

S M T 设备操作与维护

主编 刘国富



北京理工大学出版社



国家骨干高职院校项目规划教材

SMT 设备操作与维护

主 编 刘国富

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从 SMT 人才培养的目标出发,在知识结构、内容安排、实例学习等方面体现了专业应用型教育的特点,尽量反映出近年来本学科发展的新内容、新技术。本书内容从五个学习情境展开:认识 SMT 生产线、印刷机的操作与维护、贴片机的操作与维护、回流焊的操作与维护、检测设备的操作与维护。本书案例选自国内现代化的主流设备,保障了教材内容的前瞻性、通用性,教学理念新,内容通俗、实用、简单、易学,突出了职业特色。

本书可作为高等职业院校应用电子技术专业的教材,也可作为各类工科院校元器件设计、电路设计等与 SMT 相关专业的辅助教材,同时也可供 SMT 行业的企业员工自学和参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

SMT 设备操作与维护/刘国富主编. —北京:北京理工大学出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 1119 - 2

I. ①S… II. ①刘… III. ①SMT 技术 IV. ①TN305

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 195688 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12.75

字 数 / 287 千字

版 次 / 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 30.00 元

责任编辑 / 王艳丽

文案编辑 / 王艳丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

Preface

近年来,新型电子表面贴装技术 SMT 已取代传统的通孔插装技术,并支配电子设备发展,被公认为电子装配技术的革命性变革。SMT 以提高产品可靠性及性能,降低成本为目标,无论是在消费类电子产品,还是在军事尖端电子产品领域中,都使电子产品发生重大变革。本书是根据目前高等职业院校的特点和高职学生的学习状况,立足“以就业为导向”,以知识“够用、实用”为原则编写而成的。本书从 SMT 人才培养的目标出发,在知识结构、内容安排、实例学习等方面体现了专业应用型教育的特点,尽量反映出近年来本学科发展的新内容、新技术。

本书在编写时注意突出以下特点。

1. 教学理念新

(1) 教材内容以服务教学为宗旨,使职业教育更好地担负起促进发展和促进就业这两个任务,力争做到学习内容与企业能力相衔接。

(2) 教材内容注重对学生进行职业意识培养和职业道德教育,提高学生的综合素质与职业能力。

(3) 教材将岗位工作任务、工作过程与教材内容相结合,突出工学结合的人才培养模式。

2. 教材通俗、实用、简单、易学,突出职业特色

坚持“岗、课融通,教、学、做一体”的教学模式,将理论知识的学习、实践能力的培养融于“学中做、做中学”的过程中去。

3. 案例新颖

案例选自国内现代化的主流设备,使教材内容具有前瞻性、通用性。

本书由娄底职业技术学院刘国富任主编,谢平参编。全书共分 5 个学习情境,其中第一个学习情境由谢平编写,第二、三、四、五个学习情境由刘国富编写。

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者朋友批评指正。

编者
2015.8

目 录

Contents

► 学习情境一 认识 SMT 生产线	1
任务一 SMT 生产设备的认知	1
任务二 SMT 生产线环境配置要求及 SMT 生产工艺	9
任务三 认识贴片元器件	13
任务四 SMT 岗位操作规范	31
► 学习情境二 印刷机的操作与维护	40
任务一 了解印刷机	40
任务二 NP-04LP 印刷机的认知	47
任务三 NP-04LP 操作方法与编程	54
任务四 EKRA 自动锡膏印刷机的认知	60
► 学习情境三 贴片机的操作与维护	79
任务一 贴片机的类型与结构	79
任务二 贴片机的组成	86
任务三 悬臂式贴片机 CP45FV 的结构与特点	99
任务四 YV 型贴片机的操作	111
任务五 贴片机的保养	122
► 学习情境四 回流焊的操作与维护	129
任务一 回流焊的基本知识	129
任务二 热风回流焊机的结构与回流焊的工艺要求	142
任务三 典型回流焊机的认知	149
任务四 回流焊机的操作与编程	155

任务五 波峰焊接	161
► 学习情境五 检测设备的操作与维护	171
任务一 SMT 检测技术概述	171
任务二 组装工艺过程检测与组件测试技术	179
任务三 AOI 检测	187
► 参考文献	195

