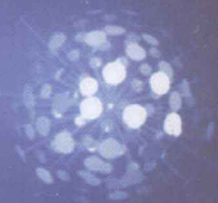
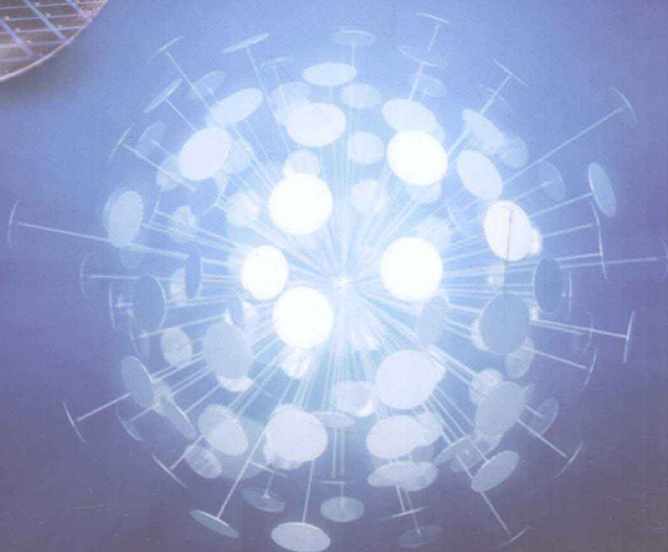
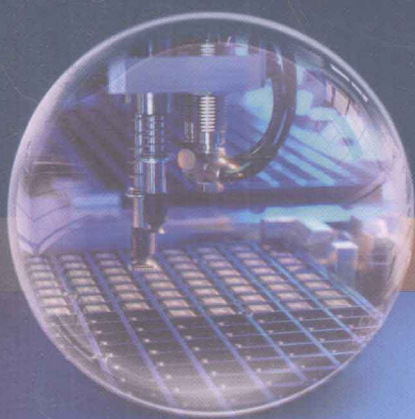


SMT

实用指南

张文典 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

SMT 实用指南

张文典 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

表面组装技术 (Surface Mounted Technology, SMT) 已有五十多年的历史, 现已广泛应用于通信、计算机、家电等行业, 并正在向高密度、高性能、高可靠性和低成本的方向发展, 是目前电子组装行业里最流行的一种技术和工艺。

本书主要介绍 SMT 在大生产过程中涉及的实用技术, 全书共 14 章, 主要涵盖以下内容: SMT 概述、常用的片式元器件、PCB 无铅化要求与质量评估、锡焊基础理论与可焊性测试、焊料合金、助焊剂与焊锡膏、贴片胶与涂布技术、模板与焊锡膏印刷技术、贴片技术与贴片机、再流焊炉与再流焊工艺、波峰焊机与波峰焊工艺、焊接质量评估与检测、清洗与清洗剂, 以及电子产品组装技术中的静电防护技术。

本书几乎不涉及理论知识, 全书以实践应用为导向, 适合初入 SMT 行业的人员阅读, 可以迅速帮助他们建立 SMT 的概念, 也可以作为社会上 SMT 培训机构或相关院校的教材。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

SMT 实用指南/张文典编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.8

ISBN 978-7-121-14293-2

I. ①S… II. ①张… III. ①印刷电路—组装—指南 IV. ①TN410.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 159074 号

责任编辑: 田宏峰

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 14 字数: 358 千字

印 次: 2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

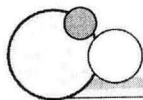
前言

改革开放 30 多年来,我国电子制造业得到高速发展,SMT 产业已普及到各种电子产品中,国内 SMT 产线有近万条之多,从事 SMT 产业的工人,更是成千上万。由于 SMT 涉及的知识面宽,包括电子、机械、化工知识,尤其是培训 SMT 学校少之又少,相关教材也不够丰富。随着政府有关职业培训的引导,工厂也越来越重视职工培训,许多青年工人也深有感触地说“最好的福利是培训,最佳的投资是教育”。现在企业最缺的就是人才,有时新招的员工干个几天就走人,干的最长的也不超过一年。当前,一个中小企业培养一个人才很难,留住一个人才更难,尤其是技术含量高的专业人才。员工只有通过培训才能变成企业发展所需的栋梁之才,因此有的企业都有自己的师资队伍以满足培训的需求。

为了适应当前的培训急需教材,特编写“SMT 实用指南”一书以供工厂培训之需,同时该书也可供一线工人自学之用。在一些专业工厂中,往往是一人一岗,并且不容易换岗,许多有文化的工人又迫切需要了解 SMT 全面知识,以增强自己的知识面,本书能满足他们的需求,通过自学就能达到目的。一方面可以使新员工的能力、知识、技能得到提升,快速适应岗位的需要;另一方面可以帮助新员工树立自我人力资本投资的观念,使其意识到自我发展的重要性。

