



银领工程系列

# 电子产品 制造工艺

王卫平 陈粟宋 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

银领工程系列

# 电子产品制造工艺

王卫平 陈粟宋 主编

高等教育出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

电子产品制造工艺/王卫平,陈粟宋主编. —北京:  
高等教育出版社, 2005. 9

ISBN 7-04-017633-5

I. 电... II. ①王... ②陈... III. 电子产品-生产  
工艺 IV. TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 104387 号

|      |     |      |     |      |     |      |     |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 策划编辑 | 孙 杰 | 责任编辑 | 刘 洋 | 封面设计 | 王凌波 | 责任绘图 | 尹 莉 |
| 版式设计 | 范晓红 | 责任校对 | 杨雪莲 | 责任印制 | 韩 刚 |      |     |

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 100011  
总 机 010-58581000

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>

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>

开 本 787×1092 1/16  
印 张 21.75  
字 数 520 000

版 次 2005 年 9 月第 1 版  
印 次 2005 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 39.80 元(含 2 张光盘)

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 17633-00



## 内容简介

本书是为适应高等职业教育的发展需要而编写的,以培养对先进制造技术具有真知灼见的技能型人才为宗旨,“实用”是内容选择的依据,“够用”是理论深度的标准。它针对电子产品制造企业的技术发展及岗位需求,注重描写电子产品制造流程中的几个主要环节:装配、焊接、调试和质量控制,详细介绍电子制造业技能型人才应该掌握的基本知识——SMT工艺中的印刷、贴片、焊接(包括当前的工艺热点无铅焊接)、检测技术及相关工具设备(如ICT、AOI、BGA植球器等)的调试与使用;生产过程的防静电问题;作为检验人员应该熟悉的知识与方法;作为工艺人员编写工艺文件、管理技术档案的知识;为企业出口产品而参加各种认证的工作等。全书共八章,每章后均附有专业英语词汇索引及思考与习题。

本书的另一个重要特点是随书发行的DVD教学影片,包括电子元器件、电路板的装配与焊接、印制板的制造技术和现代电子产品的制造过程4部分,共240分钟的内容。选择了学生们熟悉的产品——笔记本电脑、台式计算机、彩色电视机、移动电话(手机)、多媒体音箱、家用空调作为生产对象,把这些产品的制造过程以及国内最先进的PCB制造、SMT组装、数码产品生产等工艺技术成果现场拍摄下来,配合高质量的动画、解说与背景音乐解析技术细节,使教学变得生动、直观,能够极大地提高学生的专业兴趣和学习积极性。DVD教学影片作为本书的组成部分,解决了制造设备投资巨大和正规企业难以接受参观、实习的问题,对实训环境下可能遇到的操作问题,提出解决方案,对国内高校传统的电子工艺实训具有普遍推广的意义。

教材和影片可作为开设电子工艺技术课程或实训的高职高专院校电子类专业及相关专业的教材,也可以用于电子制造企业培训不同层次的工程技术人员和技术工人。

## 出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007 年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自 2001 年 10 月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才。这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校开办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社  
2004 年 9 月

## 序

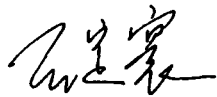
《电子产品制造工艺》是一本紧贴我国新型工业化与科技创新的发展需求、为电子制造业培养技能型人才的教材,能够在我国的高职高专人才培养战略中发挥独特的作用。

以培养对先进制造技术具有真知灼见的技能型人才为宗旨,以“实用”作为选择内容的依据,以“够用”作为深度的标准是本书的特点。它针对电子产品制造企业的技术发展及岗位要求,注重描写产品制造流程中的几个主要技术环节,使在校学生更加接近理论教学的目标,使技能型人才的培养更加具体。

随书发行的 DVD 教学影片是本书的又一个特色。虽然高职高专院校对于建设电子工艺实训基地的概念是明确的,但由于资金所限,投资规模、专业覆盖范围、设备和产品的选择都有限,难以取得综合的实训效果。而企业由于自身生产的特点,大多不便于安排学生培训与实习。在这种情况下,用在生产现场拍摄的真实镜头配合高质量的动画、解说分析技术细节,进行直观的视频教育,就具有特别的效果。这里,作者以其独特的专业视角和教育理念,对我国的高等教育教材编写做出了突破性的尝试,这种尝试是成功的。

我国制造业中有数千万劳动者。面对全球化的大格局,市场竞争日趋激烈,对劳动力、人才的素质要求在不断提升。好戏源于好的剧本,优秀的人才需要优秀的教材。北京联合大学王卫平老师主编的《电子产品制造工艺》就是一本优秀的教材,在它即将出版之际,希望有更多的优秀教材面世。

