



涵盖iPhone 6 / iPhone 7 / iPhone 8 / iPhone X

山东鲁大教育 / 徐州同创学院 / GeekBar技术组
深圳潜力创新 / 修屏哥 / 机大师 技术支持



iPhone 手机维修

从入门到精通 (第2版)

侯海亭 张磊 主编



清华大学出版社

iPhone 手机维修

从入门到精通 (第2版)

侯海亭 张 磊 主 编
尹海港 张志衡 闫新东 副主编

清华大学出版社
北京



内 容 简 介

本书由业界知名手机维修专家编写,循序渐进地介绍了 iPhone 手机原理与维修的必备知识,主要内容包
括: iPhone 手机基本工作原理、维修工具的使用方法、电路基础与电路识图、iPhone 手机刷机与系统维护、
各功能电路工作原理、维修思路、故障维修案例等。本书以目前市场拥有量比较大的 iPhone 6、iPhone 7、iPhone
8、iPhone X 等机型为例进行介绍,注重实战,通俗易懂,兼顾先进性和实践性是本书的一大特色。

本书可作为从业维修人员、手机维修初学者掌握手机维修基础和技能提升的学习用书,也可用作大中
职业院校通信技术专业的教学用书,还可作为手机维修短期班培训用书以及企业岗位培训用书等。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

iPhone 手机维修从入门到精通 / 侯海亭, 张磊主编. —2 版. —北京: 清华大学出版社, 2018
ISBN 978-7-302-50346-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字学习(2018)第 117353 号

责任编辑: 王金柱

封面设计: 王 翔

责任校对: 闫秀华

责任印制: 丛怀宇

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 三河市铭诚印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 190mm×260mm 印 张: 24 字 数: 614 千字

版 次: 2015 年 12 月第 1 版 2018 年 8 月第 2 版 印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 79.00 元

产品编号: 077566-01

本书编委会

(排名不分先后)

主任委员：侯海亭 张 磊

副主任委员：尹海港 张志衡 闫新东

委 员：侯海亭 山东鲁大职业培训学校

张 磊 GeekBar 创始人

尹海港 徐州同创维修学院

张志衡 深圳潜力创新科技有限公司

闫新东 山西优越科技

欧晓洪 深圳市机大师科技有限公司创始人

王玉庆 山东恒金电子科技有限公司（修屏哥山东运营中心）

王海森 河南手机维修商会

陈洪滨 山东东营永达科技维修培训

林志江 济南恒远科技通讯

路用溥 商河县海宁电子应用技术培训学校

文 龙 深圳兰德手机维修培训学校

李 伟 济南市鲁科教育培训学校

姚 斌 沈阳国杰手机维修培训学校

吕 波 哈尔滨天目职业技能培训学校

石 磊 上海中关村维修培训学校

徐小军 微芯源手机培训学校

郭仁栋 山东金林通讯器材有限公司

魏鲁鲁 济南鲁大师电子商务有限公司

赵恩华 济南恩华手机维修培训学校

陈学伟 山东临沂瑞丰科技

肖家保 湖南三信手机维修培训中心

赵 飞 果粉无忧苹果金牌服务商



前言

Preface

从第一台手机进入中国到现在已经 30 年了，在这 30 年的时间里，从传呼机、模拟手机到数字手机、智能手机；从移动互联的 4G 时代到万物互联的 5G 时代。移动通信技术发生了翻天覆地的变化。

本书以目前流行的 iPhone 6、iPhone 7、iPhone 8、iPhone X 手机为例，介绍手机基本工作原理、维修工具的使用方法、电路基础与电路识图、iPhone 手机刷机与系统维护、各功能电路工作原理、维修思路、故障维修案例等。

本书的特点是，以 iPhone 手机检测与维修岗位工作过程为依据编写教材内容，以项目过程为载体，项目的选取符合手机维修工程师工作逻辑，能够形成体系，让读者在完成项目的过程中逐步提高职业能力。

