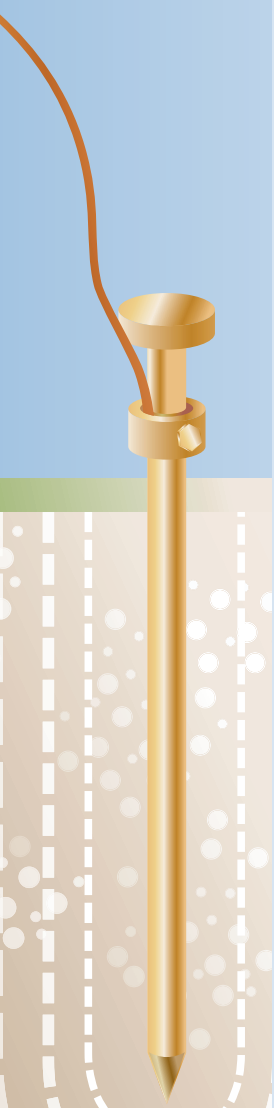
FLUKE®

接地电阻

原理、测试方法和应用

诊断间隙性电气故障
避免不必要的停机时间
了解接地安全原理

为什么要接地，又为什么需要测试?



为什么要接地?

接地不良不但会造成不必要的停工，而且还会引起危险，增大设备故障的风险。

如果没有有效的接地系统，我们可能会受到电击，更别提仪器故障、谐波失真问题、功率因数问题以及间歇性的难题。如果故障电流不能通过精心设计和维护适当的接地系统泄流向大地，它们将寻求其它通路流向大地，其中包括人体。以下组织提供关于确保接地安全的建议和/或标准:

- OSHA（美国职业安全与健康局）
- NFPA（美国消防协会）
- ANSI/ISA（美国国家标准学会和美国仪器学会）
- TIA（电信行业协会）
- IEC（国际电工委员会）
- CENELEC（欧洲电子技术标准化委员会）
- IEEE（电气和电子工程师协会）

然而，良好的接地不仅是为了确保人身安全，而且还用于预防工厂和设备损坏。良好的接地系统将提高设备的可靠性，降低因闪电或故障电流造成损坏的可能性。每年由于电气火灾给工厂造成的损失多达数十亿。这还不包括相关的诉讼费用以及人员和单位生产力的损失。

为什么需要测试接地系统?

随着时间的推移，高含湿量、高盐分和高温度导致土壤具有一定的腐蚀性，会腐蚀接地棒及其连接。所以，尽管接地系统在最初安装时具有非常低的接地电阻值，但如果接地棒受到腐蚀，接地系统的电阻就会增大。

接地测试仪，例如 Fluke 1623-2 和 1625-2，是必备的排障工具，帮助您保证系统正常工作。当出现烦心的间歇性电气故障时，故障的出现可能与接地不良或电能质量低下有关。

这就是为什么强烈建议每年对所有接地系统及接地连接进行检查并将其作为预测性维护计划一部分的原因。定期进行检查时，如果实测电阻升高超过 20 %，技术人员就应调查问题的原因，通过更换接地系统或向接地系统加装接地棒来降低电阻。

什么是接地，它又有什么作用?

美国国家电气规范 (NEC) 的第 100 条中将接地定义为: “无论是人为还是意外形成的电路或设备与大地之间的导电连接，或者与作为地面的导体之间的连接。” 在提及接地时，实际上涉及到两个不同的问题: 接地和设备接地。接地通常是从电路导体（通常为中性线）至插入大地的接地电极之间的专门连接。而设备接地是确保一个结构中正在运行的设备正确接地。除两个接地系统之间的连接外，这两个系统之间要求保持独立。这样可防止因电位差造成雷击时的飞弧现象。接地的目的除了保护人员、工厂和设备的安全外，还为故障电流、雷击、静电放电、EMI 和 RFI 信号及干扰提供安全的耗散通路。

FLUKE®

目录

2
为什么要接地？
为什么需要测试？

4
接地基础

6
接地测试的方法

12
测量接地电阻

什么样的接地电阻值属于良好范围？

至于什么情况属于接地良好，以及接地电阻值应为多少，存在诸多争议。理想情况下，接地电阻值应为零欧姆。

并没有一个被所有机构认可的标准接地电阻阈值。然而，NFPA 和 IEEE 推荐接地电阻值为 5.0 欧姆或更低。

NEC 规定“确保系统对地阻抗小于 NEC 250.56 中规定的 25 欧姆。在含有敏感性设备的设施内，应小于 5.0 欧姆或更低。”

电信行业往往采用 5.0 欧姆或更低电阻值作为其接地及压焊的阈值。

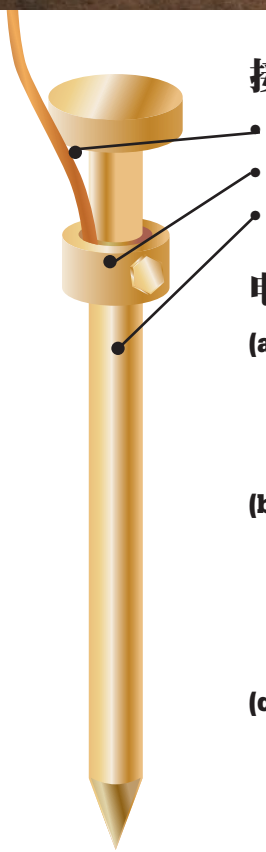
目标接地电阻是指达到经济上和实质上能够实现的最小接地电阻值。

为什么需要测试？腐蚀性土壤。

为什么要接地？雷击。

利用 Fluke 1625-2 测定接地系统的状况。

接地基础



接地电极的组成

- 接地导体
- 接地导体与接地电极之间的连接
- 接地电极

电阻的位置

(a) 接地电极及其连接

接地电极及其连接的电阻通常非常低。接地棒通常由高传导性/低电阻材料制成，例如钢或铜。

(b) 电极周围土壤的接触电阻

美国国家标准研究院（美国商务部的一个政府机构）已经说明，如果接地电极不含油漆、油脂等，并且接地电极与地接触牢固，该电阻则可忽略不计。

(c) 周围大地的电阻

接地电极被周围的土地所环绕，土地从概念上讲是由一系列同心土壤层组成的，这些土壤层的厚度相同。最靠近接地电极的土壤层的面积最小，从而导致其电阻最大。向外的每个土壤层的面积越来越大，电阻越来越小。这样最终会达到某个点，此外的土壤层对接地电极周围的土地电阻影响非常小。

所以，根据这一信息，我们在安装接地系统时应重点注意降低接地电阻的方式。

影响接地电阻的因素是什么？

首先，NEC 规范（1987，250-83-3）要求接地电极与土壤接触的最小长度为 2.5 米（8.0 英尺）。但是，有 4 个变量会影响接地系统的接地电阻：

1. 接地电极的长度/深度
2. 接地电极的直径
3. 接地电极的数量
4. 接地系统设计

接地电极的长度/深度

一种降低接地电阻非常有效的方法是使接地电极插入深度更深。土壤的电阻率并不一致，并且很难预测。安装接地电极时，使其位置低于冰冻线至关重要。这样，对地电阻就不会明显地受周围冰冻土壤的影响。

