

高等职业教育“十三五”规划教材  
电子信息类专业微课大赛获奖成果

# 电子产品工艺

主编 / 李宗宝 王文魁

- ◆ 依据科学、特色的课程标准，注重学习效果测评的体例设计
- ◆ 含微课大赛精选微课，对关键知识点和技能点进行讲解
- ◆ 以职业为导向，结合社会能力需求与教学实际情况精心编写

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

高等职业教育“十三五”规划教材  
电子信息类专业微课大赛获奖成果

# 电子产品工艺

主 编 李宗宝 王文魁

副主编 王日龙 赵 群 王 媛

吕明珠 郭 妍 韩松楠

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

## 内 容 简 介

本书为适应工艺技术的新发展,以满足高新电子企业生产一线高技术岗位相关的工艺知识和工艺技能为目标,采用工作过程导向的课程教学理念,以现代电子产品生产过程为主线,以电子产品为载体,通过任务引领的项目教学方式,把现代电子产品生产工艺相应的内容融入工作任务中,具体直观地介绍了高素质劳动者所必需的电子产品制造工艺知识、基本技能和职业素养。包括电子产品制造工艺总体认识、常用电子元器件的识别与检测、通孔插装元器件电子产品的手工装配焊接、通孔插装元器件的自动焊接工艺、印制电路板的制作工艺、表面贴装工艺与设备、电子产品整机的成套装配工艺、电子产品工艺文件和质量管理等内容。

本书按照基于工作过程的任务引领课程方式按项目进行编写。编写结构打破原有的内容顺序,按照工作任务和过程进行重新序化。语言叙述结合实际,通俗易懂。全书共分8个项目,每个项目均以实际工作任务驱动做引领,进行理论知识引入,在此基础上进行任务实施,再进行相关知识的拓展,最后进行知识梳理和练习巩固。

本书可作为高职高专院校电子类专业及相关专业的教材,也可作为从事电子产品生产的技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

电子产品工艺 / 李宗宝, 王文魁主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2019.8 (2019.9 重印)  
ISBN 978-7-5682-7368-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 169015 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 / 17.75

字 数 / 420 千字

版 次 / 2019 年 8 月第 1 版 2019 年 9 月第 2 次印刷

定 价 / 45.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 杜 枝

责任印制 / 施胜娟

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前言

## Preface

目前,我国高等职业院校的应用电子技术专业和电子信息工程技术专业大都把电子产品工艺课程作为专业的主干课程。通过本课程的学习,使学生熟知常用电子元器件的技术指标,能熟练使用常用电子仪器与检测设备对其进行测试和质检,会熟练使用一般电子产品生产设备,掌握电子产品的装接方法,能根据电子产品电路进行产品加工工艺的制定,对产品进行参数、技术指标的测试,能够进行一线车间的技术和工艺管理,并使学生具有强烈的安全、环保、成本、产品质量、团队合作等意识,养成良好的电子行业职业道德,为从事电子产品工艺工作打下坚实的基础。

现代电子产品生产自动化程度越来越高,对生产线设备的操作要求越来越严格,工艺文件的编制与执行、质量监控成为电子产品工艺的重点内容。因此,根据教学实际需要,结合设备实际,我们编写了本书。

本书是针对电子产品工艺和生产人员所从事的识读电子产品工艺文件、分拣与测试电子元器件、制作印制电路板、装配电子产品、焊接电子线路板、装配电子整机、检验电子产品质量、检修电子产品等典型工作任务进行分析后,归纳总结出其所需求的电子产品生产、组装、调试、检测、维修等能力要求而编写的。

本书编写的特点如下。

(1) 本书编写基于行动导向的课程教学理念。以现代电子产品生产工艺为主体,通过任务引领的教学活动,使学生具备本专业的高素质劳动者所必需的电子产品生产工艺基础知识、基本技能和职业素养。

(2) 本书按照电子产品生产工艺涉及的电子产品装配基本知识和常用的工艺、设备进行编写。紧紧围绕工作任务完成的需要来选择和组织课程内容,突出工作任务与知识的联系,让学生在完成任务的过程中,掌握电子产品工艺知识和装配技能,并养成适应电子生产企业规范和防护意识的职业素养。

