

FLUKE®

1625

Earth/Ground Tester

用户手册

January 2006 (Simplified Chinese)

© 2006 Fluke Corporation, All rights reserved.

All product names are trademarks of their respective companies.

有限担保和责任限制

Fluke 担保在正常使用和保养的情况下，其产品没有材料和工艺上的缺陷。两年的担保期间由产品发货之日算起。部件、产品修理和服务的担保期限为 90 天。本担保仅限于 Fluke 授权零售商的原购买人或最终用户，并且不适用于一次性电池、电缆接头、电缆绝缘转换接头或 Fluke 认为由于误用、改装、疏忽、污染及意外或异常操作或处理引起的任何产品损坏。Fluke 担保软件能依照功能规格正常运行 90 天，并且软件是记录在无缺陷的媒介上。Fluke 并不担保软件毫无错误或在运行中不会中断。

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担保。但并未授权他们代表 Fluke 公司扩展更大的或不同的担保。凡是从通过 Fluke 公司委托的直销商中购买的产品，或者买方已经按适当的国际价格付款的产品，Fluke 公司都可提供担保支持。在一个国家购买的产品被送往另一个国家维修时，Fluke 公司保留征收买方修理和更换零部件的进口费用的权利。

Fluke 的担保为有限责任，由 Fluke 决定是否退还购买金额、免费修理或更换在担保期间退还 Fluke 授权服务中心的故障产品。

如需要维修服务，请与您就近的 Fluke 授权服务中心联系，获得退还授权信息；然后将产品寄至服务中心，并附上产品问题描述，同时预付运费和保险费（目的地离岸价格）。

Fluke 不承担运送途中发生的损坏。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。

本担保为买方唯一能获得的全部补偿内容，并且取代所有其它明示或隐含的担保，包括但不限于适销性或满足特殊目的任何隐含担保。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担保的期限加以限制、或者排除和限制意外或后续损坏，本担保的限制和排除责任条款可能并不对每一个买方都适用。如果本担保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

目录

章节	标题	页码
	简介	1
	型号与附件	3
	安全规范	4
	合格人员	5
	设置	5
	开箱	5
	检查交货范围	5
	常规	6
	其它附件	6
	装配	7
	功能描述	7
	测量干扰电压 (U_{ST})	8
	测量干扰频率 (F_{ST})	8
	测量接地电阻 (R_E)	9
	选择性测量接地电阻 ($R_E > \infty$)	9
	电阻测量 (R_{\sim})	9
	低电阻测量 (R_{\rightleftharpoons})	9
	检查测量连接是否正确	9
	蜂鸣器	9
	LO-BAT	10
	规格	10
	测量直流 (DC) 和交流 (AC) 干扰电压 (U_{ST})	13
	测量干扰频率 (F_{ST})	13
	接地电阻 (R_E)	13
	选择性测量接地电阻 ($R_E > \infty$)	17
	电阻测量 (R_{\sim})	18
	电阻测量 (R_{\rightleftharpoons})	19
	导线电阻 (R_K) 的补偿	20
	操作元件的描述	21
	显示单元的描述	23
	测量程序	24
	POWER ON (通电) 功能	25
	操作	26
	检查测量连接是否正确 (插座分配)	30
	安全控制测量	31

干扰电压和干扰频率的测量	31
接地电阻的测量	32
三极/四极接地电阻测量	33
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	36
三极/四极测量单个接地电极的电阻	37
在高压输电铁塔上测量	39
校正夹式变流器误差	42
接地电极连接导线的补偿	44
土壤电阻率的测量	45
电阻测量	48
电阻测量 (R_{\sim})	48
电阻测量 (R_{\rightarrow})	49
测量导线电阻的补偿	50
使用个性化密码更改所有数据设置	51
保存密码	53
删除密码	54
显示描述	55
保养与维护	60
更换电池	61
重新校准	62
存放	62
规格	64
操作原理	65
目的	65
操作	68
测试仪上的设置	69
应用	70
显示描述	72

表目录

表	标题	页码
1.	型号与附件	3
2.	电气测量规格	14
3.	显示描述	55

图目录

图	标题	页码
1.	Fluke 1625 接地测试仪	2
2.	功能描述	8
3.	显示屏	10
4.	操作元件	21
5.	显示单元	23
6.	操作模式	27
7.	干扰电压和干扰频率的测量	32
8.	接地电阻测量 - 方法	33
9.	三极/四极接地电阻测量 - 过程	34
10.	接地电阻 - 最大允许值	35
11.	测量网状运行的接地系统中的单个接地电极的电阻	36
12.	三极/四极测量单个接地电极的电阻	37
13.	不断开架空地线测量接地电阻	40
14.	校正夹式变流器误差	42
15.	接地电极连接导线的补偿	44
16.	土壤电阻率的测量	45
17.	电阻测量 (R_{\sim})	48
18.	电阻测量 ($R_{\text{---}}$)	49
19.	测量值的评估	50
20.	测量导线电阻的补偿	51

Earth/Ground Tester

简介

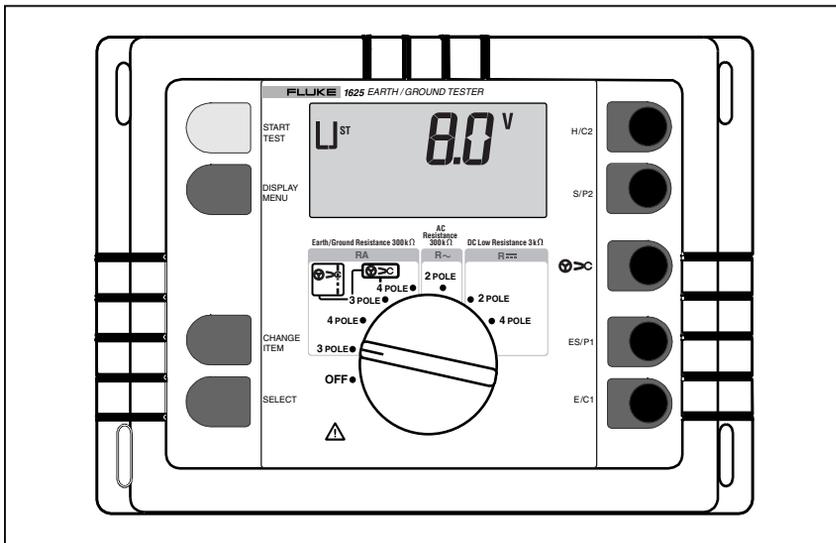
在涉及发电、配电和消耗电能的地方，必须采取一定的安全措施才能保护人们的生命安全。在许多情况下，这些安全措施都是必须定期检查的国家和国际法规。接地是暴露的导电部分与地面之间的连接，是出现故障时最根本的安全保护措施。变压器、中高压输电铁塔、铁轨、罐槽、桶罐、地基和防雷系统都要求接地。

接地系统的有效性应使用接地测试仪器，如 1625，进行检查，确保与地面之间连接的有效性。1625 接地测试仪将最新的技术融合到一个结构小巧、坚固耐用、使用方便的仪器中，提供了完美的接地测试解决方案。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。这项功能的具体应用是快速、准确地测量输电铁塔的接地。1625 还具有自动频率控制 (AFC) 功能，可将干扰减至最小。在测量之前，仪器可识别现有的干扰，然后选择一个能将其影响减到最小的测量频率。1625 还具有微处理器控制的自动测量功能，包括检查探针连接，以确保测量正确进行。它测量所有探针的接地电阻，确保测量结果可靠、一致。探针电阻和辅助接地电阻也作了测量并显示。

注意

- *earth* 和 *earthing*（接地）与 *ground* 和 *grounding*（接地）相同，在本手册中交替使用。
- 要进行无棒接地电阻测量，必须购买 EI-1625。（EI-1625 是 1625 套件的标配件。）请参阅附录 A 了解完整的操作信息，包括仪器的规格。
- 选择性测量在本手册的主要章节中加以描述。

图 1 为 Fluke 1625 接地测试仪：



edw001.eps

图 1. Fluke 1625 接地测试仪

型号与附件

表 1 所列为型号和附件。

表 1. 型号与附件

描述	项目/部件号
接地测试仪 – 基本型 (包含手册, 2 根导线和 2 个线夹)	Fluke-1625
接地测试仪 – 完全型 (包含手册, 2 根导线和 2 个线夹, ES162P4, EI-1623)	Fluke-1625 Kit
维修替换套件 (包含 2 根导线, 2 个线夹)	Fluke-162x-7001
三极测量接地棒组 (包含三个接地棒, 一个 25 m 电缆盘和一个 50 m 电缆盘)	ES-162P3
四极测量接地棒组 (包含四个接地棒, 两个 25 m 电缆盘和一 个 50 m 电缆盘)	ES-162P4
1625 测试仪选择性/无棒测试夹组 (包含 EI- 162X 和 EI-162AC 及 2-3 线转接电缆)	EI-1625
夹式变流器 (传感型), 带屏蔽电缆组	EI-162X
屏蔽电缆 (用于 EI-162X 电流钳)	2539195
夹式变流器 (感应型)	EI-162AC
12.7 In (320mm) 钳形电流互感器	EI-162BN
1625 测试仪 2-3 线转接电缆, 用于 EI- 162AC 变流器	2577171
接地棒	2539121
电缆盘, 带 25m 线	2539100
电缆盘, 带 50m 线	2539117
1625 用户手册	2560348

安全规范

⚠ 警告

本测量设备只能由合格的人员依照下列安全预防措施和规范，按照规定的技术数据进行操作。此外，使用本装置要求遵守所有与各种具体应用相关的法律和安全规范。类似安全预防措施对附件的使用同样适用。

小心

电气设备的运行不可避免地导致此类设备的某些部件带有危险电压。不遵守安全预防措施可能会导致严重的人身伤害或财产损失。

要实现本仪器的无故障和可靠运行，要求运输、储存、设置和装配得当，并在操作和维护过程中小心进行。

如果有理由相信仪器不再能无风险的运行，应立即关闭仪器电源并采取措施，防止意外重新启动。如果仪器出现下列情况之一，就可认为仪器不再能无风险的运行：

- 存在明显损坏，
- 电池正常，但仪器无法工作，
- 曾有一段时间暴露于不利条件下（例如，存储在超过允许气候极限条件的地方而没有采取适应周围气候或结露环境的措施。），
- 在运送过程中受到重大的外力（例如，从高处摔落但没有明显的外部损坏等），或者
- 显示屏上显示“E1 ... E5”。

合格人员

包括那些熟悉本产品的设置、装配、启动和操作并具有执行此类工作所要求的资格的人士，这些资格例如：

- 依照安全工程标准在电路和设备上执行下列操作的培训、指导和/或授权：开启和关闭电源、断开连接、接地、标签；
- 依照安全工程标准对适当的安全设备进行养护和维护的培训或指导。
- 提供急救方面的培训。

设置

开箱

检查货物，查看它在运送途中是否受损。检查货物是否齐全，并保存包装材料以供日后运送使用。

检查交货范围

开箱后马上检查附件，查看是否有缺件。所提供的附件列在第 2 页上。

小心

尽管仪器操作方便，但是出于安全原因，以及为了最优化地使用仪器，请仔细阅读这些操作说明。

只有当仪器连接时，测量功能才会全部激活。

常规

由微处理器控制的通用接地电阻仪具有完全自动化的测量频率选择技术及依照 DIN IEC61557-5/EN61557-5 标准自动测试探针和辅助接地电极电阻的功能。

- 测量干扰电压 (U_{ST})
- 测量干扰频率 (F_{ST})
- 测量探针电阻 (R_S)
- 测量辅助接地电极电阻 (R_H)
- 在选择性测量网状运行的接地系统中的单个接地支路时，使用或不使用外接夹式变压器测量三极或四极接地电阻， (R_E) 
- 测量二极交流电阻 (R_{\sim})
- 测量二极和四极直流电阻 ($R_{\text{---}}$)

凭借其各种各样的测量选择和完全自动化的测量序列控制（包括自动频率控制，AFC），该仪器提供了接地电阻测量领域中的最新测量技术。通过可选极限输入、视觉和听觉确认/错误信息、可设置的密码及客户自定义的特殊功能，如测量 20 V 电压（农业系统）、接地阻抗 R^* （测量频率 55 Hz）开启或关闭等，这些仪器可被设置成作为一个单独的仪表使用，也可以作为完全自动化的高端测量装置使用。

其它附件

个变压系数在 80 和 1200:1 之间的**外接变压器**可作为选件购买，用于测量网状运行的接地系统中的单个支路，从而使用户能够不用断开输电铁塔底部的架空地线或接地条就能测量高压输电铁塔，也可不用断开各条防雷接地线测量防雷系统。

装配

仪器由两个部分组成：

1. 包含测量电子装置和组件的基础部分；
2. 保护罩。

功能用位于中间的旋转开关选择。前面板的左侧有四个用于启动测量、读取附加测量值和选择特殊功能的橡皮按钮。该设计使用户能够快速、便捷的单手操作仪器。

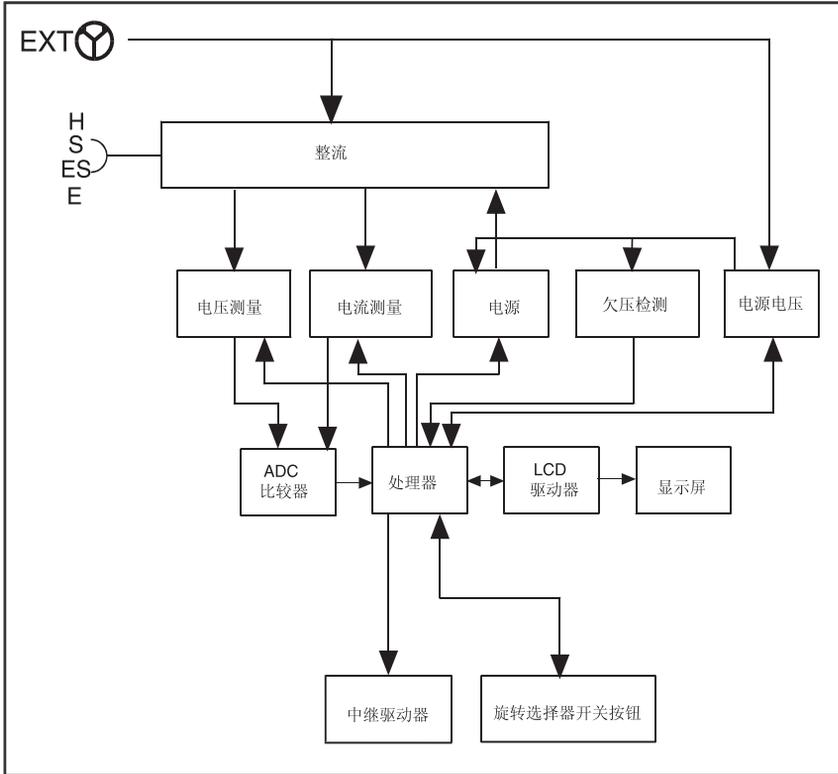
所测得的值用正确的小数点和单位显示在液晶显示屏上。各种附加的特殊特性则用来指示测量模式、操作条件和错误信息。

