

# 第 1 章

## SMT 与 SMT 工艺

SMT 是“Surface Mount Technology”的简称，在我国电子行业标准中称为表面安装技术。20 世纪 70 年代，日本电子行业首先将 SMT 在电子制造业中推广开来，并很快推出 SMT 专用焊料、专用设备（如贴片机、再流焊炉、印刷机等）和各种片式元器件，这极大地丰富了 SMT 的内涵，也为 SMT 的发展奠定了坚实的基础。用 SMT 安装的电子产品具有体积小、性能好、功能多、价格低的综合优势。因此，SMT 作为新一代电子工艺技术已被广泛应用于各个领域的电子产品装联，目前已成为世界电子整机安装技术的主流。

SMT 是一门包括元器件、材料、设备、工艺及表面安装电路板设计与制造的系统性综合技术，是突破了传统 PCB 通孔插装元器件的方式发展起来的第四代安装方法，是现在最热门的电子产品安装技术和工艺，也是电子产品能有效地实现“短小轻薄”、多功能、高可靠性、高质量、低成本的主要手段之一。

### 1.1 SMT 的发展

#### 1. SMT 的发展简史

从 20 世纪 60 年代到现在，SMT 的发展历经了三个阶段。

第一阶段的主要技术目标是把小型化的片式元器件应用在混合电路（我国称为厚膜电路）的生产制造中，从这个角度来说，SMT 对集成电路（IC）的制造工艺和技术发展做出了重大贡献。同时，SMT 开始广泛应用于民用的石英电子表和电子计算器等产品。

1975 年，SMT 的发展进入第二阶段，为促使电子产品迅速小型化、多功能化，SMT 开始广泛应用于摄像机、耳机式收音机和电子照相机等产品。同时，用于表面安装的自动化设备被大量研制开发出来，片式元器件的安装工艺和支撑材料也已经成熟，这为 SMT 的高速发展打下了基础。

1986 年，SMT 的发展进入第三阶段，主要目标是降低成本，进一步改善电子产品的性价比。随着 SMT 的成熟，工艺可靠性的提高，应用在军事、汽车、计算机、通信设备、工业设备等领域的电子产品迅速发展，同时大量涌现的自动化表面装配设备及工艺手段，使片式元器件在 PCB 上的使用量高速增长，这促使电子产品的总成本高速下降。

目前, SMT 正在沿着以下趋势发展。

① 伴随着 I/O 端子数量的增多, 器件的封装形式将由 QFP 快速地向 BGA 过渡, BGA、CSP 将成为封装技术的主流。随着 FC 底层填料的开发成功, FC 器件将进入实用化阶段, 这意味着球栅阵列技术将开始取代周围有引脚的表面贴装元器件, 就像表面贴装元器件取代通孔插装元器件一样, 芯片正在从系统芯片 (SOC) 向系统级封装 (SIP) 的设计方法过渡。

② 与球栅阵列式器件相配套的是 PCB 技术, 包括基材的制造技术也将更新, 如今高玻璃化温度 ( $T_g$ )、低热膨胀系数 (CTE) 的基材不断被推出, 特别是用积成法 (BUM) 制造的 PCB 每年以 17% 的速度在增长, 用 BUM 制造的 PCB, 其 CTE 可达  $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ , 达到与片式元器件的 CTE 同等级别, BUM 法制造的 PCB 将有力支撑着 FC 的实际应用。

③ 随着人们环保意识的提高, 绿色化生产已成为大生产技术的新理念。这种新理念体现在如下几方面: 无铅焊料开发成功, 日本企业已经在部分消费类产品中使用; 无铅化进程有加速化趋势, 特别是欧盟有关电子电气设备中废料的指令 (WEEE Directive) 与含铅焊料的禁止在 2006 年 7 月 1 日生效, 这意味着全世界电子产品的安装进入无铅化时代; PCB 的制造过程中不再使用数种因焚化而产生致癌物质的阻燃剂, 在焊剂使用中, 无 VOC (挥发性有机化合物) 焊剂的应用也被提上日程。

④ 0201 元件的使用将对印刷机、贴片机、再流焊炉技术及检测技术提出更高要求。模块化、高速、高精度的贴片机, 以及能连线使用的 AOI 和 AXI 将成为设备的制造方向。

⑤ 如今导电胶的电阻率已做到小于  $0.001\Omega \cdot \text{cm}$ , 综合性能明显提高, 冷连接工艺已有雏形。

⑥ SMT 生产线的管理已实现计算机和无线网络管理, 做到实时采集和传送工艺参数, 不仅在质量上达到 6S 标准, 还向无人化管理迈进。

SMT 作为新一代的装联技术, 仅有几十年历史, 但显示出强大的生命力, 它以非凡的速度走完了从诞生、完善至成熟的路程, 迈入了大范围工业应用的旺盛期。如今无论是在投资类电子产品中还是在民用类电子产品中, 均有它的身影。

