



全国高等职业教育规划教材

SMT——表面组装技术

第2版

主 编 何丽梅
副主编 陈玲玲 程 刚

- 注重实践能力培养，充分体现能力为本、项目导向的教学理念
- 语言朴实流畅、清晰明快，脉络分明、推理严密，可读性强
- 丰富的实物图片与设备结构图使主要知识点一目了然

电子教案下载网址 www.cmpedu.com



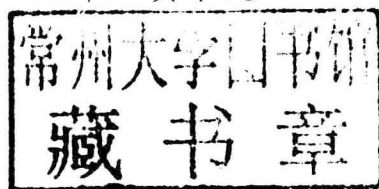
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

SMT——表面组装技术

第2版

主 编 何丽梅
副主编 陈玲玲 程 刚
参 编 侯洪波 陈 明
主 审 黄永定



机械工业出版社

本书第1版在多年的使用中深受广大读者欢迎。本次修订听取了部分读者的意见与建议,注意了实用参考价值和适用面等问题,特别强调了生产现场的技能性指导。与第1版相比,本书充实了贴片、焊接、检测等SMT关键工艺制程与关键设备使用维护方面的知识,同时也删减了部分实用性不大或与其他教材知识交叉的内容。为便于理解与掌握,书中配置了大量的插图及照片。

本书可作为高等职业学校或中等职业学校应用电子技术、SMT或电子制造工艺专业的教材,也可作为各类工科院校器件设计、电路设计等与SMT相关的其他专业的辅助教材,同时也可供从事SMT产业的企业员工自学和参考。

本书配套授课电子教案,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

SMT——表面组装技术/何丽梅主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2013.5

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-41726-2

I. ①S… II. ①何… III. ①SMT技术-高等职业教育-教材

IV. ①TN305

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第042465号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王颖 版式设计:霍永明

责任校对:张晓蓉 刘雅娜 责任印制:杨曦

北京四季青印刷厂印刷

2013年5月第2版第1次印刷

184mm×260mm·14.25印张·348千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-41726-2

定价:29.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材 电子类专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

于宝明	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
孙 萍	朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳
杨打生	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文
季顺宁	罗厚军	胡克满	姚建永	钮文良	聂开俊
夏西泉	袁启昌	郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健
曹 毅	章大钧	黄永定	曾晓宏	谭克清	戴红霞

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 蔡建军

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

SMT（表面组装技术）是电子先进制造技术的重要组成部分，SMT 的迅速发展和普及，变革了传统电子电路组装的概念，为电子产品的微型化、轻量化创造了基础条件，对于推动当代信息产业的发展起到了独特的作用。SMT 已经成为制造现代电子产品的必不可少的技术之一，目前，SMT 已经广泛应用于各行各业的电子产品组件和元器件的组装中。而且，随着半导体元器件技术、材料技术、电子与信息技术等相关技术的飞速进步，SMT 的应用面还在不断扩大，其技术也在不断完善和深化发展之中。近年来，为了与 SMT 的这种发展现状和趋势相适应，与信息产业和电子产品的飞速发展带来的对 SMT 的技术需求相适应，我国电子制造业急需大量掌握 SMT 知识的专业技术人才。

为了更好地满足 SMT 专业技术人才培养的系统性教学、培训需求，编者在第 1 版的基础上，对《SMT——表面组装技术》一书进行了改写与修订。本次修订听取了部分读者的意见与建议，考察了 SMT 电子产品生产企业，并对相关电子行业的用工需求进行了调研。编写中注意了实用参考价值，特别强调了生产现场的设备使用与维护技术。与第 1 版相比较，本书中关于 SMT 工艺中的印刷、贴片、焊接、检测等关键工序的应用指导更加充实与完善，同时也删减了书中部分实用性不大或与其他教材知识交叉的内容。

本书可作为高等职业院校应用电子技术专业的教材，也可作为各类工科院校器件设计、电路设计等与 SMT 相关的其他专业的辅助教材，同时也可供从事 SMT 产业的企业员工自学和参考。

本书由吉林信息工程学校何丽梅任主编，吉林化工学院陈玲玲、长春工业大学程刚任副主编，吉林信息工程学校侯洪波、陈明参编。何丽梅编写第 1 章，陈玲玲编写第 3 章、第 4 章，程刚编写第 5 章、第 6 章，陈明编写第 7 章、第 8 章，侯洪波编写第 2 章、第 9 章及附录部分。全书由何丽梅统稿。

吉林信息工程学校黄永定担任本书主审。

本书在编写过程中参考了大量有关 SMT 技术方面的资料，同时也得到了吉林华微集团、吉林永大公司等企业工程技术人员的大力协助与指导，在此一并表示感谢。

由于编者水平、经验有限，错误与不当之处在所难免，恳请读者在阅读与使用中提出宝贵意见，以便及时改正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 概论 1

