

**ERSA Global Connections -
Helping the world to keep things together**



技术资料



表面组装 (SMT) 通用工艺

The Basic Process of Surface Mounting Technology

作者 顾霭云 王豫明 谢德康

北京电子学会表面安装技术专业委员会
2003年9月

前 言

《表面组装通用工艺》一书主要作者顾霭云同志为公安部第一研究所高级工程师、北京电子学会表面安装技术专业委员会委员、北京地区资深的 SMT 专家。顾霭云同志曾多次在国内 SMT 刊物、杂志上发表文章,在全国或地区 SMT 学术会议上发表论文,并多次在北京、江苏等地举办的培训班上讲课。她从事 SMT 工作十余年,兢兢业业,苦心钻研,积累了丰富经验。本书(资料)的出版,凝聚了顾霭云同志多年的心血和劳动成果。

本书的特点是具有实用性和可操作性。SMT 工作者读了本书后,可得到一些实实在在的东西,并能掌握 SMT 的基础工艺,做到理论和实践的结合。《表面组装通用工艺》的问世,不仅是对北京电子学会 SMT 委员会的贡献,而且也为我国 SMT 技术的普及。此,我代表北京电子学会 SMT 专业委员会表示感谢。在成书过程中,北京电子学会 SMT 专业委员会委员清华大学王豫明老师、长江三角洲 SMT 专家协作组资深专家谢德康同志也参加了写作,在此一并表示感谢。埃莎(德国)有限公司、库尔特机电设备(上海)有限公司对本书的出版给予了大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。同时,希望全国 SMT 界同仁对本书(资料)的不足之处提出批评意见。

北京电子学会 SMT 专业委员会主任刘利吉

2003 年 7 月

目 录

第 1 章 表面组装工艺条件	(1)
1.1 电源	(2)
1.2 气源	
1.3 排风	
1.4 照明	
1.5 工作环境	
1.6 防静电	(3)
1.6.1 电子产品制造中防静电技术指标要求	
1.6.2 电子产品制造中防静电措施及静电作业区(点)的一般要求	
1.6.3 静电敏感元器件(SSD)运输、存储、使用要求	(4)
1.6.4 防静电工作区的管理与维护	(5)
1.7 SMT 生产线人员要求	
1.8 SMT 生产线的设备、仪器、工具	
第 2 章 典型表面组装方式及其工艺流程	(6)
2.1 典型表面组装方式	
2.2 纯表面组装工艺流程	
2.2.1 单面表面组装工艺流程	(7)
2.2.2 双面表面组装工艺流程	
2.3 表面组装和插装混装工艺流程	
2.3.1 单面混装(SMD 和 THC 都在同一面)	
2.3.2 单面混装(SMD 和 THC 分别在 PCB 的两面)	
2.3.3 双面混装(THC 在 A 面, A、B 两面都有 SMD)	
2.3.4 双面混装(A、B 两面都有 SMD 和 THC)	
2.4 选择表面组装工艺流程应考虑的因素	
第 3 章 施加焊膏通用工艺	(9)
3.1 工艺目的	

3.2	施加焊膏技术要求	
3.3	表面组装工艺材料——焊膏	
3.3.1	焊膏的分类	
3.3.2	焊膏的组成	(10)
3.3.3	对焊膏的技术要求	(12)
3.3.4	影响焊膏特性的主要参数	
3.3.5	无铅焊料简介	(16)
3.4	焊膏的选择方法	(18)
3.5	焊膏的使用与保管	(19)
3.6	施加焊膏的方法和各种方法的适用范围	
3.7	全自动与半自动印刷机金属模板印刷焊膏工艺	(20)
3.7.1	工艺流程	
3.7.2	印刷前准备工作	(21)
3.7.3	开机	
3.7.4	安装模板和刮刀	
3.7.5	PCB 定位	(22)
3.7.6	图形对准	(23)
3.7.7	制作 Mark 的视觉图像	
3.7.8	设置印刷参数	
3.7.9	添加焊膏	(24)
3.7.10	首件试印刷并检验	(25)
3.7.11	根据印刷结果调整参数或重新对准图形	
3.7.12	连续印刷生产	
3.7.13	检验	
3.7.14	转贴装工序	(27)
3.7.15	结束	
3.7.16	关机	
3.8	采用简易印刷工装手工印刷焊膏工艺介绍	
3.8.1	简易漏印工装制作方法	(28)
3.8.2	金属模板	

