

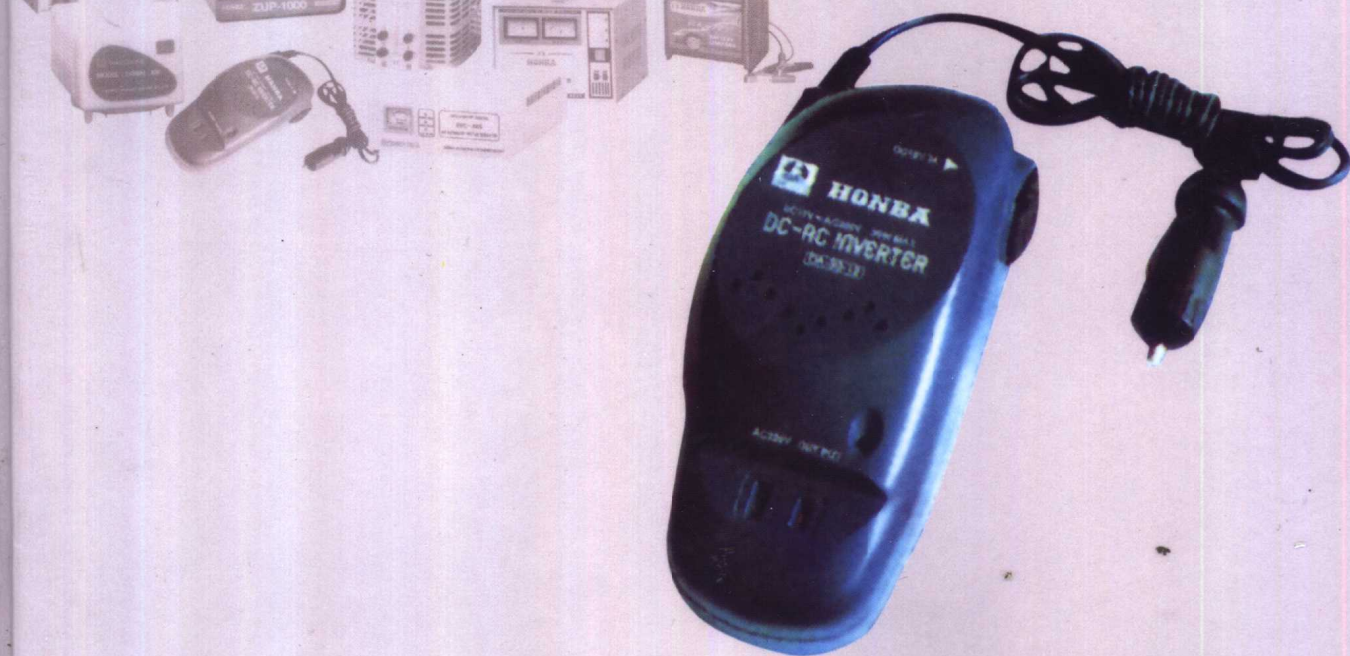
电 工 类 实 用 手 册 大 系

SHIYONG

DIANYUAN

JISHU

SHOUCE



实用电源技术手册

王鸿钰 主编

上 海 科 学 技 术 出 版 社

电工类实用手册大系

实用电源技术手册

王鸿钰 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电源技术手册/王鸿钰主编. —上海:上海科学技术出版社, 2002. 8

(电工类实用手册大系)

ISBN 7-5323-6433-X

I. 实... II. 王... III. 电源-技术手册

IV. TM91-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 032435 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷

新华书店上海发行所经销

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 26.75 插页 4 字数 848 000

印数 1—4 200 定价: 48.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,

请向承印厂联系调换

前 言

各种电子产品、电气设备和大大小小系统都离不开电源。这种量大面广的产品随着计算机、通信、工业自动化、电机电器和家用电器等行业的发展而迅速发展,现已形成每年几百亿元的电源市场。最近 20 年来,集成电路稳压器、模块电源、新型(无工频变压器、高频准谐振、功率因数校正等)开关电源、集成电路交流稳压器、微机控制的智能化稳压器和标准源、净化电源、不间断电源、新型电池等相继问世。为了更好地满足各种应用的需要,21 世纪,电源产品和电源行业必将以更快的速度、更大的步伐向前发展。

这些年来,作者一直在跟踪电源技术的发展,收集了大量技术资料,参与研制了多种电源,并在有关杂志上发表了一系列论述相关技术的文章。为了促进国内电源技术水平的提高,满足要求了解和掌握实用电源技术的读者的需要,现将心得体会和积累的技术资料加以整理,汇编成册,奉献给读者。

本手册的重点是交直流电源的使用、维修和性能测试。书中摘录了很有参考价值的电源标准资料,引用了部分中英文产品手册和书刊杂志上给出的技术数据。

本手册共十二章,前五章介绍直流稳定电源和直流标准电源,第六章到第十一章介绍交流稳定电源和交流(交直流)标准电源,第十二章介绍蓄电池和原电池。

本书由上海仪器仪表研究所王鸿钰主编;参加编写的有上海市电源学会副理事长、上海交通大学陆鸣,上海申洋国际交流学院院长张佩德,同济大学解明芳、穆志等。

本书在编写过程中得到了上海仪器仪表研究所刘常春、上海钢铁研究所梅文余、上海市计量局张金文、上海仪表变压器厂王新春、上海精达电压调整器厂张华、上海航天局 804 所宋义达、803 所周凤兴及上海沪光仪器电源公司黄东杰、上海压缩机厂李浩然、上海邮电学校董奇、同济大学李志云、王晶晶、解荣春、顾芸莉、俞琬璵等同志的大力支持,在此表示衷心感谢。

