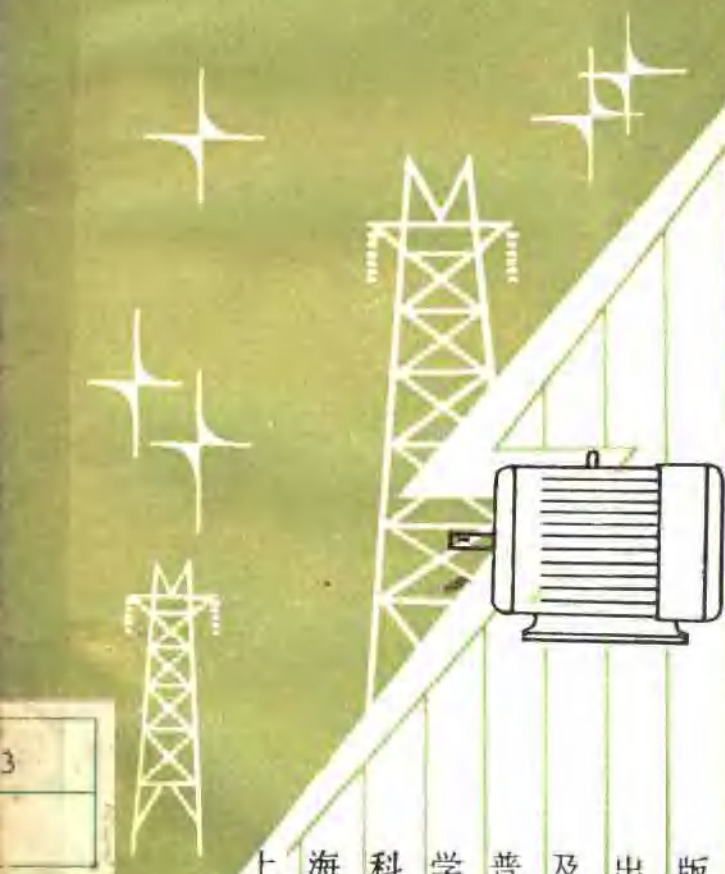


工人技术培训教材

电工常识

DIAN GONG CHANG SHI



上海科学普及出版社

责任编辑：卫 工

封面设计：周仁良

电 工 常 识

上海市劳动局第三技工学校编

上海科学普及出版社出版发行

（上海曹杨路500号）

各地新华书店经销

上海科学普及出版社太仓印刷分厂印刷

开本787×1092 1/32 印张2.75 字数64000

1987年4月第1版 1988年9月第2次印刷

印数 10500—33500本

ISBN7-5427-0007-3/TM·2 定价：0.90 元

前 言

为了配合工人技术理论培训需要，我们参照机械部最新制订的初级技术理论培训教学计划、教学大纲和上海市劳动局技工培训处一九八六年六月制订的教学大纲提出的要求，组织编写了这本适用于初级冷加工培训的教材。

该教材也可供热加工和其他工种作为电的基础教学教材，在编写中我们注意了工人培训特点，文字力求通俗易懂，内容少而精，强调在实际中应用。全书授课时数约36学时。

本书由吴德孚同志编写，林和明同志审稿。经上海市劳动局培训处同意，作为工人技术培训推荐用书。

由于时间仓促，故编写中难免有欠妥之处，请在使用中提出宝贵意见，以便进一步修改完善。

上海市劳动局第三技工学校

一九八七年二月

目 录

第一章 电的基础知识	1
第一节 电荷	1
第二节 电的基本概念	2
第三节 交流电的基本概念	8
第二章 变压器和电动机	23
第一节 变压器	23
第二节 电动机	29
第三章 常用低压电器和电气控制线路简介	49
第一节 低压电器	49
第二节 电气控制线路简介	65
第四章 安全用电一般知识	72
第一节 安全用电措施	72
第二节 电流对人体的作用	76
第三节 触电原因和触电方式	77
第四节 常用电动工具的安全使用方法	79

第一章 电的基础知识

第一节 电 荷

自然界的一切物质都是由分子组成的，而分子又是由原子组成。每一个原子都是由一个带正电荷的原子核和在原子核周围运动的带负电荷的电子所组成。通常状态下，原子核带的正电荷和核外电子所带负电荷的总和是相等的，因此原子对外不显电性。当物体由于某种外界作用（如摩擦），破坏了原子核和电子的平衡条件时，使物体失去或得到电子而带电，失去电子的物体就带正电，获得电子的物体就带负电。

