

无綫电測量技术

内部教材

中国人民解放军海軍通信学校

1964年2月

第一章 緒論	1
§ 1 无线电测量的特点与地位	1
§ 2 测量方法和測量誤差	2
第二章 电流、电压、功率的測量	6
§ 1 电流的測量	6
§ 2 电压的測量	11
§ 3 功率的測量	30
第三章 电子示波器	37
§ 1 概述	37
§ 2 电子射線管的供电电路	39
§ 3 示波器中的增幅放大器	42
§ 4 鋸齿波扫描电路	47
§ 5 典型示波器举例	52
§ 6 双踪示波器和电子开关介紹	55
第四章 頻率的測量	57
§ 1 电桥法測量頻率	57
§ 2 諧振法測量頻率	58
§ 3 比較法測量頻率	61
§ 4 計数法測量頻率	72
第五章 相位的測量	76
§ 1 用示波器測量相位差	77
§ 2 直讀式相位計	78
第六章 电路元件参数的測量	83
§ 1 电桥測量法	83
§ 2 諧振測量法	93

第七章 波形的測量	103
§ 1 非寄生系数的測量	103
§ 2 諧波分析器	109
§ 3 調幅度的測量	111
第八章 信号源	117
§ 1 信号发生器的輸出裝置——衰減器	118
§ 2 低頻信号发生器	122
§ 3 高頻信号发生器	129
第九章 电子管特性的測試	134
§ 1 电子管发射量的測量	134
§ 2 电子管跨导的測量	135
§ 3 电子管漏气的測定	137
§ 4 电子管碰极的測定	137
§ 5 电子管測試器的基本組成	139

第一章 緒 論

§ 1 无綫电测量的特点与地位

无綫电测量是应用无綫电仪表对无綫电技术中所有电气特性进行测量的一門技术。如对电路元件的电阻值、电容量、电感量的测定，对表征无綫电设备工作状态的物理量的测量（如电压、电流、功率、效率等），都属于无綫电测量的范围。任何无綫电设备的制造、調整、使用、維修都离不开无綫电测量，可以說没有无綫电测量就不可能有无綫电技术，因此它是无綫电技术的重要组成部分。从事于无綫电专业的工程技术人员，如果不具备无綫电测量技术与无綫电测量仪表的知識，将是很难进行工作的。

无綫电测量与电工测量虽然都是測量一些电气特性的量，但无綫电測量具有独有的特点，那就是：頻率范围极寬，量程范围极大。

无綫电测量的頻率范围是从十分之几赫的极低頻一直到几万兆赫的极高頻。在这么寬的頻率范围中各頻段都有不同的特点，使在測量方法上、技术上和仪器上都要作很多特殊的考虑和处理，特别是高频的影响，尤应細心慎重处理，不然就可能造成錯誤。一个电阻性元件，在高频时往往不能单纯地把它看成为电路中一个性质不变的电阻参量。例如当頻率不高时，在一个线圈中，电感的成分占优势，但当頻率很高时，不但线圈的电阻值会增加，而且线圈与线圈間分布电容的影响也将变得显著，这时就应当把线圈看成为一个振盪回路，它具有自己的固有頻率 f_0 。当工作頻率高于 f_0 时，线圈就失去其电感的作用，而变为一个电容性阻抗了。这种类似的例子是很多的，这就要求在不同頻率里，測量方法和測量仪器应有不同的考虑和安排。无綫电測量所包含的内容很广，而每一个内容所測量的量程一般都是很寬的，

如待测的电压可能小至零点几个微伏而大至数十千伏，功率小到微瓦而大到兆瓦，这也同样要求采用不同的测量方法和测量仪器，因此无线电测量仪器种类繁多，构造复杂也是其特点之一。

无线电测量所涉及的面如此广阔，决非一门课程所能承担，几乎在所有无线电专业课程中多少都要联系无线电测量的内容。

本课程根据教学大纲的要求，只阐述低频、高频范围无线电技术中基本物理量的测量原理和方法，并通过典型常用仪表介绍其工作原理与性能特点，以便在实验和工作中正确掌握仪表的使用及测量方法的选择。

