



单元一 电工基础知识

◆工作任务

计算机应用和网络系统工程离不开电工技术。本单元的电工基础理论与中学知识衔接,通过本单元的学习,可以了解和熟悉电工技术涉及的电阻、电流、电压、电感、电容和功率等基本概念,了解电线电缆的类型和相关的知识,掌握实际工程应用中电线电缆的选取和连接方法。

◆工作目标

- (1)了解电阻、电流、电压、电感、电容和功率的概念。
- (2)熟悉电路中电阻、电流、电压等计算方法。
- (3)熟悉导线的类型和规格。
- (4)熟练掌握电线电缆的各种连接方法。



单元一 PPT

电阻、电流、电压、电感、电容和功率等,都是电工学的基础概念,要学习电工知识,首先需要理解这些概念。电线电缆则是实现电路最基本的组成部分,任何一个电路系统都离不开用于连接的电线电缆。本单元首先介绍基础概念,然后对电线电缆的规格、色标、型号选择和连接方式等进行说明。

1.1 电阻和电阻率

1.1.1 电阻和电阻率的概念

电阻是电线等导体的基本物理特性,电路中各部位都存在电阻,用于传输电能的导线,用于测量电能的各种电表,以及电灯、电器等用电设备都有电阻。电阻可以描述为电路中组件对所经过电能的阻碍作用,用符号 R 表示电阻,国际单位制中电阻的单位为欧姆(Ω)。

电阻率是反映材料导电性能的物理量,它与导体的长度、横截面积等因素无关,是导体材料本身的电学性质,由导体的材料决定,且与温度有关。

如果知道一个导体材料的电阻率 ρ 、长度 l 、横截面积 S ,就可以计算其电阻值,计算公式为式(1-1),常用金属材料的电阻率见表 1-1。

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

表 1-1 常用金属材料的电阻率

金属种类	电阻率($\Omega \cdot m$)	金属种类	电阻率($\Omega \cdot m$)
银	1.65×10^{-8}	锰铜	4.4×10^{-7}
铜	1.75×10^{-8}	汞	9.6×10^{-7}
金	2.4×10^{-8}	康铜	5.0×10^{-7}
铝	2.83×10^{-8}	镍铬合金	1.0×10^{-6}
钨	5.48×10^{-8}	铁铬铝合金	1.4×10^{-6}
铁	9.78×10^{-8}	铝镍铁合金	1.6×10^{-6}

从表 1-1 看出,银、铜、金、铝四种材料电阻率最小,在需要导电的电工电子行业中被大量使用,例如大功率电器设备接线排和接线端子往往采取镀银,超五类和六类网络水晶头刀片采取镀金,实现电阻低和不生锈的目的,铜常用于电线电缆导体,铝用于高压输电导线。

1.1.2 网络双绞线电缆电阻的计算

1. 长度 90 米永久链路的电阻

GB 50311—2016《综合布线系统工程设计规范》中规定,双绞线电缆永久链路的最大长度为 90 米。网络双绞线的导体都使用铜导体,五类双绞线电缆的线芯直径为 0.5 毫米,半径为 0.25 毫米,如果不考虑每对线绞绕后增加的长度,就按照 90 米长度计算如下:

查表 1-1 知道,铜材料的电阻率为 $1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, 长度 $l = 90m$ 。

面积 $S = \pi \times R^2 = 3.14 \times (0.25 \times 10^{-3} m)^2 = 0.1963 \times 10^{-6} m^2$

$$R = \rho \frac{l}{S} = 1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times \frac{90m}{0.1963 \times 10^{-6} m^2} = 8.02 \Omega$$

90 米双绞线电缆每芯线的电阻值为 8.02 欧姆。

2. 长度 305 米整箱网络双绞线电缆的电阻

整箱网络双绞线的长度一般为 1000 英尺,也就是 305 米。因为网线有四对绞绕,每对绞绕的节距不同,四对线的长度都大于 305 米,每对线芯的电阻值也不同。

下面以五类网络双绞线电缆为例计算整箱网线的电阻。五类网络双绞线电缆的线芯直径为 0.5 毫米,导体直径为 0.5 毫米,半径为 0.25 毫米,查表 1-1 知道,铜材料的电阻率为 $1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$,按照公式(1-1)计算的电阻率如下:

1、2 线对颜色为白蓝、蓝,实际长度约为 307.7 米,计算的电阻值为 27.37 欧姆。

3、4 线对颜色为白橙、橙,实际长度约为 319 米,计算的电阻值为 28.42 欧姆。

5、6 线对颜色为白绿、绿,实际长度约为 311.6 米,计算的电阻值为 27.76 欧姆。

7、8 线对颜色为白棕、棕,实际长度约为 314.9 米,计算的电阻值为 28.06 欧姆。

1.1.3 串联和并联电路的等效电阻值

对于存在多个电阻的电路,有时候需要将其转化为一个等效的和电阻。串联电路中的两个电阻 R_1 和 R_2 ,其等效和电阻 $R=R_1+R_2$,如图 1-1 所示,对于并联电路 $R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$,如图 1-2 所示。

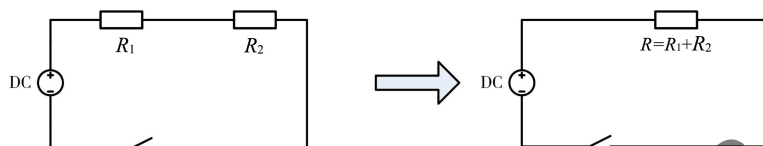


图 1-1 串联电路中的电阻

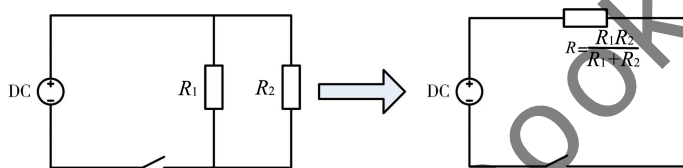


图 1-2 并联电路中的电阻

1.2 电流

1.2.1 电流的概念

通常用电流强度来描述流经物体的电量的大小,电流强度简称为电流,符号为 I ,在国际单位制中,电流的单位为安培(A)。定义电流 I 为单位时间 t 内,流经物体某一横截面的电荷量 Q 的大小,计算公式为式(1-2)。

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

Q 为通过导体横截面的电荷量,单位是库仑(C)。 t 为电荷通过导体的时间,单位是秒(s)。在国际单位制中,1秒内通过导体横截面的电荷量为1库仑时,其电流为1安培(A)。

在电场力的作用下,电荷有规律的定向移动形成了电流。规定正电荷的移动方向或者负电荷移动的反方向,为电流的实际方向,如图 1-3 所示。

当电流的大小和方向都不随时间而改变时,称这种电流为恒定电流。使用大写字母如 U 、 I 表示电压、电流。当电压、电流随时间变化时,使用小写字母 u 、 i 表示。

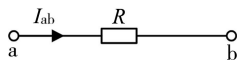


图 1-3 电流的方向

1.2.2 电流的计算

使用电流表或万用表可以测试流经电路某一支路的电流。如图 1-4 所示,要测量流经

电阻 R_1 的电流,则应将表串接在 R_1 所在的支路。

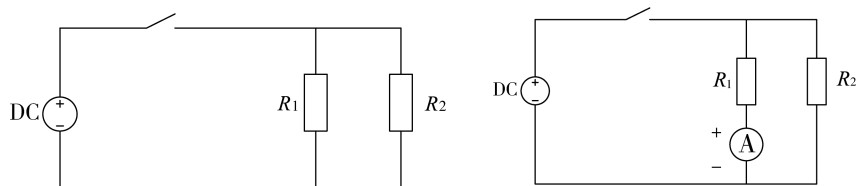


图 1-4 直流电流的测量

对于高压交流电流,也可使用互感的方式测量其电流值。如图 1-5 所示,交流电路电流为 i_1 ,线圈匝数为 n_1 ,感应电路电流为 i_2 ,线圈匝数为 n_2 ,则 $n_1 i_1 = n_2 i_2$ 。

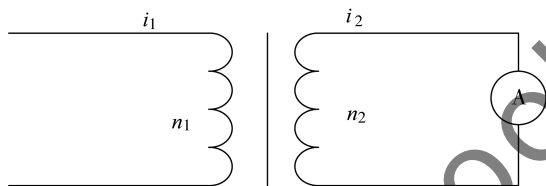


图 1-5 交流电流的测量

1.2.3 串联和并联电路的电流计算

对于串联电路 $I = I_1 = I_2$,如图 1-6 所示;对于并联电路 $I = I_1 + I_2$,如图 1-7 所示。

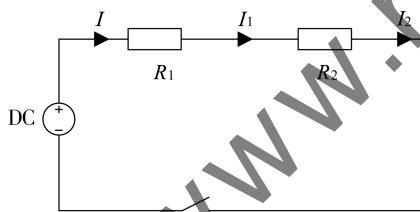


图 1-6 串联电路中的电流

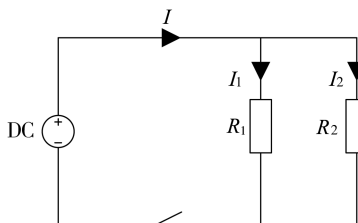


图 1-7 并联电路中的电流

在图 1-7 所示电路中,已知总电流 I ,同样可以计算出流经支路 R_1 和 R_2 的电流值大小,每条支路的电阻越大,该支路上分配到的电流越小,计算公式为式(1-3)。