辅助电源由 6 节 1.5 V 电池组成（IEC R6 或 LR6 或 AA 类）。

本装置的开发、设计和制造符合 DIN ISO 9001 质量体系的要求。

功能描述

下列流程图对 1625 接地测试仪的各种功能进行了描述。



ehb003.eps

图 2. 功能描述

测量干扰电压 (U_{ST})

直流 (DC) 和交流 (AC) 全波整流 (直流不用运算符号; 交流信号则正弦校正为 r.m.s. 均方根值)。如果超出极限值, 则不启动测量。

测量干扰频率 (F_{ST})

如果干扰电压大于 1 V, 其频率可由周期时间计算而得。

测量接地电阻 (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 / 20V 矩形脉冲交流电压，频率为 94、105、111 或 128 Hz。频率可以手动选择或自动选择 (AFC)。

选择性测量接地电阻 ($R_E \rightarrow \infty$)

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。流经单个接地电极的电流用一只外接变流器测量。

电阻测量 (R_{\sim})

电阻通过测量二极电流和电压来确定。测量电压为 20V 矩形脉冲交流电压，频率为 94、105、111 或 128 Hz。频率可以手动选择或自动选择 (AFC)。

低电阻测量 ($R_{=}$)

电阻通过测量直流 (DC) 电流和电压来确定。也可进行二极和四极测量。短路电流大于 200 mA。两个电流方向的电阻都进行测量和存储。

检查测量连接是否正确

处理器通过每个 4 mm (香蕉) 输入插座内的隔离式两片式触点结合探测电路，来检查测量导线是否根据选定的功能正确连接。连接错误或缺失用光信号或声频信号来指示。

蜂鸣器

内置的蜂鸣器有两种功能：

1. 在超过设定的极限值时发出信息。
2. 指示危险的情况或操作不当。

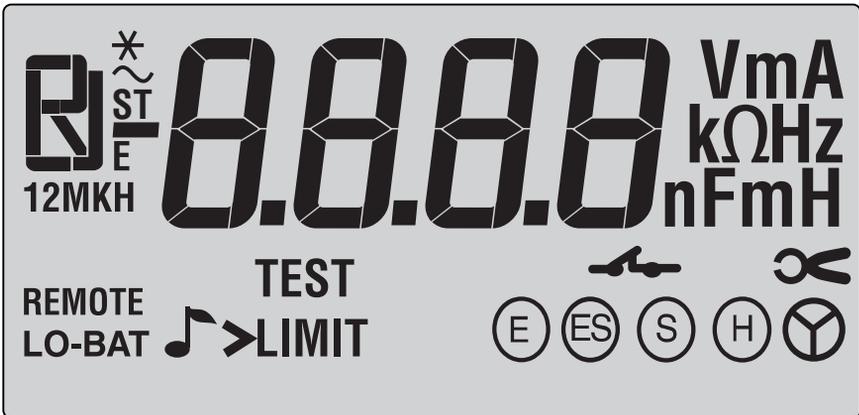
它由微处理器控制。

LO-BAT

电池充电状态的监控由一个比较电路来完成。通过微处理器，当电池容量下降至通常为其指定值的 10 % 时，显示屏上会显示 **LO-BAT**（低电量）符号。

规格

常规：	微处理器控制、完全自动化及具有其它功能的接地测量仪器
测量功能：	干扰电压和频率；三极和四极接地电阻测量（使用/不使用夹式变流器）；二极交流电阻测量；四极直流电阻测量
显示屏 （参见图 4）：	4 位（2999 数字）- 7 区段液晶显示屏，数字大小 18 mm 及辅助符号，有源照明。



edw004.eps

图 3. 显示屏

操作:	中央旋转开关和功能键
工作温度范围:	-10 °C ... +50 °C
操作温度范围:	0 °C ... +35 °C
标称温度范围:	18 °C ... +28 °C
存储温度范围:	-30 °C ... +60 °C

注意

提供四种仪器温度范围是为了满足欧洲标准的要求；仪器可以在整个工作温度范围内使用，但要使用温度系数来计算使用环境温度下的准确度。

温度系数:	量程的 $\pm 0.1\%$ / 开氏温度
操作误差:	请参照操作温度范围, RH < 20 RE, RS < 100 RE

测量范围内的最大操作误差百分比不超过 $\pm 30\%$ ，以根据表 1 确定的测量值为基值。

操作误差在 IEC1557-1 中指定的额定操作条件下及下列情况下适用：

- 以 400 Hz、60 Hz、50 Hz、 $16\frac{2}{3}$ Hz 的系统频率或分别用直流电压交叉通过端子 E (ES) 和 S 来注入串联干扰电压。串联干扰电压的 r.m.s. 均方根值应为 3 V；
- 辅助接地电极的电阻及探针的电阻为：0 至 $100 \times R_A$ 但 $\leq 50 \text{ k}\Omega$ ；
- 系统电压在标称电压的 85 % 和 110 % 之间及标称系统频率的 99 % 和 101 % 之间，测量以市电电源供电的设备和/或测量直接由配电系统的输出电压供电的设备。

误差极限:	请参照标称温度范围
气候等级:	C1 (IEC 654-1), -5 °C...+45 °C, 5 %...95 % 相对湿度
保护类型:	依照 EN 60529, 仪器外壳为 IP56; 电池门为 IP40

1625

Earth/Ground Tester

- 最大电压:  插座  至插座 (E) (ES) (S) (H)
Urms = 0 V
插座“ E ES S H ”相互之间任意组合, 最大 Urms= 250 V (在误用时)
- EMC (电磁辐射抗扰性): IEC 61326-1:1997 A 级
- 质量标准: 依照 DIN ISO 9001 开发、设计和制造
- 外场影响: 依照 DIN 43780 (8/76)
- 辅助电源: 6 x 1,5 V 碱锰电池 (IEC LR6 或 AA 类)
- 电池寿命范围: IEC LR6/AA 类电池: 典型 3000 次测量 ($R_E + R_H \leq 1 \text{ k}\Omega$)
IEC LR6/AA 类电池: 典型 6000 次测量 ($R_E + R_H > 10 \text{ k}\Omega$)
- 尺寸: 240 mm (宽) x 220 mm (长) x 90 mm (高)
- 重量: $\leq 1.1 \text{ kg}$ (不含附件)
 $\leq 5.5 \text{ kg}$ (包含携带箱内的附件和电池)
- 外壳材料: NORYL, 防震和耐磨热塑性塑料

测量直流 (DC) 和交流 (AC) 干扰电压 (U_{ST})

测量方法: 全波整流

测量范围	显示范围	分辨率	频率范围	误差极限
1...50 V	0.0...50 V	0.1 V	DC/AC 45...400 Hz 正弦	$\pm (5\% \text{ 读数} + 5 \text{ 位数})$

测量序列: 每秒约 4 次测量

内阻: 约 1.5 M Ω

最大过载: $U_{rms} = 250 \text{ V}$

测量干扰频率 (F_{ST})

测量方法: 测量干扰电压的振荡周期

测量范围	显示范围	分辨率	量程	误差极限
16.0 ... 400 Hz	16.0...299.9 ...999 Hz	0.1 ... 1 Hz	1 V ... 50 V	$\pm (1\% \text{ 读数} + 2 \text{ 位数})$

接地电阻 (R_E)

测量方法: 使用探针依照 IEC61557-5 测量电流和电压

开路电压: 20 / 48 V, 交流 (AC)

短路电流: 250 mA 交流 (AC)

测量频率: 94, 105, 111, 128 Hz, 可手动或自动选择 (AFC)。R* 功能档为 55 Hz

噪声抑制: 120 dB (16 2/3, 50, 60, 400 Hz)

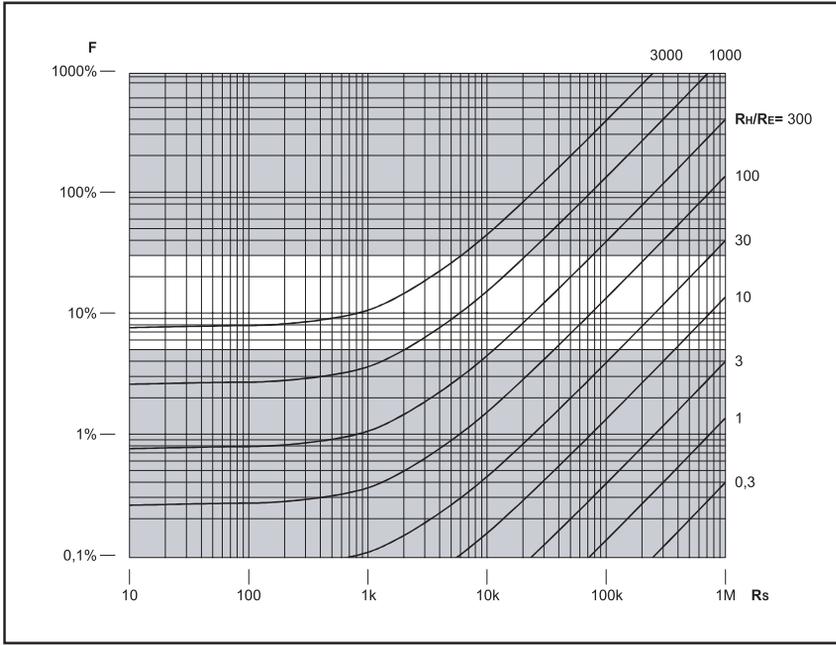
最大过载: $U_{rms} = 250 \text{ V}$

表 2. 电气测量规格

固有误差或影响量	参比条件或指定操作范围	符号代码	IEC 1557 相关部分的要求或测试	测试类型
固有误差	参比条件	A	第 5 部分, 6.1 节	R
位置	基准位置 $\pm 90^\circ$	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	见 4.2 和 4.3	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 $100 \times R_A$ 但 $\leq 50 \text{ k}\Omega$	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 En = 变量 R = 例行测试 T = 型式试验		$B[\%] = \pm \frac{B}{\text{基值}} \times 100\%$		

1625

Earth/Ground Tester



edw005.eps

依照辅助接地电阻 R_H 自动转换测量分辨率：

R_H ($U_{\text{测量}} = 48 \text{ V}$)	R_H ($U_{\text{测量}} = 20 \text{ V}$)	分辨率
< 300 Ω	< 250 Ω	1 m Ω
< 6 k Ω	< 2,5 k Ω	10 m Ω
< 60 k Ω	< 25 k Ω	100 m Ω
< 600 k Ω	< 250 k Ω	1 Ω

选择性测量接地电阻 ($R_E \gg C$)

测量方法:	使用探针依照 EN61557-5 测量电流和电压, 以及用附加的变流器测量单独支路中的电流 (已申请专利)。
开路电压:	20 / 48 V, 交流 (AC)
短路电流:	250 mA 交流 (AC)
测量频率:	94, 105, 111, 128 Hz, 可手动或自动选择 (AFC), 55 Hz (R^*)
噪声抑制:	120 dB (16 2/3, 50, 60, 400 Hz)
最大过载:	最大 $U_{rms} = 250$ V (不会启动测量)

测量范围	显示范围	分辨率	固有误差*	操作误差*
0.020 Ω ... 30 k Ω	0.001...2.999 Ω	0.001 Ω	\pm (7 % 读数 + 2 位数)	\pm (10 % 读数 + 5 位数)
	3.00...29.99 Ω	0.01 Ω		
	30.0...299.9 Ω	0.1 Ω		
	0.300...2.999 k Ω	1 Ω		
	3.00...29.99 k Ω	10 Ω		

* 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:

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

RH 和 RS 的测量误差:

典型 ($R_{ETOTAL} + R_S + R_H$) 的 10%

测量时间:

固定频率下典型 8 秒; 在自动频率控制 (AFC) 和所有测量频率全周期下最大为 30 秒

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 交流 (AC), 矩形脉冲
短路电流:	> 250 mA 交流 (AC)
测量频率:	94, 105, 111, 128 Hz, 可手动或自动选择 (AFC)

测量范围	显示范围	分辨率	固有误差	操作误差
0.020 Ω... 300 kΩ	0.001 Ω ... 2.999 Ω	0.001 Ω	± (2 % 读数 + 2 位数)	± (5 % 读数 + 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:	典型 6 秒
最大干扰电压:	24 V, 如果电压超过该值, 测量将无法启动
最大过载:	Urms 最大 = 250 V

电阻测量 (R_{\square})

- 测量方法: 依照 IEC61557-4 测量电流和电压
- 开路电压: 20 V 直流 (DC)
- 短路电流: 200 mA 直流 (DC)
- 测量值的构成 四极测量时, H、S 和 ES 端子上的接线可延长, 不会引起附加误差。
接线 E 电阻大于 1 Ω 可导致 5m Ω/Ω 的附加误差。

测量范围	显示范围	分辨率	固有误差	操作误差
0.020 Ω 3 k Ω	0.001 Ω ... 2.999 Ω	0.001 Ω	\pm (2% 读数 + 2 位数)	\pm (5% 读数 + 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: 每秒约 2 次测量
- 测量时间: 典型 4 秒, 包括极性反转 (两极或四极)
- 最大干扰电压: ≤ 3 V (AC 或 DC), 如果电压超过该值, 测量将无法启动
- 最大电感: 2 亨
- 最大过载: Urms = 250 V

