

全国中等职业技术学校电气运行与控制专业教材
上海市中等职业学校电气运行与控制专业课程改革教材

电工工艺技术

D

DIANGONG GONGYI JISHU



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校电气运行与控制专业教材
上海市中等职业学校电气运行与控制专业课程改革教材

电工工艺技术

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工工艺技术/付磊主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校电气运行与控制专业教材. 上海市中等职业学校电气运行与控制专业课程改革教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 7431 - 2

I. 电… II. 付… III. 电工-工艺学-专业学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 022149 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京市朝阳区展望印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 336 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

定价: 24.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

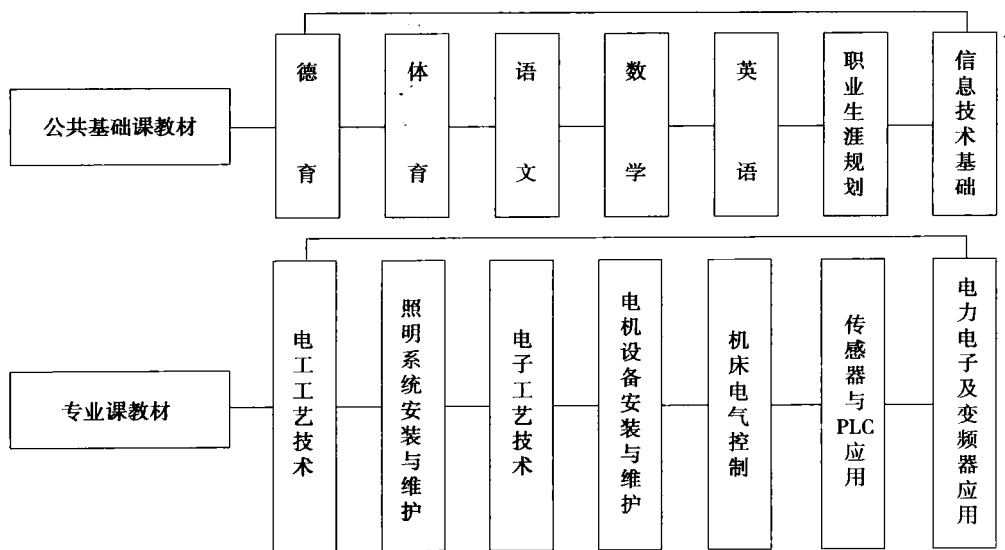
版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

前言

为了满足上海市职业教育改革,适应市场对新型技术技能人才的需要,我们根据《上海市中等职业学校电气运行与控制专业课程标准》(以下简称《课程标准》)开发了本套教材。在本套教材的开发过程中,我们始终以科学发展观为指导,以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位,以岗位需要和职业标准为依据,体现职业和职业教育发展趋势,满足学生职业生涯发展和适应社会经济发展的需要。

本套教材的体系构建打破了传统的教材体系,根据实际需要,将专业基础理论内容与工作岗位技能有机整合,进而形成新的专业课教材体系(见下图)。



这一全新的专业课教材体系具有以下鲜明的职业特色:

一是以工作岗位为依据,构建教材体系。教材体系的构建与学生将来就业的相关工作岗位相匹配,不同的工作岗位对应相应的教材,较好地实现了专业教材和工作岗位的有机对接,变学科式学习环境为岗位式学习环境,从而提高了学生的岗位适应能力。

二是以工作任务为线索,组织教学内容。本套教材以一个个工作任务为线索,整合相应的知识、技能,实现理论与实践的统一,使学生在一个个贴近生产实际的具体情境中学习,既符合职业教育的基本规律,又有利于培养学生在工作过程中分析问题和解决问题的综合职业能力。

三是以典型技术、设备为载体,反应行业的发展。尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,与生产实际紧密结合,力求使教材具有较鲜明的时代

特征。

四是以多种教材形式,提供优良的教学服务。为方便教师教学,每种教材均开发有相应的立体化教学资源,包括配套的电子教案、知识点的动画演示、操作视频等。教学资源可通过中国劳动社会保障出版社网站(<http://www.class.com.cn>)下载。

