



全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

省级精品课
配套教材

电子产品 维修技术

◎ 李雄杰 编著

- 元器件级故障在路检测
 - ◆ 电阻、电容 ◆ 电感、变压器 ◆ 半导体器件
 - ◆ 集成电路 ◆ 电声器件 ◆ 彩色显像管
- 电路级故障检修技术
 - ◆ 放大电路 ◆ 电源电路 ◆ 高频电路
 - ◆ 解码电路 ◆ 扫描电路 ◆ 微处理器控制电路
- 产品级故障维修技术
 - ◆ CRT电视机 ◆ LCD显示器 ◆ 笔记本电脑

- ◆ 将电子产品维修技术分为元器件级、电路级、产品级三个层次
- ◆ 重在培养学生的工具使用能力、元器件检测能力、电路检测与调试能力、整机电路阅读能力
- ◆ 设有职业导航、学习导航、知识梳理与总结、思考与练习，以方便教与学
- ◆ 提供免费的电子教学课件、习题参考答案



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

省级精品课
配套教材

电子产品维修技术

李雄杰 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合最新的职业教育改革经验,依据“项目导向、任务驱动、学做合一”的方法进行编写。主要内容包括:维修基本功训练、元器件级故障检测、电路级故障检修、产品级(CRT-TV、LCD-TV、笔记本电脑供选择)维修技术。全书内容由浅入深,由简单到复杂,由基本功训练到具体产品故障检修,符合学生学习规律。本书以项目为导向设计若干个工作任务,通过任务实施,将知识学习与技能训练有机地相结合。每个项目配有“学习导航”、“知识梳理与总结”和“思考与练习”,便于读者高效率地学习操作技能。

本书适用于高职高专院校应用电子技术、电子信息工程技术、电子工艺与管理、计算机系统维护等电子类专业作为电子产品维修技术课程的教材,也可作为应用型本科院校、成人教育、中职学校的相关教材,以及电子产品维修人员的参考书。

本教材配有教学课件与习题参考答案,详见前言。

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

电子产品维修技术/李雄杰编著. —北京:电子工业出版社,2009.5

全国高职高专院校规划教材.精品与示范系列

ISBN 978-7-121-08636-6

I. 电… II. 李… III. 日用电气器具—维修—高等学校:技术学校—教材 IV. TM925.07

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第057043号

策划编辑:陈健德(E-mail:chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:王凌燕

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

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:16.5 字数:422.4千字 插页:1

印 次:2009年5月第1次印刷

印 数:4000册 定价:27.00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zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

职业教育 继往开来 (序)

自我国实行对内搞活、对外开放的经济政策以来,各行各业都获得了前所未有的发展。随着我国工业生产规模的扩大和经济发展水平的提高,教育行业受到了各方面的重视。尤其对高等职业教育来说,近几年在教育部和财政部实施的国家示范性院校建设政策鼓舞下,高职院校以服务为宗旨、以就业为导向,开展工学结合与校企合作,进行了较大范围的专业建设和课程改革,涌现出一批示范专业和精品课程。高职教育在为区域经济建设服务的前提下,逐步加大校内生产性实训比例,引入企业参与教学过程和质量评价。在这种开放式人才培养模式下,教学以育人为目标,以掌握知识和技能为根本,克服了以学科体系进行教学的缺点和不足,为学生的顶岗实习和顺利就业创造了条件。

在高职教育新的教学模式下,各院校不断对专业建设和课程设置进行改革,教学改革的成果最终要反映在教学过程中,其中主要的体现形式为教材创新。电子工业出版社作为职业教育教材出版大社,具有优秀的编辑人才队伍和丰富的职业教育教材出版经验,有义务、有能力与广大的高职院校密切合作,参与创新职业教育的新方法,共同出版反映最新教学改革成果的新教材,为培养符合当今社会需要的、合格的职业技能人才而努力。

近期由我们组织策划和编辑出版的“全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列”,主要具有以下几个特点。

(1) 本系列教材的课程研究专家和作者主要来自于教育部和各省市评审通过的多所示范院校。他们对教育部倡导的职业教育教学改革精神理解得透彻准确,并且具有多年的职业教育教学经验以及工学结合、校企合作经验,能够准确地对职业教育相关专业的知识点和技能点进行横向与纵向设计,能够把握创新型教材的出版方向。

