

电的发展史

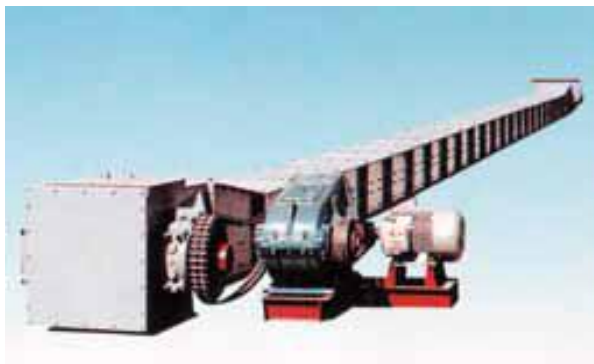


一、电子科学

电子科学，或简称电子学。一般认为电子学是研究电子运动、相关器件及其组成的线路与系统。随着科技的发展，使得电子科学的含义更加广泛，它的研究对象已经包括通信、广播、电视、雷达、导航、电子对抗、微电子、光电子、自动控制、人工控制、生物工程、信息处理、电磁场理论、各类真空和固态电子元器件。并和信息论、控制论、系统工程学等工程相互交叉、渗透，形成十分复杂的学科网。

电工技术和电子技术的应用

在工业生产中的应用



皮帶运输机



塔吊



磁悬浮列车



大型车床

在电子测量和信号检测中的应用



示波器



频率计



毫伏表



万用表



虚拟仪器

二、电的产生与发展

1. 自然中的电现象

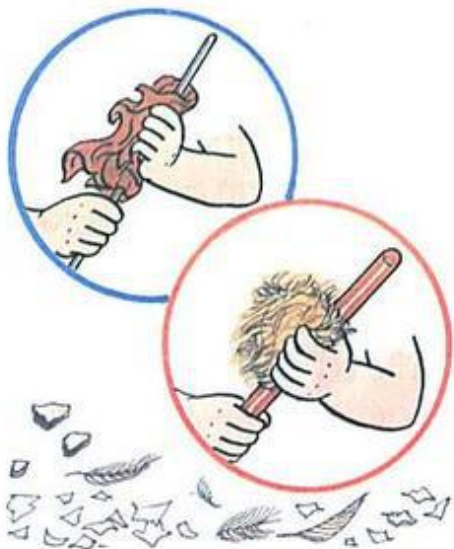


电鳗



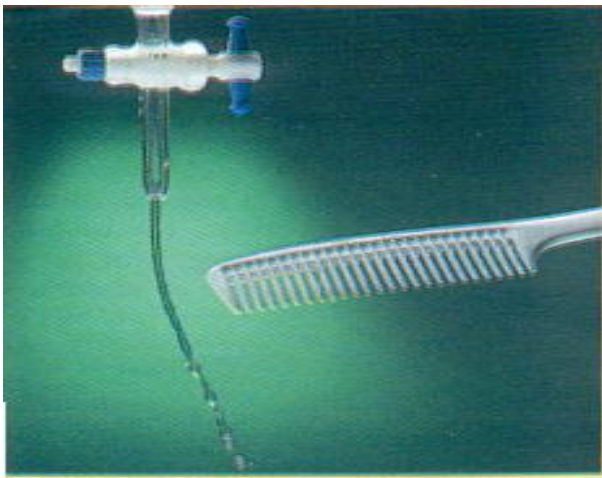
雷电

二、自然中的电现象



摩擦起电

二、自然中的电现象



接触起电

2. 电磁学发展早期简史

静电学

库仑 → 泊松 → 格林 → 高斯

流电学

伽伐尼 → 伏打 → 欧姆

电动力学

安培 → 纽曼 → 韦伯

奥斯特 → 毕奥 — 萨伐尔

电磁感应

场

法拉第

开尔文

麦克斯韦

洛伦兹

实验与思想基础

类比

电磁场理论

经典电子论

电磁波实验

赫兹

公元前

- 我国春秋战国时代：磁石吸铁
- 约公元前600年希腊的Thales：琥珀摩擦后吸引草屑

17世纪

- 1600年英国的Gilbert：将电力和磁力分开
- 约1660年马德堡的Guericke：发明了第一台摩擦起电机

18世纪前期

- 1729年英国的Gray：发现导体和绝缘体的区别
- 法国的du Fay：发现电有两种；美国的Franklin：提出正电和负电的说法，风筝实验

18世纪后期

- 1785年法国的Coulomb：库仑定律
- 意大利的Volta：发明伏打电池

19世纪

- Oersted、Ampere、Biot、Savart等：电流的磁效应；电流磁效应的应用：电磁铁、电报、电话
- 欧姆定律、电磁感应、麦克斯韦方程；发电机、电动机.....

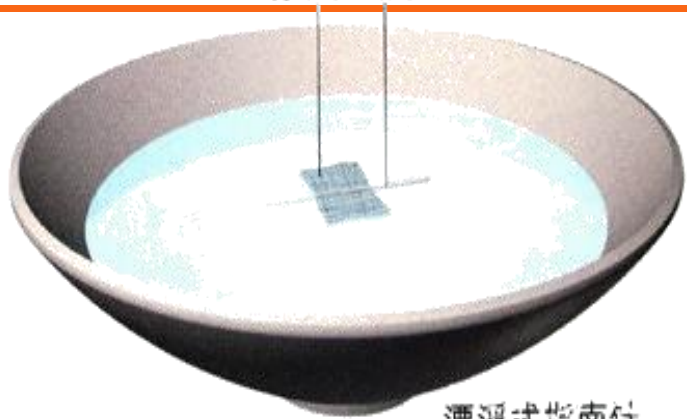
20世纪

- 不计其数的理论发展和应用

- 1799年，意大利人**伏特**发明了电堆及电池。
- 1821年，英国人**法拉第**发明了电磁感应现象。
- 1866年，德国人**西门子**制成世界上第一台大功率发电机。
- 1877年，**爱迪生**发明了电灯。



灯芯草 磁针



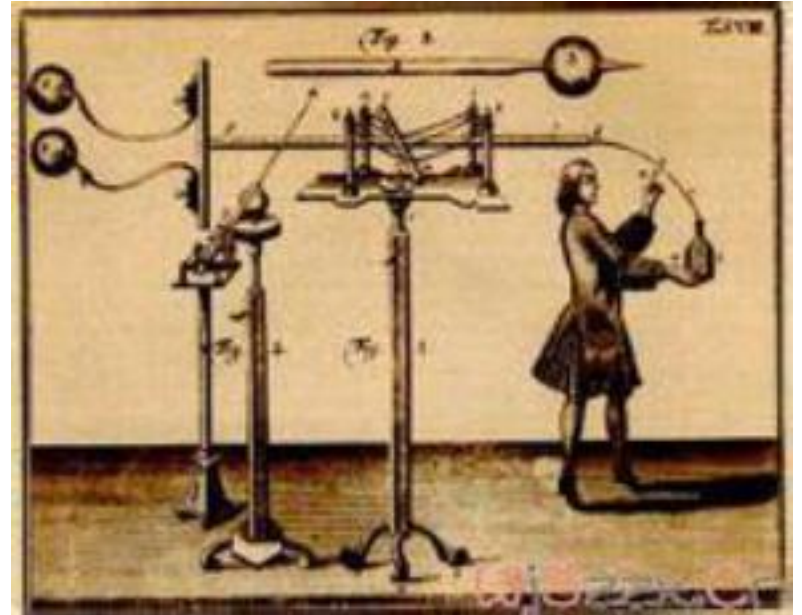
漂浮式指南针



中国航海者的罗盘



莱顿瓶





富兰克林收集雷电

伏打電池

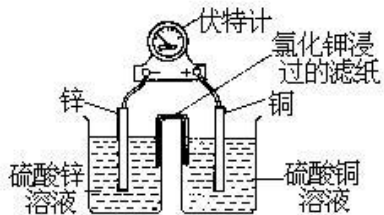


图 33. 2. 5(a)

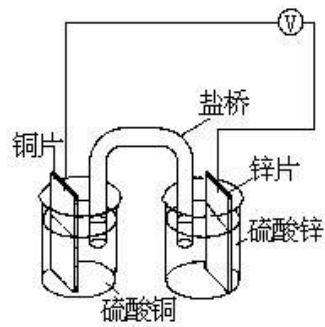
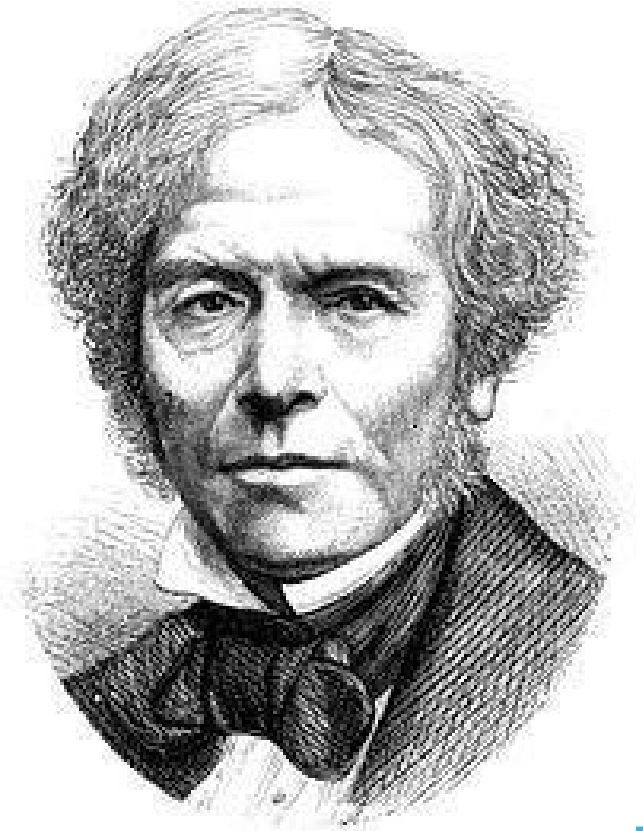


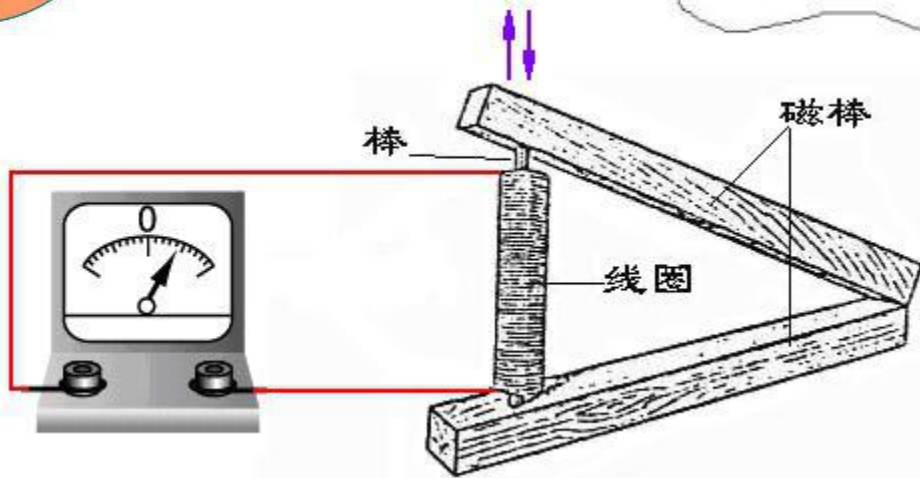
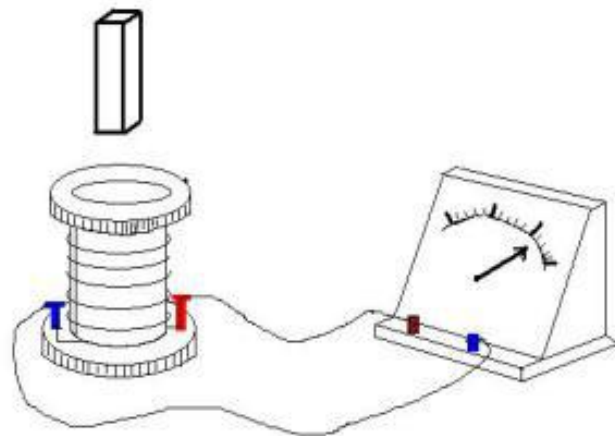
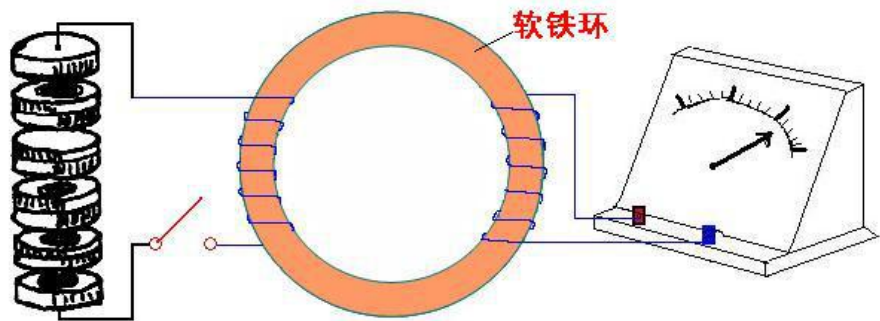
图33. 2. 5(b)



