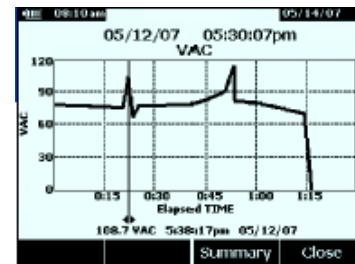
➤ 50Ω小电阻量程（289特有）

1mΩ的分辨率

问题：如果客户要求测量10m欧姆的电阻能否选用289？

➤ 交流基数

当输入导线在交流功能档下短接时，仪表会显示最高200个字的残余读数。200个字的残余读数对大小为量程2%的读数只会造成20个字的变化。利用REL（相对）模式功能抵消该读数可在后续测量中产生更大的常数误差。



TrendCapture 显示 VAC 记录数据。



Keeping Your World Up and Running

2015年8月

1508绝缘电阻测试

FLUKE®

绝缘电阻测试仪：工作原理(欧姆定律)

兆欧表提供给被测设备一个高压直流电压，同时测量泄漏电流（通过一个已知的分流器电阻），据此计算出绝缘电阻。

绝缘电阻：

用绝缘材料隔开的两部分导体之间的电阻。

为了保证电气设备运行的安全，应对其不同极性（不同相）的导体之间，或导体与外壳之间的绝缘电阻提出一个最低要求。例如，家用电器规定：基本绝缘为2M；加强绝缘为7M。

为什么测绝缘电阻时，还要测吸收比、极化指数？

绝缘电阻对于温度、湿度等环境条件变化非常敏感，因此不同环境下测量出的绝缘电阻值不能直接对比分析。所以，电力系统要求在主变压器、电缆、电机等许多场合的绝缘测试中应测量吸收比（即R60s和R15s的比值）和极化指数（即R10min和R1min比值），并以此数据来判定绝缘状况的优劣。一般来说高于1.4-1.6的介质吸收比，高于2-4的极化指数被认为绝缘良好。

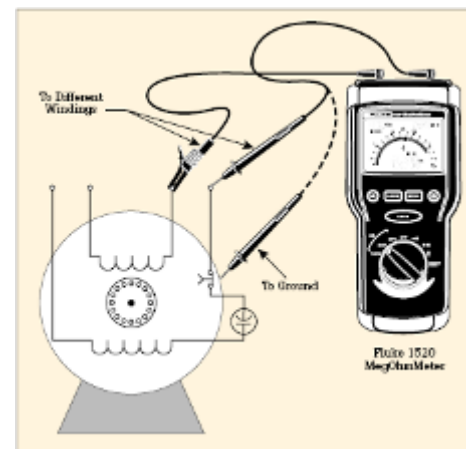
思考题：时间与绝缘电阻的关系？

为什么几节电池供电的兆欧表能产生较高的直流高压？

这是根据直流变换原理，经过升压电路处理使较低的供电电压提升到较高的输出直流电压，产生的电压值虽然较高但输出功率很小。（如电警棍几节电池能产生几万伏的高压）。

绝缘测试电压等级

电器设备	兆欧表
U<100v	250V
100V≤U<500V	500V
500≤U<3000	1000V
3000≤U<10000V	2500V
≥10000V	2500V或5000V



在测容性负载阻值时，兆欧表输出短路电流大小与测量数据有什么关系，为什么？

兆欧表输出短路电流的大小可反映出该兆欧表内部输出高压源内阻的大小。当被测试品存在电容量时，在测试过程的开始阶段，兆欧表内的高压源要通过其内阻向该电容充电，并逐步将电压充到兆欧表的输出额定高压值。如果试品的电容量值很大，或高压源内阻很大，这一充电过程的耗时就会加长。其长度可由R内和C负载的乘积决定（单位为秒）。给电容充电的电流与被测试品绝缘电阻上流过的电流，在测试中是一起流入兆欧表内的。兆欧表测得的电流不仅有绝缘电阻上的分量，也加入了电容充电电流分量，这时测得的阻值将偏小。

如：额定电压为5kV的兆欧表，若其短路输出电流为80 μ A（日本共立），其内阻为 $5\text{kV}/80\text{ }\mu\text{A}=62\text{M}\Omega$

如：试品容量为0.15 μ F，则时间常数 $\tau=62\text{M}\Omega\times0.15\text{ }\mu\text{F}\approx9$ （秒）即在18秒时刻，电容上的充电电流仍有11.3 μ A。

仅由充电电流而形成的等效电阻为 $5\text{kV}/11.3\text{ }\mu\text{A}=442\text{M}\Omega$ 。若正常绝缘为1000M Ω ，则显示的测得绝缘值仅为306M Ω 。这种试值已不能反映绝缘值的真实状况了，而且试值主要是随容性负载容量的变化而改变，即容量小，测试阻值大；容量大，测试阻值小。

