



高职高专“十一五”规划教材

机械电子类

电工技术基础

陈湘 曾全胜 主编



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn

高职高专“十一五”规划教材·机电类

电工技术基础

主 编 陈 湘 曾全胜
副主编 赵再琴

北 京
冶金工业出版社
2008

内 容 简 介

全书共 6 章, 主要包括: 直流电路、交流电路、变压器、电动机、三相异步电动机的基本控制电路、工厂供电及安全用电。

编者根据自己多年的教学经验, 结合高职高专教学的特点和要求, 借鉴、吸取了国外同类教材的特色及优点。贯彻科学、实用、通用的编写思想, 力求降低理论深度、强化基本概念、注重实际应用。

教材编写模式方面, 尽量使用图片、实物照片或表格形式将各个知识点生动、形象地展示出来, 引入了大量实际应用案例进行说明和分析, 突出课程的实践性和应用性, 理论联系实际。部分内容尝试理论知识和技能训练一体化的模式, 使教材更符合职业教育的特点和学生的认知规律。合理地更新教材内容, 在教材中充实新知识、新技术、新设备、新方法, 使教材具有鲜明的时代特征。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础/陈湘, 曾全胜主编. —北京: 冶金工业出版社,
2008.6
ISBN 978-7-5024-4595-9

I.电… II.①陈…②曾… III.电工技术 IV.TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 075321 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 马文欢

ISBN 978-7-5024-4595-9

北京天正元印务有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2008 年 6 月第 1 版, 2008 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 9.25 印张; 197 千字; 137 页; 1-3000 册

19.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

本书根据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学的基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》编写。编者根据自己多年的教学经验,结合高职高专教学的特点和要求,借鉴、吸取了国外同类教材的特色及优点。在编写过程中,努力适应高职高专职业教育的需要,贯彻科学、适用、通用的编写思想,力求降低理论深度、强化基本概念、注重实际应用。

(1) 坚持以能力为本,重视实践能力的培养,突出职业教育的特色,合理确定学生应具备的能力结构和知识结构,对教材内容的广度、难度和深度作了较大的调整。增加了直流电源、电路故障检查、实用交流调压电路、超导变压器、小功率电源变压器、车床的 PLC 改造以及节约用电新技术等内容;降低了直流电路、交流电路的计算难度和深度,取消与复数有关的分析和计算。

(2) 部分内容尝试理论知识和技能训练一体化的模式,在直流电路部分,将电源特性的测量、电阻的测量和基本定律的验证等实验内容与相关知识融为一体,使教材更符合职业教育的特点和学生的认知规律。

(3) 根据科学技术的发展,合理更新教材内容,在教材中充实新知识、新技术、新设备、新方法,努力使教材具有鲜明的时代特征。

(4) 在教材编写模式方面,尽量使用图片、实物照片或表格形式将各个知识点生动、形象地展示出来,引入了大量实际应用案例进行说明和分析,突出课程的实践性和应用性,理论联系实际,有效地提高学生的学习兴趣和学习能力。

本书由陈湘、曾全胜任主编,赵再琴任副主编,谢富珍、周迎春参与编写。全书由陈湘统稿。

由于编者水平所限,书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正,以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议,恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第 1 章 直流电路..... 1

1.1 认识直流电路.....1	
1.1.1 电路的作用.....1	
1.1.2 电路的组成.....2	
1.1.3 电路中的基本物理量.....3	
1.2 直流电路中的电源.....4	
1.2.1 电源的类型及作用.....4	
1.2.2 电源的测量及特性的测定.....4	
1.3 直流电路中的负载.....6	
1.3.1 负载的类型及作用.....6	
1.3.2 负载的特点.....6	
1.3.3 电阻的测量及电路故障检查.....7	
1.4 电路的连接.....10	
1.4.1 串联电路.....10	
1.4.2 并联电路.....12	
1.5 直流电路的计算.....14	
1.5.1 参考方向的概念.....14	
1.5.2 直流电路的定理及定律.....15	
1.5.3 电流的计算.....19	
1.5.4 电功率.....24	
习题.....26	

第 2 章 正弦交流电路..... 30

2.1 认识正弦交流电路.....30	
2.2 交流电路中的电源.....31	
2.2.1 单相电源.....31	
2.2.2 三相电源.....34	
2.3 交流电路中的负载.....35	
2.3.1 电阻元件.....35	
2.3.2 电感元件.....36	
2.3.3 电容电路.....37	
2.4 单相正弦交流电路.....39	
2.4.1 串联电路的分析和计算.....39	
2.4.2 并联电路的分析和计算.....41	
2.4.3 功率的计算.....43	
2.4.4 日光灯电路的测量及故障处理.....45	

2.4.5 实用交流调压电路..... 47	
2.5 三相正弦交流电路..... 48	
2.5.1 三相电路中的负载..... 48	
2.5.2 对称三相正弦交流电路的分析和计算..... 49	
2.5.3 不对称三相正弦交流电路的分析和计算..... 52	
2.5.4 三相电功率..... 53	
习题..... 56	

