



通信设备测试方法丛书

**通信电线路测试方法**

铁道部电务局 主编

中 国 铁 道 出 版 社

1986年·北京

## 内 容 简 介

本书为《通信设备测试方法丛书》中的一册，按照《铁路通信技术维护规则》的要求，主要介绍通信电线路的测试方法。书中除讲述了明线线路和电缆线路的交、直流电特性测试方法以外，还介绍了一些常见障碍的测试方法，并对测试结果的计算与修正作了较为清楚的阐述，而且附有例题。

本书供从事通信线路维护工作的工人和技术人员使用。



通信设备测试方法丛书

通信电线路测试方法

铁道部电务局 主编

中国铁道出版社出版

责任编辑 郝晓英、黄成士 封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：4.375 字数：97 千

1986年10月 第1版 第1次印刷

印数：0001—8,000册 定价：0.78元

## 前 言

为了适应铁路通信设备维修测试的需要，根据铁道部（81）电通字34号文件《关于贯彻执行铁路通信技术维护规则的意见和要求》，按照《铁路通信技术维护规则》中的技术标准要求，编写了“通信设备测试方法丛书”。这套丛书按专业划分为通信线路、长途通信、地区通信、铁路专用通信、电报通信、通信电源六部分。由于通信设备种类、型号繁多，本丛书仅介绍基本测试方法，供从事通信工作的工程技术人员和工人在日常维修测试中使用。

本书为《通信线路测试方法》，由梁殿歧执笔，张克宇审校。由于编者经验不足，书中不足之处，请读者在实践中提出改进意见。

铁道部电务局

一九八五年九月

## 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| <b>第一章 通信线路直流与障碍测试</b> ..... | 1  |
| <b>第一节 直流测试</b> .....        | 1  |
| 一、直流电阻测试.....                | 1  |
| 二、不平衡电阻测试.....               | 6  |
| 三、绝缘电阻测试.....                | 8  |
| 四、过渡装置的使用.....               | 11 |
| 五、测试结果的修正与计算.....            | 12 |
| <b>第二节 障碍测试</b> .....        | 26 |
| 一、混线障碍测试.....                | 26 |
| 二、接地障碍测试.....                | 30 |
| 三、电缆断线障碍测试.....              | 31 |
| 四、对称电缆错接障碍测试.....            | 34 |
| 五、同轴电缆绝缘强度障碍测试.....          | 36 |
| 六、对称电缆绝缘不良障碍测试.....          | 39 |
| 七、导线接头接触不良的查找方法.....         | 41 |
| 八、探测法查找障碍.....               | 42 |
| 九、建立标准记录.....                | 45 |
| <b>第二章 通信线路交流测试</b> .....    | 47 |
| <b>第一节 交流电特性测试</b> .....     | 47 |
| 一、回线衰减测试.....                | 47 |
| 二、串音测试.....                  | 73 |
| 三、输入阻抗测试.....                | 88 |
| 四、交流对地不平衡衰耗测试.....           | 93 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 五、回波损耗测试 .....        | 98  |
| 六、杂音电压测试 .....        | 100 |
| 七、地线电阻测试 .....        | 102 |
| 第二节 增音站串音测试 .....     | 105 |
| 一、明线增音站串音衰减测试 .....   | 105 |
| 二、对称电缆增音站串音衰减测试 ..... | 110 |
| 第三节 同轴电缆线路脉冲测试 .....  | 111 |
| 一、同轴对端阻抗及不均匀性测试 ..... | 111 |
| 二、同轴电缆断线、混线障碍测试 ..... | 116 |
| 第四节 进局电缆测试 .....      | 116 |
| 一、进局电缆串音测试 .....      | 116 |
| 二、进局电缆直流电特性测试 .....   | 117 |
| 第三章 进局引入设备测试 .....    | 118 |
| 第一节 分件测试 .....        | 118 |
| 一、保安器测试 .....         | 118 |
| 二、排流线圈测试 .....        | 119 |
| 三、纵向扼流线圈测试 .....      | 122 |
| 四、阻抗匹配线圈测试 .....      | 125 |
| 第二节 整体测试 .....        | 129 |
| 一、介入衰减测试 .....        | 130 |
| 二、排流性能测试 .....        | 131 |
| 三、阻抗匹配测试 .....        | 132 |