此外,为使教材的内容更符合学生的认知规律,易于激发学生的学习兴趣,本套教材的工作任务结构基本上按照以下环节进行设计:

环节一:教学目标。按照《课程标准》的要求,给出通过教材内容的学习应达到的学习目标。

环节二:工作任务。从生产、生活中的实际应用引入,给出为达到上述学习目标所要完成的工作任务。

环节三:实践操作。结合工作任务的分析,以教师演示或学生亲自动手操作的方式,按步骤完成工作任务,掌握基本技能。该环节的重点是让学生掌握“怎么做”,而不过多地讨论“为什么这样做”,旨在使学生对工作任务有一个形象的感受。

环节四:问题探究。针对实践操作环节出现的问题或难点,从理论角度分析“为什么要这样做”“为什么能这样做”等问题,从而使学生在掌握相关理论知识的同时,进一步加深对实践操作环节的理解,实现理论与实践的有机结合。

环节五:知识拓展。主要针对本工作任务涉及的理论知识和操作技能进行深入分析、拓展知识以及强化训练,达到举一反三的目的。根据各校的教学实际,该环节可作为选学内容。

环节六:巩固练习。通过练习环节既可巩固所学知识,还可进一步培养学生分析和处理实际工作问题的能力。

从以上环节的设计上不难看出,每个工作任务的内在结构紧紧围绕技能培训这一核心,并充分兼顾理论与实践的有机结合,从而使二者都得到了有效的承载。

全国中等职业技术学校电气运行与控制专业教材
上海市中等职业学校电气运行与控制专业课程改革教材
编审委员会
2009年3月

附：学年制指导性教学方案

课程分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18 周	18 周	18 周	18 周	18 周	20 周
公共基础课程	语文	216	5	4	3			
	数学	216	5	3	4			
	英语	216	4	4	4			
	信息技术基础	108	6					
	德育	144		2	2	2	2	
	职业生涯规划	36	2					
	体育	180	2	2	2	2	2	
专业课程	电工工艺技术	162	6	3				
	照明系统安装与维护	90		5				
	电子工艺技术	162		7	2			
	机床电气控制	216			7	5		
	电机设备安装与维护	90			5			
	传感器与 PLC 应用	144				8		
	电力电子及变频器应用	252				11	3	
	其他课程	108					6	
选修课程	其他课程	270					15	
综合实训	岗位实习	600						20 周
周课时数			30	30	29	28	28	

全国中等职业技术学校电气运行与控制专业教材
上海市中等职业技术学校电气运行与控制专业课程改革教材

编审委员会

主 任	金 龄						
副 主 任	徐坤权	李春明	王立刚	高 明	万 象	刘 春	
委 员	(排名不分先后)						
	姚 龙	冯 伟	王照清	付 磊	张 彪	倪厚滨	
	郑民章	张孝三	陈奕明	李培华	陆建刚	陈立群	
	赵正文	沈建峰	巢文远	孙大俊	骆富昌	王 忆	
	王建林	宋玉明					

本书主编	付 磊					
本书参编	龚敏锋	屠建平	龚魏清	罗 俊	闵泽生	
本书审稿	都晔凯					

目 录

项目一 安全用电操作	(1)
任务 1 认识电	(1)
任务 2 安全标志	(12)
任务 3 用电器的连接和安全防护	(22)
任务 4 电气灭火常识	(31)
项目二 触电急救	(38)
任务 触电急救方法	(38)
项目三 基本钳工工艺操作	(52)
任务 1 识读简单零件图	(52)
任务 2 支架制作	(60)
任务 3 錾口锤头的制作	(75)
项目四 导线连接	(85)
任务 1 导线的连接	(85)
任务 2 导线的焊接	(106)
项目五 登高与绳子结扣	(117)
任务 1 绳子结扣	(117)
任务 2 登高安装吸顶灯	(127)
项目六 小型电气设备工作状态测量	(136)
任务 1 日光灯电路工作状态测量	(136)
任务 2 小型电动机电流测量	(148)
项目七 电气设备电阻测量	(156)
任务 1 兆欧表测量电气设备的绝缘电阻值	(156)
任务 2 直流单臂电桥测量电阻值	(164)

