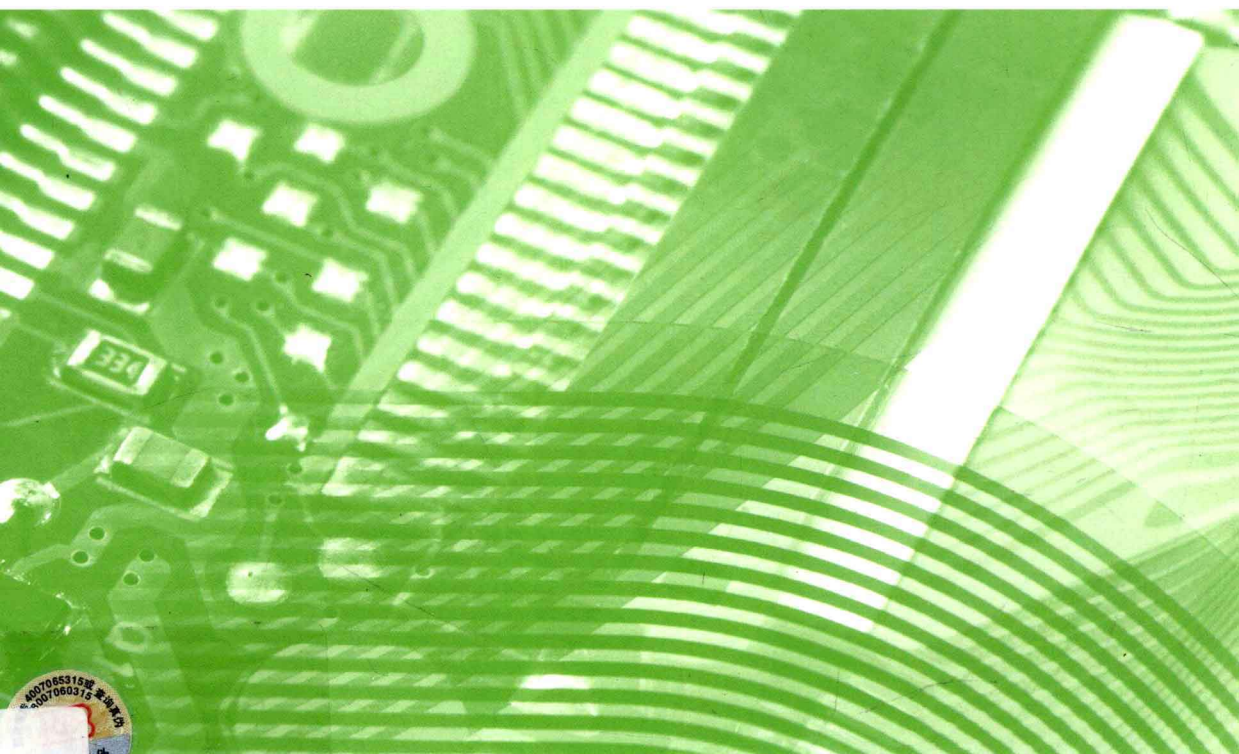


Dianziyuanqijian
Yingyong Jishu Shouce

电子元器件应用技术手册

元件分册

韩英歧 主编



 中国质检出版社
中国标准出版社

电子元器件应用技术手册

元 件 分 册



韩英歧 主编

中国质检出版社

中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

电子元器件应用技术手册. 元件分册/韩英歧主编.
—北京:中国标准出版社,2012
ISBN 978-7-5066-6750-0

I. ①电… II. ①韩… III. ①电子元件-技术手册
②电子器件-技术手册 IV. ①TN6-62②TN103-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 072840 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 12.75 字数 299 千字

2012 年 6 月第一版 2012 年 6 月第一次印刷

*

定价 48.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

编 委 会

主 编 韩英歧

编 委	韩英歧	李世风	邓建军	王健石
	童益宏	刘朝宏	王苏科	姜维平
	张 志	张 岗	鲍忝忝	韩丽蓉
	朱 寿	鲍 春	曹延海	张文冲
	代文迪	薛 彬	雷 静	

前 言

电子元件是电子整机系统不可缺少的基本单元,电子元件一般包括电气元件和机电元件两大类。本书主要对常用的电阻电位器、电容器、继电器、石英晶体元件、连接器及微波元件的选择、应用及典型产品进行介绍。