导线电阻 (R_K) 的补偿

导线电阻 (R_K) 的补偿功能可以在 R_E 3pole、 R_E 4pole 、 R_{\sim} 和 R_{\equiv} 2pole 功能档上开启

测量值的构成

$$R_{\text{显示}} = R_{\text{测量}} - R_{\text{补偿}}^*$$

* 设定点输入值 $R_K = 0.000 \Omega$ ，可通过测量调整在 $0.000 \dots 29.99 \Omega$ 之间变化。

操作元件的描述

图 4 所示为下面所描述的各种操作元件。

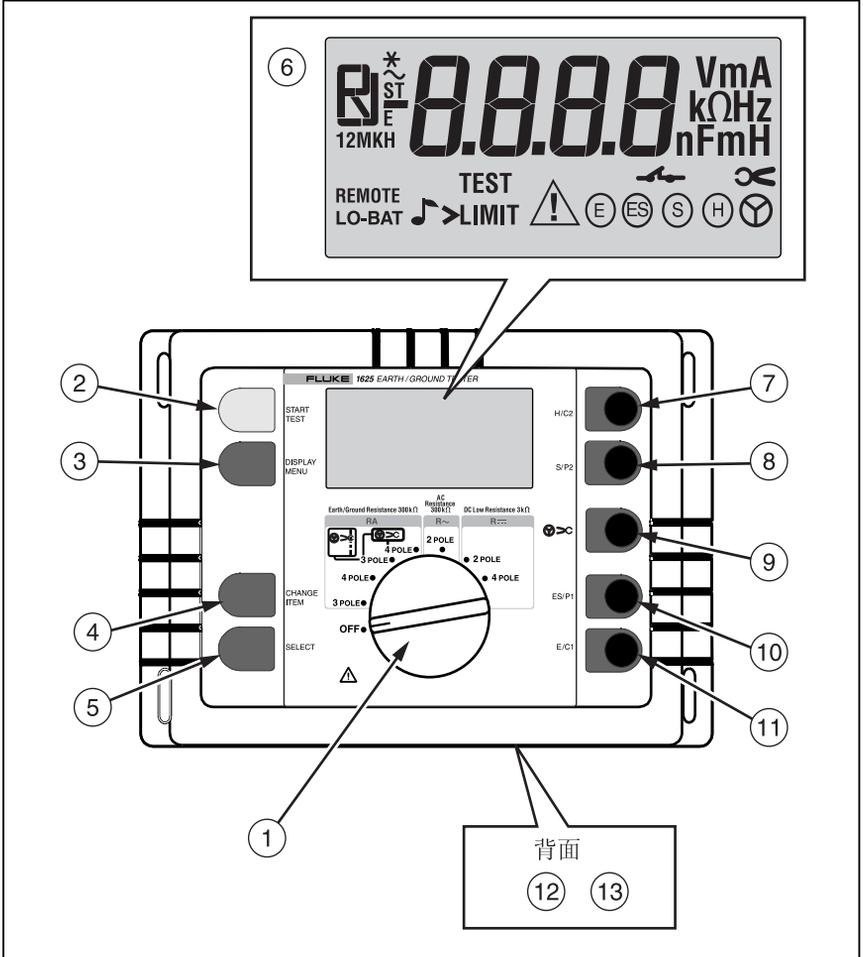


图 4. 操作元件

ehb006.eps

- ① 中央旋转开关，用于选择测量功能或开启/关闭仪器（ON/OFF）
- ② “START TEST”（启动测试）— 用于启动所设测量功能的按钮。
- ③ “DISPLAY MENU”（显示菜单）— 用于调用相应附加值的按钮。

- ④ “CHANGE ITEM”（更改项目）— 用于更改设定点输入值的按钮。
- ⑤ “SELECT”（选择），用于选择要更改数位的按钮。
- ⑥ 显示单位，液晶数位，18 mm 高，小数点自动定位和有源照明。
- ⑦ 连接插座 $\text{\textcircled{H}}$ （辅助接地电极）（直径 4 mm \varnothing ），也可用于安全测量导线
- ⑧ 连接插座 $\text{\textcircled{S}}$ （探针）（直径 4 mm \varnothing ），也可用于安全测量导线
- ⑨ 用于连接外接夹式变流器（选件）的连接插座。

⚠ 警告

插座 $\text{\textcircled{E}}$ $\text{\textcircled{ES}}$ $\text{\textcircled{S}}$ $\text{\textcircled{H}}$ 不可施加电压。

- ⑩ 连接插座 $\text{\textcircled{ES}}$ （接地探针）（直径 4 mm \varnothing ），也可用于安全测量导线 四极接地测量的电势传感器。
- ⑪ 连接插座 $\text{\textcircled{E}}$ （接地电极）（直径 4 mm \varnothing ），也可用于安全测量导线。

⚠ 注意

切勿用力打开或关闭仪器！

- ⑫ 电池仓：可装 6 节 IEC LR6 电池或 AA 型电池。

⚠ 警告

在打开仪器之前先断开所有导线！

- ⑬ 用于紧固电池仓的螺钉

显示单元的描述

显示屏（图 5）被分成四个显示单元：

1. 测量值的数字式显示
2. 用于显示测量功能的测量功能字段
3. 单位字段：V, Ω , k Ω , Hz
4. 用于指导操作者的特殊特性

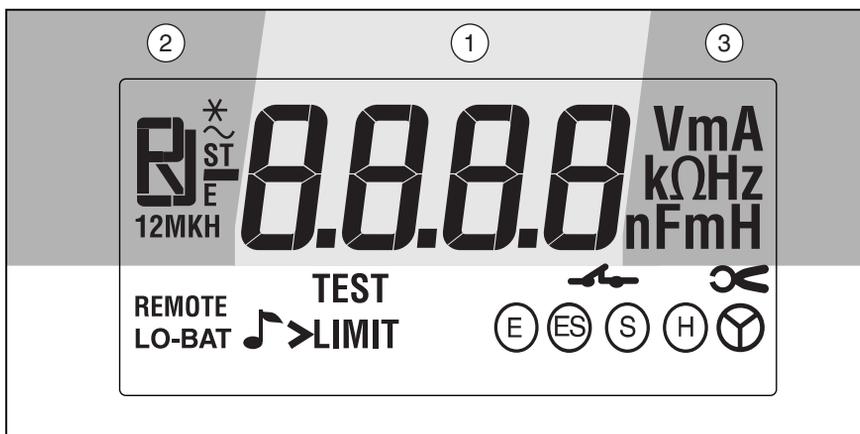
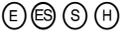


图 5. 显示单元

edw008.eps

显示符号的描述：

U _{ST}	干扰电压（AC + DC）
F _{ST}	干扰电压的频率
F _M	测量电压的频率
U _M	测量电压极限 20/48 V
R _E	接地电阻
R _H	辅助接地电极电阻
R _S	探针电阻
R _K	补偿电阻

R_1, R_2	低压测量，带极性指示
$R \sim$	交流（AC）电阻
R^*	接地阻抗（测量频率为 55Hz）
AFC	自动频率控制（AFC）
TEST	测量序列正在进行中
LIMIT	极限值
> LIMIT	超过极限值
	插座识别
	变流器插座识别
	超过极限时蜂鸣器告警信息
LO-BAT	电池电压过低，需更换电池。
REMOTE	接口（可选）激活 – 按钮操作被锁定
	测量电路（E-S，E-H）被干扰，或者测量值不稳定

 警告

请参阅操作说明。

测量程序** 警告**

只能在无电压的系统中使用本仪器。

1. 使用中央旋转开关 1 设定测量功能
2. 如果仪器不连接测量导线，按“START”（启动）按钮不会激活测试
3. 用“START TEST”（启动测试）按钮启动测量。
4. 读取测量值。

为了最优化地运行和使用本装置，请遵守下列规定：

POWER ON (通电) 功能

在用中央旋转开关开启仪器的电源时，可以按某些按钮组合来选取某些操作条件：

a) 标准模式

如果装置被投入运行而没有采取进一步的按钮控制，它在一次测量终止或一次按钮按键操作或转动旋转开关约 50 秒后转换为电池省电状态（待机显示“---”）。按下“DISPLAY MENU”（显示菜单按钮）可重新激活仪器，“原来”的测量值可被再次读取。在待机 50 分钟后，显示屏完全关闭。仪器可用旋转开关上的 ON / OFF（开启/关闭）重新激活

b) 待机禁用

在打开电源过程中，同时按下“DISPLAY MENU”（显示菜单）和“CHANGE ITEM”（更改项目）按钮可防止仪器被自动关闭（待机）。电池省电模式可用旋转开关上的 ON / OFF（开启/关闭）重新激活。

c) 延长显示屏测试

在打开电源过程中，按住“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮，显示屏测试可被延长为任何长度的时间。按任何按钮或转动中央旋转开关即可返回到标准操作模式。

d) 软件版本号

在打开电源过程中，按住“SELECT”（选择）按钮，显示屏上会显示软件版本号。按下“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮，可以切换至上一次校准日期。转动中央旋转开关或按下“START TEST”（启动测试）按钮即可终止该显示序列。

显示格式：	软件版本：	X . X X
	校准日期：	M M . J J

注意

交货时，校准日期被设为 0.00。 仅在首次重新校准后，才能显示正确的日期。

e) 激活显示屏照明

在打开电源过程中，按住“CHANGE ITEM”（更改项目）按钮可激活显示屏的照明。如果仪器被切换至“Stand by”（待机）模式时，照明将自动逐渐减弱，然后按任意按钮又可随仪器一道重新开启。仪器只能使用中央旋转开关上的 ON/OFF（开启/关闭）来关闭。

操作

测量功能有两种初始操作模式：控制回路和测量回路（见图 6）。

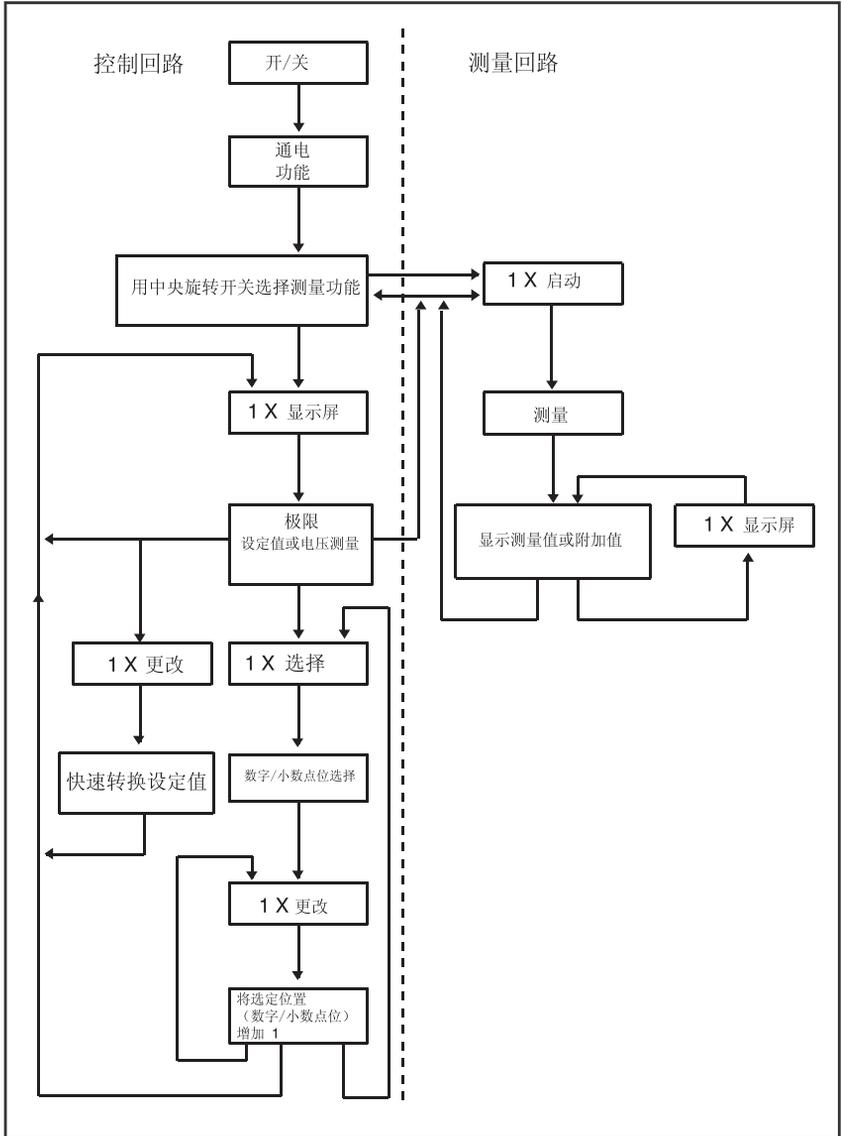


图 6. 操作模式

ehb009.eps

控制回路

在转动功能档旋转开关后，可进入电压显示模式。现在按下“DISPLAY MENU”（显示菜单）可调用控制回路。根据所选定的测量功能档，可以在控制回路中显示和更改不同的设置值。“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮可在一个持续回路中的不同设置值之间切换。“SELECT”（选择）按钮可选择要更改的小数点位。按下“CHANGE ITEM”（更改项目）按钮，仪器可在不同的设置值之间切换，或者将用“SELECT”（选择）按钮选择的小数点位增加1。

在完成参数设置后，可用“DISPLAY MENU”（显示菜单）调用下一个屏幕，或者用“START TEST”（启动测试）按钮启动测量。

根据所选定的功能档，可以显示或更改下列参数：

功能档	参数	设置范围	备注
RE 3pole 和 RE 4pole	U ST		仅限显示
	F ST		仅限显示
	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	
	UM	48 V/20 V	可用密码选择 20 V
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	仅限 RE 3pole 功能档*
	RE LIMIT	0.000 Ω ... 999 kΩ	仅在使用密码激活时
	♪（警告声音）	开/关	仅在使用密码激活 RE LIMIT 时
R*	开/关	仅在使用密码激活时	
RE	U ST		仅限显示
	F ST		仅限显示

	U _M	48 V/20 V	可用密码选择 20V
和	R _K	0.000 Ω ... 29.99 Ω	仅限 R _E 3pole 功能档*
R _E 4pole	I (比率)	80 ... 1200	仅限显示
	R _E LIMIT	0.000 Ω ... 999 kΩ	仅在使用密码激活时
	♪ (警告声音)	开/关	仅在使用密码激活 R _E LIMIT 时
	R*	开/关	仅在使用密码激活时

* (请参见“接地电极连接导线的补偿”)

功能档	参数	设置范围	备注
R~	U _{ST}		仅限显示
	F _{ST}		仅限显示
	F _M	(AFC/94/105/111/128) Hz	
	R _K	0.000 Ω ... 29.99 Ω	
	R ~ LIMIT	0.000 Ω ... 999 kΩ	仅在使用密码激活时
	♪ (警告声音)	开/关	仅在使用密码激活 R ~ LIMIT 时
	R _∞ 2pole 和 4pole	U _{ST}	
	F _{ST}		仅限显示
	R _K	0.000 Ω ... 29.99 Ω	
	R LIMIT	0.000 Ω ... 9,99 kΩ	仅在使用密码激活时
	♪ (警告声音)	开/关	仅在使用密码激活 R LIMIT 时

测量回路

按“START TEST”（启动测试）按钮可进入该回路。在松开“START TEST”（启动测试）按钮后，最后一个测量值可保留在显示屏中。重复按下“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮可调用所有附加值。如果测量值超过预设的极限值或者低于该值，则也可显示极限值（使用“DISPLAY MENU”按钮）。在这种情况下，测量值与一个闪烁不停的“LIMIT”（极限）字样同时显示，而极限值则与一个稳定的“LIMIT”（极限）符号同时显示。

