

国家教育部电教办岗位考试指定用书
全国职业技术教育规划教材



电工电子技术基础

窦光友 编

上海交通大学出版社

国家教育部电教办岗位考试指定用书
全国职业技术教育规划教材

电工电子技术基础

窦光友 编

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书分两篇,上篇是电工基础,主要包括直流电路、正弦交流电路、电磁与变压器以及电动机等内容;下篇是电子技术基础,主要包括模拟电子技术、数字电子技术和逻辑代数等内容。本书在每章的开始都有“本章内容简介及学习要点”,结束时有“本章小结”以及经过仔细筛选的习题,书后附有各章习题答案。

本书可供各类职业院校电工、电子、数控及相关专业作为基础教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/窦光友编. - 上海:上海交通大学出版社,2008
全国职业技术教育规划教材. 国家教育部电教办岗位考试
ISBN 978-7-313-05093-9

I. 电… II. 窦… III. ①电工技术-职业教育-教材②电子技术-职业教育-教材 IV.
TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 203040 号

电工电子技术基础

窦光友 编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

安徽新华印刷股份有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:22.75 字数:539 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印数:1~6050

ISBN 978-7-313-05093-9/TM·135 定价:29.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

为了满足职业技术教育的教学要求,加快培养面向生产、服务一线的应用型高级技术人才的步伐,特编写了《电工电子技术基础》教材。本书以培养学生的实际操作能力为主线,强调内容的实用性和应用性,减小了理论分析的难度和深度。

在内容编排方面,结合专业实际,以适度、够用为标准,重点放在培养学生会思考、会学习、会应用的能力上;简明扼要地讲清基本概念,注重基本概念的应用。例如,在介绍电机与变压器的章节中,介绍了这些电器在生产、生活中的应用,并重点介绍它们在数控机床中的应用,从而拓展了学生的视野。

本书分两篇。上篇是电工基础,主要包括直流电路、正弦交流电路、电磁与变压器以及电动机等内容。下篇是电子技术基础,主要包括模拟电子技术、数字电子技术和逻辑代数等内容。每章开始都有“本章内容简介及学习要点”,结束时有“本章小结”以及经过筛选的一些习题,并在书后附有部分答案,供读者参考。

由于作者水平有限,编写时间仓促,书中有错误和不足之处,恳请广大读者批评指正,以便不断提高。

编者

2007 年 10 月

目 录

上篇 电工基础

第一章 电路的基本概念	(3)
第一节 电路	(3)
第二节 电流	(5)
第三节 电压、电位及电功率	(8)
第四节 电阻	(11)
本章小结	(14)
习题一	(15)
第二章 电流电路	(16)
第一节 电动势、电压源、电流源	(16)
第二节 闭合电路欧姆定律	(20)
第三节 电阻的连接	(24)
第四节 万用表的基本原理及使用方法	(28)
第五节 电路分析	(30)
本章小结	(37)
习题二	(38)
第三章 单相交流电路	(41)
第一节 正弦交流电的基本概念	(41)
第二节 正弦信号的向量表示	(44)
第三节 纯电阻电路电压与电流的关系	(47)
第四节 纯电感电路电压与电流的关系	(49)
第五节 纯电容电路电压与电流的关系	(52)
第六节 电阻、电感及电容的串联电路	(54)
第七节 串联谐振电路	(62)
第八节 电阻、电感及电容的并联电路	(64)
第九节 交流电路的功率	(68)
本章小结	(72)
习题三	(74)
第四章 三相交流电路	(76)
第一节 三相交流电源	(76)

第二节	三相电源	(77)
第三节	三相交流电路的计算	(81)
第四节	用电安全	(85)
第五节	一阶动态电路	(86)
本章小结		(90)
习题四		(91)
第五章	电容、电磁与变压器	(92)
第一节	电容器和电容	(93)
第二节	电容器的充、放电和电场能量	(96)
第三节	磁与电(磁)	(98)
第四节	铁磁性物质的特性	(102)
第五节	电磁感应	(106)
第六节	自感现象与电感	(109)
第七节	互感现象与同名端	(113)
第八节	变压器	(118)
第九节	特殊变压器	(126)
第十节	安全用电常识	(130)
本章小结		(135)
习题五		(138)
第六章	电动机	(142)
第一节	电机简介	(142)
第二节	三相交流异步电动机	(143)
第三节	三相异步电动机的控制	(149)
第四节	单相异步电动机	(151)
第五节	直流电动机	(155)
第六节	控制用的微电动机	(158)
本章小结		(163)
习题六		(164)

