

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套教学用书
电子信息、电气控制应用技术培训用书

无线电装接工

牛桂平 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套教学用书
电子信息、电气控制应用技术培训用书

无线电装接工

Wuxiandian Zhuangjiiegong

牛桂平 主 编
陈 更 孙伟国 主 审



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书按照人力资源和社会保障部《无线电装接工国家职业标准》知识和技能要求编写,其内容按照鉴定级别分为初、中两个等级,每个等级包括理论与实践知识、操作技能、习题三个方面。在教材编写中,力求紧密结合生产实际,部分章节按照工作过程系统化模式编写,通过工作过程讲述无线电装接工知识与技能要求,使读者从实例中加深理解、增强感性认识,体现了职业教育“做中教、做中学”的教学理念。

本书主要内容包括:初级电路基础、电子线路基础知识、脉冲电路基础知识、常用无线电元器件、常用材料与工具、测量与常用仪表、机械制图识读简介、安全文明生产、装接前的准备工艺、初级焊接技术、一般电子产品的总装、中级电工基础、无线电技术基础、脉冲数字电路、中级锡焊与无锡连接工艺、无线电整机结构特点与装接要求、工艺文件知识、电子测量知识与仪器、零部件的检测技术、较复杂产品的整机装配技术、装接图的绘制与装接工序安排。

本书可作为中等职业技术学校电子类专业教材,也可作为相关行业技术人员参考用书,还可作为申请参加无线电装接工技能鉴定人员自学、复习用书。

图书在版编目(CIP)数据

无线电装接工/牛桂平主编. —北京:高等教育出版社, 2011. 1

ISBN 978 - 7 - 04 - 031189 - 1

I. ①无… II. ①牛… III. ①无线电技术 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. ①TN014

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 237242 号

策划编辑 李宇峰 责任编辑 李宇峰 封面设计 于涛
责任绘图 尹莉 版式设计 张岚 责任校对 王超
责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京机工印刷厂

购书热线 010 - 58581118
咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 17.25
字 数 420 000

版 次 2011 年 1 月第 1 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 27.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 31189 - 00

前 言

无线电装接是中等职业学校电子技术专业的核心课程,本书按照人力资源和社会保障部《无线电装接工国家职业标准》知识和技能要求编写,通过对理论和技能的学习实践,提高理论知识、实践知识和技能水平,达到取得无线电装接工职业资格证书的要求。本书不仅适合作为中等职业学校电子类专业教材,也可作为相关行业技术人员参考用书,或申请参加技能鉴定人员自学、复习用书。

本书作为无线电装接工技能鉴定用书,在内容上限定在《无线电装接工国家职业标准》所要求的范围内,按照鉴定级别分为初、中两个等级,每个等级包括理论与实践知识、操作技能、习题三个方面。习题安排在各章内容之后,包括知识习题与技能习题。全书共 21 章,其中第一章~第八章为初级理论、实践知识,第九章~第十一章为初级技能要求与操作,第十二章~第十八章为中级理论、实践知识,第十九章~第二十一章为中级技能要求与操作。

在本书编写中,力求紧密结合生产实际,部分章节按照工作过程系统化模式编写,例如,技能要求与操作部分选用了小型便携式扩音机、数字万用表、双波段收音机、黑白电视机 4 个项目,从元器件、原材料检测筛选到安装调试结束,按照工艺流程要求讲述、记录生产全过程。并且,每个生产过程都配以实拍图片,帮助学生加深理解、增强感性认识,充分体现了职业教育“做中教、做中学”教学理念。

本书由牛桂平担任主编并且负责统稿。第一章的第一节~第三节由李胜男编写,第四节、第五节由高月宁编写;第五章由邵兵编写;第七章由赵莹编写;其他章节由牛桂平编写。

本书由大连德泰电子有限公司高级工程师陈更、大连电子学校孙伟国主审,他们认真审阅了教材内容,指出了其中的不妥之处,提出了许多宝贵意见。在编写过程中还得到了大连电子学校王启洋、孙吉云、沈冰的热心帮助和支持,特此一并表示衷心感谢!

