



# 电气实验

[日]緒方興助 等著

冶金工业出版社

# 电 气 实 验

[日] 緒方興助 等著

冯垛生 张振昭 陈孟璋 赵 均 编译

冶金工业出版社

## 内 容 提 要

《电气实验》系根据日本高等工业学校审定教材《電気実習》(1977年修订版),并结合译者的工作实践编译的。

本书中,首先简要地介绍了实验仪器、工具与设备的使用方法、实验接线方法以及实验报告的写法。然后,介绍了包括电工基础、电工量计、电机及拖动、电子学和自动控制等五个专业方面的63个实验。在介绍具体实验时,列出了使用的仪器与设备;简明地讲述了有关知识;具体地叙述了实验操作方法与实验结果的处理。此外,书中还附有习题。

本书可作为大专院校、电视大学、职工大学和中等专业技术学校的教学、实验参考书,亦可供有关专业的科研、工程技术人员使用与参考。

## 电 气 实 验

〔日〕緒方興助 等著

冯操生 张振昭 陈孟璋 赵 均 编译

\*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

850×1168 1/32 印张 12 5/8 字数 333 千字

1985年11月第一版 1985年11月第一次印刷

印数00,001~10,500册

统一书号:15062·4139 定价2.80元

## 译 者 的 话

本书是根据日本实教出版社1972~1977年间出版的《電気実習》一、二、三册编译而成的。该书是日本高等工业学校电气方面的实验教材。原书中共有123个实验,我们根据我国具体情况,选取其中的63个进行编译。在编译过程中,我们注意保留了该书的一些优点,如:实验项目涉及面比较广泛、内容的叙述生动活泼、形式新颖、图文并茂以及易于启发学生的独立思考等。为了便于读者阅读和使全书体例一致,对原书的层次进行了调整和统一;对某些段落采取意译。

本书所采用的仪器和元件均保留了原书中的型号,由于时间仓促,未能将相应的国产型号列举出来(有些仪器也不一定有对应的国内型号)。因此,读者在实际应用时要根据自己实验设备的情况,用适当的仪器和元件来代替。

本书可作为高等学校及中等专业学校有关专业的教学参考书;对从事电气设备安装、调试的技术人员亦有一定的参考价值。

在本书的编译过程中得到广东工学院刘景云副教授的热情指导和帮助,在此表示衷心感谢;谈照深和黄文燕同志为本书的出版作了不少具体工作,也在此一并致谢。由于我们的水平所限,书中错漏之处在所难免,请读者帮助和指正。

编译者

1983年5月于广州

# 实 验 须 知

## 一、思想准备

进行实验的目的，在于培养实验者使之具有科学工作者的那种运用科学方法来探索自然规律的精神。在实验中需要与有关人员一道进行工作，所以，协作精神很重要，各个环节的工作都应受到尊重。理解各种现象、原理、结构、特性等的实质以及掌握实验技术，是电工、电子实验的目的；通过进行实验来发扬上述协作精神也是很重要的。