§ 2 测量方法和测量误差

一、测量方法。

测量的方法基本上可分为两种：直接测量法与间接测量法。所谓直接测量法就是将被测的量直接与同一类的量比较的测量方法，它又可以分为直接读数法和比较法两种。

如果被测的量直接由测量仪器的刻度决定，仪器的刻度数就是被测的量值，这种方法叫做直接读数法。例如用伏特计测量电压，用安培计测量电流等。

如果被测量的量与此量同类的已知量作比较而决定，这种方法叫做比较法。例如测量频率时，将被测频率与标准频率相比较，当耳机听到零拍时，被测频率的量值就等于标准频率。

在比较法中又有零值法和替代法之分，零值法就是被测的量值对于仪器的作用被同一类的已知量的作用抵消到零的方法。替代法就是用已知量来替代被测的量而不引起测量仪器读数的变更的方法。

当未知量不直接测量，而根据别的量的测量结果和被测的量与未知量之间的关系计算而得，这种方法叫做间接测量法。例如测量某一电阻值时，用伏特计量出跨接电阻两端的电压，用安培计量出流过电阻的电流

流，再根据 $R = \frac{U}{I}$ 的关系算出电阻值。

在实际测量中，应用得最普遍的是直接读数法，因为它最简便，需要的测量时间也最短，不过测量的准确度不高（0.2—10%）。如要得到较准确的结果（0.001% 以上）则需利用比较法，这种方法需要较长的测量时间，并且需要较复杂而贵重的仪器设备。

二、测量误差

任何一次测量总是有误差的，即使我们使用最准确的仪器，极其精细地进行测量，所得结果永远不一定是被测的量的真实值，而只是它的近似值。相同条件重复多次的对同一量的测量，所得结果总不完全相同，这一事实正说明了上述结论的正确性。测量误差是由各式各样的原因产生的，要完全掌握并消除一切测量误差的来源是不可能的，但是了解了测量误差的一般规律，可以使测量工作避免造成很大的误差，使测量的结果缩小在允许的误差范围之内。

下面介绍有关误差的基本术语和误差的种类。

以测定值 x 减去实际值（或真实值） A 所余的量叫做误差，用 Δx 表示即为： $x - A = \Delta x$

为了区别于下面还要谈到的误差， Δx 又叫做绝对误差。但是绝对误差不能用来比较测定值之间的准确程度。例如测量两个频率， f_1 为 500 赫兹，测量的绝对误差 Δf_1 为 500 赫兹， f_2 为 500 赫兹，测量的绝对误差 Δf_2 为 0.5 赫兹，从绝对误差的大小看， $\Delta f_1 > \Delta f_2$ ，但并不能说 f_2 的测量比 f_1 的测量更准确。衡量某一值的测量准确程度，一般是用相对误差来表示的。绝对误差与测定值之比叫做相对误差，表示式为：

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

具有同样准确程度的测定值，其相对误差总是相同的。对于上面所举的

例子， f_1 的相对误差 $\frac{\Delta f_1}{f_1} = \frac{500}{500 \times 10^6} = 10^{-6}$ ，而 f_2 的相对误差 $\frac{\Delta f_2}{f_2} = \frac{0.5}{500} = 10^{-3}$ ，显然 f_1 的测量准确程度比 f_2 高得多。

对于指针式的仪表，它们的误差程度是以其绝对误差 Δx 对其量程满度值 x_m 的比值来表示的，并叫做额定相对误差 γ_m （或称满度相对误差）即：
$$\gamma_m = \frac{\Delta x}{x_m} \cdot 100\%$$

一般电工仪表的准确度通常是以额定相对误差来表示的，并分为：0.1、0.2、0.5、1、1.5、2.5、4 等七级。例如一个满度为 150 伏的 1.5 级伏特计在测量时，所能产生的绝对误差不会超过 $150 \times 1.5\% = 2.25$ 伏。而且所产生的绝对误差与被测电压大小无关，如测量结果为 100 伏，这就意味着被测电压真实值应为 100 ± 2.25 伏。如果测定值是 10 伏，被测电压的真实值将为 10 ± 2.25 伏。这时它的相对误差达 22.5%。由于仪表在低读数部分有着较大的相对误差，这就说明选择指针式仪表测量时应使读数尽量在刻度的后面十部分，因为愈接近满度愈比较准确。

