

表面贴片技术指南

第一步 为制造着想的产品设计 (DFM, Design for Manufacture)

虽然对 DFM 有各种的定义，但有一个基本点是为大家所认同的，那就是在新产品开发的构思阶段，DFM 就必须有具体表现，以求在产品制造的阶段，以最短的周期、最低的成本，达到尽可能高的产量。

第二步 工艺流程的控制

随著作为销售市场上具有战略地位的英特尔和电子商务的迅猛发展，OEM 面临一个日趋激烈的竞争形势，产品开发和到市场的时机正在戏剧性的缩短，边际利润的压力事实上已有增加。同时合约加工商(CM)发现客户要求增加：生产必须具有资格并持有执照，产品上的电子组件必需有效用和有可追溯性。这样，文件的存盘已成为必不可少的了。

第三步 焊接材料

理解锡膏及其如何工作，将对 SMT 过程的相互作用有更好的了解。适当的评估技术用来保证与锡膏相联系的生产线的最佳表现。

第四步 丝印

在表面贴片装配的回流焊接中，锡膏是组件引脚或端点和电路板上焊盘之间的连接介质。除了锡膏本身之外，丝印之中有各种因素，包括丝印机，丝印方法和丝印过程的各个参数。其中丝印过程是重点。

第五步 黏合剂/环氧胶及滴胶

必须明确规定黏合剂的稠密度、良好的胶点轮廓、良好的湿态和固化强度、胶点大小。使用 CAD 或其它方法来告诉自动设备在什么地方滴胶点。滴胶设备必需有适当的精度、速度和可重复性，以达到应用成本的平衡。一些典型的滴胶问题必须在工艺设计时预计到。

第六步 贴放组件

今天的表面贴片设备不仅要能够准确贴放各种组件，而且要能够处理日益变小的组件包装。设备必须保持其机动性，来适应可能变成电子包装主流的新组件。设备使用者-OEM 和 CM-正面临激动人心的时刻，成功的关键在于贴片设备供货商满足顾客要求和在最短的时间内提交产品的能力。

第七步 焊接

批量回流焊接，过程参数控制，回流温度曲线的效果，氮气保护回流，温度测量和回流 温度曲线优化。

第八步 清洗

清洗时常被描述成“非增值”过程，但这样现实吗？或者是太过简化，以致于阻碍了对复杂事物的仔细思考。没有可靠的产品和最低的成本，一个公司在今天的全球经济中无以生存。因此制造过程中的每一步都必须经过仔细检查以确保其有助于整个成功。

第九步 测试/检查

选择测试和检查的策略是基于板的复杂性，包括许多方面：表面贴片或通孔插件，单面或双面，组件数量（包括密脚），焊点，电气与外观特性，这里，重点集中在组件与焊点数量。

第十步 返工与修理

不把返工看作“必须的不幸”，开明的管理者明白，正确的工具和改进的技术员培训的结合，可使返工成为整个装配工序中一个高效和有经济效益的步骤。

一、为制造着想的设计(DFM, Design For Manufacture)

这些年，虽然 DFM 已被各种各样地定义，但一个基本的理念是相同的：为了在制造阶段，以最短的周期、最低的成本达到最高可能的产量，DFM 必须在新产品开发的阶段有具体表现。

把 DFM 的原则应用到印刷电路装配，已经显示了降低成本和装配时间达三分之二、第一次通过率从 89% 提高到 99%。从这些数字看，DFM 是电子制造公司的显而易见的选择。

DFM 的开始

首先，必须认识到 DFM 的必要性。这个对一个高级管理成员来说可以最有效率地完成，但时常对具体实施 DFM 的初级雇员来说是另外一回事。他们通过参与 DFM 会议或研讨会来自我教育，与他人共享知识。内部推广 DFM 的其它方法包括，把有关 DFM 的研究提交给关键人物或邀请顾问与公司领导讨论 DFM。成功至少需要工程和制造两方面的领导确信 DFM 的必要，之后，组织的其余部分尽可能地予以支持。

开始 DFM 的下一个步骤就是，找一个可以监督这个过程的雇员。这意味着他必须具有工程和制造两个方面的技术背景。雇员必须了解公司的工程方面，从而理解涉及到研究、开发和设计产品的各种要求，这样他或她可以在新产品开发周期内的修正阶段影响产品。类似地，该人必须了解制造工序的能力，以加强资本和补偿任何薄弱环节。一个人在足够的细节上广泛地了解工程和制造两大功能块，是不寻常的，因此对有潜力的关键人物的循环计划应该用来开发这些技能。外部招聘，作为这个长远培训步骤的替代，是另一个保证 DFM 资源的方法。可是，这个人的关键是了解你公司的工程和制造过程。把工程要求和制造能力合理的匹配是 DFM 成功的关键。

一旦指定一个人作为 DFM 职位，重要的是他或她了解现在可利用的技术和将来有前景的技术。找到和把这些知识带入公司是重要的，这样，工程部门可以将它体现在产品设计中，制造部门可以生产出来。转换技术的有用方法是阅读关键的技术杂志或期刊、参加技术研讨会、会见供货商、访问和调查公司、参加工程协会的本地分会、和浏览因特网。收集新技术的样品，带到会议中或简单地展示陈列出来，这样做可以引起人们的兴趣和产生应用的想法。技术转换研讨和会议(经常举行)，有工程和制造两方参加，对开始教育步骤是必须的。类似的会议也会把想法汇集成讨论议题。

得到技术知识后，下一步必须决定这个新人物应该“安顿”在哪里，组织上向哪里汇报。我们推荐该人和设计部门“共处”在一起，这样，所有的交互作用都在实时发生。另外，由于成为部门的信息资产，DFM 人员有机会和人们建立和睦与尊重。虽然 DFM 人员可以向工程或制造部门汇报，推荐的方法是使其向制造

部门汇报，而驻扎在工程部。这样，他或她对制造部有必要的效忠，同时对工程部提供有价值的服务。

开始 DFM 时，考虑的另外的步骤是：统一从制造到工程的信息流(即，用同一种声音说同一种语言)；告诉设计和生产人员彼此的能力，让设计人员参观生产，反过来也是；拆除工程与制造部门之间的墙，通过每天设计部门解答 DFM 问题，成功地把新产品推向生产，量化 DFM 的影响，然后推出市场。

工具和技术

有许多商业够买的 DFM 工具，以及那些世界级公司内部创建的工具。DFM 工具是为了提供一个框架，以目标的方式来使一个设计的可制造性的测量和影响特征化。

DFM 指南是为一个公司制定预期结果基线所必须的。工程部设计达到一套规格或要求，制造部具备某种的生产能力。要求和能力的同步为两个功能部门设定期望。DFM 指南形成工程与制造部门之间的桥梁，成为通信工具。它可以开始是一页简单的合理的行动列表。例如，PCB DFM 指南应该包括首选组件与包装、优化的板/组合板尺寸、组件之间的间距要求和生产设备的边缘空留。后来，可能进化成一本更复杂和更全面的手册，定义每一个有用的部分和过程。当然，最好开始简单，使得指南清楚交流、容易理解和马上可用作参考(即，摆在每一个设计者的桌面上)。信息越复杂，越可能被放在某个人的书架上，而不是新产品设计时实际的查阅。和其它任何文件一样，指南必须得到维护，以使其准确地描述制造者的能力。当生产自动设备被替换或更新或新技术引入时，这一点特别重要。

DFM 反馈步骤。为了有效地传播制造车间和工程实验室所得到的知识经验，这一点是必要的。一个有效的方法是，由生产人员使用制造工艺来建立所有的工程模型。这是一个被证实的方法，用来传递成功建立产品的建设性的反馈信息。因此不会出现奇怪的问题，当一个产品发放给生产，因为那些相同的生产工艺已经在整个设计周期内已经用到。反馈必须传递迅速准确，使得设计小组可以马上更正由生产人员在模型上所观察到的任何问题。如人们所预料，在生产设备上运行模型制造会消耗额外的生产能力，因此，必须适当的考虑到预测的负荷要求。

假设分析模型。用这种方法来完成一个设计相对另一个设计的量化的可制造性测量。虽然相当简单，但它实现了极大的 DFM 影响力。模型表现了制造中每个装配工艺的特色：百万缺陷率(dpm, defects per million)、设定时间和运行时间。使用者输入每个工艺步骤加入的组件数量。模型输出三个关键变量的计算结果：预计周期时间、预计成本和预计产量。工具的作用是可以把非 DFM PCB 设计和实现优化步骤的 DFM PCB 设计进行比较(即，进行假设模型分析)。假设模型分析的一个例子可以从表一中看到。表中列出了 PCB X 的 DFM 前后的周期时间、成本和产量的计算。这允许两个装配之间这些变量差别的比较，以看出 DFM 的

影响。将价格差乘以预计年生产的 PCB 数量，得到预计的年度成本节约，这个然后可以和预计的改造实施成本比较。表一描述的例子显示了 66%的成本和周期时间的减少，DFM 应用板比非 DFM 应用板高出 10%的产量改进。这个模型可以用来作出商业决定，在目标、量化数据的基础上实施 DFM。

PCB 装配的假设分析模型 *										
	Standards				PCB X before DFM			PCB X after DFM		
Process	dpm	S/U	Run	Variable	S/U	Run	Quantity	S/U	Run	Quantity
Stencil Print(T)	20	5	0.5	(PCB)	5	0.5	1	5	0.5	1
Chip Place	100	10	0.012	(SMT)	10	0.048	4	10	0.312	26
IC Place	200	15	0.025	(SMT)	0	0	0	0	0	0
Reflow	25	5	-	Internal	5	0.3	1	5	0.3	1
Stencil Print(B)	20	5	0.5	(PCB)	0	0	0	0	0	0
Chip Place	100	10	0.012	(SMT)	0	0	0	0	0	0
IC Place	200	15	0.025	(SMT)	0	0	0	0	0	0
Reflow	25	5	-	Internal	0	0	0	0	0	0
Clean	10	5	0.3	(PCB)	0	0	0	0	0	0
DIP	5000	15	0.1	(Comp)	0	0	0	0	0	0
Sequence	1500	20	0.02	(Comp)	20	0.26	13	0	0	0
VCD	1500	15	0.03	(Comp)	15	0.39	13	0	0	0
Radial	5000	30	0.04	(Comp)	0	0	0	0	0	0
Stake	6000	10	0.14	(Comp)	0	0	0	0	0	0
Mask	2500	10	0.05	(Point)	10	0.15	3	0	0	0
Adhesive Dispense	50	5	-	Internal	5	0	50	5	0	50
Chip Place	100	10	0.12	(SMT)	10	0.6	50	10	0.6	50
IC Place	200	15	0.025	(SMT)	0	0	0	0	0	0
Cure	25	5	-	Internal	5	0	1	5	0	1
Clean	10	5	0.3	(PCB)	0	0	0	0	0	0
Prep	5000	15	0.1	(Comp)	15	0.7	7	0	0	0
Prewave	7500	10	0.2	(Comp)	10	2	10	10	0.8	4

Wave Solder/Clean	2000	5	0.7	(PCB)	5	0.7	1	5	0.7	1
Postwave Difficult	15000	10	3	(Comp)	10	9	3	0	0	0
Postwave Easy	10000	10	1	(Comp)	0	0	0	0	0	0
Clean	500	5	0.3	(PCB)	5	0.3	1	0	0	0
Depanel	5000	5	1.5	(PCB)	5	6	4	5	1.5	1
Conformal Coat	10000	20	10	(PCB)	20	10	1	20	10	1
Inspection	500	5	0.007	(Solder Joint)	5	1.12	160	5	1.12	160
Enter Lot Size					50			50		
Enter Realization					0.55					
0.8										
I.E. Minutes					165	32.068		90	15.832	
Prorated Setup					3.3			1.8		
Total I.E. Min.						35.368			17.632	
Total I.E. Hours						0.589			0.294	
Expected Cycle Time						1.072			0.367	
Expected Cost						\$32.15			\$11.02	
Expected Yield						89.40%			98.70%	
* All numbers are fictitious and are intended for instructional purposes only.										

表一.

DFM 计分。这个工具描述了对一个特定产品设计的每个重要的可制造性特征。表二是 PCB 可制造性的计分表。它显示了 18 个对生产重要的可制造性特征，分成三个部分：组件、设计和制造工艺。规格在设计开始时由 DFM 人员和设计小组决定，给出或者是 1 或者是 0 的等级(1 = 希望的特征，0 = 不希望的特征)。然后，在设计周期的每个连续的硬件(即，原型 1，原型 2，制造模型和生产)重复操作期间，每个特征用 1 和 0 计分(1 = 达到，0 = 没达到)。计分累计和被除(除以 18)，然后与工具底部给定的等级比较。几个重要的结果从这种工具的使用中得到。这些结果中：通常得到所希望的分(在世界级的级别中)，因为它们

按标准的，高分的竞争在设计者中升起，人们得到高分的回报。突然，工程部门努力获取 DFM 的高分。

Design for Manufacturability Scoring					
Project: X					
Board #: Y					
Components	Specs	Proto 1	Proto 2	Manufacturing Model	Production
<1% sole-sourced components	1	0	0	1	1
>95% PPSL compliance	1	1	1	1	1
Process compatible packaging	1	0	1	1	1
Component count - single pass	1	1	1	1	0
<2% hardware	1	0	0	0	1
Correct Strategy selected	1	0	0	0	1
Design					
Optimal PCB panel	1	0	1	1	1
Fabrication DRC resolved	1	0	0	0	0
Zero defect documentation	1	0	0	1	1
CAM ready data	1	1	1	1	1
Within PCB design guidelines	1	1	1	1	1
Process compatible orientation	1	0	1	1	1
Manufacturing Process					
Correct material packaging	1	0	0	1	1

Automation content >90%	1	1	1	1	1
<1% post wave process	1	0	0	0	1
Process steps <10	1	0	0	0	1
No fixtures/tools required	1	1	1	1	1
6 sigma yield possible	1	0	0	1	1
DFM Score	18%	33%	50%	72%	89%
93-100%	World Class				
85-92%	Highly Manufacturable				
77-84%	Acceptable				
69-76%	Poor				
0-68%	Unacceptable				

表二

生产就绪检查。当一个工程产品设计完成，何时才准备就绪接受设计呢？这些经常是公司要问的关键问题。虽然答案各异，但一个证明成功的方法是生产就绪检查。这是一个重要的 DFM 工具，因为市场是竞争性的，顾客要求高品质、具竞争性价格、达到市场快的产品，要求在新产品引入的开始为可制造性设计的产品。这个工具检查来自整个新产品设计周期内每个功能部门的每个可传递任务的完成情况。工程可传递任务的一个例子是，所有发放给制造部门的图纸，用于订货到交货时间内的材料采购。因此，工程部有 X 可传递，制造部有 Y 可传递。每一个这些可传递任务在整个设计周期的某个关口(即，检查点)检测。跨功能的新产品小组决定何时这些可传递任务必须完成，然后检查就绪完成情况。现在这个变成一项很目标性的检查，何时工程完成，是否制造准备就绪。例如，在 10 个月的开发周期内有 10 个不同的关口，工程部报告 75 个可传递任务中有 50 个完成，而制造部在第 10 个关口报告，100 个可传递任务中有 100 个已完成，那么很清楚，工程没有完成，制造准备就绪，需要等待。

所有这些工具 – DFM 指南、DFM 反馈、假设分析模型、DFM 计分和生产就绪检查 – 都是内部开发的。应该做成本对效益的平衡，以便合理的决定是否购买许多商业 DFM 工具之一，或者创建更适合公司需要的用户化 DFM 工具。关键是使用必要的工具达到所希望的 DFM 影响。

结论

DFM 在过去 20 年里，已变成改善成本、品质和周期时间的通用方法。结果，DFM 的概念、工具和技术在这段时间变得越来越组织化。随着这种成熟，该知

识，过去只能在教科书、手册和个人数据库中找到，已在计算机软件工具中找到去路。该趋势将继续，直到 CAE 工作站“知道”了一个制造工艺的全部特性，并能够开发其过程能力。

可是，没有必要等待到未来去发生。这里所提到的 DFM 概念和工具，只是电子装配工业中，DFM 过程成功实施的已被证实的技术例证。当然，不同的产品和工艺过程将要求细节上的变化，但是概念和工具是可移植的。

Works consulted

1. Ramon Bakerjian, Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Fourth Edition, Volume 6, Design for Manufacturability, Dearborn: Society of Manufacturing Engineers (SME), 1992.
2. Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst, Winston Knight, Product Design for Manufacture and Assembly, New York: Marcel Dekker Inc., 1994
3. James K. Hollomon, Jr., Surface-mount Technology for PC Board Design, Indianapolis: Howard W. Sams & Company, 1989, p. 267-96.
4. Ray P. Prasad, Surface Mount Technology Principles and Practices, New York: Van Nostrand Reinhold, 1989, p. 235-65.
5. Sammy G. Shina, Concurrent Engineering and Design for Manufacture of Electronic Products, New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
6. David G. Ullman, The Mechanical Design Process, New York: McGraw-Hill Inc., 1993, p. 3-15, 252-91.

有关的工业标准文件

有许多工业文件可用于帮助 DFM 的实施。下面是一览子设计有关的文件，有关这些或其它文件的情况，或要购买文件，请联系：

IPC – Association Connecting Electronics Industries, (846) 509-9700.

Surface Mount Equipment Manufacturers Association (SMEMA), (847) 831-1002.

Electronic Industries Alliance (EIA), (703) 907-7500.

