

电
阻
器

电
感
器

电
容
器

熔
断
器

断
路
器

漏
电
保
护
器

继
电
器

变
压
器

家
庭
用
电
线
路

插
座
线
路

开
关
与
电
灯
线
路

电子信息 · **EI** 精品

全
彩

电工技术

自学一本通

漫画版

张兴伟 / 编著

电工基础知识 · 安全防护要点 · 电工操作实战 · 常见故障检修 **一本通**



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

版权信息

COPYRIGHT

书名：全彩电工技术自学一本通：漫画版

作者：张兴伟

出版社：电子工业出版社

出版时间：2022年1月

ISBN：9787121426476

字数：339.2千字

版权方：电子工业出版社有限公司

版权所有·侵权必究

内容简介

本书采用图解的形式，结合实际工作需要，系统地介绍了电工相关基础知识。全书共分8章，包括电工基础知识、安全防护、电工基本操作、常用低压电器、家庭用电线路、插座电路、开关与电灯线路及检查测试等。

本书内容丰富、实用性强，通过活泼的图文编排大大提高了易读性、可读性，可作为广大电子爱好者的自学读物、各类电工培训的教材，也适合广大初、中级电工阅读。

前言

PREFACE

为了满足广大再就业人员、相关专业学生，以及初、中级电工快速掌握电工实际操作与维修技能的需要，我们编写了本书。

本书在编写过程中，从实用及快速技能培训的角度出发，注意基础知识与技能方面的训练，对电工操作基础知识、电工电路原理、电器电路及其检修的一些通用方法以崭新的视角予以讲述，以期初学者和有一定经验的技术人员都能学到自己所需要的知识技能，掌握一种思路、方法。具体来说，本书具有实用性、资料性强等特点，对初学者具有极强的指导性。书中没有复杂的理论与数学推导，全部采用图解的方式编写，并结合实际讲解，读者通过学习，可直接将书中的知识应用于实际操作。全书共分8章，分别介绍了学习电工技术所必需的一些基础知识。本书选择具有代表性的电工电路进行实际电路讲解。

除署名作者外，参与本书资料整理与编写的人员还有钟云、林庆位、张积慧、钟晓、郭小军、张素蓉、钟钦等。

本书适合广大与电工技术相关的从业人员、电子技术爱好者阅读。

由于作者专业水平、条件与时间的限制，书中难免有不妥之处，敬请读者指正。

作者
2021年10月

第1章 电工基础知识

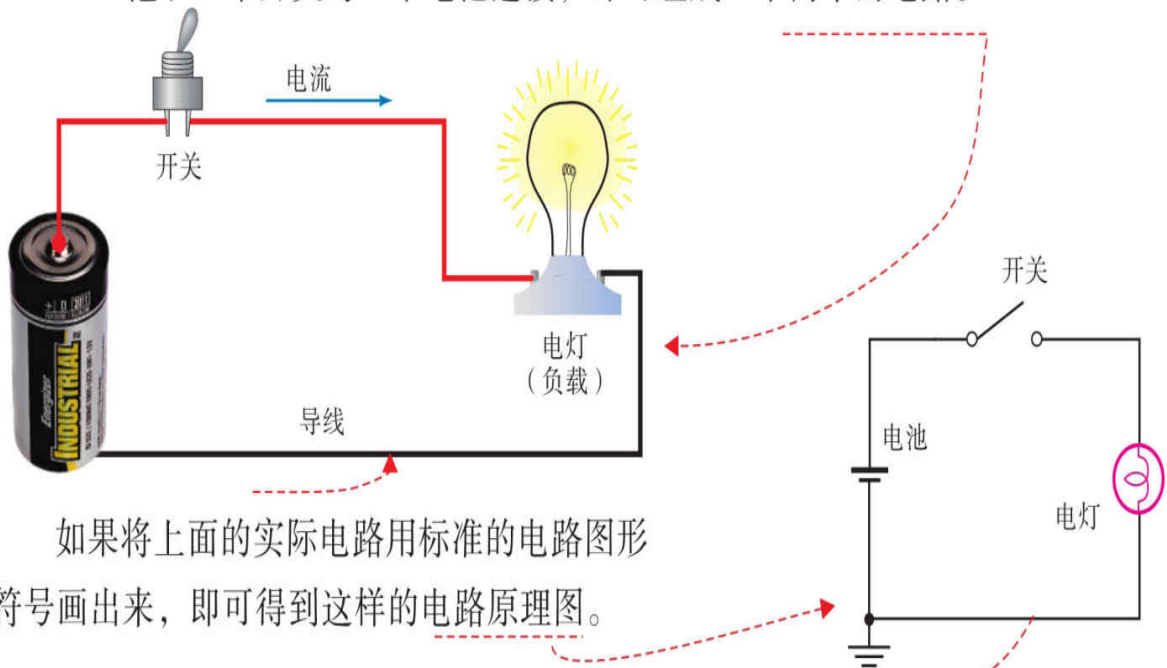
1.1 电路

电路的概念

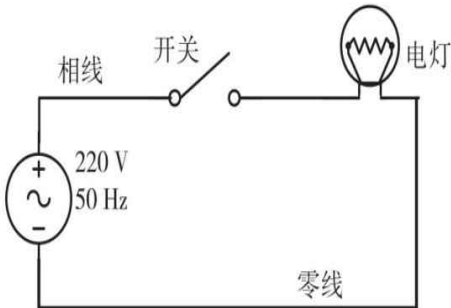
电路是电工技术和电子技术的基础。把一些电气设备或元器件，按其所要完成的功能，用一定方式连接而成的电流通路即为电路。

电路的作用有两类：一是可以实现能量的传输与转换；二是可以实现信号的传递和转换。

简单地讲，我们把电流所走的路线叫作电路。用细铁丝将一个电筒灯泡、一个开关与一个电池连接，即可组成一个简单的电路。



如果将上面的实际电路用标准的电路图形符号画出来，即可得到这样的电路原理图。



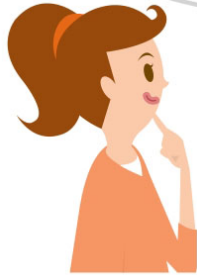
将这个电路原理图应用于实际的产品，可得到许多不同的照明器具，如电筒、探照灯等。如果将其中的电池更换成220V的交流电源，就是我们所熟知的**电灯照明电路**。

每个电路都会有它的作用和功能。但电路有很多种，不同电子（电气）设备中各个电路的作用可能各不相同。

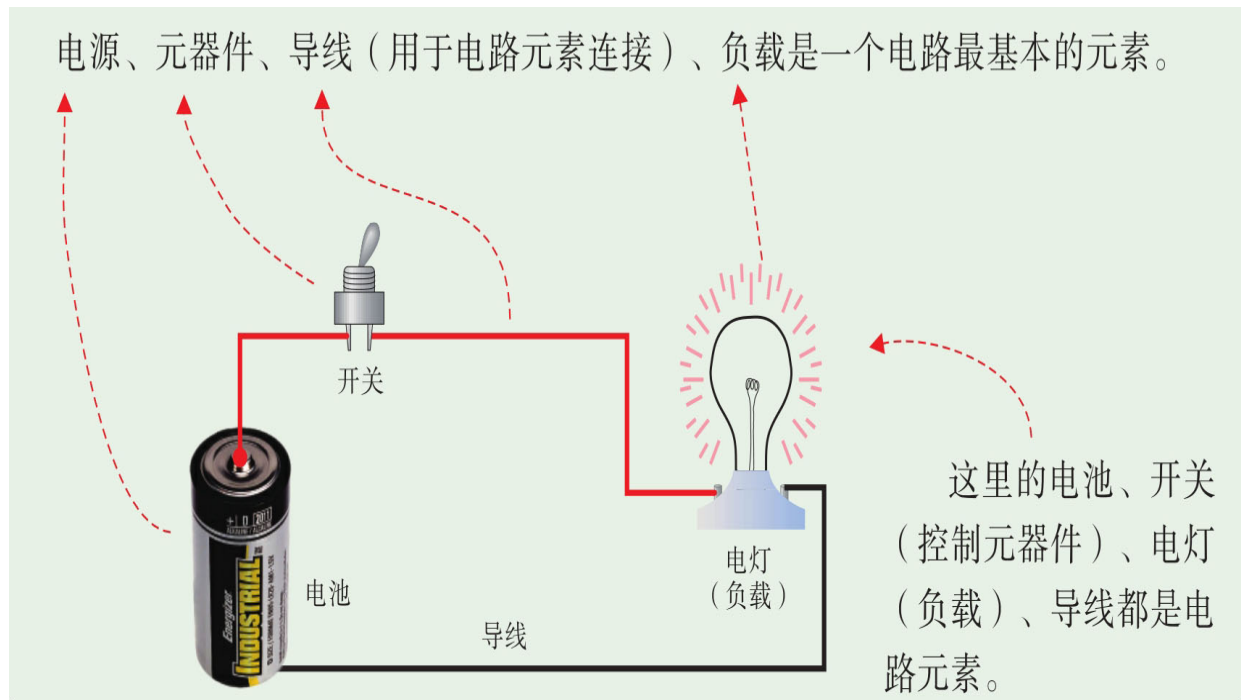
一个电路的作用对象被称为负载。例如，喇叭是音频放大器的负载，电筒灯泡是电池的负载。与电源相反，负载将电能转换成其他形式的能量。

应了解电路的基本元素

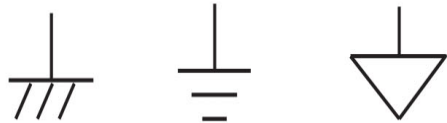
电路由多个不同的
电路元素构成。



在电气工程中，我们关注的是信号的传输或能量的转移，要实现信号的传输或能量的转移，就需要有互连的电子（电气）设备，将这种电子（电气）设备互连起来就组成电路，其中的每一个组成部分即是电路元素。

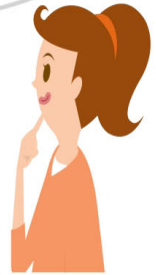


电路中的“地”



“地”的电路图形符号

“地”是与电路相关的一个重要概念。



在电路图中，我们通常会看到这样的电路图形符号。

“地”分为设备内部的信号接地和设备接大地，两者概念不同，目的也不同。电路的“地”，又称“参考地”，就是零电位的参考点，也是构成电路信号回路的公共端，为设备中的所有信号提供了一个公共参考电位。

在工程实践中，通常将设备的机壳与大地连在一起。设备接大地是为了保护人员安全而设置的一种接地方式。

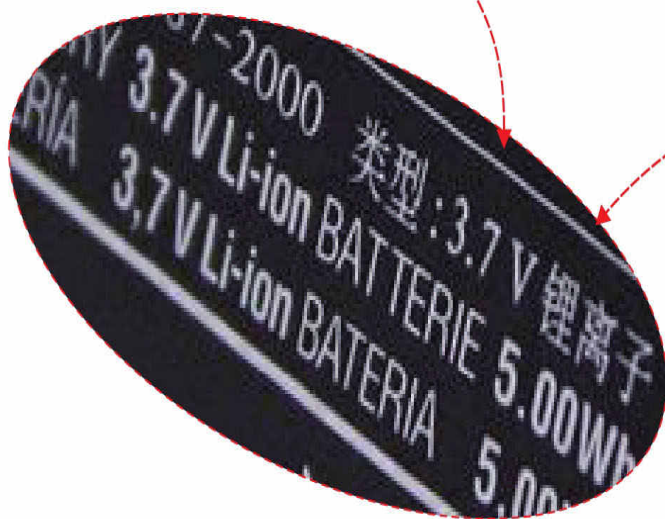
不要将设备外壳的接大地与电路中的“地”等同起来，也千万不要将上面所述的设备外壳接大地与220V交流电中的“零线”等同起来。如果使设备外壳与零线等同，将对人员带来致命的伤害。

1.2 电压与电流

1.2.1 电压

在电池、电气设备上通常可以看到数字加字母“V”的标注，如3.7V、5V、220V等。

这些标注意味着什么？



“数字+V”标注的就是电压。

什么是电压？



先以水打个比方。我们知道，水塔的位置总是比水管出水口的位置高。水在水管中之所以能流动，是因为有着高水位和低水位之间的差别而产生的一种压力。

请想一想，将水管的出水口提高，超过水塔的高度，水还能流出来吗？

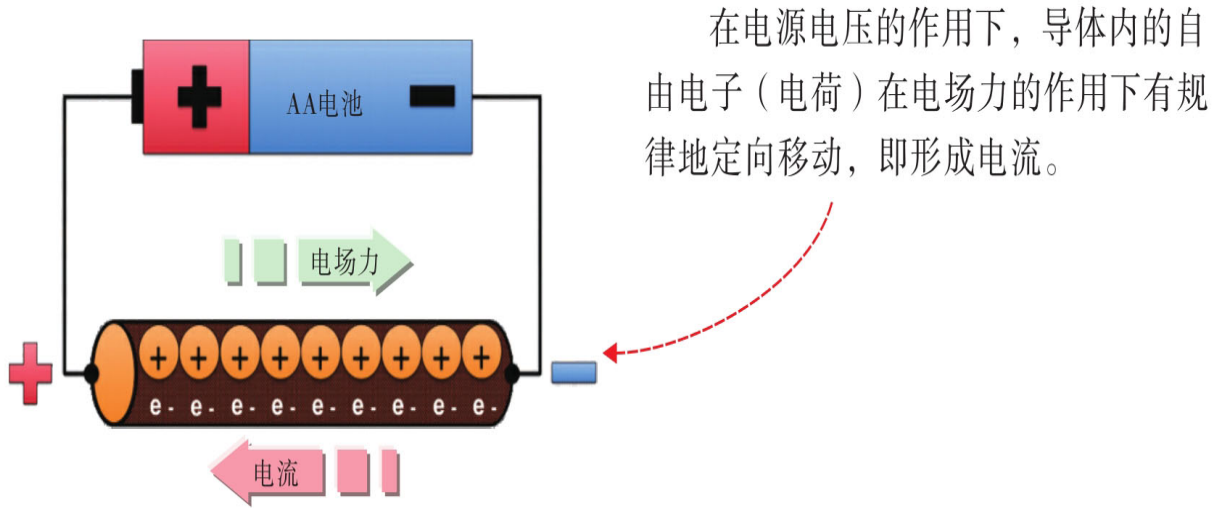
电也是如此，电流之所以能够在导线中流动，也是因为电流中有着高电势能和低电势能之间的差别。这种差别叫电位差，也叫电压。

在电路中，任意两点之间的电位差被称为这两之间的电压。例如一节1.5V的电池，其正极比负极高1.5V。

电压用符号“ U ”表示。电压的单位是伏特，用字母“ V ”表示。电压还可用微伏（ μV ）、毫伏（ mV ）、千伏（ kV ）来表示。它们之间的换算关系是千进制：

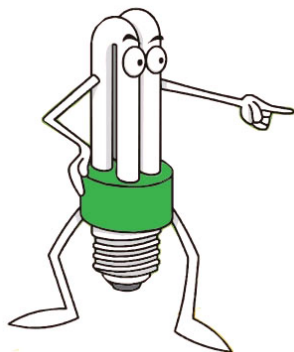
$$1kV=1000V; 1V=1000mV; 1mV=1000\mu V$$

1.2.2 电流



电流用字母“ I ”表示，单位是安培，用字母“ A ”表示。除了安培，常用的电流单位有毫安（ mA ）及微安（ μA ）。它们之间的换算关系是千进制：

$$1A=1000mA; 1mA=1000\mu A$$



水塔的水位很高，但如果不打开水阀，没有

通道，就不会有水流。同样，电路中要有电流，就必须：

- ① 电路中要有电压（电源）；

②要有一个电流通道（回路）。

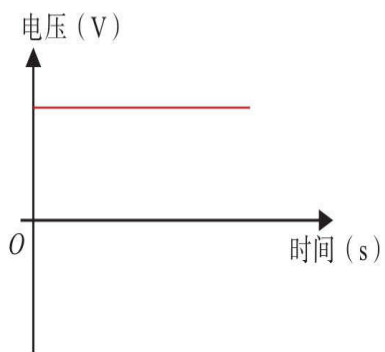
1.2.3 直流与交流

电源有直流与交流之分。

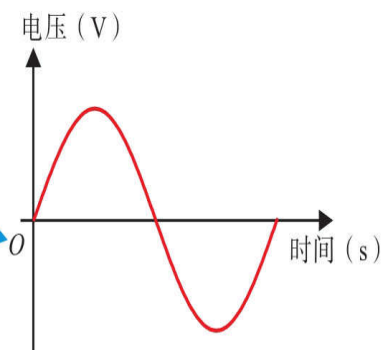
什么是直流？什么是交流？

直流电（DC）是指电压方向不随时间的变化而变化。我们平常所使用的电筒、手机、平板电脑等的电池都属于直流电。

交流电（AC）的大小与方向是随时间的变化而变化的。日常的照明用电就是交流电。交流电是有频率的，通常由电网接入的供电为50Hz、220V。



(a) 直流电



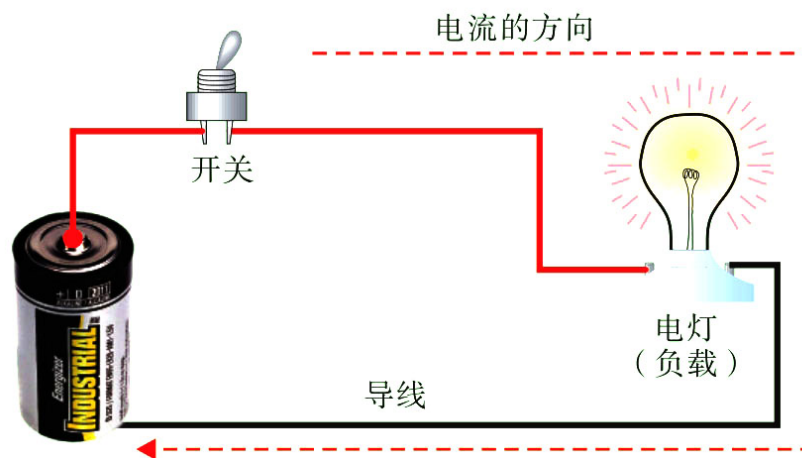
(b) 交流电

电流的方向



在直流电路中，人们规定电流的方向是从电源正极出发，经负载后，流向电源负极。

交流电流的方向则是变化的。



1.2.4 电压与电流的关系

想想看，你是否有这样的生活经验？

当水管粗细一定时，水塔越高，水流就越大；水塔越低，水流就越小。这是因为水压不同导致的。

当水压一定时，水管越粗，水流就越大；水管越细，水流就越小。这是因为水管对水流有着不同的阻挡作用。

水压越大，则水流越大
水管与水流



有相似性

电压与电流的关系 \dashrightarrow 水压与水流的关系

电阻一定时，电压越大，电流就越大。电压一定时，电阻越大，电流就越小。

著名的“欧姆定律”就是用来表述电压、电流与电阻三者之间关系的。欧姆定律表明：流过电阻的电流与其两端电压成正比，而与本身的阻值成反比。

当电路两端的电压为1V，通过的电流为1A时，则该段电路的电阻值为1 Ω 。

$$I = \frac{U}{R} \dashrightarrow \text{电流 (A)} = \frac{\text{电压 (V)}}{\text{电阻 (\Omega)}}$$

若一个电阻器在一定的使用条件下，加在其两端的电压与通过电流的关系遵循欧姆定律，则该电阻器是线性元件，如各种膜式电阻器、线绕电阻器等。

在规定的使用条件下，若加在电阻器上的电压和通过电流的关系不遵循欧姆定律，则这种电阻器被称为非线性电阻器，如压敏电阻器、热敏电阻器等。

电阻的主要物理特征是变电能为热能，也可以说它是一个耗能元件，电流经过它就产生热能。我们可以计算电阻的功率，计算公式为

$$P=UI$$

代入欧姆定律，即可得到

$$P=I^2R \quad P=U^2/R$$

功率的单位是瓦特（W），1kW=1000W，1W=1000mW。

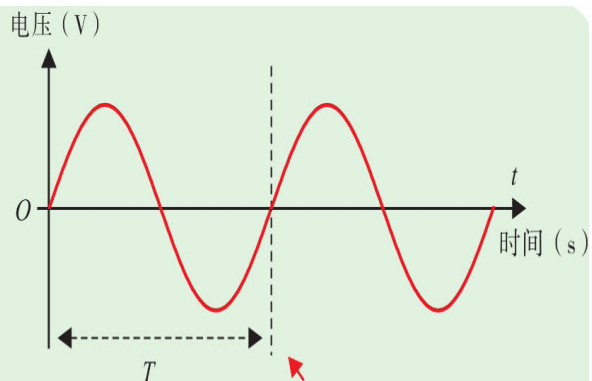
1.3 交流电的基础知识

交流电的大小与方向随时间的变化而呈周期性的变化。

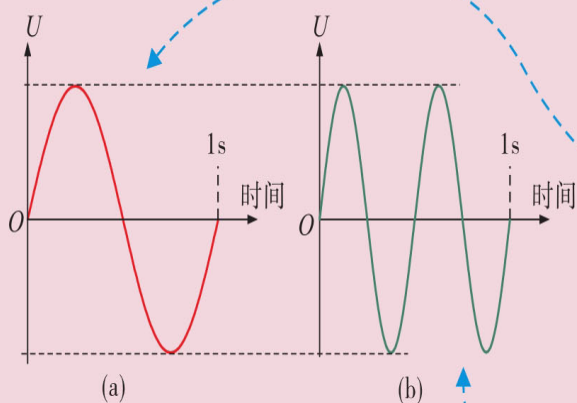
工程上用的一般都是正弦交流电，即交流电的变化规律按正弦函数变化。

交流电完成一次周期性变化所需要的时间被称为**周期**。

周期用字母 T 表示



这里有几个周期啊？



频率 (f)，是指单位时间内（1s）信号发生周期性变化的次数。频率的国际单位是赫兹（Hz）。

若信号在单位时间（1s）内只周期性变化一次，则信号的频率为1Hz。

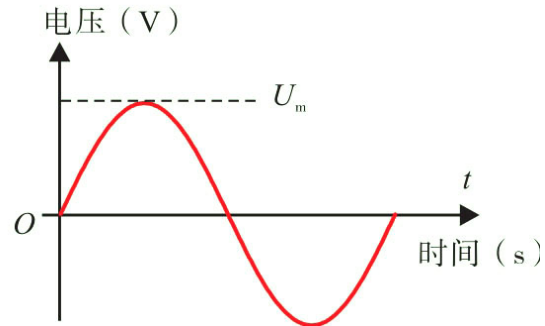
若信号在单位时间内只周期性变化两次，则信号的频率为2Hz。

频率 (f) 与周期是互为倒数的关系——频率越高，周期越短；频率越低，周期越长。

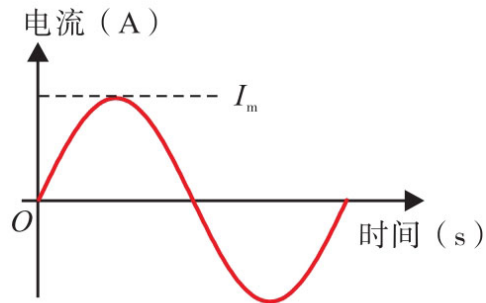
频率与周期的关系： $f = \frac{1}{T}$ 。

我国电力系统提供交流电的频率是50Hz，即它在1s内会变化50次。由于流过灯泡的电流的变化速度快，因此我们感觉不到它闪烁。

最大值



交流电的最大值是交流电在一个周期内所能达到的最大数值，可以用来表示交流电的电流强弱或交流电压的高低。

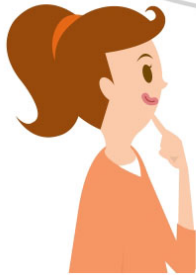


最大值在实际中具有重要意义。例如把电容器接在交流电路中，就需要知道交流电压的最大值，电容器所能承受的电压要高于交流电压的最大值，否则，电容器可能会被击穿，导致电路或电器故障。

交流电的电压最大值用 U_m 表示，电流最大值用 I_m 表示。

日常所说的电压都是有效值

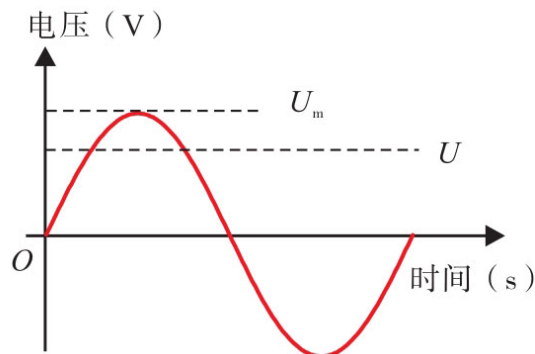
有效值



在研究交流电的功率时，最大值不够方便，它不适合用来表示交流电产生的效果。在实际工作中，通常用有效值来表示交流电的大小。

交流电的有效值是根据电流的热效应来规定的。

让交流电与直流电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叫作这一交流电的有效值。



例如，在同一时间内，如果某一交流电通过一个 $33\ \Omega$ 的电阻所产生的热量，与 2A 的直流电通过另一个 $33\ \Omega$ 电阻所产生的热量相等，那么这一交流电的电流有效值 (I) 就是 2A 。

交流电电压的有效值可用同样的方法来确定。交流电电压的有效值是其最大值的 $1/\sqrt{2}$ (或 0.707 倍)。一般的交流电压表、电流表及万用表的读数都是有效值。通常说照明电路的电压是 220V ，就是指有效值。

电压值一样，电压未必一样

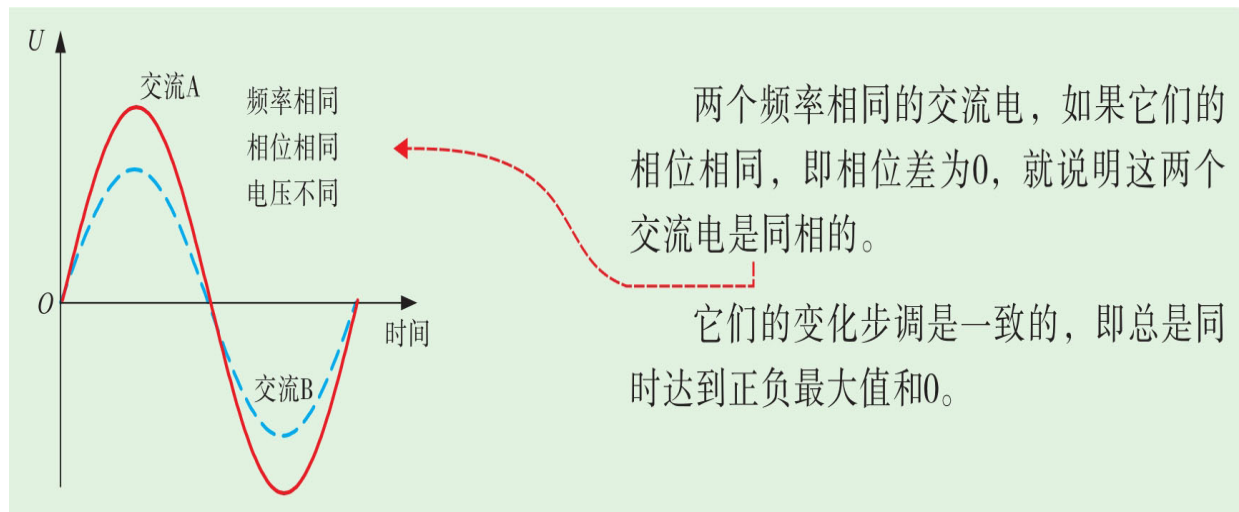
相位与相位差

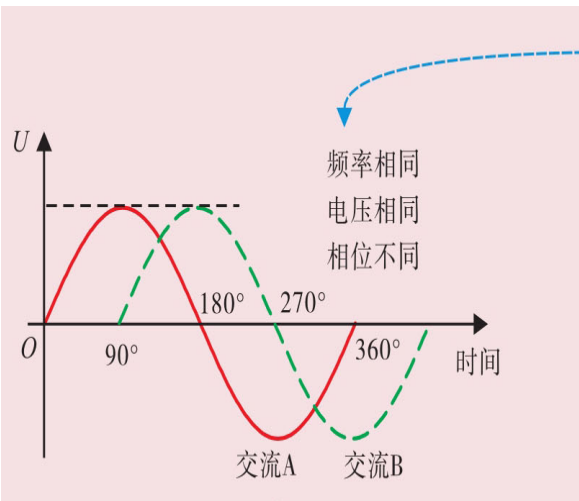


利用电压值能说明正弦波的幅度，频率或周期可以说明正弦波完成一周变化的频繁程度。但频率相同的两个正弦波信号可能在同一时刻不在零点相交。

交流电瞬时值何时最大，何时为零，不是简单地由时间 t 来确定的，还与交流电的相位相关。因此，需通过正弦波的相位来确定它们在时间轴上的位置。相位的单位为度 ($^{\circ}$)，正弦波一周的相位分成 360° 。两个同频率正弦量相位之差称为相位差。

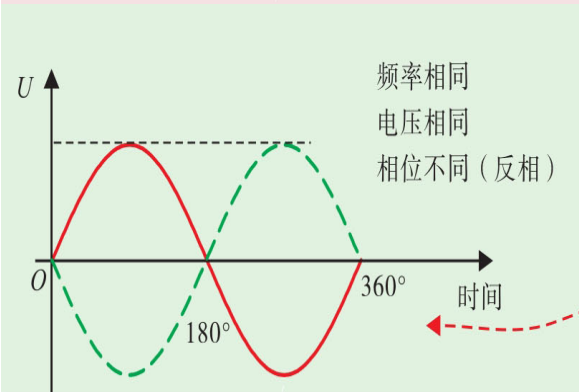
来看看几种不同的情况





两个频率相同的交流电，如果它们的初相（初相是指时间 t 为0时，正弦交流电的相位）不同，就说明这两个交流电是不同相的。

它们的变化步调是不一致的。左图中的交流A比交流B先达到0、正的最大值或负的最大值。

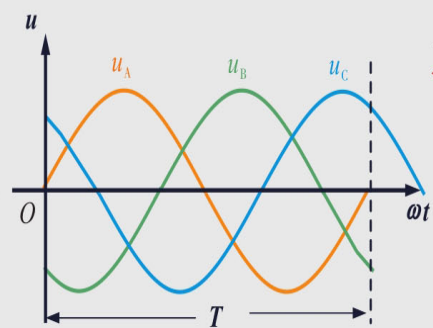


两个频率相同的交流电，如果它们的相位差为 180° ，就说明这两个交流电是反相的。

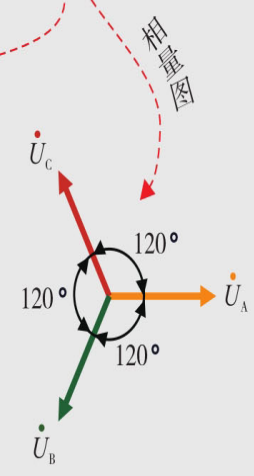
它们的变化步调相反：一个达到正的最大值时，另一个则达到负的最大值。

三相交流电

三相交流电是由三相交流发电机产生的。目前，我国生产、配送的都是三相交流电。三相交流电是由三个频率相同、最大值相等、相位差互差 120° 的单相交流电按一定方式组合的。



三相交流电的波形图

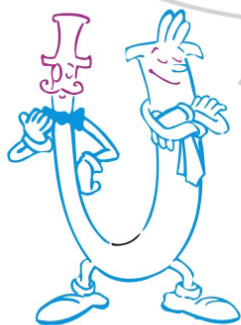


相量图

U_A

三相三线制供电、三相四线制供电

注意了，三相交流电有两种供电方式。

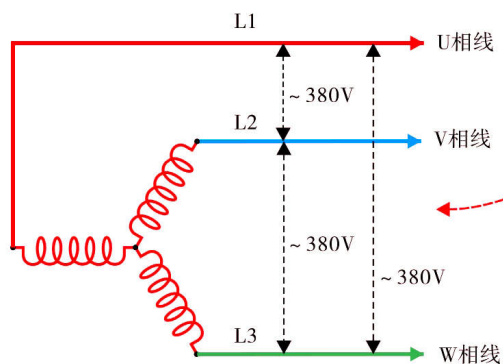


三相发电机的每一个绕组都是独立的电源，均可单独给负载供电。实际上，三相电源是按照一定的方式连接后，再向负载供电的。

三相电源通常采用星形连接方式。

发电机三相绕组的末端连接在一起，绕组的始端分别与负载相连，这种连接方法就叫作星形连接。

以三条相线向负载供电的方式即为三相三线制供电。这种供电方式的配电变压器低压侧有三条相线（火线）引出，但没有中性线（零线）。三相三线制适用于高压配电系统，如变电所、高压三相电动机等。



我们在野外看到的输电线路通常为三根线（三相），没有中性线，故称三相三线制。

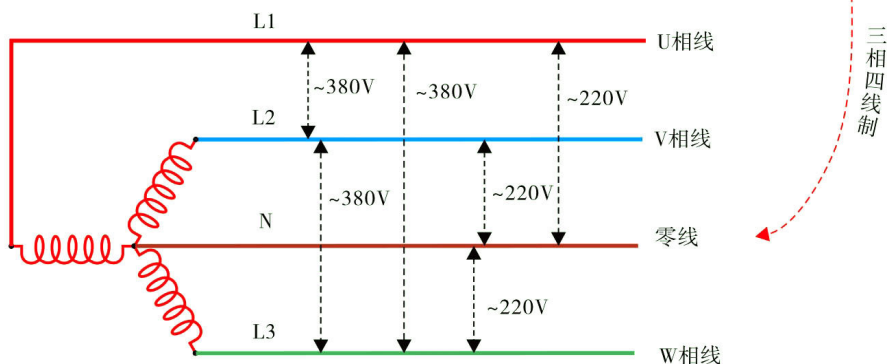
电力系统高压架空线路一般采用三相三线制，三条线路分别代表U、V、W三相。任意两根相线之间的电压被称为线电压，为380V。

下图中三个末端相连接的点被称为中点或零点，用字母“N”表示。从中点引出的一根线叫作中线或零线。从始端引出的三根线叫

作端线或相线。

相线与零线之间有一定的电压。

由三根相线、一根零线所组成的输电方式被称为三相四线制。三相四线制供电是常用的低压电路供电方式。



三相电源的电压

三相四线制可提供两种电压：

一种是相线与零线之间的电压，被称为相电压，为 $\sim 220\text{V}$ 。

一种是相线与相线之间的电压，被称为线电压，为 $\sim 380\text{V}$ 。

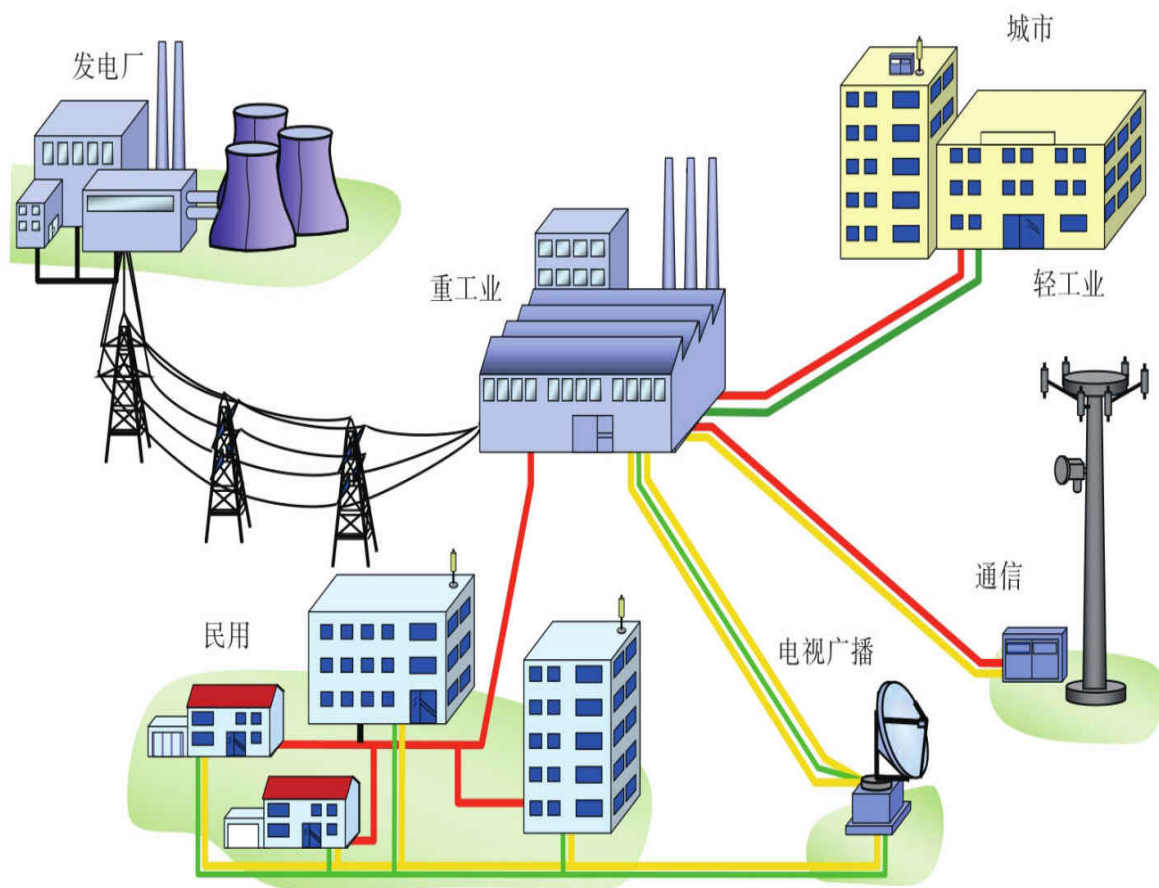
在日常生活中，我们接触的负载，如电灯、电视机、电冰箱、电风扇等家用电器及单相电动机，它们工作时都是用两根导线接到电路中，都属于单相负载。在三相四线制供电时，多个单相负载应尽量均衡地分别接到三相线路中去，而不应把它们集中在其中的一相线路里。

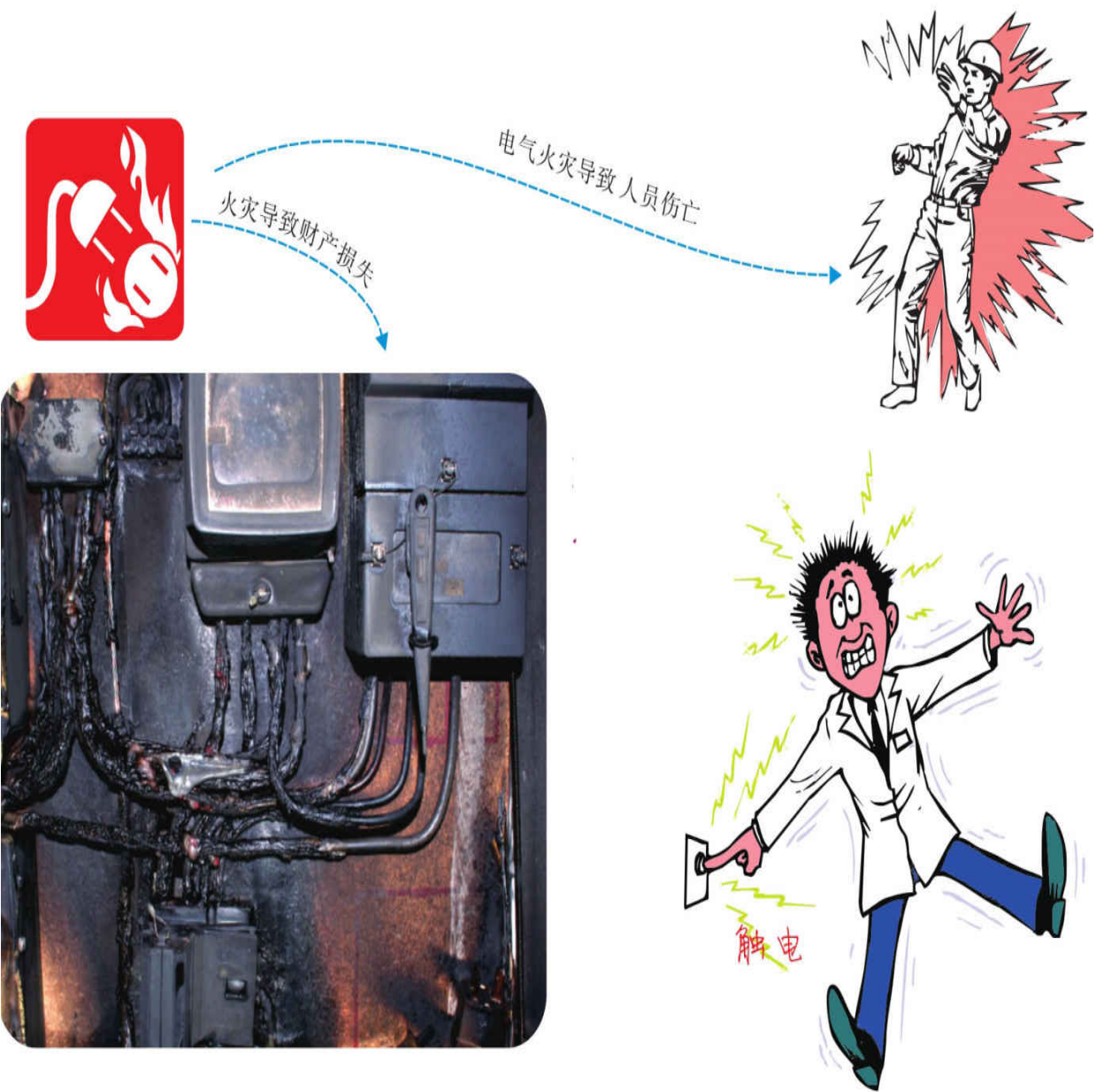
在三相四线制供电的线路中，中性线起到保证负载相电压对称不变的作用，对于不对称的三相负载，中性线绝不能去掉，不能在中性线上安装熔丝或开关，而且要用机械强度较好的钢丝作为中性线。

1.4 生命只有一次

电，具有巨大的能量。

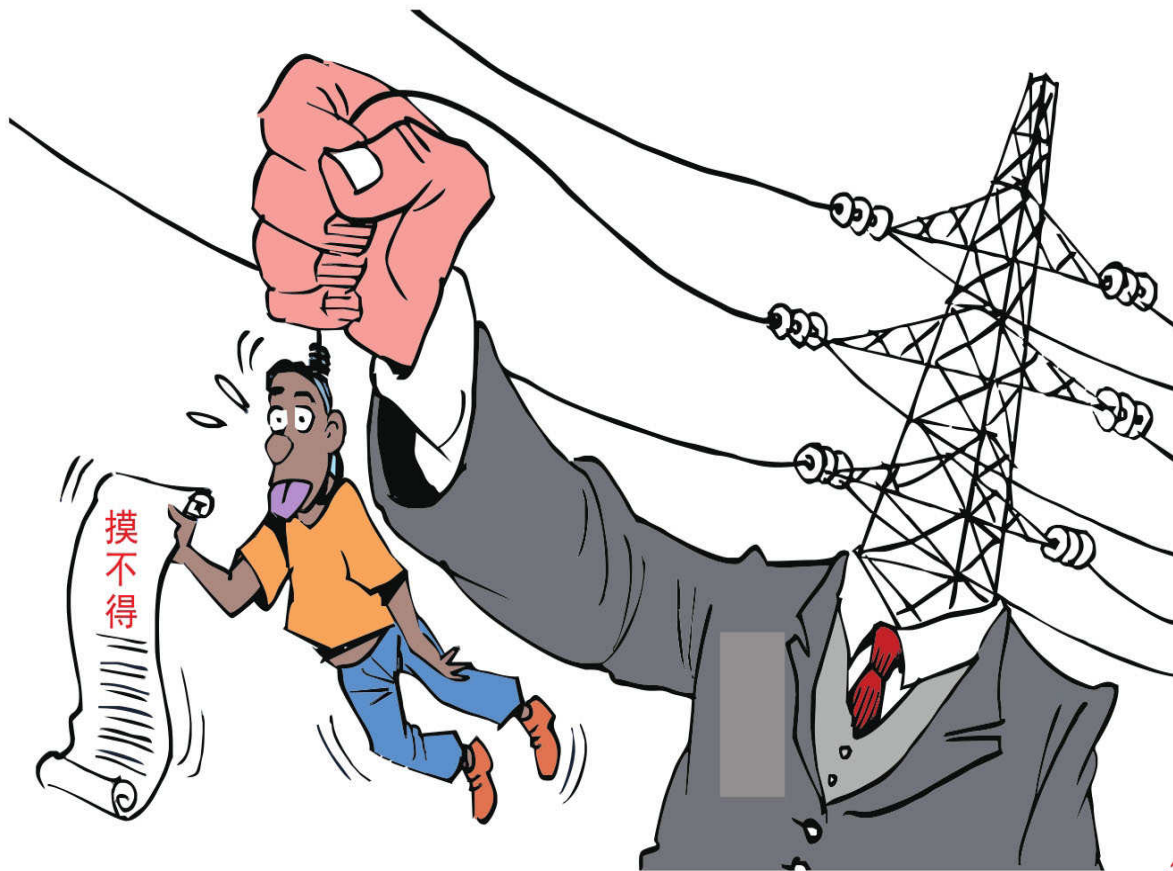
电，之于人类社会的功用是无须质疑的。



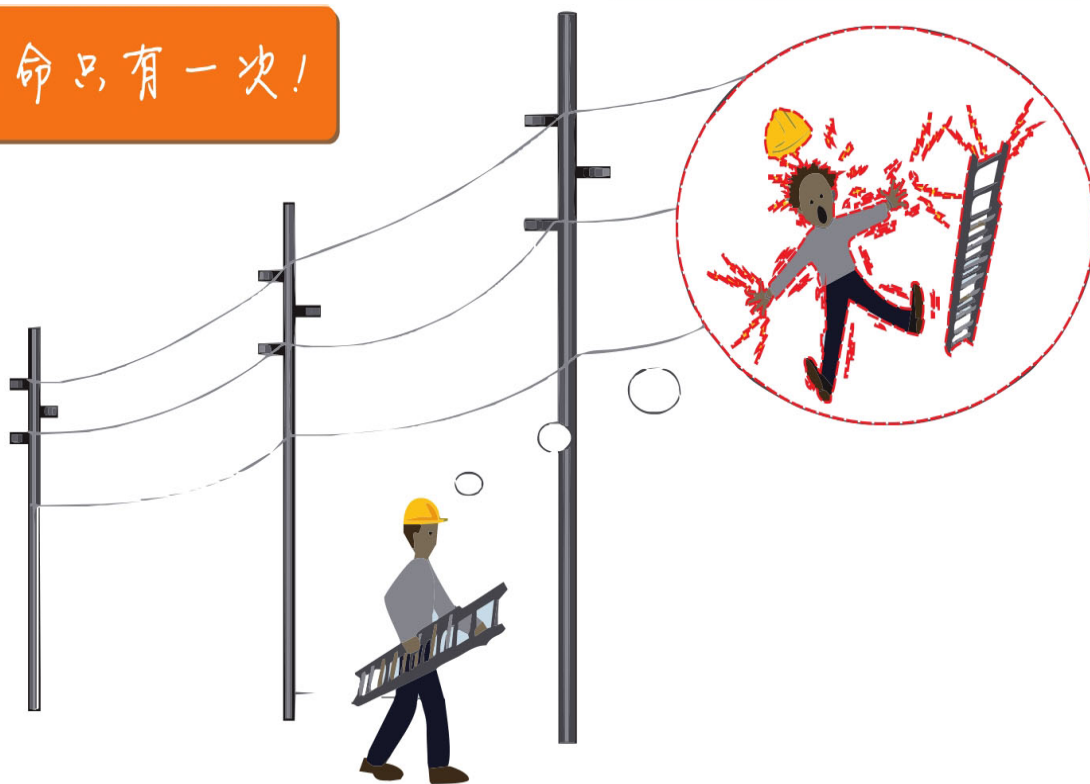


若使用不当，电也会导致财产损失、人员伤亡。

“电”具有一定的抽象性，它不能被触摸、看、听或闻到。正是由于“电”不易被察觉，使其更具危险性，更易造成严重意外。



生命只有一次!



电工工作有一定的危险性，第一次亲密“接触”即有可能是你的最后一次！

防患于未然

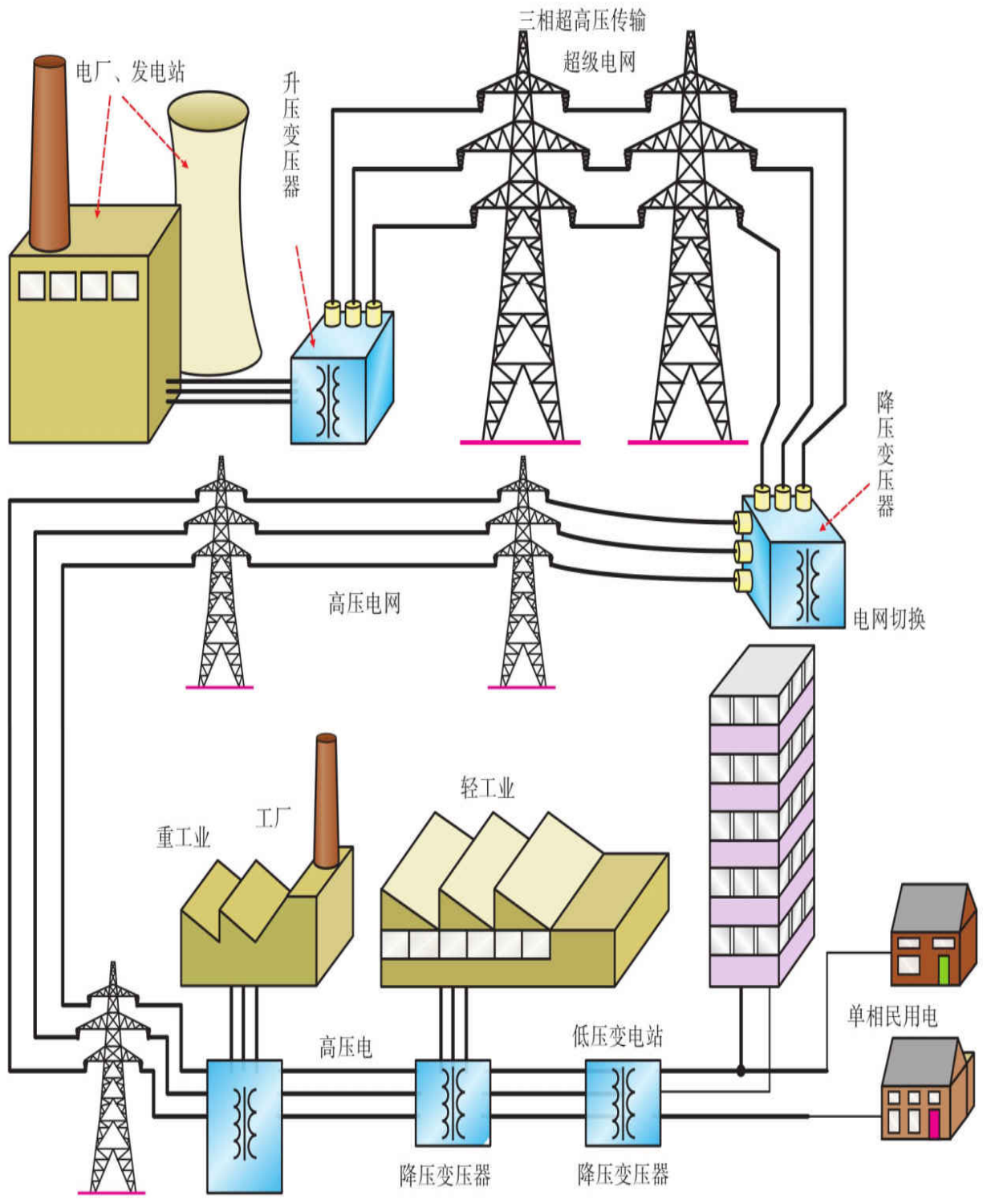
- (1) 养成良好的安全意识。
- (2) 在开始作业前，先确定是否切断电源。
- (3) 若必须带电作业，则作业前做好防护措施，如戴绝缘手套、穿绝缘工作服等。
- (4) 保持工具仪器干燥。
- (5) 工作前注意检查所用工具、仪器的绝缘体有无破损。
- (6) 正确使用工具仪器，不要触摸工具仪器的金属部分。
- (7) 事先了解作业环境，排除不安全的工作隐患。
- (8) 遵守相关的“安全工作规范”。

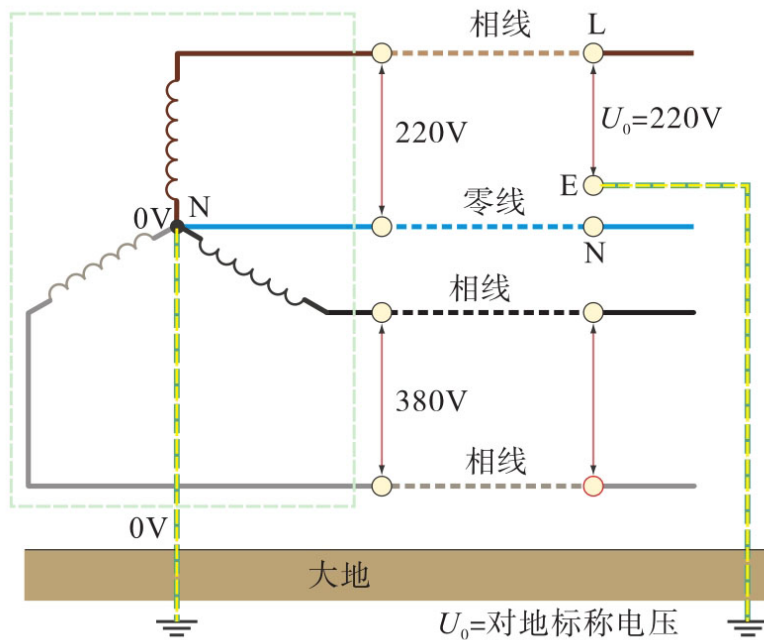


务必遵守相关规章制度

1.5 了解电力电源

人们生活工作中所使用的交流电来源于电厂、发电站。电厂、发电站生产的电经电力传输系统转换、传输后，由各级配电站提供各种不同电压的交流电源，为不同的用户供电。下图所示的就是一个电力传输示意图。



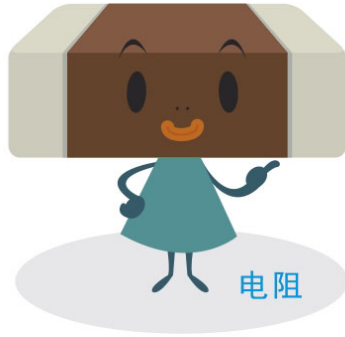


在我国，日常的工业、居民用电有两种（见左图）：
一种是380V的线电压，另一种是220V的相电压，其频率都是50Hz。

380V是三相电源中两个相线之间的电压。三相线通常分别表示为U、V、W，或表示为L1、L2、L3。

1.6 电阻、电感与电容





电阻



电容

在电路作业中，哪怕是最简单的线路，也存在电阻、电感，相当多的电机控制线路上有电容，因此，了解它们是非常必要的。

1.6.1 电阻

任何物质都有阻止电流流动的特性，这种特性被称为电阻（Resistance），用字母“ R ”表示。不同的物质对电流的“阻力”大小不同。导体对电流的“阻力”小，如铁和铜；绝缘体对电流的“阻力”大，如木头和橡胶。



电阻 (R) 的单位是欧姆，以德国物理学家Georg Simon Ohm的名字命名，用希腊字母 Ω 表示。常用的电阻单位还有兆欧、千欧，其换算关系如下：

$$1\text{M}\Omega = 1000\text{k}\Omega$$

$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega$$



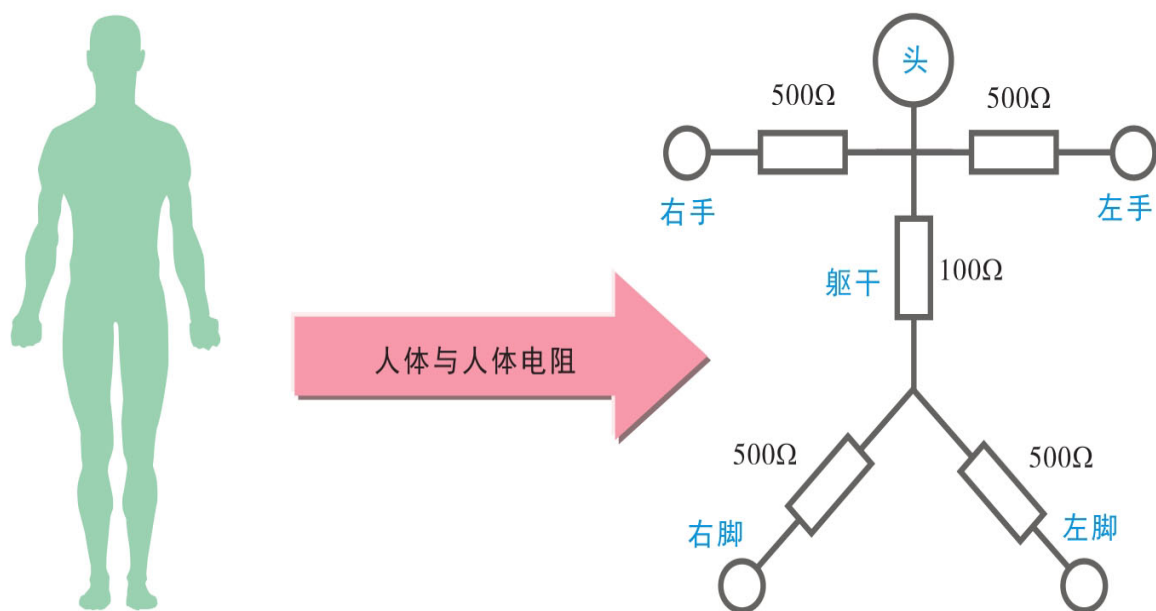
人体也有电阻，人体也会导电。

人体触电时，皮肤与带电体的接触面积越大，人体电阻越小。当人体接触带电体时，人体就被当作一电路元器件接入回路。

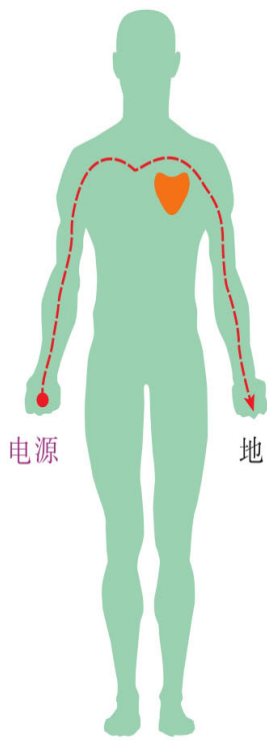
人体电阻是不确定的电阻，皮肤干燥时一般为 $100\text{k}\Omega$ 左右；而人若出汗，或在潮湿环境中，人体电阻会明显减小，可下降到 $1\text{k}\Omega$ 。

一般认为，一旦电接触到真皮，一只手臂或一条腿的电阻只有约 500Ω （见下图）。

因此，由一只手臂到另一只手臂或由一条腿到另一条腿的通路相当于一只 $1\text{k}\Omega$ 的电阻。假定一个人用双手紧握带电体，双脚站在水坑里而形成导电回路，这时人体电阻基本上就是体内电阻，约为 500Ω 。一般情况下，人体电阻可按 $1\sim 2\text{k}\Omega$ 考虑。

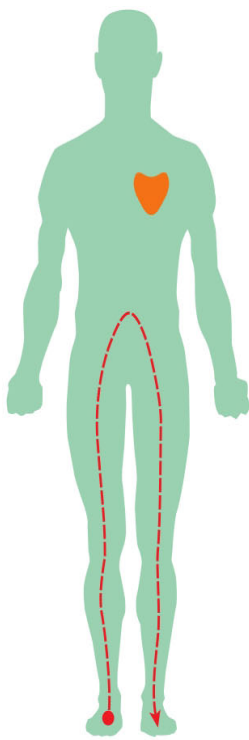


下图所示的是三种不同触电情况的电流路径图



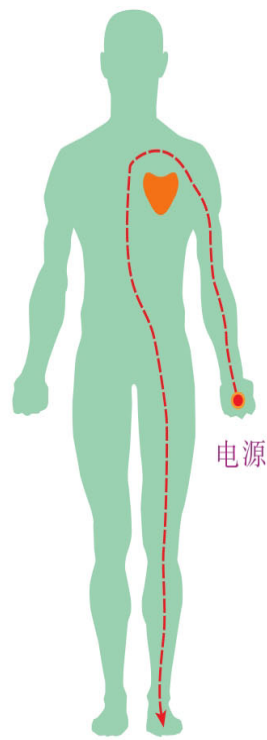
1

接触电压
(手/手路径)



2

跨步电压
(脚/脚路径)



3

接触/跨步电压
(手/脚路径)

了解一下不同触电情况的电阻



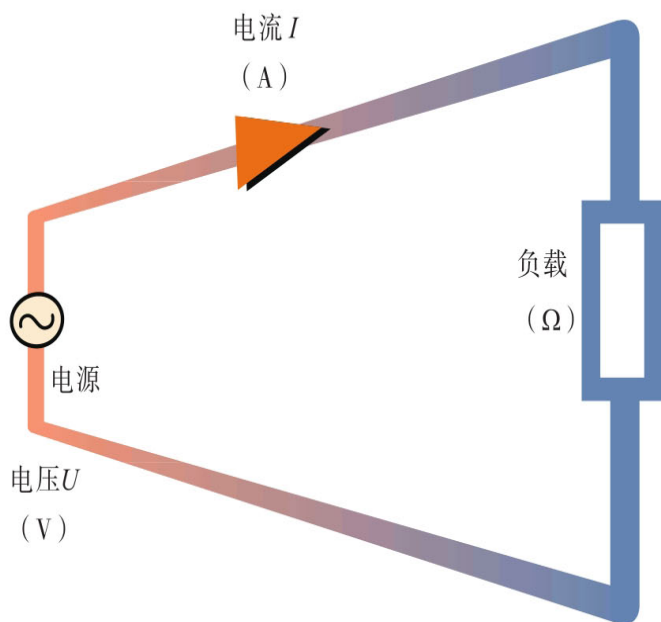
环境条件	电 阻	
	干燥	潮湿
手指触摸	40kΩ ~ 1MΩ	4 ~ 15kΩ
手握住电线	10 ~ 50kΩ	3 ~ 6kΩ
拇指夹住电线	10 ~ 30kΩ	2 ~ 5kΩ
手掌触摸电线	3 ~ 8kΩ	1 ~ 2kΩ
两手握住电线	0.5 ~ 1.5kΩ	250 ~ 750Ω
手浸入水中	—	200 ~ 500Ω
脚浸入水中	—	100 ~ 300Ω
人体内部 (不包括皮肤)	—	200 ~ 1000Ω

1.6.2 电阻与电流的关系

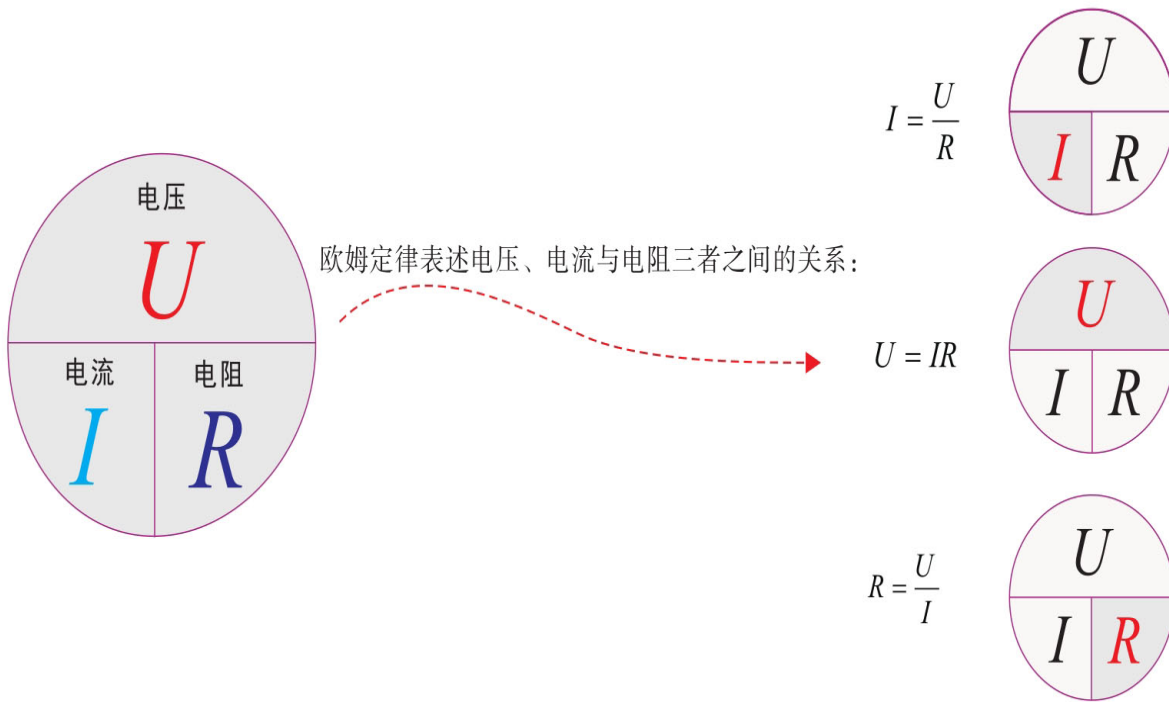
我们知道，只有在导体两端加上电压后，导体中才有持续的电流。那么，导体中的电流与所加的电压有什么关系呢？

以德国物理学家Georg Simon Ohm的名字命名的、著名的欧姆定律可以解决上面的问题。

简单地讲，欧姆定律就是描述流过电阻的电流与电阻两端电压的关系。欧姆定律表明：流过电阻的电流与其两端电压成正比，而与本身的阻值成反比。



A large, stylized green Greek letter Omega (Ω) representing the unit of resistance. Inside the symbol, the mathematical formula for Ohm's Law is written:
$$I = \frac{U}{R}$$



可以用欧姆圆来描述电压、电流与电阻之间的关系。

当电路两端的电压为1V，通过的电流为1A时，则该段电路的电阻为1Ω。



计算一下：人的手浸入水中时接触到36V的电

压，会有多大的电流流过人体？

解：

根据公式 $I = \frac{U}{R}$ 得 $I = \frac{36\text{V}}{500\Omega} = 0.072\text{A} = 72\text{mA}$ 。

请回顾一下前面关于“安全电流”方面的内容，再看上面的计算结果，你会想到什么？

若电压是24V，流过人体的电流将是多少？



? 24V、36V真的安全吗？

不要轻信所谓的安全电压。所谓24V、36V安全电压，前提是指人体处于干燥环境、人体皮肤干燥。

从上面的计算结果我们可以看到，若人体处于潮湿环境或人体皮肤潮湿，24V与36V的电源就不安全了。



一个中等身材的人若接触到220V的交流电源，将

导致大约200mA的电流流过身体，不到10s，即可受到致命的伤害。



因此，也不要指望10A或15A的断路器能对人体起到保

护作用。

依赖断路器可能导致严重的人身伤害。断路器仅仅能用于短路保护、房屋财产保护、电气装置保护，而不能用于个人防护。

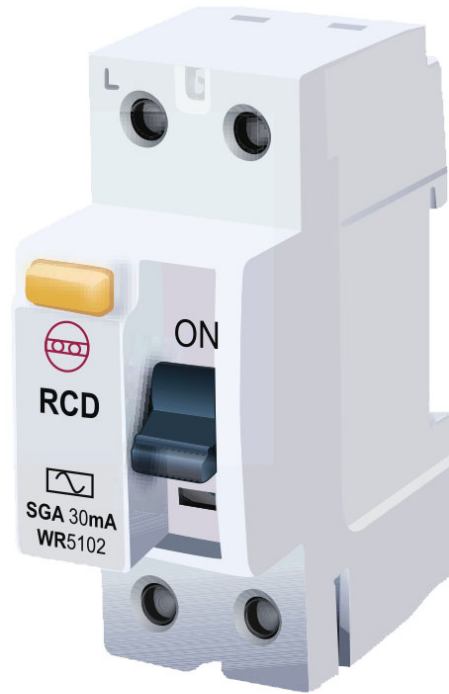


100mA RCD

可选择合适的（30mA）漏电保护器（RCD，又称剩余电流保护器）来防止人身伤害。

但是记住：与所有的器件、装置一样，漏电保护器或安全开关可能失效，因此，应定期检测漏电保护器、安全开关。否则，同样存在潜在的致命风险。

定期按一下测试按钮。



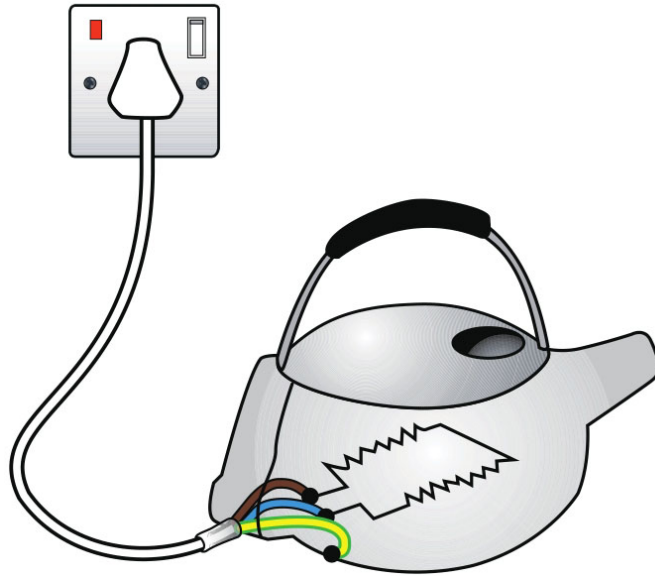
30mA RCD



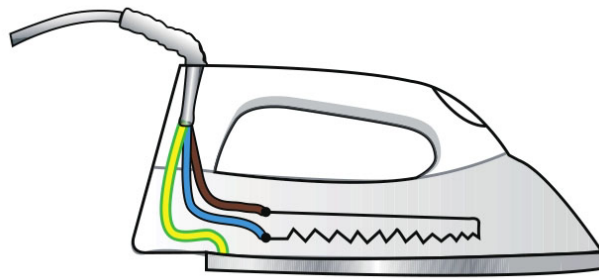
1.6.3 电阻耗能

电阻是耗能元件，电流流过电阻时做的功被转换成热能而消耗。人们日常所用的电水壶、电熨斗、电吹风等都是利用电阻的这个特性制成的。

电流流过电阻所产生的热能可利用公式 $Q=I^2Rt$ 来计算。其中， Q 表示热量，用焦耳（J）作为单位； I 是电流，单位是安培（A）； R 是电阻，单位是欧姆（ Ω ）； t 是时间，单位是秒（s）。



在一定的条件下，电流流过电阻会产生大量的热量。



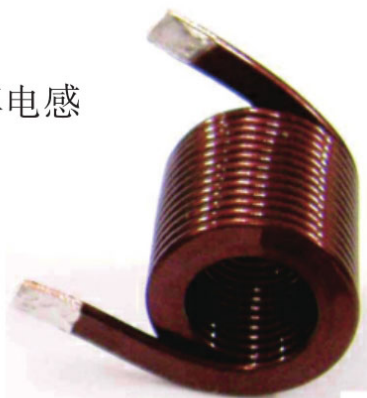
1.6.4 电感

通电的导体会产生磁场，感应磁场会催生感应电动势，而这个感应电动势总是要阻碍导体中原来电流的变化，这种现象叫作自感。自感通常被称为**电感**。电感是闭合电路的一种属性。电路中具有“电感”特性的元件被称为**电感器**。

最简单的电感器就是一个线圈。将一根漆包线或纱包线绕在铁芯或磁芯上，或一个空心线圈就是一个电感。在电路图中，通常用字母“L”来表示电感器。



功率电感



功率电感

电感的大小由电感量来表示。电感量是表示电感能力的物理量，单位是亨（H）。常用的电感量单位还有毫亨（mH）、微亨（ μH ）、纳亨（nH），其换算关系是：

$$1\text{H}=1000\text{mH}$$

$$1\text{mH}=1000\mu\text{H}$$

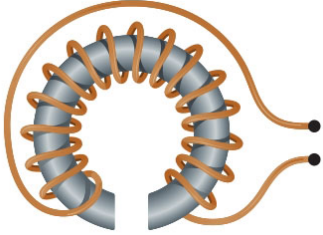
$$1\mu\text{H}=1000\text{nH}$$

当电感内的电流发生变化时，电感器会产生一个感应电流（反电动势）阻碍原电流的变化。这个感应电流对原电流的变化起到一个阻尼作用，因此，电感器中的电流不能突变。

我就是要反对！



阻碍电流变化是
电感器的基本特性。



自感现象有不利的一面。在自感系数很大而电

流又很强的电路中，例如电动机电路，在切断电路的瞬间，由于电流在很短的时间内发生很大的变化，会产生很高的自感电动势（反峰电压），使开关的闸刀与固定夹片之间的空气电离而变成导体，形成电弧，这会烧坏开关，甚至危及工作人员的人身安全。

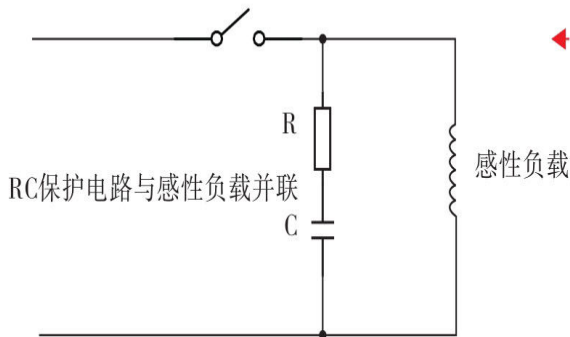
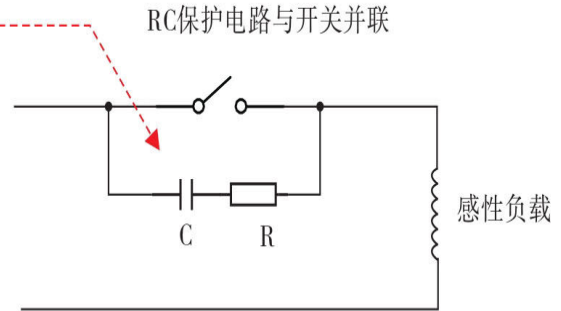
因此，切断这类电路时，必须采用特制的安全开关。常见的安全开关是将开关放在绝缘性能良好的油中，防止电弧的产生，保证安全。



在使用继电器、电动机的电路中，为了防止继电

器线圈、电动机线圈产生反峰电压对电路或器件造成损坏，通常要在继电器、电动机线圈的两端采取保护措施，例如使用续流二极管、RC电路等。下面所示的就是两个RC保护电路的原理示意图。

这样的RC保护电路只适用于直流电路。若用于交流电路，则负载的阻抗必须小于RC保护电路的阻抗。



这样的RC保护电路既适于直流电路，又适于交流电路，对于继电器、接触器等感性负载而言效果很好。

1.6.5 电容

两导体所带电荷为等量异号时，电荷的量值与该两导体间电位差的比值称为电容。由两片接近并相互绝缘的导体组成的储存电荷和电能的元件称为电容器。

电子电路与电气线路都会用到电容器，但电子电路中的电容器通常很小，而电气线路中的电容器（特别是电力系统中的电容器）通常体积很大。想想看，手机有多大，可手机内通常会有几十至上百个电容器。



用于功率因子校正的电容器。

电气系统中用的电容器往往有很大的体积，有的有一人多高，安装的时候还可能用到吊车。左图中就可以看到两个电气系统中用于功率因子校正的电容器。

顾名思义，电容器就是“电”（或电荷）的容器，通常用“电容”来说明电容器的电荷容量，用 C 表示电容器的电容，也用 C 在电路图中标识电容器。

电容的基本单位用法拉（F）表示，是以英国化学家和物理学家 Michael Faraday 命名的。其他的电容单位还有毫法（m F）、微法（ μ F）、皮法（p F）、纳法（n F）。



常用的是 μ F、pF。

$$1\text{F (法拉)} = 1000\text{mF (毫法)}$$

$$1\text{mF (毫法)} = 1000\mu\text{F (微法)}$$

$$1\mu\text{F (微法)} = 1000\text{nF (纳法)}$$

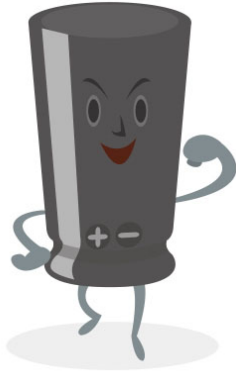
$$1\text{nF (纳法)} = 1000\text{pF (皮法)}$$

对于电容器，记住两个特性：

电容器通交流、隔直流，通高频、阻低频。

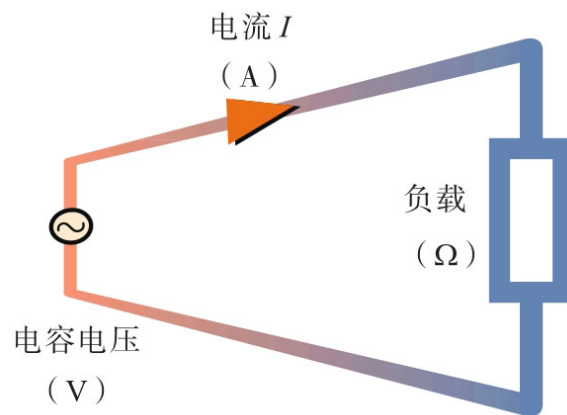
电容器两端的电压不能突变。

电容器是储能元件。电容器在储存电荷时，会导致电容器的两个极板之间产生电压。



想象一下：假若电容器储存有电荷，短路电容器

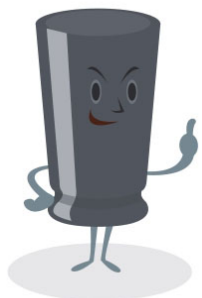
的两个电极，会发生什么情况？



电容器储存有电荷时（电路刚断电），电容器相当于一个电源。若电容器的两个电极短路，相当于电源短路，如左图所示。

根据欧姆定律，电流 $I=U/R$ ，而这时电容器电流回路上的 R 为零，从理论上讲，电容器电流将是无穷大。由这个电流导致的后果是不可想象的。

幸运的是，因电容器存在漏电电阻，电容器的短路电流不会是无穷大。但对于一个电力线路上的大容量的电容器来说，短路电容器的电极也是极其危险的，可能导致电弧、火灾，因此，应避免直接短路电容器的电极。



通常的做法是：

- ① 电路（线路）断电，等候3~5分钟后再开始操作。
- ② 断电3~5分钟后，利用绝缘工具将一合适阻值的功率电阻器并接到需要放电的电容器的电极上（参见右图）。



1.7 电的危害

电对于人类社会的功用是毋庸置疑的，但正如一枚硬币有两面一样，若使用（或操作）不当，电也会带来危害。

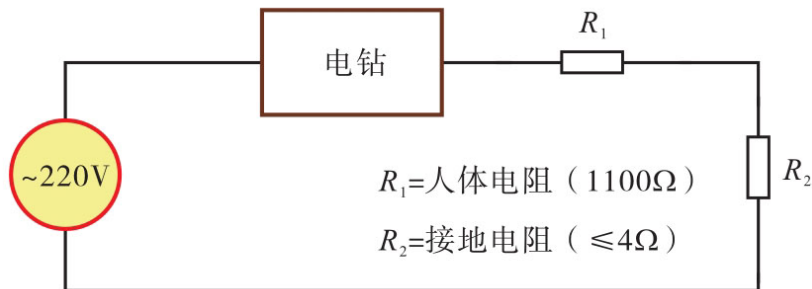
人们通常所知的关于电的危害有电击、电弧、爆炸、火灾等。

1.7.1 电击

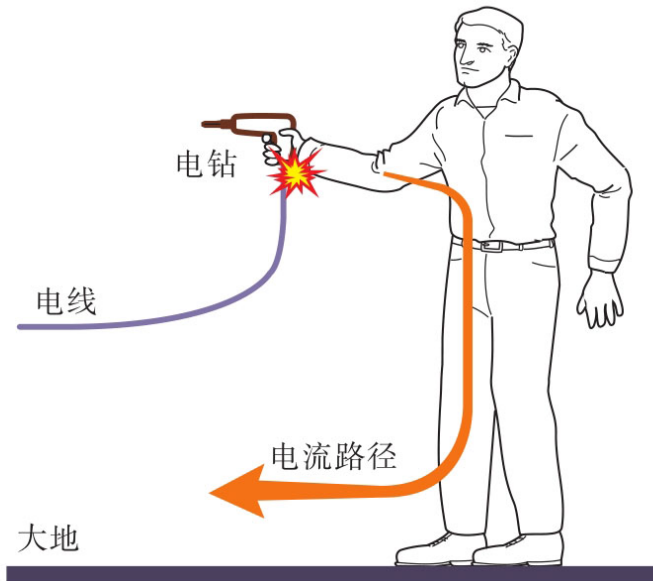
电击（Shock）即被电击伤，俗称触电。简单地讲，电流流过人体内部就会造成电击。

电击是最易发生的电伤害之一。设备潮湿、设备漏电、人不小心触电都可能导致电击。电流流过人体内部时，会影响到心脏、肺部和神经系统的正常功能。电流引起的心室纤维性颤动是电击致人死亡的主要原因。

当人体同时接触到火线、地时，人体与火线、地之间就构成一个电流回路，从而发生电击。

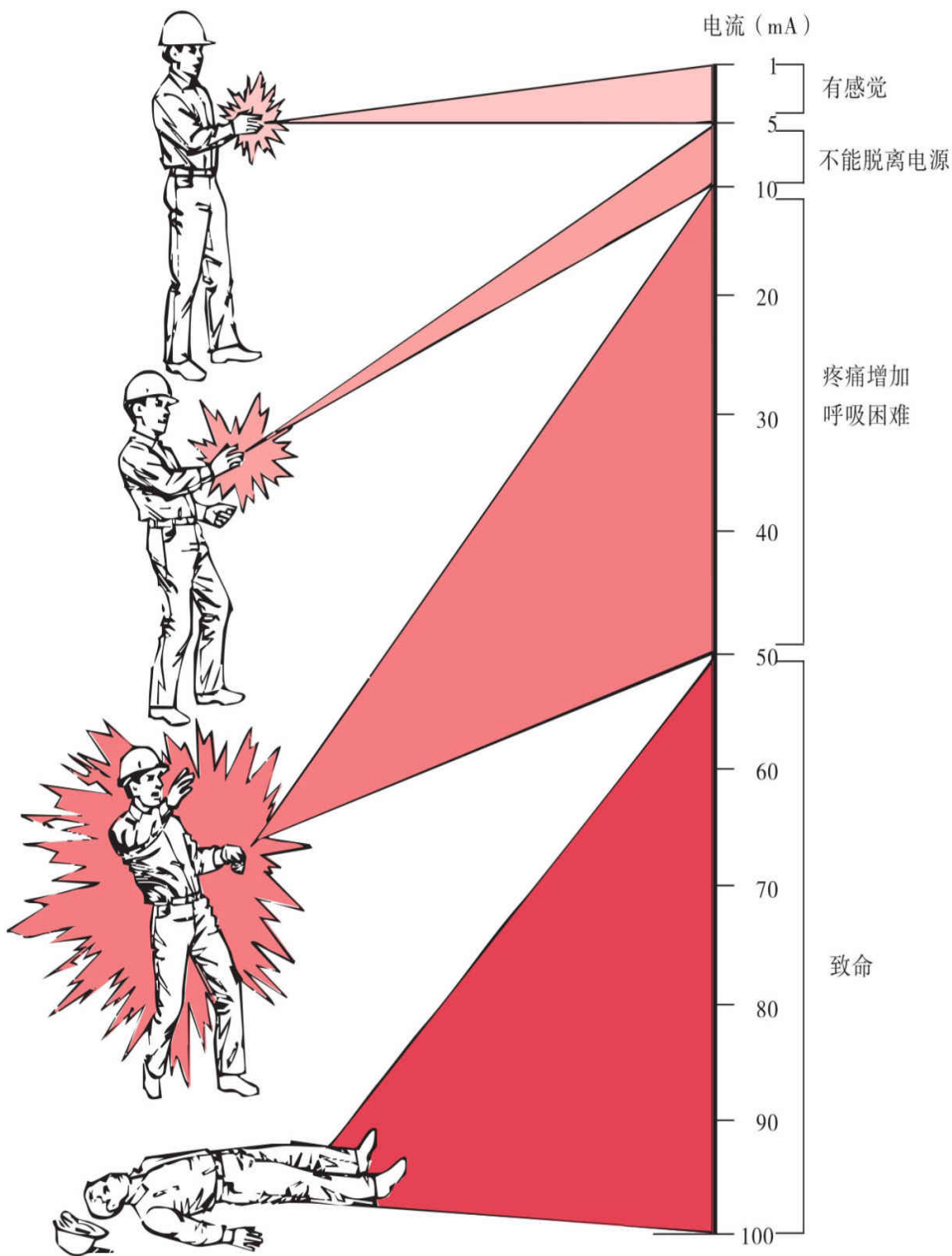


触电的等效电路



触电的实际电路

对于220V的交流电来说，人体电流达到5mA以上就很危险。





当人体遭受电击时，流过人体的电流可导致人体皮肤、肌肉或身体内部器官烧伤。

电击可能导致电灼伤、体内组织损伤、心室纤维性颤动。

视电击的程度不同，人体遭受电击后的后果有很大的差异。总之，人体触电后，若没有及时断开电源，将带来严重的后果。

当人体遭受电击时，流过人体的电流可导致人体皮肤、肌肉或身体内部器官烧伤。

此外，电击也可间接引起意外，例如因受电击而身体失去平衡导致摔伤、撞伤等。



1.7.2 电弧

电弧（Arc Flash）是一种气体放电现象，是电流通过某些绝缘介质（例如空气）时所产生的瞬间火花。人们通常所说的线路或电气设备某处“打火”，其实就是不太严重的电弧现象。

与人们所见到的那样，电弧通常伴随着响声、强烈的光与高温。人们利用电弧可以进行（电弧）焊接，得到电弧光源。

可以想象的是，若不注意，电弧的强光与高温将导致严重的人体伤害。



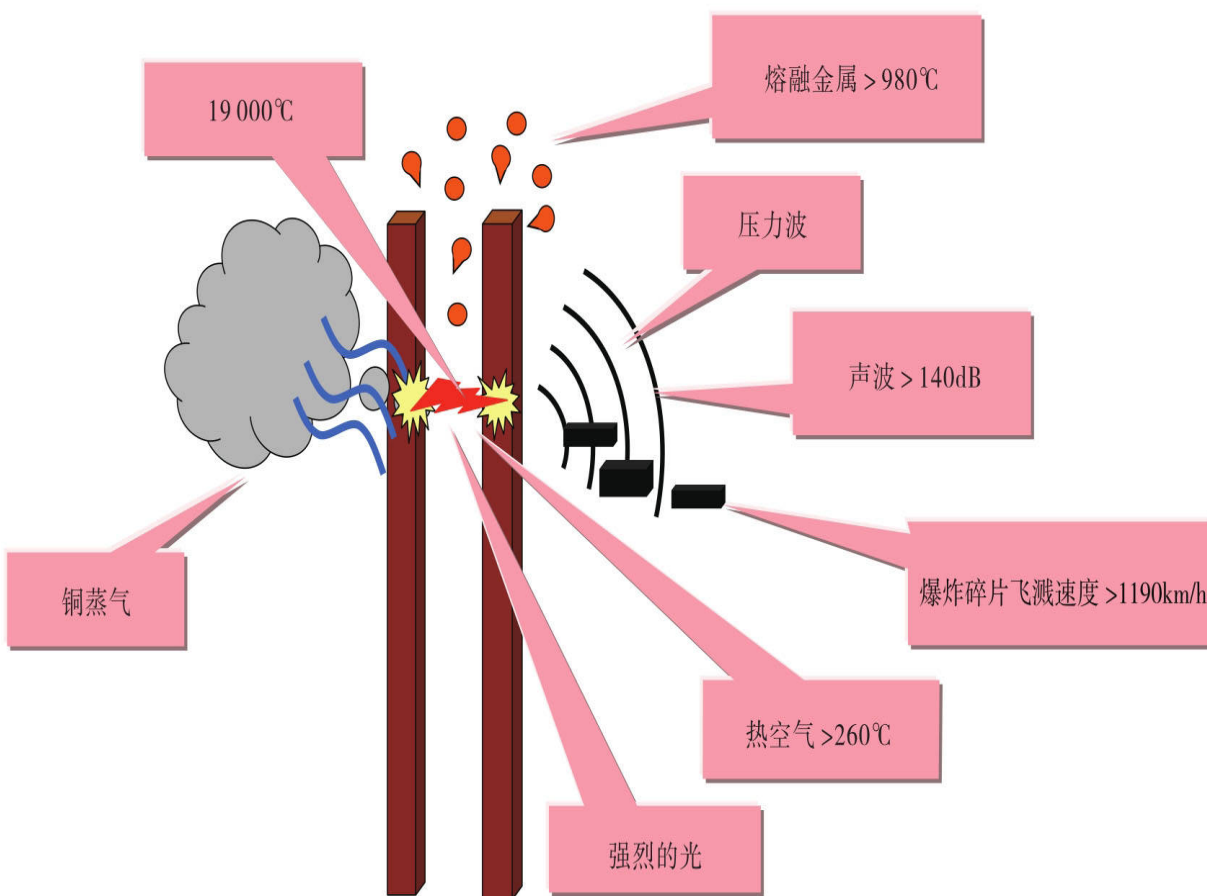
电力线路中有开关的地方应注意防护电弧伤害！

对于电气线路、电气装置来说，电弧通常发生在有电线接头、开关的部位。当用开关电器断开电流时，如果电路电压不低于10V，电流不小于80mA，则电器的触头间便会产生电弧。特别是当用电负载为感性负载时，如电动机，开关处更易产生电弧。

一些器件，如继电器、断路器等在通道断开时也会产生电弧，只不过断路器等通常有灭弧装置。

电弧伤害一直是现场电工除电击外最大的潜在风险，严重性不亚于电击。电弧伤害是多方面的。

在那些具有大电流/高电压的开关线路中，如果没有灭弧装置，则可能导致非常严重的财产损失与致命的人身伤害。下图所示的是一个严重电弧发生时的一些参数。



想想看，即使是一般的民用电，电压也是220V、380V，电流通常在几个安培以上，更别说那些大型用户的线路电流了，甚至可达100A以上。

右图所示的是一个严重电弧发生瞬间。



1.7.3 爆炸

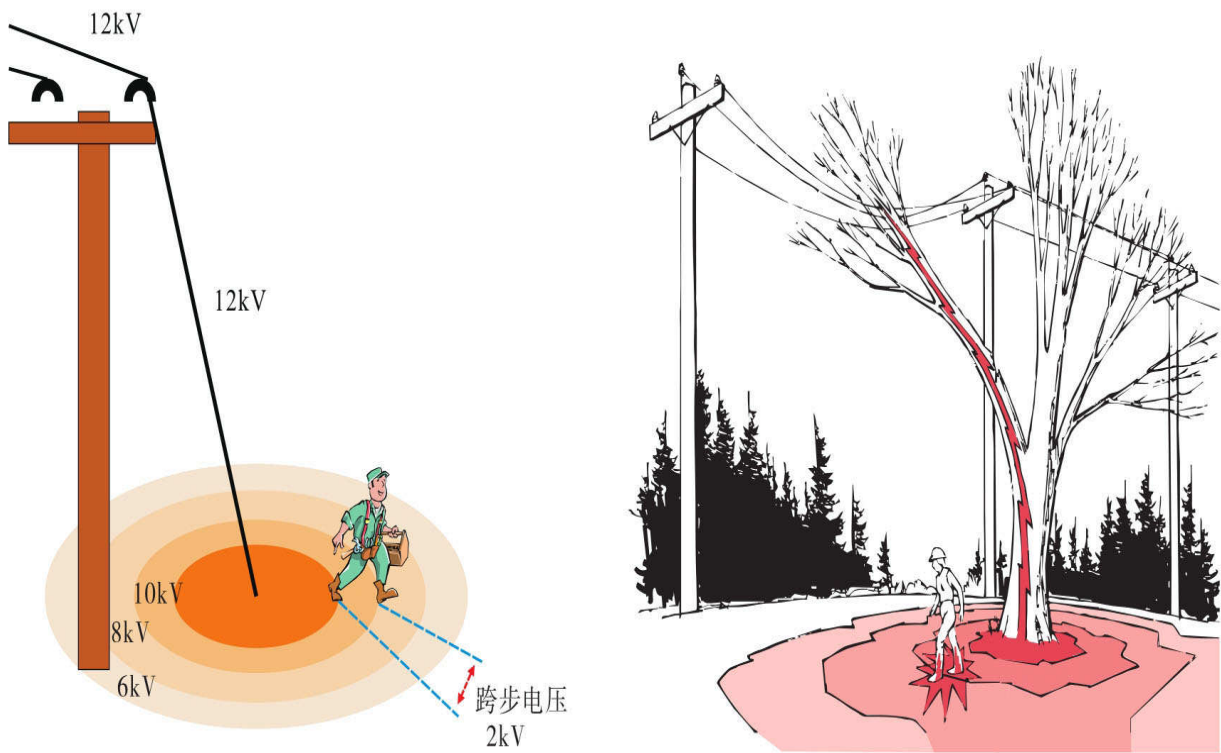
严重的电弧事故会导致爆炸，此时电弧中心点的温度是太阳表面温度的3倍以上，大于 19000°C ，周围的物质将被升华为气体或被高温烧熔后喷出，同时伴随有电弧强光、爆炸气浪与爆炸声响等。如果当事人的衣服被点燃，将造成身体大面积的烧烫伤。

在防止爆炸伤害方面，衣服不能被点燃或熔化成为防范电弧伤害的重点之一。

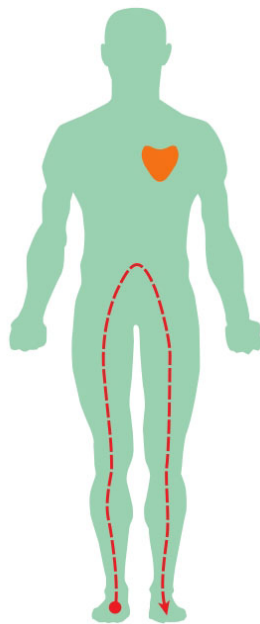
除直接烧伤致命外，爆炸气浪压力也是可能致命的伤害原因（或造成坠落），严重电弧事故受害者也可能造成视力损害、听力损失以及呼吸道、肌肉、骨骼或神经系统的损伤，所以对电弧伤害的完整防护应是从头到脚配备全身保护系统。

1.7.4 跨步电压

所谓跨步电压，是指当电气设备碰壳或电力系统一相接地短路时，强大的电流从接地点四散流出，在地面上形成不同的电位分布，人在走近短路接地点时，两脚之间所形成了电位差，人因承受跨步电压而触电。



高压电线跌落、树木或车辆等搭上高压线都可能导致跨步电压。



跨步电压（脚/脚路径）

跨步电压的大小与人和电流接地点之间的距离、两脚之间的跨距、接地电流大小等因素相关。距落地点越近，电压越高。通常在电

流接地点的20m以外，跨步电压就迅速下降为零。

跨步电压通过人体的电流会使人触电。高压线有一相触地尤其危险。在潮湿地面，低压线断线触地形成的跨步电压也在10V以上，对人体也会造成伤害。时间长了就会有生命危险。

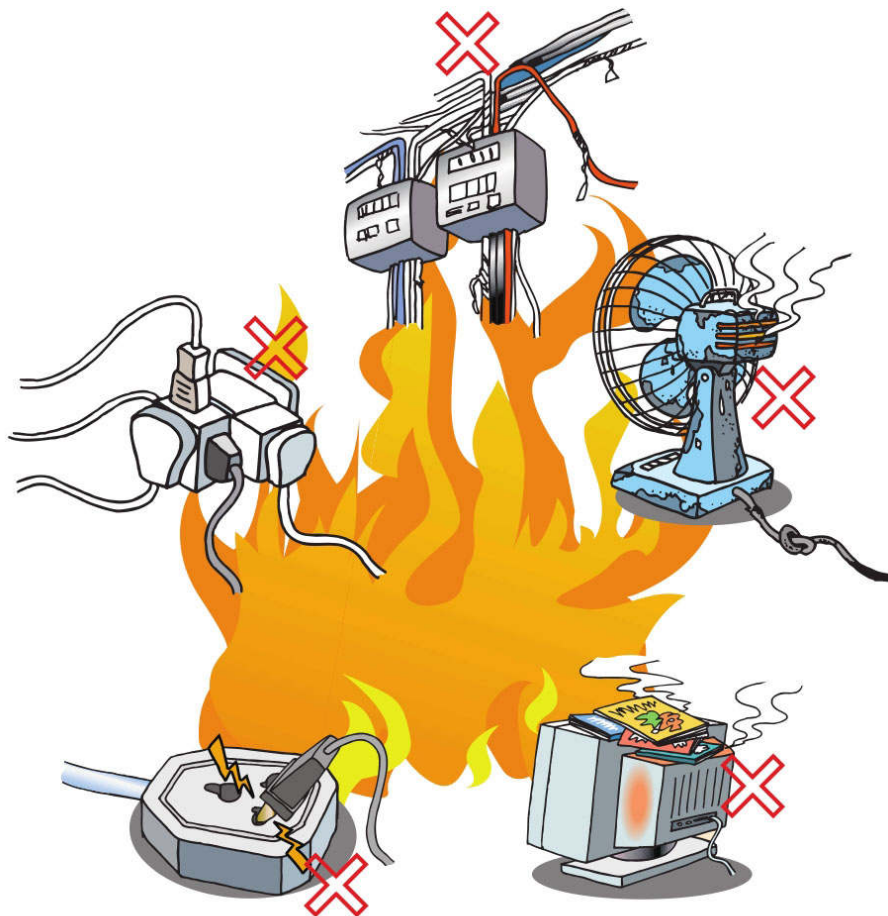
1.7.5 火灾

如果电路出现超负荷运行、绝缘损坏或短路、电线接触电阻增大、电气设备通风状况不佳、工作场所有易燃物品等情况，可能导致因线路、电气设备不正常或故障产生的高温引发火灾。

线路或电气装置产生电弧时，也极有可能发生火灾。



电插头起火



1.8 触电拯救

①将触电者迅速脱离电源，越快越好。触电者未脱离电源前，救护人员绝不准直接用手触及触电者，因为有触电的危险。

②若触电者触及低压带电设备，救护人员应设法迅速切断电源，如拉开电源开关或刀闸、拔除电源插头等；或使用绝缘物体使触电者脱离电源。救护人员也可戴绝缘手套，或将手用干燥衣物等包起，也可站在绝缘垫上或干木板上，然后解救触电者。



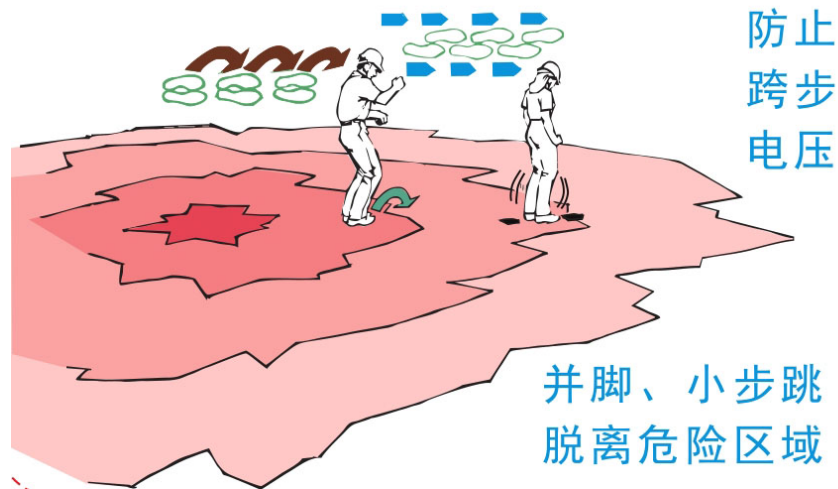
③如果触电者紧握电线，可设法将干木板塞到其身下，使其与地隔离；也可用干木把斧子或有绝缘柄的钳子等将电线剪断。电线要一根一根地剪断。自己应尽可能站在绝缘物体或干木板上。

④如果触电者处于高处，脱离电源后会自高处坠落，因此，要采取预防措施。

⑤若触电者触及高压带电设备，则救护人员应迅速切断电源，或用适合该电压等级的绝缘工具（戴绝缘手套、穿绝缘靴并用绝缘棒）解脱触电者。救护人员在抢救过程中应注意保持自身与周围带电部分必要的安全距离。

⑥如果触电发生在架空线杆塔上，如低压带电线路，能立即切断线路电源的，应迅速切断电源，或者由救护人员迅速登杆，束好自己的安全带后，用带绝缘胶柄的钢丝钳、干燥的不导电物体或绝缘物体将触电者拉离电源。

⑦如果触电者触及断落在地上的带电高压导线，且尚未确证线路无电，则救护人员在未做好安全措施前，不能接近断线点15m范围内，防止跨步电压伤人。利用长的绝缘物使触电者脱离电线，并想办法迅速断电。只有在确认线路已经无电的情况下，才可在触电者离开触电导线后，立即就地进行急救。



若自己误入有跨步电压的危险区域，双脚并拢、小步跳跃，直至高压电线接地点的20m以外，以脱离跨步电压危险区。

1.9 触电急救

如发现有人遭受电击，则必须断开电源，将触电者带到安全地方再进行急救。首先检查触电者的呼吸与脉搏，若触电者不省人事，但呼吸正常，则应使触电者处于复原卧式。如果触电者没有呼吸、脉搏，则必须由合格的急救员进行心肺复苏。

1. 气道畅通

按住额头，使下颌上抬，清除口中的秽物。



4. 复原卧式

若触电者不省人事，但呼吸正常，则应使触电者处于复原卧式。



2. 检查呼吸

观察胸部是否有起伏，听是否有呼吸声，用脸颊感觉是否有呼
气。



5. 人工呼吸

若触电者没有呼吸，则可进行人工呼吸。



3. 检查脉搏

用手指在颈部动脉处检查脉搏是否有跳动。



6. 心肺复苏

若触电者没有心跳，则必须进行心肺复苏（胸外按压法）。



第2章 安全防护

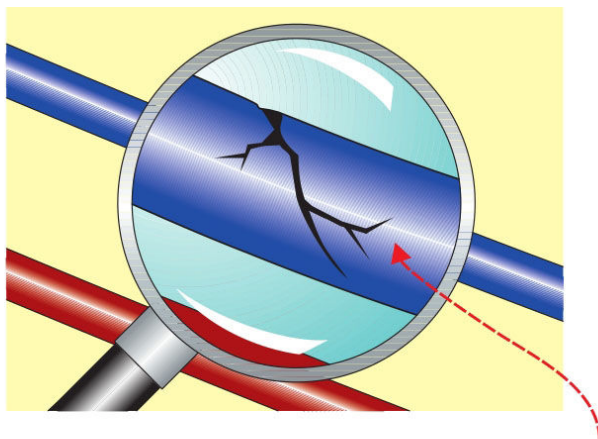
2.1 导致电危害的因素

导致电危害的因素五花八门，适当地了解这些因素，有助于我们更好地防止电危害的发生。

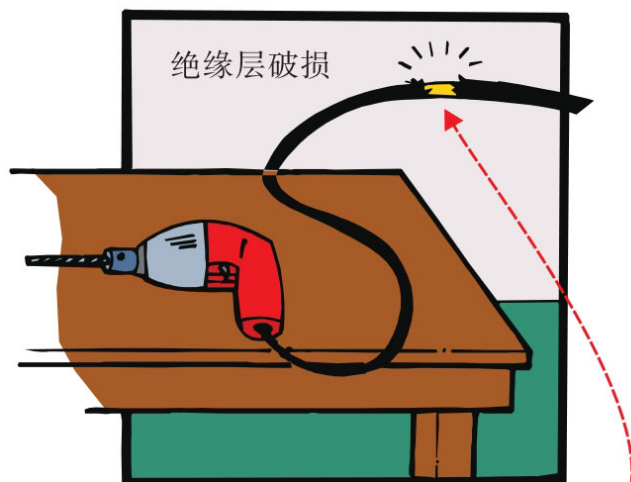
需注意的是，本书关注的重点是低压系统，对于中压、高压系统，也有适用之处。若对中压、高压系统有更高层次的需求，可参阅其他相关专业书籍。



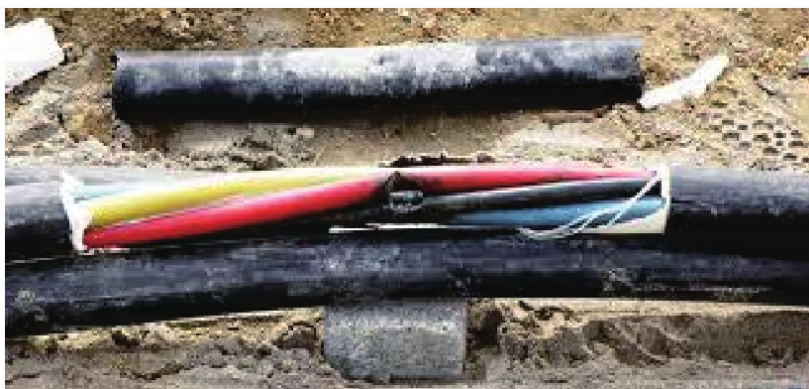
电工工具的绝缘破坏是一个重要的因素。



❶ 各种因素导致电线的绝缘层老化、破损、绝缘性能变差，或因电线绝缘破坏导致设备漏电。人体接触绝缘层老化的电线很容易遭受电击。老化的电线也容易引起火灾，若条件允许，则最好予以更换。



用绝缘胶布绑扎或更换电线



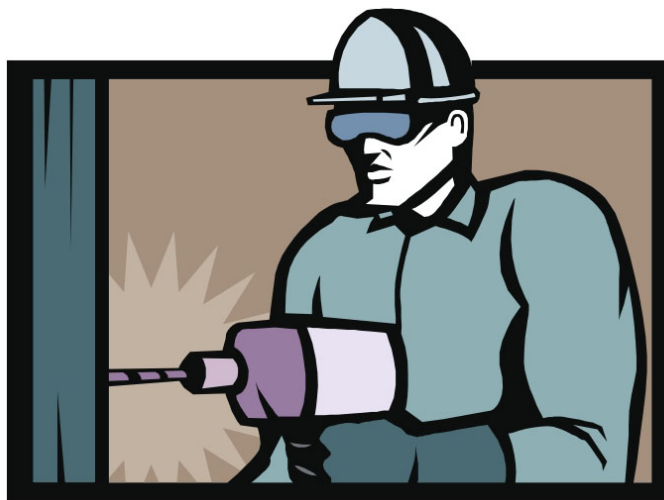
绝缘层烧蚀的电缆最好考虑更换



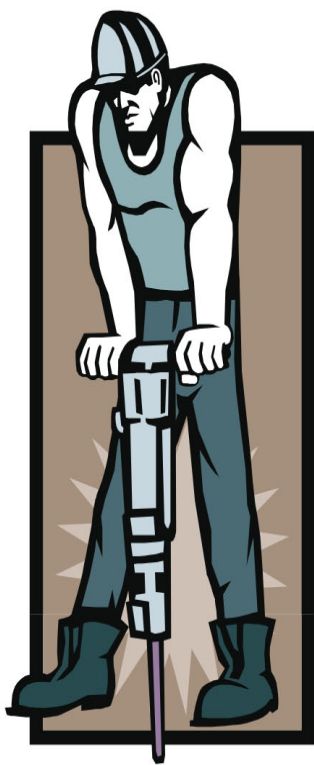
对加工导致绝缘层破坏的电线，可用绝缘胶布绑扎

②第二种比较常见的情况是各种其他非电工作业导致电线、电缆损坏，导致电击、短路引起火灾等。

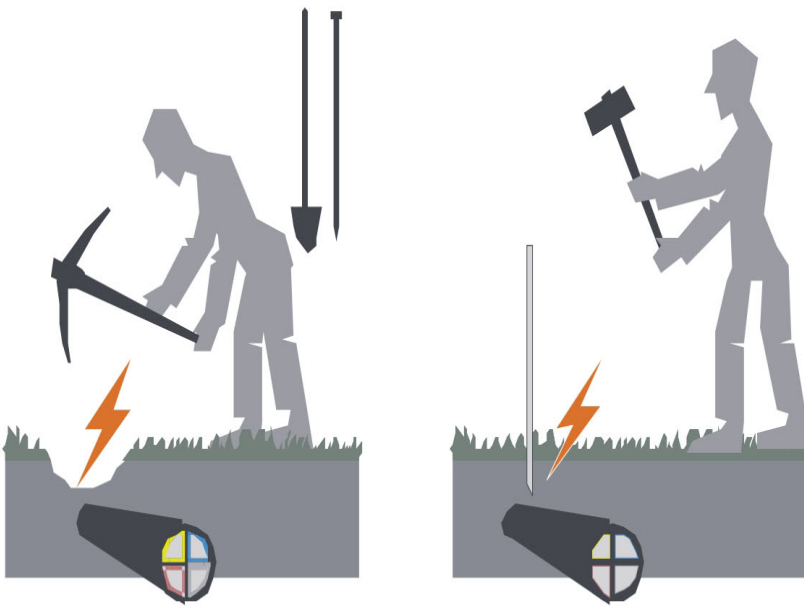
在进行相关施工前，一定要先了解电线、电缆的敷设情况，以免造成财产损失与人身伤害。



