



迅维讲义大揭秘

iPhone 维修

不是事儿

◎ 迅维网 手机技术组 编著



 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

含DVD光盘1张

迅维讲义大揭秘

iPhone 维修不是事儿

迅维网 手机技术组 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书的第1章主要讲解 iPhone 的维修基础知识,第2~7章则对 iPhone 的供电电路、功能电路、触摸电路、音频电路、射频电路、各个重要信号分别进行了详细的讲解与分析。第8章是以日常维修中遇到的维修实例来对之前的理论讲解进行验证,达到理论联系实际的作用。

本书适合于有一定的电路基础和动手能力的维修从业者或电子爱好者阅读,也可以作为自学维修的读者的参考资料。

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

iPhone 维修不是事儿 / 迅维网,手机技术组编著. —北京:电子工业出版社,2015.7

(迅维讲义大揭秘)

ISBN 978-7-121-26378-1

I. ①i… II. ①迅… ②手… III. ①移动电话机—维修 IV. ①TN929.53

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第136133号

责任编辑:刘海艳

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:北京天宇星印刷厂

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:14 字数:358.4千字

版 次:2015年7月第1版

印 次:2015年7月第1次印刷

印 数:4000册 定价:59.00元(含DVD光盘1张)

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 zlbs@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

丛书序言

时光荏苒，一晃而过，距我们写作第一本维修书籍《计算机主板维修实用技术》，已有7年时间。这期间，在2011年我们又组织出版了第二套丛书。现在，我们新组织出版的这套丛书，又和大家见面了。在这一套丛书中，唯一感觉有些不同的是，我们加入了苹果智能手机的维修，这在以往的概念中是不曾有的。大家以往总会感觉手机和计算机是两个圈子中的东西，但我们这样做是有原因的。

综观近几年的计算机硬件的流行趋势，那就是高集成化、智能化、简单化、低成本化，技术也日新月异。CPU越做越快，Intel酷睿I系列CPU已经完成了第二代的升级；内存和硬盘走到了一起，性能超群的SSD技术的硬盘开始普及，作为存储使用的硬盘，其容量基本以TB起；显示器的流行趋势是大屏、高清，能挂在墙上，实际就是一台电视机；笔记本电脑产品细分更加明显，商务本、超级本、游戏本、上网、便携本等多功能合一。

在个人消费市场，现在PC已经和手机一样，成为人们日常生活中不可或缺的一部分，每个家庭或个人消费者，保有若干台笔记本电脑、智能手机等；家用液晶电视也向智能化发展，网络机顶盒已是年轻家庭的电视新宠，未来的客厅争夺战即将打响。在企业、工业市场，对计算机系统的应用和普及程度也在提高，架设在计算机网络基础之上的企业综合财务管理、ERP管理已经成为标准化管理流程，嵌入式终端控制的自动流水线已经开始规模化替代人力。

从应用层面上讲，移动办公早已不是口号，智能手机和网络的普及，让我们身处何地都能处理问题；云计算悄悄走进了我们的生活，大数据、物联网时代已然来临。马云说，“云计算就像供水供电一样会成为公共基础服务”，这绝对不是一个伪命题。

IDC 2014年1月在北京举办的智能终端预测会发布消息：“截至到2013年年底，消费类智能终端保有量达到7.8亿台，其中消费终端超过5亿台。”消费终端即主要以智能手机为代表的产品，这也意味着PC类的产品保有量超过了2亿台。

我们已经能够清晰地看到两点：

一、以智能电视、笔记本电脑、智能手机为代表的智能家电、PC、消费终端三大类IT相关产品，已经开始了跨界融合。若干年前提到的“三网合一”“4C融合”时代，已经悄然来临。