第 3 章 变压器..... 59

3.1 变压器的应用..... 59	
3.1.1 变压器在电力系统的应用..... 59	
3.1.2 变压器在日常生活中的应用..... 59	
3.2 变压器的基本结构..... 60	
3.2.1 铁心..... 60	
3.2.2 绕组..... 61	
3.3 变压器的工作原理..... 62	
3.3.1 变压器的基本工作原理..... 62	
3.3.2 变压器的空载运行..... 62	
3.3.3 变压器的负载运行..... 63	
3.4 变压器参数的测定..... 64	
3.4.1 空载实验..... 64	
3.4.2 短路实验..... 65	
3.5 变压器运行特性..... 66	
3.5.1 变压器的外特性和电压调整率..... 66	
3.5.2 变压器的效率及效率特性..... 67	
3.6 特殊变压器..... 67	
3.6.1 互感器..... 67	
3.6.2 自耦变压器..... 70	
3.6.3 电焊变压器..... 71	
3.6.4 小功率电源变压器..... 71	
3.6.5 超导变压器..... 73	
习题..... 74	

第 4 章 电动机..... 76

4.1 三相异步电动机..... 76	
---------------------	--

4.1.1 三相异步电动机的应用.....	76	5.3 三相异步电动机的反转及 控制电路.....	107
4.1.2 三相异步电动机的结构.....	76	5.3.1 三相异步电动机反转 的方法.....	107
4.1.3 三相异步电动机的 工作原理.....	79	5.3.2 三相异步电动机的正 反转控制电路.....	107
4.1.4 三相异步电动机的 工作特性.....	82	5.4 三相异步电动机的调速及其控制....	108
4.2 单相异步电动机.....	84	5.4.1 三相异步电动机调速的 方法及特点.....	108
4.2.1 单相异步电动机的用途.....	84	5.4.2 三相异步电动机的调速 控制电路.....	109
4.2.2 单相异步电动机的结构.....	84	5.5 三相异步电动机的制动 及控制电路.....	112
4.2.3 单相异步电动机的 工作原理.....	85	5.5.1 三相异步机的反接制动.....	112
4.3 单相异步电动机的维护和修理.....	86	5.5.2 能耗制动.....	113
4.3.1 单相异步电动机的拆装.....	86	5.6 PLC 及控制电路.....	114
4.3.2 单相异步电动机的维护.....	87	5.6.1 PLC 简介.....	114
4.3.3 单相异步电动机的修理.....	88	5.6.2 简单的 PLC 控制电路.....	116
4.4 同步电动机.....	89	5.7 C650 车床控制电路.....	118
4.4.1 同步电动机的应用.....	89	5.7.1 C650 车床简介.....	118
4.4.2 同步电动机的结构.....	90	5.7.2 C650 车床的继电—接触 控制电路分析.....	119
4.4.3 同步电动机的工作原理.....	91	5.7.3 C650 车床的 PLC 改造.....	121
4.4.4 同步电动机的 V 形曲线 及功率因数调节.....	91	5.7.4 C650 车床的 PLC 改造 后的调试.....	122
4.5 特殊电动机.....	92	习题.....	123
4.5.1 直线电动机.....	92		
4.5.2 伺服电动机.....	93		
4.5.3 步进电动机.....	95		
习题.....	98		
第 5 章 三相交流异步电动机的 基本控制电路.....	100	第 6 章 工厂供电与安全用电.....	125
5.1 继电—接触控制电路中常用的 电气控制设备.....	100	6.1 工厂供电.....	125
5.1.1 开关.....	100	6.1.1 电能的产生.....	125
5.1.2 按钮.....	102	6.1.2 电能的输送.....	125
5.1.3 接触器.....	102	6.1.3 电能的分配.....	125
5.1.4 熔断器.....	102	6.2 安全用电.....	126
5.1.5 热继电器.....	103	6.2.1 人体触电.....	126
5.2 三相异步电动机的起动及 控制电路.....	103	6.2.2 防止触电的保护措施.....	128
5.2.1 直接起动及控制电路.....	104	6.3 节约用电.....	130
5.2.2 Y- Δ (星-三角)降压起动 及控制电路.....	105	6.3.1 节约用电的途径.....	130
		6.3.2 节约用电新技术.....	132
		习题.....	136
		参考文献.....	137

第1章 直流电路

电路就是电流通过的路径，在直流电源作用下电流流通的路径就是直流电路。本章将介绍直流电路的基本概念、基本定律和分析方法，这些方法稍加扩展，也适用于交流电路和电子电路的分析。直流电路的相关知识是分析和计算电工、电子电路的基础。

