

新版

21世纪

高职高专系列教材

SMT— 表面组装技术

◎何丽梅 主编

◎施德江 毕恩兴 副主编

◎黄永定 主审



提供电子教案增值服务



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高职高专系列教材

SMT——表面组装技术

主 编 何丽梅

副主编 施德江 毕恩兴

参 编 李 辉 侯洪波 赵凌云 朱伟华

主 审 黄永定



机械工业出版社

本书内容包括：表面组装工艺、表面组装元器件、表面组装材料、表面组装设备原理及应用、表面组装质量检测等 SMT 技术基础知识。

编写中注意了教材的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。针对 SMT 产品制造业的技术发展及岗位需求，详细介绍了 SMT 工艺中的 SMD 设计制作、焊锡膏与贴片胶涂敷、贴装、焊接、清洗等技能型人才应该掌握的基本知识。每一章均附有习题。

本书可作为 SMT 专业或电子制造工艺专业的高等职业技术教育教材，也可作为器件设计、电路设计等与 SMT 相关的其他专业的辅助教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

SMT——表面组装技术/何丽梅主编. —北京：机械工业出版社，2006.8
(21 世纪高职高专系列教材)

ISBN 7-111-19671-6

I . S... II . 何... III . 印刷电路 - 组装 - 高等学校：技术学校 - 教材 IV . TN410.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 085150 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：胡毓坚 责任编辑：赵丽欣 版式设计：张世琴

责任校对：李秋荣 封面设计：雷明顿 责任印制：杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14 印张 · 343 千字

0 001—5 000 册

定价：20.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线：(010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专电子技术专业系列 教材编委会成员名单

主 任	曹建林				
副 主 任	张中洲	张福强	祖 炬	董维佳	
	俞 宁	蒋蒙安	吕何新	伍湘彬	
	任德齐	华永平	吴元凯		
委 员	(按姓氏笔画排序)				
	马 彪	邓 红	王树忠	王新新	尹立贤
	白直灿	包中婷	冯满顺	华天京	吉雪峰
	刘美玲	刘 涛	孙吉云	孙津平	朱晓红
	李菊芳	邢树忠	陈子聪	杨元挺	张立群
	张锡平	苟爱梅	姚建永	曹 毅	崔金辉
	黄永定	章大钧	彭文敏	曾日波	谭克清
秘 书 长	胡毓坚				
副秘书长	戴红霞				

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40余所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”进行了修订。

在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价。因此,在修订过程中,各编委会保持了第1版教材“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。同时,针对教育部提出的高等职业教育的学制将由三年逐步过渡为两年,以及强调以能力培养为主的精神,制定出了本次教材修订的原则:跟上我国信息产业飞速发展的节拍,适应信息行业相关岗位群对第一线技术应用型操作人员能力的要求,针对两年制兼顾三年制,理论以“必须、够用”为原则,增加实训的比重,并且制作了内容丰富而且实用的电子教案,实现了教材的立体比。

针对课程的不同性质,修订过程中采取了不同的处理办法。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。此外,在修订过程中,还进行了将几门课程整合在一起的尝试。所有这些都充分地体现了修订版教材求真务实、循序渐进和勇于创新的精神。在修订现有教材的同时,为了顺应高职高专教学改革的不断深入,以及新技术新工艺的不断涌现和发展,机械工业出版社及教材编委会在对高职高专院校的专业设置和课程设置进行了深入的研究后,还准备出版一批适应社会发展的急需教材。

信息技术以前所未有的速度飞快地向前发展,信息技术已经成为经济发展的关键手段,作为与之相关的教材要抓住发展的机遇,找准自身的定位,形成鲜明的特色,夯实人才培养的基础。为此,担任本系列教材修订任务的教师,将努力把最新的教学实践经验融于教材的编写之中,并以可贵的探索精神推进本系列教材的更新。由于高职高专教育正在不断的发展中,加之我们的水平和经验有限,在教材的编审中难免出现问题和错误,恳请使用这套教材的师生提出宝贵的意见和建议,以利我们今后不断改进,为我国的高职高专教育事业作出积极的贡献。

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, 成为制造现代电子产品的必不可少的技术之一。

SMT 是一门新兴的先进制造技术和综合型工程科学技术。要掌握这样一门综合型工程技术, 必须经过系统的专业知识的学习和培训。但由于 SMT 技术在我国刚刚兴起, 与之相应的学科、专业建设和教学培训体系建设工作刚刚起步, 也缺乏与之相适应的系统性教学、培训教材。