# 第一章 通信线路直流与障碍测试

## 第一节 直流测试

### 一、直流电阻测试

(一) 目的：测试线路的直流电阻是检验明线或电缆线路电特性是否符合标准的措施之一。如果线路直流电阻偏差超出规定标准，将影响回线的衰减和机线的配合，使通话不清晰。线路直流电阻测试也是为了发现通信线路是否存在不正常状况，如导线的严重锈蚀、杂线种、导线接头和试验螺丝接触不良等。对发现的不良因素应有计划地进行克服，以保证传输质量。

#### (二) 标准

1. 明线线路：铜线及钢芯铝绞线的直流电阻不大于标准值的5%；

铜包钢线不大于标准值的7%；

钢线不大于标准值的10%。

2. 电缆线路：小同轴内导体每公里直流电阻  $\leq 16.4 \Omega$ ；

小同轴外导体每公里直流电阻  $\leq 10.0 \Omega$ ；

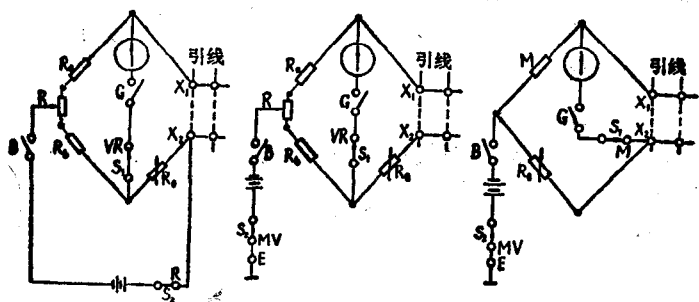
长途电缆高、低频回线的直流电阻不大于标准值的5%；

地区电缆线路直流电阻不大于标准值的10%。

确因材质导电率或线径不标准时，可按实际情况进行计算，如导线锈蚀线径变细时，可按净剩的平均直径计算，以

该计算值为标准进行评定。

(三) 测试方法：目前现场常用850型和QJ45型电桥进行测试，两种电桥的平衡原理相同，并且都可以通过刀键或电键的变换，构成三种基本电路。以850型电桥为例，如果将 $VR-M(S_1)$ 刀键扳至“ $VR$ ”侧， $R-MV(S_2)$ 刀键扳至“ $R$ ”侧， $S_1$ 、 $S_2$ 两刀键有共同的“ $R$ ”字，则为普通电桥电路；如果将 $S_1$ 刀键扳至“ $VR$ ”侧， $S_2$ 刀键扳至“ $MV$ ”侧， $S_1$ 、 $S_2$ 两刀键有共同的“ $V$ ”字，则为定比（*Varley* 伐来）电桥电路；如果将 $S_1$ 刀键扳至“ $M$ ”侧， $S_2$ 刀键扳至“ $MV$ ”侧， $S_1$ 、 $S_2$ 两刀键有共同的“ $M$ ”字，则为不定比（*Murray* 茂来）电桥电路。三种基本电路如图1—1所示。



(a) 普通电桥电路 (b) 定比(伐来)电桥电路 (c) 不定比(茂来)电桥电路

图 1—1

普通电桥电路用于测试元器件的电阻及线路电阻；定比电桥电路用于测试线路接地、混线障碍；不定比电桥电路用于测试接地障碍点。

测试时如被测线路不能直接接于电桥端子时，可使用线径粗而短的引线连接，引线环路电阻应小于 $0.1\ \Omega$ ，不平衡电阻应为零。如果要求测试精确度较高时，应从测试值中减

去引线电阻值。

测试前应 与有关工区、机械室协商确定测试回线、日期，并提前一天向通信调度提出申请，经批准后执行。同时应通知有关报路、话路的使用单位。测试前应校对所使用的仪表。明线线路的测试时间应在早晨 4~7 时潮湿气候下进行。

