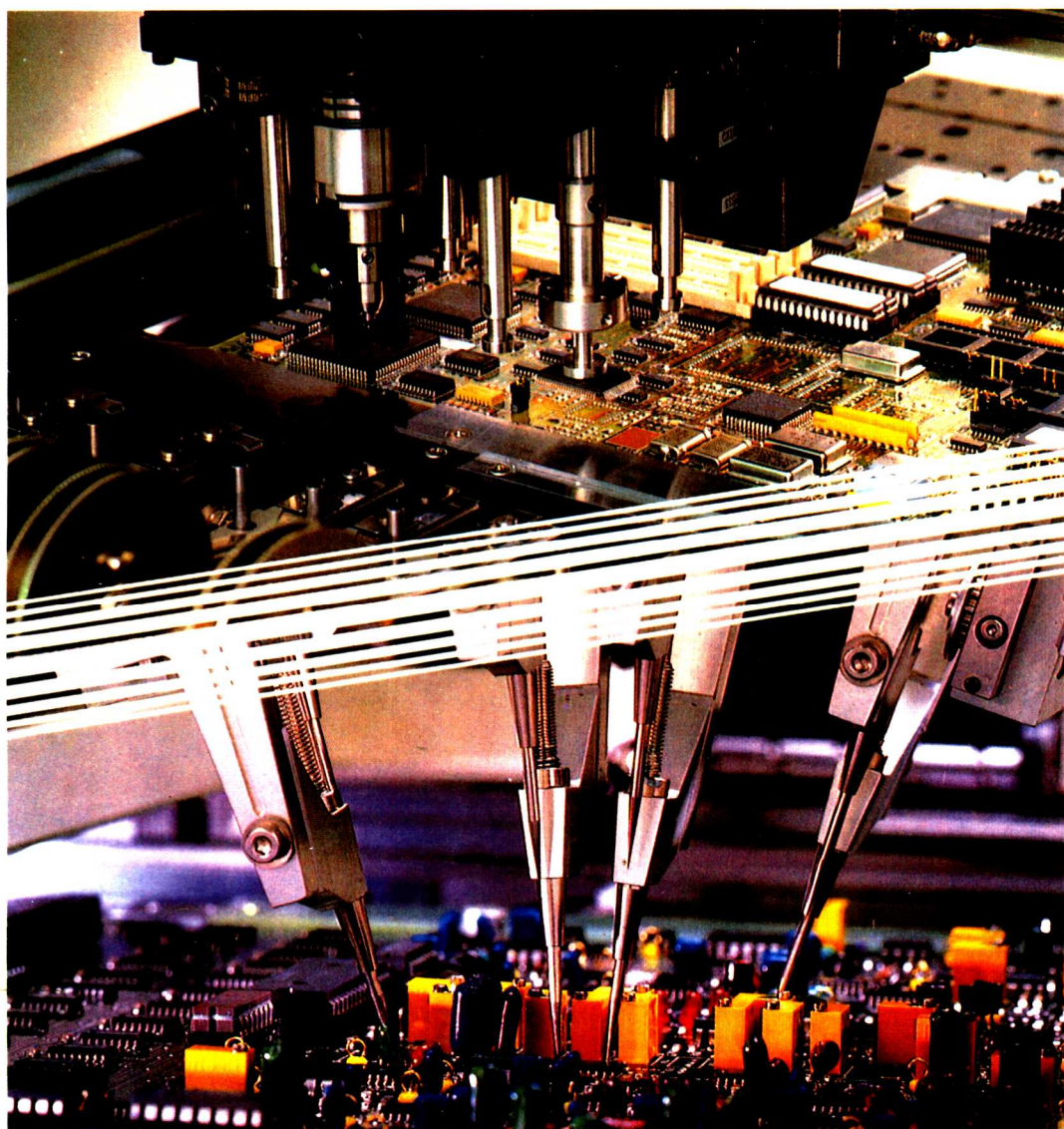


SMT

实用表面安装技术与元器件

《电子天府》表面安装技术编写组



电子工业出版社

实用表面安装技术与元器件

《电子天府》表面安装技术编写组 编著

主编 廖汇芳

主审 程义凯 吕义俊 杨铭寿

惠国俊 陈正安

限 表

电子工业出版社

内 容 提 要

本书由国内具有坚实理论基础,并曾在组织引进、生产方面有丰富实践经验的二十多位专家学者集体编著成书的。书中不仅融进了他们对这一技术领域的理论理解,而且汇入了他们长期的实践经验。

