

现代职业教育机电类规划教材

电工技术应用基础

主 编 叶水春

副主编 肖红梅 邓云霄



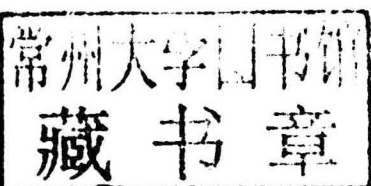
江西高校出版社

现代职业教育机电类规划教材

电工技术应用基础

主 编 叶水春

副主编 肖红梅 邓云霄



江西高校出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工技术应用基础/叶水春主编. —南昌:江西高校出版社, 2013.8

ISBN 978—7—5493—2058—5

I. ①电... II. ①叶... III. ①电工技术—高等学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013) 第 197585 号

出版发行	江西高校出版社
社 址	江西省南昌市洪都北大道 96 号
邮 政 编 码	330046
总编室电话	(0791)88504319
销 售 电 话	(0791)88530099
网 址	www.juacp.com
印 刷	南昌市光华印刷有限责任公司
照 排	江西太元科技有限公司照排部
经 销	各地新华书店
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	11
字 数	260 千字
版 次	2014 年 7 月第 1 版第 2 次印刷
印 数	2001~4000 册
书 号	ISBN 978—7—5493—2058—5
定 价	20.00 元

赣版权登字—07—2013—444

版权所有 侵权必究

《电工技术应用基础》编委会

主任委员:叶水春

副主任委员:徐也可 刘 曼

成 员:肖红梅 邓云霄 谢利华 蔡 斌

张晓梅 殷 欢 戴花林 唐燕影

内 容 提 要

本书根据现代职业教育教学改革成果,按项目导向、任务驱动的教学模式编写。全书共分6大项目,15个基本任务。包括直流电路、单相交流电路、三相交流电路、电路的动态过程、电磁电路的性能与测试、安全用电技术等。

本书可作为各级各类职业院校电气、电子或自动化等专业的教学用书,也可作为其它培训机构用书,还可作为有关工程技术人员的参考用书。

前言

电工技术是电类各专业的的重要技术基础之一,其知识点是学习后续课程的基础,必须理解、掌握其基本技能在实际工作应用广泛。如何将知识点与基本技能有效结合起来并传授给学生,则“项目导向”、“任务驱动”是职业教育实施教学内容的有效手段。教材作为体现教学内容、方法、手段的主要载体,体现了现代职业教育教学特点,突出了“以能力培养为中心”的教学理念,以期有利于提高学生的实践操作能力和分析、解决实际问题的能力。

本教材按“学中做”、“做中学”的形式安排教学内容,以利于“理论指导实践”、通过实践加深对理论知识的理解与掌握。各项目教学中,安排了若干个任务;各任务中的“相关知识”围绕“任务实施”展开,以“够用”为度;“知识拓展”对技术理论作了适当的广度、深度上的分析与应用。

全书共分六个项目 15 个任务,项目一为直流电路的安装与调试(含常见电量的测量、常见电路元件的测试、直流电路的安装与调试 3 个任务),项目二为单相交流电路的安装与调试(含照明电路的安装、提高功率因数、谐振电路的测试 3 个任务),项目三为三相交流电路的安装与调试(含安装星形连接的三相负载、安装三角形连接的三相负载、低压配电板的安装 3 个任务),项目四为观测电路的动态过程(含观测电容电路的动态过程、观测电感电路的动态过程 2 个任务),项目五为电磁电路的性能与测试(含同名端的判别、电磁铁的性能测试 2 个任务),项目六为安全用电的技术实施(含漏电保护器的安装、接地电阻的测量 2 个任务)。

参加本书编写的有叶水春(项目一中的任务 1、2,项目五中的任务 2,项目六中的任务 1、2)、肖红梅(项目一中的任务 3,项目五中的任务 1、2)、邓云霄(项目二中的任务 1、2、3,项目三中的任务 1、2、3,项目四中的任务 1、2)。全书由叶水春统稿和审定。