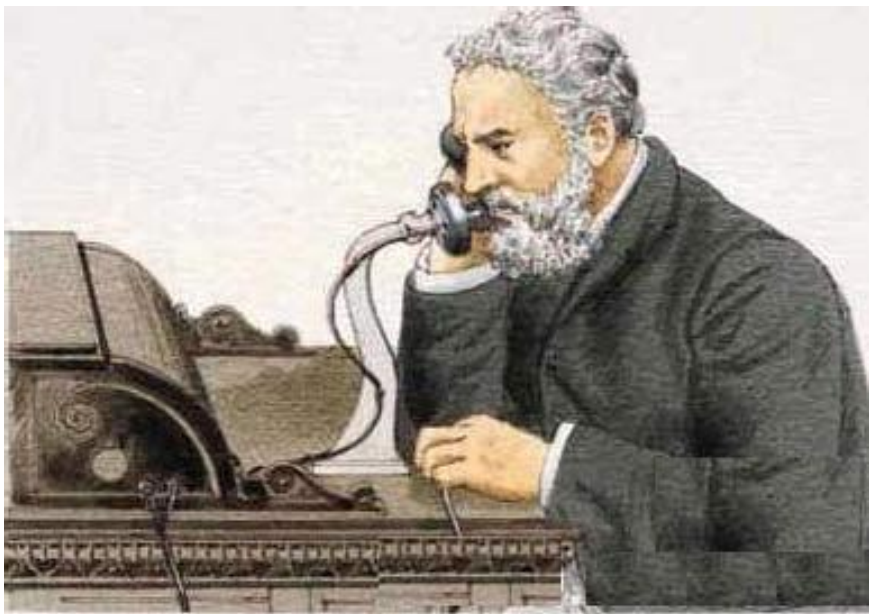
安培 法拉第



电磁感应实验



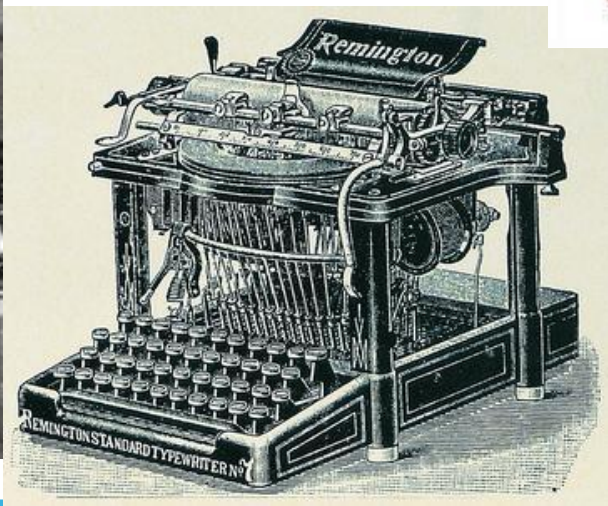
贝尔电报机



贝尔电话

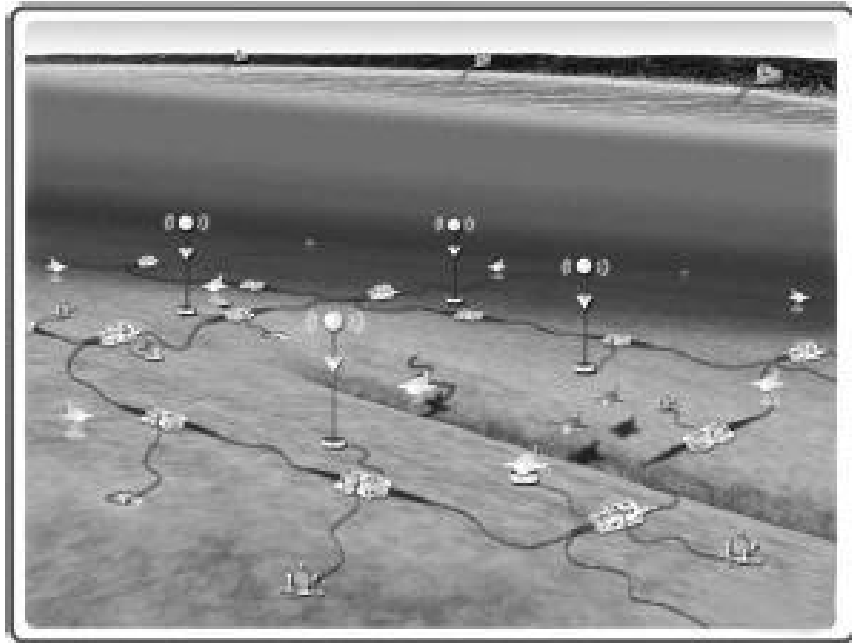


电报机



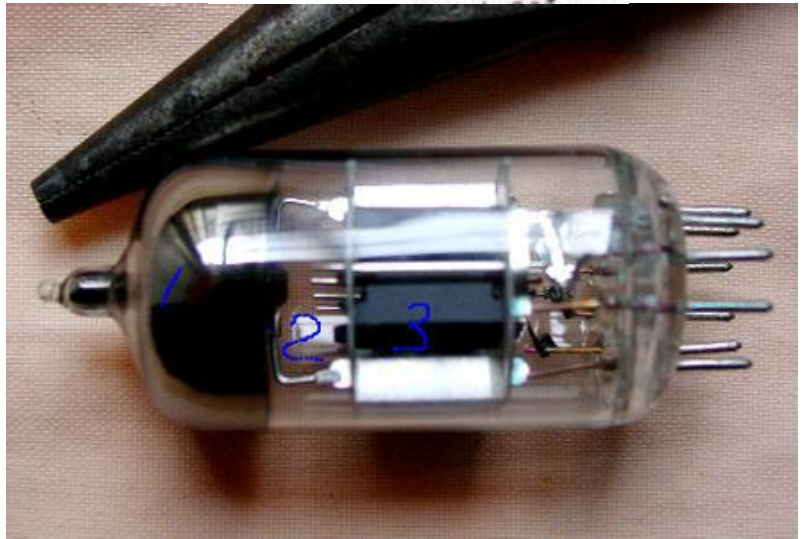
莫尔斯设计的电报机

海底通信电缆





1. Emitter 发射极
2. Base 基极
3. Collector 集电极





老电视



3. 电子信息技术时代

电子信息技术的定义：

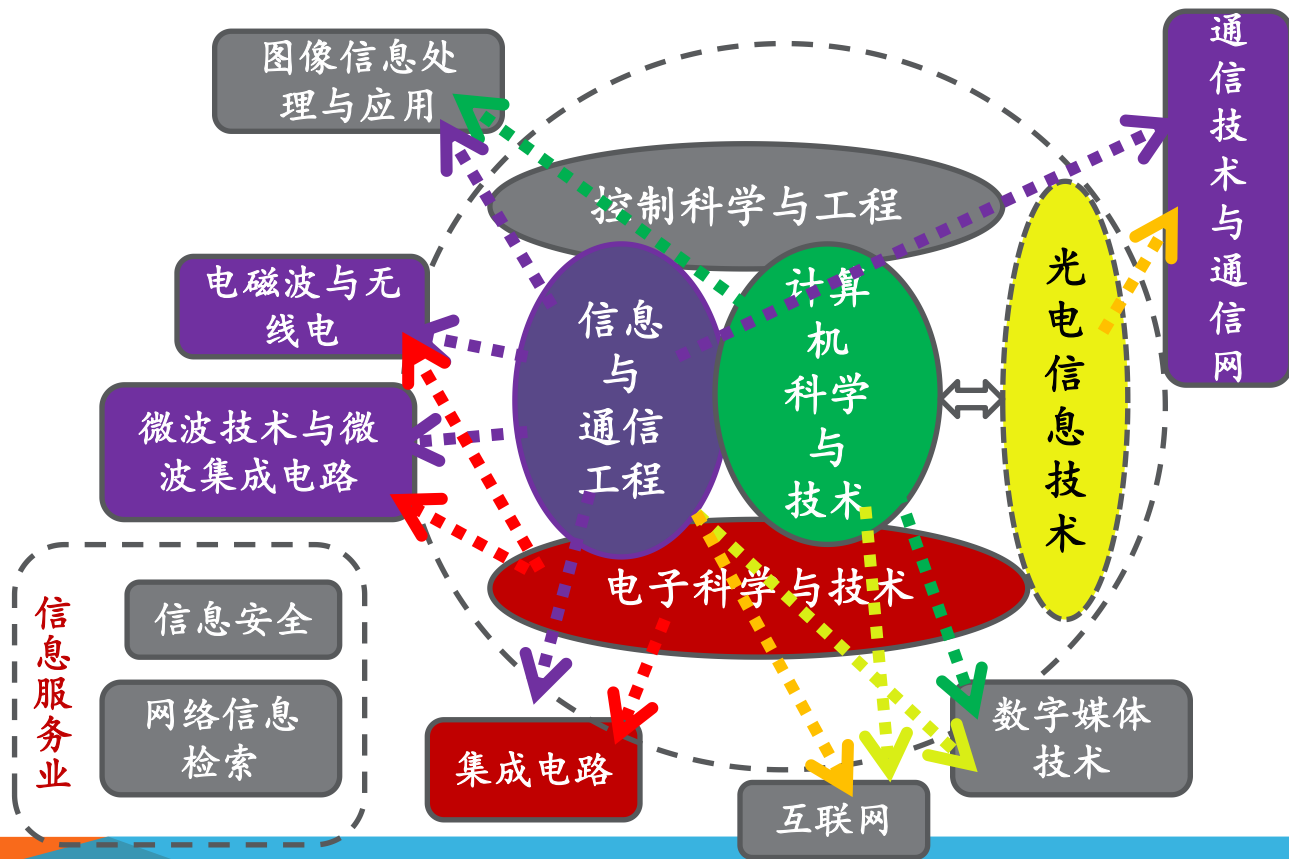
电子信息技术是研究开发、设计、生产、维护和管理电子信息产品和系统的理论与技术；也是工业实现信息化的技术。

其归属：技术科学和应用科学。

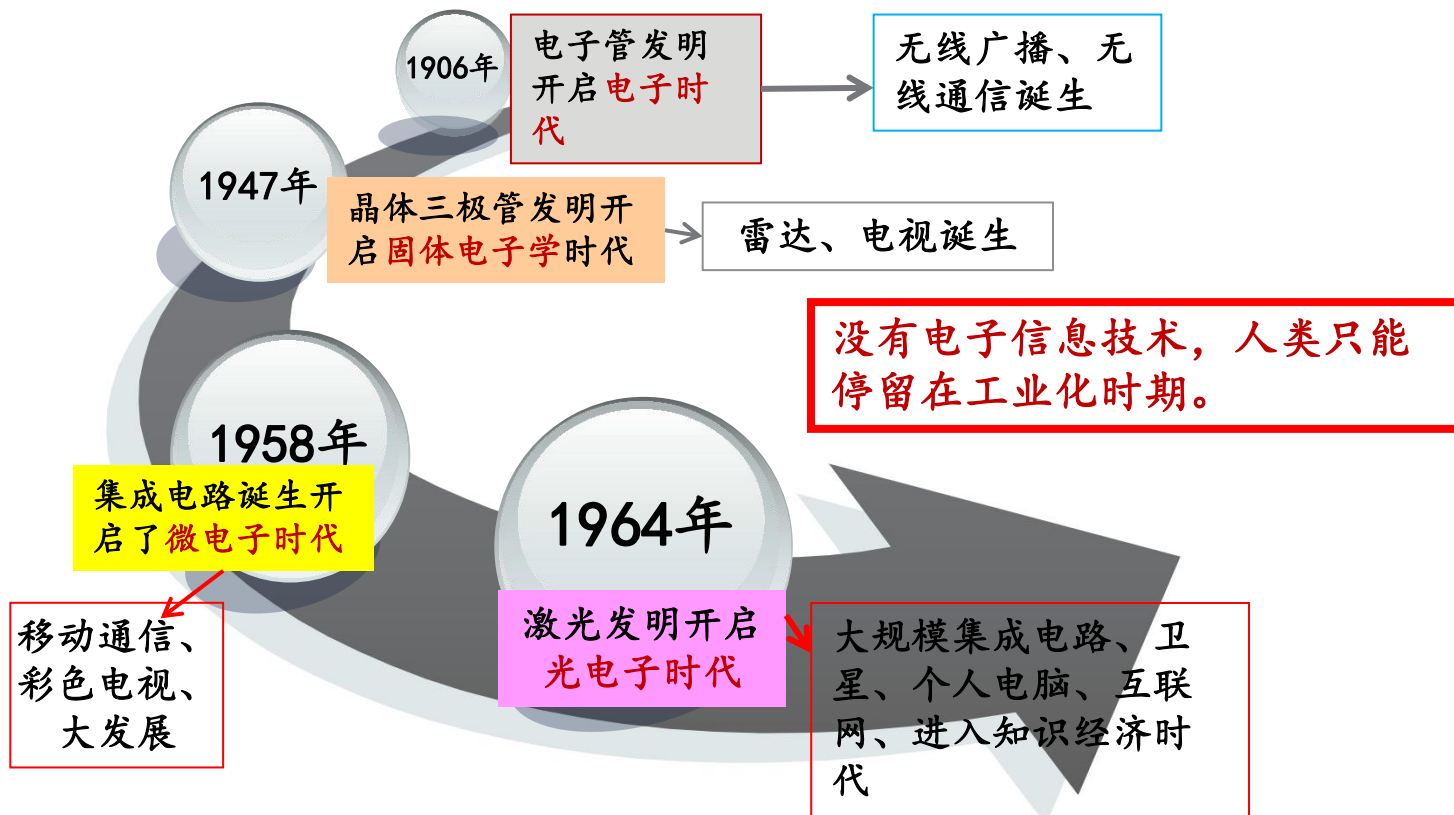
电子信息技术属于“技术科学”和“应用科学”范畴，它是“工学”大类各学科中涵盖面最广、渗透力最强的学科。它和强电结合，产生了“电力电子”，它同机械结合，产生了“机械电子”。



电子信息产业的主要领域及与学科之间的关系



➤ 电子信息技术的发展历程



科学技术是第一生产力！

➤ 电子信息技术的发展历程



大量使用电子管的持续期，只有约50~70年

大量使用晶体管的持续期，只有约20~30年

80、90年代大量使用的软盘已被闪存取代。

磁带录音机、磁带录像机已被MP3、MP4、VCD、DVD取代。



曾流行一时的产品

固定电话作为主要通话工具将让位给移动电话、网络电话；
电灯泡将被半导体照明取代……
而好多人工作岗位已经被机器人取代……

新的技术取代老的技术，意味着原有的生产线得关闭，知识陈旧的技术人员将失业。只有与时俱进，不断学习，才能跟上技术发展的步伐，企业才能生存发展！

三、前沿技术

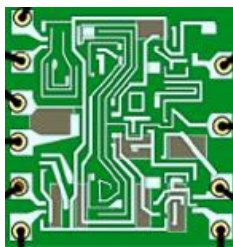
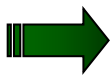
1. 微电子技术



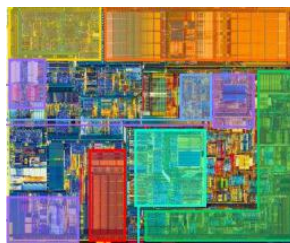
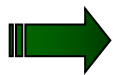
电子管
(1904)



晶体管
(1948)



中/小规模集成
电路(1950年代)



大规模/超大规模
集成电路(1970年代)

微电子技术是实现电子电路和电子系统超小型化及微型化的技术，它是以集成电路为**核心**的电子技术。

微电子技术是信息技术领域中的**关键技术**，是发展电子信息产业和各项高技术的**基础**。微电子技术的**核心**是**集成电路技术**。

什么是集成电路？

集成电路 (Integrated Circuit, 简称IC):

以半导体单晶片作为基片,采用平面工艺,将晶体管、电阻、电容等元器件及其连线所构成的电路制作在基片上所构成的一个微型化的电路或系统。

集成电路的优点:

- 体积小、重量轻
- 功耗小、成本低
- 速度快、可靠性高



小规模集成电路



超大规模集成电路

2. EDA技术

电子设计技术的核心就是EDA技术。EDA是指以计算机为工作平台，融合应用电子技术、计算机技术、智能化技术最新成果而研制成的电子CAD通用软件包，主要能辅助进行三方面的设计工作，即IC设计、电子电路设计和PCB设计。



ARM开发板

EDA技术发展的三个阶段：

计算机辅助设计(CAD)阶段（70年代）：用计算机辅助进行IC版图编辑、PCB布局布线，取代了手工操作。

计算机辅助工程(CAE)阶段（80年代）：与CAD相比，CAE除了有纯粹的图形绘制功能外，又增加了电路功能设计和结构设计，并且通过电气连接网络表将两者结合在一起，实现了工程设计。CAE的主要功能是：原理图输入，逻辑仿真，电路分析，自动布局布线，PCB后分析。

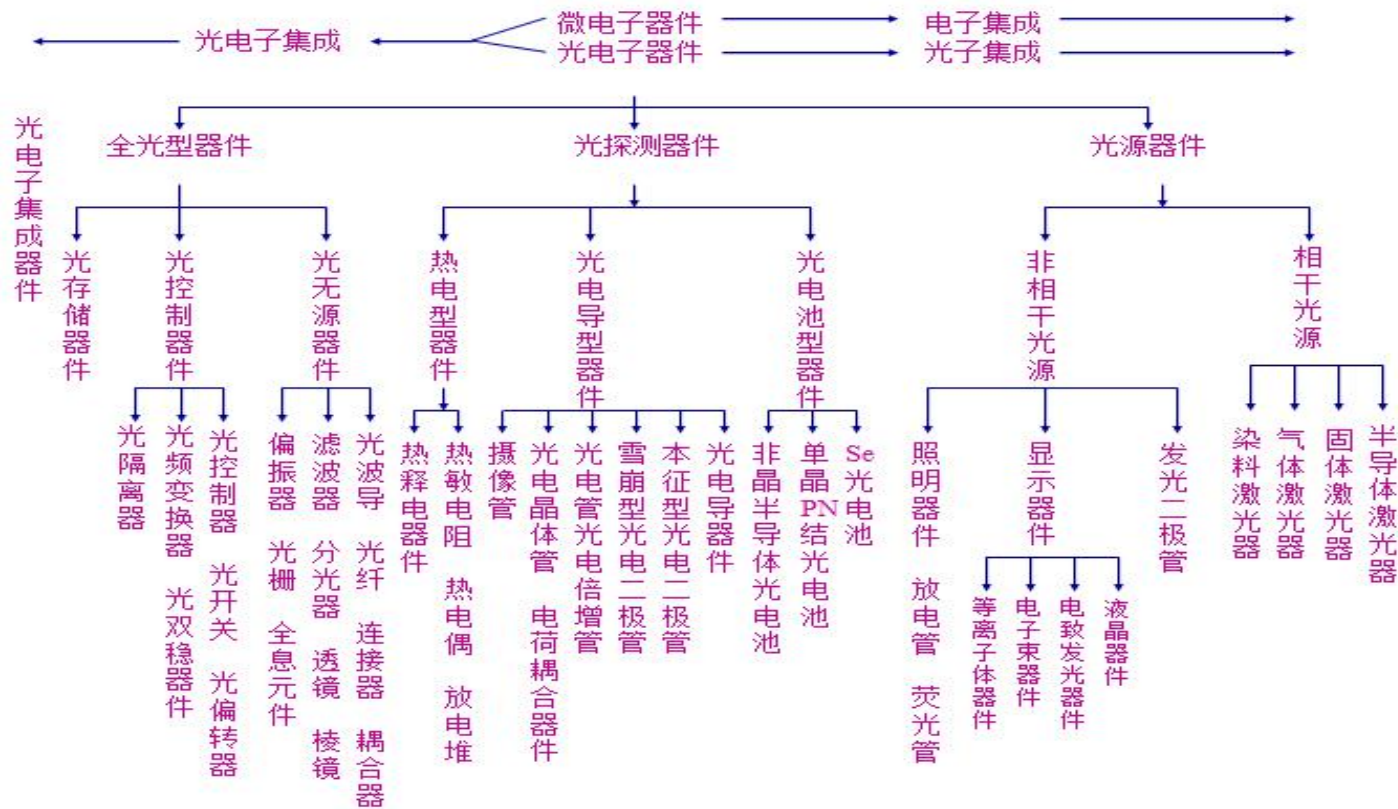
电子系统设计自动化(ESDA)阶段（90年代以后）：设计人员按照“自顶向下”的设计方法，对整个系统进行方案设计和功能划分，系统的关键电路用一片或几片专用集成电路(ASIC)实现，然后采用硬件描述语言(HDL)完成系统行为级设计，最后通过综合器和适配器生成最终的目标器件。

