

WUYE
DIANQI SHITU YU WEIXIU

物业电气识图与维修



主编/段丽霞



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS
WWW.NENUP.COM

东北师范大学出版社

WUYE

DIANQI SHITU YU WEIXIU

物业电气识图与维修

主编/段丽霞



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS
WWW.NENUP.COM

东北师范大学出版社 长春

元00.15:价发

图书在版编目(CIP)数据

物业电气识图与维修/段丽霞主编. —长春:东北师范大学出版社,2007.6

ISBN 978 - 7 - 5602 - 4949 - 0

I. 物… II. 段… III. ①电路图 - 识图法 - 专业学校 - 教材 ②电气设备 - 维修 - 专业学校 - 教材
IV. TM13 TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 086898 号

☐责任编辑:苏振禄 ☐封面设计:宋 超

☐责任校对:李正坤 ☐责任印制:张允豪

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街 5268 号(130024)

电话:0431—85685389

传真:0431—85693386

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: sdcbs@mail.jl.cn

东北师范大学出版社激光照排中心制版

吉林省委党校印刷厂印装

长春市前进大街 1299 号 邮政编码:130012

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

幅面尺寸:170 mm×227 mm 印张:16.25 字数:297 千

印数:0 001 — 3 000 册

定价:21.00 元

前 言

本书是中等职业学校物业管理专业系列教材之一。为适应物业管理行业的发展,满足中等职业学校物业管理与电气维修专业的教学需要及从业人员的岗位需求,根据《中华人民共和国职业技能规范》及“全国物业管理专业人员职业资格鉴定标准”,在总结以往教材编写经验的基础上编写本书。

本书以“拓宽学生知识面,培养技能型人才”为目的,编写过程中,不追求理论体系的完善,理论阐述以够用为度,重点突出基本技能的培养。特别注重直观教学的效果,增加了实物图和原理图,力求教师好教,学生好学。

本教材共分九章。主要介绍电工基础知识,安全用电常识,电工材料的性能,常用电工工具和仪表的使用及绝缘导线的连接方法,常用低压电器的使用维护及常见故障的修理方法,变压器与三相异步电动机的使用与维修以及三相异步电动机基本控制线路图的识读方法,变电所、物业配电线路、供配电系统识图及供配电系统的维护,电气照明装置的安装与维修,照明的基本线路及电气照明工程图的识读方法,电梯的运行维护以及物业小区弱电系统的组成、功能、日常的养护管理。

本书由长春物业管理学校组织编写。段丽霞任主编,邢燕、马丽平任副主编。具体编写情况如下:邢燕(第1、8章),马丽平、平常军(第2章),程振清、潘玉瑛(第3章),段丽霞(第4、5章),张守伟(第7章)白光泽(第6、9章)。

本书由长春市教育局职成处处长、高级教师孙明学任主审。

本书在编写过程中参考了大量资料和文献,并借用了一些图表,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中难免有错误和不妥之处,诚望读者批评指正。

编 者

2007年5月

目 录

第一章 电路基础知识	1
第一节 电路的基本概念	1
第二节 直流电路	6
第三节 单相交流电路	11
第四节 三相交流电路	19
本章小节	24
第二章 安全用电常识	26
第一节 安全用电基本知识	26
第二节 人体触电的常识	31
第三节 触电原因及预防措施	34
第四节 保证电气安全的措施	38
本章小节	39
第三章 常用电工基本知识	41
第一节 电工材料常识	41
第二节 常用电工工具的使用与维护	47
第三节 常用电工仪表	51
第四节 绝缘导线的连接	64
本章小节	68
第四章 常用低压电器	70
第一节 低压电器基本知识	70
第二节 低压配电电器	71

第三节 低压控制电器	81
本章小节	91
第五章 变压器与三相异步电动机	93
第一节 变压器	93
第二节 三相异步电动机	100
第三节 电气图的识读与三相异步电动机基本控制线路	111
本章小节	120
第六章 物业供配电系统	121
第一节 电力系统的基本概念	121
第二节 变电所	124
第三节 低压配电系统	133
第四节 防雷与接地	135
第五节 供配电系统的运行管理与维护	149
本章小节	153
第七章 电气照明	155
第一节 电气照明的基本知识	155
第二节 电光源与照明器	159
第三节 电气照明基本线路	170
第四节 常用照明装置及安装	173
第五节 照明配电线路	176
第六节 电气照明常见故障与维修	184
第七节 电气照明工程图的识读	189
本章小节	196
第八章 电梯系统	198
第一节 电梯的结构与分类	198
第二节 电梯的型号及工作原理	204
第三节 电梯的维护管理	205
本章小节	216

