

环境监测 常用仪器使用维修手册

裴崇秀 刘哲人 等编著



中国环境科学出版社

内 容 简 介

本书较系统、全面地阐述了环境监测常用仪器的原理、结构、维护、常见故障及排除方法。全书共分十七章，分别介绍了仪器基础知识、维修概述、烟气与大气监测仪、水质监测仪、声级计、可见及紫外分光光度计、原子吸收分光光度计及冷原子荧光测汞仪、极谱仪、电位滴定计、离子计与电极电位仪、酸度计、电导仪、分析天平、电冰箱、干燥箱和培养箱、电子交流稳压器等实用维修技术，以解决日常监测仪器出现的故障与问题。

本书深入浅出，通俗易懂，适于广大从事环境监测和化学分析的技术人员使用，也可供有关大专院校师生参考。

环境监测常用仪器使用维修手册

裴崇秀 刘哲人等 编著

责任编辑 吴淑岱

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

北京京辉印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1992年6月第 一 版 开本 787×1092 1/16

1992年6月第一次印刷 印张 24 插页：7

印数 1—8 000 字数 598千字

ISBN 7-80093-101-3/X·565

定价：15.00元

前 言

随着环境保护事业的发展,环境监测工作的深入开展,环境监测仪器的种类越来越多,投入使用量越来越大。为了保证分析仪器的可靠度、完好率、利用率,延长使用寿命,充分发挥分析仪器在监测工作中的作用,我们编著了此书。

本书共分十七章,即基础知识、维修概述、烟气与大气监测仪、水质监测仪、声级计、可见及紫外分光光度计、原子吸收分光光度计及冷原子荧光测汞仪、极谱仪、色谱仪、电位滴定计、离子计和电极电位仪、酸度计、电导仪、分析天平、电冰箱、干燥箱和培养箱、电子交流稳压器、仪器维修经验等。

本书所选用的仪器,既考虑了我国环境监测部门目前使用较普遍的仪器类型,也考虑了海洋、地质等资源开发和冶金、卫生、石油、化工、机械、食品等工业生产部门常用的仪器类型。在写法上,从应用角度着重介绍各种常用分析仪器的基本原理与结构、维护、故障判断与排除方法等方面的知识,并采用从剖析典型仪器的结构入手,根据使用人员容易忽略的问题,充分利用测试仪器和工具,查找故障部位。本书不仅可供仪器维修人员使用,也可作为大专院校从事仪器分析专业人员的重要参考书。

本书由裴崇秀、刘哲人编著,张桂云、杜天瑞参加了本书的部分编写工作,全书由中国环境监测总站齐文启同志审定。在编写过程中,夏令科高级工程师、严维亮工程师给以大力支持,并提出不少宝贵意见,在此表示感谢。

由于水平有限,书中难免有错漏和不当之处,若蒙读者直言赐教,则不胜感激之至。

编 者

1990年7月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 电路元件	(1)
第二节 半导体器件	(7)
第三节 集成运算放大器	(26)
第二章 分析仪器维修概述	(35)
第一节 分析仪器故障几率分析	(35)
第二节 预防性维护	(37)
第三节 分析仪器的修理	(40)
第四节 电子电路常见故障	(47)
第五节 元器件完好状况判别方法	(56)
第三章 空气与烟气监测仪	(64)
第一节 非色散式红外线气体分析器	(64)
第二节 二氧化硫库仑滴定分析器	(69)
第三节 紫外荧光二氧化硫分析器	(72)
第四节 化学发光式氮氧化物分析器	(76)
第五节 库仑式氮氧化物分析器	(81)
第六节 汽车排气测定仪器	(84)
第七节 KB系列空气采样泵	(87)
第八节 烟尘测试仪	(91)
第九节 皮托管	(95)
第十节 DYP-81型动压平衡等速烟尘采样器	(97)
第十一节 FC系列粉尘采样器	(100)
第十二节 武安-74型粉尘采样器	(101)
第四章 水质监测仪	(104)
第一节 自动COD测定仪	(104)
第二节 总有机碳(TOC)测定仪	(106)
第三节 总需氧量(TOD)测定仪	(108)
第四节 JL-20型便携式水质监测仪	(110)
第五节 LS-10型旋桨式流速仪	(116)
第六节 XK系列倍控直读流速仪	(118)
第五章 声级计	(120)
第一节 JS-1型精密声级计	(121)
第二节 ND-10型声级计	(132)
第三节 ND-1型精密声级计	(135)
第六章 可见及紫外分光光度计	(139)
第一节 概述	(139)

