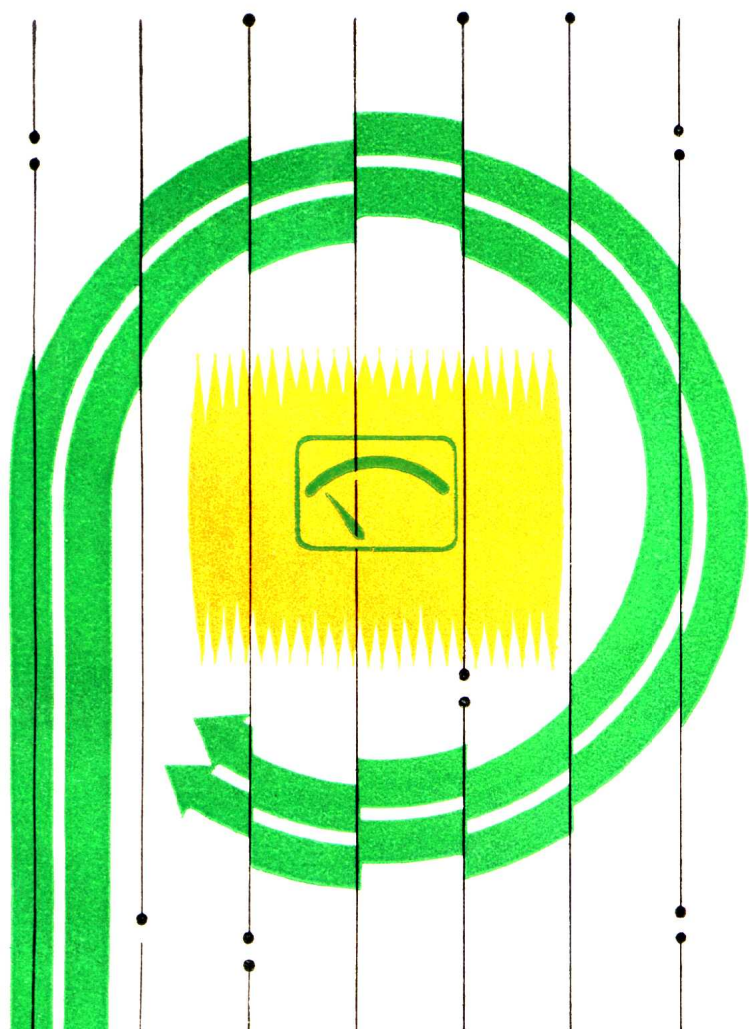


石惟和 张德明 编著

兆欧表

的使用和维修



—— 人民邮电出版社 ——

兆欧表的使用和维修

石惟和 张德明 编著
方俊生 审

人民邮电出版社

内 容 提 要

兆欧表是通信、电力以及机电维修等部门的常用仪表，使用十分广泛。

本书通俗简要地介绍了兆欧表的结构和工作原理，以及使用、保养、校验的方法和经验，着重讲述了36例常见故障的现象及其排除和维修方法。在附录中还提供了国内外生产的34种型号兆欧表的电路图和有关数据。可供兆欧表的使用维护人员阅读参考。

兆欧表的使用和维修

石惟和 张德明 编著

方俊生 审

责任编辑：陈 涛

•

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

•

开本：787×1092 1/32 1985年9月第 一 版

印张：6 16/32 页数：104 1985年9月河北第一次印刷

字数：145千字 印数：1—15,000册

统一书号：15045·总3074—有5427

定价：1.15元

353742

目 录

第一章 兆欧表的工作原理和结构	(1)
第一节 一般工作原理	(1)
第二节 几种磁电系流比计	(5)
第三节 流比计的测量范围	(10)
第四节 兆欧表的主要组成部分	(11)
一、手摇发电机部分	(11)
二、表头指示部分—测量机构	(24)
第二章 兆欧表的使用	(25)
第一节 怎样选用兆欧表	(25)
一、兆欧表测量范围的选择	(25)
二、兆欧表电压范围的选择	(25)
第二节 兆欧表的使用及接线	(26)
一、兆欧表测量端子的识别	(26)
二、保护环“G”的作用	(27)
三、测量方法举例	(29)
第三节 兆欧表使用注意事项	(36)
第四节 一般维护保养知识	(41)
第三章 兆欧表的技术要求及故障排除	(43)
第一节 一般技术要求	(43)
第二节 修理及调试前的检查	(44)
一、外观检查	(44)
二、电气检查	(45)

