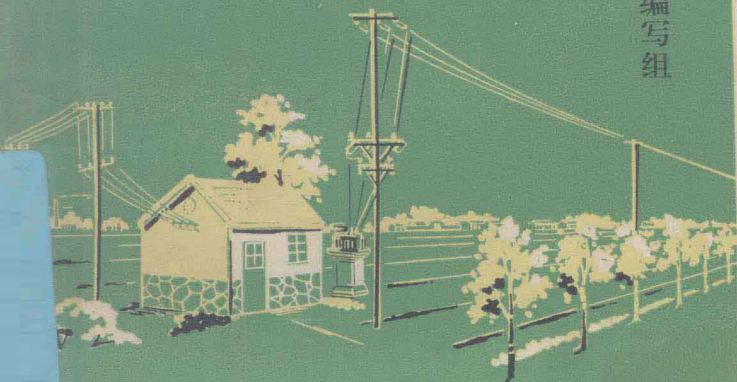


农业机械化丛书

# 农村电工培训教材

★农村电工培训教材编写组



电力工业出版社

农业机械化丛书

---

# 农村电工培训教材

《农村电工培训教材》编写组

电力工业出版社

## 农村电工培训教材

《农村电工培训教材》编写组

(根据水利电力出版社纸型重印)

\*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷一厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 13.625印张 303千字

1975年10月北京第一版

1980年5月新一版 1980年5月北京第一次印刷

印数 1450731—1551730册 每册 0.85元

书号 15036·4037

## 出版说明

这本教材是为了适应农村电气化事业的蓬勃发展，满足各地培训农村电工的需要而编写出版的。

在编写过程中，我们请吉林、辽宁、河北、山东、江苏、浙江、广东等省电业部门派出有关同志参加编写初稿。以后又请旅大电力学校、长春电力学校根据旅大电力学校农电班部分学员的意见和辽宁省金县部分农村大队电工的意见，进行了修改和补充。我们曾用本教材修改稿在河南省扶沟县崔桥公社电工学习班上进行了试讲。在试讲过程中，对本教材修改稿进行了座谈讨论，学员们提出了很好的修改补充意见。随后我们又征求了广东省三水县、增城县部分农村电工对该稿的修改补充意见。

本教材在编写过程中，得到了许多单位和有关同志的大力支持和协助，我们表示衷心的感谢。

各地在使用本教材的过程中，发现缺点、错误之处，请及时提出批评指正。

水利电力出版社

1975年8月

## 重 印 说 明

这本书已列入《农业机械化丛书》。这次重印，封面已按《农业机械化丛书》统一封面要求作了更换；对已发现的错误和不妥之处，作了修改，请读者注意。

各地在使用本教材过程中，发现错误，请及时提出批评指正，以便再版时修订。

水利电力出版社

1977年4月

# 目 录

## 出版说明

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一章 电工学基本知识 .....      | 1   |
| 第一节 电能的产生 .....        | 1   |
| 第二节 电流、电压和电阻 .....     | 6   |
| 第三节 串联和并联 .....        | 17  |
| 第四节 电功率和电能 .....       | 24  |
| 第五节 电和磁的关系 .....       | 30  |
| 第六节 交流电路 .....         | 45  |
| 第七节 常用电工仪表 .....       | 65  |
| 复习题 .....              | 79  |
| 第二章 配电变压器 .....        | 82  |
| 第一节 变压器的构造和工作原理 .....  | 82  |
| 第二节 变压器的选择 .....       | 95  |
| 第三节 变压器台 .....         | 98  |
| 第四节 变压器的保护装置 .....     | 106 |
| 第五节 配电盘 .....          | 114 |
| 第六节 变压器的运行 .....       | 130 |
| 复习题 .....              | 135 |
| 第三章 低压配电线路 .....       | 137 |
| 第一节 低压架空线路的基本结构 .....  | 137 |
| 第二节 低压架空线路的简单设计 .....  | 152 |
| 第三节 低压架空线路的施工 .....    | 163 |
| 第四节 低压架空线路的运行和检修 ..... | 191 |
| 第五节 地埋线 .....          | 199 |
| 复习题 .....              | 202 |
| 附 录 地埋线故障探测仪 .....     | 203 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第四章 屋内外布线</b> .....        | 209 |
| 第一节 接户线和进户线 .....             | 209 |
| 第二节 屋内外布线的简单设计 .....          | 215 |
| 第三节 屋内外布线的施工 .....            | 224 |
| 第四节 常用照明设备 .....              | 234 |
| 第五节 照明线路的常见故障 .....           | 241 |
| 复习题 .....                     | 243 |
| 附 录 高压杀虫灯接线图(带低压触电保安装置) ..... | 244 |
| <b>第五章 三相鼠笼式异步电动机</b> .....   | 246 |
| 第一节 电动机的构造和工作原理 .....         | 246 |
| 第二节 电动机和传动装置的选择 .....         | 262 |
| 第三节 电动机的起动设备 .....            | 276 |
| 第四节 电动机的安装 .....              | 294 |
| 第五节 电动机的运行和维护 .....           | 304 |
| 第六节 电动机的检修 .....              | 313 |
| 第七节 电动机绕组和故障 .....            | 321 |
| 复习题 .....                     | 350 |
| <b>第六章 水 泵</b> .....          | 351 |
| 第一节 水泵的基本知识 .....             | 351 |
| 第二节 水泵的选型配套 .....             | 370 |
| 第三节 水泵的安装和使用 .....            | 385 |
| 复习题 .....                     | 391 |
| <b>第七章 安全用电</b> .....         | 393 |
| 第一节 触电和触电伤害 .....             | 393 |
| 第二节 发生触电事故的原因和预防措施 .....      | 399 |
| 第三节 触电急救 .....                | 407 |
| 第四节 安全用具 .....                | 417 |
| 第五节 低压触电保安器 .....             | 420 |
| 复习题 .....                     | 429 |