测试载波回线时应使用过渡装置，以免中断载波回路，影响长途话路使用。

1. 双线环路电阻测试：现以 850 型电桥为例说明具体测试方法。

(1) 校正检流表的零点。将电桥放平稳，表头锁扣推下，使表针恢复自由摆动，待表针停稳后（应按下  $G$  钮将表接入电桥回路，增加表针的阻尼作用，使表针稳定下来），从正上方观察表针位置，如不指零位，应调整零位旋钮进行校正，将表针调指零位。

(2) 测试端将被测线路接到电桥的  $X_1$ 、 $X_2$  端子上。对端将被测线路混线，务求接触良好。

(3) 在不使用外接电源和检流表时，将“ $BA$ ”、“ $GA$ ”刀键闭合。

(4) 将“ $VR-M$ ”刀键扳至“ $VR$ ”侧，“ $R-MV$ ”刀键扳至“ $R$ ”侧，这时两刀键有共同的“ $R$ ”字（QJ 45 型电桥将电键扳至“ $R$ ”侧），构成普通电桥电路。简化电路如图 1—2 所示。

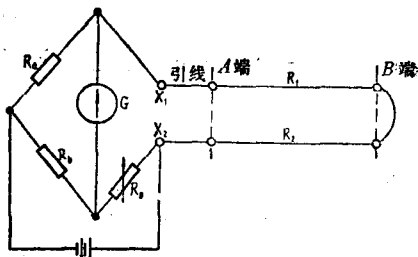


图 1—2

(5) 选择比率臂。根据被测线路环路电阻的大约数值(可先用万用表粗测), 选择适当的比率臂  $n$  ( $n = \frac{R_0}{R_x}$ ) 的数值。比率臂  $n$  值的选择既要满足被测电阻值的要求, 又要使测定臂的四个电阻盘在测试中均能起作用, 以提高测试的准确度。

(6) 进行电桥平衡调节。根据被测线路环路电阻的大约数值和所选择的比率臂  $n$  值, 先将测定臂电阻  $R_0$  放置适当数值, 使  $nR_0$  值大约等于被测线路环路电阻值, 以免通过检流计的电流太大。调整电桥平衡时,  $G$ 、 $B$  按钮不要同时长时间按下, 应先按  $B$  再按  $G$ , 观察检流表指针的偏转方向进而增减  $R_0$ , 待电桥已接近平衡时方可同时按下  $B$ 、 $G$  两按钮, 调整  $R_0$  个位的值, 使电桥达到完全平衡。

(7) 计算测试结果。当电桥平衡后, 双线环路电阻按公式  $R_{12} = R_1 + R_2 = nR_0$  计算。

(8) 检查线路内有无接触不良情况。为了检验线路是否存在接触不良, 可先使用  $4 \sim 6V$  电源测试一次, 然后再用  $45 \sim 150V$  电源测试一次。如果两次所得数值不同, 便说明存在接触不良现象, 应及时查找克服。

2. 单线电阻测试: 测试单线电阻一般采用三环路法, 即利用三条导线(包括辅助线), 每两条导线一组构成三个环路, 测出每个环路的电阻值, 通过计算求出每条导线的电阻值。

这种方法简单、准确、测试速度快, 常用来测试电缆芯线的电阻。测试电路如图 1—3 所示。具体步骤如下:

(1) 依照前述测试环路电阻的方法分别测出 I—II 两导线的环路电阻  $R_{12}$ 、II—III 两导线的环路电阻  $R_{23}$  和 I—III 两导线的环路电阻  $R_{13}$ 。