为适应 SMT 技术高速发展和快速普及的形势, 解决相关专业技术人才的缺乏对其发展产生的制约作用, 近年来许多高等职业技术学院的机电专业、应用电子技术专业陆续开设了与 SMT 相关的课程。为满足 SMT 专业技术人才培养的系统性教学所需, 我们编写了本书。

本教材包含表面组装工艺技术、表面组装元器件、表面组装材料、表面组装设备、表面组装质量与检测等 SMT 技术基础内容。编写中注意了教材的实用参考价值, 特别强调了对生产现场的技能性指导。针对 SMT 产品制造业的技术发展及岗位需求, 详细介绍了 SMT 工艺中的 SMB 设计制作、焊锡膏与贴片胶涂敷、贴装、焊接、清洗等技能型人才应该掌握的基本知识。每一章均附有课后习题, 便于自学和课后复习。本教材可作为 SMT 专业或电子制造工艺专业的高等职业技术教育的教材, 也可用作器件设计、电路设计等与 SMT 相关的其他专业的辅助教材, 并可供从事 SMT 产业的工程技术人员自学和参考。

本教材由何丽梅高级讲师任主编, 施德江、毕恩兴任副主编。其中何丽梅编写第 1 章和第 2 章、李辉编写第 3 章、施德江编写第 4 章、毕恩兴编写第 5 章、赵凌云编写第 6 章、侯洪波编写第 7 章、朱伟华编写第 8 章。何丽梅老师统稿。吉林信息工程学校黄永定高级讲师担任本书主审。

本教材在编写过程中参考了大量有关 SMT 技术方面的书籍和杂志, 如果没有这些参考文献所提供的翔实资料与数据, 也就没有本书的顺利完成。

本教材在编写中还得到了清华大学基础工业训练中心电子工艺教研室、清华大学科教仪器厂有关专家和工程技术人员的大力协助, 在此一并表示感谢。

由于 SMT 技术正处于高速发展和不断完善之中, 各种资料的时效性很强, 加之编者水平、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。

为了配合本书的教学, 机械工业出版社为读者提供了电子教案, 读者可以在 www.cmp-book.com 上下载。如果您对本书有宝贵建议和意见, 请发送至: jsjfw@mail.machinei-info.gov.cn。

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、种类和规格	8
2.1.1 特点	8
2.1.2 种类和规格	8
2.2 表面组装无源元件(SMC)	9
2.2.1 SMC的外形尺寸、表示及技术参数	9
2.2.2 表面组装电阻器	12
2.2.3 表面组装电容器	15
2.2.4 表面组装电感器	18
2.2.5 其他表面组装元件	20
2.2.6 SMC的焊端结构	23
2.2.7 SMC元件的规格型号的表示方法	23
2.3 表面组装器件(SMD)	24
2.3.1 表面组装分立器件	24
2.3.2 表面组装集成电路	26
2.3.3 大规模集成电路的BGA封装	29
2.3.4 集成电路封装形式的比较与发展	31
2.4 表面组装元器件的包装方式与使用要求	34
2.4.1 表面组装元器件的包装	34
2.4.2 表面组装元器件的基本要求	35
2.4.3 表面组装元器件的使用注意	

事项	36
2.4.4 表面组装元器件的选择	36
2.5 思考与练习题	37
第3章 表面组装印制板的设计与制造	39
3.1 SMT印制电路板的特点与材料	39
3.1.1 SMT印制电路板的特点	39
3.1.2 基板材料	41
3.1.3 SMB基材质量的相关参数	44
3.1.4 CCL常用的字符代号	48
3.1.5 CCL的铜箔种类与厚度	48
3.2 SMB的设计	49
3.2.1 SMB设计的基本原则	49
3.2.2 常见的SMB设计错误及原因	51
3.3 SMB设计的具体要求	52
3.3.1 整体设计	52
3.3.2 表面组装元器件焊盘设计	55
3.3.3 元器件布局的设计	59
3.3.4 焊盘与导线连接的设计	60
3.3.5 PCB可焊性设计	61
3.3.6 PCB光绘资料	63
3.4 印制电路板的制造	64
3.4.1 单面印制板的制造	64
3.4.2 双面印制板的制造	65
3.4.3 多层印制板的制造	67
3.4.4 PCB质量验收	71
3.5 思考与练习题	72
第4章 表面组装工艺材料	73
4.1 贴装胶	73
4.1.1 贴装胶的化学组成	73
4.1.2 贴装胶的分类	74
4.1.3 表面组装对贴装胶的要求	75
4.1.4 贴装胶的使用	75
4.2 焊锡膏	76
4.2.1 焊锡膏的化学组成	76
4.2.2 焊锡膏的分类	77
4.2.3 表面组装对焊锡膏的要求	78

