

# 兆欧表检定合格率提升的关键环节及故障诊断

孟庆硕

中国铁路北京局集团有限公司北京科学技术研究所 北京 100036

**【摘要】**兆欧表的检定合格率受多方面因素的制约,其中计量检测人员作为检定过程的重要主体,成为了影响兆欧表合格率的重要一环。本文首先阐述了兆欧表的工作原理及检定方法,后又根据以往的实践经验,总结了检定过程中须注意的关键环节和常用的故障分析及诊断方法,旨在通过提升计量检测人员的检测及故障处理能力,进而提高兆欧表的检定合格率。

**【关键词】**兆欧表检定; 检定维修; 故障诊断; 合格率

Key Factors and Fault Diagnosis for Improving the Qualification Rate of Megohmmeter Calibration  
Meng Qingshuo

Beijing Institute of Science and Technology, China Railway Beijing Group Co., Ltd., Beijing 100036

**【Abstract】** The calibration qualification rate of megohmmeters is influenced by multiple factors. As a critical component in the calibration process, metrology inspectors play a pivotal role in determining the qualification rate. This paper first explains the working principles and calibration methods of megohmmeters, then summarizes key aspects to note during calibration based on practical experience, along with common fault analysis and diagnostic techniques. The aim is to enhance metrology inspectors' detection and troubleshooting capabilities, thereby improving the calibration qualification rate of megohmmeters.

**【Key words】** megohmmeter calibration; calibration maintenance; fault diagnosis; qualification rate

## 1 引言

兆欧表是应用于电气安全检测的重要计量器具,其量值准确性与可靠性直接关系到设备绝缘性能的评估。依据国家相关检定规程执行检定操作,是确保兆欧表计量性能达标的基础准则。然而,在规程框架内,计量检测人员作为操作主体,其操作的规范化程度、对潜在影响因素的把控以及能否有效识别并准确诊断仪器的故障,直接影响着兆欧表的检定合格率。鉴于此,本文将系统探讨兆欧表检定过程中计量检测人员易被忽视的关键环节,并指出了常见故障的诊断方法,旨在为提升兆欧表检定合格率提供实践指导。



图1 兆欧表

## 2 兆欧表的工作原理及检定方法

### (一) 兆欧表的工作原理

兆欧表(如图1)由手摇发电机、表头和三个接线柱组成(L:线路端、E:接地端、G屏蔽端)组成,其电路图如图2所示。图中G为手摇发电机,发电机组件由摇柄、防逆转系统、传动齿轮、离心式摩擦调速系统、发电机等组成;电路系统由倍压整流电路及测量装置磁电式双动圈流比计组成,仪表的指针固定在双动圈上。其工作原理如下:

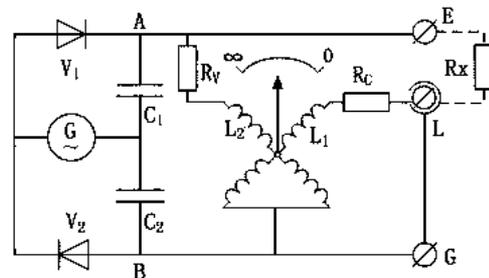


图2 兆欧表电路图

顺时针摇动兆欧表手柄时,手柄使棘轮、齿轮、离心摩擦调速等机构转动,并带动发电机转子以5倍于手柄的转速旋转,定子线圈输出交流电压。棘轮系统是防止转子逆转,离心摩擦调速系统防止转子超速。手柄以额定转速转动时,

定子线圈将输出的交流电压，经二极管  $V_1$ 、 $V_2$ ，电容  $C_1$ 、 $C_2$  倍压整流后，在 A、B 两端输出直流高压。

测量时，被测电阻  $R_x$  接于兆欧表的“线路端 L”与“接地端 E”之间。电压线圈  $L_1$ 、电阻  $R_c$  和被测电阻  $R_x$  相串联，电流线圈  $L_2$  和电阻  $R_v$  相串联，然后再并联接至 A、B 两端。设线圈  $L_1$  电阻为  $r_1$ ，线圈  $L_2$  电阻为  $r_2$ ，当摇动手摇发电机时，兆欧表将输出直流高电压  $U$ ，则两个线圈通过的电流分别为：

$$I_1 = \frac{U}{r_1 + R_c + R_x}$$

$$I_2 = \frac{U}{r_2 + R_v}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2 + R_v}{r_1 + R_c + R_x}$$

