

半导体封装安装手册

Notice

1. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation of these circuits, software, and information in the design of your equipment. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
2. Renesas Electronics has used reasonable care in preparing the information included in this document, but Renesas Electronics does not warrant that such information is error free. Renesas Electronics assumes no liability whatsoever for any damages incurred by you resulting from errors in or omissions from the information included herein.
3. Renesas Electronics does not assume any liability for infringement of patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
4. You should not alter, modify, copy, or otherwise misappropriate any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copy or otherwise misappropriation of Renesas Electronics product.
5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: "Standard" and "High Quality". The recommended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below.
"Standard": Computers; office equipment; communications equipment; test and measurement equipment; audio and visual equipment; home electronic appliances; machine tools; personal electronic equipment; and industrial robots etc.
"High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control systems; anti-disaster systems; anti-crime systems; and safety equipment etc.

Renesas Electronics products are neither intended nor authorized for use in products or systems that may pose a direct threat to human life or bodily injury (artificial life support devices or systems, surgical implantations etc.), or may cause serious property damages (nuclear reactor control systems, military equipment etc.). You must check the quality grade of each Renesas Electronics product before using it in a particular application. You may not use any Renesas Electronics product for any application for which it is not intended. Renesas Electronics shall not be in any way liable for any damages or losses incurred by you or third parties arising from the use of any Renesas Electronics product for which the product is not intended by Renesas Electronics.

6. You should use the Renesas Electronics products described in this document within the range specified by Renesas Electronics, especially with respect to the maximum rating, operating supply voltage range, movement power voltage range, heat radiation characteristics, installation and other product characteristics. Renesas Electronics shall have no liability for malfunctions or damages arising out of the use of Renesas Electronics products beyond such specified ranges.
7. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of its products, semiconductor products have specific characteristics such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Further, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. Please be sure to implement safety measures to guard them against the possibility of physical injury, and injury or damage caused by fire in the event of the failure of a Renesas Electronics product, such as safety design for hardware and software including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult, please evaluate the safety of the final products or systems manufactured by you.
8. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. Please use Renesas Electronics products in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. Renesas Electronics assumes no liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
9. Renesas Electronics products and technology may not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations. You should not use Renesas Electronics products or technology described in this document for any purpose relating to military applications or use by the military, including but not limited to the development of weapons of mass destruction. When exporting the Renesas Electronics products or technology described in this document, you should comply with the applicable export control laws and regulations and follow the procedures required by such laws and regulations.
10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, who distributes, disposes of, or otherwise places the product with a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document, Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties as a result of unauthorized use of Renesas Electronics products.
11. This document may not be reproduced or duplicated in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products, or if you have any other inquiries.

(Note 1) "Renesas Electronics" as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its majority-owned subsidiaries.

(Note 2) "Renesas Electronics product(s)" means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

注意事项

1. 本文档中所记载的关于电路、软件和其他相关信息仅用于说明半导体产品的操作和应用实例。用户如在设备设计中应用本文档中的电路、软件和相关信息，请自行负责。对于用户或第三方因使用上述电路、软件或信息而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
2. 在准备本文档所记载的信息的过程中，瑞萨电子已尽量做到合理注意，但是，瑞萨电子并不保证这些信息都是准确无误的。用户因本文档中所记载的信息的错误或遗漏而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
3. 对于因使用本文档中的瑞萨电子产品或技术信息而造成的侵权行为或因此而侵犯第三方的专利、版权或其他知识产权的行为，瑞萨电子不承担任何责任。本文档所记载的内容不应视为对瑞萨电子或其他人所有的专利、版权或其他知识产权作出任何明示、默示或其它方式的许可及授权。
4. 用户不得更改、修改、复制或以其他方式部分或全部地非法使用瑞萨电子的任何产品。对于用户或第三方因上述更改、修改、复制或以其他方式非法使用瑞萨电子产品的行为而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
5. 瑞萨电子产品根据其质量等级分为两个等级：“标准等级”和“高质量等级”。每种瑞萨电子产品的推荐用途均取决于产品的质量等级，如下所示：

标准等级： 计算机、办公设备、通讯设备、测试和测量设备、视听设备、家用电器、机械工具、个人电子设备以及工业机器人等。

高质量等级： 运输设备（汽车、火车、轮船等）、交通控制系统、防灾系统、预防犯罪系统以及安全设备等。

瑞萨电子产品无意用于且未被授权用于可能对人类生命造成直接威胁的产品或系统及可能造成人身伤害的产品或系统（人工生命维持装置或系统、植埋于体内的装置等）中，或者可能造成重大财产损失的产品或系统（核反应堆控制系统、军用设备等）中。在将每种瑞萨电子产品用于某种特定应用之前，用户应先确认其质量等级。不得将瑞萨电子产品用于超出其设计用途之外的任何应用。对于用户或第三方因将瑞萨电子产品用于其设计用途之外而遭受的任何损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。

6. 使用本文档中记载的瑞萨电子产品时，应在瑞萨电子指定的范围内，特别是在最大额定值、电源工作电压范围、移动电源电压范围、热辐射特性、安装条件以及其他产品特性的范围内使用。对于在上述指定范围之外使用瑞萨电子产品而产生的故障或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
7. 虽然瑞萨电子一直致力于提高瑞萨电子产品的质量和可靠性，但是，半导体产品有其自身的具体特性，如一定的故障发生率以及在某些使用条件下会发生故障等。此外，瑞萨电子产品均未进行防辐射设计。所以请采取安全保护措施，以避免瑞萨电子产品在发生故障或遭受火灾时导致人身事故、伤害或损害的事故。例如进行软硬件安全设计（包括但不限于冗余设计、防火控制以及故障预防等）、适当的老化处理或其他适当的措施等。由于难于对微机软件单独进行评估，所以请用用户自行对最终产品或系统进行安全评估。
8. 关于环境保护方面的详细内容，例如每种瑞萨电子产品的环境兼容性等，请与瑞萨电子的营业部门联系。使用瑞萨电子产品时，请遵守对管制物质的使用或含量进行管理的所有相应法律法规（包括但不限于《欧盟 RoHS 指令》）。对于因用户未遵守相应法律法规而导致的损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
9. 不可将瑞萨电子产品和技术用于或者嵌入日本国内或海外相应的法律法规所禁止生产、使用及销售的任何产品或系统中。也不可将本文档中记载的瑞萨电子产品或技术用于与军事应用或者军事用途有关的任何目的（如大规模杀伤性武器的开发等）。在将本文档中记载的瑞萨电子产品或技术进行出口时，应当遵守相应的出口管制法律法规，并按照上述法律法规所规定的程序进行。
10. 向第三方分销或处分产品或以其他方式将产品置于第三方控制之下的瑞萨电子产品买方或分销商，有责任事先向上述第三方通知本文档规定的内容和条件；对于用户或第三方因非法使用瑞萨电子产品而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
11. 在事先未得到瑞萨电子书面认可的情况下，不得以任何形式部分或全部转载或复制本文档。
12. 如果对本文档所记载的信息或瑞萨电子产品有任何疑问，或者用户有任何其他疑问，请向瑞萨电子的营业部门咨询。

（注 1） 瑞萨电子：在本文档中指瑞萨电子株式会社及其控股子公司。

（注 2） 瑞萨电子产品：指瑞萨电子开发或生产的任何产品。

目录

1.	焊接安装技术概要	1
1.1	安装方式	1
1.1.1	安装方式的类型与概要	1
1.1.2	各安装方式的特点	2
1.1.3	局部加热法	3
1.1.4	整体加热法	5
1.1.5	各种不同封装的焊接方式	10
1.1.6	安装工序	11
1.1.7	安装工序的基本流程	11
1.1.8	单面安装	12
1.1.9	双面安装	16
2.	印刷电路板设计	23
2.1	引脚式SMD	23
2.1.1	引脚式SMD的管脚存在范围	24
2.1.2	各封装的安装焊盘尺寸实例	25
2.2	球形式SMD（包含LGA）	34
2.2.1	球形式SMD的管脚存在范围	34
2.2.2	BGA和LGA的安装焊盘设计	35
2.2.3	安装焊盘尺寸实例（设计范围）	35
2.3	THD	36
2.3.1	THD管脚存在范围	36
2.3.2	通孔直径设计	38
2.3.3	印刷电路板的通孔直径尺寸值（设计范围）	38
2.4	分立	39
2.5	电路板材料	39
2.5.1	防止安装焊盘的氧化	40
2.5.2	印刷电路板的反翘	41
2.5.3	焊接部的信赖性	41
3.	焊接安装工序	43
3.1	焊料供给工艺	43
3.1.1	焊锡膏	43
3.1.2	焊锡膏印刷工序	46
3.1.3	焊锡膏供给量	47
3.2	元件安装工艺	52
3.2.1	粘合剂	52
3.2.2	元件贴装设备	52

3.2.3 自对准效果	53
3.3 焊接工艺	61
3.3.1 温度曲线概述	61
3.3.2 温度曲线条件	62
3.3.3 关于BGA封装的回流	64
3.3.4 混合安装的温度分布	65
3.4 清洗工艺	67
3.4.1 焊剂的选择	67
3.4.2 清洗液的选择	68
3.4.3 清洗方法和清洗设备的选择	69
3.4.4 判断方法	70
3.5 检查工艺	71
3.5.1 外观检查设备	72
3.5.2 外观检查项目	73
3.6 修复和返工（交换元件）	75
3.6.1 修复	75
3.6.2 返工（交换元件）	76
4. 保管和安装注意事项	81
4.1 焊接性	81
4.1.1 电镀组成	81
4.1.2 焊接性评价方法	81
4.1.3 电镀厚度	83
4.1.4 高温处理后的浸润性	83
4.1.5 长期保管后的浸润性	84
4.2 封装的保管条件	86
4.2.1 打开防潮包装前的保管	86
4.2.2 打开防潮包装后的保管	86
4.2.3 烘焙处理	87
4.2.4 回流次数	87
4.3 焊接温度曲线	88
4.3.1 耐热温度曲线	88
4.3.2 耐热温度曲线符号	89
4.3.3 焊接温度	95
4.3.4 封装的电极和管脚电镀的金属成分	95
4.3.5 焊接短路和断路的注意事项	96
4.4 二次回流时的温度条件	96
4.5 安装后焊接部位的机械强度	96
5. 焊接安装实例与问题实例	97
5.1 BGA焊接工艺	97

5.1.1	无铅焊接安装的注意事项.....	97
5.1.2	WLBGA使用的注意事项.....	98
5.1.3	安装实例（WLBGA）.....	98
5.1.4	BGA问题实例.....	101
5.2	LGA焊接工艺.....	109
5.2.1	安装实例（FLGA）.....	109
5.2.2	LGA问题案例.....	111
5.3	HQFP和HLQFP电路板安装焊盘设计的注意事项.....	113
5.3.1	HLQFP的安装焊盘设计实例.....	113
5.4	无铅焊料管脚的安装实例.....	115
5.4.1	无铅焊料管脚（引脚式）的安装外观.....	115
5.4.2	无铅焊料管脚（引脚式）的安装断面.....	116
6.	安装信赖性.....	117
6.1	安装温度的影响.....	117
6.1.1	球形SMD.....	117
6.1.2	引脚式SMD.....	118
6.2	印刷电路板厚度的影响.....	119
6.3	印刷电路板材质的影响（1）.....	119
6.4	印刷电路板材质的影响（2）.....	120
6.5	印刷电路板焊盘结构的影响.....	120
6.6	单面安装和双面安装.....	121
6.7	封装管脚电镀和焊接材料的组合.....	122
6.8	封装焊球管脚和焊接材料的组合.....	123
6.9	机械强度.....	124
6.9.1	QFP引脚连接强度.....	124
6.9.2	高温保存后的BGA焊球焊接强度.....	126
6.9.3	改进抗冲击性的措施.....	126
6.10	迁移.....	127
7.	附录.....	129
7.1	封装组成材料的特性.....	129
7.1.1	组成材料的热膨胀系数.....	129