第二节	72型光电比色计	(140)
第三节	721型分光光度计	(143)
第四节	751型分光光度计	(145)
第五节	751G型分光光度计	(168)
第七章	原子吸收分光光度计及冷原子荧光测汞仪	(171)
第一节	概述	(171)
第二节	WYX-402型原子吸收分光光度计	(174)
第三节	YYG-2型冷原子荧光测汞仪	(189)
第八章	极谱仪	(193)
第一节	概述	(193)
第二节	JP-1A型示波极谱仪	(193)
第三节	883笔录式极谱仪	(202)
第四节	AD-1型极谱仪	(209)
第九章	气相色谱仪	(212)
第一节	气相色谱仪的组成与结构	(212)
第二节	检测器的使用、维护与故障排除	(214)
第三节	SP-2305型气相色谱仪	(220)
第四节	气相色谱仪常见故障及排除方法	(240)
第十章	电位滴定计、离子计和电极电位仪	(258)
第一节	ZD-2型自动电位滴定计	(258)
第二节	Z1-1型自动电位滴定计	(263)
第三节	PXD-2型通用离子计	(267)
第四节	DD-2型电极电位仪	(270)
第十一章	酸度计	(274)
第一节	PHS-3B型数字式酸度计	(274)
第二节	其它型酸度计	(278)
第十二章	电导仪	(291)
第一节	概述	(291)
第二节	DDS-11型电导仪	(293)
第三节	其它型电导仪	(296)
第十三章	分析天平	(303)
第一节	概述	(303)
第二节	天平的原理与结构	(304)
第三节	天平的计量性能指标与检定	(309)
第四节	天平的安装与维护	(310)
第五节	天平常见故障及排除方法	(312)
第十四章	电冰箱	(317)
第一节	概述	(317)
第二节	蒸气压缩式电冰箱	(318)
第三节	电冰箱的使用及注意事项	(329)
第四节	电冰箱的经常性养护	(330)
第五节	主要部件的调整	(331)

第十五章	电热恒温干燥箱、培养箱、水温箱	(335)
第一节	概述	(335)
第二节	结构与温控装置	(335)
第三节	温度控制电路	(341)
第四节	仪器的维护、常见故障及排除方法	(343)
第五节	LRH250A型生化培养箱	(345)
第十六章	电子交流稳压器	(348)
第一节	614系列电子交流稳压器的结构及线路分析	(348)
第二节	仪器的维护、经常出现的故障与维修方法	(354)
第十七章	分析仪器维修经验32例	(360)
参考文献		(377)

第一章 基础知识

第一节 电路元件

一、电阻器

(一) 电阻器及其电路符号

在电子线路中,为了控制电流和电压,或者使放大的电流表现它的工作效果,需要一种具有一定电阻值的元件,这种元件就称为电阻器,通常叫“电阻”。

电阻器的种类很多,从物质结构来分,有碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等多种。从它的结构形式来分,有固定电阻器、可变电阻及电位器三种,其符号如图1-1所示。在电阻上所示出的值均为标称阻值及其误差,大部分电阻还同时给出额定功率,其额定功率标称值通常有1/3、1/4、1/2、1、2、3、5……10、20W(瓦)等。在电路中常用图1-2的符号表示。在选择使用电阻时,应根据设计及调试的实际需要去选择电阻值(即标称电阻值),选择精度误差及额定功率值。在阻值和误差确定后,额定功率的选择应注意额定功率值选择过大,不符合节约的原则;选用得过小,又容易发热烧坏,通常选择大于实际负荷功率的一倍左右。如电阻实际负荷功率为1/4W以下,可选用额定功率为1/2W的电阻;在3W以下可选用5W电阻。

电阻器上实际负荷功率(W)可由下式计算:

$$P = I^2 \cdot R \quad (1-1)$$

或

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (1-2)$$

式中: I ——通过电阻的电流值(A); U ——加在电阻两端的电压值(V); R ——电阻值(Ω)。

(二) 电阻的类别和符号标志

表(1-1)及图(1-3)是用来区别电阻类别的字母符号标志的一个说明。图1-3中第一个字母代表电阻,第二个字母代表导体质料,第三个字母代表电阻的形状、性能等。如图1-3(a)上的“RT”表示碳膜电阻,(b)上的“RTJ”表示精密金属膜电阻,下行数字表示阻值及误差。

