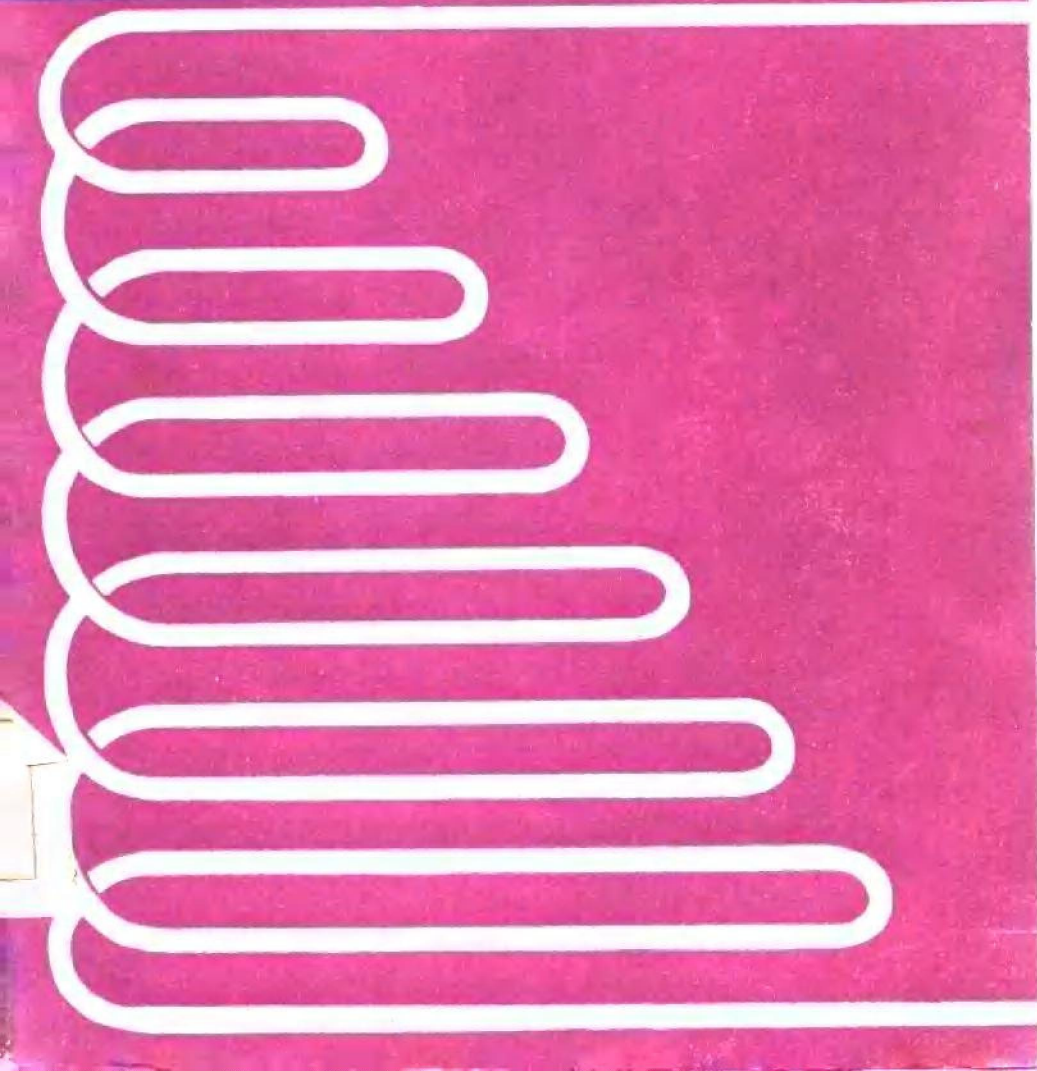


电工学 及内外线工程

邵绿丽 主编 温德智 校阅



内 容 简 介

本书根据电气装置安装工程施工及验收规范(1982年),从具体工程与安装的实用角度,对《电工学及内外线工程》(1965年第三版第16次印刷)进行了全面修订。

全书共分五篇。第一篇电工基础,是针对初级内外线电气安装工人的特点编写的。第二篇内线工程,介绍了内线施工前的准备、室内配电、低压电器、各种配线施工、各种动力照明设备和室内变、配电装置的安装以及安全用电知识。第三篇外线工程,详细介绍了架空线路施工的各个环节以及室外电力设备的安装、外灯工程、接地装置、防雷保护等问题。第四篇电缆工程,系统地介绍了电缆的施工方法及电缆头操作的新工艺。第五篇试验,介绍了常用电力设备的试验方法。书中删去了木杆部分,增加了几种配线施工、电缆工程、试验等许多内容。

