

电子元器件 与电子实习

DIANZI YUANQIJIAN YU DIANZI SHIXI

马全喜 主 编
李晓慧 何怀明 副主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电子元器件与电子实习

主 编 马全喜
副主编 李晓慧 何怀明



机械工业出版社

本书是参照国家教育部高教司制定的《高等工程专科电子教学基本要求》，结合几年来的电子实习课程实践编写的，内容分两大部分：第一部分针对制作电子小产品实训中的元器件检测、选用的重要性，分别介绍了电子元件、电子器件以及特殊器件；第二部分介绍电子产品制作实践知识，从工具使用、制做印制电路板到组装、焊接、调试、故障排除均做了详细的介绍，同时介绍了与日常生活相关的小电子产品制作实例。

本书适合作为自动化、电子、电气、机电工程以及计算机等专业学生的实训教材；同时也可作为电子设计竞赛的参考书；对电子工程技术人员、电子爱好者也具有很好的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子元器件与电子实习/马全喜主编. —北京: 机械工业出版社, 2006. 8
ISBN 7-111-19721-6

I. 电... II. 马... III. ①电子元件 - 基本知识
②电子技术 - 实习 VI. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 090975 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 吉 玲

责任印制: 杨 曦

高等教育出版社印刷厂印刷

2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16.75 印张 · 410 千字

0001 - 4000 册

定价: 24.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线 (010) 88379768

封面防伪标均为盗版

前 言

21 世纪是信息的时代，也是人才竞争的时代。为了全面适应社会对科学技术人才的需求，目前我国的高等教育在专业设置、课程体系建设等方面进行了全面的改革，目的在于培养具有竞争意识、创新能力的高素质人才。为此，本教材在内容的编写上紧紧围绕着培养学生的工程意识，突出实践应用能力，使得学生在校学习过程中，能够通过本书的学习和实践训练，制作一些自己感兴趣的电子产品，为日后从事电子技术工作，甚至为终生的事业打下扎实的基础。

本教材是在编者所在学校试用过几届学生后的电子实习讲义基础上修改的，考虑到实用性，以够用为度，删除了仪器仪表的使用及测量知识等内容（这部分内容都已在实验指导书中详细介绍过），增编了与电子实习紧密相关的电子元器件的检测、选用内容，使得学生在电子实习过程中能更深入地了解其在电子产品中的重要作用。

本教材分为两大部分：电子元器件的检测、选用知识和电子技术实训知识。针对制作电子产品实训中的元器件检测、选用的重要性，分别介绍了电子元器件以及常用的特殊元件的选用、代换、检测方法与技巧。

在电子实训过程中，对印制电路板的制作，电子产品的安装、焊接、调试、故障排除等一一作了详细的介绍。同时介绍了与日常生活相关的电子产品实例，以供读者学习、训练基本功。

本教材可作为自动化、电子、电气、机电工程以及计算机等专业学生的实训教材，同时也可作为电子设计竞赛的参考书，对电子工程技术人员、电子爱好者也具有很好的参考价值。

本教材由河南机电高等专科学校高级实验师马全喜主编，河南机电高等专科学校工程师李晓慧、何怀明任副主编，机电系田坤参加编写，由河南机电高等专科学校张亚华教授主审。本教材在编写过程中还得到了校领导和教务处、电子工程系的有关同志及电子实习指导教师的大力支持，在此特别表示感谢。

由于编者水平有限，难免有错误和不妥之处，恳请同行及读者批评指正。

编 者

于河南机电高等专科学校

目 录

第一章 选用、检测电子元件

第一节 选用、检测电阻器	1	一、检测正温度系数 (PTC) 热敏电阻器	14
一、选用、检测固定电阻器	1	(一) 正温度系数 (PTC) 热敏电阻器的性能特点及主要参数	14
(一) 电阻器的基本知识	1	(二) 正温度系数热敏电阻器的应用	15
(二) 固定电阻器的选用	3	(三) 正温度系数热敏电阻器的检测方法	16
(三) 固定电阻器的检测方法	4	(四) 正温度系数热敏电阻器的应急修理	16
(四) 固定电阻器的修复与代换	5	(五) 正温度系数热敏电阻器的代换	17
二、检测水泥电阻器	6	二、检测负温度系数 (NTC) 热敏电阻器	17
(一) 水泥电阻器的结构与特点	6	(一) 负温度系数热敏电阻器的性能特点及主要参数	17
(二) 水泥电阻器的选用	7	(二) 负温度系数热敏电阻器的检测方法	18
(三) 水泥电阻器的检测及应急代换	7	三、检测压敏电阻器 (VSR)	19
三、检测熔断电阻器	8	(一) 压敏电阻器的结构和性能特点	19
(一) 熔断电阻器的性能特点及选用要点	8	(二) 应用举例	20
(二) 熔断电阻器的检测方法	9	(三) 压敏电阻器检测方法	21
(三) 熔断电阻器应急修复代换	9	四、检测光敏电阻器	22
第二节 选用、检测电位器	9	(一) 光敏电阻器的结构、种类和性能特点	22
一、电位器的基本结构和用途	9	(二) 光敏电阻器的检测方法	23
二、电位器的种类	11	五、选用湿敏电阻器	24
三、电位器的主要技术指标	11	(一) 湿敏电阻器的结构特性及应用	24
(一) 阻值最大值和最小值	11	(二) 湿敏电阻器的选用	25
(二) 阻值变化规律	11		
四、电位器的选用	12		
(一) 根据使用要求选用电位器	12		
(二) 合理选择电位器的参数	12		
(三) 根据阻值变化规律选用电位器	12		
(四) 电位器的选用要点	12		
五、电位器的检测方法	12		
六、电位器的修理	13		
第三节 检测、选用敏感电阻器	14		