(3) 知识、技能、素养融为一体。以典型的小型电子产品为载体,通过任务的引领,展开相关的必要理论知识。并通过实际动手完成任务,把电子产品工艺的操作技能和基本职业素养融汇其中。

(4) 本书的编写结构打破原有的内容顺序,按照工作任务和过程进行重新序化。由简单到复杂,由单一到综合,内容循序渐进;注重实际应用,突出综合能力的培养。

(5) 语言叙述结合实际,通俗易懂,并有微课视频二维码。在语言叙述上力求理论联系实际,阐述通俗易懂,重要知识点编有二维码,可扫码观看,有助于教师组织教案,便于学生线上线下自主学习。

为适应工艺技术的新发展,本书以满足高新电子企业生产一线高技术岗位相关的工艺知

识和工艺技能为目标,采用工作过程导向的课程教学理念,以现代电子产品生产过程为主线,以电子产品为载体,通过任务引领的项目教学活动,使学生具备本专业的高素质劳动者所必需的电子产品制造工艺知识、基本技能和职业素养。全书共分8个项目,项目1是对电子产品制造工艺总体的认识;项目2介绍了通孔插装常用电子元器件的识别与检测;项目3介绍了通孔插装元器件电子产品的手工装配焊接;项目4介绍了通孔插装元器件的自动焊接工艺,包括浸焊和波峰焊工艺;项目5介绍了印制电路板的制作工艺,包括手工制作印制电路板和印制电路板的生产工艺;项目6介绍了表面贴装元件的手工装接;项目7介绍了表面贴装元器件的贴片再流焊工艺与设备;项目8介绍了电子产品整机的成套装配工艺,包括电子产品的整机装调和质量管理。

本书由大连职业技术学院李宗宝、辽宁建筑职业学院王文魁担任主编,辽宁轻工职业学院王日龙、渤海船舶职业学院赵群、大连职业技术学院王媛、辽宁装备制造职业技术学院吕明珠、辽宁省交通高等专科学校郭妍、辽阳天河消防自动设备制造有限公司韩松楠担任副主编。李宗宝编写了项目1至项目3,并对本书进行了统稿,王文魁编写了项目5,王日龙编写了项目4,王媛编写了项目2中的2.2节,郭妍编写了项目6,赵群编写了项目7,韩松楠提供了工艺标准和工艺文件样例。在此,对书后参考文献所列的各位作者表示真诚感谢。

鉴于编者水平、经验有限,书中错误和疏漏在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

# 目 录

## Contents

▶ 项目 1 电子产品制造工艺的认识	1
1.1 任务驱动	1
1.1.1 任务目标	1
1.1.2 任务要求	2
1.2 知识储备	2
1.2.1 电子产品制造工艺技术的发展	2
1.2.2 电子产品制造的基本工艺流程	5
1.2.3 电子产品制造的生产防护	7
1.2.4 电子产品制造的可靠性试验	11
1.3 任务实施	15
1.3.1 对电子产品制造的基本认识	15
1.3.2 网上查找电子产品制造的相关知识	15
1.4 知识拓展	15
1.4.1 电子产品生产的标准化	15
1.4.2 电子产品的认证	16
知识梳理	24
思考与练习	25
▶ 项目 2 通孔插装常用电子元器件的识别与检测	27
2.1 任务驱动	27
2.1.1 任务目标	27
2.1.2 任务要求	28
2.2 知识储备	29
2.2.1 电阻器的识别与检测	29
2.2.2 电容器的识别与检测	36
2.2.3 电感器的识别与检测	42
2.2.4 二极管的识别与检测	48
2.2.5 三极管的识别与检测	51
2.2.6 电声器件的识别与检测	54
2.2.7 开关、接插件的识别与检测	58

