

FLUKE®

Calibration

FLUKE®

Calibration



福禄克，计量校准专家

精密电测量全面解决方案



提供以下产品：

校准器及校准软件

标准器

高精度数字多用表

数据采集器

波形及函数发生器

福禄克公司 计量校准部 英文网址: cn.flukecal.com

福禄克中国客户服务中心热线: 400-810-3435

北京分公司
地址: 北京建国门外大街22号, 赛特大厦19层
邮编: 100004 电话: (010)57351300

上海分公司
地址: 上海市长宁区临虹路280弄6号楼3楼
邮编: 200335 电话: (021)61286200

广州分公司
地址: 广州体育西路109号, 高第大厦15楼B1座
邮编: 510620 电话: (020)38795800

成都分公司
地址: 成都市锦江区创意产业商务区三色路38号, 博瑞创意成都写字楼B座16F-05/06单元
邮编: 610063 电话: (028)65304800

西安分公司
地址: 西安市二环南路西段88号, 老三届世纪星大厦20层K座
邮编: 710065 电话: (029)88376090

沈阳分公司
地址: 沈阳市和平区和平北大街69号, 总统大厦A座808室
邮编: 110003 电话: (024)22812055

重庆分公司
地址: 重庆市渝北区北部新区星光大道62号, 海王星科技大厦B区6楼3号
邮编: 401121 电话: (023)89038590

深圳分公司
地址: 深圳市福田区南园路68号, 上步大厦21楼A,K,L室
邮编: 518031 电话: (0755)83042340

武汉分公司
地址: 武汉市解放大道686号, 世茂大厦1806室
邮编: 430022 电话: (027)85743386

合肥分公司
地址: 合肥市政务区东流路999号, 靠近潜山路, 新城国际A座912室
邮编: 230022 电话: (0551)63516411

北京福禄克世禄仪器维修和服务有限公司
地址: 北京市海淀区花园路4号, 通恒大厦1楼101室
邮编: 100088 电话: 400-810-3435 转2

有关产品说明及技术指标以英文资料为准。如有更改, 恕不另行通知。

FCAL2012ECALCAT



福禄克计量学院

免费网络课程, 敬请登录福禄克计量校准部网站: <http://cn.flukecal.com>

或福禄克计量学院网站: <http://cn.flukecal.com/academy>

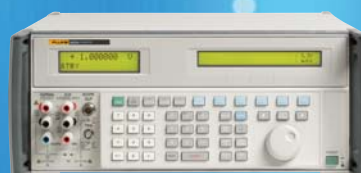
福禄克公司计量校准部

cn.flukecal.com

索引

校准器及校准软件

页码 5



标准器

页码 40



高精度数字多用表

页码 48



数据采集仪器

页码 57



波形和函数发生器

页码 63



服务、培训和支持

页码 66



福禄克公司——

计量校准专家

福禄克公司是世界著名的电子测试仪器公司之一，其计量校准技术和仪器在全球享有声誉。近几年，福禄克公司先后收购了以温度计量和校准著名的HART公司，以及以压力计量和校准而著名的DHI公司。从而使福禄克公司的计量和校准技术和产品覆盖了电学，温度以及压力，成为提供计量和校准最全面的公司。福禄克公司的计量校准技术和产品被广泛应用于世界各地的校准实验室，这些实验室包括国家级的基准实验室，国防军事的计量校准实验室。也包括各种企业的计量实验室。福禄克公司精密测试仪器部（计量校准部）在美国和英国都设有研发和生产工厂，其技术和产品都在不断地推动着计量和校准技术向前发展。同时我们还在不断地扩展产品类别，向更加宽的范围延伸，引领计量和校准的前沿技术和产品。福禄克公司还在全球设立了维修机构，以保障用户得到及时的技术支持和维修服务。

福禄克计量校准仪器所采用的技术能够保证您现在和未来的各种需求，每一个产品都融汇了准确、坚固和可靠的性能，帮助计量校准以及精密测量专业人士完成工作所需，使他们的能力与时代同步，在业界树立了计量校准专家的专业形象。

电学计量校准

电学计量校准以及精密测量产品是福禄克公司最传统的技术和产品，能够完成



覆盖各种工作负荷的校准工作。其技术和产品包括包含了众多的电学基准标准器，校准器、示波器校准器，高精度数字多用表、数据采集器、波形及函数发生器及校准软件等。

温度计量校准

福禄克公司几年前收购了以温度计量校准而著名的美国哈特公司（Hart Scientific），将福禄克的计量校准领域扩展到了温度领域。目前福



克已经是世界上最大的温度计量校准产品的研发和制造的厂家，也是世界最高水平温度计量设备的主要供应商。其产品涵盖了温度基标准、高等级数字温度计、恒温槽、工业用温度校准器，各类温度测量探头以及校准软件等。我们的温度校准实验室获美国NVLAP认证，所提供的计量校准产品都可以根据用户需要提供高等级的证书。我们的温度计量校准产品广泛应用于国家级计量单位，各类等级的温度实验室，以及厂矿企业的实验室以及现场的计量校准。

压力计量校准

福禄克公司在增加温度计量校准的部门后，又收购了以压力计量校准而著称于世的美国DHI公司，从而使福



禄克的计量进一步延伸到了压力领域。这样，福禄克公司已经是世界上提供计量校准技术和设备的最全面的公司，成为名符其实的计量校准专家。福禄克公司的压力计量校准技术和产品，目前是世界最高等级的压力校准产品，包括了各种活塞压力计，从绝压，负压，直至超低压等。此外其电子控制的活塞式压力计是其独特的技术。福禄克的压力计量和校准产品还包括数字压力控制器，压力监控器。这些压力计量产品除了广泛地应用于国家级等高等级的压力实验室之外，也广泛地应用于各种与压力相关的企业。此外我们还提供高精度的气体微流量计量校准系统等。

福禄克计量学院

随着中国经济的快速发展，企业及政府计量部门对计量校准的需求日益发展变化，要求越来越高。科学技术的发展进步，导致新技术、新方法、新规程的不断涌现，从而使计量知识和技术不断更新。而随着行业规模的逐渐扩大，从事计量校准工作的专业技术人员大量增加，他们对学习和了解计量校准知识和技能的需求也随之增加。基于这些变化和需要，福禄克公司设立计量学院，希望能够通过这一平台为用户提供与计量校准相关的技术培训及知识讲座。目前，我们的课程将主要采取网络教学方式，目前所有课程免费，用户只需通过网络接入课程，即可享受专业的培训。

了解课程安排，免费注册课程，请访问 www.flukecal.com.cn/academy.html。



一、校准器及校准软件	
5080A 多功能多产品校准器	5
5502A 多产品校准器	9
5522A 超级多产品校准器	13
5700A/5720A 高精度多功能校准器	17
6105A 和 6100B 电能功率标准源	20
52120A 超级大电流标准源	24
5320A 多功能电气安全校准器	29
9500B 示波器校准器	33
9640A 射频标准信号源	35
525B 温度 / 压力校准器	37
MET/CAL® 自动校准和计量管理软件	38
二、标准器	
732B/734A 直流电压参考和传递标准	40
7001 型直流电压参考标准	41
792A 交直流转换电压标准	42
5790A 交流电压测量标准	43
A40B 系列精密分流器	44
742A 标准电阻	45
752A 参考分压器	46
720A 十进制分压器	46
910/910R GPS 监控的频率参考标准	47
三、高精度数字多用表	
8508A 八位半高精度标准数字多用表	48
8845A/8846A 六位半精密数字多用表	51
8808A 五位半数字多用表	54
四、数据采集器	
2635A 便携型数据采集器	57
2640A/2645A 网络型高速数据采集器	59
2680A/2686A 大型数据采集系统	61
五、波形及函数发生器	
200 系列任意波形发生器	63
397 高性能双通道任意波形发生器	64
80/81 函数 / 脉冲发生器	65
附录一——服务、培训和支持	66
附录二——应用文章	67
附录三——产品型号速查表	103

一、校准器及校准软件——5080A 多功能多产品校准器



主要特点

- 功能众多，性价比卓越
- 强大的电压和电流驱动能力
- 多种选件可以覆盖更多校准所需
- 提供您需要的保护措施
- 自动、高效地采集和报告校准数据

功能众多，性价比卓越

Fluke 5080A 多产品校准器为模拟式和数字式仪表校准提供了准确而经济的解决方案。该校准器只用一台简便易用的仪器即可校准各种各样的模拟表、开关板表、数字多用表、瓦特表等。其强大的驱动能力使模拟表校准工作简单而精确，内置的保护电路还可防止校准器被破坏性外部电压所损坏。此外，5080A 还可利用电流线圈选件、示波器选件和兆欧表选件校准更多类型的仪表。通过专用校准软件包，可为更多高效率的校准生成无纸记录校准结果。最难能可贵的是，5080A 的优异性能价格比可以满足绝大部分用户的校准预算。

强大的电压和电流驱动能力

Fluke 5080A 多功能多产品校准器具有强大的电压和电流驱动能力，可准确、可靠地校准模拟仪表。电压的最大负荷电流高达 800 mA，电流的最大顺从电压高达 50 V，能够轻松地校准各种各样的模拟表。

多种选件可以覆盖更多校准所需

通过使用选件和附件，您可以使用 5080A 来校准更多类型的仪表，包括：

- 钳型表。通过 Fluke 9100-200 10/50 匝线圈或 5500A/COIL50 匝线圈，5080A 能够校准广泛应用的钳型表，电流可高达 1000 A。
- 示波器。可快捷、简便的实现 200MHz 的示波器校准。校准垂直幅度、快沿、带宽、时基、触发功能等。
- 兆欧表。该选件可实现高达 18 GΩ 的大电阻以及高压电阻的校准，同时能够测量兆欧表的输出高压。

提供您需要的保护措施

意外施加到校准器输出端的电压会造成仪器的严重损坏，从而造成昂贵的维修费用。校准器输出端的电气保护对于日常工作至关重要。5080A 校准器特别设计了创新的保护电路，可最大程度防止被外部反向输入电压所损坏，所以您可以更放心地使用。

自动、高效地采集和报告校准数据

通过多功能应用软件，可实现自动校准以及无纸数据采集和报表生成。

- 5080/CAL。5080/CAL 软件用于和 5080A 校准器配合，校准模拟式和数字式仪表。使用该软件，您可以轻松、可靠地实现自动化校准，管理资产，收集数据和打印报表等。
- MET/CAL Lite 是较低价格版本的 MET/CAL Plus 软件，只与 5080A 配合使用。
- MET/CAL® Plus。您可以选择 MET/CAL Plus 软件进行全方位的自动化校准和资产管理。



技术指标

电压和电流技术指标

技术指标是指 1 年、校准温度 $\pm 5^\circ\text{C}$ 下的技术指标

直流电压			
量程	技术指标 (% 输出 + μV)	分辨力	最大负荷
0 mV ~ 329.999 mV	0.013 % + 10	1 μV	60 Ω 输出阻抗
0 V ~ 3.29999 V	0.01 % + 15	10 μV	300 mA
0 V ~ 32.9999 V	0.01 % + 150	100 μV	600 mA
10 V ~ 101.999 V	0.012 % + 1500	1 mV	300 mA
30 V ~ 329.999 V	0.012 % + 1500	1 mV	120 mA
100 V ~ 1020.00 V	0.012 % + 5500	10 mV	40 mA

直流电流*			
量程	技术指标 (% 输出 + μA)	分辨力	最大顺从电压
0 μA ~ 329.99 μA	0.075 % + 0.1	10 nA	9 V
0 mA ~ 3.2999 mA	0.065 % + 0.25	0.1 μA	9 V
0 mA ~ 32.999 mA	0.05 % + 1.25	1 μA	50 V
0 mA ~ 329.99 mA	0.05 % + 16.5	10 μA	35 V
0 A ~ 1.0999 A (3 A 量程)	0.15 % + 220	100 μA	6 V
1.1 A ~ 2.9999 A	0.19 % + 220	100 μA	6 V
0 A ~ 10.999 A (20 A 量程)	0.25 % + 2500	1 mA	4 V
11 A ~ 20.500 A	0.5 % + 3750	1 mA	4 V

*最大感性负载: 2.5 H

交流电压 (正弦波)				
量程	频率	技术指标 (% 输出 + μV)	分辨力	最大负荷
1.00 mV ~ 32.99 mV	45 Hz ~ 65 Hz	0.33 % + 60	10 μV	60 Ω 输出阻抗
	65 Hz ~ 1 kHz	0.34 % + 60		
33 mV ~ 329.99 mV	45 Hz ~ 65 Hz	0.15 % + 60	10 μV	60 Ω 输出阻抗
	65 Hz ~ 1 kHz	0.16 % + 60		
0.33 V ~ 3.2999 V	45 Hz ~ 65 Hz	0.10 % + 180	100 μV	300 mA
	65 Hz ~ 1 kHz	0.11 % + 180		
3.3 V ~ 32.999 V	45 Hz ~ 65 Hz	0.10 % + 1800	1 mV	800 mA
	65 Hz ~ 1 kHz	0.12 % + 1800		
33 V ~ 101.99 V	45 Hz ~ 65 Hz	0.14 % + 18000	10 mV	400 mA
	65 Hz ~ 1 kHz	0.15 % + 18000		
102 V ~ 329.99 V	45 Hz ~ 65 Hz	0.14 % + 18000	10 mV	120 mA
	65 Hz ~ 1 kHz	0.15 % + 18000		
330 V ~ 1020.0 V	45 Hz ~ 65 Hz	0.14 % + 180000	100 mV	40 mA
	65 Hz ~ 1 kHz	0.15 % + 180000		

交流电流 (正弦波) ⁽¹⁾			
量程	频率	技术指标 (% 输出 + μA)	最大顺从电压 ⁽²⁾
29.0 μA ~ 329.9 μA	45 Hz ~ 65 Hz	0.25 % + 0.75	3.3 V
	65 Hz ~ 1 kHz	0.26 % + 0.75	
0.33 mA ~ 3.2999 mA	45 Hz ~ 65 Hz	0.22 % + 0.9	6.5 V
	65 Hz ~ 1 kHz	0.23 % + 0.9	
3.3 mA ~ 32.999 mA	45 Hz ~ 65 Hz	0.10 % + 12	44 V
	65 Hz ~ 1 kHz	0.19 % + 12	
33 mA ~ 329.99 mA	45 Hz ~ 65 Hz	0.10 % + 120	25 V
	65 Hz ~ 1 kHz	0.19 % + 120	
0.33 A ~ 1.0999 A	45 Hz ~ 65 Hz	0.10 % + 1200	4 V
	65 Hz ~ 1 kHz	0.24 % + 1200	
1.1 A ~ 2.9999 A	45 Hz ~ 65 Hz	0.10 % + 1500	4 V
	65 Hz ~ 1 kHz	0.28 % + 1500	
3.0 A ~ 10.999 A	45 Hz ~ 65 Hz	0.25 % + 6000	3 V
	65 Hz ~ 1 kHz	0.40 % + 6000	
11 A ~ 20.500 A	45 Hz ~ 65 Hz	0.50 % + 15000	3 V
	65 Hz ~ 1 kHz	0.52 % + 15000	

(1)最大感性负载: 2.5 H; (2) 补偿开: 用于驱动感性负载, 45-65 Hz 时可用

电阻、功率和频率技术指标

技术指标是指 1 年、校准温度 ± 5 °C 下的技术指标

电阻		
量程	技术指标 % 输出或 Ω	最大峰值电流
0 Ω	0.01 Ω	220 mA
1 Ω	1.0 %	220 mA
1.9 Ω	0.5 %	220 mA
10 Ω	0.15 %	220 mA
19 Ω	0.1 %	160 mA
100 Ω	0.04 %	70 mA
190 Ω	0.04 %	50 mA
1000 Ω	0.025 %	22 mA
1.9 kΩ	0.025 %	16 mA
10 kΩ	0.025 %	3 mA
19 kΩ	0.029 %	1.6 mA
100 kΩ	0.038 %	0.3 mA
190 kΩ	0.042 %	0.16 mA
1 MΩ	0.04 %	30 μA
1.9 MΩ	0.04 %	16 μA
10 MΩ	0.1 %	3 μA
19 MΩ	0.15 %	1.6 μA
100 MΩ	0.5 %	300 nA
190 MΩ	1.0 %	160 nA

通用技术指标

标准接口	RS-232 和以太网
温度	工作: 0 °C ~ 50 °C 校准(tc1a): 15 °C ~ 35 °C 储存: -20 °C ~ +70 °C
相对湿度	工作: <80 %, 30 °C <70 %, 40 °C <40 %, 50 °C 储存: <95 %, 无凝结
海拔	工作: 2,000 m (6,500 ft) 最高 非工作: 12,200 m (40,000 ft) 最高
安全性	符合 EN 61010-1:2001、 CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-04、 UL 61010-1:2004
模拟低端隔离	20 V
EMC	符合 EN 61326-1:2006
功耗	600 VA
尺寸 (深×宽×高)	53.8 cm × 43.2 cm × 44.3 cm × 19.3 cm (包括把手) (21.2 in × 17 in × 17.5 in × 7.6 in)
重量	22 kg (48 lb)

直流功率				
电压量程	电流量程			
	0.33 mA ~ 3.2999 mA	3.3 mA ~ 329.99 mA	0.33 A ~ 2.9999 A	3 A ~ 20.5 A
33 mV ~ 1020 V	0.15	0.11	0.22	0.54

交流功率 *				
电压量程	电流量程			
	3.3 mA ~ 8.9999 mA	9 mA ~ 32.999 mA	33 mA ~ 89.99 mA	90 mA ~ 329.99 mA
33 mV ~ 329.999 mV	0.58	0.45	0.58	0.45
330 mV ~ 1020 V	0.51	0.36	0.51	0.36
电压量程	电流量程			
	0.33 A ~ 0.899 A	0.9 A ~ 2.199 A	2.2 A ~ 4.499 A	4.5 A ~ 20.5 A
33 mV ~ 329.999 mV	0.59	0.46	0.56	0.72
330 mV ~ 1020 V	0.52	0.37	0.49	0.67

* 双路交流输出时的相位调整范围为 0° ~ ± 179.9°

频率		
频率量程	分辨率	技术指标, tc1a
45.00 Hz ~ 119.99 Hz	0.01 Hz	0.0050 % ± 2 mHz
120.0 Hz ~ 1000.0 Hz	0.1 Hz	

选件技术指标

兆欧表校准选件 (绝缘电阻)		
功能	量程	最佳一年技术指标
电阻	10 kΩ ~ 18 GΩ	0.20 %
电压	0 V ~ 1575 V dc 峰值	1 %
电流	10 mA dc 峰值	-

兆欧表校准选件 (导通性测试)		
功能	量程	最佳一年技术指标
电阻	1 Ω ~ 5.9 kΩ(16 个离散值)	0.1 %
电压	0 V ~ 70 V dc 峰值	1 %
电流	700 mA max	-

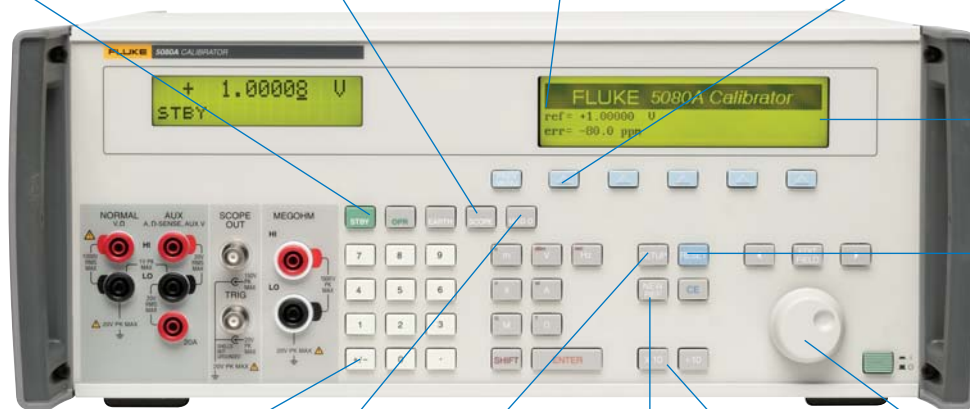
示波器校准选件		
功能	量程	最佳一年技术指标
直流电压	0 V ~ ± 2.2 V (50 Ω)	± 0.25 %
	0 V ~ ± 33 V (1 MΩ)	
交流电压 方波	± 1.8 mV ~ ± 2.2 V p-p (50 Ω)	± 0.25 %
	± 1.8 mV ~ ± 105 V p-p (1 MΩ)	
快沿	4.5 mV ~ 2.75 V p-p (50 Ω)	上升时间: <1 ns
稳幅正弦波	50 Hz ~ 200 MHz	平坦度: ± 1.5 %
水平时基	5 s ~ 2 ns	± 25 ppm

通过按STBY和OPR按钮控制输出。

按下SCOPE键,可进行示波器校准(选件)。

查看您键入的参考值和校准器输出值之间的差异。计算误差并以%或ppm显示。

通过软键,您可以操作控制窗口上的菜单,选择参数,如偏移、波形或相位。利用PREV MENU,可以返回上个菜单。



控制窗口显示各种状态信息、软键菜单、状态以及其它辅助信息。

按下RESET,将仪器返回至上电初始状态。

计算器的键盘非常便于输入数值。

按下MEGΩ键,可进行兆欧表校准(选件)。

按下SETUP,激活设置软件菜单,您可以执行校准功能,显示5080A技术指标、修改参数和初始化各种使用功能。

通过NEW REF,可将当前输出设置为误差计算的参考。

通过Edit旋钮,您可以更改输出。编辑时,自动计算原输出和编辑后的输出之间的差值,并在控制窗口中显示。

MULT [x10]和DIV [÷10]按键简化了以输出设置的10倍程增大和减小,并使您能够在校准示波器时,按照1-2-5顺序调高或调低到下一个量程。

订购信息

主机

型号	说明
5080A	多功能多产品校准器
5080A/MEG	校准器,含兆欧表校准选件
5080A/SC	校准器,含示波器校准选件
5080A/SC/MEG	校准器,含兆欧表和示波器校准选件

可选附件

型号	说明
9100-200 10匝/50匝	电流线圈
5500A/COIL 50匝	电流线圈
5080A/CASE	带脚轮搬运箱
52120A	超级大电流标准源

软件

型号	说明
5080/CAL	5080/CAL 校准软件

增值服务

型号	说明
Gold CarePlan ⁽²⁾	黄金级延长质保和年度校准服务
Silver CarePlan ⁽²⁾	白银级延长质保,含维修校准

选件

型号	说明
5080A-MEG	兆欧表校准器选件(仅限Fluke服务中心安装)
5080A-SC	示波器校准选件(仅限Fluke服务中心安装)

⁽¹⁾ 可选择长达5年的计划,以及认证校准



5500A / COIL50 匝线圈选件



9100-200 10匝和50匝线圈选件

一、校准器及校准软件——5502A 多产品校准器



主要特点

- 功能众多，覆盖广泛的被校准对象
- 超强的保护电路，防止误操作对仪器造成损坏
- 便携型运输箱使其能够安全携带至现场校准操作
- 配有MET/CAL软件实现自动化校准，提高工作效率

功能众多，覆盖广泛的被校准对象

5502A多产品校准器是5500A的升级换代产品。可覆盖范围广泛的被校准对象，例如三位半及四位半数字多用表。5502A还可和MET/CAL软件结合实现全自动校准。对校准中低端电子测量仪器的解决方案来讲，5502A是理想的选择。

5502A可直接输出电压和电流，可输出各种电压、电流波形；5502A可同时输出电压、电流或者双路电压，实现相位控制，用来模拟直流和交流功率。5502A还可输出电阻、电容、模拟热电偶和RTD等。5502A还可测量热电偶和热电偶模拟器。

5502A还有两个示波器校准选件，分别是300MHz示波器校准选件和600MHz校准选件。

使用福禄克52120A超级大电流标准源，5502A的电流输出还可从20.5A扩展到100A直流和120A交流。使用25匝和50匝线圈选件，更可产生高达6000A的等效电流。

5502A覆盖范围广泛的被校准对象，包括：

- 数字式和模拟式多用表
- 电流钳和钳形表
- 面板表
- 功率表
- 数据采集器
- 温度计（热偶及RTD）
- 各种类型的记录仪
- 过程校准器
- 功率谐波分析仪
- 很多其他类似的测量工具



超强的保护电路，防止误操作对仪器造成损坏

5502A 附带内部和外部的保护电路。全新设计的内部电路提供了反向电压保护功能，为所有功能提供了反向电压保护，当遇反向电压时，迅速断开输出，有效的防止外部电压冲击对校准器造成的意外损坏，保护电压高达 $\pm 300V$ 峰值。

5502A 在电流输出端子上还带有过流保险丝保护，当有不正常的大电流冲击时，过流保险丝先动作，防止校准器电路受到损坏。

便携型运输箱使其能够安全携带并高效地执行现场校准操作

全新设计的便携箱使其比以前的产品更方便到现场使用。减震箱带有手柄和轮子，使您能够安全便捷地将校准器从一个位置移动到另一个位置。

前后箱盖是可以拆卸的，以便可以使用 5502A 进行校准，同时它的顶部、底部和两侧面板仍然是受保护的，这样就避免了完全打开校准器然后将其重新打包。

配备 MET/CAL 软件实现自动化校准，提高工作效率

各种质量标准对记录、报告和控制校准过程和结果都提出了严格的要求。使用 MET/CAL 校准管理软件可以帮助您轻松满足这些要求，同时还使您能够提高工作效率。

MET/CAL 是一款功能强大的应用程序，用于对各种仪器进行资产管理、自动校准、数据处理和报告结果。与 5502A 配合使用，可以高效的完成各类仪器的自动校准，大大的提高工作效率和校准质量。

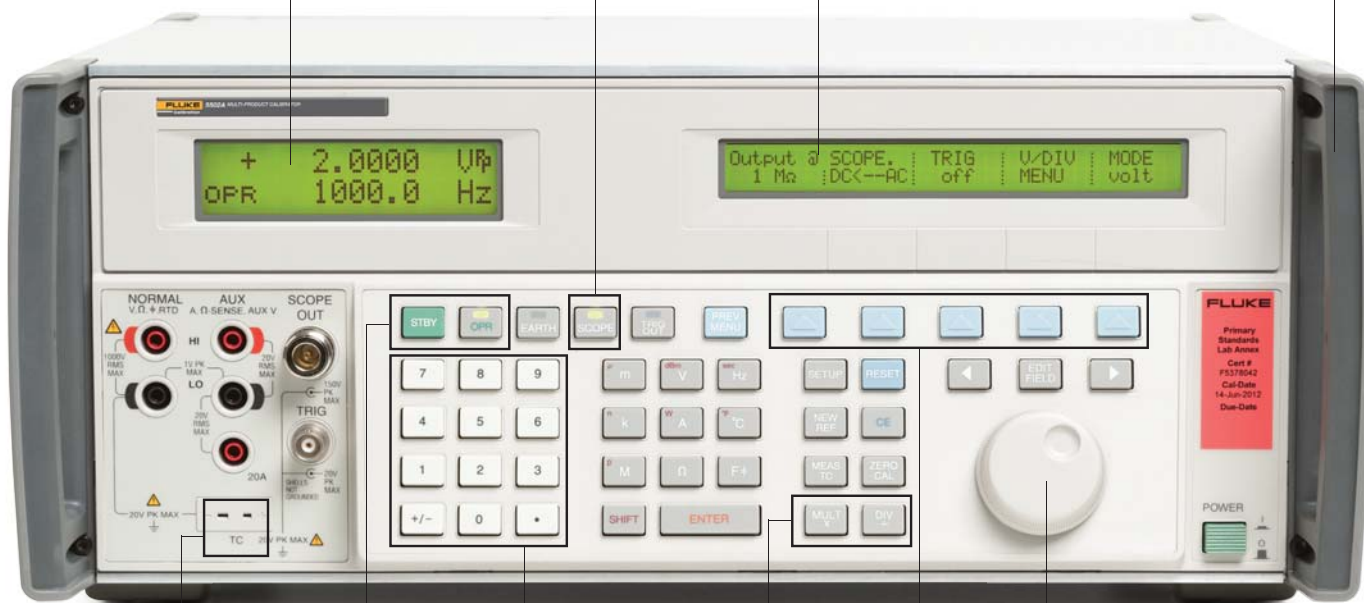


明亮的背光LCD显示屏使您能够从各种角度及各种灯光条件下轻松读数。

符合人体工程学设计的坚固把手更易于运输。

点击SCOPE(示波器)键, 进入示波器校准功能(可选)。

控制窗口显示各种状态消息、菜单和状态以及其他辅助信息



按下STBY(待机)和OPR(操作)键即可控制输出

计算器式的键盘, 输入数值更简单。

MULT [X]和DIV [÷]键简化了所有输出设置的十倍程增大或减小, 也可以使您能够以1-2-5的顺序向上或向下进入下一量程, 方便实现示波器校准。

通过Edit(编辑)旋轮, 可以改变输出。输出改变时, 误差自动计算并显示在控制窗口上。

温度校准模式提供热电偶模拟输出, 并能够记录校准时的环境温度, 满足所有质量标准要求。

通过软键可操作控制窗口上的菜单, 能够选择参数, 如偏移、波形、相位、热电偶或热电阻类型。PREV MENU(前一菜单)使您能够返回前一个菜单。

主要技术指标

功能	范围	最优的1年技术指标 ±(ppm 输出 + ppm 量程)
直流电压	0 至 ± 1020 V	50+1.5
直流电流	0 至 ± 20.5 A	100+7.6
交流电压	1 mV 至 1020 V, 10 Hz 至 500 kHz	300+18
交流电流	29 μA 至 20.5 A 10 Hz 至 30 kHz	400+61
波形	正弦波, 方波, 三角波, 截顶正弦波	
电阻	0 Ω 至 1100M Ω	90+1.8
电容	220 pF 至 110 mF	0.25%+0.091%
最大功率 (虚负载)	20.9 kW	
相位控制	0 到 ± 179.99°, 10Hz 到 10KHz	0.15°
热电偶 (输出和测量温度)	-250°C 到 +2316°C (11 种类型) B, C, E, J, K, L, N, R, S, T, U 10 μV/°C 和 1 mV/°C	0.14°C
RTD (输出和测量温度)	-200°C 到 630°C (8 种类型) Pt 385-100 Ω Pt 3926-100 Ω Pt 3916-100 Ω Pt 385-200 Ω Pt 385-500 Ω Pt 385 1000 Ω PtNi 385-120 Ω (Ni120) Cu 427 10 Ω	0.03°C
频率	0.01Hz 到 2.0MHz	25ppm+1mHz
示波器校准(选件)	稳幅正弦波, 从 5 mV 至 5.5 Vpp 最大, 频率从 50 kHz 至 600 kHz; 上升沿 < 300 ps, 多触发功 能, 直流, 方波和时标。	
电流放大(辅助放大器 52120A)	将电流输出从 20.5 A 放大至最高 100 A 直流, 120 A 交流 (频率从 10 Hz 至 10 kHz)	
通信接口	RS-232, IEEE 488	

订购信息

主机

型号	说明
5502A	多产品校准器
5502A/3	带 300MHz 示波器校准选件的多产品校准器
5502A/6	带 600MHz 示波器校准选件的多产品校准器

可选附件

型号	说明
5522A/CARRY CASE	便携箱, 带可拆卸的前 后盖门
55XXA/CASE	带轮子的运输箱
5500A/COIL	50 匝线圈选件
9100-200	10 匝/50 匝线圈
5500A/HNDL	侧把手
Y5537	机架安装套件
5500A/LEADS	综合测试线套件
Y5537	上机架套件

软件

型号	说明
MET/CAL	计量管理及自动校准软件



5500A / COIL 选件, 用于钳型表校准

5500A	550 A
5520A	1000 A



5500/LEADS 综合测试线套件



可选附件: 9100-200 10 匝和 50 匝线圈

一、校准器及校准软件——5522A 超级多产品校准器



主要特点

- 功能众多，覆盖广泛的被校准对象
- 超强的保护电路防止由于操作员失误而造成的损坏
- 坚固的运输箱实现安全运输和高效的现场校准

功能众多，覆盖广泛的被校准对象

5522A 多产品校准器是 5520A 的升级换代产品，可覆盖多种校准对象，多种保护措施可保护其免受误操作造成的损坏，运输更便捷，非常适用于现场或移动校准。

使用 MET/CAL® Plus 校准管理软件可实现 5522A 的完全自动化。

5522A 是计量专业人士的理想选择。可满足多种不同类型测量设备的校准要求，是一种高回报的投资。5522A 可输出直流电压和电流、多种波形或带谐波的交流电压和电流、两路同步电压输出或电流输出，直流功率和带有相位控制的交流功率，还有电阻、电容、模拟热电偶和模拟热电阻。5522A 还可以利用 29 种 Fluke 700 系列压力模块测量压力。5522A 还有两个示波器校准选件，可校准最高达 600 MHz 或 1.1 GHz 带宽的示波器。5520A-PQ 电能质量分析仪校准选件使得 5522A 能够根据 IEC 标准和其它监管机构的要求来校准电能质量分析仪。

使用 Fluke52120A 超级大电流标准源，5522A 的电流输出可从 20.5A 扩展到

100A 直流和 120A 交流。使用 25 匝和 50 匝线圈选件，更可产生高达 3000A 和 6000A 的等效电流。

5522A 校准器可校准多种测量测试仪器，包括：

- 直至 6 1/2 位的手持式和台式数字多用表和模拟针表
- 电流钳和钳型功率表
- 热电偶和热电阻温度表
- 过程校准器
- 数据记录仪
- 纸带式或图表记录仪
- 功率表
- 功率分析仪
- 面板表
- 图形万用表
- 电能质量分析仪(使用选件)
- 模拟/数字式示波器(600 MHz 或 1.1 GHz)(选件)
- 更多的功能-压力表、变送器以及三相功率表

超强的保护电路防止由于操作员失误而造成的损坏

5522A 提供超级的安全保护功能，一旦检测到有反向电压，立即断开输出。该

保护功能可适用于高达 ± 300 V 峰值的外部反向电压。

所有功能的输出端子上均有保护，特殊设计的过流保险丝可方便更换。

校准器的严重损坏通常都是由于外部电压电流造成的，该信号可导致多块电路板损坏，维修费用极其昂贵。安全保护功能可以最大限度地避免由于误操作导致的仪器意外损坏，大大减少了用户的损失。

坚固的运输箱实现安全运输和高效的现场校准

特殊设计的专用运输箱使 5522A 除了校准实验室应用外，还使其适用于其它现场校准应用。防震搬运箱有方便的把手和轮子，使您能够简单且安全地搬运校准器。

运输箱前后操作盖板可拆卸，您可以使用 5522A 进行校准的同时保持其顶部、底部和侧面板的受保护状态——无需完全拆封和重新包装校准器。

专门设计的前面板和人体工程学搬运把手使校准器在校准实验室内部的短距离移动更方便。

明亮的背光 LCD 显示屏使您能够从各种角度及各种灯光条件下轻松读数。

符合人体工程学设计的坚固把手更易于运输。

温度校准模式提供热电偶模拟输出，并能够记录校准时的环境温度，满足所有质量标准要求。



Spec 指标菜单可以立即查看 5522A 当前设定值的不确定度。

通过相位锁定，可以非常简单的模拟三相功率，并对大电流测试进行电流相加汇总。

内部保护电路以及过流保险丝防止由于意外向校准器的输入端施加的反压过载而导致的严重损坏。

坚固的运输箱使现场校准更简单。前后盖门可拆卸，所以无需拆开搬运箱即可开始工作。

压力模块接口可以使用 Fluke 700 系列压力模块完成压力校准。





按下 STBY(待机)和 OPR(操作)键即可控制输出

计算器式的键盘,输入数值更简单。

点击 SCOPE(示波器)键,进入示波器校准功能(可选)。

控制窗口显示各种状态消息、菜单和状态以及其他辅助信息

通过 Edit(编辑)旋轮,可以改变输出。输出改变时,误差自动计算并显示在控制窗口上。

通过软键可操作控制窗口上的菜单,能够选择参数,如偏移、波形、相位、热电偶或热电阻类型。PREV MENU(前一菜单)使您能够返回前一个菜单。

MULT [x]和 DIV[÷]键简化了所有输出设置的十倍程增大或减小,也可以使您能够以1-2-5的顺序向上或向下进入下一量程,方便实现示波器校准。



主要技术指标

功能	范围	最优的1年技术指标 ±(ppm输出+ppm量程)
直流电压	0 至 ± 1020 V	11+0.6
直流电流	0 至 20.5 A	100+7.6
交流电压	1 mV 至 1020 V, 10 Hz 至 500 kHz	150+18
交流电流	29 μA 至 20.5 A, 10 Hz 至 30 kHz	400+61
电压/频率	1000 V @ 10 kHz/330 V @ 100 kHz	—
波形	正弦波、方波、三角波、截顶正弦波	—
电阻	0 Ω 至 1100 MΩ	28+1.8
电容	220 pF 至 110 mF	0.25%+0.091%
直流功率	10.9 μW 到 20.5 kW	0.022%
交流功率	10.9 μW 到 20.5 kW, 45-65 Hz, PF=1	0.08%
相位	0 到 ± 179.99°, 10 Hz 到 30 kHz	0.1°
热电偶(输出和测量温度)	-250°C 到 +2316°C, B、C、E、J、K、L、N、R、S、T、U 型	0.14°C
热电阻 RTD(输出温度)	-200°C 到 +630°C, Pt 385-100 Ω, Pt 3926-100 Ω, Pt 3916-100 Ω, Pt 385-200 Ω, Pt 385-500 Ω, Pt 385 1000 Ω, PtNi 385-120 Ω (Ni120), Cu 427 10 Ω	0.03°C
接口	RS-232、IEEE 488	—
锁相	有	—
频率	0.01 Hz 到 2.0 MHz	2.5 ppm+5 μHz
5522A 用的 5520A-SC1100 示波器校准选件		
直流电压	0 到 ± 6.6 V (50 Ω) 0 到 ± 130 V (1 MΩ)	0.25%+40 μV 0.05%+40 μV
交流电压(方波)	± 1 mV 到 ± 6.6 V p-p (50 Ω) ± 1 mV 到 ± 130 V p-p (1 MΩ)	0.25%+40 μV 0.1%+40 μV
快沿	4 mV 到 2.5 V p-p (50 Ω)	上升时间: <300 ps
稳幅正弦波	50 kHz 到 1.1 GHz	平坦度: 1.5%+100 μV
时标	5 s 到 1 ns; 尖峰、方波、20% 脉冲、正弦波	2.5 ppm
波形发生器	1.8 mV 到 55 V p-p (1 MΩ) 1.8 mV 到 2.5 V p-p (50 Ω)	3%+100 μV
脉冲发生器	幅度: 10 mV 到 2.5 V 宽度: 4 ns 到 500 ns 周期: 20 ms 到 200 ns	5% 2.5 ppm 典型上升/下降时间 <1.5 ns
视频信号触发	NTSC, SECAM, PAL, PAL-M	
输入阻抗测量	40 Ω 到 60 Ω、500 kΩ 到 1.5 MΩ 5 pF 到 50 pF	0.1% 5%+0.5 pF
过载测量	5 V 到 9 V (DC 或 AC 方波), 5 到 60 s	
5522A 用的 5500A-SC600 示波器校准选件		
直流电压	0 到 ± 6.6 V (50 Ω) 0 到 ± 130 V (1 MΩ)	0.25%+40 μV 0.05%+40 μV
交流电压(方波)	± 1 mV 到 ± 6.6 V p-p (50 Ω) ± 1 mV 到 ± 130 V p-p (1 MΩ)	0.25%+40 μV 0.1%+40 μV
快沿	4 mV 到 2.5 V p-p (50 Ω)	上升时间: <300 ps
稳幅正弦波	50 kHz 到 600 MHz	平坦度 1.5%+100 μV
时标	5 s 到 2 ns; 尖峰、方波、20% 脉冲、正弦波	2.5 ppm
波形发生器	1.8 mV 到 55 V p-p (1 MΩ) 1.8 mV 到 2.5 V p-p (50 Ω) 10 Hz 到 100 kHz; 方波, 正弦波, 三角波	3%+100 μV
脉冲发生器	幅度: 10 mV 到 2.5 V 宽度: 4 ns 到 500 ns 周期: 20 ms 到 150 ns	5% 2.5 ppm 典型上升/下降时间 <1 ns
视频信号触发	NTSC, SECAM, PAL, PAL-M	
输入阻抗测量	40 Ω 到 60 Ω、500 kΩ 到 1.5 MΩ 5 pF 到 50 pF	0.1% 5%+0.5 pF
过载测量	5 V 到 9 V (DC 或 AC 方波), 5 到 60 s	

52120A 超级大电流标准源选件

将电流输出从 20.5 A 放大至最高 100 A 直流, 120 A 交流 频率从 10 Hz 至 10 kHz

订购信息

主机

型号	说明
5522A	超级多产品校准器
5522A/6	超级多产品校准器, 含 600 MHz 示波器校准选件
5522A/1GHZ	超级多产品校准器, 含 1100 MHz 示波器校准选件
5522A-PQ	超级多产品校准器, 含电能 质量分析仪校准选件
5522A-PQ/6	超级多产品校准器, 含电能 质量分析仪校准选件和 600 MHz 示波器校准选件
5522A-PQ/1GHZ	超级多产品校准器, 含电能 质量分析仪校准选件和 1100 MHz 示波器校准选件

可选附件

型号	说明
5522A/CARRY CASE	坚固的运输箱, 带可 拆卸的前/后盖门
52120A	超级大电流标准源
55XX/CASE	带轮子的运输箱
5520A-525A/LEADS	热电偶和测试线组件
5500A/LEADS	综合测试线套件
5500A/COIL	50 匝线圈
5500A/HNDL	侧把手
Y5537 Rack	上机架套件
Fluke-700Pxx	压力模块系列
9100-200	10 匝 /50 匝线圈

软件

型号	说明
MET/CAL	MET/CAL Plus 自动 校准和计量管理软件

一、校准器及校准软件——5700A/5720A 高精度多功能校准器



5720A



5700A

主要特点

- 5700A: 世界级标准产品
- 5720A: 具有最低的不确定度
- 99% 和 95% 置信度技术指标
- 高置信度的智能校准调整

5700A: 世界级标准产品

通过不断的改进、提高, 5700A 已经演变为 5700A 系列 II。这是福禄克公司生产的、经过大量测试证明、极为可靠的、高精度校准器。5700A 已经在全世界范围被看作是校准器的标准, 具有很高的价值, 并能够提供覆盖校准 $5\frac{1}{2}$ 位至 $7\frac{1}{2}$ 位数字多用表的准确度。

5720A: 具有最低的不确定度

5720A 能够给出的性能还有很多。除了 5700A 首屈一指的可靠性、简化的校准、易于使用和全世界范围的支持能力之外, 5720A 还能够给出当今举世无双的多功能校准器不确定度技术指标。用户使用 5720A 可以迅速、简便、可靠地校准高达 $8\frac{1}{2}$ 位数字多用表的最高工作负荷要求。这种性能的提高是通过众多硬件和软件的改进而实现的。

99% 和 95% 置信度技术指标

5700A 和 5720A 都可以按照选择的不同的置信度来表述不确定度。您可以采用福禄克公司传统上公布的、比较保守的 99% 置信度的技术指标; 也可以采用很多国际标准规程中推荐的比较积极

的 95% 置信度的技术指标。除了使您能够以较小的风险换取更好一些的技术指标之外, 95% 置信度的技术指标还更便于进行测量比对。对于任意的输出量, 只要按一下 SPEC 键就能够得到这两种技术指标。

高置信度的智能校准调整

5700A 和 5720A 都具有原器校准的功能。为了把仪器所有的量程和所有的功能校准到其额定技术指标, 只需要 3 个原器标准——一个 10V 的直流参考标准以及 1Ω 和 10kΩ 的各一个标准电阻。仪器前面板上的显示的操作命令能够提示操作人员进行正确的连接, 告诉操作人员每一步要输入的内容。整个过程由校准器来控制, 大约只需要 1 个小时; 而采用传统的校准方法则需要好几个小时。

在此校准过程中, 外部原器标准的赋值被传递到校准器内的一个很大的多维参数矩阵中。校准器本身完成了建立比率、进行比较以及控制测量过程等原来由人工完成的计量学工作。

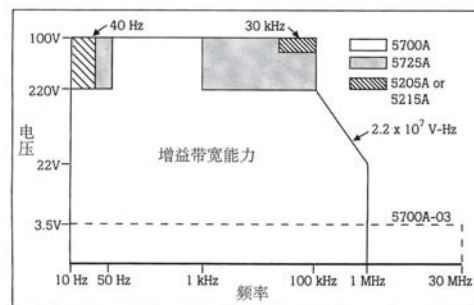
为了保证置信度, 5700A 和 5720A 能够按照其自己内部的标准来检查各个功能, 以保证机内的一切工作都按照预定

的方式进行。可以把这些检查结果打印出来或者下载到计算机中来进行分析。

现在, 全世界正在使用的 5700A 校准器已达数千台; 再加上若干领先国家标准机构进行的独立研究工作, 所有这些都证明原器校准能够实现快速、容易、经济的校准技术。而且这种校准技术具有足够的置信度, 足以证明在两次校准之间您的仪器一直在以预期的性能可靠地工作。

主要技术指标

功能	范围	最优的 1 年技术指标 ± (ppm 输出 +ppm 量程)	
		5700A	5720A
直流电压	0 到 ± 1100V	8+0.36	4+0.23
交流电压	220μV 到 1100V 10Hz 到 1MHz	85+3.2	52+3.2
电阻	0 到 100MΩ 按 ×1 和 ×1.9 的序列共 18 个值	14	10
直流电流	0 到 ± 2.2A (使用 5725A 时到 11A)	60+4.5	40+2.3
交流电流	9μA 到 2.2A (使用 5725A 时到 11A) 10Hz 到 10kHz	160+18	140+14
宽带交流电压选件	300μV 到 3.5V 10Hz 到 30MHz	0.4%+0.014%	0.4%+0.014%
超级大电流标准源	直流 100A 交流 120A, DC 至 10KHZ		



5700A/5720A 交流电压增益带宽能力

通用技术指标

预热时间	自上次预热的 2 倍时间, 最长为 30 分钟
系统安装	后面板输出和机架安装配件
标准接口	IEEE488, RS232, 5725A, 5205A 或 5215A, 锁相输入(BNC), 相位参考输出(BNC)
温度性能	工作 0°C~50°C, 校准 15°C~35°C, 存储 -40°C~75°C
相对湿度	工作: <80% 至 30°C; <70% 至 40°C; <40% 至 50°C 存储: <95% 非结露 长期高温高湿下存储后要求开机 4 天稳定
安全	设计符合 UL3111; EN61010, CSA C22.2 No.1010; ANSI/ISA S82.01-1994
保护隔离	20V
EMI/RFI	设计符合 FCC 规则 15 章, B 分章, B 级别, EN50081-1, EN50082-1
电源	47~63Hz, 可选额定交流电压 100V, 110V, 115V, 120V, 200V, 220V, 230V, 240V ± 10%
最大功率	5700A/5720A: 300VA; 5725A: 750VA
尺寸	5700A/5720A: 43.2(W) × 17.8(H) × 63(D)(cm) 5725A: 43.2(W) × 13.3(H) × 63(D)(cm)
重量	5700A/5720A: 27kg 5725A: 32kg
校准要求	校准 5700A II 系列和 5720A 至总绝对不确定度只需要以下标准

用于校准 5700A/5720A 的原器标准

Fluke 标准	溯源量	额定值	不确定度	受影响的功能
732B	电压	10V	± 1.5 × 10 ⁻⁶	Vac, Vdc, Aac, Adc
742A-1	电阻	1Ω	± 10 × 10 ⁻⁶	1Ω, 1.9Ω
742A-10k	电阻	10kΩ	± 4 × 10 ⁻⁶	10Ω 至 100Ω



5725A: 配合 5700A/5720A 使用的 5725A 电流放大器



52120A: 超级大电流标准源可配合 5700A /5720A 使用

订购信息

主机

型号	说明
5720A	高精度多功能校准器
5700A	系列 II 多功能校准器

可选附件

型号	说明
5700A-03	宽带交流电压选件 (5720A 和 5700A 均可加装配件)
52120A	超级大电流标准源
5725A	11A 量程扩展放大器
734A	直流电压参考标准
732B	直流电压标准
742A	电阻标准
792A	交直流转换电压标准
5790A	交流电压测量标准
5440A-7002	低热电势引线套件 (香蕉探头)
5440A-7003	低热电势引线套件 (鳄鱼接头)

升级件

型号	说明
5700A/EP UG	5700A 到 5720A 升级件

软件

型号	说明
MET/CAL®	自动校准和计量管理软件

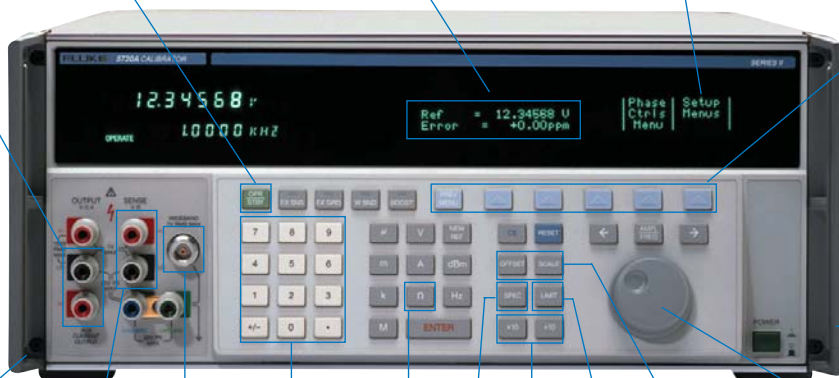
按OPERATION/STANDBY键可迅速在工作 and 待机之间转换。待机模式下切断输出并感测端子使校准器和其它校准设备共享公共输出电缆

结果以简明的语言显示而不是令人难懂的错误代码

一定时间未使用仪器后，显示可自动消失

利用功能键和三行信息显示来选择和存储 I/O 口的参数，包括 5200A 仿真；选择外部相位锁定，相位参考输出，存储的内部检验或零点，内部参考，连接外部仪器说明和诊断等

