

电工实验

華東紡織工學院

一九八五年二月

目 录

一、序言	(1)
二、实验注意事项	(2)
三、实验报告	(3)
四、常用电工仪表介绍	(6)
五、常用电子仪器介绍	(20)
六、电子电路的焊接工艺简介	(40)
七、电工学实验内容	(42)
实验一 等效发电机定理	(42)
实验二 叠加原理	(44)
实验三 串联谐振电路	(47)
实验四 单相交流并联电路	(49)
实验五 三相交流电路负载的接法	(52)
实验六 三相功率的测量	(55)
实验七 RC 网络对矩形脉冲的响应	(59)
实验八 直流并激电动机调速	(62)
实验九 三相异步电动机正反转控制线路	(65)
实验十 三相异步电动机延时起动控制线路	(66)
实验十一 单相桥式整流电路	(68)
实验十二 晶体三极管的特性测试	(71)
实验十三 单管放大电路的调试	(73)
实验十四 负反馈放大器性能的测试	(76)
实验十五 LC 振荡器的研究	(78)
实验十六 差动放大和电路特性测试	(81)
实验十七 线性组件集成运放的粗测	(82)
实验十八 集成运算放大器的基本运算电路	(85)
实验十九 直流稳压电源的测试	(89)
实验二十 TTL 与非门电路参数的测试	(91)
实验二十一 基本双稳态触发器和 J—K 触发器	(94)
实验二十二 用 J—K 触发器组成十进制计数器	(98)
实验二十三 可控硅直流电动机调速系统	(99)
实验二十四 无变压器音频放大器的研究	(103)

一、序 言

实验是研究自然科学的一种重要方法,而电工学又是一门实践性很强的学科,因此,电工实验在电工学教学环节中更显得重要。电工实验除了进一步巩固理论知识之外,还应培养学生掌握科学实验技能,为将来从事科技工作打好必要的基础。通过电工实验,要求学生达到如下要求:

- 1.能正确使用常用的电工仪表、电子仪器、电机和电器等设备。
- 2.能单独安排并进行简单的实验。
- 3.能准确读取实验数据,绘制工整的实验曲线,分析实验结果和编写整洁合格的实验报告。
- 4.具有一般的安全用电常识和操作技能。

这本实验教材是根据150学时电工学教学大纲草案并结合我院几年来的教学实践和设备情况而编写的。在经过一段时间使用之后,又作了修改,充实了一些内容,并把常用电工仪表和电子仪器等设备较有系统地编入在内,以便学生预习时参考,且有利于单独设课。实验内容包括认识和电路实验7只,电机和控制电路3只,晶体管线性电路9只,脉冲数字电路3只及综合性大作业2只,共计24只实验。

我们认为,学了电工学之后,应给同学以实际锻炼的机会,所以在完成大纲中所规定的实验之外,还安排了二个综合性大作业。这样能使学生对电工学的具体应用有所了解,同时在电子元件的焊接,印刷线路的安排以及操作技能等方面也得到了一次锻炼。每个大作业约需半天时间,各专业可根据需要来选择。

由于我们对电工学的教学大纲还研究得不够,水平也有限,又受到教学设备的限制,因此,对实验内容的安排,选取和深度都存在着很多问题,希望使用本实验教材的广大师生批评指正。

华东纺织工学院

电工学教研室

1985.2,

二、实验注意事项

1. 实验分小组进行。每小班分16组，由学生自行组合。分组决定后，中途不得任意更动。

2. 学生在每次实验前应认真预习，编写预习报告，了解实验内容、仪器性能、使用方法以及注意事项等，同时划好必要的记录表格，以备实验时作原始记录。

教师要检查学生的预习情况。未经预习者不得进行实验。

3. 学生上实验课不得迟到。对迟到者，教师可酌情停止其实验。

4. 非本次实验用的仪器设备，未经教师许可不得任意动用。

5. 实验时应听从教师指导。实验线路应简洁合理，导线的粗、细、长、短要选择得恰当。线路接好后，再由另一位同学查一遍，然后请教师复查。当确认无误时，才能接通电源。每当合闸通电时，应提醒全组同学注意，防止触电。

6. 实验须严格按实验步骤进行，如实地记录实验情况和数据，积极思考，并随时注意读取数据是否合理。如发现错误，应加以纠正。

7. 实验时必须保持仪器设备在正常情况下运行。如发现故障或损坏，应立即切断电源，向教师报告。

8. 在直接使用380/220伏市电作为实验电源时，应特别注意人身安全。操作时，人应该站在橡皮地毯上；换接线路时，必须切断电源。不要用手触及任何带电部分。对电子仪器，如发现机壳有麻电现象时，应及时报告指导教师。