本书深入浅出地介绍了 SMT 相关知识,希望学习本书的读者能抓住各章节精髓所在,例如学习片式元器件一章,不仅要知道阻容外形尺寸、阻/容值的表示方法,而且要知道阻容元器件的结构特点:电阻是在陶瓷基板上印电阻浆料,它能耐焊接温度;而电容内部是由浆料印成的金属膜与陶瓷介质交叠而成的,它们热膨胀系数不一样,故在高焊接温度时易开裂。此外无铅元器件的端电极镀层品种多,表示的符号也多,镀层品种与无铅焊料品种有较强的相关性,这些问题应联系起来学习;焊锡膏和锡线都是焊料其本质一样,但外观和内在性能有明显区别,学习该章节应知道锡粉的含量、圆整度、含氧量的影响,以及焊剂的综合性性能的评估;再例如,在学习再流焊章节时,不仅要会测再流焊炉温曲线,而且要知道再流焊炉温曲线的意义、有几种焊炉温曲线形式?各有何特点?如何适应元器件尺寸的需要,等等。

希望本书能起到抛砖引玉的作用,祝愿大家在阅读完本书后有所收获。



目 录

C O N T E N T S

第 1 章 SMT 概述	1	2.5.8 芯片级封装 (CSP)	30
1.1 SMT 发展史	2	2.5.9 塑料四周扁平无引线	
1.2 表面组装技术的优点	3	封装 (PQFN)	31
1.3 表面组装工艺流程	4	2.6 塑封元器件使用注意事项	31
1.4 表面组装技术的组成	6	第 3 章 PCB 无铅化要求与质量评估	33
1.5 国内外 SMT 技术的基本现状与		3.1 印制板基板材料	34
发展对策	7	3.1.1 纸基 CCL	34
第 2 章 常用的片式元器件	9	3.1.2 玻璃纤维布基 CCL	34
2.1 片式电阻器	10	3.1.3 复合基 CCL	35
2.1.1 片式电阻器结构	10	3.1.4 金属基 CCL	35
2.1.2 性能	10	3.1.5 挠性 CCL	36
2.1.3 外形尺寸	12	3.1.6 陶瓷基板	36
2.1.4 标记识别方法	13	3.2 评估印制板质量的相关参数	36
2.1.5 包装	13	3.2.1 PCB 不应含聚溴二苯醚、	
2.1.6 电子元器件的无铅化标识	14	聚溴联苯	36
2.2 多层片状瓷介电容器	15	3.2.2 PCB 的耐热性评估	37
2.3 片式钽电解电容器	17	3.2.3 电气性能	39
2.4 多层片式电感器	19	3.3 无铅焊接中 SMB 焊盘的涂镀层	40
2.5 表面安装半导体元器件	21	3.4 阻焊层、字符图与验收	41
2.5.1 SMD 引脚形状	22	第 4 章 锡焊基础理论与可焊性测试	43
2.5.2 二极管	22	4.1 锡焊基础理论	44
2.5.3 小外形封装晶体管	23	4.1.1 锡的亲和性	44
2.5.4 小外形封装集成电路	24	4.1.2 焊接部位的冶金反应	44
2.5.5 有引脚塑封芯片载体		4.1.3 扩散与金属间化合物	46
(PLCC)	26	4.1.4 锡铜界面合金层	46
2.5.6 方形扁平封装 (QFP)	28	4.1.5 表面张力与润湿力	47
2.5.7 门阵列式球形封装		4.1.6 润湿程度与润湿角 θ	49
(BGA)	29		

4.1.7 实现良好焊接的条件	49	7.1.2 环氧型贴片胶	87
4.2 可焊性测试方法	50	7.1.3 丙烯酸类贴片胶	88
第5章 焊料合金	52	7.1.4 如何选用不同类型的 贴片胶	89
5.1 锡铅焊料	53	7.1.5 影响黏度的相关因素	89
5.1.1 锡的物理和化学性质	53	7.1.6 贴片胶的评估	90
5.1.2 铅的物理和化学性质	54	7.2 贴片胶的应用	92
5.1.3 锡铅合金的物理性能	54	7.2.1 常见的贴片胶涂布方法	92
5.1.4 铅在焊料中的作用	55	7.2.2 贴片胶的固化	93
5.1.5 锡铅焊料中的杂质	56	7.2.3 使用贴片胶的注意事项	94
5.1.6 液态锡铅焊料的易氧化性	56	7.3 点胶-波峰焊工艺中常见的缺陷 与解决方法	95
5.1.7 浸析现象	57		
5.1.8 锡铅焊料的力学性能	57	第8章 模板与焊锡膏印刷技术	97
5.1.9 锡铅合金相图与特性曲线	58	8.1 模板/钢板	98
5.1.10 焊锡丝	59	8.1.1 模板的结构	98
5.1.11 锡铅焊料的防氧化	59	8.1.2 金属模板的制造方法	98
5.2 无铅焊料合金	60	8.1.3 模板窗口形状和尺寸设计	100
5.2.1 电子产品无铅化的概念	61	8.2 焊锡膏印刷技术	102
5.2.2 常用的无铅焊料	62	8.2.1 印刷机简介	102
5.2.3 无铅焊料尚存的缺点	64	8.2.2 焊锡膏印刷机理与影响印刷 质量的因素	103
5.2.4 如何提高焊点的可靠性	65	8.2.3 焊锡膏印刷过程	104
第6章 助焊剂与焊锡膏	68	8.2.4 印刷机工艺参数的调节与 影响	106
6.1 助焊剂	69	8.3 焊膏喷印技术	108
6.1.1 助焊剂成分及其功能	69	8.4 焊锡膏印刷的缺陷、产生原因及 对策	108
6.1.2 焊剂的分类	71		
6.1.3 无铅焊接对助焊剂的要求	73	第9章 贴片技术与贴片机	111
6.1.4 焊剂的评价	74	9.1 贴片机的结构与功能	112
6.1.5 助焊剂的选用原则及发展 方向	76	9.1.1 机架	113
6.2 焊锡膏	77	9.1.2 PCB 传送机构与支撑台	113
6.2.1 焊锡膏的认识	77	9.1.3 X-Y 与 Z/ θ 伺服及定位系统	114
6.2.2 锡膏成分简介	78	9.1.4 光学对中系统	118
6.2.3 焊锡膏的分类及标识	79	9.1.5 贴片头	119
6.2.4 几种常见的焊锡膏	80	9.1.6 供料器	121
6.2.5 焊锡膏的评估	81	9.1.7 传感器	124
第7章 贴片胶与涂布技术	85	9.1.8 计算机控制系统	125
7.1 贴片胶	86	9.2 贴片机的技术参数	127
7.1.1 贴片胶的工艺要求	86		