(三) 色标阻值识别法

碳质合成电阻的阻值和误差,一般用色环来表示。在电阻的一端上画有三道或四道色



图 1-1 电阻器符号标志

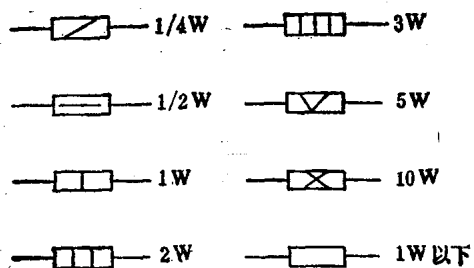


图 1-2 电阻额定功率标称符号

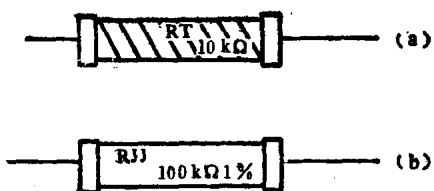


图 1-3 电阻类别字母符号标志



图 1-4 碳质合成电阻的标志法

表 1-1 电阻类别和符号标志

顺 序	类 别	名 称	简 称	符 号
第一位	主 称	电阻器 电位器	阻 位	R W
第二位	导体质料	碳 膜 金属膜 金属氧化膜 线 绕	碳 金 氧 线	T J Y X
第三位	形状性能等	大 小 精 密 测 量 高 功率	小 精 量 高	X J L G

环，如图1-4所示。紧靠电阻端的为第一色环，其余依次为第二、三、四环。第一道色环表示阻值第一位数字，第二道色环表示阻值第二位数字，第三道色环表示阻值末尾有几个零，第四道色环表示阻值的误差。色环的颜色所代表数字意义见表1-2。

例如有一只电阻有四个色环，其顺序为红、紫、黄、银灰。这个电阻的阻值就是270000Ω，误差为±10%（即270K±10%）。另一只电阻有棕、绿、黑三道色环，其阻值则为15Ω，误差±20%。

表 1-2 色标阻值的识别

色 别	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 应乘位数	第四色环误差 (%)
棕	1	1	10	—
红	2	2	100	—
橙	3	3	1000	—
黄	4	4	10000	—
绿	5	5	100000	—
蓝	6	6	1000000	—
紫	7	7	10000000	—
灰	8	8	100000000	—
白	9	9	1000000000	—
黑	0	0	1	—
金	—	—	0.1	±5
银	—	—	0.01	±10
无色	—	—	—	±20

二、电 容 器

(一) 电容器及其线路符号

分析仪器及各种电子设备在调校、耦合、滤波、去耦、隔直流等电路中均需要用到电容器。

电容器是一种能储存电能的元件。两块金属板相对平行而不相接触，就构成一个简单的电容器。在电容器的两端电压可以突变，而电流则需充放电不能突变，所以，电容器具有隔断直流而能通交流电的特性。

电容器的种类很多，按结构可分为固定电容器（其中包括具有极性的电解电容器）、可变电容器、半可变电容器，其符号如图1-5所示。各种电容器尽管结构不同，但基本都是由两组金属片，中间隔有空气、云母、油介等绝缘介质而做成。

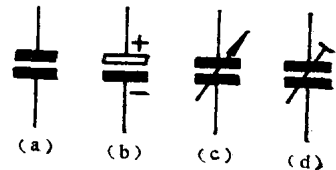


图 1-5 各种电容器的符号
图中：(a)—固定电容器；(b)—电解电容器；(c)—可变电容器；(d)—半可变电容器

(二) 电容器的电容量及耐压

电容器具有储存电荷的特性，它储存电荷的多少，与加到电容器两端的电源电压有关。电压越高，电容器所充的电荷也越多。电容器上所充的电荷与充电电压之比，即表示电容器的电容量，用字母 C 表示，其关系表示如下：

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1-3)$$

式中： Q ——电容器的储电量(C)； U ——充电电压(V)； C ——电容量(F)。

每伏电压使电容器储电量越大,说明电容器的容量也越大。单位“法拉”用字母F表示,简称“法”,其法拉单位换算:

1法(F)= 1×10^6 微法(μ F)

1微法(μ F)= 1×10^6 皮法(pF)

当电容器两极板间的电压高到一定值时,介质就会被击穿,这个电压值称为击穿电压。电容器的介质被击穿后,极板成为短路,电容器就损坏了(但空气介质电容器击穿后仍能恢复),因此每只电容器都有一定的耐压数值,在使用时要注意不要超过这个数值。

电容器的耐压通常都标明直流电压,如果用在交流电路中,则应注意所加的交流电压(峰值)不能超过直流电压。

由于电容器具有隔直流而通交流的特性,它在交流电路中所呈现的容抗与交流电的频率和其本身电容量呈反比。即:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad (1-4)$$