9. 实验结束时，不要立即拆线，应先对实验记录进行仔细查阅，看看有无遗漏和错误，再提请指导教师查阅同意，然后才能拆线。拆线时要注意先切断电源。

10. 实验结束后，须将导线、仪器设备等整理好，恢复原位，并将原始数据誊入正式表格中，经指导教师签名后，才能离开实验室。

三、实 验 报 告

1. 实验报告在预习报告的基础上, 应由学生自己编写, 每人一份。其内容包括:

- (1) 预习报告的内容;
- (2) 将实验仪器设备的规格和编号填入实验设备栏内, 以便日后需要时备查;
- (3) 记录实验中测量及计算所得到的数据和观察到的现象;
- (4) 绘制实验曲线及图表;
- (5) 讨论实验的结果以及实验的心得体会和意见。

附: 读数和计算方法:

由于各类仪表都存在着一定的误差, 因此实验时测得的数据要注意其有效数字。所谓读数的有效数字, 就是指一个数字中的位数等于或大于误差最后一位数以前数位的数字。

例如, 一只量程为 100V, 0.5 级的直流电压表, 它可能产生的最大误差为 $\Delta V_{\max} = 100(\pm 0.5\%)V = 0.5V$, 即这只表的误差出现在小数点后一位数, 因此只能读取三位有效数字, 如 $54.6 \pm 0.5V$ 或 $54.6V$ 。若把它写成 $54.624 \pm 0.5V$ 或 $54 \pm 0.5V$, 那都是不恰当的。

又如, 测得一个电压为 1 伏, 其误差为 0.001 伏, 则应表示为 $1.000 \pm 0.001V$, 而不能写成 $1 \pm 0.001V$ 。因此 1.000 和 1 在数学中虽是一样的, 但若用来表示所测数据, 它就包含了不同的测量精度。前者表示四位有效数字, 而后者表示一位有效数字。

对于测得的数据, 在进行计算时所得值的有效数位的舍取应遵守下列一般规则, 以避免烦琐。

(1) 几个数加或减时, 其有效数位只能定位在几个数中末位的最高有效位, 其他数据中比它低的位进行四舍五入。例如

$$\begin{array}{r} 14.3 \\ 4.15 \\ + 0.735 \\ \hline 19.185 \approx 19.2 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 36 \\ - 2.84 \\ \hline 33.16 \approx 33 \end{array}$$

在上述加法运算里, 几个数中末位的最高有效位为小数点后的第一位(即 14.3 中的 0.3 这位), 所以其和取 19.2(四舍五入); 同理, 在上述减法运算里, 几个数中末位的最高有效位为个位, 故其差取 33。

(2) 几个数相乘或相除时, 其结果只能取几个数中最小有效数位的位数。例如:

