



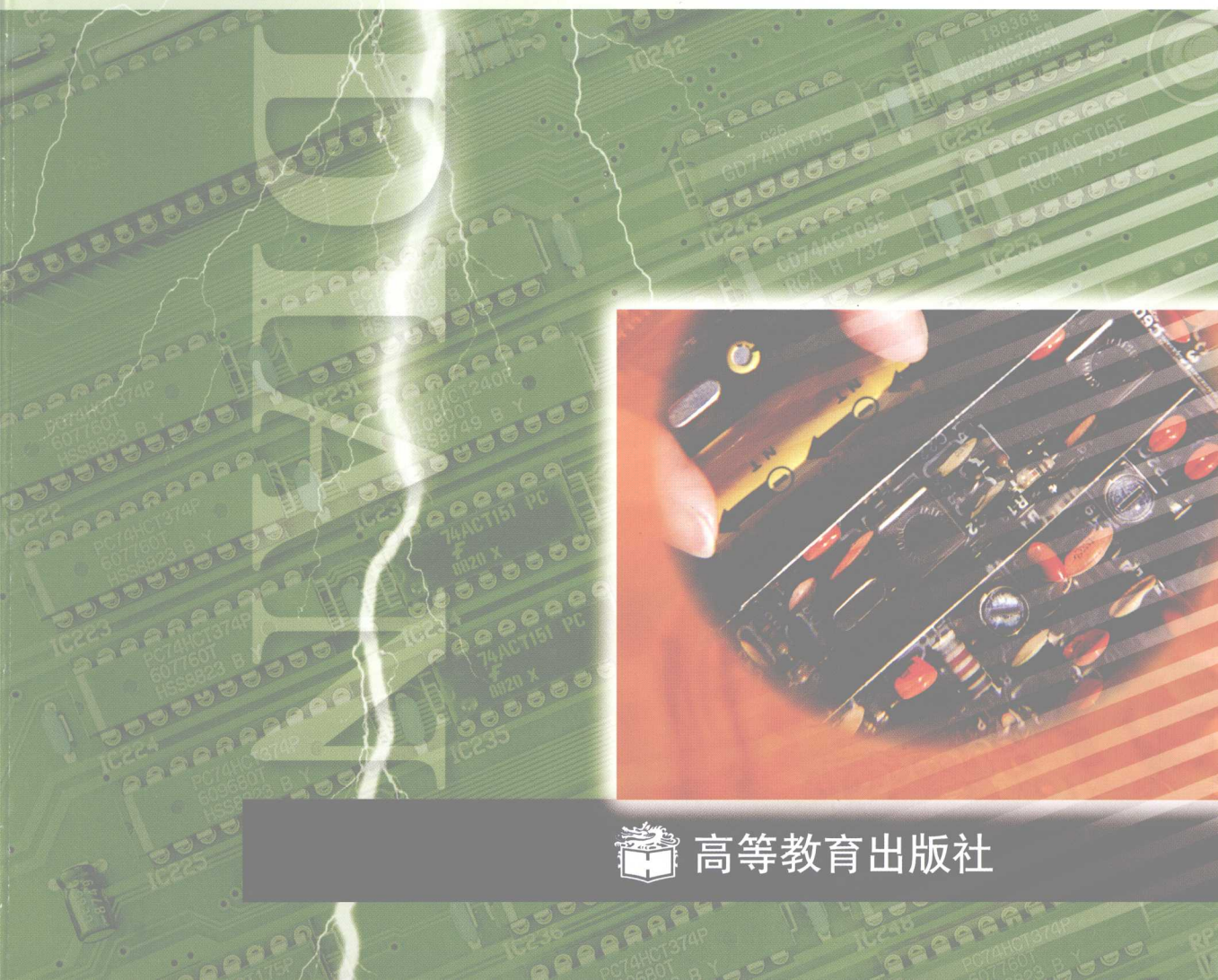
中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子产品结构工艺

第2版

(电子与信息技术专业)

主编 钟名湖



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子产品结构工艺

第2版

(电子与信息技术专业)

主 编 钟名湖
责任主审 吴锡龙
审 稿 龚维蒸

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育电子信息类国家规划教材,是根据教育部颁布的电子信息类专业教学指导方案以及相关国家职业标准和职业技能鉴定规范编写的。

全书共分9章,包括基础知识、电子设备的防护设计、电子设备的元器件布局与装配、印制电路板的结构设计及制造工艺、表面组装技术及微组装技术、电子设备的整机装配与调试、电子产品技术文件、电子产品的微型化结构、电子设备的整机结构。

本书可作为中等职业学校电子信息类专业教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品结构工艺/钟名湖主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2008.6

电子与信息技术专业

ISBN 978-7-04-023423-7

I. 电… II. 钟… III. 电子产品-生产工艺-专业学校-教材 IV. TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 059921 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李宇峰	封面设计	李卫青	责任绘图	尹 莉
版式设计	余 杨	责任校对	朱惠芳	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.75
字 数 420 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2002年6月第1版
2008年6月第2版
印 次 2008年6月第1次印刷
定 价 28.00元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23423-00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为学校选用教材提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的学校的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