建议本课程的考核以“技术理论+实践操作”的方式进行。本书的参考学时为 90 学时,各项目、任务的参考学时参见下表。

项目	任 务	学时分配	
		课堂讲授	实践操作
项目一	任务 1 常见电量的测量	2	2
	任务 2 常见电路元件的测试	4	4
	任务 3 直流电路的安装与调试	4	2

项目二	任务 1 照明电路的安装	4	6
	任务 2 提高功率因数	2	2
	任务 3 谐振电路的测试	4	2
项目三	任务 1 安装星形连接的三相负载	4	2
	任务 2 安装三角形连接的三相负载	2	2
	任务 3 低压配电板的安装	2	6
项目四	任务 1 观测电容电路的动态过程	4	1
	任务 2 观测电感电路的动态过程	2	1
项目五	任务 1 同名端的判别	4	2
	任务 2 电磁铁的性能测试	6	4
项目六	任务 1 漏电保护器的安装	2	2
	任务 2 接地电阻的测量	2	4
课时总计		48	42

由于编写时间仓促,加之编者水平有限、经验不足,书中定有不妥、不对之处,敬请广大读者批评指正。

编委会
2013 年 8 月

目 录

项目一 直流电路的安装与调试	1
任务一 常见电量的测量	1
一、任务分析	1
二、相关知识	1
三、任务实施	5
四、知识拓展	7
五、思考与练习	8
任务二 常见电路元件的测试	9
一、任务分析	9
二、相关知识	10
三、任务实施	13
四、知识拓展	19
五、思考与练习	21
任务三 直流电路的安装与调试	21
一、任务分析	21
二、相关知识	22
三、任务实施	30
四、知识拓展	32
五、思考与练习	37
项目二 单相交流电路的安装与调试	41
任务一 照明电路的安装	41
一、任务分析	41
二、相关知识	41
三、任务实施	51
四、知识拓展	52
五、思考与练习	57
任务二 提高功率因数	59
一、任务分析	59
二、相关知识	59
三、任务实施	61

四、知识拓展·····	62
五、思考与练习·····	63
任务三 谐振电路的测试·····	64
一、任务分析·····	64
二、相关知识·····	64
三、任务实施·····	70
四、知识拓展·····	71
五、思考与练习·····	74
项目三 三相交流电路的安装与调试·····	76
任务一 安装星形连接的三相负载·····	76
一、任务分析·····	76
二、相关知识·····	76
三、任务实施·····	79
四、知识拓展·····	80
五、思考与练习·····	84
任务二 安装三角形连接的三相负载·····	85
一、任务分析·····	85
二、相关知识·····	85
三、任务实施·····	86
四、知识拓展·····	87
五、思考与练习·····	89
任务三 低压配电板的安装·····	90
一、任务分析·····	90
二、相关知识·····	91
三、任务实施·····	91
四、知识拓展·····	93
五、思考与练习·····	94
项目四 观测电路的动态过程·····	95
任务一 观测电容电路的动态过程·····	95
一、任务分析·····	95
二、相关知识·····	95
三、任务实施·····	96
四、知识拓展·····	98
五、思考与练习·····	102
任务二 观测电感电路的动态过程·····	104

一、任务分析	104
二、相关知识	105
三、任务实施	105
四、知识拓展	106
五、思考与练习	110
项目五 电磁电路的性能与测试	112
任务一 同名端的判别	112
一、任务分析	112
二、相关知识	112
三、任务实施	119
四、知识拓展	120
五、思考与练习	121
任务二 电磁铁的性能测试	124
一、任务分析	124
二、相关知识	124
三、任务实施	131
四、知识拓展	133
五、思考与练习	135
项目六 安全用电的技术实施	136
任务一 漏电保护器的安装	136
一、任务分析	136
二、相关知识	136
三、任务实施	143
四、知识拓展	143
五、思考与练习	150
任务二 接地电阻的测量	151
一、任务分析	151
二、相关知识	151
三、任务实施	156
四、知识拓展	157
五、思考与练习	159
参考文献	163

项目一 直流电路的安装与调试

任务一 常见电量的测量

一、任务分析

常见电量包括电流、电压、电功(电能)、电功率等。电量的测量是了解电路工作状态的主要手段,是对电路进行分析、控制、保护的基础。电量的测量主要借助各种仪器或仪表。在对电量进行测量前,必须理解其物理意义。