本书由山东鲁大职业培训学校组织编写，山东鲁大职业培训学校是由山东省人社厅批准成立的高层次民办职业培训机构，校长侯海亭希望与社会各界同仁真诚合作、共同发展、创造辉煌的明天，参与本书编写的人员有：侯海亭、张磊、尹海港、张志衡、闫新东、张来斌、林志江、秦永波等。本书在编写过程中得到了许多维修团队的支持，其中包括手机无忧创客教育平台、深圳市机大师科技有限公司、GeekBar 技术组、徐州同创维修学院、深圳潜力创新、山西优越科技、济南恒远通讯、修屏哥山东运营中心等。

在本书的编写过程中，得到修屏哥山东运营中心及深圳市展望兴科技有限公司的大力支持，并提供了测试设备，特别感谢 GeekBar 技术组为本书提供了大量的实践案例及技术支持。

“苟日新，日日新，又日新”，生活从不眷顾因循守旧、满足现状者，从不等待不思进取、坐享其成者，而是将更多机遇留给善于和勇于创新的人们。希望更多的有志青年学有所成，在手机维修行业大展宏图。

由于编者自身水平有限，对于书中的错误，敬请广大读者予以指正。

如果您在学习过程中遇到难以解决的问题，可以扫描下面的二维码联系编者，编者会尽快给予回复。



编者
2018年5月



目录

Contents

● 第 1 章 ● 创新的 iPhone 手机

1.1 iPhone 是什么	1
1.1.1 乔布斯	1
1.1.2 iPhone 手机并非完美	2
1.1.3 iPhone 手机与功能机的区别	2
1.2 iPhone 手机按键使用	3
1.2.1 电源键	3
1.2.2 Home 键	4
1.2.3 音量键及静音键	4
1.2.4 iPhone 8/8 Plus 进入工程模式的方法	5
1.3 iPhone 手机主板结构	5
1.3.1 iPhone 6 Plus 主板结构	6
1.3.2 iPhone 6S 主板结构	7
1.3.3 iPhone 7 主板结构	8
1.3.4 iPhone 8 Plus 主板结构	10
1.3.5 iPhone X 主板结构	11
1.4 iPhone 手机电路结构	14
1.4.1 iPhone 6 Plus 手机电路结构	14
1.4.2 iPhone 6S 手机电路结构	16
1.4.3 iPhone 7 手机电路结构	17

● 第 2 章 ● iPhone 手机元器件

2.1 iPhone 手机基本元件	19
2.1.1 电阻	19
2.1.2 电容	25
2.1.3 电感	32
2.2 iPhone 手机半导体器件	38
2.2.1 半导体	38

2.2.2	二极管	39
2.2.3	三极管	45
2.2.4	场效应管	51
2.3	iPhone 手机集成电路	55
2.3.1	集成电路及其封装	55
2.3.2	手机中的集成电路	59
2.4	iPhone 手机专用器件	64
2.4.1	屏幕组件	64
2.4.2	听筒	64
2.4.3	后置摄像头、前置摄像头组件	64
2.4.4	电池	65
2.4.5	振动器	66
2.4.6	扬声器组件	66
2.4.7	尾插组件	67
2.4.8	排线组件	67
2.4.9	WiFi 天线	68

第3章 iPhone 手机维修工具

3.1	焊接设备的使用	69
3.1.1	常用焊接设备介绍	69
3.1.2	手机元件焊接工艺	71
3.1.3	手机 BGA 芯片的拆卸和焊接	71
3.1.4	使用安全及注意事项	75
3.2	直流稳压电源的使用	75
3.2.1	直流稳压电源面板功能介绍	75
3.2.2	直流稳压电源操作方法	77
3.2.3	使用安全及注意事项	78
3.3	万用表的使用	78
3.3.1	万用表的选择	78
3.3.2	数字万用表面板介绍	79
3.3.3	数字万用表操作方法	80
3.3.4	使用安全及注意事项	81
3.4	数字示波器的使用	81
3.4.1	数字示波器工作原理	81
3.4.2	数字示波器面板功能介绍	83
3.4.3	使用数字示波器测量简单信号	85

