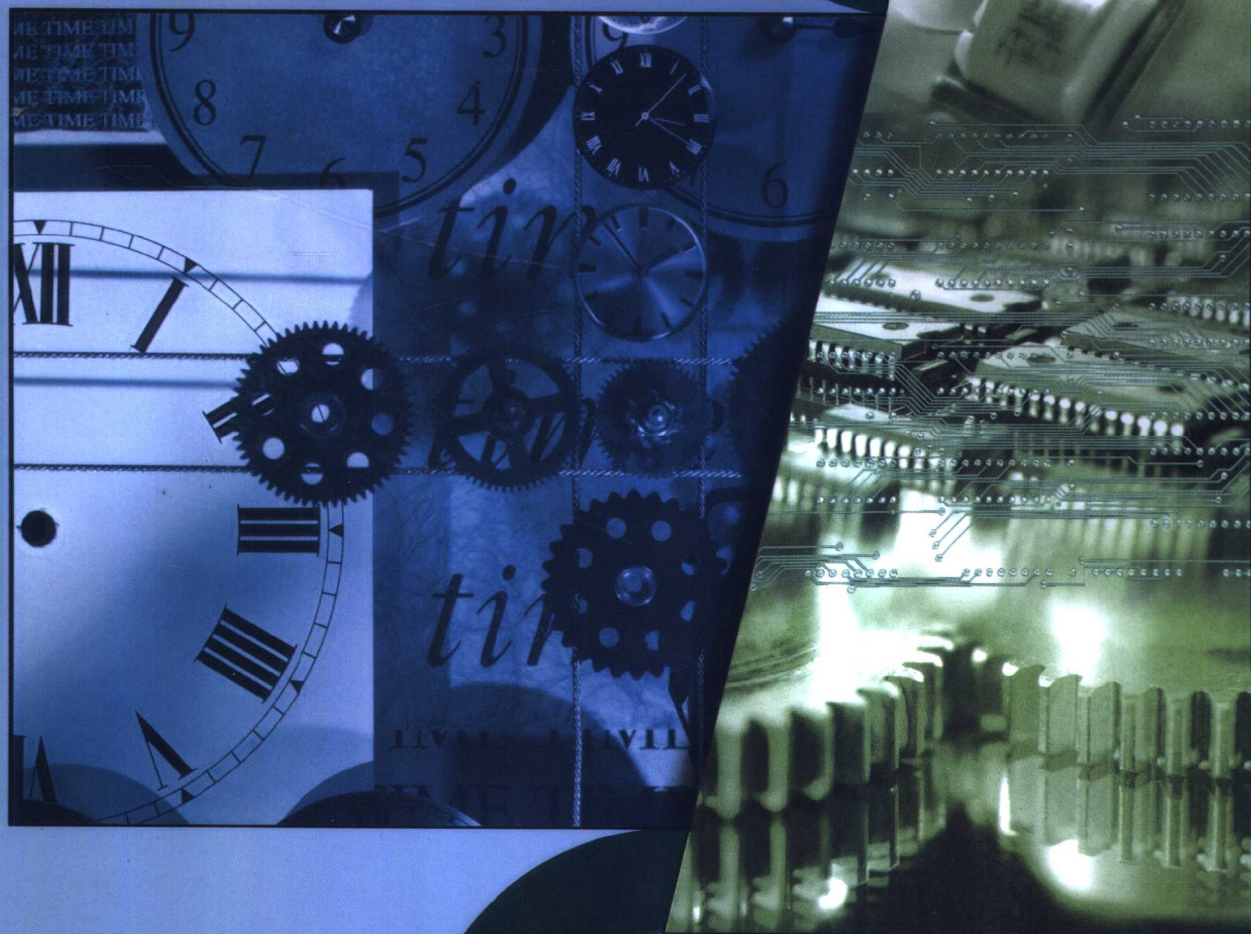


SMT教材系列

SMT组装系统

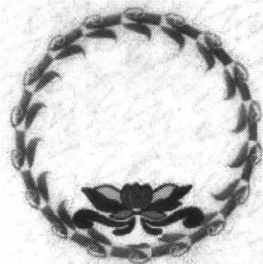
周德俭 吴兆华 李春泉 编著



SMT
系统设计
控制和优化
系统管理
系统集成

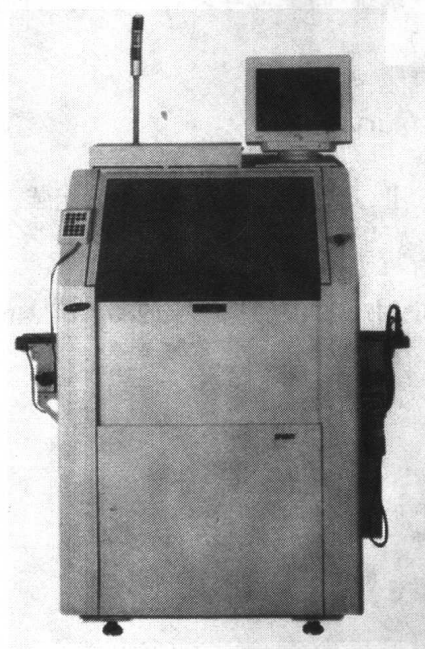
国防工业出版社

SMT教材系列



SMT 组装系统

周德俭 吴兆华 李春泉 编著



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书介绍电子电路表面组装技术(SMT)及 SMT 组装系统,主要内容有 SMT 与 SMT 组装系统概述, SMT 组装系统功能和特性介绍,以及 SMT 组装系统的总体设计、可靠性设计、控制和优化、管理、集成等。全书共 7 章,每章均附有思考题,便于自学和复习思考。

