

邮电技工学校试用教材

有线电信测试仪表

王晓元 张万棠 编

人民邮电出版社

内 容 提 要

《有线电信测试仪表》是邮电技工学校的基础课教材。书中首先论述了测量与误差的概念，然后介绍了有线电信通用测试仪表万用表、兆欧表、电桥、电子电压表、振荡器、传输测试器、杂音测试器、示波器、线路障碍脉冲测试器、频率计及晶体管特性图示仪等的基本知识和操作技能。书后并有附录，列举了一些电平的计算。

本书内容简明扼要，力求联系实际、通俗易懂。

本书还可作为电信学校、职业学校和电信短训班的参考教材，也可作为电信职工自学用书。

邮电技工学校试用教材

有线电信测试仪表

王晓元 张万荣 编

责任编辑：赵新五

*

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 1988年11月 第一版

印张：15 页数 210 1988年11月，河北省1次印刷

字数：342千字 插页 1 印数 1—5 000 册

ISBN7-115—03686—1/TN·109

定价：5.25元

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 测量及仪表	(1)
一、测量的意义	(1)
二、有线电信的测量	(2)
三、有线电信仪表	(2)
四、有线电信测量技术发展概况	(3)
第二节 测量误差的基本概念	(4)
一、测量误差的定义	(4)
二、测量误差的分类	(4)
三、减小测量误差的基本方法	(7)
第三节 仪表校准和使用的注意事项	(8)
一、仪表校准中的注意事项	(8)
二、有线电信仪表的使用注意事项	(9)
习题与思考题	(12)
第二章 万用表	(13)
第一节 万用表的结构和工作原理	(14)
一、表头	(14)
二、测量电路	(17)
三、转换装置	(17)
第二节 电流表	(18)
一、测量直流电流的原理	(18)
二、量程扩展的方法	(19)
三、测量交流电流的原理	(23)
第三节 电压表	(26)
一、测量直流电压的原理	(26)

二、量程扩展的方法	(27)
三、测量交流电压的原理	(28)
第四节 欧姆表	(30)
一、测量电阻的原理	(30)
二、测量电阻倍率分挡原理	(31)
第五节 MF—30型万用表简介	(32)
一、性能和用途	(32)
二、表盘符号说明	(33)
三、电路简单分析	(35)
第六节 万用表的使用方法和应用举例	(40)
一、使用方法	(40)
二、使用注意事项	(44)
三、测试应用	(45)
第七节 数字万用表简介	(49)
一、基本工作原理	(50)
二、面板旋钮的作用	(51)
三、使用方法	(52)
四、注意事项	(55)
习题与思考题	(57)
第三章 兆欧表和地阻仪	(58)
第一节 概述	(58)
第二节 兆欧表	(59)
一、5050型兆欧表的构造和原理	(61)
二、使用方法	(65)
三、几种基本测量方法	(67)
四、ZC—7型兆欧表简介	(71)
第三节 晶体管兆欧表简介	(72)
一、晶体管兆欧表的构造原理	(72)
二、晶体管兆欧表的使用	(74)

第四节 接地电阻测量仪	(74)
一、工作原理	(75)
二、ZC—8型接地电阻测量仪	(76)
三、使用方法	(80)
习题与思考题	(84)
第四章 电桥	(85)
第一节 概述	(85)
第二节 直流电桥	(86)
一、基本工作原理	(86)
二、850型电桥	(88)
三、QJ—45型电桥	(97)
四、测试应用	(100)
第三节 交流电桥	(105)
一、基本原理	(105)
二、WQ—5A型万用电桥	(107)
习题和思考题	(116)
第五章 电子电压表	(117)
第一节 概述	(117)
第二节 电子电压表的种类	(120)
一、放大—检波式电子电压表	(120)
二、检波—放大式电子电压表	(122)
三、外差式电子电压表	(122)
第三节 GB—9B型电子管毫伏表	(123)
一、基本工作原理	(123)
二、面板旋钮的作用	(130)
三、技术性能	(131)
第四节 DA—16型晶体管毫伏表	(132)
一、基本工作原理	(132)
二、面板旋钮的作用	(137)