学习情境一

认识 SMT 生产线

任务一 SMT 生产设备的认知



任务目标

- (1) 在网上查找 SMT 技术发展的基本知识。
- (2) 参观 SMT 生产线，了解 SMT 生产设备。
- (3) 熟悉中小型 SMT 生产线的组成。



任务内容

以参观体验为切入点，认识中小型 SMT 生产线的主要设备，理解各种设备在 SMT 生产中的作用，具体任务如下。

课内：

(1) 利用多媒体教室，结合实际 SMT 生产的现场情境，展示该生产线的图片及动画效果。

(2) 走入 SMT 专业实验实训室进行参观模拟。

(3) 了解各 SMT 设备的作用。

课外：

(1) 分组去相关企业参观 SMT 生产线。

(2) 利用网上资源查阅 SMT 及 SMT 设备的相关知识。

 相关知识

1.1.1 SMT 概述

SMT (Surface Mount Technology, 表面贴装技术) 是无需对印制板钻插装孔, 直接将元器件或适合于表面组装的微型元器件贴、焊到印制板或其他基板表面规定位置上的装联技术。

由于各种片式元器件的几何尺寸和所占空间体积比插装元器件小得多, 这种组装形式具有结构紧凑、体积小、耐振动、抗冲击、高频特性好和生产效率高等优点。采用双面贴装时, 组装密度可提高 4 倍左右, 从而使印制板面积节约了 60% ~ 70%, 重量减轻了 90% 以上。

SMT 在投资类电子产品、军事装备领域、计算机、通信设备、彩电调谐器、录像机、摄像机及袖珍式高档多波段收音机、随身听、传呼机和手机等几乎所有的电子产品生产中都得到广泛应用。SMT 是电子装联技术的发展方向, 已成为世界电子整机组装技术的主流。

1. SMT 定义

SMT 是新一代电子组装技术, 它将传统的电子元器件压缩成为体积只有几十分之一的元器件, 从而实现了电子产品组装的高密度、高可靠、小型化和低成本以及生产的自动化。这种小型化的元器件称为 SMD (Surface Mounted Device, 表面贴装器件) 或称 SMC (Surface Mounted Component, 片式元件)。将元器件装配到印制电路板或其他基板上的工艺方法称为 SMT 工艺。相关的组装设备称为 SMT 设备。目前, 在先进的电子产品生产中, 特别是在计算机及通信类电子产品生产中, 已普遍采用 SMT 技术。国际 SMD 器件产量逐年上升, 而传统器件产量逐年下降, 因而随着时间的推移, SMT 技术将越来越普及。

2. SMT 发展史

SMT 是从厚、薄膜混合电路演变发展而来的。

美国是世界上 SMD 和 SMT 起源最早的国家, 并一直重视在投资类电子产品和军事装备领域发挥其高组装密度和高可靠性能方面的优势, 具有很高的技术水平。

日本在 20 世纪 70 年代从美国引进 SMD 和 SMT 并应用在消费类电子产品领域, 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, 从 80 年代中后期起加速 SMT 在产业电子设备领域中的全面推广应用, 仅用 4 年时间就使 SMT 在计算机和通信设备中的应用数量增长了近 30%, 在传真机中增长 40%, 使日本很快超过了美国, 在 SMT 方面处于世界领先地位。

欧洲各国 SMT 的起步较晚, 但由于高度重视并有较好的工业基础, 发展速度也很快, 其发展水平和整机中 SMC/SMD 的使用效率仅次于日本和美国。20 世纪 80 年代以来, 新加坡、韩国以及我国香港地区和台湾省不惜投入巨资, 纷纷引进 SMT 先进技术, 使 SMT 获得较快的发展。