式中的  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $R_c$ 、 $R_v$  均为定值，仅  $R_x$  为变量，所以改变  $R_x$  会引起比值  $I_1/I_2$  的变化。由于线圈  $L_1$  与线圈  $L_2$  绕向相反，流入电流  $I_1$  和  $I_2$  在永久磁场作用下，在两个线圈上分别产生两个方向相反的转矩  $T_1$  和  $T_2$ ，当  $T_1 \neq T_2$  时指针发生偏转，直到  $T_1 = T_2$  时，指针停止，此刻指示值即为被测  $R_x$  值。因此，指针偏转的角度只取决于  $I_1$  和  $I_2$  的比值，当 E 端与 L 端短接时， $I_1$  为最大， $I_1/I_2$  为常量，指针顺时针方向偏转到最大位置，即“0”位置；当 E、L 端未接被测电阻时， $R_x$  趋于无穷大， $I_1=0$ ， $I_1/I_2$  趋近于 0，指针逆时针方向转到“ $\infty$ ”位置。

## (二) 兆欧表的检定方法

兆欧表的检定应依据 JJG622-1997《绝缘电阻表（兆欧表）检定规程》进行，对兆欧表的后期检定需要包括外观检查、初步试验、基本误差检定、端钮电压及其稳定性测量、倾斜影响检验、绝缘电阻测量、绝缘强度检验七个项目，其中主要检定项目为基本误差检定，所使用标准器为绝缘电阻检定装置和恒速源组成，接线如图 3 所示。测量方法为将被检兆欧表固定在恒速源上，按照图 3 连接导线，设定转速为 120r/min，经 1min 指针稳定后，读取被检表示值。

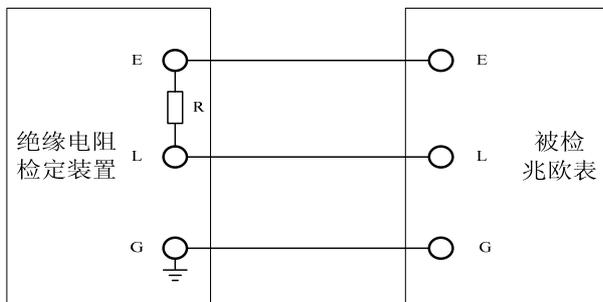


图 3 基本误差检定接线图

## 3 检定过程中须注意的六个关键环节

### (一) 标准装置存在剩余电荷

当标准器存在剩余电荷时，会出现虚假现象，使测量数据虚假增大或减小。当剩余电荷的极性与兆欧表的极性相同时，测量结果虚假增大；当剩余电荷的极性与兆欧表的极性相反时，这时兆欧表需输出较多的异性电荷去中和剩余电荷。为消除剩余电荷影响，应事先对标准器进行“充分”的放电。因此，操作者在测量前，应切断标准器及回路的电源，并对相关元件进行临时接地放电，以保证人身与兆欧表的安全和测量结果的准确。

### (二) 标准器存在转换开关变差

电阻箱通过转换开关改变电阻值，在转换后再转换回原位时其接触电阻不是固定不变的，这就产生了开关变差，变差大时可能使检定结果产生不能忽略的误差。因此，操作者在转换开关时应尽量用力均匀使产生较小的接触电阻变差。

### (三) 错误选取中值电阻的阻值

检定员经常忽视这个规定：中值电阻是取最大分度线的电阻值 2% 的 1、2、5 或 10 的整数倍数值。而检定人员没有仔细领悟规程规定，仅凭感觉和经验取分度线中心处，以 ZC11D-3 型兆欧表为例，如果取分度线中心位置的电阻值 20 MΩ，而按照规定计算中值电阻应为 50 MΩ，检定结果就存在很大误差，造成误判。

### (四) 选取测试导线不合适

兆欧表的测试引线应选用绝缘良好的多股软线，L、E 两端子引线应独立分开，避免缠绕在一起，保持适当距离，以免影响测量准确度。特别是 10 MΩ 以上用普通导线的误差就非常明显，如测量 1000 MΩ 时，普通导线所引入的测量误差超过 10%。测试导线的长短，应根据测试现场的需要而定，原则上宜短不宜长。

### (五) 电流热效应影响

检定过程中，需要对部分元件的数值进行改变或调解，这样就会导致电流变化，元件所散发的热量就会增加，而这也对最终示值造成一定的影响。因此，使用的标准器应控制好时间，尽量避免连续长时间使用。

### (六) 脏污或受潮

兆欧表的表面脏污或受潮，会使其表面电阻率大大降低，绝缘电阻将显著下降。在检定前要用酒精擦拭油污，放置一段时间后再开始检定。

## 4 八种常用的故障分析及诊断方法

(一) 端钮“E”、“L”开路时，摇动手摇发电机指针指不到“ $\infty$ ”。

首先拆下提手，旋下紧固螺丝，取下发电机弹簧引线，把测量机构与发电机分开。

1) 检查测量机构:测量机构主要有交叉式线圈(以 ZC25 型表为例)、导流丝、电压、电流回路电阻等组成。

① 首先观察导流丝是否变形,因导流丝变形,使得残余力矩增大,特别是在“∞”附近,由于磁场较弱,定位力矩小,容易产生误差。如是,应重新调整或更换导流丝。更换的导流丝应符合下列要求:导流丝无折伤,导流丝上、中、下三根应平行,不能上翘或下垂。用手拨动指针从“0”到“∞”,导流丝不能与转轴或其它物相碰。