无线电仪器大都用相对误差来表示准确度，但也有用相对误差加绝对误差来表示的。如某阻抗电桥测小电感时，准确度为 $\pm 3\% \pm 5$ 微亨，意思就是如在测量 100 微亨的电感时，误差可达 $\pm (3\% \times 100 + 5) = \pm 8$ 微亨。

根据误差的性质，一般可以把误差分为系统误差、偶然误差和粗差三类。

1. 系统误差——在测量过程中所产生的误差，假如它们是恒定的或者是遵循着某一定的规律而变化的话，那么这些误差就叫做系统误差，系统误差通常产生于测量仪器本身的不准确，测量方法的错误，测量者生理上的缺陷以及安置上的不恰当。要作精密的测量时，必须设法消除系统误差或能决定它的大小以便修正测定值。正常的仪器它的准确度都列于其说明书中，测量的结果必须包括仪器固有的误差。同时要正确选择

儀器準確度的等級進行測量，例如用相對誤差為 10^{-3} 的頻率計去測量具有 10^{-4} 準確度的振盪器的頻率，它的誤差就無法估計。一定要用準確度至少高一級的儀器去測量，上面的例子就必須用準確度在 10^{-4} 以上的頻率計才行。測量方法的錯誤常出現於對測量情況沒有足夠了解和所依賴的理論不夠嚴格。例如用安培計——伏特計法測量電阻值，若直接以伏特計的讀數與安培計的讀數之比作為測量結果，而不計及電表本身電阻的影響，則此方法本身便包含有理論誤差。這類誤差可以經過細緻的分析研究予以消除。測量者生理上缺陷所造成的誤差必須事先掌握以便修正測量結果，如人耳不能聽聞頻率在 16 赫以下的振動聲音，因而用差拍法測量頻率時，就會產生 16 赫的絕對誤差。安置上的不恰當而引起的誤差，在測量時也應予以避免，例如有些電表只能平放，如果測量時將它立着放，則指針讀數就會造成誤差。再如把測量儀器放置於過熱的地方或者位於其他強磁場中，也都會造成誤差。

2. 偶然誤差——對某一量，在同樣的條件下進行多次測量中，測量的結果都不相同，相差的數值雖不大，不過沒有明顯的規律，這種誤差叫做偶然誤差。偶然誤差在測量時是不可能消除和估計的，只能用多次測量結果取它們的平均數來減小偶然誤差的影響，並用概率論和計算誤差的理論算出這種誤差的範圍，最後確定測量的數值。例如某電阻進行了十次測量，其數值各為：167.95, 167.45, 167.60, 167.87, 167.88, 168.00, 167.85, 167.82, 167.60 (歐姆)，取它們的算術平均值時為 167.762 歐姆，根據誤差理論算出其極限誤差為 0.175，則測量結果可表示為：167.762 ± 0.175 歐姆。

3. 差錯——測量差錯是由於測量時犯了錯誤而產生的，例如在電表上讀數時，讀錯了一條刻度。顯然測量差錯是應該避免的。

第二章 电流 电压 功率的测量

§ 1 电流的测量

一、低频、高频电流测量的特点。

在低频和高频范围内测量电流（电压也是一样）多采用直读式的电表，但随着频率的升高，直接应用磁电式仪表是不能进行测量的。一个磁电式电表在被测电路中可以等效如图2-1所示。 L 、 R 是电表本身的电感和电阻， C 是电表接头间的分布电容， C_1 、 C_2 是电表接头对地的分布电容， G_1 、 G_2 是漏电阻。