3.4.4	数字示波器使用安全及注意事项	86
-------	----------------------	----

第4章 ● iPhone 手机维修方法

4.1	二极管值法	87
4.1.1	二极管值法介绍	87
4.1.2	二极管值法应用	87
4.2	电压法	88
4.2.1	电压法介绍	88
4.2.2	电压法应用	88
4.3	电流法	89
4.3.1	电流法介绍	89
4.3.2	电流法应用	90
4.4	常见电路故障维修	91
4.4.1	手机供电电路	91
4.4.2	手机 CPU 电路	96
4.4.3	手机射频电路	100
4.4.4	单元电路故障	103
4.4.5	黑箱子维修法	105

第5章 ● iPhone 手机电路基础

5.1	iPhone 电路图的组成及分类	108
5.1.1	电路图的组成	108
5.1.2	电路图的分类	109
5.2	iPhone 手机常见电路符号	112
5.2.1	iPhone 手机常见元件符号	112
5.2.2	iPhone 手机特殊器件符号	113
5.2.3	iPhone 手机电路符号	116
5.3	iPhone 手机识图技巧	118
5.3.1	识别电路图技巧	118
5.3.2	识别英文注释	118
5.3.3	识别整机电路图	120
5.4	iPhone 手机基础电路分析	122
5.4.1	电阻电路	122
5.4.2	电容电路	124
5.4.3	电感电路	125

5.4.4	供电输出电路	127
5.4.5	电压比较器	130
5.4.6	缓冲放大器	131
5.4.7	场效应管电路	131
5.4.8	电子开关电路	132
5.5	iPhone 手机单元电路识图	132
5.5.1	单元电路图的功能和特点	132
5.5.2	识别单元电路图	134

●● 第 6 章 ●● iPhone 手机处理器电路故障维修

6.1	处理器基础知识	136
6.1.1	处理器电路简介	136
6.1.2	处理器电路工作原理	139
6.1.3	时钟电路	139
6.1.4	复位电路	140
6.1.5	存储器电路	140
6.2	处理器电路工作原理	141
6.2.1	处理器简介	141
6.2.2	接口电路	142
6.3	处理器电路维修思路	152
6.3.1	掌握处理器电路工作原理	152
6.3.2	了解手机损坏的原因	152
6.3.3	检查供电电路	152
6.3.4	检查控制信号	152
6.3.5	合理运用二极管值法	152
6.4	iPhone 8 Plus 基带处理器工作原理	152
6.5	基带电路维修案例	153

●● 第 7 章 ●● iPhone 手机电源管理电路故障维修

7.1	电源管理电路基础	158
7.1.1	手机开机的基本工作过程与条件	158
7.1.2	手机电源基本电路	160
7.1.3	手机充电电路	160
7.2	电源管理电路原理	161
7.2.1	按键电路	162

7.2.2	电池接口电路	163
7.2.3	电源电路开机时序	164
7.2.4	充电管理电路	164
7.2.5	BUCK 电路	168
7.2.6	LDO 电路	168
7.2.7	BOOST 电路	168
7.2.8	温度保护电路	170
7.2.9	实时时钟电路	170
7.2.10	复位电路	171
7.2.11	模拟多路复用器电路	172
7.2.12	GPIO 接口电路	173
7.2.13	功率控制电路	174
7.3	iPhone X 无线充电电路	174
7.3.1	无线充电原理	174
7.3.2	电路原理分析	175
7.4	电源电路维修思路	178
7.4.1	掌握电源电路的工作时序	178
7.4.2	判断损坏原因	178
7.4.3	合理运用“电流法”	178
7.5	电源电路维修案例	178