第九章 建筑弱电系统	217
第一节 火灾自动报警与联动控制系统	217
第二节 安全防范系统	224
第三节 其他建筑弱电系统	242
第四节 物业小区弱电系统的运行与维护	243
本章小节	246
参考文献	248

第一章 电路基础知识

【本章摘要】

本章介绍电路基础知识。通过学习，了解电路的组成，掌握电路基本物理量及电路元件；掌握欧姆定律，基尔霍夫定律；掌握电阻的串、并联的基本特点，能对电路的混联进行简单的计算；掌握正弦交流及其相关知识，理解各种单相交流电路电压与电流关系，了解 RLC 串联电路；理解三相交流电动势的产生，掌握三相负载的连接。

第一节 电路的基本概念

一、电路的组成

在日常生活中广泛应用着各种各样的电路，它们都是实际器件按一定方式连接起来的形成电流的通路。一个简单的完整电路总是包括电源，负载，连接导线，控制和保护装置四个部分。

（一）电 源

电源是电路中的电能提供者，是将其他形式的能量转化为电能的装置，如电池是将化学能转换为电能的装置，发电机是将机械能转换为电能的装置。

（二）负 载

负载是设备，它将电能转换为其他形式的能，如灯泡是将电能转换为光能，电动机是将电能转换为机械能。

（三）连接导线

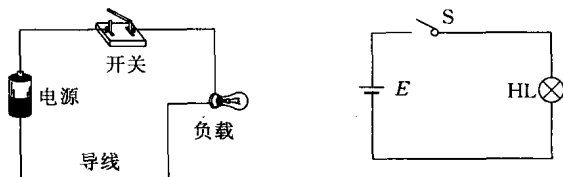
连接导线是用来连接电路，输送和分配电能的。

（四）控制和保护装置

控制和保护装置在电路中控制电路的通断，保证电路正常工作，如开关、熔断器、接触器。

二、电路图

手电筒的实际电路接线图如图 1-1 (a) 所示。它看起来直观易懂,但画起来十分麻烦。因此,在实际工作中,为了便于分析、研究电路,通常将电路的实际元件用一些规定的图形符号表示,这种用图形符号表示电路连接情况的图叫电路原理图,简称电路图。手电筒的电路原理图如图 1-1 (b) 所示。



(a) 实物接线图

(b) 电路图

图 1-1 电路与电路图

三、电路中的基本物理量

(一) 电 流

导体中的电荷,在电场力的作用下做有规则的定向运动形成电流。电路中的能量传输和转换是靠电流来实现的。

为比较准确地衡量某一时刻电流的大小或强弱,我们引入了电流强度这个物理量,用符号 I 表示,其数值等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

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

在国际单位制中,电流的基本单位是安培,符号为 A。如果在 1 秒 (s) 钟内通过导体截面的电荷量为 1 库仑 (C),则导体中的电流就是 1 安培 (A)。常用的电流单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA) 等。它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ 千安 (kA)} = 10^3 \text{ 安 (A)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 10^{-3} \text{ 安 (A)}$$

$$1 \text{ 微安 } (\mu\text{A}) = 10^{-3} \text{ 毫安 (mA)} = 10^{-6} \text{ 安 (A)}$$

电流不但有大小,而且有方向。习惯上,将电流的方向规定为正电荷运动的方向。为了计算方便,我们在电路中任意设一个电流方向,这个电流方向称为“参考方向”,当电流的实际方向与参考方向相同时,电流值为正;当电流的实际方向与参考方向相反时,电流值为负。

(二) 电压与电位

1. 电荷在电场力的作用下移动时,电场力对电荷做了功。电场力将单位正

电荷从电场中 A 点移动到 B 点所做的功就是 AB 两点之间的电压，记为 U_{AB} 。

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1-2)$$

在国际单位制中，电压的基本单位为伏特 (V)，常用的电压单位还有千伏 (kV)，毫伏 (mV)，微伏 (μV) 等。它们之间的换算关系如下：

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 10^3 \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 毫伏 (mV)} = 10^{-3} \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 微伏 } (\mu\text{V}) = 10^{-3} \text{ 毫伏 (mV)} = 10^{-6} \text{ 伏 (V)}$$