项目八 家居用电装置接线.....	(180)
任务 使用刀开关的家居用户配电板的安装.....	(180)
项目九 三相电度表的安装.....	(195)
任务 1 三相电度表的直接式接法	(195)
任务 2 三相电度表的间接式接法	(205)

项目一

安全用电操作

任务 1 认识电

一、教学目标

1. 了解电的基础知识
2. 了解用电安全操作的常规知识并形成一种直观的认识
3. 掌握简单电路图的绘制方法
4. 熟悉常用元器件符号

二、工作任务

早在公元前 6 世纪,人们就对电现象有了初步的认识,希腊哲学家泰勒斯发现并记载了摩擦过的琥珀能吸引轻小物体的现象。我国东汉时期,王充在《论衡》一书中所提到的“顿牟掇芥”等问题,所指的就是摩擦琥珀能吸引轻小物体的现象。到了近代,人们对电的本质有了进一步的认识,1785 年,法国物理学家库仑通过实验发现了电荷之间的作用规律,从此,人们对电现象走上了定量研究的道路,并开始利用电为生产和生活服务。18 世纪后期,意大利物理学家伏打发明了电池。19 世纪后期,爱迪生在前人工作的基础上,发明了能长时间点亮的碳丝灯泡。时至今日,电与人们的生产生活的关系已密不可分,从家里的电灯、电视到工厂的电动工具、机床,人们无时无刻不在跟电打交道。

电给我们的生产和生活带来了便利,但同时也隐藏着危险,因违规用电造成的事故时有发生。想要正确安全地让电为我们的生产生活服务,首先就要对它的性质和特点有所认识。

手电筒(图 1—1)是生活中经常用到的一种最简单的用电器。手电筒的结构较为简单,主要由电池、灯泡、将二者连接在一起的导体及外壳组成。如果去掉手电筒的外壳,其结构相当于图 1—2 所示的样子。本任务的主要内容就是完成如图 1—2 所示小灯泡电路的连接操作,通过接触实际电路,了解电路的基本知识及其特性。

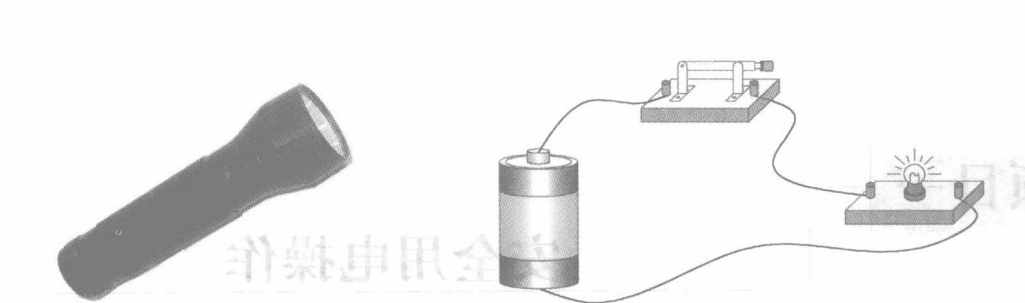


图 1—1 手电筒

图 1—2 小灯泡电路

三、实践操作

1. 观看关于电的产生和安全用电的影像资料。

【安全提示】 随着电气化的发展，生活用电日益广泛，发生用电事故的机会也相应增加。据我国近年来的统计，全国农村每年触电死亡的人数均在数千人；工业和城市居民触电死亡的人数约为农村触电死亡人数的 15% 左右。在触电死亡的人数中，低压死亡占 80% 以上。触电原因一般为：家庭不规范用电、缺乏电气安全常识、违章作业、电气安装不符合要求、设备有缺陷或故障等。