2.2.8 印制电路板的认识	64
2.3 任务实施	66
2.3.1 对各种元器件进行识别	66
2.3.2 用万用表对各种元器件进行检测	67
2.4 知识拓展	67
2.4.1 各国半导体分立器件的命名	67
2.4.2 继电器	70
知识梳理	72
思考与练习	72
<b>► 项目3 通孔插装元器件电子产品的手工装配焊接</b>	<b>74</b>
3.1 任务驱动	74
3.1.1 任务目标	74
3.1.2 任务要求	75
3.2 知识储备	77
3.2.1 常用焊接材料与工具	77
3.2.2 元器件引线的成形工艺	82
3.2.3 导线的加工处理工艺	83
3.2.4 通孔插装电子元器件的插装工艺	84
3.2.5 通孔插装电子元器件的手工焊接工艺	86
3.2.6 手工焊接缺陷分析	91
3.2.7 手工拆焊方法	94
3.3 任务实施	95
3.3.1 手工装配焊接的工艺流程设计	95
3.3.2 元器件的检测与引线成形	95
3.3.3 元器件的插装焊接	96
3.3.4 装接后的检查测试	96
3.4 知识拓展	97
3.4.1 常用导线和绝缘材料	97
3.4.2 黏结材料	103
知识梳理	104
思考与练习	105
<b>► 项目4 通孔插装元器件的自动焊接工艺</b>	<b>106</b>
4.1 任务驱动	106
4.1.1 任务目标	106
4.1.2 任务要求	107
4.2 知识储备	109

4.2.1 浸焊	109
4.2.2 波峰焊技术	111
4.2.3 波峰焊机	116
4.2.4 波峰焊接缺陷分析	119
4.3 任务实施	122
4.3.1 印制电路板插装波峰焊接工艺设计	122
4.3.2 通孔插装元器件的检测与准备	122
4.3.3 通孔插装元器件的插装	123
4.3.4 波峰焊接设备的准备	124
4.3.5 波峰焊接的实施	124
4.3.6 装接后的检查测试	124
4.4 知识拓展 自动插装设备	125
知识梳理	127
思考与练习	127
<b>► 项目 5 印制电路板的制作工艺</b>	<b>129</b>
5.1 任务驱动	129
5.1.1 任务目标	129
5.1.2 任务要求	129
5.2 知识储备	130
5.2.1 半导体集成电路的识别与检测	130
5.2.2 手工制作印制电路板工艺	133
5.2.3 印制电路板的生产工艺	136
5.3 任务实施	145
5.3.1 印制电路板手工设计	145
5.3.2 印制电路板手工制作	148
5.3.3 印制电路板插装焊接	151
5.3.4 装接后的检查测试	151
5.4 知识拓展	152
5.4.1 印制电路板的质量检验	152
5.4.2 表面组装印制电路板的制造	155
知识梳理	158
思考与练习	159
<b>► 项目 6 表面贴装元件电子产品的手工装接</b>	<b>160</b>
6.1 任务驱动	160
6.1.1 任务目标	160
6.1.2 任务要求	161

6.2 知识储备 .....	162
6.2.1 表面贴装技术 .....	162
6.2.2 表面贴装元器件 .....	164
6.2.3 表面贴装工艺材料 .....	177
6.2.4 表面贴装元器件的手工装接工艺 .....	178
6.2.5 表面贴装工艺流程 .....	179
6.3 任务实施 .....	180
6.3.1 元器件的检测与准备 .....	180
6.3.2 电路板的手工装接 .....	181
6.3.3 装接后的检查测试 .....	183
6.4 知识拓展 .....	184
6.4.1 SMT 元器件的手工拆焊 .....	184
6.4.2 BGA 集成电路的修复性植球 .....	185
知识梳理 .....	186
思考与练习 .....	186
<b>► 项目 7 表面贴装元器件的贴片再流焊 .....</b>	<b>188</b>
7.1 任务驱动 .....	188
任务：贴片 FM 收音机表面贴装再流焊 .....	188
7.1.1 任务目标 .....	188
7.1.2 任务要求 .....	189
7.2 知识储备 .....	191
7.2.1 表面贴装元器件的贴焊工艺 .....	191
7.2.2 锡膏印制机 .....	196
7.2.3 贴片机 .....	199
7.2.4 再流焊接机 .....	205
7.2.5 再流焊质量缺陷分析 .....	213
7.3 任务实施 .....	215
7.3.1 印制电路板贴片再流焊接工艺设计 .....	215
7.3.2 电子元器件检测与准备 .....	216
7.3.3 表面贴装电子元器件的装贴 .....	219
7.3.4 再流焊的实施 .....	219
7.3.5 装接后的检查测试 .....	219
7.4 知识拓展 .....	220
7.4.1 表面贴装产品检测装置 .....	220
7.4.2 微组装技术 .....	224
知识梳理 .....	230
思考与练习 .....	230

