

实用电工速查速算系列手册

电子及晶闸管电路 速查速算手册

方大千 郑 鹏 编著

DIANZI JI JINGZHAGUAN DIANLU
SUCHA SUSUAN SHOUCHE



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

实用电工速查速算系列手册

电子及晶闸管电路 速查速算手册

方大千 郑 鹏 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书较详细而系统地介绍了工业应用电子电路及晶闸管电路的计算公式和计算方法。内容包括:电子元件的选用及测试;整流电路和滤波电路的计算;三极管及稳压电源的计算;交流放大器、直流放大器、运算放大器和功率放大器的计算;触发器、振荡器、交换器和延时电路的计算;晶闸管及其基本电路和触发电路的计算;晶闸管变换装置的调试与检修;电子设备的抗干扰措施等八章。

本书公式准确、简明、实用,内容丰富。可供电气及电子技术人员、自动化生产线的运行和维修电工、工厂和农村电工,以及自动化控制设计人员、新产品开发人员使用,也可供大、中专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子及晶闸管电路速查速算手册/方大千,郑鹏编著.

北京:中国水利水电出版社,2004.7

(实用电工速查速算系列手册)

ISBN 7-5084-2195-7

I. 电... I. ①方... ②郑... Ⅱ. ①电子电路—计算—技术手册 ②晶闸管—电路—计算—技术手册
N. TN702-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第059337号

书 名	实用电工速查速算系列手册 电子及晶闸管电路速查速算手册
作 者	方大千 郑 鹏 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32开本 15.625印张 420千字
版 次	2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷
印 数	0001—5100册
定 价	34.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

电气工作者经常涉及到电气的计算。电气计算公式和计算方法，见于各类设计手册、电工手册及电气书刊中。设计手册类的书籍中，由于计算公式繁杂、参数甚多，查找使用不便，对于非技术人员则更难使用；电工手册类以数据、表格、资料为主，计算公式不多；而各类书刊中的计算公式很分散，不易查找；加上公式、符号等又不统一，这些都给使用者带来诸多不便。为了提高工作效率、节省时间，以适应当今时代快节奏的工作要求，为此我们组织编写了《实用电工速查速算系列手册》。书中公式没有冗长的推导过程和繁多的参数，开门见山，拿来即可使用，旨在解决实际问题。参加系列手册编写工作的都是长期从事电气工作的工程技术人员，具有丰富的实践经验，因此本系列手册的实用性非常强。

《电子及晶闸管电路速查速算手册》是一本实用的工具书。本书重点介绍工业应用电子电路及晶闸管电路的计算公式和计算方法。内容包括：电子元件的选用及测试；整流电路及滤波电路的计算；三极管及稳压电源的计算；交流放大器、直流放大器、运算放大器和功率放大器等计算；触发器、振荡器、变换器和延时电路的计算；晶闸管的选用及测试；晶闸管保护计算及串、并联计算；晶闸管触发电路、集成触发电路零触发型触发电路、光电耦合器触发电路的计算；晶闸管整流装置、晶闸管励磁装置、晶闸管交流调压装置、变频调速装置、逆变器等计算及调试与检修；变频器的选用；电子设备、晶闸管变换装置、微机、PLC 及计算机等抗干扰措施及防雷措施。书中介绍了作者长期从事工业自动化工作和新产品开发中涉及的调试和维修经验。这对提高读者的

