

SMFT-1000

Multifunction PV Analyzer

用户手册

有限保证和责任限制

在正常使用和维护条件下，Fluke 公司保证每一个产品都没有材料缺陷和制造工艺问题。保证期为从产品发货之日起三（3）年。部件、产品修理和服务的保证期限为 90 天。本项保证仅向授权零售商的原始买方或最终用户提供，并且不适用于保险丝和一次性电池或者任何被 Fluke 公司认定由于误用、改变、疏忽、意外非正常操作和使用所造成的产品损坏。Fluke 公司保证软件能够在完全符合性能指标的条件下至少操作 90 天，而且软件是正确地记录在无缺陷的媒体上。Fluke 公司并不保证软件没有错误或无操作中断。

Fluke 公司仅授权零售商为最终客户提供新产品或未使用过产品的保证。但并未授权他们代表 Fluke 公司提供范围更广或内容不同的保证。只有通过 Fluke 授权的销售商购买的产品，或者买方已经按适当的国际价格付款的产品，才能享受 Fluke 的保证支持。在一个国家购买的产品被送往另一个国家维修时，Fluke 公司保留向买方收取修理 / 更换零部件的进口费用的权利。

Fluke 公司的保证责任是有限的，Fluke 公司可以选择是否将依购买价退款、免费维修或更换在保证期内退回到 Fluke 公司委托服务中心的有缺陷产品。

要求保修服务时，请与就近的 Fluke 授权服务中心联系，获得退还授权信息；然后将产品连同问题描述寄至该服务中心，并预付邮资和保险费用（目的地离岸价格）。Fluke 对运送途中发生的损坏不承担责任。在保修之后，产品将被寄回给买方并提前支付运输费（目的地交货）。如果 Fluke 认定产品故障是由于疏忽、误用、污染、修改、意外或不当操作或处理状况而产生，包括未在产品规定的额定值下使用引起的过压故障；或是由于机件日常使用损耗，则 Fluke 会估算修理费用，在获得买方同意后再进行修理。在修理之后，产品将被寄回给买方并预付运输费；买方将收到修理和返程运输费用（寄发地交货）的帐单。

本保证为买方唯一能获得的全部赔偿内容，并且取代所有其它明示或隐含的保证，包括但不限于适销性或适用于特殊目的的任何隐含保证。FLUKE 对任何特殊、间接、偶发或后续的损坏或损失概不负责，包括由于任何原因或推理引起的数据丢失。

由于某些国家或州不允许对隐含保证的期限加以限制、或者排除和限制意外或后续损坏本保证的限制和排除责任条款可能并不对每一个买方都适用。如果本保证的某些条款被法院或其它具有适当管辖权的裁决机构判定为无效或不可执行，则此类判决将不影响任何其它条款的有效性或可执行性。

Fluke Corporation
P.O. Box 9090
Everett, WA 98206-9090
U.S.A.

目录

标题	页码
简介	1
联系 Fluke	2
安全须知	2
技术指标	2
使用前必读	7
工具包物品	7
附件	8
如何使用旋钮开关	9
按钮	10
信息按钮	11
显示屏	11
端子/测试导线	12
错误消息	13
如何调零测试导线	14
测试设置	15
将光伏分析仪与辐照度计配对	15
IEC 62446-1 1 类测试	16
目视检查	16
保护接地线和等电位联结导线的通断性	17
设置限值	17
电阻测试 (R_{LO})	18
接地和等电位联结导线的电阻	18
防雷导线	18
接地系统	19
极性测试	19
光伏组列汇流箱	19
光伏组列	20
电压/电流测试 (V_{oc}/I_{sc})	21
选择光伏模块	22
仅与辐照度计配对	22
快速 V_{oc}/I_{sc} 测量	23
V_{oc} /工作电流测量	23

交流/直流电源和功能测试	24
单相逆变器性能检查	24
三相逆变器性能检查	25
交流/直流电压测量	26
交流/直流电流测量	26
功能测试	27
绝缘电阻测试 (R _{INS})	28
测试方法 1 (保留导线)	28
测试方法 2 (默认值)	29
连续测量	30
湿式绝缘电阻测试	31
I-V Curve 测试	32
其他测试	33
旁路二极管测试	33
阻流二极管测试	35
连续二极管测试	36
电涌保护装置 (SPD) 测试	38
自动测试序列	39
菜单	40
下载测试结果	40
下载光伏模块数据	41
维护	41
保险丝更换	42
电池更换	43
产品弃置	44

简介

Fluke SMFT-1000 Multifunction PV Analyzer（以下称为“光伏分析仪”或“产品”）是一款由电池供电的分析仪，用于对电源耦合光伏 (PV) 系统进行安装测试和定期检查。表 1 列出了主要功能。

表 1. 功能

功能	包括
1 类测试方案	目视检查清单
	保护导体电阻 (R_{LO}) 测量，测试电流 ≥ 200 mA (@2 Ω)
	极性检查，自动显示电压极性，并在极性错误时发出声音 / 视觉警告
	光伏模块 / 组列处的开路电压 (V_{OC}) 测量，最高可测 1000 V dc
	光伏模块 / 组列处的短路电流 (I_{SC}) 测量，最高可测 20 A dc
	绝缘电阻 (R_{INS}) 测量，测试电压 50 V、100 V、250 V、500 V、1000 V
	阻流二极管测量 (V_{BD})，采用方法 1 和方法 2 (IEC 62446-1)
	对遮蔽的或黑暗中的面板实施旁路二极管测量
	电涌保护装置 (SPD)
功能测试	直流和交流端的功率测量，用于检查效率
	交流 / 直流电压测量
	直流 / 交流电流测量，采用钳表适配器 i100
	功能测试清单
2 类测试方案	太阳能电池板组列 I-V 曲线测试，包括太阳能光伏 I-V 曲线跟踪以及相关的分析、报告和认证软件（其中包含 I-V 曲线分析和报告功能）
	绝缘误差的长期监测（非直接湿式绝缘测试）和 R_{INS} 的 24 小时定期测量（可调时间段）
	计算机软件 - 下载、上传、审查、分析和打印测试结果
	与远程传感器通信（太阳辐照度、倾斜度、温度）
	与计算机通信

联系 Fluke

Fluke Corporation 的业务经营覆盖全球。如需了解当地联系信息，请访问我们的网站：

www.fluke.com.cn

要注册您的产品或者查看、打印或下载最新的手册或手册补遗，请访问我们的网站：

www.fluke.com/productinfo

Fluke Corporation	Fluke Europe B.V.
P.O. Box 9090	P.O. Box 1186
Everett WA 98206-9090	5602 BD Eindhoven
U.S.A.	The Netherlands

+1-425-446-5500 fluke-info@fluke.com

安全须知

在本产品随附的《安全须知》文件（印刷版）中以及网站 www.fluke.com/productinfo 上均提供了“一般安全须知”。在适用的情况下，还会列出一些更具体的安全须知。

警告表示可能对用户造成危险的状况和操作。**小心**表示可能对产品或受测设备造成损坏的状况和操作。

技术指标

任意端子与接地点

之间的最大电压 1000 V dc

红色和蓝色端子

之间的最大电压差 700 V ac

尺寸（长 x 宽 x 高） 10.0 cm x 25.0 cm x 12.5 cm

重量（带电池） 1.4 kg (3.09 lb)

电池 6 节 AA 碱性 IEC LR6

电池寿命 最多 1000 次测量

保险丝 F2: FF 630 mA, 1000 V, IR 30 kA

6.3 x 32 mm

F1: gPV DC 1000 V, 20 A, IR 30 kA (L/R= 2 ms),

10 mm x 38 mm

温度

操作温度 0 °C 至 50 °C

存放温度 -30 °C 至 60 °C

电池已取下

相对湿度 最高 80 %

海拔

工作海拔 2000 m

存放海拔 12 000 m

振动..... MIL-PRF-28800F: 2 级

防护等级..... IEC 60529:IP40

计算机接口..... IR (串行) 和蓝牙

无线连接兼容性..... IRR2-BT

精度

精度规格定义为: \pm (读数的百分比 + 位数), 温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 湿度 $\leq 80\% \text{ RH}$ 。 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下的精度规格: 每 $^{\circ}\text{C}$ 为 $0.1 \times$ (精度规格)。

保护导体电阻 R_{LO}

显示范围	测量范围	分辨率	精度
0.00 Ω 至 19.99 Ω	0.20 Ω 至 19.99 Ω	0.01 Ω	\pm (2% + 2 位)
20.0 Ω 至 199.9 Ω	20.0 Ω 至 199.9 Ω	0.1 Ω	\pm (2% + 2 位)
200 Ω 至 2000 Ω	200 Ω 至 2000 Ω	1 Ω	\pm (5% + 2 位)
测试电流	$\geq 200 \text{ mA}$ ($\leq 2 \Omega + R_{COMP}$) ^[1]		
测试电压	4 V_{DC} 至 10 V_{DC}		
极性反转	是		
测试导线调零 (Rcomp)	最多 3 Ω		
带电电路检测	如果在初始化测试之前检测到端子电压 $> 50 \text{ V ac/dc}$ (典型值), 则禁止测试。		
[1] 一组新电池能够进行 200 mA @ 0.1 Ω 通断性测试的次数 > 1000 次。			

光伏模块 / 光伏组列, 开路电压, (V_{oc})