1.1 认识直流电路

实际应用中，有很多的电器和设备使用直流电源，它们的电路都可以看作直流电路。

电筒是一种经济、实用的照明设备，其电路结构简单，是非常典型的直流电路。传统电筒的发光元件是小电珠，目前使用较多的发光元件是 LED 发光二极管，如图 1-1(a)所示。

移动电话是现代人最重要的通信设备，一般由电池供电，其内部的供电电路就是直流电路，如图 1-1(b)所示。

以车载蓄电池提供动力能源、以电动机作为原动机的电动自行车，具有环保和低能耗的特点，其供电电路也是直流电路，如图 1-1(c)所示。

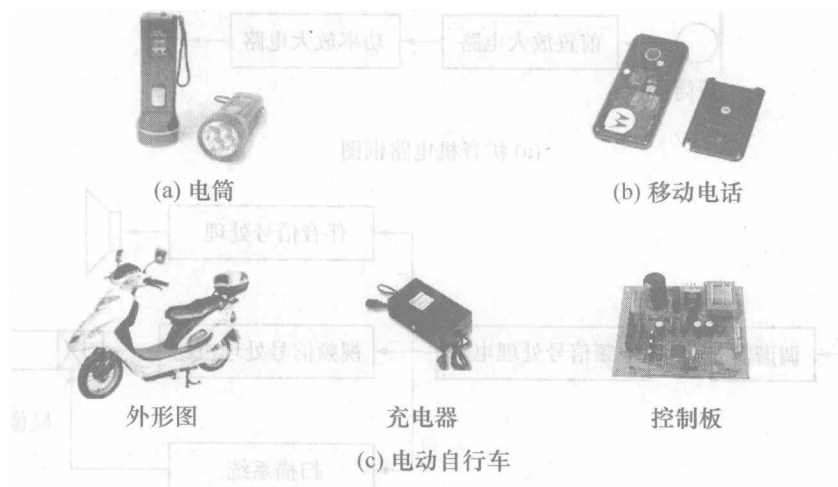


图 1-1 认识直流电路

1.1.1 电路的作用

电路的应用场合不同，电路的用途各异，但其基本作用可以概括为两个方面。

1.1.1.1 进行电能的传输、分配和转换

电能的传输、分配和转换如图 1-2 所示。发电厂的发电机组将其他形式的能量(包括风能、热能、水的势能和原子能等)转换成电能，通过变压器和输电线等输送给各用电设备(负载)，最后，用电设备又将电能转换成机械能、光能和热能等，从而为人们的生产、生活

服务。

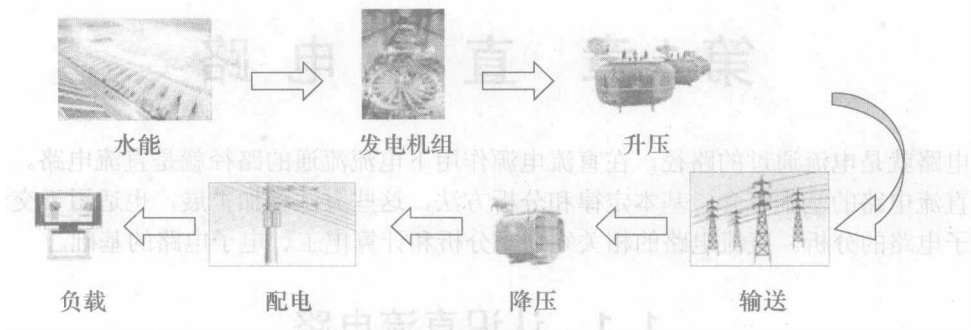
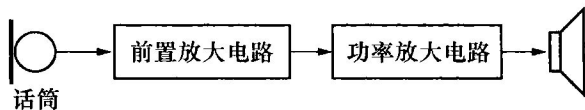


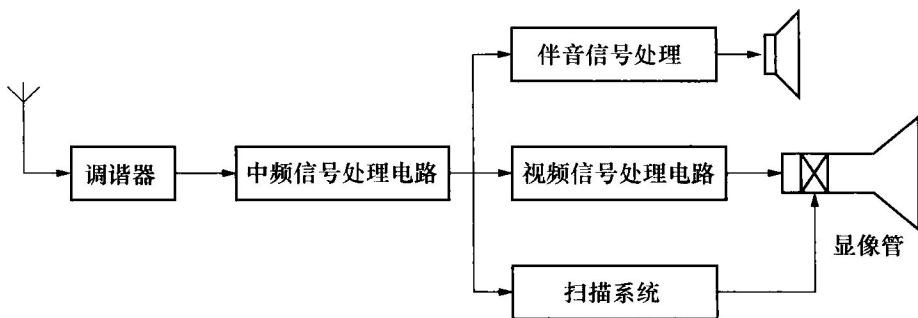
图 1-2 电能的传输、分配、和转换

1.1.1.2 实现电信号的传输和处理

声音、图像、温度和压力等各种非电信号可以通过相应的转换装置转换成电信号进行传输和处理。扩音机和电视机等设备就是这方面应用的典型，如图 1-3 所示。话筒将声波信号转变为语音电信号，经放大并滤除干扰信号后传递到扬声器(负载)，还原出声音。电视接收天线把载有声音、图像信息的电磁波接收后，通过电路对输入信号进行变换和处理，形成相应的电信号送到扬声器和显像管，还原出声音或图像。



