

21世纪高职高专规划教材 电气、自动化、应用电子技术系列

范泽良 龙立钦 编著
邵良成 主审

电子产品装接工艺

清华大学出版社

21世纪高职高专规划教材 电气、自动化、应用电子技术系列

电子产品装接工艺

范泽良 龙立钦 编著
邵良成 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

电子产品的质量一方面取决于电子技术;另一方面取决于电子产品的装接工艺。本书从最基础的工艺知识入手,结合当前广泛应用的装接工艺,循序渐进地介绍了电子产品的工艺技术,由此来提高读者对电子产品装接工艺的实际应用能力。全书共12章,内容不仅包括电子产品装接工艺的基础知识,装接常用工具和仪器仪表的使用方法,电子材料与元器件,印制电路板的设计与制造,装配的准备工艺,电子产品的装联、焊接、装配、组装技术,调试工艺以及电子产品技术文件等,还设置了万用表装调实例,帮助读者对全书主要内容进行巩固。另外,书中的部分章节配有相应的实训项目,供读者选用。

本书没有较深的理论知识,主要侧重于工艺过程的详细讲解,读者只需具备基本的电路理论和电子技术知识就可以轻松阅读。本书适合作为职业院校电子、信息类专业的专业基础课教材和“无线电装接工”技能的培训教材,也可供电子类相关专业的学生以及相关的从业人员参考使用。

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

电子产品装接工艺/范泽良,龙立钦编著. —北京:清华大学出版社,2009.1

21世纪高职高专规划教材. 电气、自动化、应用电子技术系列

ISBN 978-7-302-18793-6

I. 电… II. ①范… ②龙… III. 电子产品—生产工艺—高等学校:技术学校—教材
IV. TN05

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第165341号

责任编辑:胡连连 朱怀永

责任校对:袁 芳

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

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 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.5 字 数:490千字

版 次:2009年1月第1版 印 次:2009年1月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:30.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:030361-01

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来源于教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;

(4) 教材编写者由具有丰富教学经验和多年实践经验的教师共同组成,建立“双师型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

国际商务系列

• 服务类

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgztup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

高职高专教育教材编审委员会

当前,电子技术飞速发展,各种新器件、新电路、新技术、新工艺不断涌现,使得电子产品的设计、生产发生了巨大的变化。这就要求相关的从业人员必须具备一定的理论知识和实践经验,掌握先进的工艺技术。编写本教材的目的,就是为了培养懂理论、有技术、在生产一线工作的应用型人才。

该教材在编写过程中,依据国家关于普通高等教育“十一五”规划教材的指导精神,力求落实“突出实用性、强调工具性、体现先进性”的原则,尽量使书中的内容能够融传授知识、发展能力、提高素质为一体。针对高职教育的特点,理论知识以讲明、够用为度,突出专业知识的实用性、实际性和实效性。本书的编写大量参照了工厂、企业的生产过程,同时也充分考虑了学校教学的特点和学生今后工作岗位的多样性,将实践与理论有机结合在一起。

