

电工电子元器件 的选择与测量

DIANGONG DIANZI YUANQIJIAN DE XUANZE YU CELIANG

王俊峰◎等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工电子元器件的 选择与测量

王俊峰 等编著



机械工业出版社

本书共8章,分别为元器件概述、电工元器件、电子元件、集成电路、电磁与电声元器件、敏感元器件、元器件的参数计算和元器件的应用等内容。有关章节还介绍了元器件的选择和测量。这些内容对应用元器件组成电路是非常有益的。

通过本书的学习,希望每个电工电子爱好者成为能工巧匠和有用之才。

本书可供广大电工电子爱好者使用,如电路的设计者、工厂的广大电气人员和相关专业的青年学生。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子元件的选择与测量/王俊峰等编著. —北京:机械工业出版社,2010.6

ISBN 978-7-111-30677-1

I. ①电… II. ①王… III. ①电子元件-基本知识②
电子器件-基本知识 IV. ①TN6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第087780号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:阎洪庆

版式设计:张世奎 责任校对:康春香

封面设计:王伟光 责任印制:杨 藏

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2010年8月第1版第1次印刷

140mm×203mm·8.625印张·230千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-30677-1

定价:19.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面防伪标均为盗版

前 言

《电工电子元件的选择与测量》一书，是为了满足广大电工电子爱好者的需求而编写的。一切电路都是由电工电子元件组成的。在我们日常工作中，电路中出现大量的故障都是因为电工电子元件的损坏、失效、老化、使用不当和电路设计先天不足造成的，致使设备无法正常工作，有时给国家财产造成严重损失。

设计的电路能否正常工作，元器件是关键，首先要成为运用电工电子元件的行家里手。

“千里之行，始于足下。”元器件是学好电路的基础，不懂得元器件的结构、原理，就不懂得电路的原理。选择是为了满足应用的需要，测量区分元器件的优劣，用合格元器件组成电路。

本书内容丰富，通俗易懂，图文并茂，突出实用性、可操作性。电工电子元件在电路中是密不可分的，有时共同应用组合成各种电路。

本书共8章，分别为：元器件概述、电工元器件、电子元件、集成电路、电磁与电声元器件、敏感元器件、元器件的参数计算和元器件的应用等内容。重点介绍元器件的选择和测量，对应用元器件组成电路是非常有益的。

本书可供广大电工电子爱好者使用，如电路的设计者、工厂的广大电气人员和相关专业的青年学生。

通过本书的学习，希望每个电子爱好者成为能工巧匠和有用之才。

本书由王俊峰为主编写，参加本书编写的还有：王娟、薛素云、李秀玲、郭爱民、姜红、吴东芳、陈军、薛迪强、李建军、

IV 电工电子元器件的选择与测量

薛迪胜、薛迪庆、马备战、薛斌、杨桂玲等。

由于时间仓促，加上作者水平所限，书中难免有不足之处，欢迎读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

第1章 元器件概述	1
1.1 元器件入门	1
1.2 电工电子元器件的学习方法	1
1.3 电工电子元器件的主要参数	3
第2章 电工元器件	9
2.1 开启式负荷开关	9
2.2 封闭式负荷开关	11
2.3 组合开关	11
2.4 按钮	13
2.5 低压断路器	15
2.6 熔断器	17
2.7 热继电器	20
2.8 交流接触器	25
2.9 中间继电器	29
2.10 延时继电器	31
2.11 行程开关	33
2.12 电抗器	35
2.13 互感器	36
2.14 三相交流异步电动机	39
2.15 直流电动机	43