---

▶ 项目 8 电子产品整机的成套装配工艺 .....	232
8.1 任务驱动 .....	232
任务：多功能无线蓝牙音响整机装调 .....	232
8.1.1 任务目标 .....	232
8.1.2 任务要求 .....	233
8.2 知识储备 .....	233
8.2.1 电子产品整机装配基础 .....	233
8.2.2 电子产品整机组装工艺过程 .....	235
8.2.3 电子工艺文件的识读与编制 .....	237
8.2.4 电子产品整机调试 .....	246
8.2.5 电子产品整机质检 .....	254
8.3 任务实施 .....	256
8.3.1 单片机试验板制作 .....	256
8.3.2 多功能无线蓝牙音响制作及调试 .....	261
8.4 知识拓展 .....	265
8.4.1 电子产品的可靠性分析 .....	265
8.4.2 电子产品生产的全面质量管理 .....	268
知识梳理 .....	270
思考与练习 .....	270
▶ 参考文献 .....	272

---

# 项目 1

## 电子产品制造工艺的认识

### 1.1 任务驱动

#### 任务：家用电子产品制造工艺的认识

现代生活中电子产品的使用无处不在，家用电子产品也很多，常用的有电视机、电冰箱、洗衣机、热水器、空调机、电饭煲、电磁炉、扫地机等。这些家用的电子产品是怎么制造出来的？制造的流程和工艺有哪些？通过本项目的学习，你会对电子产品制造的过程和工艺有个大概的整体了解。

#### 1.1.1 任务目标

##### 1. 知识目标

- (1) 掌握电子产品制造工艺的概念和相关工艺技术。
- (2) 了解电子产品制造工艺技术的发展概况和发展方向。
- (3) 掌握电子产品制造的基本工艺流程。
- (4) 清楚电子产品制造的主要生产防护是静电防护。
- (5) 清楚电子产品制造的可靠性试验。
- (6) 了解电子产品生产的标准化和电子产品的认证。

##### 2. 技能目标

- (1) 能够叙述电子产品制造工艺的发展阶段。
- (2) 能够说出电子产品制造的基本工艺流程。
- (3) 能够识别静电防护标识。

(4) 能够识别各国主要的电子产品认证标识。

### 1.1.2 任务要求

(1) 通过教师讲解和自主学习，清楚电子产品制造工艺的基础知识。

(2) 通过上网查找资料，完成教师布置的可靠性试验的方法等任务。

## 1.2 知识储备

### 1.2.1 电子产品制造工艺技术的发展

#### 1. 电子产品制造工艺概述

工艺 (Technology/Craft) 是指生产者利用各类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，使之最终成为符合技术要求产品的艺术。它是人们在生产产品过程中不断积累并经过实践总结出的操作经验和技能能力，包括生产中采用的技术、方法、流程。

对于现代化的工业产品来说，工艺不仅仅是针对原材料的加工或生产的操作而言，而是从设计到销售，包括产品制造的每个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的企业组织生产和指导生产的一种重要手段，它建立在对于时间、速度、能源、方法、流程、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，指导企业从原材料采购开始，覆盖加工、制造、检验等每个环节，直到成品包装、入库、运输和销售，为企业组织有节奏的均衡生产提供科学的依据。

电子产品制造工艺是对于电子产品生产而言的，生产过程涵盖从原材料进厂到成品出厂的每个环节。这些环节主要包括原材料和元器件检验、单元电路或配件制造、将单元电路和配件组装成电子产品整机系统等过程，每个过程的工艺各不相同。