第2版前言

本教材自2002年出版至今,得到了许多学校师生的厚爱,大家在使用过程中也对教材的内容提出了一些修改建议;另外,在这几年的时间里,信息技术发展,新知识、新技术、新工艺、新方法不断涌现,特别是教育部提出的关于职业教育“以服务为宗旨,以就业为导向”的办学指导思想,明确了职业教育的定位“就是在九年义务教育的基础上培养数以亿计的高素质劳动者”。因此,作者根据新时期对职业教育的要求,依托信息技术发展实际,结合兄弟学校提出的建议、意见,对教材进行了修订和完善。

1. 基于表面安装技术的广泛应用,将原“3.6 表面安装技术”及“3.7 微组装技术”扩展为“第五章 表面组装技术及微组装技术”,从材料、设备、工艺等方面,较详细介绍了表面组装技术(SMT)。

2. 欧盟议会和欧盟理事会于2003年1月颁布了RoHS指令,即在电子电气设备中限制使用某些有害物质指令,它要求在电子信息产品中,要严格限制铅(Pb)、镉(Cd)、汞(Hg)、六价铬(Cr^{6+})、多溴联苯(PBB)、多溴二苯醚(PBDE)等六种物质的使用。2006年2月28日我国有关部委颁布了《电子信息产品污染控制管理办法》作为对RoHS指令的响应,并规定实施日期为2007年3月1日。作为电子产品工艺人员、生产人员,了解、熟悉有关RoHS内容及我国的污染控制管理办法十分必要,因此,在第一章中增加了“1.5 电子信息产品有毒有害物质污染控制管理办法及有关文件”。

3. 根据职业教育“双证”要求,在内容安排上充分考虑了考工要求,并将《电子设备装接工国家职业标准》和《印制电路板制作工国家职业标准》中的内容有机地融入了教材之中。

4. 基于增强实用性,降低理论难度的要求,删除了“4.4 印制电路板的计算机辅助设计(CAD)过程简介”、“6.4 计算机辅助工艺过程设计(CAPP)”及有关理论较深的内容。

本次修订工作由南京信息职业技术学院完成,其中第7、第8章由张裕荣负责,第6章由文沛先负责,第3、第5章由舒平生负责,钟名湖负责第1、第2、第4、第9章附录并统编全书。

由于时间仓促,水平有限,尚有许多不足之处,欢迎批评指正。

编 者

2008年3月

第1版前言

本书根据2001年8月教育部制定的中等职业学校电子信息类专业3、4年制(50~70学时)《电子产品结构工艺教学基本要求》编写。本书主编参加了教学基本要求的起草和审定工作,在这一过程中,发现原有同类教材与新的教学基本要求存在一定差异。为了及时编写出与新教学基本要求配套的教材,邀请了具有丰富生产实践经验的人员一道开始了本书的编写工作。本教材现被列为面向21世纪中等职业教育国家规划教材。

本书在编写中力求体现以下特色:

1. 简洁但不零散,本书尽可能以简洁的方式把知识传授给学生,使其便于教师教,便于学生学,避免因追求简化而出现的不能自圆其说的现象,从可靠性概念入手,引入防护设计,将防护设计应用到元器件布局与部件、整机设计,教材的内容编排符合逻辑顺序。

2. 知识面宽但不深,《电子产品结构工艺》是一门综合性学科,本书仍然保留其涉及内容多、知识面广的特色,其中既有可靠性、三防、热设计、减振、电磁兼容的简单理论,又有元器件布局与组装、整机的装配与调试工艺、技术文件的编制与管理、微型化结构及整机结构方面的知识,为拓宽学生的知识面,适应将来不断变换的工作岗位创造了条件。同时,在这些理论、知识的介绍中,本书力求简——删除了以往的诸如理论创立背景、理论推导过程、过多的理论计算等,力求浅——介绍以一线工作岗位够用、就问题讲问题、不作过多的延伸。

3. 交叉但不重复,《电子产品结构工艺》与《EDA技术》、《电子整机装配实习》等教材以往存在许多内容的交叉及重复,本书在教学基本要求制定及编写大纲制订时,与上述两门课程教学基本要求的执笔者进行了广泛的讨论,征得行业指导委员会的同意,将相关的重叠内容进行了分工,使其内容介绍有交叉,但避免了过多的重复。

4. 突出“四新”但不拔高,本书注重对目前企业采用的新知识、新技术、新工艺、新方法的收集,如新列入的微组(MPT)技术、自动调试技术、电子产品结构性故障的检测与分析、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、微型化结构等均为目前结构工艺行业新近采用的先进技术,在本书中都作了介绍,同时在处理这些新知识时,尽量采用通俗易懂、大众化的语言,如微组装技术,选用的举例就是已普遍使用的手机,且不涉及其原理,仅就组装方面的知识进行介绍。