2. 电位是指电场力将单位正电荷从电场中某一点 A 移动到参考点 O 所作的功，记为 φ_A ，单位也是伏特 (V)。通常规定参考点作为零电位点。

电位与电压的关系是：两点之间的电压是这两点之间的电位差，即 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ 。电位值是相对的，它与参考点的选择有关，参考点选择不同，电路中各点电位的大小和正负也就不同。而电压值是绝对的，它与参考点选择无关。通常规定电压的正方向为电位降的方向。

(三) 电动势

电动势是表示电源将非电能转换成电能的本领，指非电场力将单位正电荷从电源的负极移动到电源正极所做的功，用符号 E 表示，电动势的单位也是伏特 (V)。电动势不但有大小，而且有方向，电动势的方向为正电荷运动的方向，即电位升高的方向，也就是从电源的负极指向电源的正极的方向。

电源电压与电源电动势在概念上不能混淆。电压是指电源两个极之间的电位差，它表示电能输出做功的能力，而电动势表示非电场力做功的能力。对于一个电源来说，既有电动势又有电压，但电动势仅存于电源内部，而电压不仅存在于电源内部，也存在于电源外部。电源的电动势在数值上等于电源两端的开路电压，方向与电压的方向相反。电动势方向是从低电位指向高电位，电压方向是从高电位指向低电位。电源电动势与电压的方向如图 1-2 所示。

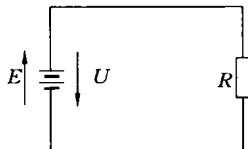


图 1-2 电源电压与电源电动势的方向

(四) 电功率

电路在单位时间内产生或者消耗的电能，称为电功率，用 P 表示，单位为瓦特 (W)，其表达式为

$$P = UI \quad (1-3)$$

四、常用电路元件

电路中有各种各样的电器，它们的构造、原理和用途不尽相同，但从物理性质来考查，他们都可以抽象成由三种最基本的电路元件组成。这三种元件就是电阻（ R ）、电感（ L ）和电容（ C ）。

（一）电 阻

电流在物体中通过时受到的阻力称为电阻，用字母 R 表示。在国际单位制中，电阻的单位是欧姆（ Ω ），常用的单位还有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）等。它们之间的换算关系如下：

$$1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 欧 (}\Omega\text{)}$$

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 10^6 \text{ 欧 (}\Omega\text{)}$$

对于一段材质和粗细都均匀的导体来说，在一定温度下，它的电阻与其长度成正比，与材料的截面积成反比，并与材料的种类有关，用公式表示即

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

式中： l —导体长度（m）

S —导体截面积（ m^2 ）

ρ —电阻率（ $\Omega \cdot m$ ）

导体的电阻除了与材料的尺寸有关外，还与温度有关，一般来说电阻随温度的升高而增加。部分常见材料的电阻率和电阻温度系数如表 1-1 所示。

表 1-1 部分常见材料的电阻率和电阻温度系数

材料名称	20℃时的电阻率 ρ ($\Omega \cdot m$)	电阻温度系数 α (1/℃)
银	1.6×10^{-8}	3.6×10^{-3}
铜	1.7×10^{-8}	4.1×10^{-3}
铝	2.9×10^{-8}	4.2×10^{-3}
钨	5.3×10^{-8}	5×10^{-3}
铁	9.78×10^{-8}	6.2×10^{-3}
镍	7.3×10^{-8}	6.2×10^{-3}
铂	1.0×10^{-7}	3.9×10^{-3}
锡	1.14×10^{-7}	4.4×10^{-3}
锰铜（铜 86%、锰 12%、镍 2%）	4×10^{-7}	2×10^{-5}
康铜（铜 54%、镍 46%）	5×10^{-7}	4×10^{-5}
镍铬（镍 80%、铬 20%）	1.1×10^{-6}	7×10^{-5}

(二) 电 容

电容器应用很广泛,它是由绝缘介质隔开的两块金属极板构成的,具有储存电荷的性能。如果把电容器的两个极板分别接到直流电源的正负极上,在电源的作用下两极板上分别带数量相等而符号相反的电荷。其中任一极板上的电量 q 与两极板间的电压 U 成正比,且 q/U 是一个常数,称为电容器的电容量,简称电容,用符号 C 表示,即

$$C = \frac{q}{U} \quad (1-5)$$

在国际单位制中电容单位是法拉 (F),简称法。常用的电容单位还有微法 (μF) 和皮法 (pF),它们之间的换算关系是

$$1 \text{ 微法 } (\mu\text{F}) = 10^{-6} \text{ 法 } (\text{F})$$

$$1 \text{ 皮法 } (\text{pF}) = 10^{-6} \text{ 微法 } (\mu\text{F}) = 10^{-12} \text{ 法 } (\text{F})$$