显然把电流表接入电路中至少有下列不良的影响：第一，电表的阻抗改变了测量电路的总阻抗，即不可能测出真正的工作电流，并且它的阻抗因工作频率不同而具；第二，当等效电路谐振于工作频率时，（往往在超高频时出现），测量误差极大。因此在高频的测量中应用的电表，要求它对地的分布电容量小，引线短粗，仪表的尺寸比工作波长小以及等效电路的谐振频率高于电表测量的最高频率等等，电表所测的频率愈高，满足上述的要求就愈困难，所以在超高频中很少测量电流或电压，一般都通过测量功率和阻抗而换算出电流电压来。在低频范围一般也很少测量电流，如需测量低频电流则多用半导体器件整流特性，将低频电流变为脉动直流，然后用磁电式电表测量之，其方法与万用表中测量交流电压时相仿。在高频范围测量电流普遍都用热电式的电流表，下面着重介绍它的工作原理与性能特点。

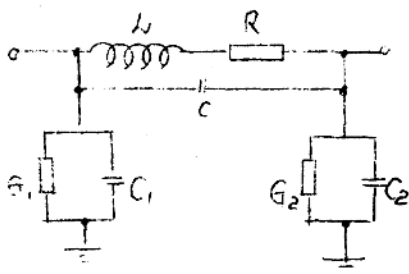


图2-1 测量仪表的等效电路

，即不可能测出真正的工作电流，并且它的阻抗因工作频率不同而具；第二，当等效电路谐振于工作频率时，（往往在超高频时出现），测量误差极大。因此在高频的测量中应用的电表，要求它对地的分布电容量小，引线短粗，仪表的尺寸比工作波长小以及等效电路的谐振频率高于电表测量的最高频率等等，电表所测的频率愈高，满足上述的要求就愈困难，所以在超高频中很少测量电流或电压，一般都通过测量功率和阻抗而换算出电流电压来。在低频范围一般也很少测量电流，如需测量低频电流则多用半导体器件整流特性，将低频电流变为脉动直流，然后用磁电式电表测量之，其方法与万用表中测量交流电压时相仿。在高频范围测量电流普遍都用热电式的电流表，下面着重介绍它的工作原理与性能特点。

二、热电阻式高频电流感测表

1. 热电阻式高频电流感测表的工作原理：

热电阻式电流感测表是利用热电阻现象把交流转换成直流，间接地测出交流电流大小的。我们知道，将两种不同材料的导体，例如一个是铁，一个是康铜，将它们在 A 点和 B 点联接起来（图 2-2(a)），那么在两导体的交界面上就会产生接触电势差，此接触电势差的大小主要决定于两材料的性质和接触点处温度的高低，当 A 点和 B 点的温度相同时，这两个交界面上的接触电势差相等，

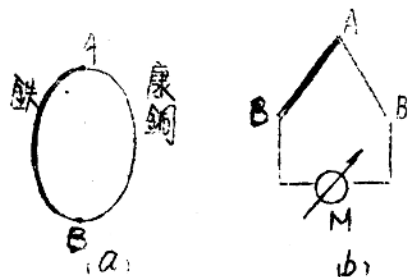


图 2-2 热电阻的连接

并且反同地串在 A B 回路中，故彼此抵消，A B 回路中无电流产生。如果 A 点温度较高 ($T_A > T_B$)，则 A 点所产生的接触电势差大于 B 点的接触电势差，这时在 A B 回路内就产生一个方向恒定的电流，也就是所谓由温差电势所形成的温差电流。A B 连接的两导体通常叫做热电阻偶。将 B 点断开，串进磁电阻式电表（图 2-2(b)），就可将温差电流大小测量出来。A 点与 B 点间温度相差为 1°C 时所产生的热电阻势的微伏数称热电阻偶的灵敏度。常用的热电阻偶数据如表 2-1 所示。

表 2-1

热 电 偶	A 点最大允许温度 ($^{\circ}\text{C}$)	灵敏度 $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	A 点为最大允许温度时所产生的热电阻势 (毫伏)
锰铜—康铜	200	50	10
铁—康铜	600	50	30
铜—康铜	400	45	20
镍铬—康铜	500	57	34