5. 突出实践并兼顾理论,本书编写以突出实践为重点,以介绍目前生产实际的结构工艺为重点,但在内容分析和方法介绍中,始终将基本理论贯穿其中,使理论与实践相得益彰。

书中打*号的为选学内容,是新的教学基本要求中的选用模块,其余内容是教学基本要求必修的基础模块和实践模块。

本书基础模块、实践模块和选修模块教学为50学时,学时分配方案建议如下,供参考。

序 号	内 容	学 时 数			
		合计	理论课	实践课时	机动
一	基础知识	2	2		

续表

序 号	内 容	学 时 数			
		合计	理论课	实践课时	机动
二	电子设备的防护设计	14	12	2	
三	电子设备的元器件布局与装配	12	8	2	2
四	印制线路板的结构设计及组装工艺	10	6	2	2
五	电子设备整机装配和调试工艺	4	4		
六	电子设备技术文件的编制	6	4	2	
七	电子产品的微型化结构	2	2		
合 计		50	38	8	4

本书基础模块、实践模块和选修模块教学为 70 学时,学时分配方案建议如下,供参考。

序 号	内 容	学 时 数			
		合计	理论课	实践课时	机动
一	基础知识	4	4		
二	电子设备的防护设计	18	14	2	2
三	电子设备的元器件布局与装配	14	10	2	2
四	印制线路板的结构设计及组装工艺	14	10	2	2
五	电子设备整机装配和调试工艺	6	6		
六	电子设备技术文件的编制	6	4	2	
七	电子产品的微型化结构	2	2		
八	电子产品的整机结构	6	4		2
合 计		70	54	8	8

本书由南京无线电工业学校钟名湖主编,济南第九职业中专陈桦、南京洛普公司张裕荣、南京无线电工业学校文沛先、王玫参编。其中陈桦编写第一章、第二章的 1、2 节,张裕荣编写第三、五、七章,文沛先编写第四、八章,王玫编写第六章,钟名湖编写第二章的第 3、4 节、第六章的第 4 节、附录并统稿。本书由南京无线电工业学校龚维蒸审稿,提出了许多宝贵的修改意见,为保证本书质量的提高起到了很好的作用,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中尚存在许多不足之处,欢迎批评指正。

				编者
				2001 年 12 月

目 录

第1章 基础知识	1
1.1 电子设备结构工艺	1
1.1.1 现代电子设备的特点	1
1.1.2 电子设备的生产工艺和结构工艺	2
1.2 对电子设备的要求	3
1.2.1 工作环境对电子设备的要求	3
1.2.2 使用方面对电子设备的要求	3
1.2.3 生产方面对电子设备的要求	5
*1.3 产品可靠性	6
1.3.1 可靠性概述	6
1.3.2 元器件可靠性与产品可靠性	9
*1.4 提高电子产品可靠性的方法	12
1.4.1 正确选用电子元器件	12
1.4.2 电子元器件的降额使用	12
1.4.3 采用冗余系统(备份系统)	13
1.4.4 采取有效的环境防护措施	13
1.4.5 进行环境试验	14
1.4.6 设置故障指示和排除系统	14
1.4.7 进行人员培训	14
1.5 电子信息产品有毒有害物质污染控制的管理办法及有关文件	14
1.5.1 欧盟《关于在电子电器设备中限制使用某些有害物质指令(RoHS)》介绍	15
1.5.2 我国应对 RoHS 的做法	16
小结	19
习题	20
第2章 电子设备的防护设计	21
2.1 电子设备的气候防护	21
2.1.1 潮湿、霉菌、盐雾的防护	21
2.1.2 金属腐蚀的防护	23
2.2 电子设备的散热	25
2.2.1 温度对电子设备的影响	25
2.2.2 热传递的基本方式	26
2.2.3 电子设备的散热及提高散热能力的措施	29
2.2.4 元器件的散热及散热器的选用	33
2.3 电子设备的减振与缓冲	38
2.3.1 振动与冲击对电子设备的危害	38
2.3.2 减振和缓冲基本原理	39
2.3.3 常用减振器的选用	42
2.3.4 电子设备减振缓冲的结构措施	45
2.4 电磁干扰及其屏蔽	48
2.4.1 电磁干扰概述	48
2.4.2 电场屏蔽	49
2.4.3 磁场屏蔽	51
2.4.4 电磁场的屏蔽	54
2.4.5 电路的屏蔽	57
2.4.6 新屏蔽方法	58
2.4.7 馈线干扰的抑制	59
2.4.8 地线干扰及其抑制	61
小结	63
习题	63
第3章 电子设备的元器件布局与装配	65
3.1 元器件的布局原则	65
3.1.1 元器件的布局原则	65
3.1.2 布局时的排列方法和要求	66
3.2 典型单元的组装与布局	67
3.2.1 整流稳压电源的组装与布局	67
3.2.2 放大器的组装与布局	69
3.2.3 高频系统的组装与布局	70
3.3 布线与扎线工艺	74
3.3.1 选用导线要考虑的因素	74
3.3.2 线束	76
*3.4 组装结构工艺	79
3.4.1 电子设备的组装结构形式	79
3.4.2 总体布局原则	80
3.4.3 组装时有关工艺性问题	80