(a) 扩音机电路框图



(b) 电视机电路框图

图 1-3 信号的传递与处理实例

1.1.2 电路的组成

一个完整的电路通常由电源、负载和中间环节 3 部分组成。

如图 1-4(a)所示为手电筒电路，它由干电池、灯泡、连接导体和开关组成。其中干电池是电源，为整个电路提供电能；灯泡是负载，消耗电能发光；开关和连接导体是中间环节，控制电路的闭合和断开。

为了便于对实际电路进行分析,将实际电路元器件理想化或模型化。用理想电路元件表示的电路称为电路模型。

理想电路元件(简称为元件)主要有:只表示消耗电能的电阻元件(简称为电阻)、只表示存储电能的电容元件(简称为电容)、只表示存储磁能的电感元件(简称为电感)、电压源元件、电流源元件和连接导体等。

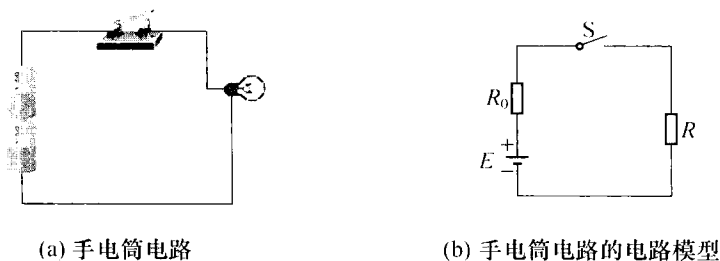


图 1-4 手电筒电路

有些简单的实际电路元件可用一种理想电路元件表示,如白炽灯、电炉这一类耗能元件可用一个电阻表示;有些复杂的实际电路元件需用几种理想电路元件表示,如电动机和变压器的线圈可用电阻和电感的串联组合表示。

如图 1-4(b)所示为手电筒电路的电路模型。其中灯泡为理想电阻元件 R ,干电池用电源电动势 E 和内阻 R_0 表示,导线和开关认为是无电阻的理想导体。

1.1.3 电路中的基本物理量

1.1.3.1 电流

电路中,电荷在电源的作用下定向移动,形成电流。电流的产生必须满足两个条件:一是有电源供电,另一个是形成闭合回路。电流的大小用电流强度来衡量,它指单位时间内通过导体横截面的电荷量,用 I 表示

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

在国际单位制(SI)中,电荷量的单位是库仑(C),时间的单位是秒(s),电流的单位是安培(A)。其辅助单位有:毫安(mA)、微安(μ A)和千安(kA)。

1.1.3.2 电压

电池内有电能,将电池用导线与灯泡相连,就产生电流,使灯泡发光。电源之所以有这种作用,是因为电池内具有电气的压力,简称为电压。与水往低处流相似,电流也总是从电位高的点(+)流向电位低的点(-)。因为电流靠电压作用,所以电路电压为零时没有电流。电压用字母 U 表示,单位为伏特,简称伏(V)。

1.1.3.3 电位

设定一个参考点,电路中各点对参考点的电压称为电位。电位用字母 V 表示,单位和电压一样,也为伏特。

电压与电位的关系是

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-2)$$

参考点可根据电路实际情况选定，通常有两种方式：在电工中以大地为参考点，用符号“ $\perp$ ”表示；在电子电路中，取若干导线的交汇点或机壳作为电位的参考点，用符号“ $\perp$ ”表示。规定参考点的电位为零，故参考点又称为零电位点。

【例 1-1】如图 1-5 所示，试求 a、c、d、e 点的电位。

解

$$V_c = 24\text{V}$$

$$V_d = -6\text{V}$$

由 $U_{ca} = V_c - V_a$ 可得

$$V_a = V_c - U_{ca} = 24 - 1 \times 20 = 4\text{V}$$

因 5Ω 电阻上无电流流过，其电压降为 0，故

$$V_e = V_a = 4\text{V}$$

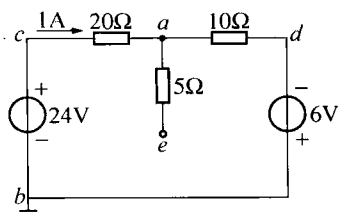


图 1-5 例 1-1 电路图

1.1.3.4 电动势

电动势是产生电压的势力。如代表电动势的电池能持续产生电压，如果此时电路闭合，则有电流产生。产生电动势的方法有两种：一种是利用化学方法产生，如电池；另一种是利用物理方法产生，如发电机。电动势用字母 E 表示，单位也为伏(V)，方向规定从电源的负极“-”指向正极“+”。