在实验中必须注意下列各点；

(1) 明确实验目的，事前要对实验的原理和方法等进行充分的考虑。

(2) 互相关心、积极配合、集中精神并有效地利用学时。

(3) 认真观察、记录各种现象，倘有异常应立即停止实验。

(4) 实验中必须严格注意防止发生危险事故，同时还要正确使用仪器用具。实验结束时要认真仔细地做好整理、清理工作。

## 二、测量仪器、设备和工具的使用方法

实验用的仪表和工具各有特点，因而在实验中如果对这些注意不够就会造成损坏，以致不得不停下实验进行修理。因此必须注意下列各点：

(1) 要使用指定的仪表和电器。

实验者在初始阶段对实验用的仪表和电器的性能、规格、特性等大多不了解，所以要使用指定的仪器；否则不但得不到正确的测量结果，而且还会损坏仪器、设备。

(2) 根据实验目的，正确地选用仪器、设备。

要尽快掌握选择仪表、电器的有关知识与要领，根据实验目

的正确选用仪器设备。

(3) 正确、小心谨慎地使用仪器设备。

对电气仪表若不小心谨慎地使用容易发生损坏事故，而且不认真使用仪器设备，往往得不到正确的结果。

(4) 若发生仪器设备损坏事故，应立即报告指导教师，并作到边报告、边在可能的范围内进行修理。

### 三、接线方法

实验时常用连接线把仪表、被测器件和电器等连接起来进行测量，故应认真考虑下列各点：

(1) 仪器仪表的布置必须得当。这样，连接好以后的接线点的检查工作以及仪表指示值的读取就很容易，同时仪表的操作也会很方便。

(2) 接线要力求简单可靠。电源侧、负荷侧和辅助电路要分开接线。

(3) 特别要注意，进行高频测试时存在着感应干扰（静电的或电磁的），因此，在接线时要注意导线的长度和布置。

(4) 电路上要根据需要设置开关（尤其是在电源侧），而且在合上开关前必须仔细、认真地检查是否有接线错误。

(5) 实验结束后和需要改接电路时，必须先切断电源。

### 四、实验报告的写法

实验结束后，必须提出书面报告。对实验者来说，把体验、研究过的事写成报告的能力，就像人在生活中用语言表达的能力一样重要。报告的写法有各种各样。在书写实验报告时，要注意如下各点：

(1) 实验前应先准备好记录用纸和笔记本等，以便把实验中观察到的现象记录下来。此外，还需要将数据或有关资料记入表格中相应的栏目内，以及如实地记录必要的数字，并将之写入实验报告。

(2) 在发现测量点的数据有大的变化时，要一点一点地改变、详细作记录、多次测量，也可以对观测者和记录者等等。

尽可能多测出一些数据，加以研讨。

(3) 利用预制的图表用纸，记录整理的数据时，可参照本书中各项实验数据的安排方式。总之，要用易于看懂的形式表达出来。

(4) 体会、感想(感性认识)必须具体而带技术性地阐述出来，在其形成经验的同时，对之加以扩展和深化。

## 本书所用符号规定

表 1 指示电表的分类

种类(型式)	符 号	文字符号	电表举例	使用电路
动圈式		M	A, V, $\Omega$ $\phi$	直 流
动铁片式		S	A, V	交(直)流
流比计式		D	A, V, W	交直流
整流式		R	A, V, $\Omega$ , f	交 流
热电式		T	A	交直流高频
热线式		H	A	同 上
静电式		E	V	交直流
感应式		I	A, V, W	交 流
振动片式		V	f	交 流
动圈比率式		XM	$\Omega$ , f	直 流

注：表中 V——电压表； W——功率表；  $\Omega$ ——欧姆表；  
 $\phi$ ——磁通表； f——频率表； A——电流表

表 2 电 磁 单 位

物 理 量	量的符号	单 位	单位的符号	定义单位的公式
电 流	$I$	安培	A	基本量
电 压	$V$	伏特	V	$P = VI$
电 阻	$R$	欧姆	$\Omega$	$R = V/I$
电 荷	$Q$	库仑	C	$Q = It$
电容量	$C$	法拉第	F	$C = Q/V$
电场强度	$E$	伏/米	V/m	$E = V/l$
电通量	$D$	库仑/米 <sup>2</sup>	C/m <sup>2</sup>	$D = Q/A$
电导率	$\epsilon$	法拉第/米	F/m	$\epsilon = D/E$
磁场强度	$H$	安培/米	A/m	$H = I/l$
磁 通	$\Phi$	韦伯	Wb	$V = \Delta\Phi/\Delta t$
磁通密度	$B$	特斯拉	T	$B = \Phi/A$
自感(互感)	$L(M)$	亨利	H	$L(M) = \Phi/I$
导磁率	$\mu$	亨利/米	H/m	$\mu = B/H$

注：表中 P——功率，A——面积， $\Omega$ ——长度。

表 3 倍 数 的 符 号

符 号	大 小		符 号	大 小	
T		$10^{12}$	m		$10^{-3}$
G		$10^9$	$\mu$		$10^{-6}$
M		$10^6$	n		$10^{-9}$
k		$10^3$	p		$10^{-12}$