三、平衡检查	(46)
第三节 主要部件的拆卸与组装	(46)
一、将兆欧表进行大部件分离	(46)
二、手摇发电机部分的拆卸与组装	(48)
三、测量机构部分的拆卸与组装	(51)
第四节 一般故障分析三十六例	(53)
一、手摇发电机部分	(53)
1. 发电机摇不动是什么原因?	(53)
2. 摇动发电机摇柄感到很沉重, 而且电压降得很低是什么原因?	(55)
3. 摇动发电机摇柄并不沉重, 但输出电压低于额定电压(低得并不太多), 这是什么原因?	(56)
4. 摇动发电机时不感到沉重, 但没有输出电压或电压很低, 是什么原因?	(57)
5. 发电机发出的电压不稳定是什么原因?	(59)
6. 表壳漏电是什么原因?	(59)
7. 发电机发出电压过高是什么原因?	(60)
8. 摇动发电机时打滑, 没有输出电压是什么原因?	(60)
9. 发电机摇动时抖动, 并且噪声很大, 是什么原因?	(60)
10. ZC1型兆欧表摇向“ ∞ ”时, 不论在“ $M\Omega$ ”档或在“ $k\Omega$ ”档, 表针移动都非常缓慢, “ $k\Omega$ ”档更慢, 是什么原因?	(62)
11. ZC1型兆欧表在摇速很低时, 当检查“ ∞ ”点时指针反而向“0”偏转, 而检查“0”点时, 指针反而向“ ∞ ”偏转, 但摇速一高, 马上又正常了。“ $M\Omega$ ”档与“ $k\Omega$ ”档都是如此, 是	

- 什么原因? (62)
12. ZC1型兆欧表虽然各处接触良好,但测“MΩ”档时,当检查“0”点时指针很不稳定,尤其摇速快了指针来回打,而检查“∞”点时指针走的很慢,是什么原因? (62)
13. 兆欧表在有强磁场的环境中,测量误差很大,是什么原因? (63)
14. 利用晶体管作整流的兆欧表,输出电压低,开路检查时摇不到“∞”,是什么原因? ... (63)
- 二、测量机构部分..... (64)
1. 指针卡住或转动不灵是什么原因? (64)
2. 兆欧表随放置位置的不同,倾斜角度的不同(在允许倾斜角范围内),测量值也随之相差较多,是什么原因? (65)
3. 表的指示不稳定(属于表头因素),是什么原因? (65)
4. 有的表(如“311”型兆欧表)未固定其表盖时指示灵活,而一旦固定好表盖,指针就呆滞,指示误差也变大,是什么原因? (66)
5. ZC7型(500V)兆欧表,当不盖上盖空摇(即“L”、“E”端开路)时,能指到“∞”,而盖了上盖空摇时,就指不到“∞”了,是什么原因? (66)
6. 空摇时表针不指向“∞”位置,并能停于任意位置上,是什么原因? (66)
7. 空摇时指针指不到“∞”,但能停在某一个位置上,是什么原因? (67)
8. 空摇时指针指不到“∞”,而“L”与“E”短路时,指针却超过“0”或下限,