全书共 12 章,内容结构如下。

第 1 章:介绍了电子产品的特点,以及对电子产品的基本要求。叙述了电子产品的可靠性、气候因素的防护、机械因素对电子产品的影响以及电磁干扰的屏蔽等。

第 2 章:主要介绍在电子产品装接中的常用工具和检测中常用的仪器仪表的基本知识和使用方法。

第 3 章:简明扼要地介绍了电子材料的基本性能,元器件的基本性能和检测方法。其中,详细地讲解了表面组装元件。

第 4 章:主要介绍了印制电路板的基本概念和设计方法,简述了计算机辅助设计的相关知识。对印制电路板的制造工艺过程和方法进行了详细讲解。

第 5 章:详细讲解了各类导线、电缆的加工工艺和元器件引脚成型知识。

第 6 章:讲解了螺装、铆装、粘接、导线连接、印制电路板连接的工艺过程。

第 7 章:详细介绍了手工焊接、浸焊、波峰焊、再流焊的基本概念及工艺过程,同时对免洗焊接、无铅焊接、无锡焊接方法进行简明扼要的叙述,并结合实际对拆焊进行介绍。

第8章:介绍了电子产品组装、导线和电子元器件的安装等内容。对整机组装的结构形式、整机组装工艺流程及其质量检查进行了详细叙述。

第9章:讲解表面组装技术(SMT)的基本概念及工艺流程,对表面组装的涂布设备、贴装设备(贴装机)进行了介绍,并阐述了涂布和贴片的基本知识。

第10章:讲述了电子产品调试的内容、方法、步骤和故障的检修,介绍了产品质检的必要性和质检的内容,最后还对调试中用电安全的基本知识和事故处理进行详细的叙述。

第11章:介绍了电子产品技术文件、设计文件和工艺文件的基本概念和格式。

第12章:结合MF—47A型万用表,介绍了万用表的结构特点、组装及调试过程。通过装调过程的学习,让读者掌握锡焊技术的工艺要领及万用表的组装与调试方法。

各章习题均按照填空题、选择题、判断题和综合题的格式编写,既便于读者从细节到整体把握各章内容,又便于任课教师随机抽选,组合成测验试题,便于教学。部分章节后配有实训项目,均为编者在教学中常用的、成熟的项目,供读者选用。同时,为便于教学,教材配有电子教案和各章的习题答案,有此需要的读者可在清华大学出版社网站上免费下载。

本书没有较深的理论知识,主要侧重于工艺过程的详细讲解,读者只需具备基本的电路理论和电子技术知识就可以轻松阅读。本书既适用于职业技术学院电子、通信类专业作为教学之用,又可作为无线电装接工技能鉴定的培训教材,同时,也可供工厂、企业相关技术人员学习参考。

本书由贵州电子信息职业技术学院的范泽良组织编写,负责全书的统稿以及最终定稿工作,并编写了第2、4、5、10、12章以及附录C、D。龙立钦对全书的编写大纲及书稿的部分章节进行了审核,并编写第1、3、7、9、11章。杨妮编写第6章及附录A。唐素霞编写第8章及附录B。贵州电子信息职业技术学院的邵良成副院长负责全书的主审,从教材编写大纲到语句使用都进行了详细的审阅,并结合职业教育的特点,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,广泛征求了职业院校相关教师的意见,同时也参阅了许多同行的论著,在此一并致谢。

由于电子产品装接工艺发展迅速,加之编者水平有限,疏漏和不足之处在所难免,恳请广大读者予以指正。

编者

2008年10月

CONTENTS

目录

第1章 电子产品装接工艺基础 1

1.1 对电子产品的基本要求 1

1.1.1 电子产品的特点 1

1.1.2 电子产品的工作环境要求 1

1.1.3 电子产品的生产要求 2

1.1.4 电子产品的使用要求 2

1.2 电子产品的可靠性 3

1.2.1 可靠性的基本概念 3

1.2.2 提高电子产品可靠性的措施 6

1.3 电子产品的防护 6

1.3.1 电子产品对气候因素的防护 6

1.3.2 电子产品的散热及防护 9

1.3.3 电子产品对机械因素的防护 11

1.3.4 电磁干扰的屏蔽 13

本章小结 16

习题1 16

第2章 装接常用工具和仪器仪表的使用 18

2.1 常用工具的使用 18

2.1.1 紧固工具 18

2.1.2 剪切工具 20

2.1.3 钳口工具 21

2.1.4 焊接工具 23

2.2 万用表 27

2.2.1 指针式万用表 27

2.2.2 数字万用表 30

2.3 直流稳压源 32

2.3.1 稳压源的基本原理 32

2.3.2 稳压源的使用方法 32

2.4 信号源	33
2.4.1 低频信号发生器	34
2.4.2 高频信号发生器	35
2.5 示波器	36
2.5.1 示波器的基本原理	36
2.5.2 示波器的使用方法	38
2.6 电子电压表	40
2.6.1 电子电压表的基本原理	40
2.6.2 电子电压表的使用	40
本章小结	42
习题 2	43
第 3 章 电子材料与元器件	45
3.1 电子材料	45
3.1.1 导电材料	45
3.1.2 绝缘材料	46
3.1.3 半导体材料	48
3.2 R 、 L 、 C 元件	50
3.2.1 电阻器	50
3.2.2 电感器	55
3.2.3 电容器	58
3.3 半导体器件	61
3.3.1 二极管	61
3.3.2 三极管	62
3.3.3 场效应管	63
3.4 集成电路	64
3.4.1 集成电路的基本特性	64
3.4.2 集成电路的基本类型	64
3.4.3 集成电路的选择和使用	66
3.5 表面组装元器件	66
3.5.1 表面组装元器件的特性	66
3.5.2 表面组装元器件的基本类型	67
3.5.3 表面组装元器件的选择与使用	72
3.6 其他常用器件	72
3.6.1 压电器件	72
3.6.2 电声器件	74
3.6.3 光电器件	76
本章小结	77