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (1-3)$$

已知 $I = I_1 + I_2$,则有 $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$ 。

1.3 电压

1.3.1 电压的概念

当一个物体中有电流流过时,它在电流流入的位置和流出的位置上存在电压降落,这个电压降落叫电位差,用符号 U 表示,在国际单位制中,电压的单位为伏特(V),电位差计算公

式为式(1-4)。

$$U = IR \quad (1-4)$$

I 为通过导体的电流,单位是安培(A)。 R 为导体的电阻,单位是欧姆(Ω)。

习惯上把电位降低的方向作为电压的实际方向,用+、-号表示,如图 1-8 所示。

将电路中接地点作为零电位的参考点,用图 1-9 所示的符号表示,任意一点与参考点之间的电压称为该点的电位或电势 φ 。电位单位与电压相同,用伏特(V)表示,计算公式为式(1-5)。

电路中两点间的电压也可用电位差值来表示。

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-5)$$

电场中某点的电位可能随着参考点(零电位点)的选择而不同,但是两点间的电压是不会变化的。

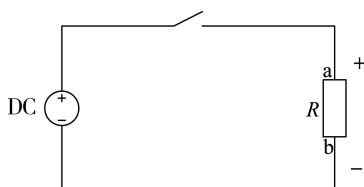


图 1-8 电压方向

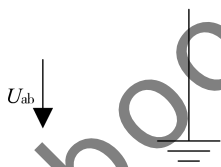


图 1-9 接地符号

1.3.2 电压的测量

使用电压表或万用表可以测量电路中某物体上的电压降落。如图 1-10 所示,要测量电阻 R_2 两端的电压降落,将电压表与 R_2 并联即可。

对于高压交流电压,也可以使用互感的方式测量其电压值。如图 1-11 所示,交流电路电压为 u_1 ,线圈匝数为 n_1 ,感应电路电压为 u_2 ,线圈匝数为 n_2 ,则 $u_1/n_1 = u_2/n_2$ 。

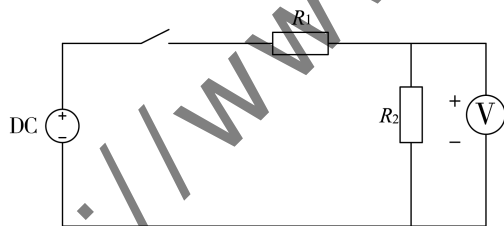


图 1-10 直流电压的测量

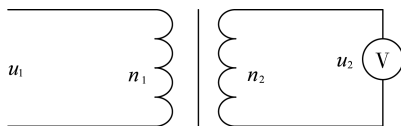


图 1-11 交流电压的测量

1.3.3 串联电路电压的计算

如图 1-12 所示的串联电路 $U = U_1 + U_2$ 。在图 1-12 所示电路中,已知加载在 R_1 和 R_2 上的总电压 U ,也可计算出 R_1 和 R_2 分别获得的电压 U_1 和 U_2 ,根据公式 $U = IR$ 可知,电流相同时,电压的大小与电阻成正比,流经 R_1 和 R_2 的电流值是相同的,那么得到式(1-6)。

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \quad (1-6)$$

已知 $U = U_1 + U_2$,则有 $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U, U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$ 。

对于并联电路有 $U = U_1 = U_2$,如图 1-13 所示。

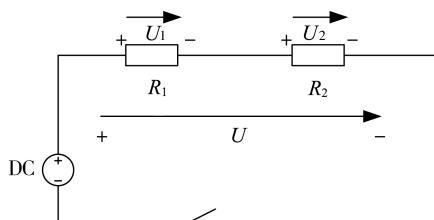


图 1-12 串联电路中的电压

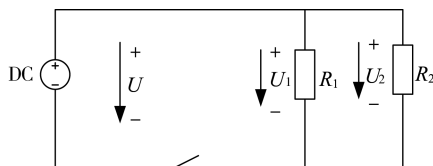


图 1-13 并联电路中的电压

1.3.4 电压降落和功耗

导线既不像电灯会发出光能,也不像电机会产生动能,其功耗主要为电流经过电阻所消耗的电能。电流经过电阻消耗能量,同时产生热能,因此导线会发热。其功率计算的公式为式(1-7)。

$$P = UI = I^2R \quad (1-7)$$

从式(1-7)可以看出,导线发热损失的功率与电阻值成正比,因此一般远距离送电时,选用电阻率比较低的铜或者铝导体,从表 1-1 查出电阻率较低的几种金属为:银电阻率最小为 $1.65 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$,铜为 $1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$,金为 $2.4 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$,铝为 $2.83 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$,铁为 $9.78 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 。对比发现虽然银、金电阻率很低,但是与其他材料相比,不但资源稀缺而且价格昂贵,铁不仅电阻率较大,而且容易生锈,因此在电力系统和网络通信布线一般都会选择电阻率较低和价格低的铜材料作为导体。电力系统长距离大容量输电时,为了降低成本选用铝材料作为裸导线。

从式(1-7)也可以看出,导线发热功率的消耗与电流的平方成正比,因为电阻是导线的物理特性,在常温或者合理的成本内无法做到 0,为了降低发热功率消耗,必须降低导线传输时的电流值。

超导技术的发展目标,就是降低导体电阻使其接近 0,有望大幅度降低电能传输损耗。

1.4 电感

1.4.1 电感的概念

如图 1-14 所示电路,电路中有一个电感线圈。闭合开关后,电流表读数不会立即变化,而是会从 0 逐渐上升到固定值。

这是由于电流经过电感线圈时会产生磁通量,当电压变化时,磁通量会有一个维持原状态的趋势,阻碍电流的变化,使得电流的变化滞后于电压的变化。通常用电感来描述物质的这种特性,电感的符号是 L ,国际单位制中电感的单位是亨特(H)。

规定电感的大小为通过电流 I 时产生的磁通量 Φ 与电流 I 的比值,其计算公式为式(1-8)。

$$L = \frac{\Phi}{I} \quad (1-8)$$

具有电感的不仅有线圈,两根导体之间都存在电感,距离越近电感越大。

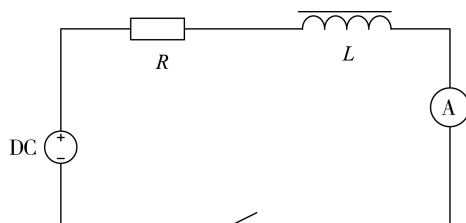


图 1-14 电路中的电感

例如,我们常见的计算机网络系统使用的双绞线电缆也具有电感属性,因此每对双绞线的绞绕节距不同,六类网络双绞线增加十字骨架,七类网络双绞线增加屏蔽,都是为了降低或者控制导线之间的电感,降低电感对信号传输的影响。

1.4.2 电感的计算

当串联电路中两个电感产生的磁通量为同一方向时,总电感 $L = L_1 + L_2$,如图 1-15 所示。当电路中两个电感产生的磁通量为相反方向时,总电感 $L = |L_1 - L_2|$,磁通方向与 L_1 和 L_2 中较大的一个相同,如图 1-16 所示。

电感线圈磁通方向的判断常用“右手定律”,也就是用右手握住线圈,四指弯曲方向与线圈中电流流动的方向一致,此时大拇指所指的方向为磁通方向。

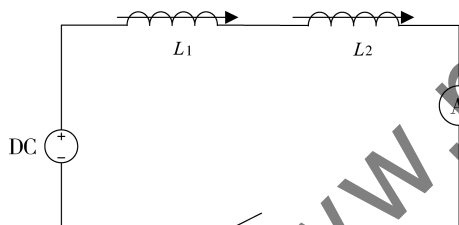


图 1-15 磁通方向相同

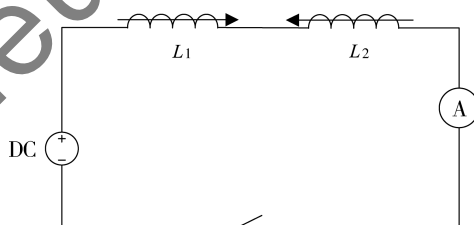


图 1-16 磁通方向相反

1.5 电容

1.5.1 电容的概念

如图 1-17 所示的电路中有一个电容器,将开关连通触点 1 时,电压表显示的电压从 0 开始逐渐升高至一个稳定值,电流表显示的电流逐渐降低为 0。此时将开关连通触点 2,电压表的读数逐渐降低为 0,电流表的读数从一个较高的数值逐渐降低为 0。

电容器具有储存电荷的能力,从而使其电压值的变化滞后于电流的变化,通常用电容来描述物体的这种特性,电容的符号是 C ,国际单位制中电容的单位为法拉(F)。

电容器两端的电压与储存的电荷量成正比。规定电容的大小为其储存的电荷量与电压的比值,其计算公式为式(1-9)。

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1-9)$$

电容的大小由其结构决定,是物体固有的属性,与其储存的电荷量无关。
具有电容的不只有电容器,能够储存电荷的结构都具有电容,如传输线缆与地面之间。

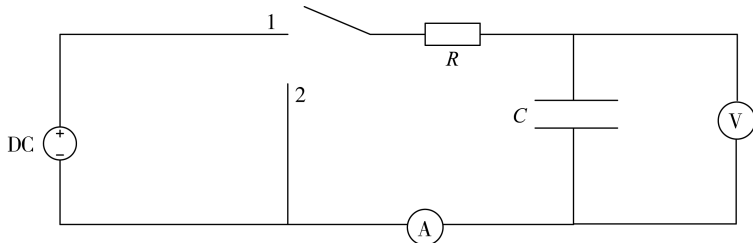


图 1-17 电路中的电容

例如,我们常见的计算机网络系统使用的双绞线电缆,也具有电容属性,因此每对双绞线的绞绕节距不同,六类网络双绞线增加十字骨架,七类网络双绞线增加屏蔽,也是为了降低或者控制导线之间的电容,降低电容对信号传输的影响。

