



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

D

电子组装工艺与设备

dianzizuzhuanggongyiyushebei

王应海 屈有安 编著



凤凰出版传媒集团



江苏教育出版社

JIANGSU EDUCATION PUBLISHING HOUSE



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子组装工艺与设备

王应海 屈有安 编著



凤凰出版传媒集团



江苏教育出版社

JIANGSU EDUCATION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

电子组装工艺与设备/王应海,屈有安编著. —南京:
江苏教育出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-5343-8299-4

I. 电… II. ①王…②屈… III. 电子元件-组装-高等
学校:技术学校—教材 IV. TN605

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 140843 号

书 名	电子组装工艺与设备
责任编辑	杨新华
装帧设计	刘小地
出版发行	凤凰出版传媒集团 江苏教育出版社(南京市马家街 31 号 210009)
网 址	http://www.1088.com.cn
集团网址	凤凰出版传媒网 http://www.ppm.cn
经 销	江苏省新华发行集团有限公司
照 排	南京前锦排版服务有限公司
印 刷	北京市世界知识印刷厂马鞍山分厂
厂 址	马鞍山市花山工业集中区(邮编 243000)
电 话	0555-8283603 8283625
开 本	787×1092 毫米 1/16
印 张	13.75
插 页	1
字 数	220 000
版 次	2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5343-8299-4/G·7936
定 价	22.00 元
盗版举报	025-83204538

苏教版图书若有印装错误可向承印厂调换
提供盗版线索者给予重奖

内 容 简 介

先进电路组装技术是电子产品生产的关键技术。从 20 世纪 90 年代,第四代电路组装技术——表面组装技术(SMT-surface mounted technology)在我国开始广泛应用以来,SMT 已经逐步取代了传统的第三代电路组装技术(通孔安装技术),而成为电子制造企业主流生产技术。本书以满足苏州高新电子企业生产一线高技术岗位(如测试技术员、SMT 技术员、物料准备、品质管理等)相关的工艺知识和工艺技能为目标,以现代电子产品生产过程为主线,采用融理论与实践一体化的教学模式,旨在提供电子类专业工艺课程教学及实训的整体解决方案。

全书分为 8 个相对独立的单元:现代电子组装技术概述、通孔安装元器件和表面安装元器件、焊接机理与手工焊接、通孔 PCBA 组装技术、表面组装技术、表面安装组件手工焊接与返修、电子组装中的静电防护与 5S 活动、无铅焊接技术。每个单元中,都安排了理论和实践两部分的内容,所有的工艺理论都设计了对应的训练项目,力图使学员在“学中做”,在“做中学”,力图将工艺理论通过实践变成学员能掌握的工艺技能。

教材内容密切结合高新技术企业的生产实际,并经过承担三星电子(苏州)半导体有限公司、博世汽车部件(苏州)有限公司等多家外资企业员工培训而得到验证。适合作为各类职业院校电子类相关专业工艺教学、实训教材,也可以作为电子企业的员工培训教材和参考书。

前 言

生产工艺技术是从事生产一线工作的技术人员的重要职业能力。《电子组装工艺》作为一门以电子制造业的生产工艺和技术为主要内容的课程,在培养学员从事电子制造业领域所需的工艺知识和技能方面承担着重要任务。

20 世纪 80 年代,第四代电子组装技术——表面组装技术(SMT-surface mounted technology)在我国开始应用,到现在,SMT 已经逐步取代了传统的第三代电子组装技术(穿孔安装技术),而成为电子制造企业主流的生产技术。

为将现代高新技术电子企业的先进生产技术纳入高职课堂教学,早在 1999 年,编者就开始了重构新电子专业工艺课的尝试。基于与苏州工业园区数十家跨国公司良好的合作基础,作者和课程开发组成员,深入这些电子企业的生产一线,调查电子企业高技术岗位(群)分布和岗位能力要素构成,为最初的《电子组装工艺》校本教材的开发奠定了良好的基础。

