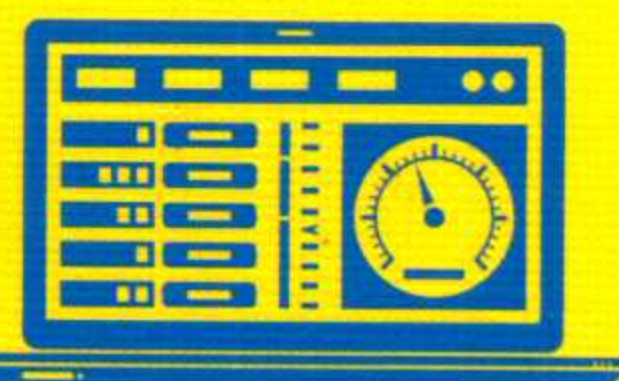




WANYONGBIAO JIANCE
QICHE GUZHANG RUMEN

万用表检测 汽车故障入门



董宏国 主编

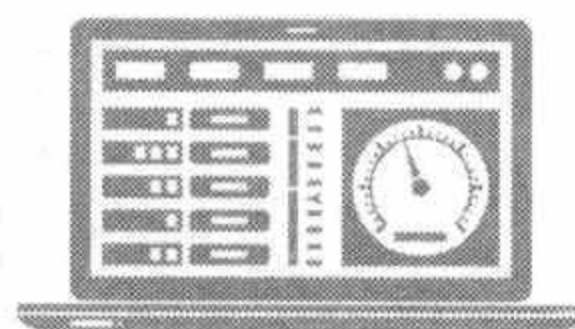


 化学工业出版社

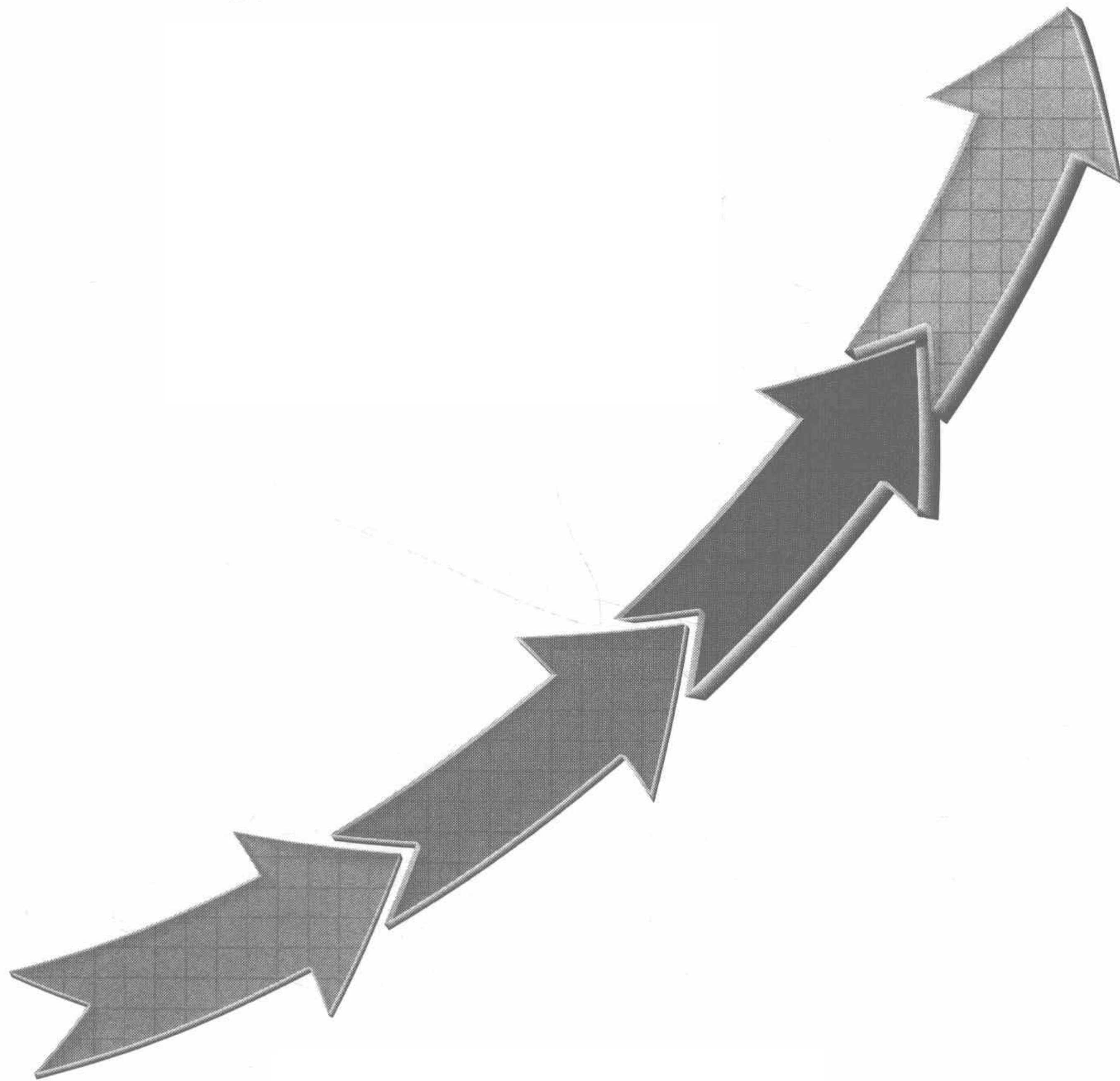


WANYONGBIAO JIANCE
QICHE GUZHANG RUMEN

万用表检测 汽车故障入门



董宏国 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

万用表检测汽车故障入门/董宏国主编. —北京: 化学工业出版社, 2018.6

ISBN 978-7-122-31873-2

I. ①万… II. ①董… III. ①复用电表-检测-汽车-故障诊断 IV. ①U472.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 065338 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 吴 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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 332 千字 2018 年 7 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>

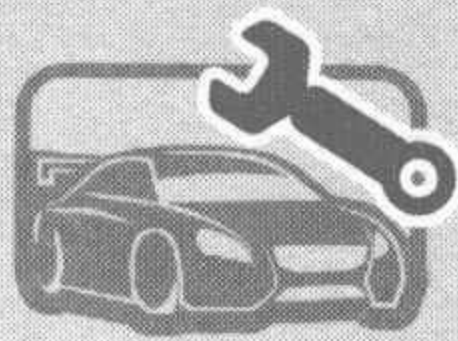
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD



在当今汽车维修领域，万用表具有使用广泛、成本较低、便于普及等特点，万用表的使用方法和测量技巧已成为维修人员的一项基本技能。怎样利用万用表检测数据，诊断排除汽车故障，对快速检修汽车关系重大。而大多数汽车维修工很少有机会得到必要的专业培训，他们需要自学，需要有关万用表检测汽车故障的入门图书，本书就是应此要求而量身定做的自学入门教材。

本书核心内容为依据汽车电路走向、万用表的检测数据，查找出故障点，排除故障。本书共分7章，首先介绍万用表的使用、汽车电路识读与检修的基本方法，以便掌握万用表检测的初步入门知识；随后系统讲述了电源系统、启动系统、照明与信号系统、仪表系统与辅助电器主要部件的检测、汽车故障检测与排除，使其能够基本满足汽车维修工职业岗位要求；最后增加汽车电气故障诊断技巧和电控系统故障检测排除方法等深度的入门知识，使你早日成为一名一流汽车维修电工。

