

王延长 主编

卷烟

电气设备与

自动控制

山东科学技术出版社

卷烟电气设备与自动控制

王延长 主编

山东科学技术出版社

主 编 王延斌
副主编 朱锡贵 解泗江 钱锡荣
主 审 宋时传 孙其泽 段 鹏 秦国荣 何东光 王书合
拟 稿 王 政 李茂臣 王济祥 丛亮滋 王惠生 邱在伦
王明强 杨立梅 苏祇彦 孙淑梅 杨庆敬 王 宏
责任编辑 原式溶

卷烟电气设备与自动控制

王延斌 主编

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路 邮政编码250002)

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 47.5印张 1,080千字

1991年8月第1版 1991年8月第1次印刷

印数: 1—8,000

ISBN 7-5331-0882-5/TP·8

定价 17.40元

序

当前，我国卷烟工业设备正在进行大规模更新，其特点是国家利用专卖制度和经贸结合的优势，引进外国先进设备及软件，做到国外设备国产化，取代现行的老式制丝和卷接包机械。国内有些大中型烟厂已经完成了这种全面更新，山东各卷烟厂也在加快更新的步伐。国外设备的先进性，主要体现在电气部分和自动控制，要使国外设备充分发挥其应有的效能，关键在于操作人员的技术素质。实践中往往出现这样一种情况，同样的引进设备，由于工人技术素质不同，产量相差悬殊，产品质量和物资消耗也大不一样。

《卷烟电气设备与自动控制》，抓住了引进设备的关键，从原理和实践的结合上，进行了详尽而通俗的叙述，文图并茂，知识跨度较大，介绍了几个国家不同型号设备的操作维修技术。具有高中以上文化程度的工人都可自行阅读，是技工学校、工人短期培训班、工人自学的良好教材，也是卷烟机械工程技术人员的不可缺少的参考资料。

世界卷烟设备和其他行业的机器设备一样，也在日新月异的发展，一些更先进的卷烟设备已在一些国家诞生，并被厂家使用。《卷烟电气设备与自动控制》中提到、介绍的一些机型，是我国大多数卷烟厂普遍使用的。卷烟机械的进一步发展，也是多在电气部分的改进和发展，提高自动化程度，提高台时产量。精通了现有设备原理，对更先进的卷烟机械会触类旁通。

出版《卷烟电气设备与自动控制》，旨在提高操作工人掌握引进设备的能力，提高设备效率，提高产品质量，降低物质消耗，取得最佳效益。我相信这个目的是会达到的。

王 琨

1990年10月

前 言

本书是收集了英国、德国和奥地利等国制造的制丝部分的电气设备及自动控制和美国等国家制造的自动仪表资料，收集了国际通用的卷烟机型MK-8、MK-95、日本产MMC以及意大利产的SASIB包装机有关电器及自动控制的资料，结合我省实际与实践经验编写而成。

本书分为六篇，在基本原理上一、二篇为基础知识部分，讲述了专业设备常用到的基本电路、通用电气的基本原理，而在专业设备中只讲作用不讲原理，以免重复。三、四、五、六篇为专业知识部分，集中讲述专用设备的结构、用途、电气元件及自控电路。基础知识部分在编写中得到了山东大学电子系的大力支持和帮助，第一篇中的第一、二章和四至七章由何东光副教授审阅，第三章由秦国荣副教授审阅，第八、九章由王书合副教授审阅。第二篇由济南供电局培训工程师作了补充修改。专业知识部分在编写中得到山东工业大学教授们的大力支持和帮助。第三篇第一章豪尼制丝线，因为山东尚未建成投产，采用了北京出版社出版的童谷余主编的《卷烟机械》一书电气控制部分的内容，在此向有关同志致谢。中国烟草总公司山东省公司武梅华、王宗泽、刘殷、王少利、董永平、胡宝才同志做了大量誊抄校对工作，在此向有关单位和个人深表谢意。