4.2.4 焊锡膏的选用原则	79	6.2 表面组装的自动焊接技术	114
4.2.5 焊锡膏的使用注意事项	80	6.2.1 浸焊	115
4.2.6 无铅焊料	80	6.2.2 波峰焊	116
4.3 助焊剂	83	6.2.3 再流焊	121
4.3.1 助焊剂的化学组成	83	6.2.4 影响再流焊品质的因素	129
4.3.2 助焊剂的分类	84	6.3 SMT 元器件的手工焊接与返修	130
4.3.3 对助焊剂性能的要求	85	6.3.1 手工焊接 SMT 元器件的要求与 条件	130
4.3.4 助焊剂的选用	85	6.3.2 SMT 元器件的手工焊接与拆焊	132
4.4 清洗剂	86	6.3.3 BGA、CSP 集成电路的修复性 植球	136
4.4.1 清洗剂的化学组成	86	6.3.4 SMT 电路板维修工作站	138
4.4.2 清洗剂的分类与特点	86	6.4 SMT 焊接质量缺陷及检测	138
4.5 其他材料	87	6.4.1 再流焊质量缺陷及解决办法	139
4.5.1 阻焊剂	87	6.4.2 波峰焊质量缺陷及解决方法	143
4.5.2 抗氧化剂	87	6.4.3 再流焊与波峰焊均会出现的焊接 缺陷	145
4.5.3 插件胶	87	6.4.4 SMT 电路板的焊接检测设备	147
4.6 思考与练习题	88	6.5 清洗工艺、清洗设备和免清洗焊接 方法	149
第 5 章 表面组装涂敷与贴装技术	89	6.5.1 清洗技术的作用与分类	149
5.1 表面组装涂敷技术	89	6.5.2 批量式溶剂清洗技术	150
5.1.1 再流焊工艺焊料供给方法	89	6.5.3 连续式溶剂清洗技术	152
5.1.2 焊锡膏印刷机及其结构	90	6.5.4 水清洗工艺技术	153
5.1.3 焊锡膏印刷过程	91	6.5.5 超声波清洗	154
5.1.4 焊锡膏印刷方法	92	6.5.6 免清洗焊接技术	155
5.1.5 印刷机工艺参数的调节	95	6.6 思考与练习题	157
5.2 SMT 元器件贴片工艺和贴片机	97	第 7 章 SMT 组装工艺流程与生 产线	158
5.2.1 对贴片质量的要求	97	7.1 SMT 组装方式与组装工艺流程	158
5.2.2 自动贴片机的结构与技术指标	98	7.1.1 组装方式	158
5.2.3 贴片机的工作方式和类型	102	7.1.2 组装工艺流程	159
5.3 手工贴装 SMT 元器件	103	7.2 SMT 生产线的设计	164
5.4 SMT 贴片胶涂敷工艺	103	7.2.1 生产线的总体设计	164
5.4.1 贴片胶的涂敷	103	7.2.2 生产线的自动化程度	165
5.4.2 贴片胶的涂敷工序及技术要求	105	7.2.3 设备选型	166
5.4.3 使用贴片胶的注意事项	106	7.2.4 其他	167
5.4.4 点胶工艺中常见的缺陷与解决 方法	107	7.3 工艺设计和组装设计文件	167
5.5 焊锡膏印刷与贴片质量分析	108	7.3.1 工艺设计	167
5.5.1 焊锡膏印刷质量分析	108	7.3.2 组装设计	167
5.5.2 贴片质量分析	109	7.4 SMT 产品组装中的静电防护技术	168
5.6 思考与练习题	110	7.4.1 静电及其危害	168
第 6 章 表面组装焊接及清洗工艺	111		
6.1 焊接原理与表面组装焊接特点	111		
6.1.1 电子产品焊接工艺	111		
6.1.2 SMT 的焊接技术特点	113		