显示范围	测量范围	分辨率	精度
0.0 V 至 99.9 V	5.0 V 至 99.9 V	0.1 V	\pm (0.5% + 2 位)
100 V 至 1000 V	100 V 至 1000 V	1 V	
极性测试	是		
带电电路检测	如果在初始化测试之前检测到端子电压 $> 5 \text{ V ac}$, 则禁止测试。		

光伏模块 / 光伏组列, 短路电流, (I_{sc})

显示范围	测量范围	分辨率	精度
0.0 A 至 20.0 A	0.2 A 至 20.0 A	0.1 A	\pm (1% + 2 位)
带电电路检测	如果在初始化测试之前检测到端子电压 $> 5 \text{ V ac}$ (典型值), 则禁止测试。		

绝缘电阻 R_{INS}

显示范围	测量范围	分辨率	精度
0.00 M Ω 至 99.99 M Ω	0.20 M Ω 至 99.99 M Ω	0.01 M Ω	\pm (5% + 5位)
100.0 M Ω 至 199.9 M Ω	100.0 M Ω 至 199.9 M Ω	0.1 M Ω	\pm (10% + 5位)
200 M Ω 至 999 M Ω	200 M Ω 至 999 M Ω	1 M Ω	\pm (20% + 5位)
空载时的测试电压	50 V / 100 V / 250 V, 最大 199.9 M Ω	1 V	0% 至 +25%
	500 V / 1000 V, 最大 999 M Ω		
测试电流	最小 1 mA (@ 250 k Ω / 500 k Ω / 1 M Ω)		
	最大 1.5 mA (短路)		
带电电路检测	如果在初始化测试之前检测到端子电压 > 15 V ac (典型值), 则禁止测试。		
最大电容负载	最大可使用 2 μ F (1 M Ω 时)		
<i>注意</i>			
一组新电池能够进行 1000V / 1 M Ω 绝缘测试的次数 >900 次。			

阻流二极管检查 (V_{BD})

显示范围	测量范围	分辨率	精度
0.00 V dc 至 6.00 V dc	0.50 V dc 至 6.00 V dc	0.01 V dc	\pm (5% + 10位)
带电电路检测	如果在初始化测试之前检测到端子电压 > 50 V ac/dc (典型值), 则禁止测试。		

电涌保护装置 (SPD)

显示范围	测量范围	分辨率	精度
0 V dc 至 1000 V dc	50 V dc 至 1000 V dc	1 V dc	\pm (10% + 5位)
带电电路检测	如果在初始化测试之前检测到端子电压 > 50 V ac/dc (典型值), 则禁止测试。		

真有效值 AC V、DC V、AC A、DC A

光伏分析仪可测量交流和直流信号分量 (电压或电流), 并显示 AC+DC (有效值) 组合值。交流或直流单位的显示状况取决于信号是否存在过零点。

通过 4 mm 测试插孔进行交流 / 直流电压测量

显示范围	测量范围	分辨率	精度 (DC、AC 50 Hz/60 Hz)
0.0 V ac 至 99.9 V ac	5.0 V ac 至 99.9 V ac	0.1 V	\pm (2.5% + 2位)
100 V ac 至 700 V ac	100 V ac 至 700 V ac	1 V	
0.0 V dc 至 99.9 V dc	5.0 V dc 至 99.9 V dc	0.1 V	
100 V dc 至 1000 V dc	100 V dc 至 1000 V dc	1 V	
交流 / 直流检测	是 (自动)		
正 / 负极性检查	是		

交流 / 直流电流测量（使用 i100 Clamp）

显示范围	测量范围	分辨率	精度 (DC、AC 50 Hz/60 Hz)
0.0 A dc 至 100 A dc	1.0 A dc 至 100 A dc	0.1 A	$\pm(5\% + 2 \text{ 位})^{[1]}$
0.0 A ac 至 100 A ac 真有效值	1.0 A ac 至 100 A ac 真有效值		

[1] 不含 i100 钳表容差。请参阅 *i100 Clamp* 容差。

i100 Clamp 容差

测量范围	输出信号	精度 (DC、AC, 50 Hz/60 Hz)	最大值 滞后
1 A 至 100 A DC 或 AC < 1 kHz	10 mV/A ac/dc	$\pm(1.5\% + 0.51 \text{ A})$	$\pm 0.4\%$

交流 / 直流电测量（使用 i100 Clamp）

显示范围	测量范围	分辨率	精度 (DC、AC 50 Hz/60 Hz)
0.0 V ac 至 700 V ac	5.0 V ac 至 700 V ac	0.1 V	$\pm(2.5\% + 2 \text{ 位})$
0.0 V dc 至 1000 V dc	5.0 V dc 至 1000 V dc		
0.0 A ac/dc 至 100 A ac/dc	1.0 A ac/dc 至 100 A ac/dc	0.1 A	$\pm(5\% + 6 \text{ 位})$
0 W/VA 至 100 kW/kVA	5 W/VA 至 100 kW/kVA	1 W / VA ; 1 kW / kVA	$\pm(7.5\% V_I + 0.6 \text{ V} + 0.2 \text{ I})$

安全性

SMFT-1000	IEC 61010-1 污染等级 2 IEC 61010-2-034 CAT III 1000 V dc、CAT III 700 V ac
i100 电流钳表	IEC 61010-2-032, D 型（适用于绝缘导体），1000 V
附件	IEC 61010-031
TL1000-MC4	CAT III 1500 V, 20 A
TP1000 远程探头	
带封帽	CAT IV 600 V、CAT III 1000 V, 10 A
不带封帽	CAT II 1000 V, 10 A
TL1000 测试导线	CAT III 1000 V, 10 A
TL1000/30M 测试导线	CAT III 1000 V、CAT IV 600 V, 5 A（卷装）10 A（完全展开）
TP74 测试探头	
带封帽	CAT IV 600 V、CAT III 1000 V, 10 A
不带封帽	CAT II 1000 V, 10 A
AC285 鳄鱼夹	CAT III 1000 V, 10 A

性能..... IEC 61557-1、IEC 61557-2、IEC 61557-4、IEC 61557-10

电磁兼容性 (EMC)

国际标准 IEC 61326-1: 便携式电磁环境, CISPR 11: 第 1 组, A 类

第 1 组: 设备会有意产生和/或使用电导耦合射频能量, 这是设备自身内部运行的必要条件。

A 类: 设备适用于非家庭用途以及未直接连接到为住宅建筑物供电的低电压网络的任意设施。由于传导干扰和辐射干扰, 在其他环境中可能难以保证电磁兼容性。

小心: 此设备不可用于住宅环境, 此类环境中可能无法提供充分的无线电接收保护。

韩国 (KCC) A 类设备 (工业广播和通信设备)

A 类: 本产品符合工业电磁波设备的要求, 销售商或用户应注意这一点。本设备设计用于商业环境中, 而非家庭环境。

USA (FCC) 47 CFR 15 B 部分

主动辐射体: 此设备符合 FCC 准则中第 15 部分的要求。使用时符合下面两个条件: (1) 此设备不会导致有害干扰; (2) 此设备必须耐受任何收到的干扰 (包括可能导致意外操作的干扰)。 (15.19); 未经 Fluke 明确同意而进行更改或修改可能会导致用户无权使用本设备。 (15.21)

无线射频模块

频率范围 2.402 GHz 至 2.480 GHz

输出功率 8 dBm

简化版欧盟符合性声明

Fluke 特此声明, 本产品中包含的无线电设备符合指令 2014/53/EU。如需查看欧盟符合性声明的完整内容, 请访问以下网址: <http://www.fluke.com/red>.

使用前必读

本节简要介绍了工具包的内容，并让您熟悉光伏分析仪的控件和显示屏。

工具包物品

表 2 列出了工具包中包含的物品。

表 2. 工具包物品



编号	说明
①	FlukePack30 专业工具背包
②	SMFT-1000 Multifunction PV Analyzer
③	IRR2-BT Wireless Solar Irradiance Meter
④	i100 AC/DC Current Clamp 100 A

表 2. 工具包物品（续）

编号	说明
5	MB1-IRR 面板安装支架（用于辐照度计）
6	Zero Adapter
7	80PR-IRR 外部温度探头
8	TPAK 磁性套件
9	便携带（用于 SMFT-1000）
10	便携包（用于辐照度计）
11	带有远程测试按钮的 TP1000 测试探头
12	TL1000-MC4 测试导线套件（公头和母头）
13	耦合器组
14	保险丝盒
15	TL1000/30M 30 m 卷装测试导线
16	TL1000-KIT 测试导线套件
17	IR 光纤转 USB 适配器电缆
图中未显示	6 节 AA 碱性电池 IEC LR6（适用于 SMFT-1000，未装） 4 节 AA 碱性电池 IEC LR6（适用于 IRR2-BT，未装） 2 节 AA 碱性电池 IEC LR6（适用于 i100，未装）