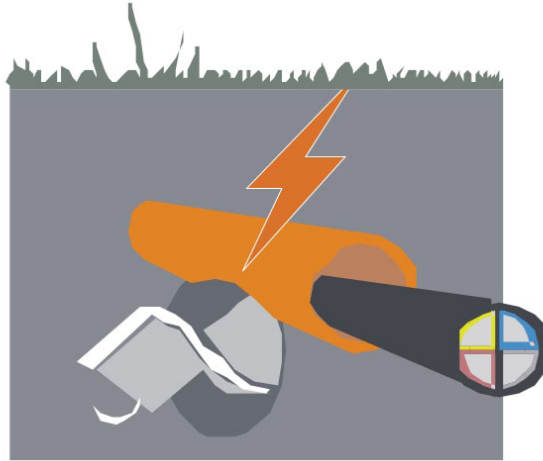
在墙面钻孔，损坏电线，导致线路故障及电击事故。



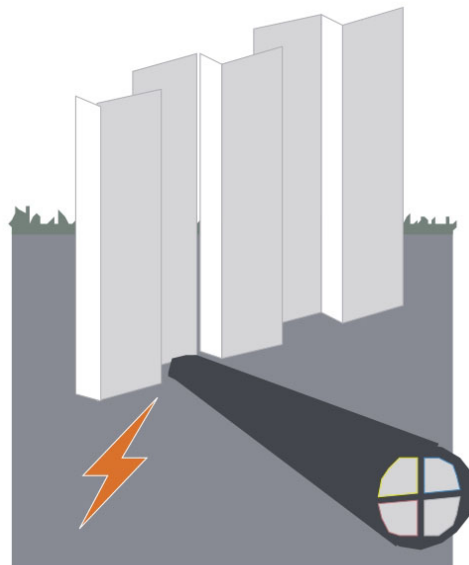
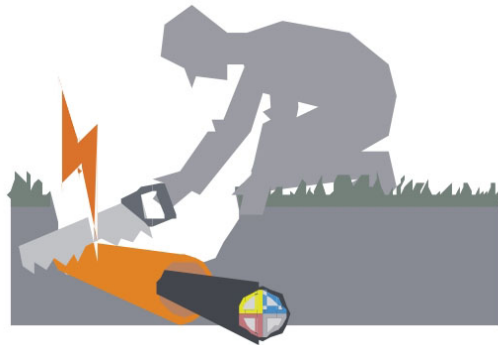
在墙面钻孔，损坏电线，导致线路故障及电击事故。



在地面钻孔、挖掘、打桩损坏电线，导致电击事故及电气故障。



管道切割损坏电线，导致电击事故及电气故障。



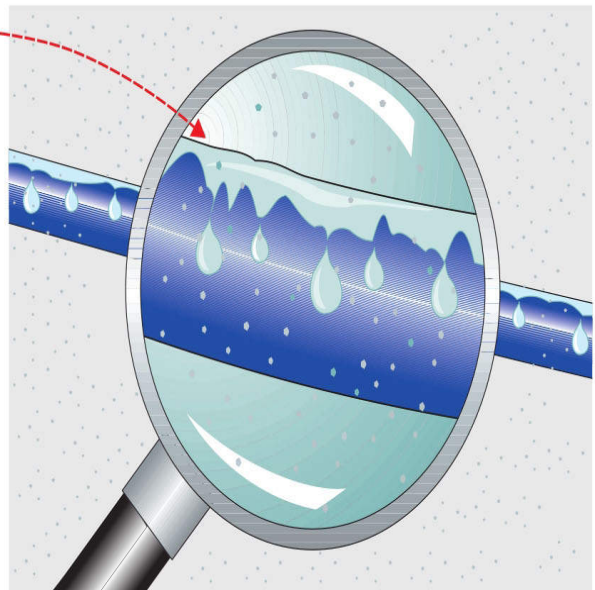
道路、房屋建设，挖掘机作业等导致电缆损坏，引起电击事故及电气故障。

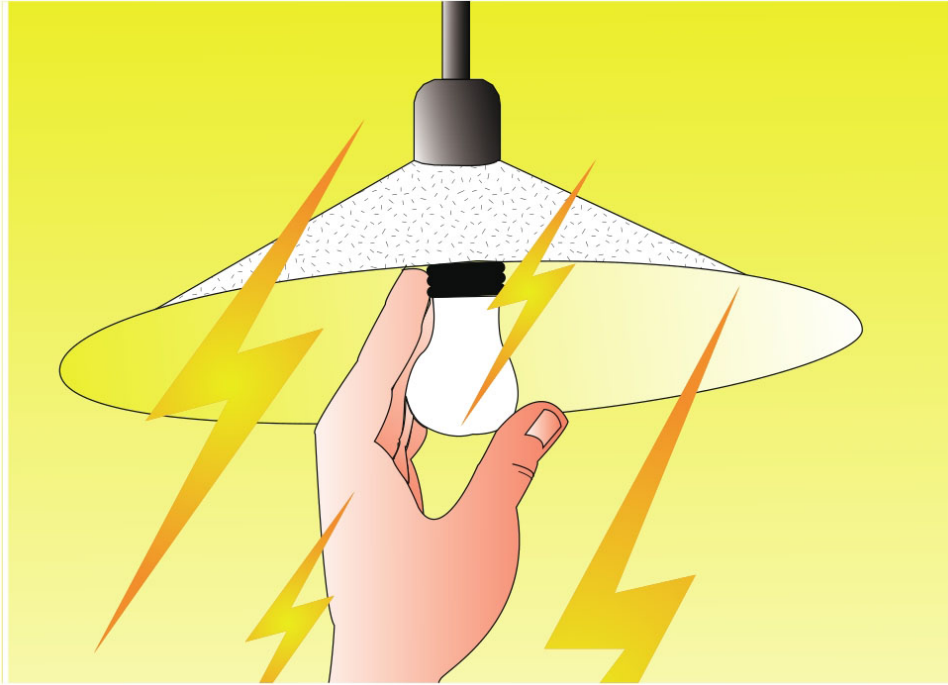


③第三种常见情况是雨水、潮湿致使电线漏电、绝缘性减弱，导致发生电击事故或电气故障。

对于人体易于接触的电线，应做防水措施。

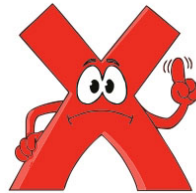
避免在雨水、潮湿环境中作业。



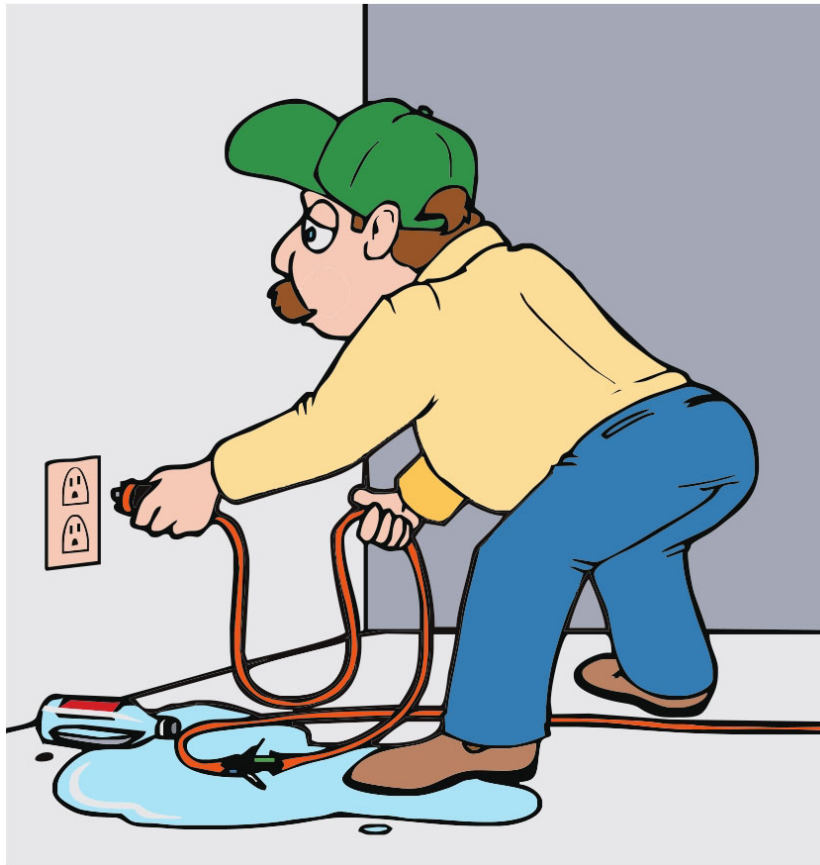


使用洗衣机、抽水机等时应小心，最好使用具有漏电保护装置的线路、插座。

皮肤潮湿时带电作业，危险！



切忌在雨水环境中作业。

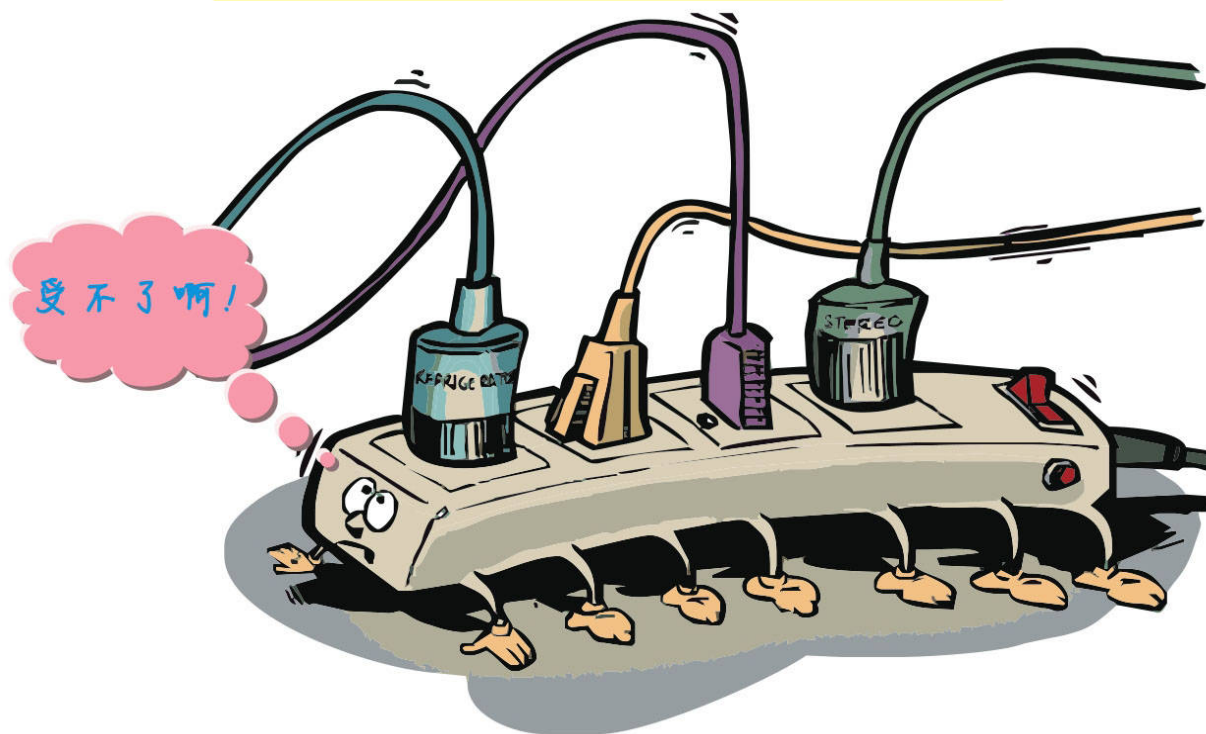
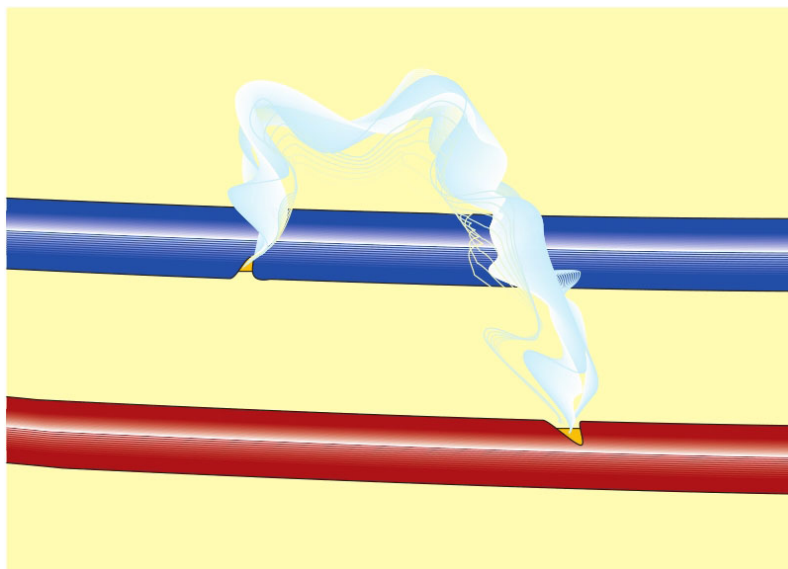


潮湿加电线绝缘损坏，不要命啦！

④负载电器过载，电线（接头）锈蚀氧化导致过热等，都可能引起电器、线路烧毁，重则引起火灾。

注意检查电线接头，对于锈蚀氧化的接头应重新处理连接。

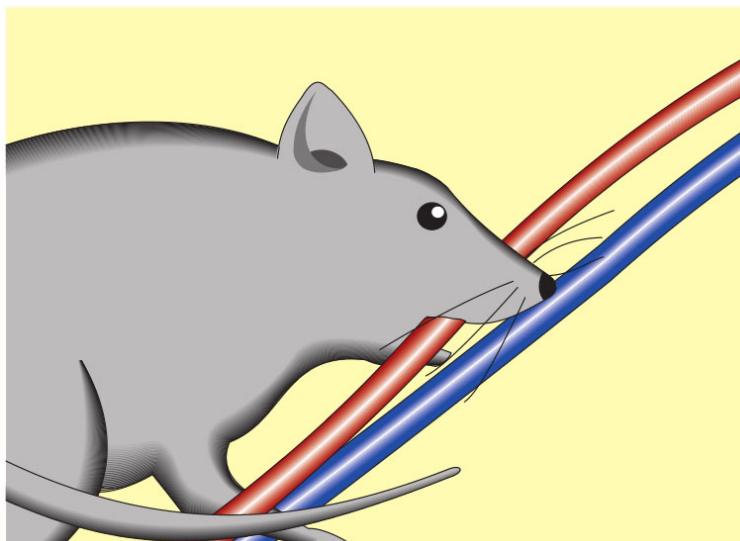
线路上使用的负载不要超出设计负荷，不要将多个大功率电器同时插接到一个电源插座上。





⑤ 特种车辆作业时触碰电线，或大型车辆挂拉电线，可能导致线路短路、断路，出现跨步电压、接触电压等问题。

⑥ 当然，老鼠对电线的破坏也不容小觑，这将导致线路短路、断路。



⑦在电气装置易于发热的场所，易燃、易爆物品存放不符合规范，易引发危险。



⑧未使用木质或玻璃纤维的梯架，增加了潜在的电击危险。

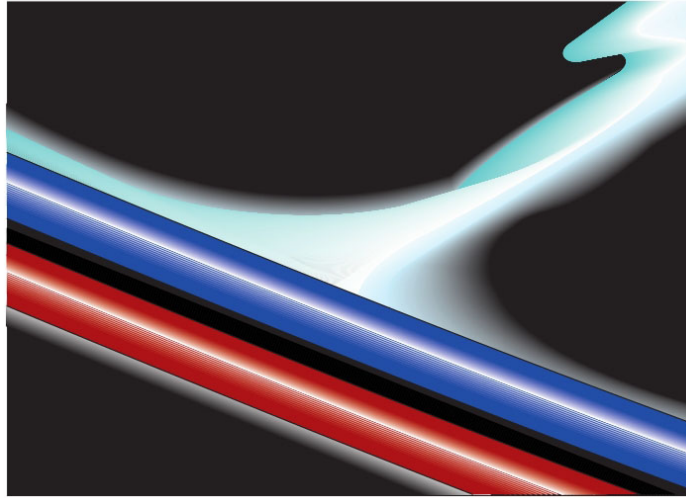


在作业中粗心大意，压、轧电线，极易导致电击事故。



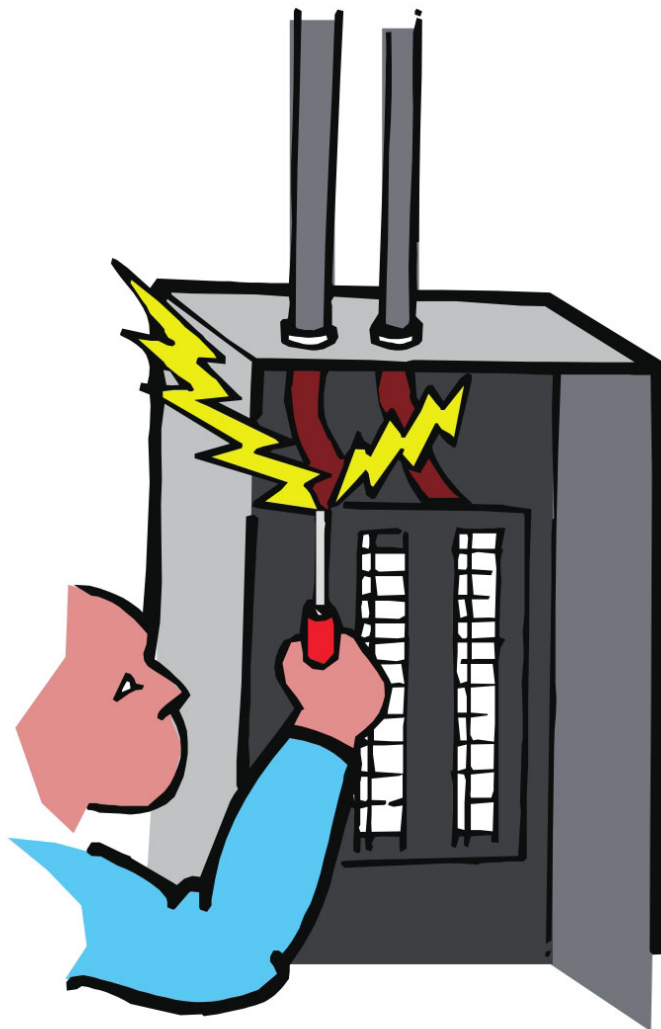
⑨虽然使用了绝缘工作台，但在工作中身体一些部位接触了墙、地板等，致使绝缘工作台形同虚设，导致发生电击事故的潜在风险增

加。



⑩在大电流线路中，使用开关作为控制器，或因其他原因引起电弧，导致财产损失与人身伤害。

在实际作业中，我们应对大电流、使用开关作为控制器、有感性负载等情况的线路进行电弧危害的评估，做好防护措施。



2.2 电工作业防护

2.2.1 思想重视

停一停，想一想，检查一下



电工作业要遵守相关电力法规、作业规程，这都是老生常谈，最重要的还是从业人员要从思想上予以重视，养成良好的工作习惯。

在准备电气作业之前，停一停，想一想，看看有什么安全隐患。检查一下防护措施是否得当，检查一下相关工具仪器是否良好，确保安全后再开始作业。

2.2.2 作业许可

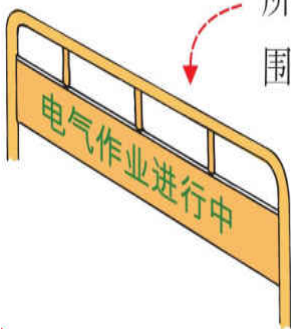
从业人员必须经过专业的培训，具备相应电气作业的合格证或上岗证。



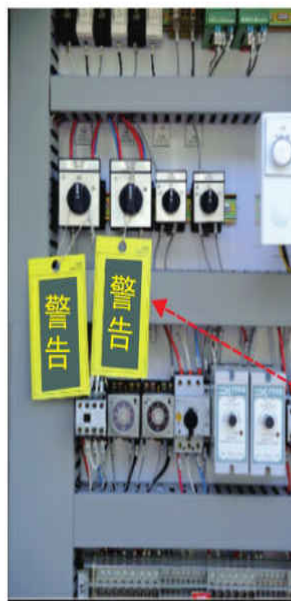
工作场所必须有明显的警示标牌。



在开关、控制箱处实行上锁制度，并挂警示标牌，以避免他人因不知情而闭合开关，导致作业人员遭受电击。



在工作场所使用合适的围蔽措施。



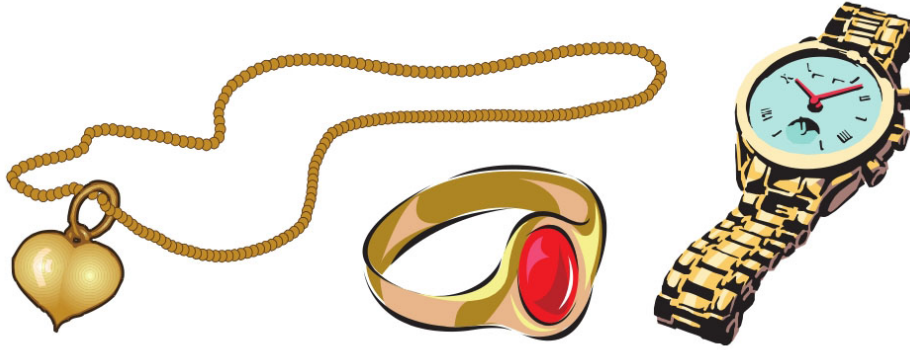
在一些重要的控制开关处使用警告标记。

2.2.3 个人安全措施

生命只有一次，应倍加珍惜！

从电工个人的角度讲，最需要注意的就是做好防护措施。

如果你佩戴手表、戒指、项链等金属饰品，在工作时（特别是中压、高压电工）将它们取下。



低压电工可根据实际情况选用个人防护装置，例如绝缘手套（皮手套）、防护眼镜、安全鞋、防护面罩等。



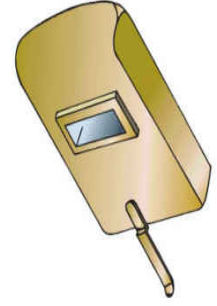
绝缘手套



防护眼镜



安全鞋



防护面罩



在进行大电流线路、中压与高压线路维护检修时，必须穿着符合要求的全套电工防护服（从头到脚，全副武装），以避免电击与电弧等意外伤害。

安全鞋既可使人体与地绝缘，又可防止尖物伤脚。



低压电工的绝缘手套



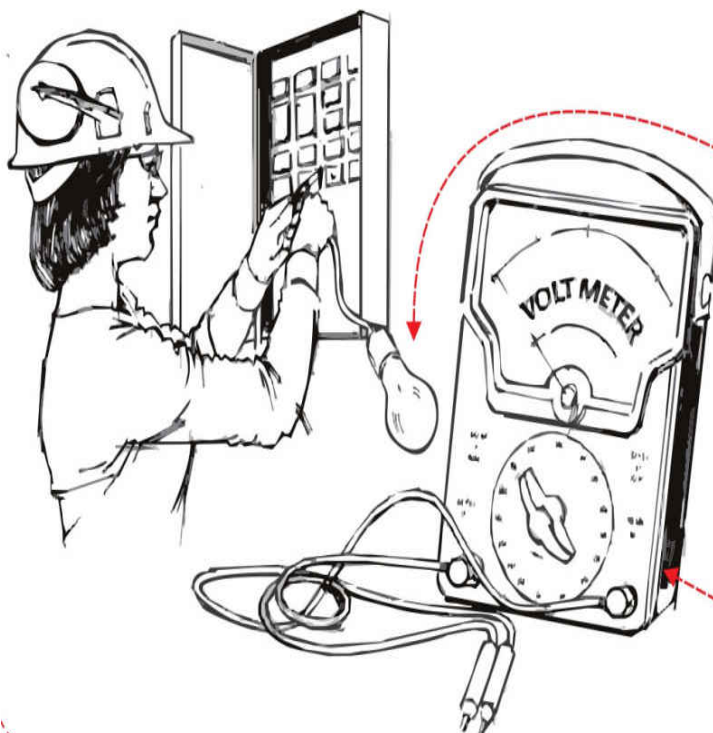
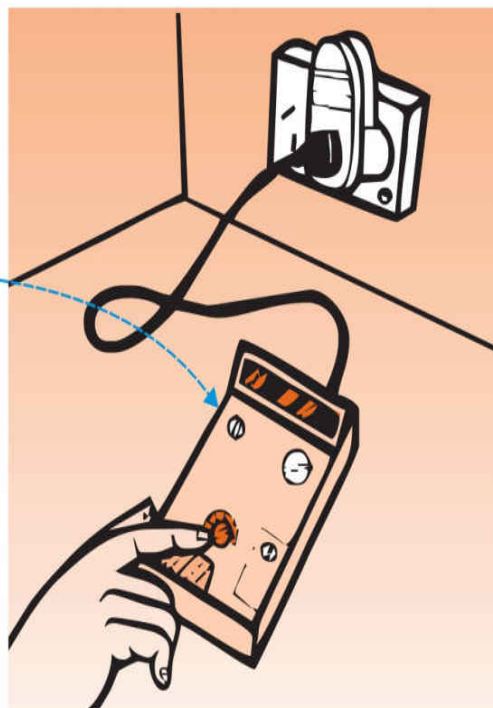
在一些中、高电压工作条件下，必须穿戴符合要求的全套电工防护服（头盔、手套、安全鞋、绝缘服或电弧防护服）。



2.2.4 养成好的习惯

在开始工作前，一定要先检查电源是否关闭。

检查电源开关处是否上锁或有明显的警告标记。



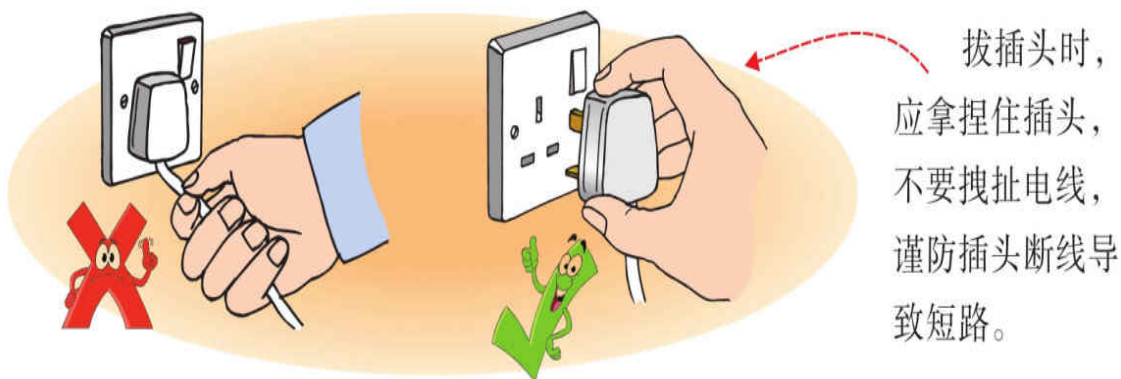
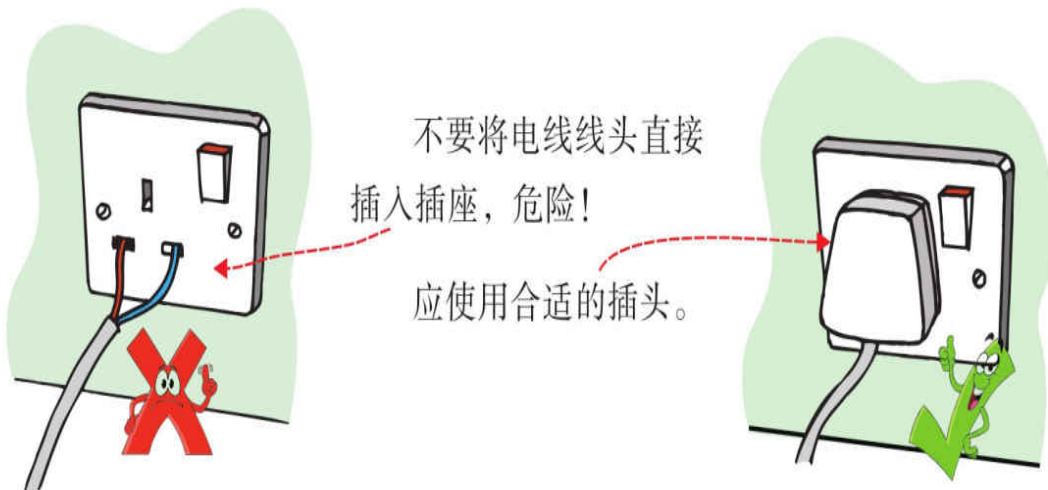
检查灯经常被用于实际操作中，但最好还是用专业的电工仪表检测线路，以防发生意外。



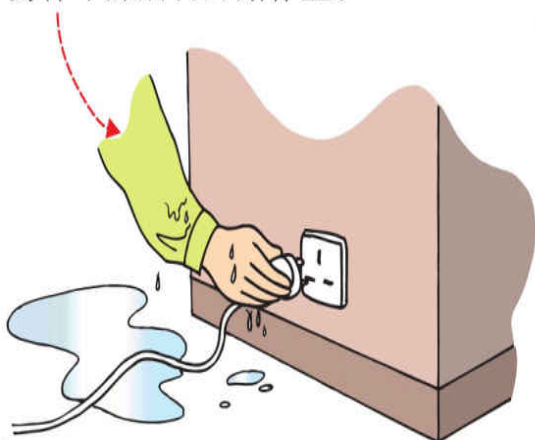
若施工处光线不足，则尽量使用头灯或其他有效光源，避免一只手操作！



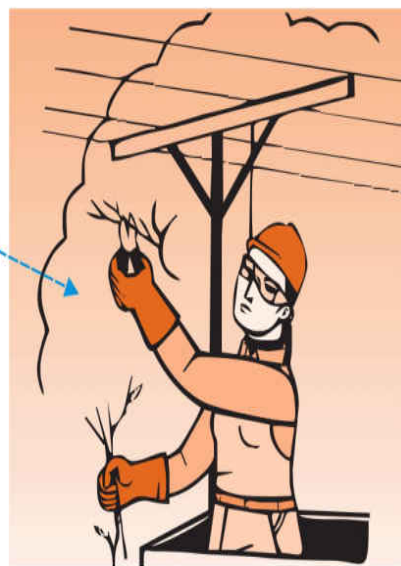
使用电工工具前，应检查工具的绝缘性是否良好。



手、脚潮湿时，尽量避免接触电线、电气设备。如果是中、高电压线路，应等身体干燥后再开始作业。



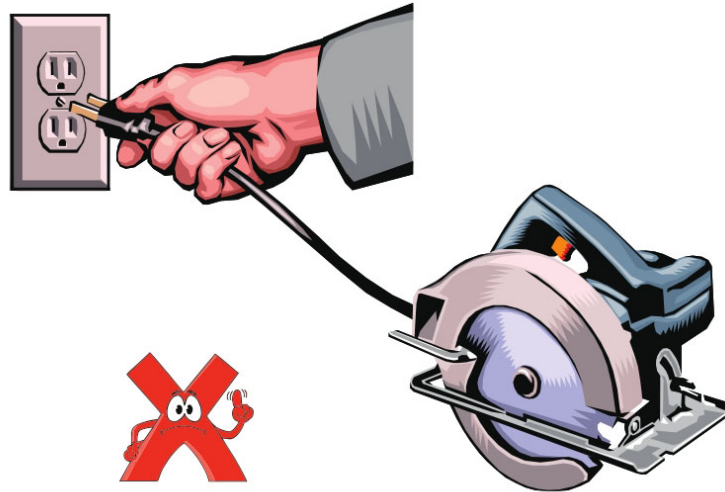
若电线靠近树木，千万不要随意修剪枝条。



在存放易燃物品的场所，不要带电作业，特别是不要进行电弧焊。

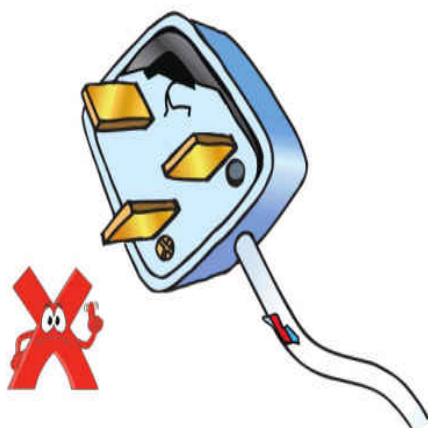


不要直接用电线连接电机等感性负载。



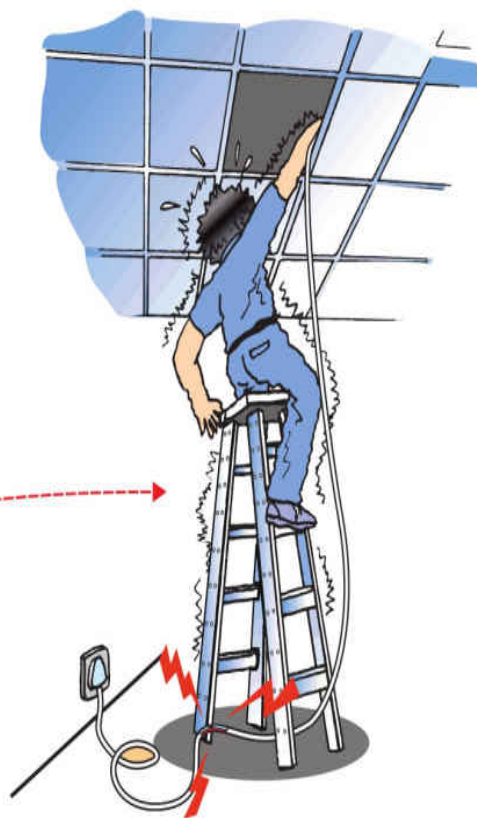


在潮湿环境或室外、野外环境进行电气作业时，应使用防水插头（插座），以避免因漏电导致电击。



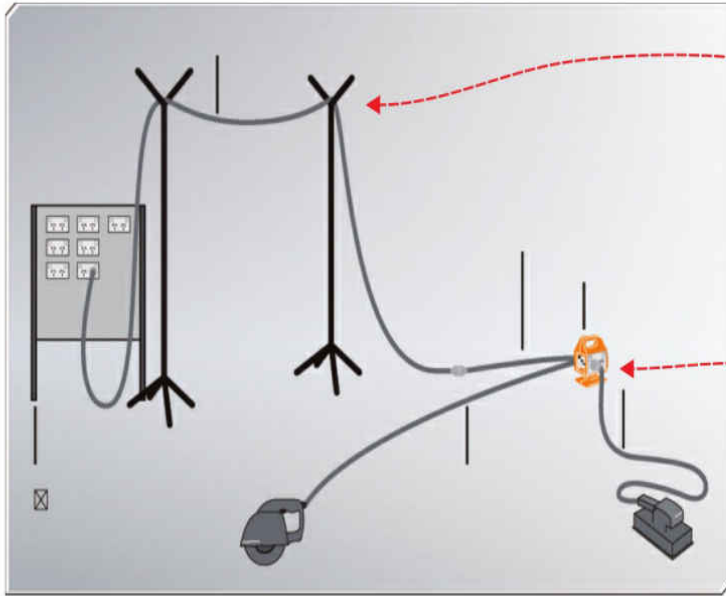
作业工具中如有破裂的插头、电线，应立即更换。

若需要使用梯子或台架进行电气作业，应使用玻璃纤维或木质的，同时应注意避免梯子或台架压住电线。





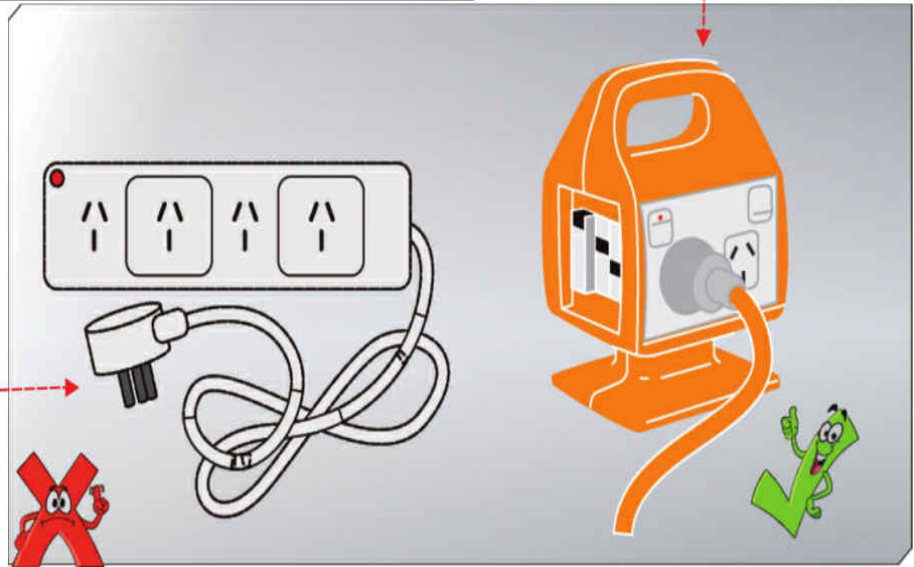
若电气作业场所距电源控制开关处比较远，控制开关处又无法上锁，为防止意外，除留警告标记外，最好留专人看守。若是自己控制电源开关，则一定要确定远端作业场所人员安全后，才能闭合开关。



电气作业时，应尽量避免电线拖地，以免导致绊倒、电击等意外。

使用有开关、漏电与短路防护装置的接线盒。

最好不要使用一般的电插板。



对于相关的电气装置、设备，应由符合资质的电工定期进行巡视、保养与检修。

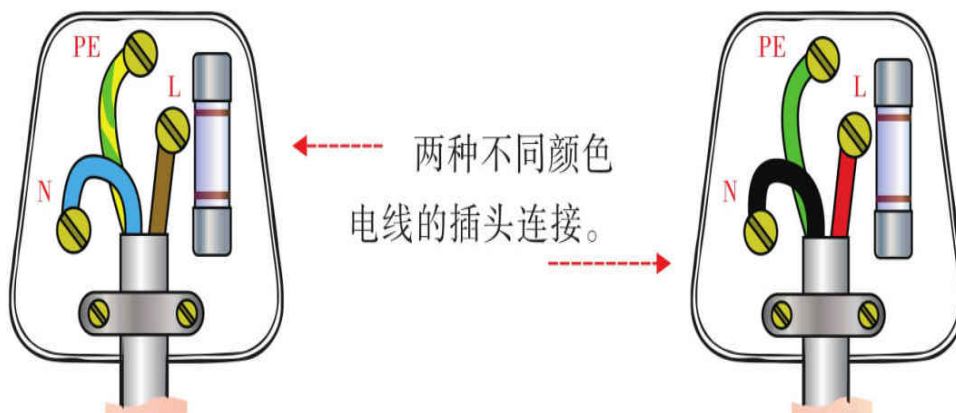
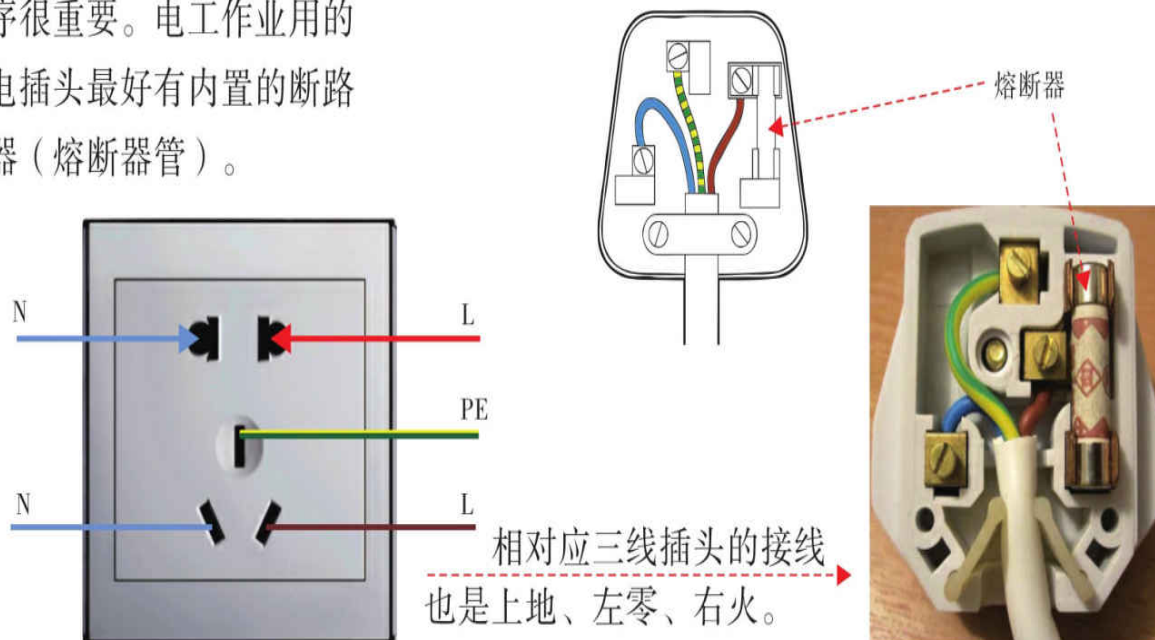


2.2.5 用电安全装置

熔断器插头

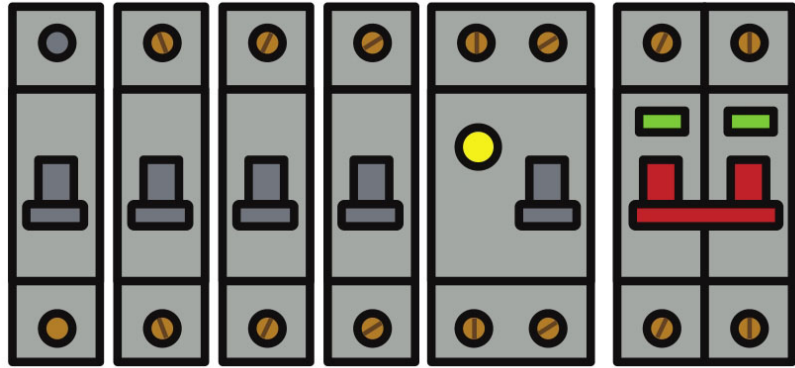
插头、插座的接线顺序很重要。电工作业用的电插头最好有内置的断路器（熔断器管）。

插座的线路很简单，但应遵循一个原则：**两孔插座通常是左零右火**；**三孔插座通常是上地、左零、右火**。



断路器

在电路中使用**断路器**是如今电气作业中最常见的做法。断路器多种多样，工作原理会有所差异，但是一般都是由于电流过大，导致相关器件励磁，使断路器跳闸。



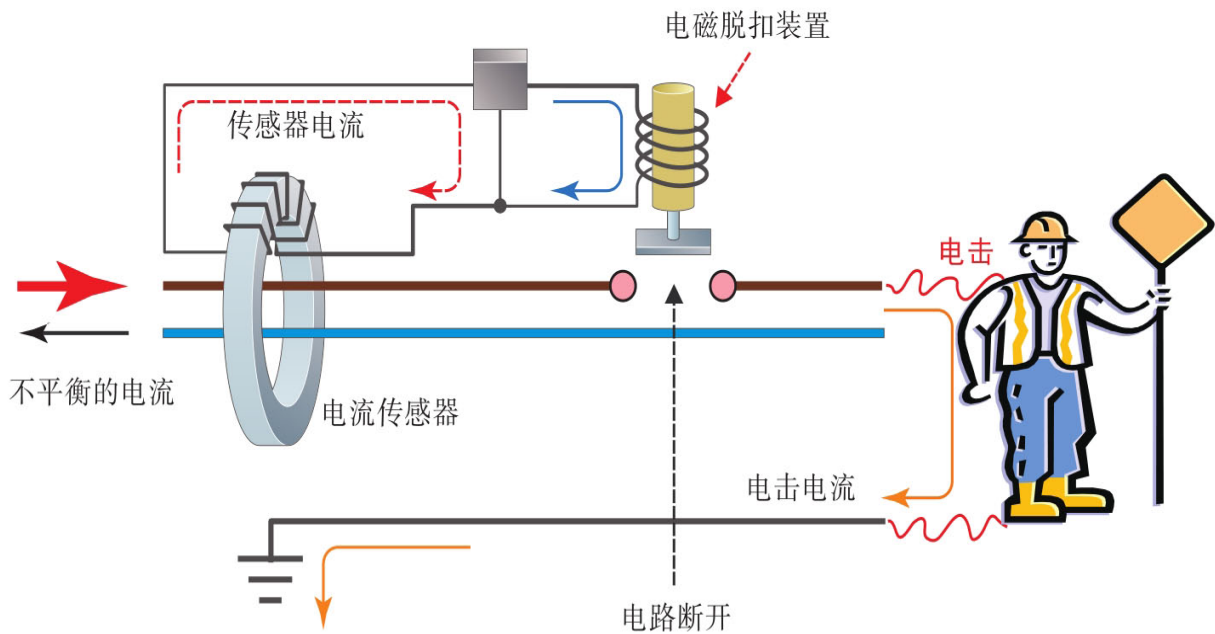
与熔断器不同的是，断路器因线路故障断开后，可以手动复位，不必更换元件，除非切断大短路电流后需要维修。

漏电保护器

断路器主要是针对短路、超负荷等引起的大电流故障，用以保护电气装置与财产安全，但无法提供人身保护。如果电气设备出现漏电，可能导致致命的人身伤害！在安装线路和设备时，一定要考虑漏电保护。

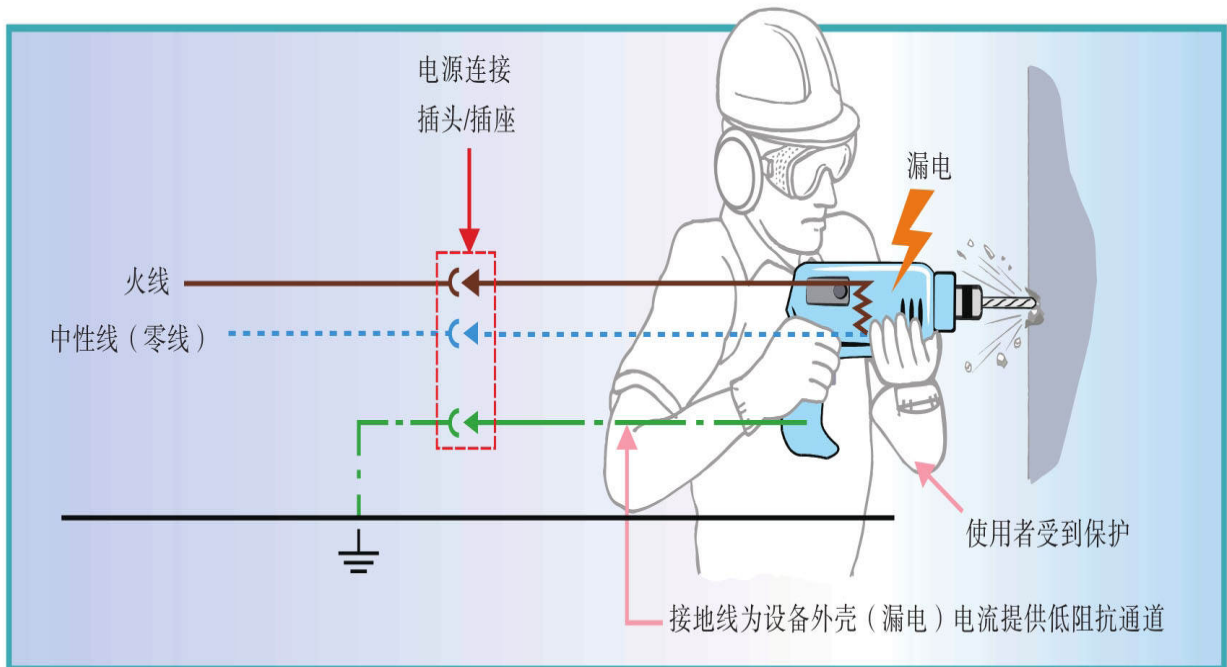
漏电保护器大多数是电流检测型的。尽管漏电保护器多种多样，但它们的基本原理是一样的。漏电保护器包含检测元件、中间环节、断路执行机构（脱扣装置）等。

线路正常时，漏电保护器内的传感器电流为零。一旦发生漏电或人体触电，则一部分电流流入到地，传感器初级电流平衡被打破，导致传感器次级产生感应电流，漏电保护器内的脱扣装置因此被触发，线路在极短的时间内被断开，从而起到保护作用。



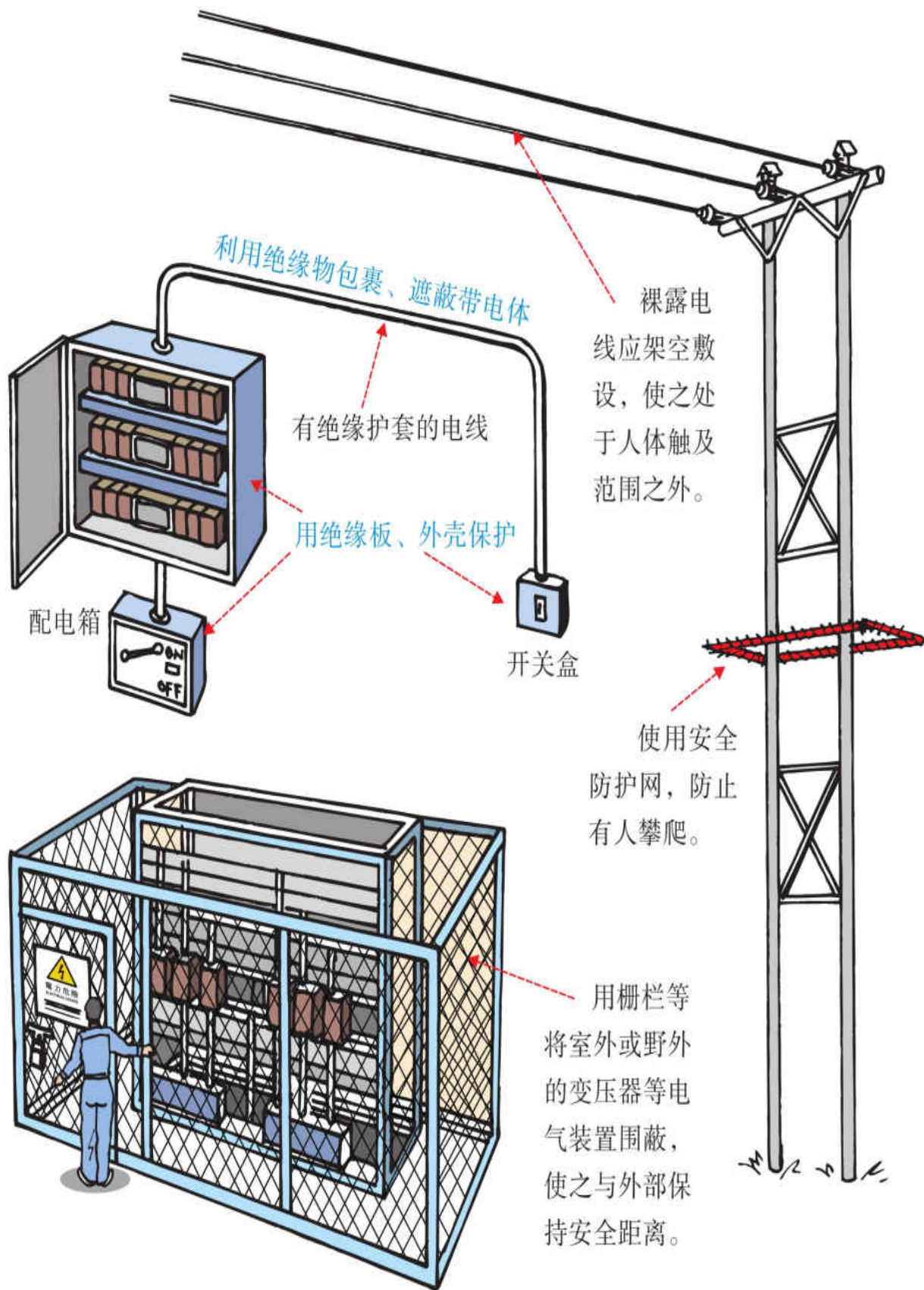
安全接地线

电路应有接地线。用电器（特别是电工工具）最好使用有接地线的三线插头（插座）。一旦发生设备漏电，漏电流将经低阻抗的地线通道流入到地，从而避免人体遭受电击危险。



2.3 防止直接接触

关于防止触电的方法，简单两个字就是，**隔离**，使带电体位于安全距离之外。



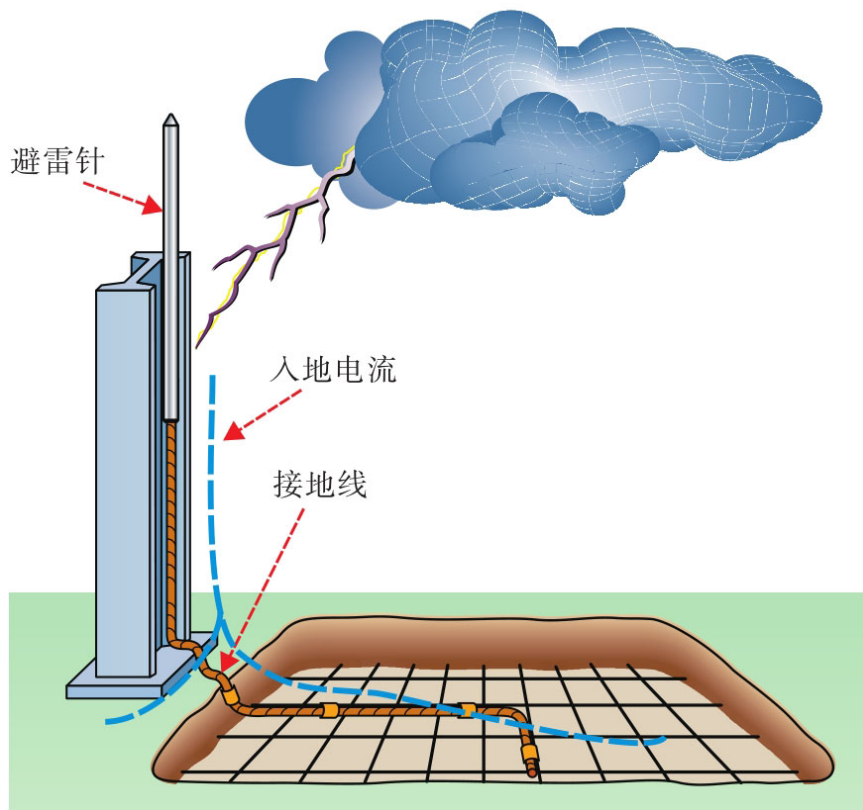
2.4 安全的接地线

2.4.1 为什么要接地

许多电器都是使用三线插头，许多家庭用电中都有三线插座。三线插座中位于顶点的端子所连接的就是接地线（PE），也称保护线。



为什么要接地？可以不要那个接地线吗？

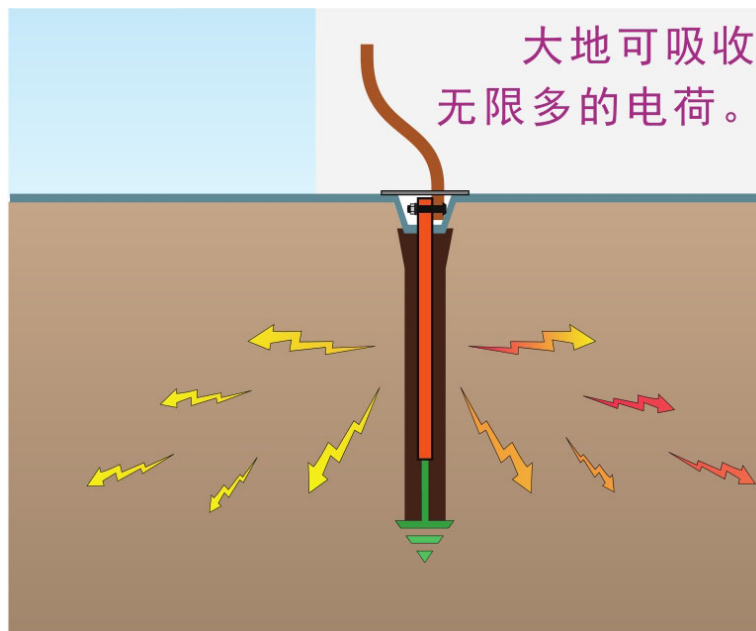


接地技术的引入，最初是为了防止电力或电子等设备遭雷击而采取的保护性措施，目的是把雷电产生的雷击电流通过避雷针引入大地，从而起到保护建筑物的作用。

大地是无限大的电容器，无论向大地注入多少电荷，大地的电位也不会升高，大地的电位永远是0。

可以有多种原因解释为什么要接地，但最重要的一条就是人身保护！

接地也是保护人身安全的一种有效手段，当某种原因（如电线绝缘不良、线路老化等）引起相线和设备外壳碰触时，设备的外壳就会有危险电压产生，由此生成的故障电流就会经接地线（PE）到大地，从而起到保护作用。



接地系统必须确保最大的安全性，以防止因电气系统故障、闪电导致的财产损失与人身伤害。接地系统主要提供三个方面的功能：保护人员的安全、保护设备与建筑物的安全、降低电气噪声。

当然，不是说建筑物、电气设施不接地就不能使用。但如果不接地，万一有雷击或漏电时，肯定不能提供财产与人身的安全保护。



简单的雷击示意图

关于接地，你可能见过以下词汇：

电力系统接地（Grounding）、等电位连接（Bonding）、电气设备接地、防雷接地、电子设备的接地。其中，电子设备的接地与电工作业中常说的接地是不一样的，属电子电路范畴，本书不做讨论。

如何接地，是一个复杂的课题，不同的环境、不同的设施有不同的要求，本书仅做一个简单的介绍，更详细的内容请参阅相关的国家标准与作业规范。

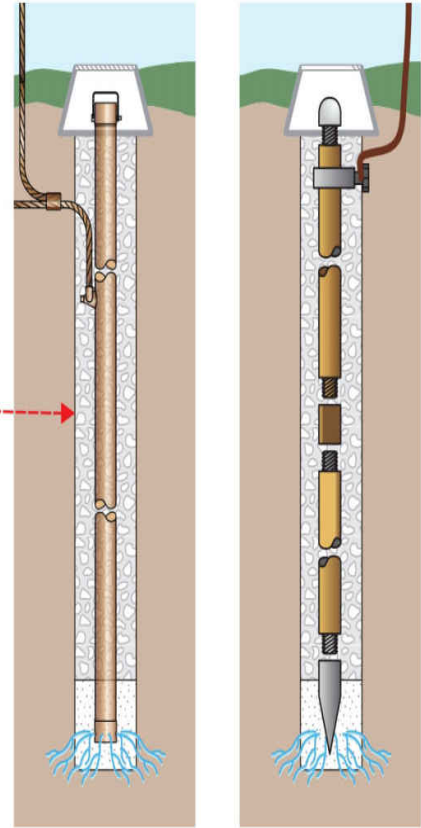
2.4.2 接地的原则

接地电极系统必须有效耦合雷击浪涌、漏电流到大地。

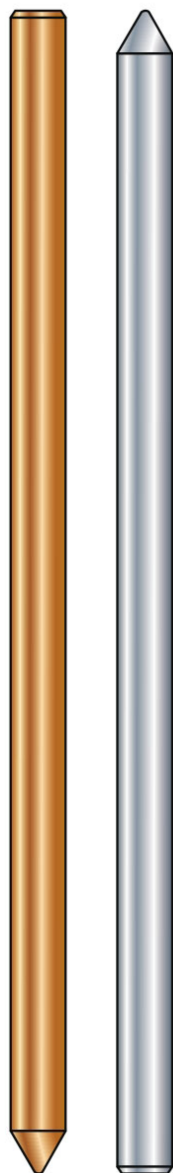
根据欧姆定律可知，雷电放电所产生的电压与雷电电流、雷电与地回路的阻抗相关，为了达到最佳的防护效果，接地电阻应尽可能地小。

接地电阻与接地电极材料及形状、接地导体的连接、土壤成分、土壤水分含量等因素相关。

如水一样，电总是沿着阻力最小的路径流过，因此**低阻抗是防雷、防电击的关键**。所有的接地连接应尽可能地短、直接，以减少因连接带来的电感与峰值电压。



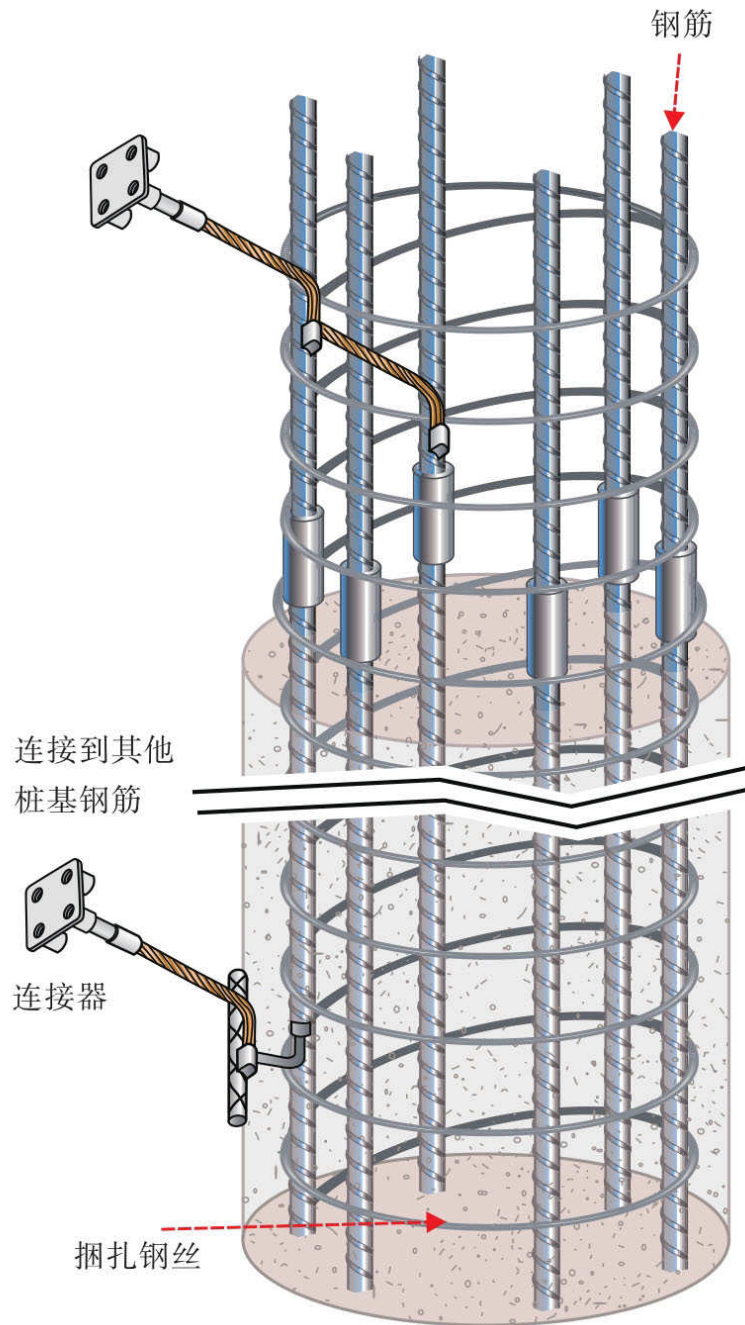
尽可能直接、最短连接



2.4.3 如何埋设接地线

不同的接地需求对于地线（接地电极）的埋设要求不同，但基本原理都是一样的。不同的接地需求可参阅相关的工程规范。

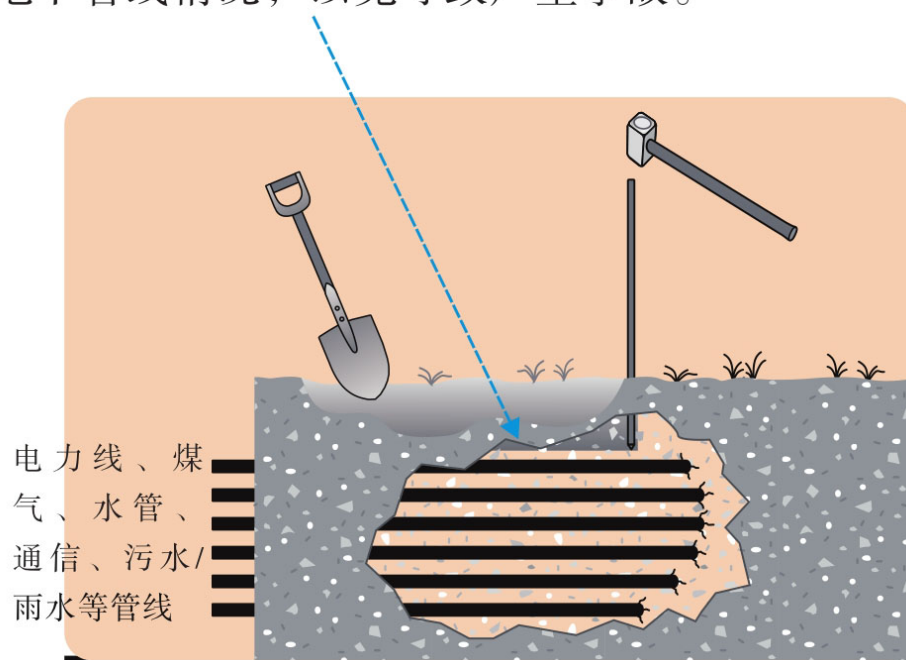
如果按严格要求，建筑物需要有防雷接地、电气接地与等电位保护接地三种，并且防雷接地与电气接地不能混用。



通常，高楼的防雷接地可利用桩基中的钢筋多接地体。每个桩基中的钢筋可利用专门的铜导体（连接器）相互连接，以增大接地面积。如果这样做，接地电阻达不到规范要求，则再按需要专门做接线坑。

做接地体。

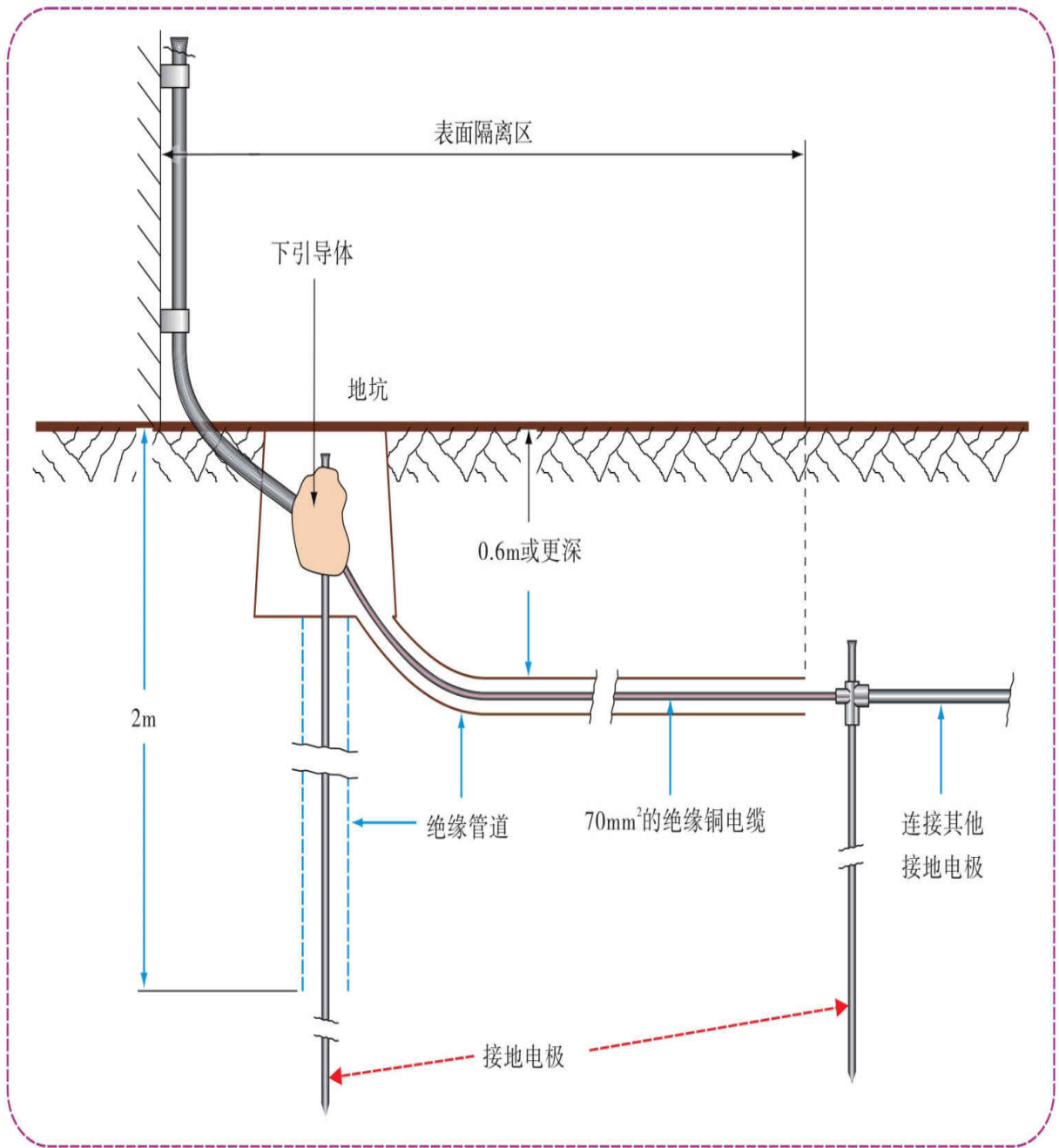
正如前面所述，掘土挖坑前一定要了解地下管线情况，以免导致严重事故。

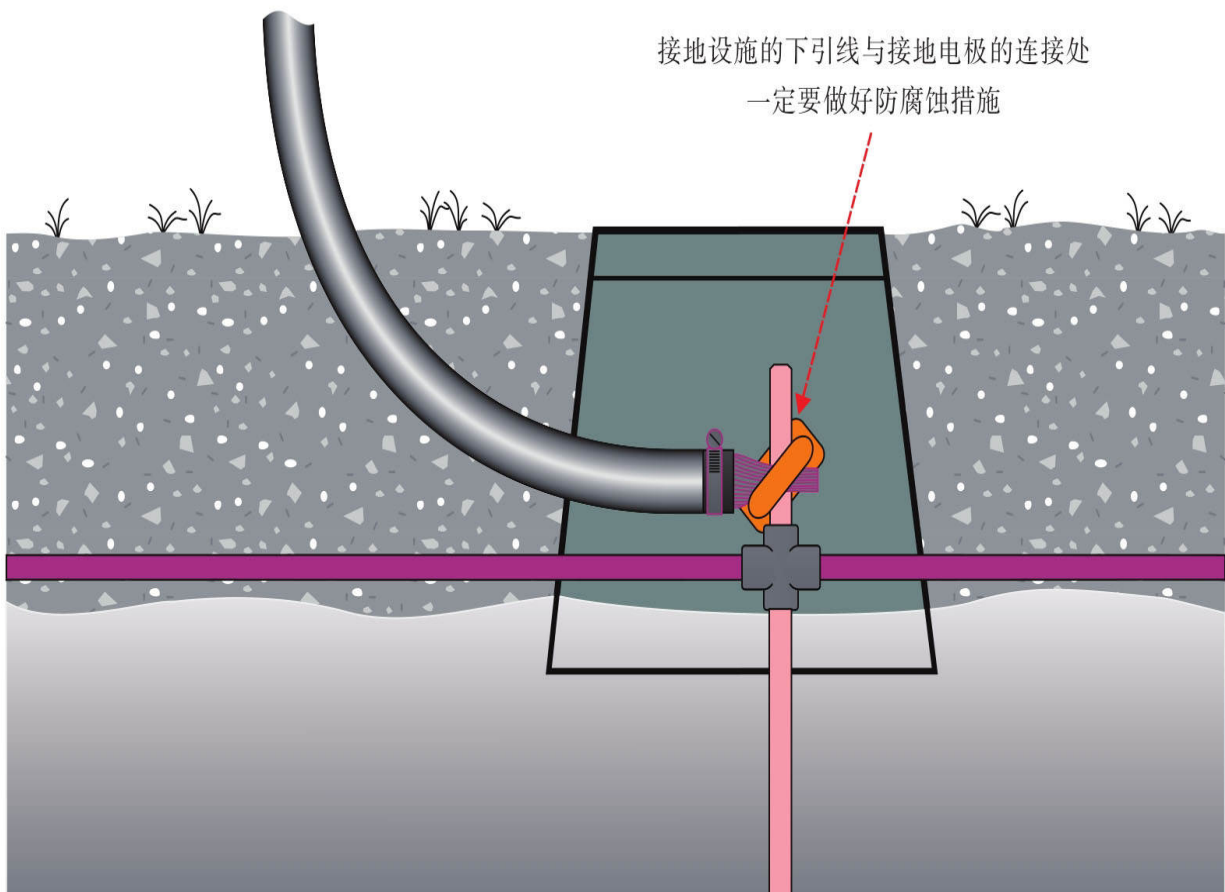


如果专门作接地线，需要掘土挖坑。



地线埋设时的坑道可参阅下图

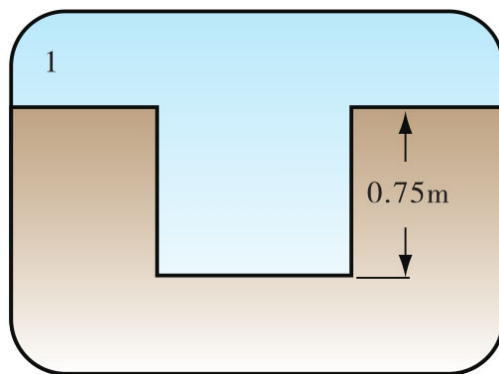




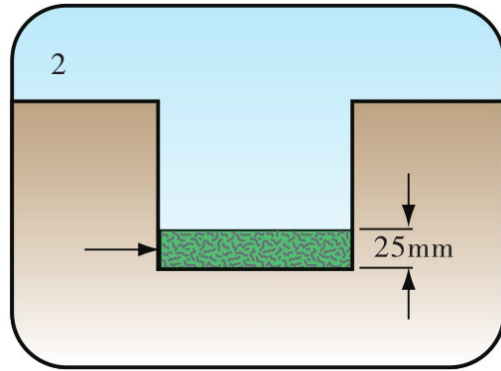
在某些地方（特别是干燥的地方），可能需要使用接地增强材料（GEM）。接地增强材料通常包含炭灰电石或石墨等材料。具体操作可参阅下面的说明图：

沟槽水平安装接地导体

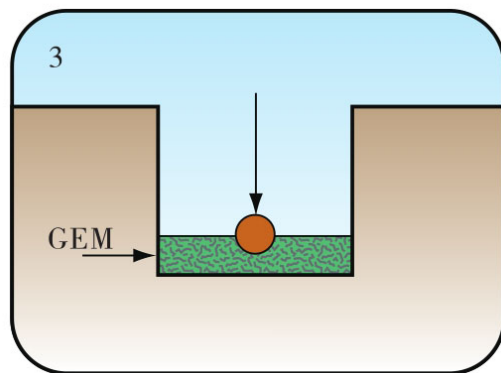
① 挖掘坑道。



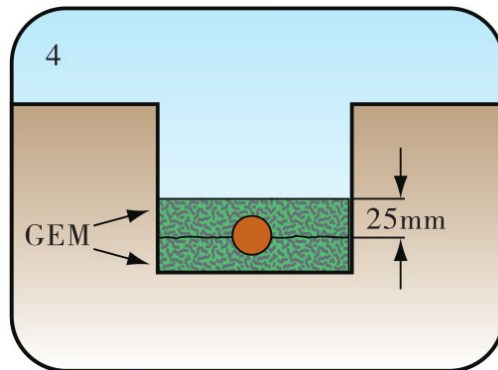
② 填埋接地增强材料。



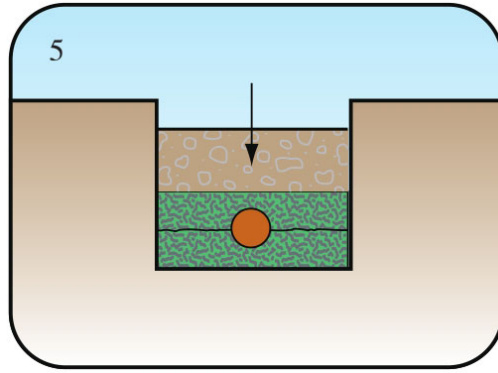
③ 放置接地导体。



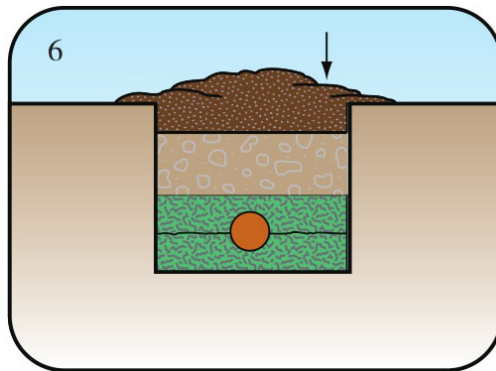
④ 填埋接地增强材料。



⑤ 压实土壤。

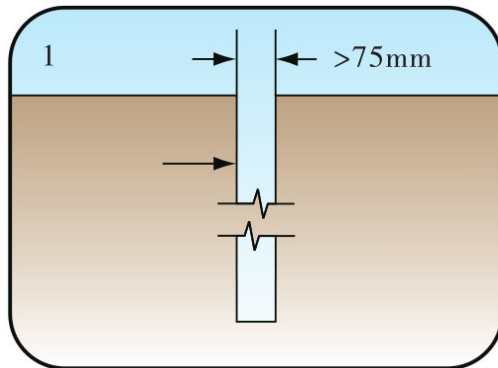


⑥土壤回填。

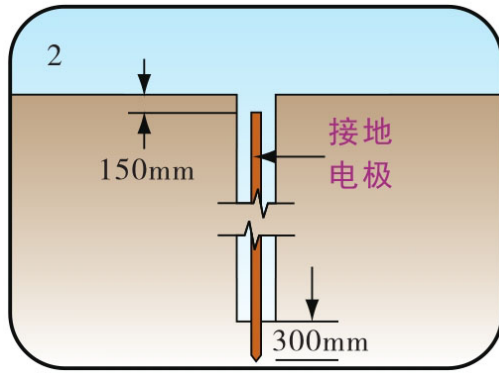


垂直安装电极

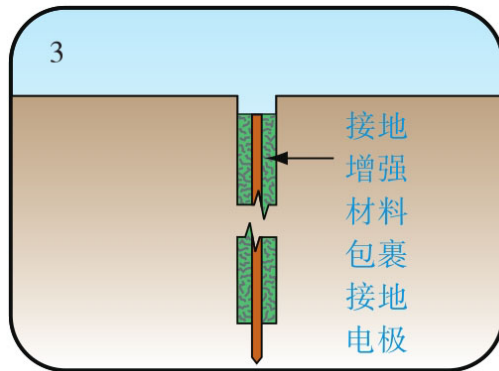
①钻孔。



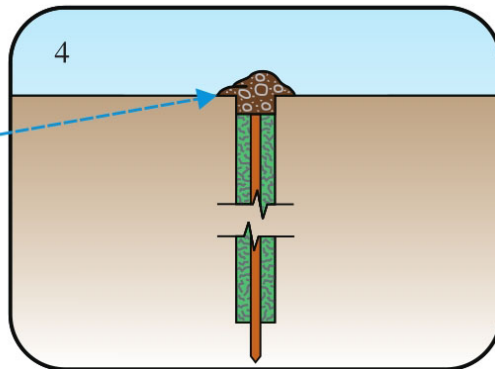
②放置接地电极。



③ 填埋接地增强材料。



④ 土壤回填。



对于单户的民居，可将3m左右的钢筋、镀锌角钢直接打入地下，用作接地电极，然后将接地下引线焊接在钢筋上，或用专门的线夹连接下引线与用作接地电极的钢筋及镀锌角钢。

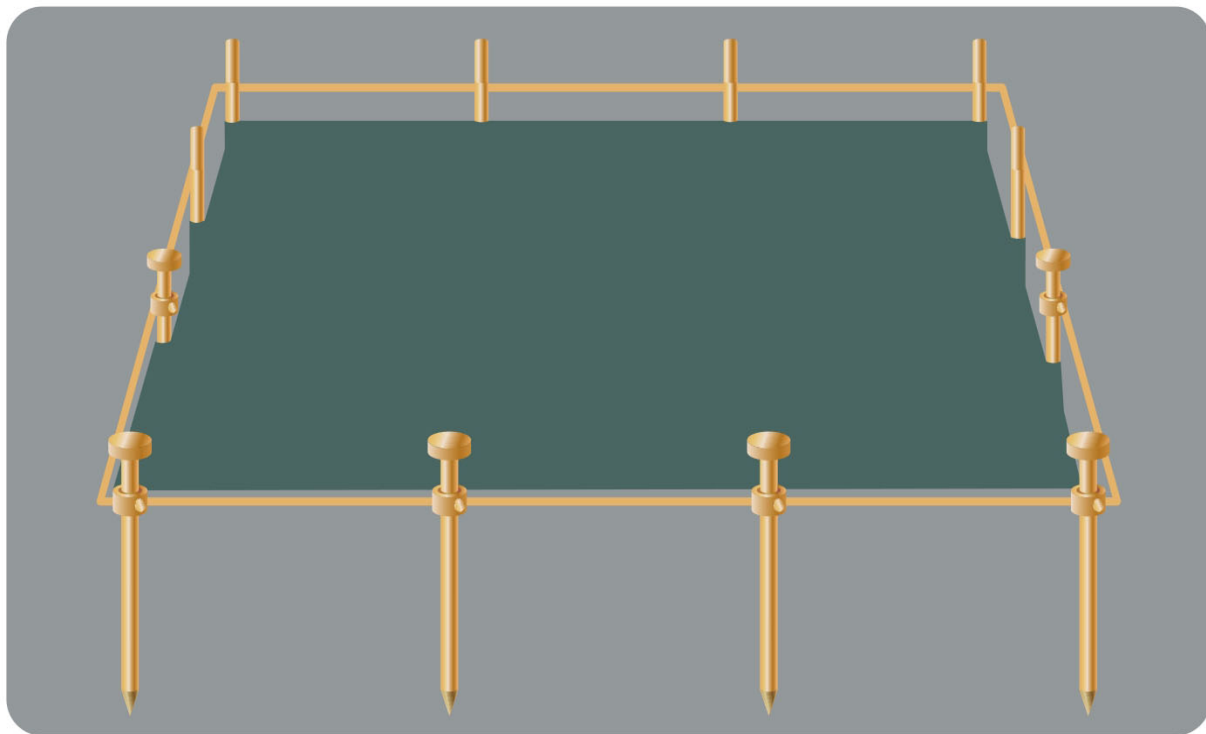
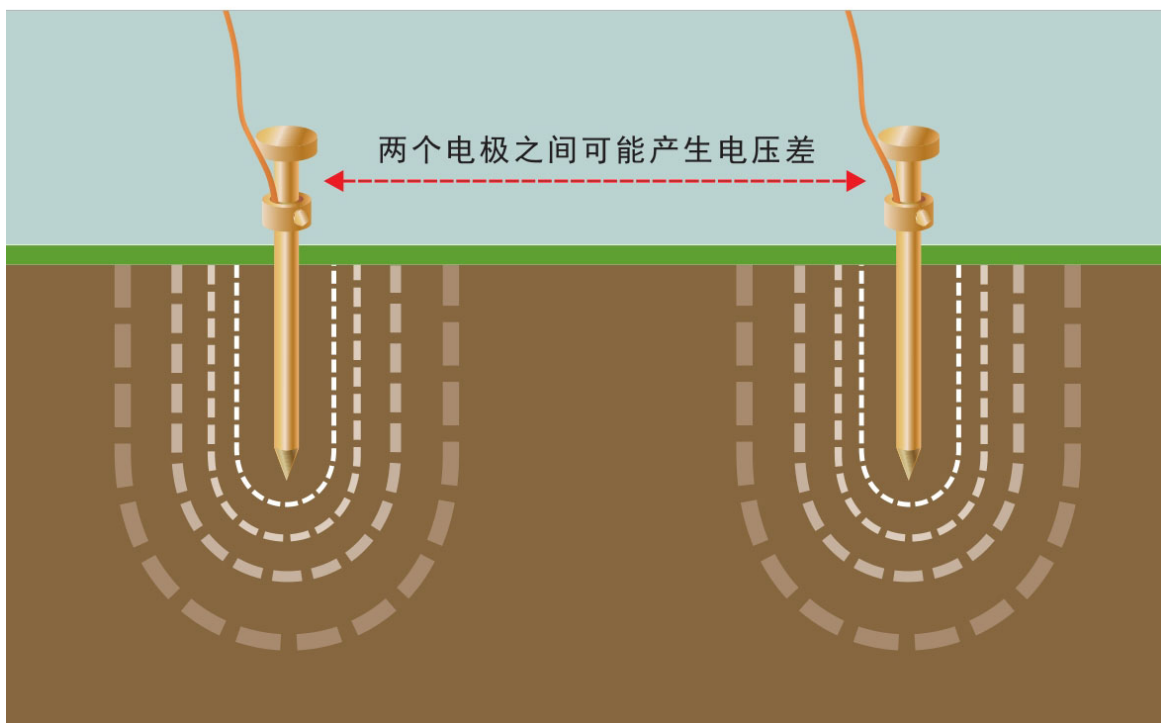


下引线应用较粗的铜线。在干燥或土质不佳的地方，可用浓盐水浇灌，但盐水容易导致接地体锈蚀，一般不建议这样做。

2.4.4 等电位连接

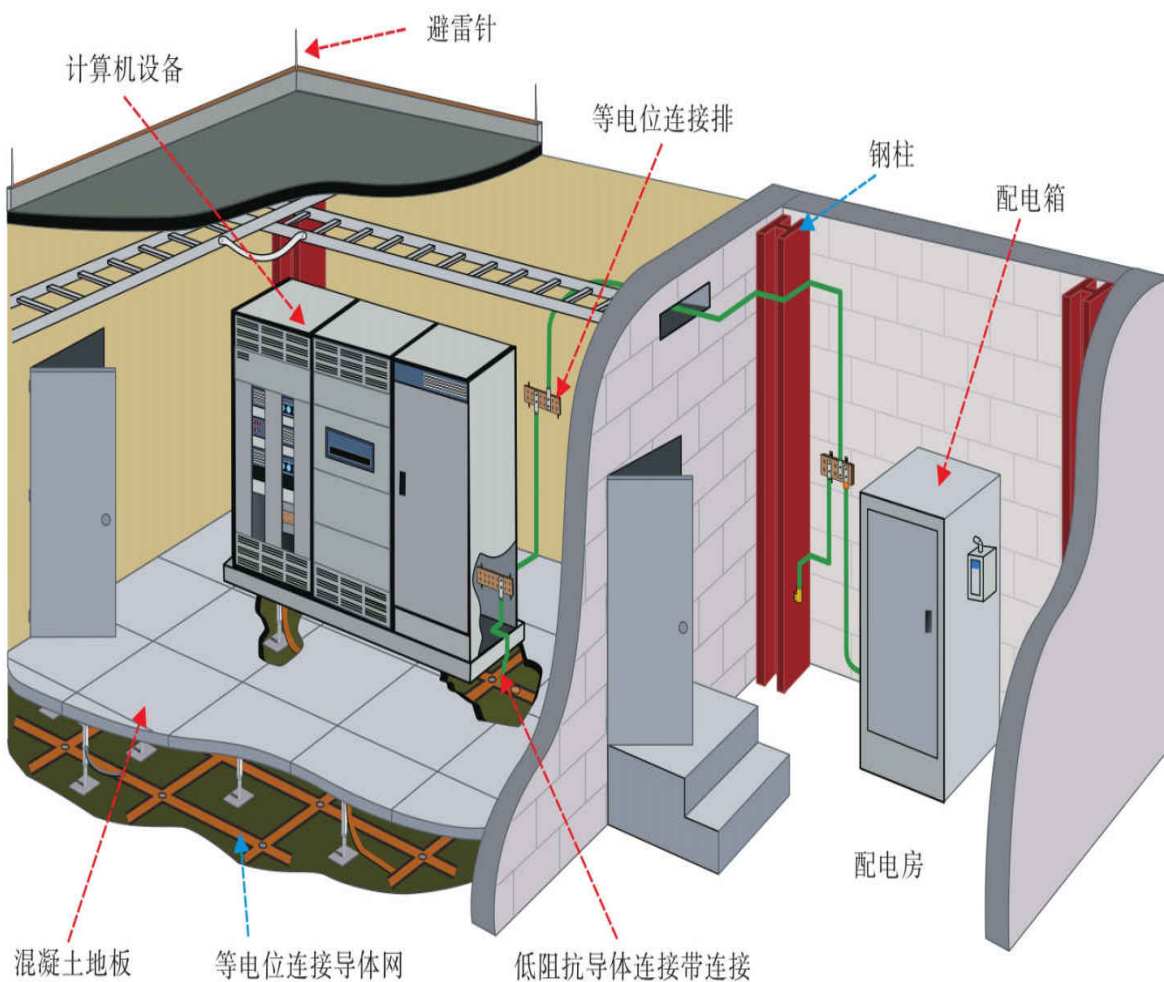
大量电气事故是由过大的电位差引起的，为防止因此而导致的种种电气事故，20世纪60年代起，国际上开始推广等电位连接安全技术的应用，如今的新建建筑物中基本上都采用了等电位连接。

每个接地电极都有自己的影响范围，不同接地电极之间的电阻可能导致它们之间产生电压差。在某些时候，例如淋浴中，10V的电压差即可导致致命的人身伤害。

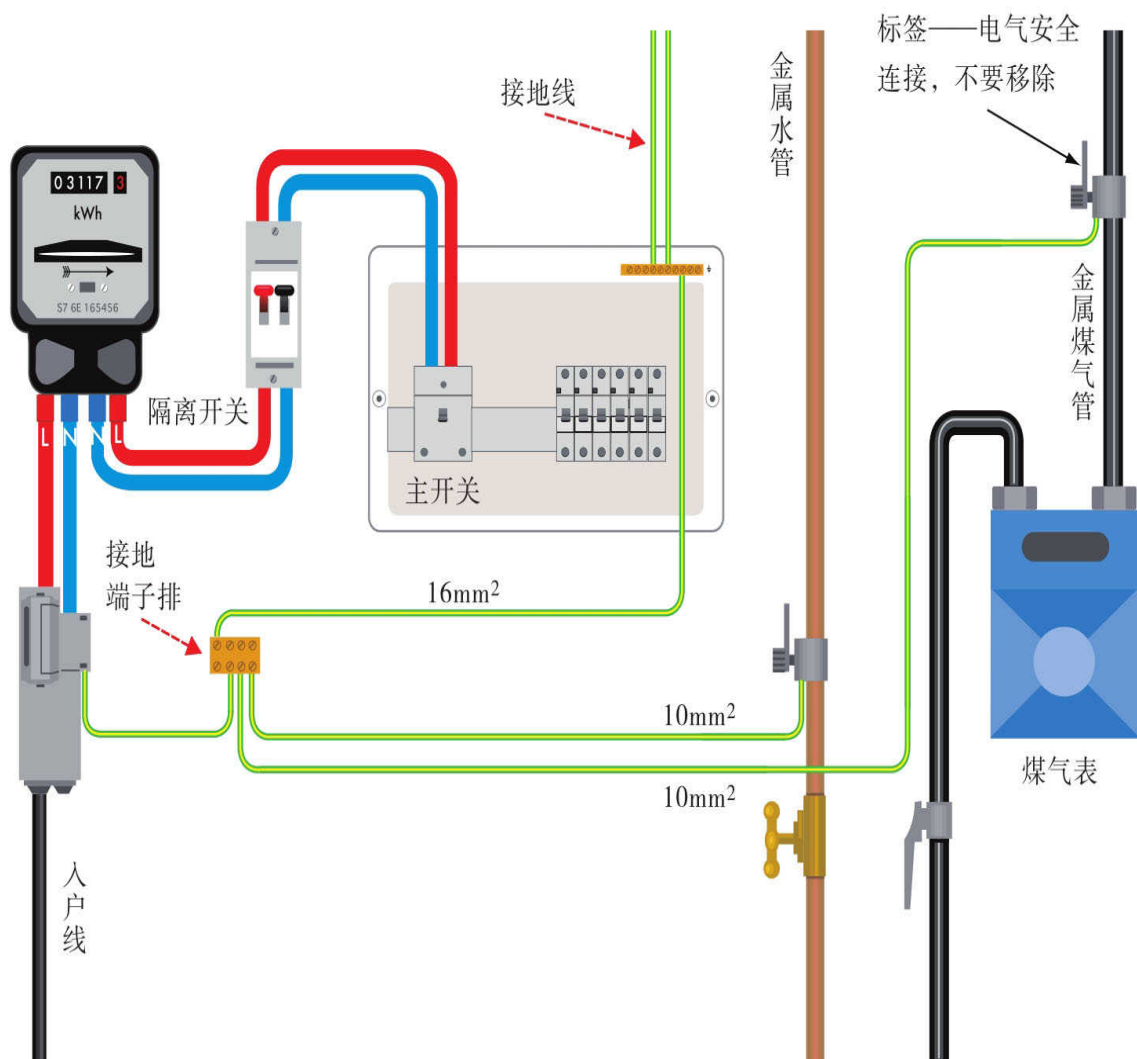


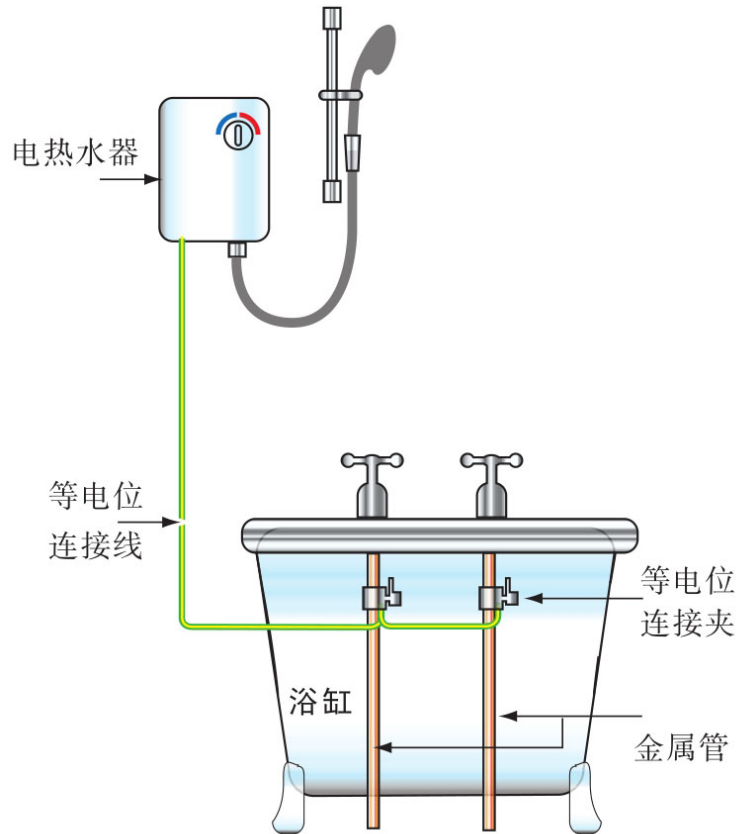
为安全起见，应用（铜）导线将各个电极连接，以使它们具有相同电位，消除电压差。特别是计算机房、数据中心、大型游泳池、卫生间等地方更应做好等电位连接。

下图所示的就是一个实际等电位连接的示意图。



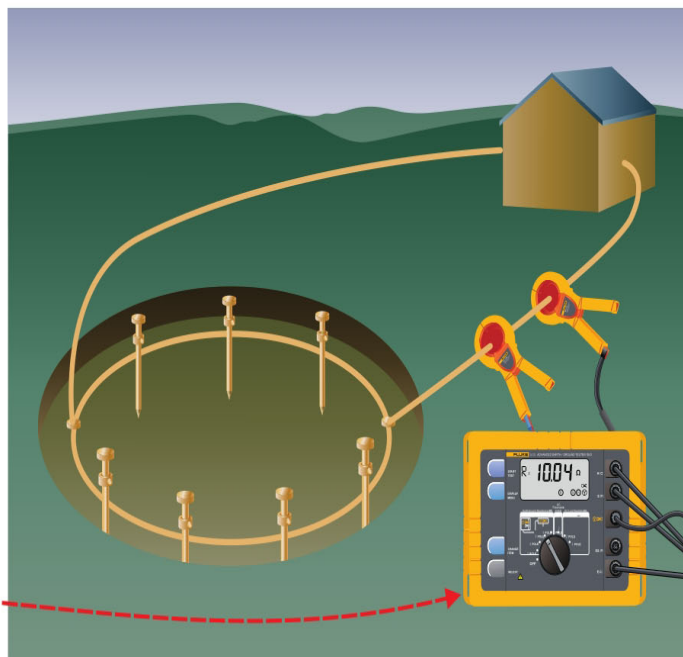
对于家庭用户而言，如果所使用的水管、煤气管为金属管道，应通过接地端子排使它们连接到接地线（PE）上，如下图所示。





我国《住宅设计规范》规定，卫生间宜作局部等电位连接。该规范所指的卫生间是具有洗澡设施的卫生间，又称湿式卫生间。在规范的条文说明中对此条做如下说明：洗浴时人体皮肤潮湿，阻抗下降，沿金属管道传导来的较小电压即可引起电击伤亡事故，在卫生间内作“局部等电位连接”可使卫生间处于同一电位，防止出现危险的接触电压。

通常可使用专门的
接地电阻测试仪来检查
接地系统是否良好。



标准接地电阻规范要求：

- ①独立的防雷保护接地电阻应小于或等于 10Ω ；
- ②独立的安全保护接地电阻应小于或等于 4Ω ；
- ③独立的交流工作接地电阻应小于或等于 4Ω ；
- ④独立的直流工作接地电阻应小于或等于 4Ω ；

- ⑤防静电接地电阻一般要求小于或等于 $100\ \Omega$ 。
- ⑥共用接地体（联合接地）应不大于接地电阻 $1\ \Omega$ 。

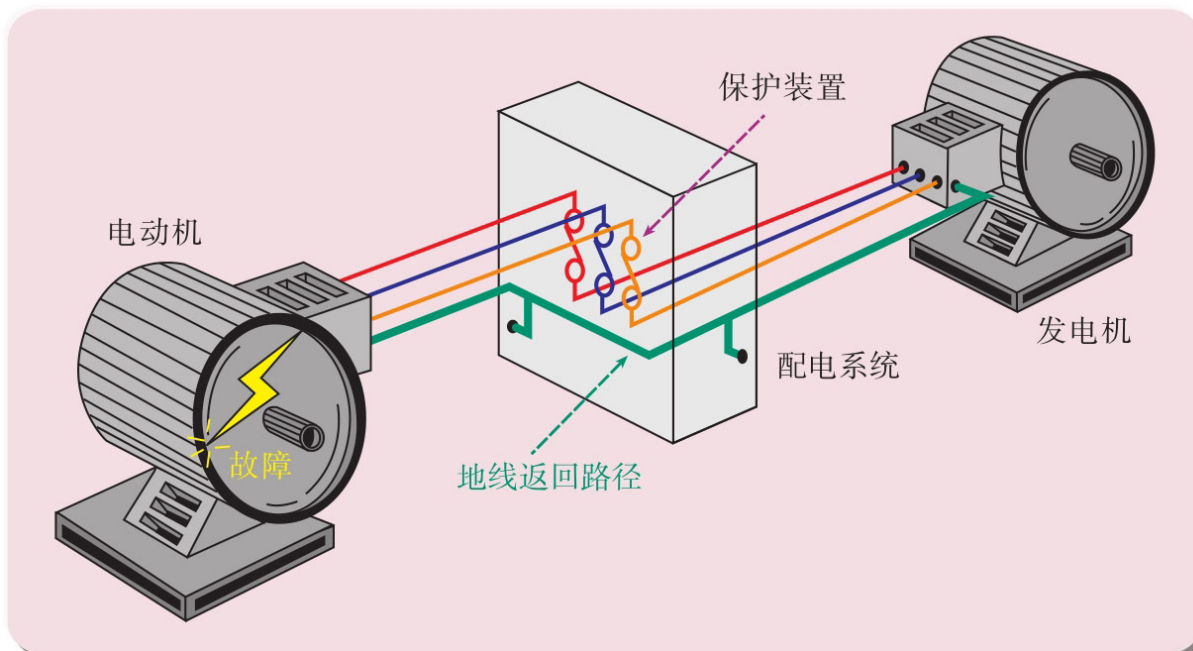
2.5 电气接地

2.5.1 接地与等电位连接

通过前面的内容，相信你对接地与等电位连接有了一定的了解。电力系统的接地与等电位连接是怎样的呢？这里通过一个由本地发电机供电的供电系统来做一个简单的图解。

右图所示的为接地示意图。

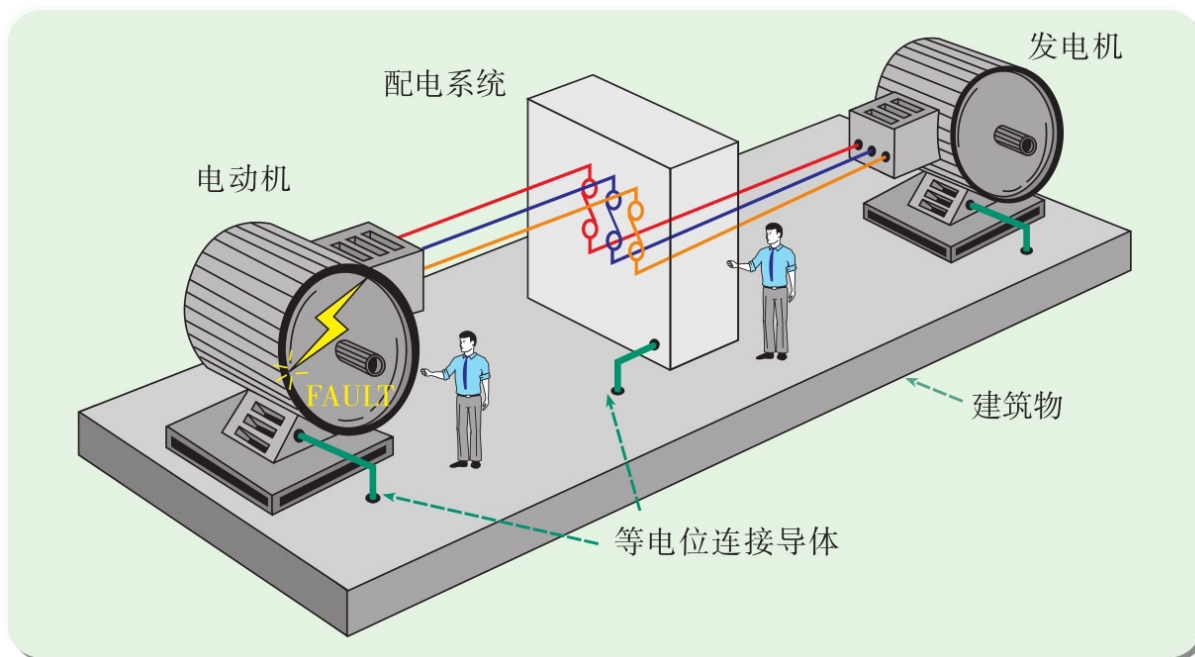
电源（发电机）与负载（电动机）的金属外壳经接地线连接在一起，为故障电流提供返回路径，避免人体遭受电击。



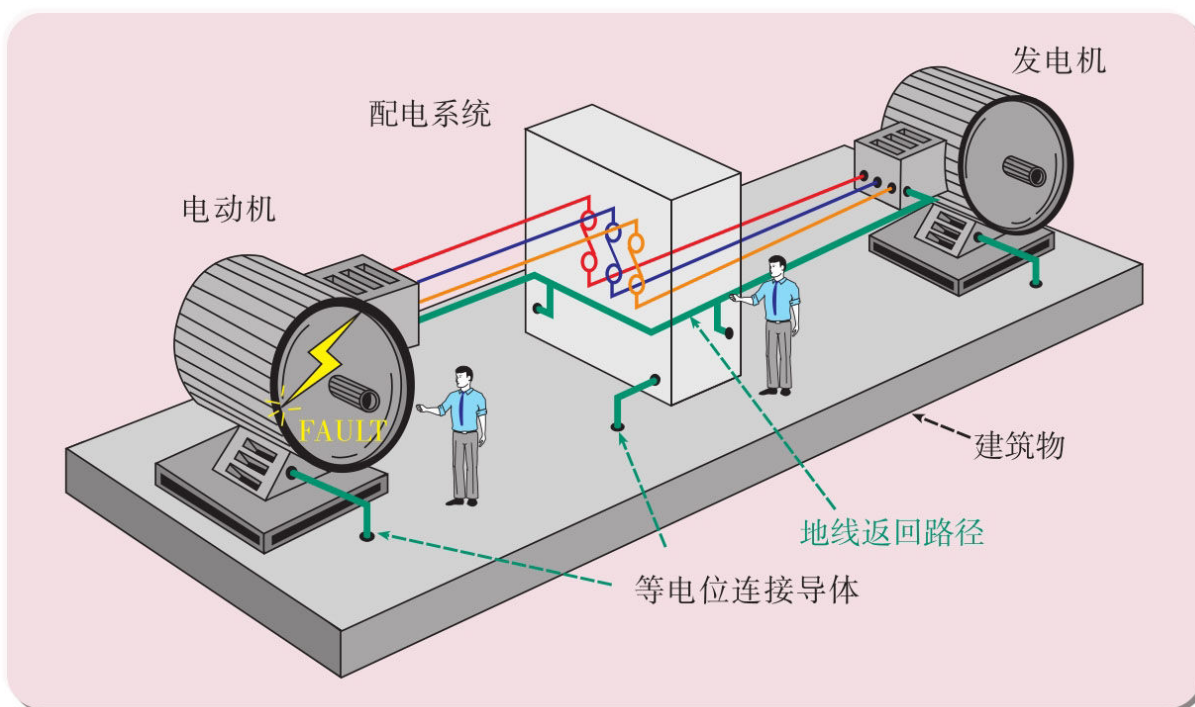
电源故障返回路径

右图所示的为等电位连接示意图。

电源（发电机）与负载（电动机）的金属外壳经建筑物地基内的等电位连接网连接在一起，为故障电流提供返回路径，避免人体遭受电击。



电气设备等电位连接

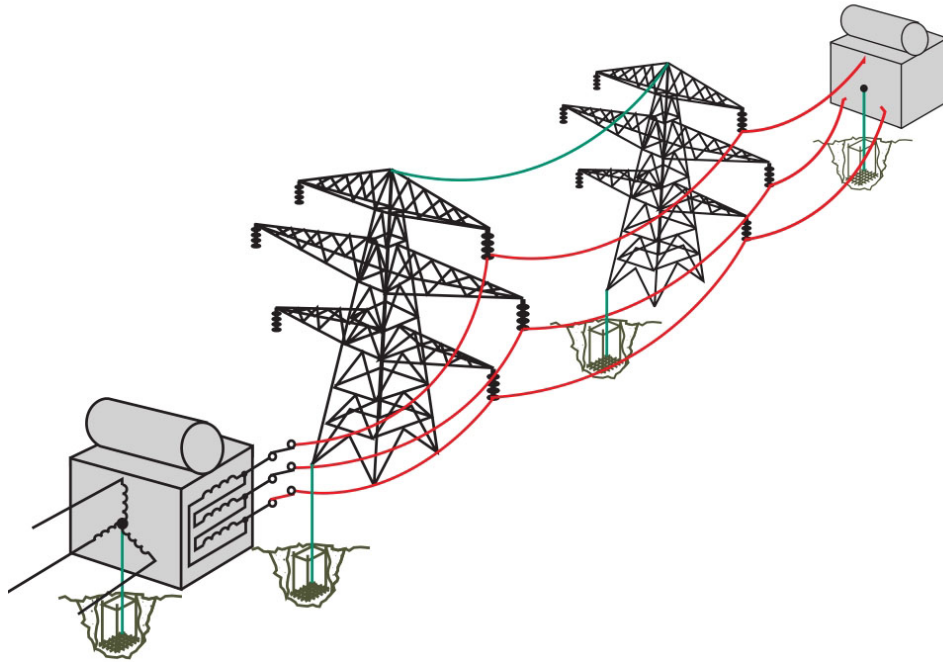


接地与等电位连接混合使用

左图所示的为接地与等电位连接混合使用的示意图。
 如此连接使安全保护不再仅依赖于某个单一的接地保护。

2.5.2 供电系统接地

电力供电系统分为TT、TN与IT三类。IT系统主要用于10kV及35kV的高压系统和矿山、井下的某些低压供电系统，不适合在施工现场应用，故在此不做分析。



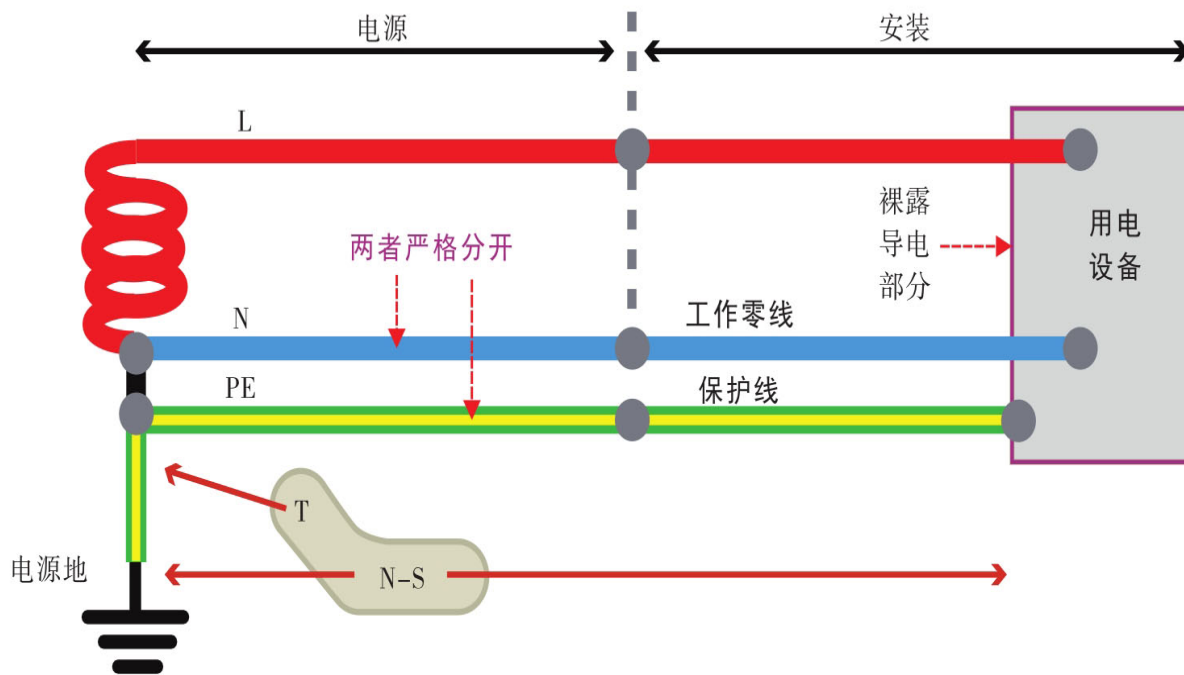
电力供电系统可分为TT、TN与IT三类。

TN供电系统被称作接零保护系统，其保护线与零线是相通的。一旦设备出现外壳带电，接零保护系统能将漏电电流上升为短路电流，这个电流很大，是TT系统电流的5.3倍，实际上就是单相对地短路故障，熔断器的熔丝会熔断，低压断路器的脱扣器会立即动作跳闸，使故障设备断电，比较安全。

