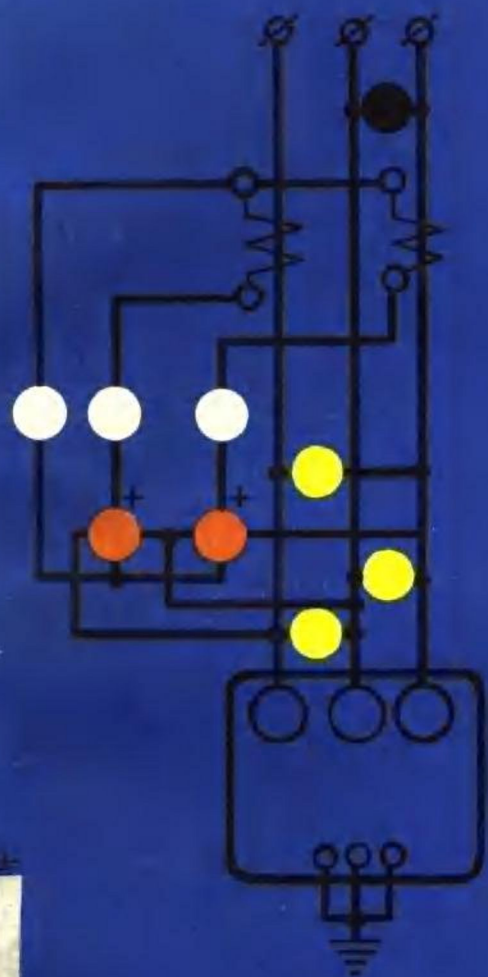


农村电力设备的试验



农村电力设备的试验

李世明 编

*

吉林人民出版社出版 吉林省新华书店发行

和顺印刷纸箱厂印刷

*

787×1092毫米32开本 4印张 86,000字

1983年1月第1版 1983年1月第1次印刷

印数: 1—6,310册

书号: 13091·131 定价: 0.40 元

目 录

第一章 概 述

- 第一节 绝缘电阻的测定..... 1
- 第二节 泄漏电流及直流耐压试验..... 7
- 第三节 介质损失角的测量..... 9
- 第四节 交流耐压试验..... 14
- 第五节 绝缘油的电气试验..... 18

第二章 避雷设施及开关设备的试验

- 第一节 避雷器的试验..... 22
- 第二节 放电记录器的试验..... 29
- 第三节 熔断器及隔离开关的试验..... 30

第三章 变压器的试验

- 第一节 有关变压器绝缘的概述..... 31
- 第二节 空载损耗与短路损耗的试验..... 32
- 第三节 变压器绝缘试验中的问题..... 45
- 第四节 变压比试验..... 54
- 第五节 变压器的极性与组别的试验..... 59
- 第六节 线圈直流电阻的测量..... 63

第四章 配电设备的试验

- 第一节 油开关的试验..... 73
- 第二节 电力电缆的试验..... 75
- 第三节 电力电容器的试验..... 78
- 第四节 电压互感器的试验..... 82
- 第五节 线路元件的试验..... 87

第五章 接地电阻及线路有关参数的测定

- 第一节 接地装置..... 91
- 第二节 电力线路的交接和预防性试验..... 96

第三节 绝缘操作工具的试验..... 99

第四节 低压电气设备的试验..... 101

第六章 继电保护的调试

第一节 DL型电流继电器的试验..... 105

第二节 GL型继电器的正定与试验..... 112

第三节 时间继电器和信号继电器的正定..... 116

第四节 中间继电器..... 118

第五节 信号继电器..... 123

第一章 概 述

随着电力化事业的迅速发展，加强对各种电力设备的试验，是保证设备完好，延长设备寿命的一项必不可少的重要技术工作。

目前，农村电力设备的试验工作，已引起了各级管电部门的重视，加强了这方面的工作，并相应地建立健全了试验机构，配备了一定的试验人员。所有这些，都对农村电力化事业的发展，尽快实现农业现代化，具有十分重要的现实意义和深远意义。