本书在编写过程中，坚持“以市场需求为导向，以提高实践能力为目的”的原则，采用图解形式，按照“由浅入深、由易到难、层层引入”的编排模式，突出针对性和实用性。使本书具有拿来就用、一学就会的特点，可达到举一反三、立竿见影的效果。

本书由董宏国主编，靳福、朱志雄、徐军强副主编。参加编写的人员还有江红辉、汪志远、孙涛、张凯、高杨、刘冬冬、宋秋怡、董源、连明针。

由于作者水平有限，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

目录

CONTENTS



第 1 章 万用表的使用 / 1

- 1.1 指针式万用表 / 2
- 1.2 数字式万用表 / 11
- 1.3 汽车专用数字式万用表 / 20

第 2 章 汽车电路检修入门知识 / 33

- 2.1 汽车电路的组成和特点 / 34
- 2.2 汽车电路图的识读 / 39
- 2.3 汽车线路常见故障和基本检测方法 / 55
- 2.4 汽车导线、线束与插接器的检修 / 58
- 2.5 汽车熔断器、开关与继电器的检修 / 63

第 3 章 电源系统的检测 / 67

- 3.1 电源系统的组成和布置形式 / 68
- 3.2 电源系统电路 / 74
- 3.3 电源系统主要部件的检测 / 79
- 3.4 电源系统故障诊断的基本思路 / 88
- 3.5 电源系统故障检测实例分析 / 90

第 4 章 启动系统的检测 / 101

- 4.1 启动系统的组成 / 102
- 4.2 启动系统电路 / 106
- 4.3 启动系统主要部件的检测 / 111
- 4.4 启动系统故障诊断的基本思路 / 117
- 4.5 启动系统故障检测实例分析 / 119

第 5 章 照明与信号系统的检测 / 133

- 5.1 照明系统的组成 / 134
- 5.2 照明系统故障诊断的基本思路 / 139

- 5.3 照明系统故障检测实例分析 / 145
- 5.4 汽车信号系统的组成 / 153
- 5.5 信号系统故障诊断的基本思路 / 156
- 5.6 信号系统故障检测实例分析 / 161

第 6 章 仪表系统与辅助电器的检测 / 169

- 6.1 仪表系统组成 / 170
- 6.2 仪表系统的检测方法 / 171
- 6.3 仪表系统故障检测实例分析 / 179
- 6.4 刮水器和洗涤器的检测 / 190
- 6.5 电动车窗的检测 / 196