本书可作为电气安装工人的工具书。

电 工 学 及 内 外 线 工 程

邵绿丽 主编 温德智 校阅

中国铁道出版社出版

责任编辑 魏京燕 封面设计 安 宏

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 16.875 字数: 444 千

1953年12月 第1版

1959年10月 第2版

1965年10月 第3版

1986年11月 第4版 第17次印刷

印数: 228,375—248,375册 定价: 3.45 元

前 言

本书自1953年问世以来，已经进行了三次修订16次印刷。这次，我们根据国家标准——电气装置安装工程施工及验收规范（1982年）的规定，从具体工程施工与安装的实用角度，对原书做了全面修改。

全书共分五篇。第一篇电工基础，是针对初级内外线电力安装工人的特点编写的，书中各种例题都是电力安装工人应掌握的基本电工知识。第二篇内线工程，介绍了内线施工前的准备、室内配电、低压电器、各种配线施工、各种动力照明设备和室内变、配电装置的安装以及安全用电知识。其中硬塑料管配线、钢索配线、塑料护套配线等是新增加的内容。第三篇外线工程，去掉了木杆部分，以钢筋混凝土电杆为中心，对架空线路施工的各个环节都做了详细地介绍，对室外常用电力设备、接户线、外灯工程、接地装置、防雷保护也补充了新的内容。第四篇电缆工程和第五篇试验是本书新增加的二篇。第四篇电缆工程系统地介绍了电缆的施工方法及电缆头操作的新工艺。第五篇试验对各种电力设备应做的主要试验内容和方法也做了较详细地介绍。

本书插图较多，各种施工方法除文字说明外，均有例图表示。希望本书能成为广大电气安装工人得心应手的工具书。

由于我们水平有限，书中内容不妥之处，欢迎读者提出宝贵意见。

本书第一、三、五篇由邵绿丽编写，第二篇由陈士仲、刘贵良、郭起良、田端环编写，第四篇由李志宏、马洪杰编写，全书由温德智校阅。

编 者

目 录

第一篇 电 工 基 础

第一章 基本知识	1
第一节 功和能	1
第二节 功 率	2
第三节 能量转换与守恒定律	2
第二章 电路原理	4
第一节 电路的组成及元件符号	4
第二节 电流、电压及电阻	6
第三节 电阻定律	8
第四节 电路的计算	10
第五节 电功率及电流的热效应	16
第六节 电流的化学作用与化学电池	23
第三章 电磁原理	25
第一节 磁铁的性质	25
第二节 磁场和磁力线	27
第三节 通电螺线管的磁场	29
第四节 磁场对电流的作用	30
第五节 铁磁材料的磁化	33
第六节 电磁感应	35
第四章 交流电路	37
第一节 交流电的产生	37
第二节 交流发电机	39
第三节 交流回路的感抗	41
第四节 交流回路的容抗	44
第五节 三相交流电路	47
第六节 交流电路功率的计算	50

第五章 直流电机	52
第一节 直流电机的基本原理	52
第二节 直流电机的构造	53
第三节 直流电机的励磁	57
第四节 直流电机的运转	58
第五节 直流电动机的机械特性	60
第六节 直流电动机的启动与调速	61
第七节 直流电动机的铭牌	63
第六章 变 压 器	65
第一节 变压器的基本原理	65
第二节 变压器的构造	67
第三节 三相变压器	70
第四节 特殊变压器	72
第五节 变压器的损耗及铭牌	76
第七章 异步电动机	78
第一节 三相异步电动机的构造	78
第二节 三相异步电动机的工作原理	79
第三节 三相异步电动机的机械特性和启动方法	83
第四节 单相异步电动机	87
第五节 三相异步电动机的铭牌	87
第八章 常用电工仪表与测量	91
第一节 基本知识	91
第二节 电工仪表的结构及工作原理	92
第三节 电流的测量	96
第四节 电压的测量	98
第五节 电功率及电能的测量	99
第六节 万用表	101
第七节 兆欧表	103
第八节 电 桥	105