TN系统节省材料与工时，在我国和其他许多国家得到广泛应用。TN系统比TT系统优点多。TN供电系统有几种不同的形式。TN-C系统的工作零线（N）与保护线（PE）合二为一，用PEN表示；TN-S系统把工作零线（N）和专用保护线（PE）严格分开。

TN-S系统

下图所示的就是TN-S系统，为三相五线制，其中省略了两相相线。

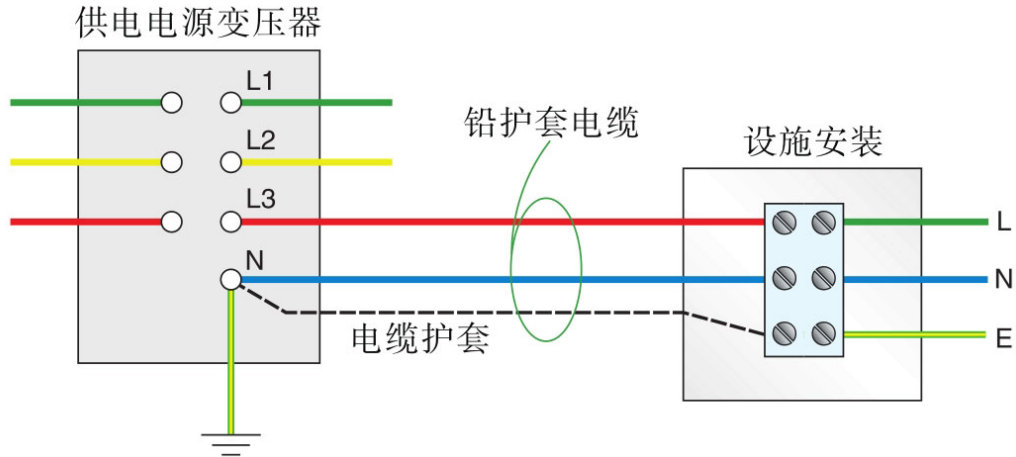


TN-S系统

TN-S供电系统正常运行时，专用保护线上没有电流，只是工作零线上有电流。PE线对地没有电压，电气设备金属外壳接在PE线上，安全可靠。

TN-S系统的工作零线只用作单相负载回路，例如洗衣机、电灯与空调等。TN-S系统中的专用保护线不能断开，也不许接入漏电开关。TN-S系统的干线上可用漏电保护器，但工作零线不得有重复接地。TN-S供电系统安全可靠，适于工业与民用建筑等低压供电系统。

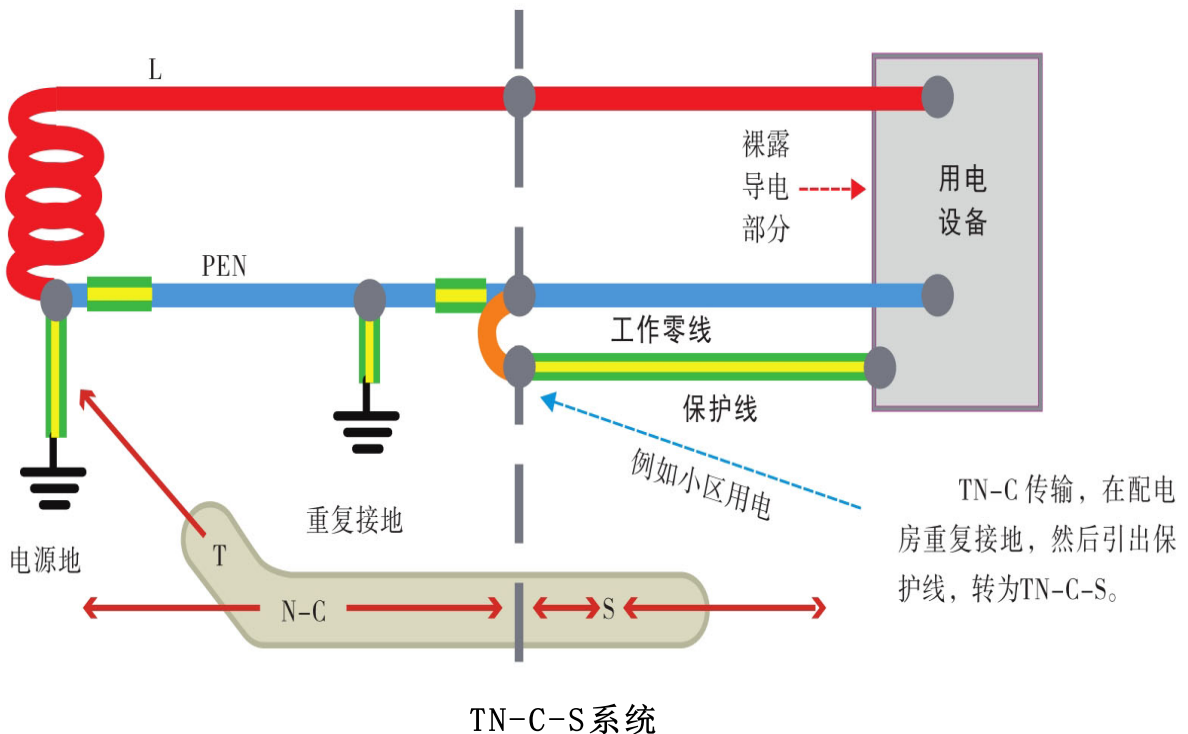
TN-S系统的电路连接如右图所示，铅护套电缆的电芯用作工作零线，电缆护套则用作保护线。

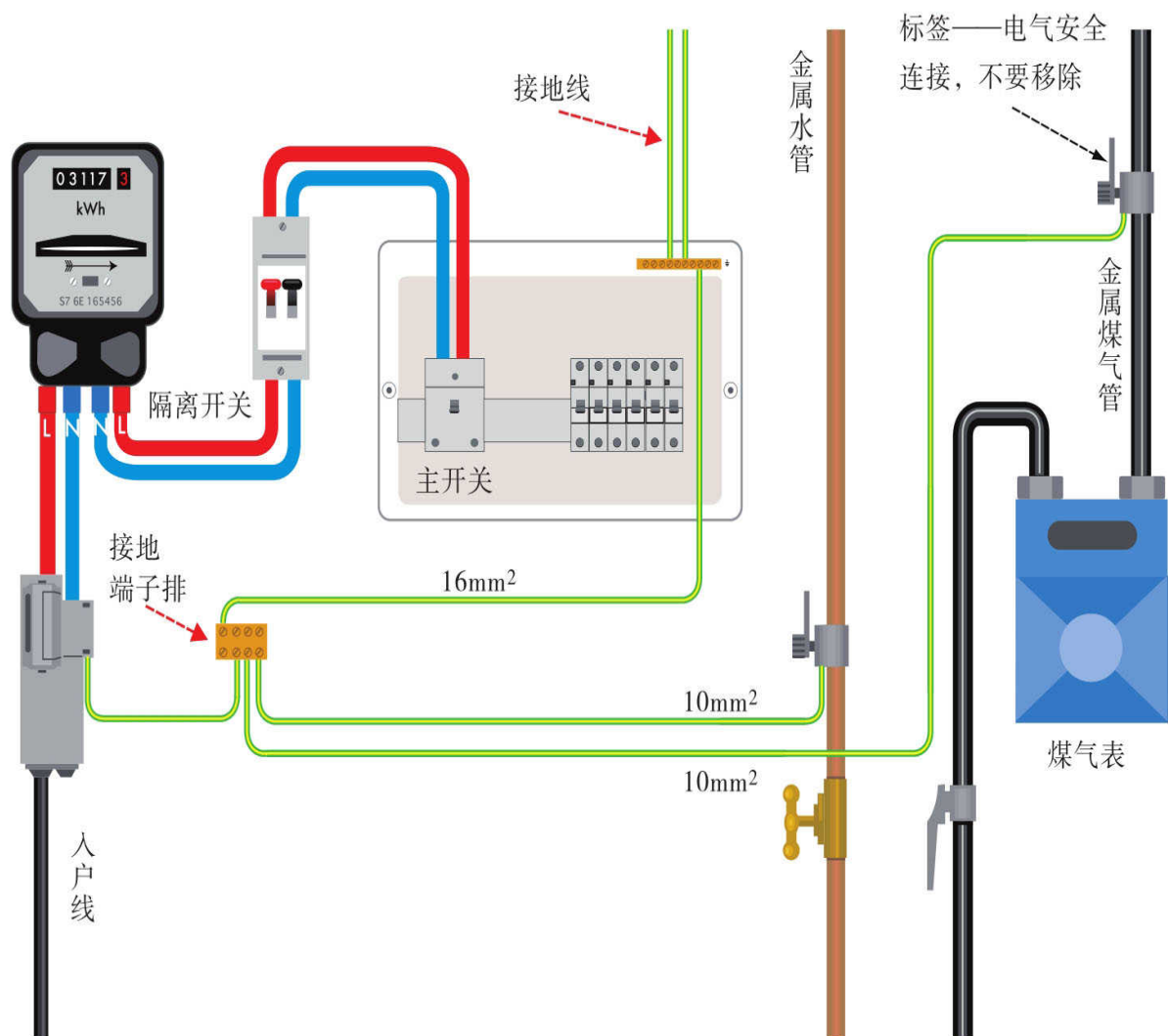


TN-C-S系统

TN-C系统为三相四线制，保护线（PE）与工作零线（N）合二为一，对于使用者来说，容易混淆，安全隐患大，现在施工现场已经不再使用TN-C系统，取而代之的是TN-S系统或TN-C-S系统。

TN-C-S系统是TN-C系统的变异。在传输中使用TN-C，节省材料。在进入用户之前，PE N线重复接地，将工作零线（N）与保护线分开。分开后，工作零线（N）不能再重复接地，而PE线可重复接地。下图所示的就是TN-C-S系统，属于伪三相五线制。



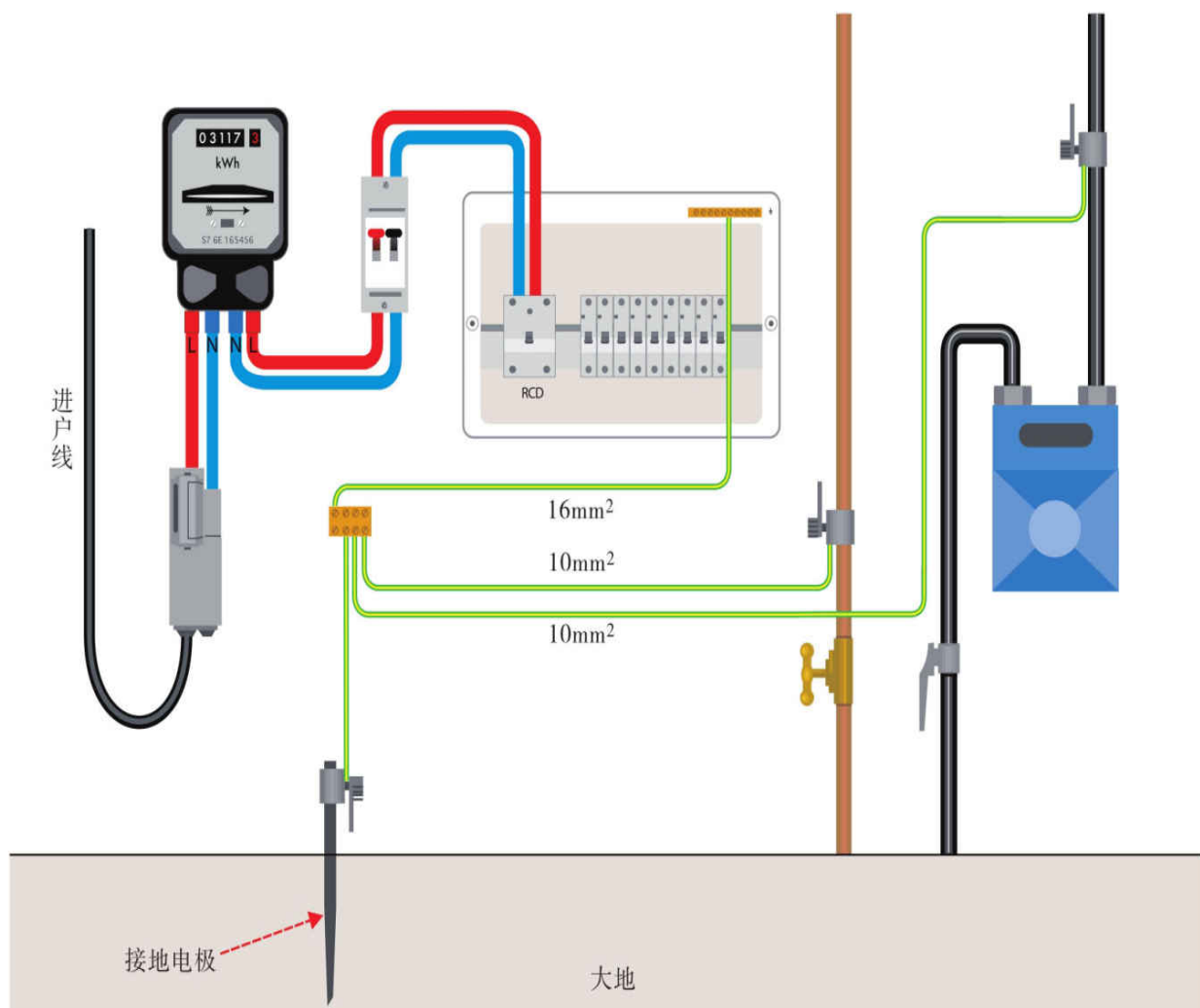
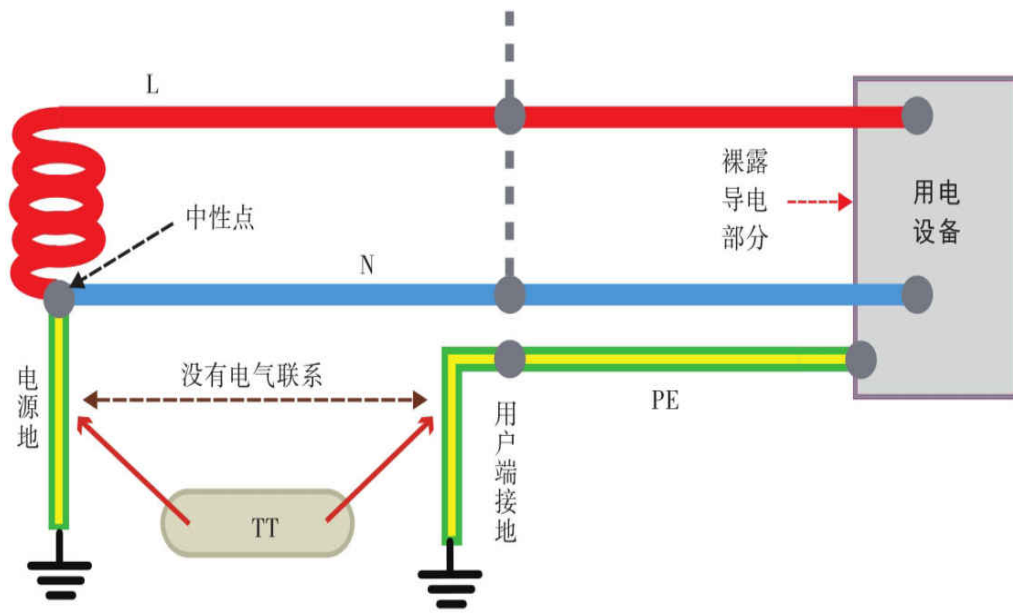


在最终用户端，T N-C-S与TN-S没什么区别。

TT系统

Tt系统的电源中性点直接接地，用电设备的外露导电部分用保护线（PE）直接接地。TT系统中用户端的接地与电源端的中性点接地没有电气联系。

在采用TT系统保护时，当一个设备发生漏电故障时，设备金属外壳所带的故障电压较大，而电流较小，不利于保护开关的动作，对人和设备有危害。因此，TT系统仅用于一些特定的用户，如工厂。下图所示的就是TT系统。

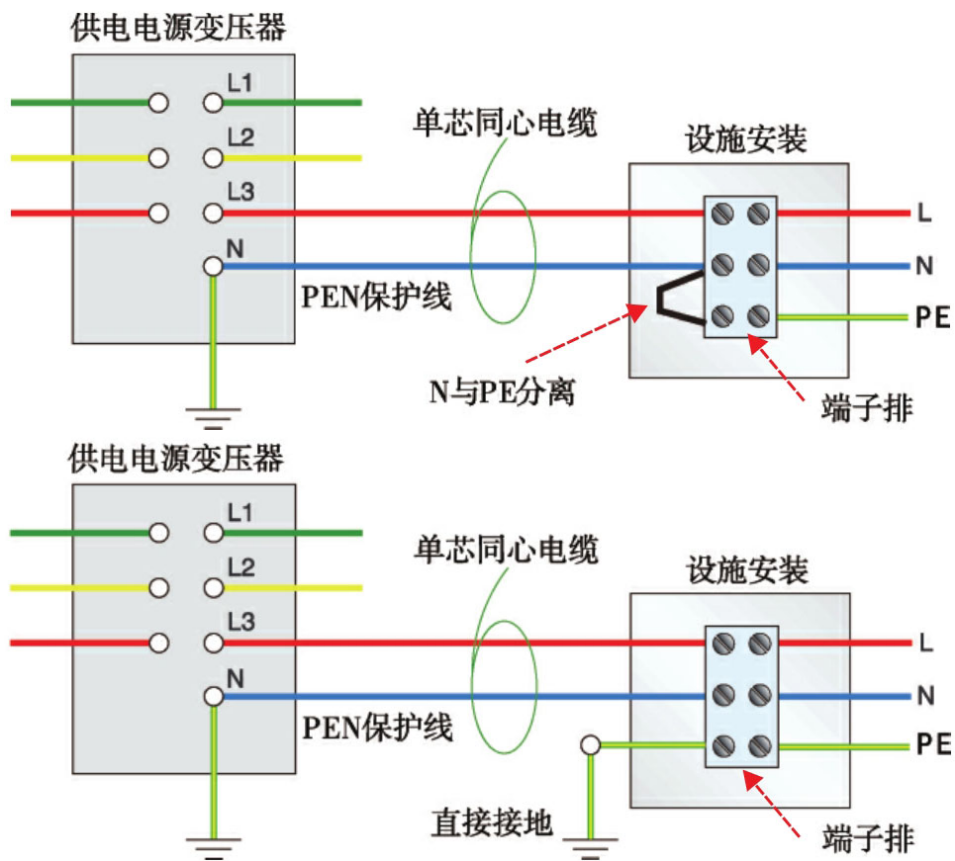


请与前面的TN系统比较一下。



观察下面两个图，看看它们属于本节中所述的哪一

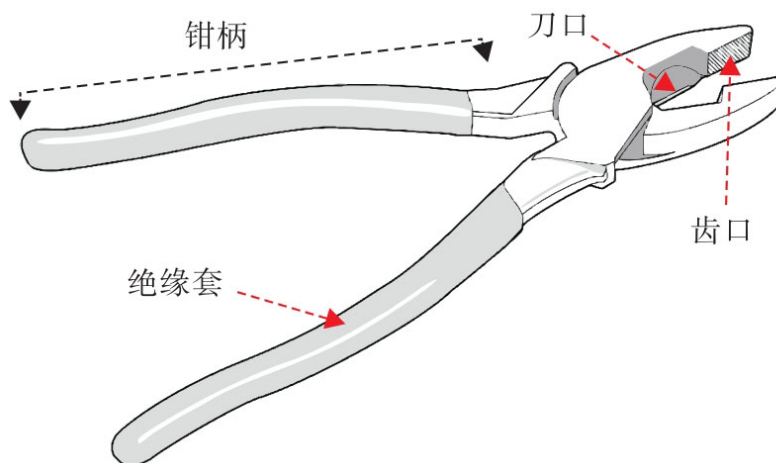
种系统。



第3章 电工基本操作

3.1 常用电工工具

钢丝钳



钢丝钳又叫老虎钳。

钢丝钳由钳头和钳柄组成。齿口可用来代替扳手拧螺母、掀拔铁钉，夹拔圆柱形金属零件等；刀口可用于切断钢丝、铁丝、铜线等金属丝。



在使用钢丝钳时应注意：

- ①使用钢丝钳之前，必须检查钢丝钳手柄上的绝缘套是否有破损、绝缘套的绝缘状况是否良好。若绝缘套有破损，则不得带电作业，以免发生安全事故。
- ②使用钢丝钳剪切带电导线时，必须单根进行，不能同时剪切两根导线，以免导致短路事故。
- ③带电操作时，手与钢丝钳的金属部分保持2cm以上的距离。

- ④在使用钢丝钳过程中切勿将绝缘手柄损伤。
- ⑤注意防潮。如果钢丝钳上有水或潮湿，切忌带电作业。
- ⑥进行剪切操作时，使钢丝钳的刀口朝向自己，以便控制剪切部位。
- ⑦不要将钢丝钳当锤子使用。
- ⑧为防止生锈，要经常给钢丝钳的钳轴加油。

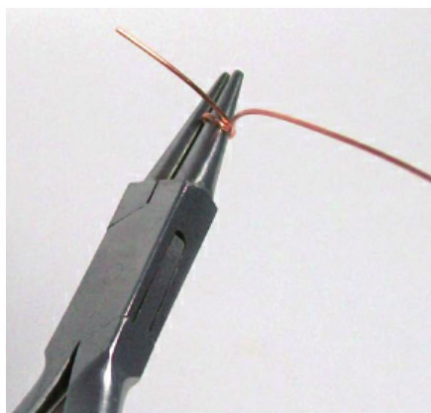
斜口钳



斜口钳主要用于剪切导线及元器件多余的引线，还常用来代替一般剪刀，剪切绝缘套管、尼龙扎线卡等。

使用钳子要量力而行，不可以用来剪切钢丝、钢丝绳或过粗的铜导线及铁丝，以免导致钳子崩牙和损坏。

尖嘴钳



给导线接头弯圈

尖嘴钳又称修口钳、尖头钳，由尖头、刀口和钳柄组成。电工用尖嘴钳的材质一般为45#钢，韧性、硬度都合适。钳柄上套有额定电

压500V的绝缘套管。

尖嘴钳的类别比较多，大致可分为有刀口、无刀口两大类。



剥线钳

剥线钳为内线电工、电动机修理、仪器仪表电工常用的工具之一，专门用于剥除电线头部的表面绝缘层。

- ①根据缆线的粗细型号，选择相应的剥线刀口。
- ②将准备好的电缆放在剥线钳的刀刃中间，选择好要剥线的长度。
- ③握住剥线钳手柄，将电缆夹住，缓缓用力使电缆外表皮慢慢剥落。
- ④松开手柄，取出电缆线，这时电缆金属整齐露出，其余绝缘塑料完好无损。



电工刀



电工刀是电工常用的一种切削工具。普通的电工刀由刀片、刀刃、刀把、刀挂等构成。电工刀不用时，应把刀片收缩到刀把内。

导线接头之前应把导线上的绝缘层剥除。用电工刀切剥时，刀口千万别伤着线芯。电工刀的刀刃部分要磨得锋利才好剥离电线，但又不可太锋利，太锋利容易削伤线芯。

活动扳手

活动扳手简称扳手，是用来紧固和拧松螺母的一种工具。可根据实际工作的需要选购相应尺寸的扳手。





有绝缘套

试电笔




试电笔氖泡发光


不要触及前端的金属部分

数字式试电笔

试电笔俗称电笔，是一种电工工具，用来测试电线中是否带电。试电笔中笔尖、笔尾由金属材料制成，笔杆由绝缘材料制成。笔体中

有一个氖泡，测试时如果氖泡发光，则说明导线有电，或者为通路的火线。

 使用试电笔时，一定要用手触及试电笔尾端的金属部分；否则，因带电体、试电笔、人体与大地没有形成回路，试电笔中的氖泡不会发光，容易造成误判，认为带电体不带电。

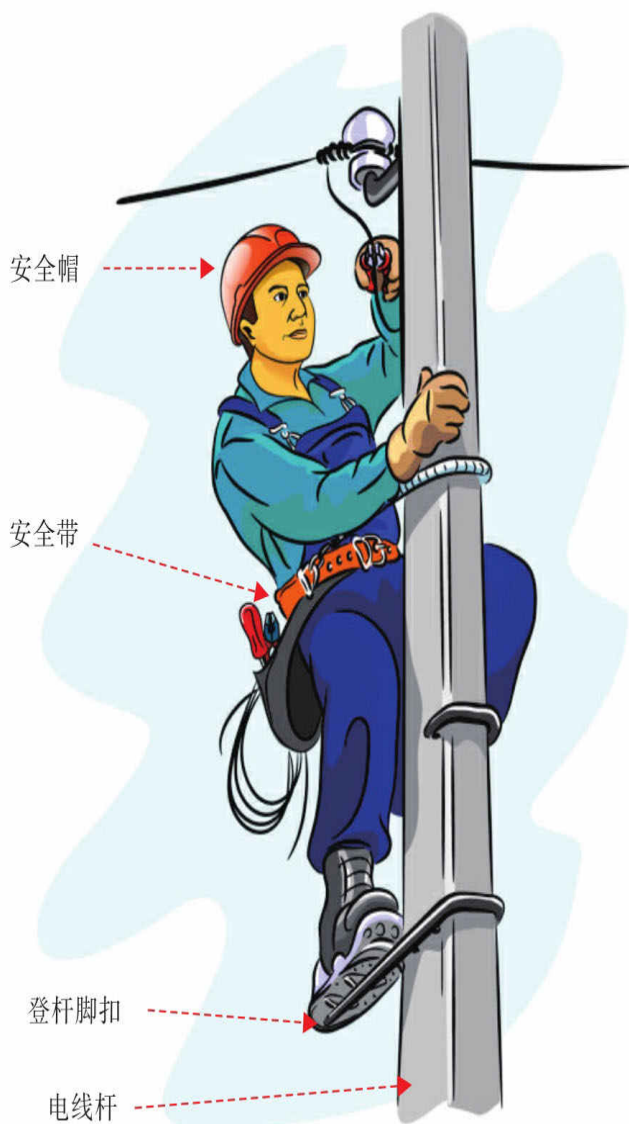
 在使用过程中，不要触及试电笔前端的金属部分。



常用登高用具

电工可能会需要登高作业。电工登高作业时需要使用合适的用具，以方便作业，并保证安全。

常用的用具有安全帽、高空作业安全带、登高用的踏板或脚扣、合适的梯子等。脚扣是用于套在鞋上爬电线杆子用的一种弧形或其他形状的铁制工具。脚扣是电工攀登不同规格的水泥杆或木质杆的理想工具。在登高作业时，务必使用相关的安全带，以防止出现意外。



3.2 导线绝缘层剥除

这里所介绍的仅仅是针对初学者的一些基本的操作。有经验的电工通常可以借助多种手段来完成相关的导线处理工作。

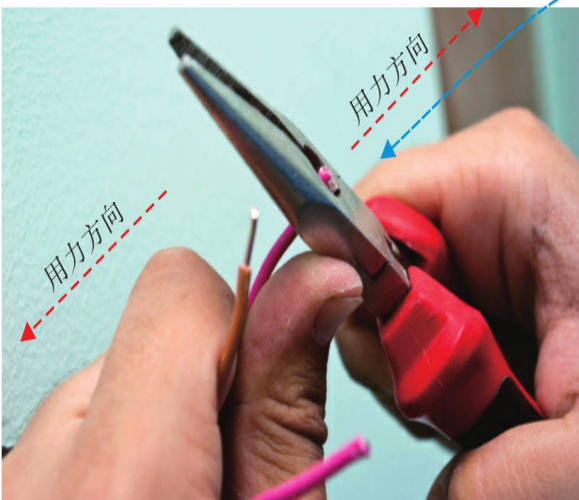
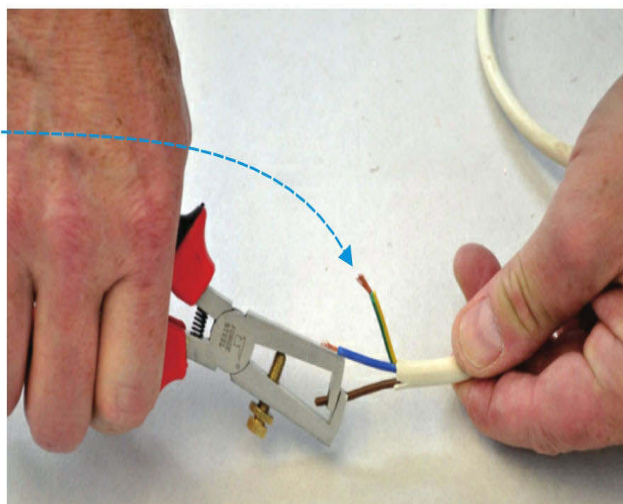
4mm²以下导线绝缘层的剥除

对于4mm²以下硬导线或多股导线的绝缘层，一般用剥线钳或钢丝钳进行剥除。

第一种方法：使用剥线钳来剥除导线的绝缘层。

选择合适的剥线钳钳口。钳口过小，会损伤线芯；钳口过大，不易剥掉绝缘层。

左手拿导线，右手拿剥线钳。将待剥除绝缘层的导线线头放入剥线钳的钳口，右手用力捏握剥线钳手柄，导线的绝缘层即可被剥掉。



第二种方法：使用钢丝钳、有刀口的尖嘴钳、剪刀等。

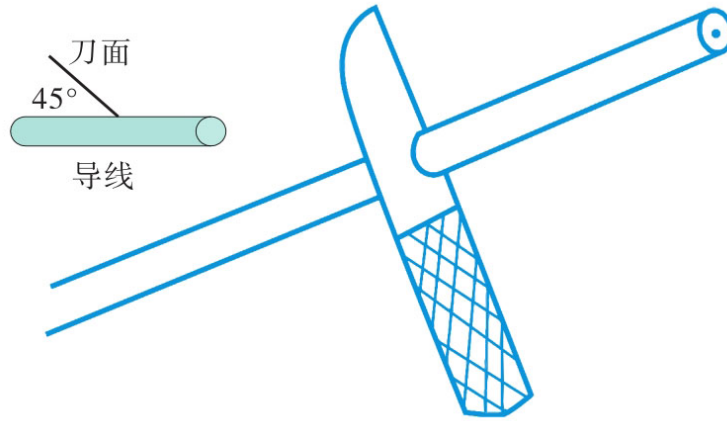
在待剥除绝缘层导线线头的合适位置处，用钳子或剪刀轻轻剪破绝缘层。不要太用力，以免损伤导线线芯。

待绝缘层剪破后，两手同时向外用力，即可剥掉绝缘层。

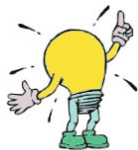
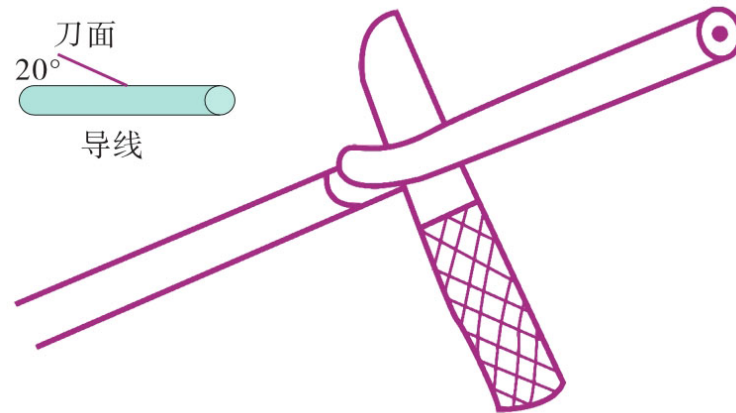
4mm²以上塑料绝缘硬线绝缘层的剥除

对于导线线芯在4mm²以上的硬导线，可用电工刀或其他合适的刀具来剥除导线的绝缘层。

①在需要处理导线的线头合适位置，以适当的角度（约45°）斜切待剥线头的绝缘层。电工刀斜切入绝缘层，至刀口接近线芯止。

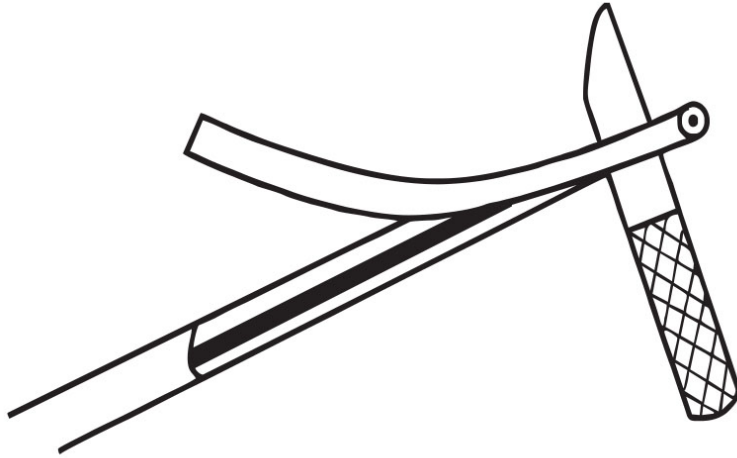


② 电工刀切入绝缘层后，适当减小刀与导线之间的角度，略呈水平向线端推削。

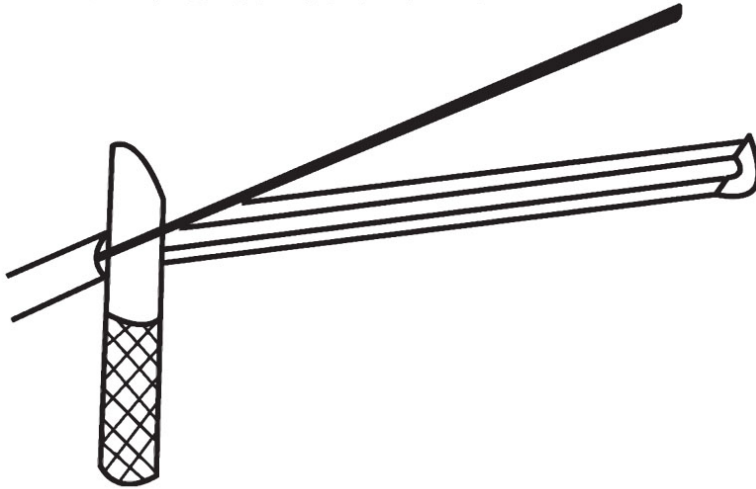


角度只是一个参考，不必太较真儿。

③ 将开剥段的一部分绝缘层削掉。



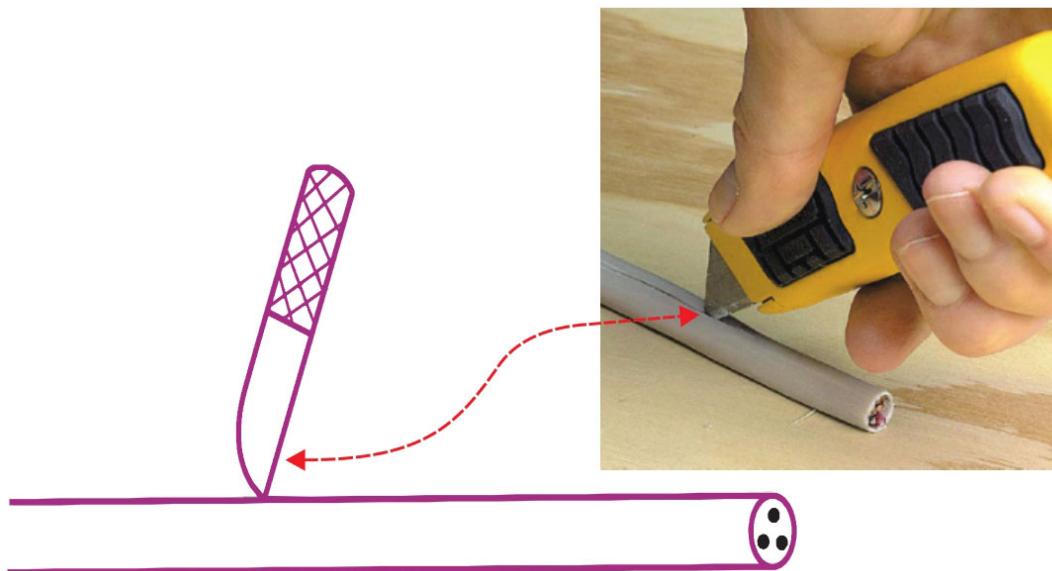
④将余下的绝缘层翻下，将翻下的绝缘层齐根切去。



橡胶套电缆和塑料护套线护套层的剥除

对于有橡胶套电缆或塑料护套的导线，可用电工刀或其他合适的刀具来剥除导线的护套层。

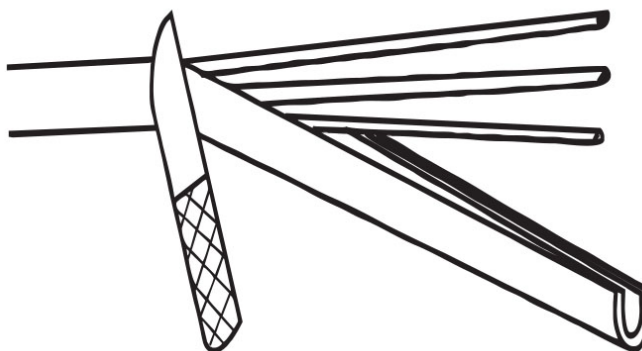
①用电工刀刀尖从导线的护套层中间的表面划开。



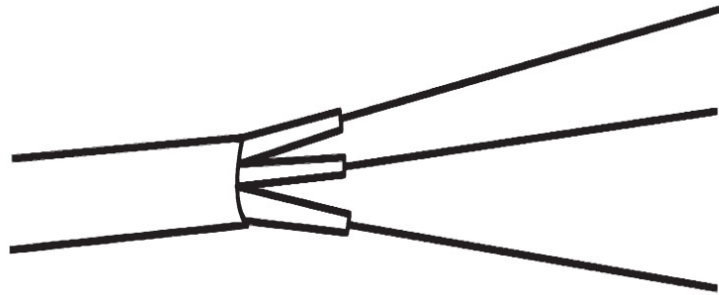
②使刀尖向导线端口直线划开护套层。



③将护套层剥离绝缘线，并将其扳至切口根部，用电工刀将护套层齐根切去。

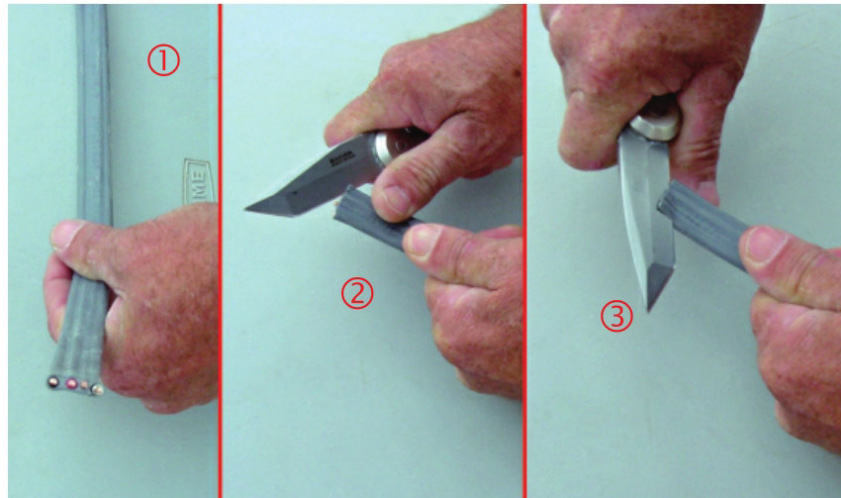


④在离护套层切口10mm处确定线芯绝缘层的剥除点，然后剥除线芯的绝缘层。

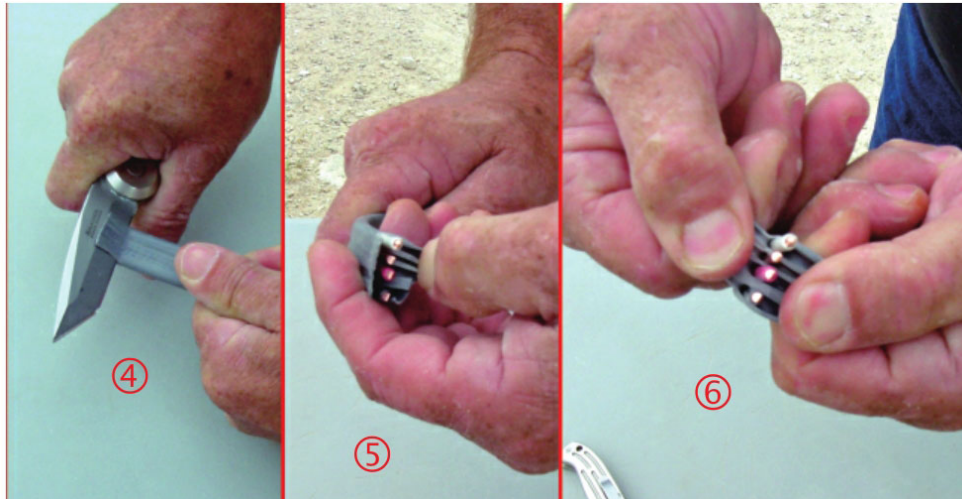


扁平导线护套层的剥除

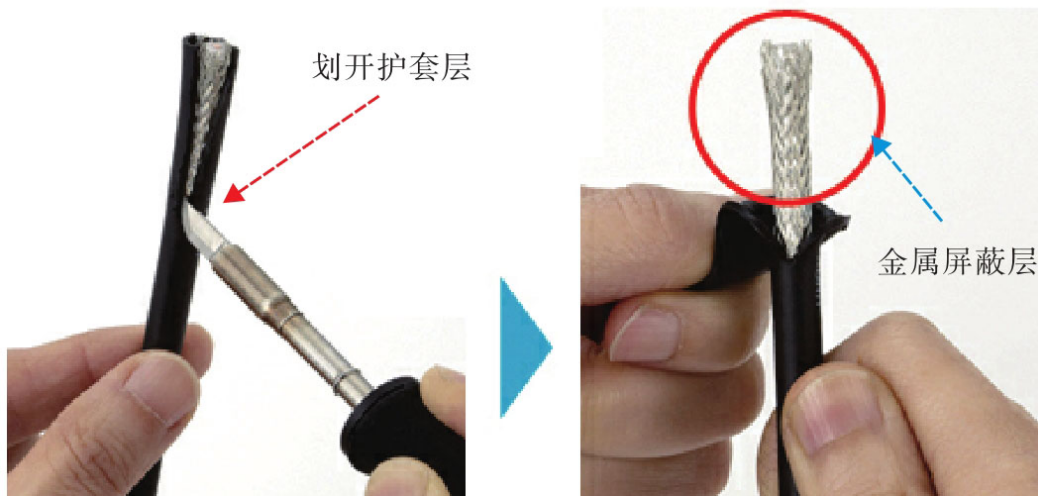
- ①左手拿住待处理导线线头的合适位置。
- ②使电工刀的刀口在待处理导线端口，并调整好电工刀的刀口位置，以不会伤及线芯绝缘层为原则。
- ③适当用力向内削。



- ④继续向内削，削到合适的位置。
- ⑤拉开靠刀一侧的护套层。
- ⑥拉开另一侧的护套层。切除剥开的护套层，然后剥除线芯的绝缘层。



一些电缆的护套之下为金属网状屏蔽层，中间为铜芯。在加工这种导线的线头时，先用刀划开护套层到合适的位置，并切除，然后将网状的金属屏蔽层松散，并拧成线状，最后剥除中间铜芯的绝缘层。



3.3 铜导线的连接

在电工作业中，导线连接是一件非常重要的事。若导线连接质量不好，则往往会带来故障隐患。

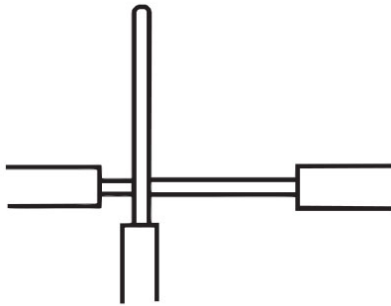
导线连接要求接头接触紧密，接头电阻小，稳定性好，接头的机械强度不小于导线机械强度的90%；接头的绝缘强度应与导线的绝

缘强度一样；接头应能耐腐蚀。铜导线连接后，通常可再对接头进行焊接处理。

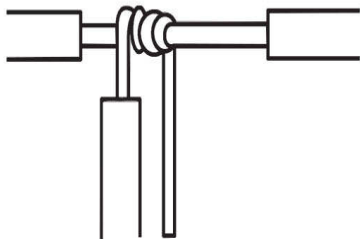
单芯铜芯导线

T形连接

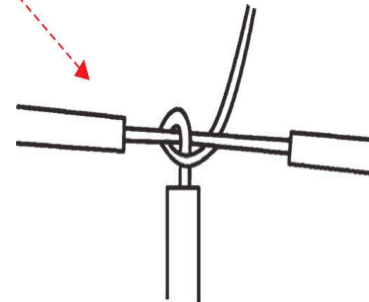
①视导线线芯粗细，先将其中一根导线环剥合适长度的绝缘层，另一根导线剥除合适的线头。使线头十字相交于环剥的导线。



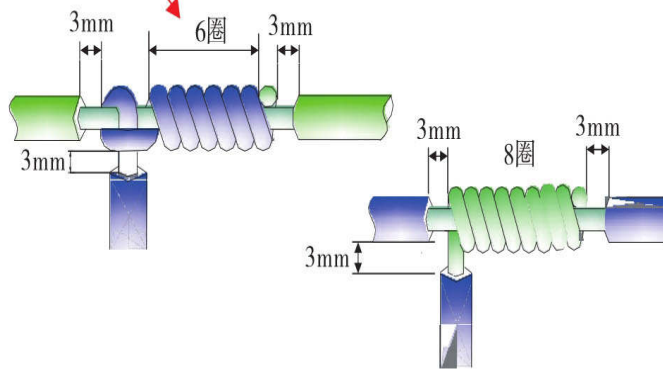
②线芯较细的，可不打结，直接按顺时针方向缠绕。



③芯线较粗的，可按如图所示的方法打结，然后按逆时针方向缠绕。



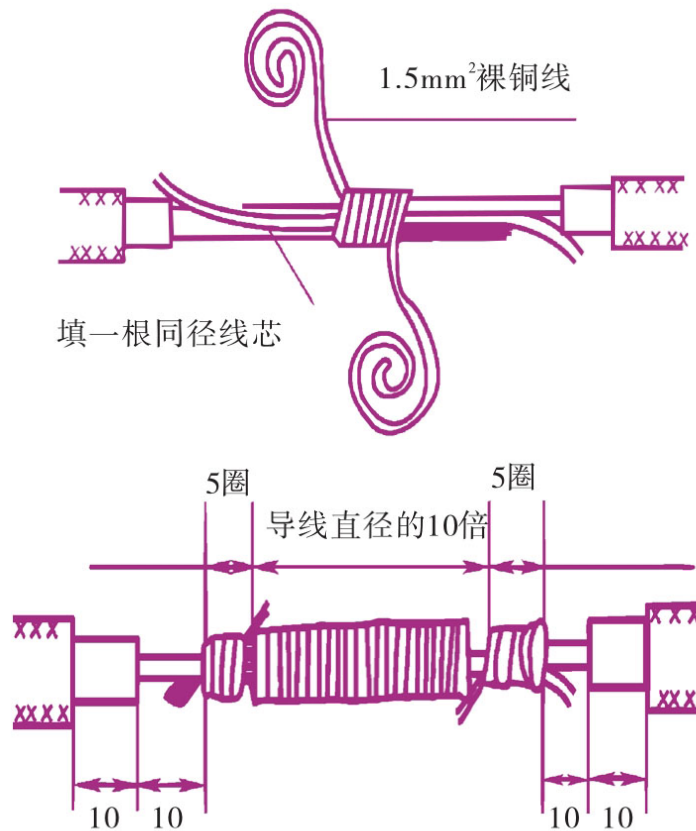
④缠绕5~8圈后，剪去多余的线头，去掉切口毛刺，使缠绕的端头紧贴导线。



单芯铜芯导线

绑扎连接

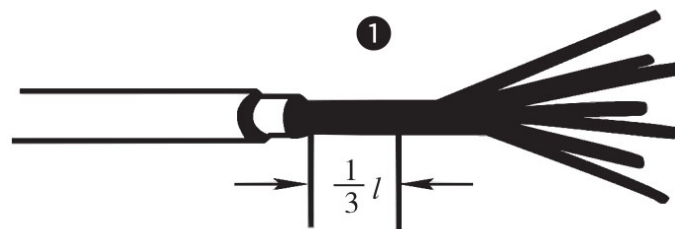
先剥除导线线头绝缘层，截取一段合适长度的导线线芯，微微弯起两导线的端头，使三根线芯聚在一起。用 1.5mm^2 的裸铜线进行绑扎。先在中间位置绑扎合适的长度（导线直径的10倍），然后再继续缠绕5圈，去除多余线头。整个连接如下图所示。



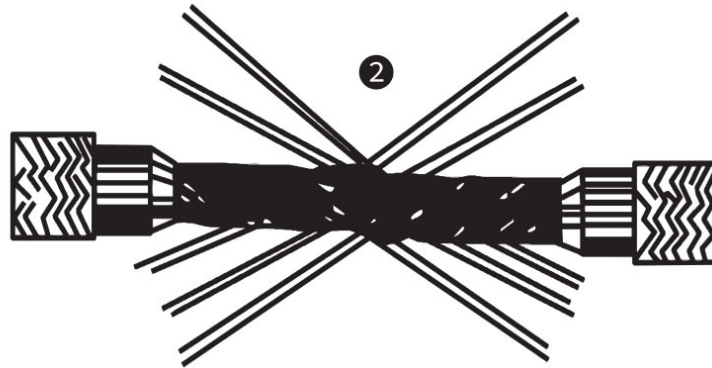
多股铜芯导线

对接

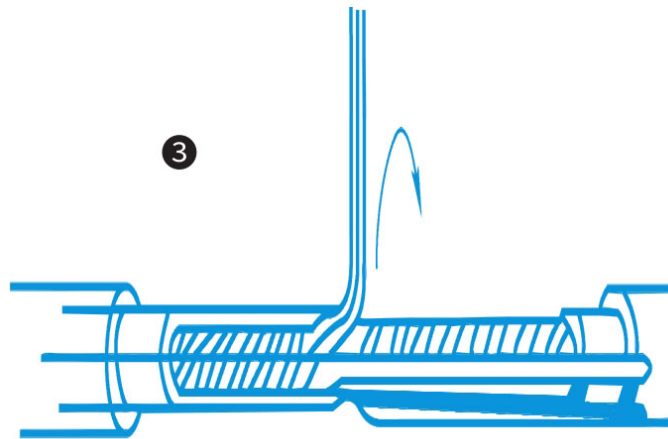
①先将待连接的两根多股导线线头剥除绝缘层。捏住线头根部 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}$ 处，将余下的线头分散成伞形，并将每一根芯线拉直。



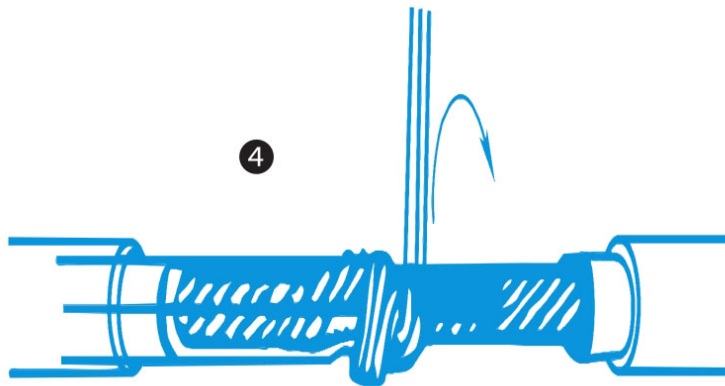
②将两导线的伞形线头隔根插，使两线头的根部接触。捏平两侧所有的芯线，必要时用钳子拉紧消除空隙。



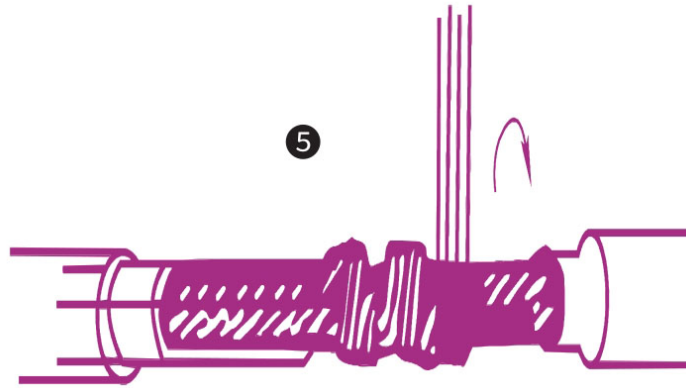
③把其中一个多股导线的芯线按2、2、3股分组。把第一组2股芯线扳起，使之与导线线头垂直，并按顺时针方向缠绕两圈，然后将余下的部分扳平，使之紧贴导线。



④把第二组2股芯线扳起，使之与导线线头垂直，并按顺时针方向缠绕两圈，然后将余下的部分扳平，使之紧贴导线。



⑤ 把第三组3股芯线扳起，使之与导线垂直，按顺时针方向缠绕三圈，剪去多余的线芯，使端头紧贴导线。



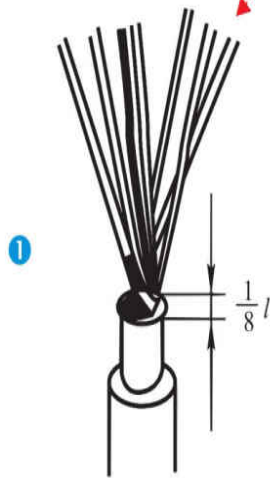
⑥ 按③~⑤的操作方法缠绕另一侧的导线线头。



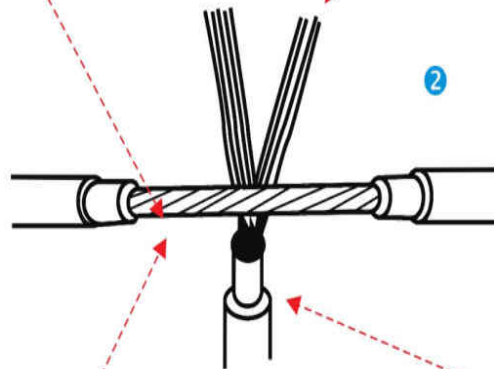
多股铜芯导线

T形连接

① 将待连接的两个导线分别剥去绝缘层。

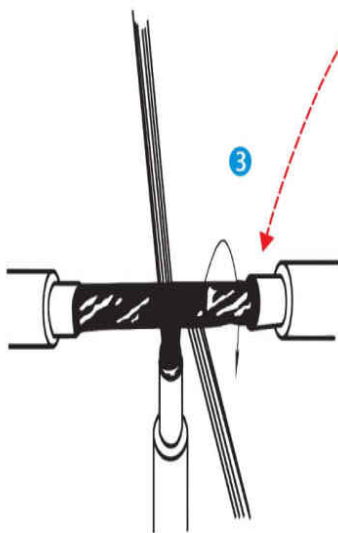


② 在分支线的 1/8 线头处将芯线拧紧，把余下的芯线分成3股、4股的两组。两组的芯线并排，而不是拧在一起。

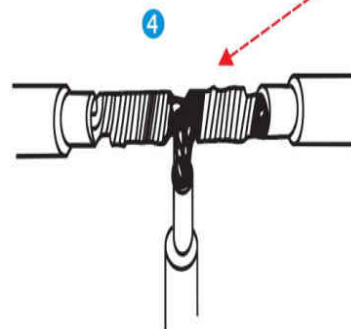


③ 用一字螺丝刀将充当干线的导线中间撬开一缝隙，使之一边3股、一边4股。将分支导线头中的一组4股的芯线穿过干线上的那个缝隙。

④ 把3股芯线的一组按顺时针缠绕干线，缠绕4圈，剪去多余的线头，使线端紧贴干线。



⑤ 使穿过干线的一组4股芯线按逆时针方向缠绕干线，缠绕5圈，剪去多余线头，使线端紧贴干线。去掉切口毛刺。接好后的导线如图④所示。



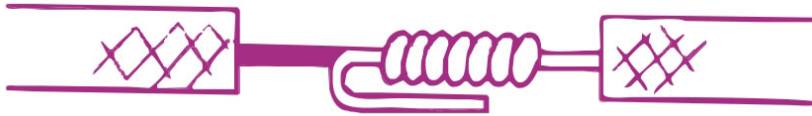
不同线径导线 对接



先加工好导线的线头，使细导线线头在粗导线线头上紧密缠绕5~6圈后，弯折粗线头端部，使它压在缠绕层上（必要时可用钢丝钳钳紧）；再把细线头缠绕3~4圈，剪去余端，使线端紧贴导线。

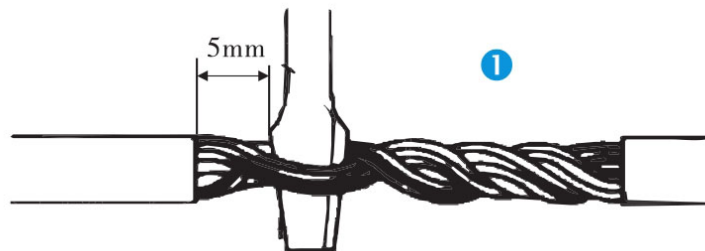
软硬导线 对接

先使软线在单股硬导线上缠绕7~8圈，然后将单股硬导线向后弯曲，使之紧压在缠绕的软线上，以防止缠绕的软线脱落。

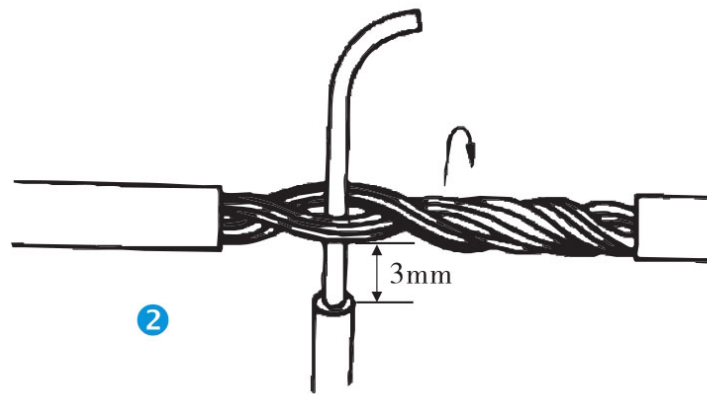


单股与多股线 T形连接

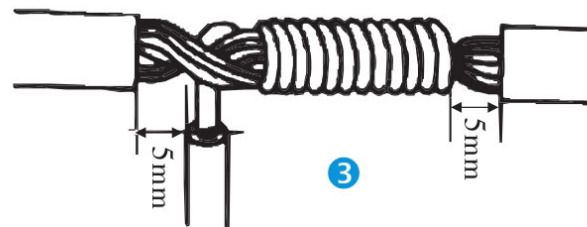
①在离多股线的左端绝缘层口3~5mm处的芯线上，把多股芯线分成较均匀的两组。



②把单股芯线插入多股芯线的两组芯线中间，但单股芯线不可插到底，应使绝缘层切口离多股芯线约3mm的距离。接着用钢丝钳把多股芯线的插缝钳平钳紧。



③把单股芯线按顺时针方向紧缠在多股芯线上，紧密缠绕10圈；然后剪去多余线头，钳平切口毛刺。



3.4 导线的绝缘恢复

许多时候，在导线连接后，需要对导线进行绝缘恢复，以避免出现短路、触电等事故。

用于绝缘恢复的器材很多，如电胶布、绝缘热缩管、绝缘黄蜡套管、绝缘连接帽等。

电胶布



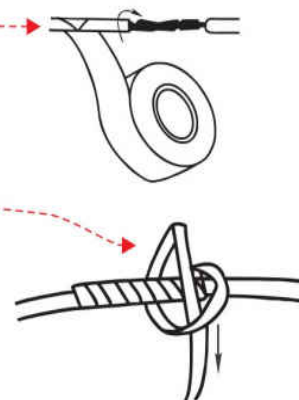
绝缘热缩管



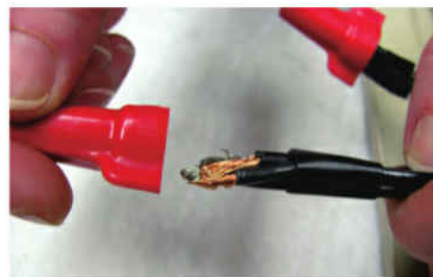
如果使用绝缘热缩管，需在导线连接前给导线套上合适长度的热缩管。待导线连接完成后，使热缩管覆盖导线接头处，并用烙铁头烫，或用热风枪吹，使热缩管紧密包裹导线接头。

如果用电胶布，从导线接头外的15~20mm处开始，以一定角度缠绕导线接头，每一圈相互重叠，并超出接头另一边15~20mm。缠绕完成后，打个结。

如果是220V线路，可直接用电胶布缠绕3~4层；如果是380V线路，建议先套黄蜡套管，然后再缠绕电胶布2~3层。



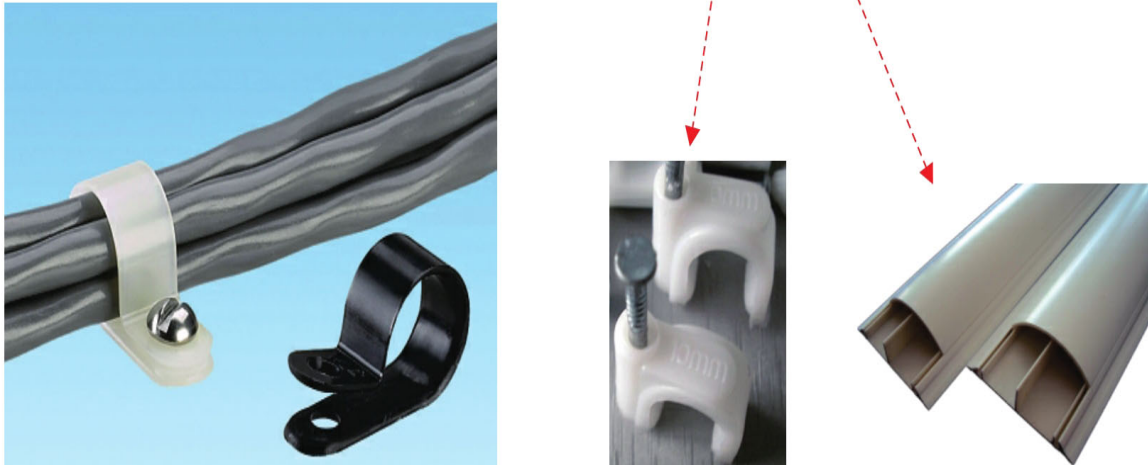
某些时候，可以用电胶布束扎导线，然后给导线接头套上绝缘连接帽。



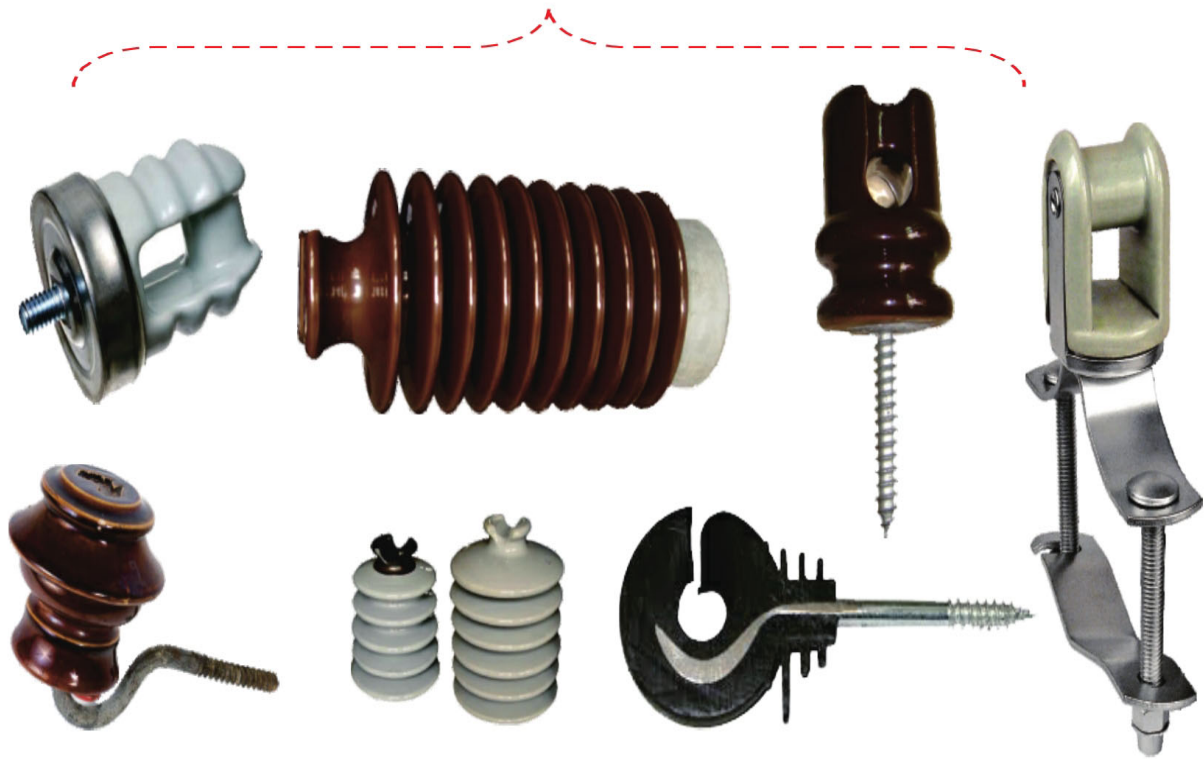
3.5 导线的固定

在电工作业中，常常需要固定导线。

导线的固定分室内导线固定、室外导线固定。室外导线固定通常采用陶瓷或其他绝缘材料的绝缘子。室内导线固定通常采用线卡、线扣或线槽。



室内导线的固定比较简单，这里介绍一下在室外利用绝缘子进行导线固定的一些操作。绝缘子是一种特殊的绝缘控件，能够在架空输电线路中起到重要作用。早年间绝缘子多用于电线杆，慢慢发展成为在高压电线连接塔的一端挂了很多盘状的绝缘体。绝缘子的种类很多，外形也千差万别，可根据实际需要选用。



绝缘子是输电线路绝缘的主体，它用于悬挂导线并使导线与杆塔、大地保持绝缘。这里介绍一些低压绝缘子的绑扎法。铝绞线和钢芯铝绞线的绑扎线材料与导线材料相同，但铝镁合金导线应使用铝绑线，绝缘导线应使用有外皮的铁绑线。

绝缘子

几种绑扎方法

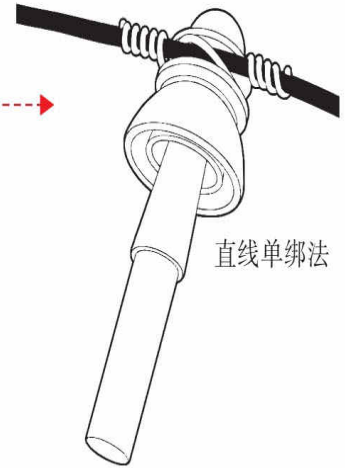
如果所使用的绝缘子为有线孔、线槽的，将绝缘子安装好后，再将导线卡入线槽或将导线穿过绝缘子即可。



直线顶绑法

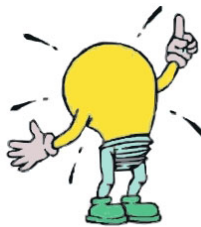


绝缘子的两种绑扎法



直线单绑法

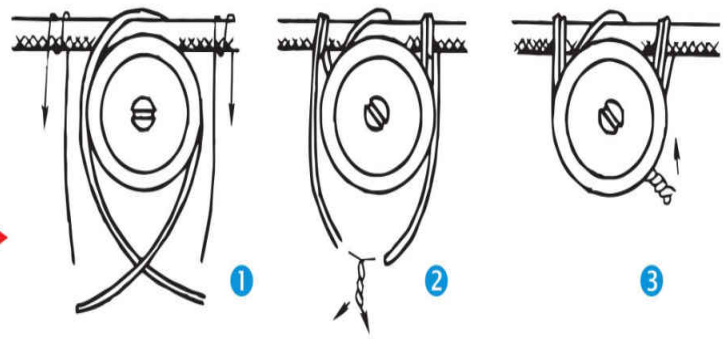
如果使用没有线孔、线槽的绝缘子，需要将导线绑扎到绝缘子上。而绝缘子则通常利用螺钉或膨胀螺钉固定在合适的位置。



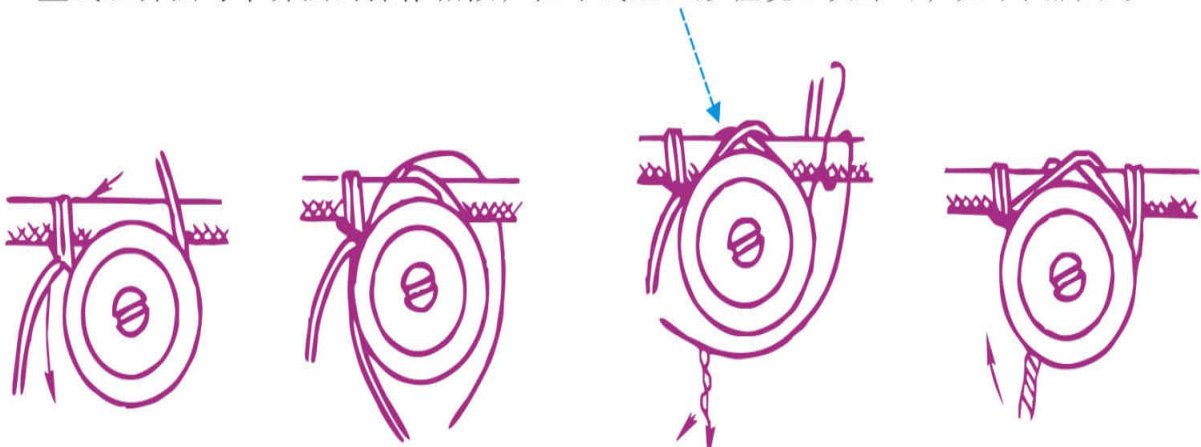
绝缘子的侧绑法

直线单绑法：将绝缘子固定好，将导线放在绝缘子的凹槽内。使用一条合适长度的绑扎线。使绑扎线交叉一圈套绑住绝缘子与导线，如①所示。将绑扎线的两线头分别在导线上缠绕两圈，如②所示。将绑扎线余下的两线头打结，并使线结贴在绝缘子上，如③所示。

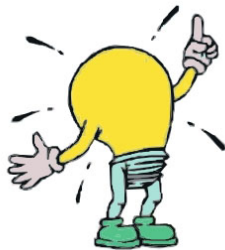
绝缘子与导线的侧绑法用于导线直线段的绑扎，可分单绑法与双绑法操作。右图所示的是单绑法操作方法。



直线双绑法与单绑法的操作相似，在导线上 X 形缠绕 2 次即可，如下图所示。



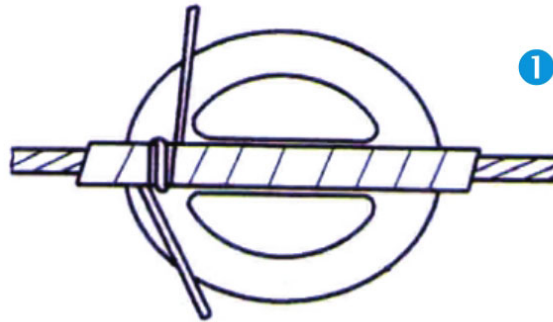
当然，你也可多缠绕几圈。



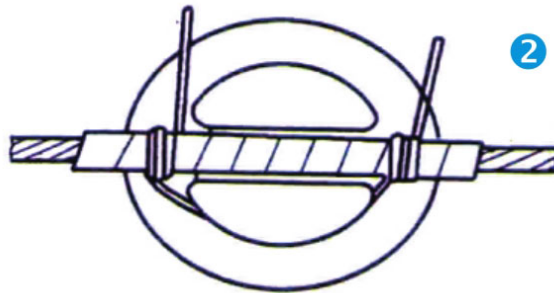
绝缘子顶绑法

①首先在绑扎处的导线上缠绕铝包带。若是铜线，则不缠绕铝包带。将导线放入绝缘子顶槽，绝缘子顶槽应顺着线路方向。用绑扎线

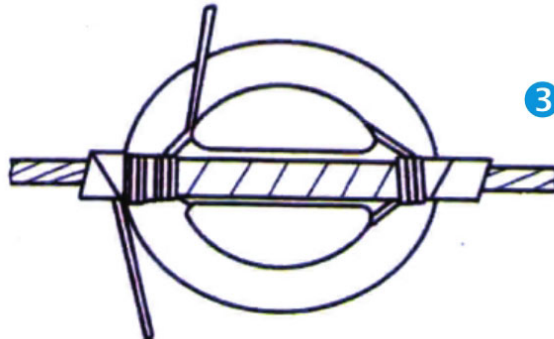
一端在绝缘子侧面的导线上绕三圈，方向是从导线外侧，经导线上方向导线内侧，如右图①所示。



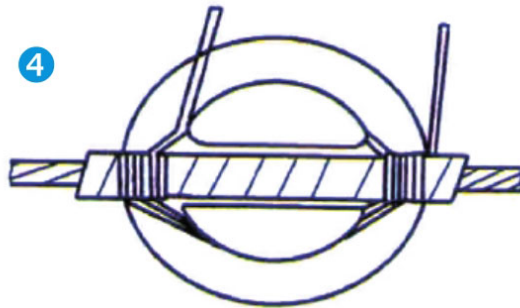
②用绑扎线的另一端在绝缘子脖颈内侧绕到绝缘子右侧导线上，并再绑三圈，其方向是由导线下方经外侧绕向上方，如右图②所示。



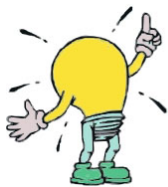
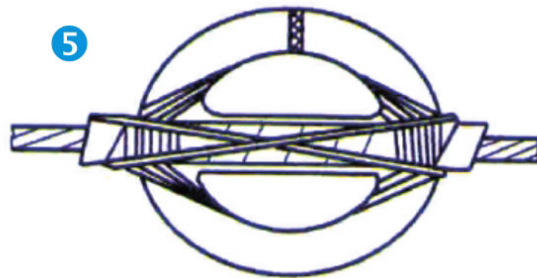
③用绑扎线在绝缘子脖颈内侧绕到绝缘子左侧导线上，并再绑三圈，其方向是由导线下方经内侧绕到导线上方，如右图③所示。



④再使绑扎线自绝缘子脖颈内侧绕到绝缘子右侧导线上，并再绑三圈，其方向是由导线下方经外侧绕到导线上方，如左图④所示。



⑤使绑扎线自绝缘子外侧绕到左侧导线下面，并自导线内侧上来，经过绝缘子顶部交叉压在导线上，然后从绝缘子右侧导线外侧绕到绝缘子脖颈内侧，并从绝缘子左侧的导线下侧经过导线外侧上来，经绝缘子顶部交叉压在导线上。



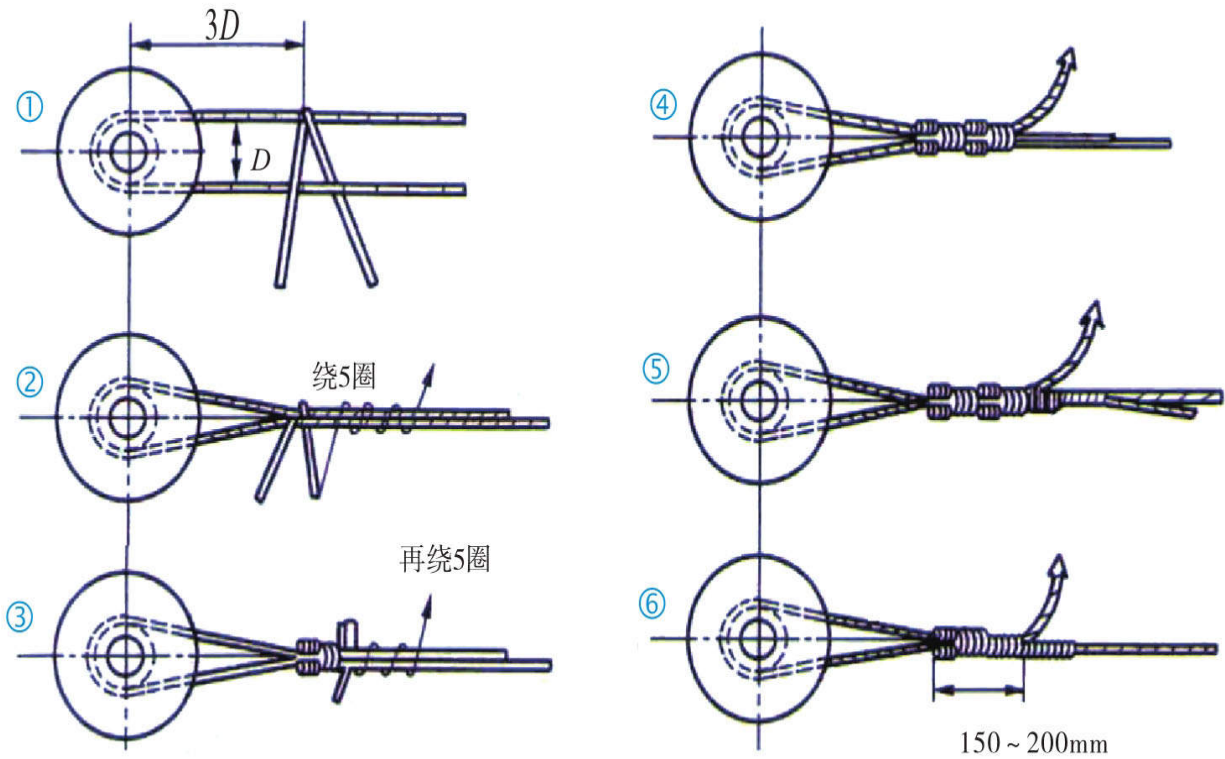
蝶式绝缘子终端绑扎

①在绑扎线一端留出一个短头，长度比绑扎长度多50mm。把绑扎线端头夹在导线与折回导线中间凹进去的地方，然后用绑扎线在导线距绝缘子3倍腰径处开始绑扎，如下图①所示。

②用绑扎线两端分别在导线与折回导线上缠绕五圈，然后使导线与折回导线靠紧，用绑扎线缠绕五圈，如下图②、③所示。

③再用绑扎线的两端分别缠绕导线、折回导线五圈，然后再重复第二步，直到绑扎长度达到150~200mm（见下图④~⑥）。

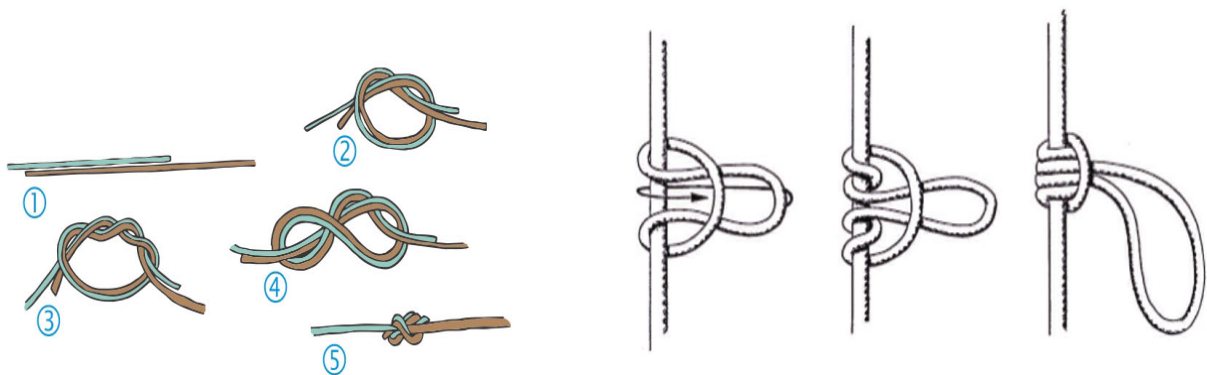
④将折回导线末端抬起，然后在导线上缠绕五圈，去除多余绑扎线，折回导线的线头。



3.6 电工绳结

在电工作业过程中，常常需要利用绳子进行长期或临时性地绑扎，使用适当的绳结（绳扣）是必要的。绳结形式很多，如直扣、活扣、抬扣、背扣等，在实际中根据需要选择使用。

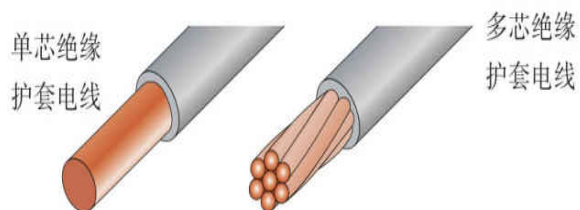
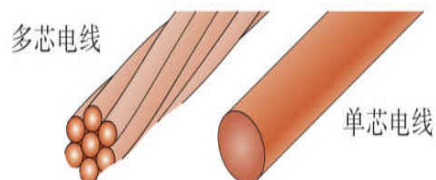
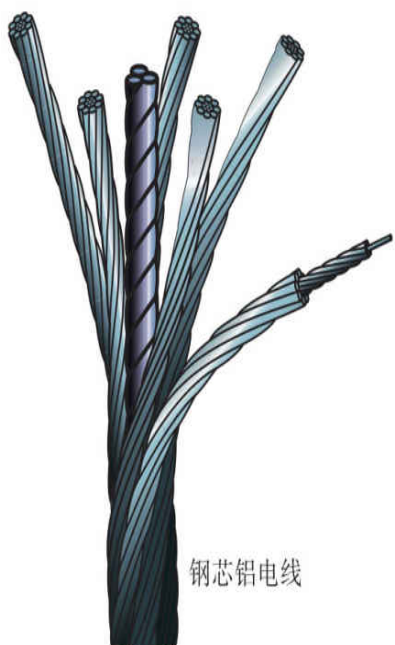
打绳结的方法通常比较简单，这里给出几种绳结的示意图，可参照练习。若需其他类型的绳结，可在网上搜索查询。



3.7 了解导线

导线由一根或多根的铜质或铝质金属线组成。绝缘导线则在金属导线外包裹绝缘层、护套。导线又常称为“电线”“电缆”。“电线”和“电缆”并没有严格的界限。通常将芯数少、产品直径小、结构简单的产品称为电线，没有绝缘的称为裸电线，其他的称为电缆。电线一般是单层绝缘，单芯。电缆一般有两层以上的绝缘，多数是多芯结构。

导体截面积较大的（ $>6\text{mm}^2$ ）称为大电线，较小的（ $\leq 6\text{mm}^2$ ）称为小电线，绝缘电线又称为布电线。在不同场合，对所使用的电线要求也不同。电线的类型很多，可分为室内、室外电线，也可分为低压、中压与高压电线，还可分为绝缘护套电线与裸露电线，在实际中应根据需要选用。以下所示的是几种不同的电线。



3.8 选用导线

3.8.1 导线的颜色

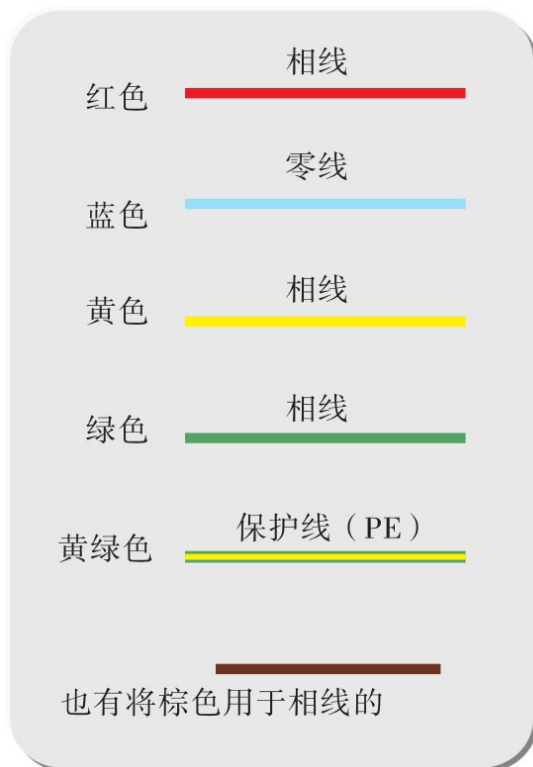
导线颜色的选择主要是对低压电工而言的。通常来讲，为了方便接线与检修线路，在敷设导线时，相线（火线）、零线和保护线应采用不同颜色的导线。根据《住宅装饰装修工程施工规范》GB 50327—2001第16.1.4条规定：“配线时，相线与零线的颜色应不同；同一住宅相线（L）颜色应统一，零线（N）宜用蓝色，保护线（PE）必须用黄绿双色线。”

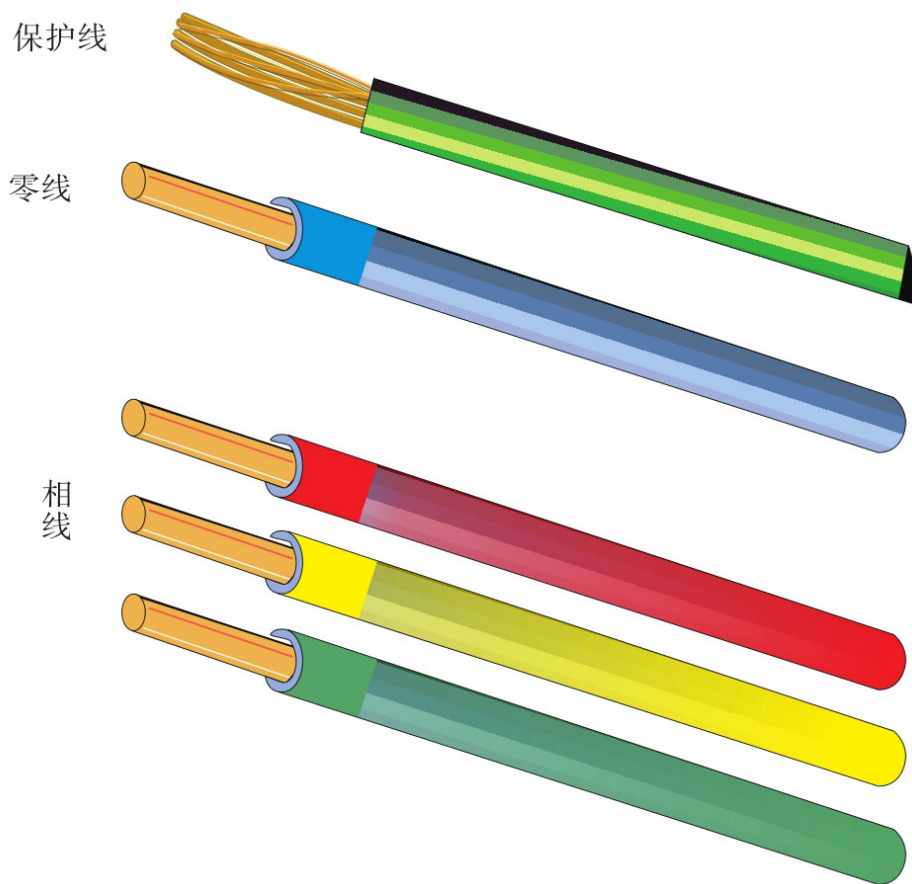
从规范中看，除保护线有强制性规定须用黄绿双色线外，对相线与零线并未作强制要求。在要求不高的场合，若因条件限制，不能按规定要求选择导线颜色，可参照以下要求使用导线：

①相线可使用黄色、绿色或红色中的任意一种颜色，但不允许使用黑色、白色或黄绿双色的导线。

②零线可使用黑色导线，没有黑色导线时，也可用白色导线。零线不允许使用红色导线。

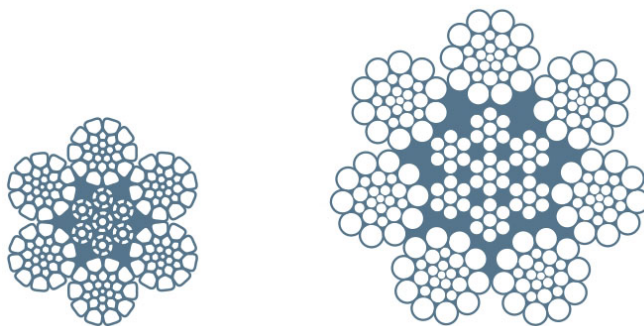
③保护线应使用黄绿双色的导线。若无黄绿双色导线，也可用黑色的导线。但这时零线应使用浅蓝色或白色的导线，以便两者有明显的区别。保护线不允许使用除黄绿双色线和黑色线以外的其他颜色的导线。





3.8.2 导线的大小

导线的大小是针对导线的截面积而言的。导线的截面积以 mm^2 为单位，常称某一导线为“ $\times\times$ 平方线”。



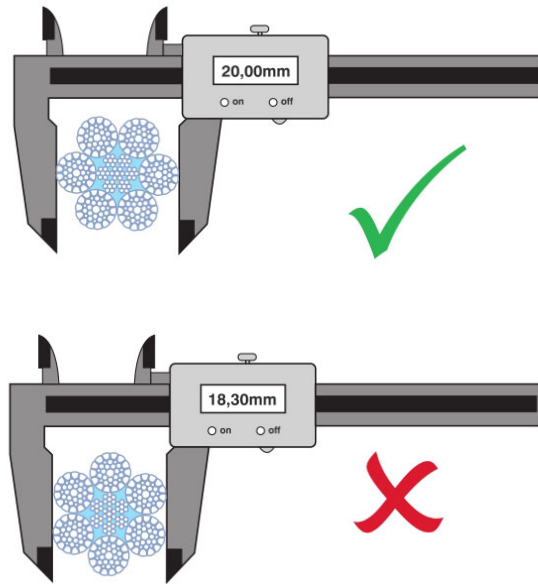
在实际应用中，主要是根据导线的安全载流量来选择导线的截面。导线的截面积越大，允许通过的安全电流就越大。在同样的使用条件下，铜导线比铝导线可以小一号。

大多数情况下，导线能承受的电流与其截面积相关，以绝缘铝导线为例：

10mm²及以下的，乘以系数5；25mm²及以下的，乘以系数4；35mm²与50mm²，乘以系数3；70mm²与90mm²，乘以系数2.5；120mm²及以上的，乘以系数2。

如果是铜导线，可按大一级的铝导线计算。例如，4mm²的铜芯导线可按6mm²的铝芯导线计算。如果导线为穿管敷设，导线承受的电流应按原计算基础的80%计算。如果敷设环境温度较高，同样为原计算基础上的80%~90%。如果既穿管、温度又高，则按原计算基础的70%计算。如果是裸导线，则可在原计算基础上再乘以1.5。下表所示的即是部分导线相对应的承受电流说明表。

在用游标卡尺测量多芯导线的直径时应注意：



导线截面积 (mm ²)	系数	承受电流 (A)	穿管承受 (80%)
1	5	5	4
1.5	5	7.5	6
2.0	5	10	8
2.5	5	12.5	10
4	5	20	16
6	5	30	24
10	5	50	40
16	4	64	51
25	4	100	80
35	3	105	84
50	3	150	120
70	2.5	175	140
95	2.5	237	190
120	2	240	192
150	2	300	240

3.9 加工导线

3.9.1 加工线头

低压电工进行导线加工作业时，首先要做的是剥除电线的绝缘护套层，加工线头。通常可利用电工刀、斜口钳、钢丝钳、剥线钳等工具。



电工刀



剥线钳

剥线钳



斜口钳

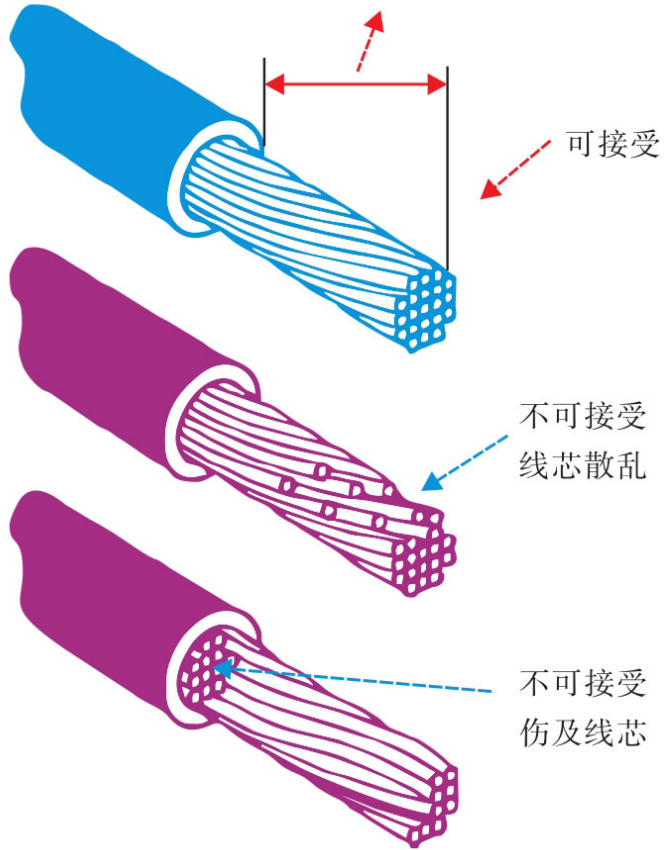
斜口钳

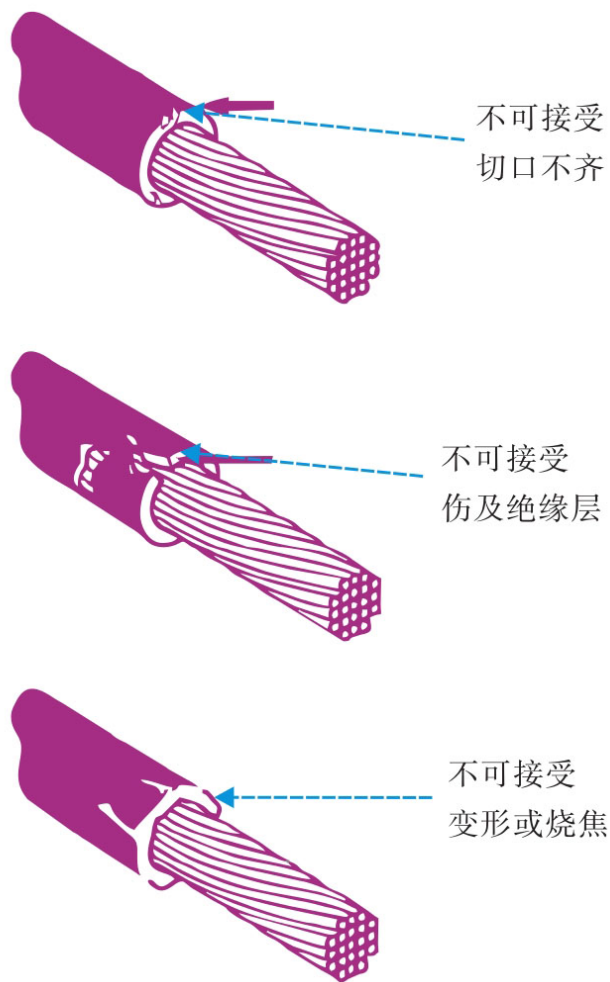


钢丝钳

在剥除导线绝缘护套层时，要求切口整齐、不伤及线芯。

线头长度根据需要留出

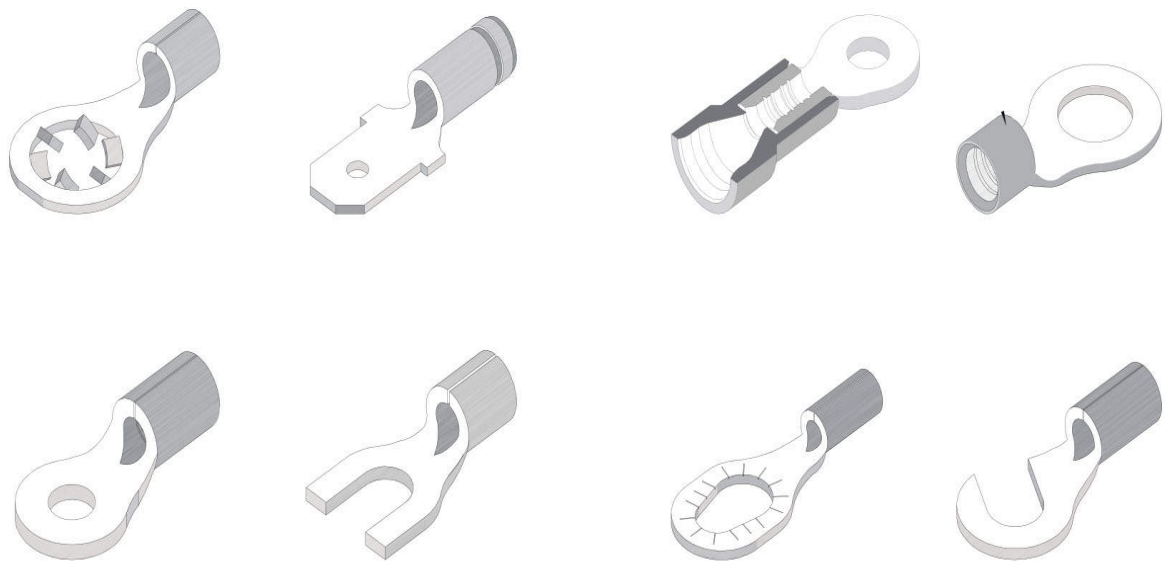
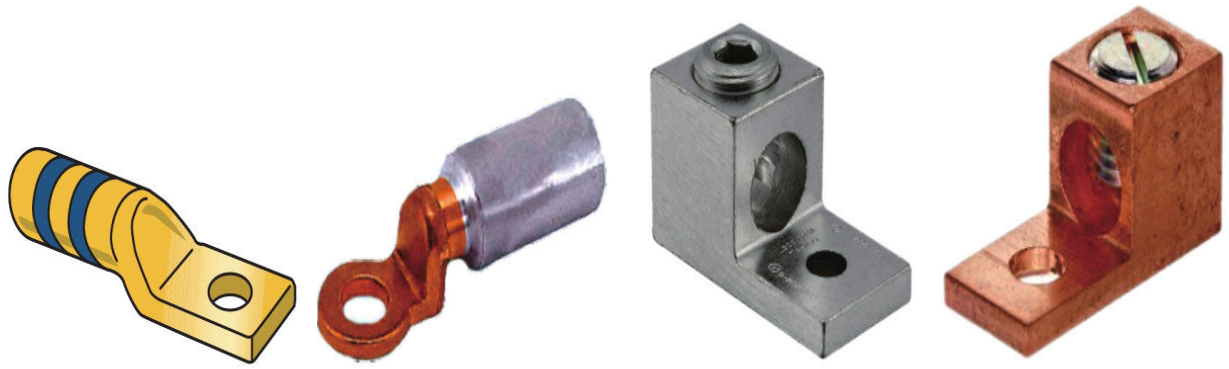




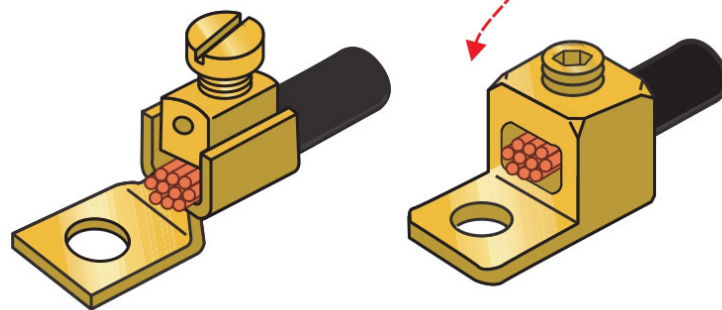
3.9.2 加工导线端头

导线线头加工好后，可能需要将导线线头连接到专门的导线端头上。导线端头多种多样，有用螺钉压接的，也有用压线钳压接的。

以下所示的是一些常见的导线端头。



螺钉压接类的，将导线线头放入端头的孔中，拧紧螺钉即可。



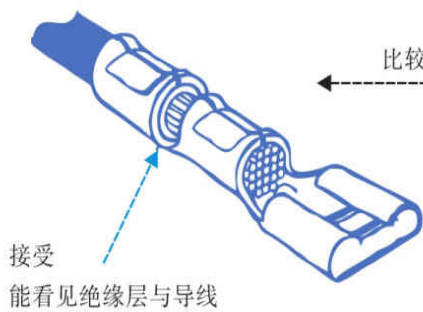
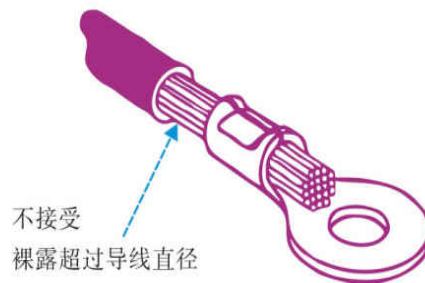
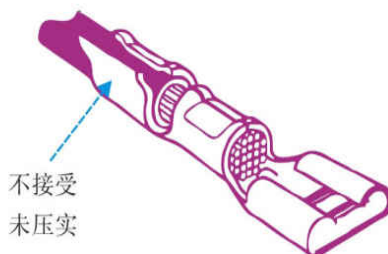
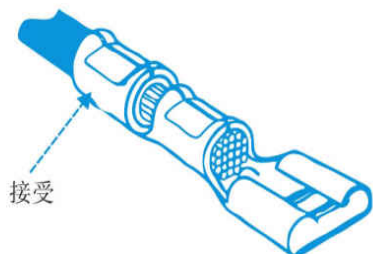
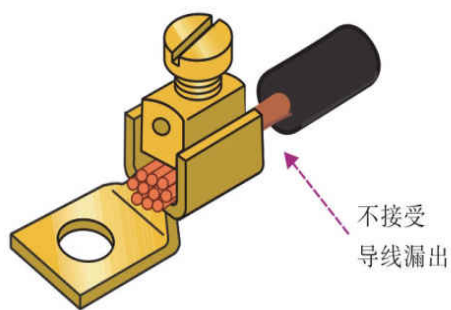
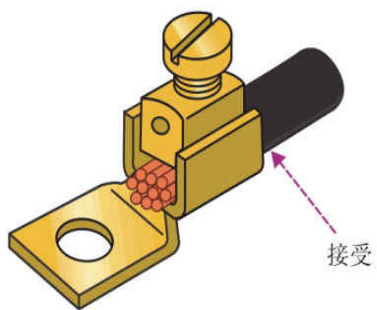
非螺钉压接的，可用压线钳或钢丝钳钳紧端头的导线套。



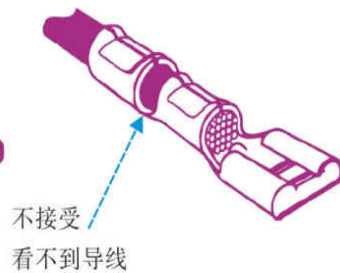
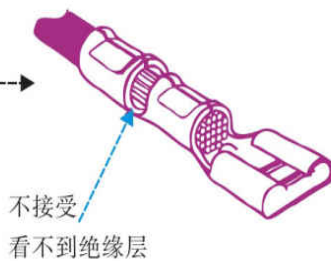
压线钳

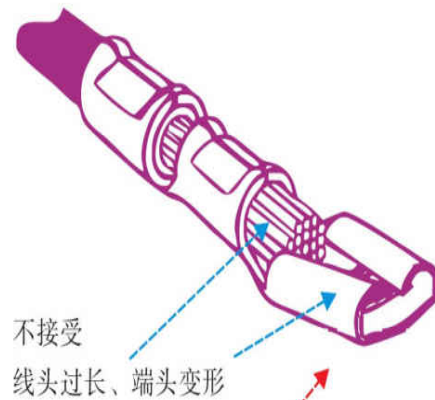
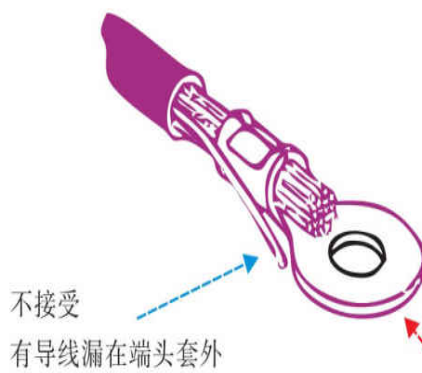
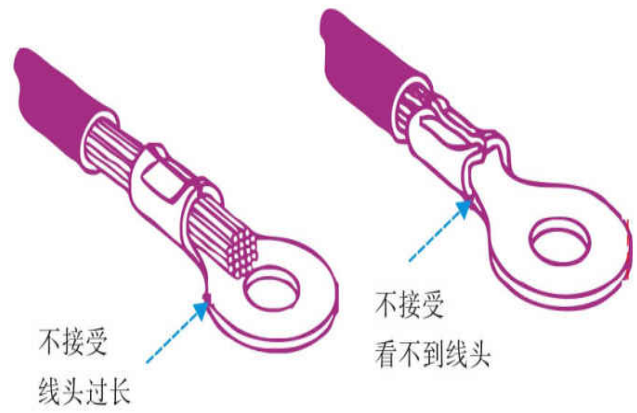
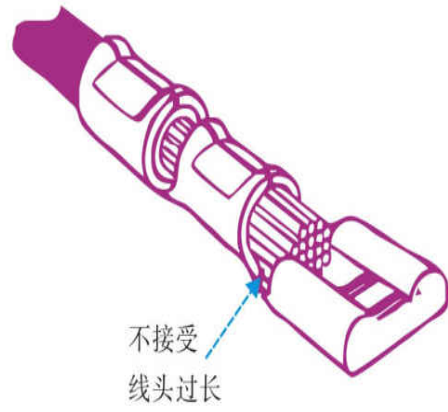
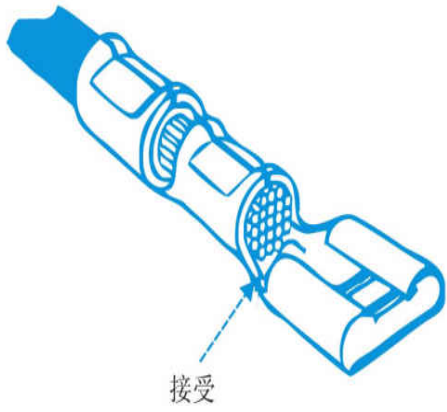
压线钳

导线端头加工的可接受、不接受情况



比较一下

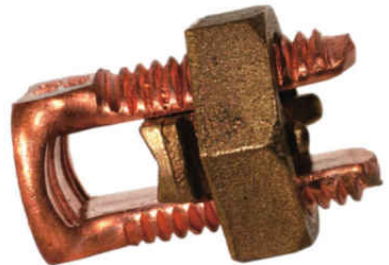
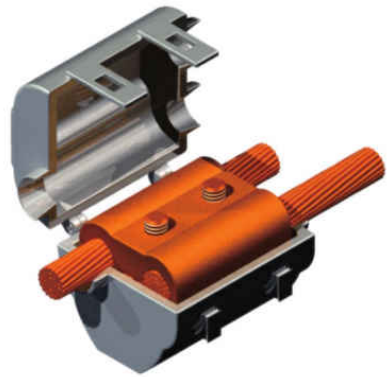
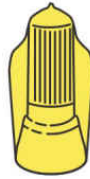
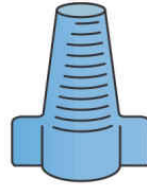