实际工作能力会有帮助。本书列有计算必须的和维修中经常用到的一些技术数据，为了便于读者应用和掌握，还列举许多计算实例。

在本书的编写过程中，力求做到准确、简明、实用，并注意内容的先进性和新颖性。全书采用法定计量单位和国家绘图标准。

全书由方大中、姚志松高级工程师审校。参加编写工作的有朱丽宁、朱征涛、方亚平、方亚敏、张正昌、方成、鲍俏伟、许纪秋和那罗丽等。全书插图由方欣绘制。

限于编者的经验和水平，书中难免有错误和不妥之处，希望读者批评指正。

作 者

2004 年 6 月

目 录

前言

第一章 电子元件的选用及测试	1
第一节 电阻和电容的选用及测试	1
一、电阻的选用及测试	1
二、电容的选用及测试	7
第二节 半导体器件型号命名方法	18
第三节 二极管、稳压管和单结晶体管的基本参数及测试	18
一、二极管基本参数及测试	18
二、稳压管基本参数及测试	25
三、单结晶体管基本参数及测试	31
四、双向触发二极管基本参数及测试	34
第四节 三极管和场效应管的基本参数及测试	35
一、三极管基本参数及测试	35
二、场效应管基本参数及测试	45
第五节 光电元件基本参数	53
一、光电元件的特点及主要参数	53
二、光敏二极管、光敏三极管和光电池的主要参数	54
三、光敏电阻、发光二极管和光电耦合器的主要参数	58
第二章 整流电路和滤波电路的计算	65
第一节 整流电路及其计算	65
一、三种二极管基本整流电路及其计算	65
二、电容降压整流电路的计算	68
三、多级倍压整流电路的计算	70
四、各种整流电路参数及比较	71
五、整流元件串、并联计算	75
六、整流元件保护计算	76

第二节 滤波电路及其计算	77
一、常用滤波电路及适用场合	77
二、各种滤波电路的计算	77
三、整流电路中滤波电抗器电感量的估算	86
四、交流电源滤波器的设计	88
第三章 三极管及稳压电源的计算	92
第一节 有关三极管的计算	92
一、三极管三种工作状态的比较	92
二、三极管三种基本接法的比较及参数选择	94
三、温度对三极管特性参数影响的计算	95
第二节 稳压电源计算	98
一、采用稳压管的稳压电源计算	98
二、串联型三极管稳压电源计算	101
三、稳压电源的调试	106
四、由运算放大器构成的稳压电源计算	107
五、三端固定集成稳压电源	109
六、三端可调集成稳压电源	112
七、稳压电源常用的过电压、过电流保护电路及计算	114
第四章 交流放大器、直流放大器、运算放大器和	
功率放大器的计算	121
第一节 交流放大器的计算	121
一、交流放大电路静态工作点的选择和直流负载线的确定	121
二、放大器的输入电阻、输出电阻、负载电阻及	
放大倍数的计算	123
三、单管交流放大器的设计要点	125
四、工作点稳定的典型交流放大器的设计	125
五、交流放大器的调试	127
六、阻容耦合放大器的计算	128
七、射极输出器的计算	131
八、共基极放大电路的计算	133

九、负反馈电路的计算	135
十、各类交流放大器的特点及比较	137
十一、交流放大器偏置电路的计算	137
十二、场效应管放大电路的计算	141
第二节 交流放大器等电子设备的干扰、噪声、 自激及消除方法	144
一、干扰的来源及消除方法	144
二、噪声的来源及减小方法	146
三、自激振荡及消除方法	146
四、电子元件的老化处理	149
第三节 直流放大器和运算放大器的计算	150
一、三极管直流放大器的计算	150
二、差动直流放大器的计算	151
三、直流放大器的零点漂移及抑制方法	156
四、运算放大器的计算	160
五、运算放大器的测试	169
六、运算放大电路的抗干扰措施	174
第四节 功率放大器的计算	176
一、功率放大器的计算	176
二、晶体管电子继电器元件参数的选择	185
三、功率放大器保护元件的选择	187
四、发光二极管限流电阻和降压电容的计算	189
第五章 触发器、振荡器、变换器和延时电路的计算	195
第一节 触发器的计算	195
一、单稳态触发器的计算	195
二、射极耦合单稳态触发器的计算	199
三、双稳态触发器的计算	201
四、无稳态触发器的计算	207
五、时钟触发器及逻辑关系	212
第二节 振荡器的计算	216

一、RC 振荡器的计算	216
二、LC 振荡器的计算	217
三、石英晶体振荡器的计算	217
四、陶瓷滤波控频振荡器的选用	223
五、常用非正弦振荡器及计算	225
六、接近开关的选用	225
第三节 晶体管变换器的计算	234
一、晶体管直流变换器的计算	234
二、晶体管逆变器及元件选择	239
三、变换器或逆变器的变压器设计	241
第四节 延时电路的计算	244
一、几种脱扣器上使用的延时电路及计算	244
二、555 时基电路组成的延时电路及计算	246
三、几种时间继电器的选用	247
四、将普通继电器改为延时吸合或延时释放继电器	250
第六章 晶闸管及其基本电路和触发电路的计算	254
第一节 晶闸管的选用及测试	254
一、晶闸管的型号与主要参数	254
二、整流二极管和晶闸管的选用	258
三、整流管和晶闸管模块的选用	262
四、晶闸管的测试	263
五、使用晶闸管的注意事项	277
第二节 晶闸管交流电路及基本电量关系	279
一、晶闸管整流电路的电参数及整流电路比较	279
二、各种晶闸管整流电路的波形及电流、电压的关系	279
三、各种整流电路的整流变压器的计算	296
第三节 晶闸管保护计算	297
一、晶闸管串、并联计算	297
二、晶闸管换相保护计算	299
三、限制电流上升率 di/dt 的保护计算	300