3.8.3	采用简易印刷工装手工印刷焊膏操作步骤	(30)
3.8.4	影响金属模板漏印焊膏质量的工艺参数	(31)
3.8.5	注意事项	
3.9	手动点胶机滴涂焊膏工艺介绍	(32)
3.9.1	开机前准备	
3.9.2	开机并调整滴涂量	
3.9.3	滴涂操作程序	
3.9.4	关机程序	(33)
3.9.5	安全操作注意事项	
3.10	ProFlow DirEkt—焊膏印刷新技术介绍	
3.11	SMT 不锈钢激光模板制作外协程序及工艺要求	(34)
3.11.1	向模板加工厂索取“激光模板加工协议”和“SMT 模板制作资料确认表”	(35)
3.11.2	给模板加工厂发 E-Mail(用 CAD 软盘)或邮寄胶片	
3.11.3	按照模板加工厂的要求填写“激光模板加工协议”和“SMT 模板制作资料确认表”	(36)
3.11.4	模板加工厂收到 E-Mail 和传真后根据需方要求发回“请需方确认”的传真	(42)
3.11.5	如有问题再打电话或传真联系,直到需方确认后即可加工。	
3.11.6	收到模板后应检查模板的加工质量	
第 4 章	施加贴片胶通用工艺	(43)
4.1	工艺目的	
4.2	施加贴片胶的技术要求	
4.3	表面组装工艺材料贴片胶	(44)
4.4	施加贴片胶的方法和工艺参数的控制	(54)
4.5	施加贴片胶的工艺流程	(67)
4.6	手动点胶机滴涂贴片胶工艺介绍	(68)
4.7	贴片胶固化	
4.8	贴片胶检验、清洗及返修	(70)

4.9	点胶中常见的缺陷与解决方法	(71)
第5章	自动贴装机贴片通用工艺	(74)
5.1	工艺目的	
5.2	贴片工艺要求	
5.2.1	贴装元器件的工艺要求	
5.2.2	保证贴装质量的三要素	(75)
5.3	全自动贴装机贴片工艺流程	(77)
5.4	离线编程	(78)
5.4.1	PCB 程序数据编辑	
5.4.2	自动编程优化并编辑	(80)
5.4.3	将数据输入设备	(81)
5.4.4	在贴装机上对优化好的产品程序进行编辑	
5.4.5	校对检查并备份贴片程序	
5.5	贴装前准备	(82)
5.5.1	准备相关产品工艺文件	
5.5.2	根据产品工艺文件的贴装明细表领料(PCB、元器件) 并进行核对	
5.5.3	对已经开启包装的 PCB,根据开封时间的长短及是 否受潮或污染等具体情况,进行清洗和烘烤处理	
5.5.4	对于有防潮要求的器件,检查是否受潮,对受潮器件 进行去潮处理	
5.5.5	按元器件的规格及类型选择适合的供料器,并正确 安装元器件	
5.5.6	设备状态检查	
5.6	开机	
5.7	在线(自学)编程	
5.7.1	编制拾片程序	(84)
5.7.2	编制贴片程序	
5.7.3	人工优化原则	(85)
5.7.4	在线编程注意事项	