1.1 SMT 的发展及特点 1

1.1.1 表面组装技术的发展过程 1

1.1.2 SMT 的组装技术特点 3

1.2 SMT 及 SMT 工艺技术的基本内容 4

1.2.1 SMT 的主要内容 4

1.2.2 SMT 工艺技术的基本内容 4

1.2.3 SMT 工艺技术要求 5

1.2.4 SMT 生产系统的基本组成 6

1.3 思考与练习题 7

第 2 章 表面组装元器件 8

2.1 表面组装元器件的特点和种类 8

2.1.1 特点 8

2.1.2 种类 9

2.2 表面组装电阻器 9

2.2.1 SMC 固定电阻器 9

2.2.2 SMC 电阻排（电阻网络） 12

2.2.3 SMC 电位器 13

2.3 表面组装电容器 15

2.3.1 SMC 多层陶瓷电容器 15

2.3.2 SMC 电解电容器 16

2.3.3 SMC 云母电容器 19

2.4 表面组装电感器 19

2.4.1 绕线型 SMC 电感器 20

2.4.2 多层型 SMC 电感器 21

2.5 表面组装分立器件 21

2.5.1 SMD 二极管 21

2.5.2 SMD 晶体管 23

2.6 表面组装集成电路 24

2.6.1 SMD 封装综述 24

2.6.2 集成电路的封装形式 25

2.7 表面组装元器件的包装 29

2.8 表面组装元器件的选择与使用 31

2.8.1 对 SMT 元器件的基本要求 31

2.8.2 表面组装元器件的选择 32

2.8.3 使用 SMT 元器件的注意事项 32

2.8.4 SMT 器件封装形式的发展 33

2.9 思考与练习题 35

第 3 章 表面组装印制电路板的设计与制造 37

3.1 SMT 印制电路板的特点与材料 37

3.1.1 SMT 印制电路板的特点 37

3.1.2 基板材料 39

3.1.3 SMB 基材质量的相关参数 41

3.1.4 CCL 常用的字符代号 45

3.1.5 CCL 的铜箔种类与厚度 45

3.2 SMB 的设计 46

3.2.1 SMB 设计的基本原则 46

3.2.2 常见的 SMB 设计错误及后果 48

3.3 SMB 设计的具体要求 49

3.3.1 整体设计 49

3.3.2 表面组装元器件焊盘设计 52

3.3.3 元器件布局的设计 56

3.3.4 焊盘与导线连接的设计 57

3.3.5 PCB 可焊性设计 58

3.4 印制电路板的制造 60

3.4.1 单面印制电路板的制造 60

3.4.2 双面印制电路板的制造 61

3.4.3 多层印制电路板的制造 63

3.4.4 PCB 质量验收 67

3.5 思考与练习题 68

第 4 章 表面组装工艺材料 69

4.1 贴装胶 69

4.1.1 贴装胶的化学组成 70

4.1.2 贴装胶的分类 70

4.1.3 表面组装对贴装胶的要求 71

4.1.4 贴装胶的使用 71

4.2 焊锡膏 72

4.2.1 焊锡膏的化学组成 72

4.2.2 焊锡膏的分类 73

4.2.3 表面组装对焊锡膏的要求 74

4.2.4 焊锡膏的选用原则 75

4.2.5	焊锡膏的使用注意事项	76	6.2.2	波峰焊	112
4.2.6	无铅焊料	76	6.2.3	再流焊	117
4.3	助焊剂	79	6.2.4	影响再流焊品质的因素	125
4.3.1	助焊剂的化学组成	79	6.3	SMT 元器件的手工焊接与返修	125
4.3.2	助焊剂的分类	80	6.3.1	手工焊接 SMT 元器件的要求与条件	125
4.3.3	对助焊剂性能的要求	81	6.3.2	SMT 元器件的手工焊接与拆焊	128
4.3.4	助焊剂的选用	81	6.3.3	BGA、CSP 集成电路的修复性植球	131
4.4	清洗剂	82	6.3.4	SMT 印制电路板维修工作站	133
4.4.1	清洗剂的化学组成	82	6.4	SMT 焊接质量缺陷及解决办法	134
4.4.2	清洗剂的分类与特点	82	6.4.1	再流焊质量缺陷及解决办法	134
4.5	其他材料	83	6.4.2	波峰焊质量缺陷及解决办法	138
4.5.1	阻焊剂	83	6.4.3	再流焊与波峰焊均会出现的焊接缺陷	140
4.5.2	抗氧化剂	83	6.5	清洗工艺与清洗设备	142
4.5.3	插件胶	83	6.5.1	清洗技术的作用与分类	142