第二篇 内 线 工 程

第一章 内线施工前的准备工作	108
第一节 准备工作项目	108

第二节 识 图.....	109
第二章 室内配电.....	117
第一节 配电方式.....	117
第二节 导线的选择.....	122
第三节 导线的连接.....	124
第四节 导线的封端.....	132
第三章 低压电器.....	135
第一节 低压开关.....	135
第二节 熔断器.....	143
第四章 配线施工.....	147
第一节 室内配线的一般要求.....	147
第二节 预埋件的埋设.....	150
第三节 夹板和绝缘子配线.....	155
第四节 槽板配线.....	165
第五节 钢管配线.....	170
第六节 硬塑料管配线.....	188
第七节 塑料护套线配线.....	193
第八节 钢索配线.....	198
第五章 动力照明设备的安装.....	207
第一节 低压配电箱的制做和安装.....	207
第二节 中小型电机的安装.....	213
第三节 起重机电气设备的安装.....	220
第四节 照明设备的安装.....	230
第五节 吊扇的安装.....	237
第六章 室内变、配电设备的安装.....	241
第一节 变压器的安装.....	241
第二节 配电屏(柜)的安装.....	242
第三节 母线的安装.....	248
第四节 隔离开关、负荷开关及高压熔断器的安装.....	259
第五节 二次接线.....	263
第七章 安全用电.....	268
第一节 安全知识.....	268
第二节 触电急救.....	270

第三篇 外 线 工 程

第一章 架空线路的组成	274
第一节 导 线.....	275
第二节 电 杆.....	277
第三节 横 担.....	279
第四节 绝缘子.....	280
第五节 金具及拉线.....	281
第二章 架空线路的路径	285
第一节 架空线路路径的选择.....	285
第二节 架空线路与其他设施的距离.....	286
第三章 架空线路电杆的施工	293
第一节 电杆的组装.....	293
第二节 杆坑定位.....	303
第三节 挖 坑.....	309
第四节 立 杆.....	312
第五节 拉线的制作.....	320
第四章 架空线路导线的安装	333
第一节 放线与架线.....	333
第二节 导线的连接.....	335
第三节 紧线和弛度的调整.....	345
第四节 导线在绝缘子上的固定.....	347
第五节 架空线路的标志.....	350
第五章 室外电力设备的安装	353
第一节 高压开关设备的安装.....	353
第二节 高压熔断器及避雷器的安装.....	356
第三节 室外变电装置的安装.....	361
第六章 接户线	369
第一节 低压接户线.....	369
第二节 高压接户线.....	373
第七章 外灯工程	376
第一节 照明光源.....	376
第二节 外灯安装方式.....	378

第八章 接地装置	386
第一节 常用术语.....	386
第二节 一般要求.....	388
第三节 接地装置材料.....	391
第四节 接地装置的敷设.....	392
第五节 各种电气设备接地的做法.....	399
第六节 接地装置的检查和涂色.....	402
第七节 降低接地电阻的方法.....	405
第九章 防雷保护	407
第一节 过电压的产生.....	407
第二节 防雷保护装置安装的一般要求.....	408
第三节 架空线路的防雷保护.....	410
第四节 变、配电所的防雷保护.....	412
第五节 建筑物的防雷保护.....	412
第六节 特殊构筑物的防雷保护.....	418
第七节 独立避雷针.....	423

第四篇 电 缆 工 程

第一章 电缆的类型、路径选择及展放	425
第一节 电缆的分类与构造.....	425
第二节 电力电缆的型号.....	426
第三节 电缆线路路径的选择.....	428
第四节 电缆运输及展放.....	428
第二章 电缆的敷设	432
第一节 电缆敷设的一般要求.....	432
第二节 电缆直埋敷设.....	435
第三节 电缆在排管内的敷设.....	445
第四节 电缆在沟内的敷设.....	448
第五节 电缆的明敷设.....	451
第三章 电缆头制作工艺	456
第一节 油浸纸绝缘电力电缆终端头.....	456
第二节 油浸纸绝缘电力电缆头制作工艺基本要求.....	458
第三节 油浸纸绝缘电力电缆户内终端头制作工艺.....	460