一般情况下，如果接地电极的长度翻倍，就能将电阻额外降低 40%。有时候实际上不可能将接地棒插入太深 - 所在区域中有岩石、花岗岩等。在这种情况下，可选择包括接地水泥在内的替代方法。

接地电极的直径

增大接地电极的直径对降低电阻的效果很小。例如，如果将接地电极的直径翻倍，电阻只能减小 10%。

接地电极的数量

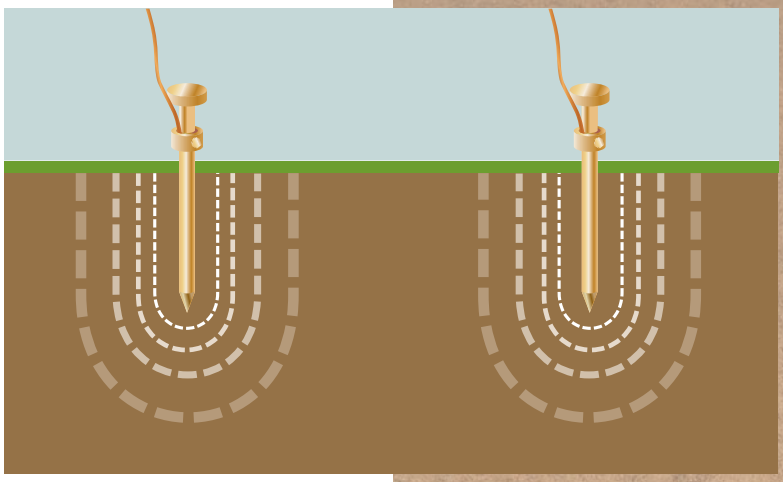
降低接地电阻的另一种方法是采用多个接地电极。在这种设计中，将不止一个接地电极插入地面并采用并联方法，从而减小电阻。其它接地电极之间的距离需要至少等于接地棒的插入深度，才会起作用。如果接地电极间距不合适，其作用范围将发生交叉，就不会降低电阻。

利用以下接地电阻表，可帮助您安装满足规定电阻要求的接地棒。切记，这仅仅属于经验法则，土壤是分层的，并且同质的情况很少。电阻值的变化范围很大。

接地系统设计

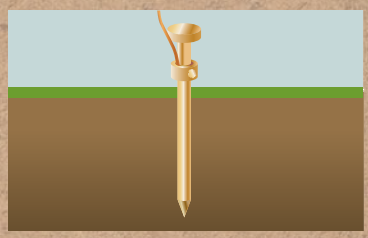
简单的接地系统由插入地面的单个接地电极组成。采用单个接地电极是最常见的接地形式，常见于住宅或办公场所外部。复杂的接地系统包括多个接地棒、接地网或格状网、接地板和接地环路。这些系统通常安装在发电变电站、中心站和基站现场。

复杂网络会大大增大与周围大地的接触，降低接地电阻。

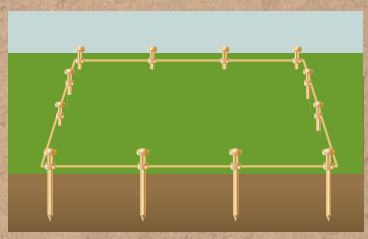


每个接地电极都有其自己的“作用范围”。

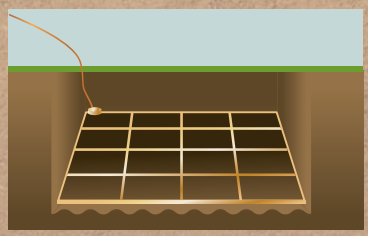
接地系统



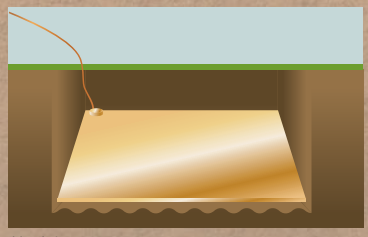
单接地电极



连接仪器的多接地电极



接地网



接地板

土壤类型	土壤电阻率 R_E	接地电阻					
		接地电极深度（米）			接地条（米）		
	ΩM	3	6	10	5	10	20
非常潮湿的土壤、沼泽地	30	10	5	3	12	6	3
耕地土壤，肥土和粘土	100	33	17	10	40	20	10
砂质粘土	150	50	25	15	60	30	15
湿性砂土	300	66	33	20	80	40	20
1:5 混凝土	400	-	-	-	160	80	40
湿性砂砾层	500	160	80	48	200	100	50
干性砂土	1000	330	165	100	400	200	100
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	-	-	-	-	-	-

接地测试方法有哪些?

提供四类接地测试方法:

- **土壤电阻率**（使用接地棒）
- **电位降**（使用接地棒）
- **选择性**（使用接地棒和 1 个电流钳）
- **无接地棒**（仅使用 2 个电流钳）

土壤电阻率测量

为什么要确定土壤电阻率?

土壤电阻率是确定新安装设备（绿地应用）的接地系统的设计时最为关键的事项，以满足接地电阻要求。理想情况下，您将找到具有尽可能低的电阻的位置。但是如以上讨论，经过精心设计的接地系统，完全能克服恶劣的土壤条件。

土壤成分、含水量和温度都会影响土壤电阻率。土壤很少有同质的情况，并且土壤电阻率会随地理位置及土壤深度的不同而存在变化。含水量随季节变化，随地层特性、固定地下水位的不同而不同。由于岩层越深，土壤和水通常越稳定，所以建议将接地棒尽可能深地插入土地，如果可能的话应达到地下水位位置。此外，接地棒应安装在温度稳定的位置，例如冰冻线以下。

为了使接地系统有效工作，应按最恶劣的条件进行设计。

如何计算土壤电阻率?

以下介绍的测量程序采用了普遍接受的温纳法 (Wenner)，该方法由美国标准局的弗拉克温纳 (Frank Wenner) 于 1915 年开发而成。
(F. Wenner, A Method of Measuring Earth Resistivity; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, p. 478-496; 1915/16.)