第 7 章 深度入门知识 / 199

- 7.1 汽车电气系统故障诊断 / 200
- 7.2 汽车电子控制系统的故障自诊断测试 / 206
- 7.3 汽车电子控制故障检测诊断的一般程序与检修方法 / 219
- 7.4 传感器检测程序 / 224
- 7.5 执行器的类型与检测程序 / 228

参考文献 / 230

第 1 章 万用表的使用



1.1 指针式万用表

1.1.1 指针式万用表的组成



指针式万用表的外形如图 1-1 所示，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。



图 1-1 指针式万用表外形

(1) 表头

如图 1-2 所示，表头一般采用高灵敏度的磁电式机构，是测量的显示装置。万用

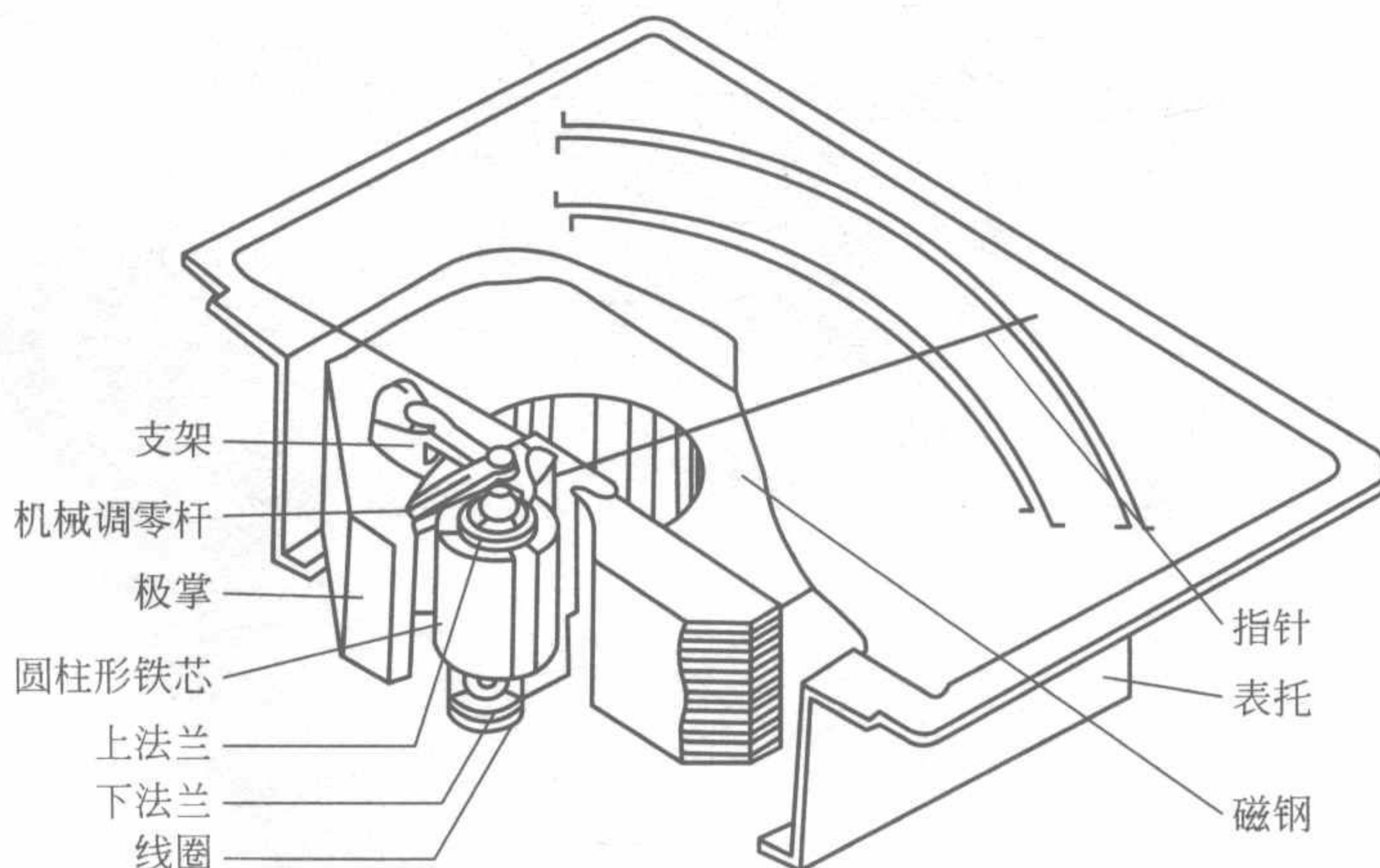


图 1-2 指针式万用表的表头

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。

(2) 面板

如图 1-3 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。

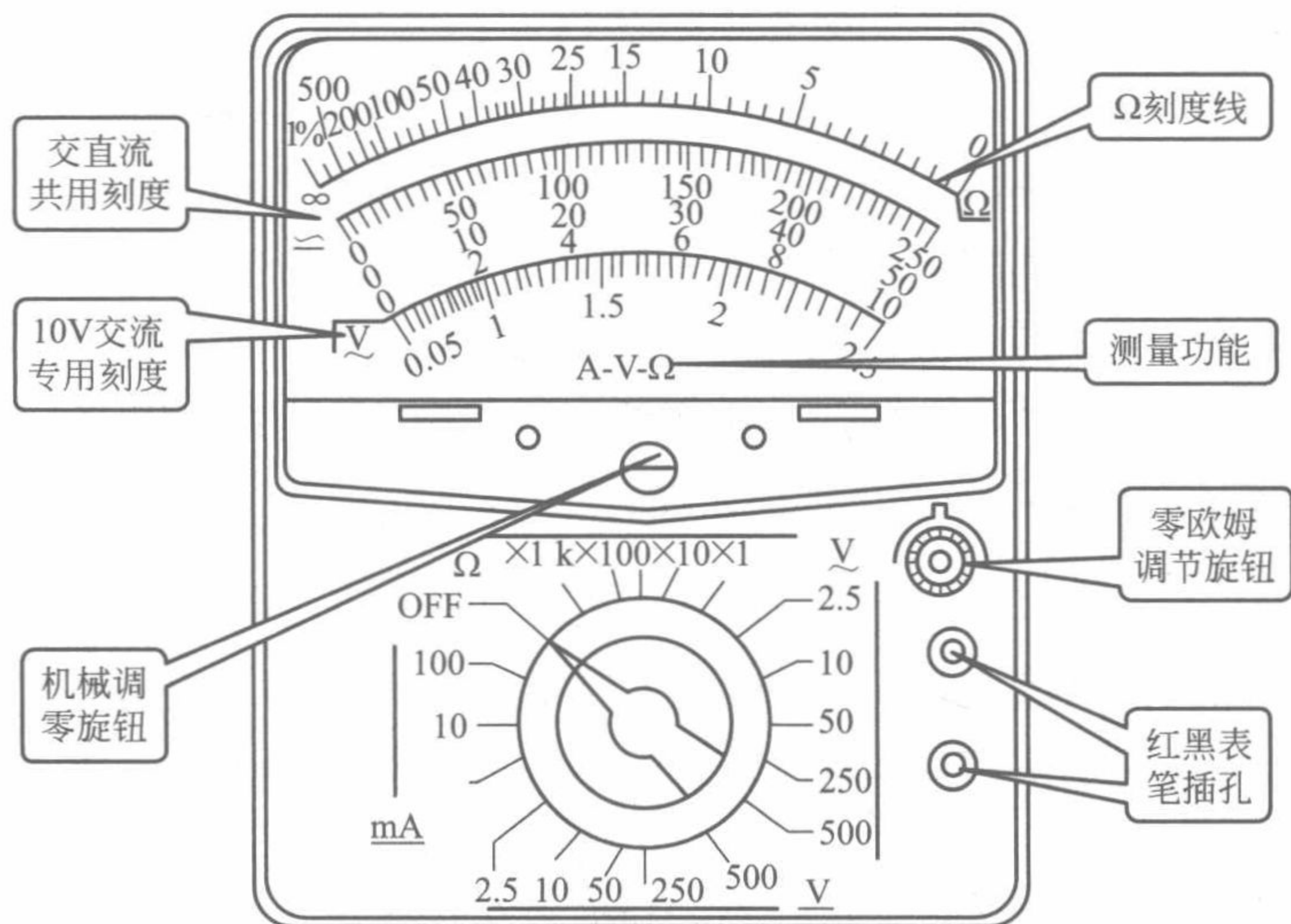


图 1-3 指针式万用表的面板

(3) 转换开关

如图 1-4 所示，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。

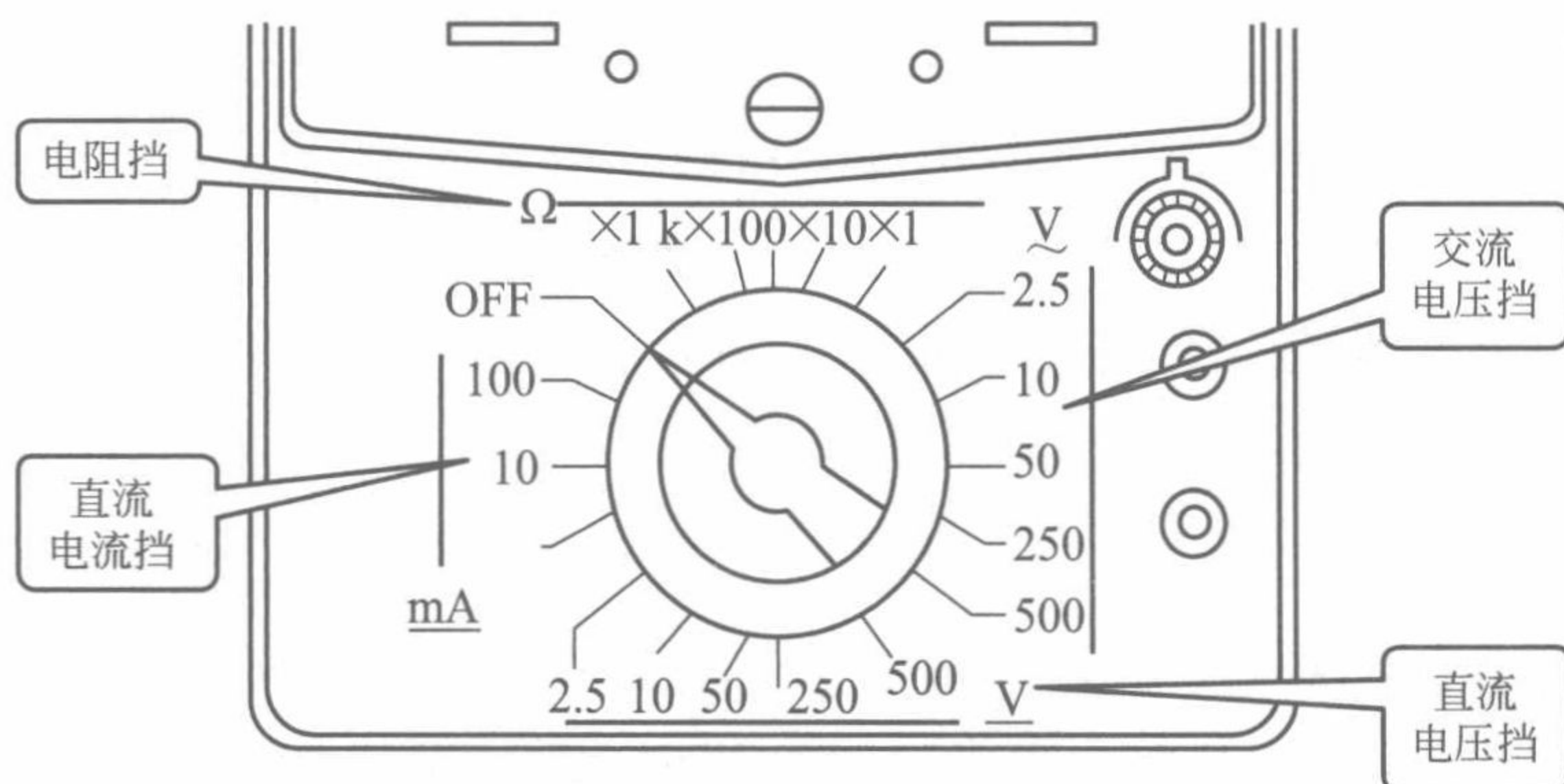


图 1-4 万用表转换开关外形图