热电阻式电流表就是在热电阻偶A端连上一根康铜或铂铑合金的加热丝，被测的高频电流通过加热丝使其发热，从而使A点的温度提高，产生温差电势。流过加热丝的被测高频电流愈大，加热丝的发热愈高，A点的温度愈高，温差电势就愈大，我们就可将磁电式电表按照高频电流大小来刻度，因此一个热电阻式高频电流表实际上是由热电阻偶、加热丝和磁电式电表三部分组成的。

图2-8是热电阻式电表的电路图，(a)图为接触加热式，(b)图为非接触加热式。接触加热式热电阻元件的量程由加热丝粗细而定。由于高频电路与热电阻偶直接

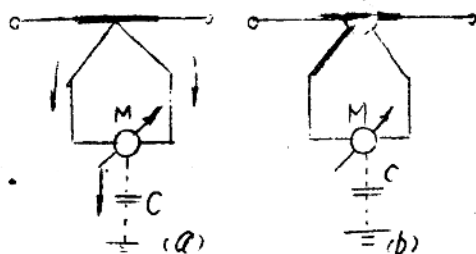


图2-8 热电阻式电表电路

相连，将有部分电流经电表分布电容旁路到地（如图中箭头所示），而造成一定误差。非接触加热式在热电阻偶和加热丝之间加上绝缘玻璃珠或薄层氧化钨绝缘体，使两者之间的耦合电容减小至0.5微微法，这样就大大减小了旁路电流，用作测量10兆赫以上的热电阻式电流表都用这种结构的热电元件，不过用了绝缘体之后灵敏度稍有降低，因为此时加热丝上的热量是通过绝缘体传到热电阻偶A点的。

热电阻式电流表的特点是：(1)测量电流的范围较大，可以从1毫安到几十安培；(2)所测量电流的频率可以很高，加热丝如果用10—20微米的导线做成，工作频率可达1000兆赫；(3)电流表所呈现的内阻不大，因为加热丝的电阻是不大的，例如1安培满度的电流表只有0.2欧姆；(4)热电阻式电流表的刻度是不均匀的，而是平方律的。因为磁电式电流表的偏转正比于温差电势，亦即正比于A点的温度（B点温度不变），而此温度又正比于高频电流的功率，此功率又与高频电流的平方成正比，所以偏转角度与被测高频电流成平方律的关系；

(5) 热电阻式电流表在应用时不能过载，否则加热丝就会有烧断的危险。

2. 热电阻式高频电流表的测量误差。

(一) 由趋表效应引起的误差——热电阻元件中加热丝的直径是有一定尺寸的，量程大的加热丝直径大，量程小的直径小。在不同的工作频率作用下，加热丝的电阻值由于趋表效应要起变化，造成测量误差，加热丝的电阻率愈小和直径愈小，由趋表效应所产生的误差也愈小。量程较大的仪表由于加热丝较粗，引起的误差也较大。工作频率愈高，测量误差也愈大。

(二) 由电表分布电容所引起的误差——如图 2-4 所示，高频电流表接在回路的高电位端，此时电表的分布电容 C_1 、 C_2 对高频起旁路作用，因而造成误差。如果将电表接于低电位端，如图中 a 、 b 处，则 C_1 、 C_2 的旁路作用就大大消

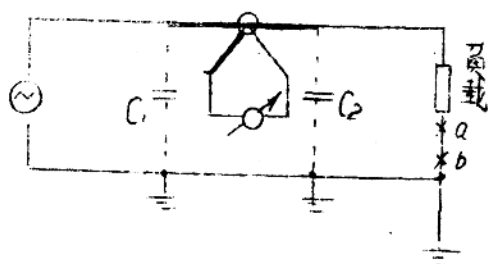


图 2-4 高频电流表连接方法

除了。但是在某些情况电表一定要接在高电位端时，可以将电表装于屏蔽盒内，按照图 2-5 的接法，就能减小分布电容的影响。加上屏蔽盒后，屏蔽盒与地间又形成分布电容 C_0 ，从电源流出的电流 I_0 ，实际上为负载电