4.6	思考与练习题	84	6.5.2	批量式溶剂清洗技术	144
第 5 章	表面组装涂敷与贴装技术	85	6.5.3	连续式溶剂清洗技术	145
5.1	表面组装涂敷技术	85	6.5.4	水清洗工艺技术	146
5.1.1	再流焊工艺焊料供给方法	85	6.5.5	超声波清洗	147
5.1.2	焊锡膏印刷机及其结构	86	6.6	思考与练习题	149
5.1.3	焊锡膏印刷过程	87	第 7 章	SMT 组装工艺流程与静电防护	151
5.1.4	焊锡膏印刷方法	88	7.1	SMT 组装方式与组装工艺流程	151
5.1.5	印刷机工艺参数的调节	90	7.1.1	组装方式	151
5.2	贴片工艺和贴片机	93	7.1.2	组装工艺流程	152
5.2.1	对贴片质量的要求	93	7.2	SMT 生产线的设计	157
5.2.2	自动贴片机的结构与技术指标	94	7.2.1	生产线的总体设计	157
5.2.3	贴片机的工作方式和类型	99	7.2.2	生产线的自动化程度	158
5.3	手工贴装 SMT 元器件	100	7.2.3	设备选型	159
5.4	SMT 贴片胶涂敷工艺	100	7.2.4	其他	160
5.4.1	贴片胶的涂敷	100	7.3	SMT 产品组装中的静电防护技术	160
5.4.2	贴片胶的涂敷工序及技术要求	102	7.3.1	静电及其危害	160
5.4.3	使用贴片胶的注意事项	103	7.3.2	静电防护	161
5.4.4	点胶工艺中常见的缺陷与解决方法	103	7.3.3	常用静电防护器材	163
5.5	焊锡膏印刷与贴片质量分析	104	7.3.4	电子整机作业过程中的静电防护	163
5.5.1	焊锡膏印刷质量分析	104	7.4	实训——SMT 电调谐调频收音机组装	165
5.5.2	贴片质量分析	105	7.4.1	实训目的	165
5.6	思考与练习题	106	7.4.2	实训场地要求与实训器材	165
第 6 章	表面组装焊接及清洗工艺	107	7.4.3	实训步骤及要求	166
6.1	焊接原理与表面组装焊接特点	107			
6.1.1	电子产品焊接工艺	107			
6.1.2	SMT 的焊接技术特点	109			
6.2	表面组装的自动焊接技术	110			
6.2.1	浸焊	111			

7.4.4 总装及调试验收	169	9.1 质量控制的内涵与特点	187
7.4.5 实训报告	170	9.2 SMT 生产质量管理体系	188
7.4.6 实训产品工作原理简介	170	9.2.1 加工中心的质量目标	188
7.5 思考与练习题	171	9.2.2 SMT 产品设计	189
第8章 SMT 检测工艺	173	9.2.3 外购件及外协件的管理	189
8.1 来料检测	173	9.2.4 生产管理	190
8.2 工艺过程检测	174	9.2.5 质量检验	194
8.2.1 目视检验	175	9.2.6 图样文件管理	196
8.2.2 自动光学检测 (AOI)	177	9.2.7 包装、储存及交货	196
8.2.3 自动 X 射线检测 (X-Ray)	180	9.2.8 人员培训	196
8.3 ICT 在线测试	182	9.3 思考与练习题	197
8.3.1 针床式在线测试仪	182	附录	198
8.3.2 飞针式在线测试仪	184	附录 A 中华人民共和国电子行业标准	198
8.4 功能测试 (FCT)	186	附录 B 本书专业英语词汇	213
8.5 思考与练习题	186	参考文献	217
第9章 SMT 产品质量控制与管理	187		

第1章 概 论

本章要点

- SMT 的基本概念
- SMT 的现状与发展
- SMT 与 SMT 生产系统的基本组成

在我国电子行业标准中，将 SMT (Surface Mounting Technology) 叫做表面组装技术，也常叫做表面装配技术或表面安装技术。表面组装是将电子元器件贴装在印制电路板表面（而不是将它们插装在印制电路板的孔中）的一种装联技术，它提供最新的小型电子产品，使其重量、体积和成本大幅下降，是现代电子产品先进制造技术的重要组成部分。

SMT 在计算机、彩电调谐器、录像机、数码相机、数码摄像机、袖珍式高档多波段收音机、MP3、手机等几乎所有的电子产品生产中都得到了广泛应用。SMT 是电子装联技术的主要发展方向，已成为世界电子整机组装技术的主流。