第四节 选用电容器	25	(二) 可调电容器的检测方法	34
一、检测固定电容器	25	(三) 可调电容器的修理	35
(一) 固定电容器的基本结构和性能特点	25	第五节 选用电感器、变压器	36
(二) 固定电容器的主要参数	26	一、检测色码电感器	36
(三) 固定电容器的种类及使用要点	27	(一) 色码电感器的种类及其性能	36
(四) 固定电容器的检测方法	27	(二) 色码电感器的检测方法	40
二、检测电解电容器	29	(三) 色码电感器的串、并联使用	40
(一) 电解电容器的基本结构、种类及性能特点	29	二、检测中周变压器	41
(二) 电解电容器的使用知识	30	(一) 中周变压器的构造和种类	41
(三) 电解电容器的检测方法	30	(二) 中周变压器的检测方法	45
(四) 电解电容器的故障与修理	32	(三) 中周变压器的故障和修理方法	46
三、检测可调电容器	33	三、检测电源变压器	46
(一) 可调电容器的种类及其性能特点	33	(一) 电源变压器的种类、结构及主要参数	46
		(二) 电源变压器的检测方法	48

第二章 选用、检测电子器件

第一节 选用检测二极管	54	(二) 快恢复、超快恢复二极管的检测方法	62
一、检测小功率二极管	54	五、检测肖特基二极管	62
(一) 二极管的一般知识	54	(一) 肖特基二极管的结构和性能特点	62
(二) 小功率二极管的选用原则及使用注意事项	56	(二) 肖特基二极管的检测方法	63
(三) 小功率二极管的检测方法	57	六、检测片状二极管	64
二、检测 1N 系列硅整流二极管	58	(一) 片状二极管的性能特点及分类	64
(一) 1N 系列塑封硅整流二极管的性能特点	58	(二) 片状二极管的检测方法	64
(二) 1N 系列塑封硅整流二极管的检测方法	60	七、检测硅整流组件	65
三、检测玻封硅高速开关二极管	60	(一) 检测半桥组件	65
(一) 玻封硅高速开关二极管的性能特点	60	(二) 检测全桥组件	65
(二) 玻封高速开关二极管的检测方法	61	(三) 检测硅堆	67
四、检测快恢复、超快恢复二极管	61	八、检测双基极二极管(单结晶体管)	67
(一) 快恢复、超快恢复二极管的性能特点及分类	61	(一) 双基极二极管的特性与参数	67
		(二) 双基极二极管的检测方法	68
		九、检测稳压二极管	71
		(一) 稳压二极管的性能特点	71

