

一本全方位掌握汽车万用表检修技术的宝典

# 汽车故障 万用表检测 手册

董宏国 主编



QICHE GUZHANG WANYONGBIAO  
JIANCE SHOUCHE



化学工业出版社

# 汽车故障 万用表检测

## 手册

董宏国 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车故障万用表检测手册/董宏国主编. —北京: 化学工业出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-122-30707-1

I. ①汽… II. ①董… III. ①汽车-复用电表-故障检测-技术手册 IV. ①U472.9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 238604 号

---

责任编辑: 卢小林  
责任校对: 王 静

文字编辑: 云 雷  
装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社  
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司  
850mm×1168mm 1/32 印张 15½ 字数 436 千字  
2017 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)  
售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 59.00 元

版权所有 违者必究



## 前言

随着电子技术及计算机技术在汽车上的广泛应用,现代汽车性能不断改进,结构日趋复杂、故障形形色色,确诊十分困难,专用诊断设备只是提供一个判断故障的方向,而不是具体的故障部件或故障部位。通过万用表检测,则能找出故障的准确部位。另外,万用表在当今汽车维修领域还具有成本较低、使用广泛、便于普及等特点。掌握万用表的使用方法和测量技巧是汽车维修人员的一项基本技能。为了适应新形势下汽车技术的发展,使其符合当下汽车修理工工作的需要。笔者编写了本书。

全书简要介绍了万用表使用技巧与汽车电子器件的检测方法;系统讲述了利用万用表检测数据进行故障原因推理、汽车电气系统故障诊断、主要电气部件以及汽车线路的检测和维修方法;在详细介绍了汽车电控系统故障诊断的基础上,重点叙述了发电机电控系统、共轨柴油发动机电控系统、汽车底盘电控系统、车身电控系统的检测方法,具有较强的针对性和实用性。本书在编写过程中力求做到,重点突出,通俗易懂,查阅方便。

本书由董宏国主编,张凯、俞渭明、沙卫晓、刘旭刚、朱志雄副主编。参加编写的人员还有刘金华、程军伟、汪志远、高杨、袁一、廖苓平、江红辉、孙涛、郭强、李程、刘佳鹏、张彤彤、赫扎特、吴旭东。

由于作者水平及资料有限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者



Chapter

1

第 1 章 万用表的使用与选用

1

- 1.1 指针式万用表的使用 ..... 1
- 1.2 数字式万用表的使用 ..... 13
- 1.3 汽车专用数字式万用表 ..... 25
- 1.4 万用表的选用 ..... 51

Chapter

2

第 2 章 汽车常用电子器件的检测

56

- 2.1 电阻器和电位器的检测 ..... 56
- 2.2 电容器的检测 ..... 64
- 2.3 二极管的检测 ..... 70
- 2.4 三极管的检测 ..... 80
- 2.5 显示器件的检测 ..... 85
- 2.6 集成电路的检测 ..... 97

Chapter

3

第 3 章 汽车电气故障检测的必备知识

102

- 3.1 汽车电气系统故障诊断 ..... 102
- 3.2 汽车电子控制系统的故障自诊断测试 ..... 112
- 3.3 汽车电子控制故障检测诊断的一般程序与检修方法 ..... 129
- 3.4 传感器检测程序 ..... 137
- 3.5 执行器的类型与检测程序 ..... 142

Chapter

4

第 4 章 汽车电路的识读与检测

145

- 4.1 汽车电路的组成与识读 ..... 145



4.2	汽车线路常见故障和基本检测方法 .....	161
4.3	汽车导线、线束与插接器的检修 .....	167
4.4	熔断器、开关与继电器的检修 .....	174

Chapter

5

## 第5章 汽车电气系统故障检测

181

5.1	电源系统的检测 .....	181
5.2	启动系统的检测 .....	198
5.3	照明系统的检测 .....	220
5.4	信号系统的检测 .....	234
5.5	汽车仪表系统故障检测 .....	245

