

电工电子技能培训 大讲台

DIANGONG DIANZI JINENG PEIXUN DAJIANGTANG



万用表使用入门 与电路故障检修方法

胡斌 吴培生 孟贵华 李萌 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工电子技能培训大讲学

万用表使用入门 与电路故障检修方法

胡 斌 吴培生 编著
孟贵华 李 萌



机械工业出版社

本书以实用为出发点,用通俗易懂的语言介绍了指针式万用表和数字万用表的基本知识、使用方法和实用测量技术及故障的检修方法。

本书适合电子技术初学者阅读,也可供具有一定电子技术基础的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

万用表使用入门与电路故障检修方法/胡斌等编著.

—北京:机械工业出版社,2009.10

(电工电子技能培训大讲堂)

ISBN 978-7-111-28687-5

I. 万... II. 胡... III. ①复用电表—使用②复用电表—电路—故障修复 IV. TM938.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 200891 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吉 玲 (jinacmp@163.com)

责任编辑: 阎洪庆

责任印制: 李 妍

中国农业出版社印刷厂印刷

2010 年 1 月第 2 版·第 1 次印刷

148mm×210mm·7.5 印张·5 插页·219 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-28687-5

定价: 18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着我国经济的飞速发展,工业化与信息化的融合及节能减排政策的层层推进,为技术创新发展提出了更高的要求;同时,我国还是一个制造业大国,并处在向制造强国转化的过程,在拥有大量劳动者的同时,努力提高劳动者的素质,使其更好地适应技术的发展及社会的需要,不仅可以更好地服务于产业的发展,也是构建和谐社会的基本要素。

电工电子技术渗透于各行各业,吸纳的就业人口众多,向劳动者普及基本知识技能,一直是我们努力的目标。我们在电工电子技术出版领域积累了大量优秀的作者资源,出版了大批优秀的图书,受到了读者的欢迎。

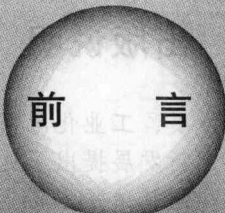
我们针对初学者学习基础比较薄弱,从事的工作对技能要求比较高的特点,将优秀作者和优势作品进行整合及筛选,打造成崭新的强势丛书——《电工电子技术培训大讲堂》系列图书,本系列图书具有内容全面、系统,结构科学、合理,层次丰富、细节突出等优点,可以为学习者提供多种选择的特点,具体内容涵盖了:电工电子基础知识入门、电工技能提高、电子仪器仪表使用、家电维修等。

本系列图书在强大的策划团队努力下,力图做到:1) 理论够用、内容实用,讲解清晰;2) 篇幅适中,便于学习,立竿见影;3) 初级入门为主,多层次扩展,适当向技能提高延伸;4) 体裁形式多样,写作形式多样;5) 适应性强,多行业多领域的电工电子技术学习者都可适用。

本系列图书的出版得到了众多“明星”作者的全力支持,他们在百忙之中为图书内容的撰写、修订及改写付出了大量的精力,查阅了大量的资料,进行了系统化的对比和分析,在此对他们的辛勤劳动表示感谢,希望本系列图书可以为读者提高知识技能、拓宽视野提供一些有益的、具体的帮助。

为了不断丰富和完善《电工电子技术培训大讲堂》系列图书的内容及提高图书的质量,欢迎广大读者提出宝贵意见和建议,及时向出版单位反馈信息,邮箱为:Jinacmp@163.com。

机械工业出版社



前 言

万用表是电路检修中使用频率最高的仪表，也是故障检修中操作最为方便、最为有效的检修仪表，所以初学者必须认真学习万用表的使用方法，真正掌握其操作技术。

本书分为四个层次详细而系统地讲解了与万用表操作技术相关的知识。

第一章重点讲解万用表的测量功能和操作方法，这部分内容是全书的基础知识，读者必须熟练掌握，并要求做到在操作中灵活运用所学的知识。

第二章是全书的核心内容，重点讲解了使用万用表对各类电路故障进行检修的思路、方法等，对故障检修具有直接的指导作用，要求读者精读其全部内容，并真正掌握其检修技术，以便指导自己的修理操作。