1. 焊接安装技术概要

目前，电子工业对电子产品多功能化、小型化、薄型化的要求日益强劲。另外，半导体用户也在不断地要求降低成本，这些要求将会随着时间的推移而日益增强。

为了满足这些需求，封装（器件）的安装技术至关重要，各种安装技术和工艺已被加以研究并应用。

例如，图1-1为典型的安装所需的技术要求。本章介绍安装方式（设备）以及工序（工艺）的概要。

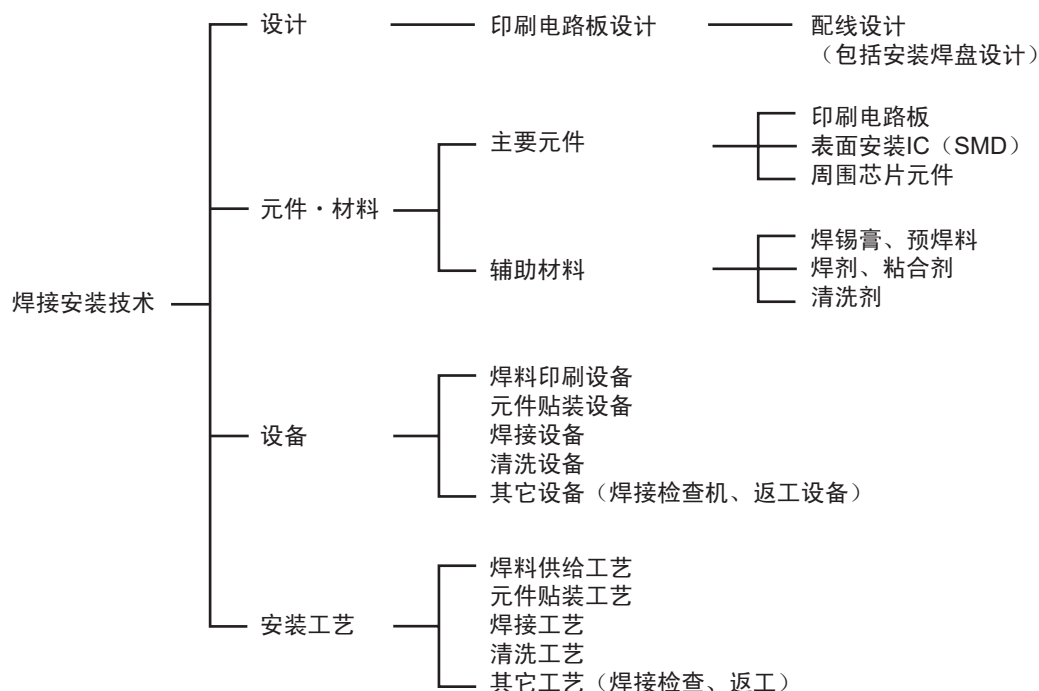


图 1-1 焊接安装技术

1.1 安装方式

1.1.1 安装方式的类型与概要

焊接方式一般可分为两种类型：局部加热法和整体加热法。

局部加热法…对封装的管脚和印刷电路板进行局部加热。

[类型] 可分为四种：焊烙铁、热空气、激光、脉冲加热

[特点] 局部加热时，在器件和印刷电路板上发生的热应力较小，但是不适用于大批量生产。
因此，该方法主要用于修正焊接或者耐热性低的器件。

整体加热法…对整个封装和印刷电路板进行加热。

[类型] 可分为五种：红外线、热风（空气/N₂）、红外线·热风相并用（空气/N₂）、VPS（气相焊接）、射流（喷流）焊接

[特点] 因为在量产和运行成本较低，这些类型被广泛的使用。

但是，整体加热时会对器件和印刷电路板产生较大的热应力。

在选择焊接方式时，必须考虑各种焊接方式的优点、取点及元件的耐热性。

1.1.2 各安装方式的特点

表1-1列出了各种方式的特点。此外，第1.1.3节和第1.1.4节中对局部加热法和整体加热法的作详细说明。

表 1-1 焊接方式的特点

焊接（加热）方式		特点	
分类	方式	优点	缺点
局部 （部 分） 加热	焊烙铁法	热应力：小	- 温度差异：大 - 运行成本：高
	热空气法	热应力：小	- 温度差异：大 - 运行成本：高
	激光法	- 热应力：小 - 可进行后焊	- 不适合大量生产（处理时间长） - 所有管脚和元件都要加热
	脉冲加热法	- 热应力：小 - 可进行后焊	- 不适合大量生产（处理时间长） - 所有管脚和元件都要加热
整体 加热	红外法 （红外回流）	- 运行成本：低 - 处理时间：短 - 结构简单	- 温度差异：大 - 热应力：大 - 难以加热阴影部分 - 由于器件的形状和颜色不同，会产生温度差异（近红外线时）
	热风法 （热风回流）	- 温度差异：中 - 易于直接加热阴影部分和密集部分 - 可均匀加热 - 即使电路板和元件的热容量不同，经过一定时间也可达到均一的温度。	- 热应力：大 - 处理时间：比红外回流方式的时间稍长 - 由于风速的原因，可能发生元件错位和电路板振动
	空气	运行成本：低	由于铜箔氧化，可能发生焊接不良
	N2	不易出现由于铜箔氧化而发生的焊接不良	运行成本：高
	红外对流·热风 合用法	- 温度差异：中 - 处理时间：短 - 易于直接加热阴影部分和密集部分 - 可均匀加热 - 即使电路板和元件的热容量不同，经过一定时间可达到均一的温度。	- 热应力：大 - 由于风速的原因，可能发生元件错位和电路板振动 - 由于铜箔氧化，可能发生焊接不良（空气回流时）
	空气	运行成本：低	由于铜箔氧化，可能发生焊接不良
	N2	不易出现由于铜箔氧化而发生的焊接不良	运行成本：高
	VPS （气相焊接）	- 温度差异：小 - 可进行精确的温度控制 - 无需温度控制系统 - 加热温度低和加热时间短 - 焊接部分的氧化和污染小	- 热应力：大 - 运行成本：高 - 设备价格：高
	射流焊接 （波峰焊接）	- 运行成本：低 - 处理时间：短 - 热应力小（THD）	- 温度差异：大 - 难以同时处理多种 PKG（如精细管脚节距 PKG 等） - 热应力大（SMD）

1.1.3 局部加热法

(1) 焊烙铁法

这个方法采用焊烙铁通过焊线等材料把封装管脚和印刷电路板上的安装焊盘焊接在一起。

根据焊接位置的尺寸、形状以及焊料的熔点决定焊烙铁的热容量。

如果焊接温度太高，会因耐热性二导致安装焊盘从印刷电路板上剥离等劣化问题，因此需要加以注意。

焊接位置的实际温度必须根据焊烙铁（加热器）的加热能力、封装以及安装电路板的热容量来决定，推荐通过实际测量温度特性之后再决定焊接温度。尽可能使用可以调节温度的焊烙铁。

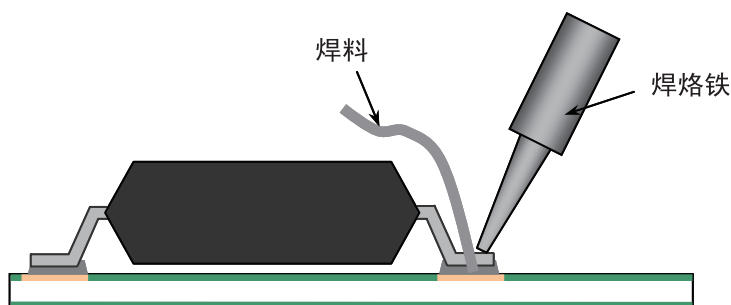


图 1-2 焊烙铁法

(2) 热空气法

热空气法是通过加热空气或者氮气等并且让加热后的气体通过一个管嘴喷射出来进行焊接。可通过调节加热器或者气体的流量来调节温度。

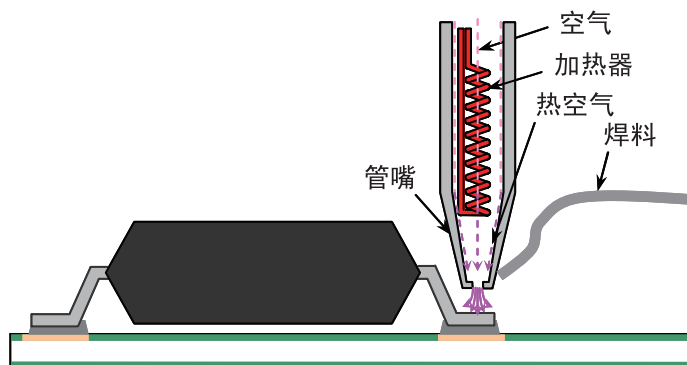


图 1-3 热空气法

(3) 激光法

激光法通过激光的照射来进行焊接。可通过调节激光的输出功率和照射时间来调节温度。

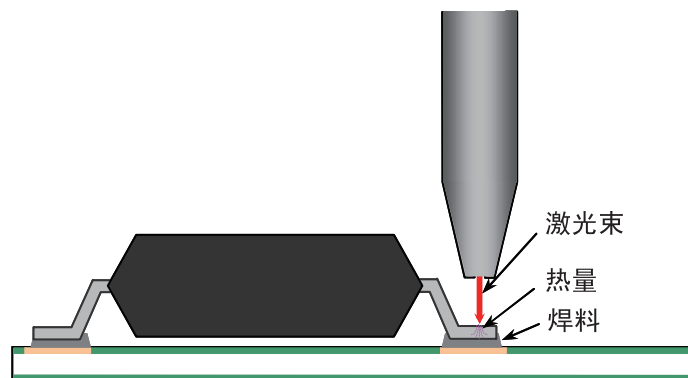


图 1-4 激光法

(4) 脉冲加热法

脉冲加热法是利用工具中的脉冲电流所发生的焦耳热来进行焊接。可通过调节电流量和通电时间来调节温度。

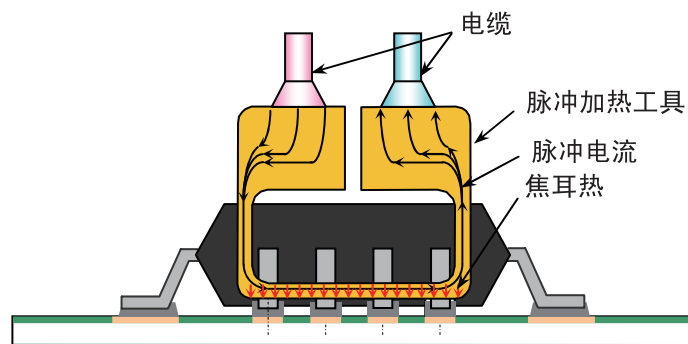


图 1-5 脉冲加热法

1.1.4 整体加热法

整体加热法包括红外法、VPS（气相焊接）和热风法。这些方式在热传途径上存在差异，如下所示。

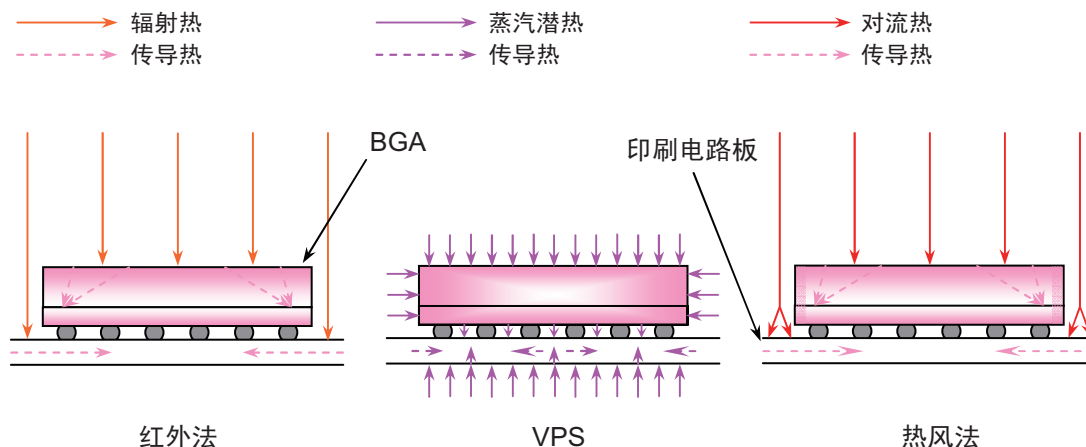


图 1-6 不同加热方法的热传输路径

从热传途径可以清晰地看到，在红外法（红外回流）中，位于封装体阴影中的焊接部分被热传导间接加热，容易产生温度不均。因此当在BGA/LGA等封装的下部进行焊接时，多采用热风法（空气以及N₂回流）。用户必须确立安装（加热）条件，使所有引脚有充足的焊料浸润，以确保足够的连接强度和产品的品质。图1-7为使用Sn-3.0Ag-0.5Cu焊料进行安装的典型封装中焊点的断面照片。