电子元件虽然不如微电子器件受到重视,但是,电子元件也是电子整机及装备不可缺少的基本单元。由于对元件的应用可靠性不够重视,在应用中出现的問題也比较多,所以严重影响整机的可靠性。要保证每个元件在各种严酷的环境条件下满足整机的性能及可靠性要求,就必须掌握每种电子元件的可靠性应用知识。

电子元器件的可靠性包括固有可靠性和应用可靠性两个方面。固有可靠性是可靠性的基础,主要由元器件制造商从设计、制造和管理等因素决定;应用可靠性则由整机单位从选择、应用及控制决定。目前在元器件质量有了较大提高的情况下,应用可靠性已成为影响整机可靠性的首要问题,也是可靠性工程十分突出而需要尽快解决的问题。虽然我国制定了相关标准(如国军标 GJB 3404—1998《电子元器件管理要求》),但是,根据有关部门的统计,由于选择与应用原因造成元器件的失效仍在 50% 上下浮动。目前所有的标准及管理措施,主要是对元器件的固有可靠性进行了有效控制,但是对应用于整机的每个元器件则没有做到有效的控制。元器件的应用可靠性是一个多学科共同配合才能完成的课题,决不是只靠电路设计师及某级领导的审批就能得到解决。元器件的应用可靠性是一个系统工程,必须从基础抓起,随着电子科技的飞速发展,新元件新材料不断推向市场,每一种新元件都有独特的性能和使用要求,元器件的应用可靠性涉及面宽,专业性强,所以要求科技人员必须掌握元器件应用可靠性知识,建议有条件的大学开

办“电子元器件应用可靠性专业”,为各单位培养元器件可靠性工程师,充实到设计、质量、采购、销售部门。对在职科技人员也要有计划地进行培训。只有在上述基础上由多个相关部门(如物资采购、质量及标准化等部门)制定出科学有效的控制措施。做到对上机的每一个元器件的性能、使用环境条件、应力等进行有效的控制,才能保证整机的可靠性。

为了帮助广大电子工程技术人员掌握电子元器件应用可靠性知识,作者参阅大量的有关资料,结合多年积累的知识及经验,并参考许多老一代科技工作者的实践经验编写了《电子元器件应用技术手册 元件分册》。由于本书内容涉及面广,再加之每种元件所用的材料不同,制作工艺不同,使用环境条件不同,使用要求不同,失效机理不同,再加之电子元件应用方面的资料较少,编者水平有限,敬请广大读者提出批评指正。本书还参考了各有关单位的产品手册,其中:提供阻容元件资料的单位有北京元六鸿远电子技术有限公司、无锡格玛电子有限公司、欧普电子有限公司、新云电子元件有限责任公司、成都宏明电子有限公司等;提供连接器的资料有华丰企业集团有限公司、华达科技有限公司;提供继电器资料的单位有群力电工有限责任公司、宏发继电器有限公司、科通电子继电器公司等;西安伍德电子有限公司;北川电子科技有限公司等;提供仪器、筛选设备资料的有成都泰格微波研究所、成都西生科微波公司等;提供仪器、筛选设备资料的单位有北京华峰测控技术有限公司、陕西三海有限公司等。在此对相关作者及有关单位和专家的支持和帮助表示感谢,并希望有问题与编者联系,联系方式可发电子邮件(E-mail:Chengduhan@sina.com)。

编者

2012.3

目 录

第 1 章 电阻器、电位器

1.1 电阻器、电位器的分类与命名方法	1
1.1.1 电阻器、电位器的分类	1
1.1.2 电阻器、电位器的命名方法	2
1.2 电阻器、电位器的主要性能参数	4
1.2.1 电阻器的主要性能参数	4
1.2.2 电位器的主要性能参数	8
1.3 电阻器型号规格标志方法	8
1.3.1 文字直标法	8
1.3.2 色码标志法	9
1.4 电阻器的合理选择和应用	10
1.4.1 对电阻器类型的选择	10
1.4.2 对额定功率的选择	11
1.4.3 对工作电压的选择	12
1.4.4 对噪声的选择	12
1.4.5 对温度特性的选择	13
1.4.6 对频率特性的选择	13
1.4.7 电阻器的降额设计	14
1.5 电位器的选择与应用	14
1.5.1 按整机电路的功能要求选择	14
1.5.2 对额定功率的选择	14
1.5.3 对噪声的选择	15
1.5.4 对频率特性的选择	15
1.5.5 电位器的降额设计	15
1.6 电阻器、电位器的筛选	15
1.6.1 一般金属膜电阻的筛选	15
1.6.2 有机实芯电位器的筛选	16
1.6.3 微调线绕电位器的筛选	17