## 2. SMT 元器件的发展过程

SMT 的重要基础之一是 SMT 元器件, SMT 的发展需求和发展程度主要受 SMT 元器件发展水平的制约。为此, SMT 的发展史与 SMT 元器件的发展史基本是同步的。

20 世纪 60 年代, 荷兰飞利浦公司研制出可供手表工业使用的可表面安装的纽扣状微型器件的 SOIC (小外形集成电路)。它的引脚分布在器件两侧, 呈翼形, 引脚的中心距为  $1.27\text{mm}$  ( $50\text{mil}$ ,  $1\text{mil}=0.001\text{in}=0.0254\text{mm}$ ), 引脚多达 28 个以上。20 世纪 70 年代初, 日本开始使用 QFP 集成电路来制造计算器。QFP 的引脚分布在器件的四边, 呈翼形, 引脚的中心距最小仅为  $0.635\text{mm}$  ( $25\text{mil}$ ), 甚至更小, 引脚可达几百个。

20 世纪 70 年代, LCCC 全密封器件被研制出来, 它以分布在器件四边的金属化焊盘代替引脚。进入 20 世纪 90 年代后, 引脚间距为  $0.3\text{mm}$  的 SMC/SMD 的安装技术和安装设备趋向

成熟。美国研制的 PLCC 器件，引脚分布在器件的四边，引脚中心距一般为 1.27mm (50mil)。

20 世纪 90 年代初期，CSP 以芯片面积与封装面积近似相等、可进行与常规封装集成电路相同的处理和试验、可进行老化筛选、制造成本低等特点脱颖而出。

为满足集成电路集成度的增大使同一 SMD 的 I/O 接口数，即引脚数增大的需求，将引脚有规律地分布在 SMD 整个贴装表面，形成栅格阵列型的 SMD，从 20 世纪 90 年代开始发展并很快得以普及应用，其典型产品为 BGA 器件。

由此可见，SMT 元器件的不断缩小和变化，促进了安装技术的不断发展，而安装技术在提高安装密度的同时又向元器件提出了新的技术要求和齐套性要求。可以说二者是相互依存、相互促进的。

作为第四代电子装联技术的 SMT，已经在现代电子产品，特别是在尖端科技电子设备、军用电子设备的微型化、轻量化、高性能、高可靠性的发展中发挥了极其重要的作用。为了适应更高密度、多层互连和立体安装的要求，目前 SMT 已处于 MPT 新阶段。

MCM (Multi-Chip Module, 多芯片模块) 是 20 世纪 90 年代以来发展较快的一种先进的混合集成电路。它把几块集成电路芯片安装在一块电路板上，构成功能电路块。由于 MCM 技术将多块裸芯片不加封装，直接安装于同一基板并封装于同一壳体内，因此面积只为 SMT 的  $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{3}$ ，质量仅为 SMT 的  $\frac{1}{3}$ 。

以 MCM、3D (三维) 为核心的 MPT 是在高密度、多层互连的 PCB 上，用微型焊接和封装工艺将微型元器件 (主要是集成电路) 通过高密度安装、立体安装等安装方法进行安装，形成的高密度、高速度和高可靠性主体结构的微电子产品 (组件、部件、子系统或系统) 的技术。这种技术是当今微电子技术的重要组成部分，在尖端高科技领域更具有十分重要的意义，在航天、航空、雷达、导航、电子干扰系统、抗干扰系统、通信、巨型计算机、敌我识别电子装备等方面具有非常广阔的应用前景。

因此，SMT 是信息产业迅速壮大和突飞猛进的主要支柱，在 21 世纪甚至更长时期中，SMT 仍是电子产品安装的主流和基础技术。

### 3. SMT 发展的意义

从狭义上讲，SMT 将片式元器件贴装到 PCB 上，经过整体加热实现片式元器件的互连，从广义上讲，SMT 包含片式元器件、表面安装设备、表面安装工艺，通常人们把表面安装设备称为“硬件”，把表面安装工艺称为“软件”，而片式元器件既是 SMT 的基础，又是 SMT 发展的动力，它推动 SMT 专用设备和装联工艺不断更新与深化。支持信息产业的关键技术正是芯片技术和安装技术。芯片技术决定电子产品的性能，是信息产业的核心。

安装技术即大生产技术，它把先进的信息技术转化为实际的可供人们使用的电子产品，该过程既给社会带来巨大的物质财富，又给人们带来物质生活的享受。如今各种数字化的电

子产品琳琅满目,使人目不暇接。从广义上来讲,SMT 和信息产业是相互依存、相互发展的,SMT 已成为信息产业强有力的基础。

#### 4. 我国 SMT 的发展与现状

我国的电子科技人员从 20 世纪 70 年代初就开始关注和跟踪国外 SMT 的发展,并于 20 世纪 80 年代初在小范围内应用 SMT。我国最早规模化引进 SMT 生产线始于 20 世纪 80 年代初期,其背景是我国开始引进彩色电视机工业技术,与其配套的彩电调谐器,如松下彩电调谐器由 A 型转向 B 型电子调谐器,而新型调谐器大量采用片式元器件。在当时经济制度的指导下,国内彩电调谐器厂开始引进 SMT 生产线,引进的机型品牌有松下、三洋、TESCOM、TDK 等。

