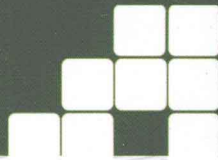


韩老师电子技能培训大讲堂



电子元器件 检测置换



学用速训

数码维修工程师鉴定指导中心组编

主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

韩老师电子技能培训大讲堂

电子元器件检测置换学用速训

数码维修工程师鉴定指导中心组编

主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书根据该行业读者的学习习惯和培训特点,将电子元器件维修的从业技能要求、电子元器件的结构组成、电路特点、工作原理及故障检修流程和检修方法等一系列知识点和技能,采用“学用速训”的形式,进行讲解。力求通过典型样机的实拆、实测、实修的详细讲解,使读者对电子元器件的结构特点、工作原理,电子元器件管路、主要部件及变频控制电路和各辅助电路的检修技能有一个全面的掌握、理解。同时,本书收集、整理了大量电子元器件的维修案例,作为实训题材供读者“演练”,使读者通过实训掌握电子元器件的维修技能。

本书采用讲座的形式,对故障的分析及检修技能的讲解采用了图解演示的表现手段,形象、直观、易学、易懂。

本书可作为职业院校专业教材,也可作为维修人员的培训教材,同时还可供广大电子爱好者阅读使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子元器件检测置换学用速训/韩广兴主编. —北京:电子工业出版社, 2011.1

(韩老师电子技能培训大讲堂)

ISBN 978-7-121-12180-7

I. ①电… II. ①韩… III. ①电子元件—检测②电子器件—检测 IV. ①TN606

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 213706 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 389 千字

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版说明

随着科学技术的飞速发展,新技术、新产品、新工艺层出不穷,为电气和电子行业的求职人员提供了更为广阔的就业前景。掌握电气线路和设备及电子产品的检修技能是该行业求职者必须具备的职业能力。该行业的在职从业人员也必须追踪电子技术的新发展,不断学习新知识,掌握新技术,才能适应社会的新需求。

然而,如何能够在短时间内掌握电工电子的实用技能,如何能够应对如此繁杂的电子产品维修市场,如何能够成功地完成知识和技能的更新与转型,并能轻松地跟上产品快速发展的节奏,已成为电气电子行业的从业人员和求职者急需解决的重要问题。

根据目前电气电子行业的职业特色,同时从考虑该领域人群的学习需求和学习特点出发,我们将电工电子技术基础技能培训和市场上主流电子产品的维修技能培训所需的教材进行了合理的划分,精心策划并制作了这套“韩老师电子技能培训大讲堂”系列丛书。

本套丛书共 11 本,包括《电工实用电路识图学用速训》、《电子实用电路识图学用速训》、《万用表检测应用学用速训》、《电子元器件检测置换学用速训》、《电气线路故障检修学用速训》、《日用小家电故障检修学用速训》、《新型液晶彩色电视机故障检修学用速训》、《新型洗衣机故障检修学用速训》、《变频电冰箱故障检修学用速训》、《变频空调器故障检修学用速训》、《新型手机故障检修学用速训》。

“韩老师电子技能培训大讲堂”系列丛书主要面向从事电工作业、电气维修和电子产品生产、调试、维修的技术人员和广大电子爱好者,可作为电气维修和电子产品维修技能培训教材,同时也可作为高、中等职业技术学校电工电子技术专业相关学科的技能实训教材。本套丛书精选了基础电子、电工电路的识图及万用表的检测应用等基础技能,以及电子元器件检测与置换、电气线路检修、各类电子产品的检修等专业技能为题材,采取模拟课堂讲座方式,突出“知识讲解”、“要点提示”、“操作演示”、“案例训练”等关键环节,运用自主学习和快速训练相结合的教学方法,系统全面地讲解电工电子的实用知识与操作技能。

《电工实用电路识图学用速训》是电气线路及设备检修的基础技能培训教材。书中根据电工具体从业的岗位作为章节划分依据,将典型实用的电工电路按照功能特点进行归纳整理,全面系统地讲解了不同类型的电工实用电路的特点和识读方法。为适应实际需要,书中所有的电路模块均取自实际电工电路。通过对不同电路的结构、原理、适用场合和应用特点的分析,使读者快速掌握电工电路的识图方法。同时,配以实际训练,使读者快速掌握识读各种电工电路图的技巧。