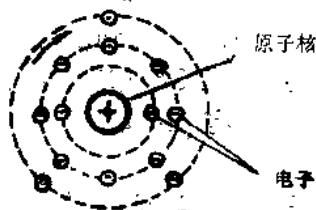


图1—1 铝原子结构图

有些物质（如金属、碳等）的原子核外的部分电子，容易摆脱原子核的吸引，离开自己的运动轨道，在原子之间窜行，这种电子叫做自由电子。在平常情况下，金属中虽然有大量的自由电子，但它们只是作无规则的机械运动，不会形成电子流。

表示物体所带电荷的多少叫做电量。电量的单位是“库仑”。

1库仑 $= 6.25 \times 10^{18}$ 个电子的电量

第二节 电的基本概念

一、电流、电压和电阻

1. 电流 当人们给予一定的外加条件（加电压），迫使电子在导体内有规则的流动就形成电流。电流的方向习惯认为是由正极流向负极（实际电子流动的方向是由负极流向正极），如图1—2所示。

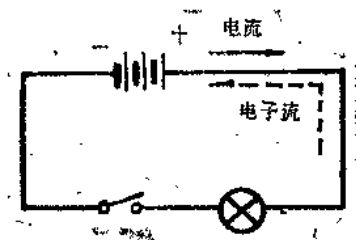


图1—2 电流的方向

电流的大小用电流强度（ I ）来表示，它的计量单位是“安培”（ A ）。较小的单位有“毫安”（ mA ）、微安（ μA ），它们的换算关系是：

1安培（ A ） $= 1000$ 毫安（ mA ）

1毫安（ mA ） $= 1000$ 微安（ μA ）

电流有两种，一种叫直流电，如干电池、蓄电池所产生的电流。一种叫交流电，如发电厂输送出来的电流。

2. 电位差、电动势和电压 当物体带有电荷时，该物体就具有一定的电位。通常将大地的电位作为零。物体带正电荷时，

它的电位比大地高，物体带负电荷时，它的电位就比大地低。电位的单位是“伏特”，简称“伏”。

用“电位差”或“电压”表示两物体或两点间的电位差别。

电压和电流一样，也有方向（即正负）。它的正方向是从电位高端指向电位低端，因此，在负载中电压的方向与电流的方向一致。

电压（电位差）的单位也是“伏特”（V）。常用的电压单位还有“千伏”（KV）、“毫伏”（mV）、“微伏”（ μV ）。

$$1\text{千伏(KV)} = 1000\text{伏(V)}$$

$$1\text{伏(V)} = 1000\text{毫伏(mV)}$$

$$1\text{毫伏(mV)} = 1000\text{微伏}(\mu V)$$

电动势存在于电源内部，它是衡量电源将正电荷从电源内部低电位端（负极）移向高电位端（正极）的本领的一个物理量。它的方向规定为在电源内部由低电位端指向高电位端，即由电源的负极指向正极。电动势的单位也是“伏特”。

3. 电阻和电阻的简单联接

比较容易传导电流的物体叫做导体。金属和合金都是导体。此外，大地、人体、石墨以及酸、碱、盐溶液也都是导体。金属中虽有大量的自由电子，但它们只作无规则的热运动，不会形成电流。当接上电源并且电路成闭合回路时，金属导体中的自由电子在电源电动势作用下作定向移动，才形成电流。

自由电子在金属导体中作定向运动时，会对金属中其它电子与原子核发生碰撞，所以电流在导体中流动要受到一定的阻碍作用，这种阻碍作用称为电阻。有的导体对电流的阻碍作用小，我们说导电能力好；有的导体对电流阻碍作用大，我们说导电能力差。

电阻用符号“R”表示，它的单位是“欧姆”，简称“欧”

(Ω)。测量大电阻值可用“千欧”(K Ω)或“兆欧”(M Ω)做单位。

$$1 \text{ 千欧 (K}\Omega\text{)} = 1000 (\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 1000000 (\Omega)$$

导体的电阻值与导体本身的性质(哪种材料)、粗细、长短、温度有关。各种导体在同样粗细(1毫米²)、同样长度(1米),在一定的温度下可以比较它们的电阻值大小,此时的电阻值称为电阻系数值(又叫电阻率)。见表1—1。

