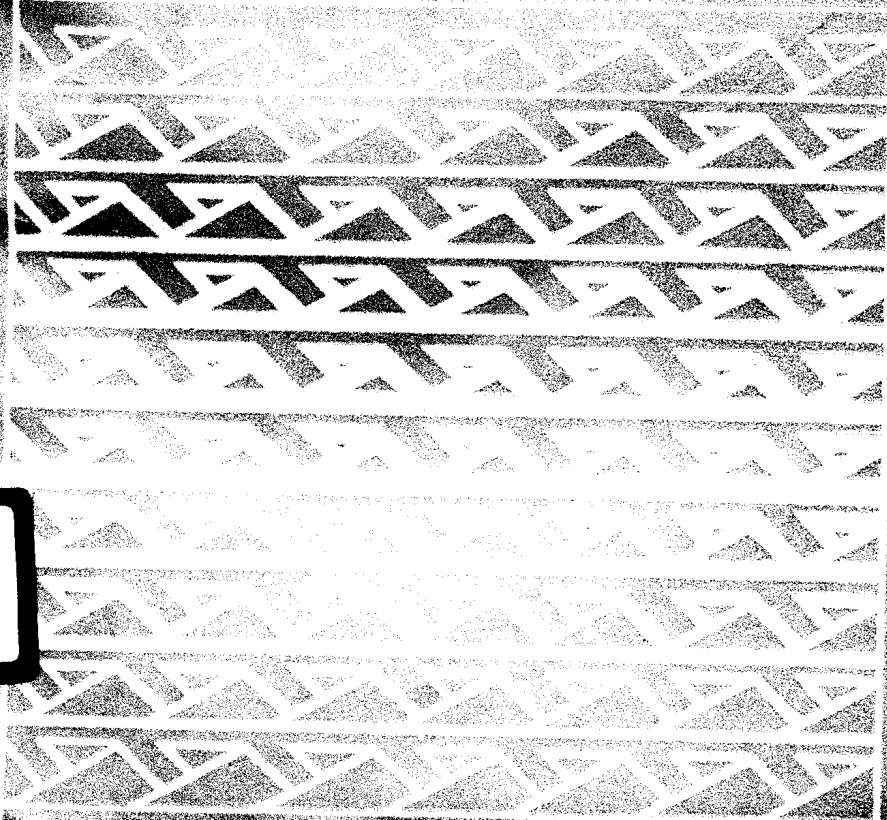


邮 / 电 / 中 / 等 / 函 / 授 / 试 / 用 / 教 / 材

TELEPHONE C.L.

通信线路测量



内 容 提 要

本书为邮电中等函授试用教材,主要叙述通信线路测量的基本概念、线路传输特性的测量、线路障碍的测试以及线路终端设备的测量等。

书中就线路测量用的电桥、兆欧表、振荡器、电平表、线路障碍脉冲测试仪、杂音测试器、串音测试器等仪表的构造原理和使用方法做了较详细的介绍。

邮电中等函授试用教材

通信线路测量

贾玉明 编

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街 27 号

人民邮电出版社激光照排

北京顺义振华胶印厂印刷

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 1990年 11月 第 一 版

印张:13 8/32 页数:212 1990年 11月北京第 1次印刷

字数:300千字 插页:1 印数: 1-4200 册

ISBN7-115-04354-X/G. 079

定价:2.40元

前 言

本书是根据邮电中等函授线路专业的教学大纲编写的。

《通信线路测量》是线路专业的一门重要课程,无论是线路工程和日常维护工作,都离不开测量工作。只有通过测量才能得出提高通信质量的改进措施;只有通过测量才能迅速、准确地查找到线路障碍地点,保证通信的畅通。

做为一名线路技术人员,必须具备一定的测量理论基础,了解相关仪表的构造原理和掌握正确的使用方法,才能胜任通信线路的测量工作。

本书是在代用教材《长途通信线路测试》一书的基础上,吸收了日校中专教材的特点,结合函授教育以自学为主的原则,力求做到无师自通;并加强了理论联系实际的内容,使学员能按照书中的讲述,就可完成通信线路的测量工作。

由于编写时间仓促,加之作者水平所限,书中定有不足和错误之处,望广大学员和教师多多提出批评意见,以便修订时加以改正。

贾玉明

1990年2月于北京

目 录

前言

第一章 绪论

内容提要	(1)
第一节 通信线路测量技术的发展概况	(1)
第二节 测量的基本概念	(2)
第三节 线路测量的内容与分类	(3)
一、工程测量	(3)
二、维护测量	(4)
三、障碍测量	(4)
第四节 测量误差与修正	(4)
一、测量误差的定义	(4)
二、测量误差的分类	(5)
第五节 测量方法	(10)
一、直接测量与间接测量	(10)
二、直读测量法与比较测量法	(10)
三、以被测量性质分类的测量	(11)
本章小结	(12)
习题与思考题	(13)