《电子实用电路识图学用速训》是电子产品生产、调试、维修领域的基础技能培训教材。书中对目前各种类型的家用电器产品的电路进行了细致的归纳、整理,按照电路的功能特点划分章节。图书采用图解的方式,通过对典型电子电路结构、原理和应用特点的讲解、分析,使读者快速掌握电子电路识图的方法。为适应电子产品生产、调试、维修的实际需要,本书还收集了大量的主流电子产品电路,各电路都极具代表性,供读者识读训练

时使用。读者跟着配套的图文解读来学习,就能轻松掌握电子电路识图的要领、方法与技巧。

《万用表检测应用学用速训》是电气电子领域中共同需要的基本技能培训教材。本书以典型万用表为例,系统全面地介绍了万用表的使用特点和使用方法。为贴近实际应用需要,按照检测应用领域进行章节划分,不同章节突出不同的使用特点。本书充分利用图解的表现形式,教给读者正确使用万用表进行检测的方法。同时,配合大量的实际训练,加深对万用表功能特点的理解,力求使读者快速掌握用万用表检测电气线路和电子产品的技术参数及判断故障部位的使用技巧。

《电子元器件检测置换学用速训》也是电子领域的最基本的技能培训教材。本书以电子元器件的种类作为章节划分的依据。充分运用图解的表现形式,将各种类型的电子元器件的结构、特点、识别、检测、置换等知识与方法教给读者,让读者跟着图解演示进行训练,达到快速掌握元器件检测与置换的技能的目的。

《电气线路故障检修学用速训》是电气行业的专业技能培训教材。本书旨在介绍实际线路的检修方法和技巧。为适应读者的需求和阅读习惯,本书按照电气线路的功能作为章节划分的依据,通过大量的实际案例,运用图解的方式,全面系统地讲解了不同电气线路的检修流程、检修方法和检修技巧。为使读者能够学以致用,本书还归纳整理了许多典型的实际案例供读者实训,读者只要跟着图解演示进行训练,就能快速掌握电气线路的检修特点和检修技能。

《日用小家电故障检修学用速训》是电子产品生产、调试、维修领域的专业技能培训教材。本书将目前市场上的主流日用小家电产品按照种类特点进行划分,通过对实际样机的实拆、实测、实修的演示教学过程,使读者掌握各种典型日用小家电产品的结构、工作原理和维修方法。本书对小家电产品的检修案例进行了细致的归纳整理,供读者实训,通过对各种实际案例的分析与图解演示,使读者真正掌握日用小家电产品的维修特点和维修技巧。

《新型液晶彩色电视机故障检修学用速训》、《新型洗衣机故障检修学用速训》、《新型手机故障检修学用速训》、《变频电冰箱故障检修学用速训》及《变频空调器故障检修学用速训》都是电子产品生产、调试、维修领域的专业技能培训教材。全书从新型电子产品的结构及结构特点介绍入手,在详细讲解单元电路的功能及工作原理的基础上,进一步讲解典型机型的故障分析、检测及维修方法。书中收集整理了大量故障检修的实际案例,通过对实际样机的实拆、实测、实修的图解演示的直观教学,使读者跟着学和跟着练。这种自主学习与实训演练相结合的培训方法,使从事不同产品维修的读者分别快速掌握新型液晶彩色电视机、新型新衣机、新型手机、变频电冰箱及变频空调器等电子产品的故障检修技能。

本套丛书贴近电子产品维修的实际,注重技能实训演练,表现形式形象生动,易学易懂,适应学用速训需求。通过精心策划,无论从选题内容的精选与拓展到写作方式的突破与创新,都是以达到追踪电子技术的新发展、打造技能培训的新模式、传授电子产品检修技艺的良好效果为目标。

我们真诚地期盼“韩老师电子技能培训大讲堂”系列丛书能成为各电子技能专业培训学校或培训站(班)及各高、中等职业学校相关专业首选的技能实训教材;我们真诚地期盼该套系列丛书成为广大电子技术爱好者求职、就业及技能提升的良师益友。

电子工业出版社

编委会名单

主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛

编 委 张丽梅 孟雪梅 郭海滨 李 雪

张明杰 孙 涛 宋明芳 马 楠

梁 明 宋永欣 张雯乐 张鸿玉

前 言

随着科学技术的发展,人们的生活智能化、现代化,操作控制更加人性化,使得人们对物质文化生活的需求不断提升,电子产品的市场空间不断扩大。社会对电子产品生产、调试维修的专业技术人员的需求也越来越大,对人才技术素质的要求也越来越高。