1.5.2 电容的计算

串联电路中的两个电容 C_1 和 C_2 ,其等效电容 $C=C_1+C_2$,如图 1-18 所示;对于并联电路 $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$,如图 1-19 所示。

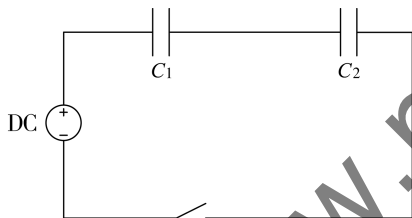


图 1-18 电容的串联

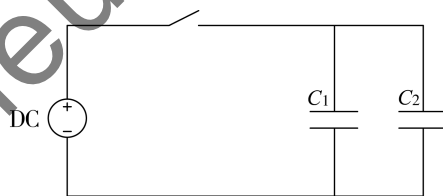


图 1-19 电容的并联

1.6 功率

1.6.1 功率的概念

单位时间内电能所做的功称为功率。功率用符号 P 表示,在国际单位制中,功率的单位是瓦特(W),计算公式为式(1-10)。

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-10)$$

如图 1-20 所示,电阻两端的电压为 U ,流过的电流为 I ,关联参考方向,则电阻吸收的功率为 P ,计算公式为式(1-11)。

$$P = UI \quad (1-11)$$

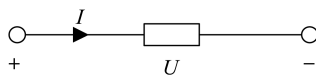


图 1-20 功率的概念

电阻在时间 t 内所消耗的电能为如式(1-12)所示的计算公式。

$$W = Pt \quad (1-12)$$

元件两端的电压和流过的电流为关联参考方向时：

$P = UI > 0$, 元件吸收功率；

$P = UI < 0$, 元件发出功率。

1.6.2 功率的测量

对于直流功率,可以分别测量其电压和电流值,然后根据公式 $P = UI$ 计算出功率。

对于交流功率,可以通过功率表进行测量。功率表的接法如图 1-21 所示。功率表有一对电流接线端子和一对电压接线端子,按照关联参考方向接线后,读数即为其有功功率。

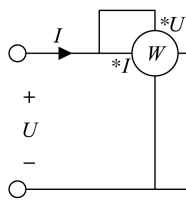


图 1-21 功率的测量

进行远距离大功率传输时,导线传输的功率 $P = UI$,为了传输更大的功率,普遍采取高电压输电技术,大幅度提高输送电压、降低电流,也就降低了传输线路的功率损耗。

目前中国高电压输送技术领先世界水平,中国目前运行的交流高压输电线路主要有 1000kV、750kV、500kV、330kV、220kV、110kV 等。

1.7 电线电缆

1.7.1 导线的材料

按照表 1-1 所示,常温下导电性能最好的依次是银、铜、金、铝,这几种材料是最常用于做电线电缆的导体,其中铜使用得最为广泛,几乎所有的导线都是铜的,由于铝密度小,取材广泛,且价格比铜便宜,被广泛用于电力系统的架空输电线路。为解决铝材料刚性不足的缺陷,一般采用钢芯铝绞线,即铝绞线内部包有一根钢线,以提高强度。银导电性能最好,但由于成本高很少被采用,只有在高要求场合才被使用,如精密仪器、高频振荡器、航天等。在某些场合仪器上触点也有用金的,因为金的化学性质稳定,并不是因为其电阻率小。

1.7.2 电线电缆的选择

合理选择线缆的导体截面,应能达到安全运行、降低电能损耗和减少运行费用的效果。导体截面的选择可由安全载流量、线路电压降、机械强度、与熔体额定电流或开关整定值相配合等四个方面加以确定。导体截面的选择原则:导体截面的选择按允许载流量、经济电流密度选择,按机械强度、允许电压损失校验,同时,满足短路稳定度的条件。

导体线径一般按如式(1-13)所示的公式计算:

$$\text{铜线: } S = IL / 54.4U \quad (1-13)$$

$$\text{铝线: } S = IL / 34U$$

式中 I ——导体中通过的最大电流(A);

L ——导体的长度(m);

U ——允许的电降(V);

S ——导体的截面积(mm^2)。

作为电工技术人员,在线路的设计和安装过程中,首先都需要查找电工手册和有关书籍,通过计算确定负荷电流后进行查表得出导体的截面积,由于电线电缆的安全载流量是很难记忆的。如铜线和铝线又不一样,不同的环境温度、穿管与不穿管电线电缆的安全载流量又不一致,有时查电工手册和书籍的方法很难提高工作效率。经过实践证明,在留有一定的裕量的“口诀法”给电工技术人员带来了方便。实践证明这种方法是绝对安全、可靠的。导体安全载流量计算口诀如下:

10下五,100上二;25,35,四三界;70,95,两倍半;穿管温度,八九折;裸线加一半;铜线升级算。具体读法如下:

“十下五,百上二;二五,三五,四三界;七十,九五,两倍半;穿管温度,八九折;裸线加一半;铜线升级算”。

口诀中,数字部分代表导体截面积,汉字部分代表允许通过的最大电流。

(1)10下五:铝导体截面积 $\leq 10\text{mm}^2$ 时,每平方毫米允许通过的最大电流为5A。

(2)100上二:铝导体截面积 $\geq 100\text{mm}^2$ 时,每平方毫米允许通过的最大电流为2A。

(3)25,35,四三界:当铝导体截面积 $\geq 10\text{mm}^2$ 且 $\leq 25\text{mm}^2$ 时,每平方毫米允许通过的最大电流为4A;当铝导体截面积 $\geq 35\text{mm}^2$ 且 $\leq 70\text{mm}^2$ 时,每平方毫米允许通过的最大电流为3A。

(4)70,95,两倍半:当铝导体截面积 $\geq 70\text{mm}^2$ 且 $\leq 95\text{mm}^2$ 时,每平方毫米允许通过的最大电流为2.5A。

(5)穿管温度,八九折:如穿管敷设应打8折,如环境温度 $\geq 35^\circ\text{C}$,应打9折。

(6)裸线加一半:裸线允许通过的最大电流要提高50%。

(7)铜线升级算:铜导体的允许最大电流与较大一级的铝导体的允许最大电流相等,如:1.5 mm^2 的铜导体相当于2.5 mm^2 的铝导体的截流量,2.5 mm^2 的铜导体相当于4 mm^2 的铝导体的截流量,依此类推。

1.7.3 电线电缆的规格

电线电缆一般在导体外面都包裹有绝缘层或者护套,单根一般称为电线,多根电线组成电缆,电线电缆按照线芯和护套的类型可以分多种,下面介绍电线电缆的分类和规格。

1.电线电缆型号表示方法

电线电缆型号一般用如图1-22所示的字符串格式表示:第一位为分类及用途代号;第二位为绝缘代号;第三位为护套代号,无护套时省略第三位;第四位为派生代号,无派生代号时省略第四位。

