

邮电中等专业学校试用教材

通信线路电气测试

湖南省邮电学校 编

3

人民邮电出版社



内 容 提 要

本书为邮电中等专业学校的试用教材。书中对架空通信线路、对称电缆、同轴电缆线路的电气特性测试和障碍测试作了系统地讲解；同时对测试用的各种常用仪表的构造原理，也作了较详细地介绍。可供从事线路测试人员工作中学习和参考。

通 信 线 路 电 气 测 试

湖南省邮电学校 编

*

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

北京市通县印刷厂印刷

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 1980年3月 第 一 版

印张：10 24/32 页数：172 1980年3月北京第一次印刷

字数：247千字 插页：1 印数：1—12,000册

统一书号：15045·总2374—有5159

定 价：0.85元

前 言

本书是邮电中等专业学校教学用书。为适应新形势下邮电教育事业发展的需要，1978年，我们组织部分邮电学校分工编写了微波、载波、市内电话、线路、电报、电源、综合电信和邮政机械等八个专业所用的基础课和专业课的教学用书，并将陆续出版，以应各邮电中等专业学校教学急需。

编好教材，是提高教学质量的关键。我们组织编写本教材时，力求以马列主义、毛泽东思想为指导，努力运用辩证唯物主义的观点阐明科学技术的规律，内容上注意了少而精，尽量反映科学技术的新成就。由于编写、审定的时间仓促，又没有经过教学实践的检验，书中会有不少缺点和错误。希望有关教师和同学在使用过程中，把发现的问题提供给我们以便修改提高。

邮电部人事教育局

一九七八年十二月

编 者 的 话

本书根据邮电部人事教育局，1978年中等专业学校教材编写会议制定的通信线路电气测试教学大纲编写而成的。

本书共八章，主要介绍通信线路的交、直流电气特性测试方法、通信线路的障碍测试、同轴电缆电气测试、通信线路附属设备测试、线路测试技术展望及其新型仪表简介等内容。

在编写过程中为便于学员容易理解，加强了物理概念的叙述，对一些常用公式推导力求详尽。

考虑到线路电气测试，大部份由长途和市话测量台担任测量工作，因此书中简单介绍了370型长途测量台。

本书除线路专业适用外也可供载波、市话专业教学参考。

本书由杨继甫同志主编，最后请哈尔滨长途电信局工程师史宝聚同志进行了全面审校。

由于编写时间仓促，缺乏经验，书中难免有谬误和不妥之处，希望读者提出批评意见，以利今后改正。

湖南省邮电学校

一九七九年三月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 通信线路电气测试的作用.....	(1)
第二节 测试方法简介.....	(2)
第三节 通信线路电气测试的分类.....	(3)
第二章 直流电气特性测试	(7)
引述.....	(7)
第一节 引述环阻测量.....	(7)
第二节 测试不平衡电阻.....	(22)
第三节 三线环路法测线条的电阻.....	(27)
第四节 绝缘电阻的测量.....	(28)
习题.....	(38)
第三章 交流电气特性测试	(40)
第一节 电平的测量.....	(40)
第二节 频率衰减特性测试.....	(43)
第三节 串音衰减测量.....	(47)
第四节 特性阻抗测试.....	(71)
第五节 一、二次传输参数测量.....	(93)
第六节 干扰电平测试.....	(102)
第七节 电缆工作电容及电容耦合系数测试.....	(109)
习题.....	(116)
第四章 架空明线线路的障碍测试	(117)
第一节 判断障碍性质的方法.....	(117)
第二节 直流法测试障碍.....	(129)