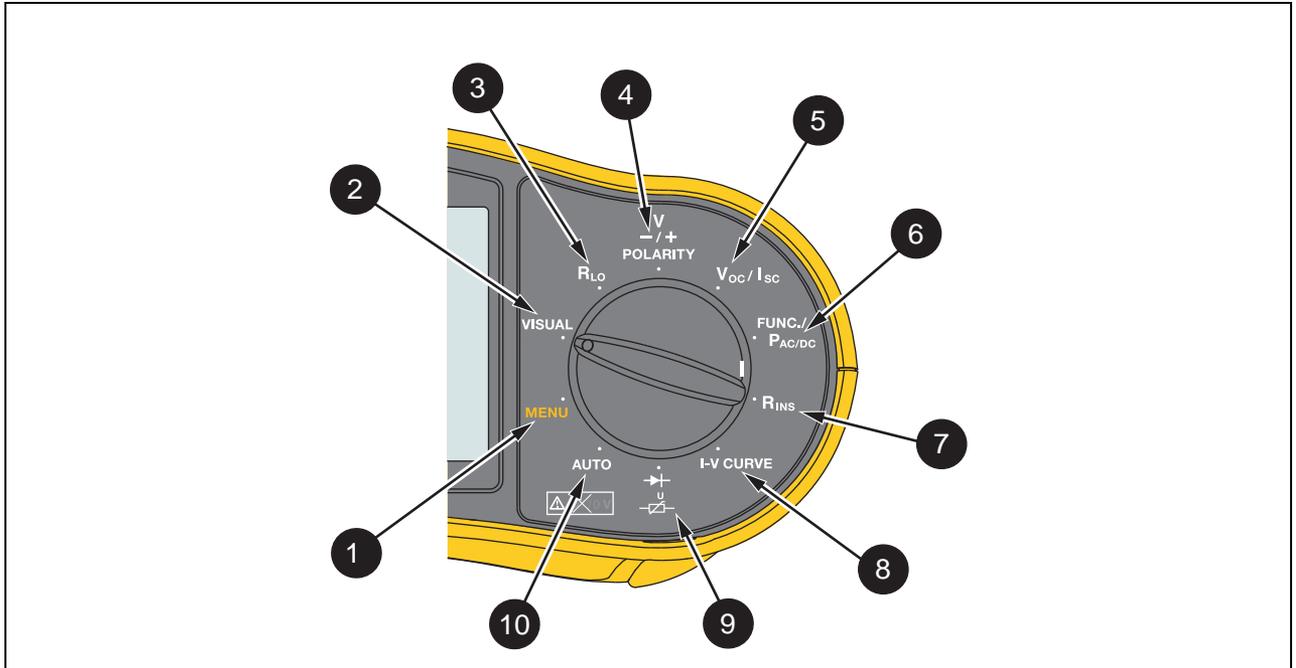
附件

如需了解有关附件的最新信息，请访问 www.fluke.com.cn。

如何使用旋钮开关

旋钮开关用于选择测试类型。请参见表 3。

表 3. 旋钮开关

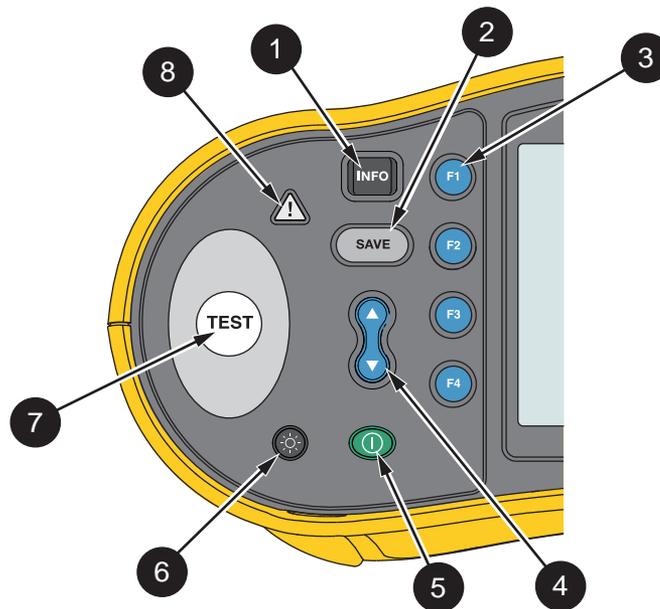


编号	位置	说明
①	MENU	用于保存测量结果、仪器设置和帮助信息的存储器
②	VISUAL	预检测试清单
③	R_{Lo}	等电位联结导线和防雷导线的通断性
④	V -/+ POLARITY	极性测试
⑤	V_{oc}/I_{sc}	开路电压 / 短路电流
⑥	FUNC./P_{AC/DC}	功率、电压、电流和功能清单
⑦	R_{INS}	绝缘电阻
⑧	I-V CURVE	光伏面板在标准测试条件下产生的最大电压 V _{oc} 测试曲线图和最大电流 I _{sc} 测试曲线图
⑨		阻流 / 旁路二极管和电涌保护装置 (SPD)
⑩	AUTO	自动测试序列

按钮

使用按钮控制光伏分析仪的操作，选择要查看的测试结果，以及浏览选定的测试结果。请参见表 4。

表 4. 按钮



编号	按钮	说明
1	INFO	根据旋钮开关位置来显示设置和测试功能的图示及说明。
2	SAVE	保存
3	F1 F2 F3 F4	功能选择
4	↑ ↓	使用向上 / 向下按钮在显示屏上选择功能。有关详细信息，请参阅特定的测试说明。
5	⏻	电源开关
6	☀️	背光灯开 / 关和亮度。持续按 ☀️ 可循环选择亮度级别。
7	TEST	开始所选测试
8	⚠️	电压警告

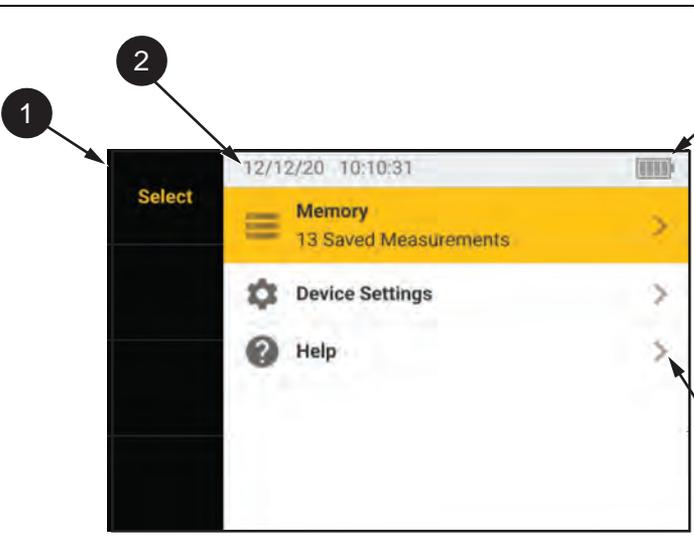
信息按钮

信息按钮  显示有关如何使用光伏分析仪各个功能的信息。当旋钮开关转至某个功能时，按  可在显示屏上查看有关该测试功能的连接图和提示。如果屏幕右侧显示滚动条，请使用  显示有关该测试功能的更多信息。

显示屏

表 5 是显示屏及其组件的示例。

表 5. 显示屏



编号	组件	说明
①	导航	显示     的选项
②	日期 / 时间戳	日期和时间。
③	电池状态	显示电池电量的状态
④	菜单	选中的功能会突出显示出来。使用  可更改选择。按  可打开选项以供选择。
⑤	菜单选项	显示可进行设置或调节的选项。按  可退出菜单选项。

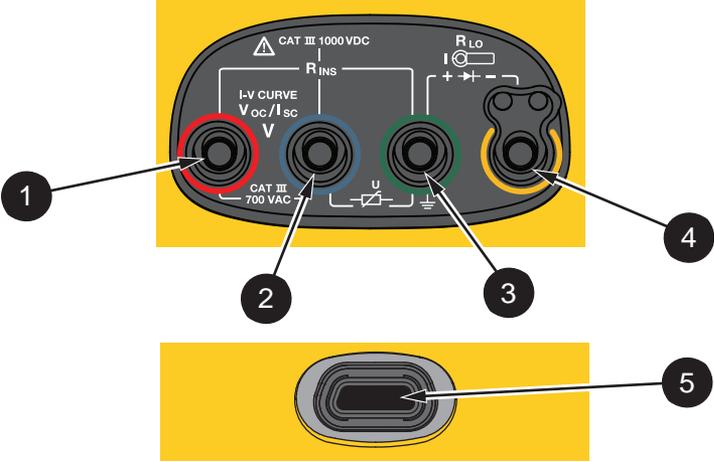
端子 / 测试导线

在整个测试过程中，测试导线保持连接并留在原位（“保留导线”选项）。表 6 显示了输入端子。

⚠️⚠️ 警告

为防止可能的触电、火灾或人身伤害，在未安装保护帽的情况下，请勿在 III 类或 IV 类环境中使用测试导线。保护帽可以将外露的探头金属部分减少至不超过 4 mm。这可降低因短路而产生电弧的可能性。

表 6. 端子



编号	说明
①	红色插孔（光伏 [+] V 输入）
②	蓝色插孔（光伏 [-] COM 输入）
③	绿色插孔（接地）
④	黄色插孔（R _{PE} ，钳表输入共用端）
⑤	IR 数据端口

IR（红外）端口可将测试仪连接到计算机并下载测试数据，具体操作请参阅 *TruTest™ Data Management Software* 文档。使用此软件，您可以收集、整理和显示测试数据。有关使用红外端口的更多信息，请参阅 [下载测试结果](#)。