● 第 8 章 ● iPhone 手机信号故障维修

8.1	信号电路基础	194
8.1.1	分集技术	194
8.1.2	第四代通信技术	195
8.1.3	我国运营商频段划分	198
8.2	信号电路原理	199
8.2.1	iPhone 手机新技术	199
8.2.2	主天线和耦合器电路	205
8.2.3	副天线和耦合器电路	207
8.2.4	射频处理器	212
8.2.5	供电电路	217
8.2.6	GPS 电路	219
8.3	信号电路故障维修思路	222
8.3.1	判断故障部位	222
8.3.2	判断损坏原因	222

8.3.3	合理运用代换法及假天线法	222
8.3.4	重点检查射频供电	222
8.4	信号电路维修案例	223

●● 第9章 ●● iPhone 手机音频故障维修

9.1	音频电路基础	228
9.1.1	声音的基本概念	228
9.1.2	声音的数字化	229
9.1.3	编解码器	230
9.2	音频电路工作原理	230
9.2.1	音频接口位置	230
9.2.2	音频电路框图	231
9.2.3	音频协处理器电路	232
9.2.4	音频编解码电路	234
9.2.5	扬声器/听筒二合一放大电路	236
9.2.6	底部扬声器放大电路	239
9.2.7	线性马达电路	240
9.2.8	附件降压电路	241
9.3	音频电路故障维修思路	243
9.3.1	扬声器及听筒无声故障维修思路	243
9.3.2	MIC 电路故障维修思路	243
9.3.3	耳机电路故障维修思路	244
9.4	音频电路故障维修案例	244

●● 第10章 ●● iPhone 手机显示、触摸故障维修

10.1	显示屏、触摸屏基础知识	250
10.1.1	显示屏基础知识	250
10.1.2	触摸屏基础知识	253
10.2	显示、触摸电路工作原理	255
10.2.1	显示、触摸供电电路	255
10.2.2	显示电路工作原理	257
10.2.3	触摸电路工作原理	258
10.3	显示、触摸电路故障维修思路	259
10.3.1	显示电路	259
10.3.2	触摸电路故障	260

10.4 显示、触摸电路故障维修案例	260
--------------------------	-----

● 第 11 章 ● iPhone 手机传感器故障维修

11.1 传感器基础知识	275
11.1.1 磁场传感器	275
11.1.2 重力传感器	275
11.1.3 加速度传感器	276
11.1.4 陀螺仪传感器	276
11.1.5 距离传感器	277
11.1.6 环境光传感器	277
11.1.7 指纹传感器	277
11.1.8 摄像头	278
11.1.9 气压传感器	279
11.2 传感器电路原理	280
11.2.1 加速度传感器	280
11.2.2 陀螺仪传感器	280
11.2.3 电子指南针	281
11.2.4 气压传感器	282
11.2.5 环境光传感器和距离传感器	283
11.2.6 摄像电路	283
11.2.7 指纹识别触控板电路	286
11.3 传感器电路维修思路	289
11.3.1 供电电压	289
11.3.2 I ² C 总线信号	289
11.3.3 器件问题	289
11.4 传感器电路故障维修案例	289

● 第 12 章 ● iPhone 手机 NFC 故障维修

12.1 NFC 电路基础	301
12.1.1 NFC 工作模式	301
12.1.2 NFC 特点	302
12.1.3 NFC 工作原理	302
12.1.4 NFC 的技术应用	303
12.2 NFC 电路原理	304
12.2.1 供电电路	304

12.2.2	NFC 工作时序	305
12.2.3	NFC 工作原理	306
12.3	NFC 电路故障维修思路	308
12.3.1	供电电压的测量	308
12.3.2	时钟信号的测量	308
12.3.3	天线部分的测量	308
12.4	NFC 电路故障维修案例	308