触电事故往往发生得很突然，且经常是极短时间内就会造成严重的后果。出现以上这些问题的原因很大程度上都与电气从业人员相关，因此每一个电气从业人员都应该增强自己的责任心，切实履行自己的职责。

2. 观察教室（图 1—3），看看教室中都有哪些用电器具，填入表 1—1 中。



图 1—3

表 1—1

教室中的用电器具

器具名称	位置	主要用途



在家里能发现哪些用电器呢？

3. 电路连接练习

(1) 连线

按照图 1—2 所示实物图，将干电池、开关、小灯泡用导线连接起来。通常在实验室使用带鳄鱼夹（图 1—4）的导线，这时只要将鳄鱼夹夹在开关、小灯泡等元件两端的接线柱上即可，需要注意的是，夹子和接线柱两者的金属部分应接触良好。

(2) 测试电路

电路连接好后，按下开关小灯泡即可点亮，反之，断开开关，小灯泡随即熄灭。

(3) 认识元件符号和电路图

在实际应用中，电路通常较为复杂，使用如图 1—2 所示的方式表示接线，虽然较为直观，但既费时又费力，由于电路通常使用导线较多，也较难看清连线的情况。通常，人们都是用电路图来表达电路的连接情况，用抽象的符号来代替具体的元件，如图 1—5 所示即为图 1—2 电路的电路图。



图 1—4

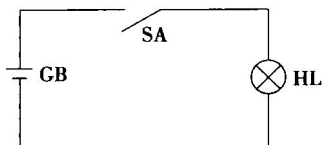


图 1—5 小灯泡电路图

电路元件的符号很多都是由元件的具体形象抽象出来的，对比一下图 1—2 和图 1—5，找出电池、开关、小灯泡所对应的元件符号。

(4) 更换不同元件

将开关断开，将电池由现在的一节更换为两节，重新连接电路，观察小灯泡的亮度有什么变化。在电路中再增加一个小灯泡，看看亮度有什么变化，并参考图 1—5，尝试画出其电路图。

四、问题探究

1. 电力系统

自然界中的电力虽然强大，但却无法为人们所用，日常所用的电是由发电站发出的。发电站发电以后，再将电能输送出来，进入到家庭、教室、工厂，这一切都是怎样进行的呢？这里我们就来了解一下电力系统。

日常用的工频（50 Hz）交流电的生产、传输、分配和使用都必须在同一时间内完成。这就需要将发电厂发出的电能通过输电线路、配电线路和变电所配送，将发电厂和用电设备有机地连成一个整体。在各发电厂、变电站和电力用户之间，用不同电压的电力线路，将它们连接起来，这些不同电压的电力线路和变电站的组合，称为电力网。由发电厂的电气设备、不同电压的电力网和电力用户的用电设备所组成的发电、变电、输电、配电和用电的整体称为电力系统（图 1—6）。