错误消息

当分析仪检测到故障状况时，显示屏会显示  和故障代码。请参见表 7。这些错误状态会禁用或停止测试。

提示：按 **INFO** 按钮可获得有关错误消息的说明。

表 7. 错误代码

错误代码	测试类型	说明
1.1	预测试 (自动式)	在绿色和黄色输入之间检测到异常电压 $V \geq 50.0 \text{ V}$
1.2	预测试 (自动式)	在红色和蓝色输入之间检测到异常电压 $V \geq 1020 \text{ V}$, V_{AB} 极性: MINUS 或 AC (当 $V \geq 5.0 \text{ V}$ 时)
1.3	预测试 (自动式)	在蓝色和黄色输入之间检测到异常电压 $V \geq 30.0 \text{ V}$
1.4	预测试 (自动式)	短路电流过载 $I_{SC} \geq 20.5 \text{ A}$
1.5	预测试 (自动式)	在红色和绿色 (或蓝色和绿色) 输入之间检测到异常电压 $V \geq 50.0 \text{ V}$
1.6	预测试 (自动式)	在红色和蓝色输入之间检测到异常电压 $V \geq 1020 \text{ V DC}$, $\geq 720 \text{ V AC}$, MINUS (当 $V \geq 5.0 \text{ V}$ 时)
1.7	预测试 (自动式)	在绿色和黄色输入之间检测到异常电压 $V \geq 720.0 \text{ V}$
2.1	自动 测试	过热 (温度过高)
3.1	自动 测试	内存过载
4.1	测试 (后测试)	保险丝 F1 故障 内部测试表明保险丝 (20 A) 断开。F1 保险丝更换必须由合格的技术人员完成。
4.2	测试 (后测试)	保险丝 F2 故障 内部测试表明保险丝 (0.63 A) 断开，需要更换才能进行此测量。请参阅 保险丝更换 。
4.3	测试 (后测试)	保险丝 F1 和 F2 故障 内部测试表明保险丝 (20 A 和 0.63 A) 断开，需要更换才能进行此测量。F1 保险丝更换必须由合格的技术人员完成。

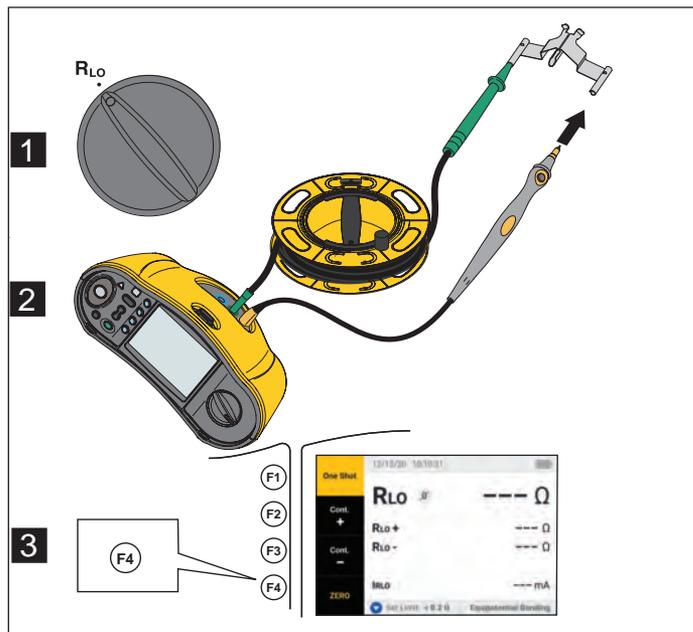
如何调零测试导线

⚠️⚠️ 警告

为防止可能的触电、火灾或人身伤害，在未安装保护帽的情况下，请勿在 III 类或 IV 类环境中使用。保护帽可以将外露的探头金属部分减少至不超过 4 mm。这可降低因短路而产生电弧的可能性。

当测量等电位联结导线和防雷导线的通断性 (R_{LO}) 时，测试导线固有的微小电阻可能影响测量。在进行通断性测试之前，请使用调零适配器来补偿或调零测试导线。请参见图 1。

图 1. Zero Adapter 配置



测试设置

使用此套件可根据 IEC 62446-1 标准对光伏系统进行安全和性能分析。该套件包含 SMFT-1000 PV Analyzer（光伏分析仪）和 IRR2-BT Irradiance Meter（辐照度计）。

光伏分析仪可对光伏系统进行安全和性能测量。

辐照度计可提供太阳辐照度和光伏面板温度的辅助数据。此类数据用于补充光伏分析仪上的光伏面板 IV 曲线性能测量。IRR2-BT 以无线方式向光伏分析仪发送数据。如果无线连接因任何原因中断，辐照度计会自动记录数据，并在之后重新建立连接时传输数据。这两个设备都具有同步时钟，以正确匹配数据。

注意

在进行 IV 曲线性能测量之前，请通过无线连接同步光伏分析仪和辐照度计。请参见将光伏分析仪与辐照度计配对。

为光伏分析仪接通电源：

1. 按下  1 秒钟可打开光伏分析仪。

显示屏显示包含固件版本的启动屏幕。

2. 按下  2 秒钟可关闭光伏分析仪。

将光伏分析仪与辐照度计配对

首次使用时，您必须将光伏分析仪与辐照度计配对：

1. 打开光伏分析仪与辐照度计。
2. 确保光伏分析仪与辐照度计彼此位于无线作用范围内 (<50 m)。
3. 将旋钮开关转至 **MENU**。
4. 使用  突出显示 **设备设置**。
5. 按  打开“设备设置”菜单。
6. 使用  可突出显示 **辐照度计配对**。
7. 按 。
8. 按照光伏分析仪屏幕上的说明将设备配对。

 显示在光伏分析仪的显示屏上，以指示光伏分析仪与辐照度计已连接。

进行初始设置之后，当您打开光伏分析仪与 IRR2-BT 并且两个设备位于无线范围内 (<50 m) 时，它们会配对。

为了进行 IV 曲线测量，需要在工作日开始时将光伏分析仪与 IRR2-BT 同步：

1. 打开光伏分析仪与辐照度计。
2. 确保光伏分析仪与辐照度计彼此位于无线作用范围内 (<50 m)。
3. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 **I-V CURVE** 位置。
4. 按 **(F4)** 键。
5. 按照光伏分析仪屏幕上显示的说明同步两个设备。

 显示在光伏分析仪的显示屏上，以指示光伏分析仪与辐照度计已连接。

同步期间，光伏分析仪将辐照度计中的所有数据与先前会话中光伏分析仪上的记录进行匹配。两个设备上的实时时钟将同步，并且辐照度计上的内存会被清除。辐照度计可连续记录数据长达 17 小时。

系统提供了用于手动输入辐照度和温度测量值的选项。有关详细信息，请参阅 [I-V Curve 测试](#)。

注意

如果面板上安装了辐照度计，则将光伏分析仪移动到无线范围内。

IEC 62446-1 1 类测试

目视检查

IEC 法规要求对光伏系统进行目视检查。光伏分析仪提供了每个任务的清单，然后记录目视检查的结果并将其保存到内存中。所有结果都可以下载到 PC 软件中，并用于创建最终报告。

要进行目视检查：

1. 打开光伏分析仪。
2. 将旋钮开关转至 **VISUAL**，然后按照屏幕上显示的提示执行操作。
3. 如果显示屏右侧显示滚动条，请使用  显示有关清单的更多信息。
4. 使用 **(F1)** **(F2)** 或 **(F3)** 可选择结果。
5. 按 **(SAVE)** 将结果保存到内存中。

显示屏上显示确认消息。

保护接地线和等电位联结导线的通断性

为了准确测量，务必在测量之前补偿测试导线的电阻：

1. 打开光伏分析仪。
2. 将旋钮开关转至 **R_{Lo}**。
3. 将绿色导线和黄色导线置零（短接）。
4. 按 **(F4)**。

有关详细信息，请参见图 1。

5. 按照屏幕上的提示执行操作。
6. 要指定“通过”或“失败”状态，请设置测量监管限值。

注意

测量开始后无法更改限值。如果您更改限值，则必须重新进行测量。

设置限值

监管限值取决于测试中使用的电缆长度。

要进行设置：

1. 打开光伏分析仪。
2. 将旋钮开关转至 **R_{Lo}**。
3. 使用 **(F1)** **(F2)** **(F3)** 或 **(F4)** 可突出显示选项。
4. 按 **▼** 可编辑该选项。

显示屏上显示“手动输入”屏幕。

5. 按 **(F1)** 可打开“调整”菜单。
6. 使用 **↕** 可更改值。
7. 根据需要调整“横截面”和“材料”选项。
8. 按 **(F3)** 在“手动输入”屏幕和“自动计算”限值之间切换。
9. 按 **(F4)** 保存计算值并返回到 **R_{Lo}** 测量屏幕。

电阻测试 (R_{LO})

光伏分析仪可在测试电流 ≥ 200 mA (@2 Ω) 的情况下测量以下项的保护导线电阻 (R_{LO}):

- IEC 62446-1 第 6.1 条规定的接地和等电位联结导线
- 防雷系统 (LPS)
- 接地系统

接地和等电位联结导线的电阻

要测量接地和等电位联结导线的电阻:

1. 将旋钮开关转至 R_{LO} 。
2. 使用 ▼ 选择等电位联结。
3. 按 (F1) 选择单次 (默认模式), 然后按照屏幕上的提示执行操作。
4. 将绿色测试导线连接到中央 PE 连接器 / 接地装置。
5. 将黄色测试导线连接到测量点。
这可能是模块的金属框架或光伏安装系统的导轨。
6. 按下光伏分析仪或远程探头上的 (TEST)。

