

SMT HEXIN
GONGYI JIEXI YU ANLI FENXI

SMT

核心工艺解析 与案例分析

(第2版)

贾忠中 著

集作者**20**多年SMT行业经验

汇集SMT核心工艺

精选**134**个典型案例

图文并茂介绍了**缺陷的特征、常见原因、改进措施**



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

SMT 核心工艺解析与 案例分析

(第2版)

贾忠中 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

序

近年有关表面组装技术（SMT）的书籍多起来了，各种教材、译著、专著等已有数十种之多，这是我国 SMT 产业兴旺发达的重要标志之一。不过目前已经面世的 SMT 书籍，来自产业第一线技术人员原创的还不多见，相当一部分内容来源于译著和国内外技术刊物、会议论文和技术培训等资料的梳理、归纳和整理，作为 SMT 教育培训和入门学习，发挥了很大作用。但是这些以技术普及为特征的著作，对于目前业界产业转型、技术升级等越来越高的要求，就显得捉襟见肘了。

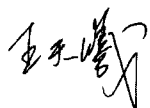
从 1985 年起，我国的 SMT 产业经历了初期的小规模技术引进、消化吸收和学习探索；早期的技术积累和产业逐步走向规模化；继而在世纪之交进入中期的快速发展，产业规模急剧扩张，从业人员大量增加，技术人员供不应求，产能迅速扩大，成为电子制造“世界工厂”；之后开始步入调整充实阶段，并经历了百年不遇的世界经济危机的洗礼，产业蓄势待发；现在可以说已经迎来产业转型、发展模式创新、由 SMT 大国向强国跨越式发展的历史新阶段。在这个阶段，学术界需要深入研究，企业界需要技术提高，非常需要来自产业一线的、经过实践检验的技术专著。

不谋万世者，不足谋一时；不谋全局者，不足谋一域。SMT 先进国家发展的历史经验值得注意。在规模化电子产业半个多世纪的发展中，日本电子产品以高品质著称于世，称雄全球几十年，至今不衰，靠的是什么？靠的是他们对技术的精益求精，靠的是他们对行业的锲而不舍，靠的是他们对技术细节的精雕细刻，靠的是他们工作经验的日积月累，靠的是他们对高品质孜孜不倦的追求。产业转型，实现由大到强的跨越，不可不向日本企业学习。不管科技含量高低，只要产业需要，认认真真钻研它，兢兢业业做好它，老老实实积累经验教训，力争少犯或不犯同样的错误，这是日本企业一贯的做法，也是最容易学的一个“秘籍”。很多收集案例的日本技术书籍，可能在有些人眼里是没有什么学术水平的“雕虫小技”，但是却能解决实际问题。业界需要更多这样的适用、实用并且管用的著作。

当前，我国企业正处于转型的关键时期，SMT 产业也不例外。当低成本劳动力优势不再的时候，当单纯靠组装加工维持增长越来越艰难的时候，当制造大量低质产品压价竞争越来越不灵的时候，当粗放型管理和技术已经走到尽头的时候，只有一条路，就是自主创新，技术升级，靠高质量、高效率创自己的品牌。在这个时期，非常需要在业界打拼了多年、业绩卓著、经验丰富的技术专家把多年的积累整合提高，与业界同仁共享，为早日实现我国 SMT 强国目标贡献力量。

作为一个在 SMT 行业工作了二十多年的 SMT 技术专家，贾忠中高级工程师总结了自己在生产实践中积累的经验，把处理过的典型问题整理为 65 项核心工艺和 134 个案例，拿出来奉献给业界，正是当前急需，雪中送炭，十分难能可贵。在向作者辛勤工作、慷慨奉献表示敬意的同时，向业界推荐这本技术专著。

SMT 是实践性很强的工程技术，必须在实践中学习和提高。古人云“吃一堑，长一智”，这是对一般人而言。对聪明人来说，应该少吃堑多长智，甚至不吃堑也长智，这就是借鉴别人的“堑”长自己的“智”。这本书就为我们提供了许多“智”的增长点，就看你能否很好应用。

清华大学 SMT 实验室 

2010 年 6 月于清华园

前言

本书第1版写于2010年11月，当时写作的目的很简单，不想写一本SMT的基础教程，因为类似的书籍已经很多，希望能够写一点对读者有帮助的参考书，那怕有一个案例或一句话能够对读者所从事的工作有所启发就知足了。在此思想指导下，作者把自己多年从事SMT的一些心得、案例进行了简单的整理，奉献给读者。

本书自出版以来得到很多读者的欢迎，大多数读者给予了“实用”、“有用”、“是一本不可多得的参考书”等高度的评价（见当当网），我觉得很欣慰。读者的评价给我很大的动力，也因此对本书进行了“升级”，希望读者朋友喜欢。