9.3 贴片机的分类与典型机型介绍	128	12.1.3 X 射线检测仪	179
9.3.1 贴片机的分类	128	12.1.4 在线测试	180
9.3.2 典型贴片机介绍	129	12.2 SMT 生产常见质量缺陷及	
第 10 章 再流焊炉与再流焊工艺	133	解决办法	181
10.1 红外热风再流焊炉	134	12.2.1 立碑现象的产生与	
10.1.1 红外热风再流焊炉的		解决办法	181
演变	134	12.2.2 再流焊中锡珠生成原因与	
10.1.2 再流焊炉的基本结构	136	解决办法	183
10.2 红外热风再流焊工艺	138	12.2.3 焊接后印制板阻焊膜起泡的	
10.2.1 红外再流焊温度曲线	138	原因与解决方法	186
10.2.2 焊接工艺窗口	141	12.2.4 印制板组件焊接后 PCB 基板	
10.2.3 温度曲线的测量	142	上起泡的原因与解决办法	186
10.2.4 常见有缺陷的温度曲线	144	12.2.5 片式元器件开裂	186
10.2.5 BGA 的焊接	145	12.2.6 PCB 扭曲	187
10.2.6 无铅再流焊	146	12.2.7 IC 引脚焊接后开路/虚焊	187
10.2.7 无铅锡膏的焊接缺陷	152	12.2.8 其他常见焊接缺陷及产生	
第 11 章 波峰焊机与波峰焊工艺	155	原因	188
11.1 波峰焊机	156	第 13 章 清洗与清洗剂	189
11.1.1 波峰焊机的工位组成及		13.1 污染物的种类和清洗机理	190
其功能	156	13.1.1 污染物的种类和污染	
11.1.2 波峰面与焊点成型	158	途径	190
11.2 波峰焊工艺	159	13.1.2 清洗机理	190
11.2.1 助焊剂的涂布	159	13.2 清洗剂	191
11.2.2 焊剂的烘干(预热)	160	13.2.1 清洗溶剂的分类	191
11.2.3 SMA 温度测试	161	13.2.2 非水系清洗剂	191
11.2.4 波峰焊工艺曲线解析	162	13.2.3 溶剂的物理性能对清洗	
11.2.5 SMT 生产中的混装工艺	165	效果的影响	192
11.2.6 无铅波峰焊接工艺技术与		13.2.4 水系清洗剂	193
设备	166	13.2.5 半水系清洗剂	193
11.2.7 选择性波峰焊	169	13.3 典型的清洗工艺流程	194
11.2.8 波峰焊接中常见的焊接		13.3.1 非水清洗工艺流程	194
缺陷	171	13.3.2 水清洗工艺流程	195
第 12 章 焊接质量评估与检测	173	13.3.3 半水清洗流程	197
12.1 连接性测试	174	13.3.4 免清洗技术	197
12.1.1 人工目测检验(加辅助		13.3.5 清洗条件对清洗的影响	198
放大镜)	174	13.4 清洗的质量标准及评价方法	199
12.1.2 自动光学检查(AOI)	177	13.4.1 MIL—P—28809 标准	199
		13.4.2 国内有关清洁度的标准	200

13.5	清洗效果的评价方法	201	14.2	静电防护	208
13.5.1	目测法	201	14.2.1	静电防护原理	208
13.5.2	溶剂萃取液测试法	201	14.2.2	静电防护方法	208
13.6	表面安装印制板主件 (SMA)		14.2.3	电子产品装联场地的防静电	
	清洗中的问题	201		电接地	209
第 14 章	电子产品组装中的静电		14.2.4	常用静电防护器材	210
	防护技术	203	14.2.5	静电测量仪器	211
14.1	静电及其危害	204	14.3	电子整机作业过程中的静电防护	212
14.1.1	什么是静电	204	14.3.1	手机生产线内的防静电	
14.1.2	静电的产生	204		设施	212
14.1.3	静电放电效应	205	14.3.2	生产过程的防静电	213
14.1.4	静电感应	205	14.3.3	静电敏感器件 (SSD) 的	
14.1.5	静电放电对电子工业的			存储	213
	危害	205	14.3.4	其他部门的防静电要求	213
14.1.6	电子产品生产环境中的		参考文献		215
	静电源	206			