辅助电流输出为数字表另外的电流端子



RS232, IEEE488, Fluke5725A, 5220A, 5205A, 5215A 放大器接口

外部感测减少导线电阻误差

低损耗 N 型接头可支持宽带电压选件。它可以提供从 10Hz~30MHz 的平滑,低噪声的交流电压用于 RF 表的校准

计算器式的简单结构,输入数值极为方便

电阻乘 1.0 或乘 1.9 步进

按 SPEC 键就可以显示当前输出的总不确定度, 99%或 95%置信度水平

按 × 10 或 ÷ 10 立即十倍增加或减小

OFFSET 和 SCACE 键可很容易地进行零点偏离和尺度误差的补偿并可直接显示任何尺度的线性误差

预先设置的输出限制值可保护操作人员和被校仪器

相位输入 / 输出口可锁定两台仪器来模拟功率输出

用旋轮可方便地获得误差, 以 ppm 或 % 显示

一、校准器及校准软件——6105A 和 6100B 电能功率标准源



主要特点

- 提供电能质量校准需要的各种标准信号
- 支持单相到四相系统
- 优异的电压和电流驱动负载能力
- 主机可当辅机使用，更加灵活
- 电能校准选件
- 友好的用户界面

提供电能质量校准需要的各种标准信号

6105A 和 6100B 电能功率标准源能够提供在测试、校准电能质量，收集、记录或控制有关设备的运行信息时所需要的各种电量信号和电学现象。无论您是设计、制造、测试、维修、校准电力仪器或电能仪器等不同的工作场合，6105A 和 6100B 都能提供迅速、可靠和准确地完成工作所需要的各种工具。

6105A 和 6100B 能够复现电力波形、失真事件诸如谐波失真、调制谐波、间谐波、闪变和骤升骤降等电学现象，并且如果需要，这些现象可以同时发生。这就使得测量、校验工作变得更简单、更可靠，最终变得更经济。

支持单相到四相系统

本仪器可以从单相系统开始，当您的需求发生变化时，可以再增加相数。一台 6105A 和 6100B 主机单元能够输出单相的电压和电流，以及所有可能的失真事件及各种电能现象。电压和电流之间的相位角度可以在 ± 180 度的最大值之间调节，年准确度在 0.003 度之内。

当需要多相的时候可以加入 6106A 或 6101B 辅助单元，最多可以加到 4 相。每个新增加的相位辅助单元都可以输出所有可能的失真事件及各种电学现象，并且具有同样灵活的相位角度控制能力。

优异的电压和电流驱动负载能力

6105A/6100B 主机单元和 6106A/6101B 辅助单元的电压输出可以驱动至 500mA，峰值电流 1A 的负载。即使在 1000V 量程也可以驱动 60mA。6105A/6100B 主机单元和 6106A/6101B 辅助单元可以输出高达 21A 的电流。6105A/6100B 配备两个大电流选件，输出最大电流为 80A 和 50A。在输出 10A 以下电流时都能达到 14V 峰值的顺从电压，在达 20A 的电流输出时还能达到 12.5V 峰值的顺从电压。这就能保证在重负荷的情况下给出需要的输出电流。当您为提高工作效率而同时测试多个装置时，这一特点特别重要。而且，在您连接相距较远的源和测试站，由于电缆和连接器的影响而不能给出需要的电流时，这一点也特别重要。

6105A/6100B 可对 52120A 超级大电流标准源实现闭环控制，将输出电流扩展到 120A 交流。交流电流指标达到 140ppm 的优异准确度。使用 25 匝和 50 匝线圈选件，更可产生高达 3000A 和 6000A 的等效电流。

主机可当辅机使用，更加灵活

每台 6106A 或 6101B 辅助单元由 6105A 或 6100B 主机单元中的用户接口来控制。同时 6105A 和 6100B 主机也可当作辅助单元来使用，由另外的 6105A 或 6101B 来控制，这样用户配置和使用起来更加方便灵活。

电能校准选件

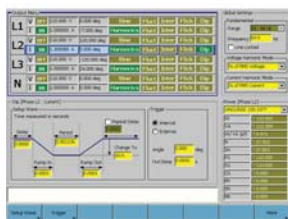
6105A 和 6100B 的电能校准选件提供了支持标准表法和瓦-秒法的电能校准技术，并配备了各种调试方法。

6105A 和 6100B 配备了六路输入端口接收电能测量脉冲，这样，6105A 和 6100B 就可以同时校准六个电能表，或者接收多相电能表的各相输入。用户可以输入电能表常数，在规定时间内记录电能，或者记录至规定的电能数值，并根据标准的电能计算出测量误差。6105A 电能准确度高达 66ppm，是目前电能准确度最高的标准源。

如果用户要使用外部比较器，6105A 和 6100B 也配备了标准电能输出脉冲，它提供的脉冲与所提供的电能成正比。也可以按照用户输入的电能表常数输出，利用外部比较器与被测的电能表输出的脉冲序列相比较。

友好的用户界面

6105A 和 6100B 系统控制程序是以微软公司的 Windows® 图形用户接口为基础的。这种易于使用的程序控制着 6105A 和 6100B 电力功率标准所有的功能。您可以使用 6105A 和 6100B 校准器上的按键和旋钮来进行操作，也可以使用键盘和鼠标来进行操作。

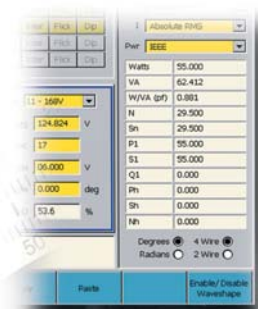


6105A 和 6100B

虚负载功率

6105A 和 6100B 能提供达 1008V 的正弦电压和 20A 的正弦电流。从电压输出端可提供 50VA 的功率来支持从所测电源线吸收功率的设备。从电流输出端可提供高达 14V 峰值的顺从电压，以确保电流在包括长电缆、连接器和切换器，或者多个设备串联时的可靠传输。电流输出端也可提供辅助输出电压，用来模拟由分流器或电流钳产生的信号。

除了由用户设定的电压、电流和相位值，屏幕上还显示所计算的有功功率 (W)、视在功率 (VA)、无功功率 (VAR) 和功率因数 (PF)。6105A 和 6100B 提供 6 种用户可选的方法计算出非正弦信号的无功功率。



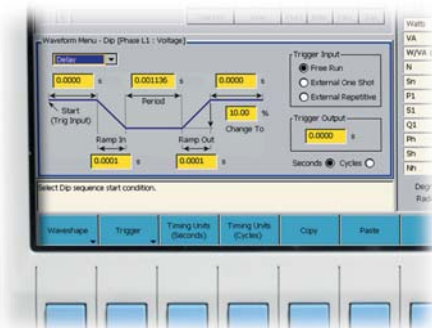
可输出多种复杂信号

除了正弦波电压和电流外，Fluke 6105A 和 6100B 还可提供准确的、有谐波失真的电压输出和电流输出。所有的前 100 次谐波都可由用户单独设定，每一谐波幅值可达满量程的 30%，每一谐波的幅值和相位都可以由用户单独控制。

还能输出可编程的直流电平。谐波的加入并不会明显地削弱测量的准确度或溯源性。这种独特的功能意味着，测试电表所采用的特定波形（如由 IEC61036 标准定义的那些波形）的测试协议可以很容易的实现，并且具有很高的置信度和准确度。



对于更复杂的工作，6105A 和 6100B 可以产生闪变（符合 IEC 61000-4-15 标准）、间谐波（符合 IEC 61000-4-7 标准）和调制谐波。从 0% 到 140% 骤降和骤升可以对电压或电流，或同时对电压和电流进行独立编程。骤降和骤升在长度上可以从子周波周期（大约 1 毫秒）到 1 分钟。大多数类型信号是可以同时应用的，因而可以产生非常复杂的实际应用波形。这不仅模拟了“真实世界”的状况，也是定义电能质量测量方法的新标准（如 IEC61000-4-30）的要求。Fluke 6105A 和 6100B 完全满足这一国际标准。



6105A 和 6100B 电能功率标准



6105A 和 6100B 电能功率标准



6106A 和 6101B 电能功率标准辅机



6105A/E/80A 带电能校准选件的 80A 大电流电能功率标准
6100B/E/80A 带电能校准选件的 80A 大电流电能功率标准

主要技术指标

正弦波和谐波失真波形			
幅度指标			
功能	输出范围	输出驱动能力	最优的 1 年技术指标
电压	0~1008V	60mA~500mA	112ppm 输出 + 24ppm 量程 (6100B);42ppm (6105A)
电流	0~21A/80A/50A	2V~14V	130ppm 输出 + 24ppm 量程 (6100B);47ppm (6105A)
功率	0~80kW		236ppm (6100B);62ppm (6105A)
电压与电流相位	0~ ± 180°		0.003°
各相间相位	0~ ± 180°		0.005°

电流放大 (辅助放大器 52120A) 将电流输出从 20.5A 放大至最高 100A 直流, 120A 交流 (频率从 10Hz 至 10kHz)

功能范围		
功能	参数	范围
闪变	调制深度 ($\Delta V/V$)	0 到 30%
	调制频率范围	0.008Hz 到 40Hz
	PST 指示准确度	0.25%
谐波	可用谐波数目	100
	最高谐波频率	6kHz
	单个谐波最大幅度	满量程的 30%
	可用的最大总谐波失真 (THD)	50%
间谐波	输出幅值	量程的 30%
	频率范围	16Hz 到 9kHz
调制谐波	调制准确度	0.025%
	调制频率范围	0.008Hz 到 30Hz
骤升和骤降	幅值范围	0~140%
	持续时间	1ms 到 1 分钟

主要电气技术指标

电压/电流幅值设置分辨率	6 位数字
基波频率范围	16 Hz 至 850 Hz
频率准确度	10 ppm
频率设置分辨率	0.1 Hz
达到准确度的开机时间	1 小时或上次预热后关机后的二倍时间
输出软启动时间设置范围	0~10 s
建立时间	软启动设置时间 +1.4 秒
相电压间标称角度	120°
同相电压和同相电流间标称角度	0°
相位设置范围	± 180°, ± π 弧度
电压谐波的最多次数	100, 包括第一次 (基波)
电流谐波的最多次数	100, 包括第一次 (基波)

更详细指标, 请联系福禄克公司。



“带52120A超级大电流标准源的”6145A和6140B 完整的四相系统 (可仿真三相四线电力系统及中线电流电压)

订购信息

6105A 型				
选件	相数量			
	1	2	3	4
辅助单元	6106A			
辅助单元 +50A	6106A/50A			
辅助单元 +80A	6106A/80A			
标准	6105A	6125A	6135A	6145A
50A	6105A/50A	6125A/50A	6135A/50A	6145A/50A
80A	6105A/80A	6125A/80A	6135A/80A	6145A/80A
电能	6105A/E	6125A/E	6135A/E	6145A/E
CLK	6105A/CLK	6125A/CLK	6135A/CLK	6145A/CLK
50A + CLK	6105A/50A/CLK	6125A/50A/CLK	6135A/50A/CLK	6145A/50A/CLK
80A + CLK	6105A/80A/CLK	6125A/80A/CLK	6135A/80A/CLK	6145A/80A/CLK
电能 + CLK	6105A/E/CLK	6125A/E/CLK	6135A/E/CLK	6145A/E/CLK
电能 + 50A	6105A/50A/E	6125A/50A/E	6135A/50A/E	6145A/50A/E
电能 + 50A + CLK	6105A/50A/E/CLK	6125A/50A/E/CLK	6135A/50A/E/CLK	6145A/50A/E/CLK
电能 + 80A	6105A/80A/E	6125A/80A/E	6135A/80A/E	6145A/80A/E
电能 + 80A + CLK	6105A/80A/E/CLK	6125A/80A/E/CLK	6135A/80A/E/CLK	6145A/80A/E/CLK

6100B 型				
选件	相数量			
	1	2	3	4
辅助单元	6101B			
辅助单元 + 50A	6101B/50A			
辅助单元 + 80A	6101B/80A			
标准	6100B	6120B	6130B	6140B
50A	6100B/50A	6120B/50A	6130B/50A	6140B/50A
80A	6100B/80A	6120B/80A	6130B/80A	6140B/80A
电能	6100B/E	6120B/E	6130B/E	6140B/E
时钟	6100B/CLK	6120B/CLK	6130B/CLK	6140B/CLK
50A + 时钟	6100B/50A/CLK	6120B/50A/CLK	6130B/50A/CLK	6140B/50A/CLK
80A + 时钟	6100B/80A/CLK	6120B/80A/CLK	6130B/80A/CLK	6140B/80A/CLK
电能 + 时钟	6100B/E/CLK	6120B/E/CLK	6130B/E/CLK	6140B/E/CLK
电能 + 50A	6100B/50A/E	6120B/50A/E	6130B/50A/E	6140B/50A/E
电能 + 50A + 时钟	6100B/50A/E/CLK	6120B/50A/E/CLK	6130B/50A/E/CLK	6140B/50A/E/CLK
电能 + 80A	6100B/80A/E	6120B/80A/E	6130B/80A/E	6140B/80A/E
电能 + 80A + 时钟	6100B/80A/E/CLK	6120B/80A/E/CLK	6130B/80A/E/CLK	6140B/80A/E/CLK

可选附件

52120A	超级大电流标准源
6100/CASE	6100B/6101B/6105A/6106A 运输箱
6100/CASE/80	6100B/6101B/6105A/6106A 运输箱 (带 80A 选件)
Y6100	6100B/6101B/6105A/6106A 机柜安装套件
6100/LEAD	专用测试线套件
6100RM-1H/V	LED 光电传感器
6100RM-DS/SM	电度表转盘传感器

一、校准器及校准软件——52120A 超级大电流标准源



主要特点

- 可配用各种校准器，实现高精度大电流标准源
- 输出高达 100A/ 直流和 120A/ 交流电流
- 与线圈配合，产生 3000A 或 6000A 的等效电流
- 输出可以浮动 850V 峰值，使用方便安全

可配用各种校准器，实现高精度大电流标准源

52120A 大大扩展了您的电学校准能力，它与下列各类校准器配合使用，被用作高精度大电流标准源：

- 5500A/5520A/5522A 多产品校准器
- 5700A/5720A 高精度多功能校准器
- 5080A 多功能多产品校准器
- 9100 通用校准系统
- 6105A/6100B 电能功率标准源
- 任何能够提供直流/交流 2 V 或 200 mA 标准源的校准器、信号发生器或电源

特别值得一提的是，与福禄克公司的 6105A 或 6100B 电能标准源进行无缝通信，您可以在闭环模式下操作 52120A，从而为 52120A 提供更高的准确度。

输出高达 100A/直流和 120A/交流电流

52120A 可直接输出高达 100A 的直流电流和 120A 的交流电流，准确度可达 140ppm。输出可从直流一直到 10 kHz。几台 52120A 还可并联使用，输出电流可达 240 A/ 两台并联或 360 A/ 三台并联。电感驱动能力最高 1mH，顺从电压最高 4.5V 有效值，可驱动各种负载。从而满足

您的各种大电流测试和校准的工作需要。

与线圈配合，产生 3000A 或 6000A 的等效电流

52120A 还有可选的 3KA 25 匝线圈和 6KA 50 匝线圈，产生 3000A 或 6000A 的等效电流。帮助您测试和校准更加广泛的工作负载。例如：

- 功率 / 电能标准源
- 功率和电能仪表
- 电能质量分析器
- 数字万用表、模拟指针表
- 钳形表，如 Fluke-345
- 柔性线圈，如 Fluke i6000 Flex
- 分流器、探头和变压器
- 继电器 / 断路器测试装置

输出可以浮动 850V 峰值，使用方便安全

52120A 的 L_o 端输出可以浮动到 850V 峰值。例如在校准按实负载连接的单相 / 三相功率表 / 电能表时，如果不能改变成虚负载连接方式，电流输入一般都位于电压高端。一般的校准器电流低端限制在 0-20V 之间，无法直接输出电流，只能借助于隔离变压器。这样做，既

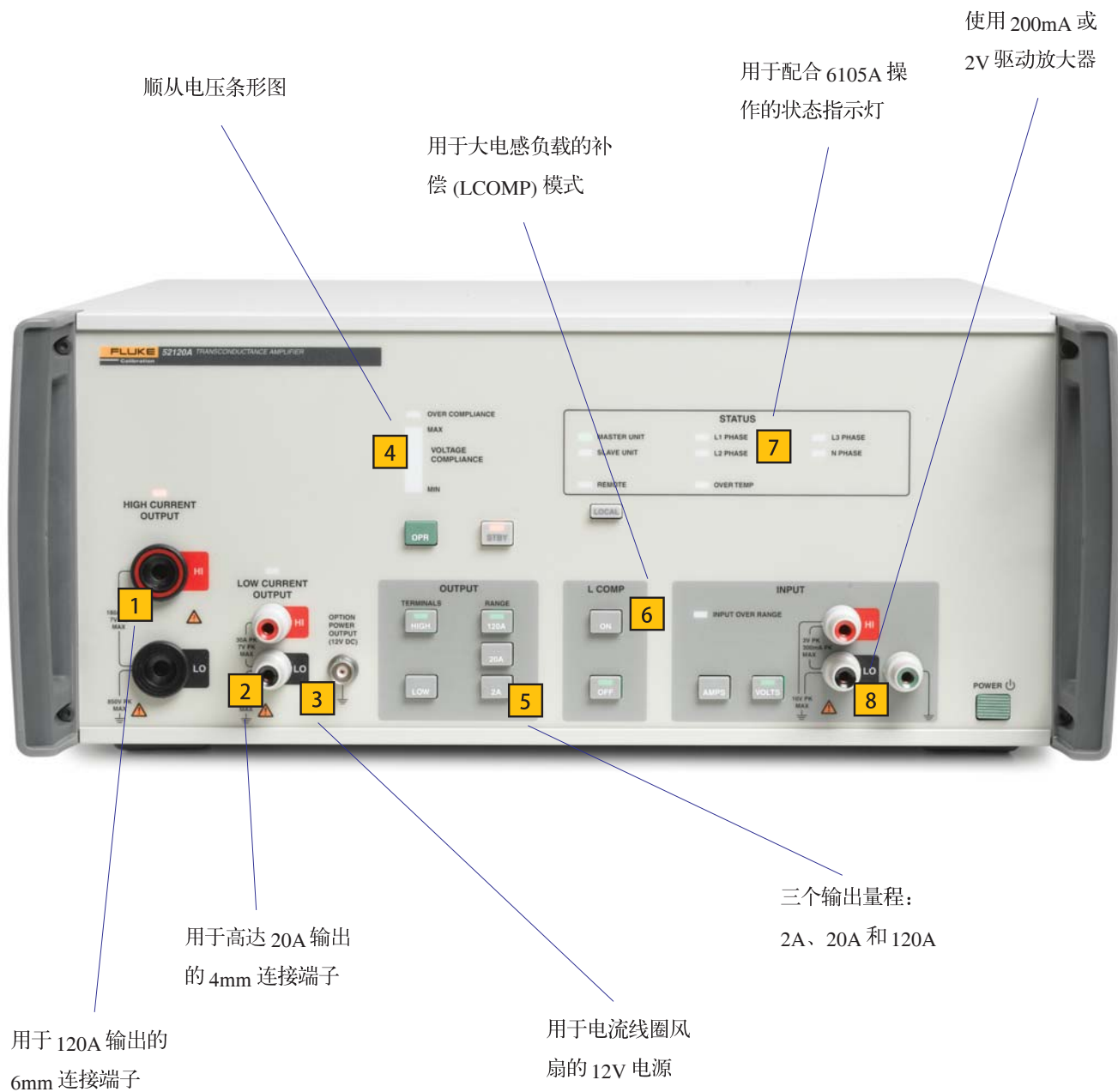
增加了成本，又增加了隔离变压器的额外误差。使用 52120A，电流输出可以浮动至需要的 600V 有效值或者 850V 峰值以内的任何电压。使用非常方便，而且安全。

52120A 性能概览

- 业界领先的准确度：
 - 140 ppm 交流 (配合 61XXA 电能标准源)
 - 350 ppm 交流 (配合直流/低频校准器)
 - 150 ppm 直流 (配合直流/低频校准器)
- 频率：达 10 kHz
- 负载电压 (顺从电压)：最高 4.5 V 有效值
- 电感驱动器能力：1 mH
- 输出量程：2 A、20 A 和 120 A
- 输入量程：2 A 和 20 A 量程时为 2 V 或 200 mA 量程，120 A 量程时为 1.2 V 或 120 mA 量程
- 并联工作：单相高达 360 A/ 3 台并联
- 线圈选项：25 匝线圈支持 3000 A，50 匝线圈支持 6000 A
- 使用 6105A / 6100B 电能标准源控制通讯
- GPIB 远程操作

使用 120A 大电流标准源提高您的大电流工作需要

- 输出直流达 10 kHz
- 并联可达 240 A 或 360 A
- 3000 A 或 6000 A 线圈选件



遵从电压条形图

用于大电感负载的补偿 (LCOMP) 模式

用于配合 6105A 操作的状态指示灯

使用 200mA 或 2V 驱动放大器

用于高达 20A 输出的 4mm 连接端子

三个输出量程：
2A、20A 和 120A

用于 120A 输出的 6mm 连接端子

用于电流线圈风扇的 12V 电源

通用技术指标

输入电压范围	100 V 至 240 V, ±10% 的波动
瞬态过压	瞬态过压符合 IEC60364-4-443 II类标准
频率	47 Hz 至 63 Hz
最大功耗	小于 1500 VA
带支脚尺寸 (高 x 宽 x 长)	192 mm x 432 mm x 645 mm (7.6 英寸 x 17 英寸 x 25.5 英寸)
不带支脚尺寸 (高 x 宽 x 长)	178 mm x 432 mm x 645 mm (7 英寸 x 17 英寸 x 25.5 英寸)
重量	25 kg (54 lb.)
设计标准和规范	按 EN 61010-1:2010、CAN/CSA 22.2 No 61010.1-04、ANSI/UL 61010-1:2004 和 EN 61326-1:2006 设计, 有 CE 标志, 经过 CSA 认证
工作温度	5 °C 至 35 °C
校准温度范围	16 °C 至 30 °C
储存温度	0 °C 至 50 °C
运输温度	100 小时内 -20 °C 至 60 °C
预热时间	1 小时
安全操作条件相对湿度 (非结露)	5 °C 至 31 °C 时为小于 80%, 至 35 °C 时线性斜降至 50%
最大储存相对湿度 (非结露)	0 °C 至 50 °C 时小于 95%
工作海拔	0 m 至 2,500 m
非工作海拔	0 m 至 12,000 m
冲击	MIL-PRF-28800F 3 类
振动	MIL-PRF-28800F 3 类
外壳	MIL-PRF-28800F 3 类

主要技术指标

电学性能限值				
操作限值				
输出电流	0 A 至 120 A			
输出量程	三个量程: 2 A、20 A 和 120 A			
输入电流范围	最大输入	200 mA _{rms}	200 mA _{rms}	120 mA _{rms}
	输出范围	2 A _{rms}	20 A _{rms}	120 A _{rms}
	增益	10	100	1000
输入电压范围	最大输入	2 V _{rms}	2 V _{rms}	1.2 V _{rms}
	输出范围	2 A _{rms}	20 A _{rms}	120 A _{rms}
	跨导	1 s	10 s	100 s
120 A 范围电流/频率限制 ^[1]	DC ±100A 大于 DC 至小于 10 Hz 时最大电流为 70 Arms、100 Apk 10 Hz 至 10 kHz 时最大电流为 120 Arms、170 Apk			
顺从电压 ^[2]	4.5 Vrms (6.4 Vp)			

^[1] 2A 和 20A 量程可满量程输出从直流到 10kHz。

^[2] 120 A 电流输出时, 顺从电压从 1 kHz 的 4.5 V 降至 10 kHz 的 3 V 左右。

输出隔离	
频率	适用于任意接地输出电流终端的最大电压信号
直流达 850 Hz	600 Vrms、850 Vp
850 Hz 至 3 kHz	100 Vrms、142 Vp
3kHz 至 10 kHz	33 Vrms、47 Vp

在与 6105A 或 6100B 闭环控制、正弦或谐波输入及所有 52120A 电流量程内工作				
频率	1 年准确度, tc _{al} ^[1] ± 5 °C ± (%输出 + %满量程 ^[2])			
	6105A		6100B	
	%输出	%满量程	%输出	%满量程
直流	0.015	0.010	0.022	0.025
16 Hz 至 850 Hz	0.011	0.003	0.018	0.003
850 Hz 至 6 kHz	0.052	0.005	0.052	0.005
6 kHz 至 9 kHz	52120A 单机性能技术指标详见用户使用手册			

^[1] tc_{al} 是仪器校准时的温度, ^[2] FR = 满量程。

备注: 电感补偿 (LCOMP) 关闭且稳定时的最大电感驱动是 100 μH。2 A 和 20 A 量程电感补偿 (LCOMP) 打开并稳定时的最大电感驱动是 400 μH, 120 A 量程为 100 μH。

在与 6105A 或 6100B 闭环控制、正弦或谐波输入及所有 52120A 电流量程内（连续）工作					
相位不确定度					
10 Hz 至 69 Hz	69 Hz 至 180 Hz	180 Hz 至 450 Hz	450 Hz 至 850 Hz	850 Hz 至 3 kHz	3 kHz 至 6 kHz
0.006°	0.012°	0.025°	0.045°	0.325°	0.645°
最大负载取决于相位移					
60 Hz 时小于 0.001°；6 kHz 时线性增至 0.006°					

备注：1. 上述应用适用于最多三台 52120A 并联并且连接到一台 610X 电能标准源。2. 请参阅 610X 的技术指标了解间谐波、调制谐波、骤升骤降和闪变的技术指标。

单机性能，2 A 量程			
1年跨导和电流增益年不确定度， $t_{cal}^{[1]} \pm 5^\circ C \pm (\%输出 + \%满量程)^{[2]}$			
频率	%输出	%满量程	
		电感补偿 LCOMP 关闭 ^[3]	电感补偿 LCOMP 打开 ^[4]
直流	0.010	0.005	0.005
10 Hz 至 65 Hz	0.015	0.070	0.300
65 Hz 至 300 Hz	0.030	0.070	0.500
300 Hz 至 1 kHz	0.100	0.070	3.500
1 kHz 至 3 kHz	0.300	0.600	未指定
3 kHz 至 6 kHz	1.000	1.600	未指定
6 kHz 至 10 kHz	2.000	4.000	未指定

单机性能，20 A 量程			
跨导和电流增益年不确定度， $t_{cal}^{[1]} \pm 5^\circ C \pm (输出百分比 + FR^{[2]}百分比)$			
频率	%输出	%满量程	
		电感补偿 LCOMP 关闭 ^[3]	电感补偿 LCOMP 打开 ^[4]
直流	0.010	0.005	0.005
10 Hz 至 65 Hz	0.015	0.060	0.300
65 Hz 至 300 Hz	0.030	0.060	1.200
300 Hz 至 1 kHz	0.100	0.060	6.000
1 kHz 至 3 kHz	0.300	0.200	未指定
3 kHz 至 6 kHz	1.000	0.400	未指定
6 kHz 至 10 kHz	3.000	0.600	未指定

单机性能，120 A 量程			
频率	%输出	%满量程	
		电感补偿 LCOMP 关闭 ^[3]	电感补偿 LCOMP 打开 ^[4]
直流	0.010	0.005	0.005
10 Hz 至 65 Hz	0.015	0.020	0.500
65 Hz 至 300 Hz	0.030	0.030	0.700
300 Hz 至 1 kHz	0.100	0.100	3.500
1 kHz 至 3 kHz	0.300	0.250	未指定
3 kHz 至 6 kHz	1.000	0.450	未指定
6 kHz 至 10 kHz	4.000	0.750	未指定

^[1] t_{cal} 是仪器校准时的温度，^[2] FR = 满量程，^[3] 电感补偿 (LCOMP) 关闭且稳定时的最大电感驱动能力是 100 μH ，

^[4] 电感补偿 (LCOMP) 打开且稳定时的最大电感驱动是 1mH

高达十个 52120A (一个主单元，九个从动单元) 可按链接方式成为一个独立系统。控制系统将忽略其他所有从动单元。

备注

- 上述技术指标按照覆盖因子 $k=2.58$ ，99% 的置信水平给出的。
- 单机技术指标适用于电压输入的跨导放大器不确定度或者电流输入的电流放大器不确定度。技术指标不包括为 52120A 提供输入电压或电流信号的仪器的误差。要获得电流输出的绝对不确定度指标，请参考 52120A 用户手册第 4 章中介绍的“方和根” (RSS) 方法，综合源和控制仪器的指标。
- 在电感负载上的的顺从电压可能会限制在高频时达到的最大输出电流。给定负载电感和电流的条件下其最大频率 (F_{max}) 的计算公式如下：

$$F_{max} = \frac{4.5}{(2 \times \pi \times I \times L)} \quad \text{其中 } I \text{ 是电流, } L \text{ 是总电感。}$$

使用此公式计算出的最大频率只是近似值。串联电阻和并联电容也会影响可以得到的最高频率。

订购信息

主机

型号	说明
52120A	大电流标准源, 120A

可选附件

型号	说明
52120A/COIL3KA	线圈, 25 匝, 3000 A
52120A/COIL6KA	线圈, 50 匝, 6000 A
52120A/COIL12V	线圈 12 V 直流电源
GCP 52120	增加一年保修期的关怀规划
G3P 52120	增加三年保修期的关怀规划

电流线圈支持 3000 A 或 6000 A



52120A/COIL3KA
线圈, 25 匝, 3000 A



52120A/COIL6KA
线圈, 50 匝, 6000 A

一、校准器及校准软件——5320A多功能电气安全校准器



主要特点

- 众多功能集于一身
- 操作安全、方便，中文帮助菜单
- 自动化校准，提高产出效率

众多功能集于一身

Fluke 5320A 多功能电气安全测试仪校准器是一款精密、灵活的仪器，使用户可以高效率地校准各种类型的电气安全测试仪。

5320A以单台仪器的形式取代了电阻器、十进制电阻箱和其它自制的校准解决方案。它内部装有精密高压电阻器、大电流电阻器、精密测试仪器和精密分压器、高压探头等附件，可以校准：

- 绝缘电阻测试仪
- 接地电阻测试仪
- 泄漏电流测试仪
- 耐电压测试仪
- 接地导通电阻测试仪等常规电气安全测试仪器。

还可以校准目前新出现的电气安全测试仪器，比如，线路/环路阻抗测试仪，漏电保护器测试仪、医疗仪器电气安全测试仪、电气安装测试仪等。5320A为电气安全校准提供了更好的测试不确定度。

利用一台而非多台仪器，可以释放宝贵的工作空间，并简化电气安全测试仪的校准过程。

操作安全、方便，中文帮助菜单

您会发现 5320A 非常容易使用。宽大、明亮的全彩色显示屏显示清晰，并能够以易于理解的图形化方式显示在测试时哪些测量端钮是起作用的。连接端钮提示，接线简单，密闭式接线插孔，安全可靠；警告提示，保证正确操作。仪器内置了图形并茂的“帮助指南”，可以选择中文说明，在需要的时候可以提供测试说明、连接图以及注意事项等多项帮助。5320A 覆盖多种安规测试仪的检定；结构紧凑，携带方便；非常适合现场计量校准。

自动化校准，提高产出效率

5320A 上的 IEEE-488、RS-232 和 LAN 接口提供了方便的标准系统连接性。

为了进一步提高效率，可以利用 MET/CAL® 自动校准和计量管理软件实现电气安全测试仪器校准自动化。MET/CAL 是一套完备的、可裁剪的、经济的解决方案。MET/CAL 软件已经成为自动化校准过程和管理校准实验室资产的行业标准。



宽大、明亮的全彩色显示屏

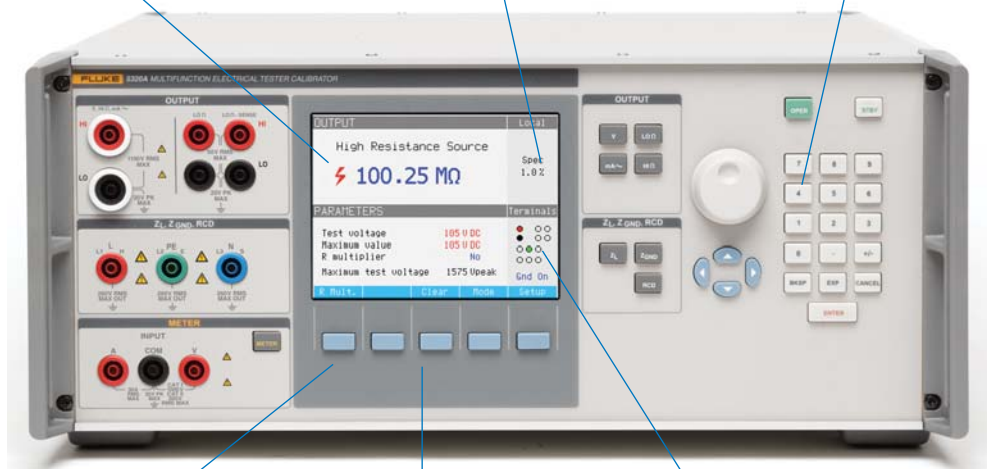
利用宽大、明亮的显示屏,可以方便地读取输出值和测量值。输出值以蓝色表示,测量值以红色表示。

技术指标显示

利用技术指标显示可以观察校准器输出值和测量值的不确定度。

旋轮、数字键盘

利用数字键盘或旋轮选择输出值或测量量程。



软键菜单

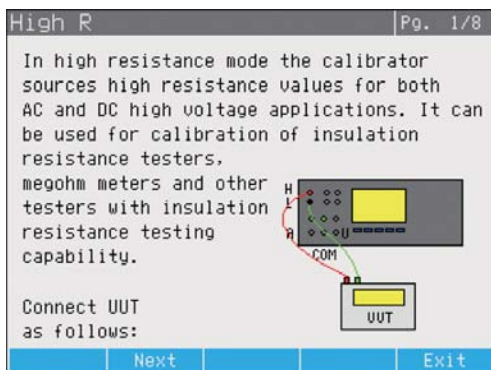
软键总是与当前功能相对应,菜单结构非常直观且易于学习。

图形化的中文帮助菜单

以易于理解的图形方式和中文显示应该进行的连接。

显示有效的测量端钮

总能知道哪些校准器端钮是有效的。当选择了某项功能后,以图形方式显示有效的端钮。



LAN、GPIB、RS-232 连接器

可以方便地将 5320A 连接到 PC 机,实现自动化和数据交换。

测量就像 1-2-3 一样简单



1

按下按钮选择功能

仪器功能清晰地分为输出高电阻 (HI Ω)、低电阻 (LO Ω)、泄漏电流、电压源、分离式大电流电阻器 (用于环路/线路阻抗 (ZL)、接地导通电阻 (ZGND) 和漏电保护开关 (RCD)) 和测量仪表 (交直流电压和交直流电流)。



2

输入数值

计算器风格的键盘非常易于输入数值。用户也可以利用旋转修改输入的数值。



3

连接被测设备

不知道如何适当地连接 UUT? 有效端子窗口和图形化帮助菜单帮助您准确地进行连接。

按下“OPER”键就可开始测量了!

主要技术指标

高压电阻 (校准绝缘电阻测试仪)			
量程	分辨力	最大电压 峰值 (交流 + 直流)	年指标 (tcal ± 5°C)
10.000 kΩ ~ 10.000 GΩ	1 Ω ~ 100kΩ	55 ~ 1575 V	0.2 ~ 1.0%
350.0 MΩ ~ 10.000 TΩ (用倍乘器)	100kΩ ~ 100MΩ	10kVp	1.0 ~ 3.0%+ 被乘电阻指标
100 GΩ	单支电阻	1575 V	3.0 %

低压电阻 (校准接地电阻测试仪和通断测试仪)				
量程	分辨力	最大交直流电流	2 线技术指标 (tcal ± 5°C)	4 线技术指标 (tcal ± 5°C)
100mΩ ~ 199.9Ω	0.1~100mΩ	100~400mA	0.2~0.3 % + 25mΩ	0.2~0.3 % + 10 mΩ
200Ω ~ 10 kΩ	1Ω~10Ω	5~45mA	0.20 %	0.20 %

16 支大电流分离电阻 (校准接地导通电阻测试仪和环路 / 线路阻抗测试仪)					
标称电阻值	相对于标称值偏移	校准不确定度	最大测试电流 (交流或直流)	最大短期测试电流 (交流或直流)	测试电流不确定度
25mΩ~1.8 kΩ	10~50 %	± 1mΩ~ ± 10 Ω	0.025~30 A	0.15~40 A	1.5%+(2~700)mA

4 1/2 位交直流电压表 (DC~2kHz)		
量程	年指标 (% 读数 + mV)	分辨力
10 V	0.15 + 5	1 mV
100 V	0.20 + 50	10 mV
1100 V	0.20 + 550	100 mV

4 1/2 位交直流电流表 (DC~400Hz)		
量程	年指标 (% 读数 + mA)	分辨力
300mA	0.15 + 0.15	0.1mA
3A	0.15 + 1.5	1mA
30A	0.30 + 15	10mA

泄漏电流校准(DC~400Hz)			
量程	分辨力	年指标	测试电压
0.1~30mA	1μA/10μA	0.3% 读数 + 2μA	10~250V

漏电保护断路器(RCD/GFCI)			
跳闸电流	分辨力	年指标	串联电阻
3~3000 mA	1~100μA	1~5%	0.025~1800Ω
跳闸时间			
10~5000 ms		0.25 ms	0.025~1800Ω

电压校准器 (仅限 5320A/VLC)							
交流电压范围	分辨力	年指标 (% 读数 + mV)	最大负荷电流	直流电压范围	分辨力	年指标 (% 读数 + mV)	最大负荷电流
3~29.99V	1mV	0.1+9	500mA	3~29.99V	1mV	0.1+9	2mA
30~99.99V	10mV	0.1+30	300mA	30~149.9V	10mV	0.1+45	3mA
100~299.99V	100mV	0.1+90	150mA	150~600V	100mV	0.1+180	5mA
300~600V	100mV	0.1+180	50mA				

5320A-LOAD 高压负载电阻			
标称值	最大电压	最大功率	最长持续时间
10 kΩ ~ 5 MΩ	5500 V	140 W	3 分钟

10kV 适配器

范围: 0 ~ 10 kV 直流 / 交流峰值
 不确定度: 0.3 % 读数 + 5 V, 直流;
 0.5 % 读数 + 10 V, 交流 (50/60 Hz)



80k-40 高压探头

范围: 0 ~ 40 kV 直流 / 交流峰值
 不确定度: 0.5 % 读数 + 10 V, 直流;
 0.5 % 读数 + 10 V, 交流 (50 / 60 Hz)



5320A-LOAD: 配合 5320A 主机完成耐压测试仪泄漏电流的校准

订购信息

主机

型号	说明
5320A	多功能电气安全校准器
5320A/40	包括 40 kV 探头的电气安全校准器
5320A/VLC	包括 600 V 电压源 / 有源环路补偿器的校准器
5320A/VLC/40	包括 600 V 电压源 / 有源环路补偿器和 40kV 探头的电气安全校准器

注: 所有型号都包括 10 kV 分压器 / 电阻倍乘器适配器

可选附件

型号	说明
5320A-LOAD	耐压测试电流负载
5320CASE	坚固的运输箱
Y5320	机架安装套件 (滑轨)

软件

型号	说明
MET/CAL® LITE	专用型自动校准和计量管理软件

一、校准器及校准软件——9500B 示波器校准器



主要特点

- 提供全功能的示波器自动化校准
- 有源信号头保证信号指标至示波器输入端
- 提供高达 6.0GHz 的稳幅正弦波输出和达 25ps 的脉冲快沿
- 连续的可升级能力帮助保护您的投资
- 与 MET/CAL® 自动校准和计量管理软件兼容

提供全功能的示波器自动化校准

福禄克公司的 9500B 提供了准确的直流电压、方波信号、稳幅正弦波、快沿脉冲和时标脉冲，可以校准示波器的垂直灵敏度、频率响应、上升时间和水平灵敏度。并且还提供了电流信号、窄脉冲信号、视频信号、输入阻抗测试、过载保护测试、通道相位差测试等功能，可以校准各种示波器的全部功能。

有源信号头保证信号指标至示波器输入端

通过使用独特的有源头，校准示波器所需要的所有信号都从校准器主机之外的一个可卸下的有源头中产生。该有源信号头直接连到被测示波器的输入端而不需要使用任何附加的电缆。所有的波形控制和开关动作都由主机控制，而这些波形控制和开关动作本身则是在有源头的内部来实现的——这就是说，这些信号波形是在离示波器输入端及其放大器只有几个毫米距离的地方产生的。这样，9500B 提供的指标可以没有折扣地实现于各项示波器校准工作中。每台 9500B 主机最多能够控制 5 个有源信号头，可以产生、控制和开关来校准一台 4 通道的示波器，再加一路外部触发所需要的全部信号，而不需要操作人员的干预或外部的开关切换。

提供高达 6.0GHz 的稳幅正弦波输出和达 25ps 的脉冲快沿

9500B 主机可以提供 600 MHz/1.1 GHz/3.2 GHz 的稳幅正弦波。9560 有源头能够给出 6.0GHz 的稳幅正弦波和 70ps 的快沿脉冲。

与其他示波器校准器不同的是，在校准示波器上升时间时，您不受固定脉冲幅度的限制。有源头技术使您可以在 4.44mV 到 3.1V 之间调节脉冲的输出幅度，这就使您能够直接在示波器灵敏的量程上来检查示波器的放大器。无论您选择什么脉冲幅度，受控波形滤波技术将保证所有的高速快沿都具有规定好的准确快沿脉冲。如果选用 9550 信号头，可以使用 25ps 的快沿脉冲。

连续的可升级能力帮助保护您的投资

9500B 示波器校准工作站以您所需要的性能和预算支持的价格为每个用户提供无需动手的、完全自动化的、准确的示波器校准功能。而且，在以后需要的时候，通过性能的升级能够满足您将来的需求。最简单最直接的性能升级可以用购买新的高性能的有源信号头来实现。9510、9530、9560 和 9550 四种有源信号头提供了不同的频率范围和快沿脉冲。福禄克公司还为用户准备了各种各样的升级选件，既可以一次升级到当前最高的性能，也可以根据预算升级到恰好覆盖当前校准负荷的一个级别。

与 MET/CAL® 自动校准和计量管理软件兼容

9500B 示波器校准器可以和福禄克公司功能强大的、基于 IEEE-488 (GPIB) 的 MET/CAL® 自动校准和计量管理软件配合使用。MET/CAL 不仅使您能够实现校准工作的自动化，还能将校准结果编制成文件、管理您的校准资产库存并且使您能够开发新的示波器校准程序。该软件在微软公司 Windows® 的环境下运行，支持多用户网络工作；还能实现各种高级功能，如：具有符合 ISO 9000 的溯源性、能够生成用户检定证书、校准报告，还可以进行高级校准程序编程等。采用 MET/CAL 的结果就是要实现更高的校准工作效率，获得更好的校准一致性，使人为差错减到最少以及对操作人员的培训要求变得更低——总之，以更低的代价获得更高质量的校准结果。

用户还可以购买福禄克公司的 MET/SUPPORT 黄金支持计划。MET/SUPPORT 黄金支持级软件可以按年度订购，该计划使您能够免费获得由福禄克公司软件支持队伍编写的全部校准测试程序，此外还有很多附加的好处，其中包括免费软件升级、对定制校准测试程序开发的减价折扣等。即使在一年中您只使用了黄金级服务的一小部分，您所得到的收效就会比为黄金级支持计划所付费高得多。

主要技术指标

功能	范围	最优的 1 年技术指标
直流电压	± 1mV 到 ± 200V (1MΩ) ± 1mV 到 ± 5V (50Ω)	0.025%+25μV
方波	40μV 到 200Vp-p (1MΩ) 40μV 到 5Vp-p (50Ω)	0.1%+10μV
低压沿脉冲	5mV 到 3Vp-p (50Ω)	上升/下降时间: 500ps
高压沿脉冲	1V 到 200Vp-p (1MΩ)	上升/下降时间: <150ns
快沿脉冲	5mV 到 3Vp-p (50Ω) 25mV 到 2Vp-p (50Ω)	上升/下降时间: 150ps (9530) 上升/下降时间: 70ps (9560)
25ps 快沿脉冲	425 到 575mVp-p (50Ω)	上升/下降时间: 25ps (9550)
时标	50s 到 1ns 方波/正弦波, 脉冲波或窄三角波	0.25ppm
稳幅正弦波	频率范围: 0.1Hz~6.4GHz	平坦度: 1.5%
输入阻抗测试	10Ω 到 150Ω, 50kΩ 到 12MΩ 1pF 到 95pF	± 0.1 % 2 %+0.25pF
交直流电流	量程 100μA 到 100mA 频率范围: 10Hz 到 100kHz	0.25%+0.5μA
复合视频信号	幅度: 1.0V; 625 行, 50Hz 或 525 行, 60Hz	
过载脉冲	5V 到 20V, 0.2s 到 100s	
相位差测试 (zero skew)	通道间相位差范围 < 50ps	± 5ps

订购信息

主机

型号	说明
9500B/600	600MHz 高性能示波器校准器
9500B/1100	1.1GHz 高性能示波器校准器
9500B/3200	3.2GHz 高性能示波器校准器
9510 FLK	具有 1.1GHz 稳幅正弦波和 500ps 快沿脉冲能力的有源信号头
9530 FLK	具有 3.2GHz 稳幅正弦波和 150ps/500ps 快沿脉冲能力的有源信号头
9550 FLK	具有 25ps 固定快沿脉冲能力的有源信号头
9560 FLK	具有 6GHz 稳幅正弦波和 70ps 快沿脉冲能力的有源信号头

可选附件

型号	说明
9500-60	便携式软包
9500-65	坚固运输箱 (需要 9500-60 选件)
9500-90	机架安装套件

升级件 (主机升级)

型号	说明
9500B/600 > 1100 UGK	将 9500B/600 升级到 9500B/1100
9500B/600 > 3200 UGK	将 9500B/600 升级到 9500B/3200
9500B/1100 > 3200 UGK	将 9500B/1100 升级到 9500B/3200

软件

型号	说明
MET/CAL®	自动校准和计量管理软件

升级件 (带宽升级)

型号	说明
9500/600 > 1100 UGK	将 9500/600 升级到 9500/1100
9500/600 > 3200 UGK	将 9500/600 升级到 9500/3200。固件与 9560 兼容, 并包括升级至 5 通道及 5 通道直流电压同时输出的功能
9500/1100 > 3200 UGK	将 9500/1100 升级到 9500/3200。固件与 9560 兼容, 并包括升级至 5 通道及 5 通道直流电压同时输出的功能

升级件 (主机功能升级)

型号	说明
9500/600 > 9500B/3200 UGK	将 9500/600 升级到 9500B/3200。包括升级至 5 个通道、固件与 9560 兼容、窄脉冲及 5 通道直流电压同时输出的功能
9500/1100 > 9500B/3200 UGK:	将 9500/1100 升级到 9500B/3200。包括升级至 5 个通道、固件与 9560 兼容、窄脉冲及 5 通道直流电压同时输出的功能
9500/3200 > 9500B/3200 UGK	将 9500/3200 升级到 9500B/3200。包括升级至 5 个通道、固件与 9560 兼容、窄脉冲及 5 通道直流电压同时输出的功能

一、校准器及校准软件——9640A 射频标准信号源



主要特点

- 优异的功率准确度和宽频率范围
- 精密有源信号将失配误差最小化
- 操作简便，适合校准
- 无线电校准实验室的基本设备

优异的功率准确度和宽频率范围

Fluke 9640A 射频参考信号源是高准确度功率、宽动态电平范围和宽频率范围的完美组合。它可提供 0.05dB 的功率准确度，154dB 的动态范围，4 GHz 的频率范围，可以用来校准各种射频测量仪器。该信号源专门针对那些需要高电平准确度和动态范围组合的计量校准应用而设计。9640A-LPN 可以提供在 10KHz 偏移时 -144dBc 的低相位噪声，提供了目前射频信号源相位噪声的最高性能水平。

精密有源信号将失配误差最小化

坚固、精密的有源信号头直接将 9640A 的信号传输至被测仪器，使损耗、噪声和失配误差达到最小，并保证了低电平信号的完整性。测量头可在 154 dB 的动态范围内维持信号精度和噪声抗扰性，最低电平可达 -130 dBm。

通过在有源信号头内集成信号电平测量和衰减功能，9640A 无需配备分立

的、难以实现自动化的步进衰减器，简化了自动操作，并降低了维护成本。也无需外部功率计和传感器来标定不同频率和电平下的输出。

9640A-STD 提供一个 50 Ω 的信号头，9640A-STD/75 还额外增加一个 75 Ω 的信号头。主机和有源信号头是作为一个系统一起进行校准的。

操作简便，适合校准

9640A 前面板配备了专用的功能键、内容相关的软键，以及明亮、易于读取的彩色显示屏，使其非常易于学习和操作。输出电平可以被设置为功率 (W 或 dBm)、电压 (RMS 或峰-峰值)，并采用熟悉的乘数和指数形式。用户可以方便地在电压、功率和 dBm 单位之间进行切换，不会丢失输入值或损失准确度。

针对工作中的典型应用而设计的用户界面，简化了常见的校准过程，例如频谱分析仪、功率计和接收机。偏移、步进、

相对值和误差模式使得技术员和计量人员工作起来快捷、准确和高效，适于建立熟练的校准程序，并很容易判定被测仪器的性能和容差。

无线电校准实验室的基本设备

9640A 可以替代射频校准过程中常用的电平发生器、功率计和功率传感器、信号发生器。以简便易用的单台仪器提供了所需的信号范围和准确度。可以用来校准频谱分析仪、调制度分析仪、功率计、频率计、射频毫伏表、选频表、高频示波器、EMI 接收机和射频衰减器等无线电测试仪器。您需要的仪器更少，简化了校准过程，并最终节省时间和资源。

为了节省更多时间，可以利用 MET/CAL® 校准管理软件实现 9640A 的自动化。MET/CAL 软件提供了一套完备的、经济的和可开发的解决方案，已经成为校准过程自动化和校准实验室管理的行业标准。