表面组装技术（SMT）是一门比较复杂且不断发展的技术，从有铅工艺到无铅工艺，从大焊盘焊接到微焊盘焊接，挑战不断，但是，其基本的原理没有变，工艺工作的使命没有变（工艺实现和工艺稳定的问题）。重点掌握SMT的工艺要领、工程知识、常见焊接不良现象的产生机理与处置对策，对建立有效的工艺控制体系，快速解决生产工艺问题，具有十分重要的现实意义。

工艺要领

工艺要领，顾名思义，就是指工艺技术或工艺方法与要求的关键点。掌握了这些关键点，就等于抓住了工艺技术的“魂”，在遇到千变万化的不良现象时就可沿着正确的方向去分析和解决。举例来讲，如果不了解BGA焊接时本身要经历的“两次塌落”和“变形”这两个微观的物理过程，就很难理解BGA焊接的峰值温度与焊接时间的意义。再比如，如果不了解有铅焊膏焊接无铅BGA将改变焊点的熔点及组分的特性，就很难理解混装工艺的复杂性。因此，在学习工艺知识时，掌握要领非常重要，它是分析、解决疑难工艺问题的基础。

工程知识

作为一名SMT的工程师，如果仅仅停留在了解书本知识的层次，绝对称不上合格。生产现场需要的是掌握基本工程知识的人。对装联工艺而言，工程知识包括工艺窗口、基准工艺参数与基本工艺方法，如钢网开窗，对某一特定的封装，采用多厚的钢网、开什么形状及多大尺寸的窗口，这些具体的、可用的实用知识，一般都是基于试验或经验获得的。

常见焊接不良现象的产生机理与处置对策

如果不了解每类元件容易发生的焊接问题、产生原因，那么，就不能做到有效地预防。道理很简单，没有想到的绝对做不到。掌握常见焊接不良现象的产生机理与处置对策，最根本的途径是在实践中运用所学的理论知识，分析问题、解决问题，把理论知识转化为处理问题的能力。工艺说到底是一门实践性很强的学问，靠经验的积累，正如医生看病，看的病人多了，经验就丰富了。在实践中，我们经常会碰到这样的情况，比如什么是芯吸现象？相信大多数工程师都能够回答出来，但在碰到芯吸引起的问题时往往不会想到芯吸，这是因为没有把理论知识转为处理问题的能力。日本电子产品以质量著称于世，一条重要的经验就是“学习故障，消除预期故障”。从实践中汲取经验，把经验再用于指导实践，这是非常重要的方法。

装联工艺是系统工程问题

装联工艺质量涉及“人、机、料、环、法”五大方面。如果这些“入口”质量波动很大，那么，建立高质量、可重复的工艺就是一句空话。许多企业为了降低采购成本、规避风险，使用多品牌的物料，这对工艺而言却是一大隐患。不同品牌的物料，特别是标准化程度比较低的物料，常常质量不同、引脚宽度不同，这些往往是导致工艺不稳定的因素。因此，要打造一流的工艺，必须从物料选型、工艺设计、工艺试制、工艺优化、质量监控等方面系统思考、系统控制。

鉴于以上的认知，作者从应用角度筛选了 65 个核心工艺议题，对其进行了总结与解析，指出要领，作为本书的上篇。同时，精心选编了 134 个典型案例，图文并茂地介绍了缺陷的特征、常见原因以及改进措施，作为本书的下篇。

对于案例的选编，主要是以能够帮助读者深入理解工艺因素的影响为主要考量（限于篇幅，案例都略去了问题的分析、解决过程，待以后有机会与读者深入交流）。对于案例提供的解决措施，限于“现象、现场、现物”的差异，仅供参考，不可盲目照搬。希望参考时注意：第一，这些案例中提供的解决方法不是一个关于某问题的系统解决方案；第二，要认识到，“一个工艺问题可能有多种产生原因，同样的原因也可能导致不同的缺陷”这一情况，在采取措施之前，必须对问题进行准确定位、对措施进行验证，不可盲目地照搬；第三，要认识到，许多工艺措施具有“两面性”，比如，为减少密脚器件的桥连而使用薄的钢网，但又会加大引脚共面性差元件的开焊（Open Soldering）概率，因此，在采取措施前必须进行权衡与评估。

需要说明的是有个别案例出现在不同的章节，这不是简单的笔误，而是作者有意地重复使用。有些工艺问题产生的原因，有时很难界定为设计问题、物料问题或操作问题，它们之间有时会转换，往往从不同的侧面都可以解决。对于此类问题的产生原因，可以说是 A 原因，也可以说是 B 原因。比如，BGA 周围装螺钉容易引起 BGA 焊点拉断的问题，可以说是设计问题，也可以说是操作问题。本书案例篇之所以按问题产生原因进行分类，主要希望强化读者对这些工艺影响因素的认识，在分析问题想到它。