国务院参事、科技部原秘书长



2005 年 8 月 8 日

# 前 言

《电子产品制造工艺》是为适应职业教育的需要而编写的。十年来,高等职业教育已经在我国的高等教育中占有了“半壁江山”,成为重要的组成部分,为我国高等教育的大众化、普及化做出了贡献。这十年,也是我国经济取得巨大发展的重要阶段,我国的电子产品制造业已经成为世界性的加工厂。

目前,我国电子产品制造业的规模已经足够宏大,但大部分企业还停留在来料加工和零件组装的水平,只能生产低端电子产品,这与我国劳动者的平均文化素质、职业素质和技能素质相对较低不无关系。改变这种局面,是我国高等职业教育的历史责任。

“电子产品制造工艺”是一门实践性极强的电子类专业的基础课程,我们希望,这本立足于我们对电子产品制造业的熟知与热忱,凝结了我们在教学实践中的思考、探索、尝试与甘苦的作品,能够得到广大学生与教师的欢迎。

《电子产品制造工艺》是一本目的明确的教材,我们希望学生在阅读本书的时候,把电子类理论教学的目的展现出来——学习理论完全是为了使用知识,为了制造电子产品;我们希望学习本书的学生通过电子工艺实训,拉近抽象的理论符号与真实元器件、材料和产品之间的距离,获得对制造业接近真实的感受。

本书是广东顺德职业技术学院和北京联合大学师范学院合作的产物,参加编写的教师大多一直在一线从事电子工艺教学工作,现代化电子产品制造企业的技术发展和岗位需求决定了书中内容的取舍与描述。几年里,我们在电子类实践教学进行了艰苦的探索,有下面一些感悟:

使学生懂得在做事中学会做人,在做人中学会做事。培养高素质的高级技术人才,其实质是培养具有高层次社会道德、文化修养并掌握先进制造技术理念与技能的劳动者,必须把职业道德、职业规范和职业技能的培养有机地结合起来,学生参加电子产品制造工艺的实训,不仅作为学习者,在一定程度上也是工作者,在工作中培养他们脚踏实地、一丝不苟、团结协作的作风和敬业爱岗的精神。在IT领域内,无论计算机、通信和家用电器(消费类电子产品)专业,其最终产品的制造过程都大同小异,电子工艺人才可以说是通用型人才,又是人才市场上稀缺的专业型人才。在我们开展的电子工艺实训教学活动中,特别注意从技术上跟踪电子工艺发展的水平,慎重地选择产品对象,保证一定的技术难度和操作工作量。

既能胜任理论教学又有相当实际电子工程工艺经历、能指导实习操作的“双师型”教师队伍是职业教育的基本保证。由于各种原因使很多青年教师对电子产品制造技术的发展及应用还不够了解,我们的专业基础教学易形成“符号化”,面对“为什么要学习这些理论”的提问,常常使年轻教师们窘迫。应该切实建立校企结合的机制,使教师每隔几年有到电子企业去工作一段时间的机会,参加产品的研发与制造,积累相关理论的应用经验。这对于改变理论脱离实际的状态、把“货真价实”的知识教授给学生是非常重要的。

在教学过程中,营造企业文化氛围。我们把这门课程搬到实训车间里,在模拟真实的生产现场讲授电子工艺知识,使每一堂课都能分析、示范、训练同步进行,增强了现场感受,使学生能够

用理论指导实践,在实践中消化理论,从而对产品感觉亲切,对设备感觉熟悉。在实训车间上课,学生穿工作服,按时考勤,按行业规范、企业要求进行管理。严格的纪律约束和质量管理制度,不仅保证了实训产品的制造水平和成功率,更从心理上对学生职业素质产生影响。

理论教学内容与实训教学内容一体化。我们在编写本书的时候,以培养对先进制造技术具有真知灼见的高级技能型人才为宗旨,以“实用”作为选择内容的依据,以“够用”作为深度的标准。它不是电子工艺的百科全书,针对电子产品制造企业的技术发展及岗位需求,本书注重描写电子产品制造流程中的几个主要环节:装配、焊接、调试和质量控制,详细介绍技术人才应该掌握的基本知识——SMT工艺中的印刷、贴片、焊接(包括当前的工艺热点无铅焊接)、检测技术及相关工具设备(如ICT、AOI、BGA植球器等)的调试与使用;大生产条件下的防静电问题;作为检验人员应该熟悉的知识与方法;作为工艺人员编写工艺文件、管理技术档案的知识;为企业产品出口而参加国家或国际认证的工作等。