1.7 特殊用途的电阻	20
1.7.1 片状高精密薄膜电阻	20
1.7.2 自复式保险丝电阻	23
1.7.3 用于电浪涌保护的压敏电阻	24
1.7.4 PTC 热敏电阻	25

第2章 电 容 器

2.1 概论	27
2.1.1 电容器的分类	28
2.1.2 电容器的命名方法	28
2.1.3 电容器的主要技术性能	29
2.2 电容器的测量	35
2.2.1 电容量的测试	35
2.2.2 电容器损耗正切的测试	35
2.2.3 电容器绝缘性能的测试	35
2.2.4 电容器漏电流的测试	36
2.2.5 电容器耐压性能的测试	37
2.3 电容器的筛选	38
2.3.1 电容器可靠性筛选的特点及对筛选方法的评价	38
2.3.2 电容器筛选试验项目的选择	40
2.4 电容器测试与筛选所需仪器及试验设备	43
2.4.1 电容器测试仪	43
2.4.2 电容器筛选试验设备	45
2.5 有机介质电容器	49
2.5.1 聚酯薄膜电容器	49
2.5.2 聚碳酸酯电容器	51
2.6 无机介质电容器	53
2.6.1 瓷介电容器	53
2.6.2 射频、微波瓷介电容器	55
2.6.3 云母电容器	55
2.7 电解质电容器	55
2.7.1 铝电解电容器	56
2.7.2 钽电解电容器	60
2.7.3 聚合物电解电容器	63



2.7.4 电解质电容器的选择与应用	63
--------------------------	----

第3章 继电器

3.1 继电器的分类及命名方法	67
3.1.1 继电器的分类	67
3.1.2 继电器的命名方法	69
3.2 固体继电器	69
3.2.1 固态继电器的分类	70
3.2.2 固体继电器的特点	71
3.2.3 固体继电器的主要技术特性参数	72
3.2.4 固体继电器测试仪	74
3.3 电磁继电器	75
3.3.1 电磁继电器主要技术指标	76
3.3.2 电磁继电器主要电参数的测试	77
3.3.3 电磁继电器的测试仪器	82
3.3.4 电磁继电器的选择与应用	84
3.4 继电器的筛选及筛选试验设备	88
3.4.1 继电器的筛选	88
3.4.2 继电器筛选试验设备	90

第4章 石英晶体元件

4.1 石英晶体谐振器	93
4.1.1 石英晶体特性	93
4.1.2 石英晶体谐振器型号命名方法	96
4.1.3 石英晶体谐振器主要特性参数	97
4.1.4 石英晶体谐振器的用途及使用中应注意的问题	98
4.1.5 各类石英晶体谐振器的特点介绍	98
4.2 石英晶体振荡器	109
4.2.1 普通石英晶体振荡器	109
4.2.2 并联型晶体振荡器的三种基本组态	111
4.2.3 精密晶体振荡器	112
4.2.4 晶体及主振电路	114
4.2.5 石英晶体振荡器的合理选用	118

4.3 石英晶体滤波器	118
4.3.1 石英晶体滤波器的特点	118
4.3.2 石英晶体滤波器的应用	119

第5章 连接器

5.1 连接器的分类及型号命名方法	121
5.1.1 连接器的分类	121
5.1.2 连接器的型号命名方法	122
5.2 连接器的主要电性能参数	122
5.2.1 连接器的接触电阻	122
5.2.2 连接器的绝缘电阻	123
5.3 连接器的选用要求	124
5.3.1 一般连接器的选用要求	124
5.3.2 宇航用电连接器的选用要求	128
5.3.3 汽车连接器的选用要求	129
5.3.4 汽车连接器故障模式分析	129
5.3.5 汽车连接器的发展前景	130
5.4 高频连接器	132
5.4.1 SMA 型射频同轴连接器	132
5.4.2 SSMA 型射频同轴连接器	132
5.4.3 SMB 型射频同轴连接器	133
5.4.4 SSMB 型射频同轴连接器	133
5.4.5 SBMA 型射频同轴连接器	133
5.4.6 SMC 型射频同轴连接器	134
5.4.7 MCX 型射频同轴连接器	134
5.4.8 N 型射频同轴连接器	135
5.4.9 CC11 型射频同轴连接器	135
5.4.10 TNC 型射频同轴连接器	136
5.4.11 BNC 型射频同轴连接器	136
5.4.12 SAA 型射频同轴连接器	136
5.4.13 APC3.5 型射频同轴连接器	137
5.4.14 SBX 型射频同轴连接器	137
5.4.15 K 型射频同轴连接器	138
5.5 低频连接器	138