三、技术性能	(138)
第五节 使用方法和注意事项	(140)
一、使用注意事项	(140)
二、使用方法	(141)
第六节 数字电压表简介	(142)
一、基本工作原理	(142)
二、PZ8型直流数字电压表简介	(143)
三、面板旋钮的作用	(146)
四、使用方法	(147)
第七节 测试应用	(148)
思考题和习题	(153)
第六章 振荡器	(154)
第一节 概述	(154)
第二节 振荡器的基本原理	(157)
第三节 QF867型阻容载频振荡器	(160)
一、基本工作原理	(161)
二、面板旋钮的作用	(163)
三、技术性能	(165)
第四节 UX18型电平振荡器	(166)
一、基本工作原理	(167)
二、面板旋钮的作用	(169)
三、技术性能	(171)
第五节 使用方法和注意事项	(172)
一、使用方法	(172)
二、使用注意事项	(173)
第六节 XC13A型脉冲发生器	(174)
一、概述	(174)
二、技术性能	(175)
三、面板布置和使用方法	(176)

第七节 测试应用	(179)
思考题和习题	(184)
第七章 传输测试器	(185)
第一节 概述	(185)
第二节 传输测试器的基本工作原理	(188)
一、电平表的结构	(188)
二、电平表的输入部分	(189)
三、基本方框图	(189)
第三节 QP373型传输测试器	(190)
一、基本工作原理	(190)
二、面板旋钮的作用	(197)
三、技术性能	(199)
第四节 UD22型选频电平表	(200)
一、基本工作原理	(201)
二、面板旋钮的作用	(206)
三、技术性能	(207)
第五节 使用方法和测量电平的修正计算	(209)
一、使用方法	(209)
二、使用注意事项	(211)
三、测量电平的修正计算	(212)
第六节 测试应用实例	(215)
一、长、市机专业的测试	(215)
二、载波机专业的测试	(222)
三、线路专业的测试	(224)
四、无线通信专业的测试	(228)
第七节 可变衰减器简介	(232)
一、概述	(232)
二、电路的基本结构	(233)
三、技术性能	(236)

四、使用注意事项	(236)
习题和思考题	(238)
第八章 杂音测试器	(239)
第一节 概述	(239)
一、杂音的来源	(239)
二、杂音计电压	(240)
三、杂音测试器的基本原理	(240)
第二节 QP670 I 型杂音测试器	(242)
一、基本工作原理	(242)
二、面板旋钮的作用	(246)
三、技术性能	(248)
第三节 使用方法和注意事项	(252)
一、使用方法	(252)
二、使用注意事项	(253)
第四节 测试应用实例	(254)
一、电话局内杂音测试	(254)
二、测量电源设备的杂音	(256)
三、测量载波电路的杂音	(257)
四、测量强电线的干扰杂音	(258)
思考题和习题	(259)
第九章 示波器	(260)
第一节 概述	(260)
第二节 示波器显示波形的原理	(262)
一、示波管	(262)
二、波形的显示原理	(265)
第三节 SB—10型示波器	(268)
一、基本工作原理	(268)
二、面板旋钮的作用	(273)
三、技术性能	(277)

四、使用方法和注意事项	(278)
第四节 ST16型示波器	(281)
一、基本工作原理	(282)
二、面板旋钮的作用	(285)
三、技术性能	(289)
四、使用方法和注意事项	(291)
第五节 双踪示波器简介	(291)
一、双踪显示的基本原理	(291)
二、双踪示波器实例	(296)
第六节 测试应用	(304)
一、几种基本测量方法	(304)
二、在通信方面的测试应用	(312)
三、用示波器检修设备电路的故障	(319)
思考题和习题	(324)
第十章 线路障碍脉冲测试器	(325)
第一节 概述	(325)
第二节 脉冲测量的基本原理	(326)
一、测量障碍点的距离	(326)
二、判断障碍的性质	(328)
第三节 MST型线路障碍脉冲测试器	(331)
一、基本工作原理	(331)
二、面板旋钮的作用	(338)
三、技术性能	(341)
四、使用方法	(343)
五、使用注意事项	(347)
第四节 测试应用	(348)
一、测试通信明线的混线障碍	(348)
二、测试线路的接地障碍	(350)
三、测量用标尺换算表	(353)

思考题和习题	(354)
第十一章 数字频率计	(355)
第一节 概述	(355)
第二节 数字频率计的基本工作原理	(357)
第三节 <i>QB307</i> 型频率时间计数器	(359)
一、仪器的电路组成	(359)
二、测量原理	(362)
三、面板旋钮的作用	(367)
四、技术性能	(370)
五、使用方法和注意事项	(372)
第四节 计算计数器简介	(374)
一、概述	(374)
二、基本工作原理	(375)
第五节 测试应用	(377)
思考题和习题	(384)
第十二章 <i>JT—1</i>型晶体管特性图示仪	(385)
第一节 概述	(385)
第二节 晶体管特性曲线的显示原理	(386)
一、逐点测试法	(386)
二、图形显示法	(387)
第三节 <i>JT—1</i> 型晶体管特性图示仪	(390)
一、基本工作原理	(390)
二、面板旋钮的作用	(393)
三、技术性能	(403)
四、使用方法	(405)
第四节 测试应用	(409)
一、小功率 <i>NPN</i> 型晶体三极管的测试	(409)
二、晶体二极管和 <i>PNP</i> 型三极管的测试	(411)