(二) 稳压二极管的检测方法	72	(二) 电压型发光二极管的检测方法	84
十、检测双向触发二极管	74	(一) 光敏二极管的性能特点和主要参数	85
(一) 双向触发二极管的结构、性能特点及典型应用电路	74	(二) 光敏二极管的检测方法	85
(二) 双向触发二极管的检测方法	75	十九、检测红外发光二极管	86
十一、检测瞬态电压抑制二极管(TVS)	75	(一) 红外发光二极管的性能特点	86
(一) 瞬态电压抑制二极管的性能特点和主要参数	75	(二) 红外发光二极管的检测方法	87
(二) 瞬态电压抑制二极管的应用举例	76	二十、检测红外接收二极管	87
(三) 瞬态电压抑制二极管的检测方法	77	(一) 红外接收二极管的性能特点	87
十二、检测高频变阻二极管	77	(二) 红外接收二极管的检测方法	88
(一) 高频变阻二极管的性能特点及应用	77	二十一、检测激光二极管	89
(二) 高频变阻二极管的检测方法	78	(一) 激光二极管的性能特点	89
十三、检测变容二极管	78	(二) 激光二极管的检测方法	90
(一) 变容二极管的性能特点	78	第二节 选用、检测晶体管	90
(二) 变容二极管的检测方法	78	一、检测中、小功率晶体管	90
十四、检测单色发光二极管(LED)	79	(一) 晶体管的一般应用知识	90
(一) 单色发光二极管的性能特点及使用注意事项	79	(二) 检测中、小功率晶体管的方法	93
(二) 检测单色发光二极管的方法	80	二、检测大功率晶体管	97
(三) 单色发光二极管的修理	81	(一) 大功率晶体管的性能特点	97
十五、检测变色发光二极管	81	(二) 大功率晶体管的检测方法	97
(一) 变色发光二极管的性能特点	81	(三) 检测大功率晶体管举例	99
(二) 变色发光二极管的检测方法	81	二十三、检测大功率达林顿管	100
十六、检测闪烁发光二极管(BTS)	82	(一) 大功率达林顿管的结构及性能特点	100
(一) 闪烁发光二极管的性能特点、主要参数及使用注意事项	82	(二) 大功率达林顿管的检测方法	100
(二) 闪烁发光二极管的检测方法	83	二十四、检测彩色电视机用带阻尼行输出晶体管	101
十七、检测电压型发光二极管(BTV)	84	(一) 带阻尼行输出晶体管的结构特点	101
(一) 电压型发光二极管的结构特点	84	(二) 带阻尼行输出晶体管的检测方法	101
		二十五、检测光敏晶体管	102
		(一) 光敏晶体管的性能特点及主要参数	102
		(二) 光敏晶体管的检测方法	103
		二十六、检测片状晶体管	104

(一) 片状晶体管的特点 104

(二) 片状晶体管的检测方法 104

第三节 选用、检测场效应晶体管 104

一、检测结型场效应晶体管

(JFET) 105

(一) 结型场效应晶体的性能特点 105

(二) 结型场效应晶体的检测方法 105

二、检测 MOS 场效应晶体管 107

(一) MOS 场效应晶体的性能特点 107

(二) MOS 场效应晶体的检测方法 107

三、检测 VMOS 场效应晶体管 109

(一) VMOS 场效应晶体的结构及性能特点 109

(二) VMOS 场效应晶体的检测方法 (以 N 沟道 VMOS 场效应晶体管为例) 109

第四节 选用、检测晶闸管 112

一、检测单向晶闸管 112

(一) 单向晶闸管的结构及性能特点 112

(二) 单向晶闸管的检测方法 113

二、检测双向晶闸管 115

(一) 双向晶闸管的结构及性能特点 115

(二) 双向晶闸管的检测方法 115

三、检测门极关断晶闸管 (GTO) 118

(一) 检测门极关断晶闸管的方法 118

(二) 门极关断晶闸管的典型应用 119

第三章 选用、检测集成电路

第一节 检测数字集成电路 120

一、检测反相器 (以 CD4069 为例) 120

(一) CD4069 的性能及应用 120

(二) CD4069 的检测方法 122

二、检测 CD4011 122

(一) CD4011 4-2 输入与非门集成电路性能 122

(二) 检测 CD4011 4-2 输入与非门集成电路 123

第二节 检测 555 时基电路 124

一、555 时基电路的性能特点及应用 124

二、555 时基电路的检测方法 126

(一) 测量各引脚间的电阻值 126

(二) 搭电路检查工作情况 126

第三节 检测通用运算放大器 126

一、通用运算放大器的性能特点及应用要点 126

二、通用运算放大器的检测方法 127

(一) 测量引脚间电阻值 127

(二) 检测放大能力 128

第四节 检测集成稳压器 128

一、检测 78 × × 系列三端固定正压集成稳压器 128

(一) 78 × × 系列三端固定正压集成稳压器内部原理框图及使用注意事项 128

(二) 78 × × 系列三端固定正压集成稳压器的检测方法 129

二、检测 79 × × 系列三端固定负压集成稳压器 130

(一) 79 × × 系列三端固定负压集成稳压器内部原理及使用注意事项 130

(二) 79 × × 系列三端固定负压集成稳压器的检测方法 131

三、检测三端可调集成稳压器 132

(一) 三端可调集成稳压器的分类和性能特点	132
(二) 三端可调集成稳压器的的工作原理、基本应用及使用注意事项	134
(三) 三端可调集成稳压器的检测方法	135