在电子电器产品生产、调试、维修方面,智能化的家用电器产品越来越多,各生产企业都相继推出了多系列的电子元器件新产品。这同时也为从事电子元器件生产维修的人员提供了很好的就业机会,越来越多的人非常重视电子元器件维修的职业技能培训。然而,技术的更新、电路结构的复杂,加上产品种类的多样化,对电子元器件维修人员的维修技能提出了更高的要求。如何能够在短时间内掌握电子元器件的维修方法和技巧已成为这部分人群急需解决的重要问题。

本书正是从这些实际问题出发,模拟课堂培训的形式,采用“学”、“练”、“用”相结合的教授模式,全面系统地讲解了电子元器件的结构特点、工作原理、维修方法和维修技巧。

为使读者能够在最短时间内掌握电子元器件的维修技能,本书在知识技能的讲授过程中充分发挥“图解”的功能。通过对实际样机的实拆、实测、实修的图文演示,生动、形象、直观地将电子元器件的维修技能演示出来,传授给读者。

本书还收集了大量电子元器件的维修实例,并通过“训练”的形式提供给读者实训时作为技能演练的题材,使读者开阔眼界,领悟电子元器件的维修技巧。

为使本书内容既符合实际需求,同时又极具专业培训的特性,本书由数码维修工程师鉴定指导中心联合多家专业维修机构,组织众多高级维修技师、一线教师和多媒体技术工程师组成专业制作团队,特聘请家电行业资深专家韩广兴教授亲自担任主编。书中所有的内容及维修资料均来源于实际工作,以确保图书的权威性。

本书内容符合国家家电维修职业技术鉴定及数码维修工程师技术资格的鉴定考核标准,读者通过学习和实训,可根据自身情况申报相应的专业技术等级,获得国家职业资格认证或数码维修工程师相应等级的专业技术资格认证。

本书由韩广兴担任主编,韩雪涛、吴瑛担任副主编,参加编写的还有张丽梅、孟雪梅、郭海滨、李雪、张明杰、孙涛、宋明芳、马楠、梁明、宋永欣、张雯乐和张鸿玉等。

为满足读者需求,数码维修工程师鉴定指导中心还提供了网络远程教学和多媒体视频自学两种培训途径,读者可以直接登录数码维修工程师官方网站进行培训或购买配套的VCD系列教学光盘自学(本书不含光盘,如有需要请读者按以下地址联系购买)。

读者如果在自学或参加培训的学习过程中及申报国家专业技术资格认证方面有什么问题,也可通过网络或电话与我们联系。

网址: <http://www.chinadse.org>

联系电话: 022-83718162/83715667/13114807267

E-mail: chinadse@163.com

地址: 天津市南开区榕苑路4号天发科技园8-1-401, 数码维修工程师鉴定指导中心

邮编: 300384

图书联系方式: tan_peixiang@phei.com.cn

编 者
2010年11月

目 录

第 1 讲 电阻器的检测置换学用速训	1
1.1 电阻器的功能特点	1
1.1.1 电阻器在电路中的作用	1
1.1.2 电阻器的种类特点	4
1.1.3 电阻器的型号命名和标注方法	10
1.2 电阻器检测代换学用速训	14
1.2.1 电阻器检测方法	14
1.2.2 电阻器代换的原则与注意事项	21
1.2.3 电阻器的检测代换速训	26
第 2 讲 电容器的检测置换学用速训	29
2.1 电容器的功能特点	29
2.1.1 电容器在电路中的作用	30
2.1.2 电容器的种类特点	31
2.1.3 电容器的型号命名及标注方法	38
2.2 电容器检测代换学用速训	42
2.2.1 电容器检测方法	42
2.2.2 电容器代换的原则与注意事项	49
2.2.3 电容器的检测代换速训	53
第 3 讲 电感器的检测置换学用速训	55
3.1 电感器的功能特点	55
3.1.1 电感器在电路中的作用	55
3.1.2 电感器的种类特点	59
3.1.3 电感器的型号命名及标注方法	63