为了不给读者增加阅读负担，本书采用了图表格式编排，凡是图能够说明的问题就不用文字加以说明。

本书插图及文字中所用的数值单位一般采用公制英文字符缩写。对于一些在行业内习惯使用英制单位的应用场合，如钢网厚度，本书在公制单位后也加注了英制单位的数值，以方便使用。

本书适合有一定 SMT 经验的从业人士使用，最好是掌握 SMT 基础知识并有一年以上实际工作经验的专业人士参考。

本书前后各节内容独立成篇，可以根据需要选择性阅读或查阅。

本书内容多是作者的经验总结，限于作者见识的产品类别、案例所限，有些观点或讲法可能不完全正确，敬请读者批评指正。

特别感谢清华大学王天曦教授百忙中为本书作序。

贾忠中

2012 年 10 月于深圳

目 录

上篇 表面组装核心工艺解析

第 1 章 表面组装基础知识

1.1 SMT 概述	3
1.2 表面组装基本工艺流程	5
1.3 PCBA 组装流程设计	6
1.4 表面组装元器件的封装形式	8
1.5 印制电路板制造工艺	14
1.6 表面组装工艺控制关键点	21
1.7 表面润湿与可焊性	22
1.8 金属间化合物	23
1.9 黑盘	25
1.10 工艺窗口与工艺能力	26
1.11 焊点质量判别	28
1.12 片式元件焊点剪切力范围	31
1.13 P-BGA 封装体翘曲与吸潮量、 温度的关系	32
1.14 PCB 的烘干	34
1.15 焊点可靠性与失效分析的基本 概念	36
1.16 如何做工艺	37

第 2 章 工艺辅料

2.1 焊膏	38
2.2 失活性焊膏	43
2.3 无铅焊料	45
2.4 常用焊料的合金相图	46

第 3 章 核心工艺

3.1 钢网设计	48
3.2 焊膏印刷	54
3.3 贴片	61
3.4 再流焊接	62
3.5 波峰焊	73
3.6 选择性波峰焊	90
3.7 通孔再流焊	96
3.8 柔性板组装工艺	98
3.9 烙铁焊接	99

3.10 BGA 的角部点胶加固工艺	101
3.11 散热片的粘贴工艺	102
3.12 潮湿敏感器件的组装风险	103
3.13 Underfill 加固器件的返修	104
3.14 不当的操作行为	105

第 4 章 特定封装组装工艺

4.1 01005 组装工艺	107
4.2 0201 组装工艺	108
4.3 0.4mmCSP 组装工艺	110
4.4 BGA 组装工艺	111
4.5 POP 组装工艺	112
4.6 QFN 组装工艺	116
4.7 陶瓷柱状栅阵列元件 (CCGA) 组装工艺要点	122
4.8 晶振组装工艺要点	123
4.9 片式电容组装工艺要点	124
4.10 铝电解电容膨胀变形对性能的 影响评估	127
4.11 子板/模块铜柱引出端组装 工艺要点	128
4.12 表贴同轴连接器焊接的可靠性	130

第 5 章 无铅工艺

5.1 RoHS	132
5.2 无铅工艺	133
5.3 BGA 混装工艺	134
5.4 混装工艺条件下 BGA 的收缩断裂 问题	142
5.5 混装工艺条件下 BGA 的应力断裂 问题	146
5.6 PCB 表面处理工艺引起的质量 问题	150
5.6.1 OSP 工艺	152
5.6.2 ENIG 工艺	154
5.6.3 Im-Ag 工艺	156

5.6.4 Im-Sn 工艺	158	6.3 阻焊层的设计	172
5.6.5 OSP 选择性处理	160	6.4 PCBA 的热设计	173
5.7 无铅工艺条件下微焊盘组装的 要领	161	6.5 面向直通率的工艺设计	176
5.8 无铅烙铁的选用	162	6.6 组装可靠性的设计	182
5.9 无卤组装工艺面临的挑战	163	6.7 再流焊接底面元件的布局设计	184
第 6 章 可制造性设计		6.8 厚膜电路的可靠性设计	185
6.1 焊盘设计	166	6.9 散热器的安装方式引发元件或 焊点损坏	187
6.2 元件间隔设计	171	6.10 插装元件的工艺设计	189

