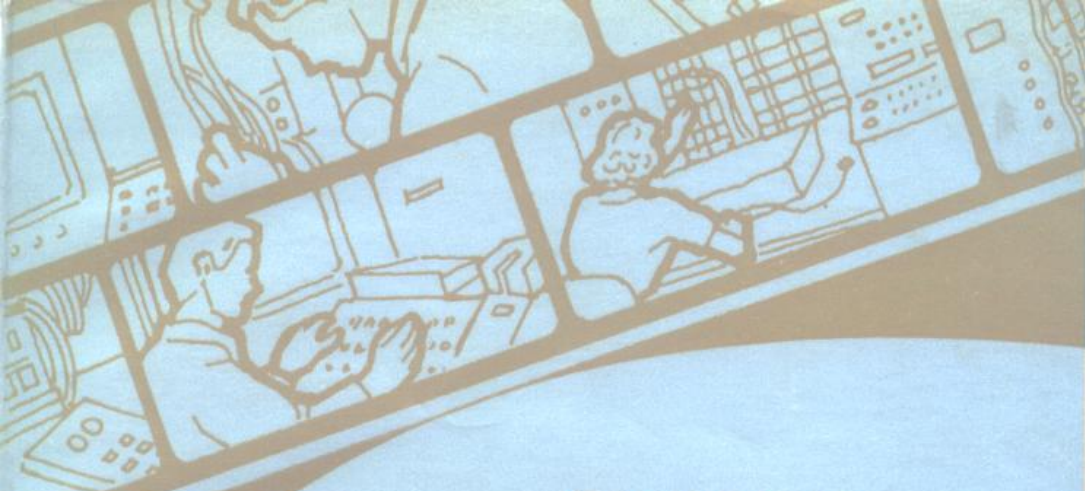




仪器仪表工人 技术培训教材

常用仪器仪表的 使用和维护

机械工业部仪器仪表工业局 统编



仪器仪表工人技术培训教材

常用仪器仪表的 使用和维护

机械工业部仪器仪表工业局 统编



机械工业出版社

本书为电子仪器仪表装调类初、中级技术工人的培训教材。

全书分基本电路参数测量仪、数字仪表、信号发生器、电子示波器和电源装置等五章。书中介绍常用仪器仪表的基本工作原理，还着重介绍使用方法和操作中应注意的问题。各章末附有复习题。有些章节还设有实验课，具体介绍实验方法、步骤和实验记录形式。

本书由四川仪表总厂主编，由姚治贡、李仁义、萧鸿强、虞和鸣等同志参加编写，符业昌、罗静成、张家坤、孙康年、徐立权等同志参加审稿。

常用仪器仪表的使用和维护

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机械工业出版社出版（北京禄威门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32印张 10 5/8·字数 233 千字

1985年12月北京第一版·1985年12月北京第一次印刷

印数 00,001—15,800·定价 2.00 元

统一书号：15033·6120

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（仪器仪表专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学而致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省

市仪表局、机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八二年十二月

目 录

第一章 基本电路参数测量仪.....	1
1-1 电子电压表	1
一、概述	1
二、放大-检波式电子电压表	3
三、电子电压表的选型	17
1-2 Q表.....	18
一、Q表的工作原理及应用	18
二、QBG-3型高频Q表	21
三、Q表的选型	28
1-3 绝缘测定仪	29
一、高阻计的工作原理	29
二、ZC36 型高阻计	30
三、高阻计的选型	42
复习题	42
第二章 数字仪表.....	44
2-1 概述	44
一、数字仪表的定义	44
二、数字仪表的发展及其特点	46
三、数字仪表的用途及其分类	45
2-2 数字频率计	47
一、数字频率计的基本原理	47
二、数字频率计的基本测量功能	52
三、数字频率计的主要技术指标	59
四、E312A型通用计数器	61
五、数字频率计的选型	74
2-3 数字电压表	76