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、随身听等电器产

品的生产中，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。

SMT 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。目前，SMT 又进入一个新的发展高潮。为了进一步适应电子设备向短、小、轻、薄方向发展，出现了 0210 ($0.6\text{mm} \times 0.3\text{mm}$) 的芯片元件以及 BGA、CSP、FLIP、CHIP、复合化片式元器件等新型封装元器件。由于 BGA 等元器件技术的发展，非 ODS 清洗和无铅焊料的出现，引起了 SMT 设备、焊接材料、贴装和焊接工艺的变化，推动电子组装技术向更高阶段发展。SMT 发展速度之快，的确令人惊讶，可以说，SMT 每年、每月、每天都有变化。

3. SMT 技术是现代电子技术发展的必然趋势

SMT 技术的诞生和快速发展是由以下原因引起的。

(1) 电子产品追求小型化，以前使用的穿孔元器件已无法缩小。

(2) 电子产品功能更完善，原来所采取的印制电路 (IC) 已无法采用穿孔元器件，特别是大规模和超大规模集成电路。为了提高产品的市场竞争力，要求必须采用 SMT 技术。

(3) 产品批量化、生产自动化、电路低成本高产量。

4. SMT 特点

(1) 能节省 50% ~ 70% 的空间。

(2) 大量节省元器件及装配成本。

(3) 具有更多、更快速的自动化生产能力。

(4) 可以使用更多脚数的元器件。

(5) 减少元器件存储空间。

(6) 节省制造厂房空间。

(7) 总成本降低。

1.1.2 SMT 技术发展展望

(1) SMT 设备正在向高效、智能、环保等方向发展。提高 SMT 设备的生产效率一直是人们追求的目标，SMT 设备已从单台设备工作向多台设备连线方向发展；从多台分步控制向集中连线方向发展；从单路连线方式向双路组合连线生产方向发展。

(2) SMT 设备向高精度、高速度、多功能方向发展，为了保证贴片机的高精度，要求降低贴片机的抖动、减轻机身的重量、增加设备的结构刚性。

1.1.3 SMT 相关技术

1. 元器件

(1) SMC 片式元件向小型、薄型方向发展。其尺寸的变化过程是 1206 ($3.2\text{mm} \times 1.6\text{mm}$) → 0805 ($2.0\text{mm} \times 1.25\text{mm}$) → 0603 ($1.6\text{mm} \times 0.8\text{mm}$) → 0402 ($1.0\text{mm} \times 0.5\text{mm}$) → 0201 ($0.6\text{mm} \times 0.3\text{mm}$)。

(2) SMD 表面组装器件向小型、薄型和窄引脚间距的方向发展。引脚中心距的变化过程是 $1.27\text{mm} \rightarrow 0.635\text{mm} \rightarrow 0.5\text{mm} \rightarrow 0.4\text{mm} \rightarrow 0.3\text{mm}$ 。

(3) 出现了新的封装形式 BGA (Ball Grid Array, 球栅阵列)、CSP (UBGA) 和 FILP

CHIP（倒装芯片）。由于 QFP（四边扁平封装器件）受 SMT 工艺的限制，0.3mm 的引脚间距已经是极限值。而 BGA 引脚的球形均匀地分布在芯片的底部。BGA 和 QFP 相比最突出的优点，首先是 I/O 数的封装面积比高，节省了 PCB（Print Circuit Board，印制电路板）面积，提高了组装密度。其次是引脚间距较大，有 1.5mm、1.27mm 和 1.00mm，组装难度下降，加工窗口更大。例如，31mm×31mm 的 BGA 引脚间距为 1.5mm 时，有 400 个焊球（I/O）；引脚间距为 1.0mm 时，有 900 个焊球（I/O）。同样是 31mm×31mm 的 QFP-208，引脚间距为 0.5mm 时，只有 208 条引脚。BGA 无论在性能还是价格上都有竞争力，已经在高 I/O 数的元器件封装中起主导作用。

2. 窄间距技术（FPT）是 SMT 发展的必然趋势

FPT 是指将引脚间距在 0.635 ~ 0.3mm 之间的 SMD 和长×宽不大于 1.6mm×0.8mm 的 SMC 组装在 PCB 上的技术。

由于计算机、通信、航空航天等电子技术的飞速发展，促使半导体集成电路的集成度越来越高，SMC/SMD 越来越小，其引脚间距也越来越窄。目前，0.635mm 和 0.5mm 引脚间距的 QFP 已成为工业和军用电子装备中的通信器件。