公式如下:

$\rho = 2 \pi A R$

（ρ = 平均土壤电阻率与深度比 A，单位：欧姆-厘米）

$\pi = 3.1416$

A = 电极之间的距离，单位：厘米

R = 测量仪器中的电阻测量值，单位：欧姆

注: 用欧姆-厘米除以 100，转换为欧姆-米。根据您的单位而定。

示例: 您决定在接地系统中安装一米长的接地棒。为了测量一米深处的土壤电阻率，我们已经讨论过测试三米长电极之间的距离问题。

为了测量土壤电阻率，启动 Fluke 1625-2，然后读取以欧姆为单位的电阻值。本例中，假设电阻读数为 100 欧姆。所以，本例中我们已知:

A = 1 米

R = 100 欧姆

那么土壤电阻率应等于:

$\rho = 2 \times \pi \times A \times R$

$\rho = 2 \times 3.1416 \times 1\ m \times 100$ 欧姆

$\rho = 1885\ \Omega m$

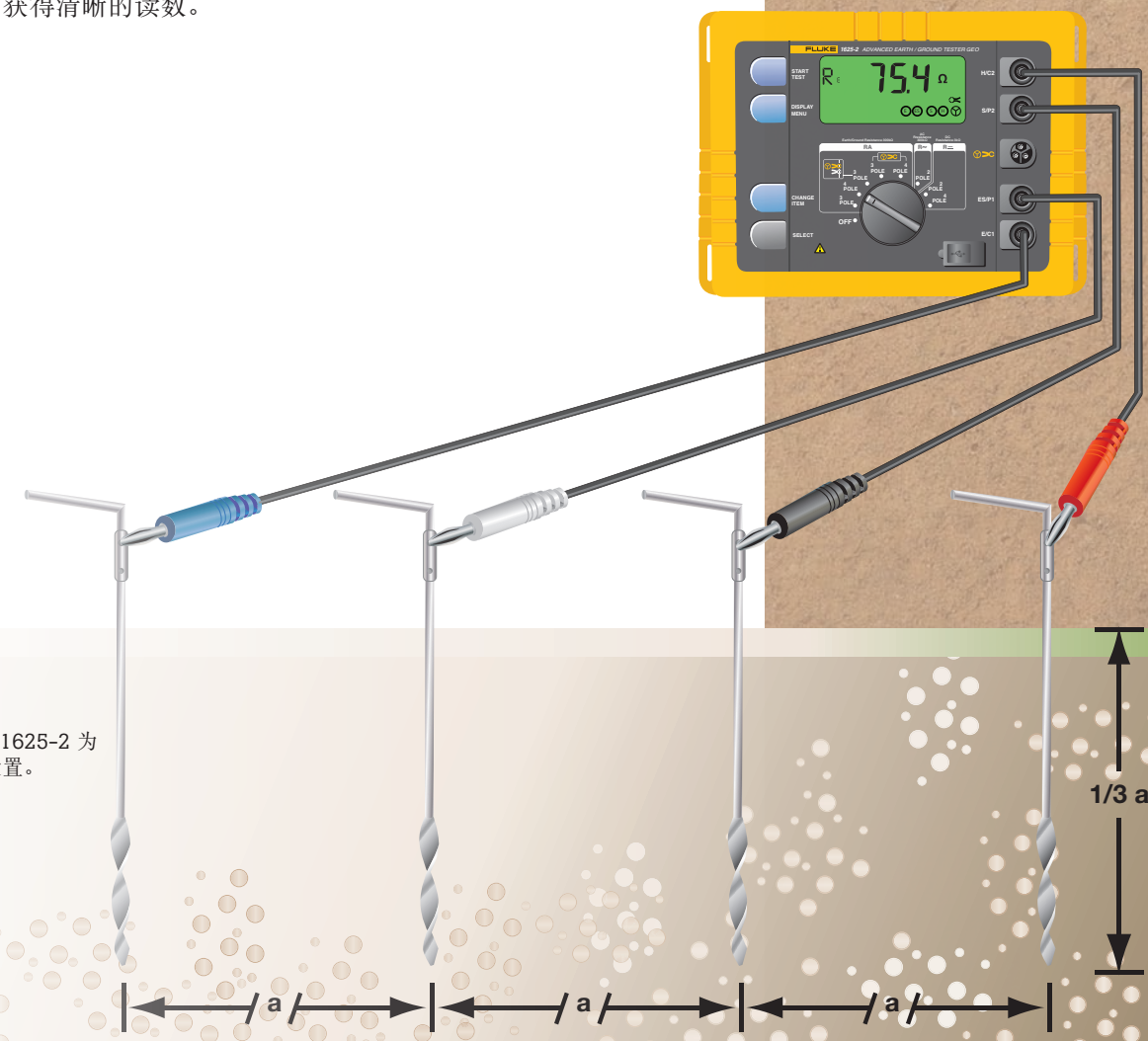
如何测量土壤电阻率?

为了测试土壤电阻率，如图所示连接接地测试仪。

从图中可以看出，四个接地棒沿一条直线插入土壤中，间距相等。接地棒之间的距离应至少为接地棒深度的三倍。因此，如果接地棒深度为 1 英尺（30 厘米），那么确保接地棒之间的距离大于 3 英尺（91 厘米）。Fluke 1625-2 通过外侧的两根接地棒产生一个已知电流，同时测量内侧两根接地棒之间的电位降。利用欧姆定律 (V=IR)，Fluke 测试仪自动计算土壤电阻。

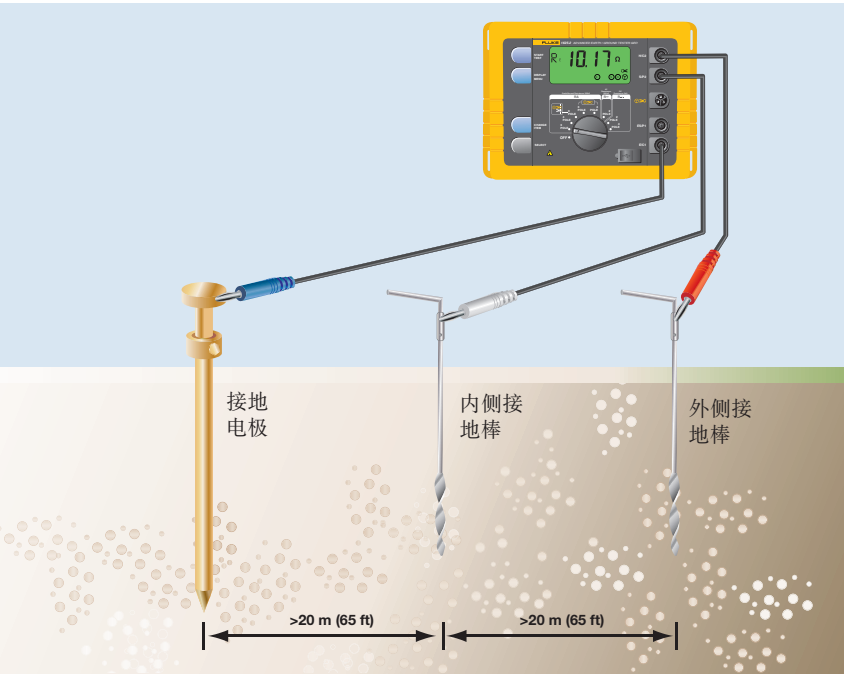
由于地下的金属片、地下蓄水层等因素往往会造成测量结果失真和无效，所以建议将接地棒沿轴向旋转 90 度，然后再次测量。通过几次改变深度和距离，就可形成一条特性曲线，由此可确定合适的接地电阻系统。

土壤电阻率测量往往会受接地电流及其谐波的影响。为防止这种影响，Fluke 1625-2 采用了自动频率控制 (AFC) 系统。该系统自动选择噪声最小的测试频率，以获得清晰的读数。



使用 Fluke 1623-2 或 1625-2 为土壤电阻率测试进行设置。

接地测试方法有哪些?