第四节	户外WDZ型整体铝合金电缆终端头操作工艺	474
第五节	塑料电缆终端头操作工艺	478
第六节	控制电缆终端头操作工艺	483
第七节	铅套管中间对接头操作工艺	485
第八节	塑料电缆中间对接头操作工艺	492

第五篇 试 验

第一章	电气设备的基本试验方法	498
第一节	绝缘电阻的测试	498
第二节	直流泄漏电流的测试	499
第三节	交流耐压试验	500
第四节	接地装置试验	501
第二章	常用电气设备试验	502
第一节	交流电动机试验	502
第二节	电力变压器试验	506
第三节	互感器试验	512
第四节	电力电容器试验	513
第五节	阀型避雷器试验	515
第六节	电力电缆试验	516
第七节	电气绝缘安全用具试验	519
第八节	内外线路试验	521
附 录		525
附录 1	铝包电缆焊面处理	525
附录 2	焊锡的配制	526
附录 3	环氧冷涂料和环氧冷浇注料的配制	527
附录 4	环氧—聚酰胺腻子配制	528
附录 5	沥青绝缘胶物理性能及使用范围	530

第一篇 电工基础

第一章 基本知识

第一节 功 和 能

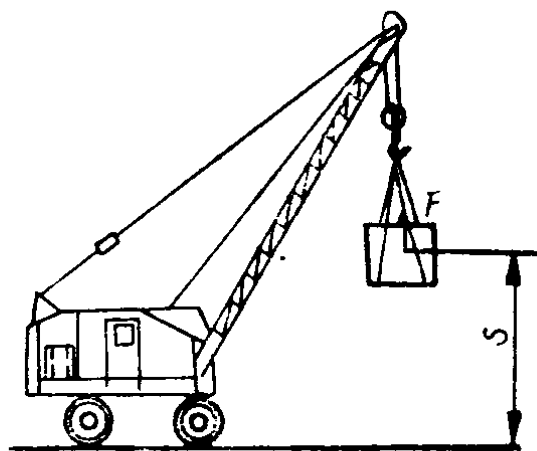
一、功

物体在力的作用下移动了一段距离，移动时所用的力与沿力的方向所移动距离的乘积叫做“功”，即

$$A = F S \quad (1-1-1)$$

式中 A ——功，焦（J）；
 F ——力，牛（N）；
 S ——距离，米（m）。

图1—1—1是起重机做功。



二、能

物体能够做功的本领叫做“能”或者说该物体具有“能量”。

例如：

图 1—1—1 起重机做功

1. 接通电灯开关，电灯就发出光来，这就是电灯发出了“光能”；
2. 锅炉里面燃烧着煤，把水蒸发成汽，是因为煤燃烧发出“热能”；蒸汽的压力，使原动机旋转，发出“机械能”；继而又带动发电机旋转，发出“电能”；
3. 起重机之所以能够举起货物，是因为它具有有一种起重能。

第二节 功 率

人或机器所做的功，仅看大小还不能说明它的本领，因为不同物体做相同的功所用的时间往往不一样。一台起重机在10分钟（min）内把1吨（t）重的货物举到10米的高度，而另一台只用了5分钟也举到了10米，那么，第二台就比第一台做功的速度快一倍。我们称单位时间内所做的功叫功率，用公式表示为

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F S}{t} = F v \quad (1-1-2)$$

式中 P —— 功率，焦/秒，即瓦（W）；

A —— 功，焦； t —— 时间，秒（s）；

F —— 力，牛； v —— 速度，米/秒（m/s）。

式（1—1—2）表明，当发动机的功率一定时，物体的速度越小，牵引力越大，所以汽车上坡时，司机必须换挡减速，以得到较大的牵引力。

第三节 能量转换与守恒定律

“能”有许多种，如机械能、电能、光能、化学能等。各种能量之间可以互相转换。例如，火力发电厂是将燃料的化学能转换为电能的工厂，它以煤、石油、天然气做燃料。在燃烧时，化学能被转换为热能，再借助汽轮机，将热能转换为机械能，带动发电机将机械能转换为电能。电能再经过输电线送到用户，在那里，电能又转换成其他形式的能：如电灯将电能转换为光能；电炉将电能转换为热能；电镀将电能转换为化学能；电动机将电能转换为机械能等等，见图1—1—2。