SMT 是一门包括元器件、材料、设备、工艺以及表面组装电路板设计与制造的系统性综合技术；是突破了传统的印制电路板采用通孔基板插装元器件方式而发展起来的第四代组装方法；是当前最热门的电子产品组装换代新观念，也是电子产品能有效地实现“轻、薄、短、小”，多功能、高可靠、优质、低成本的主要手段之一。

1.1 SMT 的发展及特点

1.1.1 表面组装技术的发展过程

1. 表面组装技术的产生背景

近年来，电子应用技术的发展表现出以下 3 个显著的特征。

- (1) 智能化：使信号从模拟量转换为数字量，并用计算机进行处理。
- (2) 多媒体化：从文字信息交流向声音、图像信息交流的方向发展，使电子设备更加人性化、更加深入人们的生活与工作。
- (3) 网络化：用网络技术把独立系统连接起来，高速、高频的信息传输使整个单位、地区、国家以至全世界实现资源共享。

这种发展趋势和市场需求对电路组装技术提出了如下要求。

- 密度化：单位体积内电子产品处理信息量的提高。
- 高速化：单位时间内处理信息量的提高。
- 标准化：用户对电子产品多元化的需求，使少量品种的大批量生产转化为多品种、小批量的生产，这样必然对元器件及装配手段提出更高的标准化要求。

这些要求迫使对在通孔基板 PCB 上插装电子元器件的工艺方式进行革命，从而导致电

子产品的装配技术全方位地转向 SMT。

2. 表面组装技术的发展简史

SMT 技术自 20 世纪 60 年代问世以来,经过几十年的发展,已进入完全成熟的阶段,是当代电路组装技术的主流,而且正继续向纵深发展。

表面组装技术是随着组件电路的制造技术发展起来的。从 20 世纪 70~80 年代, SMT 发展的主要技术目标是把小型化的片状元件应用在混合电路(我国称为厚膜电路)的生产制造之中,从这个角度来说, SMT 对集成电路的制造工艺和技术发展做出了重大的贡献。同时, SMT 开始大量使用在民用的石英电子表和电子计算器等产品中。

美国是世界上最早应用 SMT 的国家,并且一直重视在投资类电子产品和军事装备领域发挥 SMT 高组装密度和高可靠性方面的优势。

日本在 20 世纪 70 年代从美国引进 SMT 技术并将之应用在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。日本从 20 世纪 80 年代中后期起,加速了 SMT 在产业电子设备领域中的全面推广应用,仅用 4 年时间使 SMT 在计算机和通信设备中的应用数量增长了近 30%,使日本很快超过了美国,在 SMT 方面处于世界领先地位。

20 世纪 80 年代中期以来, SMT 进入高速发展阶段,20 世纪 90 年代初已成为完全成熟的新一代电路组装技术,并逐步取代通孔插装技术。据国外资料报道,进入 20 世纪 90 年代以来,全球采用通孔组装技术的电子产品正以年 11% 的速度下降,而采用 SMT 的电子产品正以 8% 的速度递增。到目前为止,日、美等国已有 80% 以上的电子产品采用了 SMT。

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,其发展水平仅次于日本和美国。20 世纪 80 年代以来,新加坡等国也不惜投入巨资,纷纷引进先进技术,使 SMT 获得较快的发展。

3. 表面组装技术的发展动态

表面组装技术总的发展趋势是:元器件越来越小,组装密度越来越高,组装难度也越来越大。当前, SMT 正向以下 4 个方面发展。

(1) 元器件体积进一步小型化。在大批量生产的微型电子整机产品中, 0201 系列元件(外形尺寸为 $0.6\text{mm} \times 0.3\text{mm}$)、窄引脚间距为 0.3mm 的新型封装的大规模集成电路已经大量采用。由于元器件体积的进一步小型化,对 SMT 表面组装工艺水平、SMT 设备的定位系统等提出了更高的精度与稳定性要求。

(2) 进一步提高 SMT 产品的可靠性。面对微小型 SMT 元器件被大量采用和无铅焊接技术的应用,在极限工作温度和恶劣环境条件下,消除因为元器件材料的线膨胀系数不匹配而产生的应力,避免这种应力导致印制电路板开裂或内部断线以及元器件焊接被破坏等故障,已成为不得不考虑的问题。

(3) 新型生产设备的研制。在 SMT 电子产品的大批量生产过程中,焊锡膏印刷机、贴片机和再流焊设备是不可缺少的。近年来,各种生产设备正朝着高密度、高速度、高精度和多功能方向发展,高分辨率的激光定位、光学视觉识别系统、智能化质量控制等先进技术得到推广应用。

(4) 柔性 PCB 的表面组装技术。随着电子产品组装中柔性 PCB 的广泛应用,在柔性 PCB 上组装元器件的技术已被业界攻克,其难点在于柔性 PCB 如何实现刚性固定的准确定位要求。