1.2 直流电路中的电源

1.2.1 电源的类型及作用

电源是将其他形式的能量转换为电能的元件或装置。直流电源主要有 3 种类型：直流发电机、直流稳压电源和电池，如图 1-6 所示。

直流发电机将机械能转换成电能，主要作为直流电动机、电解、电镀、电冶炼和充电等所需的直流电源，具有使用方便、运行可靠的特点。

直流稳压电源将电网的交流电转换成直流电，经济适用，在手提电脑、移动电话和实验装置等设备上有着广泛的应用。

电池将存储的化学能转换成电能，是最常见的直流电源。根据电池的可逆性，分为一次电池和二次电池。一次电池只能由化学能变成电能，不可逆，如碱锰电池、锂电池；二次电池既可以将化学能转换成电能，也可以将电能转换成化学能，如铅酸蓄电池、氢镍电池。

1.2.2 电源的测量及特性的测定

电源的电压可以通过直流电压表或万用表的直流电压档测量，如图 1-7 所示。

测量时，首先估计一下被测电压的大小，然后将转换开关拨至适当的 V 量程，将正表棒接被测电压“+”端，负表棒接被测量电压“-”端。然后根据该挡量程数字与标有直流符

号“DC”刻度线上的指针所指数字,读出被测电压的大小,即为电源的电动势 E 。如用 V300 伏档测量,可以直接读 0~300 的指示数值;如用 V30 伏档测量,则表示满刻度时被测电压为 30V。



图 1-6 常用的直流电源

将电源与负载进行连接,开关闭合,再一次测量电源两端的电压,其大小为 U ,电路如图 1-8 所示。

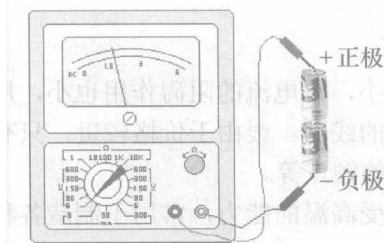


图 1-7 电源电压的测量

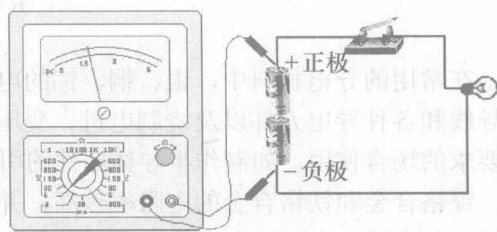


图 1-8 端电压的测量

比较电动势 E 和端电压 U 的大小,会发现 $U < E$,即电源的端电压值小于其电动势的值。这是由于电源的内部有一定的内电阻,电源使用时其有电流通过,内电阻将消耗一定的电能,因此,实际输出的端电压就减小了。

更换电路中白炽灯的功率,电路中电流的大小将改变,测得电源的端电压也将发生变化。端电压 U 随电路中电流 I 变化的规律称电源的外特性,如图 1-9 所示。

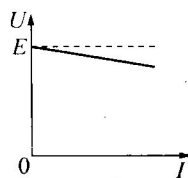


图 1-9 电源的外特性曲线

内阻 R_0 越小, 外特性越平坦, 电源的质量也越好。

1.3 直流电路中的负载

1.3.1 负载的类型及作用

直流电路中的负载有电阻、电感和电容 3 种类型。它们在电路中的作用各不相同。

电阻在电路中总是消耗电能, 进行能量转换。如电灯消耗电能转换为光能; 电炉消耗电能转换为热能。

电感和电容不消耗电能, 它们在电路中吸收电能, 将电能转换成其他形式的能量储存起来。如电感吸收电能, 以磁场能量的形式储存; 电容吸收电能, 以电场能量的形式储存。

有的设备或元件在不同的工作场合起着不同的作用, 如移动电话的充电电池和汽车上使用的蓄电池。移动电话的充电电池与其电路连接时, 起电源的作用, 充电电池向电路提供电能, 但充电电池和充电器连接时, 起负载的作用, 充电电池将从吸收电能转变成化学能储存起来。

1.3.2 负载的特点

直流电路中的负载主要是电阻, 构成电阻的材料主要是导体, 而且大多是金属导体。导体的端电压 U 和流过该导体电流 I 的比值称为该导体的电阻。

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-3)$$

对于直导线, 其电阻值 R 与其长度 l 成正比, 与其横截面积 S 成反比, 并与导体材料的电阻率 ρ 有关系, 即

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-4)$$

在常用的导电材料中, 银、铜、铝的电阻率比较小, 对电流的阻碍作用也小, 用于制造导线和各种导电元件以及绕制电机、变压器、电器的线圈。银由于价格较贵, 只有在特殊要求的场合使用, 如制作半导体器件的引线和电器的触点等。