第3章 电子元件	46
3.1 电阻器	46
3.2 电位器	53
3.3 电容器	57
3.4 电感器	65
3.5 晶体二极管	71
3.6 稳压二极管	75
3.7 晶体管	78
3.8 晶闸管	85
3.9 电子开关和接插件	90
3.10 固态继电器	93
3.11 单结晶体管	97
3.12 场效应晶体管	99
3.13 晶体管参数的测量	102
3.14 频率和时间的测量	104
3.15 电子器件放大倍数的测量	107
3.16 放大器输入和输出电阻的测量	109
第4章 集成电路	113
4.1 集成电路简介	113
4.2 555 时基组件	127
4.3 全桥组件	130
4.4 三端稳压集成电路	133
4.5 集成运算放大器	135
4.6 集成功率放大器	140
4.7 数码管显示器	143
第5章 电磁与电声元件	146
5.1 磁性天线	146

5.2	中周变压器	148
5.3	电磁继电器	149
5.4	变压器	154
5.5	耳机	161
5.6	压电蜂鸣器	166
5.7	扬声器	169
5.8	传声器	172
5.9	电磁铁	176
 第6章 敏感元器件		179
6.1	发光二极管	179
6.2	光敏二极管	182
6.3	光敏晶体管	187
6.4	压敏电阻器	193
6.5	热敏电阻器	196
6.6	光敏电阻器	202
6.7	湿敏电阻器	207
6.8	磁敏元器件	212
6.9	气敏元器件	214
6.10	光耦合器	219
6.11	光晶闸管	225
6.12	光电池	226
 第7章 元器件的参数计算		230
7.1	电阻、电容和电感的参数计算	230
7.2	熔断器的参数计算	233
7.3	交流接触器的参数计算	234
7.4	热继电器、继电器、时间继电器的参数计算	234
7.5	开关的参数计算	235

VIII 电工电子元器件的选择与测量

7.6	变压器的参数计算	237
7.7	电烙铁的参数计算	240
7.8	电钻的参数计算	241
7.9	异步电动机的参数计算	243
7.10	电磁铁的参数计算	254
第8章	元器件的应用	257
8.1	元器件的应用原则	257
8.2	元器件的应用方法	257
8.3	元器件使用中的降额设计	258
8.4	元器件应用的热设计	259
8.5	TTL 集成电路的使用规则	261
8.6	CMOS 集成电路的使用规则	262
参考文献		265

第 1 章 元器件概述

1.1 元器件入门

当你步入元器件之门，五颜六色的元器件，带你进入一个美丽的世界，你会感到不见不知道，元器件好奇妙。电工电子元器件给人们带来美的享受。各种各样的电子玩具给儿童带来欢乐；五颜六色的时尚照明，把人们带入了仙境；一束束胸花，把姑娘装扮得更加亮丽；电工电子元器件的高科技把人们送入太空，到另一个星球探索宇宙的奥秘；各种医疗器械，给多少患者解除痛苦，带来欢笑。电工电子元器件组成工业应用电路，可以让机器转起来，唱起来，亮起来。如此等等，无不说明电工电子元器件的美妙。

1.2 电工电子元器件的学习方法

我们在中学就曾经学过电阻、电容、电感等元件，分别用“R”、“C”、“L”字母表示，而且还知道它们的串联和并联的计算公式。到了大学，在中学课本的基础上，理论上引深一步，仅仅如此而已。难道对元器件这门科学，只知道上边说的那点内容就行了吗？答案是否定的，也可以说你对电工电子元器件一无所知。

1. 电工电子元器件是一门科学

电工电子元器件是一门科学，涉及元器件的材料，元器件的类型、参数、原理、结构、测量、特性、识别、选择、修理、代换、应用等十多个方面的内容。各种元器件有几百种，琳琅满目。内容之丰富，范围之广泛，知识之渊博，是初学者预想不到的。

随着科学技术的飞速发展,新材料、新技术、新工艺的出现,新元器件的不断问世,使每一个电工电子爱好者,都感到有学不完的知识,用不尽的技术,而力不从心。

2. 设计电路元器件是关键

电工电子元器件和盖楼房的砖瓦一样,由它们组成了各种不同的电路。没有元器件就没有电路,一切电路都是由元器件组成的。在我们日常工作中,电路中出现大量的故障都是因为元器件的损坏、失效、老化、使用不当和电路设计先天不足造成的,致使设备无法正常工作,有时给国家财产造成严重损失。这是每一个电工电子爱好者应引起关注的,切不可等闲视之。