- 是什么原因? (68)
9. 空摇时指针超过“ ∞ ”，而“L”与“E”短路时，指针却指不到“0”或下限，是什么原因? (68)
10. 空摇时指针超过“ ∞ ”，是什么原因? (68)
11. 当“L”、“E”短路（或接下限阻值）时，指针不指“0”（或下限）位置，是什么原因? (69)
12. 指针既指不到“ ∞ ”位置，也指不到“0”（或下限）的位置，是什么原因? (69)
13. 若指针在“ ∞ ”与“0”（或下限）的位置，同样有少许超出，是什么原因? (70)
14. 空摇时指针能指“ ∞ ”，但接任何被试物或“L”、“E”端短路时，仍然指“ ∞ ”，是什么原因? (70)
15. 空摇时指针指向“0”处，“L”与“E”短路时指针反而指向“ ∞ ”处，是什么原因? ... (70)
16. 若“ ∞ ”与“0”（或下限）的位置都调整好，但在刻度的前半段或后半段存在误差，是什么原因? (71)
17. ZC1型兆欧表转换开关放在“M Ω ”档时，指针超过“ ∞ ”（也就是在“k Ω ”档时指针超过“0”的位置），是什么原因? (71)
18. 空摇时指针稍许超出（或不到）“ ∞ ”位置，而其余各点的误差大部分都正常，是什么原因? (72)
19. “L”、“E”短路或接下限阻值时，“0”点或“下限”稍许超过（或不到），其余点皆正常，是什么原因? (72)

20. 某些金属壳体的兆欧表, 如05005型(500V、500M Ω)兆欧表, 不论是摇“ ∞ ”或摇“0”, 指针总是指向同一侧, 是什么原因? (73)
21. 整个刻度特性破坏较大, 如指示过程中某一段刻度变得很密或很稀疏, 误差很不均匀, 是什么原因? (73)
22. “ ∞ ”点与“0”点误差调整好后, 其余各点的误差还较大, 是什么原因? (74)

第五节 兆欧表修理中的几个问题 (74)

- 一、如何进行表头活动部分的机械平衡调整? (74)
- 二、如何在没有数据的情况下, 能简便地查出发电机中已断线包的匝数? (79)
- 三、如何焊接、配制和要求导流丝? (79)
- 四、如何对兆欧表重新刻度? (81)
- 五、如何联接两个动圈中的四个绕组? (84)

第四章 兆欧表的校验及误差计算 (88)

第一节 兆欧表的校验内容 (88)

第二节 校验基本误差的几种方法 (90)

一、直接对比法(标准高阻法) (90)

二、分流校验法 (93)

第三节 兆欧表的误差计算 (104)

附录一 接地电阻测试仪的简述和举例 (117)

一、接地电阻 (117)

二、国产ZC8型接地电阻测量仪的原理及使用 (118)

三、苏制MC-08型接地电阻测试仪的原理、使用 和校验 (125)

附录二 各种兆欧表电路及数据	(136)
一、ZC1型兆欧表	(136)
二、ZC5型兆欧表	(138)
三、ZC7型兆欧表	(140)
四、ZC8型接地电阻测量仪	(144)
五、ZC9型微欧姆计	(146)
六、ZC10型欧姆表	(150)
七、ZC11型兆欧表	(151)
八、ZC12型矿用防爆兆欧表	(155)
九、ZC13型兆欧表	(157)
十、ZC14型兆欧表	(161)
十一、ZC15型高绝缘电阻测试仪	(168)
十二、ZC17型自动绝缘电阻测定仪	(172)
十三、ZC18型安全火花接地电阻测量仪	(174)
十四、ZC19型绝缘电阻测定仪	(178)
十五、ZC25型兆欧表	(183)
十六、ZC26F型携带式兆欧表	(185)
十七、ZC28型携带式兆欧表	(186)
十八、ZC29型兆欧表	(188)
十九、ZC30型兆欧表	(190)
二十、0101、2525、5050、1010型兆欧表	(190)
二十一、苏联M1101型兆欧表	(193)
二十二、苏联MC-06型兆欧表	(193)
二十三、英国EVERSHED-I型兆欧表	(194)
二十四、英国EVERSHED-II型兆欧表	(195)
二十五、日本横河L-4型兆欧表	(196)
二十六、日本计器NEIC8型兆欧表	(196)

二十七、日本扶桑F-201型兆欧表	(197)
二十八、日本日立E16型兆欧表	(197)
二十九、日本横河L-5型兆欧表	(197)
三十、法国制(2500V)兆欧表	(197)
三十一、匈牙利制(500伏/100兆欧)兆欧表	(198)
三十二、德国AEG制(500伏/50兆欧)兆欧表 ...	(198)
三十三、德国AT厂制(1000伏/200兆欧)兆欧表 ...	(198)
三十四、奥地利GOSSEN(2000伏/400兆欧)兆 欧表	(199)