100 pin QFP	28 pin QFN	261 pin BGA	64 pin LGA
0.5mm节距	0.5mm节距	0.65mm节距	0.65mm节距

图 1-7 使用 Sn-3.0Ag-0.5Cu 焊料的典型封装的安装后断面照片（参考）

(1) 红外线法（红外线回流）

这个方法是通过红外线加热器作为热源，用其发射的红外线（辐射热）对元件进行加热然后进行焊接。

红外线的热辐射效率因构成的材料和形状不同而异，封装（元件）的不同也会产生温度的差异。

红外回流的特征在下面进行介绍。

1. 优点

- a) 较低的运行成本和设备维修方便
- b) 较短的焊接处理时间

2. 缺点

- a) 引脚的温度上升很大部分由封装尺寸决定。
- b) 无法直接被照射的阴影部分的温度难以上升。
- c) 由于以上两点，电路板和元件（焊接部）容易温度不均。因此，必须以温度最难上升的焊接部分的温度为基准来设定条件，所以封装时的热应力有增大的趋势。

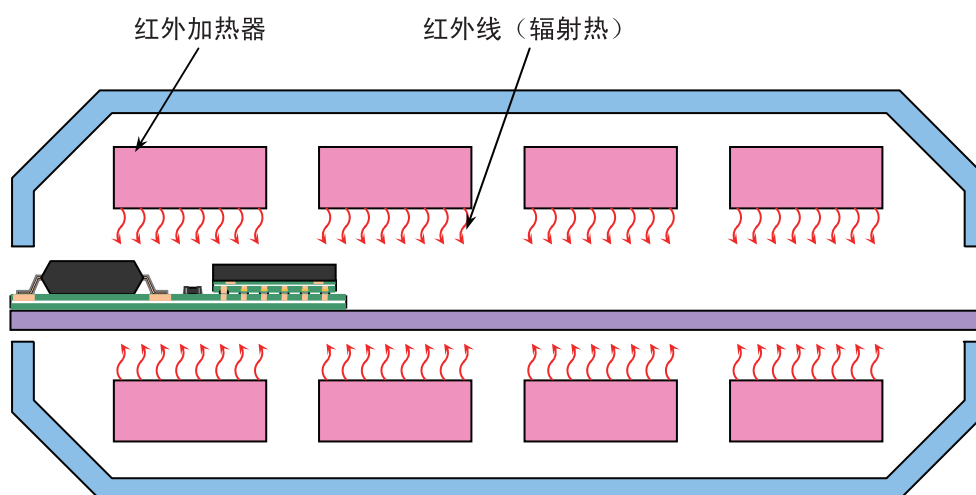


图 1-8 红外法（例）

(2) VPS（气相焊接法）

这个方法是使用加热器把一个特殊的惰性液体加热到沸点，将产品浸入沸腾产生的饱和蒸汽介质中，接触产品的蒸汽释放出汽化热并且凝结，从而实现产品的高效均匀焊接。

图1-9为设备的结构示例。为了对应多品种的处理，它是由第一气相、预热、冷却以及用于防止液体从第一气相中飞散出的第二气相构成。

VPS的特征在下面进行介绍。

1. 优点

- a) 热传导效率极高，无论元件形状如何都可以整体均匀加热。
- b) 通过汽化可对温度进行精确控制。
- c) 由于焊接在惰性气体介质下进行，焊接部分的氧化和污染的发生就很少。
- d) 由于以上几点，可降低加热条件并且缩短处理时间。因此对封装时元件发生的热应力很小。

2. 缺点

- a) 高运行成本。

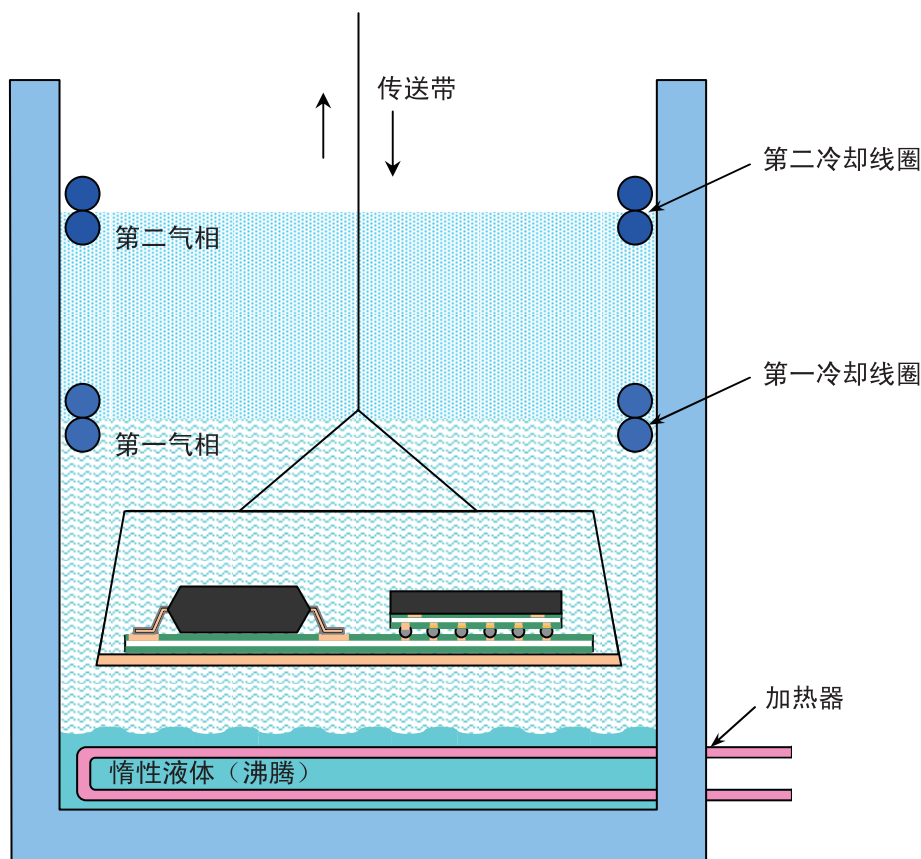


图 1-9 VPS（气相焊接法）（例）

(3) 热（温）风法（空气/N₂回流）

热（温）风法是一个改良方法，解决了红外线回流时的电路板和元件的温度不一致的问题，同时也解决了VPS所存在的高运行成本的问题（请参见第1.1.4 (2) 节）。

热（温）风的原理是将加热器所加热的气体介质（空气或者N₂）在炉内循环，通过对流热传导的方式加热产品来进行焊接。即使电路板和元件的热容量不同，在警告一定时间之后可达到均一的温度。

热（温）风法（热风回流）的特征在下面进行介绍。

1. 优点
 - a) 温度均一性优于红外线法（红外线回流）。
（温度将不受到加热对象的明显影响。）
 - b) 发生的热应力相对较小。
2. 缺点
 - a) 和红外法（红外回流）相比焊接时间相对长些。

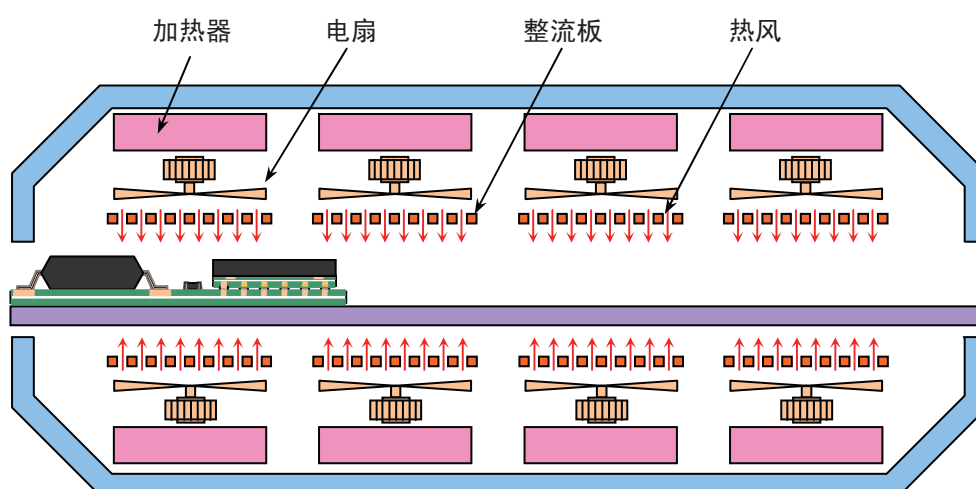


图 1-10 热风法（例）

(4) 热风・红外线合用法（温风・红外线回流合用）

这种方法是热风法和红外线法的结合，解决了热风法（热风回流）焊接时间长的问题。

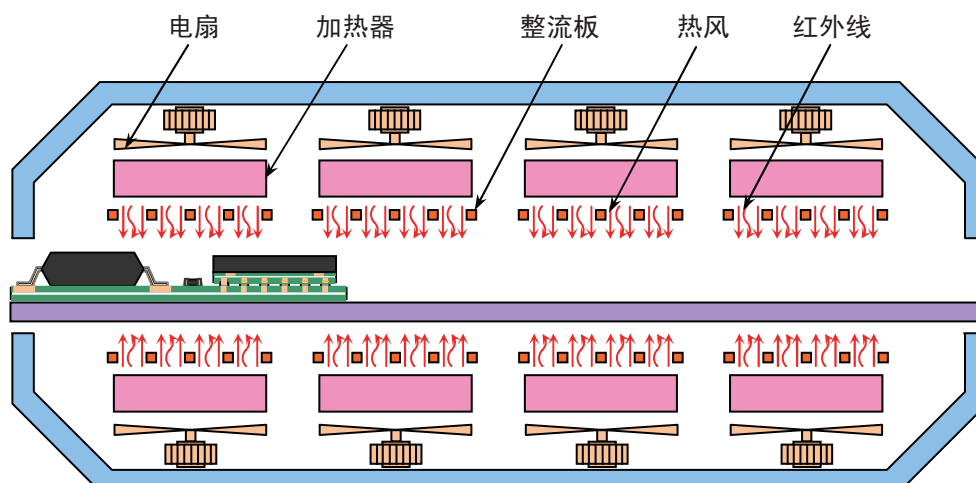


图 1-11 对流回流法（例）

(5) 射流（喷流）焊接法（波峰焊）

这种方法通过喷射在焊料槽中熔融的焊料进行焊接。

把印刷电路板浸入喷射出的熔融焊料中，进行焊接。

这种方式的特征在下面进行介绍。

1. 优点
 - a) 适合大批量生产（焊接可在几秒钟内完成）。
2. 缺点
 - a) 难于对应多样封装（如球形式SMD以及窄节距的引脚式SMD等）。

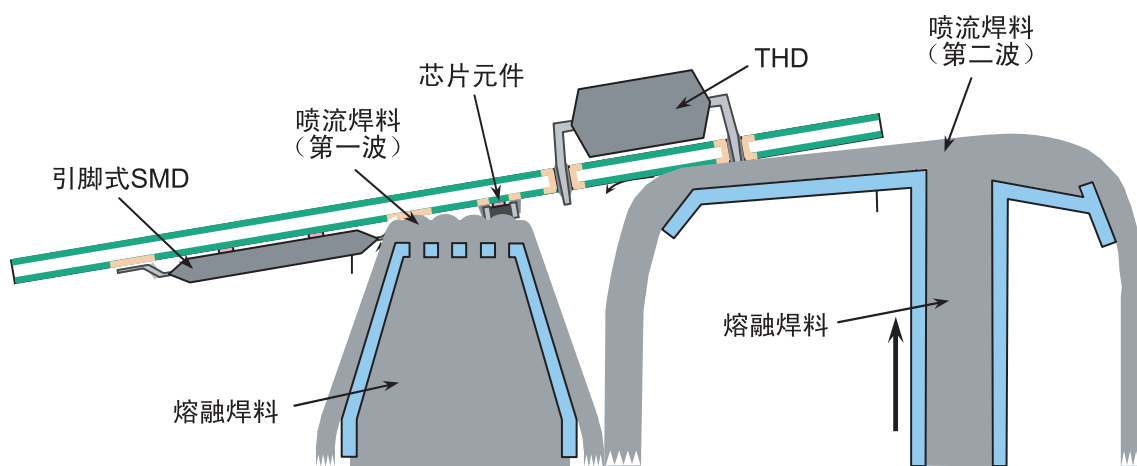


图 1-12 射流焊接法（例）

1.1.5 各种不同封装的焊接方式

根据封装类型选择适用的焊接方式。

表1-2是根据封装所分类的焊接方式的实例。

通过考虑每种方式的优点和缺点以及元件的耐热性来选择最适合您的焊接方式。

表 1-2 根据封装进行焊接方式分类

焊接方式		SIP DIP SDIP	SOP SSOP HSOP QFP LQFP HQFP HLQFP	TQFP HTQFP TSOP HTSOP	TSSOP VSSOP P-VSON HSOI G-QFP	QFJ SOJ	QFN P-VQFN BGA LFBGA HBGA HFBGA TFBGA LGA	MFPAK SMPAK CMPAC SMFPAK TSOP-6 LDPAK(S)* ¹	LFAK G-QFJ	HQFP* ¹ HLQFP* ¹ HTQFP* ¹ HSOP* ¹ HTSOP* ¹ HTSSOP* ¹ HSOI* ¹ HQFN* ¹ RP8P* ¹	SFP	DPAK(S)* ¹ 其他分立 封装
部分 加热 (局 部加 热)	焊烙铁	○	○	○	○	○	×	○* ²	○	×	×	○* ²
	热空气	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	激光	○	○	○	○	×	×	○	×	×	○	○
	脉冲加热	×	○	○	×	×	×	○	×	×	○	○
整体 加热	红外线、热 风、两者相结 合回流	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	VPS	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	射流焊接* ³	○	○* ⁴	○* ⁴ * ⁵	×	○	×	×	×	×	○	○