二、极大丰富的应用，催生了极大的硬件市场，不管是智能消费终端，还是PC产品。这无疑都是我们计算机维修行业的巨大潜在市场。

这些和我们有什么关系？产品的不断更新变革，也注定了我们要不断学习新的技术知识。每一种产品，我们要对它进行维修，都需要先学习。产品在跨界，我们的维修技术也要跨界。

何谓技术跨界，我举几个在电子产品维修方面简单例子如下：

(1) 对ATX开关电源维修熟练的朋友，若有一些主板维修的基础，那么可以轻易地维



修绝大多数普通网络交换机。

(2) 对主板维修和笔记本电脑维修熟悉的朋友，可以轻易地对电视机机顶盒、网络电视盒、平板计算机等进行维修。

(3) 对液晶显示器特别熟悉的朋友，如果同时有电源维修的扎实功底，就可以快速地对液晶电视机的普通故障进行维修。

(4) 对开关电源维修熟悉的朋友，再加上主板和笔记本电脑的维修知识，对打印机电源故障、接口类故障，也会有较高的修复率。

(5) 对主板和笔记本电脑维修熟悉的朋友，可以非常容易上手维修硬盘的电路板。

(6) 对主板笔记本电脑维修熟练的朋友，若加强对焊接技巧的练习，可以轻松入门智能手机的维修。

.....

那么如何实现技术跨界？首先我们知道，所有的电子产品，万变不离其宗，都是由最基本的电路堆砌出来的，电阻、电容、二极管、三极管等缺一不可，只要对最基本的电子电路基础有深入的了解，那么技术跨界就很容易。所谓“万丈高楼平地起”，这楼能起多高，取决于地基有多结实。

在夯实了基础之后，我们要敢于动手，并多阅读一些针对性强的书籍、资料，那么技术跨界就非常容易。比如，我们在本套丛书中对每种产品都进行了专门的讲解，针对性非常强，对具有扎实的电路功底的朋友来说，是一套很容易帮助上手的维修读物。读者只需稍加时日，对实物进行一些操作实践，那么就可入门，继而熟练维修。

计算机维修企业，因为进入门槛低、期初利润高，已经成为一个激烈竞争的行业。据行业分析，年营业额在 30 万元以下的计算机维修店，占比 70% 以上，而且多集中在二三线城市。这种状况也决定了维修业务的多样性和复杂性，一个维修店铺，每天接修十单生意，可能会有笔记本电脑、显示器、打印机、交换机、路由器、机顶盒、平板等。由此我们能知道，维修技术的多样性有多么重要，完成技术跨界有多么重要。

英国经济学家舒马赫发表于 1973 年的《小的是美好的》一书引起了强烈反响，其中提到社会要发展，就要走小型化道路，尤其要发展小企业。这个理论现在越来越被公众所接受，我们国家也越来越重视中小企业的发展。计算机维修店就是专业性强、技术性强的小企业。我们要抓住根本，掌握变化，实现技术跨界，提高维修水平，继而实现维修横向多元化发展，做好“小而美”的企业。

迅维网 孙景辉

2014 年 6 月于深圳

前 言

进入 21 世纪以来，手机已经成为人们不可缺少的沟通工具，智能手机更是挟互联网思维的东风，从简单的通信工具变成了随身的智能终端，消费、娱乐、社交等功能都可以由一部手机来实现。据权威统计，2014 年中国智能手机的销量为 4.534 亿部，可想而知，每年的智能手机的维修是一个多么大的市场，而且相对于计算机维修来说，手机维修的价格一直是居高不下，300~500 元的收费是很常见的。很多维修行业的从业者都想开拓智能手机维修业务，但苦于市面相应的维修书籍较少，本书正是为了解决这些从业者以及手机维修爱好者的需求而推出的。相比同类型的书籍，本书的特点在于专注 iPhone 的维修，对于苹果手机各部分的电路原理以及特点有较细致的讲解。理论联系实际，用强大的理论作为基础，再加以经验的讲解，使读者可以快速地掌握维修技术。

本书主要分为三个部分。第一部分是 iPhone 的简介以及相应的一些基础知识，供刚刚接触智能手机维修的读者了解相应的基础知识。第二部分是 iPhone 的各个部分电路的具体分析，主要包括供电电路、功能电路、音频电路、射频电路等。由于是对电路进行分析，所以需要读者对电路的基础知识有一定的了解，如果没有这方面的基础，可以阅读本书同系列书籍的电路基础部分。第三部分是维修实例部分，用详尽的维修实例与维修思路分析来帮助读者强化对于电路部分的掌握。

需要注意的是，智能手机维修对于焊接手法的要求是很高的。由于智能手机主板的元器件非常小，而且大部分的 IC 都采用了灌胶的工艺，所以拆卸元件需要经过长时间的细心练习，刚刚接触维修的读者最好先用废旧的主板来练习焊接和除胶，等到能够熟练的焊接阻容元件和撬胶、除胶之后再对故障主板进行维修，否则只会人为扩大故障。对于焊接方法，本书所附的光盘中有相应的焊接视频供读者观看，并且还有压屏、解 ID 等新技术的相关介绍，相信会对读者掌握最新的维修技术有所帮助。