# 目 录

实验须知	V
本书所用符号规定	VI
第一篇 电工测量	1
实验 1 分压电路的研究	1
实验 2 灯泡和氖管的伏-安特性	6
实验 3 干电池的放电特性	11
实验 4 动圈式电压表内阻的测量	17
实验 5 动圈式电流表内阻的测量	23
实验 6 关于输出最大功率的条件的实验	28
实验 7 电位平衡关系的实验	33
实验 8 电阻温度系数的测定	37
实验 9 悬臂梁弯曲应力的测量	42
实验 10 用考劳西电桥测量电解液的电阻	48
实验 11 电容量的测定	53
实验 12 功率的测量和正弦交流电的性质	58
实验 13 超低频信号发生器的各种波形的观测	63
实验 14 用同步示波器观测各种波形	70
实验 15 $L, C$ 电路电抗-频率特性的测试	75
实验 16 $R-L-C$ 串联谐振电路特性的测试	81
实验 17 $R-L-C$ 并联谐振电路特性的测试	87
实验 18 $R-C$ 串联电路相量轨迹图的研究	93
实验 19 无源四端网络的研究	99
实验 20 用“爱普斯坦铁损试验器”测量铁损	104
实验 21 $RC$ 电路瞬变特性的测试	109
第二篇 电机和电气设备	115
实验 22 直流电动机的启动和速度控制	115

实验23	直流发电机特性的测试	122
实验24	单相变压器的变比和极性试验	133
实验25	单相变压器的特性试验	144
实验26	用负载反馈法做单相变压器的温升试验	153
实验27	利用圆图求取三相感应电动机的特性	159
实验28	用测功计作三相感应电动机的特性试验	168
实验29	三相同步发电机的特性试验	174
实验30	三相同步电动机的启动及相位特性	183
实验31	三相并激整流子电动机特性的研究	191
实验32	白炽灯泡的电压特性试验	202
实验33	过流继电器的特性试验	208
实验34	用模拟输电线作输电线路特性试验	213
实验35	用绝缘电阻表测量绝缘电阻	219
实验36	接地电阻的测量	225
实验37	程序控制试验	232
第三篇	电子学	239
实验38	射极跟随器特性的测试	239
实验39	稳压电源特性的测试	245
实验40	$RC$ 振荡电路特性的测试	251
实验41	$LC$ 振荡电路特性的测试	256
实验42	调幅和调幅波检波电路特性的测试	261
实验43	调频和调频波检波电路特性的测试	266
实验44	集成电路 (IC) 运算放大器特性的测试	271
实验45	无稳态多谐振荡器特性的测试	276
实验46	整形电路的研究	280
实验47	微分电路和积分电路的研究	286
实验48	直流放大电路特性的测试	292
实验49	双稳态触发电路特性的测试	297
第四篇	电子测量、自动控制、电子计算机	302
实验50	用直读式阻抗测量仪测量线路的特性阻抗	302

实验51	用差动电桥测量电路元件的阻抗·····	307
实验52	微波的测量·····	312
实验53	电场强度的测量·····	317
实验54	用计数器测量振荡频率·····	322
实验55	微音器和扬声器的特性试验·····	328
实验56	用波形分析器分析非正弦波电压的谐波·····	334
实验57	低频放大器失真度的测量·····	339
实验58	电子自动记录调节器的比例带、积分时间和 微分时间的测量·····	344
实验59	控制系统响应特性的测试·····	357
实验60	电子调节器“最佳控制”的调整·····	367
实验61	用电子模拟计算机计算摆的周期·····	377
实验62	逻辑电路(1)·····	383
实验63	逻辑电路(2)·····	388

# 第一篇 电 工 测 量

## 实验 1 分压电路的研究

### 一、目的

通过用标准可变电阻箱构成分压电路，观察电阻的变化与分压比变化的关系，从而加深对分压电路的理解。

### 二、使用的仪器与设备

- (1) 直流稳压电源：1台；
- (2) 6级分度盘标准可变电阻箱：2台；
- (3) 直流电压表（0.5级）：2只；
- (4) 直流电流表（0.5级）：1只。