式中: X_c ——容抗(Ω); C ——电容量(F); f ——交流电频率(Hz)。

而对直流而言则呈现较大阻抗。

(三) 电容器的类别与符号

在固定电容器上所印字母代表的意义如表(1-3)所示。第一个字母代表电容器,第二个字母代表其介质材料,以后的字母分别代表形状、结构等。如图1-6“CZX”代表小型纸介电容器。“CZM-L”代表立式矩形密封纸介电容器。

表 1-3 电容器上各字母代表的意义

类 别	名 称	简 称	字 母
主 称	电 容 器	容	C
介 质 材 料	纸 介	纸 电	Z
	电 解	电 云	D
	云 母	云 瓷	Y
	瓷 介	瓷 铁	C
	铁 电		T
形 状	筒 形	筒	T
	管 形	管	G
	立式矩形	立	L
	圆 片 形	圆	Y
结 构	密 封	密	M
大 小	小 型	小	X

电容器的容量和耐压,大多数在电容器上面直接标明,很容易识别。电容器的容量允许误差分为五个等级:00级表示允许误差 $\pm 1\%$,0级表示 $\pm 2\%$,I级表示 $\pm 5\%$,II级表示 $\pm 10\%$,III级表示允许误差 $\pm 20\%$ 。在电容器上有的直接标出误差,也有的标出误差

等级。

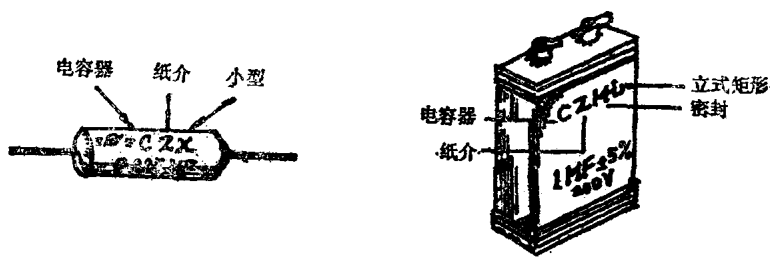


图 1-6 电容器的类别与符号

三、线圈（电感）

（一）电感及其电路符号

线圈即电感就是用漆包线或纱包线绕在绝缘管上或铁芯上的一种元件，它是电子仪器电路中的重要元件之一。其电路符号见图1-7。

（二）线圈的自感及互感

当线圈有电流流过时，线圈中就会产生磁场，如果电流发生变化则磁场也随之变化，磁场的变化又引起感应电动势的产生。这种感应电动势是由线圈本身电流变化所引起的，叫作线圈的自感。其电动势为自感电动势。

自感电动势的方向由楞次定律确定，即当线圈中电流发生变化时，自感电动势总是阻止电流的变化。自感电动势的大小一方面决定于线圈中电流变化的速度，另一方面取决于线圈的形状、尺寸、线圈圈数以及介质情况，线圈中如果加放铁芯，可以产生更大的感应电动势。

线圈的互感如图1-8所示。由于原线圈(1)电流的变动，使副线圈(2)产生感应电动势，原、副两线圈虽然没有直接接通，但通过磁力线作偶合（或称交连），使原线圈的电能量转移到副线圈，这种作用称为互感。由互感作用产生的电动势称为互感电动势。各种变压器就是根据这个原理制成的。

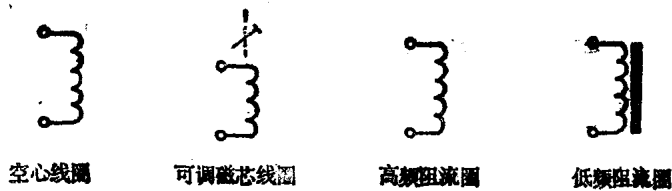


图 1-7 线圈的电路符号

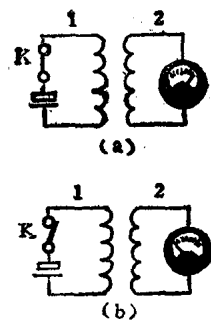


图 1-8 线圈互感的示意图

(三) 线圈的电感量

在通过一定数量变化电流的情况下, 线圈产生感应电动势大小的能力, 就称为线圈的电感量, 简称电感。电感常用字母“ L ”来表示。

电感的单位是亨利, 用字母 H 表示。它的意义是: 当线圈通过的电流每秒钟变动1安培所产生的感应电动势是1伏特时, 这时线圈的电感就是1亨利。其换算单位:

$$1\text{亨}(H) = 1 \times 10^3 \text{毫亨}(mH)$$

$$1\text{毫亨}(mH) = 1 \times 10^3 \text{微亨}(\mu H)$$

电感的大小与线圈圈数及几何尺寸、材料有关。线圈的长度与直径的比越接近0.1, 绕的圈数越多, 电感越大, 反之, 电感就越小。此外, 线圈中有铁芯及导体要比空芯电感大很多倍。