加工好端头的导线通常是通过螺钉固定的，或是以接插件形式连接的。

3.9.3 导线连接器

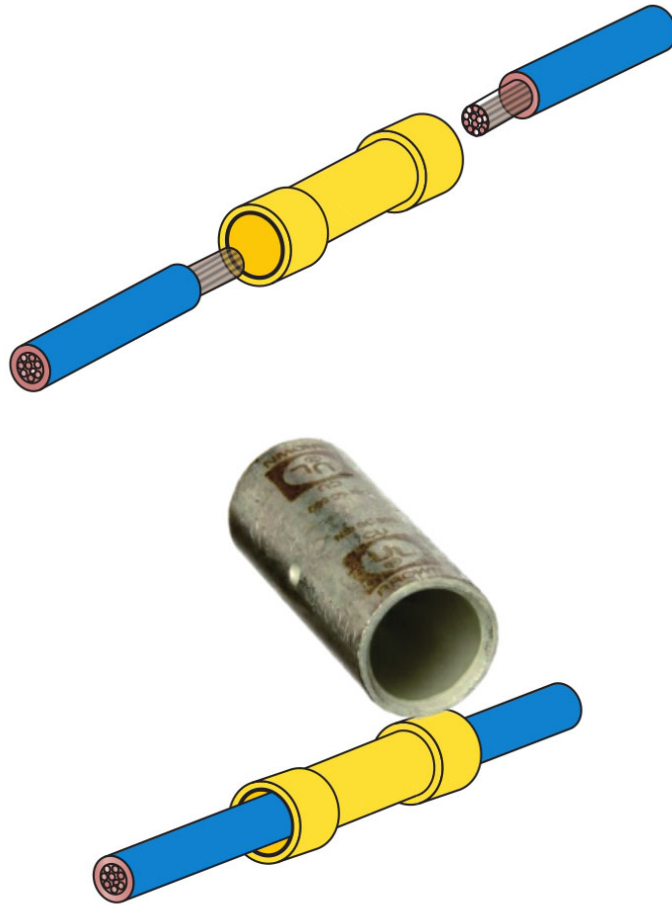
导线端头多用于小的导线，对于较大的导线，可采用专门的导线连接器连接。下图所示的就是一些不同的导线连接器的实物图。需要注意的是，应使用相同材料的导线连接器来连接导线。如果是连接铜电线与铝电线，应选择铜铝过渡的连接器。



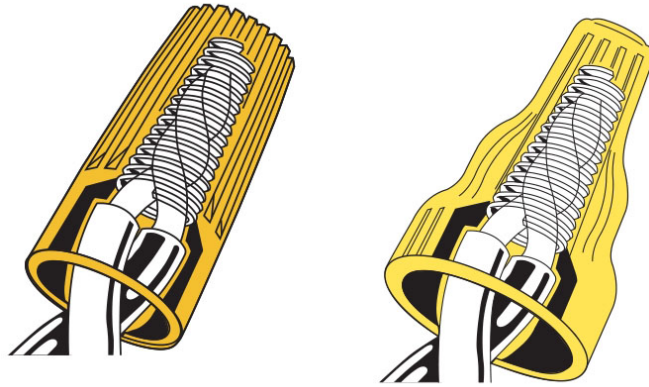
3.10 连接导线

以下所示的是几种常见的导线连接方法：

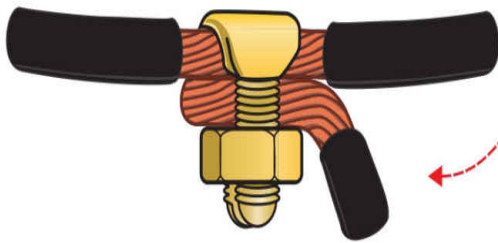
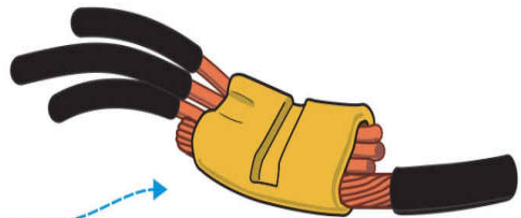
①加工好导线线头，使两根导线的线头等长度插入连接套管，然后用专门的压接钳钳压连接套管即可。



②加工好导线线头至合适长度，将导线线头拧在一起，然后将导线端帽拧上，如左图所示。

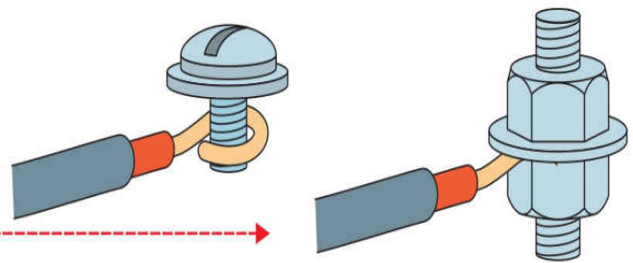


③ 加工好导线线头，使两根或多根导线的线头等长度插入连接套管，然后用专门的压接钳压连接套管，如右图所示。

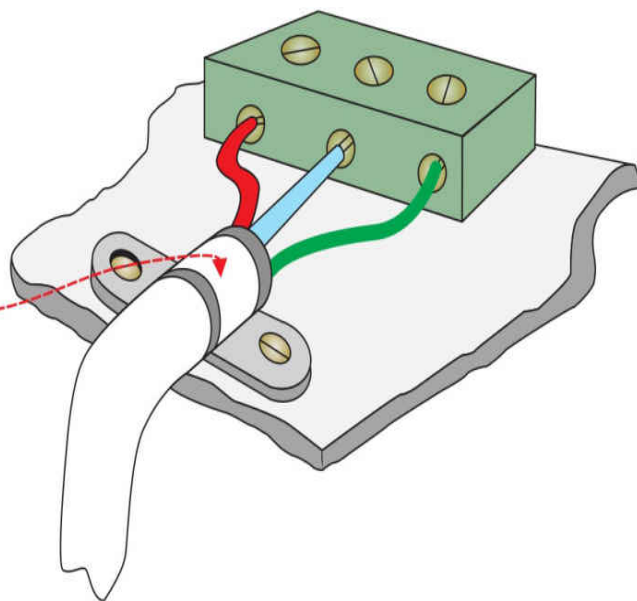


④ 加工好导线线头，使两根或多根导线的线头等长度插入连接线夹，然后拧紧线夹螺钉，如左图所示。

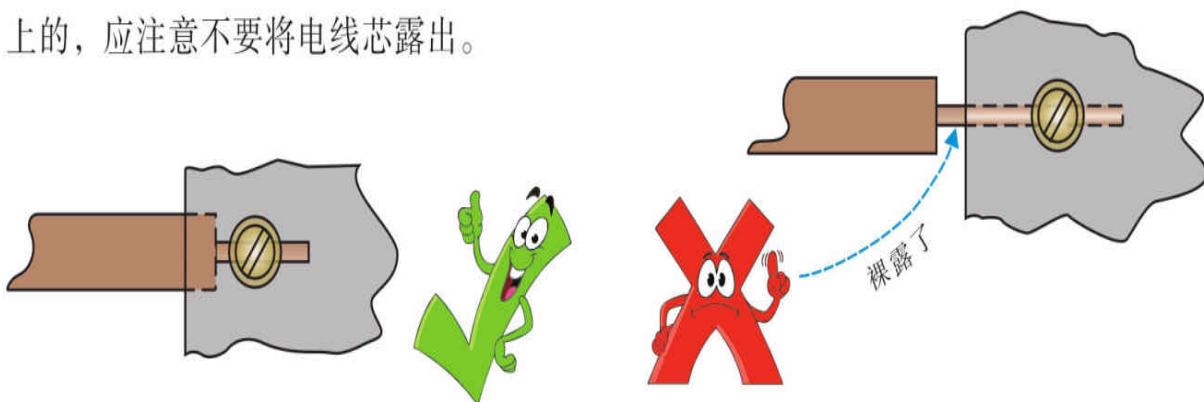
⑤ 加工好导线线头，使导线线头弯曲成环，如右图所示，然后用螺钉或螺母拧紧压接。



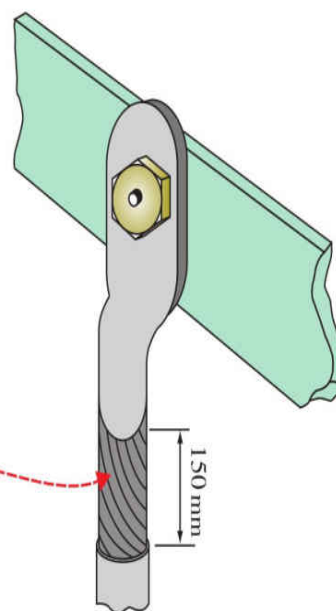
⑦ 根据导线的连接情况，在某些部位需要使用导线固定装置，以免导线线头折断。

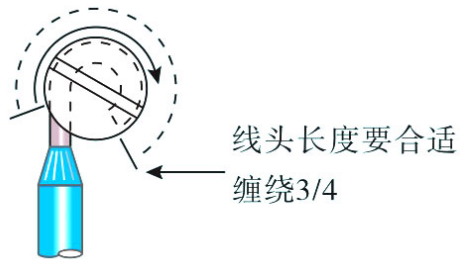


若导线线头是直接连接到接线柱上的，应注意不要将电线芯露出。

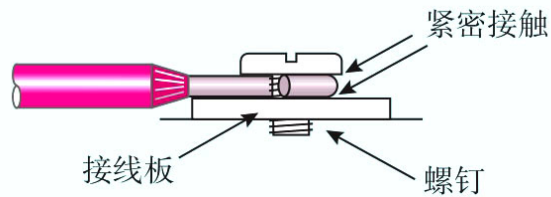


⑧ 导线线头加工为端头，且线路电流较大的，建议在导线端头处剥除绝缘层150mm，用耐高温的热缩管或其他耐热的套管重新进行绝缘，如右图所示。

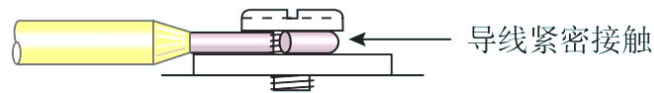




第一步：剥除绝缘，绕接。



第二步：拧紧螺钉，使导线与接线板紧密接触。

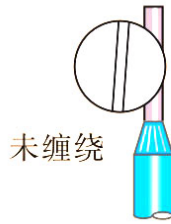


第三步：完成接线。

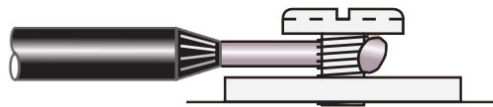
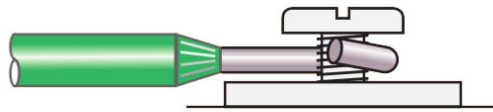
大多数低压电工通常接触的可能是接线柱连接、线头绕接，这些接法的操作的确很简单，但也容易出问题，大意不得。

简单的更需留意！

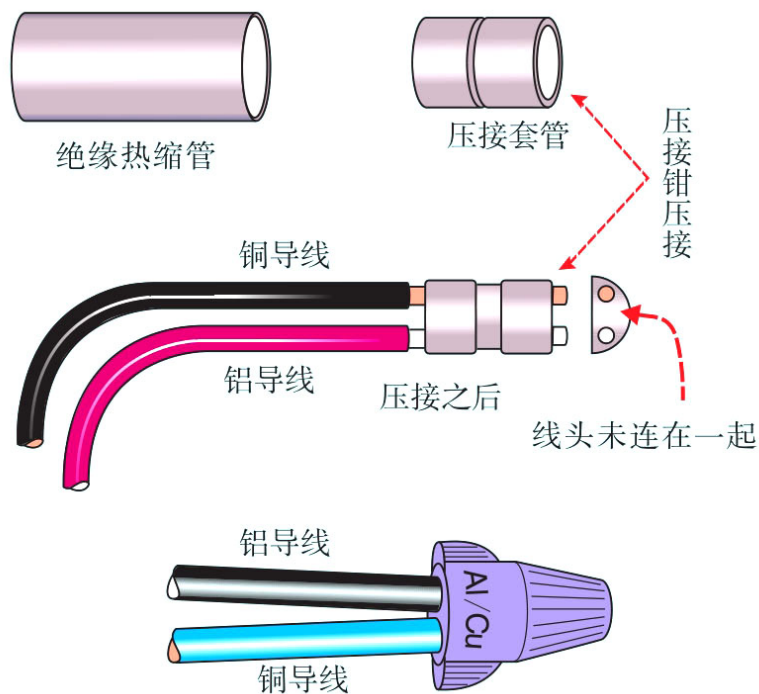




导线线头缠绕不正确



不正确的螺钉压接

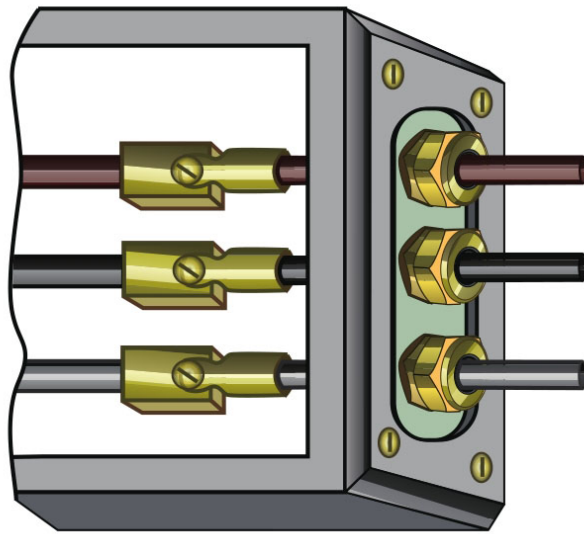


需注意的是，在开关、插座等部件中的接线柱、接线板的材质应与导线一致，不要将铝导线接在铜质接线柱上，反之亦然。

铜、铝导线不要直接连接，应使用专门的铜铝过渡的连接附件。在铜线和铝线连接处容易产生电化学反应，所生成的灰白色物质是三氧化二铝，时间稍长，连接处接触电阻就会增大、发热，造成电路时通时断的情况，极易引发建筑物火灾。

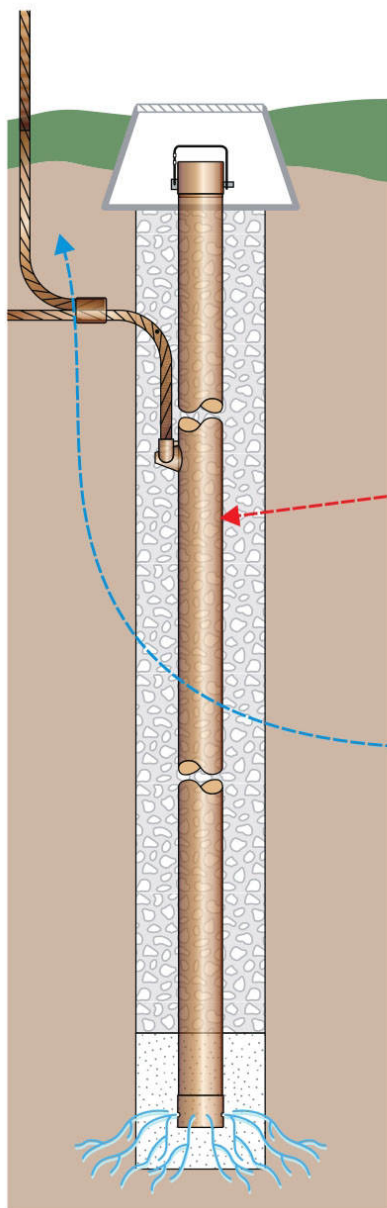
已重新绝缘
的导线端头
实物图





如果单芯电线通过的电流大，且通过具有金属外壳的开关、接线盒或其他装置时，应在金属外壳上开孔，使用非金属盖板，以免产生谐波环流。

接地线连接处一定要做防腐蚀处理，可使用专门的涂料，也可用环氧树脂加石墨粉应急。室内电线接头处可涂抹中性凡士林，涂抹之前应清除线头、接线柱（板）上的氧化层。



在接地要求高的场合，应使用专门的接地电极，例如铜焊接接地棒、镀锌接地棒，并使用与之配套的连接附件，以提高接地性能。

接地线可通过铜线夹连接到接地电极上，但应先在连接处做**防锈蚀处理**（可使用聚苯胺防腐导电涂料），以免因导体锈蚀使接触（接地）电阻增大，降低保护性能。下图所示的是使用钢筋作为接地电极，铜导线作接地导线，它们通过铜线夹连接在一起。在接地要求高的场合，并不建议如此使用。





加工好的导线端头

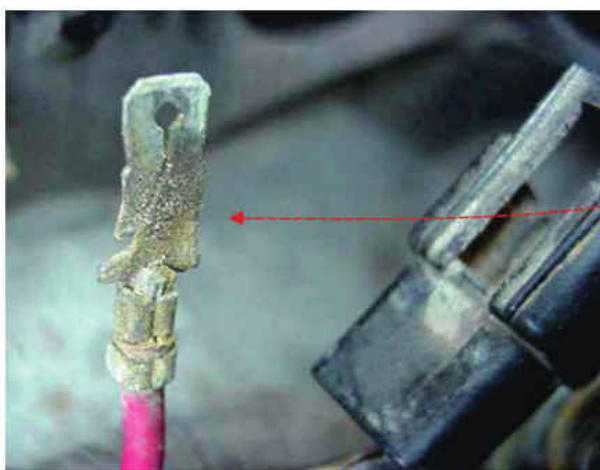


不合格的导线端头

接地线与接地电极通过铜线夹紧紧钳压在一起，可接受。



接地线仅是缠绕在铜线夹上，容易出现接触不良，不接受。



在潮湿的环境中（特别是接地电极与接地线的连接处），电线接头处最易腐蚀，应做好防腐蚀处理。



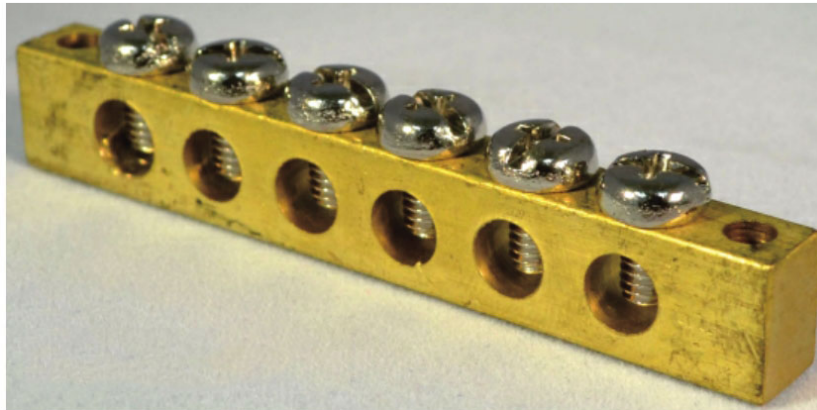
3.11 接线端子排与接线标注

接线端子排是电气工程中的组合接线固定装置。端子排的作用就是将屏内设备和屏外设备的线路相连接，起到电流电压传输的作用。有了端子排，就会使得接线美观，维护方便，使远距离线之间的连接牢靠，施工和维护方便。

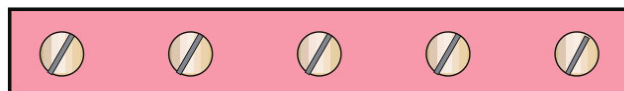
接线端子排分非绝缘端子排、绝缘端子排两大类。下图所示的分别是接线端子排的示意图与实物图。



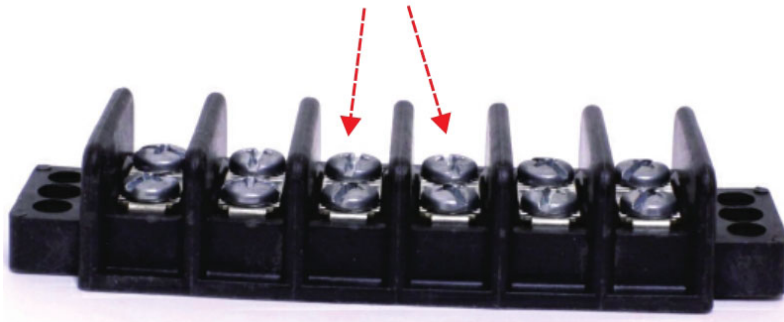
接线端子排的示意图

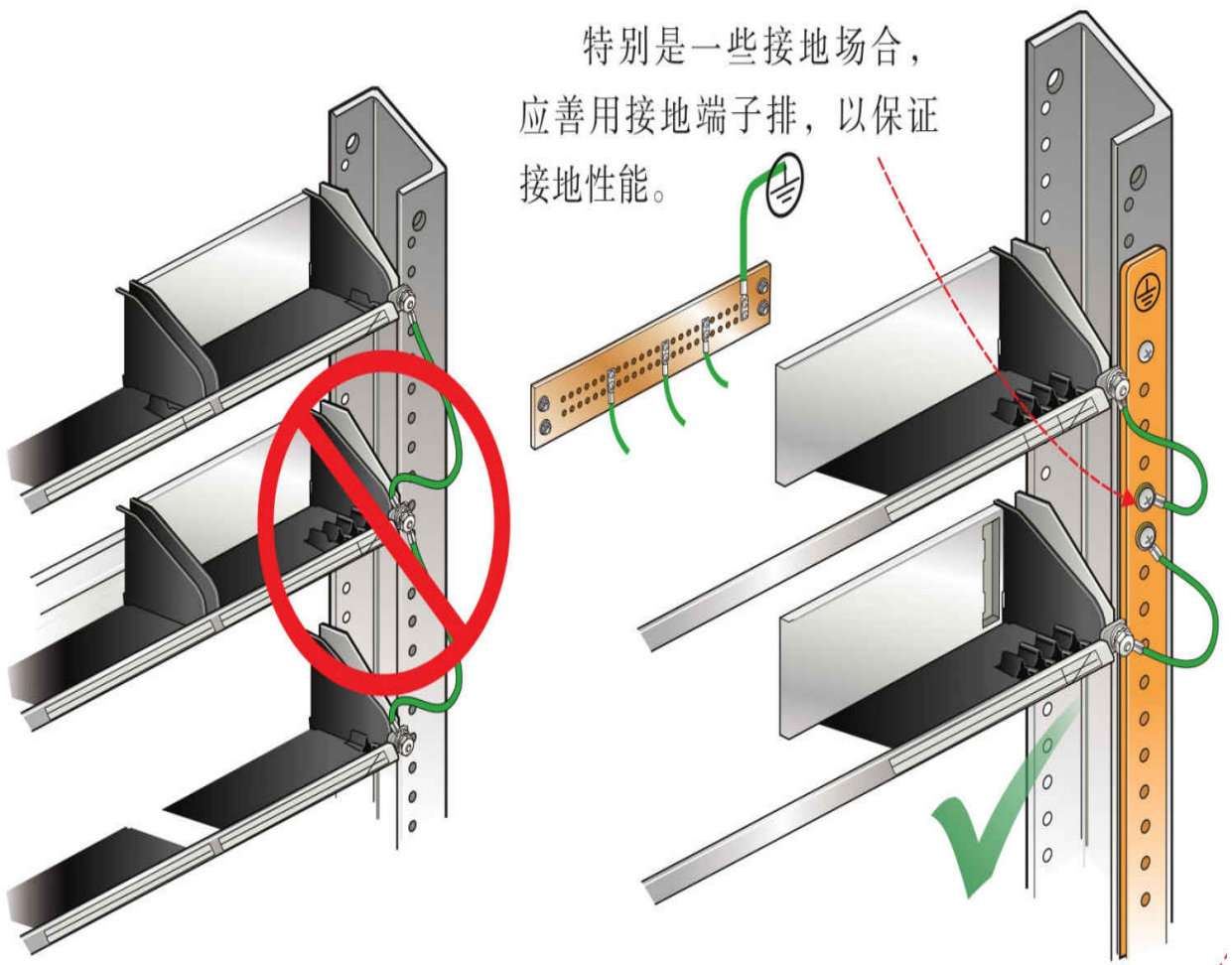


非绝缘端子排



接线端之间彼此绝缘

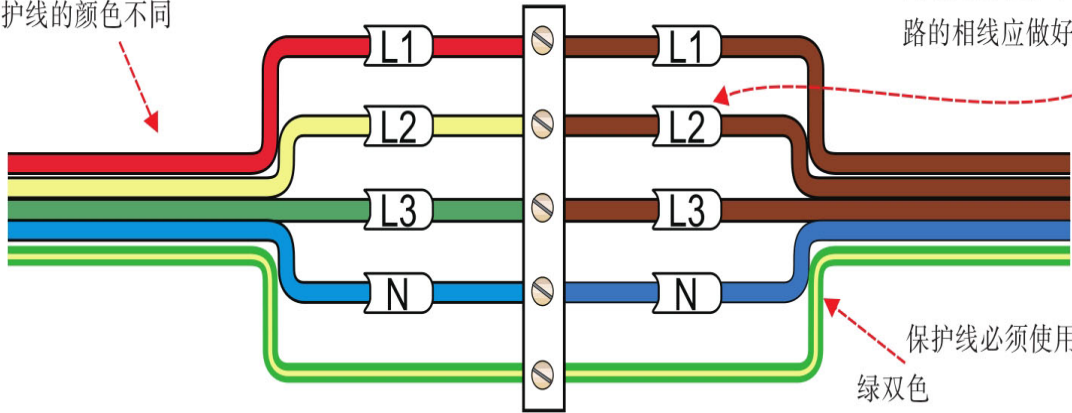




在接线操作时，最好使用规定的或不同颜色的电线以区分火线（L）、零线（N）与保护线（PE）。至少应保证零线、保护线的颜色与火线颜色不同。

不论熟练与否，在相关电线上做一个标牌，是杜绝布线、接线失误的一个很好的方法。

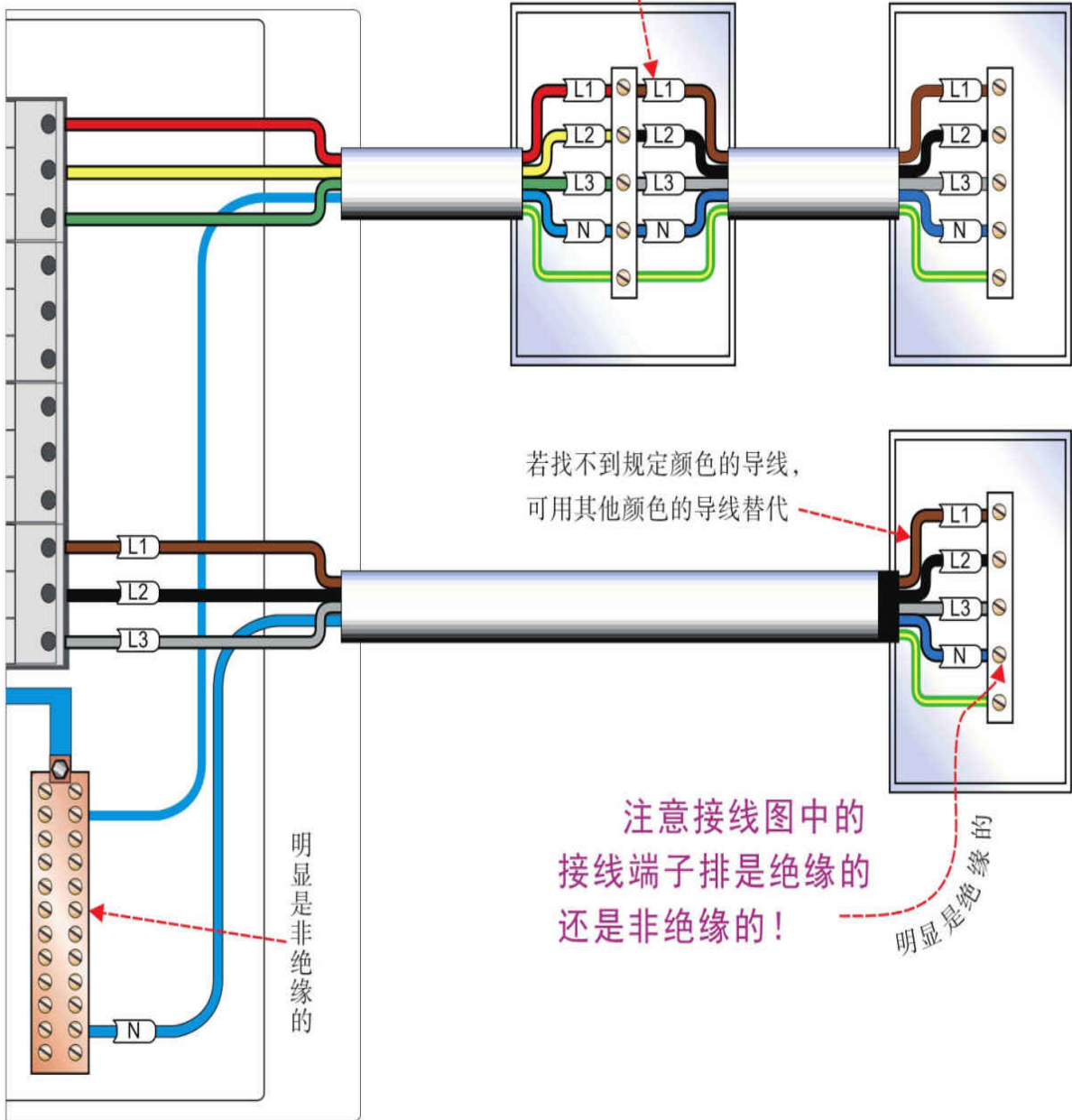
尽量保证火线、零线与
保护线的颜色不同



对相同颜色、不同分支电
路的相线应做好标记

保护线必须使用规定的黄
绿双色

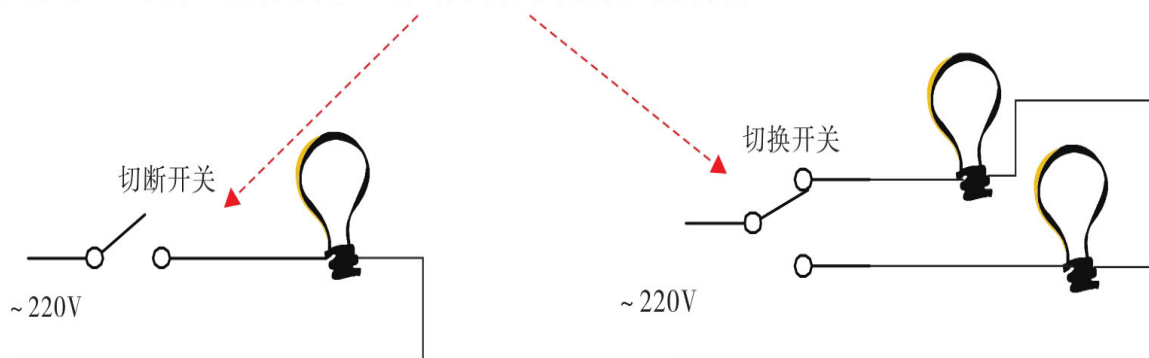
做好接线标记很有必要



第4章 常用低压电器

4.1 开关

开关是一种在电路中用以**切断**或**切换**电流的设备。



开关的种类很多，可根据需要选用。不论什么开关，在电路中不外乎起到断路器或换路器的作用，以下所示的是几个不同开关的实物图。



对于开关，有两个问题值得注意：开关是否是瞬间接触？开关有没有一个中间断开位置？

瞬间接触开关主要用于只需要短暂接通或断开的情况。需注意的是，并不是所有的开关都有瞬时接触特性或中间断开位置。如果开关图形符号处标注有NC或NO，你知道意味着什么吗？

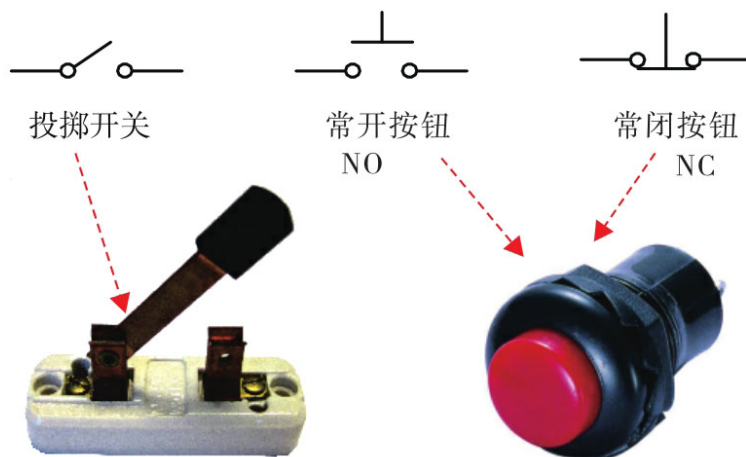
常闭 (NC)：一个常闭按键开关在开关没有按下时，相当于通道闭合。

常开 (NO)：一个常开按键开关在开关没有按下时，相当于通道断开。

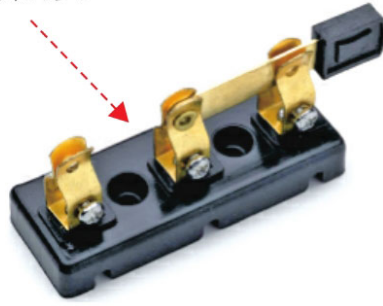
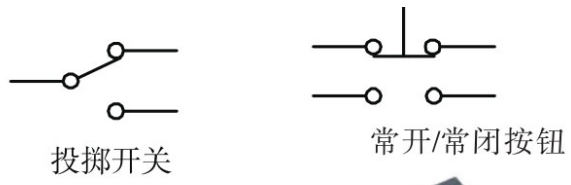
一个开关可用刀数、掷数来表述它。

常用字母P表示“刀”，字母T表示“掷”，D表示“双”，S表示“单”。当刀或掷数超过2时，直接使用数字。例如，SPST——单刀单掷；SPDT——单刀双掷；DPST——双刀单掷；DPDT——双刀双掷；DP3T——双刀三掷，等等。以下所示为一些开关的电路图形符号与实物图。

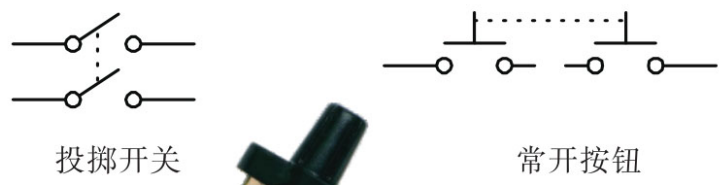
部分开关图形符号



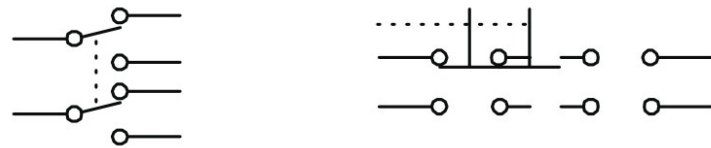
单刀单掷开关 (SPST)



单刀双掷开关 (SPDT)



双刀单掷开关 (DPST)



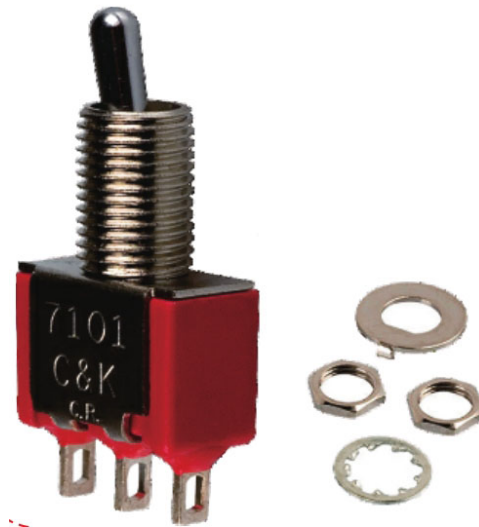
投掷开关

常开/常闭按钮



双刀双掷开关 (DPDT)

4.1.1 常用小型开关

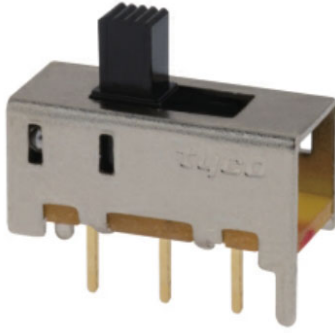


钮子开关：

钮子开关是一种手动控制机械开关，主要用于交直流电源电路的通断控制、设备工作状态切换控制等，具有体积小、操作方便等特点，是电子设备中常用的开关。

钮子开关的种类很多，以刀数、掷数看，常见的有单刀单掷、单刀双掷、双刀双掷钮子开关。

拨动开关：



拨动开关是通过拨动开关柄使电路接通或断开，从而达到切换电路目的的开关。拨动开关常用的品种有单极双位、单极三位、双极双位及双极三位等，一般用于低压电路，具有滑块动作灵活、性能稳定可靠的特点。

翘板开关：



也称船形开关、跷板开关、电源开关，其结构与钮子开关相同，只是把钮柄换成船形。翘板开关常用作电子设备的电源开关，其触点分为单刀单掷和双刀双掷等几种。

转换开关：



又称组合开关。转换开关是刀开关的一种发展，其区别是刀开关操作时上下平面动作，转换开关则是左右旋转平面动作，并且可制成多触

头、多挡位的开关。转换开关多用于非频繁地接通和断开电路，例如小容量笼型电动机的启停、变速、可逆运行等。

4.1.2 刀开关



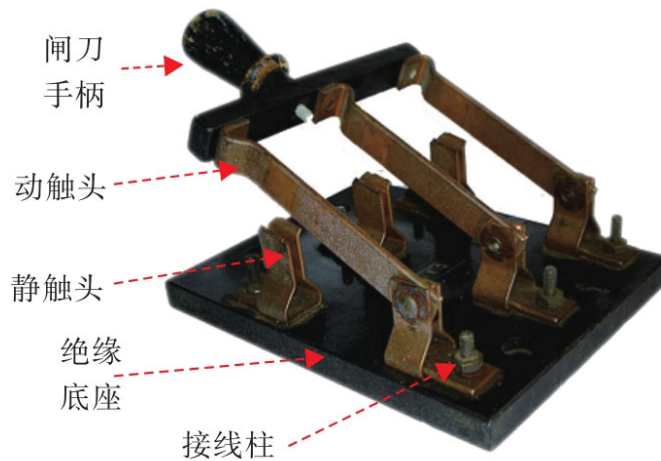
两个刀开关

刀开关又称闸刀开关或隔离开关，是手控电器中最简单且使用较广泛的一种低压电器。

刀开关是带有动触头——闸刀，并通过它与底座上的静触头——刀夹座相契合（或分离），以接通（或分断）电路的一种开关。



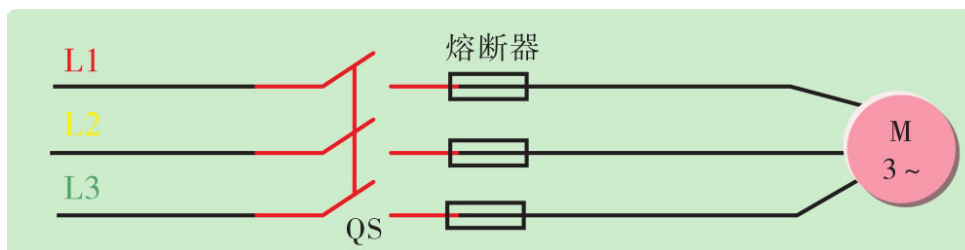
两个刀开关的电路图形符号



刀开关可分为刀形转换开关、开启式负荷开关（胶盖瓷底刀开关）、封闭式负荷开关（铁壳开关）、熔断器式刀开关和组合开关等。有些刀开关还会有灭弧装置。装有灭弧装置的刀开关可以切断电流负荷，其他系列刀开关只作隔离开关使用。在实际中应根据电路实际情况选用。

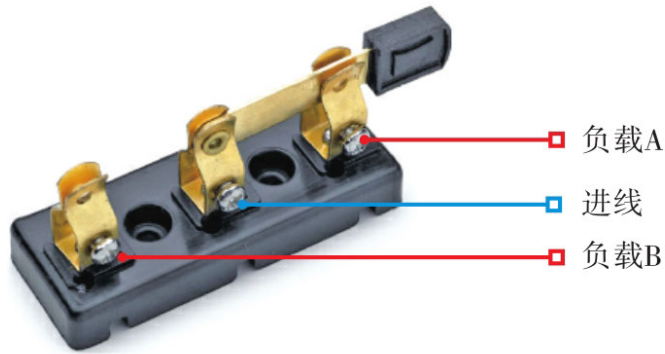
在日常生活中，最常见的刀开关使用例子就是简单的电动机启动、停止控制，刀开关串接在电动机的输入线路上，如下图所示。

不过，由于电动机有反电动势，容易导致刀开关产生电弧，如今的电动机控制大多使用接触器，以保证安全。



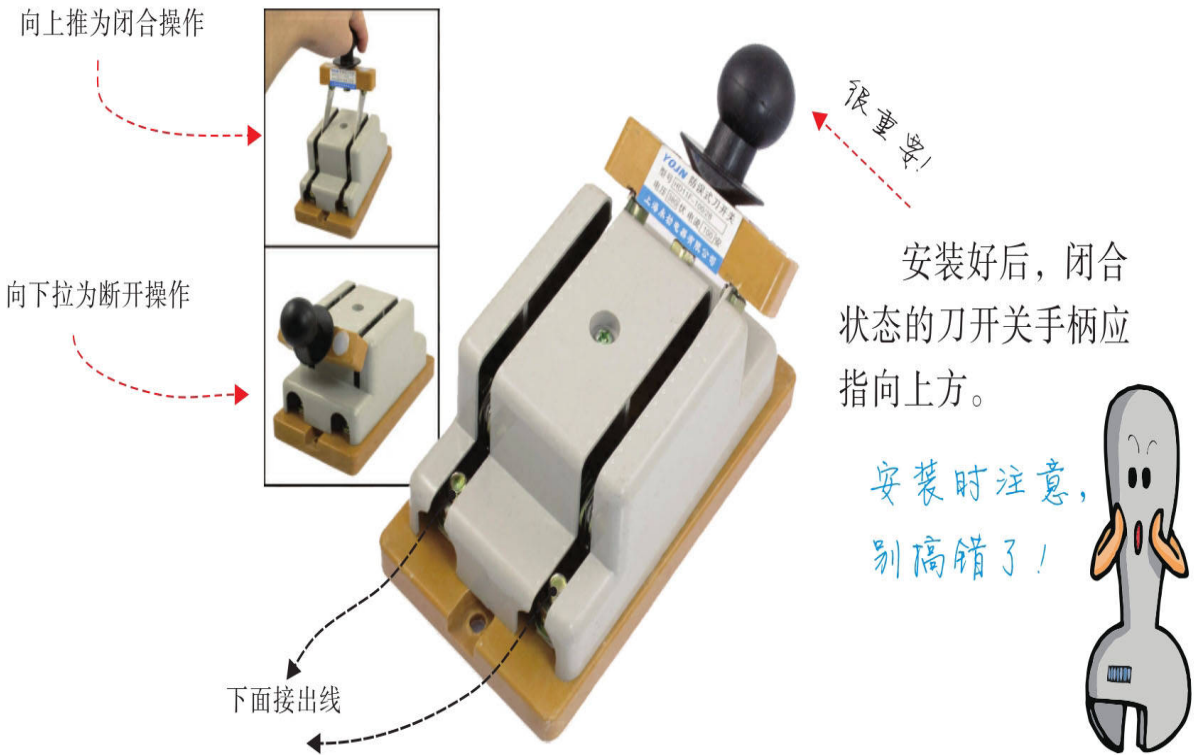
带熔断器的刀开关除控制线路闭合、断开外，还可起到保护作用。

单掷刀开关通常起到闭合、断开控制作用，或者说起到隔离作用。刀开关都有明显的断开间距。在检修电路、设备时，拉下刀开关，可使刀开关出线之后的线路、设备与电源之间断开，以保证检修工作的安全。



双掷刀开关除控制闭合、断开外，还起到换路器的作用。

为防止刀开关在断开状态时，静触刀由于重力作用而跌落，导致刀开关误闭合，刀开关应垂直安装在绝缘安装板上，且闭合状态下的闸刀手柄应指向上方。不得倒置或平置刀开关，以防刀开关在断开状态下出现误动作而导致人身安全事故。



注意事项

使用刀开关还应注意以下一些方面

使用刀开关还应注意以下一些方面：

①安装刀开关时注意刀开关距地面的高度，应在1.3m以上。同时应注意与其他导线（特别是裸露导线）保持一定的安全距离，以方便操作。

②用于电源通断控制的刀开关，其进、出接线应按要求连接，进线接在刀开关的上部接线端，出线（负载）则连接刀开关下部的接线端。

③若连接与刀开关导体不同的其他金属导线，建议使用铜铝过渡的接线端头来处理导线的线头，以防止接触位置发生电化学锈蚀。

④连接导线至刀开关时，注意操作的力度，避免损伤刀开关的静触头。

⑤若用于分断负载电流，尽量使用带灭弧罩的刀开关。为防止电弧灼伤，合闸、拉闸动作要迅速。

⑥若刀开关的触刀、触头出现氧化，应及时清除。为防止氧化，可在刀开关的触刀、触头的接触部位涂抹适量的中性凡士林。

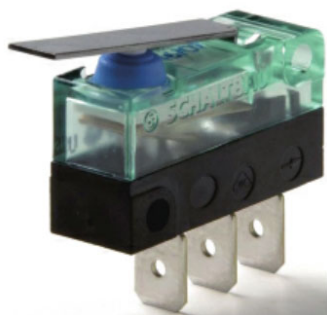
4.1.3 按钮开关

按钮开关是利用按钮推动传动机构，使动触头与静触头接通或断开，借以实现切断和接通电路的低压开关电器。

按钮开关的结构种类很多，可分为常开型和常闭型开关；也可分为单刀单掷（SPST）、单刀双掷（SPDT）、双刀单掷（DPST）、双刀双掷（DPDT）等多种不同开关刀数的开关；还可分为普通掀钮式、蘑菇头式、自锁式、自复位式、旋柄式、带指示灯式、带灯符号式及钥匙式等开关。



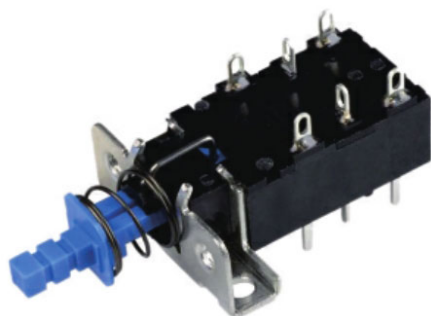
旋柄式



掀钮式



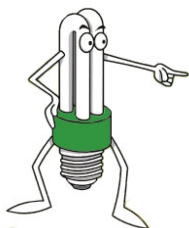
钥匙式



自锁式



蘑菇头式



在按钮开关中，如果没有自锁装置，通常被称为瞬时按钮开关。

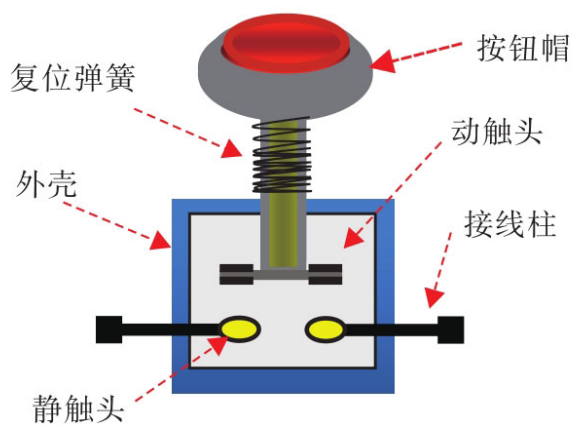
这些开关被用于瞬间接通的场合，如电子设备的复位开关、触发开关等。

按钮开关的结构

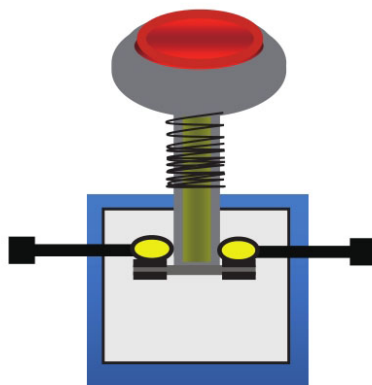
按钮开关种类多，但结构相似

按钮开关的型号非常多。不同按钮开关，其结构也有所不同，但它们的架构是相似的。

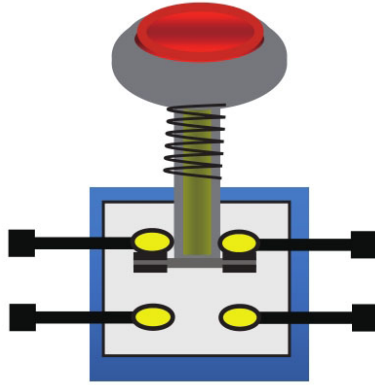
按钮开关通常由按钮帽、复位弹簧、外壳、接线柱、动触头、静触头等组成。下面三幅图所示的是常开按钮、常闭按钮、复合按钮的结构示意图。



常开按钮



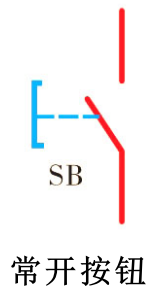
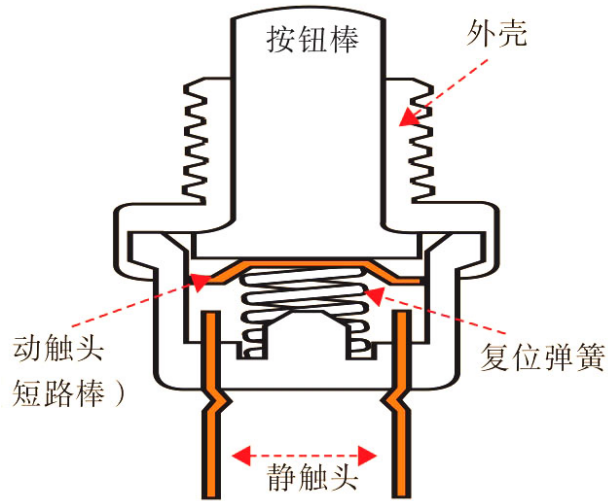
常闭按钮



复合按钮

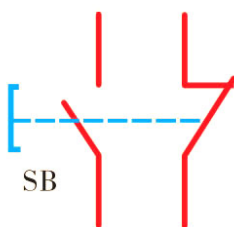
右图所示的是一个实际的按钮开关的内部结构图，请与上面的常开按钮结构示意图比较一下。

下面所示的是按钮开关的电路图形符号。





常闭按钮



复合按钮



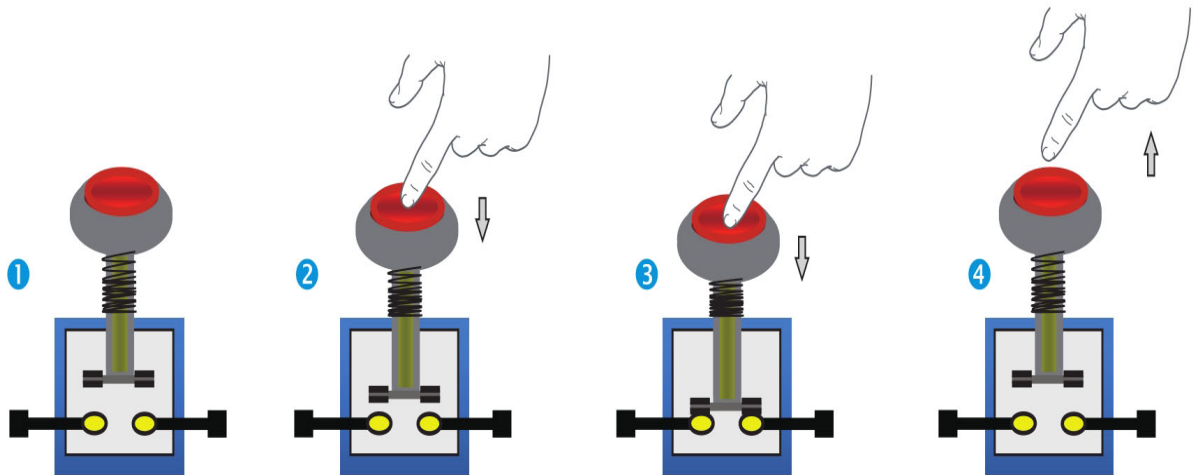
对于按钮开关，你有必要了解下面的概念：

在其他一些书籍中，常开按钮被描述为“动合按钮”，常闭按钮被描述为“动断按钮”。

对于按钮开关的动作过程其实是不难理解的。你仔细观察一下前面按钮开关的结构示意图，想一想，应该会明白的。

这里以常开按钮开关为例来讲解一个动作过程示意图：

①常开按钮开关；②向下按开关按钮，动触头向下位移；③继续向下按，动触头接触到静触头，开关通道导通；④松开按钮，复位弹簧通过顶起按钮棒，带动动触头与静触头脱离接触，开关通道断开。



选择按钮开关

按钮开关种类很多，应根据不同的场所、所要实现的控制动作来选择使用。常用的按钮用途如下表所示。

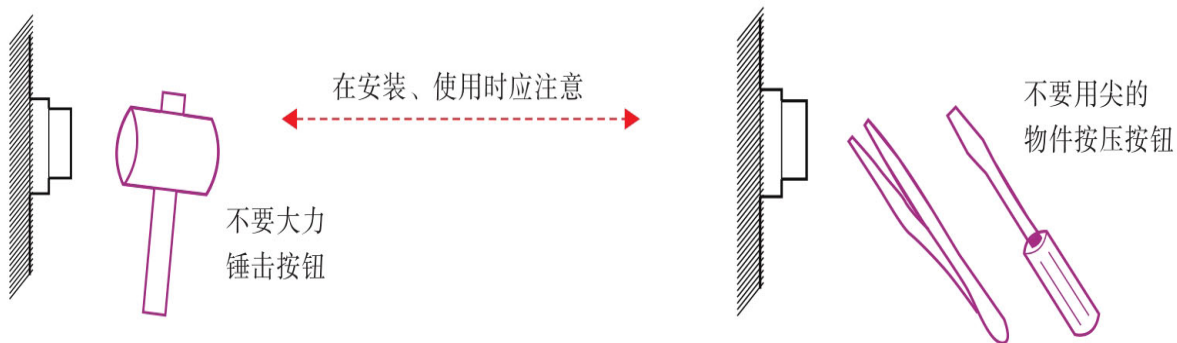
开启式 (K)	嵌装固定在开关板、控制柜或控制台的面板上
保护式 (H)	带保护外壳，适于安全性要求较高的场合
防水式 (S)	带密封的外壳，用于潮湿、有水场合
防腐式 (F)	能防止化学腐蚀性气体的侵入
防爆式 (B)	适于含有爆炸性气体与尘埃的地方，如煤矿等场所
旋钮式 (X)	旋转操作，一般为面板安装式
钥匙式 (Y)	用钥匙插入旋转进行操作，可供专人操作或防止误操作
紧急式 (J)	有红色大蘑菇钮头突出于外，作紧急时切断电源用
自锁式 (ZS)	按下后不会自动复位
带灯式 (D)	按钮内装有信号灯，多用于控制柜、控制台的面板上
组合式 (Z)	多个按钮组合在一起

明确标示

明确标示开关，以免误操作

为了标明各个按钮的作用，避免误操作，应选用不同颜色帽的按钮开关。按钮开关的按钮帽通常有红、绿、黄、白、黑、蓝六种颜色，以示区别。

通常，红色表示停止（关断）、紧急停车；
绿色或黑色表示启动；
黄色、白色与蓝色在不同的设备中所代表的意义可能不同。

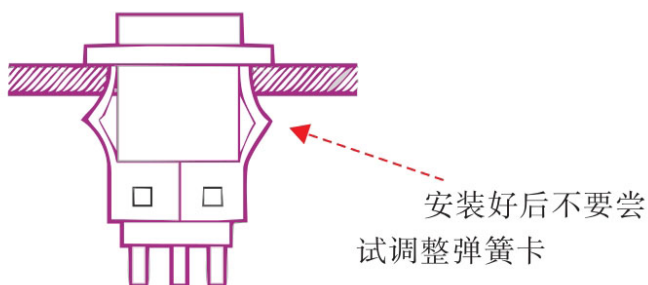


安装按钮开关

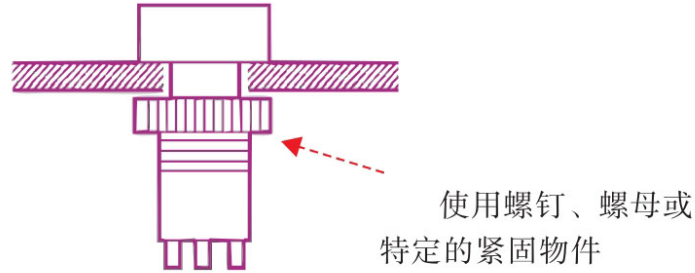


按钮开关的安装很简单，通常是利用按钮开关自身的

弹簧卡进行嵌入式安装，或是利用螺钉、螺母（或其他紧固物件）将按钮开关固定在相关面板上。



嵌入式安装



螺母安装

在安装按钮开关时应注意：

紧急按钮、电源控制按钮应安装在明显、方便操作的部位。按钮开关的排列布局应合理，每对功能相对的按钮应安装在一起。

按钮开关的接线端之间的间距通常比较小，在连接导线前，最好先套上绝缘套管，如黄蜡套管、绝缘热缩管等。

4.1.4 检测按钮开关

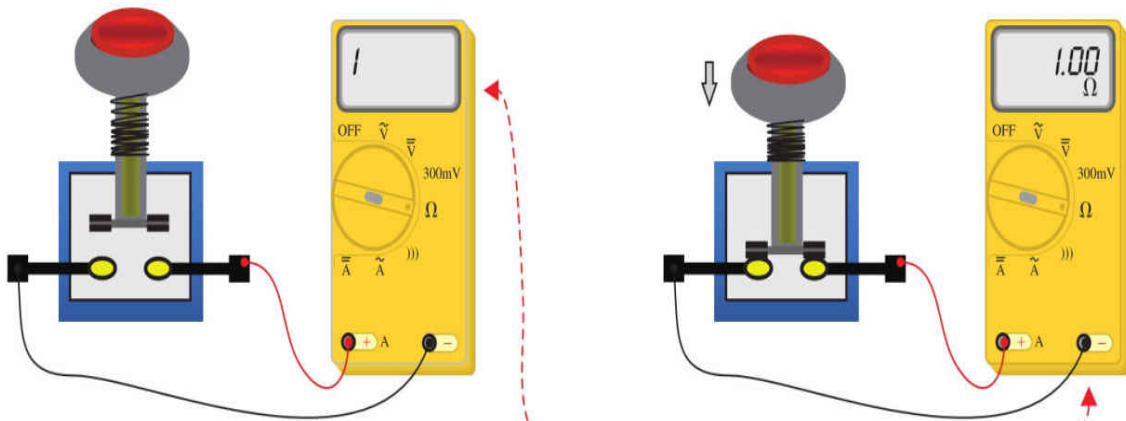
按钮开关的检测分外观检测与开关通断检测两个方面。其他常用开关的检测也可参阅本部分内容。

在外观方面，应注意观察开关外观是否良好。开关应没有松动、转换不到位、触头与接线柱发霉氧化等现象。

开关的通断性属于电气方面的特性，通常可利用万用表来检测。如果使用指针式万用表，则可选择万用表的 $1\ \Omega$ 与 $1\text{M}\ \Omega$ 挡；如果使用数字万用表，则可选择万用表的最小欧姆挡或短路线检测挡检测导通性，选择大欧姆挡检测断路性。

检测按钮开关

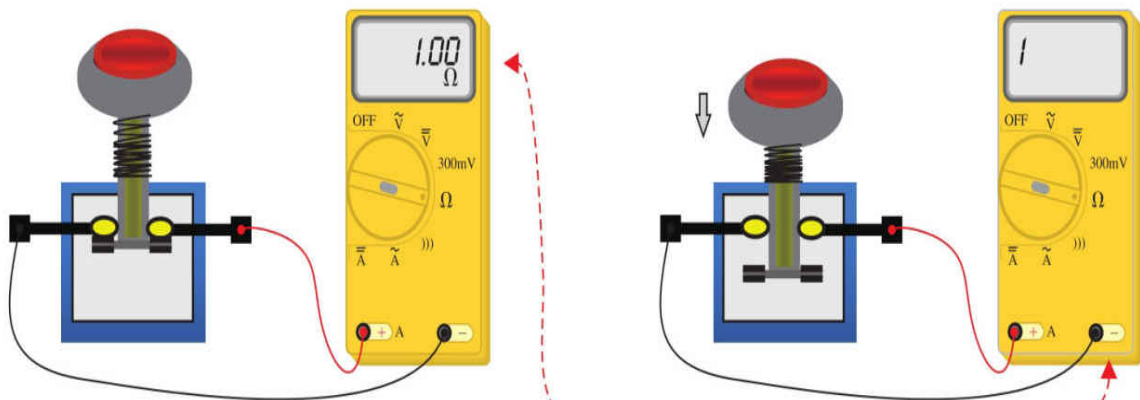
检测按钮开关的通断



检测常开按钮：

未按开关的按钮时，两接线端之间的电阻非常大。

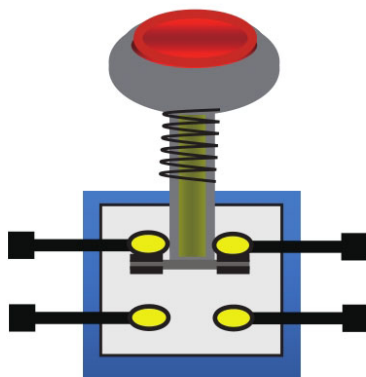
按下开关的按钮时，开关导通，两接线端之间的电阻非常小。



检测常闭按钮：

未按开关的按钮时，两接线端之间的电阻非常小。

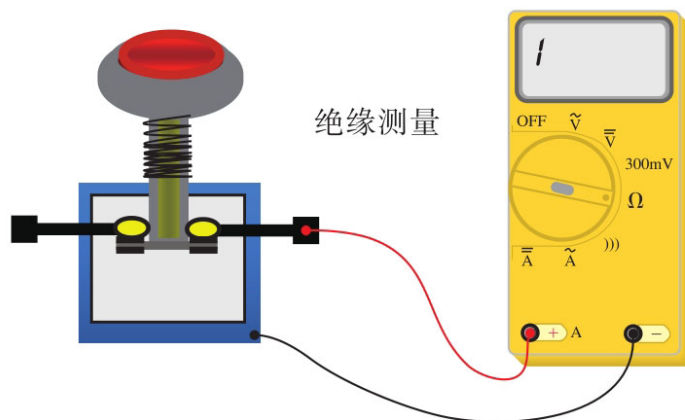
按下开关的按钮时，开关断开，两接线端之间的电阻非常大（接近 ∞ ）。



检测开关的绝缘

电工作业中，绝缘检测很重要

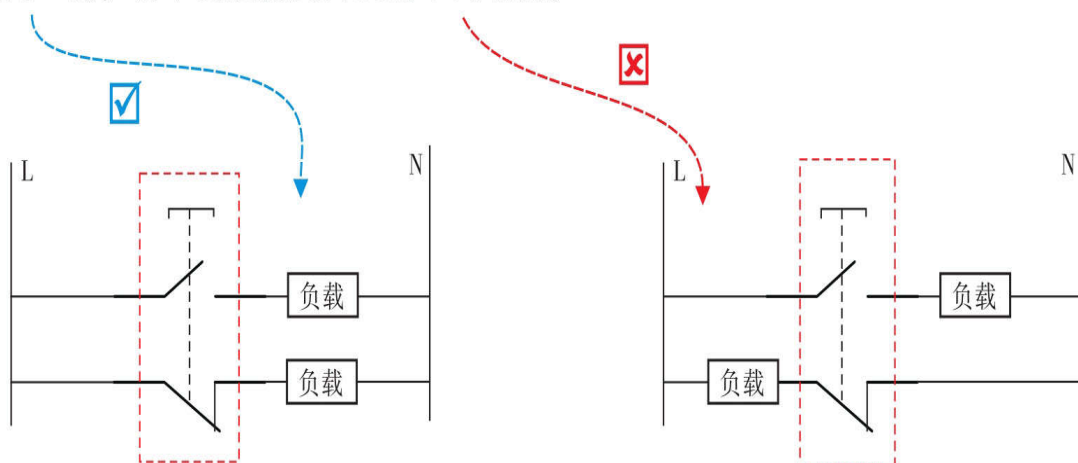
应注意开关的绝缘，特别是对用在电源控制方面的开关。通常我们可用万用表的兆欧级电阻挡来检测开关的绝缘性。开关的所有接线端与外壳之间的电阻应趋向于 ∞ 。



4.1.5 开关与负载的连接

开关连接到感性负载、灯负载、电动机等时应考虑到开关能承受接通时的浪涌电流、反峰电压。灯负载的浪涌电流通常10倍以上于稳态电流，电动机负载的浪涌电流通常6倍以上于稳态电流，感性负载则会有反峰电压等问题。

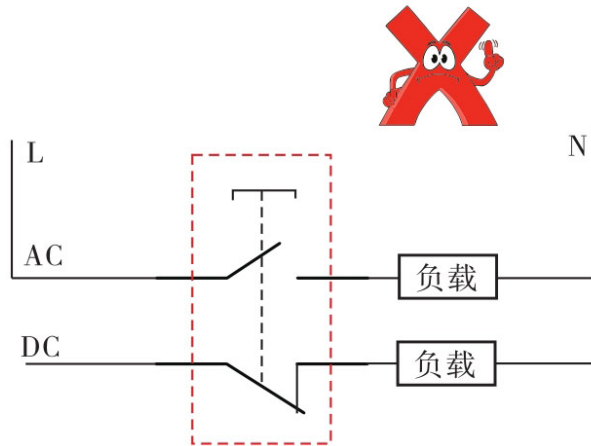
在进行开关（特别是使用多刀多掷的开关）与负载的连接时，可以在一个开关上连接同一个负载的电线，但最好不要在一个开关上连接两个或多个大容量的负载，否则，可能会影响开关的绝缘性与寿命。如果非要连接两个或多个负载，则应将负载连接到同一侧，而不要连接到开关的不同端侧。



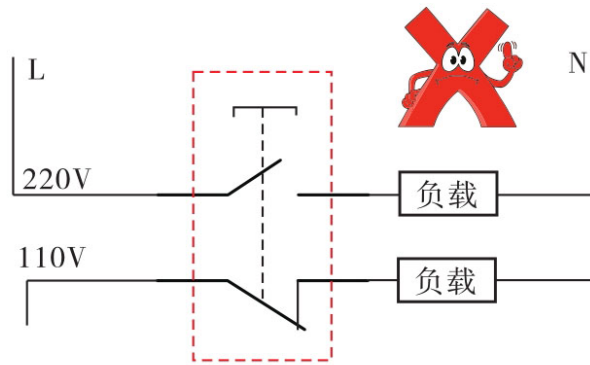
注意

开关连接时应避免以下两种情况

不要在同一个开关上同时连接交流、直流负载。



不要在一个开关的不同通道上连接不同电压的负载，以免因开关接线端之间出现大的电压差而导致意外发生。



4.1.6 开关与负载的保护连接

如果开关所接的负载是感性负载，如电动机、继电器，有必要采用一些开关接线端的保护电路，以延长开关触点寿命、防止开关噪声，抑制电弧碳化、硝酸腐蚀。同时应注意保护电路是否正确，以免产生不利影响。

RC保护电路

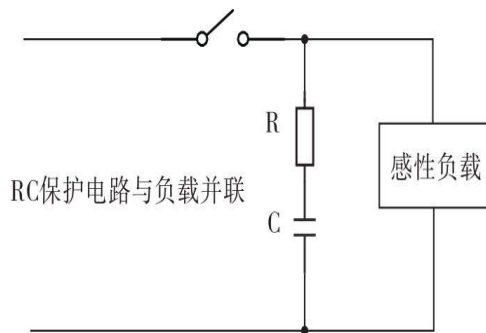
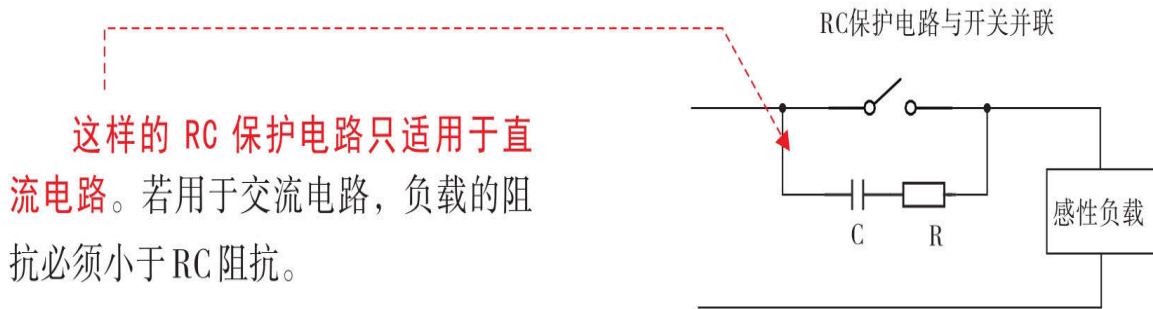
电阻电容电路是简单有效的保护电路

RC保护电路中的电阻、电容串接在一起。但RC电路与开关电路的连接有两种情况：一是RC保护电路与开关并联；二是RC保护电路与负载并联。

开关断开时，电容抑制火花放电电流；开关再次闭合时，电阻抑制浪涌电流。在实际应用中，应根据实际情况来选择合适的电阻与电容。如果开关用于交流切换，应确保电容没有极性，其耐压应在250V以上。

电容容量选择： $(0.5 \sim 1) \mu F \times \text{开关电流 (A)}$

电阻阻值选择： $(0.5 \sim 1) \Omega \times \text{开关电压 (V)}$



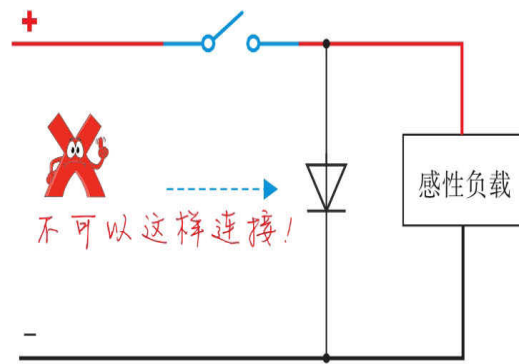
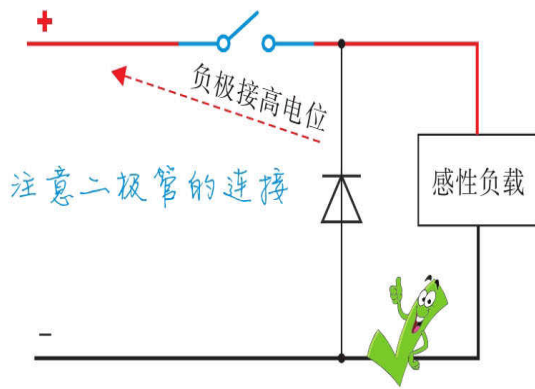
左边的RC保护电路既适用于直流电路，又适用于交流电路。对于继电器、电磁阀等感性负载而言效果是很好的。

二极管保护电路

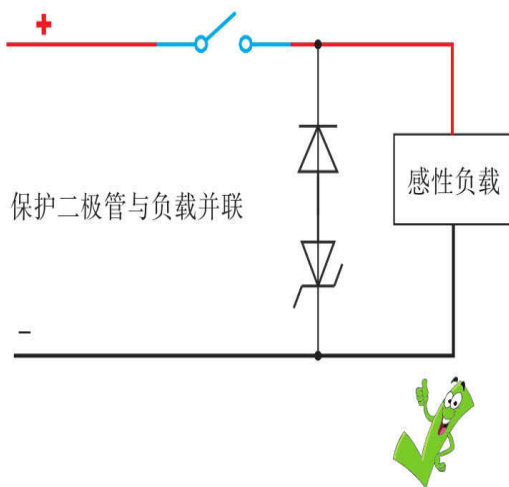
二极管保护电路仅限于直流电路

二极管保护电路仅限于直流电路。开关断开后，线圈中储存的能量经由与负载并联的二极管转化为电流，电流流过感性负载的线圈，转化为热能消耗掉。

需要注意的是，若使用二极管作为保护器件，二极管应能承受大于电路10倍以上的反峰电压，能承受远大于负载正向电流的电流。



二极管保护电路的复位时间延迟长于RC保护电路。但若复位时间延迟太长，可加一个稳压二极管，如左图所示。

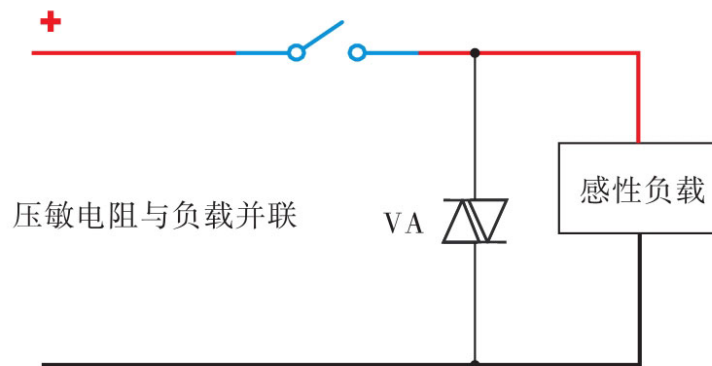


稳压二极管的稳压值通常为1.2倍电源电压。

压敏电阻法

压敏电阻法常见于电子电路中

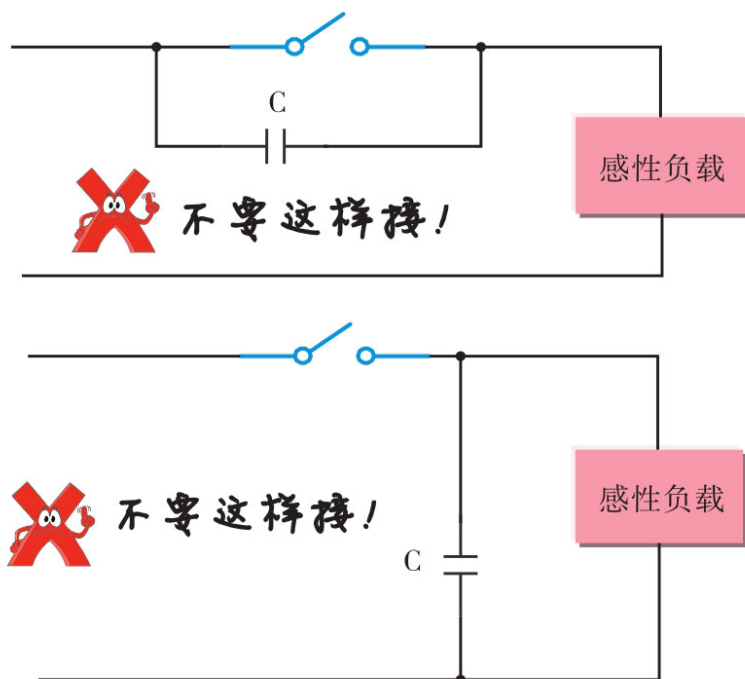
压敏电阻法适用于直流与交流电路。应根据电路实际情况选择合适的压敏电阻。当压敏电阻两端的电压高于其击穿电压时，压敏电阻会瞬时击穿导通，能有效防止尖峰电压引起的电弧等情况。



注意事项

使用保护电路时应注意

不要单独将电容与开关并联。如此连接虽然可以消除开关断开时的电弧，但电容将被充电。当开关再次闭合时，电容的短路电流会导致接触焊接，或产生火花，引起意外或缩短开关寿命。



注意，也不要单独将电容与负载并联。如此连接虽然可以消除开关断开时的电弧，但当开关再次闭合时，电容将被充电，充电电流会导致接触焊接，或产生火花，引起意外或缩短开关寿命。

4.1.7 开关的简单应用

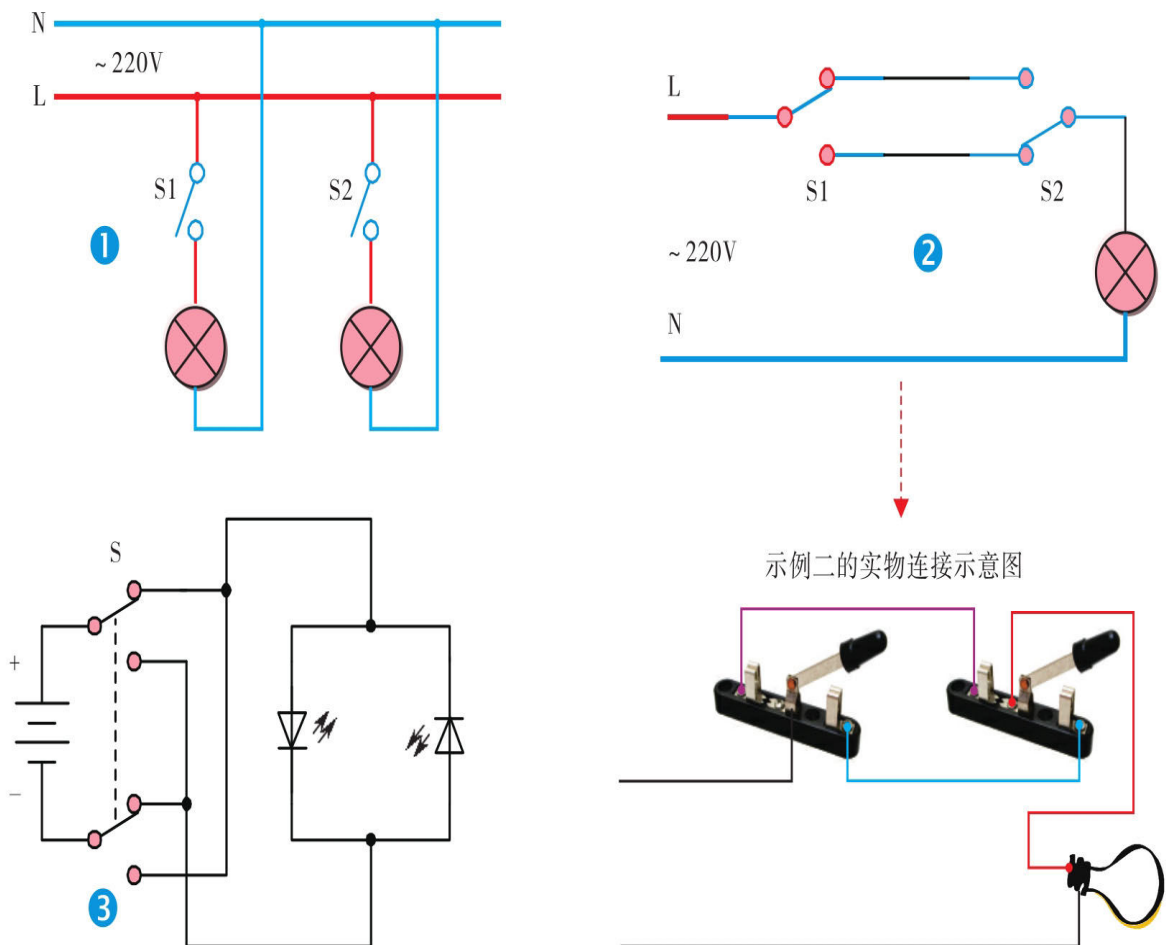
几个简单的实际例子：

①最简单的一个例子是一个单刀单掷开关（SPST）控制一盏电灯。注意，应将火线连接到开关，而不是将零线连接到开关。

②示例二所示的则是一个生活中常见的两个开关控制一盏电灯的例子（楼梯灯双控开关电路）。其中的开关为两个单刀双掷开关（S P D T）。

③示例三所示的是利用一个双刀双掷开关来实现电流换向的例子。当开关掷向上方时，左边的发光二极管工作，右边的不工作；当开关掷

向下方时，右边的发光二极管工作，左边的不工作。



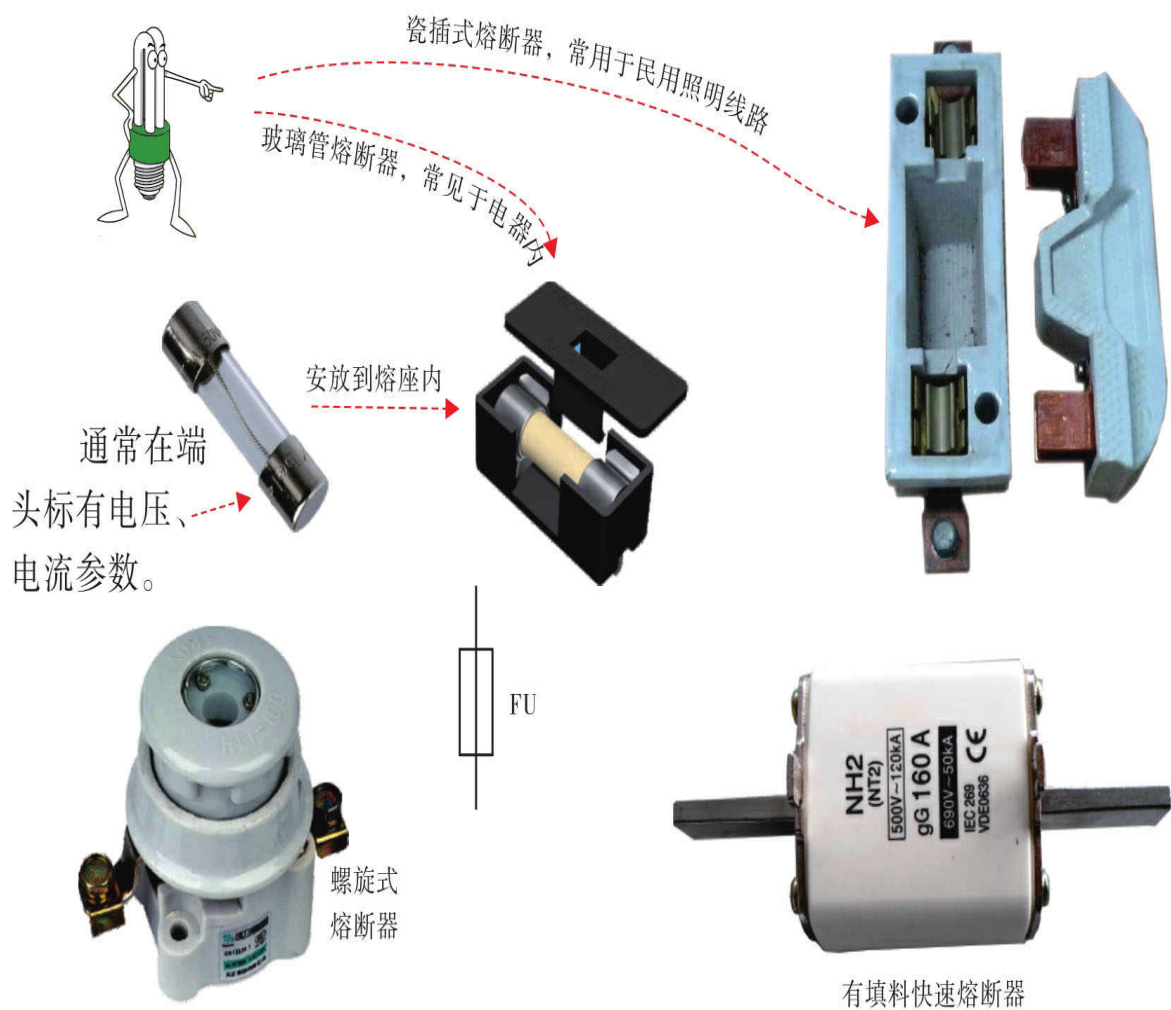
4.2 熔断器

熔断器中通常有一根金属丝或一条窄的金属条，当电路中的电流超过了它的额定电流时，金属丝或金属条会因本身产生的高热量而熔断，从而断开电路。

熔断器广泛应用于高低压配电系统和控制系统以及用电设备中，作为短路和过电流的保护器，是应用最普遍的保护器件之一。

对于一般熔断器，其额定电压必须大于或等于线路的额定电压。

根据电压的大小可将熔断器分为高压熔断器、中压熔断器和低压熔断器。通常将1kV以上的电压称为高压，380V~1kV的称为中压，小于380V的称为低压。



几个熔断器实物图与电路图形符号

4.2.1 低压熔断器

低压熔断器是低压配电网和电力拖动系统中主要用作短路保护的电器。熔断器通常由熔体、熔管、熔座、填充物等组成。

熔体是熔断器的核心，常做成丝状、片状或栅状，制作熔体的材料一般有铅锡合金、锌、铜、银等。正常工作时，熔体起导通电路的作用，在故障情况下熔体将首先熔化，从而切断电路，实现对其他设备的保护。

熔管是熔体的保护外壳，用耐热绝缘材料制成，在熔体熔断时兼有灭弧作用。

熔座是熔断器的底座，作用是固定熔管和外接引线。

熔体按分断电流的范围分为：全范围分断能力的熔体（用g表示）和部分范围分断能力的熔体（用a表示）。熔体按使用类别分为：一般用途的熔体（用G表示）和电动机保护用熔体（用M表示）。例如，右边所示熔断器的熔体标注为gG。



熔断器种类很多，常见的有瓷插式熔断器（RC）、螺旋式熔断器（RL）、有填料密封管式熔断器（RT）、无填料密封式熔断器（RM）、快速式熔断器（RS）、自恢复式熔断器（R Z），等等。

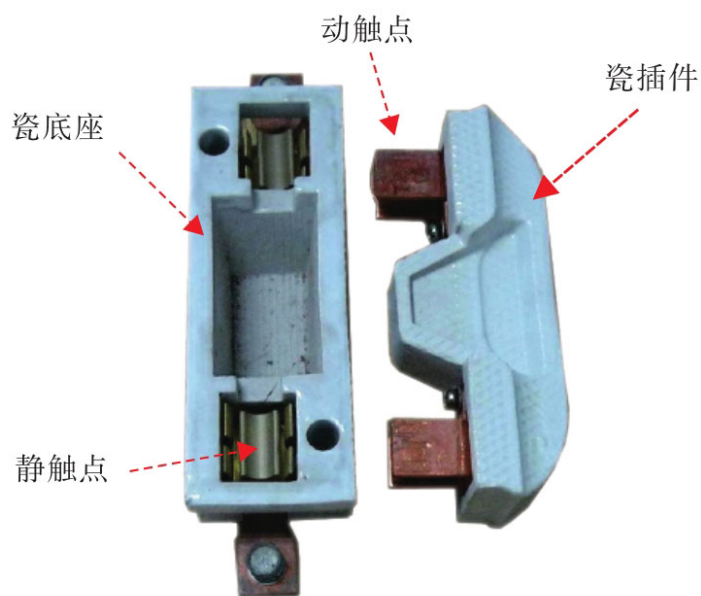
对于熔断器，我们应主要关注如下的一些技术参数。

额定电压：熔断器长期工作所能承受的电压，即安装处线路的额定电压。

额定电流：保证熔断器能长期正常工作的电流。

分断能力：在规定的使用和性能条件下，在规定电压下熔断器能分断的预期分断电流值。

时间-电流特性：在规定的条件下，表征流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系曲线。



瓷插式熔断器通常用于220V、380V线路末端或分支电路中，以提供短路保护、高倍过电流保护。

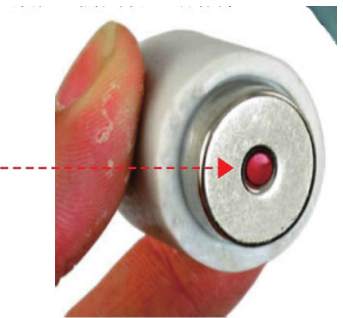
瓷插式熔断器由瓷底座、动触点、熔体、瓷插件与静触点等组成。熔体部分通常是取用合适长度的熔丝，缠绕在瓷插件及其动触点上。

螺旋式熔断器由瓷帽、熔管、瓷套、上接线端、下接线端、底座等组成。螺旋式熔断器多用于低压配电设备、机械设备的电气控制系统，用作短路、过电流保护。



螺旋式熔断器的熔体

其熔体是一个瓷管，其中装有熔丝、石英砂。熔丝焊在熔体两端的金属帽上，其中一端有染色的熔断指示器。当熔体熔断时，熔断指示器弹出脱落。



有填料高分断能力熔断器由瓷底座、管体、熔体等组成，应用于低压电气线路中，进行过载和短路保护。熔管为高强度陶瓷管，内装优质石英砂，熔体采用优质材料制成。其主要特点为体积小、重量轻、功耗小、分断能力高、限流特性好。



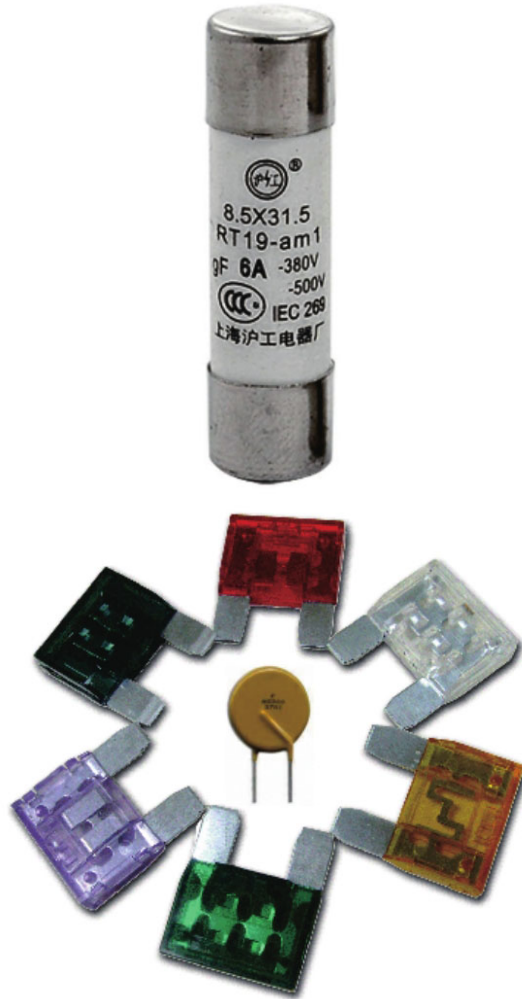
有填料高分断能力熔断器



瓷底座



圆柱形熔断器



自恢复式熔断器是一种过流保护器件，通常用于变压器、电池、镇流器等的保护。

在故障短路电流产生的高温下，自恢复式熔断器内的局部液态金属钠迅速汽化而蒸发，阻值剧增，即瞬间呈现高阻状态，从而限制了短路电流。当故障消失后，温度下降，金属钠蒸气冷却并凝结，自动恢复至原来的导电状态。

熔断器的使用注意事项

熔断器的用法很简单，就是将熔断器与负载串联。当然，选用熔断器时必须根据负载情况、线路电压电流、使用场合等因素综合考虑。通常情况下，电动机保护用螺旋式熔断器，照明电路用瓷插式熔断器（熔丝）。

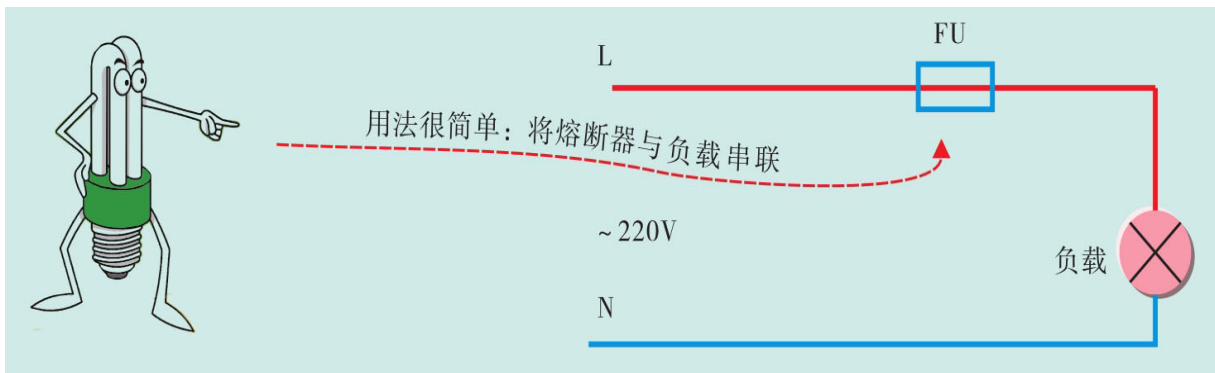
所选熔断器的额定电压须大于或等于电路的额定电压。熔断器内要安装合格的熔体。熔断器的额定电流须大于或等于所装熔体的额定电

流。

用于安装使用的熔断器应完整无损。熔断器安装时应保证熔体与夹头、夹头与夹座接触良好。更换熔体或熔管时，必须切断电源。熔体熔断后，应分析原因并排除故障后，再更换新的熔体。新熔体的规格应与原来的一致。

三相四线制的零线上不能安装熔断器，单相两线制的零线上可安装熔断器。

某些熔断器，如RM10系列熔断器，在切断三次后，必须更换熔管。



4.2.2 高压熔断器

高压熔断器是最早使用的一种比较简单的保护电器。熔断器串接在电路中使用，主要用于线路及电力变压器等电气设备的短路及过载保护。

当电力系统由于过载引起电流超过某一数值、电气设备或线路发生短路事故时，过负荷电流或短路电流通过熔体并发热。熔体在规定的时间内迅速熔断，切断电源以起到保护设备的作用，保证正常部分免遭短路事故的破坏。

高压熔断器可分为户内高压熔断器与户外高压熔断器两大类。高压熔断器还可分为熔管式、限流式与跌落式等几类。



熔管式熔断器



限流式熔断器



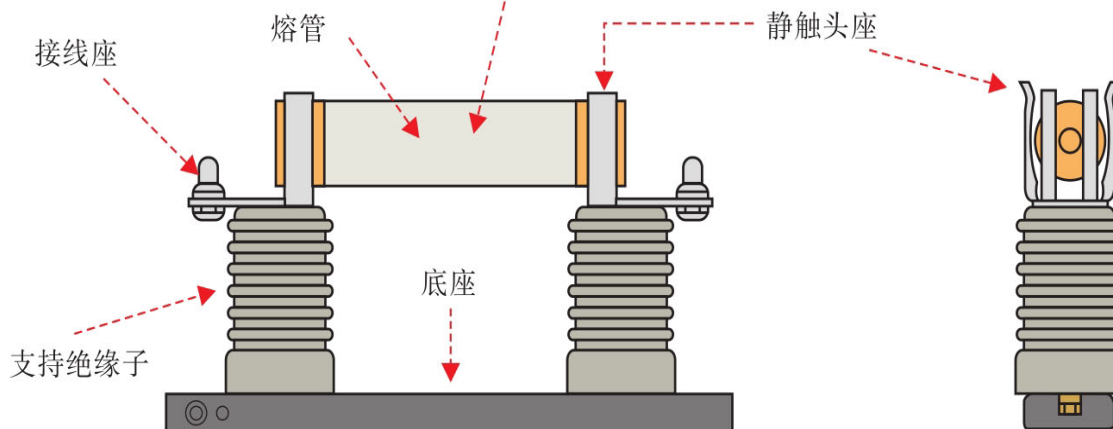
跌落式熔断器

户内高压熔断器

户内高压熔断器（R N）全部是限流式熔断器，且多为熔管式。

RN奇数系列的熔断器（如RN1、RN3）主要用于3~35kV的电力线路和电气设备的过载和短路保护。RN偶数系列的熔断器专门用于3~35kV的电压互感器的过载及短路保护。

熔管内配置有瓷柱，瓷柱上等间距绕有熔体，熔管的两端配置有压帽，其间填充有石英砂。



一个熔管式高压熔断器的结构示意图

户外高压熔断器

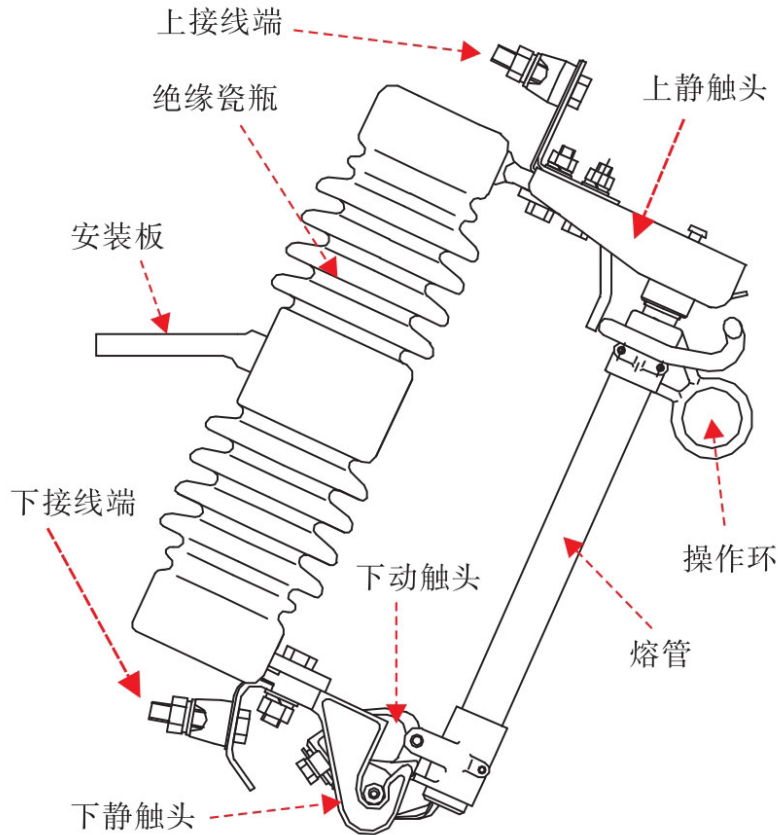
户外高压熔断器主要是指跌落式高压熔断器，主要用于保护输电线路和配电变压器。

跌落式高压熔断器由固定的支架和活动的熔管组成。

熔管（熔体管）由树脂层卷纸板制成，中间衬以石棉。熔丝两端各压接一段连接用的编织铜绞线，它穿过熔管，用螺钉固定上下两端的动触头，可动的上触头被熔丝拉紧固定，并被上静触头上“鸭嘴”中的凸撑卡住，熔断器处于“通路”位置。

线路上发生短路时，短路电流使熔丝熔断，形成电弧。熔管内壁在电弧作用下产生大量气体，气体向外喷出，产生强烈的去游离作用，在电流过零时将电弧熄灭。同时，熔丝熔断以后，熔管上的上触头松脱，由于熔管的自重而从上静触头的“鸭嘴”中滑脱，迅速跌落，使线路断开。

跌落式高压熔断器由上接线端、上静触头、上动触头、熔管、操作环、下动触头、下静触头、下接线端、绝缘瓷瓶、安装板等组成。



一个跌落式高压熔断器的结构示意图

安装使用高压熔断器注意事项

根据实际情况按要求选择合格的熔断器及配件，运行中经常检查熔断器接触是否良好。

安装前检查外观是否完整良好、清洁。如果熔断器遭受过摔落或剧烈震动后，则应检查其电阻值。

户外熔断器应安装在离地面垂直距离不小于4m的横担或构架上。

安装时将熔体拉紧，注意熔断器上所标明的撞击器方向，锁紧底座上的弹簧卡圈及螺栓等。

不可将熔断后的熔体连接起来再继续使用。更换熔断器的熔管时，一般应在不带电情况下进行。若需带电更换，则应使用绝缘工具。

操作时应小心，拉、合熔断器时不要用力过猛。

拉闸时：先中相，再背风边相，最后迎风边相。合闸时：先迎风边相，再背风边相，最后中相。

4.3 断路器

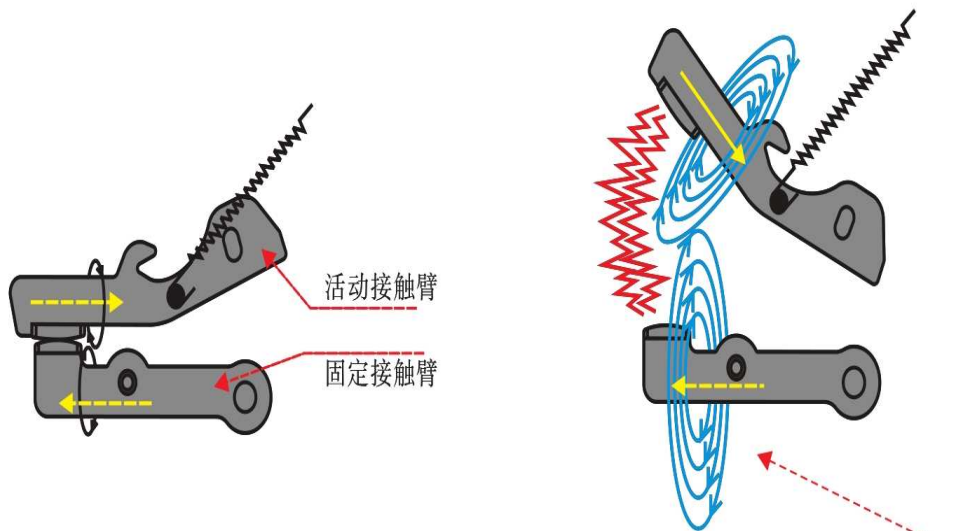
4.3.1 断路器概述

低压熔断器的使用越来越少，似乎大家都更加愿意使用低压断路器来替代低压熔断器。这主要是由于熔断器的熔体熔断后必须更换。发生一相熔断时，对三相电动机将导致两相运转的不良后果。

就基本功能而言，断路器与熔断器都用来切断电路，保护线路、设备。但熔断器与断路器的工作原理不一样。熔断器是利用电流的热效应工作的，当电流超过定值时，熔断器里的熔体发热，将熔体熔断，达到分断电路的目的。

断路器多种多样，工作原理会有所差异，但是一般都是由于电流过大，导致相关器件励磁，使断路器跳闸。

与熔断器不同的是，断路器因线路故障断开后，可以手动复位，不必更换元件，除非切断大短路电流后需要维修。

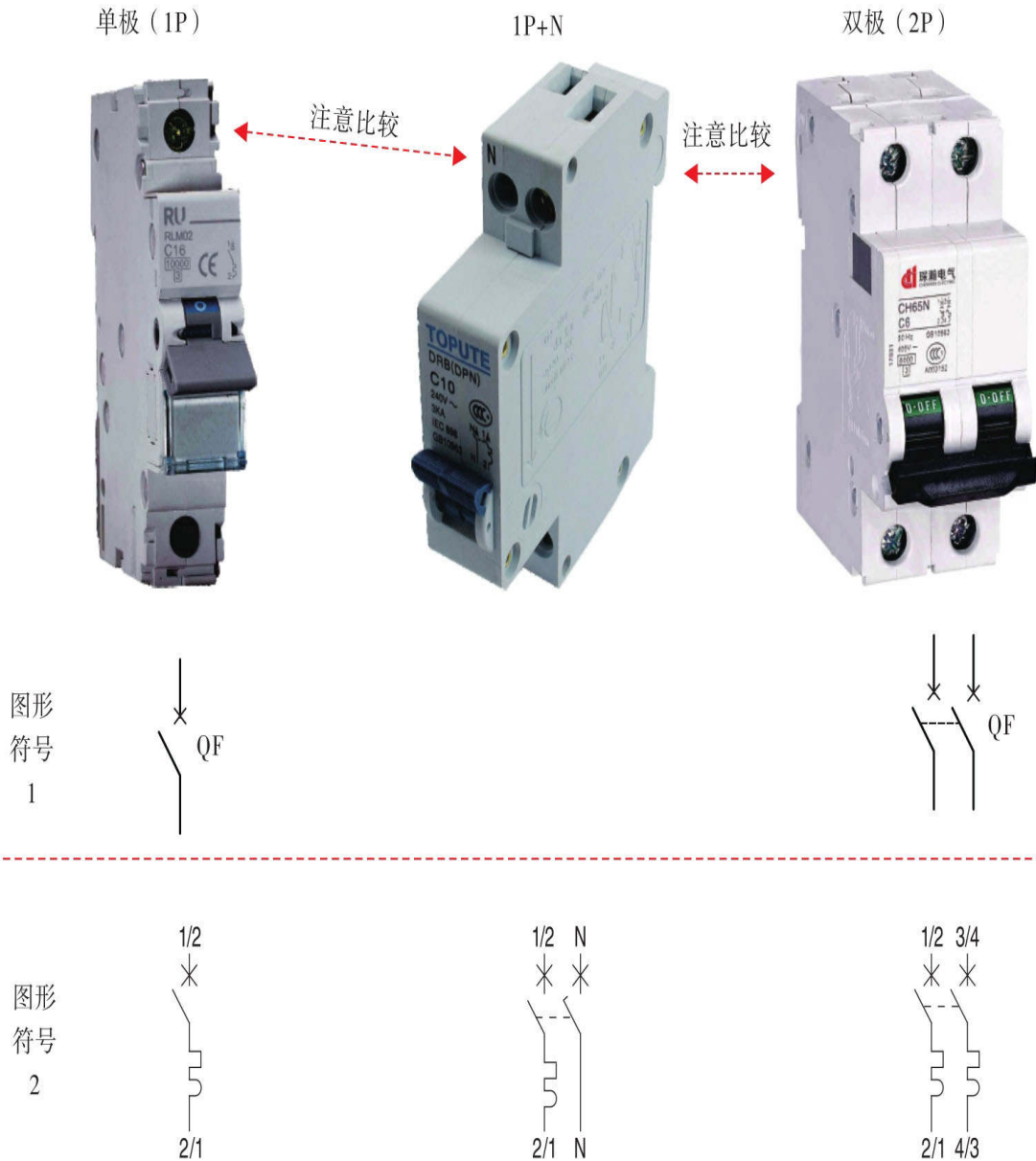


这里借上面的示意图来简单介绍一下断路器的一般工作原理：

在断路器内相关部件的作用力下，两个接触臂彼此平行且触点接触。

两个接触臂因电流流过产生电磁场。因为两个接触臂中的电流方向是相反的，所以这两个磁场彼此相对。在正常条件下，磁场不强，不足以迫使触点分开。

当线路中出现短路或其他故障，引起电流迅速增大时，将导致接触臂的磁场强度大增。两个强力的反向磁场迫使接触臂分开，形成断路间隔，从而分断了电路。



几个断路器的实物图、电路图形符号

从前一页的图中我们可以看到，断路器有1P、2P的区分，其中的“P”指的是断路器提供的接线段（通道）。除以上所述外，断路器还有3P、4P等类型。

1P为单极断路器，具备基本的热磁脱扣功能，通常用于单相两线制回路，只控制火线。

1P+N是在1P断路器控制火线的基础上增加了对零线的控制（N线）。但是只对火线具有热磁脱扣功能，零线（N线）没有保护功能，仅随火线同时切断。

2P为单相2极断路器，同时控制线路中的火线和零线，与1P+N断路器不同的是，2P断路器对火线和零线都具有热磁脱扣的保护功能。一般来说，住宅线路建议选用1P+N或2P的断路器。



需注意的是，断路器的种类很多。断路器分热磁

断路器、电磁断路器。有些断路器只提供短路保护，不提供过载、欠电压保护，应根据实际需求选择合适功能的断路器。

在供电波动不够稳定的场合，如果断路器具有欠电压保护功能，可能会导致经常跳闸，因此不宜选用带欠电压保护功能的断路器。若选用具有欠电压保护功能的断路器，其额定电压应等于被保护线路的正常工作电压。

所选用的断路器的额定电压应等于或大于线路的正常工作电压，其额定电流应不小于负载电流。断路器的极限分断能力应大于线路的最大短路电流，否则，可能烧毁断路器。通常，单极断路器用于分支线路保护；双极断路器用于照明线路或单相动力负载；三极断路器用于三相负载。