(2) 本系列教材的编写以多所示范院校的课程改革成果为基础,体现重点突出、实用为主、够用为度的原则,采用项目驱动的教学方式。学习任务主要以本行业工作岗位群中的典型实例经提炼后进行设置,项目实例较多,应用范围较广,图片数量较大,还引入了一些经验性的公式、表格等,文字叙述浅显易懂。增强了教学过程的互动性与趣味性,对全国许多职业教育院校具有较大的适用性,同时对企业技术人员具有可参考性。

(3) 根据职业教育的特点,本系列教材在全国独创性地提出“职业导航、教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结”及“封面重点知识”等内容,有利于老师选择合适的教材并有重点地开展教学过程,也有利于学生了解该教材相关的职业特点和对教材内容进行高效率的学习与总结。

(4) 根据每门课程的内容特点,为方便教学过程我们为教材配备相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、程序源代码、教学网站支持等立体化教学资源,各位老师在华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn或www.hxedu.com.cn)注册后可直接下载。

这套新型教材得到了许多高职院校老师的支持和欢迎,为了使职业教育能够更好地为区域经济和企业服务,我们热忱欢迎各位职教专家和老师提出意见或建议,如果有新教材的编写思路请与我们联系(邮箱:chenjd@pei.com.cn,电话:010-88254585),共同为我国的职业教育发展尽自己的责任与义务!

电子工业出版社高等职业教育分社

前 言



电子产品的生产过程离不开在线维修,电子产品出厂后必须有售后维修服务。因此,高职院校的电子类专业应开设“电子产品维修技术”岗位课程。

电子类专业学生的课程设计、毕业设计及电子设计竞赛等,通常都是设计制作1件电子产品,在设计制作过程中需要排除电路中故障。因此,学一点电子产品维修技术技能是很重要的。

电子产品的种类繁多,有电子元器件、军用电子产品、通信电子产品、工业电子产品、消费电子产品、广播电视产品、商用电子产品、教学电子产品、安保电子产品、医疗电子产品、汽车电子产品、仪器仪表及电子玩具等。本教材不可能一一介绍这些电子产品的维修技术,而是以若干个常用电子元器件、典型电子电路及电子产品为载体,重在介绍电子产品维修技术的基本功,以便为从事电子产品测试、调试、维修工作打下一个比较扎实的基础。

任何一个电子产品均由若干个电路组成,任何一个电路均由若干个元器件组成。因此,本教材将电子产品维修技术分为三个层次,即元器件级故障检测、电路级故障检修、产品级(CRT-TV、LCD-TV,笔记本电脑供选择)维修技术,做到由浅入深,由简单到复杂,由基本功训练到具体产品故障检修,符合学生学习规律,符合学生从新手到专家的培养。

本教材结合最新的职业教育改革经验,依据“项目导向、任务驱动、学做合一”的方法进行编写。首先,以项目为导向设计若干个工作任务,一个任务就是一个知识点,主题鲜明,重点突出。然后按照完成工作任务过程中所需的知识结构和能力要求精选教材内容,包括学习目标、活动设计、相关知识等。学生在完成具体工作任务的过程中,既训练了职业能力(故障排除能力、电路测试调试能力、仪器仪表使用能力、元器件识别及检测能力、整机电路阅读能力),又掌握相应的理论知识。本书配有“职业导航”、“学习导航”、“知识梳理与总结”和“思考与练习”,便于读者高效率地学习操作技能。

本教材在编写过程中,力求内容的正确性、实用性与先进性、学习的灵活性、结构的合理性及文字的可读性。学生完成本课程学习后可参加家用电子产品维修工职业资格评定。本教材参考课时如下表所示。

序 号	项 目 名 称	参 考 课 时
项目 1	维修基本功训练	8
项目 2	元器件级故障检测技术	16
项目 3	电路级故障检修技术	30
项目 4	CRT 电视机维修技术	20
项目 5	LCD 电视机维修技术(选学)	12
项目 6	笔记本电脑维修技术(选学)	12

本教材是作者 30 年来在电子产品维修领域不断耕耘的结晶，由徐雨清教授审核，宁波飞利浦、索尼、松下、TCL 等公司的电子产品维修中心提供了许多宝贵的资料及维修案例，编写中得到了韩包海、叶建波、张波、洪列平、郑琼等同志的帮助，并参考了大量的相关资料和文献，在此表示衷心的感谢。

为方便教师导学，本书配有电子教学课件和习题参考答案，请有需要的教师登录华信教育资源网（www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn）免费注册后再进行下载，如有问题时，请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail:gaozhi@phei.com.cn）。