表1—1 常用金属的电阻系数(20°C)

材 料	电阻系数(欧·毫米 ² /米)
银	0.016
电线铜	0.017
铝	0.029
铸铁	0.5
黄铜(铜锌合金)	0.065
康铜(铜锡合金)	0.5
镍铬合金	1.1

导体的电阻与温度有关,一般金属导体,温度升高时其电阻值也增大。普通铜导线,当环境温度增加10°C时,电阻值要增加4%。

(1) 电阻的串联电路 两个或两个以上电阻依次相连,中间无分支的联接方式叫做电阻的串联电路。图1—3a是两个电阻的串联。

电阻的串联电路有下列特点:

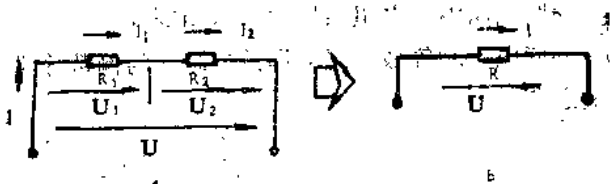


图1—3 两个电阻的串联

- 1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相同，即流过 R_1 、 R_2 中的电流都相同， $I = I_1 = I_2$ 。
- 2) 串联电路两端的总电压等于各电阻两端电压之和，即 $U = U_1 + U_2$ 。
- 3) 串联电路的等效电阻（即总电阻）等于各电阻之和，即 $R = R_1 + R_2$ （图1—3b）。

电路中串入电阻可使电路电阻增大，在电源电压不变时，可使电流减小。电动机在起动时串联电阻，就是利用这个道理降低起动电流。

(2) 电阻的并联电路 两个或两个以上电阻相应的两端分别联在一起，叫做并联。图1—4a是两个电阻的并联。

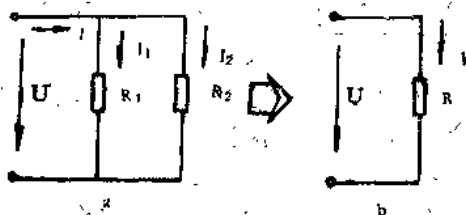


图1—4 两个电阻的并联

电阻的并联电路有下列特点：

- 1) 并联电路中的总电流等于各电阻中电流之和，即 $I = I_1 + I_2$ 。

2) 并联电路中各电阻两端的电压相等。

3) 并联电路的等效电阻(即总电阻)的倒数等于各并联电阻的倒数之和, 即:

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}。$$

并联电路的总电阻一定比任何一个并联电阻的阻值小。

电阻并联的应用非常广泛, 如工厂中工作电压相同的电动机、电炉、电烙铁、各种照明灯具都是并联使用。

二、部分电路欧姆定律

将电阻(R)用两根导线接到电源上, 则在电源电压(U)的作用下, 就有电流(I)通过电阻。这电阻代表用电器, 如电灯或者电烙铁、电炉等。如图1—5所示。如果电阻两端的电压变了, 电流会随着改变; 如果导体的电阻值变了, 电流也会随着改变。

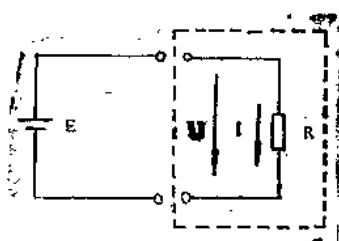


图1—5 部分电路

通过实验发现电阻中的电流, 跟电阻两端的电压值成正比, 跟电阻值成反比。这个结论称为部分电路欧姆定律, 用公式

$$I = \frac{U}{R}$$

表示。

式中: I —导体中的电流(安);
 U —导体两端的电压(伏);
 R —导体的电阻(欧)。

〔例〕已知某白炽灯的额定电压是220伏, 正常发光时的电阻为1210欧, 试求流过灯丝的电流。

解: $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1210} \approx 0.18$ (安)

〔例〕一只电炉, 接到220伏电压上, 电流为4.54安, 求电炉

电阻值。

$$\text{解: } R = \frac{U}{I} = \frac{220}{4.54} \approx 48(\text{欧})$$

三、电功和电功率

电流通过电动机会带动机器转动，电流通过电炉会发出大量的热，电流通过电灯会发光。电流通过用电器时，用电器就将电能转换成其它形式的能（如机械能、热能、光能等）。我们把电能转换成其它形式的能，叫做电流做功，简称电功，用符号 W 表示。