在测量回路内，不能更改参数。

其它按钮操作包括：

用“DISPLAY MENU”（显示菜单）取消警告声音（🎵）（需转换屏幕）或使用“CHANGE ITEM”（更改项目）或“SELECT”（选择）按钮取消（不转换屏幕）。

检查测量连接是否正确（插座分配）

仪器可根据所选的测量执行一项自动检查，来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：

- 插座接线不正确（或者由于失误，忘记连接）：相应的符号闪烁。
- 插座正确接线：相应的符号稳定显示
- 插座无连接：相应的符号显示空白

安全控制测量

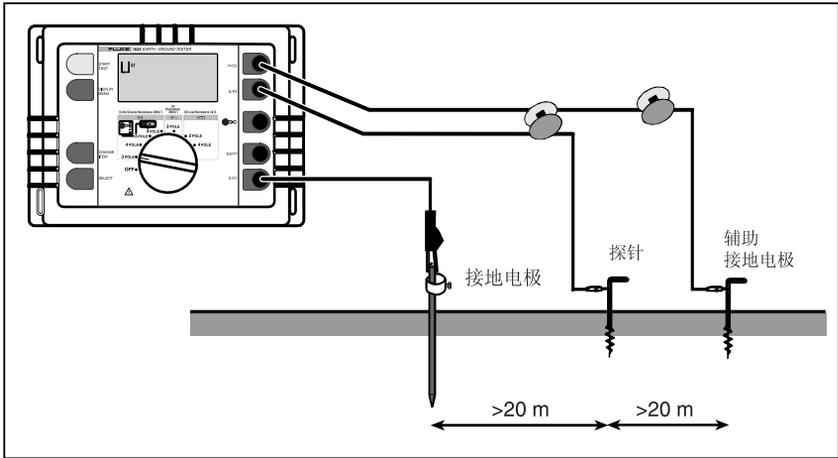
在每次测量之前，仪器会自动检查测量条件并且在显示错误类型的同时，防止在以下条件下启动测量：

- 插座电压过高（RE 和 R~ 高于 24 V；R $\overline{\text{~}}$ 高于 3 V）
- 连接错误或不完整
- 在测量过程中出现问题（显示“E1...E5”），参见“测量程序”部分的显示描述。
- 电池电压过低（显示 LO-BAT）

干扰电压和干扰频率的测量

该测量功能探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。如果超过预设的极限值，则表示干扰电压过高，测量被自动禁止。干扰电压的频率仅在干扰电压的水平大于 1 V 时方能测量。请参见图 7。

将中央旋转开关转到所需的档位上，读取干扰电压的测量值，干扰频率的测量值则用“DISPLAY”（显示）按钮来显示。



ehb010.eps

图 7. 干扰电压和干扰频率的测量

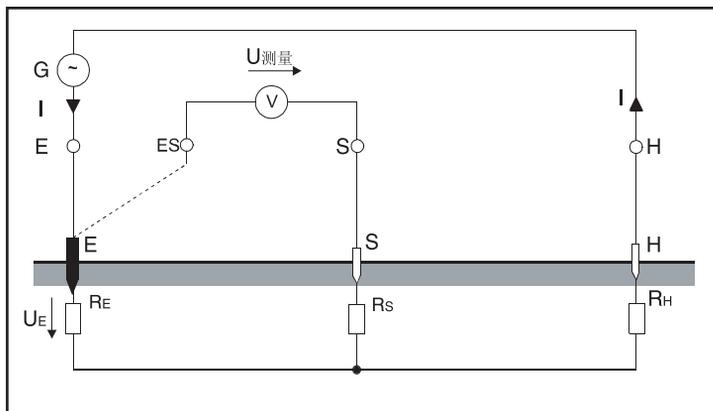
接地电阻的测量

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，就可测量互连网络（防雷系统和高压输电铁塔线路）中的单个电阻支路。

为了确保在测量过程中尽量抑制干扰，仪器还提供了四种测量频率（94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz），并且在需要时可自动切换（AFC – 自动频率控制）。每种特定测量所用的相应测量频率可以在测量后使用“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮调用和显示。另外，在特殊情况下，可选择四个测量频率中的一个进行永久性设置。在那种情况下，为了确保显示的稳定，可以按住“START TEST”（启动测试）按钮进行最长可达一分钟的平均测量。

为了确定接地阻抗 (R^*)，还在一个接近市电频率的频率（55 Hz）下进行测量。在通过用户密码激活 R^* 后，该测量频率将被自动激活。

为了使仪器在交货时尽可能简单，所有特殊功能，例如 LIMIT（极限）输入、BEEPER（蜂鸣器）设置、接地阻抗（ R^* ）测量等，在交货时都未被激活。MIT（极限）输入、BEEPER（蜂鸣器）设置、接地阻抗（ R^* ）测量等，在交货时都未被激活。

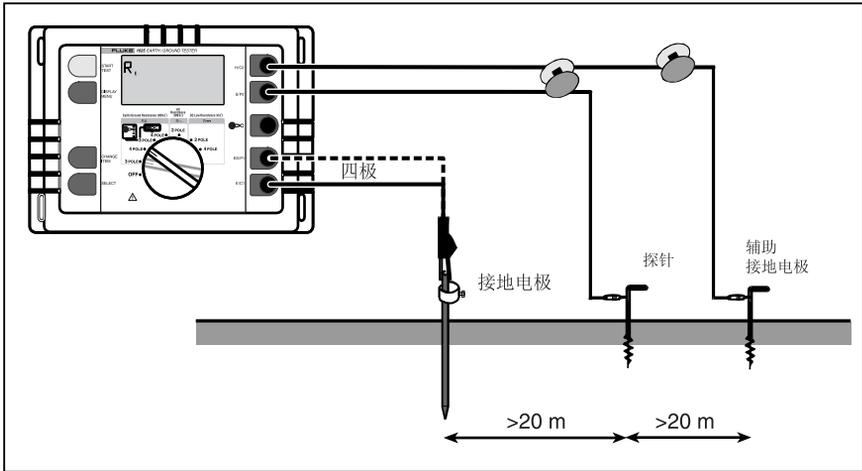


ehb011.eps

图 8. 接地电阻测量 - 方法

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。请见图 9。



ehb012.eps

图 9. 三极/四极接地电阻测量 - 过程

1. 将中央旋转开关转到“ R_E 3pole”档或“ R_E 4pole”档
按照显示屏上给出的图片和说明连接仪器。
插座符号 E ES S H 或 XC 闪烁表示测量导线连接错误或不完整。
2. 按“START TEST”（启动测试）按钮
现在执行一个所有相关参数的完全自动化的测试序列，象辅助接地电极、探针和接地电极电阻，并显示结果 R_E 。
3. 读取测量值 R_E 。
4. 使用“DISPLAY MENU”（显示菜单）调用 R_S 和 R_H 。

接地钉安装注意事项：

在为探针和辅助接地电极安装接地钉之前，请确保探针安装在接地电极和辅助接地电极的电势梯度范围之外（另见“电势梯度范围对接地电阻测量的影响”）。在接地电极和接地钉之间以及接地钉相互之间留 20 米以上的距离通常就可满足该条件。

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，直到测量值 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”部分所述补偿线电阻。

时间平均测量：

如果经过一个测试序列后，出现“measured value unstable”（测量值不稳定）的警告（参见“测量程序”，“显示描述”），极有可能是由于干扰信号太强引起（如噪声电压不稳定）。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“操作”部分的“控制回路”）
2. 按住“START TEST”（启动测试）按钮不放直到“measured value unstable”（测量值不稳定）的警告消失。最长求平均值时间约为1分钟。

测量值的评估

图 10 显示最大允许的接地电阻值，在考虑最大的使用误差条件下，它不可超过允许的极限值。

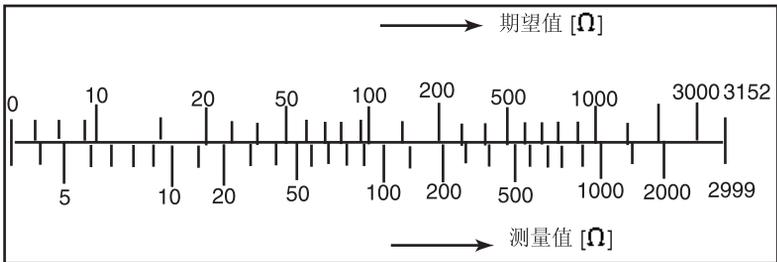


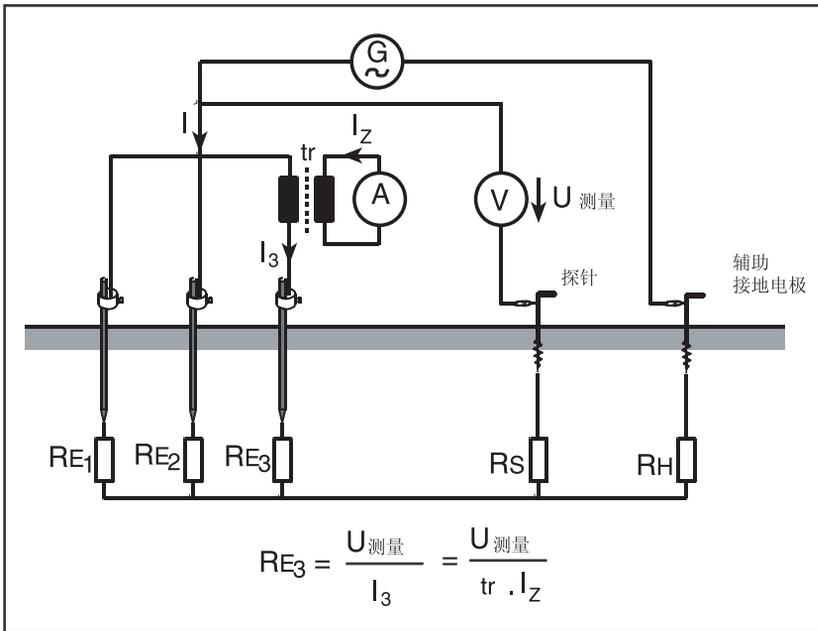
图 10. 接地电阻 - 最大允许值

ehb013.eps

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

该测量方法被设计用来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铁塔等）中的单个接地电阻。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。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。



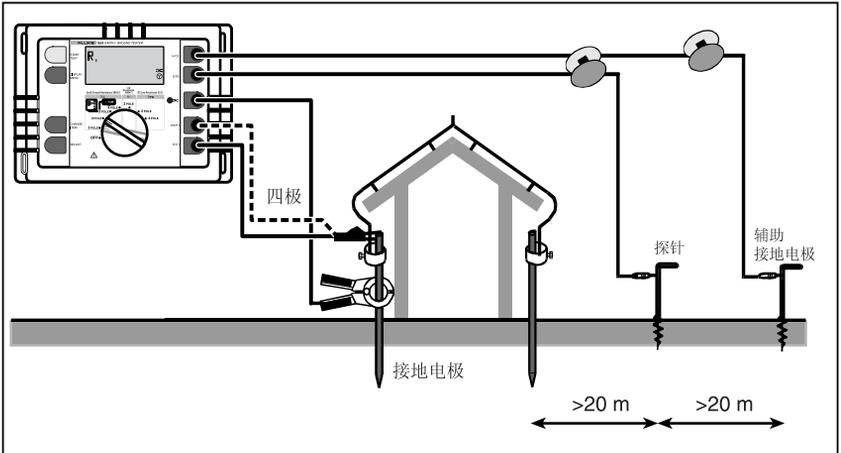
ehb014.eps

图 11. 测量网状运行的接地系统中的单个接地电极的电阻

变流器的误差可以依照“校正夹式变流器误差”部分所述进行校正。

三极/四极测量单个接地电极的电阻

请见图 12。



ehb015.eps

图 12. 三极/四极测量单个接地电极的电阻

将中央旋转开关转到“ RE 3pole”档或“ RE 4pole”档。按照显示屏上给出的图片和说明连接仪器。

插座符号     或  闪烁表示测量导线连接错误或不完整。

将夹式变流器固定在待测接地电极的周围。

确保仪器上设置的变压系数符合所用的夹式变流器。视需要更改设置（参见“使用个性化密码更改所有数据设置”）

注意

厂内预设的比率适合 EII62X 传感型电流钳

按“START TEST”（启动测试）按钮。

现在执行一个所有相关参数的完全自动化的测试序列，象辅助接地电极、探针和接地电极电阻，并显示结果 R_E 。

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

接地钉安装注意事项：

在为探针和辅助接地电极安装接地钉之前，请确保探针安装在接地电极和辅助接地电极的电势梯度范围之外（另见“电势梯度范围对接地电阻测量的影响”）。在接地电极和接地钉之间以及接地钉相互之间留 20 m 以上的距离通常就可满足该条件。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，直到测量值 R_E 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

如果经过一个测试序列后，出现“measured value unstable”（测量值不稳定）的警告（参见“显示描述”，“测量程序”），极有可能是由于干扰信号太强引起（如噪声电压不稳定）。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“操作”部分的“控制回路”）
2. 按住“START TEST”（启动测试）按钮不放直到“measured value unstable”（测量值不稳定）的警告消失。最长求平均值时间约为 1 分钟。

在高压输电铁塔上测量

使用选择性夹钳法不断开架空地线测量接地电阻

测量单个高压输电铁塔的接地电阻通常要求将架空地线断开（卸下）或将接地系统与铁塔结构分离。否则由于通过架空地线相互连接的其它铁塔的并联电路的影响，很有可能会导致铁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。

由于铁塔的全部四个脚都连接到铁塔的基础接地体上，测量电流 $I_{\text{测量}}$ 根据存在的相关电阻被分成五份。

一份通过铁塔流到架空地线，再流到并联连接的铁塔接地电阻上。

其它四份 ($I_1 \dots I_4$) 则分别流经每个铁塔脚。

所有电流相加就可得到流经接地电阻，即相对地面的“合成”接地电极的电阻的电流 I_E 。

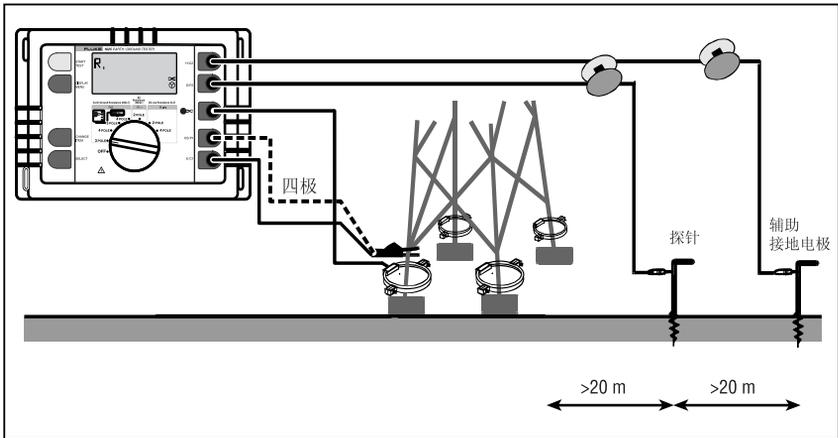
如果变流器依次安装在每个铁塔脚上，则需要测量四个电阻，它们分别与相应的电流分量 $I_1 \dots I_4$ 成反比。测量电流的馈电点要保持不变，以免电流分配发生变化。