制造一台电子产品整机，会涉及很多方面的技术，且随着企业生产规模、设备、技术力量和生产产品的种类不同，其工艺技术类型也有所不同。与电子产品制造有关的工艺技术主要包括以下几种。

#### 1) 机械加工和成形工艺

电子产品的结构件是通过机械加工而成的，机械类工艺包括车、钳、刨、铣、锥、磨、铸、锻、冲等。机械加工和成形的主要功能是改变材料的几何形状，使之满足产品的装配连接。机械加工后，一般还要进行表面处理，提高表面装饰性，使产品具有新颖感，同时起到防腐抗蚀的作用。表面处理包括刷丝、抛光、印刷、油漆、电镀、氧化、铭牌制作等工艺。如果结构件为塑料件，一般采用塑料成形工艺，主要可分为压塑工艺、注塑工艺及部分吹塑工艺等。

#### 2) 装配工艺

电子产品生产制造中装配的目的是实现电气连接，装配工艺包括元器件引脚成形、插装、焊接、连接、清洗、调试等工艺。其中，焊接工艺又可分为手工烙铁焊接工艺、浸焊

工艺、波峰焊工艺、再流焊工艺等；连接工艺又可分为导线连接工艺、胶合工艺、紧固件连接工艺等。

### 3) 化学工艺

为了提高产品的防腐抗蚀能力，又使外形装饰美观，一般要进行化学处理。化学工艺包括电镀、浸渍、灌注、三防、油漆、胶木化、助焊剂、防氧化等工艺。

### 4) 其他工艺

其他工艺包括保证质量的检验工艺、老化筛选工艺、热处理工艺等。

## 2. 电子产品制造工艺技术的发展概况

自从发明无线电那天起，电子产品制造技术就相伴而生了。但在电子管时代，人们仅用手工烙铁焊接电子产品，电子管收音机是当时的主要产品。随着 20 世纪 40 年代晶体管的诞生，高分子聚合物出现，以及印制电路板研制成功，人们开始尝试将晶体管以及通孔元件直接焊接在印制电路板上，使电子产品结构变得紧凑、体积开始缩小。到了 20 世纪 50 年代，英国人研制出世界上第一台波峰焊接机，在人们将晶体管等通孔元器件插装在印制电路板上后，采用波峰焊接技术实现了通孔组件的装联，半导体收音机、黑白电视机迅速在世界各地普及流行。波峰焊接技术的出现开辟了电子产品大规模工业化生产的新纪元，它对世界电子工业生产发展的贡献是无法估量的。

20 世纪 60 年代，在电子表行业以及军用通信中，为了实现电子表和军用通信产品的微型化，人们开发出无引线电子元器件，即贴片件，并被直接焊接到印制电路板的表面，从而达到了电子表微型化的目的，这就是今天称为表面贴装技术（SMT）的雏形。

美国是世界上贴片件和 SMT 起源最早的国家，并一直重视在投资类电子产品和军事装备领域发挥 SMT 在高组装密度和高可靠性能方面的优势，具有很高的水平。

日本在 20 世纪 70 年代从美国引进 SMT，应用于消费类电子产品领域，并投入巨资大力加强基础材料、基础技术和推广应用方面的开发研究工作。从 20 世纪 80 年代中后期起，加速了 SMT 在电子产业设备领域中的推广应用，仅用了 4 年时间就使 SMT 在计算机和通信设备中的应用数量增长了近 30%，在传真机中增长 40%，使日本很快超过了美国，在 SMT 方面处于世界领先地位。

欧洲各国 SMT 的起步较晚，但他们重视发展并有较好的工业基础，发展速度也很快。其发展水平和整机中贴片件的使用率仅次于日本和美国。20 世纪 80 年代以来，新加坡、韩国、中国香港和中国台湾不惜投入巨资，纷纷引进先进技术，使 SMT 获得较快的发展。