在此模式下, 光伏分析仪先进行一次短路测量 (R_{LO+}), 然后在极性相反的情况下进行第二次短路测量 (R_{LO-})。

在测量完成时, 光伏分析仪显示两个结果, 并选择最高 (最差) 测量值作为主要结果。所有三个结果都会根据所选限值被评为“通过”或“失败”。

光伏分析仪还会显示电阻测试期间应用的测试电流值 (I_{RLO})。

防雷导线

要测量防雷系统 (LPS) 中的电阻:

1. 将旋钮开关转至 R_{LO} 位置。
2. 使用 ▼ 选择防雷导线。
3. 按 (F4) 可选择单次 (默认模式), 然后按照屏幕上的提示执行操作。

在此模式下, 光伏分析仪先进行一次短路测量 (R_{LO+}), 然后在极性相反的情况下进行第二次短路测量 (R_{LO-})。在测量完成时, 光伏分析仪显示两个结果, 并选择最高 (最差) 测量值作为主要结果。所有三个结果都会根据所选限值被评为“通过”或“失败”。

接地系统

为了帮助排除接地系统的故障，可以执行 R_{Lo} 连续测量方法：

1. 按 **F2**（适用于 **R+ 正极**）或 **F3**（适用于 **R- 负极**），然后按照屏幕上的提示执行操作。

极性测试

极性测试旨在根据 IEC 62446-1 第 6.2 条中的规定验证正极和负极导线是否正确连接到光伏系统汇流箱、逆变器或开关装置。

⚠️⚠️ 警告

为防止人身伤害或系统损坏，所有连接必须使用正确的极性。

要测试极性：

1. 将旋转开关转至 **-/+ POLARITY** 位置。
2. 将红色测试导线连接到光伏组列的正极连接器，并将蓝色测试导线连接到光伏组列的负极连接器。

提示：按 **INFO** 可查看连接图。

3. 按照屏幕上的提示执行操作。

上部显示区显示连接到测试导线的实际电压。对于大于 **5 V** 的电压，光伏分析仪将决定测量值是 **Pass** 还是 **Fail**。所有正电压均显示为 **PASS**，所有负电压均显示为 **FAIL**。

如果检测到交流电压，显示屏上会显示警告。

光伏组列汇流箱

本测试程序根据 IEC 62446-1 第 6.3 条进行验证。在首次连接任意组列保险丝或连接器之前，请执行此测试：

- 连接所有负极保险丝或连接器，以使组列共享一条共用负极母线。
- 不要连接任何正极保险丝或连接器。
- 测量第一个组列的开路电压，是从正极（红色测试导线）到负极（蓝色测试导线）的电压，并确保其达到预期值。
- 继续测量后续的组列（从正极到负极），确保其达到预期值，并且与之前测量的组列之间的差值不超过 $\pm 15 V$ 。

要测试组列保险丝：

1. 将旋转开关转至 **-/+ POLARITY** 位置。
2. 按 **INFO** 可查看连接图。
3. 按照屏幕上的提示执行操作。

光伏组列

开路电压测量和电路电流测试（短路测试或操作）。

开路电压测量 (V_{OC})

IEC 62446-1 第 6.4 条规定的开路电压 (V_{OC}) 测量。本测试检查模块组列是否已正确接线，以及组列中是否已串联预期数目的模组。对于串联的组列，测得的电压应为组列中各个光伏面板的电压之和。此测试也可用于验证单个面板的开路电压。

电路电流测试 - 短路测试 (I_{SC})

IEC 62446-1 第 6.5.2 条中规定的光伏组列电路电流测试是一种短路电流测量方法，可确认系统的运行特性是否正确，并确认光伏阵列接线没有重大故障。这些测试不能作为衡量模块 / 阵列性能的指标。将短路电流测量结果与光伏面板规格进行比较。如果关联了光伏面板规格，并且从辐照度计传输了辐照度 / 温度测量值，则光伏分析仪会自动进行所有计算。

操作测试方法

I_{SC} 的替代测试方法（请参见 IEC 62446-1 第 6.5.3 条）。

要进行测试：

1. 下载面板规格。
2. 选择光伏模块。
3. 输入每个组列中的模块数。
4. 将辐照度计安装在要测试的光伏面板上。
5. 将旋转开关转至 V_{OC}/I_{SC} 位置。
6. 将红色测试导线连接到组列的正极连接器，将蓝色测试导线连接到组列的负极连接器。

提示：按  可查看连接图。

7. 按照屏幕上的提示执行操作。

光伏分析仪根据所选光伏模块面板数据和模块数量，确定开路电压测量和短路测试的结果是通过还是失败。

电压 / 电流测试 (V_{OC}/I_{SC})

V_{OC} 测试旨在根据 IEC 62446-1 第 6.4 条中的规定来测试光伏面板在标准测试条件下产生的最大电压。 I_{SC} 测试旨在根据 IEC 62446-1 第 6.5.2 条中的规定来测试光伏面板在标准测试条件下产生的最大电流。

要进行测试：

1. 将辐照度计安装在要测试的光伏面板上。
2. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 V_{OC}/I_{SC} 位置。
3. 根据来自辐照度计和光伏模块的数据，设置 V_{OC} 的限值。

STC 计算限值：根据辐照度和标称值进行计算

4. 根据来自辐照度计和光伏模块的数据，设置 I_{SC} 的限值。

STC 计算限值：根据辐照度和标称值进行计算。

显示屏上显示来自辐照度计的 Irr & Tcell 数据。

5. 将红色测试导线连接到组列的正极连接器，将蓝色测试导线连接到组列的负极连接器。

提示：按  可查看连接图。

连接测试导线后， V_{OC} 测量值显示在显示屏上。

注意

如果光伏分析仪检测到反向极性，您将听到哔声，并且显示屏会因负测量值而显示测试失败警告。

6. 按  开始 I_{SC} 测量。

V_{OC} 和 I_{SC} 结果显示在显示屏上，并根据辐照度计的限值显示“通过 / 失败”图标。

7. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

选择光伏模块

当未连接辐照度计时，没有限值可用，并且显示屏上不会显示辐照度或温度数据。

要进行测量：

1. 将测试导线从光伏分析仪连接到光伏面板。

提示：按  可查看连接图。

连接测试导线后， V_{OC} 测量值显示在显示屏上。此配置中不显示“通过 / 失败”图标。

2. 按  开始 I_{SC} 测量。

V_{OC} 和 I_{SC} 结果显示在显示屏上。

3. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

仅与辐照度计配对

当连接了辐照度计但未选择光伏模块时，无可用的限值。显示屏上显示来自辐照度计的辐照度和温度数据。

要进行测量：

1. 将测试导线从光伏分析仪连接到光伏面板。 V_{OC} 测量值自动显示在显示屏上。

提示：按  可查看连接图。

连接测试导线后， V_{OC} 测量值显示在显示屏上。显示屏上显示来自辐照度计的 Irr & Tcell 数据。此配置中不显示“通过 / 失败”图标。

2. 按  开始 I_{SC} 测量。

V_{OC} 和 I_{SC} 结果显示在显示屏上。

3. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

快速 V_{OC}/I_{SC} 测量

您可以在不连接辐照度计或光伏模块的情况下快速进行 V_{OC}/I_{SC} 测量。此类测量不显示“通过 / 失败”限值或辐照度数据。

要进行测量：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 V_{OC}/I_{SC} 位置。
2. 将测试导线连接到光伏面板。 V_{OC} 测量值自动显示在显示屏上。

提示：按  可查看连接图。

当电压 ≥ 50 V，会亮起电压符号。

3. 按  开始 I_{SC} 测量。

V_{OC} 和 I_{SC} 结果显示在显示屏上。此配置中不显示“通过 / 失败”图标。

4. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

V_{OC} / 工作电流测量

按照 IEC 62446-1 第 6.5.3 条要求，采用工作电流法作为 I_{SC} 的替代方法。

要进行测量：

1. 将光伏组列连接到逆变器，打开系统并切换至正常操作模式（逆变器必须处于最大功率点）。

在二者之间连接两个 Y 形连接器很有用，这样可以并行测量组列电压。

2. 将旋转开关转至 V_{OC}/I_{SC} 位置。

3. 将测试导线连接到光伏面板。

V_{OC} 测量值自动显示在显示屏上。

提示：按  可查看连接图。

- 按  开始 V_{OC} 测量。

V_{OC} 测量值显示在显示屏上。如果选择了光伏模块并连接了辐照度计，则“通过 / 失败”图标会显示在显示屏上。“测量 V_{OC} ”说明呈灰色显示，并带有复选标记，表示测量已完成。“测量工作电流”说明变为启用 / 亮起。

- 连接钳表，并确保电流 / 极性与钳表上的箭头匹配。

提示：按  可查看连接图。

- 按  开始测量工作电流。

交流 / 直流电源和功能测试

根据 IEC 62446-1 第 6.6 条的要求，测试光伏系统的电力输出，以确保面板产生的直流电正确转换为交流电。

单相逆变器性能检查

测量直流电，然后测量交流电，再比较效率。

要进行直流测量：

- 将光伏分析仪上的旋转开关转至 **FUNC./P_{AC/DC}** 位置。

显示屏在空白状态下显示电源，并准备好比较直流和交流测量值。

- 按  设置效率系数限值。
- 将光伏组列连接到逆变器，打开系统并切换至正常操作模式（逆变器必须处于最大功率点）。
- 将红色测试导线并联到光伏组列的正极连接器，将蓝色测试导线并联到光伏面板组列的负极连接器。
- 连接钳表，并确保电流 / 极性与钳表上的箭头匹配。