20 世纪 90 年代初期,我国录像机生产线的引进掀起了另一次 SMT 引进高潮。以松下录像机为例,从 L15 开始大量采用片式元器件。其间中国华录集团有限公司(大连)、北京电视设备厂、上海录音器材厂、南京 714 厂、厦新电子有限公司(厦门)等录像机生产厂家开始引进 SMT 生产线。据国外某调查机构统计,截至 1997 年年底,我国贴片机的保有量为 3700 台,SMT 生产线总数为 1 500~2 000 条。

进入 21 世纪以来,我国电子信息产品制造业加快了发展步伐,每年都以 20% 以上的速度高速增长,成为国民经济的支柱产业。随着我国电子制造业的高速发展,我国的 SMT 产业同步迅猛发展,整体规模居世界前列。

我国 SMT/EMS(制造执行系统)产业主要集中在东部沿海地区,其中广东、福建、浙江、上海、江苏、山东、天津、北京及辽宁等省市的 SMT/EMS 总量占全国 80% 以上。按地区分,以珠三角及其周边地区最强,长三角地区次之,环渤海地区第三。环渤海地区 SMT/EMS 总量虽与珠三角和长三角地区相比有较大差距,但增长潜力巨大,发展势头更强。据国家有关部门公布的信息来看,天津滨海新区继深圳、上海浦东后将成为我国经济增长的第三极。不久的将来,我国 SMT/EMS 产业必然形成珠三角、长三角、环渤海地区三足鼎立之势。

我国 SMT/EMS 产业之所以出现如此大好形势,主要是因为我国政府有关部门高度重视电子信息产品制造业的发展,制定了良好的引进、发展政策。世界电子信息产品制造业发达的国家和地区,如美、日、韩、欧洲和我国台湾地区,把电子制造业往我国大陆转移也是重要因素。以在 SMT/EMS 领域世界排名前十的企业为例,像 FOXCONN(富士康科技集团)、Flextronics(伟创力公司)、SOLECTRON(美国旭电公司)等一批企业均在我国大陆设厂。其中以富士康科技集团最为成功,其在深圳、苏州、北京、天津、烟台等地均建有大型工厂,就业人员数以万计。从国际大环境看,虽然印度、越南、东欧地区的 SMT 产业会有所发展,但是近期不会对我国的世界电子制造大国地位造成很大威胁。总之,此后几年内我国仍是世界最大的 SMT 市场。

在 SMT 生产线方面,得益于我国东南沿海地区电子工业的高速发展,我国电子信息产业巨头华为、中兴、东方、大唐和巨龙等公司迅猛发展,大大促进了 SMT 产业的迅速发展。目前国内自行设计的电子产品,片式化率超过 70%,在大型 PCB 贴装、COB(板上芯片封装)技术、双面再流焊、通孔再流焊、激光焊及 MCM 方面都能达到国外同等水平。我国已成为全球最大、最重要的 SMT 市场。

## 1.2 SMT 的优越性

### 1.2.1 SMT 的优点

#### 1. 安装密度高

片式元器件与传统通孔插装元器件(THC/THD)相比,所占面积和质量大为减小。采用 SMT 可使电子产品体积缩小 60%,质量减轻 75%。通孔插装元器件按 2.54mm 网格安装,而 SMT 安装元器件网格从 1.27mm 发展到目前的 0.63mm,个别达 0.5mm,密度更高。例如,一个 64 引脚的 DIP 集成电路的安装面积为 25mm×75mm;而采用引脚间距为 0.63mm 的 QFP,同样引脚数量的元器件安装面积为 12mm×12mm,约为 THT 的  $\frac{1}{13}$ 。

#### 2. 可靠性高

片式元器件的可靠性高;器件小而轻,故抗震能力强;采用自动化生产,贴装与焊接可靠性高,一般不良焊点率小于  $10^{-5}$ ,比波峰焊接的 THC/THD 低一个数量级;用 SMT 安装的电子产品的 MTBF(平均无故障工作时间)为 25 万小时。

#### 3. 高频特性好

由于片式元器件贴装牢固,元器件通常为无引脚或短引脚,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。采用片式元器件设计的电路最高频率达 3GHz,而采用 THC/THD 的电路最高频率仅为 500MHz。采用 SMT 也可缩短传输延迟时间,可用于时钟频率大于 16MHz 的电路。若采用 MCM 技术,计算机工作站的高端时钟频率可达 100MHz,由寄生电抗引起的附加功耗可降至原附加功耗的  $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 。

