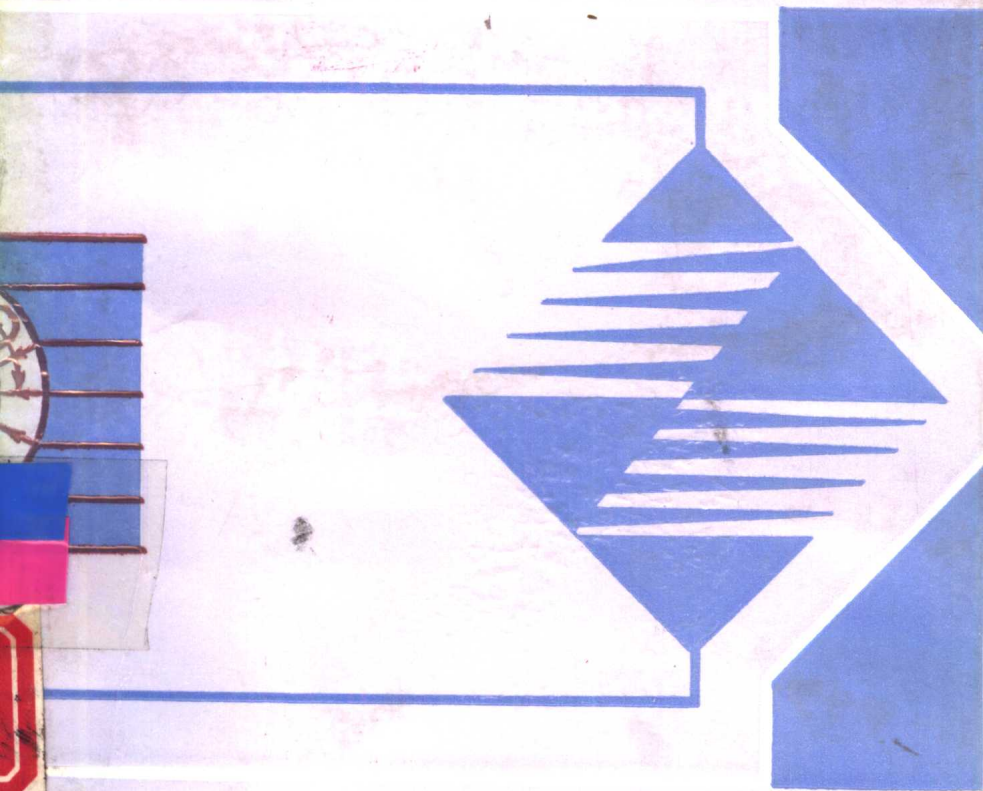


# 电学计量小经验

赵计宝 姚华立 编



中国计量出版社

# 电学计量小经验

赵计宝 姚华立 编

中国计量出版社

新登(京)字024号

## 内 容 提 要

本书由近年来在国内主要计量刊物上发表的有关电学计量小经验类的文章汇集而成,内容包括万用表、电能表、功率表、电压表、电位差计、电流表、互感器、电桥、欧姆表、电阻仪、电源等的正确使用、故障分析、检修经验、校验技术等。该书图文并茂,实用性强,对上述仪表的使用、检定、修理人员借鉴他人实践经验解决工作中遇到的问题有较大参考价值。

本书适合省、市、地、县计量部门及其它各行各业中的电学计量人员、仪器仪表维修人员使用。

## 电学计量小经验

赵计宝 姚华立 编

责任编辑 何伟仁

—

中国计量出版社出版  
北京和平里西街甲6号  
中国计量出版社印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行

开本 787×1092/32 印张 16.5 字数 292千字

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数 1—5 100

ISBN 7-5026-0501-0/TB·387

定价 7.50 元

## 编 者 的 话

《电学计量小经验》是从国内近年来主要计量刊物中摘编而成。主要针对使用面广的各类电学仪表，如万用表、电能表、功率表、电压表、电位差计、电流表、互感器、电桥、欧姆表、电阻仪、电源等的正确使用，检修技术、故障分析、校验技术等。目的在于把分散在各种计量刊物中的小经验汇集成册，便于广大的厂矿企业计量工作者，各省、市、地、县的计量检定、修理人员查找，提高工作效率，并为解决工作中的燃眉之急给予启迪。该书图文并茂，实用性强，有较好的针对性。