由于作者水平所限，书中错漏之处在所难免，恳请全国同行及广大读者使用中提出宝贵意见，以便尽早修订再版。

山东省烟草公司教材编写组

1990年12月

目 录

第一篇 基础知识

第一章 晶体管放大电路	1
第一节 晶体二极管	1
第二节 晶体三极管	2
第三节 直流放大器	11
第四节 差动放大器	13
第五节 交流放大器	15
第六节 负反馈放大电路	16
第七节 功率放大器	19
第八节 相敏放大器	21
第二章 脉冲数字电路基础	26
第一节 微分电路与积分电路	26
第二节 三极管的开关特性及参数	28
第三节 分立元件门电路	30
第四节 TTL门电路	33
第五节 MOS门电路	40
第六节 数字电路的逻辑分析	45
第三章 组合与时序逻辑电路	48
第一节 编码器	48
第二节 译码器	51
第三节 触发器	54
第四节 寄存器	61
第五节 计数器	64
第四章 脉冲波形的产生和整形	68
第一节 多谐振荡器	68
第二节 单稳态触发器	73
第三节 施密特触发器	78
第四节 集成定时器	80
第五章 振荡电路	84
第一节 自激振荡	84
第二节 LC 振荡电路	85
第三节 RC 振荡电路	88
第四节 石英振荡器	90
第六章 集成运放及其应用	94
第一节 集成运放的基本特性	94

第二节	集成运放的基本运算电路	94
第三节	集成运放在信号变换上的应用	100
第四节	集成电路波形发生器	102
第七章	直流稳压电源	106
第一节	整流与滤波	106
第二节	稳压管	111
第三节	串联型稳压电源	113
第四节	开关型稳压电源	119
第五节	集成稳压电源	121
第八章	可控硅技术	125
第一节	可控硅元件	125
第二节	可控硅整流电路	128
第三节	有源逆变电路	135
第四节	可控硅触发电路	138
第九章	传感器及其应用	145
第一节	干簧管传感器	145
第二节	电阻应变传感器	145
第三节	热电阻传感器	146
第四节	热电偶	147
第五节	晶体管接近开关	148
第六节	光电传感器	149
第七节	电容传感器	152
第八节	核辐射检测	152

第二篇 卷烟设备通用电器

第一章	变压器	155
第一节	变压器的工作原理	155
第二节	变压器的构造	157
第三节	变压器常见故障	158
第四节	自偶变压器	159
第五节	电流互感器	160
第六节	电压互感器	163
第二章	电动机	165
第一节	三相异步电动机的构造	165
第二节	三相异步电动机的工作原理	168
第三节	三相异步电动机的起动	172
第四节	三相异步电动机的调速	185
第五节	单相异步电动机	193
第六节	三相异步电动机使用中的几个问题	196
第七节	三相异步电动机常见故障及原因	202
第八节	鼠笼式异步电动机基本控制电路	204

第九节 控制电路中常用环节	207
第十节 线绕式异步电动机基本控制电路	213
第十一节 伺服电动机与测速发电机	217
第三章 低压配电电器	219
第一节 低压熔断器	219
第二节 刀开关	223
第三节 自动空气开关	225
第四章 低压控制电器	227
第一节 手动电器	227
第二节 主令电路	232
第三节 交流接触器	237
第四节 控制继电器与热继电器	242
第五节 起动器	251

第三篇 制丝设备

第一章 豪尼制丝线中的控制系统	255
第一节 电控柜	256
第二节 +ZS ₁ 控制系统	259
第三节 +ZS ₂ 控制系统	264
第四节 +ZS ₇ 控制系统 (含+ZS ₈)	269
第五节 +ZS ₃ 控制系统	270
第六节 +ZS ₄ 控制系统	277
第七节 +ZS ₅ 控制系统	280
第二章 莱格烟丝 (梗丝) 膨胀干燥控制系统	285
第一节 概述	285
第二节 控制柜	287
第三节 控制模型	292
第三章 莱格制丝线中的流量控制系统	303
第一节 流量控制系统的构成	303
第二节 控制系统工作原理	305
第三节 调试与维修	306
第四章 莱格制丝线联锁控制	308
第一节 打叶线	308
第二节 制丝线	310
第五章 RC₄切丝机控制系统	315
第一节 RC ₄ 切丝机的结构	315
第二节 电气系统	318
第三节 RC ₄ 切丝机的控制环节	319
第六章 莱格制丝线中的控制器	322
第一节 TASC控制器	322
第二节 E/p转换器	323