下篇 生产工艺问题与对策

第 7 章 由工艺因素引起的问题

7.1 密脚器件的桥连	193	7.26 锡珠	227
7.2 密脚器件虚焊	195	7.27 0603 波峰焊时两焊端桥连	228
7.3 气孔或空洞	196	7.28 插件元件桥连	229
7.4 元件侧立、翻转	197	7.29 插件桥连——特定条件：安装形态 （引线、焊盘、间距组成的环境） 引起的	230
7.5 BGA 空洞	198	7.30 插件桥连——特定条件：托盘开窗 引起的	231
7.6 BGA 空洞——特定条件：混装 工艺	200	7.31 波峰焊掉片	232
7.7 BGA 空洞——特定条件：HDI 板	201	7.32 波峰焊托盘设计不合理导致冷焊 问题	233
7.8 BGA 虚焊的类别	202	7.33 PCB 变色但焊膏没有熔化	234
7.9 BGA 球窝现象	203	7.34 元件移位	235
7.10 BGA 冷焊	204	7.35 元件移位——特定条件：设计/ 工艺不当	236
7.11 BGA 焊盘不润湿	205	7.36 元件移位——特定条件：较大 尺寸热沉焊盘上有盲孔	237
7.12 BGA 焊盘不润湿——特定条件： 焊盘无焊膏	206	7.37 元件移位——特定条件：焊盘比 引脚宽	238
7.13 BGA 黑盘断裂	207	7.38 元件移位——特定条件：元件下 导通孔塞孔不良	239
7.14 BGA 焊点机械应力断裂	208	7.39 通孔再流焊插针太短导致气孔	240
7.15 BGA 热重熔断裂	211	7.40 测试针床设计不当（焊盘烧焦并 脱落）	240
7.16 BGA 结构型断裂	213	7.41 QFN 开焊与少锡（与散热焊盘 有关的问题）	241
7.17 BGA 返修工艺中出现的桥连	215	7.42 热沉元件焊剂残留物聚集现象	242
7.18 BGA 焊点间桥连	217	7.43 热沉焊盘导热孔底面冒锡	243
7.19 BGA 焊点与临近导通孔锡环间 桥连	218		
7.20 无铅焊点微裂	219		
7.21 ENIG 盘面焊锡污染	220		
7.22 ENIG 盘面焊剂污染	221		
7.23 锡球——特定条件：再流焊工艺	222		
7.24 锡球——特定条件：波峰焊工艺	223		
7.25 立碑	225		

7.44	热沉焊盘虚焊	245	9.2	单侧引脚连接器开焊	282
7.45	片式电容因工艺引起的开裂失效	246	9.3	宽平引脚开焊	283
7.46	变压器、共模电感开焊	249	9.4	片式排阻开焊	284
7.47	铜柱连接块开焊	250	9.5	QFN 虚焊	285
7.48	POP 虚焊	251	9.6	元件热变形引起的开焊	286
第 8 章 由 PCB 引起的问题			9.7	SLUG-BGA 的虚焊	287
8.1	无铅 HDI 板分层	252	9.8	BGA 焊盘下 PCB 次表层树脂 开裂	288
8.2	再流焊接时导通孔“长”出黑色 物质	253	9.9	片式元件两端电镀尺寸不同 导致立片	290
8.3	波峰焊点吹孔	254	9.10	陶瓷板塑封模块焊接时内焊点 桥连	291
8.4	BGA 拖尾孔	255	9.11	全矩阵 BGA 的返修——角部焊点 桥连或心部焊点桥连	292
8.5	ENIG 板波峰焊后插件孔盘边缘不 润湿现象	256	9.12	铜柱引线的焊接——焊点断裂	293
8.6	ENIG 表面过炉后变色	258	9.13	堆叠封装焊接造成内部桥连	294
8.7	ENIG 面区域性麻点状腐蚀现象	259	9.14	片式排阻虚焊	295
8.8	OSP 板波峰焊接时金属化孔透 锡不良	260	9.15	手机 EMI 器件的虚焊	296
8.9	OSP 板个别焊盘不润湿	261	9.16	FCBGA 翘曲	297
8.10	OSP 板全部焊盘不润湿	262	9.17	复合器件内部开裂——晶振 内部	298
8.11	喷纯锡对焊接的影响	263	9.18	连接器压接后偏斜	299
8.12	阻焊剂起泡	264	9.19	通孔再流焊“球头现象”	300
8.13	ENIG 镀孔压接问题	265	9.20	钽电容旁元件被吹走	301
8.14	PCB 光板过炉(无焊膏)焊盘 变深黄色	266	9.21	灌封器件吹气	302
8.15	微盲孔内残留物引起 BGA 焊点 空洞大尺寸化	267	9.22	手机侧键内进松香	303
8.16	超储存期板焊接分层	268	9.23	MLP (Molded Laser POP) 的虚焊 与桥连	305
8.17	PCB 局部凹陷引起焊膏桥连	269	第 10 章 由设备引起的问题		
8.18	BGA 下导通孔阻焊偏位	270	10.1	再流焊后 PCB 表面出现坚硬 黑色异物	307
8.19	导通孔藏锡珠现象及危害	271	10.2	PCB 静电引起 Dek 印刷机频繁 死机	307
8.20	单面塞孔质量问题	272	10.3	再流焊接炉链条颤动引起元件 移位	308
8.21	PTH 孔口色浅	273	10.4	再流焊接炉导轨故障使单板烧焦	309
8.22	丝印字符过炉变紫	274	10.5	贴片机 PCB 夹持工作台上下冲击 引起重元件移位	310
8.23	CAF 引起的 PCBA 失效	275	10.6	贴片机贴放时使屏蔽架变形	311
8.24	元件下导通孔塞孔不良导致 元件移位	277			
8.25	PCB 基材波峰焊接后起白斑现象	278			
第 9 章 由元件电极结构、封装引起的问题					
9.1	银电极浸析	281			