理论教学内容与实训教学内容一体化的另一个重要特点是随书发行的DVD教学影片,包括电子元器件、电路板的装配与焊接、印制板的制造技术和现代电子产品的制造过程4部分,共240分钟的内容。这是我们在双方院校和多家现代化电子制造企业的大力支持下历经两年精心制作的心血结晶。在DVD影片中,我们选择了学生们熟悉的产品——笔记本电脑、台式计算机、彩色电视机、移动电话(手机)、多媒体音箱、家用空调作为生产对象,把这些产品的制造过程以及国内最先进的PCB制造、SMT组装、数码产品生产等工艺技术成果现场拍摄下来,配合高质量的动画、解说与背景音乐解析技术细节,使教学变得生动、直观,极大地提高了学生的专业兴趣和学习积极性。DVD教学影片作为本书的组成部分,解决了制造设备投资巨大和正规企业难以接受参观、实习的问题,对实训环境下可能遇到的操作问题,提出解决方案。我们希望它对国内高校传统的电子工艺实训具有普遍推广的意义。

本书由王卫平、陈粟宋主编,参加编写工作的有多名教师和电子行业的资深专家:顺德职业技术学院的陈粟宋作为“电子产品制造工艺”课程的负责人,总体策划并组织了本书编写工作的讨论,为本书编写提供了有力的保证。电子工程系的梁雁农、唐瑞雪、李劲松、邱昌辉、肖文平、李亚军、吴兆垠、黎新云等参编了部分章节的初稿。北京联合大学师范学院电子信息系的王卫平统筹并改写了全部文稿,许启军负责校对全文并编写了第1章的部分初稿。北京华控技术有限公司的李熙增作为电子产品制造技术的专家,审核斟酌全文并撰写了第5章部分段落的初稿。北京出入境检验检疫局的杨华作为质量检验及产品 and 体系认证的专家,重新撰写了本书第6章部分和第8章初稿。中国电子科技集团第3研究所的吴志强为本书提供了部分技术资料和图片,参加资料及插图整理的还有莫淑梅、王小莱、李新冉、张冉、张弛。

DVD教学影片《电子产品制造技术》由顺德职业技术学院电子工程系和北京联合大学师范学院电子信息系联合制作,王卫平、陈粟宋担任制片人,王卫平担任编剧、导演,李广友担任影视技术指导,许启军担任制片主任,北京联合大学师范学院电子信息系的李晶、王萌、李彬、张曦、陈宣、何潇、王伟、白羽、武雪菲、芮瑞、许欣、夏欣然、胡越、郭迎、王征、周永刚等同学为制作影片付出了艰辛的劳动。

在本书即将出版前夕,编者在2005年“教育部高职高专教育电类基础课(电工、电子)骨干教师培训班”上对其内容进行了交流性介绍,播放了教学影片的片段,得到与会专家和教师的肯定与鼓励。在此,对在本书编写及影片制作过程中给予我们巨大帮助的专家、领导和同行致以诚