3. 光电子技术

光学与电子学相互渗透的一门学科。

包括：激光技术、光波导技术、光检测技术、光信息处理技术、光存储技术、光显示技术、太阳能电池，等。

形成了光电子材料与元件产业、光信息产业、现代光学产业、光通信产业、激光器与激光应用产业。



信息技术 - 人类在信息社会生存与发展的重要支柱

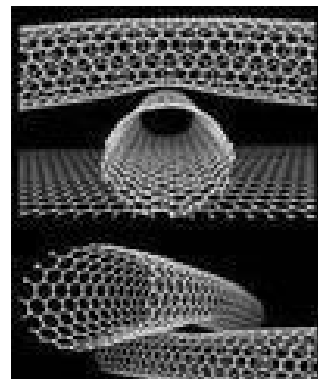
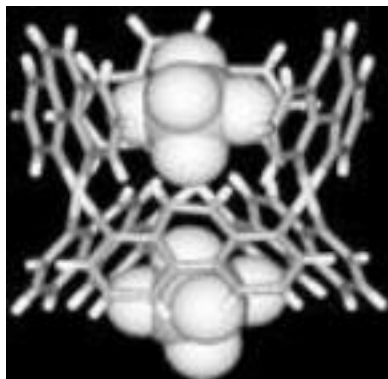
- ▶ **网络技术革命**，将进一步缩小人们的空间和时间距离
- ▶ **人机交互技术的革命**，将进一步缩小人与计算机之间的距离
- ▶ **软件技术的革命**，为网络和计算机的应用提供更加灵活和可靠的技术保证
- ▶ **微电子由IC向IS(系统集成)发展**导致软、硬件结合技术的革命
- ▶ **分子电子学、量子电子学、信息光子学**的兴起，在信息技术领域会引起原理性的变革
- ▶ **现代通信、计算机技术**的发展引起工业控制系统、技术、方法与理论的革命性变革

信息高速公路的关键技术

1. 网络技术
2. 光纤通信，同步网技术
3. 异步转移模式（ATM）技术
4. 卫星通信技术
5. 移动通信技术（包括全球个人移动通信技术）
6. 信息通用接入网技术
7. 高性能并行计算机系统和接口技术
8. 大型数据库和图像库技术
9. 高级软件技术和算法
10. 高速LAN 技术
11. （HDTV）大画面高清晰度电视 技术
12. 多媒体技术
13. 远程医疗诊断支持系统
14. 远程教育系统

4. 纳米电子技术

纳米电子学主要在**纳米尺度空间内研究电子、原子和分子运动规律和特性**，研究纳米尺度空间内的纳米膜、纳米线。纳米点和纳米点阵构成的基于量子特性的纳米电子器件的电子学功能、特性以及加工组装技术。其性能涉及放大、振荡、脉冲技术、运算处理和读写等基本问题。其新原理主要基于电子的波动性、电子的量子隧道效应、电子能级的不连续性、量子尺寸效应和统计涨落特性等。



从微电子技术到纳米电子器件将是电子器件发展的第二次变革，与从真空管到晶体管的第一次变革相比，它含有更深刻的理论意义和丰富的科技内容。在这次变革中，传统理论将不再适用，需要发展新的理论，并探索出相应的材料和技术。

5. 光电子技术

- 光能够像电一样来传递信息，甚至效果更好。而且，更重要的一个特点在于它不会和周围环境发生相互干扰的作用。



6. 量子计算机技术

是运用量子力学来设计的。从理论上说，它们的速度提高可以说是没有止境的，因为量子计算技术可以在同一时间内执行各种操作，同时有足够的能力来完成现在电子计算机还很难完成的任务，比如说完成密码的破译和语音的识别等等。这是因为量子不像半导体只能记录0与1，它可以同时表示多种状态。如果把半导体比成单一乐器，量子电脑就像交响乐团，一次运算可以处理多种不同状况。



7. 分子计算机技术

现在已经开发出来一种能够由氮气和二氧化碳来开动和关闭的分子计算机，这种超高速的微型计算机离现实已经很近了。分子计算机能够比硅计算机更小、更便宜，耗能更低。

分子计算机的各种应用：手表大的超级计算机、可缝进到衣服里 ...



8. 生物计算机技术

实际上就是随着生物技术的发展，人们将模仿人的大脑制造一种用基因学的机制来开发的新一代计算机。

现在生物计算机的模型已经出来。以色列的科学家制造了一个有可能会比单个活细胞还要小的计算机的模型。这么微小的计算机也可能将在我们的体内漫游，监视我们的健康。也许会纠正它所发现人体内哪个地方脂肪的堆积，帮助解决问题。其实每一个细胞实际上都是一个复杂的生物机件，一个系统。用这么一种仿生技术来制造生物计算机。



四、电能的产生、输送、配电、使用

1. 电力的特点

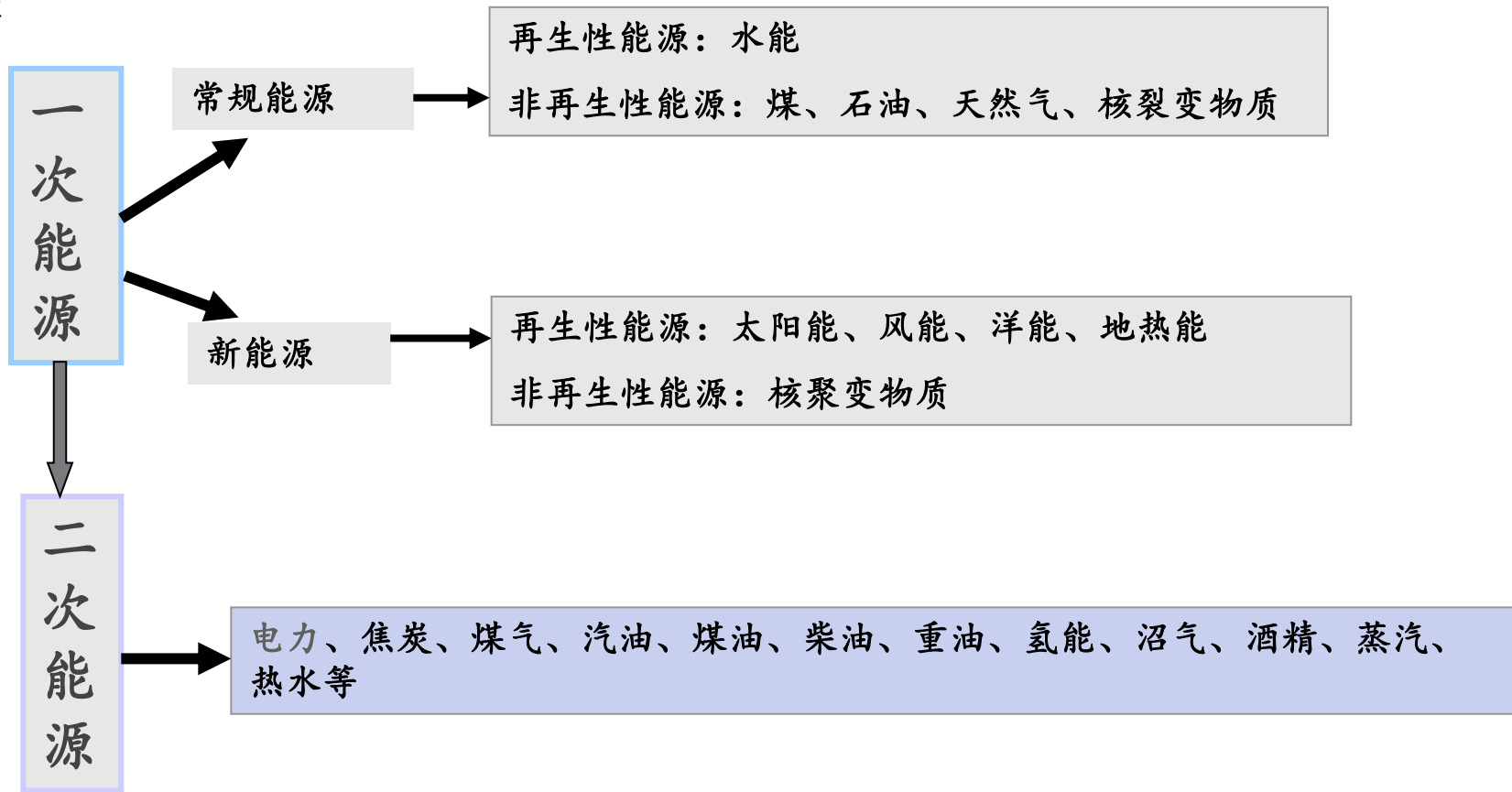
同时性

集中性

适用性

先行性

能源分类



发电厂的类型

火力发电厂：燃料的化学能——电能

水力发电厂：水的位能——电能

核能电厂：核裂变能——电能

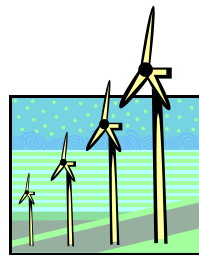
地热电厂：地热能——电能

潮汐电厂：海洋能——电能

风力发电厂：风能——电能

太阳能电站：太阳能——电能

⋮



2. 电力系统的构成

- ❖ 电力网=各电压等级变电所+输配电线路
- ❖ 电力系统=发电厂+电力网+电能用户
- ❖ 动力系统=动力部分（如热力装置、水力装置、核反应堆等）+电力系统

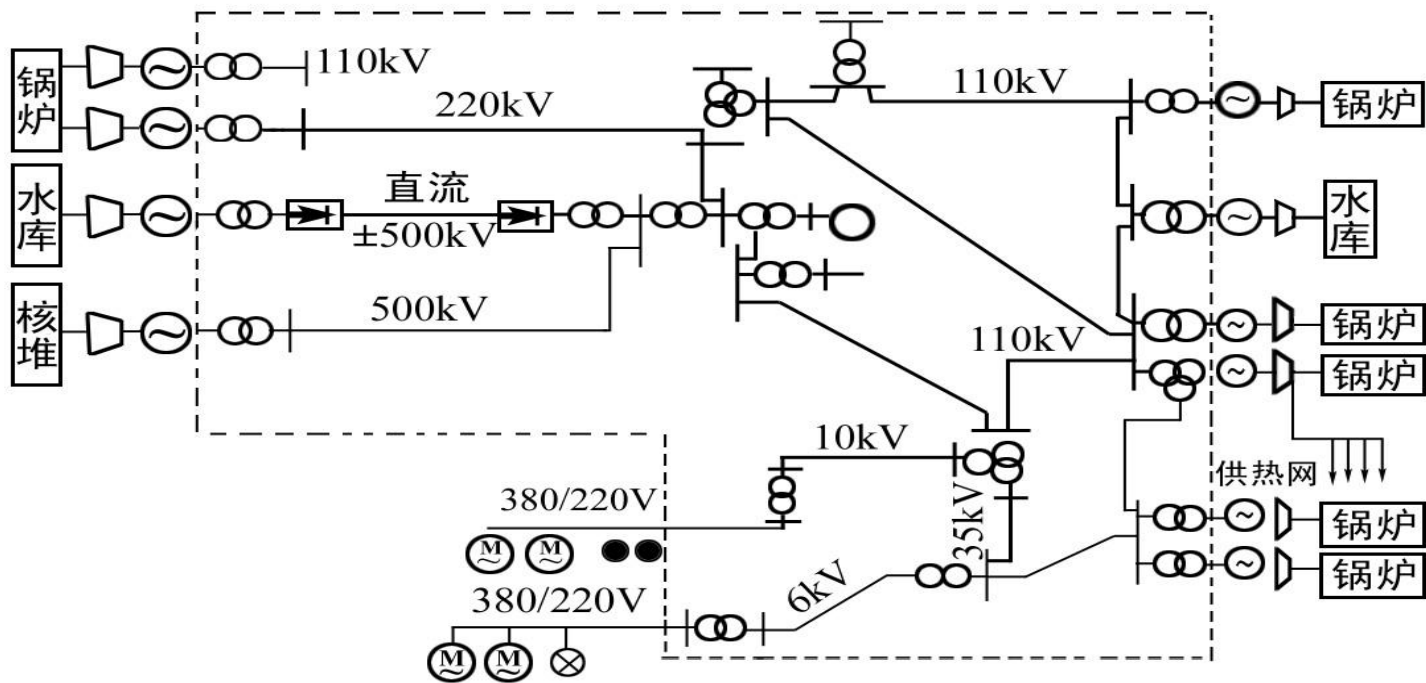


称这一整体为电力系统

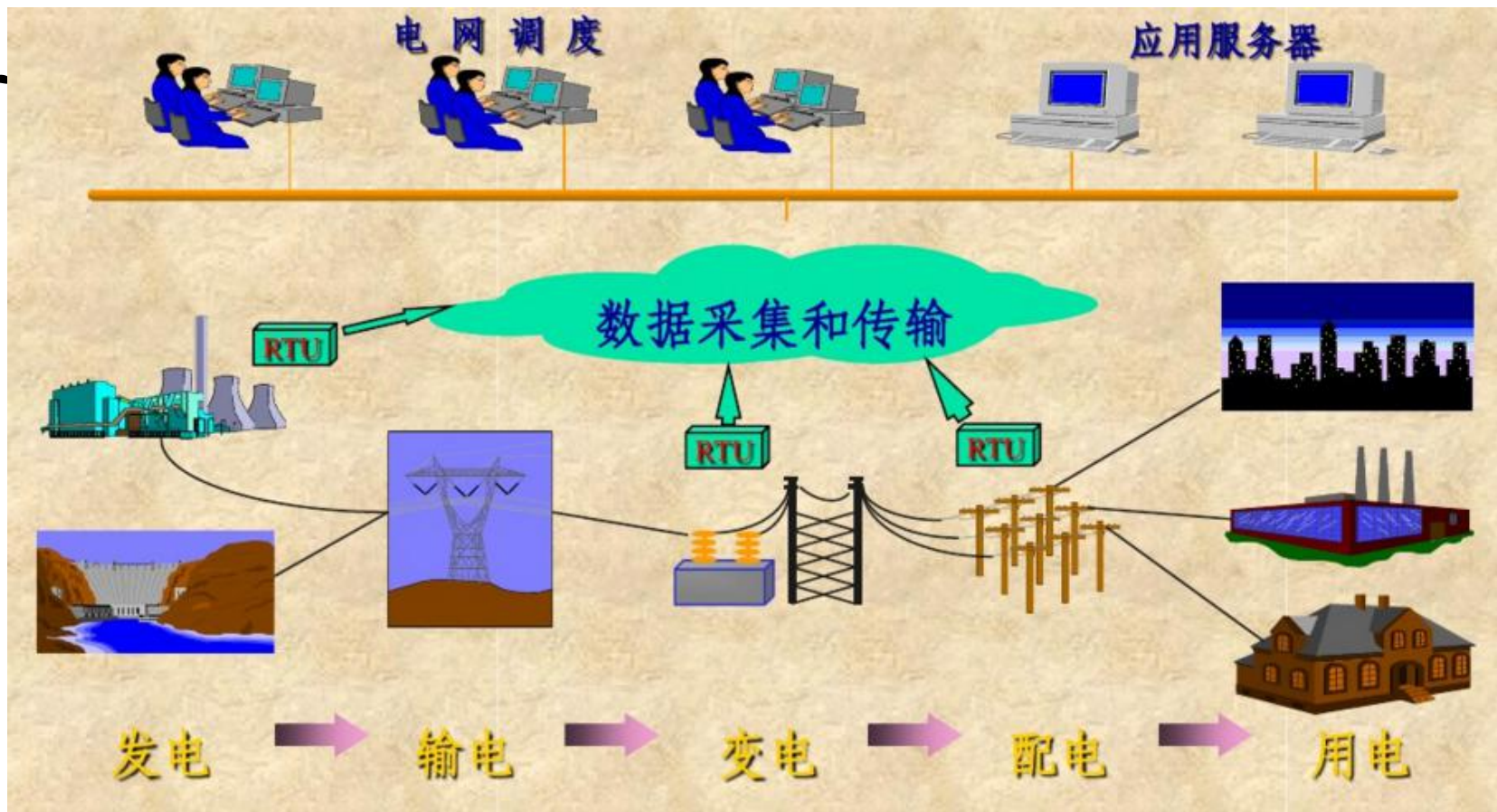
由各种不同的输电线和变电所组成的电力系统部分称为**电力网**。其作用是把发电厂的电能传输给用户。