第 11 章 由设计因素引起的工艺问题

- 11.1 HDI 板焊盘上的微盲孔引起的少锡/开焊..... 312
- 11.2 焊盘上开金属化孔引起的虚焊、冒锡球..... 313
- 11.3 焊盘与元件引脚尺寸不匹配引起开焊..... 315
- 11.4 焊盘大小不同导致表贴电解电容再流焊接移位..... 316
- 11.5 测试盘接通率低..... 316
- 11.6 BGA 焊点断裂..... 317
- 11.7 散热器弹性螺钉布局不合理引起周边 BGA 的焊点断裂..... 318
- 11.8 托盘选择性波峰焊工艺下元件布局不合理导致被撞掉..... 319
- 11.9 模块黏合工艺引起片容开裂..... 320
- 11.10 不同焊接温度需求的元件布局在同一面..... 321
- 11.11 设计不当引起片容失效..... 322
- 11.12 设计不当导致模块电源焊点断裂..... 323
- 11.13 拼版 V 槽残留厚度小导致 PCB 严重变形..... 325

第 12 章 由手工焊接、三防工艺引起的问题

- 12.1 焊剂残留物引起的绝缘电阻下降..... 327

- 12.2 焊点表面残留焊剂白化..... 328
- 12.3 强活性焊剂引起焊点间短路..... 329
- 12.4 焊点附近三防漆变白..... 330
- 12.5 导通孔焊盘及元件焊端发黑..... 331
- 12.6 喷涂三防漆后局部出现雾状白块..... 332

第 13 章 操作不当引起的焊点断裂与元件问题

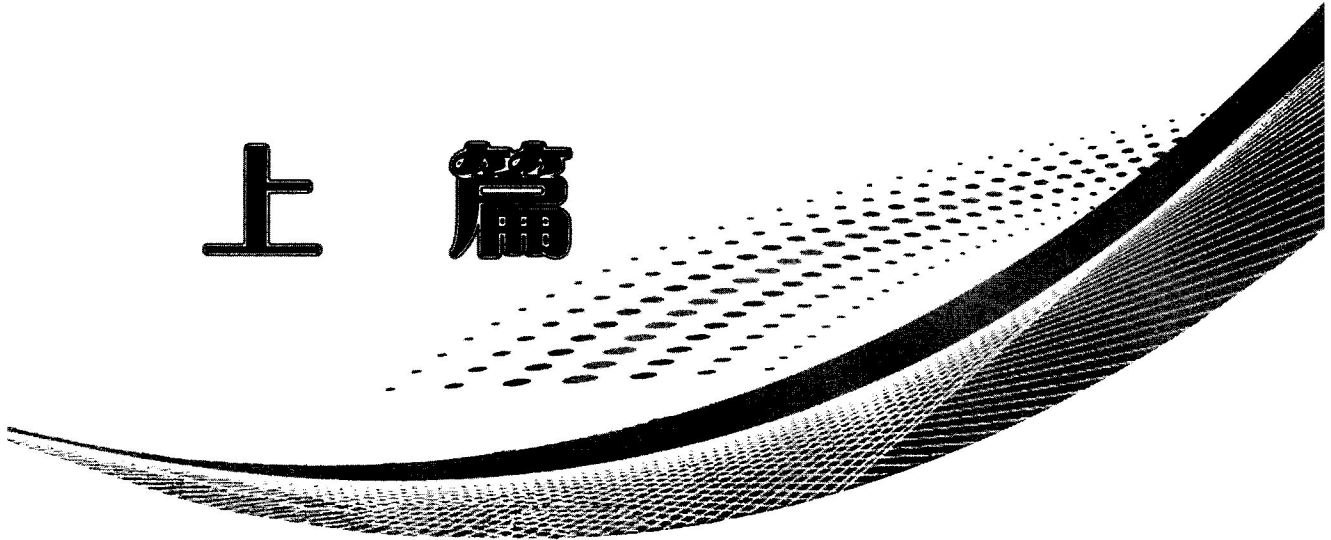
- 13.1 不当的拆连接器操作使 SOP 引脚拉断..... 333
- 13.2 机械冲击引起 BGA 脆断..... 334
- 13.3 多次弯曲造成 BGA 焊盘拉断..... 335
- 13.4 无工装安装螺钉导致 BGA 焊点拉断..... 336
- 13.5 散热器弹性螺钉引起周边 BGA 的焊点拉断..... 337
- 13.6 元件被周转车导槽撞掉..... 338
- 13.7 无工装操作使元件撞掉..... 339