自 2001 年开始,《电子组装工艺》成为苏州工业园区职业技术学院的重点建设课程。经过多年的教学积累,以及承担三星电子(苏州)半导体有限公司、博世汽车部件(苏州)有限公司等十多家外资企业员工培训工作的历练和不断修改完善,使《电子组装工艺》教材内容体系基本建立。期间,2004 年,《电子组装工艺》课程被评选为江苏省二类优秀课程,并于 2006 年入选教育部“十一五”规划教材立项。2007 年《电子组装工艺》被评选为江苏省高等学校立项精品教材,为本书的正式出版起到了极大的促进作用。经反复斟酌,最后定名为《电子组装工艺与设备》。

功能定位与主要内容

1. 功能定位

本书不仅仅是介绍电子行业的新器件、新工艺、新设备和新标准,而是希望提供一套电子工艺教学与实训一体化教学的整体方案。课程的定位为电子类专业基本技能训练课。课程的作用为:

(1) 使学生具备高技术电子企业的一线岗位所需要工艺知识和基本技能,增强学生从业时的岗位竞争力和发展潜力。

(2) 为后续的电子专业综合实践课程奠定基础。我们认为扎实的基本工艺

技能是综合专业实践的基础。基本工艺技能训练可在第一学期进行,而综合专业实践宜在高年级进行。

(3) 为学生的科技制作和毕业设计(项目)奠定基础。

本教材在内容选取方面,突出了先进性和实用性。对传统的电子工艺课程内容进行了较大的更新和重建。将表面安装元器件、SMT 工艺及设备、IPC 工艺标准、静电防护与企业 5S 活动等一系列与第四代电子组装技术相关的新内容纳入教材。在新技术与传统内容的比重分配上,将传统的穿孔安装技术作为入门基础,更多介绍表面安装技术及相关工艺和工艺标准。

2. 内容与学时分配

教材是按照“理论与实践一体化”教学方式组织内容的。全书分为 8 个单元。每个单元中,都安排了理论和实践两部分的内容,所有的工艺理论都设计了对应的训练项目,力图使学员在“学中做”,在“做中学”,力图将工艺理论通过实践变成学员能掌握的工艺技能。

内容与学时分配表(建议)

单元序号	内 容			
	理 论 部 分	学时	实 训 部 分	学时
1	现代电子组装技术概述	4	电脑主板生产线参观	2
2	通孔安装元器件与表面安装元器件	4	电子元器件的识别与简易测试	2
3	焊接机理与手工焊接	4	手工焊接练习	4
4	通孔 PCBA 组装技术	6	穿孔 PCB 组件的手工组装	6
5	表面组装技术	4	SMT 设备操作	2
6	表面安装组件手工焊接与返修	4	SMT 组件的手工组装及返修练习	4
7	电子组装中的静电防护与 5S 活动	3.5	静电防护系统的认识及使用	0.5
8	无铅焊接技术	2	SMT 组件的手工无铅焊接练习	2
小计		31.5		22.5
总课时		54		

表中教学内容与学时分配是按编者所在学院的教学计划而推荐的。使用者,可按实际的教学需要和实训条件,自行变更。

本书由苏州工业园区职业技术学院王应海高级工程师、屈有安副教授编著。王应海编写了第5~7单元,并整理了书后的附录;屈有安编写了第1~第4单元;朱利军编写了第8单元。

本书的出版,得到了李红益、袁丽娟、李淑萍、金曦、周祥等老师的支持和帮助。李红益老师参与了第4单元、第6单元部分实训项目的整理和校对;袁丽娟老师参与了第5章的整理和文字录入;周祥老师参与了第1、2章的整理和校对;李淑萍老师绘制了部分附图;金曦老师参与了部分文档的整理和文字录入。借本书出版之际,向他们表示真诚的感谢。

本书编写过程中,还得到江苏省电子学会SMT专业委员会宣大荣秘书长、OK国际集团奥科电子(北京)有限公司、西门子德马泰克生产与物流自动化系统(中国)有限公司等众多企业和个人的大力支持和帮助。他们提供的专业图片和资料,为本书增色不少,在此表示衷心的感谢!