挚的感谢。

电子工艺技术发展极快,作者的水平有限,书中难免疏漏和错误,欢迎批评指正。

编者

2005年7月31日

## 郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118



# 目 录

## 第1章 电子工艺技术入门 ..... 1

### 1.1 电子工艺技术基础知识 ..... 1

#### 1.1.1 现代制造工艺的形成 ..... 1

#### 1.1.2 电子工艺研究的范围 ..... 1

#### 1.1.3 电子工艺学的特点 ..... 4

### 1.2 电子工艺在中国的发展与工艺技术教育 ..... 6

#### 1.2.1 我国电子工业的发展现状 ..... 6

#### 1.2.2 我国电子制造业的薄弱环节 ..... 6

#### 1.2.3 电子工艺学的教育培训目标 ..... 7

#### 1.2.4 电子工艺技术人员的工作范围 ..... 7

### 1.3 电子工艺操作安全知识 ..... 8

#### 1.3.1 电子工艺安全综述 ..... 8

#### 1.3.2 安全用电常识 ..... 9

#### 1.3.3 电子工艺实训操作安全 ..... 14

### 1.4 电子产品的形成与制造工艺流程简介 ..... 16

#### 1.4.1 电子产品的组成结构与形成过程 ..... 16

#### 1.4.2 电子产品生产的基本工艺流程 ..... 17

#### 1.4.3 电子企业的场地布局 ..... 19

### 本章专业英语词汇 ..... 20

### 思考与习题 ..... 20

## 第2章 从工艺的角度认识电子元器件 ..... 21

### 2.1 电子元器件的主要参数 ..... 21

#### 2.1.1 电子元器件的电气性能参数 ..... 21

#### 2.1.2 电子元器件的使用环境参数 ..... 22

#### 2.1.3 电子元器件的机械结构参数 ..... 22

#### 2.1.4 电子元器件的焊接性能 ..... 22

#### 2.1.5 电子元器件的寿命 ..... 23

### 2.2 电子元器件的检验和筛选 ..... 23

#### 2.2.1 检验 ..... 23

#### 2.2.2 筛选 ..... 24

### 2.3 电子元器件的命名与标注 ..... 25

#### 2.3.1 电子元器件的命名方法 ..... 25

#### 2.3.2 型号及参数在电子元器件上的标注 ..... 25

### 2.4 电子产品中常用的元器件 ..... 28

#### 2.4.1 电阻器 ..... 28

#### 2.4.2 电位器(可调电阻器) ..... 36

#### 2.4.3 电容器 ..... 40

#### 2.4.4 电感器 ..... 52

#### 2.4.5 机电元件 ..... 57

#### 2.4.6 半导体分立器件 ..... 70

#### 2.4.7 集成电路 ..... 74

#### 2.4.8 电声元件 ..... 80

#### 2.4.9 发光二极管 ..... 82

### 2.5 静电对电子元器件的危害 ..... 82

#### 2.5.1 静电的产生与释放 ..... 82

#### 2.5.2 静电损伤元器件的形态 ..... 83

#### 2.5.3 保管电子元器件采取的防静电措施 ..... 84

### 本章专业英语词汇 ..... 84

### 思考与习题 ..... 86

## 第3章 制造电子产品的常用材料和工具 ..... 89

### 3.1 常用导线与绝缘材料 ..... 89

#### 3.1.1 导线 ..... 89

#### 3.1.2 绝缘材料 ..... 95

### 3.2 制造印制电路板的材料——覆铜板 ..... 97

#### 3.2.1 覆铜板的材料与制造 ..... 97

#### 3.2.2 覆铜板的指标与特点 ..... 99

### 3.3 焊接材料 ..... 101

#### 3.3.1 焊料 ..... 101

#### 3.3.2 助焊剂 ..... 104

#### 3.3.3 膏状焊料 ..... 106

#### 3.3.4 无铅焊料 ..... 110

#### 3.3.5 SMT所用的粘合剂 ..... 114

## II 目录

|                                       |     |                                             |     |
|---------------------------------------|-----|---------------------------------------------|-----|
| 3.4 焊接工具 .....                        | 115 | 5.1.1 焊接技术的分类与锡焊特征 .....                    | 171 |
| 3.4.1 电烙铁分类及结构 .....                  | 115 | 5.1.2 锡焊原理 .....                            | 173 |
| 3.4.2 烙铁头的形状与修整 .....                 | 119 | 5.2 手工烙铁焊接的基本技能 .....                       | 174 |
| 3.4.3 维修 SMT 电路板的焊接工具和<br>半自动设备 ..... | 121 | 5.2.1 焊接操作准备知识 .....                        | 174 |
| 3.5 各类常用防静电材料及设施 .....                | 124 | 5.2.2 手工焊接操作 .....                          | 177 |
| 3.5.1 人体防静电服饰 .....                   | 124 | 5.2.3 手工焊接技巧 .....                          | 180 |
| 3.5.2 防静电包装材料 .....                   | 124 | 5.3 焊点检验及焊接质量判断 .....                       | 184 |
| 3.5.3 防静电设备及设备的防静电 .....              | 125 | 5.3.1 虚焊产生的原因及其危害 .....                     | 184 |
| 本章专业英语词汇 .....                        | 127 | 5.3.2 焊点的质量要求 .....                         | 185 |
| 思考与习题 .....                           | 127 | 5.3.3 典型焊点的形成及其外观 .....                     | 185 |
| <b>第 4 章 表面组装技术(SMT)</b> .....        | 129 | 5.3.4 焊点的外观检查和通电检查 .....                    | 187 |
| 4.1 表面组装技术概述 .....                    | 129 | 5.3.5 常见焊点缺陷及其分析 .....                      | 187 |
| 4.1.1 表面组装技术的发展过程 .....               | 129 | 5.4 拆焊 .....                                | 190 |
| 4.1.2 SMT 的组装技术特点 .....               | 130 | 5.4.1 拆焊要点 .....                            | 190 |
| 4.2 SMT 元器件 .....                     | 131 | 5.4.2 手工拆焊的常用方法 .....                       | 190 |
| 4.2.1 SMT 元器件的特点 .....                | 131 | 5.5 SMT 元器件的手工焊接与返修 .....                   | 192 |
| 4.2.2 SMT 元器件的种类和规格 .....             | 132 | 5.5.1 手工焊接 SMT 元器件的要求与<br>条件 .....          | 192 |
| 4.2.3 表面安装元器件的包装方式与<br>使用要求 .....     | 143 | 5.5.2 SMT 元器件的手工焊接 .....                    | 192 |
| 4.2.4 SMD 器件封装的发展与前瞻 .....            | 145 | 5.5.3 BGA、CSP 集成电路的修复性<br>植球 .....          | 196 |
| 4.3 SMT 组装工艺方案 .....                  | 150 | 5.6 电子工业生产中的自动焊接<br>方法 .....                | 198 |
| 4.3.1 三种 SMT 组装结构及装焊工艺<br>流程 .....    | 150 | 5.6.1 浸焊 .....                              | 199 |
| 4.3.2 SMT 印制板波峰焊工艺流程 .....            | 151 | 5.6.2 波峰焊 .....                             | 201 |
| 4.3.3 SMT 印制板再流焊工艺流程 .....            | 151 | 5.6.3 再流焊 .....                             | 206 |
| 4.4 SMT 电路板组装工艺及设备 .....              | 152 | 5.6.4 SMT 电路板维修工作站 .....                    | 215 |
| 4.4.1 锡膏涂敷工艺和锡膏印刷机 .....              | 152 | 5.6.5 与 SMT 焊接有关的检测设备与<br>工艺方法 .....        | 216 |
| 4.4.2 SMT 元器件贴片工艺和贴片机 .....           | 156 | 本章专业英语词汇 .....                              | 221 |
| 4.4.3 SMT 涂敷贴片胶工艺和点胶机 .....           | 163 | 思考与习题 .....                                 | 221 |
| 4.4.4 SMT 生产线的设备组合 .....              | 165 | <b>第 6 章 电子产品生产中的检验、调试<br/>与可靠性试验</b> ..... | 223 |
| 4.5 SMT 工艺品质分析 .....                  | 166 | 6.1 电子产品的检验 .....                           | 223 |
| 4.5.1 锡膏印刷品质分析 .....                  | 167 | 6.1.1 检验的理论与方法 .....                        | 223 |
| 4.5.2 贴片品质分析 .....                    | 168 | 6.1.2 检验的分类 .....                           | 224 |
| 本章专业英语词汇 .....                        | 169 | 6.1.3 检验仪器和设备 .....                         | 229 |
| 思考与习题 .....                           | 170 | 6.2 在线检测( ICT) .....                        | 230 |
| <b>第 5 章 电子产品焊接工艺</b> .....           | 171 | 6.2.1 ICT 简介 .....                          | 230 |
| 5.1 焊接的分类和锡焊原理 .....                  | 171 |                                             |     |