主要技术指标

频率范围	10 Hz ~ 4 GHz							
频率分辨率	< 100 MHz: 0.001 Hz; > 100 MHz: 11 位数字							
频率年不确定度指标	0.04 ppm+0.16mHz							
扫频	10 Hz ~ 4 GHz, 线性或对数, 分辨率: 0.1Hz							
外部参考输入	1 MHz ~ 20 MHz; 1 MHz 步进, ± 30 ppm							
频率参考输出	1 MHz 或 10 MHz, 用户可选							
幅度范围	至 50Ω 阻抗: -130 dBm ~ +24 dBm (0.2 μV ~ 10 V pk-pk) > 125 MHz: +20 dBm > 1.4 GHz: +14 dBm 至 75Ω 阻抗: -136 dBm ~ +18 dBm (0.13 μV ~ 6.3Vpk-pk) > 125 MHz: +14 dBm > 1.4 GHz: +8 dBm							
幅值分辨率	0.001dB							
绝对电平年不确定度指标	100 kHz ~ 125MHz: 125MHz~ 4GHz: +24 ~ -48 dBm, ± 0.05 dB +20 ~ +14 dBm, ± 0.25 dB (至 1.4GHz) -48 ~ -74 dBm, ± 0.2 dB +14 ~ -74 dBm, ± 0.5 dB -74 ~ -94 dBm, ± 0.5 dB -74 ~ -84 dBm, ± 1.0 dB -94 ~ -130 dBm, ± 1.5 dB -84 ~ -94 dBm, ± 1.0 dB (至 3GHz) -94 ~ -130 dBm, ± 1.5 dB (至 3GHz)							
SSB 相位噪声	使用内部频率参考, (dBc/Hz)							
	频率	频率偏移						
		10Hz 常规值(典型值)	100Hz 常规值(典型值)	1kHz 常规值(典型值)	10kHz 常规值(典型值)	100kHz 常规值(典型值)	1MHz 常规值(典型值)	10MHz 常规值(典型值)
9640A	1GHz	—	—	-97(-102)	-118(-112)	-118(-112)	-124(-130)	-142(-144)
9640A-LPN	10MHz	-104(-108)	-129(-139)	-148(-155)	-151(-155)	-153(-157)	-155(-157)	-155(-160)
	125MHz	-92(-95)	-117(-124)	-140(-145)	-144(-149)	-147(-152)	-153(-154)	-153(-156)
	250MHz	-86(-90)	-112(-118)	-135(-140)	-141(-146)	-142(-149)	-152(-155)	-153(-155)
	500MHz	-80(-85)	-107(-112)	-130(-136)	-138(-143)	-139(-144)	-151(-154)	-153(-154)
	1GHz	-74(-78)	-101(-106)	-125(-130)	-134(-138)	-134(-138)	-148(-152)	-151(-153)
	2GHz	-68(-71)	-95(-100)	-119(-126)	-129(-133)	-128(-133)	-145(-149)	-150(-152)
	4GHz	-62(-68)	-69(-96)	-114(-120)	-124(-128)	-122(-128)	-141(-146)	-149(-151)
输出阻抗	50 Ω, 精密 N 型连接器(可选 75 Ω 有源信号头)							
电压驻波比 VSWR	≤ 500MHz: ≤ 1.1; ≤ 1GHz: ≤ 1.2; ≤ 3GHz: ≤ 1.3; ≤ 4GHz: ≤ 1.4							
频谱纯度	谐波 ≤ -60 dBc, 非谐波 ≤ -75 dBc							
内部调制	AM: 正弦波和三角波。FM: 仅正弦波							
AM 调制频率	20 Hz ~ 220 kHz: 5 位数字; 准确度: ± 1 个字							
AM 调制深度	0.1% ~ 99%, 准确度: 设置值的 0.75% (典型值)							
AM THD	≤ -50 dB (典型值)							
FM 和 PM 调制频率	1 Hz ~ 300 kHz: 5 位数字, 准确度: ± 1 个字							
FM 调频频偏	10 Hz ~ 750 kHz, 准确度: 0.25% (典型值)							
FM THD	≤ -65 dB, FM 调制频率: 1kHz (典型值)							
温度	工作: 0°C ~ 50°C, 对于特定功能为 5°C ~ 40°C, Tcal ± 5°C 储存: -20°C ~ +70°C							
校准周期	所有的技术指标均是 1 年校准周期, 工厂校准温度: 23°C							
标准接口	IEEE488.2 (GPIB)							
尺寸(宽×高×深)	433 × 146 × 533 mm (17.0 × 5.8 × 21.0 英寸)							
重量	18 kg (40 磅)							

订购信息

主机

型号	说明
9640A-STD	4GHz 射频标准信号源, 包括 50Ω 的输出
9640A-STD/75	4GHz 射频标准信号源, 包括 50Ω 和 75Ω 的输出
9640A-LPN	带低相位噪声功能的射频标准信号源
96XXCONN	适配器 / 板手

可选附件

型号	说明
9600CASE	坚固的运输箱
Y9600	机架安装套件 (滑轨)

软件

型号	说明
MET/CAL® Plus	自动校准和计量管理软件

一、校准器及校准软件——525B 温度 / 压力校准器



主要特点

- 众多功能集于一身
- 支持 Fluke 700 系列和 PXX 系列压力模块
- 输出直流电压、电流和电阻
- GPIB 和 RS232C 标准接口

众多功能集于一身

福禄克公司的 525B 温度 / 压力校准器为您的温度和压力测量仪器的校准工作提供了高准确度和功能范围宽相结合的校准设备。525B 既能输出，又能测量各种类型的热偶、RTD 和热敏电阻温度计。在配用铂电阻温度计时，在 630°C 范围，误差不大于 0.046°C。525B 的直流电压和电流技术指标能够校准其它过程校准器和范围宽广的其它各种仪器。525B 小巧紧凑，经济实惠，是一台性价比极高的校准器。

支持 Fluke 700 系列和 PXX 系列压力模块

使用福禄克公司的 700 系列和高精度的 525A-PXX 系列压力模块，它还可以测量压力，能够覆盖从 1 英寸水柱 (6900 巴) 直到 10,000 PSI (69 兆巴) 的一般压力范围，测量准确度达 0.02%/年。可以校准准确度较高的压力传感器和压力测量仪表。

GPIB 和 RS-232C 标准接口

525B 既有 GPIB 接口，也有 RS-232C 接口，可以方便地进行自动化的校准工作。为各种校准实验室、仪器修理部门和 ATE 的应用场合提供了宽广工作负荷的覆盖能力。



Fluke 700 系列压力模块选件

主要技术指标

功能	范围	最优的 1 年技术指标
源功能		
电压 (1mA 最大负载)	0 到 100V	30ppm 输出 +3μV
电流 (10V 顺从电压)	0 到 100mA	50ppm 输出 +1μA
电阻	5-4000Ω	0.015Ω
热偶 (B,C,E,J,K,L,N,R,S,T,U 型)	标准热偶范围	0.14°C (E 型)
RTD (Pt 100,200,500,1000); (0.00385 和 0.00392 TCR)	-200°C 到 800°C	0.04°C (pt 100) 0.007°C (YSI400)
Ni 120, Cu 10, YSI 400 热敏电阻		
测量功能		
电阻	5-4000Ω	20ppm 读数 + 0.004Ω
热偶 (B,C,E,J,K,L,N,R,S,T,U 型)	标准热偶范围	0.14°C (E 型)
RTD (Pt 100,200,500,1000); (0.00385 和 0.00392 TCR)	-200°C 到 800°C	0.006°C (pt 100)
Ni 120	-800°C 到 100°C	0.01°C
Cu 10	-100°C 到 260°C	0.069°C
热敏电阻 2.5kΩ 到 10kΩ	-15°C 到 50°C	0.007°C
SPRT 100Ω	-200°C 到 660°C	0.06°C
700 系列压力模块	-103kPa 到 69 MPa	0.05%
525A-PXX 系列精密压力模块	-103kPa 到 20.7 MPa	0.02%

订购信息

主机

型号	说明
525B	温度 / 压力校准器

可选附件

型号	说明
5520A-525A/Leads	热偶和测试线组件
Y525	19 英寸机架安装套件
Fluke700 系列压力模块	各种类型的压力模块
525A-PXX 系列精密压力模块系列	各种类型的精密压力模块

软件

型号	说明
MET/CAL®	自动校准和计量管理软件
5500/CAL®	经济型自动校准和计量管理软件

一、校准器及校准软件——MET/CAL® 自动校准和计量管理软件



主要特点

- 世界级的计量校准应用软件，满足各种国际质量标准要求
- 多种配置，满足多种需求
- 可提供数千个校准程序
- 基于浏览器运行，资产管理更方便，功能更完善

全面完善的管理和校准自动化解决方案

校准实验室自身面临的挑战包括：日益增加且更为复杂的工作、更少的技术人员、不断增加的一系列质量标准，尤其是持续降低成本的压力。

MET/CAL® Plus 校准管理软件帮助您更高效地持续校准和管理工作任务，以应对这些挑战。

MET/CAL® Plus 包含两套应用程序：MET/CAL® 软件是自动化校准的行业领导者；加上 MET/TEAM™ 软件更可进行测试和测量资产的管理。

MET/CAL® Plus 套装应用提供了各种工具满足您的以下需求：

- 对包括直流/低频、射频和微波仪器在内的各种测试和测量工具及设备进行自动化校准。
- 创建、编辑、测试和存档校准程序，快速又简单。
- 配置和报告各种测量不确定度参数，并且包括校准数据，提供审计跟踪、支持进一步分析。
- 跟踪校准和维护历史记录与状态、溯源性、用户、客户和位置等资产信息。
- 分析和报告资产信息；生成自定义打印证书和报告。
- 数据可用于其他企业系统。
- 将资产和校准数据导入至 MET/CAL Plus 软件。
- 帮助满足质量标准要求，如 ISO 9000、ISO/IEC 17025、NRC 10 CFR、ANSI Z540.3 等。

凭借所有这些功能，Fluke 计量校准部推出的 MET/CAL Plus 软件能够提供最完善的校准自动化解决方案。而且，我们还通过 MET/SUPPORTSM Gold 金牌支持计划提供支持，帮助您保持生产效率。加入 MET/CAL Plus 资深校准专家全球社区，可更高效地与其他用户保持联络，获

得更多的程序分享、校准和管理的经验等资源。

MET/CAL® 软件：自动校准的完美解决方案

MET/CAL 是一套运行在微软视窗操作系统上的功能强大、灵活、并且功能全面的自动校准软件。它可以把校准产生的测试结果写入到由 MET/TEAM 软件管理的数据库中，并且使您可以：



- 创建和编辑各种校准程序，并且使用许多各种不同的校准标准
- 运行校准程序
- 在校准过程中收集测试数据
- 生成专业校准报告和校准证书
- 校准数据与其他软件共享，如 Microsoft Word 和 Excel

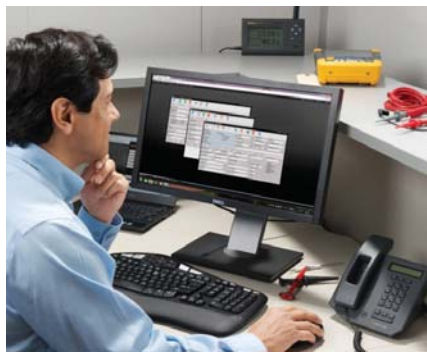
有了 MET/CAL，进行校准将又简单又快捷，同时测试还可以多次重复，并且收集丰富的数据用于报告生成。用户反馈使用 MET/CAL 软件进行自动校准可比手动校准快四到八倍，同时一致性更好，并且可以覆盖各种校准负荷。拥有 MET/CAL 软件的用户比任何其他类型的软件用户的总和还要多的多。

MET/TEAM™ 软件：最全面的资产管理软件解决方案

MET/TEAM 软件是一套功能强大、灵活的校准资产管理软件解决方案，并与 MET/CAL 软件无缝集成在一起。这个软件最适合哪些需要管理整个校准实验室的各项工作流程的专业人员使用。

MET/TEAM 软件可使您：

- 按实验室的业务规则进行配置和定制化
- 进行成批资产设备接收
- 创建、追踪和关闭工作单
- 追踪资产在整个实验室的流动
- 创建并打印校准报告
- 保存审计线索
- 管理发货信息
- 还有更多……



MET/CAL 软件是怎样与 MET/TEAM 软件组织在一起的呢？

MET/CAL 软件是 MET/CAL® Plus 软件的一部分，用来载入校准程序并进行自动校准（“实时校准”模块）。而校准的结果则由 MET/CAL 存储到 MET/TEAM 或 MET/TEAM Express 经济版的数据库中。

MET/TEAM 和 MET/TEAM Express 经济版是 MET/CAL® Plus 软件的资产管理部分，都基于浏览器运行。MET/TEAM Express 经济版具有 MET/TEAM 软件的基本性能，如数据存储和报告生成。MET/TEAM 软件则提供了更高级的资产管理功能，如校准率管理、部件管理和邮件自行通知。全版本的 MET/TEAM 软件还可以支持移动校准应用模块、客户在线访问端口模块、商业处理模块。

MET/CAL/TEAM 包括 MET/CAL 和 MET/TEAM 软件，并带有一个 MET/CAL 和一个 MET/TEAM 并发许可证。这种并发许可证允许软件安装在任何数量的计算机上，但在任何时间只允许特定数量的软件执行。开始时可按工作站的数量配置一个或多个许可证，以后根据需求的变化再随时添加许可证。

MET/CAL/TEAMXP 包括 MET/CAL 软件和 MET/TEAM Express 经济版，具有一个 MET/CAL 和一个 MET/TEAM Express 经济版并发用户许可证。

主要特点

MET/CAL® Plus 8.1 版本有何新的性能呢？

- 最新扩展的“程序编辑器”，用户界面灵活，功能更强
- 认证程序的安全性更高
- 自动控制各种校准参考标准

- 使用临界条件下的判断技术，符合 Z540.3 决策规则
- 射频功率计和传感器的灵活性更高，支持更广泛
- 新增 LIB PSC，允许程序访问外部程序
- 可访问 National Instruments (美国国家仪器公司) 的动态链接库 (DLL)，能够使用 MET/CAL 软件校准 PXI 仪器
- 可选择使用 Excel 自定义绘图和计算
- 更广泛的仪器支持
- 链接的在线帮助
- 基于浏览器的 MET/TEAM 软件进行资产管理和数据存储

使用我们丰富的程序库在新版程序编辑器中编写你自己的程序

MET/CAL 软件随机自带了一些例子程序可以直接按原样使用，也可用来编辑修改以满足特定要求。这些程序可以指导你如何来创建自己的程序，具有很高的价值。同时，你还可以订购 MET/SUPPORT Gold 金牌支持计划，从而可以接连不断的免费获取数千个有保障校准程序。

您也可以开发你自己的程序。MET/CAL Plus 8 特别提供了一个全新的程序编辑器，基于微软的 MS Visual Studio 可视工作室集成开发环境。新编辑器具有时尚、灵活的用户界面，使其成为一个功能强大的开发工具。新的链接在线帮助系统使帮助示例随时与你相伴。归功于改进的窗口布局，用户现在可以同时编辑多个程序，增强生产力，程序调试也更容易了。编辑器内置的功能还有撤销、重做、工具提示帮助、智能感知和语法突出等功能。

MET/TEAM™ 软件按您定义的工作方式运作

MET/TEAM 软件遵循仪器进入实验室并在实验室中校准，以及通过质量管理部门审核的整个流程。

数据的建立和管理

由于 MET/TEAM 软件具有非常灵活的人机界面，建立数据的工作就变得轻而易举了。您可以建立单独的联系人，并把它与设施关联；建立与事件或通用设备目录相关的独立资产；追踪数据基于资产类型的数据信息，还有更多。

工作流程管理

MET/TEAM 支持工作流程管理，使得您很容易的管理通常每天都要进行的工作。

- 接收一台资产设备或一组资产设备：通过在线“搜索”或是条码扫描来选择接收的资产设备，并给客户打印接收单；也可配置资产设备服务的类型、状态和优先级别，以及所需要的数据信息或其他扩展数据信息。
- 编辑工作单：给技术人员分派任务，计划完成日期和下次维护的日期，选择工作程序并设定校准间隔。
- 进行校准：运行 MET/CAL 或其它自动校准软件，如 COMPASS 压力校准软件等进行校准。MET/CAL 软件现在已与 MET/TEAM 无缝集成在一起。
- 完成工作单信息：记录校准时的环境条件和校准工时，添加认证信息，以及部件消耗。录入二级联系人信息等。
- 返回资产设备：选择工作单并关闭。
- 发货：录入发货日期、地址和追踪单号。

设备召回

MET/TEAM 软件可以在资产设备校准快到期时产生召回报告并通知特定的联系人。

它也可以规划自动的邮件通知发送

“校准到期”通知。这些邮件可以是标准化的，也可以根据不同的用户情况自行定义。

管理资源、客户和合作商

使用 MET/TEAM 软件您可以灵活地给人员、地点建立记录，并管理他们之间的关系。

如果您的公司设施有多处实验室和部门，或者多处办公地点，MET/TEAM 软件也都可以给您覆盖。它可以建立很多类别不同的设施，按照地点、实验室、部门或者其他条件来建立它们之间的关系。

您也可以创建和维护详细的关于人员的信息，包括您的客户，校准小组成员，以及与您有业务往来的合约商。

报告

Crystal Reports 水晶报告专业版软件使得报告的制作和打印都是一件很轻松的事情。您可以报告所有工作单的当前状态和队列中的工作的类型。它也可以帮助您创建并打印出看上去非常专业的校准证书。报告和证书都可以很容易地使用您单位确定的字体、企业商标和认证资料来制作。MET/TEAM 软件自身包含了一批报告模板，您可以“按原样”使用或按您的需求进行自定义。您也可以创建全新的报告和证书。

用可选的功能模块扩展

MET/TEAM™ 软件的能力

MET/TEAM 软件提供了很大的灵活性，您可以先购买现在需要的组件，并按需求成长的变化来添加三个模块扩展应用功能。

移动应用

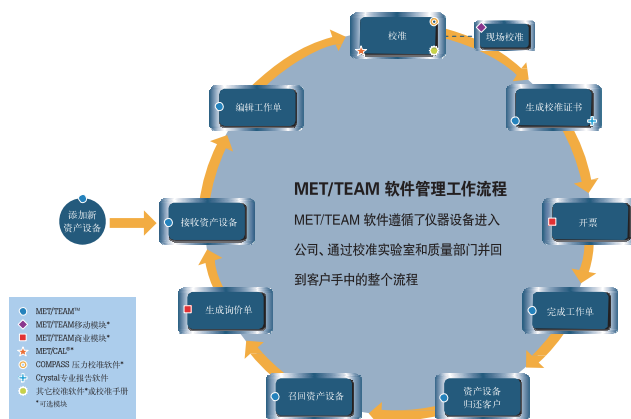
这个模块使得您可以带着 MET/TEAM 和 MET/CAL 软件到用户的现场进行校准。只需导出所需的特定客户数据，并带上相关的信息资料，如校准程序，到用户现场进行校准，之后当您再回到您的实验室时，可把校准记录和资产设备信息再导入主数据库。这个移动模块具有和 MET/TEAM 相同的接口，因此无需再费力学习新的应用。MET/TEAM 软件可让数据的同步变得既简单易用又安全可靠，并始终保持最新。

客户网络端口

它可以使您的客户远程连接您的数据库，并以只读方式去查看所有或部分数据库的内容，这样，客户就可以在任何时间去了解他们想知道的情况。客户可以查看任务的状况；浏览资产信息；打印召回报告；获取他们的校准证书，等等。

商业处理

这个模块可以让您生成特定的工作报价单，创建发票，并在工作任务完成时把发票发送给您的客户。您也可以建立合约价格、折扣价格或额外收费安排等等。



订购信息

软件、许可证及可选模块

型号	说明
MET/CAL/TEAM	MET/CAL 校准管理软件 + MET/TEAM 资产管理软件, 含一个 MET/CAL 许可证和一个 MET/TEAM 许可证
MET/CAL/TEAMXP	MET/CAL 校准管理软件 + MET/TEAM 经济版资产管理软件, 含一个 MET/CAL 许可证和一个 MET/TEAM 经济版许可证
MET/CAL-TL	额外 MET/CAL 许可证, 专为支持 MET/TEAM 或 MET/TEAM 经济版的用户扩展 MET/CAL 校准功能
MET/CAL-UPGTEAM	MET/TEAM 软件添加 MET/CAL 校准模块, 含一个 MET/CAL-TL 许可证
MET/TEAM	资产管理软件, 带一个 MET/TEAM 许可证
MET/TEAM-L	额外一个 MET/TEAM 许可证
MET/TEAM MOBILE	MET/TEAM 移动应用模块, 带一个 MET/TEAM MOBILE 移动应用许可证
MET/TEAM MOBILE-L	额外一个 MET/TEAM MOBILE 移动应用许可证
MET/TEAM PORTAL	MET/TEAM 客户端, 带 100 个可配置的用户访问许可证
MET/TEAM PORT-L100	额外 100 个 MET/TEAM 客户端用户访问许可证
MET/TEAM COMMERCE	MET/TEAM 商业处理模块
MET/TEAMXP-L	额外一个 MET/TEAM 经济版许可证
MET/TEAM-UPGXP	MET/TEAM 软件升级包, 支持 MET/TEAM 经济版升级到完整版
MET/TEAM-UPGXP-L	MET/TEAM 许可证升级包, MET/TEAM 经济版许可证升级到完整版许可证

IEEE-488 接口卡

型号	说明
MET/CAL-IEEE PCI	PCI 总线 IEEE-488 接口卡, 适合台式电脑使用, 含两块卡, 两条 1 米长 IEEE-488 通讯电缆
MET/CAL-IEEE USB	USB 转 IEEE-488 接口卡, 适合台式或笔记本电脑使用, 含两块卡
M/C-IEEE PCI/USB	PCI 总线 IEEE-488 接口卡一块, USB 转 IEEE-488 接口卡一块, 一条 1 米长 IEEE-488 通讯电缆



MET/CAL-IEEE PCI



M/C-IEEE PCI/USB



MET/CAL-IEEE USB

培训

型号	说明
MET/CAL-CBT7	在 CD-ROM 光盘上的 2 个完全的、交互式的培训课程
排定的培训课程	在全世界范围内提供各种培训课程。详细情况请查阅福禄克公司的网站或与福禄克公司的代表机构接洽

技术支持

型号	说明
MET/SUP88 GOLD	MET/CAL Plus 软件金牌支持年度会员计划。会员期内可获得多项支持服务, 如获得支持网站金牌帐号去下载 MET/CAL Plus 软件的升级文件和有保障校准程序光盘, 还可参加免费软件培训等。需要 MET/CAL 70.1 以上版本
MET/SUP88 GOLD NW	MET/CAL Plus 软件金牌支持 4 个客户端年度会员计划。会员期内可获得多项支持服务, 如获得支持网站金牌帐号去下载 MET/CAL Plus 软件的升级文件和有保障校准程序光盘, 还可参加免费软件培训等。需要 MET/CAL 70.1 以上版本。

二、标准器——732B/734A 直流电压参考和传递标准



732B

734A

主要特点

- 灵活的组合方式
- 独立性
- 小型、便携、坚固
- 高置信度
- 高稳定性
- 支持原器校准

灵活的组合方式

732B 是一个 10V 直流电压标准，具有 10V 和 1.018V 输出。而 734A 是一个直流电压参考标准，它由装在可上机柜的机箱中的 4 个 732B 构成，这 4 个 732B 在机械上和电气上都是互相隔离的。

734A 专门供一级和二级校准实验室和标准实验室，作为一等直流电压标准使用。由于 734A 是由 4 个独立的标准构成的，所以我们可以进行标准之间的对比，并用统计的方法来大大减小此参考标准随时间的不确定度。

独立性

734A 标准包含 4 个 732B 直流电压标准，实现完全的机械和电气隔离。由于每个 732B 都是独立的，所以可以把其中任一个从 734A 中拿出来，当作便携式标准，把 734A 参考标准的数值传递到远地的维修或生产场所。

小型、便携、坚固

每一个直流电压标准都是小型、轻便、坚固的，这对于运输是很理想的。长达 72 小时的电池寿命使得 732B 可以带电进行长距离运输。外部电池和充电器选件可以把电池的寿命进一步延长到 130 小时以上。

732B 主要技术指标

输出	月稳定性	年稳定性
10V	0.3ppm	2.0ppm
1.018V	0.8ppm	N/A

高置信度

732B 是在福禄克公司经过验证的 732A 技术的基础上制造的。现在，全世界正在使用着的 732B 有数千台。应用场合从国家实验室或约瑟夫逊阵列传递电压数值，到保存本研究机构的最高电压参考标准。

高稳定性

每个直流电压标准输出的稳定性为每年 $\pm 2.0\text{ppm}$ (10V) 和每月 0.3ppm (10V)。每个 10V 输出可以驱动 12mA 的电流，以便简化与低输入阻抗仪器（如 5720A）的配用。

使用 734A 可以非常容易地在您的实验室建立不确定度分数 ppm 的电压参考标准。随着时间的积累，通过经常地对比和定期地校准，可以把 734A 的不确定度降低 3 倍以上。

支持原器校准

一个单独的 732B 和 742A-1 Ω 及 742A-10k Ω 电阻标准一起，形成了一套坚固、紧凑的原器校准支持设备，可以支持福禄克公司的 5700A/5720A 校准器的校准工作。

订购信息

主机

型号	说明
734A	直流电压参考标准。它包括装在机架宽度机箱内的 4 个 732B
732B	直流电压标准

可选附件

型号	说明
734A-7001	可容纳 4 个 732B 的机箱
732B-7001	外部电池和充电器
732B-7002	运输箱。可容纳 1 个或 2 个 732B 或者 1 个 732B 和 1 个 732B-7001 外部电池和充电器
5440A-7002	低热电势引线套件(香蕉探头)
5440A-7003	低热电势引线套件(铆钉接头)
Y734A	734A 或 734A-7001 的机架安装套件

二、标准器——7001 型直流电压参考标准



主要特点

- 高稳定性直流电压标准
- 回差消除专利技术，克服掉电影响

高稳定性直流电压标准

7001 是一个 10V 直流电压参考标准，提供准确可靠的 10V 和 1.018V 输出。稳定性典型值可达 $\pm 0.5\text{ppm}$ ，可以方便的应用于标准实验室中。

回差消除专利技术，克服掉电影响

电子式直流电压标准需要连续通电，才能保证电压标准的稳定性。意外的断电，会使电压标准的溯源性受损。在此通电后，大多数直流电压标准会产生回差电压，不能恢复到原来的数值。7001 型直流电压标准采用了福禄克的回差消除专利技术，可以克服掉电影响。

主要技术指标

型号	7001
10V 稳定性	$-0.8 \pm 0.7\text{ppm}$ (1 年后)
10V 可预计性	$\pm 0.5\text{ppm}/1$ 年后
回差消除	$\pm 0.1\text{ppm}$
回差消除时间	8~9 小时
备用电池	镍氢电池 12V, 1200mAH
备用电池支持时间	16 小时

订购信息

主机

型号	说明
7001 型	独立的 10V 固态直流电压参考标准，带面板和独立的充电电源

可选附件

型号	说明
7001-65 型	坚固耐用的单模块运输机箱
7004-PWR	12V 直流电源
5440A-7002	低热电势引线套件 (香蕉插头)
5440A-7003	低热电势引线套件 (铲形插头)

二、标准器——792A 交直流转换电压标准



主要特点

- 校准众多高准确度的交流仪器
- 真有效值转换器专利技术提供卓越的准确度
- 准确、快速、坚固、可靠
- 完全可溯源的性能

校准众多高准确度的交流仪器

Fluke 792A 是一台基于热电转换技术的高准确度的交直流转换测量标准。它可以满足最严格的交流电压溯源性要求。如果配有 A40B 分流器，还可以实现 0.1mA ~ 100A 的交流电流的交直流转换测量。792A 可以校准校准实验室中高准确度的交流仪器。这些仪器包括：福禄克公司 5520A/5700A/5720A 等校准器，福禄克公司 8508A、韦夫特克的 1281 或安捷伦公司的 HP3458A 等数字多用表和福禄克公司的 5790A 交流电压测量标准。

真有效值转换器专利技术提供卓越的准确度

792A 采用了福禄克公司的真有效值转换器专利技术和薄膜电阻器，提供卓越的交直流转换不确定度，低达 $\pm 10\text{ppm}$ （比某些国家实验室的标准还要好 $\pm 5\text{ppm}$ ）。792A 还能提供从 2mV 到 1000V 宽范围的电压和 10Hz 到 1MHz 宽范围的带宽。792A 的核心是福禄克公司获得专利的固态真有效值热电转换器，其性能已经为 1979 年以来福禄克公司的多种产品所证明。和传统热偶 7 到 10mV 的输出相比，792A 的输出电压为 2V。792A 在交

直流转换中表现出极好的信号—噪声特性和相对于输入电压低达 10ppm 的最小的反向误差。2V 的输出电压使您能够以更高的分辨率来进行测量。

准确、快速、坚固、可靠

可以使用数字电压表来进行测量 792A 的输出电压，无须使用检零计。这样，测量工作不仅易于进行，而且也更加精密。由于真有效值转换器体积很小，所以其热惯性也很小。这样，792A 在 30 秒的时间内就可以达到稳定，并能够应用于从 11°C 到 35°C 很宽的温度范围之内。真有效值转换器设计得坚固、可靠。每一个转换器都由福禄克公司的微电子学实验室按照严格的标准来制造，以保证每个元件的质量和一致性。

完全可溯源的性能

福禄克公司发出的每一台 792A 都带有溯源到 NIST 的校准证书。还可以提供由 DKD 和 NVLAP 认可的校准证书。随机还包括测量交流电压的交流/直流差别的修正因子表。

为了达到更高的性能，您可以请任何国家计量机构对 792A 的交直流转换不确定度进行直接赋值。

订购信息

主机

型号	说明
792A	交直流转换测量标准，包括电源单元、1000V 量程电阻器和转换开关

可选附件

型号	说明
A40B/SET	十四支交直流分流器套包，1 mA ~ 100 A
5440A-7002	低热电势引线套件(香蕉探头)
5440A-7003	低热电势引线套件(鳄鱼夹)

主要技术指标

功能	范围	最优的 1 年技术指标
交流/直流差别	2mV 到 1000V 10Hz 到 1MHz	$\pm 10\text{ppm}$

二、标准器——5790A 交流电压测量标准



主要特点

- 自动化的精密交流电压测量标准
- 真有效值转换器专利技术提供卓越的准确度
- 测量覆盖范围宽，校准众多仪器
- 标准 IEEE-488 接口和 RS-232C 接口，可以程控

自动化的精密交流电压测量标准

Fluke 5790A 是为严格要求的校准应用场合设计的完全自动化的交流电压测量标准。它既有热电转换标准才能够达到的准确度，又有数字多用表易于使用的特点。既可以直接测量交流电压，也可以做交直流转换测量。测量结果直接显示在显示屏上。

真有效值转换器专利技术提供卓越的准确度

5790A 交流电压测量标准是基于福禄克的热电转换技术研制的新型测量设备。这种技术也同样应用在 Fluke 792A 交/直流转换标准中。福禄克真有效值转换器是基于这个专利的核心技术芯片。它的输出为 2V 左右，远远超过传统热电偶转换器的 7-10mV 的电动势，具有极高的信噪比和非常小的反向误差。Fluke 5790A 还配备了密封的薄膜电阻网络以减小交/直流的差别和温度系数。

测量覆盖范围宽，校准众多仪器

5790A 可以测量 600 μ V 至 1000V 的交流电压，频率从 10Hz 至 1MHz。宽带选件可以将频率扩展至 30MHz。配用 Fluke A40B 精密分流器可以测量交流电流至 0.1mA ~ 100 A。5790A 有四套连接输入端口，二个 N 型插口和一组接线柱，可以直接连接输入电压进行交流电压测量或交直流转换测量。第二个 N 型插口用于宽带选件的输入。第二套接线柱用于连接分流器测量电流。5790A 的设计满足了福禄克公司 5500A/5520A 校准器和 5700A/5720 校准器以及其它校准器、放大器（如 5725A）、传递标准和各种交流电压表等校准支持的要求。

标准 IEEE-488 接口和 RS-232C 接口，可以程控

5790A 配备了 IEEE-488 接口和 RS-232C 接口，可以实现远地控制，自动校准各种交流仪器。这对于提高校准质量，提高校准效率，具有重要的意义。

订购信息

主机

型号	说明
5790A	交流电压测量标准
5790A/03	带宽带选件的交流电压测量标准

可选附件

型号	说明
5790A-03	宽带交流测量选件
Y5737	5790A 机架安装套件
A40B/SET	十四支交直流分流器套包，1 mA ~ 100 A
5440A-7002	低热电势引线套件(香蕉探头)
5440A-7003	低热电势引线套件(鳄鱼接头)

主要技术指标

电压范围	频率范围	最优的 1 年技术指标			
		交直流转换模式		直接测量	
		相对不确定度	绝对不确定度	相对不确定度	绝对不确定度
600 μ V ~1000V	10Hz ~1MHz	15ppm	18ppm	22ppm	24ppm
600 μ V ~7V	10Hz ~30MHz			0.03%~0.35%	0.8%+2 μ V

二、标准器——A40B 系列精密分流器



主要特点

- 更优异的性能指标
- 更广泛的应用
- 更灵活的使用

订购信息

主机

型号	说明
A40B/SET	包含 14 个分流器, 另外还有除了接口 A40B-ADAPTSPADE 外的所有适配器和包装箱

单支分流器

型号	说明
A40B-1mA	1mA 分流器
A40B-10mA	10mA 分流器
A40B-20mA	20mA 分流器
A40B-50mA	50mA 分流器
A40B-100mA	100mA 分流器
A40B-200mA	200mA 分流器
A40B-500mA	500mA 分流器
A40B-1A	1A 分流器
A40B-2A	2A 分流器
A40B-5A	5A 分流器
A40B-10A	10A 分流器
A40B-20A	20A 分流器
A40B-50A	50A 分流器
A40B-100A	100A 分流器

通用连接适配器

型号	说明
A40B-ADAPT/SPADE	120A LC型接头转方形接头连接适配器
A40B-ADAPT/LC	LC型接头转 LC型接头适配器
A40B-ADAPT/LCN	LC型接头转 N型接头适配器
A40B-LEAD/4mm	N型接头转 4mm 香蕉接头测试线
A40B-LEAD/N	N型接头转 N型接头测试线

其他附件和服务

型号	说明
A40B/CASE	玻璃钢包装箱
1883673	满足 ISO17025 标准的标准证书

校准 A40B 时使用的适配器

型号	说明
A40B-CAL/LC	串联连接两个分流器的大电流适配器 (LC 转 LC)
A40B-CAL/N	串联连接两个分流器的小电流适配器 (N 转 N)

更优异的性能指标

Fluke A40B 系列精密分流器包含 14 个低电感同轴分流器, 测量电流范围从 0.1mA 至 100A。主要用于在实验室测量交直流电流和校准交直流电流测量装置。A40B 系列分流器的分流器内部的物理结构和元件的精密性保证了它的频率响应非常平坦, 电阻值非常稳定、准确, 具有出色的低自加热功率系数和低温度系数, 可以用于直接测量电流从直流到 100kHz, 直流电流准确度达 20 ppm, 交流电流准确度达 23 ppm, 远远高于之前的所有分流器装置。因此, 现在精密电流测量可以直接根据分流器电阻值的换算, 而不一定要使用传统复杂的交直流转换方法了。

更广泛的应用

用 A40B 系列分流器和测量电压仪器配合使用, 可以直接精确测量交直流电流, 校准各种校准器的电流功能, 支持大电流跨导放大器的校准。由于 A40B 系列相位偏移极低, 这一特点对交流功率测量, 尤其是

非正弦波形的测量非常关键。在电能质量分析和数字功率表的测量应用中, A40B 系列用作电流采样器获得准确的电流信号幅值和相位。

更灵活的使用

A40B 系列分流器的电压输出标称值为 0.8V。相对于传统的 45/75 mV 分流器, 输出电压高, 大大提高了信噪比, 可以非常方便地配用精密电压表或其他测量仪器, 100A 电流对应的电阻为 8mΩ, 随着电阻增加到 80Ω, 电流量程为 10mA。另外, 1mA 的分流器有内部有一个电池供电的缓冲放大器, 可以驱动输出电压, 使得 800Ω 的分流电阻与测量装置产生最小的相互影响。

A40B 系列分流器出厂附带着可溯源的校准报告。如客户需要, 可选购符合 17025 标准要求的校准报告。



主要技术指标

标称电流	标称电阻 Ω	指标 ± uA/A, TCal ± 1°C, ≤ 50%RH		
		DCI	ACI 1kHz	交直流转换差 1kHz
1mA	800	20	55	53
10mA	80	20	26	20
20mA	40	20	26	18
50mA	16	20	23	13
100mA	8	20	24	14
200mA	4	20	26	17
500mA	1.6	21	27	17
1A	0.8	21	27	17
2A	0.4	21	27	17
5A	0.16	21	31	23
10A	0.08	26	37	28
20A	0.04	26	43	37
50A	0.016	26	55	47
100A	0.008	35	65	60

二、标准器——742A 标准电阻



主要特点

- 提供温度特性修正
- 空气中使用，不需要使用油槽
- 小巧、坚固

提供温度特性修正

福禄克公司的742A电阻标准是供精密电阻校准使用的高准确度工作标准。随标准电阻提供校准修正数据表，表中的修正值以0.5℃的温度间隔给出，使用这些修正值，就可以把不确定度几乎降低到零。

空气中使用，不需要使用油槽

742A可以在空气中使用，不需要使用很麻烦的油槽。其优异的温度稳定性使之可以工作在18℃~28℃的温度范围之内，这时其性能一般只降低2ppm。

小巧、坚固

742A小巧坚固、使用方便。

主要技术指标

数值	最优的1年技术指标
从1Ω到19MΩ按×1和×1.9的序列共12个值	±4ppm

订购信息

主机

型号	说明
742A-1	1Ω电阻标准
742A-1.9	1.9Ω电阻标准
742A-10	10Ω电阻标准
742A-100	100Ω电阻标准
742A-1k	1kΩ电阻标准
742A-10k	10kΩ电阻标准
742A-19k	19kΩ电阻标准
742A-100k	100kΩ电阻标准
742A-1M	1MΩ电阻标准
742A-10M	10MΩ电阻标准
742A-19M	19MΩ电阻标准
742A-25M	25MΩ电阻标准

可选附件

型号	说明
742A-7002	运输箱
5440A-7002	低热电势引线套件(香蕉探头)
5440A-7003	低热电势引线套件(铆焊接头)

(上接 A40B 产品内容)



A40B-ADAPT/SPADE



A40B-ADAPT/LC



A40B-ADAPT/LCN



A40B-LEAD/4mm



A40B-LEAD/N



A40B-CAL/LC



A40B-CAL/N

二、标准器——752A 参考分压器



主要特点

- 10:1 和 100:1 分压器输出
- 内置校准电桥
- 自校准系统，易于使用

752A 是一个 10:1 和 100:1 的精密分压器，主要用来把各种直流电压源和 10V 电压标准（如 732B）进行比较。752A 内部的开关使您无须改变电路连接，就能够用 10V 的电压标准来校准直流电压校准器的 100mV、1V、10V、100V、1000V 量程。

在每次使用之前，只须使用一个稳定电压源和一个检零计就能够很容易地对 752A 进行校准。整个过程只需要 5 分钟，而且不需要使用外部的标准。

主要技术指标

分压比	输入	分压比技术指标
10:1	0V 到 100V	± 0.2ppm
100:1	0V 到 1000V	± 0.5ppm

订购信息

主机

型号	说明
752A	参考分压器

可选附件

型号	说明
5440A-7002	低热电势引线套件（香蕉探头）
5440A-7003	低热电势引线套件（铲形接头）

二、标准器——720A 十进制分压器



主要特点

- 分辨率 0.1ppm，7 个十进制盘
- 内置自校准电桥，在前面板自校准
- 内部等电位保护

720A 开尔文—瓦利十进制分压器是一台高分辨力的一级比率标准，按七个十进制步进盘设置电压比率，绝对线性度为 0.1ppm，线性度的温度系数为 0.1ppm/°C。内部有等电位保护，并具有自校准能力。

主要技术指标

比率范围	输入范围	分辨率	端子线性度
0:1.1	0V 到 1100V	输入的 0.1ppm，7 个十进制步进盘	± 0.1ppm

订购信息

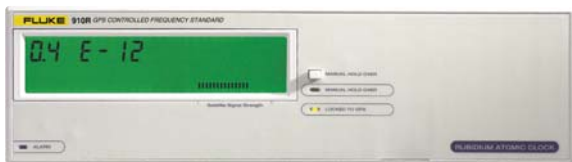
主机

型号	说明
720A	开尔文—瓦利分压器

可选附件

型号	说明
5440A-7002	低热电势引线套件（香蕉探头）
5440A-7003	低热电势引线套件（铲形接头）

二、标准器——910/910R GPS 监控的频率参考标准



主要特点

- GPS 卫星控制的标准频率源
- 世界上第一种真正可溯源的频率参考标准

GPS 卫星控制的标准频率源

910/910R 型 GPS 监控的频率标准可以在世界任何地方提供精确的频率/时间标准。它们接收 GPS 卫星上的铯钟标准频率信号，并在本机提供控温的石英晶体振荡器或铷钟，从而获得长时间的稳定性。是极其准确的，自动提供溯源性的，高性价比的频率/时间参考标准。

世界上第一种真正可溯源的频率参考标准

空中广播的频率标准已存在多年，但是以往的这些标准都只是一个带天线输入和频率输出的“黑匣子”，机内的频率控制过程是不被人知的。为了获得溯源性，用户需要定期用另外的频率/时间标准和计频计时器与“黑匣子”的频率输出做长时间比较，来确认频率的准确性。910/910R

型中不但有高稳定度内部频率标准，还有一个先进的、具有高分辨力的相位/频率测量单元。接收的 GPS 信号与机内的频率标准连续地比较测量两个频率标准之间的偏差——也就是溯源标准的结果，储存在机内的非易失性存储器中。机内存储器可以容纳二年的溯源校准的结果记录。记录可以在任何时间传送至计算机，由随仪器提供的 GPS-View 软件控制打印出来。

主要技术指标

	910	910R
本地振荡器类型	恒温石英晶体振荡器 (OCXO)	铷钟振荡器
短期稳定度 (T=1s) (锁定至 GPS)	5×10^{-12}	3×10^{-11}
短期稳定度 (T=10s) (锁定至 GPS)	5×10^{-12}	1×10^{-11}
短期稳定度 (T=100s) (锁定至 GPS)	3×10^{-11}	3×10^{-12}
短期稳定度 (T=1000s) (锁定至 GPS)	5×10^{-11}	1×10^{-12}
频率偏移 (锁定至 GPS, 24 小时平均值)	2×10^{-12}	1×10^{-12}
预热	10 分钟至 5×10^{-9}	10 分钟至 4×10^{-10}
10MHz 输出	5 路 (加选件后为 10 路)	5 路 (加选件后为 10 路)
5MHz 输出	1 路	1 路
秒脉冲输出	1 路	1 路
2.048MHz 输出	5 路 (选件)	5 路 (选件)
0.1、1、5、10MHz 输出	(选件)	(选件)
可编程脉冲输出	(选件)	(选件)
标准数据存储 (24 小时平均值)	2 年	2 年
工作模式	GPS 锁定或保持 (手动或自动)	GPS 锁定或保持 (手动或自动)

订购信息

主机

型号	说明
910	GPS 监控恒温石英晶体振荡器频率参考标准，包括 GPS-View 软件
910R	GPS 监控铷钟频率参考标准，包括 GPS-View 软件

可选附件

型号	说明
910X-01	GPS 天线
910X-01/50	天线安装套件
910X-02	天线用电缆 (长度可达 130 米)
910X-50	机架安装套件
910X-60	携带箱
910X-70	另加 5 路 10MHz 输出
910X-71	另加 0.1、1、5、10MHz 输出
910X-72	另加 5 路 2.048MHz 输出
910X-73	另加 5 路 13MHz 输出
910X-75	另加 1 路可编程脉冲输出
910X-76	以太网接口

三、高精度数字多用表——8508A 八位半高精度标准数字多用表



主要特点

- 8.5 位数字分辨率
- 交直流 20A 的电流测量能力
- 真欧姆测量能力
- 参考标准级铂电阻温度测量的准确度和稳定性
- 双通道比率测量提供了简单而快速的传递测量能力
- 高精度铂电阻温度计

8.5 位数字分辨率

8508A 的直流电压和交流电压测量量程都是从 200mV 到 1kV，覆盖了您的所有电压测量需求。在直流电压、直流电流和电阻功能所有的量程上都可以达到全 8.5 位的分辨率，可以给出低至 1nV 的分辨率。其交流测量的带宽伸展到 1MHz。将它的优异的线性和比率测量能力结合起来，8508A 能够代替开尔文-瓦利分压器和交流/直流电压传递标准。因此单独一台仪器实现多种应用的解决方案，大大提高了您的工作效率。

交直流 20A 的电流测量能力

8508A 电流测量的特点是具有突出的新型电流测量系统。它第一次实现了电流输入端的电阻为虚拟零欧姆。这意味着测量仪器对电路的影响大为减小，在测量点实际上呈现为零负荷。8508A 电流测量功能还具有另一个优点，使得电流测量中传统的复杂的屏蔽保护方案没有必要，可以更加可靠、可重复性更好、并以更高的置信度来进行测量工作。

8508A 电流测量的量程从 200μA 到 20A，频率范围从 1Hz 到 100kHz，保证满足您所有测量工作的需求，尤其校准多功能校准器时需要的大电流测量需求。

真欧姆测量能力

电阻测量量程从 2Ω 到 20GΩ、分辨

力达 10nΩ，是一个完整的电阻测量系统。此外，本仪器还具有 200V 的高伴生电压和 100mA 的测量大电流。

参考标准级铂电阻温度测量的准确度和稳定性

为进一步扩展测量工作的范围，8508A 还提供了 2、3、4 线的铂电阻 PRT 或标准铂电阻 SPRT 温度测量能力，温度测量范围从 -200℃ 到 660℃。仪器能够同时给出温度和电阻读数，并具有 ITS-90 和 Callendar van Duesen 公式的线性化能力，因此 8508A 对于温度测量和铂电阻 PRT 校准工作都是一种理想的工具。与电阻测量时一样，温度测量时也采用电流反向技术以消除热电势的误差。

这种更大的灵活性扩大了精密测量工作的范围。而且使用 8508A 将会获得更好的不确定度。

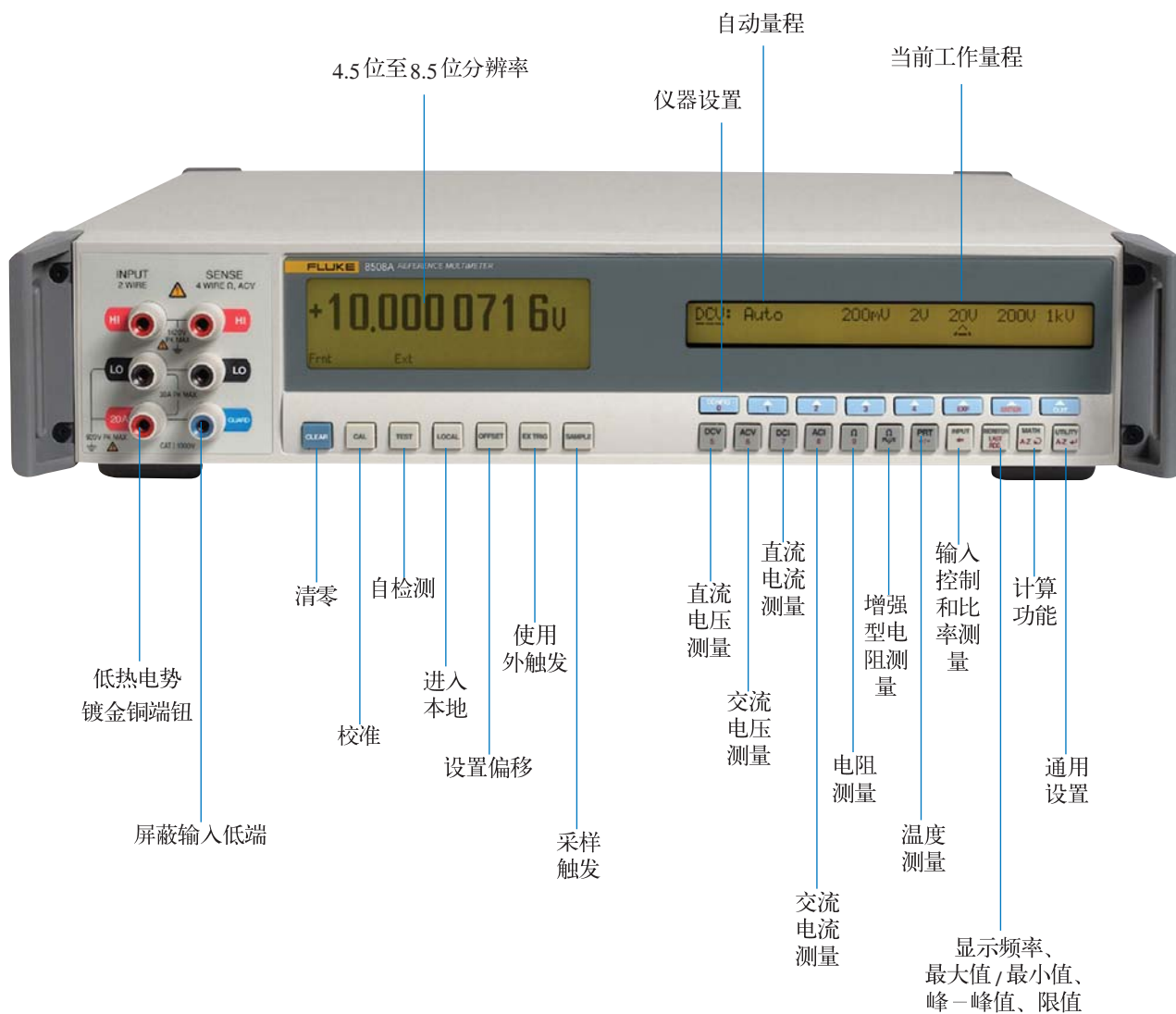
双通道比率测量提供了简单而快速的传递测量能力

8508A 具有双通道比率测量功能，可以简单而快速的传递测量能力。例如该电阻测量系统的优异性能不仅表现在其技术指标上，还表现在福禄克对于测量技术的关注。在进行比率测量的时候，强制相同的电流流过两个电阻，而只切换测量电路。在电阻测量过程中，可以将测量电流反向以消除由热电势效应引起的误差。

高精度铂电阻温度计

福禄克公司的扩展范围金属护套的标准铂电阻温度计 8508A-SPRT 和二级标准铂电阻温度计 8508A-PRT 由一流的标准计量学家设计、制造，以扩展福禄克公司 8508A 参考数字多用表的精密铂电阻温度测量功能。