由于编者水平有限，时间仓促，书中错误和缺点难免，敬请广大读者批评指正（E-mail: lxj@zjbti.net.cn）。

编者



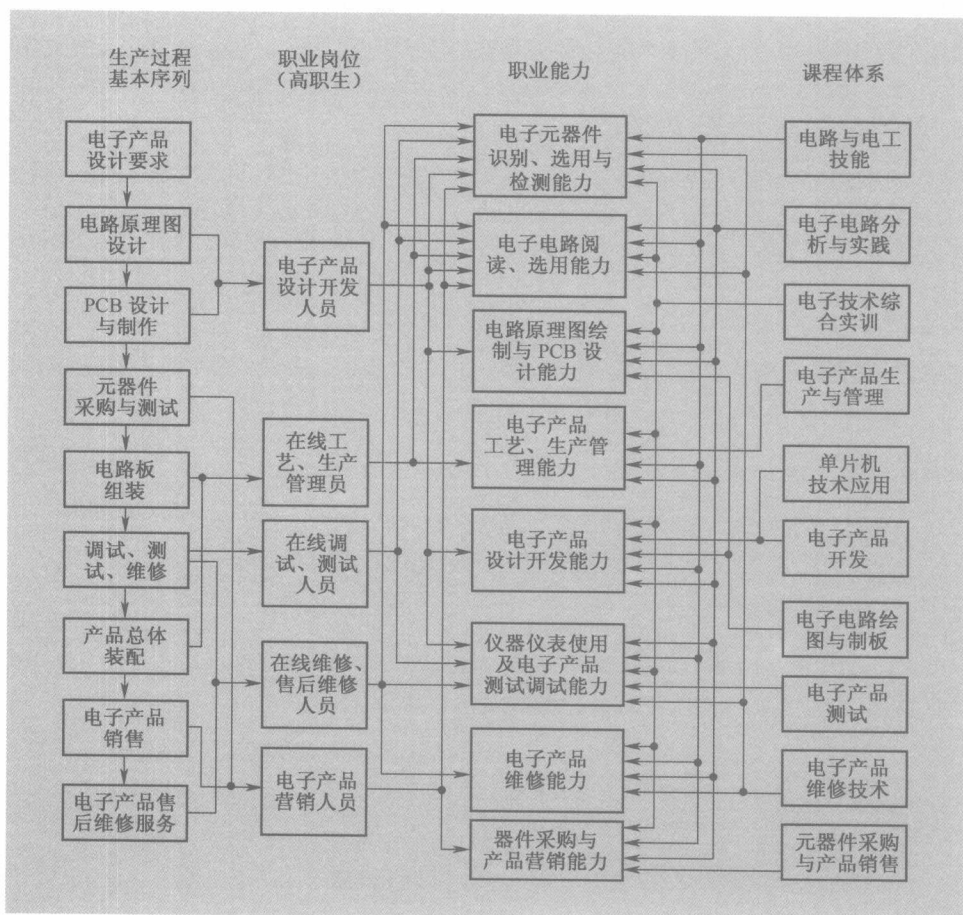
2009 年 2 月

1	基础部分	1 日
10	维修案例	10 日
20	维修案例	20 日
30	维修案例	30 日
40	维修案例	40 日
50	维修案例	50 日
60	维修案例	60 日

职业导航

电子类专业的毕业生主要面向中小型电子产品生产企业，在广泛的企业调研基础上，通过对电子产品的生产过程作基本序列分析、职业岗位分析、职业能力分析，可建立基于“电子产品生产过程”的应用电子技术专业职业课程体系。

基于电子产品生产过程、职业岗位、职业能力、职业课程分析的职业导航如下图所示。



由职业导航可知，“电子产品维修技术”课程在基于“电子产品生产过程”的专业课程体系中占据十分重要的地位，它不但是电子产品维修职业岗位课程，而且可以培养学生的电路检测与调试能力、仪器仪表使用能力、电子元器件识别与检测能力、电子产品整机电路的阅读能力。