(三) 电 感

导体中电流的变化,会在导体周围产生磁场。产生磁场的大小与流过导体中的电流,导体的形状及周围的介质有关。我们把导体周围产生的磁场与导体中流过的电流的比值称为线圈的自感系数,简称电感,用字母 L 表示。在国际单位制中,电感的单位是亨利 (H),简称亨。电感常用的单位还有毫亨 (mH) 和微亨 (μH),它们的关系是

$$1 \text{ 毫亨 } (\text{mH}) = 10^{-3} \text{ 亨 } (\text{H})$$

$$1 \text{ 微亨 } (\mu\text{H}) = 10^{-3} \text{ 毫亨 } (\text{mH}) = 10^{-6} \text{ 亨 } (\text{H})$$

五、欧姆定律

(一) 部分电路欧姆定律

德国物理学家欧姆 (1787—1854) 最先用实验研究了电流跟电压、电阻的关系,得出结论:一段导体中的电流跟这段导体两端的电压成正比,跟这段导体的电阻成反比。这就是部分电路欧姆定律,用 I 表示通过导体的电流, U 表示导体两端的电压, R 表示导体的电阻,欧姆定律可以写成如下的公式:

$$I = U/R \quad (1-6)$$

(二) 全电路欧姆定律

含有电源的闭合电路,叫做全电路。如图 1-3 所示,电流通过电源内部时与通过外电路一样,也受到阻碍,也就是说电源内部也有电阻,这个电阻叫做电源的内阻。电源内部的电路称为内电路,外部的电路称为外电路。

全电路欧姆定律:在全电路中,电流 I 的大小与电源的电动势 E 成正比,与电路的总电阻 (包括外电阻和内电阻) 成反比,即

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-7)$$

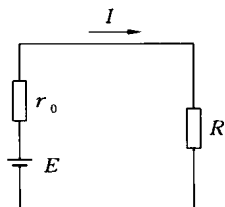


图 1-3 全电路图

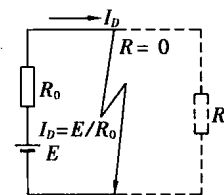


图 1-4 电路的短路

六、电路的工作状态

电路的工作状态一般有三种：有载状态、空载状态、短路状态。

（一）有载状态

如图 1-1 所示的电路中，开关 S 闭合后，电源与负载接成闭合回路，电源处于有载工作状态，电路中有电流流过。

（二）空载状态

如图 1-1 所示的电路中，当开关 S 打开时，电路处于断开状态。电路中没有电流通过，负载没有消耗电能，电源也没有输出电能，此时的工作状态称为空载状态。

（三）短路状态

电路中若电源的两端被导体直接连通，就称为短路状态，如图 1-4 所示。此时电源两个极性端直接相连，电路中的电流 $I_D = E/R_0$ 。由于电源内阻 R_0 很小，电流 I_D 可能达到非常大的数值，此时的电流称为短路电流。短路电流可使电源或其他电器设备烧毁，酿成事故。

形成短路的原因主要是电气绝缘损坏和连线错误。为了防止短路事故的发生，一般在电路中要装熔断器或其他自动保护电器，当发生短路故障时，它们迅速切断电路，实现电路的保护。

第二节 直流电路

电流或电压的方向不随时间的变化而变化的电路，称为直流电路。

一、电阻的串联

两个或两个以上的电阻首尾相接，中间没有分支的电路连接称为电阻的串联，如图 1-5 所示。串联电路具有如下特点：

1. 各个电阻上流过的电流相等，即 $I = I_1 = I_2$ 。

2. 电路的总电压等于各个电阻上电压的代数和, 即 $U=U_1+U_2$ 。
3. 电路的总等效电阻等于各串联电阻之和, 即 $R=R_1+R_2$ 。
4. 各电阻上的电压降与各自电阻的阻值成正比, 即 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{R_1}{R_2}$ 。
5. 各电阻上消耗的功率之和等于电路所消耗的总功率, 即 $P=P_1+P_2$ 。