4. 我国表面组装技术的发展概况

我国 SMT 的应用起步于 20 世纪 80 年代初期,最初从美、日等国成套引进了 SMT 生产线用于彩色电视机调谐器生产。随后应用于录像机、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、航空航天电子产品中也逐渐得到应用。

据 2000 年不完全统计,我国约有 40 多家企业从事表面组装元器件的生产,全国约有 300 多家企业引进了 SMT 生产线,不同程度地采用了 SMT 技术,全国已引进 7000 余台贴装机。随着改革开放的深入以及加入 WTO,美、日、新加坡的一些厂商已陆续将 SMT 加工厂搬到了中国,仅 2005 年一年就引进了贴装机 8992 台。使中国贴片机保有量在 30000 台以上,SMT 生产线在 15000 条左右。

经过几十年持续增长,尤其是 2000 年到 2004 年连续 5 年的超高速增长,中国已经成为世界第一的 SMT 产业大国,预计这一地位 10 年内不会改变。从 2005 年起,中国的 SMT 产业进入调整转型期,这个调整转型期是中国由 SMT 大国走向 SMT 强国的关键。我国 SMT 的发展前景是非常广阔的。

1.1.2 SMT 的组装技术特点

SMT 工艺技术的特点可以通过其与传统通孔插装技术 (THT) 的差别比较体现。从组装工艺技术的角度分析,SMT 和 THT 的根本区别是“贴”和“插”。二者的差别还体现在基板、元器件、组件形态、焊点形态和组装工艺方法各个方面。

THT 采用有引线元器件,在印制电路板上设计好电路连接导线和安装孔,通过把元器件引线插入 PCB 上预先钻好的通孔中,暂时固定后在基板的另一面采用波峰焊接等软钎焊技术进行焊接,形成可靠的焊点,建立长期的机械和电气连接,元器件主体和焊点分别分布在基板两侧。采用这种方法,由于元器件有引线,当电路密集到一定程度以后,就无法解决缩小体积的问题了。同时,引线间相互接近导致的故障、引线长度引起的干扰也难以排除。

所谓表面组装技术,是指把片状结构的元器件或适合于表面组装的小型化元器件,按照电路的要求放置在印制电路板的表面上,用再流焊或波峰焊等焊接工艺装配起来,构成具有一定功能的电子部件的组装技术。SMT 和 THT 元器件安装焊接方式的差别如图 1-1 所示。在传统的 THT 印制电路板上,元器件和焊点分别位于板的两面;而在 SMT 印制电路板上,焊点与元器件都处在板的同一面上。因此,在 SMT 印制电路板上,通孔只用来连接印制电路板两面的导线,孔的数量要少得多,孔的直径也小很多。这样,就能使印制电路板的装配密度极大地提高。

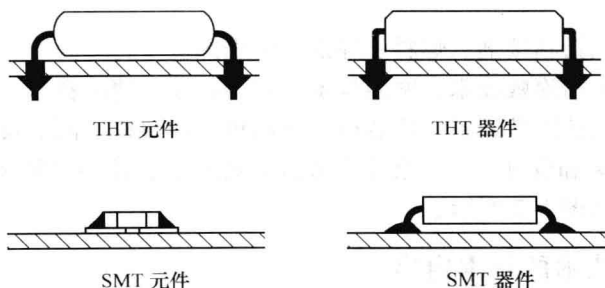


图 1-1 SMT 和 THT 元器件安装焊接方式的差别

表面组装技术和通孔插装元器件的方式相比,具有以下优越性。

(1) 实现微型化。SMT 的电子部件,其几何尺寸和占用空间的体积比通孔插装元器件小得多,一般可减小 60%~70%,甚至可减小 90%。重量减轻 60%~90%。

(2) 信号传输速度快。结构紧凑、组装密度高,在印制电路板上双面贴装时,组装密度可以达到 5.5~20 个焊点/cm²,由于连线短、延迟小,可实现高速度的信号传输。同时,更加耐振动、抗冲击。这对于电子设备超高速运行具有重大的意义。

(3) 高频特性好。由于元器件无引线或短引线,自然减小了电路的分布参数,降低了射频干扰。

(4) 有利于自动化生产,提高成品率和生产效率。由于片状元器件外形尺寸标准化、系列化及焊接条件的一致性,使 SMT 的自动化程度很高,从而使焊接过程造成的元器件失效大大减少,提高了可靠性。

(5) 材料成本低。现在,除了少量片状化困难或封装精度特别高的品种,绝大多数 SMT 元器件的封装成本已经低于同样类型、同样功能的 THT 元器件,随之而来的是 SMT 元器件的销售价格比 THT 元器件更低。