第一节 绝缘电阻的测定

对农村所有电气设备，不论是出厂、新装、交接和预防性试验（运行中与大修后），都要进行绝缘电阻的测定。这是一项很重要、必不可少的试验项目。

所说的电气设备的绝缘电阻，就是电气设备在一定的直流电压作用下，通过它的绝缘元件的稳定传导电流。在给定的一个电压下，稳定电流越小，绝缘电阻越大；反之，稳定电流越大，绝缘电阻就越小。

通过对绝缘电阻的测定，能够有效地反映出设备普遍受潮，还是局部受潮，或贯穿性缺陷。

工程上测量绝缘电阻的方法很多，农村普遍采用兆欧表

(绝缘摇表)来测量绝缘电阻值。不过,由于兆欧表的电压较低,测量时影响的因素多,往往不能发现非贯穿性缺陷和某些局部缺陷,并且难于根据兆欧表测得的数值准确判断。所以,仅能做为粗略的检查来判定绝缘件的优劣。要想判定某个设备是否受潮或有贯穿性缺陷,还必须进行其它项目的试验。

一、绝缘体在直流作用下的物理分析

通过理论分析,绝缘体在直流作用下,共有三部分电流通过:传导电流、电容电流和吸收电流。这三种电流与时间变化的关系,分别简述如下:

1. 传导电流

传导电流工程上又称漏导电流。这种电流与时间的变化没有关系。不管经过的时间长短,它总是恒定的,如图 1—1 所示。它是纯电阻性电流,相当于直流电压加在电阻上而产生的稳定电流,它的数值大小反映着绝缘体内部是否受潮或有局部缺陷、表面脏污等现象。