提示：按  可查看连接图。

- 按下 。
- 按  保留直流测量值。

蓝色列标题表示直流测量值处于保留状态。

8. 按 ▼ 清除或取消直流测量列并返回到空白状态。

要进行交流测量：

1. 将测试导线连接至逆变器的交流输出。

2. 连接钳表。

提示：按  可查看连接图。

3. 按下 。

4. 按  保留交流测量值。

蓝色列标题表示交流测量值处于保留状态。

显示屏显示效率系数比，并带有“通过”或“失败”图标。

5. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

三相逆变器性能检查

先测量直流电，然后测量交流电 (L1 + L2 + L3)，再比较效率。

要进行测量：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 **FUNC./P_{AC}/DC** 位置。

显示屏在空白状态下显示电源，并准备好检查三相电源。

2. 按 ▲ 在单相电源和三相电源之间切换。

3. 按 ▼ 设置效率系数限值。

4. 按下 。

5. 按  保留直流测量值。

蓝色列标题表示直流测量值处于保留状态。

6. 按下 。

7. 按  保留交流 L1 测量值。

蓝色列标题表示交流 L1 测量值处于保留状态。

8. 按下 。

9. 按  保留交流 L2 测量值。

蓝色列标题表示交流 2 测量值处于保留状态。

10. 按 **(TEST)**。

11. 按 **(F3)** 保留交流 L3 测量值。

蓝色列标题表示交流 L3 测量值处于保留状态。

显示屏显示效率系数比，并带有“通过”或“失败”图标。

12. 按 **(SAVE)** 将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

交流 / 直流电压测量

用于自动检测交流电或直流电的单个电压测量。

要进行测量：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 **FUNC./P_{AC/DC}** 位置。

2. 按 **(F2)** 测量电压。

显示屏上的短划线表示没有导线连接到光伏分析仪。

3. 将测试导线连接至被测电路。

提示：按 **(INFO)** 可查看连接图。

光伏分析仪自动确定是测量交流电压还是测量直流电压。

4. 按 **(F3)** 保留测量值。

测量值处于保留状态。

5. 按 **(SAVE)** 将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

交流 / 直流电流测量

用于自动检测交流电或直流电的单个电流测量。

要进行测量：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 **FUNC./P_{AC/DC}** 位置。

2. 切换 **(F2)** 以测量电流。

(F2) 按钮用于在电压或电流测量之间切换选择。显示屏上的短划线表示没有导线连接到光伏分析仪。

3. 将钳表连接至被测电路。

提示：按  可查看连接图。

光伏分析仪自动确定是测量交流电流还是测量直流电流。

4. 按  保留测量值。

测量值处于保留状态。

5. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

功能测试

功能测试清单。

要进行测试：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 **FUNC./P_{AC}/DC** 位置。
2. 按  开始记录功能测试的结果。
3. 使用  突出显示不同的清单项目。
4. 按  和  为突出显示的行选择“通过”、“失败”或“不适用”。
5. 按  （后退）返回到电源测试。

如果选中了任何复选框，则  可用。所有结果均显示在显示屏上，直到您清除这些结果以开始新会话为止，而不论电源是否打开 / 关闭或日期是否不同。

6. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

绝缘电阻测试 (R_{INS})

R_{INS} 模式旨在根据 IEC 62446-1 第 6.7 条的要求测试地面和光伏阵列之间的绝缘电阻。至少应对每个光伏阵列或子阵列重复此测试。如有必要，还可以测试各个组列。

测试方法 1（保留导线）

此测试先在光伏阵列负极和地面之间进行，然后在光伏阵列正极和地面之间进行。对于此测试，不会更改连接（“保留导线”选项）。

要进行测试：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 R_{INS} 位置。
2. 将测试导线连接到光伏面板。

提示：按  可查看连接图。

如果接地点和框架**已联结到**现场的接地点：

- a. 将绿色测试导线接地。
- b. 将红色测试导线连接到光伏阵列上的正极端子。
- c. 将蓝色测试导线连接到光伏阵列上的负极端子。

或者

如果接地点和框架**未联结到**现场的接地点（装置的防护等级为 II 级）：

- a. 将绿色测试导线连接到光伏阵列框架。
- b. 将红色测试导线连接到光伏阵列上的正极端子。
- c. 将蓝色测试导线连接到光伏阵列上的负极端子。

1. 使用  选择标称测试电压（ V_N 选项 = 50/100/250/500/1000 V）。

该值将触发限值。

2. 在配置导线后，按  1 秒以上时间可开始 R_{INS} (1) 测量。

在测量值计算期间，短划线会闪烁，然后测试结果显示在显示屏上：

- R_{INS} : R_{INS+} 或 R_{INS-} 的最低值
- R_{INS+} : PV+ 至接地的绝缘电阻
- R_{INS-} : PV- 至接地的绝缘电阻
- V_{INS+} : 绝缘测试期间施加的测试电压（PV+ 至接地）
- V_{INS-} : 绝缘测试期间施加的测试电压（PV- 至接地）

通过：当结果大于预设限值时，和短哔声表示测试已通过。

失败：当结果低于预设限值时，和多次哔声表示测试已失败。

- 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

注意

如果电阻超出 R_{INS} 测试（1 或 2）的可接受阈值，则使用连续测试方法找出绝缘层上电阻失效的确切位置。请参阅[连续测量](#)。

测试方法 2（默认值）

默认的测试方法 2 是地面和短路阵列之间先后进行正极测量和负极测量。此方法也使用“保留导线”选项。

- 将光伏分析仪上的旋转开关转至 R_{INS} 位置。
- 使用  选择标称测试电压（ V_N 选项 = 50/100/250/500/1000 V）。

该值将触发限值设置。

- 将测试导线连接到光伏阵列。

提示：按  可查看连接图。

如果接地点和框架**已联结**到现场的接地点：

- 将绿色测试导线从绿色插孔连接到接地。
- 将红色测试导线从红色插孔连接到光伏阵列上的正极端子。
- 将蓝色测试导线从蓝色插孔连接到光伏阵列上的负极端子。

或者

如果接地点和框架**未联结**到现场的接地点（装置的防护等级为 II 级）：

- 将绿色测试导线从绿色插孔连接到光伏阵列框架。
- 将红色测试导线从红色插孔连接到光伏阵列上的正极端子。
- 将蓝色测试导线从蓝色插孔连接到光伏阵列上的负极端子。

1. 在配置导线后，按  开始 R_{INS} (2) 测量。

注意

在测量期间，高电压图标和短划线会显示出来。

完成测量后，测试结果显示在显示屏上：

- R_{INS} (2)：测得的绝缘电阻
- V_{INS} ：绝缘测试期间施加的测试电压

通过：当结果大于预设限值时， 和短哔声表示测试已通过。

失败：当结果低于预设限值时， 和多次哔声表示测试已失败。

2. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

注意

如果电阻超出 R_{INS} 测试（1 或 2）的可接受阈值，则使用连续测试方法找出绝缘层上电阻失效的确切位置。请参阅[连续测量](#)。

连续测量

您可以测量光伏系统中任意两个测量点之间的 R_{INS} 。此测量有助于排除布线电缆上的绝缘故障。Fluke 建议您拆下光伏模块进行此测试，因为它们会影响测试结果。

要进行测量：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 R_{INS} 位置。
2. 按  进入 R_{INS} 连续测量模式。
3. 使用  选择标称测试电压（ V_N 选项 = 50/100/250/500/1000 V）。

该值将触发限值。

提示：按  可查看连接图。

4. 连接导线后，按  1 秒以上时间可开始 R_{INS} 连续测量。

在测量值计算期间，短划线会显示出来，然后测试结果显示在显示屏上：

- 实时结果：测量结果每秒刷新一次。
 - 当结果低于限值时，会显示绿色对勾。
5. 随时按 **TEST** 1 秒以上时间可暂停并保持屏幕上的测量值。
 6. 再次按 **TEST** 1 秒以上时间可恢复测量。
 7. 沿电缆上下移动测试导线，直到发现电阻问题：
 - **X** 显示在显示屏上低于限值的测量电阻旁边。
 - 多次哔声表示测试已失败。
 8. 按 **SAVE** 将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

或者

9. 连接到下一个测试点（如果未保存，则不必清除），或继续进行下一项测试。

湿式绝缘电阻测试

湿式绝缘电阻测试依据 IEC 62446-1 第 8.3 条中的要求，最好用作故障查找练习。该电阻测试旨在评估光伏阵列在潮湿工作条件下的电气绝缘情况。该测试模拟阵列和接线上有雨水或露水的情形，然后验证湿气不会进入阵列电路的带电部分，否则湿气可能会加剧腐蚀、导致接地故障，或对人员或设备造成电气安全危害。该测试对于发现地上缺陷特别有效，例如接线损坏、接线盒盖未充分固定以及其他类似的安装问题。此外，它还可用于检测制造和设计缺陷，包括聚合物基板穿孔、接线盒开裂、二极管外壳密封不足以及（室内规格）连接器不正确。