● 第 13 章 ● iPhone 手机 Wi-Fi、蓝牙故障维修

13.1	Wi-Fi、蓝牙基础	313
13.1.1	蓝牙	313
13.1.2	Wi-Fi	314
13.2	Wi-Fi、蓝牙电路原理	315
13.2.1	供电电路	315
13.2.2	Wi-Fi 和蓝牙天线电路	316
13.2.3	Wi-Fi 和蓝牙电路原理	318
13.3	Wi-Fi、蓝牙电路维修思路	320
13.3.1	供电电压的测量	321
13.3.2	时钟信号的测量	321
13.3.3	天线部分的测量	321
13.4	Wi-Fi、蓝牙电路维修案例	321

● 第 14 章 ● iPhone 手机软件故障维修

14.1	iPhone 手机刷机方法	325
14.2	iPhone 手机软件维修仪器使用	330
14.2.1	PCIE-III 硬盘修复仪简介	330
14.2.2	PCIE-III 硬盘修复仪操作方法	330
14.3	iPhone 手机未知错误代码解析	336
14.3.1	软件或设置问题引起的未知错误	336
14.3.2	硬件问题引起的未知错误	338
14.4	iPhone 手机软件故障维修案例	343

● 第 15 章 ● 智能手机玻璃面板贴合技术

15.1	智能手机玻璃面板贴合设备介绍	349
15.1.1	分离机介绍	349
15.1.2	除泡机介绍	350
15.1.3	贴合机介绍	350
15.1.4	压排机介绍	351
15.2	智能手机玻璃面板贴合基础	351
15.2.1	手机液晶屏幕结构	351
15.2.2	液晶屏幕贴合原理	352
15.3	分离机操作方法	353
15.3.1	分离机功能介绍	353
15.3.2	分离机操作方法	354
15.3.3	除胶操作	355
15.4	贴合机操作方法	355
15.4.1	贴合机功能介绍	355
15.4.2	贴 OCA 胶	356
15.4.3	贴合机操作方法	356
15.5	除泡机操作方法	356
15.5.1	除泡机功能介绍	356
15.5.2	除泡机操作方法	357
15.6	压排机操作方法	357
15.6.1	压排机功能介绍	357
15.6.2	压排机操作方法	357

● 附录 ● iPhone 手机原理图纸中的英文注释

第 1 章 创新的 iPhone 手机

“iPhone 是一款革命性的、不可思议的产品，比市场上的其他任何移动电话整整领先了 5 年，手指是我们与生俱来的终极定点设备，而 iPhone 利用它们创造了自鼠标以来最具创新意义的用户界面。”

——苹果公司前首席执行官史蒂夫·乔布斯

1.1 iPhone 是什么

2007 年 1 月 9 日，苹果公司推出了小巧、轻盈的手持设备 iPhone，将创新的移动电话、可触摸宽屏 iPod 以及具有桌面级电子邮件、网页浏览、搜索和地图功能的突破性因特网通信设备这 3 种产品完美地融为一体。iPhone 引入了基于多触点显示屏和领先性新软件的全新用户界面，让用户用手指即可控制 iPhone。iPhone 还开创了移动设备软件尖端功能的新纪元，重新定义了移动电话的功能。

1.1.1 乔布斯

乔布斯是美国历史上具传奇色彩的商人之一，35 年间，他将科技产业中 3 个独立的领域都发展到了极致。1977 年推出个人电脑 Apple II；合法的数字音乐由于 iTunes 与 iPod 在 21 世纪初成为主流；2007 年，iPhone 智能手机的问世带来了不可复制的成功。乔布斯在这 3 个领域中都扮演着不可或缺的角色。乔布斯的照片如图 1-1 所示。

2010 年，iPad 的成功导致苹果的竞争对手争相推出平板电脑，这标志着乔布斯作为技术人员的职业生涯的顶峰。这一将具有触摸屏的 iPod 和平板电脑的概念混合而成的 10 英寸的移动设备承载着乔布斯对未来个性化的计算设备的