3.5 电子设备连接方法及工艺	82
3.5.1 紧固件连接	82
* 3.5.2 连接器连接	85
3.5.3 其他连接方式	89
小结	96
习题	97

第4章 印制电路板的结构设计及制造

工艺	98
4.1 印制电路板结构设计的一般原则	98
4.1.1 印制电路板的结构布局设计	98
4.1.2 印制电路板上的元器件布线的 一般原则	100
4.1.3 印制导线的尺寸和图形	103
* 4.1.4 印制电路板设计步骤和方法	104
4.2 印制电路板的制造工艺及检测	107
4.2.1 印制电路板的制造工艺流程	107
4.2.2 印制电路板的质量检验	117
4.3 印制电路板的组装工艺	120
4.3.1 印制电路板的分类	120
4.3.2 印制电路板组装工艺的基本 要求	121
4.3.3 印制电路板装配工艺	123
4.3.4 通孔类元件印制电路板组 装工艺流程	125
小结	126
习题	127

第5章 表面组装技术与微组装技术

5.1 表面组装技术概述	128
5.1.1 表面组装技术的发展	128
5.1.2 表面组装技术的主要内容	129
5.1.3 表面组装技术的优点	130
5.2 表面组装元器件	130
5.2.1 表面组装元器件的分类	130
5.2.2 表面组装元器件的认识	131
5.2.3 表面组装元器件的包装	134
5.3 表面组装印制电路板(SMB)	136
5.4 表面组装材料	136

5.4.1 焊膏	137
5.4.2 贴片胶	139
5.4.3 助焊剂	139
5.4.4 清洗剂	140
5.4.5 其他辅料	141

5.5 表面组装工艺及设备

5.5.1 表面组装工艺流程	141
5.5.2 SMT主要工艺及设备	144

* 5.6 微组装技术简介

5.6.1 组装技术的新发展	157
5.6.2 MPT主要技术	157
5.6.3 MPT发展	157
5.6.4 微电子焊接技术	158

小结

习题

第6章 电子设备的整机装配与调试

6.1 电子设备的整机装配

6.1.1 电子设备整机装配原则与工艺	162
6.1.2 质量管理点	165

6.2 电子设备的整机调试

6.2.1 调试工艺文件	166
6.2.2 调试仪器的选择使用及布局	166
6.2.3 整机调试程序和方法	167

* 6.3 电子设备自动调试技术

6.3.1 静态测试与动态测试	170
6.3.2 MDA、ICT与FT	170
6.3.3 自动测试生产过程	170
6.3.4 自动测试系统硬件与软件	170
6.3.5 计算机智能自动检测	171

* 6.4 电子设备结构性故障的检测及分 析方法

6.4.1 引起故障的原因	172
6.4.2 排除故障的一般程序和方法	173

小结

习题

第7章 电子产品技术文件

7.1 概述	176
7.1.1 技术文件的应用领域	176

7.1.2 技术文件的特点	176	9.1.3 底座和面板	225
7.2 设计文件	178	9.1.4 导轨与插箱	227
7.2.1 电子产品分类编号	178	9.2 电子设备的人机功能要求	229
7.2.2 设计文件的种类	180	9.2.1 人体特征	230
7.2.3 设计文件的编制要求	181	9.2.2 显示器	234
7.2.4 电子整机设计文件简介	185	9.2.3 控制器	237
7.3 工艺文件	188	小结	238
7.3.1 工艺文件的种类和作用	188	习题	239
7.3.2 工艺文件的编制要求	189	附录	240
7.3.3 工艺文件的格式	193	附录1 RoHS 指令豁免条款总结 (2006.6.26)	240
小结	203	附录2 绝缘电线、电缆的型号和 用途	241
习题	203	附录3 XC76 型铝型材散热器截面 形状、尺寸和特性曲线	243
第8章 电子产品的微型化结构	205	附录4 叉指形散热器的类型、尺寸 和特性曲线	247
8.1 微型化产品结构特点	205	附录5 电子设备装接工国家职业标 准(摘录)	250
8.1.1 电子产品结构的变化	205	附录6 印制电路制作工国家职业标 准(摘录)	257
8.1.2 组装特点	206	附录7 电子设备主要结构尺寸系列 (GB/T 3047.1—1995)	267
8.2 微型化产品结构设计举例	208	参考文献	271
8.2.1 移动电话(手机)的结构	209		
8.2.2 掌上电脑的结构	214		
小结	217		
习题	218		
*第9章 电子设备的整机结构	219		
9.1 机箱机柜的结构知识	219		
9.1.1 机箱	219		
9.1.2 机柜	222		

