

1625-2

Earth/Ground Tester

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二（2）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至 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.

Fluke Europe B.V.
P.O. Box 1186
5602 BD Eindhoven
The Netherlands

11/99

如要在线注册您的产品，请访问 register.fluke.com.

目录

标题	页码
概述	1
如何联系 Fluke	2
安全须知	3
存储	4
型号与附件	5
其他附件	6
特性	7
屏幕	9
设置	13
电池	13
功能描述	15
操作	16
高级操作	16
开机功能	16
控制回路	17
测量回路	19
正确测量连接（插座配置）检查	19
干扰 — 电压和频率测量	19
接地电阻测量	20
三极/四极接地电阻测量	21
使用选择性钳法测量网状运行的接地系统中的单个接地电极的电阻	23
三极/四极测量单个接地电极的电阻	24
在高压输电架线塔上测量	26
夹式变流器误差修正	29
接地电极连接导线的补偿	31
土壤电阻率的测量	32
电阻测量	34
电阻测量 (R_{\sim})	34
电阻测量 (R_{\rightarrow})	35
测量导线电阻的补偿	36
如何使用个性化代码更改所有数据设置	37
导出存储数据到 PC	39
删除存储的数据	40
维护	41
校准	41
维护	41
技术指标	42

表格索引

表格	标题	页码
1.	符号	4
2.	型号与附件.....	5
3.	特性和功能.....	8
4.	显示内容	9
5.	显示屏说明.....	10
6.	控制回路参数	18
7.	数据设置	37
8.	记录的数据 .CSV 文件样例.....	39
9.	操作错误计算	43

图片索引

图示	标题	页码
1.	EI-162BN 外接变流器.....	6
2.	电池插入.....	14
3.	接地电阻测量方法.....	20
4.	三极/四极接地电阻测量方法.....	21
5.	网状运行的接地系统中的单个接地电极电阻测量.....	23
6.	三极/四极测量单个接地电极的电阻.....	24
7.	不切断架空地线的接地电阻.....	26
8.	修正夹式变流器误差.....	29
9.	夹式变流器连接.....	30
10.	接地电极连接导线补偿.....	31
11.	土壤电阻率测量.....	32
12.	电阻测量 (R_{\sim}).....	34
13.	电阻测量 ($R_{\text{---}}$).....	35
14.	测量导线电阻的补偿.....	36

概述

1625-2 接地测试仪（测试仪或产品）是用于执行全部四类接地测量的紧凑型现场耐用的仪器。特别是该测试仪仅用夹钳就可测量接地回路电阻（称为无棒测试）。这种方法不需要使用接地棒或断开接地棒的连接。

该测试仪采用：

- 一键测量概念
- 三极和四极接地测量
- 四极土壤电阻率测试
- 选择性测试，不断开接地导体的连接（1 个夹钳）
- 无棒测试，快速接地回路测试（2 个夹钳）
- 测量频率 94、105、111 和 128 Hz

测试仪提供以下高级功能：

- 自动频率控制 (AFC) — 仪器可识别存在的干扰，并选择一个能将其影响减到最小的测量频率（94、105、111 和 128 Hz），提供更加准确的接地值。
- R^* 测量 — 计算 55 Hz 下的接地阻抗，以便更准确地反映接地故障会检测的接地电阻。
- 可调整限制 — 以便进行快速验证测试结果。

在涉及发电、配电和耗电的地方，必须采取一定的安全措施才能保护人们的生命安全。在许多情况下，这些安全措施都属于必须进行定期检查的国家和国际法规。接地是暴露的导电部分与地面之间的连接，是出现故障时最根本的安全保护措施。变压器、中高压输电架线塔、铁轨、罐槽、桶罐、地基和防雷系统都要求接地。

应使用接地测试仪（如用于检查接地有效性的 1625-2）检查接地系统的有效性。1625-2 将最新技术与紧凑型现场耐用的仪器相结合，提供完美的解决方案。除了能执行标准的三极和四极接地电阻测量以外，还提供了一种创新的方法，可准确地测量单点和网状接地系统中的每个接地电极的电阻，而无需断开任何并联的接地电极。这项功能的一个具体应用是快速、准确地测量输电架线塔的接地。1625-2 具备自动频率控制 (AFC) 功能，可尽量减少干扰。在测量之前，仪器可识别存在的干扰，并选择一个能将其影响减到最小的测量频率。

注意

- 本手册中的接地具有相同的含义。
- 为进行无棒接地阻值测量，必须购买选择性/无棒夹钳组 (EI-1623)。（1625-2 套件包括该夹钳组）。
- 选择性测量在本手册的主要章节中加以描述。

如何联系 Fluke

可通过以下电话号码联系 Fluke:

- 美国: 1-800-760-4523
- 加拿大: 1-800-36-FLUKE (1-800-363-5853)
- 欧洲: +31 402-675-200
- 日本: +81-3-6714-3114
- 新加坡: +65-6799-5566
- 全球: +1-425-446-5500

或者，请访问 Fluke 公司网站: www.fluke.com。

访问 www.fluke.com 注册您的产品、下载手册，并获取更多产品信息。

要查看、打印或下载最新版的手册补遗，请访问 <http://us.fluke.com/usen/support/manuals>。

安全须知

警告表示会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。

⚠⚠ 警告

为了防止可能发生的触电、火灾或人身伤害：

- 在使用产品前，请先阅读所有安全须知。
- 请务必严格按照规定使用产品，否则产品提供的保护能力可能会降低。
- 若产品工作异常，请勿使用。
- 若产品损坏，请勿使用。
- 请勿使用已损坏的测试导线。检查测试导线绝缘层是否损坏，是否有外露金属或有磨损迹象。检查测试导线的通断性。
- 请勿在爆炸性气体、蒸汽周围或在潮湿环境中使用产品。
- 端子间或每个端子与接地点之间施加的电压不能超过额定值。
- 请仅使用产品随附的电流探头、测试导线和转接头。
- 请勿将电流测量结果作为可随意触摸电路的安全指示。若要得知电路安全与否，需要进行电压测量。
- 操作本产品前请确保电池盖关闭且锁定。
- 当显示电池电量不足指示时请更换电池，以防测量不正确。
- 请勿直接连接至主电源。
- 不要触摸高压：电压 > 交流有效值 (RMS) 30 V，交流峰值 42 V，或直流 60 V。

表 1 所列为测试仪上及本手册中所用的符号。

表 1. 符号

符号	说明
	危险。重要信息。请参阅手册。
	危险电压。有触电危险。
	电池指示符
	符合欧盟指令。
	符合韩国的相关 EMC 标准。
	符合澳洲的相关 EMC 要求。
	本产品符合 WEEE 指令 (2002/96/EC) 的标识要求。粘贴的标签指示不得将电气/电子产品作为家庭垃圾丢弃。产品类别：根据 WEEE 指令附录 1 中的设备类型，本产品被归类为第 9 类“监测和控制仪器”产品。请勿将本产品作为未分类的城市废弃物处理。请访问 Fluke 网站 了解回收方面的信息。

存储

如果长时间存储或不使用测试仪，则应取下电池。

型号与附件

测试仪带有以下标准附件：

- 六节 AA 型 (LR6) 碱性电池
- 两根 1.5 米的测量导线
- 一根连接电缆（用于 RA 二极测量）
- 两个鳄鱼夹
- 一张用户手册文档光盘
- 快速参考指南
- 安全须知

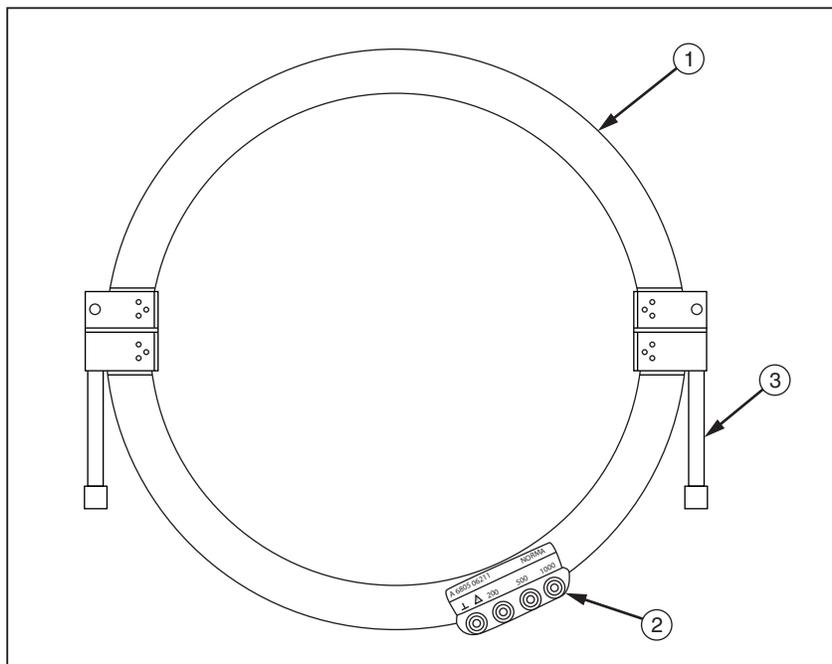
表 2 列出了型号与附件。

表 2. 型号与附件

说明	部件号
1625-2 接地测试仪 (包括《用户手册》、《安全须知》、QRG、Geox 探头电缆、两个夹子和导线组)	4325162
1625-2 接地测试仪套件 (包括《用户手册》、《安全须知》、QRG、Geox 探头电缆、两个夹子、导线组、四个接地棒、三卷电缆、C1620 便携式仪器箱、EI-162X 和 EI-162AC)	4325181
162x-7001 维修替换套件 (包括导线组和两个夹子)	2577167
接地棒	4325492
用于三极测量的 ES-162P3-2 接地棒组 (包括三个接地棒、一卷 25 米蓝色电缆和 一卷 50 米红色电缆)	4359377
用于四极测量的 ES-162P4-2 接地棒组 (包括四个接地棒、一卷 25 米蓝色电缆、一卷 25 米绿色电缆和 一卷 50 米红色电缆)	4359389
用于 1623-2/1625-2 的 EI-1623 选择性/无棒夹钳组 (包括 EI-162X 和 EI-162AC)	2577115
EI-162X 夹式变流器 (传感型), 带屏蔽电缆组	2577132
EI-162AC 夹式变流器 (感应型)	2577144
EI-162BN 钳形变流器, 用于架线塔测试 (12.7 英寸 - 320 毫米)	2577159
屏蔽电缆 (与 EI-162X 夹钳一起使用)	2630254
一卷 25 米蓝色电缆	4343731
一卷 25 米绿色电缆	4343746
一卷 50 米红色电缆	4343754
C1620 便携式仪器箱	4359042

其他附件

提供一个**外接变流器**作为选件，请参见图 1。在测量网状运行接地系统中的单个支路时，变流器的变流比为 80- 1200:1。这使用户能够在不分离架空地线或架线塔底部接地带的情况下测量高压输电架线塔。它还用于在无需分离单个防雷导线的情况下测量防雷系统。



evx01.eps

图 1. EI-162BN 外接变流器

- ① 变流器半边 (2 个)
变流器端面上有螺栓，可以转动来帮助分离变流器的两个半边。一个变流器的端面还有一个槽型螺栓孔，可将螺栓转出端面外。
- ② 变流比连接：1、200、500 和 1000
- ③ 紧固件 (2 套)

特性

1625-2 接地测试仪（测试仪）是一种测量频率选择过程完全自动化的接地电阻测试仪。该测试仪可按照 DIN IEC61557-5/EN61557-5 标准自动测试探针和辅助接地电极的电阻以及可能存在的干扰电压。

- 干扰电压测量 (U_{ST})
- 干扰频率测量 (F_{ST})
- 探针电阻测量 (R_S)
- 辅助接地电极电阻测量 (R_H)
- 三极和四极接地电阻测量 (R_E)，使用或不使用夹式外接变流器对网状运行的接地系统中的单个接地支路进行选择测量 
- 通过交流电压进行二极电阻测量 (R_{\sim})
- 通过直流电压进行二极和四极电阻测量 (R_{DC})