Chapter

6

## 第6章 发电机电控系统电路 识读与检测

259

6.1	发动机电子控制系统电路图的识读 .....	259
6.2	传感器电路的识读与检测 .....	262
6.3	执行器电路的识读与检测 .....	298
6.4	疑难故障的电路检测顺序 .....	313

Chapter

7

## 第7章 共轨柴油发动机电控 系统电路的识读与检测

320

7.1	共轨柴油发动机电控系统电路图的识读 .....	320
7.2	传感器电路识读与检测 .....	326
7.3	执行器电路识读与检测 .....	359
7.4	典型发动机电控系统电路识读 .....	374



Chapter

8

第 8 章 汽车底盘车身电控系统的检测

380

8.1	电子控制自动变速器电路识读与检测 .....	380
8.2	防抱死制动系统电路识读与检测 .....	394
8.3	电控悬架系统电路识读与检测 .....	405
8.4	车载网络系统电路识读与检测 .....	418
8.5	电控仪表系统电路识读与检测 .....	429
8.6	安全气囊系统电路识读与检测 .....	443

Chapter

9

第 9 章 汽车电控系统电控单元的检测

449

9.1	电控单元的功能 .....	449
9.2	电控单元的故障特点 .....	457
9.3	电控单元的检测方法 .....	461
9.4	电控单元万用表检测项目与实例 .....	467

参考文献

485



# 第 1 章

## 万用表的使用 与选用

### 1.1 指针式万用表的使用

#### 1.1.1 指针式万用表的结构

目前常见的指针式万用表有便携式、袖珍式、超薄袖珍式、折叠式等多种类型，其结构基本相似，主要由表头、面板、转换开关（又称量程选择开关，简称量程开关）和测量线路等组成。

##### (1) 表头

如图 1-1 所示，表头一般采用高灵敏度的磁电式结构，是测量的显示装置。万用表的表头实际上是一只高灵敏度的磁电式直流电流表，有万用表的“心脏”之称。万用表的主要性能指标取决于表头的性能，表头性能参数较多，在此主要介绍灵敏度和内阻。

① 灵敏度 灵敏度是指表头指针满刻度偏转时流过表头的直流电流值，它是万用表的重要指标之一。表头的满刻度电流值越小，其灵敏度越高，表头特性就越好，同时功率损耗也越小，对被测电路的影响就越小。大多数万用表的表头灵敏度在几十微安到几百微安之间，高档万用表可达几微安。

② 内阻 内阻是指表头线圈漆包线的直流电阻值。线圈直流

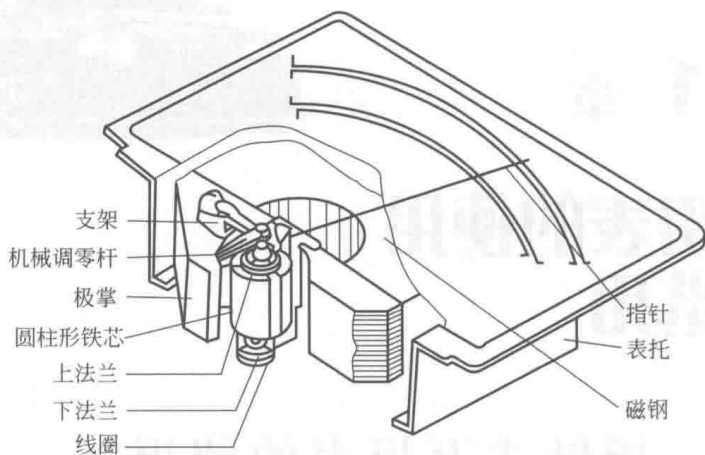


图 1-1 指针式万用表的表头

电阻值越高，内阻越大，万用表的性能越好。大多数万用表的内阻在几百欧姆到几千欧姆之间。

总之，表头的灵敏度越高，内阻越大，万用表的性能就越好。

## (2) 面板

如图 1-2 所示，指针式万用表的面板一般由表盘、机械调零旋钮、零欧姆调节旋钮、转换开关、表笔插孔等组成。表头上的表盘印有多种符号、刻度线和数值。有些万用表的刻度盘上带反射镜，能减小视差。