所以，为保障准确测得R15s，R60s的试值，应选用充电速度快的大容量兆欧表。

我国的相关规程要求兆欧表输出短路电流等级为0.5mA、1mA、2mA、5mA。

1550B：5kV，短路电流，1.2mA至1.8mA。

1508：1kV，短路电流，1mA

1587：1kV，短路电流，1mA

922 空气流量检测工作原理

FLUKE®

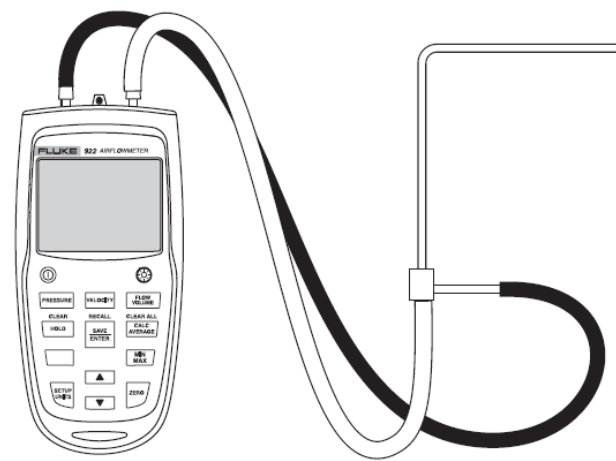
什么是皮托管？

具有一个或多个取压口并可插入流体中的管状装置。根据取得的总压与静压的差来测量流量。

结构和工作原理

皮托管的构造如图，头部为半球形，后为一双层套管。测速时头部对准来流，头部中心处小孔（总压孔）感受来流总压 p_0 ，经内管传送至压力计。头部后约3~8D处的外套管壁上均匀地开有一排孔（静压孔），感受来流静压 p ，经外套管也传至压力计。对于不可压缩流动，根据伯努利方程和能量方程可求出气流马赫数，进而再求速度。

$$P + 1/2 \rho v^2 = \text{常数}$$



922不包含皮托管，只能测量压力或差压，922/kit包括皮托管，可以测量压力、差压、流速、流量等；请大家给用户推荐的时候特别注意！

照度一种是反映光照强度的单位，其物理意义是照射到单位面积上的光通量，照度的单位是每平方米的流明（Lm）数，也叫做勒克斯（Lux）： $1\text{Lux}=1\text{Lm}/\text{m}^2$ 。由上式可以看出，Lm是光通量的单位。

照度计的应用场合很广泛，厂房，学校，图书馆，商务楼，酒店，商业展厅，实验室，计算机房等等，这些地方都要用到照度计，可以夸张的说一下，只要有亮光的地方，就可能用到照度计来测量当前的照度。一般情况下，我们在250-750LUX左右的照度环境下比较舒适，太高或者太低的照度，对人眼睛也有所伤害，最直接的就是近视眼，有绝大多数近视眼就是在照度很低的环境下长时间的看书或者用眼过度

什么叫做光通量?光通量的单位是什么?

答: 光通量 (Φ) 的定义是: 点光源或非点光源在单位时间内所发出的能量, 其中可产生视觉者 (人能感觉出来的辐射通量) 即称为光通量。光通量的单位为流明 (简写lm), 1流明 (lumen或lm) 定义为一国际标准烛光的光源在单位立体弧角内所通过的光通量, 由于整个球面面积为 $4\pi R^2$, 所以一流明光通量等于一烛光所发出光通量的 $1/4\pi$, 或者说球面有 4π , 因此按照流明的定义可知一个cd的点光源会辐射 4π 流明, 即 Φ (流明) = $4\pi I$ (烛光), 假定 $\Delta\Omega$ 为很小的立体弧角, 在 $\Delta\Omega$ 立体角内光通量 $\Delta\Phi$, 则有 $\Delta\Phi = \Delta\Omega I$

一英尺烛光的含义是什么?

答: 一英尺烛光是指距离一烛光的光源 (点光源或非点光源) 一英尺远而与光线正交的面上的光照度, 简写为1ftc (1 lm/ft², 流明/英尺²), 即每平方英尺内所接收的光通量为1流明时的照度, 并且1ftc=10.76 lux

971温湿度仪

FLUKE®

干球温度

由普通的温度计测得的空气温度

湿球温度

表示蒸发水的制冷效应，当水分被蒸发到饱和空气时空气将冷却到的温度

露点温度

水分将会从空气中凝结出来的温度

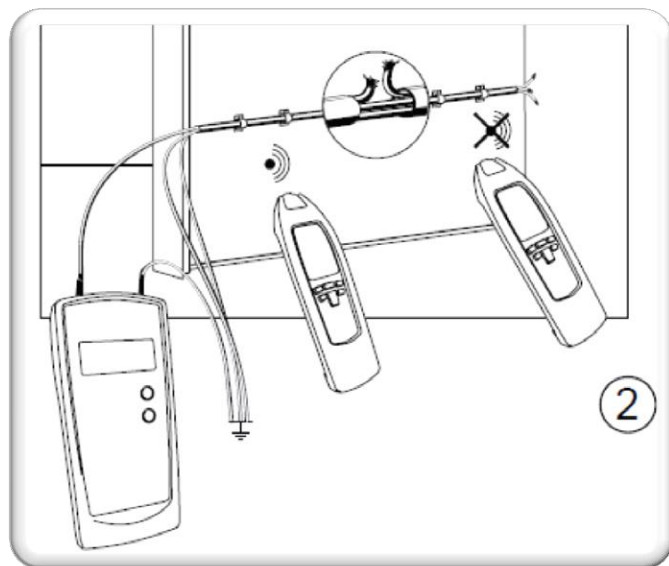
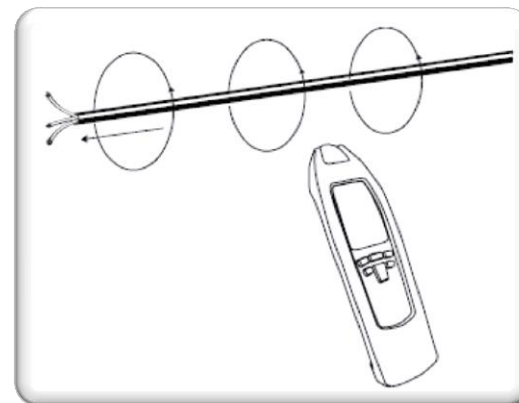
相对湿度

在给定的空气温度下，水蒸气压（当前空气中的水分量）合饱和水蒸气压（空气中能维持的水分总量）的比值。

2042工作原理以及使用注意事项

FLUKE®

FLUKE2042寻线仪由一发送器和一接收器构成。发送器产生的信号由在一导体周围可产生电磁场的调制电流组成。这种在导体周围存在的电磁场在接收器线圈中感应产生电压。感应电压被接收器放大、解码并转换为起始信号后显示在显示器上。对任何应用，发送器的连接要保证有一闭合回路。