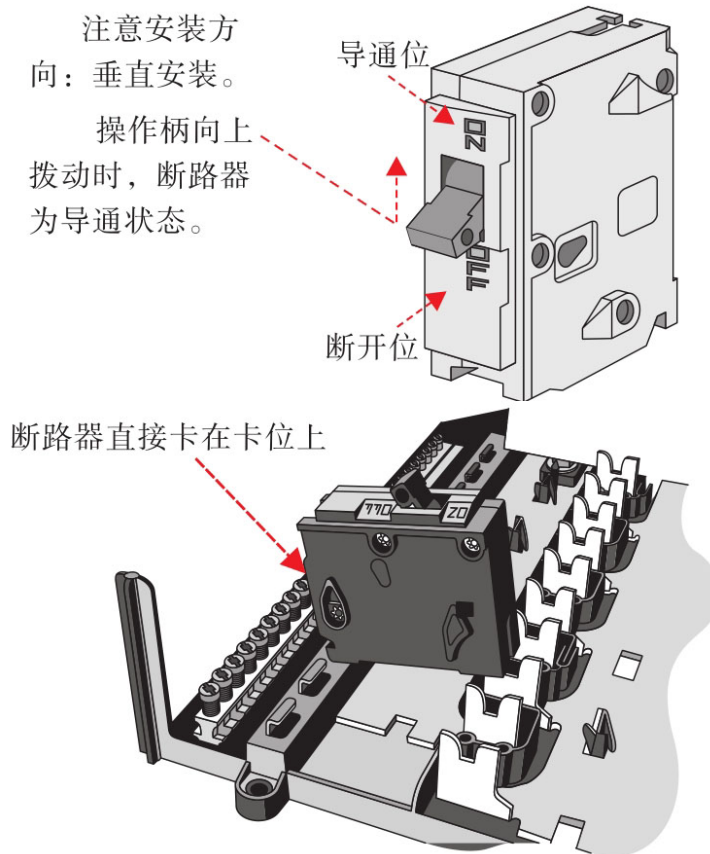


在安装断路器前，手动操作几次，检查机械动作

是否灵活，用万用表检查合、分是否可靠，检查断路器接线端与外壳之间的绝缘是否良好。

注意安装方向，应将断路器垂直安装在配电板上或配电箱内。

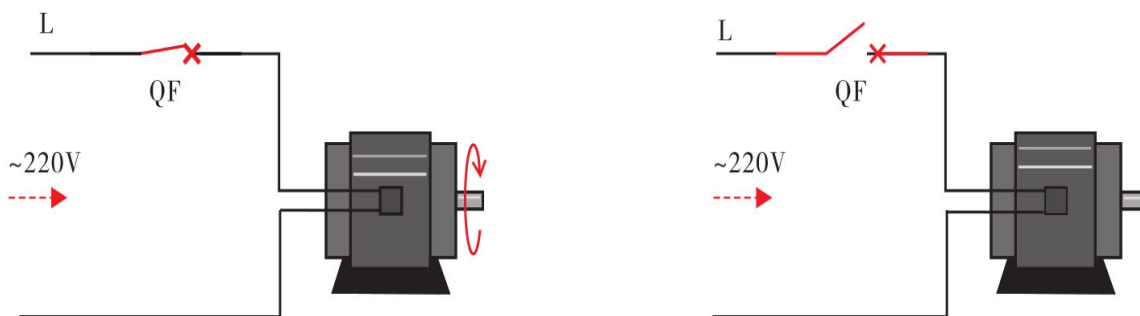
注意导线与断路器接线端的连接质量。如果接线端处有较长的裸露导线，应使用绝缘电胶布或绝缘导管进行绝缘恢复。



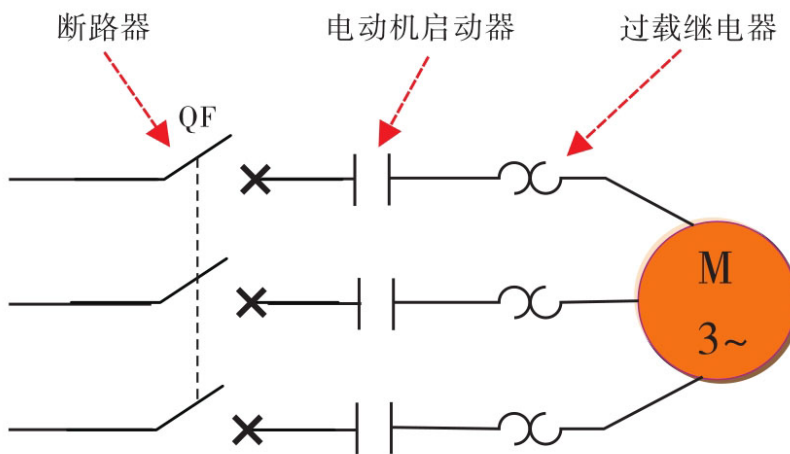
4.3.2 断路器的电路连接

与熔断器一样，断路器同样是串接在电路中。

下图所示的是断路器一个最简单的应用示例：断路器与两相电动机串联。断路器闭合时，电动机工作；断路器断开时，电动机停止。在这里，断路器既可充当保护装置，利用操作柄手动操作时，断路器又可充当控制装置。



正如前面所说，在选用断路器时应注意电路的实际情况。若断路器仅有短路保护功能，则应根据需要在线路上加装其他保护器件，如下面示例中的过载继电器。





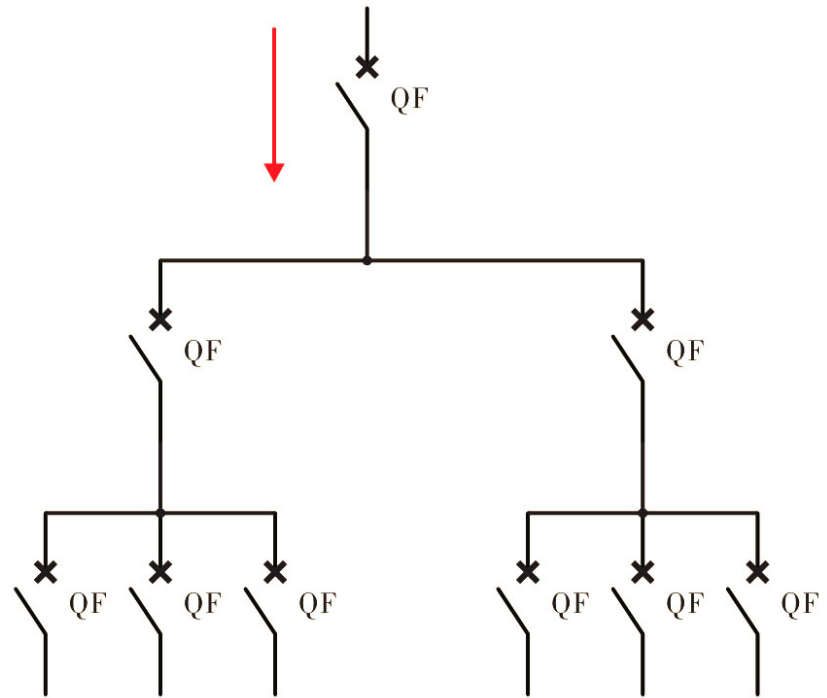
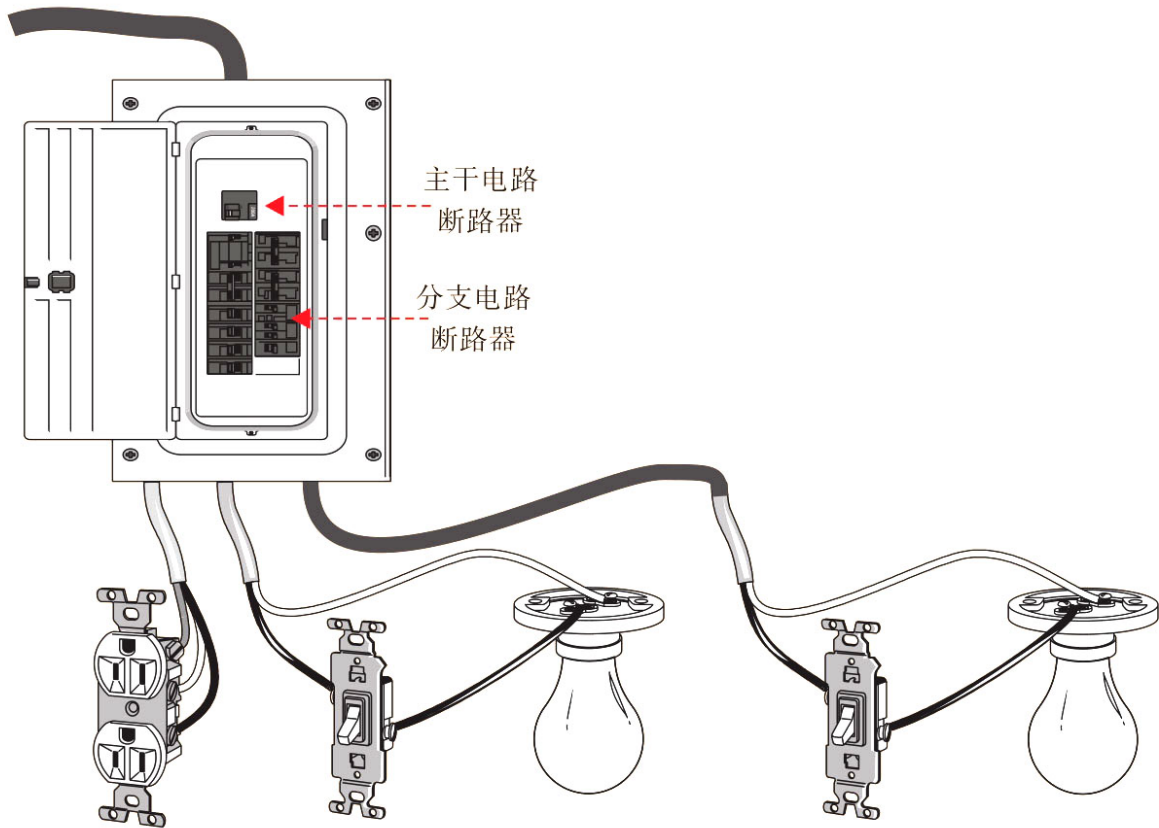
在一个多负载的配电系统中，通常有必要考虑在

主干线路、分支线路上使用不同的断路器，以避免因一个负载故障而导致整个系统不能工作。

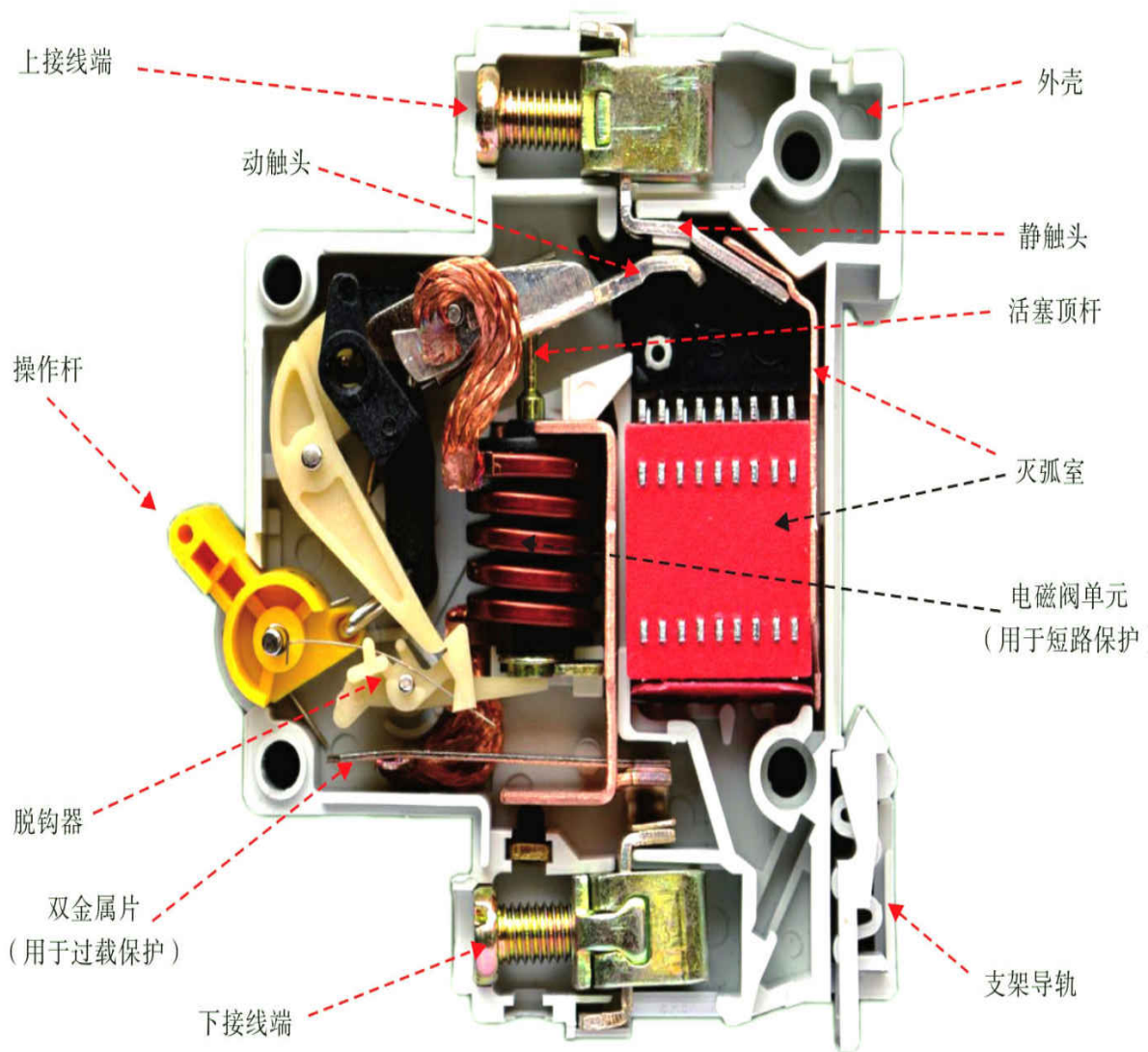
下页中上图所示的电路图与实物连接图就是多个不同断路器协调应用的例子。

在这样的系统中，分支电路上的断路器应根据所接负载的情况选择，主干断路器的额定电流则应等于或大于所有分支电路可能电流的总和。

自己看一看，想一想！



断路器协调应用的电路示意图



一个断路器的内部结构实物图（导通）

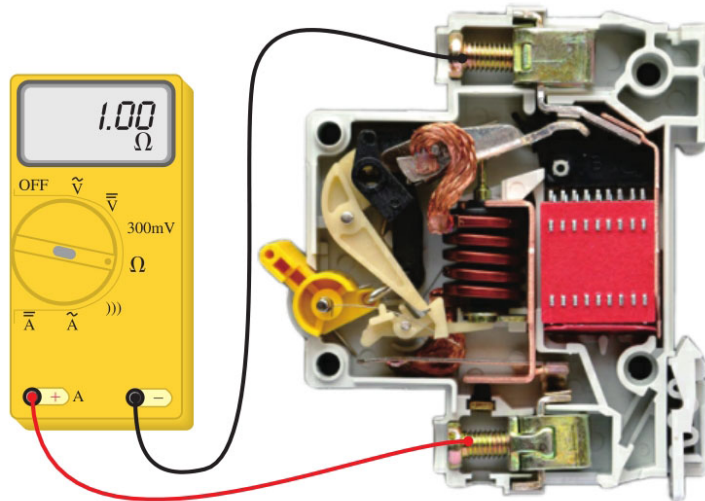
断路器测试

必须在断路器脱离电源的情况下进行

测断路器的通断性：

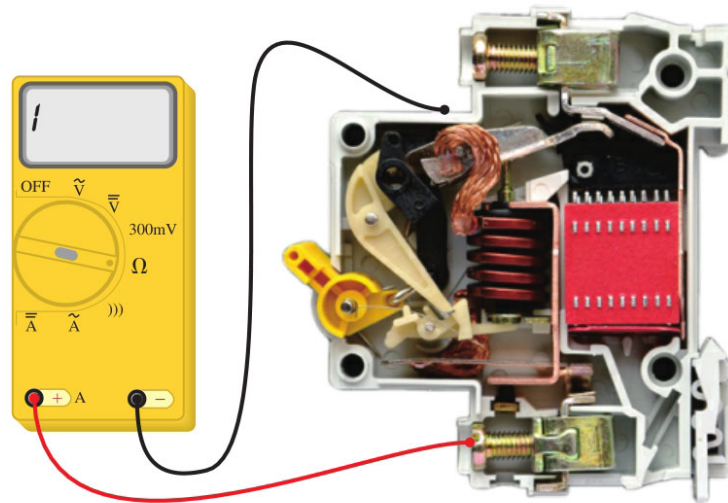
断路器的操作杆向上时，万用表的两个表笔分别接断路器的两个接线端，电阻读数应很小（接近零）。

想一想，断路器的操作杆向下时，电阻读数应是怎样？



测断路器的绝缘性：

万用表设置在最大电阻挡，其一个表笔接断路器的任意一个接线端，另一个表笔接断路器的外壳，测得的电阻应趋向于 ∞ 。



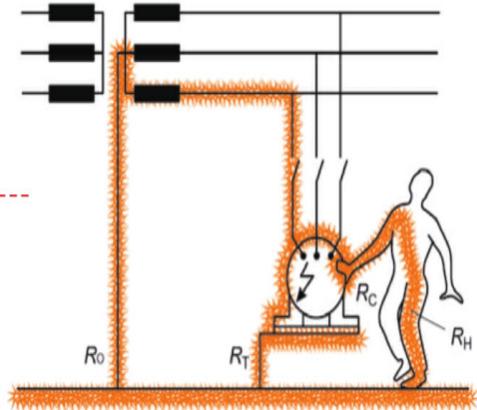
4.4 漏电保护器

4.4.1 漏电保护器概述



如果电气设备出现漏电，可能导致致命的人身伤害！

因此，在安装线路、设备时，一定要考虑漏电保护。



漏电电流动作保护器简称漏电保护器，又叫漏电保护开关，主要用来防止因漏电故障而导致人身伤害或其他意外事故。

漏电保护器一般可分为漏电保护继电器、漏电保护开关和漏电保护插座三种，而使用漏电保护开关的最多。

选购漏电保护开关

根据需求购买漏电保护开关

若从功能上区分，漏电保护开关有多种不同的类型。当然，功能越多，价格就越高，可根据实际需求选购：

- ①只具有漏电保护断电功能。在使用这种漏电开关时应与熔断器或热继电器、过电流继电器等配合协调使用，以完善系统的保护能力。
- ②除漏电保护外，还同时具有过载保护功能。
- ③除漏电保护外，还同时具有过载、短路保护功能。
- ④仅有漏电保护、短路保护功能。
- ⑤同时具有短路、过负荷、漏电、过电压、欠电压保护功能。



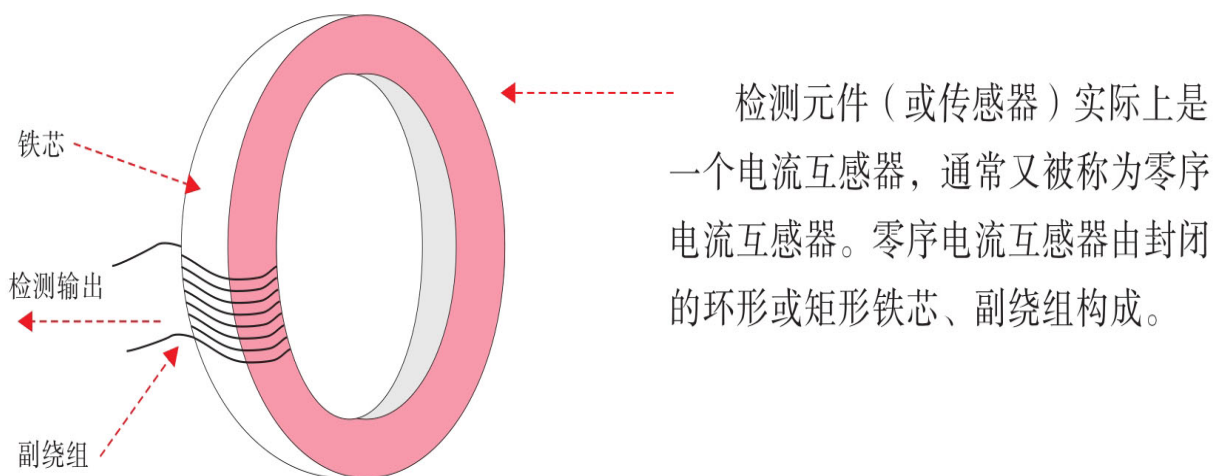
漏电保护插座是指能对漏电流进行检测和判断并

能切断回路的电源插座。其漏电动作电流通常为6~30mA。对于临时需要插座扩展电气连接的场合，具有漏电保护功能的插座是不错的选择。

4.4.2 漏电保护器原理

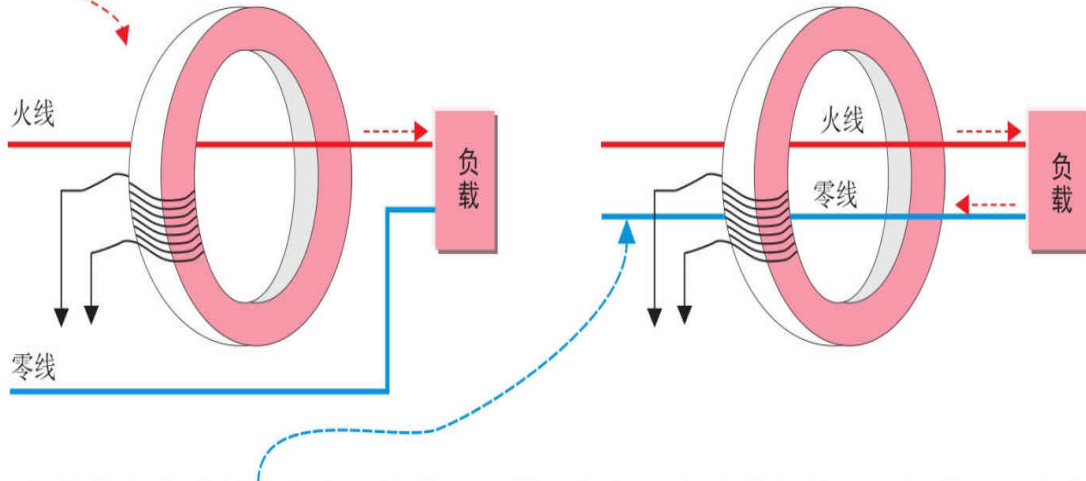
漏电保护器大多数是电流检测型的。尽管漏电保护器多种多样，但它们的基本原理是一样的。

漏电保护器包含检测元件（或传感器）、中间环节和断路执行机构。



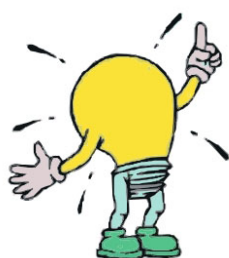
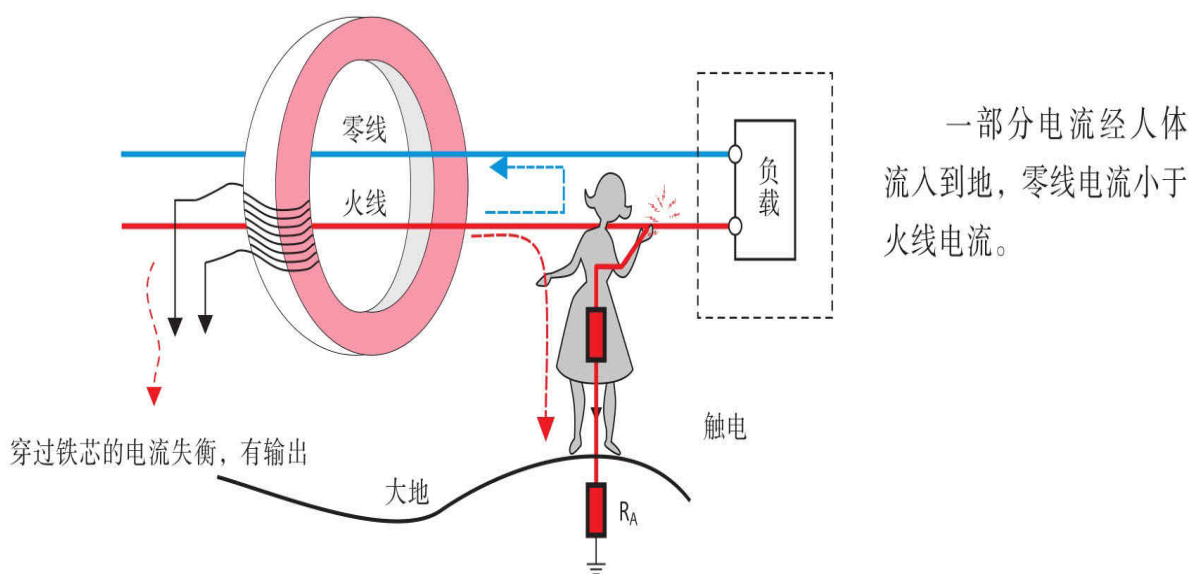
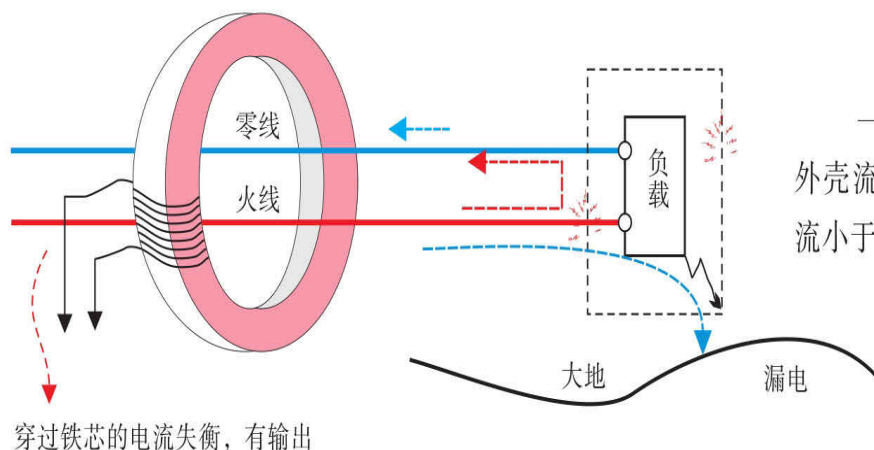
零序电流互感器其实是利用了电磁、磁电可相互转换的电磁感应原理。以一个两相负载线路为例：

如果只是火线穿过有副绕组的铁芯：负载电流会导致铁芯产生交变磁场，而铁芯的交变磁场将令铁芯上的副绕组感应产生交变电压。副绕组的输出就是零序电流互感器的检测输出。



如果将负载的零线也穿过铁芯：零线上的电流与火线上的电流相等，但它们的方向相反，即穿过铁芯的电流矢量和为零，铁芯因此不会产生交变磁场，副绕组也就不会产生交变电压，零序电流互感器就无输出。

不论是线路、负载漏电，还是人触电，终究会导致一部分电流与大地之间形成回路，导致经零线的回路电流与火线电流失去平衡，铁芯因此产生交变磁场，又因此导致副绕组产生交变电压，致使副绕组有输出，从而实现漏电检测。



检测电路输出的、能导致漏电保护器动作的电流反

映了漏电保护器的灵敏度，这个电流被称为漏电保护器的额定漏电动作电流。

额定漏电动作电流有多种，如6mA、30mA、100mA与300mA。额定漏电动作电流在30mA及以下的，为高灵敏度保护器，主要用于防止人身触电事故；30~100mA的为中灵敏度保护器，主要用于防止触电与漏电火

灾；100mA以上的属于低灵敏度保护器，主要用于单相接地或漏电引起火灾。

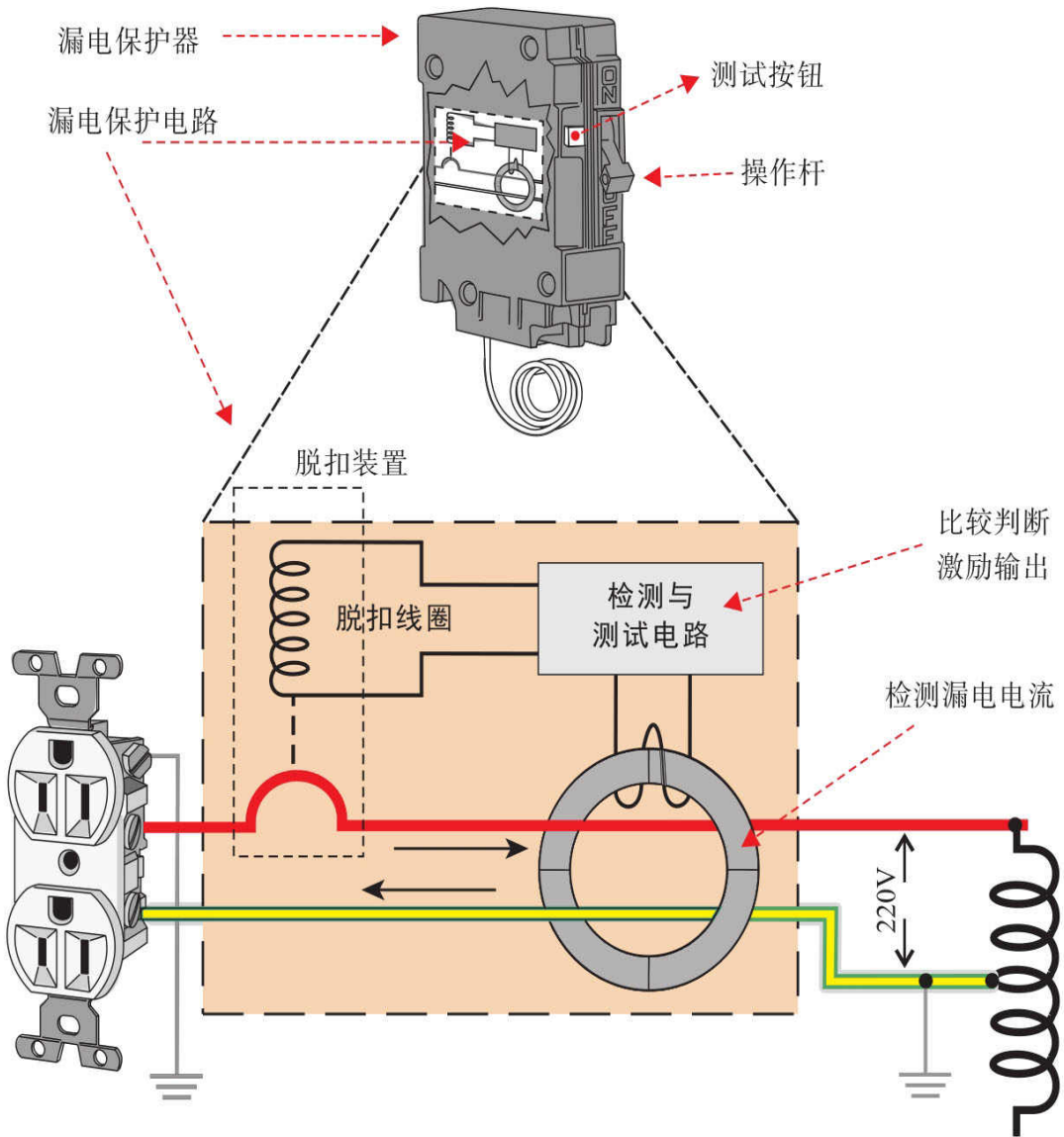
漏电保护器

漏电保护器分电磁式与电子式

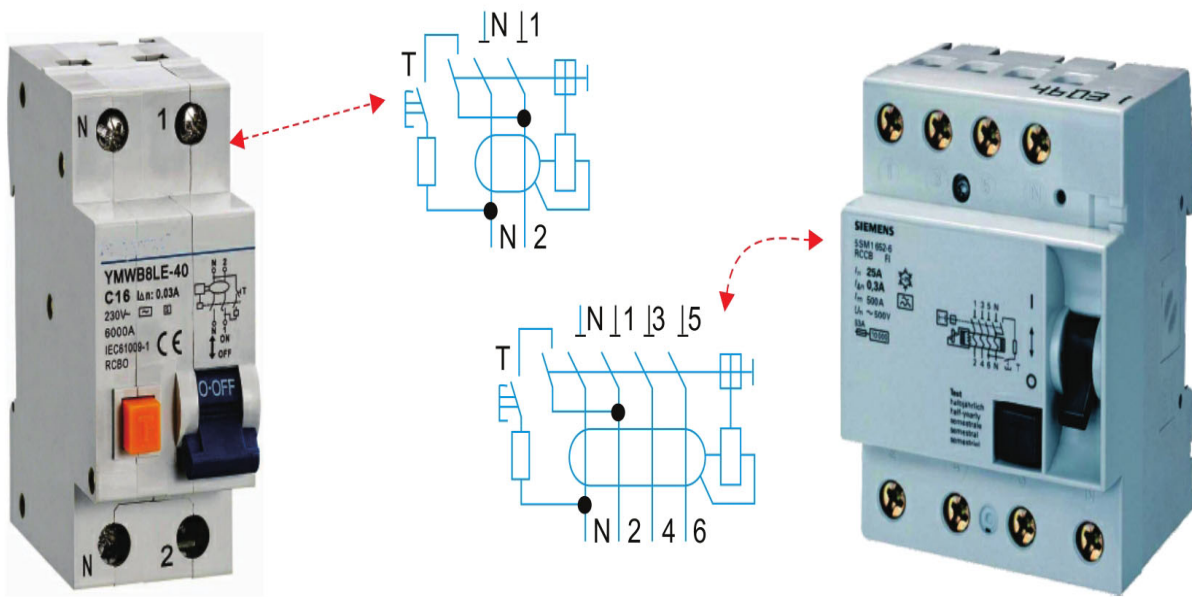
在电磁式漏电保护器中，检测单元输出的电流通过激励电磁脱扣器动作，使触点机构脱扣，断开电源。

在电子式漏电保护器中，检测单元输出的信号被送到信号处理与驱动单元。在不同的漏电保护器中，这个单元的具体组成可能不同。信号处理与驱动单元会根据检测单元输出信号的情况，来决定是否输出驱动控制信号。驱动控制信号控制断路执行机构（例如继电器）断开通路，借以实现漏电保护的功能。

下图所示的是一个完整的漏电保护器单元示意图，请参阅前面的相关内容来查看理解。

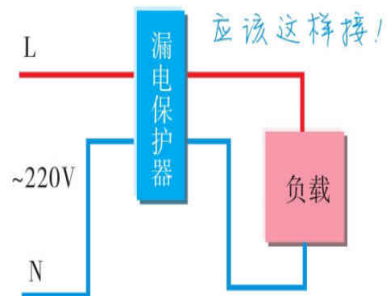
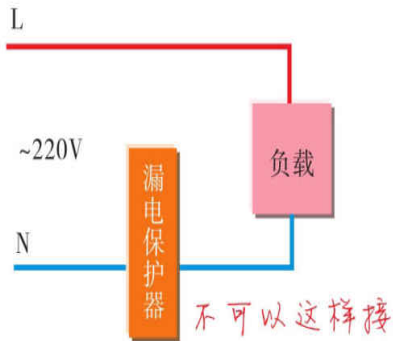
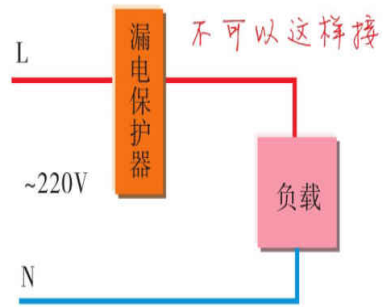
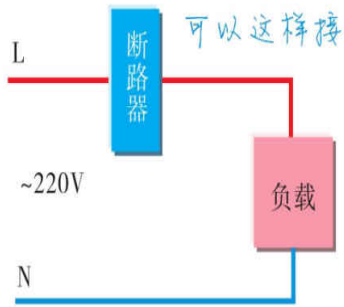


4.4.3 漏电保护器的电路连接



两个不同的漏电保护器及其电路图

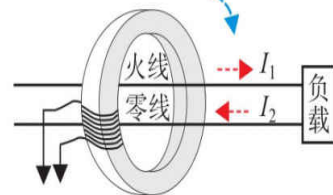
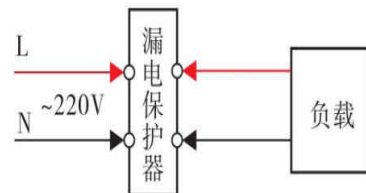
漏电保护器（RCD）的电路连接与断路器类似，都是串接在电路中，但它们又有区别。这里通过几个简单的图来说明：RCD所保护的线路、设备的零线必须接入漏电保护器。



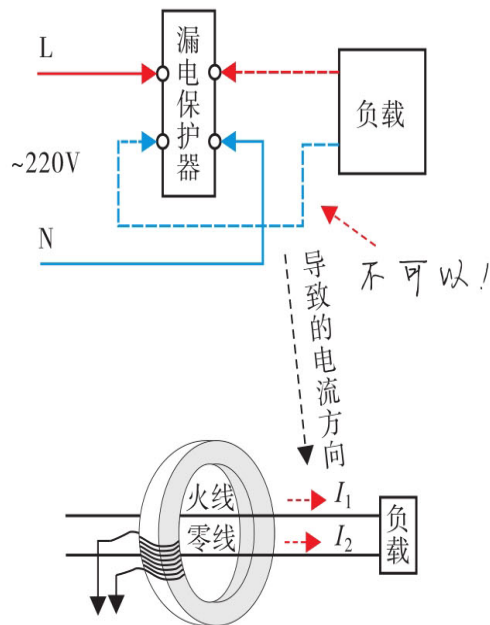
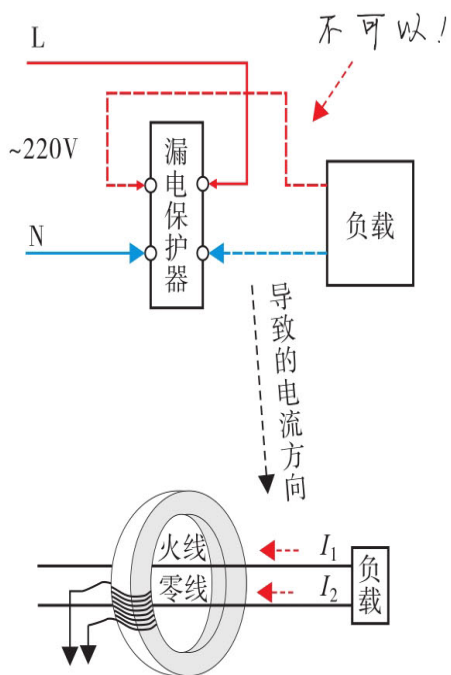
在连接导线与漏电保护器时，应注意接线方向，务必使穿过铁芯电流的矢量和为零——即火线电流与零线电流的方向相反。

若漏电保护器注明了负载侧，一定不要接反。

应该这样接!



下面两种接法会导致穿过铁芯的两个电流的方向一致，导致漏电保护器动作，电路（负载）不能正常工作。

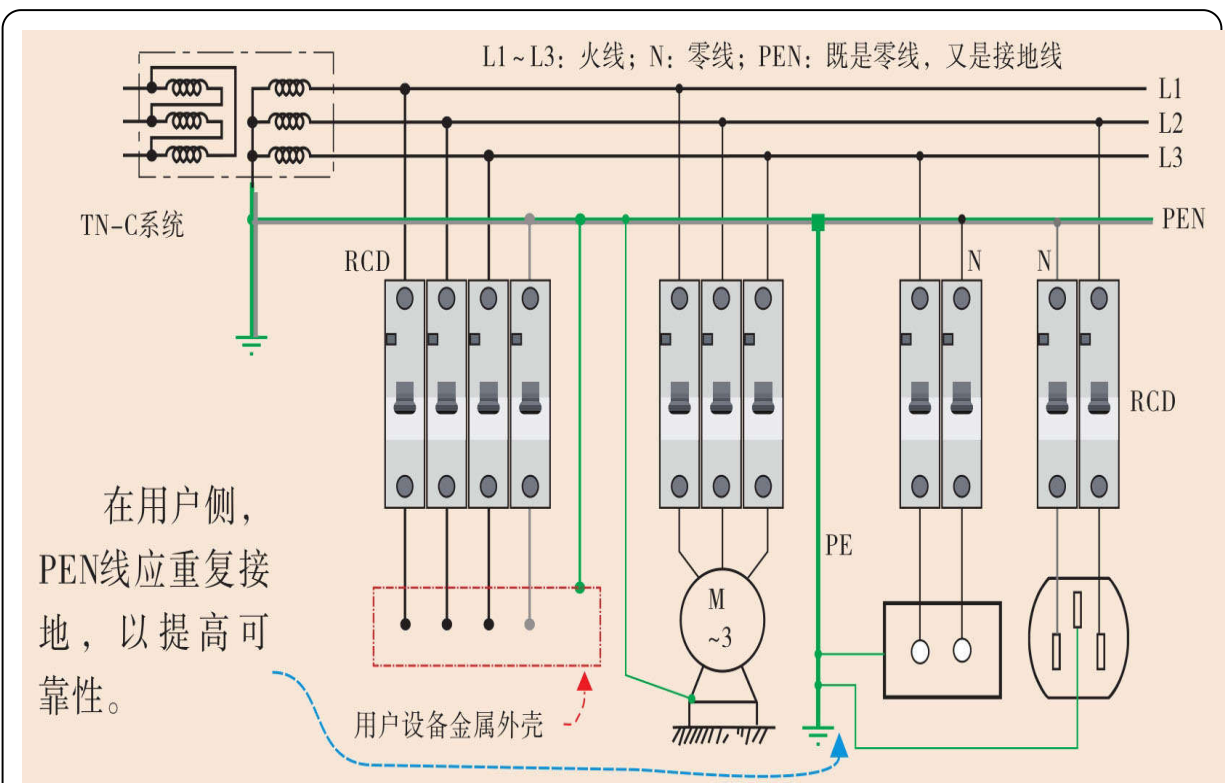
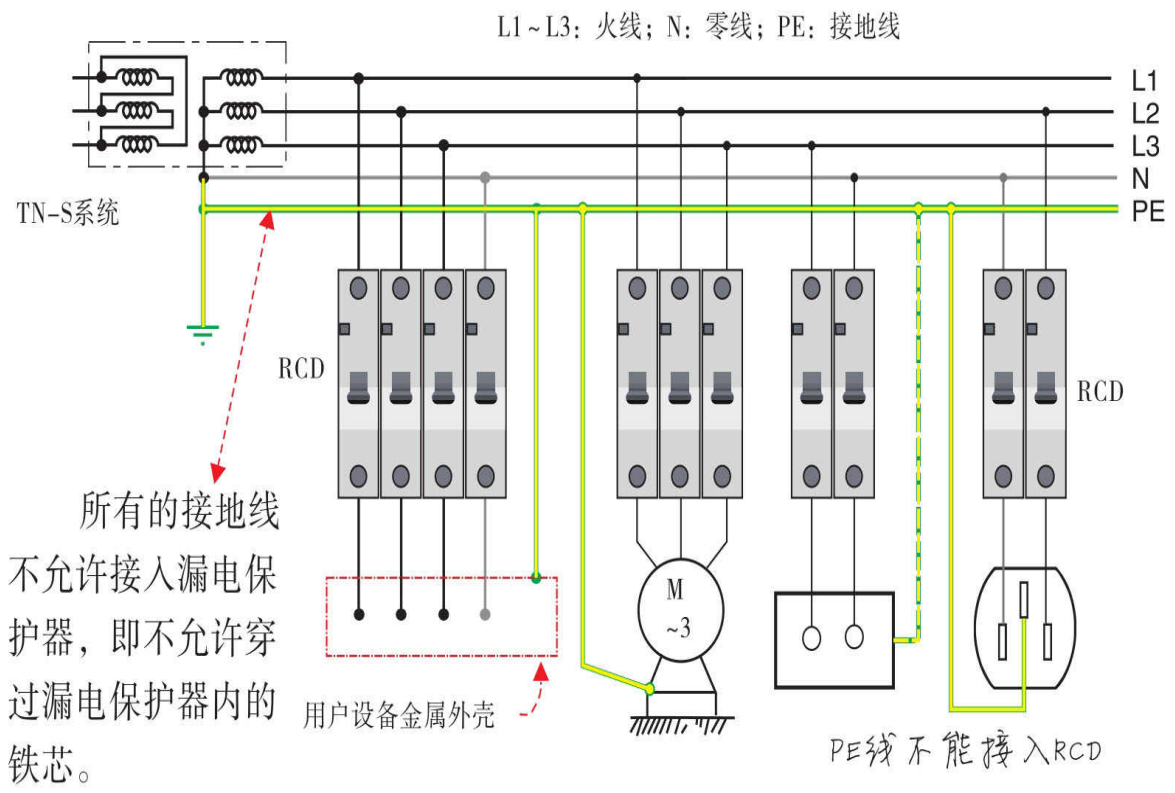


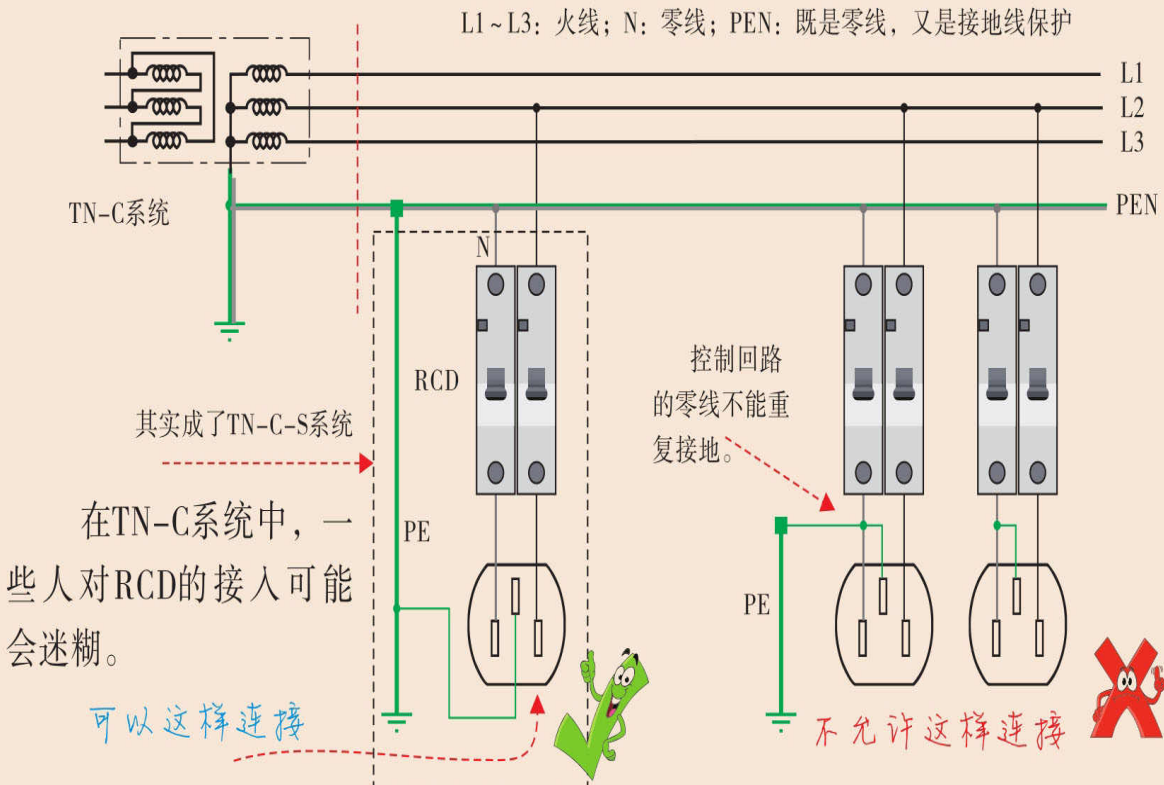
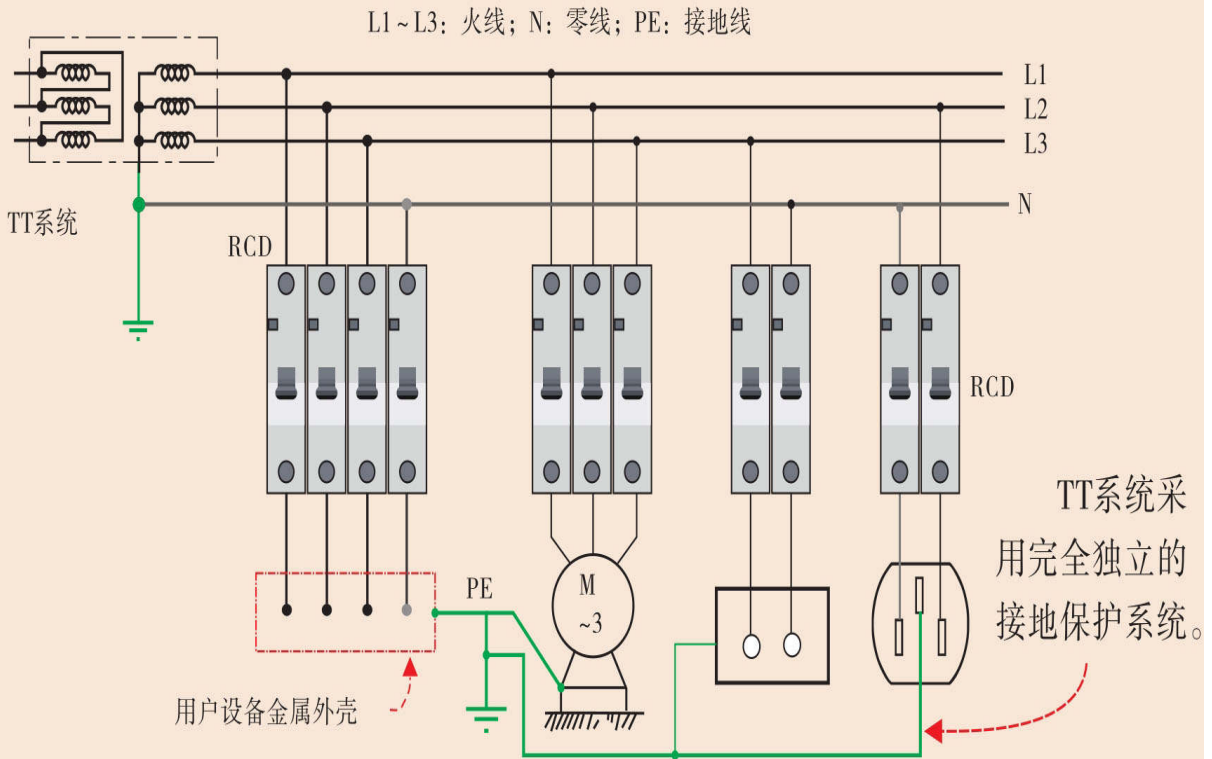
在使用漏电保护器时，应严格区分零线（N，工作中性线）与接地线（PE）。在接线时，所有的火线、零线必须接入漏电保护器（穿过铁芯）；而所有的接地线不能接入漏电保护器（不能穿过铁芯）。

漏电保护器适于电源中性点直接接地的配电系统，例如TN-C系统、TN-S系统、TN-C-S系统、TT系统。对于电源中性点不接地的系统，例如IT系统，不宜使用漏电保护器。

漏电保护器

应严格区分工作零线、接地线

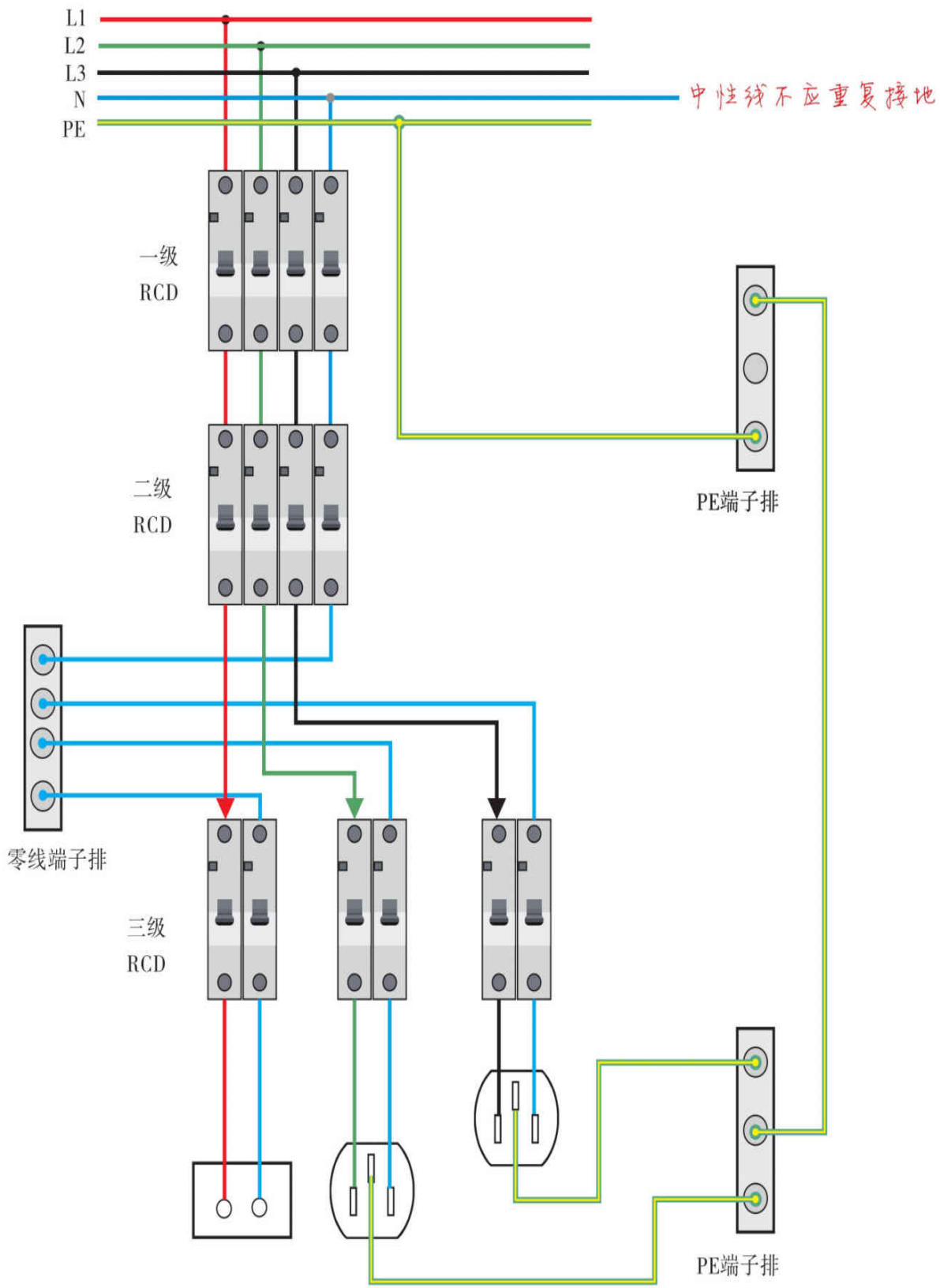






以下所示的是一个漏电保护器三级配置的连线示意图，

你可以结合前面相关的内容来加深理解。

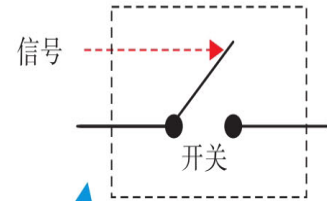


安装完成后，应通过RCD上的测试按钮检查漏电保护器能否正常反应。

4.5 继电器

继电器 (Relay) 是什么？

简单地说，你可以将继电器理解为一种由外部信号来控制电流通路开、关的器件。



这个外部的信号可能是电、热、光或其他形式的信号。



电磁继电器



热继电器



时间继电器

继电器被定义为：当输入量（激励量）的变化达到规定要求时，在电气输出电路中使被控量发生预定的阶跃变化的一种电器。这个输入量就是上文提到的外部信号。

继电器有很多种，按其工作原理或结构特征分类，继电器可分为电磁继电器、温度继电器、时间继电器、固定继电器、速度继电器、热继电器等。

继电器的触点有三种基本形式：

设备未加电时，动合型（常开、H型）的触点是断开的。

设备未加电时，动断型（常闭、D型）的触点是闭合的。

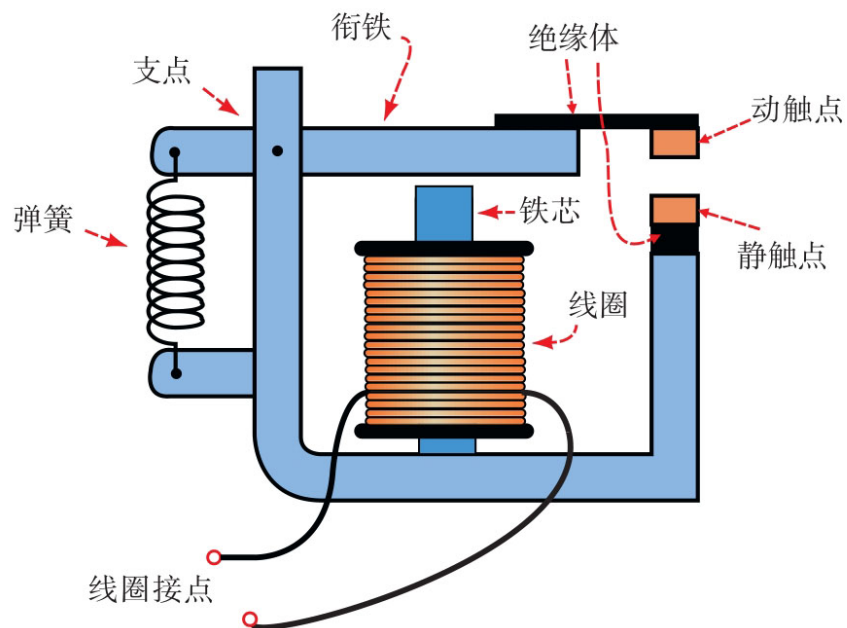
转换型（Z型）的触点是组合型，同时具有常开触点、常闭触点。在达到一定控制条件时，常开触点闭合，常闭触点断开，因此称其为转换型。

4.5.1 电磁继电器

1. 工作原理

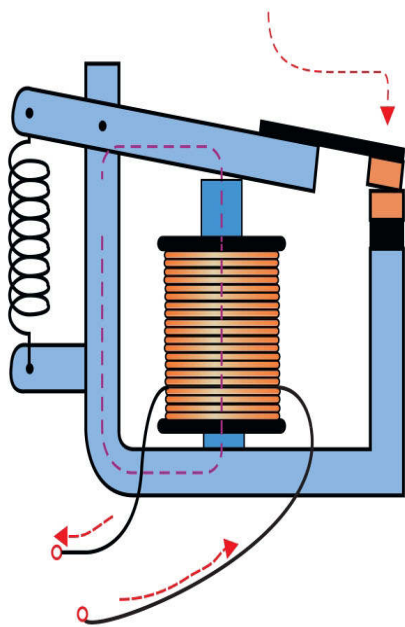
电磁继电器通常由铁芯、线圈、弹簧、触点簧片、衔铁等组成。

下图所示的是一个简单的仅有一组常开触点的继电器的结构示意图。



在待机状态下，线圈没有输入，继电器保持为常开状态，触点之间不能形成通路。

当线圈有控制输入时，由于线圈中有电流流过，线圈会因电磁效应而产生磁场，衔铁就会在电磁吸力的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁芯，从而带动衔铁的动触点与静触点吸合（常开型）。



当线圈断电后，电磁的吸力也随之消失，衔铁就会在弹簧拉力的作用下返回原来的位置。继电器这样吸合、释放，从而达到了在电路中导通、切断的目的。

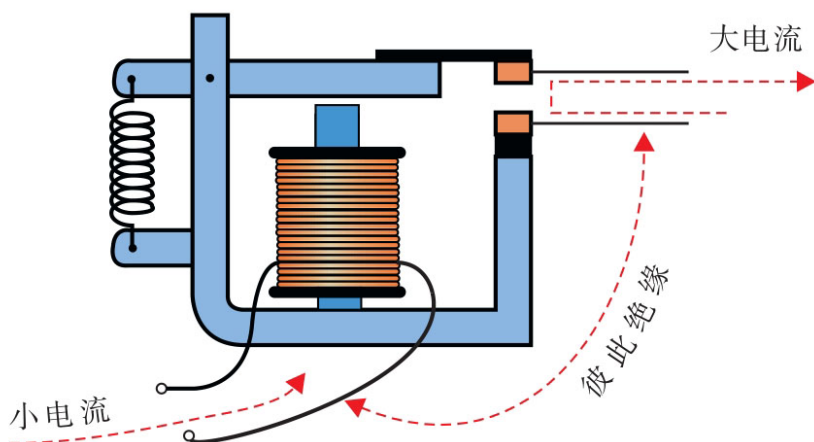
你能想象一下常闭继电器的工作吗？

继电器

触点回路与线圈回路之间是绝缘的

电磁继电器的线圈与触点分属不同的电源通道，且它们之间是绝缘的。

而且，线圈电流小，属于控制部分（又称输入回路）；触点电流大，属于被控部分（又称输出回路）。

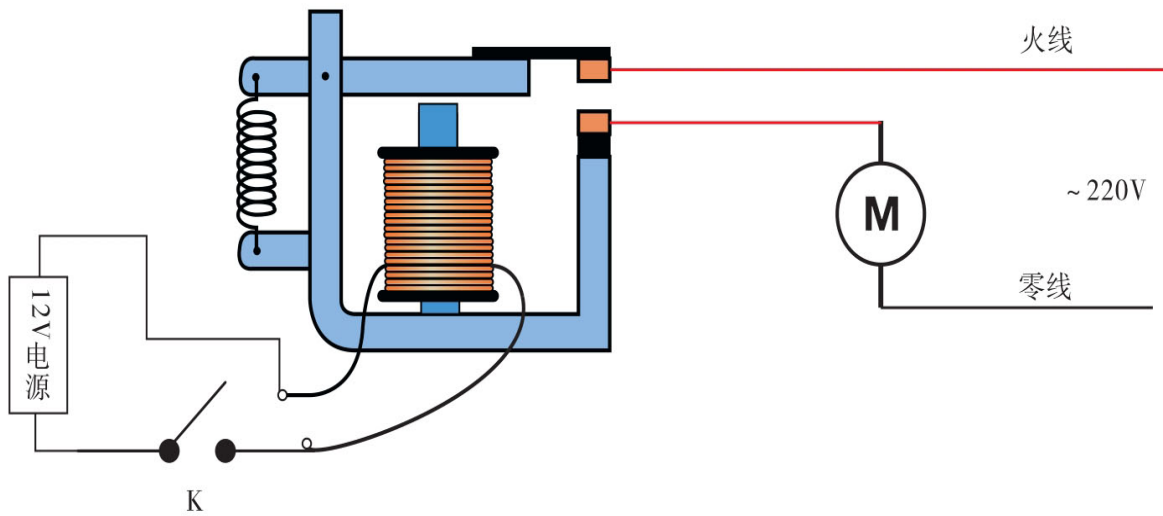


常开单触点电磁继电器

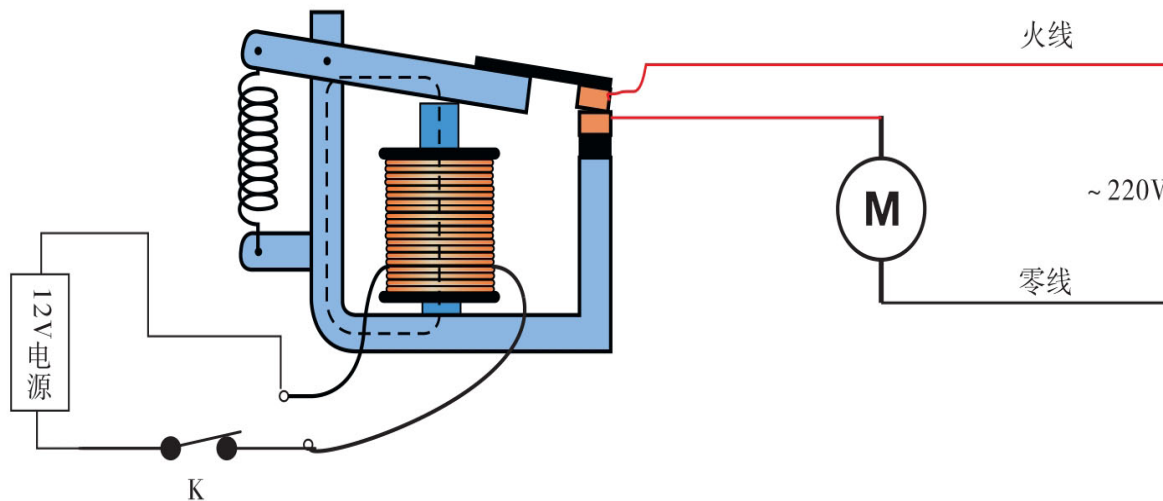
继电器

小量控制大量、安全隔离

下面两幅图展示了继电器如何控制负载的工作，请参阅前面的相关内容阅读理解。



控制开关K断开，继电器触点断开，电动机没有闭合回路，电动机不工作。

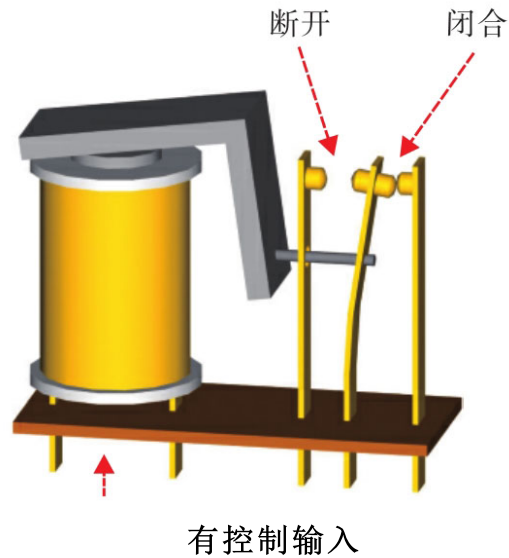
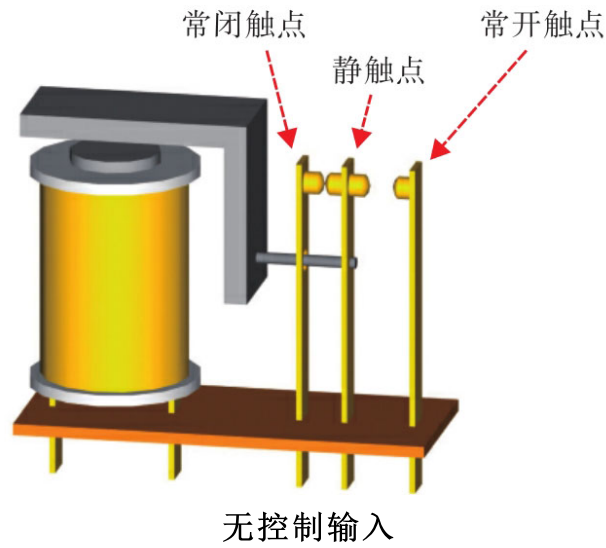


控制开关K闭合，铁芯变为电磁铁，继电器触点闭合，电动机有闭合回路，电动机工作。

转换型继电器

触点闭合、断开示意图

下面两个示意图则展示了转换型继电器的常闭触点、常开触点在控制状态下的触点闭合、断开转换。

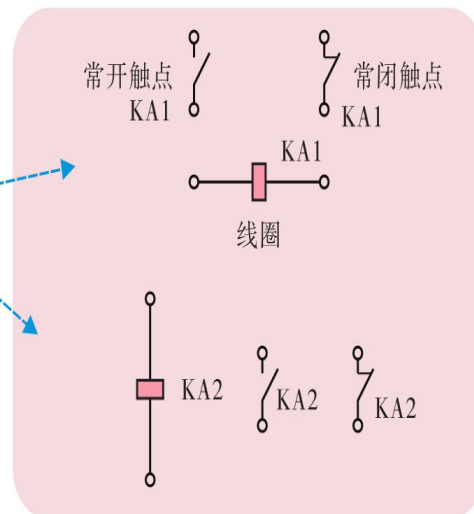


2. 继电器符号

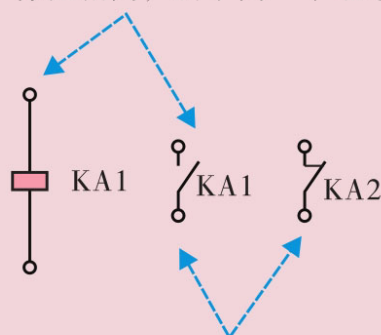
电磁继电器可分为交流型与直流型两大类，它们都有多种不同的电压等级，例如12V、24V、36V、220V、380V等。按触点数量区分，可分为单触点与多触点型，其中单触点型又包括常开（动合）、常闭（动断）两类。

在电路图中，常用字母“KA”来表示继电器，其电路图形符号如右图所示。

如果一个系统中有多组继电器，则在K或KA后加上数字来表示不同的继电器，例如KA1、KA2。



这两个标注相同，属于同一个继电器

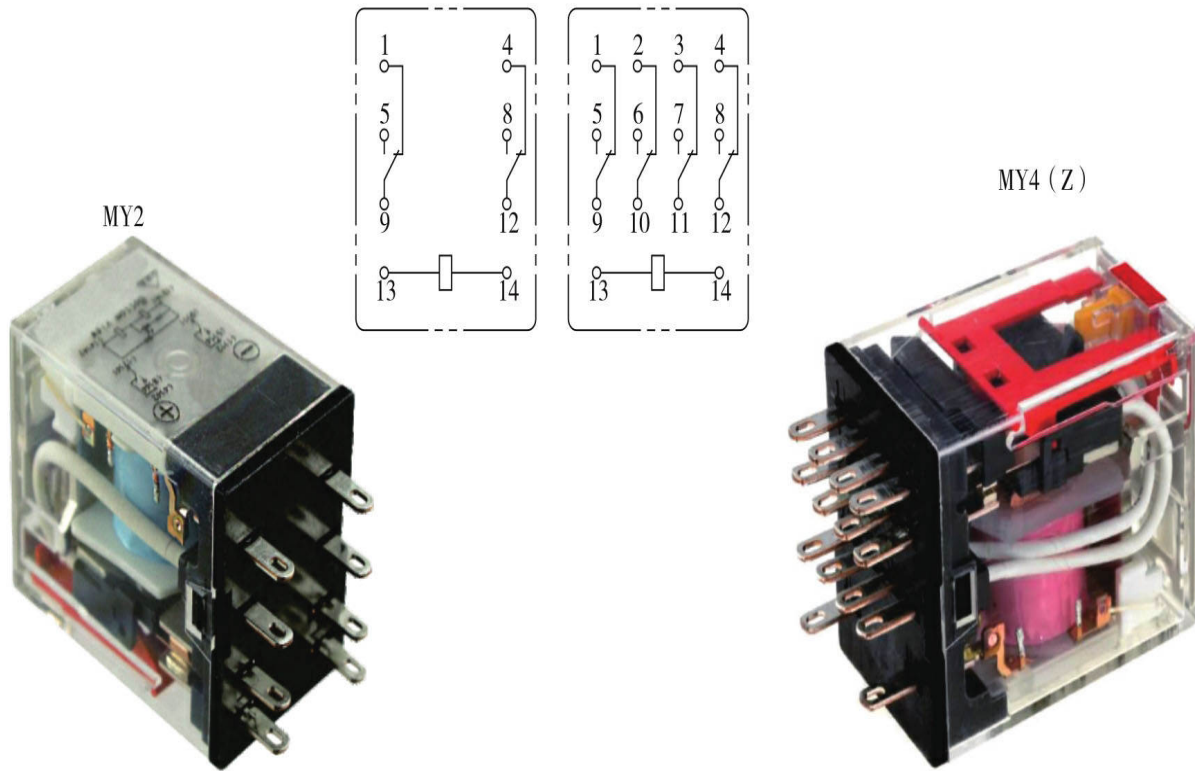


这两组触点标注不同，说明它们分属不同的继电器

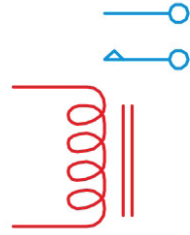
在实际的电路图纸中，继电器的触点可能都画在一起，这对于初学者而言读图会方便一些。

但继电器的触点也可能分散画在各自的控制单元。对于这样的电路图，需要注意继电器的标注。

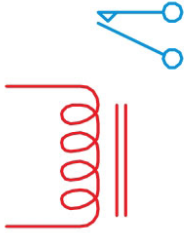
下图所示的是同一个厂家、不同极点的继电器实物图及其电路图形符号，请仔细观察一下。



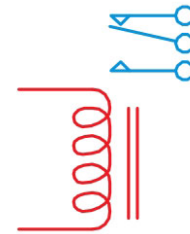
除前面所示的继电器的电路图形符号外，在一些电路图中，也可能见到下面所示类型的继电器的电路图形符号，其他一些多极点的继电器电路图形符号也与之相似。需注意的是，舌簧继电器、固态继电器与电磁继电器、热继电器等不同，它们只能是SPST开关。



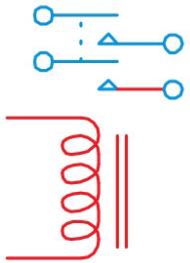
单刀单掷（常开）



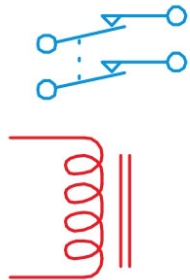
单刀单掷（常闭）



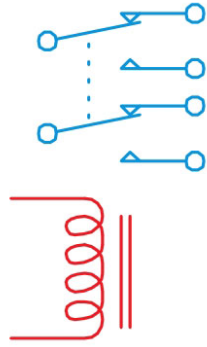
单刀双掷



双刀单掷（常开）



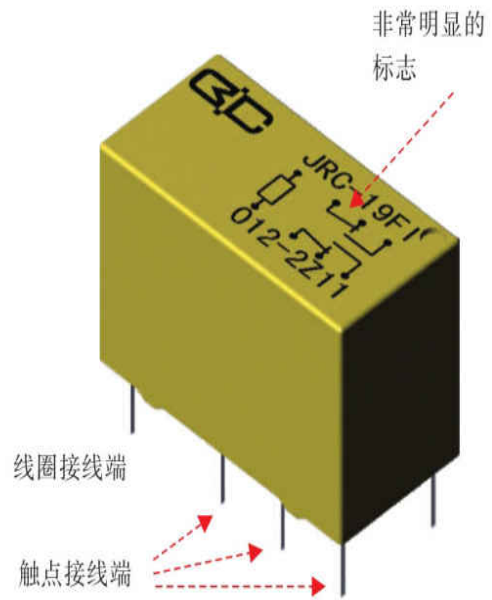
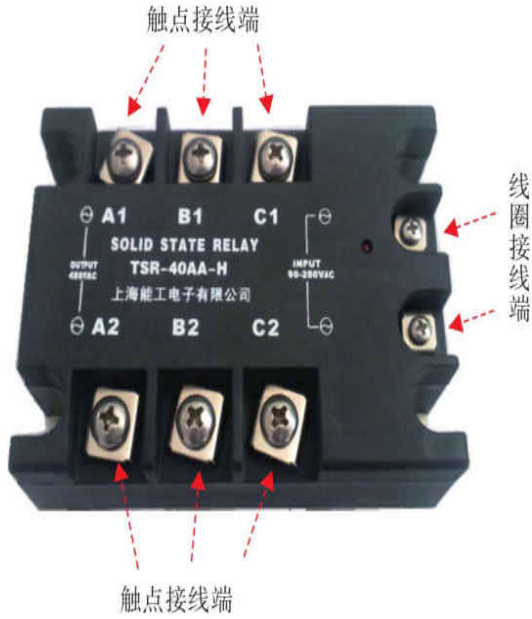
双刀单掷（常闭）



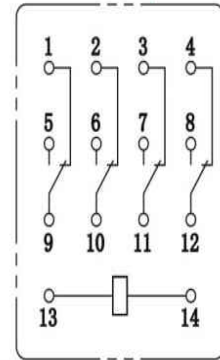
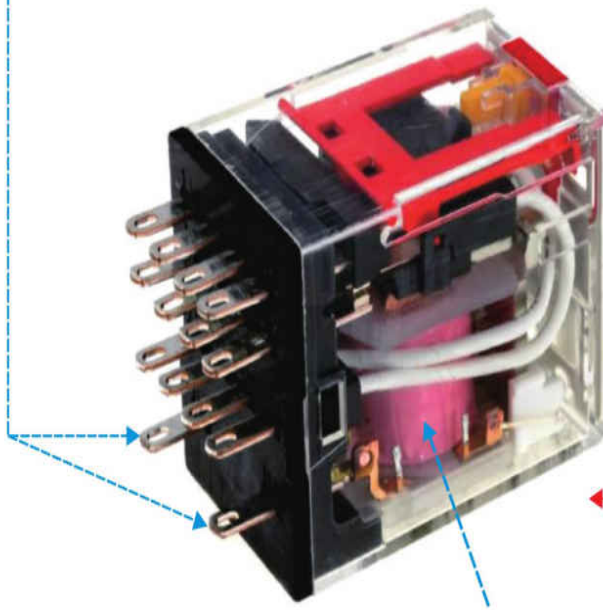
双刀双掷

3. 识别继电器的引脚

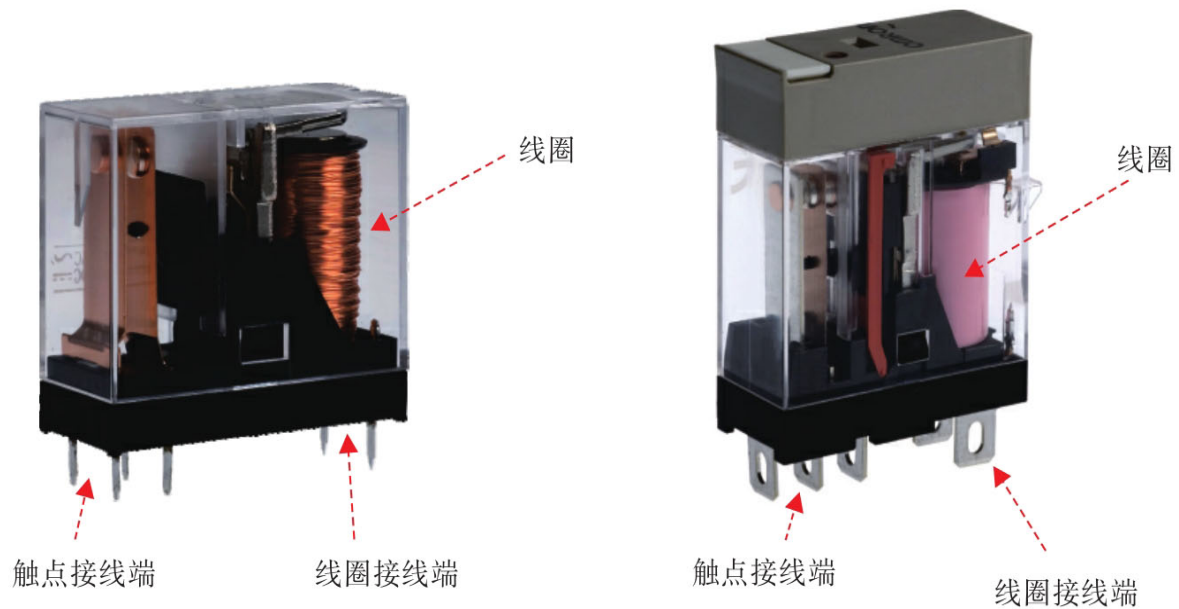
通常，继电器上有明显的标志指明继电器的引脚连接，例如示例图中所示的两个继电器。



这两个引脚明显与其他引脚不是一组，因此应是线圈接线端。其他的引脚则为触点接线端。通过其电路图形符号也可确认这一点。



若继电器透明，能看到其中的线圈，可通过线圈、触点的位置来识别继电器的引脚（接线端）。靠近线圈的两个引脚肯定是线圈接线端，其余的为触点接线端。对于多数继电器而言，如果经验丰富，通过引脚的排列就能大致区分。



需注意的是，同一种继电器可能既有交流型

的，也有直流型的，且它们的引脚排列也可能相同，在使用继电器时应注意。如果将直流型的继电器安装到交流继电器的位置，由于控制电流方向在不断变化，则会导致继电器触点簧片来回抖动。

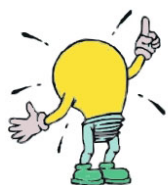
如果继电器是好的，则用万用表的电阻挡也能检测出继电器的线圈引脚（余下的当然就是继电器的触点引脚）。

这里讲的电磁继电器属于机械继电器，有直流或交流线圈。直流继电器的额定驱动电压通常为6V、12V、24V，相应线圈的电阻通常为 $40\ \Omega$ 、 $160\ \Omega$ 、 $650\ \Omega$ 。交流继电器的额定驱动电压通常为110V、240V，相应线圈的电阻为 $3400\ \Omega$ 、 $13600\ \Omega$ 。

由上述内容可知，利用万用表检测两个引脚之间的电阻，即可找到继电器的线圈引脚。

4. 继电器的使用与检测

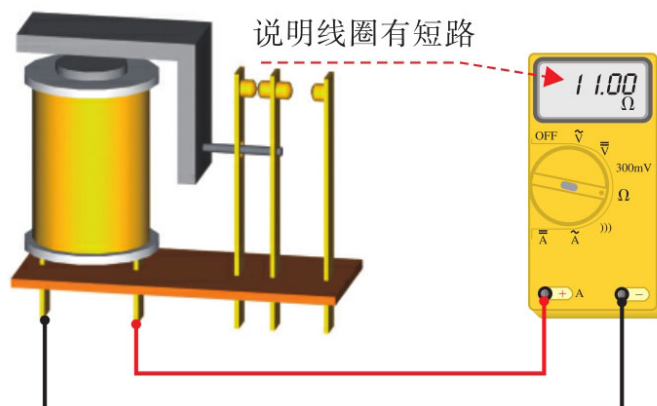
继电器的种类很多，其外形差异也很大，通常可将继电器直接焊接在电路板上，也可将继电器安装在专门的继电器插座上。某些继电器可能有安装方向的要求，对于这样的继电器，一定要按规定方向安装。所选用的继电器的额定电压、电流一定要符合实际电路的要求，否则可能烧毁继电器。



可利用万用表来检测继电器是否良好。检测包括两个方

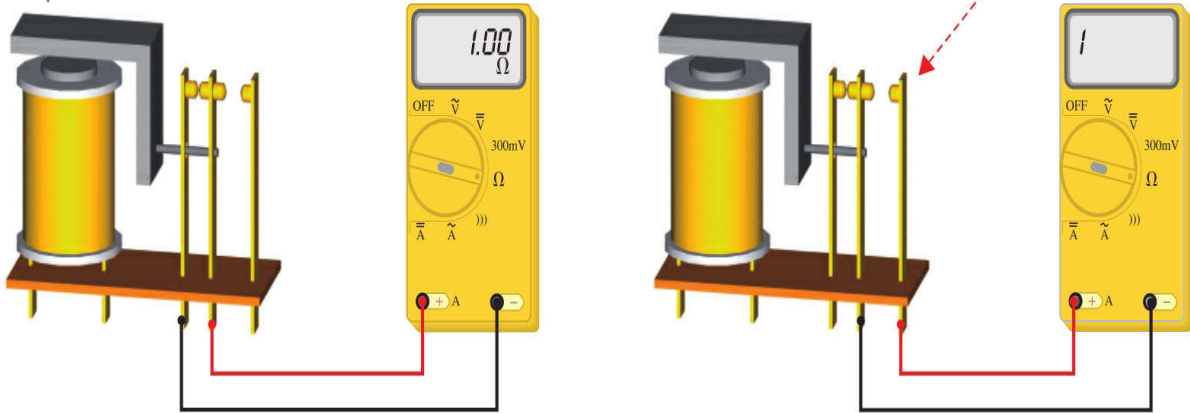
面：一个是检查继电器的线圈是否良好，另一个是检查继电器的触点是否良好。

检查线圈：万用表的红、黑表笔分别接继电器线圈的两个触点，看线圈电阻是否正常。若比正常阻值大很多，或小很多，则说明继电器不正常，需更换继电器。



检查常闭触点：万用表的红、黑表笔分别接静触点与常闭触点，电阻应接近零；否则，需更换继电器。

检查常开触点：万用表的红、黑表笔分别接静触点与常开触点，电阻应趋向于无穷大；否则，需更换继电器。

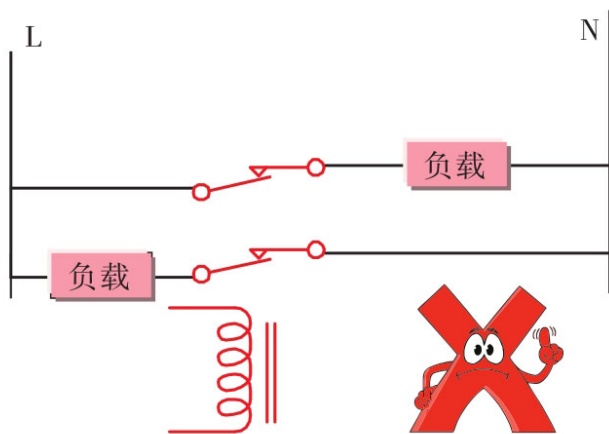
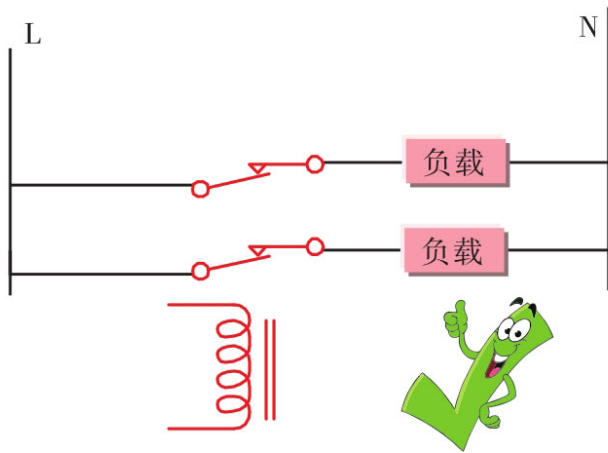


4.5.2 继电器与负载的连接

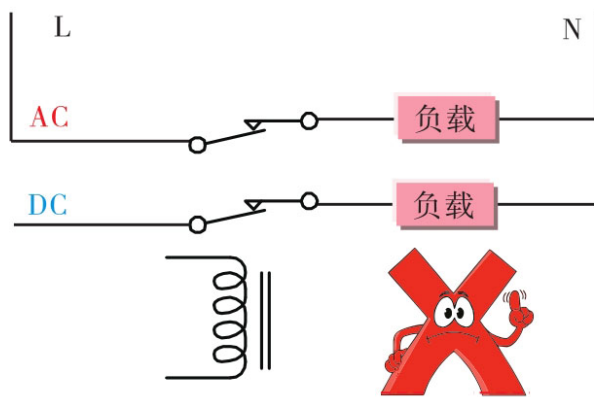
继电器连接到感性负载、灯负载、电动机等时应考虑到继电器能承受接通时的浪涌电流、反峰电压。

灯负载的浪涌电流通常10倍以上于稳态电流，电动机负载的浪涌电流通常6倍以上于稳态电流，感性负载则会有反峰电压等问题。

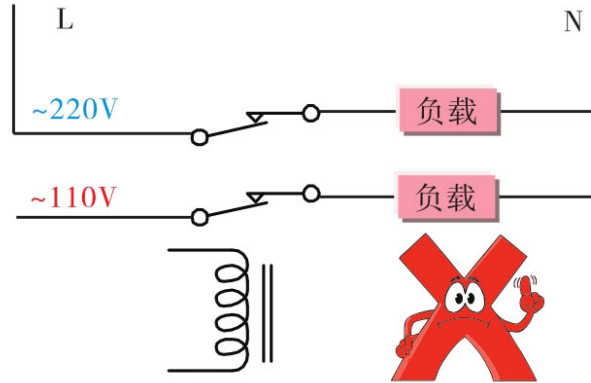
在进行继电器（特别是使用多刀多掷的继电器）与负载的连接时，可以在一个继电器上连接同一个负载的电线，但最好不要在一个继电器上连接两个或多个大容量的负载，否则可能会影响继电器的绝缘性与寿命。如果非要连接两个或多个负载，则应将负载连接到同一侧，而不要连接到继电器的不同端侧。



不要在同一个继电器上同时连接交流、直流负载。



不要在继电器的不同通道上连接电压差别很大的负载，以免触点接线端之间出现大的电压差而导致意外发生。



4.5.3 继电器与负载的保护连接

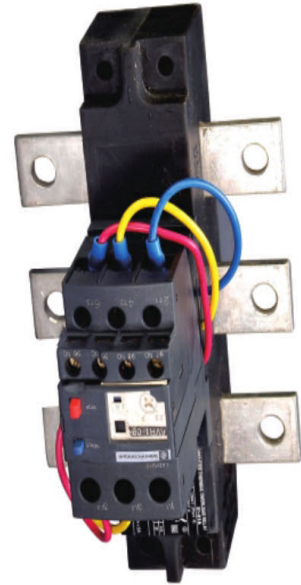
继电器从实质上讲是一个受控开关，它与负载连接时类似于之前所讲的负载与开关，因此很有必要考虑继电器与负载的保护连接。

如果负载呈阻性，则继电器与负载的连接问题不大；如果负载呈感性，在连接继电器与负载时，就必须考虑感性负载在回路通、断瞬间所呈现出的浪涌电流、反峰电压等问题。

电工电路中的大多数负载都呈感性。为防止浪涌电流、反峰电压对电路、电器造成损害，需在继电器触点与负载的连接之间添加保护电路。继电器与负载的保护连接可参考4.1.6节的内容。

4.5.4 热继电器

1. 热继电器概述



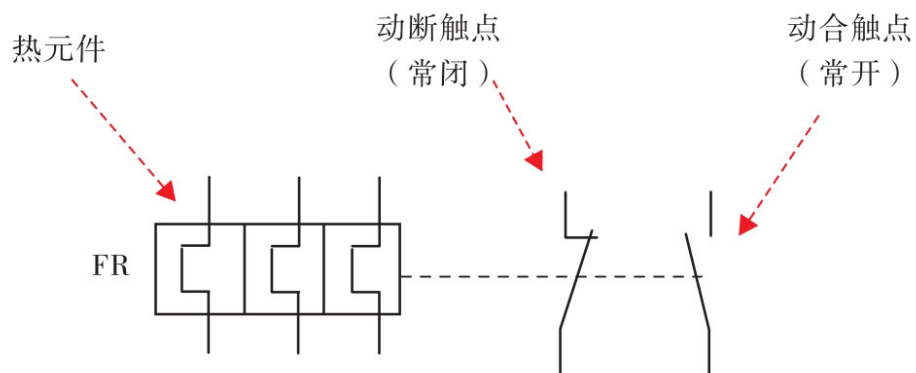
几个实际的热继电器实物图

热继电器又被称为热过载继电器（Thermal Overload Relays）。热继电器主要用于电动机的过载与断相保护。

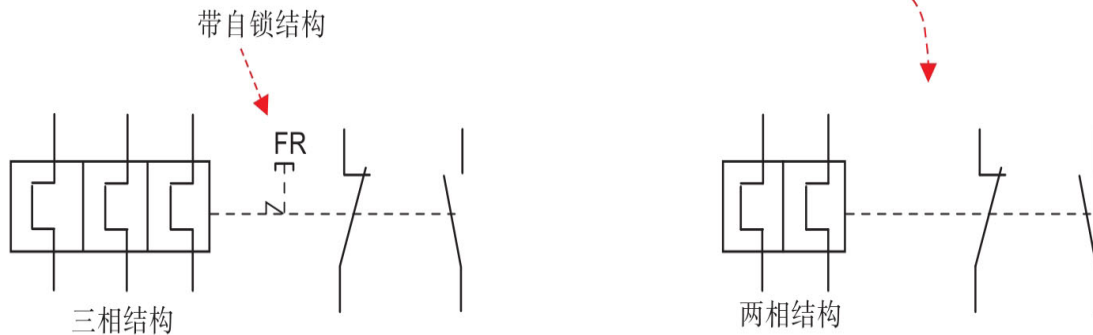
根据动作触发方式的不同，热继电器有双金属片式、热敏电阻式和易熔合金式三种，但最常见的是双金属片式热继电器。

双金属片式热继电器通常包含热元件、双金属片、脱扣机构、触点、复位与调整装置等。

在电路图中，热继电器通常用字母“FR”表示，右图所示为其电路图形符号。



你或许还会看到这样的热继电器图形符号。

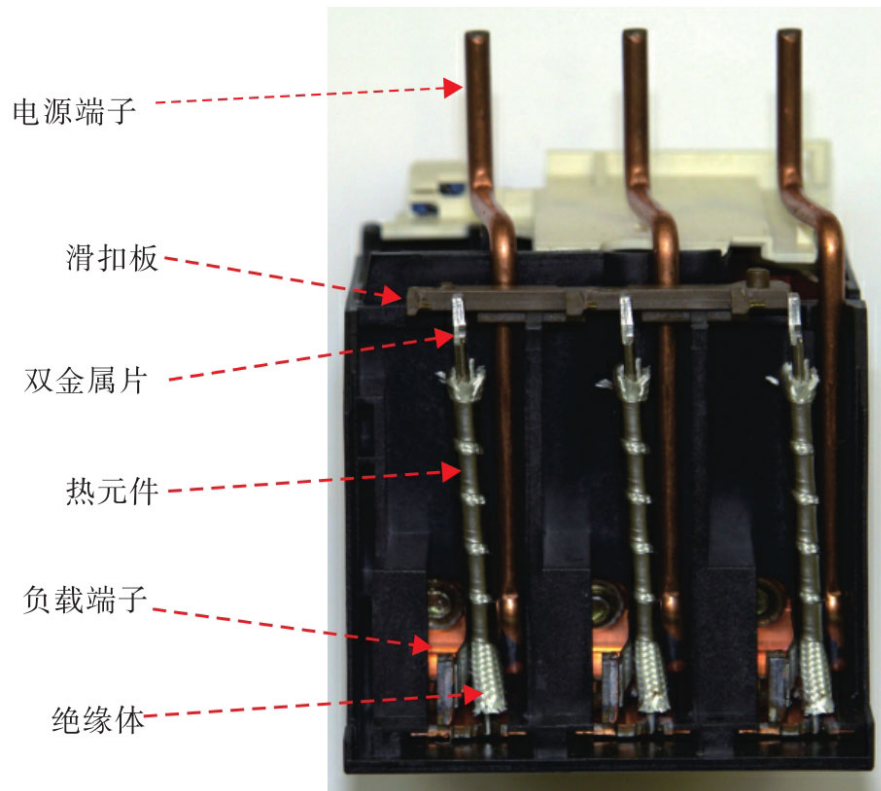


2. 热继电器工作原理

常见的热继电器为双金属片式。下图所示的是一个实际的热继电器内部实物图，从中我们可以看到热元件、双金属片等部件。

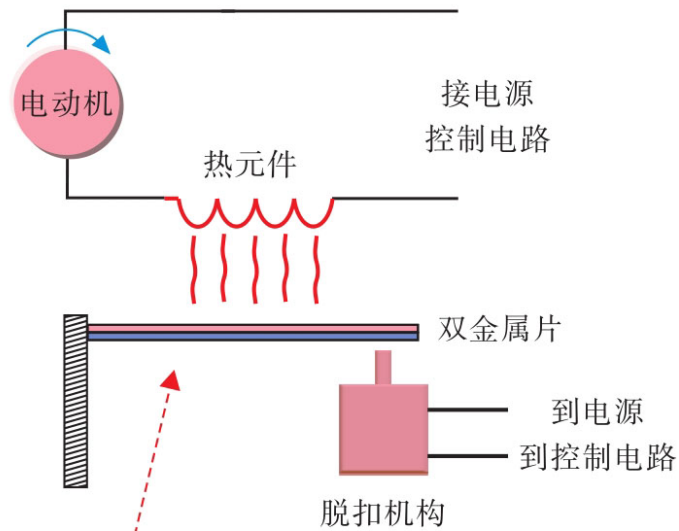
双金属片也称热双金属片。双金属片由主动层金属片（锰镍铜合金、镍铬铁合金、镍锰铁合金和镍）、被动层金属片（镍铁合金）组成。

双金属片的主动层、被动层金属的热膨胀系数不同，当温度变化时，主动层的形变要大于被动层的形变，从而导致双金属片的整体向被动层一侧弯曲。

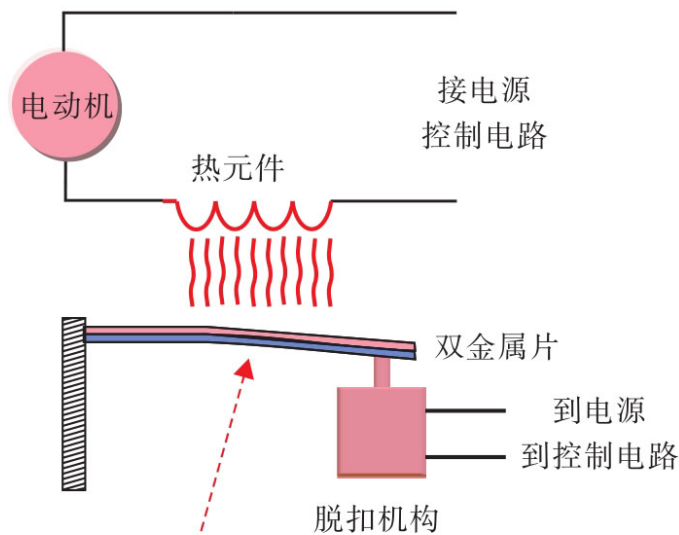


双金属片式热继电器的型号很多，外观差异也很大，但它们的原理都是一样的。

热元件紧靠或缠绕在双金属片上。热元件与负载串接，负载电流流过热元件。正常情况下的负载电流虽然也会导致热元件发热，但不足以使双金属片发生形变。如果负载异常，导致流过热元件的电流增大很多，就会导致热元件迅速升温，双金属片随之发生形变，带动热继电器内的脱扣机构动作，使热继电器的触点断开（或闭合）。下面两个图可简单说明热继电器的工作机理。



正常情况下，负载电流使热元件产生的热量不足以使双金属片发生形变。

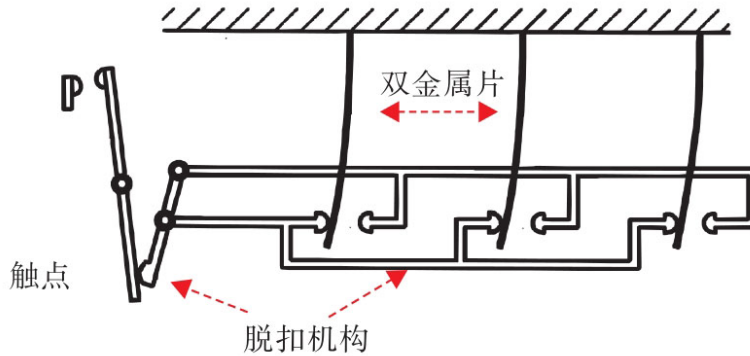


电动机过载、线路断相时，电流大增，热元件发热严重，致使双金属片发生形变，带动脱扣机构动作。



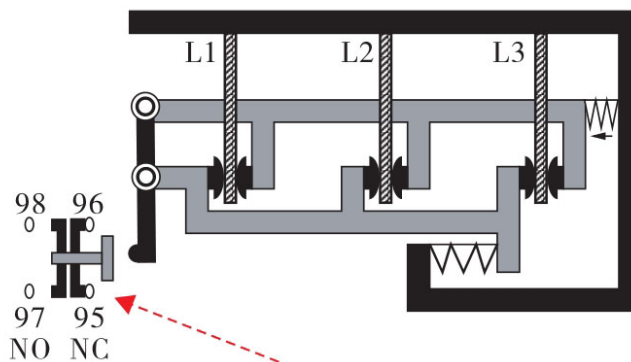
右图所示的是一个实际的热继电器内的双金属片、

脱扣机构与触点装置图。你能结合上面的内容来理解该图吗？

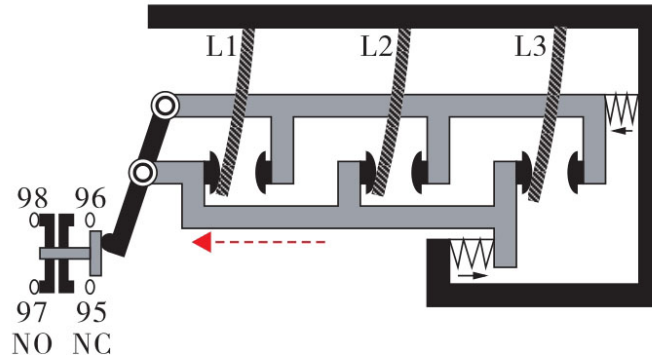


正如前面所说，双金属片式热继电器多种多样，但它

们的原理是一样的。下图所示也是一个实际的热继电器的脱扣机构示意图，与之前的比较，它们是否相似呢？



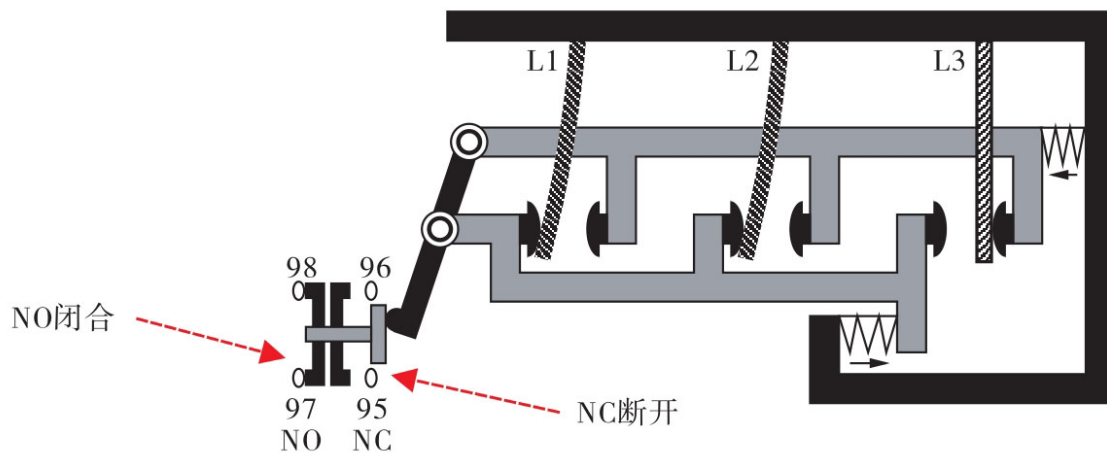
正常情况下，热继电器的95、96端口（常闭触点）导通。



出现过载时，大电流使双金属片迅速升温发生形变。双金属片通过滑扣板推动动触点，使之与NC静触点断开，与NO静触点闭合。

如果三相电动机线路出现一相断开，则会导致电动机严重发热，甚至烧毁。因此，断相保护是非常必要的。许多热继电器都会提供电动机的断相保护。

下图展示了热继电器的断相保护实施。

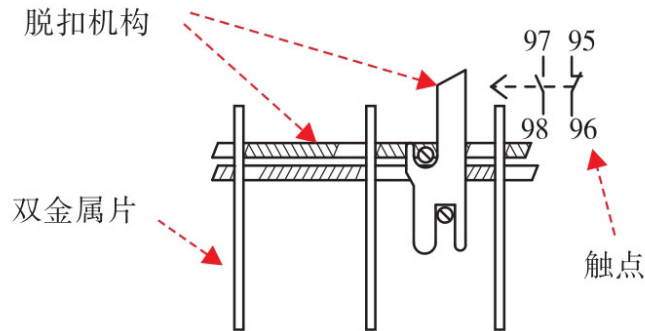


如果出现断相，虽然断相通道（L3）上双金属片上的热元件因没有电流流过不发热而没有动作，但断相会导致另外两相线路的电流大增。另外两相通道上的金属片会迅速产生形变，带动脱扣机构动作，致使常开（NO）触点闭合，常闭（NC）触点断开。

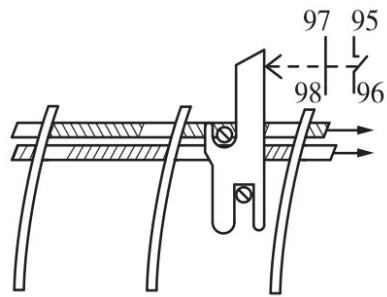


你可以仔细观察一下热继电器在正常、过载、断相情

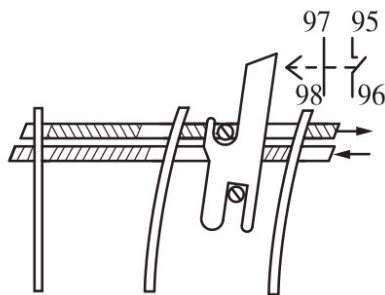
况下双金属片的状态。



正常工作状态



过载



一相线路断开（断相）

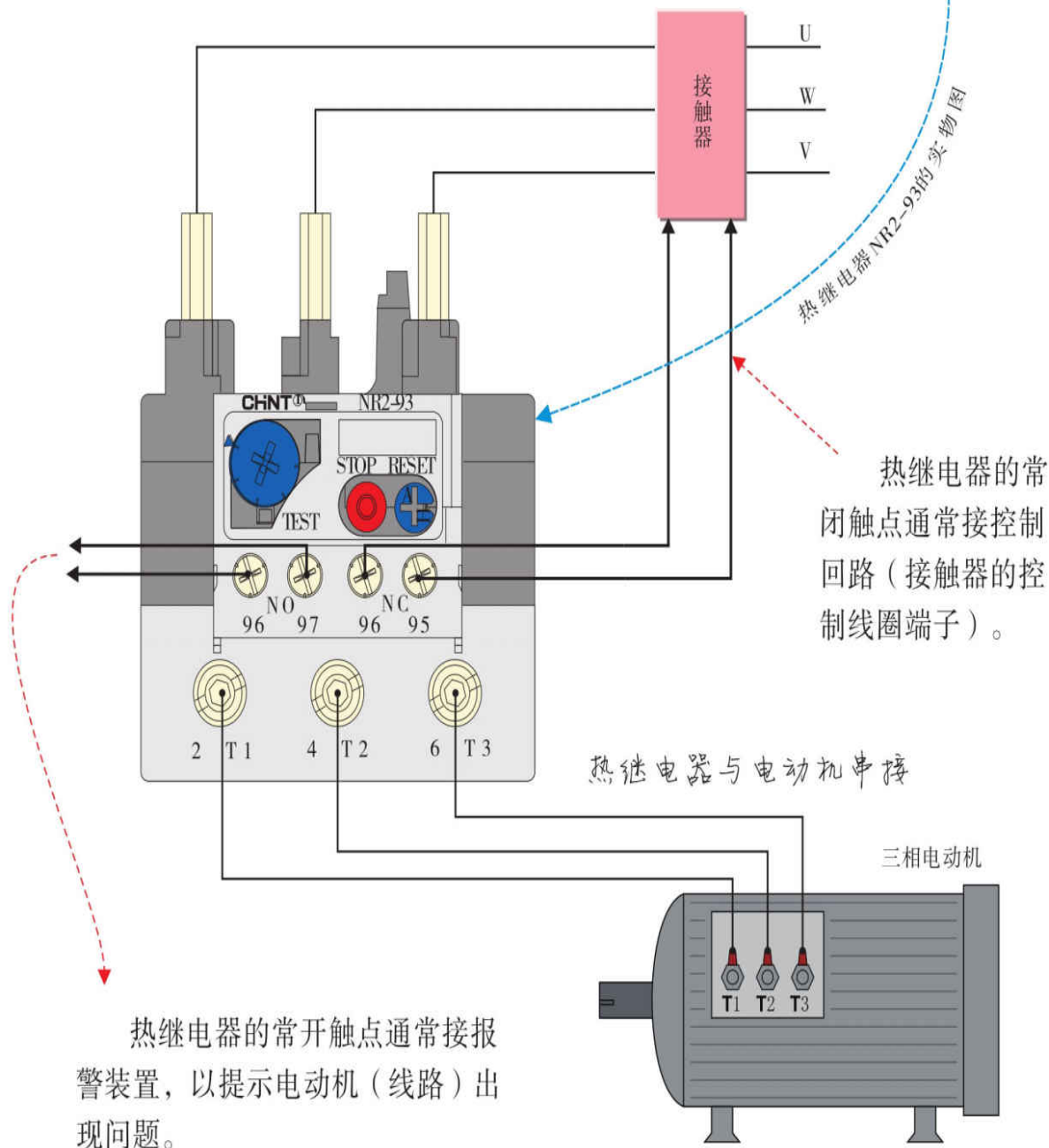
3. 热继电器的电路连接

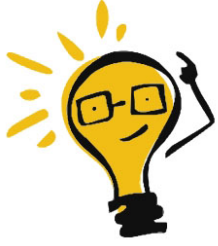
如果你认为热继电器可以直接保护电动机，那就错了！

热继电器通常需要与接触器配合使用，以实现电动机过载、断相的自动保护。

如果你认为热继电器可以直接保护电动机，那就错了！

热继电器通常需要与接触器配合使用，以实现电动机过载、断相的自动保护。

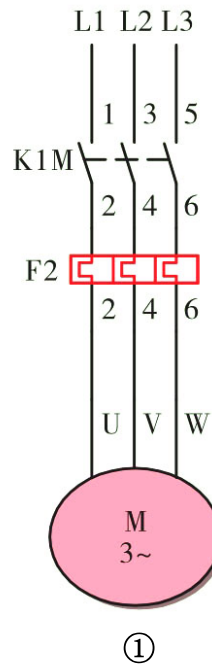


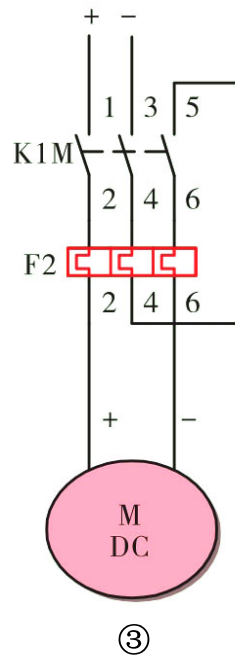
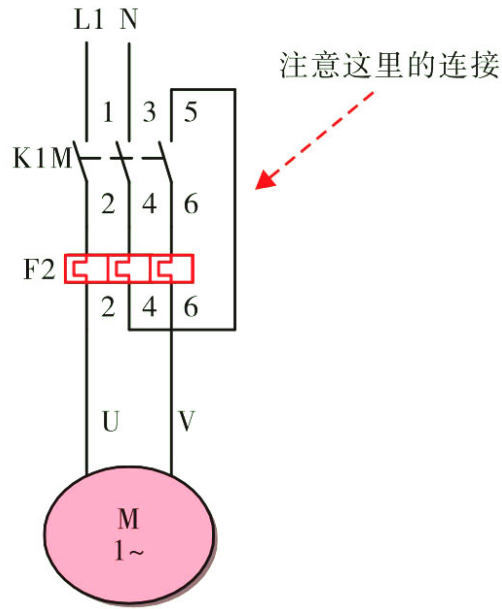