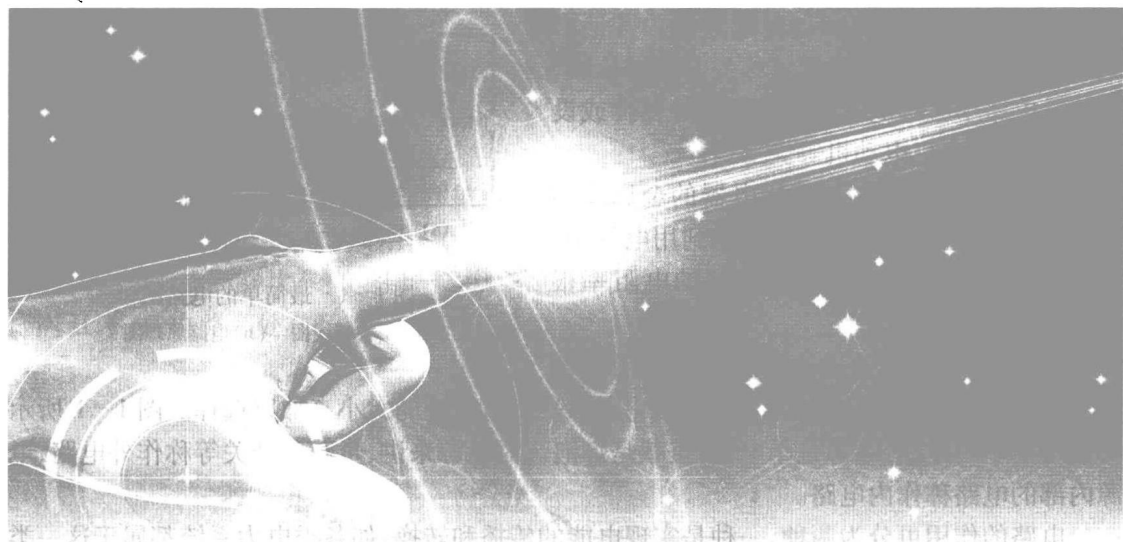
下篇 电子技术基础

第一章	半导体元件	(167)
第一节	半导体的基本知识	(167)
第二节	半导体二极管	(171)
第三节	半导体三极管	(175)

本章小结	(181)
习题一	(182)
第二章 晶体管基本放大电路	(184)
第一节 基本放大电路	(184)
第二节 静态工作点(Q)的计算	(188)
第三节 稳定静态工作点的偏置电路	(194)
第四节 负反馈放大电路	(196)
第五节 放大器的三种基本电路	(203)
第六节 直流放大电路	(205)
本章小节	(214)
习题二	(215)
第三章 正弦振荡电路	(218)
第一节 正弦波振荡电路的基本原理	(218)
第二节 LC 振荡器	(220)
第三节 振荡器的判定	(224)
本章小节	(226)
习题三	(226)
第四章 功率放大器	(228)
第一节 功率放大器的要求与任务	(228)
第二节 单管功率放大器	(229)
第三节 推挽功率放大器	(232)
第四节 互补对称放大器	(234)
第五节 集成功率放大电路	(238)
本章小结	(239)
习题四	(239)
第五章 集成运算放大电路	(241)
第一节 集成运算放大器的结构与性能特点	(241)
第二节 运算放大器的基本分析方法	(244)
第三节 集成运算放大器的应用	(246)
第四节 运算放大器的应用	(251)
本章小结	(254)
习题五	(254)
第六章 整流与稳压电路	(255)
第一节 整流电路	(255)
第二节 滤波电路	(261)