5.8	安装供料器	(86)
5.9	做基准标志(Mark)和元器件的视觉图像	
5.9.1	做基准标志(Mark)图像	
5.9.2	将未在图像库中登记过的元器件制作视觉图像 ...	(88)
5.10	首件试贴并检验	(89)
5.10.1	程序试运行	
5.10.2	首件试贴	
5.10.3	首件检验	
5.11	根据首件试贴和检验结果调整程序或重做视觉图像	(90)
5.11.1	如检查出元器件的规格、方向、极性错误,应按照工 艺文件进行修正程序	
5.11.2	若 PCB 的元器件贴装位置有偏移,用以下两种方法调整	
5.11.3	如首件试贴时,贴片故障比较多要根据具体情况进行 处理	
5.12	连续贴装生产	(91)
5.13	检验	
5.14	转再流焊工序	
5.15	关机	
5.16	如何提高自动贴装机的贴装效率	
5.16.1	首先要按照 DMF 要求进行 PCB 设计	
5.16.2	优化贴片程序	
5.16.3	多品种小批量时采用离线编程	
5.16.4	换料和补充元件可采取的措施	
5.16.5	元器件备料时可根据用料的多少选择包装形式	
5.16.6	按照安全操作规程操作机器,注意设备的维护保养	
5.17	贴片故障分析及排除方法	
5.17.1	常见故障	(92)
5.17.2	产生故障的主要原因	
5.17.3	贴片故障分析及排除方法	

5.17.4	制定有效措施,减少或避免故障发生	(97)
5.18	贴装机的设备维护	(98)
5.18.1	每天检查	
5.18.2	每月检查	(99)
5.18.3	机械部分维护.....	(100)
5.18.4	电器部分.....	(101)
第6章	手工贴装工艺介绍	(102)
6.1	手工贴装的应用范围	
6.2	手工贴装工艺流程	
6.3	施加焊膏	
6.4	手工贴装	
6.4.1	手工贴装工具	
6.4.2	贴装顺序	(103)
6.4.3	手工贴装方法	
6.4.4	技术要求	
6.4.5	贴装检验、再流焊、修板、清洗、组装板检验工序全部 与机器贴装工艺相同	
第7章	再流焊通用工艺	(104)
7.1	工艺目的和原理	
7.2	再流焊工艺要求	(105)
7.3	再流焊工艺流程	(106)
7.4	焊接前准备	
7.5	开炉	
7.6	编程或调程序	(107)
7.6.1	编程操作	
7.6.2	如何设置再流焊温度和速度等工艺参数	
7.7	测实时温度曲线	(108)
7.7.1	测温度曲线的仪器	
7.7.2	测试步骤	
7.7.3	实时温度曲线分析与调整	(109)

7.8	首件表面组装板焊接	(110)
7.9	检验首件表面组装板的焊接质量	
7.9.1	检验方法、检验内容和检验标准	
7.9.2	根据首块表面组装板焊接质量检查结果调整参数	
7.10	连续焊接	(111)
7.10.1	首件焊接后的表面组装板经检验合格后可进行连续焊接	
7.10.2	步骤	
7.11	检验	
7.12	停炉	
7.13	注意事项	
7.14	紧急情况处理	(112)
7.14.1	卡板	
7.14.2	报警	
7.14.3	突然停电	
7.15	常见再流焊焊接缺陷、原因分析及预防和解决措施	
7.15.1	再流焊的工艺特点	(113)
7.15.2	影响再流焊质量的原因分析	(115)
7.15.3	SMT 再流焊接中常见的焊接缺陷分析与预防对策	(122)
第 8 章	通孔插装元件(THC)再流焊工艺介绍	(135)
8.1	通孔插装元件采用再流焊替代波峰焊的工艺特点	
8.1.1	这种工艺用一次或两次再流焊替代波峰焊。	
8.1.2	通孔插装元件采用再流焊替代波峰焊的优点	
8.2	用再流焊替代波峰焊可以完成以下各种混装方式	(136)
8.3	SMT 混装时采用再流焊替代波峰焊工艺的适用范围	
8.4	设备方面的特殊要求	(137)
8.4.1	印刷设备	
8.4.2	再流焊设备	
8.5	工艺方面的特殊要求	