一、数字电压表的基本原理	76
二、数字电压表中常用的A-D转换器简介	77
三、不同类型数字电压表的特点	85
四、数字电压表的主要技术指标	88
五、PZ8型直流数字电压表	91
六、数字电压表的选型	103
复习题	105
第三章 信号发生器	107
3-1 概述	107
一、信号发生器的分类	107
二、信号发生器的功用	108
三、正弦信号发生器的主要工作特性	109
3-2 低频信号发生器	109
一、对低频信号发生器的一般要求	110
二、低频信号发生器的组成及其工作原理	110
三、XD-1型低频信号发生器	116
四、低频信号发生器的选型	122
3-3 高频信号发生器	124
一、高频信号发生器的特殊问题	124
二、高频信号发生器的组成	126
三、XFG-7型高频信号发生器	128
四、高频信号发生器的选型	140
3-4 函数信号发生器	141
一、S101型函数发生器	141
复习题	151
第四章 电子示波器	152
4-1 概述	152
一、示波器的功用	152
二、示波器的发展过程	153

三、示波器的分类	153
4-2 示波管和扫描	154
一、示波管的构造和工作原理	154
二、波形显示原理	161
4-3 通用示波器的工作原理和技术指标	166
一、通用示波器的工作原理	166
二、通用示波器的主要技术指标及其含义	178
三、SR8型二踪示波器	181
四、示波器的选型	205
实验一 基本电学量的示波测量法	209
4-4 晶体管特性图示仪	211
一、晶体管特性图示仪的主要特点和基本工作原理	211
二、JT-1型晶体管特性图示仪	216
实验二 晶体管主要参数测试	254
复习题	260
第五章 电源装置	262
5-1 概述	262
一、交流电源和交流稳压器	262
二、直流电源和直流稳压电源	266
5-2 交流稳压器	272
一、交流稳压器的组成及其工作原理	273
二、614-A型电子交流稳压器	275
三、交流稳压器的选型	279
5-3 直流稳压电源	280
一、直流稳压电源的组成及其工作原理	282
二、DFY-1110型电源箱	285
三、WYJ2K-4型高压精密直流稳压电源	289
四、直流稳压电源的选型	295
5-4 恒流源	301



一、恒流源的组成及其工作原理	301
二、YJ-10A型晶体管直流稳流器	302
三、恒流源的选型	306
5-5 音频稳定电源和逆变器	308
一、WYP-4型音频稳定电源	308
二、KGNA-1- I 型逆变器	319
实验 直流稳压电源的测试	324
复习题	331

第一章 基本电路参数测量仪

1-1 电子电压表

一、概述

在仪表的安装、调试直至质量监督和检验过程中，都离不开电子测量仪器。电阻、电感、电容及品质因数等参数均称为电路参数，在高频范围测量电路参数往往可通过测量电压来实现。本章将叙述电子电压表、Q表及绝缘测定仪，使学生了解它们的简单工作原理和技术指标，从而能合理选用，并进行基本电路参数的测试。

1. 电子电压表的特点

利用电子线路构成的电压表，都可称为电子电压表，但通常指的是模拟式电压表，即测量指示式电压表，而不包括数字式电压表。

电子电压表按所用的电子器件可分为电子管电压表和晶体管电压表二种；按工作频率可分为直流、交流、音频、视频、高频、宽频带和选频电压表等；按量程可分为微伏表、毫伏表和伏特表等；按检波规律则可分为平均值、有效值、峰值电压表等。在实际分类中，往往是其中一种也可以是几种的组合，总之它要能表达出电子电压表的基本特点。