○：适用

×：不适用（应避免使用）

【注】 *1散热板外露型和贴片台外露型

*2避免使用焊烙铁加热散热板（贴片台）。

*3精细节距产品可能发生焊桥等问题。请在确认安装性后使用。

*4除贴片台外露型（*¹）外的封装，节距应限制在 0.65 mm 以上。另外，由于不同产品的耐热性能不同，请咨询瑞萨的销售代表。

*5一部分产品的焊料槽最高温度为 235°C，通过焊料槽的最大时间为 5 秒。

1.1.6 安装工序

焊接安装工序可大致分为在印刷电路板封装的单面和双面进行安装。并且，贴装在印刷电路板上的半导体器件封装也可大致分为引脚插入型（THD）和表面贴装型（SMD）。各类型均有适合的焊接方式，基本分为以下六种。

1.1.7 安装工序的基本流程

- 单面安装
 - (1) THD 射流焊接
 - (2) SMD 射流焊接
 - (3) SMD 回流焊接

- 双面安装
 - (1) SMD 回流焊接+THD/SMD 射流焊接
 - (2) SMD 回流焊接+SMD 回流焊接
 - (3) THD/SMD 射流焊接

从下页起的图1-13至18给出了不同工序的基本概要。

将多个不同类型封装安装在同一块印刷电路板上时，需考虑产品的耐热性，选择最适合的安装工序。

1.1.8 单面安装

(1) THD 的射流焊接

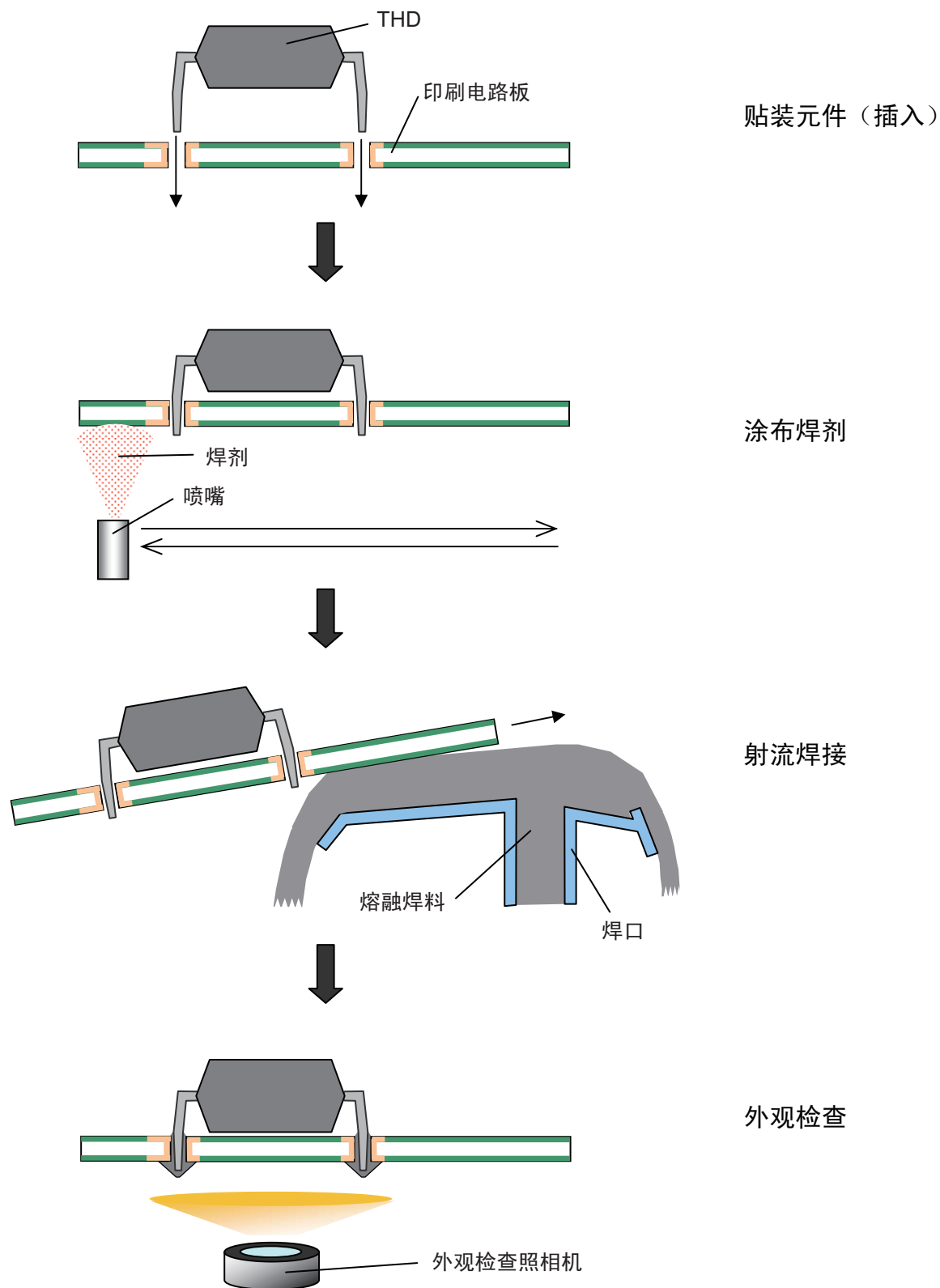
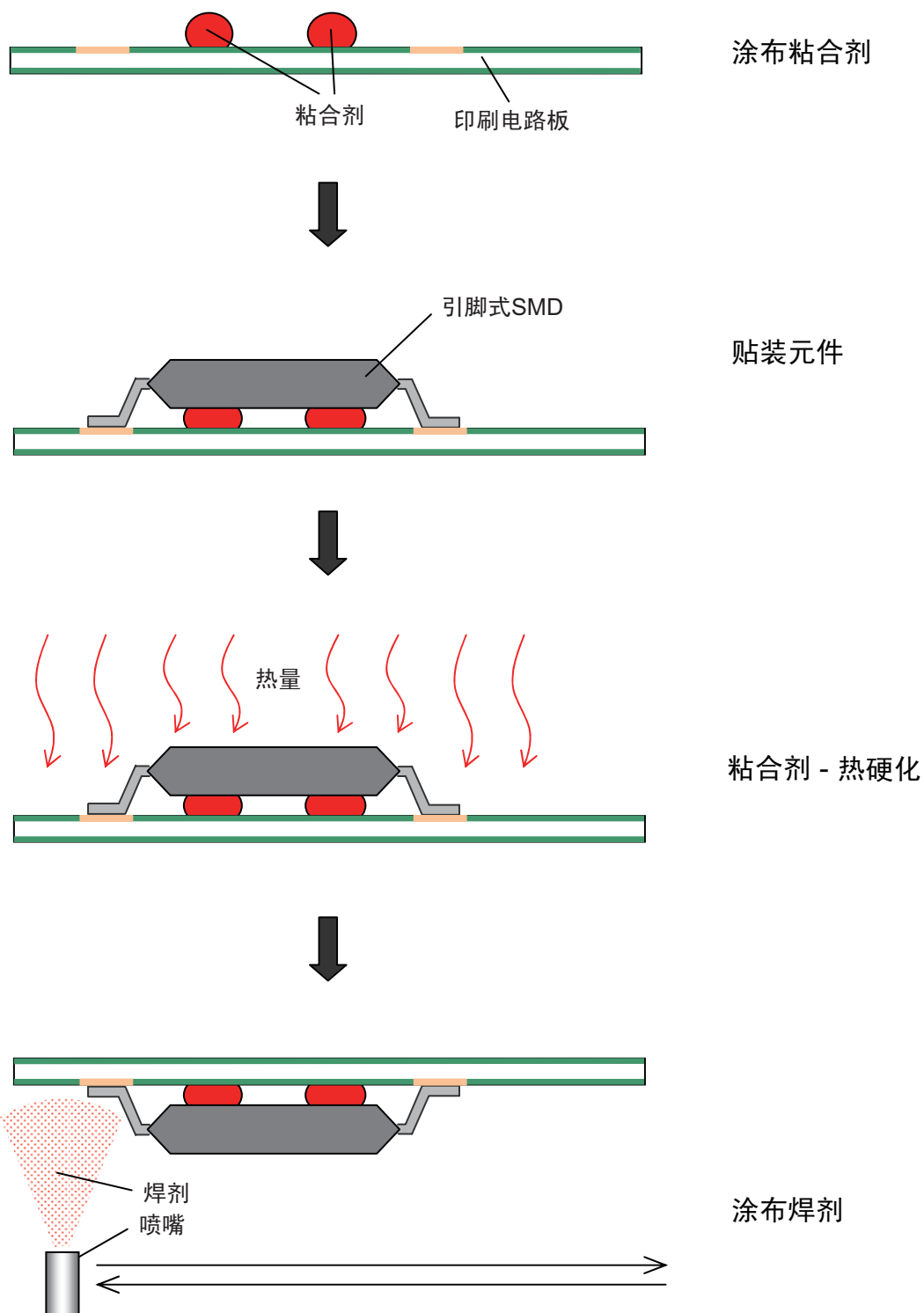