本书选用的小型便携式扩音机、数字万用表、双波段收音机、黑白电视机 4 个项目的成套器件由深圳市奥迪声电子有限公司提供,特此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在错误,恳请读者批评指正。

读者反馈意见可发送至电子邮箱:zz_dzyj@pub.hep.cn。

编 者

2010 年 7 月

目 录

第一章 初级电路基础	1	第六章 测量与常用仪表	95
第一节 电路与基本物理量	1	第一节 测量误差的基本概念	95
第二节 欧姆定律	5	第二节 常用测量仪表基础知识	97
第三节 电阻的串联、并联和混联	6	第三节 万用电表	99
第四节 电容和电感	8	习题六	102
第五节 正弦交流电路	11	第七章 机械制图识读简介	105
习题一	14	第一节 机械制图的基本规定	105
第二章 电子线路基础知识	15	第二节 识读简单图样	107
第一节 半导体器件	15	习题七	111
第二节 三极管放大电路	22	第八章 安全文明生产	113
第三节 无线电通信基础知识	36	第一节 安全生产	113
习题二	40	第二节 文明生产	115
第三章 脉冲电路基础知识	43	习题八	116
第一节 脉冲电路的定义及主要 参数	43	第九章 装接前的准备工艺	118
第二节 简单脉冲电路	44	第一节 常用元器件识别与万用表 检测	118
第三节 基本逻辑门电路	48	第二节 元器件引线的成形	121
第四节 常见脉冲电路	52	第三节 导线加工的方法	123
习题三	54	第四节 线扎的制作与电缆的加工	126
第四章 常用无线电元器件	56	第五节 浸锡方法	130
第一节 电阻器与电位器	56	习题九	131
第二节 电容器	61	第十章 初级焊接技术	134
第三节 电感器	64	第一节 焊接基础知识	134
第四节 半导体器件	67	第二节 手工焊接技术	135
第五节 电声器件	73	第三节 印制电路板的装接技术	137
第六节 电真空器件	75	习题十	140
第七节 磁性材料	76	第十一章 一般电子产品的总装	142
习题四	77	第一节 ADS591AMP 便携式扩音机的 装配	142
第五章 常用材料与工具	81	第二节 DT830B 型数字万用表的整机 装配	147
第一节 常用线材和绝缘材料	81	习题十一	152
第二节 常用焊接材料	85	第十二章 中级电工基础	153
第三节 常用工具	88		
习题五	93		

第一节 复杂直流电路的分析计算	153	第二节 电源电路元件的布局	217
第二节 单相交流电路	156	第三节 放大器电路元件的布局与布线	218
第三节 谐振电路	160	习题十六	221
第四节 三相交流电路	162	第十七章 工艺文件知识	223
第五节 RC 电路的瞬态过程和非正弦交流电	165	习题十七	225
习题十二	167	第十八章 电子测量知识与仪器	226
第十三章 无线电技术基础	171	第一节 基本电参数测量	226
第一节 反馈及负反馈放大器	171	第二节 常用电子测量仪器及使用	227
第二节 四端网络	173	习题十八	235
第三节 正弦波振荡器	176	第十九章 零部件的检测技术	238
第四节 开关型稳压电源	178	第一节 万用表对特殊器件的简要检测	238
第五节 自动增益控制 (AGC) 电路	181	第二节 电气零部件的检测	240
第六节 自动频率控制 (AFC) 电路	182	第三节 机械零部件的检测	240
第七节 黑白电视接收的原理	183	习题十九	241
习题十三	185	第二十章 较复杂产品的整机装配技术	243
第十四章 脉冲数字电路	190	第一节 整机装配工艺	243
第一节 组合逻辑电路	190	第二节 总装接线工艺	244
第二节 时序逻辑电路	193	第三节 DS05-11 (FM/AM) 收音机装配实例	245
第三节 数字量与模拟量转换	198	第四节 黑白电视机装配实例	249
习题十四	201	习题二十	261
第十五章 中级锡焊与无锡连接工艺	204	第二十一章 装接图的绘制与装接工序安排	263
第一节 SMT 手工焊接	204	第一节 电路原理图	263
第二节 浸焊与波峰焊	205	第二节 接线图和接线表	264
第三节 无锡连接	210	第三节 印制电路板图的绘制	265
第四节 拆焊技术	212	第四节 装接工序的安排	266
习题十五	213	习题二十一	267
第十六章 无线电整机结构特点与装接要求	217	参考文献	268
第一节 无线电整机结构的特点	217		