摘编过程中部分文章有删减，对原文中存在的技术错误、不规范术语做了修正，个别文章改动较大，由于时间关系没有及时同原作者商榷，深表歉意。此书编写过程中得到倪伟清、何绍沅等同志的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于水平有限，加之经验缺乏，错误之处在所难免，望读者批评指正。

编 者

1991. 5

DAG 46/08

# 目 录

## 第一部分 万用表的使用及检修

- 一、万用表的使用…………… ( 1 )
- 二、万用表与兆欧表的特殊应用…………… ( 13 )
- 三、万用表测量问题二则…………… ( 32 )
- 四、万用表准确测量电压的一种方法…………… ( 34 )
- 五、校验和使用万用表欧姆档的两个方便公式…………… ( 35 )
- 六、数字式万用表工作状态好坏的快速判断…………… ( 38 )
- 七、万用表的故障判断及处理…………… ( 40 )
- 八、万用表常见故障的分析及排除…………… ( 44 )
- 九、如何判断万用表的故障…………… ( 47 )
- 十、万用表特殊故障一例…………… ( 52 )
- 十一、DO 30 型三用表校验仪常见故障分析 …… ( 53 )
- 十二、万用表的修理…………… ( 54 )
- 十三、万用表动框的修理…………… ( 57 )
- 十四、万用表灵敏度的调整…………… ( 58 )
- 十五、高精度万用表表头的修理…………… ( 60 )
- 十六、用万用表改制的表头灵敏度测试器…………… ( 62 )
- 十七、巧修表头动圈…………… ( 63 )
- 十八、万用表表头动圈的代换…………… ( 64 )
- 十九、万用表欧姆档的改制…………… ( 66 )
- 二十、一种判断万用表“ $\Omega$ ”档的方法 …… ( 67 )
- 二十一、万用表维修小经验二则…………… ( 68 )
- 二十二、用低电压万用表测量高阻的方法…………… ( 69 )

## 第二部分 电能表的检验与调修

一、民用电能表的正确选择和使用	(71)
二、电能表的维修及有功电能表的校验	(72)
三、单相电能表的检定与调修	(78)
四、单相电能表校验与调修	(91)
五、单相电能表调整原理和方法	(99)
六、单相电能表的调整及注意事项	(103)
七、单相电能表现场检定方法	(108)
八、电能表现场检验接线法的改进	(113)
九、电能表及互感器的安装与错接线检查	(114)
十、单相有功电能表改制成无功电能表	(122)
十一、单相电能表常见故障的调修	(126)
十二、电能表的断相指示	(132)
十三、单相标准电能表校验台	(133)
十四、单相电能表校验台的检修	(138)
十五、校验电能表应注意的问题	(145)
十六、电能表校验台维修小经验	(148)
十七、三相电能表校验台电流回路接线方式的改进	(149)
十八、三相四线有功电能表的正确接线	(151)
十九、如何提高电能表的调试速度	(153)
二十、复费率电能表的检定	(157)
二十一、电能表光电采样线路的改进	(160)

## 第三部分 功率计量及仪表校验

一、大功率直流电量的计量	(162)
二、用电能表测定用电器的电功率	(165)
三、介绍一种灯泡功率的测定方法	(166)
四、用等温法校验 $\cos \varphi \geq 0.1$ 的功率表	(168)
五、YY 10 比较仪检流计无法调平衡的现象	(171)

六、提高瓦特表测量准确度的一种方法·····	(173)
七、变换器式三相功率因数表的检定方法·····	(176)
八、工频瓦特表的测量误差·····	(179)
九、普通功率表不能替代低功率因数功率表·····	(182)

#### 第四部分 电压表的校验与调修

一、如何选择数字式电压表检定指针式电压表·····	(184)
二、交流数字电压表的检验和正确使用·····	(186)
三、7075型数字电压表的修理·····	(190)
四、192型数字电压表输入电路故障分析·····	(195)
五、7081数字电压表自校准·····	(198)
六、PZ12a型数字电压表电源修理一例·····	(200)
七、数字电压表小电压示值的校验方法·····	(201)
八、毫伏表检定的简化计算·····	(204)
九、毫伏计维护的几个问题·····	(207)