图 1-13 THD 的射流焊接

(2) SMD 的射流焊接



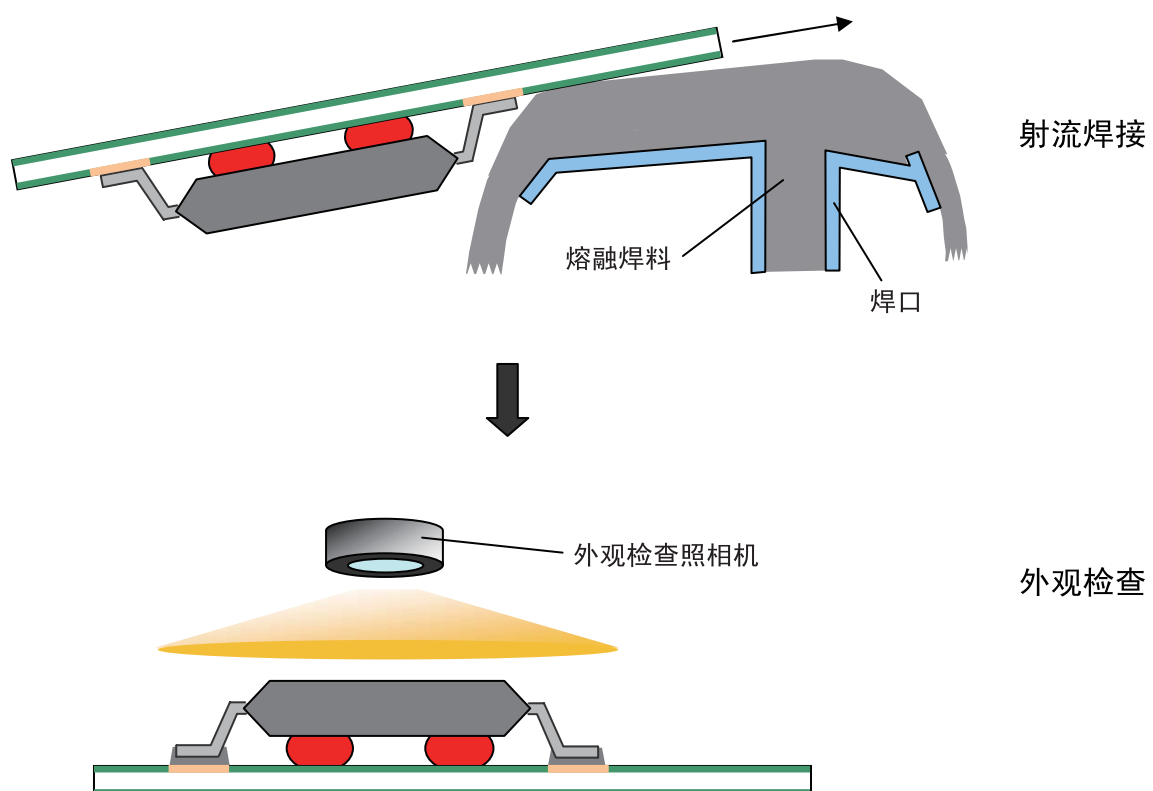


图 1-14 SMD 的射流焊接

(3) SMD 的回流焊接

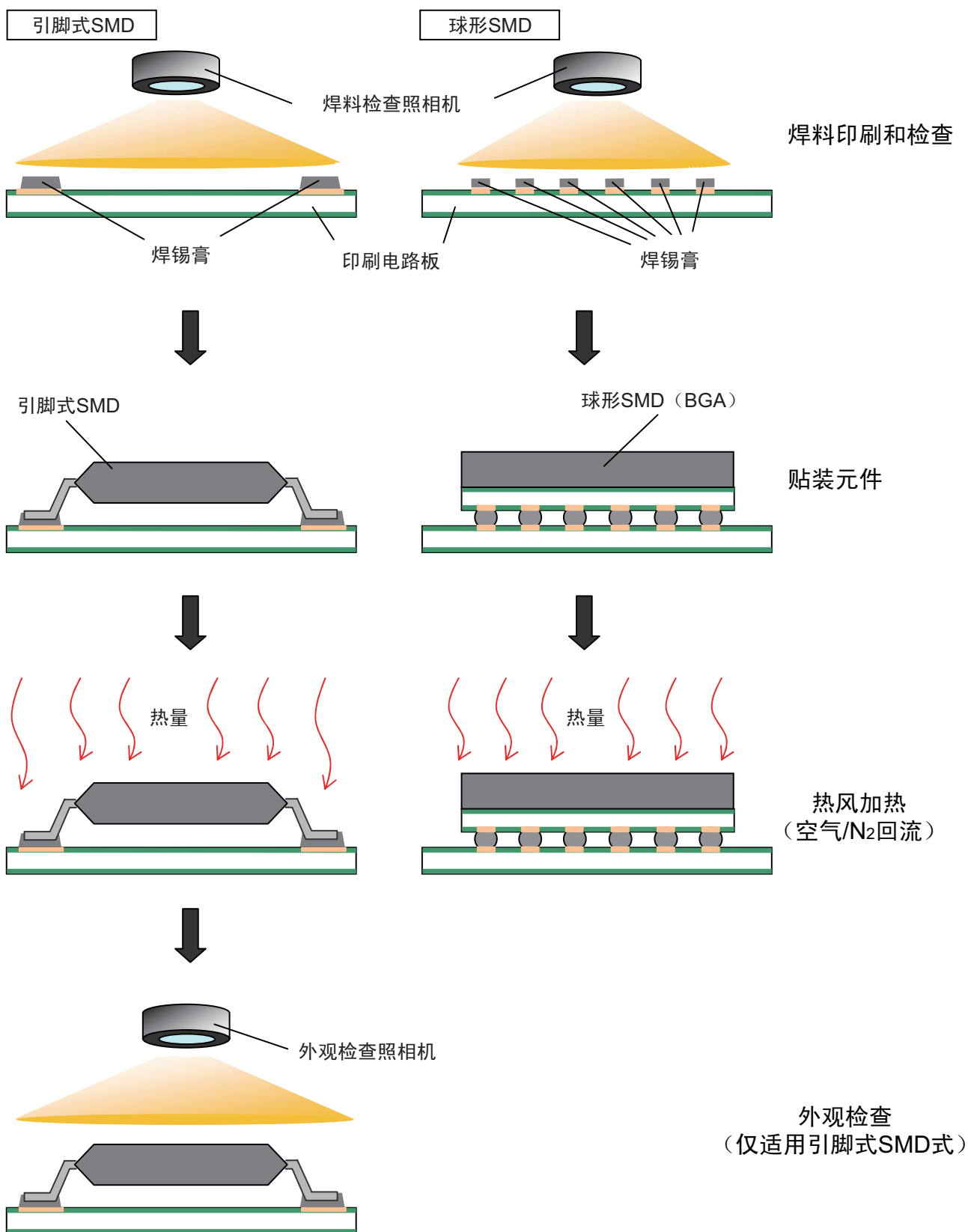
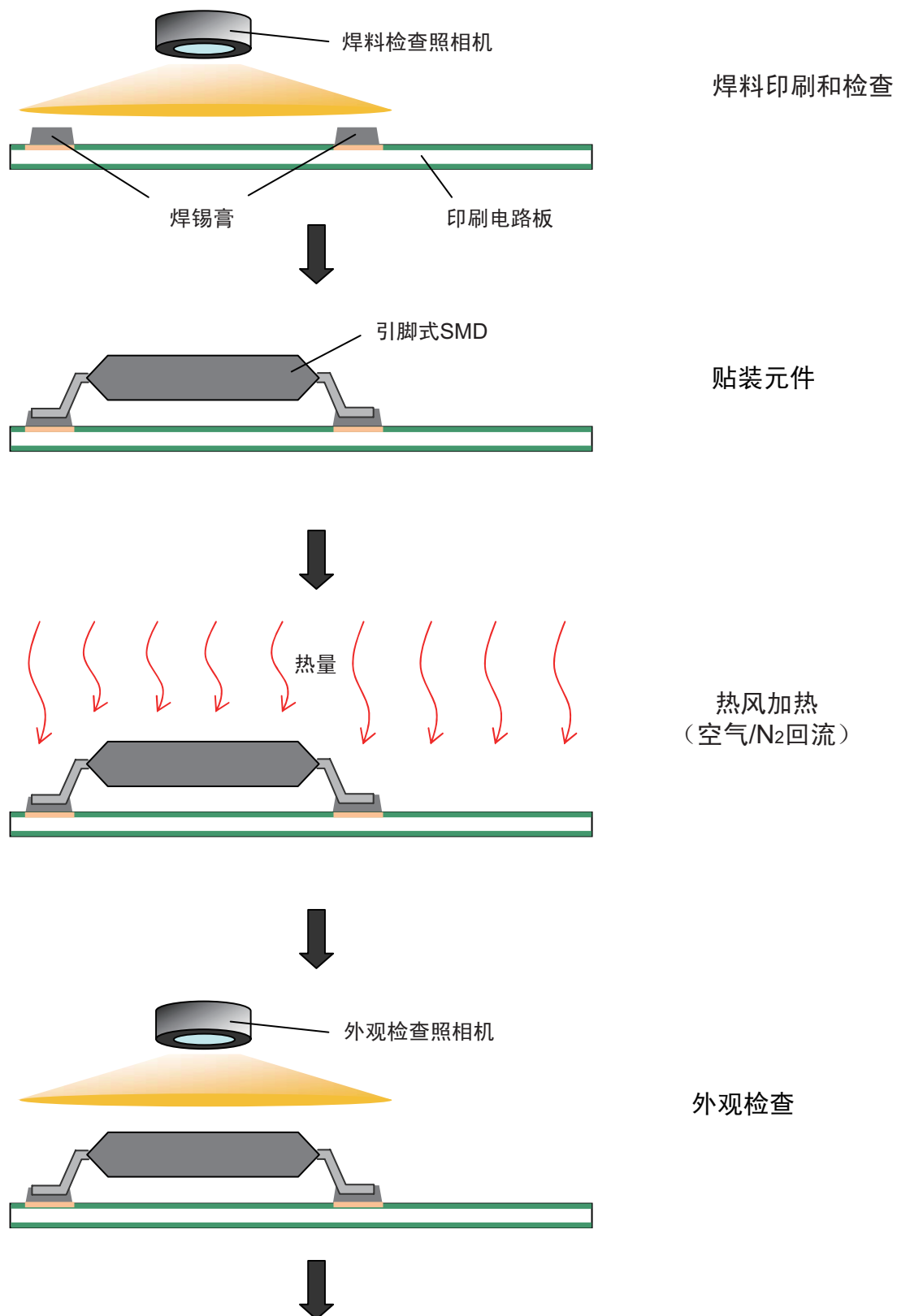
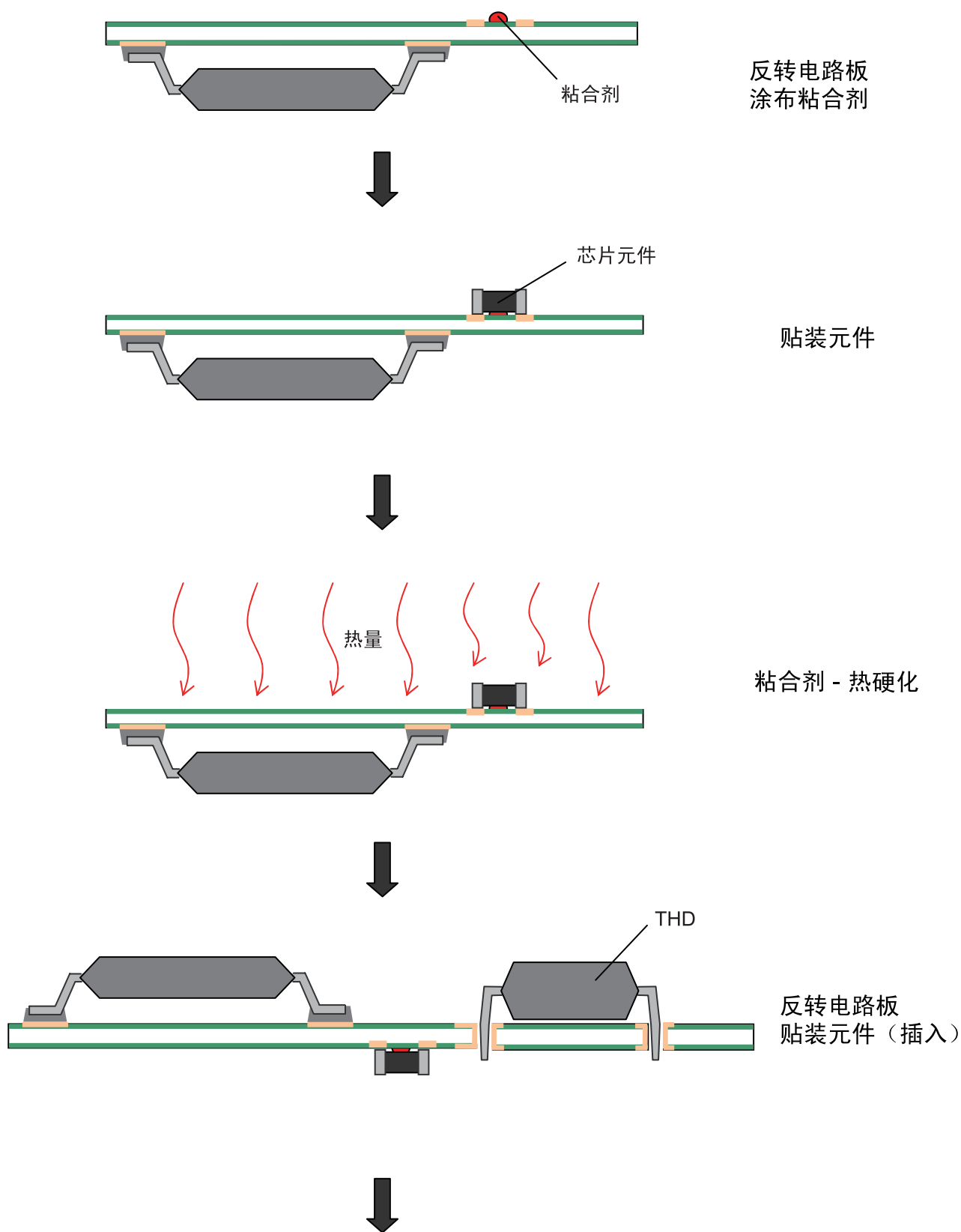