镍铬合金和铁铬合金的电阻率较高, 并有长期承受高温的能力, 常用于制造各种电热元件, 如电炉、电熨斗和电热水器等发热电阻丝。

实际上, 导体的电阻除与材料的性质、几何尺寸有关以外, 还与温度有关, 设 R_2 、 R_1 分别为 t_2 、 t_1 温度下的电阻值, α 为温度系数, 有

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-5)$$

常用的导体中, 康铜和锰铜的温度系数小, 其阻值随温度变化很小, 常用于制作标准电阻和滑线变阻器等。

金属铂和铜具有较大的温度系数, 性能稳定, 常用于制作电阻温度计, 测量电动机、变压器内部温度的变化。

另外, 还有一些用半导体材料制成的特殊电阻, 像热敏电阻、压敏电阻和光敏电阻等,

它们的电阻值对温度、压力和光照的变化特别敏感，被广泛应用于工程技术领域。

1.3.3 电阻的测量及电路故障检查

1.3.3.1 电阻的测量

测量电阻必须在电路不带电的情况下进行。常用的测量仪表有欧姆表、兆欧表和万用表。如图 1-10 所示工程中常用万用电表的电阻挡测量电路或元件的电阻值，以此判断电路的工作状态和电路元件的好坏，用兆欧表来测量设备的绝缘电阻。

用万用表的欧姆挡测量电阻时，先将表棒搭在一起短路，使指针向右偏转，随即调整“ Ω ”调零旋钮，使指针恰好指到 0。然后将两根表棒分别接触被测电阻(或电路)两端，读数，再乘以该挡标的数字，即为被测电阻的阻值。例如，用 $R \times 100$ 挡测量电阻，指针指在 80，则所测得的电阻值为 $80 \times 100 = 8k\Omega$ 。测量时应选择适当的欧姆挡，使指针在刻度线的中部或右部。每次换挡，都应重新将两根表棒短接，重新调整指针到零位，测量才能准确。

1.3.3.2 电路的工作状态

电路有 3 种工作状态，即有载运行状态、开路状态和短路状态。

1. 有载运行状态

如图 1-11(b)所示，开关 S 闭合，电路中电源与负载接通构成闭合回路，此时负载中就有电流通过，这种状态称为有载运行状态。电路处于有载工作状态时具有如下特点：

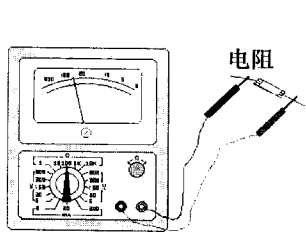


图 1-10 电阻的测量

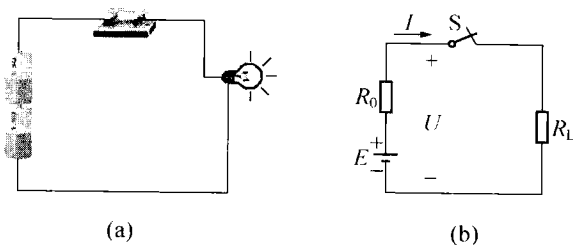


图 1-11 有载运行状态

- (1) 电路中有电流通过，电流的大小与电源电压和电路中的电阻有关。
- (2) 电源的端电压等于负载的端电压。
- (3) 电源输出电功率，负载消耗电功率转变为其他形式的能量。

根据负载的大小，电路的有载工作状态又分为满载、轻载、过载 3 种状态。电源输出功率为额定输出功率时称为满载；电源输出功率小于额定输出功率时称为轻载；电源输出功率大于额定输出功率时称为过载。过载会造成电气设备使用寿命大大缩短，严重的会损坏设备，应注意防止电源过载。

2. 开路状态

在图 1-12 所示的电路中，开关 S 断开，则电源和负载没有形成闭合回路，称电源处于开路(空载)状态。电源开路时电路具有如下特点：

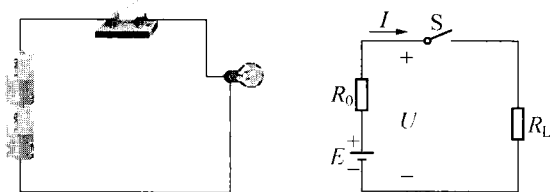


图 1-12 开路状态

- (1) 开路时电路的电阻对电源而言相当于无穷大，电路中电流为零。
- (2) 电源的端电压即开路电压等于电源的电动势。
- (3) 电源输出功率为零。

3. 短路状态

如图 1-13 所示，当电源不经过负载，直接由短路线构成回路时，称电路处于短路状态。短路时电路具有如下特点：

- (1) 短路处因为用导线连接，所以电压为零。
- (2) 一般情况下，电源内阻很小，导线电阻可忽略不计，因此短路电流非常大，将使电路的保护装置动作，或使导线烧断。
- (3) 电源所发出的功率全部消耗在电源内阻上，电源会因过热而损坏。