5.5.1 低频圆形耐环境连接器	138
5.5.2 低频矩形连接器	147

第6章 微波元件

6.1 微波隔离器、环行器	158
6.1.1 主要用途	158
6.1.2 主要技术性能指标	159
6.1.3 输入输出结构	160
6.1.4 隔离器分类介绍	161
6.1.5 微带线隔离器的筛选	167
6.1.6 使用应注意的事项	168
6.2 功率分配器	168
6.2.1 主要技术性能	169
6.2.2 通用功分器	169
6.3 滤波器	169
6.3.1 低通滤波器	169
6.3.2 高通滤波器	172
6.4 微波放大器	173
6.4.1 放大器主要技术参数说明	173
6.4.2 放大器主要技术参数定义	174
6.4.3 用户定制的放大器技术参数	176
6.4.4 几种典型的微波放大器介绍	177
6.5 微波元件的测试	187
6.5.1 微波元件测试应注意的问题	187
6.5.2 微波测试夹具	188
参考文献	189

第 1 章 电阻器、电位器

电阻器、电位器是组成电子电路及电子设备必不可少的电子组件,约占电子元器件的 30% 以上。电阻器、电位器的品种繁多,且比其他元器件简单,本章主要对常用的电阻器、电位器的选择与应用必备的知识做简要介绍。

1.1 电阻器、电位器的分类与命名方法

1.1.1 电阻器、电位器的分类

1. 电阻器的分类

电阻器通常分固定电阻和可变电阻两大类,随着电子科技的发展,新型电阻会日益增多,目前用量最多的是固定电阻。按用途固定电阻一般分为以下六类:

1) 通过电阻器

这类电阻器又称为普通电阻器,功率一般在 $0.1\text{W}\sim 10\text{W}$ 之间,电阻器的阻值为 $10\Omega\sim 10\text{M}\Omega$,工作电压一般在 1kV 以下,可供一般电子设备使用。

2) 精密电阻器

这类电阻器的精度一般可达 $0.1\%\sim 2\%$,箔式电阻器的精度较高,可达 0.005% 。电阻器的阻值为 $1\Omega\sim 1\text{M}\Omega$ 。精密电阻器主要用于精密测量仪器及计算机设备。

3) 高阻电阻器

这类电阻器的阻值较高,一般在 $1\times 10^7\Omega\sim 1\times 10^{13}\Omega$ 之间,但它的额定功率很小,只限于弱电流的检测仪器中。

4) 功率型电阻器

这类电阻器的额定功率一般在 300W 以下,其阻值较小(在几千欧以下),主要用于大功率的电路中。

5) 高压电阻器

这类电阻器的工作电压为 $10\text{kV}\sim 100\text{kV}$,外形大多细而长,多用于高压设备中。

6) 高频电阻器

这类电阻器固有的电感及电容很小,因而它的工作频率高达 10MHz 以上,主要用于无线电发射机及接收机。

除此之外,还有一些特殊用途的电阻器,如压敏电阻、热敏电阻、光敏电阻以及保险电阻等,它们将在后面的章节里介绍。

2. 电位器的分类

随着电子应用技术的不断发展,电位器的种类十分繁多,且各有特点,分类如图 1-1 所示。按电位器电阻体材料分类,可分为薄膜型电位器、合成型电位器及合金型电位器。电位器按结构特点来分类,又可分为单联、多联电位器,带开关电位器,锁紧型及非锁紧型电位器等。电位器按调节方式分类,可分为直滑式电位器和旋转式电位器等。电位器按用途来分类,可分为普通型、精密型、微调型、功率型及专用型等类型。