|                              |            |                              |            |
|------------------------------|------------|------------------------------|------------|
| 6.2.2 ICT 技术参数 .....         | 232        | 思考与习题 .....                  | 286        |
| 6.2.3 ICT 测试原理 .....         | 233        | <b>第 8 章 电子产品制造企业的产品认证</b>   |            |
| 6.2.4 ICT 编程与调试 .....        | 233        | <b>和体系认证 .....</b>           | <b>288</b> |
| 6.3 产品的功能、性能检测与调试 .....      | 236        | 8.1 产品认证和体系认证 .....          | 288        |
| 6.3.1 消费类产品的功能检测 .....       | 236        | 8.1.1 认证的概念 .....            | 288        |
| 6.3.2 产品的电路调试 .....          | 237        | 8.1.2 产品认证 .....             | 289        |
| 6.3.3 在调试中查找和排除故障 .....      | 240        | 8.1.3 国外产品认证 .....           | 291        |
| 6.4 电子产品的可靠性试验 .....         | 243        | 8.2 中国强制认证(3C) .....         | 297        |
| 6.4.1 可靠性概述及可靠性试验 .....      | 243        | 8.2.1 3C 认证的背景与发展概况 .....    | 297        |
| 6.4.2 环境试验 .....             | 243        | 8.2.2 3C 认证流程 .....          | 298        |
| 6.4.3 寿命试验 .....             | 253        | 8.2.3 工厂对电子产品质量的保证能力         |            |
| 6.4.4 可靠性试验的其他方法 .....       | 254        | 及检测仪器 .....                  | 300        |
| 本章专业英语词汇 .....               | 255        | 8.2.4 关于整机产品中的元件和材料          |            |
| 思考与习题 .....                  | 255        | 认证 .....                     | 304        |
| <b>第 7 章 电子产品的技术文件 .....</b> | <b>256</b> | 8.3 IECEE - CB 体系 .....      | 305        |
| 7.1 电子产品的技术文件简介 .....        | 256        | 8.3.1 IECEE - CB 体系和 NCB 机构  |            |
| 7.1.1 技术文件概述 .....           | 256        | 概况 .....                     | 305        |
| 7.1.2 电子产品技术文件的基本要求 .....    | 256        | 8.3.2 申请 CB 认证的有关问题 .....    | 306        |
| 7.1.3 电子产品技术文件的标准化 .....     | 257        | 8.4 体系认证 .....               | 306        |
| 7.1.4 电子产品技术文件的计算机处理         |            | 8.4.1 ISO9000 质量管理体系认证 ..... | 307        |
| 与管理 .....                    | 258        | 8.4.2 我国采用 ISO9000 系列标准的     |            |
| 7.2 电子产品设计文件 .....           | 258        | 情况 .....                     | 312        |
| 7.2.1 电子产品的分类及其对应的设计         |            | 8.4.3 ISO14000 系列环境标准 .....  | 314        |
| 文件 .....                     | 258        | 8.4.4 OHSAS18000 系列标准 .....  | 318        |
| 7.2.2 电子工程图中的图形符号 .....      | 261        | 本章专业英语词汇 .....               | 323        |
| 7.2.3 产品设计图 .....            | 265        | 思考与习题 .....                  | 324        |
| 7.3 电子产品的工艺文件 .....          | 275        | <b>英语词汇索引 .....</b>          | <b>325</b> |
| 7.3.1 工艺流程图 .....            | 275        | <b>参考文献 .....</b>            | <b>329</b> |
| 7.3.2 加工工艺图 .....            | 275        |                              |            |
| 7.3.3 工艺文件 .....             | 281        |                              |            |
| 7.3.4 插件线工艺文件的编制方法 .....     | 284        |                              |            |
| 本章专业英语词汇 .....               | 286        |                              |            |