上图所示的仅仅是一个实物连接的示意图。下图①~

③所示的则是一个热继电器分别用于三相电动机、单相电动机、直流电动机时的电路图。其中的K1M为接触器，F2为热继电器。

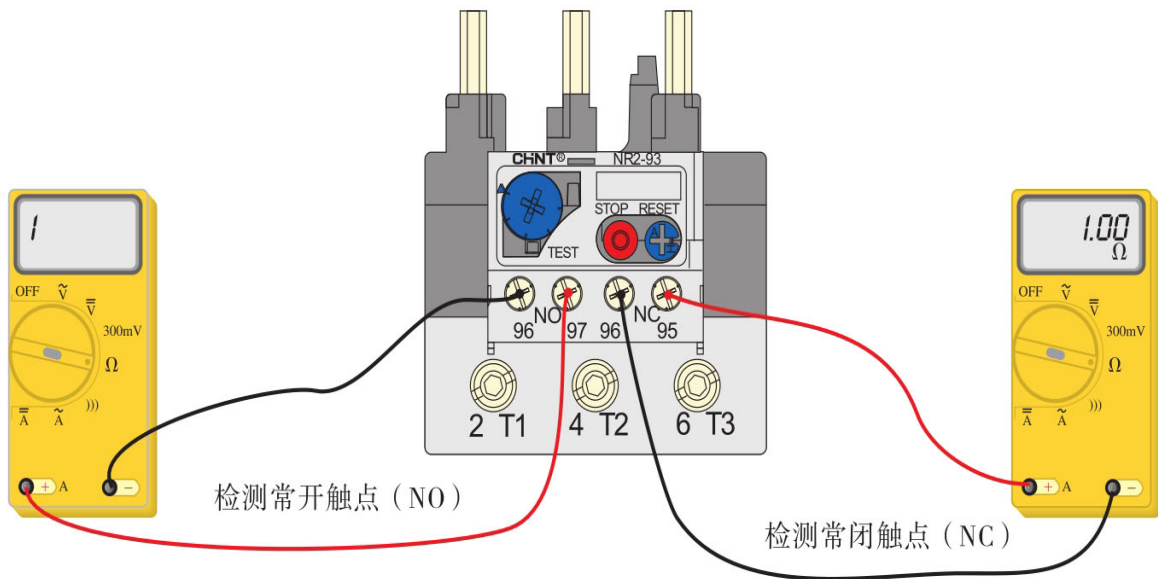
从图中可以看到，热继电器不论是应用于哪一种电动机电路，其热元件通道都应串接在负载回路中。





4. 检测热继电器

检测热继电器比较简单，主要是检查热继电器的常闭、常开触点，如图所示。热继电器的常闭触点间电阻应很小（接近零），常开触点间电阻应很大（趋向于无穷大）；否则，说明热继电器不良或损坏。



5. 热继电器的选择与使用

热继电器主要用于保护电动机的过载，因此选用热继电器前应对所要保护的电动机的情况有所了解，例如电动机的启动电流、额定电流等。热继电器的额定电流应大于电动机的额定电流。

热继电器内热元件的额定电流应略大于电动机的额定电流。原则上应使热继电器在电动机短时过载和启动的瞬间不受影响（不动作）。

应根据被保护电动机的额定电流来选择热继电器的额定电流等级。如果相应电流等级内热继电器不完全符合要求，则可尝试通过热继电器上的调节装置做适当的调整，以期使热继电器满足需要。

对工作于正反转和通断频繁等特殊情况下的电动机，不宜采用热继电器作为过载保护装置。

若电源电压稳定性差，或电动机的工作环境差，或很少有人看管的电动机，建议选择具有**断相保护功能的热继电器**。

需注意的是，热继电器的过载保护、断相保护作用只有在与接触器等其他控制电器配合使用时才能显现。

热继电器与其他电器安装在一起时，应将其安装在发热电器的下方，距离应在50mm以上，以免影响热继电器的动作特性。热继电器的安装方向应按产品说明书的规定进行，以确保热继电器在使用时的动作能一致。

环境温度对热继电器动作的快慢影响较大。若电动机与热继电器分设两处，则它们的环境温度不能相差太大。对没有温度补偿的热继电器，应在热继电器和电动机两者环境温度差异不大的地方使用。

应按规定使用热继电器的连接导线，否则将影响热继电器的动作特性。

安装时，热继电器的接线端与导线连接应紧密；否则，接触电阻增大，将导致热元件温度升高，热继电器无动作。

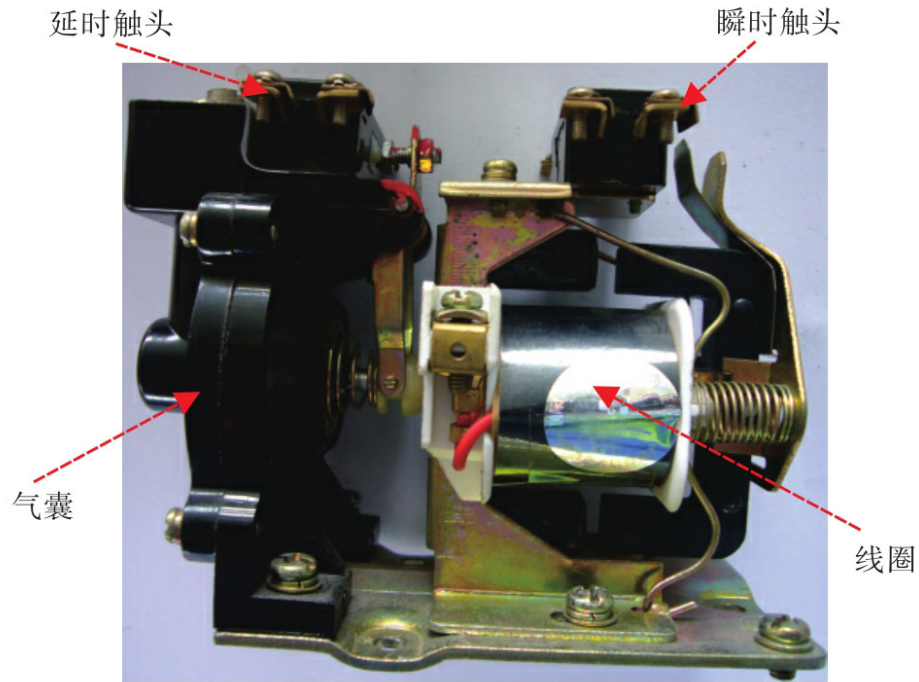
4.5.5 时间继电器



几个时间继电器的实物图

时间继电器也是继电器的一种。给时间继电器加载（或去除）输入的动作信号后，只有经过规定（或设置）的时间，时间继电器的触点才产生动作。它是一种延时控制的器件。简单而言，可将时间继电器理解为由定时器控制的开关：定时时间到时，开关触点断开（或闭合）。

时间继电器通常用在较低电压或较小电流的电路中，用来控制较高电压或较大电流的电气元件。它的种类很多，有空气阻尼型、电动型和电子型等。右图所示的就是一个空气阻尼型时间继电器的内部组成实物图。



时间继电器

它可以分为通电延时继电器、断电延时继电器

通电延时继电器的工作简述如下。

给线圈通电，一段时间延时后，常闭触点断开，常开触点闭合。

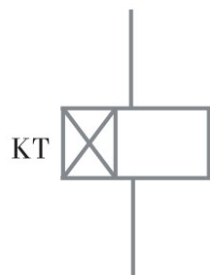
断开线圈输入，常闭触点立即恢复闭合，常开触点立即恢复断开。

断电延时继电器的工作简述如下。

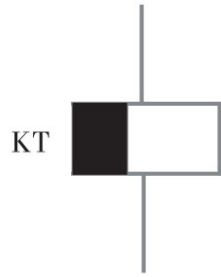
给线圈通电，延时常闭触点立即断开，延时常开触点立即闭合。

断开线圈输入，一段时间延时后，常闭触点闭合，常开触点断开。

在电路图中，时间继电器通常采用如下的电路图形符号：



通电延时线圈



断电延时线圈



常闭 (NC, 动断) 触点



常开 (NO, 动合) 触点



通电延时常开触点



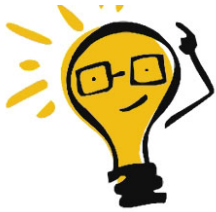
通电延时常闭触点



断电延时常开触点

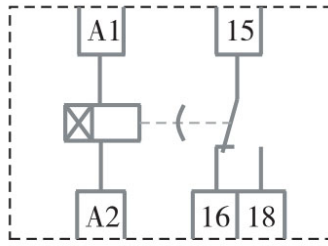


断电延时常闭触点

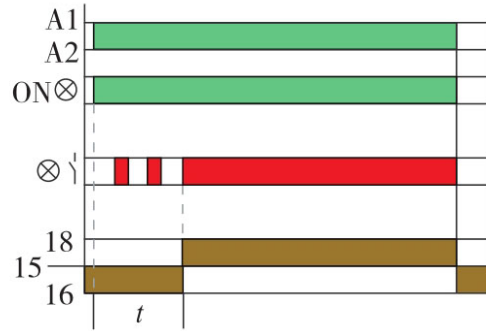


下面所示的是两个时间继电器的电路图形符号与延时

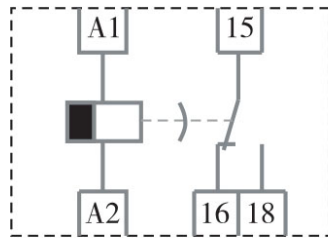
说明图（这些资料都可以在互联网上找到），你能看明白吗？



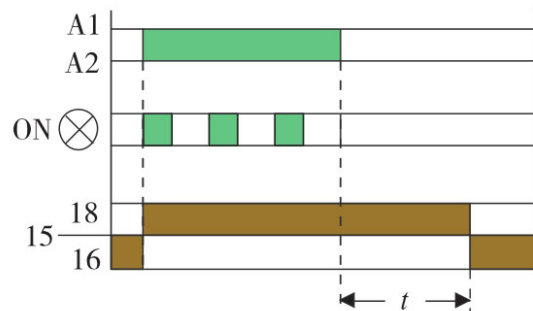
1



上面的图看明白了吗？



2



第二幅图，自己想想看

①整个图形为一个通电延时继电器。

A1、A2为通电延时线圈；15为动触点接线端；16、18为静触点接线端。

15、16为延时常闭触点，15、18为延时常开触点。

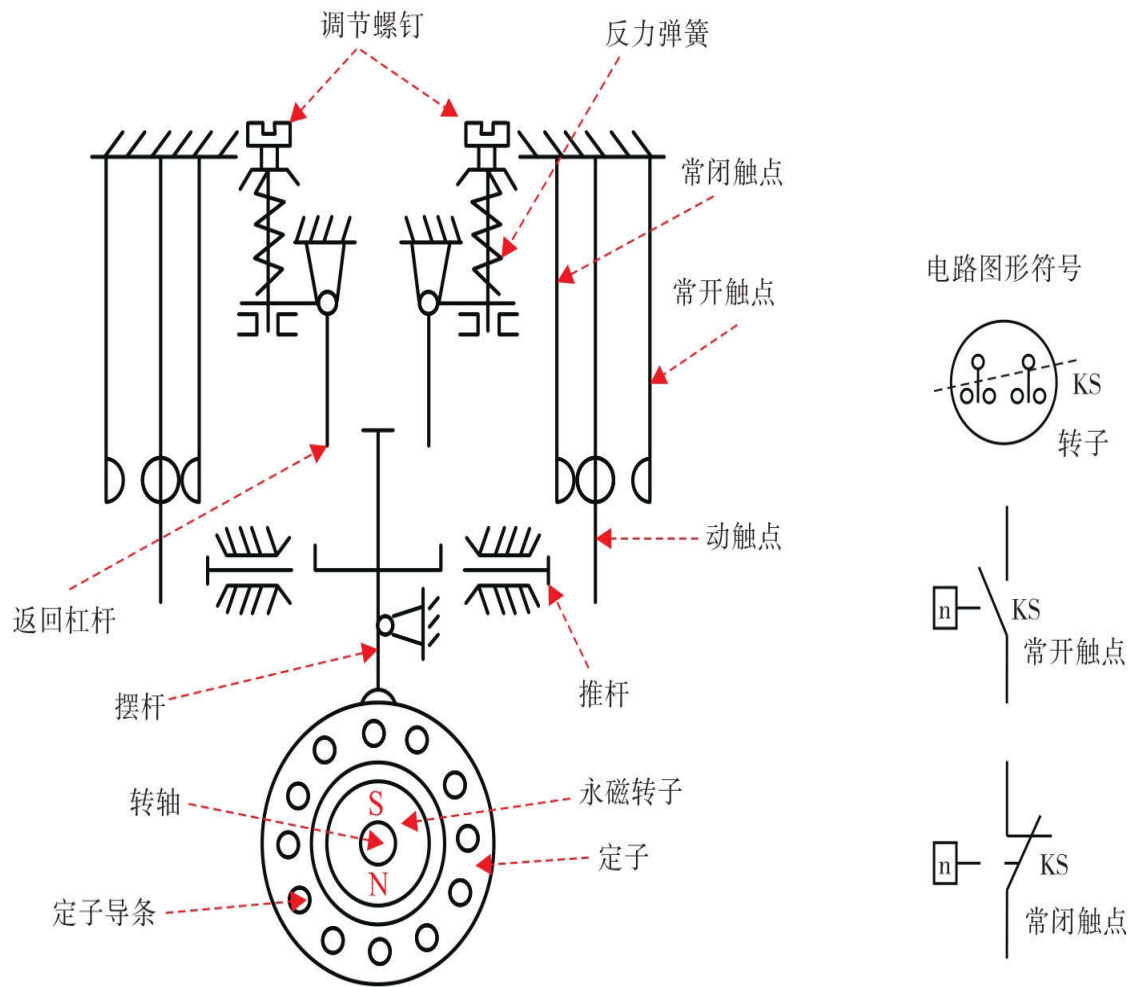
给A1、A2端通电，一段时间延时后，15、16端口通道断开；15、18端口通道闭合。

4.5.6 速度继电器



两个速度继电器实物图

在自动控制中，有时需要在笼式电动机的转速降到很低时立即切断电流，以防止电动机反向启动。这种控制动作就需要速度继电器来完成。速度继电器（转速继电器）主要由转子、定子及触点等组成。不同的速度继电器组成可能有所不同，但大都相似。

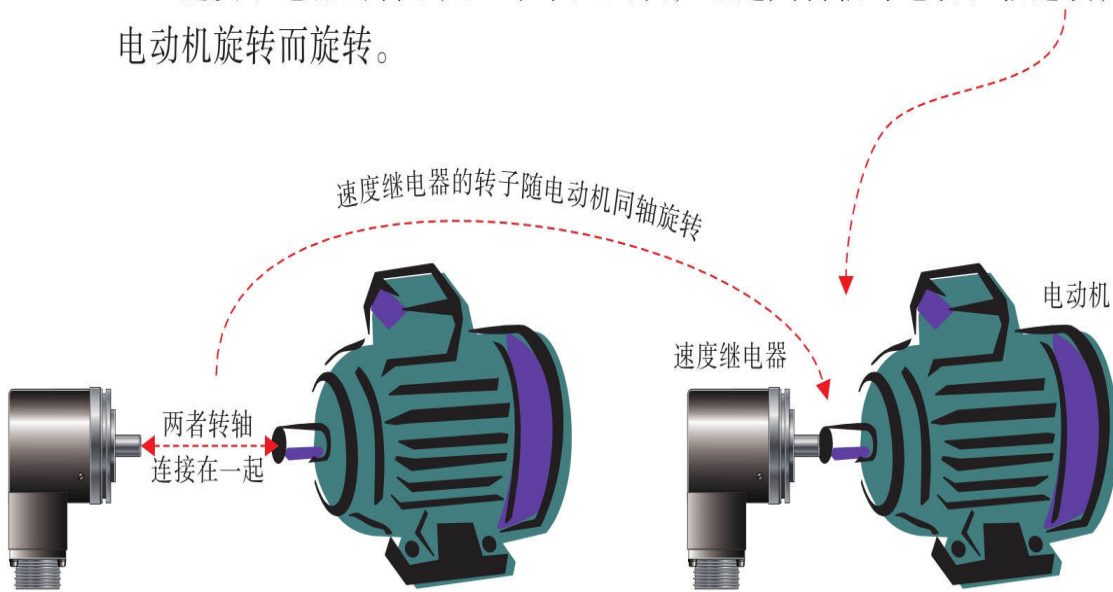


一个实际的速度继电器的结构示意图

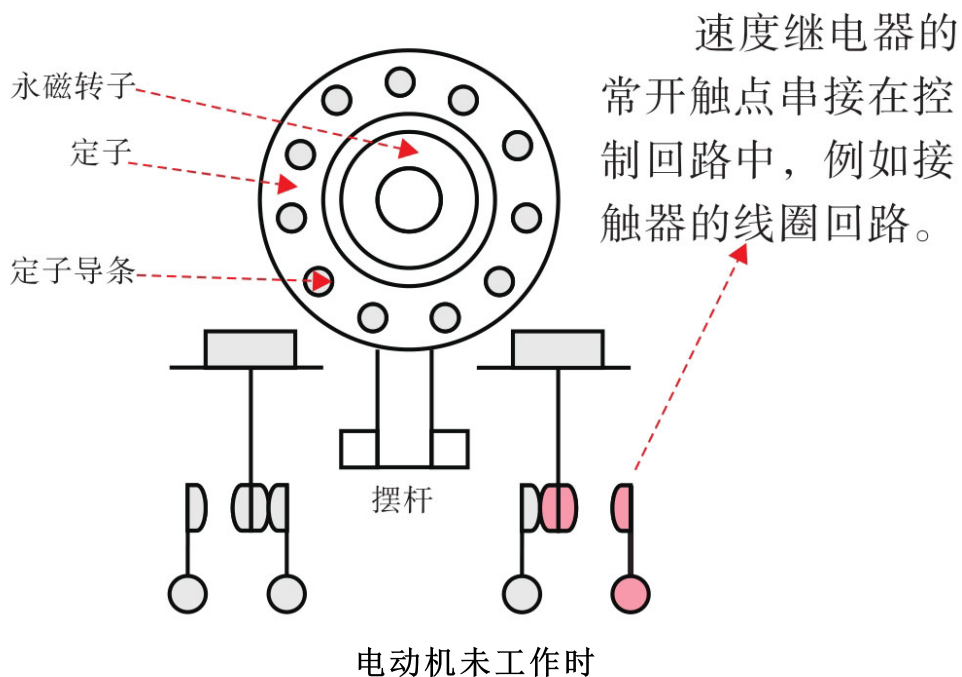


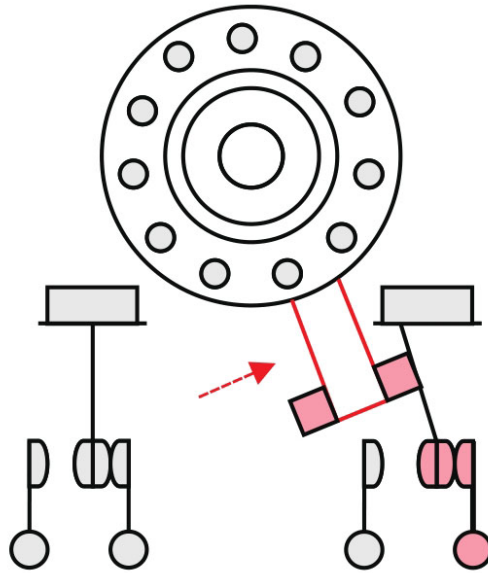
速度继电器是根据电磁感应原理制成的，与电动机类似。

速度继电器的转子是一个永久磁铁，通过其转轴与电动机轴连接，随着电动机旋转而旋转。



速度继电器的转子旋转→产生旋转磁场→定子导条感应产生交变电流→定子导条内的交变电流致使定子产生交变磁场→定子磁场与转子磁场相互作用，使定子转动。定子带动摆杆转动。而返回杠杆则限制摆杆（定子）只能在所限定的范围内转动（参见上面的结构示意图）。转动的摆杆通过推杆使常闭触点断开，使常开触点闭合。





电动机工作时

4.6 变压器

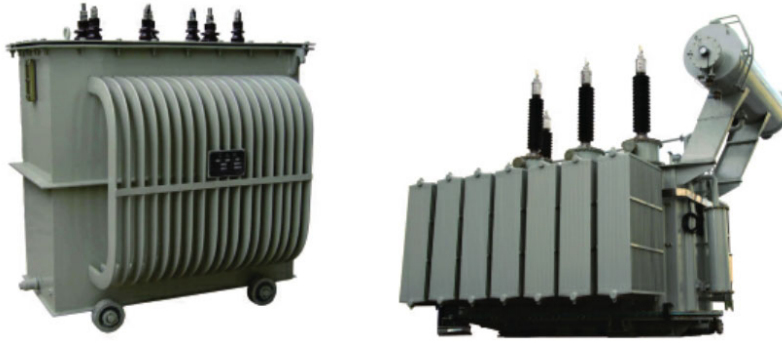
4.6.1 变压器概述

变压器（Transformer）是一种利用线圈互感的电磁感应原理制成的，用于电能转换或信号传输的电器设备，它可以把一种电压、电流的交流电能转换成相同频率的另一种电压、电流的交流电能。

变压器的应用非常广泛，种类很多。变压器可分为电源变压器、音频变压器、中频变压器、射频变压器、电力变压器等。下图所示的是两个电器设备中的电源变压器，以及两个用于电力传输的高压变压器。



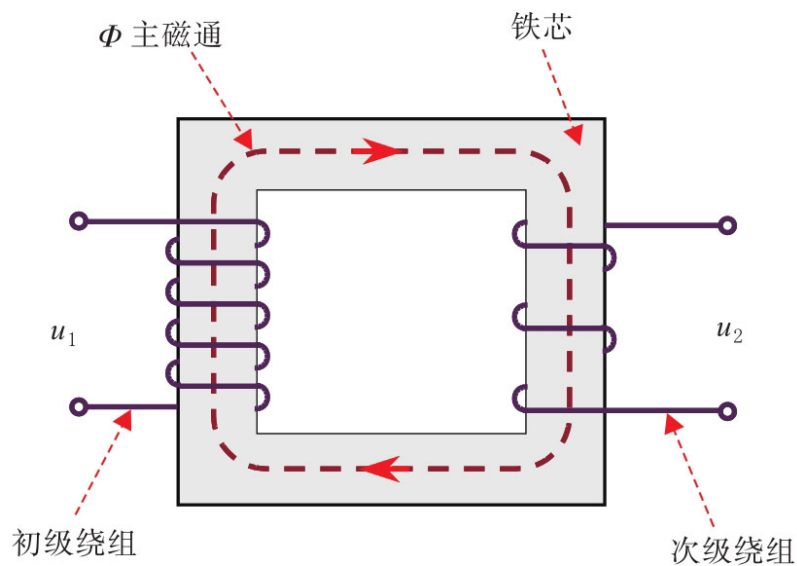
两个低压电源变压器



两个高压变压器

变压器是由闭合铁芯和绕在铁芯上的两个线圈组成的。右图所示的是一个变压器的基本结构示意图。

一个线圈连接电源，叫初级绕组，为输入端；另一个线圈与负载连接，叫次级绕组，为输出端。



变压器的绕组分初级与次级，两个绕组间只有磁耦合，没有电联系。

在初级绕组上加交流电压 u_1 ，交变电流会使初级绕组产生交变磁场，在铁芯中产生交变的磁通量。

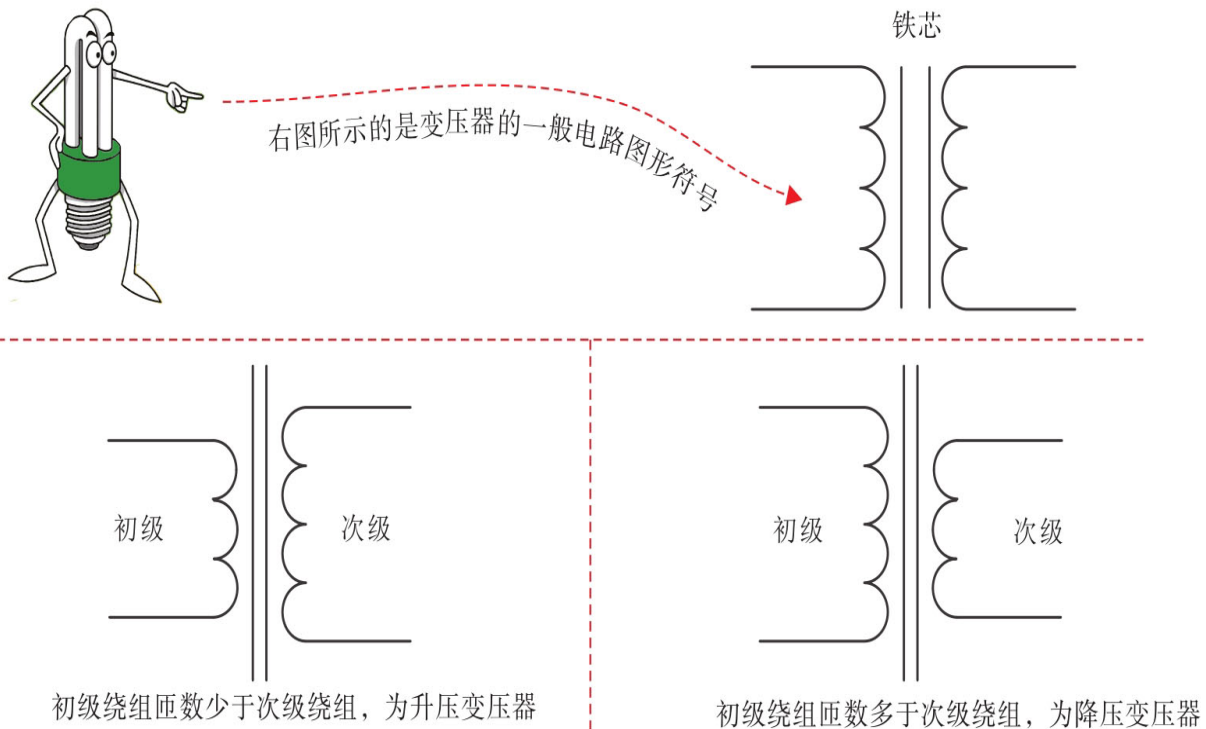
交变的磁通量穿过次级绕组，使变压器的次级绕组产生感应电动势（电压）。如果次级绕组电路是闭合的，次级绕组就会出现交变电流。

只要变压器初级绕组与次级绕组的匝数（缠绕的圈数）不同，就能达到改变电压的目的。

大多数情况下，变压器是用来进行电压变换的。理想状态下，变压器初级绕组与次级绕组的电压关系有： $u_1/u_2=N_1/N_2$ 。

其中， u_1 为初级绕组两端的电压； u_2 为次级绕组两端的电压； N_1 为初级绕组的匝数； N_2 为次级绕组的匝数。即，理想的变压器初级绕组与次级绕组的端电压之比等于这两个绕组的匝数比。需注意的是，由于变压器存在损耗，所以变压器的输出功率永远小于输入功率。

在电路图中，变压器通常用以下的图形符号来表示：

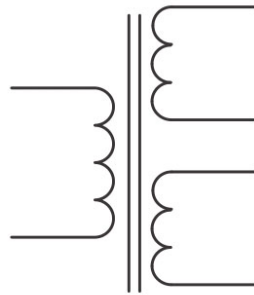




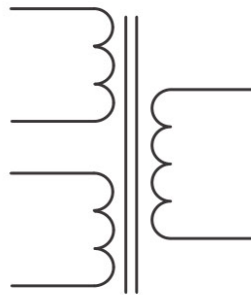
在电路图中，如果没有特别的约定，变压器图形符

号的左边为变压器的初级绕组，右边为变压器的次级绕组。

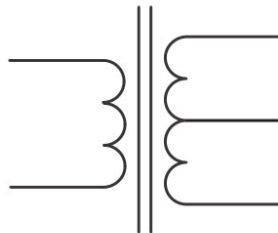
下图所示的也是几个常见的变压器图形符号：



次级有多个绕组的变压器



初级有多个绕组的变压器



次级有中心抽头的变压器

4.6.2 变压器的参数

一般来说，我们要注意变压器的两个重要参数：电压比与额定功率。

变压器输入端、输出端的电压之比被称为电压比（ K ）。变压器的变压比与变压器的初级、次级绕组的匝数相关，有：

$$K = u_1 / u_2 = N_1 / N_2$$

此关系不仅适用于初级、次级只有一个绕组的情况，而且适于多个绕组的情况。

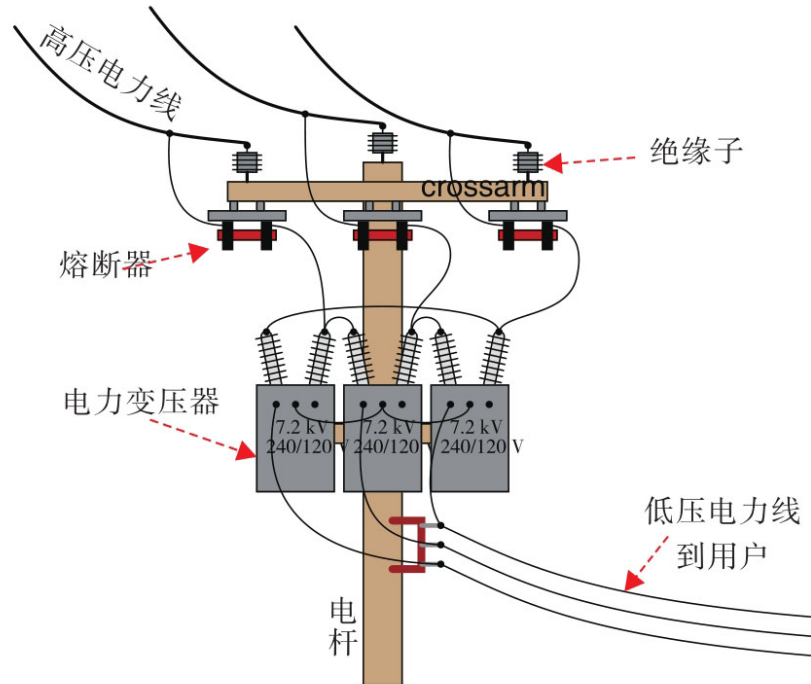
对于变压器，其输入功率 P_1 近似等于输出功率 P_2 。因 $P = uI$ ，有 $u_1 I_1 = u_2 I_2$ ，由电压比公式可推出变压器初级、次级电流关系： $I_1 / I_2 = N_2 / N_1$ 。

变压器工作时，初级绕组与次级绕组中的电流跟它们的匝数成反比。在变压器中，绕组匝数多的，其两端电压高，但绕组的电流小，可用较细的导线绕制；绕组匝数少的，其两端的电压低，但绕组电流大，应用较粗的导线绕制。

额定功率是指在规定的工作频率与电压下，变压器能长期工作却不超规定温升的输出功率。若选用的额定功率过小，则变压器很容易被烧毁。

4.6.3 变压器的种类

变压器的应用领域非常广，种类很多，其外观形状也是多种多样。不论是哪一类变压器，其基本工作原理都是一样的。



电力变压器

它是发电厂和变电所的主要设备之一

变压器的作用是多方面的，不仅能升高电压把电能送到用电地区，还能把电压降低为各级使用电压，以满足用电的需要。总之，升压与降压都必须由变压器来完成。

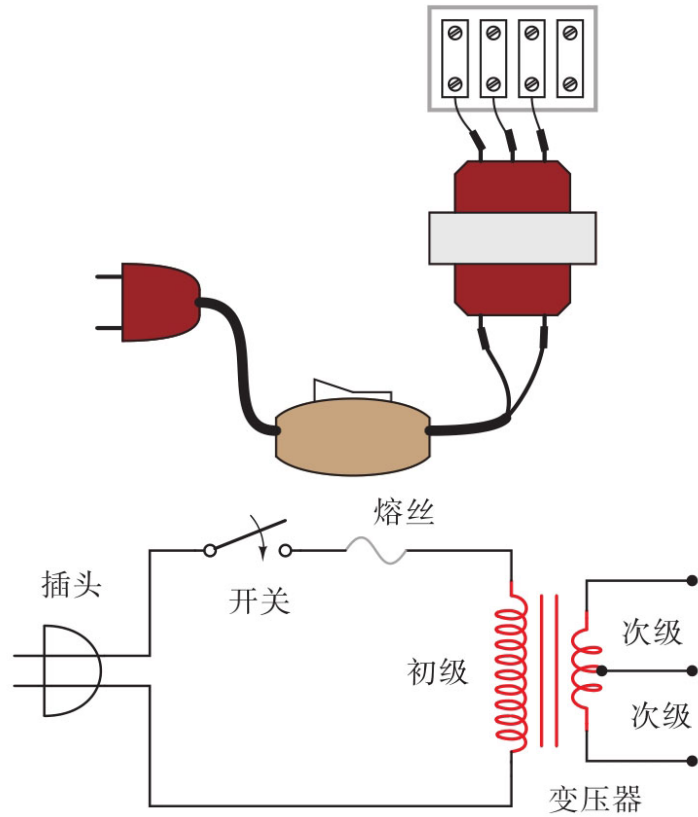
在电力系统传送电能的过程中，必然会产生电压和功率两部分损耗。在输送同一功率时，电压损耗与电压成反比，功率损耗与电压的平方成反比。

电力变压器是一种用来改变交流电能的电压和电流等级的电器设备。在电力系统中，通常需要升压变压器来输出高压，以使电能进行远距离传输；又通常需要降压变压器，将高压转换成合适的低压，以满足各类用户的需求。利用变压器提高电压，减少了送电损失。

电力变压器的主要作用是传输电能，因此，额定容量是它的主要参数。额定容量是一个表现功率的惯用值，它表征传输电能的大小，以kVA或MVA表示。当对变压器施加额定电压时，根据它来确定在规定条件下不超过温升限值的额定电流。

电源变压器

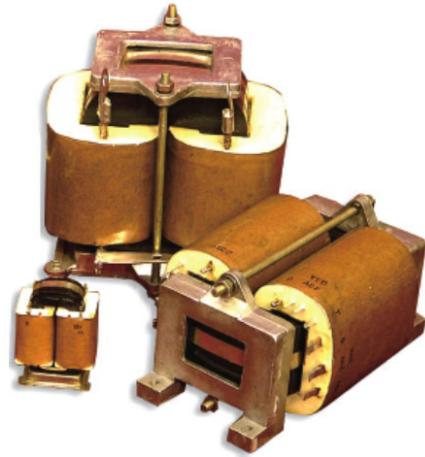
电源变压器的主要用途是升压或降压



升压变压器的初级绕组较次级绕组的匝数少，而降压变压器的初级绕组较次级绕组的匝数多。稳压电源和各种家电产品中使用的电源变压器均属于降压变压器。



E型电源变压器



C型电源变压器



环型电源变压器

电源变压器有E型电源变压器、C型电源变压器和环型电源变压器等。

E型电源变压器的铁芯是用硅钢片交叠而成。其缺点是磁路中的气隙较大，效率较低，工作时电噪声较大。优点是成本低廉。

C型电源变压器的铁芯是由两块形状相同的C型铁芯对接而成，与E型电源变压器相比，其磁路中气隙较小，有体积小、重量轻、漏磁小等优点，性能有所提高。

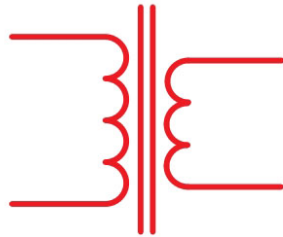
环型电源变压器的铁芯是由冷轧硅钢带卷绕而成，磁路中无气隙，漏磁极小，工作时电噪声较小。环型铁芯变压器和同等容量的叠片变压器相比，具有体积小、重量轻、漏磁小等优点。

4.6.4 检测变压器

通常可利用万用表来检测变压器（电阻法）。在检测时，选择万用表较小的电阻挡。

常用的电源变压器多是降压变压器，其初级绕组的电阻通常比次级绕组电阻大。利用这个特性可粗略地检查变压器是否损坏，也可利用这个特性区分变压器的初级与次级。

电源变压器的初级绕组电阻可能在几百欧姆至几千欧姆之间，次级绕组电阻可能在十几欧姆至百欧姆之间，实际中不同的变压器其参数值不同。



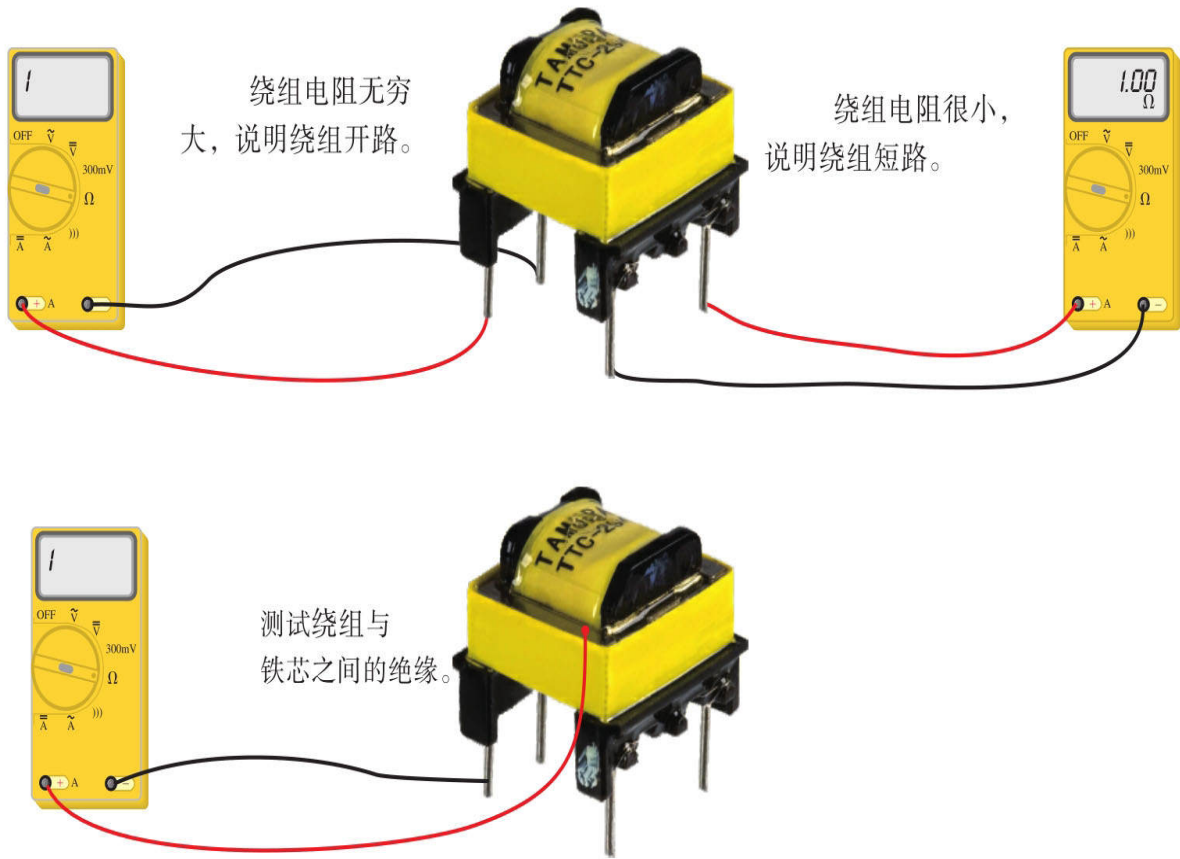
初级绕组匝数多，电阻大。

次级绕组匝数少，电阻小。



需注意的是，电阻法只能检测变压器线圈是否开路、变压器线圈是否严重短路、变压器的绝缘是否良好。

电阻法无法检查变压器绕组较轻微的匝间（局部）短路。



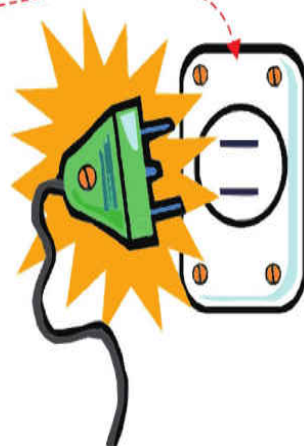
调节万用表为最大电阻挡, 用万用表的红、黑表笔分别接变压器的绕组引脚、变压器的铁芯, 此时电阻应很大 (趋向于无穷大); 否则, 说明变压器绝缘破坏, 不能使用。

第5章 家庭用电线路

5.1 家庭电路的基本概念

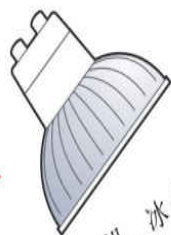
说到一般居民用电，大多数人肯定能想到两个方面的线路：

一是灯（照明），二是插座。事实上也的确如此。

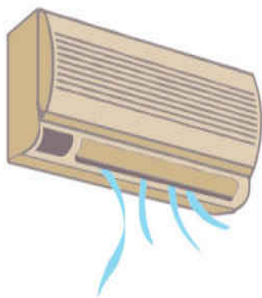


早期居民用电中的灯主要用于照明，如今居民用电中的灯除用于照明外，相当一部分还用于装饰，例如常见的射灯。

早期居民用电中的插座线路是比较少的。随着经济的发展，居民生活水平的提高，越来越多的家用电器进入了千家万户，居民用电中的插座线路就成了非常重要的一个方面。



一般插座线路用于洗衣机、冰箱等电器



由于一般家庭中大功率电器越来越多，且通常需要单独控制，插座线路通常又被分出专门的大电流线路，例如空调线路、浴霸线路等。





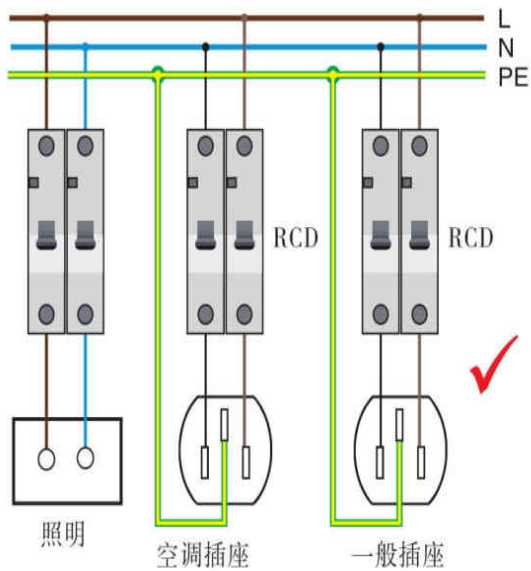
从前面的叙述可知，一般民居用电通常为三种用

电线路：照明线路、一般插座线路、大功率插座线路。

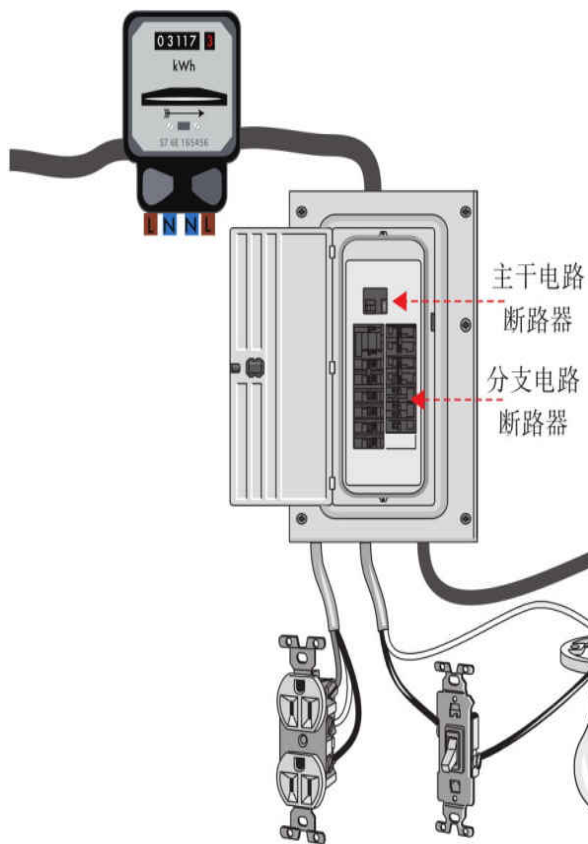
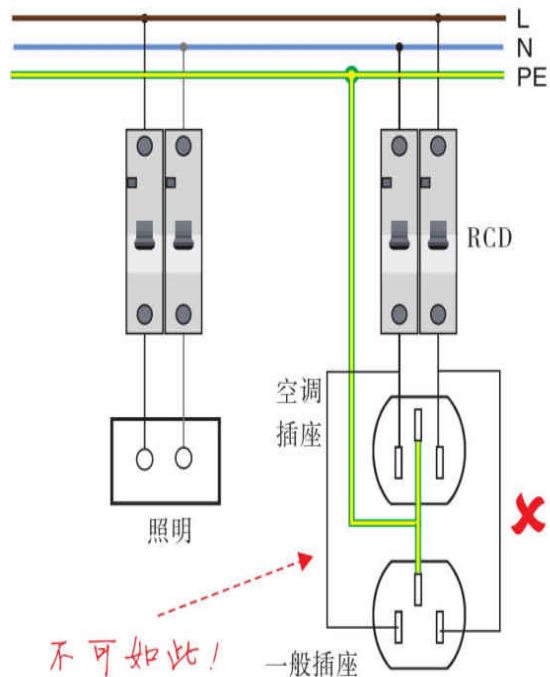
为了避免在日常生活中三种线路互相影响，常将这三种线路分开安装布线，并根据需要来选择相应的断路器（参见下图）。

家庭布线的基本连接示意图

L: 火线; N: 零线; PE: 保护接地线



分开布线



通常来说，一般居民用电线路由以下几部分组成：

电能表、断路器、闸刀开关、插座、导线与照明灯具等。

5.2 住宅楼配电

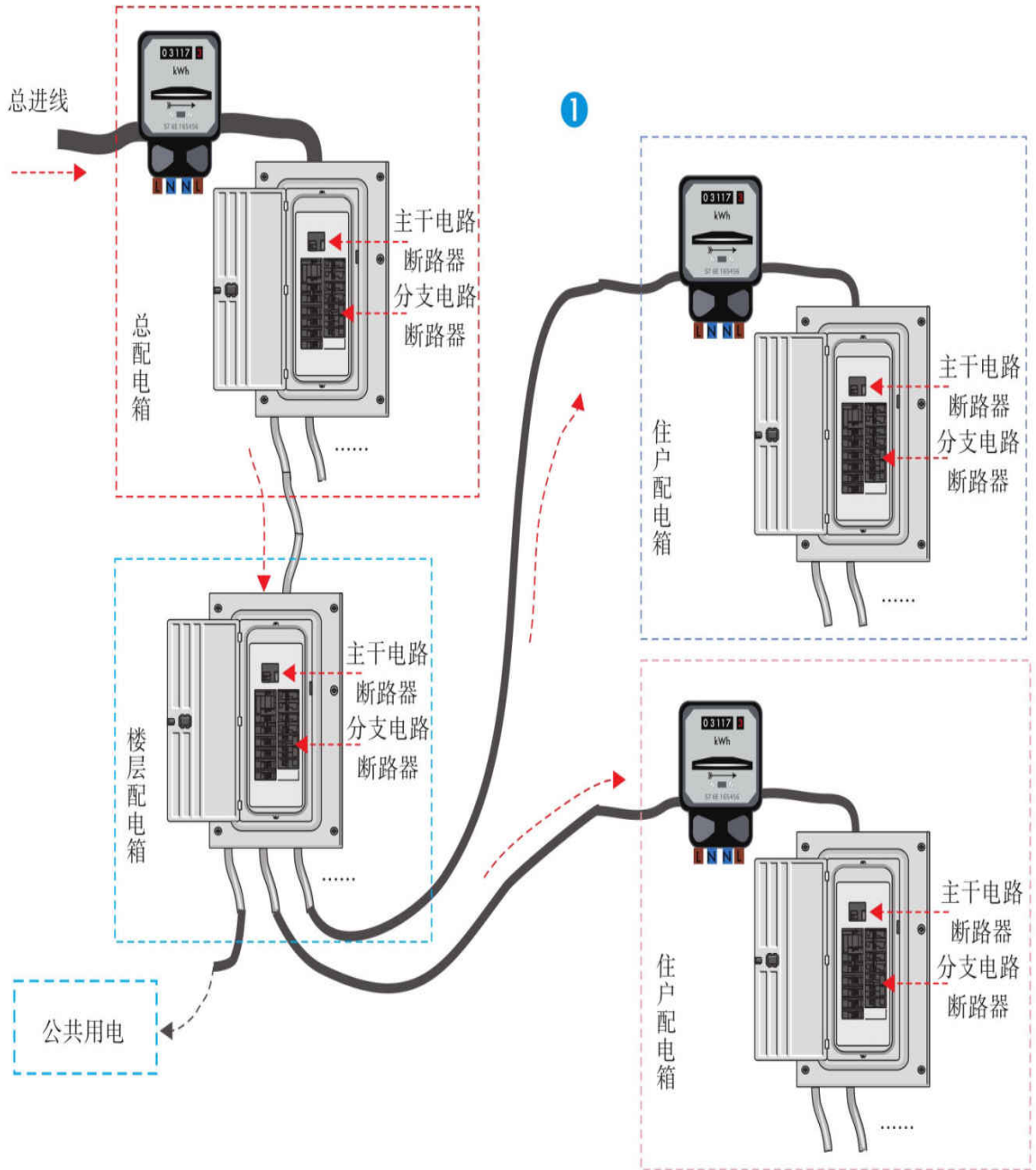
通常来讲，居民用电都是220V，其进户线来自专门的配电箱，例如住宅楼的楼层配电箱。

在修建住宅楼时，通常需要进行住宅楼配电方案设计。基于本书的目的，这里仅对住宅楼配电方案设计做一个简单的介绍。

一般住宅楼采用分级配电方式，下图所示的就是一个典型的三级配电方式。住宅楼有一个总配电箱，各楼层、各住户都有相应的配电箱。

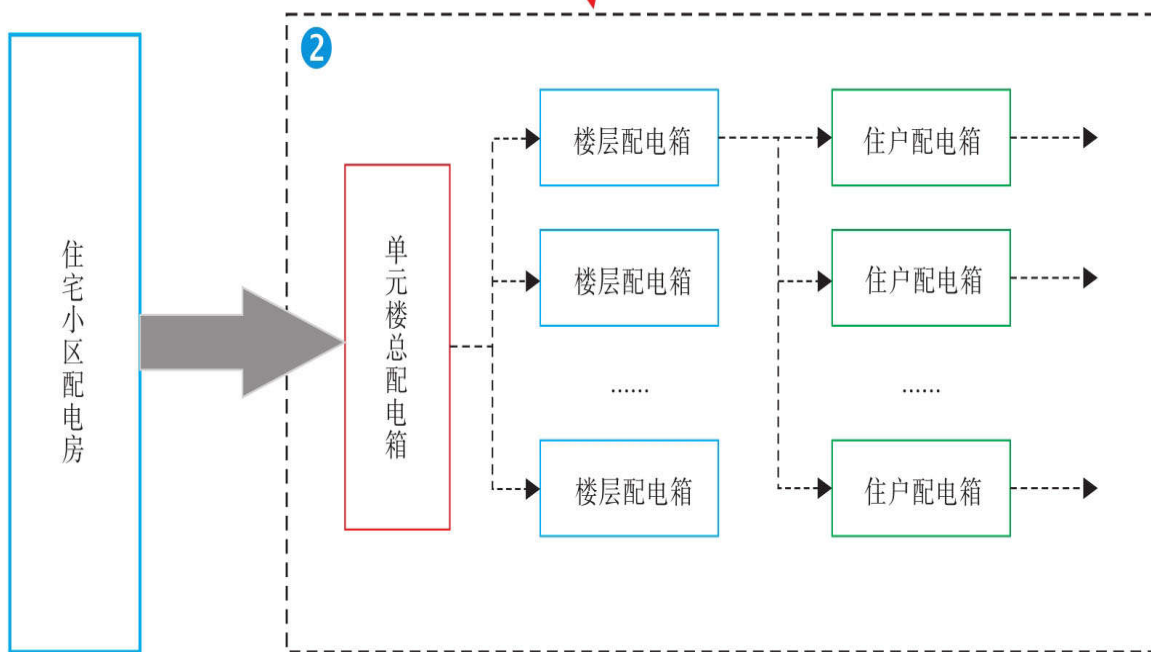
住宅楼配电方案图例说明①

一个典型的三级配电方式





图①仅用于给读者一个直观的印象，在实际作业中并不使用这样的图。我们可以用一个方框图来表述配电方案。

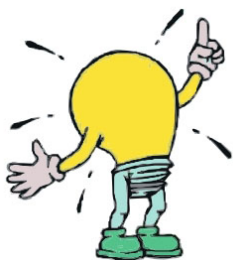


图②说明

总配电箱通常设有总计量装置（三相四线制电能表）与总保护装置。

楼层配电箱通常配楼层单元保护与分支保护装置。如今住宅楼中各住户的计量装置常安置在楼层配电箱中，以方便管理。

住户配电箱通常设断路器等保护装置。



整个住宅楼的配电方案为二级计量、三级保护。总

配电箱内保护装置的额定电流须大于所有楼层保护装置额定电流的总和，楼层保护装置的额定电流则应大于楼层住户保护装置额定电流的总和。

住户的保护动作值最小。三级保护避免住户之间、楼层之间因故障而相互影响，避免越级跳闸，减小停电范围。

需注意的是，住宅楼的总进线通常为三相四线制。在进行配电设计时，应注意均衡负荷。例如，一住宅楼为17层，每层6户，则1~5层与公共用电由W相供电，6~11层由U相供电，12~17层由V相供电。

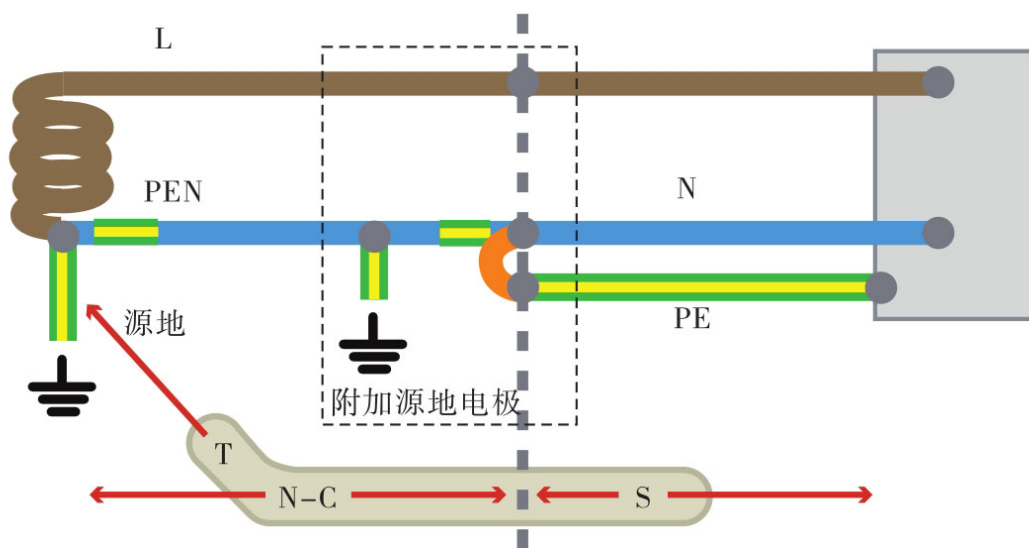
中性线

中性线必须重复接地



有一点非常重要，引入三相四线制供电后，经住

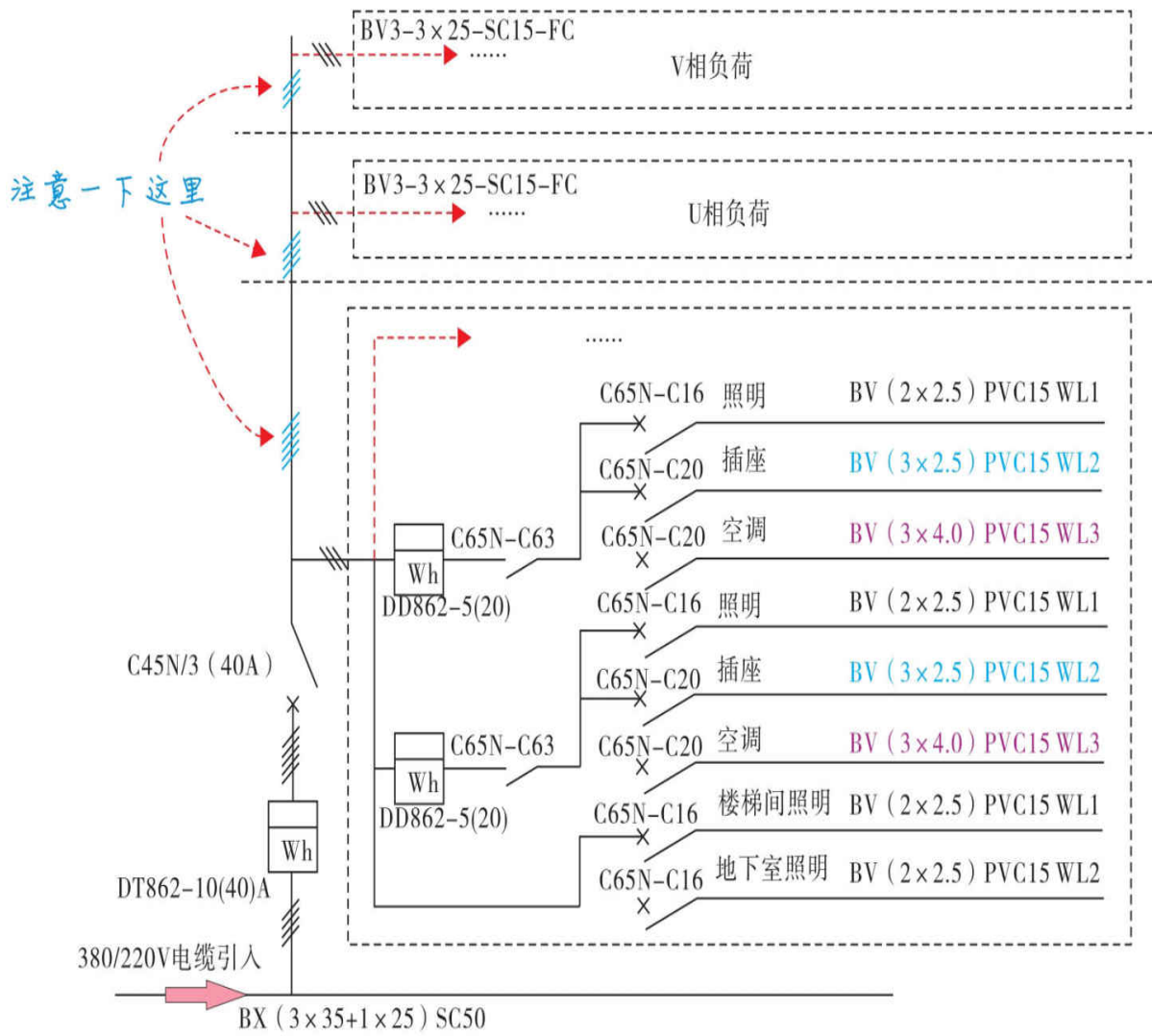
宅楼的总配电箱，中性线须重复接地，并从总配电箱开始将工作零线（N）与保护线（PE）分开。

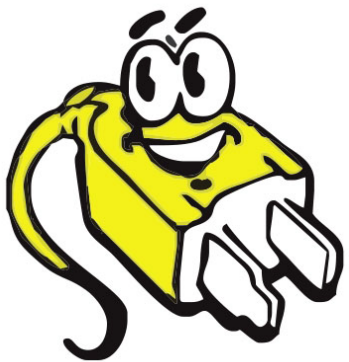




下图所示的是一个住宅楼电气系统图局部，结

合前面的相关知识，你能看懂吗？



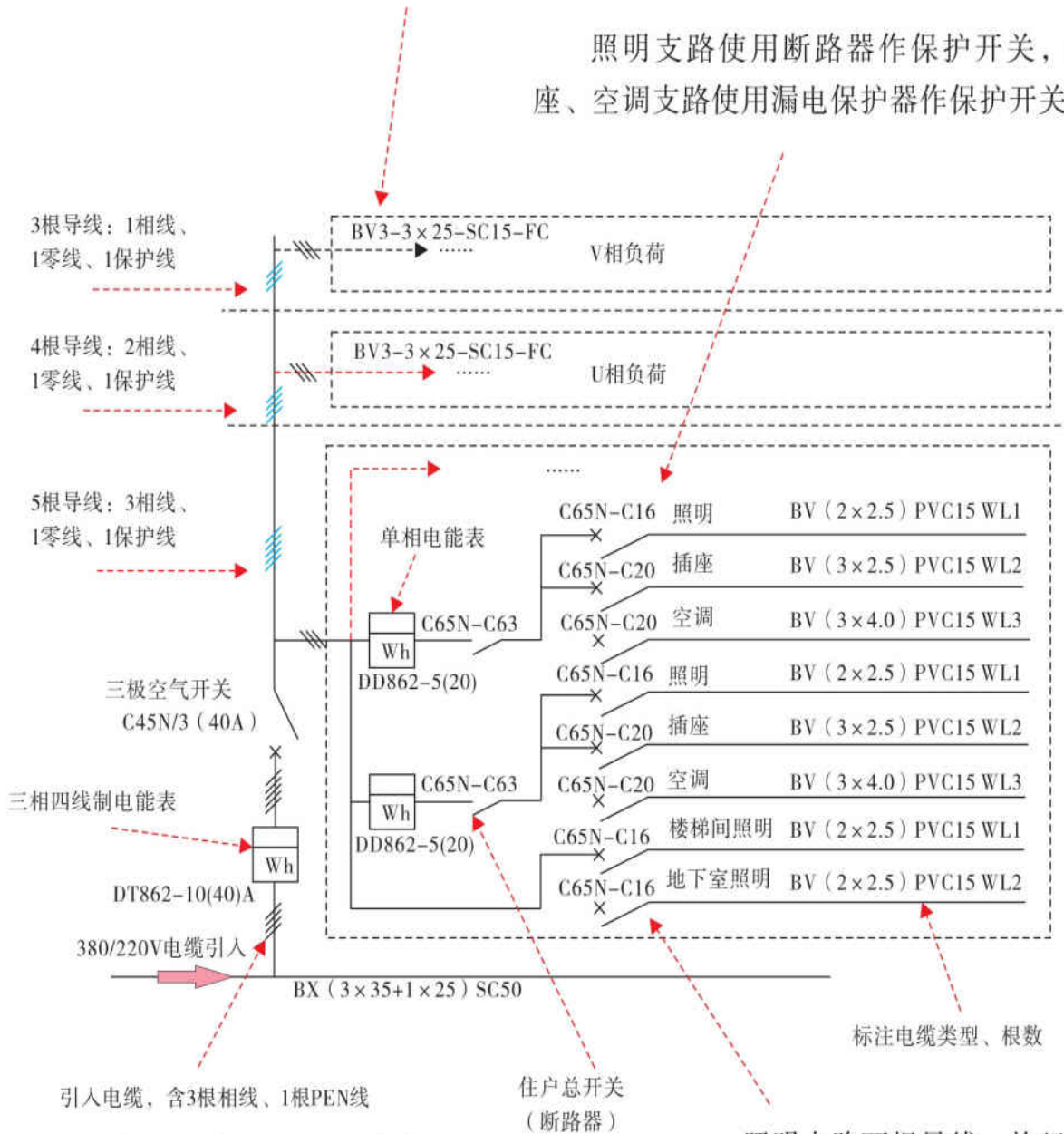


看看下面的说明吧！

每个住户进线都有相线、工作零线、保护线。

从配电箱引自各个支路的导线均采用塑料绝缘铜线穿阻燃塑料管 (PVC)，管径15mm，其中照明支路均为两根 2.5mm²的导线，即一零一火；插座支路均为三根2.5mm²的导线，即相线、工作零线、保护线各一根。

照明支路使用断路器作保护开关，插座、空调支路使用漏电保护器作保护开关。



3根35mm²、1根25mm²的橡皮绝缘铜导线，引入后穿直径为50mm的水煤气管(SC)。

照明支路两根导线，均经保护开关；插座、空调支路三根导线，保护线（接地线）不经保护开关。

5.3 家庭用电负荷计算

从前面的内容中我们可以看到，在选用电能表、断路器、漏电保护器等时都需要考虑器件的额定电流。因此，在实施家庭用电安装前，需要对用电负荷做必要的计算，以使电路不出现意外，保护装置不出现错误动作。

住宅用电负荷与各分支线路负荷紧密相关。线路负荷的类型不同，其负荷电流的计算方法也不同。线路负荷一般分为纯电阻性负荷和感性负荷两类。

纯电阻性负荷如白炽灯、电热器等，其电流可按下面的公式计算。例如，一只额定电压为220V、功率为1000W的电炉，其电流约为4.55A。

$$\text{电流 (A)} = \frac{\text{额定功率 (W)}}{\text{额定工作电压 (V)}}$$

感性负荷如荧光灯、电视机、洗衣机、风扇、电吹风等，其负荷电流可按下面的公式计算。其中的功率因数通常可取值0.6或0.7。

$$\text{电流 (A)} = \frac{\text{额定功率 (W)}}{\text{额定工作电压 (V)} \times \text{功率因数}}$$

需注意的是，总负荷电流不等于所有用电设备额定电流之和，而是要考虑这些用电设备的同时用电率。通常，总负荷电流可使用下面的公式来计算：

总负荷电流=一用电量最大的电器的额定电流+其余用电设备的额定电流之和×同时用电率。

同时用电率可取值0.5~0.8。电器多，则取值小；反之，则取值大。



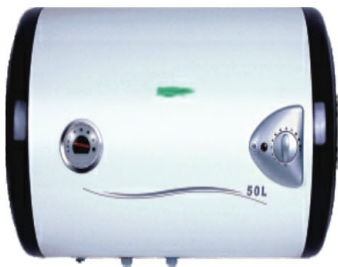
家用电器按照功率一般可分为三个档次：

第一档次为小功率电器，如电视机、电冰箱、洗衣机、电扇、排风扇、抽油烟机、组合音响、照明灯具等。这类电器的负荷为300~700W。

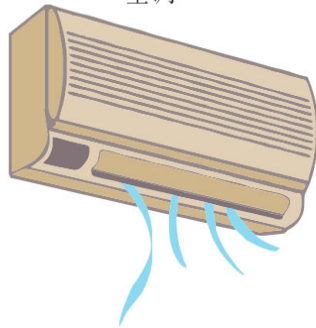
第二档次为中功率电器，如电吹风、微波炉、电饭锅、电熨斗、电烤箱、电热毯、吸尘器、电暖器等。这类电器一般的负荷为700~1200W。

第三档次为大功率电器，如空调机、电热水器、电磁炉、暖风机、浴霸等，负荷一般为1200~2500W。

电热水器



空调



电磁炉



几个大功率电器

计算家庭用电负荷时，应充分了解住户的用电（电器）需求，可以将几个经常同时使用的电器的最大功率加起来。在实际中，应根据电器不同的用途，合理地考虑电器分布情况（不宜将多个大功率电器集中在某处）。

根据分支负荷的实际情况选择合适的开关、保护装置等（如厨房、卫生间支路的开关最好大些）。

根据不同的需要，对住户配电箱进行相应的调整和布局，空调、照明、厨房和卫生间的电源插座应该分别设置独立的回路，使配电箱

的使用更合理、更安全，最终达到安全用电的目的。

5.4 导线的选择

如今家庭装修中的电缆通常是暗敷的，一定要选择合适的电缆，不然出问题就麻烦了。

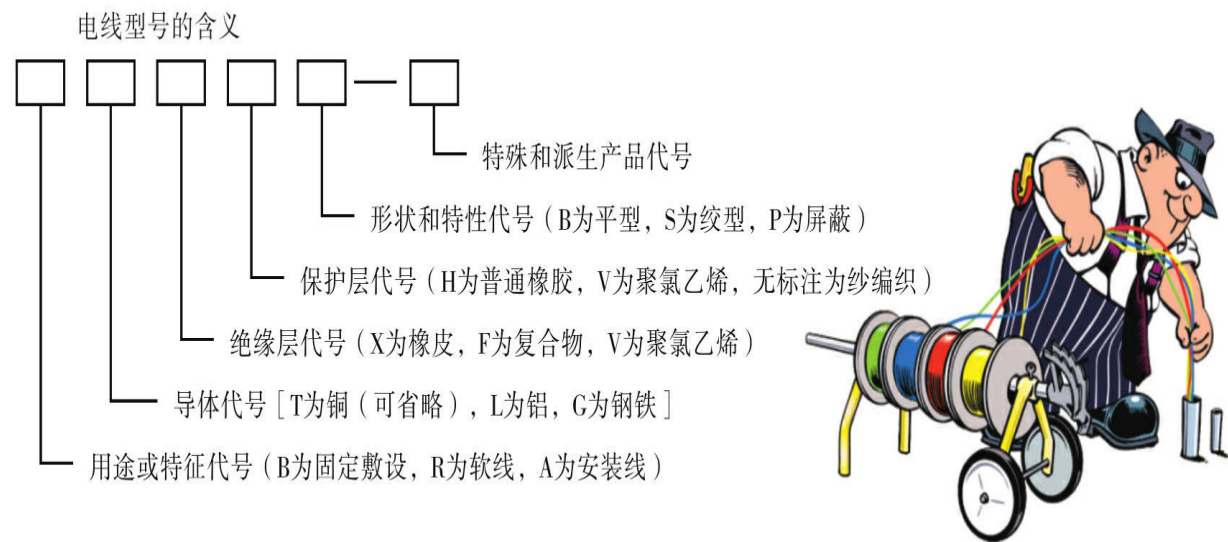
一般民居入户的电源通常是单相220V。导线均应采用耐压500V的绝缘电线。用于布线的，采用单股铜导线。耐压250V的聚氯乙烯塑料绝缘软电线（俗称胶质线或花线），只能用作吊灯用导线，不能用于布线。根据住户用电负荷的不同，电缆可有两种选择：

① 主干线可选择 6mm^2 或 10mm^2 线，照明用 2.5mm^2 线，插座用 4mm^2 线，空调、电热水器等用 6mm^2 专线。

② 主干线可选择 4mm^2 或 6mm^2 线，照明用 1.5mm^2 线，插座用 2.5mm^2 线，空调、电热水器等用 4mm^2 专线。

应采购不同颜色的电缆，以便于区分相线（L）、零线（N）和保护线（PE）。对于220V单相电源，通常红色电缆用于相线，黄绿双色电缆用于保护线（接地线），淡蓝色或白色用于工作零线。

对于三相电源，则分别用红、黄、绿色电缆用于相线，淡蓝色用于零线。



电缆选用

购买电缆前了解以下基本知识

电线每卷的长度是100m，正负误差为0.5m；家庭装修中的常用电线型号为BV、BVR、BVV、BVVR，一般可选用BV线；电线常用规格为 1.5mm^2 、 2.5mm^2 、 4mm^2 、 6mm^2 、 10mm^2 等。

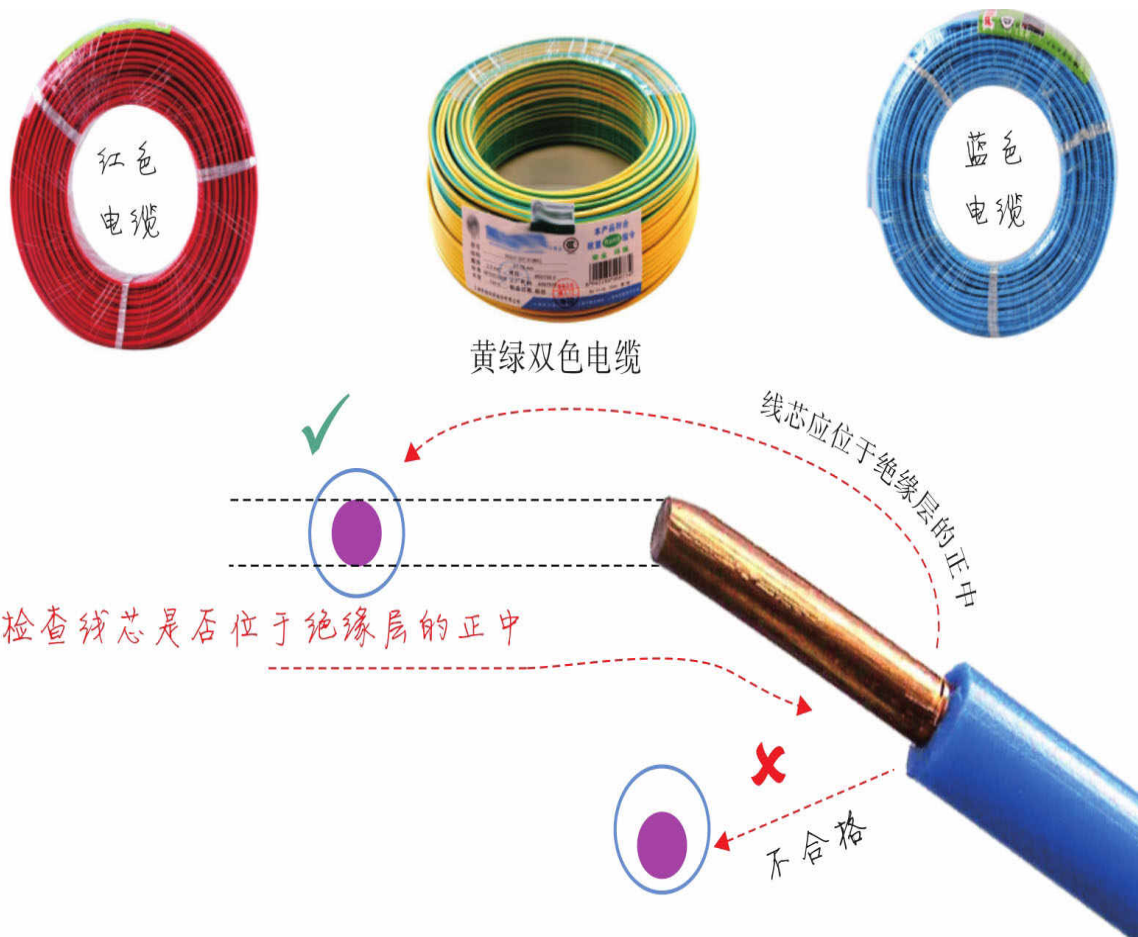
选购时应选择知名品牌，不要只看合格证，要看电线铜芯的横截面：

正规产品的紫红铜芯颜色光亮、光彩柔和，铜芯黄中偏红，导线较软。

若铜芯黄中发白，且导线较硬，则导线应是低质铜材，属于次品。

伪劣电线绝缘层看上去好像很厚实，其实大多是用再生塑料制成的。取电缆的电线头，用手反复弯曲，凡是手感柔软、塑料或橡胶弹性大，且电线绝缘体上无龟裂、无严重折痕、无粉末掉落的就是优等品。







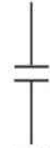





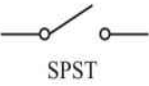
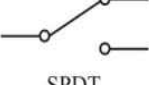








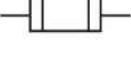




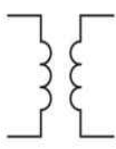
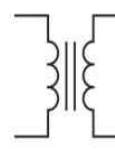
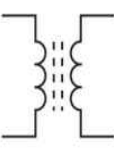
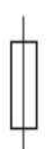







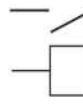
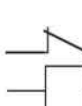



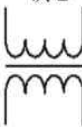


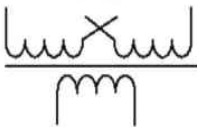

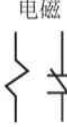




注意导线截面线径，截面线径误差不能超过0.02%。小心别买到假的，例如标明截面为 2.5mm^2 的线，实际上仅有 2.0mm^2 。

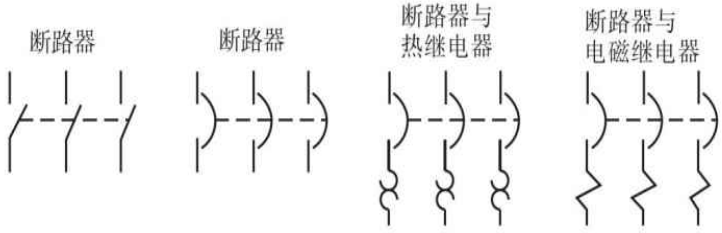
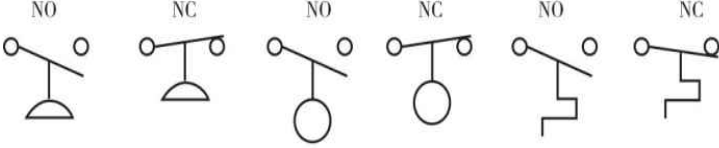
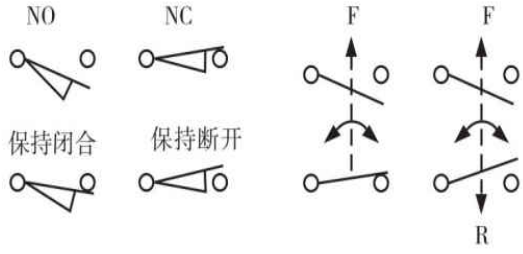

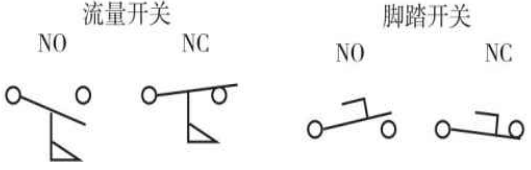


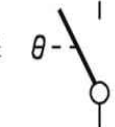

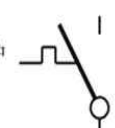

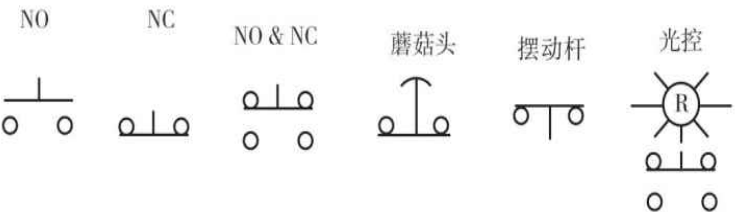
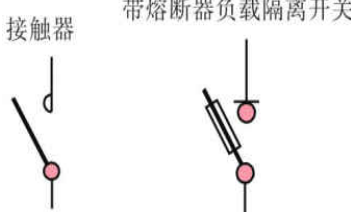
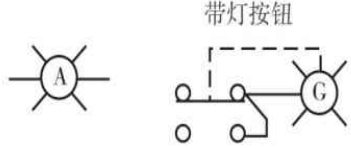
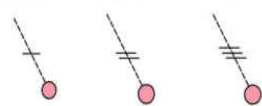
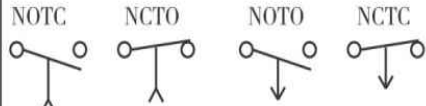


若线芯出现偏心现象，在使用时假如功率小可能没有问题，一旦用电量，绝缘层较薄一面很可能会被电击。

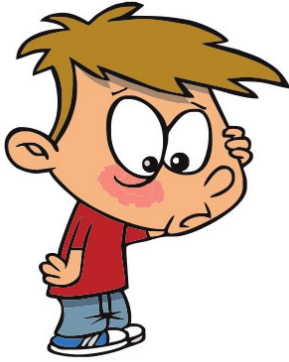
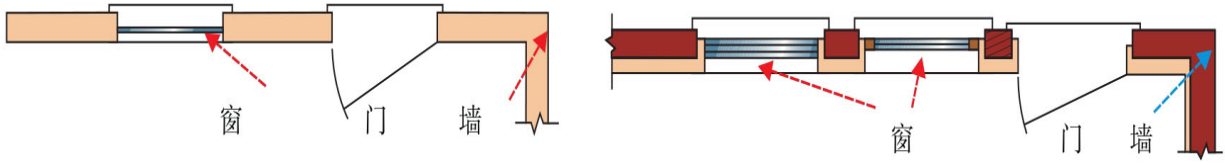
5.5 电路图形符号

电工作业中可能遇到一些电路图形符号，有必要了解一下，如下表所示。

 单芯  多芯 电池		 AC 电压源	 电流源	 固定  可变 电阻器		 固定  可变 电容器		 空心  铁芯  铁氧体芯 电感器		
 灯	 SPST  SPDT 开关		 直流  交流	 交直流	 导线 连接  导线交叉 不连接	 电路接地  地 接机壳	 熔丝  熔丝			
 断路器	 电压表  电流表  电流表			 空心  铁芯  铁氧体芯 变压器			 熔断器	 熔断式 开关		
 保护 接地  抗干扰 接地	 输入	 输出	 整流器 二极管	 隔离 变压器	 电磁继电器 常开触点  电磁继电器 常闭触点	 动断  动合 开关				
变 压 器										
 自耦	 铁芯	 空心	 电流互感器	 双电压						
过载继电器				交 流 电 动 机						
 热	 电磁	 单相 M	 三相 M	 两相四线 M	 绕线转子					

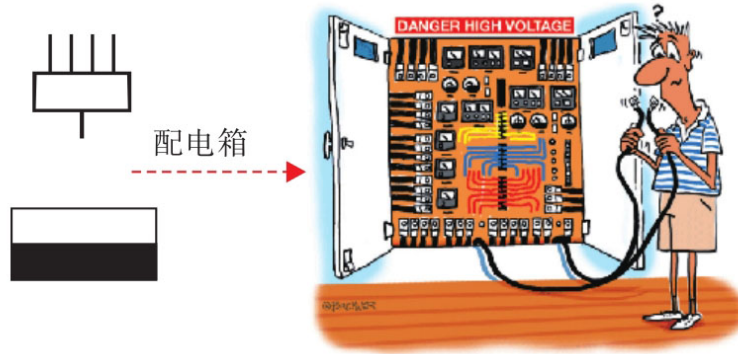
开 关		保 护 器
<p>断路器 断路器 断路器与热继电器 断路器与电磁继电器</p>  <p>压力和真空开关 液位开关 温度开关</p> <p>NO NC NO NC NO NC</p>  <p>限位开关 速度开关</p> <p>NO NC F F</p>  <p>保持闭合 保持断开</p>  <p>流量开关 脚踏开关</p> <p>NO NC NO NC</p> 		<p>离心开关</p>  <p>手动复位</p>  <p>温敏开关</p>  <p>电磁式过流保护</p>  <p>热过流保护</p>  <p>电磁/热过流保护</p> 
按钮-瞬时接触		接触器与隔离开关
<p>NO NC NO & NC 蘑菇头 摆动杆 光控</p> 		<p>接触器 带熔断器负载隔离开关</p> 
指示灯	开关	定时触点
<p>带灯按钮</p>  <p>字母指示颜色</p>	<p>单极 两极 三极</p> 	<p>通电接触 断电接触</p> <p>NOTC NCTO NOTO NCTC</p> 


一般电工作业平面图中门、窗、墙的表达。



以下所示的是一些常用照明电路器件、装置的

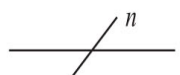
图形符号。



 单根导线

 两根导线

 三根导线

 n 根导线


带保护板的插座



带单极开关的插座


一般


暗装


防水

两极单相插座


一般


暗装

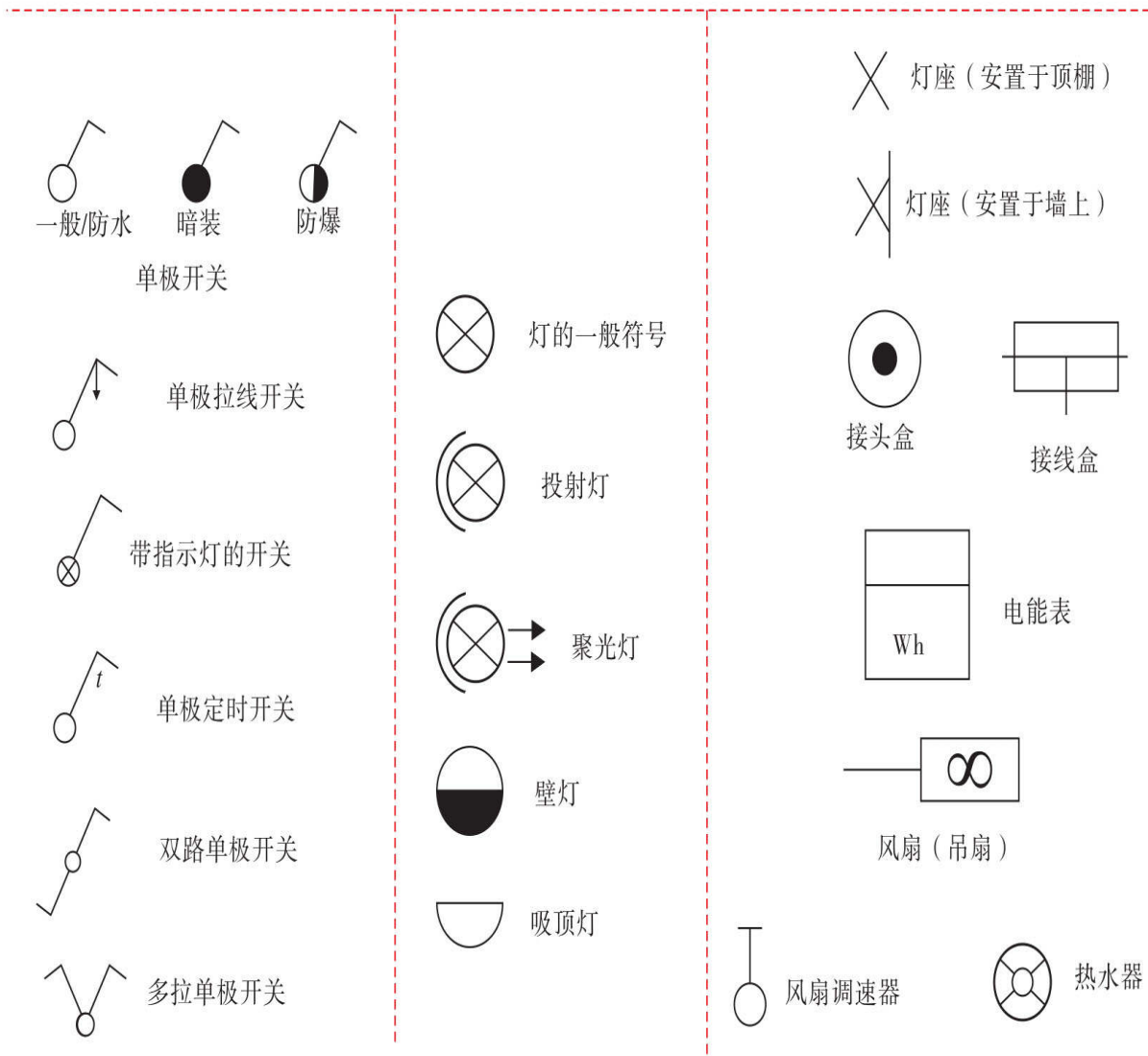

防水

三极单相插座



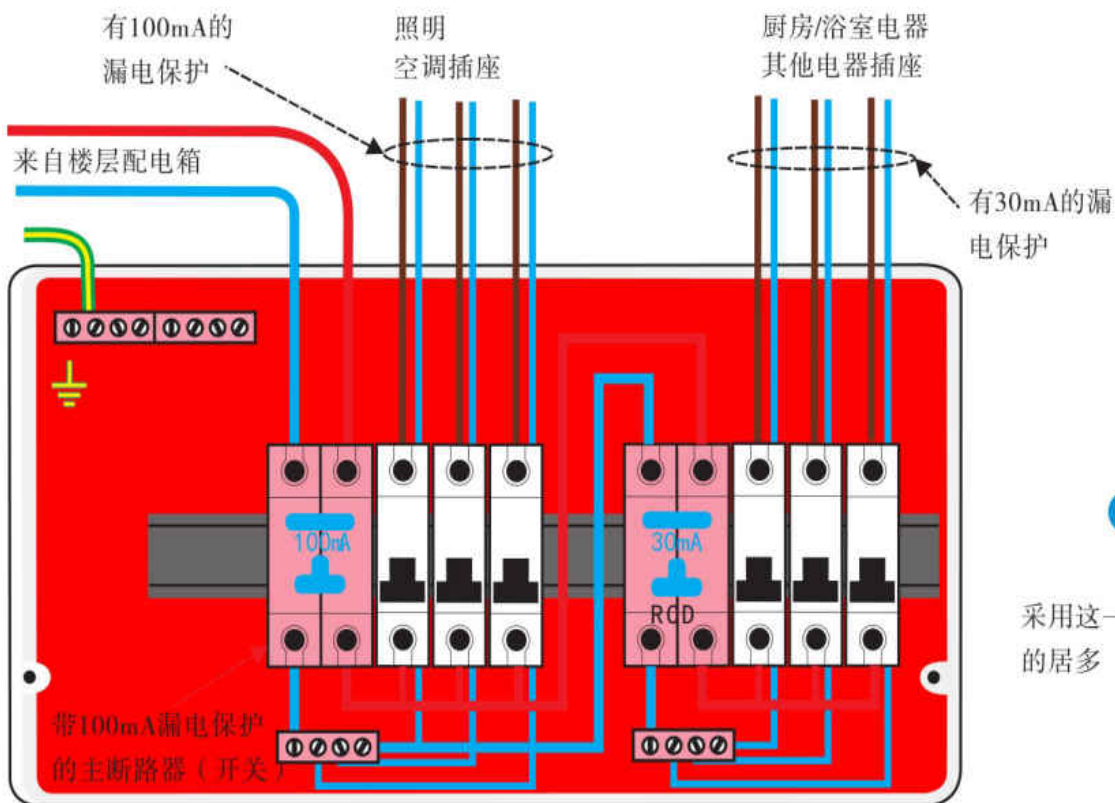


多个插座的两种标记



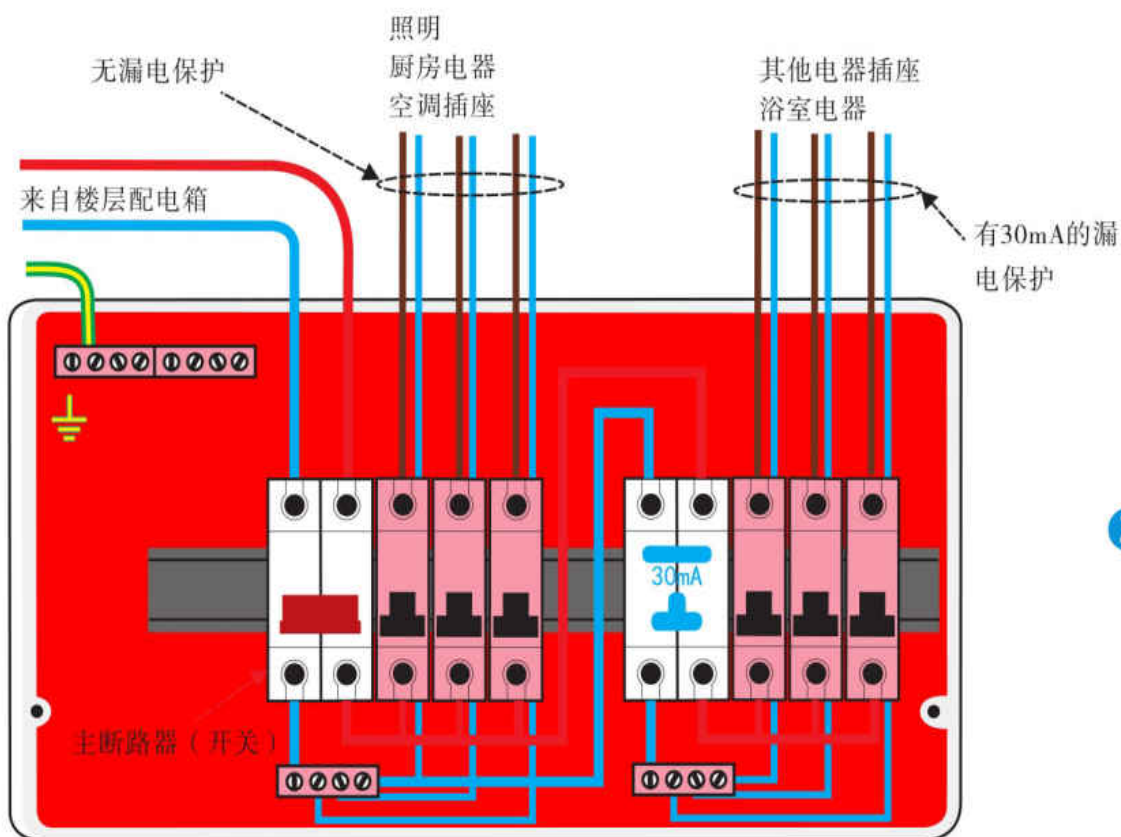
5.6 入户配电箱

有必要再简单回顾一下家庭用电户的入户配电箱。一般而言，入户配电箱的配置不外乎两种情况，如下图所示：**①**所有的用电线路都采取漏电保护措施；**②**仅部分线路采取漏电保护措施。除电灯线路外，其他所有电器、插座都应使用保护线。



1

采用这一种的居多



2

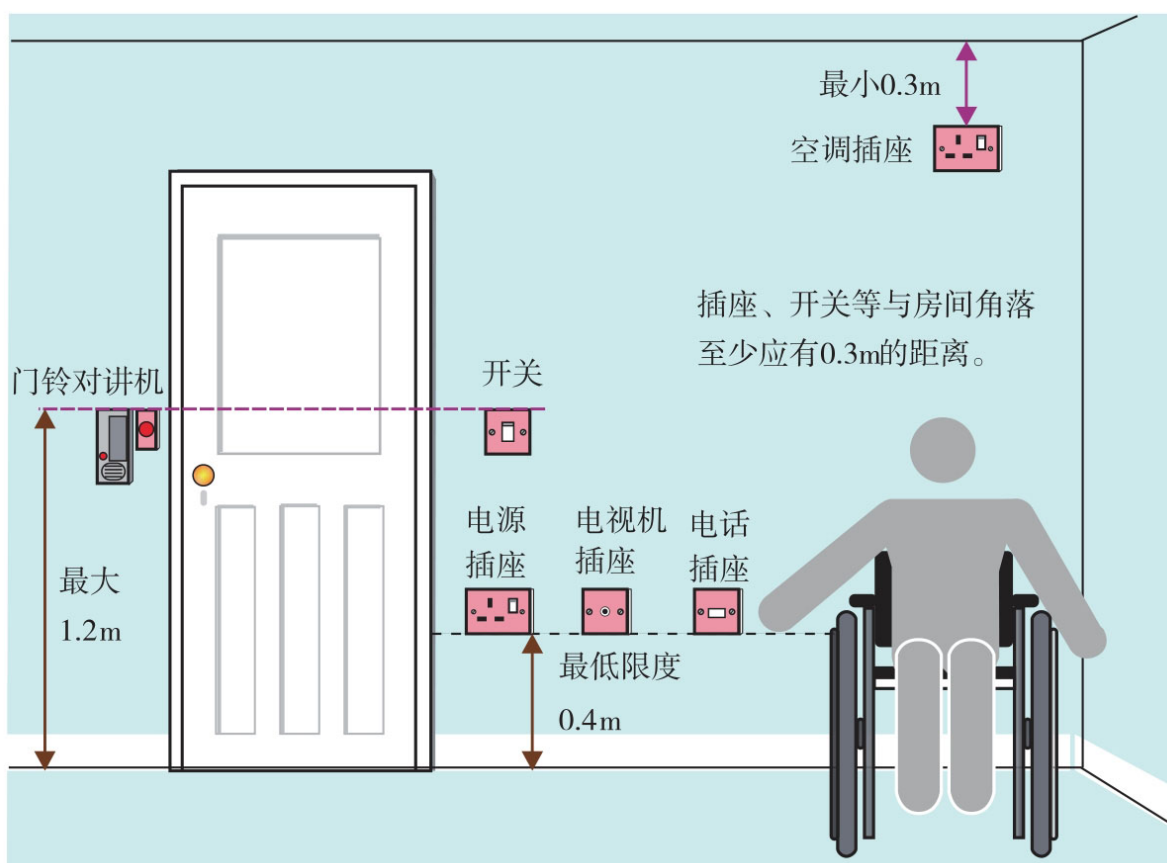
30mA

第6章 插座电路

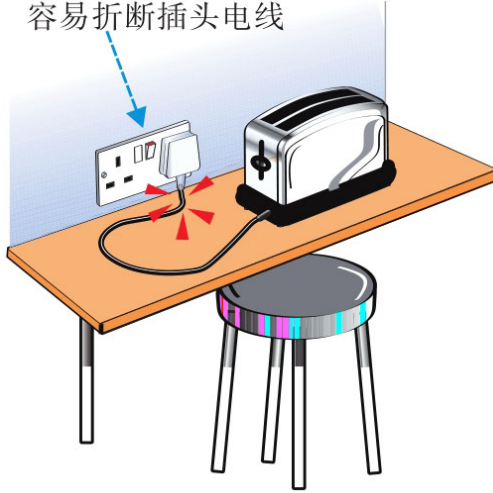
6.1 插座安装位置

用电户通常是少不了插座的，对于家庭用电户来说，插座的安装位置是首先需要考虑的，特别是非固定电器用插座，它影响着日常电器（如电吹风、充电器）的使用方便性。

可简单地用右图来说明插座的安装高度，至于插座的空間位置，应视用户的生活习惯、房间与家具电器安装情况而定。

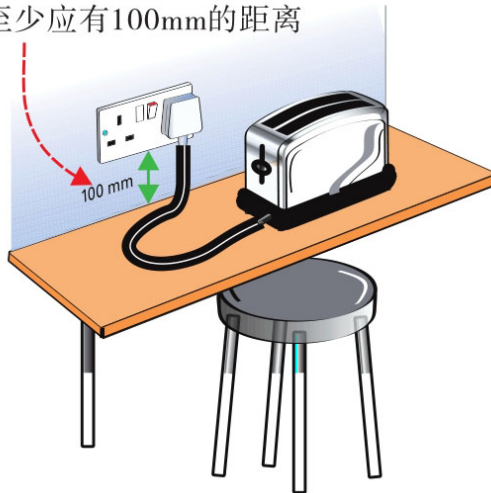


应避免这种情况
容易折断插头电线



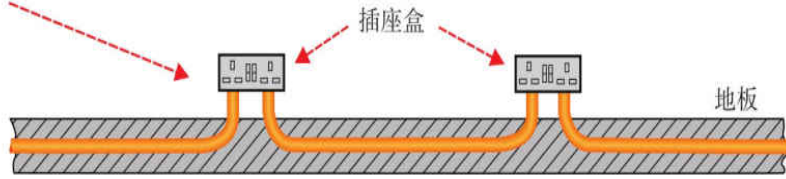
如果插座用于放置在案台上的电器，应注意插座与案台之间有合适的距离，以便于拔、插电器的插头。

至少应有100mm的距离

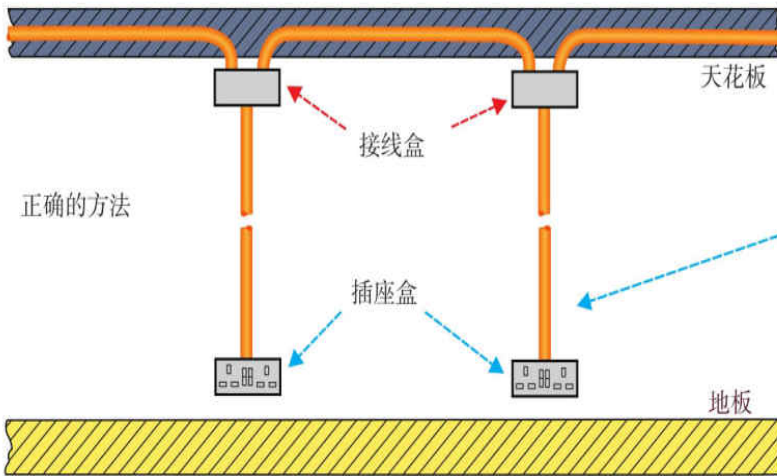
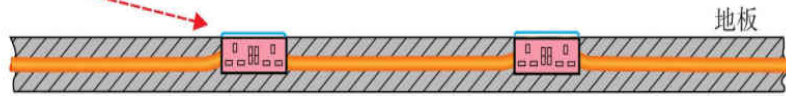


不要在地板上安装外露的插座。

错误的方法



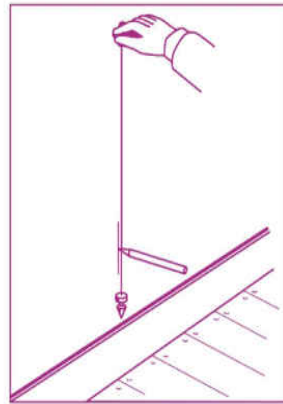
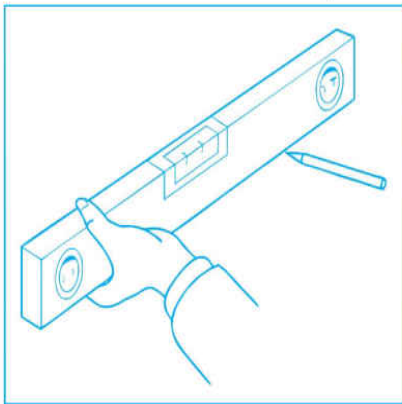
要在地板上安装插座，应使用带保护盖板的插座，并嵌入地板。



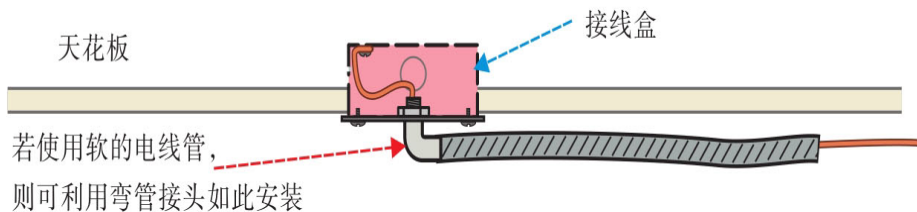
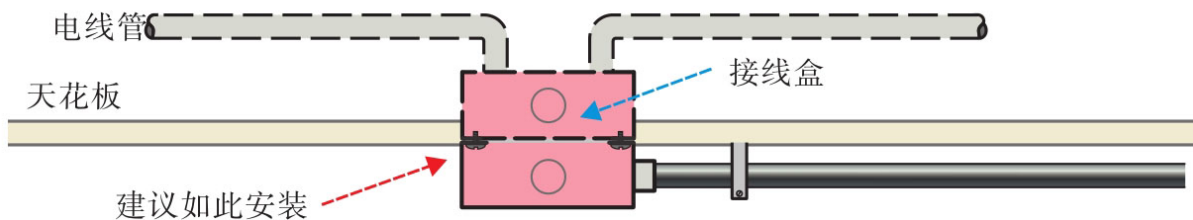
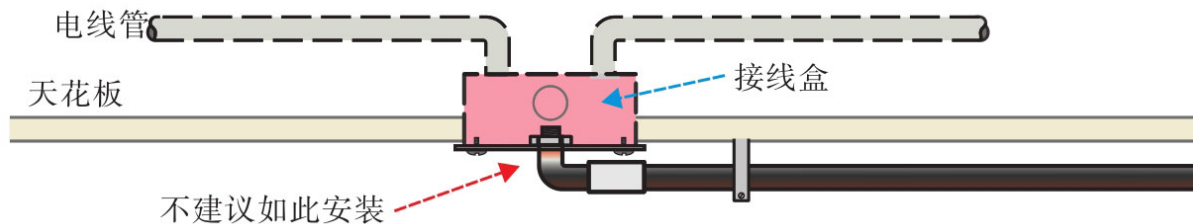
正确的方法

一般来说，建议在墙壁上如此安装插座盒。

在安装插座、线管、线槽等外露件时，用户当然希望整齐美观，这时可利用水平尺、吊线等画线。

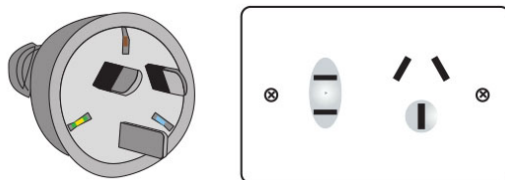


布线接线时应注意：



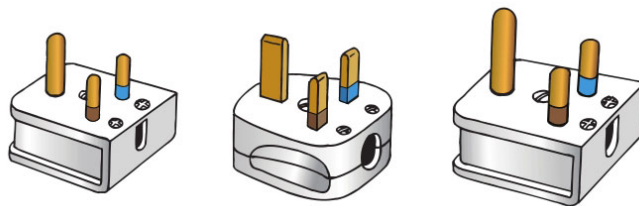
6.2 选用插座

国内电器插头、插座通常是扁平的两位或三位，如右图所示。在实际中，选用插座时还应根据用户使用电器的情况而定。



用电户的电器可能有其他类型的插头，如右图所示。若电器使用位置固定，则应选用相应的插座；若电器使用位置不固定，则应根据

用电户的需求来选用插座。

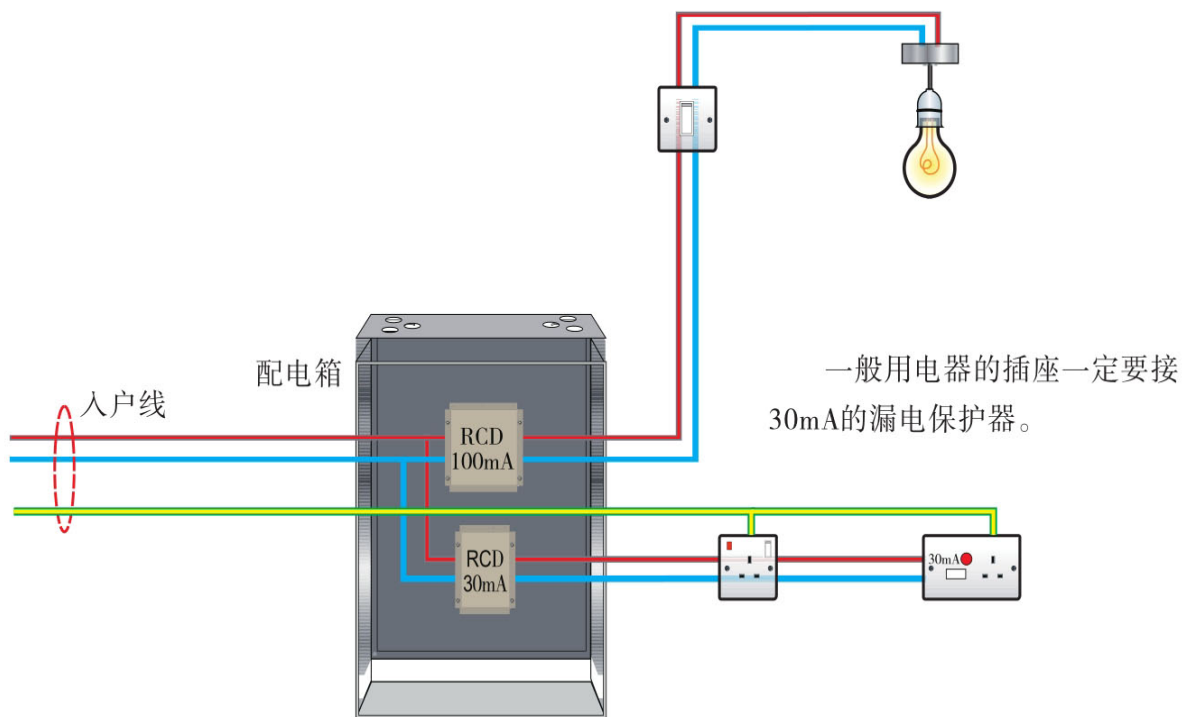


在浴室、室外等容易潮湿、溅水的地方，应使用防水插座，且插座最好具有漏电保护装置。

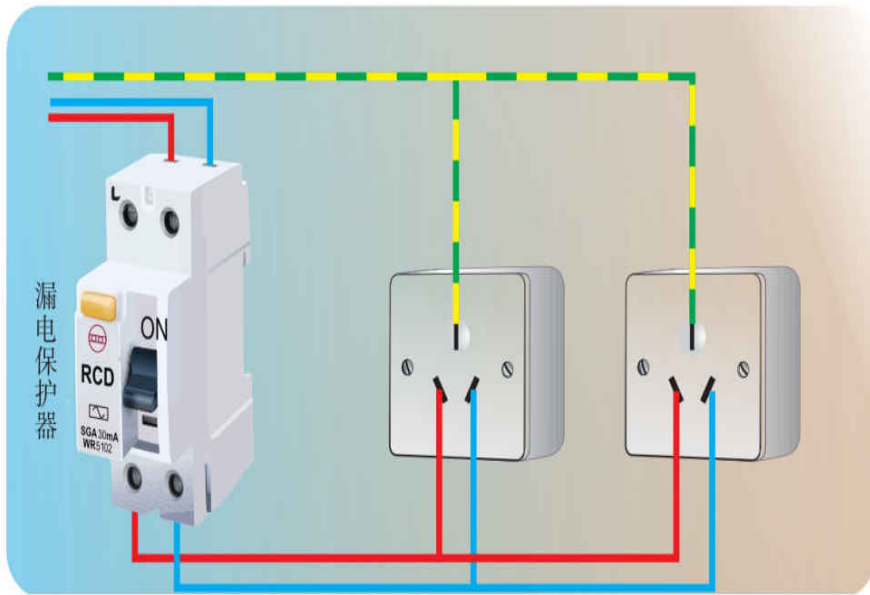
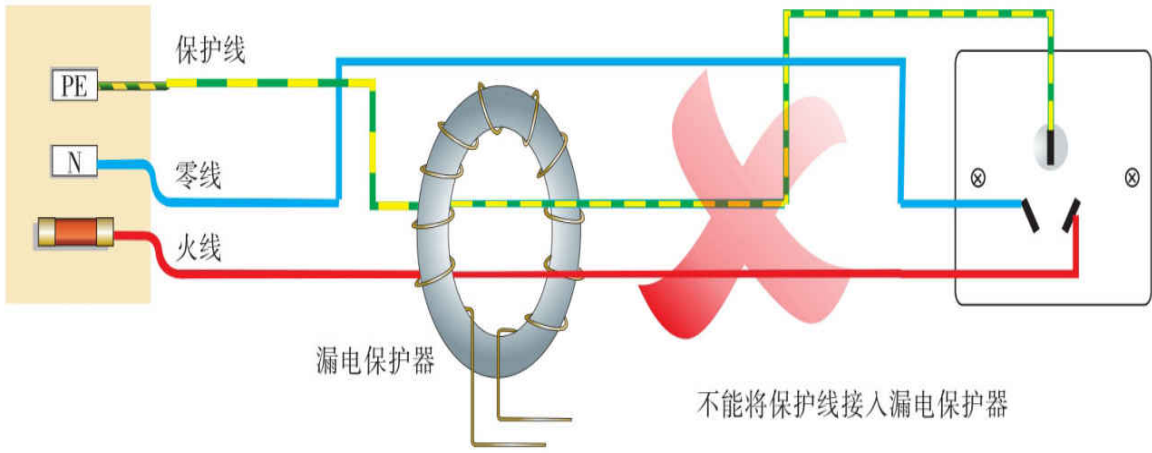
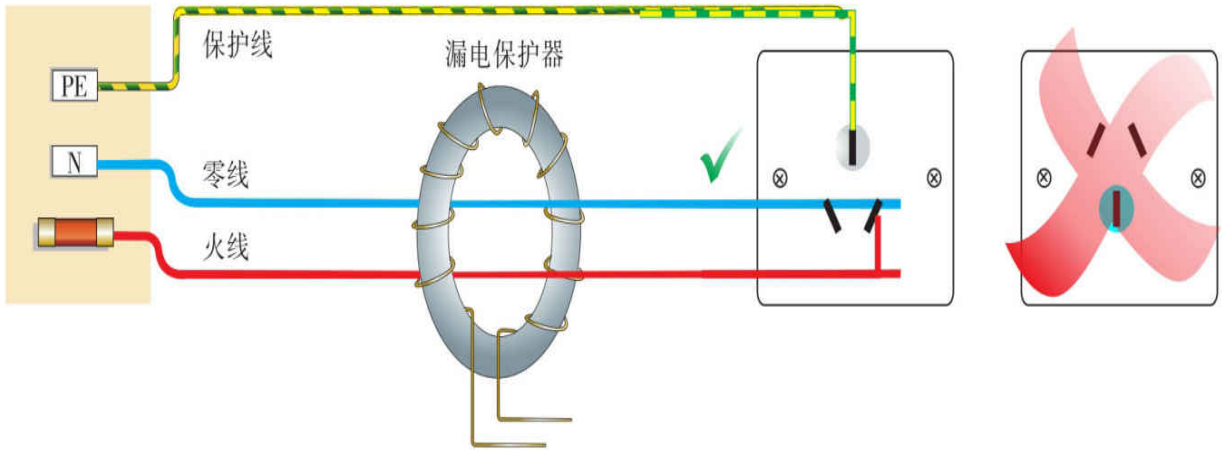


