

通信终端产品检测 项目化教程

李和平 吴水平 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

通信终端产品检测 项目化教程

李和平 吴水平 主 编

瞿 敏 李嘉安娜 副主编

图书在版编目（CIP）数据

通信终端产品检测项目化教程/李和平，吴水平主编. —北京：北京理工大学出版社，2016. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 1118 - 5

I. ①通… II. ①李… ②吴… III. ①通信设备 - 终端设备 - 故障检测 - 高等学校 - 教材 IV. ①TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 195234 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10

字 数 / 232 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

前言

Preface

在移动通信技术飞速发展的今天，通信终端产品（以手机为例）的发展也日新月异，目前智能手机已成为大家不可或缺的电子产品。基于以上原因，当前的通信市场急需大量熟练掌握手机生产、检测、经营、管理和售后服务技术的人才。本书的编写目的是使读者了解手机维修服务行业服务规范，熟悉移动通信基础知识，具备通信终端产品检测所需的各种技能，以适应手机生产、调试、服务和管理等企业的相应岗位对职业能力的需要。

本书遵循职业性和实践性的职业教育理念，以培养手机识图与手机故障检测能力和职业素养为重点，与中国电信、蓝天通讯手机售后服务中心等企业合作，按行业规范、手机拆焊、元件识别、电路识图、信号测试、故障检测6个典型项目，构建十六个学习任务，按照接受任务、自主学习、操作示范、同步实践和拓展提高五步法组织教学。

本书以项目为载体实现工学结合，依据工作情境构建教学情境，让学生在工作情境中完成工作，在完成工作中构建相关的理论知识，培养和提高职业能力。本书具有以下特点：

(1) 融汇了目前流行的相关专业基础知识，参考了《通信终端产品检测国家职业标准》，增强了教学内容的实用性和可操作性，内容丰富，图文并茂。

(2) 紧密结合国家骨干院校建设专业人才培养标准，引用标准中的技术要求和考核评价，符合高等院校学生专业技能与职业素养培养的要求。

(3) 紧密结合实际生产，内容涉及通信终端产品检测的方方面面。以项目为主线，将相关知识细分为多个工作任务，每个任务理论联系实际，力图实现“教、学、做”一体化，同时融入了新知识、新技术、新工艺、新方法。

本书由李和平副教授、吴水平副教授、瞿敏讲师和中国移动通信集团东莞分公司李嘉安娜共同编写。李和平副教授提出了本书编写的基本思路，负责全书统稿和定稿工作，并撰写了项目四、五、六；吴水平副教授撰写了项目二；瞿敏讲师撰写了项目三及附录；李嘉安娜撰写了项目一。

本书在编写过程中，参考了大量学者的科研成果和网络资源，得到了中国电信湖南分公司肖钢高级工程师的大力支持。此外，胡庆旦主任提出了许多宝贵建议，在此一并表示诚挚的感谢。

本书可作为高等院校通信技术类、电子信息类的专业教材，也可以作为高等院校相关专业以及国家职业技能鉴定、手机维修辅助教材和电子通信企业的培训教材。

由于作者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

目 录

Contents

► 项目一 通信行业服务规范	1
任务 1 前台服务	1
任务 2 静电防护	5
拓展提高	8
思考与练习	11
► 项目二 手机拆焊	12
任务 1 智能手机拆解	12
任务 2 手机扁平元件拆焊	18
任务 3 手机 BGA 芯片拆焊	23
拓展提高	30
思考与练习	35
► 项目三 手机元件识别与检测	37
任务 1 手机 SMC 元件识别与检测	37
任务 2 手机 SMD 元件识别与检测	41
任务 3 智能手机传感器识别与检测	45
拓展提高	53
思考与练习	56
► 项目四 手机识图	57
任务 1 GSM 手机原理图识别	57
任务 2 智能手机原理图识别	69
拓展提高	74
思考与练习	78
► 项目五 信号测试	79
任务 1 手机维修仪器的使用	79
任务 2 手机信号测试	88
拓展提高	92
思考与练习	95