# 第 1 章 电子工艺技术入门

## 1.1 电子工艺技术基础知识

### 1.1.1 现代制造工艺的形成

工艺是生产者利用生产设备和生产工具,对各种原材料、半成品进行加工或处理,使之最后成为符合技术要求的产品的艺术(程序、方法、技术),它是人类在生产劳动中不断积累起来并经过总结的操作经验和技术能力。

与传统手工业和工艺美术品的概念不同,工艺学是现代化大生产的产物。在经济迅猛发展的当今世界,市场经济把不同国家和地区联结成为一个整体,最新的科技研究成果迅速转化为商品,人民的消费能力得到了空前的提高,工业产品已经成为人民生活不可或缺的组成部分,在产品的生产制造过程中,运用全新的材料、设备、方法和管理,对劳动者的文化素质、理论基础和操作技能提出了更高的要求。工程技术人员成了工业生产劳动的主要力量;科学的经营管理、优质的器件材料、先进的仪器设备、高效的工艺手段、严格的质量检验和低廉的生产成本成为赢得竞争的关键;一切与商品生产有关的因素,都变成研究和管理的主要对象,这就是现代的制造工艺学。工艺学已经成为一门涉及众多领域的专业学科。

对于现代化的工业产品来说,工艺不再仅仅是针对原材料的加工或生产的操作而言,应该是从设计到销售、包括每一个制造环节的整个生产过程。

对于工业企业及其所制造的产品来说,工艺工作的出发点是为了提高劳动生产率,生产优质产品以及增加生产利润。它建立在对于时间、速度、能源、方法、程序、生产手段、工作环境、组织机构、劳动管理、质量控制等诸多因素的科学研究之上。工艺学的理论及应用,指导企业从原材料采购开始,覆盖加工、制造、检验等每一个环节,直到成品包装、入库、运输和销售(包括销售中、销售后的技术服务及用户信息反馈),为企业组织有节奏的均衡生产提供科学的依据。可以说,工艺是企业科学生产的法律和法规,工艺学是一门综合性的科学。

### 1.1.2 电子工艺研究的范围

电子工业是 20 世纪新兴的行业,经过几十年的发展,已经成为世界经济最重要的支柱性产业。与其他工业比较,电子产品的种类繁多,主要可分为电子材料、元器件、配件(整件、部件)、整机和系统。其中,各种电子材料及元器件是构成配件和整机的基本单元,配件和整机又是组成电子系统的基本单元。这些产品一般由专门化分工的厂家生产,必须根据它们的生产特点制定不同的制造工艺。同时,电子技术的应用领域极其广泛,产品可以分为计算机、通信、仪器仪表、自动控制等几大类,根据工作方式及使用环境的不同要求,其制造工艺又有所不同。所以,电子工艺学的内容极其广泛。本书的任务,在于讨论电子整机(包括配件)产品的制造工艺。这是由

于,对于大多数从事电子产品制造过程的工程技术人员以及广大直接技术操作者,特别是高等职业院校工科培养的学生来说,主要涉及到的是这类产品从设计开始,在试验、装配、焊接、调整、检验、维修和服务方面的工艺过程,对于各种电子材料及电子元器件,则是从使用的角度讨论它们的外部特性及其选择和检验。在本书的讨论中,凡说到“电子工艺”,是指电子整机产品生产制造过程方面的内容。

就电子整机产品的生产过程而言,主要涉及两个方面:一方面是指制造工艺的技术手段和操作技能,另一方面是指产品在生产过程中的质量控制和工艺管理。我们可以把这两方面分别看作是“硬件”和“软件”。显然,对于现代化电子产品的大批量生产、对于高等职业院校工科学生今后在制造过程中承担的职责来说,这两方面都是重要的,是不能偏废的。本书对这两方面的内容都将进行叙述,但侧重于前者。