(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。

1.1.2 指针式万用表的技术特性



(1) 精度

万用表的精度一般用准确度表示。它反映了仪表基本误差的大小，准确度愈高，测量误差愈小。万用表的准确度等级主要有 1.0、1.5、2.5、5.0 4 个等级。2.5 级准确度即表示基本误差为 $\pm 2.5\%$ ，依次类推。例如，国产 500 型万用表属于 2.5 级仪表；MF18 型万用表属于高精度万用表，测量直流电压（DCV）、直流电流（DCA）和电阻（ Ω ）的准确度均为 1.0 级，可供实验室使用。

(2) 灵敏度

万用表所用表头的满度电流 I_g 称作表头灵敏度，一般为 $10 \sim 20 \mu\text{A}$ ， I_g 愈小，表头灵敏度愈高。万用表的电压灵敏度 S_V 等于电压挡的等效内阻 R_V 与满量程电压 U_M 的比值，即

$$S_V = \frac{R_V}{U_M}$$

其单位是 Ω/V 或 $\text{k}\Omega/\text{V}$ ，简称每伏欧姆数。此数值一般标在仪表盘上。500 型万用表的直流电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ，交流电压灵敏度则降低到 $4\text{k}\Omega/\text{V}$ 。电压灵敏度愈高，表明万用表的内阻（即仪表输入电阻）愈高。高灵敏度万用表适合电子测量用，可以测量高内阻的信号电压。低灵敏度万用表仅适合于电工测量。

电压灵敏度取决于表头灵敏度和灵敏度调整电路。如果不加灵敏度调整电路，万用表所能达到的最高电压灵敏度等于表头灵敏度的倒数。

(3) 测试功能

普通万用表大多只能测量电压、电流和电阻，因此亦称 V-A- Ω 三用表。近年来问世的新型万用表，增加了许多新颖实用的测试功能，例如测量电容、电感、晶体管参数、电池容量、音频功率、直流高压和交流高压，检查线路通断（蜂鸣器挡）。有的万用表还设计了信号发生器，为维修人员提供了方便。

(4) 频率特性

万用表的工作频率较低，频率范围窄。便携式万用表一般为 $45 \sim 2000\text{Hz}$ ，袖珍式仪表大多为 $45 \sim 1000\text{Hz}$ 。某些万用表（例如 MF10 型）的说明书中规定可以扩展频率范围，但基本误差亦随之增大。

1.1.3 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 1-1。

表 1-1 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 O 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℃ 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 600Ω 负荷电阻上，得到 1mW 功率时的指示定为零分贝。

⑤ A-V- Ω 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 50V 以上交流用的标尺、一条 10V（或 5V 或 2.5V）专用标尺及一条 dB 标尺。有的万用表上还有 A（交流电流）、 μF （电容）、mH（电感），Z（阻抗）、W（音频功率）、 I_{CEO} （晶体三极管穿透电流）或 β （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。