各种能量在转换过程中总会有损失的。例如，煤燃烧放出的热量不能全部传送给汽轮机的高压蒸汽，有一部分热量将损失到周围空气中去，而煤燃烧所放出的热能应等于高压蒸汽的能量与

散失到空气中热能的总和；同样，高压蒸汽的能量在转换为汽轮机机械能的过程中，有一部分损失在摩擦与排汽之中，而高压蒸汽的能量也等于汽轮机的机械能、排汽和摩擦损失的能量总和。

由此可见，在自然界里能量既不会创生，也不会消灭，它只能从一种形式转换为另一种形式，而能量的总和保持不变，这就是能量转换与守恒定律。

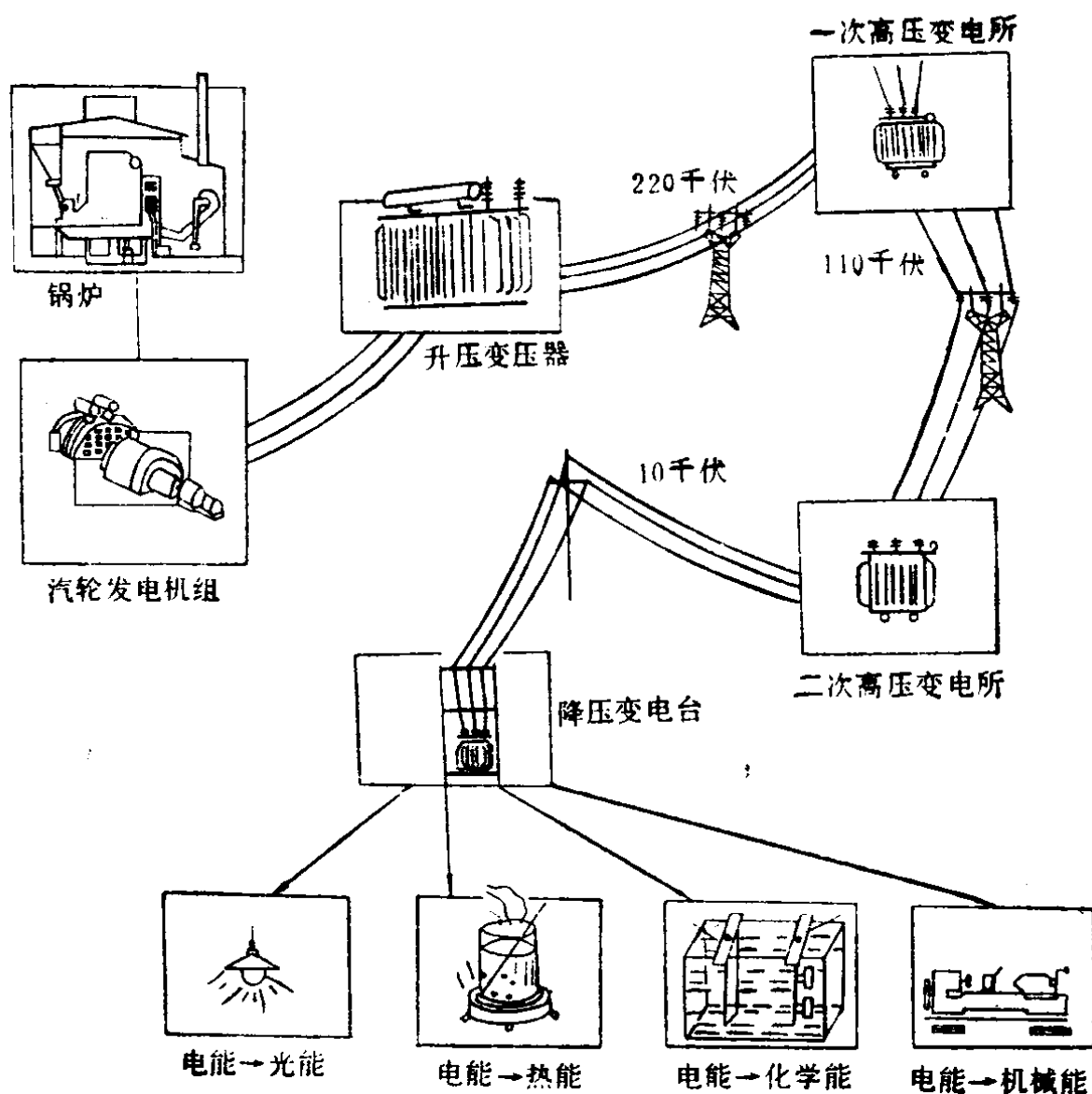


图 1—1—2 能量转换示意图

第二章 电路原理

第一节 电路的组成及元件符号

一、电路的组成

低压电路的最基本组件是电线路、开关、负载和电源，见图1—2—1。其中电流表和电压表是用来测量电路中的电量。

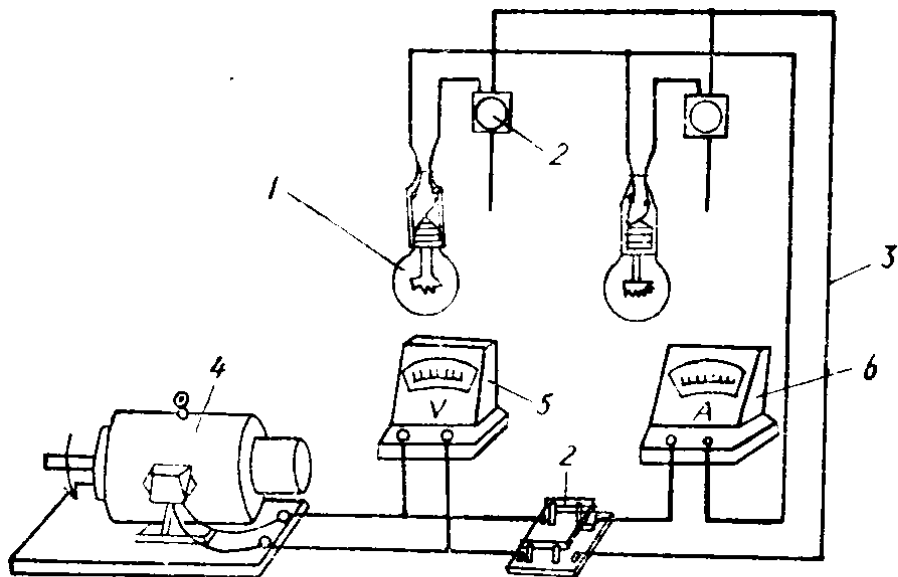


图1—2—1 低压电路的组成

1 —— 电灯； 2 —— 开关； 3 —— 导线； 4 —— 发电机；