3. 无铅焊接技术

为了防止铅对环境和人体的危害，无铅焊接也迅速地被提到议事日程，日本已研制出无铅焊接并应用到实际生产中，美国和欧洲也在加紧研究。由于目前无铅焊接的焊接温度较高，因此焊接设备、PCB 材料及焊盘表面镀锡的工艺、元器件耐高温性能及端头电极工艺、再流焊与波峰焊接工艺等一系列新技术有待研究和开发。

1.1.4 SMT 生产线的主要生产设备

SMT 生产线的主要生产设备包括印刷机、点胶机、贴装机、再流焊炉和波峰焊机。辅助设备有检测设备、返修设备、清洗设备、干燥设备和物料存储设备等。

1. 印刷机

印刷机是用来印制焊膏或贴片胶的，其功能是将焊膏或贴片胶正确地漏印到印制板相应的位置上。全自动印刷机外形见图 1-1。



图 1-1 全自动印刷机

用于 SMT 的印刷机大致分为 3 个档次：手动、自动和全自动印刷机。半自动和全自动印刷机可以根据具体情况配置各种功能，以提高印制精度。例如，视觉识别功能、干/湿和真空吸擦板功能、调整离板速度功能、工作台或刮刀 45°角旋转功能（用于窄间距 QFP 器件）以及二维和三维测量功能等。

1) 印刷机的基本结构

无论是哪一种印刷机，都由以下几部分组成。

(1) 夹持基板（PCB）的工作台：包括工作台面、真空或边夹持机构、工作台传输控制机构等。

(2) 印刷头系统：包括刮刀、刮刀固定机构、印刷头的传输控制系统等。

(3) 丝网或模板以及丝网或模板的固定机构。

(4) 为保证印刷精度而配置的其他选件：包括视觉对中系统、擦板系统以及二维、三维测量系统等。

2) 印刷机的工作原理

焊膏和贴片胶都是触变性流体，具有黏性。当刮刀以一定速度和角度向前移动时，对焊膏产生一定的压力，推动焊膏在刮板前滚动，产生将焊膏注入网孔或漏孔所需的压力。焊膏的黏性摩擦力使焊膏在刮板与网板交接处产生切变，切变力使焊膏的黏性下降，有利于焊膏顺利地注入网孔或漏孔。刮刀速度、刮刀压力、刮刀与网板的角度以及焊膏的黏度之间都存在一定的制约关系，因此，只有正确地控制这些参数，才能保证焊膏的印制质量。

3) 印刷机的主要技术指标

最大印制面积：根据最大的 PCB 尺寸确定。

印刷精度：根据印制板组装密度和元器件的引脚间距或球距的最小尺寸确定，其精度一般要求达到 $\pm 0.025\text{mm}$ 。

印制速度：根据产量要求确定。

2. 贴装机

贴装机相当于机器人的机械手，把元器件按照事先编制好的程序从其包装中取出，并贴放到印制板相应的位置上。贴装机外形见图 1-2。



图 1-2 贴装机

1) 贴装机的基本结构

(1) 底座。用来安装和支撑贴装机的全部部件，目前趋向于采用铸铁件。铸铁件具有质量大、振动小的特点，有利于保证贴装精度。

(2) 供料器。供料器用来放置各种包装形式的元器件，有散装、编带、管装和托盘 4 种类型。贴装时将各种类型的供料器分别安装到相应的供料器架上。

(3) 印制电路板传输装置。目前大多数贴装机直接采用轨道传输，也有一些贴装机采用工作台传输，即把 PCB 固定在工作台上，工作台在传输轨道上运行。

(4) 贴装头。贴装头是贴装机上最复杂、最关键的部件，它相当于机械手，用来拾取和贴放元器件。

(5) 贴装头的 X、Y 定位传输装置。有机械丝杠传输（一般采用直流伺服电动机驱动）、磁尺和光栅传输。从理论上讲，磁尺和光栅传输的精度高于机械丝杠传输；但是在维护修理方面，机械丝杠传输比较容易。