3.2	电感器检测代换学用速成.....	68
3.2.1	电感器检测方法.....	68
3.2.2	电感器代换的原则与注意事项.....	74
3.2.3	电感器的检测代换速训.....	76
第4讲	晶体二极管的检测置换学用速训.....	79
4.1	晶体二极管的功能特点.....	79
4.1.1	晶体二极管在电路中的作用.....	79
4.1.2	晶体二极管的种类特点.....	81
4.1.3	晶体二极管的型号命名和识别方法.....	86
4.2	晶体二极管检测代换学用速训.....	91
4.2.1	晶体二极管检测方法.....	91
4.2.2	晶体二极管的代换原则和注意事项.....	95
4.2.3	晶体二极管代换速训.....	102
第5讲	晶体三极管的检测置换学用速训.....	105
5.1	晶体三极管的功能特点.....	105
5.1.1	晶体三极管在电路中的作用.....	107
5.1.2	晶体三极管的种类特点.....	109
5.1.3	晶体三极管的型号命名及标注方法.....	113
5.2	晶体三极管检测代换学用速成.....	114
5.2.1	晶体三极管检测方法.....	114
5.2.2	晶体三极管代换的原则与注意事项.....	119
5.2.3	晶体三极管的检测代换速训.....	123
第6讲	场效应晶体管的检测置换学用速训.....	125
6.1	场效应晶体管的功能特点.....	125
6.1.1	场效应晶体管在电路中的作用.....	126
6.1.2	场效应晶体管的种类特点.....	127
6.1.3	场效应晶体管的型号命名及标注方法.....	128
6.2	场效应晶体管检测代换学用速成.....	130
6.2.1	场效应晶体管检测方法.....	130

6.2.2	场效应晶体管代换的原则与注意事项.....	132
6.2.3	场效应晶体管的检测代换速训.....	133
第 7 讲	晶闸管的检测置换学用速训	135
7.1	晶闸管的功能特点.....	135
7.1.1	晶闸管在电路中的作用.....	136
7.1.2	晶闸管的种类特点.....	138
7.1.3	晶闸管的型号命名及标注方法.....	142
7.2	晶闸管检测代换学用速成.....	143
7.2.1	晶闸管检测方法.....	143
7.2.2	晶闸管代换的原则与注意事项.....	147
7.2.3	晶闸管的检测代换速训.....	149
第 8 讲	电位器的检测置换学用速训	151
8.1	电位器的功能特点.....	151
8.1.1	电位器在电路中的作用.....	151
8.1.2	电位器的种类特点.....	152
8.1.3	电位器的型号命名和标注方法.....	157
8.2	电位器检测学用速训.....	159
8.2.1	电位器检测方法.....	159
8.2.2	电位器的代换原则和注意事项.....	162
8.2.3	电位器检测代换速训.....	162
第 9 讲	变压器的检测置换学用速训	165
9.1	变压器的功能特点.....	165
9.1.1	变压器在电路中的作用.....	165
9.1.2	变压器的种类特点.....	166
9.1.3	变压器的型号命名和标注方法.....	171
9.2	变压器检测代换学用速训.....	174
9.2.1	变压器检测方法.....	174
9.2.2	变压器的代换原则与注意事项.....	181
9.2.3	变压器检测代换速训.....	184

第 10 讲 传感器的检测置换学用速训.....187

10.1 传感器的功能特点.....	187
10.1.1 传感器在电路中的作用.....	187
10.1.2 传感器的种类特点.....	193
10.2 传感器检测代换学用速训.....	198
10.2.1 传感器检测方法.....	198
10.2.2 传感器代换的原则与注意事项.....	207
10.2.3 传感器的检测代换速训.....	212

第 11 讲 集成电路的检测置换学用速训.....215

11.1 集成电路的功能特点.....	215
11.1.1 集成电路在电子产品中的应用.....	215
11.1.2 集成电路封装的种类特点.....	221
11.1.3 集成电路的型号命名和标注方法.....	224
11.2 集成电路检测代换学用速训.....	229
11.2.1 集成电路检测方法.....	229
11.2.2 集成电路代换的原则与注意事项.....	239
11.2.3 集成电路的检测和代换速训.....	240

第 1 讲 电阻器的检测置换学用速训

1.1 电阻器的功能特点

物体对电流通过会产生阻碍作用，利用这种阻碍作用制成的电子元器件称为电阻器，简称“电阻”。

电阻器在电子产品中的应用十分广泛，它的电路符号为“ $\square$ ”，用字母“R”表示。

如图 1-1 所示为典型电阻器的结构示意图。电阻器主要是由具有一定电阻值的材料构成，外部有绝缘层包裹。电阻器两端的引线用来与电路板进行焊接。为了便于识别，在绝缘层上标注了该电阻器的电阻值（通常，电阻器的电阻值有直接标注法和色环标注法两种。图中所示的电阻器就是采用的色环标注法）。