$$38.2 \times 1.5 = 57$$

$$38.2 \div 1.5 = 25$$

上述数字中三位有效数字和二位有效数字相乘、除, 其积或商只能取二位有效数字。

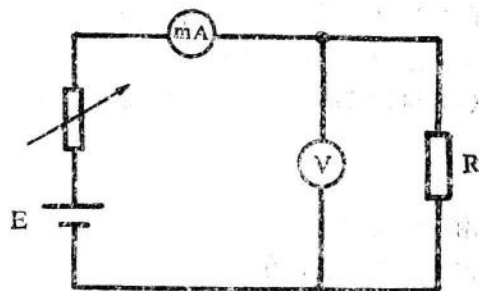
2. 曲线的描绘

实验结果需要作曲线时, 都应画在标准坐标纸上。作图时比例要取得适当, 不要取 1/3、

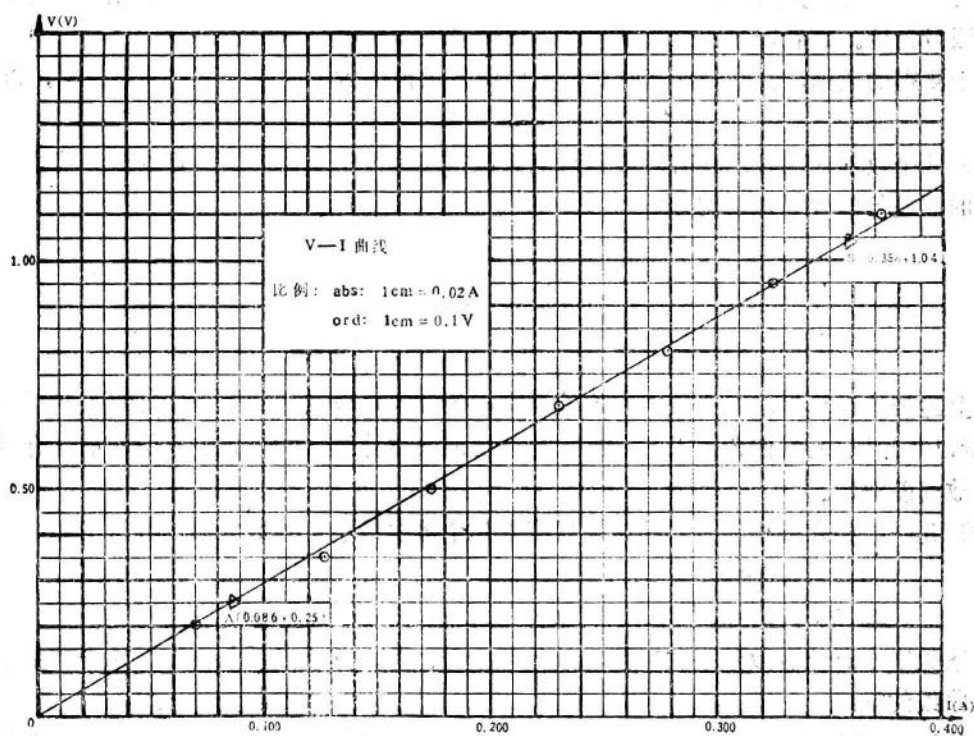
$1/4$ 等不恰当的数值。比例大小的选取应以充分利用图纸幅面为原则,不要偏于一边或一角。对于所作的曲线必须注明曲线名称、纵横坐标比例以及纵横坐标所代表的物理量和单位。坐标轴的起点不一定要从零开始。对不同曲线上的点可分别用 $\odot$ 、 $\triangle$ 、 $\times$ 等符号区别开来。画曲线时,不要简单地把各点连成折线,而应该画成平滑的曲线或直线。这是因为实验数据有误差,不可能使所有的点都在曲线上,所以应尽可能使各数据点分布在曲线两侧。对偏离太远的点可以舍去不要。

现以用电压表和电流表验证欧姆定律的实验数据作为示例来作曲线,并求取电阻 R 。

次 序	I(A)	V(V)
1	0.070	0.20
2	0.127	0.35
3	0.174	0.50
4	0.230	0.68
5	0.278	0.80
6	0.342	0.95
7	0.372	1.00



根据数据和坐标纸,取横坐标比例为 $1\text{cm}=0.02\text{A}$,纵坐标比例为 $1\text{cm}=0.1\text{V}$ 作 $V-I$ 曲线。



从所作的曲线来看，可知它是一条直线，并且通过原点，符合欧姆定律。

$$V=IR$$

此直线的斜率即为被测的电阻 R 。我们可在直线上取 $A(0.086, 0.25)$ 、 $B(0.358, 1.04)$ 两点，求得电阻 R ：

$$\begin{aligned} R = \operatorname{tg} \alpha &= \frac{V_B - V_A}{I_B - I_A} = \frac{1.04 - 0.25}{0.358 - 0.086} \\ &= \frac{0.79}{0.272} = 2.9 \Omega. \end{aligned}$$

四、常用电工仪表介绍

1、电工测量的一般知识

1—1 概 述

应用电磁基本规律对电路中的各种电工量进行测量，叫电工测量。用以测量的工具称为电工仪表。

我国的电工仪表工业在解放前是很落后的。常用的一些电工仪表大多数靠国外进口。解放后，电工仪表工业有了迅猛的发展。建国三十余年来，已逐步建立了一批新型的仪表工厂，如哈尔滨电表仪器厂，天津电表厂和上海第二电表厂等。这些工厂除能生产实验室和工厂用的一般电表外，还能生产 0.1 级精密仪表，供科研和校验使用。在产量上也能基本满足国内各方面的需要，有的还能出口。

1—2 电工测量的分类

常用电工测量的方法有两种，即直读测量法和比较测量法。电工测量仪表根据测量方法的不同，可分为直读式仪表和比较仪表。直读式仪表能直接指示出被测电量的大小；而比较式仪表则需要将被测电量与标准电量进行比较后，才能得出被测电量的大小。比较式仪表的灵敏度和准确度都比较高，但使用麻烦，价格昂贵，所以适用于要求较高的场合。直读式仪表的灵敏度和准确度虽然同比较式仪表相比要差些，但是由于使用方便，价格低廉，因此在电工测量上获得广泛的应用。

1—3 电工测量的误差与准确度

a) 绝对误差

在进行测量时，仪表测量值 A_x 与其实际值 A_0 之间差值叫作测量的绝对误差，用 ΔA 表示，即

$$\Delta A = A_x - A_0。$$

b) 相对误差

测量的绝对误差与被测电量的实际值之比，叫作测量的相对误差 γ ，通常用百分数来表示，即

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\%。$$

如果实际值与其测量值之间相差不大，则上式中的 A_0 可换成 A_x 。

c) 准确度

常用指示仪表的准确度是指在正常工作条件(仪表的工作位置正常，环境温度在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ，没有地磁以外的磁场等)下，仪表测量时可能出现的最大绝对误差 $\Delta A_{\max}$ 与该仪表的最大读数即量限 $A_{\max}$ 之比，用 δ 表示，即

$$\delta = \frac{\Delta A_{\max}}{A_{\max}} \times 100\%。$$

我国生产的指示仪表的准确度分为七级：0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 4.0 级。每一