## (3) 转换开关

图 1-3 所示为万用表的转换开关，又称为量程选择开关，是一个多挡位的旋转开关，用来选择测量项目和量程（或倍率）。某些万用表采用两个转换开关，分别称为量程选择开关和项目（功能）选择开关。

万用表转换开关的形式多种多样，如图 1-4 所示，图中的箭头和小圆圈分别代表“刀”和“位”，有时“刀”也用粗黑线表示（这种符号经常出现在万用表的线路图中）。所谓“刀”就是可转动的开关滑片（活动触点），所谓“位”就是固定触点。当刀（活动触点）与某个位（固定触点）接触时就可以接通这对触点的控制电

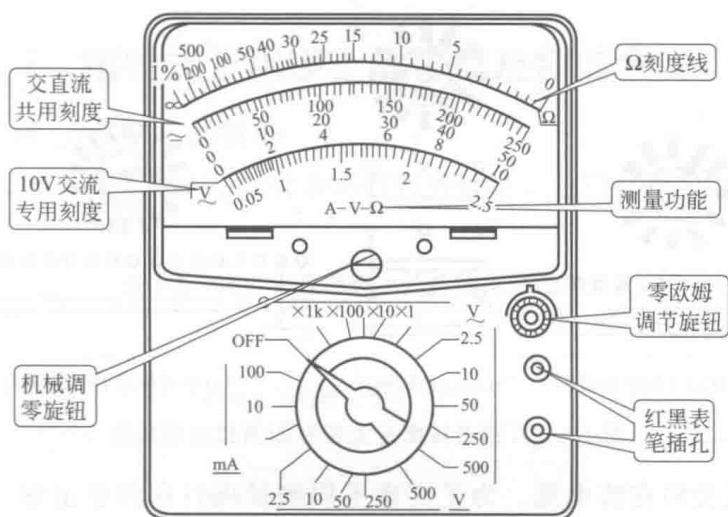


图 1-2 指针式万用表的面板

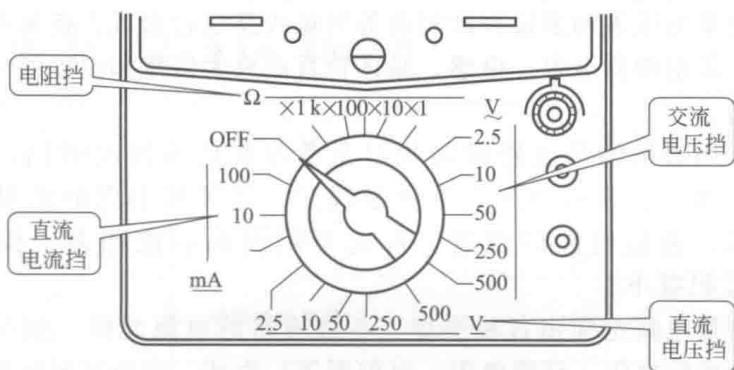


图 1-3 万用表转换开关外形图

路。拨动转换开关，就可以使某一刀与某一位接触，从而接通不同的测量线路，完成选择的测量项目和测量量程（或倍率）。

转换开关定位准确，触点接触良好可靠，步进轻松和绝缘性能好等是其基本要求。

#### (4) 测量线路

测量线路的作用是将不同性质和大小的被测电学量转换为表头

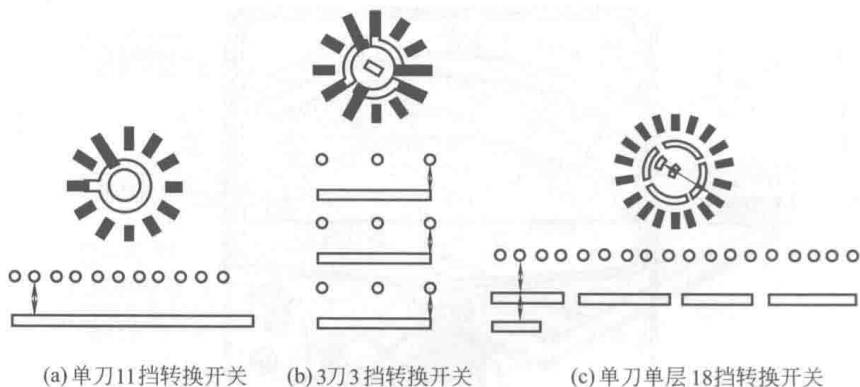


图 1-4 万用表转换开关符号图例和内部结构

所能接受的直流电流。为了实现不同测量项目和测量量程（或倍率），在万用表的内部设置了一套测量线路。一般来说，万用表的测量线路是由多量程的直流电流表、多量程直流电压表、多量程整流式交流电压表和多量程欧姆表等测量线路组合而成。在某些万用表中，还附加有电容、电感、晶体管直流放大倍数和温度测量等测量电路。

万用表的测量电路随测量对象及量程的不同而不同，通过拨动转换开关来接通不同的测量线路，选择所需要的测量项目和量程。测量电路的改进，可使万用表的功能增多、操作方便、体积减小。

测量电路主要由各种类型、各种规格的电阻元件（如线绕电阻、金属膜电阻、碳膜电阻、电位器等）组成，此外还包括整流器件（如二极管）。万用表测量线路常用符号的含义见表 1-1。

表 1-1 万用表测量线路常用符号的含义

符号	含义	符号	含义	符号	含义
	电阻		表头		插孔
	晶体二极管		电容器		刀
	可变电阻		电池		位

## 1.1.2 指针式万用表上的符号及数值含义

### (1) 万用表上的符号

在指针式万用表上，通常印有各种符号，它们所表示的含义见表 1-2。

表 1-2 指针式万用表上的各种符号及其含义

符号	含 义
	磁电式带机械反作用力仪表
	整流式仪表
	交直流两用
	磁电式一级防外磁场
	二级防外磁场
	三级防外磁场
	四级防外磁场
	仪表水平放置