本课程的前期课程是：电路与电工技能、电子电路分析与实践（模电、数电）、基础英语、计算机基础等。

目 录



项目 1 维修基本功训练	1
1.1 学习导航	1
1.2 任务 1-1 电子产品使用环境及维护	2
1.1.1 电子产品故障分类	2
1.1.2 电子产品故障规律	3
1.1.3 电子产品使用环境	4
1.1.4 电子产品日常维护	7
1.3 任务 1-2 维修常用工具使用	8
1.2.1 万用表	8
1.2.2 示波器	9
1.2.3 函数信号发生器	12
1.2.4 电烙铁与焊接方法	13
1.2.5 其他工具	18
1.4 任务 1-3 维修方法、程序及注意事项	19
1.3.1 电子产品维修方法	20
1.3.2 电子产品维修程序	24
1.3.3 电子产品维修注意事项	25
1.5 知识梳理与总结	27
1.6 思考与练习 1	27
项目 2 元器件级故障检测	28
2.1 学习导航	28
2.2 任务 2-1 电阻器故障检测	29
2.1.1 电阻器故障现象	30
2.1.2 电阻器故障检测	30
2.3 任务 2-2 电容器故障检测	33
2.2.1 电容器故障现象	34
2.2.2 电容器故障检测	35
2.4 任务 2-3 电感线圈及变压器故障检测	36
2.3.1 电感线圈及变压器故障现象	36
2.3.2 电感线圈及变压器故障检测	37
2.5 任务 2-4 半导体器件故障检测	38
2.4.1 半导体器件故障现象	39

2.4.2	二极管故障检测	39
2.4.3	三极管故障检测	42
任务 2-5	集成电路故障检测	45
2.5.1	集成电路故障机理	46
2.5.2	集成电路故障检测	47
任务 2-6	电声器件故障检测	48
2.6.1	扬声器故障检测	48
2.6.2	耳机和耳塞故障检测	50
2.6.3	驻极体传声器故障检测	50
任务 2-7	彩色显像管调整与故障检测	52
2.7.1	彩色显像管结构与原理	54
2.7.2	色纯度调整	58
2.7.3	会聚调整	59
2.7.4	白平衡调整	61
2.7.5	彩色显像管故障检测	63
知识梳理与总结		64
思考与练习 2		65
项目 3	电路级故障检修	66
学习导航		66
任务 3-1	放大电路故障检修	67
3.1.1	电压放大电路故障检修	68
3.1.2	功率放大电路故障检修	69
任务 3-2	电源电路故障检修	71
3.2.1	普通稳压电源电路故障检修	72
3.2.2	开关电源电路故障检修	74
任务 3-3	高频电路故障检修	77
3.3.1	超外差接收方式简介	78
3.3.2	超外差接收电路分析	79
3.3.3	手工调整技巧	80
3.3.4	故障检修	81
任务 3-4	解码电路故障检修	82
3.4.1	彩色电视信号编码简介	83
3.4.2	TA7698AP 彩色解码电路分析	84
3.4.3	无彩色故障检修	87
3.4.4	“百叶窗效应”故障检修	89
任务 3-5	行扫描电路故障检修	89
3.5.1	行扫描电路概述	90
3.5.2	行锯齿波电流形成过程	91
3.5.3	行扫描失真及补偿方法	93

3.5.4	行扫描电路分析	95
3.5.5	行扫描电路故障检修	97
任务 3-6	场扫描电路故障检修	99
3.6.1	场扫描电路概述	99
3.6.2	场扫描电路分析	100
3.6.3	场扫描电路故障检修	103
任务 3-7	微处理器控制电路故障检修	104
3.7.1	典型电路分析	105
3.7.2	常见故障检修	111
3.7.3	拓展知识	113
知识梳理与总结		116
思考与练习 3		116
项目 4	CRT-TV 维修技术	118
学习导航		118
任务 4-1	彩色电视广播认知	119
4.1.1	CRT 图像显示原理	120
4.1.2	全电视信号	122
4.1.3	电视信号的调制与频道划分	124
4.1.4	电视信号接收电路	127
4.1.5	色度学知识	129
4.1.6	基色信号、亮度信号与色差信号	131
4.1.7	PAL 制编码	135
任务 4-2	电视机整机电路认知与测试	138
4.2.1	彩色电视机整机电路组成	140
4.2.2	高频调谐器电路分析	142
4.2.3	中频通道电路分析	144
4.2.4	亮度通道电路分析	148
4.2.5	显像管座板电路分析	150
任务 4-3	三无故障检修	151
4.3.1	三无故障检修范围	152
4.3.2	三无故障部位判别技巧	152
任务 4-4	图像不正常故障检修	153
4.4.1	图像不正常故障部位判别	154
4.4.2	高频调谐器故障检修	155
4.4.3	中频通道电路故障检修	156
4.4.4	亮度通道与显像管座板电路故障检修	157
任务 4-5	同步不良故障检修	160
4.5.1	同步电路概述	161
4.5.2	同步电路分析	162