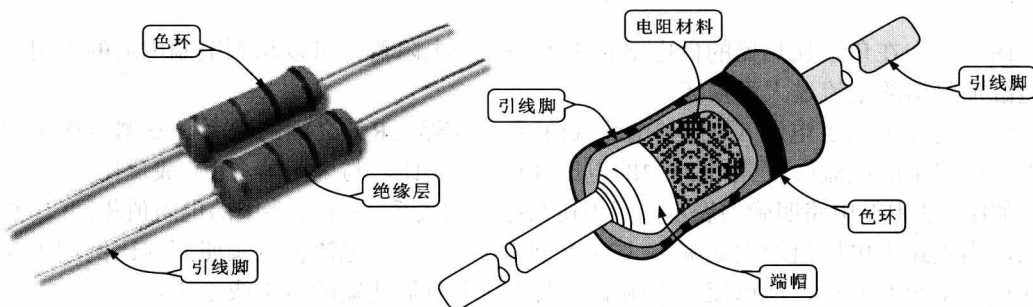


图 1-1 典型电阻器的结构示意图

电阻器利用其自身对电流的阻碍作用，具有限流功能，可为其他电子元器件提供所需的电流，电阻器可以组成分压电路为其他电子元器件提供所需的电压。此外，电阻器也可以与电容器组合构成滤波电路以减少供电电压的波动。

1.1.1 电阻器在电路中的作用

知识讲解

1. 电阻器构成的限流电路

电阻器阻碍电流的流动是它最基本的功能，根据欧姆定律，当电阻器两端的电压固定时，电阻值越大，流过它的电流则越小。因而电阻器常用做限流器件，如图 1-2 所示。

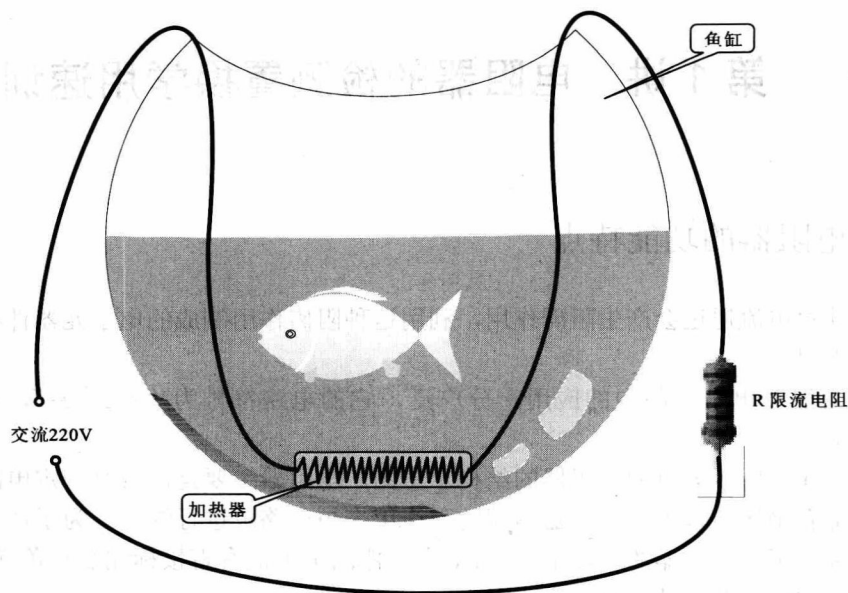


图 1-2 电阻器在限流电路中的应用

图 1-2 中在鱼缸加热器的供电电路中串联一个电阻器，可以起到限制电流的作用，防止鱼缸加热器的电流过大而损坏。

欧姆定律表示了电压（ U ）与电流（ I ）及电阻器（ R ）之间的关系。欧姆定律可定义如下：电路中的电流（ I ）与电路中的电压（ V ）成正比，与电阻器（ R ）成反比。