#### 第五部分 电位差计故障分析与检修

一、电子电位差计的故障分析与检修·····	(210)
二、电子电位差计测量电路的故障分析·····	(217)
三、电子电位差计测量桥路的故障分析·····	(221)
四、自动电子电位差计测量桥路故障判断实例·····	(230)
五、电子电位差计故障的直观判断·····	(234)
六、电子电位差计的故障检查和判别方法·····	(242)
七、电子电位差计负向递增误差的原因及排除方法·····	(245)
八、电子电位差计抗干扰的新措施·····	(248)
九、电子电位差计中的L型滤波器为什么不能通用? ·····	(250)
十、用标准电阻法检定小步值的直流电位差计·····	(251)
十一、便携式直流电位差计内附检流计灵敏度的分析与 检定·····	(257)

十二、直流电位差计综合误差的正确判断	(261)
十三、电子电位差计维修用综合试验器	(264)
十四、电位差计使用小常识	(267)
十五、维修小经验	(268)

## 第六部分 电流表的校验与修理

一、校验纯交流电流表的方法	(271)
二、钳形电流表检定方法的改进	(272)
三、微安级电流表检定线路的改进	(274)
四、双动圈外附标尺检流计的修理	(276)

## 第七部分 互感器校验

一、HE8型电流互感器校验仪的改进	(280)
二、实现对0.5级电流互感器现场检定	(283)
三、如何测量交流电能表校验台中互感器	(285)
四、扩大HL55型电流互感器量限的方法	(286)

## 第八部分 电桥的使用、检定及修理

一、QJ 27型高阻电桥的使用	(288)
二、比较电桥的整体检定	(292)
三、比较电桥的改进	(295)
四、用比较电桥检定电桥比例臂电阻的一种简便方法	(303)
五、QJ 35变比电桥的检定	(306)
六、怎样提高工作用单电桥检定工作的速度	(311)
七、EQX <sub>2</sub> 型交流电子平衡电桥变压器故障应急修理	(312)
八、对QJ35型变压比电桥的改进	(313)
九、一次偶然故障	(314)

## 第九部分 欧姆表的使用与检定

一、提高欧姆表测量精度	(315)
-------------	-------



二、欧姆表的一种检定方法.....	(320)
三、欧姆表最佳测量条件的求解.....	(323)
四、兆欧表使用注意事项.....	(325)
五、使接地电阻表达到额定转速的一种方法.....	(326)

## 第十部分 电阻测量及电阻仪检定修理

一、关于电阻测量中的几个问题.....	(329)
二、小电阻精密测量中应注意的问题.....	(332)
三、高输出电阻的测量方法.....	(337)
四、并联小电阻的精密测量.....	(340)
五、并联电阻的误差分析.....	(343)
六、怎样确定修正电阻的精度.....	(346)
七、测定磁电式检流计内阻的简便方法.....	(348)
八、磁电式检流计内阻测定方法.....	(350)
九、磁电式仪表内阻的测定方法.....	(353)
十、《磁电式仪表内阻的测定方法》的改进.....	(355)
十一、再谈磁电式仪表内阻的测定方法.....	(357)
十二、绝缘电阻测试仪的检定.....	(358)
十三、谈 EC-8 型接地电阻测量仪的检修.....	(364)
十四、0.02级直流电阻箱的整体检定.....	(369)
十五、ZX-21 型电阻箱常见故障.....	(373)

## 第十一部分 电源使用与检修

一、调压变压器的正确使用.....	(375)
二、614 C 交流稳压器特殊故障检修一例.....	(376)
三、YJ5 型电压调整器的改进.....	(376)
四、直流稳流源的附加保护器.....	(378)
五、如何正确使用饱和标准电池.....	(379)
六、甲电池辅助电源的改进.....	(380)

## 第十二部分 其它电测量及检修

- 一、电测量中的几个问题…………… (382)
- 二、电子量仪修理中的外观检查法…………… (383)
- 三、如何清除磁钢上的铁屑…………… (384)
- 四、消除仪表上的静电感应…………… (385)
- 五、机械计数器常见故障的维修…………… (386)
- 六、注意动圈仪表机械零位的改变…………… (387)
- 七、动圈断路的通电修理法…………… (387)
- 八、可逆电动机的维护与测试…………… (388)
- 九、测量高内阻电源电压的简易方法…………… (390)
- 十、在三用表校验仪上校验钳形表…………… (391)
- 十一、对《在三用表校验仪上校验钳形表》一文所述方法的改进…………… (392)
- 十二、两表法检测三相相位表…………… (393)
- 十三、扩大YG-2型线圈测量仪测量范围…………… (397)
- 十四、检定电导率仪应注意的问题…………… (398)
- 十五、一种测量电场强度的简易方法…………… (399)