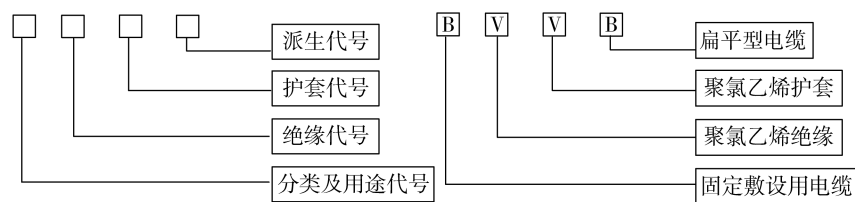


图 1-22 电缆的型号

2. 电线电缆型号中各字母的含义

(1) 按用途分

固定敷设用电缆—B

连接用软电缆—R

电梯电缆—T

室内装饰照明用电缆—S

安装用电缆—A

(2) 按材料特性分

铜导体—T, 通常省略

铝导体—L

铜皮铝导体—TP

聚氯乙烯绝缘—V

聚氯乙烯护套—V

聚乙烯绝缘—Y

护套耐油聚氯乙烯—VY

(3) 按结构特征分

圆形—通常省略

扁平型—B

双绞型—S

屏蔽型—P

软结构—R

(4) 按耐热特征分

70°C—省略

90°C—90

3. 常用的电线电缆

(1) RV 电线

RV 电线表示铜导体聚氯乙烯绝缘软电线, 是一种由多股铜导体和聚氯乙烯绝缘层组成的软电线, 如图 1-23 所示。

RV 电线在工业配电领域有着广泛的应用, 尤其适合要求较为严格的柔性安装场所, 如电控柜、配电箱及各种低压电气设备, 可用于电力、电气控制信号及开关信号的传输。

RV 电线采用软结构的设计, 导体弯曲半径较小, 且适用于潮湿多油的安装场所。

RV 电线的标准截面积有 0.5mm^2 、 0.75mm^2 、 1mm^2 、 1.5mm^2 、 2.5mm^2 、 4mm^2 、 6mm^2 等,

见表 1-2。

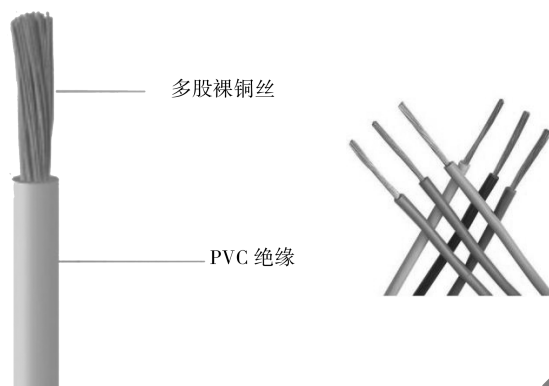


图 1-23 RV 电线

表 1-2 常用 RV 电线产品规格表

电压等级(V)	截面积(mm ²)	产品规格(mm) 线数/线径	产品结构(mm)		
			导体直径	绝缘厚度	标称外径
300/500	0.5	28/0.15	1.01	0.6	2.16
300/500	0.75	42/0.15	1.26	0.6	2.40
300/500	1	32/0.20	1.41	0.6	2.54
300/500	1.5	48/0.20	1.71	0.7	3.00
300/500	2.5	55/0.24	2.09	0.8	3.69
300/500	4	65/0.28	2.80	0.8	4.40
300/500	6	84/0.30	3.21	0.8	4.81

(2)RVV 电缆

RVV 电缆表示铜导体聚氯乙烯绝缘护套软电缆, RVV 电缆也是由两根或两根以上的聚氯乙烯绝缘电线增加聚氯乙烯外护套组成的软电缆, 如图 1-24 所示。

RVV 电缆主要应用于电器、仪表和电子设备及自动化装置等电源线、信号控制线, 例如用于防盗报警系统、楼宇对讲系统、仪器、仪表、监视监控的控制等。

RVV 电缆是弱电系统最常用的电缆, 其芯线根数不定, 两根或两根以上, 外面有绝缘护套, 芯数从 2 芯~24 芯按国标分色, 多芯绞合成缆, 外层绞合方向为右向。

RVV 电缆的标准截面积有 0.5mm²、0.75mm²、1mm²、1.5mm² 等, 见表 1-3。

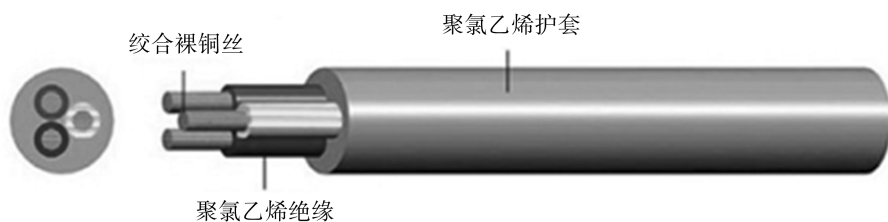


图 1-24 RVV 电缆

表 1-3

常用 RVV 二芯软电缆产品规格表

电压等级 (V)	截面积 (mm ²)	产品规格 (mm) 线数/线径	产品结构 (mm)		
			导体直径	绝缘外径	标称外径
300/500	0.5	2×28/0.15	1.01	2.01	3.21×5.22
300/500	0.75	2×42/0.15	1.26	2.26	3.46×5.72
300/500	1	2×32/0.20	1.4	2.81	4.4×7.2
300/500	1.5	2×48/0.20	1.71	3.11	4.7×7.8

(3) BV 电线

BV 电线表示单芯铜导体聚氯乙烯绝缘电线,是一种由单根导体和聚氯乙烯绝缘层组成的硬电线,如图 1-25 所示。

BV 电线适用于各种直流、交流电压 450/750V 及以下线路使用。

BV 电线的线芯导体硬度比软线硬,由单根导体外面包裹着一层聚氯乙烯绝缘层组成。

BV 电线的标准截面积有 1.5mm²、2.5mm²、4mm²、6mm²等,见表 1-4。



图 1-25 BV 电线

表 1-4

常用 BV 电线产品规格表

电压等级 (V)	截面积 (mm ²)	产品规格 (mm) 线径	产品结构 (mm)	
			绝缘厚度规定值 (mm)	平均外径上限 (mm)
450/750	1.5	1.38	0.7	3.3
450/750	2.5	1.78	0.8	3.9
450/750	4	2.25	0.8	4.4
450/750	6	2.76	0.8	4.9

(4) BVV 电缆

BVV 电缆表示铜导体聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电缆,又称轻型聚氯乙烯护套电缆,俗称硬护套线,是护套线的一种,如图 1-26 所示。

BVV 硬护套线适用于交流电压 300/500V 及以下动力装置、日用电器、仪表及电信设备用的电缆电线,线芯长期允许工作温度不超过 65℃,同时还用于明装电线。

BVV 与 BV 线的区别就是 BVV 比 BV 多一层护套。一个护套内通常包裹着多根电线。

BVV 电缆的标称截面积有 0.75mm²、1mm²、1.5mm²、2.5mm²、4mm²、6mm²、10mm²七种规格,见表 1-5。

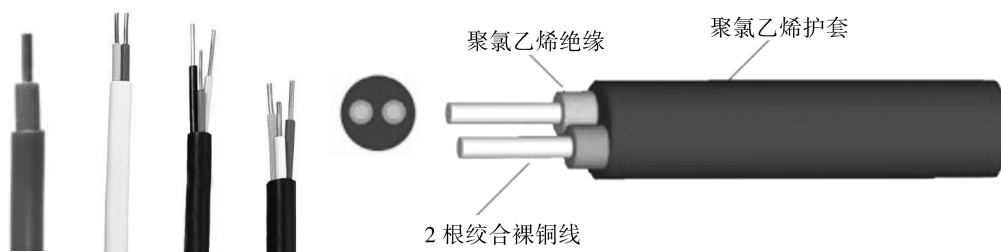


图 1-26 BVV 电缆

表 1-5 常用 BVV 电缆产品规格表

电压等级 (V)	标称截面积 (mm ²)	产品规格 芯×根/线径 (mm)	产品结构 (mm)	
			外径下限 (mm)	外径上限 (mm)
300/500	1×0.75	1×1/0.97	3.6	4.3
300/500	1×1	1×1/1.13	3.8	4.5
300/500	1×1.5	1×1/1.38	4.2	4.9
300/500	1×2.5	1×1/1.78	4.8	5.8
300/500	1×4	1×1/2.25	5.4	6.4
300/500	1×6	1×1/2.76	5.8	7.0
300/500	1×10	1×7/1.35	7.2	8.8
300/500	2×1.5	2×1/1.38	8.4	9.8
300/500	2×2.5	2×1/1.78	9.6	11.5
300/500	2×4	2×1/2.25	10.5	12.5
300/500	2×6	2×1/2.76	11.5	13.5

(5)SYV 电缆

SYV 电缆表示聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套射频同轴电缆, 国标代号是视频电缆, 同轴电缆中的一种, 如图 1-27 所示。

SYV 电缆的使用环境: 设备的支架连线、闭路电视 (CCTV)、共用天线系统 (MATV) 以及彩色或单色射频监视器的转送。这些应用不需要选择有特别严格电气公差的高精密视频同轴电缆。视频同轴电缆的特征阻抗是 75 欧姆, 这个值不是随意选的。物理学证明了视频信号最优化的衰减特性是特征阻抗为 77 欧姆。在低功率应用中, 同时考虑计算简便, 材料及设计决定了电缆的最优阻抗为 75 欧姆。

SYV 电缆的内导体为铜芯组成, 由环绕在内导体周围的聚乙烯绝缘层将其与外导体分隔开, 外导体外部为铜网屏蔽层和聚氯乙烯护套。

SYV 电缆的内导体标称外径有 0.51mm、0.75mm、1.2mm、1.15mm 等, 见表 1-6。

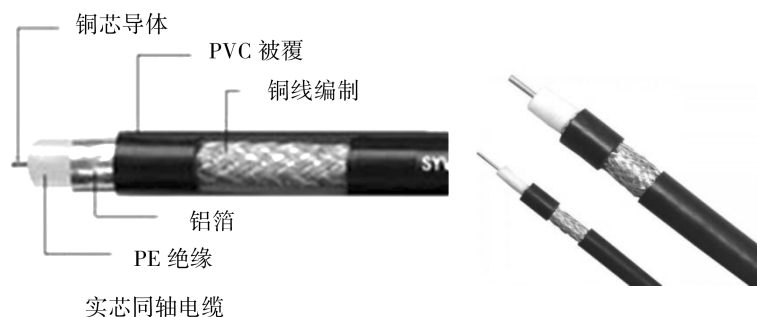


图 1-27 SYV 电缆

表 1-6

常用 SYV-75 系列线

型号	内导体 (mm) 根数×直径/ 标称外径	绝缘层 (mm)		外导体 (mm) 单线直径	护套 (mm)		
		最小厚度	外径		标称厚度	最小厚度	外径
SYV-75-3-41	7×0.17/0.51	1.05	3.00±0.13	0.13~0.15	0.66	0.45	5.0±0.25
SYV-75-5-4	1×0.75/0.75	1.60	4.80±0.20	0.13~0.15	0.88	0.69	7.2±0.30
SYV-75-5-5	1×0.75/0.75	1.60	4.80±0.20	0.13~0.15	0.92	0.74	7.9±0.30
SYV-75-5-41	1×0.75/0.75	1.60	4.80±0.20	0.13~0.15	0.88	0.69	7.2±0.30
SYV-75-5-42	1×0.75/0.75	1.60	4.80±0.20	0.13~0.15	0.92	0.74	7.9±0.30
SYV-75-7-1	7×0.40/1.20	2.40	7.25±0.25	0.18~0.20	1.05	0.85	10.3±0.30
SYV-75-7-2	7×0.40/1.20	2.40	7.25±0.25	0.18~0.20	1.05	0.85	10.3±0.30
SYV-75-7-3	7×0.40/1.20	2.72	7.25±0.25	0.16~0.18	1.10	0.90	11.0±0.30
SYV-75-7-4	1×1.15/1.15	2.77	7.25±0.25	0.18~0.20	1.05	0.85	10.3±0.30