② 用万用表测电压线圈是否断路或短路。如是,重绕或更换。

③ 检查电压回路电阻是否增大。如是,重新调整电压回路电阻。

2) 检查发电机:

① 测量发电机输出电压:手摇发电机,用静电电压表或高压数字电压表测其输出电压,看是否与其标定的额定电压相一致,允许有 $\pm 10\%$ 的误差。如发电机输出电压过低,检查发电机绕组是否断路或短路。如是,更换或重绕。

② 检查整流二极管是否击穿短路。如是,更换。

③ 检查发电机并联电容是否损坏。如是,更换。

④ 检查调速器的螺丝弹簧是否过松。如是,重新调整弹簧,使弹簧拉紧。

(二) 在“E”、“L”短路时,指针指不到“0”。

① 若指针指不到“0”,可用镊子扳动指针来调整。

② 检查电流回路电阻是否增大。如是,重新调整电阻。

③ 检查电流线圈是否短路或断路。如是,重绕或更换。

④ 检查导流丝是否与其它物相碰或变形很大。如是,重新更换。

(三) 指针转动不畅或转动时有卡滞现象。

① 检查轴尖是否磨损。如是,更换轴尖。

② 宝石轴承与轴尖配合太紧,造成间隙过小。如是,应重新调整轴承与轴尖之间的间隙。

③ 仪表可动线圈变形与内部铁芯相碰。如是,重新修整线框。

④ 导流丝变形,导致指针在转动时与某些固定部分相碰。如是,重新调整导流丝。

⑤ 可动线圈与磁性铁芯上的铁屑相碰。如是,将带有磁性的细钢丝插入间隙中,利用钢丝被磁化的原理吸出铁屑。

(四) 在“∞”和“0”点位置正常,但有部分刻度点误差较大。

① 机械平衡不好。如是,重新调整平衡。方法是:将仪表不通电静止在某一位置,然后向前后、左右倾斜 $30^\circ$ 来调平衡锤。

② 重焊导流丝,并伸长或缩短导流丝,利用其残余力

矩来改变仪表的刻度特性。

③ 如以上方法调整不起作用,可以重划刻度线来解决。

(五) 用绝缘电阻测试仪测量绝缘电阻时,测量数据不准确。

① 电池电压不足。电池电压欠压过低,造成电路不能正常工作,所以测出的读数是不准确的。

② 测试线接法不正确。误将“L”、“G”、“E”三端接线接错,或将“G”、“L”连线“G”、“E”连线接在被检两端。

③ “G”端连线未接。被检由于受污染潮湿等因素造成电流泄漏引起的误差,造成测试不准确,此时必须接好“G”端连线防止泄漏电流引起误差。

④ 干扰过大。如果被检受环境电磁干扰过大,造成仪表读数跳动、或指针晃动,造成读数不准确。

⑤ 人为读数错误。在用指针式绝缘电阻测试仪测量时,由于人为视角误差或标度尺误差造成示值不准确。

⑥ 仪表误差。仪表本身误差过大,需要重新校对。

(六) 表壳漏电。

① 检查电机引出弹簧是否与金属外壳相碰,或其他位置布线裸露之处有与金属外壳相碰的地方。

② 装在底板上的长固定螺钉装偏,使接线碰在金属壳上形成漏电。

③ 使用场所过于潮湿,形成绝缘不好,造成漏电。

(七) 摇发电机时打滑,没有输出电压。

① 各齿轮咬合不好,特别要检查胶木传动齿轮的固定螺丝是否松动,如松动可能使得偏心轴套移动了角度,造成齿轮间隙变大,互相咬合不上,形成打滑。

② 调速器上调节螺母由于某种原因松脱,使弹簧不能拉紧,橡皮垫不能压在摩擦轮上,从而使摇把转动时不能有效地带动转子转动,形成打滑现象。

(八) 空摇时指针能指“∞”,但接任何被试物或“L”与“E”短路时,仍然指“∞”。

① 电流回路中焊线脱线。

② 电流动圈断路。

③ 通往电流动圈的导流丝脱落。

④ 电流回路中所串联的限流电阻断裂或脱焊。

## 5 结论

综上所述,本文基于长期实践的系统性总结,详细阐述了兆欧表检定过程中易于忽视的六个关键环节及八种常见的故障分析和诊断方法,旨在为计量检测人员检修兆欧表提供理论指导,通过提升计量检测人员的能力,进而提升兆欧表的检定合格率。