本手册适合使用、维修和销售电源及相关电子产品的工程技术人员、技术工人阅读,也可作为大专院校师生的教学参考书。

编 者

目 录

第一章 直流线性电源	1	二、触发电路	54
§ 1-1 工作原理	1	三、主回路元件的选择和保护	57
§ 1-2 电路分析	2	§ 2-3 产品实例	66
一、输入变压器	2	一、JWL-30 型稳流源	66
二、整流电路	2	二、WL4 型稳流源	67
三、滤波电路	3	§ 2-4 使用与维修	68
四、稳压电路	3	一、使用	68
五、保护电路	14	二、维修	69
§ 1-3 产品实例	15	第三章 开关电源(上)	70
一、WYJ 型晶体管稳压电源	15	§ 3-1 工作原理	70
二、JWJH 系列精密直流稳压电源	16	§ 3-2 电路分析	70
三、通用直流稳定电源分类及性能	18	一、变换器电路	70
§ 1-4 使用与维修	19	二、控制电路	83
一、使用	19	三、保护电路	110
二、维修	19	四、输入输出电路	114
§ 1-5 性能测试	20	五、EMI/RFI 及抑制	116
一、负载效应	20	六、软开关 PWM 和功率因数校正	119
二、源效应	21	七、功率管的选用	122
三、温度效应	22	第四章 开关电源(下)	126
四、周期和随机偏移	22	§ 4-1 实用电路和产品	126
五、漂移	23	一、半桥式 PC 兼容机电源电路	126
六、效率	23	二、反激式电源电路	130
七、与瞬态条件有关量的测量	24	三、正激式变换器电路	131
八、与极限条件有关量的测量	24	四、半桥式变换器电路	131
§ 1-6 集成稳压器	25	五、推挽式 PC 机电源电路	132
一、集成(IC)稳压器概述	25	六、以电流型控制芯片控制的电源电路	134
二、集成稳压器构成的电源电路	26	七、准谐振变换电路	135
§ 1-7 精密稳压、稳流电源	36	八、低功率 DC/DC 变换器	139
一、提高稳定性的措施	36	九、反激式 TV 电源电路	141
二、稳压/稳流电源	36	十、大功率开关整流器	141
三、高稳定度稳压电源	39	十一、组合电源	142
§ 1-8 电源变压器试验	40	十二、采用功率集成电路的低价格电源	142
§ 1-9 小型变压器计算	43	十三、产品分类	143
一、E 型变压器计算	43	§ 4-2 使用与维修	143
二、C 型变压器计算	45	一、使用	143
第二章 可控整流电源	48	二、维修	149
§ 2-1 晶闸管和可控整流原理	48	§ 4-3 性能测试	151
§ 2-2 电路分析	49	一、电压稳定度	151
一、可控整流主回路	49		

二、负载稳定度	152	第七章 可控交流稳压器	193
三、纹波电压	152	§ 7-1 工作原理	194
四、效率	152	§ 7-2 电路分析	194
五、瞬态负载恢复时间	153	一、主回路	194
六、起动冲击电流和软起动时间等	153	二、控制电路	198
七、保护电路的测试	153	§ 7-3 产品实例	207
八、PWM 控制电路的测试	153	一、直接控制式交流稳压器	207
§ 4-4 高频功率变压器和功率电感器的		二、精密交流稳压电源	207
设计	154	三、组合式交流稳压器	210
一、磁性材料的一般特性	154	四、抗干扰电源分类及性能规格	210
二、功率变压器设计基础	155	§ 7-4 使用与维修	212
三、功率电感器的设计	157	一、使用	212
四、设计实例	158	二、维修	212
§ 4-5 开关电源的设计	160	§ 7-5 抗干扰型电源性能测试	212
第五章 程控电源和直流标准源	163	一、抗干扰性能测试	212
§ 5-1 工作原理	163	二、稳态性能测试	215
§ 5-2 传统的程控电源	164	三、动态性能测试	218
§ 5-3 数字式程控电源	164	第八章 稳压变压器	221
一、一般结构	164	§ 8-1 磁饱和稳压器的的工作原理	221
二、以 IEEE488 控制的程控电源	170	§ 8-2 稳压变压器的结构	222
三、其他形式的程控电源	170	§ 8-3 产品实例	222
§ 5-4 PWM 型直流标准电压源	172	一、YS-38 系列交流稳压电源	222
一、电路分析	172	二、天星牌 CVT 系列磁共振交流稳压器	223
二、校准	178	三、产品分类	223
三、产品实例	179	§ 8-4 使用与维修	223
第六章 磁放大交流稳压器	182	一、使用	223
§ 6-1 工作原理	182	二、维修	224
§ 6-2 电路分析	182	§ 8-5 性能测试	224
一、交流调整回路	182	一、基本性能测试	224
二、直流控制回路	183	二、绝缘性能测试	225
§ 6-3 产品实例	184	三、抗扰度试验	225
一、614 系列交流稳压器	184	第九章 调压稳压器	226
二、JA 系列交流稳压器	186	§ 9-1 工作原理	226
三、JW 系列交流稳压器	186	§ 9-2 电路分析	226
四、YS49 型交流稳压器	186	一、稳压器主回路	226
五、三相校验台电源	187	二、控制电路	227
六、产品分类及性能规格	188	三、电动机控制电路	229
§ 6-4 使用与维修	189	四、保护电路	230
一、使用	189	§ 9-3 产品实例	232
二、维修	189	一、三相大功率补偿式稳压器	232
§ 6-5 性能测试	191	二、微机控制的三相大功率稳压器	233
一、负载效应	191	三、性能规格	235
二、源电压效应	191	§ 9-4 使用与维修	236
三、相对谐波含量	192	一、使用	236
四、最大上冲幅值和瞬态总恢复时间	192	二、维修	237
五、绝缘性能	192	§ 9-5 三相稳压器的性能测试	239