本书由迅维网手机技术组编写，具体人员包括孙景轩、杨斌、余振中、赵中秋、李金花、苏友新、范涛、李盛林、李向阳、张树飞、王金奎、徐海钊、朱小文、覃家盛、刘小南、黄鑫船。

由于本书的作者均为第一线的维修人员，对电路所做的分析以实用性为主，所以可能在理论方面不是很严谨。对于描述有误的地方，恳请广大读者提出批评和意见。

编 者
2015 年 4 月

目 录

第 1 章 iPhone 维修基础知识	1
1.1 iPhone 4S、iPhone 5 介绍	1
1.1.1 iPhone 4S 介绍	1
1.1.2 iPhone 5 升级之处	4
1.2 iPhone 维修所需的电子元件基础知识	4
1.3 iPhone 元件功能和各代产品升级特色电路部分认识	8
1.4 维修 iPhone 必备的工具及使用方法	9
第 2 章 iPhone 的供电电路分析	11
2.1 iPhone 4S AP（逻辑处理）部分的供电讲解	11
2.1.1 逻辑处理部分电源管理芯片内部结构	11
2.1.2 逻辑处理部分电源管理芯片供电输出模块	11
2.1.3 iPhone 4S 特色电路讲解	12
2.1.4 iPhone 4S 不开机的维修思路	16
2.1.5 电池接口短路的维修思路	18
2.2 RF（射频）部分的供电讲解	19
2.2.1 射频部分电源管理芯片内部结构和供电输出介绍	19
2.2.2 射频部分供电讲解	20
2.2.3 手机“无蓝牙，无 WiFi，无信号”的维修思路	22
2.2.4 不认 SIM 卡的维修思路	24
2.3 过压保护电路分析	26
2.3.1 MOS 管过压保护原理	26
2.3.2 iPhone 过压反压保护元件及工作原理	28
2.3.3 USB 充电故障的维修思路	28
2.4 iPhone 开机时序讲解	28
2.4.1 iPhone 开机的基本三要素	28
2.4.2 iPhone 开机流程介绍	29
2.4.3 iPhone 开机故障分析	32
2.4.4 开机白苹果故障的维修思路	34
2.4.5 自动开机故障的维修思路	37
第 3 章 iPhone 的功能电路分析	39
3.1 存储部分	39
3.1.1 存储器简介	39
3.1.2 存储器的分类	39



3.1.3	iPhone 中使用的存储器	40
3.2	显示模块电路分析	41
3.2.1	iPhone 显示电路及工作原理	41
3.2.2	iPhone 5 显示电路特色讲解	45
3.2.3	手机白屏、黑屏、花屏的维修思路	47
3.3	摄像模块电路分析	49
3.3.1	iPhone 4S 前置和后置摄像头工作条件和原理	49
3.3.2	iPhone 5 摄像部分特色讲解	57
3.3.3	无法照相的维修思路	60
3.4	按键模块电路分析	61
3.4.1	开机键电路原理	61
3.4.2	静音键电路原理	62
3.4.3	声音加减键电路原理	63
3.4.4	菜单键电路原理	63
3.4.5	iPhone 5 按键部分特色讲解	64
3.4.6	菜单键等按键不灵的维修思路	65
3.5	振动器电路分析	66
3.6	USB 数据传输电路分析	66
3.6.1	USB 下载线路部分	66
3.6.2	USB 高清视频输出和 USB 视频输出部分	67
3.6.3	iPhone 5 USB 部分特色讲解	68
第 4 章	传感器电路分析	72
4.1	触摸模块电路分析	72
4.1.1	触摸屏的工作原理分析	72
4.1.2	触摸不良的维修思路	74
4.2	陀螺仪电路分析	75
4.2.1	陀螺仪的工作原理分析	75
4.2.2	陀螺仪的常见故障分析	77
4.2.3	手机无法重力感应的维修思路	78
4.3	加速器电路分析	78
4.3.1	加速器的工作原理分析	78
4.3.2	加速器的常见故障分析	80
4.4	指南针电路分析	81
4.4.1	指南针的工作原理分析	81
4.4.2	指南针的常见故障分析方法	82
4.5	感光、感距电路分析	83
4.5.1	感光、感距的工作原理分析	83
4.5.2	感光、感距失灵的维修思路	84
第 5 章	音频电路分析	87