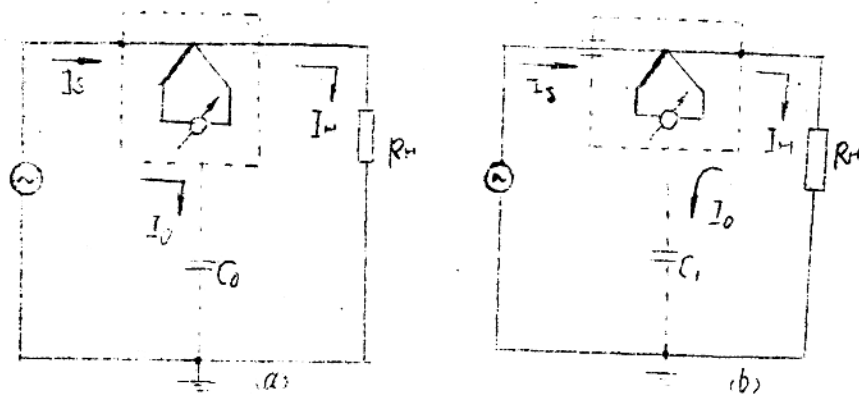


图 2-5 屏蔽的高频电流表电路

流 I_H 与流徑 C_0 的甲流 I_0 之和。(a)图的接法, 甲表只量出 I_H 的大小, 也就是說, 如要測量負載甲流的大小, 屏蔽盒应如图(a)那样的接法。同理如要測量电源的总甲流則应如图(b)那样的接法。

此外, 热甲式甲流表的誤差还决定于外界溫度的变化、外界磁場的影响, 及磁甲式甲表的等級等。在一般情况下, 热甲式甲流表总的誤差在 2—5% 左右。

为了保护热电偶、加热絲和提高灵敏度, 热甲元件經常放在抽成真空的玻璃泡或密封盒內。国产的真空热电偶有 M0-5% 型(工作甲流 1—250 毫安, 频率 100 兆赫以下), 普通热甲偶有 M0-4 型 M0-4% 型等。

3. 热甲式甲流表量程的扩大:

为了扩大测量的量程单纯增大加热絲的截面积是不合适的, 因为这样不仅使仪表損耗功率大大增加, 而且由于趋表效应引起的誤差也将很大。在原理上可以应用分流法和变流法来扩大量程。分流法有电阻分流、电容分流和甲感分流三种。但电阻分流法的缺点是損耗功率大, 电容甲感分流法使甲表的阻抗增加, 此外采用甲感分流法时, 外界磁場的影响也較大。現在常用来扩大量程的方法是变流法。

图 2-6 (a) 是变流法的連接电路图, I_1 是流过初级 L_1 的被測高频甲流, 初级回路甲流 I_2 流过加热絲, 由于 I_1 流过 L_1 , 并且 L_1 与 L_2 有互感 M 耦合, 在 L_2 的两端产生感应电势 E_2 ($E_2 = \omega M I_1$), 通

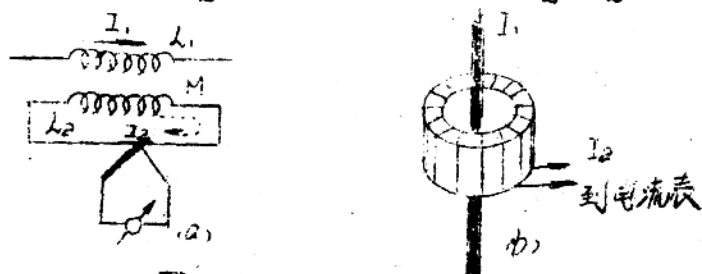


图 2-6 变流器

过加热丝的电流 I_2 与被测电流 I_1 的关系是：

$$I_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}} = \frac{\omega M I_1}{\sqrt{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}}$$

式中的 ω 是工作频率， R_2 、 L_2 是变流器次级电路的总电阻与电感， M 是变流器初次级间的互感。在测量最低的工作频率上如果 $R_2^2 \ll \omega^2 L_2^2$ ，则 $I_2 = I_1 \frac{M}{L_2}$ 。从此式可以看出 I_2 与 ω 无关，仪表的频率响应很好。