- 对寻线仪有信心是解决问题的关键；
- 使用2042解决问题前，一定要根据说明书练习如何使用；
- 查找断路时多使用单极应用，查找短路时多使用双极应用；
- 使用时将敏感度值尽量调低使接收器刚刚接收到数据；
- 双极应用定位深度最大0.5m，单极应用定位深度最大2m，深度和介质和使用方法有关；

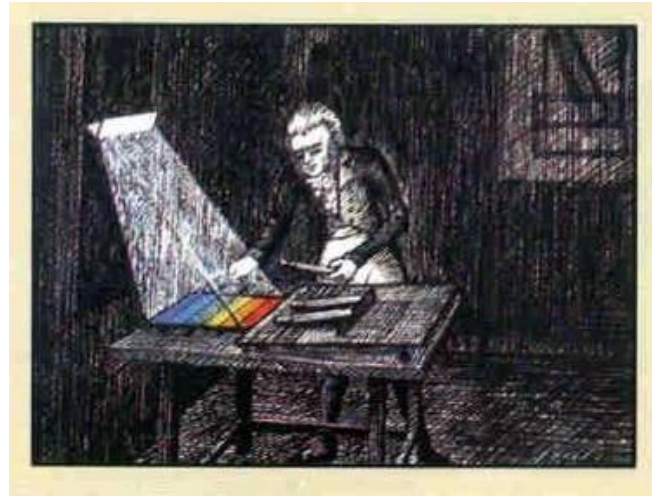
红外辐射的发现

1800 年英国的天文学家 William Herschel 用分光棱镜将太阳光分解成从红色到紫色的单色光，依次测量不同颜色光的热效应。

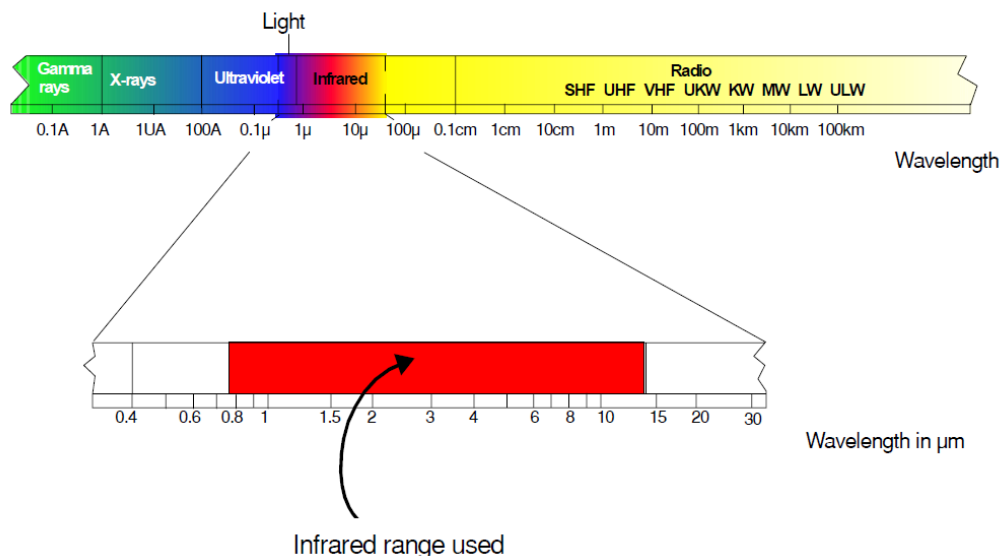
他发现，当水银温度计移到红色光边界以外，人眼看不见任何光线的黑暗区的时候，温度反而比红光区更高。反复试验证明，在红光外侧，确实存在一种人眼看不见的“热线”，后称为“红外线”，也就是“红外辐射”。



William Herschel (1738-1822)

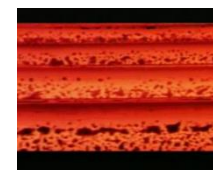


电磁波谱



0.7-14μm 波段，红外测量使用的电磁波谱

- 红外辐射属于热能。
- 温度在绝对零度 (**0 K**) 以上，任何物体会有红外辐射，这是因为物体内部存在着分子运动，运动的剧烈程度和温度高低有关系。分子运动伴随着电荷的移动，所以物体会向外辐射电磁波。
- 当温度在千摄氏度以下，热辐射以红外电磁波为主。