	仪表垂直放置
	表示仪表能经受 50Hz、2kV 交流电压历时 1min 绝缘强度试验(星号中的数字表示试验电压千伏数,星号中无数字表示 500V,星号中为 0 时表示未经绝缘强度试验)
	准确度等级。此例表示直流测量误差小于满刻度的 2.5%

## (2) 万用表上的各种数值和标尺

万用表上还印有各种数值和标尺，其含义如下。

①  $27^{\circ}\text{C}$  表示热带使用仪表，标准温度为  $(27 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，而一般仪表的标准温度为  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。

②  $20\text{k}\Omega/\text{V}$  或  $10\text{k}\Omega/\text{V}$  表示仪表的直流测试的灵敏度。此值的倒数就是表头的满度电流值，通常为万用表的最小直流电流挡。在测量直流电压时，将此数乘以使用挡的满度值，即为该挡的输入电阻。不同挡位的输入电阻不同；而同一挡位指示值变化时，其输入电阻却不变。

③  $4\text{k}\Omega/\text{V}$  或  $10\text{k}\Omega/\text{V}$  表示交流电压的灵敏度。在测量交流电压时，将此数乘以使用挡的满度电压值，即得到该挡的内阻值（输入电阻）。注意，这是某一挡位的输入电阻，改变挡位时，仪表的输入电阻跟着改变；而在同一挡位，被测值不同时，仪表输入电阻不变。

④  $0\text{dB}=1\text{mW}/600\Omega$  表示分贝（dB）标尺是以在  $600\Omega$  负荷电阻上，得到  $1\text{mW}$  功率时的指示定为零分贝。

⑤ A-V- $\Omega$  指安培、伏特、欧姆，即表示该万用表是可测电流、电压和电阻的复用表。

⑥ MF M 表示仪表，F 代表复用式，MF 即万用表的标志。

⑦ 2.5- 表示仪表准确度等级，直流测量误差小于满刻度的 2.5%。

⑧ 万用表弧形标尺 在万用表上一般有一条欧姆标尺、一条直流用的 50 格等分度标尺，一条  $50\text{V}$  以上交流用的标尺、一条  $10\text{V}$ （或  $5\text{V}$  或  $2.5\text{V}$ ）专用标尺及一条 dB 标尺。有的万用表上还有  $\text{A}$ （交流电流）、 $\mu\text{F}$ （电容）、mH（电感），Z（阻抗）、W（音频功率）、 $I_{\text{CEO}}$ （晶体三极管穿透电流）或  $\beta$ （晶体三极管直流放大倍数）等标尺。