第一章 兆欧表的工作 原理和结构

兆欧表主要用来测量和检验电机、电气设备、输电线和电缆等器材的绝缘电阻。兆欧表具有使用简单、携带方便，测量时不要其他辅助设备、不用外接电源，并可以直接读出测量结果等优点，所以使用极为广泛。

兆欧表又称“摇表”、“高阻计”、“梅格表”、“绝缘电阻测定器”等。

“兆欧”为高值电阻和绝缘电阻的计量单位。一兆欧等于一百万（ 10^6 ）欧姆。它的表示符号为“ $M\Omega$ ”。

兆欧表的种类型式很多，但其结构、工作原理大致相同。测量绝缘电阻范围的大小与其测试时所发出的额定直流电压的高低有关，额定电压越高，所能测得的绝缘电阻也就越大。兆欧表直流电压的产生方式有两种：一种是由手摇发电机产生；另一种是由晶体管直流变换器产生。本书主要介绍目前常用的以手摇发电机来产生直流电压的兆欧表。关于用晶体管直流变换器作为电源的兆欧表（如ZC14型）详见附录二。

第一节 一般工作原理

兆欧表是利用磁电系流比计来测量高值电阻的仪表。它主要是由一个提供电源用的手摇发电机和一个磁电系流比计的测量机构所组成。兆欧表工作时所需的直流电压，是由其内装的

交流发电机产生的交流电经过整流而获得的。对交流电压的整流方式有两种：一种是晶体管全波二倍压整流，如 ZC25 型兆欧表，其电路图见图 1-1；一种是利用机械整流子整流，如 5050 型兆欧表，其电路图见图 1-2。机械整流子的具体结构将在本章第四节中介绍。

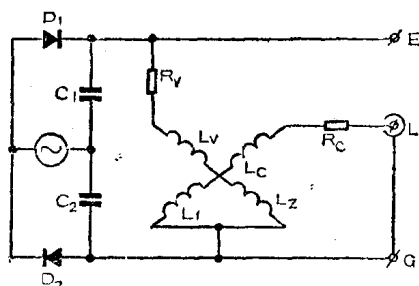
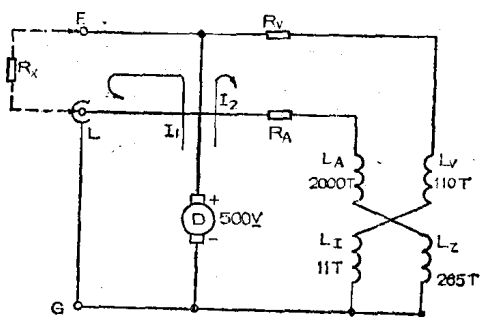


图 1-1 ZC25 型兆欧表电路图

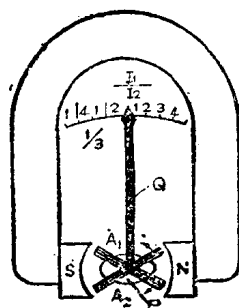


- | | |
|----------------------|-----------------|
| L_V —电压线圈 | R_V —电压回路串联电阻 |
| L_A —电流线圈 | R_A —电流回路限流电阻 |
| L_Z —零点平衡线圈 | I_1 —电流回路电流 |
| L_I —无穷大平衡线圈 | I_2 —电压回路电流 |
| D —利用机械整流子整流的直流发电机 | |

图 1-2 5050 型兆欧表电路图

现以5050型兆欧表为例介绍兆欧表的一般工作原理：

图1-2所示的 L_V 电压线圈和 L_Z 零点平衡线圈同绕在一个铝框上形成小动圈（也称为电压线圈）； L_A 电流线圈和 L_I 无穷大平衡线圈同绕在另一个铝框上形成大动圈（也称为电流线圈）。两动圈间保持一定夹角，一齐固定在同一轴上，而轴是可以灵活转动的。它们都处于不均匀永久磁场中。另有指针装在轴的上端。这就构成了兆欧表的测量机构，也称为兆欧表的表头部分（见图1-3）。