### 三、有关知识

#### 1. 串联电路上的分压

图1-1所示的电路中，总电阻 $R = R_1 + R_2$ ，因此，流入电路的电流为 $I$ ，可用 $I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1 + R_2}$ 来表示。 $R_1$ 两端的电压 $V_1$ 和 $R_2$ 两端的电压 $V_2$ ，分别表示如下：

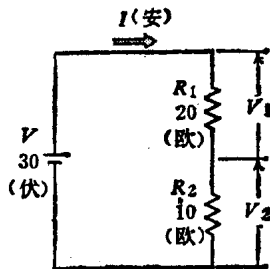


图 1-1 分压电路

$$V_1 = R_1 I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V, \quad V_2 = R_2 I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

图1-2a所示的电路叫做分压电路。由分压比 $\frac{V_2}{V_1}$ 可知，所加的电压为取出电压的倍数。例如，图1-2a的分压比是1/2；图1-2b的电阻 $R_2$ 是可变电阻。可根据电阻 $R_2$ 的变化（ $R_2' \sim R_2''$ ），

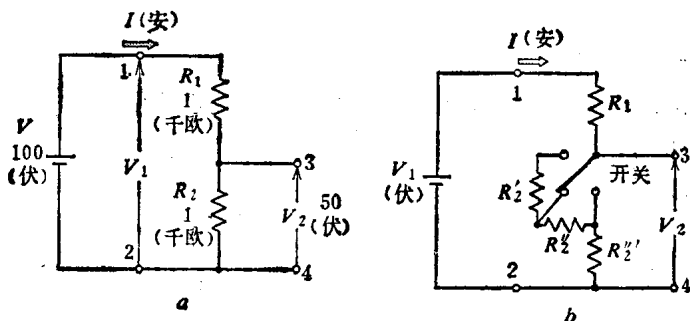


图 1-2 分压回路和可变电阻

a—分压电路，b—可变电阻

相应取出各种不同值的电压。

问题 1 图1-2b的 $V_2$ 是多少？此时的分压比是多少？（均写出表达式）

## 2. 标准可变电阻箱

温度和其它条件有了变化，但电阻值能始终保持恒定不变的电阻，叫做标准电阻；电阻值能根据需要而改变的电阻箱，叫做标准可变电阻箱。

图1-3a是标准可变电阻箱。它有6个分度盘，从0~111111欧可调，可调电阻的最小级为0.1欧。

图1-3a表示根据分度盘的不同比率，来选取接线柱1、2之间的电阻值。图示状态的电阻值为：

$$7 \times 100 + 6 \times 10 + 0 \times 1 = 760 (\text{欧})$$

此外，图1-3b表示电阻箱内部的接线情况，叫做内部接线图。

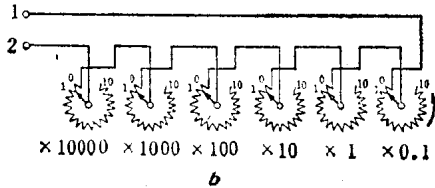
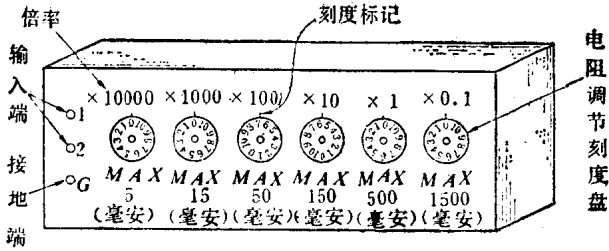


图 1-3 标准可变电阻

a—外观图；b—内部接线图

问题 2 如图1-3a所示的电阻箱，能得到的最大电流是多少？

#### 四、操作方法

(1) 按图1-4接线（电压级选用100伏的接线柱）。

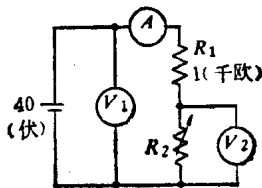


图 1-4 测量电路

(2) 假设 $R_1$ 的电阻是1千欧； $R_2$ 是0。

注意：选用标准可变电阻时，除阻值外还要考虑其容许电流值。由图1-3a可见，各刻度盘除标有电阻值外，还标有电流值。此电流值即为该刻度盘的“标准可变电阻的容许电流”。例如，