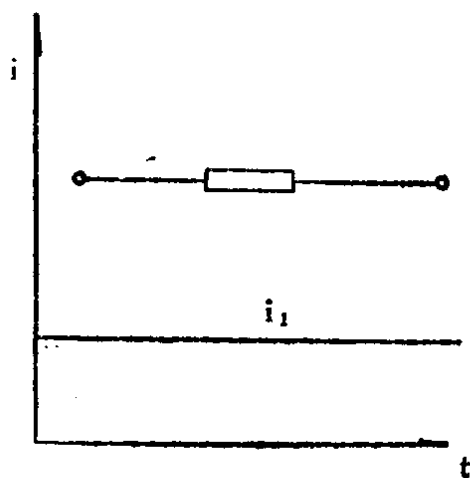


图 1—1 传导电流向量图

2. 电容电流

电容电流在加压的瞬间很大,然后很快衰减下降到零,如图 1—2 所示。它与时间无关,并不引起绝缘体的损耗。它是极短暂的充电电流。

3. 吸收电流

这种电流,是随加压时间的增长而减小,但比充电电流的减小要慢得多,其数值的大小则取决于绝缘体本身的性质

和缺陷。它能引起绝缘的损耗发热等。这种电流与时间的关系如图 1—3 所示。

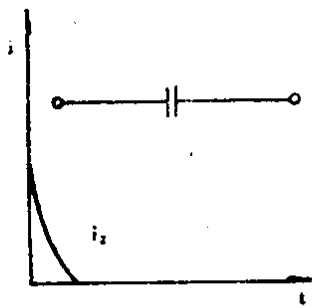


图 1—2 电容电流

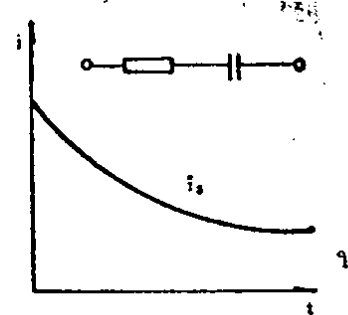


图 1—3 吸收电流

二、试验方法

试验接线如图 1—4 所示。绝缘电阻的试验方法，只作一般概述，在以后的章节里还要举出工作实例详细说明。

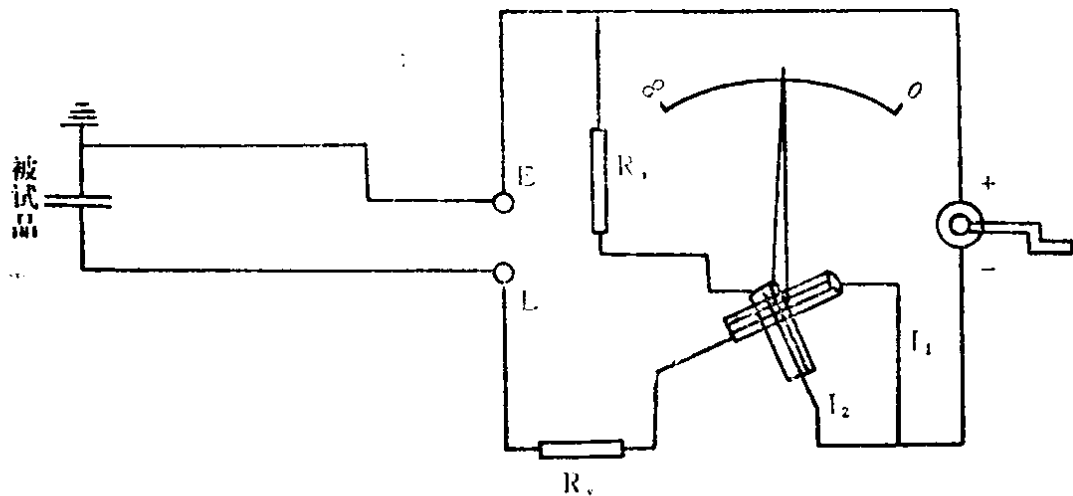


图 1—4 绝缘电阻试验接线图

1. 断开被试电源，将被试物接地放电。电容量较大的被试设备，放电时间最好不少于两分钟。这项试验应该用绝缘工具进行（如绝缘棒或带有一定电阻的放电绝缘专用工具等），不得用手直接接触放电被试物体。

2. 拆除被试物一切对外联线，同时要用于干燥清洁的软布擦去被试物表面的污垢，必要时可先用汽油或三氯乙烯等揩净套管等表面。

3. 将摇表放置平稳，摇动把手，摇到额定转速（一般为每分钟120转），这时摇表指针应指向“ ∞ ”。用导线短接“火线端子”与“地线”端子，摇表指针应指零（轻摇，以免打坏表针）。然后，将被试物的地线接于摇表的“地线”或“E”端子上，同时被试物的非测量部分也应该接地。

被测量部分的引出线要接于摇表的“火线”端子上。如果被试物表面泄漏较大时，应加屏蔽线，屏蔽线应接在摇表的端子上。在线接好后，使火线脱离被试物，空摇至额定转速，在指针指“ ∞ ”之后应停止摇动，将“火线”接被试物。

4. 以恒定转速摇动把手（速度按所用摇表的规定，一般为每分钟120转），待指针稳定后读取数值，记录绝缘电阻的数值。

5. 作吸收比试验时，在接好线后，应摇至额定转速，15秒钟时读绝缘电阻数值，60秒钟后再读一次绝缘电阻。

6. 记录 R_{60} ，应在转动的情况下立即拉开开关，断开火线，然后再停止转动，以免被试物电容电流倒充，损坏摇表。这一点，在试验大容量设备时，尤其要注意。

7. 放电时间不少于两分钟，操作应该用绝缘工具进行，注意“地线”应接地良好，无断线现象，且不宜太长，“地线”最好是多股软铜线。

三、测量中应注意的问题

这里所说的注意的问题，主要是指带有一般性、普遍性

的问题。

1. 同杆双回路架空线路或双母线，当一回路带电时，不得测量另一回路的绝缘电阻。也就是说，不能带电测量，以防感应高压损坏仪表或危害人身安全。对平行线路也同样注意感应电压，一般不测量绝缘电阻。在必须测量时，要采取措施后才能进行，如用绝缘棒接线等。农村两线一地制供电，测量时要特别注意这个问题。