本书可作为大专院校教学用教材和电子行业工程技术人员、生产骨干的培训教材,也可作为组织引进和生产的企业家、管理人员的参考书。

(京)新登字 055 号

实用表面安装技术与元器件

《电子天府》表面安装技术编写组

*

电子工业出版社出版发行(北京市万寿路)

四川省印刷制版中心印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16

1993 年 4 月第 1 版 1993 年 4 月第 1 次印刷

字数: 378 千字 印数: 1—10 000

定价: 16.00 元

ISBN 7-5053-2070-X/TN·620

前 言

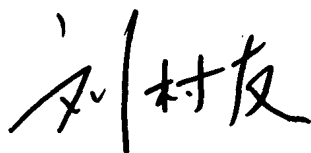
表面安装技术(SMT)是当代电子产品装联技术中的一项重大变革。它的高密集、高可靠和低造价特别具有吸引力,近十年来,发展迅猛,应用广泛,成为装联技术的一支新秀。

我国的 SMT 发展也较快,从理论到实用,从工艺设计到原材料、元器件、印制电路板制造以及安装、焊接、测试技术等,都有长足的进步。相应地,一些介绍 SMT 的书刊也陆续问世。

本书的编著是由四川省电子学会出版委员会会同四川省电子学会 SMT 专业委员会和四川省电子学会生产技术专业委员会装联学组共同推荐专家,组成《电子天府》表面安装技术编写组撰稿,几经会审完成了全部书稿。现在奉献于读者的这本书,不仅谈到 SMT 的一般情况,更突出的,是写进了专家们的实践经验,紧密地结合我国国情,侧重于实际应用。在片式元器件、生产工艺以及生产管理等方面都有详尽、实用而具体的论述。

这本书可作为 SMT 专业技术人员和电子工程技术人员的实用参考资料,也可作为大学和专科学校的教材或教学参考书。

希望这本书的出版能起到交流经验、切磋技术、推进我国 SMT 应用、发展的作用。



1993 年 2 月

《电子天府》表面安装技术编写组编委会名单

主任委员：蒋臣琦

副主任委员：刘村友 程义凯 吕义俊

廖汇芳 惠国俊

委员：杨铭寿 于振泉 扬长安 李大美

龙绪明 黄天顺 廖小波

《电子天府》表面安装技术编写组名单（以姓氏笔划）

王以全 龙绪明 吕义俊 陈正安 杨长安

沈树基 周瑞山 袁敏 黄天顺 黄春成

惠国俊 廖小波 黎育宏

目 次

1 绪 论

1.1 概述	1
1.1.1 表面安装技术的定义	1
1.1.2 SMT 的重要性	1
1.1.3 SMT 的优点	1
1.1.4 国外 SMT 发展状况与趋势	2
1.2 关键技术	4
1.2.1 表面安装元器件	4
1.2.2 表面安装基板	4
1.2.3 表面安装图形设计	5
1.2.4 表面安装工艺	5
1.2.5 表面安装设备	6
1.2.6 表面安装测试技术	6
1.2.7 表面安装材料	6
1.3 我国的 SMT 发展状况	7
1.3.1 表面安装工艺	7
1.3.2 表面安装设备	7
1.3.3 表面安装焊接技术	8
1.3.4 表面安装基板技术	8
1.3.5 表面安装相关材料	8
1.4 对发展我国 SMT 的建议	8
主要参考文献	8

上篇 元器件篇

2 表面安装电阻器与电位器

2.1 概述	10
2.1.1 表面安装电阻器	10
2.1.2 特性	10
2.1.3 分类	11
2.2 RI11 型矩形固定电阻器	11
2.2.1 导电机理	11
2.2.2 外形尺寸与结构	12