► 项目六 故障检测	96
任务 1 手机不开机故障检测	96
任务 2 手机不入网故障检测	108
任务 3 手机不送话故障检测	117
任务 4 手机软件故障的检测	123
拓展提高	130
思考与练习	135
► 附录 A 客户通信终端维修员国家职业标准	136
► 附录 B 手机维修常见英文缩写与解释	147
► 参考文献	152

项目一

通信行业服务规范

知识目标

- (1) 前台服务重要性、服务规范基本原则、前台服务规范细则。
- (2) 通信行业规范、职业素养的重要性、如何提升职业素养。
- (3) 静电产生的原因、现场布置手机维修防静电环境。

能力目标

- (1) 掌握通信技术人员的日常行为规范，学会如何成为一个职业化的技术服务人员。
- (2) 掌握通信行业服务人员特有的行为规范和服务技巧，明确如何提升职业素养。
- (3) 掌握静电防护的方法，养成遵守静电防护操作规范的习惯。

任务1 前台服务

接受任务

某手机售后服务中心，前台服务员小云接到客户送修的手机后，根据掌握的服务规范，小云想到的是如何和客户沟通并顺利接修手机，同时体现出职业素养，最后将工作存档。

自主学习

一、前台服务重要性

前台可以称为公司的脸面，前台的工作在公司的整个运行链中居于重要地位。前台的工

作关系到公司的整体形象和业务开展的质量甚至成败，是一种对信息的接收、归纳、分解以及处理的过程。大多数公司的前台接触到的信息量很大，这能够锻炼一个人分析问题、解决问题的能力，可以让一个人短时间内快速成长。

前台工作人员不论是在接听电话还是在接待客户时，最重要的都是要面带微笑，让客户意识到这家公司的员工都是积极向上、朝气蓬勃的。如果客户要找的相关人员不在，一定要将客户来访时间、客户公司名称、因何事找何人等信息详细记录，以方便及时通知相关人员。转交文件时要做到分门别类，尽量分到最细。转交时一定要双手递过去，这是很多公司和领导都很在意的细节。

前台工作人员是外界人士与公司人员沟通的连接员，前台收发文件是否及时会对公司的某项工作有一定的影响。不论是打印文稿，还是收发传真，都要做到及时、准确。

前台的工作对个人来说是一个锻炼的机会，但对公司来讲至关重要，它与公司一荣俱荣、一损俱损。因此每个前台工作人员都必须严格要求自己，认真地对待并出色地完成前台的工作。

二、服务规范基本原则

客户决定企业的核心竞争力，因此对客户的服务质量至关重要。执行规范是服务人员的权利和义务。一流企业的服务理念主要体现在一流的服务质量上，公司现场服务 5S 行为规范是：微笑、速度、诚实、敏捷、专业。

微笑（Smile）	适度的微笑
速度（Speed）	反应的速度
诚实（Sincerity）	真诚的心态
敏捷（Smart）	灵活的机制
专业（Study）	专业的素养

5S 规范之所以能被广泛运用，主要是因为它能给客户留下好印象，提高员工士气，提高工作效率，节约成本以及推进标准化的建立。

在服务行业，客户是上帝的原则体现得十分突出，服务行业服务质量的好坏直接关系到本服务能否长久地建立和发展。因此，服务行业从业人员要充分为消费者考虑，践行服务的理念与精神。但实际中，每个个体的行为、态度都存在很大的差异，因此有必要建立一套服务标准的规范，而 5S 就是在服务界广受欢迎的服务规范。