本书可作为高等院校 SMT 专业或专业方向的本科教材和高等职业技术学校教材,也可作为 SMT 的系统性专业技术培训教材和供从事 SMT 的工程技术人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

SMT 组装系统/周德俭等编著. —北京:国防工业出版社,2004.7

(SMT 教材系列)

ISBN 7-118-03486-X

I. S... II. 周... III. 印刷电路—组装—教材
IV. TN41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 040748 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15½ 356 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:21.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

序 言

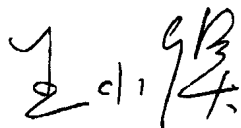
表面组装技术(SMT)是电子先进制造技术的重要组成部分,SMT 的迅速发展和普及,变革了传统电子电路组装的概念,为电子产品的微型化、轻量化创造了基础条件,对于推动当代信息产业的发展起到了独特的作用,成为制造现代电子产品的必不可少的技术之一。目前,SMT 已广泛应用于各行各业的电子产品组件和器件的组装中。而且,随着半导体元器件技术、材料技术、电子与信息技术等相关技术的飞速进步,SMT 的应用面还在不断扩大,其技术也在不断完善和深化发展之中。近年来,与 SMT 的这种发展现状和趋势相应,与信息产业和电子产品的飞速发展带来的对 SMT 的技术需求相应,我国电子制造业急需大量掌握 SMT 知识的专业技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

SMT 包含表面组装元器件、电路基板、组装材料、组装设计、组装工艺、组装设备、组装质量检验与测试、组装系统控制与管理等多项技术,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基础知识和专业知识学习和培训。然而,由于 SMT 之新兴特点,在我国,与之相应的学科、专业建设和教学培训体系建设工作尚刚起步,也缺乏与之相适应的系统性教学、培训教材和学习资料。

为此,信息产业部电子科学研究院以项目资助的形式支持《表面组装技术基础》、《表面组装工艺技术》、《SMT 组装系统》、《SMT 设备原理及应用》、《SMT 组装质量与检测》等“SMT 教材系列”的编写工作,其意义重大而又深远。

我们相信,随着本教材系列的陆续出版,它不仅会对我国 SMT 方面的人才培养工作、学科和专业建设工作带来积极的促进作用,还将会对 SMT 在中国的普及和发展、对电子先进制造技术的发展起到积极的推动作用。

中国工程院院士
电子科学研究院常务副院长



前 言

电子电路表面组装技术(SMT)在我国正处于高速发展和快速普及之中,相关专业技术人才的缺乏已对其发展产生了明显的制约作用。为加快人才培养步伐,急 SMT 专业技术人才培养的系统性教学、培训所需,我们在信息产业部电子科学研究院项目资助下,组织和编写了“SMT 教材系列”。

本系列教材包含已完成编写和编著的《表面组装技术基础》、《表面组装工艺技术》、《SMT 组装系统》三册主要教材,以及计划编著的《SMT 设备原理及应用》、《SMT 组装质量与检测》等教材。各册教材既相互独立,又相互关联。前三册介绍了 SMT 的基本技术,全系列教材基本涵盖了 SMT 的所有内容。编著中还注意到了教材的实用参考价值和适用面等问题,教材具有理论联系实际、易于自学等特点。教材每一章均附有思考题,便于自学和复习思考。根据需要选择该系列教材中的部分或全部,可应用于高等院校 SMT 专业或专业方向的本科教育和高等职业技术教育;应用于 SMT 的系统性专业技术培训。也可用其作为器件设计、电路设计等与 SMT 相关的其它专业的辅助教材,以及供从事 SMT 的工程技术人员自学和参考。

本系列教材在编著过程中得到了电子科学研究院,中国电子科技集团公司电子 2 所、10 所、54 所,桂林电子工业学院,电子科学研究院 SMT 柔性制造中心等单位,以及电子先进制造技术专业组的各位专家的大力支持与帮助。在此表示衷心的感谢。

本册教材由周德俭教授、吴兆华副教授、李春泉讲师合作编著,主要内容有:SMT 与 SMT 组装系统概述,SMT 组装系统功能和特性介绍,以及 SMT 组装系统的总体设计、可靠性设计、控制和优化、管理、集成等技术的论述与介绍。其中第 1 章、第 2 章、第 4 章由周德俭编著,第 3 章、第 5 章和附录由吴兆华编著,第 6 章、第 7 章由周德俭和李春泉合作编著,全文主编和统稿工作由周德俭担任。教材由电子科学研究院 SMT 柔性制造中心周志春研究员主审。黄春跃、谢庆、高建凯、刘世林、陈向阳、吴银峰、刘小虎等人参加了资料收集或文稿的计算机录入工作。教材中还参考或引用了参考文献中所列出的相关文献的部分内容。本教材共 7 章,参考教学学时数为 30 学时~36 学时。