电位降测量

电位降测试法用于测量接地系统或独立电极释放来自于某位置的能量的能力。

电位降测试的工作原理是什么?

首先，必须将被测接地电极从所连接位置断开。其次，将测试仪连接至接地电极。然后，对于三极电位降测试，将两根接地棒沿一条直线插入土壤 - 从接地电极向外。通常 20 米（65 英尺）的间距即可。有关放置接地棒的详细信息，请参见下节。

Fluke 1625-2 在外侧接地棒（辅助接地棒）和接地电极之间产生一个已知大小的电流，同时测量内侧接地棒和接地电极之间的电位降。根据欧姆定律 (V = IR)，测试仪自动计算接地电极的电阻。

如图所示，连接接地测试仪。按下“启动”，然后读取 R_E（电阻）值。这是被测接地电极的实际值。如果该接地电极与其它接地棒并联或串联，R_E 值则为所有电阻的总值。

如何布置接地棒?

在进行三极接地电阻测试时，为了获得最高的准确度，将探针置于被测接地电极和辅助接地电极的作用范围之外至关重要。

如果未在作用范围之外，有效的电阻区域将重叠，造成任何测量均无效。表格中的数据可指导您正确地设置探针（内侧接地棒）和辅助接地（外侧接地棒）。

为了确保测试结果的准确性以及接地棒处于作用范围之外，将内侧接地棒在任一方向上移动 1 米（3 英尺）后重新定位，然后再重新进行测量。如果读数发生明显变化 (30%)，则需要延长被测接地棒、内侧接地棒（探针）和外侧接地棒（辅助接地）之间的距离，直到重新定位内侧接地棒（探针）时读数保持基本恒定。

接地电极的深度	与内侧接地棒的距离	与外侧接地棒的距离
2 m	15 m	25 m
3 m	20 m	30 m
6 m	25 m	40 m
10 m	30 m	50 m

选择性测量

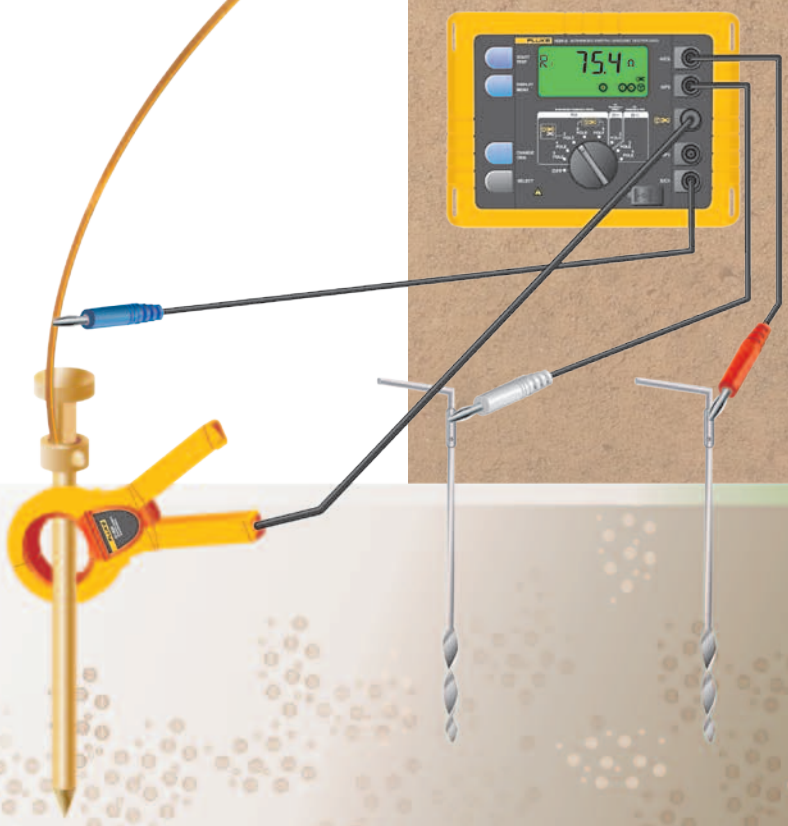
选择性测试法非常类似于电位降测试法，也进行全部相同的测量，但是更安全、更简单。这是因为在进行选择性测试法时，被测接地电极无需从所连接的位置断开！技术人员无需断开接地，既不会给自己造成危险，也不会危及未接地结构内的其他人员或电气设备。

如同电位降测试的操作步骤，将两根接地棒沿一条直线插入土壤 - 从接地电极向外。通常 20 米（65 英尺）的间距即可。然后将测试仪连接至被测接地电极，优势在于无需断开接地电极至站点的连接。而是用一把特殊的电流钳夹住接地电极，这样消除了接地系统中并联电阻的影响，所以仅仅是测量被测接地电极。

如前文所述，Fluke 1625-2 在外侧接地棒（辅助接地棒）和接地电极之间产生一个已知大小的电流，同时测量内侧接地棒和接地电极之间的电位降。使用电流钳的话，仅仅测量通过被测接地电极的电流。产生的电流也会通过其它并联电阻，但是仅仅通过电流钳的电流（即通过被测接地电极的电流）参与计算 (V=IR)。

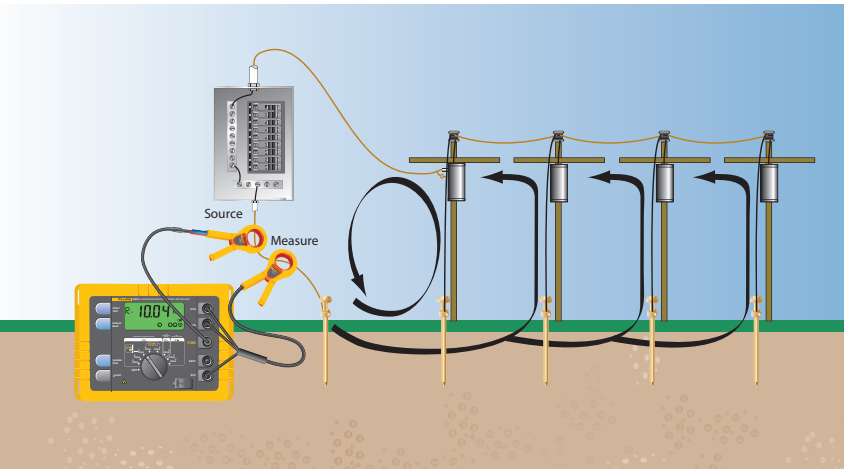
如果需要测量接地系统的总电阻，那么必须通过将电流钳夹住每个独立接地电极测量每个接地电极的电阻。然后通过计算即可确定接地系统的总电阻。

当测试带有架空接地线或导电丝的高压输电塔的独立接地电极电阻时，需要将这些接地线断开。如果输电塔的基座上不止一处接地，也必须逐一断开然后测试。然而，Fluke 1625-2 有一个可选附件，一个直径为 320 mm (12.7 in) 的钳式变流器，可测量每条支腿的独立电阻，无需断开任何接地线或架空接地线/导电丝。



如图所示，连接接地测试仪。按“启动”并读出 R_E 值。这是被测接地电极的实际电阻值。

接地测试方法有哪些?