二、相关知识

1. 电路

(1) 电路及其作用

电路,即是电流所经过的路径,是各种电气设备按一定方式联接起来的整体。电路的作用不外乎两个方面:一是进行能量的转换、传输和分配(如电力系统等“强电”电路),二是对电信号的处理和传递(如扩音机等“弱电”电路)。

(2) 电路组成

电路一般由电源、负载、开关和导线等部分组成。电源的作用在于将其它形式的能转换为电能;负载即是用电设备,其作用在于将电能转换为其它形式的能量;开关的作用在于控制电路的通断;导线的作用在于传导电流、输送电能。此外,有的电路还包括保护、调节、指示等部分。

转为复杂的电路也称之为电网络,简称网络。

(3) 电路的工作状态

电路有三种工作状态,即通路、断路和短路。通路一般指电路的正常工作状态;断路(也称开路)是指电路中某处断开无电流流通的工作状态;短路是指电路中某部分被导线直接连通的工作状态。

短路时,电流不再经过被短路的部分,而是经导线直接流通。因而,短路时电路中的电流很大,尤其是当电源被短路时。一般情况下,不允许电路发生短路!

(4) 电路模型

实际生产、生活中的电路种类繁多,形式、结构也各不相同,但为方便起见,常常将实际电

路中的元器件进行“理想化”。“理想化”后的元器件称之为理想电路元件,由理想电路元件组成的电路称之为理想电路模型,简称为电路模型。对电路模型的分析结果与实际电路是非常近似的,完全可以满足工程要求。

需要注意的是:实际电路中的同一元器件会因为工作条件及对电路模型精确度的要求不同而具有不同的电路模型。如图 1-1 中,(a)所示为线圈,在直流工作状态下其电路模型可等效为一个电阻,如图(b)所示;在低频工作状态下,可等效为 $R-L$ 的串联组合,如图(c)所示;在高频工作状态下,则必须考虑线间电容的影响,其等效电路如图(d)所示。

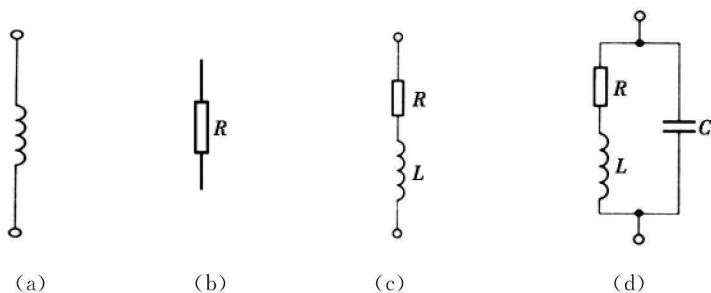


图 1-1 线圈的电路模型

(5) 电路图

为方便电路的分析、计算,理想电路元件必须使用统一的、规定的符号;由这些符号组成的并按相关规则绘制的图形称之为电路图。同一电路根据需要,可绘制成不同形式的电路图,如方框图、原理图、印刷电路图、安装接线图等。图 1-2、图 1-3 分别表示不同形式的电路图。