2.2.3	工艺流程及关键工序	13
2.2.4	标准及主要性能	14
2.2.5	标志与包装	16
2.3	圆柱形固定电阻器	18
2.3.1	MELF 电阻器结构	18
2.3.2	MELF 电阻器的分类与外形尺寸	18
2.3.3	MELF 电阻器主要性能	19
2.3.4	标志与包装	20
2.3.5	MELF 电阻器与 RI11 电阻器的比较	22
2.3.6	型号、规格表示法	23
2.4	小型固定电阻网络	25
2.4.1	特性与分类	25
2.4.2	小型单列直插式厚膜电阻网络(SIP 型)	29
2.5	表面安装电阻器的使用要求	31
2.5.1	基本要求	31
2.5.2	安装	31
2.5.3	焊接	31
2.6	表面安装电位器	32
2.6.1	表面安装电位器的分类	32
2.6.2	结构与外形尺寸	32
2.6.3	特点及主要参数	34
2.6.4	主要性能	35
2.6.5	使用要求	35
2.6.6	典型产品简介	35
主要参考文献		36

3 表面安装电容器

3.1	概述	38
3.1.1	表面安装电容器	38
3.1.2	贴装性能和焊接	40
3.1.3	我国片状电容器发展情况	41
3.2	表面安装瓷介电容器	42
3.2.1	多层片状瓷介电容器(MLC)	42
3.2.2	多层片状瓷介电容器典型产品	44
3.2.3	标准	49
3.2.4	片状瓷介微调电容器	56
3.3	表面安装钽电解电容器	57
3.3.1	矩形钽电解电容器	57
3.3.2	圆柱形钽电解电容器	61

3.3.3 标准	63
3.4 表面安装铝电解电容器	67
3.4.1 矩形铝电解电容器	68
3.4.2 圆柱形铝电解电容器	70
3.4.3 标准	72
3.5 表面安装薄膜电容器	72
3.5.1 矩形薄膜电容器	72
3.5.2 圆柱形薄膜电容器	76
3.5.3 标准	76
3.6 表面安装云母电容器	77
主要参考文献	79

4 表面安装半导体器件

4.1 SMD 封装形式与特点	80
4.1.1 二极管	80
4.1.2 晶体管	81
4.1.3 SOP 小外形封装	82
4.1.4 方形扁平封装(QFP)	83
4.2 芯片载体技术	86
4.2.1 塑封有引线芯片载体(PLCC)	86
4.2.2 无引线陶瓷芯片载体(LCCC)	87
4.2.3 有引线陶瓷芯片载体(LDCC)	89
4.2.4 板载芯片(COD)	89
4.2.5 带载自动焊(TAB)	89
4.2.6 倒装片技术(Flip Chip)	93
4.3 SMD 的可靠性	95
4.3.1 热开裂失效机理	95
4.3.2 失效模式	95
4.3.3 改进 SMD 热开裂的措施	96
4.4 SMD 技术标准	96
4.5 SMD 应用中的有关问题	97
4.5.1 额定值	97
4.5.2 降额使用	98
4.5.3 平均寿命与结温 T_j 的关系	99
4.5.4 功率器件的电迁移	100
4.5.5 电压、温度及封装气密性对器件工作寿命的影响	100
4.5.6 器件的热设计	101
4.6 SMD 发展趋势	106
主要参考文献	108

下篇 生产技术篇

5 其他表面安装元器件

5.1 概述	110
5.2 表面安装电感器	111
5.2.1 种类	111
5.2.2 叠层型片状电感器	111
5.2.3 绕线型片状电感器	112
5.2.4 圆柱形片状电感器(MELF)	114
5.2.5 片状可调电感器	114
5.3 表面安装滤波器	114
5.3.1 LC 滤波器	115
5.3.2 陶瓷滤波器	116
5.3.3 晶体滤波器	116
5.4 表面安装振荡器	117
5.4.1 陶瓷振荡器	117
5.4.2 晶体振荡器	119
5.5 表面安装延迟线	120
5.5.1 有源延迟线	120
5.5.2 无源延迟线	122
5.5.3 焊接条件	123
5.6 片状磁芯	124
5.6.1 用途	124
5.6.2 结构与外形尺寸	124
5.6.3 性能	124
5.7 表面安装继电器(SMR)	125
5.7.1 结构与外形尺寸	125
5.7.2 性能	125
5.7.3 安装注意事项	126
5.8 表面安装开关(SMS)	126
5.8.1 滑杆开关	126
5.8.2 旋转开关	127
5.9 表面安装连接器	131
5.9.1 分离型 SM	131
5.9.2 焊接型 SM	132
5.9.3 典型产品	133
5.10 表面安装电机	134