由于时间仓促和水平有限,教材中一定存在着不少谬误,真诚期望同行专家和读者指正。

编 著 者

2004.4

目 录

第1章 概述	1
1.1 SMT与SMT组装系统基本概念	1
1.1.1 SMT基本概念	1
1.1.2 SMT组装系统基本概念	2
1.2 SMT组装系统的分类与组成	3
1.2.1 SMT组装系统的分类与基本组成内容	3
1.2.2 SMT组装系统的组成形式	4
1.3 SMT组装系统的发展与研究内容	6
1.3.1 SMT组装系统的发展	6
1.3.2 SMT组装系统的研究内容	11
思考题1	11
第2章 SMT组装系统的功能与特性	12
2.1 SMT组装系统的功能	12
2.1.1 SMT组装系统主要组成设备的功能	12
2.1.2 SMT组装系统的计算机控制功能	20
2.2 SMT组装系统的系统特性	24
2.2.1 SMT组装系统的一般属性	24
2.2.2 SMT组装系统的先进性	26
思考题2	29
第3章 SMT组装系统设计	30
3.1 系统设计方法与设计内容	30
3.1.1 系统设计方法	30
3.1.2 系统主要设计内容	31
3.2 系统总体设计	32
3.2.1 原材料选择与工艺方式确定	32
3.2.2 组装系统自动化程度与集成程度确定	34
3.2.3 设备配置与选型	35
3.3 系统布局与规划	37
3.3.1 系统布局设计方法	37
3.3.2 系统布局形式	39
3.3.3 系统加工柔性规划	40
3.4 系统静电防护设计	43

3.4.1 静电防护的基本概念·····	43
3.4.2 静电的危害与防护·····	50
3.4.3 SMT 组装系统的静电防护 ·····	59
3.5 系统其它设计·····	65
3.5.1 系统制造成本设计·····	65
3.5.2 系统定货成本设计·····	67
3.5.3 系统设计中的其它问题·····	68
思考题 3 ·····	69
第 4 章 SMT 组装系统可靠性设计 ·····	70
4.1 组装系统可靠性设计·····	70
4.1.1 系统可靠性设计基本概念·····	70
4.1.2 系统可靠性设计的基本内容·····	72
4.1.3 系统设计各阶段的可靠性工作·····	76
4.1.4 系统可靠性设计相关问题·····	77
4.2 SMT 产品组装过程可靠性分析 ·····	79
4.2.1 影响产品组装质量与可靠性的因素·····	79
4.2.2 组装工序与产品质量和可靠性的关系·····	81
4.2.3 焊点与产品可靠性的关系·····	84
4.3 SMT 焊点可靠性设计技术 ·····	86
4.3.1 SMT 焊点形态理论与焊点形态 CAD ·····	86
4.3.2 SMT 焊点虚拟成形技术 ·····	90
4.3.3 SMT 焊点虚拟成形技术的基本应用 ·····	93
4.3.4 SMT 焊点虚拟成形技术的应用拓展 ·····	97
思考题 4 ·····	98
第 5 章 SMT 组装系统的控制和优化 ·····	99
5.1 SMT 生产线的控制和优化 ·····	99
5.1.1 SMT 生产线控制系统及其组成结构 ·····	99
5.1.2 终端计算机和线控计算机 ·····	100
5.2 多生产线系统的控制与优化 ·····	103
5.2.1 系统控制功能 ·····	103
5.2.2 系统配置与优化 ·····	105
5.3 贴片机物料调度及分配优化 ·····	107
5.3.1 贴片机物料调度及分配优化的主要内容 ·····	107
5.3.2 多台贴片机之间物料调度优化设计例 ·····	109
5.3.3 单台贴片机物料分配优化设计例 ·····	117
思考题 5 ·····	124
第 6 章 SMT 组装系统的管理 ·····	126
6.1 管理信息系统 ·····	126
6.1.1 管理信息系统概述 ·····	126

6.1.2	管理信息系统的类型与结构	127
6.1.3	企业管理信息系统的子系统	129
6.1.4	制造业中管理信息系统的应用	137
6.2	制造资源管理	139
6.2.1	物料需求计划(MRP)	139
6.2.2	制造资源计划(MRP II)	141
6.3	企业资源管理	145
6.3.1	ERP 的主要功能模块	145
6.3.2	ERP 实施中的重要问题	147
6.3.3	ERP 的实施过程	148
6.3.4	ERP 的发展	151
6.4	SMT 产品质量管理系统	152
6.4.1	质量管理体系设计标准与原则	152
6.4.2	SMT 产品质量管理系统概述	155
6.4.3	SMT 产品质量管理系统的结构与功能设计	157
6.4.4	SMT 产品质量管理系统的软件设计	163
6.5	统计质量控制方法在 SMT 产品质量管理中的应用	165
6.5.1	统计质量控制方法	165
6.5.2	自动统计分析方法在 SMT 产品质量管理中的应用	170
6.5.3	数据仓库技术在 SMT 产品质量管理中的应用	176
6.6	SMT 工艺管理	180
6.6.1	工艺管理的重要性	180
6.6.2	工艺管理方法	181
6.6.3	工艺操作管理	183
6.6.4	工艺管理的作用	184
	思考题 6	186
第 7 章	SMT 组装系统集成技术	187
7.1	制造系统集成技术	187
7.1.1	制造系统集成技术概述	187
7.1.2	制造系统集成设计与开发方法	190
7.1.3	产品数据管理集成技术	196
7.1.4	PDM 与 ERP 的集成技术	200
7.2	基于 PDM 技术的 SMT 组装系统集成	203
7.2.1	系统特点与结构组成	203
7.2.2	集成系统功能模块	205
7.2.3	集成系统的网络结构与数据库分布	206
7.3	系统网络设计与网络化制造	208
7.3.1	制造系统的网络设计	208
7.3.2	网络化制造技术	210