第三节 硅稳压管及其稳压电路	(264)
第四节 串联型稳压电路	(266)
本章小结	(274)
习题六	(274)
第七章 数字电路基础	(276)
第一节 模拟信号和数字信号	(276)
第二节 二极管与三极管的开关特性	(277)
第三节 基本逻辑门电路	(280)
第四节 集成门电路	(285)
第五节 MOS 门电路	(290)
本章小结	(294)
习题七	(294)
第八章 逻辑代数	(296)
第一节 逻辑运算	(296)
第二节 逻辑运算的基本定律和常用公式	(301)
第三节 逻辑函数	(303)
第四节 逻辑表达式的化简	(307)
本章小结	(314)
习题八	(315)
第九章 基本数字部件	(316)
第一节 计数器	(316)
第二节 寄存器	(324)
本章小结	(326)
习题九	(327)
第十章 可控硅管及其应用	(328)
第一节 晶闸管可控硅简介	(328)
第二节 可控整流电路	(331)
第三节 晶闸管的保护	(339)
第四节 三相桥式半控整流电路	(341)
第五节 双向晶闸管和快速晶闸管	(343)
本章小结	(345)
习题十	(346)
习题参考答案	(348)

上篇 电工基础



第一章 电路的基本概念



本章内容简介及学习要点

本章在电工基础中起承前启后的作用,它把初中物理的电学内容与本课程内容相衔接,为学习后续课程打好基础。

- ※ 了解电路的组成,电路的三种基本状态和电气设备额定值的意义。
- ※ 了解电阻的概念和电阻与温度的关系,掌握电阻定律。
- ※ 理解电流的概念和电流产生的条件,掌握其计算公式和欧姆定律。
- ※ 正确理解电能、电功率,掌握焦耳定律以及电能、电功率的计算。

第一节 电 路

一、电路的组成及作用

电路是电流流过的路径,它是由电源、用电器、导线和开关等组成的闭合回路。

(1) 电源:把某种形式的能量转变为电能的装置叫做电源。电源从种类上又可分为直流电源和交流电源两种。常见的直流电源有干电池、蓄电池和直流发电机等;常见的交流电源以交流发电机为主要来源。



(2) 用电器:一种能把电能转变为其他形式能量的装置,这些装置常被称为电源的负载,负载是电路中吸收电能或输出信号的器件或设备,如电灯、喇叭、电动机等。

(3) 导线:连接电源与用电器的金属线称为导线,它把电源产生的电能输送到用电器中,常用铜、铝等材料制成,这些材料的电阻率很小,被称为“良导体”。

(4) 开关:用来接通或断开电源与用电器的电器元件,开关的规格和型号要根据它所承受负荷电流的大小来加以选择。图 1-1 所示的是最简单的电路,电源是干电池,负载是灯泡。对电源来讲,负载和开关等称作外电路,电源内部的电路称作内电路。

电路的作用可分为两种,一种是实现电能的传播和转换,如各类电力系统都属于这一类作用;另一种是实现信号的传递与处理,如电子技术中的各种放大器、整流电路等。

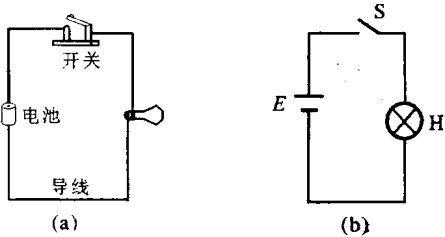


图 1-1 最简单的电路图
(a) 实物接线图 (b) 电路原理图

二、电路图

在实际工作中,电气设备的安装和维修都是依据电原理图进行的,很少使用实物接线图。电原理图也简称电路图,是指将实际电路中的各种器件用国家规定的图形符号表示之后画出的图。图 1-1(b)是图 1-1(a)的电路原理图。国家已颁布了统一的图形符号来规范电路图。表 1-1 列出了电路图中常用的图形符号。

表 1-1 电气简图中常用的图形符号

图形符号	文字符号	名称	图形符号	文字符号	名称
	S 或 SA	开关		F 或 FU	熔断器
	E 或 GB	蓄电池		H 或 HL	指示灯,信号灯
	R	电阻器		C	电容器
	R 或 RP	电位器		P 或 PW	功率表
	V	二极管		P 或 PV	电压表
	U_s	电压源		P 或 PA	电流表
	I_s	电流源		X	端子
		不连接导线			接地
		连接导线		L	电感器、线圈
		参考点		L	带磁心的电感器