(2) 计算辅助线电阻值  $R_3$ 。计算公式为

$$R_3 = \frac{R_{13} + R_{23} - R_{12}}{2}$$

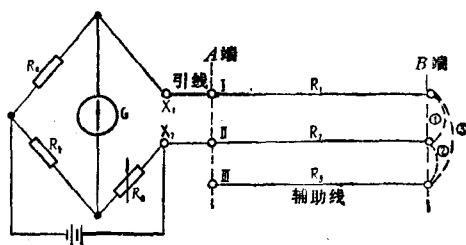


图 1-3

(3) 计算被测线电阻值。计算公式为

$$R_1 = R_{13} - R_3$$

$$R_2 = R_{23} - R_3$$

3. 同轴对内、外导体直流电阻测试：测试同轴对内、外导体直流电阻时，将两同轴对为一组组成四个环路，依照前述方法分别测出四个环路的电阻值为

同轴对 I 的外导体 + 同轴对 I 的内导体 =  $e$

同轴对 I 的外导体 + 同轴对 II 的内导体 =  $f$

同轴对 I 的内导体 + 同轴对 II 的内导体 =  $g$

同轴对 II 的外导体 + 同轴对 II 的内导体 =  $h$

由测得的四个环路电阻值，计算出同轴对内、外导体电阻值，计算公式为

$$\text{同轴对 I 的外导体电阻值 } R_1 = \frac{e + f - g}{2}$$

$$\text{同轴对 I 的内导体电阻值 } r_1 = e - R_1$$

$$\text{同轴对 II 的内导体电阻值 } r_2 = g - r_1$$

同轴对Ⅱ的外导体电阻值  $R_2 = h - r_2$

## 二、不平衡电阻测试

(一) 目的：检验明线或电缆的电特性是否符合标准。  
如不平衡电阻超出标准，将使线路杂音电压增大，降低通话清晰度。通过测试也可发现通信线路是否存在不正常状况，如导线接头、试验螺丝接触不良等，进而克服不良因素，提高传输质量。

### (二) 标准

1. 明线线路：在一个增音段内，铜线、铜包钢线、钢芯铝绞线的不平衡电阻  $\leq 2\Omega$ ；导线直径为4mm及其以上时，钢线不平衡电阻  $\leq 5\Omega$ ；导线直径为4mm以下时，钢线不平衡电阻  $\leq 10\Omega$ 。

2. 电缆线路：在一个增音段内，长途电缆高、低频线对的不平衡电阻  $\leq 2\Omega$ ；地区电缆不平衡电阻  $\leq 3\Omega$ 。

### (三) 测试方法：

1. 定比法：其比率臂  $n = 1$  时，测试步骤为：

(1) 先在测试端将被测线路分别接到电桥的  $X_1$ 、 $X_2$  端子上，终端将此回线混线接地（或接电缆金属皮）。

(2) 将电桥比率臂放在“1”位， $E$  端子接地（或接电缆金属皮），“ $VR$ — $M$ ”刀键扳至“ $VR$ ”侧，“ $R$ — $MV$ ”刀键扳至“ $MV$ ”侧，两刀键有共同的“ $V$ ”字（QJ45型电桥将电键扳至“ $V$ ”字位），此时测试电路如图1—4所示。

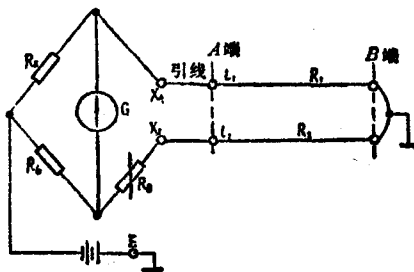


图 1—4

(3) 调整测定臂电阻  $R_0$  使电桥达到平衡, 当电桥平衡后, 读出测定臂电阻值, 即为回路不平衡电阻值。

(4) 不平衡电阻测试的准确度与所用电桥的测定臂电阻  $R_0$  有关, 如  $R_0$  最小可变值为  $1\Omega$  时, 就不能直接求得小于  $1\Omega$  的数值。需要求得小于  $1\Omega$  的数值时, 可使用内插法。

例如测定臂电阻  $R_0$  调至  $3\Omega$  时, 检流计指针向左偏离 5 个分度格, 若调至  $4\Omega$  时, 检流计指针向右偏离 20 个分度格, 那么第一次向左偏离 5 个分度格所相当的电阻偏差等于  $\frac{1}{20+5} \times 5 = 0.2(\Omega)$ , 被测回线不平衡电阻  $\Delta R = 3 + 0.2 = 3.2(\Omega)$ 。

比率臂  $n$  为任意值时, 测试步骤为:

(1) 设比率臂放在  $\frac{1}{10}$  位置上, 使用调换法测试不平衡电阻。第一步, 按上述方法进行电桥平衡调整, 当电桥达到平衡时, 读出测定臂电阻值  $R_{01}$ 。第二步: 将被测线路  $l_1$ 、 $l_2$  在电桥接线端子  $X_1$ 、 $X_2$  上相互换位, 按前述方法进行调整, 当电桥达到平衡时, 读出测定臂电阻值  $R_{02}$ 。则不平衡电阻

$$\Delta R = \frac{R_{01} - R_{02}}{11}$$

(2) 若使用 QJ45 型电桥, 选取  $n = \frac{1}{9}$  或  $\frac{1}{4}$  时, 依上述方法进行测试, 计算更为方便。

$$\text{当 } n = \frac{1}{9} \text{ 时, } \Delta R = \frac{R_{01} - R_{02}}{10}$$

$$\text{当 } n = \frac{1}{4} \text{ 时, } \Delta R = \frac{R_{01} - R_{02}}{5}$$

## 2. 不定比法

(1) 按前述方法测出环路电阻  $R_{12}$ 。

(2) 环路电阻测完后, 测试端将电桥  $E$  端子接地 (或接电缆金属外皮), 对端将  $l_1$ 、 $l_2$  混线接地 (或接电缆金属

外皮)，并将“ $V R-M$ ”刀键扳至“ $M$ ”侧，“ $R-MV$ ”刀键扳至“ $MV$ ”侧，这时两刀键有共同“ $M$ ”字（QJ45型电桥将电键扳至“ $M$ ”字侧）。此时测试电路如图 1—5 所示。

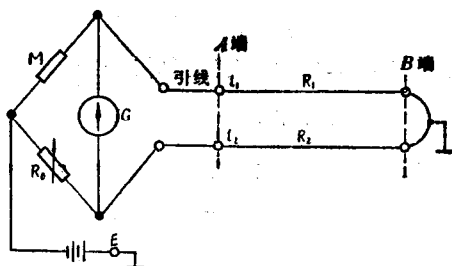


图 1—5

（3）比率臂  $M=1000$  时，调整测定臂电阻  $R_0$  使电桥达到平衡。当电桥平衡时，线路不平衡电阻为

$$\Delta R = R_{12} \left( \frac{M - R_0}{M + R_0} \right)$$

若上式计算结果为负值时，应取其绝对值。

### 三、绝缘电阻测试

（一）目的：线路绝缘电阻的大小，对通信质量有一定的影响，绝缘电阻愈小，线路衰减愈大，收信端得到的功率就愈小，相比之下串音电平相对提高，串音防卫度降低，串音增大。在同轴和高频电缆线路中，绝缘电阻大小还影响远端供电问题。长途电缆回路的无人增音站所用电源，是由有人站通过电缆芯线传送过去的，当电缆芯线绝缘电阻不合格时，直接影响到远端供电质量。因此，绝缘电阻测试很重

要。绝缘电阻测试还可以检验明线线路绝缘子及引入线绝缘是否良好，以及电缆有无因潮气进入而使绝缘降低，以便及时采取措施，保证信息的可靠传输。

## (二) 标准

1. 明线线路：在潮湿天气（空气相对湿度大于75%）时，导线对地绝缘电阻 $\geq 2\text{M}\Omega/\text{km}$ ，两导线间绝缘电阻 $\geq 4\text{M}\Omega/\text{km}$ ；不平衡绝缘电阻 $\leq 30\%$ 。

2. 电缆线路：长途电缆高、低频线对芯线和外皮间的绝缘电阻 $\geq 1000\text{M}\Omega/\text{km}$ ，两芯线间绝缘电阻 $\geq 2000\text{M}\Omega/\text{km}$ ，不平衡绝缘电阻 $\leq 30\%$ 。

地区电缆（不论长短）芯线和外皮间的绝缘电阻 $\geq 5\text{M}\Omega$ ，两芯线间的绝缘电阻 $\geq 10\text{M}\Omega$ ，不平衡绝缘电阻 $\leq 30\%$ 。