为了减小外界磁场在次级回路中的感应所产生的误差，往往把次级线圈 L_2 绕在由高阻绝缘材料或磁性瓷做成的环形心子上（图 2-6(b)），这样外界磁场在次级线圈上感应的电动势因对称关系完全被抵消，而初级电流在初级回路内感应的电动势不受影响。

变流器一般都装在封好的盒子里，M-61（5安和10安）和M-62（100安）型变流器是国产的型号，工作频率为0.1—10兆赫。

§ 2 电压测量

对低频和高频电压的测量也都是采用直读式仪表，因此在测量低频和高频电压时所考虑的一些特点，测量电压时仍然适用。但由于测量电压时是将仪表跨接在被测电压的两端，为了减小仪表对被测电路的影响，要求低频和高频的电压表有较大的输入电阻和较小的输入电容。输入电阻大，使得仪表接入测量电路之后消耗很小的功率，被测电路工作情况基本保持不变，即对被测电路的反作用小，输入电容小使得仪表能够用在更高的频率上进行测量，增加了仪表的使用频率范围，特别是当测量一个谐振回路两端电压时，小的输入电容将更加重要。

低频和高频电压的测量可以采用静电式电压表，热电动势电压表、半导体整流式电压表和电子管电压表。静电式电压表是将被测电压加在如同可变电容器装置的极板上，使之产生电荷，利用电荷间的作用力，使动片转

动，带动指针指出被测电压大小。由于它有较大的输入电容（约30—80微微法），工作频率在5000赫以上时误差就显著增加，目前这种电压表只用于极低频（如50赫）的高压测量上。热电式电压表即是将热电偶与附加电阻串联，以增加其输入电阻，但所串电阻用得过大就会减小它的灵敏度，这种电压表只在米波、分米波段尚有应用。半导体整流式电压表是万用电表中测量交流电压的那一种，一般都用氧化亚铜作整流元件，但由于氧化亚铜与铜之间有较大的电容，故只能在低频范围内测量电压，如改用硅或砷的二极晶体管作整流元件，则能工作于短波和超短波段。

电子管电压表是用来测量低频和高频以至超高频电压最普遍的仪表，这是由于它具有以下的优点：(1)在很宽的频率范围内电压表的读数与频率基本无关（从1赫到500兆赫）；(2)输入电阻大，而输入电容小，实际上消耗被测电路的能量极小；(3)被测电压的范围很宽（从毫伏到数千伏）；(4)不仅能测正弦波而且还能测脉冲电压和其他波形的电压；(5)灵敏度高。目前电子管电压表不仅以一个独立的仪表出现，而且是很多仪器的一个必要组成部分。

电子管电压表按性能和用途的不同可分为三种类型的型式：如图2—7所示。在图2—7(a)中，被测电压直接加在使交流变为直流的检波器（整流器）上，再用磁电式仪表测出整流后的直流分量，也即得出相应的被测交流电压的大小。这种电压表通常作为某些无线路设备、仪器等的组成部分，很少将图2—7(a)的型式作为独立的仪表，因为它所测电压的范围是有限的。对大多数作检波用的电子管来说，其测量范围：三极管为0.1到4伏，二极管为2到10伏。图

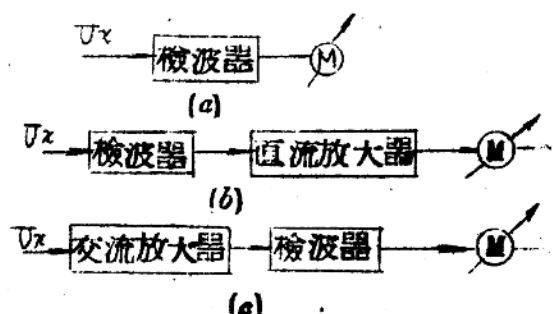


图2—7 电子管电压表的型式

2-7 (b) 的型式是把檢波后的直流电压经过直流放大器用磁电式仪表测量之。这种电子管电压表用得十分广泛，其测量范围从 0.5 到 300 伏，被测电压的频率范围由所用的檢波管特性决定。在图 2-7 (a) 的型式中，被测电压是予先放大的，图中的交流放大器就是单级或多级的宽带放大器。放大后的电压再經檢波並用指示仪表測量之。这种电压表是用以測量极小的交流电压（如 1 毫伏）。因为很小的电压直接利用电子管整流会造成较大的誤差，只有先將此小电压经过放大器放大后再整流，才能得到較准确的測量結果。