SMT 概述

自从发明无线电的那天起，电子组装技术就相伴而生了。但在电子管时代，人们仅用手工铬铁焊接电子产品，电子管收音机是当时的主要产品。新兴学科的兴起，犹如一石激起千层浪，随着 20 世纪 40 年代晶体管诞生，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器件直接焊接在印制板上，使电子产品结构变得紧凑、体积开始缩小。到了 50 年代，英国人研制出世界上第一台波峰焊接机，在人们将晶体管一类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技术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，并被直接焊接到印制板的表面，从而达到了电子表微型化的目的，这就是今天称为“表面组装技术”的雏形。

1.1 SMT 发展史

表面组装技术，英文称之为“Surface Mount Technology”，简称为 SMT，它可将表面贴装元器件（无引脚或短引脚的元器件）贴、焊到印制电路板表面规定的位置上，并且所用的印制电路板无须钻插装孔。具体地说，就是首先在印制电路板焊盘上涂布焊锡膏，再将表面贴装元器件准确地放到涂有焊锡膏的焊盘上，通过加热印制电路板直至焊锡膏熔化，冷却后便可实现元器件与印制电路之间的互连。

SMT 起源于 20 世纪 60 年代，在电子表以及美国计算机行业，为了实现电子表和计算机的微型化，人们开发出无引线电子元器件，并被直接焊接到印制板的表面，从而达到了电子表微型化的目的，这就是今天称之为“表面组装技术”的雏形。

20 世纪 70 年代，以发展消费类产品著称的日本电子行业敏锐地发现了 SMT 的先进性，迅速在电子行业推广开来，并很快推出 SMT 专用焊料（焊锡膏），专用设备，如贴片机、再流焊炉、印刷机以及各种片式元器件，极大地丰富了 SMT 的内涵，也为 SMT 的发展奠定了坚实的基础。20 世纪 80 年代，SMT 生产技术日趋完善，用于表面安装技术的元器件大量生产，价格大幅度下降，各种技术性能好、价格低的设备纷纷面世。用 SMT 组装的电子产品具有体积小、性能好、功能全、价位低的综合优势，因此 SMT 作为新一代电子装联技术已广泛地应用于各个领域的电子产品装联中。航空、航天、通信、计算机、医疗电子、汽车、照相机、办公自动化、家用电器行业，真可谓哪里有电子产品哪里就有 SMT。到了 90 年代，SMT 相关产业更是发生了惊人的变化：片式阻容元器件自 70 年代工业化生产以来，尺寸从最初的 $3.2\text{ mm} \times 1.6\text{ mm} \times 1.2\text{ mm}$ 已发展到现在的 $0.4\text{ mm} \times 0.2\text{ mm} \times 0.2\text{ mm}$ ，体积从最初的 6.14 mm^3 发展到现在的 0.014 mm^3 ，其体积缩小到原来的 0.26%，如图 1.1 所示。

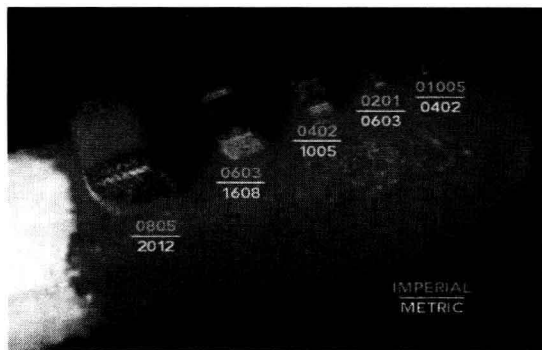


图 1.1 片式元器件的发展

片式元器件的发展还可以从 IC 外形封装尺寸的演变过程来看，IC 引脚中心距已从最初的 1.27 mm 快速过渡到 0.65 mm、0.5 mm，如今 IC 封装形式又以崭新的面貌出现在人们面前，继 PLCC、QFP 之后又出现了 BGA、CSP、FC 等，令人目不暇接；与元器件相匹配的印制板也从早期的双面板发展为多层板，最多可达 50 层之多，板面上线宽已从 0.2~0.3 mm 缩小到 0.15 mm、0.1 mm，甚至到 0.05 mm。

如今人们所见到的电子产品，无论外形尺寸还是质量都大幅度减小。以手提摄像机为

例, 20 世纪 90 年代初为 $2\,500\text{ mm}^3$, 重 2.5 kg , 到了 1999 年, 仅为 500 mm^3 , 重 500 g ; 再如手提式电话, 20 世纪 90 年代初重 400 g , 每台售价达 2 万元之高, 平常不用时只能放在台子上, 还美称为“大哥大”, 是当时“大款”的象征, 到了 90 年代末, 仅重 57 g , 价格降至 2 000 元左右。总之 SMT 发展之快已超过人们最初的想象。

1.2 表面组装技术的优点

SMT 技术作为新一代的装联技术, 仅有 40 多年的历史, 但这项技术刚问世就充分显示出了其强大的生命力, 它以非凡的速度走完了从诞生、完善直至成熟的路程, 迈入了大范围工业应用的旺盛期。如今, 无论是投资类电子产品还是民用类电子产品, 均有它的身影。为什么 SMT 发展得如此之快呢? 这主要得益于 SMT 有如下的优点。