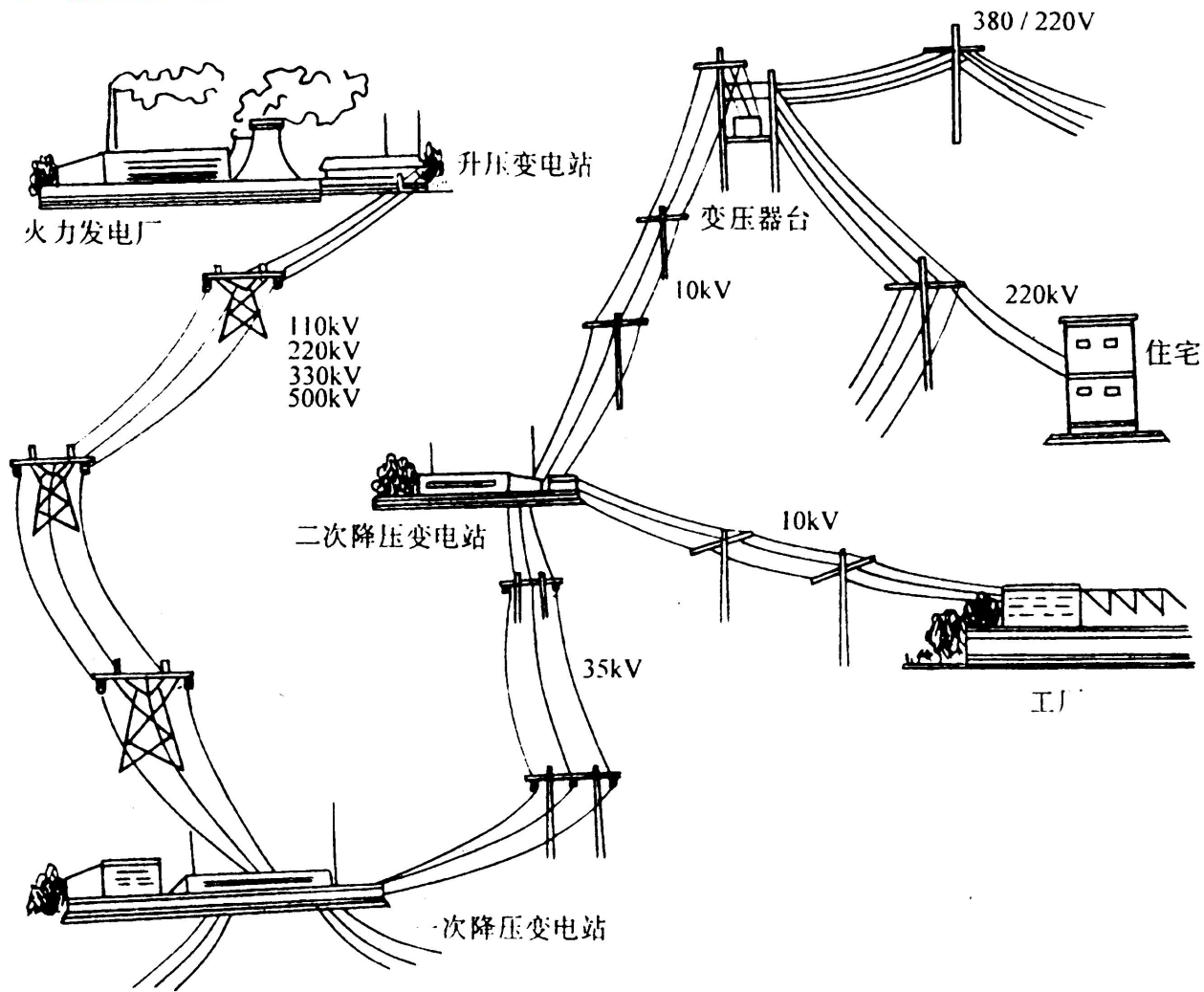
我国国家标准规定的电力网额定电压有 35 kV、110 kV、220 kV、330 kV、500 kV、750 kV。

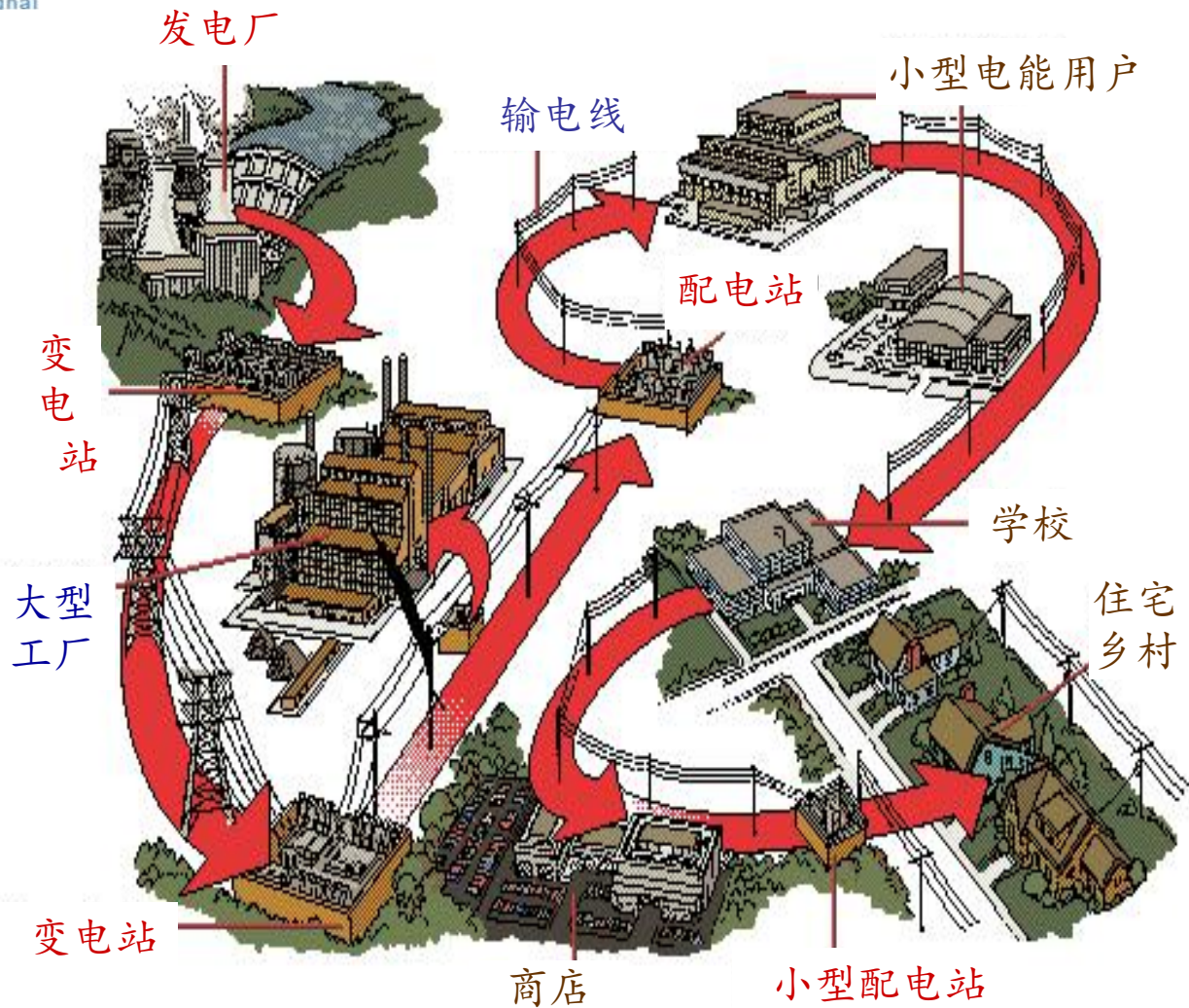
市区一般输电电压为 10 kV 左右，通常需要设置降压变电所，经配电变压器将电压降为 380/220 V，再引出若干条供电线到各用电点的配电箱上，配电箱将电能分配给各用电设备。



三







3. 发电的方式

各发电方式:

水力发电

火力发电

核能发电

风力发电

地热发电

人力发电

其它能源发电:

太阳能

风力

地热

潮汐

燃料电池

垃圾

磁流体

- 1、发电机能提供充足、强大的电能
- 2、发电机把其它形式的能转化成电能
- 3、各种形式的发电

火力发电

燃料的化学能

水蒸气的内能

机械能

电能



容易造成环境污染



火力发电站

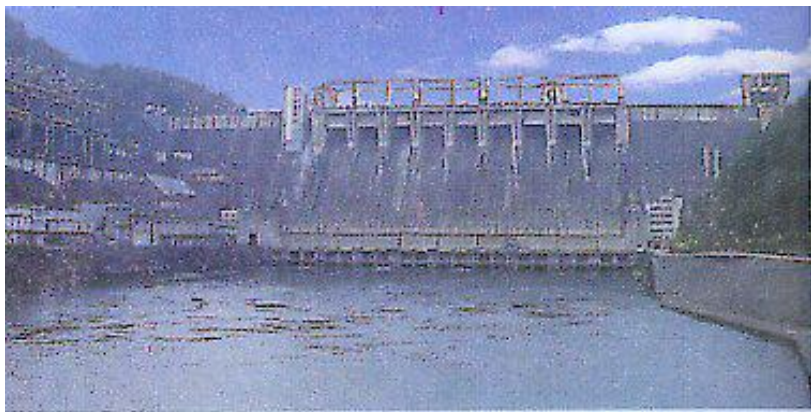
水力发电



机械能

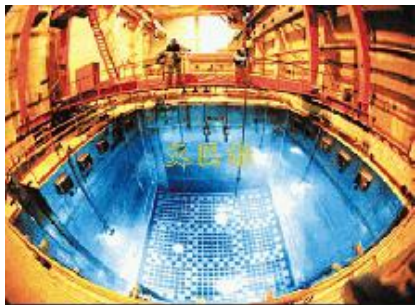
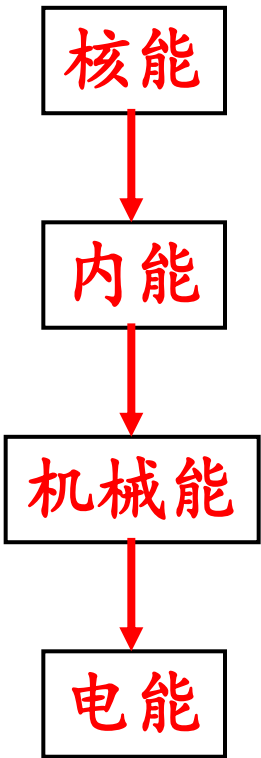