电子电压表由于采用了电子电路，因而比电工仪表的输入阻抗高、量程广、频率范围宽、灵敏度高。与数字式电压表相比，它的电路结构简单，维修方便，造价低廉。但是电

子电压表也有其不足之处，即准确度不高，一般误差在（1～3）%左右，其稳定性受电网电压波动的影响一般较大。

具体说，电子电压表有如下特点：

（1）频率范围宽，可以从直流测量到数百兆赫以上的高频电压。

（2）输入阻抗高（达数兆欧 $M\Omega$ ）。输入电容小（约数十微微法 pF ）。因此，对被测电路影响小。

（3）电压量程广。对于最低量程，放大-检波式电压表可低至1 mV左右；检波-放大式一般可低至1 V左右，而高量程一般能达到几百伏。

（4）具有不同类型的波形响应。可以测量电压的峰值、有效值或平均值。

2. 电子电压表的电路结构形式

电子电压表除有维持本身正常工作的电源外，基本上包括检波、放大、指示三个环节，根据所含环节的多少以及它们在电路中的安排顺序，有直接检波、检波-放大和放大-检波三种形式。

（1）直接检波式电压表

直接检波式电压表的原理如图1-1a)所示，被测信号电压经检波器检波后直接由指示器（磁电式电表）指示被测电压的数值。这种电压表通常只用作电子设备内部的指示仪表。

（2）检波-放大式电压表

检波-放大式电压表的原理如图1-1b)所示。被测交流信号电压经检波器检波变为直流，再经直流放大器放大后用表头指示出来。这类电压表由于受二极管小信号检波时非线性限制，可测量的最小电压为1 V左右，而其可测频率范围

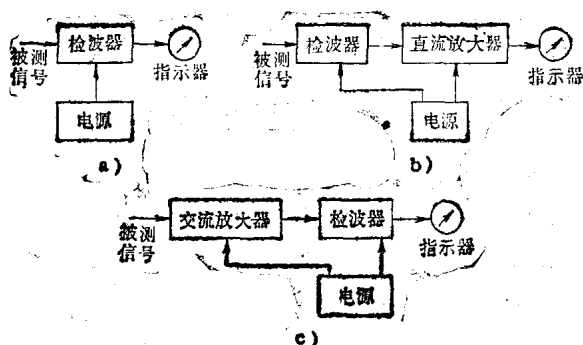


图1-1 电子电压表的分类

a) 直接检波式 b) 检波-放大式 c) 放大-检波式

主要受检波器及其输入电路的限制, 因此需要采用工作频率高的检波二极管, 并做成探头式结构, 把检波管装在探头内, 尽量减少输入电路对测量结果的影响。采用这种措施后, 电压表一般可以工作到几十至几百兆赫 (MHz)。

检波-放大式电压表在测量直流电压时, 可把被测电压直接加到直流放大器上。因此, 这类电压表既能测交、直流电压, 还可以测电阻, 利用这种原理可以作成万用表。

(3) 放大-检波式电压表

放大-检波式电压表的原理如图1-1c)所示。由于被测交流信号经放大后再进行检波, 因而克服了检波器在小信号检波时非线性的影响, 测量范围可达 1 mV 或更低。

上述三种电压表主要是检波和放大二个环节的取舍和位置的变动而已。下面详细介绍放大-检波式电压表。

二、放大-检波式电子电压表

1. 放大-检波式电子电压表的组成

放大-检波式电子电压表的原理框图如图1-2所示。

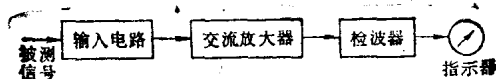


图1-2 放大-检波式电压表原理框图

(1) 输入电路

输入电路具有阻抗变换和改变量程两个功能。

为了保证电压表的输入阻抗足够高，电压量程多，通常用射极跟随器（或阴极跟随器）作输入级，再用分压器来改变量程。利用射极跟随器的低输出阻抗，使之与后面的分压器相匹配。任何电子电压表都有一个最低量程，即基本量程，凡高于基本量程的电压都要通过分压器，使之以一定的比例降到基本量程内进行测量。有时射极电阻本身就是一个分压器。为了减少分布电容和其他干扰的影响，分压器的电阻值一般选得较低。为了使衰减器在宽频范围内能有相同的衰减倍数，在分压电阻上还并接电容器进行频率补偿。GB-9B型电子管毫伏表采用两级分压器：第一级在信号输入处，采用了一级带频率补偿的分压电阻。第二级在阴极输出器之后，由于分压电阻值较低，线路中分布电容的影响不大，无须采取频率补偿。由于采取了上述这些措施，使整机具有频率响应好和输入阻抗高的特点。