三、电路的几种状态

电路的状态有以下几种：

(1) 通路状态：电路中各元器件被连接成闭合电路，各元器件中都有电流通过，电流沿闭合的回路运行，如图 1-2 所示。

(2) 开路或断路状态：在图 1-2 中，若断开开关 S，电路中没有电流，电路被断开，此时灯泡 H 不亮，电路是处在开路状态中。

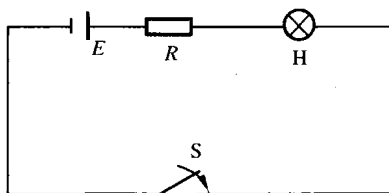


图 1-2 电路通路状态

(3) 短路状态：短路分电源短路和用电器短路。电源短路即电源两端直接用导线相连，电源输出的电流没有流经用电器而被短接了。用电器短路是指用电器两端被导线直接相连，电流不经过用电器，只经过连接导线而流回电源。在图 1-3 中，导线 AB 将电源短路，导线 CD 将灯泡短路。

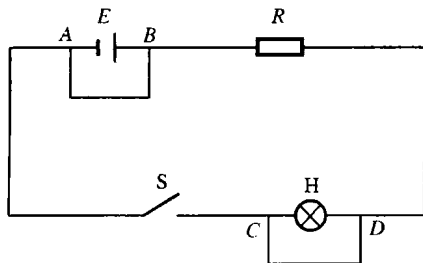


图 1-3 短路状态图

电路中的通路、断路和短路称为电路的“三态”。当电路以不同形态出现时，用电器会有不同的状态。通路时，电器正常工作；断路时，电路出现故障，电器不能工作；短路时，由于短路电流很大，会损坏电源、导线和电器，应杜绝发生短路。

一、电流的形成

电荷的定向移动形成电流。要形成电流，首先要有能自由移动的电荷——自由电荷，其次必须要使电荷能做定向移动。只有同时具备以上两点才能形成电流。例如，金属导体中有大量的自由电荷，它们在不断地做无规则的热运动，朝任何方向的运动几率都一样，在这种



情况下,对导体的任何一个截面来说,在任何一段时间内从截面两侧穿过截面的自由电荷数都相等,总体上看,并没有电荷的定向移动,因而没有形成电流。

如果把导体放进电场内,导体中的自由电荷除了做无规则的热运动外,还要在电场力的作用下做定向移动,形成电流。但由于这种定向移动很快就达到静电平衡状态,电流将消失,导体内部的场强为零,整个导体成为等电位体。可见,要得到持续的电流,就必须设法使导体两端保持一定的电压,即电位差。导体内部存在的电场才能持续不断地推动自由电荷做定向移动,这就是导体中形成电流的条件,如图 1-4 所示。

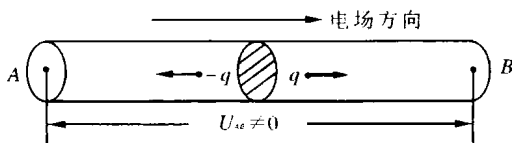


图 1-4 电流形成的条件

二、电流、电流密度

1. 电流

我们知道,电动机接通电源后能够转动;电镀槽内的电极接上电源后能进行电镀;在日常生活中,合上电源开关能够使电灯发光……这些转动、化学反应和发光现象,都是由于电流的存在而产生的。所谓电流就是电荷做有规则的定向运动。在金属导体中,电流是自由电子在电场力作用下做有规则的定向运动而形成的;而在电解液或气体中,电流则是带正电和带负电的离子在电场力的作用下做有规则的定向运动而形成的。电流既是一种物理现象,又是一个表示带电粒子定向运动强弱的物理量。电流的大小等于通过导体横截面的电荷量与通过这些电荷量所用时间的比值。

如果在时间 t 内通过导体横截面的电荷量为 q ,那么,电流 $I = \frac{q}{t}$ 。

在国际单位制中,电流的单位是安培(A)。如果在 1 秒钟(s) 通过导体横截面的电量是 1 库仑(C),则规定导体中的电流为 1 安培(A),即 $1(\text{A}) = \frac{1(\text{C})}{1(\text{s})}$ 。常用的电流单位还有毫安(mA)、微安(μA)等,它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}, \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