第五节 集成电路选用、代换方法与技巧	136
一、一般集成电路的代换方法	136
二、代换集成电路时应注意的问题	138

第四章 选用、检测电声器件

第一节 检测扬声器	140
一、扬声器的性能特点	140
二、扬声器的主要参数	140
三、扬声器的使用注意事项	141
四、扬声器的检测方法	142
(一) 判断好坏	142
(二) 估测阻抗	142
(三) 判断相位	142
五、扬声器的修理和更换	143
(一) 扬声器的常见故障	143
(二) 扬声器的修理	143
(三) 扬声器的更换	144
第二节 检测耳机和耳塞	145
一、耳机和耳塞的性能特点	145
二、耳机和耳塞的检测方法	146
(一) 检测双声道耳机	146
(二) 检测耳塞	146
第三节 检测压电蜂鸣片 (PZT)	146
一、压电蜂鸣片的工作原理和	

特性	146
二、压电蜂鸣片的检测方法	147
第四节 检测压电蜂鸣器	148
一、压电蜂鸣器的性能特点	148
二、压电蜂鸣器的检测方法	148
(一) 通电试验	148
(二) 检测最小功耗和最大功耗	148

第五节 检测驻极体传声器 (MIC)	148
一、驻极体传声器的结构和性能特点	148
二、驻极体传声器的检测方法	150
(一) 电阻测量法	150
(二) 灵敏度测量法	150
第六节 微型直流音响器	150
一、构造和分类	151
二、性能特点	151
三、选用注意事项	152

第五章 电子产品设计与制作印制电路板

第一节 电子电路设计的基本原则和方法	153
一、电子电路设计的基本内容	153
二、电子电路设计的基本方法	153
三、参数计算和元器件选择	154
四、计算机辅助设计	154
第二节 电子电路的组装、调试	155
一、电子电路的组装	155

二、电子电路的调试	156
三、总结报告	156
第三节 印制电路板的设计与制作	157
一、印制电路板的特点、材料和种类	157
(一) 印制电路板的特点	157
(二) 覆铜箔层压板	158
(三) 印制电路板的种类	158

二、印制电路板的设计..... 159	步骤 163
(一) 设计印制电路图	(五) 双面印制电路板草图设计方
(印制电路板布置图) 159	法 164
(二) 印制电路板元器件布置的原	(六) 印制电路板的固定方式 165
则和要求 159	第四节 自制印制电路板的过程..... 165
(三) 绘制印制电路板布置图的要	一、自制印制电路板的方法..... 165
点 160	二、腐蚀印制电路板的过程..... 166
(四) 印制电路板布置图的画法与	

第六章 电子产品的安装与焊接工艺

第一节 电子产品的安装工艺..... 167	第二节 电子产品焊接工艺..... 184
一、安装工艺的整体要求..... 167	一、焊接的概念及其物理过程..... 184
二、安装工艺的流程..... 168	二、焊接工具..... 186
三、安装工艺的具体要求——工艺	三、焊料、焊剂与元器件的焊接性
卡..... 168 189
四、元器件的检验、老化和筛选..... 169	四、焊接过程与操作要领..... 192
五、元器件的预处理..... 171	五、焊接的质量检验..... 195
(一) 印制电路板(PCB)的预处理	六、特殊元器件的焊接..... 196
..... 171	七、浸焊..... 197
(二) 元器件引脚的预处理 171	八、波峰焊与再流焊..... 198
六、安装工艺中的紧固和连接..... 174	九、印制电路板的焊接..... 199
七、元器件的安装..... 176	(一) 印制电路板焊接的特点 199
(一) 元器件的插装原则 177	(二) 印制电路板的焊前处理 199
(二) 元器件的安装次序 178	(三) 焊接的方法..... 200
(三) 元器件的安装方法 178	(四) 印制电路板上元器件的更换
八、半成品的检测、调试与测试	方法 201
针床..... 183	(五) 印制导线的修复方法 202
操练与思考..... 183	操练与思考..... 203

第七章 电子电路调试

第一节 调试技术..... 205	一、干扰..... 210
一、调试目的..... 205	二、噪声..... 212
二、调试的一般程序..... 206	操练与思考..... 213
三、静态调试..... 206	第三节 抑制技术..... 213
四、动态调试..... 207	一、元器件选择..... 214
五、振荡电路的调试..... 208	二、合理布局..... 214
操练与思考..... 209	三、电源处理..... 215
第二节 干扰和噪声..... 209	四、屏蔽..... 215