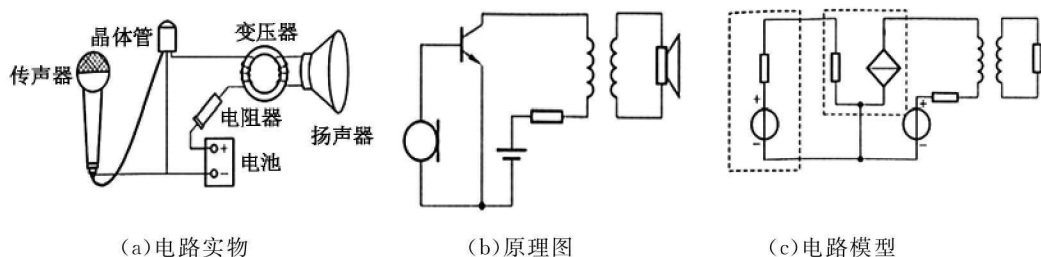


图 1-2 扩音机电路

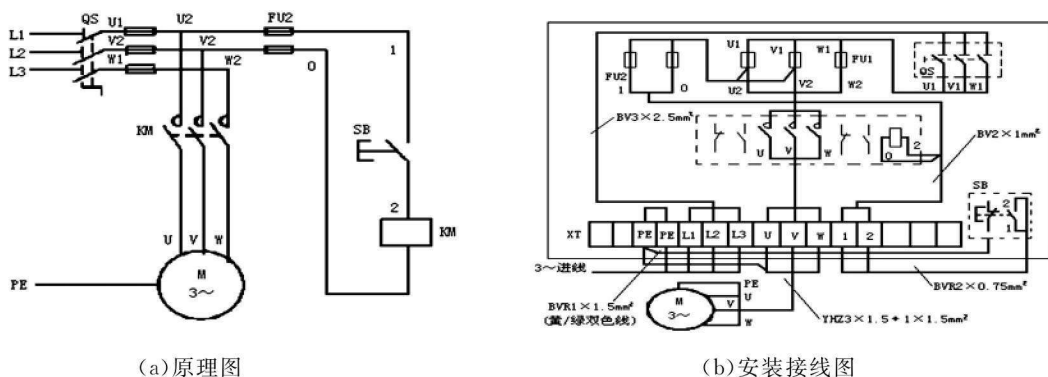


图 1-3 电动机控制线路

2. 电流

(1) 电流的形成

带电粒子(电子、离子等)有规则的运动形成了电流。金属导体中带负电的自由电子、电解液中的正(或负)离子、半导体中的自由电子和空穴在各种力(如电场力、化学作用力等)的作用下的定向移动,都形成了电流。

(2) 电流的大小

电流的大小以电流强度表示,其定义为:单位时间内通过导体截面积的电荷量。电流强度常简称为电流,并用 i (或 I) 表示,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

在国际单位制(SI)中,电流的基本单位为安培,简称为安,以 A 表示。电流的单位除安培外,还有千安(KA)、毫安(mA)、微安(μ A)等,其换算关系是

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

(3) 电流的方向与种类

习惯上,规定正电荷的移动方向为电流的正方向。在分析电路时,往往不能事先确定电流的实际方向,且电流的实际方向有时也会随时间不断变化。为方便起见,须假定一个参考方向,并标注在电路图中。经求解后,若所求结果为正,说明实际电流方向与所假设的参考方向相同;反之,则相反。