VII

7.3.3 SMT 产品网络化制造技术	212
思考题 7	219
附录 1 SMT 常用英文缩略语	220
附录 2 SMT 基本名词解释	224
参考文献	239

第 1 章 概 述

1.1 SMT 与 SMT 组装系统基本概念

1.1.1 SMT 基本概念

1. SMT 与 SMA

电子电路表面组装技术(Surface Mount Technology, SMT)亦称表面贴装或表面安装技术。它是一种将无引脚或短引线表面组装元器件(简称 SMC/SMD, 常称片状元器件)安放在印制电路板(Printed Circuit Board, PCB)的表面或其它基板的表面上, 通过再流焊或浸焊等方法加以焊接组装的电路装连技术。表面组装与传统的通孔插装不同, 它的元器件贴装面和焊接表面在基板或 PCB 的同一面上, PCB 无需钻插装孔。

采用 SMT 组装的 PCB 级电子电路产品(简称 SMT 产品)也称为表面组装组件(Surface Mount Assemblies, SMA)或印制电路板组件(Printed Circuit Board Assemblies, PCBA)。图 1.1 所示为在 PCB 单面组装有 SMC/SMD 的 SMA 局部示意图。



图 1.1 单面组装 SMC/SMD 的 SMA 示意图

1—PCB；2—金属化端；3—元件；4—器件；5—短引线。

SMT 由表面组装元器件、电路基板、组装设计、组装材料、组装工艺、组装设备、组装质量测试、组装系统控制与管理等技术组成, 是一项涉及微电子、精密机械、自动控制、焊接、精细化工、材料、检测等多种专业和多门学科的综合性的工程科学技术。

2. SMT 组装工艺方式

SMT 有单面组装和双面组装等表面组装方式, 与之相应有不同的工艺流程。

若在 PCB 单面组装 SMC/SMD, 而且是采用再流焊方式进行焊接, 其典型组装工艺为: 在 PCB 上点涂或丝网印刷上焊料膏——贴装并(靠焊膏的粘性)暂时固定 SMC/SMD——再流焊接——清洗、测试等。

若在 PCB 单面组装 SMC/SMD, 而且是采用浸焊方式进行焊接, 则其典型组装工艺为: 在 PCB 上点涂或丝网印刷上环氧树脂粘合剂——贴装(定位和粘接)SMC/SMD——通过加热或紫外线照射固化粘合剂——浸焊(一般采用波峰焊)——清洗、测试等。

若是在 PCB 的双面组装 SMC/SMD, 典型组装工艺为: 先在一面粘接、固化 SMC/SMD

——翻转后在另一面贴装 SMC/SMD, 并进行再流焊接——然后将已粘接、固化 SMC/SMD 的一面进行浸焊——清洗、测试等。

3. SMT 设备种类

表面组装设备主要有焊膏丝网印刷机、点胶机、贴片机、再流焊炉、波峰焊炉、清洗设备、测试设备以及返修设备等。一般以丝网印刷机、贴片机、再流焊炉等主要设备组成 SMT 生产线, 进而与其它辅助设备一起组成 SMT 产品(SMA)组装生产系统。

1.1.2 SMT 组装系统基本概念

1. SMT 组装系统基本定义

一般将采用 SMT 对 PCB 级电子电路产品进行表面组装的生产系统, 称为 SMT 产品组装生产系统, 简称 SMT 组装系统。

由于在 SMT 及其产品的发展历程中, 同时并存着全表面组装、表面组装与插装混合组装、只在 PCB 的单面组装或在双面都组装等多种产品组装形式, SMT 组装系统的概念与之相应也具有广义性。在生产实际中, 往往将包含插装工艺与设备在内的混合组装生产系统也称为 SMT 组装系统。

为此, 也可以说, SMT 组装系统是以表面组装形式为主的、包含混合组装等组装形式的 PCB 级电子电路产品的组装生产系统。

2. SMT 生产线及其与 SMT 组装系统的区别

SMT 组装系统的组成核心或基本组成形式是由表面组装设备组成的 SMT 生产线。用于表面组装的主要设备, 一般都是通过 PCB 自动传输线连接在一起组成生产线, 并配置计算机控制系统, 控制 PCB 的自动传输和各组装设备的流水组装作业。所以, 习惯上也将以 SMT 生产线为主体的 SMT 组装系统称为 SMT 组装生产线或简称为 SMT 生产线。例如, SMT 单面组装生产线、SMT 双面组装生产线等。

本教材中, SMT 生产线特指仅用于表面组装的、由表面组装设备组成的组装生产线, SMT 组装系统泛指各类 SMT 生产线, 或者以 SMT 生产线为组成核心的表面组装系统或混合组装系统。

3. SMT 组装系统特点

SMT 组装系统, 其实质是 SMA 这一特定产品的装配制造生产系统。它具有一般制造系统和生产系统的特征, 同时又有鲜明的现代电子产品制造系统的特殊性。这种特殊性主要体现在以下几个方面。