五、接地	217	九、信号传输的抗干扰	221
六、隔离	219	十、测量系统的抗共模干扰	222
七、去耦	219	操练与思考	223
八、补偿	221		

第八章 电子技能实训

第一节 亚超声遥控开关电路	224	三、元器件选择及装配焊接	233
一、亚超声遥控开关电路介绍	224	第四节 调幅收音机的安装与调试	234
二、安装和检测	227	一、无线电广播概述	234
三、故障检修	228	二、超外差式收音机的工作原理	235
第二节 集成电路声光控节能照明灯	228	三、超外差式收音机的装配	238
一、电路工作原理	228	四、收音机的调整与测试	240
二、组装和焊接	231	五、收音机故障的判断与检修	241
三、测试与故障排除	231	第五节 万用表的安装、检查与调试	242
第三节 有源音箱立体声功放	231	一、万用表的基本知识	242
一、功放集成电路的特点	231	二、万用表常用电路工作原理	243
二、有源音箱立体声功放基本工作原理	232	三、万用表的组装和焊接	243

第九章 故障检修及脱焊元器件的方法与技巧

第一节 检修方法	247	四、性能复制和参数复调	252
一、基本要求	247	五、安全注意事项	252
二、一般程序	247	第三节 特殊元器件的拆卸方法	253
三、检修方法	248	一、贴片式元器件的拆卸技巧	253
第二节 排除故障的方法	250	二、拆卸扁平封装集成电路的简单方法	254
一、排除故障的准备工作	250	操练与思考	254
二、排除故障的程序	251	参考文献	255
三、排除故障的方法	251		

第一章 选用、检测电子元件

在计算机、通信设备、家用电器以及电子仪器仪表中，都使用了大量的电子元件，因此，了解和掌握电子元件的选用和检测，尤其是电阻器、电位器、电容器、电感器等电路中最基本的电子元件的选用和检测，对于电路的设计、制作和维修具有极为重要的意义。

第一节 选用、检测电阻器

一、选用、检测固定电阻器

(一) 电阻器的基本知识

1. 电阻器的作用

电阻器是利用具有电阻性的金属或非金属材料制成、便于安装的电子元件，它在电路中是阻碍电流通过的耗能元件。具体地说，电阻器在电气装置中的作用大致可以归纳为降低电压、分配电压、限制电路电流，向各种电子元器件提供必要的工作条件（电压或电流）等几种功能。

2. 电阻器的主要技术参数

电阻器的主要技术参数有标称阻值、阻值误差和额定功率。

(1) 标称阻值。简称阻值，基本单位是欧姆，简称欧（ Ω ）。除欧姆外，常用单位还有千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。这三者之间的换算关系是

$$1M\Omega = 1000k\Omega, 1k\Omega = 1000\Omega$$

在电路图中标示电阻器的标称阻值时，一般将 $M\Omega$ 简标为 M，将 $k\Omega$ 简标为 k， Ω 则不标单位。例如 $2M\Omega$ 标作 2M； $1k\Omega$ 标作 1k； 330Ω 标作 330。电阻器上电阻值的表示方法有两种：一种是直接印出阻值，如 1.5k 电阻器上印有“1.5k”或“1k5”字样；另一种是用色环表示（见图1-1），各条色环中不同颜色所代表的意义如表1-1及表1-2所示（注意，普通精度的电阻器用四色环表示，精密电阻器用五色环表示）。

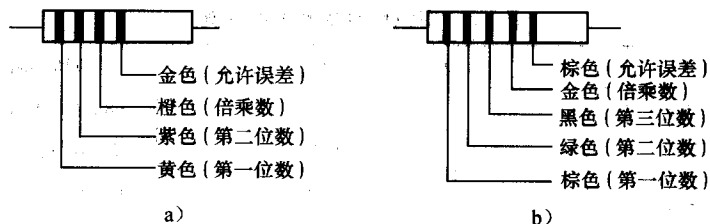


图 1-1 色环表示法

a) $47 \times (1 \pm 5\%) k\Omega$ b) $15 \times (1 \pm 1\%) \Omega$

表 1-1 四色环表示法

色环颜色	第一色环 (十位数)	第二色环 (个位数)	第三色环 (倍乘数)	第四色环 (允许误差)
黑	0	0	$\times 10^0$	
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 0.1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 0.2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	$\pm 0.5\%$
黄	4	4	$\times 10^4$	$\pm 0.2\%$
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.1\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	—
紫	7	7	$\times 10^7$	—
灰	8	8	$\times 10^8$	—
白	9	9	$\times 10^9$	—
金	—	—	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银	—	—	$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$
无色环	—	—	—	$\pm 20\%$

表 1-2 五色环表示法

色环颜色	第一色环 (百位数)	第二色环 (十位数)	第三色环 (个位数)	第四色环 (倍乘数)	第五色环 (允许误差)
黑	0	0	0	$\times 10^0$	—
棕	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	$\times 10^3$	—
黄	4	4	4	$\times 10^4$	—
绿	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	$\times 10^8$	—
白	9	9	9	$\times 10^9$	—
金	—	—	—	$\times 10^{-1}$	—
银	—	—	—	$\times 10^{-2}$	—
无色环	—	—	—	—	—