4.5.3 同步电路故障检修	163
知识梳理与总结	165
思考与练习 4	165
项目 5 LCD-TV 维修技术	167
学习导航	167
任务 5-1 液晶显示器认知	168
5.1.1 液晶基础知识	168
5.1.2 液晶显示器件结构与原理	171
5.1.3 TFT 液晶屏的驱动	176
任务 5-2 LCD-TV 电路认知与拆装	177
5.2.1 GC32 机芯概述	179
5.2.2 LCD27A71-P 液晶电视机电路分析	181
5.2.3 拓展知识	188
任务 5-3 LCD-TV 维修技术	201
5.3.1 LCD-TV 的保养与安装	201
5.3.2 LCD-TV 常见故障检修	203
知识梳理与总结	207
思考与练习 5	207
项目 6 笔记本电脑维修技术	208
学习导航	208
任务 6-1 笔记本电脑拆装	209
6.1.1 笔记本电脑的组成	210
6.1.2 笔记本电脑拆装注意事项	214
6.1.3 IBM T30 笔记本电脑拆卸	216
任务 6-2 硬件板卡级维修	223
6.2.1 硬件故障	224
6.2.2 软件故障	225
6.2.3 板卡级维修	226
6.2.4 笔记本电脑维修步骤	231
*任务 6-3 硬件芯片级维修	233
6.3.1 IBM T30 供电电路检修	233
6.3.2 IBM T30 充电电路检修	235
6.3.3 IBM T30 待机与开机电路检修	238
6.3.4 IBM T30 CPU 供电电路检修	240
6.3.5 利用可调电源判别故障	242
6.3.6 拓展知识	243
知识梳理与总结	248
思考与练习 6	249
参考文献	250

项目 1

维修基本功训练

电子技术的发展日新月异，电子产品种类繁多，新产品层出不穷。电子产品维修工作技术性很强，维修人员不仅需要知识、技能及经验，还需要有扎实的维修基本功。

本项目共有三个任务：任务 1-1 是电子产品使用环境及维护，任务 1-2 是维修常用工具使用，任务 1-3 是维修方法、程序及注意事项。在这三个工作任务的驱动下，学生将进行维修基本功训练。

学习导航

学习目标	最终目标	掌握电子产品维修基本功
	促成目标	1) 能做好电子产品日常维护工作 2) 能正确使用常用维修工具 3) 能在印制板上拆装电子元器件 4) 能正确地选用维修方法 5) 能做到少犯维修过程中的错误
教师引导	知识引导	维修概念；环境影响；维护常识；工具使用；焊接技术；维修方法；维修注意事项
	技能引导	应加强对学生的电烙铁使用训练，尤其是对多脚元器件拆卸的训练。另外就是万用表、示波器的正确使用训练
	重点把握	工具使用；元器件拆卸
	建议学时	8 学时



任务 1-1 电子产品使用环境及维护

我们将电子产品丧失规定功能的现象称为故障。任何电子产品都是在一定的环境中工作，环境不良将加速或造成电子产品发生故障。因此，熟悉环境对电子产品的影响，认真做好电子产品的日常维护工作，对于延长电子产品寿命，减少电子产品故障，确保电子产品正常工作具有十分重要的作用。

1. 学习目标

最终目标：能做好电子产品日常维护工作。

- 促成目标：
- 1) 了解电子产品故障概念；
 - 2) 熟悉电子产品故障分类；
 - 3) 熟悉电子产品故障规律；
 - 4) 了解环境对电子产品性能的影响；
 - 5) 能做好电子产品日常维护工作。

2. 活动设计

通过上网资料查找，设计一份 CRT 电视机（或 LCD 电视机、笔记本电脑、数码相机等）电子产品的日常维护方案。

3. 相关知识

相关知识部分将在介绍电子产品故障分类、电子产品故障规律的基础上重点介绍电子产品使用环境（温度、气压、盐雾、霉菌、湿度、振动、电磁场等）及日常维护常识。

电子产品是由具有特定功能的电子电路组合成的，而电子电路又由若干个电子元器件组成，其中每个元器件都有自己特定的作用。如果某个元器件损坏，电路及产品的功能必将发生变化。