第三节	PI控制器	325
第四节	金属探测器	326
第七章	电子皮带秤	331
第一节	概述	331
第二节	电器自控系统原理	332
第三节	皮带跟踪系统	341
第四节	比例掺对系统	343
第五节	调试与校对	344
第八章	红外水分测试仪	348
第一节	概述	348
第二节	工作原理	348
第三节	调试与校对	353
第四节	电路介绍	360

第四篇 MMC卷烟机组

第一章	Mk8卷烟机	371
第一节	动力系统	371
第二节	自动控制和自动检测系统	377
第三节	调整及维修	394
第二章	MAX-3 型装接机	402
第一节	动力系统	402
第二节	自动控制和自动检测系统	405
第三节	调整及维修	419
第三章	CASCADE装盘机	423
第一节	动力系统	423
第二节	自动控制电路	425
第三节	调整及维修	425

第五篇 MK9-5卷烟机组

第一章	MK9-5卷烟机	429
第一节	配电及动力装置系统	429
第二节	HEENAN驱动装置及联锁电路	430
第三节	自动控制及检测	434
第四节	调试及故障排除	457
第二章	PA8-5装接机	468
第一节	动力系统及控制	468
第二节	自动控制及检测	469
第三节	调试与维修	486
第三章	烟支检测装置 (CID6)	489
第一节	烟支检测系统	489
第二节	调试与维修	499

第四章	TF₃装盘机	504
第一节	配电系统.....	504
第二节	动力系统及控制.....	506
第三节	自动控制及检测.....	508
第四节	调试与维修.....	528
第五章	MK9-5卷烟机烟支重量控制系统	534
第一节	控制系统 (MWC)	534
第二节	调试及故障排除.....	541

第六篇 萨西布 (SASIB) 包装机组

第一章	变频电源	546
第一节	变频器装置.....	546
第二节	变频器控制电路.....	552
第三节	调试及故障排除.....	572
第二章	3-279/6000型包装机	576
第一节	电源及动力装置.....	576
第二节	自动控制电路.....	578
第三节	自动检测和控制电路.....	598
第四节	各电路板的功能及电路原理.....	607
第五节	调整及故障排除.....	648
第三章	AC6自动卸盘机	655
第一节	电源及动力装置.....	655
第二节	自动控制电路.....	656
第三节	自动检测电路.....	665
第四节	调整及故障排除.....	671
第四章	CP-1透明纸包装机	673
第一节	电源、动力及控制装置.....	673
第二节	自动控制电路.....	674
第三节	自动检测电路.....	686
第四节	调整及故障排除.....	697
第五章	3C-154硬条盒包装机	700
第一节	电源、动力及控制装置.....	700
第二节	自动控制电路.....	701
第三节	保护及检测电路.....	714
第四节	调整及故障排除.....	718
第六章	T20硬条盒透明纸包装机	721
第一节	电源、动力及控制装置.....	721
第二节	自动控制电路.....	722
第三节	自动检测及控制电路.....	732
第四节	调整及故障排除.....	736

附录

第一篇 基础知识

第一章 晶体管放大电路

在设计和应用晶体管电路时，一个主要的目的是把小信号放大，变成光、声、机械动作等。这个小信号放大的过程，就是由晶体管放大器来完成的。所以说，放大器是晶体管电路中最基本的电路。

根据信号的特点和人们对放大电路特性的要求，晶体管放大器又有各种类型，本章介绍几种常见的晶体管放大电路。

第一节 晶体二极管

一、二极管的结构

二极管按其结构形式，可分为两大类：点接触型二极管和面接触型二极管。不论是哪一种形式，二极管都是由一个PN结，加上接触电极、引线和管壳构成。图1—1—(a)为这两种小型二极管的基本结构；图1—1—1(b)为其在电路中的代表符号，箭头表示正向电流方向。

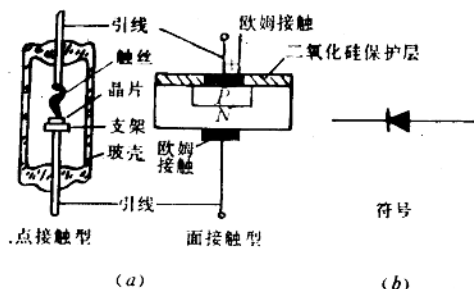


图1—1—1 二极管结构和符号

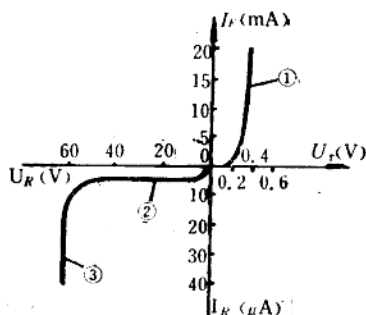


图1—1—2 锗二极管2AP15的伏安特性

点接触型二极管的最显著特点是结电容很小（因为PN结面积非常小），可工作在很高的频率，但不允许通过较大的电流，因而主要用于高频检波电路；而面接触型二极管的特点是PN结面积大，允许通过大的正向电流，但结电容大，只能在较低的频率下工作，主要用于整流。