# 第一章 电工学基本知识

## 第一节 电能的产生

### 一、物体的带电

电灯通电会发光，电动机通电会旋转，打雷的时候可以看到闪电，这些都是我们常见的电现象。

物体为什么会带电呢？要说明这个问题，必须从物质的微观结构谈起。

自然界的物质多得数不清。每种物质都是由肉眼看不见的很多微粒组成的，这些微粒叫做分子。分子又是由更小的原子组成的。

原子是由原子核和电子组成的。不同的原子有不同数目的电子。例如铜原子有29个电子，铝原子有13个电子。这些电子沿着不同的轨道，分层围绕着原子核，以很快的速度不停息地旋转着，就象行星围绕太阳旋转一样。图 1-1 表示铝原子的电结构。

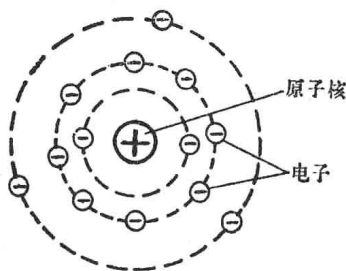


图 1-1 铝原子的电结构

电是客观存在的物质。原子核和电子都是带电的，但它们所带的不是同一种电。原子核所带的电是正电（用符号“+”表示），电子所带的电是负电（用符号“-”表示）。实验证明，带正电的物体和带负电的物体互相吸引；两物体带



同一种电时，互相排斥。在原子中，原子核带正电，电子带负电，所以电子受原子核的吸引；这种吸力就象一条看不见的细绳把电子和原子核连在一起，让电子围绕着原子核旋转。

铜和铝等原子最外层的电子和原子核拉得不紧，电子比较容易脱离原来的轨道，在物体的分子或原子之间自由运动，这些电子叫做自由电子。含有自由电子多的物体叫做导体。塑料和陶瓷等原子的电子和原子核拉得很紧，电子很难脱离原来的轨道，这类物体叫做绝缘体。

物体在正常情况下，原子中各电子所带负电的总量和原子核所带正电的总量相等，这种状态叫做中和。原子在中和状态时，原子核和电子对外界带电体的作用力的大小相等、方向相反，使带电物体既不能被拉动，也不能被推动，所以正常情况下的物体对外界不呈现电的性质。

原子由于受到外力的影响以致失去或得到电子时，物体对外界就呈现出电的性质。两种物体相互摩擦可以产生电子的转移：一种物体失去电子，结果使正电多于负电，物体就带正电；另一种物体得到电子，结果使负电多于正电，物体就带负电。物体摩擦所产生的电，积聚在物体表面静止不动，这种电叫做静电。孤立的新架设的电力线路（没有同杆架设的其它电力线路，并且附近也没有其它电力线路），在两端没有接通电源、导线也不接地的情况下，在干燥有风天气，也有可能带电，并且电压也可能相当高；这就是空气和导线摩擦所产生的静电。为防止触电，在登杆作业时应该先验电。如果有电，应该把导线接一下地，把静电放出去。

如图1-2所示，在带正电物体的附近放一个原来不带电的导体。在带电体的影响下，导体中的自由电子会发生移

动，导体表面也会带电：靠近带电体的一侧带负电（和带电体的电符号相反），远离带电体的一侧带正电（和带电体的电符号相同）。这种由于带电体影响而使导体表面带电的现象，叫做静电感应。