电子制造业是一个飞速发展的领域,将该领域的新技术、新工艺及时纳入《电子组装工艺与设备》的课程教学将是我们不断为之努力的方向。由于作者的水平有限,书中难免出现错误和不妥之处,欢迎同行和广大读者批评指正。

编者

2007年6月20日

目 录

前言 / 1

单元 1 现代电子组装技术概述

1

- 1.1 常用术语介绍 / 1
- 1.2 电子整机组装流程 / 6
- 1.3 电脑主板的组装工艺 / 10
- 实验项目 1 电脑主板生产线参观 / 20
- 习题 / 20

单元 2 通孔安装元器件与表面安装元器件

21

- 2.1 电阻 / 21
- 2.2 电容 / 32
- 2.3 电感器 / 38
- 2.4 二极管 / 41
- 2.5 半导体三极管 / 44
- 2.6 集成电路 / 49
- 实验项目 2 电子元器件的识别与简易测试 / 58
- 习题 / 60

单元 3 焊接机理与手工焊接

62

- 3.1 锡铅焊接机理 / 62
- 3.2 焊料、助焊剂、阻焊剂 / 68
- 3.3 手工焊接设备 / 73
- 3.4 手工焊接 / 77

- 3.5 IPC 标准简介 / 82
实训项目 3 手工焊接练习 / 84
习题 / 84

单元 4 通孔 PCBA 组装技术

86

- 4.1 通孔元器件自动焊接技术 / 86
4.2 插件生产线组装技术 / 92
4.3 元器件插装前加工 / 97
4.4 元器件定位与安装 / 101
实训项目 4 穿孔 PCB 组件的手工组装 / 103
实训项目 4.1 穿孔器件手工组装 / 103
实训项目 4.2 单元电路组装 / 107
习题 / 108

单元 5 表面组装技术

109

- 5.1 概述 / 109
5.2 表面组装工艺材料与设备 / 113
5.3 表面组装的类型及工艺制程 / 125
实训项目 5 SMT 设备操作 / 130
习题 / 130

单元 6 表面安装组件手工焊接与返修

132

- 6.1 表面安装组件的手工焊接技术 / 132
6.2 表面组装组件的返修技术 / 136
实训项目 6 SMT 组件的手工组装及返修练习 / 152
习题 / 156

单元 7 电子组装中的静电防护与 5S 活动

157

- 7.1 概述 / 157
7.2 静电产生的原因 / 158
7.3 静电在电子工业中的危害 / 161
7.4 防静电解决方案 / 164

- 7.5 生产中的防静电操作措施 / 170
- 7.6 防静电相关标准 / 172
- 7.7 电子企业的 5S 活动 / 173
- 实训项目 7 静电防护系统的认识及使用 / 179
- 习题 / 179

单元 8 无铅焊接技术

180

- 8.1 无铅焊接技术的背景及主要问题 / 180
- 8.2 无铅焊料 / 184
- 8.3 无铅焊接印制板 / 185
- 8.4 无铅回流焊 / 187
- 8.5 无铅波峰焊 / 188
- 8.6 无铅手工焊接技术 / 193
- 8.7 无铅返修工艺 / 195
- 实训项目 8 SMT 组件的手工无铅焊接练习 / 198
- 习题 / 199

附录 / 201

参考文献 / 209

单元 1 现代电子组装技术概述

本单元在介绍与电子组装技术相关的常用术语的基础上,重点介绍电子整机生产的一般流程。并以电脑主板的组装生产线为例,介绍现代电子组装技术的典型工艺流程及设备。

学习目标:

1. 知识目标

- ◆ 掌握 PCB、PCBA、THT、SMT 等常用术语的内涵
- ◆ 掌握电子整机的一般生产流程
- ◆ 掌握表面组装生产线和通孔组装生产线的工艺流程

2. 技能目标

- ◆ 通过参观实际的生产线,对小型化电子产品生产工艺流程建立初步的认识。

1.1 常用术语介绍

1.1.1 印制电路板 PCB

印制电路板 PCB (Print Circuit Board) 是电子工业的重要部件之一。几乎每种电子设备,小到电子手表、计算器,大到计算机、通讯电子设备、军用武器系统,只要有集成电路等电子元器件,为了它们之间的电气互连,都要使用印制板。

印制电路在电子设备中提供如下功能:

1. 为集成电路等各种电子元器件固定和装配提供机械支撑,实现集成电路等各种电子元器件之间的布线和电气连接或电绝缘。

2. 实现电路的连接,保证电路所要求的电气特性,如特性阻抗等。

3. 为自动焊接提供阻焊图形,为元件插装、检查、维修提供识别字符和图形。

在含有绝缘基材的覆铜板上,按预定设计,制作供元器件电气连接的导电图形,称为印制线路(Print Circuit)。成品板称为印制电路板(Printed Circuit Board 简称 PCB),亦称印制板(如图 1-1 所示)。在 PCB 上,用于安装元器件的孔称为焊盘孔。