1.1.1 电子产品故障分类

电子产品的故障类型很多，若按故障现象分类，如电视机中的无光栅故障、无图像故障、无伴音故障等；若按已损坏的元器件分类，有电阻器故障、电容器故障、集成电路故障等；若按已损坏的电路分类，有放大电路故障、电源故障、振荡电路故障等；若按维修级别分类，有板级故障、芯片级故障等；若按故障性质分类，有软故障与硬故障。

1. 软故障与硬故障

软故障又称为渐变故障或部分故障，指元器件参数超出容差范围而造成的故障。这时元器件功能通常并没有完全丧失，而仅仅引起功能的变化。例如，电阻阻值稍增大、电容器漏电、变压器绕组局部短路、三极管温度特性差、印制板受潮等，这都可能使电子产品发生软故障，因为它们并没有导致电路功能的完全丧失。当然，软故障有时是可以容忍的，有时则是不许可的，特别是电路关键元器件不许出现软故障。软故障检修难度大，因为元器件没有完全损坏，这种元器件不容易被检测出来。

硬故障又称为突变故障或完全故障，如电阻阻值增大甚至开路、电容器击穿短路、二极



管或三极管电极间击穿短路等。这样的故障往往引起电路功能的完全丧失、直流电平的剧烈变化等现象。硬故障一般容易检修，因为元器件损坏是一种完全损坏，损坏的元器件容易被检测出来。

2. 永久性故障与间歇性故障

永久性故障是指，一旦出现就长期存在的故障，在任何时刻进行检测均可检测到。永久性故障通常由元器件的永久性损坏引起。

间歇性故障是指，在某种特定条件下才出现的或随机性的、存在时间短暂的故障。由于难以把握其出现的规律与时机，这种故障不易检测。例如，元器件虚焊是一种间歇性故障，是一种不容易检修的故障，因为当你动手检修的时候，故障又消失了。

3. 单故障和多故障

若某一时刻仅有一个故障，称为单故障；若同时可能发生若干个故障，则称为多故障。通常诊断多故障比诊断单故障更为困难。电子产品一般都是单故障，同时发生多个故障的概率总是很低的，因为多个元器件同时损坏的概率很低。

1.1.2 电子产品故障规律

研究电子产品故障出现的客观规律，分析电子产品发生故障的原因，可进一步提高电子产品的可靠性和可维修性。每一种产品出现故障虽然是个随机事件，是偶然发生的，但是大量产品的故障却呈现出一定的规律性。从产品的寿命特征来分析，大量使用和试验结果表明，电子产品故障率 $\lambda(t)$ 曲线的特征是两端高、中间低，呈浴盆状，习惯称之为“浴盆曲线”，如图1-1所示。

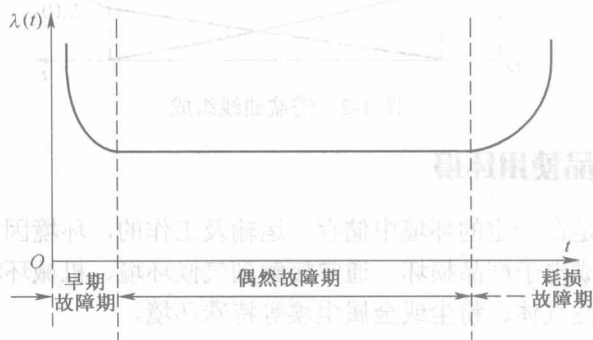


图 1-1 电子产品故障率“浴盆曲线”

从曲线上可以看出，电子产品的故障率随时间的发展变化大致可分为三个阶段。

1. 早期故障期

早期故障出现在产品开始工作的初期，这一阶段称为早期故障期。在此阶段，故障率高，可靠性低，但随工作时间的增加而迅速下降。电子产品发生早期故障的原因主要是由于设计、制造工艺上的缺陷，或者是由于元件和材料的结构上的缺陷所致。



2. 偶然故障期

偶然故障出现在早期故障之后,此阶段是电子设备的正常工作期,其特点是故障率比早期故障率小得多,而且稳定,故障率几乎与时间无关,近似为一常数。通常所指的产品寿命就是指这一时期。这个时期的故障是由偶然不确定因素所引起的,故障发生的时间也是随机的,故称为偶然故障期。

3. 耗损故障期

耗损故障出现在产品的后期。此阶段特点刚好与早期故障期相反,故障率随工作时间增加而迅速上升。损耗故障是由于产品长期使用而产生的损耗、磨损、老化、疲劳等所引起的。它是构成电子产品元器件的材料长期化学、物理不可逆变化所造成的,是电子产品寿命的“終了”。