第 14 章 腐蚀失效

- 14.1 厚膜电阻/排阻硫化失效..... 340
- 14.2 电容硫化现象..... 342
- 14.3 爬行腐蚀现象..... 343

附录 A 术语·缩写·简称..... 345

上 篇



表面组装核心工艺解析

第 1 章 表面组装基础知识

1.1 SMT 概述 (1)

表面组装技术, 英文名称为 Surface Mount Technology, 缩写为 SMT, 是一种将表面组装元器件 (SMD) 安装到印制电路板 (PCB) 上的板级组装技术, 它是现代电子组装技术的核心, 如图 1-1 为采用 SMT 制造的印制板组件。

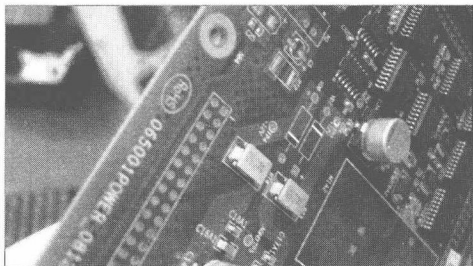


图 1-1 表面组装印制板组件

表面组装技术, 在电子工程业界, 也称之为“表面安装技术”、“表面组装技术”。它最早起源于 20 世纪 60 年代的厚膜电路外贴元件技术, 在 20 世纪 80 年代随着彩色电视机电子调谐器的大规模生产而得到迅速发展, 到了 20 世纪 90 年代中期基本成熟, 成为现代主流的电子组装技术。

1. SMT 的优势

相对于 THT (插装技术), SMT 带给电子产品四大优势:

(1) 高密度。由于表面组装元器件采用了无引线或短引线、I/O 端面阵布局等封装技术, 元器件的尺寸大大减小, I/O 引出端大大增加, 从而使 PCB 的组装密度得到大幅度的提高。

(2) 高性能。表面组装元器件的无引线或短引线特点, 降低了引线的寄生电感和电容, 提高了电路的高频高速性能以及器件的散热效率。

(3) 低成本。由于表面组装元器件封装的标准化和无孔安装特点, 特别适合自动化组装, 大幅度降低了制造成本。

(4) 高可靠性。自动化的生产技术, 保证了每个焊点的可靠连接, 从而提高了电子产品的可靠性。

正是由于 SMT 的这四大优势, 促进了其广泛应用, 反过来也推动了 SMT 本身的不断发展。

2. SMT 的技术组成

SMT 是一个系统工程技术, 包括工艺技术、工艺设备、工艺材料与检测技术, 如图 1-2 所示。

需要指出的是, 虽然我们把 SMD 与 PCB 分别作为表面组装的对象和基板看待, 但 SMD 的封装结构、PCB 的制造质量, 是与表面组装的直通率有直接紧密的相关性的。从控制 SMT 焊接质量的角度出发, 广义上的 SMT, 应该包括电子元器件的封装技术和 PCB 的制造技术, 这也是很多有关 SMT 的专著把电子元器件的封装技术和 PCB 的制造技术列为其中内容的原因。