5.11 片状敏感元件.....	134
5.11.1 片状热敏电阻器.....	134
5.11.2 片状压敏电阻器.....	135
主要参考文献.....	136

6 表面安装印制电路板

6.1 特点	137
6.2 基材特性	138
6.3 设计工艺性	142
6.3.1 概述	142
6.3.2 特殊焊盘图形设计规范	143
6.3.3 布局规则	149
6.3.4 可焊性设计	155
6.3.5 拼版格式与 V 型槽分离技术	156
6.4 制造工艺	157
6.4.1 高精度线路底片生成技术	157
6.4.2 小孔钻削	158
6.4.3 小孔金属化	158
6.4.4 埋孔、盲孔与真空压技术.....	159
6.4.5 精细线条成象	160
6.4.6 液态光成象阻焊膜	160
6.4.7 焊料涂覆、热风整平(HAL)	161
6.5 质量检测	161

7 表面安装化工材料

7.1 概述	163
7.2 胶粘剂	163
7.2.1 特性	163
7.2.2 化学组成	164
7.2.3 分类	164
7.2.4 使用方法	165
7.2.5 典型的表面安装胶粘剂特性	166
7.3 焊膏	166
7.3.1 特性	166
7.3.2 化学组成	166
7.3.3 分类	167
7.3.4 选用原则	167
7.3.5 典型的焊膏	168
7.4 助焊剂	168

7.4.1 特性	168
7.4.2 化学组成	169
7.4.3 助焊剂的分类	170
7.4.4 选用原则	170
7.4.5 典型的助焊剂	171
7.5 清洗剂	171
7.5.1 特性	171
7.5.2 化学组成	172
7.5.3 清洗方式	173
7.5.4 清洗效果的评价	173
7.5.5 典型的清洗剂	174
7.5.6 环境保护	174
7.6 其他材料	174
7.6.1 阻焊剂	174
7.6.2 防氧化剂	175
7.6.3 插件胶	175
7.7 表面安装化工材料的一些新进展	175
主要参考文献	176

8 表面安装工艺和设备

8.1 概述	177
8.2 工艺	178
8.2.1 流程图	178
8.2.2 涂布胶粘剂	183
8.2.3 涂布焊膏	188
8.2.4 贴片	189
8.3 自动焊接技术	190
8.3.1 波峰焊	190
8.3.2 再流焊	192
8.4 清洗	194
8.5 焊后检测	198
8.6 方案设计	201
8.6.1 选择 SMC/SMD 的注意事项	201
8.6.2 工艺流程设计的注意事项	202
8.7 设备	204
8.7.1 涂布设备	204
8.7.2 贴片设备	209
8.7.3 焊接设备	218
8.7.4 清洗设备	225

8.7.5	检测设备	228
8.7.6	修理方法	229
8.7.7	辅助设备	231
8.7.8	CAD	231
8.7.9	设备的选择	231

9 表面安装生产线管理

9.1	概述	234
9.2	工艺管理	234
9.3	生产管理	234
9.4	质量管理	235
9.5	物资管理	239
9.6	设备管理	240
9.7	主要人员与职责	240
中英缩略语对照表		242

1 绪论

1.1 概述

1.1.1 表面安装技术的定义

表面安装技术 (SMT; Surface Mount Technology), 狭义解释, 是用手工或安装设备将电子元器件直接安装在印制电路板或其他基板表面上的技术, 而不是沿用传统的安装技术将电子元器件插装在印制电路板的导电通孔中; 广义解释, SMT 是包括表面安装元件 (SMC; Surface Mount Component)、表面安装器件 (SMD; Surface Mount Device)、表面安装印制电路板 (SMB; Surface Mount Printed Circuit Board)、普通混装印制电路板 (PCB; Printed Circuit Board)、点胶、涂膏、表面安装设备、元器件取放系统、焊接及在线测试等技术内容的一整套完整工艺技术过程的统称。它是涉及面很广、包括内容很多, 跨多种学科的一种综合性的高新生产技术。