图 1-15 SMD 的回流焊接

1.1.9 双面安装

(1) SMD 的回流+THD/SMD 的射流焊接





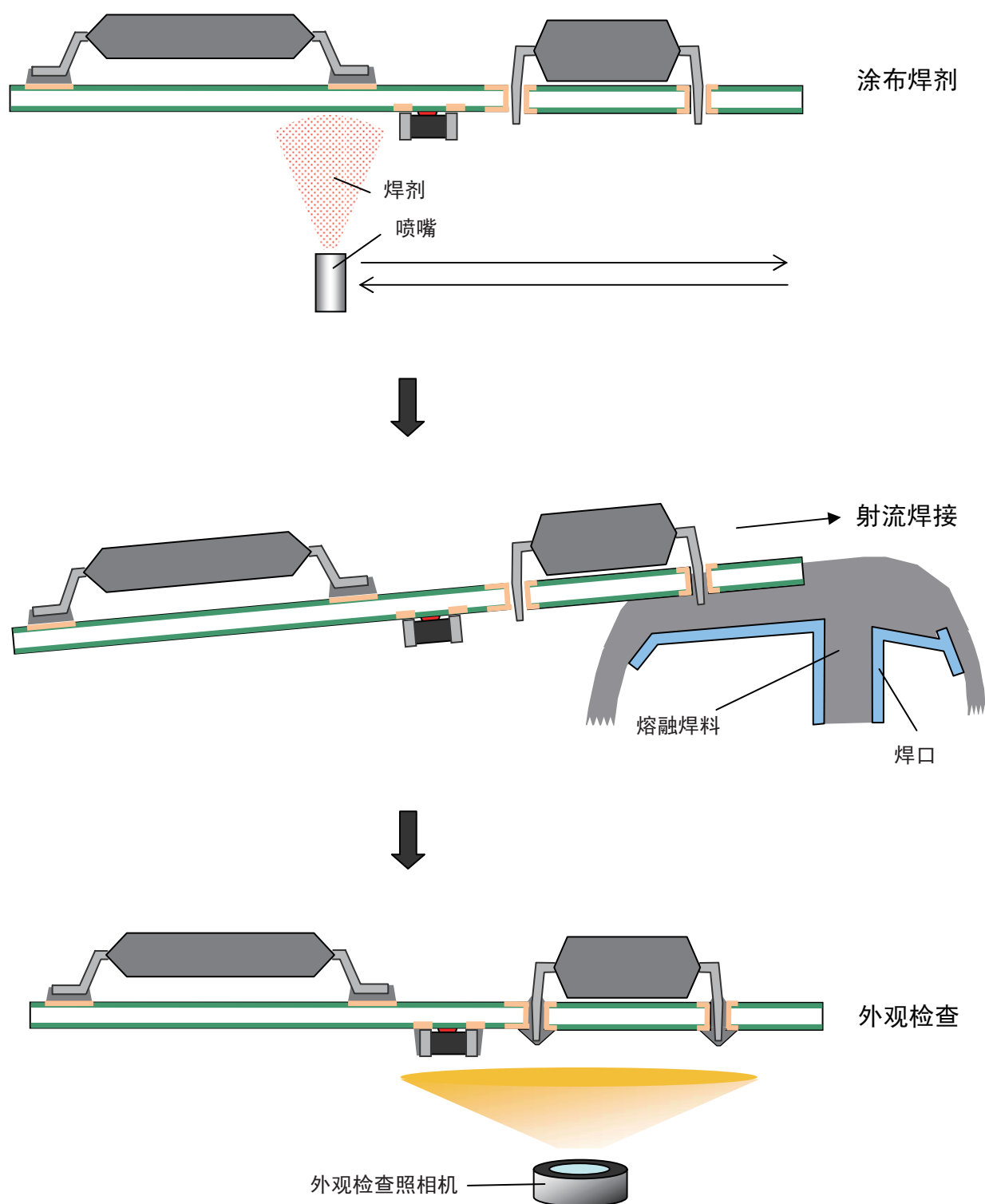
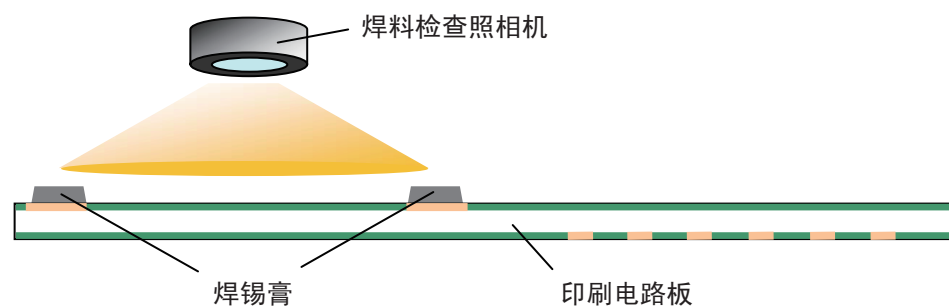
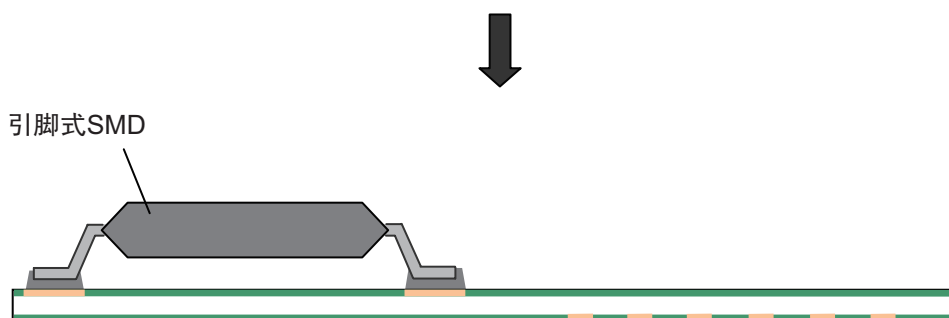


图 1-16 SMD 的回流+THD/引脚式 SMD 的射流焊接

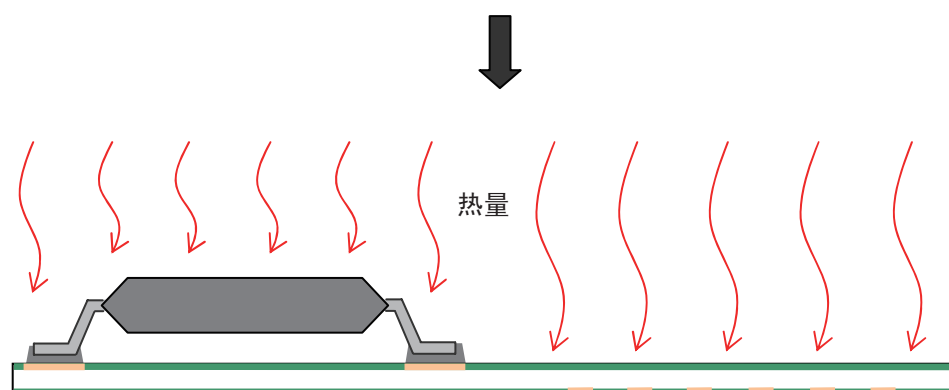
(2) SMD 的回流+SMD 的回流焊接



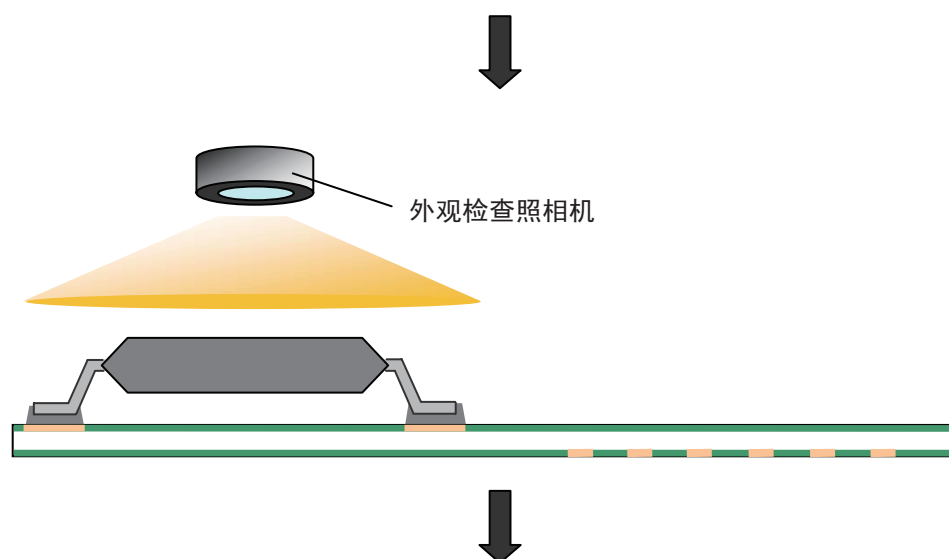
焊料印刷和检查



贴装元件



热风加热
(空气/N₂回流)