二、二极管的伏安特性

二极管的伏安特性曲线如图1—1—2所示，它可以分成以下三部分。

1. 正向特性

正向特性又可分为 $I > 0$ 和 $I < 0$ 两个区域讨论。图1—1—2中第①段是二极管的正向特性。由图可见,在正向电压较小时,由于外电场不足以克服PN结的内建电场,于是正向电流 $I = 0$,二极管表现为一个大电阻。这种现象一直延续到正向电压超过某一电压 U_{th} ,此后正向电流将随 U 的增大而显著上升。 U_{th} 称为二极管的阈电压,其值因管子的材料而异。硅管的阈电压约为0.6V,锗管约为0.2V。

2. 反向特性

在二极管两端加反向电压时,仅有微小的电流流过,这个电流称为反向漏电流。它基本上是一个常数,与反向电压无关,如图1—1—2第②段。反向漏电流是衡量二极管反向特性的一个重要参数,反向漏电流越大,管子性能越差。

3. 反向击穿特性

当反向电压增加到一定大小时,反向电流剧增,二极管就被击穿,如图1—1—2第③段。

三、二极管的主要参数

1. 最大整流电流 I_F

是指管子长期运行时,允许通过的最大正向平均电流。因为电流通过PN结要引起管子发热,当电流太大时,发热量超过限度,将损坏二极管。使用时应注意通过二极管的平均电流不能大于这个数值。

2. 反向击穿电压 U_B

是指管子反向击穿时的电压值。击穿时,反向电流剧增,二极管的单向导电性被破坏,甚至因过热而烧坏。为了确保管子安全工作,一般给出击穿电压值的一半为最大反向工作电压。

3. 反向电流 I_R

是指管子未击穿时反向电流的大小,其值愈小,则管子的单向导电性愈好。温度对反向电流影响很大,使用时应加以注意。

4. 工作频率

主要由PN结的势垒电容及扩散电容的大小来决定。超过这个数值,二极管的单向导电性将不能很好体现。

第二节 晶体三极管

一、三极管的结构

由两个PN结加上相应的电极引线就组成了晶体三极管。它有三个电极,分别为发射极e、集电极c和基极b。

常见的三极管有硅平面管和锗合金管两种,每种又有NPN型和PNP型两种结构形式。目前的硅管多为NPN型,锗管多为PNP型。其结构和符号如图1—1—3所示。

晶体三极管在制造工艺上具有两个特点:一是基区很薄,二是发射区为高掺杂区。

二、三极管的放大作用

晶体管三极管对输入电流或电压具有放大作用。下面以共发射极电路的放大基本原

$$\frac{I_c}{I_b} = \frac{I_c' + I_{cb0}}{I_b' + I_{cb0}} \approx \frac{I_c'}{I_b'} = \bar{\beta}$$

$$I_c = \bar{\beta} I_b \quad (1-1-1)$$

式(1-1-1)说明,晶体三极管的输出电流 I_c 是输入电流 I_b 的 $\bar{\beta}$ 倍。

2. 晶体三极管对变化信号的电流放大作用

晶体三极管的最基本应用,就是放大微弱的变化信号。图1-1-5为共发射极电路,若在基极和发射极间的输入回路上加入一个待放大的输入信号 ΔU_i ,则发射结电压 U_{be} 就会在原来偏压 E_b 的基础上迭加一个增量 $\Delta U_{be} = \Delta U_i$,即 $U_{be} = E_b + \Delta U_i$;