第一章 初级电路基础

第一节 电路与基本物理量

一、电路与电路图

电路是由各种元器件(或电工设备)按一定方式连接起来的总体,为电流的流通提供了路径。复杂的电路呈网状,又称网络。通常电路和网络这两个术语是通用的。

电路的基本功能是实现电能的传输和分配或者电信号的产生、传输、处理加工及利用。

电路的基本组成包括四部分:电源、负载、用电器件和导线。图 1.1 是简单的直流电路。

电路图是用规定的图形符号来表示电路的连接状况的图。图 1.2 画出了图 1.1 所示电路的电路图。

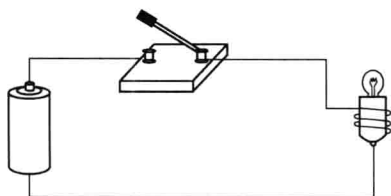


图 1.1 简单的直流电路

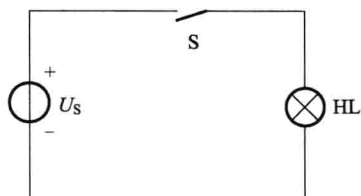


图 1.2 电路图

常用的元件及图形符号如表 1.1 所示。

表 1.1 常用元件及符号

名称	图形符号	名称	图形符号
电阻元件		电容元件	
电感元件		灯	
电压源		电压表	
电流源		电流表	
电池		开关	
熔断器		接地	

二、电路的状态

1. 通路

通路又称闭路,指电源与负载接通,此时电路中有电流通过,电气设备或元器件获得一定的电压和电功率,可以进行能量转换。

2. 开路

开路也称断路,电路断开,电路中没有电流通过,也称空载状态。

3. 短路

短路也称捷路,指电源或电路某部分被导线直接相连。若为电源短路,电流不经过负载,只经过连接导线,造成严重过载,如没有保护措施,电源会被烧毁或发生火灾,所以通常要在电路或电气设备上安装熔断器、熔丝等保险装置,以避免发生短路时出现不良后果;若为电路某部分短路,则被短路的电路中没有电流。

三、电路的基本物理量

电路的特性是由电流、电压和电功率等物理量来描述的。

1. 电流

电荷的定向移动形成电流。规定正电荷的移动方向为电流的实际方向。电流的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,称为电流强度,简称电流,用 I 或 i 表示。

若为交流电路,设在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 时间内,通过导体横截面的电荷量为 $\Delta q = q_2 - q_1$,则在 Δt 时间内的电流强度表示为

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1-1)$$

若为直流电路,设在时间 t 内,通过导体横截面的电荷量为 Q ,则电流强度表示为

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

在国际单位制(SI)中,时间的单位为秒(s),电荷量单位为库[仑](C),电流单位为安[培](A)。常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)等,它们的换算关系为

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A} = 10^3 \text{ A}$$

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

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

电流分为直流和交流两大类。如果电流的大小及方向都不随时间变化,即在单位时间内通过导体横截面的电量相等,则称为直流,记为 DC 或 dc,直流电流用大写字母 I 表示。如果电流的大小及方向均随时间变化,则称为交流,记为 AC 或 ac,交流电流的瞬时值用小写字母 i 表示。

电路中电流的方向客观存在,但在分析较复杂的电路时,往往难以事先判断出某支路中电流的实际方向,即正电荷的运动方向;为此,在分析电路时,常任选某一方向作为电流的参考方向,用实线箭头来表示。如果电流的实际方向与参考方向一致,则电流为正值;反之,电流为负值,如图 1.3 所示。不设定参考方向而谈电流的正负是没有意义的。