A_1 —大动圈
 A_2 —小动圈
 P —椭圆形铁芯
 Q —指针

图 1-3 兆欧表测量机构示意图

如图 1-2 电压线圈 L_V 、无穷大平衡线圈 L_I 、电压回路串联电阻 R_V 、与手摇发电机的“+”、“-”极并联形成电压回路。因为各元件的电阻值是固定的，此回路中的电流是不变的。电流线圈 L_A 、零点平衡线圈 L_2 、限流电阻 R_A 和被测电阻 R_x 形成电流回路。回路中的电流是变化的，其电流值随 R_x 的增大而减小。

图1-17中的 1、2、3，是不同部位的导流丝，其作用是将电流引入测量机构的线圈中。兆欧表中的导流丝产生的力矩影响很小可以略而不计。当两线圈中无电流通过时指针可以停在任意位置。

设计上规定，当转动手摇发电机使电流经导流丝通过电压线圈 L_V 和电流线圈 L_A 时，由于它们的绕向和接线方法不同，它们在永久磁场中转动的趋向是相反的；电压线圈产生的转矩驱使指针逆时针转动，而电流线圈产生的转矩驱使指针顺时针转动。

若测量端子“ L ”与“ E ”端开路时，摇动手摇发电机，电流回路的电流 I_1 为“0”；而电压回路中的电压线圈 L_V 和无穷大平衡线 L_I 中则有电流 I_2 通过；由上述已知 L_V 与 L_I 的转矩是相反的，但 L_V 的匝数远多于 L_I ，又由于它们起始位置在不均匀磁场中所受的磁场强度不同，故造成指针以 L_V 转矩方向为主逆时针转动。随着线圈转角的不同，线圈所处磁场位置也随之变化，使得 L_I 产生的转动力矩逐渐增大，当两力矩平衡时，指针停到刻度盘左边逆时针的最大位置。由于“ L ”、“ E ”开路时就相当于被测电阻 R_x 为无穷大，我们就把这里的刻度标为“ ∞ ”（无穷大）。

若测量端子“ L ”与“ E ”端短路时，在电压回路和电流回路中都有电流通过。而通过电流线圈 L_A 的电流 I_1 比通过 L_V 线圈的电流 I_2 大；而且电流线圈 L_A 的匝数远比电压线圈 L_V 多，所以电流线圈产生的转动力矩比电压线圈产生的转动力矩大，这时两个方向相反的不平衡力矩相互作用的结果使指针顺时针转动，直到在不均匀磁场的作用下，两力矩平衡为止，这时指针停在刻度盘右边顺时针最大位置，由于“ L ”、“ E ”端子短路就相当于被测电阻 R_x 为零，我们就把这点标为“0”。

当被测电阻 R_x 为“0”与“ ∞ ”之间的任何其他数值时，指针所停的位置由电流回路的电流 I_1 和电压回路的电流 I_2 的比值来决定。由于 I_1 的大小随 R_x 的大小而变化，而 I_2 是不变的，则 R_x 的数值就可以决定指针偏移的位置。如果先用标准电阻箱当作 R_x 连接于“ L ”“ E ”端之间，逐点改变阻值后，在度盘上刻出各种 R_x 值的位置，那么，当用刻度完好的兆欧表来测量待测电阻时，就可根据指针偏转的位置，从刻度盘上直接读出被测电阻的数值。

第二节 几种磁电系流比计

磁电系（按指示仪表的工作原理分类）流比计是兆欧表采用的测量机构。常见的有：交叉线圈式流比计、平面线圈式流比计、及丁字形交叉线圈式流比计等，其中以交叉线圈式流比计应用较多。

一、交叉线圈式流比计

这种结构的流比计又称内磁式交叉线圈流比计，它的测量范围为有限测量范围（——见第三节），如图1-4所示。它具有两个形状相同、相交角为 50° （或 60° ）的可动线圈，两个线圈产生的力矩方向彼此相反。它采用了不规则形状的内磁钢（如椭圆形、扁桃形，或特殊形状的极掌）使空气隙中的磁通密度中间较密、两边较稀。