一、檢波放大式电子管电压表

由如图 2-7 (b) 所构成的电子管电压表称为檢波放大式电子管电压表。現分別讲述其檢波部分，直流放大器部分及組成电子管电压表的有关內容。

1. 檢波器：

这种电子管电压表的檢波器多为二极管峰值檢波器，它的原理电路如图 2-8 所示。(a) 图为串联式檢波电路；(b) 图为并联式檢波电路。图中 RC 的时间常数应取得比被测最低频率的电压周期还大，而 R 又比二极管 D 的内阻大得很多。这样， u_D 在正半周时就經 D 很快的向 C 充电，而負半周不能很快的經 R 把电放掉。下一个正半周又使 C 繼續充电，这样下去，使电容 C 的电压 U_c 一直到接近 u_D 的峰值，如图 2-9 所示。这时指示仪表测量的就相当于是 u_D 的峰值了，但在电表上一般仍以正弦波换算成有效值进行刻度。在图 2-8 中 (a) 图与 (b) 图的工作原理是相同的，只是在 (a) 图中 R 两端的电压即是接近

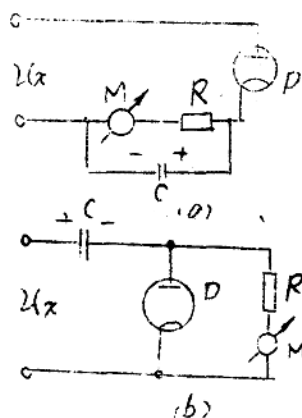


图 2-8 二极管峰值檢波电路

(a) 图与 (b) 图的工作原理是相同的，只是在 (a) 图中 R 两端的电压即是接近

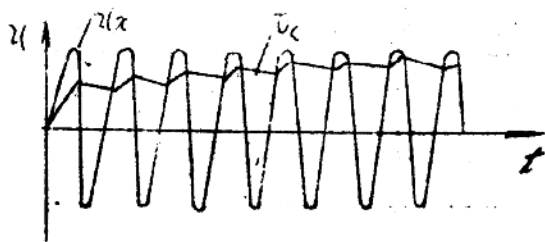


图 2-9 电容 C 上电压的形成

于 u_c 峰值的脉动电压 U_c ，而在 (b) 图中 R 两端电压是 u_c 与 U_c 之和，也即 R 上的电压尚有 u_c 的交流成分，测量时应加滤波电路滤去此交流成分。由于 (b) 图的 C 还可隔离被测电压的直流成分，所以检波放大式电子管电压表的检波器多采用这种电路。

2. 直流放大器：

测量检波后 U_c 的方法本来只要象图 2-8 所示那样在 R 上串联一只直流微安表就可办到，然而实际上为了保证检波器具有良好的峰值响应和较高的输入阻抗，所采用的 R 数值常常大到十兆欧姆以上，如果 R 是 10 兆欧，那末要使 100 微安的电表指满度就必须有 1000 伏的峰值电压，这样不仅无法测量较小的输入电压，而且对一个二极管检波器来说也是不可能的，因为普通二极管阳阴之间的最高工作电压一般只有几百伏，（所以常用的检波放大式电子管电压表最高交流电压量程只有 800 伏）。为了解决这个矛盾，在检波器以后多加一级直流放大器，将 R 上的直流电压经过直流放大器再去推动指示电表，这样就既可取较大的 R 数值，以保证峰值响应和输入阻抗的要求，又使得所用的指示电表不需特别灵敏，就可以测量另点几伏到几百伏的电压。

直流放大器放大的是直流电压，这就要求放大器本身具有良好的稳定性，不然指示仪表指数就会由于输出电压的不稳而引起飘移现象。一般电子管电压表中的直流放大器都采用平衡电路来防止飘移现象。平衡电路有对称的和不对称的两种。图 2-10(a) 所示为不对称的平衡电