习题 3	78
实训项目：电子元件的检测	79
第 4 章 印制电路板设计与制造	83
4.1 印制电路板的基础知识	83
4.1.1 印制电路板的类型与特点	83
4.1.2 覆铜板	84
4.1.3 印制焊盘	85
4.1.4 印制导线	87
4.2 印制电路板的设计	89
4.2.1 印制电路板的设计内容和要求	89
4.2.2 印制电路板的布局	90
4.2.3 印制电路板的设计过程与方法	91
4.2.4 印制电路板的计算机辅助设计简介	94
4.3 印制电路板的制造工艺	95
4.3.1 印制电路板的制造过程	96
4.3.2 单面板、双面板的生产工艺	103
4.3.3 多层印制电路板的生产工艺	106
4.3.4 挠性印制电路板	108
4.3.5 印制电路板的质量检验	108
4.4 印制电路板的手工制作	110
4.4.1 涂漆法	110
4.4.2 贴图法	111
4.4.3 刀刻法	112
4.4.4 感光法	112
4.4.5 热转印法	113
本章小结	113
习题 4	114
实训项目：印制电路板的手工制作	115
第 5 章 装配准备工艺	118
5.1 导线的加工工艺	118
5.1.1 绝缘导线的加工工艺	118
5.1.2 线扎的加工工艺	123
5.1.3 屏蔽导线的加工工艺	127
5.2 浸锡工艺	132
5.2.1 芯线浸锡	132

5.2.2 裸导线及焊片浸锡	133
5.2.3 元器件引线浸锡	133
5.3 元器件引脚的成型工艺	134
5.3.1 成型的基本要求	134
5.3.2 成型的方法	136
本章小结	137
习题 5	138
实训项目: 手工浸锡练习	139
第 6 章 电子产品装联技术	142
6.1 紧固件连接技术	142
6.1.1 螺装技术	142
6.1.2 铆装技术	145
6.2 粘接技术	147
6.2.1 粘合剂简介	147
6.2.2 粘合机理与粘接工艺	148
6.3 导线连接技术	151
6.3.1 导线简介	151
6.3.2 导线连接工艺	154
6.4 印制连接技术	157
6.4.1 印制连接的特点	157
6.4.2 焊接的分类	159
6.4.3 焊接机理	161
本章小结	163
习题 6	164
第 7 章 焊接技术	166
7.1 手工焊接技术	166
7.1.1 手工焊接方法	166
7.1.2 手工焊接的技巧和注意事项	170
7.2 自动焊接技术	174
7.2.1 浸焊(Dip Soldering)	174
7.2.2 波峰焊(Wave Soldering)	176
7.2.3 再流焊(Reflow Soldering)	179
7.2.4 免洗焊接技术	182
7.3 无铅焊接技术	183
7.3.1 无铅焊料	183

7.3.2 无铅焊接技术·····	184
7.4 无锡焊接·····	184
7.4.1 压接·····	184
7.4.2 绕接·····	185
7.5 拆焊·····	186
7.5.1 拆焊的原则与要求·····	186
7.5.2 拆焊的方法·····	187
本章小结·····	189
习题7·····	189
实训项目:手工焊接练习·····	191
第8章 电子产品装配工艺 ·····	193
8.1 装配工艺技术基础·····	193
8.1.1 组装特点及技术要求·····	193
8.1.2 组装方法·····	194
8.2 电子元器件的安装·····	195
8.2.1 导线的安装·····	195
8.2.2 常规元器件的安装·····	199
8.2.3 特殊元器件的安装·····	201
8.3 整机组装·····	205
8.3.1 整机组装的结构形式及工艺要求·····	205
8.3.2 整机组装工艺·····	208
8.4 微组装技术简介·····	213
8.4.1 微组装技术的基本内容·····	213
8.4.2 微组装技术层次的划分·····	213
本章小结·····	214
习题8·····	215
实训项目:元件安装和整机装配训练·····	216
第9章 表面组装技术(SMT) ·····	218
9.1 概述·····	218
9.1.1 SMT工艺发展·····	218
9.1.2 SMT的工艺特点·····	220
9.1.3 SMB(表面组装印制电路板)·····	221
9.2 表面组装技术与工艺·····	223
9.2.1 表面组装技术与工艺组成·····	223
9.2.2 组装方式·····	224