三、前台服务规范细则

前台服务规范的基本细则包含多条行为规范和处理技巧，以中国移动某分公司营业厅手机维修服务规范为例说明。

1. 移动心机销售

销售时必须清点终端及配件，核对机身串号、保修卡是否齐全，检查有无外观损伤。销售时必须完整填写保修卡各项内容，加盖销售部门公章。

2. 终端保修

终端保修服务仅限公司自购类（如心机）产品。

终端保修期限为一年（从销售之日算起）。个别产品厂家有延长，具体以产品保修卡说明为准。

终端保修针对的是产品本身质量原因引起的故障，人为损坏不在保修范围内，如：进水、摔坏等引起的故障。

终端保修时必须提供产品保修卡。

超出上述规定的终端不能享受保修服务，只提供维修。

对机身串号不符、保修卡不符合规定的终端保修不予受理。

3. 终端产品换机

换机服务仅限于公司自购类终端在规定时限内出现产品自身质量问题的情况。人为损坏情况不在范围内。

手机换机期为15天，部分产品有延长，以厂家承诺为准；配件（充电器、电池等）的换货期限是半年。超过期限不能换机。

整机换机时必须附带保修卡、外包装盒。如果终端有外观磨损，则不能享受整机更换服务。

4. 终端处理时限

终端维修时限：3天。

从接件时开始计算，须在规定的时限内处理完毕，并将维修结果告知客户。

终端保修时限：15天。

从接件时开始计算，如遇到厂家、物流、配件等因素造成时间延长，维修部门应提出解决方案，同时告知客户。

四、职业素养的重要性

职业素养是职业内在的规范和要求，是从业人员在职业过程中表现出来的综合品质，包含职业道德、职业技能、职业行为、职业作风和职业意识等方面。

很多企业人士认为，职业素养至少包含两个重要因素：敬业精神及合作态度。敬业精神就是在工作中将自己视为公司的一部分，不管做什么工作，一定要做到最好，发挥实力，一些细小的错误更是一定要及时更正。敬业不仅仅是吃苦耐劳，更重要的是“用心”去做好公司分配给的每一份工作。合作的工作态度在当今社会里也是十分重要的，积极配合同事、通力合作解决问题是现代企业工作模式的需要，是企业正常运作、发展的前提和重要保障。

《一生成就看职商》的作者吴甘霖回首自己从职场惨败到走上成功之路的过程，总结了比尔·盖茨、李嘉诚、牛根生等著名人物的成功经验，并进一步分析了众多职场人士的成功与失败，得到了一个宝贵的理念：能力和专业知识固然重要，但是，一个人在职场中的成功，最关键的不是他的能力与专业知识，而是他所具有的职业素养。吴甘霖还提出一个人在职场中能否成功取决于其“职商”，而职商主要由职业素养构成。工作需要知识，但更需要智慧，而最终起到关键作用的是素养。缺少素养的人，将一生庸庸碌碌，与成功无缘；拥有这些素养，会少走很多弯路，以最快的速度通向成功。

职业素养体现在个体在工作中以知识、技能、价值观、态度、意志等为基础的行为表现。良好的职业素养是企业所要求的，它同样是大学生进入企业的“金钥匙”，是个人事业

成功的基础。

五、职业素养培养

职业素养对自身的职业发展起着决定性的作用。

职业素养是职业标准、职业道德、职业形象、职业心态和职业技能等方面的综合，提升职业素养，大体从这几个方面入手。

1. 职业标准

践行良好的职业标准，是提高职业素养最基本的要求。比如按时上下班、不迟到不早退、遵守规章制度等，这些都属于职业标准。

2. 职业道德

职业道德关乎一个人的人品，目前很多用人单位都将忠诚放在第一位。对于一个道德品质较好而技能较差的员工，我们可以重点加强技能的培养；相反，技能再高但道德品质较差的员工，往往都被淘汰。“忠诚大于技能”，足以说明职业道德的重要性。我们所说的职业道德有：同行业公平竞争、不恶意损害客户利益、把企业利益放在第一位，等等。

3. 职业形象

职业形象就是自身的着装、发型、状态等向客户展示的一种外在形象。一个好的职业形象能向客户传达一种正面的信息，特别是在销售行业，有句话叫“先将自己推销给客户”，这其中就包含了职业形象的重要性。良好的职业形象要求我们要上班穿工装、保持微笑，等等。

4. 职业心态

人们常说“心态决定成败”，在职场中这句话同样很管用。良好的职业心态对职业的发展起着举足轻重的作用。

比如面对一个客户的投诉，我们工作人员不应该与客户针锋相对，或者是大吵大闹，而是应该心平气和、带着微笑耐心地向客户沟通，最终解决客户的问题。这种不卑不亢、耐心不烦躁的心态就是一种良好的职业心态。

5. 职业技能

职业技能也就是所谓的工作能力与专业水平。职业技能也是自身价值的重要体现，而且也需要通过后天的不断学习与实践来提高；同时，职业技能更是创造价值和推动企业发展的重要动力。