(6) SMT 技术简化了电子整机产品的生产工序,降低了生产成本。在印制电路板上组装时,元器件的引线不用整形、打弯、剪短,因而使整个生产过程缩短,生产效率得到提高。同样功能电路的加工成本低于通孔插装方式,一般可使生产总成本降低 30%~50%。

1.2 SMT 及 SMT 工艺技术的基本内容

1.2.1 SMT 的主要内容

SMT 是一项复杂的系统工程,它主要包含表面组装元器件、组装基板、组装材料、组装工艺、组装设计、检测技术、组装和检测设备、控制和管理等技术。其技术范畴涉及诸多学科,是一项综合性工程科学技术。SMT 主要包含以下内容。

(1) 表面组装元器件。

① 设计。包括结构尺寸、端子形式、耐焊接热等设计内容。

② 制造。各种元器件的制造技术。

③ 包装。有编带式包装、棒式包装、散装等形式。

(2) 电路基板。包括单(多)层 PCB、陶瓷、瓷釉金属板等。

(3) 组装设计。包括电设计、热设计、元器件布局、基板图形布线设计等。

(4) 组装工艺。

① 组装材料。包括粘接剂、焊料、焊剂、清洗剂。

② 组装技术。包括涂敷技术、贴装技术、焊接技术、清洗技术、检测技术。

③ 组装设备。包括涂敷设备、贴装机、焊接机、清洗机、测试设备等。

(5) 组装系统控制和管理。指组装生产线或系统组成、控制与管理等。

SMT 的基本组成如图 1-2 所示。

1.2.2 SMT 工艺技术的基本内容

SMT 工艺技术的主要内容可分为组装材料选择、组装工艺设计、组装技术和组装设备

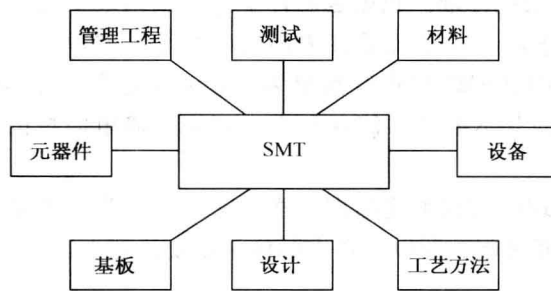


图 1-2 SMT 的基本组成

应用四大部分，如图 1-3 所示。

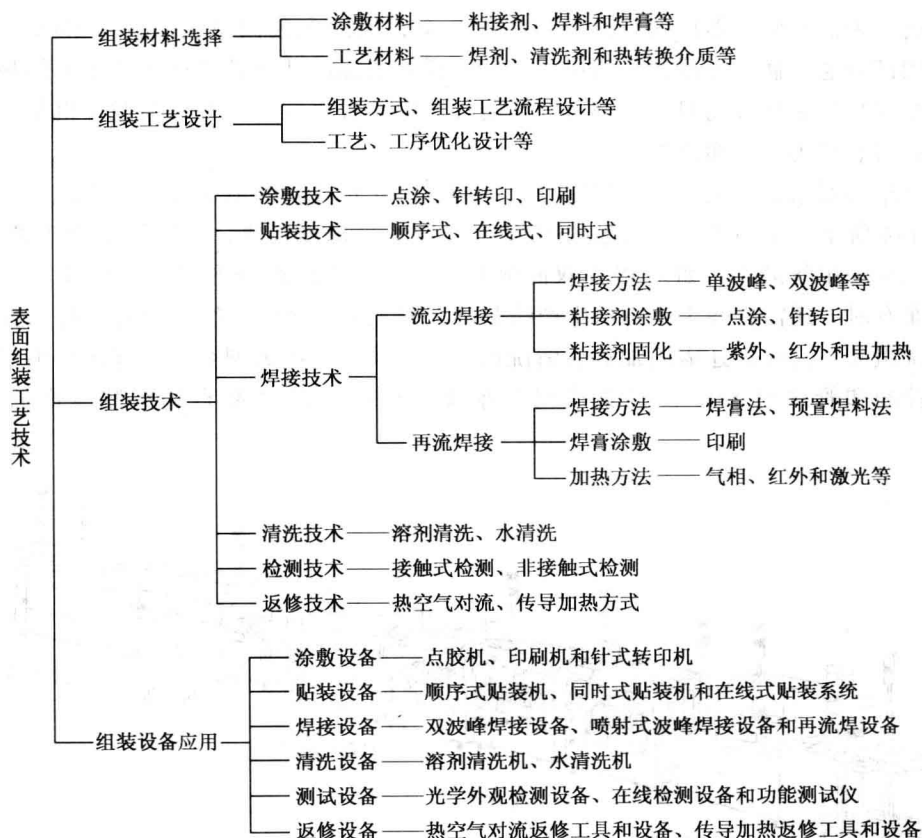


图 1-3 SMT 工艺技术的基本内容

SMT 工艺技术涉及化工与材料技术（如各种焊锡膏、焊剂、清洗剂），涂敷技术（如焊锡膏印刷），精密机械加工技术（如丝网制作），自动控制技术（如设备及生产线控制），焊接技术和测试，检验技术及组装设备应用技术等诸多技术。