1.1 SMT 概述 (2)

SMT 概述

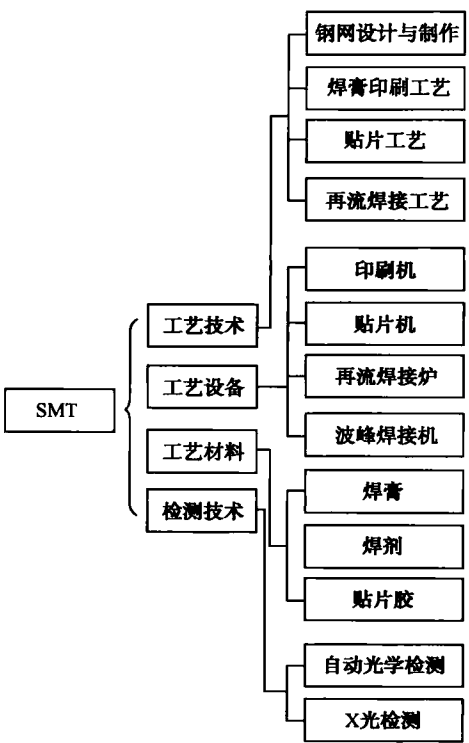


图 1-2 SMT 的组成

3. SMT 的核心

俗话讲“内行看门道，外行看热闹”。就 SMT 来讲，技术核心是什么？是设备还是工艺？在国内的学术交流会上，大家讨论最多的往往是设备，比的也是设备；其实，设备只是实现工艺的手段而已，真正核心的是工艺，它是实现高品质生产的保证。

SMT 工作的目标是制造合格的焊点，良好焊点的形成有赖于合适的焊盘设计、合适的焊膏量、合适的再流焊接温度曲线，这些都是工艺条件。使用同样的设备，有些厂家焊接的直通率比较高，有些却比较低，差别就是工艺不同，它体现在“科学化、精细化、规范化”上，比如，钢网厚度与开窗的设计、印刷的支撑与参数调整、贴片的程序设定、温度曲线的设置以及进炉间隔、装配时的工装配备情况等，这些往往需要企业花很长的时间探索、积累并规范化，而这些经过验证并固化的技术文件、工艺方法、工装设计就是“工艺”，就是 SMT 的核心。

1.2 表面组装基本工艺流程

表面组装印制电路板组件 (Print Circiut Board Assembly, PCBA) 的焊接, 主要有再流焊接和波峰焊接两种工艺, 它们构成了 SMT 组装的基本工艺流程。

1. 再流焊接工艺流程

再流焊接是指通过熔化预先印刷在 PCB 焊盘上的焊膏, 实现表面组装元器件焊端或引脚与 PCB 焊盘之间机械和电器连接的一种软钎焊工艺。

1) 工艺特点

- (1) 焊料 (以焊膏形式) 的施加与加热分开进行, 焊点大小可控;
- (2) 焊膏通过印刷的方式分配, 每个焊接面一般只采用一张钢网进行焊膏印刷;
- (3) 再流焊炉主要的功能就是对焊膏进行加热, 它是对置于炉内的 PCBA 整体加热, 在进行第二次焊接时, 第一次焊接好的焊点会重新熔化。

2) 工艺流程

印刷焊膏→贴片→再流焊接, 如图 1-3 所示。

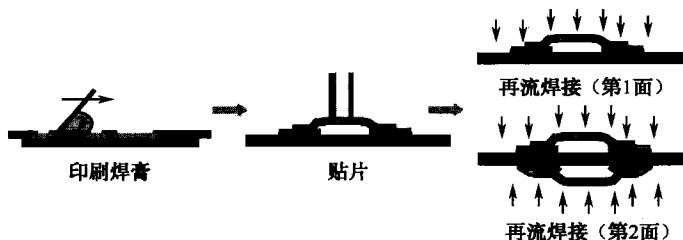


图 1-3 再流焊接工艺流程

2. 波峰焊接工艺流程

波峰焊接是指将熔化的软钎焊料 (含锡的焊料), 经过机械泵或电磁泵喷流成焊料波峰, 使预先装有元器件的 PCB 通过焊料波峰, 实现元器件焊端或引脚与 PCB 插孔/焊盘之间机械和电器连接的一种软钎焊工艺。

1) 工艺特点

- (1) 对 PCB 施加焊料与热量。
- (2) 热量的施加主要通过熔化的焊料传导, 施加到 PCB 上的热量大小主要取决于熔融焊料的温度和熔融焊料与 PCB 的接触时间 (焊接时间)。
- (3) 焊点的大小、填充性主要取决于焊盘的设计、孔与引线的安装间隙。换句话说, 就是波峰焊接焊点的大小主要取决于设计。
- (4) 焊接 SMD, 存在“遮蔽效应”, 容易发生漏焊现象。所谓“遮蔽效应”, 是指片式 SMD 的封装体阻碍焊料波接触到焊盘/焊端的现象。