当电流的大小和方向都不随时间变化时,即 $\frac{dq}{dt}$ 为定值,此种电流称之为恒稳电流,简称直流(DC),并用符号 I 表示,式(1-1)可写成

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

当电流的大小和方向随时间作周期性变化时,此种电流称之为交变电流,简称交流(AC),以符号 i 表示。

图 1-4 所示为常见的电流波形。

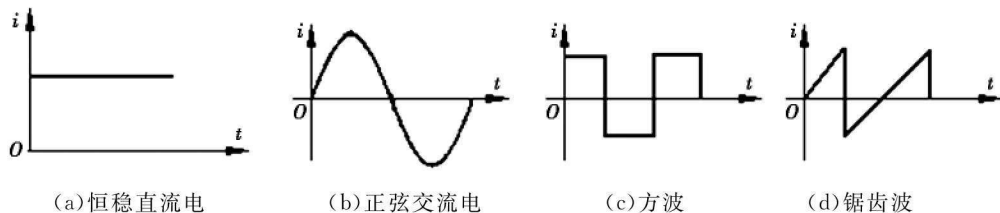


图 1-4 电流的波形

3. 电压与电位

(1) 电压

电压是形成电流的必要条件,以 U 或 u 表示。电压总是指两点间而言,因而一般加双下标以明确该两点,且双下标中前一个下标代表起点,后一个下标代表终点,即有

$$u_{ab} = -u_{ba} \quad (1-3)$$

在国际单位制中,电压的基本单位是伏特,简称伏,以 V 表示。除伏特外,电压的单位还有千伏(KV)、毫伏(mV)等。

两点间的电压不但有高低,还有方向,也称极性。习惯上,规定电压的正方向为正(+)极指向负(-)极。与电流相类似,既有直流电压也有交流电压。

分析电路时,通常假定电压与电流具有相同的参考方向,称之为关联参考方向,如图 1-5(a)所示。在电压与电流的关联参考方向下,两者只须标明其中之一的方向即可。

当所求电压为正值时,说明实际方向与所假设的参考方向相同;反之,则相反。

(2) 电位

取电路中某一点为参考点,则 a 点到参考点的电压称之为 a 点的电位,以符号 v_a (或 V_a) 表示。可见,电位仍然是电压,只不过此时电压两点中的一点是参考点罢了。

参考点本身的电位为零,并以符号“ $\perp$ ”表示。

实际中,常将电路的公共点、设备的金属外壳、大地等作为电位的参考点。

两点间的电压等于该两点间的电位之差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

例 1-1 如图 1-6 所示,已知 $U_1 = 20\text{V}$, $U_2 = 25\text{V}$, $U_3 = 30\text{V}$, $U_4 = 15\text{V}$ 。求 V_a 、 V_b 及 U_{ab} 。

解: a 、 b 两点的电位分别为

$$V_a = U_2 = 25\text{V}$$

$$V_b = U_4 = 15\text{V}$$

a 、 b 两点间的电压为

$$U_{ab} = V_a - V_b = 25 - 15 = 10(\text{V})$$

4. 电功率与电能

(1) 电功率

用电设备的“大小”以电功率表示,也称之为电气设备的容量。电流在单位时间内所做的功称之为电功率,简称功率,以符号 p (或 P) 表示

$$p = \frac{d\omega}{dt} = ui \quad (1-5)$$

在国际单位制中,功率的基本单位为瓦特,简称瓦,以 W 表示。除瓦特外,功率的单位还有千瓦(KW)、兆瓦(MW)、毫瓦(mW)等。

直流电路中

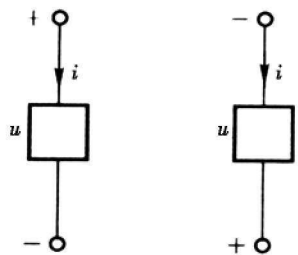
$$P = UI \quad (1-6)$$

电路中的元件,可能吸收电功率,将电能转换为其它形式的能量;也可能发出电功率,将其它形式的能转换为电能。在元件两端电压、电流关联参考方向下,当 $P > 0$ 时,该元件吸收电功率;反之,当 $P < 0$ 时,发出电功率。

(2) 电能

发电、输电的目的是为了用电,使电流做功。电流所做的功称之为电功。电流做功,实质是将电能转换为其它形式的能。因而,电流所做的功与其所消耗的电能是相同的。

电能以符号 $W(\omega)$ 表示,其大小为



(a) 关联 (b) 非关联

图 1-5 电压与电流的关联参考方向

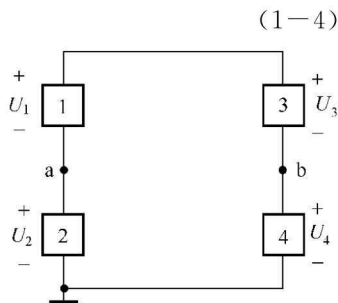


图 1-6 例 1-1

$$W = Pt = UI t \quad (1-7)$$

当 P 、 t 、 U 、 I 为基本单位时,电能的单位为焦耳(J);当 P 的单位为千瓦(KW)、 t 的单位为小时(h)时, W 的单位为“度”(KW·h),也称千瓦时。

例 1-2 1 度电可供 25W 的灯泡使用多少小时? 一台 7.5KW 的电动机工作 8 小时耗电多少?