我国 SMT 的应用起步于 20 世纪 80 年代初期，最初从美国、日本成套引进 SMT 生产线，用于彩电调谐器生产。之后应用于录像机、摄像机及袖珍式高档多波段收音机、随身听等生产中。近几年在计算机、通信设备、汽车电子、医疗设备、航空航天电子等产品中也得到广泛应用。随着改革开放的深入及中国加入 WTO，一些美国、日本、新加坡厂商将 SMT 加工厂搬到了中国。SMT 的设备制造商与中国合作，还把一些 SMT 设备制造业也迁入中国。例如，英国 DEK 公司和日本日立公司分别在东莞和南京生产印刷机，美国 HELLER 公司和 BTU 公司在上海生产回流焊炉，日本松下公司和美国环球公司分别在苏州和深圳蛇口生产贴片机等。如今我国已经成为世界最大的电子加工工厂，SMT 的发展前景非常广阔。目前，我国的 SMT 设备已经与国际接轨，但设计、制造、工艺、管理技术等方面与国际还有差距。我们应该加强基础理论学习，开展深入的工艺研究，提高工艺水平和管理能力，努力使我国真正成

为电子制造大国、电子制造强国。

### 3. 电子产品制造工艺技术的发展阶段

电子产品的装联工艺是建立在器件封装形式变化基础上的，即一种新型器件的出现，必然会创新出一种新的装联技术和工艺，从而促进装联工艺技术的进步。

随着电子元器件小型化、高集成度的发展，电子组装技术也经历了手工、半自动插装浸焊、全自动插装波峰焊和 SMT 等 4 个阶段，目前 SMT 正向窄间距和超窄间距的微组装方向发展，如表 1-1 所示。

表 1-1 电子产品制造工艺技术的发展阶段

阶段	元件	IC 器件	器件的封装形式	典型产品	产品特点	组装技术
第一代 (20 世纪 50 年代)	长引线、大型、高电压	电子管	电子管座	电子管收音机、仪器	笨重厚大、速度慢、功能少、功耗大、不稳定	扎线、配线分立元件、分立走线、金属底板、手工烙铁焊接
第二代 (20 世纪 60 年代)	轴向引线小型化元件	晶体管	有引线、金属壳封装	通用仪器、黑白电视机	质量较轻、功耗降低、多功能	分立元件、单面印的板、平面布线、半自动插装、浸焊
第三代 (20 世纪 70 年代)	单、双列直插集成电路和径向引线元件或可编带的轴向引线元件	集成电路	双列直插式金属、陶瓷、塑料封装，后期开始出现表面贴装器件 (SMD)	便携式薄型仪器、彩色电视机	便携式、薄型、低功耗	双面印制板、初级多层板、自动插装、浸焊、波峰焊
第四代 (20 世纪 80—90 年代)	表面安装、异形结构	大规模、超大规模集成电路	SMD 向微型化发展，有了 BGA、CSP、Flip Chip、MCM	小型高密度仪器、录像机	袖珍式、轻便、多功能、低功耗、稳定、可靠	SMT: 从自动贴装、回流焊、波峰焊，向窄间距、超窄间距 SMT 发展
第五代 (21 世纪)	复合表面装配，三维结构	无源与有源的集成混合元件、三维立体组件	晶圆级封装 (WLP) 和系统级封装 (SIP)	超小型高密度仪器、手机	超小型、超薄型、智能化、高可靠	微组装: SMT 与 IC、HIC 结合，多晶圆键合

从表 1-1 中可以看出，电子产品制造工艺技术的发展阶段为：电子管时代→晶体管时代→集成电路时代→表面安装时代→微组装时代。期间经历的 3 次革命为：通孔插装→表面安装→微组装。

### 4. 电子产品制造工艺技术的发展方向

按照电子产品制造工艺技术的发展，可大体分为电子通孔插装技术 (THT)、表面安装技术 (SMT)、微电子组装技术，如表 1-2 所示。

表 1-2 电子产品制造工艺技术

电子产品制造 工艺技术	电子通孔插装技术 (THT)	
	表面安装技术 (SMT)	
	微电子组装技术	厚/薄膜集成电路技术 (HIC)
		多芯片组件技术 (MCM)
芯片直接贴装技术 (DCA)		