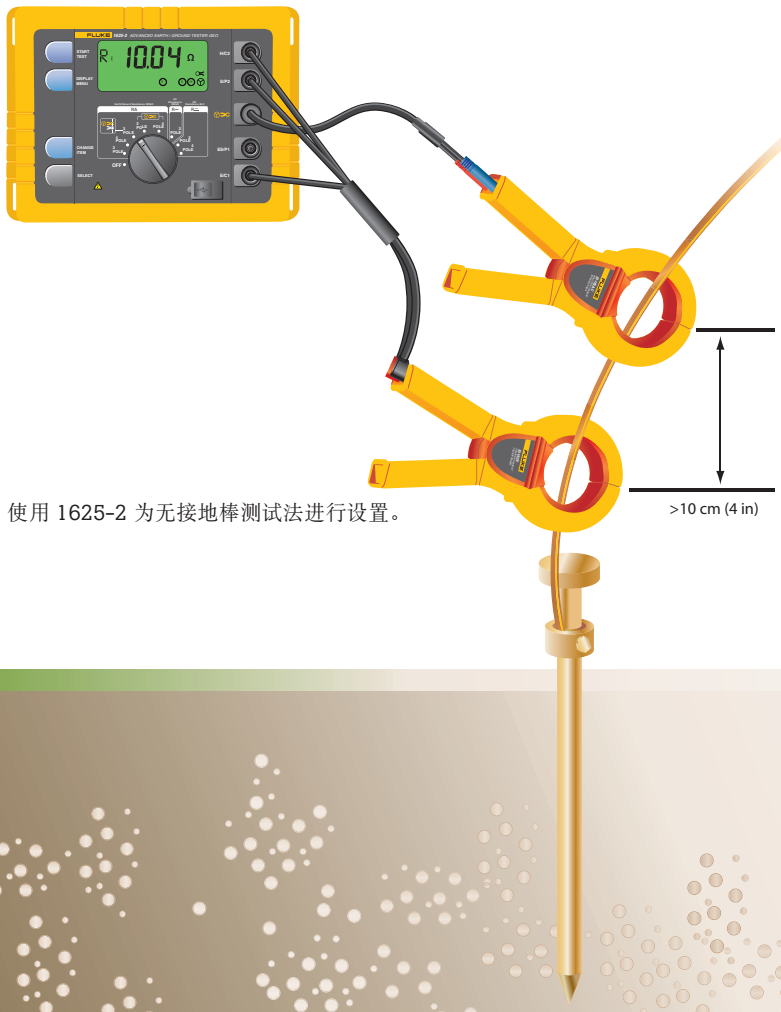
无接地棒测试法中的测试电流通路。

无接地棒测量

Fluke 1625-2 接地测试仪仅使用电流钳即可测量多点接地系统的接地环路电阻。这种测试方法避免了断开并联接地电路以及查找合适位置安装辅助接地棒时的危险及浪费的时间。您还能够对之前没有考虑过的位置进行接地电阻测试：建筑物内部、电缆塔上或其它没有办法接触土壤的任何位置。

采用这种测试方法时，用两个电流钳夹住接地棒或连接电缆，每个电流钳均连接至测试仪。无需再使用接地棒。其中一个电流钳感应已知电压，另一个电流钳测量电流。测试仪自动测定接地棒的接地回路电阻。如果只有一条通路接地，像许多住宅情况，无接地棒测试法无法提供可接受的数值，就必须使用电位降测试法。

Fluke 1625-2 的工作原理为：在并联/多点接地系统中，所有接地通路的净电阻相对于任意单通路（被测通路）来说都非常低。所以，全部并联回路阻抗的净电阻实际上为零。无接地棒测量法仅测量与接地系统并联的独立接地棒的电阻。如果接地系统非并联接地，要不就是开路，要不测量的就是接地环路电阻。



使用 1625-2 为无接地棒测试法进行设置。

接地阻抗测量

当尝试计算电厂或其它高电压/电流环境下的短路电流时，确定复合接地阻抗非常重要，因为阻抗由电感性和电容性元件组成。由于电感率和电阻率在大多数情况下是已知的，所以可利用复合计算确定实际阻抗。

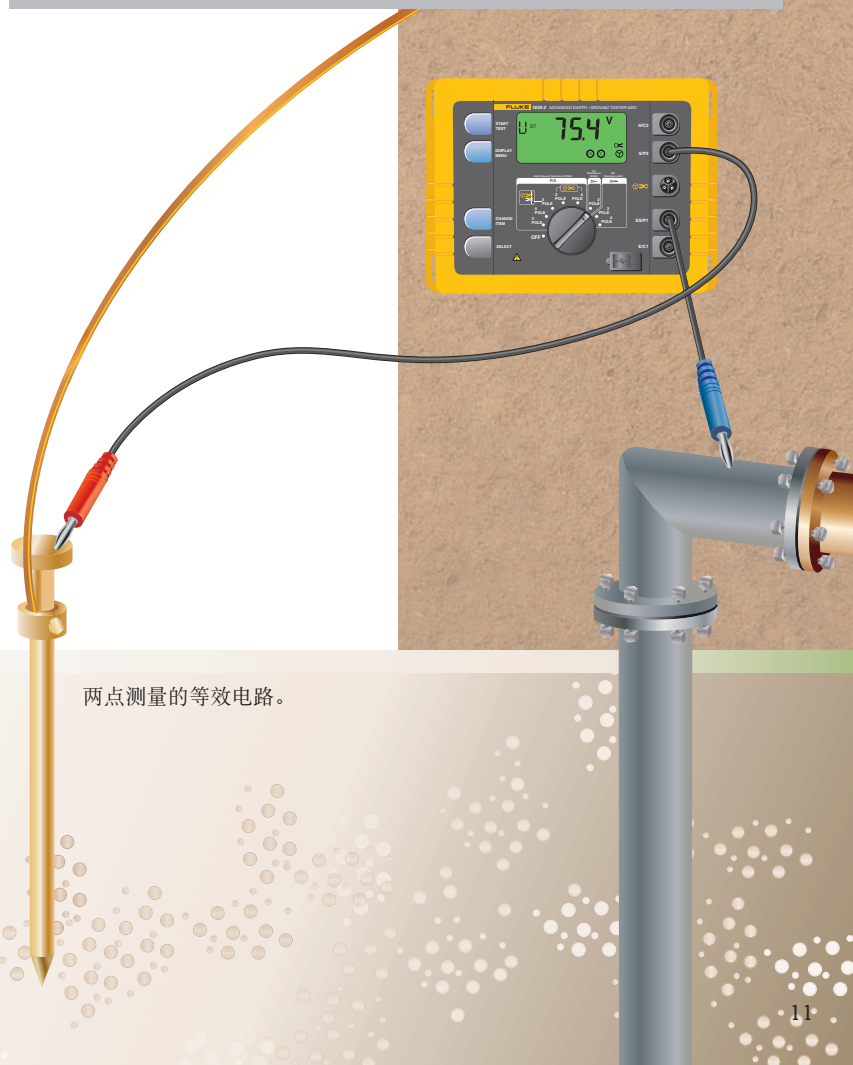
由于阻抗与频率有关，所以 Fluke 1625-2 采用 55 Hz 信号进行计算，尽量靠近电压工作频率。这样可却确保测量值接近于真实工作频率下的值。利用 Fluke 1625-2 的这一特性，就能够直接准确地测量接地阻抗。