例如,某电阻器上第一、二、三色环分别为黄色、紫色、橙色,查表 1-1 可知它的阻值是 $47 \times 10^3 \Omega = 47\text{k}\Omega$ 。表 1-3 是色环电阻器的识读举例,供读者参考。

表 1-3 四色环电阻器识读举例

类别	色环颜色顺序				查表所得对应数值				计算所得阻值	允许误差
普通型	蓝	灰	黑	金	6	8	$\times 10^0$	$\pm 5\%$	$68 \times 10^0 \Omega = 68\Omega$	$\pm 5\%$
	红	红	棕	银	2	2	$\times 10^1$	$\pm 10\%$	$22 \times 10^1 \Omega = 220\Omega$	$\pm 10\%$
	绿	棕	金	金	5	1	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$	$51 \times 10^{-1} \Omega = 5.1\Omega$	$\pm 5\%$
	棕	绿	黑		1	5	$\times 10^0$	$\pm 20\%$	$15 \times 10^0 \Omega = 15\Omega$	$\pm 20\%$

(2) 额定功率。它是指在特定环境温度下电阻器允许承受的最大功率。在该功率限度

以下,电阻器可以正常工作而不会改变其性能,也不会损坏。常用电阻器的额定功率有 $1/8W$ 、 $1/4W$ 、 $1/2W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 等。在电路图中,电阻器的额定功率可直接用数字标出(见图1-2),也可用符号表示。

不作标示的表示该电阻器工作中消耗功率很小,可不必考虑,例如大部分业余电子制作中对电阻器额定功率都没有要求,可选用 $1/8W$ 或 $1/4W$ 的电阻器。

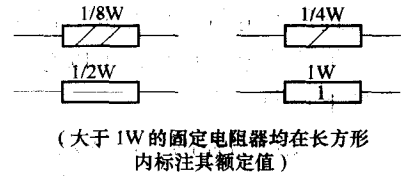


图 1-2 电阻器额定功率表示法

(二) 固定电阻器的选用

1. 选用固定电阻器的基本原则

(1) 优先选用通用型电阻器。通用型电阻器种类很多,如碳膜电阻器,金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、金属玻璃釉电阻器、实心电阻器、线绕电阻器等。这类电阻器的阻值范围宽,精度包括 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 和 $\pm 20\%$ 三级,功率为 $0.1 \sim 10W$ 。由于它们品种多、规格齐全、来源充足、价格便宜,有利于生产和维修。

(2) 所用电阻器的额定功率必须大于其实际承受功率的两倍。要保证电阻器正常工作而不致烧坏,必须使其实际工作时所承受的功率不超过其额定功率。为了使电阻器工作可靠,通常所选用电阻器的额定功率要为其实际承受功率的两倍以上。例如电路中某电阻器实际承受功率为 $0.5W$,则应选用额定功率为 $1W$ 以上的电阻器。

(3) 在高增益前置放大电路中,应选用噪声电动势小的电阻器,以减小噪声对有用信号的干扰。例如可选用金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、碳膜电阻器。实心电阻器噪声电动势较大,一般不宜在前置放大电路中使用。

(4) 根据电路的工作频率选择电阻器。由于各种电阻器的结构和制造工艺不同,其分布参数也不相同。RX型线绕电阻器的分布电感和分布电容都比较大,只适用于频率低于 $50kHz$ 的电路;RH型合成膜电阻器和RS型有机实心电阻器可以用在频率为几十兆赫的电路中;RT型碳膜电阻器可在频率为 $100MHz$ 左右的电路中工作;而RJ型金属膜电阻器和RY型氧化膜电阻器可以工作在频率为高达数百兆赫的高频电路中。

(5) 根据电路对温度稳定性的要求,选择电阻器。由于电阻器在电路中的作用不同,所以对它们的温度稳定性要求也就不同,例如在退耦电路中的电阻器,即使阻值有所变化,对电路工作影响并不大,因而对电阻器的温度稳定性要求不高;而应用在稳压电源中作电压取样的电阻器,其阻值的变化,将引起输出电压的变化,因而要求选用温度稳定性较高的电阻器。

实心电阻器温度系数较大,不宜用在稳定性要求较高的电路中;碳膜电阻器、金属膜电阻器、玻璃釉膜电阻器都具有较好的温度特性,很适合应用于稳定性要求较高的场合;线绕电阻器由于采用特殊的合金线绕制,其温度系数极小,因此阻值最为稳定。

(6) 根据安装位置选用电阻器。由于制作电阻器的材料和工艺不同,因此相同功率的电阻器,其体积并不相同。例如相同功率的金属膜电阻器的体积是碳膜电阻器的 $1/2$ 左右,因此适合于安装在元器件比较紧凑的电路中;相反,在元器件安装位置比较宽松的场合,选用碳膜电阻器就相对经济些。