2. “火线”“地线”最好不要靠在一起，测量时必须用绝缘良好的导线，同时要注意摇表本身绝缘不良的影响，必要时应将摇表放在绝缘垫上，或放在比较干燥的地方进行操作。

3. 转速要保持均匀、恒定，要满足有关规定的要求。

4. 测量大容量的电机和长电缆的绝缘电阻时，充电电流较大，因而摇表开始指示数很小，但这并不表示被试物绝缘不良。必须经过长时的摇动充电才能得到正确结果，并且防止反充电而损坏摇表。

5. 如经过测试，发现绝缘电阻过低，不能满足绝缘规程要求时，应进行分节试验，进行局部测量，找出绝缘件局部损坏的原因。

6. 为了避免表面泄漏影响，对表面可加等电位屏蔽，屏蔽部位应靠近“火线端”，并且对测量极和“地”都应有足够的绝缘，以免使端电压降低，吸收比改变，影响测量效果。同时，不管屏蔽不屏蔽，都应擦净表面，以免误判断，屏蔽环可用保险丝或用软铜线缠绕几周后扎紧。

7. 为了使测量结果有比较价值，测量大容量设备时，读数时间应该相同，同时，每次测量最好用同型号的摇表。

8. 接线时注意“火线”不要碰在接线柱周围的屏蔽环

上，以免造成错误判断。

9. 有些摇表漏电严重，应采取措施，以免在高空操作时触电发生意外。

四、对绝缘电阻影响因素及其结果的分析判断

1. 温度的影响

(1) 试验证明，温度对绝缘电阻的影响很大。绝缘电阻随温度变化的程度与绝缘体的种类有关。容易吸潮的材料，受温度影响很大，一般地说，大多数绝缘体绝缘电阻随温度上升而减小。

(2) 这是因为温度的升高，加速了绝缘体内部分子的运动和绝缘体中杂质参加了导电，使漏导电流加大，所以绝缘电阻下降。水分子中含有溶解的杂质或绝缘物内含有盐类、酸类物质，它们被水分解后也要增加导电因而降低了绝缘电阻。

(3) 绝缘体吸潮后，温度升高，水分子汽化，汽化的水分子也参加导电，而使绝缘电阻下降。但往往这种绝缘体的绝缘电阻值是可逆的。经过适当地加温干燥处理，绝缘电阻值又回到原来的绝缘电阻值。

经验证明，一般绝缘物体，温度每变化 8°C — 10°C 时，则绝缘电阻值变化一倍。因此，为了便于正确比较判断绝缘体的质量优劣，试验时应记录温度和湿度。

2. 测量结果的分析与判断

(1) 所测得的绝缘电阻值大于一般容许值。

(2) 与出厂、交接及历年数值进行比较，大修前后进行比较，同类设备相比较，同一设备相间相互比较，耐压前后的数值进行比较，都不应该有明显降低或较大差别。不

然，就要引起注意，对其中的主要设备必须查明原因。比如，变压器不应低于出厂规定数值的70%以上。在比较时，要考虑温度湿度、脏污及气候条件的影响。

第二节 泄漏电流及直流耐压试验

泄漏电流试验的原理与摇测绝缘电阻从原理上讲完全相同，不过用测量泄漏电流的方法来反应绝缘体的质量好坏更为准确、切合实际。

在泄漏电流试验中所用的直流电源，一般均由高压整流设备供电，用微安表来指示泄漏电流。它比摇表优越的地方是：试验电压高并可随意调节，切合实际。对一定电压等级的被试物施加相应的试验电压，可以使绝缘本身的弱点更易显示出来，试验时可随时监视微安表的指示，以了解绝缘情况。

直流耐压试验与泄漏电流测量，从试验的作用来看，它们有所不同。前者是试验绝缘电阻情况，其试验电压较低，不容易发现绝缘体的缺陷情况。用摇表测量绝缘体能够初步判定绝缘体的质量，操作简单易行，用高压测量泄漏电流法，设备比较复杂，操作较麻烦，但更加准确和可靠，容易发现绝缘体内部缺陷。

一、操作要点

1. 准备必要的设备，选择合适的表计，布置现场，正确可靠地连接线路，并在通电前进行详细检查。
2. 在升压过程中应密切监视被试器，试验回路及有关表计，微安表的读数应在升压过程中按规程规定分段进行。