级数字用正负百分数来表示,即为仪表的准确度。例如,一只量限为250伏1.5级的电压表,其准确度为

$$\delta = \pm 1.5\%,$$

其可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta V_{\max} = \delta V_{\max} = \pm 1.5\% \times 250 = \pm 3.75 \text{ 伏}。$$

准确度的数字越小,表示仪表越精密,制造工艺要求也越高。通常0.1和0.2级仪表用作校验用的标准表,0.5级和1.0级的仪表用于实验,1.5级至4.0级的仪表用作工程上的一般指示。

选择仪表时,除了考虑仪表的准确度之外,还应选择合适的量限,以减小测量的相对误差。例如,上述量限为250伏的电压表,测量0~250伏之间的各电压时,其可能出现的最大绝对误差为 $\Delta V_{\max} = \pm 3.75$ 伏。显然,测量值越接近于仪表的量限,则测量的最大相对误差 $\gamma_{\max}$ 就越小。例如用这个电压表测100伏时的最大相对误差为

$$\gamma_{\max 1} = \frac{\Delta V_{\max}}{V_1} \times 100\% = \frac{\pm 3.75}{100} \times 100\% = \pm 3.75\%;$$

在测200伏时最大相对误差为

$$\gamma_{\max 2} = \frac{\Delta V_{\max}}{V_2} \times 100\% = \frac{\pm 3.75}{200} \times 100\% = \pm 1.88\%。$$

因此,选择仪表量限时,应使测量值指示在仪表量限的一半以上。这个道理是很简单的。在我们的日常生活中,我们不可以选量限为一百斤的秤去称一斤重的东西,而应该选量限为2斤左右的秤去称一斤重的东西,否则误差就会很大。

d) 校 准

指示式仪表需要定期进行校准。简便的校准方法为比较法。选择一准确度等级比被校表高的仪表作标准表,被校表和标准表的量限应一致或接近。一般被校表和标准表的等级关系如下表所示。

被校表的等级	标准表的等级
4.0、2.5、1.5	0.5
1.0	0.2
0.5	0.1

被测表的读数实际值可以用标准表的读数来表示。现以10安1.5级电流表为例:标准表可选用10安0.5级,则绝对误差为

$$\Delta I = I_x - I_0,$$

其测试结果如下表所示。

电流表校准数据和计算结果

被校表读数 I_x (安)	0	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
标准表读数 I_0 (安)	0	1.11	2.14	3.05	4.12	5.08	5.90	6.88	7.92	8.85	9.90
绝对误差 ΔI (安)	0	-0.11	-0.14	-0.05	-0.12	-0.08	+0.10	+0.12	+0.08	+0.15	+0.10
校正值 α	0	+0.11	+0.14	+0.05	+0.12	+0.08	-0.10	-0.12	-0.08	-0.15	-0.10

从表中数据可以看出它的最大绝对误差为

$$|\Delta I_{\max}| = 0.15 \text{ 安}.$$

该电流表的准确度为

$$\delta = \frac{\Delta I_{\max}}{I_{\max}} \times 100\% = \frac{0.15}{10} \times 100\% = 1.5\%.$$

这个被校的电流表恰好满足该仪表1.5级准确度的要求。

测量的实际值 A_0 与测量值 A_x 之差，叫作测量的校正值，用 α 表示：

$$\alpha = A_0 - A_x.$$

它在数值上等于绝对误差，但正负号相反，亦可写成

$$A_0 = A_x + \alpha,$$

即测量的实际值等于测量值与其校正值的代数和。

将被校表的读数作为横坐标，其校正值作为纵坐标来画曲线，这样画出的曲线叫作校正值曲线。上述10安1.5级的电流表的校正值曲线如图4—1—1所示。

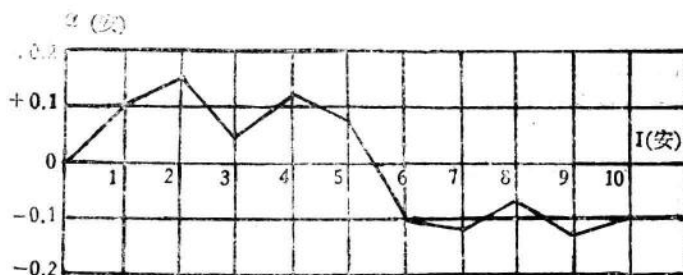


图 4—1—1 校正值曲线

从校正值曲线可校正仪表的读数。例如被校表的读数为4.50安时，相应的校正值为+0.1安，此时其实际值应为

$$I_0 = I_x + \alpha = 4.50 + 0.1 = 4.60 \text{ 安}.$$

1—4 直读式仪表的分类和符号

a) 按照被测量的电量来分

次 序	被测量的电量	仪 表 名 称	符 号
1	电 流	电流表(安培表)	
2	电 压	电压表(伏特表)	
3	电 功 率	功率表(瓦特表)	
4	电 能	千瓦小时表(电度表)	
5	频 率	频率表(赫芝表)	
6	电 阻	欧姆表	