# 第一部分 万用表的使用及检修

## 一、万用表的使用

### (一) 直流电压的测量

测量直流电压，首先要合理选择量程，使最大可能相对误差尽量小。我们知道，测量电压时的最大可能相对误差

$$\gamma_u = \frac{\gamma_{m_u} U_m}{U} \times 100\% \quad (1)$$

式中， $\gamma_{m_u}$  为表示电压表准确度等级的数字； $U_m$  为所选用量程的满刻度值； $U$  为仪表示值。由式 (1) 可知  $U$  越接近  $U_m$ ，则  $\gamma_u$  越小。例如要测量 10 V 电压，若用准确度为 2.5 级的电表、用量程 10 V，则最大可能相对误差，根据式 (1) 可算得： $\gamma'_u = 2.5\%$ 。而若选用 1.0 级表的 100 V 档来测，则最大可能相对误差，同样可算得为： $\gamma''_u = 10\%$ 。可见，虽然后一种情况选用表的精度高，但因量程不合适，使测量的最大可能相对误差比较大。因此，选择量程时，应使表针尽可

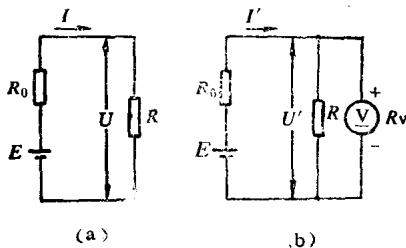


图 1-1

能指示在满刻度处。

测量直流电压，还要注意电表内阻造成的误差。如果要测量图 1-1 (a) 所示的电阻  $R$  两端的电压  $U$ 。接入电表前， $R$  两端的电压  $U$  为

$$U = E - IR_0 = E - \frac{E}{R_0 + R} R_0 \quad (2)$$

其中， $R_0$  为电源内阻或接在回路中的其它电阻。当接入电表后，设电压表内阻为  $R_V$ ，则  $R$  两端的电压将变为

$$U' = E - I'R_0 = E - \frac{E}{R_0 + \frac{RR_V}{R + R_V}} R_0 \quad (3)$$

即  $R$  两端电压的相对变化

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{U' - U}{U} = - \frac{1}{1 + \frac{R_V}{R} + \frac{R_V}{R_0}} \quad (4)$$

由式 (4) 可以看出：如果电源内阻和负载电阻  $R$  一定，则电表内阻  $R_V$  越大，电压相对变化越小。而若电表内阻一定，则负载电阻和电源内阻越大，相对变化越大。图 1-2 中画出了电表内阻不同的几条曲线。我们举个具体数字来说明。设图 1-1 中  $E = 15 \text{ V}$ ， $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$ ， $R = 20 \text{ k}\Omega$ 。

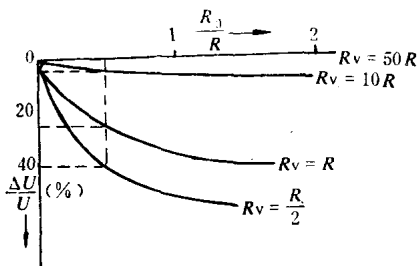


图 1-2

显然，测量前负载  $R$  两端的电压应该是  $10\text{V}$ 。下面分别用四种表测量，并将结果列于表 1-1 中。由表可见，计算值与实测结果基本一致。四种表中 MF-10 型电表内阻最大，

表 1-1

万用表型号	量程	内阻 ( $k\Omega$ )	R 两端电压 (V)		相对变化 $\frac{\Delta U}{U}$ (%)	
			计算值	实测值	计算值	实测值
MF-10	10 V	1 000	9.93	9.92	-0.7	-0.8
500	10 V	200	9.68	9.64	-3.2	-3.6
MF-16	10 V	20	7.50	7.50	-25	-25
MF-14	10 V	10	6.00	5.95	-40	-40.5