#### 4. 成本低

SMT 工艺中 PCB 占用面积减小,为 THT 工艺中 PCB 面积的  $\frac{1}{13}$ 。若采用 CSP 安装,其面积还可大幅度下降。片式元器件发展很快,促使成本迅速下降,一个片式电阻已和通孔电阻的价格相当,SMT 简化了电子整机产品的生产工序,降低了生产成本。在 PCB 上安装时,

元器件的引脚不用整形、打弯、剪短,这使得整个生产过程缩短,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%。以下几点也是促使 SMT 生产成本下降的因素。

- ① PCB 上钻孔数量减少,节约返修费用。
- ② 由于高频特性提高,减少了电路调试费用。
- ③ 由于片式元器件体积小、质量小,减少了包装、运输和储存费用。

## 5. 便于自动化生产

目前通孔安装 PCB 要实现完全自动化,还需使原 PCB 面积扩大 40%,以便自动插装头将元器件插入,否则没有足够的空间间隙,将碰坏零件。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,有利于提高安装精度,便于自动化生产。

当然,SMT 生产线中也存在一些问题,如:元器件上的标称值看不清,维修工作困难;维修调换元器件需要专用工具;元器件与 PCB 之间的 CTE 一致性差。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 PCB 的出现,均已不再是阻碍 SMT 深入发展的障碍。

## 1.2.2 SMT 和 THT 的比较

SMT 工艺的特点可以通过其与 THT 工艺进行比较来体现。从安装工艺的角度分析,SMT 和 THT 的根本区别是“贴”和“插”。二者的区别还体现在元器件、PCB 基板、焊接方法、PCB 面积、安装工艺、自动化程度等方面。

电子电路装联技术的发展主要受元器件类型的支配,出现“插”和“贴”这两种截然不同的电路模块安装技术的原因是采用了外形结构和引脚形式完全不同的两种类型的元器件。由于 SMT 工艺中采用无引脚或短引脚的元器件,故从安装工艺角度分析,SMT 和 THT 的根本区别一是所用元器件、PCB 的外形不完全相同;二是前者是“贴”,即将元器件贴装在 PCB 焊盘表面,而后者是“插”,即将长引脚元器件插入 PCB 焊盘孔内。前者是预先将焊料(焊锡膏)涂在焊盘上,贴装元器件后一次加热完成焊接;后者是通过波峰焊机利用熔融的焊料流,实现升温与焊接。THT 与 SMT 的区别如表 1-1 所示。

表 1-1 THT 与 SMT 的区别

类 型	THT	SMT
元 器 件	双列直插或 DIP; PGA (插针阵列封装); 有引脚电阻、电容	SOIC、SOT、LCCC、PLCC、QFP、BGA、CSP 尺寸比 DIP 要小许多; 片式电阻、电容
PCB 基板	PCB 采用 2.54mm 网格设计,通孔孔径为 0.8~0.9mm	PCB 采用 1.27mm 网格或更细设计,通孔孔径为 0.3~0.5mm,布线密度要高 2 倍以上

续表

类 型	THT	SMT
焊接方法	波峰焊	再流焊
PCB 面积	大	小, 缩小比为 1:10~1:3
安装工艺	穿孔插入	表面安装 (贴装)
自动化程度	自动插装机	自动贴片机, 生产效率高于自动插装机

## 1.3 SMT 的组成与 SMT 工艺的主要内容

### 1.3.1 SMT 的组成

表面安装技术 (SMT) 通常包括元器件、基板 (表面安装电路板)、设计 (PCB 图形设计)、材料 (焊锡膏及贴片胶等)、设备 (印刷机、贴片机、再流焊机等)、工艺方法 (印刷、点胶、波峰焊、再流焊、清洗)、测试技术及管理工程 (表面安装生产线管理) 等多方面内容, 如图 1-1 所示。这些内容可以归纳为三方面: 一是设备, 被称为 SMT 的“硬件”; 二是装联工艺, 被称为 SMT 的“软件”; 三是元器件, 既是 SMT 的基础, 又是 SMT 发展的动力, 推动着 SMT 专用设备和装联工艺不断更新与深化。