如图 1-3 中的电路明确的表示出了电压与电流的关系。三个电路中的电阻值相同（ $10\ \Omega$ ）。注意，当电路中电压值增大或减小（ $25\ \text{V}$ 或 $10\ \text{V}$ ）时，电流值也按照同样比例增大或减小（从 $3\ \text{A}$ 变为 $1\ \text{A}$ ），所以流过电阻器的电流与电阻器两端的电压成正比。

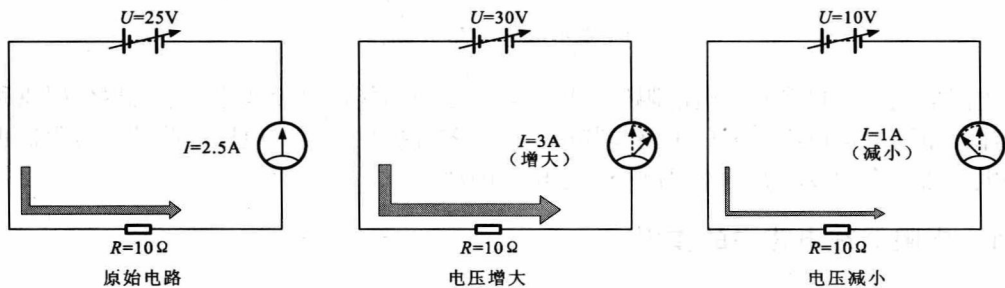


图 1-3 电压变化对电流的影响

如果电路中加入到电阻器两端的电压保持不变，电流值将随电阻器的改变而改变，只是成反比例变化，如图 1-4 所示。三个电路的电压值相同（ $25\ \text{V}$ ），当电阻值从 $10\ \Omega$ 增大到 $20\ \Omega$ 时，电流值从 $2.5\ \text{A}$ 减小到 $1.25\ \text{A}$ ；当电阻值从 $10\ \Omega$ 减小到 $5\ \Omega$ 时，电流值从 $2.5\ \text{A}$ 增大到 $5\ \text{A}$ 。所以电流与电阻器成反比。

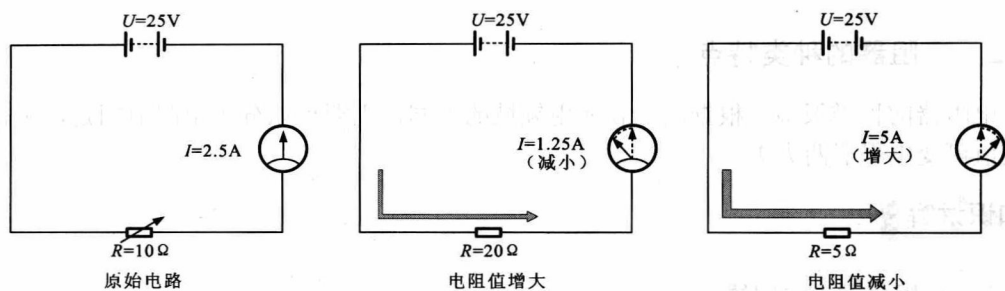


图 1-4 电阻值变化对电流的影响

2. 电阻器构成的分压电路

电流流过电阻器会在电路上产生电压降，将电阻器串联起来接在电路中就可以组成分压电路，为其他电子元器件提供所需要的电压。如图 1-5 所示，将两个电阻器串联起来组成分压电路为晶体管的基极提供偏压，使晶体管工作在线性放大状态。

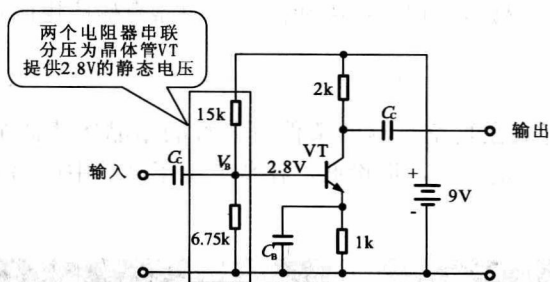


图 1-5 电阻器分压电路为晶体管基极提供电压

可以看到，该电路的电源供电是 9 V，放大器中晶体管的基极需要一个 2.8 V 的电压，使用两个电阻器串联很容易获得这个电压。

3. 电阻器与电容器组成滤波电路

图 1-6 所示是一个发光二极管显示供电电路，交流 220 V 电压经变压器变成 6 V 交流电压，再经整流二极管整流成直流电压，直流电压是波动较大的电压。在整流二极管的输出端接上一个电阻器和两个电解电容器 C_1 、 C_2 ，就可以起到滤波的作用，可以使直流电压的波动减小。同时，电阻器还可以起到限流的作用，为发光二极管提供适当的驱动电流。