SMC-WP-004	Design For Excellence
IPC-T-50	Terms and Definitions for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits
IPC-D-275	Design Standard for Rigid Printed Boards and Rigid Printed Board Assemblies
IPC-D-279	Design Guidelines for Reliable Surface Mount Technology

	Printed Board Assemblies
IPC-D-322	Guidelines for Selecting Printed Wiring Board Sizes Using Standard Panel Sizes
IPC-D-325	Documentation Requirements for Printed Boards, Assemblies, and Support Drawings
IPC-D-330	Design Guide Manual
IPC-D-390	Automated Design Guidelines
IPC-C-406	Design and Application Guidelines for Surface Mount Connectors
IPC-SM-782	Surface Mount Design and Land Pattern Standard
IPC-EM-782	Surface Mount Design and Land Pattern Standard Spreadsheet
EIA-JEP-95	JEDEC Registered and Standard Outlines for Semiconductor Devices
SMEMA 3.1	Fiducial Design Standard

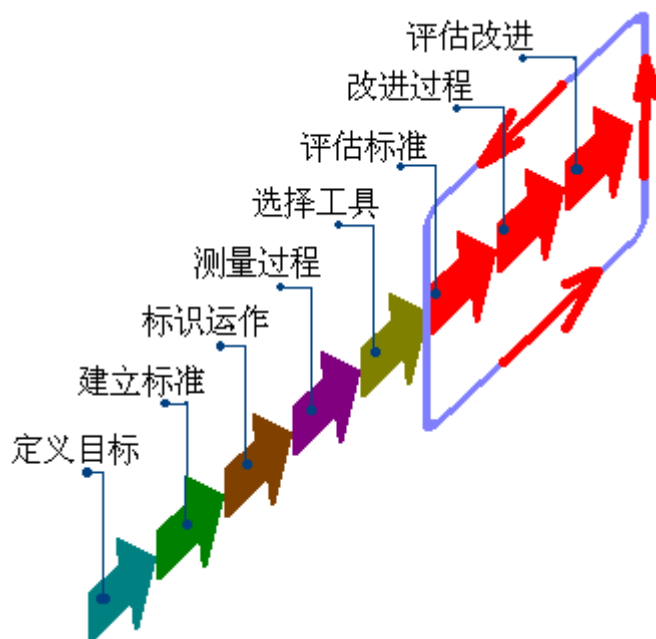
二、程控(Process Control)

随著作为销售市场上具有战略地位的英特尔和电子商务的迅猛发展，OEM 面临一个日趋激烈的竞争形势，产品开发和到位市场的时机正在戏剧性的缩短，边际利润的压力事实上已有增加。同时合约加工商(CM)发现客户要求增加：生产必须具有资格并持有执照，产品上的电子组件必需有效用和有可追溯性。这样，文件的存盘已成为必不可少的了。

当今，成功的制造商已经消除了其所需的人员与信息之间的时间和距离。管理更加紧密地与运作相连，反过来，运作人员在相互之间和与设备之间更加紧密地相联系。如果存在一个 21 世纪的成功电子制造商的定义特征，那就是准确控制、评估和改进其工艺过程的能力。

改进的逻辑过程

在计算机和电信市场的制造商的带领下，制造商们正贯彻逻辑步骤，以使得 PCB 制造过程的连续改进达到一体化。如图一所示，路线十分直接了当。以自我测试开始，在一个行进的过程测试的死循环中达到最高点，过程改进的八个步骤，虽然相互关联，但每一个都重要。



图一、以自检开始，以行进中的评估“死循环”结束，过程的改进步骤的相互关系清晰可见。

1. 定义目标。起点是改进制造过程的最基本的元素，由于其通用的范畴，而往往被忽视或难以决定。必须为整个制造运作而不是其某些部分，制定目标和目的。提出的问题是基本的：希望从产品得到什么？当顾客购买产品时，应该得到什么？

当完全探讨这些问题，则可设立整个制造舞台通用的清楚的目标和目的。然后，运作中的每一个人将明白这些观点怎样影响过程中的他那个特定部分，令人厌恶的组织分支内的目标不一致的问题将消除。决定这些目标的力量是多方面的，但大部分是市场驱动的。所有潜在的因素(例如，内部能力与期望，供应链分枝等)应该在一开始时详尽地讨论。

2. 建立度量标准。关键的度量标准，或测量定义的目标与目的是否满足的量化因素，是建立基准线以及测量过程进度所必须的。有许多测量过程的方法，但选择的度量标准必须提供评估结果的最好方法。

电子产品中，已出现四个主要度量标准：

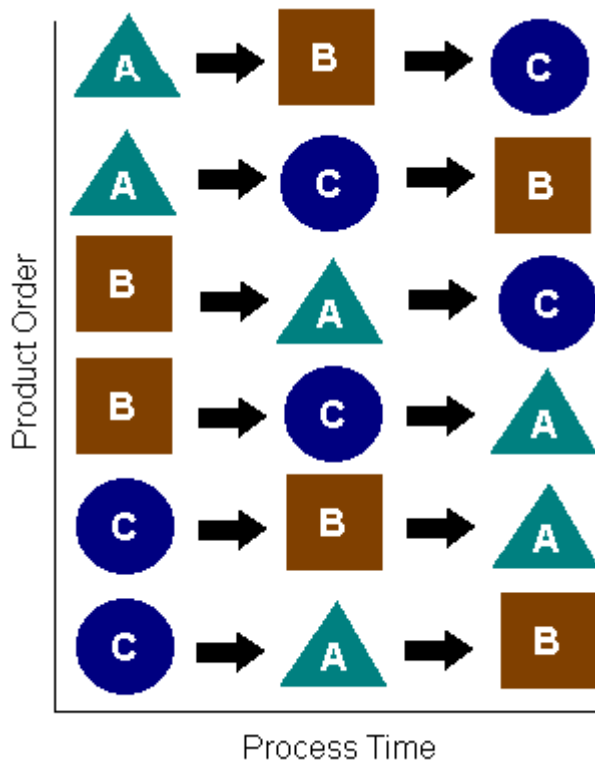
- a. 生产量，或，当机器运行时制造产品数量所决定的设备有效运行。机器运行期间完成的板的数量越大，生产量越大。
- b. 利用率，或，机器运行时间所决定的设备本身的运行。连续以每周七天、每天 24 小时运行的设备是以最大的利用率在运行的。
- c. 报废，或浪费的材料，包括装配期间损坏的或放弃无用的组件，由于装配返工或整个装配报废而必须拿掉或修理的已贴装的组件。
- d. 品质，或简单地，把正确的东西放在正确的位置，以保证产品性能达到设计规格。

3. 标识运作。一旦度量标准得到满足，影响它的运作必须得到标识。然后，程序可以得到实施，过程可以得到改进，把度量标准应用到定义的目标。这个概念就是标识关键的运作，使其可以测量，并可采取对目标有意义影响的行动。

例如，对生产量来说，关键因素可能是机器编程。程序保证最优化的贴装模式，使得机器以最快的速度运行吗？编程是手工完成的吗？如果是，自动编程工具可以改进性能和生产量吗？其它问题可能包括：是否在适当的时间有正确的维护，有现有的程序来保证吗？组件的拾取、恢复或重试操作会减少实际的机器效率吗？

对利用率来说，什么因素支持(或破坏)不分昼夜的运行？产品数据是否正确和迅速地提供给机器操作员和设备本身，使得不确定以及制造“错误产品”的可能得到避免？

转换开关 – 从一个产品转换到另一个产品 – 可能对利用率有戏剧性的影响。必须尽量减少机器上的转换，为接纳新产品而处理零件和送料器设定的变化。同样，产品在生产在线运行的次序以有形的方式用重要影响，如时间和成本(图二)。为了快速的产品转换，必须强制做到，在转换前把最新的产品规格和清楚的程序建立指导发放出来。



图二、“动态”设定，产品运行的次序可能对设备的利用率有很强的影响。决定优化的次序可以极大地改进过程。

对报废而言，产生浪费的过程和运作必须标识出来。送料器设定正确吗？零件用完后，补充是否快速、准确？有没有提供给操作员这些步骤所要求的数据？

其它问题：已经选择了生产运行的正确程序吗？和车间的组件相符合吗？机器性能本身应该评估：是否所有组件都拿起和贴装，或者，是否丢失率对报废有重大影响？机器性能是否在行进的基础上有文件记录？

品质度量标准回到直接了当的指令：把正确的零件放在正确的位置，以保证产品性能达到设计要求。为了保证，必须告诉操作员正确的程序，即，所有车间内装配、测试和包装的步骤。是否工程与制造之间的通信可保证设计更改直接地反映在制造程序中？最后，传统的品质检查 – 产品是否真的制造正确？

4. 测量过程。一旦影响定义目标最大的运作与程序已经标识，它们可按照已建立的度量标准来测量。过程测量将逻辑上来自于过程本身，一些简单得足以手工评估(即，在纸上)，而其它的将要求通过信息系统来精密复杂地监视。事件包括时间、范围、内容、精度和反应，或者，制造商对过程中或过程本身变化的有效反应的能力。不需要说，成功的制造商中间的运行已清楚地趋向于精密复杂的实时程控 – 变成日常事务的一部分的一种承诺。

5. 选择工具。关键因素包括效率、对过程偏移的反应速度和数据收集与分析错误的最小化。提供的某些工具是占优势的：

- 统计程控(SPC, **Statistical process control**)和交互过程优化(IPO, **Interactive process optimization**)被广泛地用于量化和改进生产量。SPC 提供所有与信息系统通信的设备的实时状态的图表显示。它也用来作图表和提供对自动储存在运行数据库的信息的可视化和实时监测。例如, SPC 图表提供访问生产(看工具条)、吸嘴和料盒管理数据、运行状态和现时与历史的操作事件资料。这些工具最精密复杂之处可以结合数据区域来产生用户图表和报告,可相对定义的控制参数对其评估,以提供失控情况的自动报警。

IPO 提供从自动转换和 CAD 数据优化,到就绪的生产程序的所有东西。典型的, IPO 使用多级和多产品的优化步骤来转换 CAD 文件到增加生产设备效率而减少设定时间的“处方”。现在的程序使用图形用户接口(GUI, **Graphical User Interfaces**)来使得在过程中任何点进行自动优化的简单编辑。通过提供多已经数据库, IPO 给用户对用来产生程序的零件信息一个提升的控制;其优化过程提供整条生产线机器的平衡的设定时间,而使料车和工作台的运动最少。这个工具的关键优势是,把多个产品和其组件作为一个整体或“混合”进行优化。其结果是,运行中的所有产品的单一设定,使设定和转换时间最少,而提供有力的控制。主要目标是建立一条降低所有生产制造时间的,生产和机器程序最大化的生产线。

- 用于测量利用率标准的流行的工具包括,动态设定管理(DSM, **Dynamic Setup Management**), 组件确认与跟踪(CVT, **Component Verification and Tracking**), 生产线管理者和主机通信/产品数据管理软件。DSM 工具是增加的生产线管理系统,提供对特定生产线的交互管理产品运行的能力。DSM 计算递增的一列产品的送料器设定变化,以使所花的生产时间最少;它是基于估计的运行和设定时间的总和。DSM 对合约制造商特别重要,高混合、低产量的生产环境使得转换的最少化成为首选。

CVT 工具结合硬件和软件系统,使用拴在系统上的条形码扫描仪。CVT 扫描仪让操作员完成单个产品或全部产品混合的设定全过程。这些系统允许双料车单独地设定,允许设定现时产品的一个料车的同时,另一个料车已准备好下一个产品。零件、销售商、批号、数量和操作员数据储存在 CVT 工具里,作为一个辅助受益,以支持组件的可追溯性。典型的,用于新产品设定的相同 CVT 屏幕也用于跟踪组件的用尽,因此简化两个操作。

生产线管理者提供多元的自动转换。它们可监查转换,当转换完成时停止和释放组板;下载产品和把它指向特定的设备;并且开始新的产品顺序,为生产作必要的调整(如,宽度轴)。生产线管理者通常扫描每个组合板,把其产品和那些运行在生产区的进行比较,若不同则开始转换。转换的自动化大大地改善了利用率。

主机通信工具使用产品概念,来吸收操作员需要用来在生产在线运行产品的所有信息。有了这些工具,主管可以设定那些要下载或上载的数据;这消除了操作员出错的机会和减少快速转换时的不确定性。

- 送料器管理系统(FMS)和组件管理系统(CMS)是应用于报废度量标准的通用工具。(SPC 和 CVT 也应用于这个度量标准。) FMS 跟踪工厂内送料器资源的位置和生产统计数据。因为送料器有关的错误可能是报废组件的主要原因, FMS 把工厂看作送料器可能放置的几个区域。因此, 工具通常要求送料器以条形码作标记, 作为送料器装载操作的一部分来扫描。从送料器吸取和报废的组件计数自动的和每个送料器联系在一起。然后, 工具可用来识别和找到需要维护的送料器。因为送料器是从机器上安装和拆卸的, FMS 工具自动地跟踪和分配计数和错误数量给每个送料器。

CMS 工具跟踪工厂内的组件库存清单。和 FMS 一样, 它把工厂按区域划分, 在这里可以找到组件, 并当组件移动时, CMS 跟踪它们。高级的 CMS 工具显示现时的组件信息, 定义区域内的零件位置, 低存数组件报警, 以查明接近所定义的用尽极限的组件料盘数量, 和与组件有关的过程度量标准的图表(例如, 按零件/销售商/批号的报废)。

- 或许, 在评估标准中最动态的发展是, 品质的文件编辑工具的应用。它们可用来描述制造过程和给生产车间派发专门的工作指示, 消除了只提供单一的解决方案给包装信息, 如装配图纸、程序安排图表和操作指示, 所造成的效率低下。文件编制工具迅速把工厂推向无纸张运作, 这里, 所有要求的信息放在单一的文件内, 可独立于其它工具使用。文件编制的运行可在单台计算机上、手工装配站或生产在线, 消除了报告乱放或无效的工作指示的混乱。重要的是, 通过把制造信息结合在单一的数据包中, 文件编制工具提供了一个标准来制造产品和促进车间内 ISO9000 的认识。最后, 在品质计量标准的测量中占主导的其它工具包括, 检查工具、生产线管理者和主机通信装置。

如前面所说, 品质检查工具可以是手工的或自动的, 看其应用而定。在生产在线累加缺陷的能力证明是自动工具最大的实惠, 它允许改进的跟踪, 提供寻找关键制造问题的指示。大多数制造商采用一系列的工具, 跨过主要的度量标准工作, 来增强工具投资的回归, 同时支持度量标准的关键前提: 追寻既定的目标和目的(图三)。

生产量	利用率	报废	品质
统计过程控制	动态设定	元件检查与跟踪	文件编辑
	元件检查与跟踪	统计过程控制	生产线管理者
交互式过程优化	生产线管理者	送料器管理	主机通信
	主机通信	元件管理	检查

图三、程控工具表，可看出利用率横跨几个主要标准。

6. 评估标准。随着目标和目的的制定、标准达到一致和得到制定、关键的运作在行进的基础上用选择的工具得到标识和测量，是时候评估这测量了。这对于描述制造性能的历史和把结果与目标相比较是必要的。只有当呈现了过程及其变量的准确图形后，才可以向希望的方向迈进。

7. 改进过程。当手上持有制造过程的准确图形时，那些不支持目标的区域将变得清楚。然后，作出调整，以达到改进度量标准和减少棘手的偏移的目标。

8. 评估改进。现在，基本的目标达到了吗？这一步实际上是第六步的评估过程的听诊，改进和评估变成运作中的一个行进部分。那些掌握这个连续准则的人将具备在当今迅速变幻的市场中成功的极具竞争性的法宝。

结论

实施这八个步骤的最终理由是极其简单的：即，生存。制造商所面对的市场压力将不会随着时间而减少。市场之间的边界正在消失，竞争更加激烈。成功的人能够对客户反应是迅速、高效并带有很强的控制，因为他们的顾客的要求不会变得越少。通过增加产出、利用率最高化、减少报废以及通过履行行进中的程控改进来改善品质，原设备制造商(OEM)和合约制造商(CM)将能够降低成本、改善效益、开发和维持生意，以及抓住开朗的客户忠诚。

三、焊接材料

焊锡作为所有三种级别的连接：裸片(die)、包装(package)和电路板装配(board assembly)的连接材料。另外，锡/铅(tin/lead)焊锡通常用于组件引脚和 PCB 的表面涂层。考虑到铅(Pb)在技术上已存在的作用与反作用，焊锡可以分为含铅或不含铅。现在，已经在无铅系统中找到可行的、代替锡/铅材料的、组件和 PCB 的表面涂层材料。可是对连接材料，对实际的无铅系统的寻找仍然进行中。这里，总结一下锡/铅焊接材料的基本知识，以及焊接点的性能因素，随后简要讨论一下无铅焊锡。

焊锡通常定义为液化温度在 400° C(750° F)以下的可熔合金。裸片级的(特别是倒装芯片)锡球的基本合金含有高温、高铅含量，比如 Sn5/Pb95 或 Sn10/Pb90。共晶或临共晶合金，如 Sn60/Pb40，Sn62/Pb36/Ag2 和 Sn63/Pb37，也成功使用。例如，载体 CSP/BGA 板层底面的锡球可以是高温、高铅或共晶、临共晶的锡/铅或锡/铅/银材料。由于传统板材料，如 FR-4，的耐热水平，用于附着组件和 IC 包装的板级焊锡局限于共晶，临共晶的锡/铅或锡/铅/银焊锡。在某些情况，使用了锡/银共晶和含有铋(Bi)或铟(In)的低温焊锡成分。

焊锡可以有各种物理形式使用，包括锡条、锡锭、锡线、锡粉、预制锭、锡球与柱、锡膏和熔化状态。焊锡材料的固有特性可从三个方面考虑：物理、冶金和机械。

物理特性

对今天的包装和装配特别重要的有五个物理特性：

1. 冶金相化温度(Metallurgical phase-transition temperature)有实际的暗示，液相线温度可看作相当于熔化温度，固相线温度相当于软化温度。对给定的化学成分，液相线与固相线之间的范围叫做塑性或粘滞阶段。选作连接材料的焊锡合金必须适应于最恶劣条件下的最终使用温度。因此，希望合金具有比所希望的最高使用温度至少高两倍的液相线。当使用温度接近于液相线时，焊锡通常会变得机械上与冶金上“脆弱”。
2. 焊锡连接的导电性(electrical conductivity)描述了它们的电气信号的传送性能。从定义看，导电性是在电场的作用下充电离子(电子)从一个位置向另一个位置的运动。电子导电性是指金属的，离子导电性是指氧化物和非金属的。焊锡的导电性主要是电子流产生的。
电阻 — 与导电性相反 — 随着温度的上升而增加。这是由于电子的流动性减弱，它直接与温度上升时电子运动的平均自由路线(mean-free-path)成比例。焊锡的电阻也可能受塑性变形的程度的影响(增加)。
3. 金属的导热性(thermal conductivity)通常与导电性直接相关，因为电子主要是导电和导热。(可是，对绝缘体，声子的活动占主要。)焊锡的导