SMT 是这一新技术的英文缩写, 由于对译文理解与认识上的差异, 对这一技术在学术上曾出现许多不同的译法, 如表面贴装技术、表面组装技术等。这些译法, 也都是有一定道理的。本书为了便于读者学习、交流, 经全体作者和主审多次慎重研讨, 认为应遵守英文原意, 统一译为表面安装技术。

1.1.2 SMT 的重要性

当前电子工业正经历着日新月异的发展过程。它已成为重要的基础产业之一, 渗透到经济的各个领域。SMT 是 70 年代后期兴起的一种新型电子装联技术。近十年来, SMT 在技术发达国家已部分替代乃至完全取代传统的通孔插装技术 (THT; Through Hole Technology), 使电子装联技术发生了革命性的变革, 当今已走在电子产品的前面, 支配着电子设备的发展。这种高新技术被世人共识为第四代电子装联技术。

SMT 以缩小产品体积、重量, 提高产品可靠性及电气性能, 降低生产成本为目的。不论是日用消费类电子产品, 还是应用在航空航天、通信工程等尖端科学技术的电子产品, SMT 的应用都将使产品发生重大变革。

SMT 发展到今天, 不认识它是愚蠢的, 不推广应用它是要吃亏的。无论哪个领域, 只要有电子技术的应用, 就要研究 SMT。研究它、应用它就会得到明显的效益, 反之, 就会在技术上处于被动, 吃尽苦头。

1.1.3 SMT 的优点

1. 元器件安装密度高、电子产品体积小、重量轻

由于 SMC、SMD 的体积、重量只有传统插装元器件的 1/10 左右, 而且可以安装在 SMB 或 PCB 的两面, 有效地利用了印制电路板板面, 也有效地减轻了表面安装板的重量。如将中规模集成电路 (MSI)、大规模集成电路 (LSI) 在 PCB 上通孔安装, 引线中心距为 2.54mm, 所占面积很大。20 引脚双列直插式封装 (DIP; Dual In-Line Package) 的 MSI 安装面积为

10.16mm×25.4mm；64 引脚 DIP 的 LSI 安装面积为 25.4mm×76.2mm，插脚增加 2 倍，安装面积增加 6.5 倍。若采用无引线器件进行表面安装，引脚中心距为 0.63mm，64 引出端器件，安装面积只有 12.7mm×12.7mm。这个例子说明 SMT 安装密度比传统的通孔插装技术 (THT) 安装密度高 11 倍。不同引脚数芯片载体的 SMD 和相应的 DIP 重量比较，见图 1.1。

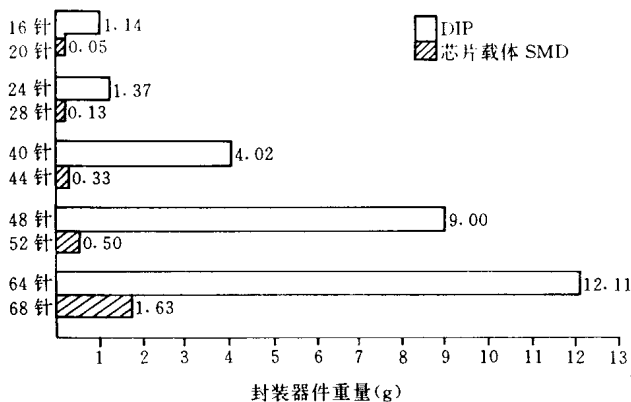


图 1.1 不同引脚数芯片载体的 SMD 和相应的 DIP 重量比较

上面的例子是以完全 SMT 与传统的 THT 比较。当今完全 SMT 在国外已有一些电子产品中实现，多数是 SMT 与 THT 两种安装技术的混合应用。电子产品体积缩小、重量减轻到什么程度，取决于 SMC、SMD 与传统的 DIP 选用的数量比较。PCB 板面节省、重量下降完全依据 SMC、SMD 替代 DIP 的百分率。一般，采用 SMT 后可使电子产品体积缩小 40%~60%，重量减轻 60%~80%。