主要技术指标

功能	工作范围	1年技术指标 95%置信水平 (ppm 读数 + ppm 量程)	1年技术指标 99%置信水平 (ppm 读数 + ppm 量程)
直流电压	0~199.990000mV	4.5+0.5	6.0+0.6
	0~1.99990000V	3.0+0.2	4.0+0.25
	0~19.9990000V	3.0+0.2	4.0+0.25
	0~199.990000V	4.5+0.2	6.0+0.25
	0~1050.00000V	4.5+0.5	6.0+0.6
直流电流	0~199.990000μA	12+2.0	15+2.0
	0~1.9999000mA	12+2.0	15+2.0
	0~19.999000mA	13+2.0	16+2.0
	0~199.99000mA	36+4.0	45+4.0
	0~1.9999000A	170+8.0	210+8.0
	0~19.999000A	380+20	455+20
电阻	0~1.99990000Ω	1.5+2.0	19+2.5
	0~19.9990000Ω	9+0.7	11.5+0.9
	0~199.990000Ω	7.5+0.25	9.5+0.3
	0~1.99990000MΩ	10+0.5	10.5+0.6
	0~19.9990000MΩ	15+5	20.5+6
	0~199.990000MΩ	60+5	75+6
	0~1.99990000GΩ	150+50	195+60
	0~19.9990000GΩ	525+500	675+600
	交流电压	0~199.9900000mV	105+10
	0~1.999900000V	65+10	75+12
	0~19.99900000V	65+10	75+12
	0~199.9900000V	65+10	75+12
	0~1050.000000V	95+20	110+25
交流电流	0~19.99900000mA	280+100	340+120
	0~199.9900000mA	250+100	305+120
	0~1.999900000A	600+100	705+120
	0~19.99900000A	800+100	900+120
温度	0~199.99000Ω	7.5+0.14(0.002℃)	9.5+0.18(0.002℃)
	200~1999.9000Ω	7.5+0.5(0.0025℃)	9.5+0.6(0.0025℃)

订购信息

主机

型号	说明
8508A	参考数字多用表
8508A / 01	参考数字多用表，带前、后面板 4mm 接线柱和比率测量能力

可选附件

型号	说明
8508A-LEAD	引线套件，包括四套 1 米 PTFE 电缆，两端为镀金的铲型连接器
8508A-PRT	金属护套铂电阻温度计
8508A-SPRT	金属护套标准铂电阻温度计
Y8508	机架安装套件
Y8508S	机架安装滑动套件
8508A-7000K	1GΩ 标准电阻和校准连接专用线



8508A-LEAD 引线套件

主要技术指标

	8508A-SPRT	8508A-PRT
温度范围	-200℃到 661℃	-200℃到 661℃
标称 R _{TPW}	25.5Ω (± 0.5Ω)	100Ω (± 1Ω)
校准不确定度		在 661℃时: ± 0.015℃
灵敏度	0.1Ω/℃	>0.3925Ω/℃
漂移率	每年最大: < 10mK 每年典型值: 2-3 mK	在 661℃时, < 30mK/500小时
稳定性		± 0.003℃
保护外套	Iconel™ 600 直径 0.219 英寸 × 长 19 英寸 (5.56mm × 482mm)	Iconel™ 600 直径 0.25 英寸 × 长 15 英寸 (6.35mm × 381mm)

三、高精度数字多用表——8845A/8846A 六位半精密数字多用表



主要特点

- 引领数字多用表发展的新趋势
- 功能多
- 操作简便
- 准确度高，测量范围宽
- 连接灵活
- 六位半的价格，七位半的性能（8846A）

引领数字多用表发展的新趋势

数字多用表是电子测试仪器的代表性产品。数字多用表的发展代表了当代电子测量技术和自动化测量技术的方向。福禄克公司是世界上最早的数字多用表生产厂家，也是全世界数字多用表的主导厂家。多年来，不论在电子制造，科学研究，新产品的开发等等，都广泛地应用着数字多用表。数字多用表的应用要求也有了非常大的发展和变化。例如：提供更多的信号信息、更多的功能，操作更简便，测试的范围更宽，系统地连接更灵活、更方便等。8845A/8846A 就是引领这一发展趋势的新型数字多用表。

功能多

8845A/8846A 有多达15种功能。可以测量直流电压、交流电压、直流电流、交流电流、电阻、频率、周期、电容、温度、通断性、二极管/稳压管。此外还有计算功能、统计分析功能、限值比较功能和趋势绘图功能。这些功能在其它数字表中都是没有的。8845A/8846A 还可以在在一次测量中可以同时获得被测信号的两个参量。例如：测量交流电压或电流时，可以同时显示信号的直流分量。

上述这些功能使仪表在产品研发、生产制造、设备维护维修和计量校准中可以发挥更大的作用，一台仪表就可以解决几乎所有电气测量的需要。

操作简便

和传统的简单数码管显示不同，8845A/8846A 使用点阵式显示屏，它可以在显示屏中提供多种信息，包括仪器的各种设置，多个测试结果，甚至趋势图像。承上启下的菜单使得操作起来非常简单，每个菜单中都显示出可用的所有选项，可以方便的选择设置。一般设置都不超过三次按键就可以完成。而传统数码管显示的台式数表，只能从显示的一个个选项中翻找所需要的内容，很多操作需要按十几次按键才能够完成。由于显示的内容仅仅是有限的符号，没有意义明显的文字，在操作的过程中出现错误是经常的。

由于8845A/8846A 操作简便，即使是从未使用过仪器的人都可以轻松地掌握仪器的使用，翻阅手册几乎成为多余。即便是那些不常用的功能，也不需要反复查看手册就可以使用。

准确度高，测量范围宽

8846A 是目前台式六位半数字多用表中准确度最高的仪表。其直流电压测量不确定度为 24 ppm。它的测试范围也是非常宽的，直流电压、交流电压都可以达到 1000 V（一般台式数字多用表交流电压仅为 750V）；测量大电阻有 1 GΩ 量程，测量小电阻有 10 Ω 量程，分辨力达 10 μΩ；测量频率达 1 MHz；测量电容达 100 mF；用 8845A/8846A 的交直流电流

功能测试大电流有 10 A 量程（一般台式数字多用表电流仅为 3A），测试小电流有 100 μA 量程，分辨力达到 100 pA。这些都大大超出了其他同类数字多用表的测量范围。

连接灵活

8845A/8846A 标准配置了 RS-232 串行接口、IEEE-488 并行接口和以太网接口。用户可以用任何一种接口将仪器接入自动测试系统中。福禄克公司提供 USB-RS232C 转接电缆选件，也可以用计算机的 USB 接口实现串行通讯。8845A/8846A 可以仿真 Fluke 45 和 34401A 的操作和编程命令。使得 8845A 或 8846A 能够非常容易被集成到现有的测试系统中。

六位半的价格，七位半的性能(8846A)

8846A 的各项功能配置和准确度都与目前的七位半数字多用表相似，再加上独特的统计分析、趋势绘图和直方图分析等功能，特别适合在计量校准、科学研究和新产品开发中应用。

8846A 还提供了一个 USB 存储器接口，可以通过便携式 U 盘存储器与计算机交换数据，这样可以大大方便数据的保存、传送和分析，而无需编制控制程序和系统连接。这是目前唯一支持 U 盘存储器的台式数字多用表。

福禄克的 8845A/8846A 提供免费的

FlukeView 基本版软件。它可以将数据从仪表传输至 PC 机，通过 PC 机将表格或图形格式显示的读数存储下来。

特点综述

- 6.5 位分辨率
- 直流电压不确定度达 0.0024%(8846A)/0.0035%(8845A)
- 双显显示屏
- 100μA~10A 电流量程，分辨力高达 100pA
- 宽电阻量程：10Ω~1GΩ，分辨力高达 10μΩ(8846A)
- 2 × 4 方式的 4 线电阻测量功能
- 测量频率、周期
- 测量电容、温度(8846A)
- USB 存储器端口(8846A)
- Fluke 45 和 Agilent 34401A 程控仿真模式
- 图形显示屏
- Trendplot™ 无纸记录模式，统计分析和直方图
- CAT I 1000V/CAT II 600V，安全级别高

8845A/8846A 具有 15 种测量功能，有数学计算和分析模式，完全满足测试、研发计量和维修的应用。



以高准确度和 6.5 位的分辨率处理苛刻的测量要求。



利用内置的TrendPlot 无纸记录仪以图形方式研读模拟电路中的各种漂移和突发性事件。



以直方图模式观察结果，考察模拟电路中的稳定性或噪声问题。



拥有专利的分隔式插孔，利用2根测试线即可进行四线电阻测量

在万用表的前、后面板均提供了输入端子，方便了系统的连接

清晰、明亮的双显示屏以图形或数字格式显示数据

用于闪存设备的USB 存储器端口 (8846A)，非常方便地储存和传输数据

一键式功能，使用简单

功能清楚的软键对测量功能和仪器操作的引导和设置十分方便、简单

主要技术指标

0 μA ~ 10 A	8845A	8846A
显示屏	真空荧光点阵显示屏	
显示位数	6.5 位数字	
测量功能	不确定度, ± (% 读数 + % 量程)	
V dc		
测量范围	0 mV ~ 1000 V	
最高分辨率	100 nV	
不确定度	0.0035 + 0.0005	0.0024 + 0.0005
V ac		
测量范围	1 mV ~ 750 V	1 mV ~ 1000 V
最高分辨率	100 nV	
不确定度	0.06 + 0.03	0.06 + 0.03
频率	3 Hz ~ 300 KHz	
电阻		
2 × 4 线方式	有	有
测量范围	0 Ω ~ 100 MΩ	0 Ω ~ 1 GΩ
最高分辨率	100 μΩ	10 μΩ
不确定度	0.010 + 0.001	0.010 + 0.001
A dc		
测量范围	0 μA ~ 10 A	0 μA ~ 10 A
最高分辨率	100 pA	100 pA
不确定度	0.050 + 0.005	0.050 + 0.005
A ac		
测量范围	0.1 mA ~ 10 A	1 μA ~ 10 A
最高分辨率	10 nA	100 pA
不确定度	0.10 + 0.04	0.10 + 0.04
频率	3 Hz ~ 10 kHz	
频率 / 周期	3 Hz ~ 10 kHz	
测量范围	0 Hz ~ 300 kHz	0 Hz ~ 1 MHz
最高分辨率	1 μHz	1 μHz
不确定度	0.01 %	0.01 %
通断性 / 二极管测试	有	
电容		
测量范围	—	0 nF ~ 0.1 F
最高分辨率	—	1 pF
不确定度	—	1 %
温度		
类型	—	铂电阻
测量范围	—	-200 °C ~ +600 °C
最高分辨率	—	0.01 °
不确定度	—	0.06 °
运算功能		
类型	校零、最小 / 最大 / 平均、标准差, mx+b	
dB/dBm	有	
高级功能		
统计 / 柱图	有	
趋势图	有	
限值测试	有	
功能键设置	无	
输入 / 输出		
USB 存储器	—	有
实时时钟	无	有
接口	RS-232、IEEE-488.2、LAN、 使用转换器的 USB 端口	
编程语言 / 模式	SCPI (IEEE-488.2)、 兼容 Agilent 34401A 和 Fluke 45	
通用技术指标		
重量	3.6 kg (8.0 lb)	
尺寸 (高 × 宽 × 深)	88 mm × 217 mm × 297 mm	
安全	产品设计满足 IEC 61010-1 2000-1、 ANSI/ISA-S82.01-1994、CAN/CSA-C22.2 No. 1010.1-92、 CAT I 1000 V/CAT II 600 V 标准	

订购信息

主机

型号	说明
8845A	6.5 位台式精密数字多用表, 35 ppm
8846A	6.5 位台式精密数字多用表, 24 ppm USB 存储器接口

可选附件

型号	说明
TL910	精密电子测试套线探头组
884X-SHORT	4 线短路器
TL2X4W-PT II	2 × 4 线欧姆测试线, 2 mm 探针
884X-USB	USB 至 RS232 电缆转换器
FVF-UG	FlukeView Forms 软件升级
Y8846S	机柜安装套件, 单
Y8846D	机柜安装套件, 双
884X-RTD	100 欧姆铂电阻温度探头
884X-512M	USB 存储器, 512 MB
884X-1G	USB 存储器, 1 GB
Y8022	IEEE488 电缆 (2 m)



TL910 精密电子测试套线探头组



884X-SHORT 4 线短路器



TL2X4W-PT II
2 × 4 线欧姆测试线, 2 mm 探针

三、高精度数字多用表——8808A 五位半数字多用表



主要特点

- Fluke 45 数字表新一代升级产品
- 独特的功能设置按键
- 优异的小电流测试功能
- 广泛的双参量测量和显示
- 2 × 4 四线电阻测量技术
- “通过/不通过”检测功能

Fluke 45 数字表新一代升级产品

福禄克的 F45 五位台式数字表自出产以来，成为全球生产量最大的数字多用表，在全球享有众多的奖励和用户的好评。F45 也是在中国销量最大的数字多用表。随着科学技术的发展，为了满足众多用户的各种新需求，福禄克又新推出了 8808A。8808A 除了继承 F45 的所有优秀特点之外，还增加了很多新的功能和特点。它提供了丰富的测量功能，包括交直流电压、交直流电流和电阻，以及频率——所有功能都具有卓越的不确定度和分辨力，能够满足众多苛刻的测量要求。8808A 成为五位半数字表最新技术水平的代表产品。

独特的功能设置按键

制造业常常需要许多专用测试仪器，要求这些专用仪器设置简单、操作方便。由于这些仪器的专用性，只能适合几种测试的需求，价格往往很贵，维护维修成本也很高。8808A 可以将仪器的各种功能组合和复杂设置都保存在预设的功能键中。使用时，只需按下相应的设置键，就使 8808A 成为用户的一台专用测量仪器。由于 8808A 是通用测试仪器，不但可以为用户节省大量的采购费用，维护维修费用，还可以节省大量的使用人员的操作培训，避免操作错误。

8808A 前面板上的六个设置键就像车载收音机上的频道按钮。只需先将数字

多用表某项测试设置为一项常用的测量功能，然后按下 SHIFT 键，再选择下一个设置按钮 (S1~S6)，即可保存该测试设置。然后，当每次需要执行该测量功能时，仅需按下相应的设置键即可。就是这么简单！有了设置键，不再需要反复地翻阅说明书。操作者也无需在测量前按下许多按钮来设置测量功能，量程、测试限值，或者输入其它参数。

优异的小电流测试功能

很多电子设备都是用电池供电的。为了节能，待机时间更长是设备应用十分关键的问题。在产品的研制、生产和应用中都需要知道这些设备待机时的微小电流。因此能否准确测试漏电的电流是一项非常重要的功能。在测量这样的小电流时，要求测量仪表的电流量程要低，内阻要小。在利用传统的数字多用表测量低于 100 mA 的小电流时，会在进行测试时加载被测电路。这就使得测量电池供电装置在关闭状态下的漏电流非常困难，有时甚至是根本不可能。Fluke 8808A 是同类别产品中唯一采用低阻抗 I-V 转换技术进行低电流测量的仪器。在这种特殊模式下，8808A 能够以 1 nA 的分辨力测量小电流，并且无需加载被测电路。

广泛的双参量测量和显示

8808A 提供了独特的双显示屏，通过单一的测试连接即可测量同一信号的两

项不同参量。同时观察两个相关的参量，例如电压和电流，可发现通常容易忽略的问题，大大简化了测试和排障工作。

2 × 4 四线电阻测量技术

福禄克专利的 2 × 4 四线电阻功能采用了分隔式插孔，仅使用 2 根而非 4 根测量线即可进行四线电阻测量。现在大量使用的表面安装元件使得测量的连接难以实现。当您采用四线技术进行精密的低值电阻测量时，则更加难以连接。福禄克的测试线附件将四根线连结成了两个测试线对，使得连接非常方便。用户在获得卓越的分辨力和不确定度的同时，还享受到了仅使用一对测试线的方便和灵活。

“通过/不通过”检测功能

Fluke 8808A 五位半数字多用表能够可靠地执行当今应用中常见测量工作。无论您是进行功能试验还是进行严格的测试点测量，利用带有“PASS/FAIL(通过/不通过)”指示的比对模式，均可避免生产错误，对于结果处于临界状态的情况尤其重要。

8808A 的显示屏上的指示器，可清晰地提示用户测试结果“通过/不通过”。“PASS/FAIL(通过/不通过)”指示使用户在测试时不再需要猜测或估计。

福禄克的质量保证

福禄克品牌一贯以坚固、可靠性高和不确定度享誉全球。依赖于我们的经验、设计标准和质量保证程序,我们的数字多用表能够经得起对其技术指标的任何审查。事实上,福禄克数字多用表的典型表现都优于规定的技术指标。

我们所有的努力都是为了确保您进行准确地测量——可重复地,并且信心十足!



拥有专利的分隔式插孔,利用 2 根测试线即可进行四线电阻测量

清晰、明亮的双显示屏,通过单一的测试连接可测量同一信号的两个不同参数

限值比较模式可将当前的读数与预定义的上限/下限进行比较。如果发生读数超限,显示屏会明确地提示用户测试是否合格。与前面板的设置键配合使用,可使手动测试程序简单、快速、高效

i-Lkg 功能,为灵敏的小电流测量额外增加了两个低阻抗量程

功能设置键,仅需按下一个按钮即可进行常见的测量。将已知的测量设置保存到前面板可操作的设置键中,提高了测试重复性,从而改善了测试质量和测试速度。而后操作者所需做的仅仅是选择正确的设置键

主要技术指标

显示屏	真空荧光多段显示屏
显示位数	5.5 位数字
测量功能	不确定度, ± (% 读数 + % 量程)
V dc	
测量范围	0 mV ~ 1000 V
最高分辨率	1 μV
不确定度	0.015 + 0.003
V ac	
测量范围	2 mV ~ 750 V
最高分辨率	1 μV
不确定度	0.2 + 0.05
频率	20 Hz ~ 100 KHz
电阻	
2 × 4 线方式	有
测量范围	0 Ω ~ 100 MΩ
最高分辨率	1 mΩ
不确定度	0.02 + 0.003
A dc	
测量范围	0 μA ~ 10 A
最高分辨率	1 nA
不确定度	0.02 + 0.005
A ac	
测量范围	0.2 mA ~ 10 A
最高分辨率	100 nA
不确定度	0.3 + 0.06
频率	20 Hz ~ 2 kHz
频率 / 周期	
测量范围	20 Hz ~ 1 MHz (仅频率)
不确定度	0.01 % + 0.003 %
通断性 / 二极管测试	有
电容	
测量范围	—
最高分辨率	—
不确定度	—
温度	
类型	—
测量范围	—
最高分辨率	—
不确定度	—
运算功能	
类型	相对值, 最小 / 最大
dB/dBm	dBm / 功率
高级功能	
统计 / 柱图	无
趋势图	无
限值测试	有
功能键设置	有
输入 / 输出	
USB 存储器	—
实时时钟	无
接口	RS-232, 使用转换器的 USB 端口
编程语言 / 模式	简化 ASCII、兼容 Fluke 45
通用技术指标	
重量	2.1 kg (4.6 lb)
尺寸 (高 × 宽 × 深)	88 mm × 217 mm × 297 mm
安全	产品设计满足 EN 61010-1:2001、ANSI/ISA 61010-1 (S82.02.01):2004、UL 61010-1:2004、

订购信息

主机

型号	说明
8808A	5.5 位台式数字多用表, 0.015 %

可选附件

型号	说明
TL910	精密电子测试套线探头组
884X-SHORT	4 线短路器
TL2X4W-PT II	2 × 4 线欧姆测试线, 2 mm 探针
884X-USB	USB 至 RS232 电缆转换器
FVF-UG	FlukeView Forms 软件升级
Y8846S	机柜安装套件, 单
Y8846D	机柜安装套件, 双



TL910 精密电子测试套线探头组



884X-SHORT 4 线短路器



TL2X4W-PT II
2 × 4 线欧姆测试线, 2 mm 探针

四、数据采集器——2635A 便携型数据采集器



主要特点

- 功能众多，包括软件
- 测量温度准确度最高
- 适应环境范围宽
- 独特的通用输入接线盒

功能众多，包括软件

2635A 便携型数据采集器有 21 个测量通道，能够直接测量交直流电压、电阻、频率，配用 2620A-1-1 分流器套件可以测量交直流电流，配用热电偶或热电阻可以测量温度。它有八路数字输入/输出通道，还有专用的报警输出以及一路计数通道。随仪器还提供控制软件，可以通过软件设置和控制数据采集器，可以满足多种不同应用工作的需要。2635A 数据采集器具有可插入的存储器卡，可以贮存数据和设置参数，功能灵活，是远地监测应用工作的理想选择。

测量温度准确度最高

温度是工业测量中需求最多的物理量。2635A 便携型数据采集器配备有高精

度的热电偶参考段温度补偿电路和二/四线电阻测量方式，测量温度准确度远优于同类型其他产品。

适应环境范围宽

型号的数据采集器具有良好的电磁兼容能力，可以在 0℃~60℃ 温度范围可靠工作，并给出在此范围的详细指标。在恶劣的环境下实现多参数的数据采集。

独特的通用输入接线盒

应用众多福禄克专利技术的输入接线盒有完善的电磁屏蔽和温度均衡设计。可以由仪器的微处理器对各个通道的各种热电偶实现准确的参考端温度补偿。输入接线盒可以带着输入接线脱机保存，使用时插入仪器就可以立即开始工作。

为用户在恶劣环境和多场地工作提供了方便。



主要技术指标

输入	量程或范围	分辨力	最优年指标
直流电压	90mV 到 150/300V	1μV 到 10mV	0.024%+6mV
交流电压	300mV 到 150/300V 20Hz 到 100kHz	10μV 到 10mV	0.13%+0.25mV
电阻	300Ω 到 10MΩ	10mΩ 到 1kΩ	0.014%+2mΩ
频率	15Hz 到 1MHz	0.01Hz 到 100Hz	0.05%+0.02Hz
热电阻 (Pt100)	-200℃ 到 600℃	0.02℃	0.09℃
热电偶*			
J	-100℃ 到 760℃	0.1℃	0.39℃
K	-100℃ 到 1372℃	0.1℃	0.44℃
T	-150℃ 到 400℃	0.1℃	0.46℃
Hydra 2635A 存储器卡容量—扫描数			
存储器卡容量	4 通道扫描	10 通道扫描	20 通道扫描
1MB	36860	19860	11210
4MB	149039	80251	45359

* 其它可配用热电偶型号 R、S、B、C、E、N

订购信息

主机

型号	说明
2635A/08	Hydra 数据采集器 (1MB 存储器卡), 带中文软件
2635A/08-4MB	Hydra 数据采集器 (4MB 存储器卡), 带中文软件

可选附件

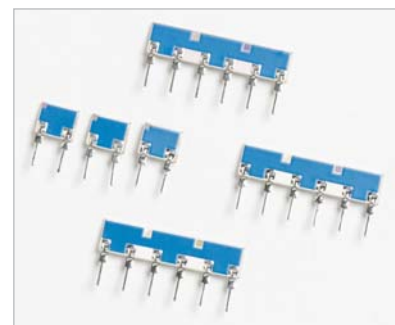
型号	说明
2600A-101	PRT 探头, 100Ω, 带探头软包
2620A-100	额外的通用接线盒, 包括数字 I/O 和报警输出连接器
2620A-101	分流器套件 (12 个), 10Ω, ± 0.1%

软件

型号	说明
2635A-901	Hydra Logger 数据采集软件随机提供
2635A-902	带 Trend Link 的 Hydra Logger 数据采集软件
2600A-904	福禄克公司制图分析 (Trend Link) 软件



2620A-100 额外的通用接线盒



2620A-101 分流器套件 (12 个)

四、数据采集器——2640A/2645A 网络型高速数据采集器



主要特点

- 测量速度更快，准确度更高
- 各类功能众多
- 测量温度准确度最高
- 适应环境范围宽
- 最独特的通用输入接线盒
- 分布式数据采集，20–400通道灵活配置

测量速度更快，准确度更高

2640A 可以实现 100 通道 / 秒的测量速度，2645A 可以实现 1000 通道 / 秒的高速扫描。测量准确度比便携式数据采集器更高。

各类功能众多

2640A/2645A 网络型数据采集器有 20 个测量通道，能够直接测量交直流电压、电阻、频率，配用 2620A-1-1 分流器套件可以测量交直流电流，配用热电偶或热电阻可以测量温度。它有八路数字输入 / 输出通道，还有专用的报警输出以及一路计数通道。随仪器还提供控制软件，可以通过软件设置和控制数据采集器，可以满足多种不同应用工作的需要。

测量温度准确度最高

温度是工业测量中需求最多的物理量。2640A/2645A 网络型数据采集器配备有高精度的热电偶参考段温度补偿电路和二 / 四线电阻测量方式，测量温度准确度远优于同类型其他产品。

适应环境范围宽

2640A/2645A 是目前适应环境能力最强的数据采集器。二种型号的数据采集器都具有良好的电磁兼容能力，可以在 -20℃ ~ 60℃ 温度范围可靠工作，并给出在此范围的详细指标。

最独特的通用输入接线盒

应用众多福禄克专利技术的输入接线盒有完善的电磁屏蔽和温度均衡设计。

可以由仪器的微处理器对各个通道的各种热电偶实现准确的参考端温度补偿。输入接线盒可以带着输入接线脱机保存，使用时插入仪器就可以立即开始工作。为用户在恶劣环境和多场地工作提供了方便。

分布式数据采集，20–400 通道灵活配置

2640A/2645A 网络数据采集器可以把 1 到 20 个采集单元组合到一个集成的系统中，使之具有多达 400 个通道。它把功能强大的测量设备和控制软件完美地结合起来，既可以在独立网络系统工作，也可以直接在已有的网络中传送数据。用户可以从系统的任何地方实时地观察他们所需要的信息。

主要技术指标

输入	量程或范围	分辨力	最优年指标
NetDAQ 2640A			
直流电压	90mV 到 150/300V	0.3μV 到 1mV	0.013%+8μV
交流电压	300mV 到 150/300V 20Hz 到 100kHz	10μV 到 10mV	0.3%+0.25mV
电阻	300Ω 到 3MΩ	1mΩ 到 10Ω	0.02%+50mΩ
频率	15Hz 到 1MHz	0.01Hz 到 100Hz	0.05%+0.02Hz
热电阻 (Pt100)	-200℃ 到 600℃	0.003℃	0.09℃
热电偶*			
J	-100℃ 到 760℃	0.02℃	0.5℃
K	-100℃ 到 1372℃	0.03℃	0.5℃
T	-150℃ 到 400℃	0.02℃	0.4℃
NetDAQ 2645A			
直流电压	90mV 到 50V	3μV 到 10mV	0.013%+23μV
交流电压	300mV 到 30V 20Hz 到 100kHz	10μV 到 1mV	0.3%+0.25mV
电阻	300Ω 到 3MΩ	10mΩ 到 100Ω	0.02%+0.1Ω
频率	15Hz 到 1MHz	0.01Hz 到 100Hz	0.05%+0.02Hz
热电阻 (Pt100)	-200℃ 到 600℃	0.03℃	0.25℃
热电偶*			
J	-100℃ 到 760℃	0.2℃	0.8℃
K	-100℃ 到 1372℃	0.3℃	0.9℃
T	-150℃ 到 400℃	0.2℃	0.8℃

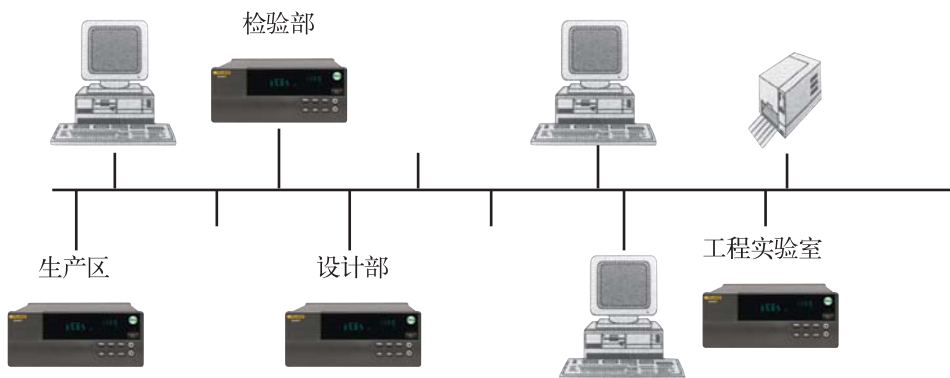
* 其它可配用热电偶型号 R, S, B, C, E, N

网络数据采集系统的构成

1. 独立的数据采集系统 – 由多台仪器构成独立的网络



2. 连接于标准以太网连接，分布式应用，一台 PC 控制，多台 PC 查看数据



订购信

主机

型号	说明
2640A/08	NetDAQ 数据采集单元 (100 读数/秒) 带中文软件
2645A/08	NetDAQ 数据采集单元 (1000 读数/秒) 带中文软件

可选附件

型号	说明
2620A-100	额外的通用接线盒, 包括数字 I/O 和报警输出连接器
2620A-101	分流器套件 (12 个), 10Ω, ± 0.1%
Y2641	19 英寸机架套件, 单/双
Y2643	4 米以太网电缆套件

软件

型号	说明
2600A-904	福禄克公司制图分析 (Trend Link) 软件
2640A-911	Windows 平台使用的 NetDAQ 数据采集器软件
2640A-912	NetDAQ 数据采集器软件带 Trend Link
264XA-903	软件开发工具包



2620A-100 额外的通用接线盒



2620A-101 分流器套件 (12 个)

四、数据采集器——2680A/2686A 大型数据采集系统



主要特点

- 20-2000 通道可灵活配置
- 各类功能众多
- 测量温度准确度最高
- 适应环境范围宽
- 最独特的通用输入接线盒

20-2000 通道可灵活配置

2680A/2686A 网络型数据采集器为一丝不苟的实验室测量工作提供了必须的准确度，又具备足够的灵活性，满足各种工业技术领域中不断变化的需求。2680A/2686A 网络型数据采集器都具有 6 个插槽。其中 5 个插槽可供各种 20 通道的模拟输入插件任意组合使用。第 6 个插槽保留供一个数字 I/O 和继电器，以增加系统的控制能力，或者附加一个模拟输入插件使用。

您可以运行一个具有 20 到 120 个通用通道的独立型数据采集系统，也可以在 LAN 网络上把几台数据采集系统连在一起，形成 2000 个通道以上的大系统。2680A 数据采集系统是一种前端式的机箱，供需要可靠的以太网通信的多通道应用场合使用。2686A 数据记录系统则将数据写到存储器卡中，这对于遥远场地或流动的应用场合或者无计算机控制的数据记录应用场合极为理想。



福禄克公司的DAQ软件: 实时显示和历史趋势显示

各类功能众多

2680A/2686A 网络型数据采集器能够直接测量交直流电压、电阻、频率，配用 2620A-101 分流器套件可以测量交直流电流，配用热电偶或热电阻可以测量温度。DIO 有 20 路输入模块有数字输入/输出通道，8 路 1A 继电器，还有专用的报警输出以及一路计数通道。随仪器还

提供控制软件，可以通过软件设置和控制数据采集器，可以满足多种不同应用工作的需要。

测量温度准确度最高

温度是工业测量中需求最多的物理量。2680A/2686A 网络型数据采集器的模拟输入模块配备有高精度的热电偶参考段温度补偿电路和二/四线电阻测量方式，测量温度准确度远优于同类型其他产品。

适应环境范围宽

2680A/2686A 是目前适应环境能力最强的数据采集器。二种型号的数据采集器都具有良好的电磁兼容能力，可以在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 温度范围可靠工作，并给出在此范围的详细指标。

最独特的通用输入接线盒

应用众多福禄克专利技术的输入接线盒有完善的电磁屏蔽和温度均衡设计。可以由仪器的微处理器独个通道的各种热电偶实现准确的参考端温度补偿。输入接线盒可以带着输入接线脱机保存，使用时插入仪器就可以立即开始工作，为用户在恶劣环境和多场地工作提供了方便。



2680 系列 DIO 输入输出模块和通用输入接线盒



主要技术指标

通道	模拟通道 / 机箱	存储器	PC 接口
2680A	120*	1MB (缓存器)	以太网 10/100 BaseT
2686A	120*	PC ATA 闪存卡: 到 1GB +1MB (缓存器)	以太网 10/100 BaseT
模块	读数 / 秒 (最大)	通道数 / 类型	隔离 (直流)
2680A-FAI	1000	20 路通用模拟	50 V
2680A-PAI	100	20 路通用模拟	150V/300V
2680A-DIO**		20 路数字; 8 路继电器	30V

* 当使用 2680A-DIO 模块时为 100

** 每个 2680 系列机箱 1 个 - 在第 6 槽

输入	量程或范围	分辨率	最优年指标
2680A-PAI			
直流电压	90mV 到 150/300V	0.3μV 到 1mV	0.013%+8μV
交流电压	300mV 到 150/300V 20Hz 到 100kHz	10μV 到 10mV	0.3%+0.25mV
电阻	300Ω 到 3MΩ	1mΩ 到 10Ω	0.02%+50mΩ
频率	15Hz 到 1MHz	0.01Hz 到 100Hz	0.05%+0.02Hz
热电阻 (Pt100)	-200 到 600 °C	0.003 °C	0.06 °C
热敏电阻	-40 到 150 °C	0.003 °C	0.4 °C
热电偶 *			
J	-100 °C 到 760 °C	0.02 °C	0.5 °C
K	-100 °C 到 1372 °C	0.03 °C	0.5 °C
T	-100 °C 到 400 °C	0.02 °C	0.4 °C
2680A-FAI			
直流电压	90mV 到 50V	3μV 到 10mV	0.013%+23μV
交流电压	300mV 到 30V 20Hz 到 100kHz	10μV 到 1mV	0.3%+0.25mV
电阻	300Ω 到 3MΩ	10mΩ 到 100Ω	0.02%+0.1Ω
频率	15Hz 到 1MHz	0.01Hz 到 100Hz	0.05%+0.02Hz
热电阻 (Pt100)	-200 °C 到 600 °C	0.03 °C	0.25 °C
热敏电阻	-40 °C 到 150 °C	0.03 °C	0.4 °C
热电偶 *			
J	-100 °C 到 760 °C	0.2 °C	0.8 °C
K	-100 °C 到 1372 °C	0.3 °C	0.9 °C
T	-100 °C 到 400 °C	0.2 °C	0.8 °C

* 其它可配用热电偶类型: R,S,B,C,E,N,L,U

订购信息

主机

型号	说明
2680A	数据采集系统机箱, 6 个插槽
2686A	数据采集记录系统机箱, 带 ATA 存储器驱动器, 包括 16MB 存储器卡
2680A-FAI	快速模拟输入模块
2680A-PAI	精密模拟输入模块
2680A-DIO	数字 I/O 及继电器模块

可选附件

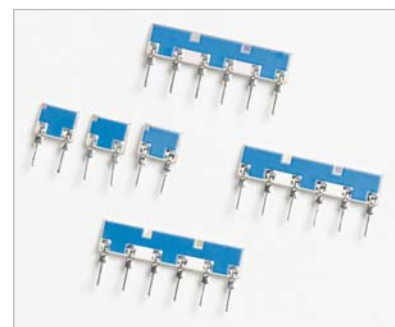
型号	说明
2680A-180	额外的通用输入接线盒
2680A-102	2680A-DIO 连接器模块
2620A-101	分流器电阻套件(每套 12 个), 10Ω, ± 0.1%
2686A-800	2686A 用的 16MB ATA 闪烁存储器卡
2686A-801	2686A 用的 128MB ATA 闪烁存储器卡
2686A-802	2686A 用的 256MB ATA 闪烁存储器卡
2686A-805	2686A 用的 512MB ATA 闪烁存储器卡
2686A-810	2686A 用的 1GB ATA 闪烁存储器卡
Y2680	2680 系列用的机架安装套件

软件

型号	说明
2680A-904	带 2680A-OPC 软件的制图分析 (Trend Link) 软件
2680A-APSW	福禄克公司 2680 系列用的 DAQ 配置软件
2680A-DLL	2680 系列用的 DLL 程序库
2680A-OPC	2680 系列用的 OPC 软件



2620A-100 额外的通用接线盒



2620A-101 分流器套件 (12 个)

五、波形及函数发生器——200 系列任意波形发生器



284 型任意波形发生器

主要特点

- 性能卓越
- 现有各种型号的波形发生器中应用范围最宽

性能卓越，应用范围宽

271 型，281/282/284 型，291/292/294 型任意波形发生器都是集多台信号发生器于一身。其丰富的信号激励能力包括任意波形发生器、函数发生器、脉冲/脉冲串发生器、扫频发生器、触发发生器、多音频发生器、噪声发生器和幅度调制源等。这些仪器都是按照测试专家处理现实世界的各种要求而设计的。这些仪器能够很容易地产生出各种复杂的激励信号，而又易于使用，并且体积小巧紧凑、经济实用。

271 型是采用直接数字合成技术（Direct Digital Synthesis - DDS）的高性能函数发生器。它提供各种标准波形；任意波形功能则可以产生非标准和用户定义的波形。全面的调制功能使其成为了高度通用的信号源。

281/282/284 型是单/双/四通道 40MHz 任意波形发生器，291/292/294 型为单/双/四通道 100MS/s 的任意波形发生器，用于满足专业测试的实际要求。这些型号不但可方便地仿真复杂的信号，而且易于使用、结构紧凑、非常经济。在多通道的仪器上，每一通道均可完全独立的工作，还可以利用简单或复杂的关系将多个通道连接在一起。280 系列和 290 系列都是真正的任意波形发生器。它提供了一个完全可调时钟来读取波形存储器的数据输出。这种使用可调时钟的任意波形发生器能够以任意重复速率准确无误地再现保存的波形，重复速率仅受其最大和最小时钟频率的限制。波形可以为任意长度，最大长度为存储器的最大长度。

主要技术指标

	271	281/282/284	291/292/294
每通道最高采样速率	27.48MS/s	40MS/s	100MS/s
每通道波形长度	1K	64K	256K
标准波形	正弦波，方波，三角波，(Sin X)/X，脉冲，多电平方波，直流，任意波形	正弦波，余弦波，偏移正弦波，偏移余弦波，方波，三角波，锯齿波，(Sin X)/X，脉冲，脉冲串，直流，任意波形	正弦波，余弦波，偏移正弦波，偏移余弦波，方波，三角波，锯齿波，(Sin X)/X，脉冲，脉冲串，直流，任意波形
垂直分辨率	10 比特（1024 点）	12 比特（4096 点）	12 比特（4096 点）
工作模式	连续，触发，门控，猝发，扫频，调制	连续，触发，门控，猝发，扫频，调制，求和	连续，触发，门控，猝发，扫描，调制，求和
调制	AM	AM，SCM	AM，SCM
每序列的最大波形数		16	1024
每个波形段的最大循环数		32768	32768
最大输出幅度(50Ω)	10 Vpp	10 Vpp	20 Vpp
通道间求和	无	有	有
通道间锁相	无	有	有
多音频切换	达 16 个频率	达 16 个频率	有
通讯接口	IEEE-488, RS-232	IEEE-488, RS-232	IEEE-488, RS-232
波形软件	Waveform Mgr. Plus	Waveform Mgr. Plus	Waveform Mgr. Plus

订购信息

主机

型号	说明
271 型	10MHz DDS 函数发生器带串行口电缆
281 型	单通道 40MS/s 任意波形发生器及波形发生软件
282 型	双通道 40MS/s 任意波形发生器及波形发生软件
284 型	四通道 40MS/s 任意波形发生器及波形发生软件
291 型	单通道 100MS/s 任意波形发生器及波形发生软件选件，闪存卡和 USB 接口的闪存卡读/写器
292 型	双通道 100MS/s 任意波形发生器及波形发生软件选件，闪存卡和 USB 接口的闪存卡读/写器
294 型	四通道 100MS/s 任意波形发生器及波形发生软件选件，闪存卡和 USB 接口的闪存卡读/写器

五、波形及函数发生器——397 高性能双通道任意波形发生器



397 高性能双通道任意波形发生器

主要特点

- 通用波形发生器和合成器的强大组合
- 用途广泛
- 高分辨率和宽频率范围
- 极高的性价比

双通道的397型高性能任意波形发生器为通用波形发生器的设计建立了新标准。凭借任意波形发生器和合成器的强大组合、多功能性、高分辨率和宽的频率范围，以及极高的性价比，它将使各种应用领域的工作受益。

14-bit 的分辨率提供了 16,384 个输出电平。这意味着 397 型能够以非常高的保真度产生音频信号。以 14-bit 的分辨率产生有很小的细节信号叠加于大信号上的视频信号，以及其它复杂波形，可用来测试接收系统的响应特性。

125 MS/s 的采样率使得可以在高频时得到杰出的垂直准确度。可以满足通讯、视频、电视、电信、雷达以及超声波等领域的各种应用。

397 型内置有 11 种可调参数的基本波形：正弦波、三角波、方波、脉冲波、斜波、 $\text{Sin}x/x$ 波形、高斯波形、指数上升波形、指数下降波形、噪声，以及直流信号。正弦波频率范围：100 μHz ~ 50MHz 从前面板即可操作所有波形。

397 型还为任意波形提供了 1M 字的存储空间。以 14-bit 的分辨率，仪器能够以两种不同的时钟频率工作，提供了巨大的能力。另外，它的内存还可以被分割为 4,096 段，可以按多种不同方式进行连接和循环。例如，在 25 MS/s 下，利用 1 M 字的内存来产生视频信号，即使没有任何重复元素，持续时间可达 0.04s，25 Hz。

主要技术指标

通道数	2
最高采样速率	125MS/s
每通道波形存储器	1M
垂直分辨率	14 比特 (16384 点)
频率准确度	1 ppm
标准波形	正弦波，方波，三角波，锯齿波， $\text{Sin} x/x$ ，脉冲，噪声，高斯，直流，任意波形
工作模式	连续，触发，门控，猝发，扫频，调制
调制	AM，FM，FSK，斜坡 FSK
每序列的最大波形数	4096
每个波形段的最大循环数	1,000,000
最大输出幅度(50 Ω)	10 Vpp
通道间锁相	有
通讯接口	IEEE-488，RS-232
USB 接口和以太网接口	有
屏幕	彩色
波形软件	ArbExplorer

订购信息

主机

型号	说明
397 型	双通道 125MS/s 任意波形发生器，波形发生软件及同步电缆

可选附件

型号	说明
Y397	397 型机架套件

五、波形及函数发生器——80/81 函数 / 脉冲发生器



81 型脉冲发生器

80 型函数发生器

主要特点

- 性能优越
- 触发、门控和猝发模式
- AM、FM、VCO 和锁相 / 偏置控制模式
- 自动化校准

80/81 系列 50MHz 函数 / 脉冲发生器对台式和自动测试系统应用是极为理想的，它把优秀的工作特性和宝贵的价值结合起来，提供了优异的性能。

主要技术指标

	80 型	81 型
输出通道数	1 路 + 同步信号	1 路 + 同步信号
频率范围	10 mHz 到 50 MHz	10 mHz 到 50 MHz
标准波形	正弦波, 方波, 三角波, 脉冲, 负脉冲, 直流	正弦波, 方波, 三角波, 锯齿波, 脉冲, 互补脉冲
最大输出幅度 (50Ω)	16 Vpp	16 Vpp
方波脉冲过渡时间	< 6 ns	< 6 ns
脉冲周期	—	8 ns 到 99.99 ms 可调
脉冲宽度	—	20ns 到 99.99s 可调
工作模式	连续, 触发, 门控, 猝发, 锁相, 扫频	10ns 到 999ms 可调
调制	AM, SCM, VCO, FM	连续, 触发, 门控, 猝发, 锁相
锁相运行	有	AM, SCM, VCO
通讯接口	IEEE-488	有
其它	—	IEEE-488
		HP 8116A 仿真

订购信息

主机

型号	说明
80 型	50MHz 函数发生器
81 型	50MHz 函数 / 脉冲发生器

可选附件

型号	说明
8X-001	机架安装套件, 单
8X-002	机架安装套件, 双

附录一——服务、培训和支持

计量和校准是一门很专的行业。除了需要了解很多计量和校准的规程和规定,还有很多实际的技术问题。

因此无论是在选购产品之前,购买了产品之后,不仅仅需要很多的技术服务和支持。

福禄克在中国设立办事处和维修站已经有 20 年的历史,不论是电学,温度还是压力,我们都有从业多年的技术专家。他们不仅可以提供有关产品和技术的支持,而且还可以提供很多应用方面的支持。

福禄克公司还撰写了一本有关校准技术的专著,并且聘请国内计量校准方面的专家和权威进行了翻译和审阅。目前这本专著已经成为业界一本非常基础的教材。我们不久将出版第二版专著,将覆盖更大的技术范围,丰富其中的内容。

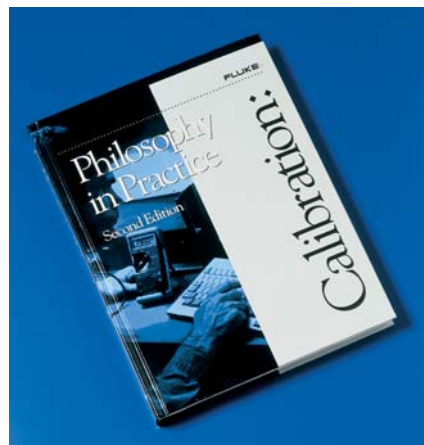
随着中国经济的快速发展,越来越多的新用户参加到计量和校准的行业中来,为了让用户更多的掌握了解计量校准的技术,更好地使用我们的校准仪器,我们定期地在全国各地举办培训。至今,全国已经有数百人参加了这样的培训。同时我们也从培训中了解了用户的应用和问题,以便改善我们的产品,技术和培训。

一份详尽的技术培训日程表使您能够在全世界范围内选择我们提供的培训课程。其内容从管理一个校准实验室一直到使用我们的软件。您将会找到丰富自己和您的员工的技术知识的捷径。

福禄克公司还撰写了关于校准技术的专著。我们非常高兴地向您推荐“校准-理论与实践”第二版。无论对校准实验室中的新手还是经验丰富的计量学家,这本书都是一种易于使用的宝贵资源。

福禄克公司在北京设立维修站已有 20 年历史,可以提供完善的维修服务,并且可以按照用户的要求提供校准服务。2008 年福禄克公司又在上海成立了维修站,以便更好地为用户提供及时的维修服务。

福禄克公司提供统一的维修服务热线: 4008103435。





人物：Doyle Davis， Intermec 公司

工具：Fluke 8846A 数字多用表

测量：毫安准确度，记录/下载，交流电压和频率双显，趋势绘图和温度

Intermec Inc. 是一家全球领先的自动化数据采集和移动计算公司，尽管其产品开发人员会采用大量的测试、测量和数据采集仪器，但在开发实验室中担当中流砥柱的仍然是一台台式数字多用表 (DMM)。

Doyle Davis 是 Intermec 公司的一位硬件设计工程师，他使用 Fluke 8846A 6.5 位精密数字多用表调试试验电路板。他说：“我完全依赖于这台仪器的高精度、存储能力、双显示和易用性。” Davis 介绍说，在 Intermec 公司的大量应用中，该仪器总是在工程测试台的前边和中心，并且是对 Hydra 数据采集仪器的完美补充，Hydra 是来自于福禄克的数据采集产品。

无规律性故障

“我曾经负责为一位客户提供跟踪支持，客户的电路板运行不规律，于是我就利用 Fluke 8846A 在特定的节点以选定的间隔进行了若干次采集测量。我知道电路板应该如何工作。在设置好仪器后，我很快得到了 2,000 个储存的采样点数据。将这些数据输出到 PC，我可以看出被测信号中的周期性——我知道此信号本来不应该是周期性的。由此，我就可以将该现象与已知的电路板功能关联起来，从而将故障数消除至零。”

对于这种应用，Davis 发现对数据进行离线分析是非常有用的。“利用 8846A，

我就可以将数据在 Microsoft Excel 上绘制图表。” Fluke 8846A 无需使用专用的软件，用户可以在仪器的 USB 端口插入 U 盘存储器，并以逗号分隔的文本文件 (CSV) 储存数据。在下载了测量值之后，用户即可将 U 盘存储器连接到 PC，并使用任何能够读取 CSV 格式文件的程序打开文件。

Davis 说，8846A 设置功能、各参数的简单性使其成为了提高生产力的宝贵工具。“那是一件非常耗时的事情。一般情况下我不得不花费很长的时间针对已知的良好电路板进行设置，然后再回过头检查故障设备测量的读数。”

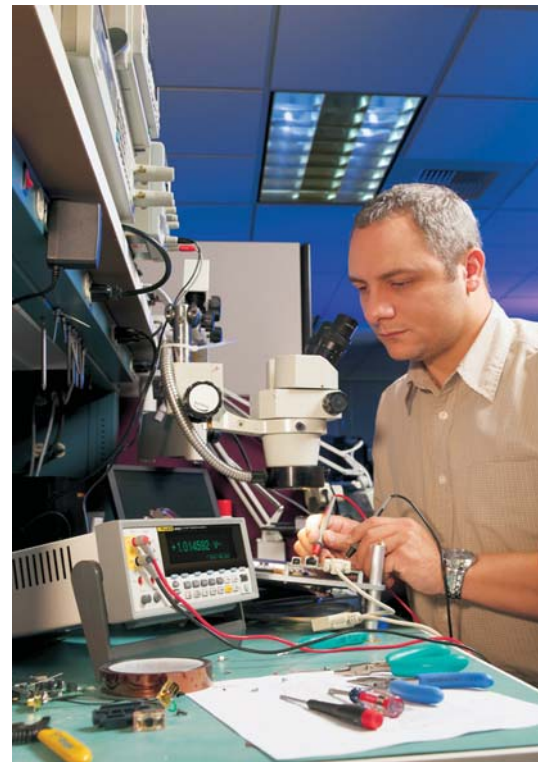
他还补充说，8846A 具有直观的用户界面，“我甚至无需翻阅手册。即使是很复杂的功能，例如绘制趋势图，仪器也都提供了操作指导。”

Davis 说，在很多应用中，他都希望了解到电流读数的纳安值。“我们的许多仪器都不会给出精确到微安的值，但我需要准确的读数来了解系统的工作状况。例如，如果杂散电流是造成故障的原因，我就需要知道这点。”利用 8846A 的 100 μ A 量程及 100 pA 的分辨力，Davis 就具备了所需的准确度水平，再进行测量时就无需在工作台上添加其它仪器。