(6) 贴装工具（吸嘴）。不同形状、大小的元器件要采用不同的吸嘴进行拾放，一般元器件采用真空吸嘴，对于异形元器件（如没有吸取平面的连接器等）也有采用机械爪结构的。

(7) 对中系统。有机械对中、激光对中、激光加视觉对中以及全视觉对中系统。

(8) 计算机控制系统。计算机控制系统是贴装机所有操作的指挥中心，目前大多数贴装机的计算机控制系统采用 Windows 界面。

2) 贴装机的主要技术指标

(1) 贴装精度。贴装精度包括 3 项内容：贴装精确度、分辨率和重复精度。

贴装精确度：是指元器件贴装后相对于印制板标准贴装位置的偏移量。一般来讲，贴装元件要求达到 $\pm 0.1\text{mm}$ 的精确度，贴装高密度窄间距的 SMD 至少要求达到 $\pm 0.06\text{mm}$ 的精度。

分辨率：分辨率是贴装机运行时最小增量（如丝杠的每个步进距离为 0.01mm ，那么该贴装机的分辨率为 0.1mm ）的一种度量，衡量机器本身精度时，分辨率是重要指标。但是，实际贴装精度包括所有误差的总和，因此，描述贴装机性能时很少使用分辨率，一般在比较贴装机性能时才使用分辨率。

重复精度：重复精度是指贴装头重复返回标定点的能力。贴装精确度、分辨率、重复精度之间有一定的相关关系。

(2) 贴片速度。一般高速机贴装速度为 $0.2\text{s}/\text{Chip}$ 元件以内，目前最高贴装速度为 $0.06\text{s}/\text{Chip}$ 元件；高精度、多功能机一般都是中速机，贴装速度为 $0.3 \sim 0.6\text{s}/\text{Chip}$ 元件。

(3) 对中方式。贴片的对中方式有机械对中、激光对中、全视觉对中、激光和视觉混合对中等。其中，全视觉对中精度最高。

(4) 贴装面积。由贴装机传输轨道以及贴装头运动范围决定，一般最小 PCB 尺寸为 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，最大 PCB 尺寸应大于 $250\text{mm} \times 300\text{mm}$ 。

(5) 贴装功能。一般高速贴装机主要可以贴装各种 Chip 元件和较小的 SMD 器件（最大 $25\text{mm} \times 30\text{mm}$ ）；多功能机可以贴装从 $1.0\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ （目前最小可贴装 $0.6\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ ）到 $54\text{mm} \times 54\text{mm}$ （最大 $60\text{mm} \times 60\text{mm}$ ）SMD 器件，还可以贴装连接器等异形元器件，最大连接器的长度可达 150mm 。

(6) 可贴装元件种类数。可贴装元件种类数是由贴装机供料器料站位置的数量决定的(以能容纳 8mm 编带供料器的数量来衡量)。一般高速贴装机料站位置大于 120 个, 多功能贴装机料站位置为 60 ~ 120 个。

(7) 编程功能。它是指在线和离线编程以及优化功能。

3. 再流焊炉

再流焊炉是焊接表面组装元器件的设备。再流焊炉主要有红外炉、热风炉、红外炉加热热风炉、蒸汽焊炉等。目前最流行的是全热风炉以及红外加热热风炉。再流焊炉外形见图 1-3。