上述是大量电子产品的统计规律。对于实际电子产品不一定都出现上述三个阶段。“浴盆曲线”也可看成是在成批电子产品中,有些电子产品故障率曲线是递增型的,如图 1-2 中的 $\lambda_3(t)$;有些是递减型的,如图 1-2 中的 $\lambda_1(t)$;而有些是常数型的,如图 1-2 中的 $\lambda_2(t)$;宏观表现出来的是三种故障率曲线叠加而成的,如图 1-2 中的 $\lambda(t)$ 。

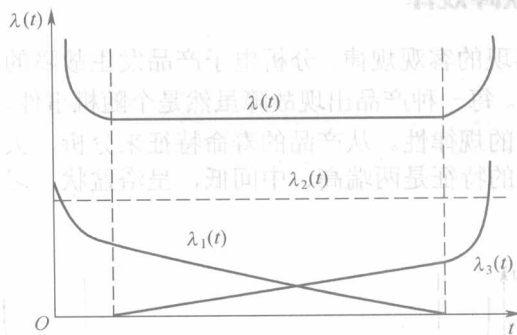


图 1-2 浴盆曲线组成

1.1.3 电子产品使用环境

任何电子产品都是在一定的环境中储存、运输及工作的,环境因素会对电子产品产生一定的影响,加速或造成电子产品损坏。通常接触到气候环境、机械环境及电磁环境,有的使用场合还存在着腐蚀性气体、粉尘或金属尘埃等特殊环境。

1. 温度

温度是环境因素中影响最广泛的一个,高温与低温都不利于电子产品正常工作。

高温环境对电子产品的主要影响有:

- 1) 氧化等化学反应,造成绝缘结构、表面防护层迅速老化,加速被破坏。
- 2) 增强水汽的穿透能力和水汽的破坏能力。
- 3) 使有些物质软化、融化,使结构在机械应力下损坏。
- 4) 使润滑剂黏度减小和蒸发,丧失润滑能力。
- 5) 使物体发生膨胀变形,从而导致机械应力加大,运行零件磨损增大或结构损坏。
- 6) 对于发热量大的电子产品来说,高温环境会使机内温度上升到危险程度,使电子元



器件损坏或加速老化,使用寿命大大缩短。

低温环境对电子产品的主要影响有:

- 1) 低温使空气的相对湿度增大,有时可能达到饱和而使机内元器件及印制板上产生“凝露”现象,使产品故障率大大增加。“凝露”现象在电子产品连续使用时几乎不会发生。而经常发生在长期闲置后,特别是在低温高湿的状况下刚刚开机的一段时间里。
- 2) 使润滑剂黏度增大或凝固而丧失润滑性能,甚至把转动部分胶住。
- 3) 低温可以使装置内的水分结冰,使某些材料变脆或严重收缩,造成结构损坏,发生开裂、折断和密封衬垫失效等现象。

2. 湿度

湿度也是环境中起重大作用的一个因素,特别是它和温度因素结合在一起时,往往会产生更大的破坏作用。高湿度使物理性能下降、绝缘电阻降低、介电常数增加、机械强度下降,以及产生腐蚀、生锈和润滑油劣化等。无论在电子产品使用状态还是运输保管状态都会引起这些问题。相反,干燥会引起干裂与脆化,使机械强度下降,结构失效及电气性能发生变化。

湿热是促使霉菌迅速繁殖的良好条件,也会助长盐雾的腐蚀作用,因此将湿热、霉菌和盐雾的防护合称“三防”,是湿热气候区产品设计和技术改造需要考虑的重要一环。

3. 气压

气压降低、空气稀薄所造成的影响主要有:散热条件差、空气绝缘强度下降、灭弧困难。气压主要随海拔的增加而按指数规律降低。空气绝缘强度与海拔的关系大体上是:海拔每升高100m,绝缘强度约下降1%。气压降低,灭弧困难,主要是影响电气接点的切断能力和使用寿命。

4. 盐雾

盐雾对电子产品的影响主要表现为其沉降物溶于水(吸附在机和机内的水分),在一定温度条件下对元器件、材料和线路的腐蚀或改变其电性能。结果使电子产品的可靠性下降,故障率上升。