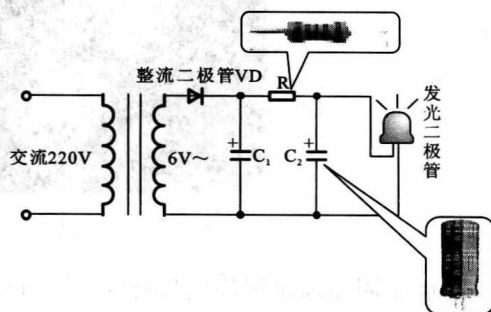


图 1-6 RC 滤波电路

1.1.2 电阻器的种类特点

电阻器的种类很多,根据功能和应用领域的不同,主要可以分为电阻值固定电阻器和电阻值可变电阻器两大类。

知识讲解

1. 电阻值固定电阻器

固定电阻器通常按照结构和外形可分为线绕电阻器和非线绕电阻器两大类。功率比较大的电阻器常常采用线绕电阻器,线绕电阻器是用镍铬合金、锰铜合金等电阻丝绕在绝缘支架上制成的,其外面涂有耐热的釉绝缘层;非线绕电阻器又可以分为薄膜电阻器、实芯电阻器两大类。

(1) 薄膜电阻器

薄膜电阻器是利用蒸镀的方法将具有一定电阻率的材料蒸镀在绝缘材料表面制成的,功率比较大。常用的蒸镀材料有很多,因而薄膜电阻器有碳膜电阻器、金属膜电阻器和金属氧化物膜电阻器之分。

① 碳膜电阻器

碳膜电阻器就是将碳在真空高温的条件下分解的结晶碳蒸镀沉积在陶瓷骨架上制成的,这种电阻器的电压稳定性好,造价低,在普通电子产品中应用非常广泛。其外形如图 1-7 所示。

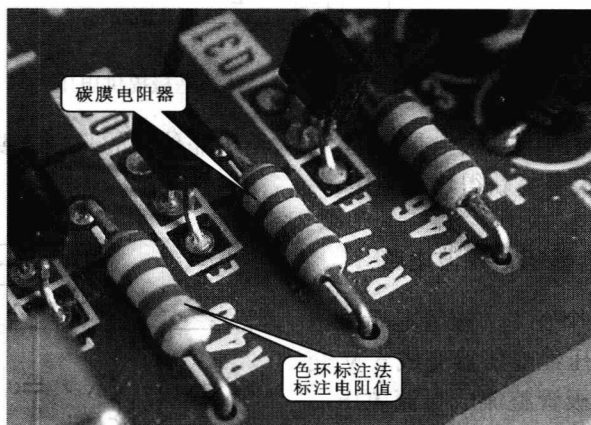


图 1-7 碳膜电阻器

碳膜电阻器通常采用色环标注方法标注电阻值。色环的颜色不同、位数不同所代表的电阻值也不同。

② 金属膜电阻器

金属膜电阻器就是将金属或合金材料在真空高温的条件下加热蒸发沉积在陶瓷骨架上制成的电阻器(不过合金材料也可以采用化学沉积和高温分解等工艺方法制作,但采用最多的方法还是蒸镀法),其外形结构如图 1-8 所示。