于是，这些等效电阻可表示为：

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

因此，铁塔的接地电阻 R_E 可作为单个等效电阻的并联电路来确定：

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



ehb016.eps

图 13. 不断开架空地线测量接地电阻

1. 将旋转开关转到“ R_E 3pole”档或“ R_E 4pole”档按照显示屏上给出的图片和说明连接仪器。

插座符号 E ES S H 或 Y Y 闪烁表示测量导线连接错误或不完整。

2. 将变流器安装到铁塔脚上。确保仪器上设置的变流系数符合所用的变流器。视需要更改设置（参见“使用个性化密码更改所有数据设置”）

3. 按“START TEST”（启动测试）按钮

现在执行一个所有相关参数的完全自动化的测试序列，象辅助接地电极、探针和接地电极电阻，并显示结果 R_E 。

4. 读取测量值 R_E 。

5. 使用“DISPLAY MENU”（显示项目）按钮调用 R_S 和 R_H 。

接地钉安装注意事项：

在为探针和辅助接地电极安装接地钉之前，请确保探针安装在接地电极和辅助接地电极的电势梯度范围之外（另见“电势梯度范围对接地电阻测量的影响”）。在接地电极和接地钉之间以及接地钉相互之间留 20 m 以上的距离通常就可满足该条件。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，直到测量值 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铁塔脚上。
2. 重复测量序列。

测量电流的电流馈电点（鳄鱼夹）和钳形电流互感器的极性应保持不变。

在测定所有铁塔脚的 R_{Ei} 值后，应计算出实际的接地电阻 R_E ：

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

注意

尽管变流器的位置正确，如果显示的 R_E 值为负数，则表示有一部分电流向上流向塔身。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：

如果经过一个测试序列后，出现“measured value unstable”（测量值不稳定）的警告（参见“显示描述”，“测量程序”），极有可能是由于干扰信号太强引起（如噪声电压不稳定）。

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“操作”部分的“控制回路”）
2. 按住“START TEST”（启动测试）按钮不放直到“measured value unstable”（测量值不稳定）的警告消失。最长求平均值时间约为 1 分钟。

用 55 Hz 测量接地阻抗 (R^*)

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：

50 Hz 时的相角： $30^\circ \dots 60^\circ$ 感应

辅助接地电极（欧姆性）： $>100 \cdot Z_E$

测量过程：

接地阻抗 (R^*) 的测量仅在输入个性化的用户密码激活后才能进行（参见“使用个性化密码更改所有数据设置”）。如果该测量功能被激活，在每次测量四个 RE 位置时，接地阻抗 R^* 显示在所有其它测量值之前。

校正夹式变流器误差

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。该误差可以通过微调夹式变流器的变压系数进行校正（默认设置为 1000:1）。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. 依照下面图片的描述连接一只低电阻电阻器（约 1 欧姆，在您想要校正的范围内）。

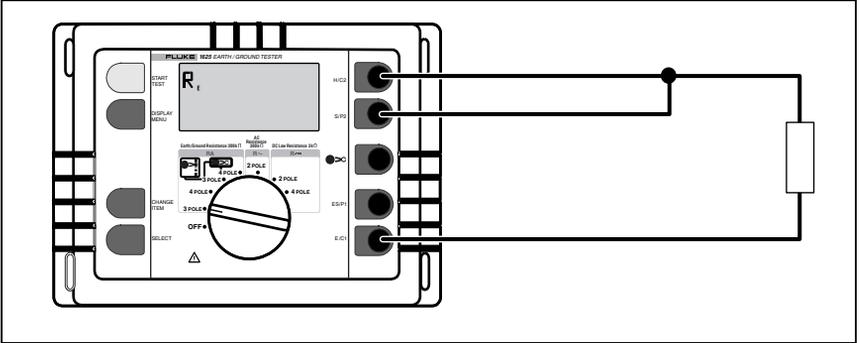
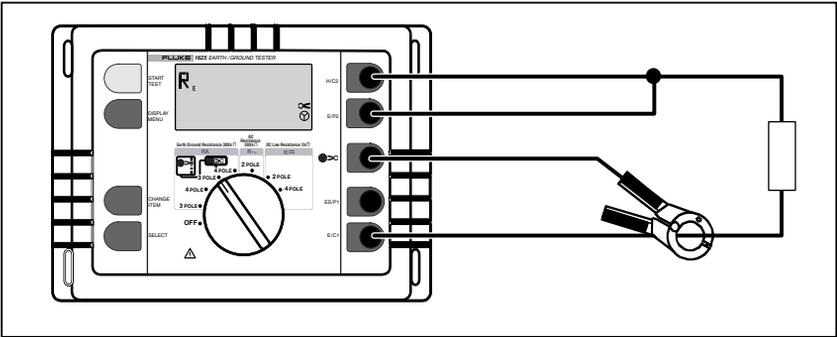


图 14. 校正夹式变流器误差

edw017.eps

2. 将中央旋转开关转到 “ RE 3pole” 档。
3. 按 “START TEST”（启动测试）按钮，并记录下 RE 值的结果。
4. 连接夹式变流器。



edw018.eps

5. 将中央旋转开关转到 “ RE 3pole” 档。
6. 再次按 “START TEST”（启动测试）按钮。

如果以此方法取得的测量值 R_E 与不使用夹式变流器测得的 R_E 值相差 5% 以上，则相应调整夹式变流器的变压系数 (tr)：

$$tr_{\text{新}} = tr_{\text{旧}} \times \frac{R_E(\text{withclip} - \text{ontransformer})}{R_E(\text{withoutclip} - \text{onTransfprmer})}$$

例如：

您所用夹式变流器的变压系数为 $tr = 1000:1$ 。不使用夹式变流器测量所得的值 $R_E = 0.983 \Omega$ 。使用夹式变流器所测得的值 $R_E = 1.175 \Omega$ 。

偏差为 $(1.175 - 0.983) \Omega = +0.192 \Omega$ ，表示当 $R_E = 0.983 \Omega$ 时，误差可按下列公式推出：

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

需设定的新变压系数为：

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

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。补偿按下列所述进行：

测量过程：

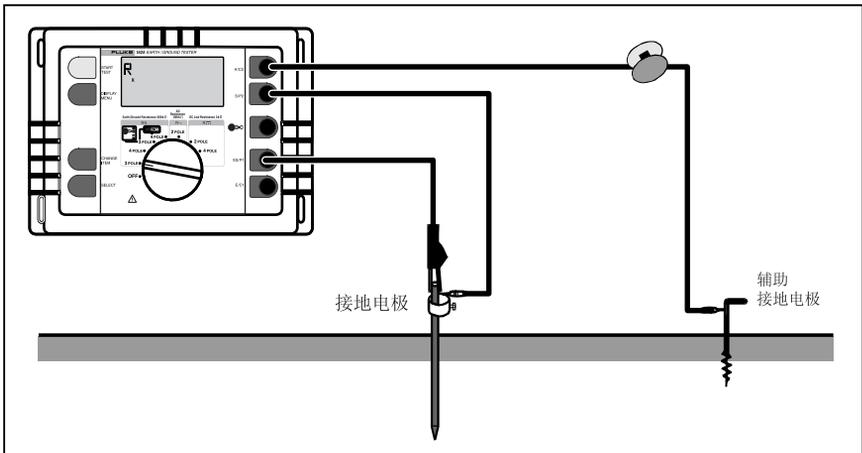


图 15. 接地电极连接导线的补偿

ehb019.eps

1. 将中央旋转开关转到“ R_E 3pole”档。
2. 依照图片连接仪器。

3. 使用“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮调用显示 R_K 。
4. 用“START TEST”（启动测试）执行补偿。

补偿电阻仅在按住“START TEST”（启动测试）按钮时显示。在松开“START TEST”（启动测试）按钮后，测量值被保存，测量仪器返回到测量开始时的标准设置，这样再次按下“START TEST”（启动测试）按钮即可继续进行接地电阻的测量。自那以后， R_K 都被从实际测量值中减去。

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。下面采用的测量程序是使用由 Wenner 开发的方法（F.Wenner，测量土壤电阻率的方法；国家标准局，公告 12 (4)，论文 258，第 478-496 页；1915/16）。

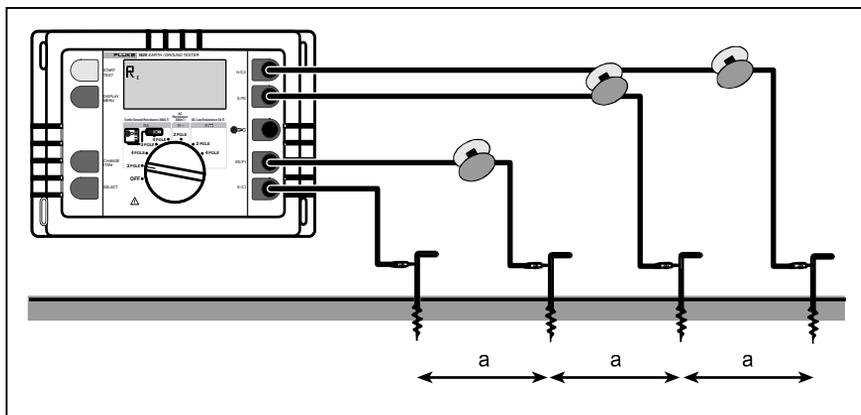


图 16. 土壤电阻率的测量

edw020.eps

1. 四个长度相同的接地钉成一均匀直线安置在土壤中并且相互之间距离相同，均为“a”。接地钉的钉入深度最大不应超过“a”的三分之一。

2. 将中央旋转开关转到“R_E 4pole”档。

按照显示屏上给出的图片和说明连接仪器。

插座符号     或   闪烁表示测量导线连接错误或不完整。

3. 按“START TEST”（启动测试）按钮。
4. 读取测量值 R_E。

根据所显示的电阻值 R_E，土壤电阻率可根据下列等式计算：

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

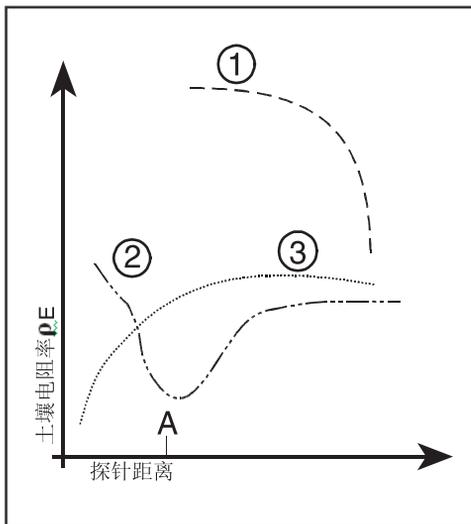
ρ_E 土壤电阻率的平均值 (Ωm)

R_E 测量电阻 (Ω)

a 探针距离 (m)

根据 Wenner 的测量方法确定大约为两个接地钉之间的距离“a”深度处的土壤电阻率。通过增加“a”，可测量更深的地层，并检查其均质性。如果变换“a”数次，就可以测得一个曲线图，从中可以确定合适的接地电极。

根据被测量的深度，“a”通常在 2 m 到 30 m 之间选择。本方法可获得下面图表中描述的曲线。



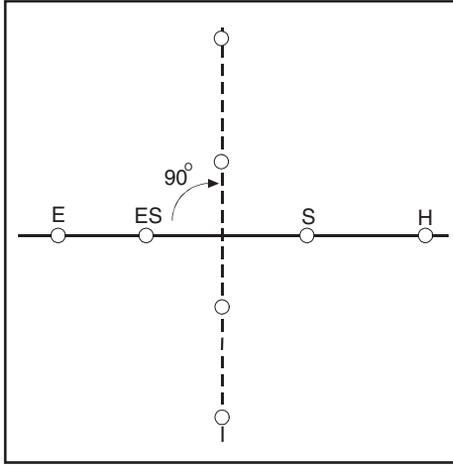
ehb021.eps

曲线 1: 当 ρ_E 仅向下减小时, 建议采用较深的接地电极

曲线 2: 当 ρ_E 仅向 A 点减小时, 增加大于 A 的深度不会改善测量值。

曲线 3: 当深度增加, 但 ρ_E 不减小时: 建议采用条形导线电极。

由于地下金属块、地下含水土层等经常会导致测量结果失真和不可靠, 我们总是建议将接地钉轴线的角度旋转 90° , 再进行第二次测量 (见图)。

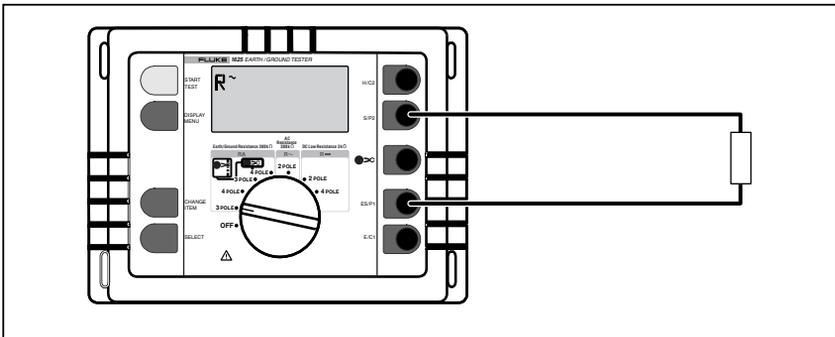


edw022.eps

电阻测量

电阻测量 (R~)

该测量功能可测定 $0.001\ \Omega$ 到 $300\ \text{k}\Omega$ 之间的欧姆性电阻。该测量采用交流 (AC) 电压来进行。如果测量很低的电阻，则建议考虑连接导线的补偿 (参见“连接导线电阻的补偿”)。



edw023.eps

图 17. 电阻测量 (R~)