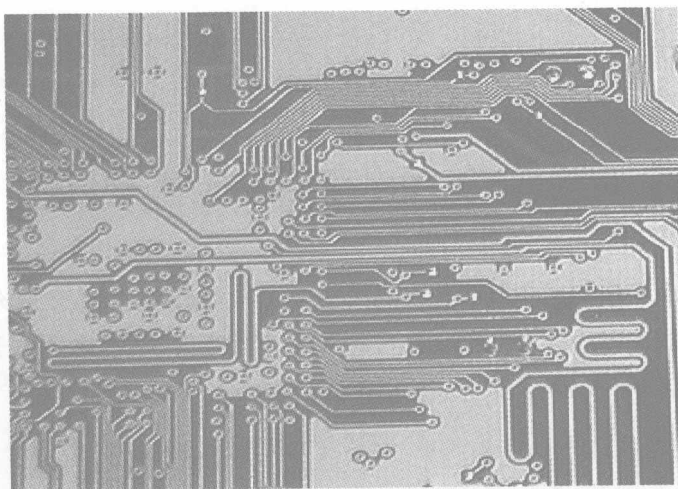


图 1-1 PCB 的结构

1.1.2 印制电路板组件 PCBA

装有电子元器件的印制电路板称为印制电路板组件(Print Circuit Board Assembly),简称 PCBA。电子产品的功能是由其内部的电子电路实现的,电子电路是承载在 PCB 组件上的,因此,PCBA 是构成电子整机(或电子产品)的核心部件。

MP3 是一种简单的电子整机,它的体积较小,功能相对单一,其内部有两块 PCBA,如图 1-2 所示。

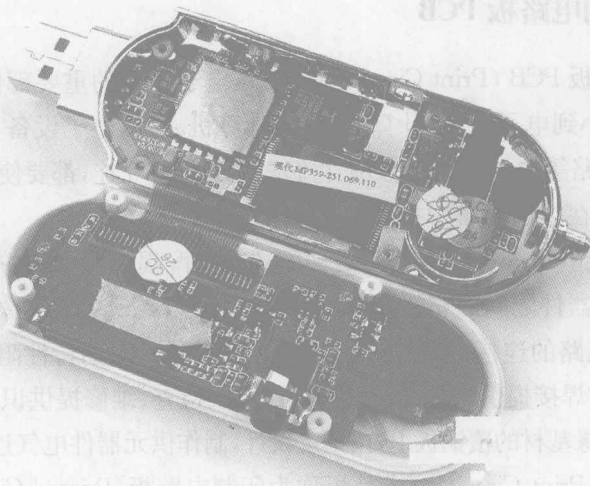


图 1-2 MP3 的内部结构图

从 20 世纪 80 年代,电子产品进入了便携式和小型化的时代。电子元件正在向小型化和微型化方向演化,电子器件正在向大规模集成电路和超大规模集成电路方向演化,由此带来电路组装技术向密间距和高密度方向演进。表面组装技术适应了便携式产品的趋势。

采用表面组装技术电路,最理想的情况是电子产品的所有电子元器件全部都实现了片式化。然而,由于一些电子元件(如开关和连接器)的片式化尚未实现,因此,目前的电路组装技术还处在表面组装技术和通孔安装技术混合使用的阶段。但可以预计,随着元器件技术的进步,表面安装技术会全面取代通孔安装技术。

目前电子制造业常用的电路组装技术有两种,即通孔安装技术和表面安装技术。由带引脚的穿孔元件和器件组装而成的 PCBA 称为通孔 PCBA (如图 1-3 所示),含有微型化的表面安装元器件组装而成的 PCBA 称为表面安装 PCBA,简称 SMA (Surface Mounted Assembly)(如图 1-4 所示)。