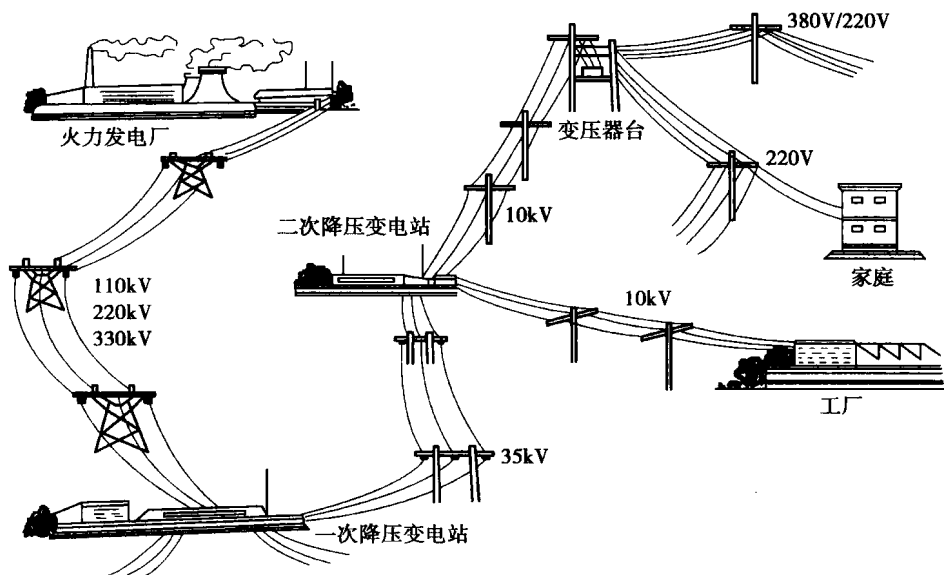


图 1—6 电力系统

2. 电路的基本知识

(1) 电流

实践操作的练习中，把开关闭合，灯泡就亮了起来，这是由于电路中存在着电流。电路中的电流和水流在管路中流动相似，水流是由水分子的移动形成的，电流则是由电荷的移动形成的。电流的大小通常用电流强度来表示，符号为 I ，单位为安培（A），电流强度也简称为电流。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的方向。在分析和计算较为复杂的直流电路时，经常会遇到某一电流的实际方向难以确定的问题，这时可先任意假定电流的参考方向，然后根据电流的参考方向列方程求解。如果计算结果 $I > 0$ （图 1—7a），表明电流的实际方向与参考方向相同；如果计算结果 $I < 0$ ，表明电流的实际方向与参考方向相反（图 1—7b）。

在日常生活中，人们接触到的电主要有两类。一类和实践操作中所接的小灯泡电路相似，由各种电池供电，如手电筒、收音机、闹钟等；另一类则和教室或家中的电灯、电扇等

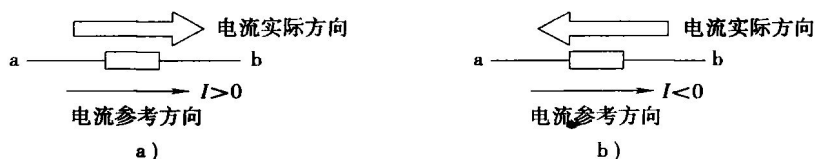


图 1—7 电流的参考方向和实际方向

电器相似，通过与房间中的插座或接线板连接获得电。这两类电的不同可以通过其电流随时间变化的趋势来区分，电流随时间变化的趋势可以用波形图来表示，若电流的方向和大小恒定不变，则称其为稳恒电流（图 1—8a），简称直流，用 DC 表示。若电流的大小和方向都随时间而变化，则为交变电流（图 1—8b），简称交流，用 AC 表示。小灯泡是由直流电源（干电池）供电的，称为直流电路；日常使用的电风扇是由交流电源供电的，称为交流电路。

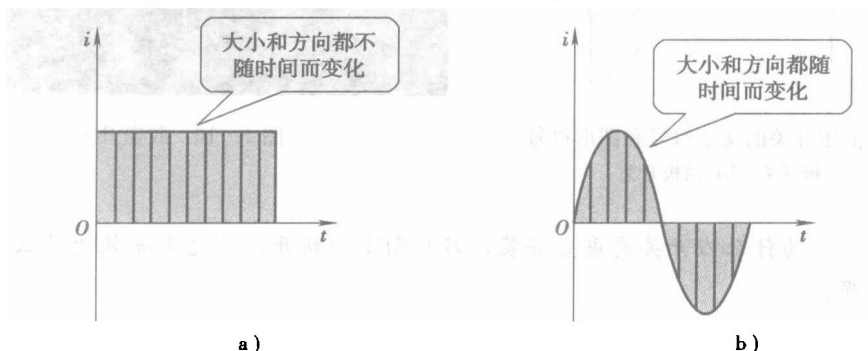


图 1—8 直流和交流

a) 直流电流 b) 交流电流

不同大小的电流对人体的作用也不相同。按照通过人体的不同生理反应，电流可分为感知电流、摆脱电流、致命电流。其电流的大小和对人体伤害程度的关系与通过人体电流的种类有关，也与每个个体的体质状况有关。