电位器按接触方式分类,又可分为接触式电位器和非接触式电位器两大类。上面介绍的电位器均属于接触式电位器,其中包括线绕电位器、块金属膜电位器、合成碳膜电位器、合

成实芯电位器、金属玻璃釉电位器、金属膜电位器以及金属氧化膜电位器等。非接触式电位器大都由光敏和磁敏器件及电子元件组成,其中由光敏器件组成的电位器叫光电电位器;由磁敏器件组成的电位器叫磁敏电位器;由电子元件组成的电位器叫电子电位器。非接触电位器的最大特点是没有接触电位器所产生的滑动噪声。

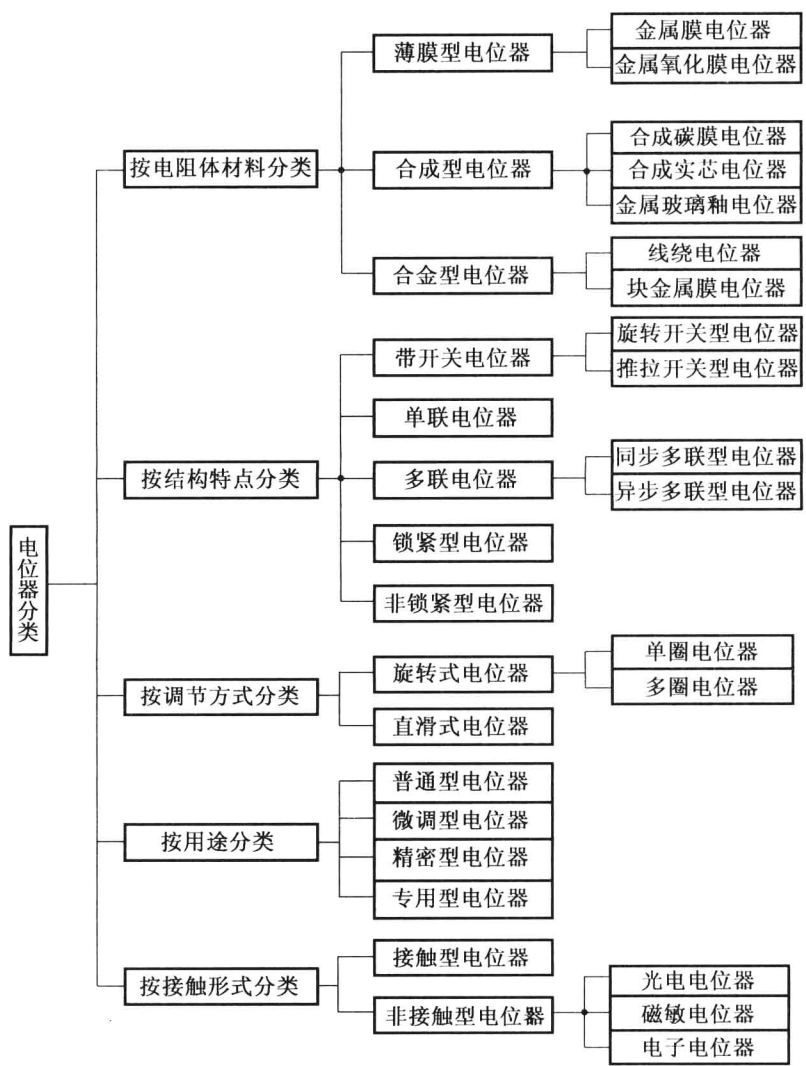
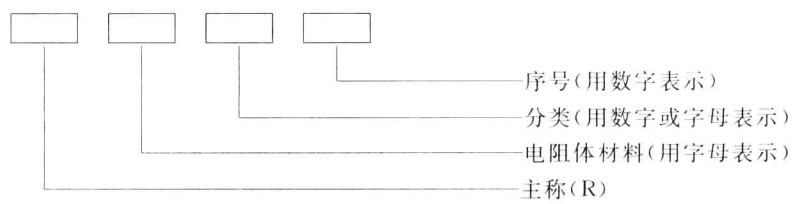


图 1-1 电位器的分类

1.1.2 电阻器、电位器的命名方法

1. 电阻器的命名方法

根据我国有关标准的规定,电阻器的型号命名由以下几部分组成,即



第一部分为主称,用字母 R 表示;第二部分为电阻体材料,用字母表示。如表 1-1 所示。

表 1-1 电阻器型号中主称和电阻体材料的部分符号及意义

第一部分:主称		第二部分:电阻体材料	
符 号	意 义	符 号	意 义
R	电阻器	H	合成碳膜
		I	玻璃釉膜
		J	金属膜
		N	无机实芯
		G	沉积膜
		S	有机实芯
		T	碳膜
		X	线绕
		Y	氧化膜
		F	复合膜