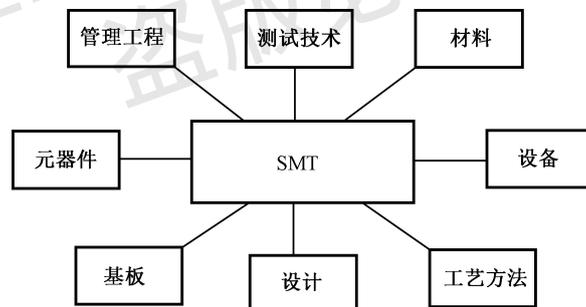


图 1-1 SMT 的组成

SMT 是一组技术密集、知识密集的技术群, 涉及元器件封装、电路板制造、PCB 设计、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, 许多机器都采用计算机控制, 由微处理器、图像识别系统、传感器、伺服系统组成控制系统。以贴片机为例, 一般贴片机以焊接结构为基础件, 采用大量灵敏元器件, 如滚动丝杆、滑动直线导轨、磁性流体阻尼器件等, 巧妙地安装上气动系统、真空系统、电气控制与机械式凸轮分配轴系统, 涉及机械学的各个领域。中高速贴片机运行速度快, 振动频率高, 紧固器件松动、传感器移位、结构件错位等, 任何一个电接触头浮动都会导致设备不能正常运行。事故原因需从机械、光源光路、电气线路几方面寻找, 故要求 SMT 工艺人员机电并通, 具有丰富的机电一体化学科知识。在新型材料方面, 焊锡膏和贴片胶都是触变性流体, 它们

引起的缺陷占 SMT 总缺陷的 60%，只有掌握了这些材料的知识才能保证 SMT 工艺的质量。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，其中任一环节的工艺参数漂移都会导致不良产品出现。这要求 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。

值得一提的是，SMT 生产线中早期投入大，因此要组织 SMT 生产线，首先应做好 SMT 人员的培训工作，这样做将事半功倍，通过培训，增强技术人员对 SMT 的理性认识，逐步培养出一支具有专业知识的专业队伍；其次应通过对设备性能的了解，合理地组建 SMT 生产线；最后应通过严格科学的生产管理，成功实现 SMT 生产线。

### 1.3.2 SMT 工艺的主要内容

SMT 工艺的主要内容可分为安装材料选择、安装工艺设计、安装技术和安装设备应用四大部分，如图 1-2 所示。



图 1-2 SMT 工艺的主要内容

SMT 工艺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、安装设备应用技术等诸多方面。SMT 工艺具有 SMT 综合性工程技术特征，是 SMT 的核心。

## 1.4 SMT 生产线

### 1.4.1 SMT 的两类基本工艺流程

SMT 工艺有两类基本工艺流程，一类是焊锡膏-再流焊工艺流程；另一类是贴片胶-波峰焊工艺流程。在实际生产中，应根据使用的元器件和生产装备的类型及产品的需求，选择单独进行某一工艺流程或重复与混合使用两类工艺流程，以满足不同产品的生产需要。

#### 1. 焊锡膏-再流焊工艺流程

焊锡膏-再流焊工艺流程是焊锡膏印刷→贴片→再流焊→检验、清洗，如图 1-3 所示。该工艺流程的特点是简单、快捷，有利于减小产品的体积。该工艺流程在无铅焊接工艺中更显示出其优越性。

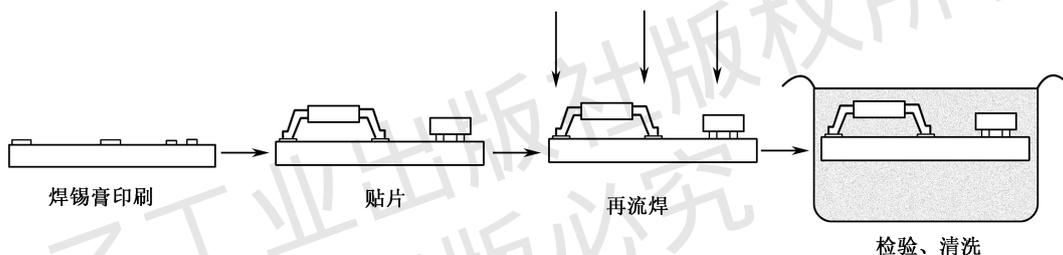


图 1-3 焊锡膏-再流焊工艺流程

#### 2. 贴片胶-波峰焊工艺流程

贴片胶-波峰焊工艺流程是贴片胶涂敷→贴片→固化→翻转 PCB→插装 THC/THD→波峰焊→检验、清洗，如图 1-4 所示。该工艺流程的特点是利用 PCB 的双面空间，电子产品的体积进一步缩小，由于部分使用 THC/THD，价格低廉，但由于设备要求增多，波峰焊过程中易出现焊接缺陷，难以实现高密度安装。

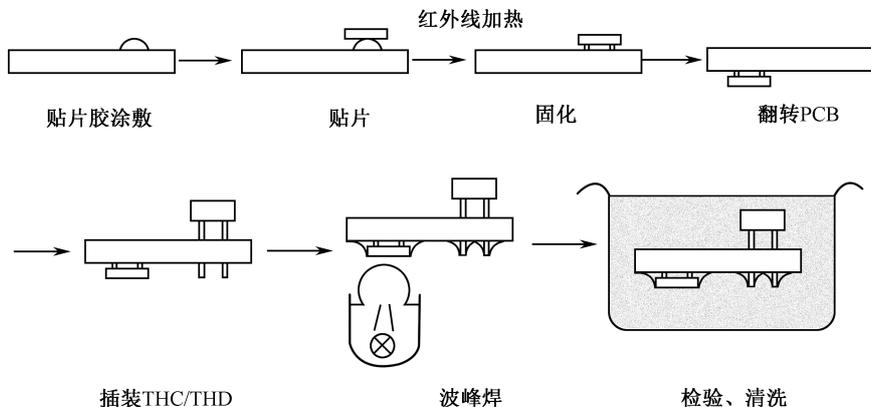


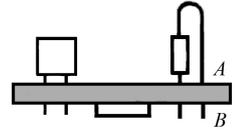
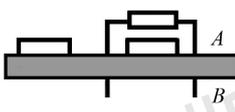
图 1-4 贴片胶-波峰焊工艺流程