第三节	交流法测试障碍·····	(138)
习题	·····	(162)
第五章	电缆线路障碍测试·····	(163)
第一节	直流法测试障碍点·····	(163)
第二节	用交流测试断线障碍·····	(168)
第三节	电缆心线错接障碍点测量·····	(176)
第四节	探测法·····	(180)
习题	·····	(194)
第六章	同轴电缆电气测试·····	(195)
第一节	同轴电缆电气测试内容·····	(195)
第二节	M693—1型电缆脉冲测试仪·····	(197)
第三节	QX404型同轴电缆脉冲反射测试仪·····	(225)
第四节	耐压测试·····	(239)
习题	·····	(253)
第七章	通信线路附属设备测试·····	(254)
第一节	三圈一器的测试·····	(254)
第二节	接地电阻测试·····	(268)
第八章	新型仪表简介·····	(277)
第一节	概述·····	(277)
第二节	新型仪表简介·····	(277)
第三节	长线特性自动测试仪·····	(302)
第四节	长途架空明线障碍自动测试仪·····	(317)
第五节	通信电气测量技术展望·····	(335)

第一章 概 述

第一节 通信线路电气测试的作用

我国的通信事业担负着迅速准确地传达党中央的战斗号令，担负着国防、工农业生产建设和广大人民群众传递信息的重要任务。因此，必须随时保证通信畅通无阻，提供质量优良的电路。

通信线路包括架空明线、架空电缆、地下电缆、海底电缆等等。这些设备都设置在大自然的环境中，由于大自然地变化以及人为的影响等原因：会使线路的电气特性发生变化，如绝缘电阻下降、两线电阻不平衡等；严重地会使线路发生阻断，影响通信畅通。有的明线通十几条电路，有的电缆通数十条、数百条电路，如果一旦发生了障碍，影响是很大的。

这种情况，如果没有一定的测试仪器和一定的测量方法来检验这许许多多的通信设备，而仅凭直观的感觉来判断通信质量的好坏，以求良好地完成通信任务，是非常困难的。

为了提高通信质量，保证线路设备电气特性合乎技术标准，经常处于稳定 and 良好状态，发生障碍后及时判断障碍性质和位置，缩短障碍历时，必须进行精确的电气测试。因此通信线路电气测试是有线通信中不可缺少的一项重要工作。

第二节 测试方法简介

测试方法归纳起来可分二种：一种是直流测试；一种是交流测试。为了完成交、直流测试，在测试时所选用的仪表也分为两类。一类是供直流测试用的仪表，一类是供交流测试用的仪表。直流测试常用的仪表有万用表、兆欧表、850型电桥、QJ45型线路障碍测试器等。

交流测试常用仪表有振荡器、电平表、选频表、串音测试器、阻抗电桥、架空、地下电缆、埋地塑料电缆测试器、脉冲测试器等。

在交流测试中有些项目，如线路的传输参数测试，采用间接测量方法然后求解。其特点是测量的结果不是所求的量，而是与所求的量有一定的关系的辅助量。如用开路、短路法测量四端网络的特性阻抗时，特性阻抗 Z_0 的求得是把不同条件下所测得的输入阻抗值 Z_0 和 Z_∞ ， Z_0 是电缆终端短路时，始端的输入阻抗。 Z_∞ 是电缆终端开路时，始端的输入阻抗。再用公式 $Z_0 = \sqrt{Z_0 \cdot Z_\infty}$ 计算出来。

在交流测试中目前较为先进的方法是采用反射测试法和脉冲测试法测试线路障碍。反射测试法是把电磁波送到线路上去，利用电磁波在线路障碍点产生反射的原理，使线路输入阻抗频率特性呈现波动状况。在某些频率上输入阻抗出现最大值和最小值，从而知道 f （频率）、 v （速度）、 β （相移）三者的关系，即可求出障碍点距离。

脉冲测试与反射测试法原理相似，是利用脉冲测试器向线路上发送一个短促的脉冲，如果线路是均匀的，则沿线各点电压与电流之比为一常数 Z_0 ，无反射出现。但当线路出现不均匀

点，如断线、混线等障碍时，脉冲碰到障碍点时，要反射回到线路的始端，我们可以利用示波器来观察反射波形，根据反射脉冲波形，可初步判断障碍的性质。同时，根据脉冲往返的时间，可计算出不均匀点的距离（仪器上设有电子比例尺），因此脉冲测试法更为先进，而且测试方便、迅速、准确。