双显示测量

Davis 在日常工作中还常常依赖于 8846A 的双显示功能。他可以利用一次连接同时测量这一信号的两个不同参数，将其同时显示在图形显示屏上。“就我自己的应用而言，我发现在测量交流电压时，将其显示在一部分屏幕上，而在另外部分屏幕上显示频率读数，是非常有用的。”

与现在数字多用表上常用的字符显示不同，8846A 既可显示文字，又可显示图形。这种功能是否重要？“在实验室中，工作位置变化是很常见的。如果您没有所需的仪器，那么就只能使用您拥有的仪器。在这种情况下，除非您可以使用两台仪器（一台数字表和一台示



波器)，两台仪器的设置属性往往完全不同。那么：您会将时间花费在设置多台仪器上，而不是将时间花费在解决问题上。”

Davis 说，高精度的 6.5 位分辨率和图形显示屏相组合，就能够观察到以往可能会错过的信号。“两项功能相组合，我就可以更好的理解系统工作情况，并帮助我跟踪杂散电流或其它异常现象，例如漂移或毛刺。”他还补充说，在测量小电流、低电压读数时，6.5 位分辨率的价值无限。

温度升高

Davis 介绍说，在数据采集应用中，热量可能是个麻烦：“我们的装置中有大量的热耦合现象。当我们对设备内部的电池进行充电时，如果充电率很高，设备就会产生大量热量，并且我们必须确保热量不被传输到电池内。因此，我们就在电路板上耦合了几个元件，来检查热特性。”

在使用 8846A 之前，福禄克的 Hydra 数据采集器一直担当这一重任。“两台仪器有时候能配合得很好。但是有时我仅

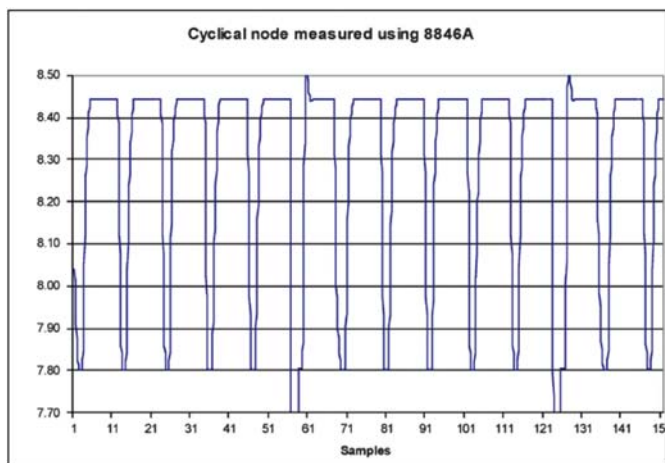


图 1. 8846A 简化了数据的离线分析工作

需要进行单次测量,就没必要对数据采集器进行烦琐冗长的设置。在这种情况下,我就利用数字多用表简化操作。”

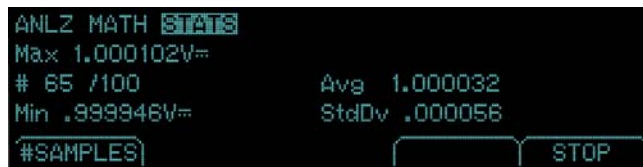
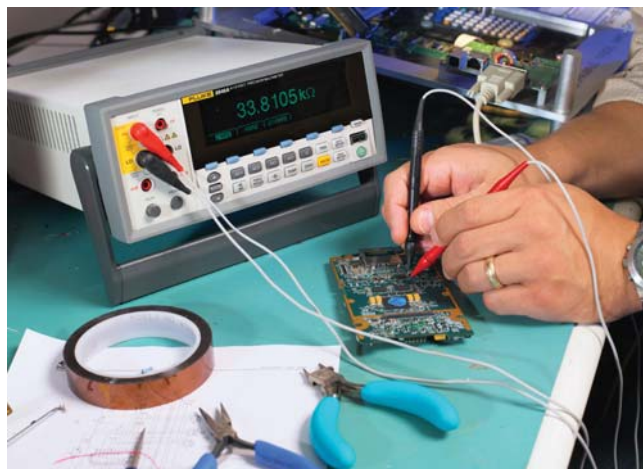
Intermec 的产品研发人员特别关心小电流、电压准确度和温度。8846A 还可用于测量电容和周期,并且还提供了统计、直方图、趋势图和限值测试等功能。

Davis 说:“我当然可以用示波器来绘图,或者利用数据采集器以直方图模式观察结果,洞察模拟电路中的稳定性或噪声问题。

来进行基于时间间隔的测量。但是我的工作台上就只有这么大的空间,我的时间也就这么多。”



图 2. 8846A 可同时显示同一信号的不同参数



以高准确度和 6.5 位的分辨率处理苛刻的测量要求。



利用内置的TrendPlot 无纸记录仪以图形方式研读模拟电路中的各种漂移和突发性事件。



以直方图模式观察结果, 考察模拟电路中的稳定性或噪声问题。

高精度和多功能的完美结合

Fluke 8846A 六位半精密数字多用表的精密性和多功能可以应对极其严格的测量要求，适用于台式或系统应用，特别是应用于校准实验室。这种数字多用表不但性能高、功能多，而且使用非常方便。它具有您所能想像的通用数字多用表的全部功能，包括交直流电压、交直流电流和电阻测量功能。其直流电压的基本测量不确定度达 0.0024%，100 μ A 至 10A 的电流宽范围量程，以及 10 Ω 至 1G Ω 宽范围的电阻量程，提供了无可比拟的测量性能组合。还可以用 8846A 内置的计数器、电容测量仪和铂电阻温度计来测量温度、电容、周期和频率。Trendplot™ 趋势图无纸记录仪模式、统计分析和直方图分析功能，U 盘存储器接口——这都是其它数字多用表所不具备的功能。

这种独有的功能和性能组合使 8846A 在各种应用领域具有无可比拟的价值，在计量校准、制造测试、研发和维修的应用中有时特别显著。

六位半的数字表的价格，七位半数字表的性能

Fluke 8846A 六位半数字多用表的性能可以和目前的七位半数字多用表的性能相媲美，许多关键性指标甚至超过了七位半数字多用表的性能。对于许多中级或初级校准实验室、厂矿仪表室，8846A 可以成为他们的标准测量仪器，校准各种经济性校准器、五位半以下的数字多用表、电阻箱、电桥、电位差计、模拟式仪表、记录仪器、电源、互感器等各种常用的电气测量仪器设备。

8846A 继承了福禄克产品一贯具有的耐用性和可靠性，指标留有较大的余地。

下面的列表展示了 8846A 和目前流行的一款七位半数字多用表主要性能的比较。

功能	七位半数字多用表	8846A 数字多用表	比较结果
DCV 量程	200mV ~ 1000V	100mV ~ 1000V	相近
最优指标: 10V	32 ppm	29 ppm	更优
ACV 量程	200mV ~ 750V	100mV ~ 1000V	更优
最优指标: 10V	0.08%, 50Hz-10kHz	0.09%, 50Hz-10kHz	
DCI 量程	100 μ A ~ 2A	100 μ A ~ 10A	更优
最优指标: 100mA	440 ppm	550 ppm	
ACI 量程	100 μ A ~ 2A	100 μ A ~ 10A	更优
最优指标: 100mA	0.15%, 200Hz-10kHz	0.14%, 10Hz-10kHz	更优
Ω 量程	20 Ω - 1G Ω	10 Ω - 1G Ω	相近
最优指标: 10k Ω	58 ppm	101 ppm	
温度 铂电阻	-100 $^{\circ}$ C ~ +630 $^{\circ}$ C	-100 $^{\circ}$ C ~ +600 $^{\circ}$ C	相近
最优指标:	0.08 $^{\circ}$ C	0.06 $^{\circ}$ C	更优
热电偶	需要购买热电偶模块和扫描卡选件	无	
电容量程:	无	1nF - 100mF	更优
电压比率测量	需要购买扫描卡选件	有	更优
实时趋势绘图功能		有	更优
实时直方图分析		有	更优
实时统计分析		有	更优
U 盘存储器		有	更优

高级测试应用的多功能解决方案

使用 8846A 可以将计量校准、测试和排障工作提高到一个新的水平。用户可以将 8846A 设置为在一定的时间内进行测量，并以图形方式在数字多用表的屏幕上显示，进行实时地趋势分析。许多动态信号以及信号的漂移、抖动变化，如果仅用读数表示，很难分析信号的趋势，不易掌握信号的概况。图形趋势分析功能可以突出显示信号的漂移和波动，以及数字显示所不易发现的突发性错误。用趋势图可以随时显示被测信号变化情况 and 趋势。



8846A 可以同时显示多个统计值，例如利用实时测量结果计算得到的平均值、最小值、最大值和标准偏差。对测量值的离散性分布进行分析能够准确地评估测量的质量从而发现潜在的、重复发生的超限问题。在干扰和噪声较大的环境测试直流信号时，应用统计分析功能，可以获得任意个测量数据的算术平均值，有效地消除干扰和噪声的影响。当测量变

化信号变化时，可以随时启停平均值运算，获得最佳效果。

由于 8846A 能够以图形或数字方式同时测量和显示的测量结果，为测试系统和设计工程师增添了一种新的测试分析工具，可以解决或确认模拟电路的复杂问题。



用 8846A 的实时直方图分析在测量结果受干扰信号和噪声影响的程度，评估测量质量，直接看出信号测量的置信度水平。靠记录数据进行统计分析往往需要花费许多时间。用 8846A 的直方图分析功能，可以即时显示在获得数据内的统计数据和图形显示。在测量许多变化的信号以及受干扰和噪声影响的信号时，评估测量质量，了解信号测量的置信度是进行正确测量的重要环节。靠记录数据进行统计分析往往需要花费许多时间。利用直方图统计分析功能，可以即时显示在获得数据内的统计数据和图形显示。中心两个长方形表示测量数据在算术平均值 $\pm \sigma$ 之间的数据个数，接着的

两个长方形表示在算术平均值 $\pm \sigma$ 与 $\pm 2\sigma$ 之间数据个数……最外层的两个长方形表示在算术平均值 $\pm 4\sigma$ 与 $\pm 5\sigma$ 之间的数据个数。



8846A 有一个位于前面板的 USB 端口,可以连接最大 2 GB 的 U 盘存储器来保存数字多用表的配置和测量数据。8846A 使用外部 U 盘存储器时,可以支持另外 999 个读数文件,每个文件可保存 10000 个读数。每个存储器地址可以保存最多 10000 读数。如果设置的样本数量大于 10000,将使用连续的存储器文件保存所有的样本。如果读数填满了最后的文件 (999),将停止保存数。

用户可以非常方便地将测量结果保存到 U 盘存储器并传送到计算机进行详细的数据分析,文件的格式为 .CSV,也就是 Excel 文件格式,非常便利数据分析,制作表格,图形,存入数据库,也十分便利文件的保存和传送。

比率测量是精密测量和计量校准最常用的技术之一。应用比率测量技术可以得到比直接测量更小的测量不确定度。这种先进测量技术一般只在八位半数字多用表上应用。8846A 可以同时测量两路电压的比率,在比较测量或相对测量时使用比率测量技术,测量的结果又快又好。

用于研究和开发

研发应用需要苛刻的测量性能和机动性。8846A 的所有测量功能均提供了极其优越的性能,完全能够满足这些需求。8846A 的易用性和适应性几乎可以满足任何类型的台式应用。

8846A 具有独特的双显示屏,可以利用一组测试连接同时测量同一信号的两个不同参数。例如,测量直流电压时,可以同时显示其交流纹波;测量交流电压时,可以同时显示其直流分量或显示其交流频率。

8846A 拥有专利的分隔式插孔,利用二条测试线即可进行四线测量。提供专用的方式来建立连接。用户可以获得卓



越的分辨力和准确度,同时又具有仅一对测试线的便利性和易用性。这一功能可以用来测试继电器接触电阻,印刷电路板电阻,接线柱接触电阻等难以用四线方式快速测量的低值电阻。

福禄克的支持完善了仪表的价值

和所有的福禄克产品一样,8846A 能提供长期的可靠服务,福禄克最新的计量校准软件 MET/CAL,可以实现仪表自动化校准。如果您需要校准或维修,完全可依赖于我们遍布全球的直接服务网络和代表处服务中心,可以提供全程的支持服务。



引言

福禄克台式数字表 8845A/8846A 是最新一代的六位半数字多用表。尤其 8846A，其电压不确定度和七位半的数字表基本相同。此外，它们还具有很多最新的优异功能，比如比率测量功能，趋势绘图功能，统计功能等。

本文介绍使用 Fluke 8845A/8846A 比率测量功能来检定直流电阻箱的方法及其优点。



图 1 Fluke 8845A/8846A 比率测量功能

传统的检定直流电阻箱的方法有直接测量法、同标称值替代法和比较法等。这些方法均需借助检流计来调节平衡，对电源和环境等要求比较高，操作繁琐、效率低且无法与计算机等外部设备连接，只能靠人工记录与处理数据。近年来通过数字多用表测量的方法可实现人机连接，不再需要检流计来调节平衡。但是，这些方法或对数字多用表的测量不确定度要求较高，或者需要利用转换开关分别对标准电阻和被检电阻箱进行不同步的测量，数据处理也比较复杂。如果利用新式的 8845A/8846A 数字多用表的比率测量功能，就可以很方便地实现对直流电阻箱的检定。

8845A/8846A 的比率测量功能为直流电压/直流电压(DCV/DCV)功能，可以

同时测量两路电压，并计算显示着两路电压的比率。比率测量法检定电阻箱就是利用数字多用表的 DCV/DCV 比率测量功能，以定值标准电阻器为标准，根据数字多用表显示的比率值，两者相乘得到被检定电阻箱各个电阻的实际电阻值。其原理图如图 2 所示：

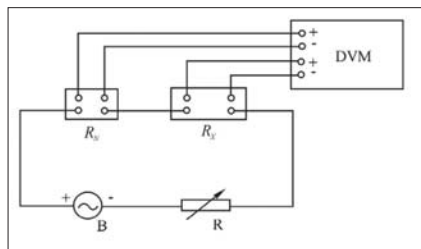


图 2. 利用 Fluke 8845A/8846A 比率测量功能检定电阻箱原理图

图中 B 为直流电流源， R_N 为标准电阻， R_X 为被检电阻箱， R 为电力调整电阻，并防止 R_N 和 R_X 为零时电流过大所设，DVM 为数字多用表。将标准电阻和被检电阻箱的电流端串联于直流电流回路，标准电阻和被检电阻箱的电压端分别接于数字多用表的 SENSE Hi, Lo 和 INPUT Hi, Lo 电压输入端，数字多用表功能选择为 DCV/DCV 比率测量功能，此时数字多用表显示的结果为：为 $k = R_X/R_N$ 。这时被检电阻箱所测点的实际电阻值按下式计算： $R_X = k \cdot R_N$ ，标准电阻值取上级检定的实际值。

由上所述，Fluke 8845A/8846A 数字多用表在检定直流电阻箱时，利用比率测量功能，数字表电压测量准确度对测量结果基本无影响，电流源的稳定性对测量结果也基本上没有影响。影响测量结果准确度的主要是标准电阻的不确定度、测量线路中热电势影响以及数字多用表 A/D 转换的线性，而 8845A/8846A A/D 转换线性这一指标优于 3ppm。因此，相对于其它数字表，利用 8845A/8846A

的比率测量功能检定直流电阻箱精度非常高，观察和测试信号都很方便。

以下说明这个比率测量功能的应用好处：

(1) 相对于直接测量法，8845A/8846A 测量结果更准确。直接测量法利用的是数字多用表的电阻测量功能，而比率测量法利用的是数字多用表的比率测量功能，8845A/8846A 比率测量功能不确定度主要是由 A/D 转换线性带来的，指标优于 3ppm，比电阻测量不确定度小很多。因此准确度更高。

(2) 相对于电桥法，使用 8845A 比率测量功能，操作更简便，工作效率更高。

(3) 比较法，特别是用电流源-电压表法，虽然与 8845A/8846A 的比率测量方法相似，但是操作更简单，避免了电流源不稳定带来的测量误差。因为 8845A/8846A 的比率测量法对标准和被检两路信号几乎同步采样，检测一个点只需操作一次；而电流源-电压表法检测一个点需要分别连接，操作两次，这时测量的准确度很大程度上取决于电流源的稳定度。对 8845A/8846A 来讲，就基本不存在这样的问题。

综上所述，用 Fluke 8845A/8846A 比率测量法检定电阻箱，测量速度快，准确度高，使用方便，非常易于普及使用，另外，也可以非常方便地使用程控接口实现自动化测量。不仅如此，在相应的测试条件下，还可对标准电池、电位差计等仪器也可应用电压比率测量技术进行检测，同样可以获得测量速度快，准确度高，使用方便的优点。因此 Fluke 8845A/8846A 使用范围非常广泛。

用分流器电流测量电流的主要技术问题

如何准确、方便地测量电流，一直是测量技术努力追求，不断探索的课题。在电路中接入分流器，测量分流器两端的电压，再根据欧姆定律，用测得的电压除以分流器的电阻值就可以得到电路中的电流值。这种测量方法使用设备少，方便，快捷，受到了普遍地欢迎，成为测量电流的主要方法。特别是采用数字化测量技术后，以测量电压为对象的模/数转换器的大量应用，使得用分流器测量电流的方法更流行，更普遍。

然而，使用分流器测量电流也受到许多的限制。这种限制主要表现在三个方面。首先，由于电流在分流器电阻上消耗的电功率转换成加热能量，使分流器发热，使电阻值发生变化，从而影响测量电流的准确度。其次，在测量交流电流时，分流器的交流参数使分流器成为一阻抗，阻抗的模值随频率变化，分流器两端的电压也会随频率变化，使得测量交流电流的准确度大大降低。在音频范围内，电阻值小于10欧姆的电阻容易呈感性，电阻值大于10欧姆的电阻容易呈容性。在测量大电流时，电阻值都很小，分流器的电感参数影响大；在测量小电流时，电阻值较大，分流器的电容参数影响较大，测量电压的电压表的输入电容的影响会进一步加重这种影响。最后，在测量交流电功率时，要求从分流器得到的电压信号保持电流的相位。分流器在通过交流电流时，尽管分流器的阻抗模值可能变化不大，但是，分流器两端的电压相对于电流的相位已不再同相位，产生了附加相移。这对分流器的交流参数提出了更高的要求，如何降低分流器的附加相移，成为测量交流电功率的关键技术。

目前市场上流行的6 1/2位数字多用表至8 1/2位数字多用表的交流电流性能就反映了当前交流电流测量的水平。这些数字多用表都毫无例外地采用分流器来测量交流电流，而在交流电流测量中，分流器引起的误差在测量误差中占主导地位，

这些数字多用表测量交流电流的技术指标基本上就是这些仪器的分流器的性能指标。

从表中可以看出，目前流行的高精度数字多用表中，仅有8508A可以测量20A电流。用这些高精度数字多用表测量2A的交流电流时，测量准确度仅能达到0.1%。有的八位半数字多用表也仅能达到0.5%左右。其中主要的原因就是受使用的分流器的性能的影响。

用交直流转换技术测量交流电流

为了提高交流电流的测量准确度，可以采用交直流转换技术测量交流电流，也就是用已知的直流电流校准被测的交流电流。采用交直流转换技术的测量装置都是真有效值电压测量仪器，接入分流器后，可以测量电流。通过直流电流产生的有效值电压与通过交流电流产生的有效值电压相比较，得到交直流转换误差。采用交直流转换技术测量交流电流，可以补偿分流器自加热功率系数的影响和分流器电阻值长期稳定性的影响，比直接测量交流电流有更低的测量不确定度。

在交直流转换测量时，先通入一个与被测交流电流值相近的已知直流电流，得到读数 I_1 ；再接入被测的交流电流，得到读数 I_2 ，根据这两个读数计算出交直流转换的差。这一转换差就是相对于直流电流值的修正值。

$$C_{ac-dc} = \frac{\text{读数}_{dc} - \text{读数}_{ac}}{\text{读数}_{dc}} \times 100\%$$

Fluke A40 和 Fluke A40A 系列分流器就是专门用于交直流转换技术的分流器，也是目前市场上较为流行的高精度交流电流测量装置。Fluke A40 和 Fluke

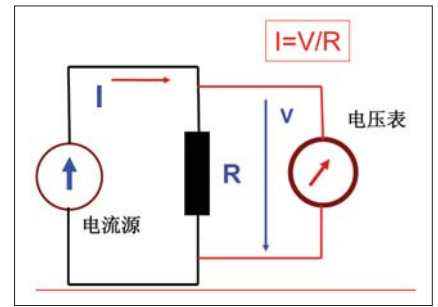


图 1. 用分流器测量电流

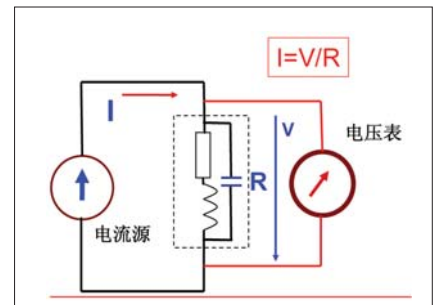


图 2. 分流器交流参数的影响流

A40A 系列分流器覆盖 10 mA 至 20A 的交流电流测量范围，年指标为 0.02% ~ 0.05%。Fluke A40 和 Fluke A40A 的技术指标对于许多经常性的精密交流电流校准工作，譬如校准各种多功能校准器，还满足不了校准不确定度的要求。往往还需要对性能稳定的分流器进行特征化标定，利用分流器性能修正值在一段时间内的稳定性来降低校准不确定度。

A40B 分流器的主要性能和特点

A40B 系列精密分流器有 14 个低电感同轴分流器，电流量程额定值从 1mA 到 100A，用于在实验室测量交直流电流和校准交直流电流转换测量装置。

A40B 分流器有四种不同的尺寸，如图 3 所示。整个装置包括：四个封闭的小尺寸分流器：1mA，10mA，20mA，50mA；五个小尺寸同轴分流器 100mA，

型号 量程	8508A	1281	3458A	8846A	34411A	2002	2001	2000	34401A
200μA	0.05	0.05	0.25	0.3	0.3	0.52	0.52	无	无
200mA	0.05	0.05	0.4	0.3	0.3	0.32	0.32	无	无
2A	0.1	0.23	0.32/1A	0.24	0.16	0.47	0.47	0.24	0.24
20A	0.26	无	无	0.21/10A	无	无	无	无	无

表 1 目前流行数字多用表交流电流年技术指标（%，20Hz~5kHz）



图3. A40B 精密分流器

200mA, 500mA, 1A, 2A; 三个中等尺寸的分流器: 5A, 10A, 20A; 两个大尺寸的分流器: 50A 和 100A。

分流器的电压输出标称值为 0.8V。可以使用精密电压表或其他测量仪器测量它的输出电压, 例如: 交流电压测量标准, 交直流转换标准, 交流电压转换器等。

A40B 采用的同轴型分流器设计使得分流器受外部磁场影响最小, 可实现最优的性能。另外, 开放式的物理设计能最大限度的实现空气对流, 使分流器温度系数最小。这个特点使得分流器在很宽的电流范围内都能实现稳定的电阻特性。100A 电流对应的电阻为 8mΩ, 电阻增加到 80Ω 时, 电流为 10mA。最小的 1mA 的分流器内部有一个电池供电的缓冲放大器, 可以驱动输出电压, 使得 800Ω 的分流器电阻与测量装置隔离, 不让电压测量电路与分流器互相影响。

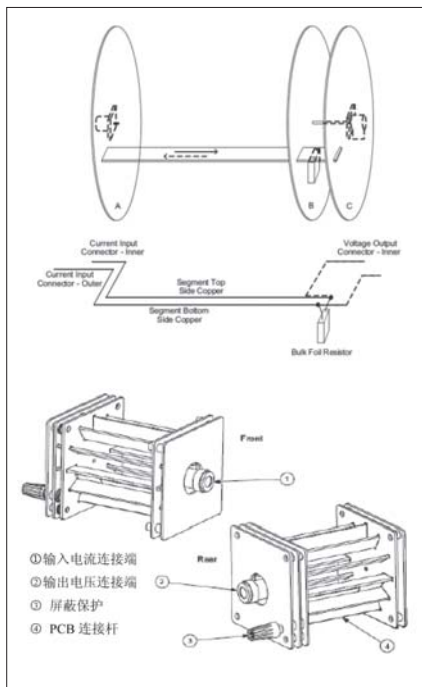


图4. A40B 特点和连接

A40B 分流器的电阻值非常稳定、准确, 具有出色的低自加热功率系数和低温温度系数。电流测量范围非常宽, 电流值从 0.1mA 至 100A, 可以直接测量从直流到 100kHz 的电流, 准确度远远高于之前的所有分流器装置。

分流器内部的物理结构和元件的精密性保证了它的频率响应平坦性。A40B 的相位偏移也非常小, 在 100kHz 内基本可以忽略。在整个带宽都可以直接测量电流。跟以前的交直流电流转换测量过程相比, 大大简化了交流电流的测量过程。

因此, 现在精密电流测量可以直接根据分流器电阻值换算, 而不必再使用传统的复杂的交直流转换转换方法了。

A40B 的这些特性, 使它非常适合在传统的精密电流测量场合应用, 例如校准校准器的电流功能等。另外, 也可以支持大电流跨导放大器的校准。相位偏移极低这一特点, 在电能质量分析和数字功率表的测量应用中非常关键, 目前只有 A40B 可以胜任对高精度电能标准源、谐波源和电能质量校准源的校准。

标称电流	标称 Ω	电阻指标 ± uA/A, TCal ± 1°C, ≤ 50%RH				
		DC	1kHz	10kHz	30kHz	100kHz
1 mA	800	20	55	75	75	150
10mA	80	20	26	26	26	26
20mA	40	20	26	26	26	26
50mA	16	20	23	23	23	23
100mA	8	20	24	24	24	24
200mA	4	20	26	26	26	26
500mA	1.6	21	27	27	27	28
1A	0.8	21	27	28	28	31
2A	0.4	21	27	30	30	48
5A	0.16	21	31	32	40	71
10A	0.08	26	37	60	61	92
20A	0.04	26	43	52	70	113
50A	0.016	32	55	80	81	144
100A	0.008	35	65	90	98	174

表2 A40B 测量电流技术指标

分流器标称电流	交直流转换差 (ppm) ^{[1][2][3]}			
	1kHz	10kHz	30kHz	100kHz
1mA	53	72	72	150
10mA	20	20	20	40
20mA	18	18	19	30
50mA	13	13	14	16
100mA	14	15	17	27
200mA	17	17	18	28
500mA	17	17	17	21
1A	17	19	19	23
2A	17	22	22	44
5A	23	24	34	69
10A	28	55	58	98
20A	37	51	80	150
50A	47	75	79	180
100A	60	90	120	300

- [1] 指标表明偏离直流的最大平坦度, 包括交直流转换误差, 以及测量不确定度, 95% 的置信度 (K=2) 的条件。
- [2] 包括交直流转换误差一年的稳定性
- [3] 1mA 分流器的指标是在 TCal ± 1°C 的条件下给出。

表3 A40B 交直流转换差

A40B 应用举例—校准多功能校准器的交流电流功能

用 A40B 与高精度数字多用表配合使用，测量交直流电流，可以大大提高测量电流的准确度，而且使用非常方便。特别是与测量交流电压准确度比较高的数字多用表配合使用，例如 Fluke 8508A 和 Wavetek 1281 八位半数字多用表，可以解决目前许多电流测量校准的难题。

目前流行的多产品校准器都是由福禄克公司生产的，型号有 5520A, 5500A 和 9100。它们的电流功能都具有很高的准确度。准确的校准这些校准器是许多校准实验室的重要工作。使用 Fluke 8508A 八位半数字多用表基本可以完成对这些校准器的直流电压、直流电流、和电阻等功能的校准。对交流电压和交流电流功能尚不能满足校准时的测量不确定度的要求。表 4 列出了 5520A, 5500A 和 9100 多产品校准器交流电流在各量程校准点的指标和 8508A 在这些点的指标。

由表 4 可以看出，8508A 的交流电流测量不确定度不能满足校准这些多产品校准器的要求。其中，校准器交流电流量程的许多校准点仅位于 8508A 交流电流量程的 15%，也加大了测量不确定度。

如果使用 8508A 与 A40B 配合使用，就可以大大减少交流电流的测量不确定度。改善的幅度达到 6-10 倍，完全可以满足校准 5520A, 5500A 和 9100 多产品校准器的要求。

型号 量程 45Hz-1kHz	5520A	5500A	9100	8508A 交流电流 年指标	8508A+A40B 交流电流 年指标
300 μA	0.16	0.21	0.17	0.134	0.022
300 mA	0.046	0.1	0.09	0.15	0.0154
2 A	0.065	0.115	0.124	0.07	0.0132
20 A	0.175	0.35/10A	0.234	0.1	0.0136

表 4. 多产品校准器交流电流各量程校准点和 8508A 的测量不确定度(%，45Hz — 1kHz)

图 5 显示了用 8508A 和 A40B 配合使用校准 5520A 的情况，使用 8508A 的交流电压功能，根据电流值选择合适的电压量程，将分流器电阻值输入到 8508A 的存储器 (÷ z) 中，使能 ÷ z 运算功能，连接电流源、分流器和 8508A 数字表，接通电流后，电流值就会显示在数字多用表上。

目前，高精度多功能校准器交流电流的溯源校准还比较困难。许多校准实验室需要根据多年的校准数据挑选性能稳定的分流器，再应用上级校准实验室提供的修正值，用修正值的稳定性来校准高精度多功能校准器的交流电流功能。这样做，既需要长时间的校准数据，又要求对修正值稳定性、测量不确定度作严格地分析，也比较费时。如果使用交直流转换仪器与 A40B 配合使用，可以准确地校准 5720A 或 5700A 等高精度多功能校准器的交流电流功能，实现又快又好的校准。

由于目前交流电流测量仪器的误差主要来源都是分流器，如果配用 A40B 高精度分流器，都可以大大提高测量准确度。譬如，用 8846A 六位半数字多用表与 A40B 配合使用，8846A 的交流电流测量

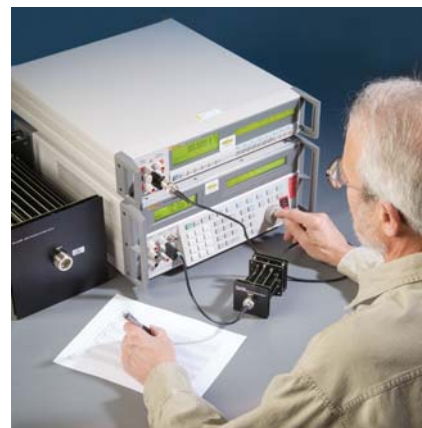


图 5. 用 A40B 校准 5520A 校准器

准确度就胜过了目前所有八位半数字多用表的交流电流的测量准确度。

结论

A40B 是一套新式的高精度分流器。可以用于直接测量交直流电流，测量范围从 0.1 mA 到 100A。由于 A40B 电阻值非常准确，稳定，具有出色的低自加热功率系数和低附加相移，可以用来直接测量交直流电流，非常适合在精密电流测量场合应用，以及在交流功率测量和电能质量分析中应用。

引言

现代的精密数字多用表是一种复杂的测量仪器，它所提供的测量能力远不仅限于测量电压、电流和电阻。不久前的，福禄克公司开发了一种新型的精密数字多用表——8508A 参考级数字多用表，它具有计量等级的仪器的准确度和稳定性，能够达到用来校准这类数字多用表时使用的计量标准器所具有的测量水平。这样高的性能使得这款数字多用表能够用来代替很多传统的实验室仪器，诸如，开尔文—瓦利 (Kelvin-Varley) 分压器、检零计、电阻电桥，甚至铂电阻温度计 (PRT) 校准器。这种计量等级的数字多用表不仅能够提供足够的精确度，而且与传统的技术相比较它还在可用性和产出率方面做出了重大的改进——这一点对于在当今的经济氛围之下，面对着要满足种种技术和商业目标的各种类型的校准实验室来说是极其重要的。仪器设计师们一方面极为关注使仪器的功能达到其最大限度，而同时又要保证使仪器易于使用。然而，这些能够提供丰富功能的复杂的仪器在用户看来很可能是比较复杂的。这篇应用文章简明地向您解释怎样使用福禄克公司 8508A 参考级数字多用表的各种性能特性，使其在您的实验室中发挥最大的作用。



精密数字多用表的结构

从原理上说，一台参考级数字多用表和一块简单的手持式数字多用表没有什么区别。其方框图示于图 1。图中的关键单元是模拟—数字转换器 (adc)，它决定了仪器获取一个电信号并给出其数值的表示值的基本能力。一种仪器设计与另一种仪器设计相比，其噪声性能、稳定性、线性度、度盘长度、分辨率和速度等指标可能有很大的区别。计量参考级数字多用表使用一种积分型的模拟—数字转换器，输入信号在积分器电路中按照电荷平衡的原理与一个内部的电压基准进行比较。这样就可以在 2×10^8 个字的度盘长度上实现高达 8 位半的分辨率，其线性度可优于满度的 0.1 ppm。在直流电压测量时，输入信号在送往模拟—数字转换器进行转换之前，由直流前置放大器单元中的衰减器和低噪声放大器进行幅度定标调节。在直流前置放大器输出端有一个可以由用户接通或者断开的低通滤波器，接通此低通滤波器可以滤

除在输入信号中可能出现的不希望有的交流信号。

对于交流电压测量来说，输入信号经过另一个也带有幅度定标调节的通道。该通道使用一个有效值—直流转换器来产生代表输入信号的有效值的直流信号，然后再由模拟—数字转换器对该直流信号进行测量。在进行电流测量时，电流转换器电路使用分流器来产生与输入电流成正比的电压，然后再由直流或交流电压测量子系统对该电压进行测量。使用恰当的设计技术，可以把测量电流时在数字多用表输入端出现的输入负载电压与数字多用表内部分流器上产生的电压很好地隔离起来，从而减小了该负载电压对于被测电流源的影响。电阻测量能力是由数字多用表中的内部电流源来实现的。该电流源产生一系列稳定的恒定电流，再与各种不同的电压测量量程相配合，这样简单地使用欧姆定律就能够测量出电阻的数值。在福禄克公司新型的 8508A 参考级数字多用表中，电阻测

量功能的量程已经扩展到从满度 $2\ \Omega$ 到满度 $20\text{G}\Omega$ 。该仪器的输入切换设计技术使得这款参考级数字多用表具有两套输入端子，一套位于仪器的前面板，另一套位于仪器的后面板。这两套输入端子都能够达到满 1000V 有效值的额定输入能力。由于有了两个输入通道，所以在电压测量和电阻测量功能下都可以很容易地进行比率测量。

模拟—数字转换器的操作——选择适合测量工作的配置方式

多斜式、积分型模拟—数字转换器能够实现极高的分辨力，而其线性度可优于满度的 $0.1\ \text{ppm}$ 。然而，高分辨力只能在比较长的积分时间之下才能达到。除了要在转换速度和分辨力之间进行折中之外，积分时间的选择还直接影响到仪器的噪声抑制能力。积分原理本身能够有效地对被测信号中的任何交流或者噪声成分进行平均，从而减小了仪器显示读数的变化。积分原理还能够抑制被测量的输入信号中出现的我们不希望的电源频率的干扰信号。这些与输入信号相串联而出现的我们不希望的干扰信号通常称为串模噪声。如果积分时间等于

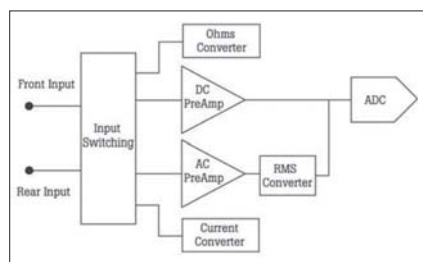


图 1. 简化的数字多用表方框图

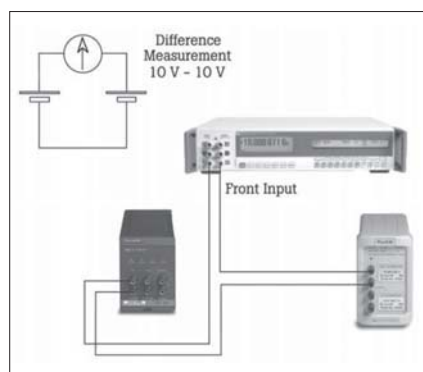


图 2. 在 10V 电平上对两个电压标准进行比较的基本方法

电源信号周期的严格的整数倍，那么我们不希望的电源频率干扰信号就被积分成为零。在 8508A 数字多用表中，用户可以选择分辨力，也可以在“常规”和“快速”模拟—数字转换模式之间进行选择，这样就有效地决定了积分时间。由于模拟—数字转换器的积分时间与电源频率有关，所以用户必须确保 8508A 参考级数字多用表要按照其所使用的供电电源的频率正确地进行配置。这项设置通常是在制造厂中完成的，但是也可以由用户来进行设置。

在直流电压测量功能下，在 $50\ \text{Hz}$ 和 $60\ \text{Hz}$ 电源供电工作时，5 位半“快速”模拟—数字转换模式的积分时间为 $3.3\ \text{ms}$ 。而对于所有其它的分辨力和模拟—数字转换器“常规”/“快速”模式选择组合的情况，其积分时间则是供电电源信号周期的整倍数。如果用户按照电源频率对此参考级数字多用表进行了正确的配置，那么在除 5 位半“快速”模式外的所有的工作模式之下，模拟—数字转换器将会对与电源有关的干扰信号进行抑制。在电源频率整倍数的频率下，通常可以达到高达 $80\ \text{dB}$ 的抑制能力。如果未能设置正确的电源频率，那么当存在串模电源干扰的情况下，将会导致非常强的噪声干扰的测量读数。

选择较高分辨力的测量模式就意味着选择了较长的积分时间，这样模拟—数字转换器的积分器就会在更长的时间内对信号进行“平均”。其结果除了获得较高的分辨力之外，读数与读数之间的波动（噪声）将会更低，有效带宽也会更窄。在较高分辨力的情况下，信号在多个模拟—数字转换器周期中进行数字平均，以得到单个的显示读数。用户还可以使用 8508A 参考级数字多用表的数学运算功能来对多个读数进行数字平均，这就为用户提供了一种灵活性，以便其在有效噪声带宽和测量时间之间进行折中。在实际工作中，最适合的模式的选择取决于具体的应用情况、所要求的分辨力和信号的特性。对于大多数的校准工作

应用场合来说，7 位半“快速”模式是比较合适的。这样，在 50Hz 电源频率之下，仪器将以 $1280\ \text{ms}$ 的转换时间来产生测量读数（对 60Hz 的情况，转换时间则为 $1067\ \text{ms}$ ）。应当注意的是，当 8508A 参考级数字多用表在内部触发模式下自由运行时，其有效的读数速率可能不象预期的那样快，尤其是不象仅仅考虑转换时间而计算出来的预期的速率那样快。这是因为模拟—数字转换器是由一个频率大约为 2Hz 的内部时钟来触发的缘故。

要想达到更快的读数速率则需要使用外部的硬件触发信号，或者通过 IEEE488 远动接口来进行触发。这种方法同样可以应用于使用电阻功能的测量工作中，因为电阻功能是使用直流电压测量子系统来进行测量的。

实际的直流测量应用工作

典型的计量学应用工作包括对电压标准器进行比较和进行电压比率的测量。在比较电压标准器的情况，比较工作通常是在电平标称值相同的两个或者多个电压之间进行的，例如使用微伏计或者检零计对两个或者多个 1V 电压标准进行比较。假定微伏计或者检零计的灵敏度足够高，而这两个参考电压标准之间的电压差小于 10mV ，那么这种简单的检测器能够给出很好的结果，能够分辨出低达 $200\ \text{nV}$ 的电压差（ 1V 的 $0.2\ \text{ppm}$ ）。然而，如果这些电压标准的电压值比较分散，则其电压差可能大到毫伏的量级。在这种情况下，由于其度盘长度和分辨力的基本的限制，一个典型的微伏计在其 1mV 量程上将只能分辨出 20mV 。一台参考级数字多用表在其 200mV 量程上能够分辨出 10nV 。即使受到噪声的限制，参考级数字多用表仍然能够测量两个相差超过 100mV 的电压标准，并且可以分辨到 10nV 。现在以齐纳管为基础的电子式参考电压标准获得了广泛的应用，其输出电平常为 10V 、 1V 、和 $1.018\ \text{V}$ 。要对不同电压值的输出进行比较则需要了解电压比率的概念。为了进行此类测量

工作通常需要使用高精度的分压器。用（经过校准的）分压器将一个已知的10V电平的电压按确定的分压比进行分压，然后使用一个微伏计将分压得到的电压与1V或1.018V电平的标准电压进行比较。该分压器在所有需要的分压比时的特性都必须为已知，调节分压器以便在微伏计上获得检零状态从而完成测量工作。参考级数字多用表可以代替上述这些仪器，并简化测量工作。图2示出在10V电平上对两个电压标准进行比较的基本方法—对于1V或1.018V的情况，其连接方法非常类似。注意，这个方法和前面介绍的用微伏计对直流电压标准进行比较的方法是很类似的。只是现在参考级数字多用表（而不是微伏计）可以测量出两个电压标准装置之间的比较大的电压差值，而不会牺牲测量的分辨力。如果参考级数字多用表对地的隔离程度不会使任何一个电压参考标准的输出负载加重，而且在使用之前对该参考级数字多用表进行了消零操作以便消除该数字多用表及其连接引线上的任何残留的电压偏移量，那么这种测量方法就不会有什么大的问题。图中所示的方法是一种电位差计式的或者差分式的测量方法。参考级数字多用表是用来测量两个电压参考标准之间的电压差值。

比率模式和后面板输入

8508A参考级数字多用表具有两个输入通道，它们能够自动地进行切换来完成比率测量工作。在比率模式下，8508A显示这两路输入之比率，其显示的形式可以是F-R（前面板读数减去后面板读数）、F/R（前面板读数相当于后面板读数的百分数）、或者(F-R)/R（前面板、后面板读数之差相当于后面板读数的百分数）。在这些比率形式中最常用的是F/R，即前面板读数相当于后面板读数的百分数。例如，在这种模式下，如果将10V电压连接到后面板输入通道（参考值），而将1V电压连接到前面板输入通道，那么仪器的显示值将会为+10.000 000%。这个

数值是未知的1V电压对于已知的10V参考电压的比率值。注意，此参考级数字多用表测量的是每个通道的全部电压，仪器配置成单一量程（20V）状态。这种测量的误差仅仅来源于10V参考标准电压的不确定度、参考级数字电压表的噪声和差分线性度、以及1V UUT标准电压的噪声。参考级数字多用表的典型噪声小于峰值值50nV（在7位半正常模式和8位半快速模拟数字转换模式之下），在8位半模式之下，10:1比率时参考级数字多用表的差分线性度优于满度的0.1ppm。这些指标数值和技术熟练的计量学家使用刚刚校准过的分压器和微伏计所获得的指标数值类似。

参考级数字多用表能够连续地进行这种测量工作，其线性度不会随着时间发生很大的变化，所以这种测量的设置成本比较低、测量过程是自动化的而且花费的时间比较少。图3表明在比率模式之下、如何使用同样的多输入通道利用参考级数字多用表来测量每个参考电压的全电压。在通常的环境条件下，要想确认参考级数字多用表的线性度优于0.1ppm的水平是比较困难的。然而，现在已经依据10V的约瑟夫逊阵列标准对若干台仪器进行了评估。在这种测量工作中，可以使约瑟夫逊阵列标准系统产生一系列的1V与10V之间的电压，其不确定度至少比大多数最精密的或者参考级的数字多用表的线性度要高一个数量级。

电阻测量应用

参考级数字多用表的另一个非常有用的应用场合是电阻的测量。8位半参考级数字多用表在电阻功能之下实际上具有与其直流电压功能相同的线性度。只是在这种情况下，没有足够准确的电阻标准器能够用来在通常的意义上证明这样高的电阻功能线性度。试图直接测量电阻功能的线性度所遇到的问题之一是单个电阻器电阻数值的不确定度。例如，测量一台8位半参考级数字多用表在20kΩ量程的线性度，仪器在该量程的最

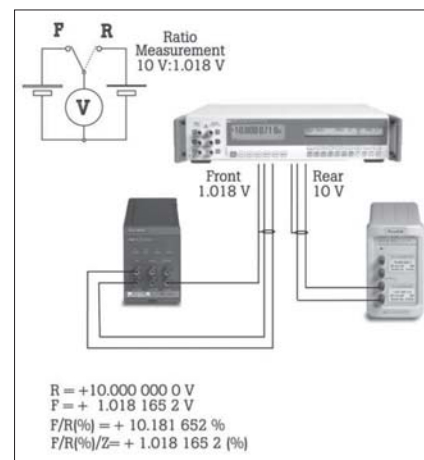


图3. 电压比率测量

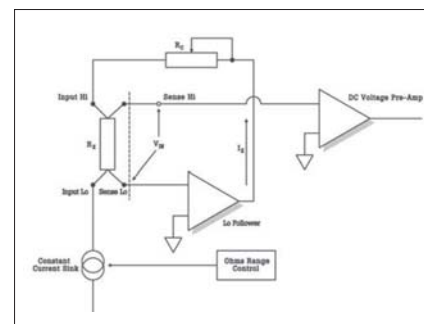


图4. 参考级数字多用表的欧姆转换器

大读数指示值为19.000 000 0kΩ，这时就需要使用几个不同的电阻标准器。假定这项测量工作是在该量程中的最少5个等间隔的测试点上进行的，例如这5个测试点为零点、5kΩ、10kΩ、15 kΩ、和19.9 kΩ。很快我们会发现要找到这些合适的电阻标准器是很困难的。通常，可以找到的电阻标准器都是正常的十进数值，如10Ω（也可能会有25 Ω的电阻标准器）、100Ω、1kΩ、10kΩ等，所以无法等间隔地覆盖整个量程。

当人们考虑到某些数字多用表具有优于0.3 ppm的电阻功能线性度技术指标，而单个电阻标准器的不确定度可能为1 ppm或者更大时，使用分立的标准电阻器或者十进电阻箱来进行测量就是不合适的了。因此，在参考级数字多用表的日常的校准工作中，通常是不测量电阻功能的线性度的。

然而，仪器电阻功能的线性度指标可以用下述的方法来验证。图4所示的是用来测量参考级数字多用表的电阻功

能的线性度的电路结构情况。在这里，电阻选件主要是一系列可选择的恒定电流。恒定电流发生器强制地使电流 I_x 流过测试电阻器 R_x 。一个真正的恒定电流源所产生的电流应当与跨过其两个端子——在这里就是指的输入高端 H_i 和输入低端 L_o ——之间形成的电压无关。

这样一来，如果把一个已知的电阻器加到该参考级数字多用表上并记录下显示的读数数值，然后在其输入高端 H_i 引线中串联插入另一个附加的电阻器应当不会太大地影响该数字多用表的读数。这样就能够确认该电流源能够向一系列电阻数值送出相同的电流。如果还能够确认在电阻测量中所使用的电压量程也是线性的，那么在技术上我们就有一种可靠的方法来确认很好的电阻线性度，而不需要使用电阻线性度的标准。注意，该串联的电阻不需要是精密电阻器——该电阻器可以是一个低噪声的电位器。

真欧姆测量技术——避免热电动势的误差

把四线欧姆测量技术和真欧姆测量技术混淆起来是一个典型的错误。诚然，这两种技术原理是完全不同的，但是都用来消除电阻测量的误差。计量学应用领域中的惯例是使用四线敏感技术来测量低阻值的电阻器，这样就可以消除串联的引线电阻引起的误差。然而，这种技术并没有考虑到热电动势的影响。

热电动势是指在电压测量电路中在处于不同温度下的不同种类的金属的结合部产生的电动势。其典型的来源可能就在电阻器本身的内部，或者是在连接引

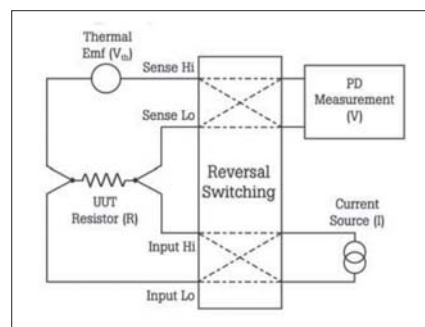


图5. 电流反向真欧姆技术

线和接线端子的地方。这就是校准实验室中的温度的均匀性非常重要的原因。在参考级数字多用表自身的内部也会存在着热电动势。在测量开始之前进行一个简单的清零操作（一种数学的减法运算）就能够消除所有这些“静态的”热电动势。

就其本质来说，这些热电动势也能够变成“动态的”。

由于室内的或者流经仪器的通风和气流，甚至由于室内空调温度的变化所引起的环境温度变化都会导致不断变化的热电动势电压。

最后还有由于激励电流对分流器电阻的直接加热所引起的电压偏置。当电流比较大时，这还可能在外部连接处引起热电效应（珀耳帖效应和赛贝克效应）。这些动态的热电动势只有在电流流动时才会发生，但是由于其热时间常数很长，所以可以对其进行测量。传统的电阻电桥测量技术使用一种特殊的方法来把被测电阻和其它不希望的寄生参量（即电压偏置）隔离开来。一种典型的方法是将已知电阻器和未知电阻器串联起来，并使电流流过这两个电阻器。然后，通过测量每个电阻器的电位端子之间产生的电压来进行电压比率的测量。接着将所加的电流反向并重复进行该项测量工作。电流的反向将会消除电压偏置值的影响，因为在一种极性之下电压偏置值将加到被测电压上，而在另一种极性之下电压偏置值将会从被测电压中予以扣除。这样，从正向电流和反向电流的测量过程中得到的平均电压比率就消除了电压偏置的影响。

遗憾的是，这种电流反向技术只能在各种昂贵的电阻电桥中才能够见到。从前的数字多用表设计方案曾经试图使用真欧姆测量技术或者偏置补偿欧姆测量技术来解决这个问题。这些方法本质上都是首先关掉电流源，在零电流之下进行测量并得到一个附加的电压读数；然后“打开电流源”进行电压测量，并且从这次电压测量所得到的读数中通过数学运算减去那个零电流下测量出的电压

读数。这样就消除了测量通路上的不希望的电压偏置的影响。然而，这种技术的缺点是测量电流以读数的速率开关变化，从而调制了被测电阻器的功率耗散及其温度。这种效应在测量某些类型的电阻器时会引起重大的误差，特别是在测量低阻值电阻器、以及其温度和功率之间有较强的依赖关系的电阻器时尤为明显。其中一个例子就是铂电阻温度计。