而且还应有一定的预留时间，以便躲开充电电流。

3. 试验过程中，当有电晕声时，要特别注意，精神高度集中，如有闪络、击穿等异常情况发生，要马上降压，切断电源，使物体充分放电，同时要查明原因，待处理好以后，方可重新加压试验。

4. 试验完毕，降压，断开电源后应对试品进行充分放电。

二、异常现象

（一）从微安表上反映出来的情况

1. 指针来回摆动，可能是微安表有交流分量通过，若不影响读出数值，则应检查微安表保护回路。

2. 指针周期性的摆动，这可能是回路存在反充电，或被试品绝缘不良，或内部缺陷产生的周期性放电。

3. 指针突然冲击打表，可能是设备或被试件出现故障，试品出现闪络，内部断续性放电等现象引起的。若指针偶然小冲击，也常由于电源波动所致。

4. 指针所指数值随试验时间发生变化，若逐渐降下，则可能是充电电流减小或试品表面绝缘上升引起；若逐渐上升，往往是由于绝缘老化引起。试验时对逐渐上升，应特别注意。

（二）从泄漏电流数值上反映出来的情况

1. 泄漏电流过大，要先检查试验回路各设备状况和屏蔽是否良好，在排除了外因之后，才能对被试品做出正确的评价。

2. 泄漏电流过大，要检查线路连接是否正确，微安表保护部分有无分量和断脱情况。

3. 当采用的微安表读数处于低压侧时，有可能是由于高压引线过长，空载泄漏电流时，相减后变为负值。特别是在变电站现场，更应防止由此引起错误结果。

三、试验结果分析

在排除各种外界因素对试验结果的影响之后，可以根据测得的泄漏电流情况进行分析，其主要方法是：

1. 从泄漏电流的绝对值大小上看问题，若超出标准要求，则应查明原因，提出问题的所在，必要时要对被试品进行分解试验。

2. 从泄漏电流的相对值进行分析，这和绝缘电阻试验中所提出的方法相类似。

第三节 介质损失角的测量

目前，介质损失角的测量在各方面都得到比较普遍地应用。实践证明，它是判断绝缘情况的一个较为灵敏有效的方法，特别是对于受潮、老化等分布缺陷，更有成效。通过测量损失角的正切值，使我们能够逐年积累资料，掌握绝缘发展趋势，以便及早发现缺陷，进行检修。

一、关于介质的物理概念

介质就是绝缘体，工程上又称为电介质或绝缘材料。介质材料不能通过直流电。在交流电压作用下，将有交流电流通过，而这个交流电流主要有两部分组成，即介质的吸收电流和电容电流。上面已经讲过，电容电流是不引起介质损耗的，而介质的吸收电流又可分为两部分，即有功分量电流和