非接触红外测温的优点

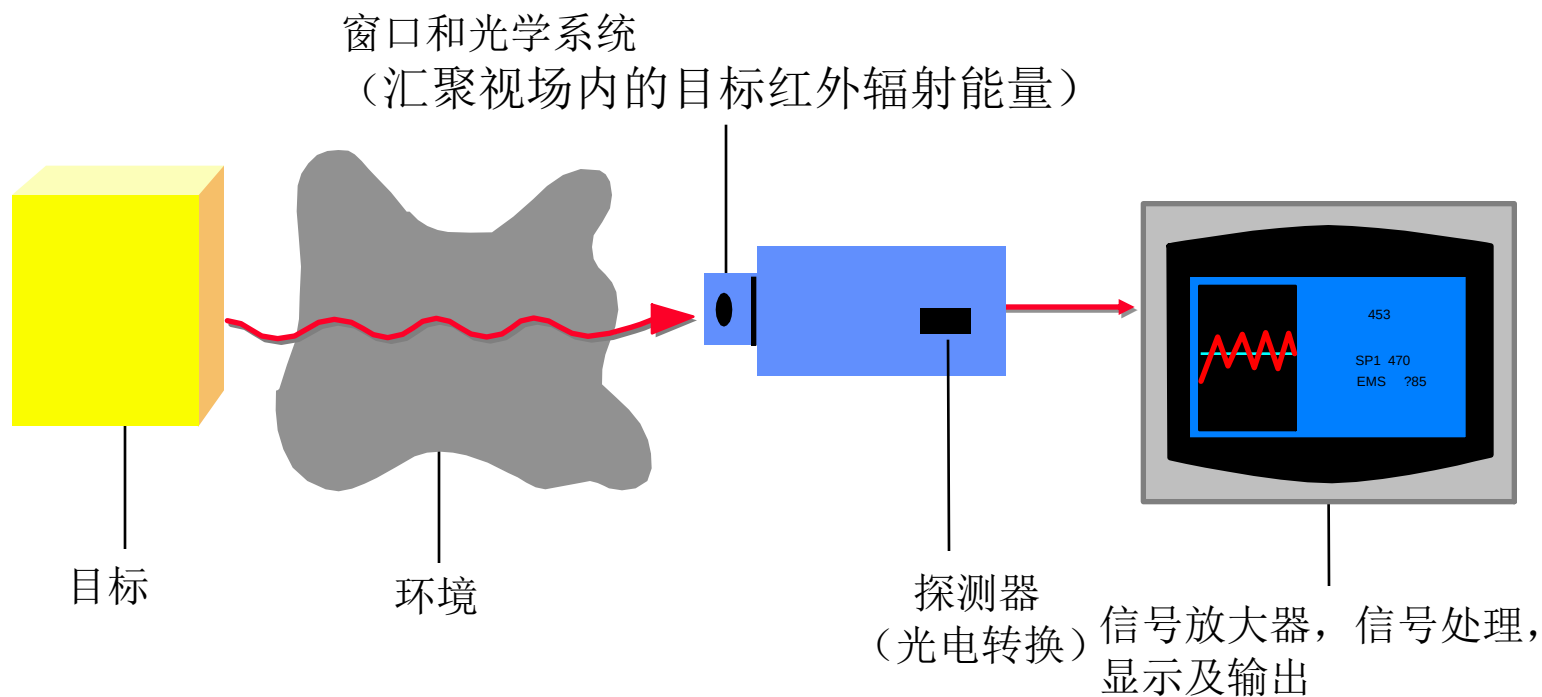
温度是测量频率最高的过程参数

温度无论在生产还是质量控制方面都扮演着重要的角色，精确的温度监控可以提高产品质量和生产效率，减少设备的停机时间是设备工作在最佳状态。

红外测温仪优点：

- ✓ 快速- 典型的红外测温仪响应时间小于500ms
- ✓ 可以测量移动的目标
- ✓ 可以测量危险的或无法触及的目标（如高压部件或太远的目标）
- ✓ 可以测量过高的温度(greater than 1300° C/2372° F)
- ✓ 无能量交换和能量损失
- ✓ 没有污染和损坏被测量介质的风险（如油漆表面或柔软介质的表面）

红外测温仪工作原理图



精确红外测温须知（1）

测温仪温度范围

误区：测温仪温度范围越宽越好？

--由黑体辐射理论，红外辐射峰值波长随温度升高向短波移动

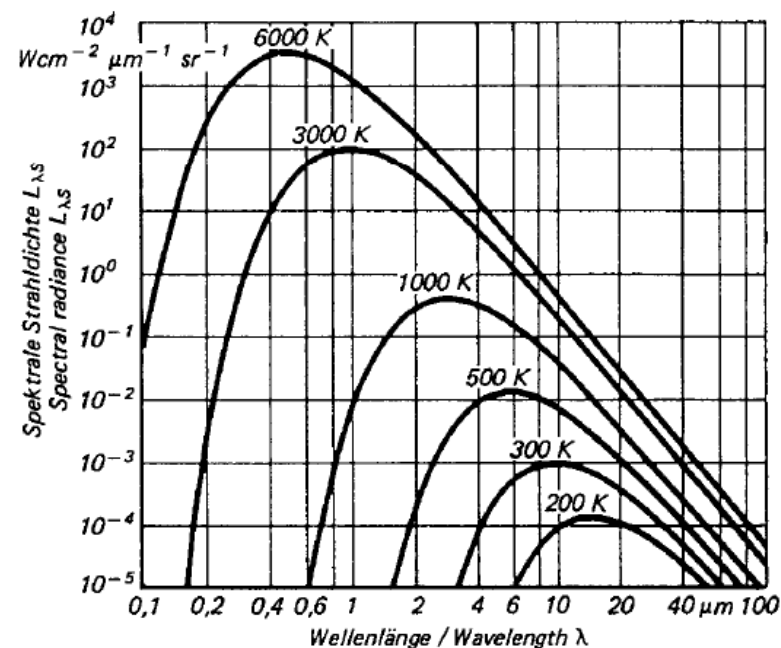
。

维恩位移定律

$$\lambda_m T = A \quad (A = 2897.8 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K})$$