感知电流是指使人体有感觉的最小电流。

摆脱电流是指人体触电后能自主摆脱电源的最大电流。如交流电（工频）对成年男性来说这个值大约是 $1.1 \sim 16 \text{ mA}$ ，对成年女性则是 $0.7 \sim 10 \text{ mA}$ ；直流电则其平均值为 $5 \sim 50 \text{ mA}$ 。

致命电流是指在较短时间内，危及人体生命的最小电流。如交流电（工频）对成年男性参考值约为 16 mA ，对成年女性参考值约为 10 mA ；直流电参考值约为 50 mA 。

(2) 电路的三种状态和开关、熔断器

通过前面的实验可以知道，如图 1—2 所示电路中，当开关断开时，小灯泡不发光，电路的这一状态称为开路（断路）。当开关闭合时，小灯泡正常发光，这一状态称为通路。电路的第三种状态是用导线直接连接电源两端，称为短路。电源短路是会产生极大的电流，是严重的故障状态，必须避免发生。

电路的通断一般通过各种开关来控制。除了在前面实验中用到的刀开关以及在日常生活中经常用到的开关外，在实际生产中还常用到胶盖开关、按钮、低压断路器等。对于短路的情况，为了避免过大的电流引起火灾等事故，通常在电路中使用熔断器进行保护。