解: 1 度电可供 25W 的灯泡使用的时间为

$$t = W/P = 1/25 \times 10^{-3} = 40(\text{h})$$

一台 7.5KW 的电动机工作 8 小时所消耗的电能为

$$W = Pt = 7.5 \times 8 = 60(\text{KW} \cdot \text{h})$$

例 1-3 如图 1-7 所示, $I = 3\text{A}$, 元件 1、2、3 上电压分别为 $U_1 = 12\text{V}$, $U_2 = -3\text{V}$, $U_3 = 9\text{V}$, 试求:

(1) 各元件吸收(或发出)的功率;

(2) 整个电路吸收的功率。

解: (1) 元件 1、2 上电压、电流的参考方向相同, 为关联参考方向, 其功率分别为:

$$P_1 = U_1 I_1 = 12 \times 3 = 36\text{W} \quad (\text{吸收})$$

$$P_2 = U_2 I_2 = (-3) \times 3 = -9\text{W} \quad (\text{发出})$$

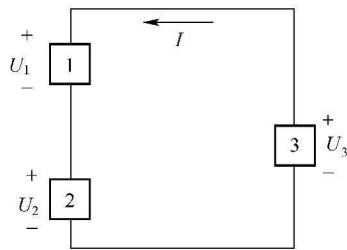


图 1-7 例 1-3

元件 3 上电压、电流的参考方向相反, 为非关联参考方向, 其功率为

$$P_3 = -U_3 I_3 = -9 \times 3 = -27\text{W} \quad (\text{发出})$$

(2) 整个电路吸收的功率为

$$P = \sum P_i = P_1 + P_2 + P_3 = 24 + (-6) + (-18) = 0$$

可见, 电路中各元件间的功率满足平衡关系。

三、任务实施

1. 电压与电流的测量

(1) 测试名称: 电路中电压、电流的测量。

(2) 任务内容: 使用电压表、电流表、万用表测量电路中的电压、电流。

(3) 任务要求: 正确使用电压表、电流表、万用表; 根据给定电路, 正确接线, 使电路正常运行; 正确测试电压、电流等相关数据; 撰写测试报告。

(4) 测试电路: 如图 1-8 所示(电路参数由指导老师给定)。

(5) 测试程序:

① 选择电路元件并按测试电路正确连接。

② 检查电路正确后, 合上电源开关, 进行测试。

改变 R_{b1} 大小, 分别测量各电压值和电流值, 将测量数据记入表 1-1 中。

表 1-1 电压、电流的测量结果

测量项目	U_{AB}	U_{BE}	V_A	V_C	U_{BC}	A_1	A_2	A_3	A_4
R_{b1} (一)									
R_{b1} (二)									
R_{b1} (三)									

③根据测量结果进行分析:电流表 A_1 、 A_2 、 A_3 间的关系如何? 电源电压 E_s 与电压 U_{RC} 、 U_{CE} 、 U_{RE} 间的关系如何?

对于电流较大、不便装接电流表或不能影响被测电路正常工作的场合,使用钳形电流表较为方便。图 1-9 所示为钳形电流表的原理图。

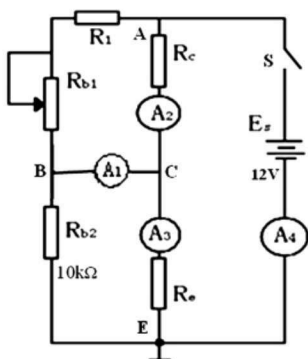


图 1-8 电量的测量

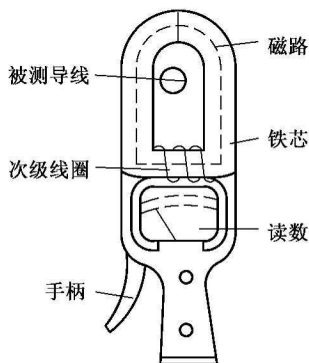


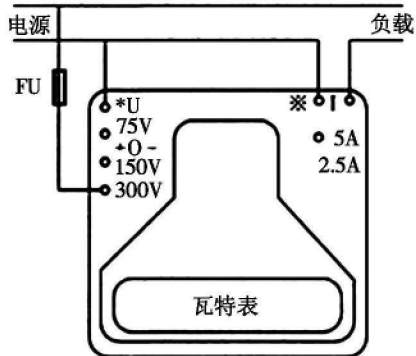
图 1-9 钳形电流表原理图

2. 功率的测量

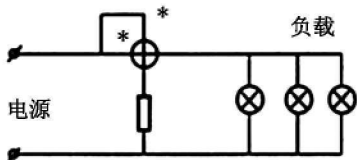
功率的测量使用功率表(又称瓦特表)。相对于电压表、电流表,功率表必须反映电流、电压两个物理量(交流电路中还必须考虑功率因数大小)。