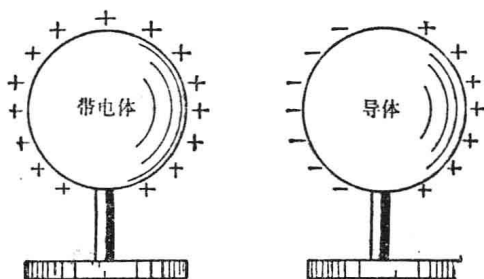


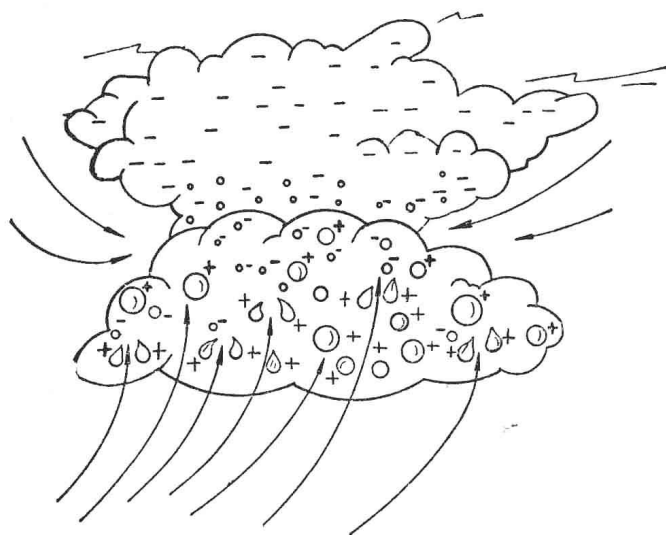
图 1-2 静电感应

在自然界里，大气中的水点被上升的气流吹动，分裂成为大小不同的水珠。在快速分离过程中，大、小水珠便会带有不同符号的电（观测证明：大水珠带正电，小水珠带负电），并且在不同的地方积聚成为带电的雷云。带电的雷云也可以使地面上的物体感应带电。这样发展下去，带正、负电的雷云之间，或雷云与大地之间，就会发生激烈的放电，使正、负电荷中和，这就产生了雷电（图1-3）。

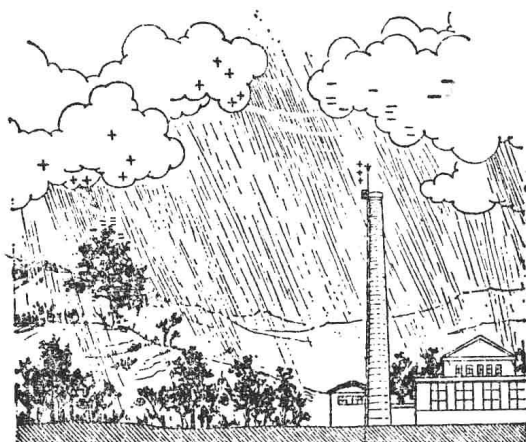
知道物体怎样带电以后，有许多电现象就比较容易分析了。

## 二、电力系统简单介绍

电灯和电动机用的电一般都是发电机产生的。在火力发电厂里，煤或石油在炉膛里燃烧发出热能；锅炉里的水受热后变成蒸汽；蒸汽推动汽轮机的叶片使汽轮机转动；汽轮



(a)



(b)

图 1-3 雷电的形成

(a) 雷云的带电过程; (b) 雷电现象

机带动发电机发出电能。在水力发电厂里，水流使水轮机转动；水轮机带动发电机发出电能。

把许多发电机互相连接起来向用户供电，就构成电力系统。

工农业生产上用的电，几乎都是电力系统供给的。在电力系统里，先用升压变压器把发出来的电压升高（升到35千伏、110千伏、220千伏或更高），再用输电线路把各地的发电机连成网，然后把电能送到降压变压器，最后把电压降低到380伏和220伏，分送到各个低压用户。图1-4是电力系统的部分示意图。

电力对于发展国民经济有很重要的意义；因此，我们应当经常注意经济合理供用电，宣传安全用电常识，防止事故，使电力很好地为社会主义革命和社会主义建设服务。

## 第二节 电流、电压和电阻

### 一、电 流

水往一定方向移动就形成水流。电子有规则地移动就形成电流。电流虽然看不见，但是能用电流表测量出来。电路没有接通电源以前，导体里的自由电子有的往这边跑，有的往那边跑，运动很不规则，没有统一的方向，不能形成电流。只有接上电源，使自由电子朝着统一的方向运动，才能在导线里形成电流。