然而，福禄克公司的8508A参考级数字多用表具有增强的电阻测量能力，能够自动地补偿任何静态的或者动态的热电动势的影响。图5中说明了电流反向真欧姆技术的发展和实现的情况。在这种情况下，能够对电流源进行反向操作。

每个读数包括两次测量，这两次测量在数字多用表的微处理器的控制下自动地进行。第一次测量的读数在电流为正向的情况下获得，第二次测量的读数在电流为反向的情况下获得。对两次测量的读数进行平均以获得仪器显示的读数结果。被测电阻器上的功率耗损保持恒定，因为电阻器中的电流从来没有切换到零。这样一来就不仅消除了静态的

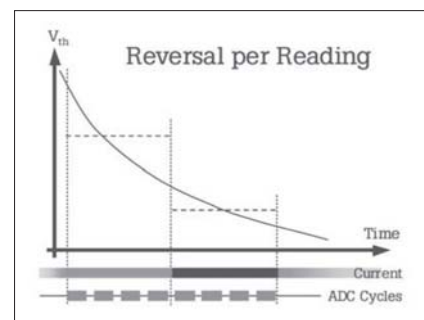


图6a. 在每次读数之后电流反向

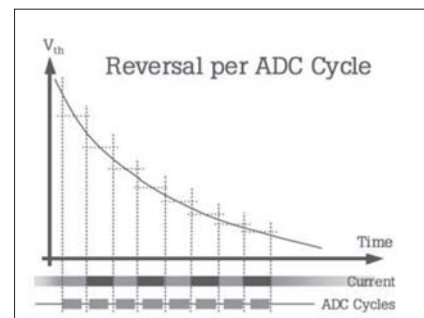


图6b. 在每个模拟数字转换器周期之后电流反向

热电动势，而且也消除了不断变化的热电动势。

和直流电压测量功能时一样，在真欧姆测量功能下用户可以选择分辨力和模拟数字转换器的模式，这样就有效地控制了读数的分辨率和采样（积分）时间。在较高分辨力的情况下，如果热电动势在仪器的积分时间之内变化比较大，那么比较长的有效积分时间将会限制真欧姆热电动势抵消技术的有效性。为了在较高分辨力之下（在这种情况下，对多个模拟数字转换器周期的结果进行数字平均运算）避免发生这种情况，在读数序列中将电流反向多次，而不是只反向一次。图 6a 所示为对于每个极性的每个读数要将 4 个模拟数字转换器周期进行平均，而在每个读数之后进行一次电流反向。图 6b 所示为电流反向在每个模拟数字转换器周期之后发生。

对于每一种极性都发生相同数目的模拟数字转换器周期，但是在连续的极性反向之间热电动势的变化则要小的多，因此这种抵消作用会更加有效。

欧姆屏蔽保护

在测量比较高阻值的电阻时要考虑的另一个问题是测量电路中并联泄漏的影响。这种泄漏将会从被测量的电阻器上分掉一些电流，并使测量产生误差。如果能够将欧姆保护端进行适当的连接的话，参考级数字多用表的欧姆保护功能能够有效地消除这种泄漏的影响。

福禄克公司 8508A 参考级数字多用表的电阻功能具有一个“外部保护”（'Ext Grd'）选件，选用了这个选件之后就可以使保护端子的功能成为欧姆屏蔽保护。图 7 和图 8 说明了福禄克公司 8508A 参考级数字多用表的欧姆屏蔽保护功能的使用情况。Lo 端跟随器通过强制更多的电流流过 Rx 和 Ra 直到 Lo 端处在 0V (Ib=0)，从而使得 Lo 端和模拟公共端 (0V) 保持在相同的电位。这样校准电流 Ix 就将流过 Rx。注意，当对于连接引线的隔离情况有怀疑的时候，可以将输入

敏感高端和输入高端放在一个屏蔽之内，将输入敏感低端和输入低端放在另一个屏蔽之内，而把这两个屏蔽接到欧姆保护端。这样就能够消除输入高端/敏感高端和输入低端/敏感低端之间的任何泄漏现象（参见图 8）。

这是因为泄漏现象可以“看”作是一个并联的电阻通路，而这个电阻通路带有一个方便的分支电路（电缆的屏蔽）作为其欧姆保护端。假定电流泄漏电阻通路的阻值大于 250 Ω，那么不仅泄漏电流将会由 Lo 段跟随器来提供（如 Ia），而且所有引线电容的充电电流也将由 Lo 端跟随器来驱动，从而减少了测量高阻值电阻器时的建立时间。

电阻的传递和比率

福禄克公司 8508A 参考级数字多用表的电阻测量功能也可以进行比率测量。而且，该参考级数字多用表的前面板和后面板上都具有欧姆保护端子，在高阻值电阻测量工作中可以用来消除引线泄漏引起的测量误差。与比率切换相结合，就可以进行 1:1 和 10:1 比率的高准确度的自动化的电阻传递工作。在这两种比率值之下，按照所涉及的电阻器的阻值将参考级数字多用表配置成具有适当的分辨力（5 位半至 8 位半）、模拟数字转换器速率、欧姆电流源、模拟/数字滤波器和比率模式。其量程的选择应当适合两个电阻器当中阻值较高者。例如，测量 10kΩ 到 1kΩ 的比率应当使用参考级数字多用表的 20kΩ 量程。参考级数字多用表的优异的线性度将会保证这两个电阻值之间的最高的传递准确度。图 9 示出参考级数字多用表的配置情况，以便通过其前、后面板的输入端子使用电阻比率的方法来比较两个电阻标准。

真欧姆比率测量

一种独特的真欧姆技术和比率测量功能的扩展性能现在已经纳入到福禄克公司 8508A 参考级数字多用表的设计中，这种扩展的性能用来避免热电势以及当

激励和测量操作在两个通道之间扫描时由于被测电阻上的功率调制现象而引起的热效应。这种技术不在两个通道之间进行激励电流的切换，而是把这两个通道配置成串联结构的形式，如图 10 所示。这样一来激励电流就连续地流过两个被测电阻。这时只对电位差测量操作进行扫描。在同一个恒定电流连续地流过两个电阻器的情况下，测量出跨过每个电阻器两端的两个电压之比率。这样，不论测量工作运行到测量周期的哪一部分，每个电阻器上的功率耗散始终是恒定的。这种技术对于激励电流比较高的低电阻值的量程（例如，在 2 Ω 量程、激励电流为 100mA）的测量工作来说最为有益。由于比较低阻值的电阻器通常都是在较低

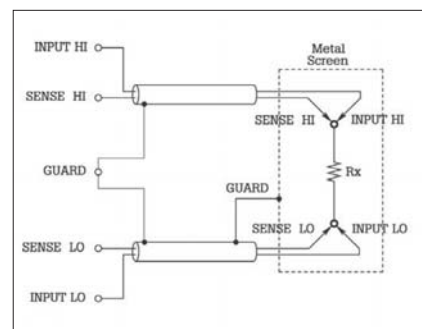


图 7. 欧姆屏蔽保护的连接

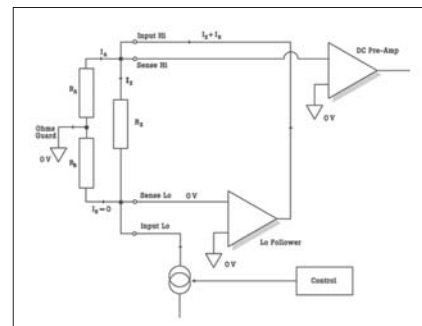


图 8. 欧姆保护的工作

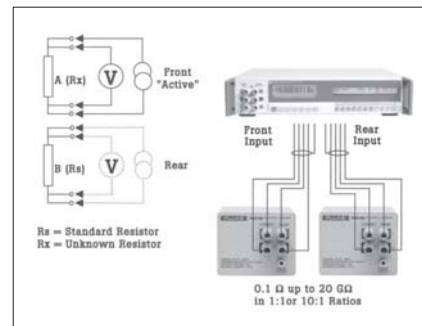


图 9. 电阻比率

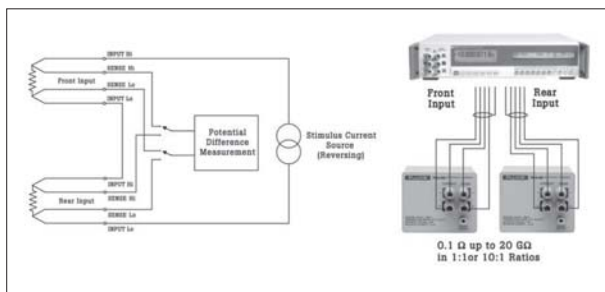


图 10. 真欧姆比率测量

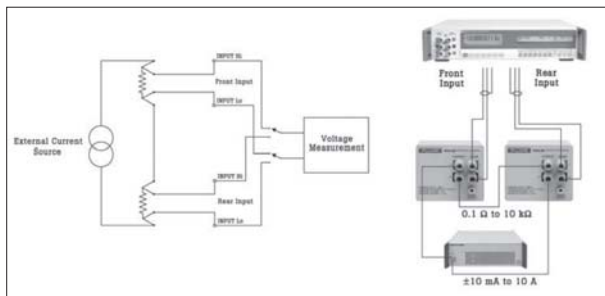


图 11. 电压比率测量（测量电阻）

电压下来测量的，所以热电动势的误差也会更加重要。因此我们就把这种特殊的比率测量特点和真欧姆测量功能，包括电流反向技术结合起来使用。

当真欧姆测量功能之下选择比率测量模式时，数字多用表自动地工作在这种“电压比率”方式之下。

低阻值电阻测量时使用的电压比率技术

当被测电阻器的阻值非常低，例如阻值为 100 mΩ 或者更低时，也可以使用类似于图 10 中使用的电压比率技术。这时，一个外部的电流源给出测试电流，并使该电流流过互相串联的两个电阻器。参考级数字多用表工作在其电压比率模式之下。使用如图 11 所示的这种电压比率模式时，可以使用 1A 或者 10A 的电流源。

使用参考级数字多用表进行十进制电阻箱的校准

对于校准十进制电阻箱来说，最方便的方法是利用参考级数字多用表的准确度来进行直接测量，也就是说不是在比率模式之下来进行测量。这是因为要考虑校准工作中所需要的测量次数，并且对于大多数的十进制电阻箱来说所需要的准确度要低一些。大多数的十进制电阻箱都是两端子的装置，并且具有很大的零点电阻。

对于这种类型的测量工作来说，真欧姆测量技术是非常有效的。这是因为这种技术能够消除热电动势，但是不受电阻偏置的影响——虽然也可以使用参考级数字多用表的输入消零功能来消除电阻偏置。图 12 所示为一个十进制的电阻箱连接到参考级数字多用表的前面板输入端。后面板上的输入端子一般不使用，但是要达到最高的准确度，将一个电阻标准连接到后面板的输入端子上，就可以很容易地进行传递工作。注意，前面板上的输入端子可以供两个电阻器中的任意一个使用。要校准一个标称值为 10 kΩ 的两线、6 个十进度盘的电阻箱需要使用参考级数字多用表的 4 个量程。该参考级数字多用表应当工作在其真欧姆模式之下，其量程和分辨力按表 1 所示来设置。首先，在十进制电阻箱的 L₀ 端端子上将参考级数字多用表的敏感高端和输入高端与输入低端和敏感低端连接起来，进行 4 线校零操作。然后，使用输入校零操

作来消除任何剩余的电阻偏置。接着把数字多用表的输入高端和敏感高端引线移到电阻器的高端端子，并将所有的十进度盘都调到零位。这时，数字多用表将指示出该十进制电阻箱的真零点误差。记录下这个零电阻值以后，使用输入校零功能将这个电阻偏置值去掉，并且依次调节每个十进度盘来对每个十进度盘进行测量，直到达到其最大阻值 11.1111 kΩ 为止。注意，从下面的分辨力表可以看出这种测量的相对准确度是非常高的。而且，由于参考级数字多用表的分辨力是按每个十进度盘来调节的，所以该测量也是非常快的。

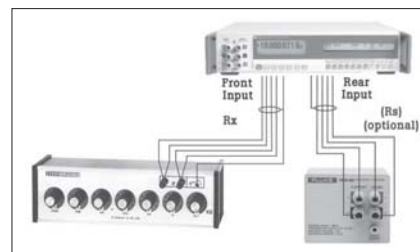


图 12. 十进制电阻箱的校准

高电压电阻测量

在图 8 中，通过增加 L₀ 端跟随器的输出电压驱动能力，可以大大改善该系统测量高阻值电阻的能力，其量程可高达 20GΩ。在过去使用这种方案的时候，其最大的电压为 20VΩ，但是在福禄克公司 8508A 的设计方案中将此最大电压增加到 200V 以上。所以在使用 8508A 的高电压电阻测量功能的时候，总是要极为小心，因为其输入端子上的电压可能会达到远远超过标称的直流 200V。

这种技术要求在仪器的直流电压测量量子系统中使用更高的电压量程（200V 量程），其输入阻抗大约为 10 MΩ。然而，

度盘编号	步进值	十进度盘的最大值	参考级数字多用表的量程	参考级数字多用表的位数	测量分辨力 步进值的百分数 kΩ 的 ppm 数
1	1 kΩ	10 kΩ	20 kΩ	7.5	0.0001 0.1
2	100Ω	1 kΩ	2 kΩ	6.5	0.001 0.1
3	10Ω	100Ω	200Ω	5.5	0.01 0.1
4	1Ω	10Ω	20Ω	5.5	0.01 0.01
5	0.1Ω	1Ω	2Ω	5.5	1 0.1
6	0.01Ω	0.1Ω	2Ω	5.5	10 0.1

表 1 十进制电阻箱和参考级数字多用表的分辨力

与被测电阻（可高达 20 GΩ）相比，这个比较低的阻抗不会成为问题，因为直流电压测量子系统所吸收的输入电流是直接由 L_O 端跟随器的输出经过输入高端端子来供给的。这不会影响电流源经过输入 L_O 端端子所供给的激励电流。在较高的电压之下测量高阻值的电阻能够改善噪声性能、减小泄漏电流的影响（因为激励电流比较大）；而且通过在正常电压和高电压两种电阻测量模式之下来测量同一个电阻器，还能够对电阻器的电压系数进行估计。

低负载“虚拟地”电流测量技术

大多数数字多用表，包括很多精密数字多用表的设计方案中都使用“分流器”的方法来测量电流，如图 13 所示。这时，输入电流流过分流器电阻 R_S ，而将该分流器上产生的电压 (V_S) 加到数字多用表的交流或者直流测量电路上去。多电流量程的仪器的每一个电流量程使用不同的分流器阻值 R_S 。为了确保进行合适的测量，必须要求在分流器电阻上产生足够的电压。但是这个电压也会出现在电流测量输入端子之间，表现为负载电压 V_{in} 。如果这个负载电压比较高，那么当把数字多用表插入到被测电路中进行电流测量的时候，该负载电压就会扰乱被测电流的电路的工作状态。在两个输入端子之间出现的外部寄生电容（例如引线电容）也会与分流器电阻并联出现，并且也会承受该负载电压 V_O 。对于较低的电流量程来说，所使用的分流器电阻的阻抗值比较大。这就增加了分流器受寄生电容影响的敏感性，并且能够使得其频率响应变坏。新一代的参考级数字多用表的设计中已经考虑到了这些因素。

福禄克公司的 8508A 参考级数字多用表在其 200μA、2mA、和 20mA 量程中使用了一种“虚拟地”电流测量技术（见图 14）。这种方法从本质上把前面所说的与“分流器”方法相关的负载电压减到了最小，并大大地降低了输入电阻。这

时，输入电流流经一个反向放大器的反馈电阻器 (R_S)，而在该放大器输入端产生的电压为零（虚拟地），从而有效地将输入负载电压和分流器 R_S 两端产生的电压隔离开来。

现在可以使得输出电压 V_O 即 $I(R_S)$ 足够大，以便电压测量电路来进行测量。虚拟地电流测量技术给分流器电阻阻值比较高的小电流量程带来了极大的好处。对于较大的电流量程来说，“分流器”技术可以很好地发挥作用，并且应用于福禄克公司 8508A 参考级数字多用表的 200mA、2A、和 20A 量程中。

操作人员使用这种采用了“虚拟地”输入的电流测量方法有两个主要的好处。第一，如上所述，由于电路的输入电阻实际上为零，所以把数字多用表插入到被测电路的时候，在数字多用表电流输入端子之间产生的电压就要小的多，因此电流测量对于被测电流电路状态的影响和扰动也要小的多。而且，第二，实现保护技术的方法也变得更加简单。其原因是由于在数字多用表输入端子之间产生的电压要小的多，所以产生泄漏电流误差的机会也就小得多。在较高的频率之下测量交流电流的时候，由于用来连接数字多用表的电缆的寄生电容的影响，泄漏电流的误差通常会成为问题。

解决电流测量中自加热的问题

大多数的 3 位半或者 4 位半分辨率的通用数字多用表能够以适当的准确度测量高达 20A 的交流 and 直流电流。分流器的温度系数特性以及由于分流器功率耗损所引起的自加热效应限制了测量的线性度和建立时间的性能，从而降低了数字多用表的测量准确度。所以高精度的数字多用表通常都没有大电流量程。

福禄克公司的设计人员使用当代最新的技术成功地克服了这些技术障碍，使得计量学家们能够使用 8508A 参考级数字多用表来进行实际的大电流测量。福禄克公司的 8508A 参考级数字多用表采用了具有极低温度系数的高准确

度的分流器，并且是分流器的功率耗损降低到了最小。细心的外围电路设计和热设计使得系统的建立时间和线性度性能都达到了最优化的状态，从而满足了各种计量学应用工作的要求。

大电流的测量

福禄克公司推出新一代参考级数字多用表所带来的新的特色之一是在交流和直流电流测量量程上都可以测量更大的电流。以前，所有位列前茅的精密数字多用表都只能测量满度为 2A 的电流，这就给需要校准 2A 或者更大电流的各种应用工作带来了很大的问题。例如，一台多产品校准器的交流或直流电流量程的校准工作过去总是分为两步来进行的。通常，2A 及其以下的电流量程将使用任何精密的长标尺数字多用表按普通的方法来进行。然而，象福禄克公司 5520A 这样的多产品校准器具有高达 20A 的交流 and 直流电流量程，所以不能仅仅单独使用一台精密数字多用表来校准。校准 20A 量程这样比较大的电流需要使用一个经过适当校准的分流器，将其连接到长标尺精密数字多用表的输入端，并按照满

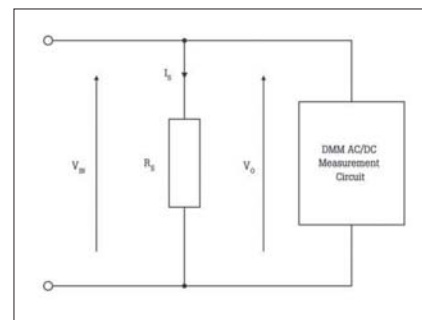


图 13. 普通数字多用表的输入分流器结构

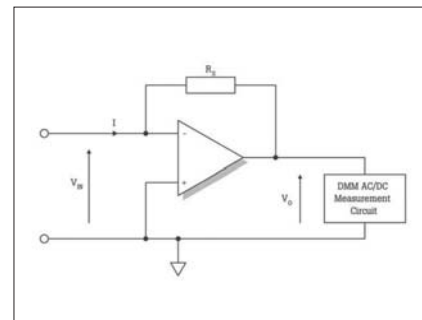


图 14. 安培表输入端“虚拟地”电流结构

度电流流过分流器时产生的电压来设置适当的电压量程。

8508A 参考级数字多用表能够测量满度高达 20A 的交流和直流电流，因此不再需要使用外部的分流器和连接电缆，这样就使得大电流测量的准备工作和实际测量工作都要容易得多。

使用参考级数字多用表来作为高准确度的温度校准工具

象福禄克公司 8508A 这样的参考级数字多用表现在可以为计量学家的高准确度测量之弓提供另一根弓弦。福禄克公司 8508A 的高准确度温度测量功能使得用户能够再进行另外两项校准工作。首先，当该数字多用表和一支具有已知特性的铂电阻温度计 (PRT) 一起使用时，就可以使用该参考级数字多用表简单地读出由该铂电阻温度计测量出的温度。在校准诸如干井式温度校准炉这样的温度源时，这种方法尤为有用。其次，该参考级数字多用表还可以用来校准铂电阻温度计 (PRT) 或者标准铂电阻温度计 (SPRT) 探头。而且，由于其具有两组输入端子，比对和传递测量工作都是非常简单的。

在进行任何温度测量之前，必须将铂电阻温度计或者标准铂电阻温度计的特性系数和配置情况输入到参考级数字多用表中。福禄克公司的 8508A 参考级数字多用表可以贮存多达 100 个温度探头的参数设置，根据需要可以对所有这些参数进行编辑修改或者予以删除。还可以按照 2、3、或者 4 线铂电阻温度计或标准铂电阻温度计探头的工作状态以及 25 Ω 或 100 Ω 的探头阻值情况来进行参数设置。对于高准确度的标准铂电阻温度计校准应用工作，仪器还支持 ITS-90 子区间，也支持所有工业应用中铂电阻温度计探头的 Callendar van Duesen 转换算法。

福禄克公司的 8508A 通过测量所连接的铂电阻温度计或者标准铂电阻温度计探头来给出温度的读出结果，并将测

量的电阻值变成温度。依据被测温度下探头的电阻值数字多用表将会自动地选择 200 Ω “低电流” (Lo I) 电阻量程或者 2 k Ω “正常电阻量程。在激励电流为 1mA 之下，采用电流反向真欧姆工作模式。还可以通过设置使得福禄克公司 8508A 参考级数字多用表按用户可以选择的三种测量单位——摄氏度、华氏度、或者开尔文度之一，以高达 8 位半的分辨率来显示测量结果。

铂电阻温度计探头的校准数据和灵活性

福禄克公司 8508A 参考级数字多用表可以随仪器配备一个哈特科学公司 (福禄克公司的子公司) 的扩展量程的标准铂电阻温度计或者二等标准铂电阻温度计探头。另外，这些探头也可以作为 8508A 的附件来购买。所有探头都提供详细的校准证书，其中包括依据哈特科学公司的温度和电阻标准，通过具有很低不确定度的校准所获得的，进行各种温度转换算法得到所需要的系数。为了和福禄克公司的 8508A 一起使用，首先必须把这些探头的系数输入到参考级数字多用表中，这样电阻温度转换算法就能够将该特定探头获得的电阻数值正确地转换成准确的温度读数。

使探头的校准与参考级数字多用表相互独立就为用户提供了一种灵活性，使得用户在一台参考级数字多用表上可以使用适当电阻值的任何其它的温度探头，而不仅仅使用随仪器所配的那个探头。这样就不会牺牲测量的不确定度，因为由已经建立的转换算法而实现的温度溯源性的途径是基于在特定温度下的电阻测量的，而不是基于直接的温度测量的。直接将 8508A 与一个特定的温度探头一起校准将不会获得更好的温度测量不确定度，但是却意味着大大损失了使用其它温度探头的灵活性。

在一个单个的解决方案中实现电学的和温度的计量测量

参考级数字多用表具有很多的优点，对于要进行电学和温度两方面的校准工作的用户来说尤为如此。

当与一个标准铂电阻温度计探头或者铂电阻温度计探头一起使用时，参考级数字多用表的 PRT 功能对于精密温度测量和校准工作来说是非常理想的。真欧姆测量功能具有的双通道比率测量能力也可以用于按照其电阻阻值来直接比较铂电阻温度计探头。然而，如果需要同时测量几个铂电阻温度计探头，那么哈特科学公司 (福禄克公司的一个子公司) 提供的多种多通道精密温度测量方案将会是比较理想的方法。

这是福禄克公司和哈特科学公司一起合作的一个很好的范例，能够提供全范围的温度测量方案以满足任何这类应用的需要。

小结

自从 2002 年 6 月福禄克公司推出 8508A 以来，现在这款参考级数字多用表已经被认为是全世界电学计量实验室中当前使用的各种传统测量方法的自然的替代方案。现在福禄克公司的 8508A 参考级数字多用表已经进入了全世界的许多国家标准实验室、商业的实验室、以及军方的实验室。由于具有更高的准确度和稳定性、更广泛的功能、以及更加易于使用，许多电学计量实验室以及各种电学计量的应用工作现在都把这款参考级数字多用表看成是一项理想的投资或者是其他长标尺的数字多用表的理想升级方案。而且由于具有更多的功能，这款参考级数字多用表与以往计量学家的宠儿——精密长标尺数字多用表相比，具有更大的吸引力并且是其经济有效的替代品。

在过去的几年里，精确校准电能的意义变得日益重要。随着政府管制范围的缩小，加剧的竞争和更多跨电网供电输送的出现，进行更多更频繁的高准确度测量的必要性变得空前重要。因而，电能的供应商与消费者双方都想明确他们发送的或者消耗的电能与他们预期的是否一致。所以，电能表的校准如今在多数国家里是强制性的。

然而，直到不久之前，电能表的校准一直是一项需要一系列的测试仪器联合才可完成的工作，包括电压源、电流源、参考电能表和脉冲比较器等。这本身不但对整个电能表校准过程的不确定度有不利影响，并且其实行和维护也是昂贵的。

本篇旨在介绍使用 6105A/6100B 准确地校准电能表，从而降低测试维护费用并使测量的不确定度得以优化。

电能表校准基本程序

电能测量仪器的校准和其它仪器的校准并无区别。给被测仪器提供被校准参数的一个已知量值，观测被校仪器以确定该校准参数的测量值。将该测量值与提供的已知量值相比较，计算测量误差。几乎没有例外，电能表都是使用产生脉冲的技术以表示其所测得的电能值。每个脉冲代表一定数量的瓦时 (watt-hours) 数 (或 VAhour, var-hour 等)。这些脉冲通过以下几种方式从仪表向外传输：

1. 对于老式的电能表，电能是通过计算旋转的金属盘上色标转过的次数来记录的；
2. 通过 LED 的闪烁次数表示；
3. 以直流电平输出 (典型的 TTL)；
4. 时下新型的电能表甚至使用了诸如以太网或蓝牙接口等高级报告机制。

由于电能表用于测量很大范围的电能，从瓦时到吉瓦时，发出的脉冲可能代表不同数量的电能。这个电能的数量是由生产商指定的，称作仪表常数 (有时用 k 表示)。例如，某一块电能表可能每千瓦小时产生 100 个脉冲，而另外一块则是



每兆瓦时产生相同数量的脉冲。无论其各自的标准是怎样的，电能表校准系统必须具有能够在系统内部设定这一常数以便通过脉冲数量正确计算电能量的能力。

电能表校准方法

典型的电能表校准通过比较法测量技术来实现。已知量值的电能同时提供给参考电能表和被测单元 (UUT)，然后将参考电能表的读数与被测单元的读数相比较计算出误差。通常完成校准需要以下三个分立的部分：

1. 电能源 (功率源)；
2. 参考电能表；
3. 同时分别累计来自参考电能表和被测单元的脉冲并将二者比较且显示误差的设备。

校准结构框图见图 1。

在这个结构中，6105A/6100B 被简单地用作电能源 (电流源和电压源)，没有使用电能校准选件所具有的其它功能。

然而，6105A/6100B 电能校准选件可以让使用者在进行校准时不必再使用参考电能表和 (或) 脉冲比较器，可有效替代这两种仪器的功能。

用 6105A/6100B 取代参考电能表

参考电能表主要用于两种用途。首先，它用于提供一个可靠的具溯源性的源，其次，用于测量传输的电能的实际量值。6105A/6100B 测量功率和计算时间的能力表明它能够高准确度的测量出它所传输的

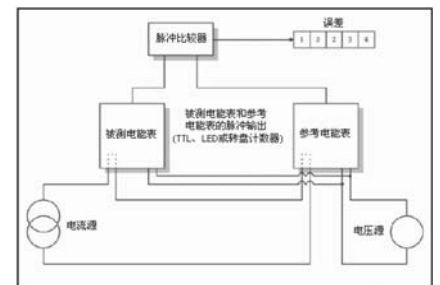


图 1. 典型的电能表校准结构

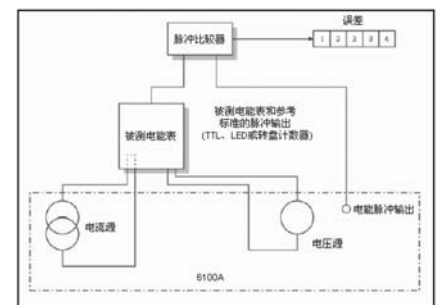


图 2. 使用 6105A/6100B 功率标准源的电能表校准结构

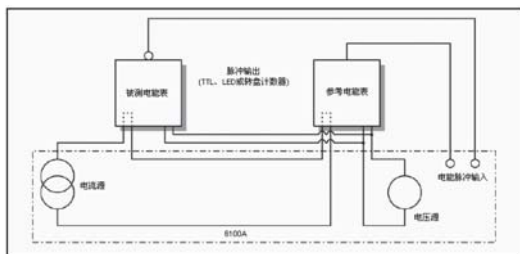


图3. 6105A/6100B 使校准结构中不再需要脉冲比较器

电能的量值。因此，参考电能表的功能在此已经是多余的了。在这样的结构中，仍然要使用脉冲比较器，这是由于6105A/6100B 能够取代参考电能表发送脉冲。为了模拟被测电能表的“k”值，可以在程序中为6105A/6100B 设定输出每单位电能时产生的脉冲数。这一校准结构见图2。

用6105A/6100B 取代脉冲比较器

6105A/6100B 接收、累计和比较脉冲的能力意味着它可以实现脉冲比较器的所有功能，使外部脉冲比较器同样成为多余。这一结构见图3。

用6105A/6100B 取代参考电能表和脉冲比较器

上面论述已经证实了6105A/6100B 可以取代脉冲比较器和参考电能表，同样地，它也可以将这些功能结合在一起，从而取代所有其它需要的仪器，并单独

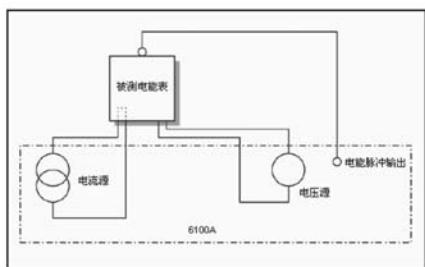


图4. 使用6105A/6100B 标准功率源在输出电压、电流的同时取代了脉冲比较器和参考电能表

复合波形 - 6105A/6100B 的独特特性
在已描述的应用中，有一种扩大的需求，即是进行非正弦条件下的检定或校准。事实上，近些年出现了多方面的标准规定了电能表的测试技术，并且在有些情况下，实际指定了详细的波形用于“型式

试验”（对照标准评定设计规格）。IEC61036 就是其中之一。世界上的标准正如其执行和法律地位一样，相当多样化。图5、图6、图7和图8 给出的都是 IEC61036 中特殊要求的波形，这些波形都是由6105A/6100B 功率标准产生的。半波整流信号、相位触发信号和波群触发信号都可以在电压或电流通道上产生，但是在正常情况下通常采用执行后者。这些波形可以很容易在6105A/6100B 的电压或电流通道上复现。

6105A/6100B 的四种测试模式

在使用6105A/6100B 测试、校准或检定电能表时，它可以用在以下四种模式中的任何一种。它们是：

- 自由运行模式
- 计数 / 定时模式
- 门控模式
- 电能包模式（也称为定能量模式）

对所要进行的试验的类型，每一种模式都有其独到的益处。

自由运行模式

用于自由运行模式时，6105A/6100B 直到输出操作开关（OPER）打开时才开始累计电能表的脉冲。当输出开关打开后，6105A/6100B 将会无限制地计数直到开关被再次关闭。在此种模式下，并未指定时间常数或电能标准数。这一模式在电能表检定试验中特别有效，因为它可以很快地确定电能表的状态。

自由运行模式也可以有效应用于潜动试验或简单地用于调试仪表。潜动试验是电能表的电压线路加以额定电压而任一电

流回路不加电流，试验执行一段特定的时间，以便从根本上确定用户没有用电时电能表潜动计量了多少电量。

这一应用可以通过使用在本篇第6 页所述的6105A/6100B 基本设置用户界面屏幕来完成。

计数 / 定时模式

当6105A/6100B 设置在计数/定时模式时，使用者必须在计数启动之前先在“电能计数/定时模式”屏幕的三个窗口中输入或选择数据（见图9）。

首先，可以指定预热的时间。它允许使用者让电能表运行一段特定的时间，使电能表在进行测试之前达到一个合适的工作温度。

然后，必须选择测试的时间标准。这一窗口上有三项选择：

1. 源模式（Derivation）
2. 持续期间（Duration）
3. 脉冲源（Pulse source）

在“源模式（Derivation）”的下拉菜单中的选项决定了6105A/6100B 传输电能的方式。可以选择定义为时间、脉冲数或者定义为测量电能。

“持续期间（Duration）”的输入值仅表示时间的长度或周期，这取决于“源模式（Derivation）”下拉菜单的选项。这里

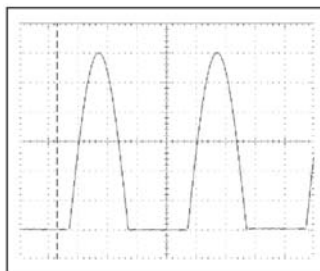


图5. 半波整流信号

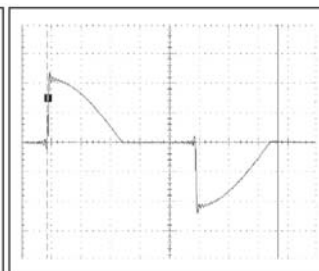


图6. 相位触发信号

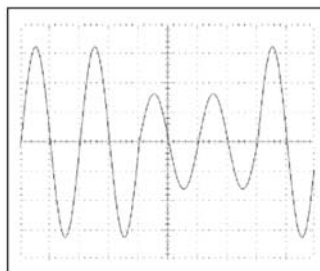


图7. 波群触发信号

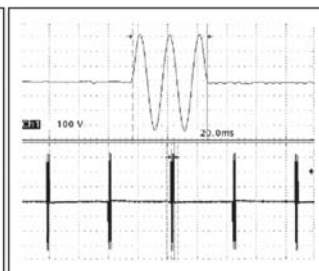


图8. 电压跌落与短时中断

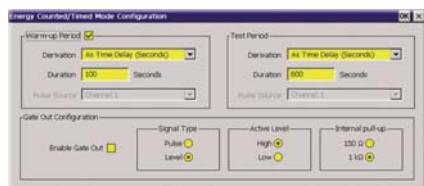


图 9. 电能计数 / 脉冲模式配置屏幕

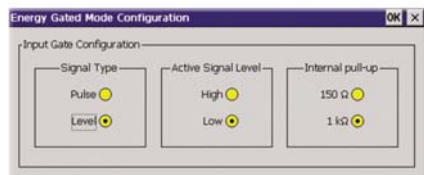


图 10. 电能门控模式配置屏幕

将规定为时间（以秒、分或小时为单位），或者是要累计的脉冲数，或者是电能（以瓦时、千瓦时或兆瓦时为单位）。

在选定了电能传输方式之后，就必须选择脉冲源。这里将确定 6105A/6100B 使用哪一个或哪些通道输入来自电能表的计数脉冲。值得一提的是，6105A/6100B 的 6 个电能校准通道输入能力使得它有能力检测具有单路或多路脉冲输出的多相电能表以及单相电能表。

最后，一个在 6105A/6100B 后面板上的“电能门控输入/输出 (Energy Gate In/Out)”插座可被使用并根据使用者的要求进行配置。“电能门控输出 (Energy Gate Out)”功能选择使能之后，操作者可以选择控制信号类型为在持续期间内保持同一电平的信号，或者一个起始、终止脉冲；还可以设置信号有效电平为高或为低，最后，内部上拉电阻的源阻抗可以指定为 150 Ω 或 1k Ω，以匹配电能表或监视系统自身的源阻抗。这应当在与 6105A/6100B 连接之前根据仪器的用户手册所述来决定。

门控模式

在门控模式中用户有机会遥控启动 6105A/6100B 输出和计数循环。这一过程可以通过将一作用信号加到 6105A/6100B 后面板上的“电能门控输入/输出连接器 (Energy Gate In/Out Connector)”来完成。当门控模式被选中时，这个连接器自动成为一个输入接口。但是在开始测试之前，所用的作用信号参数首先要

6105A/6100B 的“电能门控模式配置 (Energy Gated Mode Configuration)”屏幕（见图 10）中设置好。这里，信号类型、有效信号电平和内部上拉电阻三个参数必须首先设置好。详细的操作方法请参见 6105A/6100B 的用户手册。

完成这一过程后，6105A/6100B 需要用户输入测试期间的长度，准备通过测试仪器或系统的可选部件提供的作用信号来启动或关闭 6105A/6100B 的输出或计数功能。这个可选部件可以是用户的计算机，内部装有户本人专门设计的，用于对 6105A/6100B 进行任意时间、电能或计数控制的软件程序。

电能包模式

电能包模式，也称为定量模式，在这一模式下，输出端子上的功率输出是受时间限定的，以向被测电能表传输所要求数量的电能。可以将其以电能、脉冲数或者时间来定义。

然而并不像计数/定时模式，这里没有预热时间。这对于消除被测表初始超额计数是有利的。超额计数是指参考电能表和被测电能表所计数的电量多于测量 6105A/6100B 所输出的电量。这是极为正常的，并且体现在测试中的建立和预热的时间。此外，请注意在使用 6105A/6100B 的其它模式时，为获得显示结果的所作的实际测试时间和计数是极其精确的。在电能包模式下，因为没有预热时间所以超额计数并不成为问题。

与其它模式一样，进行测试之前，电能包模式屏幕上的参数必须先设置好。见图 11。

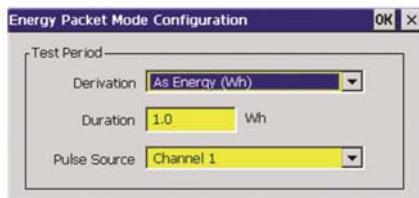


图 11. 电能包模式配置屏幕

6105A/6100B 用户界面和基本设置

6105A/6100B 电能用户界面可以通

过波形菜单来获得。注：如果开机后想直接进入菜单，先要按下键盘的“Esc”键，会出现标有“电能计数 (Energy Counting)”的按钮。选择该键，接下来用户就必须根据其测试类型来设置 6100A，这就要选择“设定仪表常数 (Configure Meter Constants)”键，按下该键后会进入“通道设置和仪表常数 (Channel Configuration and Meter Configuration)”屏幕，（见图 12）。

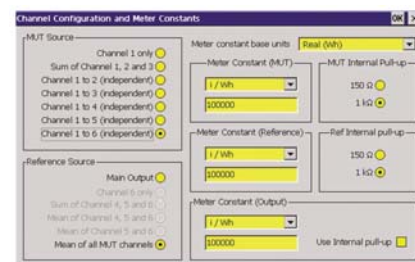


图 12. 通道配置与仪表常数屏幕

第一个窗口，“被测仪器源 (MUT Source)”决定 6105A/6100B 前面板的哪些插孔将用于电能脉冲输入。在这个面板上可以设定几个不同的配置，从 1 块到 6 块单相表，或者是单脉冲通道的三相表，“1、2 和 3 通道之和”复选框。

指定了脉冲源通道之后，用户必须再选择参考源。这取决于用户选择哪一种电路（如图 2、图 3 和图 4 所示）来进行测试。如果使用 6100A 内部参考，如图 4 所示，就必须选择“主输出 (Main Output)”复选框。换种方式，如果利用一个外部的单相或三相表作参考标准，那么必须根据测试类型选择另外 5 个复选框其中之一。这种情况下的两个例子如图 1 和图 3 所示。

“仪表常数基本单位 (Meter Constant Base Units)”下拉菜单允许用户根据要测试的电能表类别选择三个仪表基本单位—Wh(有功功率)、VAh(视在功率)或者 varh(无功功率)其中之一。做出选择之后，必须再指定仪表常数。这必须包括指定被测电能表的常数，外部参考电能表的常数（如果使用的话）以及 6105A/6100B 的参考脉冲输出。这些都要根据被测表和外部参考电能表（如果使用的话）的输出特

性在“被测仪表常数 (Meter Constant (MUT))”和“参考仪表常数 (Meter Constant(Reference))”窗口中输入。

在“输出仪表常数 (Meter Constant (Output))”窗口中,可以设定表征“脉冲输出”连接器等效仪表常数的值。无论何时开始电能测试,输出的都是代表着系统中所有6105A/6100B /6101A 的有功V/I 输出的总功率和总电能的脉冲串。

脉冲输出同样有用户可选内部上拉电阻。这对于具有集电极开路输出的电能表尤其有用。每种仪表常数都配有一个独立的上拉电阻,对于被测表和参考表,有可选择的 150 Ω 或者 1k Ω 上拉电阻。类似地,主体电能的脉冲输出也配有一个可选上拉电阻。可以通过“使用内部上拉 (Use Internal pull-up)”复选框来选定或清除选定。

至此,基本设置已经完成。使用者可以通过 6105A/6100B 输出菜单为 L1 (L2 和 L3, 如果使用两相、三相或四相系统) 输入各参数组合。

现在电能表的测试已经准备就绪了。要开始测试,用户只要简单地按下 6105A/6100B 的绿色“OPER”按钮——只有在“门控”模式下,“OPER”按钮必须先按下,6105A/6100B 才能够正确识别门控信号以开始测试。运行完整测试可以见到如图 13 的典型输出菜单屏幕。

需要注意的一点是,6105A/6100B 只能与有独立(辅助)电源为内部电路供电的仪器一起使用。6105A/6100B 的任务是在用户要求的宽负载范围内精确地保持其电压输出的波形和幅值。如果仪表电源单元会使 6105A/6100B 输出负载电流发生短期的周期性变化,6105A/6100B 将无法保持其输出的准确性。

6105A/6100B 电能典型应用

电能表检测通常应用于以下三类情况:

- 测试 / 校准服务
- 生产测试
- 型式试验 / 批准

测试 / 校准服务

测试/校准服务是指对使用中的电能表进行规律的周期性检定和/或校准。各国对此的政策不尽相同,但是大多数情况下电能表都要在电能表生产厂进行批量测试,每次若干台表。这种情况在那些立法规定民用电能表必须每年进行测试的国家尤为显著。基于此,这些国家有相当多的电能表测试场所。显然,要在一年中完成这样数量的测试需要在大范围内大批量地进行。为了克服这样的困难,采用了将多台电能表连接到带有多路互感器的大型测试阵列上的方法。小型的测试阵列也可以同时检测 10 台电能表。

在一些国家,这一数量可以达到 100 台或者更多。这种方式可能给测试电能表工作带来很多好处——相当重要的是一次可以测试很多的数量。然而,也有一些不利之处。最为不利的一点是进行这样的测试需要的电源的容量。简单地说,这种类型的试验所需的独立电源会超出 6105A/6100B 或者由此配置的任何一种系统的设计容量的。但是,据说,这些检测机构普遍地使用一种“特殊”装置。这种多用途装置用于检测那些由于某些原因不能在大型阵列上检测的电能表。这可能是由于实际尺寸、不同的环境要求或者是不兼容性的原因。对于这种低量的检测装置,6105A/6100B 正是理想的对象。电源的要求降低了很多,要求的输入通道数量甚至一台单独的 6105A/6100B 也可以满足。

出厂测试和型式试验 / 批准

电能表生产厂商正在其设计中心和工程开发中心使用 6105A/6100B 和 6105A/6100B 系统进行型式试验和型式批准工作。根据那些由几个标准派生出来的并在各个国家乃至全世界施行的很多新的不同的标准,人们公认 6105A/6100B 是唯一能够复现它们并进行全项测试的全面解决方案。此外,它能够以高准确度和高溯源性来完成此项工作。

对于电能表生产商,型式试验和型



图 13. 6105A/6100B 的输出参数屏幕

式批准的这种观点是由他们的客户——公用事业公司(及其他类似经营人)和与生产商相关的管理机构来推动的。这些机构现在都在用 6105A/6100B 来检定和验证他们开发的电能表,测试合格后才配置、安装和使用。这些公司和机构也使用 6105A/6100B 来检定使用中的电能表,尤其是在有争议和纠纷的情况下。

对于世界上一些不同的“型式试验”程序,大多数的用户将其看作对电能表的检定、校准或用于型式批准的手段。在许多国家,遵循必要的标准合已经成为了法律要求。

在欧洲的电能表生产商、公用事业公司和对外管理机构都遵守 IEC61036 的技术要求。在其它地区,也有要求在生产和使用电能表中所要遵守的类似标准。

6105A/6100B 是什么样的仪器？

6105A/6100B 为单机解决方案，可以为电能计量仪器、电能质量分析仪和类似设备的测试产生参考标准信号，具有足够的准确度，可获得国际标准所要求的可重复性结果。它由独立的电压和电流通道组成，通道能够提供高于 1kV 和 20A 的电压和电流，其典型准确度在 0.01%~0.02% 之间。它可以独立工作，用于单相应用；或者作为模块化系统的核心，提供驱动两相、三相和四相（三相加零线）的输出，并提供了两个大电流选项：50A 和 80A，可提供高达 80A 的电流。

6105A/6100B 不是一台交流电源（市场上已经有足够的电源），而是一种参考级质量的仪器，它将高度灵活的电压和电流源以独特的方式组合在了一起。利用 6105A/6100B，可以在一个或两个输出通道中轻松地增加闪变、谐波失真等现象，提供了足够的灵活性，可以满足当今及可预期未来的所有国际电能质量标准——包括自由组合电能质量现象的能力，例如谐波和谐间波。

无论是单机工作还是作为多相系统的核心，6105A/6100B 的可调“电压-电流”相位角均可达到毫度级准确度，足以抗衡相位标准。这种能力对于参考级的有功功率和无功功率测量是至关重要的。在此之前，工程师们为了校准电能和电能质量仪器，不得不自己设计大量的信号源和功率放大器；利用 6105A/6100B，则不再需要这些难以检定的自制设备。

哪些人需要 6105A/6100B？

6105A/6100B 的主要用途在于校准和检定那些直接测量电能和电能质量的仪器。这些仪器包括从家用和工业用电表到电力质量分析仪的各种仪器，以及测量电气参数（例如闪变）的更专业的仪器。由于国际标准越来越严格地要求电气和电子设备对电力线产生最小程度的干扰，因此任何涉及到电力工作的研发实验室（从家用电器到照明设备，再到电机控制，以及更多其它设备）都总是拥有

一台功率分析仪，并且制造商的生产和质量控制过程中都会采用类似的设备来保证其产品满足设计参数。从大的方面说，对任何生产电能计量仪器、电能质量分析仪、UPS 以及这类仪器中所用器件的生产商，凡是维护自身的 EMC 测试实验室的单位，都是 6105A/6100B 的潜在客户——特别是 IC 和电流变换器领域。

由于法律要求凡是在欧盟销售的电气和电子设备都必须获得 CE 认证，因此在该区域已经形成了一个全新的产业：第三方专家测试机构。在该区域，国家政府已经制定了一系列认证机构（也就是有资质评估不同类型设备的测试机构）来从事 CE 认证的工作。任何提供 EMC 测试服务的测试机构都是 6105A/6100B 的潜在客户。在网站上都可以找到欧盟测试机构的清单，例如 www.ce-marking.org。

国际标准还要求共用事业单位进行电力质量测量，以确保提供合格的产品。这方面适用于每个地区（每一地区都有其自身的法令要求），使得发电和配电方都成为 6105A/6100B 的潜在用户。在该领域，许多工业用户都测量供电质量，以确保收到的电力是优质的。但更为重要的往往是检查确认工厂没有产生不可接受的电力干扰。工程工程师使用的也是便携式的电能质量分析仪，例如 Fluke 430 系列。和其它用户一样，对用来检查电能质量问题的仪器进行定期、可溯源的校准是至关重要的，从而增加了采用 6105A/6100B 作为参考仪器的需求。

设备为什么必须校准？

像其它任何精密仪器一样，电能计量仪器、闪变仪和电能质量分析仪都需要定期校准，以确保获得可靠的测量结果。虽然国际标准规定了不同测量的绝对准确度要求，但是在特定国家用来证明标准一致性的设备必须满足相应标准的准确度参数，这几乎是法律要求。

在测量体系的顶层，维护功率测量的国家标准实验室是 6105A/6100B 的首要用户。在这种应用中，仪器非常适合于



产生功率参考所需要的高准确度和稳定度的相位可控波形。在较低级别的测量中，该仪器作为用于设计评估工作的波形发生器也是极具价值的——尤其是在当今世界快速增长的电气电子测量仪表设计领域，普通的民用仪表已经接近传统电能质量分析仪的准确度和测量能力。

您一直在谈论标准——那么 6105A/6100B 能够帮助用户满足哪些标准呢？

正如每个看过标准的人感觉的一样，有些国际标准是很难理解的。欧盟委员会目前带头发布了其容易理解的型式认证，规定凡是在该区域销售或使用的电气和电子设备必须获得 CE 认证。请注意，全球范围内都存在类似的要求（在很多情况下是严格相同的）。哪个标准完全适用于哪类仪器要取决于设备的类型及其应用。以下是 6105A/6100B 涉及到的最常见规范，以及其影响的相应区域：

- IEC 61000-3-2: 吸收电流 $\leq 16A$ /每相的设备的谐波辐射限值
- IEC 61000-3-3: 相关设备的闪变控制设备制造符合这两个标准，从而驱动了对稳定测量仪器及参考仪器的需求。这些标准列出的主要测量方法有：
- IEC 61000-4-7: 谐波和谐间波测量及仪器指南
- IEC 61000-4-15: 闪变仪功能和设计规范

- IEC 61000-4-30: 电能质量测量技术
关于电能表的独立部分，适用于最普通的使用；
- IEC 62053-11: 机电式有功电能表的要求
- IEC 62053-21: 1类和2类电子式有功电能表的要求，
- IEC 62053-22: 0.2S和0.5S类电子式有功电能表的要求

一些规范的例子

6105A/6100B卓越超群的优点之一就是能够在电压或电流信号、或者两者同时键入混合和匹配谐波和谐间波。对电压的这种能力是满足 IEC 61000-4-30 标准的关键，该标准规定对于用来满足 A 类工作标准的仪器（例如功率分析仪），绝对电压不确定度 $\leq 0.1\%$ 。标准强调，被测仪器在发生谐波、谐间波和闪变时要能够维持其准确度——这意味着任何校准源都必须能够产生远远优于 $\leq 0.1\%$ 不确定度的合成波形，以保证在其本身和被测仪器之间拥有足够的准确度余量。