Steve Jobs
1955-2011

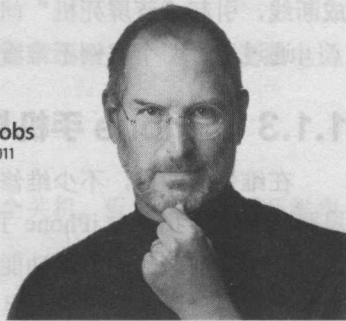


图 1-1 乔布斯

美好愿景。

乔布斯被认为是才华横溢的同时又性情急躁。他喜欢优雅的设计，但在公开场合从来都是以黑色高领毛衣、蓝色牛仔裤和些许胡须的形象示人。苹果的一位销售主管认为乔布斯“从内到外”都散发着艺术家的气息。苹果员工对乔布斯既敬又怕，而苹果的忠实客户几乎把他当成超人来崇拜。

乔布斯也使得苹果成为消费电子领域的大鳄，创造了 iPod、iTunes、iPhone 和 iPad 等产品。2011 年 8 月，苹果一举超过了埃克森美孚成为世界上最有价值的上市公司。乔布斯用他的方式，他的想法和信念，对他的员工和他们的产品产生了不可磨灭的影响。乔布斯在苹果公司执行保密文化，是一个极其苛刻的领导者，他在 20 世纪 90 年代末回到苹果公司并恐吓公司员工，如果他的问询得到了他不喜欢的答案，那个回答的人将被解雇。

1.1.2 iPhone 手机并非完美

第一代 iPhone 于 2007 年 1 月 9 日由苹果公司前首席执行官史蒂夫·乔布斯发布，并在同年 6 月 29 日正式发售。iPhone 手机的发布改变了世界手机市场的格局，这得益于“乔帮主”的研发和设计团队。设计的如此完美的 iPhone 手机就不会出故障了吗？非也，任何产品都不可能永久的使用，否则就违背了自然规律。

iPhone 4 手机的“天线门”事件就是一个显著的例子。2010 年 6 月 24 日，在 iPhone 4 发布的数个小时后，就有美国网友在专业论坛上发布消息，称 iPhone 4 引以为傲的边框天线设计存在致命缺陷，在用户用手紧握 iPhone 4 的时候，其移动网络的信号就会在数分钟内完全衰减到无法通话的水平。

起初，不少看到消息的网友还认为这不过是个别现象，但当有用户上传了 iPhone 4 信号衰减全过程的视频后才引起了各方的高度关注。随后苹果公司对此做出了回应，承认 iPhone 4 的通话中断问题确实比上一代手机要严重，并表示公司将向用户赠送手机套作为补偿。苹果公司首席执行官乔布斯在新闻发布会上称，苹果公司搞错了手机的信号编码。但他坚持认为，所有智能手机都存在类似的天线问题，并表示，苹果手机的问题被无限夸大了，这令人难以置信。乔布斯说，苹果手机并非是完美的。

在随后发布的 iPhone 4S 手机中，配备的双天线设计可以有效排除对于干扰通话和数据传输的“握柄僵硬”问题的担忧。

在 iPhone 5S 手机中同样存在的“蓝屏死机”问题也是苹果设计团队的一个重大 BUG，处理器码片的走线正好在显示屏接口固定螺丝钉下面，摔过的机器或者更换屏幕重新装配螺丝钉很容易造成断线，引起“蓝屏死机”问题。

通过以上两个案例不难看到，iPhone 也并非完美的设计。

1.1.3 iPhone 手机与功能机的区别

在维修行业内，不少维修同行都反应 iPhone 手机维修难度大，图纸看不懂，维修主板搞不清思路，原因是我们对 iPhone 手机还不够了解。

我们之前接触的都是功能手机，功能手机（feature phone）是一种较低级的手机，它的运算能力与功能略逊于智能手机，但是功能比纯粹只能用来打电话的手机（dumb phone）多，主要适合老人和儿童使用。如同智能手机，在功能手机上可以执行一些应用程序。然而，它能够应用的应用程序界面比智能手机少，也不能执行原生程序（native program），这些程序多半是基于 Java ME 或