2. 可靠性高、抗振能力强

由于 SMC、SMD 无引线或短引线，又牢固地贴焊在 PCB 表面上，可靠性高，抗振能力强。如西方数字公司年产 400~600 万块 PCB，其中 80% 是 SMB，他们统计的试验数据表明，MTBF 最小可达到 15 万小时。SMT 的焊点缺陷率比 THT 至少低一个数量级。

3. 高频特性好

由于 SMC、SMD 减少了引线分布特性影响，而且在 PCB 表面贴焊牢固，大大降低了寄生电容和引线间寄生电感，在很大程度上减少了电磁干扰和射频干扰，改善了高频特性。

4. 易于实现自动化，提高生产效率

SMT 与 THT 相比更适合自动化生产。如 THT 根据不同的元器件，需要不同的插装机 (DIP 插装机、辐射插装机、轴向插装机、编带机等)，每一台机器都需要调整准备时间，维护工作量大。SMT 用一台取放机 (Pick and Place)，配置不同的上料架和取放头，就可以安装所有类型的 SMC、SMD，因此，减少了调整准备时间和维修工作量，同时，取放机还可以贮存元器件、配置视觉系统，这样自动化程度和生产率就更高。

5. 可以降低成本

SMT 使 PCB 布线密度增加、钻孔数目减少、孔径变细、PCB 面积缩小、同功能的 PCB 层数减少，这些都使制造 PCB 的成本降低；无引线或短引线的 SMC、SMD 节省了引线材料；剪线、打弯工序的省略，减少了设备、人力费用；频率特性的提高，减少了射频调试费用；电子产品的体积缩小，重量减轻，降低了整机成本；贴焊可靠性提高，减少了二次焊接；可靠性好使返修成本降低。一般，电子设备采用 SMT 后，可使产品总成本降低 30%~50%。

1.1.4 国外 SMT 发展状况与趋势

SMT 在国外发展极其迅速，尤其是日、美、西欧等发达国家的装联技术正处在全面发展

SMT 时期, SMT 已成为组装电子产品的技术主流。据一些资料报道, 80 年代末, 日本的消费类电子产品应用 SMT 已占 54.3%, 美国和西欧在电子产品中, 应用 SMT 分别占 35% 和 30%。进入 90 年代后, 发达国家 SMT 发展更快, 预计 1995 年将在电子产品领域全面应用 SMT。日本在消费类电子产品中将用 SMT 全面替代 THT, 工业类电子设备应用 SMT 将达到 80% 以上, 美国在消费类电子产品中将达到 90%, 自动化设备 SMT 完全替代 THT, 通讯设备、工业电子设备、仪器仪表将达到 80%, 计算机行业 SMT 完全替代 THT, 军用电子设备及航空航天设备将达到 60% 以上。西欧的发展略次于日本和美国, 预计 SMT 的应用将占 60% 左右; 亚洲“四小龙”近几年来急起直追, 在 SMT 应用方面已排在西欧之后, 按现在的发展速度计算, 到 1995 年, SMT 应用比例很有可能超过西欧。

SMT 发展的重要基础是 SMC、SMD, 而 SMC、SMD 的发展又依赖于 SMT 的进步和广泛应用, 所以, SMT、SMC、SMD 是互为条件、相互推动、同步发展的。1985 年, 全世界 SMC、SMD 的品种近两万种, 产量为 450 亿只, 占整个电子元器件的 21%。经过五年的发展, 到 1990 年, SMC、SMD 的品种已超过三万种, 几乎所有传统的各类电子元器件均有相对应的表面安装产品, 并形成批量生产, 市场有售, SMC、SMD 的产量越过千亿只大关, 达到 1150 亿只, 占整个电子元器件的比例上升到 40%。这个发展速度是相当惊人的。可以预料, 90 年代, 伴随 SMT 的全面应用, SMC、SMD 在国外将是发展的全盛时期。