1) 胶盖开关 胶盖开关属于低压开关，低压开关的文字和图形符号如图 1—9 所示。胶

盖开关安装时电源线应接在刀座上方，负载线应接在刀片下面熔丝的另一端，通常是垂直安装，刀片向下为断开（图 1—10）。常用的胶盖开关有 HK1、HK2 型等。

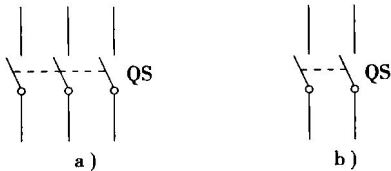


图 1—9 低压开关的文字符号和图形符号
a) 三极开关 b) 两极开关

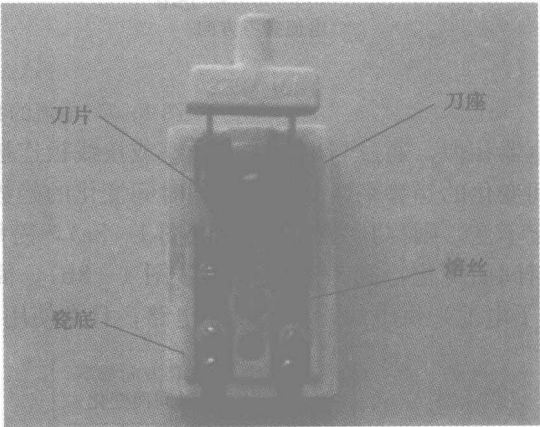


图 1—10 胶盖开关



为什么刀开关要垂直安装，刀片向下为断开，反过来安装为什么不行呢？

2) 按钮 按钮常用于接通和断开控制电路，外形如图 1—11 所示。

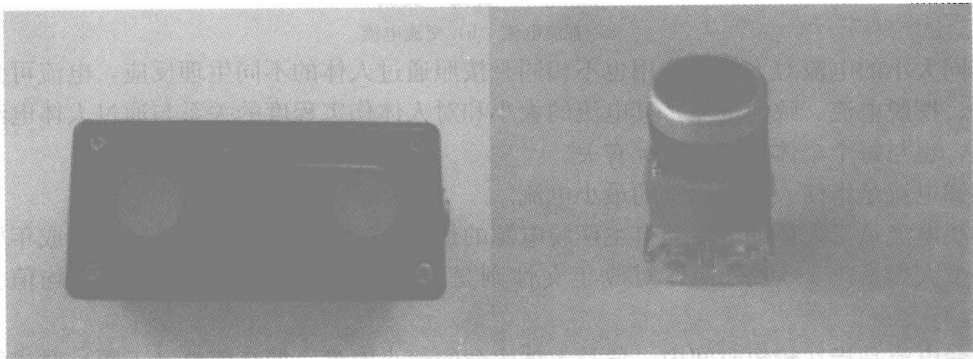


图 1—11 按钮的外形

按钮的文字符号和图形符号如图 1—12 所示。

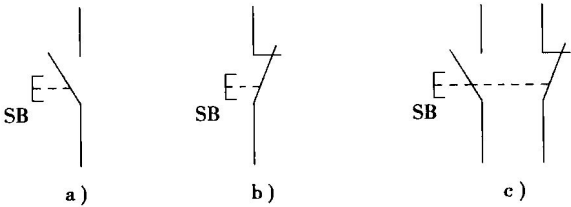


图 1—12 按钮的文字符号和图形符号
a) 常开按钮 b) 常闭按钮 c) 复合按钮



在按下和松开复合按钮时，观察常闭和常开两个触头动作的先后顺序有什么不同？

3) 低压断路器 低压断路器可用来接通和分断负载电路，其功能相当于刀开关、过电流继电器、失压继电器、热继电器及漏电保护器等电气部分或全部的功能总和，是一种重要的保护器件，可实现短路、过载、欠压、失压保护，具有操作方便、安全等优点。低压断路器的文字符号和图形符号如图 1—13 所示。

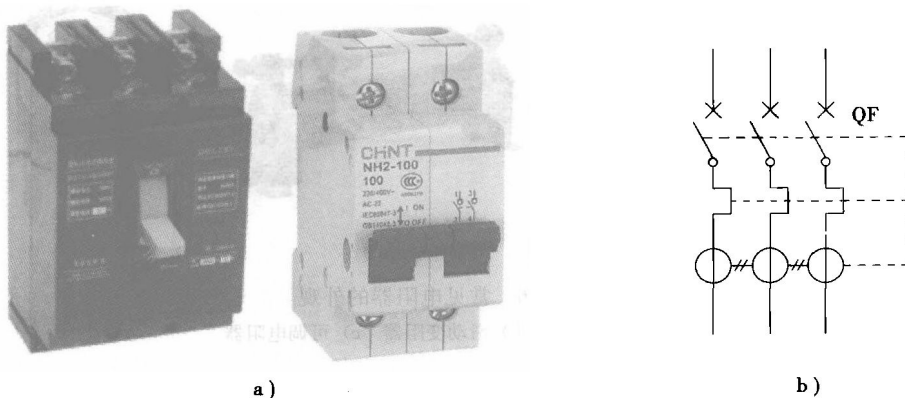


图 1—13 低压断路器的外观和符号

a) 两种常见低压断路器的外观 b) 低压断路器的文字符号和图形符号

4) 低压熔断器 低压熔断器（图 1—14）在低压配电网络和电气设备中，主要用做短路保护。当发生短路时，能自动切断电路，确保安全供电。在正常工作温度时，相当于一根导线。当发生短路或严重过载时，熔体由于过热而熔化，从而切断电路。