一、三相输出电压的不对称度	239	一、4700 型高准确度多功能校准源	306
二、稳压精度	239	二、YS66 型程控交流标准电压源	306
三、空载试验	239	三、745A 型交流校准源	306
四、短路试验	240	四、9100 和 5500A 型多功能校准源	308
五、外施耐压强度	241	§ 11-4 校准	309
六、绝缘电阻	241	一、外部校准	309
§ 9-6 自动调压(稳压)器	241	二、内部校准	310
一、工作原理	241		
二、产品分类和特性	242	第十二章 电池	312
三、使用与维修	243	§ 12-1 铅酸蓄电池	312
四、性能测试	244	一、型号与技术性能	312
第十章 不间断电源	247	二、使用与维修	319
§ 10-1 工作原理	247	三、阀控式铅酸蓄电池	323
§ 10-2 电路分析	248	§ 12-2 碱性蓄电池	325
一、逆变电路	248	一、型号与技术性能	325
二、蓄电池和充电电路	259	二、使用与维修	328
三、整流电路	262	§ 12-3 原电池	330
四、供电转换控制电路	263		
五、保护电路	264	附 录 一 通用直流稳定电源术语与性能	
六、自动调压/稳压电路	266	(摘录 SJ 2811—87)	331
七、市电同步电路	267	附 录 二 DC/DC 电源变换器通用规范	
§ 10-3 产品实例	268	(摘录 QJ 987A—95)	338
一、后备式 UPS 电源	268	附 录 三 DC/AC 换流器通用规范	
二、在线式 UPS 电源	271	(摘录 QJ 986—86)	344
三、性能规格	279	附 录 四 电源变换器测试	
§ 10-4 使用与维修	282	(摘录 QJ 1467A—97)	351
一、使用	282	附 录 五 移动通信电源规范	
二、维修	285	(摘录 GB/T 13722—92)	361
§ 10-5 性能测试	293	附 录 六 通信电源通用试验方法	
一、交流输入试验	293	(摘录 GB/T 16821—1997)	368
二、负载试验	293	附 录 七 磁放大式电子交流稳压器	
三、交流输入故障试验	293	(摘录 ZB N25 001—87)	370
四、转换试验	294	附 录 八 电子设备用稳压变压器规范	
§ 10-6 直流不间断电源	294	(摘录 SJ 2605—85)	383
一、工作原理	294	附 录 九 家用自动调压、保护器通用	
二、实用电路	294	规范(摘录 DB 31—57—91)	390
第十一章 交流标准电压源和多功能校		附 录 十 家用交流自动调压器	
准源	297	(摘录 SB/T 10266—1996)	394
§ 11-1 工作原理	297	附录十一 高强度聚酯(QZ—2 型)漆包圆	
§ 11-2 电路分析	297	铜线规格与载流量一览表	396
一、直流电压发生部分	297	附录十二 软磁铁氧体材料	398
二、交流电压发生部分	298	附录十三 非晶与超微晶材料的特性和磁芯	
三、交直流电流发生部分	304	尺寸	410
四、电阻等电量发生部分	304	附录十四 BCK 型开关电源变压器	411
§ 11-3 产品实例	306	附录十五 电子元器件的选用	414

大电路。为了消除输入电压不稳对放大器和输出电压的影响,稳压电源中常增加一组辅助电源,以它与输出电压串联后,向放大器供电。精密电源中,为了降低漂移和噪声,在电路设计、元器件选择和制作工艺上还将采取一系列措施。如在电网与电源变压器之间加低通滤波器,将差分管放在恒温槽中,取样电路采取抑噪措施,直流电路对地浮置等等。

§ 1-2 电路分析

直流线性稳压电源通常由输入变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路等组成。

一、输入变压器

变压器是升高或降低输入的交流电压的部件。直流线性电源中的输入变压器常为工频降压变压器。它由初级绕组、次级绕组和铁芯等组成。交流输入电压加在初级绕组两端,则在其中产生交流电流,并由此电流产生交变磁通;交变的磁通过闭合

的铁芯耦合到次级线圈,于是,在次级绕组中产生感应电势

$$E_2 = U_1 \frac{n_2}{n_1} \tag{1-2}$$

式中, n_1 、 n_2 ,变压器初级绕组和次级绕组的匝数; U_1 ,加在初级绕组两端的电压。

由上式知,在输入电压一定的条件下,改变初次级绕组的匝数比就可以改变次级感应电势和输出电压的大小。

二、整流电路

整流电路是利用二极管的单向导电性将正负变化的交流电压变为单向脉动电压的电路。常用的整流电路有桥式整流、全波整流和半波整流三种电路(图 1-3)。三种整流电路的特性比较见表 1-1。整流电路中常用的整流二极管和桥堆见表 1-2、表 1-3。

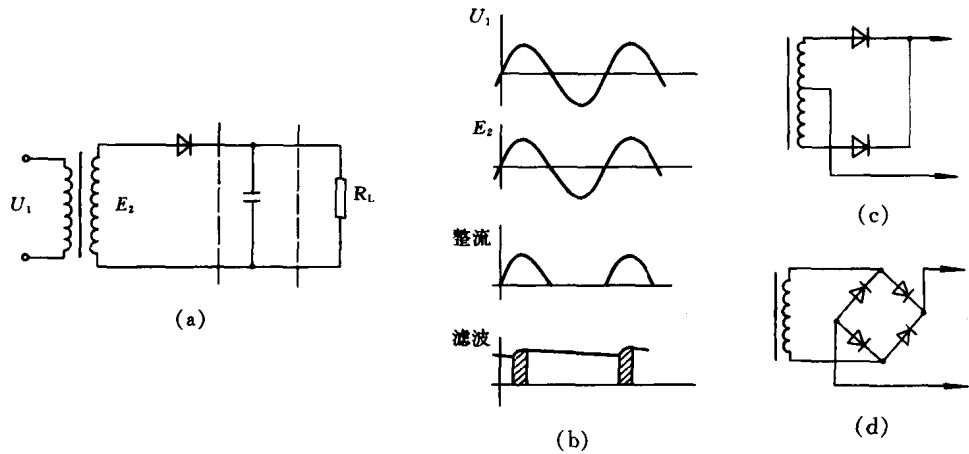


图 1-3 整流电路

(a) 单相半波整流电容滤波; (b) 图(a)电路波形图; (c) 全波整流; (d) 桥式整流

表 1-1 整流电路的主要特性

电路形式	桥式整流	全波整流	半波整流
整流电路输入电压有效值 ^{*1}	E_2	$E_2 + E_2$	E_2
整流电压平均值	$0.9E_2$	$0.9E_2$	$0.45E_2$
二极管承受的最大反峰电压	$\sqrt{2}E_2$	$2\sqrt{2}E_2$	$\sqrt{2}E_2$ ^{*2}
每管通过电流 ^{*3}	$0.5I_d$	$0.5I_d$	I_d
需用二极管数	4	2	1
应用场合	输出电流较大,稳定性要求较高的场合		小功率,稳定性要求不高