盐雾是一种氯溶胶,主要发生在海上与海边,在陆上则可因盐碱被风刮起或盐水蒸发而引起。盐雾的影响主要在离海岸约400m,高度约150m的范围内。再远,其影响就迅速减弱。在室内,盐雾的沉降量仅为室外的一半。因此,在室内、密封舱内、盐雾的影响将变小。

5. 霉菌

霉菌是指生长在营养基质上面形成绒毛状、蜘蛛网状或絮状菌丝体的真菌。霉菌种类繁多。霉菌的繁殖是指它的孢子在适宜的温湿度、pH值及其他条件下发芽和生长。最宜霉菌的温度是20~30℃。霉菌的生长还需营养成分与空气。元器件上的灰尘、人手留下的汗迹、油脂等都能为它提供营养。

霉菌的生长直接破坏了作为它的培养基的材料,如纤维素、油脂、橡胶、皮革、脂肪酯脂、某些涂料和部分塑料等,使材料性能劣化,造成表面绝缘电阻下降,漏电增加。霉菌的代谢物也会对材料产生间接的腐蚀,包括对金属的腐蚀。



6. 机械环境

机械环境主要是指产品在储存、运输及使用的过程中所承受的机械振动、冲击和其他形式的机械力。在运输过程中电子产品必然会受到机械振动的影响。当然，在运输和储存的情况下生产厂家会设计合理的包装来减小机械振动对它的影响。在安装和搬动时，要防止摔打、滚动等情况发生，以免使紧固件松脱、机械构件或元器件损坏。在运行中则要靠产品本身和安装时采用的防振措施来抵消机械振动的影响。对于电子产品，最具破坏的现象是整机或其组成部件与外界的机械振动发生共振，严重的共振可使元器件、组件和机箱结构断裂或损坏。

一般情况下，电子产品都要求安装在专门的电气控制室或其他基本没有机械振动的地方。所谓基本没有振动，通常是指当振动频率在 $0.1\sim 14\text{Hz}$ 范围内时，振动幅度不超过 0.25mm 。

有些电子产品，安装在有较强振动的主机上，如柴油机、码头装卸机械或车辆、船舶等运输工具上，则应按照应用现场的振动条件，考虑必要的防振措施。

7. 电磁场

在电子产品各种使用场所的空间里充满着各种电磁场，其中有各个广播电台、无线电通信设备发射的高频电磁波，各种电气设备产生的电磁场与电磁波，雷电与宇宙射线造成的电磁波及地球磁场等。

在相对湿度较低的干燥环境中，身穿化纤衣服的工作人员在绝缘较好的地板上行走时，会因摩擦而带上电荷，从而使其对地电位达到数千伏或更高，当电压超过 6kV 时，作为带电体的人，将通过其较突出的部位，如手指等，向周围尖端放电。在放电过程中会产生高频电磁波。当带电人员接近电子产品时，也会对产品的外壳等金属部件放电，产生电火花。

数字式、智能式电子产品，对一般高频电磁波和电磁场并不十分敏感。这是因为它们的工作电平较高。一般都超过 1V 。有些电子产品的模拟信号输入电路的电平可低到 $10\mu\text{V}$ ，但它们的频率响应范围很低，一般只有几十到几百赫兹。所以不大于数百毫伏的射频感应电动势并不足以影响电子产品的正常工作。

由于电子产品的信号频率日益提高，电子元器件的工作电平，尤其是工作电流大幅度降低，静电放电干扰对电子产品安全使用的危害越来越严重。

8. 供电电源品质

理想的供电电源应是一个频率、幅值均等于规定值且恒定不变，波形为理想正弦曲线的交流电压源。实际供电电源只能接近理想状态。

品质较好的电网频率波动范围为 $\pm 0.5\%$ ，幅度波动范围为 $+5\%\sim -10\%$ ；较差电网的电网频率波动可达到 $\pm 1\%$ ，幅度波动为 $+10\%\sim -15\%$ 。在用电紧张地区，波动幅度更大，已属于不正常运行状态。

电子产品一般都内设直流稳压电源，必要时还要加接交流稳压器，可适应很大的电源波动范围。大多数电子产品对电网频率波动不敏感。影响电子产品使用可靠性的主要因素是：尖刺形与高频阻尼振荡形的瞬态干扰电压及电源电压的瞬时跌落。

尖刺形与高频阻尼振荡形的瞬态电压对电子产品威胁最大，因为各种瞬时电压的幅值高（可达几千伏），频谱宽（可达几百兆赫兹）。其产生原因主要是：由于某一负载回路发生短