第二章 通信线路的直流特性测量

内容提要	(14)
第一节 线路导电电阻的测量	(14)
一、直流电桥	(14)

二、线路环路电阻的测量	(3 4)
三、线路不平衡电阻的测量	(3 6)
四、测试结果的计算	(4 1)
第二节 线路绝缘电阻的测量	(4 8)
一、兆欧表的构造原理	(4 8)
二、线路绝缘电阻的测量方法	(6 0)
第三节 电缆线路的耐压测量	(6 5)
一、耐压测量的意义	(6 5)
二、耐压测试器的结构原理	(6 6)
三、耐压的测量方法	(7 1)
本章小结	(7 2)
习题与思考题	(7 4)

第三章 通信线路的交流特性测量

内容提要	(7 5)
第一节 线路测量用信号源	(7 5)
一、信号源的种类	(7 5)
二、信号源的工作原理	(7 6)
三、QJF2-701 型晶体管振荡器	(9 3)
第二节 测量用电平表	(102)
一、电平表的基本原理	(102)
二、测量电平的方法	(105)
三、QJXP-701 型晶体管选频电平表	(106)
第三节 通信线路交流特性测量的内容与方法	(119)
一、通信线路的衰减频率特性测量	(119)
二、通信线路干扰电平的测量	(125)
三、通信线路串音衰减测量	(135)
四、通信线路特性阻抗的测量	(142)

本章小结	(153)
习题与思考题	(154)
第四章 架空通信线路的障碍测量	
内容提要	(156)
第一节 利用电桥的测量方法	(156)
一、测量混线障碍点	(156)
二、测量接地障碍点	(170)
三、测试断线障碍点	(180)
第二节 反射测量法	(182)
一、反射测量法的基本原理	(182)
二、计算障碍点的公式推导	(183)
三、反射测量法的特点	(186)
四、测量方法	(187)
五、反射测量法的注意事项	(190)
六、反射测量法的几点经验	(194)
第三节 脉冲法测量线路障碍	(200)
一、脉冲法测量原理	(200)
二、模拟式线路障碍脉冲测试器	(204)
三、数字式线路障碍脉冲测试器	(227)
本章小结	(241)
习题与思考题	(243)
第五章 电缆线路障碍的测量	
第一节 对称电缆线路障碍的测量	(245)
一、利用电桥的测量方法	(245)
二、利用 WY-5133 型数字式电缆故障测试仪的测量方法	(262)
第二节 同轴电缆线路障碍点的测量	(269)

一、利用 M693—1 型电缆脉冲测试仪的测量方法	(270)
二、利用 QX404 型同轴电缆脉冲反射测试仪的测量方法 ...	(293)
本章小结	(307)
习题与思考题	(308)

第六章 线路障碍种类的测量与障碍处理

内容提要	(309)
第一节 线路障碍种类的测量	(309)
一、用测量台判断障碍种类的原理和方法	(309)
二、用万用表判断线路障碍种类的方法	(329)
三、用兆欧表判断线路障碍种类的方法	(337)
第二节 线路障碍的处理步骤	(340)
一、受理申告与确认障碍	(340)
二、确定障碍后的测试步骤	(341)
三、派修后的复测与监视	(344)
四、辅助测试	(344)
五、障碍处理记录	(349)
第三节 标准记录的制作方法	(351)
一、为什么要制作标准记录	(351)
二、怎样作标准记录	(352)
第四节 线路测试工作应具备的资料	(360)
一、线路引入分布图	(360)
二、线路明细表	(360)
三、线路开放载波路由表	(361)
四、局内布线图	(362)
五、直流标准记录的参考数据	(362)
本章小结	(363)
习题与思考题	(365)

第七章 线路终端设备的测量

第一节 三圈的测量	(366)
一、阻抗匹配线圈的测量	(366)
二、塞流线圈的测量	(373)
三、排流线圈的测量	(378)
第二节 保安器的测量	(382)
一、放电管测量	(382)
二、熔丝管测量	(384)
三、火花放电间隙的调测	(386)
第三节 接地电阻的测量	(387)
一、接地电阻测量的目的与要求	(387)
二、接地电阻测量仪的原理与使用	(388)
本章小结	(395)
习题与思考题	(396)
附录一 长途线路测试项目周期和电气特性标准	(398)
附录二 常用线路导线不同温度的直流电阻表	(406)
附录三 奈、分贝、电压换算对照表	(408)