分析探索

作为前台服务人员，面对客户送修的手机，一定要认真遵守前台服务基本规则，特别注意自己的职业素养，要认真聆听客户的意见，热情、耐心地与客户沟通，尊重客户的感受，急客户之所急，帮客户排忧解难。

同步实践

接待好客户并顺利接修手机，注意行为规范，把握客户问题处理技巧，体现职业素养。

学生分成若干小组，每个小组 3 人，各个小组内部进行讨论。推荐多人参与演练，并自行商量分配演练的角色。

 任务评价

对照实际工作情况，检查工作方案（流程）中的错误并去除低效环节。根据各组具体情况进行评价，填写表 1-1。

表 1-1 前台服务评价表

考核内容	考核标准	自评等级
熟悉程度	1. 能够正确回答服务人员行为规范的主要内容 2. 能够结合具体工作运用服务人员的行为规范	
参与程度	1. 态度端正，积极参与 2. 表演认真，一丝不苟 3. 积极发言，体会深刻	
互评等级		
教师评价		
评分日期		

任务 2 静电防护

 接受任务

某手机售后服务中心，售后维修员小颜接到前台送修的手机，首先想到的是静电防护。需现场布置手机维修防静电环境，做好手机检测前的准备，并对已完成的工作进行存档。

 自主学习

一、静电的产生

1. 静电产生的原因

静电是一种处于静止状态的电荷。哪里有移动，哪里就有摩擦起电。人是电子装联工作中的主体，但人体又是静电导体，是最主要的静电源。人体带电主要有三种形式：一是接触分离带电，二是吸附带电，三是感应带电。摩擦剥离起电、感应起电和电容的改变是静电产生的主要原因。

在电子装联的过程中，很多东西都可能产生静电，常见的有：

- (1) 工作台面：打蜡、粉刷或清漆表面、未处理的聚乙烯和塑料玻璃。
- (2) 服装和人员：非 ESD 防护服、非 ESD 防护鞋、合成材料和头发。

- (3) 座椅：成品木料、聚乙烯类、玻璃纤维和绝缘车轮。
- (4) 包装和操作材料：塑料袋、包、封套、泡沫带、泡沫塑料、非 ESD 防护料盒、托盘和容器。
- (5) 组织工具和材料：高压射流、压缩空气、合成毛刷、热风机、吹风机、复印机和打印机。

2. 静电放电

静电放电（ESD，即 Electro-Static Discharge），是指具有不同静电电位的物体互相靠近或直接接触时引起的电荷转移。它有两种形式，即接触放电和电场击穿介质放电。

二、静电的危害

静电敏感元件击穿是生产中最严重的静电损害，它分为硬击穿和软击穿。如图 1 - 1 所示。

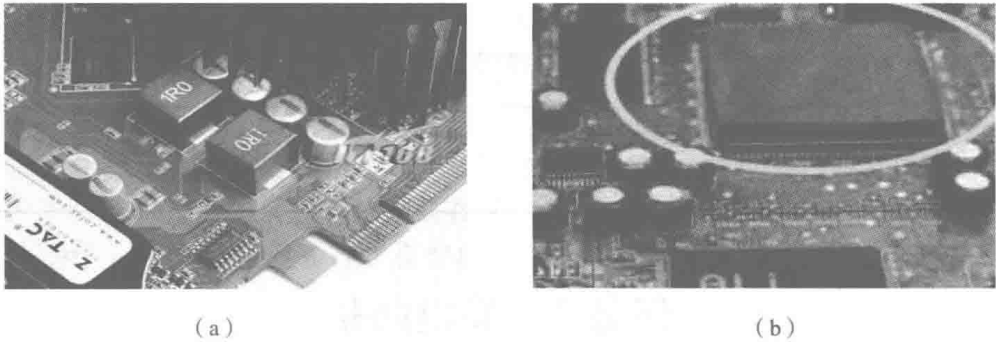


图 1 - 1 静电敏感元件击穿
(a) 静电敏感元件的硬击穿；(b) 静电敏感元件的软击穿

1. 硬击穿

造成整个元件的失效和损坏，也称为即时失效。

2. 软击穿

造成元件的局部损伤，降低了元件的性能，而且不易被发现，导致设备不能正常工作，这类元件失效也称为延时失效。

在电子工业中，静电释放的损害主要是使敏感电子元件失效。机理是当静电体接触或靠近静电敏感元件时，便会使元件形成静电脉冲从而造成元件的参数改变，甚至使栅极烧毁损坏。常见的静电敏感（ESDS）元件的静电敏感度如表 1 - 2 所示。