在实际电路中,电流的大小可以用电流表(安培表)来直接测量,也可以用电流天平、电桥、电位计间接测量。

用电流表测量电流时应注意以下几点:

- (1) 对交、直流电流应分别使用交、直流电表,不可用错。
- (2) 电流表必须串接在被测电路中。
- (3) 在用直流电表时,要注意表的“+”、“-”极性须和电路中的电流极性相一致,不能接错。要让电流从“+”极流入,“-”极流出。

- (4) 要选择合理的电流表的量程。若用小量程去测量大电流,就会烧坏电表;若用大量



程去测量小电流,会影响测量的准确度。在进行测量时,一般要先估计被测电流的大小,再选择电流表的量程。

2. 电流正方向的设定

电流不但有大小,而且有方向。习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。电流的方向是客观存在的,但在分析比较复杂的电路时,往往难以判断某支路电流的实际方向,而且有时电流的方向还随时间交变(如正弦交流电),更难以表示出实际方向。为解决这一问题,我们引入电流正方向(参考方向)的概念。即在分析电路之前,先假设一个电流方向,这个假设的电流方向称为电流的正方向或参考方向。

正方向可以任意选定,在电路中用箭头表示,如图 1-5 所示。

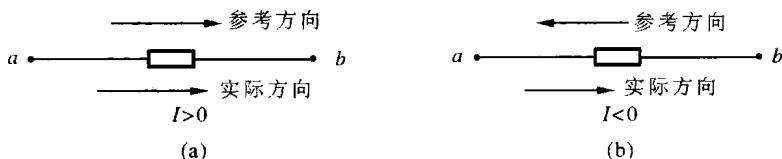


图 1-5 用箭头表示电流的正方向

在图 1-5(a) 中,电流的正方向可写为 I_{ab} ,表示电流从 a 点流向 b 点,显然, $I_{ab} = -I_{ba}$,如图 1-5(b) 所示。

我们规定:如果电流的正方向与实际方向一致,则电流为正值;如果电流的正方向与实际方向相反,则电流为负值。

这样就可以利用电流的正负值并结合正方向来确实电流的实际方向。在图 1-6 中,电流的正方向为 a 指向 b 且为负值,即 $I_{ab} < 0$,则说明电流的正方向与实际方向相反,那么实际电流的流向为从 b 流向 a 。

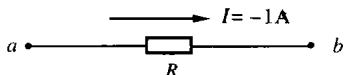


图 1-6 电流实际方向的确定

这样,我们总结出电流正方向的归纳:

- (1) 在分析电路前,尽可能假设一个正方向。
- (2) 正方向可以任意选择,但正方向一经选定,电流就成为一个代数量,即有正、负之分。
- (3) 没有标定正方向时,电流不分正负,今后电路中所标注的电流方向都是正方向,不一定是电流的实际方向。

【例 1-1】某导体在 0.5 s 内均匀通过的电荷量为 3 C ,求导体中有多少电流通过?

$$\text{解: } I = \frac{q}{t} = \frac{3\text{ C}}{0.5\text{ s}} = 6\text{ A}$$

【例 1-2】在图 1-7 所示的电路中, I_1 和 I_2 分别等于多少?

解:可以判断出电路中电流的实际方向是从电源出发,经电阻 R 后回到电源负极,为逆时针方向, I_1 与实际方向相反, I_2 与实际方向相同,所以

$$I_1 = -\frac{5}{5}\text{ A} = -1\text{ A}, \quad I_2 = \frac{5}{5}\text{ A} = 1\text{ A}$$