9.2.3 组装工艺流程·····	225
9.3 表面组装设备·····	227
9.3.1 涂布设备·····	227
9.3.2 贴装设备·····	230
9.4 SMT 焊接工艺·····	236
9.4.1 SMT 焊接方法与特点·····	236
9.4.2 SMT 焊接工艺·····	237
9.4.3 清洗工艺技术·····	239
本章小结·····	241
习题 9·····	241
实训项目: SMC/SMD 的手工焊接·····	243
第 10 章 电子产品调试工艺 ·····	247
10.1 概述·····	247
10.1.1 调试工作的内容·····	247
10.1.2 调试方案的制订·····	248
10.2 调试仪器·····	249
10.2.1 调试仪器的选择·····	249
10.2.2 调试仪器的配置·····	250
10.3 调试工艺技术·····	250
10.3.1 调试工作的一般程序·····	250
10.3.2 静态调试·····	254
10.3.3 动态调试·····	256
10.3.4 自动测试技术简介·····	259
10.4 整机质检·····	260
10.4.1 质检的基本知识·····	261
10.4.2 验收试验·····	261
10.4.3 例行试验·····	262
10.5 故障检修·····	264
10.5.1 故障检修的一般步骤·····	264
10.5.2 故障检修的方法·····	265
10.6 安全用电·····	270
10.6.1 安全用电常识·····	270
10.6.2 调试安全措施·····	273
10.6.3 触电急救措施·····	275
本章小结·····	276
习题 10·····	277
实训项目: 整机性能测试·····	279

第 11 章 电子产品技术文件	283
11.1 设计文件	283
11.1.1 设计文件的分类	283
11.1.2 设计文件的组成与格式	284
11.1.3 常用设计文件介绍	288
11.2 工艺文件	291
11.2.1 工艺文件的概述	291
11.2.2 工艺文件的编制	293
11.2.3 常见工艺图表简介	295
本章小结	297
习题 11	298
实训项目: 技术文件的绘制	299
第 12 章 万用表装调实例	300
12.1 万用表电路原理	300
12.1.1 万用表的组成	300
12.1.2 测量电路	301
12.2 万用表的整机装配	304
12.2.1 元器件的选用	304
12.2.2 万用表装配过程	305
12.3 万用表的调试	313
12.3.1 调试	313
12.3.2 电路故障的分析	315
本章小结	316
习题 12	317
附录 A 常规元件的型号及命名	319
附录 B 半导体器件的型号及命名	321
附录 C 电工仪表代表符号的含义	323
附录 D 电子电气设备的常用文字符号	324
参考文献	327

电子产品装接工艺基础

【本章要点】 本章主要介绍电子产品的特点,以及对电子产品的基本要求;叙述电子产品的可靠性及提高可靠性的措施;分别介绍了气候因素、机械因素、电磁波干扰等对电子产品的影响和相应的防护措施。

1.1 对电子产品的基本要求

1.1.1 电子产品的特点

电子产品是利用电子技术和电子工艺将电子元器件等组装而成的产品。由于电子技术的飞速发展,工艺手段的不断进步,新材料的不断涌现,特别是电子产品的广泛使用,使电子产品区别于其他产品具有许多独有的特点。这些特点可归纳为以下几个方面。

① 电子产品具有“轻、薄、短、小”的特点。电子技术和电子工艺发展迅速,为了不断满足人们对电子产品的实际需要,电子产品的结构向“轻、薄、短、小”的方向发展。

② 可靠性高。电子产品使用广泛,目前已广泛应用于国防、科研、工业生产以及日常生活等各个领域,并且应用于高空、地下、沙漠、海洋作业。因此,对电子产品的可靠性要求非常高。

③ 精度高。国防、科研和生产,都需要高精度的控制。例如,导弹的控制精度就影响着导弹是否命中目标。所以,对电子产品的精度要求非常高。

④ 结构复杂。电子产品不但具有“轻、薄、短、小”的特点,而且,功能强大、用途广。比如,现在的手机不但外形美观、小巧玲珑、图像清晰、声音洪亮、待机时间长,而且,还有拍照、播放音乐、播放电影等功能。因此,其内部结构和电路非常复杂。