万用表表盘上的各种标志示例如图 1-5 所示。

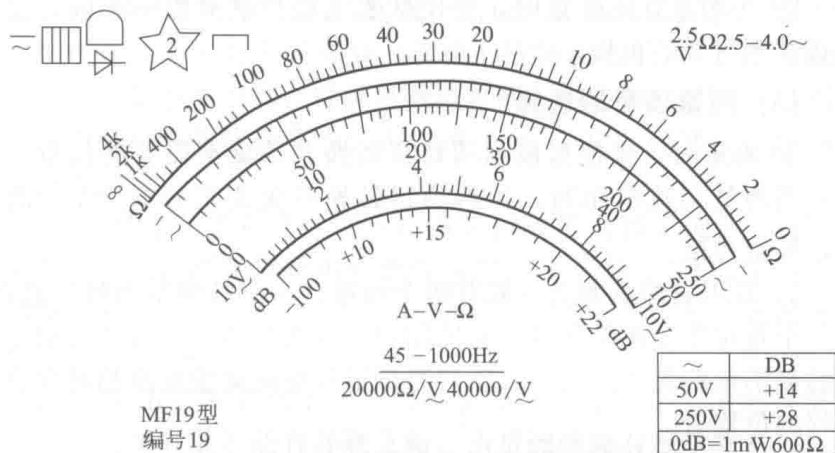


图 1-5 万用表表盘上的标志示例

### 1.1.3 指针式万用表的使用方法

#### (1) 万用表使用前的准备

① 在使用万用表前，操作者必须熟悉每个旋钮、转换开关、插孔以及接线柱等的功用，了解表盘上每条标尺刻度所对应的测量项目，熟悉所使用的万用表各种技术性能。这一点对初学者或使用新表尤为重要。

② 万用表在使用时，应根据仪表的要求，将表水平（或垂直）放置，并放在不易受振动的地方。

③ 检查机械零点。若不指于零，可调节机械调零旋钮，使指针指于零。每次测量前，应核对转换开关的位置是否合乎测量要求。

#### (2) 插孔（接线柱）的正确选择

① 在进行测量以前，应首先检查表笔接在什么位置。红表笔应接在标有“+”号的插孔（或红色接线柱）上；黑表笔应接在标有“-”号的插孔（或黑色接线柱）上。

② 在测量电压时，仪表并联接入电路；测量电流时，仪表串联接入电路。

③ 在测量直流参数时,要使红表笔接被测对象的正极,黑表笔接被测对象的负极。

### (3) 测量项目的选择

① 测量时,应根据被测项目将转换开关旋至需要的位置。例如:当测量交流电压时,应将项目转换开关旋至标有“ $\sim$ V”的位置,其余类推。

② 万用表的盘面上一般有两个旋钮,一个是测量项目的选择,另一个是量程变换的选择。在使用时,应先将测量项目旋钮旋至对应的被测量种类的位置上,然后再将量程变换旋钮旋至相对应合适量程的位置上。

### (4) 量程的选择

① 根据被测量的大致范围,将量程转换开关旋至该项目区间的适当量程上。例如,测量 $\sim$ 220V的交流电压时,就可以选择用“ $\sim$ V”区间250V的量程挡。

② 若事先无法估计被测量的大小,应尽量选择大的测量量程,然后根据指针偏转角的大小,再逐步换到较小的量程,直到测量电流和电压时使指针指示在满刻度的 $1/2$ 或 $2/3$ 以上,这样测量的结果比较准确。