若将上述两类工艺流程混合与重复使用，可以演变出多类工艺流程。

## 1.4.2 SMT 的元器件安装方式

SMT 的元器件安装方式及其工艺流程主要取决于表面安装组件 (SMA) 的类型、使用的元器件种类和安装设备条件, 大体上可分为单面混合安装、双面混合安装和全表面安装三种类型共六种安装方式, 如表 1-2 所示。

表 1-2 SMA 的安装方式

序号	安装方式		组件结构	电路板	元器件	特征
1	单面混合安装	先贴法		单面 PCB	SMC/SMD、THC/THD	先贴后插, 工艺简单, 安装密度低
2		后贴法		单面 PCB	SMC/SMD、THC/THD	先插后贴, 工艺较复杂, 安装密度高
3	双面混合安装	SMC/SMD 和 THC 同侧方式		双面 PCB	SMC/SMD、THC	先贴后插, 工艺较复杂, 安装密度高
4		SMC/SMD 和 THC 不同侧方式		双面 PCB	SMC/SMD、THC	THC 和 SMC/SMD 安装在 PCB 同一侧, 但另一侧也装有 SMC/SMD
5	全表面安装	单面表面安装		单面: PCB、陶瓷基板	SMC/SMD	工艺简单, 适用于小型、薄型化的电路安装
6		双面表面安装		双面: PCB、陶瓷基板	SMC/SMD	安装密度高, 薄型化

根据产品的具体要求和安装设备的条件选择合适的安装方式, 是高效、低成本安装生产的基础, 也是 SMT 工艺设计的主要内容。

### 1. 单面混合安装

单面混合安装, 即 SMC/SMD 与 THC/THD 分布在 PCB 不同面上混装, 但焊接面仅为单面。该类安装均采用单面 PCB 和波峰焊接工艺, 具体有两种安装方式。

(1) 先贴法: 表 1-2 所列的第一种方式, 即先在 PCB 的 B 面 (焊接面) 贴装 SMC/SMD, 然后在 PCB 的 A 面插装 THC/THD。

(2) 后贴法: 表 1-2 所列的第二种方式, 即先在 PCB 的 A 面插装 THC/THD, 然后在 PCB 的 B 面贴装 SMC/SMD。

### 2. 双面混合安装

双面混合安装, 即 SMC/SMD 和 THC 可混合分布在 PCB 的同一面, SMC/SMD 也可分

布在 PCB 的两面。双面混合安装采用双面 PCB、双波峰焊接或再流焊接。该类安装也有先贴 SMC/SMD 还是后贴 SMC/SMD 的区别,一般根据 SMC/SMD 的类型和 PCB 的大小合理选择,通常采用先贴法。该类安装常用的安装方式有两种。

(1) SMC/SMD 和 THC 同侧方式:表 1-2 所列的第三种方式,SMC/SMD 和 THC 同在 PCB 的一侧。

(2) SMC/SMD 和 THC 不同侧方式:表 1-2 所列的第四种方式,把表面安装集成芯片(SMIC)和 THC 放在 PCB 的 A 面,而把 SMC/SMD 和 SOT 放在 PCB 的两面。