第1章

基础知识

1.1 电子设备结构工艺

1.1.1 现代电子设备的特点

20 世纪中叶以来,电子信息技术得到迅猛发展,正在向人类生活的各个领域渗透。就电子设备来说,它广泛用于通信、广播、电视、导航、无线电定位、自动控制、遥控遥测和计算技术等方面;从电子设备的使用范围来看,在航天、航空、室内、野外、水面和水下都广为采用。因此,电子设备随着功能和用途的不同是极其多样化的。

伴随着生产和科学技术的发展,工艺革新和新材料应用,超小型化元器件和中、大规模集成电路的研制和推广,使电子设备在电路上和结构上产生巨大的变化。再加上电子设备要适应更加广泛的用途和恶劣而苛刻的工作环境,就使当代电子设备具有不同于过去的特点。这些特点可归纳为以下几方面:

1. 设备组成较复杂,组装密度大

现代电子设备多要求具有多种功能,设备组成较复杂,元器件、零部件数量多,且设备体积小,因而组装密度大。

2. 设备使用范围广,所处的工作环境条件复杂

现代电子设备往往要在恶劣而苛刻的环境条件下工作。有时要承受高温、低温和巨大温差变化;高湿度和低气压;强烈地冲击和振动;以及外界的电磁干扰等。这些都对电子设备的正常工作产生影响。

3. 设备可靠性要求高、寿命长

现代电子设备要求具有较高的可靠性和足够的工作寿命。可靠性低的电子设备将失去使用价值。高可靠性的电子设备,不仅元器件质量要求高,在电路设计和结构设计中都要作出较大的努力。

4. 设备要求精度高、多功能和自动化

现代电子设备往往要求高精度、多功能和自动化,有的还引入了计算机系统,因而其控制系统较为复杂。精密机械广泛地应用于电子设备是现代电子设备的一大特点。自控技术、计算技

术和精密机械的紧密结合,使电子设备的精度和自动化程度达到了相当高的水平。

上述电子设备的特点,只是对整体而言,具体到某种设备又各具自己的特点。由于当代电子设备具有上述特点,对电路设计和结构设计及制造工艺要求更高了,设计人员及生产制造人员充分了解电子设备的特点,对提高电子产品的性能和质量是很必要的。

1.1.2 电子设备的生产工艺和结构工艺

电子设备结构与工艺包括电子设备结构设计知识和工艺方法两方面;在电子设备设计生产中,首先是做线路的设计与计算,但任何线路的实现,都必须通过具体的结构体现出来和合理的工艺制造出来。因此,对电子设备的结构设计和工艺方法的考虑是电子设备设计工作中两个重要环节。

“结构”对零件而言,就是形状和材料;更多的情况下“结构”是对2个或2个以上有装配关系的零件而言,就是2个或2个以上的零件结合处的配合形状;对整机而言,“结构”就是指零部件的布局。因此,结构设计就是用最简的形状、合适的材料、精巧的连接、合理的布局实现其功能和性能的要求;电子产品的结构设计就是根据线路设计提供的资料(线路图和元器件资料等),在考虑设备的性能要求、技术条件后,为产品中的电子部件做适当的装配设计、电磁兼容性设计、散热设计、抗振设计和做产品的人机交互的合理布局,使之成为一部完整的设备并绘出全部工作图的过程。具体包括以下内容:

1. 材料的防护设计

恶劣使用条件下电子设备中的金属、非金属材料会发生腐蚀、老化、霉烂、性能下降等情况,通过防护设计对材料进行保护,减少设备所受侵蚀的程度。

2. 热设计

通过各种散热手段,使元器件在允许的温度下工作,确保设备正常运行。

3. 隔振与缓冲设计

为减少运输和使用过程中各种机械因素对设备性能的影响,应采取隔振与缓冲措施。

4. 电磁兼容性设计

为提高设备的抗干扰性能,以保证其电性能指标的实现,必须进行屏蔽设计与接地设计。

5. 整机结构设计

考虑设备的内部布局、整机结构形式及人机关系。

工艺工作是企业生产技术的中心环节,是组织生产和指导生产的一种重要手段。在产品的设计阶段,它的内容是确定产品的制造方案并完善生产前的技术准备工作;在产品的生产制造阶段,它的主要内容是组织指导符合设计要求的加工生产,直至出厂为止而采取的必要的技术和管理措施。工艺工作按内容可分为工艺技术和工艺管理,前者是生产实践劳动技能和应用科学研究成果的积累和总结,是工艺工作的核心;后者是对工艺工作的计划、组织、协调与实施,是保证工艺技术在生产中贯彻和发展的管理科学。工艺技术的实现和发展是由科学的工艺管理工作来保证和实现的。工艺工作将各个部门、各个生产环节联系起来成为一个完整的整体。它的着眼点就是促进每项工作操作简单、流畅、高效率、低强度。