SMT 的关键是贴片技术。初始阶段除主要以手工贴片之外, 只把取、放作为贴片机的基本功能, 随着 SMT 的发展, 贴片机逐步向多功能、智能化发展。现在一台贴片机可以完成的功能包括: 取放系统、检测系统、点涂系统、光学视觉系统, 有的还加入了焊接功能系统。各国根据自己的电子产品需要不断开发新的种类, 功能也各不相同, 有些自动化程度很高。已面世的贴片机有一百多种, 贴片速度已从每小时几千件发展到每小时几万件, 贴片精度也越来越高, 贴片误差已从 0.2mm 提高到 0.05mm。日本在贴片机技术及产量方面处于领先地位, 70 年代日本从美国引进机型, 然后改进开发, 到了 80 年代末, 日本贴片机拥有量达到 1995 台。主要生产厂为: 松下、雪铁城、雅马哈、三洋、东芝、富士等。新近开发的贴片设备, 基本上带有视觉系统, 以保证贴片精度。美国政府也很支持 SMT 设备的发展, 成立了 SMT 委员会, 从事 SMT 基础技术开发研究、标准制定、设备开发和性能试验研究。美国 SMT 设备销售额 1987 年是 9 840 万美元, 1990 年达到 3.4 亿美元, 其中贴片机一项为 1.72 亿美元, 预计 1992 年贴片机销售可望达到 2.7 亿美元。

SMT 的核心技术是焊接技术。SMT 的安装质量、电子产品的可靠性很大程度是用焊接技术来保证的, 因此, 各国都在研究、开发新的焊接工艺, 在焊接设备上投入了大量的人力、财力, 取得了很多积极成果。国外目前已达到一次焊接合格率 99.9% 以上, 有的国家可达到 99.96%。

除了上面谈到的发展状况之外, 与 SMT 相关联的 PCB 制造技术、清洗技术、检测技术都在相应发展。很多新的材料、新的工艺、新的专用设备在不断涌现。

SMT 的发展趋势: SMT 属于高引线数的元器件安装技术。目前 SMT 一般间距为 1.27mm, 小间距为 0.8382mm (33mil)、0.635mm (25mil)、0.508mm (20mil)。这个趋势将导致 0.254mm (10mil) 的间距安装结构。这样, 目前的元器件封装将无法实现, 只有将管芯 (Die) 或管芯堆 (Dice) 直接装到基板上。这种技术称为板载芯片技术 (COB: Chip-on-Board Technology)。芯片或管芯堆可采用线焊、带载自动焊或芯片倒装焊等技术将芯片直接

安装到基板上。

SMT 为第四代电子装联技术。现代电子设备，特别是尖端科技电子设备、军用电子装备，以实现微小型化、轻量化、高性能、高可靠性为主要特征。SMT 能满足部分需要，但不能适应更高密度、多层互连的要求。因此，已出现了电子设备装联的第五代组装技术——微组装技术（MPT：Microelectronic Packaging Technology）。MPT 是在高密度、多层互连的印制电路板上，用微型焊接和封装工艺将微型元器件（主要是高集成度 IC）组装起来，形成高密度、高速度和高可靠性的主体结构微电子产品（组件、部件、子系统或系统）。这种技术是当今微电子技术的重要组成部分，特别是在尖端高科技领域具有十分重要的意义。在航天、航空、C³I、雷达、导航、电子干扰系统、抗干扰系统、通讯、巨型计算机、敌我识别电子装备都具有非常重要的应用前景。

1.2 关键技术

SMT 是一项高新技术，具有许多优点。但是，SMT 的完全应用，还要有一套完全新的技术基础相配套，才能使这项技术达到实施。可以说 SMT 的实施是一个相当复杂的系统工程。本文归纳八个实施方面的主要技术问题，如图 1.2。

1.2.1 表面安装元器件

SMC、SMD 是 SMT 的基础，应用 SMT、实施 SMT，不论是技术领导人，还是具体实施 SMT 的工程技术人员，都必须了解、掌握相关元器件的原理性能、结构尺寸、有关标准、包装形式、产品价格等内容。本书用四章详细讲述各类表面安装元器件。