例 1-1 如图 1.4 所示,试判断下列电流的实际方向。

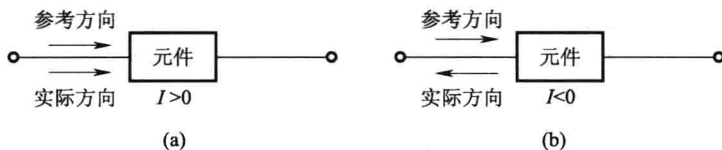


图 1.3 电流的参考方向

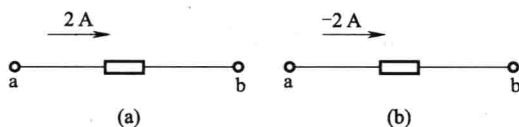


图 1.4 例 1-1 图

解:

(a) $I = 2 \text{ A} > 0$ 。表明电流 I 的实际方向与参考方向一致, 电流由 a 流向 b, 大小为 2 A。

(b) $I = -2 \text{ A} < 0$ 。表明电流 I 的实际方向与参考方向相反, 电流由 b 流向 a, 大小为 2 A。

2. 电压

电压是指电路中两点 a、b 之间的电位差, 电压的实际方向规定为从高电位指向低电位的方向。其大小等于单位正电荷因受电场力作用从 a 点移动到 b 点所做的功。

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-3)$$

式中, W_{ab} 为电场力将正电荷 Q 从 a 点移到 b 点所做的功。在国际单位制 (SI) 中, 电功的单位为焦[尔](J), 电荷量的单位为库[仑](C), 电压的单位为伏[特](V)。

常用的电压单位还有毫伏 (mV)、微伏 (μV)、千伏 (kV) 等, 换算关系为

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V} = 10^3 \text{ V}$$

$$1 \text{ V} = 10^3 \text{ mV}$$

$$1 \text{ mV} = 10^3 \mu\text{V}$$

电压分为直流和交流两大类。如果电压的大小及方向都不随时间变化, 则称为直流电压, 用大写字母 U 表示; 如果电压的大小及方向随时间变化, 称为交流电压, 交流电压的瞬时值用小写字母 u 表示。

电压的参考方向也是人为设定的。如果电压的实际方向与参考方向一致, 则电压为正值; 反之, 电压为负值, 不设定参考方向而谈电压的正负也是没有意义的。

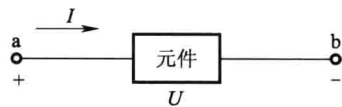


图 1.5 关联参考方向

在电路分析中, 电流的参考方向和电压的参考极性都可以各自独立地任意设定。但为了方便, 通常采用关联参考方向, 即: 电流从电压“+”极性的一端流入, 从电压“-”极性端流出, 如图 1.5 所示。关联参考方向也称为电压电流参考方向一致。

例 1-2 如图 1.6 所示, 试判断下列电压的实际方向。

解: (a) $U = 5 \text{ V} > 0$, 表明电压的实际方向和参考方向一致, a 正 b 负。

(b) $U = -5 \text{ V} < 0$, 表明电压的实际方向和参考方向相反, a 正 b 负。



图 1.6 例 1-2 图

3. 电位

在电路中任选一点作为参考点,则电路中某一点到参考点的电压就称为该点的电位。电位用符号“ V ”表示,例如,电路中 a 点的电位记作“ V_a ”, b 点的电位记作“ V_b ”。电位的单位也是伏[特](V)。

参考点是可以任意选定的,一经选定,电路中其他各点的电位也就确定了。若参考点改变,则电路中同一点的电位也会随之改变,因此一个电路中只能选一个参考点。但是,两点间的电压与参考点无关。

通常规定参考点的电位为零,因此参考点又称零电位点。在电路中通常以接地点作为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示。

4. 电动势

在电源内部,由非电场力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的功称为电动势。用 E 表示,单位是伏[特](V),规定电动势的方向由负极指向正极。

5. 电功率和电能

(1) 电功率 单位时间内电场力所做的功称为电功率,简称功率,用 P 表示,记为

$$P = \frac{W}{t} = \frac{QU}{t} = UI \quad (1-4)$$

在国际单位制(SI)中功率的单位为瓦[特](W)。实际应用中还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)等。

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 10^3 \text{ mW}$$

(2) 电能 电能等于电场力所做的功,用符号 W 表示。当已知设备的功率为 P 时,则在时间 t 内消耗的电能

$$W = P \cdot t \quad (1-5)$$

电能的单位是焦[尔](J)。在工程上,直接用千瓦时($kW \cdot h$)作单位,俗称“度”。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot h = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