设计和制造电子设备,除满足工作性能的要求外,还必须满足加工制造的要求,电路性能指标的实现,要通过具体的结构体现出来。电子设备是随着电子技术的发展而发展的,电子设备的

结构和构成形式也随之发生变化。初期的设备较简陋,考虑的主要问题是电路设计。到20世纪40年代,出现了将复杂设备分为若干部件,树立起结构级别的先进想法;为防止气候影响,研制出密封外壳;为防止机械过载而研制出减振器,设备结构功能进一步完善;结构设计成为电子设备设计的内容。随后,由于军用电子技术的发展和野战的需要,结构设计的内容逐步丰富起来。目前,结构设计在电子设备的设计中占有较大的比重,直接关系到电子设备的性能和技术指标(条件)的实现。电子设备结构设计和加工工艺的任务就是以结构设计为手段,保证所设计的电子设备在既定的工作环境条件和使用要求下,达到技术条件所规定的各项指标,并能稳定可靠地完成预期的功能,即保证电子设备的可靠性。

1.2 对电子设备的要求

为使电子设备具有较好的使用性能与制造工艺性能,并使其在各种工作环境下能正常可靠地工作,设计和制造电子设备时应满足相应的要求。

1.2.1 工作环境对电子设备的要求

工作环境包括气候环境、机械环境和电磁环境,它们影响着设备的性能与寿命,为减少和防止各种因素对设备的不良影响,使其能适应工作环境,对设备提出了以下要求:

1. 气候条件对电子设备的要求

- (1) 采取散热措施,保证电子设备工作温度不会过高,元器件工作温度不超过允许温度。
- (2) 采取防护措施,保证设备内的结构件、零部件不受潮湿、盐雾、大气污染等气候因素的侵蚀。对某些电子设备或部件还应采取密封措施。

2. 机械条件对电子设备的要求

- (1) 采取减振缓冲措施,保证设备内的各种元器件、零部件在外界机械条件的作用下不致损坏和失效。
- (2) 提高设备的耐振动抗冲击能力,保证其工作的可靠性。

3. 电磁环境对电子设备的要求

- (1) 采取各种屏蔽措施,使电子设备在各种干扰存在的情况下,还能有效地工作,从结构上提高电子设备的电磁兼容能力。
- (2) 通过合理的布线、电路设计和接地,从电路方面减少电磁干扰对设备的影响。

1.2.2 使用方面对电子设备的要求

电子设备的生产设计是基于使用的,应充分考虑使用方面对设备的要求。

1. 体积重量要求

电子设备正在向小型化发展,体积和重量日益减小,这是电子设备得到广泛应用的原因之一。减小设备体积和重量不但有经济意义,有时甚至起决定作用。例如军用电子设备,减小其体积重量,直接影响部队的战斗力和装备使用的灵活性,同时对减小体力消耗,提高战斗力有重要作用。研究电子设备体积重量的要求,应考虑设备的用途、运载工具、机械负荷等因素。另外,对

于生产批量很大的产品还要特别考虑经济因素。

描述电子设备体积重量的指标主要有两个:平均比重(重量体积比)和体积填充系数。平均比重是指设备的总重量与总体积之比,用 D 表示。设备的平均比重对结构设计有直接影响:当 D 为 $0.5\text{kg}/\text{dm}^3$ 时,结构设计不会遇到很大困难;当 D 为 $1.5 \sim 1.7\text{kg}/\text{dm}^3$ 时,结构设计要精心安排;当 D 为 $2 \sim 2.2\text{kg}/\text{dm}^3$ 时,结构设计要应用特殊材料(如高强度轻金属合金),高稳定性元器件和采用新工艺、新结构;当 D 达到 $2.5\text{kg}/\text{dm}^3$ 时,结构设计将很困难。体积填充系数是指设备内全部零部件、元器件的总体积与机箱(柜)内部容积的比值,它表示了电子设备的紧凑性,用 K 表示。设备的平均比重增大,体积填充系数也会提高。一般电子设备的体积填充系数约为 $0.1 \sim 0.25$;结构比较紧凑的电子设备的体积填充系数为 $0.25 \sim 0.4$;采用灌封电路的设备,体积填充系数可达 0.6 。平均比重越高,体积填充系数越大,则设备的紧凑性越好,一般希望电子设备有较高的紧凑性,但较高的紧凑性会产生一系列矛盾。

首先,紧凑性提高,受到温升限制。设备的平均比重增大,则单位体积发热量增加,为保证设备正常工作,就需要采用冷却系统,而冷却系统本身就具有一定的体积和重量,反而提高了设备的总体积和总重量。温升限制是大多数设备(尤其是大功率设备)提高紧凑性时遇到的最大困难。