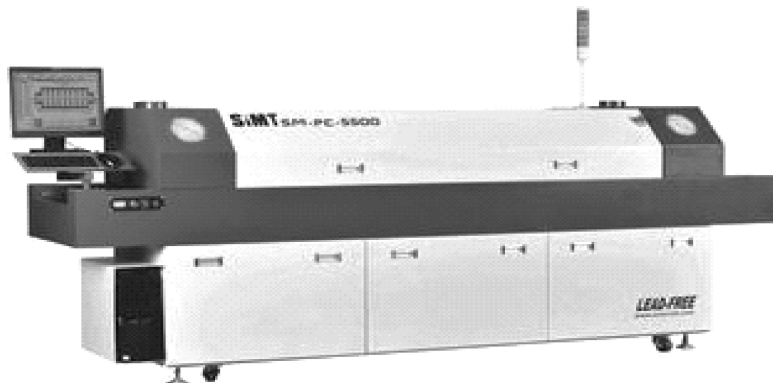


图 1-3 再流焊炉

1) 再流焊炉的基本结构

再流焊炉主要由炉体、上下加热源、PCB 传输装置、空气循环装置、冷却装置、排风装置、温度控制装置以及计算机控制系统组成。

再流焊热传导方式主要有辐射和对流两种方式。

2) 再流焊炉的主要技术指标

(1) 温度控制精度(指传感器灵敏度): 应达到 $\pm 0.1 \sim 0.2$ 。

(2) 传输带横向温差: 要求在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以下。

(3) 温度曲线测试功能: 如果设备无此配置, 应外购温度曲线采集器。

(4) 最高加热温度: 一般为 $300^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$, 如果考虑无铅焊料或金属基板, 加热湿度应选择 350°C 以上。

(5) 加热区数量和长度: 加热区数量越多、长度越长, 越容易调整和控制温度曲线。一般中小批量生产选择 4 ~ 5 个温区, 加热区长度为 1.8m 左右即能满足要求。

(6) 传送带宽度: 应根据最大和最宽 PCB 尺寸确定。

4. 中小型 SMT 生产线组成

在现代装联技术中, 表面贴装技术的使用越来越广泛, 对技术人员知识技能要求也越来越高。

按产能来分, 一条小型生产线主要由以下设备组成, 见图 1-4 和图 1-5。

半自动丝印机→多功能贴片机→台式回流焊机

半自动丝印机→多功能贴片机→卧式回流焊机

全自动丝印机→多功能贴片机→卧式回流焊机



图 1-4 小型 SMT 生产线的组成



图 1-5 中小型 SMT 生产线的组成

1.1.5 任务步骤

- (1) 在网上搜索和查看相关 SMT 设备的资料。
- (2) 实地参观 SMT 生产线，了解各 SMT 设备的作用，列出设备清单，格式见表 1-1。
- (3) 画出一条小型 SMT 生产线组成的框图。

1.1.6 问题讨论

- (1) SMT 技术的发展趋势如何？
- (2) SMT 的各种设备在生产中的作用如何？

表 1-1 SMT 设备清单

序号	设备名称	型号	单位	数量	备注
1					
2					
3					

任务二 SMT 生产线环境配置要求及 SMT 生产工艺



任务目标

- (1) 在网上查找 SMT 生产线环境配置的要求。
- (2) 参观 SMT 生产线，了解 SMT 生产线环境配置的要求。
- (3) 熟悉 SMT 生产工艺流程。



任务内容

以参观体验为切入点，了解 SMT 生产线的环境配置的要求，掌握 SMT 生产工艺流程，具体任务如下。

课内：

(1) 利用多媒体教室，结合实际 SMT 生产的现场情境，展示该生产线的图片及动画效果。

(2) 走入 SMT 专业实验实训室进行参观模拟。

(3) 熟悉 SMT 生产工艺流程。

课外：

(1) 分组去相关企业参观 SMT 生产线，学习 SMT 生产工艺流程。

(2) 利用网上资源查阅 SMT 生产的环境配置要求的相关知识。



相关知识

1.2.1 SMT 生产设备工作环境的要求

SMT 生产设备是高精度的机电一体化设备，设备和工艺材料对环境的清洁度、湿度、温度都有一定的要求，为了保证设备的正常运行和组装质量，对工作环境有以下要求。

(1) 电源。电源电压和功率要符合设备要求，电压要稳定。单相交流电压为 220 V (220 (1 ± 10%) V, 50/60Hz)，三相交流电压为 380V (380 (1 ± 10%) V, 50/60 Hz)。如果达不到要求，需配置稳压电源，电源的功率要大于功耗的 1 倍以上。

(2) 压缩空气。SMT 生产线上部分设备的执行动力是压缩空气，一台设备上少则几个汽缸和电磁阀，多则 20 多个汽缸和电磁阀。机器工作所需的气压为 0.5MPa。因此，要求引用的压缩空气为 0.6 ~ 0.8MPa，且应在除尘除水后进入机器。

