



职业技术·职业资格培训教材

制冷工

ZHILENGGONG

(初级)

劳动和社会保障部教材办公室 组织编写
上海市职业培训指导中心



中国劳动社会保障出版社



职业技术·职业资格培训教材

制冷工

ZHILENGGONG

(初级)

主 编	编	陈维刚	谢 晶	
	者	傅秀丽	高增权	王开元
		袁 进	谈向东	韩 志
		徐 倩		
主 审		陈邓曼	徐世琼	



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

制冷工：初级/陈维刚，谢晶主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2007
职业技术·职业资格培训教材
ISBN 978-7-5045-5682-0

I. 制… II. ①陈… ②谢… III. 制冷工程-职业技能鉴定-自学参考资料 IV. TB6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 061645 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

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订
787 毫米×1092 毫米 16 开本 19 印张 411 千字

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

定价：31.00 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：010-64911344

内 容 简 介

本教材由劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心依据上海 1+X 职业技能鉴定考核细目——制冷工（国家职业资格五级）组织编写。本教材从强化培养操作技能，掌握一门实用技术的角度出发，较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握初级制冷工的核心知识与技能有直接的帮助和指导作用。

本教材在编写中根据本职业的工作特点，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。全书分四个单元，包括制冷电气、制冷设备、制冷系统、制冷工的基本技能。

为便于读者掌握本教材的重点内容，教材在每单元后附有单元测试题及答案，全书后附有知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷及答案，用于检验、巩固所学知识 with 技能。

本教材为制冷工（国家职业资格五级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供全国中、高等职业院校相关专业师生，以及相关从业人员进行岗位培训、就业培训使用。

前言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。每个模块单元所附单元测试题和答



案用于检验学习效果，教材后附本级别的知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，使受培训者巩固提高所学知识 with 技能。

本教材结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

劳动保障部教材办公室

上海市职业培训指导中心

目 录

第1单元 制冷电气

第一节 电工学基础	3
第二节 制冷电气控制	38
单元测试题	64
单元测试题答案	69

第2单元 制冷设备

第一节 制冷压缩机	73
第二节 制冷热交换器和辅助设备	88
第三节 制冷剂节流与流量控制装置	103
第四节 冷库的结构	117
单元测试题	128
单元测试题答案	133

第3单元 制冷系统

第一节 制冷技术基础	137
第二节 制冷原理和热力循环分析	169
第三节 制冷系统的操作与维护	180
第四节 冷藏工艺	185
单元测试题	192
单元测试题答案	197

● 第4单元 制冷工的基本技能	201
第一节 钳工技能	201
第二节 管道工技能	227
第三节 焊工技能	241
第四节 安全技术	257
第五节 其他常用工具和仪表的操作	269
单元测试题	277
单元测试题答案	279
《制冷工》(国家职业资格五级)考试简介	280
知识考核模拟试卷	281
知识考核模拟试卷答案	286
技能考核模拟试卷	287

附录

附录1	281
附录2	281
附录3	281
附录4	281
附录5	281
附录6	281

1

第 1 单元

制 冷 电 气

第一节	电工学基础	/3
第二节	制冷电气控制	/38

在制冷技术中,电气部分占据着举足轻重的地位。首先,制冷系统运转所需动力的主要来源是电,其次,现代制冷系统的自动调节和控制更是建立在电工电子基础之上,离开了电,制冷系统将不能发挥作用。因此,要想维护和管理好制冷系统设备,打好电工电子知识方面的基础是十分必要的。

电能与制冷系统的连接是通过电路来实现的。所谓电路,就是电流可在其中流通的器件或媒质的组合,是由各种电气元件或设备为了实现能量的传输和转换,或者实现信号的传输和处理而组成的设备总称。

在电路中,如果电流的大小和方向不随时间变化,称之为直流电,相应的电路为直流电路;如果电流的大小和方向随时间变化,称为交流电,相应电路为交流电路。在直流和交流电路中,主要的研究对象是电路中电压和电流之间的相互关系和能量转换问题。随着半导体技术的应用和发展,越来越多的制冷机组或系统开始采用计算机编程控制,自动化程度大大提高。

在本单元,将介绍直流电、交流电和电子学的基础知识,并在此基础上分析制冷设备和系统常用的电气电路。

第一节 电工学基础

一、直流电的基础

直流电路是学习电工和电子技术的基础,在直流电路中的一些概念、理论和计算方法,稍加扩展,即可用来分析交流电路。

1. 电流与电阻

(1) 电流。电荷(带电粒子)有规则的定向运动,称为电流。

导体内的电流(见图1-1)是由于导体内部的自由电子在电场力的作用下有规则地运动而形成的。电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面电荷量的多少,设在时间 Δt 内通过导体横截面 S 的电荷量为 Δq ,则电流可表示为:

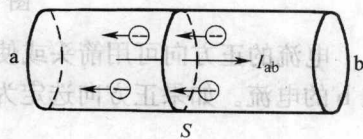


图1-1 导体内的电流

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

上式表示电流是一个与时间有关的量。如果导体内的电流不随着时间而变化,即 $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ 为常数,则这种电流称为恒定电流,简称直流电。直流电常用大写字母 I 表示,所以上式可改写为:

$$I = \frac{q}{t}$$

式中 q ——在时间 t 内通过导体横截面的电荷量。

电荷量的单位为库仑 (C), 1 C 负电荷量相当于 6.25×10^{18} 个电子所带的电荷量。

电流的单位为安培 (A), 简称安。对于直流电, 如果在 1 s 内通过导体横截面积的电荷量为 1 C 时, 则导体中的电流为 1 A, 即 $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ 。计量微小电流时, 经常以毫安 (mA) 或微安 (μA) 为单位。

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \mu\text{A} = \frac{1}{1000} \text{ mA} = 10^{-3} \text{ mA} = 10^{-6} \text{ A}$$

电流不仅有大小, 而且有方向。习惯上规定正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向为电流的方向 (实际方向)。电流的方向是客观存在的, 但在分析较为复杂的直流电路时, 往往难于事先确定某支路中电流的实际方向; 对交流电路来讲, 其方向随时间而变, 在电路图上也无法用一个箭头来表示它的实际方向。为此, 在分析与计算电路时, 常选定某一方向作为电流的正方向 (或者称为参考方向)。电流的参考方向与实际方向如图 1—2 所示。所选的电流的正方向不一定与电流的实际方向一致, 当电流的实际方向与其正方向一致时, 则电流用正值表示 (见图 1—2a); 反之, 当电流的实际方向与其正方向相反时, 则电流用负值表示 (见图 1—2b)。在电流的正方向选定之后, 电流的值才有正负之分。

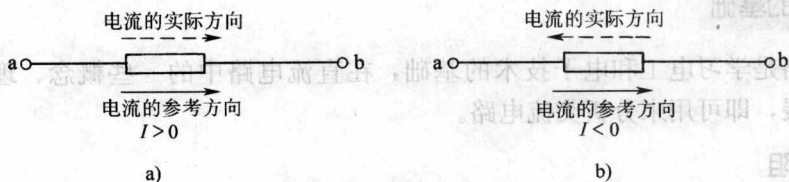


图 1—2 电流的参考方向与实际方向

电流的正方向可用箭头或使用双下标表示。如图 1—1 中的 I_{ab} 即表示正方向是由 a 指向 b 的电流。如果正方向选定为由 b 指向 a, 则为 I_{ba} , 两者之间相差一个负号, 即:

$$I_{ab} = -I_{ba}$$

(2) 电阻。物体对所通过的直流电流的阻碍作用称为电阻。电阻通常用 R 表示, 电阻的单位是欧姆 (Ω), 简称欧。当电路两端的电压为 1 伏特 (V), 通过的电流为 1 A 时, 则该段电路的电阻为 1Ω 。计量高电阻时, 常以千欧 (k Ω) 或兆欧 (M Ω) 为单位。

$$1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 1000 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

实验证明, 金属导体的电阻与导体的长度成正比, 与导体截面积成反比, 而且还与金属导体材料的性质有关。其计算公式为:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 R ——导体的电阻, Ω ;

l ——导体的长度, m;

S ——导体的截面积, m^2 ;

ρ ——电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$, 电阻率与材料性质有关。

(3) **导体、绝缘体和半导体。**物质中可以自由移动的带电粒子越多, 其导电性能越好, 由此可将物质分为导体、绝缘体和半导体 3 类。

1) 导体。导体是指导电性能很好的物体, 其电阻率 $\rho < 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 。所有的金属, 含酸、碱、盐的电解液, 大地, 人体等均属于导体。

2) 绝缘体。绝缘体通常指电阻率 $\rho > 10^8 \Omega \cdot \text{m}$ 的物体。所有的非金属、玻璃、云母、橡胶、塑料、陶瓷、纸等均属于绝缘体, 它们几乎不存在可以自由移动的带电粒子。