该类安装由于在 PCB 的单面或双面贴装 SMC/SMD,把难以表面安装化的有引脚元器件插入安装,因此安装密度相当高。双面混合安装工艺流程如图 1-5 所示。

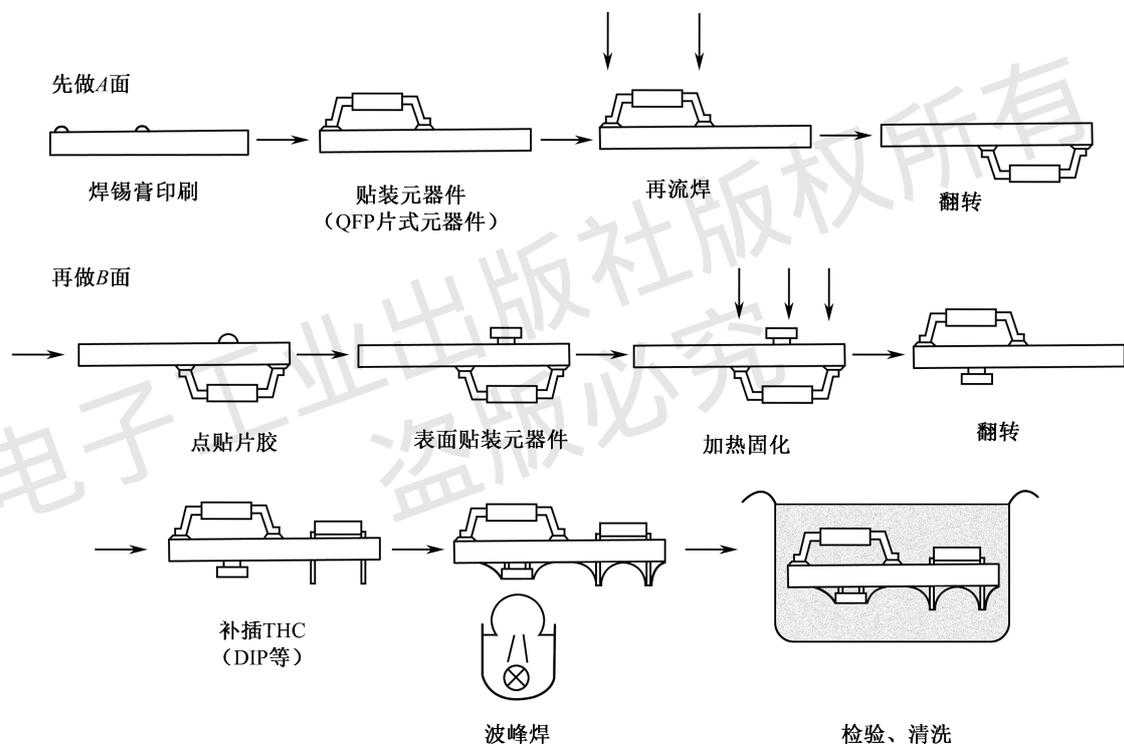


图 1-5 双面混合安装工艺流程

### 3. 全表面安装

全表面安装,在 PCB 上只有 SMC/SMD 没有 THC/THD。由于目前元器件还未完全实现片式化,实际应用中这类安装形式不多。该类安装方式一般在细线图形的 PCB 或陶瓷基板上,采用细间距器件和再流焊接工艺进行安装。该类安装具体有两种安装方式。

(1) 单面表面安装方式:表 1-2 所列的第五种方式,采用单面 PCB 在单面安装 SMC/SMD。

(2) 双面表面安装方式。表 1-2 所列的第六种方式,采用双面 PCB 在两面安装 SMC/SMD,安装密度更高。双面均采用焊锡膏-再流焊工艺流程如图 1-6 所示。

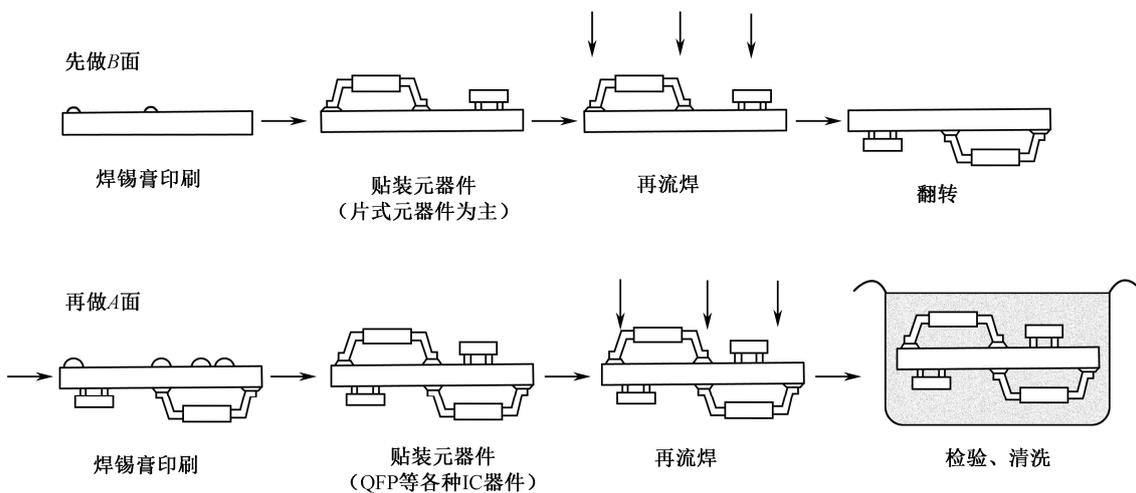


图 1-6 双面均采用焊锡膏-再流焊工艺流程

### 1.4.3 SMT 生产线的基本组成

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

目前, SMT 元器件的品种规格尚不齐全, 因此在 SMA 中有时仍需要采用部分 THC/THD。常说的 SMA 中往往是 THC/THD 和 SMC/SMD 兼有的, 全部采用 SMC/SMD 的只是一部分。根据安装对象、安装工艺和安装方式的不同, SMT 生产线有多种组线方式。