表 1 - 2 常见静电敏感元件的静电敏感度

元件类型	静电敏感度/V	元件类型	静电敏感度/V
VMOS	30 ~ 1 800	JFET	140 ~ 7 000
MOSFET	100 ~ 200	OPAMP	190 ~ 2 500
EPROM	100 ~ 1 500	CMOS	250 ~ 3 000

三、静电防护

要时刻牢记静电防护的操作规范，防止静电造成的损害。生产部的相关措施是推行防静电手册和开展防静电的培训。

方法一：接地

接地就是将静电通过一条线的连接放入大地，这是防静电措施中最直接、最有效的方法。导体常用的接地方法有：带防静电手套及工作表面接地等。

在生产车间，所使用的调试设备（如调试仪、示波器、电烙铁等）、防静电插件车、铁制插件车、装置车均应做好接地措施。

方法二：静电屏蔽

静电敏感元件在储存或运输过程中会暴露于有静电的区域中，用静电屏蔽的方法可削弱外界静电对电子元件的影响，最常用的方法是用静电屏蔽袋作为保护。

在生产车间拿取插件、元件等电子产品时，必须戴防静电手套或用防静电袋包装好。

方法三：离子中和

绝缘体往往是易产生静电的，对绝缘体静电的消除，用接地方法是无效的，通常采用的方法是离子中和，即在工作环境中使用离子风机和离子气枪。

分析探究

手机检测之前一定要做好 ESD 防护。在桌面上铺设防静电台垫，随后在表面扣上防静电接地线一端的纽扣，另一端接在通向大地的导体上，将汇集在桌面上的静电通过防静电接地线释放出去，为手机进一步检测做好准备。如果防静电措施不完善，随时会导致手机里面的元件，尤其是芯片，被静电击穿而导致不可逆的损坏。在手机检测操作过程中也要严格按照防静电规范实施。

同步实践

某手机售后维修服务中心，按照规定做好静电防护工作。学生分成若干小组，每个小组 3 人，各个小组内部进行讨论。推荐多人参与演练，并自行商量分配演练的角色。

注意：

因为 ESD 会导致手机工作异常、死机，甚至会损坏手机元件，手机检修时首先想到的是做好防静电措施。在以后各个任务实施过程中，静电防护必不可少，不再赘述。

任务评价

对现场静电防护进行考核与评价，填写表 1-3。

表 1-3 静电防护评价表

任务名称	静电防护	
考核内容	考核标准	自评等级
熟悉程度	1. 正确回答静电的产生与危害 2. 能够布置手机维修防静电环境，做好静电防护	
参与程度	1. 态度端正，积极参与 2. 表演认真，一丝不苟 3. 积极发言，体会深刻	
互评等级		
教师评价		
评分日期		

 拓展提高

智能手机的 ESD 损伤与防护

静电现象是日常生活中相当常见的一种自然现象，静电的许多功能已经被应用在农业、工业等领域，如静电育种、静电除尘、静电喷涂等，逐渐形成了新兴的“静电产业”。ESD (Electro-Static Discharge) 静电放电又称为静电释放。对于电子产品和设备，过度的 ESD 是有害的。以智能手机为例，静电可能使手机功能异常，影响正常使用，或者直接损坏其部件，造成永久性的破坏，其危害不可小视。目前，大多数的智能手机都具备了高速 USB 接口、高分辨率的 LCD 屏，有些手机还拥有通过 DNB 连接器接收电视信号的功能。而手机依然向着小巧、轻薄的发展方向，使众多功能拥挤在狭小的空间里，导致手机设计中的 ESD 问题变得更加突出。iPhone 5 上市不久，就曾因为屏幕键盘出现的静电干扰问题受到客户质疑。相关统计数据显示，如今 ESD 已经成为智能手机的一个重要威胁，因此，研究 ESD 产生的原因，采取措施避免静电对手机造成的损害，对保护手机性能有着十分重要的作用。