并联影响最小，所以测量误差最小。而 MF-14 型表尽管其直流精度较高，但因其内阻小，并联影响大，所以测量误差最大，即把  $10\text{V}$  的被测电压测成为  $6\text{V}$  左右，这并不是由于表本身不准确，而是因为接入电表后  $R$  两端的实际电压已经下降到  $6\text{V}$  了。因此，我们必须注意电表内阻对被测电路的影响。尽管我们可以通过提高一档量程，使电表内阻增大，但这样测量势必使表针偏转角变小，最大可能相对误差会增大。根本的办法还是选择内阻较大的电表。

当手头没有内阻较高的电表，不得不用低内阻电表测量时，可采用下述方法测量来减小内阻低对测量结果的影响。我们还以图 1-1 为例。用同一表的两个量程，先后对被测量进行两次测量。设两次读数分别为  $U'$  和  $U''$ ，两个量程的内阻分别为  $R'_V$  和  $R''_V$ ，则被测电压的准确值可用下式计算

$$U = \frac{U'U''(R''_V - R'_V)}{U'R''_V - U''R'_V} \quad (5)$$

我们仍选图 1-1 中的  $E = 15\text{ V}$ ,  $R_0 = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R = 20\text{ k}\Omega$ 。用 MF-14 型万用表 10 V 档和 25 V 档 (内阻分别为  $10\text{ k}\Omega$  和  $25\text{ k}\Omega$ ) 进行两次测量。读数分别为  $5.95\text{ V}$  和  $7.85\text{ V}$ 。代入式 (5) 算得  $U \approx 9.93\text{ V}$ 。可见这个结果与实际值  $10\text{ V}$  比较接近。当然由于两次测量中的一次, 因选择大的量程表针偏转较小, 其相对误差要大一些, 不过总比把实际是  $10\text{ V}$  的电压测成  $6\text{ V}$  要好得多。

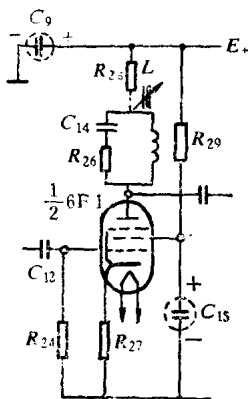


图 1-3

我们实际工作中遇到的被测对象不一定是上述这样的简单电路, 特别是电子电路, 有时很难估计将要产生怎样误差。但是, 我们也可以分别用两个不同量程试试, 如果两次读数 (不是表针的偏角) 相差较大, 则可以初步断定, 电表内阻对被测电路有影响。譬如, 我们对“DY-2型有效值电压表”的某一级放大器的如图 1-3 所示的电子管的板极、帘

栅和阴极电压, 分别用 MF-14 型万用表的不同量程进行两次测量, 并把根据两次读数由式 (5) 计算的结果与用高内阻的 MF-10 型万用表和输入电阻更高的 DF-1 型晶体管万用表测得的结果作以比较, 列于表 1-2 中。由表可以看出: MF-14 型表的读数与实际值相差较大, 而由式 (5) 经过计算的结果与实际却比较接近, 即误差得到了一定的“修正”。总之我们对这种内阻影响较大的情况, 必须充分注意并设法消除。特别是测量象电子管栅极这样的“高内阻”或“低能源”的被测对象时, 最好还是用输入阻抗较高的电子管或晶

表 1-2

所用电表	被测电压		板极电压 (V)		帘栅电压 (V)		阴极电压 (V)	
	100 V 档	57.5	100 V 档	59.5	2.5 V 档	1.37		
MF-14	250 V 档	75.0	250 V 档	78.5	10 V 档	1.65		
	用式(5)计算值	94.0	用式(6)计算值	98.0	用式(6)计算值	1.77		
	MF-10	100 V 档 250 V 档	95.0	100 V 档 250 V 档	100.0	2.5 V 档 10 V 档	1.78	
DF-1	250 V 档	95.0	250 V 档	99.5	2.5 V 档 10 V 档	1.80		