热性随温度的增加而减弱。

4. 自从表面贴装技术的开始，温度膨胀系数(CTE, coefficient of thermal expansion)问题是经常讨论到的，它发生在 SMT 连接材料特性的温度膨胀系数(CTE)通常相差较大的时候。

一个典型的装配由 FR-4 板、焊锡和无引脚或有引脚的组件组成。它们各自的温度膨胀系数(CTE)为， $16.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (FR-4); $23.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (Sn63/Pb37); $16.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (铜引脚); 和 $6.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (氧化铝 Al_2O_3 无引脚组件)。在温度的波动和电源的开关下，这些 CTE 的差别增加焊接点内的应力和应变，缩短使用寿命，导致早期失效。

两个主要的材料特性决定 CTE 的大小，晶体结构和熔点。当材料具有类似的晶格结构，它们的 CTE 与熔点是相反的联系。

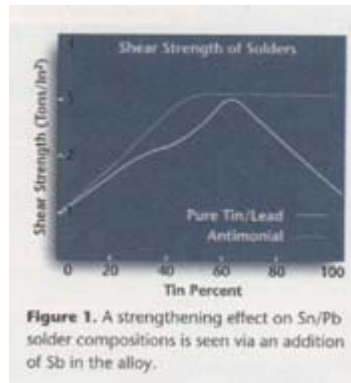
5. 熔化的焊锡的表面张力(surface tension)是一个关键参数，与可熔湿性和其后的可焊接性相关。由于在表面的断裂的结合，作用在表面分子之间的吸引力相对强度比焊锡内部的分子力要弱。因此材料的自由表面比其内部具有更高的能量。

对熔湿焊盘的已熔化的焊锡来说，焊盘的表面必须具有比熔化的焊锡表面更高的能量。换句话说，已熔化金属的表面能量越低(或金属焊盘的表面能量越高)，熔湿就更容易。

冶金特性

在焊锡连接使用期间暴露的环境条件下，通常发生的冶金现象包括七个不同的改变。

1. 塑性变形(plastic deformation)。当焊锡受到外力，如机械或温度应力时，它会发生不可逆变的塑性变形。通常是从焊锡晶体结合的一些平行平面开始，它可能在全部或局部(焊锡点内)进行，看应力水平、应变率、温度和材料特性而定。连续的或周期性的塑性变形最终导致焊点断裂。
2. 应变硬化(strain-hardening)，是塑性变形的结果，通常在应力与应变的关系中观察得到。
3. 回复过程(recovery process)是应变硬化的相反的现象，是软化的现象，即，焊锡倾向于释放储存的应变能量。该过程是热动力学过程，能量释放过程开始时快速，其后过程则较慢。对焊接点失效敏感的物理特性倾向于恢复到其初始的值。尽管如此，这不会影响微结构内的可见的变化。
4. 再结晶(recrystallization)是经常在使用期间观察到的焊接点内的另一个现象。它通常发生在相当较高的温度下，涉及比回复过程更大的从应变材料内释放的能量。在再结晶期间，也形成一套新的基本无应变的晶体结构，明显包括晶核形成和生长过程。再结晶所要求的温度通常在材料绝对熔点



的三分之一到二分之一。

5. 溶液硬化(solution-hardening), 或固体溶液合金化过程, 造成应力增加。一个例子就是当通过添加锑(Sb)来强化 Sn/Pb 成分。如图一所示。
6. 沉淀硬化(precipitation-hardening)包括来自有充分搅拌的微沉淀结构的强化效果。
7. 焊锡的超塑性(superplasticity)出现在低应力、高温和低应变率相结合的条件下。

机械特性

焊锡的三个基本的机械特性包括应力对应力特性、蠕变阻抗和疲劳阻抗。

虽然应力可通过张力、压力或剪切力产生, 大多数合金的剪切力比张力或压力要弱。剪切强度是很重要的, 因为大多数焊接点在使用中经受剪切应力。

蠕变是当温度和应力(负荷)都保持常数时的一种全面塑性变形。这个依靠时间的变形可能在绝对零度以上的任何温度下发生。可是, 蠕变只是在“活跃”温度才变得重要。

疲劳是在交变应力下的合金失效。在循环负荷下合金所能忍受的应力比静态负荷下小得多。因此, 屈服强度, 焊锡阻抗永久变形的静态应力, 经常与疲劳强度无关。通常疲劳断裂开始于几个微小的裂纹, 在重复应力作用下增长, 造成焊接点截面的承载能力下降。

电子包装与装配应用中焊锡一般经受低频疲劳(疲劳寿命小于 10,000 周期)和高应力。温度机械疲劳是用来界定焊锡特性的另一个测试模式。材料受制于循环的温度极限, 即温度疲劳测试模式。每个方法都有其独特的特性和优点, 两者都影响焊锡上的应变循环。

性能与外部设计

人们都认识到焊锡点的可靠性不仅依靠内在的特性, 而且依靠设计、要装配的组件与板、用以形成焊接点的过程和长期使用的环境。还有, 焊接点表现的特性是有别于散装的焊锡材料。因此, 一些已建立的散装焊锡与焊接点之间的机械及温度特性可能不完全相同。主要地, 这是由于电路板层表面对焊锡量的高比率, 在固化期间造成大量异相晶核座, 以及当焊锡点形成时元素或合金成分浓度变化。任何一种情况都可能导致反应缺乏均匀性的结构。随着焊锡点厚度的减少,

这种接口衰歇将更明显。因此，焊接点的特性可能改变，失效机制可能与从散装的焊锡得出的不一样。

组件与板的设计也会对焊锡点特性有重要影响。例如，和焊盘有联系的阻焊的设计(如限定的或非限定的阻焊)，将影响焊锡点的性能以及失效机制。

对每一种组件包装类型，观察和介定各自的焊接点失效模式。例如，翘形 QFP 的焊接点裂纹经常从焊点圆角的脚跟部开始，第二条裂纹在脚趾区域；BGA 的焊点失效通常在焊锡球与包装的接口或焊锡球与板的界面发现。

另一个重要因素是系统温度管理。IC 芯片的散热要求在不断增加。运行期间产生的热量必须有效地从芯片带出到包装表面，然后到室温。在出现由于过热而引起的系统失效之前，IC 的性能可能变得不稳定，和前面所说的温度与导电性之间的关系一样。组件的包装与电路板的设计都会影响到散热过程的效率。

焊锡节点比其替代品聚合胶的传导热量要有效得多。

当焊锡点通过一个品质过程适当地形成后，与其使用寿命相联系的是蠕变/疲劳的交互作用、金属化合的发展和微结构的进化。失效模式随系统的构成而变化，比如包装类型(PBGA、CSP、QFP 电容，等)、温度和应变水平、使用的材料、圆角体积焊锡点几何形状以及其它设计因素。更高功率的芯片和现在设计不断增加密度的电路更加要求焊点的更好的温度疲劳强度。

无铅焊锡

对无铅焊锡的兴趣随着时间发生变化，有激动也有冷漠。虽然还没有立法的影响，开发无铅焊锡的另一个、可能更重要的目标是把焊锡提高到一个新的性能水平。

典型的 PCB 装配共晶锡/铅(Sn63/Pb37)焊锡点通常遇到累积的退化，造成温度疲劳。这个退化经常与焊点接口的金相粗糙有关，如图二所示，而它又与铅(Pb)



Figure 2. SEM microstructure of a thermally fatigued Sn63/Pb37 solder joint, showing the coarsened area near the interface.

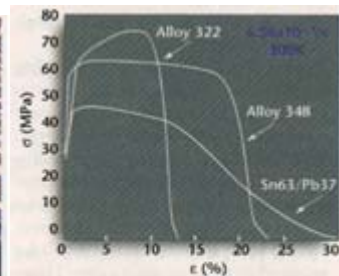


Figure 3. Comparison of stress vs. strain at 300°K and a strain rate of 6.56×10^{-4} /sec-ond between Sn63/Pb37 and the designed lead-free solder compositions.

或富铅(Pb-rich)金相更密切。

如果取消铅，那无铅焊锡经受温度循环的损害机制会改变吗？在没有其它主要失效(金属间化合、粘合差、过多空洞，等)的条件下，温度疲劳环境中无铅焊锡点的失效机制很可能不会涉及与锡/铅相同程度的金相粗糙。实际上应该设计无铅合金以防止金相粗糙，因而提供更高的疲劳阻抗，因为有适当的微结构进化。图三比较受温度疲劳的无锡焊锡点的强度，显示两种无铅合金没有金相粗糙。

已介绍各种无铅成分。多数似乎至少在一个区域失效：例如，可能缺少本身的性能来显示焊接期间实时流动和良好的熔湿性能；熔化温度可能太高，超出同用 PCB 的温度忍耐水平；或者可能展示机械性能不足。只有那些结合所希望的物理和机械特性与满足制造要求的能力的无铅焊锡才被认做可利用的材料。

四、SMT 丝印是科学，不是艺术

在一块典型的PCB(印刷电路板)上,可能有几百个组件,600到1,000个联接点(即焊盘 pad)。因此这些端点的焊接不合格率必须维持在一个最小值。一般来说,PCB不能通过测试而须要返工的有60%是由于锡膏(solder paste)丝印质量差而造成的。本文将讨论丝印(screen printing)的基本要素,并探讨生产中持续的完美丝印品质所需的技术。

在锡膏丝印中有三个关键的要素,这里叫做三个S: Solder paste(锡膏), Stencils(丝印模板), 和 Squeegees(丝印刮板)。三个要素的正确结合是持续的丝印品质的关键所在。

锡膏(第一个S)

锡膏是锡珠和松香(resin)的结合物,松香的功能是在回流(reflowing)焊炉的第一阶段,除去组件引脚、焊盘和锡珠上的氧化物,这个阶段在150°C持续大约三分钟。(resin有时叫做rosin,严格地说, resin是天然产品,而rosin是人造产品。)焊锡是铅、锡和银的合金,在回流焊炉的第二阶段,大约220°C时回流。银和松香都起帮助熔化焊锡和湿润(wetting)以达到回流的作用,即助焊剂的作用。(湿润wetting:是焊接效果的描述词,被焊物好象被锡所浸“湿”。)

球状的焊锡颗粒制造成各种混合尺寸,然后筛选、分级,锡膏是按照锡珠的大小来分级的,如下:

- 2型: 75~53 m
- 3型: 53~38 m
- 4型: 38~25 m(= micron = 0.001mm)

三球定律

三球定律给生产提供了一个选择丝印模板的简单公式,锡膏中锡珠的大小必须与丝印模板相匹配,如下所述:

经验公式:

- 至少有三个最大直径的锡珠能垂直地排在丝印模板的厚度方向上。
- 至少有三个最大直径的锡珠能水平地排在丝印模板的最小孔的宽度方向上。

如图中所示为丝印模板及锡珠的截面图:



计算略为复杂，因为锡珠是用米制 micron()来度量，而丝印模板厚度的工业标准是美国的专用单位 thou!

(1 $m=1 \times 10^{-3} \text{mm}$, $1 \text{thou}=1 \times 10^{-3} \text{inches}$, $25 \text{m} = 1 \text{thou}$.)

锡膏类型	3x 最大的锡珠尺寸	最接近的模板厚度
2 型: 75~53	$3 \times 75 = 225 = 9.0 \text{thou}$	9 thou
3 型: 53~38	$3 \times 53 = 159 = 6.4 \text{thou}$	6 thou
4 型: 38~25	$3 \times 38 = 114 = 4.6 \text{thou}$	4 thou

丝印孔的尺寸是由组件引脚间隔(pitch)决定的，焊盘的尺寸一般是引脚间隔的一半。(丝印孔的尺寸实际上可能比焊盘(pad)尺寸小一点)，例如，25thou(0.63mm)的间隔，丝印孔为 12.5thou。因此锡膏的选用必须满足丝印模板上最小的丝印孔：

组件最小引脚间隔	最小丝印孔	合适的锡膏类型
16 thou	8 thou	2 型: 75~53
12 thou	6 thou	3 型: 53~38
8 thou	4 thou	4 型: 38~25

因此，丝印模板的厚度通常是决定因素，大多数应用是选择标准的 6thou 厚的丝印模板，3 型的锡膏。

粘 度

粘度是锡膏的一个重要特性，从动态方面来说，在丝印行程中，其粘性越低，则流动性越好，易于流入丝印孔内，印到 PCB 的焊盘上。从静态方面考虑，丝印刮过后，锡膏停留在丝印孔内，其粘性高，则保持其填充的形状，而不会往下塌陷，这一点对于等待贴片前丝印在焊盘上的锡膏更为重要。

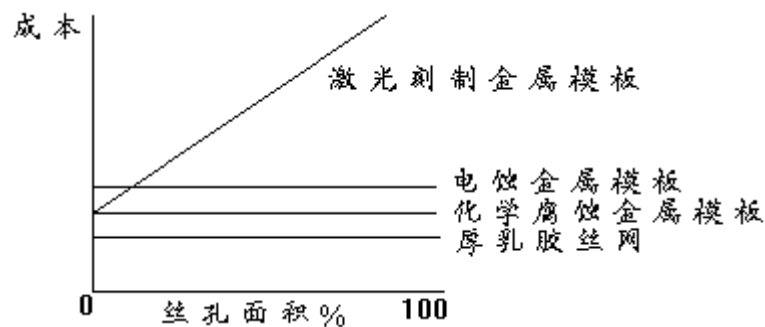
锡膏在其容器罐内的粘度是使用一种精巧的、通常很昂贵的实验室粘度计测量而得的。标准的粘度是在大约 500kcps~1200kcps 范围内，较为典型的 800kcps 用于模板丝印是理想的。判断锡膏是否具有正确的粘度有一种更为实际和经济的方法，如下：

用刮勺在容器罐内搅拌锡膏约 30 秒钟，然后挑起一些锡膏，高出容器罐三、四英寸，让锡膏自行往下滴，开始时应该象稠的糖浆一样滑落而下，然后分段断裂

落下到容器罐内。如果锡膏不能滑落，则太稠，如果一直落下而没有断裂，则太稀，粘度太低。

丝印模板 (第二个 S)

历史上，使用一种厚的乳胶丝网，它有别于丝印模板，现在只有少数锡膏丝印机使用。金属模板比乳胶丝网普遍得多，优越得多，并且也不会太贵。下图给出了一个价格比较的概念：



厚乳胶丝网

锡膏印刷技术源自于完善建立的工业丝印(silk screen printing)行业，因此术语“丝印”被源用到这种要求较稠沉淀物的锡膏印刷。厚乳胶丝网原本比金属模板经济得多，但使用寿命不长，而且用于密脚(fine pitch)也不实际。

制造过程如下：

在框架上张布一张尼龙、聚酯纤维或不锈钢的丝网。不锈钢丝是最好的，因为其刚性。工业丝印用的网很细密，大约每英寸 400 丝，这样细小的油墨粒子(2~3 μ m)才可以很流畅地通过丝网。为了使锡珠通过丝网，建议采用一种粗糙得多的丝网，大约每英寸 80 丝。

丝网上涂盖光敏乳胶，通常约十层以封住网孔，形成一层典型的 8thou 的厚度。将正趋旋光性(黑色焊盘)透明玻璃放在上面，然后用很强的紫外光来曝光(如：2kw，几秒钟)。曝光区域变硬，软的地方没曝光，可被洗掉而留下网孔。因此，丝印时锡膏可以通过这些孔来印刷。

丝印刮板(squeegee)是利用泵作用原理将锡膏压挤通过丝网，因此要使用一种软的橡胶刮板(见刮板部分)。丝印时丝网与 PCB 之间留有 1~3mm 的间隙，刮板将丝网压低和 PCB 接触，随后“撕开”。这种作用是必要的，否则，锡膏会滞留在丝网上而不是在 PCB 的焊盘上。

厚乳胶丝网的应用，其局限性主要是由于开孔上有丝网的阻碍，得到的丝印沉淀物有限，不可以用于小于 30thou 的密间隔。

金属模板

金属模板现在在大多数的锡膏丝印机上使用。其组成是薄金属板上开有小孔，锡膏从中印出，解决了前面网印的沉淀物无规律的问题。不要求丝印刮板有泵作用，因为锡膏可以很容易流过开孔。也不要求模板与 PCB 之间有间隙。

有三种制造金属模板的方法：化学、激光和电蚀。

化学腐蚀

现时丝印模板主要是这种方法制造的，过程如下：

取薄铜板，或更普遍的不锈钢板，在两面涂盖光敏耐酸物，正趋旋光性(黑色焊盘)模版分别迭放在两面，用强力紫外光曝光。曝光区域变硬，而软的焊盘区域可以被冲洗掉。然后将板放入酸中洗浴，从两面腐蚀掉所希望孔。

金属板两边的正趋旋光性模版的相互定位是关键性的，特别是密引脚间隔的组件。如果模版定位不好，孔会形成斜坡，造成丝印不好，出现这种情况的机会通常是十分之一，但在过去几年中，该问题很大成度上被解决了，因为改进的 CAD 数据和制造技术使失误率下降到大约五十分之一。成功的技术将使得模版如同一个信封，将空板放入，可达到 2~20micron 的精度。

孔壁不能达到太平整，因为酸是逐步腐蚀到孔内，但也会往板的横向腐蚀。形成一个“8”字形截面。(下图为放大图)



但是，由于丝印模板很薄，所以通常这不是问题。

激光刻制模板

另一个技术是使用计算机控制的 CO₂ 或 YAG 激光从板的一面切割出丝孔，可能要花去大约半个小时来刻制一块模板，开孔区越大，时间就越多，费用也越高。激光机大约成本为 400,000 美元，因此激光使用时间昂贵，结果通常一块模板费用是化学腐蚀的三倍。