5.1	声学模块电路分析	87
5.1.1	iPhone 4S 扬声器电路分析	87
5.1.2	听筒简介及 iPhone 4S 听筒电路分析	88
5.1.3	iPhone 5 声学部分特色讲解	90
5.1.4	扬声器无声故障的维修思路	93
5.1.5	听筒故障的维修思路	93
5.2	麦克风部分分析	94
5.2.1	双麦克风降噪原理	94
5.2.2	iPhone 4S 内置麦克风电路的工作原理	96
5.2.3	iPhone 5 麦克风电路特色讲解	98
5.2.4	手机无受话的维修思路	101
5.3	线控电路分析	102
5.3.1	iPhone 4S 耳机听筒电路分析	102
5.3.2	iPhone 4S 耳机麦克风电路分析	104
5.3.3	iPhone 4S 耳机侦测、线控电路分析	105
5.3.4	iPhone 5 的耳机部分特色讲解	105
5.3.5	插入耳机无反应的维修思路	107
第 6 章	射频电路分析	109
6.1	2G、3G 通信原理分析	109
6.1.1	通信的基本原理	109
6.1.2	蜂窝通信原理	111
6.1.3	手机与基站的通信流程	113
6.1.4	开环和闭环功率控制	114
6.1.5	iPhone 4S 的信号发射和接收过程	116
6.1.6	iPhone 5 的双天线技术讲解	125
6.1.7	LTE 4G 通信技术讲解	127
6.1.8	手机无法打电话、无信号的维修思路	127
6.2	WiFi 和蓝牙通信原理分析	129
6.2.1	WiFi 和蓝芽的通信方式	131
6.2.2	WiFi 和蓝芽信号的发射和接收过程	131
6.2.3	iPhone 5 的 WiFi 和蓝芽特色讲解	132
6.2.4	WiFi 和蓝芽设备无法打开、信号差的维修思路	133
6.3	GPS 通信原理分析	135
6.3.1	GPS 的通信方式	135
6.3.2	iPhone 中 GPS 信号的收发过程	136
6.3.3	iPhone 5 的 GPS 功能特色讲解	137
6.3.4	GPS 无法定位的维修思路	138
第 7 章	iPhone 5/5S 开机流程及常见故障检修方法	140
7.1	iPhone 5/5S 开机流程	140



7.1.1	待机状态	140
7.1.2	触发	144
7.1.3	触发	146
7.1.4	自检, 供电保持	155
7.1.5	上电时序总结	158
7.2	常见故障检修	159
7.2.1	iPhone 5 手机正常开机电流	161
7.2.2	上电大电流	161
7.2.3	上电漏电	164
7.2.4	开机大电流	167
7.2.5	开机无电流	169
7.2.6	开机小电流	174
7.2.7	其他异常电流	177
7.3	iPhone 5 通病芯片 U2 分析	178
7.3.1	iPhone 5 U2 介绍	178
7.3.2	iPhone 5 U2 电路及引起的常见故障	179
第 8 章	维修实例	183
8.1	iPhone 4 的维修实例	183
实例 1	iPhone 4 进水不开机, 一直振动, 无显示	183
实例 2	iPhone 4 用户反应无显示	184
实例 3	iPhone 4 无法开机	184
实例 4	iPhone 4 电池接口短路	185
实例 5	iPhone 4 与计算机连接无反应	185
实例 6	iPhone 4 无法打电话	186
实例 7	iPhone 4 后置摄像头不能照相, 打开后卡死, 黑色显示	186
实例 8	iPhone 4 屏幕触摸失灵	187
实例 9	iPhone 4 菜单键完全失灵	187
实例 10	插入 SIM 卡后, iPhone 4 无法侦测到 SIM 卡	187
8.2	iPhone 4S 的维修实例	188
实例 11	iPhone 4S 开机“三无”	188
实例 12	iPhone 4S 掉水里后无法开机	189
实例 13	iPhone 4S 搜不到 WiFi 信号, 显示一直在搜索信号	190
实例 14	iPhone 4S 触摸不灵敏, 自动触摸	190
实例 15	iPhone 4S 无法拨打电话	192
实例 16	iPhone 4S 无法照相	193
实例 17	iPhone 4S 手机呼叫失败	193
实例 18	iPhone 4S 开机一直搜索信号	194
实例 19	iPhone 4S 无法正常呼叫	194
实例 20	iPhone 4S 信号差	195