该仪器具有各种测量功能并提供全自动测量序列控制（包括自动频率控制 (AFC)），可提供接地电阻测量领域的最新测量技术。凭借可选择限值输入、可视化及声音确认/错误消息、代码可编程和客户定义的特殊功能（例如 20 V 测量电压（适用于农业系统）、打开或关闭 R^* 接地阻抗（测量频率 55 Hz）），这些高端全自动测量仪器操作简单，可独立编程。

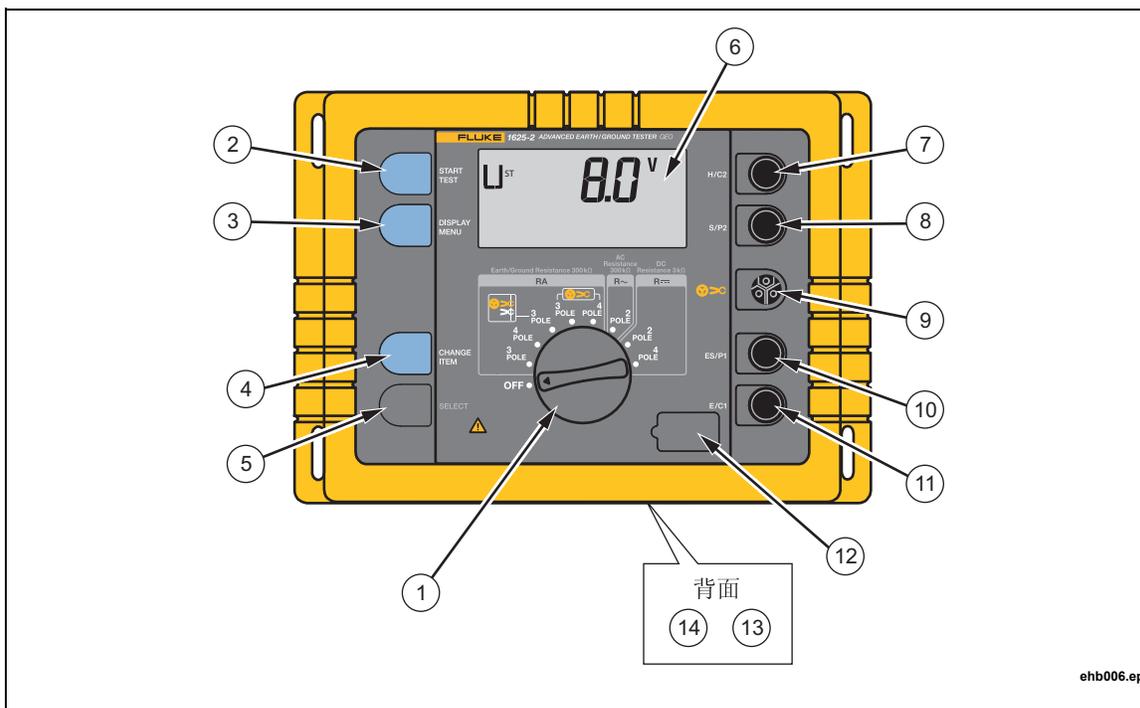
该测试仪可自动测试探针和辅助接地电极电阻以及可能存在的干扰电压。

有关特性和功能列表，请参见表 3。

警告

- 禁止对插座  施加电压。
- 切勿用力打开或关闭仪器。
- 在打开仪器之前先断开所有导线。

表 3. 特性和功能



ehb006.eps

编号	说明
①	选择测量功能和开/关的旋转开关
②	启动所选测量功能的“启动测试”按钮
③	选择设置或显示测试数据的“显示菜单”按钮
④	更改所选设置值的“更改项目”按钮。
⑤	确认设置值的“选择”按钮。
⑥	液晶显示屏 (LCD)
⑦	用于连接辅助接地的接头“H/C2”（直径为 4 mm）
⑧	用于连接探针的接头“S/P2”（直径为 4 mm）
⑨	用于连接传感电流测试夹钳的接头 
⑩	用于连接接地电极探针的接头“ES/P1”（直径为 4 mm）
⑪	用于连接待测接地电极的接头“E/C1”（直径为4 mm）
⑫	B 型 USB 端口
⑬	用于安装六节碱性电池（AA 型，LR6）的电池盒
⑭	用于紧固电池盒的螺钉

屏幕

显示屏是可显示四位数字（最大 2999）的七字段液晶显示屏（参见表 4）。

表 4. 显示内容

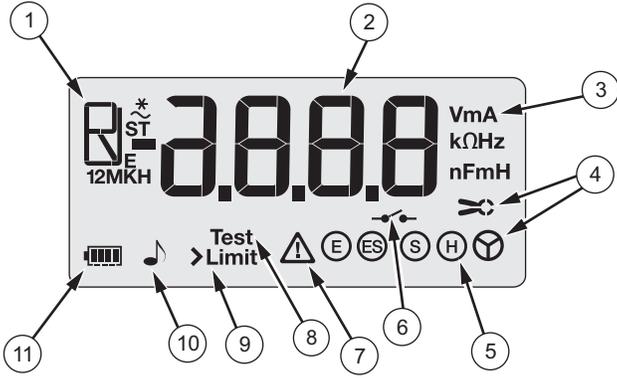
		
edw004.eps		
项目	说明	
①	测试类型	
	UST	干扰电压（交流 + 直流）
	FST	干扰电压的频率
	FM	测量电压的频率
	UM	测量电压限值：20/48 V
	RE	接地电阻
	RH	辅助接地电极电阻
	RS	探针电阻
	RK	补偿电阻
	R ₁ , R ₂	低压测量，带极性指示
	R~	交流 - 电阻
	R ⁺	接地阻抗（测量频率 55 Hz）
②	测量	
③	测量单位：V、Ω、kΩ 和 Hz	
符号键		
④	变流器插座识别	
⑤	插座识别	
⑥	测量电路 (E-S,E-H) 中断或测量值不稳定	
⑦	错误	
⑧	测量序列正在进行中	
⑨	限值/超过限值	
⑩	超过限值警告	
⑪	电池电量指示符	

表 5 显示用户在操作测试仪时显示屏上显示的内容。

表 5. 显示屏说明

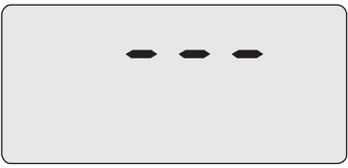
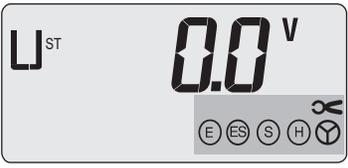
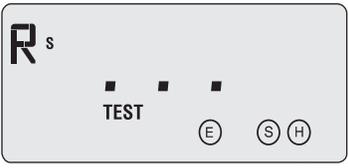
功能	显示	状态	注意
“启动”之前	 edw027.eps	待机位置，减少电能损耗	转动旋转开关或按下按钮。所有测量值仍然保存。
	 edw028.eps	没有连接测量导线或连接错误	除了电压测量外，所有测量功能均被锁定。
	 edw030.eps	蜂鸣器开启	超过极限值时发出声音警告。
	 edw031.eps	危险交流电压 >50 V	除了电压测量外，所有测量功能均被锁定。
“启动”之后	 edw034.eps	正在测试探针电阻	等待测试结果。

表 5.显示屏说明 (续)

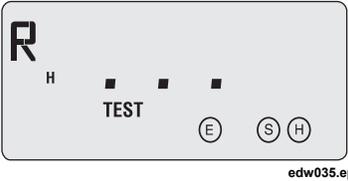
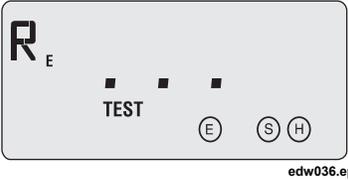
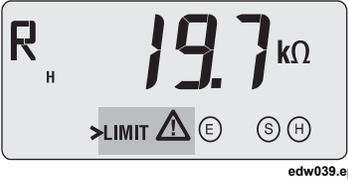
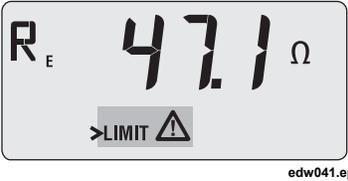
功能	显示	状态	注意
	 <p>edw035.eps</p>	正在测试辅助电流接地钉的电阻。	等待测试结果。
	 <p>edw036.eps</p>	正在测试接地电阻。	等待测试结果。
	 <p>edw037.eps</p>	接地和辅助接地电极的测量电路被断开。	检查接地钉上的导线连接，测量导线可能存在故障。
	 <p>edw038.eps</p>	接地和探针电极的测量电路被断开。	检查接地钉上的导线连接，测量导线可能存在故障。
	 <p>edw039.eps</p>	由于传感电阻或辅助接地钉电阻过高，超出最大允许的误差。	尝试湿润土壤或再并联连接一个辅助接地钉。
“启动”之后	 <p>edw040.eps</p>	超出量程。	测量值超过 300 kΩ。
	 <p>edw041.eps</p>	显示测量值超过“限值”。	测量值超过设定的“限值”。

表 5.显示屏说明 (续)

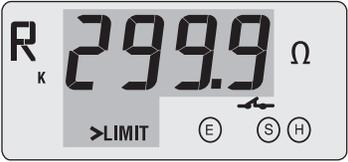
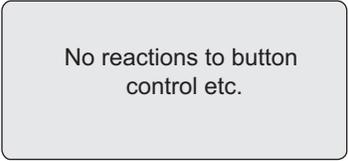
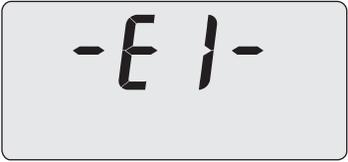
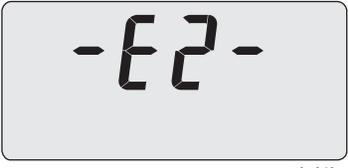
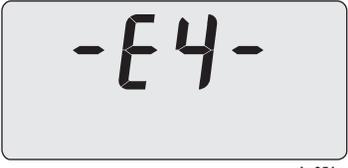
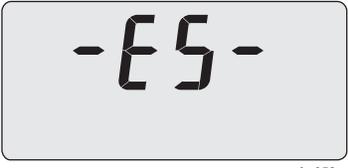
功能	显示	状态	注意
	 <p>edw042.eps</p>	补偿值高于测量值。	取消补偿或打开/关闭仪器。
	 <p>edw043.eps</p>	插孔 E 和 ES 上的极性错误。	反转极性。
	 <p>edw044.eps</p>	测量值不稳定。	噪声电压不稳定。尝试时间平均测量法。
	 <p>edw045.eps</p>	外接变流器电流过低。	降低辅助电流接地钉的电阻。
	 <p>edw046.eps</p>	在故障条件下运行。	检查电池。开启/关闭仪器，如果故障仍然存在，联系维修中心。
“启动”之后	 <p>edw047.eps</p>	电流钳位置相反或者电流“向上”流	反转夹钳。
	 <p>edw048.eps</p>	EE PROM 校验和错误。	

表 5.显示屏说明 (续)

功能	显示	状态	注意
	 edw049.eps	硬件故障 (例如, 电流过载)。	如果故障仍然存在, 则打开/关闭仪器。 在低电阻电路上采用无棒测量法测量时, 可能出现该符号。
	 edw050.eps	EE PROM 内存访问故障。	联系维修中心。
	 edw051.eps	内部计算故障。	
	 edw052.eps	热过载。	彻底冷却。
<p>▲ 在显示屏上闪烁</p>			

设置

电池

注意

可使用充电电池, 但充电时必须将电池从仪器中取出。使用这些电池可以进行测量的次数与使用碱性电池有很大不同。

本测试仪配有六节符合 IEC 标准的 AA 型 LR6 1.5 V 碱性电池。如果电池指示符显示只有 1 或 0 格电量, 必须更换电池或对电池进行充电。

插入电池的步骤:

1. 关闭仪器, 请参见图2。
2. 断开所有测试导线。
3. 打开电池盒。
4. 插入电池。更换时, 应更换全套电池。
5. 关闭电池盒。

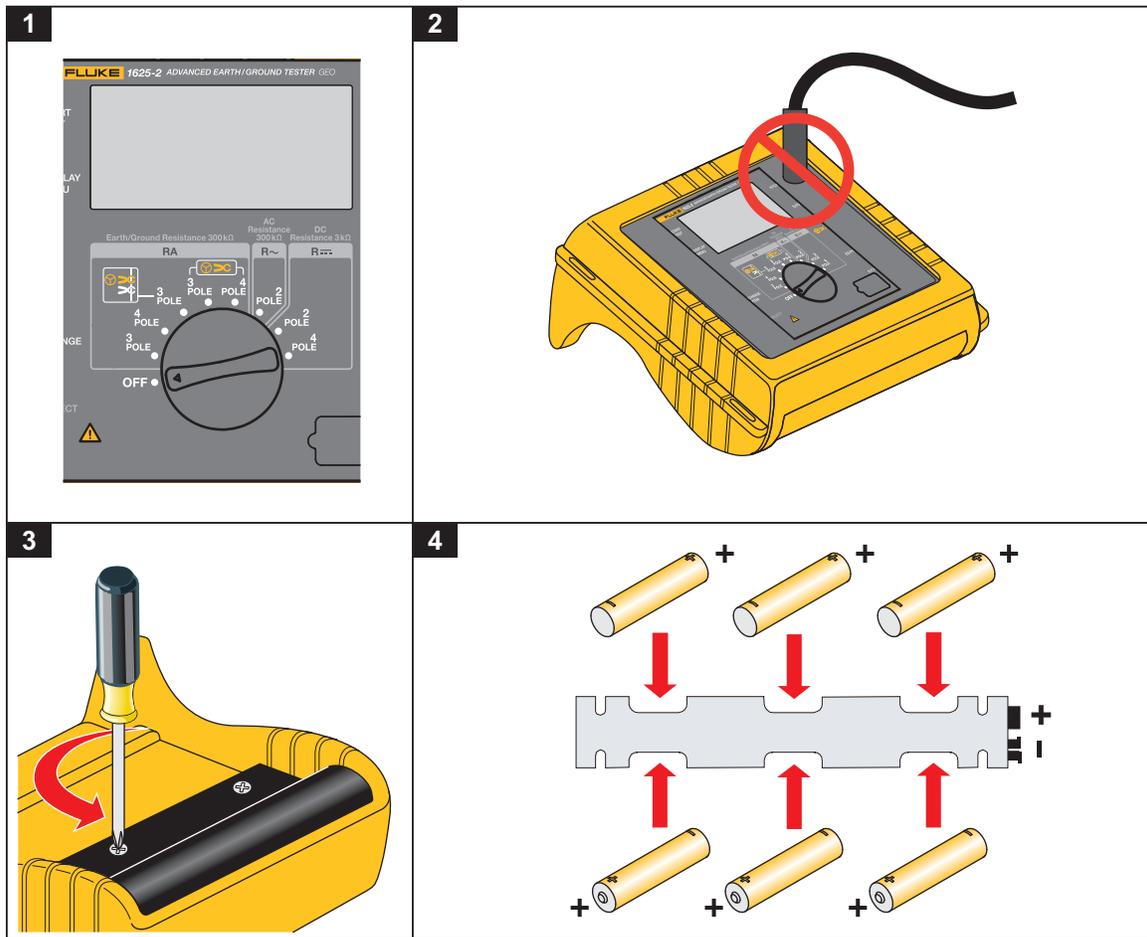


图 2. 电池插入

edw070.eps

⚠️⚠️ 警告

为了防止可能发生的触电、火灾或人身伤害：

- 操作本产品前请确保电池盖关闭且锁定。
- 当显示电池电量不足指示时请更换电池，以防测量不正确。
- 电池含有危险化学物质，可能造成灼伤或爆炸。如果接触到化学物质，请用水清洗并及时就医。

⚠️ 警告

为确保产品安全运行：

- 如果发生电池泄漏，使用前请先修复本产品。
- 请确保电池极性正确，以防电池泄漏。

功能描述

使用中央旋转开关选择功能。四个按钮用于启动测量、读取补充测量值并选择特殊功能。有关详情，请参见表 6。

带单位的测量值显示在液晶显示屏上。附加的特殊字符则用来指示测量模式、操作条件和错误消息。

测试仪提供以下测量功能：

- **干扰电压 (U_{ST})** 直流和交流电压全波整流如果超出极限值，则不启动测量。
- **干扰频率 (F_{ST})** 如果干扰电压 >1 V，这段时间会产生频率干扰。
- **接地电阻 (R_E)** 接地电阻通过测量三极或四极电流和电压来确定。测量电压为 48/20 V 矩形脉冲交流电压，频率为 94、105、111 或 128 Hz。频率可以通过手动或自动的方式进行选择 (AFC)。在函数 R* 中为 55 Hz。
- **选择性接地测量 (R_E \supset ∞)** 测量网状运行的（并联）接地系统中的单个接地电极的接地电阻。通过一个外接变流器来测量流经单个接地电极的电流。
- **电阻 (R \sim)** 通过测量二极电流和电压来测定电阻。测量电压为 20 V 矩形脉冲交流电压，频率为 94、105、111 或 128 Hz。频率可以通过手动或自动的方式进行选择 (AFC)。
- **低电阻 (R \dashv)** 通过测量直流电流和电压来测定电阻。也可进行二极和四极测量。短路电流 > 200 mA。对两个电流方向的电阻均进行测量和存储。
- **检查测量连接是否正确** 测试仪通过每个 4 毫米（香蕉）输入插座内的隔离两片式触点，再加上探测电路，来检查测量导线是否根据选定的功能正确连接。通过光信号和声频信号来指示连接错误或连接缺失。
- **蜂鸣器** 内置蜂鸣器有两个功能：
 - 在超过设定的极限值时发出信息。
 - 指示危险状态或运行故障。
- **电池电量指示符** 四格电池电量指示符显示电池状态。

操作

⚠⚠ 警告

为了防止可能发生的触电、火灾或人身伤害，仅将仪器应用于无电压系统。

1. 通过中央旋转开关设置测量功能。
2. 将测量导线连接到仪器。
3. 按“启动测试”按钮启动测量。
4. 读取测量值。

高级操作

开机功能

在用中央旋转开关打开仪器的电源时，可以按下特定的按钮组合来选取某些操作条件：

a) 标准模式

如果设备运行后没有进一步的按钮控制，结束测量后约 50 秒设备进入省电模式（待机模式，显示“---”）。按下控制按钮或转动旋转开关也可让设备进入待机状态。按

“显示菜单”按钮重新激活仪器，此时可重新读取上次测量值。50 分钟后，显示屏完全关闭。通过转动旋转开关上的“开/关”位置可重新激活仪器

b) 待机禁用

在开机时，同时按下“显示菜单”和“更改项目”按钮，可防止仪器自动关机（进入待机模式）。通过转动中央旋转开关上的“开/关”位置可重新激活省电模式。

根据所选定的功能档，可以显示或更改下列参数：参见表 6。

表 6. 控制回路参数

功能	参数	设置量程	备注
RE 三极 和 RE 四极	UST		仅限显示
	FST		仅限显示
	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	
	UM	48 V/20 V	通过“代码”可选择 20 V
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	仅位于 RE 三极 ^[1]
	RE 限值	0.000 Ω ... 999 kΩ	仅在使用“代码”激活时
	♪ (警告声音)	开/关	使用“代码”激活
	R ^[1]	开/关	仅在使用“代码”激活时
RE	UST		仅限显示
	FST		仅限显示
∞	UM	48 V/20 V	通过“代码”可选择 20 V
和 RE 四极 ∞	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	仅位于 RE 三极 ^[1]
	I (比值)	80 ... 1200	仅限显示
	RE 限值	0.000 Ω ... 999 kΩ	仅在使用“代码”激活时
	♪ (警告声音)	开/关	仅当使用“代码”激活 RE 限值时
	R*	开/关	仅在使用“代码”激活时
	UST		仅限显示
R~	FST		仅限显示
	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	
	R ~ 限值	0.000 Ω ... 999 kΩ	仅在使用“代码”激活时
	♪ (警告声音)	开/关	仅当使用“代码”激活 R ~ LIMIT 时
R _∞ 二极 和 四极	UST		仅限显示
	FST		仅限显示
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	
	R 限值	0.000 Ω ... 9,99 kΩ	仅在使用“代码”激活时
	♪ (警告声音)	开/关	仅当使用“代码”激活 R 限值时

[1] 参见 接地电极连接导线的补偿。

测量回路

按“启动测试”按钮进入回路。松开“启动测试”按钮，显示屏上显示上次测量值。重复按“显示菜单”按钮，可调用所有补充测量值。如果测量值超过或低于预设限值，使用“显示菜单”按钮可同时显示该限值。如果显示测量值的同时伴随闪烁的“限值”，该限值与稳定的“限值”标志同时显示。

在测量回路内，不能更改参数。

其它按钮操作包括：

使用“显示菜单”按钮（进行显示切换）、“更改项目”或“选择”按钮（不进行显示切换）取消警告声音 (🔊)。

正确测量连接（插座配置）检查

仪器可根据所选的测量执行一项自动检查，查看是否使用了正确的输入插座。

显示符号  和  被分配给图 4 所示的特定插座。

根据符号的显示方式，连接配线的有效性可根据下列特点进行判断：

- 插座连接错误（或未连接）：相应的符号闪烁。
- 插座连接正确：相应的符号稳定活动
- 插座未连接：相应的符合空白

干扰 — 电压和频率测量

该测量功能检测可能存在的干扰电压及其频率。在执行接地或电阻测量之前，每个开关档上都自动激活该功能。如果超过预设值，仪器会指示干扰电压过高并自动阻止测量。只有干扰电压超过 1 V 时，才可测量干扰电压的频率。

将中央旋转按钮转至所需位置，读取干扰电压的测量值。使用“显示”按钮显示干扰频率的测量值。

接地电阻测量

本仪器具有三极以及四极电阻测量功能，可测量各种接地系统的电阻以及地层中土壤的电阻率。本手册将对不同的应用作具体的说明。作为一项特殊功能，仪器还可使用外接变流器进行测量，利用这种测量方式，可以不断开系统各部分的情况下测量互连网络（防雷系统和高压输电架线路）中的单个电阻支路。参见图 3。

为确保在测量过程中尽可能抑制干扰，该仪器提供四种测量频率（94 Hz、105 Hz、111 Hz 和 128 Hz），可在必要时自动切换频率 (AFC)。仪器可调用相应的测量频率用于特殊测量，测量后可通过按“显示菜单”按钮显示。另外，在特殊情况下，可选择四个测量频率中的一个频率进行永久性设置。这种情况下，为确保稳定显示，按住“启动测试”按钮最多一分钟进行平均值测量。

为测定接地阻抗 (R^*)，采用接近主频率 (55 Hz) 的频率进行测量。使用用户代码激活 R^* 后，可自动激活该测量频率。

为确保仪器在交货时功能尽量简单，所有特殊功能（例如“限值”输入、“蜂鸣器”编程和接地阻抗值 (R^*) 测量）在交货时未激活。这些功能可以通过个性化用户代码激活（参见如何用个性化代码更改所有数据设置）。