根据目标温度选择，红外测温仪的温度范围不宜太宽。

Wien Displacement Law



什么是黑体？

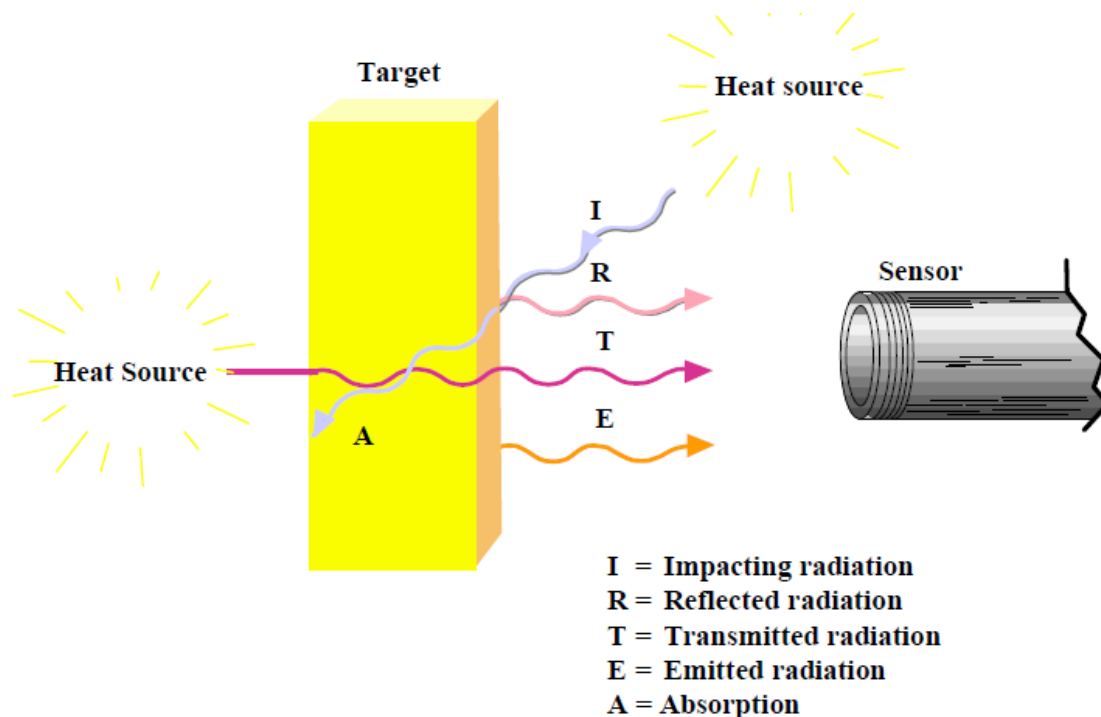
吸收率等于1的物体称为黑体；对各种波长辐射能均能同样吸收的理想物体称为灰体。

。

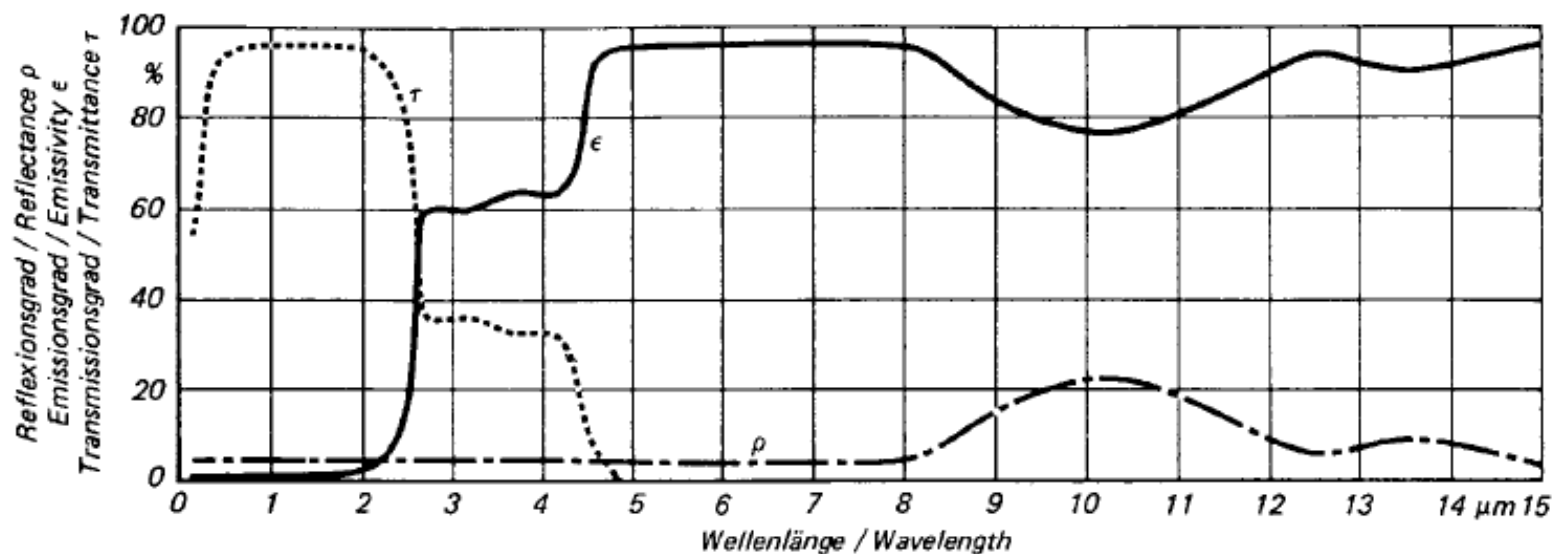
$$A + R + T = 1$$

固体物质在红外波段的透射能力为0，根据基尔霍夫定律，假设所有的辐射都被物体吸收，能量用来使温度上升，然后物体向外辐射能量。

$$E \Leftrightarrow A = 1 - R$$



从下图玻璃的发射率、反射率、透射率的趋势图可以验证基尔霍夫定律



玻璃的发射率、透射率、反射率的关系

τ - 透射率

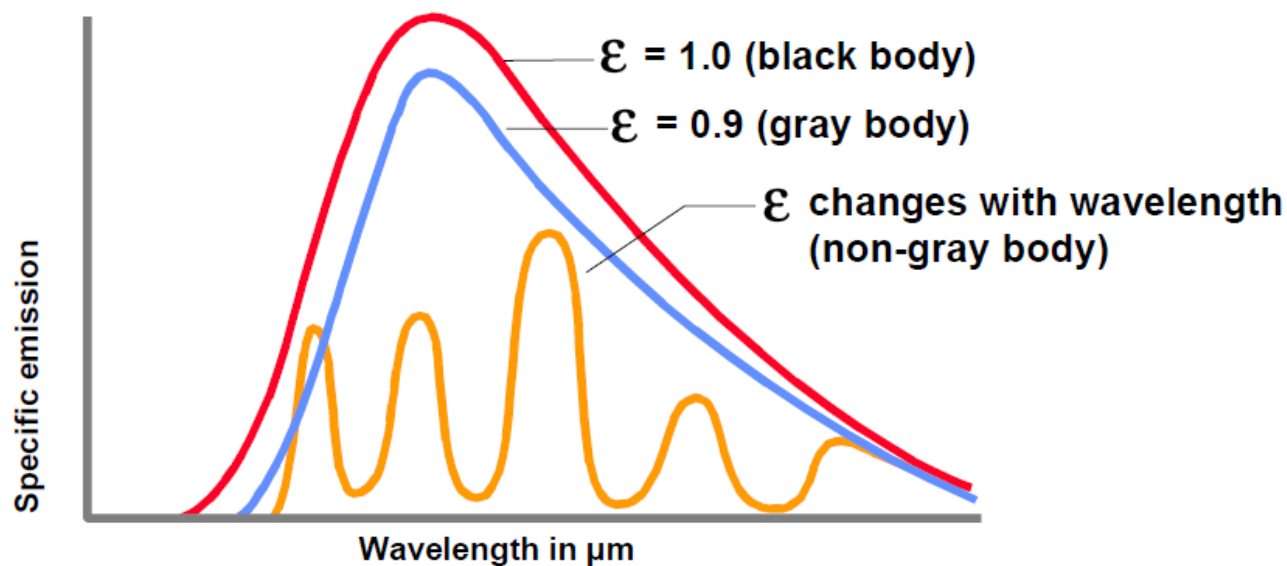
ϵ - 发射率