8.3 iPhone 5 的维修实例	195
实例 21 iPhone 5 进水, 无法开机	195
实例 22 iPhone 5 进水, WiFi 灰色显示	196
实例 23 iPhone 5 摔后无显示	196
实例 24 iPhone 5 感距失灵	197
实例 25 iPhone 5 闪光灯不闪光	197
实例 26 iPhone 5 前置摄像头无法使用	198
实例 27 iPhone 5 扬声器没有声音	198
实例 28 iPhone 5 SIM 卡侦测失败	199
实例 29 iPhone 5 菜单键失灵	200
实例 30 iPhone 5 无法自动旋转屏幕	200
附录 A iPhone 4、iPhone 4S 和 iPhone 5 的芯片功能及信号总结	201
A.1 iPhone 4 的芯片功能及作用	201
A.2 iPhone 4S 的芯片功能及作用	202
A.3 iPhone 5 的芯片功能及作用	203
A.4 相关信号解释	204

第 1 章

iPhone 维修基础知识

1.1 iPhone 4S、iPhone 5 介绍

1.1.1 iPhone 4S 介绍

iPhone 4S 是苹果公司推出的一款触摸屏智能手机，取代 iPhone 4 成为 iPhone 的第五代产品。2011 年 10 月，在美国加利福尼亚州举行的 Let's talk iPhone 的新品发布会上，苹果发布了这款运行 iOS 5 系统的新一代 iPhone。iPhone 4S 在硬件和软件方面都有了较大的提升：在软件方面，支持全新 Siri 智能语音助手和 iCloud 云端服务；在硬件方面，搭载苹果 A5 双核处理器，正面配有 3.5 英寸 IPS 玻璃硬屏，分辨率为 960 像素×640 像素，后置镜头（即主摄像头）像素提升至 800 万。iPhone 4S 外观分为黑色和白色两种。

1. A5 双核处理芯片

A5 双核处理器（见图 1.1）在图形处理方面比 A4 处理器快达 7 倍，给用户的直接体验就是运行速度飞快，反应灵敏。A5 处理器还在功耗上作了很大改良，这赋予 iPhone 4S 超长的续航时间。



图 1.1 A5 双核处理器实物图

2. 照相机像素达 800 万

iPhone 4S 后置摄像头的像素达 800 万，支持 1080p HD 摄像（见图 1.2）；采用全新光学



技术，令拍摄效果生动逼真；具备视频防抖功能，让晃动时可以拍摄出清晰的照片。拍摄的视频，还可以在 iPhone 4S 上进行视频剪辑。



图 1.2 支持高清摄像的图标

3. Retina 显示屏，超视网膜技术

Retina 显示屏（见图 1.3）是苹果专用显示屏，分辨率极高。在 iPhone 4S 显示屏上观看文字、图形、图像等，都会无比清晰，而且生动逼真。



图 1.3 Retina 显示屏

4. iOS 5

iOS 操作系统（见图 1.4）的每一次升级都让这个操作系统变得更加的简单和易用，而 iOS 5 更是再一次的飞跃，提供了很多新的功能，如通知中心、信息、提醒事项等。



图 1.4 iOS 5 操作系统图标

5. iCloud

iCloud（见图 1.5）是管理个人资料的工具，可以存放照片、应用程序、E-mail、通信录、日历、文档等。用户可以利用 iCloud 非常流畅地上传、下载数据。



图 1.5 iCloud 应用图标

6. App Store

App Store（见图 1.6）是 iPhone 内置的一款应用程序下载客户端。苹果服务器内有丰富的应用程序供苹果客户下载使用。



图 1.6 App Store 下载中心图标

7. 内置多款应用软件

在 iPhone 4S 上，用户可使用手机上的应用软件（见图 1.7）来完成你想做的事情，如上网、聊天、拍照片、用 FaceTime 与朋友通话等。

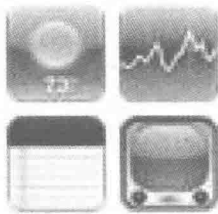


图 1.7 应用软件图标

8. AirPlay

AirPlay（见图 1.8）可以将 iPhone 里的内容通过 Apple TV 无线传输到 HDTV。使用 AirPlay 视频镜像功能可以将 iPhone 显示画面呈现在 HDTV 上。