b) 按照仪表动作原理来分

次 序	仪表类别	符 号	型号字母
1	磁 电 式		"C"
2	电 磁 式		"T"
3	电 动 式		"D"
4	感 应 式		

c) 按照被测电流种类来分

次 序	电 流 种 类	符 号
1	直 流 电 表	—
2	交 流 电 表	~
3	交直流电表	≈
4	三相交流表	≈≈

d) 按照仪表准确度来分

常用指示式仪表按准确度可分为七级(见1—3c)。例如0.5级仪表用符号Ⓔ表示。

e) 根据其防御外界磁场的能力来分

根据其防御外界磁场或电场能力可分成Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ和Ⅳ四等, 其中Ⅰ等的防御能力为最好。例如Ⅱ等防御能力用符号Ⅱ表示之。

f) 根据使用条件(周围的气温和湿度)来分

根据使用条件,可分为A、B和C三组。前两组可用于室内,C组用于室外或船舰、飞机、车辆上。例如用符号 $\triangle$ 来表示。

g) 根据使用方式来分

可分为配电盘式和携带式两类。

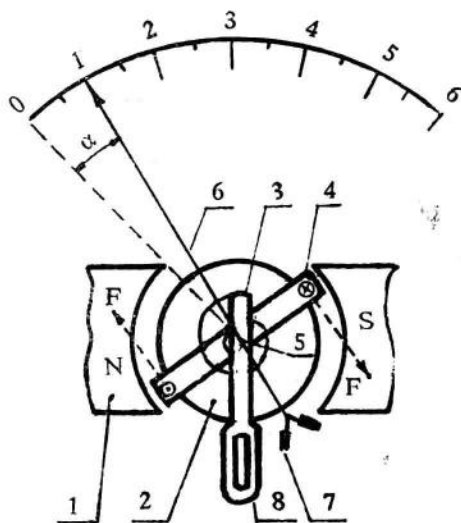
h) 仪表面板上其他一些符号的意义:

次 序	符 号	意 义
1	 2kV 	试验电压 2 千伏
2	 	水平使用
3	 	垂直使用

2、磁电式仪表及其应用

2—1 构 造

磁电式仪表测定机构是利用载流导线在磁场中受到力效应的原理制成的,其构造如图4—2—1所示。在固定的钢质圆柱形衔铁2和永久磁铁(N—S)之间的空气隙内,存在着一个径向的均匀磁场。在气隙内放置一个可动的线圈4,线圈有上下二个支轴,放在宝石轴承中。这样



- 1.永久磁铁; 2.衔铁; 3.游丝; 4.线圈和铝框; 5.宝石轴承;
6.指针; 7.平衡锤; 8.校正器;

图4—2—1 磁电式测量机构

线圈就可以转动。电流由上下两个游丝3通入线圈。6为指针。7为平衡锤,用以平衡指针。8是调整指针零位的校正器。

2—2 工作原理

当线圈中有电流通过时,它与空气隙中的磁场相互作用,产生了电磁力 F (图4—2—1所

示)。该力作用在线圈上产生转矩 M_1 ，它的大小与流经线圈的电流 I 成正比，即

$$M_1 = K_1 I。$$

反力矩是由游丝产生的。它与扭转的角度 α 成正比，即

$$M_2 = K_2 \alpha。$$

当两者平衡时，指针静止， $M_1 = M_2$ ，即

$$K_1 I = K_2 \alpha，$$

$$\therefore \alpha = \frac{K_1}{K_2} I = K I。$$

从式中可知，这种测量机构指针的偏转角 α 与流经线圈的电流 I 成正比。

磁电式仪表的电磁转矩方向可以用左手定则决定。当电流方向改变时，与电流成正比的转矩也改变本身方向，因此磁电式仪表只能用于直流的测量。由于电磁转矩作用的方向和电流流入的方向有关，为了使指针不致逆转，仪表接线端头的电流流入端和流出端一般分别用符号(+)及(-)标明。