研究电子整机产品的制造过程,材料、设备、方法、操作者和管理这几个要素是电子工艺技术的基本重点,通常用“4m + m”来简化电子产品制造过程的基本要素。

### 1.1.2.1 材料(material)

电子产品制造所用到的材料,包括电子元器件、导线类、金属或非金属材料以及用它们制作的零部件和结构件。

应该说,我国电子工业与世界发达国家相比,在电子材料,特别是电子元器件的研制、开发领域,差距巨大。据统计,当今世界集成电路芯片制造业有40%在美国、25%在日本、12%在韩国,中国内地只占1.2%(据最新报道:中国台湾省已经在集成电路的制造领域取得了长足的进步,总产值居世界第三位,集成电路的晶圆芯片加工占世界的75%,设计的占有率为28%,居世界第二位)。这种局面,与中国的国际地位极不相称。

以微处理器为核心的集成电路技术,向来是信息产业的两大核心技术之一。集成电路在电子产品整机系统中的价值,已经从1987年的10%,上升到1995年的13%和1998年的16%,目前这一比重大约为23%。不仅如此,集成电路在现代国防及未来战争中也具有重要的地位,在军舰、战车、飞机、导弹和航天器中,集成电路的成本分别占到总成本的22%、24%、33%、45%和66%。

电子整机产品和技术的水平,主要取决于元器件制造工业和材料科学的发展水平;能否尽快熟悉、掌握、使用世界上最新出现的电子元器件和材料,能否在更大范围内选择性能价格比最佳的电子元器件和材料,把它们用于新产品的开发与制造,往往是评价、衡量一个电子工程技术人员业务水平的主要标准。

### 1.1.2.2 设备(machine)

电子产品制造过程中必然要使用各种工具、工装、仪器、仪表、机器、设备,熟练掌握并正确使用它们,是对电子产品制造过程中每一个岗位操作者的基本要求;从一方面说,工具和工装是劳动者双手的延长和增强,仪器和设备是劳动者大脑的扩展与升华;从另一个角度看,仪器和设备又是劳动者本人的竞争者,不仅低水平、低素质的劳动者会被仪器和设备淘汰,而且高水平、高价格的劳动者也将被先进的、效率更高的仪器和设备所取代。

十几年以来,SMT工艺的发展带动了生产设备行业的进步。最新的科学技术手段,例如激光技术、计算机控制技术、精密机械制造技术、机电一体化技术等,使生产设备更加智能化、人性

化、高速度和高精度,电子生产设备制造成为效益最好的行业。到目前为止,我国电子产品制造企业中能够看到的生产工具和生产设备,除了部分手动工具、半自动设备是国内制造的以外,高档生产设备几乎全部是国外进口的,这些进口设备价格极其昂贵,动辄需要花费几十万人民币,甚至数百万美元。生产设备的购置、运行、管理、维护以及折旧费用,已经在产品的生产成本中占有很大的比重。

电子产品工艺技术的提高,产品质量和生产效率的提高,主要依赖于生产设备技术水平和生产手段的提高。

#### 1.1.2.3 方法(method)

对电子材料的利用、对工具设备的操作、对制造过程的安排、对生产现场的管理——在所有这些与生产制造有关的活动,“方法”都是至关重要的。在这些过程中,无论是硬件的制造还是软件的设计,都需要培训练习、分析思考、总结经验,不断推出好的、更好的方法,不断用新的方法代替旧的方法。有时候,方法只是操作者个人经验性的体会和手法,但假如行之有效,经过科学的研究和总结,这方法就会变成现代科学技术的一个组成部分,成为生产工艺技术的一种标准方法被普遍推广。

在生产能力低下的过去,电子产品的生产方法比较简单,对于操作者来说,主要表现为个人的经验与技能,“手巧”是对他最好的评价与褒奖;但在今天,电子产品的制造早已不是个人行为,而是在现代化管理体系下团队合作的产物。从原理设计到工艺设计、从材料采购到仓储物流、从生产节拍控制到质量检验,新的设计手段、新的加工设备、新的材料和工具,都要求操作者有更好的智力因素,个性化的操作手法被淹没在规范化的训练中——因为,现代化大批量生产要求产品具有更好的制造工艺的一致性。