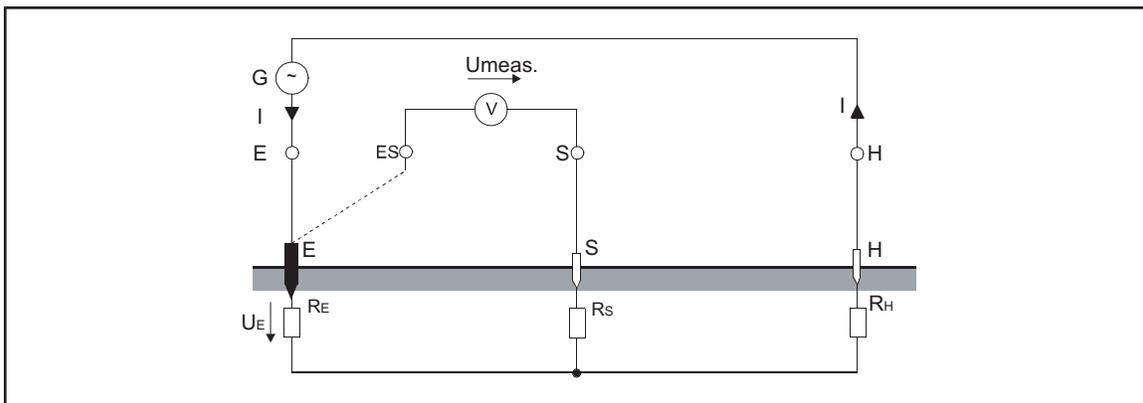


图 3. 接地电阻测量方法

edw011.eps

三极/四极接地电阻测量

该测量功能使用两个接地钉测量单个接地电极、基础接地电极和其它接地系统的接地电阻和接地耗散电阻。参见图 4。

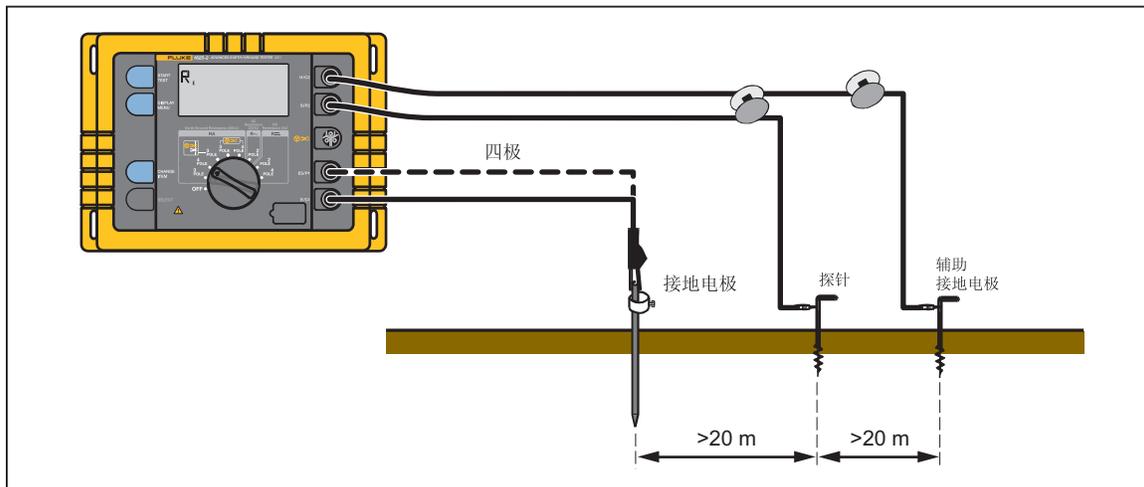


图 4. 三极/四极接地电阻测量方法

ehb012.eps

1. 将中央旋转开关转到“ R_E 三极”或“ R_E 四极”的位置。
按照显示屏上给出的图片和说明连接仪器。
插座符号 $\text{E} \text{ES} \text{S} \text{H}$ 或 >C 闪烁，指示测量导线连接错误或未完成连接。
2. 按“启动测试”按钮。
现在，对所有相关参数（如辅助接地电极、探针和接地电极电阻）依次进行全自动测试，测试完成后显示结果 R_E 。
3. 读取测量值 R_E 。
4. 使用“显示菜单”按钮调用 R_S 和 R_H 。

接地钉安装注意事项:

在安装探针和辅助接地电极的接地钉前，确保探针安装在接地电极和辅助接地电极的电位梯度范围以外。通常可通过保持接地电极与接地钉间距离以及各接地钉之间的距离 >20 米来满足该条件。

测量结果的精度检验可在改变辅助接地电极或探针的位置后再执行一次测量来完成。如果测量值相同，则表示距离足够。如果测量值发生变化，则必须改变探针或辅助接地电极的位置，直至测量值 R_E 保持不变。

接地钉的接线相互之间不应靠得太近。

用较长的接地电极连接导线进行三极测量

使用其中一个电缆盘附件作为接地电极连接导线。完全放出电缆并依照 *接地电极连接导线的补偿部分* 所述补偿线路电阻。

时间平均测量:

依次测试后，如果发出“测量值不稳定”警告（参见表 5），该警告很可能由不稳定噪声电压等强干扰信号引起。不过，为了取得可靠的测量值，仪器提供一种在较长的时段内求平均值的测量方法。

1. 选择一个固定频率（参见 *控制回路*）。
2. 按住“启动测试”按钮，直至“测量值不稳定”警告消失。最大平均时间约为一分钟。

使用选择性夹钳法测量网状运行的接地系统中的单个接地电极的电阻

该测量方法用于测量永久性连接或网状运行的系统（如使用多个接地电极的防雷系统或带接地电缆的高压输电架线塔等）中的单个接地电极。通过测量流经接地电极的实际电流，这种特殊测量方法提供了一种使用夹式变流器（附件）选择性测量该特定电阻的独特手段。参见图 5。其它应用的并联电阻未考虑在内，并且不会使测量结果失真。

所以在测量之前不再需要断开接地电极的连接。

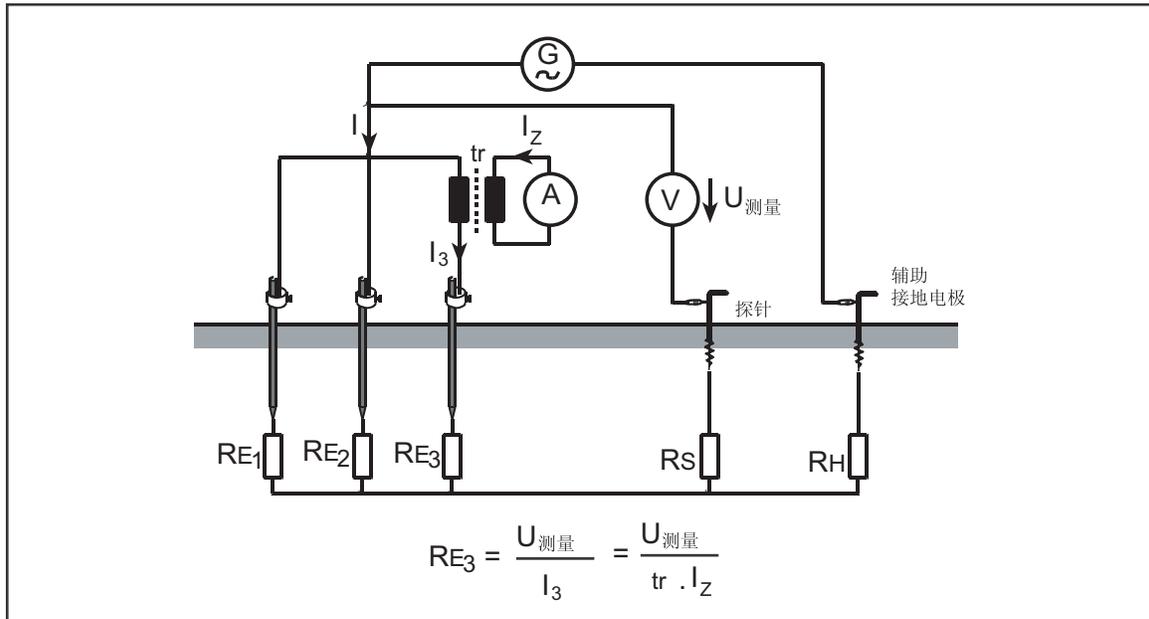


图 5. 网状运行的接地系统中的单个接地电极电阻测量

ehb014.eps

按照 误差修正中所述方法修正变流器的误差。

三极/四极测量单个接地电极的电阻

将中央旋转开关转到“ >C RE 三极”或“ >C RE 四极”的位置。按照图 6 和显示屏上指示连接仪器。

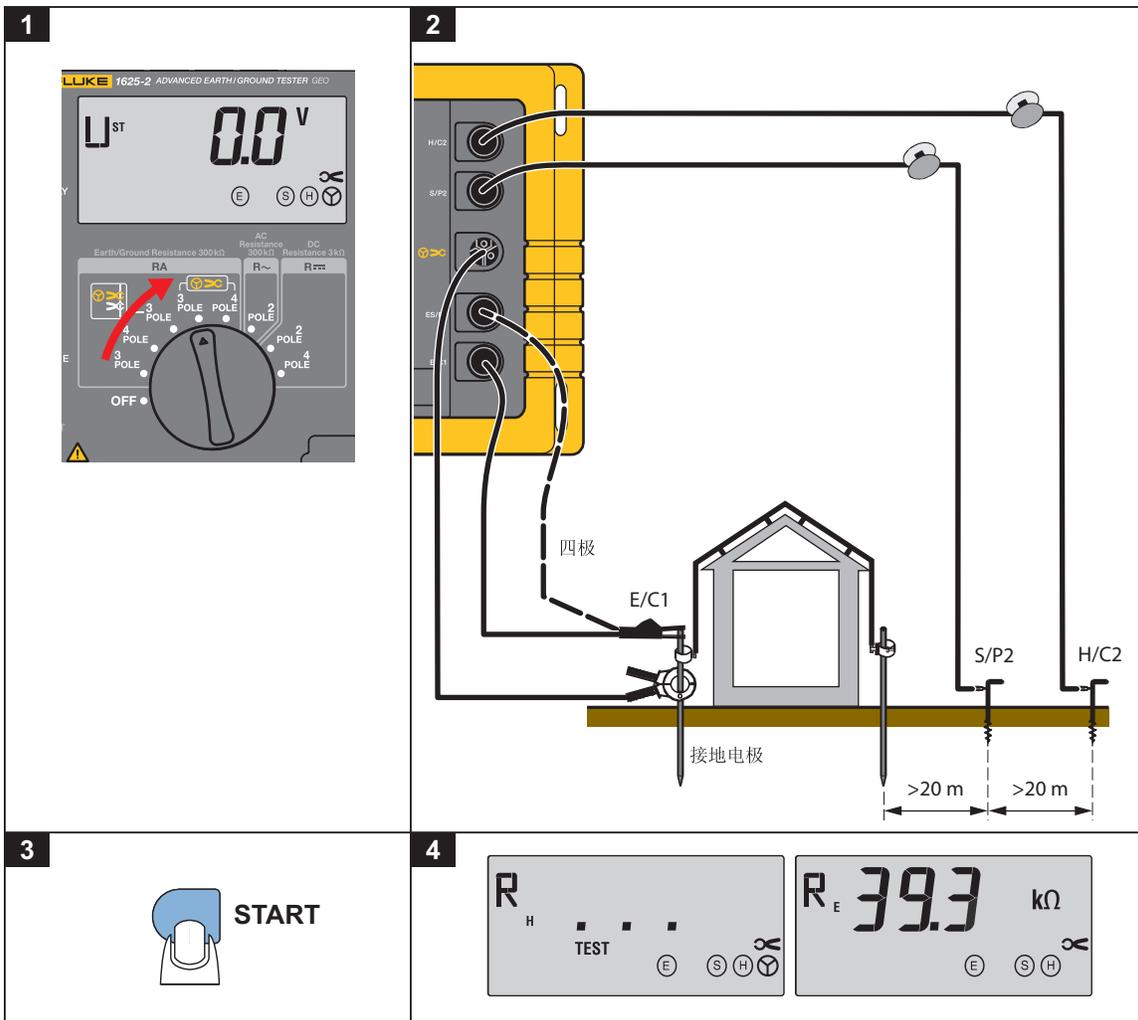


图 6. 三极/四极测量单个接地电极的电阻

ehb015.eps

插座符号 EES(H) 或 >C 闪烁，指示测量导线连接错误或未完成连接。

将夹式变流器固定在待测接地电极的周围。

确保仪器上设置的夹式变压系数符合所用的夹式变流器。视需要更改设置（参见如何使用个性化代码更改所有数据设置）。

注意

出厂预设比值适用于 EI162X 感应夹

按“启动测试”按钮。

现在，对所有相关参数（如辅助接地电极、探针和接地电极电阻）依次进行全自动测试，测试完成后显示结果 R_E 。

1. 读取测量值 R_E 。
2. 使用“显示菜单”按钮调用 R_S 和 R_H 。

接地钉安装注意事项：

在安装探针和辅助接地电极的接地钉前，确保探针安装在接地电极和辅助接地电极的电位梯度范围外。通常可通过保持接地电极与接地钉间距离以及各接地钉之间的距离 >20 米来满足该条件。测量结果的精度检验可在改变辅助接地电极或探针的位置后再执行一次测量来完成。如果测量值相同，则表示距离足够。如果测量值发生变化，则必须改变探针或辅助接地电极的位置，直至测量值 RE 保持不变。