由于自感作用, 线圈对交流呈现出较大的阻值。在交流电路中, 其感抗 X_L 的大小与交流电的频率及电感量成正比。即:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (1-6)$$

式中: X_L ——感抗(Ω); L ——电感量(H); f ——交流电频率(Hz)。

电感对直流而言则呈现较小阻值。

四、变 压 器

(一) 变压器及其线路符号

顾名思义, 变压器是将交流电压变成我们所需的各种电压的一种元器件。

根据变压器用在不同的交流频率范围, 可分为低频、中频、高频三类。低频变压器都有铁芯, 中频和高频变压器一般都是空气芯或是特别的铁粉芯。图1-9给出了几种常用变压器的线路符号。

低频变压器又分音频变压器和电源变压器, 是变换交流电压或作匹配阻抗的元件。

中频变压器也称中周变压器, 是超外差收音机中频放大部分不可缺少的元件。

高频变压器, 收音机里所用的振荡线圈和无线线圈都是高频变压器, 也称为耦合线圈或谐振线圈。

自耦变压器是低频范围内的变压器。它的初级和次级共用一个线圈, 在线圈的中间有一个滑动碳刷接头, 可以改变电压, 我们常用的调压器就是这种自偶变压器。

(二) 变压器的升降压原理

如图1-10所示, 在一个闭合的口字形铁芯两对应边上, 各绕上一组线圈, 便构成一个简单的变压器。接交流电源一端称为初级线圈, 接负载的一端称为次级线圈。变压器升、降交流电压的基本原理就是利用线圈的互感原理, 而其初、次级电压比, 就等于初、次级线圈绕线的匝数之比。用公式表示:

$$\frac{\text{初级电压}(U_1)}{\text{次级电压}(U_2)} = \frac{\text{初级圈数}(n_1)}{\text{次级圈数}(n_2)} \quad (1-7)$$

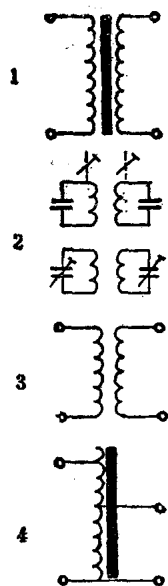


图 1-9 常用变压器符号

图中：1—低频变压器；2—中频变压器；3—高频变压器；4—自耦变压器

根据能量守恒定理，如果不考虑变压器的损耗，初、次级的电能也只能相等。即初级输入的功率等于次级输出的功率：

$$P_1 = P_2 \quad (1-8)$$

$$\text{即：} U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \quad \text{或} \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

即初次级电压之比同初次级电流之比成反比关系。

变压器在变换电压的同时，对阻抗的变换有以下规律：

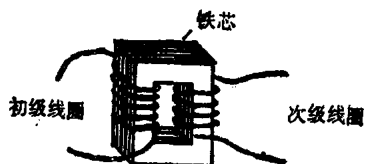


图 1-10 变压器

若不考虑变压器的损耗：

$$P_1 = P_2 \quad \text{即} \quad \frac{U_1^2}{Z_1} = \frac{U_2^2}{Z_2} \quad (1-9)$$

Z_1, Z_2 为初、次级阻抗，

推导上述公式得：

$$\left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{或} \quad \frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} \quad (1-10)$$

以上计算关系说明，变压器初、次级电压比（圈数比）的平方等于其阻抗比，或变压器的电压比等于其阻抗比的平方根。

第二节 半导体器件

一、半 导 体

众所周知，银、铜、铝、铁等金属材料是很容易导电的，我们把它们叫做导体，而塑料、橡胶、陶瓷、云母、石英、玻璃、木材、纸张等都不容易导电，尽管加上很高的电压，仍然基本上没有电流，所以通常称之为电的绝缘体。导电性能介于导体与绝缘体之间的物质称为半导体，如锗、硅、硒及大多数金属氧化物和硫化物、许多金属间化合物（如砷化镓、锑化铟……）等都是半导体。