(6) SYWV 电缆

SYWV 电缆表示聚乙烯物理发泡绝缘聚氯乙烯护套射频同轴电缆, 国标代号是射频电缆, 如图 1-28 所示。

SYWV 电缆常用于有线电视信号传输, 其屏蔽层多为铝铁线不易焊接, 通常用作有线电视线不需焊接。如果近距离监控用 SYWV 也可。

SYWV 电缆的结构与 SYV 电缆类似, 但是其内导体与外导体之间的绝缘层为发泡聚氯乙烯材料。

SYWV 内导体直径有 0.50mm、0.60mm、0.80mm、1.20mm、1.40mm、1.80mm 等, 见表 1-7。

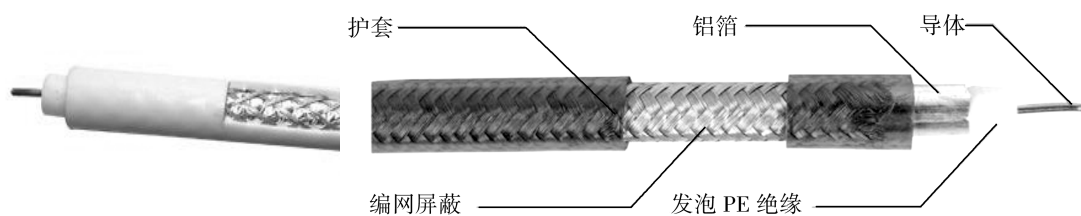


图 1-28 SYWV 电缆

表 1-7

常用 SYWV-75 系列线

型 号	内导体 (mm) 根数×直径	绝缘层外径 (±0.15mm)	编织数	线缆外径 (±0.3mm)
SYWV-75-3	1×0.50	2.90	64/96/128	5.00
SYWV-75-4	1×0.60	3.60	64/96/128	6.00
SYWV-75-5	1×0.80	4.80	64/96/128	7.20
SYWV-75-6	1×1.20	5.40	64	8.20
SYWV-75-7	1×1.40	6.80	96	9.80
SYWV-75-9	1×1.80	8.20	128	11.00

1.7.4 电线电缆的色标

相线 L、零线 N 和保护零线 PE 应采用不同颜色的线缆。相关规定见表 1-8。

表 1-8

相线 L、零线 N 和保护零线 PE 线颜色

类别	颜色标志	线别	备注
一般用途电线电缆	黄色	相线 L1	U 相
	绿色	相线 L2	V 相
	红色	相线 L3	W 相
	浅蓝色	零线或中性线 N	
保护接地(接零) 中性线(保护零线)	绿/黄双色	保护接地 PE 中性线(保护零线)N	颜色组合 3 : 7
二芯(供单相电源用)	红色	相线 L3	
	浅蓝色	零线	
三芯(供单相电源用)	红色	相线 L3	
	浅蓝色	零线 N	
	绿/黄双色	保护零线 PE	
三芯(供三相电源用)	黄色、绿色、红色	相线 L1、L2、L3	无零线
四芯(供三相四线制用)	黄色、绿色、红色	相线 L1、L2、L3	
	浅蓝色	零线 N	

1.7.5 电线电缆的接线方法

需连接的电线电缆种类和连接形式不同,其连接的方法也不同。常用的连接方法有绞合连接、紧压连接、焊接等。连接前应小心地剥除电线电缆连接部位的绝缘层,注意不可损伤其芯线。

绞合连接是指将需连接电线电缆的芯线直接紧密绞合在一起,绞合连接较为常用。

1.小截面单股电线直连

小截面单股电线连接方法如图 1-29 所示,先将两电线的芯线线头作 X 形交叉,再将它们相互缠绕 2~3 圈后扳直两线头,然后将每个线头在另一芯线上紧贴密绕 5~6 圈后剪去多余线头即可。

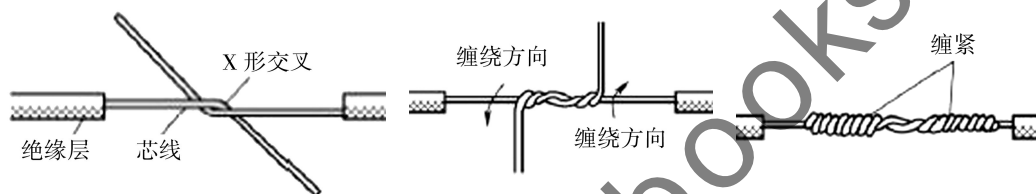


图 1-29 小截面单股电线的直接连接

2.大截面单股电线直连

大截面单股电线在直连时,两线不易直接绞绕,可增加一根裸线,同时增加接触面积。连接方法如图 1-30 所示,先在两电线的芯线重叠处填入一根相同直径的芯线,再用一根截面积约 1.5mm^2 的裸线在其上紧密缠绕,缠绕长度为导体直径的 10 倍左右,然后将被连接电线的芯线线头分别折回,再将两端的缠绕铜线继续缠绕 5~6 圈后剪去多余线头即可。

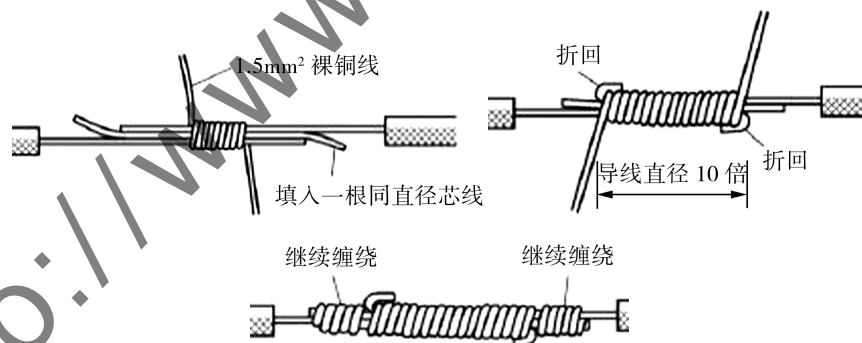


图 1-30 大截面单股电线的直接连接

3.不同截面单股电线直连

不同截面单股电线连接方法如图 1-31 所示,先将细电线的芯线在粗电线的芯线上紧密缠绕 5~6 圈,然后将粗电线芯线的线头折回紧压在缠绕层上,再用细电线芯线在其上继续缠绕 3~4 圈后剪去多余线头即可。

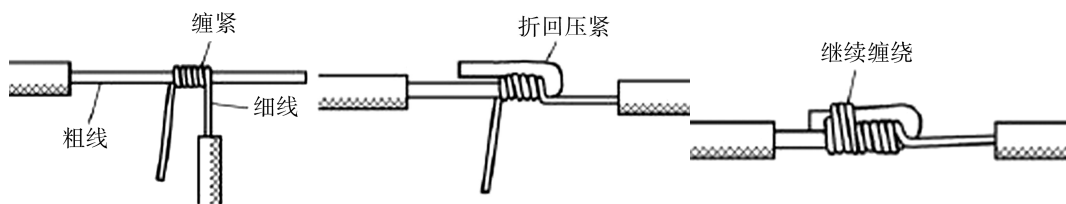


图 1-31 不同截面单股电线的直接连接

4. 单股电线的分支连接

(1) 单股电线的 T 字分支连接如图 1-32 所示, 将支路芯线的线头紧密缠绕在干路芯线上 5~8 圈后剪去多余线头即可。对于较小截面的芯线, 可先将支路芯线的线头在干路芯线上打一个环绕结, 再紧密缠绕 5~8 圈后剪去多余线头即可。

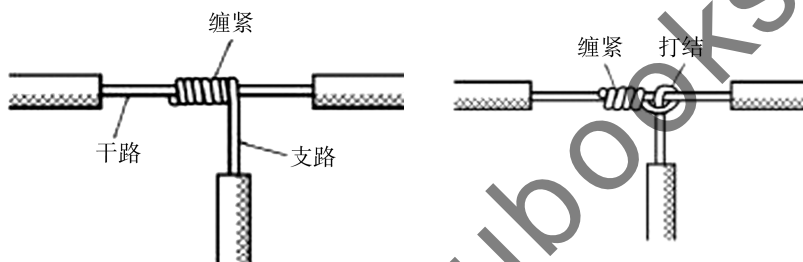


图 1-32 单股电线的 T 字分支连接

(2) 单股电线的十字分支连接如图 1-33 所示, 将上、下支路芯线的线头紧密缠绕在干路芯线上 5~8 圈后剪去多余线头即可。可以将上、下支路芯线的线头向一个方向缠绕, 也可以向左右两个方向缠绕。