2—3 磁电式仪表的优缺点

a) 优点

- (1) 标度均匀；
- (2) 灵敏度高；
- (3) 准确度高；
- (4) 空气隙内磁场很强，因而受外界磁场的影响小。
- (5) 消耗能量小。

b) 缺点

- (1) 仅适用于测量直流；
- (2) 因为线圈导线和游丝都很细，所以不能承受过载。

2—4 磁电式仪表的应用

a) 用作直流电流表

用作直流电流表时，仪表应与负载串联，如图4—2—2所示，这样通过测量机构的电流就等于通过负载的电流。为了不影响负载，要求仪表的内阻要小。

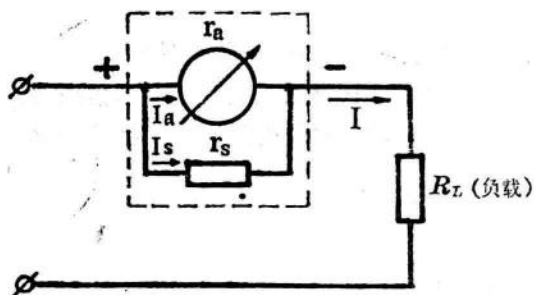


图4—2—2 电流表接入电路

由于磁电式测量机构的游丝和可动线圈的导线都很细，不容许通过较大的电流，所以本身只能用作微安表或毫安表。

在测量较大的电流时，必须在测量机构两端并联一只分流电阻 r_s ，叫作分流器。

有了分流器以后, 通过测量机构的电流 I_a 只是被测电流 I 的一部分。假定测量机构的内阻为 r_a , 则分流器与测量机构的阻值关系为:

$$I_s : I_a = r_a : r_s \quad \text{即} \quad I_s = I_a \frac{r_a}{r_s},$$

$$I = I_a + I_s = (1 + \frac{r_a}{r_s}) I_a = k_s I_a.$$

式中 $k_s = (1 + \frac{r_a}{r_s})$ 称为分流系数。若 r_s 取 $\frac{1}{9} r_a$, $\frac{1}{99} r_a$, 则 k_s 分别为 10, 100 等整数倍。分流器通常装接在电流表内。

国产磁电式电流表 0.5 级的型号有 C19A, C21A, C31A 等; 高准确度 0.1 级的有 C50A; 配电板式 1.5 级的有 1C1A 和 1C2A 等。

b) 用作直流电压表

用作直流电压表时, 仪表应与负载并联, 如图 4—2—3 所示。由于磁电式测量机构内不容许通过较大的电流, 因此它只能测量几十毫伏的电压。为了测量时不影响负载, 要求仪表的内阻要大。

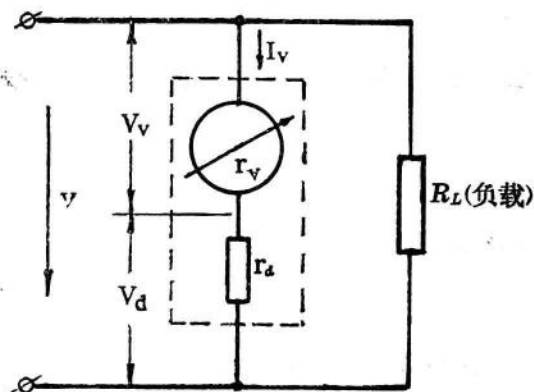


图 4—2—3 电压表接入电路

在测量较大的电压时, 必须串接一附加电阻 r_d , 叫作倍压器。这样, 测量机构所受的电压就只是被测电压的一部分了。若测量机构的内阻为 r_v , 则倍压器与测量机构的阻值关系为:

$$\frac{V}{V_v} = \frac{I_v(r_v + r_d)}{I_v r_v} = \frac{r_v + r_d}{r_v};$$

$$V = \frac{r_v + r_d}{r_v} V_v = k_v V_v.$$

式中 $k_v = \frac{r_v + r_d}{r_v}$ 称为倍压系数。若 r_d 取 $9r_v$, $99r_v$, 则 k_v 分别为 10, 100 等整数倍。

国产磁电式直流电压表 0.5 级的型号有 C19V, C21V, C31V 等; 高准确度 0.1 级的有 C50V; 配电板式 1.5 级的有 1C1V, 和 1C2V 等。

c) 用作欧姆表

用作欧姆表时，其测量线路如图4—2—4所示。测量时先将仪表测量端ab短接，调节r（零欧姆调整电位器），使指针偏转到满刻度（0欧姆），然后将被测电阻 R_x 接到仪表ab两端。这样 R_x 与仪表电阻r， r_0 接成串联，因而指针偏转角度减小。 R_x 愈大，偏转角愈小。在