第三章介绍了数字式万用表的工作原理和相关知识，为了解数字式万用表打下扎实的基础知识。

第四章讲解了万用表故障的检修方法，比较系统地讲解了一些具体故障的处理过程和方法。

本书是在《万用表使用入门》一书的基础上进行改写的，在此要感谢其原作者吴培生、孟贵华老师的支持，由于水平所限，书中出现错误、缺点在所难免，希望读者斧正。

江苏大学

胡斌

目 录

出版说明

前言

第一章 指针式万用表的基本知识	1
第一节 指针式万用表的操作面板、字符含义及测量误差	1
一、万用表的操作面板	1
二、表盘上的符号含义	2
三、万用表的技术性能及测量误差	3
第二节 指针式万用表的使用	6
一、正确使用万用表的注意事项	6
二、万用表直流电流档的使用	8
三、万用表交流电流档的使用	9
四、万用表直流电压档的使用	10
五、万用表交流电压档的使用	12
六、万用表电阻档的使用	13
七、万用表 LI 和 LV 刻度线的使用	14
八、万用表对电感和电容的测量	16
第三节 万用表灵活使用实例	17
一、用万用表测量内阻很大的电路电压值	17
二、用万用表测量电路空载输出电压及输出阻抗	18
三、用万用表测量家用电器的绝缘电阻	20
四、用万用表测量接地电阻	21
五、用万用表测量电源内阻	23
六、用万用表判断市电的相线与零线	24
七、用万用表测量彩色显像管的灯丝电压	25
八、测量电烙铁芯的电阻值及功率	25
九、用万用表检测晶体管振荡器是否起振	26



十、用万用表电阻档作检修的干扰信号源	27
第四节 给万用表增加测量功能	27
一、给 500 型万用表增加直流电流 2.5A 量程	27
二、给万用表增加测晶体管 h_{FE} 的装置	28
三、给万用表增加测电解电容器电容量的刻度线	30
四、给万用表增加测行频脉冲的检波器	31
五、给万用表增加测场频脉冲的检波器	34
六、给万用表增加测色度信号的检波器	34
第五节 指针式万用表的结构、面板及参数	35
一、表头	36
二、指针式万用表的测量电路	38
三、指针式万用表的转换开关	38
第六节 指针式万用表的测量原理	40
一、直流电流测量的电路及原理	40
二、直流电压测量的电路及原理	41
三、交流电压测量的电路及原理	42
四、交流电流测量的电路及原理	43
五、万用表电阻档测量的电路及原理	44
六、万用表其他测量的电路及原理	46
第二章 万用表检修常见单元电路故障方法	50
第一节 电源电路和电压供给电路故障检修方法	50
一、故障种类说明	50
二、电源变压器降压电路故障的处理方法	51
三、半波整流、电容滤波电路故障处理方法	54
四、全波整流、电容滤波电路故障处理方法	56
五、桥式整流、电容滤波电路故障处理方法	57
六、直流电压供给电路故障处理方法	58
七、简易稳压二极管稳压电路处理方法	60
八、调整管稳压电路故障处理方法	60
九、实用电源电路故障处理方法及注意事项	62
第二节 单级放大器和多级放大器故障处理方法	64



一、单级音频放大器故障种类说明	65
二、单级音频放大器无声故障处理方法	66
三、单级音频放大器声音轻故障处理方法	67
四、单级音频放大器噪声大故障处理方法	68
五、单级选频放大器故障处理方法	68
六、阻容耦合多级放大器故障处理方法	70
七、直接耦合多级放大器故障处理方法	73
第三节 音量控制器故障处理方法	75
一、普通音量控制器的故障处理方法	75
二、双声道音量控制器故障处理方法	77
三、电子音量控制器故障处理方法	77
四、实用电路故障处理方法	79
第四节 音频功率放大器故障处理方法	81
一、变压器耦合推挽功率放大器故障处理方法	81
二、单声道 OTL 音频功率放大器集成电路故障处理方法	84
三、双声道 OTL 音频功率放大器集成电路故障处理方法	88
四、单声道 OCL 音频功率放大器集成电路故障处理方法	91
五、BTL 音频功率放大器集成电路故障处理方法	93
第五节 扬声器电路和扬声器保护电路故障处理方法	96
一、基本扬声器电路故障处理方法	96
二、特殊扬声器电路检修方法	97
三、二分频扬声器电路故障处理方法	98
四、扬声器保护电路检修方法	98
第六节 用万用表检修彩色电视机	100
一、开关稳压电源电路的检修	100
二、行扫描电路的检修	103
三、场扫描电路的检修	107
第七节 几种小家电电器的检修	109
一、调光台灯的检修	109
二、多功能加湿器的检修	111
三、自动电热水瓶的检修	112