要想正确地应用电路、设计电路,使各种设备正常运行,学好电工电子元器件是关键。要成为运用电工电子元器件的行家里手,“千里之行,始于足下”。

元器件是学好电路的基础,不懂得元器件的结构、原理,特性,就不懂得电路的原理。不会测量、识别元器件,就不会使用元器件,元器件组成了电路。

设计电路就是把元器件科学地、有序地进行组合,是完成人们某种需求的最佳方案。当我们设计电路时,把使用什么元器件,作为我们第一时间考虑的内容。在众多的元器件中,利用哪些元器件的哪些功能,去满足技术要求,而且电路越简单越好,考虑成本的核算,以取得效益的最大化,这样,你设计的电路是成功的。否则,用同一个电路去完成同一个产品,所用元器件成本不同,可能成本较高的产品出现滞销、库存积压、甚至倒闭。

3. 应用元器件是学习元器件的最好方法

要想学好电工电子元器件,应用元器件是学习元器件的最好方法。学而用之则进,学而不用则废,就是这个道理。不断应用的过程,就是不断对元器件各方面内容认知的过程,由知之不多到知之甚多的积累过程。

强化元器件应用基本功训练。如元器件的识别与选用,焊接工艺的练习、测试,电路调试过程等,都是进一步了解元器件性

能的重要环节。如果对元器件选用不当,元器件焊接出现虚焊、漏焊与错焊,都会影响整机的质量。要强化训练,如用一块废旧的印制电路板,反复进行元器件焊点训练,掌握电烙铁的焊接温度及焊接时间,当熟悉之后,再进行正式焊接。又如导线的连接,可用不同颜色的导线或在同一根导线上分别在导线的两端套上同一符号的套管,这样便于查找导线,分析和维修电路等。

4. 熟能生巧

当你第一次见到电工电子元器件时,会看得眼花缭乱。那些大小不同的元器件,你会感到生疏和渺茫,你会感到课本上的元器件符号和实物对不上。这需要你经常接触元器件,研究元器件的结构是怎样组成的,有什么作用?逐步认识了解元器件,才能做到熟能生巧。

1.3 电工电子元器件的主要参数

电工电子元器件的主要参数包括特性参数、规格参数和质量参数。这些参数从不同角度反映一个电工电子元器件的电气性能及其完成功能的条件,它们是互相联系又互相制约的。

1. 电工电子元器件的特性参数

特性参数描述电工电子元器件在电路中的电气功能,通常用该元器件的名称来表示,例如电阻特性、电容特性、二极管的伏安特性、晶体管的输入与输出特性等。这些元器件中分线性元件和非线性元件。在一般情况下,线性元件的阻值是一个常量,不随外加电压的大小而变化,符合欧姆定律,常用电阻大多数属于这一类(热敏电阻、光敏电阻、压敏电阻属于非线性电阻);非线性元件的阻值不是常量,如半导体器件的伏安特性曲线,随外加电压或某些非电量的变化而变化,不符合欧姆定律。

需要说明的是,人们常说的线性元件,它们的伏安特性不一定是直线(电容充放电),而非线性元件的伏安特性也不一定是曲线,这是两个不同的概念。例如,我们把某些放大器叫做

线性放大器，是指输出信号 Y 与输入信号 X 之比，其函数关系

$$Y = KX$$

其放大倍数在一定工作条件下为一常量。不同种类的电工电子元件具有不同的特性参数，我们根据电路的实际需要选用其中之一。

2. 标称值与标称值系列

电工电子元件在生产过程中，不可避免存在数值的离散性，为了便于大批量生产，又能满足使用者在一定范围内选用合适的电工电子元件，规定一系列的数值作为产品的标准值，称为标称值。