1. N型半导体

如果在纯净的半导体中掺入有用的杂质，就可以大大改善半导体的导电性能。在制造晶体管所用的材料中，所谓的N型半导体和P型半导体一般就是用掺杂的办法得到的。

因为锗与硅均为四价元素，如果在锗或硅单晶中掺入微量五价元素，如磷P（或As、Sb等）。这样，掺入锗（或硅）中的每一个磷原子都可能供给一个自由电子，如图1-11所示。因此在这样的半导体中，电子载流子的数目很多，主要靠电子导电，故称这种半导体为电子型半导体，简称N型半导体。

2. P型半导体

如果在锗（或硅）中掺入微量的三价元素，如镓（或铝、镓和硼等），则情况又不一样了。此时，一些锗（或硅）原子的位置为镓原子所代替。当镓原子和周围四个锗（或硅）原子组成共价键时，因缺少一个电子，就很自然形成一个空穴，如图1-12所示。这样的半导体内空穴载流子的数目很多，主要靠空穴导电，故称它为空穴型半导体，简称P型半导体。

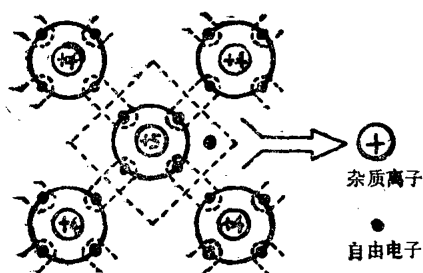


图 1-11 单晶掺入五价元素后的示意图

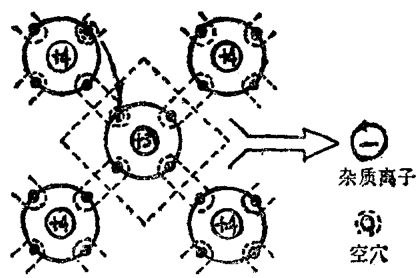


图 1-12 硅（锗）单晶掺入三价元素后的示意图

二、PN结的特性

如果我们采用一种方法，使半导体的一部分成为N型半导体，另一部分成为P型半导体，那么，在两者的交界处就会形成一种叫PN结的特殊薄层，如图1-13所示。这时，若在这块半导体的两端加上电压（见图1-14），它的导电情况将会怎样呢？

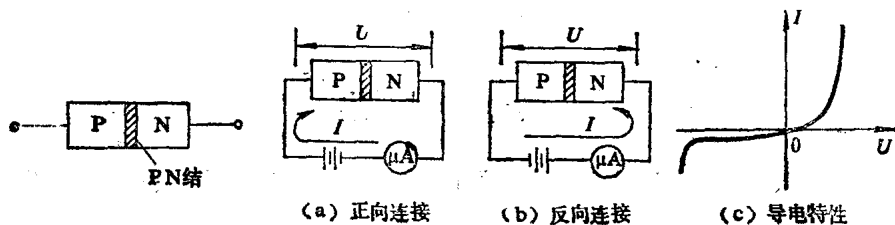


图 1-13 PN结薄层

图 1-14 PN结加上电压后的导电情况

实验表明：如果P型半导体部分接电池的正极，N型部分接电池的负极〔见图1-14(a)〕，随着半导体两端的电压的提高，通过半导体的电流 I 也增大，而且上升得很快。例

如，电压仅1V时，电流 I 就可达到40mA。说明这种接法的半导体的电阻很小，叫正向连接。正向连接时通过半导体的电流叫正向电流，加在半导体两端的电压叫正向电压。反之，〔见图1-14(b)〕，即P型部分接电池负极，N型部分接电池正极。这时通过半导体的电流非常小。例如，当电压加至40~50V时，电流才不过是几微安至十几微安，而且几乎维持不变。说明这种接法的半导体的电阻非常大，这种连接方法叫反向连接，反向连接时通过半导体的电流叫反向电流，加在半导体两端的电压叫反向电压。

由这两种连接方式中的导电规律绘成伏安特性曲线图〔见图1-14(c)〕，可见，两种不同导电类型半导体材料形成的PN结，具有单向导电的特性。

三、晶体二极管

(一) 晶体二极管及其电路符号

晶体二极管就是由一个PN结，加上相应的电极引线 and 管壳做成的。图(1-15)是常见的二极管外形及代表符号。

图1-16给出了三种二极管结构的示意图。即点接触型、面结型和平面型。点接触型二极管的PN结是用电形成法的工艺制成的。由于点接触型二极管结面积小，结电容小，能在很高的频率下工作，适用于检波、调制及各种开关电路，但不能通过大电流。