第三部分为分类特征,用数字或字母表示,如表 1-2 所示。

表 1-2 电阻器型号中分类特征部分的符号及意义

符 号	电阻器分类特征意义	符 号	电阻器分类特征意义
1	普通	8	高压
2	普通	9	特殊
3	超高频	G	高功率
4	高阻	I	被漆
5	高温	J	精密
6	高湿	T	可调
7	精密	X	小型

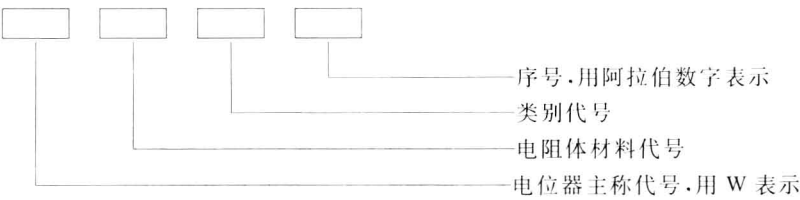
第四部分为序号,用数字表示,以区别外形尺寸和性能参数。对材料和分类特征相同,仅尺寸、性能指示有差异,但基本上不影响互换的产品,标同一序号;对材料、分类特征相同,仅尺寸、性能指标影响产品互换的产品,仍可标同一序号,但必须在序号后加一字母作为区别代号。

电阻型号举例:RJ71 型精密金属膜电阻器



2. 电位器的命名方法

根据电子行业标准《电子设备用电位器型号命名方法》(SJ/T 10503—1994)的规定,电位器产品型号一般由以下部分组成:



其中,电位器的主称代号用 W 表示。电位器电阻体材料代号用一个字母符合表示,见表 1-3。电位器的类别代号用一个字母表示,见表 1-4。电位器的序号的意义同电阻器。

表 1-3 电位器电阻体材料代号

代号	H	S	N	I	X	J	Y	D	F
材料	合成碳膜	有机实芯	无机实芯	玻璃釉膜	线绕	金属膜	氧化膜	导电塑料	复合膜

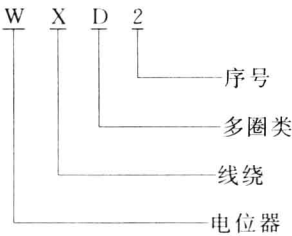
表 1-4 电位器类别代号

代号	类 别	代号	类 别
G	高压类	D	多圈旋转精密类
H	组合类	M	直滑式精密类
B	片式类	X	旋转式低功率类
W	螺杆驱动预调类	Z	直滑式低功率类
Y	旋转预调类	P	旋转功率类
J	单圈旋转预调类	T	特殊类

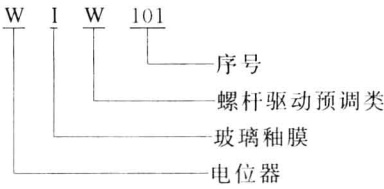
除了这四部分的代号外,有时在电位器型号中还加有其他代号。例如,规定失效率等级代号用一个字母“K”表示,它一般加在类别代号与序号之间。

型号示例:

示例 1:W XD2 多圈线绕电位器



示例 2:W I W 101 型玻璃釉螺杆驱动预调电位器



1.2 电阻器、电位器的主要性能参数

1.2.1 电阻器的主要性能参数

1. 标称阻值

为了满足各类用户对电阻阻值的要求,国家规定了不同电阻系列的标准,表 1-5 和表 1-6中某项数值再乘以 10ⁿ 即为标称某一电阻值(*n* 为 0 或正数)。

表 1-5 电阻器(电位器)的标称阻值

系列	精度等级	标称电阻值											
E ₂₄	I	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
		3.3	3.6	3.9	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1	
E ₁₂	II	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
E ₆	III	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8						