微电子组装技术 (Microelectronics Packaging Technology 或 Microelectronics Assembling Technology, MPT 或 MAT) 是目前迅速发展的新一代电子产品制造技术, 包括多种新的组装技术及工艺。

表面安装技术大大缩小了印制电路板的面积, 提高了电路的可靠性。但集成电路功能的增加, 必然使它的 I/O 引脚增加, 如 I/O 引脚的间距不变, IO 引脚数量增加 1 倍, BGA 封装的面积也会增加 1 倍, 而 QFP 封装的面积将增加 3 倍。为了获取更小的封装面积、更高的电路板利用率, 组装技术已向元器件级、芯片级渗透。MPT 是芯片级的组装, 把裸片组装到高性能电路基片上, 使之成为具有独立功能的电气模块甚至完整的电子产品。

微电子组装技术主要有 3 个研究方向: 一是基片技术, 即研究微电子线路的承载、连接方式, 它直接导致厚/薄膜集成电路的发展和大圆片规模集成电路的提出, 并为芯片直接贴装 (DCA) 技术和芯片组件 (MCM) 技术打下基础; 二是芯片直接贴装技术, 包括多种把芯片直接贴装到基片上以后进行连接的方法, 如板载芯片 (COB) 技术、带自动键合 (TAB) 技术、倒装芯片 (FC) 技术等; 三是多芯片组件技术, 包括二维组装和三维组装等多种组件方式。这 3 个研究方向是共同促进、相辅相成的。

## 1.2.2 电子产品制造的基本工艺流程

### 1. 电子产品的分级

按 IPC-STD-001 中《电子电气组装件焊接要求》标准的规定, 根据电子产品最终使用条件进行分级, 可分为三级。一级为通用电子产品, 指组装完整, 可以满足主要使用功能要求的电子产品。二级为专用服务类电子产品, 指具有持续的性能和持久的寿命, 需要不间断服务的电子产品。三级为高性能电子产品, 指具有持续的高性能或能严格按指令运行的电子设备和电子产品, 使用环境非常苛刻, 不允许停歇, 需要时产品必须有效, 如生命救治和其他关键的电子设备系统。

### 2. 电子产品制造的分级

在电子产品制造过程中, 根据装配单位的大小、复杂程度和特点的不同, 可将电子产品制造分成不同的等级。

(1) 元件级。它是指通用电路元器件、分立元器件、集成电路等的装配, 是装配级别中的最低级别。

(2) 插件级。它是指组装和互连装有元器件的印制电路板或插件板等。

(3) 系统级。它是将插件级组装件, 通过连接器、电线电缆等组装成具有一定功能的完整的电子产品整机系统。系统级又可根据电子产品的设备规模分为插箱板级和箱柜级。

### 3. 电子产品制造装联工艺

随着电子技术的不断发展和新型元器件的不断出现，电子产品制造的装联技术也在不断变化和发展。电子产品制造的装联工艺如表 1-3 所示。

表 1-3 电子产品制造装联工艺

序号	装联阶段	主要工艺
1	装联前准备阶段	元器件、电路板的可焊性测试
2		元器件引线的预处理（引线的搪锡、成形）
3		导线的端头处理
4		电路板的复验和预处理
5	电路板组装阶段	组装形式：通孔插装、表面安装、混合安装
6		电气互联：手工焊接、波峰焊接、回流焊接、压接、绕接、胶接
7		清洗：手工清洗、超声波清洗、水清洗、半水清洗、清洁度检测
8		防护与加固
9		电路的修复与改装
10	整机装配阶段	机械安装：螺纹连接与止动
11		电气互联：焊接、压接、绕接、胶接
12		电缆组装件制作
13		防护与加固

### 4. 电子产品制造的工艺流程

一般电子产品的生产业务流程是从采购元件到给客户产品的整个过程。电子产品的装配过程是先将零件、元器件组装成部件，再将部件组装成整机。电子产品的加工制造过程一般需要经过电路板的装配测试和整机的装配测试，其中电路板的装配测试包括贴片生产（SMT）、插装生产、测试等过程。整机的装配测试包括整机组装、整机老化、整机复测、产品包装等过程。电子产品具体生产工艺流程如图 1-1 所示。