当工作频率比较高（如几兆赫以上）时，一般不长的测量线本身所具有的电感量及分布电容都可直接影响到测量结果，为了减少输入引线电感和分布电容的影响，常把射极跟随器单独作成分布参数很小且使用方便的探头，然后用屏蔽电缆与电压表主机相连，如图1-3所示。

由于探头的输出电阻很低，故大大减小了分布电容和外界各种干扰的影响。

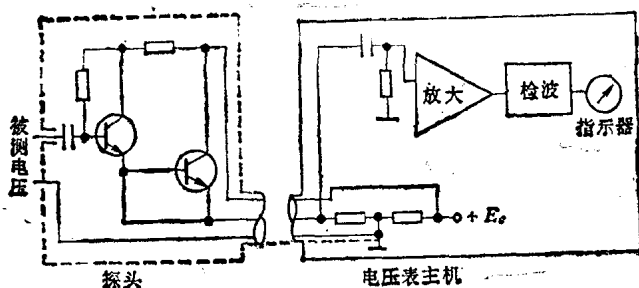


图1-3 具有探头的放大-检波式电压表

(2) 交流放大器

交流放大器用来提高电子电压表的灵敏度，在电子电压表中交流放大器要有下述特点：

1) 具有足够高的增益及足够宽的频带。为了提高电压表的灵敏度，要求放大器增益足够高，而为了扩展电压表的频率使用范围，又要求放大器的通频带足够宽。这两项要求是互相矛盾的，在设计时应有所侧重。

2) 增益必须很稳定，否则将会直接影响测量精度。

3) 动态范围应足够宽，即最高可测电压值与最低可测电压值之差应足够大，在此范围内应保证放大器的输入与输出信号之间有良好的线性关系。同时，放大器的非线性失真应尽可能小。

4) 噪声应非常小，这在测量微小的电压时尤其重要。

为了满足上述各项要求，放大-检波式电压表中的放大器，几乎毫无例外地采用多级深负反馈放大电路，以保证放大器具有线性好，频带宽，增益高而工作稳定的性能。

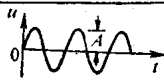
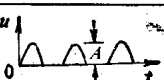
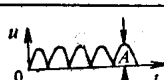
(3) 检波器与指示器

电子电压表常用的检波器有平均值检波器和峰值检波器

二种;指示器则采用磁电式微安表头。不管用哪一种检波器,除峰值电压表外,表头的刻度均刻成有效值读数,且按单一频率正弦波刻度。因此,表头的刻度仅对正弦波电压的测量是正确的,而对非正弦波电压的测量,必须依据其检波原理(例如是峰值检波还是平均值检波)进行换算后才能得到该非正弦波电压的有效值。

表 1-1 列出了完整的和不完整的正弦波电压的峰值、有效值、平均值以及波形因数 K_F 、波峰因数 K_P 之间的关系,供测量换算时参考。

表 1-1 完整的和不完整的正弦波参数

名称	波 形	峰值 U_m	有效值 $U_{有效}$	平均值 $U_{平均}$	波形因数 $K_F = U_{有效} / U_{平均}$	波峰因数 $K_P = U_m / U_{有效}$
正弦波		A	$A/\sqrt{2}$ $\approx 0.707 A$	$2/\pi A$ $\approx 0.637 A$	$\pi/2\sqrt{2}$ ≈ 1.11	$\sqrt{2}$ ≈ 1.414
正弦波 半波整流		A	$A/2$	A/π $\approx 0.318 A$	$\pi/2 \approx 1.57$	2
正弦波 全波整流		A	$A/\sqrt{2}$ $\approx 0.707 A$	$2/\pi A$ $\approx 0.637 A$	$\pi/2\sqrt{2}$ ≈ 1.11	$\sqrt{2}$ ≈ 1.414