四、电阻元件

导体对电流的阻碍作用称为该导体的电阻。用符号 R 表示。

电阻的国际单位是欧[姆](Ω)。实际应用中也用千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)作单位,它们的换算关系为

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻是导体的固有参数,它的大小与导体的几何尺寸和导体的材料性质有关,而与导体两端的电压和流过导体的电流大小无关。长直金属导体的电阻为

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-6)$$

ρ 为制成电阻材料的电阻率,单位为 $\Omega \cdot \text{m}$; l 为绕制成电阻的导线长度,单位为 m ; S 为绕制成电阻的导线横截面积,单位为 m^2 ; R 为电阻值,单位为 Ω 。几种常见材料的电阻率见表 1.2。

表 1.2 常见材料的电阻率(20 ℃时)

材料名称	电阻率 $\rho/(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	材料名称	电阻率 $\rho/(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$
银	0.015 9	康铜	0.4 ~ 0.51
铜	0.016 9	锰铜	0.42
铝	0.026 5	黄铜	0.07 ~ 0.08
铁	0.097 8	镍铬合金	1.1
钨	0.054 8	铁铬铝合金	1.4
钢	0.13 ~ 0.25		

日常生活中的白炽灯、电烙铁等用电器,它们在有电流通过时,因存在电阻都要消耗电能,这些实际电器元件称为电阻器件。

电阻元件是各种电阻器、白炽灯、电烙铁等实际电阻器件的理想化模型,是一种对电流呈现“阻碍”作用的耗能元件,电阻元件简称电阻。

第二节 欧姆定律

加于电阻元件上的电压与通过的电流成正比,这一规律称为欧姆定律。在电压与电流关联参考方向下可写成

$$U = RI \quad (1-7)$$

从上式还可以推出

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R \quad (1-8)$$

例 1-3 某一电阻为 10Ω ,额定功率 $P_N = 10 \text{ W}$, (1) 当加在电阻两端电压为 20 V 时,该电阻能正常工作吗? (2) 若要该电阻正常工作,外加电压不能超过多少?

解: (1) 根据欧姆定律,流过电阻的电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20}{10} \text{ A} = 2 \text{ A}$$

此时电阻所消耗的功率 $P = UI = 20 \times 2 \text{ W} = 40 \text{ W}$, 由于 $P > P_N$, 该电阻将烧毁,不能正常工作。

(2) 因为 $P_N = \frac{U_N^2}{R}$, 则

$$U_N = \sqrt{P_N R} = \sqrt{10 \times 10} \text{ V} = 10 \text{ V}$$

所以,要使电阻正常工作,外加电压不能超过 10 V 。

第三节 电阻的串联、并联和混联

一、电阻的串联

将几个电阻依次连接,中间没有分支,称为串联。如图 1.7 所示,图(a)为三个电阻组成的串联电路。

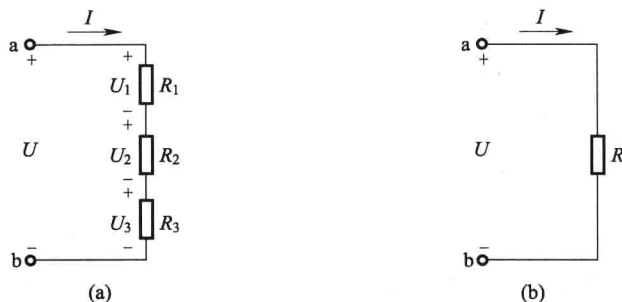


图 1.7 电阻的串联

串联电路具有以下主要特点:

- (1) 串联电路中的电流处处相等。
- (2) 串联电路中总电压等于各串联电阻电压之和。

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (1-9)$$

- (3) 串联电路中总电阻等于各个串联电阻之和。

在图 1.7 所示电路中,可表示为

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-10)$$

如果是 n 个电阻串联,其总电阻则为 n 个电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \quad (1-11)$$