四、冷热饮水机的检修	115
五、电子节能灯的检修	116
六、微波炉的检修	118
第三章 数字万用表	122
第一节 数字万用表概述	122
一、数字万用表的基本知识	122
二、数字万用表的特点	122
三、数字万用表的基本结构	124
四、数字万用表的技术特性	125
五、数字万用表常用符号及其意义	128
六、液晶显示器	131
第二节 数字万用表的使用	134
一、使用注意事项	134
二、数字万用表的面板	135
三、数字万用表显示屏所显示的内容	137
四、电阻档的使用方法	140
五、电压档的使用方法	143
六、电流档的使用方法	147
七、二极管档的使用方法	152
八、晶体管电流放大系数 h_{FE} 档的使用方法	157
九、电容档的使用方法	159
第三节 数字万用表常用 A/D 转换器及其构成的数字电压表	161
一、A/D 转换器	161
二、单片数字万用表集成电路	162
三、ICL7106/7107 单片 $3\frac{1}{2}$ A/D 转换器的特点 与引脚功能	162
四、由 ICL7106 构成的 $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表	166
五、由 ICL7107 构成的 $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表	167
六、由 ICL7116/7117 构成的数字电压表	168
七、由 MC14433A/D 转换器构成的 $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表	171
八、由 ICL7129 构成的 $4\frac{1}{2}$ 位数字电压表	173



第四节 常用数字万用表(多用表、繁用表)介绍	179
一、常用数字万用表概况	180
二、DT890C ₊ 型3 1/2位数字万用表	182
三、DT890C ₊ 型数字万用表的各部分电路介绍	184
第四章 万用表的常见故障和检修	196
第一节 指针式万用表常见故障的检查	196
一、指针式万用表的直观检查	196
二、通电检查	196
三、检查、分析万用表故障的一般程序	198
第二节 指针式万用表检修实例	198
一、检修实例	198
二、万用表常见故障速查表	201
第三节 数字万用表的检修方法	203
一、直观检查法	203
二、阻值检查法	204
三、替换法	204
四、波形观察法	205
五、干扰法	206
六、对关键点电压的检测方法	206
七、采用分割法进行检查	207
八、数字万用表的检修步骤	207
第四节 数字万用表各部分电路的故障检修	211
一、电源故障的检修	211
二、显示故障的检修	211
三、电阻档故障的检修	212
四、直流电压档故障的检修	212
五、直流电流档故障的检修	213
六、交流电压档故障的检修	213
七、晶体管电流放大系数 h_{FE} 档故障的检修	214
八、二极管档、蜂鸣器档故障的检修	214
九、交直流自动转换电路故障的检修	215



十、测温电路故障的检修	215
第五节 常用万用表电路	217
一、U—10 型指针式万用表电路图	217
二、U—20 型指针式万用表电路图	217
三、U—101 型指针式万用表电路图	217
四、U—201 型指针式万用表电路图	217
五、MF30 型指针式万用表电路图	217
六、MF500 型指针式万用表电路图	217
七、MF47 型指针式万用表电路图	217
八、MF368 型指针式万用表电路图	217
九、DT830D 型 3 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表电路图	217
十、DT860B 型 3 $\frac{1}{2}$ 位数字自动量程万用表电路图	217
十一、DT890C 型 3 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表电路图	217
十二、DT940C 型 3 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表电路图	217
十三、DT930F ₊ 型 4 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表电路图	226
十四、DT980 型 4 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表电路图	226
十五、DM6018 型 3 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表电路图	226
参考文献	227

第一章 指针式万用表的基本知识

万用表是一种可以进行多种测量的仪表，除了可以测量电压、电流、电阻以外，还可以测量电容、电感及粗测二极管、晶体管的好坏。它是无线电爱好者及从事电工、电子专业人员的必备工具之一。万用表有指针式及数字式两类。

本章较详细地介绍指针式万用表的使用方法及使用技巧，并介绍指针式万用表的结构、原理等一些基础知识。

第一节 指针式万用表的操作面板、字符含义及测量误差

万用表型号很多、外形各异，但其结构大致相同，面板都有各种插孔、调零装置、转换开关和各种刻度线。

一、万用表的操作面板

1. 插孔 万用表一般有红、黑表笔插孔，大电流、高电压插孔，晶体管 h_{FE} 插孔等。不同型号的万用表，插孔用法也不完全一样，要按照该表的说明书指示的方法去操作。