ρ - 反射率

什么是发射率？

发射率是物体辐射红外能量的能力，是实际物体与同温度黑体的辐射能力的比值。

--根据黑体辐射理论，物体材质，表面粗糙度，结构等，均会影响物体的热辐射能力。



发射率：影响发射率的因素

大多数非金属材料（如塑料、油漆、皮革、纸张等）

发射率可设置为**0.95**，相同材质、不同颜色的目标其发射率非常接近，误差通常不超过测量精度范围；部分表面光亮的非金属材料发射率较低（如瓷砖、玻璃等）。

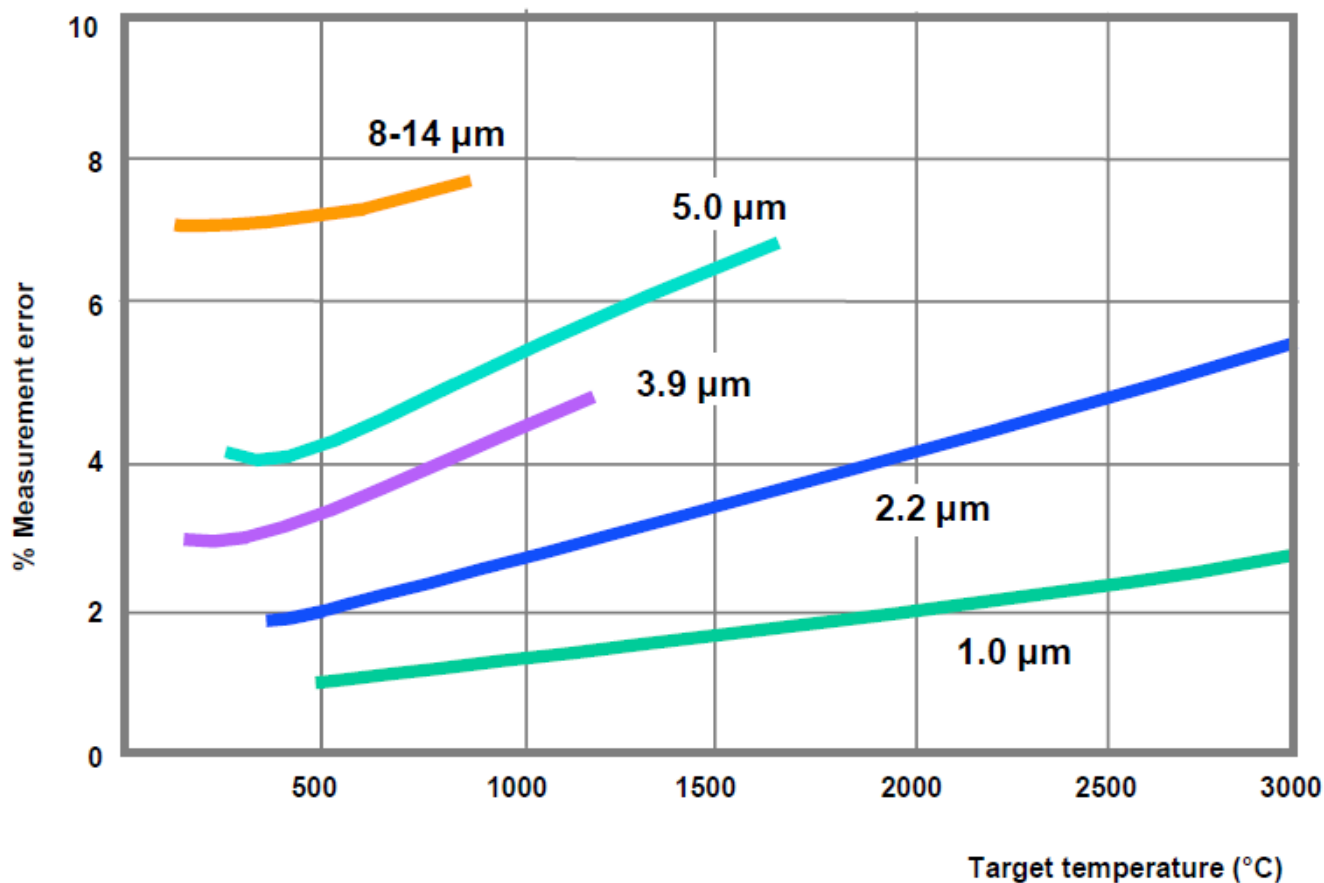
金属材料的发射率会受到下列因素的影响：

- 材料** 不同材料发射率不同，如铜的发射率一般比铝高。
- 表面光洁度** 通常表面粗糙的材料发射率比光洁表面高。
- 表面颜色** 以黑色为代表的深色系表面发射率比浅色系高。
- 表面形状** 表面有凹陷、夹角或不平整规则的部位比平整的部位发射率高。