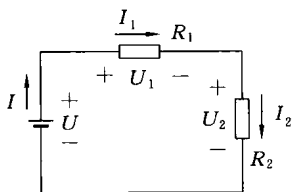


图 1-5 串联电路

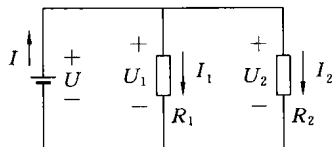


图 1-6 并联电路

二、电阻的并联

将两个或两个以上电阻的一端连接在一起, 另一端也连接在一起, 且承受同一电压, 这种连接方式, 称为电阻并联, 如图 1-6 所示。并联电路具有如下特点:

1. 各个电阻两端电压相等, 即 $U=U_1=U_2$ 。
2. 电路的总电流等于各个电阻上电流的代数和, 即 $I=I_1+I_2$ 。
3. 电路的总等效电阻的倒数等于各并联电阻倒数之和, 即 $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$ 。
4. 流过各并联电阻上的电流与其阻值成反比, 即 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}$ 。
5. 各电阻上消耗的功率之和等于电路所消耗的总功率, 即 $P=P_1+P_2$ 。

三、电阻的混联

既有电阻串联又有电阻并联的电路称为混联电路。混联电路等效电阻的计算, 可以按照上面介绍的电阻串、并联的等效变换方法, 简化为一个等效电阻。

例 1: 如图 1-7 所示电路, 该电路是一个混联电路, 已知电流电压 $U=45\text{V}$, 电阻 $R_1=70\Omega$, $R_2=10\Omega$, $R_3=80\Omega$, $R_4=5\Omega$, 试求电路中电流 I , I_1 , I_2 的数值。

解: 设电路总电阻为 R , R_1 、 R_2 的等效电阻为 R' , R' 与 R_3 的等效电阻为 R'' 。

(1) 如图 (a), 可看出 R_1 与 R_2 是串联, 则其等效电阻是 $R'=R_1+R_2=70+10=80\Omega$ 。

(2) 等效为 R' 后, 可看出 R_3 与 R' 是并联, 其等效电阻 $R''=\frac{80 \times 80}{80+80}=40\Omega$ 。

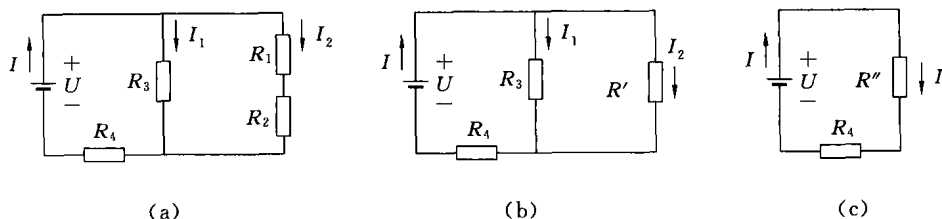


图 1-7 电阻混联

(3) 最后, 我们可以看出 R'' 与 R_4 是串联, 则电路的总电流 $I = \frac{45}{40+5} = 1\text{A}$ 。

$$I_1 = I_2 = \frac{1}{2} I = 0.5\text{A}。$$

从上面的例题可以看出, 计算混联电路的一般步骤如下:

1. 用串、并联化简方法先算出电路总的等效电阻, 并把电路化为单回路的电路。
2. 根据欧姆定律求出总电流。
3. 根据题目要求, 利用串、并联电路的分压及分流公式, 求出相应部分电路上的电压与相应支路的电流。

四、基尔霍夫定律

前面介绍简单直流电路只要运用电阻的串、并联, 欧姆定律的相关公式就能进行计算和分析。如图 1-8 所示, 含有多个电源的复杂直流电路, 一般用基尔霍夫定律来解决。基尔霍夫定律是德国物理学家古斯塔夫·基尔霍夫于 1845 年发现的, 它包含两个重要定律, 基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。

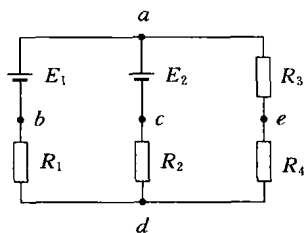


图 1-8 复杂直流电路

(一) 有关电路结构的名词

1. 支路

电路中通过同一电流的每个分支叫做支路。图 1-8 中, abd , acd , aed 都是支路, 其中 abd , acd 中有电源, 称为有源支路, aed 中没有电源, 称为无源支路。