思考题	(415)
实验一 万用表的使用 (一)	(416)
实验二 万用表的使用 (二)	(421)
实验三 兆欧表的使用	(425)
实验四 直流电桥的使用	(428)
实验五 交流电桥的使用	(431)
实验六 电子电压表的使用	(434)
实验七 振荡器和传输测试器的使用 (一)	(437)
实验八 振荡器和传输测试器的使用 (二)	(439)
实验九 杂音测试器的使用	(442)
实验十 示波器的使用 (一)	(444)
实验十一 示波器的使用 (二)	(449)
实验十二 线障脉冲测试器的使用	(452)
实验十三 数字频率计的使用	(455)
附录一 功率电平的加减计算	(457)
附录二 奈、分贝、电压换算对照表	(463)

第一章 概 述

内 容 提 要

学习本章的目的是使学生了解在有线通信工作的日常维护测试中，使用的各种类型的有线电信仪表，以及测量误差的概念和减少测量误差的方法，以确保测量的准确性。

第一节 测量及仪表

一、测量的意义

测量是人类认识客观事物取得数量观念的一种认识过程。在这一过程中，人们借助于测量仪器，无论是从事生产实际，还是从事科学研究，力求获得被测量物的可靠数据。因此，测量工作是人类认识客观世界的一种重要手段。

随着科学技术的发展，使测量技术不断完善，测量精度不断提高。反过来，测量工作又推动了社会科学和生产的发展。

在通信机、线设备的研制、生产、安装，以及在日常维护工作中，要经常进行测试、调整和检修，这样才能保证通信的正常进行。

二、有线电信的测量

有线电信包括电话通信、电报通信、传真通信、电视通信以及数据通信等，它们都是借助于电子技术，通过传输线来完成信息传输的。为了提高通信质量保证通信畅通，随时都需要进行测量。

根据通信方式不同，要求进行的测试项目和使用的测量仪表也有所不同。本书主要讨论有线电信测量常用仪表的结构、简单的工作原理和使用方法。通常进行的一般测试项目包括：

1. 通信设备及元、部件电气参数的测量。如电阻、电容、电感以及电路和网络的各种阻抗。
2. 通信设备工作状态的测量。如信号的电压、电流、电平和频率、相位、波形等。
3. 通信系统质量指标的测量。如增益、衰减、非线性失真和串、杂音等。

三、有线电信仪表

在电信部门，使用着各种类型的仪表，通常有：

1. 测量电流、电压的交直流电流表、交直流电压表、真空管电压表，专门用来测量电平的传输测试器、杂音测试器等。
2. 测量电阻、电感、电容等无源元件用的各种交直流电桥、地阻测试仪、兆欧表以及各种类型的电感、电容测试仪。
3. 测量电子管、晶体管等有源器件的电子管测试仪、晶体管测试仪及晶体管特性图示仪等。
4. 产生各种频率信号用的信号发生器，如音频振荡器、载频振荡器、高频振荡器、方波发生器等。

5. 测试信号的频率、周期特性的频率时间计数器、毫秒计等。

6. 观察和显示信号波形特性的各类通用、双踪、双线示波器、脉冲示波器等等。

上述是按其用途列举了一些通用的测量仪器。除此以外，还有大量诸如电报畸变测试仪、电缆查漏仪等专用测量仪表，这里不一一列举。

四、有线电信测量技术发展概况

随着科学技术的发展以及新型电子器件的相继问世，有力地推动通信测量技术的发展。目前，用集成电路装配的电子仪器具有体积小、重量轻、功耗小、功能多、成本低等特点。

在出现了数字式的测量仪器后，被测数值可以用数码管或液晶直接显示出来。它的主要优点是测量精度高、速度快、容易实现自动测量。目前，数字式万用表、频率计、电压表、电平表等均已投产，其它电子仪表也将逐渐向数字化发展。

随着大规模集成电路的发展，今后测量技术的发展趋向是宽频带化、多功能性以及带有微处理机的数字化、自动化的测量仪器。这种仪器可以实现自动选择量程、自动测量、自动计算、自动记录、自动显示结果以及自动寻找故障等，所以称为“智能”仪器。

此外，邮电通信具有全程全网、联合作业、点多面广的特点，为了保证通信网络的畅通无阻，必须对多种电气特性参数经常进行监测。这就需要将多种可以利用程序控制的仪器通过接口设备组合起来，成为一个测试系统。