总电阻 R 也称等效电阻,用等效电阻代替各串联电阻后,可将图 1.7(a) 电路化简为图 1.7(b) 的形式,并称图(a)与(b)相互等效。

所谓等效是指效果相等。两个电路互相等效,是指它们端口处的电压、电流关系相同,即伏安关系相同。

- (4) 如果有两个电阻串联,各电阻电压分别为

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \\ U_2 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \end{aligned} \right\} \quad (1-12)$$

式(1-12)称为电阻串联的分压公式。

电阻串联的分压原理应用广泛,工程实际中常用来降压、调压、调节电流、扩展电压表量程等。

二、电阻的并联

将若干个电阻的两端并接,这种接法称为电阻的并联。图 1.8 所示为三个电阻组成的并联电路。

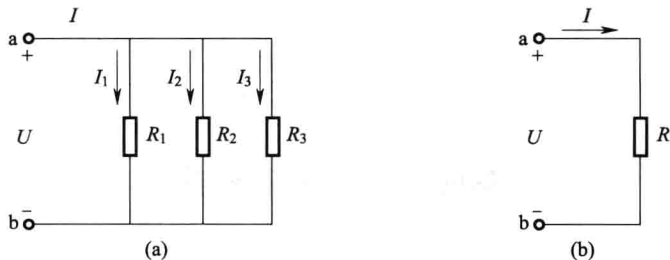


图 1.8 电阻的并联

电阻并联电路具有如下特点:

- (1) 各并联电阻的端电压相等。
- (2) 并联电路中,各支路电流之和等于总电流。
- (3) 并联电路中,总电阻倒数等于各个电阻的倒数和。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-13)$$

- (4) 如果有两个电阻并联,各电阻电流分别为

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \\ I_2 &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

式(1-14)称为电阻并联的分流公式。

三、电阻的混联

既有电阻串联又有电阻并联的电路,称为电阻混联电路,如图 1.9 所示。对混联电路的分析和计算大体上可分为以下几个步骤:

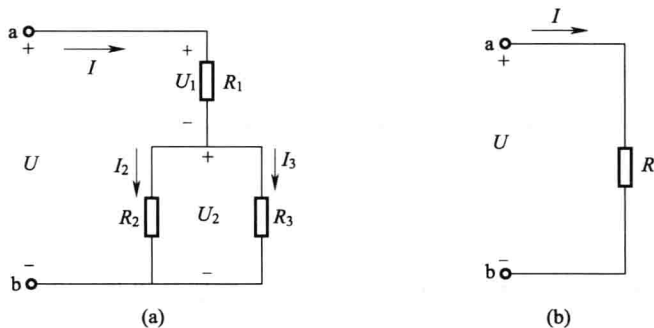


图 1.9 电阻的混联

- (1) 首先整理清楚电路中电阻串、并联关系,必要时重新画出串联、并联关系明确的电路图。
- (2) 利用串、并联等效电阻公式计算出电路中总的等效电阻。
- (3) 利用已知条件进行计算,确定电路的总电压与总电流。
- (4) 根据电阻分压关系和分流关系,逐步推算出各支路的电流或电压。

图 1.9 所示电路中,电阻 R_2 和 R_3 并联后与电阻 R_1 串联。这些电阻的等效电阻为

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

第四节 电容和电感

一、电场基本知识

1. 电场强度

电场强度是电场的一个基本物理量,用 E 表示,在国际单位制中,电场强度的单位为 V/m 。它的方向是正电荷在电场中受力的方向。

如图 1.10 所示,把一个绝缘材料(又称介质)放在电场中,在介质与电场垂直的表面上分别出现正电荷和负电荷。这种现象称为介质的极化。由于极化电荷的存在,在介质内部产生了附加电场 $E_{\text{附}}$,附加电场方向与外电场方向相反,它削弱了外电场。

2. 介电常数

各种介质对电场削弱的程度用介电常数 ε 来表示,介电常数的单位是 F/m

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$$

式中, ε_r 为相对介电常数; ε_0 为真空的介电常数, $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F/m$ 。介电常数越大,介质极化越强烈,极化电荷所产生的附加电场越大。表 1.3 列出几种介质的相对介电常数。