所以在同轴电缆测试中，主要应用脉冲测试器。在现代测试技术中脉冲测试占有重要的地位。

利用交流测试还可以对地下电缆进行探测。

常用的“6405型电缆探测器”和QX9—Yol型埋地塑料电缆障碍探测器就具有多种使用性能，利用探索线圈可以查找地下电缆位置及埋设深度等。测试方法简便，测试结果准确，测试误差只有三十厘米左右。

交流测试中使用上述介绍的仪器，结合各种测量方法，测试线路的交流参数，如线路的特性阻抗、阻抗失配、串音、杂音以及频率特性等，可以对通信线路作科学的考核和迅速排除线路障碍。

第三节 通信线路电气测试的分类

一、驗 收 測 試

电信工程竣工后，必须对线路质量进行检查，鉴定线路电气特性指标是否符合技术标准要求。其中对线路进行的直流和交流电气测试又称为验收测试。

除验收测试外，在线路障碍修复后，也必须进行必要的电气特性检查测试。如市话或长途电缆线路出现了障碍，经过人工抢修后，可进行直流或交流测试，检查主要电气特性是否达

到了规定的指标，以证明障碍排除的好坏。

二、維 护 測 試

1. 定期测试

线路维护工作中要经常对线路设备进行定期测试。主要是直流和交流测试，以检查线路设备是否完好，是否符合技术要求，以保证通信高质量的要求。

当发现问题及时处理，消除隐患，提高线路设备质量，保证通信畅通无阻。

(1) 长途线路定期测试项目和周期

① 长途线路定期测试分为直流测试和交流测试：

直流测试包括：线路的直流电阻、绝缘电阻（潮湿天气的）及不平衡电阻测试。

交流测试包括：线路传输衰减，杂音干扰电平测试。

② 长途线路定期测试的周期规定

第一、环阻、绝缘电阻和不平衡电阻的测试，每季度进行一次。

第二、开放载波的线对、传输衰减和杂音电平测试，每半年进行一次。

第三、不开放载波的线对，800赫的传输衰减测试，每年进行一次。

③ 进局电缆测试的项目和周期与架空明线相同。中间电缆的测试项目和周期可每年抽测10%。

④ 线路交流测试一般应在增音段的两端进行。定期测试时应先进行直流测试，如发现线路的直流电气特性有不正常情况时，一般应在故障消除后再进行交流测试。

⑤交流测试应按规定的测试频率对回路开通载波的整个频段进行测试。如发现回路频率衰减特性呈波状时，必要时应进行输入阻抗等辅助测试，如有吸收峰时，应在吸收峰的频率范围内进行串音衰减等辅助测试。如发现杂音电平测试结果不正常时，应设法确定杂音干扰的来源和段落。

⑥长途线路的电气特性测试由机务站负责，机务站在测试后及时将测试记录、分析意见分别抄送有关的长途线路维护主管单位和线务站。在机务站测试过程中，长途线路维护单位要负责配合进行测试。

(2) 市话线路电气测试项目和周期

①局间中继线，用户线路(电缆)及重要专线应按下列项目和周期进行测试。

第一、绝缘电阻

每年抽测 5 %—10 %，并在雨季进行。

第二、环路电阻

一次性测试，以每年抽测一部份

第三、传输衰减

不定期测试；对音小，传输不良等线对进行及时测试

第四、串音衰减

不定期测试，对有串音现象的电缆先听测全部心线，找出串音线对后，进行测试。

②各种保安设备及地线的测试

第一、分线设备、电杆避雷线、用户保安器地线接地电阻测试，据情况每年抽测总数10 %。

第二、防护措施地线接地电阻(包括屏蔽线与放电器地线)每年至少测试一次。

2. 障碍测试

通信线路设备分布地区广大，受气候及外界影响很大。加上自身的腐蚀、老化等，会出现一些障碍。如断线、接地、混线等。影响通信的正常进行，必须采取措施，用仪表测查及时处理。障碍测试在线路维护中占有重要地位，也是一项较复杂的技术工作，必须通过系统理论学习和实践，掌握电气测试的技能，才能搞好障碍测试工作。