1. 将中央旋转开关转到“R~”档。
2. 依照图片连接仪器。

3. 在该模式下，所有可以使用的设置和 LIMIT（极限）值都可以用“DISPLAY ITEM”（显示项目）按钮调用，并设定测量频率。
4. 按“START TEST”（启动测试）按钮。
5. 读取测量值。

电阻测量 (R ∞)

在该测量模式下，所有 0.001 Ω 到 3 k Ω 之间的电阻都可以依照 EN61557-5 采用直流（DC）电压和自动极性反转进行测量。

为了获得最高准确度，可以采用四极测量法。要平衡延长导线，应对导线进行补偿。

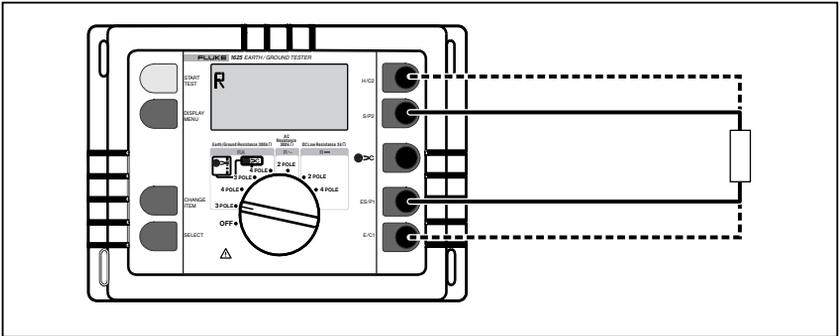


图18. 电阻测量 (R ∞)

edw024.eps

1. 依照图片连接仪器。
2. 将中央旋转开关转到“R ∞ ”档。
3. 在该模式下，所有可以使用的设置和 LIMIT（极限）值都可以用“DISPLAY ITEM”（显示项目）按钮调用。

⚠ 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！
如果外部电压高于 3V，测量将无法启动。

⚠ 警告

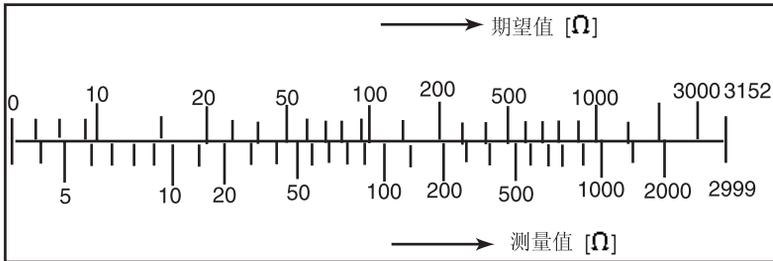
由于测量电流大，在从测量电路断开时，电感负载可导致致命的感应电压。

4. 用“START TEST”（启动测试）按钮启动测量。首先，在“E”插座上用正电压测量“R₁”。在松开“START TEST”（启动测试）按钮后，在插座“E”上用负电压测量“R₂”。两者分别先显示较大的测量值。
5. 第二个测量值可以用“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮调用。如果超过设定的极限值（R LIMIT），则极限值也一同显示。

测量值的评估

在考虑最大的操作误差后，示意图显示最大允许显示值，所以不要超过要求的距离。

测量范围为 29, 99 ...299, 9 ...2999 Ω



ehb025.eps

图 19. 测量值的评估

测量导线电阻的补偿

1. 使用“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮调用显示 R_K。
2. 依照图片所示短接测量导线。
3. 按“START TEST”（启动测试）按钮。在松开“START TEST”（启动测试）按钮后，R_K 值被保存，显示屏跳回电压测量。自那以后，R_K 都被从实际测量值中减去。转动中央旋转开关片刻又可再次取消线路补偿。

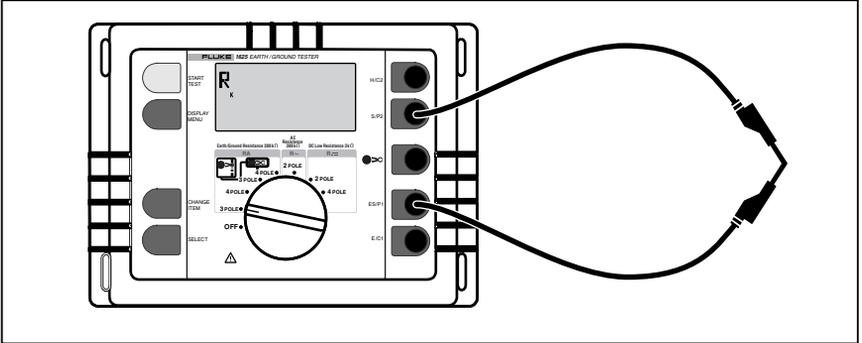


图 20. 测量导线电阻的补偿

使用个性化密码更改所有数据设置

利用该功能，（FM，UM-极限，极限，蜂鸣器，比率，R*，F*）极限值和设定值都可以进行设置，这样即使开启/关闭仪器，都可以记住它们。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。

设置只能在各项功能中分别进行。

1625

Earth/Ground Tester

功能档	参数	设置范围	标准预设值
RE 3pole 和 RE 4pole	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	AFC
	UM	48 V/20 V	48V
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	0.000 Ω
	LIMIT	开/关	关闭
	RE LIMIT	0.000 Ω ... 999 kΩ	999 kΩ
	♪ (警告声音)	开/关	关闭
	R*	开/关	关闭
RE 3pole  和 RE 4pole 	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	AFC
	UM	48 V/20 V	48V
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	0.000 Ω
	I (比率)	80 ... 1200	1000
	LIMIT	开/关	关闭
	RE LIMIT	0.000 Ω ... 999 kΩ	999 kΩ
	♪ (警告声音)	开/关	关闭
	R*	开/关	关闭
R~	FM	(AFC/94/105/111/128) Hz	AFC
	RK	0.000 Ω ... 29.99 Ω	0.000 Ω
	LIMIT	开/关	关闭
	R ~ LIMIT	0.000 Ω ... 999 kΩ	999 kΩ
	♪ (警告声音)	开/关	关闭

R 			
2pole	R _K	0.000 Ω ... 29.99 Ω	0.000 Ω
和	LIMIT	开/关	关闭
4pole	R LIMIT	0.000 Ω ... 9,99 kΩ	9.99 kΩ
	 (警告声音)	开/关	关闭

保存密码

1. 同时按下所有四个键，然后将中央调谐按钮从 OFF（关闭）转到想要的测量模式。

显示屏显示“C ___”。

2. 现在输入密码数字。 可以输入任意三位数字。

注意

一旦输入了密码 (CODE)，所有以后设置的值只能在输入该密码后才能更改。除非知晓密码，否则在输入密码后就无法删除或更改它。如果设置了一个未知的密码，它只能由其创建者或制造商读取或删除。因此，请在此处记录下您的个人密码。

密码 . . .

3. 输入密码是通过“CHANGE ITEM”（更改项目）和“SELECT”（选择）按钮来完成。
4. 按下“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮完成输入。

现在密码被保存，显示屏显示“C ON”。

5. 如果显示“C ON”通过按下“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮来确认，则所选测量功能的第一个参数将被显示在显示屏中，并可用“CHANGE ITEM”（更改项目）和“SELECT”（选择）按钮对其进行更改。

6. 按下“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮可保存所更改的值。
7. 按“START TEST”（启动测试）按钮退出设置程序。

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。

删除密码

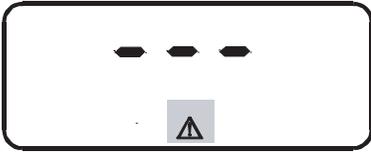
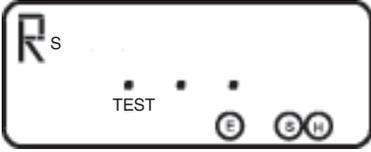
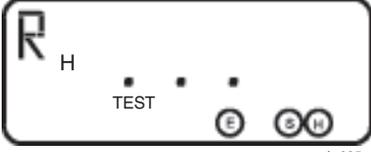
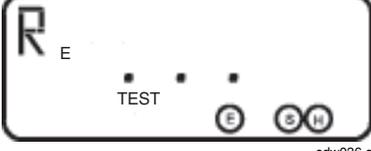
1. 同时按下所有四个键，然后将中央调谐按钮从 OFF（关闭）转到任何测量模式。
显示屏显示“C ___”。
2. 现在输入原有的密码数字。
3. 输入密码是通过“CHANGE ITEM”（更改项目）和“SELECT”（选择）按键来完成。按下“DISPLAY MENU”（显示菜单）按钮完成输入。
4. 显示屏显示“C ON”。在“C ON”状态下，按“CHANGE ITEM”（更改项目）按钮可以禁用密码功能。然后显示屏显示“C OFF”。
5. 如果该显示通过按下“DISPLAY MENU”（显示项目）按钮来确认，则用户密码和所有极限值更改均被删除。原始默认值被恢复到内存中。
6. 现在可以设定一个新的密码，用于设置新的参数。

显示描述

表 3. 显示描述

功能	显示	状态	注
“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。
	 edw029.eps	电池电压过低	更换电池。
	 edw030.eps	蜂鸣器开启	超过极限值时发出声音警告。

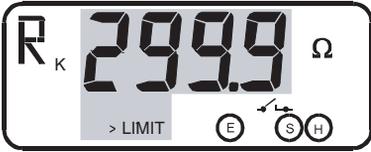
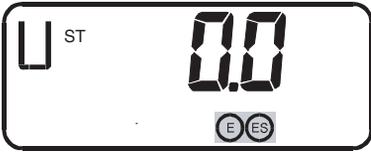
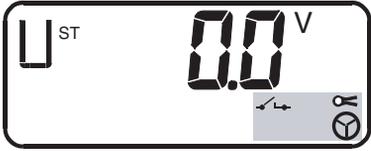
图例：  = 显示闪烁

功能	显示	状态	注
	 <p>edw031.eps</p>	大于 50 V 危险交流电压	除了电压测量外，所有测量功能均被锁定。
“启动”之前	 <p>edw033.eps</p>	旋转开关处于中间位置	选择正确档位。
“启动”之后	 <p>edw034.eps</p>	正在测试探针电阻	等待测试结果。
	 <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。

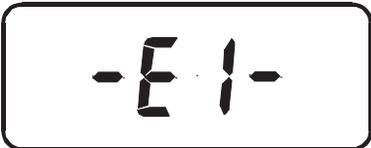
图例：  = 显示闪烁

功能	显示	状态	注
	 <p>edw037.eps</p>	<p>接地和辅助接地电极的测量电路被断开。</p>	<p>检查接地钉上的导线连接，测量导线可能存在故障。</p>
	 <p>edw038.eps</p>	<p>接地和探针电极的测量电路被断开。</p>	<p>检查接地钉上的导线连接，测量导线可能存在故障。</p>
	 <p>edw039.eps</p>	<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。</p>	<p>尝试湿润土壤或再并联连接一个辅助接地钉。</p>
“启动”之后	 <p>edw040.eps</p>	<p>超出测量范围。</p>	<p>测量值大于 300 kΩ。</p>

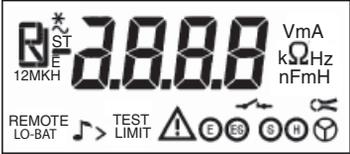
图例：  = 显示闪烁

功能	显示	状态	注
	 <p>edw041.eps</p>	测量值显示超出 LIMIT (极限)。	测量值高于设定的 LIMIT (极限)。
	 <p>edw042.eps</p>	补偿值高于测量值。	取消补偿或开启/关闭仪器。
	 <p>edw043.eps</p>	插座 E 和 ES 上极性错误。	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。

图例：⚠ = 显示闪烁

功能	显示	状态	注
	 <p style="text-align: right; font-size: small;">ehb046.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。
“启动”之后	 <p style="text-align: right; font-size: small;">edw047.eps</p>	电流钳位置相反或者电流“向上”流	反转电流钳或参见第 28 页注意部分。
	 <p style="text-align: right; font-size: small;">edw048.eps</p>	EE PROM 校验和不正确。	
	 <p style="text-align: right; font-size: small;">edw049.eps</p>	硬件故障（如电流过载）。	如果故障仍然存在，开启/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。

图例：  = 显示闪烁

功能	显示	状态	注
	 <p style="text-align: right; font-size: small;">edw050.eps</p>	EE PROM 内存存取故障。	联系维修。
	 <p style="text-align: right; font-size: small;">edw051.eps</p>	内部计算故障。	
	 <p style="text-align: right; font-size: small;">edw052.eps</p>	热超负荷。	彻底冷却。
	 <p style="text-align: right; font-size: small;">edw053.eps</p>	电池电压在 测量时降 低。	电池的内阻过 高（磨损，低 温）。更换电 池，预热仪 器。

图例：△= 显示闪烁

保养与维护

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。请勿使用侵蚀性的清洗剂和溶液（三氯乙烯，氯乙酰胺等）。

维修工作必须由经过培训的合格人员承担。

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）。

小心

在进行任何维护、维修或更换部件之前，仪器必须与所有电源断开。

更换电池

注意

可以使用 NiMH（镍氢）或 NiCAD（镍镉电池），但是必须在仪器外面充电。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。

本仪器配备了六节 1.5 V IEC RL 6 或 AA 型电池。如果在按下“START”（启动）按钮后，所有显示屏区段都点亮（仪器重置，显示屏测试）或者如果在测量过程中显示屏中出现“LO-BAT”（低电量）符号，则必须更换电池，或者给电池重新充电。

小心

如要更换电池，必须断开测量电缆并关闭仪器的电源。然后用合适的工具（螺丝起子）将仪器背面的两颗螺钉松开，再将电池盖取下。在更换电池时，请注意极性。

更换时，应更换全套电池。

注意

为了保护环境，请确保恰当处理电池。

重新校准

本仪器的准确度要超过其出厂时规定的准确度好几倍。为了使仪器保持在该状态，我们建议每隔一年检查一次。请就近联系销售或服务中心洽询此事。

作为一项额外的服务特色，我们还可为您的仪表提供定期检查和校准。您可以支付一定费用自行选择订购公司测试认证或公共校准服务测试认证。这些订购将以常规方式进行或者提供您所订购的附加测试记录（测量点）。

服务

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。如果仪表仍然无法正常工作，请将它牢固包装（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 公司对运输过程中发生的损坏不承担责任。

要查找授权服务中心的地点，请使用下面所列任何一个电话号码联系 Fluke:

美国: 1-888-99-FLUKE (1-888-993-5853)

加拿大: 1-800-36-FLUKE (1-800-363-5853)