由于 U_{be} 的增大,发射极电流 I_e 也随之增大,其增量为 ΔI_e 。与 ΔI_e 相对应,在基区中的注入电子也有一个增量,电子增量中的很小一部分将与基区的空穴复合,形成基极电流增量 ΔI_b 。而大部分电子增量继续扩散到集电结,并进入集电区,形成集电极电流增量 ΔI_c 。 ΔI_c 与 ΔI_b 的比值,称为三极管的交流放大系数 β ,

$$\Delta I_c = \beta \Delta I_b \quad (1-1-2)$$

同理可得

$$\Delta I_c = (1 + \beta) \Delta I_b$$

式(1-1-2)说明,基极电流的微小变化量,会引起集电极电流较大的变化量。

3. 晶体三极管对变化信号的电压放大

为了实现电压放大作用,在晶体三极管的集电极电路中接入一个集电极电阻 R_c (见图1-1-5)。这时,被放大的集电极输出电流 ΔI_c ,便在集电极电阻 R_c 上形成一个比输入电压变化量 ΔU_i 大得多的电压降变化量 ΔU_{RC} ,从而实现了三极管共发射极电路的电压放大作用。

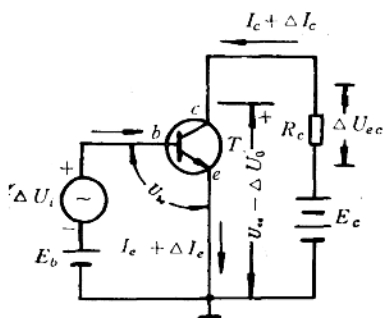


图1-1-5 共发射极放大电路

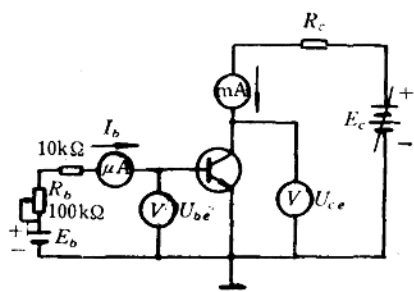


图1-1-6 三极管特性测试电路

三、三极管的输入、输出特性

三极管特性曲线是用来表示管子各个电极的电压和电流之间的关系曲线,它们是管子内部性能的外部表现。从应用三极管的角度来说,了解三极管的特性曲线是重要的。

三极管的特性曲线,主要有输入特性和输出特性两种。对于小功率NPN型三极管,这两种特性可用图1-1-6所示电路进行测试。图中, R_b 用于调节基极电流 I_b ,为了避免当 R_b 调到零时 I_b 过大,串接一个10kΩ固定电阻。

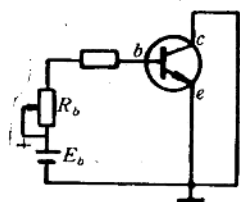


图1—1—7 $U_{ce} = 0$ 时的电路原理

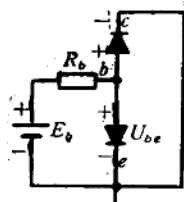


图1—1—8 $U_{ce} = 0$ 时的等效电路

1. 输入特性曲线

输入特性曲线是指基极电流 I_b 和发射结电压 U_{be} 之间的关系曲线。

测试时，先使 U_{be} 固定，例如先使 $U_{be} = 0$ ，即不加 E ，把 c 、 e 短接，如图1—1—7所示。它可以等效成如图1—1—8所示的情况，即相当于在 be 之间并联两个正向接法的二极管。

这时调节 R_b ，测量 I_b 和 U_{be} ，可以得到下列一组数据，见表1—1—1。

表1—1—1 输入特性测试数据 ($U_{ce} = 0$)

U_{be} (V)	0	0.36	0.44	0.49	0.55	0.58	0.61	0.63
I_b (μA)	0	2	5	10	20	30	40	60

把上表中的数据点画在 I_b 与 U_{be} 的直角坐标上，就可以连成一条曲线，如图1—1—9中的曲线 I。它与二极管正向伏安特性曲线很相似。

当 U_{ce} 不同时，输入特性曲线也不同。例如，使 $U_{ce} = 2V$ 调节 R_b ，可以得到一组数据，见表1—1—2。

表1—1—2 输入特性的测试数据 ($U_{ce} = 2V$)