6105A/6100B 完全满足这些要求，其典型准确度在 0.01%~0.02% 之间，在发生各种畸变信号时也能保持这一准确度



图 1. 所示为简化了的标准兼容性和参考级测量能力需求之间的关系。

——无论是独立干扰还是谐波和谐间波相组合，可高达 100 次谐波频率。

典型应用

现在的电能表和功率分析仪在功能上没有明显区别，我们以功率分析仪为例进行介绍。还需要牢记，6105A/6100B 非常适合于测试闪变仪——测量短时间供电电压波动的装置，这种短时间的电压波动会造成灯泡发生明、暗闪烁，该测试也同样适用于国际标准。在每种情况下，一般会将 6105A/6100B 的电压输出连接到被测仪器的电压输入，而在 4 线测量配置中更合适，那样能最小化连接误差。

我们还将 6105A/6100B 的电流输出连接到测试仪器的输入通道，通常从 6105A/6100B 的电流高接线端子通过测试仪器的电流变送器，然后再返回到 6105A/6100B 的电流低接线端子。图 2 和 3 所示为典型的配置。

欧洲之外的情况怎样？

在每个地区也都有相类似的产品一致性规范，全球范围内的工业化国家都具有与欧盟相类似的产品测试要求，无论是国内销售还是对外贸易。例如，澳大利亚和沙特阿拉伯几乎严格遵循欧盟的方法，而 IEC 规范则被远东地区所广泛接受。在有些地方，在各方面都希望达到“绿色”的迫切要求就是一个主要的市场驱动力。许多日本公司，如索尼，以自己能给消费者带来科技所能创造的最和谐电子器件而自豪。这些思想延伸到了能源消费和电能质量方面的影响。

美国情况怎么样？

由于工业的国际化特征，美国制造商对 IEC 规范很熟悉，但在民用上美国还没有执行同样的标准。在国内，美国多使用 IEEE 标准 1159-1995 “IEEE 关于监测电能质量的操作规程建议”来解决主干网的干扰问题，包括谐波失真、闪变、骤升和骤降、瞬变以及中断。很显然，这一规范要求电压和电流测量达到高达 100 次谐波（6105A/6100B 完全可以满足），而 IEC 标准只要求测量到 40 次谐波。

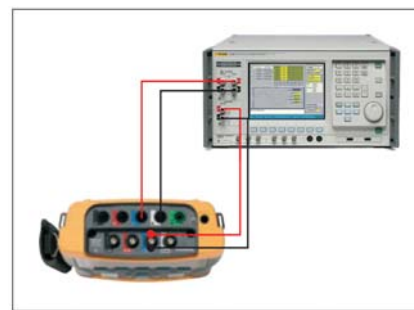


图2. 利用Fluke 6105A/6100B 校准Fluke 434 的一个通道的设置



图3. 利用Fluke 6105A/6100B 校准LEM Norma 4000 的一个通道的设置

6105A/6100B 不适用于哪些情况？

正如我们在开始所述，6105A/6100B 不是交流电源。它从电压端子提供高达 50VA 的功率，这种能力对于测试从交流供电线上获得内部供电的电能表是至关重要。这种仪表规定的最大电能消耗应在 2 VA 左右。所以对准确度的影响是很小的，尤其是在 6105A/6100B 的四线测量模式下。

但是，该设备不能从其电压端子提供 61000-4-x 标准规定的抗扰性测试中需要的大电流。这些标准是为了确定被测设备对静态电压变化、骤降和骤升、瞬变、短期中断等现象的抵抗能力。也就是说，它们要求的是发电设备，并不是 6105A/6100B 这类用于校准的标准设备。这类电压源可从大量的第三方制造商处购买，包括安捷伦 (Agilent)、California Instruments、EMC Partner、EMV、Haefely EMC、Schaffner 和许多其它的制造商。

最重要的是，没有其他哪一款设备能提供像 6105A/6100B 这样的功能，它为电力工程师的工具箱增添了独一无二的无价之宝。

摘要：多功能校准器真的能够校准比该校准器更准确的高精度数字多用表吗？本文介绍了一种方法，在校准 8 位半数字多用表的所有测试点上将一台多功能校准器的特性修正，得到优于其出厂的 24 小时技术指标。使用自动化的程序、数据采集和统计方法，我们发现，通过将一台校准器进行特性修正，可以在所有需要的数值点上达到能够校准高精度数字多用表的不确定度。这时必须解决的误差来源包括热电势、测量校准器输出的设备所引起的负载误差和在测量特性修正时数字多用表所引起的负载误差。重复测量校准器所得到的数据表明在 30 天内 10V 的漂移小于 $0.3 \mu\text{V/V}$ 。对于电阻，类似的数据表明，在相同的时间内， $10\text{k}\Omega$ 的漂移保持在 $0.25 \mu\Omega/\Omega$ 之内。随着校准器不确定度的减低，还必须对用来校准多功能校准器的各种标准器和各种技术方法重新进行评估以降低其不确定度。

前言

一级标准实验室一直在开展对一台 5700A/EP 进行特性修正的工作，并用它来校准安捷伦公司的 3458A/HFL。不使用经过特性修正的源也可以校准高精度数字多用表，但是对于某些校准点必须使用保护带的方法 [1]。当福禄克公司的 8508A 出现以后，我们已经拥有了 3458A 校准的经验，并且确认我们的计量站所拥有的这台 5700A/EP 对于校准 3458A 来说性能是足够好的了。但是它的性能对于校准 8508A 来说是否也是足够呢？本文阐述了我们为找出这个问题的答案所经历的工作历程。

校准器特性修正概览

我们曾经编写了一个 Met/Cal 的程序使得对校准器进行特性修正的工作实现自动化。该程序直接将新的特性修正值写入 5700.cor 文件，而该文件则在校准安捷伦公司的 3458A 时使用。我们将该程序进行了更新，使之包括校准福禄克公司的 8508A 所需要的测试点，这样总共有 148 个点要经过特性修正。校准数字多用表所使用的校准器和对该校准器进行特性修正所使用的大多数的设备——诸如系统数字多用表、Data Proof 公司的 160A 扫描器、742A 标准电阻器、732A 标准电压参考标准和 752A 分压器等一起都安装在一个机架上。机架上的这些设备一直保持通电，并仅当对这些标准器进行例行的校准工作时才从机架上拆下来。实验室的环境保持在 $23^\circ\text{C} \pm 0.6^\circ\text{C}$ 的条件下。

校准器的直流电压的特性修正

对该校准器的直流电压参数进行特

性修正使用一台福禄克公司的 732A 直流电压参考标准、一台 752A 参考分压器和一个检测器来完成的。为改进自动化操作的能力，使用一台数字多用表来作为该检测器。通常是使用检零计来作为检测器的，而使用数字多用表来作为检测器则必须计算由于偏置电流引起的误差。对于我们的特定的系统数字多用表，由它引入的误差是很小的。对于 100 mV、1 V、10 V、100 V 和 1 kV 各点的正、负两个极性都测量出其特性修正值。对于该 5700A/EP 的 10V 输出在 11 V 量程和 22 V 量程都进行测量。需要这样做的原因是，为了校准 8508A 我们需要对 5700A/EP 的 15 V 输出和 19 V 输出都进行特性修正。自动化的程序获得 22V 量程的 10V 输出的比例偏差值，并使用相同的比例偏差值计算出 15V 和 19V 的特性修正值。对于这些数值的不确定度分析，其不确定度中包括了公布的 5720A 的线性度技术指标。使用同样的方法来根据 11V 量程的 10V 输出计算出 5V 的特性修正数值。

进行特性修正时必须考虑到如何对 UUT 进行测量的问题。例如，在 3458A 的自动化程序中，我们使用在其端子上加一个铜短路片的方法来测量零伏的偏置电压，然后进行 100mV 的绝对测量。对于这种测量来说，我们的参考点是铜的短路片 (0V)。校准器的 100mV 输出必须参考零伏来测量。由于增益是参考一个直接的短路片测量的，所以这是一种绝对的测量。对于福禄克公司的 8508A 测量程序，采用了向数字多用表施加来自校准器的零伏的方法来对 8508A 的量程进行清零。校准器 100mV 量程的固定项技术指标为 $0.5 \mu\text{V}$ 。如果校准器处在其技术指标的极限

点，就会在 100mV 量程引起 $5 \mu\text{V/V}$ 的误差。对这种偏置必须予以补偿。我们补偿这种误差的方法是对校准器的 100mV 输出作一个附加的特性修正。我们把校准器的输出连到 752A 的输入端，使校准器向 752A 施加零伏。在参考输入为零的情况下，我们记录下系统数字多用表的偏置值。该表上纪录的偏置值就是校准器的零伏偏置值的影响。这个值变成了我们的参考值。当施加 100mV 时，我们根据校准器的零输出，而不是根据绝对零点来记录增益变化。这个 100mV 的测量结果是相对于校准器的零点偏置的。有了这两个 100mV 输出的特性修正值，我们既可以根据绝对零伏（铜短路片）来输出 100mV 的输出，也可以相对于校准器的零电压输出来输出 100mV。

本文中给出了技术指标和不确定度的简洁说明。在制造厂手册中用小字列出了各种不同的工作模式之下的所有附加项。在本文中所列出的技术指标是在 99% 置信水平之下的一年之内的绝对技术指标。我已经将指标的增益项和固定项加在一起 [2、3、4]。对于安捷伦公司的 3458A/HFL 来说，我们已经把安捷伦公司的工厂溯源性附加误差加了进去，以使得这些技术指标成为绝对的技术指标。图中所示的不确定度极限值用“Char Uncert (特性修正不确定度)”的符号来表示，这些数值是赋给经过特性修正的校准器的不确定度，其置信水平为 95%。在校准数字多用表时所报告的不确定度包括经过特性修正的校准器的不确定度、数字多用表的 A 类不确定度分量、以及在某些情况下还包括若干系统影响的其它的附加项。本文章未提供数字多用表的不确定度的报告。

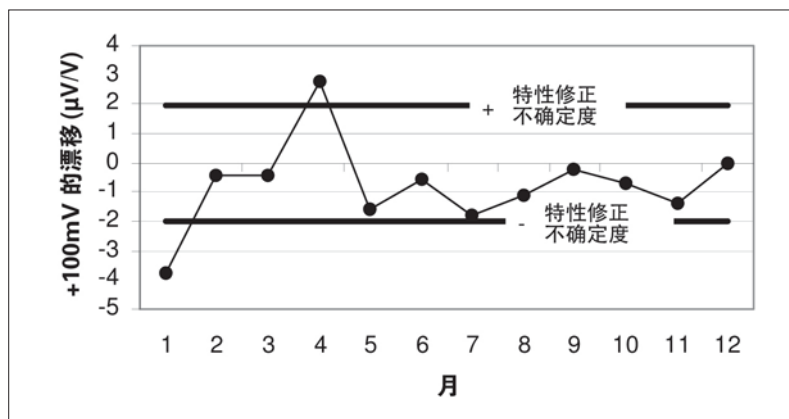


图 1. 校准器 +100mV 的稳定性

型号	µV/V
安捷伦公司 3458A	14
安捷伦公司 3458A-002	10
安捷伦公司 3458A/HFL	9
福禄克公司 8508A	7.2
福禄克公司 5720A	15
福禄克公司 5720A (24 小时相对指标)	6
Char Uncert (特性修正不确定度)	1.98

表 1. 100mV 的技术指标

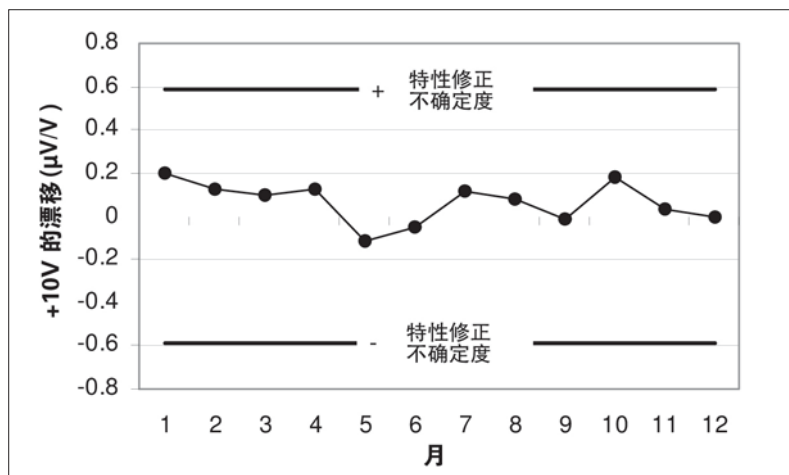


图 2. 校准器 +10V 的稳定性

型号	µV/V
安捷伦公司 3458A	10.05
安捷伦公司 3458A-002	6.05
安捷伦公司 3458A/HFL	5.05
福禄克公司 8508A	4.5
福禄克公司 5720A	4.3
福禄克公司 5720A (24 小时相对指标)	1.3
Char Uncert (特性修正不确定度)	0.6

表 2. 10V 的技术指标

图 1 示出在 12 个月的期间内校准器的 +100mV 输出值的稳定性。图中画出的数据显示出用最后一个读数(第 12 个月的读数)为参考点、以 µV/V 表示的输出值变化情况。这种测量是若干项非常困难的测量工作之一，主要是因为热电势影响的缘故。表 1 列出了各种型号的仪器及其 100mV 的技术指标。从图中您可以看出，在 12 个月期间内，校准器的性能很好地保持在其 24 小时相对技术指标之内。每个月的测量值之间的变化表明 100mV 数值的不确定度可以保持在小于其 1 年的技术指标的 15% 之内。2µV/V 的不确定度大约是 8508A 的技术指标的 27%。观察其后 6 个月的漂移和重复性，可以看到还有潜力可以将其不确定度降低到明显低于 8508A 的技术指标的 25% 的水平。

图 2 是在同样的 12 个月期间内校准器的 +10V 直流电压输出的图线。校准器的 10V 输出的稳定性是十分突出的。其不确定度的主要贡献来自 732A 的报告的不确定度 (0.5 µV/V)。不同型号仪器的技术指标在表 2 中列出。校准器的稳定度大约为每个月 0.2 µV/V，这个数值小于 5720A 的技术指标的 5%。5720A 的 24 小时的相对技术指标是 1.3 µV/V，实际上甚至和 5720A 的 12 个月期间的 10V 实际输出的测量数值相比较时，也显得是非常大的。

数字多用表的直流电压校准工作是相当直截了当的。将校准器连到数字多用表上。向数字多用表施加一个标称电压，然后将校准器的经过特性修正的数值和数字多用表的指示值进行比较。与此校准工作相关的误差主要是热电势。

有关热电势的详细讨论以及如何减低热电势的影响的内容，请参见 Peter Dack 的论文 [5]。

校准器的电阻的特性修正

我们在 1Ω、10Ω、100Ω、1kΩ、10kΩ、100kΩ、1 MΩ、10 MΩ、和 100 MΩ 各点对校准器进行特性修正。测量校准器的方法是将每一个标称电阻值和具有相同标称电阻值的福禄克公司的 742A 标准电阻器进行比较。将福禄克公司的 742A 标准电阻器连到一台 Data Proof 公司的扫描器上。系统数字多用表测量 742A，自动化的程序则贮存该表的每个阻值的修正值。下一步，将校准器连到系统数字多用表，并测量所有的阻值。应用刚刚测量出的系统表的修正值对测量校准器时系统数字多用表的指示值进行修

正。对 100 MΩ 进行特性修正的方法是将742A-10M 和校准器的 100 MΩ 输出相并联,然后根据已知的并联之后的 10 MΩ 来计算出 100 MΩ 的数值。对数据的观察表明 校准器的 1Ω、10Ω、10 MΩ、和 300 MΩ 电阻数值的稳定性和可重复性不能满足校准 8508A 所需要的不确定度。

742A 电阻标准器足以满足所需要的不确定度,然而直接的测量技术却不能满足这种要求。在测量 1Ω 时系统数字多用表所施加的电流是 10mA,这使得读数含有比较大的噪声。我们决定采用福禄克公司一级标准实验室的几项工作中所采用的一种技术,用另外一个直流电流源向该 1Ω 电阻器施加 100mA

的电流,而用系统数字多用表来测量该电阻器两端所产生的电压。采用这种相同的技术来测量 10 Ω 电阻器,而所施加的电流为 10mA。图 3 示出在进行 1Ω 电阻器的特性修正时采用另外一个电流源的方法对于测量工作进行改进的情况。表 3 示出了不同型号的仪器在 1Ω 阻值时的技术指标。这台校准器的稳定性在 17 个月的期间内保持在其 24 小时的相对技术指标之内。

在 10MΩ 和 100MΩ 的特性修正中也存在着由于系统数字多用表引起的噪声读数的类似的问题。使用福禄克公司的 8508A 工作在高电压电阻测量模式,向标准电阻器施加 100V 的电压可以给出可重

复性高得多的测量结果。进行 10MΩ 的特性修正时使用福禄克公司的742A-10M 作为标准器。为了改进 100MΩ 特性修正的性能,使用了一支福禄克公司开发的 742A-100M 的电阻标准器来作为标准,这样就能够以 1:1 的比例来测量校准器的 100MΩ 输出。图 4 示出了使用这种技术与前面提到的用 10MΩ 和 100MΩ 输出相并联的方法结果的比较,可以看出5700A 的 100 MΩ 输出的可重复性的改进情况。这种改进使得进行特性修正的不确定度从 50μΩ/Ω 降低到 20μΩ/Ω。表 4 示出了不同型号的仪器的技术指标。

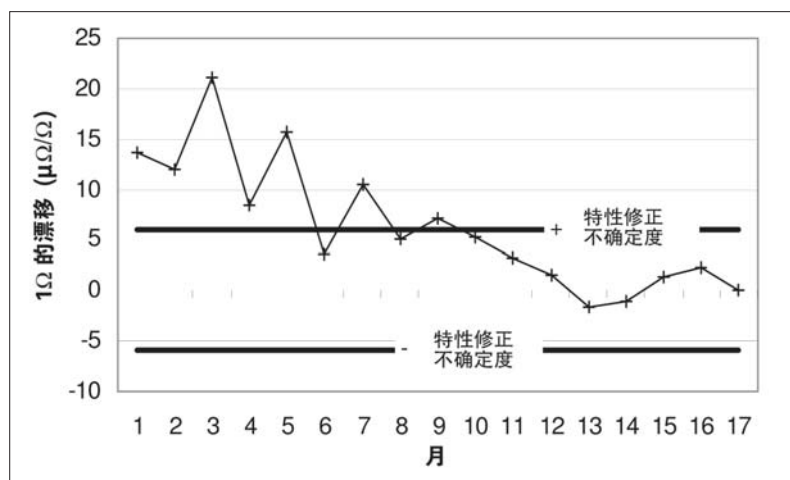


图3. 校准器 1Ω 的稳定性

型号	μΩ/Ω
福禄克公司 8508A	32
福禄克公司 5720A	110
福禄克公司 5720A (24 小时相对指标)	32
Char Uncert (特性修正不确定度)	5.99

表 3. 1Ω 的技术指标

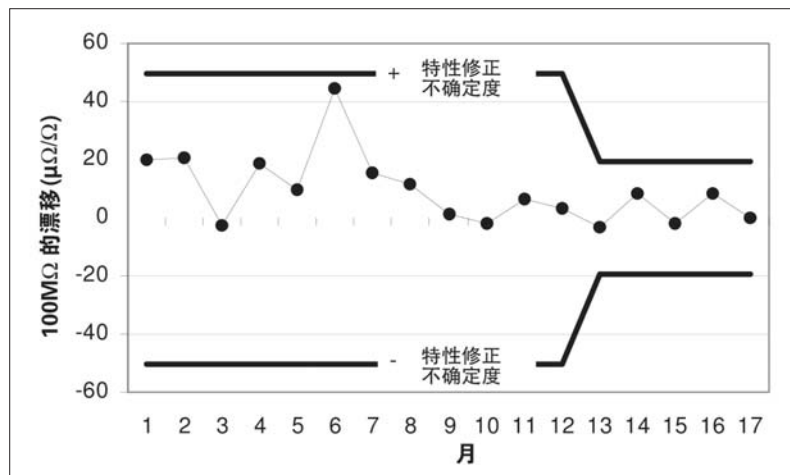


图4. 校准器 100MΩ 的稳定性

型号	μΩ/Ω
安捷伦公司 3458A	512
福禄克公司 5720A	130
福禄克公司 8508A	87
福禄克公司 5720A (24 小时相对指标)	50
Char Uncert (特性修正不确定度)	50
Improved Char Uncert (改进的特性修正不确定度)	20

表 4. 100MΩ 的技术指标

校准器电阻值经过特性修正之后，现在我们就可以接入被测数字多用表，依据经过修正的数值的置信度来进行校准工作。然而，我们需要考虑到被测仪表如何测量电阻以及标准电阻器和校准器中的电阻器之间有什么区别的问题。所有的高精度数字多用表都有一些特殊技术，以便在测量较低电阻值时来减少误差。安捷伦公司的 3458A 使用 OCOMP 方法，而福禄克公司的 8508A 使用真欧姆测量技术[5、6]。福禄克公司的 8508A 还有另外一种电阻测量模式，称为正常模式。这种测量模式不使用任何特殊的方法来补偿热电动势。在正常模式下，进行一次量程自动校零来补偿热电动势。当您能够将引线连到该电阻器并且把他们短路起来对该量程校零时，这种模式能够很好的工作。在使用校准器时，我们无法将引线直接连到它内部的电阻器，所以热电动势成了一个值得关注的问题。有一些方法能够检查校准器的热电动势。一种方法是将校准器设置成 4 线欧姆功能，然后测量敏感端子间的电压。另一种方法是将福禄克公司的 8508A 连到校准器，采用正常的 4 线模式进行测量并记录测量结果。然后将引线反向，再进行同样的测量。正向测量与反向测量的读数之差的一半就指示出热电动势所引起的误差。使用这种技术测量 1Ω 到 1MΩ 的电阻器，我们发现对于正常模式来说，热电动势的

影响变得无关紧要。对于低电流测量的情况，即在某些量程下将施加的电流降低到正常模式下所施加电流的十分之一，热电动势的影响比较大，所以必须纳入到不确定度分析之中。并不是对于每一台校准器来说情况都是这样，但是热电动势确实是一个误差的来源，当我们使用一台经过特性修正的校准器来获得校准高精度数字多用表所需要的不确定度时，就应当对热电动势所引起的误差进行检查。

使用 8508A 的各种不同的模式来测量校准器的高阻值电阻需要理解这两种仪器是如何相互作用的。8508A 具有正常模式和低电流电阻测量两种模式。这两种模式通常允许您使用两种不同的电流幅度来测量相同的电阻，这取决于所使用的量程。与标准电阻器不接地的情况不同，校准器是接地的。如果您使用正常模式来测量 1MΩ 的电阻，则从 8508A 送出的电流将为 10μA。这个电流将会对 5700A 的高端和地之间的电容充电。假如您将电阻测量的模式改变为低电流模式，那么从 8508A 送出的电流将会变为原来的十分之一，即 1μA。但是 5700A 中的电容却仍然保持着进行 10μA 的测量时所充的电荷，这时该电容将会放电。然而由于电路中的电阻非常大，需要几分钟的时间您才能得到一个稳定的读数。如果您是在测量 5700A 或者任何其它具有对地电容的电阻的话，您应当按下述的方

法来做。将 5700A 设置为零电阻值，然后让数字多用表在低电流模式之下读取一个读数，这样就会使其对地的电容放电。然后，您就可以将 5700A 设置为您所希望的电阻值，这时您就会以快得多的速度获得稳定的读数。同样，当测量电阻的时候，如果电路中存在着能够积累电荷的电容时，这一步骤也是很必要的。

如果您要测量一个诸如福禄克公司的 742A-1M 的电阻器，并且从正常模式切换到低电流模式时，您将不会看到读数缓慢下降的现象，这是因为在 742A-1M 中对地的电容非常小的缘故。

校准器的直流电流的特性修正

在校准一台数字多用表时，为了减少改变电路的连接方式，我们会使用校准器的辅助 (AUX) 端子。因此，在进行特性修正时也要使用该辅助端子。对于低于 1A 的电流值来说，校准器正和负直流电流的测量是采用测量该电流在福禄克公司的 742A 标准电阻器上产生的电压降来实现的。采用一台 Data Proof 公司的 160A 扫描器来使测量过程实现自动化。对于 1A 的电流来说，是使用高联 (Guildline) 公司的 9230/15 0.1Ω 分流电阻器来测量的。对于 10A 的电流来说，则是使用福禄克公司的 Y5020 分流器来测量福禄克公司 5725A 校准器的 10A 输出。图 5 显示出在 12 个月的期间内，校准器的 +10mA 电流输出的稳定性。表 5 则显示出不同型号的仪器的 10mA 电流的技术指标。

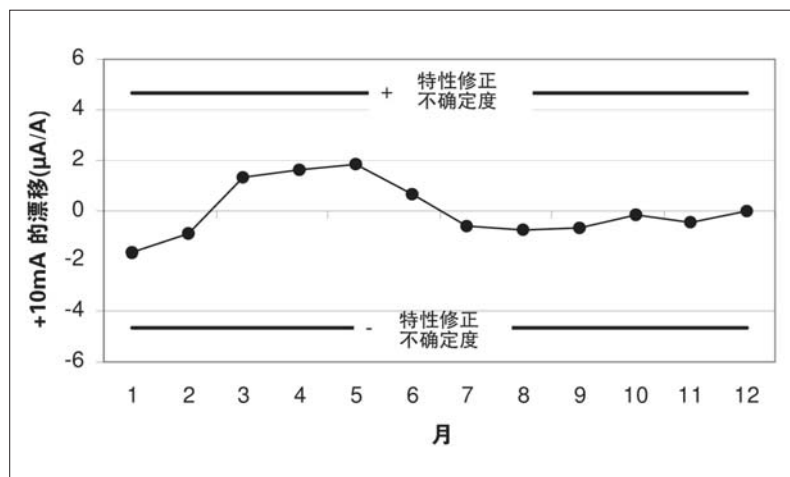


图 5. 校准器 +10mA 电流的稳定性

型号	μA/A
安捷伦公司 3458A	10.05
福禄克公司 8508A	20
福禄克公司 5720A	45
福禄克公司 5720A (24 小时相对指标)	29
Char Uncert (特性修正不确定度)	4.66

表 5. 10mA 的技术指标

现在来谈一下在校准数字多用表时如何使用这些修正值。这时要考虑的一个因素是在对仪器进行特性修正时和测量 UUT 时产生的电流源顺从电压（负荷电压）之间的不同。在 8508A 测量 100 μ A 的时候，顺从电压为 14mV；而在进行特性修正的时候，顺从电压为 100mV。为了测量出不同的顺从电压对于校准器输出的影响，我们把一台 UUT 连接到校准器，施加标称电流值，并记录测量的读数。接着把一个适当的电阻串联接入，以模拟在进行特性修正的时候校准器上所出现的顺从电压。这样，我们所观察到的仪表上的读数的变化就是在进行特性修正的时候和校准数字多用表的时候顺从电压变化的影响。在 100 μ A 的情况下，由于顺从电压的变化在我们的校准器上所引起的变化为 0.3 μ A/A。与特性修正的不确定度相比，这个变化是不大的。

校准器的交流电压的特性修正

对校准器的交流电压进行特性修正的方法是直接将一台福禄克公司的 792A 连到校准器的输出端。8508A 要在福禄克公司的 792A 的校准报告中不包括的一些频率点上进行校准。对于这些频率点来说，必须进行内插处理来确定 792A 在该点的 AC/DC 差别 [7]。图 6 示出了在 12 个月的期间内校准器 1V、1kHz 输出的稳定性。校准器 24 小时的相对技术指标为 40 μ V/V，而在一年的期间内校准器输出的变化没有超出该技术指标的十分之一。表 6 示出不同型号的仪器的 1V、1kHz 交流输出的技术指标。

负载效应是一个重要的因素，在进行校准工作时必须予以考虑。在连接福禄克公司的 792A 来进行特性修正时和连接 8508A 或者 3458A 进行校准时，校准器的负载会不同。在所施加的电压低于

220mV 时，5700A 的输出阻抗为 50 Ω 。大多数数字多用表在交流电压功能时的输入阻抗是 1M Ω 。由于这种阻抗不匹配所引起的误差大约为 50 μ V/V。对于由 792A 和数字多用表所引起的负载误差可以进行测量并予以修正[8]。图 7 示出使用 792A 来对校准器进行特性修正时的负载效应和福禄克公司的 8508A 及安捷伦公司的 3458A 的 averages 负载效应。安捷伦公司的 3458A 的技术指标是在 1MHz 的频率下、对 100mV 量程给出的。其负载效应曲线继续下降到图的外面，直到在 1MHz 时大约为 -1600 μ V/V。100mV 量程、在 1MHz 时的技术指标是 1.01%。曲线高频的部分未包括在图中，这样就能够使得各仪器在较低的频率时的负载效应能够看得到。

在对校准器进行特性修正时，将 792A 直接连到 5700A 的输出端。在校准数字多用表时，则是使用一根电缆来把校准器和数字多用表连接起来。那么这根电缆对测量工作有什么影响呢？为了测量出电缆的影响，我们首先将数字多用表的输入端直接连到 5700A/EP 的输出，并运行校准程序。接下来，我们使用电缆来连接数字多用表，并且再运行校准程

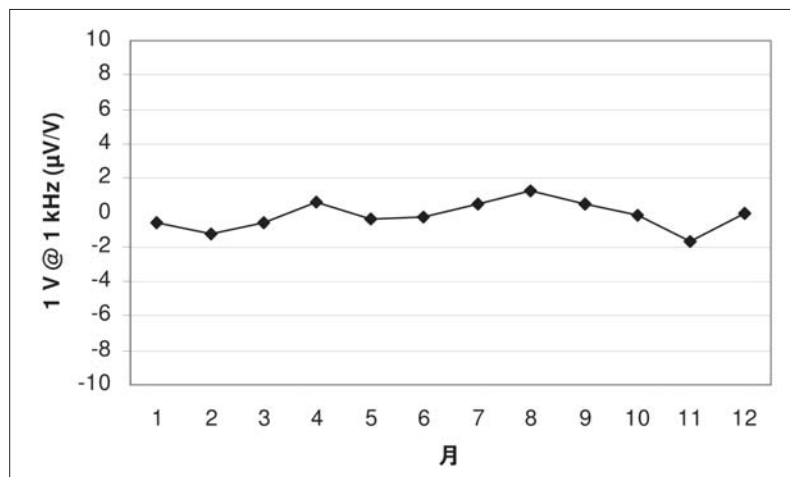


图 6. 校准器在 1kHz 频率下、1V 输出的稳定性

型号	μ V/V
安捷伦公司 3458A	90
福禄克公司 8508A	99
福禄克公司 5720A	62
福禄克公司 5720A (24 小时相对指标)	40
Char Uncert (特性修正不确定度)	12.8

表 6. 在 1kHz 频率下、1V 输出的技术指标

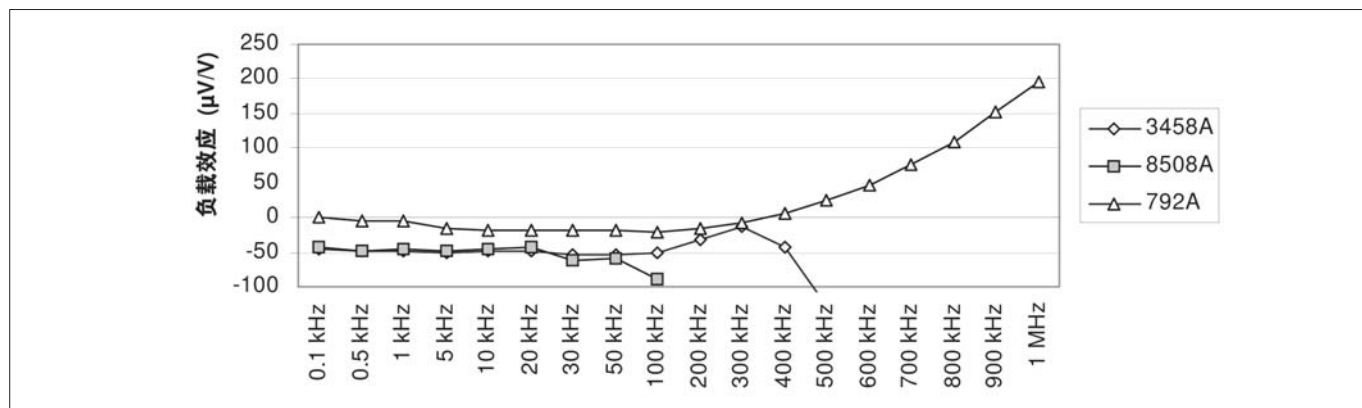


图 7. 在 100mV 时，792A 和两种数字多用表的负载效应

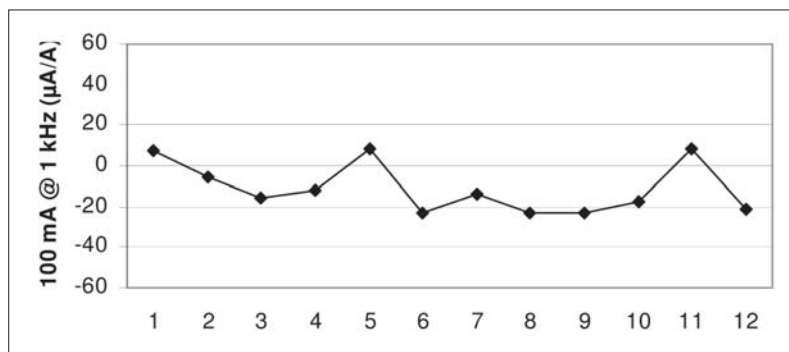


图8. 在1kHz的频率下，校准器100mA输出的稳定性

型号	µA/A
安捷伦公司 3458A	500
福禄克公司 8508A	545
福禄克公司 5720A	170
福禄克公司 5720A (24小时相对指标)	130
Char Uncert (特性修正不确定度)	78

表7. 不同型号的仪器的技术指标

序。两次测量中数字多用表指示读数的变化就是电缆的影响。这项测试的结果表明在高于500kHz的频率时需要电缆的影响进行修正。

负载的影响在各台仪器之间会发生变化，所以必须对多台仪器进行测量才能确定某一特定型号的仪器的负载影响的变化量。为了获得最小的不确定度，应当对一台特定的仪器的负载影响进行测量，并在校准时应用该负载影响。然而，另一种方法是对于一个样本群体的负载影响进行测量，并且将测量的结果作为一个测量不确定度分量加到总的不确定度中去。

校准器的交流电流的特性修正

和直流电流的情况一样，进行特性修正时要使用校准器的辅助(AUX)端子，因为这些端子要用来校准数字多用表。在对校准器的交流电流输出进行特性修正时要使用一台福禄克公司的792A和A40分流器组。对于100µA的输出，用一个1kΩ的电阻器来代替A40分流器。对于1mA的输出，则使用一个100Ω的电阻器。为了获得尽可能低的不确定度，这两个电阻器及A40分流器要和该792A一起配套地进行校准。在所有的电流量程上，频率范围都是从300Hz到10kHz。在10kHz的频率下，在信号源和分流器之间即使只有4英寸的短电缆也会引起很大的测量偏差。因此我们采用了适配器，这样在校准器的输出和分流器之间就没有电缆。由于负载和电感的

改变，当频率在1kHz以上时，校准器的交流电流输出会变化。辅助输出甚至比正常输出端子更加敏感。图8示出在一年期间内，在1kHz的频率时，校准器的100mA输出的漂移情况。表7示出不同型号的仪器的技术指标。

在校准数字多用表时，校准器的辅助端子用来减少电路连接的变化。由于数字多用表的负载可能和A40分流器的负载不同，所以在进行特性修正时，必须对由于负载改变所引起的变化进行修正。除去负载不同的原因之外，还存在着在进行校准工作时所要使用的电缆的影响问题。对这个问题也必须进行考虑。由于在进行特性修正时不使用电缆，这也会引起校准器输出的附加的变化。负载差异的影响随着各台不同的校准器而变化，对于一台校准器的修正数据对于另一台校准器则是无效的。有关确定负载影响

的步骤和所需要的测量工作的内容不在本文的叙述范围之内。

其它的特性修正点的情况如何？

至此，我们只给出了一部分结果来说明校准器的性能如何。图9中的图线示出了所有的特性修正点和5720A、8508A、及3458A一年的绝对技术指标相比较的情况。我们用这些特性修正点一年内的标准偏差乘以2得到近似的95%的置信区间，然后再用每种型号仪器的技术指标来除。这时，25%的点表明在一年之内其特性修正值的重复性能能够给出大约为4:1的测试不确定度比(TUR)。当这些点更加靠近零线时，测试不确定度比就上升。例如，10%的点表明测试不确定度比大约为10:1。这个数值不包括任何由测量溯源性产生的不确定度。这个数值只代表校准器的A类测试不确定度。

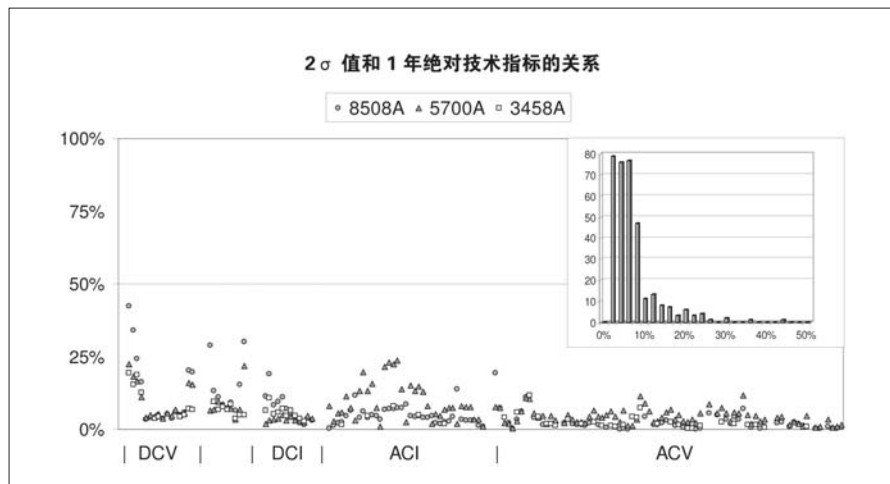


图9. 特性修正值的2σ值和校准器及数字多用表一年绝对技术指标的关系

如图 9 所示, 在这里有 4 个点的 2σ 值和仪器的一年技术指标相比超过了 25%。这些点是 $\pm 100\text{ mV}$ 、 1Ω 、和 $100\text{ M}\Omega$ 。而这些点则在本文的前面已经作了更详细的阐述。在对这 4 个点的测量方法已经作了改进之后, 在一年的期间内的 2σ 值在后面的 6 个月之内应当小于仪器的技术指标的 25%。

图 10 用图 9 中的同样修正值的一年期间内的 2σ 值, 并将其与 5720A 的 24 小时相对技术指标相比较。这时只有 3 个点超出该技术指标的 50%。此图的曲线表明了该校准器的突出的稳定性。这些超出 50% 的点是 100 mV 测量点和一、两个电阻测量点。

这种优异的性能在其他的校准器中能够重复吗?

福禄克公司在英国诺里奇的精密计量校准实验室里有三台校准器, 我们每 45 天对这三台校准器进行一次特性修正。图 11 示出所有四台校准器修正值的 2σ 值的比较情况。其中校准器 DV07S 是来自福禄克公司的一级标准实验室的校准器。619A、621A、和 637A 是诺里奇的校准器。在这些数据中, 您可以看到 621A 的 2σ 值大约是 24 小时技术指标的 130%。看起来 130% 好像是太坏了。但是, 您要知道这是在一年期间内校准器读数的分散度的两倍与 24 小时相对技术指标之比。考虑到这一点, 所有四台校准器与其 24 小时相对技术指标相比较都表现出非凡的性能。您还担心那个挂在 130% 的地方的数据点吗?

在图 11 中处在 130% 数据点的电阻值是校准器 621A 的 100Ω 输出。图 12 示出所有四台校准器的 100Ω 输出的漂移情况。数据表明, 621A 校准器 100Ω 的输出具有漂移, 其漂移性能是非常线性的, 但是一直在漂移。在 12 个月的期间内的漂移刚好小于 $4\ \mu\Omega/\Omega$ 。表 8 示出校准器 1 年的绝对技术指标、90 天和 24 小时的相对技术指标。校准器的漂移绝对不会超过 90 天的相对技术指标, 并且绝对不

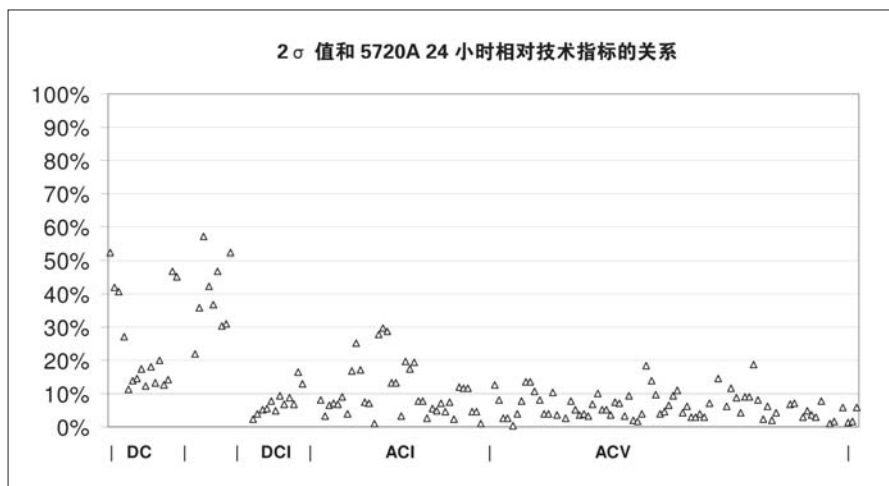


图 10. 特性修正值的 2σ 值和 5720A 的 24 小时相对技术指标的关系

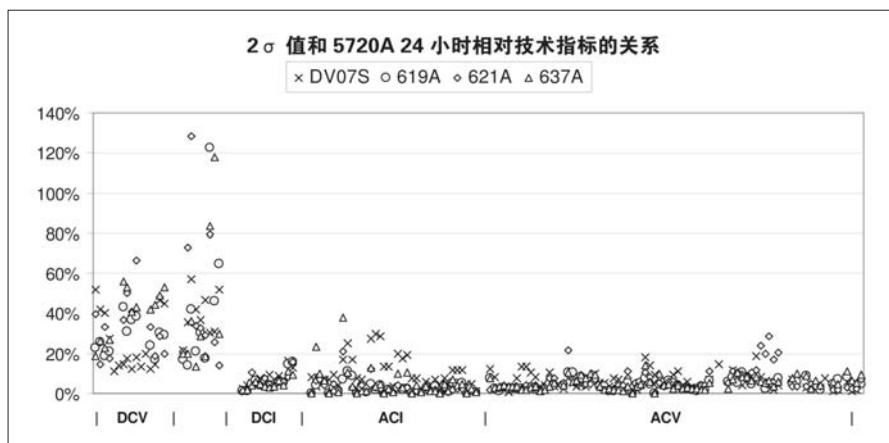


图 11. 另外三台校准器的特性修正值的 2σ 值和 5720A 的 24 小时相对技术指标的关系

会接近一年的绝对技术指标。虽然从图 12 看来校准器 621A 好像有些问题, 但是详细地考察数据表明, 当我们在某一段时间内 (在此情况下为 1 年) 只观察标准偏差时应考虑到漂移的影响。

除了表明校准器 621A 的性能实际上非常好之外, 图 12 还显示出更多的信息。诺里奇的几台校准器的特性较之来自埃弗里特的校准器表现出高得多的可重复性。其原因在于进行电阻特性修正时所使用的。DV07S 的 100Ω 是用 1 mA 的电流源来测量的; 而诺里奇的校准器的 100Ω 是用 10 mA 的电流源来测量的, 这就使得它们的读数获得了高得多的可重复性。

环境对校准器的影响

在本文的开头, 我们提到校准器被

安放在一个机架上, 并且实验室的环境保持在 $23 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 的温度范围内。校准器的性能如此之好是由于其原因吗? 环境对于校准器的性能有什么影响呢? 图 13 示出温度的变化对于 DV07S 校准器的 $10\text{ k}\Omega$ 输出的影响情况。我们第一眼看到的就是第 5 次和第 6 次 $10\text{ k}\Omega$ 输出特性修正值之间的巨大变化。就在第 6 次特性修正之前, 我们移动了校准器和机架, 仅仅移动了几英尺, 以便腾出空间更好地安放仪器。在移动机架之前, 机架距离它后面的墙不到 6 英寸。机架移动之后, 现在它距离其后面的墙为 2 英尺。

我们还把一台一直放在机架上的直流电压源关掉电源并搬走了。这次搬动使我们付出了很多额外的工作来分析所发生的现象。经过手工的测量和校准证明该新的数值是正确的, 而不仅是一个

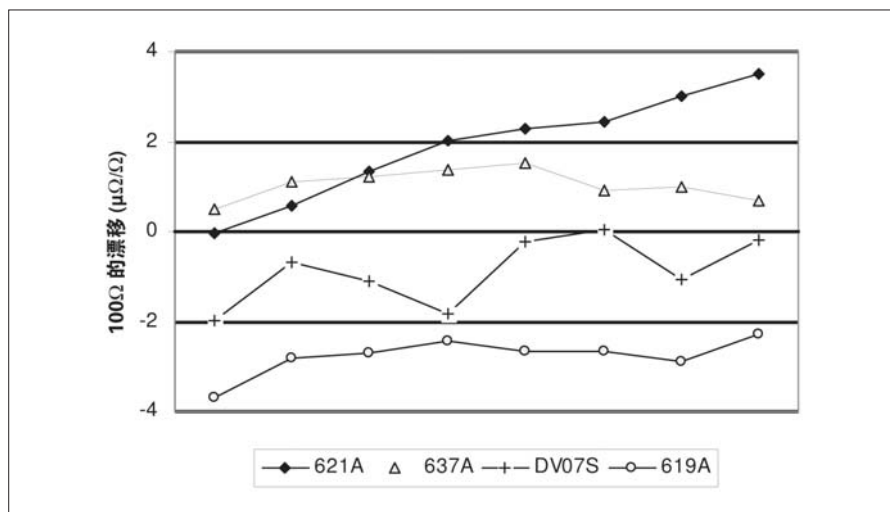


图 12. 在 12 个月期间内 100Ω 的漂移情况

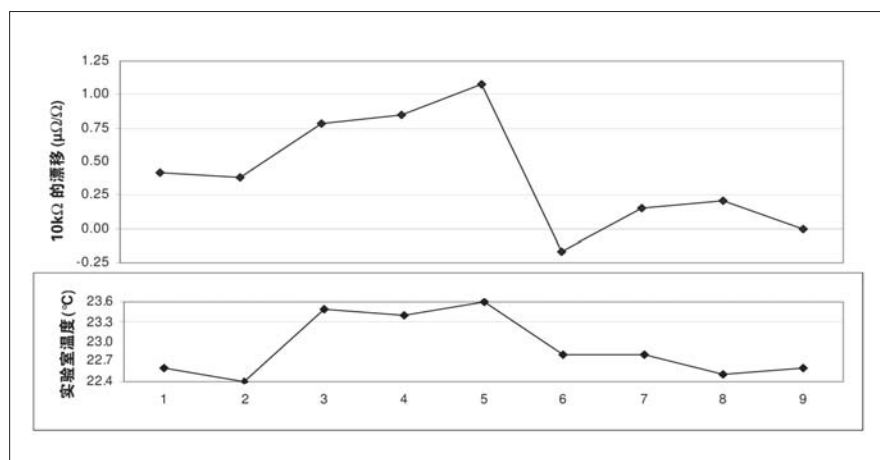


图 13. 10kΩ 的电阻数值与实验室环境的关系

坏的数据。我们把那个直流电压源放回机架,接通电源并进行重复的测量。这些测量的结果表明在经过大约 1 小时之后,电阻的变化为 +0.5 μΩ/Ω。这只是上述数据变化的一部分,那么其余的变化的原因是什么呢?当时,我们把其它的变化归结为是由于把机架放到了距离墙更远的地方,从而使得校准器变得略微冷了一点。再来观察图 13,图的底部是进行特性修正期间实验室的温度情况。在第 2 次和第 3 次特性修正之间 10kΩ 的数值变化了 +0.4 μΩ/Ω。考察环境温度的变化情况,从图中可以看出实验室的温度已经从第 2 次特性修正那天的温度低限几乎变化到了第 3 次特性修正那天的高限。在第 5 次和第 6 次特性修正时

实验室温度的差别显示出一个很大的温度下降。实验室温度变化的影响和从机架上搬走直流电压源所引起的 -0.4 μΩ/Ω 的变化合在一起与前面所述的与实验室环境相关的 10kΩ 电阻的变化相当符合。为了更好地量化表示出环境变化对于校准器的真正的影响,需要作进一步的研究。0.4 μΩ/Ω 的变化量代表了测量该 10kΩ 电阻输出时所使用的 742A-10k 校准器在 k=2 时的不确定度的一半。在各次特性修正之间实验室的环境稳定的情况下,在各次特性修正之间观察到的正常的变化通常在 0.25 μΩ/Ω 之内。为了保持我们所希望的不确定度,必须对环境的变化进行仔细的监控,包括对校准器附近的其它设备进行监控。

5720A	μΩ/Ω
1 年绝对技术指标	12
90 天相对技术指标	4
24 小时相对技术指标	2

表 8. 100Ω 的技术指标

总结

这四台校准器的特性修正数据表明仪器在 12 个月期间内的长期稳定性是优异的。对于用来校准高精度数字多用表的实际上所有的测试点来说,所有这些校准器的技术指标都保持在仪器出厂的 24 小时相对技术指标之内。对来自诺里奇和埃弗里特的校准器的特性修正结果进行比较揭示了可以用来改进对校准器进行特性修正的方法。要想保持校准器的优异的稳定性,环境控制是非常重要的条件,即使是在一个环境温度为 23 ± 0.6 °C 的实验室中也要予以重视。

参考文献

1. Fluke Application Note, Calibrating the Hewlett-Packard 3458A DMM with the 5720A Multifunction Calibrator, 1997.
2. Fluke 8508A Digital Reference Multimeter Users Manual July 2002 Rev. 2, 5/03.
3. Fluke 5700A/5720A Series II Multi-Function Calibrator Operators Manual May 1996 Rev. 1.
4. Agilent Technologies 3458A Multimeter User's Guide Edition 4 December, 2000.
5. P. Dack, Modern Precision Multimeter Measurements[®] Putting Theory to the Test, paper presented at NCSL 2001.
6. P. Roberts, Precision in Practice, paper presented at NCSL 2002.
7. B. Stott, Interpolating Between Calibration Points for an AC/DC Transfer Standard, paper presented at NCSL 1996.
8. N. Faulkner, How the Loading of an AC/DC Transfer Standard Can Effect Your Measurements of AC Voltage and Current, Paper presented at NCSL 1999.