图 1.8 AirPlay 应用图标



9. 智能天线技术

iPhone 4S 是第一款智能切换天线（见图 1.9）的手机，信号发射与接收畅行无阻，显著提升了通话质量。HSDPA 数据传输速度也提高了 1 倍，达到 14.4Mbps。这意味着连接、载入和重新载入都会更快，下载也更迅速。iPhone 4S 还是一部通行世界的手机，几乎去到哪里都可以使用。无论使用的是 GSM 网络，还是 CDMA 网络，都可以在全球 200 多个国家的 GSM 网络里尽情漫游。



图 1.9 智能天线图标

1.1.2 iPhone 5 升级之处

iPhone 5 配备了 4 英寸 640 像素×1136 像素分辨率的屏幕，采用全新的机身设计，配置 800 万像素后置摄像头、A6 双核处理器、iOS 6 操作系统。存储空间方面，iPhone 5 包含 16GB、32GB、64GB 三种容量版本。与上一代产品 iPhone 4S 相比，iPhone 5 更轻薄，厚度 7.6mm，比 iPhone 4S 薄了 18%，机身重量为 112 克，比 iPhone 4S 轻了 20%，整体外观也拉长。iPhone 5 屏幕的尺寸扩大到 4 英寸，屏幕显示比例为 16:9，应用程序的图标显示比前一代增加了一行。而在处理器方面，iPhone 5 采用的是苹果公司研发的 A6 处理器（内含两个 CPU 核芯和三个图形核芯），性能是 A5 处理器的两倍。A6 处理器的优异性能得益于更先进的 32nm 制程工艺，处理器的核心面积缩小了 22%，在大幅提升性能的同时控制了功耗和发热。iPhone 5 支持 LTE 网络，不支持 NFC 近场芯片。Siri 也进行了升级，支持中文和拓展功能。iPhone 5 的网速峰值速率可达到 iPhone 4S 的 7 倍。

1.2 iPhone 维修所需的电子元件基础知识

在认识电子元件之前，先了解一下表面组装技术（SMT，Surface Mount Technology）。SMT 是电子业界一门新兴的工业技术，它的兴起及迅猛发展是电子组装业的一次革命，使电子组装变得越来越快速和简单。随之而来的是各种电子产品更新换代越来越快，集成度越来越高，价格越来越便宜。SMT 所涉及的零件种类繁多，样式各异，有许多已经形成了业界通用的标准，其封装形式更是各式各样。传统 IC 封装形式有 SOP、SOJ、QFP、PLCC 等，现在比较新型的 IC 封装形式有 BGA、CSP、FLIP、CHIP 等。

SMT 零件可分为有极性零件与无极性零件两大类。

- 无极性零件：电阻、电容、排阻、排容、电感。
- 有极性零件：二极管、钽质电容、IC 芯片。

贴片电阻、电容等元件尺寸规格为 0201、0402、0603、0805、1206、1210 等。

1. 电阻

电阻在电路中用“R”加数字表示。例如，R1表示编号为1的电阻。

电阻在电路中的主要作用：分流、限流、分压、偏置等。

按制作电阻的材料分类，电阻可分为线绕、非线绕电阻和敏感电阻三大类。非线绕电阻又可分为膜式电阻（碳膜、金属膜、金属氧化膜、化学沉积膜、多属氮化膜等）、实心型电阻（有机合成和无机合成）、金属玻璃釉电阻。敏感电阻又可分为光敏电阻、电敏电阻、气敏电阻、压敏电阻、磁敏电阻和湿敏电阻。