(1) 组装系统及其组成设备是先进制造技术、光机电一体化技术、计算机控制技术等新兴科学技术的综合体, 发展历史短、技术进步速度快、科技含量高;

(2) 组装系统及其组成设备的自动化程度高、组装精度高、生产效率高、组成成本高、使用环境与条件要求高、维护成本高;

(3) 组装产品的规格类型多、组装质量要求高、返修难度大, 导致组装工艺过程的调试、检测、控制要求高且难度大;

(4) 组装材料的品种多, 备料、存储与传输过程要求高;

(5) 对组装系统及其组成设备的操作与管理人员的技术要求高, 等等。

SMT 组装系统是随着 SMT 和 SMC/SMD 发展而发展的现代电子产品的自动化生产

系统，具有快速、高效的特点，最适合应用于大批量 SMA 产品的表面组装。

1.2 SMT 组装系统的分类与组成

1.2.1 SMT 组装系统的分类与基本组成内容

1. SMT 组装系统的分类

按系统组装功能区分，SMT 组装系统可分为以下三种基本类型。

1) SMT 单面组装系统

对应于 SMT 单面组装工艺组建的系统，一般使用于在 PCB 单面组装 SMC/SMD，而且是采用再流焊方式进行焊接的 SMT 产品组装场合。

2) SMT 双面组装系统

对应于 SMT 双面组装工艺组建的系统，使用于在 PCB 双面组装 SMC/SMD 的 SMT 产品组装场合。

3) SMT 混合组装系统

对应于 SMT 混合组装工艺组建的系统，混合组装工艺是指在同一 PCB 上，既有 SMC/SMD，又有插装元器件。混合组装工艺是比较常用的组装工艺，对应的组装系统一般需要配置插装流水线或自动插装设备等。

2. SMT 组装系统的组成内容

实际应用中的 SMT 组装系统的组成方式有多种。因为即使对应于同一类型的 SMT 组装系统，根据组装产品的 SMC/SMD 种类、数量，以及组装产品的品种、批量、质量与生产效率要求等不同情况，也可以有不同的设备配套和系统组成形式。

按系统控制或集成功能区分，SMT 组装系统有单机控制、单线(单面组装生产线)控制、双线或多线联控、系统集成控制等多种方式。

单机控制是指未将组装设备集成为一体的设备独立控制方式，这种控制方式在 SMT 组装系统及其集成控制技术尚未成熟的 SMT 发展初期被采用，以及在一些以单件研制产品组装为主的实验研究单位被采用。其控制质量与生产效率低，不能应用于批量生产，目前应用面已越来越小。其它各种控制方式，均采用计算机自动控制技术，进行系统级和集成式控制。

SMT 组装系统基本组成内容如图 1.2 所示，主要有：

- (1) 人与环境：系统及设备管理者、操作者，以及人、机环境等；
- (2) 计算机硬、软件：主控计算机及其外围设备、操作系统软件、生产管理系统软件等；
- (3) 表面组装设备：焊膏丝网印刷机、焊胶(粘接剂)点胶机、SMC/SMD 贴装机、再流焊接/固化炉等；
- (4) 清洗、检测设备：清洗机、光学检测仪、针床式测试仪、飞针测试仪等；
- (5) 辅助设备：上板机、下板机、翻板机、转板机，以及 PCB 传输线、SMC/SMD 备料架与备料库、各种动力驱动设备等；

(6) 其它：应用于表面组装和插装混合组装的 SMT 组装系统，其基本组成中增加的主要内容有波峰焊接设备和自动插装设备(或手工插装流水作业线)等。

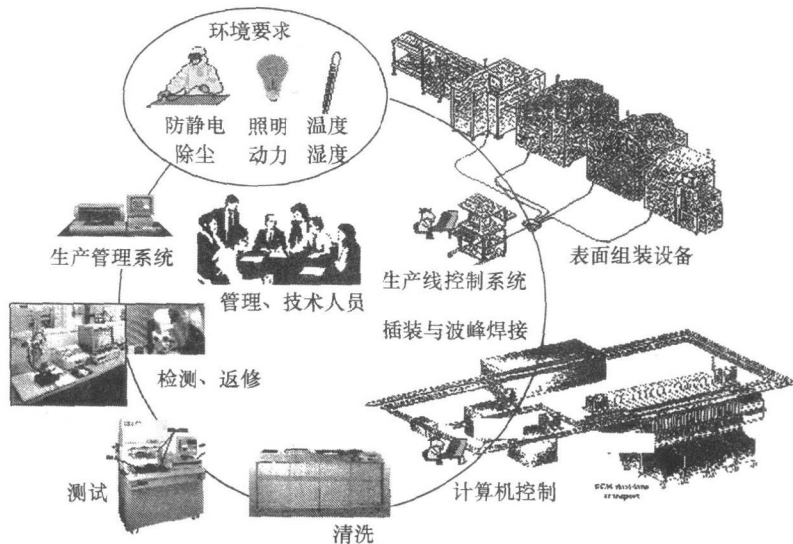


图 1.2 SMT 组装系统基本组成内容

1.2.2 SMT 组装系统的组成形式

1. SMT 单面组装系统组成形式

SMT 单面组装系统的典型组成形式是，以一台焊膏自动印刷机、一台或数台 SMC/SMD 贴片机、一台再流焊接/固化炉为主体设备，配上 PCB 自动传输线、上板机、下板机等辅助设备和计算机控制系统而形成。根据需要在组成系统中可串入自动光学检测仪、在线测试仪等检测设备，或清洗机等清洗设备。也可以在组成系统中串入自动点胶机使其能应用于双面 SMA 的组装。