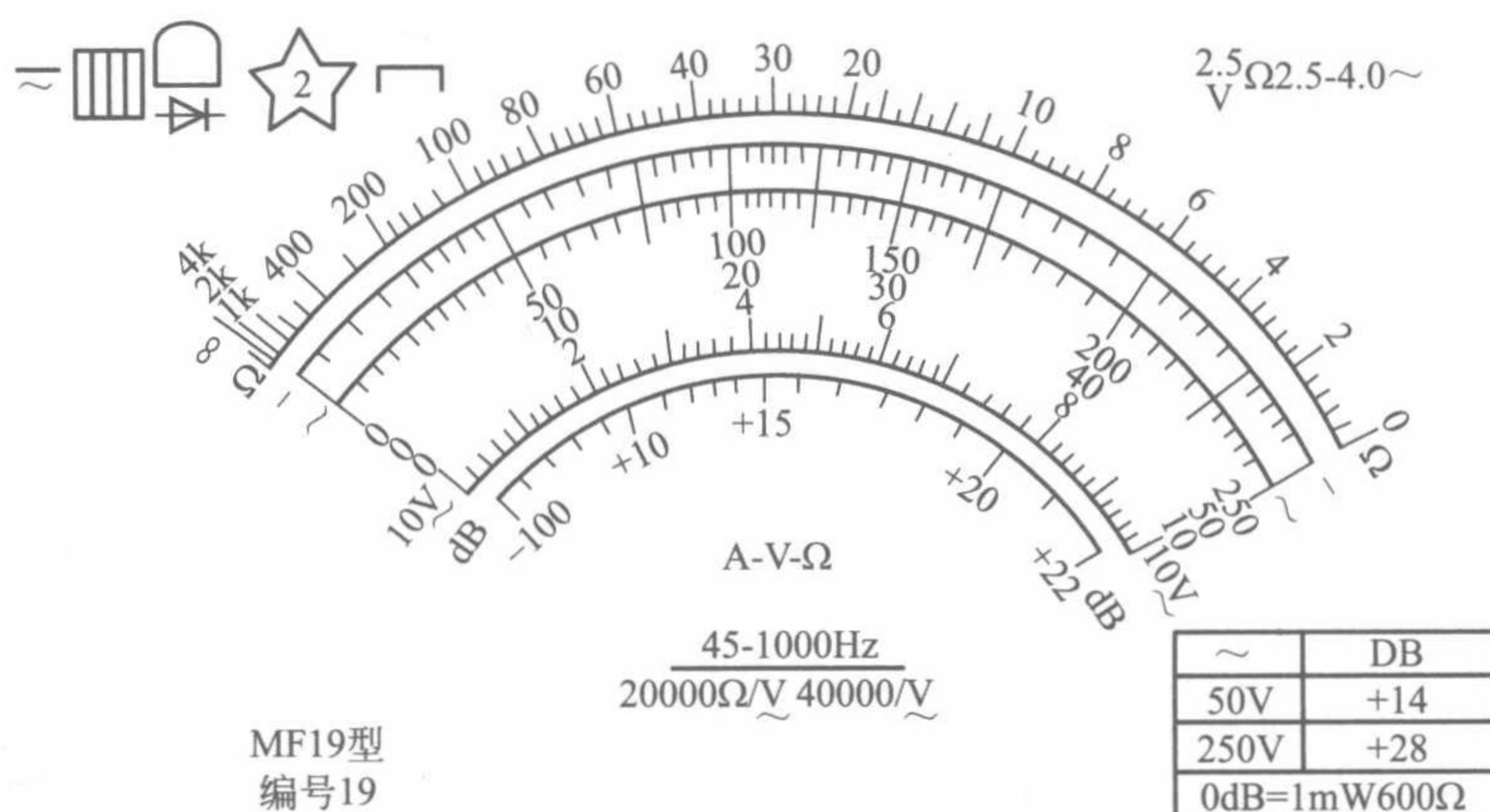


图 1-5 万用表表盘上的标志示例

1.1.4 指针式万用表的使用



(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“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 $\sim 220\text{V}$ 的交流电压时,就可以选择用“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“~”的标度尺为测量交流时读数。

③ 标有“ Ω ”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。

1.1.5 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“ Ω ”(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“∞”，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“Ω”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“Ω”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。