电能





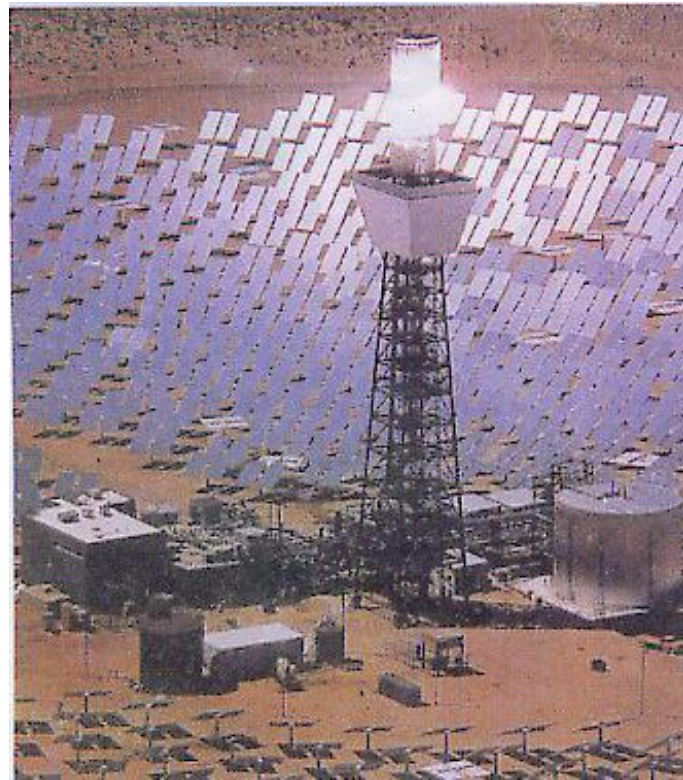
核能发电



太阳能发电



塔式太阳能热发电



太阳能光伏发电

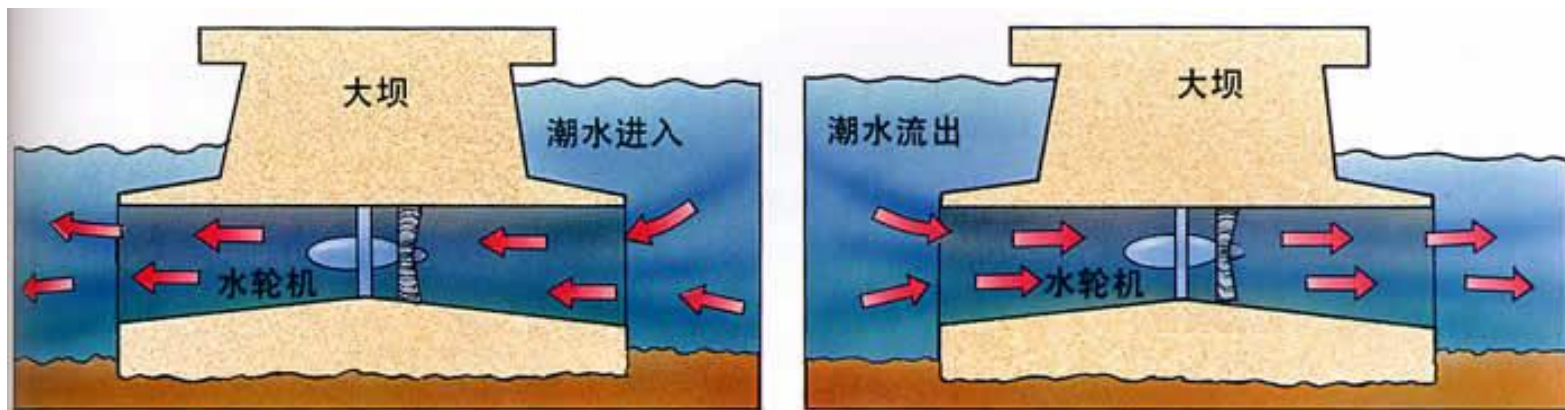
风力发电







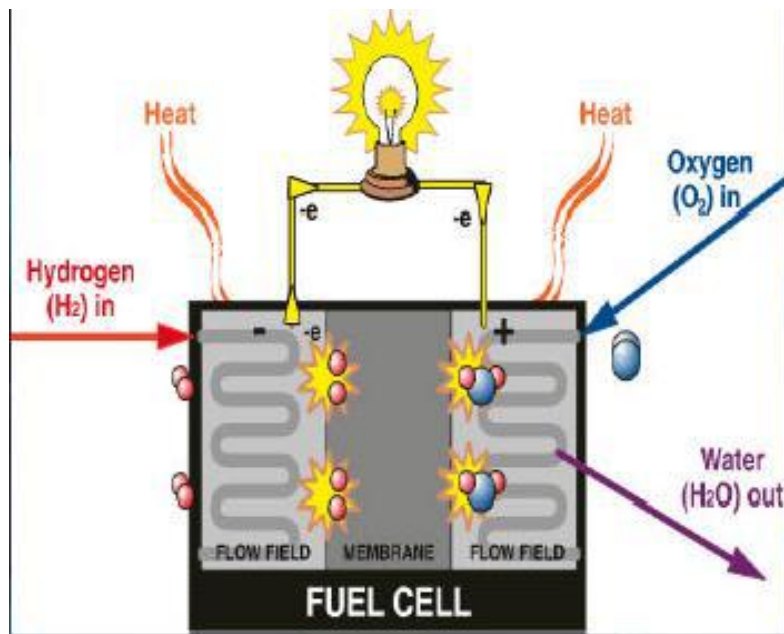
羊八井地熱電站



潮汐发电示意图



垃圾焚烧发电技术



燃料电池还被称为静止发电机

4. 配电系统

配电是由 10KV 级以下的配电线路和配电(降压)变压器所组成。它的作用是将电能降为 380/220V 低压再分配到各个用户的用电设备。

电力网的电压等级

高压：1KV 及以上的电压称为高压。

有 1, 3, 6, 10, 35, 110, 330, 550KV 等。

低压：1KV 及以下的电压称为低压。

有 220, 380V。

安全电压：36V 以下的电压称为低压。

我国规定的安全电压等级有：12V、24V、36V 等。

常用的低压供配电系统

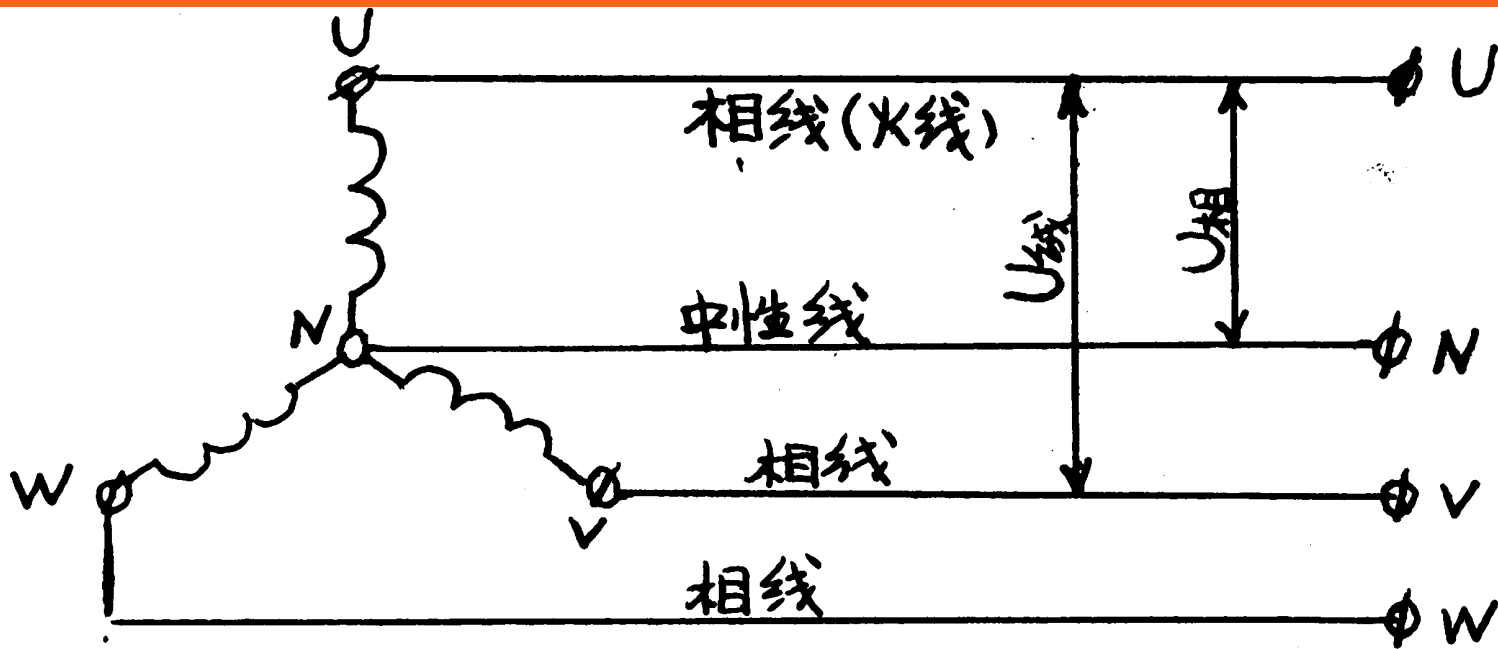
三相四线制：现代电力系统中的供电方式几乎全是采用三相正弦交流电。

低压供配电系统中普遍采用三相四线制。

三相四线制系统：

相电压：相线与中性线之间的电压

线电压：相线与相线即两根火线之间的电压

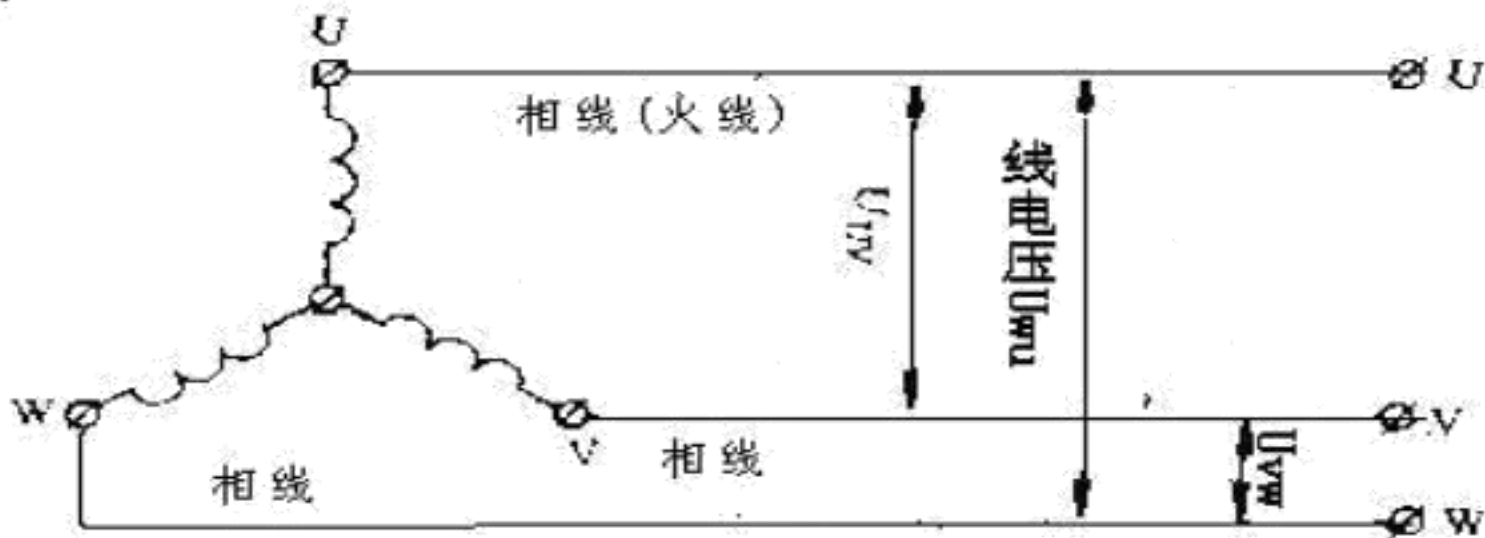


三相交流发电机绕组的星形接法与三相四线制供配电系统

三相三线制系统：

现代电力系统中的**输电线路**几乎全是采用三 相三线制。

三相三线制就是无中线N。





导线颜色的选择:敷设导线时,相线L、零线N和保护零线PE应采用不同颜色的导线。

火线:分别从发电机绕组三个始端引出的线,红、绿、黄

零线:中性点接地时的中性线,黑线

地线:接地装置引出的线,对人身设备起保护作用。黄绿双色线

类别	颜色标志	线别	备注
一般用途导线	黄色 绿色 红色 浅蓝色	相线 L1相 相线 L2相 相线 L3相 零线或中性线	U相 V相 W相
保护接地(接零) 中性线(保护零线)	绿/黄双色	保护接地(接零) 中性线(保护零线)	颜色组合
二芯(供单相电源用)	红色 浅蓝色	相线 零线	
三芯(供单相电源用)	红色 浅蓝色(或白色) 绿/黄色(或黑色)	相线 零线 保护零线	
三芯(供三相电源用)	黄、绿、红色	相线	无零线
四芯(供三相四线制用)	黄、绿、红色 浅蓝色	相线 零线	

5. 用户和用电负荷的分类

一类负荷：如停止供电，将会危害生命、损坏设备、产生废品、使生产过程混乱、造成重大的政治经济影响，给国民经济带来重大损失，或者使市政生活发生重大混乱。

二类负荷：如停止供电，将造成大量减产，城市大量居民的正常活动受到影响、造成较大的政治经济影响。

三类负荷：不属于一、二类电力负荷 对供电没有什么特别要求，如非连续生产的车间及辅助车间和小城镇用电等。

对于一级负荷，至少应由两个独立电源供电，其中每一电源的容量，都应在另一电源发生故障时仍能完全保证一级负荷的用电；对于三级负荷，不需要备用电源；对于二级负荷是否需要备用电源，要进行技术经济比较后才能确定。

- 电流的三种效应
1. 电流的**热**效应
 2. 电流的**磁**效应
 3. 电流的**化学**效应

电能可以很方便地转化为多种形式的能量。 如：

电饭锅煮饭：电能→内能

电动机转动：电能→机械能

电灯泡发光：电能→光能和内能

给电池充电：电能→化学能

五、安全用电常识

(一) 触电

- ❖ 当通过人体的电流为100-200微安时，对人无害，反而能治病。
- ❖ 当通过人体的电流约1毫安时，会有麻的感觉
- ❖ 当通过人体的电流30毫安时，会有生命危险
- ❖ 当通过人体的电流达到100毫安时，短时间内人就会窒息致死。

触电是指电流通过人体达到一定量时引起的伤害事故。

1. 电流对人体的伤害形式

人体触及带电体时，电流通过人体，会对人体造成伤害，其伤害的形式有电击和电伤2种。

(1) 电击。当人体直接接触带电体时，电流通过人体内部，对内部组织造成的伤害称为电击。

(2) 电伤。电伤是指电流对人体外部造成的局部伤害。

2. 电流对人体伤害程度的主要影响因素

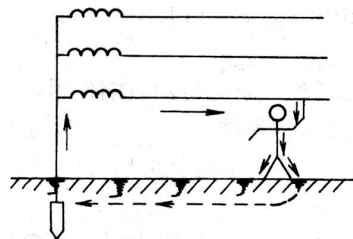
- (1) 电流大小
- (2) 人体电阻
- (3) 电流通过人体的路径
- (4) 通电时间和电压高低
- (5) 电流种类
- (6) 人体状况

人体对触电电流的反应

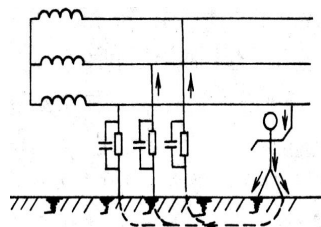
电流 (mA)	交流电 (50HZ)		直流电
	通电时间	人体反应	人体反应
0~0.5	连续	无感觉	无感觉
0.5~5	连续	有麻刺、疼痛感，无痉挛	无感觉
5~10	数分钟内	痉挛、剧痛，但可摆脱电源	有针刺、压迫及灼热感
10~30	数分钟内	迅速麻痹，呼吸困难，不能自主摆脱电源	压痛、刺痛，灼热强烈、有抽搐
30~50	数秒至数分钟	心跳不规则，昏迷，强烈痉挛	感觉强烈，有剧痛痉挛
50~100	超过3s	心室颤动，呼吸麻痹，心脏麻痹而停跳	剧痛，强烈痉挛，呼吸困难或麻痹

3. 人体触电的方式及常见的原因

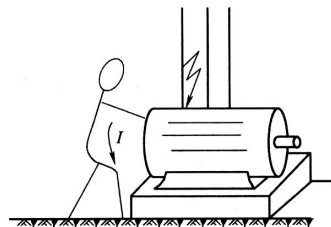
单相触电



(a)

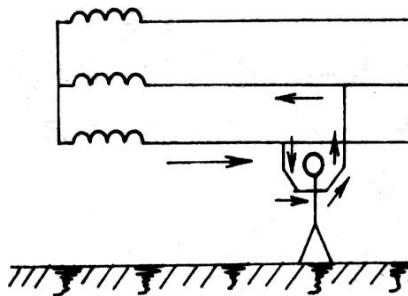


(b)

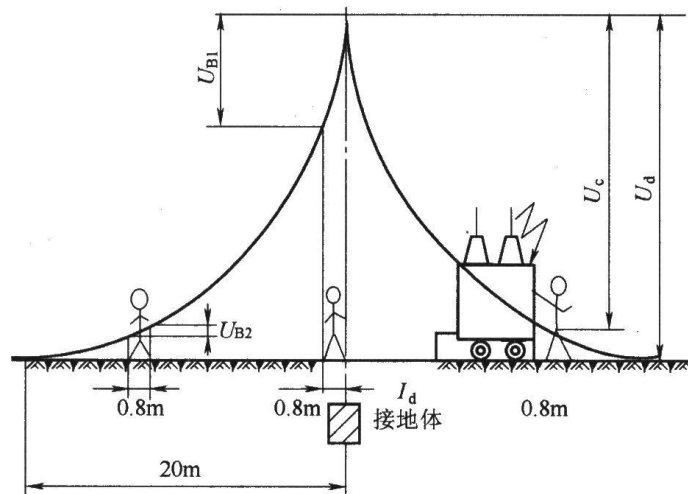


(c)

两相触电



跨步触电



(二) 安全电压 (如下表)

额定值	空载上限值
42	50
36	43
24	29
12	15
6	8

(交流有效值)

一般为交流30mA，超过此，视为对人体不安全，具有伤害到人身。试验表明：直流、交流，高频电流触电对人体的危害程度各有不同，而以50~60Hz电流以对人体的危害最为严重。