电工电子元件的标称值分为特性标称值和尺寸标称值，分别用于描述它的电气功能和机械结构。例如，一只电阻的特性标称值包括阻值、额定功率、允许偏差等，尺寸标称值包括电阻体及引线的直径、长度等。

一组有序排列的标称值叫做标称值系列。

元件的特性数值标称系列大多为两位有效数字（精密元件的特性数值一般是三位或四位有效数字）。电工电子元件的标称值应符合系列规定的数值，并用系列数值乘以倍率来表示一个元件的参数。

在机械设计中规定了长度尺寸标称值系列，并且分为首选系列和可选系列（也叫第一系列、第二系列）。对元件的外形尺寸也规定了标准系列。例如，元件的封装外壳可分为圆形、扁平式、双列直插式等几个系列；元件的引线有轴向和径向两个系列等。又如，大多数小功率元件的引线直径标称之为 0.5mm 或 0.6mm，双列和单列直插式集成电路的引脚间距一般是 2.54mm 或 5.08mm 等。在使用元件时，不仅要考虑它的电气功能是否符合要求，还要考虑其外形尺寸是否规范、是否符合标准。

3. 允许偏差和精度

市场上销售的元件，由于生产工艺的原因，其数值不可能

与标称值完全一样，总会有一定的偏差。一般用百分数表示实际数值和标称数值的相对偏差，反映了元器件的精密程度。在实际应用中，为这些实际数值规定了一个可以接受的范围，即为相对偏差规定了允许的最大的范围，叫做数值的允许偏差（简称为允差）或精度。例如，常用电阻的允许偏差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三种，分别用 J、K、M 字母代码来表示。精密电阻的允许偏差有 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ ，分别用 G、F、D 字母代码来表示。

允许偏差越小或精度等级越高，其数值允许的偏差范围越小，元器件就越精密；同时，它的生产成本及销售价格也越高。在设计电路选择元器件的过程中，应根据实际电路的要求，合理选用不同允许偏差或精度等级的电工电子元器件。

4. 额定值和极限值

电工电子元器件在工作时，要受到电压、电流的作用，要消耗功率。电压过高，会使元器件的绝缘材料被击穿；电流过大，会引起消耗功率过大而发热，导致元器件被烧坏。为此，规定了元器件的额定值，并定义为：电工电子元器件能够长期工作的最大电压、电流、功率消耗和环境温度。另外，还规定了电工电子元器件的工作极限值，即最大值，表示元器件能够保证正常工作的最大限度。额定值的最大值和极限值是不相等的。

在这里，需要对几个问题加以说明：

- ① 同类元器件额定值与极限值并不相等；
 - ② 元器件的各个额定值（或极限值）之间没有固定的关系，等功耗规律往往并不成立；
 - ③ 当电工电子元器件的工作条件超过某一额定值时，其他参数指标就要相应降低；
 - ④ 对于某种元器件，根据自身的特点和需要定义几种额定值和极限值作为它的规格参数。例如，同是工作电压上限，电阻器是按最大工作电压定义的，而电容器是按额定电压来定义的。
- 除上述的参数之外，特征频率 f_T 、截止频率 f_a 、 f_β 、线性集

成电路的开环放大倍数 K_o 、数字集成电路的扇出系数 N 。等参数, 选用元器件时, 也应该予以考虑。

5. 电工电子元器件的质量参数

质量参数用于度量电工电子元器件的质量水平, 通常描述了元器件的特性参数、规格参数随环境因素变化的规律, 或者划定它们不能完成功能的边界条件。元器件的质量参数有温度系数、噪声电动势、高频特性、可靠性等, 从整机制造工艺方面考虑, 主要有机械强度和可焊性。

(1) 温度系数

温度每变化 1°C , 电工电子元器件的规格参数数值产生相对变化叫做温度系数, 单位为 $1/^{\circ}\text{C}$ 。温度系数描述了元器件在环境温度变化条件下的特性参数的稳定性, 温度系数越小, 说明它的数值越稳定。温度系数有正、负之分, 分别表示当环境温度升高时, 元器件数值变化的趋势是增加还是减小。温度系数取决于它们的制造材料、结构和生产条件等因素。