1.2.3 SMT 工艺技术要求

随着 SMT 的快速发展和普及，其工艺技术日趋成熟，并开始规范化。美、日等国均针

对 SMT 工艺技术制订了相应标准。我国也制订了《表面组装工艺通用技术要求》、《印制电路板组装件装联技术要求》、《电子元器件表面安装要求》等电子行业标准，其中《表面组装工艺通用技术要求》中对 SMT 生产线和组装工艺流程分类、元器件和基板及工艺材料的基本要求、各生产工序的基本要求、储存和生产环境及静电防护的基本要求等内容进行了规范。

SMT 工艺设计和管理中可以上述标准为指导来规范一些技术要求。由于 SMT 发展速度很快，其工艺技术将不断更新，所以，在实际应用中要注意上述标准引用的适用性问题。

1.2.4 SMT 生产系统的基本组成

由表面涂敷设备、贴装机、焊接机、清洗机和测试设备等表面组装设备形成的 SMT 生产系统习惯上称为 SMT 生产线。

目前，表面组装元器件的品种规格尚不齐全，因此在表面组装组件（SMA）中有时仍需要采用部分通孔插装元器件。所以，一般所说的表面组装组件中往往是插装件和贴装件兼有的，全部采用贴装件的只是一部分。插装件和贴装件兼有的组装称为混合组装，全部采用贴装件的组装称为全表面组装。

根据组装对象、组装工艺和组装方式不同，SMT 的生产线有多种组线方式。

图 1-4 所示为采用再流焊技术的 SMT 生产线的最基本组成，一般用于 PCB 单面组装的场合，也称为单线形式。如果 PCB 双面组装，则需要双线组线形式的生产线。当插装件和贴装件兼有时，还需在图 1-4 所示生产线基础上附加插装件组线线和相应设备。当采用的是非免清洗组装工艺时，还需附加焊后清洗设备。目前，一些大型企业配有送料小车、以计算机进行控制和管理的 SMT 产品集成组装系统，它是 SMT 产品自动组装生产的高级组织形式。

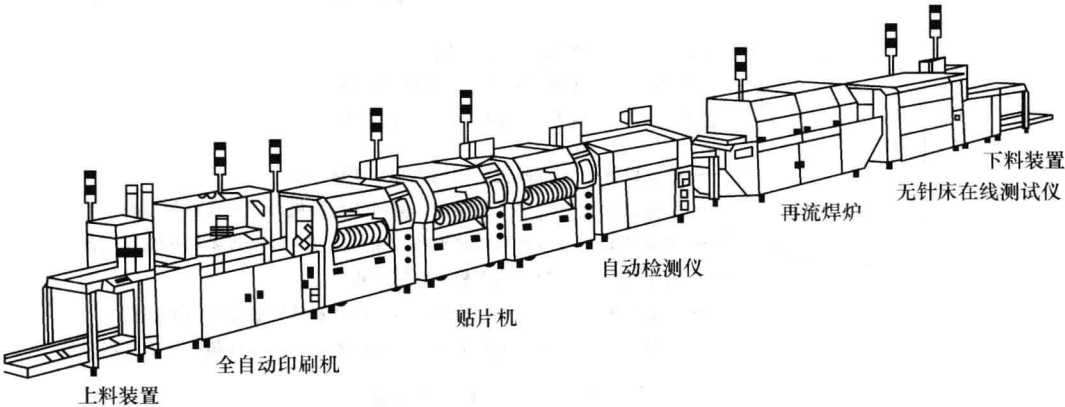


图 1-4 SMT 生产线基本组成示例

下面是 SMT 生产线的一般工艺过程，其中的焊锡膏涂敷方式、焊接方式以及点胶工序的有无，都可根据组线方式的不同而有所不同。

(1) 印刷。其作用是将焊锡膏漏印到 PCB 的焊盘上，为元器件的焊接做准备。所用设备为焊锡膏印刷机，位于 SMT 生产线的最前端。

(2) 点胶。它是将胶水滴到 PCB 的固定位置上，其主要作用是在采用波峰焊接时，将

元器件固定到 PCB 上。所用设备为点胶机，位于 SMT 生产线的最前端（在图 1-4 中未示出）。此道工序也可采用类似焊锡膏印刷的方式，将贴片胶漏印到焊盘之间。