线路测试有大部份是由载波室的测量台进行，或市话的测量台进行。线路定期测试，及障碍测试，必须机务员与线务员以及业务单位紧密配合才能搞好线路电气测试工作。

第二章 直流电气特性测试

引 述

通信线路分架空明线、市话电缆、长途对称电缆、同轴电缆线路等四种型式。测试方法各有其特点。但导线直流电阻测试是共同的。

直流电阻测试是检验线路质量，是否符合电气标准的措施之一。如导线直流电阻偏差超出规定标准，它将影响线路的回路衰减，对机线配合也将受到影响。所以线路的两线不平衡电阻也不应超过规定标准值，才能保证传输质量。否则通话不清晰。

另外，通过直流电阻测试也可发现线路的一些障碍：导线接续不良，不平衡电阻加大，直流电阻不正常等现象。

第一节 环 阻 测 量

一、850 型电桥的结构及其使用方法

1. 直流电桥的原理

图2-1为直流电桥原理图，直流电桥由四个桥臂、检流计、电源等组成。

图中 R_1 、 R_2 为电桥的两个固定桥臂，称为比例臂，通常

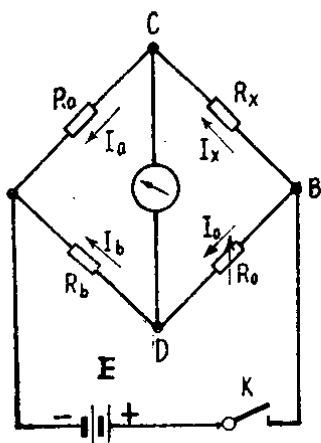


图2-1 直流电桥原理图

$\frac{R_a}{R_b} = n$, 构成固定的比值。如 $n = 0.1$ 、

0.01、0.001、1、10、100、1000。 R_o 为标准可变电阻箱，用来平衡电桥之用，称为标准电阻臂。 R_x 为被测电阻，称为被测电阻臂。 G 为检流计， E 为电池， K 为开关。

当电桥平衡后，则邻边的桥臂比值相等。即：

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{R_x}{R_o} \dots\dots\dots (2-1)$$

或对边的桥臂相乘积相等。

$$R_a \cdot R_o = R_b \cdot R_x$$

2.850型电桥的结构

850型电桥是一种常用的直流电桥。它能测量导线的直流电阻、不平衡电阻及测定线路障碍地点等等。

(1) 面板及电路

850 型电桥外型如图 2—2，面板结构如图2—3，其内部接线如图2—4。

(2) 面板解释

① E 端子——接地线或电缆铅皮相连。

② BA^+ 、 BA^- 端子及 BA 刀键——不用仪器内部电池或外接电源时，可将 BA 刀键打开，将外部电源接到 BA^+ 、 BA^- 端子上。

③ G^+ 、 G^- 端子及 GA 刀键——外接检流计或采用耳机代替检流计时，可将 GA 刀键打开，将外接电表或耳机接到 G^+ 、 G^- 端

子上。

④ X_1 、 X_2 端子——接被测线路。

⑤ G按钮——为检流计回路中的开关，按下G按钮检流计即接入桥路。

⑥ B按钮——为电源电路中的开关，按下B按钮电源即接入桥路。

⑦ 四个可变电阻(测定臂)——互相串接，分别为千、百、十、个四位数字的电阻组成，面板上写成 $\times 1000$ 、 $\times 100$ 、 $\times 10$ 、 $\times 1$ 。其电阻的可调范围当 $n = 1$ 时为 $0 \sim 11110$ 欧。