该系统很精密，但除了成本贵外，还有一个缺点：激光将熔化的金属切割出丝孔，同时也容易熔化模板表面，造成表面粗糙。因此需要用沙抛光或用化学方法来清

洗表面，留下几个 micron 的粗糙度，看上去好象表面暗淡，对聚酯刮板有磨损作用，并且使得模板难以清洁，虽然有人认为粗糙度将有助于锡膏的“滚动”。

电 蚀 模 板

电蚀模板现时约占使用的 2~3%，其制造过程是加成的，不象其它工艺，模板成形方法如下：

用光敏绝缘乳胶埋盖住芯板(基板)，通过负趋旋光性模版(焊盘区透明，非丝印区不透明)用紫外光曝光。焊盘区域变硬，其它区域被清洗掉，然后将芯板浸浴在酸性电解溶液内，作为阴极联接在电源上，阳极为耗损性镍。经过几个小时，镍就沉淀在导电区域(非焊盘)，并可以象一张纸一样撕下，形成丝孔。

这种模板有比其它模板优越的地方，孔的内壁很平滑，可以作成梯形，即底部比上部稍宽，1~2° 的角度，这有助于锡膏穿过模板印到 PCB 上。在孔的底部四周形成 10~20micron 的“尖头”，在焊盘周围形成一圈边框，丝印时有助于锡膏准确地停留在焊盘上，见下图：



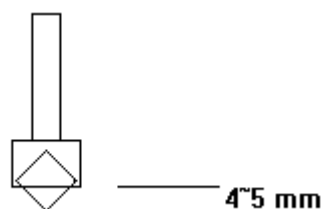
成本大约比化学腐蚀高 30%。

刮 板 (第 三 个 S)

刮板有两种形式：菱形和拖裙形，拖裙形分成聚乙烯(或类似)材料和金属。

菱 形

这种形式现在已很不普遍了，虽然还在使用，特别在美国和日本。它由截面为大约 10 mm x 10 mm 的正方形组成，由夹板夹住，形成两面 45° 的角度：



这种刮板可以两个方向工作，每个行程末都会跳过锡膏条，因此只要一个刮板。可是，这样很容易弄脏，因为锡膏会往上跑，而不是只停留在聚乙烯的很少的暴

露部分。其挠性不够意味着不能贴合扭曲变形的 PCB，可能造成漏印区域。不可调节。

拖裙形

这种形式很普遍，由截面为矩形的聚乙烯构成，夹板支持，需要两个刮板，一个丝印行程方向一个刮板。无需跳过锡膏条，因锡膏就在两个刮板之间，每个行程的角度可以单独决定。

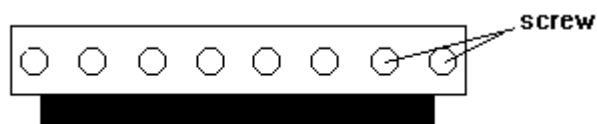


大约 40 mm 刮板是暴露的，而锡膏只向上走 15~20 mm，所以这种形式更干净些。

刮板是按硬度范围和颜色代号来区分的，例如：

60~65shore	very soft	红色
70~75shore	soft	绿色
80~85shore	hard	蓝色
90 + shore	very hard	白色

使用之前，刮板须调节，使其导向边成直线并平行，先检查其边是否成直线，如果不，调节夹板的固定螺丝。

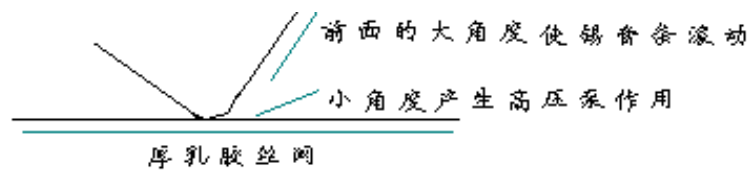


刮板作用

和金属模板比较来看，刮板的动力学要求对乳胶丝网是不同的。

在乳胶丝网上，刮板需要推动其前面的锡膏，将锡膏泵压通过丝网而印到丝印区域，要到达这种作用需使用

一种软的刮板 (70~75 shore, 绿色), 其自身在与丝网接触的地方发生变形。



甚至可用更软的刮板 (60~65 shore, 红色) 来在厚的混合陶瓷基底上丝印油墨。

使用金属模板时, 刮板将锡膏在前面滚动, 无须泵作用即可流入丝孔内, 然后刮去多余锡膏, 在 PCB 焊盘上留下与模板一样厚的锡膏。不需要也不指望刮板的变形, 因此可以使用较硬的 (即: 80~85 shore, 蓝色) 或金属的刮板。

刮板硬度与压力必须协调, 如果压力太小, 刮板将刮不干净模板上的锡膏, 如果压力太大, 或刮板太软, 那么刮板将沈入模板上较大的孔内将锡膏挖出。

压力的经验公式

在金属模板上使用蓝色刮板, 为了得到正确的压力, 开始时在每 50mm 的刮板长度上施加 1kg 压力, 例如 300mm 的刮板施加 6kg 的压力, 逐步减少压力直到锡膏开始留在模板上刮不干净, 然后再增加 1kg 压力。在锡膏刮不干净开始到刮板沈入丝孔内挖出锡膏之间, 应该有 1~2kg 的可接受范围都可以到达好的丝印效果。

金属刮板

在控制较好的情况下, 利用聚乙烯刮板可以达到非常好的效果, 而金属刮板在生产中也是很好的, 同时可解决一些聚乙烯所产生的问题。

但记住, 它不适用于乳胶丝网, 因为会造成过度的磨损, 并且没有泵锡膏的作用。

由金属刀片固定于支架组成, 大约 40mm 的伸出。不象聚乙烯刀片, 它有很直的边线, 使用前无须调整。相对于聚乙烯的大约 3~9 个月寿命来说, 其寿命是无限的。

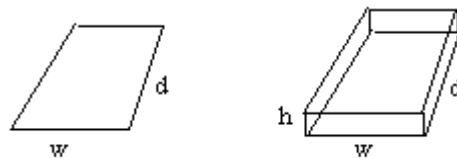
虽然整个刀片有短暂的柔性来接纳变形翘起的 PCB，但其边不退让和变形沈入丝孔的事实使它具有其几个优点，不管丝孔的大小如何，较大范围的压力(即：4~15 kg)都可得到好的丝印效果。6 thou 的模板决定了丝印厚度也是 6 thou，这就避免了因操作员和其它条件的不同而产生的变化。可靠的丝印厚度是特别重要的，因为表面贴附元件的同平面度允许误差是 4 thou，所以丝印厚度至少必须是 5 thou。

由于金属模板和金属刮板丝印出的锡膏很饱满，一些使用者发现当他们转换时，得到的丝印厚度太厚。这个可以通过减少模板的厚度的方法来纠正，但最好是减少(“微调”)丝孔的长和宽 10%，以减少焊盘上锡膏的面积。这样就意味着焊盘的定位变得不很重要了，模板与焊盘之间的框架密封得到改善，减少了锡膏在模板底和 PCB 之间的“炸开”。丝印模板底面的清洁次数由每 5 或 10 次丝印清洁一次减少到每 50 次丝印清洁一次。

模板与丝印后 PCB 的分开

丝印完后，PCB 与丝印模板分开，将锡膏留在 PCB 上而不是丝印孔内。

对于最细密丝印孔来说，模板的厚度很重要，因为丝孔的孔壁相对于焊盘面积变得很重要，锡膏可能会更容易粘附在孔壁上而不是焊盘上。



$$\text{焊盘面积} = w \times d \quad \text{丝孔内壁面积} = 2(w \times h) + 2(d \times h)$$

焊盘面积的经验公式，尽可能不小于孔内壁的面积。例如：

PCB 上最密引脚间隔是 25 thou，因此最小的焊盘宽度为 12.5 thou 或 3 mm，乘以比如说 2 mm 的长度，模板为 6 thou (0.15 mm) 厚度。

$$\text{焊盘面积} = 0.3 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} = 0.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{丝孔内壁面积} = 2 \times (0.15 \text{ mm} \times 0.3 \text{ mm}) + 2 \times (0.15 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}) = 0.69 \text{ mm}^2$$

将模板厚度减少为 4 thou (0.1 mm) 可将情况得到改善。

$$\text{丝孔内壁面积} = 2 \times (0.10 \text{ mm} \times 0.3 \text{ mm}) + 2 \times (0.1 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}) = 0.46 \text{ mm}^2$$

不过，有两个因素是有利的，第一，焊盘是一个连续的面积，而丝孔内壁大多数情况分为四面，有助于释放锡膏；第二，重力和与焊盘的粘附力一起，在丝印和分离所花的 2~6 秒时间内，将锡膏拉出丝孔粘着于 PCB 上。为最大发挥这种有利的作用，可将分离延时，开始时 PCB 分开较慢。很多机器允许丝印后的延时，工作台下落的头 2~3 mm 行程速度可调慢。

丝印速度

丝印期间，刮板在丝印模板上的行进速度是很重要的，因为锡膏需要时间来滚动和流入丝孔内。如果允许时间不够，那么在刮板的行进方向，锡膏在焊盘上将不平。当速度低到每秒 20 mm 时，刮板可能在少于几十毫秒的时间内刮过小的丝孔。

丝印速度的经验公式

对 PCB 上最密元件引脚的每 thou 长度，你可以允许每秒 1 mm 的最大速度。因此：

最密引脚间隔	最小丝孔	最大丝印速度
50 thou	25 thou	每秒 50 mm
25 thou	12.5 thou	每秒 25 mm
16 thou	8 thou	每秒 16 mm

结论

无论你采用的丝印机的复杂性及特性如何，如果你不能选择正确的锡膏、丝印模板和丝印刮板的结合使用，那么，丝印只是艺术，而不是科学。

五、胶剂/环氧树脂与分配

“胶剂的配方必须考虑一致性、良好的点轮廓、和良好的绿色强度与固化强度以及点的大小、并且使用 CAD 或一个替代工具来“教”自动化系统在哪儿滴胶点。分配系统必须有合理的精度、速度和重复性要求，以平衡该应用的费用。当设计工艺过程时，一些典型的胶剂问题必须预见得到。”

克里斯琴.Q.讷斯和阿伦.R.刘易斯(美)

胶剂的主要目的是在波峰焊接期间把组件保持在 PCB 上。组件尺寸范围可以从 1005(0402)的电阻器和电容器，到更大的 IC 组件(图 1)。因此，成功的分配标准是直接的：组件不会在焊接期间掉下来(典型的由于不够胶剂)，并且在贴片时胶剂散布在组件焊盘上不会产生导电连接。

胶剂

良好的胶剂特征包括：绿色强度和固化强度，一致性和高的胶点轮廓；液体胶还要保持工艺过程在允许公差限度内。对于 1608(0603)组件情况，IPC 表面贴片设计标准规定焊盘之间的距离为 0.025”(0.635mm)。使用名义机器精度 0.003”(0.08mm)和胶剂方向精度 0.005”(0.127mm)，实际的胶剂分配区域/应用目标宽度降低为 0.016”(0.41mm)，以防止材料重迭到导电区域。由于对胶点有某个高度的要求，以便组件的底部可以一个合理的表面区域来附着，因此，最小的、一致的胶点直径必须大约为 0.020”(0.5mm)。在实际中，这个问题经常被松散实施的焊盘间距标准和实际大于规定的间距所避免。尽管更高的胶点轮廓将是这个问题的一个部分的解决方案，然而必需的胶量意味着胶点“压扁”问题有实际的限制。新式的喷射分配系统可提供更高的胶点轮廓。

对胶剂接触的“合理”表面面积的要求，是为了给予所要求的阻力，来对付在制造期间 10~20N 的剪切负载。因此胶剂的固化强度一定要足够承受在波峰焊接以前处理期间板的加速度。胶剂还必须保持在波峰焊接过程中间组件的附着，有时假定一个取决于过程的固化强度因素。

人们可以看见，胶剂液体的设计 requirements 是各式各样的，制造商进行了许多测试，来决定众多的胶剂在市场上的适用性。测试揭示了许多珍贵的信息，但是胶剂的实际应用才是决定对所希望应用的适应性的最肯定的方法。这表示，胶剂供货商和制造商之间，为了给各种各样的机器和机器应用提供合格的胶液而进行密切合作。

分配方法

下列应用方法有优点也有缺点，在准备应用过程中，必须给予考虑：

针头转移是把胶剂施加到 PCB 的最快的方法之一。在这个技术中，一个带有与电路布线相匹配的一系列针头的板，在胶剂托盘中浸蘸，胶剂以可预计的数量湿润和附着在针头上。针头然后接触电路板层，胶剂转移到板上。

针头转移有若干缺点。如果电路改变，工具必须重做。这可能是相对昂贵的，但是通常适合于较长期的生产运行。在开放的托盘中，胶剂暴露可能导致吸收潮湿或增长固化时间，因此必需更小心地处理胶剂。最后，把胶剂用于比 3216(1206) 小的组件焊盘，针头转移方法是困难的。

丝印也是一个快的方法。一块开有正确施胶丝孔的模板放于板的表面附近。然后经由刮板刮过，胶剂被挤压通过丝孔。最近，为人们所了解的用于厚度变化的材料印刷技术允许使用同一块模板，得到不同大小的胶点。

正如针头转移法，丝印方法要求在电路板变化时重做模板，尽管在这种情况下，价格较为便宜，并且供货商容易找得到。和针头转移法一样，在生产期间胶剂的暴露可以导致处理上问题。

时间/压力 点滴是分配胶剂的原始方法，并且仍然是一个现有应用的、具有生存力的方法。

在操作中，注射器中的材料受压，用一个针嘴阀门来控制，分配所需要数量的胶剂。

这个方法简单并且可靠，但它赶不上速度的要求。象 40,000dph 的高速率可以通过注射器中的脉冲气体来达到，以维持步伐。速度越高，一般会造成越不连续的胶点。随着胶剂的水平在注射器中降低，气体的体积变得越大，压力时间的变化造成胶点的不连续。控制系统可以补偿这个液体水平的变化，但对黏度的变化敏感。

时间/压力方法为 1608(0603) 组件滴出一致的胶点是有困难的，但是仍然是一种以简单和时间效率为特征的证明很好的方法。只要丢弃注射器和清洗或换掉滴嘴。和其它所有分配方法一样，它有适应应用变化的灵活性优势，即，通常的解决方案是相对简单重新输入到自动化控制平台软件。

螺旋泵分配使用一个泵，在其体内有一个旋转的螺杆对胶剂的路径增加能量。通过螺杆电动机的通断，胶剂以一定的数量泵出。螺旋泵按牛顿原理工作，一旦泵内的液体接触到板上，将维持好的，一致的流动。螺杆对材料也有剪切作用，通过均匀排出残留空气和降低黏度，这种剪切作用可能有助于胶的分配。

螺旋泵可适用于大范围的胶剂，胶点分配速度的限定因素实际上是自动机器的三维控制。其分配胶点的范围大约和时间/压力方法一样，但更一致性，对黏度变化的敏感性大约是时间/压力分配方法的一半。泵的流动率也取决于针头大小的选择：更小的计量针头将产生更大的背压，这可能因粘性随着时间的增加而导致

问题。最后，螺旋泵可以达到 2%的精确性，但是典型地，在生产中达到 20%的体积精度。

活塞泵是一种真正的、施胶应用中的绝对位移方法，在一个密封的容室中活塞的运动置换了精确的相应体积的液体。在液体中粘性变化对流动率没有影响。针头大小同样地不改变在合适操作以内的活塞泵的速率(尽管由活塞的“无情”的本性所产生的压力，如果内部的压力超过指定操作水平，可能引起另外的问题)。

活塞泵可以提供线性的位移变量，或可能设计成固定的位移产出指定的胶点大小。象螺旋泵一样，由于机器控制的 3-D 运动，绝对位移泵的点胶速度是有限的。

对更大的胶点直径，螺旋泵和活塞泵都将在速度能力降级，但是后者在高得多的流动速率上保持一致性，对一个更大范围的胶点大小将维持 40,000dph 的速率。与时间/压力和螺旋泵相比，活塞泵的一个缺点是复杂清洗的方法，要求每周或双周安排清洗。活塞泵的设计开发也许可以减少这复杂性。

喷射分配是施胶的一个新方法；它使用一个弹簧加力的针或“锤”以快速轮转的方式迫使材料通过针嘴。它类似于定量活塞泵用高速来喷射材料。空气压力将针提起到液体容器上面，当气压移开时，弹簧将针往下驱动，迫使胶剂通过针嘴。

胶点的路径是一条在滴嘴和板上目标点之间的弹道。这是和其它分配方法的对比，液体的实际转移是在居留期间发生的，期间液体接触到板并且在表面上建立湿润的效果。由于喷射，液体保持在位置上，当滴胶头移开时分断。

因为喷射不必有 Z 轴的移动来使液体接触到板上，它可在分配的两维方向受到控制。

这提供了在时间上的重大节省，并且，以同样的或更好的一致性，在速度上比螺旋泵和活塞泵方法超出 10~50%。喷射泵可以在胶点分配时和螺旋泵相比，在一个班次的生产中，有两倍的连续一致性；并且，产生更高的胶点轮廓。这对特别对小型组件是个优势。

在每小时点数增加的主要限制是喷射泵只能相应其刻度设定分配一种胶点尺寸。结果，喷射泵的设定必须对应于板上最小的胶点大小，较大的胶点是由最小点的数倍组成。(双头喷射泵的开发可使这个问题得到减轻)。喷射泵的另外缺点是需要一周或双周的拆卸或清洗。然而，自动清洗系统能减少清洗的时间和复杂性。

可能的应用程序问题

在胶剂分配中，问题可能发生，不一定是胶剂、分配方法或控制应用程序的设备的缺陷；问题可能是由于这些方面的一个或多个的不适当的设定或来自培训和操作问题联合产生。一些典型的问题包括：

胶剂拖尾。当滴胶针嘴移开，在胶点的顶部产生细线或“尾巴”。尾巴可能塌落，并且引起导电焊盘上的问题，或者造成组件胶量过多，当压平时，导致与电气连接的干涉。控制拖尾的最好方法是通过在滴胶针头上的加热(或在液体的路径靠近滴胶点附近的某个另外的点)，这通常会允许胶剂断开的改进。这个问题也可能源自一个液体的不兼容性。然而，这些困难通常对应用系统的某个部件作机械调整即可得到解决。