8.6	对 THC 的焊盘设计的特殊要求	(138)
第 9 章	波峰焊通用工艺	(138)
9.1	波峰焊原理	(139)
9.2	环境要求	(140)
9.3	波峰焊工艺对元器件和印制板的基本要求	(141)
9.4	波峰焊的设备、工具以及工艺材料	
9.4.1	设备、工具	
9.4.2	焊料	
9.4.3	助焊剂和助焊剂的选择	(142)
9.4.4	稀释剂	
9.4.5	抗氧化剂	(143)
9.4.6	锡渣减除剂	
9.4.7	阻焊剂或耐高温阻焊胶带	
9.5	波峰焊工艺流程	
9.6	波峰焊操作步骤	
9.6.1	焊接前准备	
9.6.2	开炉	
9.6.3	设置焊接参数	
9.6.4	首件焊接并检验	(144)
9.6.5	根据首件焊接结果调整焊接参数	
9.6.6	连续焊接生产	
9.6.7	检验	
9.7	关机	(146)
9.8	波峰焊工艺参数控制要点	
9.8.1	焊剂涂覆量	
9.8.2	印制板预热温度和时间	(147)
9.8.3	焊接温度和时间	(148)
9.8.4	印制板爬坡角度和波峰高度	
9.8.5	工艺参数的综合调整	(149)
9.9	波峰焊质量控制方法	

9.10	波峰焊常见焊接缺陷分析及预防对策	
9.10.1	影响波峰焊质量的因素	
9.10.2	波峰焊常见焊接缺陷的原因分析及预防对策	(150)
第 10 章	后附(手工焊)修板及返修工艺介绍	(159)
10.1	工艺目的	
10.2	后附和修板工艺要求	
10.3	后附(手工焊)和修板技术要求	(160)
10.4	修板方法	
10.4.1	虚焊、桥接、拉尖、不润湿、焊料量少等焊点缺陷的修整	
10.4.2	Chip 元件吊桥、元件移位的修整	
10.4.3	三焊端的电位器、SOT(晶体管)、SOIC(SOP、SOJ) 表面组装器件移位的返修	(161)
10.4.4	PLCC 和 QFP 表面组装器件移位的返修	
10.4.5	BGA 的返修	(163)
10.4.6	BGA 植球工艺介绍	(166)
第 11 章	表面组装板焊后清洗工艺	(169)
11.1	清洗目的	
11.2	污染物对表面组装板的危害	
11.3	污染物的类型和来源	
11.4	清洗机理	(170)
11.4.1	表面润湿	
11.4.2	溶解	
11.4.3	乳化作用	(171)
11.4.4	皂化作用	
11.4.5	螯合作用	
11.4.6	施加不同方式的机械力加速清洗速度、提高清洗效率	
11.5	表面组装板焊后清洗的传统溶剂清洗剂和清洗工艺	(172)
11.5.1	超声波清洗	(173)
11.5.2	汽相清洗	(176)

11.5.3	溶剂清洗安全管理制度	(177)
11.6	非 ODS 清洗介绍	
11.6.1	有关的政策	
11.6.2	印制电路板(PCB)焊接后清洗的替代技术	
11.6.3	水清洗和半水清洗的清洗过程	(179)
11.6.4	清洗工艺条件和工艺过程控制要求	(180)
11.7	清洗工序检验	(181)
11.7.1	清洁度标准	
11.7.2	检验方法	
第 12 章	表面组装检验(测)工艺	(182)
12.1	组装前检验(或称来料检验)	
12.1.1	表面组装元器件(SMC/SMD)检验	(183)
12.1.2	印制电路板(PCB)检验	
12.1.3	材料检验	(184)
12.2	工序检验	(185)
12.2.1	印刷焊膏工序检验	
12.2.2	贴装工序检验	(186)
12.2.3	再流焊工序检验(焊后检验)	
12.2.4	清洗工序检验	(190)
12.3	表面组装板检验	
12.3.1	外观检验	(191)
12.3.2	贴装元器件焊端位置检验	
12.3.3	表面贴装元器件的焊点质量标准	(192)
12.4	说明	(193)
12.5	AOI 检测与 X 光检测简介	(194)
12.5.1	AOI 在 SMT 中的作用	
12.5.2	AOI 的基本原理	(195)
12.5.3	检测方法	(196)
12.5.4	AOI 的应用	(197)
12.5.5	AOI 有待改进的问题	

12.5.6 X 光检测

12.6 美国电子装联协会《电子组装件验收标准 IPC - A - 610C》简介 (198)

12.6.1 概述

12.6.2 IPC - A - 610C 焊点评判标准举例 (199)

12.6.3 IPC - A - 610C 焊接缺陷举例

参考文献 (200)