1.2.2 表面安装基板

基板（Substrate）是封装和互连的结构件，它在保证电子安装板的电气、热和机械的可靠性方面起重要作用。任何电子产品在选用基板类型之前，都需要先根据产品指标要求，确定所要求的基板性能，然后按照成本效益方式选择满足要求的基板材料。

适合各类电子产品要求的基板，一般市场上都有出售或有专门企业生产。各种基板都有它们的优点和缺点。在制造、装配及使用期间，这些材料可能会经受高温、高湿、化学腐蚀及机械应力。它们不仅要经受这些苛刻条件，而且还要达到电气上的使用要求。因此，设计者和制造者都必须很好了解基板材料及其特性。这些知识能使设计者预测到在制造、装配及使用条件下材料的性能。

基板分类如下：

有机基板材料：环氧/玻璃布

聚酰亚胺/玻璃布

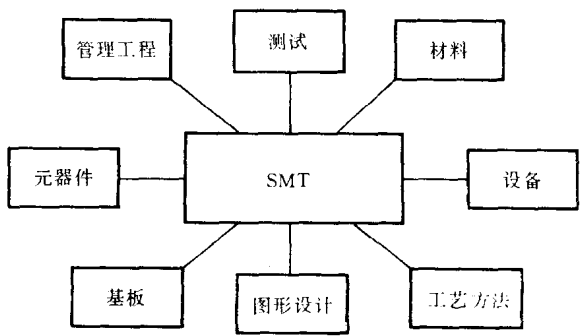


图 1.2 SMT 的八大技术问题

环氧/芳香族聚酰亚胺纤维
聚酰亚胺/芳香族聚酰胺纤维
聚酰亚胺/石英（熔融石英）
玻璃布/芳香族聚酰胺混合纤维
玻璃布/聚四氟乙烯层压板
挠性介质
热塑料

无机基材：铝（陶瓷）

支撑平面基材：印制板被粘到平面的支撑体上（金属或非金属）

传统加工板上支撑板芯分离线

芯夹基材：搪瓷的覆铜因瓦

印制板粘到抑制金属芯上

印制板粘到低膨胀的石墨纤维芯上

柔性层结构

1.2.3 表面安装图形设计

表面安装设计内容很广。一般应包括：

（1）元器件产品设计 对元器件尺寸精度、引出端形状、封装结构、可焊性、耐焊性等方面都要有确定的设计文件及参数；

（2）电路基本设计 对电路图形、焊区隔离、元器件位置、热传导、互连等方面都需精心设计；

（3）基板设计 对焊盘图形（标准焊盘、非标准特殊焊盘）、电路在基板上的布局、互连性、防串扰等方面进行具体布线设计；

（4）制造工艺性设计 根据具体要求进行工艺流程及质量控制方面的设计；

（5）测试图形设计。

设计技术是 SMT 中非常重要的。它不同于 DIP 类元器件所实施的 THT 图样设计。两者的差别在于 SMT 设计需要考虑的内容多、工艺性强，若设计不当，SMT 根本无法实施。

1.2.4 表面安装工艺

表面安装工艺包括元器件安装类型与工艺流程、焊接工艺、PCB（SMD）制作工艺、安装板的清洁工艺等。本章只叙述元器件的安装类型。

SMT 中最基本的三种安装类型如图 1.3。

图中 I 型仅有表面安装元器件（图中标片式元件、PLCC、SO），这种安装板可以是单面或双面。II 型是表面安装元器件与传统的插装元件混装板。这种安装板又可分成三种安装方式：A 面插装与表面安装混合，B 面纯表面安装（图示状况），这是目前国内外采用最广的安装方式；A 面只装插装元件、B 面插装与表面安装混合；A、B 两面均为表面安装与插装混合安装。III 型是 A 面只有传统的插装元件，B 面只有表面安装元器件，这种安装方式也称为特殊混装，也是应用很多的安装类型，是三种类型中工艺最简单的。

对上述各种安装类型和方式，工艺路线程序和所用设备都是有很大不同的。具体到某一