图 1-7 所示为采用再流焊技术的 SMT 生产线基本组成示例, 一般用在 PCB 单面安装 SMC/SMD 的场合, 也称为单线形式。若在 PCB 双面安装 SMC/SMD, 则需要双线形式的生产线。当 THC/THD 和 SMC/SMD 兼有时, 还需在图 1-7 所示生产线的基础上附加插装件安装线和相应设备。当采用的是非免清洗安装工艺时, 还需附加焊后清洗设备。目前, 一些大型企业设置了配有送料小车的、以计算机进行控制和管理的 SMT 产品集成安装系统, 这是 SMT 产品自动安装生产的高级组织形式。

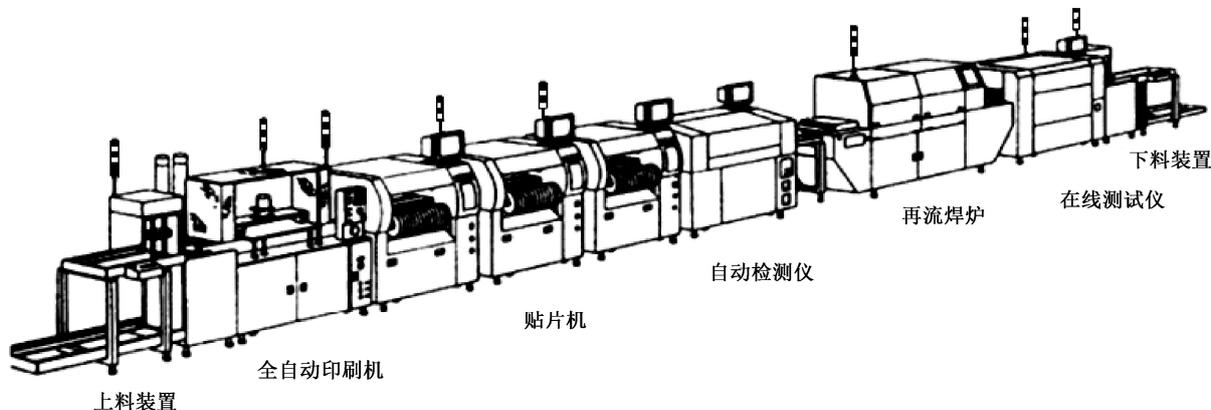


图 1-7 采用再流焊技术的 SMT 生产线基本组成示例

下面是 SMT 生产线的一般工艺流程, 其中焊锡膏涂敷方式、焊接方式及点胶工序的有无

根据不同的组线方式有所不同。

(1) 印刷。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。所用设备为全自动印刷机，位于 SMT 生产线的前端。

(2) 点胶。其作用是将胶水滴到 PCB 的固定位置上，在采用波峰焊时，将元器件固定到 PCB 上。所用设备为点胶机，位于 SMT 生产线的前端或检测设备的后面。

(3) 贴装。其作用是将 SMT 元器件准确安装到 PCB 的固定位置上。所用设备为贴片机，位于 SMT 生产线中全自动印刷机的后面。

(4) 固化。其作用是将贴片胶固化，使 SMT 元器件与 PCB 牢固粘接在一起。所用设备为固化炉，位于 SMT 生产线中点胶机的后面。

(5) 再流焊。也称回流焊，其作用是将焊锡膏熔化，使 SMT 元器件与 PCB 牢固地黏结在一起。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。其作用是将安装好的 PCB 上对人体及产品有害的焊接残留物（如助焊剂等）除去。所用设备为清洗机，位置可以不固定，可以在生产线上，也可以不在生产线上。

(7) 检测。其作用是对安装好的 SMA 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、飞针式在线测试仪、AOI、X-Ray 检测系统、功能测试仪等，位置根据检测的需要，配置在生产线合适的位置。

(8) 返修。其作用是对检测出故障的 SMA 进行返工。所用设备为电烙铁、返修工作站等。配置在生产线的合适位置上。

---

## 1.5 思考与练习题

---

**【思考】**科技的高速发展，带动了电子技术产业的改革与创新。进入 21 世纪以来，中国电子信息产品制造业加快了发展步伐，每年都以 20% 以上的速度高速增长，成为国民经济的支柱产业，整体规模连续三年居全球第 2 位。随着中国电子制造业的高速发展，中国的 SMT 及产业也同步迅猛发展，整体规模也位居世界前列。

学习以上内容，作为将来的电子产业从业人员，谈一下自己的感受与感想。

1. 简述 SMT 的含义及产生背景。
2. SMT 和 THT 的根本区别是什么？二者具体在哪些方面有区别？
3. 简述 SMT 工艺的主要内容。
4. 简述 SMT 的两类基本工艺流程。
5. 简述 SMT 的元器件在 PCB 上的六种安装方式。
6. 写出 SMT 生产线的基本组成，说明每一工序的作用和主要设备。