5 —— 电压表； 6 —— 电流表。

(一) 电线路 是电能输送到用电设备的通道。电线有绝缘电线和裸电线之分，见图1—2—2和1—2—3。



图1—2—2 绝缘电线

(a) 塑料绝缘线； (b) 橡皮绝缘线。

1 —— 导电线芯； 2 —— 塑料绝缘； 3 —— 橡皮绝缘； 4 —— 棉麻外护层。



图 1—2—3 裸绞线
(a) 铝绞线；(b) 钢芯铝绞线。
1——铝线；2——钢芯。

高压架空线路的导线大都用裸绞线，室内配线均采用绝缘电线。由于电线的绝缘与电压有关，所以低压绝缘线绝不能在高压线路当绝缘线使用。

(二) 开关 是用来通、断电气设备的装置。开关的种类很多，电压等级也不相同，各种开关都是根据电气设备的要求选用的，切不可混用。

(三) 负载 就是用电的设备，如电灯、电动机、电炉等，它有单相和三相之分。

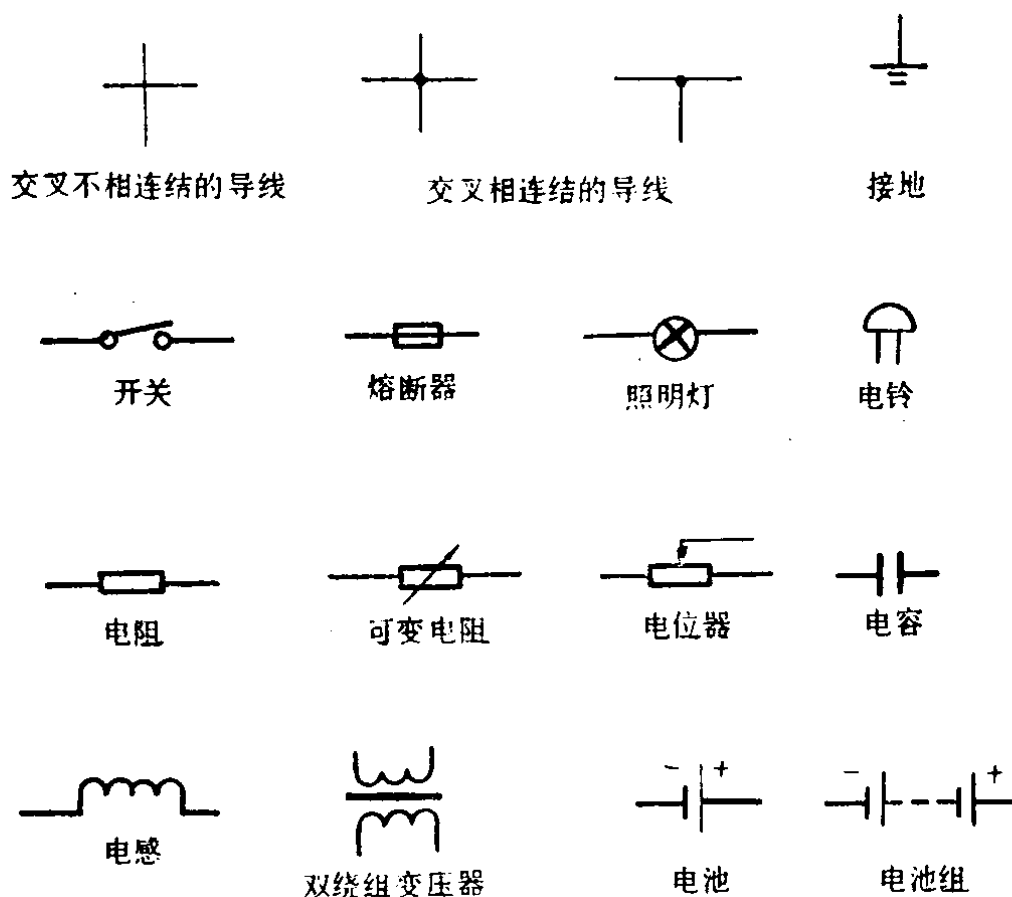


图 1—2—4 常用电路元件符号

(四) 电源 是电路工作的能源，如蓄电池、发电机等。

二、电路元件符号

在设计、安装、维修各种电路时，常常会碰到表示电路连接情况的图。为简便起见，通常不画实物图，而用国家统一规定的符号来代表电路中的各种元件，常用的见图1—2—4。

第二节 电流、电压及电阻

一、电 流

电荷朝一定方向移动就形成了电流。电灯有电流通过就会发光，但是持续的发光必须有持续的电流。产生持续电流的途径就是电路。在电路中规定正电荷流动的方向为电流的方向。

电流用符号 I 表示，单位是安 (A) 或千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μA)，它们之间有以下关系：

1 千安 = 1000 安； 1 安 = 1000 毫安；

1 毫安 = 1000 微安。

二、电 压

我们知道，水能在管中从 a 点流到 b 点是借助水的压力。同样，电流从 a 点流到 b 点，也必须使电荷有做功的本领，这种本领就叫做 a 、 b 两点间的电压或电压降。

电压用符号 U 表示，单位是伏 (V) 或千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μV)，它们之间也有以下关系：