在“×1000”档通过15毫安、在“×100”档通过50毫安的电流，都是可以安全地工作的。因此，在当作1000欧电阻使用时，既可考虑选用1×1000也可选用10×100档，但当电流大时，以采用后者更为适宜。这样，在本实验中采用图1-3所示的电阻箱，故1000欧电阻既可选用1×1000欧，亦可选用10×100欧。但是，由于 $R_2 = 0$ 时， $I = 40$ 毫安，所以要选用10×100档。

(3) 闭合电源开关，调节直流电压使 $V_1$ 固定为40伏。

(4) 改变 $R_2$ 的阻值，并记下相应的 $V_2$ 读数。

注：随着 $R_2$ 的变化， $V_1$ 也有变化，故须注意随时使 $V_1$ 保持为40伏。

### 五、结果的处理

(1) 按表1-1格式，整理测量结果。

(2) 计算出在各电阻值下的分压比，并将结果列于表中。

表 1-1 分压电压的测量结果<sup>①</sup>

$R_2$ (欧)	0	100	200	300	400	600	800	1000	2000	3000	4000	6000	8000	10000	20000
$V_2$ 读数 (伏)	0	4	7.2	9.9	12.1	15.7	18.3	20.6	27.1	30.3	32.2	34.3	35.5	36.1	37.7
分压 比	0	0.1	0.18	0.25	0.3	0.39	0.46	0.52	0.68	0.76	0.81	0.86	0.88	0.90	0.94

①测量条件： $V_1 = 40$ 伏； $R_1 = 1000$ 欧。

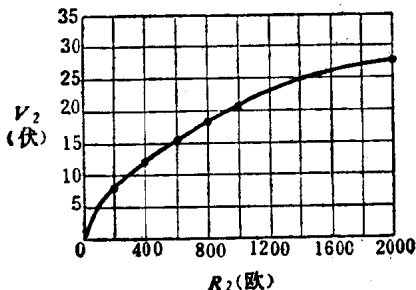


图 1-5  $R_2 - V_2$  特性曲线

(3) 根据第(1)项所整理的测量结果, 绘出如图 1-5 所示的  $R_2-V_2$  特性曲线。

### 六、思考题

(1) 随着  $R_2$  的变化, 分压比是如何变化的?

(2) 算出当  $R_2$  分别为 100 欧、1000 欧、4000 欧时的各分压比, 并比较测量结果。

(3) 既然电流表的读数对分压比的测量结果并不必要, 那么, 在图 1-4 所示的电路中, 为什么一定要接入电流表?



## 实验 2 灯泡和氖管的伏-安特性

### 一、目的

了解灯泡和氖管的构造，分别测量并研究其伏安特性。

### 二、使用的仪器与设备

- (1) 直流稳压电源 1 台；
- (2) 直流电压表 (150 伏): 1 只；
- (3) 直流电流表 (300 毫安): 1 只；
- (4) 灯泡: 1 只；
- (5) 氖管: 1 只。

### 三、有关知识

#### 1. 电灯泡的构造与特性

图2-1是白炽灯泡，玻璃泡中的真空度为 $10^{-6}$  (毫米汞柱)，

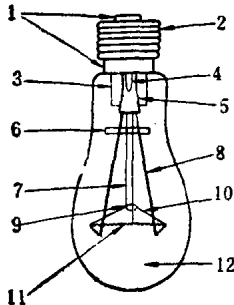


图 2-1 灯泡的构造

- 1—焊锡，2—灯头，3—外部导入线，4—排气管，5—封口，6—云母片，7—支撑玻璃柱，8—内部导入线，9—小珠，10—支撑线；  
11—灯丝；12—气体

里面装有钨丝。电流通过钨丝而生热，使灯泡发光。在灯泡点亮的短暂时间内（在发热量等于散热量之前），由于钨丝温度不断上升，所以电压与电流之比不是恒定的。灯丝所用金属的电阻之