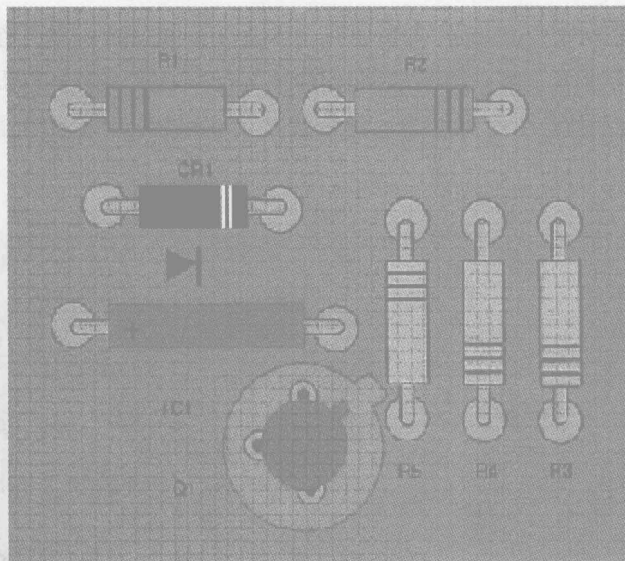


图 1-3 通孔元器件的 PCBA

虽然,电子产品的种类繁多,功能、应用的范围也各不相同,产品结构及其生产工艺也各不相同,但其内部 PCBA 的生产过程是类似的。PCBA 的组装技术(即电路组装技术)是电子整机生产的关键技术,掌握 PCBA 组装技术及工艺正是本教材的宗旨之一。

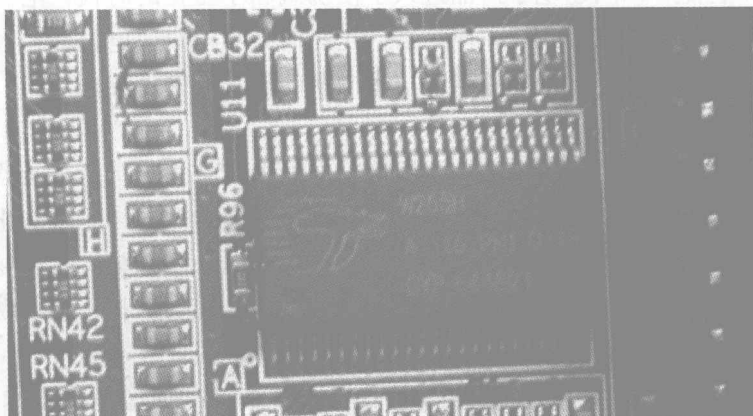


图 1-4 表面安装器件的 PCBA 的外形(SMA 的外形)

1.1.3 通孔安装技术 THT 与表面安装技术 SMT

通孔安装技术(Through Hole Technology)简称 THT,是传统的电路组装技术,它是将元器件插装在印制电路板的焊盘孔中,用焊锡从 PCB 的另一面将元器件引脚焊接固定在焊盘上的一种装联技术。采用 THT 组装而成的 PCBA 如图1-5所示。