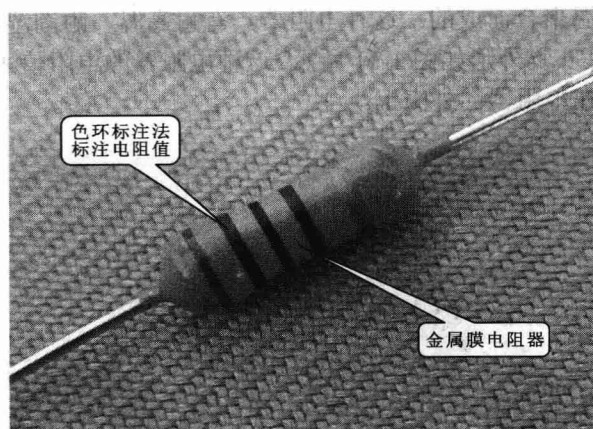


图 1-8 金属膜电阻器

这种电阻器的电阻值采用色环标注的方法，具有较高的耐高温性能、温度系数小、热稳定性好、噪声小等优点。与碳膜电阻器相比，体积更小，但价格也较高。

③ 金属氧化膜电阻器

金属氧化膜电阻器就是将锡和铈的金属盐溶液进行高温喷雾沉积在陶瓷骨架上制成的。因为是高温喷雾技术，所以其膜层均匀，与陶瓷骨架结合得结实且牢固，比金属膜电阻器更为优越，具有抗氧化、耐酸、抗高温等特点。如图 1-9 所示为金属氧化膜电阻器的实物外形，这种电阻器通常采用色环标注的方法标注电阻值。



图 1-9 金属氧化膜电阻器

④ 合成碳膜电阻器

合成碳膜电阻器通常采用色环标注方法标注电阻值，这种电阻器是将碳墨、填料还有一些有机黏合剂调配成悬浮液，喷涂在绝缘骨架上，再进行加热聚合而成的。合成碳膜电阻器是一种高压、高阻的电阻器，通常它的外层被玻璃壳封死，其实物外形如图 1-10 所示。

⑤ 玻璃釉电阻器

玻璃釉电阻器就是将银、钼、钨等金属氧化物和玻璃釉黏合剂调配成浆料，喷涂在绝

缘骨架上，再进行高温聚合而成的。这种电阻器具有耐高温、耐潮湿、稳定、噪声小、电阻值范围大等特点，其实物外形如图 1-11 所示。这种电阻器的电阻值采用直接标注法标注，即将电阻值直接标注在电阻器的外壳上。

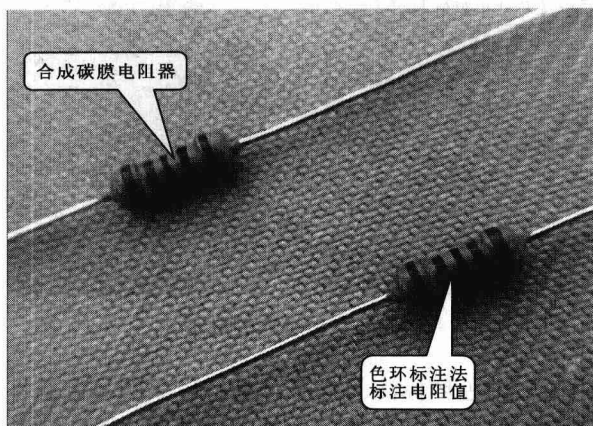


图 1-10 合成碳膜电阻器

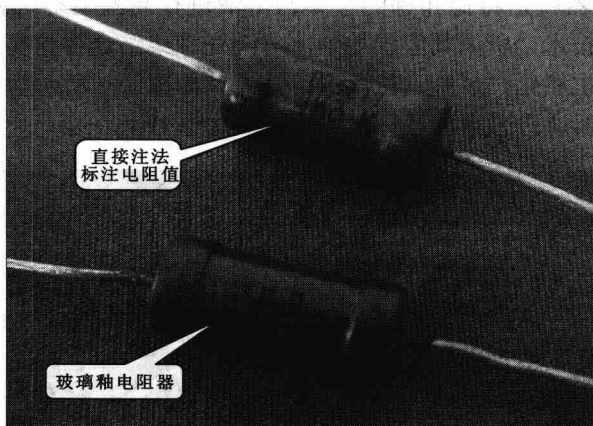


图 1-11 玻璃釉电阻器

⑥ 水泥电阻器

如图 1-12 所示为水泥电阻器的实物外形。水泥电阻器的电阻丝同焊脚引线之间采用压接方式，外部采用陶瓷、矿物质材料包封，具有良好的绝缘性能。通常，电路中的大功率电阻器多为水泥电阻器，当负载短路时，水泥电阻器的电阻丝与焊脚间的压接处会迅速熔断，对整个电路起到限流保护的作用。这种电阻器的电阻值通常采用直接标注法标注。

⑦ 排电阻器

排电阻器简称排阻，其实物外形如图 1-13 所示。这种电阻器是将多个分立的电阻器按照一定规律排列集成为一个组合型电阻器，也称为集成电阻器电阻阵列或电阻器网络。

⑧ 熔断电阻器

熔断电阻器电路符号为“”，它是一种具有过流保护（熔断丝）功能的电阻器。