卫星点是在高速分配时发生的小的无关的点。在接触分配中，问题通常是拖尾和针嘴断开的结果。在非接触喷射中，通常是不正确的分配高度的结果。分配高度是一个关键的过程参数并且能有助于接触式分配方法中拖尾的解决。自动滴胶设备的工装夹具和软件控制在决定高度传感精度中是重要的。

高度传感器系统本身是关键的设计考虑因素。尽管高度对喷射式分配的胶点质量是重要的，但实际的分配高度的允许误差和其它的应用方法相比，重要性要小得多。固定嘴到板高度的胶泵可以更快，但是付出高接触力代价。

“爆米花”是当空气或潮湿进入胶剂内，并且在固化期间突然爆出的结果。这通常是不适当处理液体或使用过时的液体的结果。

“墓碑”的发生是在固化期间由于锡膏内不平衡的力量组件在一端或一侧立起。由于不准确的分配或一个糟糕设计的工艺过程，问题很可能发生。它也可能由于处理不当的或过时的液体。

工艺自动化

分配方法和胶剂必须适当控制，以达到有效的工艺过程。为保证最好的控制，有很多考虑因素：

- 现有的自动化机器使用一个视觉系统，用于胶剂以及组件贴放的精确对中。整个板的以及各个密脚组件的基准点的数量和工艺流程的产量之间应该找到平衡。CAD 数据经常用来开发机板资料和生产布线图照片。
- CAD 数据的直接传送到自动程控的软件中，允许流畅的生产准备，减少装配系统的编程时间。CAD 输入系统可以用基准点和机板的坐标原点的控制来找到实际的胶点位置。机板有时在印制时并不精确，这样即使是完美的对准，目标也不能找中。因此有必要通过人工的对程控软件的改变来调节 CAD 位置。
- 板的处理是重要的设计考虑。板的形状、大小和传送系统应该是兼容的。如果一块板或板的系列可以组合成为组合板，则其处理会更为有效。

锡膏和含银树脂的分配

锡膏回流后，永久地固定组件，并保证良好的电气连接。锡膏的应用包括了一些来自于胶剂的独特考虑，虽然这是一个相关的过程。例如，焊膏可以使用描述胶剂的几个方法来分配。模板印刷是首选的，但是点滴分配提供灵活性，并且当模板印刷不切实际时可以使用。锡膏的分配方法也包括时间/压力方法和螺旋泵方法。(活塞泵和喷射法现时不合适锡膏应用，因为材料对分离或堵塞的敏感性。)

几乎所有与锡膏分配有关的问题都和分配设备的堵塞与材料分离有联系。锡合金和助焊剂密度与占重量百分比的合金决定可分配性的一个主要的因素：按体积的百分比合金。锡球湿润表面区域和按体积的百分比合金成比例的，如果太高，锡膏容干燥，可能堵塞阀或针嘴。相反，太湿的锡膏可能在分配后塌落，并且导致锡桥和分配针嘴的渗漏。

模板印刷使用的锡膏用于时间/压力或螺旋泵分配显然太干燥。少于 85% 金属的锡膏(体积上 40% 的合金)好象对分配是理想的。类似地，合金颗粒大小是锡膏选择中的考虑因素。细目的锡膏有较好的分配特征，特别是用于密脚应用。对超密脚，要求 -400/+500 的网目；对较大的脚间距，-325/+500 网目是足够的。对于使用 21 口径或更大的分配针嘴的较大胶点的应用，-200/ +325 是合适的。

用于分配的锡膏包装在 3、5、10 和 30cc 的注射器中。更小的注射器减少锡膏分离的机会，这种分离经常是由于自动液体分配设备的高加速度引起的搅拌所引起的。较大的注射器将持续时间更长，这样更暴露于引起分离的力量中。更小的注射器必须较经常地更换。应用发展是发现最好的注射器大小和锡膏成份的最肯定的方法。

含银环氧树脂用于裸芯附着、锡膏代替和带式自动绑接应用。它完成四个主要功能：起胶剂作用、作为板与芯片之间的电气传导层和热扩张率的匹配、以及通过其良好的热交换性能从芯片区域传导热量。含银环氧树脂也可用来代替贴装组件使用的锡膏，主要是出于锡膏中含铅对环境考虑。应用方法具有相同的优势，尽管在材料中的空气是一个更大的问题。

使用含银环氧树脂的阀的堵塞问题和锡膏相比要少些担心，尽管由于液体搅拌而出现的分离问题还存在。在另一方面，和锡膏相比，含银环氧树脂的粘性随着时间会有更显著变化。

因此，小的或是大的注射器仍然是需要其它应用设计考虑来解决的一个问题。最后，由于可能为人们所期待，含银环氧树脂趋于比胶剂和锡膏更昂贵。

六、组件贴装

今天的表面贴放机器必须不仅能精确地贴放许多组件，而且要处理逐渐地更小的包装。设备还必须维持它的灵活性来适应那些可望成为电子包装主流的新组件。用户(OEM和合同制造商)正在面临激动的，如果不是困难的，时刻。成功的关键在于贴片设备供货商的满足顾客要求和在更短的领先时间内交付产品的能力。

片状元件技术的一般趋势是什么？这个问题其实相当简单：片状元件及其包装的大小正在变得更小。事实上，0603包装形式(边长：1.5 x 0.75 mm)是主流。并且0402贴片(边长：1.0 x 0.5 mm)逐渐地更普通，特别在电信业。

然而，必须指出，大多数行业还没得益于更小的片状元件的技术优势，一个简单原因就是合适的贴片机器不是很容易地可以得到。

矩阵包装的进步

SMT将理所当然地将置身于，诸如BGA、BGA、片状规模包装(CSP)和倒装芯片等，复杂包装的日益增加的使用中。这些矩阵式组件极大地增加了输出数量，和传统型的密脚(0.4mm或少些)QFP和TSOP相比，在一些情况中达到十倍。并且在缩减空间的年代，倒装芯片可以最终在电路板上提供可观的成本节约。当贴片时，矩阵包装比密脚QFP和TSOP更优异，因为他们有自我定位的能力，这是极大地增加放置准确性的一个特征。

BGA是最快速增长的新型IC包装，预计其扩展速度到二十一世纪都不会减少。

BGA和CSP也正在成为主流，虽然稍慢一点。价格是一个关注，同样可靠性也是(尽管日本的制造商在用CSP代替TAB组件方面取得了一些成功)。

在裸芯片领域，倒装芯片和COB有最高的年度的增长率，预计在2000年倒装芯片增长到超过20亿个单位。

至于SMT贴片如此发展的相关性，由于更小的尺寸和各种各样的矩阵包装，除了他们的益处之外，出现了产量和产出的问题；生产设备对混合技术装配和传统型的SMD两者，都必须能以高速贴片完成，使其成本达到合理水平。反映这点，市场要求已经正在从传统的片状元件高速机技术(Chipshooter)转移开，因为这种设备不容易赶上新的先进的包装要求。

贴片走近特殊市场

这是不说片状元件高速机失去了它的地位。(重要的是记住，虽然先进包装正成为主流，但绝非它主导所有的市场)，无论如何，清楚的是，贴片机工业在四个不同的市场方面正面临产品挑战：灵活性与密脚、高速度、高速倒装片和超高速。每个都有其自己的处理要求，每个都要求特殊的贴片机考虑因素。

毫无疑问片状元件高速机在高速度与超高速方面是成功的。当组件混合程度有限、先进的矩阵包装使用为最小的时候，假设组件间隔为 0.8mm 或更大一点，片状元件高速机能达到很高的贴放速率(40,000cph 或更多)。然而，对贴片过程是关键送料方式，在高速机上有限的，因为这些机器不能从从矩阵托盘上拿组件或粘性带上拿裸装芯片。

甚至在高速方面，高速机可能是质量问题的来源。因为他们的基本结构要求机板和送料器移动到贴片头位置，准确性被打折扣，（当机板移动时，组件也可能会跟着移动）。另外，对密脚组件或倒装芯片的应用，由于其原本的设计，高速机不能实现必要的贴片精度，这是那些有成本效益的电路装配所需要的。

对于灵活性/密脚的贴放，两个头的配置是必要的。大的组件由取放式贴片头来处理；更小或更特殊的组件，比如 CSP 或 BGA，则是一个快速的旋转型贴片头的范围，它可以达到更大的产量。一个灵活的系统将允许贴片头配置快速调整以满足变化的要求。

对倒装芯片的应用，高速机也不能满足。倒装芯片的应用要求助焊剂处理，这些机器不能把这个特征加到转塔式贴片头上。精确的倒装芯片的贴放也要求一个先进的视觉系统，在许多高速机上增加它是困难的。

新一代设备

对处理先进、高速倒装芯片和超高速电路装配的需求所作的反应，传统型的高速机正在被新一代机器的所代替。有些是从旧的设备而来的衍生物，但是具有极大地提高的能力；其它的放弃了片状元件高速机的方法，使用一条全新的途径。

已经变得很明显，PCB 本身移动不再是一个选择。当机板是移动时，更小的组件包装很可能会转移，产量被妥协。一个解决办法就是取消水平贴片头，并且用垂直旋转的贴片头，或在一个 X/Y 拱架上的贴片头代替它。在这种配置中，板仍然是静止的，而吸嘴头则随机的拿取组件。贴片头向板移动，而不是相反，静止的送料器和 PCB 相结合，导致不管组件类型达到更大的产量。

在理论上，多重的吸嘴的使用，使系统能够“飞行中”处理许多组件。可以贴装奇特形状的安装(接头, 变压器等等)，并且，如有必要，吸嘴能被设计成适合特别的组件安装。然而，一些供货商怀疑这条途径，宁可选择变化贴片头来适应组件混合。这是一个可行的选择，并且在一些例子中，可以优先转塔式贴片头，但是如果对整体而言，它不可避免地增加机器的停机时间。另外，换头可能要求重新校准，也增加了机器停机时间。

组件混合、必要变化的频率和要贴装的组件类型，都将决定哪个系统类型是说得通的。没有单一的工业范围的解决方案。

视觉是关键

为了高精确地贴装先进的表面贴装组件，还有赖于复杂的视觉系统的使用。随着组件的演变，视觉系统也必须适应和改进。机械定位，曾经电子装配的一个必要的单元，不再是一个可行的处理方法。今天，设备制造商要不使用一个光学的、基于相机的系统，要不使用激光定位系统。两者都有优点，当然也有差别。

激光定位允许“飞行中”修正，有能力处理所有形状和大小的组件，并且能精确地决定组件位置和方向。但是，甚至最复杂的激光系统也不能测量引脚和引脚间距。

相机则能够。这就是为什么供货商仍然依靠相机定位系统的原因。而且，随着更新的包裹走上生产线，这偏爱没有变化。照明是这些系统的关键，并且今天的贴装系统使用照明技术的组合。背光照明，或从在上面照亮组件，和分析阴影图像，被用于轮廓中心定位。对传统的 SMD，这个方法工作很好。但对先进的组件，背光照明缺乏对组件包装触点或锡球点的图像识别能力。为解决这个问题，激光照明进入使用。

在操作中，组件在激光的光束中旋转。（通常，这种侧面照明和拾取-贴装头结合在一起），对焊接 BGA 的锡球定位，BGA 和倒装芯片，前光照明，而非背光照明，是必要的。为区分锡球，许多系统使用组合照明；组件从各个角度照明，以便锡球从背景中突出。实际上，多重光源允许编程控制，使每个光源达到对每个组件理想照明。

加速 SMD 装配，双信道好过单信道

在所有产品上的价格压力，理所当然是电子产品的必要动力之一。比如想想个人计算机、移动电话或汽车立体声收音机，以及他们稳定增长的功能。这些产品的 OEM 通常在仅仅 6 到 12 个月后即拿出其新产品，他们的价格甚至有时到不达它们以前的东西。随之而来的是，准确地装配 PCB 越快，最后的成本越低，并且盈利越大。

今天，有两个技术用来将 PCB 以更快的步伐通过生产线。第一个是，以纯焊锡回流过程或者是通过贴片胶的固化/回流过程处理电路板的双面。第二方法是在一条贴片在线同时装配两种不同的板，加倍产量。

设备供货商艰苦地工作，开发更好、更快的方法，精确地、并且以每机最少的不生产时间来贴装组件。除了更快的贴片头、好的送料器和视觉系统外，改进 PCB 怎么移动通过机器是一个方法。

改进传送带技术是可行的；不管贴片头怎么快速地贴放组件，如果没有组件贴放，或者没有板来放他们，高速贴片头和先进的视觉系统是无用的。机器利用率可以通过使处理板速度更快来提高；花在等 PCB 移动进贴放区的时间最小。

大多数带有单个传送带的 SMD 贴装线都是一样的方法设置的，即用分开的生产线板，贴装板顶面来回流，而底面用粘剂固化过程。这种配置产生若干问题(除了两条线的维护和协作之外)：当板从一条线移动到另一条线，有时叫“中间的存储”，需要操作两条线的人员数量和随之而来的“停机时间”。

双线格局的替换是滴胶线和回流线的结合，其特点是，PCB 的顶面和底面一次过贴片。这配置的不利因素包括整个生线长度，操作的困难，和要求额外的人员。

组板技术是另外一个选择。组合板一次通过，然后顶面和底面翻转贴片。作为一个选择，组合 PCB 可以通过贴片区两次，代价是生产线减慢，实时 PCB 存储和停机时间。相对单板技术，组合板的生产更贵，并且在完成生产运行后，板必须分开。



解决方案可能是一个双通道的传送带(图一)，能同时(同步的模式)处理双 PCB 的一个运输系统，和/或在同一机器上贴片一个装配的顶面和底面(异步的模式)。在同步模式，相同或不同类型的双 PCB，同时传送通过贴片系统。这给机器的灵活性最大。在异步模式，非生产性的运输时间也减到最小。一块板移动进机器，在贴片的同时，同一类型的第二块被传送到机器。这是传统型的高速机上不可能的一个特征。

双传送带技术当然不是为所有的应用。但是，对于使用高速、高产量的合同制造商和 OEM，双传送带技术的价值是清楚的。

改进工艺技术

当大多数合同制造商和 OEM 为生产设施选择最佳的设备时，四个经典的标准必须考虑：速度(cph 贴放率)、精度、性价比和质量。然而，越来越多的制造商正在寻求并不重要的自动化方面的方法，例如，进程监视、进程文档和数据流。引起的问题是存在的设备怎么能连接到一个在生产设备中的过程控制系统，并且怎么能得到已有的过程参数。

曾经，更大的努力放在了，与实时的进程监视与控制、生产文件和非生产时间减少相关的优化自动化上面。生产特定的性质和内部的过程政策与指南在三个应用方面起重要的作用：

统计的进程控制(SPC)。过程中的偏离在早期被认识。生产中可能的混乱，例如设备的停止，通过监视恰当的过程参数来预防。

可追溯性。哪个组件在哪个时间贴装在哪个 PCB？这个信息只能通过文文件和在生产期间的材料跟踪获得，并且是唯一的方法，来防止源于失败的大规模追溯，以保证可追溯性。

“从生产线飒飒而下”使提高生产设备的生产率成为可能。PCB 特定的数据沿着与单个产品平行的全部进程而分程传递的。

通讯协议

众所周知，在不同的供货商生产的设备之间传递信息是困难的。通讯标准的呼吁时常被提起，正如所料，通常在委员会会议、标准组织和国际争论中陷入困境。这是为什么半导体设备和材料国际协会(SEMI)的成员为通讯协议的定义起草了一个倡议，它可有利制造，因为在半导体工业，不同的制造商的连接设备是标准的。同样，在 PCB 制造中，生产过程的监视和控制为了节俭生产也是必要的。

进入半导体设备通讯标准(SECS)和通用设备模型(GEM)，SECS II 的延续，其定义了 SECS II 命令上，机器行为。其目的是使来自不同供货商的控制系统和设备统一通讯协议。

使用一个基本的本地局域网和 GEM 控制器，SECS II/GEM 通讯协议使 OEM 和合约制造商完成全生产线水平的监视，即，观察整条生产线和优化生产，而不是个别地观察每台设备。用该协议，SPC 容易完成，因为过程参数的任何变化都可容易追踪，如果必要，改正。另外，“从生产线飒飒而下”成为现实，例如，当 PCB 特定的信息在全部生产在线交换时，生产率被增加。最后，可追溯性(定位一个错误并且跟踪它到准确的 PCB 和组件)是可能的。结果是减少运行成本错误。

SECS II/GEM 接口的最佳使用的关键是，在每台机器放安装的传感器的数量。越多的传感器意味着越多的过程信息，但是关键的是决定多少信息要交换。

结论

在半导体硅的进步将继续推动贴片设备的革新。事实上，已看到贴片设备革命的早期，主导工业的组件包装类型在逐步变化。无疑，诸如 BGA，BGA 和 CSP 的先进的包装将继续成长，并且最后占据工业的大部分。组件将是更小，新的贴片系统将不得不处理诸如 0402、0302 和 0201 这样的组件，当然是机器变化和停机时间最少。

七、怎样设定锡膏回流温度曲线

“正确的温度曲线将保证高品质的焊接锡点。”

在使用表面贴装组件的印刷电路板(PCB)装配中，要得到优质的焊点，一条优化的回流温度曲线是最重要的因素之一。温度曲线是施加于电路装配上的温度对时间的函数，当在笛卡尔平面作图时，回流过程中在任何给定的时间上，代表 PCB 上一个特定点上的温度形成一条曲线。

几个参数影响曲线的形状，其中最关键的是传送带速度和每个区的温度设定。带速决定机板暴露在每个区所设定的温度下的持续时间，增加持续时间可以允许更多时间使电路装配接近该区的温度设定。每个区所花的持续时间总和决定总的处理时间。

每个区的温度设定影响 PCB 的温度上升速度，高温在 PCB 与区的温度之间产生一个较大的温差。增加区的设定温度允许机板更快地达到给定温度。因此，必须作出一个图形来决定 PCB 的温度曲线。接下来是这个步骤的轮廓，用以产生和优化图形。

在开始作曲线步骤之前，需要下列设备和辅助工具：温度曲线仪、热电偶、将热电偶附着于 PCB 的工具和锡膏参数表。可从大多数主要的电子工具供货商买到温度曲线附件工具箱，这工具箱使得作曲线方便，因为它包含全部所需的附件(除了曲线仪本身)。