6.3 插座线路

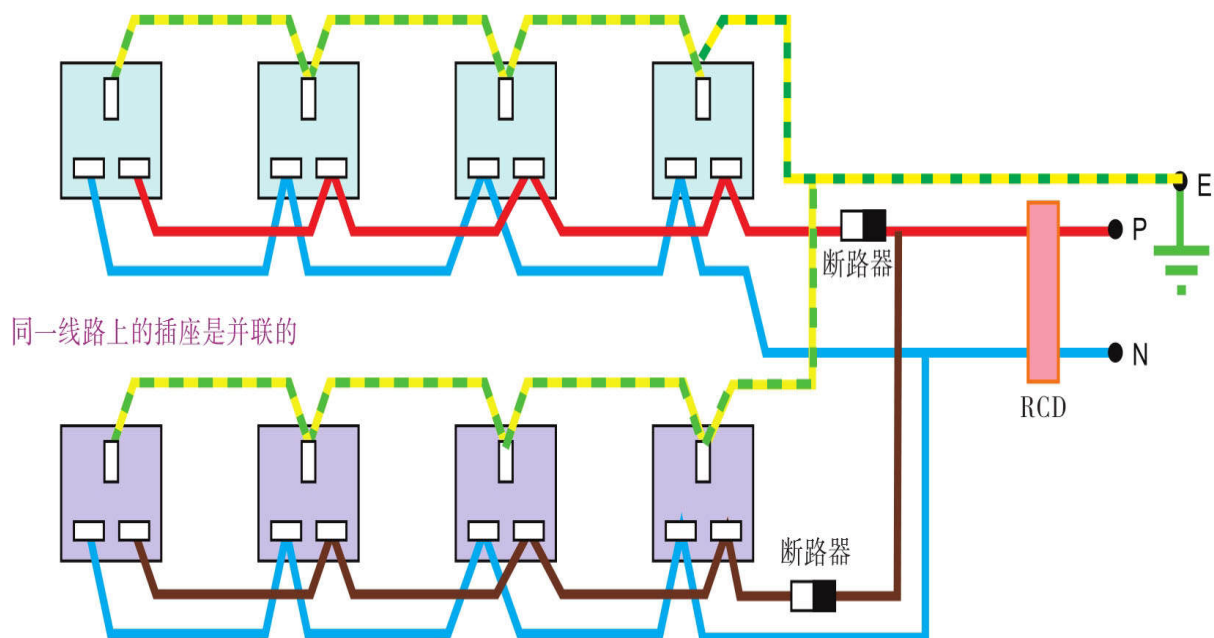
插座线路是最简单的线路。配电箱内漏电保护器输出端引出的火线、零线与保护线直接连接到插座即可，如图所示。



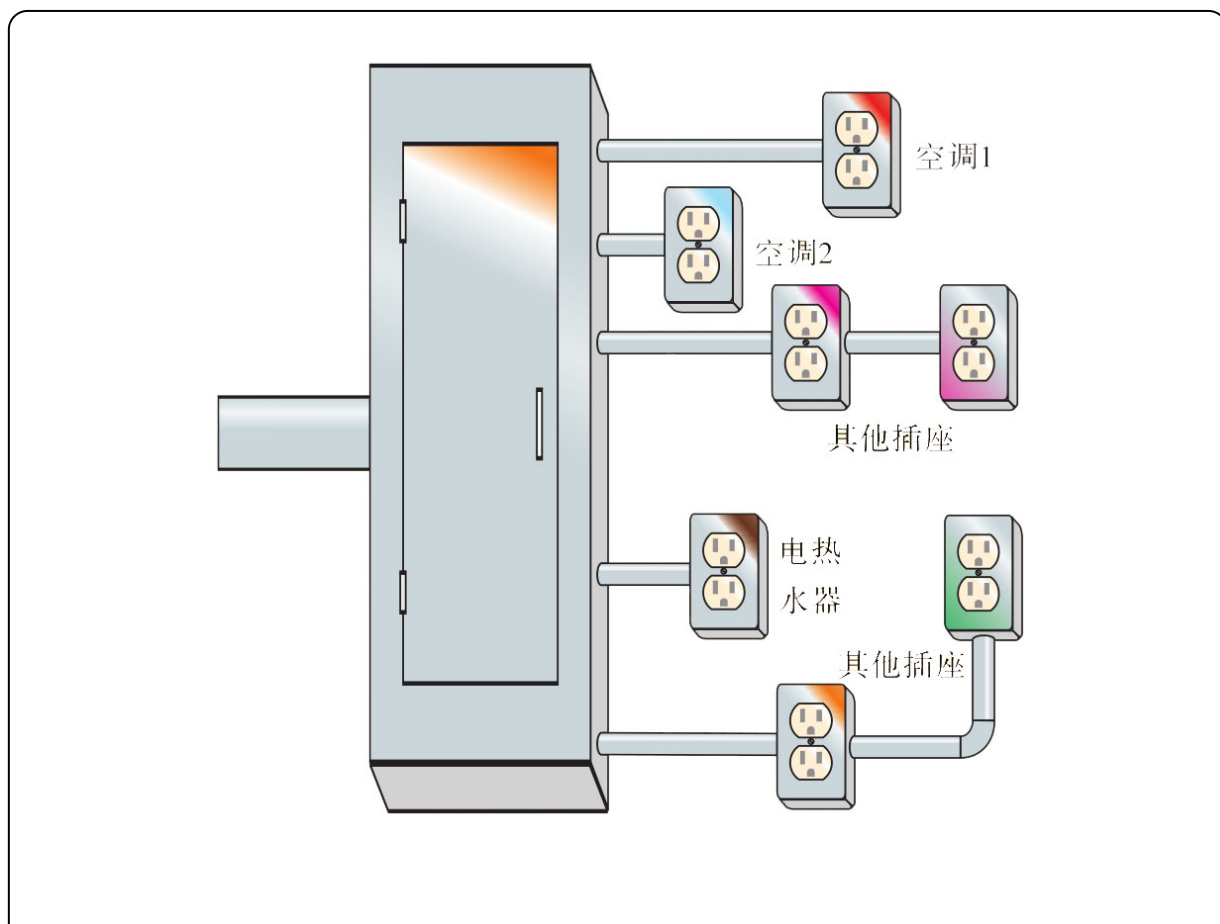
插座接线要遵循“左零右火，上保护”的原则。不要将插座的保护孔位置于下方。连接漏电保护器的火线、零线时应注意，不能将进线端、出线端接错。



插座实物接线示意图



人体容易接触的电器所使用的插座线路一定要采取漏电保护措施。





需注意的是，空调、电热水器等大功率电器最好

用专线插座。

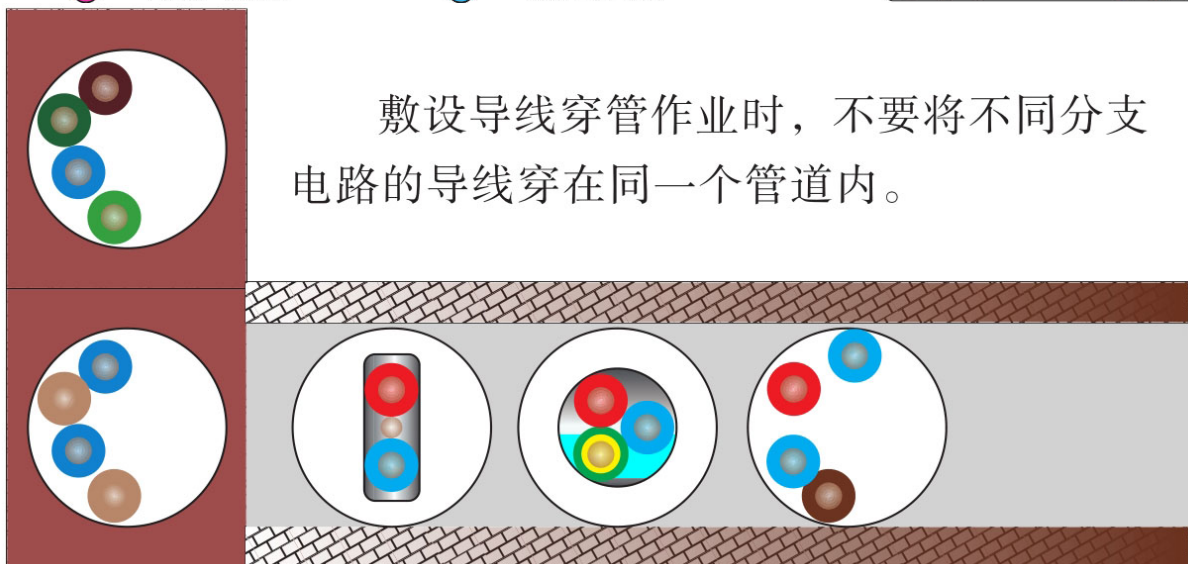
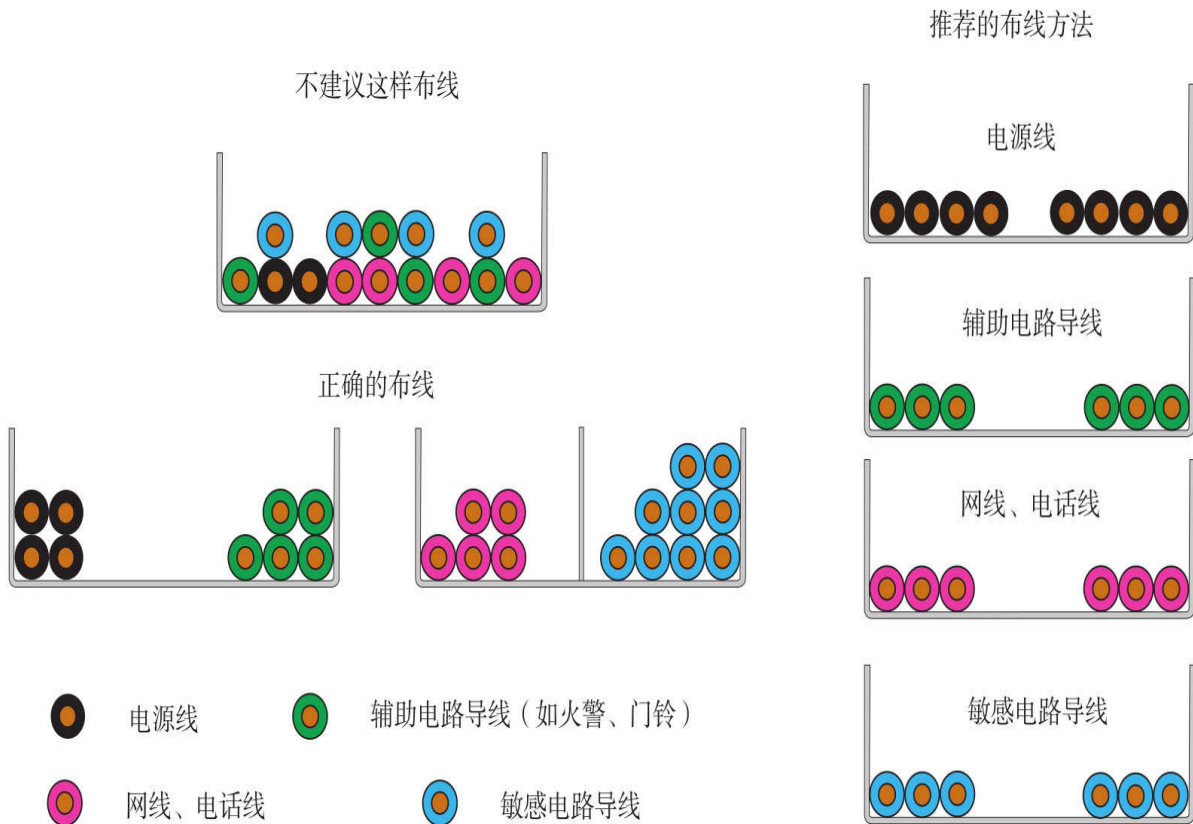
一般的插座线路使用 2.5mm^2 的铜导线，空调、热水器线路则视功率的大小选用 4mm^2 或 6mm^2 的铜导线。一般的插座线路可使用20A的断路器，空调、热水器等线路上通常可用20A或25A的断路器。电热水器等浴室电器线路上必须有30mA的漏电保护。

6.4 插座布线安装

6.4.1 布线安装

不论是家庭装修还是其他场合的电气工程，通常并不仅仅有电源线，还可能还有其他电气线路，例如火警防盗、门铃、网线、电话线等。

从电磁原理可知，有电流流过的导体会产生电磁场，相邻的电磁场会相互影响。为避免各线路之间的相互干扰，若条件允许，应尽可能地使不同类别电路的导线之间有一定的间隔。

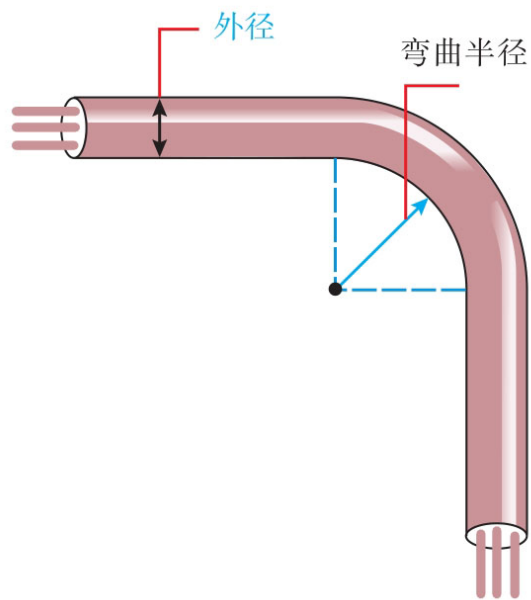


敷设导线穿管作业时，不要将不同分支电路的导线穿在同一个管道内。

根据被穿导线的根数、线径选择合适大小的PVC管，管内电线的总截面积不应超过管内径截面积的40%，以保证散热。

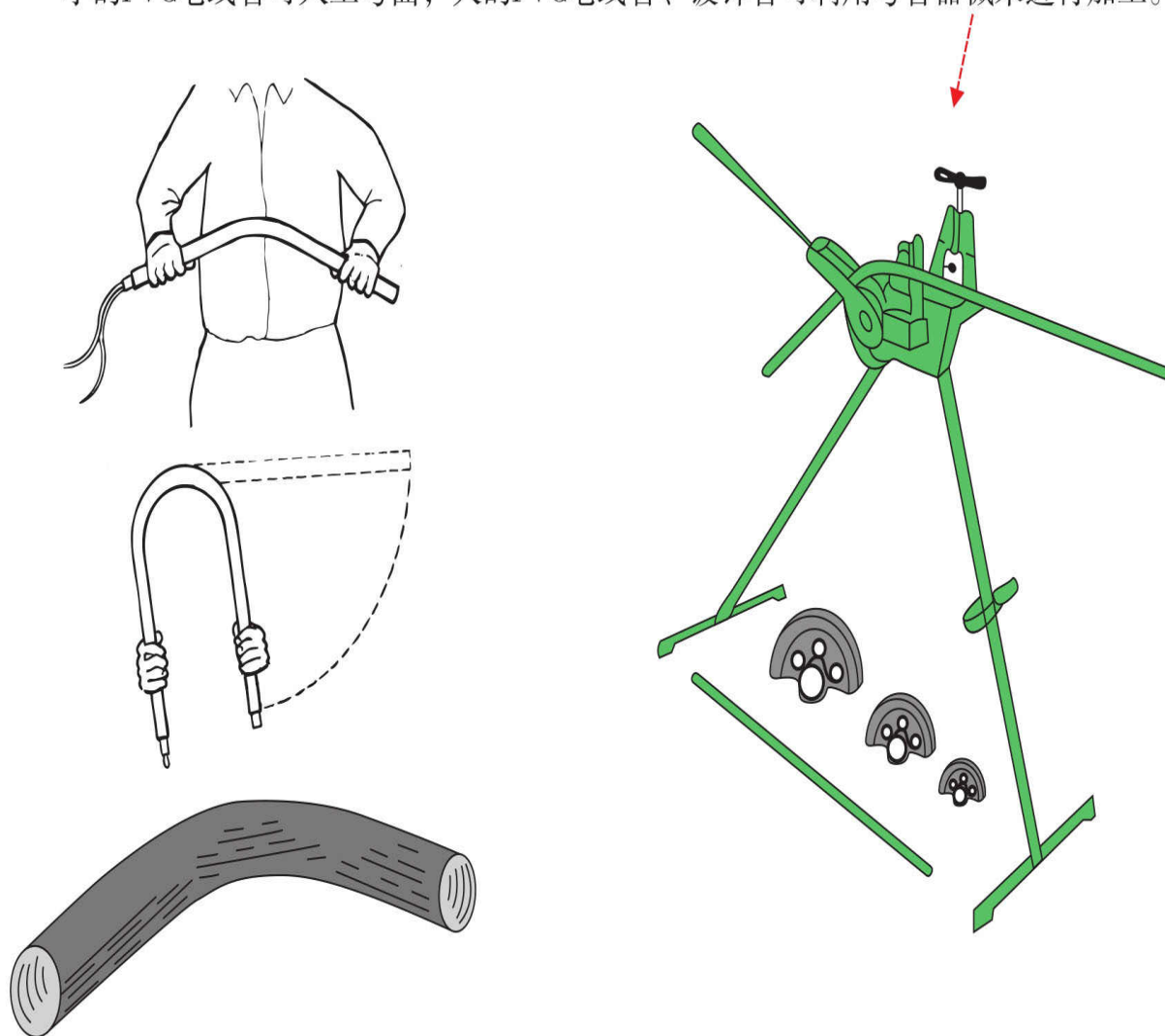
一般情况下，穿线管都采用PVC电线管。在某些场合，对穿线管有特殊的要求。例如，防火线的穿线管通常要求使用镀锌管，并在管上刷防火漆。

在家庭装修中，16mm、20mm的线管一般用于室内照明线路，25mm的线管常用于插座或室内主线管。

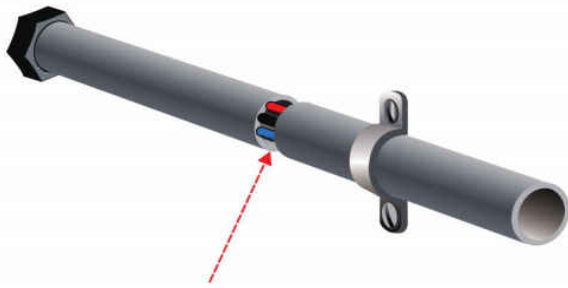


线管直径小于20mm时，线管的弯曲半径应在线管直径的5倍左右；线管直径大于20mm的，弯曲半径应不小于线管直径的8倍。

小的PVC电线管可人工弯曲；大的PVC电线管、镀锌管可利用弯管器械来进行加工。

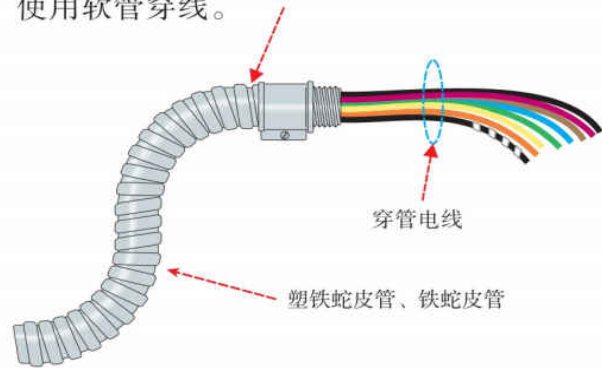


当然，也可选用合适的弯头配件。



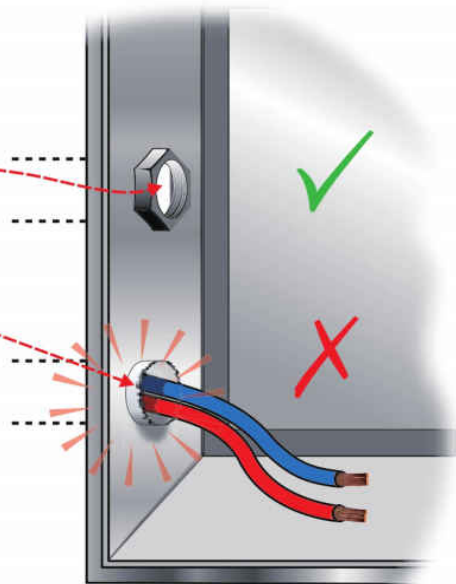
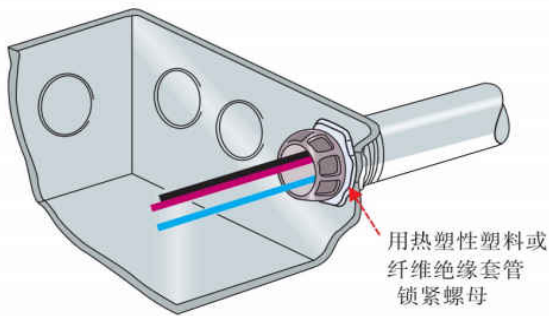
线管不论是明敷还是暗敷，两节线管之间不要出现空隙，应用线管附件连接。

外露部位的穿线管，若有必要，可使用软管穿线。

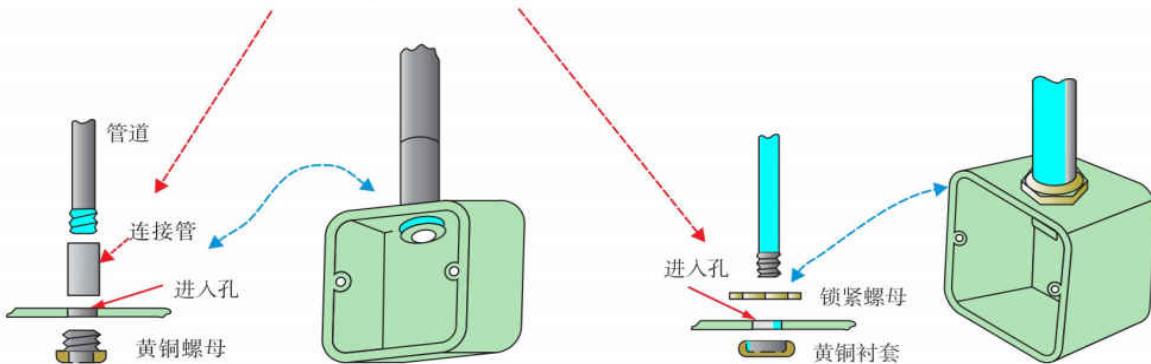


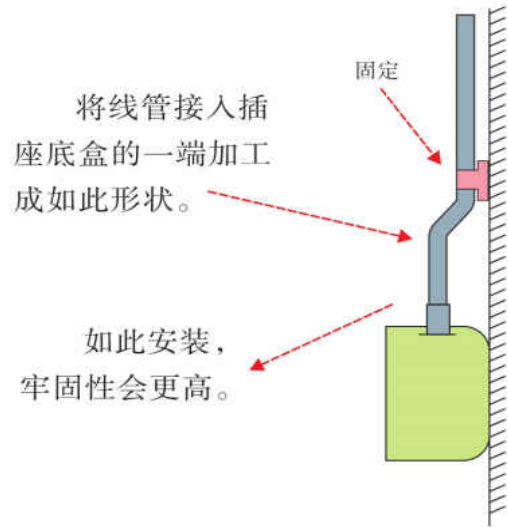
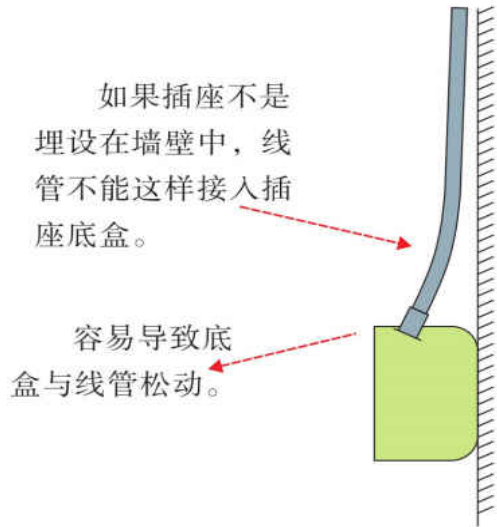
线管接入接线盒、开关盒或插座盒时，可使用专门的线管接入附件，以获得良好的连接。

若不使用专门的接入附件，应注意底盒孔位处的线管端头不要棱角分明，以免导致电线破损。

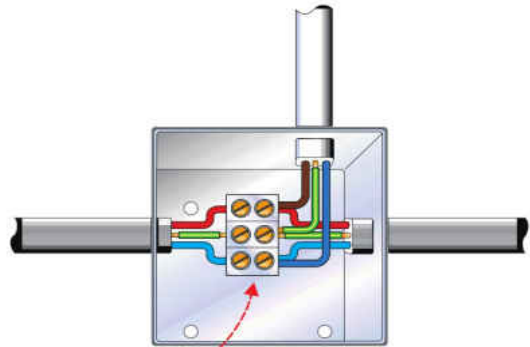
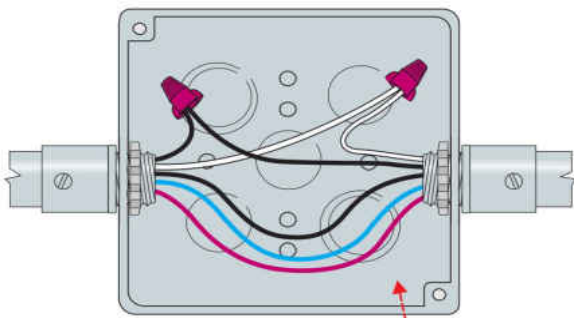
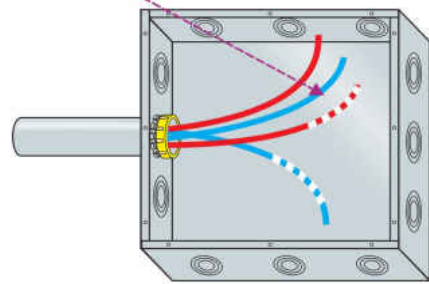
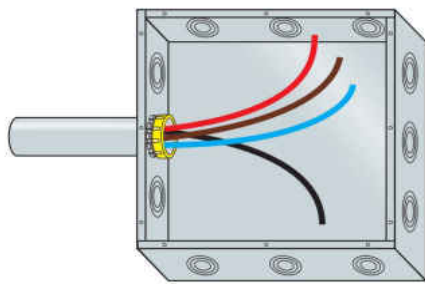


两种不同的线管连接附件



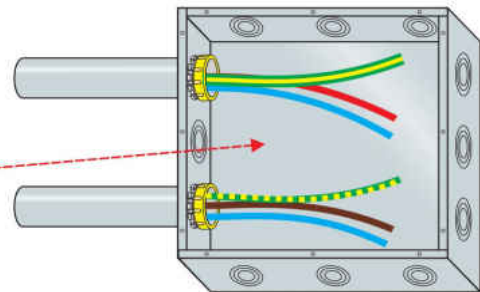


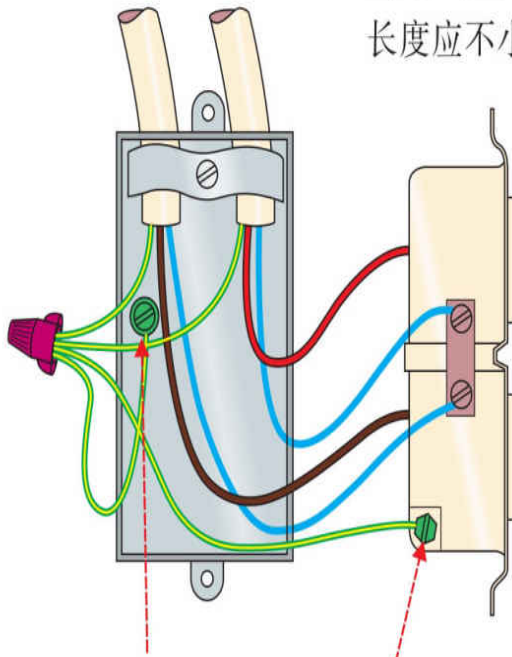
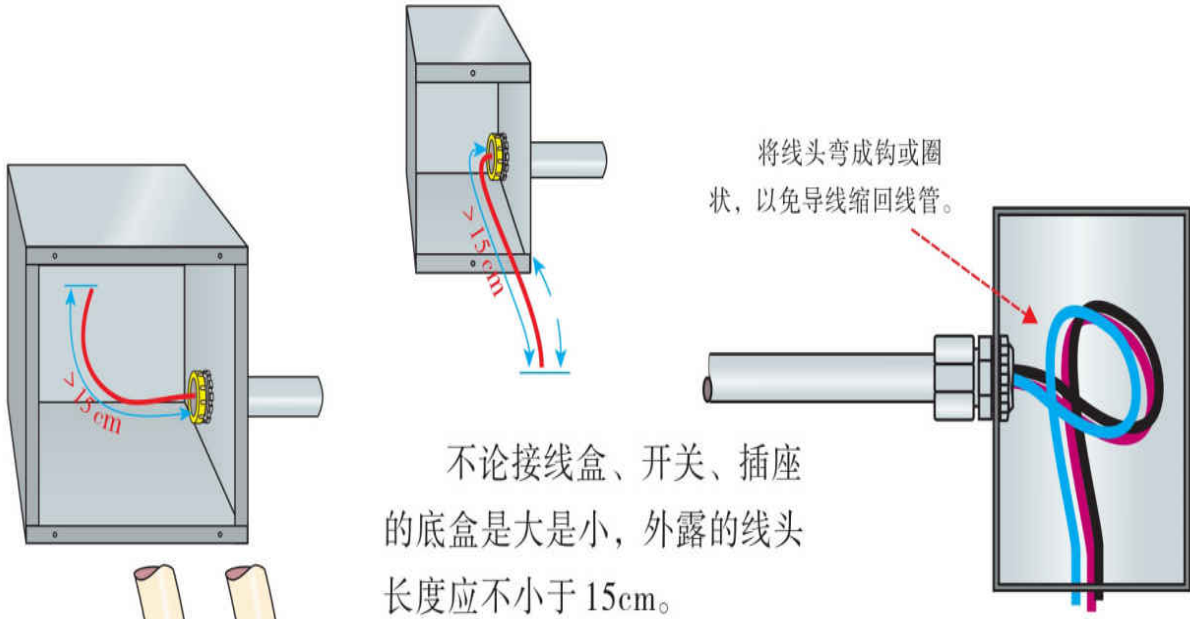
除非你很熟练，有信心厘清穿管的电线，一般不建议将多根同尺寸、同颜色的导线穿入同一线管内。若线管内有多根相同尺寸和颜色的导线，穿管前应在导线线头做好标记，例如用不同颜色的电胶布缠绕。



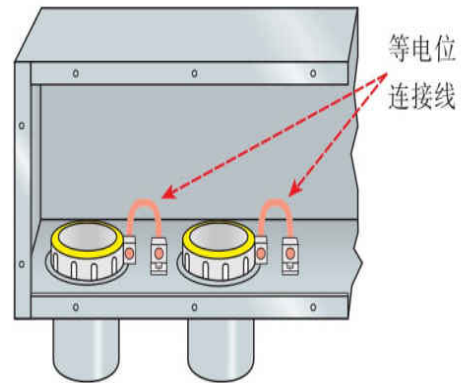
若导线长度不足，应使用接线盒，在接线盒内规范地连接导线，以便于故障排查。一定要避免导线的接头出现在线管内。

若两个支路的导线经过同一个接线盒，至少应有一根导线颜色不同，以便于区分。





如果插座底盒、面板为金属所制，一定要在底盒、面板上接保护线（PE）。

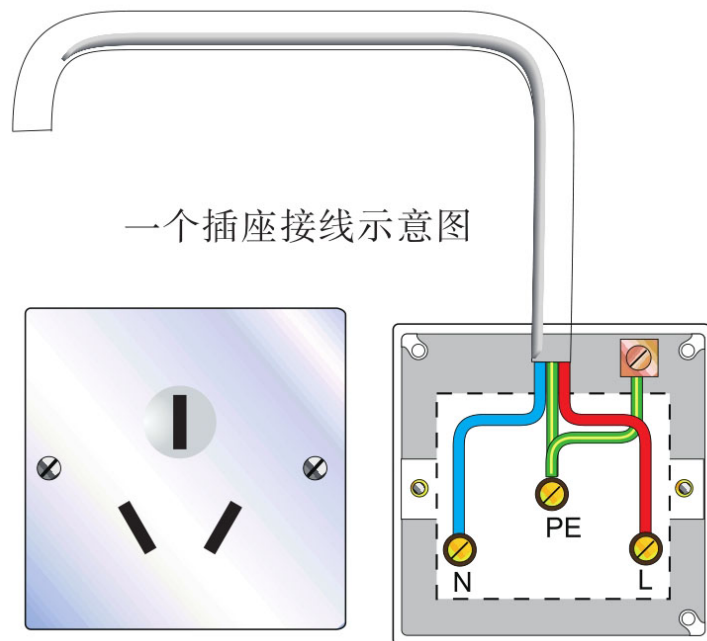


两管道接入底盒且两接入口间距小的，建议进行等电位连接。

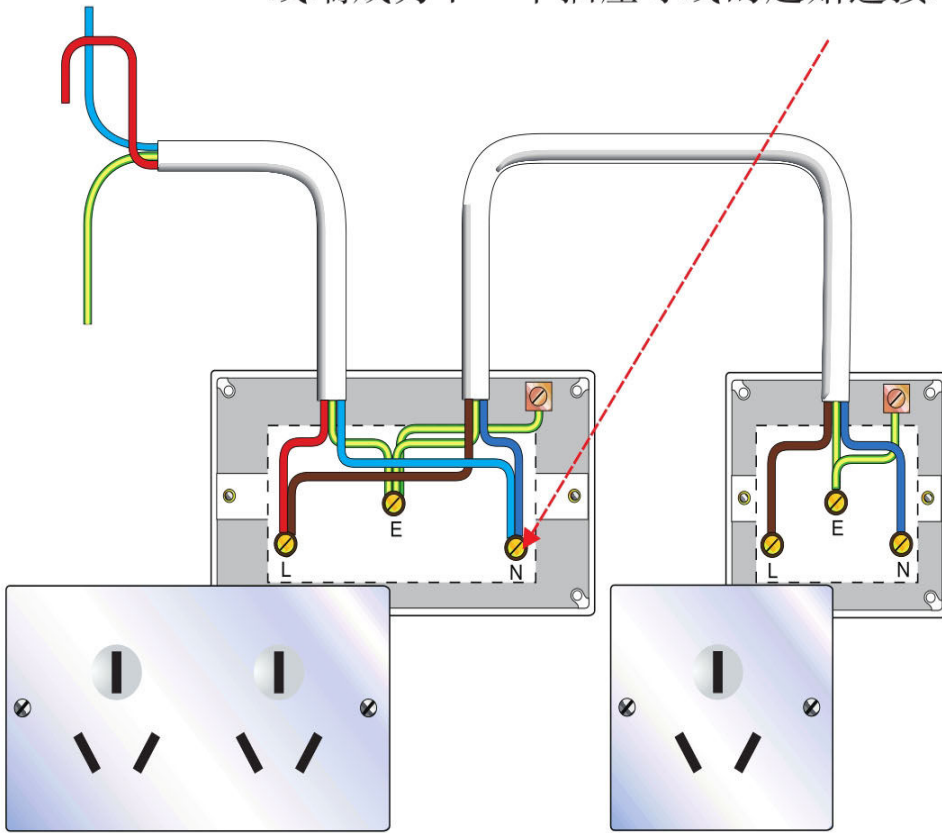


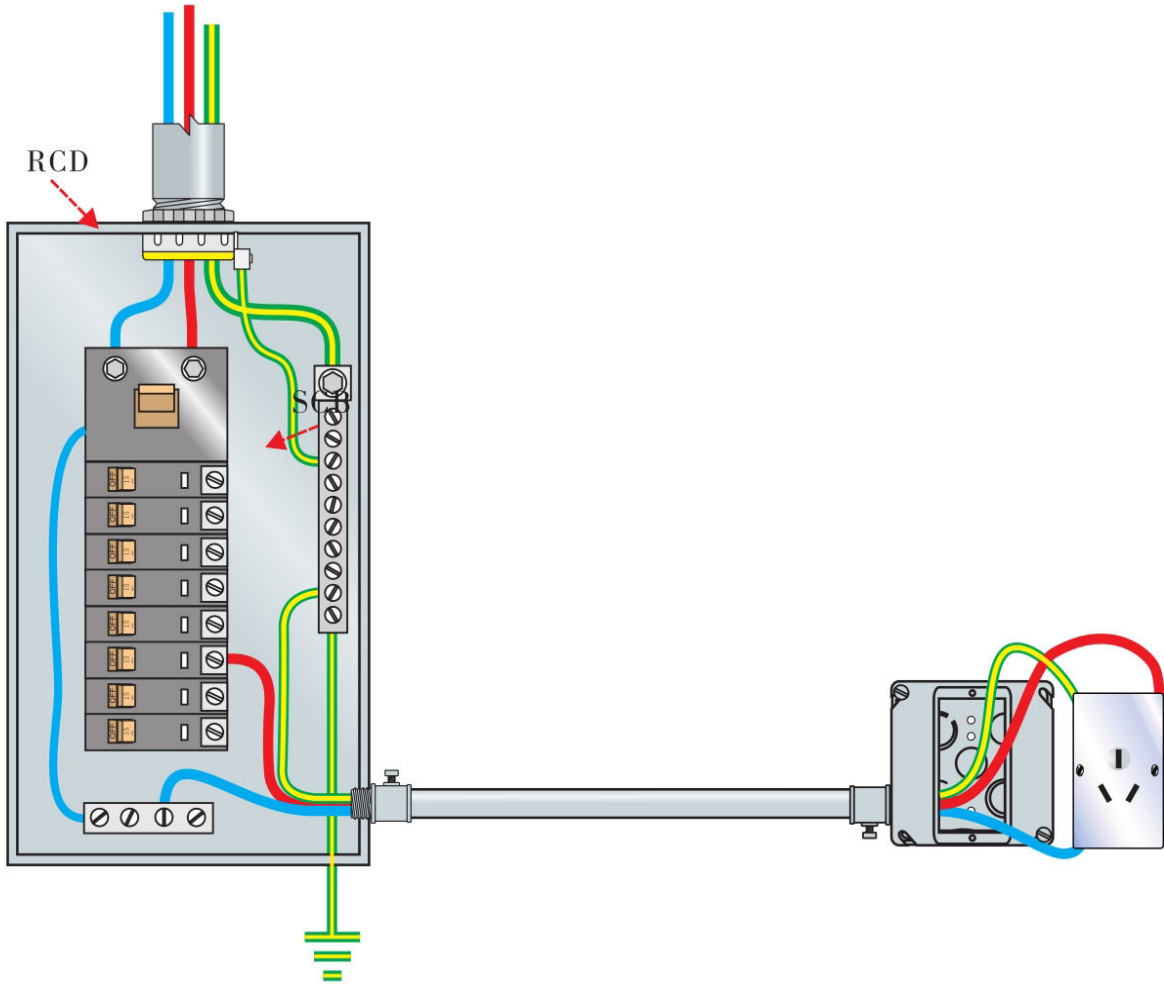
6.4.2 插座接线

插座接线是很简单的，只要布线正确，加工好合适长度的线头，将火线（L）、零线（N）、保护线（PE）连接到插座面板上相应的接线端即可。



这是一个多插座连接的示意图，中间插座的接线端成为下一个插座导线的起始连接端。



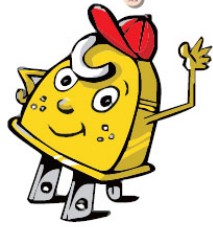


本页的两个图基
本上可展示插座的完
整电路与接线情况。

想

想

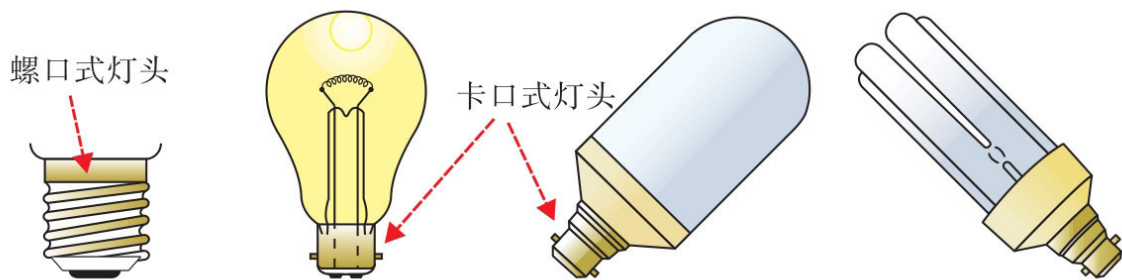
想



第7章 开关与电灯线路

7.1 电灯与开关

电灯多种多样，用于家庭与办公室的电灯大致相似。常见的电灯不外乎是白炽灯、日光灯、节能灯、LED灯等。电灯的灯头通常为卡口式或螺口式的。下图所示的是几个不同的电灯外观图。



在电路图中，你可能会看到下面所示的一些电灯的图形符号：



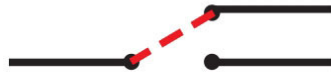
开关被用来控制电流通道的通、断。

开关多种多样，人们常见的当然是拉线开关、墙壁开关。

常用的开关又分单刀单掷、单刀双掷两种，它们的图形符号如下图所示。



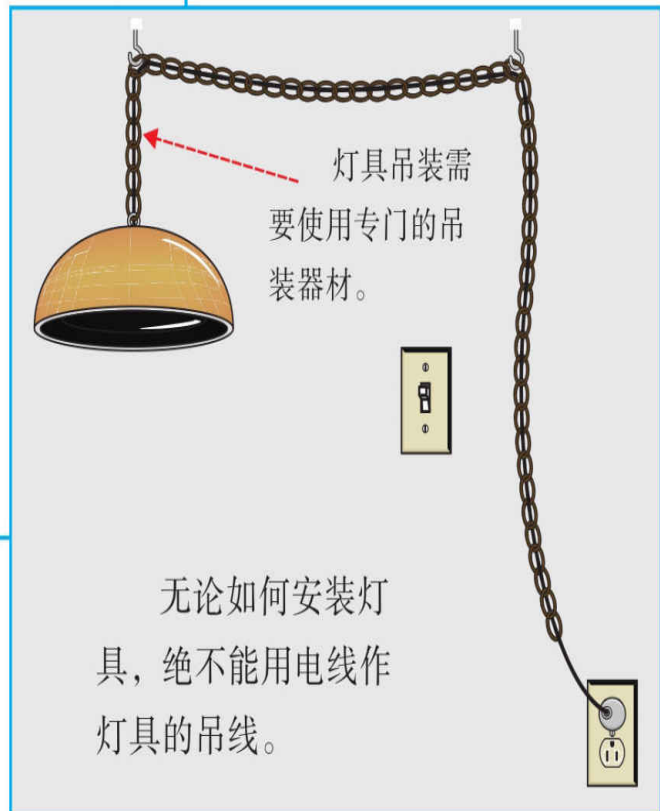
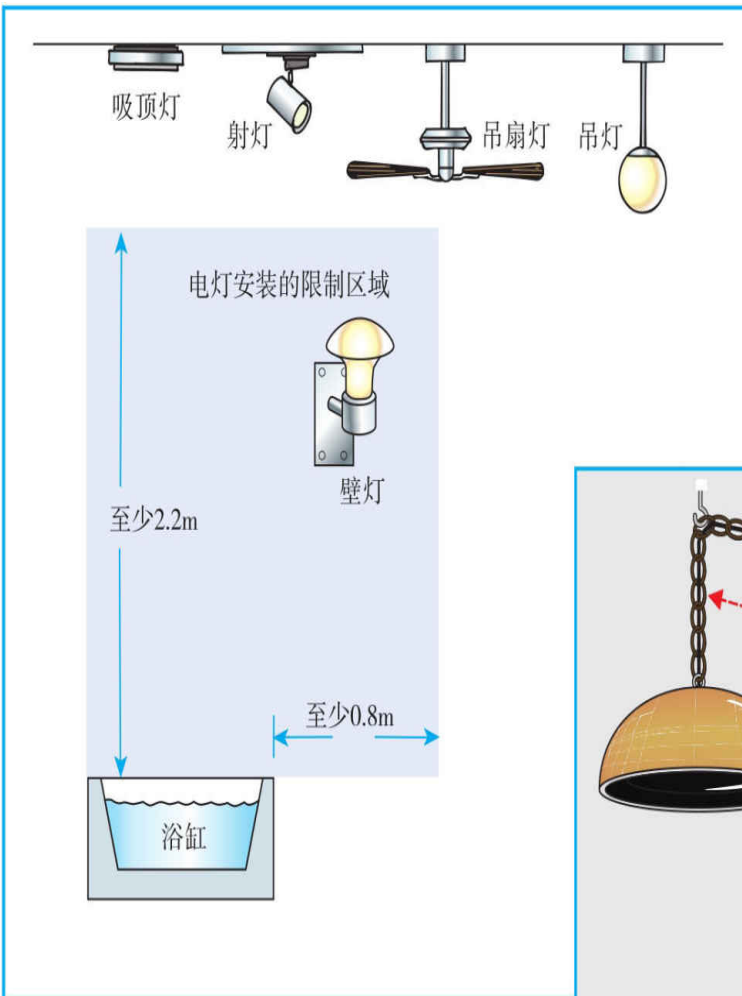
拉线开关



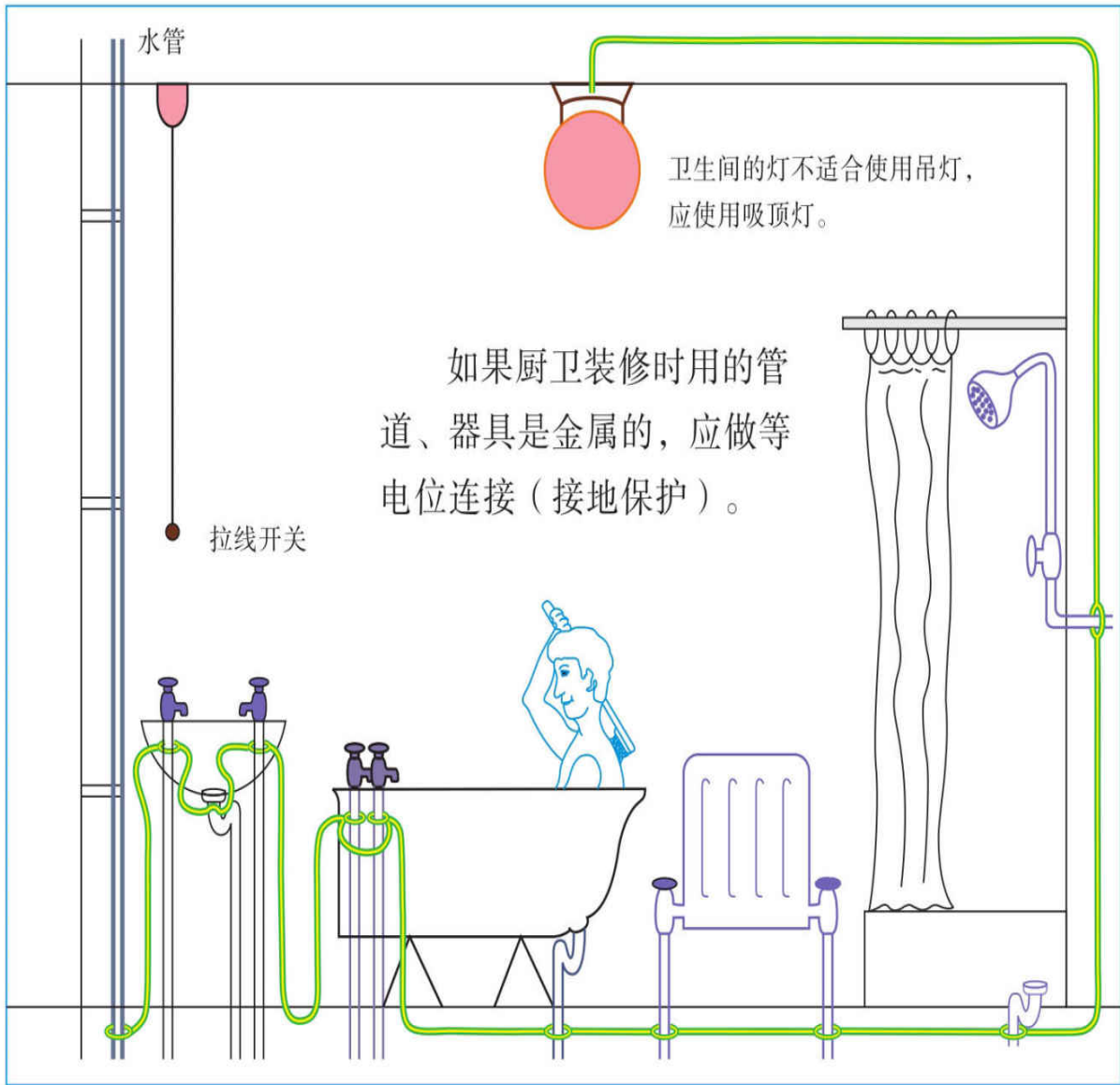
单刀双掷

墙壁开关

相对于办公室的灯，家庭用户对灯的要求千差万别。电工在实际操作中，除根据实际空间满足用户的要求外，还应符合安全规范。



布线所使用的管道、线槽一定要具有阻燃性。

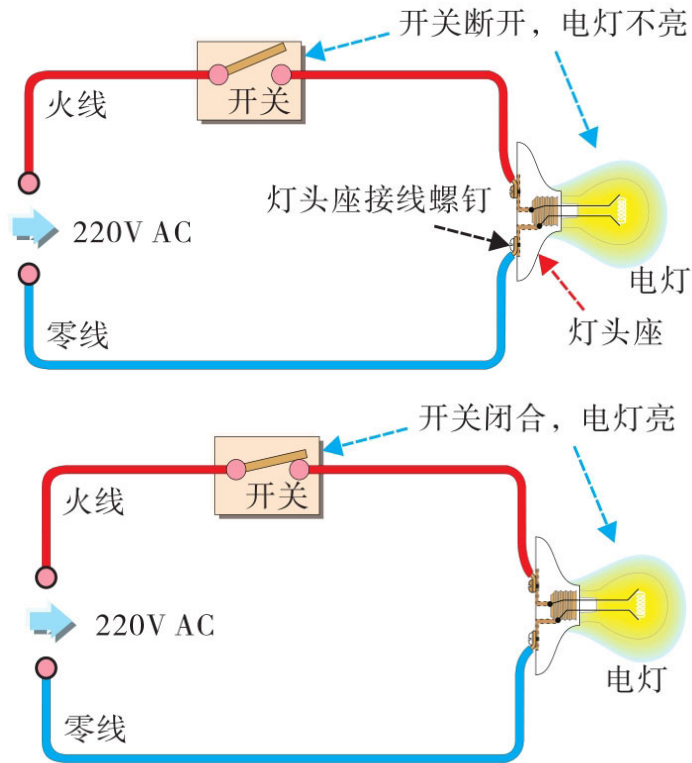


7.2 电灯控制电路

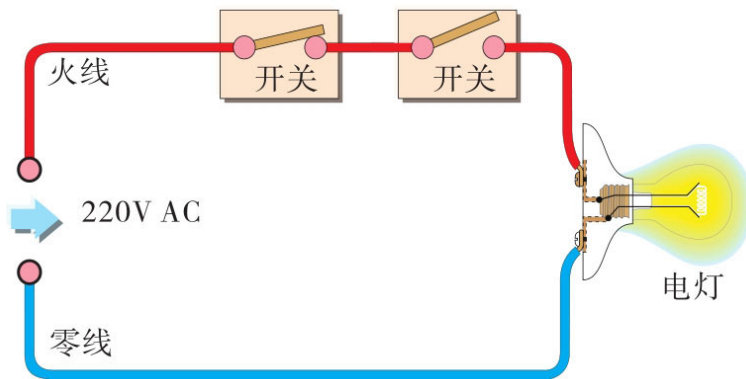
开关、若干段导线、电灯有机地连接在一起，即可得到一个完整的电灯电路。下图所示的就是一个简单的电灯电路，其中的开关是一个单刀单掷开关。一根导线连接开关的一端到电源的火线，一根导线则连接开关的另一端与电灯座的其中一个接线端。电灯座的另一个接线端则直接连接到电源的零线。

一灯一开关

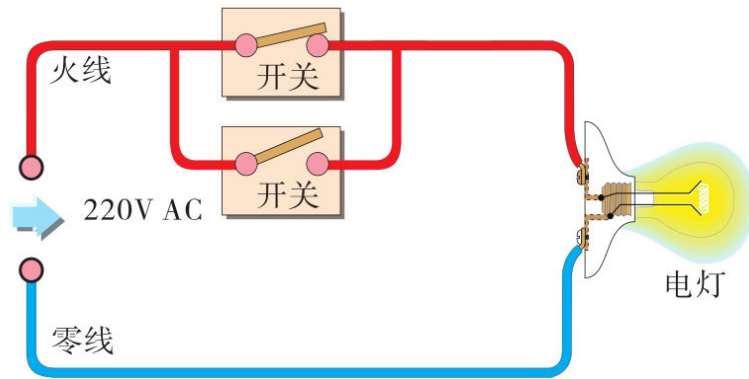
这是最常见的照明电路



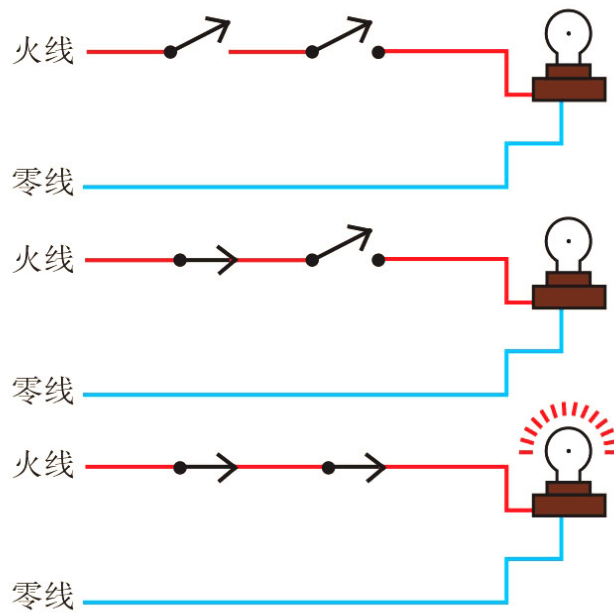
开关与电灯还可以组成下图所示的串联控制电路、并联控制电路。



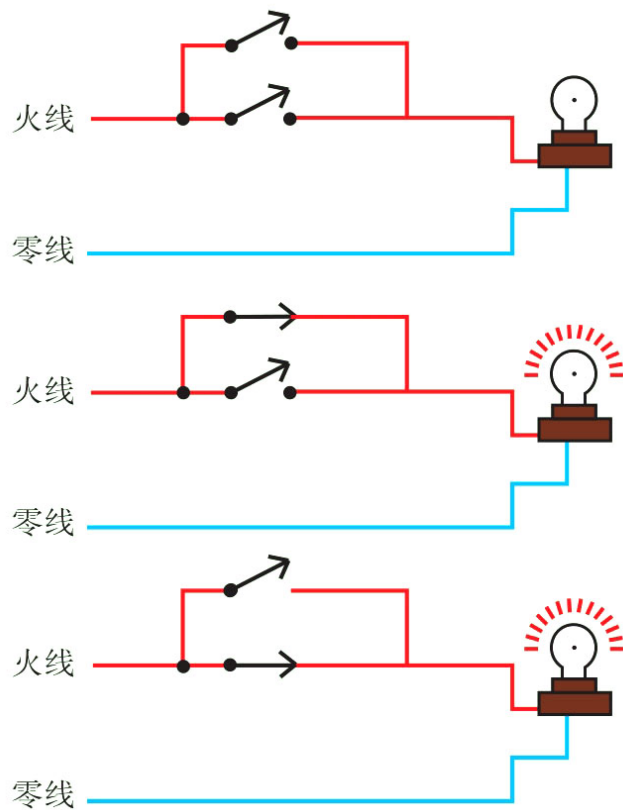
串联控制电路



并联控制电路



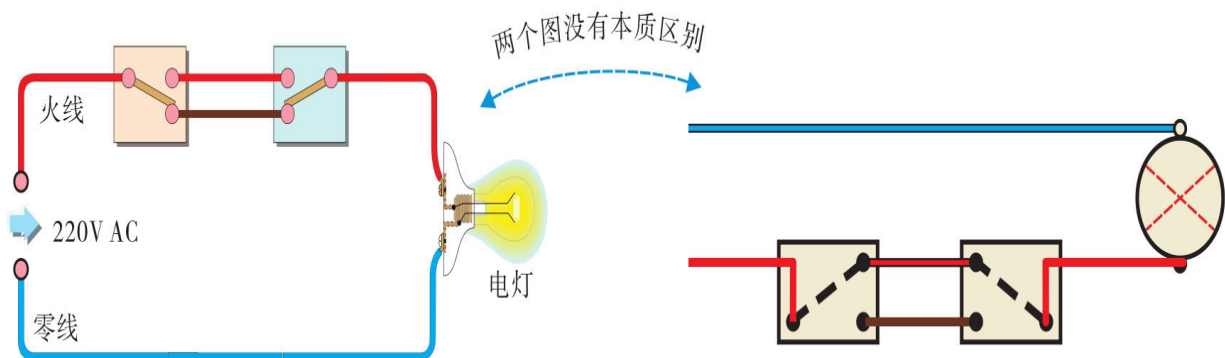
很显然，只有当串联的开关全部闭合后，电灯才能工作。



很显然，并联的开关只要有一个闭合，电灯就能工作。

前面的图仅用于说明开关对电路的控制，除一些特定的需求外，家庭、办公照明电路很少这样连接。在需要双向控制一盏灯的地方，通常使用两个单刀双掷开关来连接电路，其电路如下图所示。

一灯两开关

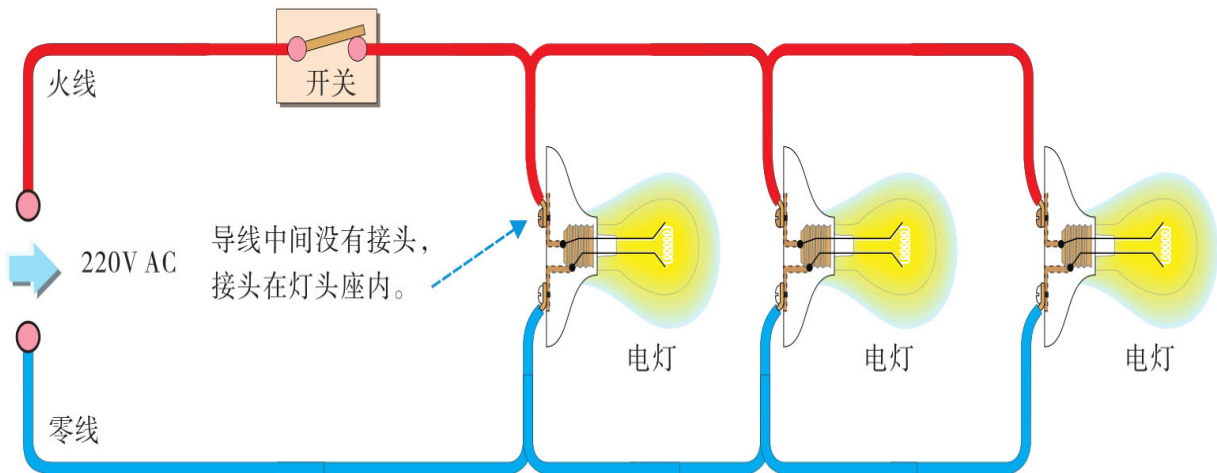


在家庭用电户中，这种双向控制的电灯线路是很常见的，任何一个开关都可控制电灯的开、关，常用于卧室照明电路。

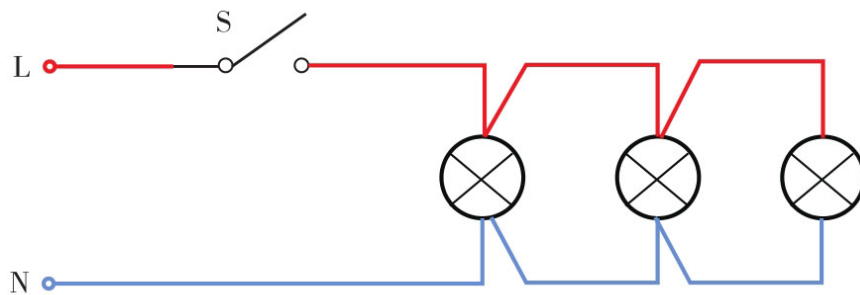


多盏灯的不同接法

在实际中，常常会遇到一个单联开关控制两盏或多盏灯的情况，这时应如何接线呢？其实很简单，将两个或多个需要同时控制的灯串联或并联即可，如下图所示。

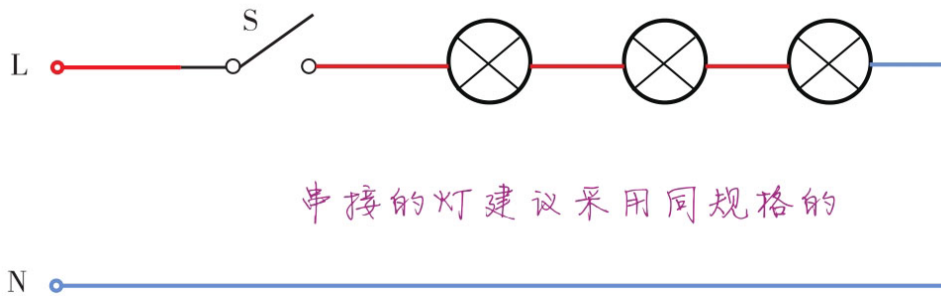


一个开关控制多盏灯



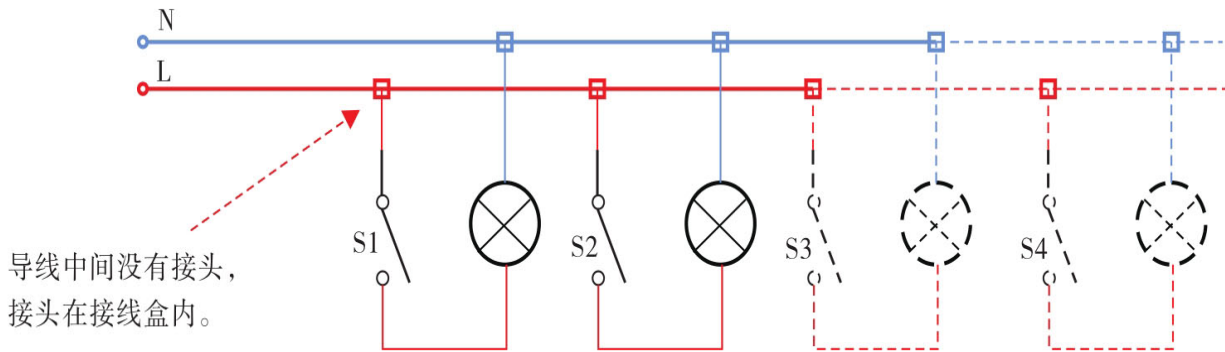
绝大多数情况下，采用灯并联的形式。并联接线不会影响灯的亮度，即使某个灯烧坏（断路）也不会影响其他灯的工作。

一般来说，不建议采用串联形式。若采用串联接线，一个灯烧毁就会导致所有灯不工作。串联接线中灯的亮度会受到影响，串接灯个数越多，灯的亮度越暗。



串接的灯建议采用同规格的

用两只单联开关控制两盏灯、用多只单联开关（见下图虚线）控制多盏灯。



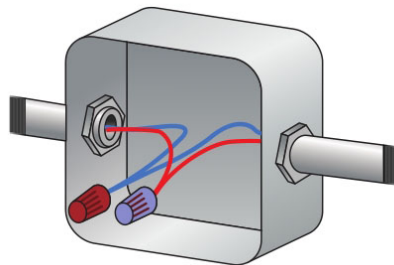
导线中间没有接头，
接头在接线盒内。

7.3 电灯安装

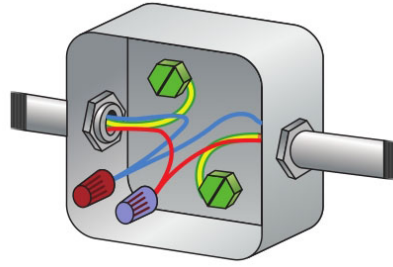
电灯安装涉及布线、灯具安装与接线几个方面。

与插座线路的布线不同，电灯线路布线时通常还需要考虑到开关线路，对于新手电工来说，最好先画好相关的电灯与开关线路，明确用多少根电线、多长的电线、电灯与开关安装在什么位置。

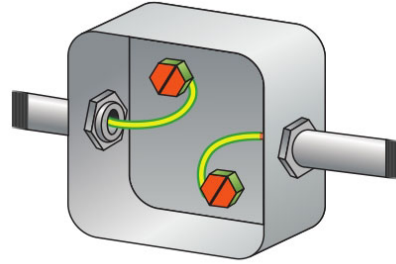
采用暗敷布线的，若电线需中间接线，则一定要使用接线盒规范接线，以免出现问题时无法检修。如果接线盒或开关盒是金属的且人容易接触到，则一定要做接地连接，如下图所示。



没有接地线的接线盒

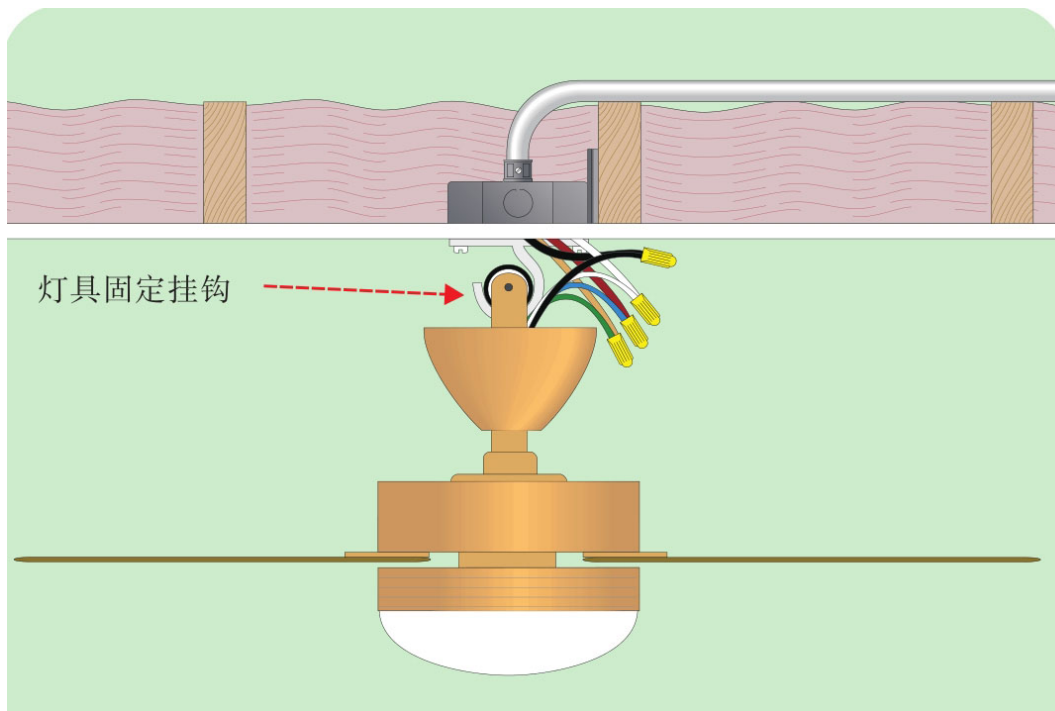


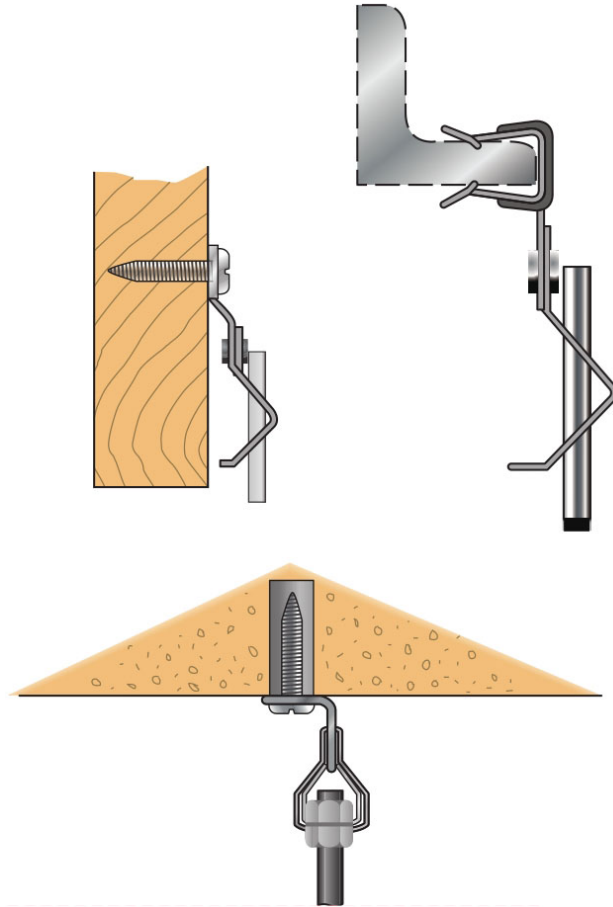
有接地线的接线盒



接线盒接地线连接图

安装灯具时，即使灯具分量很轻，也应使用专门的固定器件，不可以利用电线吊装。



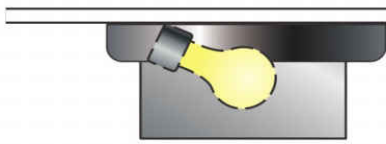


几个灯具固定示意图

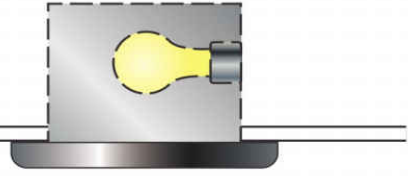


电灯的几种安装图示

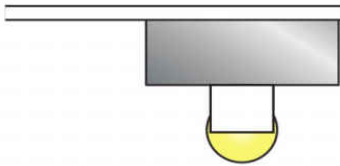
吸顶安装，完全封闭
白炽灯具



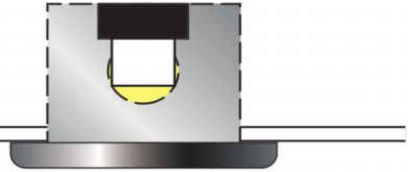
嵌入安装，完全封闭
白炽灯具



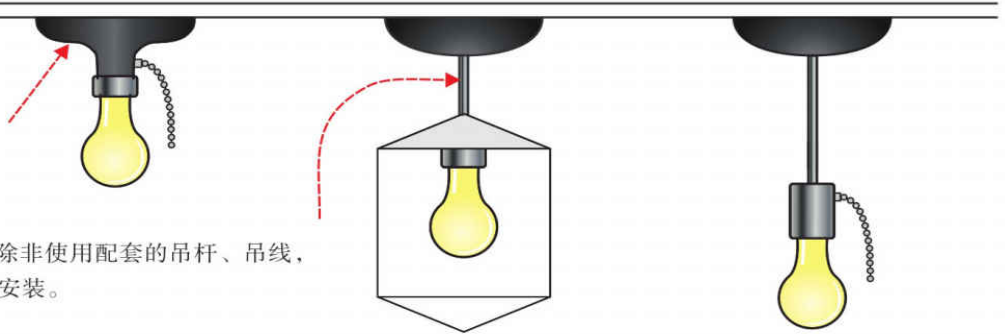
吸顶安装，荧光灯暴露在外



嵌入安装，完全封闭
荧光灯具



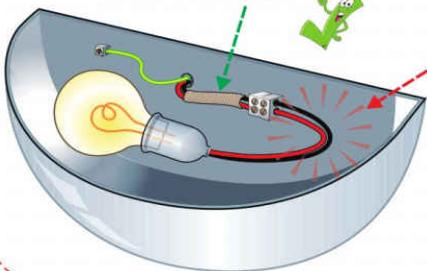
电灯灯座
吸顶安装



灯具吊装。除非使用配套的吊杆、吊线，
否则不建议如此安装。



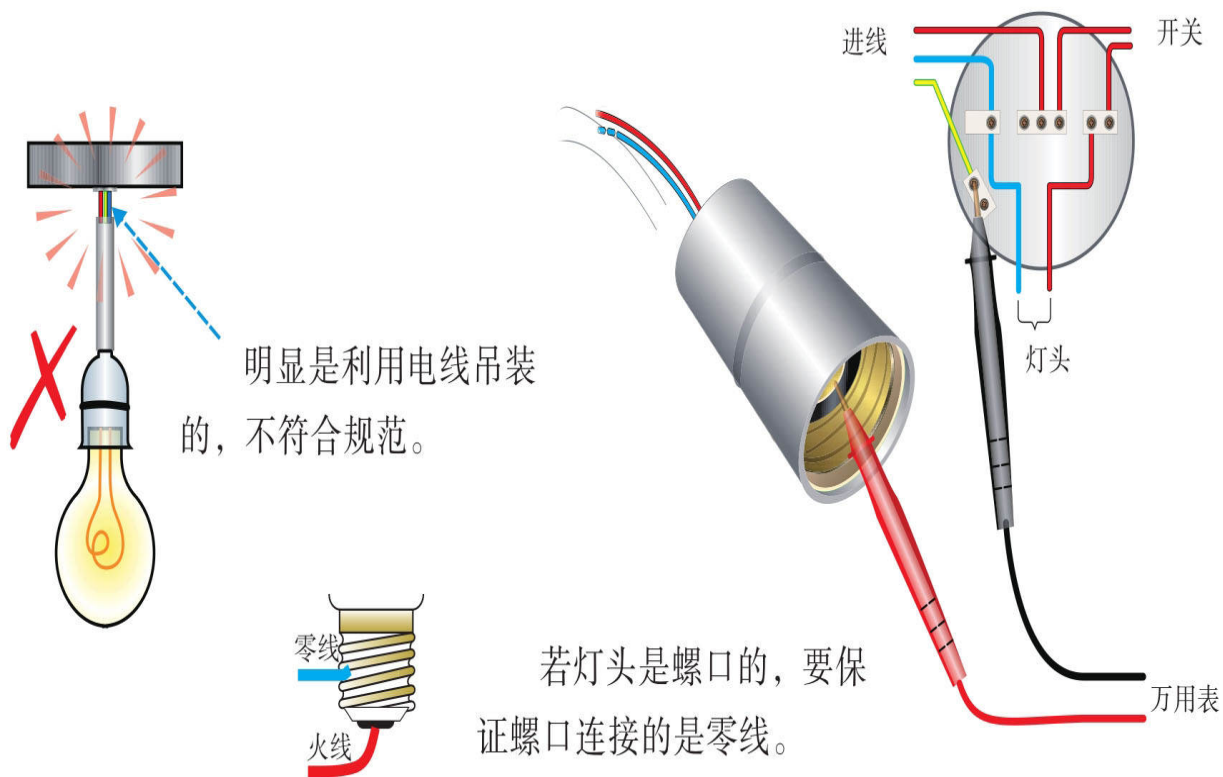
使用了耐高温套管



未使用耐高温套管



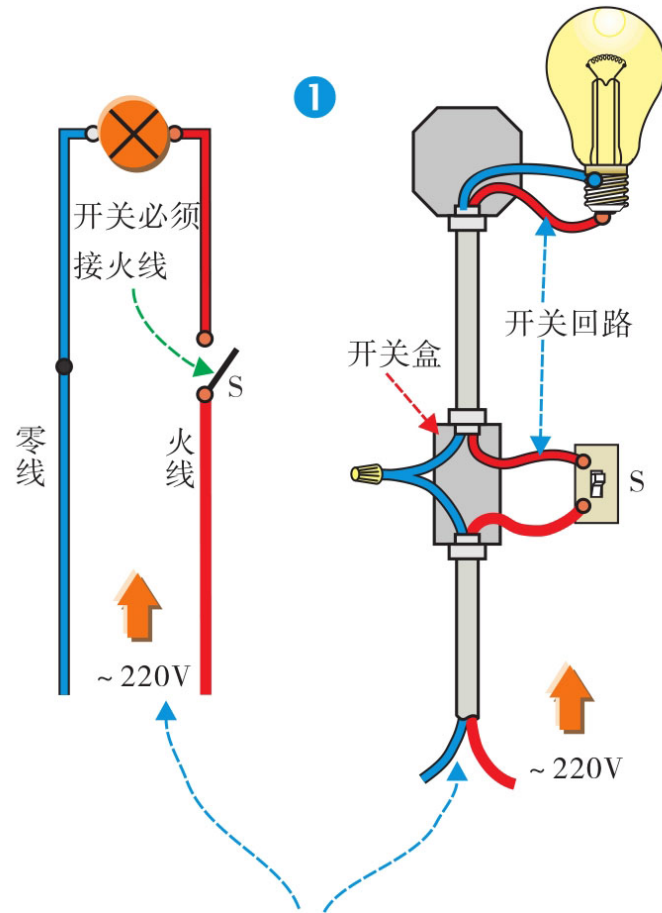
如果所使用的灯泡瓦数比较大，且灯泡被密闭、密闭空间小，应使用耐高温的套管进行电线保护。



7.4 电灯电路接线

7.4.1 一灯一开关

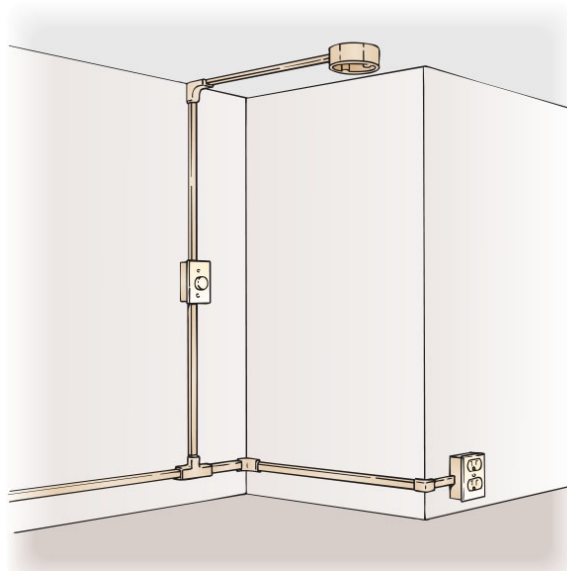
一灯一开关的电灯电路其实很简单：三根电线，一根蓝色电线作零线，可直接从配电箱的输出端连接至电灯；两根红色电线，其中一根连接开关至配电箱，另一根则连接开关至电灯，如下图所示。



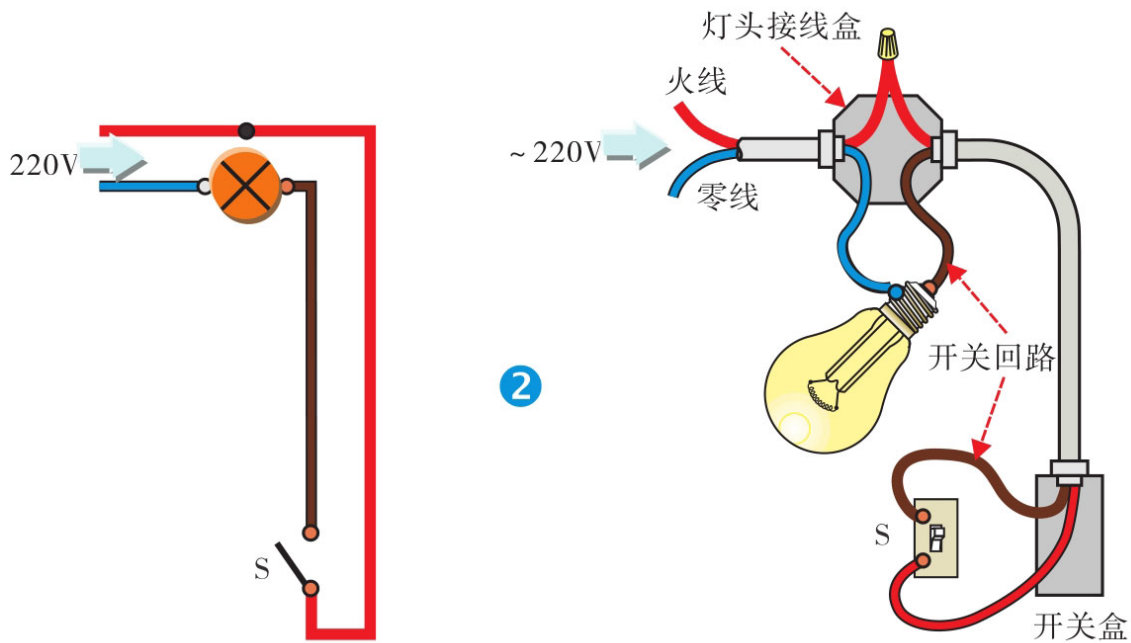
电灯电路的进线端可能直接连接到配电箱，也可能从其他电灯线路上的接线盒或灯头连接端接线出来。

在实际中，当然要考虑进线方向、开关与电灯的安装位置。

视实际情况不同，可用一根完整的零线连接到电灯，也可用两根电线在开关盒处接线。

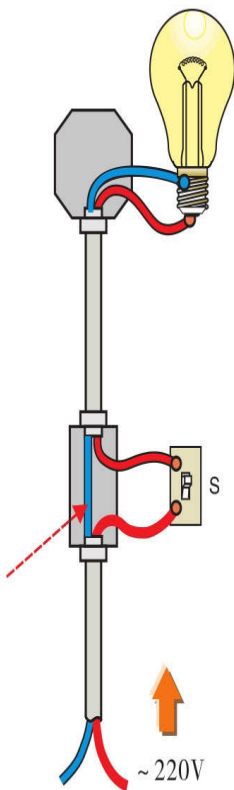


这是一灯一开关的另一种情况：电源由电灯方向引入（请与前一页的灯电路比较）。

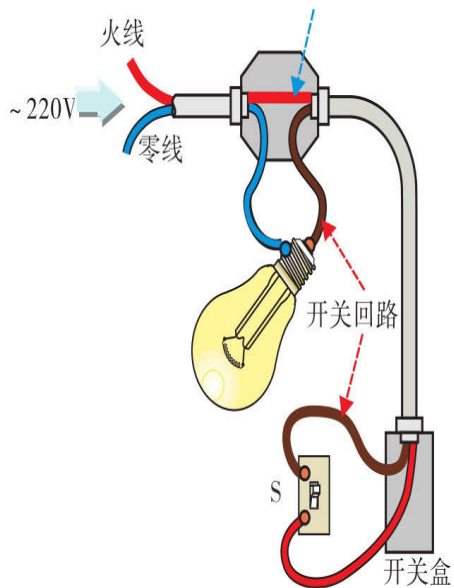


几个电灯电路的实物连线图都是展示电线连接到灯泡灯头上，实际上当然不是这样。实际中的电线是连接在灯具（灯座）的接线端（柱）上的，图纸如此仅仅是为了使读者看明白。

在第一种情况下，零线可使用一根完整的电线，无须在开关盒内再接线。



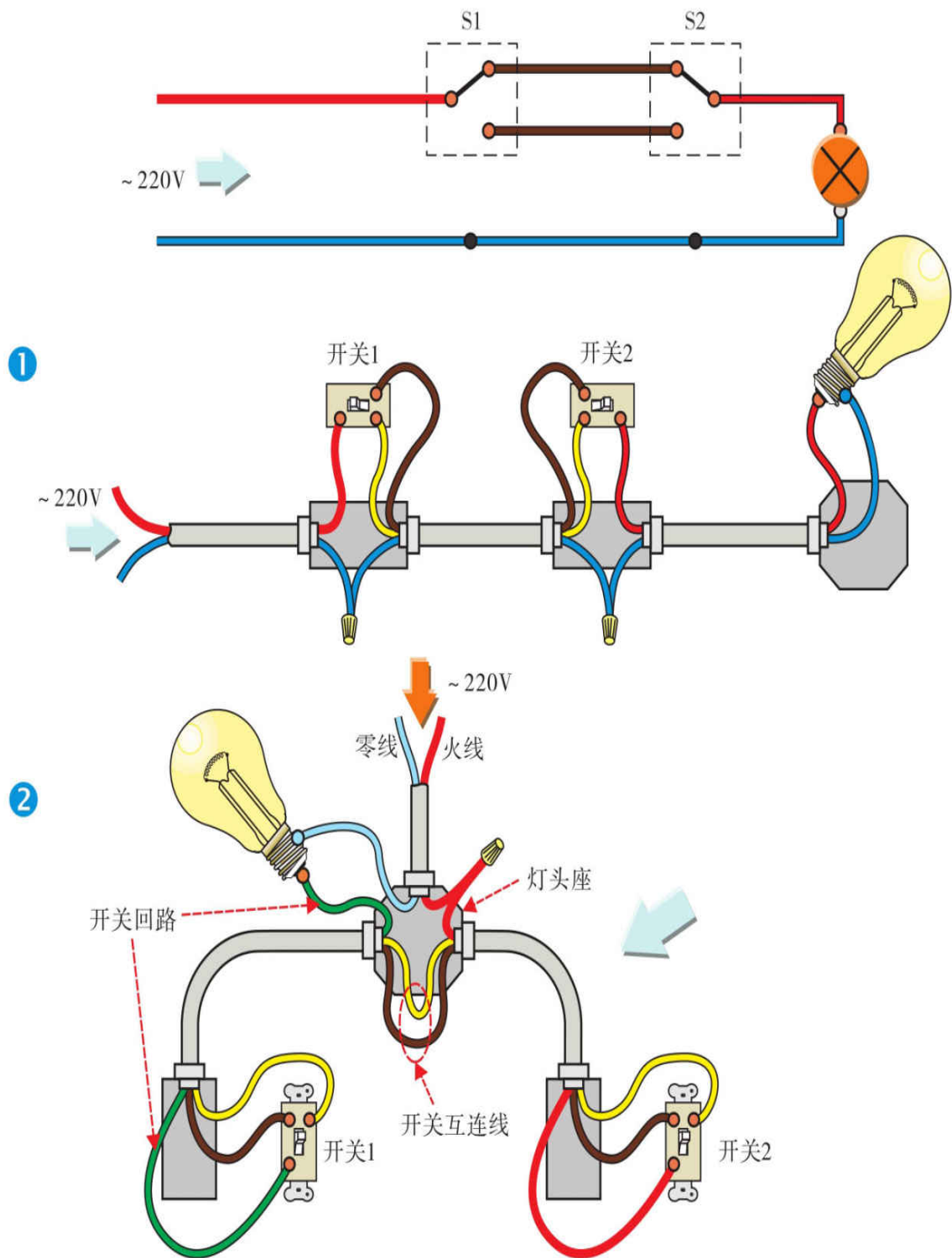
第二种情况下的火线进线当然可用一根完整的电线连接到开关。



7.4.2 一灯两开关

从电路上看，一灯两开关的电灯电路比较简单，而对于新手来说接线是有些复杂，但只要把握住接线的关键点，接线操作还是比较容易的。

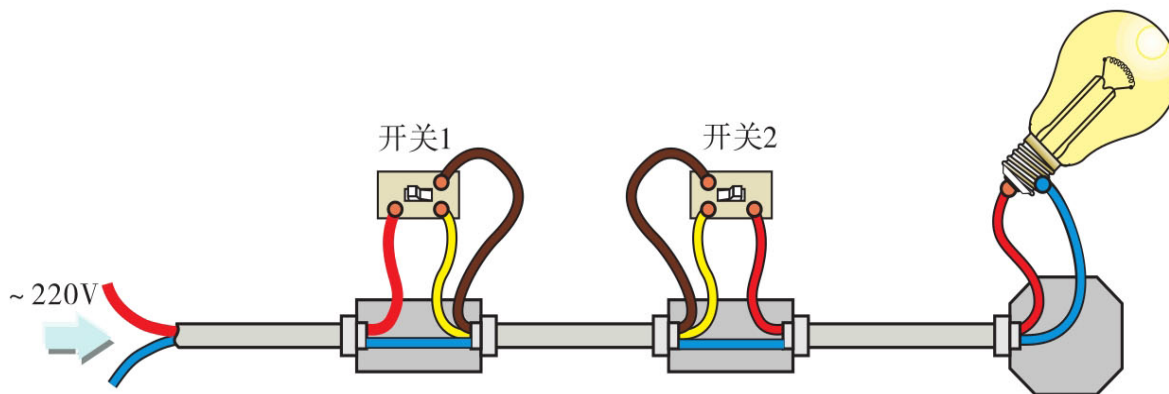
一灯两开关电路接线的关键在于两个开关的连接，如下图所示。两个开关的两个动触点接线端分别相接，一个开关的静触点接线端接火线进线，另一个开关的静触点接线端接电灯。



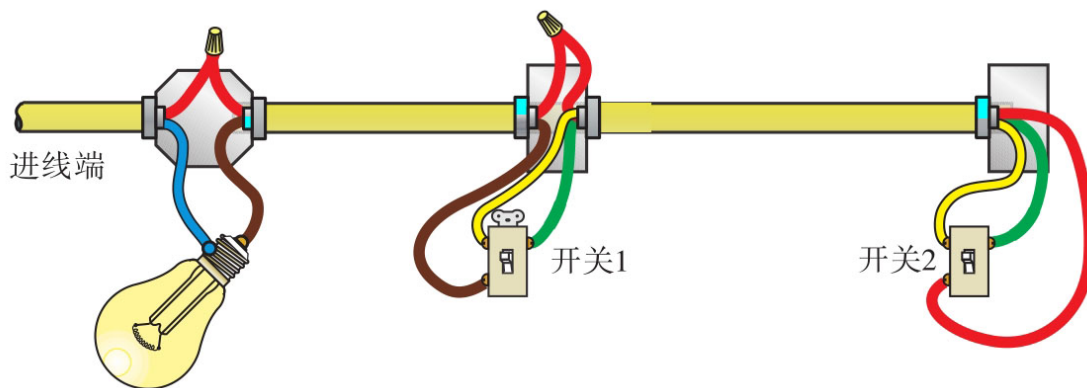
由电灯方向进线的实物接线示意图

如果由电灯方向进线，看起来有点复杂，实际上都一样（注意根据线的颜色查看理解这个接线示意图）。

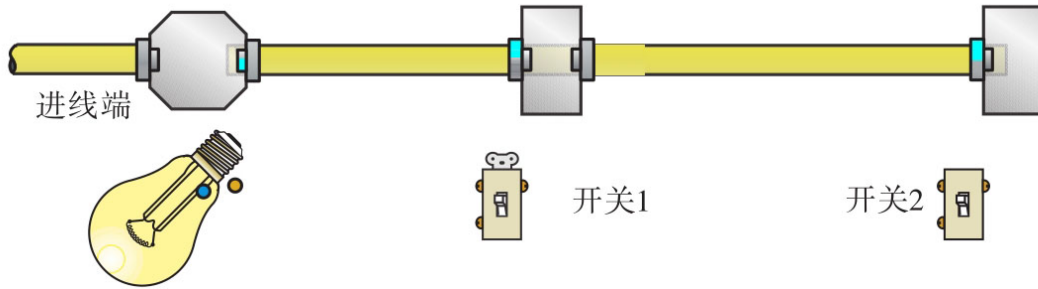
在第一种情况下，零线可使用一根完整的电线，无须在开关盒内再接线。



将前面第二种情况的实物接线图转换成右图所示，这样会更容易看明白。不论怎样，火线总是要经过开关后才连接到电灯。



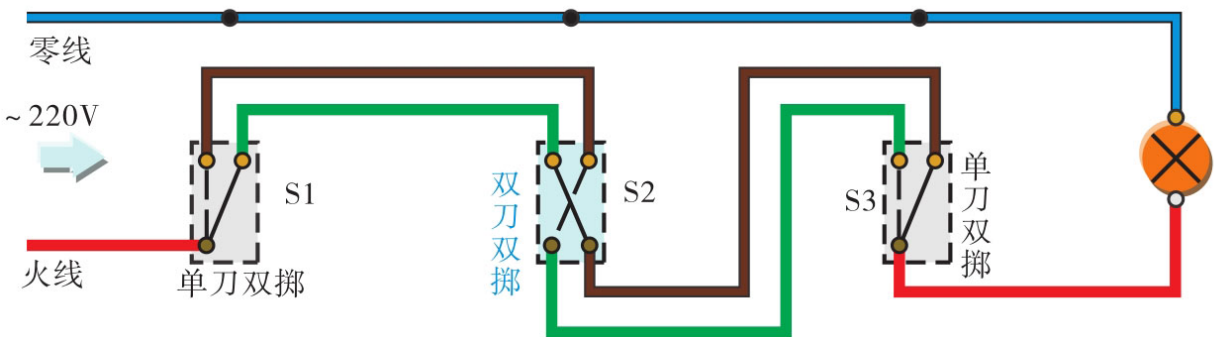
自己想一想，画一画，看有没有掌握怎样接线。



7.4.3 一灯三开关

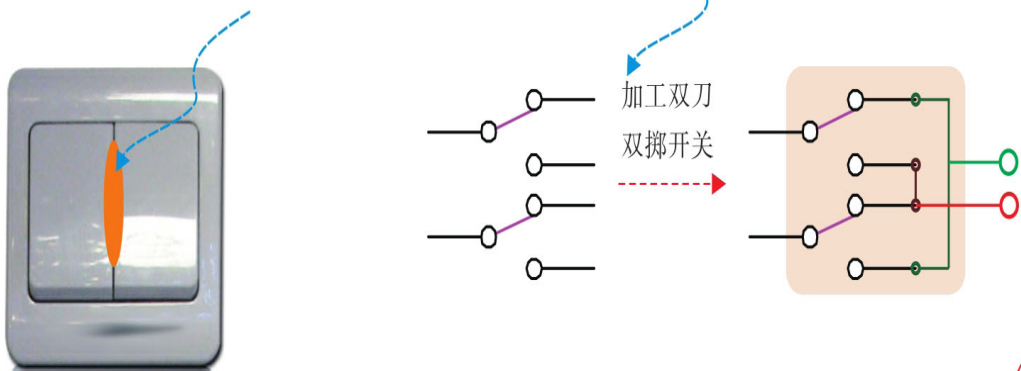
掌握了一灯两开关的电灯电路接线，一灯三开关的电路接线就不难了，后者仅仅是在前者电路的两个开关之间加了一个双刀双掷开关，其电路如下图所示。

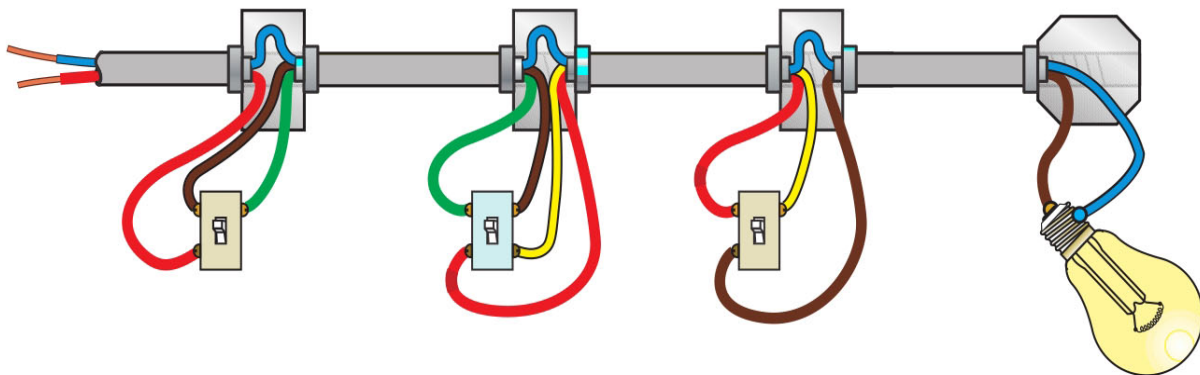
开关S1、S3的两个动触点接线端分别与双刀双掷开关S2相接，开关S1的静触点接线端接火线进线，开关S3的静触点接线端接电灯。



S2所使用的开关最好是专门的双刀双掷开关。若没有，可用两个单刀双掷开关改造：将两个开关中间用胶水粘起来，使两个开关能同时开、关。

也可用一个双刀双掷开关改造，如图所示。



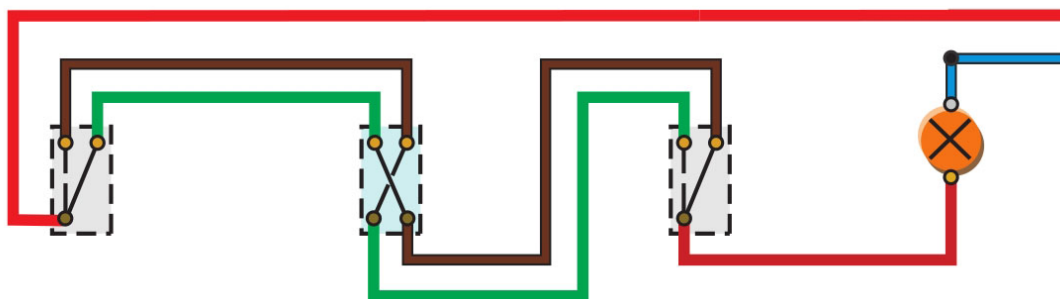


一灯三开关的实物接线示意图：电源由开关处进线

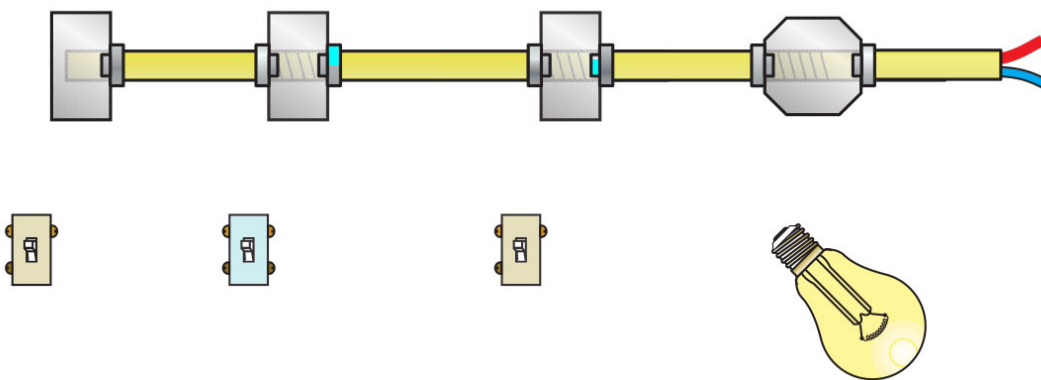


如果电源从电灯处进线，参考前面的内容，自己想一想，画一画，看能否完成接线。

想，画一画，看能否完成接线。

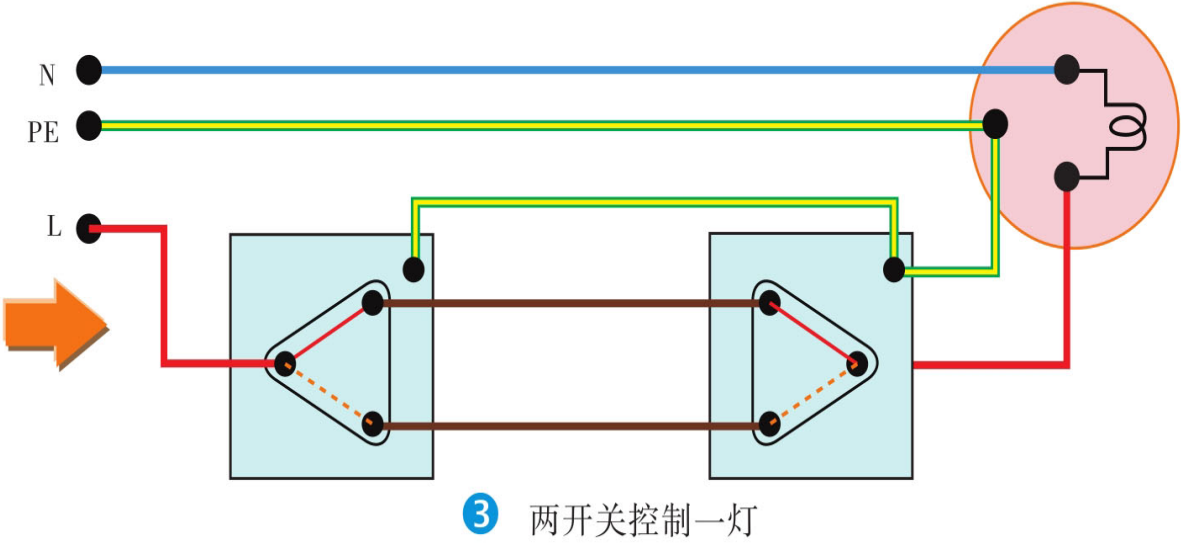
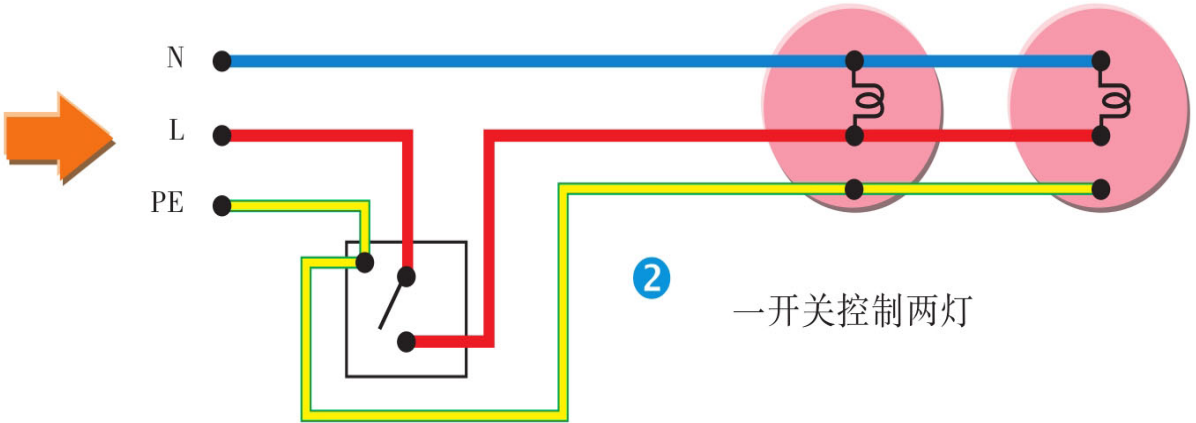
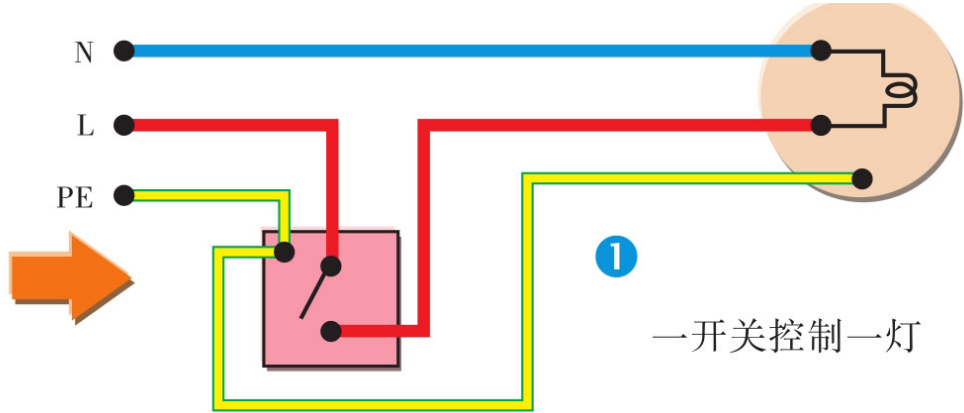