(1)选择:功率表的选择主要是指量程的选择,即正确选择功率表的电流量程和电压量程。其原则是:电流量程能允许通过负载电流,电压量程能承受负载电压。

(2)接线方法:功率的测量必须反映电压、电流两个物理量,因而在表内分别设有电压线圈和电流线圈。这两个线圈在表的板面上各有两组接线柱,且其中均有一端标有“*”符号,如图 1-10 所示。



(a) 功率表的结构



(b) 功率表的连线图

图 1-10 功率表

功率表接线必须把握的两条原则是:电压线圈与被测电路并联,电流线圈与被测电路串联(切不可与负载并联!);带有“*”标号的电压、电流接线柱必须同为进线。

接线时,应合理选择电压、电流的量程,并正确读取数据:所选择的电压、电流的量程的乘积为功率表的满偏数值。

四、知识拓展

1.功率表的接线有两种方式可供选择:电压线圈前接方式和电压线圈后接方式,如图 1—11 所示。当负载电阻较大(电流较小)时,应选用电压线圈前接方式;当负载电阻较小(电流较大)时,应选用电压线圈后接方式。

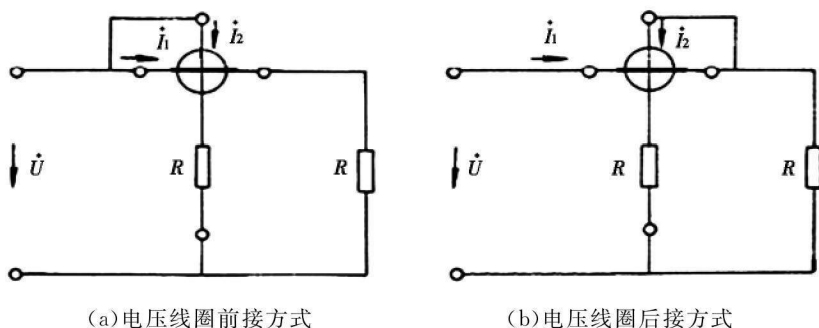


图 1—11 功率表的两种接线方式

2.在图 1—9 中,如何使用功率表测量电源 E_S 的功率? 画出其接线图。

3.作为便携式测量工具,万用表是最常见的电工测量仪表,图 1—12、图 1—13 分别为指针式、数字式万用表的外形。

(1) 指针式万用表

①使用前的检查与调整:外观应完好无被损,当轻轻摇晃时,指针应摆动自如;旋动转换开关,应切换灵活无卡阻,挡位应准确;水平放置万用表,转动表盘指针下面的机械调零螺丝,使指针对准标度尺左边的 O 位线;测量电阻前应进行电调零(每换挡一次,都应重新进行电调零);检查表笔插接是否正确(黑表笔应接“—”极或“*”插孔,红表笔应接“+”);检查测量机构是否有效,即应用欧姆挡,短时碰触两表笔,指针应偏转灵敏。

②测量半导体器件时,不应选用 $R \times 1$ 挡和 $R \times 10K$ 挡。

③切不可用欧姆挡直接测量微安表头、检流计、电池内阻。

④测量时应与带电体保持安全间距,手不得触至表笔的金属部分;测量高电压时(500~2500V),应戴绝缘手套且站在绝缘垫上使用高压测试笔进行。

⑤若无法区分正、负极,则先将量程选在较高挡位,用表笔轻触电路,若指针反偏,则调换表笔。

⑥测量过程中不得换挡;读数时,应三点成一线(眼睛、指针、指针在刻度中的影子);根据被测对象,正确读取标度尺上的数据;测量完毕应将转换开关置空挡或 OFF 挡或电压最高挡;若长时间不用,应取出内部电池。

(2) 数字式万用表