外观检查

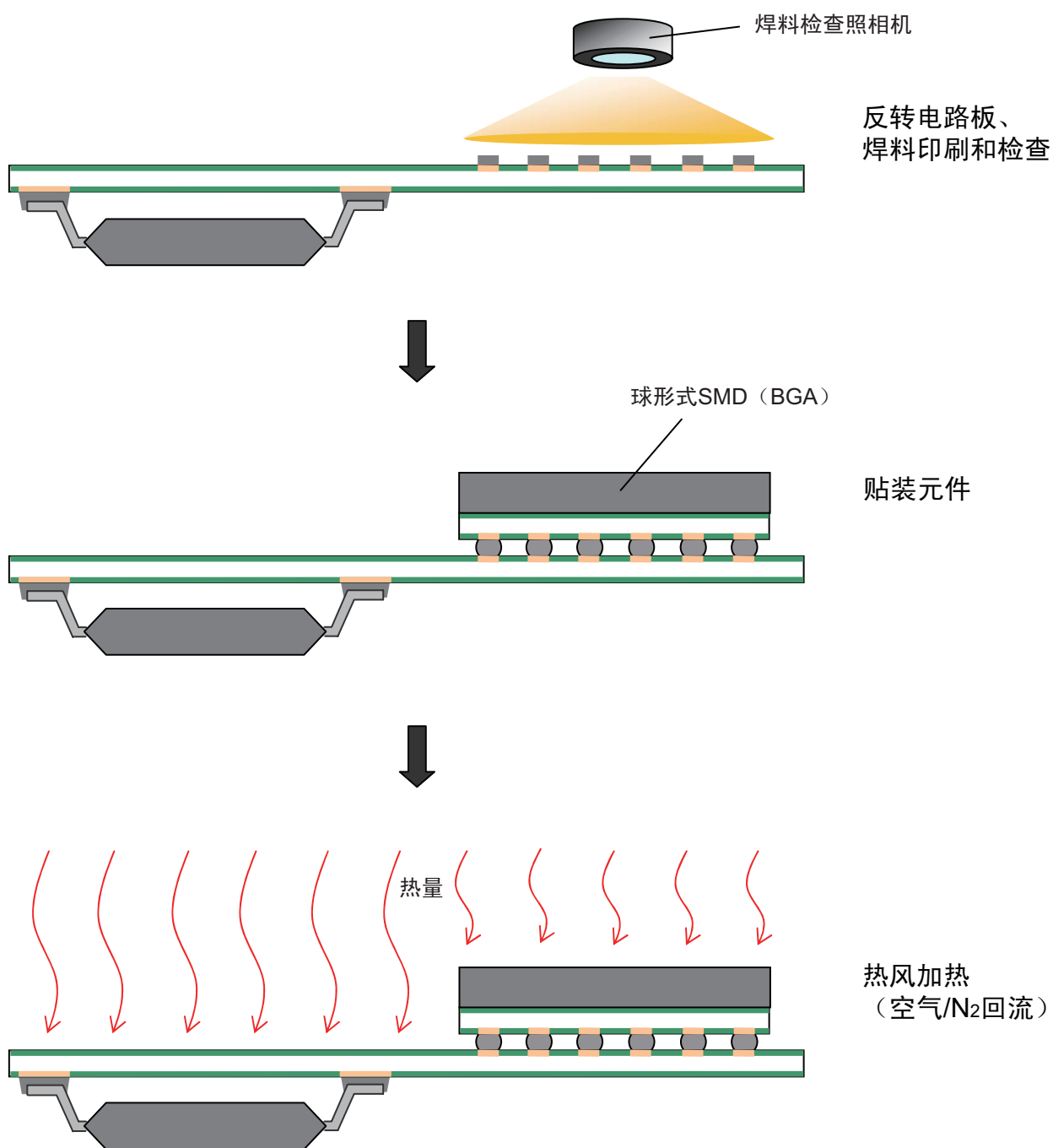
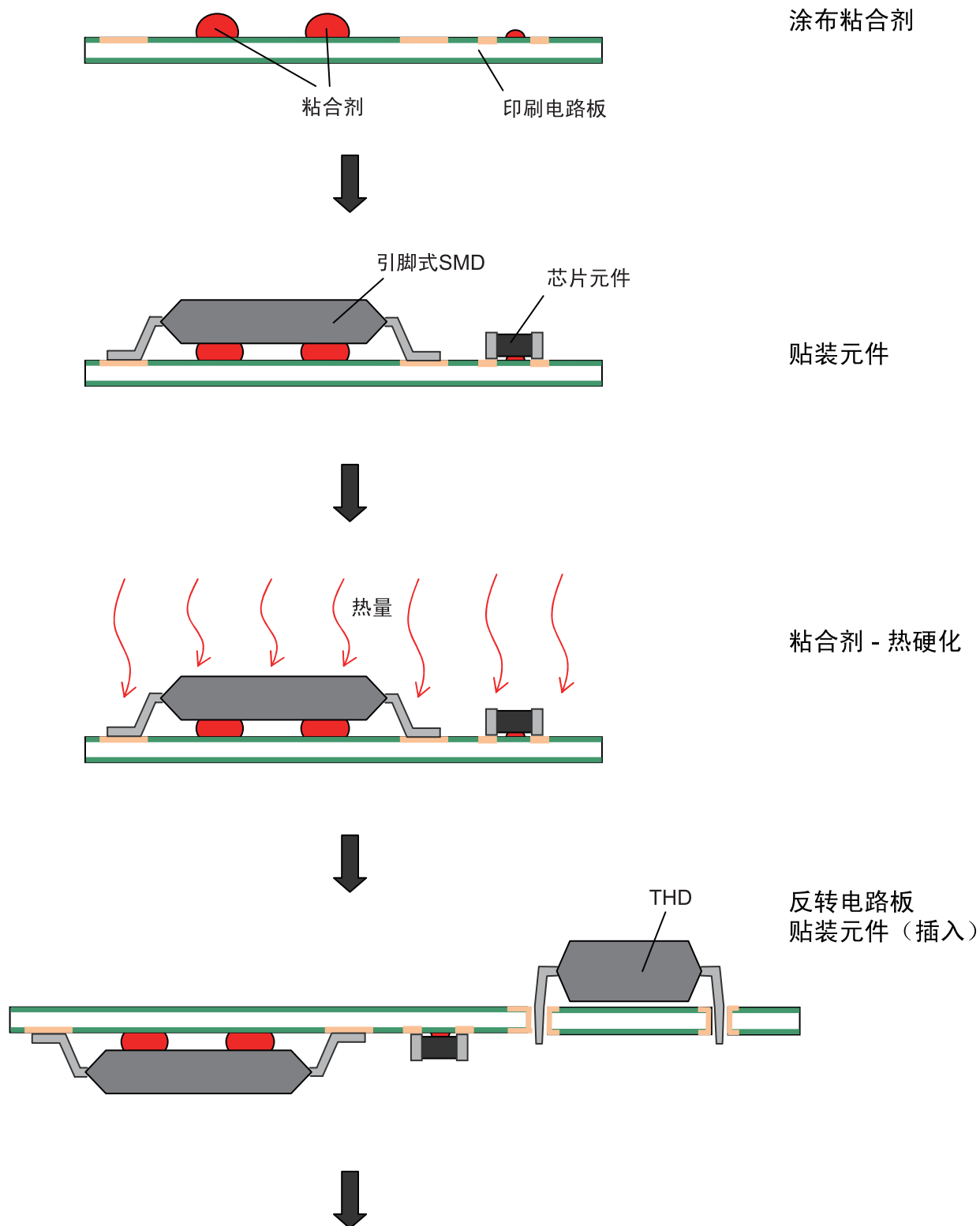


图 1-17 SMD 的回流+SMD 的回流焊接

(3) THD/引脚式 SMD 的射流焊接



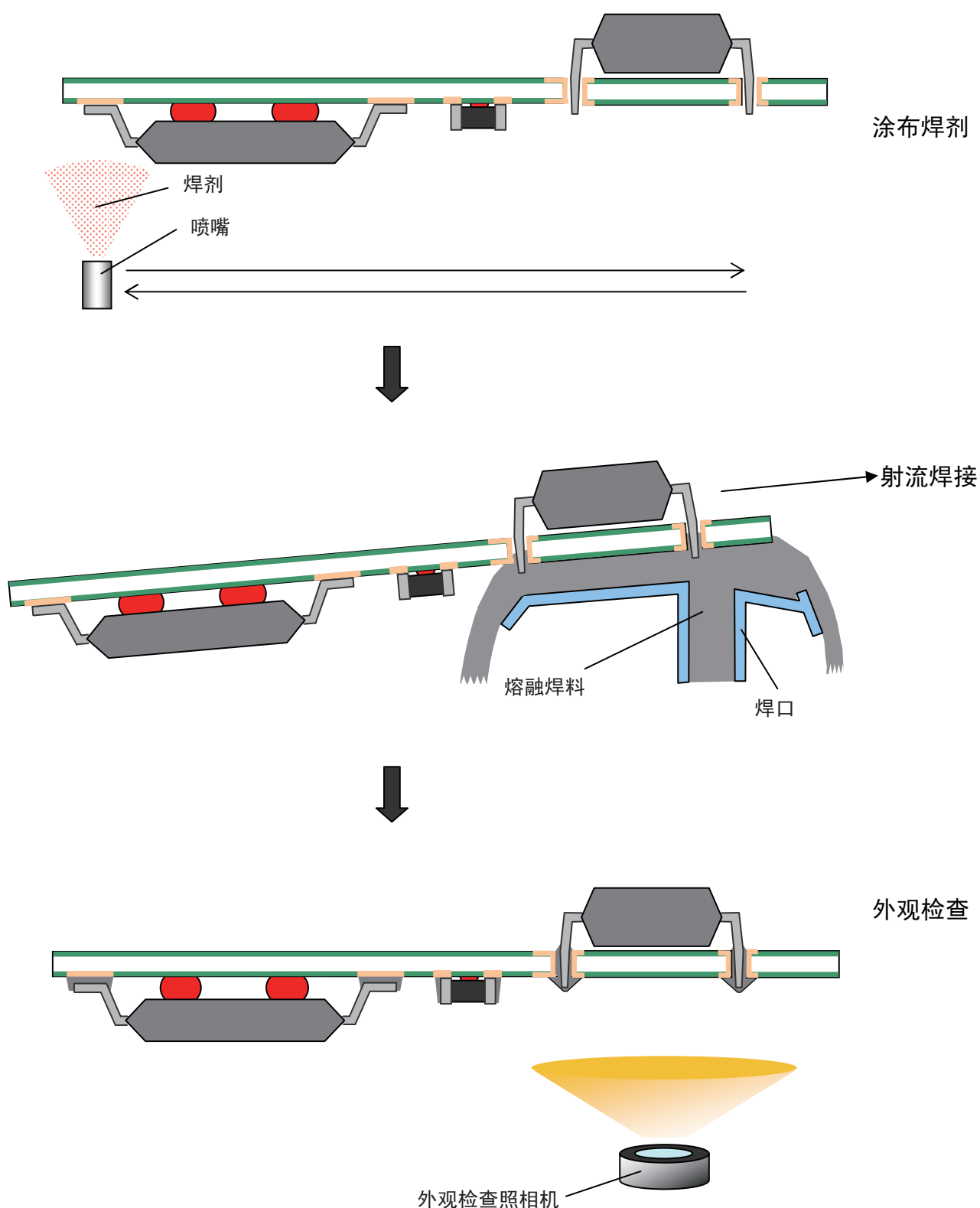


图 1-18 THD/引脚式 SMD 的射流焊接示意图

2. 印刷电路板设计

2.1 引脚式 SMD

设计安装引脚式SMD封装的印刷电路板的安装焊盘时，考虑引脚形状的特点是极其重要的。有必要注意的是即使封装名称相同，仍然可能存在微小的差异（如管脚尺寸等）。

以下为安装焊盘尺寸的调整参数。

- 清洗性 (α)
- 焊接强度 ($\beta 1$)
- 形状的精度和焊接的目视检测性 ($\beta 2$)
- 焊桥发生的难易度 (γ)

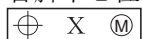
焊接点各尺寸允许边界值由模板设计原理和设备的应用范围决定。

以下使用封装外形图来描述是如何设计印刷电路板安装焊盘的尺寸和管脚位置的精度。

2.1.1 引脚式 SMD 的管脚存在范围

设计印刷电路板上的安装焊盘时，封装管脚位置（存在范围）至关重要，按照外形图中管脚宽度和管脚中心位置的公差范围来规定。

对于管脚中心位置公差，最大实体公差方式如下所示。



- 符号 $\oplus$ ：表示位置公差的标记
- 符号X：表示管脚中心位置的公差范围
- 符号 $\textcircled{M}$ ：表示最大实体公差方式。即当管脚宽度最大时，允许的管脚中心位置的公差范围。