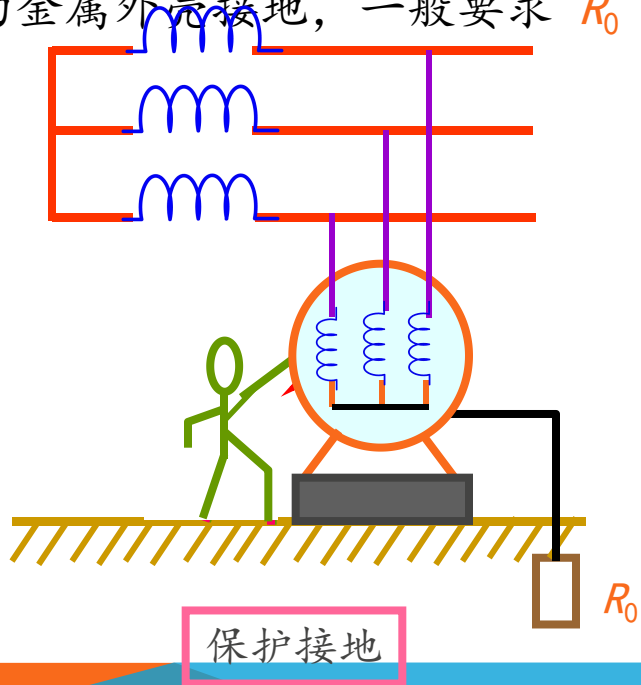
(三) 触电急救

1. 人工呼吸法
2. 胸外心脏挤压法

(四) 安全防护技术及应用

1. 保护接地

保护接地适用于电源中性点不接地的三相三线制供电系统中。将电气设备的金属外壳接地，一般要求 R_0 小于 $4\ \Omega$ 。

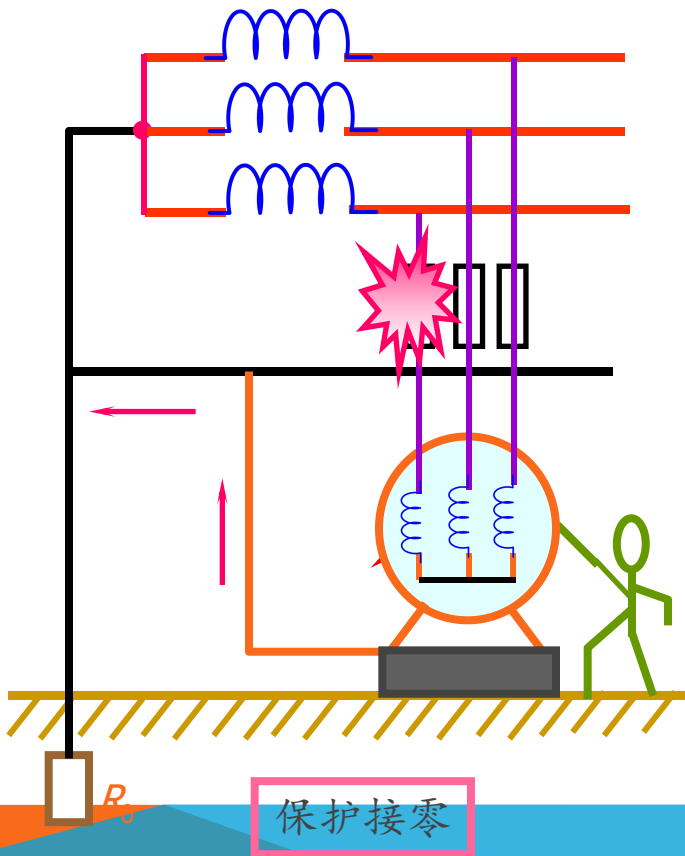


(1) 当出现漏电或一相碰壳时，外壳未接地，此时人体触及外壳时相当于单相触电。

(2) 由于采用了保护接地，当出现漏电或一相碰壳时，外壳对地电压接近为零，故人体触及外壳时比较安全。

2. 保护接零

将电气设备的金属外壳接到零线(中性线)上。

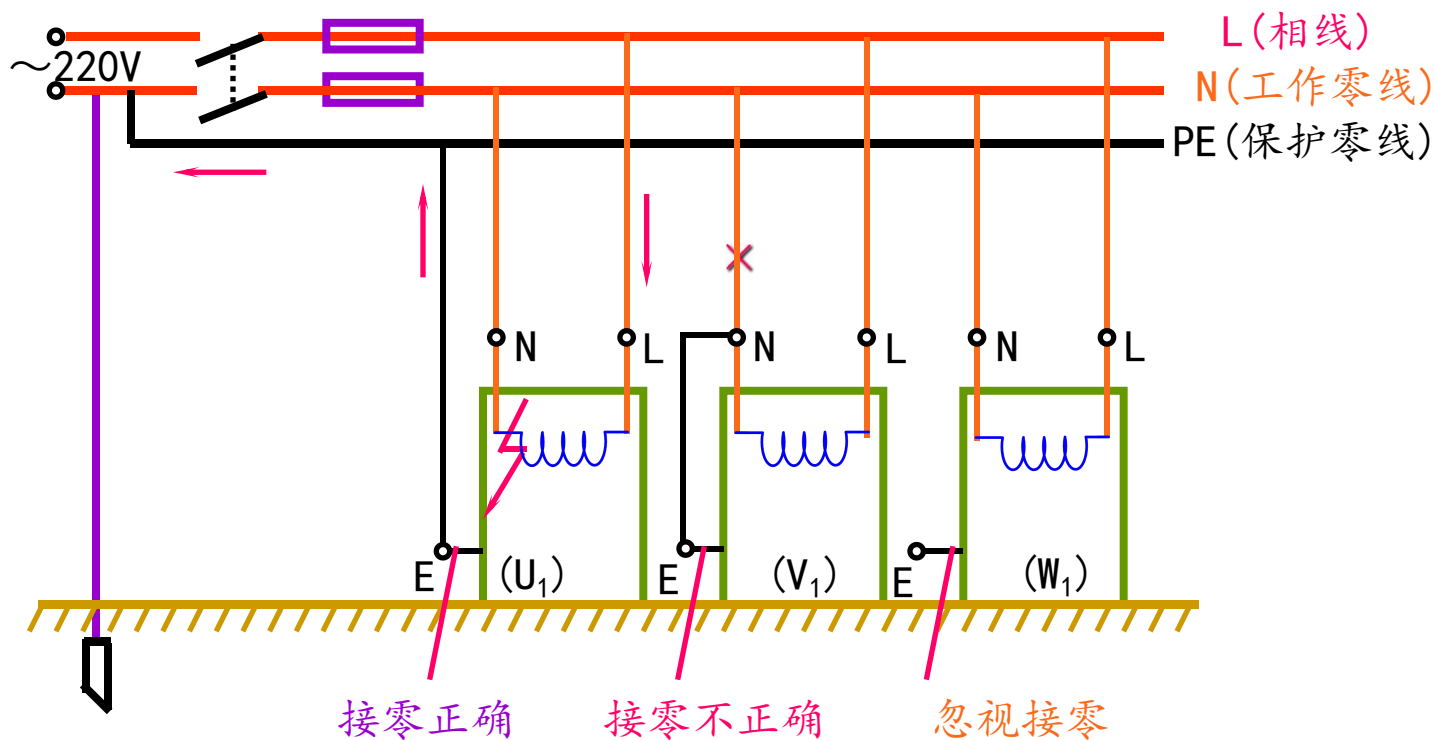


适用于电源中性点接地的三相四线制供电系统中。

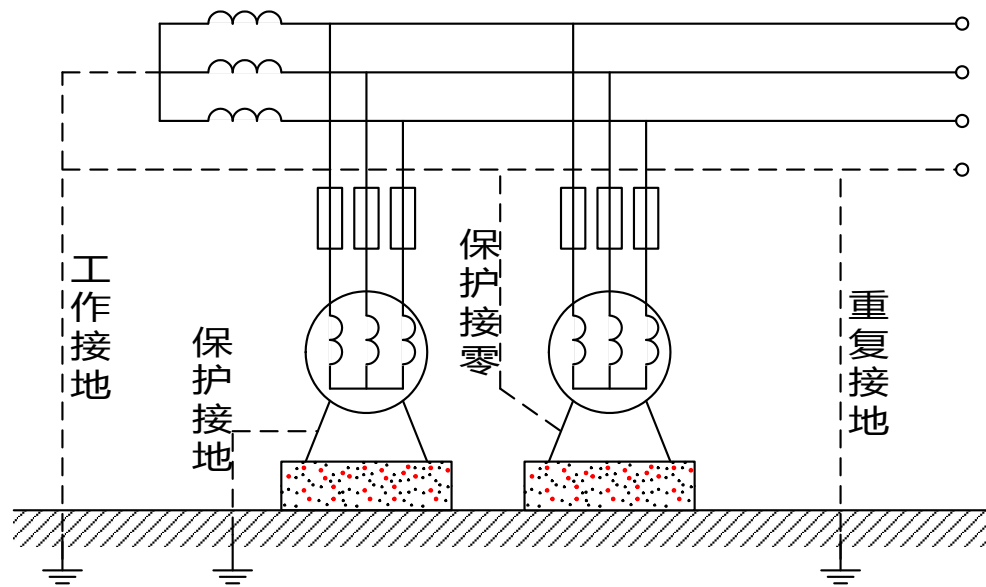
由于外壳与零线连接，当出现漏电或一相碰壳时，就形成单相短路或接近短路，接于该相线上的短路保护装置或过流保护装置便会动作，迅速切断电源消除触电危险。

此时通过人体电流很小。

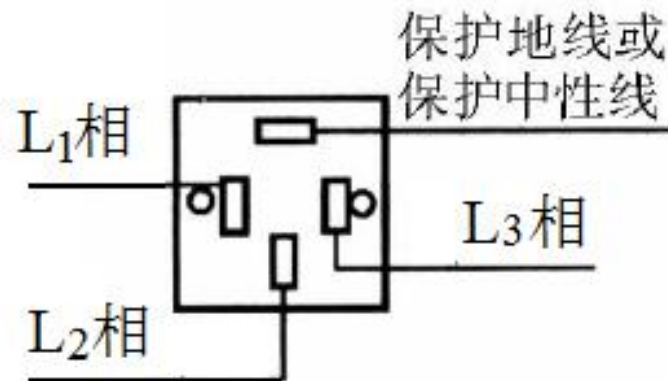
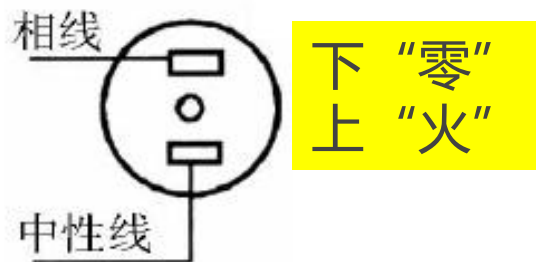
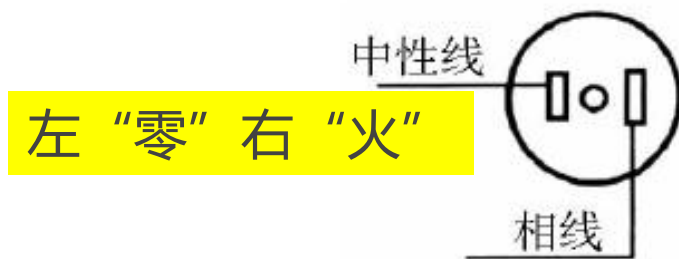
工作零线与保护零线



为了确保设备外壳对地电压为零，专设**保护零线** PE。
单相用电设备也要保护接零



插座、插孔极性连接法





为了防止电路中电流过大(用电器的总功率过大,称为**过载**,或者发生了**短路**现象)损坏电器设备,导线过热,甚至导致火灾,电路中必须装有**熔断器**。

带电灭火

二氧化碳灭火器、干粉灭火器、四氯化碳灭火器、1211灭火器

六、常用电工工具和仪器仪表

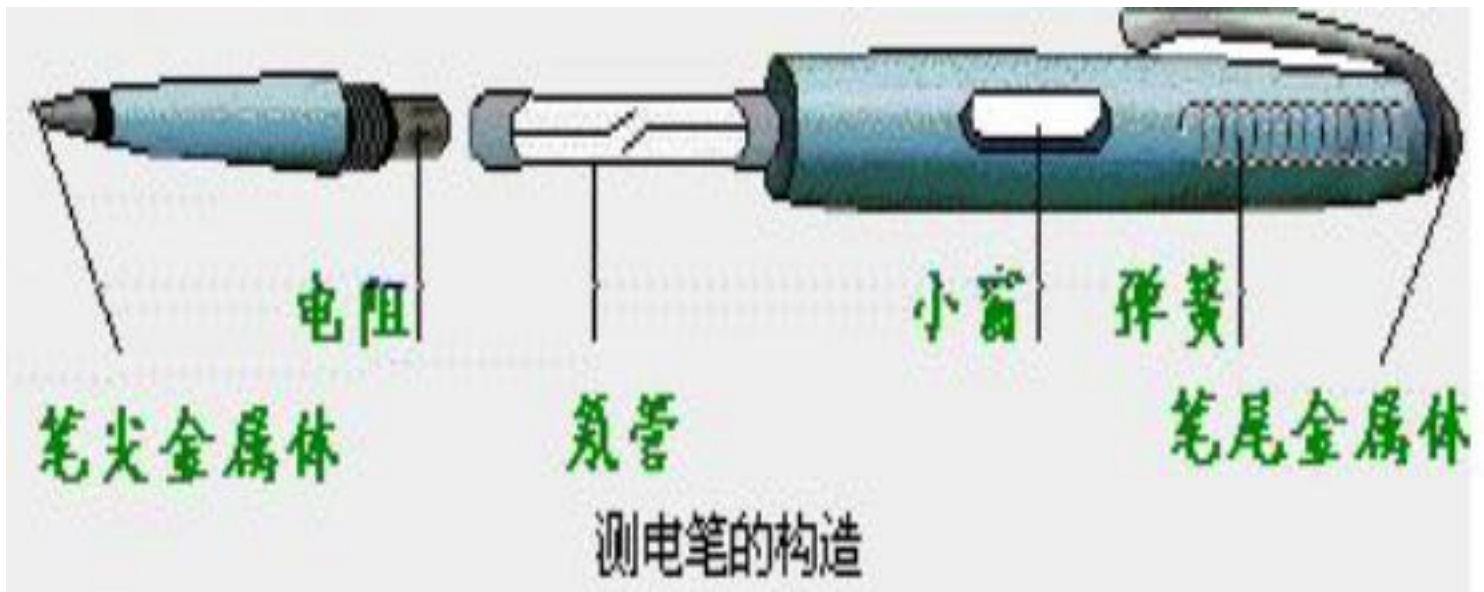
1. 常用电工工具

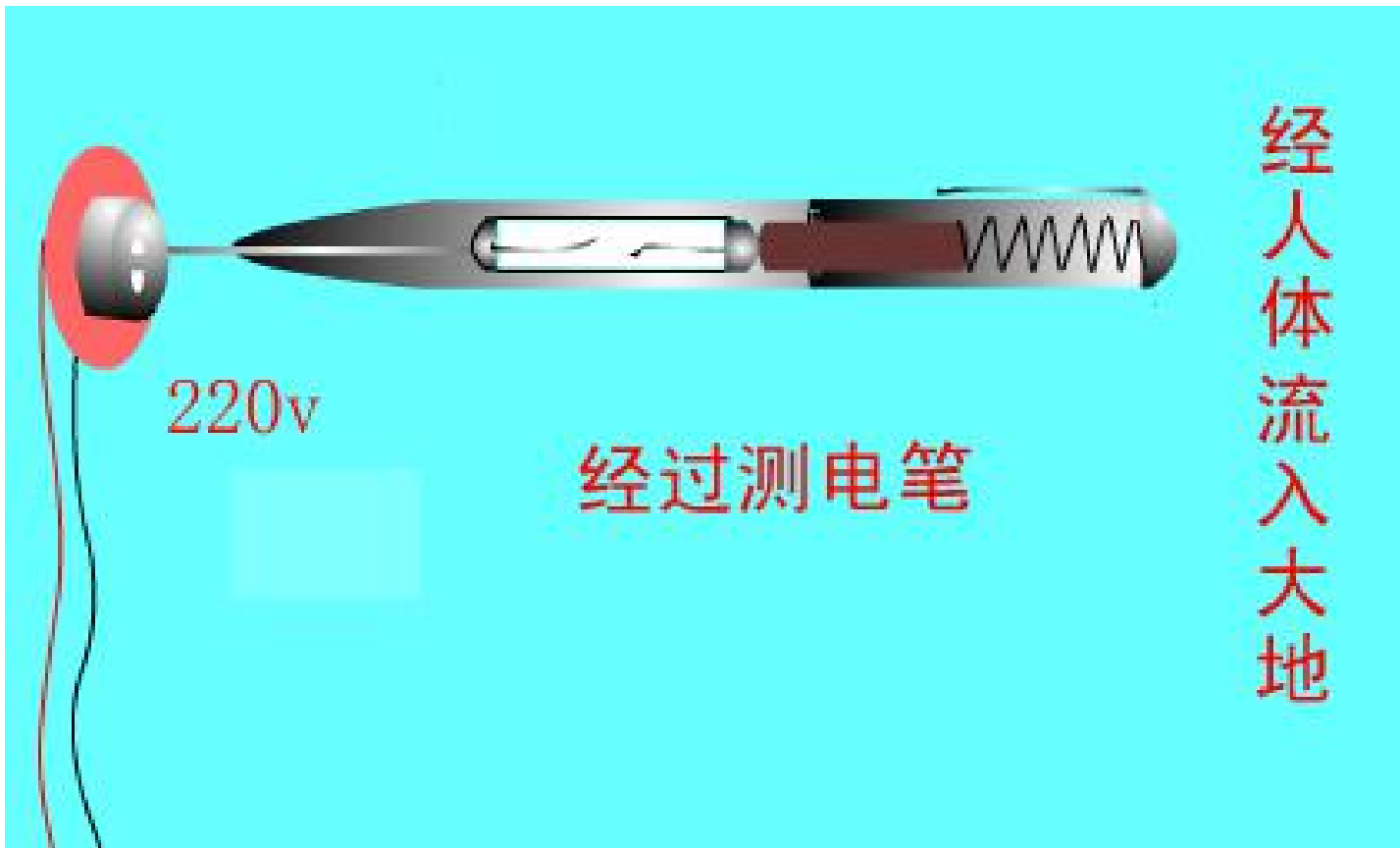
电工工具是电气操作的基本工具，工具不合规格、质量不好或使用不当，都将影响施工质量、降低工作效率，甚至造成事故。电气操作人员必须掌握常用电工工具的结构、性能和正确的使用方法。

(1) 验电笔

作用: 辨别火线与零线

使用时手一定要接触笔尾金属体, 如果氖管(辉光管)发光, 接触的是火线, 如果氖管(辉光管)不发光, 表示接触的是零线。

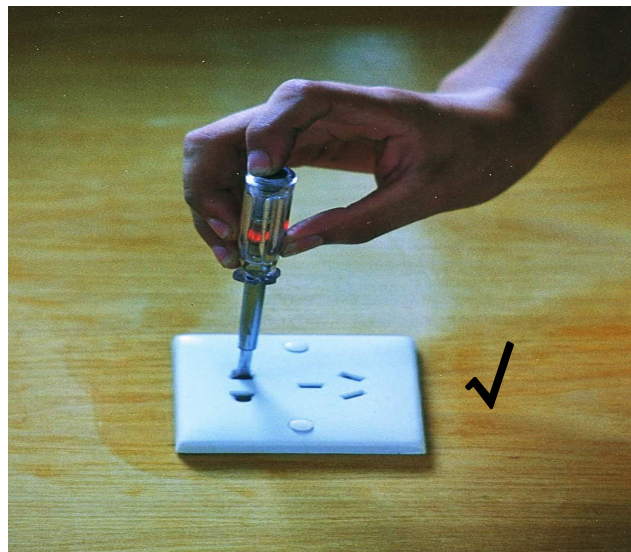
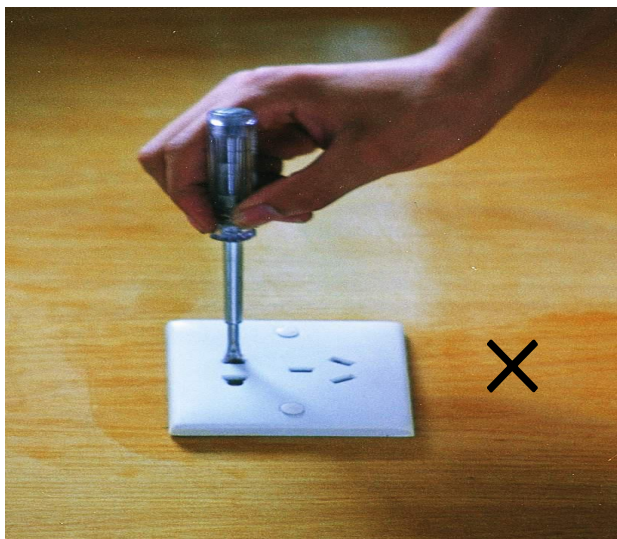








1. 螺旋刀式 2. 钢笔式 A. 笔尖金属体 B. 电阻 C. 氖管 D. 弹簧 E. 笔尾金属体



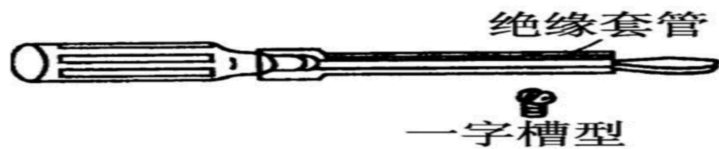
使用方法及现象：
手触笔尾金属体；
笔尖金属体触火线时氖管发光，
触零线时氖管不发光