一、ESD 成因及危害

ESD 的标准定义是：“具有不同静电电位的物体相互靠近或直接接触时引起的电荷转移”，它是强电场、高电位和瞬间大电流的作用过程。两个介电常数不同的物质在碰撞或摩擦时可能分别失去或者得到电子，成为带正或负电荷的带电体，即静电源。人体自身进行动作或与物体接触、摩擦等都可能产生静电。也就是说，人体可以接收带电物体转移过来的电荷，从而成为一个巨大的静电源头。当人体接触电子设备时，静电能量约为 $7.4 \times 10^{-3} \text{J}$ ，并通过人体电阻放电，瞬间的功率高达 670kJ。所以，手机作为人类日常生活的重要工具，始终处在一个充满静电的环境下，尤其是绝大部分智能手机拥有触摸屏这样的大型人机交互界面，面临着更大的 ESD 风险。

ESD 危害手机的途径主要有以下两种：

(1) ESD 带来的瞬态高压会使手机半导体元件中寄生的三极管处于正偏状态，产生 CMOS 工艺中特有的寄生效应——闩锁效应 (latch-up)，引起手机电源与地之间的漏电，使

电路失效或损坏。这种情况在手机外壳接地设定不好时尤其明显。

(2) 静电荷聚集在手机外壳上,一旦发生空气放电现象,形成的静电电流将通过外壳直接流入 PCB 板中。当流过半导体元件中 PN 结的电流过大时,则会使 PN 结的温度急剧上升,导致晶体管过热而失效。

在一般的智能手机中,ESD 导致的具体失效现象可以分为三种:硬失效、软失效和短暂状态异常。硬失效是一种无法复原的物理损伤现象。在一般情况下,如果静电荷产生的静电电流较小,不足以一次性损坏手机元件时,则可能对元件造成轻微损伤。值得注意的是,这种损伤是可以累加的,随着损伤次数的增加,元件的抗静电能力会降低,参数会下降,直至无法正常工作。硬失效产生的不良影响通常在客户使用手机一段时间后会显现,具有一定的隐蔽性,比如手机自动关机、死机、信号不稳定等现象。

软失效是一种非物理故障,它会干扰手机的正常功能,但不会损伤手机硬件。一般表现为 ESD 产生的无效数据被手机识别为正常数据,导致数据传输错误,如通话时长计算错误、未读短信标记已读等。软失效带来的错误一般在重新启动手机后能够消除。

短暂状态异常是 ESD 造成的非上述两种失效的手机异常现象,如手机屏幕短暂闪烁等。

二、手机的 ESD 测试标准

国内手机在上市前,都要进行国家强制规定的 ESD 认证测试,即进行标准 GB/T 17626.2—2006:《电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验》规定的试验,达到其中的测试标准。

在测试标准中,根据 ESD 产生的原因以及对集成电路放电方式的不同,将 ESD 放电模型分为四类:人体静电放电模型、机器静电放电模型、组件充电模型和电场感应模型。其中对手机危害最大的 ESD 来自人体。

三、智能手机常见的 ESD 问题

智能手机有诸如触摸电容屏这样的人机交互操作,因此存在着人体静电放电的 ESD 风险。手机中容易受到 ESD 影响的主要部位有:SIM 卡插槽、摄像头电路、听筒电路、麦克风电路、电源接口、显示屏和 USB 接口等。常见的 ESD 问题举例如下:

(1) 手机听筒产生的死机现象。该现象往往是由于静电进入信号电路损坏元件造成的,这种现象在使用金属外壳的听筒时特别明显。

(2) 显示屏出现花屏或黑屏现象。可能是由于手机外壳与主板的接地端设计缺陷,或者外壳无法起到静电保护作用,使静电电流进入显示屏下的电路。

(3) USB 接口失灵现象。该现象往往是由于 ESD 保护组件的电容值不达标,静电电流流入 USB 口处的电路板,造成电路开路或短路,使 USB 接口功能丧失,无法正常工作。