### (5) 正确读数

在万用表的表盘上有很多条标度尺,分别供测量不同项目时使用,因此在测量时要在相应的标度尺上读数。

① 标有“DC”或“-”的标度尺为测量直流时读数。

② 标有“AC”或“ $\sim$ ”的标度尺为测量交流时读数。

③ 标有“ $\Omega$ ”的标度尺为测量电阻时读数。

④ 测量电容还应进行适当的换算。

## 1.1.4 如何用指针式万用表测量电阻

### (1) 测量电阻的方法

① 红表笔插入“+”插孔,黑表笔插入“-”插孔。

② 转换开关旋至“ $\Omega$ ”（欧姆）挡位，正确选择量程，即尽量使指针指在刻度线的中间部分（该挡的欧姆中心值）。万用表欧姆挡的刻度线是不均匀的，并且是倒刻度线，右边为“0”，右边刻度稀，每小格代表的欧姆值小；左边为“ $\infty$ ”，左边刻度密，每小格代表的欧姆值大。

③ 测量前应首先进行调零，即将两表笔短接，调节“ $\Omega$ ”调零旋钮，使指针刚好指欧姆刻度线右边的“0”位。每次换挡后必须调零，如不能调节至欧姆零位，则说明电池电压太低或仪表内部有故障。

④ 将被测电阻脱离电源，用两表笔（不分正负）接触被测电阻两端。被测对象不能有并联支路，当被测线路有并联支路时，测得的电阻值不是该电路的实际值，而是某一等效电阻值。尤其测量大电阻时，不能同时用两手接触表笔的导电部分，以免影响测量结果。

⑤ 从表头标有“ $\Omega$ ”符号的刻度线上读取的数据再乘以转换开关所在挡位的倍率即为所测电阻的阻值。

## (2) 测量电阻注意事项

① 被测电阻不能带电，如电路中有电容器，应先将电容器完全放电后，才能测量，否则会烧坏万用表。

② 不准用两只手捏住表笔的金属部分测电阻，否则会将人体电阻并接于被测电阻而引起测量误差。

## 1.1.5 如何用指针式万用表测量直流电压

### (1) 测量直流电压的方法

① 转换开关旋至“ $V$ ”挡位，正确选择量程，所选量程应大于被测电压，若不知被测电压大小时，则应先以最大量程试测，然后逐次旋至适当量程上（使指针接近满刻度或大于  $2/3$  满刻度为宜）。

② 如图 1-6 所示，万用表并接于被测电路，且注意极性不可接反，即红表笔接高电位端，黑表笔接低电位端。

③ 根据指针在标有“-”或“DC”符号的刻度线上的位置及所选量程，正确读数。

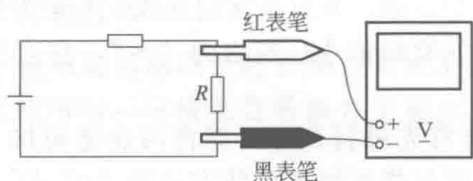


图 1-6 直流电压的测量

## (2) 测量直流电压注意事项

① 如果事先不知道被测点电位的高低，可将任意一只表笔先接触被测电路或元器件的任意一端，另一支表笔轻轻地试触一下另一被测端，若表头指针向右偏转（正偏），说明表笔正负极性接法正确，可以继续测量；若表头指针向左偏转（反偏），说明表笔极性接反了，交换表笔就可以测量。

② 测量 1000~2500V 的直流电压时，将转换开关置于“直流电压 1000V”挡，红表笔插入交直流 2500V 专用插孔。

## 1.1.6 如何用指针式万用表测量交流电压

### (1) 测量交流电压的方法

① 转换开关旋至“V”挡位，正确选择量程，所选量程应大于被测电压，若不知被测电压大小时，则应先以最大量程试测，然后逐次旋至适当量程上（使指针接近满刻度或大于 2/3 满刻度为宜）。

② 试测。测量时，如果不知道量程，先试测（固定一支表笔，另外一支表笔试接触），观察指针的偏转方向，待指针偏转方向正确且指针在合适的位置，再进行正式测量，将万用表两表笔并接在被测电路或被测负载的两端，表笔的接法不分正负极。

③ 根据指针在标有“~”或“AC”符号的刻度线上的位置及所选量程，正确读数。

④ 测量 1000~2500V 的交流电压时，将转换开关置于“交流