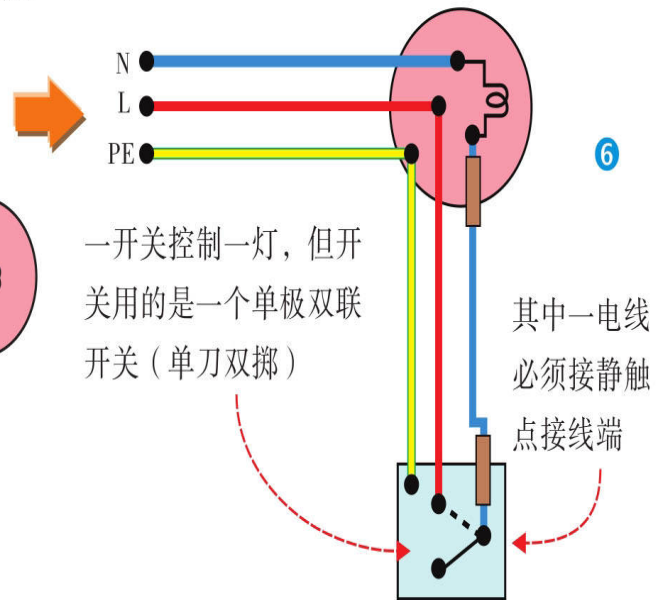
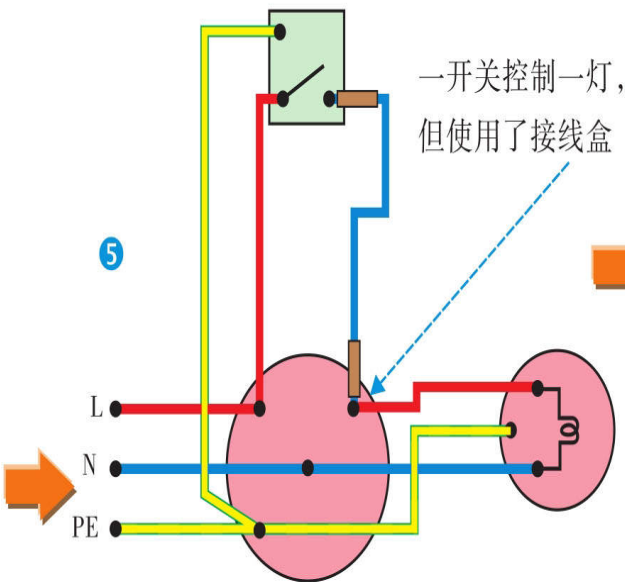
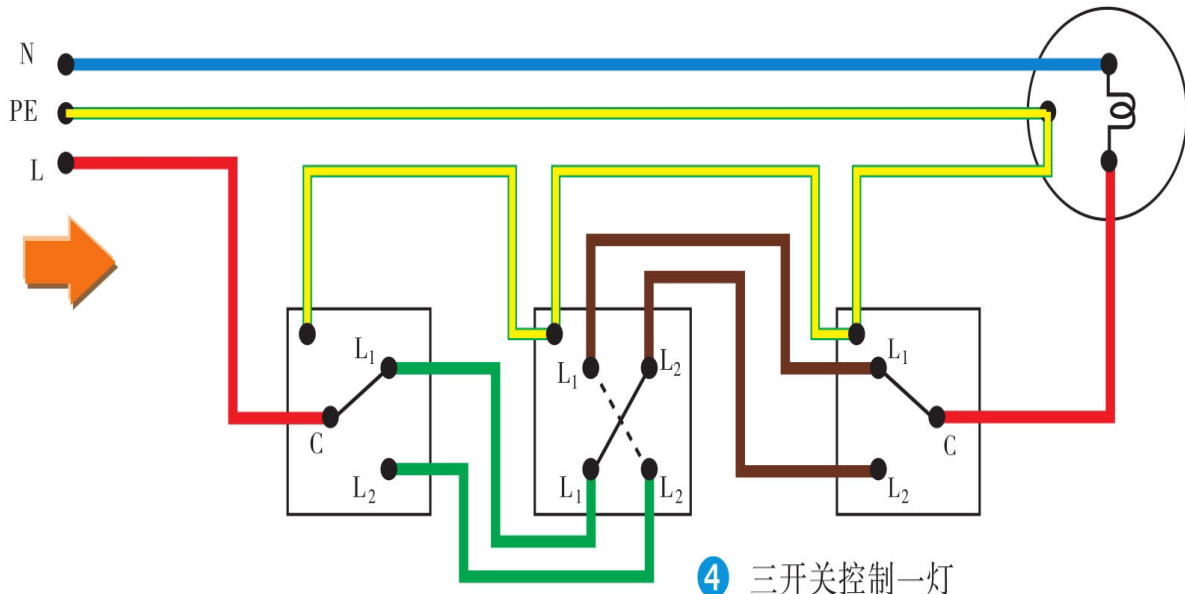
一灯三开关电灯电路图：电源由电灯处进线



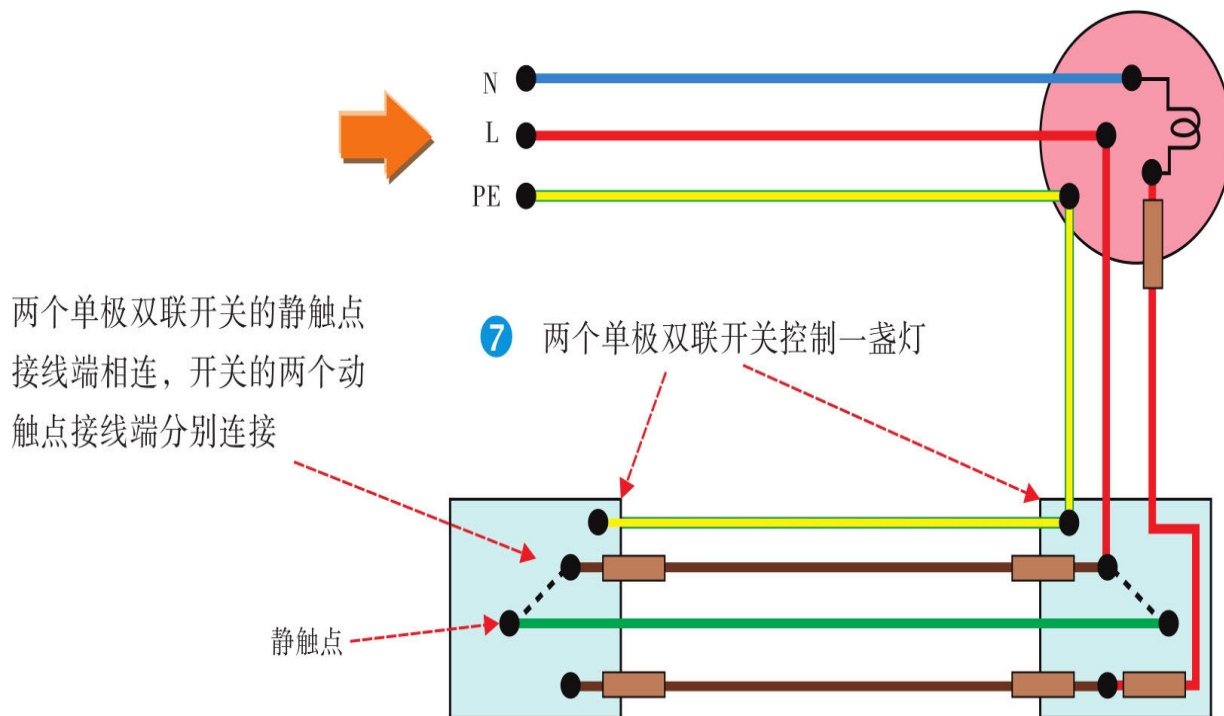
7.4.4 电灯电路的其他画法

除前面所述的内容外，电灯电路还有一些其他形式的画法（注意进线方向），这里给出一些例子，以期初学者能尽快掌握电灯电路。





比较一下图①、③与图⑥、⑦所示的电灯电路。

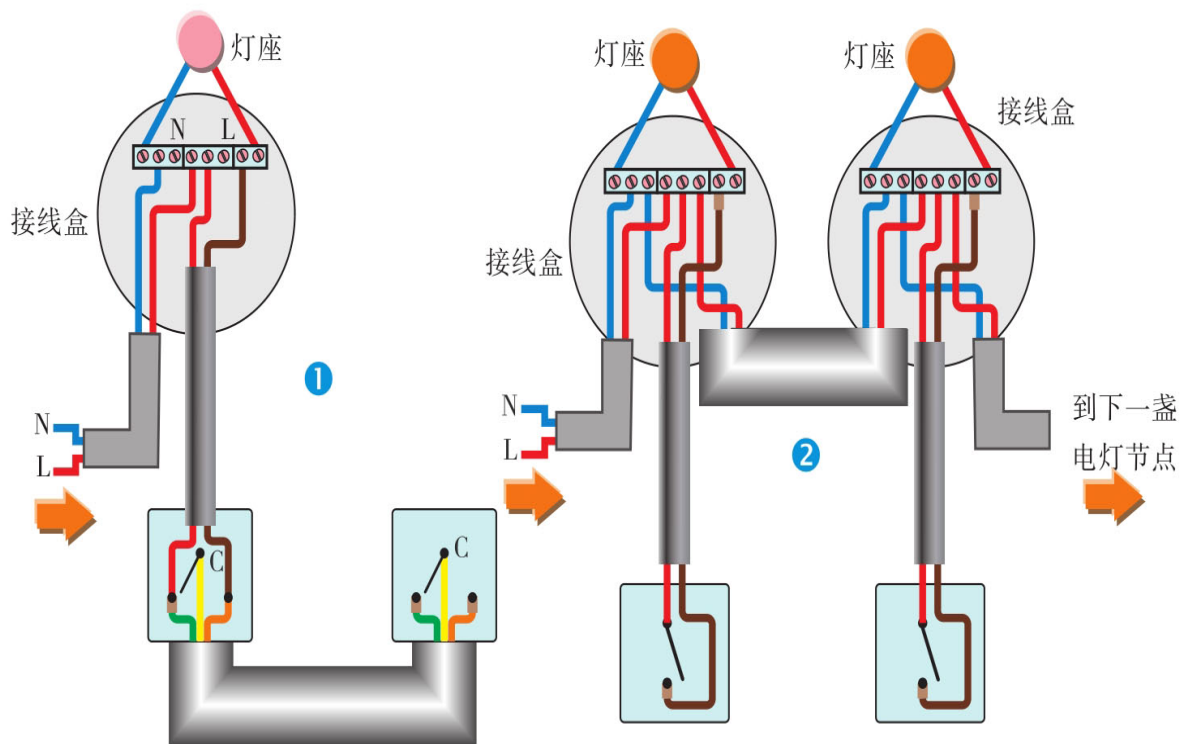


7.4.5 利用接线盒接线

在某些情况下，利用接线盒来进行电灯电路的接线是比较方便的。这里展示了几个不同的、利用接线盒接线的电灯电路接线示意图。

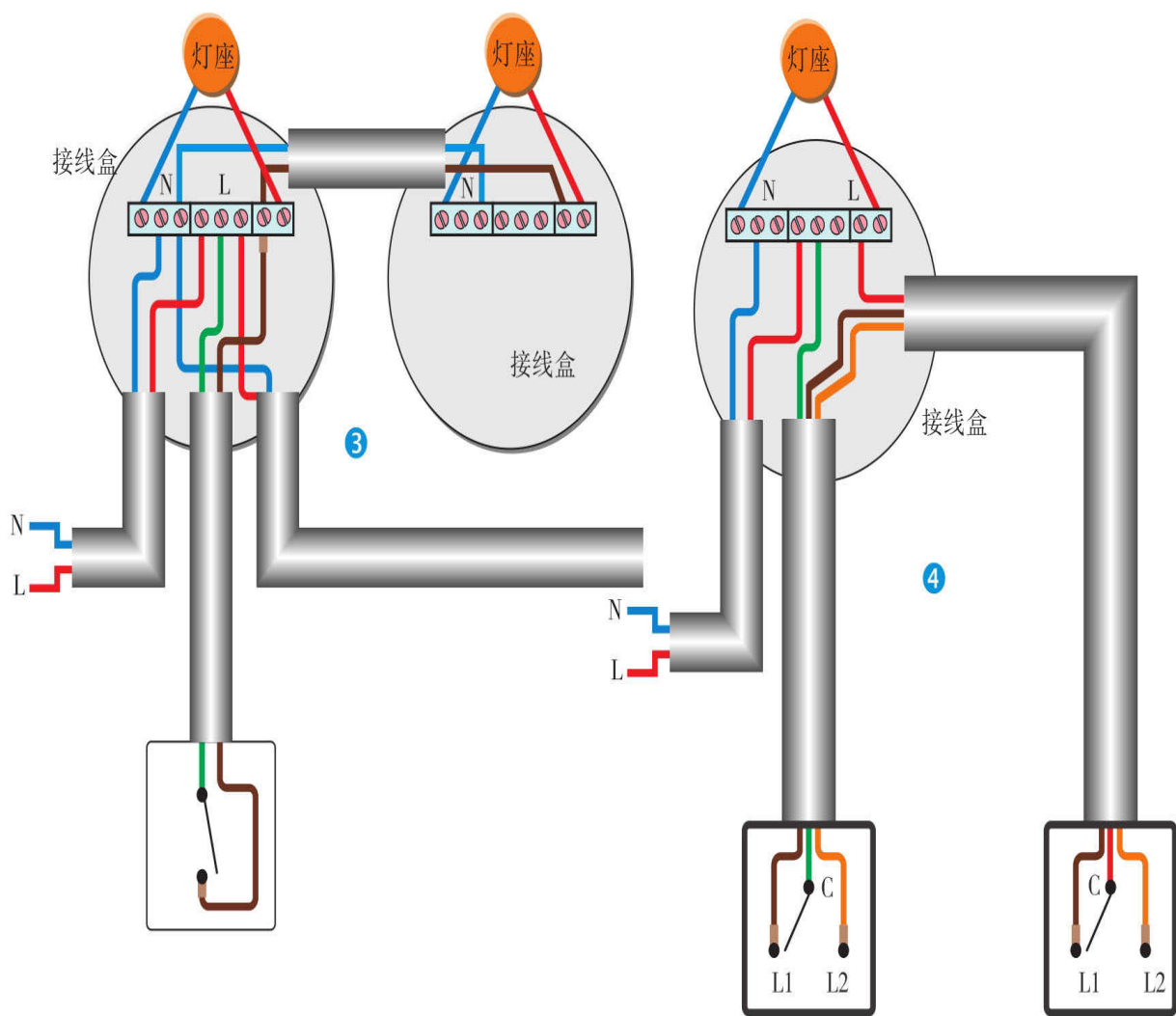
图①：两个开关控制一盏电灯。开关使用的是两个单极双联开关，接线盒没有出线。

图②：两个开关分别控制两盏电灯电路。其中一个接线盒接进线，另一个接线盒接出线，到下一盏电灯节点。



图：一个单极开关控制两盏电灯，利用两个接线盒接线。其中一个接线盒有进③线、有出线，另一个接线盒仅连接进线与电灯。

图④：两个单极双联开关控制一盏电灯，接线盒没有出线。

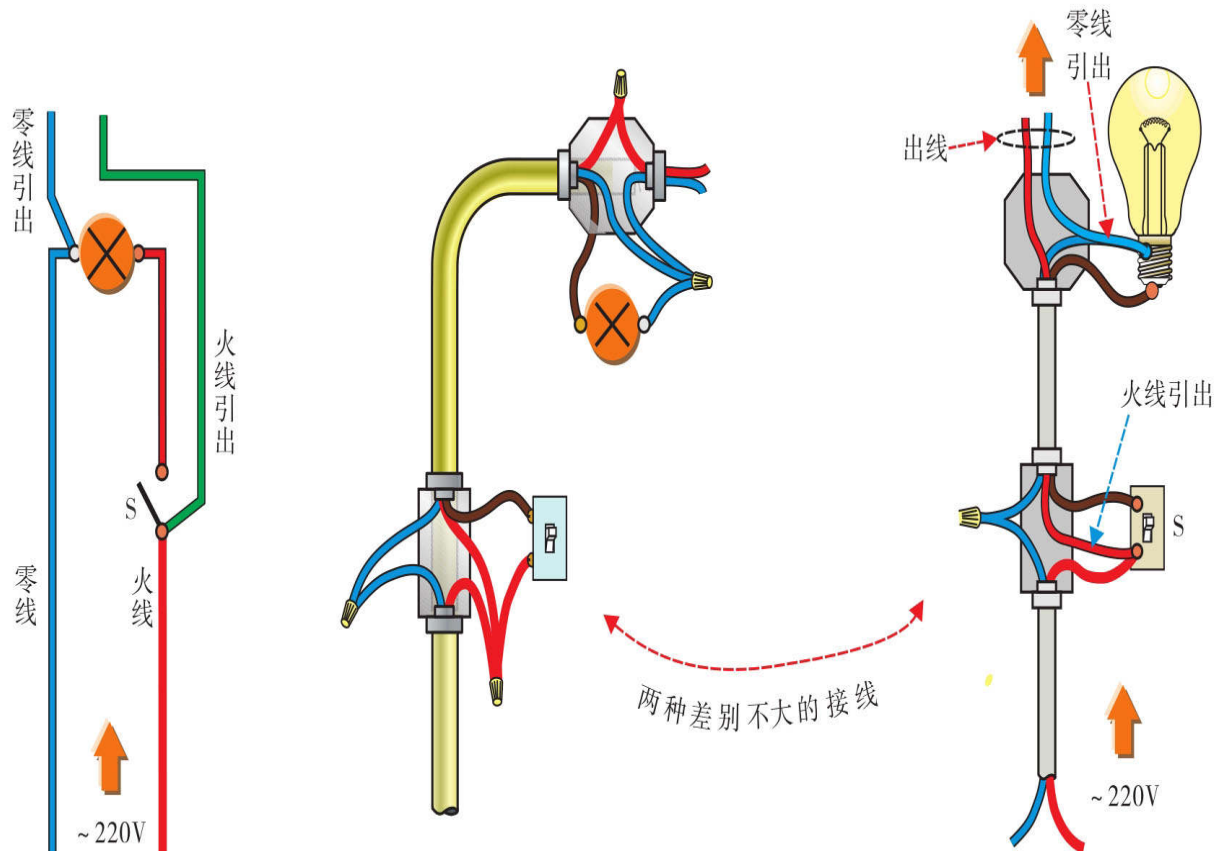


7.5 电灯电路扩展

7.5.1 灯座开关出线

在实际电路中，一个电灯电路可能不是独立的，有可能还会从电灯控制开关或电灯座处引出出线，连接到其他电灯或插座。

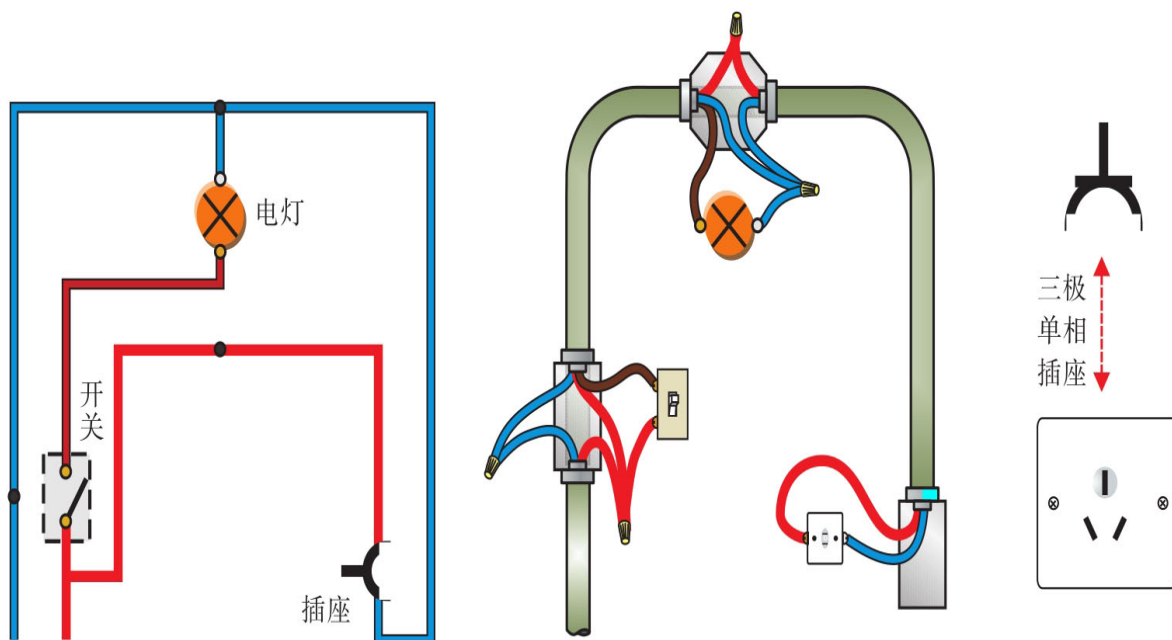
下图所示的是从电灯座接线端处出线的电路图与实物接线示意图。需注意，火线应从开关前引出，不能从灯座或开关后引出。



一灯一开关的线路，从电灯处进线，想想如何从开关端出线？

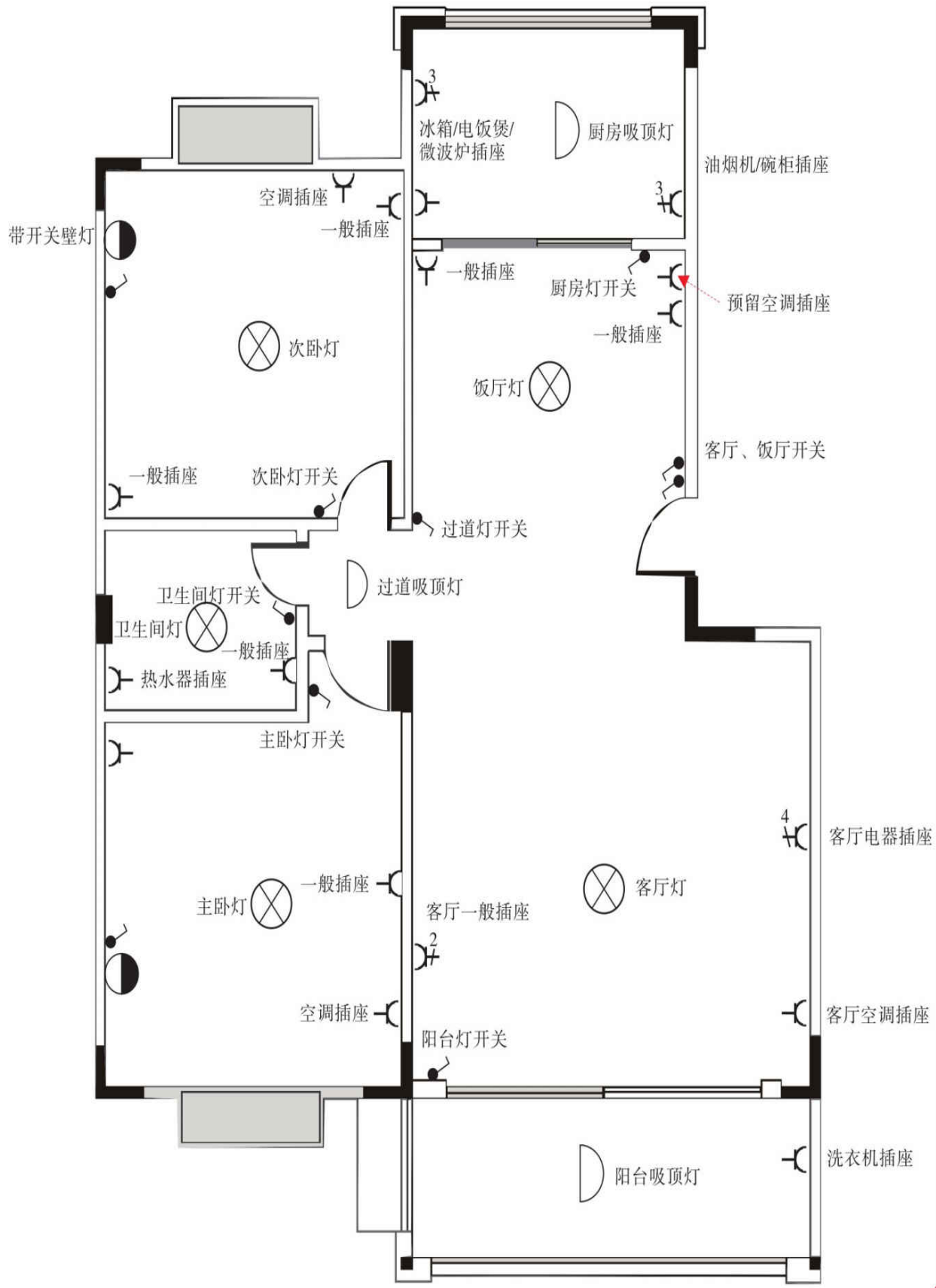
7.5.2 一灯一插座

一个房间有一个灯、一个插座，开关控制灯，插座不受控制。下图所示的就是这样的一个电路图。电路很简单，其中的插座为一个两极单相插座。在实际中，当然应该是使用三极单相插座。想一想，看能否画一个一灯、一个三极单相插座，开关控制灯不控制插座的电路。



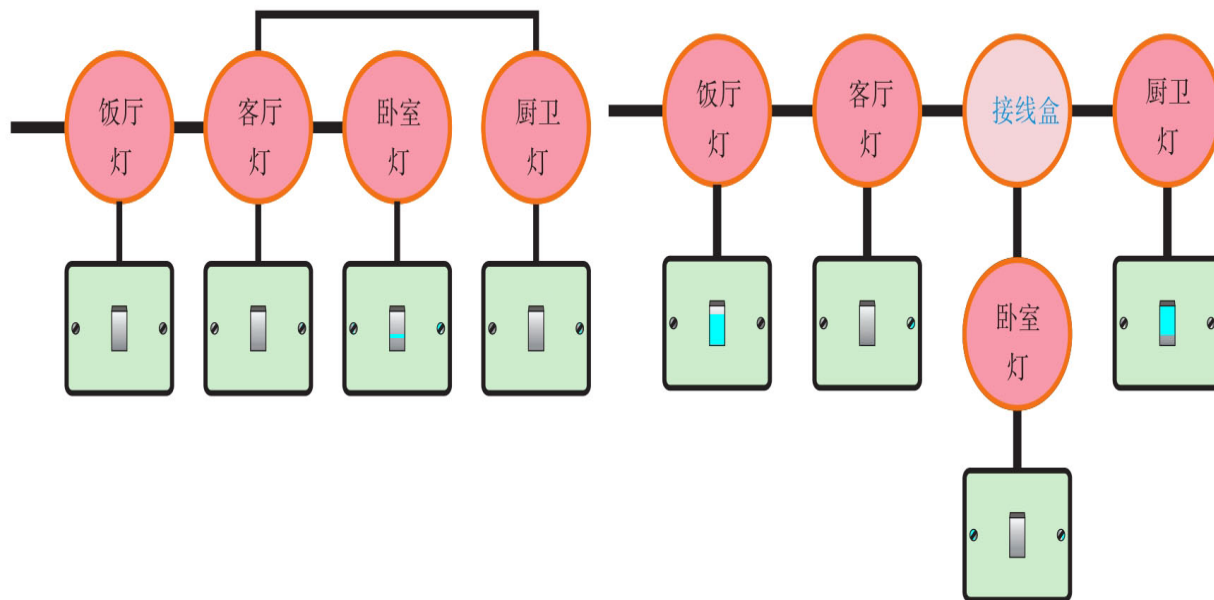
7.6 安装注意事项

在具体实施电灯线路安装作业前，应先做好规划，画一个平面图，哪怕是简略地画一画也好。这里所示的就是一个照明平面图。

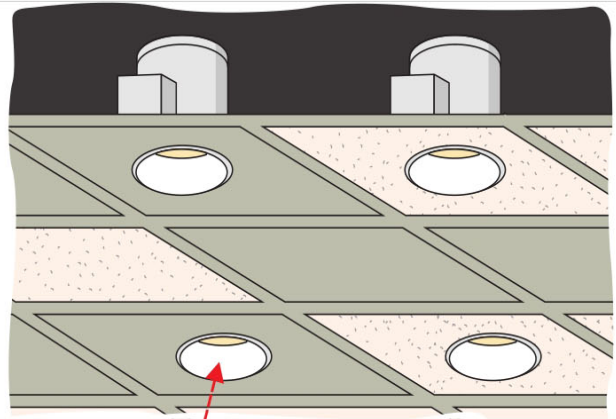


一个二室一厅的照明平面图

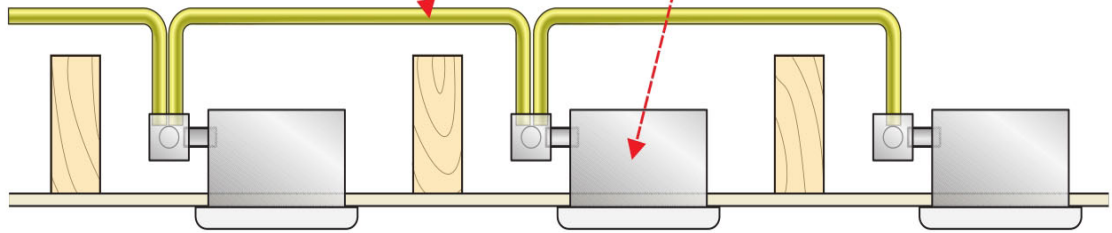
根据照明平面图考虑电灯线路应如何连接，是否使用接线盒。不妨画个方框图，以厘清思路，例如这里所示的两个方框图。



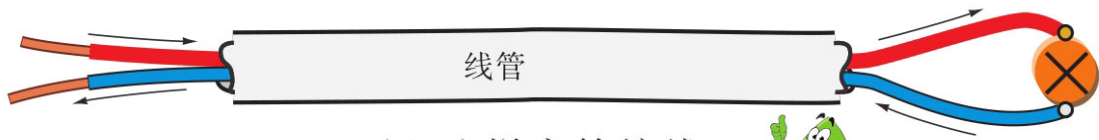
用一个开关控制多盏电灯的，开关位于进线端，多盏电灯采用并联方式，除非是特殊需求，否则不建议多盏电灯串联。



这里的连线是并联关系！



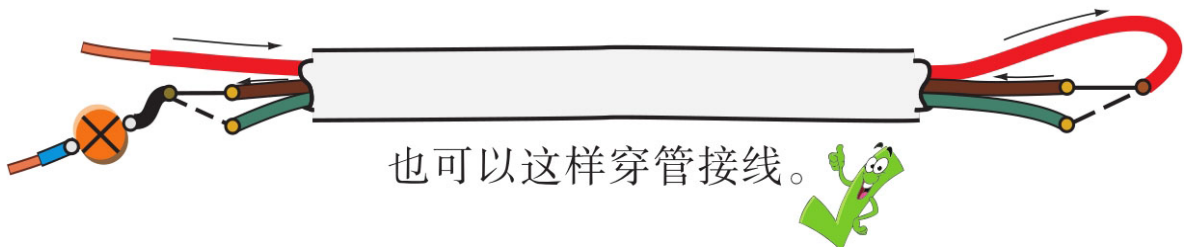
在穿管接线时应注意：



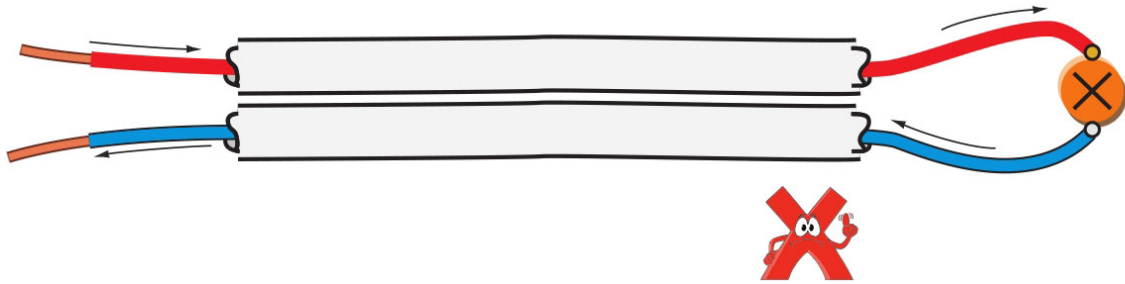
可以这样穿管接线。



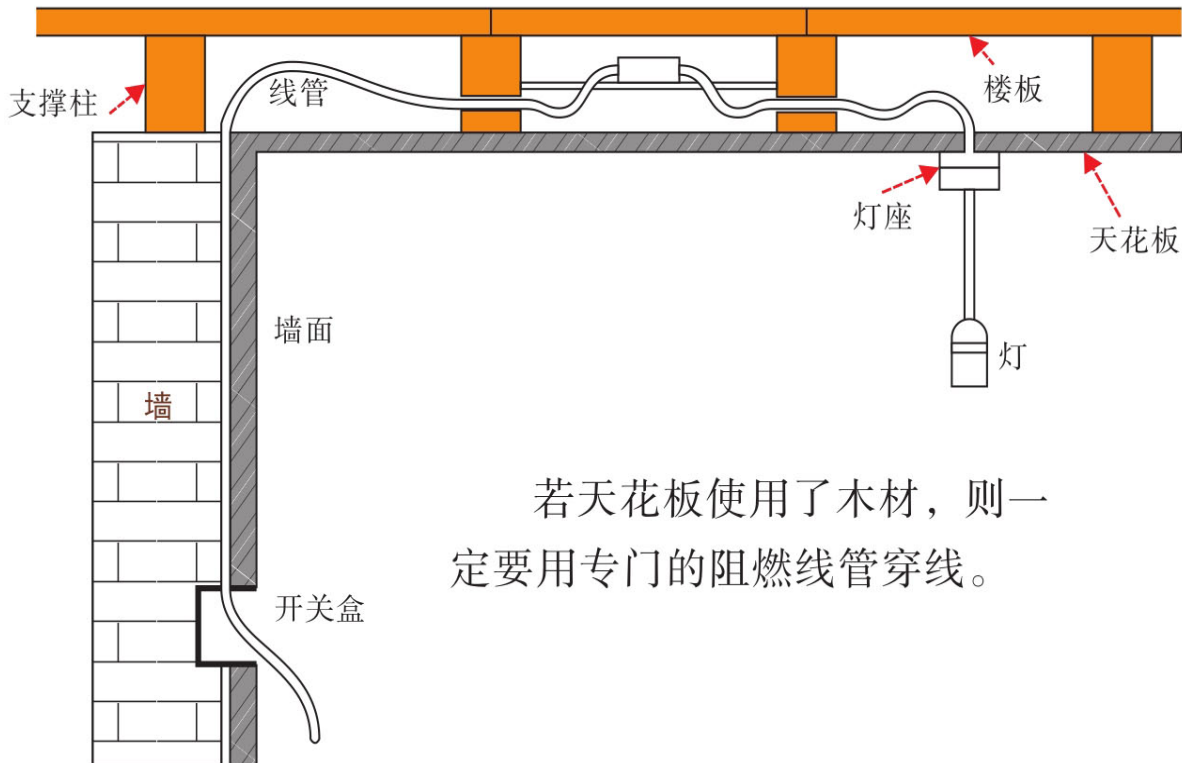
可以这样穿管接线。



也可以这样穿管接线。



但不能如此穿管接线。同一负载回路的电线应穿在同一线管内。



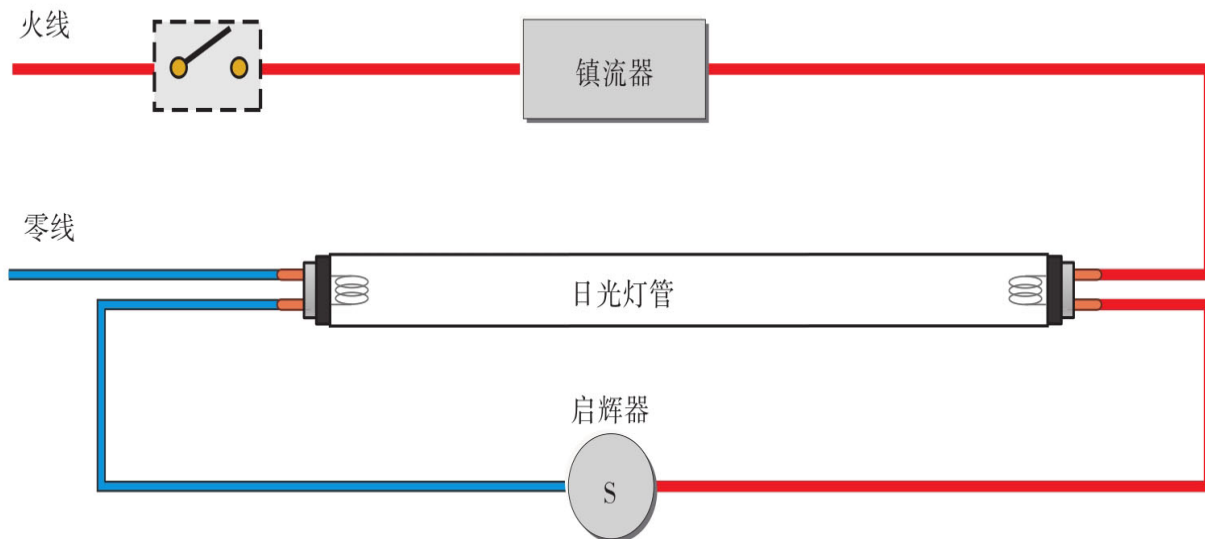
若天花板使用了木材，则一定要用专门的阻燃线管穿线。

若天花板使用了木材，则一定要用专门的阻燃线管穿线。

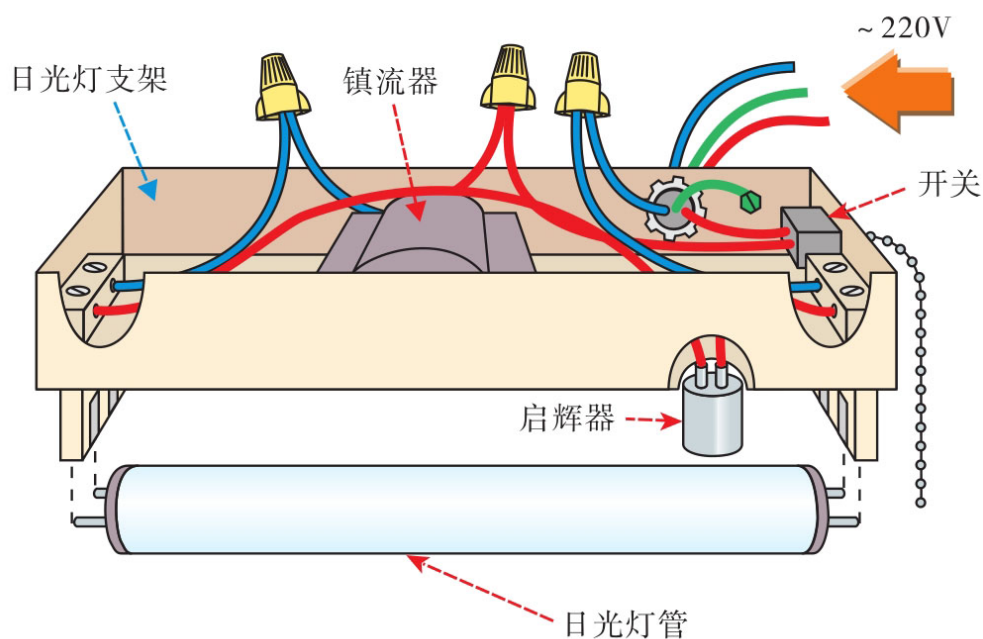
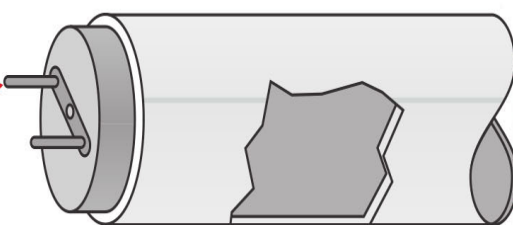
7.7 其他电灯电路

7.7.1 日光灯电路

一般的日光灯电路很简单，就是将开关、镇流器、日光灯管与启辉器串联起来。下图所示的是一个日光灯电路图。



日光灯管内有两组灯丝，每组灯丝的两个电极分别位于日光灯管的两端。



日光灯管、镇流器、启辉器通常是安装到一个专门的日光灯支架上的。

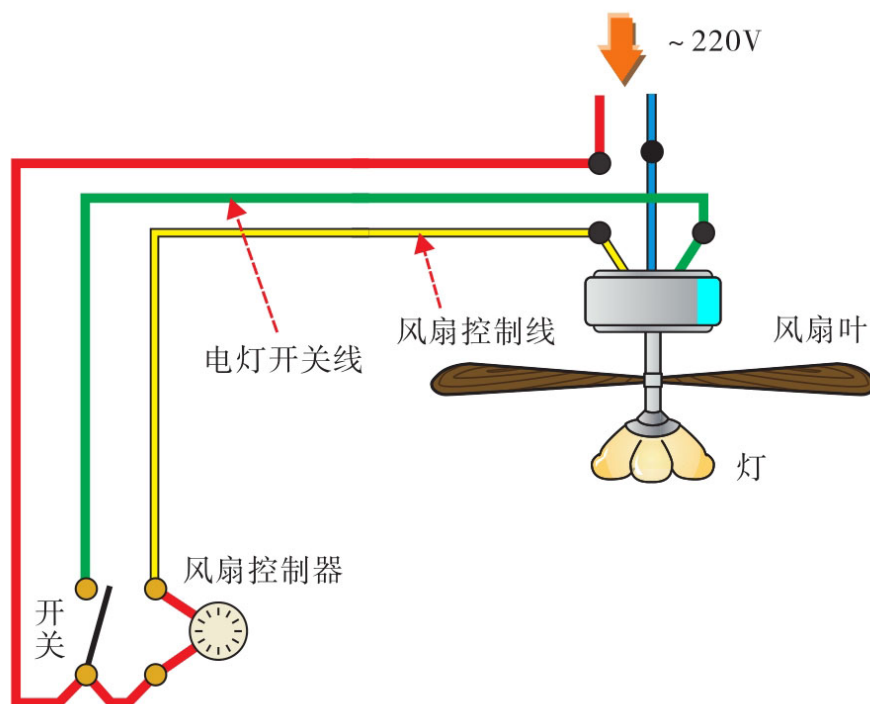
如果是购买现成的日光灯支架，则通常只需连接电源进线与固定支架。

在左图所示的支架中，包含了一个开关。大多数日光灯的控制开关则是分开安装的。

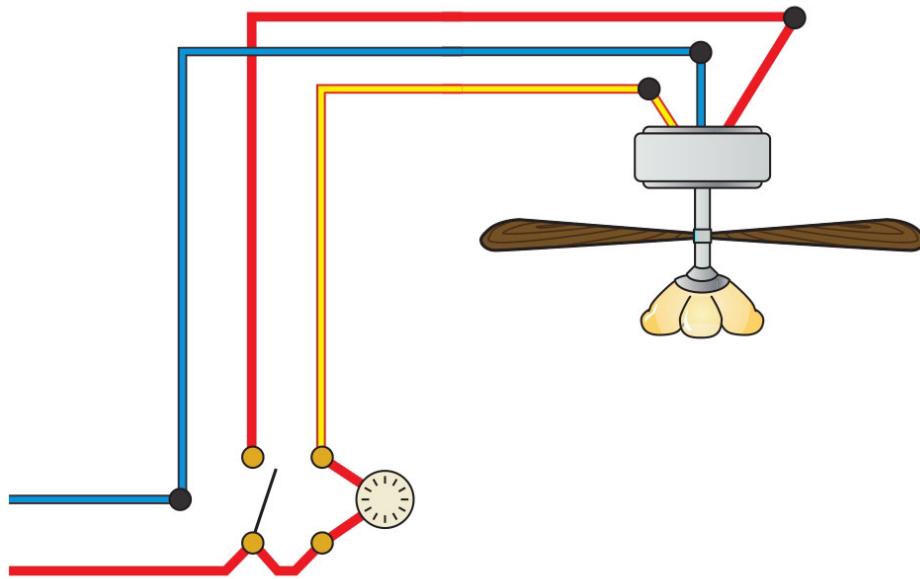
7.7.2 吊扇灯电路

吊扇灯包含了电风扇与电灯，即包含两个用电负荷，其电路并不复杂，只是比一灯、一开关的电路多一个风扇控制器、一根电线。下面两个图所示的是吊扇灯两种不同情况的电路示意图。

吊扇灯通常是一个组件，吊扇灯的电气无须再组装，通常留有专门的接线端，将它们与控制器（开关）、进线连接好即可。安装工作涉及更多的是吊扇灯的部件组装（如风扇叶的组装）、吊扇灯的固定及吊扇灯与开关控制器之间的接线。



电灯与风扇为并联关系，电灯与风扇分别独立控制。220V的电源由吊扇灯位置进线。



220V的电源由开关位置进线。

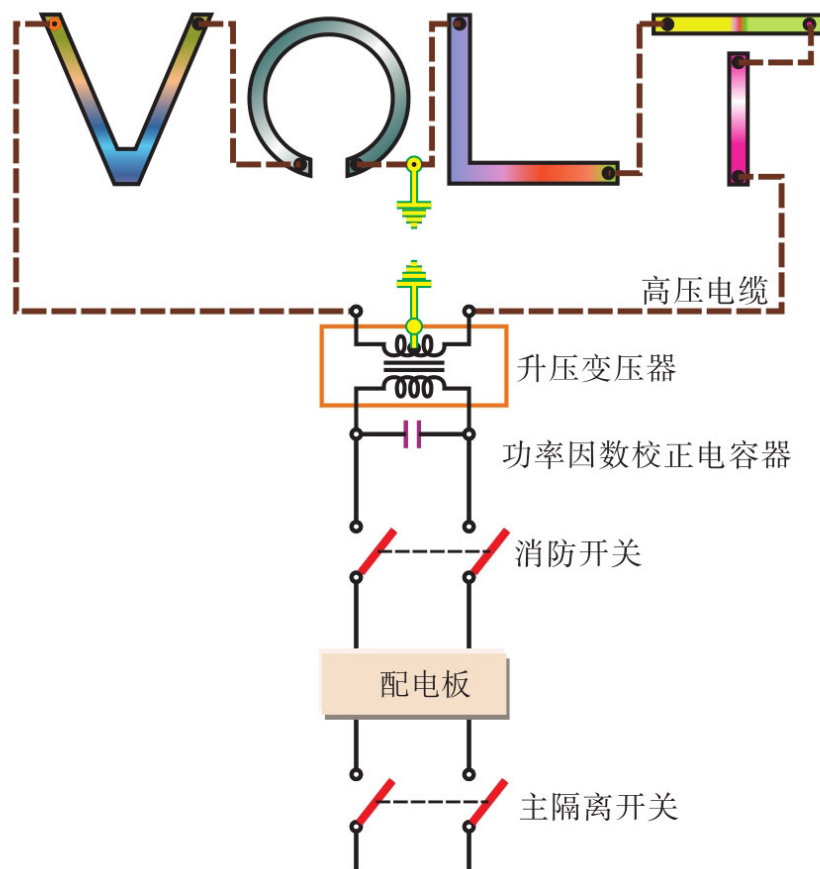
7.7.3 霓虹灯电路

霓虹灯是靠充入玻璃管内的低压惰性气体，在高压电场下冷阴极辉光放电而发光。霓虹灯的光色是由充入惰性气体的光谱特性决定的。例如，霓虹灯管内充入氖气，霓虹灯发红色光；霓虹灯充入氩气及汞，霓虹灯发蓝色、黄色等光。

霓虹灯电路并不复杂，比较特殊的是需要一个升压变压器。根据不同需求，变压器输出的电压可高达5kV（甚至更高）。

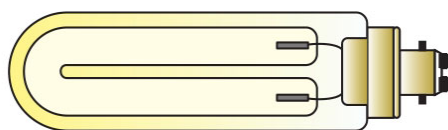


下图所示的是一个霓虹灯电路简图，相关器件可到专业市场购买。

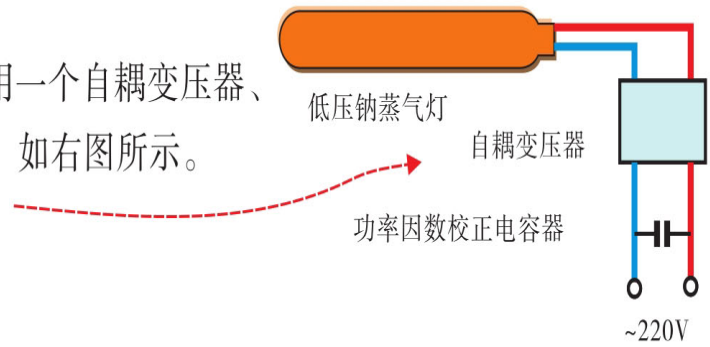


7.7.4 钠蒸气灯与水银灯

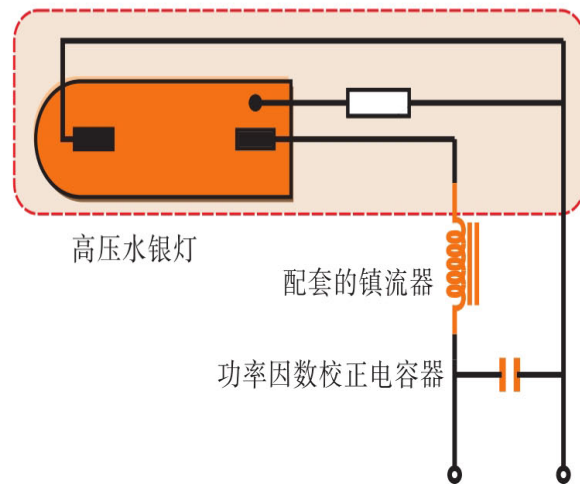
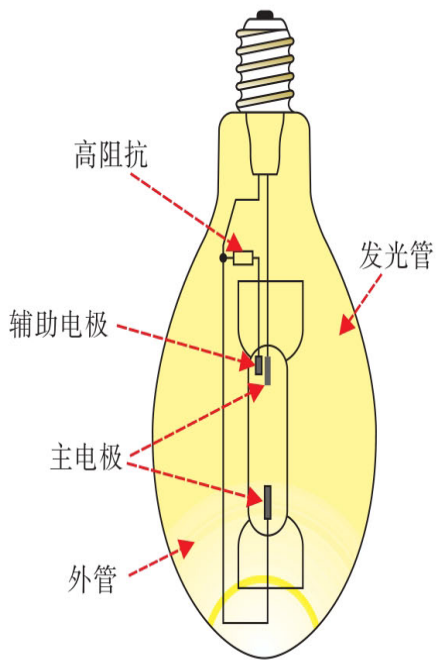
低压钠蒸气灯主要用于街道、隧道、广场、码头、仓库照明。该灯采用预热式阴极电感镇流器和辉光启动器启动，启动器与灯丝串联装入灯内，与灯成为一体，具有结构紧凑、使用方便、容易启动、系统光效高、能瞬时热启动等优点。选择不同的灯丝阻值，该灯可由8W做到35W左右，具有明显的节能效果。



低压钠蒸气灯电路很简单，使用一个自耦变压器、一个功率因数校正电容器连接即可，如右图所示。



高压水银灯由发光管、电极、氙气、水银、内外管等组成，在发光管中有两个主电极和辅助电极，并封入氙气和水银等，在外管内封入氮气，保护发光管及遮挡紫外线。



第8章 检查测试

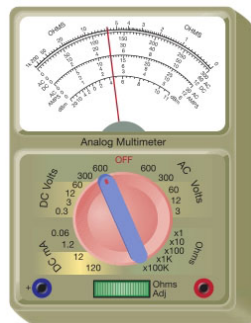
不论什么场所的照明电路，在安装完成后，都不能马上通电使用。

应对照明电路进行安装质量检查、安全性检查、试送电、试运行等操作后，才可交付正式使用。

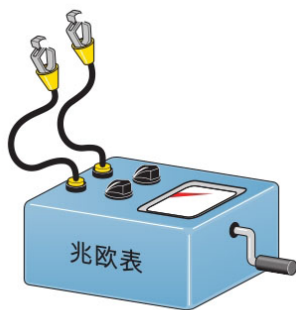
在调试检修中，常常会用到试电笔、万用表、兆欧表等仪表。



感应试电笔



指针万用表



兆欧表

需注意的是，刚安装后的电路调试检修与日常的一般故障检修是有比较大的区别的。

对刚安装的照明电路，主要是进行施工质量检查与安全性检查，并通过试送电来检查线路连接是否正确，通过试运行来检查线路是否能平稳运行。

而日常的一般故障检查主要是检查相关线路是否出现断路、短路，相关的电器是否损坏。

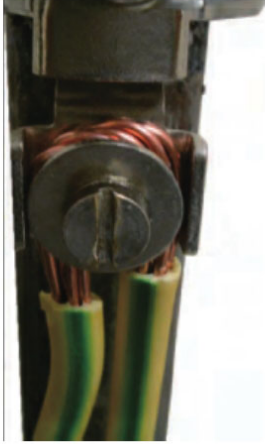


8.1 目视法检查

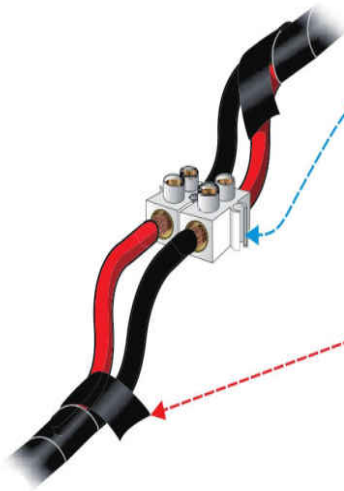
对于明敷布线的，应注意检查布线是否横平竖直，检查线槽或线管的固定是否良好，检查线槽的盖板是否安装良好。

新安装的照明电路，不论是暗敷布线还是明敷布线，如果是标准安装，则电线中是不会有接头的，电线的连接点都在接线盒、开关盒、插座与灯头盒部位。因此，一般来说不存在断路的情况。如果说有断路的情况，通常应该是某处的接线问题。

无论如何，对于新安装的照明电路应着重检查接线盒、开关、插座、灯头盒等部位的接线安装。

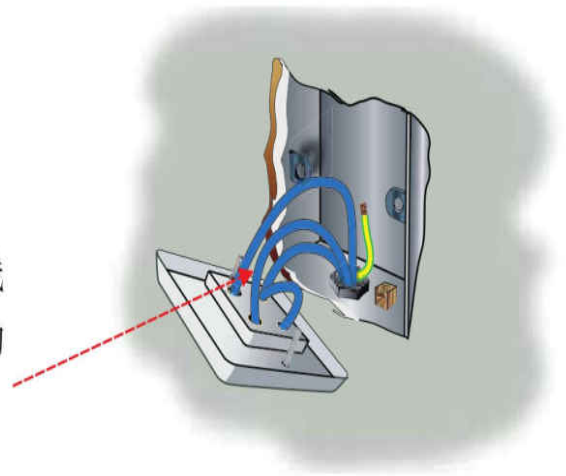


你看这两个接线哪一个正确？



不论是哪种形式的接线，接线应良好。若接线不好，则接触电阻大，会导致电线接头处发热，严重时可能烧毁电线。

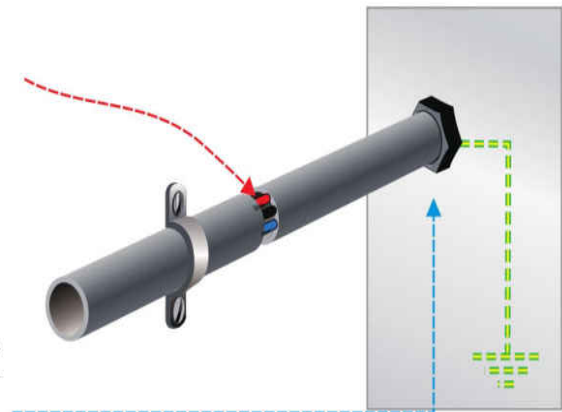
不建议在电线接头位置用电胶布将两根导线缠绕在一起。在要求较高的场合，可在两个导线的接头处分别使用绝缘热缩管或黄蜡套管。



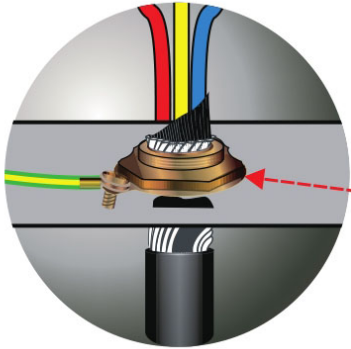
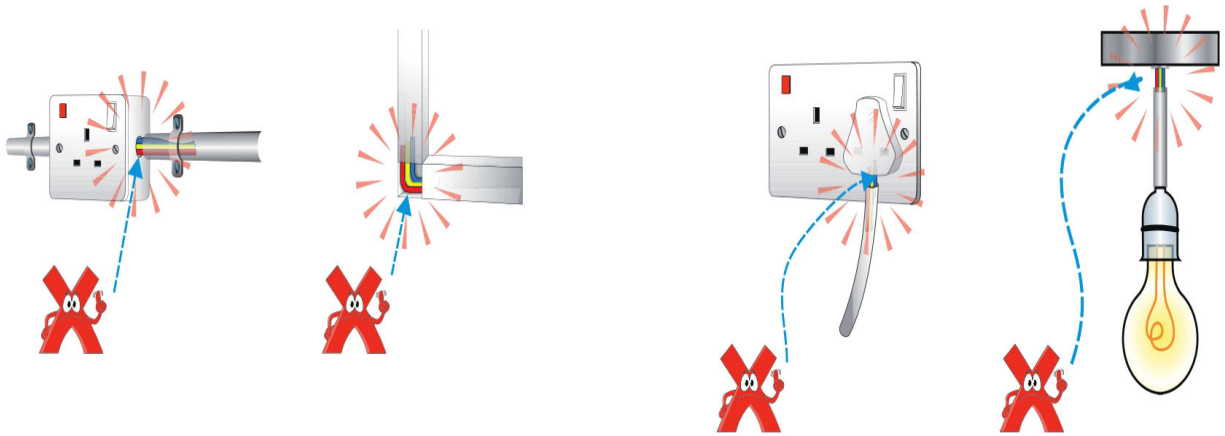
无论是什么线路，火线（L）、零线（N）、保护线（PE）一定要用不同颜色的电线区分。不可使用相同颜色的电线。

不论是明敷还是暗敷，穿线管之间应使用连接器连接，穿线管之间不能有缝隙，以致电线暴露。

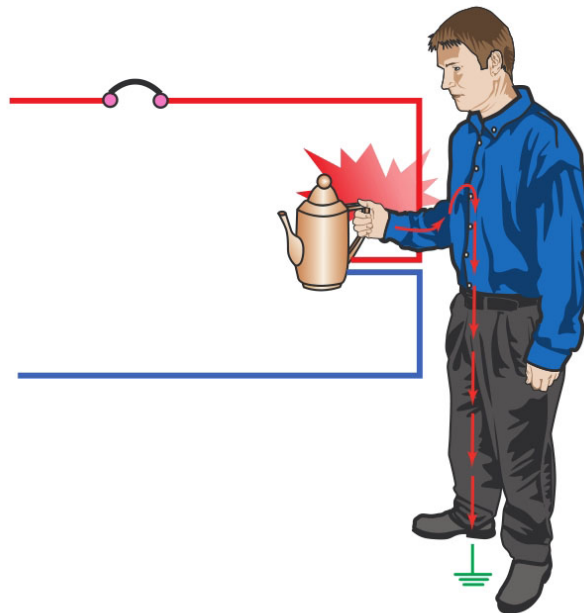
若穿线管为金属制品且暴露在外，则应对穿线管做好接地连接。

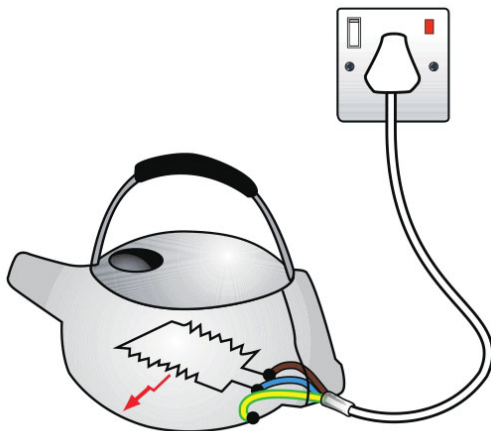


以下情况不允许出现：



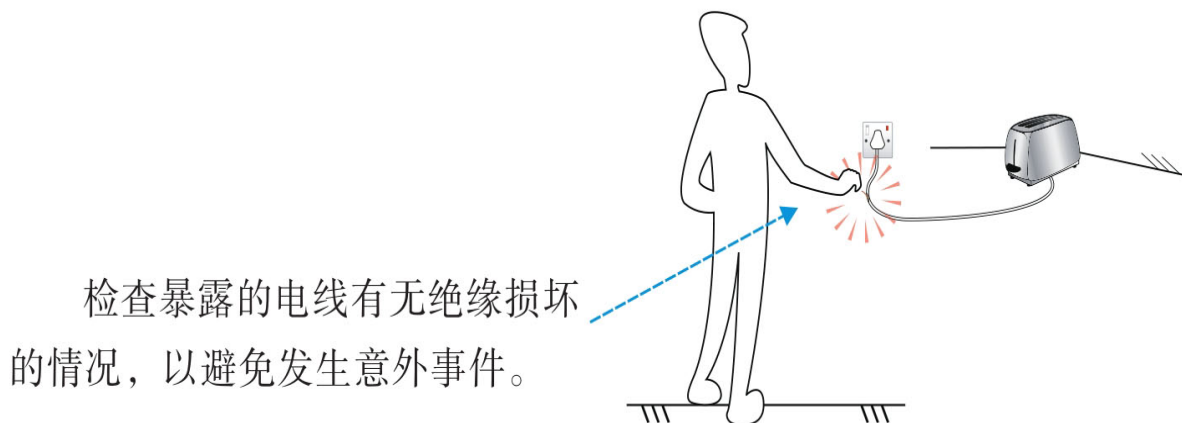
良好的接地是保障用电安全的措施之一。





一定要检查接地线连接是否良好，检查漏电保护器的规格是否正确。

在所有初步检查完成后，一定要通过漏电保护器的测试按钮检查漏电保护器能否正常动作。



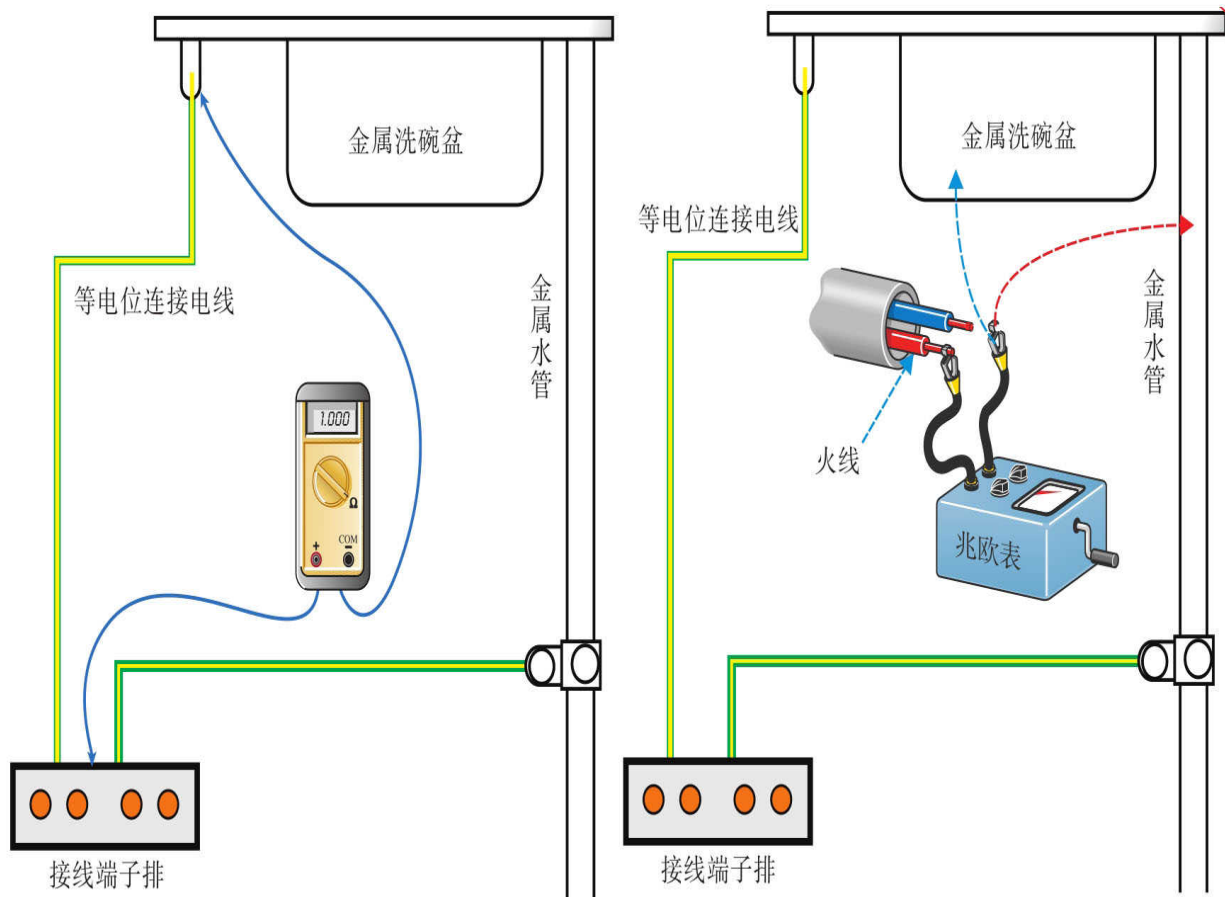
检查暴露的电线有无绝缘损坏的情况，以避免发生意外事件。

8.2 连通性检查

多数情况下，可用万用表、兆欧表来进行施工质量检查。万用表主要用于检查线路连接是否良好，兆欧表主要检查电路的绝缘性能是否良好。

如果厨房、卫生间的水管使用的是金属水管，则一定要检查水管接地、等电位连接是否良好，可用万用表的欧姆挡检查，如图所示，万用表的读数应很小。

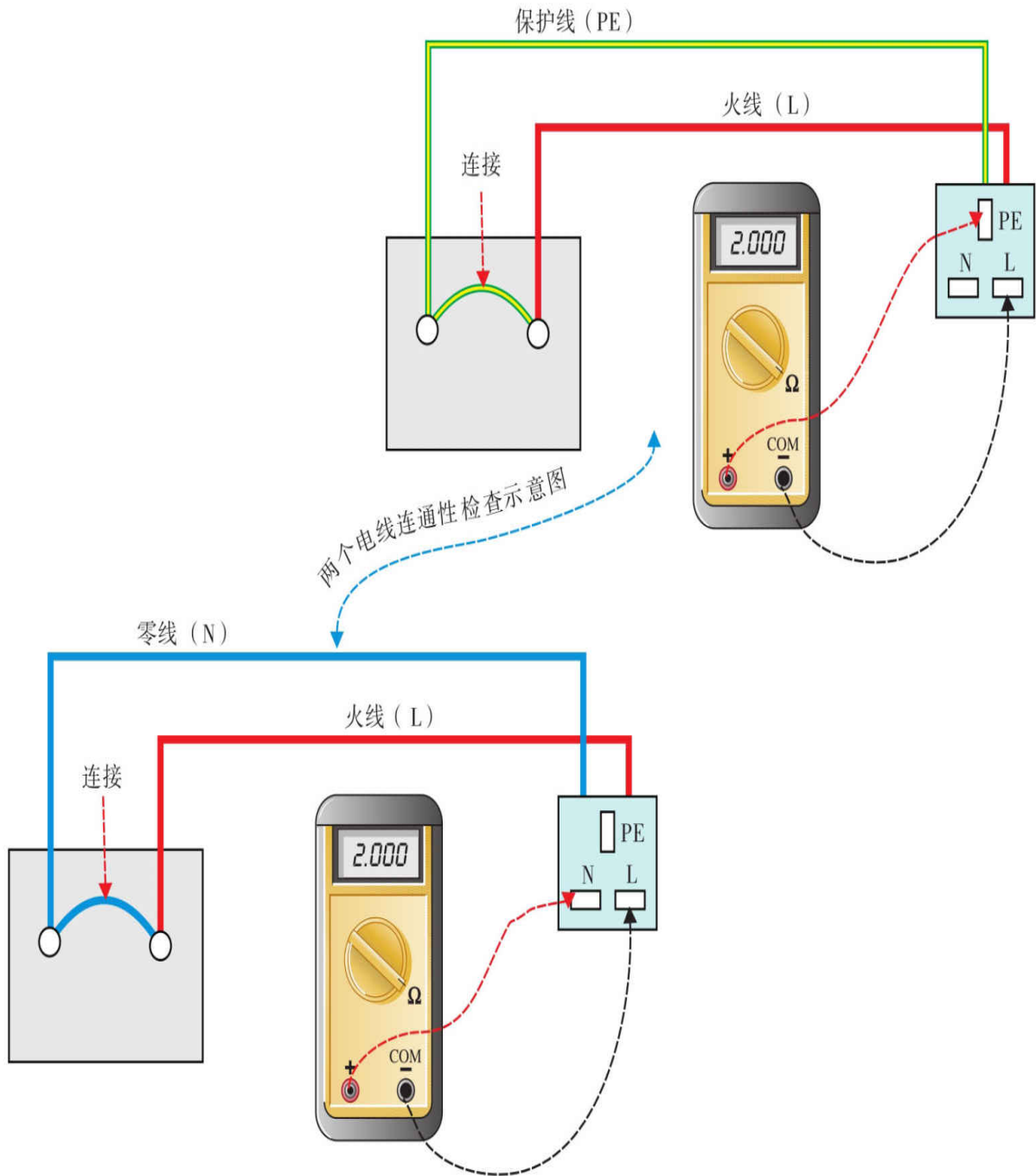
如果厨房、卫生间的水管使用的是金属水管，则须检查水管与电线之间的绝缘性是否良好，可用兆欧表（俗称摇表）检查，如图所示，兆欧表的读数应很大。



电线连通性检查

可用万用表来检查电线的连通性！

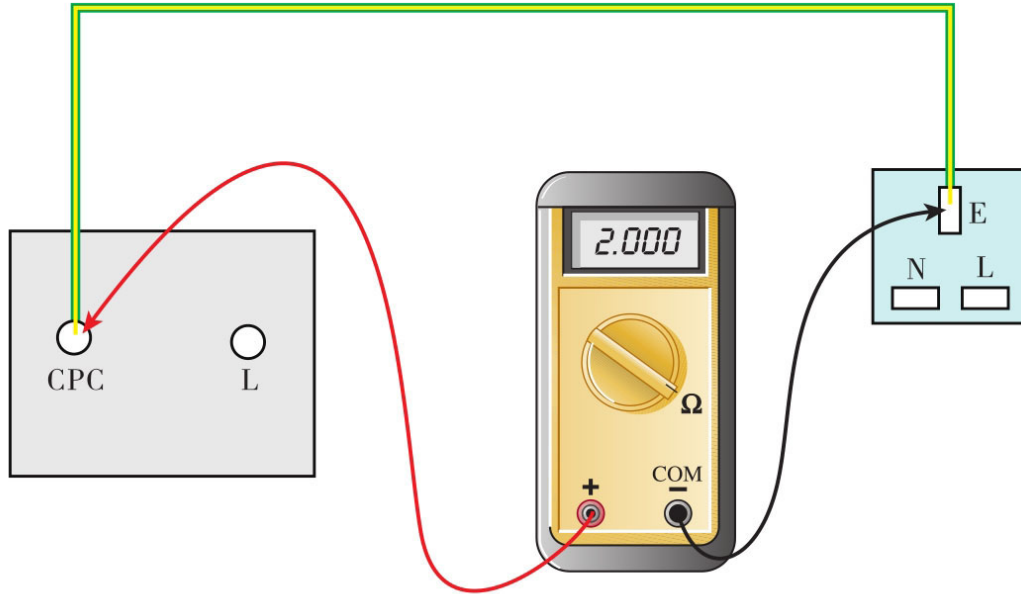
将万用表设置在电阻挡的低挡位。用万用表检查电线的连通性有两种方法：



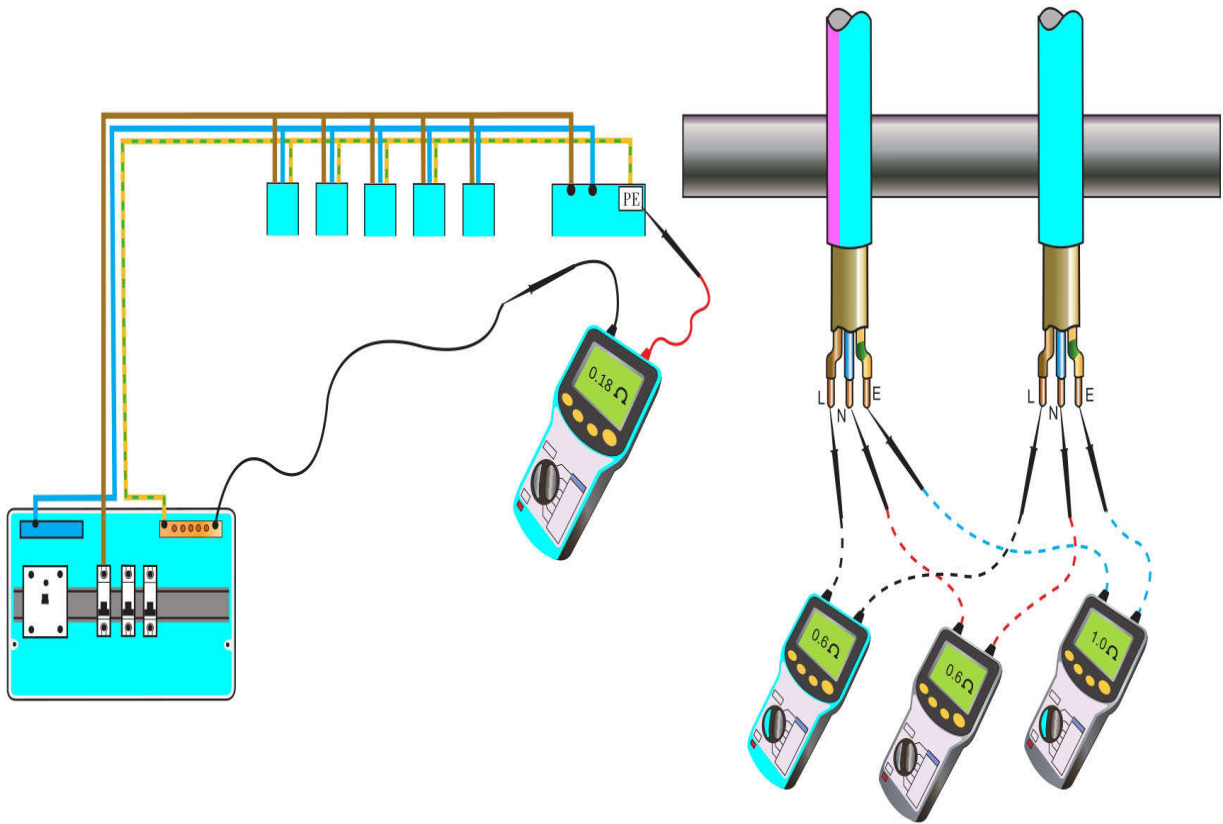
①在两根导线的起点处用导线连接，或将两个导线的始端连接在一起。用万用表的表笔分别接触两根导线的末端（或电线末端接线处），根据万用表的读数来判断电线连接是否良好。

万用表读数很小（接近0），说明电线连接良好；万用表读数很大，说明电线连接有问题。

②可利用导线作万用表表笔的延长线，使万用表的两个表笔分别接触所测电线的始端与末端，根据万用表的读数来判断电线连接是否良好。



前面方法①被称为开环电阻法，所测的是单个通道导线端到端的电阻，也可用下面的两个图来进一步说明。

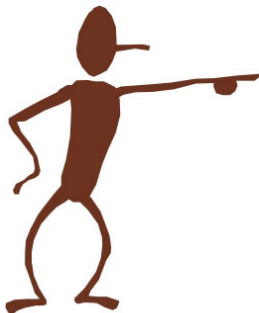


PE



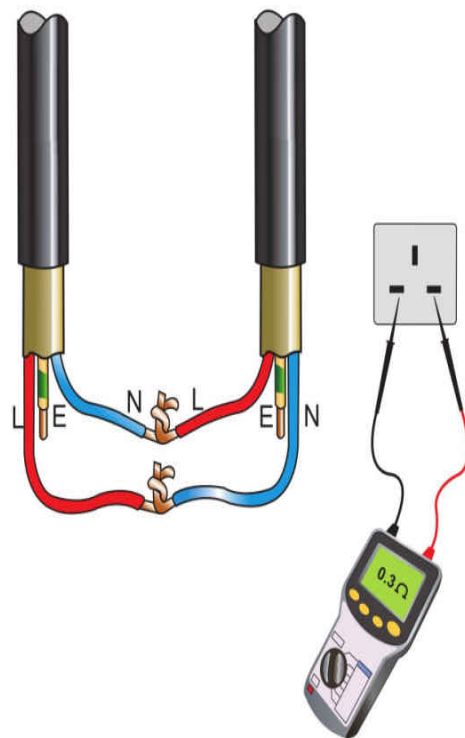
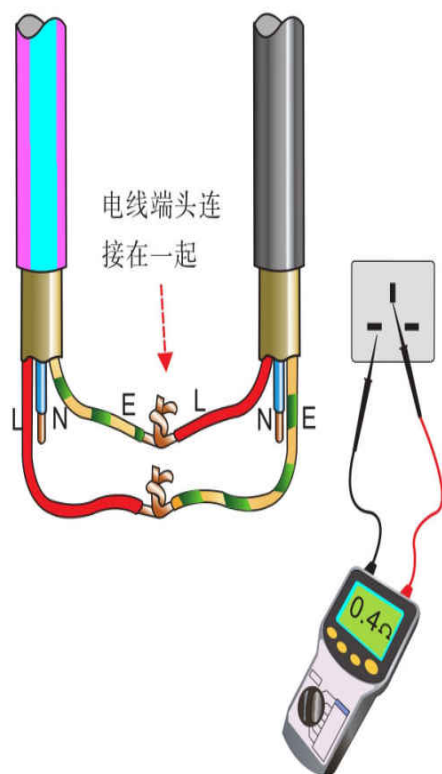
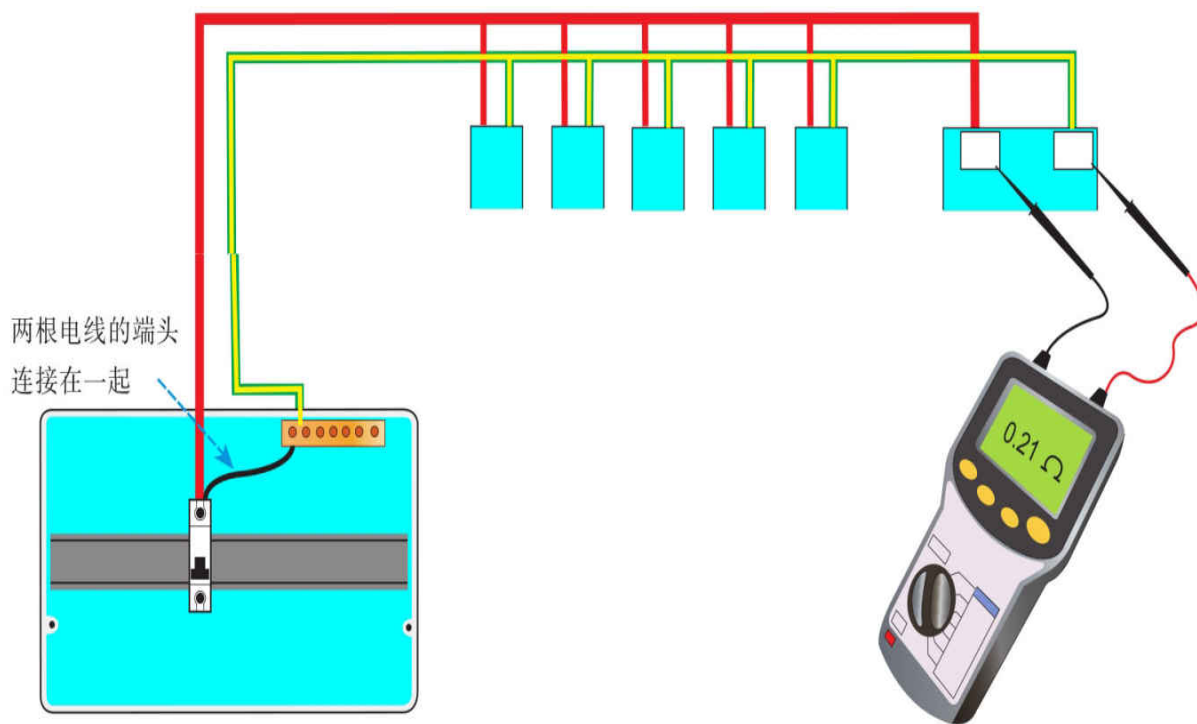
需注意的是，若线路上有开关，一定要使开关处于

闭合位置。

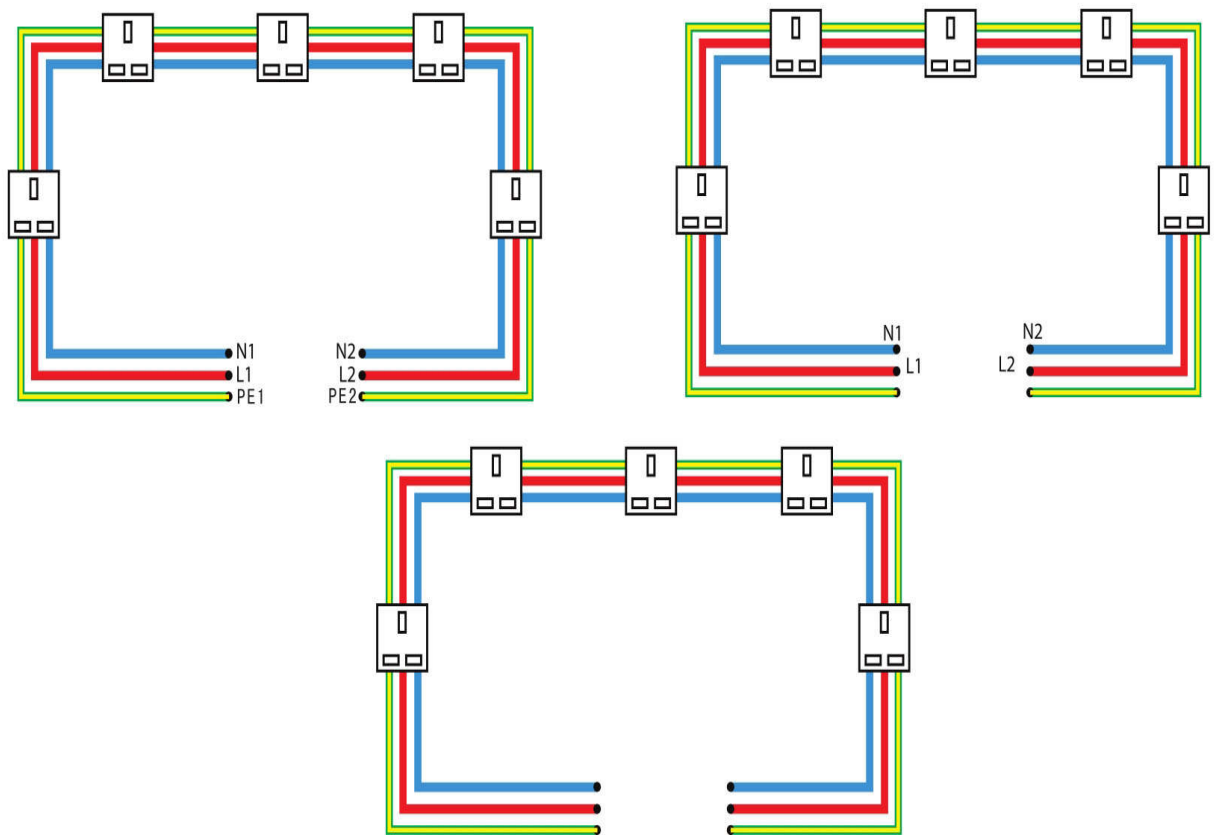


前面方法②被称为互连电阻法，两根导线的一端相

互连接，所测的是两个通道导线端到端的电阻，可用下面的两个图来进一步说明。方法②所测得的电阻大于方法①所测得的电阻。



下面所示的是同一个电路，请你想一想如何检查电线的连通性，画一画吧！



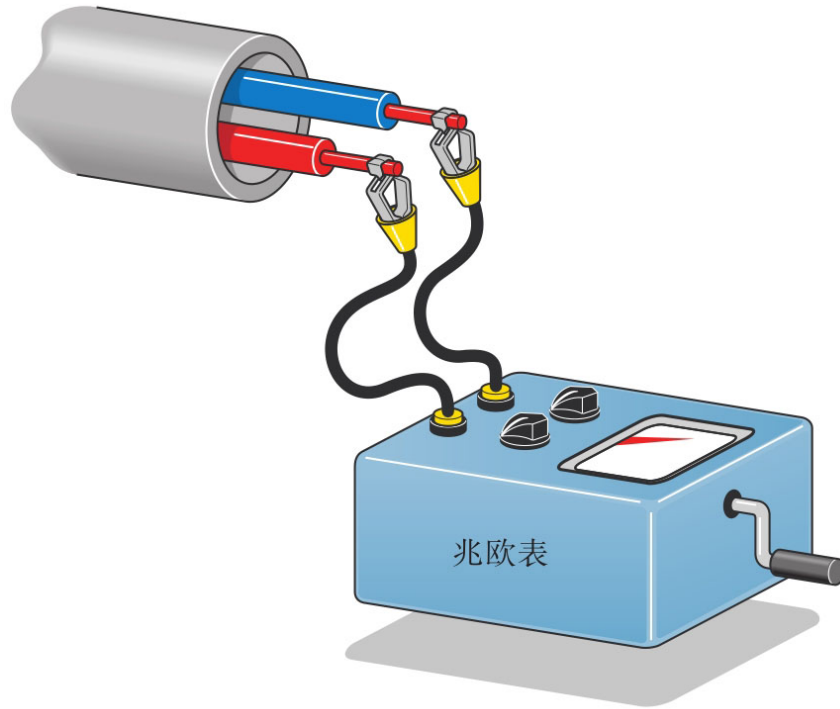
8.3 绝缘性检查

虽然如今的生活用电场所通常都使用了漏电保护器，但电路绝缘性的检查还是非常必要的。通过绝缘性检查可排除安全隐患。

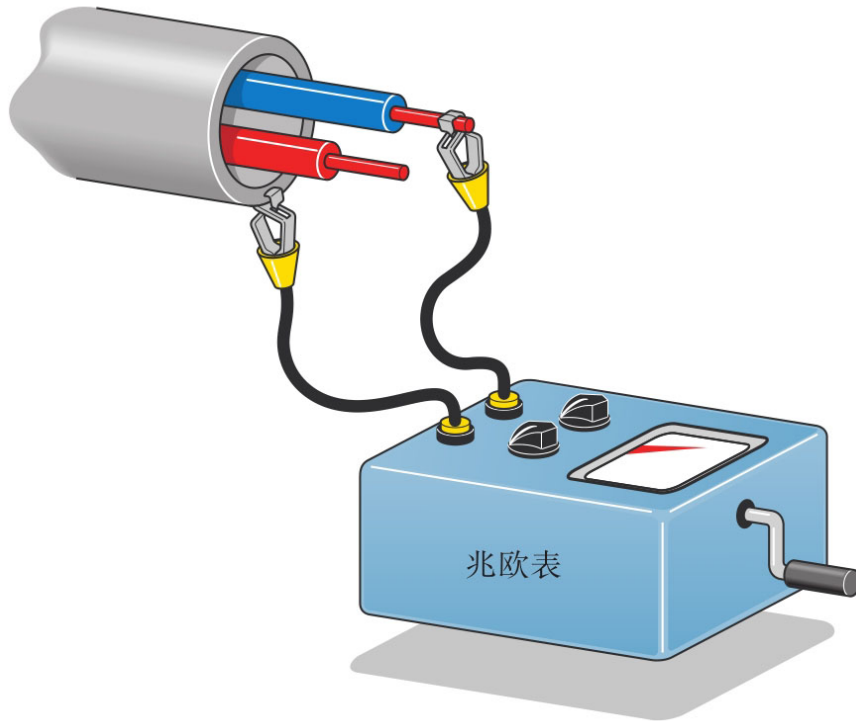
一般情况下使用兆欧表来检查绝缘性，若没有兆欧表，也可利用万用表的大电阻挡位来检查。

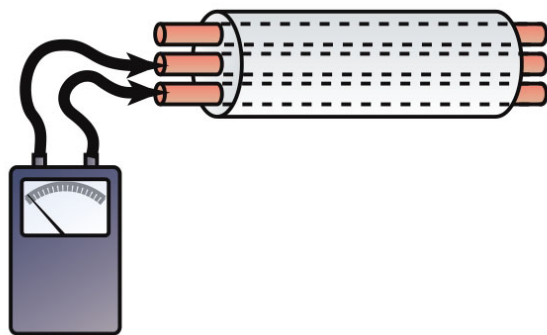
在检查绝缘性之前，应确保配电箱内的总开关断开，使户内电路与外部断开；户内线路上的开关处于闭合位置，用电器（如电灯、洗衣机、消毒碗柜等）与电路脱离。

下图展示了如何利用兆欧表检查两根电线之间的绝缘性。

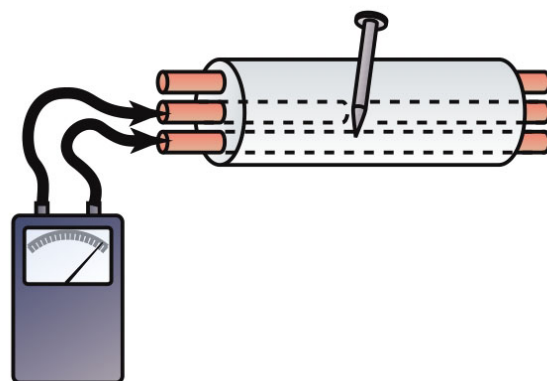


下图展示了如何利用兆欧表检查电线与屏蔽层或金属线管之间的绝缘性。

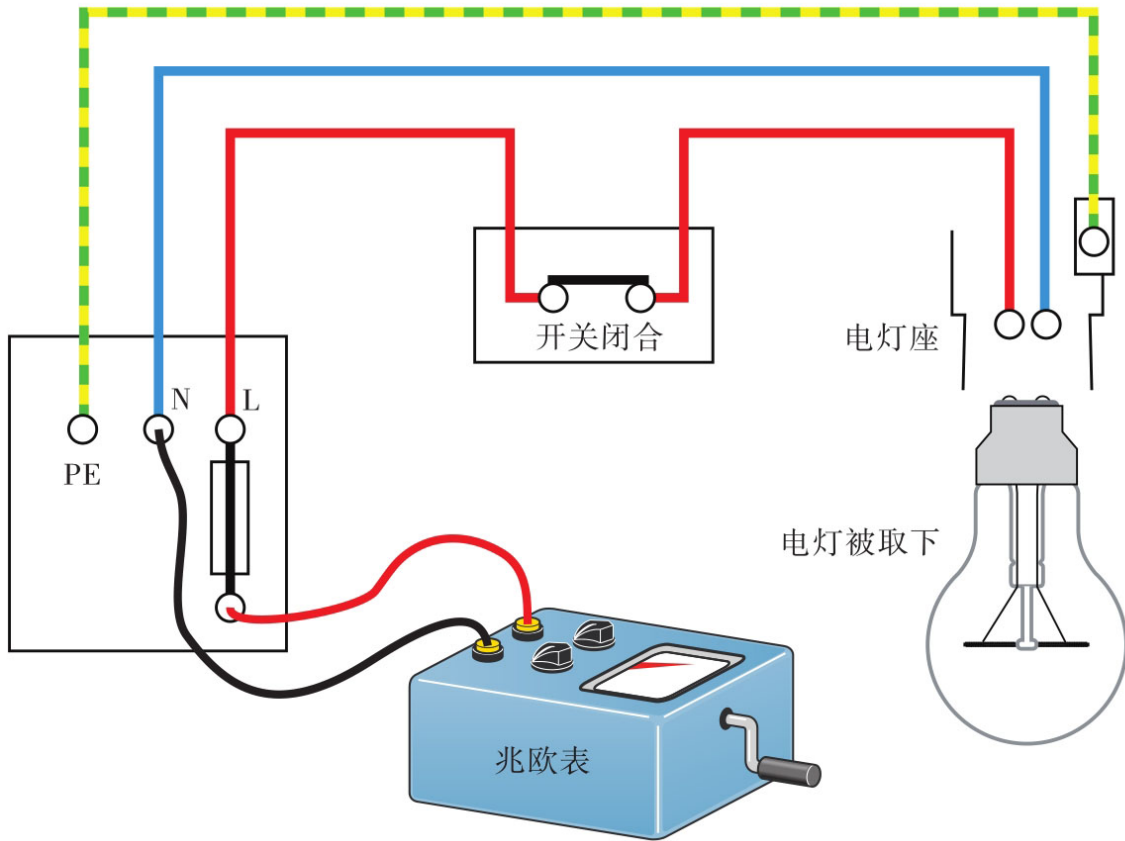




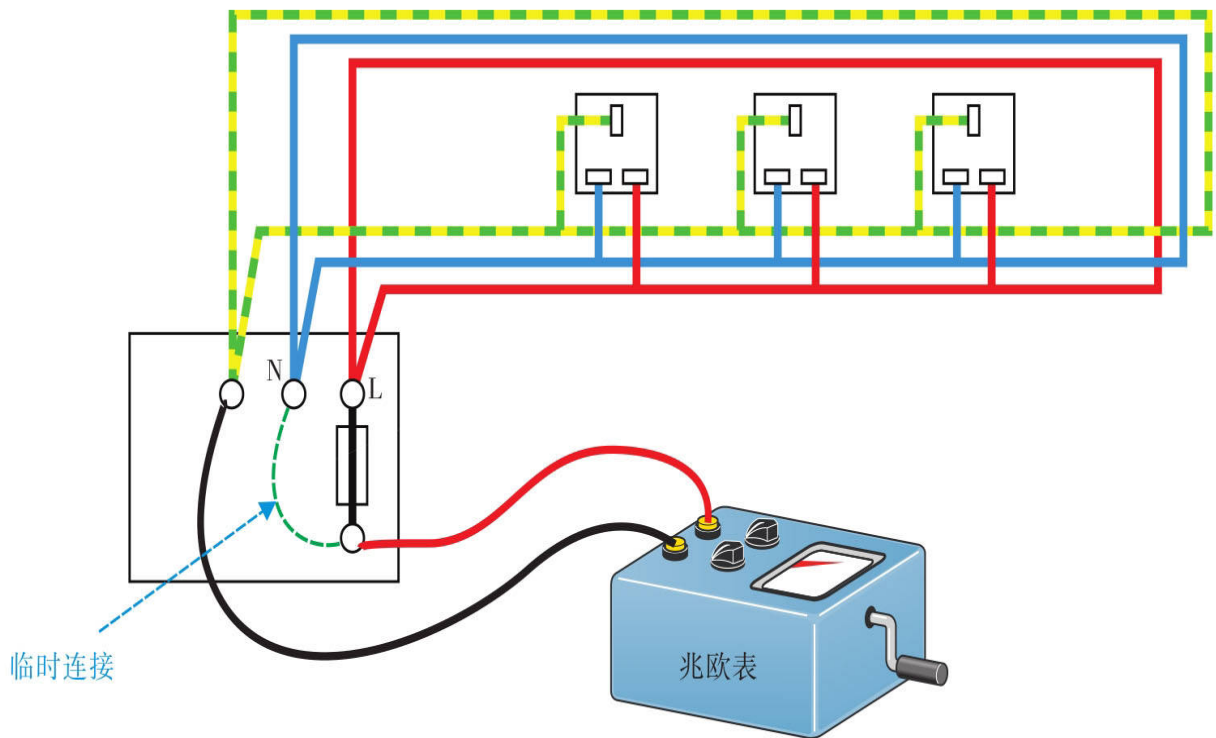
如果兆欧表读数很大，则说明绝缘性良好。



如果兆欧表读数很小，则说明有各种原因的短路、漏电。
下图展示了两个不同电路的绝缘性检查。



检查电灯电路绝缘性示意图



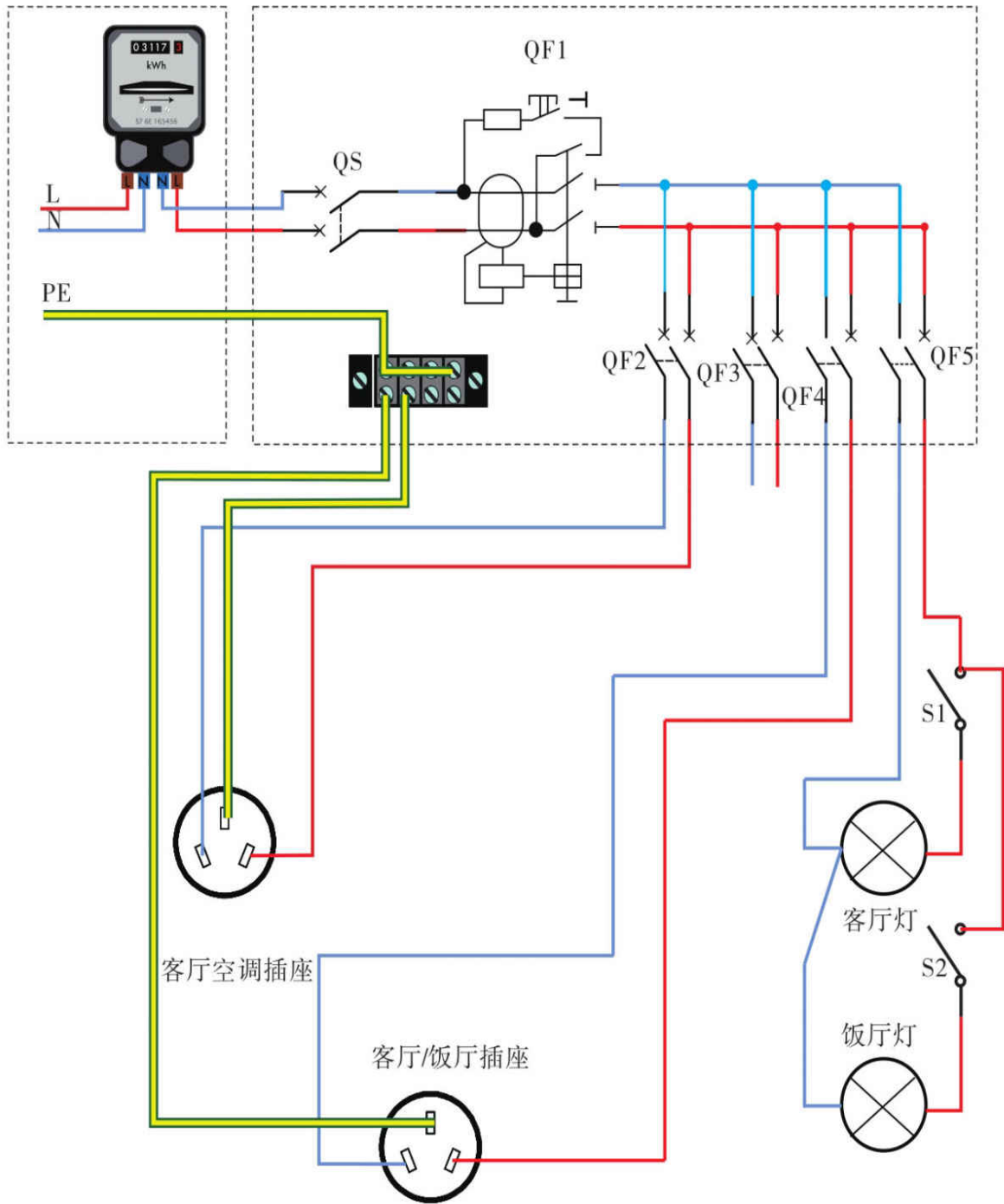
8.4 加电检查

加电检查包括试送电、试运行两个方面。试送电主要检查保护装置动作是否可靠，检查是否有电路断路情况，通过试送电还可检查出不加电检查未发现的问题。

在试送电时应注意：试送电前应先实施不加电检查作业，确保入户配电箱内的开关处于断开位置。试送电时，先合总开关，然后再依次合分支电路开关。这里以下图所示的电路为例来简单介绍一下试送电的具体操作（由于是新安装线路，可不考虑断路的情况）：

① 闭合总开关Q S，观察电表是否转动，若电表转动，则检查保护开关是否处于闭合位置，检查电表接线。

② 闭合带漏电保护装置的保护开关QF1。观察保护开关是否有误动作，若有，则检查保护开关的接线是否正确。



试送电说明电路图

③ 闭合断路器QF5。

闭合开关S1，客厅灯应点亮，电表应微微正转；断开S1，客厅灯熄灭，电表停转。闭合开关S2，饭厅灯应点亮，电表应微微正转；断开S2，饭厅灯熄灭，电表停转。

如果试灯过程中支路断路器QF5跳闸，则检查断路器接线是否正确。若灯亮，则检查线路是否有漏电；若灯不亮，则检查线路是否有短路。线路的接头部位是否因某种情况受潮。若未发现上述问题，则可能是断路器质量问题。

若断路器未跳闸，但灯不亮：

- **两个灯都不亮。**用万用表或试电笔检查开关S1处是否有电，若开关S1处没电，则检查断路器QF5的接线是否良好；若接线良好，则应是断路器QF5有问题。

- **某个灯不亮。**检查这个灯的开关处电压是否正常，若不正常，则参照上段内容检修。若灯开关处电压正常，则检查灯的电线连接是否良好，检查开关接线是否良好，检查开关是否损坏。

④ 闭合断路器QF4。

用万用表在插座处应能检测到220V的电压。若插座处没有220V的电压，则说明电路有断路情况，应注意检查断路器的接线是否良好、插座的接线是否良好。

若断路器QF4跳闸，则检查断路器接线是否正确，检查线路是否有短路、线路的接头部位是否因某种情况受潮。若未发现上述问题，则可能是断路器质量问题。

在插座上接一两个大功率电器并开启电器，如电磁炉、电吹风。若断路器跳闸，则检查断路器是否符合要求，检查断路器的接线是否正确、线路的接头部位是否因某种情况受潮。若未发现上述问题，则可能是断路器质量问题。对于客厅空调插座，可参阅上面的内容进行检查。

若试送电过程中没有发现异常，则用试电笔检查灯回路中的开关是否接在火线上，检查插座右边的孔是否为火线。若开关未接在火线上，或插座右孔不是火线，则切断电源，重新接线。

试运行是一项很重要的检测项目，可检测整个线路能否安全、平稳地承受负荷运行。在试运行时，通常可开启所有的灯、空调，在各个房间的插座上适当地连接一些电器。试运行检测应持续5~10小时。

在试运行期间，应有人值班看守。注意观察开关、插座及导线接头等是否有发热现象。若有发热现象，则说明相关器件或导线的额定

电流偏小。

应特别注意是否有异味、冒烟等异常情况。若有，则应立即切断电源，检查是相关电器异常还是相关线路的导线问题。

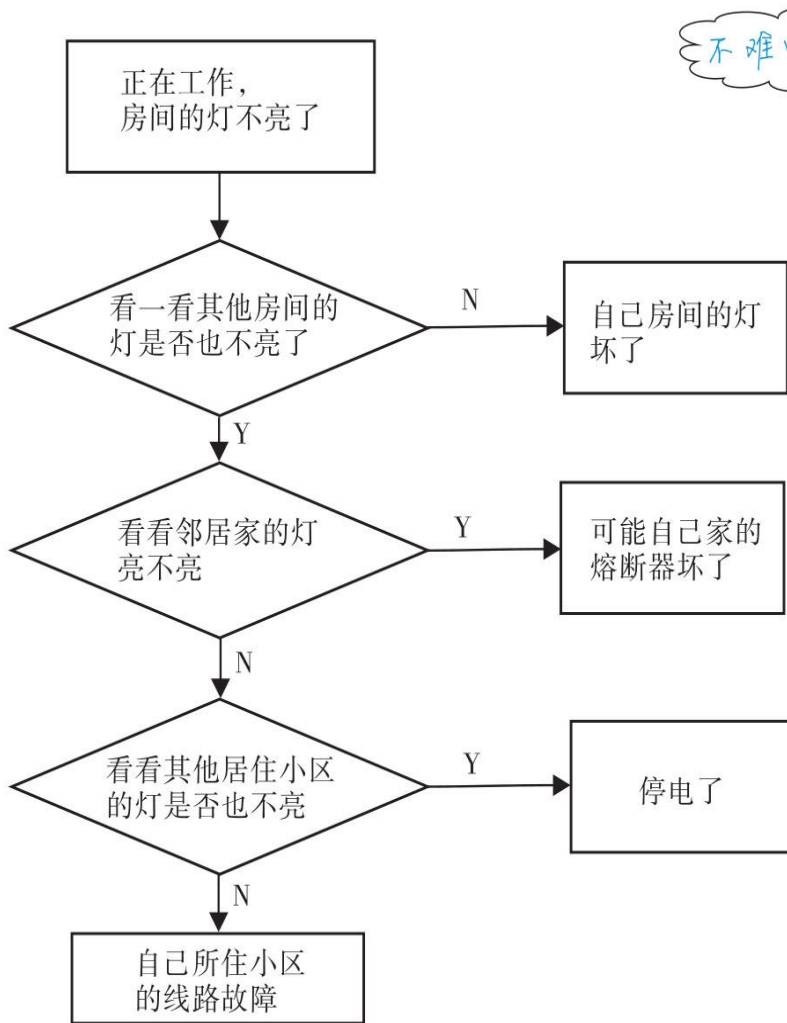
如果在布线之前妥善地考虑了各个支路导线、保护装置等的规格，且在不加电检测时确认了这些问题，则上面所述的异常情况是可以避免的。

8.5 照明电路故障检修

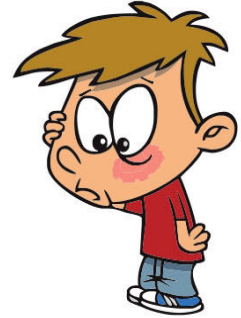
对于照明电路的一般日常故障检修，应有一些不同的考虑。

开路（断路）方面主要考虑导线线头锈蚀、开关或插座触点氧化或锈蚀；短路方面主要考虑线路接头部位受潮（如漏雨导致）、电器损坏、保护开关性能变差等。

照明电路的检修其实是比较简单的。在分析方面，即使没有电工知识，稍有生活常识的人都会有一定的故障分析能力。例如，自己家中一个房间的灯不亮了，大多数人都会如下图所示的那样去思考。



不难啊! ?



1. 白炽灯故障

白炽灯故障包括灯不亮、灯忽亮忽暗、灯太亮、灯光暗淡等。



灯不亮:

检查灯回路的熔断器是否烧断、灯回路断路器是否跳闸。

检查灯丝是否已断, 若是, 则更换灯泡。

检查灯头（灯座）与灯开关的接线端、电线线头是否锈蚀、受潮。若是，则重新制作线头接线，进行干燥处理。



灯忽亮忽暗：

检查灯丝、灯头是否有问题，若是，则更换灯泡。

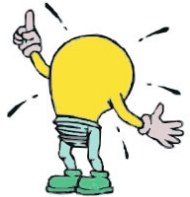
检查熔断器是否接触不良，检查灯回路断路器的接线是否不良。检查灯回路中的其他接线处是否不良，若是，则重新接线。

检查灯头（灯座）与灯开关的接线端、电线线头是否锈蚀、松动，若是，则重新制作线头接线，进行干燥处理。



灯太亮：

检查灯丝是否断线搭丝，若是，则更换灯泡。



灯光暗淡：

检查更换灯泡。检查熔断器是否接触不良，检查灯回路断路器的接线是否不良，检查灯回路中的其他接线处是否不良，若是，则重新接线。

检查灯头（灯座）与灯开关的接线端、电线线头是否锈蚀、松动，若是，则重新制作线头接线，进行干燥处理。

2. 日光灯故障

日光灯故障有灯不亮、灯管闪烁、两端亮中间不亮、镇流器有杂音、两端发黑、灯光亮度低等。

灯不亮：

检查灯管与灯座是否接触不良，检查启辉器是否接触不良，转动灯管、启辉器看能否解决问题。用万用表检查灯管灯丝是否已断，若是，则更换灯管。若灯管正常，更换启辉器尝试解决问题。若灯管正常，更换启辉器也不能解决问题，则应检查镇流器、灯管线路。

灯管闪烁或两端亮中间不亮：

用一已知好的启辉器替换，看能否解决问题。取下灯管，两端调换安装，看能否解决问题；若不能解决问题，应检查灯管线路接线是否良好。若接线良好，则应更换灯管，或更换镇流器。若灯管寿命短，或发光后立即熄灭，则更换整流器。

镇流器有杂音：

更换质量好的电感式镇流器，或更换为电子镇流器。

两头发黑：

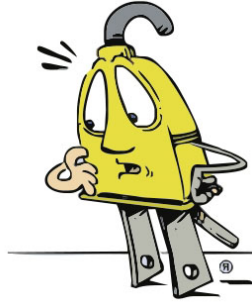
若灯管是新的，先更换启辉器。若灯管已用很长时间，取下灯管，两端调换安装，或更换灯管。若以上方法都不能解决问题，则调换镇流器。

灯光亮度低：

检查灯管上灰尘是否很多，若是，则抹去灰尘。检查灯管是否被冷风直吹，若是，则加防护罩或避开冷风。若无上述情况，则更换灯管。

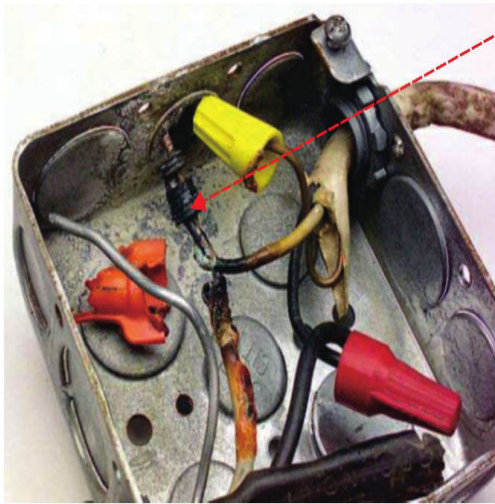


在检修使用时间较长的照明电路时，应多注意接线盒、开关、插座、灯头处的接线线头是否有锈蚀，若有，则清理，否则会导致接触电阻增大，容易引起发热、绝缘层烧毁、线头起火等严重问题。

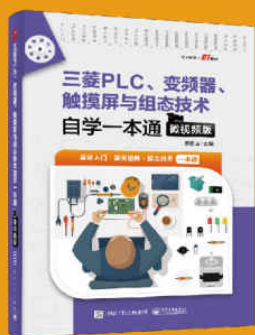


各接线线头处的绝缘层老化、潮湿可能导致漏电、短路。若短路严重，则可能导致线头烧毁。若使用较长时间的电路出线频繁跳闸的情况，则应多考虑导线因绝缘层老化、接线处潮湿漏电而引起的情況。

线头因接触电阻大绝缘层烧毁



· 好书分享 ·

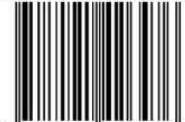


责任编辑：夏平飞
封面设计：李玲



更多资源敬请关注“小电新视界”视频号和公众号

ISBN 978-7-121-42647-6



9 787121 426476 >

定价：65.00元