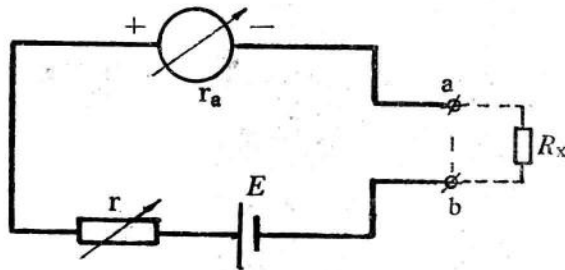


图4—2—4 欧姆表接线图

电源电动势 E 一定的情况下，忽略电源内阻，则偏转角 α 与待测电阻 R_x 有如下的关系：

$$\alpha = KI = K \frac{E}{r + r_a + R_x}.$$

这样仪表的刻度可直接用欧姆来分度。

d) 万用电表及其使用

磁电式测量机构一般单独用作欧姆表的很少。通常将上述三种测量线路通过转换开关的适当组合,就成为万用电表。

国产万用电表的型号有MF6, MF30等。

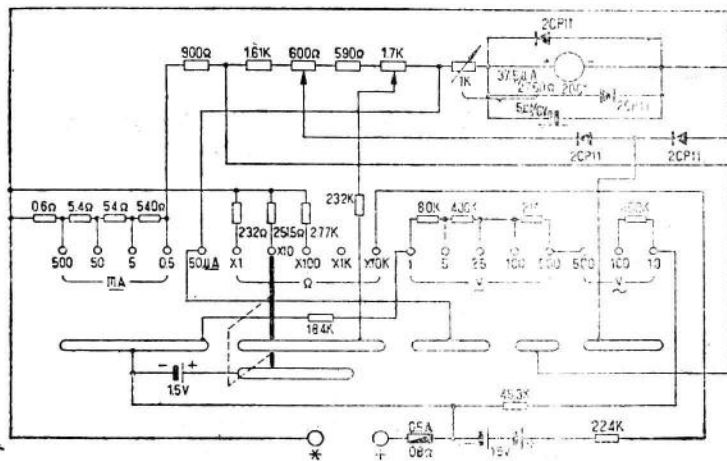


图4—2—5 MF30型袖珍万用电表电路图

图4—2—5是MF30型万用电表电路图，图4—2—6是其外形。

万用电表的使用方法如下:

(1) 使用万用电表时, 和其他指示式仪表一样, 应先注意指针是否在零位。如不指在零位, 则可用小螺丝刀旋动表盖上的机械零位校正器, 使指针回到零位。

(2) 使用前应先根据测量对象,将选择开关拨转到所需位置上,然后按上述测量原理进行测量。

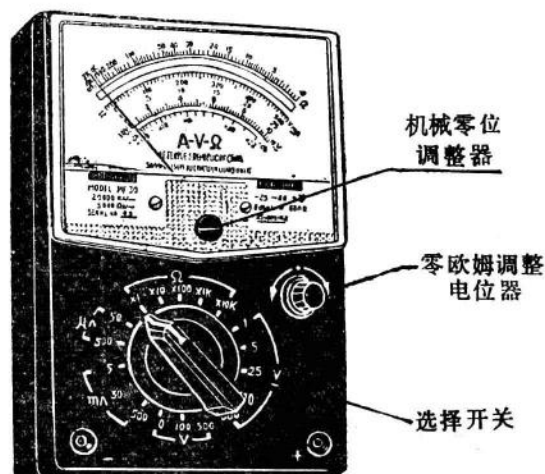


图4—2—6 MF30型袖珍万用电表外形

(3) 测量电阻时，除将选择开关拨至 Ω 档外，还应将测试棒短接，调节零欧姆调节电位器，使指针指到欧姆刻度的零位。每改换一次 Ω 档量程的选择开关，都必须重新调零。如指针调不到零位，则表示内电池电压不足，应更换新电池。