2. 调零装置 万用表一般有两种调零装置。

(1) 机械调零：是指将万用表指针调到表盘左端各刻度线零的位置。机械调零的装置在指针转轴的下方，用平口螺钉旋具可以调节指针位置。机械调零不需要表内电池。

(2) 校准调零：欧姆表使用时先要进行调零，就是把红、黑两表笔短接，万用表指针偏转到欧姆刻度线右端，转动表的调零旋钮，使指针指到欧姆刻度线的零位置，这样测出的电阻值才准确。每改变一次电阻档的量程，都要进行一次调零。另外，使用万用表测晶体管的 h_{FE} 值时，也要按照该万用表说明书指示的方法进行调零。有的万用表有 $D\Omega$ 档，使用此档时，也需要调零。校准调零是需用表内电池的。



3. 转换开关 万用表的转换开关有两种：一种是改变功能的开关，如测量直流电压、直流电流、电阻等；另一种是量程开关，如测直流电压有 0.5V、2.5V、10V、50V、250V、500V 等。500 型万用表设置了功能转换开关和量程开关。有些万用表如 MF368 型只用了一个转换开关，完成两种转换。还有的万用表如 MF47 型，用一个小的功能转换开关和另一个大的量程转换开关。

4. 万用表的刻度线及读数 万用表的刻度线有的是均匀刻度的，如电压、电流的刻度是均匀的；有的刻度是不均匀的，如欧姆刻度线、分贝刻度线、晶体管的 h_{FE} 刻度线。

使用万用表测量时，我们把指针指示的数值称为“读数”，我们测量是需要“实值”的。读数和实值有时是一样的，如 h_{FE} 的读数和实值就一样。读数和实值有时是不一样的，如用 $R \times 100$ 档，读数为 10Ω ，而实值为 $10\Omega \times 100 = 1000\Omega$ 。

在电压、电流测量时，由于刻度线是均匀的，所以

实值 = 每个小分度代表的值 $\times$ 小分度数

例如，用量程为 500V 的电压档测量时，刻度线共分为 50 个小分度，则每小分度代表 10V，如果指针偏转了 5.5 个小分度，则实值为 $10V \times 5.5 = 55V$ 。

有的万用表刻度线下有一小平面镜，当我们看到指针和镜子反射回来的指针镜像重合时，读数最准确。

二、表盘上的符号含义

在万用表的面板上印有许多符号，这些符号说明了万用表的技术性能。了解这些符号的含义对使用万用表是很有意义的。一些主要的万用表符号及含义如表 1-1 所示。

表 1-1 万用表中常用的符号及含义

符 号	名 称 及 含 义
	磁电系仪表
	往返调零



(续)

符 号	名 称 及 含 义
	未进行绝缘强度实验
	绝缘强度实验电压为 2kV
1.5	准确度等级 1.5 级 (标度尺量限百分数)
	准确度等级 1.5 级 (标度尺长度百分数)
	准确度等级 1.5 级 (指示数值百分数)
	标度尺垂直 (垂直放置使用)
	标度尺水平 (万用表水平放置)
	万用表标度尺位置与水平面成 30° 放置
	A 组仪表 (在 0 ~ 40℃ 条件下工作) B 组仪表 (在 -20 ~ 50℃ 条件下工作)

三、万用表的技术性能及测量误差

在万用表的说明书中,对该型号的万用表主要用途、适用范围、主要技术指标和使用方法都有详细的说明。在购买和使用前都应仔细阅读说明书,根据用途购买适合自己的万用表。使用时,要按说明书的要求正确应用。现将几种指针式万用表的技术性能介绍如下。

1. 万用表的技术性能 以 500 型和 MF368 型万用表为例进行介绍。

(1) 500 型万用表的技术性能: 500 型万用表的社会拥有量较大。该表有两个转换开关,一个是功能转换开关,另一个是量程转换开关,两个开关分开可具有保护万用表的作用。该表适于无线电、电



信和电工工作的一般测量要求。500 型万用表的技术性能如表 1-2 所示。

表 1-2 500 型万用表技术性能

测量项目	测 量 范 围	灵敏度	准确度等级
直流电流	0.05mA、1mA、10mA、100mA、500mA		2.5
直流电压	2.5V、10V、50V、250V、500V	20k Ω /V	2.5
	2500V (插孔)	4k Ω /V	4.0
交流电压	10V、50V、250V、500V	4k Ω /V	4.0
	2500V	4k Ω /V	5.0
电阻	倍数: $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1k$ 、 $\times 10k$ 中心值: 10 Ω 、100 Ω 、1k Ω 、10k Ω 、100k Ω		2.5
音频电平	-10 ~ +56dB		
表头内阻	2k Ω		
满度电流	42 μ A		