现在许多回流焊机包括了一个板上测温仪，甚至一些较小的、便宜的台式炉子。测温仪一般分为两类：实时测温仪，实时传送温度/时间数据和作出图形；而另一种测温仪采样储存数据，然后上载到计算机。

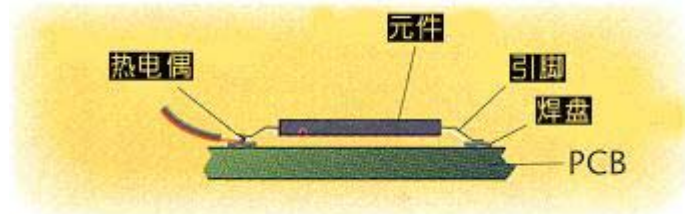
热电偶必须长度足够，并可经受典型的炉膛温度。一般较小直径的热电偶，热质量小响应快，得到的结果精确。

有几种方法将热电偶附着于 PCB，较好的方法是使用高温焊锡如银/锡合金，焊点尽量最小。

另一种可接受的方法，快速、容易和对大多数应用足够准确，少量的热化合物(也叫热导膏或热油脂)斑点覆盖住热电偶，再用高温胶带(如 Kapton)粘住。

还有一种方法来附着热电偶，就是用高温胶，如氰基丙烯酸盐粘合剂，此方法通常没有其它方法可靠。

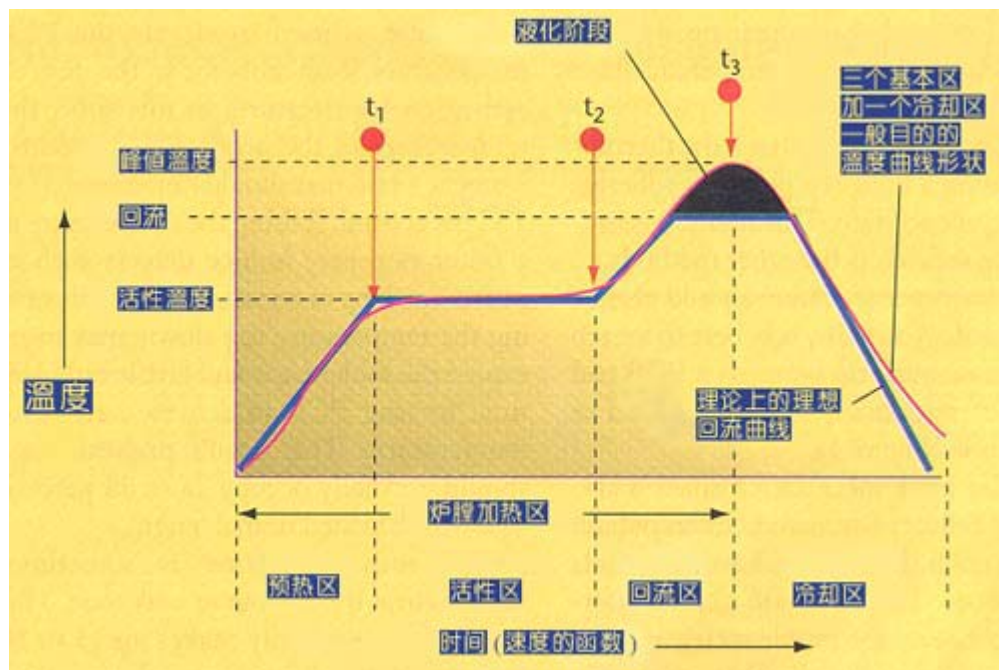
附着的位置也要选择，通常最好是将热电偶尖附着在 PCB 焊盘和相应的组件引脚或金属端之间。



(图一、将热电偶尖附着在 PCB 焊盘和相应的组件引脚或金属端之间)

锡膏特性参数表也是必要的，其包含的信息对温度曲线是至关重要的，如：所希望的温度曲线持续时间、锡膏活性温度、合金熔点和所希望的回流最高温度。

开始之前，必须理想的温度曲线有个基本的认识。理论上理想的曲线由四个部分或区间组成，前面三个区加热、最后一个区冷却。炉的温区越多，越能使温度曲线的轮廓达到更准确和接近设定。大多数锡膏都能用四个基本温区成功回流。



(图二、理论上理想的回流曲线由四个区组成，前面三个区加热、最后一个区冷却)

预热区，也叫斜坡区，用来将 PCB 的温度从周围环境温度提升到所须的活性温度。在这个区，产品的温度以不超过每秒 2~5°C 速度连续上升，温度升得太快会引起某些缺陷，如陶瓷电容的细微裂纹，而温度上升太慢，锡膏会感温过度，没有足够的时间使 PCB 达到活性温度。炉的预热区一般占整个加热通道长度的 25~33%。

活性区，有时叫做干燥或浸湿区，这个区一般占加热通道的 33~50%，有两个功用，第一是，将 PCB 在相当稳定的温度下感温，允许不同质量的组件在温度上同质，减少它们的相当温差。第二个功能是，允许助焊剂活性化，挥发性的物质从锡膏中挥发。一般普遍的活性温度范围是 120~150°C，如果活性区的温度设定太高，助焊剂没有足够的时间活性化，温度曲线的斜率是一个向上递增的斜率。

虽然有的锡膏制造商允许活性化期间一些温度的增加，但是理想的曲线要求相当平稳的温度，这样使得 PCB 的温度在活性区开始和结束时是相等的。市面上有的炉子不能维持平坦的活性温度曲线，选择能维持平坦的活性温度曲线的炉子，将提高可焊接性能，使用者有一个较大的处理窗口。

回流区，有时叫做峰值区或最后升温区。这个区的作用是将 PCB 装配的温度从活性温度提高到所推荐的峰值温度。活性温度总是比合金的熔点温度低一点，而峰值温度总是在熔点上。典型的峰值温度范围是 205~230°C，这个区的温度设定太高会使其温升斜率超过每秒 2~5°C，或达到回流峰值温度比推荐的高。这种情况可能引起 PCB 的过分卷曲、脱层或烧损，并损害组件的完整性。

今天，最普遍使用的合金是 Sn63/Pb37，这种比例的锡和铅使得该合金共晶。共晶合金是在一个特定温度下熔化的合金，非共晶合金有一个熔化的范围，而不是熔点，有时叫做塑性状态。本文所述的所有例子都是指共晶锡/铅，因为其使用广泛，该合金的熔点为 183°C。

理想的冷却区曲线应该是和回流区曲线成镜像关系。越是靠近这种镜像关系，焊点达到固态的结构越紧密，得到焊接点的质量越高，结合完整性越好。

作温度曲线的第一个考虑参数是传输带的速度设定，该设定将决定 PCB 在加热通道所花的时间。典型的锡膏制造厂参数要求 3~4 分钟的加热曲线，用总的加热通道长度除以总的加热感温时间，即为准确的传输带速度，例如，当锡膏要求四分钟的加热时间，使用六英尺加热通道长度，计算为：6 英尺 ÷ 4 分钟 = 每分钟 1.5 英尺 = 每分钟 18 英寸。

接下来必须决定各个区的温度设定，重要的是要了解实际的区间温度不一定是该区的显示温度。显示温度只是代表区内热敏电偶的温度，如果热电偶越靠近加热源，显示的温度将相对比区间温度较高，热电偶越靠近 PCB 的直接信道，显示的温度将越能反应区间温度。明智的是向炉子制造商咨询了解清楚显示温度和实际区间温度的关系。本文中考虑的是区间温度而不是显示温度。表一列出的是用于典型 PCB 装配回流的区间温度设定。

表一、典型 PCB 回流区间温度设定

区间	区间温度设定	区间末实际板温
预热	210°C(410°F)	140°C(284°F)
活性	177°C(350°F)	150°C(302°F)
回流	250°C(482°C)	210°C(482°F)

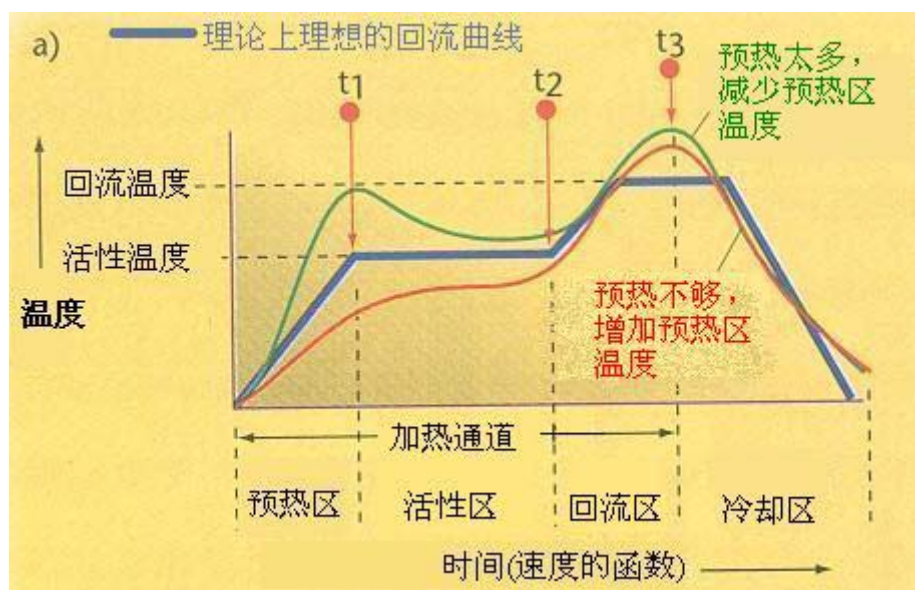
速度和温度确定后，必须输入到炉的控制器。看看手册上其它需要调整的参数，这些参数包括冷却风扇速度、强制空气冲击和惰性气体流量。一旦所有参数输入后，启动机器，炉子稳定后(即，所有实际显示温度接近符合设定参数)可以开始

作曲线。下一部将 PCB 放入传送带，触发测温仪开始记录数据。为了方便，有些测温仪包括触发功能，在一个相对低的温度自动启动测温仪，典型的这个温度比人体温度 37°C(98.6°F)稍微高一点。例如，38°C(100°F)的自动触发器，允许测温仪几乎在 PCB 刚放入传送带进入炉时开始工作，不至于热电偶在人手上处理时产生误触发。

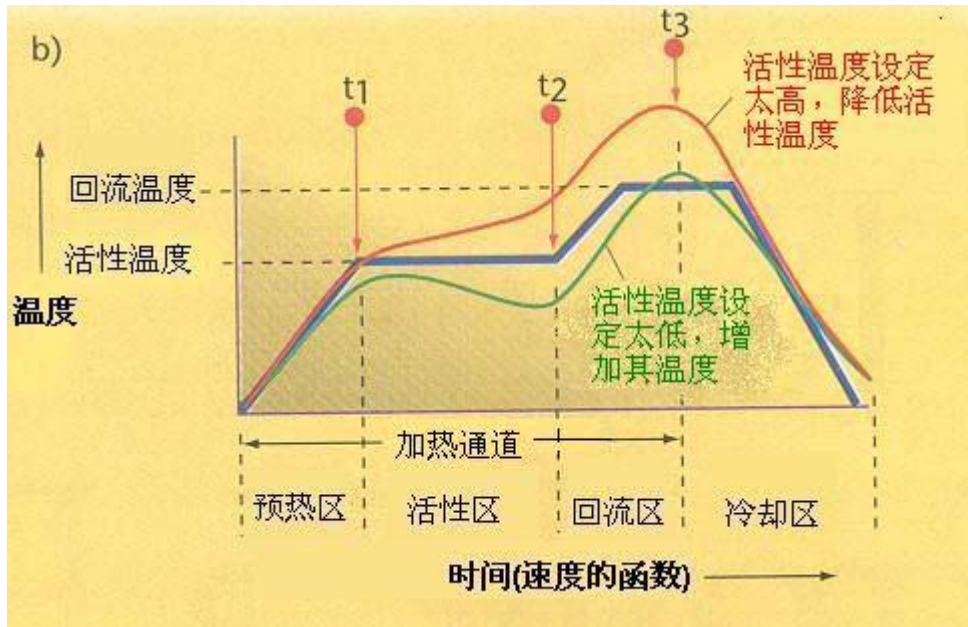
一旦最初的温度曲线图产生，可以和锡膏制造商推荐的曲线或图二所示的曲线进行比较。

首先，必须证实从环境温度到回流峰值温度的总时间和所希望的加热曲线居留时间相协调，如果太长，按比例地增加传送带速度，如果太短，则相反。

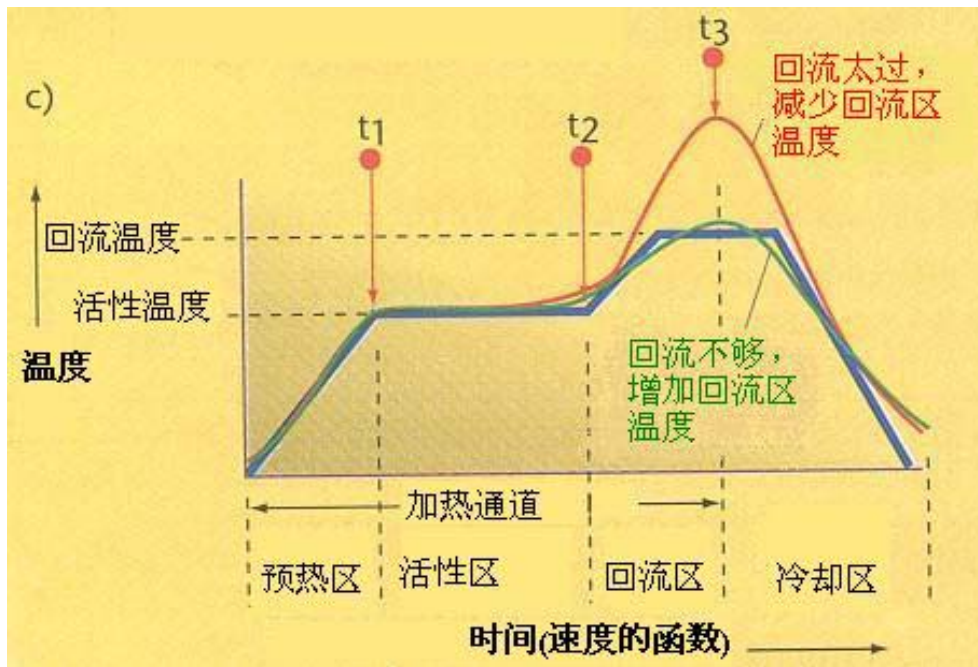
下一步，图形曲线的形状必须和所希望的相比较(图二)，如果形状不协调，则同下面的图形(图三~六)进行比较。选择与实际图形形状最相协调的曲线。应该考虑从左道右(流程顺序)的偏差，例如，如果预热和回流区中存在差异，首先将预热区的差异调正确，一般最好每次调一个参数，在作进一步调整之前运行这个曲线设定。这是因为一个给定区的改变也将影响随后区的结果。我们也建议新手所作的调整幅度相当较小一点。一旦在特定的炉上取得经验，则会有较好的“感觉”来作多大幅度的调整。



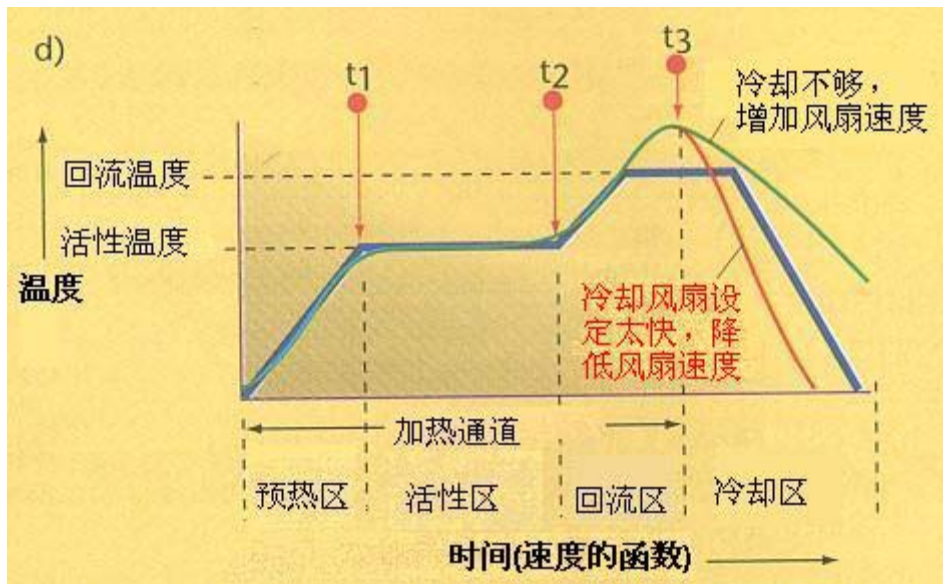
图三、预热不足或过多的回流曲线



图四、活性区温度太高或太低



图五、回流太多或不够



图六、冷却过快或不够

当最后的曲线图尽可能的与所希望的图形相吻合, 应该把炉的参数记录或储存以备后用。虽然这个过程开始很慢和费力, 但最终可以取得熟练和速度, 结果得到高品质的 PCB 的高效率的生产。

八、清洗技术 Cleaning

在“免洗”锡膏的时代，装配的准确清洗产生了一个新的标准。装配制造商必须问的问题决定于：清洁是否为 PCB 可靠性的要求？即，要求清洁步骤是否为了使最终产品在设计的环境内能够工作达到所要求的最短时间或周期数？

在九十年代，印刷电路板(PCB)的装配是在新的标准上进行的。蒸汽去脂溶剂(vapor-degreasing solvent)由于环境法规而被逐渐淘汰。“免洗”工艺构造了一个所希望的技术手段；当考虑了清洗的时候，水溶性助焊剂通常是人们的选择；这样，清洁规格对空板和组件就不要了，因为完成的装配都要通过正常清洗。