第二节 测量误差的基本概念

一、测量误差的定义

在实际测试中，由于测量工具（仪表）不准、测量方法不完善以及其它客观原因（如温度、湿度的变化，电压的波动、电磁干扰等），都会使测量值与实际值（真值）之间有差别，这种差值就叫做误差。测试中，误差是不可避免的，因此分析产生误差的原因和力求减小误差的措施，对测量工作具有十分重要的意义。

二、测量误差的分类

根据实际需要，误差有下面三种表示方法。

1. 绝对误差 测量值 x 和真值 A 之差称为绝对误差。这个差值用 Δx 表示。即：

$$\Delta x = x - A \quad (1-1)$$

绝对误差有正负之分， $x > A$ 时，误差 Δx 为正， $x < A$ 时，误差 Δx 为负，单位则表明被测的是什么量。

例1-1 有一标准电压，其值为 $6V$ ，现用万用表测试得 $6.1V$ ，求绝对误差值。

由绝对误差的定义得：

$$\Delta x = 6.1V - 6V = 0.1V$$

即求得其绝对误差为 $0.1V$ ，说明误差偏离真值为正 $0.1V$ 。

例1-2 有两个标准电阻，其值分别为 $R_1=10\Omega$ ， $R_2=1000\Omega$ ，现分别测得 $R_{x1}=10.1\Omega$ ， $R_{x2}=1001\Omega$ ，求绝对误差各为多少？

由式 (1-1) 得：

$$\Delta R_1 = R_{x1} - R_1 = 10.1\Omega - 10\Omega = 0.1\Omega$$

$$\Delta R_2 = R_{x2} - R_2 = 1001\Omega - 1000\Omega = 1\Omega$$

从上例可以看出，尽管 $\Delta R_1 < \Delta R_2$ ，但绝不能由此得出测量电阻 R_1 较测量电阻 R_2 的准确度为高的结论。而恰恰相反，是绝对误差大的测量的准确度反而比绝对误差小的准确度高。所以应该指出，绝对误差不能确切地反映测试结果的准确度。因此，为了弥补绝对误差在表示方法上的不足，又提出了相对误差的概念。

2. 相对误差 绝对误差 Δx 与真值 A 之比称为相对误差，用符号 β 代表，通常以百分数表示。即：

$$\beta = \frac{\Delta x}{A} 100\% \quad (1-2)$$

从式 (1-2) 看出，相对误差的表现形式与绝对误差有所不同，它只有大小和符号，而无单位。

例1-3 求例1-1和例1-2的相对误差。

从例1-1中，已知 $\Delta x=0.1V$ ， $A=10V$

由相对误差定义得：

$$\beta = \frac{\Delta x}{A} 100\% = \frac{0.1}{10} 100\% = 1\%$$

从例1-2中，分别计算两次测量的相对误差值为：

$$\beta_1 = \frac{\Delta R_1}{R_1} 100\% = \frac{0.1}{10} = 1\%$$

$$\beta_2 = \frac{\Delta R_2}{R_2} 100\% = \frac{1}{1000} = 0.1\%$$

从计算结果不难看出，绝对误差大的那次测量相对误差小于另一次测量的相对误差值。所以说相对误差是实际反映了测试结果的准确程度。

相对误差固然可以说明测量的准确度，但是用它来说明电表的准确度仍然有不足之处，其原因在于电表是用来测量某一范围（称为量限）内的被测量，而不是用来只测某一固定大小的量。因此，式（1-2）分母 A 值是变化的，则其测量的相对误差也将随着改变。很明显，它将给划分电表的准确度等级带来困难。为了使计算和划分电表级别方便起见，又引出基本误差的表示方法。

3. 基本误差 绝对误差 Δx 与其测量上限（满刻度） A_m 之比称为基本误差，也称引用误差，其符号为 γ ，一般也以百分数表示。即：

$$\gamma = \frac{\Delta x}{A_m} 100\% \quad (1-3)$$

例1-4 选用电压表50V挡，测量36V标准电压，得读数为37V，求电表的基本误差 γ 值。

由式（1-3）得：

$$\gamma = \frac{\Delta x}{A_m} 100\% = \frac{1}{50} 100\% = 2\%$$

求得基本误差为正2%，即偏大2%。

电工仪表的准确度等级是按基本误差分级的。根据国家标准规定共分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0等七级。如0.5级即表示其 γ 为0.5%。由于存在着电表指示值的绝对误差不同的情况，所以电表的级别均采用最大基本误差标定。即