那么电子究竟是怎样从发电机那里跑到电动机这里来的呢？我们知道，在导线里有很多自由电子，这些自由电子就和钢管里装满玻璃球相似。如果从钢管的一头用力推进一个玻璃球，这个玻璃球便会撞动它前面的玻璃球；被撞的玻璃球

又撞动它前面的玻璃球；这样一个接一个地撞过去，最后便从钢管那头出来一个玻璃球。这个过程进行得非常快，一个玻璃球从钢管这头刚进去，另一个玻璃球就立刻从钢管那头出来了。电子在导线里前进的情况和玻璃球在钢管里前进的情况很相似：合上开关以后，在发电机的作用下，发电机不断地把它的电子推到电线的一端里去；而在电线的另一端，发电机又不断地把电线里的电子拉回来。于是电线里的电子就立刻朝着统一的方向运动，它们象排着很长的队一样互相推拥着前进；电子前进的速度并不很快，但是合上开关以后，在电线中立刻就产生了电流。

顺便指出，发电机和变压器本身并没有装着大量的电子，它们的作用仅仅是促使电子运动。这一点和水泵的作用很相似，水泵中也没有装着大量的水，它只是起着把水从水泵的入口吸上来，再从水泵的出口送出去的作用。

电流的大小用每秒钟内通过导体横截面的电量来表示。计算电量的单位叫做库伦（简称库）。一库就是 625 亿亿个电子的电量。计算电流大小的单位叫做安培（简称安）。如果每秒钟内通过导体横截面的电量是一库，这个电流就叫做 1 安。有时需要用千分之一安作为测量小电流的单位，这个单位叫做毫安。1 安=1000 毫安。为书写简便，常用符号  $A$  表示安培，用符号  $mA$  表示毫安。

关于电流的方向：人们最初不知道哪种电会移动，就把正电移动的方向规定为电流的方向。后来才知道，带正电的原子核并不移动，电流是由带负电的电子移动形成的。所以原来规定的电流方向恰好和电子的移动方向相反。可是这样规定并不影响对电流的分析和计算，也不影响对电流的测量，所以现在仍把正电移动的方向叫做电流的方向。

电流有直流和交流两种。方向和大小不变的电流叫做直流。方向和大小按着一定规律变化的电流叫做交流。干电池、蓄电池、直流发电机产生的电流是直流。交流发电机产生的电流是交流。用交流的主要原因是容易改变电压。

## 二、电位、电压和电势

### 1. 电位和电压

前面讲过，要在导体中产生电流，只靠导体本身的自由电子是不够的，还必须有一定的外界条件。我们还是用水作对比。

在图1-5(a)里，渠道里的水位比田里的水位高，打开闸门以后，渠道里的水就向田里流动。水流动的原因是两处水位不同，它们之间有水位差，或者说顺水流的方向有水压。两处的水面相平以后，水压就消失，水流也就停止。

带电体也有电位高低的差别。但是电位和水位有原则上的区别。水位不同是指水在空间的位置不同，并且以海平面作为比较位置高低的标准。电位的高低和带电体的空间位置没有关系。电位的高低只决定于物体带电的正负和带电的多少，并且规定大地的电位是零，作为比较电位高低的标准。带正电物体的电位叫做正电位；所带正电越多，电位越高。带负电物体的电位叫做负电位；所带负电越多，电位越低。正电位比大地电位高，负电位比大地电位低。和水流的道理相似，导体两端间必须有电位差，才能迫使自由电子朝着一定的方向运动。电位差又叫做电压。在图1-5(b)中，正负两个带电体接通以后，在电压的作用下，电流就会从电位高的那个带电体通过电流表，流到电位低的那个带电体，使电流表的指针偏转。两个带电体的电位相等以后，电压就消

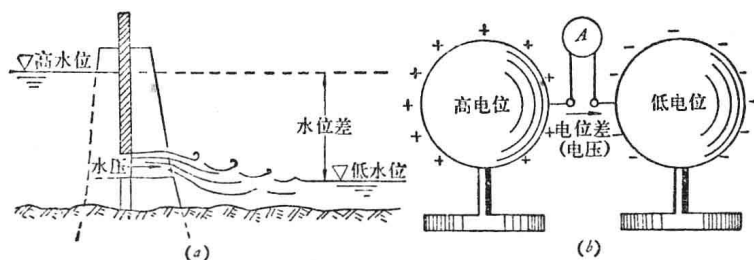


图 1-5 水压和电压

(a) 水压示意图; (b) 电压示意图

失，电流也就停止。

电压的单位是伏特（简称伏），用符号 $V$ 表示。通常用千伏（ $kV$ ）作为测量高电压的单位；用毫伏（ $mV$ ）作为测量低电压的单位。1 千伏=1000伏；1 伏=1000毫伏。