清洗“终结”了吗？

松香助焊剂是杰出的“密封剂”，它意味着当采用无离子活性剂配方的时候，留下的是非离子残留。忽略板上的残留对那些关注取消臭氧消耗化学品的人来说是个有吸引力的选择。基于这个理由，相当的时间、努力和投资贡献在免洗技术上。结果，许多低残留助焊剂的技术进步和设备技术被用来支持这个技术的改变。现在的问题变成，为什么清洁？

实际上，有一个常见的错误概念就是再不需要装配的清洁了。但是免于那些反过来影响功能的有害污染，对可靠性的重要性与焊点连接强度的重要性是一样的。清洁甚至对免洗工艺的成功实施还起重要的作用。到料的组件以及装配环境的控制还必须满足清洁度标准，如果取消了焊后清洁。

高可靠性的应用要求受控的、完善的焊后清洗工艺，它使用对清洗材料最佳的化学品。那些应用是不能将就免洗工艺要求的。而且，SMT 的不断发展使得辅助的清洗成为必要。例如，更紧密的线和装配上的区域列阵、芯片规模与倒装芯片的包装都要求清洁其许许多多的 I/O 连接点。清洗对要求保形涂敷的装配的最佳性能是一项重要的步骤。

设计 PCB 时记住清洗工艺

当装配要求焊后清洗时，设计组件布局、焊接和清洁的时候要可能考虑一些权衡办法。对高密度的表面贴装装配，设计者应该提供清洁的余地。以下是一些值得考虑的设计选择：

1. 组件的最佳方向
2. 喷射组件下面的最小障碍
3. 清洗化学剂的高能喷射器的使用
4. 冲刷(液态颗粒小于组件与板层之间的空间)用的微细喷雾的使用
5. “阴影”的消除，即，较高的组件放置在离喷雾嘴最远的位置，最小的组件最近
6. 组件贴放：无源片状元件(或圆柱形通孔类)的方向应该是使其长轴垂直于喷雾方向。双排和小引脚的集成电路(SOIC)组件是长边沿喷雾线放置。正

方形扁平包装(QFP)四周都有连接或无引脚陶瓷芯片载体(LCCC)等组件的方向是其主边与喷雾方向成 90°。

总之，组件的贴装应该计划，使得可达到液体“最好”的疏散，例如，有清晰的带一定间隔的行路，给液体排出板面，保证当有 BGA 或 CSP 出现时清洗不受影响。设计者头脑中应该有产品的外形，功能，及如何制造。特别是，装配过程的每一步怎样影响其它步骤。在设计阶段认识到这些要求并将其集中完全优化的装配制造商掌握了成功的钥匙。

装配前组件

污染残留物可以通过最初出现在装配前组件和材料上而带入最后装配。如果不在装配前从组件和板上去掉，则不能保证在后面可以去掉—特别是如果采用免洗技术。如果出现在高密度连接结构内，那情况可能更紧急，因为细小的空隙很容易藏纳污垢。低残留、免洗焊接工艺的如何成功都直接依靠进来的光板与所有组件的清洁度。

组件上经常发现颗粒状、油状或片状的非极性残留物，而来自组件装配时不完整清洗的极性残留物，可能是上锡和助焊剂的残留物。装配前的组件来源必须保持一个清洁的标准。

装配中遇到的污染

污染对装配过程来说不是外来的。对电镀通孔和表面贴装组件的日益增长的关注是那些通常遇到的越来越紧的间隙。离板高度和引脚间距已稳步缩小，线间间距也是一样。另外，甚至采用现代制造工艺，也造成越来越顽固的残留物。

残留物由离子(极性)、非离子(非极性)和微细的污物组成。离子残留物由助焊剂活性剂、残留电镀盐和操作污物组成；非离子残留物包括助焊剂、油、脂、熔化液体和游离材料中的已反应的、非挥发性的残留物。微小的残留物由锡球或锡渣、操作污物、钻孔或走线灰尘和空气中的物体组成。

极性残留物当溶于水中时形成离子。例如，当指纹藏纳的盐溶于水中，氯化钠分子游离成正的钠离子和负的氯离子。在离子状态，NaCl 增加水的导电性，可能引起电路中信号改变，开始电迁移，产生腐蚀。典型的极性残留物来自电镀和蚀刻材料，板或组件制造过程的化学物质，水溶性锡助焊剂成分，来自松香或合成催化焊锡助焊剂的活性剂，助焊剂反应产品，水溶性阻焊材料成分和来自手工处理的沉淀物。

非极性残留物由那些当溶于水时不形成离子的污染物质组成。它们可能是喜水的或不喜水的(通常喜油)。吸湿的材料可能促使表面水膜的形成，从而造成表面电阻的降低。同样，在适当条件下，可能发生电迁移。不溶于水的非离子残留物，由松香、合成树脂、来自低残留/免洗助焊剂配方的有机化合物、来自锡线

助焊剂的增塑剂、化学反应产品、油和脂、指纹油、组件上的释放剂、不可溶的无机化学成分和锡膏的流变添加剂。

微细残留物典型地要求机械能量将其去掉。常见的微细残留物是来自灰尘中的硅酸材料、水解或氧化的松香、某些助焊剂反应产品(一些白色残留物)、硅质脂/油、来自板层的玻璃纤维、阻焊材料的硅土和粘土填充剂、以及锡球和锡渣。

最后,如果装配制造商选择免洗工艺,那么必须做到进来的组件满足所要求的清洁标准,板的处理用手套或手指套来完成,控制焊接过程以保证污染在最低水平。如果制定氮气作焊接过程的惰性处理,那必须实行更严格的过程控制。真正的免洗工艺的成本可能和焊后轻洗的差不多,因为新的固定设备的投入,加上氮气的消耗。随后的运作,如线的绑接、芯片附着、检查、焊接、返工/修理、测试、实时处理、储存和最后装配,都是包括在焊接运作之内完成的。如果装配不遵照适当的处理技术,可靠产品所要求的清洁度水平可能会打折扣。

波峰焊接/回流焊接之后的清洗

助焊剂技术很大程度上决定所要求的清洁剂。水溶性助焊剂的清除一般要求有添加剂的水、高压机械能量和温度。松香助焊剂的清除要求或者是溶剂,半含水的或者是含水的清洁剂。由于市场上配方技术范围之广,低残留/免洗助焊剂的清除取决于需要清洗的产品。合成助焊剂的清除一般要求溶剂或半含水工艺。许多清洗技术都适合于清除该种残留物。

焊接过程的温度曲线必须是专门的、受控的并存档,特别是产品的组合是变化的。例如,组件密度高的多层板相对于很少组件的PCB要求特别的温度曲线。由于这些原因,锡膏的制造商提供在选择回流曲线时需要遵循的工艺指示。助焊剂残留清除之前,多次的焊接过程可能引起聚合作用。这些残留更加难于清理,因为聚合作用形成高分子重量的物质,使污染物更难于溶解于清洗剂中。

低固体或低松香/人造松香的助焊剂一般留下较低的焊后残留物集中。各种这类的助焊剂都可买得到。可是,因为残留物的清除能力可能随最终产品的不同而变化,装配制造商必须选择与残留物兼容的清洁剂。焊接其间过热或过久的加热可能产生很难清除的残留物。

焊后清洁剂与设备

半含水的清洗剂适合于许多使污物“成溶剂化物”的材料,随后通过水的冲刷清除污物。溶剂一般具有低蒸发压力、闪点超过150°F、低挥发性、与许多助焊剂残留有亲和力、浸洗寿命长、不消耗臭氧。这个类别下供应的产品包括水溶性和非水溶性的有机溶剂。水是它的冲刷剂。

水溶性半含水溶剂由重酒精、乙二醇以太(glycol ethers)和环形胺(cyclic amines)组成。其优点之一是易于清除:夹带一般不是问题。缺点包括当希望采用封闭循环时,冲刷水处理的复杂性。

非水溶半含水溶剂由松节油(terpene)、碳水混合物、二元酯(dibasic esters)和乙二醇以太(glycol ether)组成。它们要求第一阶段冲刷的机械冲击,以保证充分的清除。这里夹带可能是一个问题。可是一个明显的优点是当要求零排放的封闭循环时,将清洁液体与冲刷流的分隔能力。用于半含水清洁过程的设备一般由浸泡下的喷雾、离心和超声波搅动。

总之,溶剂去除松香、低固体和合成激化助焊剂残留的效果很好。并且,由于浸洗寿命长、损失最少和高污物装载能力,其经济性一般为人们所接受。

对于极性离子材料,水是比较有机溶剂更好的溶剂。相反,水对清除诸如脂、油和松香之类的非极性材料的效果较差。水,单独或有少量添加剂,是清除焊接后水溶性有机酸(极性溶剂)锡膏助焊剂的很好的溶剂。当清除极性与非极性污物,如松香/合成松香、轻油和合成残留物时,需要添加剂。

含水清洗化学品也提供一个范围的配方选择。可是,如前所述,只有在适当的过程条件下,水才适合于清除许多有机酸(OA)助焊剂残留物。有些有机酸残留物要求添加剂,和水一起,以低浓度,帮助湿润、去泡和置换盐。基于含水的皂化剂可清除极性与非极性的污物,如松香助焊剂。基于无机的皂化剂已经得到进化,提供了在空气喷射受到控制的区域,清除松香助焊剂的选择。后来,有机溶剂混合物和水一起提供对某些较顽固的低残留与合成基助焊剂的高效清除剂。

设备市场提供了对不同含水清洗技术的一系列的应用,包括使用超声波、离心力、刷子、浸泡和空气中喷雾。设备设计特性的广泛选择可接纳对性能、成本、占地空间、浪费管理、以及安全与健康问题的许多不同要求。

溶剂清洗使用溶剂媒介而不是水,来清洗和冲刷组件和装配。干燥是通过对蒸发区(烧开溶剂)产生的残留液体的蒸发来完成的。

装配污物由离子(助焊剂活性剂,盐)和非离子(松香/合成松香、油、粒子)污物组成。大多数溶剂是非极性的,优于清除非极性污物,但是清除极性离子污物差。因此,双极性溶剂化合物已经开发出来,可清除极性和非极性两种污物。非极性元素通常是卤化溶剂(halogenated solvent),或是氯化物(chlorinated)、溴化物(brominated)、氟氯化物(chlorofluorinated)或氢氯化物(hydrochlorinated)。极性元素溶剂典型的是酒精,如甲醇(methanol)、乙醇(ethanol)、正丙醇(normal propanol)或异丙醇(iso-propanol)。许多这类混合物具有共同的特性(叫做共沸点混合物),这允许它们的特性象单一的物质一样——液体部分蒸发产生的蒸汽具有与液体相同的化学成分。

溶剂的每一类型都有其优点和缺点,选择将决定于需要清除的污染物的类型和需要清洁的装配材料化学成分。处理清洁剂的设备设计用来储存、接触工件、喷射和回收。表一显示装配制造商选择的流程图:含水的(aqueous)、半含水的(semiaqueous)和溶剂(solvent)清洁剂。

表一、三种清洗方法的媒剂选择		
含水型	半含水型	溶剂型
1. Deionized water 去离子水	1. Nonlinear alcohol 非线性酒精	1. IPA (isopropyl alcohol) 异丙醇
2. Deionized water with non-reactive additives 去离子水加非反应添加剂	2. Branched linear alcohol 支线性酒精	2. IPA/Cyclohexane blend 异丙醇/环己胺混合物
3. Deionized water with organic saponification 去离子水加有机皂化剂	3. P series glycol ether P 系列乙二醇以太	3. Hydrocarbon 碳氢化合物
4. Deionized water with inorganic saponification 去离子水加无机皂化剂	4. Cyclic amine 环形胺	4. HCFC**
5. Aqueous alcohol combined with mild reactivity 含水酒精结合温柔反应	5. Terpene* 松节油	5. HFE bipolar azeotrope** HFE 双极共沸混合物
6. Aqueous organic solvent emulsion 含水有机溶剂乳剂	6. Hydrocarbon/oxygenated solvent blends* 氢氧化物/氧化物溶剂混合	6. HFC bipolar azeotrope** HFC 双极共沸混合物
	7. High-molecular-weight esters* 高分子重量酯	7. N-propyl bromide** N 丙基溴化物
* Water-insoluble 非水溶性		
** Nonflammable 不可燃		
注: nPB(No. 7)的制造商报告这种材料在作 ASTM 闪点试验时没有闪点,可是, nPB 具有与空气体积比例大约 3~8%的可燃极限。		

结论

现在的电子装配比以前提供更快、更好的运作,电路走线更窄,装配的组件更密集。还有,为了保证这些产品在理想的环境里按照设计的功能工作达到最小要求的时间或周期,清洗必定还要扮演一个重要的角色。

九、测试与检查 Test/Inspection

基于板的复杂性选择测试策略，这些板具有许多量纲：表面贴装或通孔、单面或双面、组件数量(包括密间距)、焊接点、电器的和视觉的访问。本文的焦点集中在作为复杂性根源的组件与焊接点的数量。

By Stig Oresjo

假设选择三种不同复杂程度的板：低、中与高。低复杂性的板(LCB, Low-complexity board)特征是，50个组件，350个焊点和50~100个电气节点，并且是一个简单电路，如，可编程自动调温器、高级玩具、家用电器、磁盘驱动控制器等。中等复杂性的板(MCB, medium-complexity board)包括500个组件，3500个焊接点和500~1000个电气节点；典型的例子是台式计算机的主板。最后，高复杂性的板(HCB, high-complexity board)有2500个组件，17500个焊接点，典型的3000~4000个节点。服务器、路由器和高级电信的板归于这类。

各类型板的合格率

为了决定三种类型板的所希望的可靠的合格率，假设制造过程对组件和焊接点的缺陷水平是每百万分之200个缺陷(DPMO, Defect per million opportunities)。(对中和高复杂性的板，DPMO水平通常较高；200 DPMO用于所有三种情况是为了方便比较。)

$N = \text{缺陷机会}$ ，合格率的公式为： $\text{合格率} = [1 - (\text{DPMO}/1000000)]^N$

低复杂性的板有400个缺陷机会(50个组件 + 350个焊接点)；中等4000(500 + 3500)；高20000(2500 + 17500)。应用到公式中，(SMT工艺)合格率结果为：低复杂程度92%，中等复杂程度45%，高复杂性的PCB只有2%。结论：几乎所有低复杂程度的板都将通过，而几乎所有高复杂程度的板将至少每个板上暴露出一个缺陷。

再假设对每个类型的板，SMT生产线每天运行24小时，每周五天，每年50周。对低复杂性的板，每年生产2,000,000块板，中等程度200,000，高等程度40,000。LCB的制造成本为\$20；MCB为\$400；HCB为\$4,000。

测试：一个无增值的行为？

这个说法有时听得到，如果是真的，那只需要调整一个策略 - 一个非常简单的过/不过的测试。一个公司致力于只发货那些工作正常的板，可能对那些失效的板不作任何修理，它会发现扔掉更便宜。这项策略的经济效应可从表中看到。

测试与修理的调节“成本”			
参数	LCB	MCB	HCB
每年板数(千块)	2,000	200	40
每块板成本	\$20	\$400	\$4,000
(SMT)板合格率%	92	45	2
好板价值(百万美元)	36.8	36	3.2
报废价值(百万美元)	3.2	44	156.8
每年贴装组件(百万)	100	100	100
每年焊接点数(百万)	700	700	700
每年缺陷机会(百万)	800	800	800

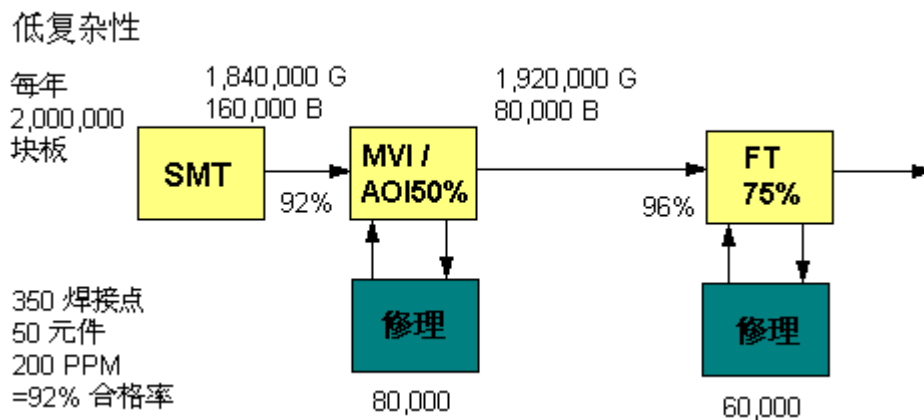
使用报废失效品策略，可以看出对三种情况的报废成本有很大差别，甚至总的DPMO是相同的。如果测试和修理成本比报废成本低，那么测试将增加价值。表中所示，LCB比MCB用来开发与投资在测试和修理上的可用“空间”较小；而比HCB要小得多。

选择测试策略的指导性原则是，找到产生最高经济回报的结合方法。这是高缺陷覆盖(较低报废率)与最佳诊断方法(较低修理成本)之间的交替换位，考虑测试检查系统的固定成本，编程和夹具成本，和操作员与修理人员的事务成本。

低复杂性板。最佳的测试策略可能是手工视觉检查(MVI, manual visual inspection)或自动光学检查(AOI, automated optical inspection)，跟着功能测试。如果假设每班次要求五个视觉检查员，并且MVI可发现和修理50%的所有缺陷，那么可节省\$1.6百万。一个视觉检查员的年开支大约\$30,000；这个方法的成本是每年450,000(每板5个检查员 x 3班 x \$30,000 = \$450,000)。一项\$450,000的投资节省\$1.6百万，似乎是一个好的策略。但是作为替换 - 使用AOI而不是MVI - 一个系统可跟上一条生产线的产量，产生的年成本会大大地低于\$450,000。因此，在大多数情况下AOI是更好的策略。

如果 MVI 策略找出缺陷的效力是 50%，功能测试的合格率应该是 96%，这里剩下的缺陷的 75%可以被测试并以少于每个\$20 来修理。（典型地，功能测试有 95%的缺陷覆盖率。在低复杂情况，假设只有 75%的所有查出的缺陷可以以少于\$20 的成本修理。如果测试和修理多于\$20，那么报废板更便宜。）