欧洲: +31 402-678-2005

日本: +81-3-3434-0181

新加坡: +65-738-5655

世界任何地区: +1-425-446-5500

或者访问我们的网站: www.fluke.com。要注册您的产品，请访问 register.fluke.com

存放

如果要存放仪器或者一段时间不使用仪器，应取出电池并将它们分开存放，以免因电池电解液泄漏而引起可能的损坏。

附录 A

无棒接地电阻测试

简介

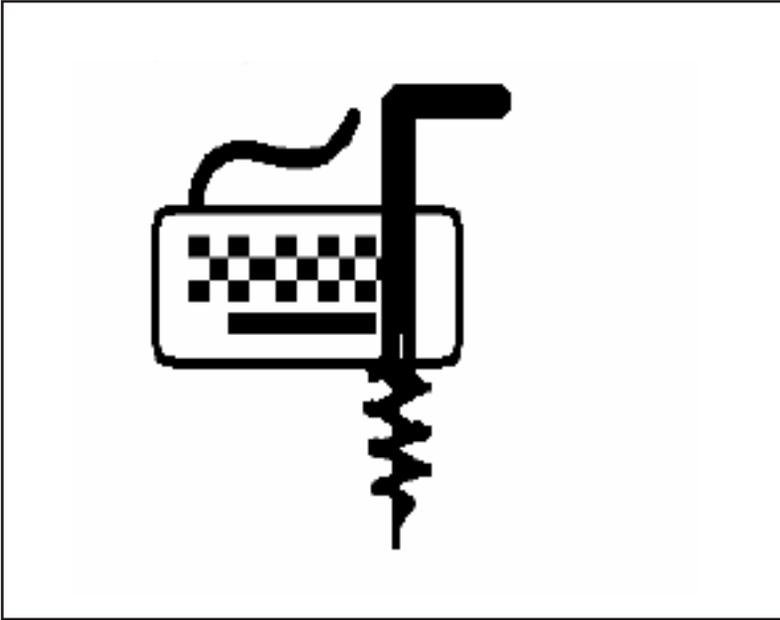
“无棒”测试为接地测试仪提供了使用两个夹式变流器测量多接地系统中单个接地电阻的独特能力。

测试时不需要使用接地棒。

在推出这种方法之前，测试时要求用户将需要测试的单个接地路径与其它接地系统断开连接，以消除并联接地路径的影响。

这种方法最低限度非常耗时，而且在许多情况下非常危险。

一旦断开连接，就要求使用标准的三极/端子接地测试法并要求使用辅助接地棒。除了耗费更多的时间以外，要给接地棒找到合适的位置也很难，在某些情况下，甚至无法找到。“无棒”接地电阻测试法消除了这些问题，是接地测试仪标准测试方法的完美补充。



edw060.eps

规格

常规：**R_E**  3 pole 模式下接地测试仪所用适配器单元（订购编号：EI-1625）

本节所含的全部信息均指本应用（无棒测试）。

原理：探针和辅助接地电极不使用接地棒进行接地测试

工作温度范围 -10 °C ... +55 °C.

操作温度范围 0 °C ... +30 °C.

存储温度范围 -30 °C ... +70 °C.

质量标准：依照 DIN ISO 9001 开发、设计和制造。

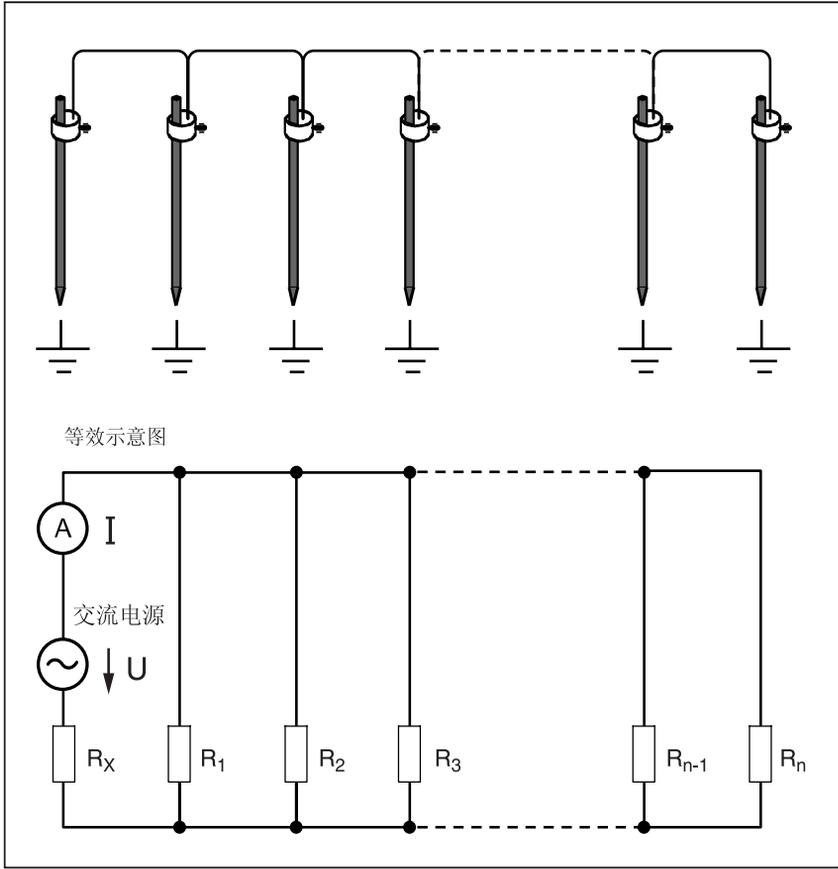
尺寸 适配器电缆的总长度为 1.8 m；夹式变流器屏蔽电缆的长度为 1.5 m。

操作误差*:	$\pm (10\% \text{ 读数} + 5 \text{ 位数})$ 。
显示范围*:	0,010 Ω ... 130 Ω .
测量频率:	128 Hz.
测量电压:	$U_m = 48 \text{ VAC}$ (初级)。
测量范围*:	0,020 Ω ... 100 Ω .
分辨率:	0.001... .1 ohm.
*在使用:	CT EI-162AC 来感应电压及 使用 CT EI-162X 来探测电流时。 变流器之间建议距离: 10 cm。

操作原理

目的

测试具有并联接地连接的系统（多接地系统）中单个接地连接的电阻。



ehb061.eps

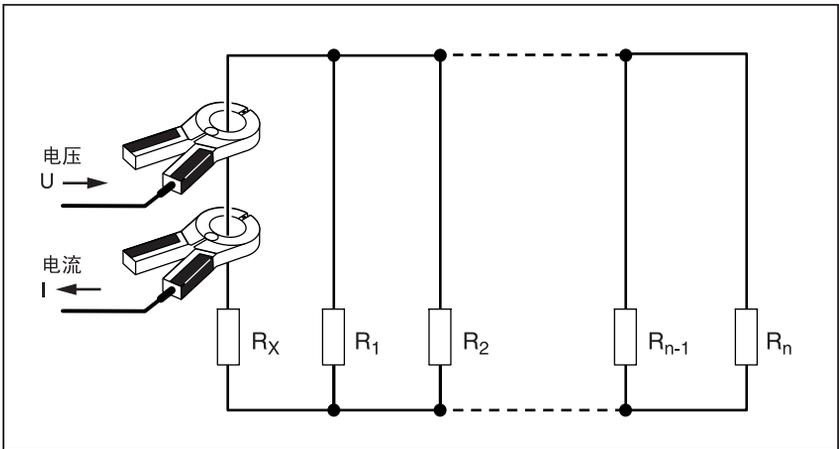
$$\frac{U}{I} = R_x + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

如果 $R_1 \dots R_n$ 电阻器的并联连接远远小于所测接地连接 R_X :

$$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \ll R_X$$

那么 $R_X = \frac{U}{I}$ 是合理的近似。

测试电压 (U) 是在不断开接地棒的情况下和/或通过夹式变流器直接电气连接提供, 电流则由另一台变流器检测。

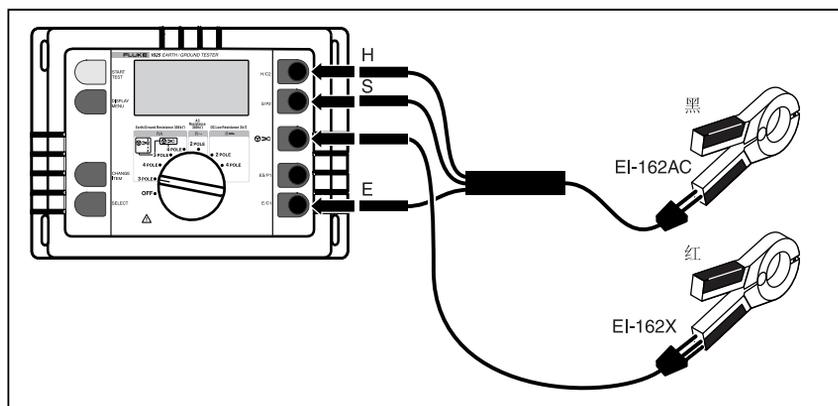


ehb062.eps

经过电流和电压的同步整流后, 测试仪显示 R_X 。

操作

依照示意图连接适配器并将 E, S 和 H 符号（美国版为 C1、P1 和 P2）连接到测试仪及电流钳。



ehb063.eps

使用装置中所含的测试电缆将另一只电流钳连接到插座。确保连接的极性正确。将测试仪的旋转开关转到 **R_E** 3 pole 档。

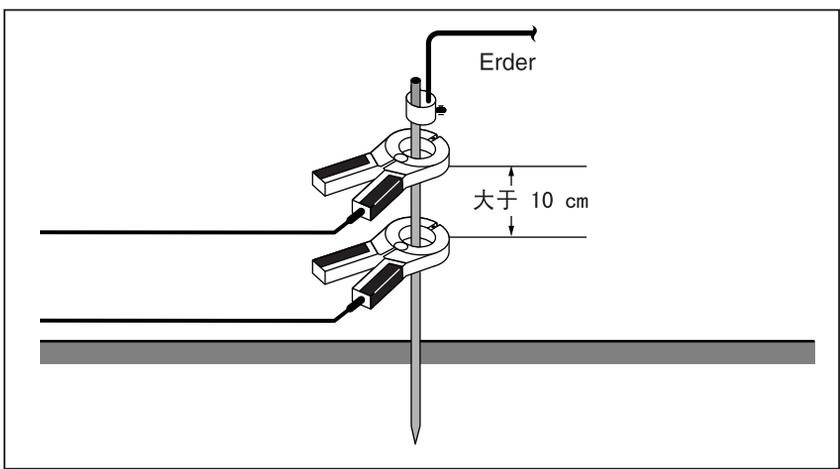
注意

只能使用本手册所提及的变流器。

将两台变流器夹到待测的接地导体上。

注意

尽量使电流钳之间的距离大于 10 cm，以获得最佳效果。



ehb064.eps

按下 START（启动）按钮将显示 R_E 值。

注意

在这种特殊模式下， R_H 和 R_S 值没有意义。

测试仪上的设置

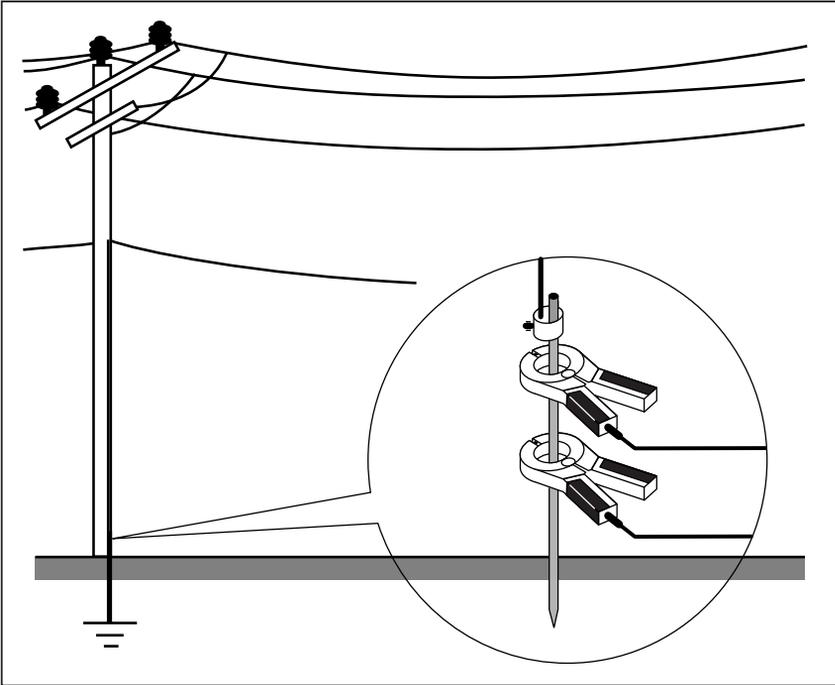
请参阅测试仪使用说明书中的操作部分。

测试仪的旋转开关必须位于 R_E 3 pole 档。

- U_m 将测试电压设为 48V（标准值）
- R_k 将补偿电阻设为 0.000 欧姆
- I 将变压系数设为 1000（标准值）
- R^* 设为 OFF（关闭）（对本模式无意义）。

应用

例 1： 电线杆的接地棒。



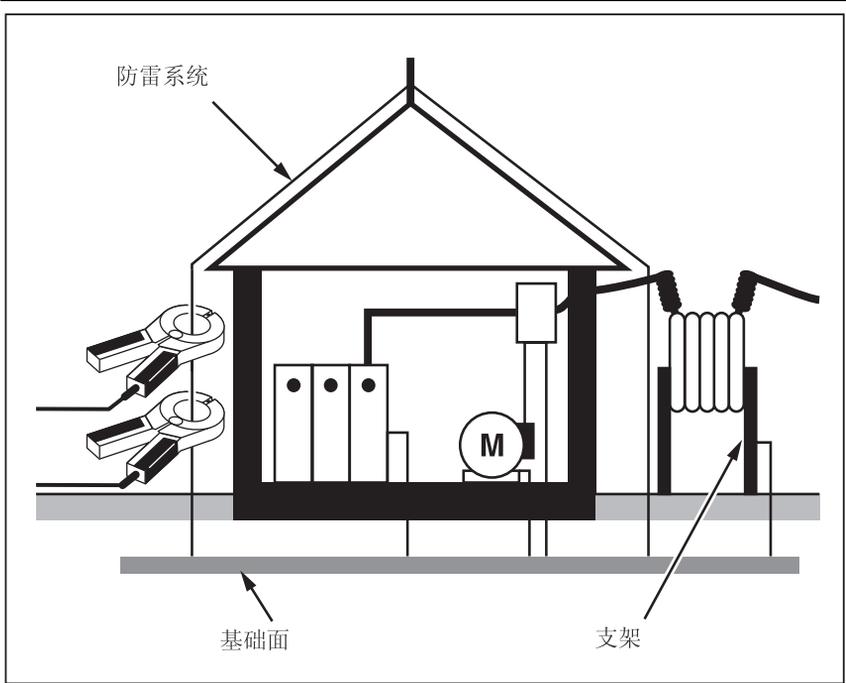
edw065.eps

例 2： 测试多接地（互连）系统：

接地导体连接到，例如电网或者混凝土基础面及其它导电器件上，比如防雷系统或支架上。

在这种情况下，单个接地路径的电阻就不重要了。

必须测试来确认接地连接的电阻是否足够低和可靠。



ehb066.eps

显示描述

在采用“无棒”接地测试时，某些显示组合有一定的含义。

显示	含义	注
 <p>edw067.eps</p>	变流器的极性反转	改变变流器的方向
 <p>edw068.eps</p>	被测电阻低于测量范围或者适配器电缆与接地测试仪的插接不正确	开启/关闭进行下一测试