（3）贴装。其作用是将表面组装元器件准确地安装到 PCB 的固定位置上。所用设备为贴片机，位于 SMT 生产线中丝印机的后面。

（4）固化。其作用是将贴片胶固化，从而使表面组装元器件与 PCB 牢固粘接在一起。所用设备为固化炉，位于 SMT 生产线中贴片机的后面。

（5）再流焊接。其作用是将焊锡膏融化，使表面组装元器件与 PCB 上的焊盘牢固粘接在一起。所用设备为再流焊炉，位于 SMT 生产线中贴片机的后面。

（6）清洗。其作用是将组装好的 PCB 上面的焊接残留物如助焊剂等除去。所用设备为清洗机，位置可以不固定，可以在线，也可不在线。

（7）检测。其作用是对组装好的 SMA（表面组装组件）进行焊接质量和装配质量的检测。所用设备有放大镜、显微镜、在线测试仪（ICT）、飞针测试仪、自动光学检测（AOI）、X-RAY 检测系统和功能测试仪等。位置根据检测的需要，可以配置在生产线合适的地方。

（8）返修。其作用是对检测出故障的 SMA 进行返工。所用工具及设备为电烙铁、返修工作站等。配置在生产线中任意位置。

1.3 思考与练习题

1. 填空题

（1）SMT 是一项复杂的系统工程，它主要包含表面组装（ ）、组装（ ）、组装（ ）、组装（ ）、组装（ ）、检测技术、组装和检测（ ）、控制和管理等技术。

（2）表面组装技术和通孔插装元器件的方式相比，具有以下优越性：（ ）、（ ）、（ ）、（ ）及简化了电子整机产品的生产工序并降低了生产成本等。

（3）从组装工艺技术的角度分析，SMT 和 THT 的根本区别是（ ）和（ ）。二者的差别还体现在（ ）、（ ）、组件形态、焊点形态和组装工艺方法各个方面。

2. 简述表面组装技术的含义及其产生背景。

3. 简述表面组装技术的发展简史。

4. 当前 SMT 在哪些方面取得了新的技术进展？

5. 画出 SMT 生产系统的基本组成框图。

第2章 表面组装元器件

本章要点

- 表面组装元器件的特点、种类和规格
- 表面组装元件 SMC（类型、规格）
- 表面组装半导体器件 SMD（类型、规格）
- 表面组装元器件的包装形式
- 表面组装元器件的使用要求与选择

2.1 表面组装元器件的特点和种类

2.1.1 特点

表面组装元器件俗称无引脚元器件或片式元器件。习惯上人们把表面组装无源元件，如片式电阻、电容、电感又称为 SMC（Surface Mounted Components），而将有源器件，如小外形晶体管 SOT 及四方扁平组件（QFP）称为 SMD（Surface Mounted Devices）。无论是 SMC 还是 SMD，在功能上都与传统的通孔安装元器件相同。起初是为了减小体积而制造，然而，它们一经问世，就表现出强大的生命力，其体积明显减小、高频特性提高、耐振动和安装紧凑等优点是传统通孔元器件所无法比拟的，从而极大地刺激了电子产品向多功能、高性能、微型化和低成本的方向发展。同时，这些微型电子产品又促进了 SMC 和 SMD 继续向微型化发展。片式电阻电容已由早期的 $3.2\text{mm} \times 1.6\text{mm}$ 缩小为 $0.4\text{mm} \times 0.2\text{mm}$ ，IC 的引脚中心距已由 1.27mm 减小为 0.3mm ，且随着裸芯片技术的发展，BGA 和 CSP 类多引脚器件已广泛应用到生产中。此外，一些机电元件，如开关、继电器、滤波器和延迟线，也都实现了片式化。

1. 表面组装元器件的特点

① 在表面组装元器件的电极上，有些焊端完全没有引线，有些只有非常短小的引线；相邻电极之间的距离比传统的 THT 集成电路的标准引线间距为（ 2.54mm ）小很多，目前引脚中心间距已经达到 0.3mm 。在集成度相同的情况下，表面组装元器件的体积比 THT 元器件小很多；或者说，与同样体积的传统电路芯片比较，表面组装元器件的集成度提高了很多倍。

② 表面组装元器件直接贴装在 PCB 的表面，将电极焊接在与元器件同一面的焊盘上。这样，PCB 上通孔的直径仅由制作印制电路板时金属化孔的工艺水平决定，通孔的周围没有焊盘，使 PCB 的布线密度和组装密度大大提高。

2. 表面组装元器件不足之处

① 元器件的片式化发展不平衡，阻容器件、晶体管、IC 发展较快，异型元器件、插座、振荡器等发展迟缓。