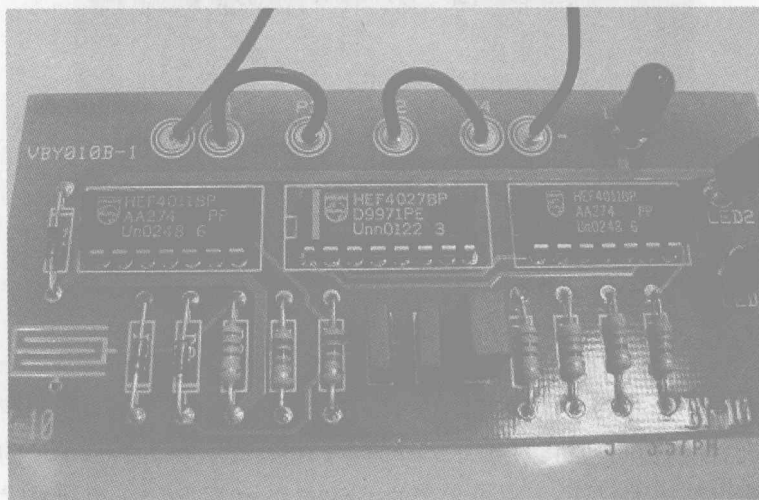


图 1-5 通孔 PCBA 的外形

通孔安装技术开始于 20 世纪 40 年代,当时代表性的产品是电子管收音机,采用了手工插装元器件、手工焊接的方式,这属于第一代的电路组装技术。第二代的组装技术出现在 20 世纪 60 年代以后,在生产晶体管收音机、黑白电视机等产品时,采用了半自动插装插件生产线插元件、浸锡槽焊接的组装方式。在 20 世纪 70 年代以后,波峰焊机、插件机的出现,实现了元器件自动插装、波峰焊机自动焊接,使黑白电视机、收录机等电子产品实现批量生产。自动插装、波峰焊被称为第三代的电路组装技术。20 世纪 80 年代中后期,电子产品的便携式、小型化,引发了原有的插件组装向表面组装转化,表面安装技术在企业的生产线上逐步得到广泛应用。从 20 世纪 90 年代后期,新一代电路组装技术——表面安装技术在很多方面取代了传统的通孔安装技术而成为现代电子企业主流生产技术。尽管如此,通孔安装技术仍然在一些民用电子产品生产中应用。

表面安装技术(Surface Mounted Technology),也称表面贴装技术,简称 SMT,是将电子元器件贴装在印制电路板或基板的表面,在元器件面焊接的一种组装技术(其外形如图 1-6 所示)。表面安装技术是新一代先进电路组装技术,它实现了电子产品组装的高密度、高可靠、小型化、低成本和生产自动化。目前,先进的电子产品,特别是在计算机及通讯类电子产品组装中,已普遍采用了 SMT。

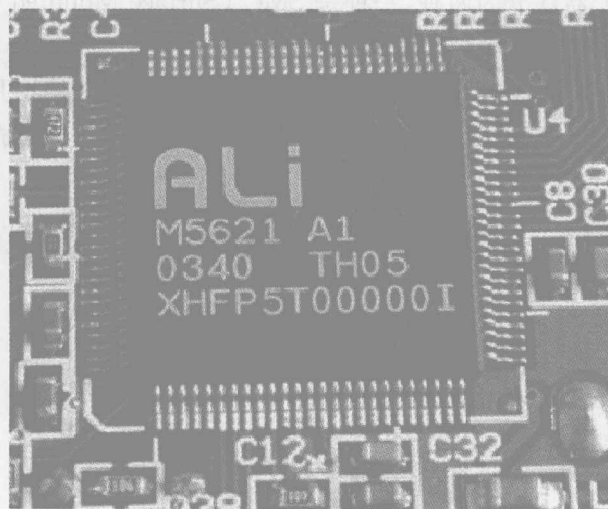


图 1-6 SMT 的外形

1.1.4 电子元器件

电子元器件是电子电路中具有独立电气功能的最小单元,如果把电子设备比作一个整体的话,元器件就是组成电子设备这个整体的细胞。电子元器件包括电阻器、电容器、电感器、晶体管、集成电路、继电器、开关等几大类。根据元器件的封装形式,分为通孔安装元器件和表面安装元器件。习惯上,将电阻、电容、电感、开关等这类不含有 PN 结的电路单元称为被动元件(Passive Component),简称元件(Component)。将二极管、三极管、集成电路器件等含有 PN 结的电路单元称为主动元件(Active Component),简称器件(Device)。

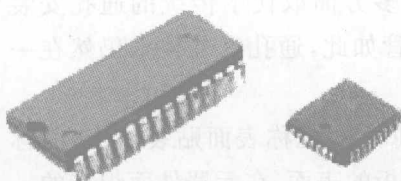


图 1-7 双列直插集成电路与
表面安装集成电路

目前,在电子业中使用的电路组装技术有两种:即 THT 和 SMT。从组装工艺的角度分析,通孔组装(THT)和表面组装(SMT)的主要区别是所用的元器件、PCB 不同。前者是“插装”,即将长引脚元器件插入 PCB 的焊盘孔中,而后者是“贴装”,即将“无引线或短引线的”元器件贴在 PCB 表面。

从外形上看,表面安装元器件体积更小,重量更轻(如图 1-7)。实际上,表面安装元器件比穿孔安装元器件在许多方面都有较高的技术要求。

表面安装元器件分为两种,一种是 SMC (Surface Mounted Component),一种是 SMD (Surface Mounted Device)。