(7) 根据工作环境条件选用电阻器。使用电阻器的环境,例如温度、湿度等条件不同

时,所选用的电阻器种类也不相同。像沉积膜电阻器不宜用于易受潮气和电解腐蚀影响的场合;如果环境温度较高,可以考虑用金属膜电阻器或氧化膜电阻器,它们都可在125℃的高温条件下长期工作。

2. 固定电阻器的使用常识

(1) 电阻器在安装前应用万用表检测一下其阻值是否与标称值相符,有些阻值已经改变的电阻器,若不进行测试就安装在电路上,会使电路工作失常。

(2) 安装电阻器前,应将引线刮光镀锡,确保焊接可靠,无虚焊。在高频电路中,为了减小分布参数对电路的影响,电阻器的引线不宜过长。

(3) 电阻器的引线不宜反复弯曲,以免折断;安装、拆卸时不可过于用力,以免电阻器引线电阻体接触之间松动,造成隐患。焊接时应用尖嘴钳或镊子夹住引线根部,以免过多热量传入电阻器内部,使电阻器改变阻值。

(4) 安装时,电阻器两端必须安装在可靠的支撑点上,以免因振动等原因,使电路短路或断路。装配电阻器时,应使其阻值标识部分向上,以便于在调试和维修中查找核对。

(5) 额定功率10W以上的线绕电阻器,安装时必须焊接在特制的支架上,周围应留出一定的散热空间,并注意将其他元器件,特别是对温度敏感的元器件,如晶体管、热敏电阻器等尽可能远离该电阻器。

(6) 为了提高非线性电阻器的工作稳定性,在使用前可对其进行老化处理。具体方法是在电阻器两端加一直流电压 U ,使电阻器承受的功率为其额定功率的1.5倍,即

$$\frac{U^2}{R} = 1.5P_R$$

则直流电压 $U = \sqrt{1.5RP_R}$,这样加电5min后,再测量其阻值。

(7) 电路中的电阻器一旦损坏,应查明原因,然后再换新的电阻器。

(8) 在存放和使用电阻器的过程中,不要使其互相碰撞、摩擦,以保持漆膜的完好。否则,漆膜脱落后,电阻器的防潮性能降低,甚至会损坏导电层,使电阻器失效。

(三) 固定电阻器的检测方法

1. 电阻器额定功率的简易判别

小型电阻器的额定功率一般在电阻体上并不标出。但可以根据电阻体的长度和电阻体的直径大小判定其额定功率值大小。表1-4列出了常用的不同长度、直径的碳膜电阻器、金属膜电阻器所对应的功率值,供读者使用参考。

表1-4 RT、RJ型电阻器的长度、直径与额定功率的对应关系表

额定功率/W	碳膜电阻器 (RT型)		金属膜电阻器 (RJ型)	
	长度/mm	直径/mm	长度/mm	直径/mm
1/8	11	3.9	6~7	2~2.5
1/4	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
1/2	28.5	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

2. 测量实际电阻值

(1) 将万用表的功能选择开关转到适当量程的电阻挡,先调零。将两根表笔短接,调节“0 Ω ”电位器,使表头指针满度,指向“0”位,然后再进行测量。注意在测量中每次变换量程,都必须重新调零后再使用(凡使用欧姆挡测量,均先调零)。

(2) 按照图 1-3 所示的方法,将两表笔(不分正负)分别与电阻器的两端相接即可测出其实际电阻值。为了提高测量精度,应根据被测电阻器标称值的大小来选择量程。由于欧姆挡刻度的非线性关系,它的中间一段刻度较为精细,因此应使指针指示值尽可能落到刻度的中间一段位置,即全刻度起始的 20% ~ 80% 弧度范围内,以使测量更准确。例如

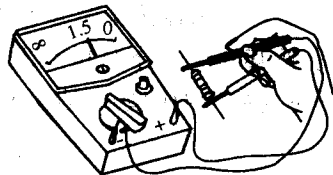


图 1-3 电阻器阻值的测量方法

50 Ω 以下的电阻器可用 $R \times 1$ 挡; 50 ~ 1000 Ω 的电阻器可用 $R \times 10$ 挡, 1 ~ 500k Ω 的电阻器可用 $R \times 1k$ 挡; 500k Ω 以上的电阻器用 $R \times 10k$ 挡。在测量中,万用表所测阻值读数应与电阻器的标称阻值相符。根据电阻器的误差等级不同,读数与标称阻值之间分别允许有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 的误差。如不相符,超出误差范围,则说明该电阻器阻值改变了。如果测得的结果为 0,则说明该电阻器已经短路;如果是无穷大,则表示该电阻器断路了,不能再继续使用。