图1-4中，“A”为电流线圈，“B”为电压线圈，设通过A线圈的电流为 I_1 ，A线圈在不均匀磁场中所受到的磁通密度为 B_1 ；而B线圈的电流为 I_2 ，B线圈在不均匀磁场中所受到的磁通密度为 B_2 ，系数为 K ，则A线圈的转矩 M_A 为：

$$M_A = KI_1 B_1$$

B线圈的转矩 M_B 为：

$$M_B = KI_2 B_2$$

这里 M_A 的方向为顺时针， M_B 的方向为逆时针。

当 $M_A = M_B$ 时，指针静止于平衡位置。此时

$$KI_1 B_1 = KI_2 B_2$$

$$I_1 B_1 = I_2 B_2$$

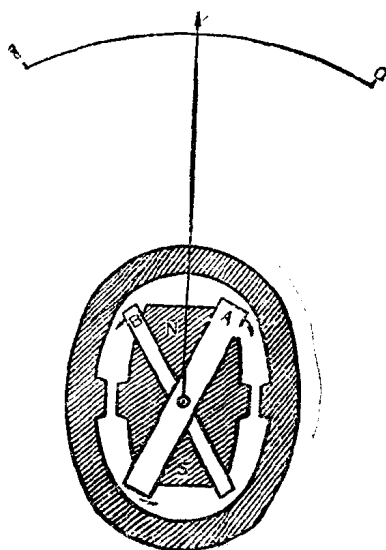
353742

即

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{B_2}{B_1}$$

从上式可以看出，由于磁场分布的不均匀性，当两线圈间电流比改变时，两线圈在磁场中位置也变化，线圈所处新位置的磁通密度比 B_2/B_1 也产生了变化，使电流减小的线圈在新的磁场位置受到较大的磁通密度，因此，当两力矩再次相等时，指针在新的位置达到平衡。在这种结构中 A 线圈中的电流随被测电阻的变动是可变化的，而 B 线圈中的电流是不变的。

由于铁芯特殊的形状，将影响永久磁场的不均匀分布，而两个可动线圈的夹角能决定它们在不均匀磁场中的相对位置，所以改变铁芯形状、内磁钢形状或动圈间夹角，都可以改变刻度特性和指针偏转角度。



A—大动圈 B—小动圈

图 1-4 交叉线圈式流比计简图

二、平面线圈式流比计

这种流比计也称一字线圈式流比计，它的测量范围是有限测量范围。如图1-5(A)所示。它的特征是两个测量线圈平行地固定在一个转轴上，其转动动力矩与活动部分位置的关系，靠活动部分在不均匀磁场中位置的变化来确定。铁芯为楔形，见图1-5(B)，其磁场是不均匀的。

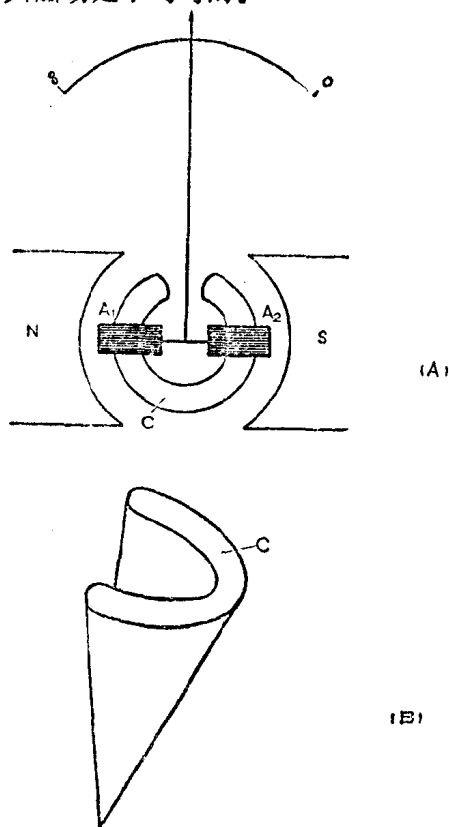


图 1-5 (A)平面线圈式流比计结构简图(B)楔形铁心