表 1.3 不同介质的相对介电常数

介质	相对介电常数 ε_r	介质	相对介电常数 ε_r
蜡纸	4.3	橡皮	2.7
空气	1.0	云母	6 ~ 7.5
矿物油	2.2	玻璃	5.5 ~ 8
大理石	8.3	陶瓷	5.8
人造云母	5.2	青石	6.7

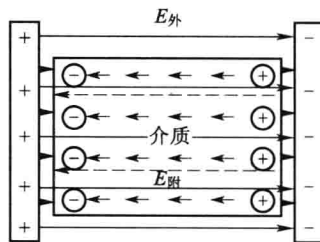


图 1.10 介质极化

二、电容元件

1. 电容器

电容器由两个导体中间隔以介质组成,导体称为电容器的极板。将电容器两个极板上接上电源,两个极板上会聚集等量异号电荷,介质中就有了电场;当电源断开,电荷仍聚集在极板上,内部电场继续存在,所以电容器是一个能够储存电场能量的元件。

2. 电容量

电容量是电容器储存电场能量能力的物理量,用符号 C 表示。电容量的大小与电容器的几何尺寸、材料有关,而与极板电压、存储电荷量无关。

3. 电容的单位

在国际单位制(SI)中,电容的单位名称是法[拉],符号为 F。工程上所用的电容器电容量都较小,因此常用 μF (微法)和 pF (皮法)作为电容的单位,它们的关系是

$$1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F}$$

$$1 \mu\text{F} = 10^6 \text{ pF}$$

4. 电容器的串并联

(1) 电容器的并联 图 1.11 所示是两个电容器并联的电路,电容并联的特点是:

① 电容器两端电压都相等。

② 并联电容器的等效电容等于各个电容器电容之和,即

$$C = C_1 + C_2 \quad (1-15)$$

在工程上,为了得到大容量电容,常采用几个电容并联的方法。但要注意,外加电压应小于等于额定电压最小的电容器的耐压值。

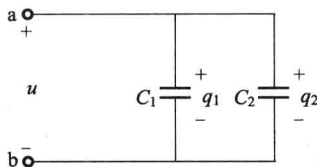


图 1.11 电容器并联

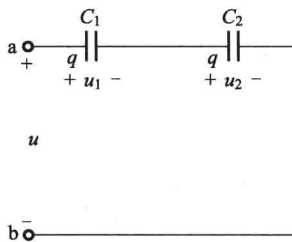


图 1.12 电容器串联

(2) 电容器的串联

图 1.12 所示为两个电容器串联电路,电容串联的特点是:

① 各个电容器极板上的电荷都相等。

② 等效电容倒数等于各电容的倒数之和

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (1-16)$$

电容器串联后的等效电容小于任何一个电容器的电容。在串联后,能否正常工作,要经过分压公式计算才能知道,只有每个电容分压后的电压小于等于该元件的额定电压,才能正常工作。

电容器串联分压公式如下

$$u_1 = \frac{C}{C_1} u, u_2 = \frac{C}{C_2} u \quad (1-17)$$

三、磁场的基本知识

1. 磁场

磁场是一个特殊的物质,它具有能量,对电荷以及载流体有作用力,能对磁场中移动的载流

体做功。磁感线真实地反映了磁场的方向,在其外部,从 N 极出发,回到 S 极,在其内部从 S 极到 N 极,形成无头无尾的闭合曲线,如图 1.13 所示。

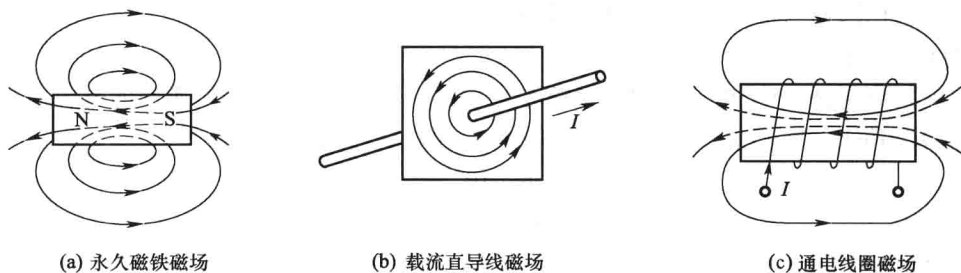


图 1.13 磁感线

2. 磁感应强度

磁感应强度反映磁场大小与方向,用 B 表示,在国际单位制 (IS) 中,单位是特 [斯拉],单位符号为 T。

3. 磁导率

在磁场中放入磁介质,磁场中各点的 B 将受到影响,不同磁介质对磁场的影响程度不同,这种影响用磁导率 μ 表示,单位是 H/m。真空中的磁导率用 μ_0 表示, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m。