其次,紧凑性提高,设备稳定度下降。尤其是超高频和高压设备,分布电容广,易产生自激和脉冲波形变坏。另外,元器件之间距离小还容易产生短路和击穿。

再次,紧凑性提高给生产时的装配和使用时的维护修理带来一定困难,降低了设备的可靠性。

最后,紧凑性高的设备,在整机结构方面要求有较高的零件加工精度和装配精度,因而提高了产品成本。

2. 操纵维修要求

电子设备的操纵性能如何,是否便于维护修理,直接影响设备的可靠性。在设备的结构设计中要全面考虑。

(1) 设备的操作

设备要操纵简单,控制结构轻便,为操纵者提供良好的工作条件。

(2) 设备的安全

设备安全可靠,有保险装置。当操纵者发生误操作时,不会损坏设备,更不能危及人身安全。

(3) 设备的填充系数

设备的体积填充系数在可能的情况下应取低一些(最好不超过 0.3),以保证元器件间有足够的空间,便于装拆和维修。

(4) 便于维修

有便于维修的结构,如采用插入式或折叠式的结构;快速装拆结构;可换部件式结构;可调元件、测试点布置在设备的同一面等。

(5) 过载保护

设备应具有过负荷保护装置(如过电流、过电压保护),危险和高压处应用警告标志和自动安全保护装置(如高压自动断路门开关)等,以确保维修安全。

(6) 监测装置

设备最好具备监测装置和故障预报装置,能使操纵者尽早发现故障或预测失效元器件,及时

更换维修。

1.2.3 生产方面对电子设备的要求

1. 生产条件对电子设备的要求

电子设备在研制阶段之后要投入生产。生产厂的设备情况、技术水平、工艺水平、生产能力、生产周期、生产管理水平等因素,都属于生产条件。电子设备如果要顺利地生产必须满足生产条件对它的要求,否则,就不可能生产出优质的产品,甚至根本无法生产。

(1) 设备中的电子元器件 设备中的零部件、元器件的品种和规格尽可能地少,技术参数、形状、尺寸应尽最大限度标准化和规格化,尽量采用生产厂以前曾经生产过的零部件或其他专业厂生产的通用零部件或产品,这样便于生产管理,有利于提高产品质量,保持产品继承性,并能降低成本。

(2) 设备中的机械元器件 设备中的机械零部件、元器件必须具有较好的结构工艺性,能够采用先进的工艺方法和流程,原材料消耗降低,加工工时短。例如,零件的结构、尺寸和形状便于实现工序自动化,以无屑加工代替切削加工,提高冲制件、压塑件的数量和比例等。

(3) 设备中使用的原材料 设备所使用的原材料,其品种规格越少越好,应尽可能地少用或不用贵重材料,立足于使用国产材料和来源多、价格低的材料。

(4) 设备的加工精度 设备(含零部件)加工精度的要求要与技术要求相适应,不允许无根据地追求高精度。在满足产品性能指标的前提下,其精度等级应尽可能的低,装配也应简易化,尽量不搞选配和修配,便于自动流水生产。

2. 经济性对电子设备的要求

电子设备的经济性包括使用经济性和生产经济性两方面内容。设备在使用、贮存和运输过程中所消耗的费用,称为使用经济性,其中维修费所占的比例最大,电源费次之。生产经济性是指生产成本,它包括生产准备费用,原材料的辅助费用,工资和附加费用、管理费用等。为提高产品的经济性。在设计阶段应考虑以下几个问题:

(1) 研究产品的技术条件,分析产品设计参数、性能和使用条件,正确制定设计方案和确定产品的复杂程度,这是产品经济性的首要条件。

(2) 由产量确定产品结构形式和生产类型。产量的大小决定着生产批量的规模,进而影响生产方式类型。

(3) 在保证产品性能的条件下,按最经济的生产方式设计零部件,在满足产品技术要求的条件下,选用最经济合理的原材料和元器件,以降低产品的成本。

(4) 周密设计产品的结构,使产品具有较好的操作维修性能和使用性能,降低设备的维修和使用费用。

* 1.3 产品可靠性

1.3.1 可靠性概述

20 世纪以来,特别是 30 年代以后,科学技术高速发展,电子设备、自动控制设备等越来越复杂,所包含的元器件也越来越多,要保证这些设备正常使用越来越困难。这就促使人们去研究如何保持产品功能而不致失效的种种问题,并逐步形成了可靠性研究的学科体系。据报道,第二次世界大战期间,美国飞机运到远东后,其机载电子设备有 60% 不能使用,这就迫使美国从 20 世纪 40 年代开始对电子设备可靠性进行研究。德国在第二次世界大战时针对 V-1 和 V-2 型导弹发射中出现的问题,也进行了可靠性问题的初步探讨。1957 年,美国发表了“军用电子设备可靠性”的重要报告,奠定了可靠性研究的研究基础。20 世纪 60 年代后,可靠性普及到质量统计和质量管理中,现在可靠性更上升到质量保证体系,其地位日趋重要。