电功的大小与通过用电器的电流和加在用电器两端的电压和通电时间有关。

电流在一秒钟内做的功称电功率，用字母 P 表示。电功率常用的单位有瓦特（瓦）、千瓦。

$$1\text{千瓦} = 1000\text{瓦}$$

通常用电设备的容量就是指用电设备的电功率，也就是单位时间内消耗电能的多少。例如 $220\text{V}60\text{W}$ 的电灯，就表示接入 220V 电压时，电灯消耗的功率为 60瓦 。

在实际生产中电功常用的单位是“度”。1度表示功率为1千瓦的用电器使用1小时所消耗的电能。

$$1\text{度} = 1\text{千瓦} \times 1\text{小时} = 1\text{千瓦} \cdot \text{小时}$$

电度表（俗称火表）就是专门测量用电器在一段时间里消耗电能多少的仪表，它的计量单位就是用“度”（千瓦·小时）。

〔例〕某车间使用 25瓦 电烙铁 100 只，每天用电 6 小时，每月按 25 天计，问一个月用电多少度？

解：一个月用电多少小时：

$$25 \times 6 = 150\text{小时}$$

用电器的总功率合多少千瓦：

$$25 \times 100 = 2500 \text{ 瓦} = 2.5 \text{ 千瓦}$$

一个月用电:

$$2.5 \times 150 = 375 \text{ 千瓦} \cdot \text{小时} = 375 \text{ 度}$$

第三节 交流电的基本概念

一、电磁现象

1. 磁极、磁场和磁力线

能够吸引铁屑和铁块的物体叫做磁体（俗称吸铁石）。磁体分天然磁铁和人造磁铁两种。人造磁铁又可分为永久磁铁和暂时磁铁。常见的人造磁体有条形、蹄形和针形等几种，如图1—6所示。

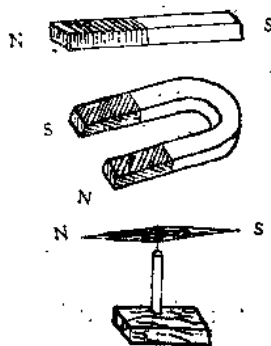


图1—6 磁铁的磁极

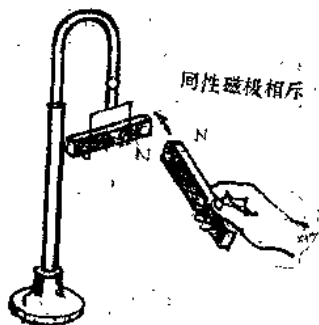


图1—7 磁铁的磁极

用条形磁铁或蹄形磁铁吸引铁屑，可以发现，磁铁两端吸引得较多。这说明磁体上的不同部位磁性的强弱不同，磁体上磁性最强的部分叫磁极。任何磁体都有两个磁极，而且不论怎样把磁体分割总保持两个磁极。磁体指南的一极叫做南极（S极），指

北的一极叫做北极（N极）。指南针就是小型的永久磁铁。同名磁极相遇相斥，异名磁极相遇相吸（如图1—7所示）。当用磁铁吸引铁屑时，在它附近的铁屑被吸引，离它远一些的铁屑，没有被吸引。这说明磁铁的磁力有一定的作用范围，磁力作用的范围称为磁场。为了形象化，我们用磁力线来表示磁场的分布情况（见图1—8）。

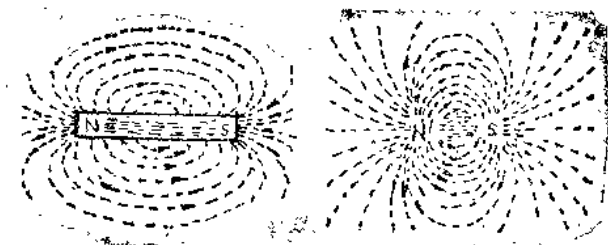


图1—8 磁力线

磁力线有以下几个特点：

- 1) 磁力线是形象化描述磁场分布情况的假想曲线；
- 2) 磁力线是闭合曲线，不中断，不相交；
- 3) 磁力线上任一点的切线方向，表示磁场在该点的方向（即N极的指向）；磁力线疏密程度表示磁场的强弱；
- 4) 磁力线有方向，规定为：在磁体外部由N极指向S极，在磁体内部由S极指向N极。