如果对于干式测试的结果有疑问，或怀疑安装或制造缺陷导致绝缘故障，应进行湿式绝缘测试。

该测试适用于整个阵列或较大的系统，可以选择阵列的组件或子部分等部件。有时只测试阵列的一部分，这是因为在其他测试中发现了已知或可疑的问题。在某些情况下，可能要求对阵列的采样部分进行湿式绝缘测试。

在 *测试方法 1（保留导线）* 或 *测试方法 2（默认值）* 中使用相同的测试序列。

I-V Curve 测试

V_{OC} 测试旨在根据 IEC 62446-1 第 7.2 条中的规定来测试光伏面板在标准测试条件下可以产生的最大电压。 I_{SC} 测试旨在测试光伏面板在标准测试条件下可以产生的最大电流。

要进行测量：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 **I-V Curve** 位置。

I-V Curve 表显示在显示屏上，指示光伏分析仪是否连接到辐照度计或光伏模块。

如果未连接：

- a. 按 **(F4) IRR Meter** 将辐照度计与光伏分析仪配对。有关详细信息，请参阅 [将光伏分析仪与辐照度计配对](#)。
- b. 按 **(F3) 光伏模块** 可从数据库中选择光伏模块。

完成连接后，I-V Curve 表显示：

- 来自辐照度计的辐照度实时读数
- 来自辐照度计的电池温度实时读数
- 基于光伏模块的标称值

2. 按 **(F2)** 查看 I-V Curve 图。

I-V Curve 图显示：

- 基于光伏模块数据的标称曲线
- 面积曲线显示了基于标称值 $\pm 5\%$ (“通过”标准 = 5%) 的标称曲线的最小值到最大值范围

3. 将红色测试导线连接到光伏阵列的正极连接器，并将蓝色测试导线连接到光伏阵列的负极连接器。

提示：按 **(INFO)** 可查看连接图。

4. 通过支架将辐照度计连接到面板上。
5. 按 **(TEST)** 开始测量并创建 I-V Curve。

显示屏显示进度条。

6. 按 **(F1)** 可取消测试。

注意

如果光伏分析仪在测试开始时检测到反向极性，显示屏上会显示警告。按  可查看连接图。

测试完成后，测试结果显示在 I-V 曲线表中：

- STC 列显示测量值
 - 每行显示“通过 / 失败”指示符
 - MEAS（测量）列显示测量值
7. 按  可在 NOM 面积曲线上查看测量曲线和 STC 曲线的图示。
 8. 使用  在表格和图形视图二者之间切换：
 - 高级表格视图带有显示测量值的附加列
 - 高级图形视图将测量值显示为黑线
 9. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到具有空白 STC 和 MEAS 数据的测试屏幕。

注意

“光伏模块”选项卡上显示一个问号，提醒在必要时更新光伏模块数据。

其他测试

产品提供了二极管测试以满足 IEC 62446-1 第 8.2 条中的要求。

旁路二极管测试

旁路二极管通过在不良电池周围提供电流路径，防止从运行良好的、暴露在阳光下的太阳能电池中流出电流而使光照较弱或部分遮蔽的太阳能电池过热和烧毁。

要进行设置：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至  位置。

显示屏显示旁路二极管测试模式。如果未显示旁路二极管测试模式，按 。

2. 使用  设置旁路二极管电压测量的通过 / 失败限值。

要设置限值：

- a. 使用  突出显示选项。
 - b. 按  选择突出显示的选项并在新屏幕上编辑。
 - c. 按  保存限值并返回先前的二极管测试。
 - d. 按  手动输入旁路二极管限值。
 - e. 使用  和  选择要编辑的数字。
 - f. 使用  更改数值。
 - g. 按  (后退) 返回到“设置限值”屏幕。
3. 将测试导线从光伏分析仪连接到旁路二极管。

提示：按  可查看连接图。

- a. 将绿色测试导线从绿色插孔连接到正极。
- b. 将黄色测试导线从黄色插孔连接到负极。

小心

对于此测试，模块不应产生任何电压或电源。光伏面板 (DUT) 必须完全遮蔽或处于黑暗中。

4. 按  开始测量。

当测量完成时，显示屏显示：

- 测得的旁路二极管电压
- 测得的旁路二极管电流

通过： 大于预设限值时， 和短哔声表示测试已通过。

失败：  和多次哔声（频率较低）表示根据预设的限值，测试已失败。

注意

此测试会检查二极管的压降是否处于预期范围（限值）内。如果压降过低，则二极管短路；如果电压为“OL”，则二极管断路。

- 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

故障排除：如果电压不在可接受的范围内，则使用连续测试找到发生故障的二极管。请参阅 [连续二极管测试](#)。

阻流二极管测试

阻流二极管确保电流仅沿串联阵列的一个方向“OUT”流向逆变器、外部负载、控制器或电池，以防止同一阵列中其他并联光伏面板产生的电流通过光照较弱（遮蔽）的网络回流，并防止充满电的电池在夜间通过阵列放电或损耗。

阻流二极管在断路和短路状态下都可能发生故障。此测试对于安装阻流二极管的装置非常重要。

要进行设置：

- 将光伏分析仪上的旋转开关转至  位置。

显示屏显示默认旁路二极管测试模式。

- 按  进入阻流二极管测试模式。
- 将测试导线从光伏分析仪连接到阻流二极管。

提示：按  可查看连接图。

- 将绿色测试导线连接到正极。
- 将黄色测试导线连接到负极。

注意

阻流二极管可以在操作系统中测量。无需断开模块或关闭电压 / 电源。

- 使用  设置阻流二极管电压测量的通过 / 失败限值。

要设置限值：

- 使用  和  选择要编辑的数字。
- 使用  更改数值。
- 按  （后退）返回到阻流二极管测试屏幕。

5. 按  开始测量。

当测量完成时，显示屏显示：

- 测得的阻流二极管电压
- 测得的阻流二极管电流

通过：当结果大于预设限值时， 和短哔声表示测试已通过。

失败：当结果低于预设限值时， 和多次哔声表示测试已失败。

注意

此测试会检查二极管的压降是否处于预期范围（限值）内。如果压降过低，则二极管短路；如果电压为“OL”，则二极管断路。

6. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

故障排除：如果电压不在可接受的范围内，则使用连续测试找到发生故障的二极管。请参阅 [连续二极管测试](#)。

连续二极管测试

使用连续二极管测试来测试光伏电池的每个二极管，并找到发生故障的二极管。

要进行设置：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至  位置。

显示屏显示默认旁路二极管测试模式。

2. 按  进入二极管测试模式。

3. 将测试导线从光伏分析仪连接到面板接线盒内的二极管或断开的二极管。

提示：按  可查看连接图。

4. 将绿色测试导线连接到正极。

5. 将黄色测试导线连接到负极。

小心

对于此测试，二极管不得通电或工作。

6. 使用 ▼ 可设置二极管电压测量的通过 / 失败限值。

要设置限值：

- a. 使用 (F1) 和 (F2) 选择要编辑的数字。
- b. 使用  更改数值。
- c. 按 (F4) (后退) 返回到阻流二极管测试屏幕。

7. 按 (TEST) 开始测量。

当测量完成时，显示屏显示：

- 测得的二极管电压
- 测得的二极管电流

通过：当结果大于预设限值时， 和短哔声表示测试已通过。

失败：当结果低于预设限值时， 和多次哔声表示测试已失败。

测量结果每秒刷新一次。

注意

此测试会检查二极管的压降是否处于预期范围（限值）内。如果压降过低，则二极管短路；如果电压为“OL”，则二极管断路。

提示：Fluke 建议您使用反向极性重复测试（将黄色测试导线连接到正极，并将绿色测试导线连接到负极）。读数应始终为“OL”。

8. 按 (TEST) 暂停屏幕上显示的测量。
9. 再次按 (TEST) 恢复屏幕上显示的测量。
10. 按 (SAVE) 将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

电涌保护装置 (SPD) 测试

SPD 测试会检查被测设备 (DUT) 是否如预期的那样工作。

要进行设置：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至  位置。

显示屏显示默认旁路二极管测试模式。

2. 按 **(F4)** 进入 **SPD** 测试模式。

显示屏显示空白测量。

3. 使用 **▼** 打开**设置限值**菜单，并设置二极管电压测量的通过 / 失败限值。

要设置限值：

- a. 使用 **(F1)** 和 **(F2)** 选择要编辑的数字。

- b. 使用  更改数值。

- c. 按 **(F4)** (后退) 返回到 **SPD** 测试模式。

4. 将测试导线从光伏分析仪连接到光伏阵列。

提示：按 **(INFO)** 可查看连接图。

- a. 将蓝色测试导线连接到电涌保护装置的一侧。

- b. 将绿色测试导线连接到电涌保护装置的另一侧。

5. 按 **(TEST)** 1 秒以上时间开始测量。

注意

加载测试结果时，显示屏上的  会闪烁，直到测试结果稳定下来。

当测量完成时，显示屏会显示测得的电压。

6. 按 **(SAVE)** 将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

自动测试序列

光伏分析仪具有自动测试模式，可根据以下不同组合自动执行测试序列：

- 含绝缘测试与不含绝缘测试的比较
- 1 类与 1 + 2 类的比较
- 防护等级 I 与防护等级 II 的比较

要进行设置：

1. 将光伏分析仪上的旋转开关转至 **AUTO**（自动）位置。

显示屏显示默认自动测试模式。

2. 使用  滚动浏览自动测试的可用空白状态。

显示屏将更新以显示自动测试的详细信息。

3. 按  更改自动测试设置。

 表示未选择光伏模块或未连接辐照度计。

如果未进行连接，则在按下  后：

- a. 更改测试类型。
- b. 输入光伏模块信息。
- c. 与辐照度计配对。请参阅 [将光伏分析仪与辐照度计配对](#)。
- d. 使用  滚动，直至您看到**设置 V_N** 选项。
- e. 选择 V_N（仅适用于包括 R_{INS} 测量的自动测试）。
- f. 选择 R_{LO} 限值。
- g. 按照屏幕上的提示将测试导线置零。