使用红外温度计注意事项

FLUKE®

从下图可以看出，直接测量金属表面温度的时候，应该尽量选择短波红外测温仪来测量，如1.0um, 1.6um, 3.9um等

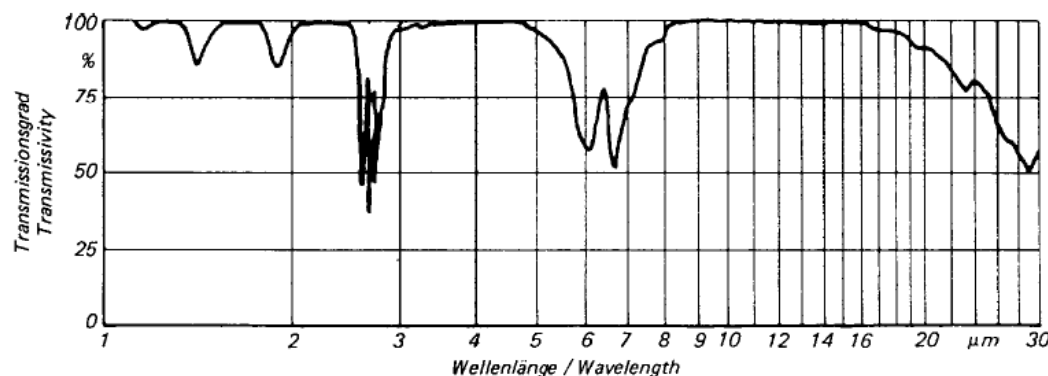


使用红外温度计注意事项

- 太阳光影响
反射与散射的波长:3-14 μm
- 风力冷却影响
60°C@1级, 1m/s vs. 30 °C @3级, 4m/s
- 水蒸气,二氧化碳和微粒的吸收与散射
- 背景热辐射影响
- 设备负荷率影响

对策

- ✓避免阳光的直射
- ✓对测试温度进行修正
- ✓测试不同负载下的温度变化



距离测试目标1m空气的透射率 (32°C& 75%湿度)

红外测温仪本身已经对此进行了修正!