附录:1. 表面安装返修工艺

2. 北京电子学会表面安装技术专业委员会

表面组装通用工艺

通用工艺又被称为典型工艺,是根据工艺内容的通用性、成熟性和先进性并结合本单位的设备条件和产品特点而提出的工艺课题,是按照具体工艺内容编写的。通用工艺的内容包括工艺条件、工艺流程、操作程序、安全技术操作方法、工艺参数、检验标准和检验方法等。

通用工艺是指导工人操作的最基本的技术文件。

通用工艺规程是企业生产活动中最基础的技术文件。严格按照通用工艺规定的操作程序和质量控制程序进行操作,对提高生产效率、提高产品质量具有十分重要的意义。

表面组装通用工艺包括:施加铅锡焊膏、施加贴片胶、贴装元器件、再流焊、固化贴片胶、波峰焊、修板、清洗、检验和测试、返修。

第一章 表面组装工艺条件

SMT是一项复杂的综合的系统工程技术。涉及到基板、元器件、工艺材料、设计技术、组装工艺技术、高度自动化的组装和检测设备等多方面因素。含概了机、电、气、光、热、物理、化学、物理化学、新材料、新工艺、计算机、新的管理理念和模式等多学科的综合技术。SMT产品具有结构紧凑、体积小、耐振动、抗冲击、高频特性好、生产效率高等优点。

SMT生产设备具有全自动、高精度、高速度、高效益等特点。SMT工艺与传统插装工艺有很大区别,片式元器件的几何尺寸非常小,组装密度非常高;另外由于SMT的工艺材料例如焊膏和贴片胶的黏度和触变性等性能与环境温度、湿度都有密切的关系。因此SMT生产设备和SMT工艺对生产现场的电、气、通风、照明、环境温度、相对湿度、空气清洁度、防静电等条件有专门的要求。

1.1 电源

电源电压和功率要符合设备要求;

电压要稳定,一般要求单相 AC 220 ($220 \pm 10\%$, 50/60HZ), 三相 AC 380V ($220 \pm 10\%$, 50/60HZ)。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一倍以上。例如贴装机的功耗 2KW,应配置 5KW 电源。

贴装机的电源要求独立接地,一般应采用三相五线制的接线方法。因为贴装机的运动速度很高,与其他设备接在一起会产生电磁干扰,影响贴装机的正常运行和贴装精度。

1.2 气源

要根据设备的要求配置气源的压力,可以利用工厂的气源,也可以单独配置无油压缩空气机。一般要求压力大于 7Kg/cm^2 。要求清洁、干燥的净化空气,因此需要对压缩空气进行去油、去尘和去水处理。最好采用不锈钢或耐压塑料管做空气管道。不要用铁管做压缩空气的管道,因为铁管会生锈。锈渣进入管道和阀门,严重时会使电磁阀堵塞、气路不畅,影响机器正常运行。

1.3 排风

再流焊和波峰焊设备都有排风要求,应根据设备要求进行配置排风机。对于全热风炉一般要求排风管道的最低流量值为 500 立方英尺/分钟($14.15\text{m}^3/\text{min}$)。

1.4 照明

厂房内应有良好的照明条件,理想的照度为 $800\text{LUX} \times 1200\text{LUX}$ 。至少不能低于 300 LUX,低照明度时,在检验、返修、测量等工作区应安装局部照明。

1.5 工作环境

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、温度、湿度都有一定的要求,为了保证设备正常运行和组装质量,对工作环境有以下要求:

工作间保持清洁卫生,无尘土、无腐蚀性气体。空气清洁度为 100000 级(BGJ73-84);在空调环境下,要有一定的新风量,尽量将 CO_2

含量控制在 1000PPM 以下,CO 含量控制在 10PPM 以下,以保证人体健康。

环境温度: $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 为最佳。一般为 $17 \sim 28^{\circ}\text{C}$, 极限温度为 $15 \sim 35^{\circ}\text{C}$ (印刷工作间环境温度为 $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 为最佳);