1 千伏 = 1000 伏； 1 伏 = 1000 毫伏；

1 毫伏 = 1000 微伏。

三、电 阻

我们做一个实验：将一根金属丝 R 按图 1—2—5 接入电路里，用改变电池数目的方法调节电池组的电压。每调一次电压，

电压表和电流表都有一个读数。我们另换一根金属丝，再做同样实验。

结果发现：对同一导体来说，它两端的电压与通过本身的电流 I 的比值 U/I 是不变的，而对不同导体来说比值是不同的。可见，该比值反映了导体本身的一种性质——对电流的阻碍作用，我们把它叫做电阻，用符号 R 表示，即

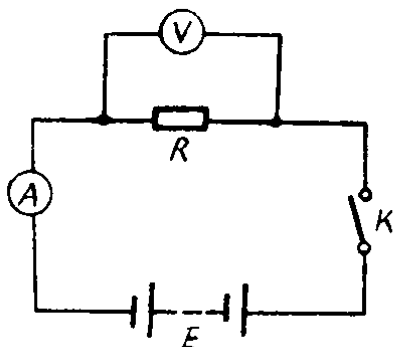


图 1—2—5 电阻实验电路
 V ——电压表； A ——电流表；
 R ——金属丝； K ——开关；
 E ——电池组。

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-2-1)$$

电阻的单位是欧 (Ω)。当导体两端所加的电压是 1 伏，而所得的电流为 1 安时，该导体的电阻就是 1 欧。一个电灯的电压是 100 伏，通过灯丝的电流为 1 安时，它的电阻就是

$$R = \frac{100}{1} = 100 \text{ 欧}$$

电阻单位还有千欧 ($\text{k}\Omega$)、兆欧 ($\text{M}\Omega$)，它们之间的关系为：

$$1 \text{ 千欧} = 1000 \text{ 欧}$$

$$1 \text{ 兆欧} = 1000 \text{ 千欧} = 1000000 \text{ 欧}$$

四、欧姆定律

将式 (1—2—1) 变为下式

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-2-2)$$

由此可得以下重要结论：导体中的电流强度与这段导体两端的电压成正比，与这段导体的电阻成反比，这就是欧姆定律。如果已知电流、电压和电阻三个量中的任意两个量，就可根据欧姆定律求出第三个量。

【例 1—2—1】有两盏灯，其电阻分别为 $R_1 = 3227 \text{ 欧}$ 和

$R_2 = 1936$ 欧，接在电压 $U = 220$ 伏的电路 上，见图1—2—6，求 R_1 及 R_2 上的电流。

【解】由欧姆定律得

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{220}{3227} \approx 0.068 \text{ 安}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{220}{1936} \approx 0.114 \text{ 安}$$

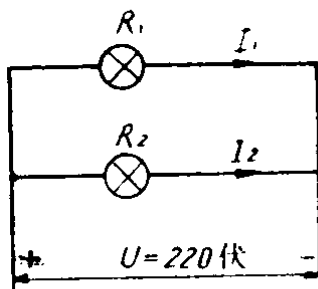


图 1—2—6 例 1—2—1 图

计算表明：在同一电压下，电阻大的电灯通过的电流小。

第三节 电 阻 定 律

一、电 阻 定 律

电阻是反映导体本身性质的物理量，它的大小应由导体本身的条件来决定。实验证明：金属导体的电阻与它的长度成正比，与它的截面成反比，即

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-2-3)$$

式中 R —— 电阻，欧； ρ —— 电阻率，欧·米 ($\Omega \cdot m$)；

l —— 金属导体的长度，米；

S —— 金属导体的横截面积，平方米 (m^2)。

式 (1—2—3) 叫电阻定律。

电阻率 ρ 是只与材料本身有关的物理量。不同材料的导线， ρ 值也不同。电阻率的数值等于 1 根 1 米长、横截面积为 1 平方米的导体所具有的电阻值，单位是欧·米。例如，铜的电阻率 $\rho = 0.0175 \times 10^{-6}$ 欧·米，是指 1 根 1 米长、横截面积为 1 平方米的铜棒，其电阻值为 0.0175 欧。

常用材料在 20 摄氏度 ($^{\circ}C$) 时的电阻率 ρ 值列入表 1—2—1 中。

导体的电阻率和温度有关。差不多所有金属材料的电阻率都