在设计那些要求长期稳定工作或工作环境温度变化较大的电子产品时, 尽可能选用温度系数较小的元器件, 也可以根据工作条件考虑产品的通风、降温, 以至采取相应的恒温措施。

(2) 噪声电动势和噪声系数

噪声分外部噪声和内部噪声。从设备外部来的, 如雷电干扰、宇宙干扰和工业干扰等有害信号为外部噪声; 从机内产生的, 如收音机发出的“沙沙”声、电视机屏幕上出现雨雾状的斑点等, 这类噪声叫做内部噪声。内部噪声主要由各种电工电子元器件产生的, 在一般情况下, 有用信号比内部噪声大得多, 噪声产生的有害影响很小, 可以不予考虑。当有用信号非常微弱时, 噪声就可能把有用信号“淹没”掉, 其有害作用不可忽视。

我们知道, 导体内的自由电子在一定温度下总是处于“无规则”的热运动状态之中, 从而在导体内部形成了方向及大小都随时间不断变化的“无规则”电流, 并在导体的等效电阻两端产生了噪声电动势。噪声电动势是随机变化的, 在很宽的频率

范围内起作用。

通常用信噪比来描述电阻、电容、电感一类无源器件的噪声指标；元器件内部产生的噪声功率与其两端的外加信号功率之比，即

$$\text{信噪比} = \text{外加信号功率} / \text{噪声功率}$$

对于晶体管或集成电路一类有源器件的噪声，则用噪声系数来衡量：

$$\text{噪声系数} = \text{输入端信噪比} / \text{输出端信噪比}$$

噪声指标是一项重要的质量参数。在设计高增益放大器时，应尽量采用低噪声的电子元器件。

(3) 高频特性

当工作频率不同时，电子元件会表现出不同的电路响应，这是由制造元器件时所使用的材料及工艺结构决定的。元器件工作在高频状态下，将表征出电抗特性，甚至一段很短的导线，其电感、电容也会对电路的频率响应产生不可忽略的影响。这种性质称为元器件的高频特性。在设计制作高频电路时，必须考虑元器件的频率响应，选择那些高频特性较好及分布电容、分布电感较小的元器件。

(4) 机械强度和可焊性

人们希望电子设备工作在无振动、无机械冲击的理想环境中，然而事实上设备的振动和冲击是无法避免的。如选用的元器件的机械强度不高，就会在振动时发生断裂，造成损坏，使电子设备失效。常见的机械性故障表现为：电阻器的陶瓷骨架断裂、电阻体两端的金属帽脱落、电容体开裂、各种元器件的引线折断与开焊等。

电子元器件的机械强度是重要的质量参数之一。在设计制作电子产品时，应该选用机械强度高的元器件，并从整体结构方面考虑抗振动、耐冲击的措施。

元器件引线的可焊性也是主要工艺质量参数之一。“虚焊”是引起整机失效的常见故障。为减少虚焊，操作者要不断练习，

提高焊接技术水平, 积累发现虚焊点的经验, 应选用那些可焊性良好的元器件。

(5) 可靠性和失效率

可靠性是指元器件的有效工作寿命, 即它能够正常完成某一特定电气功能的时间。电子元器件的工作寿命结束, 叫做失效。其失效的过程是随时间的推移、工作环境的变化, 元器件的规格参数从“量变到质变”的过程。

度量电子产品可靠性的基本参数是时间, 即用有效工作寿命的长短来评价它的可靠性。电子元器件的可靠性用失效率来表示, 即

$$\text{失效率 } \lambda(t) = (\text{失效数} / \text{运用总数}) \times \text{运用时间}$$

失效率的常用单位是“菲特”(Fit), $1\text{Fit} = 10^{-9}/\text{h}$ 。即 100 万个元器件运用 1000h, 每发生一次失效, 就叫做 1Fit。失效率越低, 说明元器件的可靠性越高。