7.4.2 静电防护	169	质量管理体系	183
7.4.3 常用静电防护器材	171	8.3.1 加工中心的质量目标	183
7.4.4 电子整机作业过程中的静电 防护	171	8.3.2 SMT 产品设计	183
7.5 实训——SMT 电调谐调频收音机 组装	173	8.3.3 外购件及外协件的管理	184
7.5.1 实训目的	173	8.3.4 生产管理	185
7.5.2 实训场地要求与实训器材	173	8.3.5 质量检验	191
7.5.3 实训步骤及要求	174	8.3.6 图纸文件管理	192
7.5.4 调试及总装	177	8.3.7 包装、储存及交货	192
7.5.5 实训报告	178	8.3.8 人员培训	192
7.5.6 实训产品工作原理简介	178	8.3.9 统计技术在 ISO 9000 系列标准质量 管理中的作用	193
7.6 思考与练习题	180	8.4 思考与练习题	194
第 8 章 SMT 产品质量控制与管理	181	附录 A 中华人民共和国电子行业 标准	195
8.1 关于 ISO 9000 系列标准	181	附录 B 本书专业英语词汇	210
8.2 质量控制的内涵与特点	182	参考文献	214
8.3 建立符合 ISO 9000 标准的 SMT 生产			

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基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三个显著的特征。

- (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 40 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 年代到 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, 仅用四年时间使 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, 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、韩国和我国香港、台湾地区也不惜投入巨资, 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 正向以下四个方面发展:

(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 $0.6\text{mm} \times 0.3\text{mm}$)、窄引脚间距达到 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 生产线用于彩电调谐器生产。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,近年来美、日、新加坡的一些厂商已将 SMT 加工厂搬到了中国,仅 2001~2002 一年就引进了 4000 余台贴装机。

经过 20 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区别如图 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 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,就能使电路板的装配密度极大提高。

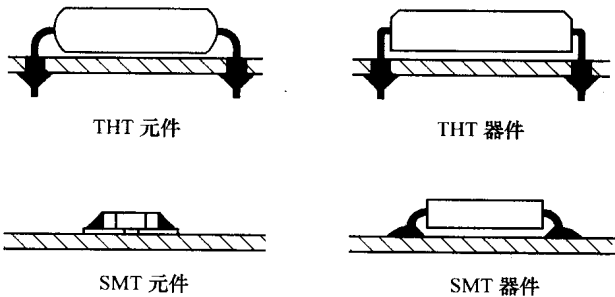


图 1-1 SMT 和 THT 元器件安装焊接方式的区别

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) 信号传输速度高。结构紧凑、组装密度高，在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。其技术范畴涉及到诸多学科，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应用四大部分，如图 1-3 所示。