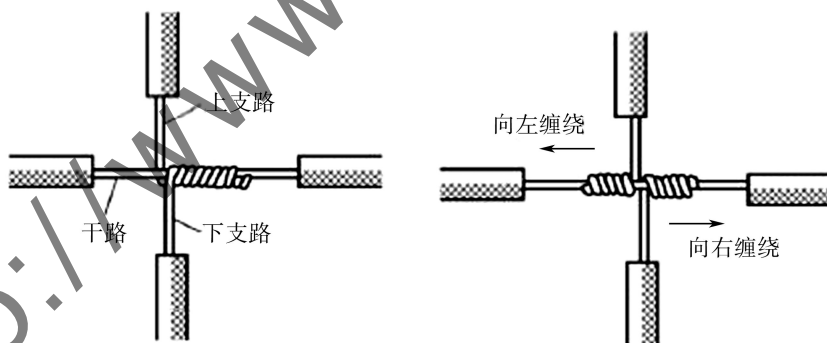


图 1-33 单股电线的十字分支连接

5. 多股电线的直接连接

多股电线的直接连接如图 1-34 所示, 首先将剥去绝缘层的多股芯线拉直, 将其靠近绝缘层的约 1/3 芯线绞合拧紧, 而将其余 2/3 芯线成伞状散开, 另一根需连接的电线芯线也如此处理。接着将两伞状芯线相对, 互相插入后, 捏平芯线, 然后将每一边的芯线线头分为 3 组, 先将某一边的第 1 组线头翘起并紧密缠绕在芯线上, 再将第 2 组线头翘起并紧密缠绕在芯线上, 最后将第 3 组线头翘起并紧密缠绕在芯线上。以同样方法缠绕另一边的线头。

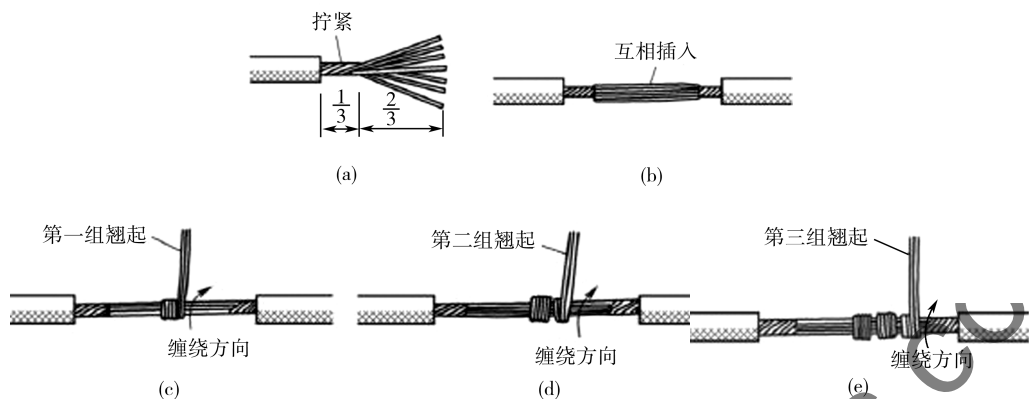


图 1-34 多股电线的直接连接

6. 多股电线的分支连接

多股电线的 T 字分支连接有两种方法,一种方法如图 1-35 所示,将支路芯线 90° 折弯后与干路芯线并行,然后将线头折回并紧密缠绕在芯线上即可。

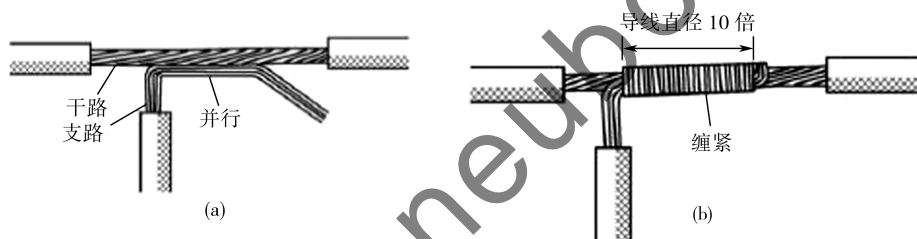


图 1-35 多股电线的分支连接(1)

另一种方法是将支路芯线靠近绝缘层的约 $\frac{1}{8}$ 芯线绞合拧紧,其余 $\frac{7}{8}$ 芯线分为两组,一组插入干路芯线当中,另一组放在干路芯线前面,并朝右缠绕 $4\sim 5$ 圈。再将插入干路芯线当中的那一组朝左缠绕 $4\sim 5$ 圈,连接好的电线如图 1-36 所示。

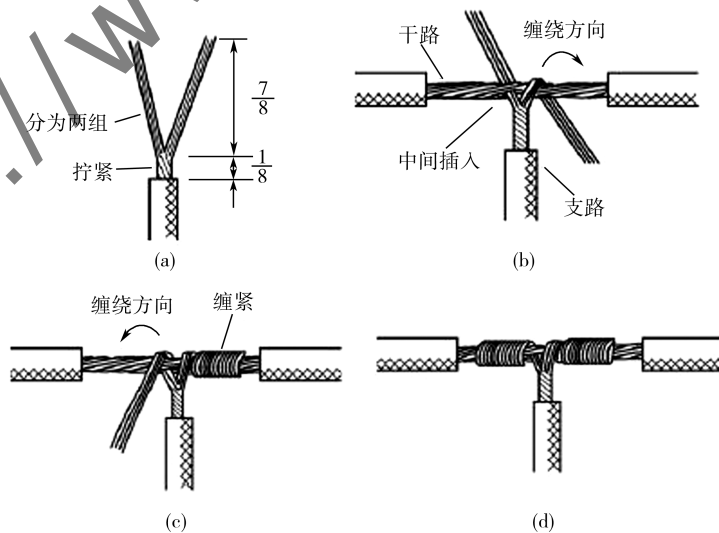


图 1-36 多股电线的分支连接(2)

7. 单股电线与多股电线的连接

单股电线与多股电线的连接方法如图 1-37 所示,先将多股电线的芯线绞合拧紧成单股状,再将其紧密缠绕在单股电线的芯线上 5~8 圈,最后将单股芯线线头折回并压紧在缠绕部位即可。

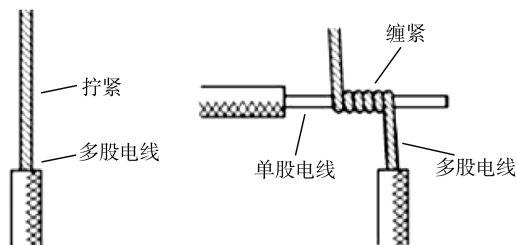


图 1-37 单股电线与多股电线的连接

8. 同一方向的电线的连接

当需要连接的电线来自同一方向时,可以采用如图 1-38 所示的方法。对于单股电线,可将一根电线的芯线紧密缠绕在其他电线的芯线上,再将其他芯线的线头折回压紧即可。对于多股电线,可将两根电线的芯线互相交叉,然后绞合拧紧即可。对于单股电线与多股电线的连接,可将多股电线的芯线紧密缠绕在单股电线的芯线上,再将单股芯线的线头折回压紧即可。

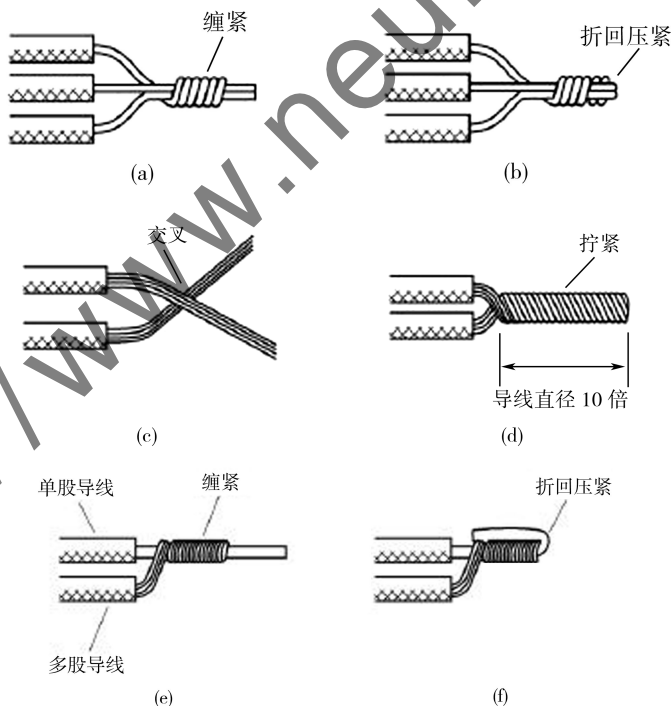


图 1-38 同一方向的电线的连接

9. 双芯或多芯电缆的连接

双芯护套线、三芯护套线或电缆、多芯电缆在连接时,应注意尽可能将各芯线的连接点互相错开位置,可以更好地防止线间漏电或短路。如图 1-39(a)所示为双芯护套线的连接情况,如图 1-39(b)所示为三芯护套线的连接情况。