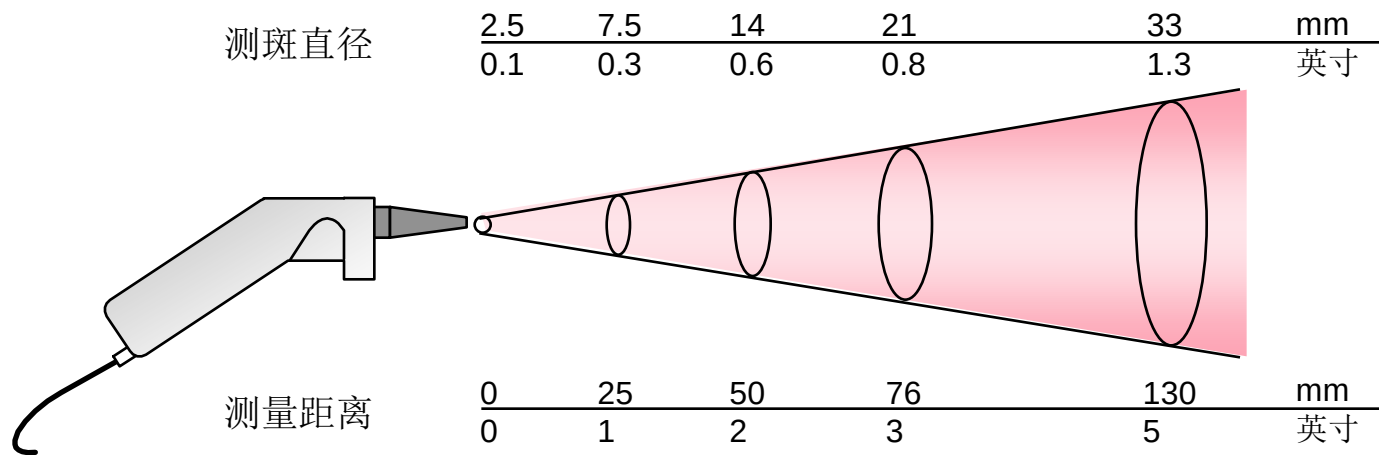
使用红外温度计注意事项

FLUKE®

D:S系数

- 根据红外理论，距离系数（D:S）增加一倍，信号减少4倍（S/N）信噪比下降4倍。
- D:S 越大，目标温度越高，或波长范围宽，或测温仪口径大

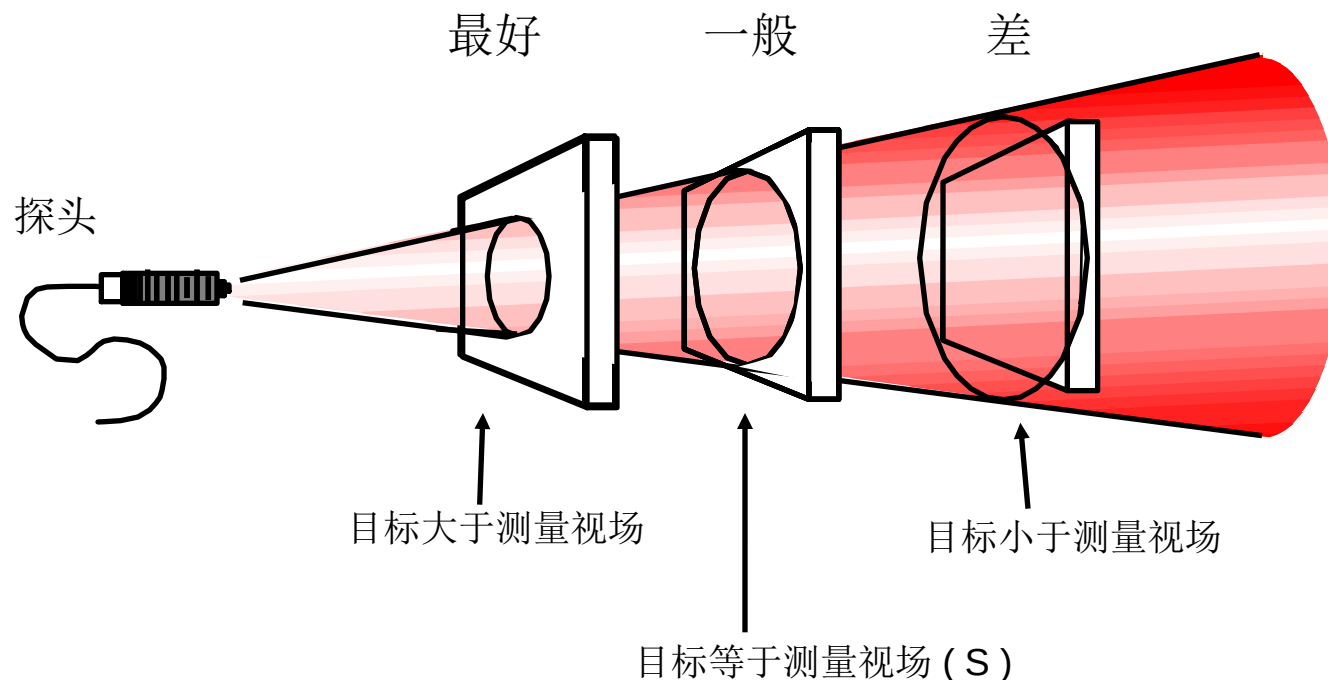
根据目标温度，尺寸和测试距离
选择D:S比。不宜太大。



使用红外温度计注意事项

误区: 激光红点瞄准, 立即测量

目标应充满视场

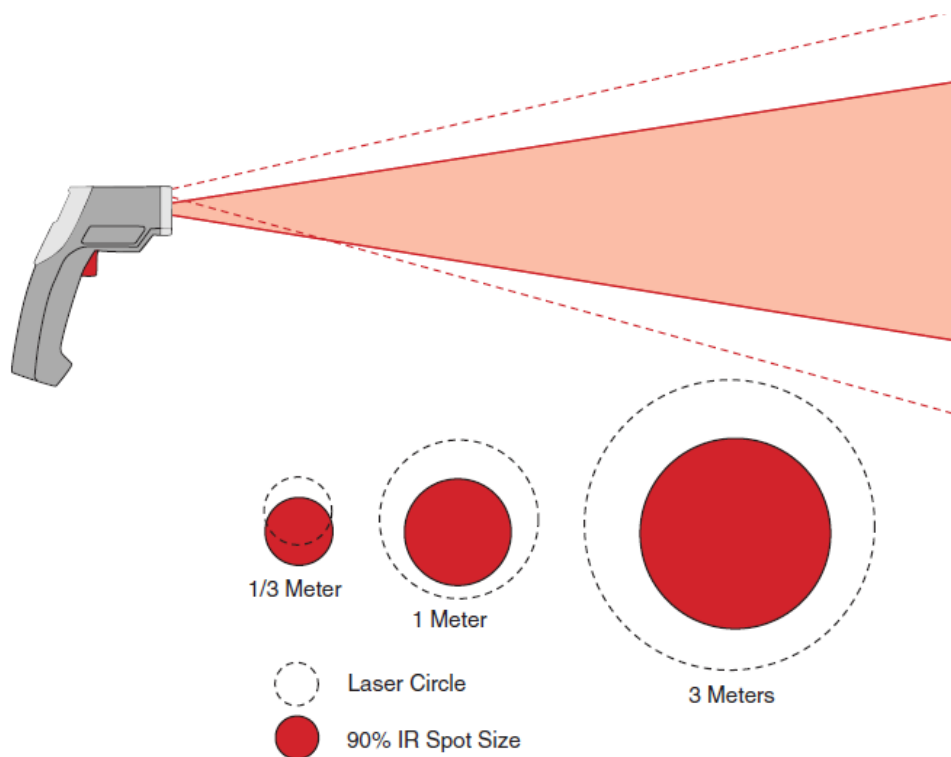


建议: 目标直径 $> 1.5 S$

Fluke: 视场内 $> 90\%$ 能量 (低散射), 减少环境影响

Keeping Your World Up and Running

使用红外温度计注意事项



对于非同轴激光瞄准器，测量目标在激光瞄准点的偏下方

使用红外温度计注意事项

当测量发光物体表面温度

如铝和不锈钢，表面的反射会影响红外测温仪的读数。在读取温度前，可在金属表面放一胶条，温度平衡后，测量胶条区域温度。



冷热区间巡测

如从厨房到冷藏区来回走动进行温度测量，就要在新环境下经过一段时间以达到温度平衡后再测量。最好将测温仪放在经常使用的场所。



流体的内部温度

像汤或酱，必须搅动，然后就可测表面温度。测温仪远离蒸汽，以避免污染透镜，导致不正确的读数。