U_{be} (V)	0	0.60	0.64	0.68	0.70	0.71	0.72	0.73
I_b (μA)	0	2	5	10	20	30	40	60

把上表中的数据也表示在坐标上，可得图1—1—9中的曲线 II。从这两条曲线和上面两个表都可以看出：对应于同一个 U_{be} ，曲线 I 的 I_b 比曲线 II 的 I_b 要大得多。这是因为当 $U_{ce} = 0$ 时，发射结和集电结都处于正向偏置（见图1—1—8）这时 N 型发射区和 N 型集电区都向 P 型基区注入电子，形成 I_b ，可见这时的 I_b 相当于两个二极管正向电流之和，所以 I_b 较大。而当 $U_{ce} = 2V$ 时，已使集电结处于反向偏置，结内电场增强，使得由发射区注入基区的大部分电子都能越过集电结到达集电区，成为 I_c ，只有很少一部分电子与基区空穴发生复合形成 I_b ，所以 I_b 很小。

另外，当 $U_{ce} > 1V$ 以后（如图1—1—9中 $U_{ce} = 2V$ 的那条曲线 II），即使 U_{ce} 再增大，输入特性曲线的位置和形状也不再有明显的变化了。这是因为只要 U_{be} 保持不变，则由发射区注入基区的全部电子数目就保持一定；同时因为当 $U_{ce} > 1V$ 以后，集电结内的电场强度

基本上能把基区中靠近集电结一边的电子全部拉向集电区，所以 U_{ce} 再大，结内的电场再强，也不能使 I_c 再大了。既然 I_c 不能随着 U_{ce} 增大而增大，那么 I_b 也就不会随着 U_{ce} 的增大而减少，所以这时的 I_b 只能随着 U_{be} 变化而与 U_{ce} 几乎无关了。因此，通常只需画出 $U_{ce} > 1V$ 的一条输入特性曲线，就可以代表 U_{ce} 为其他更高数值的情况。又因为设计三极管放大电路时总要选择 $U_{ce} > 1V$ ，所以 $U_{ce} > 1V$ 的输入特性曲线是更有实用意义的。

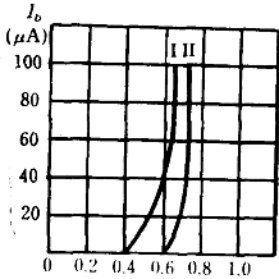


图1—1—9 3DG4C三极管的输入特性曲线

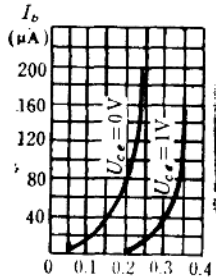


图1—1—10 3AG25三极管的输入特性曲线

在使用三极管的输入特性曲线时，应注意下列几点：

(1) 它和二二极管的伏安特性一样，也有一段起始电压区，在这段区域内， I_b 很小而且随着 U_{be} 增大上升得很慢。这个起始电压值，硅管约为0.6V左右。锗管约为0.2V左右。当三极管正常工作时，小功率管的 I_b 一般约为几十到几百微安。 U_{be} 的数值，硅管NPN型约为0.7V左右，PNP型约为-0.7V左右；锗管PNP约为-0.3V左右，NPN型约为0.3V左右。由图1—1—9可见，输入特性曲线在这个范围内的斜率很大，也就是说，只要 U_{be} 有很小的变化量 ΔU_{be} ，就会使 I_b 有较大的变化量 ΔI_b ，这是输入特性曲线的一个重要特点。

(2) 输入特性曲线是非线性的，当 U_{be} 大过起始电压以后， I_b 随着 U_{be} 的增大而迅速增大。为了避免 U_{be} 过大导致 I_b 急剧增大而使管子损坏，所以一般应用时，要在基极回路中串联一个限流电阻 R_b 。

(3) 图1—1—10介绍的是一个小功率锗管的输入特性曲线，与图1—1—9相比，其差别在于：首先是电压极性恰好相反，也就是说，在正常放大情况下，电压 U_{ce} 和 U_{be} 都应该是负的。其次是从得到一定数值的 I_b 来看，锗管需要加的 U_{be} 较小。

2. 输出特性曲线

输出特性曲线的数据仍可用图1—1—6所示电路进行测试。调节电阻 R_b ，使 I_b 分别为某一数值，如 $I_b = 40\mu A$ 和 $I_b = 80\mu A$ ，并分别使之保持不变。然后调节 E ，测量 I_c 和 U_{ce} ，可以得到下列两组数据，见表1—3。