1) 组装密度高

片式元器件比传统穿孔元器件所占面积和质量大为减少。一般地, 采用 SMT 可使电子产品体积缩小 $60\%\sim 70\%$, 质量减少 75% 。通孔安装技术是按 2.54 mm 网格安装元器件的; 而 SMT 组装元器件网格从 1.27 mm 发展到目前 0.5 mm 网格, 安装元器件密度更高。例如, 一个 64 引脚的 DIP 集成块, 它的组装面积为 $25\text{ mm}\times 75\text{ mm}$, 而同样引线采用引线间距为 0.63 mm 的 QFP, 它的组装面积为 $12\text{ mm}\times 12\text{ mm}$, 面积为通孔技术的 $1/12$ 。

2) 可靠性高

由于片式元器件的可靠性高, 元器件小而轻, 故抗震能力强, 采用自动化生产, 贴装可靠性高, 一般不良焊点率小于百万分之十, 比通孔插元器件波峰焊接技术低一个数量级, 用 SMT 组装的电子产品 MTBF 平均为 25 万小时, 目前几乎 90% 以上的电子产品都采用 SMT 工艺。

3) 高频特性好

由于片式元器件贴装牢固, 元器件通常为无引线或短引线, 降低了寄生电感和寄生电容的影响, 提高了电路的高频特性, 采用 SMC 及 SMD 设计的电路最高频率达 3 GHz , 而采用通孔元器件仅为 500 MHz 。采用 SMT 也可缩短传输延迟时间, 可用于时钟频率为 16 MHz 以上的电路。若使用 MCM 技术, 计算机工作站的高端时钟频率可达 100 MHz , 由寄生电抗引起的附加功耗可降低到原来的 $1/3\sim 1/2$ 。

4) 降低成本

- 印制板使用面积减小, 面积为通孔技术的 $1/12$, 若采用 CSP 安装, 则其面积还要大幅度减小;
- 印制板上钻孔数量减少, 节约了返修费用;
- 由于频率特性提高, 减少了电路调试费用;
- 由于片式元器件体积小、质量轻, 减少了包装、运输和储存的费用;
- SMC 及 SMD 发展快, 成本迅速下降, 一个片式电阻器和通孔电阻器的价格相当, 已不足 1 分人民币。

5) 便于自动化生产

目前穿孔安装印制板要实现完全自动化, 还需扩大原印制板 40%的面积, 这样才能使自动插件的插装头将元器件插入, 否则没有足够的空间间隙, 将碰坏元器件。自动贴片机采用真空吸嘴吸放元器件, 真空吸嘴小于元器件外形, 可提高安装密度。事实上小元器件及细间距 QFP 元器件均采用自动贴片机进行生产, 以实现全线自动化生产。

当然, 在 SMT 大生产中也存在一些问题, 例如, 元器件上的标称数值看不清, 带来维修困难以及需要专用工具; 多引脚 QFP 易造成引脚变形引起焊接故障; 元器件与印制板之间热膨胀系数不一致性, 电子设备工作时焊点受到膨胀应力导致焊点失效; 此外再流焊时元器件整体受热也会导致器件受到热应力使其电子产品的长期可靠性下降。但这些问题均是发展中的问题, 随着专用拆装设备的出现, 以及新型低膨胀系数印制板的出现, 均已不再是 SMT 深入发展的障碍。

1.3 表面组装工艺流程

SMT 工艺有两类最基本的工艺流程, 一类是焊锡膏-再流焊工艺; 另一类是贴片胶-波峰焊工艺。在实际生产中, 应根据所用元器件和生产装备的类型以及产品的需求, 选择单独进行或者重复、混合使用, 以满足不同产品生产的需要。

(1) 锡膏-再流焊工艺如图 1.2 所示, 它的特点是: 简单、快捷, 有利于产品体积的减小, 该工艺流程在无铅工艺中更显示出优越性。

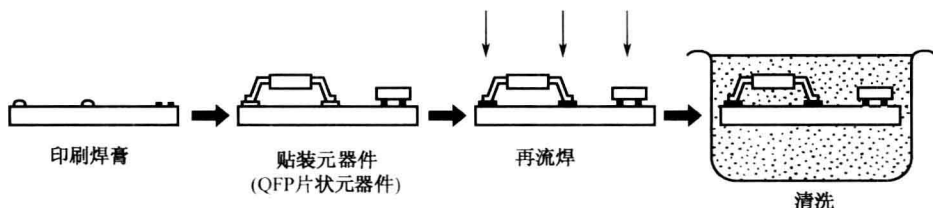


图 1.2 锡膏-再流焊工艺流程

(2) 贴片胶-波峰焊工艺如图 1.3 所示, 该工艺流程的特点: 利用双面板空间, 电子产品的体积可以进一步减小, 并部分使用通孔元器件, 价格低廉。但设备要求增多, 波峰焊过程中缺陷较多, 难以实现高密度组装。