电阻的单位：欧姆（ Ω ），倍率单位有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）等。

单位换算： $1M\Omega=1000k\Omega=1000000\Omega$ 。

电阻的主要参数：电阻值、额定功率、误差范围等，如图1.10所示。

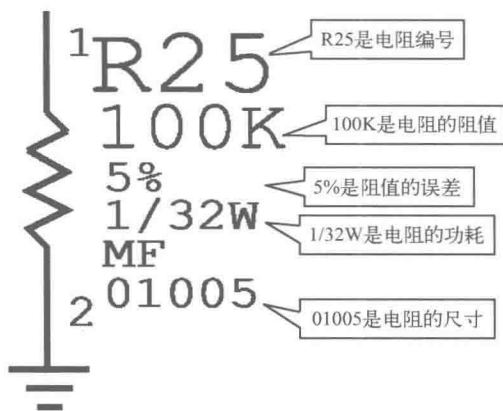


图 1.10 电阻参数解释图

2. 电容

电容是由两片金属膜紧靠，中间用绝缘材料隔开而组成的元件。

电容在电路中用“C”加数字表示。例如，C13表示编号为13的电容。

电容的主要特性：隔直流通交流。

电容的主要功能：储存电量、稳压及滤波。

电容的单位：“法拉”（F）。法拉单位是很大的单位，实际很少用到，一般用它的导出单位“微法拉”（ μF ）、“纳法拉”（ nF ）、“皮法拉”（ pF ）。

单位换算： $1F=10^6\mu F=10^9nF=10^{12}pF$ 。

电容的主要参数：容量、误差范围、工作电压、温度系数等，如图1.11所示。

3. 电感

电感在电路中常用“L”加数字表示。例如，L6表示编号为6的电感。

电感在电路中可与电容组成振荡电路。

电感的基本单位：亨（H）。

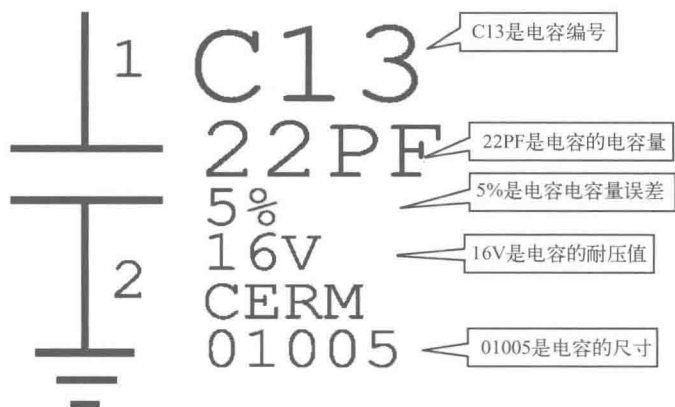


图 1.11 电容参数解释图

单位换算： $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}$ 。

电感的主要参数：容量、尺寸等，如图 1.12 所示。

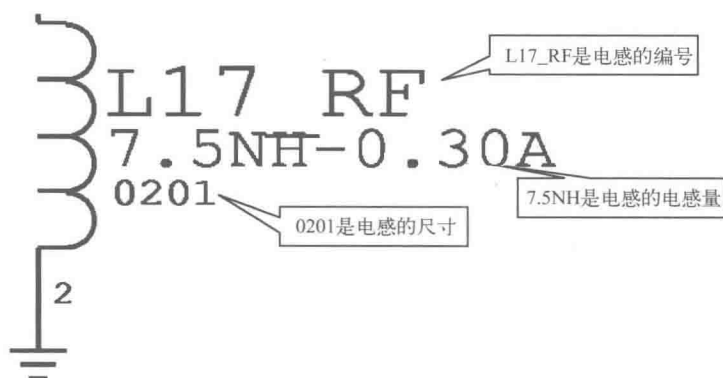


图 1.12 电感参数解释图

4. 二极管

二极管是一种单向导电性器件，所谓单向导电性就是当电流从它的正向流向负极时，它的电阻很小；当电流从它的负极流向正极时，它的电阻很大，所以二极管是一种有极性的器件。二极管只有两个脚，其外壳用玻璃或其他材料封装。

二极管标示方法：常以字母“D”表示。例如，D1 表示编号为 1 的二极管。

二极管种类：普通二极管、稳压二极管、发光二极管。

二极管功能：单向导通、稳压、发光。

5. 稳压二极管

稳压二极管在电路中常用“DZ”加数字表示。例如，DZ5 表示编号为 5 的稳压管。

稳压二极管的稳压原理：当稳压二极管被击穿后，二极管两端的电压值基本保持不变。

利用这种特性可以把稳压管接入电路中，当电路中的电压发生波动时，负载两端的电压将基