四、晶闸管交流侧过电压保护计算	301
五、晶闸管直流侧过电压保护计算	308
六、晶闸管过电流保护计算	309
七、晶闸管变流装置风机的选择	314
八、晶闸管元件的常见故障及防止措施	315
第四节 晶闸管触发电路的计算	319
一、晶闸管对触发电路的要求	319
二、带变压器的阻容移相桥触发电路的计算	322
三、简单的阻容移相触发电路的计算	325
四、阻容移相晶闸管调压电路抗干扰元件的选择	328
五、单结晶体管触发电路的计算	330
六、三极管脉冲触发电路的分析	332
七、小晶闸管触发电路的分析	336
八、触发电路的输出环节元件的选择	338
九、集成触发器的选用	340
十、零触发型集成触发器的选用	344
十一、光电耦合器触发电路	360
第七章 晶闸管变换装置的调试与检修	363
第一节 晶闸管变换装置的一般调试与维护	363
一、晶闸管变换装置的日常维护与检修	363
二、晶闸管变换装置的一般调试	368
三、晶闸管变换装置的常见故障及处理	372
四、放置已久的晶闸管变换装置的检查与调试	376
第二节 晶闸管整流装置的调试与检修	377
一、单相晶闸管整流装置的调试与检修	377
二、三相半控桥整流装置	382
三、三相全控桥整流装置	391
四、用万用表调试晶闸管整流装置	403
五、晶闸管整流装置的常见故障及处理	406
第三节 晶闸管励磁装置的调试与检修	411

一、TLG1—4 型晶闸管励磁装置的调试与检修	411
二、TWL—1 型无刷励磁装置的调试与检修	415
三、JZLF—31F 型晶闸管励磁装置的调试与检修	421
四、小型水轮发电机组的试机	425
第四节 晶闸管交流调速系统的调试与检修	429
一、晶闸管单相交流功率调节器	429
二、晶闸管—滑差电机式电弧炉电极自动调节器	430
三、DZZT—I 型晶闸管—力矩电机式电弧炉电极 自动调节器	435
四、晶闸管交流调压电路的比较	440
五、晶闸管变频调速装置及变频器的选用	442
六、三相逆变器实用电路及元件选择	460
七、晶闸管斩波器和逆变器电路的比较	465
第八章 电子设备的抗干扰措施	466
第一节 电子设备抗干扰的基本措施	466
一、电子设备受干扰的原因	466
二、基本的抗干扰措施	467
第二节 晶闸管变换装置的抗干扰措施	474
一、干扰源及抗干扰措施	475
二、防止晶闸管失控的措施	477
第三节 微机和 PLC 的抗干扰措施	478
一、单片机和微机的抗干扰措施	478
二、PLC 抗干扰措施	480
三、PLC 输出方式比较	485
四、计算机控制系统的防雷措施	486
参考文献	488

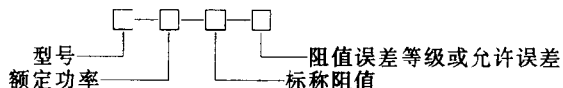
第一章 电子元件的选用及测试

第一节 电阻和电容的选用及测试

一、电阻的选用及测试

1. 电阻的识别

(1) 电阻的标志代号含义如下：



(2) 电阻的标志符号见表 1-1；电位器的标志符号见表 1-2。

表 1-1 电 阻 标 志 符 号

代 号	种 类	代 号	种 类
RT	碳膜电阻	RHZ	高压合成膜电阻
RH	合成碳膜电阻	RHY	高压合成膜电阻
RJ	金属膜电阻	RHZZ	真空兆欧合成膜电阻
RY	氧化膜电阻	RJJ	精密合成膜电阻
RC	沉积膜电阻	RXY	被釉线绕电阻
RX	线绕电阻	RXQ	酚醛涂层线绕电阻
RS	有机实心电阻	RXYC	耐潮被釉线绕电阻
RN	无机实心电阻	RXJ	精密线绕电阻
RI	玻璃釉膜电阻	RR	热敏电阻
RTX	小型碳膜电阻	RM	压敏电阻
RTL	测量用碳膜电阻	RG	光敏电阻
RTCP	超高频碳膜电阻		