⑧ 比率臂——用来变换比率臂A和B的倍率之用，有0.001、

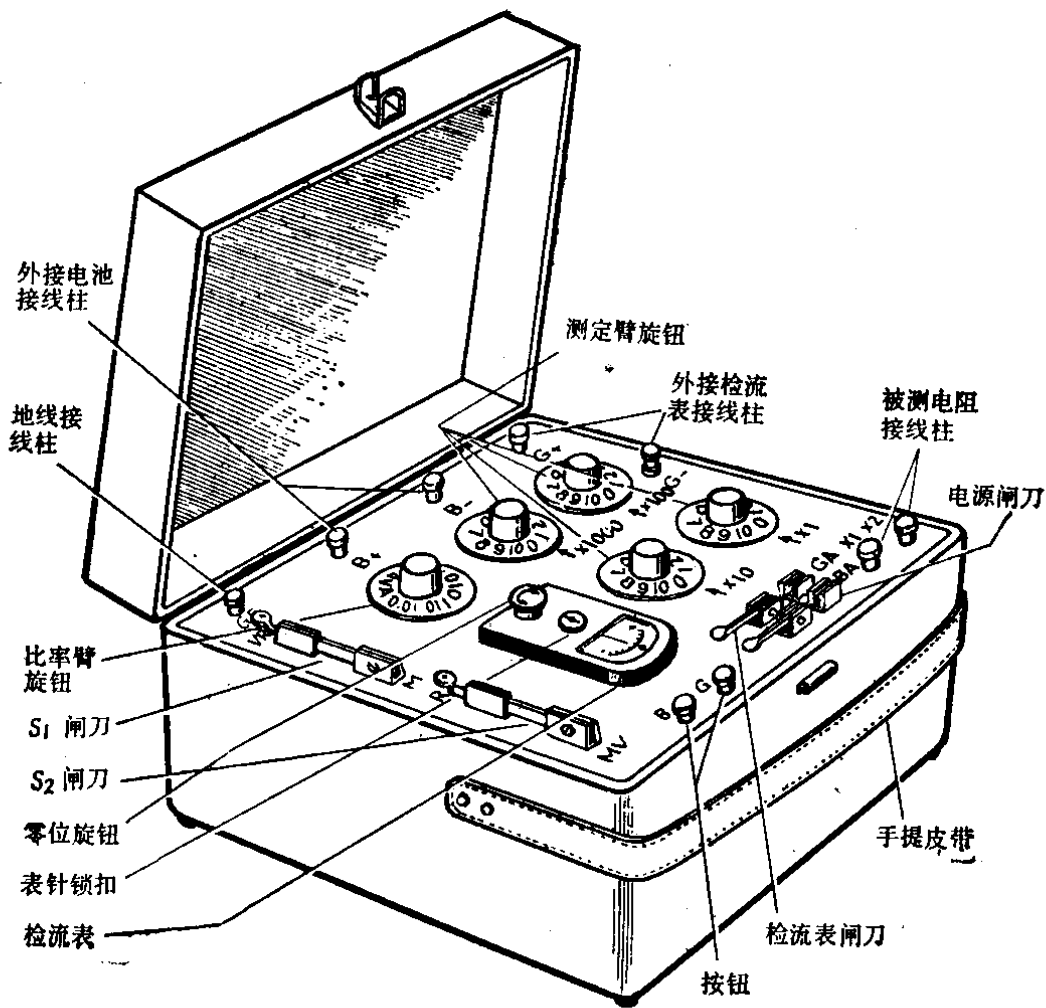


图2-2 850型电桥外型图