表 1-6 精密电阻器(电位器)的标称阻值

系列	精度	标 称 阻 值									
E ₁₉₂	005	100	101	102	104	105	106	107	109	110	111
		113	114	115	117	118	120	121	123	124	126
		127	129	130	132	133	135	137	138	140	142
		143	145	147	149	150	152	154	156	158	160
		162	164	165	167	169	172	174	176	178	180
		182	184	187	189	191	193	196	198	220	203
		205	208	210	213	215	218	221	223	226	229
		232	234	237	240	243	246	249	252	255	258
		261	264	267	271	274	277	280	284	287	291
		294	298	301	305	309	312	316	320	324	328
		332	336	340	344	348	352	357	361	365	370
		374	379	383	388	392	397	402	407	412	417
		422	427	432	437	442	448	453	459	464	470
		475	481	487	493	499	505	511	517	523	530
		536	542	549	556	562	569	576	583	590	597
		604	612	619	626	634	642	649	657	665	673
		681	690	698	706	715	723	732	741	750	759
		768	777	787	796	806	816	825	835	845	856
E ₉₆	01 或 00	866	868	887	898	909	920	931	942	953	965
		976	988								
		100	102	105	107	110	115	118	121	124	127
		130	133	137	140	143	147	150	154	158	162
		165	169	174	178	182	187	191	196	200	205
		210	215	221	226	232	237	243	249	255	261
		267	274	280	287	294	301	309	316	324	332
		340	348	357	365	374	383	392	402	412	422
		432	442	453	464	475	487	499	511	523	536
		549	562	576	590	604	619	634	649	665	681
E ₁₈	02 或 0	698	715	752	750	768	787	806	825	845	866
		887	909	931	953	976					
		100	105	110	115	121	127	133	140	147	154
		162	169	178	187	196	205	215	226	237	249
		261	274	287	301	316	332	348	365	383	402
		422	442	446	487	511	536	562	590	619	649
		681	715	759	787	825	866	909	953		

表 1-7 列出了电阻器(电位器)的精度等级与允许偏差的对应关系。

表 1-7 电阻器(电位器)精度等级与允许偏差的关系

精度等级	005	01 或 00	02 或 0	I	II	III
允许偏差	±0.5%	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%

市场上成品电阻器的精度大都为 I、II 级,III 级的很少采用。005、01 和 02 精度等级的电阻器,仅供精密仪器或特殊电子设备使用,它们的标称阻值属 E₄₈、E₉₆、E₁₉₂ 系列。除表 1-7 中规定的精度等级外,精密电阻器的允许偏差可分为:±2%、±1%、±0.5%、±0.2%、±0.1%、±0.05%、±0.02% 以及 ±0.01% 等。

2. 额定功率

电阻器的额定功率通常是指在正常的气候条件下(如大气压、温度等),电阻器长时间连续工作所允许消耗的最大功率。

电阻器的额定功率系列如表 1-8 所示。

表 1-8 电阻器额定功率系列

类别	额定功率系列															
线绕电阻器	0.05	0.125	0.25	0.5	0.75	2	3	4	5	6	6.5	7.5	8	10	16	25
	40	50	75	100	150	250	500									
非线性绕电阻器	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100					

3. 最大工作电压

允许加到电阻器两端的最大连续工作电压称为最大工作电压。在实际工作中,若工作电压超过规定的最大工作电压值,电阻器内部可能会产生火花,引起噪声,最后导致热损坏或电击穿。

电阻器的最大工作电压 $V_{\max}$ 可用下式计算,即

$$V_{\max} = \sqrt{P_R \cdot R_{Lj}}$$

式中: P_R ——电阻器额定功率(W);

R_{Lj} ——电阻器临界值(Ω),其值与电阻器的额定功率、结构形式及几何尺寸等因素有关。

在实际使用时,当 $R < R_{Lj}$ 时,一定要使电阻器低于额定工作电压工作;当 $R > R_{Lj}$ 时,则必须低于最大工作电压工作,以免烧坏或产生极间击穿和飞弧现象。

电阻器的最大工作电压不能仅从电阻器的发热状态来确定,还必须考虑到电阻器本身的抗电强度以及工作环境的气压等因素,一般需经过试验来确定。例如,1M Ω 、2W 的合成碳膜电阻器,若仅考虑发热的限制,则必须施加 1400V 的电压才能达到额定功率 2W,但技术条件规定的最大工作电压却是 500V,这就是该电阻器考虑到了抗电强度问题。

4. 额定工作电压

电阻器的额定工作电压可由下式计算,即

$$V_R = \sqrt{P_R \cdot R_R}$$

式中: V_R ——额定工作电压(V);