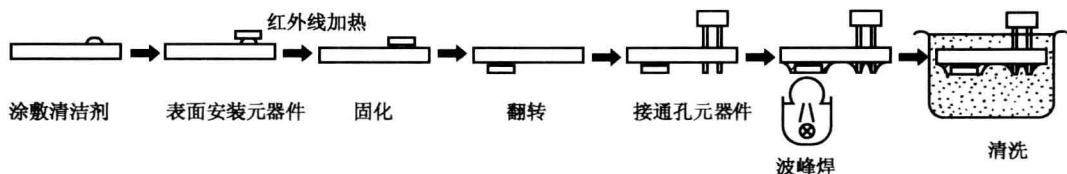


图 1.3 贴片胶-波峰焊工艺流程

若将上述两种工艺流程混合与重复使用, 则可以演变成下述两种工艺流程供电子产品组装之用。

(3) 其一是混合安装工艺流程, 如图 1.4 所示。该工艺流程特点: 充分利用 PCB 双面

空间,是实现安装面积最小化的方法之一,仍保留通孔元器件价廉的优点,多见于消费类电子产品的组装。

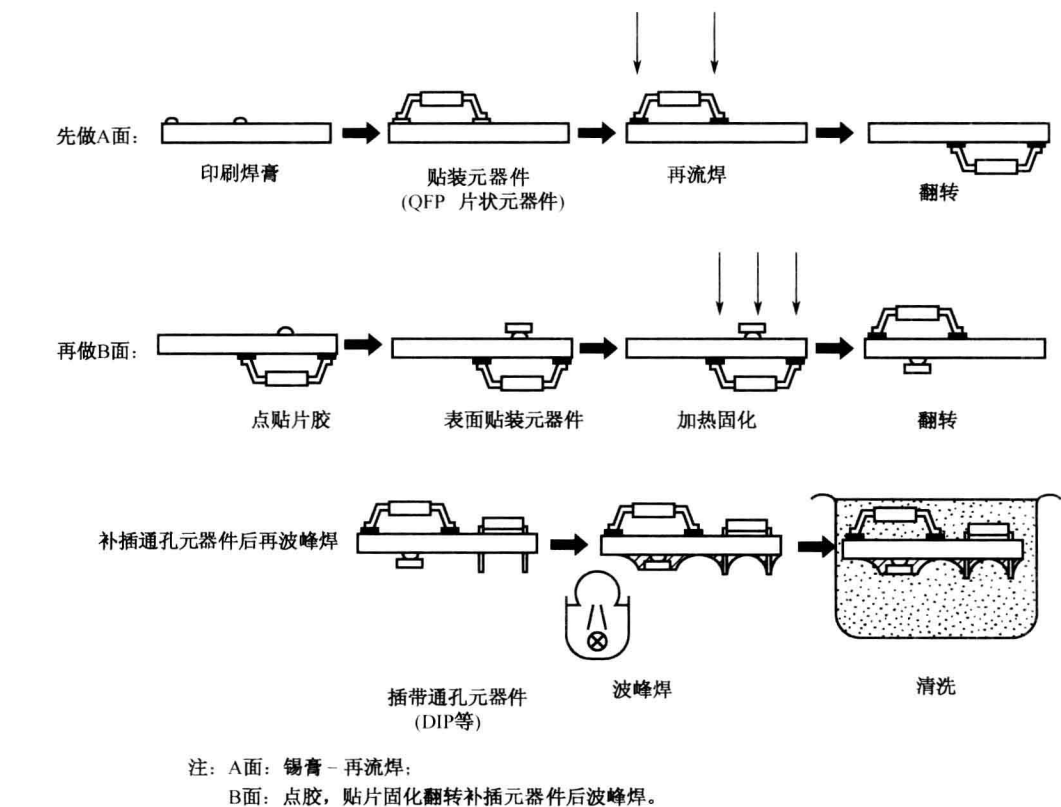


图 1.4 混合安装工艺流程图

(4) 其二是双面均采用锡膏-再流焊工艺,如图 1.5 所示。

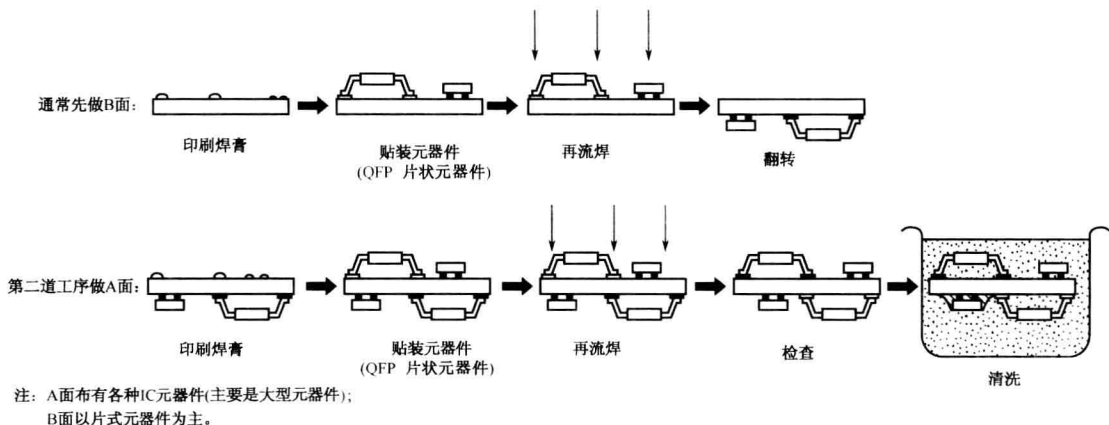


图 1.5 双面锡膏-再流焊工艺流程图

该工艺流程的特点:采用双面锡膏-再流焊工艺,能充分利用 PCB 空间,这是实现安装面积最小化的必由之路,工艺控制复杂,要求严格,常用于密集型超小型电子产品中,

移动电话是典型产品之一。但该工艺流程在 SnAgCu 无铅工艺中现已很少推荐使用，因为二次焊接高温将对 PCB 以及元器件带来伤害。

1.4 表面组装技术的组成

从广义上讲，表面组装技术包括表面组装元器件、表面组装电路板及图形设计、表面组装专用辅料——焊锡膏及贴片胶、表面组装设备、表面组装焊接技术（包括双波峰焊、再流焊、气相焊、激光焊）、表面组装测试技术、清洗技术以及表面组装大生产管理等多方面内容，如图 1.6 所示。这些内容可以归纳为三个方面：一是设备，人们称它为 SMT 的硬件；二是装联工艺，人们称它为 SMT 的软件；三是电子元器件，它既是 SMT 的基础，又是 SMT 发展的动力，它推动着 SMT 专用设备和装联工艺不断更新和深化。