SMC 又称为片式元件,最早使用的片式元件是无引线矩形片式电阻器和多层瓷介质电容器。SMD 主要是指片式晶体管和表面安装的集成电路。

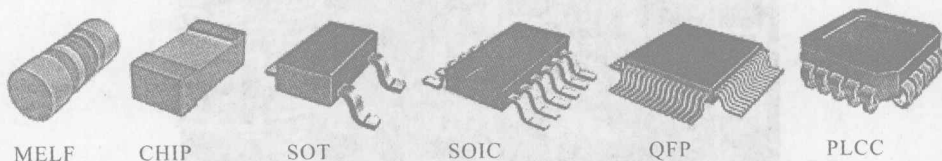


图 1-8 常见的 SMC/SMD 的封装形式

1.2 电子整机组装流程

电子元器件、PCB 是组成电子整机的基本元素。电子产品的组装是将各种电

子元器件、机电零部件,按照设计文件和工艺文件的要求,装接在规定位置上,组成能够实现特定功能电子整机的过程。虽然,电子产品的生产工艺过程会因产品的复杂程度、产量大小以及生产设备和工艺的不同而有所区别,但总体来说,可以简化为组装准备、连接线加工、PCBA 组装、单元组装、整机总装、整机调试和最终验收等几个阶段。图 1-9 为电子整机总装的工艺流程简图。

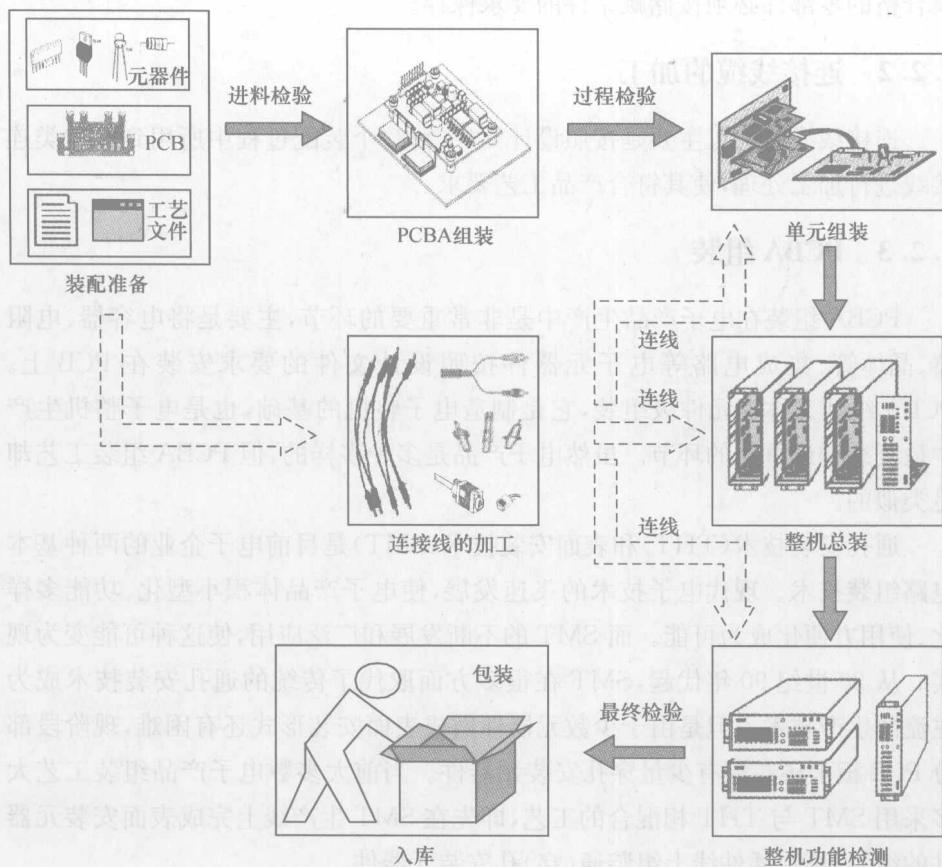


图 1-9 电子整机组装的工艺流程

1.2.1 组装准备

元器件、PCB 和零部件是组成电子整机的基本原料。组装准备的基本要求是元器件、PCB 和零部件在数量上要保证足量、配套,质量上要保证合格。

在数量上,做到既不要过多,也不要过少。“过多”就是指元器件或零部件超出了额定配套的数量,这样就会在装配过程中造成不必要的浪费,从而使成