1.1.2 电子产品的工作环境要求

电子产品所处的工作环境多种多样,气候条件、机械作用力和电磁干扰是影响电子产品的主要因素。

1. 气候条件对电子产品的影响

气候条件主要包括温度、湿度、气压、盐雾、大气污染、灰尘沙粒及日照等因素。它们对产品的影响主要表现在使电子产品性能下降、温升过高、运动部位不灵活、结构损坏,甚

至不能正常工作。为了减少和防止这些不良影响,可采取如下措施。

① 采取散热措施,限制电子产品工作时的温升过高,保证在最高工作温度条件下,电子产品内部的元器件承受的温度不超过其最高极限温度。

② 采取各种防护措施,防止潮湿、盐雾、大气污染等气候因素对电子产品内元器件及零部件的侵蚀和危害,延长其工作寿命。

2. 机械条件对电子产品的影响

机械条件是指电子产品在使用和运输过程中,所受到的振动、冲击、离心加速度等机械作用。它对电子产品的影响主要是元器件损坏失效或电参数改变、结构件断裂或变形过大、金属件的疲劳等。为防止机械作用对电子产品产生不良影响,对电子产品提出以下要求。

① 采取减振缓冲措施,确保产品内的电子元器件和机械零部件在受到外界强烈震动和冲击下不致变形和损坏。

② 提高电子产品的耐冲击、耐振动能力,保证电子产品的可靠性。

3. 电磁干扰对电子产品的影响

电子产品工作的周围空间充满了由于各种原因所产生的电磁波,容易造成外部及内部干扰。电磁波干扰的存在,使电子产品输出噪声增大,工作不稳定,甚至完全不能正常工作。

为了保证电子产品在电磁干扰的环境中能正常工作,要求采取各种屏蔽措施,提高电子产品的抗电磁干扰能力。

1.1.3 电子产品的生产要求

生产厂的设备情况,技术和工艺水平,生产能力和生产周期,以及生产管理水平等因素都属于生产条件。产品要顺利地投产,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,甚至根本无法投产。

生产条件对产品的要求,一般有三个方面。

① 产品中的零件、部件、元器件的品种和规格应尽可能少,尽量使用通用零部件、标准件。因为这样便于生产管理,有利于提高产品质量并降低成本。

② 产品所使用的原材料,其品种规格越少越好,尽可能少用或不用贵重材料,尽量使用来源多、价格低的材料。

③ 产品(含零部件)的加工精度和技术条件要求要相适应,不要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低,装配也应简易化,力求减少装配工人的体力消耗,这样也便于流水生产。

1.1.4 电子产品的使用要求

1. 电子产品的体积与重量

电子产品能得以广泛使用的重要原因之一就是体积小、重量轻。因此,减小产品的体积和重量具有非常重要的意义。

产品体积小、重量轻的优点具体体现在：便于携带和操控；降低运输成本；减少机械损伤（因为 $F=ma$ ，当其质量减小时，如果施加的加速度一定，则对产品的破坏力就会相应减小）；节省原材料消耗。对于生产批量很大的产品，假如产品的体积或重量降低一点，批量生产中所降低的费用也将是非常可观的。

2. 电子产品的操作与维修

电子产品的操作性能如何，是否便于维护修理，直接影响到产品的可靠性。因此，在结构设计时必须全面考虑产品的操作性能和维修要求。

(1) 电子产品的操作要求

- ① 应使操作者操作方便、舒适。
- ② 电子产品的操作要求要简单，能尽快进入工作状态。
- ③ 电子产品要求安全、可靠。当操作者发生错误操作时，不会损坏电子产品，更不会危及人身安全。

- ④ 控制机构要求轻便，尽可能减少操作者的体力消耗。

(2) 电子产品的维修要求

- ① 电子产品要求结构简单、方便拆装，元器件便于更换。
- ② 可调元件、测试点应便于调整和测试；经常更换的元器件以及易损元件要求便于拆装。
- ③ 元器件的组装密度不宜过大，保证元器件之间有足够的空间，便于拆装和维修。
- ④ 电子产品应具有过载保护装置，危险和高压处应设有警告标志，确保维修安全。
- ⑤ 电子产品要求具备监测装置和故障预报装置，方便操作者尽早发现故障并及时维修，从而缩短维修时间并防止大故障出现。

1.2 电子产品的可靠性

1.2.1 可靠性的基本概念

可靠性是反映任何产品，包括电子产品质量好坏的综合性指标，了解、掌握和使用可靠性技术，不仅与设计、研制、生产有密切关系，而且对产品的使用、保管和维修也同样重要。

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；二是在使用过程中很可靠。如果产品的技术指标先进，但可靠性差，也就失去了实际使用价值。

产品的可靠性与“规定的条件”分不开。规定的条件包括使用时的应力条件（电气的和机械的）、工作环境和维护条件、储存条件等。规定的条件不同，产品的可靠性也不同。