火线：使氖管发光

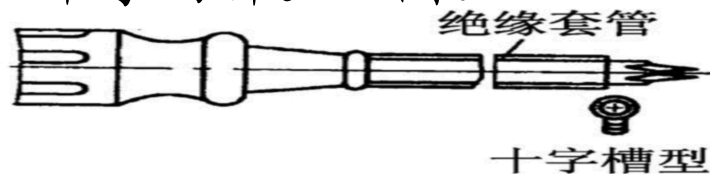
零线：氖管不发光

(2) 螺丝刀

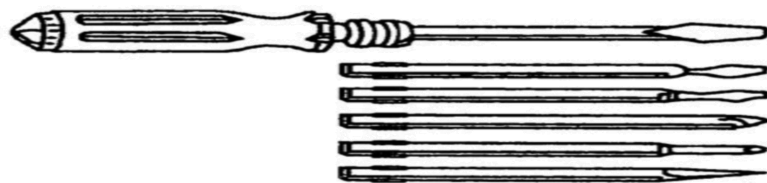
螺丝刀是拆卸或安装坚固螺钉的稳固工具（俗称起子）。根据头部可分为（平头）一字或（梅花）十字两种。如图：



(a) 一字形



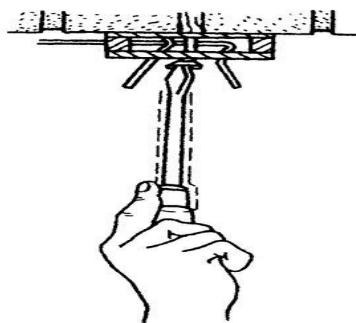
(b) 十字形



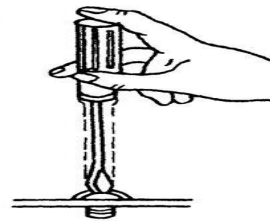
(c) 组合式

使用螺丝刀的注意事项：

不可使用金属杆直通柄顶的螺丝刀，因带电作业时容易引起电线短路及触电的危险。螺丝刀头部应与螺丝尾槽紧密结合，用力均匀、防止打滑损坏螺丝槽口。

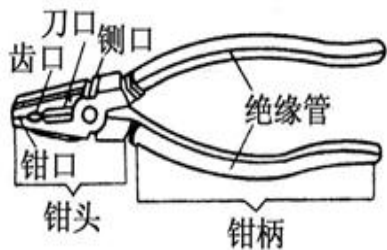
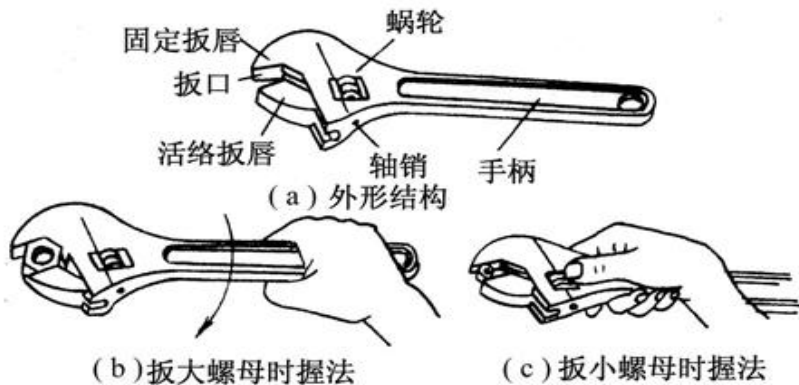


(a) 大螺丝刀用法

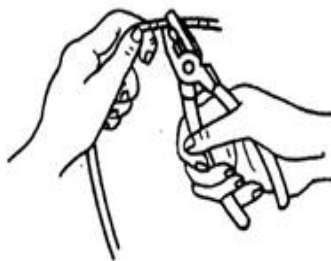


(b) 小螺丝刀用法

电工刀主要用来剖削和切割导线绝缘层及其它电工器材，电工刀一盘没有绝缘层，为安全起见禁止带电操作使用。电工刀的结构及使用方法如右图：



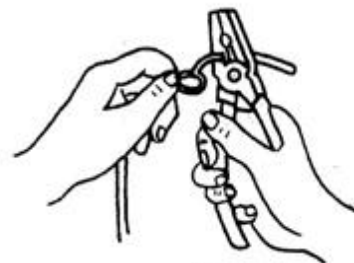
(a) 结构



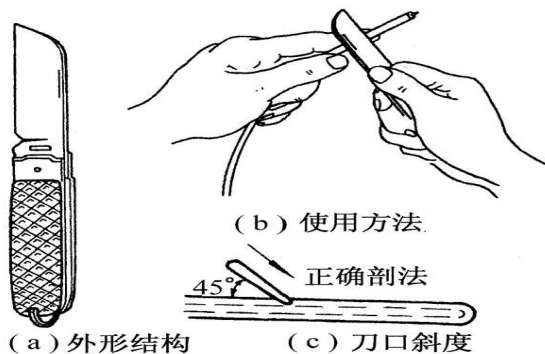
(b) 弯绞导线



(c) 紧固、拆卸螺母

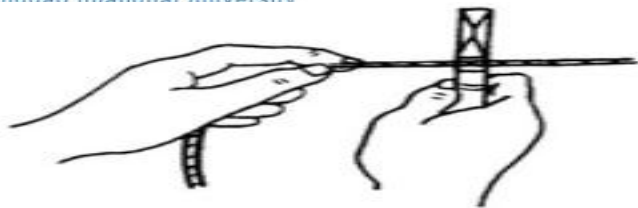


(d) 剪切导线



活动扳手使用：

活动扳手是紧固或松开螺母的工具，常用活动扳手的规格有：150mm×19mm、200mm×24mm、300mm×36mm等。使用方法如左图：



(e) 铡切钢丝



(f) 剥绝缘层

电工钢丝钳的使用：

电工钢丝又称克丝钳、老虎钳、俗称钳子，有铁柄和绝缘柄两种，电工应使用500V以上带绝缘柄的电工钳，其结构及用途如上图所示：

使用电工钳的注意事项：

① 使用前应检查钳子的绝缘状况，以免带电操作时发生触电事故。② 用钳子剪切导线时，若导线带电，应单根剪切以免发生短路故障。③ 带电作业时，手与钳子金属部份应保持2cm以上的距离，不得触到金属部份。

尖嘴钳的使用：

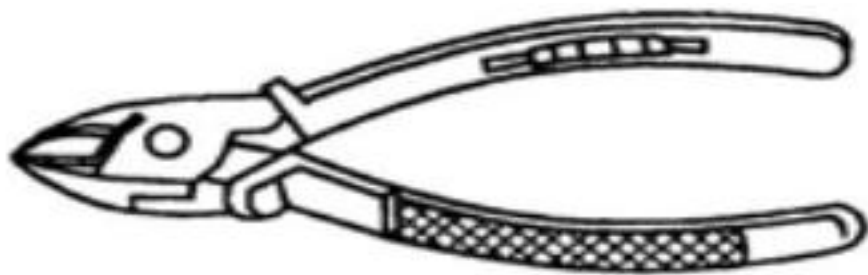
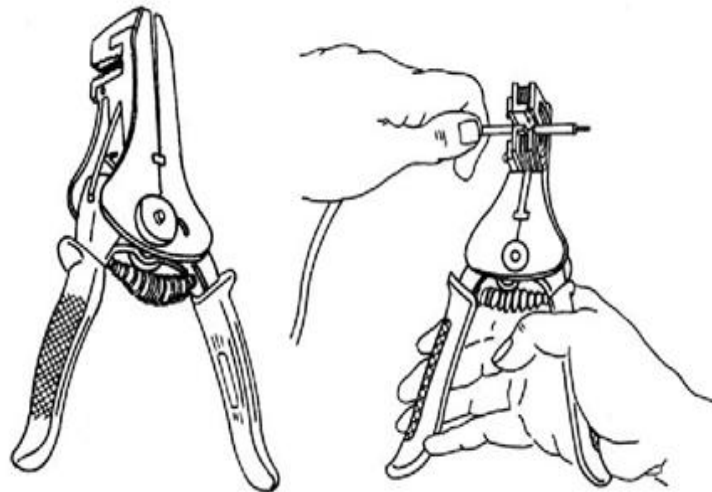
用法和钢丝钳基本一样，主要是用于狭小的操作空间。其结构如右图所示：



图 2-10 尖嘴钳

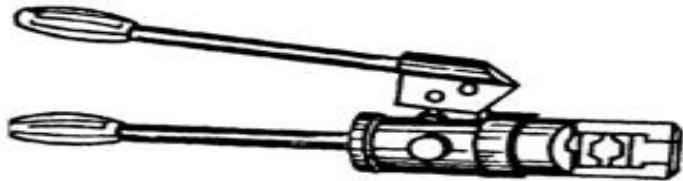
剥线钳的使用：

剥线钳是用来剥除截面积为4平方以下导线端头的绝缘层的专用工具，剥线有0.5~3mm的多个切口，使用时应注意选择切口直径，使切口与导线匹配，否则达不到理想的切口效果。结构及使用方法如右图所示：

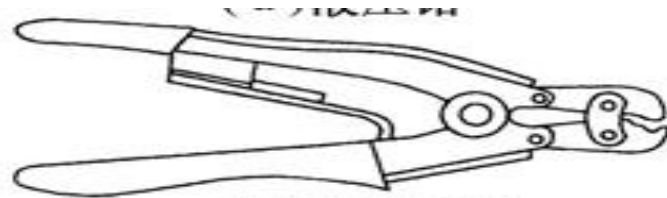


斜口钳的使用：

斜口钳又称断线钳，主要用来剪断导线。其结构如左图所示：



(a) 液压钳



(b) 手动压钳

压线钳的使用：

压线钳分为手动压钳和手动液压钳两种，用于导线或电缆的连接，不同规格的导线应用不同规格的铜线耳端子或铜线直通进行连接。液压钳及手动压线钳的结构如上图：

手电钻及冲击电钻：

电钻分为手电钻和冲击钻两种，将钻头装好后可在建军筑物或工件上钻孔，普通手电只能旋转无冲击动作，适用于工件上无冲击的转孔工作。冲击电钻有旋转也有冲击动作，可在建筑墙体或水泥板上钻孔，视功率大小可钻6厘或20厘等孔径。其外型结构如右图：



(a) 普通电钻



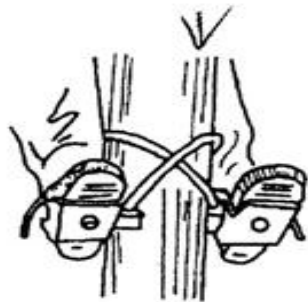
(b) 冲击电钻

脚扣及安全带的使用：

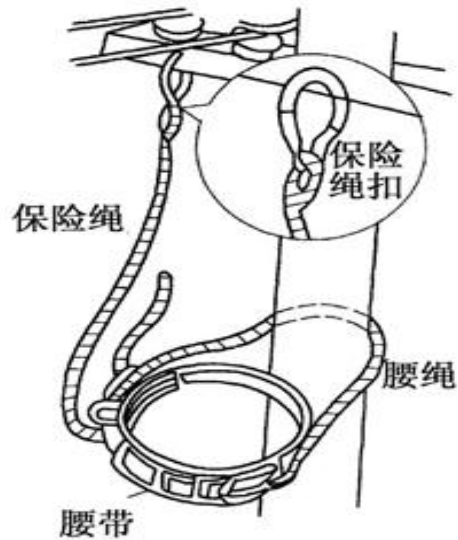
脚扣及安全带是电工登杆及高空作业时的必备工具，脚扣一般和安全带配合使用，脚扣分木杆脚扣和水泥杆脚扣两种，由脚和防弧形扣环组成，可调节扣环大小。安全带由腰带和保险带组成，高空作业时一定要扣好安全带方可进行作业，而且安全带不可以扣在可移动的物体或梯子上，脚扣及安全带的结构使用如下图所示：



(a) 脚扣

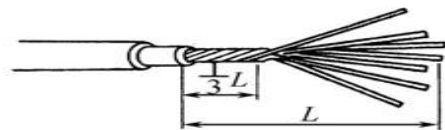


(b) 脚扣定位方法



(c) 安全带

导线的正确连接方法



(a) 部分芯线散成伞状



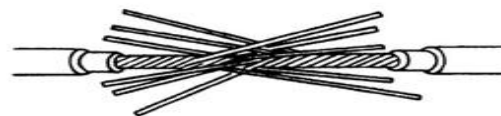
(c) 放平对叉的线头



(e) 向右平直一组线头



(g) 扳起第三组缠绕



(b) 线头隔根对叉



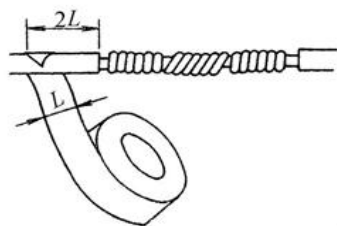
(d) 扳起一组缠绕两圈



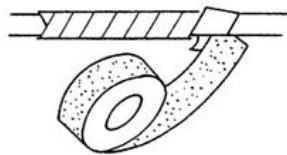
(f) 扳起第二组缠绕两圈后向右平直



(h) 去除多余线头并钳平



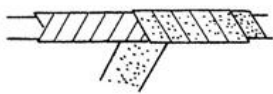
(a) 黄蜡带包缠起点选择



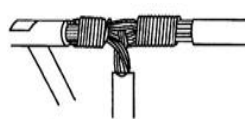
(b) 用斜叠法每圈压叠带宽1/2包缠



(c) 黄蜡带末端接黑胶带



(d) 用斜叠法反方向包缠黑胶带



(a)



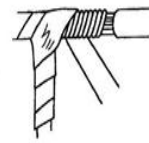
(b)



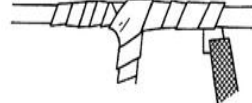
(c)



(d)



(e)



(f)

2. 常用电工仪器仪表

电工仪表：

电工仪表主要用于测量线路电流、电压、电阻、电能、功率及电器线路安全，在电器线路故障检修起到重大作用。仪表有万用表、钳型电流表、欧表、接地电阻测量仪等。

电工仪表的分类：

按测量方法可分为比较式和直读式两类。

按被测量的种类可分为电流表、电压表、功率表、频率表、相位表等。

按电流的种类可分为直流、交流和交直流两用仪表。

按工作原理可分为磁电式、电磁式、电动式仪表等。

按显示方法可分为指针式（模拟式）和数字式。

指针式仪表用指针和刻度盘指示被测量的数值；

数字式仪表先将被测量的模拟量转化为数字量，然后用数字显示被测量的数值。

按准确度可分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5和5.0共7个等级。


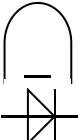
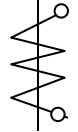
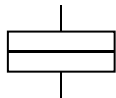
(1) 按照被测量的种类分类

被测量的种类	仪表名称	符号
电流	电流表	A
	毫安表	mA
电压	电压表	V
	千伏表	kV
电功率	功率表	W
	千瓦表	kW
电能	电度表	kWh

(1) 按照被测量的种类分类

被测量的种类	仪表名称	符号
相位差	相位表	φ
频率	频率表	f
电阻	欧姆表	Ω
	兆欧表	$M\Omega$

(2) 按照工作原理分类

型式	符号	被测量的种类	电流的种类与频率
磁电式		电流、电压、电阻	直流
整流式		电流、电压	工频及较高频率的交流
电磁式		电流、电压	直流及工频交流
电动式		电流、电压、功率、功率因数、电能量	直流及工频与较高频率的交流

(3) 按照电流的种类分类

电工测量仪表可分为直流仪表、交流仪表和交直流两用仪表。

电工测量仪表上的几种符号

符号	意义
—	直流
~	交流
~ —	交直流
3 ~ 或 ≈	三相交流
⏚ 2 kV	仪表绝缘试验电压 2000 V
↑	仪表直立位置
→	仪表水平位置
∠60°	仪表倾斜 60° 放置