表1—1—3 输出特性曲线测试数据

U_{ce} (V)		0	0.3	0.5	1	3	5	10	
I_c (mA)	$I_b = 40\mu A$	0	0.43	0.52	0.53	0.53	0.53	0.54	
	$I_b = 80\mu A$	0	2.1	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	

把这两组数据分别在 I_c 和 U_{ce} 的直角坐标上画出来,就可以连成两条曲线,如图1—1—11中曲线 I 和 II 所示。显然可以看出, I_b 对于 I_c 具有明显的控制作用,如果调节 R_b 使 I_b 增大到 $120\mu A$,则 I_c 也要相应地增加,于是可以测绘出曲线 III。如果令 $I_b = 0$,就可以测绘出曲线 IV。通常把图1—1—12中所示的若干条曲线总称为输出特性曲线族。

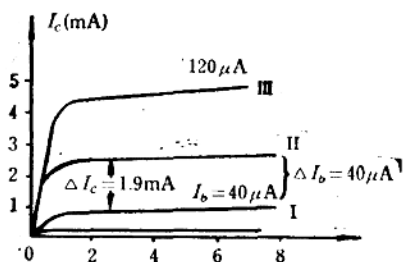


图1—1—11 3DG4C三极管的输出特性曲线

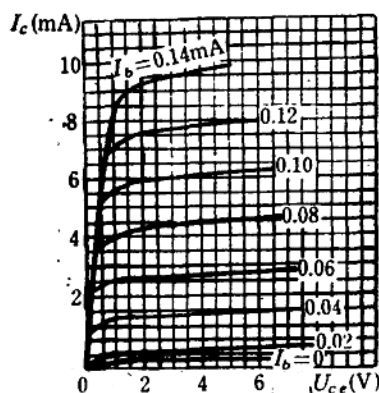


图1—1—12 3AG25三极管的输出特性曲线

在使用三极管的输出特性曲线时,应该注意下列几点:

(1) 由图1—1—12所示的曲线可见,当 $I_b = 0$ 时, $I_c \neq 0$,这时的 I_c 就是前面提到的三极管穿透电流 I_{ce0} ,这时的三极管已基本进入截止状态,失去放大作用,所以从研究放大的角度出发,通常把 $I_b = 0$ 的那条特性曲线以下的区域称为截止区。

(2) $U_{ce} = 0$ 时, $I_c = 0$; U_{ce} 逐渐增大, I_c 也增大。可是当 $U_{ce} > 1V$ 左右以后,即使 U_{ce} 再增大, I_c 也基本上不增大了。这说明 $U_{ce} > 1V$ 以后,基区中靠近集电结一边的电子,已全部被集电结的电场拉向集电区,所以 U_{ce} 再增大, I_c 也不怎么增大了。可见在这个区域, I_c 主要由 I_b 所决定,而与 U_{ce} 基本无关,呈现一种“恒流特性”。这时如欲增大电流 I_c ,就必须增大电流 I_b 。这是三极管输出特性曲线的一个重要特点。当然,如果 U_{ce} 大过某一上限数值, I_c 将急剧增大,产生击穿现象。

(3) 从输出特性的测试数据表和图1—1—11所示的特性曲线族可以看出,当 $U_{ce} = 5V$ 时, I_b 由 $40\mu A$ 变到 $80\mu A$,对应的 I_c 由 $0.53mA$ 变到 $2.4mA$,即 $\Delta I_b = 80\mu A - 40\mu A = 40\mu A$, $\Delta I_c = 2.4mA - 0.53mA = 1.9mA$ 。

于是可得交流电流放大系数:

$$\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} = \frac{1.9mA}{40\mu A} = \frac{1.9 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-6}} = 47$$

可见,由特性曲线族也可以求得 β 值,特性曲线之间的间隔直接反映了 β 的大小。但是,特性曲线之间的间隔并不是完全等距的,所以在不同的 I_c 时, β 值是不同的。不过在一般曲线族的中间区域,各曲线可以近似看成平行,等距,所以 β 值可以近似认为是一个常数。

(4) 输出特性曲线反映了 I_c 和 U_{ce} (I_b 为参变量)之间的关系,形成一个特性曲线族。对于一条曲线来讲,它是当 I_b 为某一固定值时的 I 与 U_{ce} 之间的关系。