2. 电流的磁场

当电流在导线中通过时，导线的周围就有磁场产生。改变通过导线电流的大小，其周围磁场的强弱也跟着改变；改变电流的方向，其磁场的方向也改变。

直导线中通过电流时，产生的磁场方向可以这样来确定：用右手握住导线，让大拇指与弯曲的其余四指垂直，使大拇指顺着电流的方向，弯曲的四指的指向就是磁力线的方向（如图1—9所

示)。这就是直导线的右手定则。

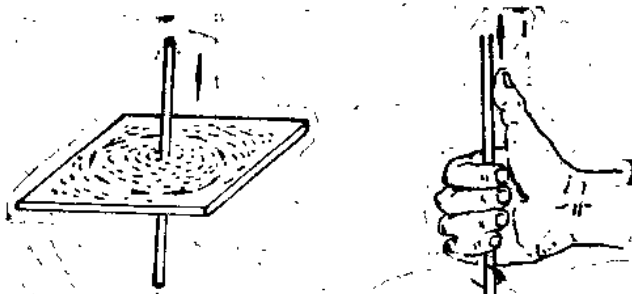


图1—9 通电直导线产生的磁场

为了获得较强的磁场，常将导线绕制成线圈，线圈中的电流与它产生的磁场方向也可用安培定则确定(如图1—10所示)。此时用右手握住线圈，弯曲的四指指向表示电流的方向，垂直于四指的大拇指指向是线圈磁力线的方向。

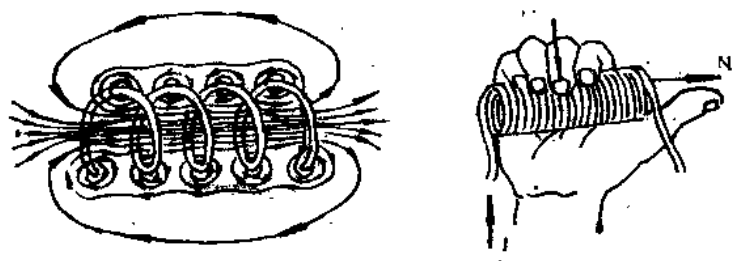


图1—10 通电螺线管产生的磁场

在螺线管中插入软铁芯，就构成电磁铁。电磁铁在通电时才显示磁性，电流切断，磁性消失。电铃、电话、起重磁铁以及自动设备等都应用了电磁铁。

二、电磁感应

1. 发电机右手定则 我们已经知道，电流周围存在磁场，但能不能通过磁场产生电呢？

将一根导线切割磁力线（即导线周围磁场发生变化），导线中就会产生感生电动势，这种产生感生电动势的方法叫做电磁感应。若把导线连成闭合回路，则在回路中就有感生电流。

感生电动势的方向是这样确定的：将右手摊平，大拇指与其余四指垂直，让磁力线穿过手心，大拇指指向导线的运动方向，则其余四指的指向就是感生电动势的方向（如图1—11）。这就是发电机右手定则。

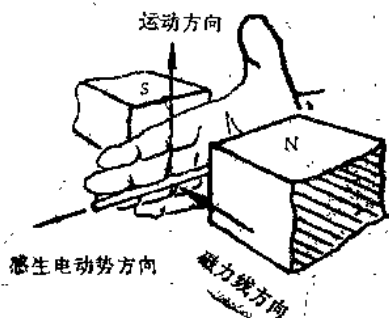


图 1—11 发电机右手定则

以电流（电流的大小在变动）来产生，那么，这根通了大小变动着的电流的导线中也会产生感生电动势。这种由于导线本身通过的电流变动而产生感生电动势的现象称自感现象，简称自感。由自感产生的感生电动势称自感电动势。自感电动势阻碍着导线中的电流变化。若把导线绕成线圈就可产生较高的自感电动势，在线圈中放入铁芯，则可产生更高的自感电动势。自感对人们来说，既有利又有弊。例如，日光灯就是利用镇流器（有铁芯的线圈）中的自感电动势来点燃的。

三、交流电

1. 交流电的产生 所谓交流电是指大小和方向都随时间作周期性变化的电动势（或电压、电流）。也就是说，交流电是交

2. 自感 我们已经知道了磁场在一定条件下也能产生电，这个条件就是导线要作切割磁力线运动。换个形式，若将导线放在强度在变化的磁场中，我们发现在导线中也会产生感生电动势。若这个变化的磁场由导线中通