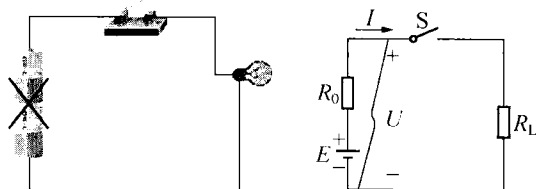


图 1-13 短路状态

电源短路状态是一种事故状态，应竭力避免。为了防止短路事故所引起的后果，实际电路中通常接入熔断器对电路进行短路保护，在电源短路时故障电路与电源迅速自动断开。

电路中，有时由于某种需要，将电路中的某一部分或某一元件短路，称为短接，这是人为的安排，与事故短路有本质的区别。

1.3.3.3 电路故障检查

电路的故障检查，是指当电路发生故障时，根据故障现象，应用一定的方法研究、分析，确定故障部位，找到故障元件的检查过程。

1. 故障检查的基本方法

(1) 电压测量法。

适用于电路带电时的故障检测。使用电压表或万用表的电压挡测量电路中有关点的电位，或某两点之间的电压，根据测量结果分析并找出故障部位。

正常情况下，导线两端的电压应该为零，如果发生不为零的情况，说明导线内部已经断裂。元件或设备正常使用时，其电压通常在某一范围内变化，如果元件或设备两端的电压比正常值低了许多，说明内部有可能出现了短路状况，如果比正常值大了很多，则有可

能其内部出现了断路。

进行电压测量时, 如果不清楚被测电压的大小, 应将量程旋至最大挡, 然后根据实际电压值再选择合适量程。测量时如果指针反偏, 只需将表笔对调测量即可。

如图 1-11(a)所示, 当出现电路开关合上后灯泡不发光的故障时, 可用万用表的直流电压挡测量灯泡两端的电压, 当其电压为零时, 说明连接到灯泡的线路不通, 可能的原因是连接线有问题、开关故障、电池失效。当其电压等于电源电压时, 可能的故障是灯泡损坏或连接灯泡的连接器件故障。

(2) 电阻测量法。

适用于电路不带电时的故障检测。通过使用欧姆表测量电路的阻值或导线、元件的通断情况, 从而查找故障部位。当电路中有较严重的短路故障时, 不能带电测量电路参数, 这时广泛采用电阻测量法。例如, 在供电线路出现过流保护器件频繁保护(跳闸或熔断器熔断)时, 一般需排除短路故障才能通电检测; 在电视机故障检修过程中, 若电源所带的主要负载电路存在短路故障(常见的有行输出管击穿、行输出变压器短路故障)时, 也不能通电进行检修。

在上述灯泡不亮的故障检查中, 若要判断电路何处不通或灯泡是否损坏, 可将电池与电路断开, 用万用表的电阻档测量电路各部分的电阻。如果测得某根连接导线的电阻不为零, 说明导线内部可能断开; 如果测得灯泡或电动机绕组等元件或设备的电阻无穷大, 说明灯丝或电动机绕组已经断开; 如果测得灯泡或电动机绕组等元件或设备的电阻非常小, 接近零, 说明与电灯并联的支路有可能出现了短路, 或电动机绕组出现短路。

不允许在电路带电的情况下测量电路的电阻, 以免损坏仪表、使电路故障扩大或危及人身安全。

(3) 信号寻迹法。

用示波器和信号寻迹器等仪器逐级检测各点的信号, 从中分析、判断故障的原因及部位。

如图 1-14 所示, 可采取从前至后或从后往前的方式用示波器逐级进行测试, 将故障的范围逐步缩小。例如, 扩音机无声音输出时, 采取从后往前的方式进行故障检测。用示波器测功率放大电路有无符合要求的波形输出, 如果有信号, 说明功率放大电路之前的部分没有问题, 故障可能在扬声器及其连接线方面; 如果功率放大电路没有波形输出, 说明测试点之前的电路有故障, 再进一步测试前置放大电路的输出信号, 直到找出故障点。

在进行实验或电路修理时, 经常遇到开路、短路或参数异常等故障。如果电路在带电情况下, 不会继续扩大故障或造成人身、设备事故, 可以使用电压表带电检查故障。否则, 必须切断电源后使用欧姆表或其他安全的方法检查。信号寻迹法特别适用于检查电子线路中交流部分的故障。

(4) 元件替换法。

元件替换法通常适用于已经使用上述的故障检测方法初步检测出了故障的位置, 为了进一步明确, 使用正常的元件或设备替换可能出现问题的元件或设备, 如果替换后电路恢复正常, 说明被替换的元件或设备已经损坏; 如果故障仍然没有解除, 则需采用电压测量法、电阻测量法或信号寻迹法继续查找故障。