表 1-2 电位器标志符号

代号	种类	代号	种类	代号	种类
WT	碳膜电位器	WH	合成碳膜电位器	WS	有机实心电位器
WTH	合成碳膜电位器	WX	线绕电位器	WI	玻璃釉电位器

(3) 电阻阻值单位文字符号见表 1-3。

表 1-3 电阻阻值单位文字符号表示法

符号	阻值单位	符号	阻值单位	符号	阻值单位
Ω	欧	M	兆欧	T	太〔拉〕欧
k	千欧	G	吉〔咖〕欧		

(4) 电阻额定功率 (W) 系列表见表 1-4。

表 1-4 电阻额定功率 (W) 系列表

0.025	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100	250
-------	------	-------	------	-----	---	---	---	----	----	----	-----	-----

(5) 电阻标称阻值系列见表 1-5。

表 1-5 电阻标称阻值系列表 (或表中所列数值
乘以 10^n , n 为正整数或负整数)

允 许 误 差			允 许 误 差		
$\pm 5\%$ (E24 系列)	$\pm 10\%$ (E12 系列)	$\pm 20\%$ (E6 系列)	$\pm 5\%$ (E24 系列)	$\pm 10\%$ (E12 系列)	$\pm 20\%$ (E6 系列)
1	1	1	3.3	3.3	3.3
1.1			3.6		
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6		
2			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3			9.1		

(6) 电阻最高工作温度见表 1-6。

表 1-6 电阻最高工作温度 ($^{\circ}\text{C}$)

类 型	最高工作温度	最高环境温度 (允许负载为额定功率)
碳膜电阻	+100	+40
金属膜电阻	+125	+70

续表

类 型	最高工作温度	最高环境温度 (允许负载为额定功率)
氧化膜电阻	+125	+70
沉积膜电阻	+100	+70
合成膜电阻	+70~85	+40
线绕电阻	+70~100	+40

(7)电阻的色标见表 1-7;电阻色标的表示方法如图 1-1 所示。

表 1-7 电阻的色标

颜 色	A 第 1 位数	B 第 2 位数	C 倍 乘 数	D 允许误差
黑	—	0	$\times 1$	
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8		
白	9	9		
金	—	—	$\times 0.1$	$\pm 5\%$
银	—	—	$\times 0.01$	$\pm 10\%$
无色 (体色)	—	—		$\pm 20\%$

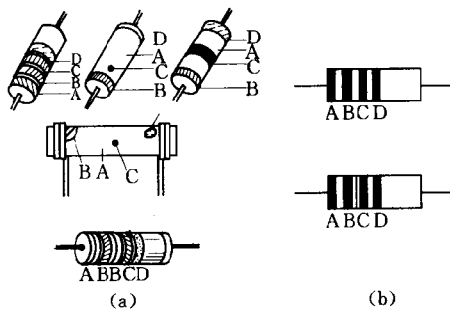


图 1-1 电阻色环表示

(a) 外形; (b) 符号

例: ABCD 分别为红红棕金, 则电阻为 $220\Omega \pm 5\%$; 分别为黄紫橙银, 则电阻为 $47k\Omega \pm 10\%$; 若 ABC 分别为黄紫红, 则电阻为 $4.7k\Omega \pm 20\%$ 。

精密电阻的色环标志用五个色环表示, 如 ABBCD 分别为棕黑绿棕红, 则电阻为 $1.05k\Omega \pm 2\%$ 。

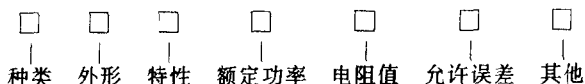
(8) 热敏电阻和压敏电阻。热敏电阻的阻值能随温度升高而变小(称负温度系数热敏电阻)或变大(称正温度系数热敏电阻)。它主要用于温度补偿、温度测量、过载保护等方面。

热敏电阻的标称值是指环境温度为 25°C 时的电阻值。

压敏电阻能在其两端加电压至一特定值时阻值急剧变小。它主要用于电子电路中的过压保护、防雷保护。

2. 国外电阻的识别

(1) 国外电阻的标志代号含义如下:



(2) 国外电阻种类与代号见表 1-8。

表 1-8 国外电阻种类与代号

代 号	种 类	代 号	种 类
RD	碳膜电阻	RK	金属化电阻
RC	碳质电阻	RB	精密线绕电阻
RS	金属氧化膜电阻	RN	金属膜电阻
RW	线绕电阻		

(3) 国外电阻形状代号见表 1-9。

表 1-9 国外电阻形状代号

代号	形 状
05	圆柱形, 非金属套, 引线方向相反, 与轴平行
08	圆柱形, 无包装, 引线方向相反, 与轴平行
13	圆柱形, 无包装, 引线方向相同, 与轴垂直
14	圆柱形, 非金属外装, 引线方向相反, 与轴平行

续表

代号	形 状
16	圆柱形, 非金属外装, 引线方向相同, 与轴垂直
21	圆柱形, 非金属套, 接线片引出方向相反, 与轴平行
23	圆柱形, 非金属套, 接线片引出方向相同, 与轴垂直
24	圆柱形, 无包装, 接线片引出方向相同, 与轴垂直
26	圆柱形, 非金属外装, 接线片引出方向相同, 与轴垂直

(4) 国外电阻特性代号见表 1-10。

表 1-10 国外电阻特性代号

代号	特性	备 注	代号	特性	备 注
Y	一般型	适用于 RD、RS、RK 三种	H	高频率型	
GF	一般型	适用于 RC	P	耐脉冲型	
J	一般型	适用于 RW	N	防温型	
S	绝缘型		NL	低噪声型	

(5) 国外电阻额定功率代号见表 1-11。

表 1-11 国外电阻额定功率代号

代 号	2B	2E	2H	3A	3D
额定功率 (W)	0.125	0.25	0.5	1	2

(6) 国外电阻值允许误差代号见表 1-12。

表 1-12 国外电阻值允许误差代号

代 号	B	C	D	F	G	J	K	M
允许误差 (%)	±0.1	±0.25	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20

(7) 电阻值的数字表示如下: 第一、二位数为有效数, 第三位数为“0”的个数, R 表示小数点, 单位为 Ω 。

例: 2R4 (2.4Ω), 390 (39Ω), 511 (510Ω), 113 ($11k\Omega$),

364 ($360\text{k}\Omega$)。

(8) 国外电阻的色标，其色环的颜色意义与我国的完全相同。

3. 电阻的测试

电阻的阻值可用万用表电阻档进行测量，精密的电阻或阻值极小的电阻，可以用电桥测量。测量时应注意以下事项：

(1) 固定电阻的测量。

1) 测量前，先调整机械调零，使指针指在电阻无穷大（“ ∞ ”）的位置上，然后将测试表笔短接，调节零点调整电位器，使指针偏转到零。如果无法调节指针到零点，说明表内电池不足或内部接触不良。

2) 测量时两手手指不可同时触及两表笔的金属部分，也不可同时触及被测电阻的引线上，否则人体电阻并联在被测电阻上，将造成测量结果错误。

3) 测试前需先清洁电阻的引线，除去上面的油污或氧化层。测试时表笔要紧靠引线，使两者接触良好。否则会因接触电阻原因影响测量结果。

4) 如果电阻是焊在电路板上，测试前须看清有无其他元件与它构成回路。若有，应将电阻的一个引线从电路板上焊下来再测量。

5) 对于允许偏差要求小于 $\pm 5\%$ 的电阻，应使用电桥来测量。所选用电桥的准确度要求比被测电阻的允许偏差高3~5倍。如QJ23、QJ24型直流单臂电桥，准确度较低，在 $\pm 0.1\% \sim \pm 1\%$ 之内，适合测量准确度要求不高的中值电阻；QJ19、QJ36型直流双臂电桥，准确度在 $\pm 0.05\%$ 以上，适合测量高准确度的及阻值较低的电阻；QJ27型是直流高阻电桥，专门用于测量高阻值、高准确度的电阻。

例如标称阻值 500Ω 的RJ精密金属膜电阻，其允许偏差为 $\pm 1\%$ ，选用QJ23型单臂电桥，在 $100 \sim 9999\Omega$ 范围内其测量准确度为 $\pm 0.2\%$ ，可满足要求。