变电动势，交变电压和交变电流的总称。交流电按其变化规律可分为正弦交流电和非正弦交流电两大类。如图1—12所示，图a为稳恒直流电，图b为脉动直流电，图c为正弦交流电，图d为非正弦交流电。

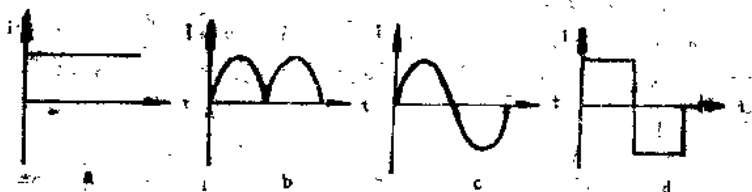


图1—12 直流电和交流电波形图

正弦电动势通常是用交流发电机产生，图1—13是交流发电机的示意图。在静止不动的磁极间装有能转动的圆柱形铁芯，铁芯上紧绕着线圈 $aa'b'b'$ 。线圈的两端分别连接着两个彼此绝缘的铜环C，铜环又通过电刷A、B与外电路相接。当线圈在磁场中沿逆时针方向作旋转时，线圈中就产生感生电动势。为了获得正弦交流电，磁极被设计成特殊形状，在磁极中心处磁力线最密，在磁极分界面 $00'$ 处，磁力线密度趋向于零。当线圈 $aa'b'b'$ 转到磁极中心位置处，线圈的两边切割磁力线最多，此时线圈中产生的感生电动势也最大，且此时电流从电刷A流出，线圈 $aa'b'b'$ 转到分界面 $00'$ 时，线圈两边不切割磁力线，此时线圈中感生电动势为零。当线圈 $aa'b'b'$ 绕过分界面继续逆时针转动，线圈转到中心位置处，线圈两边切割磁力线又最多，此时线圈中产生的感生电动势由零又达到最大值，且此时电流从电刷B流出，线圈 $aa'b'b'$ 转到分界面 $00'$ ，线圈不切割磁力线，因此线圈中感生电动势又为零。这样周而复始转动，线圈中产生的感生电动势大小发生变化，且线圈每转过半周，感生电动势的方向也改变一次，电刷两端的电动势就按正弦规律变化着，我们得到了正

弦交流电。

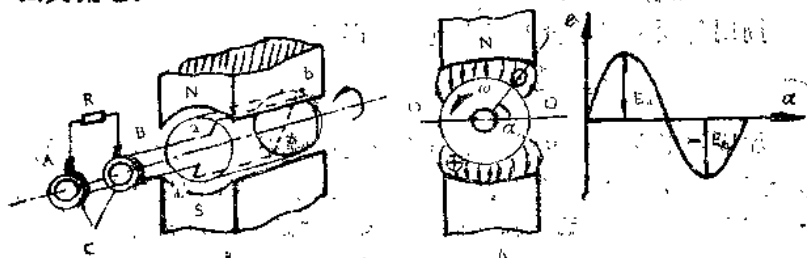


图1-13 正弦交流发电机示意图

2. 正弦交流电的三要素和有效值

(1) 瞬时值 正弦交流电是随时间按正弦规律变化的, 某时刻的数值不一定和其它时刻的数值相同。我们把任意时刻正弦交流电的数值称为瞬时值。

(2) 最大值 最大的瞬时值称为最大值(或峰值、振幅)。最大值有正有负, 习惯上都以绝对值表示。

(3) 周期、频率

1) 周期 交流电每重复一次所需的时间称为周期, 用字母“T”表示, 单位是“秒”。比“秒”小的单位有“毫秒”、“微秒”、“毫微秒”。

$$1\text{秒} = 1000\text{毫秒}$$

$$1\text{毫秒} = 1000\text{微秒}$$

$$1\text{微秒} = 1000\text{毫微秒}$$

2) 频率 交流电一秒钟内重复的次数称为频率, 用字母“f”表示, 单位是“赫兹”, 简称“赫”。如果某交流电在一秒钟内变化了一次, 我们就称该交流电的频率是1赫兹。比“赫兹”大的单位有“千赫”和“兆赫”。

$$1\text{千赫} = 1000\text{赫}$$