3) 半导体。所谓半导体, 就是指它们的导电性能介于导体与绝缘体之间。如锗、硅、硒和许多金属的氧化物、硫化物等, 都属于半导体。半导体之所以引起人们的注意并得到广泛应用, 主要原因不是因为它们的电阻率在数值上与导体和绝缘体有差别, 而在于它们的电阻率在各种因素 (温度、光照、压力、掺杂、电压等) 作用下将出现非常大的差别。例如, 对温度敏感的半导体材料可以用来制作测量温度的传感元件。

2. 电压与电动势

(1) **电压。**电荷的定向运动形成电流, 是在电场力的作用下实现的。在这个过程中, 电场力推动电荷运动而做功。在如图 1—3 所示的电荷的回路中, a 和 b 是电源的两个电极, a 带正电荷, b 带负电荷, 电极 a 和 b 之间产生电场, 其方向由 a 指向 b 。如果在电源外部用导体 (导线和负载) 将 a 和 b 连接起来, 则正电荷就会在电场力的作用下从电极 a 经导体流向 b 。为了衡量电场力对电荷做功的能力, 引入电压这一物理量, 用字母 U 表示。

a 和 b 两点间的电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功, 也就是单位正电荷从 a 点 (高电位) 移到 b 点 (低电位) 所失去的电能, 即:

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$$

式中 W_{ab} ——电场力所做的功;

q ——电荷量。

电压的单位为伏特 (V), 简称伏。当电场力把 1 C 的电荷量从一点移到另一点所做的功为 1 焦耳 (J) 时, 则这两点之间的电压为 1 V。即: $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ 。

计量高电压时, 常以千伏 (kV) 为单位; 计量微小的电压时, 则以毫伏 (mV) 或微伏 (μV) 为单位。它们之间的关系为:

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

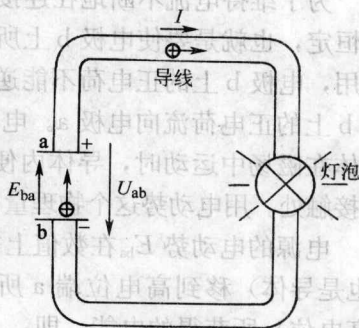


图 1—3 电荷的回路

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

$$1 \mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$$

在电路中两点间的电压也常称为这两点间的电位差,即:

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

式中 V_a ——a 点的电位;

V_b ——b 点的电位。

电工学对电位的描述是这样的:在电路中指定某点作为参考点(参考点可任意选取),规定其电位为零,电路中其他点与参考点之间的电压称为该点的电位。对于电位,可以理解为—根直尺,其长度是客观存在的,如果在上面按照一定的长度单位画上刻度,则其上任意两点的距离就可以用刻度来表示。在这里,电路中两点间的电压好比直尺上两点间的距离,而电位就是直尺上的刻度。

(2) 电动势。在图 1—3 中,正电荷在电场力的作用下,从高电位向低电位移动。这样,电极 a 因正电荷的减少而使电位逐渐降低,电极 b 因正电荷的增多而使电位逐渐升高,其结果是 a 和 b 两电极间的电位差逐渐减小到等于零,与此同时,连接导体中的电流也相应地减小到等于零。

为了维持电流不断地在连接导体中流通,并保持恒定,则必须使 a, b 间的电压 U_{ab} 保持恒定,也就是要使电极 b 上所增加的正电荷经过另一路径流向电极 a。但由于电场力的作用,电极 b 上的正电荷不能逆电场而上,因此,必须要有另一种力能克服电场力而使电极 b 上的正电荷流向电极 a。电源就能产生这种力,称它为电源力。例如在发电机中,当导体在磁场中运动时,导体内便出现这种电源力;在电池中,电源力存在于电极与电解液的接触处。用电动势这个物理量衡量电源力对电荷做功的能力,电动势常用字母 E 来表示。

电源的电动势 E_{ba} 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位端 b 经电源内部(也是导体)移到高电位端 a 所做的功,也就是单位正电荷从 b 点(低电位)移到 a 点(高电位)所获得的电能,即:

$$E_{ba} = \frac{W_{ba}}{q}$$

式中 W_{ba} ——电荷由 b 到 a 所得到的能量;

q ——电荷量。

电动势的单位与电压相同。

在电源力的作用下,电源不断地把其他形式的能量转换为电能。

电压和电动势都是标量,但在分析电路时,认为它们具有方向。电压的方向规定为由高电位端指向低电位端,即为电位降低的方向。电动势的方向规定为在电源内部由低电位端指向高电位端,即为电位升高的方向。