2. 常用电工仪器仪表

(1) 万用表

万用表可测量多种电量，虽然准确度不高，但是使用简单，携带方便，特别适用于检查线路和修理电气设备。



(2) 数字万用表

数字万用表可用于测量交直流电压、电流，也可测量电阻、电容和半导体的一些参数等。



(3) 交流毫伏表

- 毫伏表是用于测量正弦交流信号电压大小的电压表，其读数为被测电压的有效值。



(4) 数字多用表

台式数字多用表及表笔线



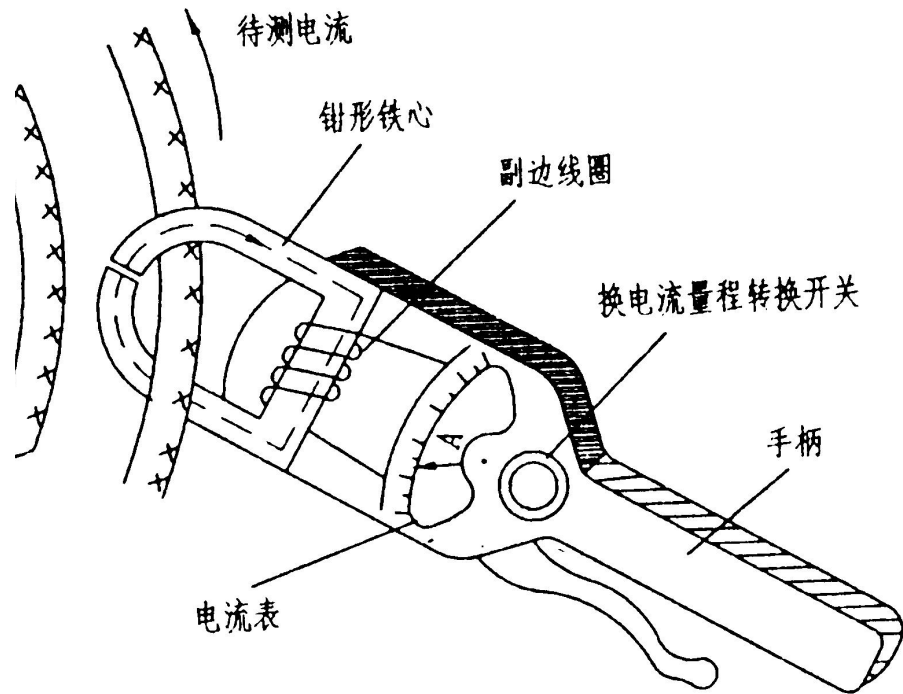
功能：测量电压、电流、电阻；
所测电压、电流信号可以是直流（DC），也可以是交流（AC）；
交流信号测量值为有效值；

测量电阻时需要用DC方式。

使用步骤：

- 1 选择测量电压？电流？还是电阻？
- 2 选择AC还是DC方式。
- 3 选择合适的量程。不知道量程可从最大选取，量程选择小了会显示闪烁00000

(5) 钳形电流表



(6) 摇表

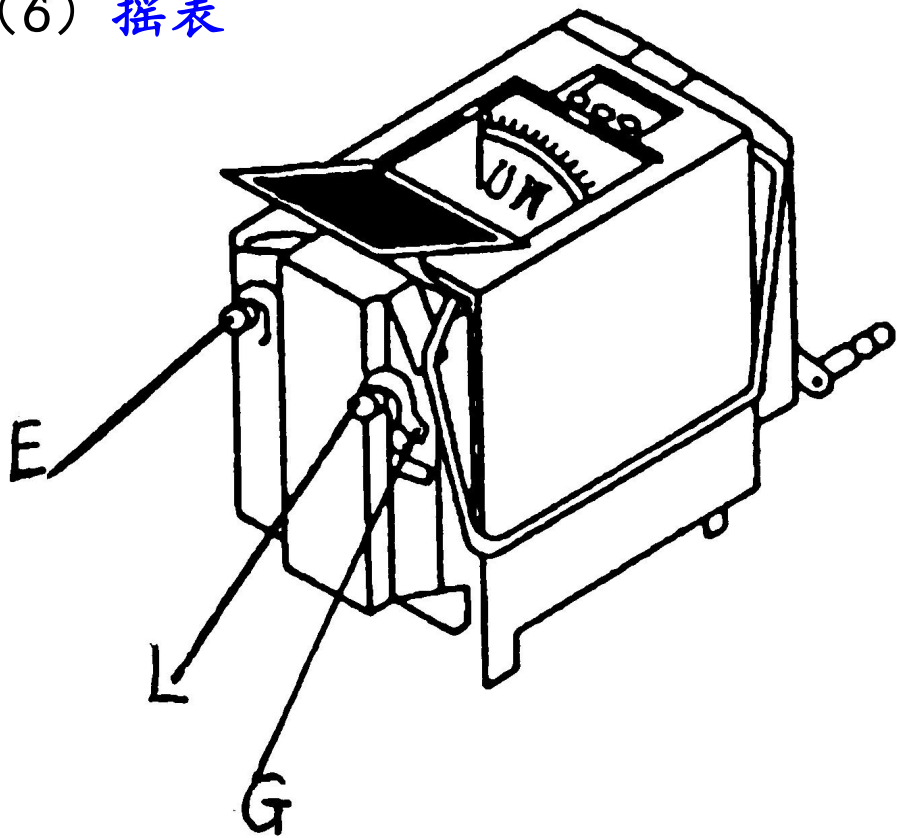
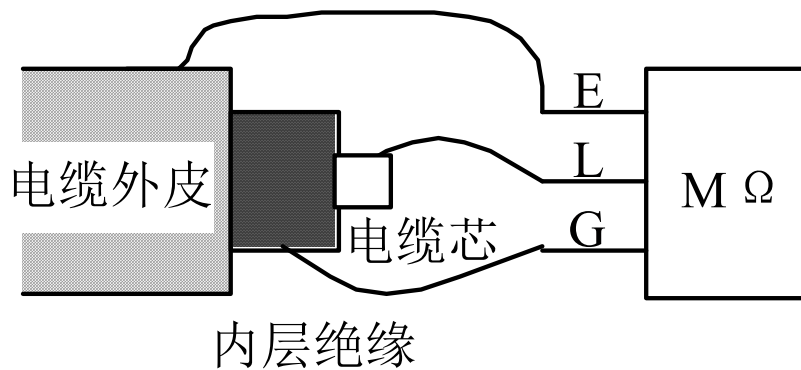


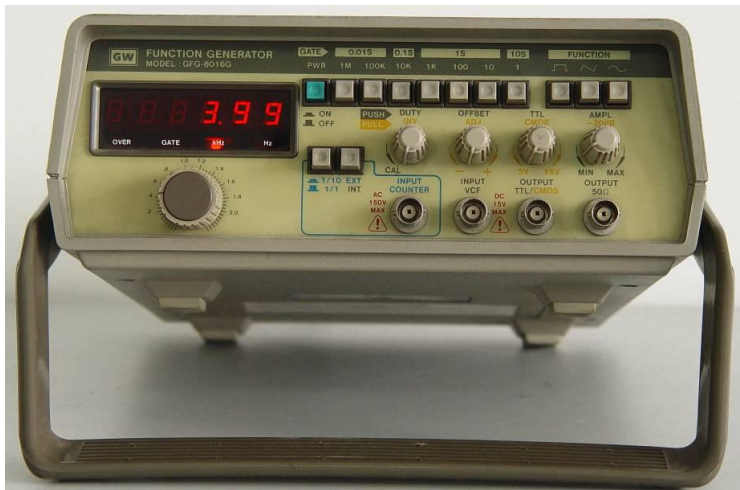
图3.6 兆欧表

兆欧表的接线端钮有3个，分别标有“G（屏）”、“L（线）”、“E（地）”。被测的电阻接在L和E之间，G端的作用是为了消除表壳表面L、E两端间的漏电和被测绝缘物表面漏电的影响。在进行一般测量时，把被测绝缘物接在L、E之间即可。但测量表面不干净或潮湿的对象时，为了准确地测出绝缘材料内部的绝缘电阻，就必须使用G端，图示为测量电缆绝缘电阻的接线图。



(7) 函数信号发生器

函数 / 信号发生器



功能：产生信号（正弦波、三角波、方波）输出；

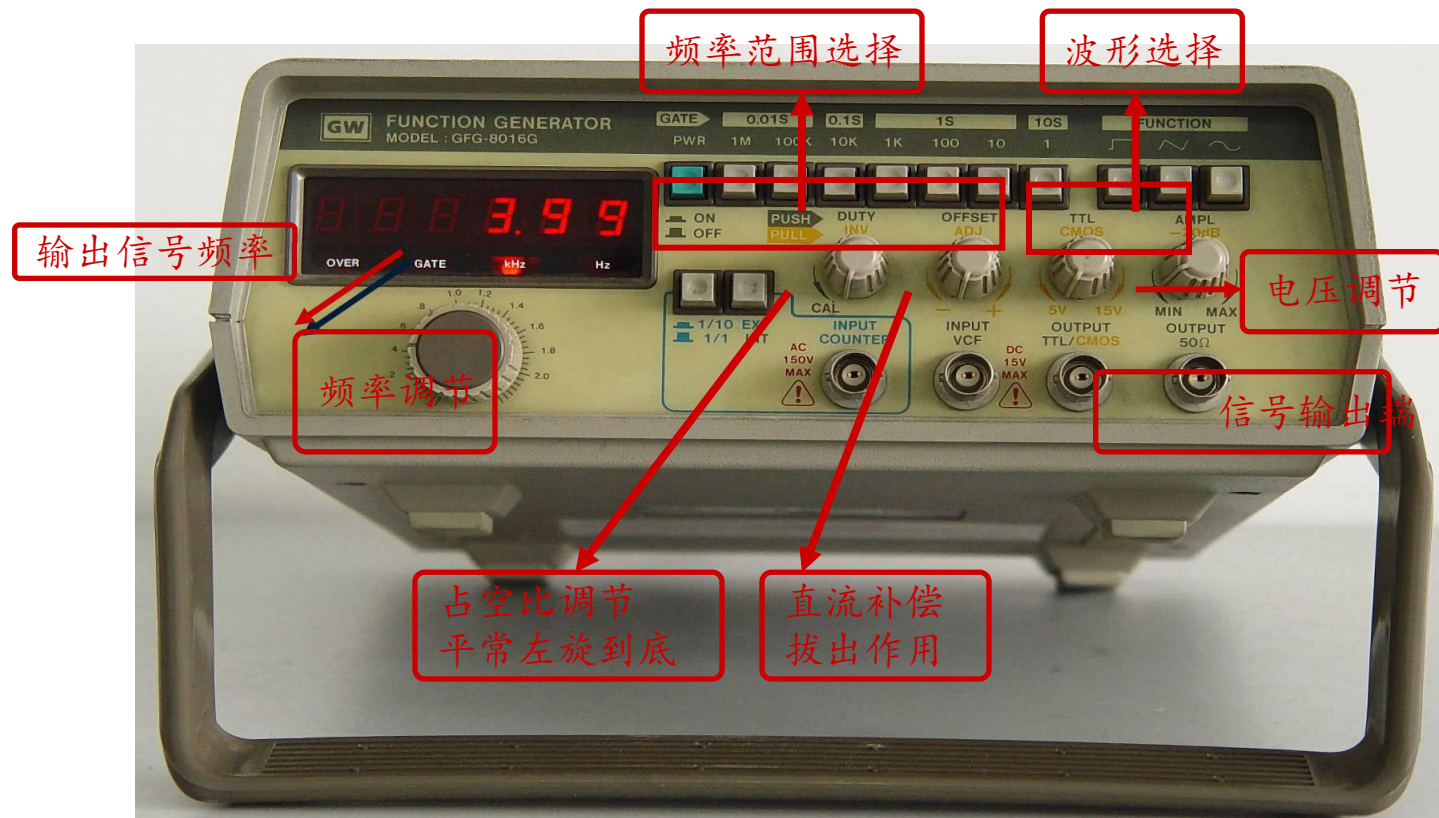
使用步骤：（根据需要）

- 1 选择信号波形；
- 2 选择信号频率范围，再调节频率；
- 3 调节信号电压；

本仪器在A303、A305、A307室使用。

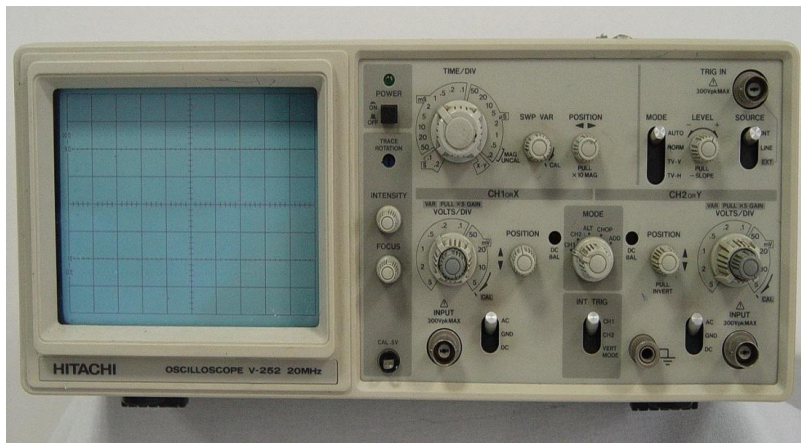
注意：

屏幕显示数字为输出信号频率值；
调节频率时注意duty旋钮左旋到底；



(8) 模拟示波器

示波器



功能：显示外接信号波形（可以同时显示两路信号）。

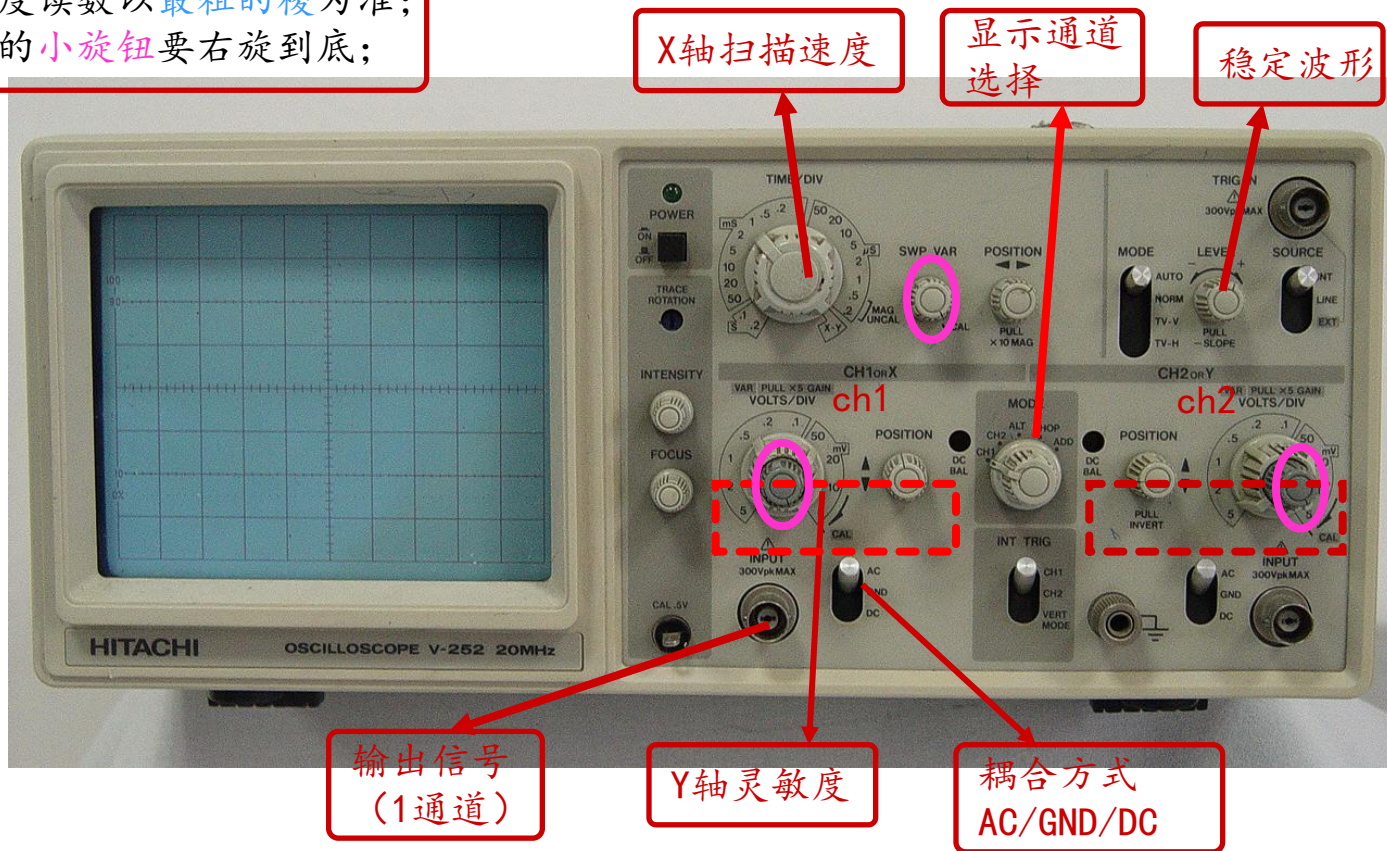
使用步骤：

- 1 信号接入示波器通道；
- 2 根据接入通道选择显示通道；
- 3 耦合方式先选GND定扫描基线，再根据信号选择AC或DC；
- 4 调节Y轴灵敏度和X轴扫描速度使屏幕波形大小、周期合适；
- 5 若不稳定，调节稳定波形旋钮；

注意：

示波器只显示外接信号波形；
本身不产生信号；

注意：刻度读数以最粗的棱为准；
三个相应的小旋钮要右旋到底；



(9) 数字示波器

用于观察各种电信号的波形并测量电压的幅值、频率和相位

等综合参数的测量仪器。