接地钉接线相互之间不应靠得太近。

用较长的接地电极连接导线进行三极测量

1. 使用其中一个电缆盘附件作为接地电极连接导线。
2. 完全放出电缆并依照“接地电极连接导线的补偿”部分所述补偿线电阻。

时间平均测量

依次测试后，如果发出“测量值不稳定”警告（见表 5），该警告很可能由不稳定噪声电压等强干扰信号引起。为取得可靠的测量值，仪器提供一种在较长的时段内求平均值的测量方法。

1. 选择一个固定频率（参见*控制回路*）。
2. 按住“启动测试”按钮，直至“测量值不稳定”警告消失。最大平均时间约为一分钟。

在高压输电架空线塔上测量

使用选择性夹钳法不断开架空地线测量接地电阻

测量单个高压输电架空线塔的接地电阻通常要求将架空地线断开（卸下）或将接地系统与架空线塔结构分离。否则，由于通过架空地线相互连接的其它架空线塔的并联电路的影响，很有可能会导致架空线塔接地电极电阻读数错误。

本仪器所采用的新型测量方法是使用其外接变流器测量流经接地电极的真实电流，从而无需断开接地系统的连接或切断架空地线就可测量接地电极的电阻。参见图 7。

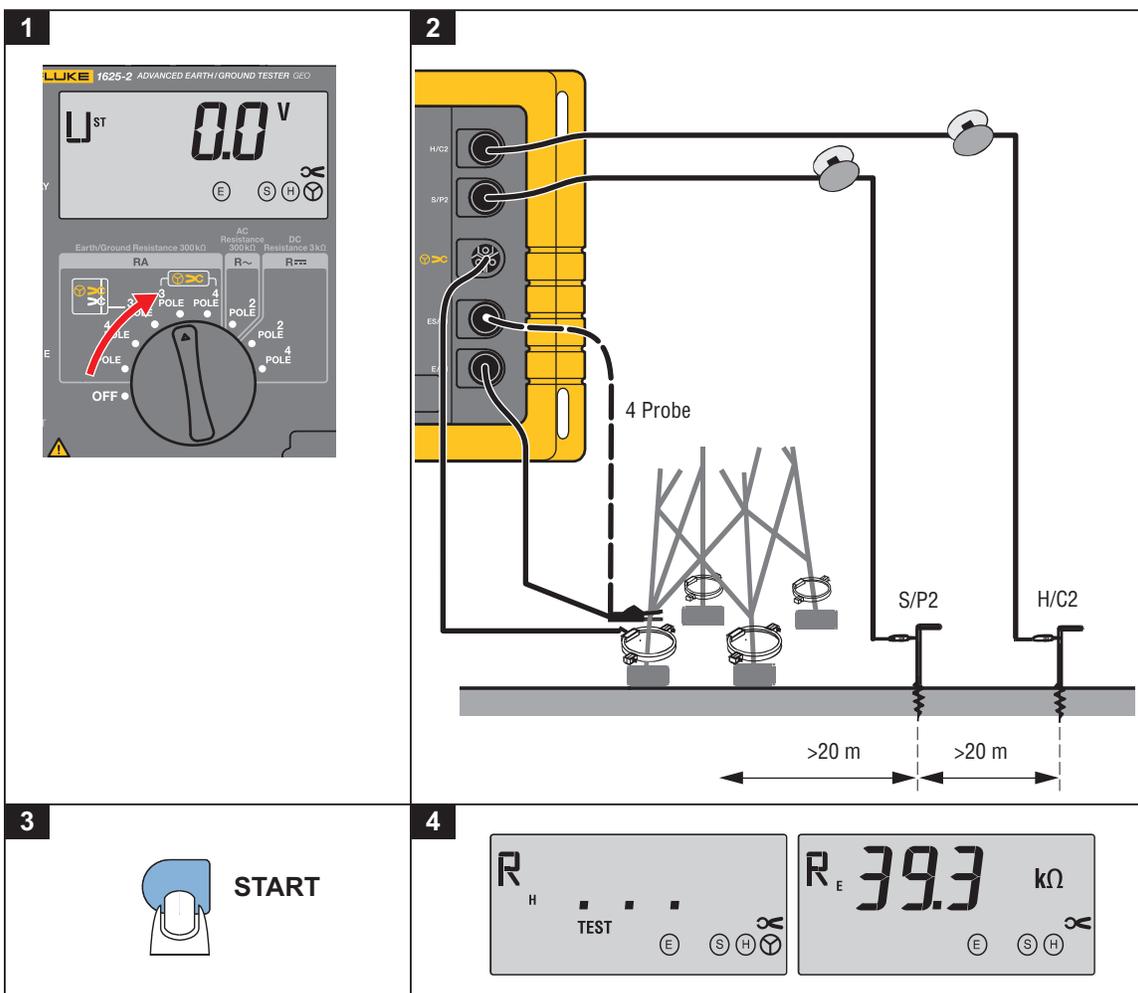


图 7. 不切断架空地线的接地电阻

edw016.eps

由于四个塔脚均与架线塔的地基相连，因此测量电流 I_{meas} 根据目前的电阻分为五部分。

一部分通过架线塔流到架空地线，再流到并联连接的架线塔接地电阻上。

另外四部分电流 ($I_1 \dots I_4$) 流到每个塔脚。

所有电流相加将得到电流 I_E ，该电流通过接地电阻（例如“复合”接地电极）流到土壤。

如果将变流器依次固定在每个塔脚上，则必须测量四个电阻值，这些值将显示与对应的电流部分 $I_1 \dots I_4$ 成反比的行为。测量电流的馈电点要保持不变，以免电流分配发生变化。

于是，这些等效电阻可表示为：

$$R_{Ei} = \frac{U_{meas}}{I_i}$$

因此，架线塔的接地电阻 R_E 确定为各个等效电阻的并联电路：

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}}}$$

1. 将中央旋转开关转到“ R_E 三极”或  R_E 四极”的位置。按照图 7 和显示屏上指示连接仪器。

插座符号  或   闪烁，指示测量导线连接错误或未完成连接。

2. 将变流器安装到塔脚上。确保仪器上设置的变压系数符合所用的变流器。视需要更改设置（参见“使用个性化代码更改所有数据设置”）。
3. 按“启动测试”按钮。

现在，对所有相关参数（如辅助接地电极、探针和接地电极电阻）依次进行全自动测试，测试完成后显示结果 R_E 。

4. 读取测量值 R_E 。
5. 使用“显示菜单”按钮调用 R_S 和 R_H 。

接地钉安装注意事项:

在安装探针和辅助接地电极的接地钉前，确保探针安装在接地电极和辅助接地电极的电位梯度范围外。通常可通过保持接地电极与接地钉间距离以及各接地钉之间的距离 >20 米来满足该条件。测量结果的精度检验可在改变辅助接地电极或探针的位置后再执行一次测量来完成。如果测量结果相同，则表示距离足够。如果测量值发生变化，则必须改变探针或辅助接地电极的位置，直至测量值 R_E 保持不变。接地钉接线相互之间不应靠得太近。

1. 将变流器安装到下一个塔脚上。
2. 重复测量序列。

测量电流的电流馈电点（鳄鱼夹）和钳形变流器的极性应保持不变。

确定所有塔脚的 R_{Ei} 值后，计算实际接地电阻 R_E :

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}}}$$

注意

如果变流器的方向正确，而显示的 R_E 值为负，则表明一部分测量电流正向上流到塔体。如果将各个等效电阻（注意它们的极性）插入上面的等式，即可正确计算出有效的接地电阻。

时间平均测量:

依次测试后，如果发出“测量值不稳定”警告（见表 5），该警告很可能由不稳定噪声电压等强干扰信号引起。

为取得可靠的测量值，仪器提供一种在较长的时段内求平均值的测量方法:

1. 选择一个固定频率（参见控制回路）。
2. 按住“启动测试”按钮，直至“测量值不稳定”警告消失。最大平均时间约为一分钟。

测量接地阻抗 (R^*) (测量频率 55 Hz)

为了计算供电设备中的短路电流，综合接地阻抗很重要。在下列条件下可以进行直接测量：

在 50 Hz 下的相位角： $30^\circ \dots 60^\circ$ 感应式

辅助接地电极（欧姆）： $>100 \cdot Z_E$

测量过程：

只有输入个性化用户代码（参见“使用个性化代码更改所有数据设置”）激活测量功能，才能测量接地阻抗 (R^*)。如果测量功能被激活，在每次测量 R_E 的四个位置时，均会在显示所有其他测量值前显示接地阻抗 R^* 。

夹式变流器误差修正

如果使用夹式变流器测量接地电阻所得结果值与不使用夹式变流器测量大为不同，这种偏差可能是由于夹式变流器的公差引起。经过微调夹式变流器的变流比（基础设置：1000:1）可修正该误差。该校正适用于变流器执行操作的电流范围。对于其它范围，可能需要不同的校正。

1. 如图 8 所示连接一个低欧姆电阻（约 1 Ohm 至需要修正的范围内）。

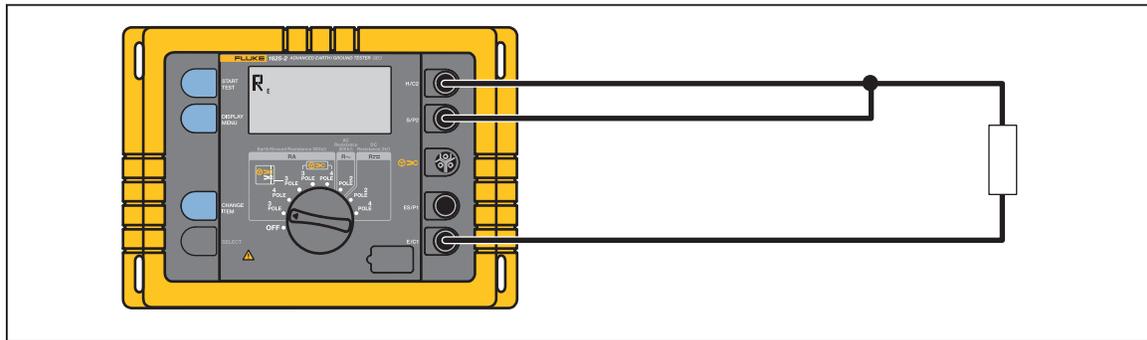


图 8. 修正夹式变流器误差

edw017.eps

2. 将中央旋转开关转到“ ∞R_E 三极”的位置。

3. 按“启动测试”按钮，记录 R_E 值测量结果。
4. 连接夹式变流器。参见图 9。

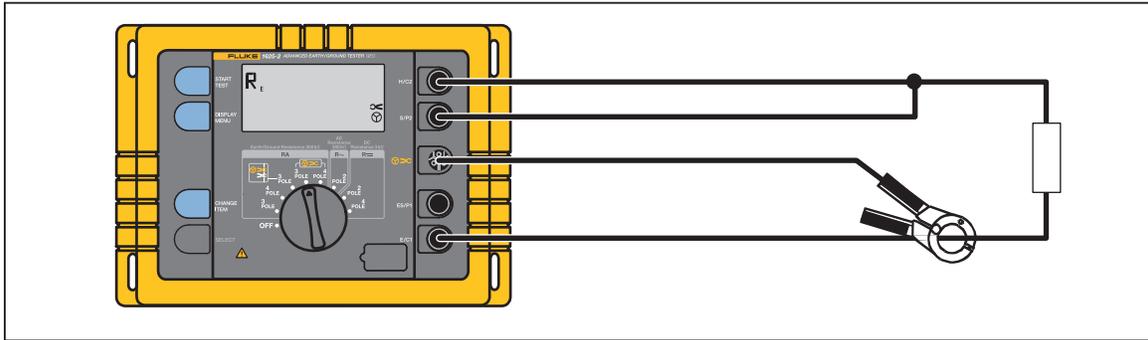


图 9. 夹式变流器连接

edw018.eps

5. 将中央旋转开关转到“>C RE 三极”的位置。
6. 再按“启动测试”按钮。

如果测得值 R_E 与不使用夹式变流器确定的 R_E 值偏差超过 5%，相应地调整夹式变流器的变流比 (tr)。

$$tr_{new} = tr_{old} \times \frac{R_E(\text{withclip} - \text{ontransformer})}{R_E(\text{withoutclip} - \text{onTransformer})}$$