与电流一样,在分析与计算电路时,常可任意选定某一方向作为电压或电动势的正方向(或称为参考方向)。电压的参考方向与实际方向如图 1—4 所示。当电压(或电动势)的实际方向与其正方向一致时,则电压用正值表示(见图 1—4a);反之,当电压(或电动

势)的实际方向与其正方向相反时,则电压用负值表示(见图1—4b)。

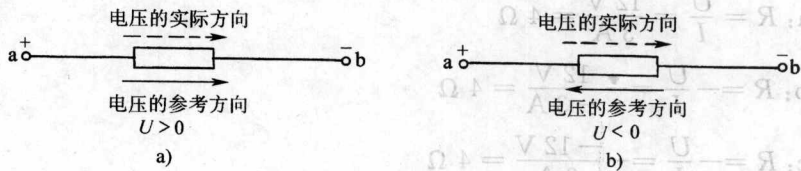


图1—4 电压的参考方向与实际方向

电压或电动势的正方向也用箭头或双下标表示。也有用参考极性“+”和“-”来表示电压的正方向的,但“+”和“-”更多地用来表示电源的实际极性。在正方向选定之后,电压或电动势的值才有正负之分。

3. 欧姆定律

欧姆定律是电路分析中最基本、最重要的定律之一。欧姆定律的基本内容是:流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比。欧姆定律可表示为下式:

$$\frac{U}{I} = R \text{ 或 } U = IR$$

由上式可知,如果在电压 U 一定时,电阻 R 越大,则电流 I 越小。显然,电阻是具有对电流起阻碍作用的物理量。

欧姆定律在电路中的应用如图1—5所示,由于所选电流、电压的参考方向的不同,欧姆定律的表达式可能需要带有正号或负号。当电压和电流的正方向一致时(见图1—5a和d),欧姆定律表示为:

$$U = IR$$

当两者的正方向选得相反时(见图1—5b和c),欧姆定律表示为:

$$U = -IR$$

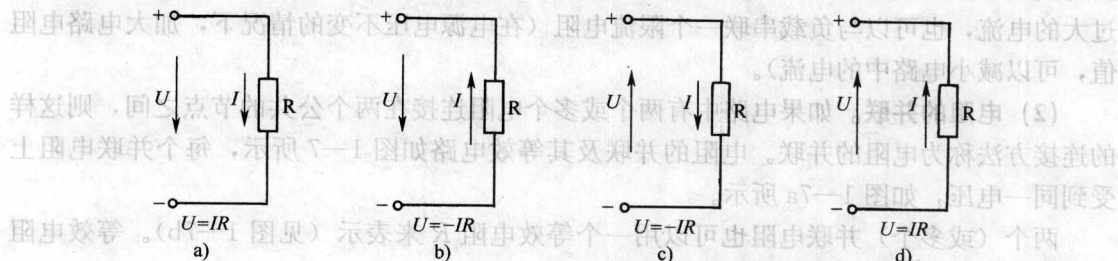


图1—5 欧姆定律在电路中的应用

在欧姆定律公式里面加入负号,是为了保证电阻两端电压的实际方向与所通过电流的实际方向是相同的,也就是保证计算出来的电阻为正值。

【例1—1】在如图1—5所示的电路中,设电压为12 V,电流为3 A,试用欧姆定律求电阻 R (图中的“+”和“-”表示电源的正、负极)。

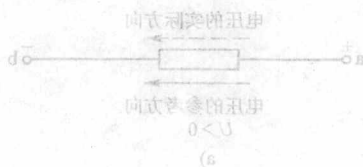
解:

$$\text{图 1—5a: } R = \frac{U}{I} = \frac{12 \text{ V}}{3 \text{ A}} = 4 \Omega$$

$$\text{图 1—5b: } R = -\frac{U}{I} = -\frac{12 \text{ V}}{-3 \text{ A}} = 4 \Omega$$

$$\text{图 1—5c: } R = -\frac{U}{I} = -\frac{-12 \text{ V}}{3 \text{ A}} = 4 \Omega$$

$$\text{图 1—5d: } R = \frac{U}{I} = \frac{-12 \text{ V}}{-3 \text{ A}} = 4 \Omega$$



4. 电阻的串联、并联及混联

(1) 电阻的串联。如果电路中有两个或更多个电阻一个接一个地顺序相连, 并且在这些电阻中通过同一电流 I , 则这样的连接方法称为电阻的串联。电阻的串联及其等效电路如图 1—6 所示, 图 1—6a 为两个电阻串联的电路。