这种最基本的系统组成形式，也被称为 SMT 单面生产线或单线形式。

图 1.3 所示是 SMT 单面生产线的一种基本组线形式，配置了一台焊膏自动印刷机，两台贴片机和一台再流焊接/固化炉。图 1.4 所示是 SMT 单面生产线的另一种组线形式，配置了一台焊膏自动印刷机，三台贴片机和一台再流焊接/固化炉，并在生产线中串入了自动光学检测仪、无针床在线测试仪等检测设备。

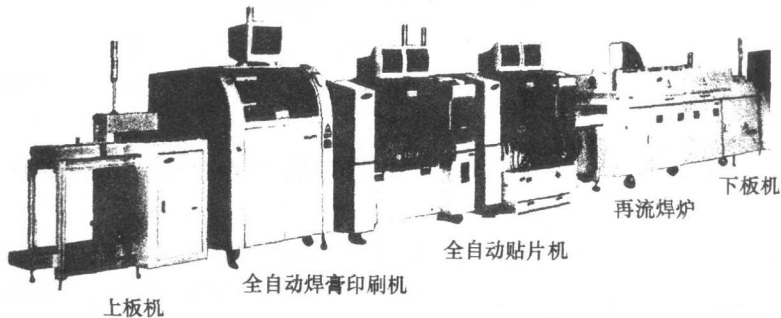


图 1.3 SMT 单面生产线基本组成

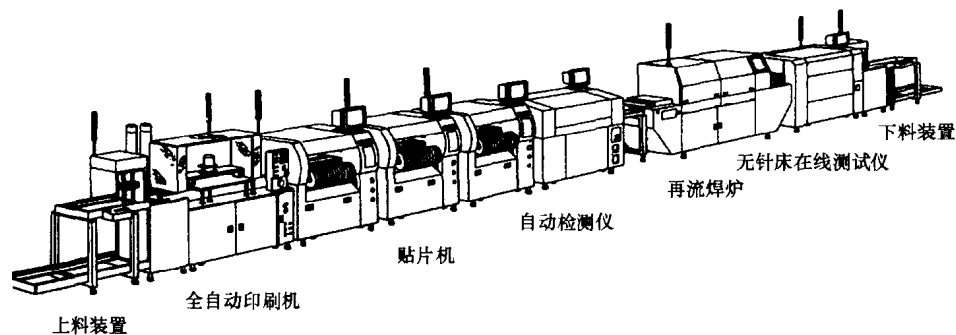


图 1.4 配有检测设备的 SMT 单面生产线

一条 SMT 单面生产线一般都配置一台高速贴片机和一台高精度贴片机共两台以上贴片机，分别用于量大的常用 SMC/SMD 的高速贴装和异形 SMD、有特殊贴装要求 SMD 的高精度贴装。

2. SMT 双面组装系统的组成形式

将两条单面生产线串接，可以形成一条双面生产线，它是 SMT 双面组装系统的主要组成形式之一，具有组线灵活可变的特点。当生产需要时，组成双面组装系统的各条单线即可独立用于单面 SMA 的组装，又可联合用于双面 SMA 的组装。要用于双面组装的两条单面生产线的其中一条的组成设备中，往往会同时配置焊膏自动印刷机和自动点胶机，以供组装时根据涂敷焊膏或粘接剂的不同工艺需求而选用。

当然，利用同一条单面生产线也可以组装双面 SMA。一种典型的方法是先贴装 SMA 一面(设为 A 面)的 SMC/SMD(为加固已贴装 SMC/SMD，可增加粘接辅助工艺)，然后进行再流焊接(同时固化粘接剂)；接着再将 A 面装有 SMC/SMD 的 SMA 返回生产线首端进行另一面(设为 B 面)的 SMC/SMD 贴装，最后进行 B 面的再流焊接或波峰焊接。

3. SMT 组装系统的其它组成形式

也可以根据产品对象的具体组装要求和设备利用率情况，进行 SMT 组装系统的设备组合和布局调整，形成各种不同的组线形式。

例如，图 1.5 所示的 SMT 双线式组成系统中，配置有两路印刷涂敷、贴片入口和一路再流焊接/固化出口。它可以采用单路分时使用的方式用于双面组装，也可以采用单路使用或双路同时启用的方式用于单面组装。