*1 E_2 为变压器次级电压有效值;

*2 阻性负载时的最大反峰电压,电容滤波时的最大反峰电压为 $2\sqrt{2}E_2$;

*3 I_d 为负载上流过的电流平均值。

表 1-2 整流二极管的主要特性*

型 号	最高反峰电压(V)	额定整流电流(mA)	正向压降(V)	反向漏电流(μ A)
2CZ11	100~1 000	1 000	≤ 1.0	≤ 5
2CZ12	50	3 000	≤ 1.0	≤ 50
2CZ13	50~1 000	5 000	≤ 1.0	≤ 50
2CZ20A	200	1 000	≤ 1.0	≤ 10
2CZ21A	200	300	≤ 1.0	≤ 10
2CZ31	50~800	1 000	≤ 0.8	≤ 5
2CZ32	50~1 000	1 500	≤ 0.8	≤ 3
2CZ33	50~600	1 500	≤ 0.8	≤ 3
2CZ37	50~600	1 200	≤ 0.93	≤ 10
2CZ50, 51	25~1 000	30, 50	≤ 1.2	≤ 5
2CZ52	25~3 000	100	≤ 1.0	≤ 5
2CZ53	25~3 000	300	≤ 1.0	≤ 5
2CZ54	25~3 000	500	≤ 1.0	≤ 10
2CZ55	25~3 000	1 000	≤ 1.0	≤ 10
2CZ56	100~3 000	3 000	≤ 0.8	≤ 20
2CZ57	25~3 000	5 000	≤ 0.8	≤ 20
2CZ58	100~2 000	10 000	≤ 0.8	≤ 30
2CZ59	25~2 000	20 000	≤ 0.8	≤ 40
2CZ82	25~3 000	100	≤ 1.0	≤ 5
2CZ84	25~3 000	500	≤ 1.0	≤ 10
2CZ85	25~3 000	1 000	≤ 1.0	≤ 10
2CZ86, 87	100~600	2 000, 3 000	≤ 1.2	≤ 3
2CZ16, 17	50~1 000	3 000, 5 000	≤ 0.8	≤ 20
2CZ18, 19	50~1 000	10 000, 20 000	≤ 0.8	$\leq 30, \leq 40$
2CP10	25	100	≤ 1.0	≤ 5
2CP11	50	100	≤ 1.0	≤ 5
2CP12~20	100~600	100	≤ 1.0	≤ 5
2CP20A	800	100	≤ 1.0	≤ 5
2CP21	100	300	≤ 1.0	≤ 5

* 整流二极管的最高反向工作电压分为 22 档,规格号顺序为 A~X。不同规格号对应不同电压,并可用色环表示。A—25 V, B—50 V(黑), C—100 V(棕), D—200 V(红), E—300 V(橙), F—400 V(黄), G—500 V(绿), H—600 V(蓝), J—700 V(紫), K—800 V(灰), L—900 V, M—1 000 V, N—1 200 V, P—1 400 V, Q—1 600 V, R—1 800 V, S—2 000 V, T—2 200 V, U—2 400 V, V—2 600 V, W—2 800 V, X—3 000 V。

选用整流管时,应使其能通过的电流大于每个管子流过的最大平均电流 I_D (考虑到冲击电流的影响,整流管能通过的电流还要选大些);二极管的最大反向工作电压应大于每个管子所承受的反向峰值电压。

三、滤波电路

滤波电路是尽量保持输出的整流电压中的直流分量而使其中的脉动分量尽可能降低的电路。常见的滤波电路有电容滤波、RC(RC-II)滤波、LC 滤波和 LC-II 滤波等几种。这些滤波电路(以桥式或全波整流)的特性见表 1-4。

四、稳压电路

直流线性稳压电源的稳压电路至少由取样、基

准、比较放大、调整等几部分组成。

1. 取样、基准和比较放大

取样功能由接在输出端的电阻器(电阻分压器)实现。基准电压由接在电路中的稳压二极管产生。常用的稳压管的主要技术参数见表 1-5。选用时注意:① 稳压管的稳压值应等于要求的电压;② 工作电流 I_W 在规定范围内变化时,稳压管必须工作在稳压区,必须满足 $I_{Wmin} < I_W < I_{Wmax}$, 式中 I_{Wmin} 和 I_{Wmax} 分别为稳压管的最小工作电流和最大工作电流。当 $I_W > I_{Wmax}$ 时,稳压管可能被烧坏; $I_W < I_{Wmin}$ 时,稳压管电压随电流变化太大,起不到稳定作用。一般小功率稳压管的工作电流范围大致在 5~300 mA。