磁导率 μ 与真空磁导率的比值,称为相对磁导率 μ_r ,

$$\mu_r = \mu / \mu_0 \quad (1-18)$$

根据 μ_r 的不同,物质可分为三类:一类是顺磁质,如空气、铝、铬、铂等,它的 μ_r 略大于 1,在 1.000 003 ~ 1.000 01 之间;另一类是逆磁质,如氢、铜等,其 μ_r 略小于 1,在 0.999 995 ~ 0.999 83 之间;还有一类是铁磁质,如铁、钴、镍、坡莫合金、铁氧体等,其 μ_r 很大,可达几百甚至几千以上。铁磁材料在工程上应用非常广泛。

4. 电磁感应定律

若与导线或线圈交链的磁通发生变化,会在导线或线圈中感应电动势,当感应电动势与电路相接,形成回路时,回路中就有电流通过。这种现象称为电磁感应。

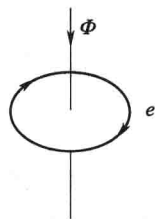
电磁感应定律:

- (1) 当与导线相交链的磁场发生变化时,导线中产生感应电动势。
- (2) 感应电动势的大小与导线交链的磁通变化率成正比。
- (3) 感应电流所产生的磁通总要反抗原磁通的变化。

如果选择磁通与感应电动势的参考方向符合右手定则(如图 1.14 所示),则有

$$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1-19)$$

图 1.14 感应电动势



式中, Φ 是磁通,单位为 Wb; t 为时间,单位为 s, N 为线圈匝数;感应电动势 e 的单位为 V。

四、电感元件

1. 线圈

在一个骨架上用绝缘导线绕上 N 匝,就构成一个线圈,即电感元件。线圈流过电流时,会有

磁通穿过线圈,说明了在通电线圈中储存有磁场能量,因此,线圈是一种能够储存磁场能量的元件。

2. 电感量

电感量是反映线圈储存磁场能量的物理量,称为自感系数,简称电感,用符号 L 表示。其大小与线圈的形状、尺寸、匝数、芯子的磁导率有关。一般来说, L 与线圈的匝数平方成正比,芯子的横截面积越大,长度越短,电感越大;在同样形状、尺寸与匝数的情况下,铁心线圈电感比空心线圈大的多。

3. 电感的单位

在国际单位制(SI)中,电感的单位是亨[利],符号为 H。实际应用中有些电感量较小,因此常用毫亨(mH)或微亨(μH)作为电感的单位,它们的关系是

$$1 \text{ H} = 10^3 \text{ mH}$$

$$1 \text{ mH} = 10^3 \mu\text{H}$$

第五节 正弦交流电路

一、正弦交流电

正弦交流电是指随时间按正弦规律变化的电压、电流和电动势。正弦交流电压、电流和电动势的解析式为

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_{0u}) \quad (1-20)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_{0i}) \quad (1-21)$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi_{0e}) \quad (1-22)$$

二、表征正弦交流电的物理量

1. 正弦交流电的最大值、有效值和瞬时值

最大值是正弦交流电所能达到的最大数值,也称峰值或幅值,用 U_m 、 I_m 、 E_m 表示,在实际应用中有重要意义。例如,把电容器接在交流电中,就需要知道交流电压的最大值,电容器所能承受的电压要高于交流电压的最大值,否则电容器可能被击穿。

交流电的有效值是根据电流的热效应来规定的。让交流电和直流电分别通过同样阻值的电阻,如果它们在同一时间内产生的热量相等,就把这一直流电的数值称为这一交流电的有效值。用 U 、 I 、 E 分别表示电压、电流、电动势的有效值。正弦交流电的有效值和最大值之间有如下的关系

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m \quad (1-23)$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \quad (1-24)$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m \quad (1-25)$$