第一章 绪 论

内 容 提 要

学习本章的目的是使学员了解测量的基本概念,明确线路测量的内容和分类以及线路测量在通信中的地位 and 作用,从而引起学员对线路测量这门专业课的重视,为学好线路测量的基本理论、掌握具体的线路测量方式做好准备。

第一节 通信线路测量技术的发展概况

我国的通信线路测量技术,是随着电子技术的发展,通信设备的不断更新而发展起来的,特别明显表现在对通信线路的障碍测量上。50年代,处于电桥、兆欧表的时代,方法上沿用传统的魏莱法(Varley method)和马莱法(Murray method)。不仅测量时间长,而且误差很大。到了60年代,进入了脉冲测试时代,使测试时间提高到5分钟,误差减少到5棵电杆;到了70年代,测试技术水平普遍有了提高,基本上每个县局都有了一台脉冲测试器,实现了全国线路测试脉冲化。特别是到了70年代的后期,出现了数字式脉冲测试器,使测试时间提高到2分钟,误差减少到2棵电杆。随着电子计算机应用到通信领域,相信在不久的将来,将会出现更先进的、全自动的线路测试设备。

第二节 测量的基本概念

测量是人类对客观事物取得数量概念的认识过程,是人们认识和改造自然的一种不可缺少的手段。在自然界中,对于任何被研究的对象,若定量地进行分析,必须通过测量来实现。

测量与科学技术的发展有着极为密切的关系。在进行科学研究以及产品试制、生产过程中,都离不开测量工作。测量技术不断完善、测量精度不断提高,可以帮助人们进一步认识和发现许多客观规律,并促进科研与生产的发展;反过来,新技术和新产品的出现,应用到测量技术和测量设备中去,又给测量技术的改进和完善创造了条件。

测量课程主要是研究测量原理、方法和仪器仪表等方面的内容。随着科学技术的发展,测量技术已成为一门独立的学科。

通信线路测量,属于电信测量中的一种专业测量。测量的目的是为了提高通信质量,保证通信线路设备的电气特性合乎技术标准,以及当线路发生故障时,能迅速、准确地测量出障碍地点,尽快修复,以缩短障碍历时,保证通信畅通。

通信线路无论是架空明线还是地下电缆、水底电缆,都置身在大自然的环境中,由于受自然的变化以及人为的影响等原因,会使通信线路的电气特性发生变化,如绝缘电阻下降、导线电阻增大、两线电阻不平衡、线路衰减增加、阻抗特性变坏、产生阻抗不匹配等现象,严重时会使通信阻断,影响通信畅通。随着科学技术的发展,大通路通信设备日益增多,线路发生一分钟的阻断障碍,就会造成几十路分、几百路分、甚至上千路分的障碍,影响很大。所以,要想提高线路的传输质量,迅速、准确地判断出障碍地点,尽快地恢复通信,必须通过线路测量来完成。因此,通信线

路测量是通信中不可缺少的一门重要的专业技术,是日常通信维护中的主要手段。

第三节 线路测量的内容与分类

通信线路测量按测量性质而言,可称为电气测量,使用的各种仪表也可统称为:电气测量仪表或电信测量仪表,这种仪表有三种类型:

度量器:它是复制和保存测量单位用的,是测量单位的实物复制品,如标准电感、标准电阻等等。

比较仪表:它是一种将被测量与度量器进行比较之后才能确定被测量数值的仪表,例如电桥、电位差计等等。

直读仪表:能直接读取被测量数据大小的仪表,如电平表、电压表等等。

通信线路测量,按测量任务可分为三大类:

工程测量;

维护测量;

障碍测量。

一、工程测量

工程测量分三部分内容:

(一)在通信线路施工前进行检查性质的电气特性测量。一般作绝缘电阻、回路导电电阻、回路不平衡电阻、线路衰减频率特性、回路间远、近端串音等测量。

(二)在工程进行中的测量,如平衡测量,即电磁耦合和电容耦合测量。

(三)在工程结束后进行的验收测量,测量内容与施工前的

测量内容大致相同。

二、维护测量

维护测量是指对工程后投入生产运行的线路进行定期检查测量,以便发现电气特性的问题及时予以解决。这种测量的内容可按月、季、年度分别进行,因此,又称为定期测量。

定期测量的内容和周期如下:

(一)直流测量:线路回路导电电阻(简称环阻)的测量、回路不平衡电阻测量、线间和线对地绝缘电阻测量。

以上测量,每季度进行一次。

(二)交流测量:交流测量主要包括线路衰减频率特性,每年进行一次,应在5月份进行。

· 接地电阻测量,包括终端杆、分级保护杆、装设强力放电器杆及架空地线的接地电阻,每年进行一次。

三、障碍测量

障碍测量分为障碍种类的判断测量和障碍地点的测量。

障碍种类的测量可利用测量台或万用表进行。

障碍地点的测量分为直流测量和交流测量两种,直流测量是利用电压表和电桥进行;交流测量主要是用脉冲测试法和反射测试法进行。

第四节 测量误差与修正

一、测量误差的定义

一个量在被观测时,其本身所具有的真实大小,称为该量的

真值。它是理想的概念,一般地说,真值是得不到的,任何测量仪器的测得值都不可能完全准确地等于测量的真值。

由于在测量过程中,人们对于客观认识的局限性,测量工具的不准确、测量手段不完善、受环境影响或测量工作中的疏忽等原因,都会使测量结果与被测量的真值不同,这个差异,称为测量误差。随着科学技术的发展,对于测量精确度的要求越来越高,要尽量控制和减小测量误差,使测量值接近真值。所以测量工作的价值取决于测量的精确程度。当测量误差超过一定限度时,测量结果所作出的结论是没有意义的,甚至会给工作带来危害。比如,在线路障碍地点的测量中,若产生较大误差,不仅要造成人力物力的浪费、而且要延长障碍历时,影响通信畅通,将会造成政治上、经济上无法估量的损失。因此,对测量误差的控制就成为衡量测量技术水平乃至科学技术水平的一个重要方面。

但是,由于误差存在的必然性与普遍性,因而人们只能将它控制到尽量低的程度,而不可能完全消除它。重要的是要知道实际测量的精确度和产生误差的原因,从而找出减少误差的方法。一般说来要做到:

- (一)合理地制定测量方案,正确地选择测量方法;
- (二)使用经过校准后的仪器,保证仪器本身的准确性;
- (三)正确的操作,减少读数误差。

二、测量误差的分类

(一)绝对误差

1. 定义:由测量所得到的被测量值 X 与其真值 A_0 的差,称为绝对误差,用 ΔX 表示。

$$\Delta X = X - A_0 \quad (1-1)$$

当 $X > A_0$ 时, ΔX 是正值;

当 $X < A_0$ 时, ΔX 是负值。

所以绝对误差 ΔX 是具有大小、正负和量纲的数值。它的大小和符号分别表示测得值偏离真值的程度和方向。

〔例 1-1〕 有一标准电压其真值 $A_0 = 10V$, 用万用表测量, 其指示值为 $10.1V$, 求绝对误差值:

$$\Delta X = 10.1V - 10V = +0.1V$$

这是正误差, 表示以真值为标准, 测得值大了 $0.1V$ 。

式(1-1)中的 A_0 表示真值, 对于测量者来说是测不出来的, 只能尽量接近。

计量学上的真值不能得到, 可以用高级或数级的标准仪器或计量器具所测得的数值代替真值。为了区别起见, 称满足规定准确度的用来代替真值的量值为实际值, 用 A 表示。这时绝对误差写成:

$$\Delta X = X - A \quad (1-2)$$

这是通常使用的表达式。

2. 修正值(校正值)

与绝对误差的绝对值大小相等, 但符号相反的量值称为修正值, 用 C 表示:

$$C = -\Delta X = A - X \quad (1-3)$$

在测量时, 利用测量得到的数值与已知的修正值相加, 即可计算出被测量的实际值:

$$A = X + C \quad (1-4)$$

〔例 1-2〕 用毫伏表的 $100mV$ 档, 测得电压示值为 $10mV$, 在检验仪表时测得该 $10mV$ 刻度处的修正值是 $(-0.01)mV$, 则被测电压的实际值应为:

$$V = 10 + (-0.01) = 9.99(mV)$$

这说明含有误差的测得值加上修正值后, 就可以减小误差

影响,这是经常采用的一种方法。测量仪表应当定期送计量部门进行检验,其主要目的就是获得准确的修正值,以保证量值传递的准确性。同理,利用修正值只能在仪器的检定有效期内,否则要重新检定。