2) 工艺流程

点胶→贴片→固化→波峰焊接, 如图 1-4 所示。

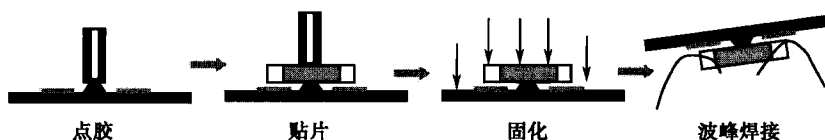


图 1-4 波峰焊接工艺流程

1.3 PCBA 组装流程设计 (1)

PCBA 的组装流程设计决定了 PCBA 正反面元器件的布局, 主要布局设计如图 1-5~图 1-9 所示。

1. 全 SMD 布局设计

随着元器件封装技术的发展, 基本上各类元器件都可以用表面组装封装, 因此, 尽可能采用全 SMD 设计, 有利于简化工艺和提高组装密度。

根据元器件数量以及设计要求, 可以设计为单面全 SMD 或双面全 SMD 布局 (见图 1-5)。对于双面全 SMD 布局, 布局在底面的元器件应该满足顶面焊接时不会掉下来的最基本要求。

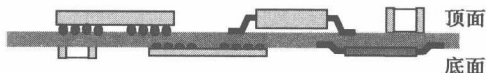


图 1-5 双面 SMD 布局设计

装配工艺流程如下。

(1) 底面: 印刷焊膏→贴片→再流焊接。

(2) 顶面: 印刷焊膏→贴片→再流焊接。

之所以先焊接底面, 是因为一般底面上所布局的 SMD 考虑到了不能掉下来的焊接要求。

2. 顶面混装, 底面 SMD 布局设计

这是目前常见的布局形式, 根据插装元器件的焊接方法, 可以细分为三类布局, 即波峰焊接、托盘选择性波峰焊接和移动喷嘴选择性波峰焊接或手工焊接。由于焊接工艺不同, 设计要求略有不同。

1) 底面采用波峰焊接的布局设计

底面采用波峰焊接的布局设计如图 1-6 所示, 这类布局适合复杂表面组装元器件 (不适合波峰焊接的 SMD) 可以在一面布局下的情况。

底面一般只能够用波峰焊接的封装, 如 0603~1206 范围内的片式元件、引线间距大于等于 1mm 的 SOP 等。

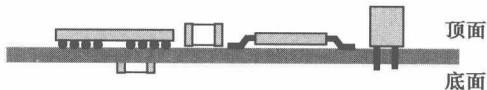


图 1-6 底面采用波峰焊接的布局设计

波峰焊接的布局设计, 其上的 SMD 必须先点胶固定。采用的装配工艺流程如下:

(1) 顶面: 印刷焊膏→贴片→再流焊接。

(2) 底面: 点胶→贴片→固化。

(3) 顶面: 插件。

(4) 底面: 波峰焊接。

之所以先焊接顶面, 一方面, 因为裸的 PCB 在焊接前比较平整; 另一方面, 因为底面胶的固化温度比较低 ($\leq 150^{\circ}\text{C}$), 不会对顶面上已经焊接好的元件构成不良影响。

1.3 PCBA 组装流程设计 (2)

2) 底面采用托盘选择性波峰焊接的布局设计

底面采用托盘选择性波峰焊接的布局设计如图 1-7 所示, 这类布局适合 SMD 数量多、一面布局不下, 又有不少插装元器件的情况。

底面布局要求比较多, 一是 SMD 元件不能太高; 二是波峰焊接元器件与托盘保护的 SMD 之间的间隔要满足工装、温度的设计要求。

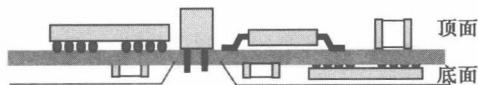


图 1-7 底面采用托盘选择性波峰焊接的布局设计

托盘选择性波峰焊接的布局设计, 其装配工艺流程如下:

- (1) 底面: 印刷焊膏→贴片→再流焊接。
- (2) 顶面: 印刷焊膏→贴片→再流焊接。
- (3) 顶面: 插件。
- (4) 底面: 加托盘波峰焊接, 如图 1-8 所示。



图 1-8 托盘

3) 底面采用移动喷嘴选择性波峰焊接的布局设计

底面采用移动喷嘴选择性波峰焊接的布局设计如图 1-9 所示, 这类布局适合 SMD 数量多、一面布局不下, 只有少数插装元器件的情况。

底面布局与双面全 SMD 基本一样, 只要插装引脚与周围元器件的间隔满足喷嘴焊接要求即可。

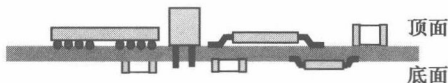


图 1-9 底面采用移动喷嘴选择性波峰焊接的布局设计

底面采用移动喷嘴选择性波峰焊接的布局设计, 其装配工艺流程如下:

- (1) 底面: 印刷焊膏→贴片→再流焊接。
- (2) 顶面: 印刷焊膏→贴片→再流焊接。
- (3) 底面: 移动喷嘴选择性波峰焊接。