无功分量电流这两部分。为了说明这一物理过程，可用图 1—5 等值回路来代表。相应的向量图如图 1—6 所示。其

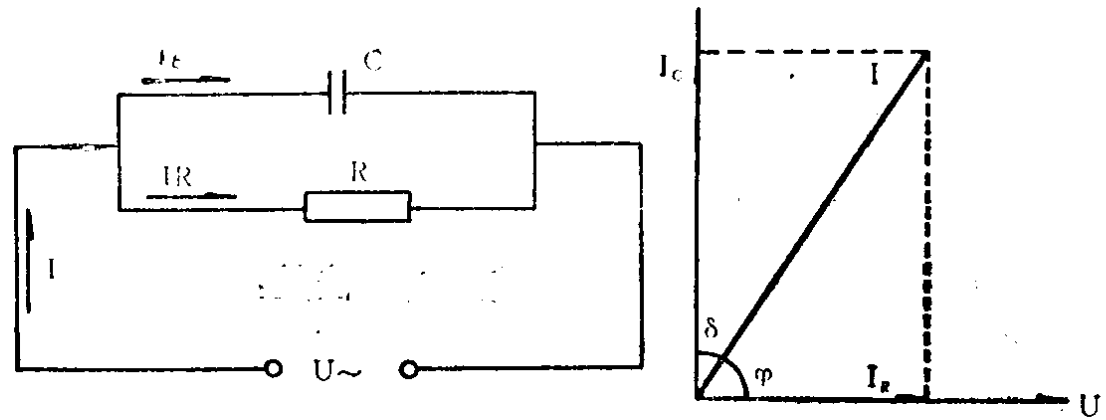


图 1—5 简化的并联等值回路 图 1—6 简化的并联等值回路
向量图

中纯电容电流 I_C 流过介质时不消耗电能。而电导电流 I_R 经过介质时，要产生电能损失。在单位时间内各种损失称为介质损失。实际上在试验中我们所得的介质损失角正切值($\tan\delta$)是总电流中的有功部分 I_R 与 I_C 之比。它反映了绝缘材料单位时间内的有功损失。

二、频率影响介质损失的一些主要原因

频率对介质损失角正切值的影响是很大的，并且还与介质本身的材料有关。当试验用的电源采用固定的50周频率时，则频率影响可以不必考虑。

介质的构造极为复杂。所以介质损失与温度的关系也随介质的结构而有所不同，总的说来，在通常的温度下，介质损失是随温度的升高而增加的。

三、介质损失角试验与绝缘内部缺陷的关系

理论分析与运行经验说明，介质损失试验是鉴定设备绝

缘情况的一个较为灵敏可靠的项目。

但是，所谓灵敏可靠是有条件的，相对的。比如，对大、中型变压器它们具有较大的电容量，即使有个别部位存在局部缺陷，也不易发现，只能发现总体绝缘状况。因为试品是由许多电容串联或并联构成的，当多数电容绝缘良好（ $\text{tg}\delta$ 小只有个别不良 $\text{tg}\delta$ 大）时，其测量的结果就较小。因为不良部分已被良好的部分掩盖了，而不能一一反映出来。所以在试验时应注意到 $\text{tg}\delta$ 测量的这种局限性和片面性。

对 $\text{tg}\delta\%$ 结果进行分析时，一方面是看 $\text{tg}\delta\%$ 绝对值，另一方面是看在各种不同情况下 $\text{tg}\delta$ 的相对数值或变化情况。

另外，当由不同种类绝缘材料所组成的绝缘体施加交流电压时，将出现以下几种不同类型的损失。

1. 由于绝缘体电导所形成的电导损失，无论外加电压是交流还是直流，这一损失都与外加电压的平方成正比，即： $P = U^2 R$ 。

2. 由于绝缘体的吸收现象所引起的损失，即绝缘体吸收损失，它也是与电压的平方成正比，即： $P = U^2 W \text{ctg}\delta$ 。

3. 当夹杂着的气体游离时，所形成的损失是随着气体的游离程度而变化的。当电场强度增加到一定程度时，才开始出现，并随着电场的强度的升高而增加。

这三种损失，第一、二两种损失将造成温度升高，而温度升高又使损失增加，互相影响，因而限制了容许负荷。第三种损失的存在更为严重，因为它不但使绝缘温度升高，而且由于夹杂着的空气泡在电场作用下发生游离，产生了臭氧（ O_3 ）和氮的化合物。这些游离气体对于绝缘的侵蚀是很厉害的，它使绝缘加速老化，变脆；对于云母绝缘，由于臭氧对它的侵蚀会造成块状，容易脱落，并使其机械性能随之变