表 1-3 桥堆的主要特性

型 号	额定整流电流 (A)	最高反峰电压 (V)	正向压降 (V)	反向漏电流	
				(μA)	(μA)
QL50V/0.5A	0.5	50	1.2	5	50
QL100V/0.5A		100			
QL200V/0.5A		200			
QL300V/0.5A		300			
QL400V/0.5A		400			
QL500V/0.5A		500			
QL600V/0.5A		600			
QL700V/0.5A		700			
QL800V/0.5A		800			
QL900V/0.5A		900			
QL1000V/0.5A		1 000			
QL50V/1A	1	50	1.2	5	50
QL100V/1A		100			
QL200V/1A		200			
QL300V/1A		300			
QL400V/1A		400			
QL500V/1A		500			
QL600V/1A		600			
QL700V/1A		700			
QL800V/1A		800			
QL900V/1A		900			
QL1000V/1A		1 000			
QL50V/2A	2	50	1.2	5	50
QL100V/2A		100			
QL200V/2A		200			
QL300V/2A		300			
QL400V/2A		400			
QL500V/2A		500			
QL600V/2A		600			
QL700V/2A		700			
QL800V/2A		800			
QL900V/2A		900			
QL1000V/2A		1 000			
QL50V/3A	3	50	1.2	5	50
QL100V/3A		100			
QL200V/3A		200			
QL300V/3A		300			
QL400V/3A		400			
QL500V/3A		500			
QL600V/3A		600			
QL700V/3A		700			
QL800V/3A		800			
QL900V/3A		900			
QL1000V/3A		1 000			
QL50V/5A	5	50	1.2	5	50
QL100V/5A		100			
QL200V/5A		200			
QL300V/5A		300			

(续表)

型 号	额定整流电流 (A)	最高反峰电压 (V)	正向压降 (V)	反向漏电流	
				(μA)	(μA)
QL400V/5A	5	400	1.2	5	50
QL500V/5A		500			
QL600V/5A		600			
QL700V/5A		700			
QL800V/5A		800			
QL900V/5A		900			
QL1000V/5A		1 000			
QL51A	1	25	≤ 1.2	≤ 10	≤ 200
QL51B		50			
QL51C		100			
QL51D		200			
QL51E		300			
QL51F		400			
QL51G		500			
QL51X		1 000			
测试条件			$I_F = 0.5 \text{ A}$	25 $^{\circ}\text{C}$	125 $^{\circ}\text{C}$
QL62A	2	25	≤ 1	≤ 10	≤ 100
QL62B		50			
QL62C		100			
QL62D		200			
QL62E		300			
QL62F		400			
QL62G		500			
QL62X		1 000			
测试条件			$I_F = 1 \text{ A}$	25 $^{\circ}\text{C}$	130 $^{\circ}\text{C}$
2CQA	0.5	250	≤ 1	≤ 10	
2CQB	0.75	50			
2CQC	1	250			
1/2QL1.5A	1.5	30	≤ 1	≤ 5	≤ 100
QL0.3A100	0.3	100			
QL0.3A200		200			
QL0.3A400		400			
QL0.5A30	0.5	30	≤ 1	≤ 5	≤ 100
QL0.5A100		100			
QL0.5A200		200			
QL1A30	1	30	≤ 1	≤ 5	≤ 100
QL1A100		100			
QL1A200		200			
QSZ0.5A	0.5	30~1 500	≤ 1	≤ 10	≤ 500
QSZ1A	1	30~1 500	≤ 1	≤ 10	≤ 500
QSZ3A	3	30~1 500	≤ 0.8	≤ 20	$\leq 1 000$
QSZ5A	5	30~1 500	≤ 0.8	≤ 20	$\leq 1 000$
10QZ1	1	100	≤ 1	10	
10QZ2		200			
10QZ4		400			
10QZ6		600			
10QZ8		800			
10QZ10		1 000			

(续表)

型 号	额定整流电流 (A)	最高反峰电压 (V)	正向压降 (V)	反向漏电流	
				(μ A)	(μ A)
10QZ12	1	1 200	≤ 1	10	
10QZ15		1 500			
测试条件				25 $^{\circ}$ C	100 $^{\circ}$ C

表 1-4 滤波电路的主要特性

滤波形式	优 点	缺 点	适用场合
电容并接在整流电路之后	输出电压高, $\approx 1.2E_2^{*1}$; 小电流时滤波效果好; 简单经济	带负载能力差, 即电流加大, 输出电压减小, 纹波加大; 整流管所受的冲击电流大	负载电流小的场合
RC	滤波效果好; 结构简单经济; 具有限流功能	有直流电压损失; 带负载能力差	负载电流较小、负载电阻较大的场合
RC- π	滤波效果很好, 输出电压较高	有直流电压损失 *2 ; 整流管所受的冲击电流大	适应性强
电感串在整流电路与 R_L 之间	带负载能力强; 不受冲击电流作用; 大电流时滤波效果好	输出电压较低, $\approx 0.9E_2^{*3}$; 负载电流大, 则体积大, 重量重; 反电势大	负载电流大的场合, 如晶闸管电源
LC	滤波效果很好; 负载能力强; 几乎没有直流电压损失	体积大、重量重; 成本较高	适应性较强, 用在高频时更好

*1 要求 $R_L \cdot C \geq (3 \sim 5) \frac{T}{2}$, 电路输入为全波整流或桥式整流的输出; 半波整流输出时, $\approx E_2$;

*2 为降低滤波器上的压降和提高滤波效果, 第一只电容后面的 RC 元件可用有源滤波电路代替;

*3 电路输入为全波或桥式整流的输出。

表 1-5 稳压管的主要技术参数

型 号	稳定电压 (V)	最大工作 电流(mA)	动态电阻(Ω)/ 测试电流(mA)	功 耗 (W)	代 换 型 号
2CW23A	17~22	9	80	0.2	2CW9 2CW10、2CW7 2CW11、2CW7A 2CW12、2CW7B 2CW13、2CW7C 2CW14、2CW7D 2CW15、2CW7E 2CW16、2CW7F 2CW17、2CW7G 2CW18、2CW7H 2CW19、2CW7I 2CW20、2CW7I 2CW20A、2CW7J 2CW20A、2CW7K 2CW20A、2CW7K 2CW20B、2CW7L
2CW23C	25~34	6	130	0.2	
2CW23E	37~49	4	180	0.2	
2CW50	1.0~2.8	83	50/10	0.25	
2CW51	2.5~3.5	71	60/10	0.25	
2CW52	3.2~4.5	55	70/10	0.25	
2CW53	4.0~5.8	41	50/10	0.25	
2CW54	5.5~6.5	38	30/10	0.25	
2CW55	6.2~7.5	33	15/10	0.25	
2CW56	7.0~8.8	27	15/5	0.25	
2CW57	8.5~9.5	26	20/5	0.25	
2CW58	9.2~10.5	23	25/5	0.25	
2CW59	10~11.8	20	30/5	0.25	
2CW60	11.5~12.5	19	40/5	0.25	
2CW61	12.2~14	16	50/3	0.25	
2CW62	13.5~17	14	60/3	0.25	
2CW63	16~19	13	70/3	0.25	
2CW64	18~21	11	75/3	0.25	
2CW65	20~24	10	80/3	0.25	