1. 可靠性的概念

可靠性是指产品在规定的时间内和规定的条件下,完成规定功能的能力。可靠性的概念包含三层含义:首先,产品的可靠性是以“规定的条件”为前提的。所谓“规定的条件”是指在规定的时间内产品使用时的应力条件及完成规定任务所规定的时间。规定条件不同,产品可靠性不同。例如,一般半导体器件使用时的输出功率越小,其可靠性越高。又如,同一台电子设备在实验室中使用和在野外使用,可靠性相差很大,环境条件越恶劣,设备的可靠性越低。其次,产品的可靠性与“规定的时间”密切相关。一般说来,产品经过一个老化时间后,有一个较长时间的稳定使用期,以后,随着时间的推移,稳定性逐渐下降,可靠性降低。时间越长,可靠性越低。最后,产品的可靠性是用完成“规定的功能”来衡量的。这里所谓功能是指产品的全部功能,而不是其中一部分。产品只有完成规定的全部功能,才被认为是可靠的。

产品的可靠性是产品质量的一个重要方面,通常所说的产品质量好,包含两层意思:一是达到预期的技术指标,二是要在使用中很可靠。根据研究的具体对象,应对电子产品的使用条件、使用时间、功能和失效做出具体规定。

产品的可靠性是用概率来表示的。产品在使用过程中,常常因为各种偶然因素,如元件的突然损坏、应力(电负荷、温度、机械影响等)突变、维护或使用不当等的影响而失效,即某一具体产品的失效具有偶然性。但是,大量偶然事件中包含规律性,是必然的。可以用概率的方法来表示随机事件发生的可能性大小。即虽无法确切地知道产品出现失效的时间,但可以求出产品在规定时间和条件下完成规定功能的可能性。

2. 可靠性的主要指标

电子产品功能的发挥,在很大程度上取决于产品可靠性的高低。在可靠性理论中,描述可靠性的特征量有许多种,这里给出可靠性的最基本的几个指标。

(1) 可靠度(不失效率)

可靠度是指产品在规定条件下和规定时间内完成规定功能的概率。显然,可靠度是可靠性的定量表示。通常用 $R(t)$ 表示。

$$R(t) = \frac{N-n}{N} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中 $R(t)$ ——产品在时间 t 内正常工作的概率;

N ——试验样品数;

n ——规定时间 t 内的故障数;

$(N-n)$ ——规定时间 t 内仍然完好的产品数。

可靠度的物理意义是:到某个试验期时,仍然完好的产品数与试验产品总数的比例,即完好产品(不失效)的概率。试验样品按规定抽取,不可能无穷多,有足够数量即可。

在式(1.1)中,当 $t=0$ 时,表示产品试验或工作初期, $R(0)=1$, 表示产品全部完好;当 $t=\infty$, 即产品试验或工作了无穷长时间, $R(\infty)=0$, 表示产品全部达到寿命终止期。显然, $0 \leq R(t) \leq 1$, $R(t)$ 越接近 1, 表示可靠度越大。

(2) 故障率

故障率是指产品在规定的条件和规定的时间内,失去规定功能的概率。通常用 $F(t)$ 表示。

$$F(t) = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (1.2)$$

$F(t)$ 越接近 1, 表示产品故障率越高。 $F(t)$ 与 $R(t)$ 是对立事件, 二者的关系是:

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (1.3)$$

(3) 失效率(瞬时失效率)

失效率是指产品工作到 t 时刻后的一单位时间内的失效数与在 t 时刻尚能正常工作的产品数之比。用 $\lambda(t)$ 表示, 即

$$\lambda(t) = \frac{n(t+\Delta t) - n(t)}{[N - n(t)] \Delta t} \quad (1.4)$$

式中

N ——试验样品数;

$n(t)$ ——时间从 0 到 t 时的失效数;

$n(t+\Delta t)$ ——时间从 0 到 $(t+\Delta t)$ 时的失效数;

$n(t+\Delta t) - n(t)$ —— t 时刻后, 在 Δt 时间间隔内的失效数;

$N - n(t)$ ——时刻 t 时尚能正常工作的产品数。

失效与产品的可靠度有密切联系。一般情况下, 当 λ 为常数时, 失效率 λ 与可靠度 $R(t)$ 满足

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1.5)$$

即失效率越低, 可靠度越高。 $\lambda(t)$ 用单位时间的百分数表示, 用 $1 \times 10^{-6}/1000 \text{ h}$ (或 $1 \times 10^{-9}/\text{h}$) 作为失效率单位, 即一百万个元件工作 1 千小时后出现一个失效元件, 称为 1 菲特。失效率等级划分见表 1.1。

(4) 平均寿命(平均正常工作时间)

平均寿命是指产品正常工作的平均时间; 对不可修复产品, 是指产品失效前的平均工作或储存时间; 对可修复产品, 平均寿命是指相邻两次故障间的平均时间。平均寿命可表达为:

$$t = \sum t_i / N$$

式中 t ——平均寿命;

$\sum t_i$ ——试验样品数正常工作时间之和;