小同轴内、外导体间绝缘电阻 $\geq 5000\text{M}\Omega/\text{km}$ 。

## (三) 测试方法

1. 明线线路绝缘电阻测试：测试明线线路绝缘电阻通常采用250V兆欧表（俗称摇表或梅格表），测试电路如图1—6所示。

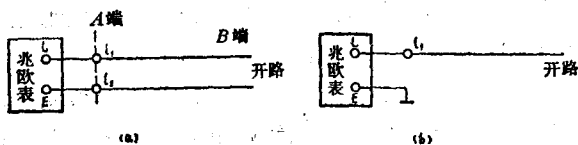


图 1—6

(1) 将兆欧表水平放于平稳位置，被测回线接到兆欧表端子上。测两线间绝缘电阻如图1—6(a)所示，测单线对地绝缘电阻如图1—6(b)所示。如使用引线连接时，两引线应分开，对地绝缘要良好，其绝缘电阻值应高于被测回

线的绝缘电阻值。

(2) 匀速摇动手摇发电机摇柄（约每分钟120转），待兆欧表的表针稳定后读出绝缘电阻值。

2. 电缆线路绝缘电阻测试：测试电缆线路绝缘电阻通常采用500V兆欧表或高阻计。测试电路如图1—7所示。

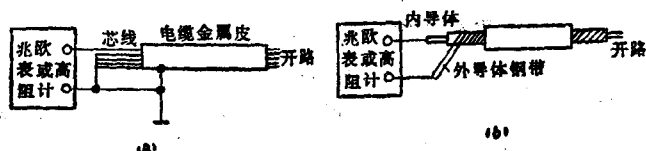


图 1—7

(1) 对称电缆线路绝缘电阻测试：对称电缆线路绝缘电阻的测试方法与明线线路绝缘电阻测试方法相同，但新设对称电缆线路时，多采用图1—7(a)所示电路来测试芯线间及芯线对地的绝缘电阻，具体步骤为：

1) 将兆欧表或高阻计水平放于平稳位置，被测芯线接于兆欧表或高阻计端子上，其它所有芯线混线接到兆欧表或高阻计地端子，并与电缆金属皮相接。对端将电缆芯线开路。如使用引线连接时，两引线应分开，对地绝缘要良好，其绝缘电阻应高于被测线的绝缘电阻值。

2) 测完一根芯线后，换接一根芯线继续测试，直到所有芯线测完为止。由于电缆线路电容量较大，在测试过程中已被充电，电压较高，触及有遭受电击的危险。因此，测试完毕应将芯线全部混线接电缆金属外皮进行放电。

为了得到准确的测试值，消除芯线绝缘层表面漏电所引起的测试误差，测试时应将兆欧表G环（保护环）与电缆绝缘层相连，然后再进行测试。绝缘电阻测试值与测试电压有关，因此，进行电缆绝缘测试时，测试电压不得高于500V。

(2) 同轴对内外导体间绝缘电阻测试：测试电路如图 1—7(b)所示。测试方法同明线线路绝缘电阻测试。

#### 四、过渡装置的使用

通信明线线路直流测试每年两次，测试时需中断回路，影响电路正常使用。为了不影响载波电路的运用，在测试载波线路直流特性时应使用设在引入架上的过渡装置。利用过渡装置进行直流测试时，必须双方均具有这种设备。

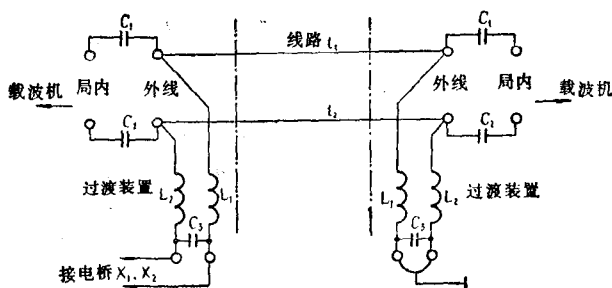


图 1—8

测试时过渡装置的连接如图 1—8 所示。用二条二芯高频塞子线将过渡装置的“线路”和“载波机”塞孔分别接至被测外线相应高频塞孔（上塞孔为“载波机”，下塞孔为“外线”），过渡装置的直流测试塞孔接电桥（或开、短路）。如果外线高频塞孔有复连时，接线完成后将复连塞子拔去。对方机械室也按上述作相应的连接，双方接线完成后即可进行直流测试。利用过渡装置测试出的环路电阻，包括了双方过渡装置的电阻，故应同时测出二个过渡装置的电阻，把它们从环路电阻测试值中减去。