两个(或多个)串联电阻可以用一个等效电阻 R 来替代(见图 1—6b), 等效电阻等于各个串联电阻之和, 即:

$$R = R_1 + R_2$$

根据欧姆定律, 每个串联电阻上的电压分别为:

$$U_1 = IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

$$U_2 = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

$$U = U_1 + U_2$$

由上式可知, 串联电阻上电压的分配与电阻的阻值成正比。即电阻阻值大, 则分得电压值高。电阻串联的应用很多, 例如, 在负载的额定电压低于电源电压的情况下, 通常需要与负载串联一个电阻, 共同负担电源电压, 以降低负载电压; 有时为了限制负载中通过过大的电流, 也可以与负载串联一个限流电阻(在电源电压不变的情况下, 加大电路电阻值, 可以减小电路中的电流)。

(2) 电阻的并联。如果电路中有两个或多个电阻连接在两个公共的节点之间, 则这样的连接方法称为电阻的并联。电阻的并联及其等效电路如图 1—7 所示, 每个并联电阻上受到同一电压, 如图 1—7a 所示。

两个(或多个)并联电阻也可以用一个等效电阻 R 来表示(见图 1—7b)。等效电阻的倒数等于各个并联电阻的倒数之和, 即:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

上式可转化为:

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

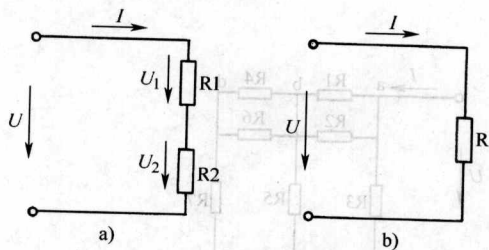


图 1—6 电阻的串联及其等效电路

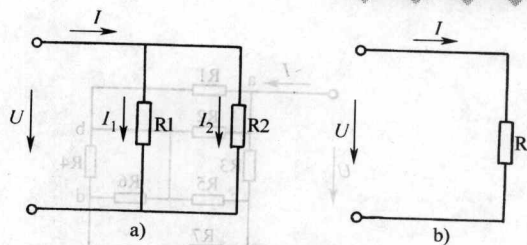


图 1—7 电阻的并联及其等效电路

每个电阻上流过的电流为：

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{IR}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{IR}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

$$I = I_1 + I_2$$

由上式可知，并联电阻上电流的分配与电阻阻值成反比，即阻值大，通过的电流小。

一般负载都是并联使用的，它们处于同一电压之下，任何一个负载的工作情况基本上不受其他负载的影响。并联的负载电阻越多，则总电阻越小，电路中总电流和总功率也就越大。但每个负载的电流和功率却没有变动（严格地讲，基本上不变）。有时为了某种需要，可将电路中的某一段与电阻或变阻器并联，起到分流或调节电流的作用。

(3) 电阻的混联。如果电路中既有串联电阻又有并联电阻，这种电阻的连接方法称为电阻的混联。简单的混联电阻也可以通过电阻的串、并联分析简化为一个等效电阻。下面通过一个例子加以说明。

如图 1—8 所示为混联电路（一）。在图 1—8a 中，为了分析方便，将各个电阻之间的公共连接点分别标上编号 a, b, c, d。然后将图 1—8a 所示的电路进行变形，得到图 1—8b。在图 1—8b 中可以清楚地看出， R_1 与 R_2 并联， R_4 与 R_6 并联，分别计算出它们的等效电阻 R_{12} 与 R_{46} ，电路图转换成图 1—8c。在图 1—8c 中， R_{46} 与 R_7 串联，计算出其等效电阻 R_8 ，电路转换成图 1—8d，……，如此转换，直至得到 a, b 两点的等效电阻 R 。

【例 1—2】混联电路（二）如图 1—9 所示，图中各电阻的阻值均为 $1\ \Omega$ 。求 a, b 之间的等效电阻。

解：在图 1—9a 中，各电阻之间的混联关系为： R_1 与 R_2 并联、 R_3 与 R_4 并联、 R_5 与一导线并联（导线电阻视为 0，即 R_5 被短路）后再串联在一起。可得等效电阻为：

$$R = \frac{1 \times 1}{1 + 1} + \frac{1 \times 1}{1 + 1} + \frac{1 \times 0}{1 + 0} = 1\ \Omega$$

在图 1—9b 中，各电阻之间的混联关系为：将 R_1 , R_2 并联与 R_4 , R_5 并联后，串联在一起，再与 R_3 并联。