(续表)

型 号	稳定电压 (V)	最大工作 电流(mA)	动态电阻(Ω)/ 测试电流(mA)	功 耗 (W)	代 换 型 号
2CW66	23~26	9	85/3	0.25	2CW20C、2CW7M
2CW67	25~28	9	90/3	0.25	2CW20C、2CW7N
2CW68	27~30	8	95/3	0.25	2CW20D、2CW7N
2CW69	29~33	7	95/3	0.25	2CW20D
2CW70	32~36	7	100/3	0.25	2CW20E
2CW71	35~40	6	100/3	0.25	2CW20E
2CW72	7~8.8	29	6/3	0.25	2CW1
2CW73	8.5~9.5	25	10/3	0.25	2CW2
2CW74	9.2~10.5	23	12/3	0.25	2CW3
2CW75	10~11.8	21	15/3	0.25	2CW4
2CW76	11.5~12.5	20	18/3	0.25	2CW5
2CW77	12.2~14	18	21/3	0.25	2CW5
2CW78	13.5~17	14	15/50	0.25	2CW6
2CW100	1~2.8	330	25/50	1	2CW21P
2CW101	2.5~3.5	280	30/50	1	2CW21S
2CW102	3.2~4.5	220	20/50	1	2CW21
2CW103	4~5.8	165	15/30	1	2CW21A
2CW104	5.5~6.5	150	7/30	1	2CW21B
2CW105	6.2~7.5	130	5/30	1	2CW21C
2CW106	7~8.8	110	5/30	1	2CW21D
2CW107	8.5~9.5	100	10/20	1	2CW21E
2CW108	9.2~10.5	95	12/20	1	2CW21F
2CW109	10~11.5	83	15/20	1	2CW21G
2CW110	11.5~12.5	76	20/20	1	2CW21H
2CW111	12.2~14	66	20/20	1	2CW21H
2CW112	13.5~17	58	35/10	1	2CW21I
2CW113	16~19	52	40/10	1	2CW21J
2CW114	18~21	47	45/10	1	2CW21K
2CW115	20~24	38	50/10	1	
2CW116	23~26	38	55/10	1	2CW21L
2CW117	25~28	35	60/10	1	2CW21L
2CW118	27~30	33	80/5	1	2CW21M
2CW119	29~33	30	90/5	1	2CW21M
2CW120	32~36	27	110/5	1	2CW21N
2CW121	35~40	25	130/5	1	2CW21N
2CW130	3~4.5	660	20/100	3,加散热片	2CW22
2CW131	4~5.8	500	15/100	3,加散热片	2CW22A
2CW132	5.5~6.5	460	12/100	3,加散热片	2CW22B
2CW133	6.2~7.5	400	6/100	3,加散热片	2CW22C
2CW134, 135	7~8.5, 8.5~9.5	330, 310	5/50, 7/50	3, 3	
2CW136, 137	9.2~10.5, 10~11.8	280, 250	9/50, 12/50	3, 3	
2CW138, 139	11.5~12.5, 12.2~14	230, 200	14/50, 16/50	3, 3	
2CW140, 141	13.5~17, 16~19	170, 150	25/30, 30/30	3, 3	
2CW142, 143	18~21, 20~24	140, 120	35/30, 40/30	1, 1	
2CW144, 145	23~26, 25~28	110, 105	45/30, 55/15	1, 1	
2CW146, 147	27~30, 29~33	100, 90	60/15, 70/15	1, 1	
2CW148, 149	32~36, 35~40	80, 75	80/15, 90/15	1, 1	
2DW7A	5.8~6.6	30	25	0.2	
2DW7B	5.8~6.6	30	15	0.2	
2DW7C	6.1~6.5	30	10	0.2	
2DW230	5.8~6.6	30	25/10	0.2	
2DW231	5.8~6.6	30	15/10	0.2	
2DW232~2DW236	6~6.5	30	10	0.2	