测试高压输电线路的电力公司技术人员对两件事情非常感兴趣：雷击情况下的接地电阻和线路上特定点短路时整个系统的阻抗。在这种情况下，短路意味着线路松动并接触电塔的金属网。

二极接地电阻

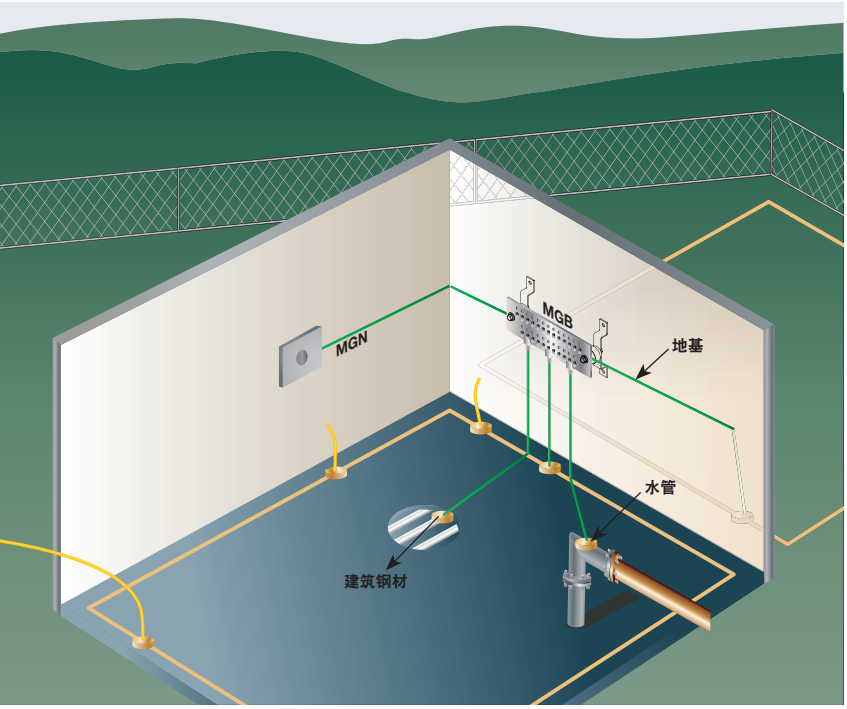
当无法安装接地棒时，Fluke 1623-2 和 1625-2 测试仪能够进行二极接地电阻/通断性测量，如下图所示。

在进行该项测试时，技术人员必须能够连接至已知的良好接地，例如全金属水管。水管应足够长，并且材质全部为金属，没有任何绝缘接头或法兰盘。与其他很多测试仪不同，Fluke 1623-2 和 1625-2 采用相对较高的电流（短路电流> 250 mA）进行测试，确保结果稳定。



两点测量的等效电路。

测量接地电阻



典型中心站的布局。

中心站

在检查中心站的接地时，需要三种不同的测量。

测试之前，定位中心站的 MGB（主接地条），确定现有接地系统的类型。如本页所示，MGB 的接地线连接至：

- MGN（多点接地中性线）或用户引入线
- 地基
- 水管
- 结构或建筑钢材

首先，对 MGB 连接出的全部独立接地进行无接地棒测试。目的是确保所有接地已连接，尤其是 MGN。注意，您测量的不是独立电阻，而是所连接的环路电阻，这点非常重要。如图 1 所示，连接 Fluke 1625-2 或 1623-2 以及感应钳和测量钳，这些电流钳夹在每个接头上来测量 MGN、地基、水管和建筑钢材的环路电阻。

其次，对整个接地系统进行三极电位降测试，按图 2 所示连接至 MGB。为了能够连接远端地，许多电话公司利用不使用的电缆对拉出长达一英里。记录测量值，并每年重复测量。

第三，利用 Fluke 1625-2 或 1623-2 的选择性测试，测量接地系统的独立电阻。如图 3 所示连接 Fluke 测试仪。测量 MGN 的电阻，该值为 MGB 某个分支的电阻。然后测量地基。该读数为中心站地基的实际电阻值。现在，移至水管，然后重复测试，获得建筑钢材的电阻。利用欧姆定律，很容易验证这些测量结果的准确度。计算独立分支的电阻时，应等于整个系统的电阻（因为不可能测量所有接地元素，所以允许有合理误差）。

这些测试方法提供了接地系统的独立电阻及其实际工作情况，所以能够最准确的测量中心站。尽管测量结果非常准确，但这些结果并不能说明系统作为一个网络时的情况会如何，因为在发生雷击或故障电流时，所有部分均是连接在一起起作用。

为实现这点，您需要对独立电阻进行更深入的一些测试。

首先，对 MGB 的每个分支进行三极电位降测试，并记录每一测量结果。再次使用欧姆定律，这些测量值应等于整个系统的电阻。从计算结果中，将看到与总 R_E 值存在 20 % 至 30 % 的偏差。

最后，采用选择性无接地棒法，测量 MGB 的不同分支的电阻。其工作原理与无接地棒测试法类似，但方式不同，需要使用两个独立的电流钳。我们将感应电压钳夹在连接至 MGB 的电缆上，由于 MGB 连接至外来电源，与接地系统并联，因此可以达到上述要求。将测量钳夹住连接至地基的接地电缆。当我们测量电阻时，测量的就是地基加上 MGB 并联通路的实际电阻。由于其欧姆值应非常低，所以对测量读数应没有实际影响。可对接地条的其它分支重复这一过程，例如水管和建筑钢材。