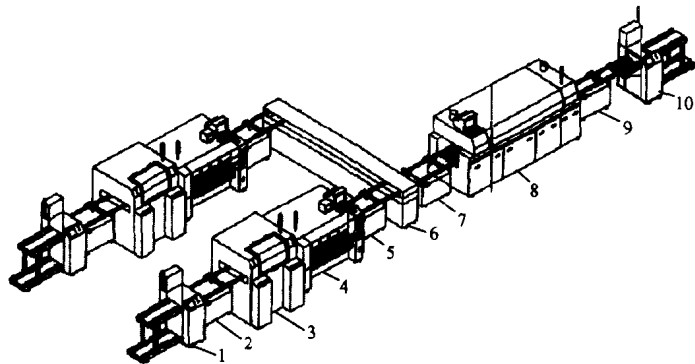


图 1.5 SMT 双线式组装生产线

1—上料装置；2(5,6,7,9)—PCB 传输装置；3—印刷机；4—贴片机；8—再流焊炉；10—下料装置。

这种组线方式, 在印刷涂敷、贴片工序比再流焊接工序占用时间长得多的单面组装场合, 启用双路同时进行印刷涂敷和贴片, 具有提高设备利用率、降低组装成本的明显效果。

在生产规模较大的电子产品企业或 SMA 专业生产企业, 往往会利用计算机集成制造技术将数条 SMT 生产线进行集成, 形成 SMT 计算机集成组装系统。图 1.6 示意的 SMT 计算机集成组装系统由两条 SMT 生产线、计算机控制系统、供料和卸料传送装置为主组成, 并配置有自动上、下料小车和行走轨道, 系统可实现远程无人化控制和管理。

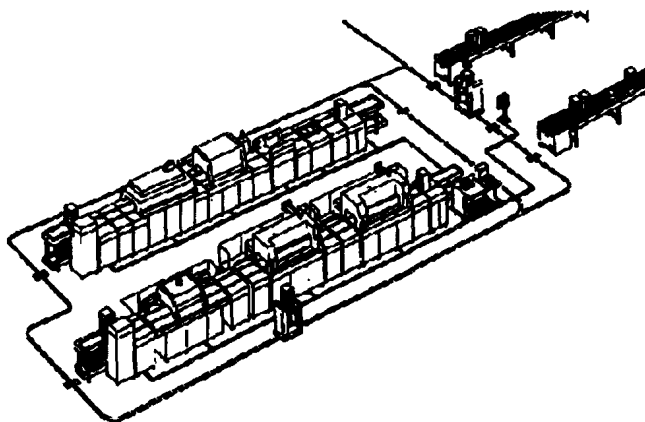


图 1.6 SMT 计算机集成组装系统

如图 1.6 所示意的 SMT 计算机集成组装系统在实际应用中还比较少见, 更常见的是由两条或两条以上 SMT 单面生产线、一条人工插装生产线(或若干台自动插装设备)、一套波峰焊接与清洗设备、若干检测设备等为主要内容形成的车间级的 SMT 双面、混合组装系统。对这样的系统进行计算机集成与控制和管理有相当大的难度, 相关的研究和实践工作也仍在探索与发展之中。

1.3 SMT 组装系统的发展与研究内容

1.3.1 SMT 组装系统的发展

SMT 起源于 20 世纪 70 年代, 80 年代进入大发展时期, 被广泛用于电子以及航空、航天、军事、船舶、汽车、机械、仪表等诸多领域, 被称为“电子生产技术的第三次革命”。当前, SMT 已进入以微组装技术(Microelectronic Packaging Technology, MPT)、高密度组装和立体组装技术(Three Dimensional, 3D)为标志的当代先进电子组装技术新阶段, 以及多芯片组件(Multi Chip Module, MCM)、球型栅格阵列(Ball Grid Array, BGA)、芯片尺寸封装(Chip Size Package, CSP)等新型表面组装元器件的快速发展和大量应用阶段。

SMT 组装系统及其相关技术与 SMT 的发展和进步同步, 并不断吸取生产系统与制造系统中已经应用的各项先进技术。其发展趋势主要体现在其组成设备和系统的性能不断提高, 适应各类新型元器件组装的能力和适应无铅焊接等新组装工艺的能力不断提高, 以及系统集成形式多样化和集成度不断提高等方面。

1. 表面组装元器件、组装设备和组装系统的发展

SMT 的重要基础之一是 SMC/SMD, 其发展需求和发展程度也主要受 SMC/SMD 发展水平的制约。为此, SMT 的发展进程与 SMC/SMD 的发展进程基本同步。图 1.7 所示为元器件的发展历程, 目前的代表产品是 0201 之类的微小型元件、引脚间距为 0.3mm~0.5mm 的细间距 QFP^①、在片底设计球型栅格阵列的大型 BGA 和 CSP 类器件等。

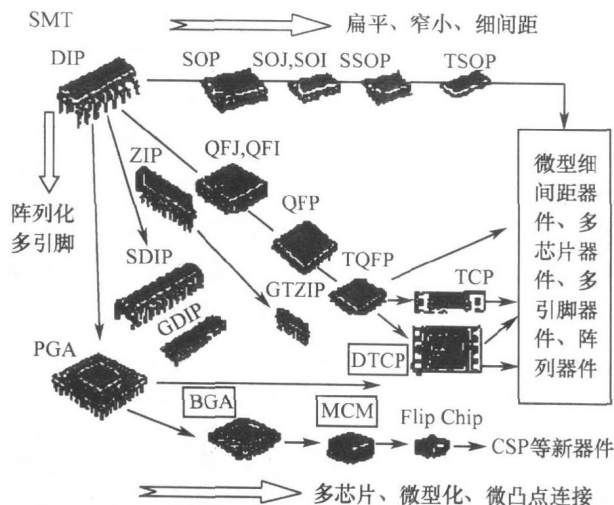


图 1.7 元器件的发展历程

同样, SMT 组装系统的重要基础是贴片机为典型代表的表面组装设备, 其发展程度也主要受这些关键设备发展水平的制约, 其发展史与这些关键设备的发展史基本同步。表 1.1 列出了不同年代生产的几种典型贴片机的主要性能和功能, 从中可看出贴装设备在不断进步之中。