图例：△= 显示闪烁

显示	含义	注
 <p>edw069.eps</p>	<p>被测电阻高于测量范围</p>	

图例：△= 显示闪烁

1625

Earth/Ground Tester

附录 B

接地电阻

简介

根据定义，接地电阻由数个单独电阻组成。

1. 接地电极连接导线的电阻
2. 实际接地电极的电阻；接地棒、接地板、接地条、网状接地电极等
3. 耗散电阻，接地电极与土壤电位之间的电阻。

由于经过正确确定尺寸后，连接电缆和接地电极的电阻都很小，可以忽略不计，接地电阻主要取决于耗散电阻。这意味着准确地测量耗散电阻对确定保护措施的实际接地情况是必需的。由于耗散电阻不仅取决于特定的土壤电阻率，即实际土壤（砂砾、粘土和花岗岩）的电阻，而且在很大程度上还取决于接地电极的形状，所以即便是非常清楚接地电极的位置和土壤条件，都应作一次计量检查。

为了重新确定接地系统的尺寸，如防雷系统，可以依照下表进行近似计算。作为该计算的基础，安装接地电极所在位置的土壤电阻率必须已知。

1625

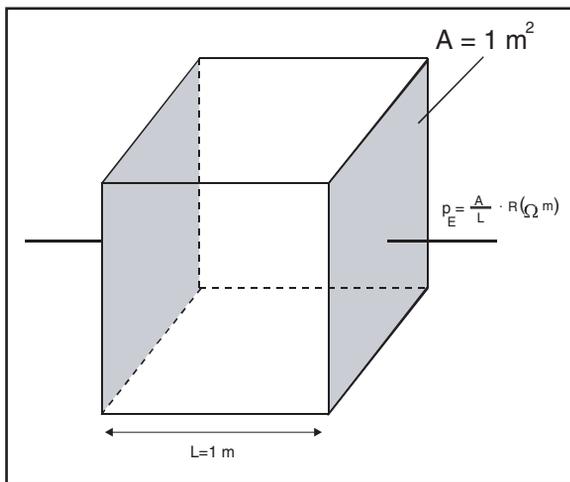
Earth/Ground Tester

土壤类型	土壤电阻率 [ρE]	接地电阻 (Ω)					
		接地棒深度, 米			接地条, 米		
	Ω.m	3	6	10	5	10	20
湿润腐殖土, 沼泽土, 湿地	30	10	5	3	12	6	3
耕地, 壤质土和粘质土	100	33	17	10	40	20	10
砂性粘质土	150	50	25	15	60	30	15
湿性砂土	300	66	33	20	80	40	20
干性砂土	1000	330	165	100	400	200	100
混凝土 1:5	400				160	80	40
湿性砂砾层	500	160	80	48	200	100	50
干性砂砾层	1000	330	165	100	400	200	100
石质土壤	30000	1000	500	300	1200	600	300
岩石	10 ⁷	-	-	-	-	-	-

* 如果混凝土混合比例为 1:7, 表中值应增加 24 %

土壤电阻率 ρ_E

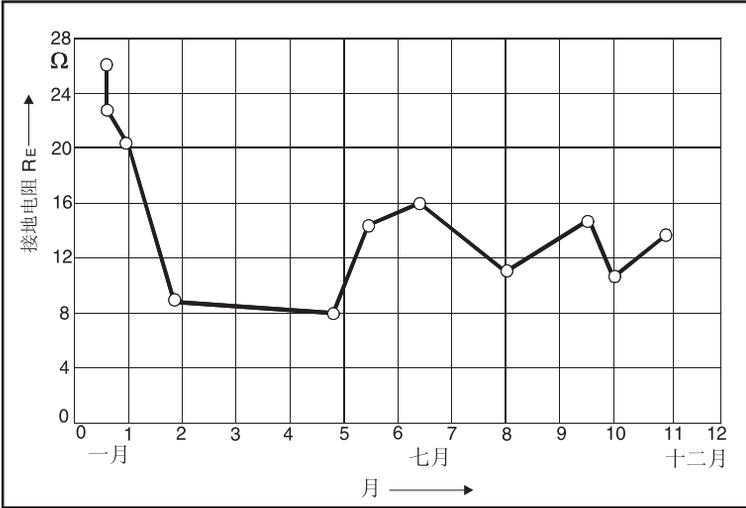
土壤电阻率是在横向长度为一米的同质土壤物质立方体的两个相对面之间测得的。单位为 Ωm (见图)



edw054.eps

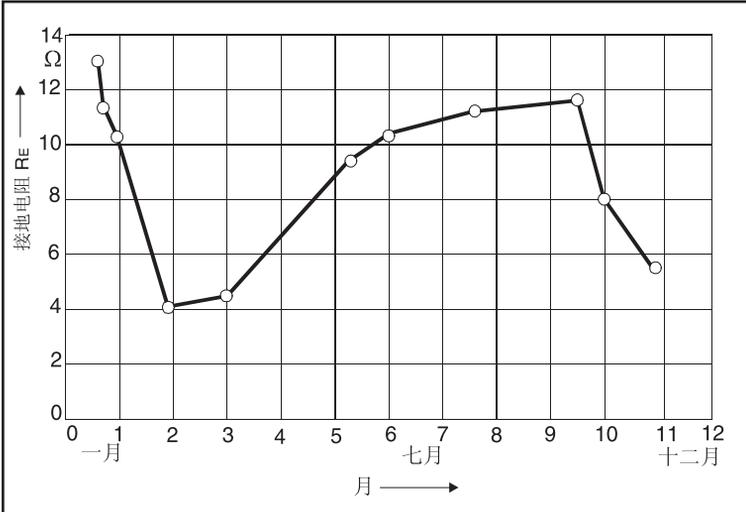
土壤电阻率不仅在很大程度上取决于具体的物质类型（耕地、干性砂土、湿性砂土、混凝土、砂砾层等），还取决于季节变化。干性土壤的电阻率要高于湿性土，而冻土要高于干性、温暖的砂土（见图）。

下列两个例子显示一年期间电阻率的变化。



ehb055.eps

导体接地电极（接地条，接地电缆）接地电阻的暂时变化。

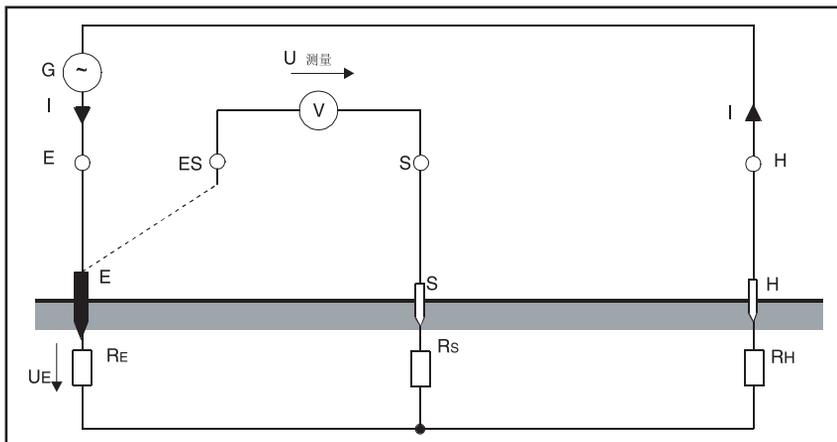


ehb056.eps

埋入式接地电极（接地管，接地板）接地电阻的暂时变化。

测量方法

电流电压测量方法以下图所示的框图电路为基础。



ehb057.eps

edw057.eps

一台交流发电机 G 通过接地电极 E（接地电极电阻 R_E ）和辅助接地电极 H（辅助接地电极电阻 R_H ）馈送电流 I。

电压 U_E 通过接地电阻 R_E （ U_E 与 R_E 成正比）该电压由探针 S 检测和测量。利用所谓的三线制电路，仪器插座 E 和 ES 被相互连接在一起。在四线制电路中，则另外使用一根电缆来将插座 ES 与接地电极连接起来。

采用这种方式，插座 E 和接地电极之间电缆的电压降不作测量。由于电压测量电路的阻抗很高，在一定的极限范围内，探针电阻 R_S 的影响可以忽略不计。

这样就可推算出接地电阻

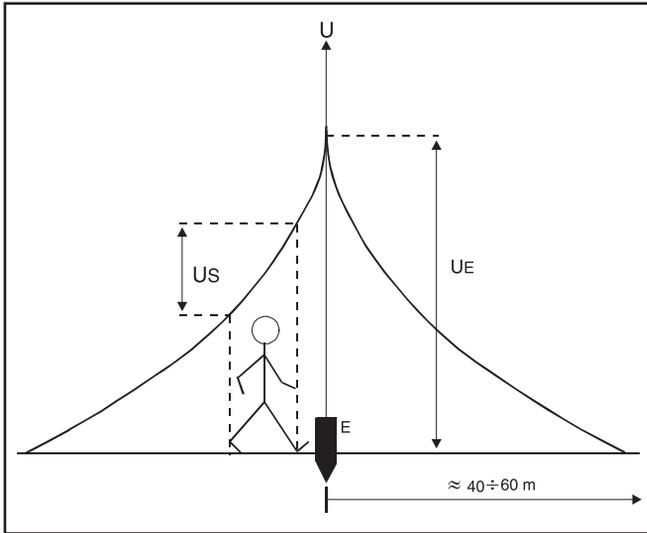
$$R_E = \frac{U_{Meas}}{I}$$

而且它与辅助接地电极的电阻 R_H 无关。发电机在 70 到 140 Hz 之间的频率运行。

它必须与 16 2/3、50 或 60 Hz 及它们的谐波之间的某个标称频率保持不小于 5 Hz 的间隔。还安装了一个可根据发电机频率调整的频率选择滤波器。

电势梯度范围

在电流流过时，每个接地电极的周围会形成一个所谓的电势梯度范围（见下图）。



ehb058.eps

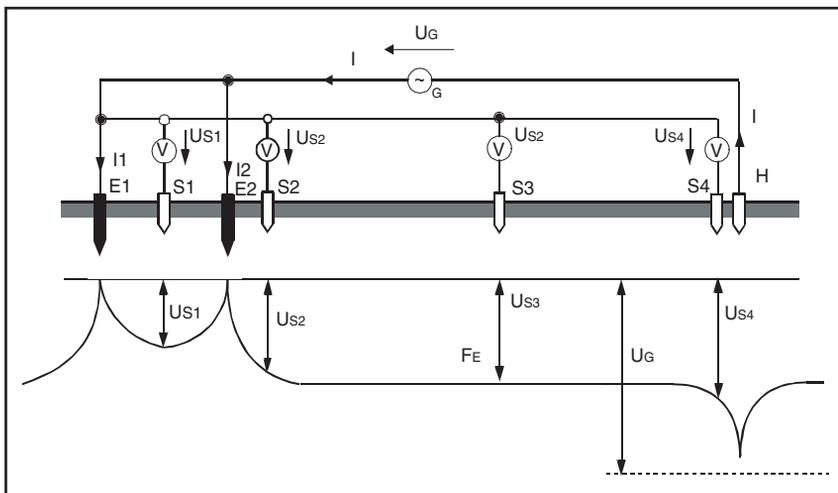
如果测量接地电极与一个离接地电极的距离为“ a ”的探针之间的电压，则随着距离的增加，该值的增加量逐渐减小。当电压不再增加时，探针就找到了相对接地电势 F_E 的正确位置，即在电势梯度范围之外。

影响电势梯度范围直径的主要因素是土壤电阻率。这就是说导电性较差的土壤的直径相对较宽（30 ... 60 m）；导电性较好的土壤相对较窄（10 ... 15 m）。

确定探针电阻和辅助接地电极电阻提供了关于可能的电势梯度范围大小的信息。电阻越高，电势梯度范围也相对较大，反之亦然。在这种情况下，必须考虑到导电性较好和电势梯度范围相对较小的土壤会使电压形状相对较陡，从而使阶跃电压也相对较高。如有必要，这样的系统应进行电势检查。

电势梯度范围对接地电阻测量的影响

要从接地电阻（= 接地电极与土壤电势 F_E 之间的电阻）中检测真实的电压降，必须确保探针安置在所有连接的接地电极和辅助接地电极 H 的电势梯度范围之外。



edw059.eps

如将探针放置在电势梯度范围之内，则会导致测量结果不正确。如上图所示，探针 S_1 和 S_2 的电压 U_{S1} 和 U_{S2} 提供的值太低，这也意味着接地电阻看上去比其实际电阻要低（低电阻）。与之相反，电压为 U_{S4} 的探针 S_4 检测的值太高，表示接地条件更恶劣（高电阻）。

只有探针 S_3 在接地电极和土壤电势 F_E 之间检测到的电压才是正确的。

鉴于此，建议改变探针的位置重复每个测量，并且只有在随后进行的数次测量所取得的结果值相同时才认为测量成功和准确。

通常情况下，与接地电极的距离及探针相互之间的距离达到 20 m 就足够了。

高压输电线上的接地阻抗 (R^*)

输电铁塔的接地通过架空地线相互连接。

这种地线不仅是欧姆性。它还有感应率和电阻率 (L' , R')。为了计算短路电流, 必须确定工频下的这种阻抗。

感应率和电阻率多数情况下为已知。因此, 可以考虑单个铁塔的电阻, 利用一种综合的计算方式计算每个线路点的实际阻抗。每个铁塔都得进行这种计算。

接地阻抗可以用本仪器测量。

高架电线的阻抗中的感应部分取决于频率。

因此, 测试仪所采用的测量频率应接近市电频率, 以获取正确的读数。

出于该原因, 使用 70 Hz 到 140 Hz 之间频率的普通测试仪的读数都是不正确的。本仪器测量时采用的频率 55 Hz 与 50 / 60 Hz 工频相当接近, 但要避免与它们发生干扰。