2. 节 点

三条或三条以上支路的公共连接点,叫做节点。如图 1 - 8 中的 a 点和 d 点,而 b, c, e 不是节点。支路就是连接两个节点的一段电路。

3. 回 路

电路中的任一闭合路径叫做回路。如图 1 - 8 中, $abdca, acdea, abdea$ 都是回路。只有一个回路的电路称为单回路电路。

4. 网 孔

内部不含支路的回路叫做网孔。图 1 - 8 中, $abdca, acdea$ 是网孔, $abdea$ 不是网孔,它内部含有支路。

(二) 基尔霍夫电流定律

如果在直流电路中的任一节点处取一闭合面,在该节点处不可能有积累电荷,单位时间内流进的电量必等于流出的电量,即在任一时刻,流入节点的电流总和等于流出节点的电流总和。

对于任意一个节点:

$$\sum I_{\text{出}} = \sum I_{\text{入}} \quad (1-8)$$

如果规定流出节点的电流为正,流入节点的电流为负,则上式可写为

$$\sum I = 0 \quad (1-9)$$

上式称为基尔霍夫第一定律,也叫电流定律(KCL)。它表明,汇集于任意一个节点电流的代数和等于零。根据 KCL,每一个节点可以列出一个电流方程,但不是所有方程都是独立的。如果电路共有 n 个节点,则只能列出 $n-1$ 个独立方程。

在应用 KCL 之前,要先在电路图上标定支路电流的方向。对于已知的电流,则按已知实际方向标定;对于未知电流,可先设其参考方向,根据所列出的方程式计算出电流值,如为正,则表示电流的实际方向和参考方向相同,如为负,则电流的实际方向与参考方向相反。如图 1 - 9 所示,对于一个节点,应用基尔霍夫电流定律可得:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

如果规定流入为正,流出为负,则可写成:

$$I_5 + I_4 + I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

KCL 不仅适用于任何节点,也适用于电路中的任意假定的封闭面。对于任一封闭面,流入封闭面的电流等于流出封闭面的电流。对于图 1 - 10 所示电路,有 $I_A + I_B = I_C$ 。

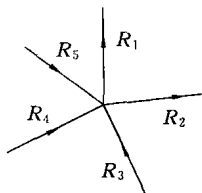


图 1-9 基尔霍夫电流定律

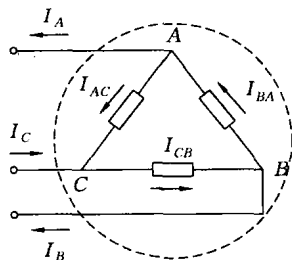


图 1-10 KCL 用于封闭面

(三) 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律阐述的是电路中任一回路上的电动势和电阻上的电压（电位差）之间的关系，即在任一时刻，沿任意闭合回路绕行一周，各段电压代数和恒等于零。

对于任意回路：

$$\sum U = 0 \quad (1-10)$$

上式称为基尔霍夫第二定律，也叫电压定律（KVL）。它表明，在任意时刻，任意回路中电动势的代数和恒等于各个电阻（含电源内阻）上电压降的代数和。

$$\sum E = \sum IR \quad (1-11)$$

在运用 KVL 列方程时，首先要确定回路中各段电压的参考方向，然后选取回路绕行方向，当各段电压的正方向和回路绕行方向一致时，该电压取正值，反之，取负值。

如图 1-11 所示电路，回路绕行方向如图所示，根据 KVL 可得：

$$U_1 + U_2 - U_3 - U_4 = 0$$

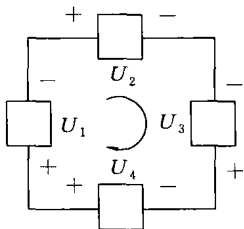


图 1-11 基尔霍夫电压定律图

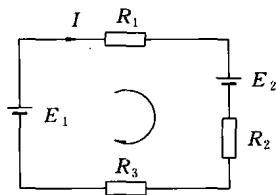


图 1-12

例 2：在图 1-12 所示电路中， $E_1 = 12\text{V}$ ， $E_2 = 4\text{V}$ ， $R_1 = R_2 = 2\Omega$ ， $R_3 = 4\Omega$ ，求回路中电流 I 。

解：这是一个单回路，电路中各元件通过同一电流 I ，电流参考方向如图所示，按顺时针绕行方向列出 KVL 方程为：