在上述部位产生严重的 ESD 现象时,就会影响手机的性能,减短手机的使用寿命。

四、手机 ESD 的防护

ESD 的防护一般通过两种途径来实现:第一种是通过优化手机结构,尽量避免 ESD 的发生;第二种是利用片载或片外的保护电路和 ESD 防护器件,避免 ESD 发生后损坏手机内部电路。

1. 外壳设计

根据法拉第笼(Faraday Cage)的基本原理,封闭的金属外壳能够起到静电屏蔽的作用。

因此,设计紧密的手机外壳可以对ESD起到隔离作用,而不紧密的外壳可能会让静电电荷通过缝隙进入手机内部。在加大外壳紧密度的同时,也可以通过增加外壳厚度来提高其隔离静电的性能。增加厚度即增大外壳与手机内部电路板之间的距离,可以有效降低ESD的能量强度。一般来说,8kV的ESD在经过4mm的距离后能量能够衰减为零。不过,增大手机外壳厚度的方法会使手机的重量显著增加,在智能手机轻而薄的发展趋势下,该方法显然存在一定的局限性,可以通过在壳体内部设计ESD挡板对其进行改进。对于采用金属外壳的手机,在外壳的选材上,可以采用铝、铜等材料。当手机采用塑料外壳时,一般使用电镀导电金属层的方法实现静电屏蔽,或者在壳体内部喷涂导电油漆,形成静电屏蔽层,再将其与PCB板的GND端连接将静电电荷导地。

2. 接地通道设计

对于进入手机内部的ESD,应在其危害电路前设法将其消除。其中,最简单易行的方法是设计接地通道将ESD从GND端导出(即间接接地,这里的“地”指公共回路)。接地的主要方法有四种:单点接地、多点接地、混合接地和浮地,可根据实际电路情况选择合适的接地方法。

3. 电路设计

所有手机电路都可能成为ESD进入手机的途径。在易受ESD影响的手机部件上,可以加入ESD保护电路来使其免受静电危害,这也是目前效率较高的静电防护措施。ESD保护电路有片外和片载两种形式。片外ESD保护电路的设计应遵循两个原则:一是保护电路应做到面积小、功耗小以及在不影响手机的正常工作;二是要保证外部保护电路对于ESD的反应速度必须比被保护元件快。可以为手机上易受静电影响的电路增设ESD防护器件。常见的ESD防护器件有:压敏电阻(MOV)、钳流二极管(TSS)和瞬态电压抑制器(TVS)等。

TVS由于其响应快、漏电流低、耐流量大、等效电容小和体积小等优点,已经为越来越多的手机产品所使用。当ESD现象出现,TVS二极管两极受到反向瞬态高压的冲击时,它会以极快的速度,将其两极间的高阻抗变为低阻抗,吸收几千瓦的浪涌功率,使两极间的电压钳位于一个预定值内,有效地保护手机电路中的元件免受静电电流的冲击。在使用TVS时,应将其靠近受保护的手机元件,同时注意对TVS与元件采用串联的布线方式,并缩短TVS到地的连线,以保证抑制静电的效果。智能手机的触摸LCD屏是人机交互相当频繁的位置,是高风险的ESD区域。其边缘屏蔽层存在ESD风险,因此在屏蔽层与接地线之间应加入TVS;另外,连接器也是可能产生ESD现象的位置,可以将TVS设计在软板导线出现连接器的位置。

随着单线保护器件在抑制ESD方面的应用,目前已发展出在同一芯片内集成两个并联二极管的技术,这种利用两级钳位概念的新技术将ESD防护性能进一步提高。当施加15kV的ESD放电电压时,相比单线保护方式,该技术能将输出的残余电压降低35%~40%,并能通过合理封装,将封装高度保持在0.4~0.5mm之间,节省PCB板空间。该技术在三星Galaxy系列中有着普遍的应用。

4. 软件设计

良好的软件设计也能在一定程度上避免ESD带来的负面影响,即避免ESD造成软失效现象,而使程序进入死循环。软件设计必须具备下面两项要求:首先,必须能够在ESD影