(3) 温度。环境温度：在 23℃ ± 3℃ 内为最佳。一般为 17℃ ~ 28℃。极限温度为 15℃ ~ 35℃（印制工作间环境温度以 23℃ ± 3℃ 为最佳）。另外，焊膏、贴片红胶保存温度需在 0℃ ~ 10℃，并要单独存储。

- (4) 相对湿度。在 45% ~ 70% 内。
- (5) 工作环境。工作间保持清洁卫生，无尘土、无腐蚀性气体。在空调环境下，要有一定的新风量。
- (6) 防静电。生产设备必须接地良好，应采用三相五线接地法并独立接地。生产场所的地面、工作台垫、坐椅等均应符合防静电要求。
- (7) 排风。再流焊和波峰焊设备都有排风要求。
- (8) 照明。厂房内应有良好的照明条件，理想的照度为 800 ~ 1200lx，至少不能低于 300lx。
- (9) 人员要求。生产线各设备的操作人员必须经过专业技术培训并考核合格，必须熟练掌握设备的操作规程。操作人员应严格按“安全技术操作规程”和工艺要求操作。

1.2.2 安全标志与安全防范认知

安全警示标签贴在机器不同位置以提醒有关人员在安装、操作或维护机器时注意。安全警示标签见图 1-6 和图 1-7。



图 1-6 常见的安全警示标志（一）

警告标志					
	手或衣服有可能被卷入		接触运动部时有可能受伤		接触驱动部时有可能受伤
	靠近高压电部时有可能触电		接触高温部时有可能被烫伤		放置重物或手按在上面时有可能发生破损
指示标识					
	指示地线的连接			指示正常的旋转方向	

图 1-7 常见的安全警示标志（二）

1.2.3 常规安全操作检查

- (1) 机器只能在安全装置起作用的情况下进行操作。
- (2) 在打开机器开关之前，应确定机器启动不会伤害到任何人。

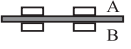
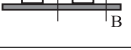
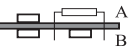
- (3) 检查安全装置是否损坏，以确保一旦机器工作失常，安全装置能够起作用。
- (4) 出现异常、故障或停电时，请立即切断电源。
- (5) 为防止机器意外起动引发事故，在检查、修理、清扫时，请切断电源后再进行。
- (6) 拔出电源插头时，不要握住导线，而要握住插头拔出。
- (7) 机器的操作仅限于掌握了该机器操作要领的操作人员使用。

1.2.4 SMT 生产工艺流程

1. PCB 表面组装方式及其工艺流程

典型 PCB 表面组装方式有全表面组装、单面混装、双面混装，见表 1-2。

表 1-2 表面组装方式

组装方式		示意图	电路基板	焊接方式	特征
全表面组装	单面表面组装		单面 PCB 陶瓷基板	单面再流焊	工艺简单，适用于小型、薄型简单电路
	双面表面组装		双面 PCB 陶瓷基板	双面再流焊	高密度组装、薄型化
单面混装	SMD 和 THC 都在 A 面		双面 PCB	先 A 面再流焊，后 B 面波峰焊	一般采用先贴后插，工艺简单
	THC 在 A 面，SMD 在 B 面		单面 PCB	B 面波峰焊	PCB 成本低、工艺简单，先贴后插
双面混装	THC 在 A 面，A、B 两面都有 SMD		双面 PCB	先 A 面再流焊，后 B 面波峰焊	适合高密度组装
	A、B 两面都有 SMD 和 THC		双面 PCB	先 A 面再流焊，后 B 面波峰焊，B 面插装件后附	工艺复杂，很少采用

注：A 面又称元件面、主面；B 面又称焊接面、辅面。

2. SMT 生产工艺流程

表面组装有单面表面组装和双面表面组装。

1) 单面表面组装工艺流程

施加焊膏→贴装元器件→再流焊

2) 双面表面组装工艺流程

A 面施加焊膏→贴装元器件→再流焊→翻转 PCB

B 面施加焊膏→贴装元器件→再流焊

3) 表面组装和插装混装工艺流程

(1) 单面混装（SMD 和 THC 都在同一面）。