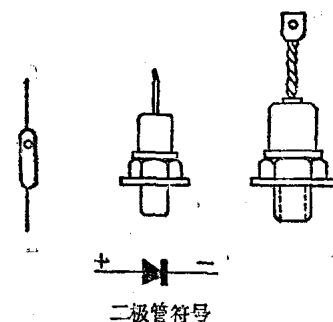


图 1-15 几种二极管的外形图

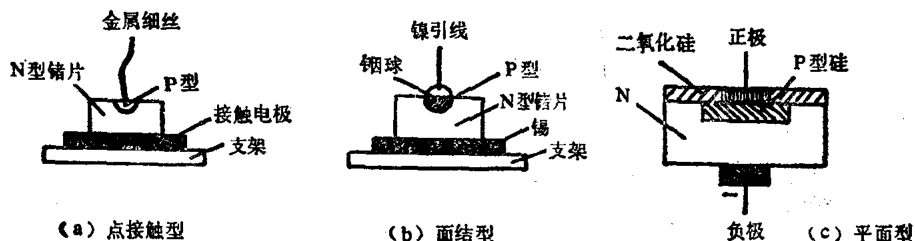


图 1-16 几种二极管的主要结构

面结型晶体二极管，由于结面积大，能通过较大的正向电流，加之结电容大，故而面结型晶体二极管主要用于一般交流电路，而不宜在高频下应用。

结面积大的平面型硅二极管适宜作大功率整流用；结面积小的平面型二极管则适合于作高频检波和计算机里的开关元件用。

(二) 晶体二极管的伏安特性与参数

利用图1-17的电路，可用实验方法测绘出反映二极管电流随外加电压变化规律的伏安特性曲线。 R 是保护电阻，以免电流太大烧坏管子。 W 是电位器，调

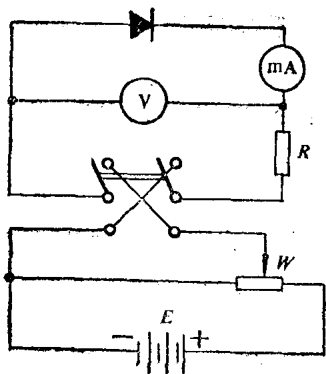


图 1-17 晶体二极管特性的测量电路

节加在二极管上电压的大小。当双刀双掷开关打向上方时，二极管外加正向电压；打向下方时，二极管外加反向电压。用锗管2AP14与硅管2CP14做的实验结果如图1-18与图1-19中的特性曲线所示。

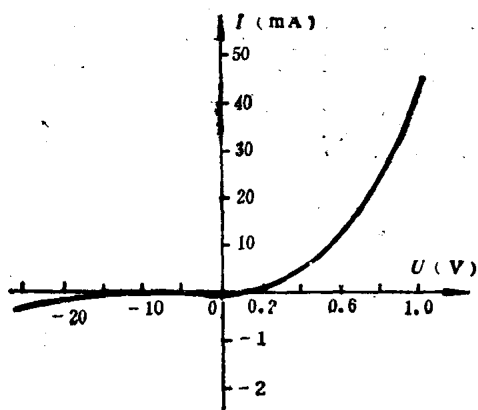


图 1-18 锗二极管2AP14V-A特性曲线

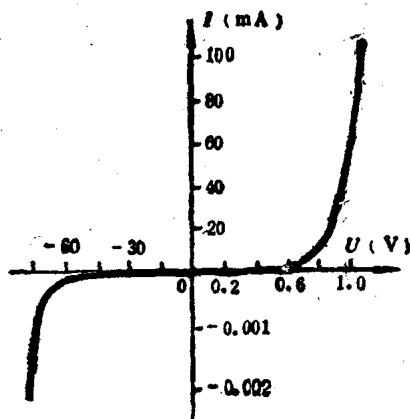


图 1-19 硅二极管2CP14V-A特性曲线

晶体二极管伏安特性曲线可分为三个部分：

1. 正向特性与最大整流电流 当二极管两端加正向电压，就产生正向电流。但是，当外加电压 $U_{\text{正}}$ 很小时，正向电流很小；当外加电压 $U_{\text{正}}$ 超过一定值（所谓死区电压）时，正向电流随电压变化很快。当然与此同时，由于PN结的特性所致，正向电阻也在外电压 $U_{\text{正}}$ 的作用下由大变小。