在利用无接地棒选择性测量法测量 MGB 时，将感应电压钳夹住连接至水管的线路（因为铜水管的电阻非常低），则读数仅仅指 MGN 的电阻。

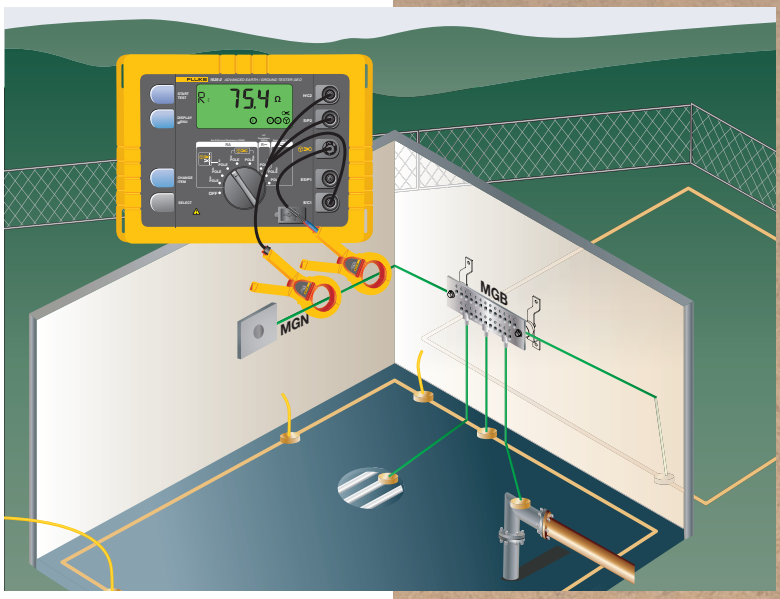


图 1：中心站的无接地棒测试。

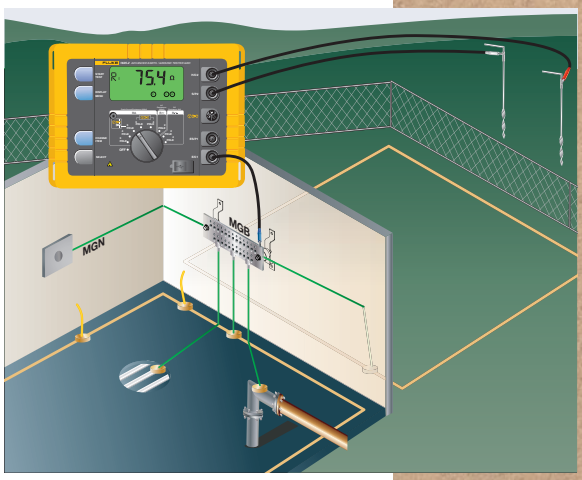


图 2：对整个接地系统执行三极电位降测试。

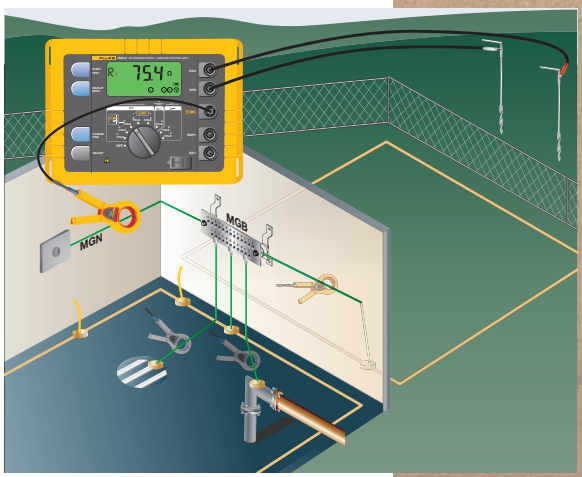
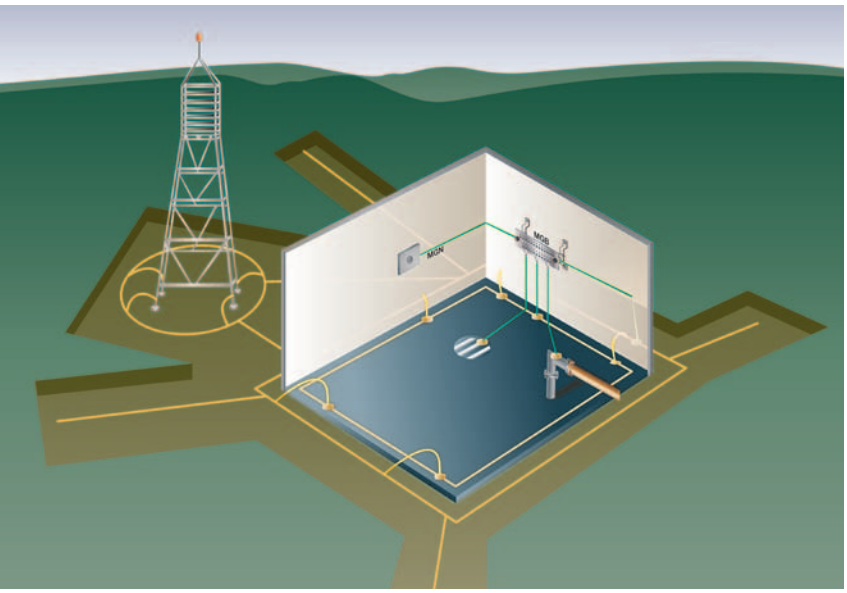


图 3：使用选择性测试法测量接地系统的各个电阻。

更多接地电阻应用



手机发射塔装置的典型设置。

应用场所

Fluke 1625-2 可用于在其他 4 类特殊应用中测量接地系统的性能。

行动通信基站/微波和无线电发射塔

在大多数位置，发射塔都有 4 条支腿，每条支腿独立接地。然后利用一根铜缆将这些接地连接在一起。发射塔旁边为行动通信基站建筑，容纳所有的发射设备。建筑内部有一个环形地面和一个 MGB，环形地面连接至 MGB。行动通信基站建筑在 4 个角上全部接地，通过一根铜缆连接至 MGB，4 个角也通过铜线互连。此外，在建筑接地环和发射塔接地环之间也有连接。

变电站

变电站是输变电系统上的一个子站，通常将高压变为低压。典型的变电站含有线路终端结构、高压开关设备、一个或多个电力变压器、低压开关设备、浪涌保护、控制和计量装置。

远程交换站

远程交换站也称为 Slick 站，数字线路集中器和其它电信设备在此工作运行。远程基站通常在机柜的任意一端接地，然后在机柜周围有一系列铜线连接的接地棒。

商业/工业场所防雷

大多数雷电故障电流保护系统都遵循建筑四角接地的设计，并通常利用铜缆连接在一起。根据建筑的大小和设计达到的电阻值，接地棒的数量变化范围较大。

推荐的测试

每项应用的最终用户都要求执行相同的三项测试：无接地棒测量法、三极电位降测量法和选择性测量法。

无接地棒测量法

首先，在以下位置执行无接地棒测量法：

- 发射塔的每条支腿和建筑的四个角 **（行动通信基站/发射塔）**
- 全部接地连接 **（变电站）**
- 连接至远程站点的线路 **（远程交换站）**
- 建筑的接地棒 **（雷电保护）**