摘要：本文介绍了一款新型的射频和微波校准源的测量技术。这款校准源可广泛应用于设计评估、制造测试和计量校准应用中。

引言

在射频和微波校准应用中使用的信号源往往是通用信号发生器，并没有专门针对校准要求而进行优化。现在，许多曾经被广泛认为是最适合于校准工作的信号发生器已经停产。福禄克公司一款专门针对射频和微波校准应用而设计新型信号源已经面市，它提供了高纯度的精密电平输出，可以覆盖宽频率带宽、宽幅值范围，并具有精密调制能力。在开发过程中，按照苛刻的技术指标目标进行测量来评估能够所达到的性能，以及在制造过程中测试产品，都面临着各种各样的技术挑战：

- 确定能够在整个目标范围内提供低不确定度的测量方法。
- 特定参数缺少溯源性。
- 选择另外的测试方法来验证所选方技术的正确性。

同时，对仪器常规的重新校准，也需要提供方便可行的设备和相应的方法。本文的以下部分概要介绍仪器主体设计的相关内容及其所采用的测量方法。

主体设计和特性

该信号源的频率范围为 10 Hz ~ 4 GHz，幅值为 +24dBm ~ -130dBm。能够为最常见的射频和微波校准应用提供所必需的信号和准确度，在使用时，无需使用额外的设备监测或标定输出（例如，通过功分器和功率传感器监测输出幅值、利用调制度分析仪监测达到的调制度，等等）。

为了有利于将输出信号直接传送到负载或被测仪器（UUT），并使由于电缆或互连引起的性能下降最小化，仪器提



图 1：仪器主机和信号头

供了一个外置信号头（请参见图 1）。在机器的内部产生信号，然后传送到具有电平检测器和衰减器电路的有源信号头。

对于很多校准应用，获得高的信号纯度非常重要，因此常常需要使用外部滤波器。在这款仪器的设计中，通过在输出信号通路内部采用相应的滤波器，使得谐波和杂波分量的电平非常之低。它还具有内部模拟调制的能力。在频率合成器内部以高达 300 kHz 的速率产生调频（FM）信号，在输出放大和调幅电路中以 220 kHz 的速率产生调幅（AM）信号。

测量方法

测量要求包括电平（射频功率）、输出电压驻波比（VSWR）和调制度。

电平。在一个参考频率下以绝对值测量射频电平，然后相对于参考频率下的值测量频率响应（平坦度）。对于参考点（100 kHz），用一个交流电压测量标准精确测量已知的 50Ω 端接处的有效值电压，并计算出相应的功率

电平。对于高频测量，使用一个射频功率计和功率传感器探头。这是常用的技术，如果使用经过校准、具有修正数据的功率传感器，则可以获得可溯源的测量结果并具有极其低的测量不确定度。但是，在低于 -50dBm 时，它不能提供足够低的测量不确定度。在更低电平下，要充分利用现代频谱分析仪优良的线性幅值响应特性来测量此信号源 [1]。现代频谱分析仪的线性度几乎完全由其内部的 A/D 转换器决定，此转换器将中频信号转换为数字信号，供后续的数字信号处理使用。测量的频谱分析仪的线性度误差通常要比估计的测量不确定度要小许多，在 70 dB 范围内小于 0.02dB。频谱仪在 -47dBm 处与被测仪器按功率

计测量值规范后，不改变频谱仪的设置，测量 50dB 范围内直至 -97dBm 电平。然后，将频谱仪在 -97dBm 处与与被测仪器重新规范后，不改变频谱仪的设置，测量至 -130dBm。

VSWR 了解信号源的输出阻抗（信号源匹配）非常重要，它不但可以确认技术指标，而且使用户可以估计测量中的失配误差。VSWR 或回波损耗测量通常用于无源器件，对稳幅信号源进行此项测试会很困难并引起较大的误差。在编写本文时，虽然有几个设备制造商在其文献中例举了若干方法，还未能找到一个实验室可以提供经认可的信号源匹配测量。本文所选的方法采用了一个回波损耗桥，如图 2 所示。

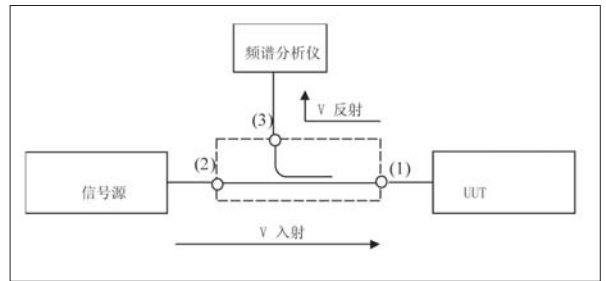


图 2：信号源 VSWR 测量

由一个信号源入射一个相对于被测仪器 UUT 输出具有很小固定频率偏移量（比如说 10 Hz）的信号。被测仪器输出和反射信号将以 10 Hz 速率进行相加和相减。再利用频谱分析仪检测该信号。频谱分析仪被设置为“Zero Span”（零扫频）模式，利用光标测量幅值随时间变化的最大和最小值。并且以开路和短路取代被测仪器，测得一个参考电平。从而可以计算出电压反射系数和 VSWR。

调制。若采用传统的方法，测量 AM 和 FM 调制的设计目标，准确度优于 0.1% 和失真小于 0.05% (-66dB)，是非常困难的。采用的方法是利用具有测量解调器的频谱分析仪进行测量。解调器用数字信号处理技术，从中频 IF 信号数字化后

获得的数据中抽取所需的信号特征，如图3所示 [2]。

对于AM和FM调制，测量调制率、调制深度/调制频偏和失真度。例如，对于失真度测量，解调器设置为显示信号的声谱，其THD测量算法被用来确定出现在所需带宽内的总谐波分量。图4所示为测试FM频偏准确度(-0.0034%)和失真度(-78.2 dB)的结果。

对频谱分析仪的固有误差和测量解

调器进行分析，可以提供极其准确的调制率测量，要远远超过其技术指标所提供的性能。除了使用Bessel Null技术进行FM频偏测量之外，目前还不能找到可提供足够不确定度溯源性的方法和实验室，能够完全评估仪器的潜在性能。

结论

在本文的完全版本中将提供关于测量方法和结果的更多详细信息。

参考

- [1] 罗德与施瓦茨 (Rohde & Schwarz) 公司的应用文章“RF Level Test System +20dBm to -130dBm”。
- [2] 用户手册, Rhode & Schwarz FS-K7 Measurement Demodulator option for FSU Spectrum Analyzer。

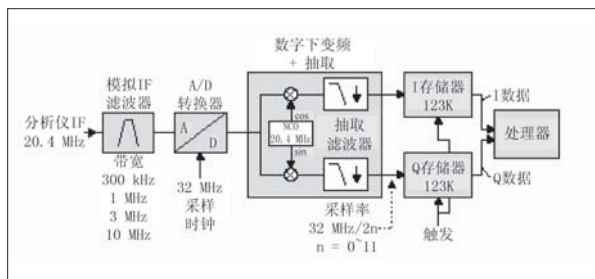


图3: 频谱分析仪信号处理

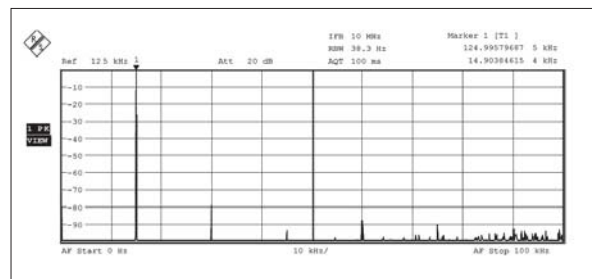


图4: 声谱: FM, 100 MHz 载波, 125 kHz 频偏, 调制率为 15 kHz。频偏误差为 -0.0034%, THD 为 -78.2 dB。



为了保护用户免受电击和火灾，出现了若干新规范、新标准。用可靠的仪器测试电气安装质量、测量电器、机电设备和其电气/电子设备的安全性正变得越来越广泛。UK BS 7671 标准第 16 版就是要求强制执行的每年测试的一个例子，等效的德国标准是 VDE 0100。这两个标准都要求商业和住宅电气安装符合安全标准条件。其它标准，如 EN-60601/60335/60950/61010 和 VDE 0700，都是用于确保电动器具和机电设备的安全性。其它类型的安全符合性测试是在电器装置制造的最后阶段进行的，以确保产品的安全性和耐用性，从而符合相关标准，例如欧洲的 CE 标准。由于这些标准在许多国家已经成为强制性标准，有关的测试专家、技术员和生产工程师需要证明电气安装、电器和机电设备符合严格的检测标准，所以电气安全测试就成为了常规的要求。完成这些测试所使用的仪器可分为几类：绝缘电阻测试仪、电气安装测试仪、便携式电器测试仪 (PAT)、接地电阻测试仪、接地导通电阻测试仪、耐电压测试仪和电器安全分析仪。这些仪器被用于各种应用中，包括制造业、工厂维护和例行检

查，仪器用户包括测试工程师、技术员、测试专家和电器承包商。

在过去，对于计量人员来说，正确地检定电气测试性能，尤其是具有高压、大电流、和高值电阻测量能力的测试仪，是一项具有挑战性的工作。本应用文章介绍部分电气安全测试仪的功能，并讨论检定这些仪器性能的技术要求。本文还介绍了检定此类仪器的一种改良方法，以及福禄克公司将这些技术应用到新校准器时所面临的挑战。

电气安全测试仪

当今的市场上有许多各种各样的电气安全测试仪，覆盖了包括检查电气安全和可靠性在内的大量应用。如图 1 所示，这些测试仪器具有各种各样的形状和型式。每种仪器都针对特定的应用进行了优化，每种应用都有具体的要求，由此形成了测试仪工业设计方面的多样性。



图 1. 电气安全测试仪具有各种各样的功能，以及多种形状和尺寸。

电气安全测试仪具有 4 类常见应用：

1. 验证电气安装的安全性和可靠性。
2. 维护电气设备，例如电动马达、发电机、配线和变压器。
3. 电器的型式试验和年度检定，确保接地、泄漏电流和绝缘的可靠性。
4. 电器的生产测试，确保合适的接地和绝缘性能。

福禄克深知电气安全测试仪校准的挑战性。福禄克校准器一贯以高可靠性和高性能区别于其它通用仪器，校准电气安全测试仪的挑战性是因为其特有的功能和非常宽范围的电压、电阻和电流量程。此类

测试仪所执行的功能，例如接触泄漏电流和替代泄漏流测试、漏电保护检验、回路阻抗 / 环路阻抗的测试和高压绝缘测试，都是传统直流 / 低频交流校准器所不具备的功能。最困难的问题是测试仪要能够提供非常高的电压和很大的电流。例如，来自于测试仪的电压信号往往超过 10 kV；要具备测量高达 10 TΩ 电阻的能力；测试电流可高达 30 A，计算的故障电流可达 50 kA。

一般而言，电气测试仪执行的测试可被分为 8 类不同的功能：

1. 接地电阻 (3 极和 4 极法)
2. 接地导通电阻
3. 通断性
4. 绝缘电阻
5. 耐受电压
6. 泄漏电流 (对地、直接 / 接触、差分和替代)
7. 环路阻抗和线路阻抗
8. 漏电保护检验

多功能电气安装测试仪、便携式电器测试仪 (PAT) 和多功能耐压测试仪 (电气安全分析仪) 则是将以上列出的多项测试功能集成到了某一台仪器中。

关于全部 8 类测试，以及在设计中要满足这些要求的校准器所面临的困难的讨论，已经超出了本应用文章的范围。本应用文章从校准器设计者的角度出发，介绍其中 4 类最具挑战性的测试仪的功能性，以及它们的校准要求。

绝缘电阻测试仪

绝缘测试仪，通常被称为兆欧表或高阻计 (Meggers®)，广泛用于测量发电机、马达、电源变压器、配线、电器和其它电气装置 (如控制、信号、通信和电源的电缆) 的绝缘电阻。它们往往被用于例行维护程序中指示电机在数月或数年内绝缘电阻的变化。绝缘电阻发生大的变化，就可能预示着潜在的故障。所以，就需要对兆欧表进行定期校准，以确保仪表本身没有随时间发生变化。

兆欧表通过用一个电压激励被测装

置或网络，然后测量激励所产生的电流，利用欧姆定律测量出电阻。优良的兆欧表校准器包括各种可选的电阻器，这点与现代校准器利用合成电阻功能提供的电阻器差别不大。兆欧表校准器与直流/低频校准器的不同之处在于所需的电阻器范围，以及耐受的电压能力不同。例如，与数字多用表（DMM）上配备的欧姆表功能相比，这些电气测试器在进行电阻测量时施加的电压要高得多。兆欧表采用的电压范围通常从 50 V 到高达 5 kV；而典型数字多用表的电压一般小于 10 V。对于绝缘测试来说，需要测量的电阻值范围很大，其上限可达到 10 TΩ，所需的电压更高。

几乎所有的绝缘测试仪都采用直流电压作为激励，所以兆欧表校准器的交流要求很少。许多兆欧表为两端设备，它提供一个电压，并测量由被测设备所决定的电流。量程达到 1 TΩ 以及更高的兆欧表通常具有第三个端子，称为保护端（Guard），对于消除泄漏通路以及被测未知电阻 R_x 的并联元件非常有用。保护端的目的是消除可能会产生的泄漏电流来选择性地将输出寄生电阻性元件的影响减小为零，如图 2 所示^[1]。

校准这些仪器时的一个主要问题是找到合适的电阻器，当然是首先要足够精确，还需要电阻值足够大，使其能够承受高直流电压。此外，对于应该采用什么样的电阻值来进行校准，兆欧表制造商并没有统一的标准，所以需要各种各样的电阻值。通过了解各种不同的绝缘测试仪，可以知道它们需要不同的性能检查点。例如，某个测试仪需要测试 50 kΩ，而另一款测试仪则需要测试 60 kΩ，再一款又需要测试 100 kΩ，等等。

“通用”的多功能电气/电子校准器不能用于校准绝缘电阻测试仪，因为它们电阻器通常仅仅能够处理有限的电压，常常最高不过 20 V。绝缘电阻校准器所面临的挑战是将这些特殊需要集成到一款经济、紧凑和便携的解决方案中。

合成电阻的方法由于受到设计成本和尺寸规格的限制被排除在外。采用的是分

立式高压电阻器矩阵的方法，组成一个阵列，能够提供 500,000 多种电阻值输出。在这种校准器中，有 8 个范围的电阻值，覆盖了 10 kΩ 到 10 GΩ 的范围，每个范围均能提供 4.5 位的稳定输出。

收集合适的高压电阻器并将其集成到一个仪器内又存在另一项挑战。这就是与欧盟 CE 认证的一项强制性要求《低电压指令》（Low Voltage Directive）相关的安全性标准挑战。与仪器制造商相关的标准是 EN 61010 - 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求（Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control and Laboratory Use）^[2]。低电压指令要求将校准器电压限制为 1,000 V_{rms}。那么如何校准测试电压高达 5 kV 的兆欧表呢？这类仪器具有更宽的动态范围，可测量高到 10 TΩ 的电阻，并且提供了如上所述的保护端子，使其能够准确测量非常高的电阻值。幸运的是，这样的保护配置可以使其本身形成一个电阻倍增器，能够有效地将一个已知电阻倍增为 1000 倍，如图 3 的例子所示^[3]。同样重要的是，由于倍增器是一个分立、隔离、独立的设备，可以满足倍增器所需的高电压，它已经不是《低电压指令》所管辖的范围。测试仪验证电器和消费产品（由交流电压供电）上的裸露金属是否适当地连接到了其机壳底座。当电器内部发生故障电流时，如果电器没有适当地连接到已接地的机壳底座，就存在潜在的电击危险。

按照认证机构的规定，例如欧盟的 CE 认证、美国和加拿大的 UL 认证，电气产品制造商应该使用接地导电电阻测试仪来验证其性能。若未经 CE、CSA 或 UL 认证标识，产品不允许在相应的国家进行销售。除了制造过程中的强制接地连接测试外，在有些国家（一般是采用 220 V~240 V 电源的国家），按照国家电气测试规范的要求，还需要每年进行测试。电器的年度测试是确保人员安全的又一措施。

图 6 所示为某类电器中保护装置的

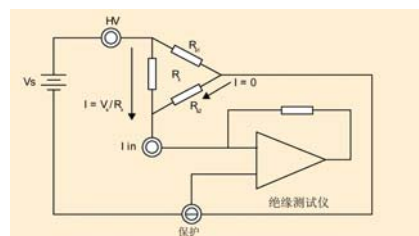


图 2. 保护端将 R_s 两端的电压维持在零，使其没有电流通过。所有的激励电流如预期那样全部通过 R_x 。

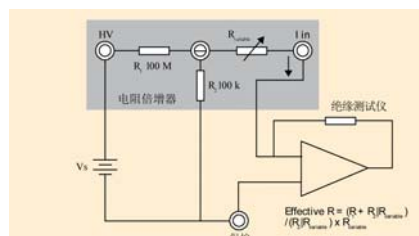


图 3. 将可调电阻设置为 100 MΩ 时，兆欧表读取的有效电阻将增大为 1000 倍，或者说是 100GΩ。

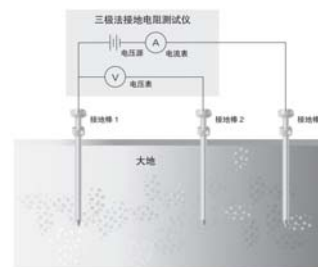


图 4. 三极法测试仪工作时从接地棒 3 到接地棒 1 的通路提供一个已知的电流。在电位降法电阻测试中，在通路上的不同点测量返回至被测电极接地棒 2 的电压。

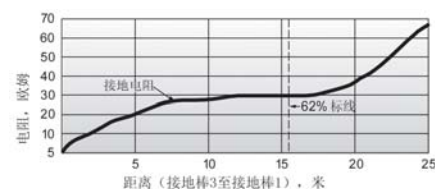


图 5. 将接地棒 2 从靠近接地棒 3 一端向接地棒 1 移动，从而绘制出接地电阻图表。当测试方法适当时，62% 点处的电阻值应该位于平坦段上，如图所示。

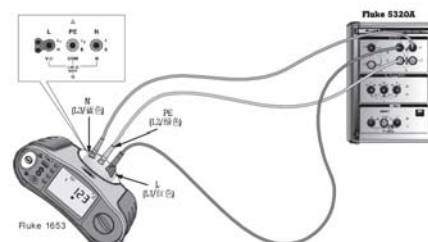


图 6. 利用校准器测试一款三极法接地电阻测试仪^[4]。

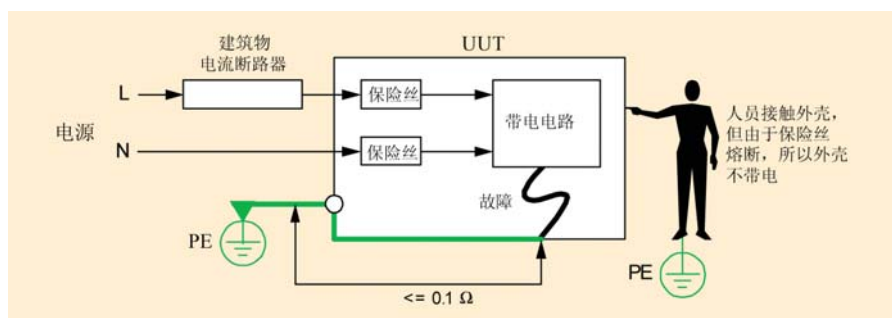


图7. 电器的电流故障保护。

一个简图。图7所示的电器具有多级保护措施，包括（1）保险丝、（2）带电电路和金属外壳之间的绝缘、（3）接地的金属外壳。如果由于内部绝缘缺陷而产生故障电流，金属外壳和接地之间的电阻应该小于 $0.1\ \Omega$ ，以确保保险丝会熔断，保证操作人员的安全^[6]。

接地导通电阻测试仪通过向电器外壳及接地连接点提供 $1\ \text{A} \sim 30\ \text{A}$ 的激励来模拟一种故障条件。接地连接测试仪也采用欧姆定律的原理。它们测量保护接地线和金属外壳上测试点之间的电压降，利用已知的电压降和施加的电流来计算最终的电阻测量值。

设计接地导通电阻测试仪校准器的难点是提供能够承受 $30\ \text{A} \sim 40\ \text{A}$ 大电流的低值大功率电阻器。由于 $30\ \text{A}$ 电流将需要非常多的大电流继电器，不适合安装在校准器内部，所以不能采用分立电阻器矩阵的方法。设计人员在仔细研究接地连接测试仪的校准程序后，用有16个能够覆盖 $25\ \text{m}\Omega \sim 1.8\ \text{k}\Omega$ 范围的分立电阻器能满足了这一需求。这些电阻器的最佳不确定度为 $5\ \text{m}\Omega$ 。

电气安装测试仪

另一类具有非常挑战性的测试仪是电气安装测试仪。这些测试仪在采用 $230\ \text{V}$ 电源的国家越来越普遍，尤其是德国、西班牙和英国，包括英联邦国家。1969年制定的IEC 60364标准规定了对电气安装测试的要求，提供了国家接线法规。欧洲国家制定了与IEC 60364标准等效的标准，使用一类新的电气安全测试仪，来执行国际电工委员会（IEC）规定的强制性

严格测试。表1中列出了不同国家的规范标准^[7]。

这些测试仪的两项常见功能是测量电气支路中的环路阻抗和线路阻抗，以及验证漏电保护器的性能。环路阻抗测试仪测量故障电流在线路和保护地之间所形成的通路的电阻。用该项测试来保证在故障条件下的阻抗足够低，使实际电流能够足以触动电流保护装置，例如断路器。环路阻抗测量能够计算出预期故障短路电流（PSC），由于该参数与故障条件下断路器或其它保护装置能够短路的电流相关，所以是个非常重要的参数^[8]。电气安装测试仪的预期故障电流范围通常为 $10\ \text{kA}$ 和 $50\ \text{kA}$ 。幸运的是，从校准器设计者的角度看，预期故障电流是一个计算值，公式为 $I = V_n / Z_s$ ，其中 V_n 为标称线电压， Z_s 为环路阻抗值。为了准确检查电气安装测试仪，校准器应该具有一个稳定的交流电压源（用来检查测试仪的电压测量能力）和准确、可调的电阻器（用来检查其电阻测量能力）。

环路阻抗测量是在带电条件下进行的，这就对校准器设计者提出了另一项挑战。线路阻抗测量也就是测量火线至零线的阻抗。环路阻抗/线路测试仪的范围为 $0 \sim 2,000\ \Omega$ ，有些情况下可高达 $10,000\ \Omega$ ，分辨力通常为 $10\ \text{m}\Omega$ 。

由于电阻器是带电电路的一部分，所以校准器设计者面临的挑战就是提供低阻大功率电阻器，使其能够在对用户安全的电路配置下处理高达 $30\ \text{A}$ 的电流。和接地导通电阻一样，由于 $30\ \text{A}$ 电流需要很多大电流继电器，不适合安装在校准器中，不能采用分立电阻器矩阵

的方法。设计人员仔细研究电气标准规定后，按照这些标准测试电气安装测试仪。使用16个能够覆盖 $25\ \text{m}\Omega \sim 1.8\ \text{k}\Omega$ 范围的分立电阻器满足了这一需求。这些校准器的最佳不确定度为 $5\ \text{m}\Omega$ 。图8所示为校准器环路阻抗和线路阻抗电路的简图。

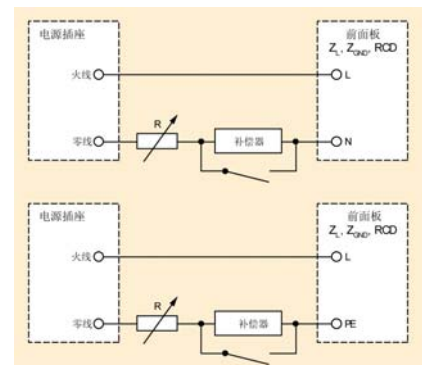


图8. Fluke 5320A多功能电气安全校准器的环路和线路电路简图。

如上所述，由于安装测试仪必须测试带电电源，所以校准器必须能够提供带电电源输出点的电阻。如简图所示，校准器插入一个可选的电阻器，使其与电源零线及标有“N”字样的输出连接器串联，或者与电源零线及标有“PE”字样的输出连接器串联。从理论上讲，这样是非常简单的，但在实际应用中还有简图中未标出的更多电阻，包括电源至校准器的电源线、印制板走线以及继电器触点的电阻。元件要精挑细选，能够提供可复现的结果（ $< 5\ \text{m}\Omega$ ）。甚至还需要一根不同的大电源线来确保内部阻抗足够小。

测试仪本身能够测量小至 $0\ \Omega$ 的电阻。设计者面临的一个两难选择就是如何提供 $0\ \Omega$ 源，而每个电源电路的电阻是有限的。校准器设计者巧妙地采用了一种基于合成电阻器技术的电子补偿电路，它能够有效地消除以上电路中的所有寄生电阻，从而提供一个 $0\ \Omega$ 电阻源。

漏电保护装置，有的叫漏电保护开关（RCD）和漏电故障断路器（GFI）也是由这些电气安装测试仪测试的。漏电保护装置的工作原理是电流平衡原理——来自于火线（L）的所有电流都必须返回至零线（N），否则就说明电路存在泄漏电流故障。如图9所示，典型的漏电保护装

国家	国家规范标准 (基于 IEC 60364)
奥地利	OVE/ONORM E8001
比利时	A.R.E.I / R.G.I.E
丹麦	Staerkstrombekendtgorelsen 6
芬兰	SFS 6000
法国	NF C 15-100
德国	DIN VDE 0100
意大利	CEI 64-8
荷兰	NEN 1010
挪威	NEK 400
葡萄牙	HD384
西班牙	UNE 0460
瑞典	SS 4364661 / ELSAK-FS 1999:5
瑞士	NIN / SN SEV 1000
英国	BS 7671 / 16th Edition IEE Wiring Regulations

表 1. 全欧洲已经颁布了各种不同的等效国家标准。这些标准规定了对建筑物内固定电气安装的要求。

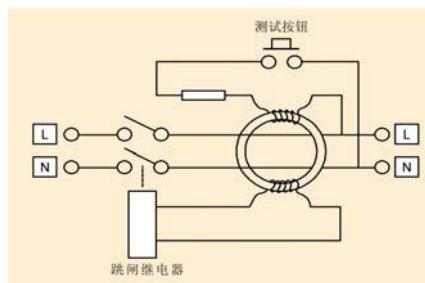


图 9. 典型 RCD 的简图。

置(RCD)都采用一个电流互感器，如果 L 和 N 上通过的电流不相等，就会在互感器中检测电路中引起感应。例如，如果发生故障电流，并且故障电流流入到大地，L 和 N 电流将不再平衡。在互感器中就会产生磁通量，次级线圈中就会形成电流，触动保护电路切断电源^[9]。

根据标准 (基于 IEC 60364) 的规定，电气安全测试仪必须提供各种波形的故障电流来检验指定电流或指定时间内的漏电保护装置(RCD)的动作。电流如图 10 所示^{[5][10]}。



图 10. 漏电保护装置测试仪必须提供的故障电流波形。

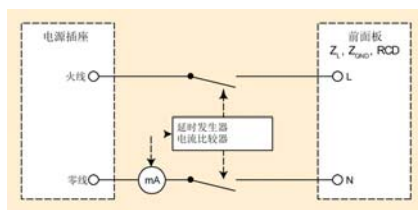


图 11. 校准器的 RCD 功能简图^[5]。

校准器可以作为一个高准确度的漏电保护装置来测试漏电保护测试仪，其跳闸时间和跳闸电流可以调节。除了必须能够正确响应不同的波形外，校准器还必须能够适当地响应 S 型 (延时型) 漏电保护装置的“延时响应”模式。此时，电气安装测试仪在预测试和实际测试之间提供了 30 秒的延迟。

校准器具有能够测量来自于电气安装测试仪的激励电流，并根据波形输出相应的响应。图 12 所示为校准器波形的不同部分及其响应^[5]。

校准漏电保护装置(RCD)测试仪时的一个问题是校准设备会触动建筑物内的断路器。在过去，为了解决这一问题，需要对没有安全保护的进行校准。在没有安全保护的网络上工作会引起安全隐患。福禄克校准器能够在有安全保护的网络上校准漏电保护装置(RCD)测试仪，而又不会触动建筑物内的断路器。

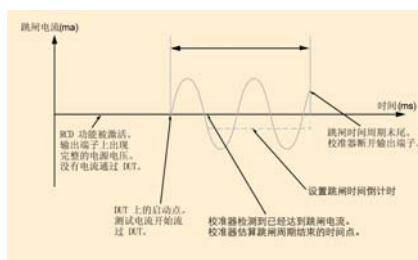


图 12. RCD 校准器的时序，它作为一个高准确度的可调 RCD。

结论

与传统的直流/低频校准器不同，电气安全测试仪器的校准器必须覆盖非常宽范围的电压、电流和电阻。测试仪本身可提供和测量高达 30 A 的电流，采用 30 A 的激励，可测量低至若干 mΩ 的电阻，采用 5 kV 的激励则能够测量高达 10 TΩ 的电阻。电气安全校准器必须为这些参数提供准确、稳定的输出。它还必须能够提供覆盖 8 项基本测试的各种功能，也就是需要覆盖：

1. 接地电阻 (3 极和 4 极法)
2. 接地连接电阻
3. 通断性
4. 绝缘电阻
5. 耐受电压
6. 泄漏电流 (地，直接/接触，差分和替代)
7. 环路阻抗和线路阻抗
8. 漏电保护装置测试

设计者面临的挑战是各种各样的，尤其对于那些已经设计了直流/低频校准器来校准通用测试仪器的工程师，如数字多用表和示波器，这些仪器都在 20 V 以下应用欧姆定律。为了正确地选择元件，需要采用不同的设计思想以及巧妙的技术来处理电气安全测试仪采用的宽范围电压和电流。

附录三——产品型号速查表

2600A-101 PRT 探头, 100 Ω, 带探头软包 .. 58	282 双通道 40MS/s 任意波形发生器及波形发生软件 63	5522A-PQ/6 超级多产品校准器, 含电能质量分析仪校准和 600MHz 示波器校准选件 . 12
2600A-904 福禄克公司制图分析 (Trend Link) 软件 60	284 四通道 40MS/s 任意波形发生器及波形发生软件 63	5522A-PQ/1GHz 超级多产品校准器, 含电能质量分析仪校准和 1.1GHz 示波器校准选件 12
2620A-100 额外的通用接线盒: 包括通用输入模块、数字 I/O 和报警输出连接器 58,60	291 单通道 100MS/s 任意波形发生器 63	5522A/6 超级多产品校准器, 含 600MHz 示波器校准选件 12
2620A-101 电流分流器套件 (12 个), 10 Ω, ± 0.1% 58,60,62	292 双通道 100MS/s 任意波形发生器 63	5522A/1GHz 超级多产品校准器, 含 1.1GHz 示波器校准选件 12
2635A-901 Hydra Logger 数据采集软件 (随机提供) 58	294 四通道 100MS/s 任意波形发生器 63	5522A/CARRYCASE 便携箱 12
2635A-902 带趋势绘图的 Hydra Logger 软件 58	397 双通道 125MS/s 任意波形发生器 64	55XX/CASE 带轮子的运输箱 12
2635A /08 2635A 便携型数据采集器 57	5080A 多功能多产品校准器 5	5700A 高精度多功能校准器 17,18
2640A-911 Windows 平台使用的 NetDAQ 数据采集器软件 60	5080A/CASE 运输箱 8	5700A-03 宽带交流电压选件 18
2640A-912 NetDAQ 数据采集器软件, 带 Trend Link 60	5080A/MEG 带兆欧表校准选件的 5080A . 8	5700A/EP UG 从 5700A 升级到 5720A 18
2640A /08 2640A 网络型数据采集器 59	5080A/SC 带示波器校准选件的 5080A 8	5720A 超级高精度多功能校准器 17,18
2645A/08 2645A 网络型高速数据采集器 ... 59	5080A/SC/MEG 带示波器校准和兆欧表校准选件的 5080A 8	5725A 放大器 14,18
264XA-903 软件开放工具包 60	5080/CAL 5080A 专用校准软件 8	5790A 交流电压测量标准 18,43
2680A 大型数据采集系统 61	52120A 超级大电流标准源 24	5790A-03 宽带交流测量选件 43
2680A-102 2680A-DIO 连接器模块 62	52120A/COIL 12V 28	5790A/03 带宽选件的交流电压测量标准 .. 43
2680A-180 额外的通用输入接线盒 62	52120A/COIL 3KA 28	57XX/CASE 运输箱 18
2680A-904 带 2680A-OPC 软件的制图分析 (Trend Link) 软件 62	52120A/COIL 6KA 28	5800A-7004K 示波器校准用附件一套 14
2680A-APSW 福禄克公司用的 DAQ 配置软件 62	525A-PXX 系列精密压力模块系列 37	6100B 电能功率标准源 23
2680A-DIO 数字 I/O 和继电器模块 62	525B 37	6100B/50A 配有 50A 选件的 6100B 23
2680A-DLL 2680 系列用的 DLL 程序库 . 62	5320A 29	6100B/50A/CLK 配有 50A 和 CLK 选件的 6100B 23
2680A-FAI 快速模拟输入模块 62	5320A-LOAD 32	6100B/50A/E/CLK 配有 50A、电能校准和 CLK 选件的 6100B 23
2680A-OPC 福禄克 2680 系列用的 OPC 软件 62	5320A/40 32	6100B/80A 配有 80A 选件的 6100B 23
2680A-PAI 精确模拟输入模块 62	5320A/VLC 32	6100B/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选件的 6100B 23
2686A 大型数据采集系统 61	5320CASE 32	6100B/E 配有电能校准选件的 6100B 23
2686A-800 2686A 用的 16MB ATA 闪存卡 . 62	5440A-7002 低热电势引线套件 (香蕉插头) 18,40,42,43,45	6100B/E/50A 配有 50A 和电能校准选件的 6100B 23
2686A-801 2686A 用的 128MB ATA 闪存卡 62	5440A-7003 低热电势引线套件 (铲形接头) 18,40,42,43,45,46	6100B/E/80A 配有 80A 和电能校准选件的 6100B 23
2686A-802 2686A 用的 256MB ATA 闪存卡 62	5500A/COIL 50 匝电流线圈 8,14	6100RM-1H/V 23
2686A-805 2686A 用的 512MB ATA 闪存卡 62	5500A/HNDL 侧把手 12,14	6100RM-DS/SM 23
2686A-810 2686A 用的 1GB ATA 闪存卡 .. 62	5500A/LEADS 综合测试线套件 12,14	6100/CASE 6100B/6101B/6105A/6106A 运输箱 23
271 10MHz DDS 函数发生器 63	5502A 多产品校准器 9	
281 单通道 40MS/s 任意波形发生器及波形发生软件 63	5502A/3 带 300MHz 示波器校准选件的 5502A 12	
	5502A/6 带 600MHz 示波器校准选件的 5502A 12	
	5520A-525A/LEADS 热电偶和测试线组件 12,37	
	5522A 超级多产品校准器 9	
	5522A-PQ 超级多产品校准器, 含电能质量分析仪校准选件 12	

6100/CASE/80 6100B/6101B/6105A/6106A 运输箱 (带 80A 选项) 23	机都带 80A 大电流选项, 主机带 CLK 选项) 23	CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23
6100/LEAD 专用测试线套件 23	6120B/80A/E/CLK 配有 80A、电能校准和 CLK 选项的 6120B (一台 6100B, 一台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23	6125A/CLK 配有 CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主机安装 CLK 选项) 23
6101B 电能功率标准源 - 辅机。和主机配合使用。 23	6120B/CLK 配有 CLK 选项的 6120B (一台 6100B, 一台 6101B, 主机带 CLK 选项) 23	6125A/E 配有电能校准选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主机带电能校准) 23
6101B/50A 配有 50A 选项的 6101B 23	6120B/E 配有电能校准选项的 6120B (一台 6100B, 一台 6101B, 主机带电能校准选项) 23	6125A/E/50A 配有 50A 和电能校准选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选项, 主机带电能校准) 23
6101B/80A 配有 80A 选项的 6101B 23	6120B/E/50A 配有 50A 和电能校准选项的 6120B (一台 6100B, 一台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选项, 主机带电能校准选项) 23	6125A/E/80A 配有 80A 和电能校准选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带电能校准选项) 23
6105A 电能功率标准源 - 主机 23	6120B/E/80A 配有 80A 和电能校准选项的 6120B (一台 6100B, 一台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带电能校准选项) 23	6125A/E/CLK 配有电能校准和 CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23
6105A/50A 配有 50A 选项的 6105A 23	6125A 6105A 两相系统(一台 6105A, 一台 6106A) 23	6130B 三相系统(一台 6100B, 两台 6101B) ... 23
6105A/50A/CLK 配有 50A 和 CLK 选项的 6105A 23	6125A/50A 配有 50A 选项的 6125A(一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选项) 23	6130B/50A 配有 50A 选项的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选项) 23
6105A/50A/E/CLK 配有 50A、电能校准和 CLK 选项的 6105A 23	6125A/50A/CLK 配有 50A 和 CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选项, 主机安装 CLK 选项) 23	6130B/50A/CLK 配有 50A 和 CLK 选项的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选项, 主机带 CLK 选项) 23
6105A/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选项的 6105A 23	6125A/50A/E/CLK 配有 50A、电能校准和 CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23	6130B/50A/E/CLK 配有 50A、电能校准和 CLK 选项的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23
6105A/80A/E/CLK 配有 80A、电能校准和 CLK 选项的 6105A 23	6125A/80A 配有 80A 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选项) 23	6130B/80A 配有 80A 选项的 6130B(一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选项) 23
6105A/CLK 配有 CLK 选项的 6105A 23	6125A/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机安装 CLK 选项) 23	6130B/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选项的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带 CLK 选项) 23
6105A/E 配有电能校准选项的 6105A 23	6125A/80A/E/CLK 配有 80A、电能校准和 CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23	6130B/80A/E/CLK 配有 80A、电能校准和 CLK 选项的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23
6105A/E/50A 配有 50A 和电能校准选项的 6105A 23	6125A/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选项) 23	6130B/CLK 配有 CLK 选项的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23
6105A/E/80A 配有 80A 和电能校准选项的 6105A 23	6125A/80A/E/CLK 配有 80A、电能校准和 CLK 选项的 6125A (一台 6105A, 一台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23	
6105A/E/CLK 配有电能校准和 CLK 选项的 6105A 23		
6106A/50A 配有 50A 选项的 6106A 23		
6106A/80A 配有 80A 选项的 6106A 23		
6120B 两相系统(一台 6100B, 一台 6101B) ... 23		
6120B/50A 配有 50A 选项的 6120B(一台 6100B, 一台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选项) 23		
6120B/50A/CLK 配有 50A 和 CLK 选项的 6120B (一台 6100B, 一台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选项, 主机带 CLK 选项) 23		
6120B/50A/E/CLK 配有 50A、电能校准和 CLK 选项的 6120B (一台 6100B, 一台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选项, 主机带电能校准和 CLK 选项) 23		
6120B/80A 配有 80A 选项的 6120B(一台 6100B, 一台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选项) 23		
6120B/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选项的 6120B (一台 6100B, 一台 6101B, 主辅		

6100B, 两台 6101B, 主机带 CLK 选件)	23	6105A, 两台 6106A, 主机带电能校准)	23	6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机带电能校准选件)	23
6130B/E 配有电能校准选件的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主机带电能校准选件)	23	6135A/E/50A 配有 50A 和电能校准选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机带电能校准)	23	6140B/E/80A 配有 80A 和电能校准选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机带电能校准选件)	23
6130B/E/50A 配有 50A 和电能校准选件的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机带电能校准选件)	23	6135A/E/80A 配有 80A 和电能校准选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机带电能校准选件)	23	6140B/E/CLK 配有电能校准和 CLK 选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23
6130B/E/80A 配有 80A 和电能校准选件的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机带电能校准选件)	23	6135A/E/CLK 配有电能校准和 CLK 选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23	6145A 6105A 四相系统(一台 6105A, 三台 6106A)	23
6130B/E/CLK 配有电能校准和 CLK 选件的 6130B (一台 6100B, 两台 6101B, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23	6140B 四相系统(一台 6100B, 三台 6101B)	23	6145A/50A 配有 50A 选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选件)	23
6135A 6105A 三相系统(一台 6105A, 两台 6106A)	23	6140B/50A 6140B, 配有 50A 选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选件)	23	6145A/50A/CLK 配有 50A 和 CLK 选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机安装 CLK 选件)	23
6135A/50A 配有 50A 选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选件)	23	6140B/50A/CLK 配有 50A 和 CLK 选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机带 CLK 选件)	23	6145A/80A 配有 80A 选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选件)	23
6135A/50A/CLK 配有 50A 和 CLK 选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机安装 CLK 选件)	23	6140B/50A/E/CLK 配有 50A、电能校准和 CLK 选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23	6145A/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机安装 CLK 选件)	23
6135A/50A/E/CLK 配有 50A、电能校准和 CLK 选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23	6140B/80A 配有 80A 选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选件)	23	6145A/80A/E/CLK 配有 80A、电能校准和 CLK 选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23
6135A/80A 配有 80A 选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选件)	23	6140B/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机带 CLK 选件)	23	6145A/CLK 配有 CLK 选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主机安装 CLK 选件)	23
6135A/80A/CLK 配有 80A 和 CLK 选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机安装 CLK 选件)	23	6140B/80A/E/CLK 配有 80A、电能校准和 CLK 选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23	6145A/E 配有电能校准选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主机带电能校准)	23
6135A/80A/E/CLK 配有 80A、电能校准和 CLK 选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23	6140B/CLK 配有 CLK 选件的 6140B (一台 6100B, 三台 6101B, 主机带 CLK 选件)	23	6145A/E/50A 配有 50A 和电能校准选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主辅机都带 50A 大电流选件, 主机带电能校准)	23
6135A/CLK 配有 CLK 选件的 6135A (一台 6105A, 两台 6106A, 主机安装 CLK 选件)	23	6140B/E 配有电能校准选件的 6120B (一台 6100B, 三台 6101B, 主机带电能校准选件)	23	6145A/E/80A 配有 80A 和电能校准选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主辅机都带 80A 大电流选件, 主机带电能校准选件)	23
6135A/E 配有电能校准选件的 6135A (一台		6140B/E/50A 配有 50A 和电能校准选件的			

6145A/E/CLK 配有电能校准和 CLK 选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23	8508A-SPRT 金属护套标准铂电阻温度计	50	9500B/1100	34
6145A/50A/E/CLK 配有 50A、电能校准和 CLK 选件的 6145A (一台 6105A, 三台 6106A, 主机都带 50A 大电流选件, 主机带电能校准和 CLK 选件)	23	8808A 五位半数字多用表	54,56	9500B/1100 > 3200UGK	34
7001 直流电压参考标准	41	8845A 六位半精密数字多用表	51	9500B/3200	34
720A 十进制分压器	46	8846A 六位半精密数字多用表	51	9500-60	34
732B 直流电压参考和传递标准	18,40	884X-1G 1 GB U 盘存储器	53	9500-65	34
732B-7001 外部电池和充电器	40	884X-512M 512 MB U 盘存储器	53	9500-90	34
732B-7002 运输箱, 可容纳 2 个 732B 或者一个 732B 和一个 732-7001	40	884x-CASE 仪器包装盒	53	9500/600 > 9500B/3200 UGK	34
734A 四单元直流电压参考和传递标准	18,40	884X-RTD 100 欧姆 RTD 温度探头	53	9500/1100 > 9500B/3200 UGK	34
734A-7001 可容纳 4 个 732B 的机箱	40	884X-SHORT 4 线短路器	53,56	9500/3200 > 9500B/3200 UGK	34
742A 标准电阻	18,45	884X-USB USB 到 RS232 电缆适配器	53,56	9510 FLK	34
742A-1 1 Ω 电阻标准	45	8X-001 80/81 系列用的机架安装套件, 单	65	9530 FLK	34
742A-1.9 1.9 Ω 电阻标准	45	8X-002 80/81 系列用的机架安装套件, 双	65	9550 FLK	34
742A-10 10 Ω 电阻标准	45	910 GPS 监控的频率参考标准	47	9560 FLK	34
742A-25 25 Ω 电阻标准	45	9100 多产品校准器	16	9600CASE	36
742A-100 100 Ω 电阻标准	45	9100-100 高稳定度晶体参考标准	16	9640A-LPN	36
742A-1k 1k Ω 电阻标准	45	9100-135 绝缘电阻 / 接地电阻表校准选件	16	9640A-STD	36
742A-10k 10k Ω 电阻标准	45	9100-200 10 匝 / 50 匝电流线圈	8,16	9640A-STD/75	36
742A-19k 19k Ω 电阻标准	45	9100-250 250MHz 示波器校准模块	16	96XXCONN	36
742A-100k 100k Ω 电阻标准	45	9100-60 便携式软包	16	A40B-1mA 1 mA 分流器	44
742A-1M 1M Ω 电阻标准	45	9100-600 600MHz 示波器校准模块	16	A40B-10mA 10 mA 分流器	44
742A-10M 10M Ω 电阻标准	45	9100-65 坚固运输箱 (需要配 60 选件)	16	A40B-20mA 20 mA 分流器	44
742A-19M 19M Ω 电阻标准	45	9100-90 机架安装套件	16	A40B-50mA 50 mA 分流器	44
742A-7002 运输箱 (可容纳 2 个电阻) ..	45	9100-PWR 功率校准软件	16	A40B-100mA 100 mA 分流器	44
752A 参考分压器	46	910R GPS 监控的频率参考标准 (内置铷钟)	47	A40B-200mA 200 mA 分流器	44
792A 交直流转换电压标准	18,42	910X-01 GPS 天线	47	A40B-500mA 500 mA 分流器	44
80 型 50MHz 函数发生器	65	910X-01/50 天线安装套件	47	A40B-1A 1 A 分流器	44
81 型 50MHz 函数 / 脉冲发生器	65	910X-02 天线用电缆 (长度可达 130 米)	47	A40B-2A 2 A 分流器	44
8508A 八位半高精度标准数字多用表	50	910X-50 机架安装套件	47	A40B-5A 5 A 分流器	44
8508A/01 带有比率测量功能的高精度标准数字多用表, 配有后面板输入接线柱 ..	50	910X-60 携带箱	47	A40B-10A 10 A 分流器	44
8508A/CASE 运输箱	50	910X-70 另加 5 路 10 MHz 输出	47	A40B-20A 20 A 分流器	44
8508A-7000K 1G Ω 标准电阻和校准专用线	50	910X-76 以太网接口	47	A40B-50A 50 A 分流器	44
8508A-LEAD 综合引线套件, 包括 2 对 1 米 PTFE 电缆, 两端为镀金的铲型连接器.	50	9500B/1100	34	A40B-100A 100 A 分流器	44
8508A-PRT 金属护套铂电阻温度计	50	9500B/1100 > 3200UGK	34	A40B-ADAPT/LC LC 插头到 LC 插头适配器	44
		9500B 示波器校准器	33	A40B-ADAPT/LCN LC 型插座转 N 型插头适配器	44
		9500B/600	34	A40B-ADAPT/SPADE LC 型插头转铲形接口适配器	44
		9500B/600 > 1100UGK	34	A40B-CAL/LC 串联两台分流器进行测量的大电流适配器 (LC 到 LC)	44
		9500B/600 > 3200UGK	34	A40B-CAL/N 串联两台分流器进行测量的小电流适配器 (N 到 N)	44
				A40B-CASE 玻璃钢运输箱	44
				A40B-LEAD/4mm N 型插头到 4mm 双香蕉插	44

头测试线	44	MET/CAL-IEEE USB USB 转 GPIB 卡 2 块	39	Y397 397 型 机架安装套件	64
A40B-LEAD/N N 插头到 N 插头测试线 ...	44	MET/SUPPORT GOLD 年度协议, 对一个工	39	Y525 525B 机架安装套件	37
A40B/SET 十四支交直流分流器套包, 1mA~100A	42,43	作站的优先支持	39	Y5320 5320A 机架安装套件	32
量程	42,43	MET/CAL 自动校准和计量管理软件	12,14,16,18,34,36,37,38	Y5537 5500A 机架安装套件	12,14
Fluke-700Pxx 压力模块系列	12	MET/CAL-L MET/CAL 的工作站用户许可证	39	Y5737 5790A 机架安装套件	43
Fluke 700 系列压力模块	36	MET/CAL-LU 许可证的升级	39	Y6100 Y6100 6100B/6101B/6105A/6106A 机柜	23
FVF-UG 基础版 FlukeView Forms 升级到增强	53,56	MET/TRACK-L MET/TRACK 的工作站用户	39	安装套件	23
版	53,56	许可证	39	Y734A 734A 或者 734A-7001 的机架安装套件	40
MET/BASE-8 校准软件数据库系统	39	TL2x4W-PTII 2X4 线电阻测试表笔 ...	53,56	Y8021 IEEE-488 屏蔽电缆, 1m	53
MET/BASE-8U MET/BASE 升级版	39	TL2X4W-TWZ 2X4 线电阻子测试夹	53	Y8022 IEEE-488 屏蔽电缆, 2m	53
MET/CAL-IEEE PCI PCI 转 GPIB 卡 2 块, 另	39	TL910 高级测试表笔	53,56	Y8508 8508A 机架安装套件	50
加 2 条 GPIB 线	39	Y2641 19 英寸机架安装套件	60	Y8508S 8508A 机架安装滑轨	50
MET/CAL-IEEE PCI/USB USB 转 GPIB 卡和	39	Y2643 4 米以太网电缆套件	60	Y8846D 8845A/8846A 机架安装套件, 两台,	53
PCI 转 GPIB 卡各一块, 另加 1 条 GPIB	39	Y2680 2680 系列用的机架安装套件	62	19 英寸	53
线	39			Y8846S 8845A/8846A 机架安装套件, 单台 ..	53
MET/CAL-IEEE PCMCIA INTL PCMCIA 卡	39			Y9600 9640A 机架安装套件	36
转 GPIB 卡 1 块	39				