2. GB-9B型电子管毫伏表

GB-9B型电子管毫伏表是一种放大-检波式交流电压表,用以测量正弦电压的有效值。被测电压频率范围为 25Hz (赫) ~ 200kHz (千赫),可测电压范围为 1mV ~ 300V。仪表附有分贝标尺,可用来作电平指示。

(1) 主要技术指标

1) 测量电压范围: $1\text{ mV}\sim 300\text{ V}$ 分十档, 各档满度值为: $10, 30, 100, 300\text{ mV}; 1, 3, 10, 30, 100, 300\text{ V}$ 。

2) 测量电平范围: $-52\sim +52\text{ dB}$ 。

基本量程刻度 $-12\sim +2\text{ dB}$ 。

扩展量程 各档加上: $-40, -30, -20, -10, 0, +10, +20, +30, +40, +50\text{ dB}$ (以 600Ω 纯电阻上消耗功率 1 mW (毫瓦) 的电平为零分贝)。

3) 被测电压频率范围: $25\text{ Hz}\sim 200\text{ kHz}$

4) 测量基本误差: 在温度为 $+20\pm 5^\circ\text{C}$ (度), 信号频率 50 Hz 时不超过各档量程满度值的 $\pm 2.5\%$ 。

5) 频率响应误差: 以 $+20^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 和以 1 kHz 为基准。

20~45Hz $\leq \pm 2.5\%$;

45Hz~50kHz $\leq \pm 1.5\%$;

50~200kHz $\leq \pm 7.5\%$ 。

6) 电源附加误差: 在 220 V (或 110 V) $\pm 10\%$ 时: $\leq 2.5\%$ 。

7) 温度附加误差: 以 50 Hz 信号输入, 在 $-10\sim +15^\circ\text{C}$ 和 $+25\sim 40^\circ\text{C}$ 内: $\leq \pm 0.25\%/^\circ\text{C}$ 。

8) 输入阻抗: 频率为 1 kHz 时输入电阻不低于 $1\text{ M}\Omega$, 输入电容不大于 40 pF 。

(2) 原理框图

GB-9B型电子管毫伏表是由输入衰减器、阳极跟随器、分压器、放大器、检波指示器及电源等部分组成, 其原理框图如图1-4所示。

(3) 面板布置及其说明

GB-9B型电子管毫伏表面板布置如图1-5所示。各旋钮的作用如下。

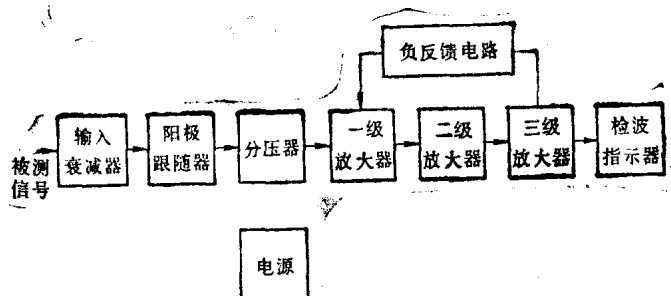


图1-4 GB-9B电子管毫伏表原理框图

1) “输入”接线柱：——被测信号电压输入接线柱，左边标有“⊥”符号的为接地端，它不与机壳相联。

2) “量程”开关：——10 mV~300V，分10档，由转换开关来选定。使用时应先放于较高量程上，然后逐步向低量程过渡。

3 零点调整：——电气零点调整旋钮。通电后将输入端短路，调节它可使指针指示零位。

(4) 使用注意事项

1) 检查电源变换插头的位置是否和所用电源电压相等，以免由于电源接错而使仪表损坏。

2) 通电前应检查电表的指针是否在零点上，如不指在零点，可调整电表上的机械零点调整螺丝，使指针指示为零。

3) 将两个输入端子短路，接通电源，预热15~20分钟。然后将量程开关旋至所需档位，再调整“零点调整”旋钮使指针指零。在测量过程中如需改变量程，则在量程改变后，还要重新进行调零。

4) 当使用小量程（毫伏级）档时，为减小外界干扰引