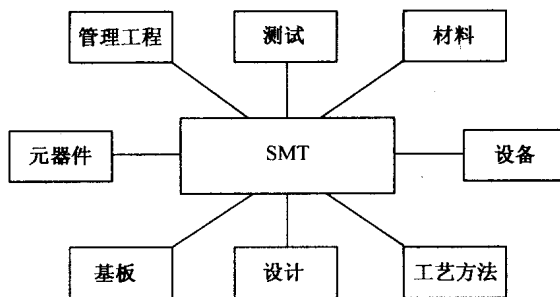


图 1-2 SMT 的基本组成

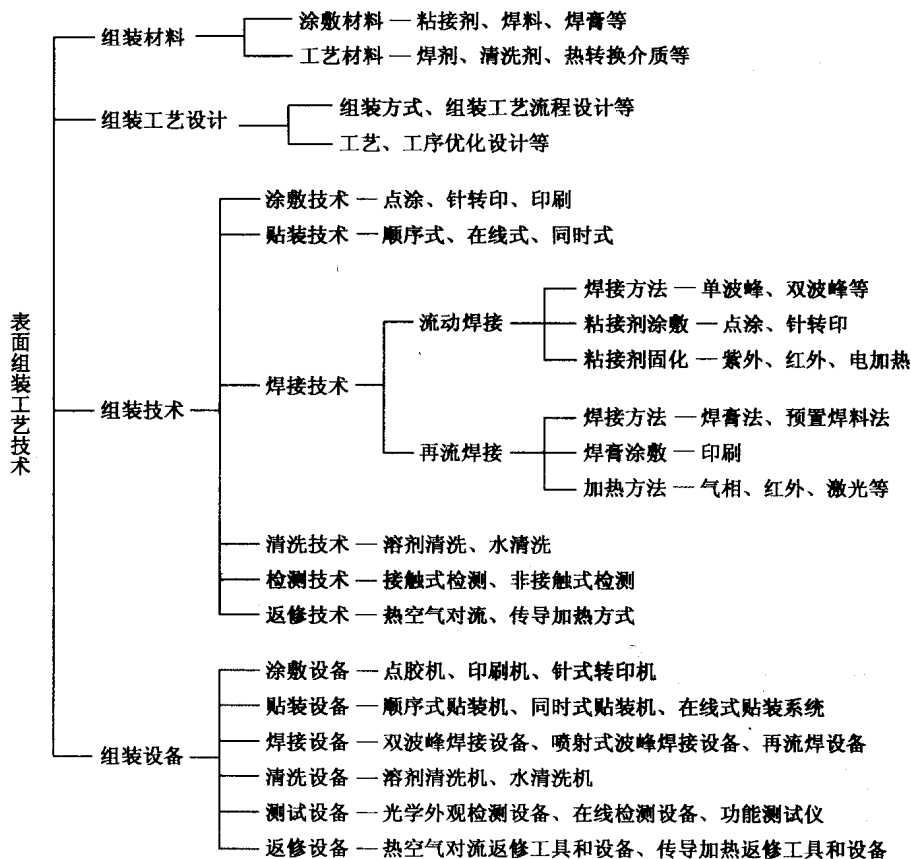


图 1-3 SMT 工艺技术的基本内容

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、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、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装线和相应设备。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。

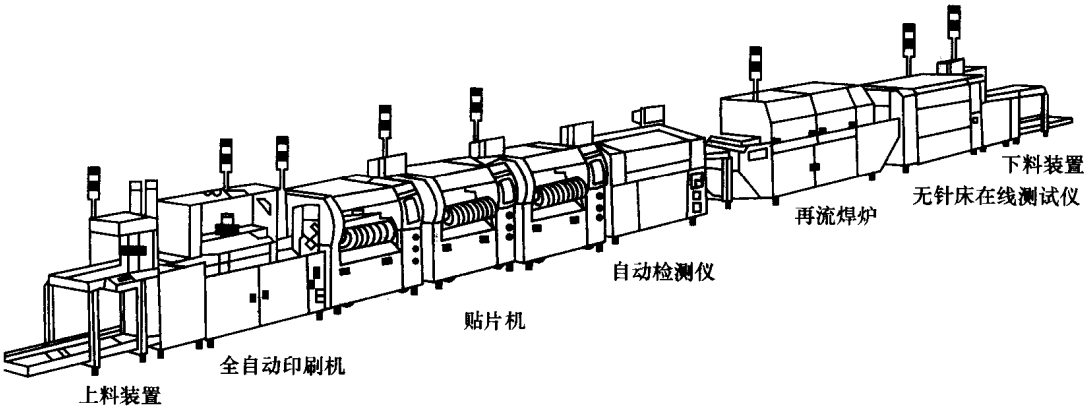


图 1-4 SMT 生产线基本组成示例

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) 丝印。其作用是将焊锡膏或贴片胶漏印到 PCB 的焊盘上，为元器件的焊接做准备。所用设备为丝印机（丝网印刷机），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 板上。所用设备为点胶机，位于 SMT 生产线的最前端或检测设备的后面（图 1-4 中未示出）。

(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、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（ ）、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：（ ）、（ ）、（ ）、（ ）、（ ）、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. 写出 SMT 生产系统的基本组成。

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
- SMD 封装的发展与前瞻

2.1 表面组装元器件的特点、种类和规格

2.1.1 特点

表面组装元器件俗称无引脚元器件，问世于 20 世纪 60 年代，习惯上人们把表面组装无源元件，如片式电阻、电容、电感称为 SMC；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。无论是 SMC 还是 SMD，在功能上都与 THT 元器件相同。

表面组装元器件有两个显著的特点：

（1）在表面组装器件的电极上，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（2.54 mm）小很多，目前引脚中心间距最小的已经达到 0.3 mm。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。

当然，表面组装元器件也存在着不足之处，例如，元器件与 PCB 表面非常贴近，与基板间隙小，给清洗造成困难；元器件体积小，电阻、电容一般不设标记，一旦弄乱就不容易搞清楚；同时元器件与 PCB 之间热膨胀系数的差异性也是 SMT 产品要解决的问题。

2.1.2 种类和规格

表面组装元器件基本上都是片状结构。按结构形状分类，表面组装元器件可分为薄片矩形、圆柱形、扁平异形等；按功能分类，可分为无源元件 SMC、有源器件 SMD 和机电元件三大类。

表面组装元器件的详细分类见表 2-1。