贴装设备的进步主要体现在: 自动化程度快速提高; 贴片速度和精度等主要性能指标在不断提高; 备料、检测等功能不断加强; 能贴装的元器件品种、类型不断增加等方面。贴片机经历了手动、半自动、全自动等阶段, 目前, 同时能适用于 SOIC、PLCC、TSOP、QFP、BGA 等封装形式元器件的全自动组装, 已经成为其基本性能要求。而且, 许多贴片设备已经具备异形元件、表面贴装连接器、倒装芯片和直接芯片的贴装功能。适于各种 PCB 尺寸的设备也相继涌现, 对于一些尺寸比较特别的 PCB, 同样也可以找到合适的贴装设备。例如, MIMOT 的 Advantage III 贴片机最大可以应用于 1200mm×800mm 的 PCB; 而 Multitroniks 的 Flexplacer 16 型贴片机最小可以用于 19mm×19mm 的超小尺寸 PCB。

① 本书所用缩写的全称及中译请参阅附录 1。

表 1.1 贴片机的主要性能发展状况表

型 号 项目	CSM84V	FCM 型	SIPLACE HS-50
上市年份	约 1990 年	约 1995 年	约 2000 年
速度/(片/h)	6500	12000	50000
精度	$\pm 0.15\text{mm}$	$\pm 0.1\text{mm}$	$\pm 90\mu\text{m}$, 4σ
贴片头个数	3	3	4 个旋转头
备料架个数	84 个 8mm 料带(前后各 42 个)	90 个	96 个 8mm 料带
检测功能	元件真空检测和厚度检测	光学定位	有元器件、PCB 视觉系统
可贴 SMC/SMD 种类	SOP,PLCC,QFP 等	SOP,PLCC,QFP 等 约 80 种型号规格	0402,PLCC,QFP DRAM,BGA,CSP
备注			可用散装送料器

目前使用的表面组装设备,基本都是光、机、电一体化的典型高科技产品。例如,全自动贴片机由交流或直流伺服系统,交、直流或直线电机,滚动丝杠螺母副与直线滚动导轨副组成多轴驱动系统,驱动印制电路板和贴片头的高速运动;由气、液控制系统,驱动和控制贴片头的拾、放片等动作;由光学自动检测系统,对元器件进行自动检测和剔除等工作;由计算机控制系统进行全自动程序控制和人机界面交互。如图 1.8 所示的高档贴片机,其贴片头多达 4 组供上百个,贴装速度可高达 60000 件/h,并有自动上、下料,自动定位,自动检测,贴装顺序自动控制等多项自动功能。

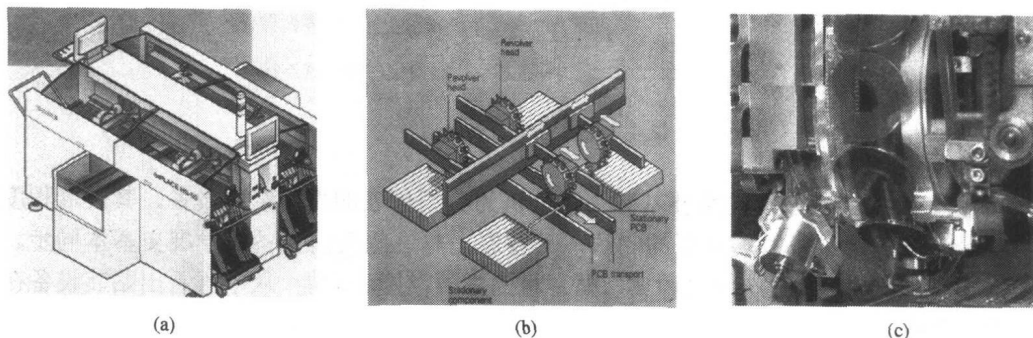


图 1.8 具有 4 组转盘式贴片头的全自动贴片机

(a) 贴片机全貌; (b) 4 组转盘贴片头结构; (c) 单组转盘、多贴片头结构。

表面组装设备的发展还体现在设备的模块化、智能化上。例如,智能化解决了贴片过程中相互制约的几个因素,诸如贴片的速度、精度、灵活性等,并使贴片机成为可以满足几乎所有组装工艺需求的生产设备:既高速高产,又灵活精确,还不会占用很多空间。智能化所涉及的技术范围甚至包括贴片机的带 CPU 喂料器。而模块化则可使贴片头等部件能够自由拆卸与组合,以适应不同的贴片环境和贴片要求等。

焊膏自动印刷机、再流焊炉等其它表面组装设备的发展状况也基本与贴片机的情况类似,由它们组成的 SMT 组装系统目前也仍然在不断进步之中。

目前的 SMT 组装系统,其可组装的元器件引脚间距已普遍可达 0.5mm 以下,组装焊点缺陷率已可达 2×10^{-5} 以内。并已发展到 0.3mm 引脚间距和 0.2mm 元件间距的微细