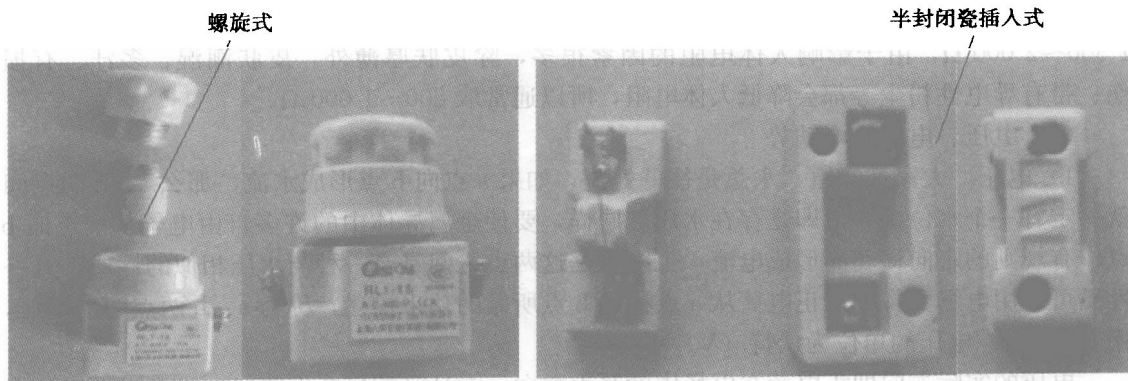


图 1—14 常用的熔断器类型



观察螺旋式熔断器实物后分析：电源的进线应该接到哪一端更为安全合理？半封闭瓷插入式熔断器有没有这样的特点？

熔断器的文字符号和图形符号如图 1—15 所示。

(3) 电阻

不同的物体导电性能也不同，其内部对电流有着不同程度的阻碍作用，这种对电流的阻碍作用称为电阻。导体的电阻常用 R 表示，电阻的单位为欧姆 (Ω)。在各种电路中，经常要用到具有一定电阻值的元件——电阻器，电阻器也简称电阻 (图 1—16)。

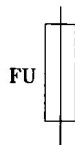


图 1—15 熔断器的文字符号和图形符号

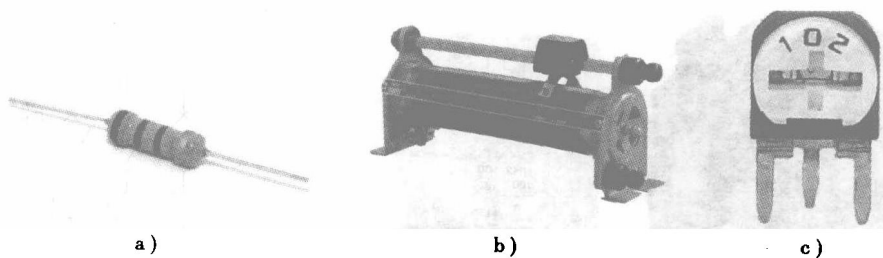


图 1—16 常见电阻器的外观

a) 碳膜电阻器 b) 滑动变阻器 c) 可调电阻器

导体的电阻是导体本身的一种性质。它的大小决定于导体的材料、长度和横截面积，其关系为 $R = \rho \frac{l}{S}$ ，式中的比例常数 ρ 称为材料的电阻率，单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$)； l 、 S 的单位分别为 m 、 m^2 。

电阻率的大小反映了物体的导电能力。电阻率小、容易导电的物体称为导体，电阻率大、不容易导电的物体称为绝缘体，导电能力介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体。

人体也是有电阻的。人体电阻主要包括人体内部电阻和皮肤电阻，人体电阻一般约为 $1\,500 \sim 2\,000\, \Omega$ ，由于影响人体电阻的因素很多，除皮肤厚薄外，皮肤潮湿、多汗、有损伤、带有导电性粉尘等都会降低人体电阻，所以通常取 $800 \sim 1\,000\, \Omega$ 。

(4) 电压、电位和电动势

1) 电压 大家都知道，水总是往低处流，如果 a 点向 b 点形成水流，那么 a 、 b 两点间就一定有一个水位差，也即是存在水压。同样，要使金属导体中的许多自由电子从 a 点向 b 点作有规则的定向移动而形成电流，也必定是这两点之间具有一种与水压相似的性质，这一性质可以用电场力将单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功来描述，称为 a 、 b 两点间的电压，用 U_{ab} 表示。电压的单位为伏特 (V)。

电压的实际方向即正电荷在电场中的受力方向。在计算较复杂电路时，常常对电压的实际方向难以判断，因此也要先设定电压的参考方向。原则上电压的参考方向可任意选取，但如果已知电流参考方向，则电压参考方向最好选择与电流参考方向一致，称为关联参考方向。当电压的实际方向与参考方向一致时，电压为正值；反之，为负值。

电压的参考方向有以下 3 种表示方法：