必须指出,修正值本身也有误差,修正后的数据只是比较接近实际值而已。

对于自动化程度较高的测量仪器,可以将修正值编成程序储存在仪器中。在测量时仪器自动进行修正。

一般规定,绝对误差和修正值的量纲必须与测量值一致。

绝对误差虽然可以说明测得值偏离实际值的程度,但不能说明测量的准确程度。

〔例 1—3〕 两个电压的测得值分别为:

$$U_1 = 101V, U_2 = 6V。$$

而实际值:

$$U_1 = 100V, U_2 = 5V。$$

则绝对误差为:

$$\Delta U_1 = 101 - 100 = 1(V)$$

$$\Delta U_2 = 6 - 5 = 1(V)$$

二者的绝对误差相同,但其误差的影响是不同的,前者比后者测量得准确。为了表征这一特点,应当采用相对误差。

(二) 相对误差

1. 定义:测量的绝对误差与被测量的真值之比(用百分数表示),称为相对误差。

$$r_0 = \frac{A_r}{A_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

因为一般情况下得不到真值,所以可用绝对误差与实际值

之比来表示相对误差(必须区分时称它为实际相对误差),用 r_A 表示:

$$r_A = \frac{\Delta X}{A} \times 100\% = \frac{x - A}{A} \times 100\% \quad (1-6)$$

继前例

$$r_{A1} = \frac{\Delta V_1}{V_1} \times 100\% = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$$

$$r_{A2} = \frac{\Delta V_2}{V_2} \times 100\% = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

可见,用相对误差可以恰当地表征测量的准确程度。相对误差是一个只有大小和符号,而没有量纲的数值。

在误差较小、要求不太严格的场合,也可以用仪器的测得值代替实际值。这时的相对误差称为示值相对误差,用 r_x 表示:

$$r_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 Δx 由所用仪器的准确度等级定出,由于 x 中含有误差,所以 r_x 只适用于近似测量。对于一般的工程测量,用 r_x 来表示测量的准确度比较方便。

2. 分贝误差

用对数形式表示的误差称为分贝误差。常用于表示增益或声强等传输函数值。

设输出量与输入量(例如电压)测得值之比为 V_o/V_i , 则增益的分贝值:

$$Gx = 20 \lg \frac{V_o}{V_i} [\text{dB}] = 20 \lg A_r [\text{dB}] \quad (1-8)$$

式中 $A_r = V_o/V_i$ 是电压放大倍数的测得值。

又因 $A_r = A + \Delta A$

式中 A 是放大倍数的实际值

$$\begin{aligned}\text{则 } G_r &= 20\lg(A + \Delta A) = 20\lg\left[A\left(1 + \frac{\Delta A}{A}\right)\right] \\ &= 20\lg A + 20\lg(1 + r_A)\end{aligned}$$

$$\text{式中 } r_A = \frac{\Delta A}{A}$$

$$\text{所以 } G_r = G + 20\lg(1 + r_A)$$

式中 $G = 20\lg A$ 是增益的实际值, $20\lg(1 + r_A)$ 是 G_x 的误差项。

$$\text{令 } r_{dB} = 20\lg(1 + r_A) \approx 20\lg(1 + r_r) \quad (1-9)$$

$$\text{式中 } r_r = \frac{\Delta A}{A_i}, \text{取 } r_r \approx r_A。$$

〔例 1-4〕 测量一个放大器, 已知 $V_i = 1.2\text{mV}$, $V_o = 6000\text{mV}$, 设 V_i 的误差忽略不计, 而 V_o 的测量误差 r_v 为 $\pm 3\%$ 时, 求放大倍数的绝对误差 ΔA , 相对误差 r_x 及分贝误差 r_{dB} 。

$$\text{电压放大倍数 } A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{6000}{1.2} = 5000$$

$$\text{增益 } G_x = 20\lg 5000 = 74\text{dB}$$

V_o 的绝对误差 $\Delta V_o = r_v \cdot V_o = (\pm 3\%) \times 6000 = \pm 180\text{mV}$
因为仅考虑 V_o 的误差, 所以:

$$\Delta A = \frac{\Delta V_o}{V_i} = \frac{\pm 180}{1.2} = \pm 150$$

$$r_r = \frac{\Delta A}{A_i} = \frac{\pm 150}{5000} \times 100\% = \pm 3\%$$

可见当仅考虑 V_o 有误差时, $r_x = r_v = \pm 3\%$

$$\text{所以 } r_{dB} = 20\lg(1 + r_x) = 20\lg[1 + (\pm 3\%)] \approx \pm 0.26(\text{dB})$$

测量的报告值写作 $G_x = 74 \pm 0.26\text{dB}$ 。

式(1-9)也可以用下列近似公式表示:

$$r_{dB} \approx 8.69r_r \quad (1-10)$$