## 2. 电源的电势

我们知道，水泵的作用是把水从低处送到高处。干电池、蓄电池、发电机的作用和水泵很相似，可以把电子从一个极转移到另一个极（图1-6）。积累正电的一极叫做正极，积累负电的一极叫做负极，正极的电位比负极的电位高。不接外电路，电源正负两极之间的电位差（可用电压表测量）叫做电源的电动势（简称电势）。电势是电源转移电子能力大小的标志。

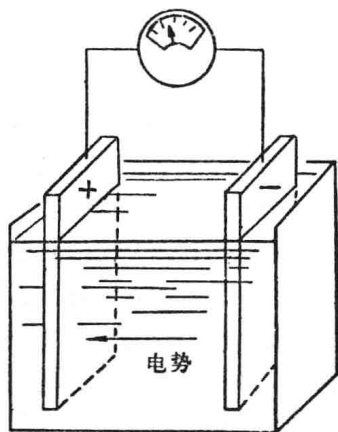


图 1-6 电势示意图

通常用符号  $E$  表示电势。电势的单位和电压的单位相同，也是伏。

电压和电势也有直流和交流两种。

### 三、电 阻

#### 1. 电阻的形成

水在水管里流动，会受到管壁和其它障碍物的阻力。电子在导体里移动时，要克服原子核的吸力，还会碰撞其它电子和原子，导体对电流的这种阻碍就形成电阻。

不但电源以外的电路有电阻，电源本身也有电阻。电源本身的电阻叫做电源的内电阻（简称内阻）。

在电路中，电阻是客观存在的。做电线的时候，我们希望电阻小一些；做电热丝或电阻器的时候，我们希望电阻大一些；这就需要选择合适的材料。

做绝缘子或者包扎绝缘的时候，我们需要足够大的电阻，防止电子从一个导体跑到被隔离的另一个导体中去。这种电阻很大，叫做绝缘电阻。

电阻的单位是欧姆（简称欧），用符号  $\Omega$  表示。测量大电阻用千欧（ $k\Omega$ ）或兆欧（ $M\Omega$ ）作单位。1千欧=1000欧。1兆欧=1000千欧=1000000欧。

#### 2. 导体和绝缘体

我们在工作中接触到不少导电材料和绝缘材料，现在就对导体和绝缘体加以分析。

铜、铝等金属的原子中有许多自由电子，传导电流的能力强。酸类（例如装在蓄电池里的硫酸）和盐类（例如食盐）的溶液里也有许多带正电或带负电的微粒，这些微粒叫做离子。离子能在溶液里自由运动，因此这些溶液也有良好的导



电性能。所以，铜、铝等金属和酸类及盐类的溶液叫做良导体。平常所说的导电材料就是指良导体说的。含有杂质的水、人体、潮湿的土壤和墙壁、钢筋混凝土电杆以及其它潮湿的物体也能导电，但是导电的性能比较差。这些物体虽然也是导体，但不是良导体。

陶瓷、橡胶、塑料、油漆、玻璃、云母以及干燥的空气、干燥的木材、纸张、棉纱等物体，几乎不能导电，这些物体叫做绝缘体。

导体和绝缘体的电阻相差很多。大致说来，截面是100平方毫米、10公里长的铜、铝、铁等金属条的电阻只有几欧姆。截面同样是100平方毫米、1毫米长的绝缘体的电阻就可以达到1000兆欧。

还有一种物体叫做半导体。半导体的导电性能比导体差、比绝缘体强。例如截面是100平方毫米、1毫米长的半导体锗的电阻大约是6欧。

我们可以根据物体的不同电气特性，做成各种各样的电工材料。例如，用铜或铝制造裸导线或绝缘导线。用陶瓷做绝缘子或瓷横担。用半导体制造晶体管。

应该指出，好的绝缘体也不是绝对不导电。如果在绝缘体的两面加上电压，就可以从绝缘体中流过微小的电流（若干毫安），这种电流叫做泄漏电流。如果绝缘体承受的电压越高、绝缘体的温度越高、越潮湿、越不清洁，通过绝缘体或它的表面的泄漏电流就越大。

另外，物体的绝缘性能并不是固定不变的。在一定的条件下，绝缘性能也会发生变化。例如空气在正常情况下不导电，但是当带电体之间的距离很近或带电体之间的电压很高时，空气也能导电。拉开关时在触头间所产生的电弧就是空