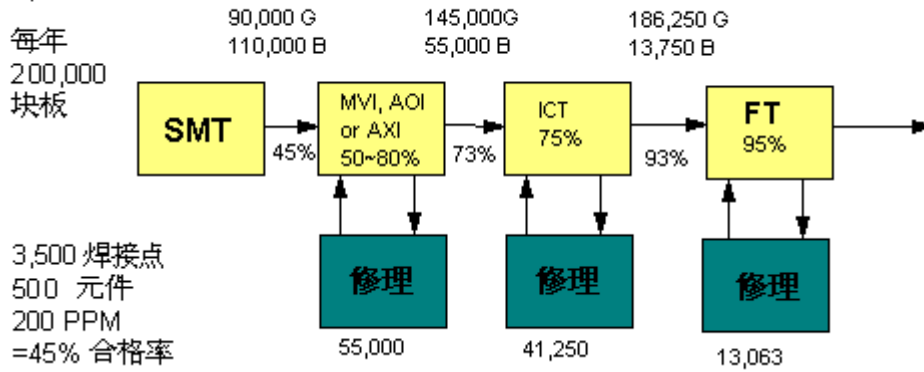
应该加入在线测试(ICT, in-circuit test)吗？答案还不清楚，例如，如果板的种类很少，只需要开发一些夹具和测试程序；那么 ICT 可能是一个好的策略。可是，如果情况是需要很多程序和夹具，那 ICT 可能不是一个经济的策略。这个评估的关键是检查的合格率为 96%。LCB 情况如图一所示。



图一、对低复杂性板的手工视觉或自动光学检查加上功能测试的情况。

中等复杂性的板。大多数成本有效的策略可能是某种形式的检查，跟着 ICT 和功能测试(图二)。使用一个缺陷覆盖率为 50%的检查策略，结果将得到 73%的检查合格率 - 太低而不能直接供给功能测试。（原则上，到功能测试的合格率应该大于 90%。）如果，在这种情形，加入对剩下缺陷有 75%覆盖率的 ICT，那么将有 41,250 块板将在 ICT 检查和修理。如果假设平均修理费用，包括在 ICT 的附加诊断每板\$6 和功能测试的每板\$36，那么节约为\$1.2 百万(41,250 x (\$36 - \$6))。ICT 设备的年固定成本，程序开发和夹具成本可能要少得多。（注：几个选项，包括 MVI, AOI 或自动 X 光检查 (AXI, automated X-ray inspection)，可以是这种情况下的检查策略的可替换选择。阐述哪种最有经济效益已超出了本文的范围。）

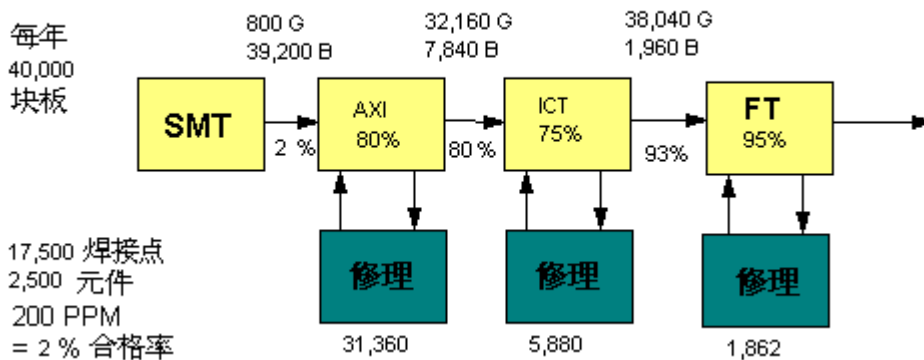
中等复杂性



图二、对中等复杂程度的板，最有经济效益的策略是某种形式的检查，跟着在线测试和功能测试。节约潜力达每年\$1.2 百万。

高复杂性的板。没有检查的生产合格率为 2%。这里，对每块板 17,500 个焊接点，一个高缺陷覆盖率的策略 (AXI) 可能是最有经济效益的替代方法 (图三)。对一个典型的缺陷谱，AXI 可以检查到所有失效的 80%，或 80% 的合格率，这还太低，不能直接去功能测试。因此，用 ICT 补足这个情况是一个好的策略，并以简化 ICT 测试的机会得到强调。因为 AXI 具有非常高的短路与开路缺陷覆盖率，ICT 夹具可以减轻对已经被覆盖的缺陷的测试。使用这个策略可以大大节约 ICT 夹具和程序开发的成本。

高复杂性



图三、对高复杂性板的情形，使用自动 X 光检查的高缺陷覆盖率策略可能是最有经济效益的。

产品寿命周期

在引用的三个例子中，假设了稳定的生产状态。可是，这是不正常的。从方程式中忽略的是原型测试、生产攀升和成熟生产工艺的发展。还有，在许多情况下，及时到达市场 (time-to-market) 和适量到达市场 (volume-to-market) 可能是一个产品成功 (或失败) 的关键。为满足这些关键产品时期的特殊需要，可能要加入另外的测试步骤。例如，在原型测试中，应该选择具有高覆盖率和编程快的测试

/检查技术。AXI, AOI 和飞针系统(flying probe system)是好的替代手段。通常,在产量增加和缺陷水平还高的攀升阶段,有经济意识的应该准备尽可能多的测试策略。

缺陷谱

选择正确测试策略的另一个关键因素是,对缺陷水平和缺陷谱的了解。如果大多数缺陷是焊锡有关的,那么,策略中应包括一个具有对这些缺陷高覆盖率的测试系统。简单地说,如果贴装错误普遍,那么应该有一个对这个区域高覆盖率的测试系统。事实上,一个测试系统不可能覆盖全部的缺陷谱。可是,为了选择正确的策略,应该把方程中缺陷谱和缺陷水平以及板的复杂性和板的产量,作为关键的考虑因素,来完成经济运算。

总结

通过选择测试策略,作为 PCB 复杂性的函数,高复杂性板的潜在成本利益是比低复杂性板的高得多。鉴于组件数量与焊接点数量是关键参数,重要的是记住,其它因素可能引起板的复杂性。板的密度,密间距组件,电气和视觉可达性,板的数量等,也是重要的,因为任何变化都可能重大的改变最优的测试策略。

十、微型 BGA 与 CSP 的返工工艺 Rework Process for MicroBGA and CSP

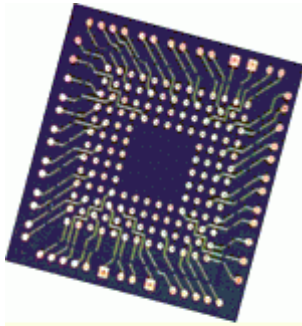


Figure 1. Board pad layout for 144 I/O package.

包装尺寸和锡球间距的减少,伴随 PCB 上组件密度的增加,带来了新的装配与返工挑战。

随着电子装配变得越来越小,密间距的微型球栅列阵 (microBGA) 和片状规模包装 (CSP) 满足了更小、更快和更高性能的电子产品的要求。这些低成本的包装可在许多产品中找到,如:膝上型计算机、蜂窝电话和其它便携式设备。包装尺寸和锡球间距的减少,伴随 PCB 上组件密度的增加,带来了新的装配与返工挑战。如果使用传统的返工工艺而不影响邻近的组件,紧密的组件间隔使得组件的移动和更换更加困难, CSP 提供更密的引脚间距,可能引起位置纠正和准确组件贴装的问题,轻重量、低质量的组件恐怕会中心不准和歪斜,因为热风回流会使组件移位。本文描述的工艺是建立在一个自动热风系统上,用来返工一些 microBGA 和 CSP 组件。返工组件的可靠性和非返工组件的可靠性将作一比较。

工艺确认

本方案的目的是检验工业中流行的 microBGA 和 CSP 的标准 SMT 装配和返工工艺。最初 CSP 装配已在工业中变得越来越流行,但是组件返工的作品却很少发表。由于小型组件尺寸、减少的球间距和其它组件的紧密接近,对板级返工的挑战要求返工工艺的发展和优化。本研究选择了几种组件(表一)。这些组件代表了各种输入/输出 (I/O) 数量、间距和包装形式。

TABLE 1				
Packages Used for Rework Study				
Supplier	Pitch (mm)	I/O	Size (mm)	Package Type
Package 1	0.8	46	5 x 7	MicroBGA
Package 2	0.75	40	6 x 7	Flex
Package 3	0.8	144	12 x 12	Hex
Package 4	0.55	48	8 x 6	MicroBGA

内存芯片包装通常是低 I/O 包装,如包装 1、2 和 4。通常这些包装用于双面或共享通路孔的应用。包装 3,有 144 个 I/O,典型地用于高性能产品应用。所以 CSP 都附着有锡/铅 (Sn/Pb) 共晶焊锡球,其范围是从 0.013" 到 0.020"。所有包装都缝合以允许可靠性测试。

为装配准备了两个测试板设计。一个设计是标准的 FR-4 PCB,表面有用于线出口的 "dogbone" 焊盘设计。第二个设计使用了表层电路 (SLC, Surface Laminar Circuit) 技术*, 和为线出口使用捕捉照相通路孔设计,而不是 dogbone 设计。板是 1 mm 厚度。图一所示为典型的 144 I/O 包装的焊盘形式。

试验程序

该返工工艺是在一台带有定制的偏置底板的热风返工工具**上完成的：

使用 BGA 喷嘴热风加热 适于小型 microBGA 和 CSP 返工的低气流能力 在定制偏置底板上对板底面加热 计算机控制温度曲线 校正的视觉系统 自动真空吸取和组件贴装

接下来的特殊工业流程是典型的用于 BGA 返工的。用热风喷嘴加热组件到焊锡回流温度，然后拿走。板座上的焊锡使用焊锡真空工具移去，直到座子平坦。然后座上上助焊剂，新的组件对中和贴装，焊锡回流焊接于板上。

要求作出组件移去和重新贴装的温度曲线。曲线参数必须符合锡膏制造商推荐的回流温度和保温时间。返工的每个组件座单独地作曲线，由于板面吸热的不同，内层和相邻组件的不同。以这种方式，将过热或加热不足或焊盘起脱的危险减到最小。一旦得到温度曲线，对将来所有相同位置的返工使用相同的条件。由于一个修正的回流工艺，开发出组件取下和组件回流贴附的分开工艺步骤。图二所示，是使用返工工具的减少流量能力(50 SCFH)的温度曲线例子。图三所示，是使用正常空气流量设定(90 SCFH)的对较大组件的温度曲线。

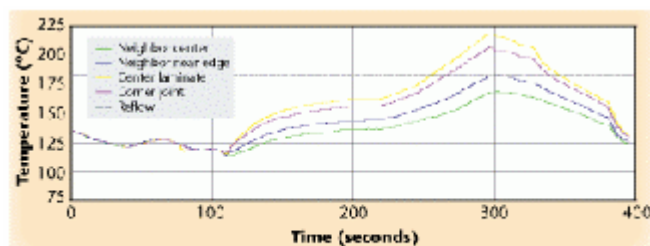


Figure 2. Reduced flow rate rework profile.

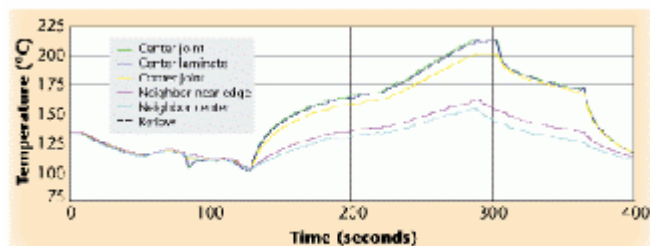


Figure 3. Regular flow rate rework profile.

对取下组件，工具的偏置底板设定到 150° C，以均匀地加热机板，将返工位置的温度斜率减到最小。(大的温度斜率可能引起局部板的翘曲。)板放于框架的对中定位销上，支援高于底板面 0.250”。支持块粘贴于板返工座的背面，以加热期间防止翘曲。板被覆盖并加热到 135° C 温度。

返工工具使用无力移动技术来从板上移去组件。当过程开始，真空吸取管降低来感应组件的高度，然后升到特定的高度进行加热过程。当组件达到回流温度，真

空吸嘴降低到预定高度，打开真空，移去组件而不破坏共晶焊锡接点。丢弃取下的组件，加热板上的下一个点。

组件移去后接下来是座子修饰。这个是使用返工工具的自动焊锡清道夫来完成的。板放在偏置底板上，预热到大约 130° C。返工座在开始过程前加助焊剂。焊锡清道夫对 SLC 预热到 420° C，对 FR-4 预热到 330° C，检查板的高度，然后一次过横移过焊盘的每一排，当其移动时把焊锡吸上到真空管。反复试验得出对较小组件座的焊锡高于板面 0.010”，对较大组件座 0.012”。使用异丙醇清洁座，检查是否损坏。典型的可避免的观察是焊锡污斑和阻焊的损坏。

组件贴放和回流步骤如下进行。板预热到 135° C，使用无麻刷擦过板面来给座加助焊剂。助焊剂起着将组件保持在位和回流前清洁焊盘表面的作用。使用返工工具的分光能力来将组件定位在板，完成组件贴装。

组件贴装后，真空吸接管感觉组件高度，向上移到预定高度。这允许吸接管保持与热风喷嘴内面的组件接触，当热风预热步骤开始时保持组件在位置上。跟着预热保温后，吸接管向上移动另外 0.015”或 0.020”，以防止焊锡回流期间组件倒塌。

结果与讨论

为了成功的 CSP 组件移动和更换，过程调整是需要的。在峰值温度，真空吸接管要降低到组件表面，损坏焊接点和溅锡到板上周围区域。尽管返工工具据说是使用无力移动技术，组件上轻微的压力足以损坏一小部分的共晶焊接点。板也看到去向上翘曲，使情况恶化。为了防止这个，在移去步骤中增加额外的高度，使得真空吸接管在移去时不会压缩焊接点。

自动组件座清理工艺成功地使焊盘上的焊锡变平。这个步骤是关键，因为焊盘必须平坦以防止贴装时的歪斜。留下的焊锡覆盖层在任何焊盘上典型地小于 0.001”高。图四是在组件移去和座子清理后的典型的组件座的一个例子。

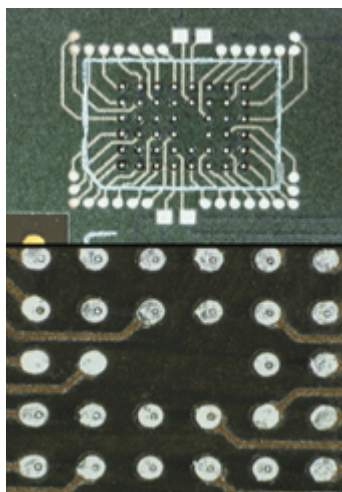


Figure 4.46 I/O site after removal and site dress.

组件贴放和回流是最困难的。在给座子上助焊剂后，贴放组件和回流座子，通常组件会偏斜。在不同情况下，组件锡球在板上焊盘内熔湿不均匀。人们相信，组件太轻，在热风喷嘴内移来移去。这种现象甚至发生在返工工具所允许的低气流量情况。为了防止组件移动，返工工具设定程序，在贴装之后把真空吸取管留在组件顶上，直到通过温度曲线的预热部分。当回流周期开始时，真空管回轻轻缩回，允许组件熔湿焊盘而不损坏焊接点。这个方法使用很好，但有一些缺点。回流期间，组件上的吸取管的高度和重量有时会造成锡桥。真空吸取管似乎也会降低 BGA 的自对中能力。

面对的另一个问题是板的翘曲。因为板很薄，翘曲是一个很大的关注。使用特殊的支持块来防止翘曲，在每个步骤，板被预热以减少可能引起翘曲的温度差。尽管如此，还有问题。板会在高度读数的压力下向下弓，随后在加热过程中向上翘曲。这意味着，不得不在每一步中增加额外的高度。甚至这还不足够。相同的拆卸参数会破坏拆卸中的组件，并且还不精确到足以拆卸另一块板上的相同位置的组件。

另外，使用的板的上助焊剂技术招徕问题；它是很主观的，一个技术员与另一个技术员差别很大。太多的助焊剂产生一层液体，回流期间 CSP 组件可能漂移。同时，太少助焊剂意味着当热空气第一次开动时，没有粘性的东西来保持组件在位置上。较近的论文指出，只对 BGA 本身而不是板的焊接点上助焊剂改进了返工工艺的效率。最终返工焊接点与非返工焊接点是可以比较的，如图五所示。

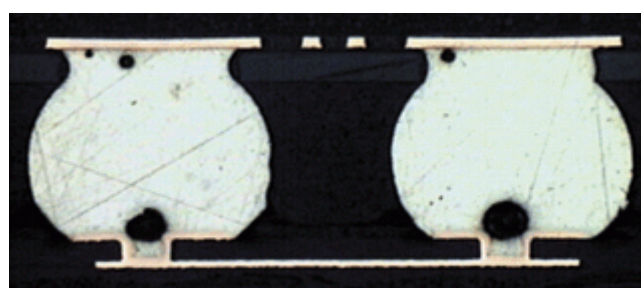


Figure 5. Cross-section of reworked CSP solder joint.

可靠性

装配的测试板进行从 -40°C 到 125°C 和从 0°C 到 100°C 的加速温度循环(ATC, accelerated temperature cycling)试验。也进行绝缘电阻(IR, Insulation resistance)测试。对任何的包装都没有发现 IR 失效。包装 4 有早期 ATC 失效(100~200 个周期, -40°C ~ 125°C)，后来发现，该包装的供货商由于可靠性问题没有继续该包装。包装 1~3 在 0°C ~ 100°C 的测试中表现良好(大多数情况经受大于 1000 次循环)，而 -40°C ~ 125°C 的试验有混合的结果。这个温度循环范

围可能太进取一点。包装 1 和 2 的返工组件的循环寿命比非返工组件稍微低一点，而包装 3 具有可比较的循环寿命。

结论

MicroBGA 和 CSP 组件可用传统的热风返工工艺进行返工。为得到高效率，返工工艺参数的调节是需要的。因为 CSP 组件小型，重量轻，要求对热风流量和真空吸管高度的调节以避免组件对不准或组件损坏。使用优化的返工工艺返工的组件，保证了另外的可靠性测试。

转载:中国科学论坛 表面贴片技术工艺