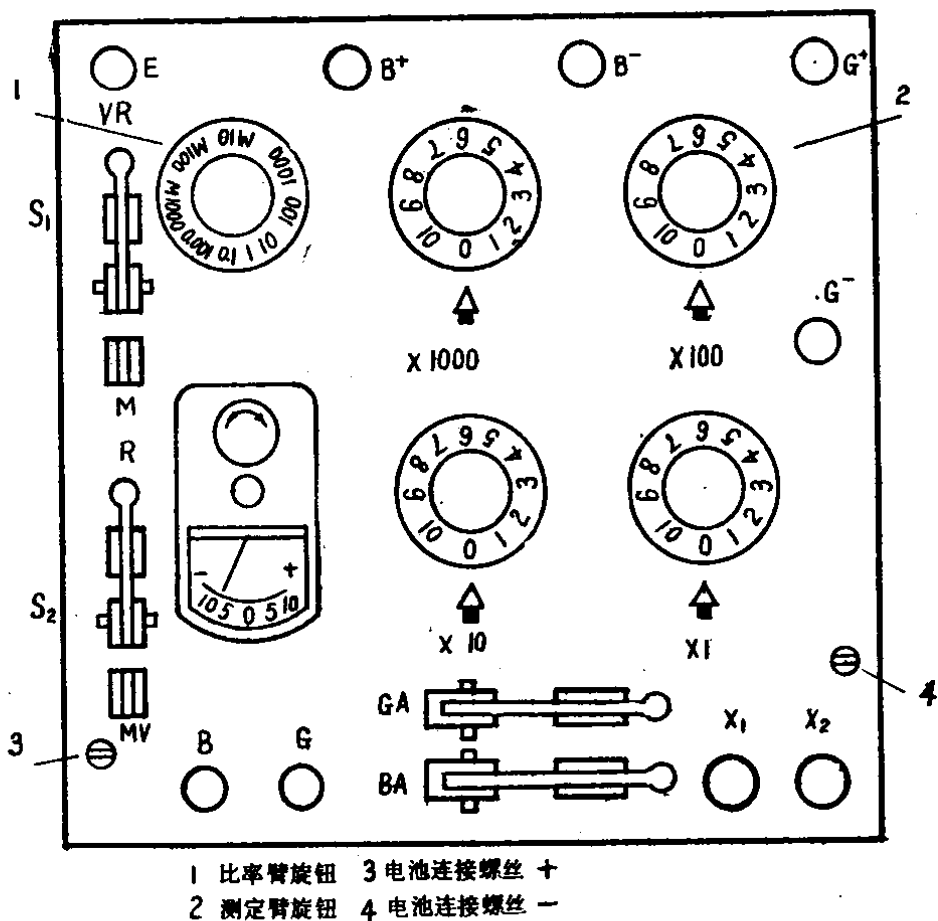


图2-3 850型电桥面板图

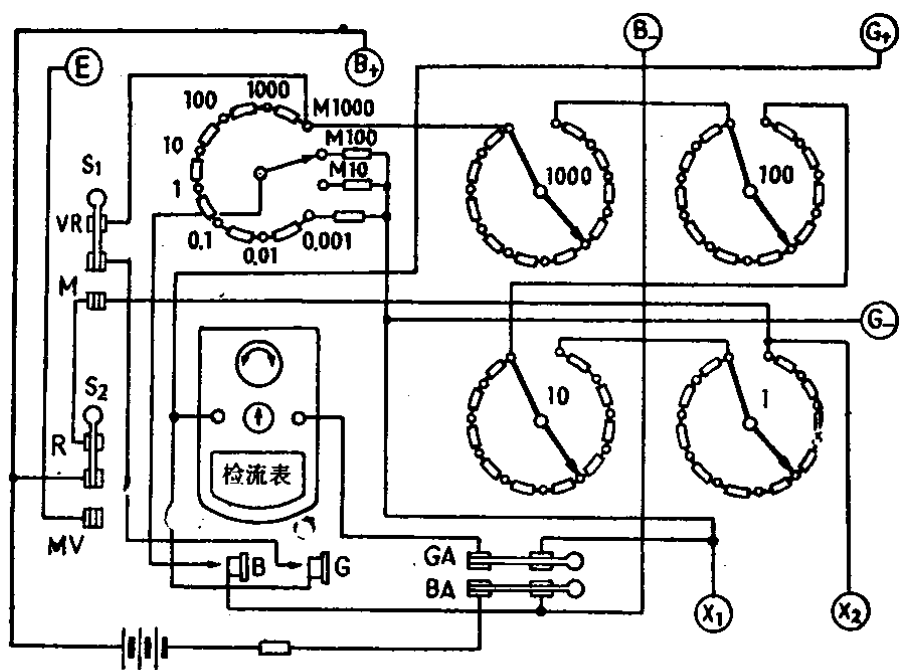


图2-4 850型电桥内部接线图