体管电压表。若用低内阻的万用表去测，不但测量误差大，有时会严重影响被测电路原来的工作状态。

### (二) 直流电流的测量

同测量电压一样，测量电流也必须使表针偏转尽可能接近满度，使由仪表的基本误差所引起的最大可能相对误差减小。

同时也必须注意，不要使电表接入后影响原电路中的电流。测量电流时，必须把电表串联到被测电路中，因而电表的内阻会影响原来的电流。如图 1-4 所示，测量前（未接表）回路的电流为

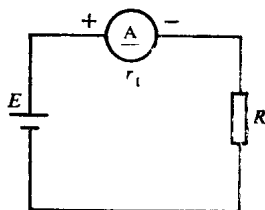


图 1-4

$$I = \frac{E}{R} \quad (6)$$

接入电表后，设其内阻为  $r_i$ ，这时回路电流为

$$I' = \frac{E}{R + r_I} \quad (7)$$

表 1 3

型号 \ 量程	10 $\mu$ A	50 $\mu$ A	100 $\mu$ A	1mA	10 mA	100 mA	500 mA	1 A
	500 型		3 k $\Omega$		750 $\Omega$	75 $\Omega$	7.5 $\Omega$	1.5 $\Omega$
MF-10 型	50 k $\Omega$	8.14 k $\Omega$	4.53 k $\Omega$	495 $\Omega$	50 $\Omega$	5 $\Omega$		0.5 $\Omega$

表 1-4

电表 \ 被测量	实际值	测 量 值		由式(10)计算值 I
		1 mA 档	10 mA 档	
500 型	1.5 mA	0.8 mA	1.4 mA	1.51 mA
MF-10 型		1.0 mA	1.4 mA	1.48 mA

接入电表引起回路电流的相对变化

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{I' - I}{I} = \frac{R}{R + r_I} - 1 \quad (8)$$

可见  $r_I$  相对于  $R$  越小, 测量的相对误差也越小。我们知道, 电流量程越大, 内阻越小, 因此提高量程可以减小内阻影响。但增大量程, 表针偏转角势必必要小, 使最大相对误差增大。所以减小这种误差的根本办法还是选用内阻小的电表。

若避免不了内阻的影响, 我们也可以用电流的不同两档来测量, 然后通过计算, 得到较准确的结果。若对图 1-4 的电路进行电流测量, 则回路电流准确值应为



$$I = \frac{I' I'' (r''_1 - r'_1)}{I'' r''_1 - I' r'_1} \quad (9)$$

式中： $I'$ 、 $I''$ 分别为两次读数； $r'_1$ 、 $r''_1$ 分别为该两档的内阻。不过一般万用电流档，不象电压档那样在表盘上标明内阻值。所以要通过简单计算或测试来求得各档内阻值。比如500型和MF-10型万用电表的电流各档内阻大致如表1-3所示，现在我们分别用500型和MF-10型万用电表的1mA和10mA档测量图1-4电路的回路电流。设图中 $E=1.5V$ 、 $R=1k\Omega$ 。将测量结果和由式(9)计算的数值均列于表1-4中。由表可见，量程越小，内阻越大，测量误差越大。但由式(9)依两次测量值计算的结果，却与实际值较接近。

以上都是测量最简单电路电流的情况。而实际遇到的往往是复杂电路或是电子电路等等。当接入电流表测量时，仪表内阻对电路的影响分析起来往往比较麻烦。但当用不同的两档测量，若发现两次读数相差较大，一般来说，就是仪表内阻的影响较大。比如我们要测量图1-5所示的晶体管共射放大器的发射极电流 $I_e$ 。我们知道，通常是不能把表直接串联到发射极中测量的。因为一般晶体管 $I_e \approx I_c \approx \beta I_b$ ，而 $I_b = E_b / [R_b + (1 + \beta) R_e]$ 。接入电表后，发射极等效电阻变为 $R_e + r_i$ 。由上式可知 $I_b$ 会减小， $I_e$ 或 $I_c$ 也将减小，亦即测量结果一定偏低。现在用MF-14型表的2.5mA和10mA档进行两次测量，读数分别为1.54mA和1.75mA，都与实际值(1.95mA)有较大的偏差。但若把两次读数代入式(9)

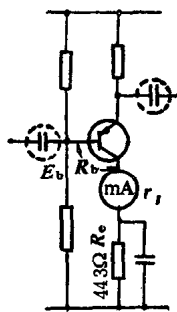


图 1-5