对于所有这些应用，由于是网状接地，因此并不是实际的接地电阻测量。这主要是一种通断性测试，用以验证站点已接地、存在电气连接以及系统可流通电流。

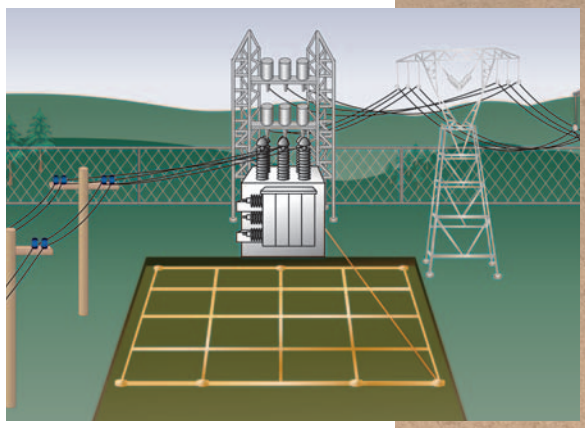
三极电位降测量法

接着，通过三极电位降法测量整个系统的电阻。牢记接地棒设置规则。应记录该测量结果，并每年至少测量两次。该测量值表示整个站点的电阻值。

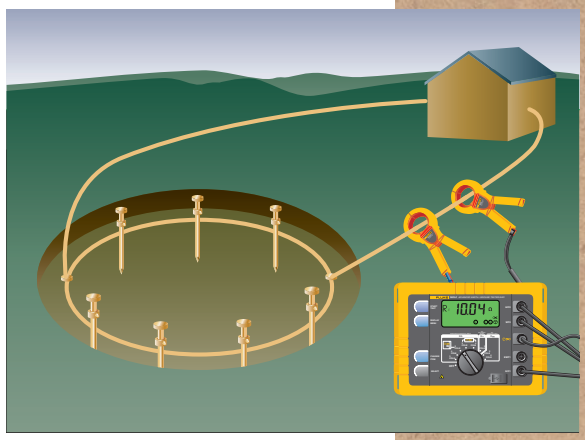
选择性测量法

最后，利用选择性测量法测量独立接地。这将验证独立接地、连接的完整性，并确定接地电位是否一致。如果有任何测量结果明显不同于其它测量结果，应找出原因。应在以下位置测量电阻：

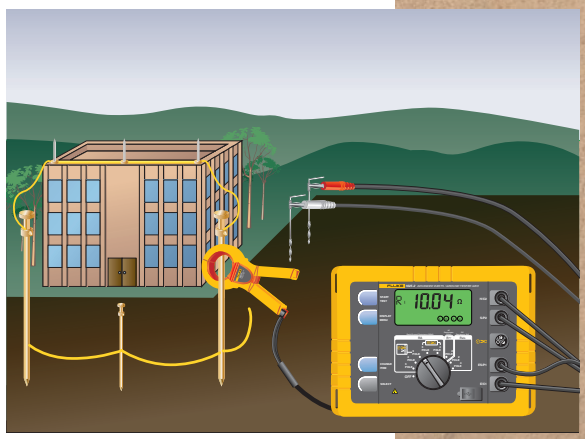
- 发射塔的每条支腿和建筑的全部四个角（行动通信基站/发射塔）
- 独立接地棒及其连接（变电站）
- 远程站点的两端（远程交换）
- 建筑的全部四个角（雷电保护）



变电站的典型设置。



在远程交换站进行无接地棒测试。



在雷电保护系统上进行选择性测试。

接地产品

Fluke-1625-2 高级 GEO 接地测试仪

Fluke-1623-2 基本 GEO 接地测试仪

最完整的测试仪

Fluke 1623-2 和 1625-2 是与众不同的接地测试仪，可以完成所有四种类型的接地测量：

- 三极和四极电位降测试（使用接地棒）
- 四极土壤电阻率测试（使用接地棒）
- 选择性测试（使用接地棒和 1 个电流钳）
- 无接地棒测试（仅使用 2 个电流钳）

完整型号套件配有 Fluke 1623-2 或 1625-2 测试仪、2 条导线、4 个接地棒、3 个含导线的电缆盘、2 个电流钳、电池和手册，这些部件均装在 Fluke 硬质携带箱中。

完整套件

Fluke 1630 套件

Fluke 1625-2 高级功能

Fluke 1625-2 的高级功能包括：

- **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，提供更加准确的接地测试值
- **R* 测量** - 计算 55 Hz 时的接地阻抗，以便更准确反映接地故障发生时的接地电阻
- **可调限值** - 更快地进行测试

可选附件

320 mm (12.7 in) 分裂铁芯变压器 - 用于在发射塔的每条支腿上进行选择性测试。

接地测试仪的比较

产品	电位降测试法		选择性测试法	无接地棒测试法	二极测试法
	三极	四极/土壤	1 个电流钳	2 个电流钳	二极
Fluke1621	■				■
Fluke1623-2	■	■	■	■	■
Fluke 1625-2	■	■	■	■	■
Fluke 1630				■	

Fluke *值得信赖，全球共识。*

福禄克测试仪器（上海）有限公司北京分公司 电话：(010)57351300
福禄克测试仪器（上海）有限公司上海分公司 电话：(021)61286200
福禄克测试仪器（上海）有限公司重庆分公司 电话：(023)86859655
福禄克测试仪器（上海）有限公司广州分公司 电话：(020)38795800
福禄克测试仪器（上海）有限公司沈阳分公司 电话：(024)22813668/9/0
福禄克测试仪器（上海）有限公司深圳分公司 电话：(0755)83680050
福禄克测试仪器（上海）有限公司武汉分公司 电话：(027)85515021
福禄克测试仪器（上海）有限公司济南分公司 电话：(0531)86121729
福禄克测试仪器（上海）有限公司成都分公司 电话：(028)65304800
福禄克测试仪器（上海）有限公司西安分公司 电话：(029)88376090
福禄克测试仪器（上海）有限公司青岛分公司 电话：(0532)89092676
福禄克测试仪器（上海）有限公司合肥联络员 电话：(0551)3516411
福禄克测试仪器（上海）有限公司南京联络员 电话：(025)84731287
福禄克测试仪器（上海）有限公司新疆联络员 电话：(0991)3628551
北京福禄克世禄仪器维修和服务有限公司 电话：400-810-3435 转 3
福禄克测试仪器（上海）有限公司上海维修中心 电话：(021)54402301
福禄克测试仪器（上海）有限公司深圳第一特约维修点
电话：(0755)86337229

© 2013 福禄克公司 12/2013 4346628a-zhcn

未经许可，本文档禁止修改