比较放大功能由晶体管等分立元件或集成电路等元件构成的比较放大电路完成。常用的小功率晶体管

见表 1-6,主要为低频小功率晶体管,高频管也给出几种典型产品。常用的 IC 放大器见表 1-7。

表 1-6 小功率晶体管的主要技术参数

型 号	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$I_{CEO}(I_{CBO})$ (μA)	$h_{FE}(h_{fe})$	备 注						
3AX3	150	50	≥ 10	≤ 500	≥ 20	锗 PNP 低频管						
3AX4	150	50	≥ 10	≤ 500	35~150							
3AX21A	150	150	≥ 12	≤ 800	40~180							
3AX31A、B、C、D、E、F	125	125	$\geq 12、18、24$ $\geq 12、12、12$	$\leq 800、600、400$ $\leq 600、600、600$	40~180							
3AX51A、B、C、D	100	100	$\geq 12、12$ $\geq 18、24$	≤ 500 ≤ 300	25~150							
3AX52A、B、C、D	150	150	$\geq 12、12$ $\geq 18、24$	≤ 550 ≤ 300	25~150							
3AX53A、B、C	200	200	$\geq 12、18、24$	$\leq 800、700、700$	30~200							
3AX54A、B、C、D	200	160	$\geq 35、45$ $\geq 60、70$	(≤ 100) (≤ 50)	(20~110)							
3AX55A、B、C	500	500	$\geq 20、30、45$	$\leq 1\ 200$	30~150							
3AX62	500	500	≥ 30	(≤ 80)	≥ 50							
3AX71A、B、C	125	125	$\geq 12、18、25$	$\leq 1\ 000、$ 750、500	A:30~200 B、C:50~150							
3AX81A、B、C	200	200	$\geq 10、15、10$	$\leq 1\ 000、700、$ 1 000	30~250							
3DX2A、B、C、D、E、F	500	100	$\geq 15、30$	≤ 10	10~20 20~30 ≥ 30	硅 NPN 低频管						
3DX101、102	300	40	$\geq 10、20$	(≤ 1)	(10)							
3DX103、104	300	40	$\geq 30、40$	(≤ 1)	(15)							
3DX105、106	300	40	$\geq 50、60$	(≤ 1)	(10)							
3DX107、108、109、110	300	40	$\geq 70、80、$ 90、100	(≤ 1)	(15)							
3CX200 3DX200 3CX201 3DX201 3CX202 3DX202 3CX203 3DX203 3CX204 3DX204	300 700	300 700	A ≥ 12 B ≥ 18 A ≥ 15 B ≥ 25	≤ 2 ≤ 20	55~400 55~400	硅 PNP/NPN 低频管						
A、B												
A、B												
A、B												
A、B												
A、B												
A、B												
A、B												
A、B												
A、B												

型 号	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$I_{CEO}(I_{CBO})$ (μA)	$h_{FE}(h_{fe})$	f_T (MHz)
3AG6A、B、C、D、E	50	10	≥ 10	≤ 100 (≤ 10)	(30~250)	≥ 10 、25、40、 65、100
3AG53A、B、C、D、E	50	10	≥ 15	≤ 200	(30~200)	≥ 30 、50、100、 200、300
3AG54A、B、C、D、E	100	30	≥ 15	≤ 300	(30~200)	同上
3AG55A、B、C	150	50	≥ 15	≤ 500	(30~200)	≥ 100 、200、300
3AG56 A、B、C、D、 E ₁ 、E ₂ 、F	50	10	≥ 10	≤ 200	(A:40~270) (其余:40~180)	≥ 25 、25、50、65 ≥ 80 、100、120
3DG4 A、B、 C、D、 E、F	300	30	≥ 30 、15	≤ 0.1	F:10~250 其余:20~180	≥ 200 、200、 ≥ 200 、300 ≥ 300 、150

(续表)

型 号	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$I_{CEO}(I_{CBO})$ (μ A)	$h_{FE}(h_{fe})$	f_T (MHz)
3DG6 A、 B、C、D	100	20	≥ 15 $\geq 20、20、30$	≤ 0.1 ≤ 0.01	30~200	≥ 100 ≥ 150
3DG8 A、 B、C	200	30	≥ 15 ≥ 25	≤ 1 ≤ 0.1	30~200	$\geq 100、150、250$
3DG100A、B、C、D	100	20	$\geq 20、30、$ $20、30$	≤ 0.01	≥ 30	$\geq 150、150、$ $300、300$
3DG102A、B、C、D	100	20	$\geq 20、30、$ $20、30$	≤ 0.1	≥ 30	$\geq 150、150、$ $300、300$
3DG101 A、B、C、 D、E、F	100	20	$\geq 15、20、30$ $\geq 15、20、30$	≤ 0.01	≥ 30	≥ 150 ≥ 300
3DG110 } A、B、C、 3DG111 } D、E、F	300	50	$\geq 15、30、45$ $\geq 15、30、45$	≤ 0.1	≥ 30	≥ 150 ≥ 300
3DG121 A、B、 C、D	500	100	$\geq 30、45$	≤ 0.2	≥ 30	≥ 150 ≥ 300
3DG122 A、B、 C、D	500	100	$\geq 30、45$	≤ 0.2	≥ 30	≥ 500 ≥ 700
3DG130 A、B、 C、D	700	300	$\geq 30、45$	≤ 1	≥ 30	≥ 150 ≥ 300
3CG112A、B、C	300	50	$\geq 15、30、45$	≤ 0.1	≥ 25	≥ 100
3DG200 } 3DG201 } A、B、C 3DG202 } 3DG203 }	100	20	A ≥ 15 B ≥ 25 C ≥ 20	≤ 0.5 ≤ 0.1 ≤ 0.1	25~270	≥ 100

表 1-7 国产 IC 运算放大器主要特性

型 号	产 品	U_{I0} (mV)	A_{VD}	K_{CMR} (dB)	α_{v10} (μ V/C)	SR (V/ μ s)	t_s (ns)	R_{ID} (Ω)	I_{IB} (pA)	BW_G (MHz)	备 注
CF709	通用运放	1.0	45 V/mV	90	3~6			4×10^5			外补偿
CF101 系列	通用运放	0.7	160 V/mV	96	3~6			4×10^6			外补偿
CF108 系列	通用运放	0.7	300 V/mV	100	3~6			70×10^6			外补偿
CF741	通用运放	1.0	200 V/mV	90		0.5		2×10^6			内补偿
CF747	双通用运放	1.0	200 V/mV	90		0.5		2×10^6			内补偿
CF148 系列	四通用运放	1.0	160 V/mV	90		0.5		2.5×10^6		1	内补偿
CF158 系列	双通用运放	2.0	100 V/mV	85	7						内补偿,单电源
CF4741	四通用运放	1.0	200 V/mV	90		0.5		2×10^6			内补偿
CF124 系列	四通用运放	2.0	100 V/mV	85	7						内补偿,单电源
CF7611	低功耗运放	2.0	104dB	96	10			1×10^{12}	1.0		CMOS, 输入电 流极小
CF7642	四低功耗运放	5.0	104dB	96	15			1×10^{12}	1.0		CMOS, 输入电 流极小
CF725	高精度运放	0.5	3 000 V/mV	120	0.6			1.5×10^6			双极型
CF714	高精度运放	0.03	500 V/mV	126	0.3			60×10^6	1.0		双极型
CF7650	高精度运放	7×10^{-4}	5 V/mV	130	0.01	2.5		1×10^{12}	1.5	2	CMOS
CF715	高速运放	2.0	30 V/mV	92		18($A_{VF}=1$) 100 ($A_{VF}=-1$)	800	1×10^6			高速高增益
CF2520	高速运放	4.0	15 V/mV	90	20	120	200	100×10^6			双极介质隔离
CF3130B	高输入阻抗运放	0.8	320 V/mV	100	5			1.5×10^{12}	5		MOSFET 输入, CMOS 输出
CF3140B	高输入阻抗运放	0.8	100 V/mV	94	5			1.5×10^{12}	10		MOSFET 输入, 双极输出
F007C	通用运放	2.0	94dB	80	3~10			5×10^5			内补偿