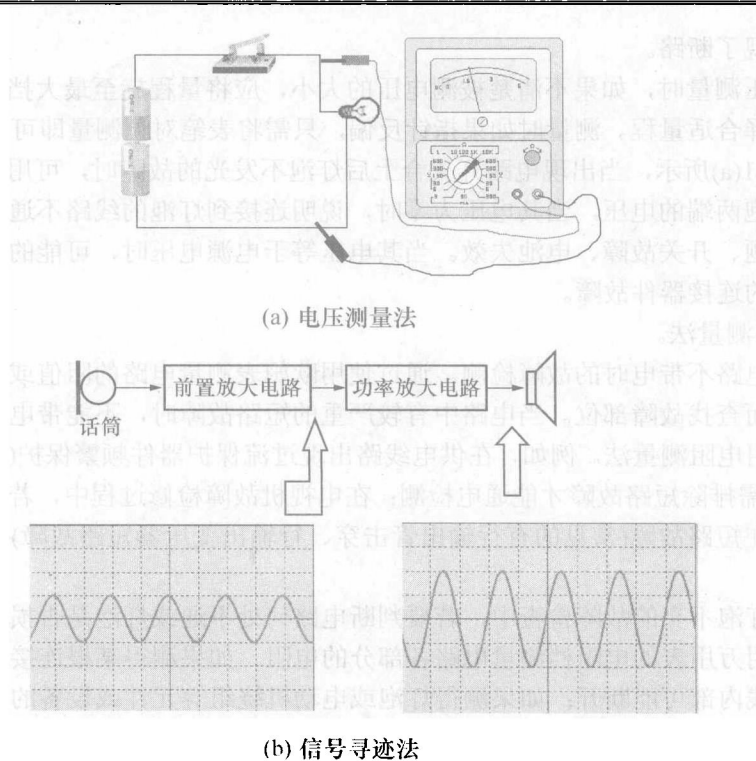


图 1-14 电路故障检查方法

2. 故障检查的一般步骤

- (1) 首先了解电路的结构与特点，明确电路在不同工作状态下的特点及电路电压、电流和电阻等参数。
- (2) 根据故障现象进行分析、判断、推测可能产生故障的原因、性质以及故障所在区域。
- (3) 采用适当的方法有针对性地进行检测，确定故障点。
- (4) 按电路要求更换、修理电路元器件。

1.4 电路的连接

1.4.1 串联电路

1.4.1.1 电阻的串联

两个或两个以上电阻依次相连、中间无分支的连接方式称为电阻串联，如图 1-15 所示。

1.4.1.2 串联电路的特点

- (1) 串联电路中各电阻流过同一电流，即

$$I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n \quad (1-6)$$

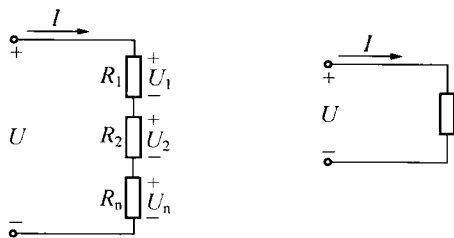


图 1-15 电阻串联及其等效电阻电路

(2) 串联电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和, 即

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n \quad (1-7)$$

(3) 串联电路的等效电阻(总电阻)等于各串联电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \quad (1-8)$$

(4) 在串联电路中, 电压的分配与电阻成正比, 即

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= IR_1 = \frac{U}{R} R_1 = \frac{R_1}{R} U \\ U_2 &= IR_2 = \frac{U}{R} R_2 = \frac{R_2}{R} U \\ &\vdots \\ U_n &= IR_n = \frac{U}{R} R_n = \frac{R_n}{R} U \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

$$U_1 : U_2 : \cdots : U_n = R_1 : R_2 : \cdots : R_n \quad (1-10)$$

式(1-9)称为串联电路的分压公式。说明串联电路中各电阻上的电压与电阻的大小成正比。

(5) 串联电路的总功率等于各串联电阻功率之和, 且各电阻消耗的功率与电阻值成正比, 即

$$P = P_1 + P_2 + \cdots + P_n = (R_1 + R_2 + \cdots + R_n) I^2 \quad (1-11)$$

$$P_1 : P_2 : \cdots : P_n = R_1 : R_2 : \cdots : R_n \quad (1-12)$$

1.4.1.3 电阻串联在工程中的应用

- (1) 通过电阻串联来获得设计所需的较大阻值的电阻。
- (2) 通过电阻串联构成分压电路, 使负载获得所需电压。
- (3) 利用串联电阻的方法来限制和调节电路中电流的大小。
- (4) 在电工测量中, 广泛应用串联电阻的方法来扩大电压表的量程。

【例 1-2】 一个 10V 电压表, 其内阻为 $20\text{k}\Omega$, 为了将电压

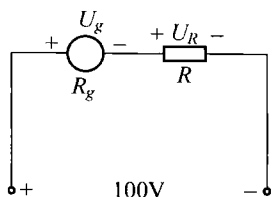


图 1-16 例 1-2 电路图