示例：

夹式变流器的变流比 $tr = 1000:1$ 。不使用夹式变流器时，测量值 $R_E = 0.983 \Omega$ ；使用夹式变流器时，测量值 $R_E = 1.175 \Omega$ 。

偏差值为 $(1.175 - 0.983) \Omega = +0.192 \Omega$ ，参考 $R_E = 0.983 \Omega$ ，误差计算如下：

$$100\% \times \frac{0.192\Omega}{0.983\Omega} = +19.5\%$$

需设定的新变压系数为：

$$tr_{new} = 1000 \times \frac{1.175}{0.983} = 1195$$

接地电极连接导线的补偿

如果接地电极连接线的电阻不能忽略，也可以对接地电极连接导线的电阻进行补偿。

测量过程：

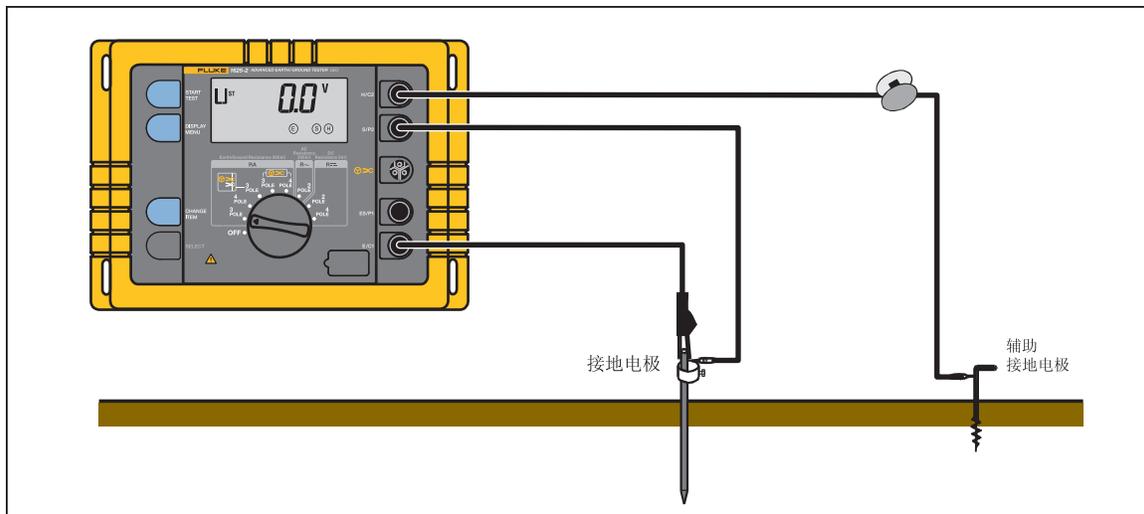


图 10. 接地电极连接导线补偿

进行补偿：

1. 将中央旋转开关转到“ R_E 三极”的位置。
2. 如图 10 所示连接仪器。
3. 使用“显示菜单”按钮调用显示 R_K 。
4. 用“启动测试”按钮进行补偿。

只有按住“启动测试”按钮，才能显示补偿电阻。松开“启动测试”按钮后，仪器保存测量值并返回测试开始时的标准设置。再按“启动测试”按钮可继续测量接地电阻。然后，从实际测量值中减去 R_K 。

如果要将补偿值重置为默认值 (0.000Ω)，补偿序列应使用开路（未连接）的测量导线执行或将开关转到下一档再返回。

土壤电阻率的测量

土壤电阻率是计算和设计接地系统的地质和物理量。图 11 所示的测量步骤使用 Wenner 开发的方法（F. Wenner, 《A method of measuring earth resistivity》；Bull. 美国国家标准局，公报 12 (4)，文件 258，S 478-496；1915/16）。

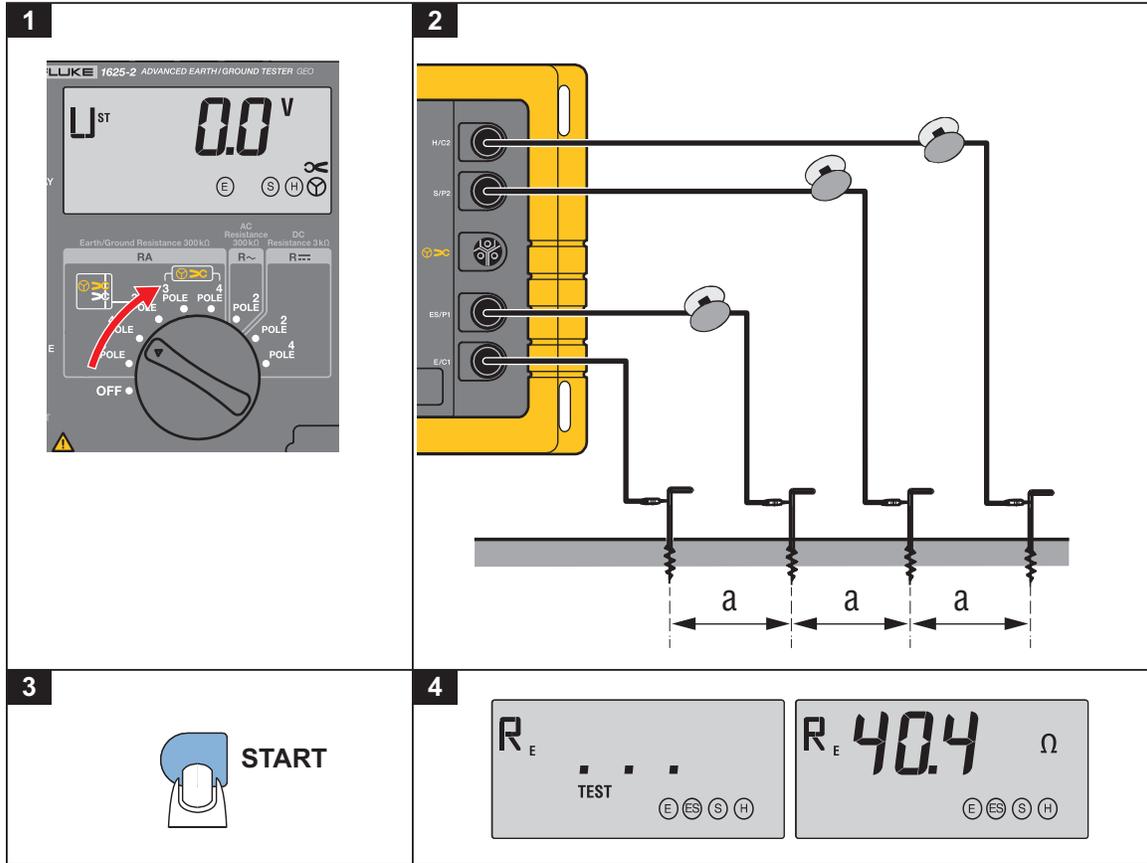


图 11. 土壤电阻率测量

edw020.eps

1. 四个长度相同的接地钉插入土壤中，排列整齐，保持相同的间距“a”。接地钉的插入深度最大应不超过“a”的 1/3。
2. 将中央旋转开关转到“R_E 四极”的位置。
按照显示屏上给出的图片和说明连接仪器。
插座符号 $\text{E} \text{ES} \text{S} \text{H}$ 或 $\text{Y} \text{>C}$ 闪烁，指示测量导线连接错误或未完成连接。
3. 按“启动测试”按钮。

4. 读取测量值 R_E 。

通过指示的电阻值 R_E ，根据以下等式计算土壤电阻率：

$$\rho_E = 2\pi \cdot a \cdot R_E$$

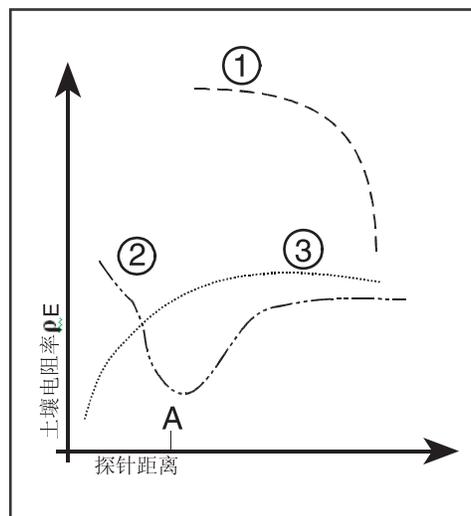
ρ_E 土壤电阻率的平均值 (Ωm)

R_E 测得电阻 (Ω)

a 探针距离 (米)

根据 Wenner 的测量方法测定深度约为两个接地钉间距离 “ a ” 的土壤电阻率。通过增加 “ a ”，可测得更深地层中土壤的电阻率并检查土壤的同质性。通过多次更改 “ a ”，可测量地层剖面并确定适用的接地电极。

根据待测深度，“ a ” 值选择为 2 - 30 米。测量结果曲线如下图所示。



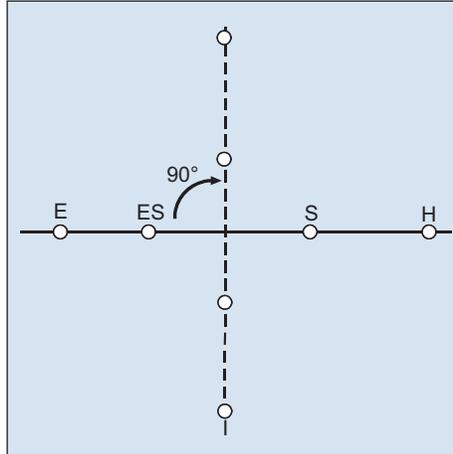
ehb021.eps

曲线 1: 随着 ρ_E 下降到更大深度，可选择较深的接地电极。

曲线 2: 随着 ρ_E 下降到 A 点，深度降至 A 以下时，土壤电阻率值不发生变化。

曲线 3: 如果深度 ρE 不继续下降, 可选择条型导体电极。

由于受到地下金属碎片和地下蓄水层的影响, 测量结果往往不准确, 因此必须进行二次测量。在二次测量中通常会将接地钉轴转动 90° (参见下图)。

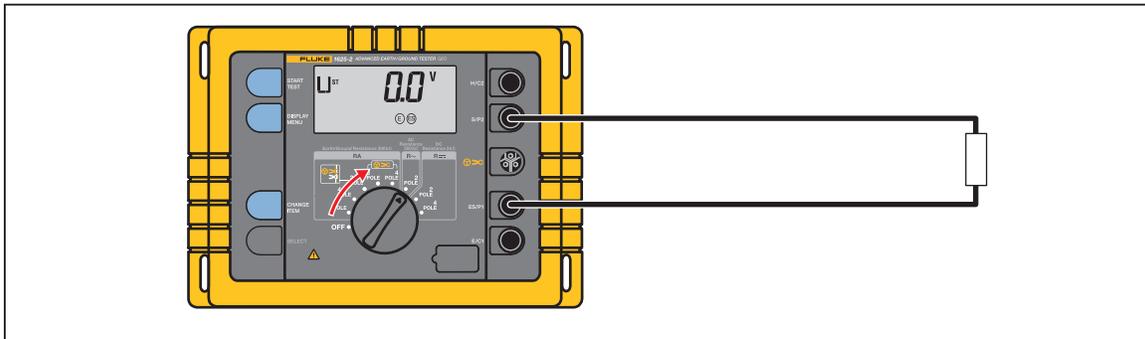


edw022.eps

电阻测量

电阻测量 ($R\sim$)