(2) MF368 型万用表的技术性能: 该表体积小、重量轻、便于携带, 社会拥有量也比较大。此万用表有测晶体管 h_{FE} 的功能, 还有负载电压 (LV)、负载电流 (LI) 刻度线。MF368 型万用表的技术性能如表 1-3 所示。

表 1-3 MF368 型万用表技术性能

测量项目	测 量 范 围	灵敏度及电压降	基本误差 (%)
直流电流	0 ~ 50 μ A	0.15V	± 2.5
	2.5mA、25mA、250mA 及 2.5A	0.6V	
直流电压	0 ~ 0.5V	20k Ω /V	± 5.0
	2.5V、10V、50V、250V		± 2.5
	0 ~ 500V	9k Ω /V	± 2.5
	0 ~ 1500V		± 5.0
交流电压	2.5V、10V、50V、250V、500V、1500V	9k Ω /V	± 5.0
电阻	中心值: 18 Ω 、180 Ω 、1.8k Ω 、18k Ω 、180k Ω 倍数: $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1k$ 、 $\times 10k$		± 2.5



(续)

测量项目	测量范围	灵敏度及电压降	基本误差 (%)
音频电平	-10 ~ +22dB		
晶体管直流放大系数	0 ~ 1000		

(3) MF47 型万用表的技术性能: 该表的社会拥有量也比较大, 它不仅有一般的电压、电流、电阻的测量功能, 还有电容量、电感量的测量功能。MF47 型万用表的技术性能如表 1-4 所示。

表 1-4 MF47 型万用表技术性能

测量项目	测量范围	灵敏度及电压降	基本误差 (%)
直流电流	0.05mA、0.5mA、5mA、50mA、500mA、5A	0.3V	±2.5
直流电压	0.25V、1V、2.5V、10V、50V、250V、500V	20kΩ/V	±2.5
	1000V、2500V		±5.0
交流电压	10V、50V、250V、500V、1000V、2500V	4kΩ/V	±5.0
电阻	中心值: 22Ω、220Ω、2.2kΩ、22kΩ、220kΩ 倍数: ×1、×10、×100、×1k、×10k		±2.5
音频电平	-10 ~ +22dB		
晶体管直流放大系数	0 ~ 300		
电容	0.001 ~ 0.3μF		
电感	20 ~ 100H		

2. 万用表的测量误差 由于表头的灵敏度及测量电路的影响, 万用表不可避免地产生测量误差。万用表的使用说明书中, 有一个重要参数——准确度, 它表明了万用表的测量值和被测标准值之间的基本误差。万用表的准确度等级用基本误差的百分数表示, 百分数越小, 准确度等级越高。我国规定共有 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七个等级, 它们与基本误差之间的关系如表 1-5 所示。万用



表准确度多为 1.0 ~ 2.5。

表 1-5 万用表准确度等级与基本误差之间的关系

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差 (%)	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5.0

万用表准确度表示方法一般有两种（见表 1-1）：

(1) 长度百分数表示：其符号为“ $\overset{1.0}{\sim}$ ”，它是以标度尺工作部分长度的百分数表示准确度。如某表准确度为 $\overset{1.0}{\sim}$ ，用直流 500V 档测量，测得电压值为 50V。此表相对误差为 ±1%，绝对误差为 $50V \times (\pm 1\%) = \pm 0.5V$ 。

(2) 量限百分数表示：其符号为“2.5”，它是以标度尺满刻度的百分数表示准确度。如某表准确度为“1.0”，用直流 500V 档测量，测得电压数值为 50V。此表相对误差为

$$\frac{500V \times (\pm 1\%)}{50V} = \pm 10\%$$

绝对误差为 $50V \times (\pm 10\%) = \pm 5V$ 。

可见准确度表示方法不同，相对误差、绝对误差值是不一样的。

目前所用万用表，电压、电流档大多用量限百分数表示法。万用表电阻档多用长度百分数表示法来表示准确度。

第二节 指针式万用表的使用

一、正确使用万用表的注意事项

正确使用万用表，才能达到我们的测量目的，才能确保测量工作的安全。这里说的安全含义有两个：一是人身安全；另一个是确保万用表及被测电器的安全。

正确使用万用表要注意下列事项：

1. 熟悉万用表 要仔细阅读该万用表的使用说明书，了解它的技术性能和使用条件，熟练掌握转换开关、插孔的作用，弄清表盘上的档位和刻度之间的对应关系。

2. 禁止在通电测量状态下转动量程开关 如在测量电压、电流