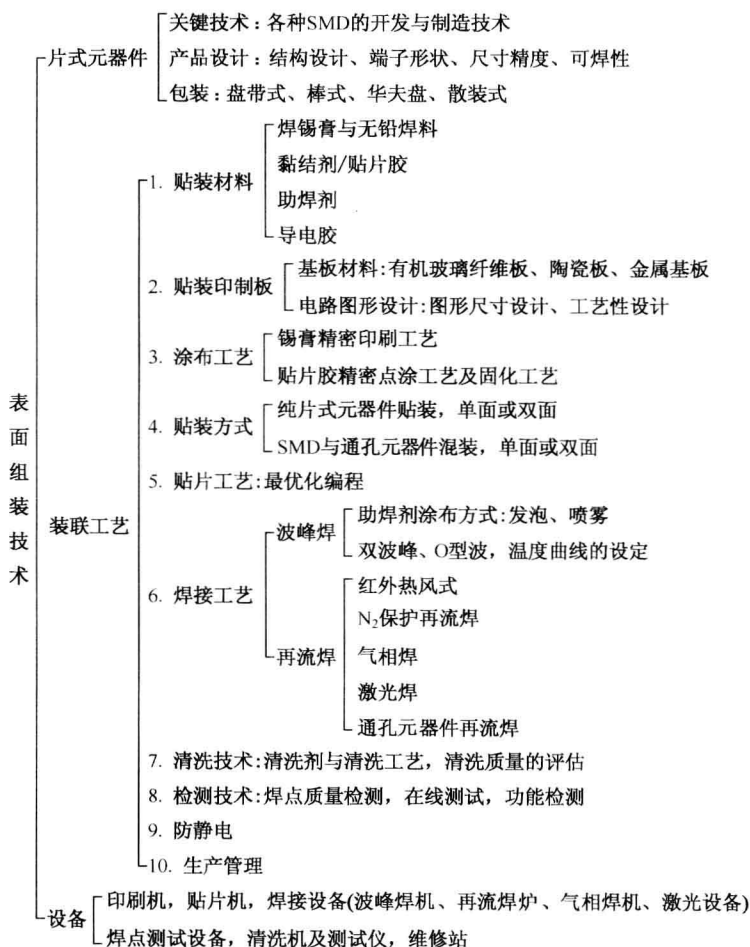


图 1.6 表面组装技术的组成

表面组装技术是一组技术密集、知识密集的技术群，涉及元器件封装、电路板技术、印刷技术、自动控制技术、软钎焊技术、物理、化工、新型材料等多种专业和学科。在设

备方面,以贴片机为例,这些机器大多是从国外引进的,近年来又引进柔性好、适应面宽的设备,这些设备都采用计算机控制,由计算机、图像识别系统、传感器、伺服系统组成控制系统,涉及计算机控制理论、图像识别等多种学科。一般贴片机采用焊接结构为基础件,采用大量灵敏元器件如滚动丝杆、滑动直线导轨、磁性流体阻尼元器件等,巧妙地组装上气动系统、真空系统、电气控制,与机械式凸轮分配轴系统相结合,广泛采用带传动,涉及机械学的各个领域。中高速贴片机运行设备速度快,振动频率高,一旦紧固松动、传感器移位、结构件错位、任何一个电接触浮动都会导致设备不能正常运行。事故原因需从机、电、光几个方面寻找,因此要求 SMT 人员机电并通,具有丰富的机电一体化学科知识。在新型材料方面,焊膏和胶水都是假塑性流体,由它们引起的缺陷占 SMT 总缺陷的 60%,熟练掌握这些材料知识才能保证 SMT 质量。SMT 还涉及多种装联工艺,如印刷工艺、点胶工艺、贴放工艺、固化工艺,只要其中任一环节工艺参数漂移,都会导致不良品产生。SMT 工艺人员必须具有丰富的工艺知识,随时监视工艺状况,预测发展动向。

特别值得一提的是,在表面组装大生产中,早期投入大,因此若要组织 SMT 大生产,应首先做好 SMT 技术的培训,培训工作是一项事半功倍的捷径,通过培训,可以增强对 SMT 的理性认识,逐步培训出一支具有专业知识的专业队伍;其次是通过了解设备性能的了解,可以合理地组建 SMT 生产线;最后通过严格科学的生产管理,可以成功地实现表面组装技术大生产。