测量功能测定欧姆电阻为 $0.02 \Omega - 300 \text{ k}\Omega$ 。测量中使用交流电压。如果测量很低的电阻, 则建议考虑连接导线的补偿 (参见测量导线电阻的补偿)。



edw023.eps

图 12. 电阻测量 ($R\sim$)

1. 将中央旋转开关转到 “ $R\sim$ ” 的位置。
2. 如图 12 所示连接仪器。

3. 在该模式下，可使用“显示菜单”按钮调用所有可用设置和限值，并设置测量频率。
4. 按“启动测试”按钮。
5. 读取测量值。

电阻测量 (R_{\square})

在该测量模式下，可采用直流电压测量 $0.02 \Omega - 3 \text{ k}\Omega$ 范围内的所有电阻值，并按照 EN61557-5 标准自动反转极性。

为了获得最高精度，可以采用四极测量法。要平衡延长导线，应对导线进行补偿。

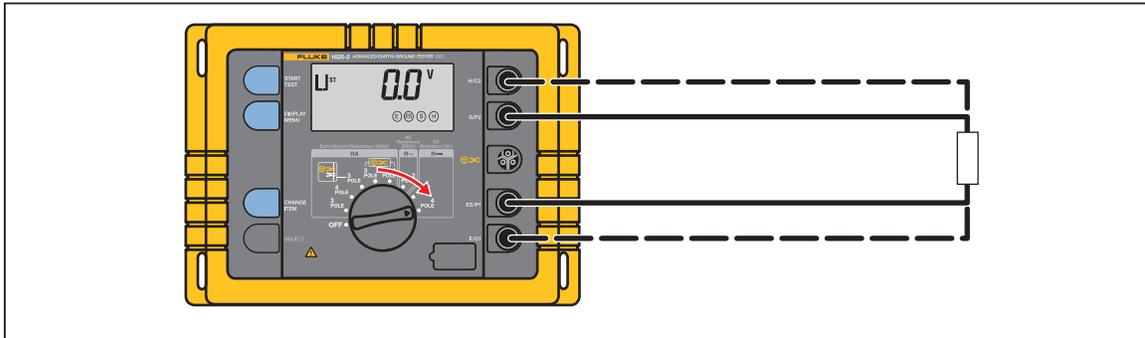


图 13. 电阻测量 (R_{\square})

edw024.eps

1. 如图 13 所示连接仪器。
2. 将中央旋转开关转到“ R_{\square} ”的位置。
3. 在该模式下，可使用“显示菜单”按钮调用所有可用设置和限值。

⚠️⚠️ 警告

在开始测量之前，先关闭设备或测试对象的电源或切断电路！如果外部电压 $>3 \text{ V}$ ，测量无法启动。

⚠️⚠️ 警告

由于测量电流大，在从测量电路断开时，电感负载可导致致命的感应电压。

- 按“启动测试”按钮启动测量。首先，在插孔“E”上采用正电压测量“R1”。松开“启动测试”按钮后，在插孔“E”上采用负电压测量“R2”。两者分别先显示较大的测量值。
- 使用“显示菜单”按钮可调用第二次测量值。如果超过设置限值（R 限值），仪器也可显示该限值。

测量导线电阻的补偿

- 使用“显示菜单”按钮调用显示 R_K 。
- 短路测量导线如图 14 所示。
- 按“启动测试”按钮。松开“启动测试”按钮后，仪器保存 R_K 测量值，显示屏跳回到电压测量。然后，从实际测量值中减去 R_K 。转动中央旋转开关片刻又可再次取消线路补偿。

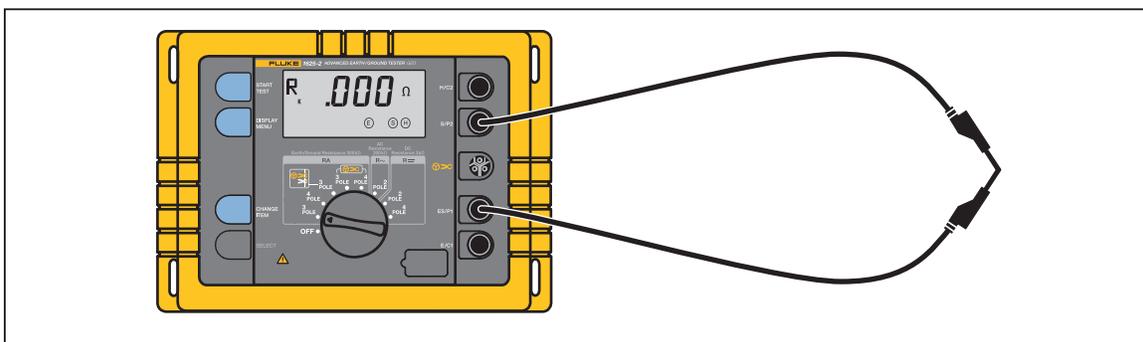


图 14. 测量导线电阻的补偿

edw026.eps

如何使用个性化代码更改所有数据设置

使用该功能，可对 FM、UM 限值、限值、蜂鸣器、系数和 R* 等参数及设置值进行编程。即使仪器打开/关闭，这些参数均保存在内存中。该特性使操作者能够依照具体需要用客户定义的设置值来创建一个仪器设置方案。

表 7 显示仅在各函数中才能设定的设置值：

表 7. 数据设置

功能	参数	设置量程	标准预设值
RE 三极 和 RE 四极	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	AFC
	UM	48 V/20 V	48 V
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	0.000Ω
	限值	开/关	关
	RE 限值	0.000 Ω ... 999 kΩ	999 kΩ
	♪ (警告声音)	开/关	关
	R*	开/关	关
RE 三极  和 RE 四极 	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	AFC
	UM	48 V/20 V	48 V
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	0.000Ω
	I (比值)	80 ... 1200	1000
	限值	开/关	关
	RE 限值	0.000 Ω ... 999 kΩ	999 kΩ
	♪ (警告声音)	开/关	关
R~	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	AFC
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	0.000Ω
	限值	开/关	关
	R ~ 限值	0.000 Ω ... 999 kΩ	999 kΩ
	♪ (警告声音)	开/关	关
R≡ 二极 和 四极			
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	0.000Ω
	限值	开/关	关
	R 限值	0.000 Ω ... 9,99 kΩ	9.99 kΩ
	♪ (警告声音)	开/关	关

保存代码：

1. 同时按四个键，将中央选择器从“关闭”调到所需测量模式。

显示屏显示“C ___”。

2. 输入“代码”数字。可以输入任意三位数字。

注意

*一旦输入“代码”，只有通过输入“代码”数字才能更改后面所有编程值。
一旦输入“代码”，除非知道代码，否则无法删除或更改。务必记录您的个人“代码”，并保存在一个安全的位置。*

3. 使用“更改项目”和“选择”按键输入代码。
4. 按“显示菜单”键完成输入。
“代码”被存储，显示屏显示“C ON”。
5. 如果按“显示菜单”按钮确认“C ON”显示，仪器将显示选定测量功能的第一个参数。通过“更改项目”和“选定”按键可更改该参数。
 - a. 按“显示菜单”键保存修改值。
 - b. 按“启动测试”键退出设置程序。

注意

如果规定要求的极限值被错误更改，则可能显示错误的测试结果。

删除代码：

1. 同时按四个键，将中央选择器从“关闭”调到任何测量模式。

显示屏显示“C ___”。

2. 输入现有“代码”数字。
3. 使用“更改项目”和“选择”按键输入代码。按“显示菜单”键完成输入。

4. 显示屏显示“C ON”。在“C ON”状态下，按“更改项目”键可禁用“代码”功能。显示屏显示“C OFF”。
5. 如果按“显示菜单”键确认显示，用户代码和限值的所有修改将被删除。原始默认值恢复到内存中。
6. 现在可以设定一个新的代码，用于设置新的参数。

导出存储数据到 PC

所有测试数据自动存储为 .csv 文件。表 8（下接第 40 页）是 .csv 文件的示例。

将测试仪中数据导出到 PC:

1. 将测试仪的 USB 电缆连接到 PC。
2. 使用 PC 上的 Windows 资源管理器在设备列表中查找新的 EGT 驱动器。
3. 在 EGT 驱动器上找到 Data.csv 文件。
4. 使用标准 PC 工具将文件复制到一个新的位置。

表 8. 记录的数据 .CSV 文件样例

测量	时间戳	测量模式	测量电压 Um	测量频率 Fm	干扰电压 Ust
1	2013 年 10 月 15 日 20:13:55	三极 RE	48 V	128 Hz	0.0 V
2	2013 年 10 月 15 日 20:15:55	四极 RE	48 V	128 Hz	0.0 V
3	2013 年 10 月 15 日 20:17:15	三极选择性	48 V	128 Hz	0.2 V
4	2013 年 10 月 15 日 20:21:10	四极选择性	20 V	111 Hz	0.0 V
5	2013 年 10 月 15 日 20:23:25	二极交流电阻	48 V	128 Hz	0.2 V
6	2013 年 10 月 15 日 20:24:48	二极直流电阻	48 V	不适用	0.2 V
7	2013 年 11 月 10 日 20:24:48	四极 Re	48 V	111 Hz	0.0 V
8	2013 年 11 月 10 日 20:28:48	四极选择性	48 V	128 Hz	0.0 V

表 8. 记录的数据 .CSV 文件 (续)

测量	干扰频率 Fst	干扰电流	接地阻抗 55 Hz R*	接地电阻 Re	交流电阻 R~	直流电阻 R1
1	0.0 Hz	不适用	不适用	1.022 Ω	不适用	不适用
2	0.0 Hz	不适用	1.02 Ω	1.022 Ω	不适用	不适用
3	100.0 Hz	0.0 A	1.02 Ω	1.022 Ω	不适用	不适用
4	0.0 Hz	0.0 A	不适用	1006 Ω	不适用	不适用
5	100.0 Hz	不适用	不适用	不适用	1.022 Ω	不适用
6	100.0 Hz	不适用	不适用	不适用	不适用	1.023 Ω
7	0.0 Hz	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
8	0.0 Hz	0.0 A	不适用	不适用	不适用	不适用
测量	直流电阻 R2	探针 电阻 Rs	辅助电阻 Rh	补偿电阻 Rk	变流器 比 I	错误状态
1	不适用	0.1 kΩ	0.1 kΩ	0.025 Ω	不适用	不适用
2	不适用	0.1 kΩ	0.1 kΩ	不适用	不适用	不适用
3	不适用	0.1 kΩ	0.1 kΩ	0.075 Ω	1000	不适用
4	不适用	0.1 kΩ	0.5 kΩ	不适用	1000	不适用
5	不适用	不适用	不适用	0.025 Ω	不适用	不适用
6	1.022 Ω	不适用	不适用	0.025 Ω	不适用	不适用
7	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	E & H 开
8	不适用	不适用	不适用	不适用	1000	反转夹钳

删除存储的数据

删除测试仪中存储的数据:

1. 将测试仪的 USB 电缆连接到 PC。
2. 使用 PC 上的 Windows 资源管理器在设备列表中查找新的 EGT 驱动器。
3. 在 EGT 驱动器上找到 Data.csv 文件。
4. 使用标准 PC 工具删除 EGT 驱动器中的文件或将文件移动到一个新的位置。

此操作可删除测试仪中所有存储的数据。

维护

如果正确使用和处理，仪器无需维护。如要清洁仪器，请仅使用蘸有肥皂水或温和家用洗涤剂或酒精的布擦拭。避免使用三氯乙烯和三氯乙烷等腐蚀性清洗剂和溶剂。

维修工作必须由经过培训的合格人员执行。

在所有维修工作中，必须小心谨慎，不可更改仪器的设计参数以致于带来安全损害，并且装配件与原始备件一致且正确重新装配它们（恢复出厂状态）。

警告

为了防止可能发生的触电、火灾或人身伤害：

- 仅使用指定的备件。
- 请由经过认可的技术人员维修产品。
- 操作本产品前请确保电池盖关闭且锁定。
- 当显示电池电量不足指示时请更换电池，以防测量不正确。
- 电池含有危险化学物质，可能造成灼伤或爆炸。如果接触到化学物质，请用水清洗并及时就医。
- 清洁产品前先移除输入信号。

警告

为确保产品的安全运行和维护：

- 如果发生电池泄漏，使用前请先修复本产品。
- 请确保电池极性正确，以防电池泄漏。

校准

建议每年校准一次。

维护

如果您怀疑测试仪已经损坏，请查阅本手册，确保您的操作方式正确无误。如果测试仪仍然无法正常工作，请将其牢固包装（如果可能，请使用其原始包装箱），然后将其运送到最近的 Fluke 服务中心（邮资预付）。同时附上有关问题的简单描述。Fluke 对运输途中发生的损坏不承担任何责任。

要查找授权服务中心，请访问 www.fluke.com。

技术指标

温度范围	
工作温度:	0 ° C 至 +35 ° C (+32 ° F 至 +95 ° F)
储存湿度:	-30 ° C 至 +60 ° C (-22 ° F 至 +140 ° F)
温度系数:	读数的 $\pm 0.1\%/^{\circ}\text{C}$ (低于 18 °C 和高于 28 °C)
工作湿度:	<95% RH, 无冷凝。
工作海拔:	2000 米
气候等级:	C1 (IEC 654-1), -5 ° C 至 +45 ° C, 5% 至 95% RH
保护类型	
容器:	IP56
电池盖:	IP40
电磁兼容性:	符合 IEC61326-1 标准: 便携式
安全:	符合 IEC 61010-1 标准: 不含 CAT, 污染等级 2
测量时长:	通常为 6 秒
最大过载:	250 V _{rms} (属于滥用)
电池:	6 x 1.5 v, AA (LR6) 碱性
电池寿命范围:	通常 >3000 次测量, RH + RE < 1 kOhm 通常 >6000 次测量, RH + RE > 10 kOhm
尺寸:	240 mm x 180 mm x 110 mm (9.5 in x 7.1 in x 4.4 in)
重量 (带电池):	1.52 kg (3.35 lb)
内存:	内存最多包含 1500 条记录 可通过 USB 端口访问

直流和交流干扰电压 (U_{ST}) 测量

测量方法: 全波整流

测量范围	显示范围	分辨力	频率范围	准确度
1...50 V	0.0...50 V	0.1 V	直流/交流 45...400 Hz 正弦值	\pm (读数的 5% +5 位数)

测量序列:	约四次测量
内阻:	约 1.5 M Ω
最大过载:	U _{rms} = 250 V

干扰频率 (F_{ST}) 测量

测量方法: 测量干扰电压的振荡周期

测量范围	显示范围	分辨力	量程	准确度
16.0...400 Hz	16.0...299.9...999 Hz	0.1...1 Hz	1 V/50 V	± (读数的 1% +2 位数)

接地电阻 (R_E)

测量方法: 按照 IEC61557-5 标准用探针测量
电流和电压

开路电压: 20/48 V, 交流

短路电流: 250 mA 交流

测量频率: 手动或自动选择 94、105、111 和 128 Hz (AFC), 在函数 R*
中为 55 Hz。

噪声抑制: >120 dB (16 2/3、50、60 和 400 Hz)

最大过载: U_{rms} = 250 V

表 9. 操作错误计算

固有误差或影响量	参比条件或指定操作范围	符号代码	按照 IEC1557 标准相关部分 要求或测试	测试类型
固有误差	参考条件	A	第 5 部分 6.1 节	R
位置	参考位置 ±90°	E1	第 1 部分 4.2 节	R
电源电压	以制造商规定的极限值	E2	第 1 部分 4.2 和 4.3 节	R
温度	0 ° C 和 35 ° C	E3	第 1 部分 4.2 节	T
串联干扰电压		E4	第 5 部分 4.2 和 4.3 节	T
探针和辅助接地电极 的电阻	0 至 100 x R _A 但 ≤50 kΩ	E5	第 5 部分 4.3 节	T
系统频率	标称频率的 99% 至 101%	E7	第 5 部分 4.3 节	T
系统电压	标称电压的 85% 至 110%	E8	第 5 部分 4.3 节	T
操作误差	$B = \pm(A + 1,15\sqrt{E_1^2 E_2^2 E_3^2 E_4^2 E_5^2 E_6^2 E_7^2 E_8^2})$		第 5 部分 4.3 节	R
A =	固有误差	$B[\%] = \pm \frac{B}{\text{fiducial value}} \times 100\%$		
En =	偏差			
R =	例行测试			
T =	类型测试			

测量范围	显示范围	分辨力	准确度	操作误差
0.020 Ω ... 300 kΩ	0.001 Ω...2.999 Ω	0.001 Ω	± (读数的 2 % +2 位数)	± (读数的 5% +5 位数)
	3.00 Ω...29.99 Ω	0.01 Ω		
	30.0 Ω...299.9 Ω	0.1 Ω		
	0.300 kΩ...2.999 kΩ	1 Ω		
	3.00 kΩ...29.99 kΩ	10 Ω		
	30.0 kΩ...299.9 kΩ	100 Ω		

测量时间: 固定频率下通常为 8 秒
使用自动频率控制, 最大 30 秒, 完成所有测量频率周期

由于探针和辅助接地电极电阻导致的附加误差: $\frac{R_H(R_S + 2000\Omega)}{R_E} \times 1.25 \times 10^{-6}\% + 5\text{digits}$

RH 和 RS 测量误差: 通常为最大探针电阻 $R_E + R_S + R_H$
的 10%: $\leq 1 \text{ M}\Omega$
最大辅助接地电极电阻: $\leq 1 \text{ M}\Omega$

如果由于某些条件的影响, 导致测量探针、辅助接地电极和接地电阻后的测量误差超过 30%, 显示屏会显示警告符号 Δ 和提示 R_S 或 R_H 过高。

测量电压 = 48 V 时, R_H 值	测量电压 = 20 V 时, R_H 值	分辨力
<300 Ω	<250 Ω	1 mΩ
<6 kΩ	<2.5 kΩ	10 mΩ
<60 kΩ	<25 kΩ	100 mΩ
<600 kΩ	<250 kΩ	1 Ω

选择性接地电阻测量($R_E > C$)

测量方法:	按照 EN61557-5 标准用探针测量电流和电压, 并用额外的变流器测量单个支路中的电流。
开路电压:	20/48 V 交流
短路电流:	250 mA 交流
测量频率:	手动或自动选择 94、105、111 和 128 Hz (AFC), 55 Hz (R^*)。
噪声抑制:	120 dB (16 2/3、50、60 和 400 Hz)
最大过载:	最大 Urms = 250 V

测量范围	显示范围	分辨力	准确度 ^[1]	操作误差 ^[1]
0.020 Ω ... 30 kΩ	0.001...2.999 Ω	0.001 Ω	± (读数的 7 % + 2 位数)	± (读数的 10% + 5 位数)
	3.00...29.99 Ω	0.01 Ω		
	30.0...299.9 Ω	0.1 Ω		
	0.300...2.999 kΩ	1 Ω		
	3.00...29.99 kΩ	10 Ω		
[1] 使用推荐的电流钳/变流器。				

由于探针和辅助接地典型电极电阻导致的附加误差:

$$\frac{R_H (R_S + 2000\Omega)}{R_{ETOTAL}} \times 1.25 \times 10^{-6} \% + 5 \text{ digits}$$

RH 和 RS 测量误差:

通常为测量时间 $R_{ETOTAL} + R_S + R_H$

的 10%:

固定频率下通常为 8 秒; 使用自动频率控制, 最大 30 秒, 完成所有测量频率周期

所测单个支路的最小电流:

0.5 mA 使用变流器 (1000:1)
0.1 mA 使用变流器 (200:1)

通过变流器的最大干扰电流:

3 A 使用变流器 (1000:1)

电阻测量 (R₋)

测量方法: 测量电流和电压
 测量电压: 20 V 矩形脉冲交流电压
 短路电流: 大于 250 mA 交流电
 测量频率: 手动或自动选择 94、105、111 和 128 Hz (AFC)

测量范围	显示范围	分辨力	准确度	操作误差
0.020 Ω...300 kΩ	0.001 Ω ... 2.999 Ω	0.001 Ω	± (读数的 2 % +2 位数)	± (读数的 5% +5 位数)
	3.0 Ω ... 29.99 Ω	0.01 Ω		
	30 Ω ... 299.9 Ω	0.1 Ω		
	300 Ω ... 2999 Ω	1 Ω		
	3.0 kΩ...29.99 kΩ	10 Ω		
	30.0 kΩ...299.9 kΩ	100 Ω		

测量时间: 通常为 6 秒
 最大干扰电压: 24 V, 超过 24 V 无法启动测量
 最大过载: 最大 U_{rms} = 250 V

电阻测量 (R_∞)

开路电压: 20 V 直流
 短路电流: 200 mA 直流
 测量值的构成: 可延长 (H)(S)(ES) 四极测量线, 没有附加误差
 如果测量线 Ω, 会导致 5 m(E) 电阻 >1 /Ω 的附加误差

测量范围	显示范围	分辨力	准确度	操作误差
0.020 Ω ... 3 kΩ	0.001 Ω ... 2.999 Ω	0.001 Ω	± (读数的 2 % +2 位数)	± (读数的 5% +5 位数)
	3.0 Ω ... 29.99 Ω	0.01 Ω		
	30.0 Ω ... 299.9 Ω	0.1 Ω		
	300 Ω ... 2999 Ω	1 Ω		

测量序列:	约两次测量
测量时间:	通常为 4 秒, 包括极性反转 (二极或四极)
最大干扰电压:	直流或交流电压 ≤ 3 V, 超过 3 V 无法启动测量
最大感应率:	2 Henry
最大过载:	$U_{rms} = 250$ V

测量导线电阻的补偿 (R_k)

在功能 R_{kE} 3pole, R_E 3pole , R_{\sim} , and R_{\equiv} 2Eole

测量值的构成 三极 $R_{显示} = R_{\sim}$ 和 R_{\equiv}

二极中, 可以打开测量导线电阻的补偿 (R_k 入值 $R_k = 0.000 \Omega$, 通过调整测量在 $0.000 \dots 29.99 \Omega$ 范围内变化。

无棒接地回路测量 ()

分辨力	测量范围	准确度	操作误差
0.001 至 0.1 Ω	0.020 Ω 至 199.9 Ω	\pm (读数的 7% + 3 d)	\pm (读数的 10% + 5 d)

测量原理: 用两个电流钳对闭环电阻进行无棒测量

测量电压:	$U_m = 48$ V 交流 (初级电压)
测量频率:	128 Hz
噪声电流 (I_{ext}):	最大 $I_{ext} = 10$ A (交流) ($R_a < 20 \Omega$) 最大 $I_{ext} = 2$ A (交流) ($R_a > 20 \Omega$)

仅当按照指定的最小距离使用推荐的电流钳进行测量时, 有关无棒接地回路测量的信息才有效。