在现代电子产品制造过程中,新的方法和工艺技术层出不穷,要求工程技术人员和生产操作者具有良好的文化基础,只有这样,才能不断学习、不断提高,适应高新技术方法的要求。

#### 1.1.2.4 人力(manpower)

电子工业是劳动密集型的产业,它所吸纳的劳动力人数,在全世界的工业劳动力中占有很大的比重。我国电子工业历经二十多年的改革开放,逐渐成为“世界电子产品制造业的加工厂”,这不仅是国家宏观经济政策的成功,我国人力资源丰富、劳动力价格低廉也是重要的原因。但是,我国的电子产品制造业要从“来料加工型”全面转变为“设计制造型”,劳动力相对低下的平均素质就成为发展的瓶颈。近年来,“人力资源”已经成为行业之间、企业之间最重要的竞争领域。有识之士指出:我国制造业与西方工业发达国家的差距在人才,其一是高级管理人员,其二是高级工程技术人员,其三是高等级技术工人;“技术盲”已经不能适应新经济时代的工人岗位,现代化工业需要的不再是简单的体力劳动者,而是大批懂得现代工艺技术的高级蓝领;要提高“中国制造”的竞争力,必须着力培育高素质的技术工人队伍;今后几年,我国企业对技术工人的需求将增加25%,其中技师、高级技师的需求量将翻一番。

国家大力提倡并推行职业技术教育已近十年,但与此相对的是,中、高级技术人才的社会需求量继续攀高,对高素质的复合技术工人的需求更旺。国家开放了,经济发展了,可以引进资金、引进设备、引进高级管理人员,但唯有成千上万的技术工人是不可能依靠引进的。事实上,中、高级技工总体缺乏的情况表明,我国职业技术教育对市场需求的反应较为缓慢,专业设置不能满足



企业发展的需要。企业内部、行业内部开展的职业教育,是人力资源管理部门的主要职责之一。加快启动高技能人才的培训过程,尽快培养一大批既懂得现代技术又掌握操作技能的技术人才,消除高级蓝领紧缺对制造业发展的制约,已是当务之急。

### 1.1.2.5 管理(management)

电子工业又是技术密集型的产业。它的产品,直接反映世界科学技术的发展前沿。现代化电子工业的精髓是科学的生产过程管理。统计学、运筹学是现代管理科学的理论基础;电脑化、网络化的过程控制构成了电子产品制造企业的管理体系;统一的、标准化的、完备的经济管理、技术管理和文件管理是现代化企业运作的基本模式。

与以上制造过程的四个要素比较,管理可以算是“软件”,但确实又是连接这四个要素的纽带。企业对生产材料、仪器设备、制造流程和人力资源的控制,都需要通过管理体系和管理制度来实现。在国内的众多企业里,对以上四个要素的管理制度还不够健全,面对 ISO9000 质量管理体系认证以及 3C 安全认证的审查,大量的工作是制订管理的标准与制度,撰写那些以往缺失的、准确的、有效的管理文件。

近年来,建立在信息技术基础上,以提高企业资源效能为系统思想,为企业提供业务集成运行中的资源管理方案 ERP,已经开始在国内的电子产品制造企业中推广。ERP 系统集成信息技术与先进的管理思想于一身,成为现代企业的运行模式,反映时代对企业合理调配资源、最大化地创造社会财富的要求,其先进性、科学性已为很多发达国家的企业成功应用所证实。显然,ERP 的推广使用,必将使我国电子产品制造企业的科学管理迈上更高的台阶。

毫无疑问,对电子工艺技术的了解将有助于原理性设计的成功。但是这还不够,成功的原理性设计并不等于高质量的大批量生产,现在的电子制造企业更希望工科毕业生能从技术管理者的角度来认识生产制造过程。他们不仅需要掌握原理性的专业基础理论,还应该学习与现代化电子产品生产方式有关的工艺技术和知识。

### 1.1.3 电子工艺学的特点

电子工艺学是在电子产品设计和生产中起着重要作用的,并且曾经不受重视的工程技术学科。随着信息时代的到来,人们认识到,没有先进的电子工艺就不能制造出高水平、高性能的电子产品。近年来,我国许多高等院校相继开设了电子工艺课程。作为与生产实际密切相关的技术学科,电子工艺学有着自己明显的特点,归纳起来主要有以下几点:

#### 1.1.3.1 涉及众多科学技术领域

电子工艺学与众多的科学技术领域相关联,其中最主要的有应用物理学、化学工程技术、光刻工艺学、电气电子工程学、机械工程学、金属学、焊接学、工程热力学、材料科学、微电子学、计算机科学、工业设计学、人机工程学等。除此之外,还涉及数理统计学、运筹学、系统工程学、会计学等与企业管理有关的众多学科。这是一门综合性很强的技术学科。

电子工艺学的技术信息分散在广阔的领域中,与其他学科的知识相互交叉、相辅相成,成为技术关键(know how)密集的学科,所以,对电子工程技术人员知识面、实践能力的要求比较高,即他应该是通常所说的复合型人才。

20 世纪 90 年代以来,以计算机、通信和消费类电子产品为代表的信息技术产业迅猛发展,