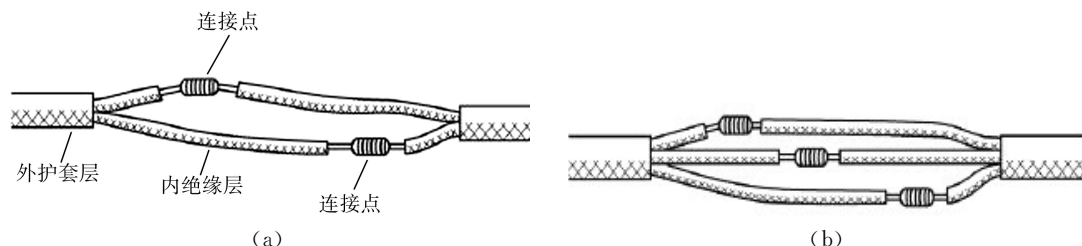


图 1-39 双芯或多芯电缆的连接

10. 使用接线帽进行连接

接线帽外形如图 1-40 所示,结构如图 1-41 所示。其外壳为尼龙注塑制成,内部有较长的铝管内壁,增加电线压接范围使其更易于导通,并更能夹住电线,即使强烈振动亦不脱落。使用时将电线尾部外皮剥去再插入套管内,用压线钳压紧即可。



图 1-40 接线帽

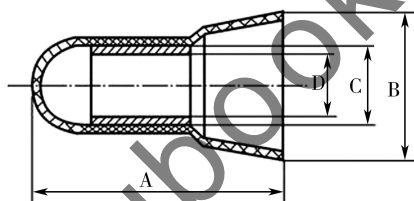


图 1-41 接线帽结构图

11. 使用压接管进行连接

由于铝极易氧化,而铝氧化膜的电阻率很高,严重影响电线的导电性能,所以铝芯导线直线连接不宜采用铜芯线的方法,大截面多股铝芯电线常用压接法连接。

压接管压接法通常使用手动冷挤压接钳和压接管,如图 1-42 所示。其方法和步骤如下:

- (1) 根据多股电线材料和型号规格选择合适的压接管;
- (2) 用钢丝刷或砂纸清除线芯表面及压接管内壁的氧化层或其他污物;
- (3) 将两根电线线头相对插入压接管内,并使两线端穿出压接管 25~30mm;

(4) 用压接钳进行压接。压接时,第一道压坑压在铝芯线线端一侧,不可压反,压坑的距离和数量应符合技术要求。一般来说,压坑的数目与连接点所处的环境有关,通常情况下,室内是 4 个,室外为 6 个。压好的电线如图 1-42(e)所示。

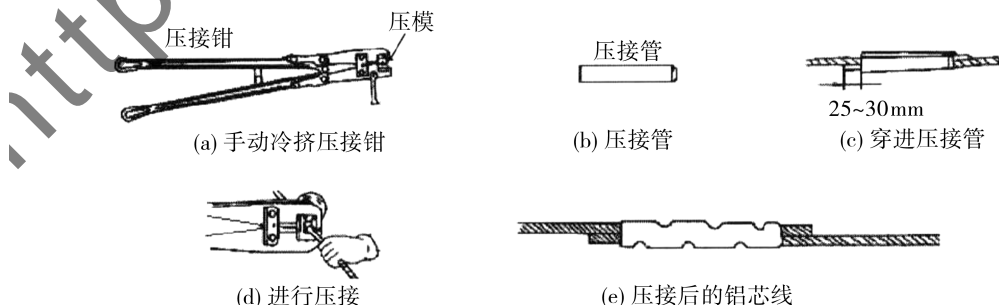


图 1-42 压接管压接法

12. 电线的端接

(1) 接线柱的连接

接线柱是最基本的接头,其性能最为可靠。任何其他类型的电路连接都不能够像老式螺栓螺母那样形成可拆卸的连接。

如图 1-43 所示为基本的铜制接线柱装置。铜螺栓通过两个平垫圈和一个螺母把绝缘板和电线紧固在一起,螺栓顶部有一个手动螺母。连接电线时,只需要把电线缠绕在螺杆上,然后拧紧手动螺母即可。组合接线柱是一种既能绕线又能穿线的螺栓锁紧手动螺母。接线柱的顶部带有一个标准香蕉插座。一般情况下,这种装置都备一组绝缘垫圈,所以可以把它安装在金属板上。

(2) 栅板式接线端子的连接

栅板式接线端子,又称接线端子排,是机电系统内的分部件和控制端永久接线的首要接线配件。接线端子排具有多种设计类型、结构和接线端数目。

如图 1-44 所示为一个典型的栅板式接线端子。它的基体是黑色酚醛塑料,接线端是平板铜螺钉。部件电线连接在一边,而接口电线连接在另一边。这样的接线端子排提供了一种方便的手段,可以满足各种电气控制和终端接线需要。



图 1-43 铜制接线柱装置

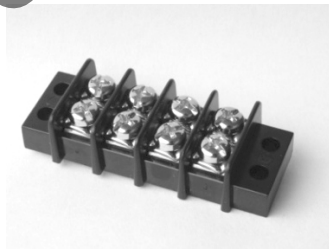


图 1-44 栅板式接线端子

标准的接线端子排上导体是裸露的,这在某些情况下可能出现电击的危险。为了防止出现这种危险,可以在接线端子排的上面安装一个塑料板。

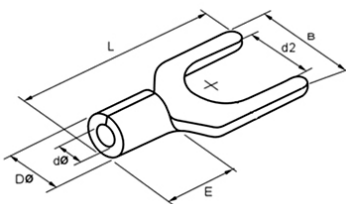
栅板式接线端子在与电线进行连接时,通常采用冷压端子连接的方式。冷压端子又称线鼻子,根据形状分为 U 型和 O 型,如图 1-45 所示,表 1-9 为常用 U 型端子的规格和型号。



图 1-45 冷压端子

表 1-9

常用 U 型非绝缘冷压端子



型号	插入导线 截面/mm ²	紧固螺钉 M/mm	插片		插套			总长 L/mm
			宽度 B/mm	孔径 d2/mm	长度 E/mm	外径 D \varnothing /mm	内径 d \varnothing /mm	
UT1-3	0.75~1	3	6-0.18	3.1+0.18	5±0.15	3.2	1.6+0.14	14.7
UT1-4		4	7.3-0.22	4.1+0.18				16.1
UT1-5		5	10-0.22	5.1+0.18				18.4
UT1-6		6	12-0.27	6.2+0.22				21.1
UT1.5-3	1.2~1.5	3	6-0.18	3.1+0.18	5±0.15	3.5	1.9+0.14	15.7
UT1.5-4		4	8-0.22	4.1+0.18				16.4
UT1.5-5		5	10-0.22	5.1+0.18				18.2
UT1.5-6		6	12-0.27	6.2+0.22				21.1
UT2.5-3	2~2.5	3	8-0.22	3.1+0.18	5±0.15	4.2	2.6+0.25	15.7
UT2.5-4		4	8-0.22	4.1+0.18				16.4
UT2.5-5		5	9-0.22	5.1+0.18				18.5
UT2.5-6		6	12-0.27	6.2+0.22				21.1

冷压端子应采用专用冷压钳进行压接,图 1-46 和图 1-47 所示为压接方法。



图 1-46 冷压端子的压接

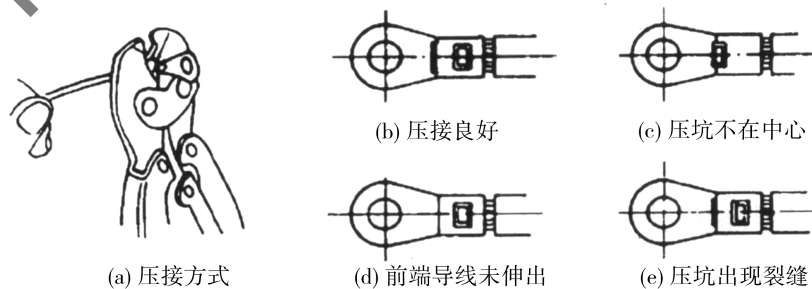


图 1-47 冷压端子压接质量举例



单元一习题答案

1.8 练习题

1. 填空题

- (1) 单位时间内流过物体某一_____的_____的大小定义为电流强度。
- (2) 电阻率是反映材料导电性能的物理量,它与导体的长度、横截面积等因素无关,是导体材料本身的电学性质,由_____决定,且与_____有关。
- (3) 单位时间内_____称为功率。功率用符号 P 表示,在国际单位制中,功率的单位是_____ (W)。
- (4) 理想的电压表电阻值无限大,理想电流表电阻值为 0,然而实际中的电压表和电流表并非如此,因此测量电阻时电压表和电流表有不同的接法。当电阻较小时,采用_____ ;电阻较大时,采用_____。
- (5) 习惯上把_____的方向作为电压的实际方向,用_____号表示。

2. 选择题

- (1) 下面几种金属材料中,导电性能最好的是()。
- (A) 银 (B) 铜 (C) 铝 (D) 铁
- (2) 当需要输送 80A 电流时,可选用导线导体直径为()。
- (A) 10mm (B) 25mm (C) 70mm (D) 100mm
- (3) 下面几种缆线中,哪种可用于闭路电视信号()。
- (A) RV 线 (B) RVV 线 (C) BV 线 (D) SYV 线
- (4) 以下关于电阻率的说法错误的是()。
- (A) 电阻率是反映材料导电性能的物理量
 (B) 电阻率与导体的长度、横截面积等因素无关
 (C) 电阻率由导体的材料决定
 (D) 电阻率与温度无关
- (5) 以下关于 SYWV 线的说法错误的是()。
- (A) SYWV 电缆常用于有线电视信号传输
 (B) SYWV 线可以用于近距离监控
 (C) SYWV 电缆的内导体与外导体之间的绝缘层为聚乙烯材料
 (D) 屏蔽层多为铝铁线不易焊接