- (1) 采购：采购物料。
- (2) 入厂检验：抽检入厂部品，保证入厂部品的质量。
- (3) 准备：使元件插装方便，排列整齐，提高产品质量及后道工序工作改率。
- (4) SMT 生产：贴片生产，检查 SMT 贴片质量并进行修补。
- (5) 插件：将元作按具体工艺要求插装到规定位置。
- (6) 波峰焊接：将插装件进行波峰焊接。
- (7) 装焊：波峰焊接后剪脚，检查修复波峰焊接不良焊点及对无法进行波峰焊焊接的元件进行手工补焊。
- (8) ICT 测试：针床测试，部品的各引脚电压、焊接状况的测试。
- (9) 板卡功能测试：对电路板的各项功能进行模拟测试。
- (10) 整机装配：进行整机装配。

- (11) 整机测试：对整机的各项功能进行检测。
- (12) 整机老化：高温老化测试，保证机器在恶劣环境下的工作质量。
- (13) 产品复测：老化后再次对产品进行功能操作的检测。
- (14) 安全、外观检查：对机器安全方面的各项指标进行检测。
- (15) 包装：对产品的附件进行检查。
- (16) 出厂检验：对包装完成的整机进行抽检，以判断批量生产是否合格。
- (17) 入库、发货：检查确认合格后发货。

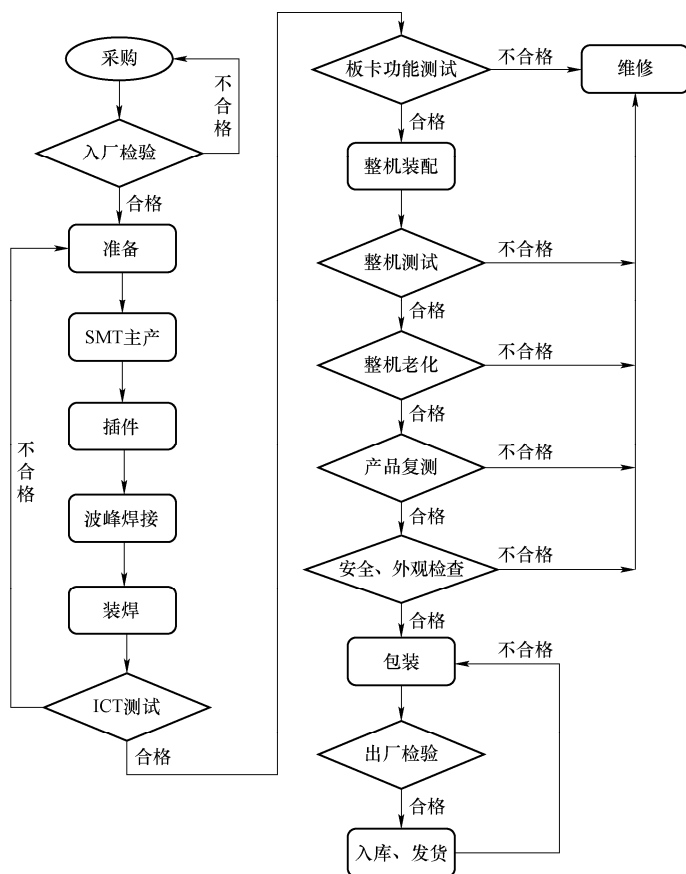


图 1-1 电子产品生产的工艺流程

### 1.2.3 电子产品制造的生产防护

电子产品制造过程中，会受到各种环境因素的影响，为了保证电子产品的质量，在生产过程中要进行防静电、防电磁、防潮湿等生产防护。电子产品制造的主要生产防护是静电防护。

#### 1. 静电的产生

静电，顾名思义，就是静止的电荷，任何两种不同材质的物体接触后再分离即可产生静电（表面电阻率为  $10^{11} \sim 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$  的物质极易产生静电），如高分子化合物、人工合成材料（打蜡地板、人造地毯）。