提示：显示屏显示一个连接图，指示如何根据自动测试选项将光伏分析仪安装到光伏阵列系统。

 表示已选择光伏模块且已连接辐照度计。

4. 按  开始自动测试。

显示屏显示测试序列。完成测试序列后，显示屏显示**自动测试完成**消息。

5. 使用  滚动浏览测试。

显示屏显示**自动测试完成**消息并显示结果。

6. 使用  滚动浏览结果。

7. 按  清除测试结果，而不进行保存。

8. 按  将结果保存到内存中。

显示屏上显示带有 ID 编号的确认消息，然后返回到测试屏幕。

菜单

菜单功能具有以下项的选项：

- 内存
- 设备设置
- 帮助

打开菜单功能：

1. 将旋钮开关转至 **MENU**。
2. 使用  突出显示菜单项。
3. 按  选择菜单项。

按照显示屏上的说明进行操作。

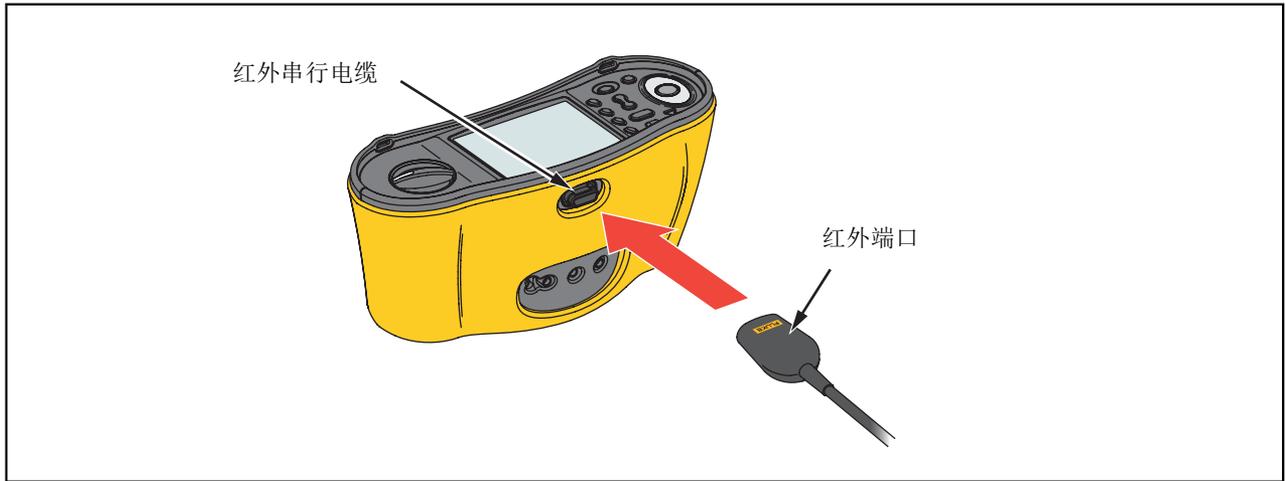
下载测试结果

您可以通过红外端口将测试 / 测量数据从光伏分析仪下载到 PC，以便进行数据管理。

要通过红外端口下载测试 / 测量数据：

1. 关闭光伏分析仪
2. 将红外串行电缆连接到 PC 上的串行端口和光伏分析仪上的红外端口。请参见图 2。

图 2. 红外串行电缆连接



3. 在 PC 上，打开 TruTest 软件程序。
4. 打开光伏分析仪。
5. 有关如何设置日期 / 时间戳以及从光伏分析仪上传数据的完整说明，请参阅 *TruTest™ 数据管理软件文档*。

下载光伏模块数据

有关如何下载光伏模块数据的完整说明，请参阅 *TruTest™ 数据管理软件文档*。

维护

⚠⚠ 警告

为了防止可能发生的触电、火灾或人身伤害：

- 请确保电池极性正确，以防电池漏液。
- 如果发生电池漏液，请先修复本产品然后再使用。
- 只允许获得批准的技术人员维修本产品。
- 仅使用指定的更换零件。
- 只能用规定的替换件替换熔断的保险丝，以继续防止弧闪带来的危险。
- 取下护盖或打开机壳时，请勿操作产品，否则可能会接触到危险电压。
- 清洁本产品前先移除输入信号。

定期用湿布和温和清洁剂清洁外壳。不要使用磨蚀剂或溶剂。端子若变脏或受潮可能会影响读数。

要清洁端子：

1. 关闭光伏分析仪，拆下所有测试导线。
2. 把端子上的任何脏物清除。
3. 用干净的棉签蘸上酒精，清洁每个端子的内部。

表 8 列出了测试仪的可更换零件。

表 8. 更换零件

说明	零件号
⚠ 保险丝，FF 630 mA 1000 V IR 30 kA，用于光伏分析仪	5335526
电池座	1676850
电池盖	5330087

保险丝更换

要更换保险丝（参见图 3）：

1. 按 ① 以关闭光伏分析仪。
2. 从端子上断开测试导线。
3. 使用标准平头螺丝刀将电池盖螺钉（3 颗）逆时针转动四分之一圈，拆下电池盖。
4. 更换保险丝。
5. 重新装上电池盖。
6. 将电池盖螺钉顺时针转动四分之一圈，紧固电池盖。
7. 电池电压显示在副显示屏上。

⚠⚠ 警告

为了防止因读数错误而造成潜在触电或人身伤害：

- 当出现电池电量耗尽图标  时，尽快更换电池。
- 确保电池的极性正确。电池接反可能导致漏液。

电池更换

换上六节新的 AA 电池。碱性电池随测试仪一起提供。

⚠⚠ 警告

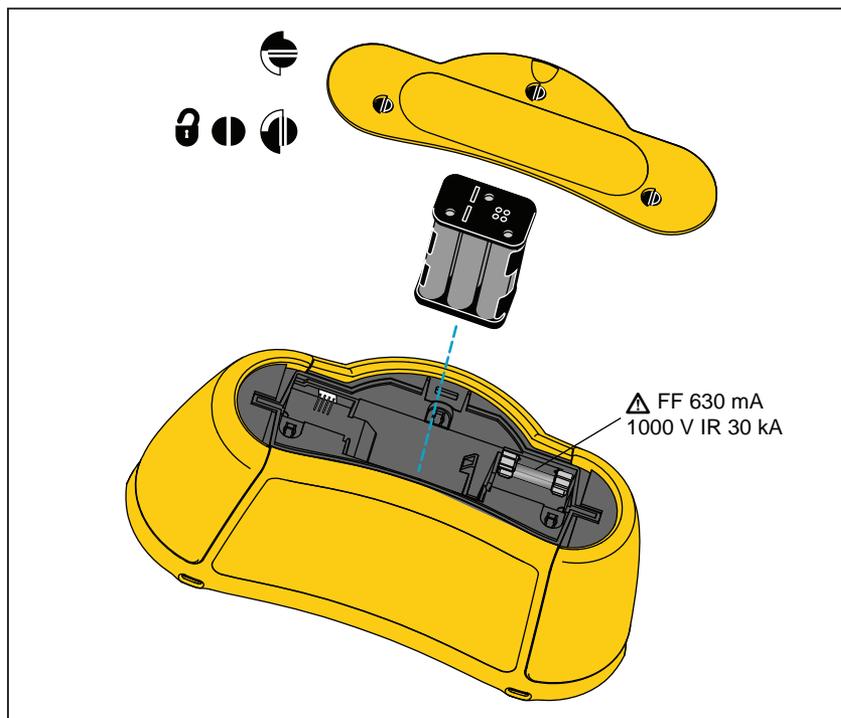
为了防止可能发生的触电、火灾或人身伤害：

- 更换电池之前，请拆下测试导线并断开所有输入信号。
- 只能安装指定的替换保险丝。有关保险丝的电流、电压和熔断额定值，请参阅本手册中的规格部分。

要更换电池（参见图 3）：

1. 按  以关闭光伏分析仪。
2. 从端子上断开测试导线。
3. 使用标准平头螺丝刀将电池盖螺钉（3 颗）逆时针转动四分之一圈，拆下电池盖。
4. 推动释放闩锁，将电池座滑出测试仪。
5. 更换电池。
6. 装回电池座和电池盖。
7. 将电池盖螺钉顺时针转动四分之一圈，紧固电池盖。

图 3. 电池更换



产品弃置

请以对环境适宜的专业方式处置本产品：

- 在处置之前，先删除本产品上的个人数据。
- 在处置之前，先拆下未集成在电气系统中的电池，然后单独处置电池。
- 如果本产品有集成式电池，请将整个产品投入电气废弃物中。