3. 思考题

- (1) 简述电流、电压和功率的测试方法。
- (2) 串联和并联电路中,电阻应如何计算?
- (3) 简述输电线路为何会产生电压降落和损耗。
- (4) 列举至少三种电线的连接方式。

1.9 实训项目

1.9.1 线缆端接实训

1.实训目的

- 了解电力线缆端接设备。
- 掌握电力线缆端接方法。

2.实训要求

完成一台仪器 16 条线路端接。

3.实训设备、材料和工具

(1)西元电工配线端接实训装置,型号 KYZNH-21,如图 1-48 所示。

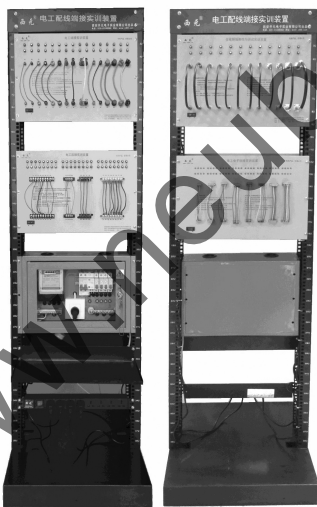


图 1-48 西元电工配线端接实训装置

(2)电工配线端接实训材料包 A,型号 ZNCLB-21A。

(3)西元智能化系统工具箱,型号 KYGJX-16。

4.实训步骤

如图 1-49 所示为电工端接实训装置,本装置特别适合电工剥线和端接方法实训,掌握电工端接基本操作技能。设备为交流 220V 电源输入,设备接线柱和指示灯的工作电压为 $\leq 12\text{V}$ 直流安全电压。

实训使用方法:

(1)多芯软线(RV 线)端接(具体步骤如图 1-50 所示):

第一步:用电工剥线钳,剥去电线两端的护套;

第二步:将多线芯用手沿顺时针方向拧紧成一股;

第三步:将软线两端分别在接线柱上缠绕 1 周以上,固定在接线柱中,缠绕方向为顺时针,然后拧紧接线柱。



图 1-49 西元电工端接实训装置

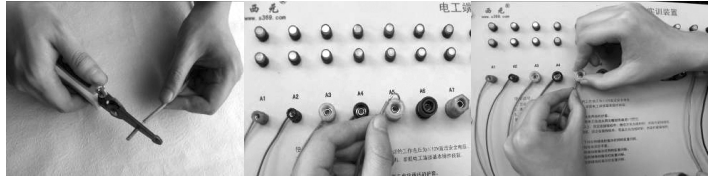


图 1-50 多芯软线端接

(2)单芯硬线(BV线)端接:

第一步:用电工剥线钳或电工刀,剥去电线两端的护套;

第二步:用尖嘴钳弯曲电线接头,将线头向左折,然后紧靠螺杆顺时针方向向右弯;

第三步:将电线接头在螺杆上弯成环状,然后拧紧接线柱。

(3)香蕉插头端接(具体步骤如图 1-51 所示):

第一步:拧去香蕉插头的绝缘套,将固定螺丝松动;

第二步:用电工剥线钳,剥去电线两端的护套,将多线芯沿顺时针方向拧紧成一股;

第三步:将电线接头穿入香蕉插头尾部接线孔,拧紧固定螺丝,装上绝缘套;

第四步:将接好的香蕉插头插入上下对应的接线柱香蕉插座中。



图 1-51 香蕉插头端接

端接测试:

每根电线端接可靠和位置正确时,上下对应的接线柱指示灯同时反复闪烁。

电线一端端接开路时,上下对应的接线柱指示灯不亮。

某根电线端接位置错误时,上下错位的接线柱指示灯同时反复闪烁。

某根电线与其他电线并联时,上下对应的接线柱指示灯反复闪烁。

某根电线与其他电线串联时,上下对应的接线柱指示灯反复闪烁。

5. 实训报告

(1)记录每条端接线路通断情况。

(2)比较软线与硬线在端接操作时的异同。

1.9.2 线缆绞合实训

1. 实训目的

- 了解电力线缆端接设备。
- 掌握多种电力线缆绞合方法。

2. 实训要求

完成本单元所教的多种线缆绞合操作。

3. 实训设备、材料和工具

(1)“西元”电工配线端接实训装置,型号 KYZNH-21。

(2) 电工配线端接实训材料包 A, 型号 ZNCLB-21A。

(3) 西元智能化系统工具箱, 型号 KYGJX-16。

4. 实训步骤

(1) 小截面单股电线的直接连接

准备 5 段细的 BV 线, 按照图 1-52 所示的方法进行 4 次连接操作, 然后使用端接实训设备测试其电气连通性。

(2) 大截面单股电线的直接连接

准备 5 段粗的 BV 线和 4 段截面约 1.5mm^2 的裸铜线, 按照图 1-53 所示的方法进行 4 次连接操作, 然后使用端接实训设备测试其电气连通性。



图 1-52 小截面单股电线的直接连接



图 1-53 大截面单股电线的直接连接

(3) 不同截面单股电线的直接连接

准备 3 根细的 BV 线和 2 根粗的 BV 线, 按照图 1-54 所示的方法进行 4 次连接操作, 然后使用端接实训设备测试其电气连通性。

(4) 单股电线的十字分支连接

准备 3 段细的 BV 线, 将其中一根线中间一段去除绝缘层, 按照图 1-55 所示的方法进行连接, 然后使用端接实训设备测试其电气连通性。



图 1-54 不同截面单股电线的直接连接

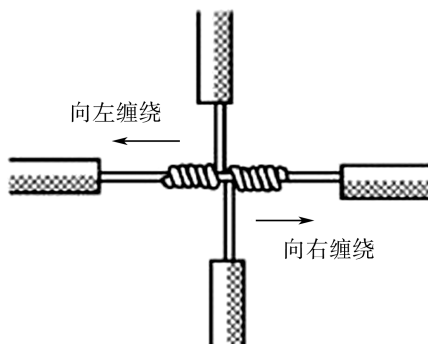


图 1-55 单股电线的十字分支连接

(5) 多股电线的直接连接

准备 5 段 RV 线, 按照图 1-56 所示的方法进行 4 次连接操作, 然后使用端接实训设备测试其电气连通性。

(6) 多股电线的 T 字分支连接

准备 2 段 RV 线, 按照图 1-57 所示的方法进行连接操作, 然后使用端接实训设备测试其电气连通性。

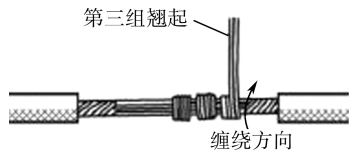


图 1-56 多股电线的直接连接

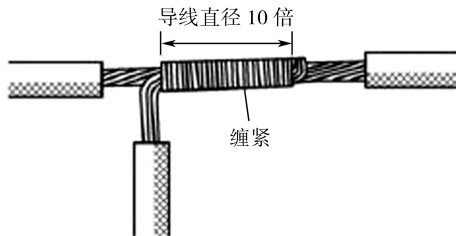


图 1-57 多股电线的 T 字分支连接

(7) 单股电线与多股电线的连接

准备 1 段 RV 线和 1 段 BV 线,按照图 1-58 所示的方法进行连接操作,然后使用端接实训设备测试其电气连通性。

(8) 同一方向的电线的连接

准备 1 段 RV 线和 1 段 BV 线,按照图 1-59 所示的方法进行连接操作,然后使用端接实训设备测试其电气连通性。

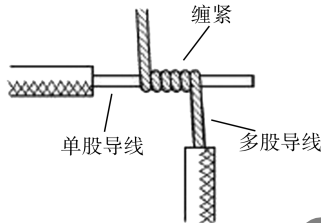


图 1-58 单股电线与多股电线的连接

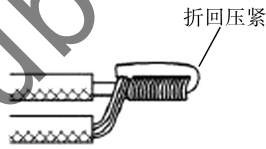


图 1-59 同一方向的电线的连接

(9) 多芯电线电缆的连接

准备 5 段 2 芯的 RVV 线,按照图 1-60 所示方法连接起来,然后使用端接实训设备分别测试两芯的电气连通性。

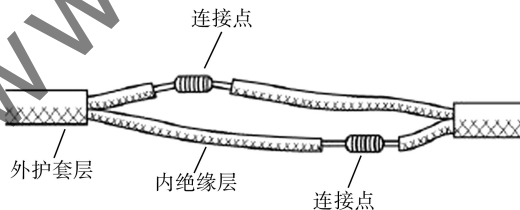


图 1-60 多芯电线电缆的连接

(10) 使用接线帽进行连接

准备 3 段 RV 线和 2 段 BV 线,使用接线帽连接起来,然后使用端接实训设备测试其电气连通性。

(11) 使用压接管进行连接

准备 3 段 RV 线和 2 段 BV 线,使用压接管连接起来,然后使用端接实训设备测试其电气连通性。

5. 实训报告

- (1) 记录每次连接线路测试通断结果。
- (2) 比较各种规格线缆绞合方式的异同。