相对湿度: $45 \sim 70\% \text{RH}$ 。

根据以上条件,由于北方气候干燥,风沙较大,因此北方的 SMT 生产线需要采取双层玻璃的厂房,一般应采用空调。

1.6 防静电

生产设备必须接地良好,贴装机应采用三相五线制接地法并独立接地。生产场所的地面、工作台面垫、坐椅等均应符合防静电要求。应配备防静电料盒、周转箱、PCB 架、物流小车、防静电包装代、防静电腕带、防静电烙铁及工具等设施。

1.6.1 电子产品制造中防静电技术指标要求

a 防静电地极接地电阻 $< 10\Omega$ 。

b 地面或地垫—表面电阻值 $10^5 \sim 10^{10}\Omega$; 摩擦电压 $< 100\text{V}$ 。

c 墙壁—电阻值 $5 \times 10^4 \sim 10^9\Omega$ 。

d 工作台面或垫—表面电阻值 $10^6 \sim 10^9\Omega$; 摩擦电压 $< 100\text{V}$; 对地系统电阻 $10^6 \sim 10^8\Omega$ 。

e 工作椅面对脚轮电阻 $10^6 \sim 10^8\Omega$ 。

f 工作服、帽、手套摩擦电压 $< 300\text{V}$; 鞋底摩擦电压 $< 100\text{V}$ 。

g 腕带连接电缆电阻 $1\text{M}\Omega$; 佩带腕带时系统电阻 $1 \sim 10\text{M}\Omega$ 。脚跟带(鞋束)系统电阻 $0.5 \times 10^5 \sim 10^8\Omega$ 。

h 物流车台面对车轮系统电阻 $10^6 \sim 10^9\Omega$ 。

i 料盒、周转箱、PCB 架等物流传递器具—表面电阻值 $10^3 \sim 10^8\Omega$; 摩擦电压 $< 100\text{V}$ 。

j 包装代、盒—摩擦电压 $< 100\text{V}$ 。

k 人体综合电阻 $10^6 \sim 10^8\Omega$ 。

1.6.2 电子产品制造中防静电措施及静电作业区(点)的一般要求

a 根据防静电要求设置防静电区域,按作业区所使用器件的静电敏感程度分成 1、2、3 级,根据不同级别制订不同的防护措施。

1 级静电敏感程度范围:0 ~ 1999V

2 级静电敏感程度范围:2000 ~ 3999V

3 级静电敏感程度范围:4000 ~ 15999V

16000V 以上是非静电敏感程产品。

b 静电安全区(点)的室温为 $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 45 ~ 70% RH。
禁止在低于 30% 的环境内操作 SSD(静电敏感元器件)。

c 定期测量地面、桌面、周转箱等表面电阻值。

d 静电安全区(点)的工作台上禁止放置非生产物品,如餐具、茶具、提包、毛织物、报纸、橡胶手套等。

e 工作人员进入防静电区域,需放电。操作人员进行操作时,必须穿工作服和防静电鞋、袜。每次上岗操作前必须作静电防护安全性检查,合格后才能生产。

f 操作时要戴防静电腕带,每天测量腕带是否有效。

g 测试 SSD 时应从包装盒、管、盘中取一块,测一块,放一块,不要堆在桌子上。经测试不合格器件应退库。

h 加电测试时必须遵循加电和去电顺序:加电时应按照低电压→高电压→信号电压的顺序进行。去电顺序与此相反。同时注意电源极性不可颠倒,电源电压不得超过额定值。

i 检验人员应熟悉 SSD 的型号、品种、测试知识,了解静电保护的基本知识。

1.6.3 静电敏感元器件(SSD)运输、存储、使用要求

a SSD 运输过程中不得掉落在地,不得任意脱离包装。

b 存放 SSD 的库房相对湿度:30 ~ 40% RH。

c SSD 存放过程中保持原包装,若须更换包装时,要使用具有防静电性能的容器。

d 库房里,在放置 SSD 器件的位置上应贴有防静电专用标签。

e 发放 SSD 器件时应用目测的方法,在 SSD 器件的原包装内清点数量。

f 对 EPROM 进行写、擦及信息保护操作时,应将写入器/擦除器充分接地,要带防静电手镯。