1.5 国内外 SMT 技术的基本现状与发展对策

世界各国都非常重视 SMT 产业,美国、欧洲、日本等都纷纷建立了涉及技术开发、生产制造的国家级研究机构,以从事 SMT 方面的研究与开发。例如,美国半导体协会(SIA)在它近期发布的规划书中,十分引人注目地提出了三维立体安装技术将成为今后安装技术发展趋势,这意味着 SOC(System-On-Chip)及 SIP(System In Package)等系统模块技术将有更快的发展;在欧洲,以瑞典的生产技术研究所(IVF)和德国 IEM 研究所为牵头的研究机构,从事组装技术绿色化的研究,包括无铅焊料,无 VOC 焊剂,PCB 制造中限用阻燃剂的绿色化制造技术,并制定明确的使用时间表以体现其决心和信心;在日本,日本电子信息技术产业协会(JEITA)等多个学术团体,将“组装技术”提升到“从电路设计到电子部件、安装设备及关联工艺技术最优化的综合结果”,并在这个基础上成立“电子系统集成联络协议会”,不同专业协会相互沟通、相互协调,以战略眼光制定本国的发展计划。这些世界级研究机构的动向也正是这 21 世纪 SMT 的发展方向。

我国 SMT 起步较晚,从 20 世纪 80 年代初至今仅 30 多年时间,但在引进、消化和吸收国外先进技术的同时,已经走过了理论探索、批量试验的初级阶段,进入了深入研究和大批量生产应用的新阶段。

特别是改革开放后,在 SMT 大生产方面,我国已成为世界加工中心,其中既有大量的国有企业又有众多的民营企业以及合资、外资企业,到处显示出朝气蓬勃、蒸蒸日上的繁荣景象。

当然,我们在看到成绩的同时更应看到国内 SMT 产业发展中的不足。最为醒目的问题是在国内运行的上万条自动化生产线中,几乎没有一条是由国内自行制造的。诺大的 SMT

市场几乎被外国商品占领。在大生产方面,焊接缺陷率还在高位运行,设计、采购与制造尚未形成闭环操作;在 SMT 标准制定方面,需进一步补充和修正。多年来,国内仅有几家单位从事手动或简易 SMT 设备制造,且规模小、级别低。但令人高兴的是,近几年来也出现制造高档次再流焊炉、AOI、X 射线检测设备的制造商,以及开始涉足全自动贴片机研制的机构。

进入 21 世纪,我国的 SMT 事业如何发展?在发展 SMT 硬件方面,我国是一个电子装配大国,生产线市场很大,需要不同档次的贴片机、再流焊炉、印刷机。近年来,SMT 技术与电子信息技术保持着同步发展的态势,并且在电子信息产业中所发挥的作用越来越突出,地位越来越重要。这个观点已被越来越多的人接受。新产品层出不穷,并迫切需求新型的 SMT 技术和设备,特别在设备市场上,无论是中小企业还是从事 SMT 工作的工程技术人员,总希望见到物美价廉的国产贴片机,因此应加速研制国产贴片机,特别是研究中高档的贴片机。

在软件方面,我们更应加强 SMT 基础工艺的研究,要建立国家级 SMT 研究基地,培育世界知名的研究机构。近几年来,尽管元器件尺寸、引脚中心距变小,以致出现 CSP、裸芯片等,但 SMT 工艺流程仍没有变化,即仍然是印刷焊膏、贴放元器件、再流焊接,因此我们更应该加强基础工艺的研究,提高大生产中的加工工艺水平,以保证产品生产的稳定性和成品合格率的提高。例如国际上再流焊不良焊点率已接近 10×10^{-6} ,然而国内焊接质量仍存在一定的差距。国内 SMT 工艺技术的应用,主要依靠在引进新设备、新材料的同时引进工艺技术,国家级的 SMT 研究基地还少之又少,投入的资金仍是杯水车薪。

SMT 是一门新兴的、综合性的工程科学技术,涉及机械、电子、光学、材料、化工、计算机、网络、自动控制等学科的知识。在我国,与之相应的学科、专业建设和教学体系建设才刚刚起步,现有的大学所设的工科院系很难满足 SMT 的要求。因此国家主管部门应根据国内现有的研究状况,设立多个用于 SMT 领域的研究基地,从事 SMT 课题研究并积极参与世界级课题的讨论与交流,争取在一个不太长的时间内培育出世界知名的 SMT 研究机构。各级学会组织应不仅满足一年一度的学术交流会,而应成为政府决策部门的助手,包括制定我国 SMT 产业发展规划,按照美国 IPC 模式积极组建国内的 SMT 研究机构参与 SMT 相关标准的制定,积极从事 SMT 设备、工艺、材料的研究。

常用的片式元器件

打开各种电子产品，如手机、MP3，第一印象是内部有很多黑芝麻大小的元器件，这就是 SMT 中所讲的片式元器件，早期又称为无引脚元器件，它问世于 20 世纪 60 年代。

其中电阻器、电容器、电感器等无源元器件又称为 SMC (Surface Mounted Components)，而将有源器件，如 SOP 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，最初都是为了减小体积而制造的，最早出现在电子表中，使电子表微型化成为可能。然而，它们一经问世，就表现出了强大的生命力，其体积明显减小、高频特性提高、耐震动、安装紧凑等优点是传统通孔安装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、低成本的方向发展。

本章主要介绍 SMT 生产中常用的 SMC 和 SMD，重点介绍它们的结构特点、主要性能指标、外形尺寸、识别标志、包装形式，以及无铅化后应该注意的问题。