3. 测量注意事项

(1) 测量时,特别是在测几万欧,甚至更高阻值的电阻时,手不要触及表笔和电阻器的导电部分,因为人体具有一定电阻,会对测量结果产生一定的影响,使读数偏小。

(2) 被测的电阻器必须从电路中焊下来,至少要焊开一个头,以免电路中的其他元件对测量产生影响,造成测量误差。

(3) 色环电阻器的阻值虽然能以色环来确定,但在使用时最好还是用万用表测试一下其实际阻值,特别是无线电爱好者在业余制作中使用成包混装的电阻器,其色环未必很可靠,在安装前一定要逐个细心地进行测量,然后再焊接。

(四) 固定电阻器的修复与代换

(1) 碳膜电阻器或金属膜电阻器,如果发生引线折断故障,可以把断头的铜压帽(卡圈)上的漆膜刮去,重新焊出引线,继续使用。但要注意操作动作要快,以免电阻器因受热过度导致阻值变化或造成铜压帽松脱。

(2) 碳膜电阻器如果阻值高,可以用小刀刮去漆膜,露出碳膜,然后用铅笔在碳膜上来回涂抹,可以使碳膜电阻器的阻值变小,直至达到所需阻值,然后再涂上一层漆膜作为绝缘保护膜,如果阻值偏低,则可以将电阻器表面的碳膜用砂纸或小刀轻轻地刮掉一些,刮时不能太急、太重,应边刮边用万用表测量,达到要求阻值后,再用漆将表面涂覆住即可。

(3) 在修理中,若发现某一电阻器阻值改变或损坏,手头又没有同规格的电阻器代换,可采用串、并联电阻器的方法进行应急处理。

注意,在采用串、并联方法时,除了应计算总阻值是否符合要求外,还必须检查每个电阻器的额定功率值是否比其在电路中所承受的实际功率大一倍以上。

二、检测水泥电阻器

水泥电阻器实际上也是固定电阻器的一种。其图形符号与普通电阻器相同。水泥电阻器是近年来发展起来的陶瓷绝缘功率型线绕电阻器，习惯上称为水泥电阻器。

水泥电阻器按功率分为 2W、3W、5W、7W、8W、10W、15W、20W、30W、40W 等规格。按其外形可分为 R×27—1 型、R×27—IV 型、R×27—3 型 (3A、3B、3C 型) 和 R×27—4 (4V、4H 型)。表 1-5 列出了 R×27 型水泥电阻器的参数及外形尺寸。

表 1-5 R×27 水泥电阻器的参数及外形尺寸

型号	功率/W	阻值范围/ Ω	外形尺寸/mm		
			L	W	H
R×27—1	2	0.1~200	18	6.4	6.4
	3	0.1~330	22	8.0	8.0
	5	0.1~680	22	9.5	9.5
	7	0.15~1200	35	9.5	9.5
	10	0.2~1800	48	9.5	9.5
	15	0.2~2200	48	12.5	12.5
R×27—IV	7	0.15~1200	47	11	11
	10	0.2~1800	60	11	11
R×27—3 (3A、3B、3C 型)	5	0.1~680	27	9.5	9.5
	7	0.15~1200	35	9.5	9.5
	10	0.2~1800	48	9.5	9.5
	15	0.2~2200	48	12.5	12.5
	20	0.33~2700	63	12.5	12.5
R×27—4 (4V、4H 型)	10	0.2~1800	48	25	9.8
	15	0.2~2200	48	28.5	13
	20	0.33~3000	63.5	28.5	13
	30	1~3900	75	38	19
	40	1~4300	90	38	19

(一) 水泥电阻器的结构与特点

水泥电阻器的内部结构如图 1-4 所示，它的最里层是一根玻璃纤维芯柱，其上绕有电阻丝。水泥电阻器的两端线与焊脚引线在内部压接在一起。玻璃纤维芯柱、电阻丝及焊脚引线均装入白色陶瓷壳体的横槽内，壳体下部有一长方形封装口，用绝缘封装填料将其密封。水泥电阻器广泛应用于计算机、电视机、仪器仪表中，它具有如下几个突出特点：

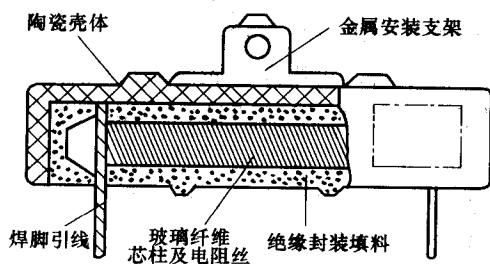


图 1-4 水泥电阻器的内部结构