为了保护二极管不致过热烧毁，而限制了通过二极管的最大整流电流。所谓最大整流电流，就是在规定的温度下，容许长期通过二极管的平均电流的最大值。

2. 反向特性与反向电流 外加反向电压时，二极管有反向电流通过。随后外加电压 $U_{\text{反}}$ 继续增加时，反向电流几乎不变，这个电流称反向饱和电流。但是，随着环境温度的升高，反向电流也会增大，这是由于PN两个区域中原子的热运动所致。所以，二极管的反向电流会随着温度升高而增大。

反向饱和电流是晶体二极管的另一个重要参数，反向饱和电流太大，表明管子的反向特性差，选管时应加以注意。

3. 反向击穿电压 由图1-19可见，当反向电压不断增大时，在电压接近某个数值（-65V左右）时，反向电流急剧增加，这种现象称为击穿。发生击穿时的电压称为击穿电压，各类二极管的击穿电压大小不同，最大可达1000V以上。我们在选用二极管时，若无同种型号晶体管，则应根据反向击穿电压略大于所需二极管的要求选择。

（三）二极管在整流电路中的应用

本节重点地介绍如何运用单向导电器件来使交流电变成平稳的直流电，以供应直流用电设备的各种需要。

1. 半波整流电路 半波整流电路如图1-20所示。

使直流电变成交流电必须解决两个问题：一是使电流运动方向由双向变成单向的，二是使电流瞬时值由按正弦规律随时间变化，变成不随时间变化的平稳直流。显然，可利用

二极管单向导电特性来解决。单向导电器件二极管在电路中的作用好比一个单刀开关，它把双向流动的交流电变成单向流动的脉动直流电。因此，通过负载的电流 i_{fz} 及其上的电压 u_{fz} 都是单向脉动的。 i_{fz} 、 u_{fz} 及通过二极管的电压降 u_d 的波形如图1-21所示。由于这种电路只在交流电源 e_2 的半个周期中负载才有电流通过，其导电角 θ 等于 π ，故称为半波整流电路。

输出电流、电压与交流输入电压的关系：设 $e_2 = \sqrt{2} \times \tilde{E}_2 \cdot \sin \omega t$ ，式中 $\tilde{E}_2$ 是电源变压器次级绕组交变电动势的有效值，也就是交流电压表所实际测得的数值。半波整流电路通过负载的平均电流即直流电流、电压为：

$$I_{fz} = \frac{U_{fz}}{R_{fz}} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times \frac{\tilde{E}_2}{R_{fz}} = 0.45 \times \frac{\tilde{E}_2}{R_{fz}} \quad (1-11)$$

$$U_{fz} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times \tilde{E}_2 \approx 0.45 \tilde{E}_2 \quad (1-12)$$

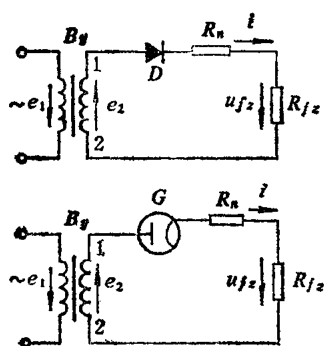


图 1-20 半波整流电路

图中： B_y —电源变压器； e_1 、 e_2 —电动势； D —半导体整流二极管； G —真空二极管； R_{fz} —负载电阻； R_n —整流电路的等效内阻（包括 B_y 的直流电阻，漏抗和二极管的正向电阻），一般 $R_n \ll R_{fz}$ ； u_{fz} 、 u_d —电动势两端电压

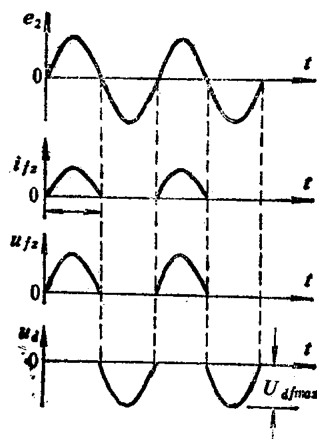


图 1-21 半波整流波形图

通过二极管的平均电流为：

$$I_d = I_{fz} = 0.45 \times \frac{\tilde{E}_2}{R_{fz}} \quad (1-13)$$

通过二极管的最大正向电流为：

$$I_{dmax} = I_{fzmax} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times \tilde{E}_2 = \pi \cdot I_{fz} \approx 3.14 \times I_{fz} \quad (1-14)$$

半波整流器的整流效率：

$$\eta_{\pi} = \frac{P_{fz}}{P_{ar}} = \frac{4}{\pi^2} = 40.6\% \quad (1-15)$$

半波整流的纹波因数为：