1.1.6 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。

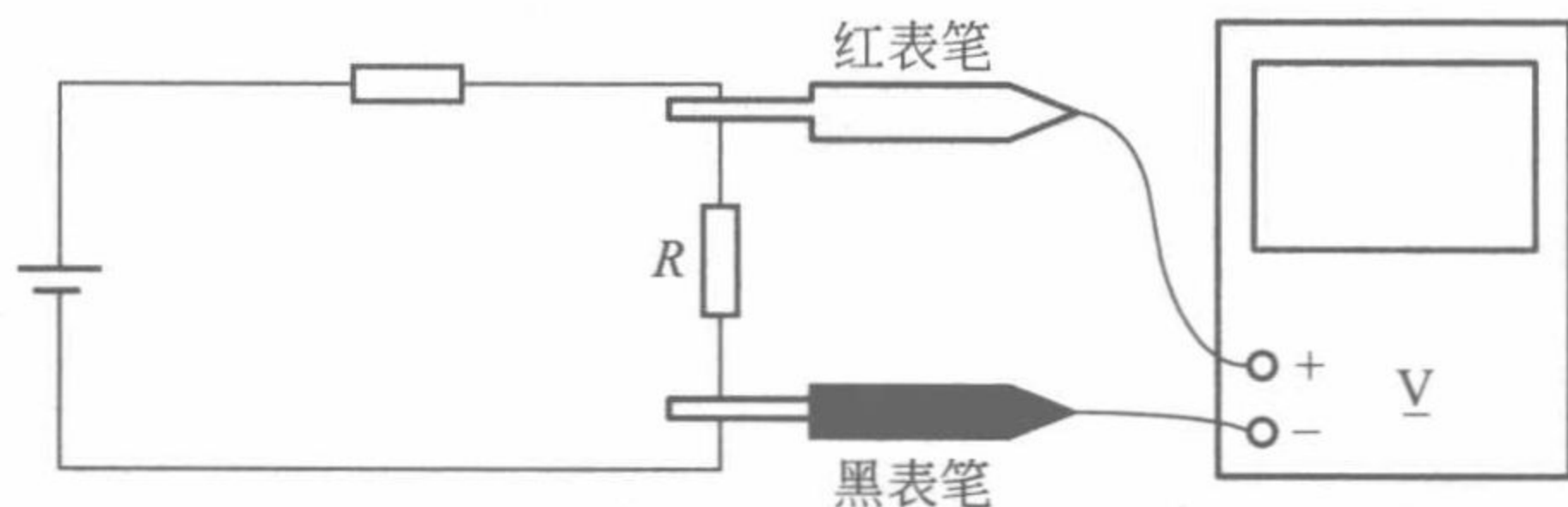


图 1-6 直流电压的测量

(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。

1.1.7 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“交流电压 1000V”挡，红表笔插入交直流 2500V 专用插孔。

(2) 测量交流电压注意事项

① 严禁在测量过程中，拨动转换开关选择量程，避免产生电弧烧坏转换开关的触点。

② 测交流电压时，养成单手操作的习惯。

③ 表盘上大多数标明了使用频率范围，一般为 45~1000Hz，如果被测交流电压的频率超过这个范围，测量误差将会增大，这时的数据只能作为参考。

④ 表盘上交流电压刻度尺是按正弦交流电的有效值来标度的，如果被测电学量不是正弦量（如方波、尖脉冲等）时，误差会很大，这时的测量结果也只能作为参考。

⑤ 如果不知道被测电压的大小，先从最大量程挡逐一试测，直到指针偏转在满刻度的 2/3 位置。

1.1.8 如何用指针式万用表测量直流电流



(1) 测量直流电流的方法

① 把转换开关拨到直流电流（mA）挡，估计被测电流的大小，选择合适的量程。如果不知道被测电流的大小，先选最大电流挡试测。根据指针的偏角度，再选择合适的量程。



② 如图 1-7 所示，万用表串接于被测电路中，并注意极性不能接反，红表笔一端插入标有“+”的插孔，另一端接被测量的正极；黑表笔一端插入标有“-”的插孔，另一端接被测量的负极，即应使电流从红表笔端流入，由黑表笔端流出。