(4) 切忌用直流电流档或 Ω 档去测交、直流电压，也不可以在被测电阻带电时去测量电阻，以免损坏电表。

(5) 万用表不用时，应将选择开关拨至高位电压档。如拨在 Ω 档，常因两支表棒相碰，或通过其他金属连在一起，使表内电路通电而消耗电池。

3、电磁式仪表及其应用

3—1 构造和工作原理

电磁式测量机构可分为推斥式和吸入两种；推斥式又有辐射结构和同轴结构之分。

图4-3-1所示为推斥式辐射型测量机构示意图。这种测量机构的固定部分包括固定线圈5

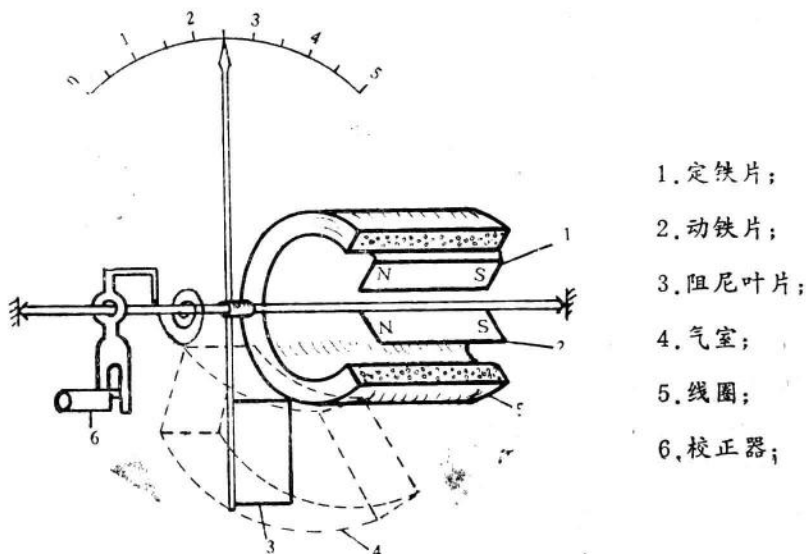


图4—3—1 推斥式辐射型测量机构

和线圈内侧的固定铁片 1；可动部分包括固定在轴上的游丝、指针和可动铁片 2；图中 3 为一固定在轴上的阻尼叶片，放置在不完全封闭的气室内。当指针在平衡位置附近摆动时，叶片在气室内受到空气阻碍作用，使摆动很快地停住。

当固定线圈通入电流时，电流所产生的磁场使两铁片同时磁化。这两个铁片的同向端是同极性磁极，如图 4—3—1 所示。同性磁极间产生相互排斥的力，因而可动铁片连同轴上的指针一同偏转。如果通入固定线圈内的电流改变方向，则这两个铁片的极性也相应地改变，而排斥力的方向则不变，因而可用来测量直流电或交流电。

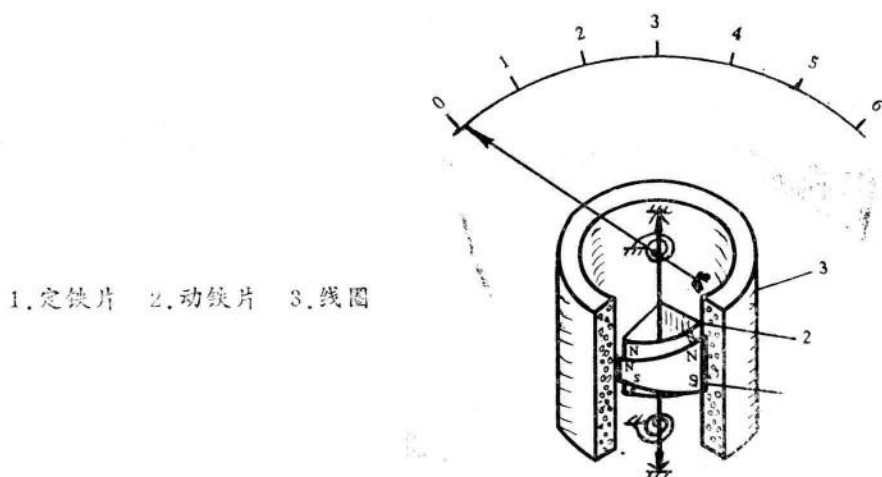


图 4—3—2 排斥式同轴型测量机构

图 4—3—2 所示为排斥式同轴型测量机构。图中 1 为一端宽、一端窄，并弯成弧形的固定铁片；2 为装在轴上的长方形动铁片。它的工作原理及其他机构和上述辐射型的相似。

图 4—3—3 所示为吸入式测量机构的示意图。当固定线圈 1 通过电流时，可动铁片 2 就被磁化，并对这铁片产生吸引力，将铁片吸入线圈内，从而使指针偏转。测量机构的反作用力矩仍由游丝产生。当电流方向改变时，由于线圈磁场的极性和铁片磁化的极性都与原来相反，但作用力的方向仍是吸引的，偏转方向不变，因而交直流均可测量。

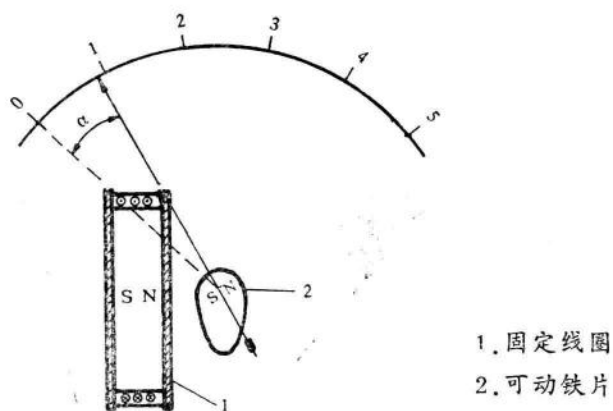


图 4—3—3 吸入式测量机构

可以证明，排斥式同轴型和吸入式测量机构的偏转角 α 是与其通入固定线圈的电流 I 的平方成正比的，即

$$\alpha = KI^2。$$

从上式可以看出，仪表的刻度是不均匀的。如果将排斥式同轴型的固定铁片（或吸入式的可动铁片）制成适当形状，则可使刻度接近线性。另外，排斥式辐射型测量机构具有较均匀的刻度。