2. 调整管

(1) 调整管的选择

调整管是调节输出电压的关键部件,对电源的总体性能有很大影响。调整管的正常工作范围通常受下列参数限制(图 1-4):集电极-发射极反向击穿电压 $U_{(BR)CEO}$ 或 BU_{CEO} (虚线①);集电极最大允许耗散功率 P_{CM} (虚线②);调整管的饱和电压 U_{CES} (虚线④);集电极最大允许电流 I_{CM} (虚线③)。 I_{CM} 决定了电源的最大输出电流, $U_{(BR)CEO}$ 和 U_{CES} 确定了电源的输出电压范围, P_{CM} 限制了电源的最大输出功率。在 I_C - U_{CE} 坐标平面内, P_{CM} 为一条等功率曲线($i_c \cdot u_{ce}$)。正常工作情况下,调整管的工作点应落在上述四条虚线所包围的安全工作区(SOA)内。考虑二次击穿的影响(临界功率为一条不等功率线),调整管的 SOA 将略微缩小。调整管的工作点一旦超越安全工作区,轻则会降低直流电源的稳定性能,重则将击穿或烧毁调整管。

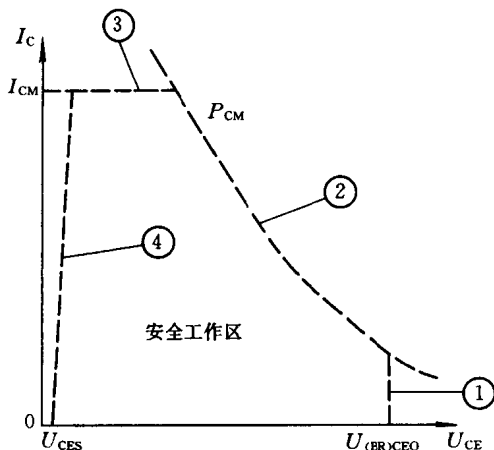


图 1-4 调整管的工作范围

(2) 复合调整管

复合调整管是用两个或更多个三极管直接耦合起来等效而成的管子,以此获得较大的输出电流或

满足某种特殊需要。

① 复合管的电流放大系数和输入电阻

图 1-5 是用两只 NPN 管和三只 NPN 管复合的等效电路。图 1-5(a)中,复合管 V 的集电极电流为 $i_c = i_{c1} + i_{c2}$,基极电流为 $i_b = i_{b2}$ 。

复合管从基极看进去的输入电阻 r_i 为 V2 的输入电阻 r_{i2} 加上 V1 的输入电阻 r_{i1} 的 $(1+\beta_2)$ 倍,即

$$r_i = r_{i2} + (1 + \beta_2)r_{i1}$$

同理,三级复合管的电流放大系数和输入电阻分别为:

$$\beta = \beta_1\beta_2\beta_3$$

$$r_i = r_{i3} + (1 + \beta_3)[r_{i2} + (1 + \beta_2)r_{i1}]$$

② 带射极电阻的复合管的电流放大系数和输入电阻

为了在高温下泄放各管的穿透电流,以克服稳压电源的高温失控现象,提高稳定性,复合管的发射极常接有电阻。下面介绍这种情况下的复合管的 β 和 r_i 的计算。

假设图 1-6 复合电路的各管参数为:

V1, r_{i1} 、 β_1 、 R_1 ; V2, r_{i2} 、 β_2 、 R_2 ; V3, r_{i3} 、 β_3 、 R_3 。其中 R_1 、 R_2 、 R_3 分别为 V1、V2、V3 的射极电阻。

V1 的输入端未并联 R_2 之前的输入电阻为

$$r_i = r_{i2} + \beta_1 R_1$$

并联 R_2 之后的输入电阻为

$$r'_i = \frac{r_i R_2}{r_i + R_2} = r_i // R_2$$

符号“//”表示并联关系。

并联 R_2 之后的电流放大系数为

$$\beta'_i = \frac{\beta_1 R_2}{r_i + R_2}$$

V2 的输入端未并联 R_3 之前的输入电阻为

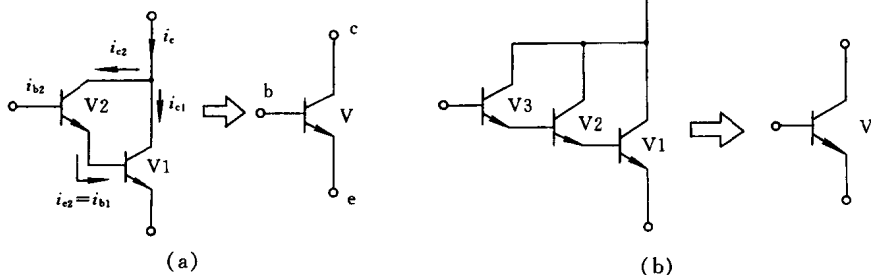


图 1-5 复合管电路

(a) 两只 NPN 管复合; (b) 三只 NPN 管复合