坏，而且它们对绝缘材料表面的腐蚀是不断加深，逐渐扩大的。

四、QS₁型交流电桥的应用

(一) 几种接线方式

对于QS₁型交流电桥的几种接线方式这里只做简单介绍，后面还要详细地说明。

1. 正接线

所有交流电桥都能做正接线用。图1—7所示，为正接线原理图，这时电桥处于低压，操作比较安全方便，并且电桥内部不受强电场的影响，准确度较高。

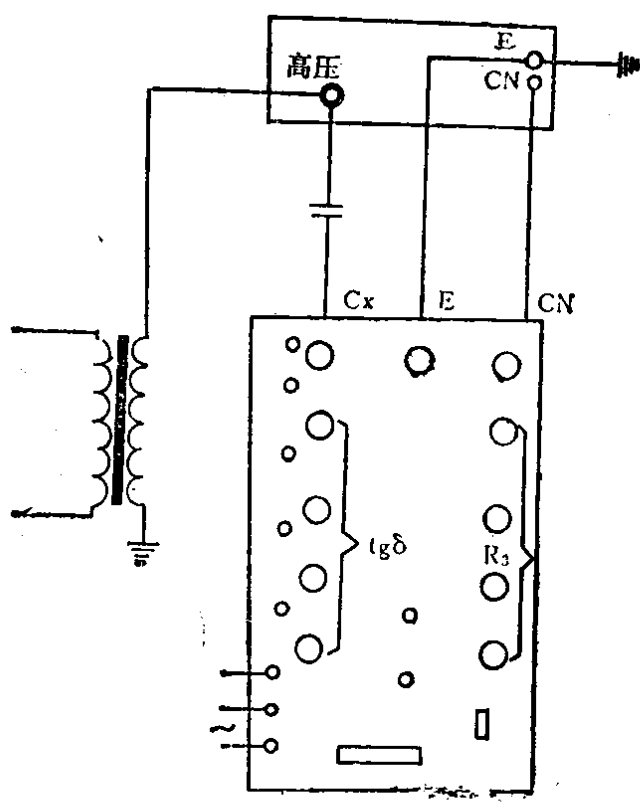


图1—7 电桥正接线图

由于被试物对地必须绝缘，而现场的设备都是一端接

地，这样，正接线就往往不能适应现场试验的要求，因而正接线多用于实验室。

2. 反接线

这种接线适应现场被试设备一端接地的情况，因此应用较多。如图 1—8 所示为电桥反接线原理图。

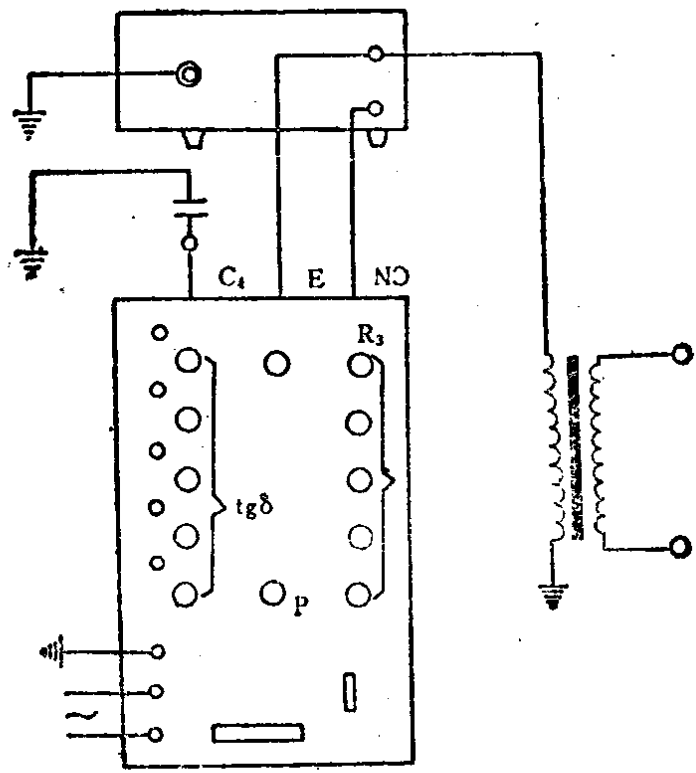


图 1—8 电桥反接线图

在反接线时，桥臂处于高压，所以电桥的导线应对地绝缘起来，并且对地的距离应不小于100~150毫米。标准电容器高压极板接线端引出的接地线对电容器外壳（带有高压）的距离也不得小于100~150毫米。

3. 对角线接法

电桥的对角线接法如图 1—9 所示。这种接线是当被试物一端接地，而电桥又没有足够绝缘进行反接测量时使用。