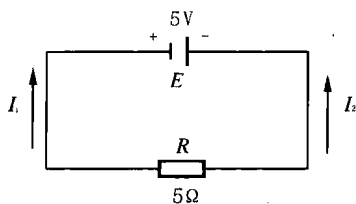


图 1-7 求电流 I_1 、 I_2

3. 电流密度

电流沿均匀导体流动时,电流在导体中同一截面上各点的分布是均匀的。但是,当电流在不均匀导体或者在大块导体中流动以及在高频电路中流动时,各点的电流分布就不均匀了。

为了描述导体内各点电流分布的情况,引入了电流密度的概念。所谓电流密度就是当电流在导体的横截面上均匀分布时,该电流与导体横截面积的比值。电流密度用 J 表示,即

$$J = \frac{I}{S}$$

式中, I 表示电流(A); S 表示导体的横截面积(mm^2); J 表示电流密度(A/mm^2)。

值得注意的是,导体允许通过的电流是随导体截面的不同而有所不同的。以铜导线为例,导线截面积越大,允许通过的电流也相对大,而一旦导线中通过的电流超过允许值时,导线将会发热、冒烟、燃烧而发生事故。

【例 1-3】如果在横截面为 4.5 mm^2 的导线内,通过 18 A 的电流,试求该导线的电流密度?

解:根据公式 $J = \frac{I}{S} = \frac{18 \text{ A}}{4.5 \text{ mm}^2} = 4 \text{ A}/\text{mm}^2$

一、电压

电路中 a 、 b 两点间的电压就是指单位正电荷 q 在电场力作用下由 a 点移到 b 点时,电场力所做的功。电压用字母 u 或 U 表示,则

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$$

式中, W_{ab} 表示单位正电荷 q 移动过程中能量的变化量。

电压的方向是正电荷在电场中的受力方向。例如对电源而言,电压的方向是从电源正极到电源负极。

电压的分类与电流一样,通常所说的直流电压均指恒定电压,用字母 U 表示,交流电压是指正弦交流电压,用 u 表示。

电压的国际单位是伏特,简称伏,符号为 V,即

$$1 \text{ 伏特(V)} = \frac{1 \text{ 焦耳(J)}}{1 \text{ 库伦(C)}}$$

电压常用的单位还有:兆伏(MV)、千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV)等。为分析电路,通常在分析电压之前先选定电压的参考方向,原则上可任意选定,但若已知实际电压方向,则参考方向尽量选择与实际方向一致;若已知电流参考方向,则电压参考方向的选择最好与电流参考方向一致。

在电路分析中,所标的电压方向均为参考方向,表示方法有三种:

- (1) 实线箭头“ $\xrightarrow{U}$ ”表示。
- (2) 双下标 U_{ab} 表示电压指向为 a 到 b 的电压。
- (3) 用“+”、“-”极性表示,电压方向从正极性端到负极性端。

图 1-8 中三种电压参考方向的表示都是一样的。

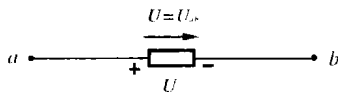


图 1-8 电压的参考方向

电压是标量。我们这里所说的电压方向,实际是用正负号来区别电压的两种方向。当选定导体上电压的参考方向以后,正电压表示实际方向与参考方向相同,负电压表示实际方向与参考方向相反。

【例 1-4】若已知图 1-9 所示电阻的实际电压从 a 到 b ,大小是 1 V,则 $U_1 = ?$, $U_2 = ?$, $U_{ba} = ?$

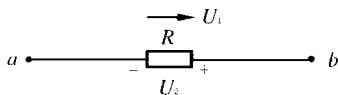


图 1-9 例 1-4 图

解:实际电压从 a 到 b , U_1 与实际电压方向一致, U_2 与实际方向相反, U_{ba} 与实际电压方向相反,所以 $U_1 = 1 \text{ V}$; $U_2 = -1 \text{ V}$; $U_{ba} = -1 \text{ V}$ 。

电压的大小可用电压表直接测量,测量时要注意以下几点:

- (1) 电压表必须并联在被测电路中,要区分被测电压是交流电压还是直流电压,从而来取相应的电压表,不可错选。
- (2) 使用电压表之前,应根据被测电压的大小选择适当的量程,在无法估计被测电压的范围时,应选用较大的量程表。
- (3) 如果用直流电压表时应注意被测电压的实际方向,实际方向应与电压表的“+”、“-”接线柱一致,否则会损坏电压表。

二、电位

电位是一个相对的概念,分析电位时必须先选定一个参考点。参考点用字母 O 表示,在电路中用“ $\perp$ ”符号表示。原则上参考点可任意选取,但习惯上选接地点或接机壳点或电路