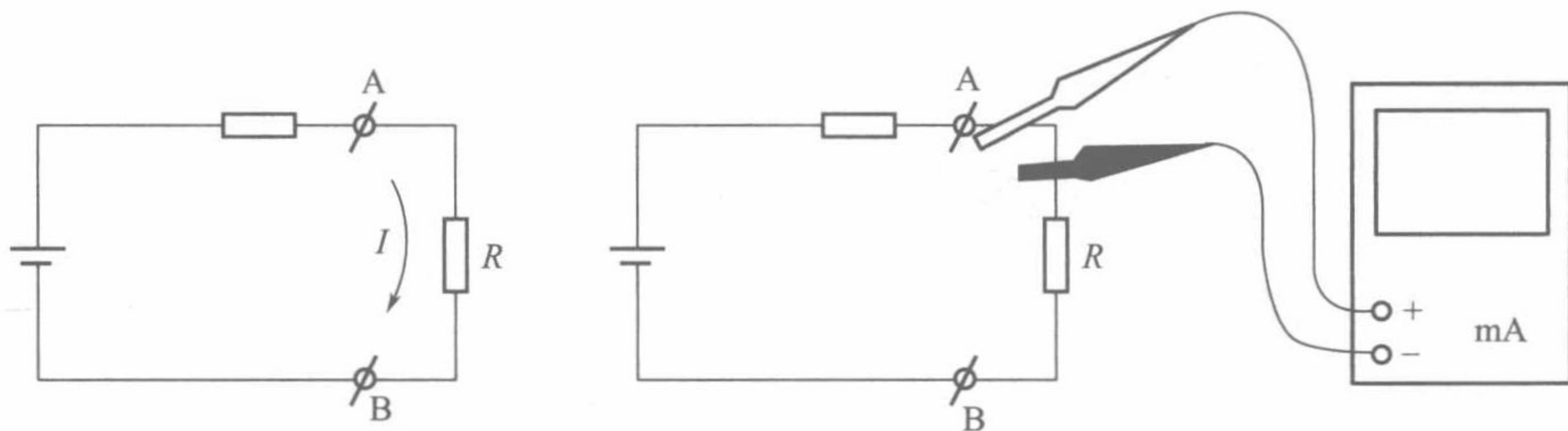


图 1-7 直流电流的测量

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。

(2) 测量直流电流注意事项

① 用万用表测直流电流时，万用表不可以并联在被测电路中，更不允许并接在电源上，来测电源电流。否则会烧坏表头。

② 注意表笔正、负极性：红表笔接电路中电流来的方向（或高电位端），黑表笔接电路电流流出的方向（或低电位端），不可接反。若表笔正负极性接反了，表头指针向反方向转偏，容易撞弯指针。

③ 测量 500mA~5A 的直流电流时，将旋转开关置于“500mA”挡，红表笔插入“5A”插孔。

1.1.9 使用指针式万用表时应注意的事项



① 严禁使用电阻挡、电流挡、电容挡等去测量电压。

② 严禁在测试过程中带电切换万用电表的量程开关或项目开关。

③ 读数时视线应与表盘垂直，视线、指针和刻度应在一直线上，以提高读数的准确度。正确使用有效数字，应读到估计值位。

④ 用欧姆挡内部的电池作测试电源时，要注意表笔的正负极性与电源的极性正好相反，此时黑表笔的电位高于红表笔，判断晶体管极性或测量电解电容等有极性的元件时，不可搞错。

⑤ 在测量 50V 以下的电压时，避免用双手直接接触测试线的金属部分。被测电压超过 50V 时，应单手操作，即先将参考点的测试线固定好，再一手握测试笔的绝缘体去测量被测电压。禁止使用低于被测电压等级的万用电表电压量程测量高压电源、输电信号或有源变压器等。用万用表测量超过 500V 的电压时，要戴相应电压等级的绝缘手套。条件不具备时要采取相应的安全措施。测试高压除了选用电压等级相当的测量仪表，测试者本人作好个人防护外，还应有专人监护，或有能够为测试者提供安全保护的其他人员在场。

⑥ 绝缘不良、有裂纹的测试线不得使用。如果万用表上有多个插孔可供测试选用，

不得插错位置测试，否则极易产生严重后果。

⑦ 万用表在使用过程中不要靠近强磁场，在强磁场附近使用，测量误差会增大。

⑧ 万用表应在干燥、无振动、无强磁场、环境温度适宜的条件下存放万用表。潮湿的环境能使仪表的绝缘强度下降，还能使元器件受潮而变质。机械震动和冲击，可使表头磁钢退磁，导致灵敏度下降。

⑨ 万用表使用完毕，应拔下表笔，将转换开关置于交流电压的最大挡，防止下次使用时不慎烧表。有的万用表（如 500 型）设有空挡，用完应将转换开关拨到“·”置。也有的万用表（如 MF47 型）设置有“OFF”挡，使用完毕应将功能开关拨到此挡。

⑩ 万用表长期不用时，要把电池取出，以防日久电池变质渗液，使仪表损坏。

1.2 数字式万用表

1.2.1 数字式万用表的基本组成



普通数字式万用表的面板如图 1-8 所示，该表前后面板主要包括：液晶显示器、电源开关、量程（功能）转换开关、 h_{FE} 插口、表笔插孔及在后盖板下的电池盒。

(1) 液晶显示器

液晶显示器直接以数字形式显示测量结果。普及型数字万用表多为三位半仪表（如 DT-890 型），其最高位只能显示“1”或“0”（0 亦可消隐，即不显示），故称半位，其余 3 位是整位，可显示 0~9 全部数字。三位半数字万用表最大显示值为 1999。仪表具有自动显示极性功能，即如果被测电压或电流的极性错了，不必改换表笔接线，而在显示值面前出现负号“-”，也就是说此时红表笔指低电位，黑表笔接高电位。

(2) 量程转换开关

量程转换开关又称为功能选择开关，位于面板的中间，用来测量时选择项目和量程。由于最大显示数为±1999，不到满度 2000，所以量程挡的首位数几乎都是 2，如 200Ω、2kΩ、2V、…。一般数字万用表的量程较指针式表要多。

(3) 表笔插孔

表笔插孔有 4 个。标有“COM”字样的为公共插孔，通常插入黑表笔。标有“V/Ω”字样插孔应插入红表笔，用以测量电阻值和交直流电压值。测量交直流电流有两个插孔，分别为“A”和“10A”，供不同量程挡选用，也插入红表笔。

1.2.2 数字式万用表的分类



(1) 按量程转换方式分类

按量程转换方式的不同数字式万用表可分为：手动量程（MAN RANGZ）、自动量