准确的管脚存在范围是从准确的中心位置到最大管脚宽度的范围。但是，由于管脚中心位置也有公差，所以最大管脚存在范围是最大管脚宽度加上管脚中心位置公差范围。

最大实体公差方式表示无论管脚宽度如何，均不能超出如上所示的最大管脚存在范围【最大管脚允许范围】。

因此，当管脚宽度比最大管脚宽度狭窄时，管脚中心位置的允许公差将变大。

下面介绍0.5 mm节距QFP的实例。

管脚宽度 = 0.2 ± 0.05 mm

管脚中心位置的公差范围 = $\oplus \phi 0.08 \textcircled{M}$

对于0.5 mm节距QFP而言，管脚存在最大范围是以管脚准确中心位置为中线0.33 mm (± 0.165 mm) 的范围。

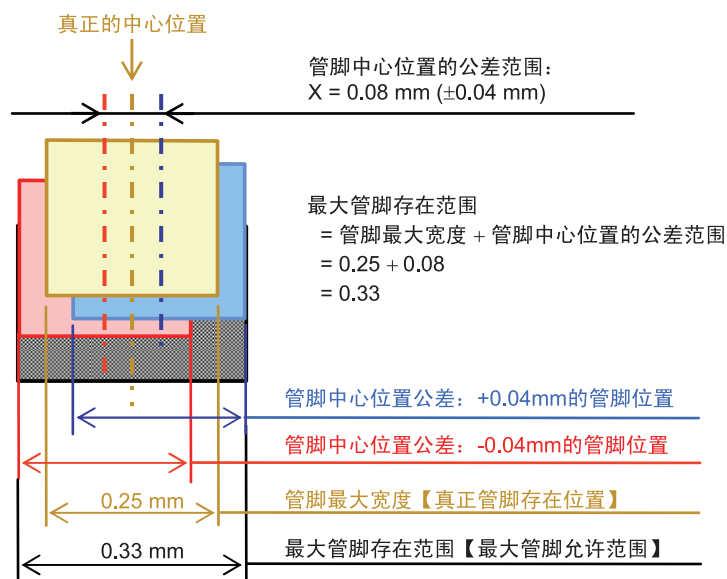


图 2-1 0.5 mm 节距 QFP 的管脚中心位置公差

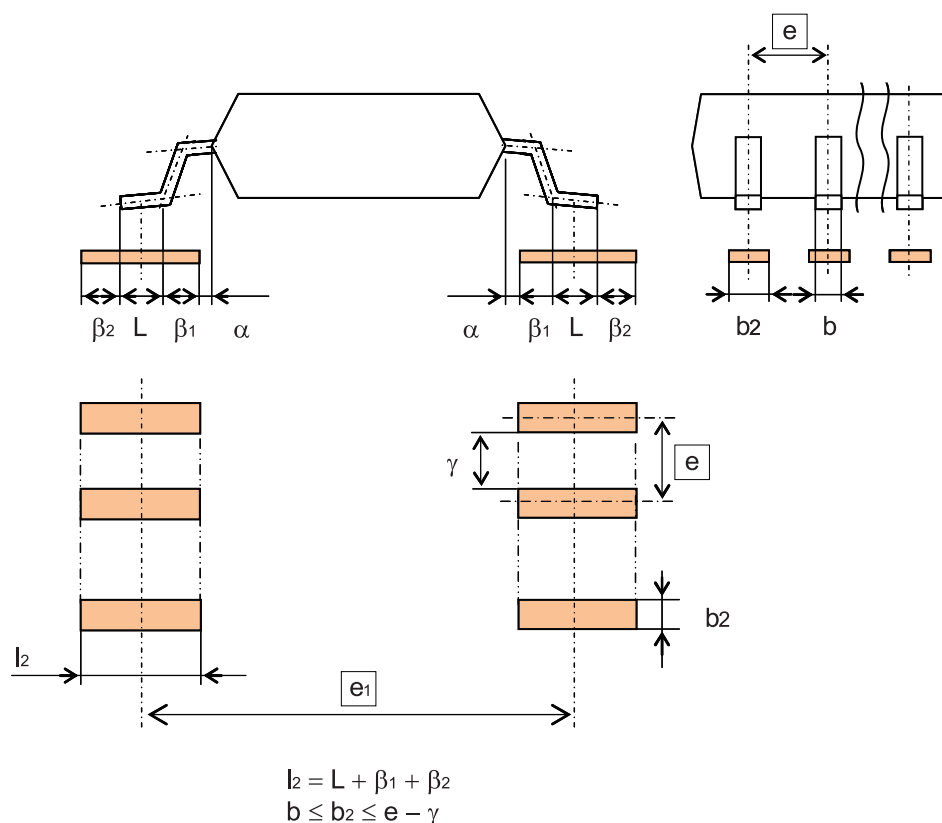
2.1.2 各封装的安装焊盘尺寸实例

- 鸥翼式
 - ① SOP (MIL 尺寸标准) 图 2-2
 - ② TSOP (类型 I、类型 II)、SSOP、LSSOP、TSSOP、VSSOP 和 WSOP 图 2-3
 - ③ QFP、HQFP、LQFP、TQFP、HLQFP 和 HTQFP..... 图 2-4
 - ④ HQFP、HLQFP、HTQFP (贴片台外露型) 图 2-5
 - ⑤ HQFP 和 HLQFP (背面散热板外露型) 图 2-6
- J 引脚式
 - ① SOJ..... 图 2-7
 - ② QFJ..... 图 2-8
- 无引脚式
 - ① QFN 和 HQFN..... 图 2-9

(1) 鸥翼式的尺寸实例

① SOP 型（MIL 尺寸标准）的安装焊盘尺寸实例

安装焊盘尺寸实例如下所示。



从类型1（225 mil）至类型6（600 mil）的所有封装宽度 e_1 的常数均相同。

封装宽度 e_1 类型：

- 类型 1: 225 mil (5.72)
- 类型 2: 300 mil (7.62)
- 类型 3: 375 mil (9.53)
- 类型 4: 450 mil (11.43)
- 类型 5: 525 mil (13.34)
- 类型 6: 600 mil (15.24)

• 瑞萨封装尺寸实例：SOP型（MIL尺寸标准）

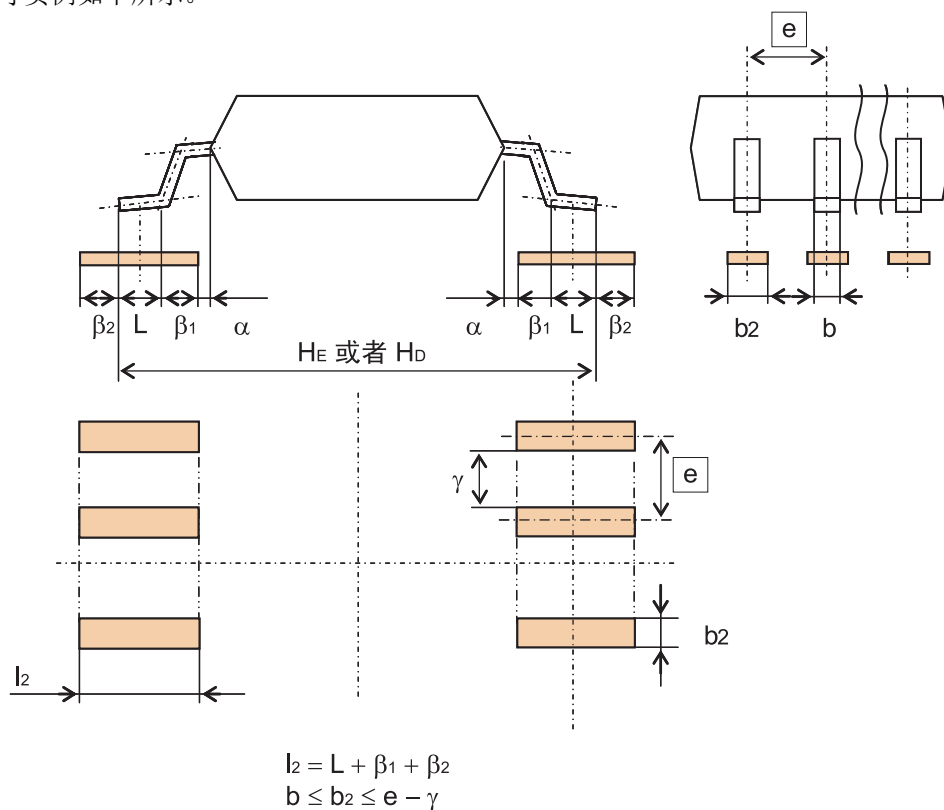
单位：mm

常数	e	1.27	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
α		0.20 以上	—	—	—	—	—
β_1		0.20 至 0.50	—	—	—	—	—
β_2		0.20	—	—	—	—	—
γ		0.30	—	—	—	—	—

图 2-2 SOP 型（MIL 尺寸标准）的实例

注意事项：该参考值参考了旧EIAJ标准ED-7402-1的规定

② TSOP（类型 I、类型 II）、SSOP、LSSOP、TSSOP、VSSOP 和 WSOP 的安装焊盘尺寸实例
安装焊盘尺寸实例如下所示。



• 瑞萨封装尺寸实例： TSOP 类型 I

单位：mm

常数 \ e	1.27	1.00	0.80	0.65	0.55	0.50	0.40
α	—	—	—	0.05 至 0.10	←	←	←
β_1	—	—	—	0.20 至 0.25	←	←	←
β_2	—	—	—	0.20 至 0.40	←	←	←
γ	—	—	—	0.30	0.25	←	0.20

• 瑞萨封装尺寸实例： TSOP 类型 II

单位：mm

常数 \ e	1.27	1.00	0.80	0.65	0.55	0.50	0.40
α	0.05 至 0.10	←	←	←	—	—	0.05 至 0.10
β_1	0.20 至 0.25	←	←	←	—	—	0.20 至 0.25
β_2	0.20 至 0.40	←	←	←	—	—	0.20 至 0.40
γ	0.30	←	←	←	—	—	0.20

• 瑞萨封装尺寸实例： SSOP、LSSOP、TSSOP、VSSOP 和 WSOP

单位：mm

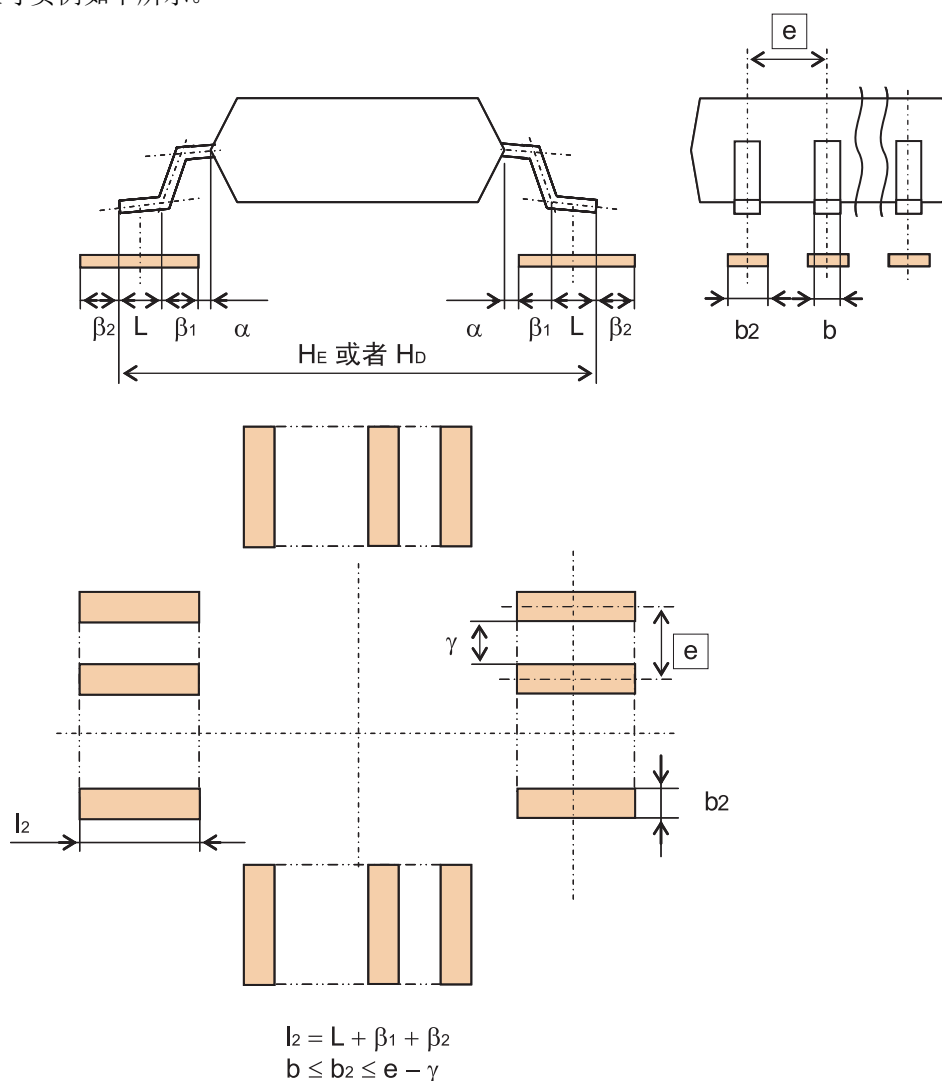
常数 \ e	1.27	1.00	0.80	0.65	0.55	0.50	0.40
α	—	0.10 至 0.30	←	←	—	0.10 至 0.30	←
β_1	—	0.20 至 0.55	←	←	—	0.20 至 0.40	←
β_2	—	0.20 至 0.40	←	←	—	0.20 至 0.40	←
γ	—	0.30	←	←	—	0.25	0.20

图 2-3 TSOP（类型 I、类型 II）、SSOP、LSSOP、TSSOP、VSSOP 和 WSOP 实例

注意事项：该参考值参考了旧 EIAJ 标准 ED-7402 的规定

③ QFP 型（QFP、HQFP、LQFP、TQFP、HLQFP 和 HTQFP）的安装焊盘尺寸实例

安装焊盘尺寸实例如下所示。



• 瑞萨封装尺寸实例：

QFP和HQFP，散热器内置产品

单位：mm

常数 \ e	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
α	0.30	←	←	0.10 至 0.30	←
β_1	0.50	←	←	0.20 至 0.40	←
β_2	0.20 至 0.40	←	←	←	←
γ	0.30	←	←	0.25	0.20

• 瑞萨封装尺寸实例：

LQFP、TQFP、HLQFP和THQFP，散热器内置产品

单位：mm

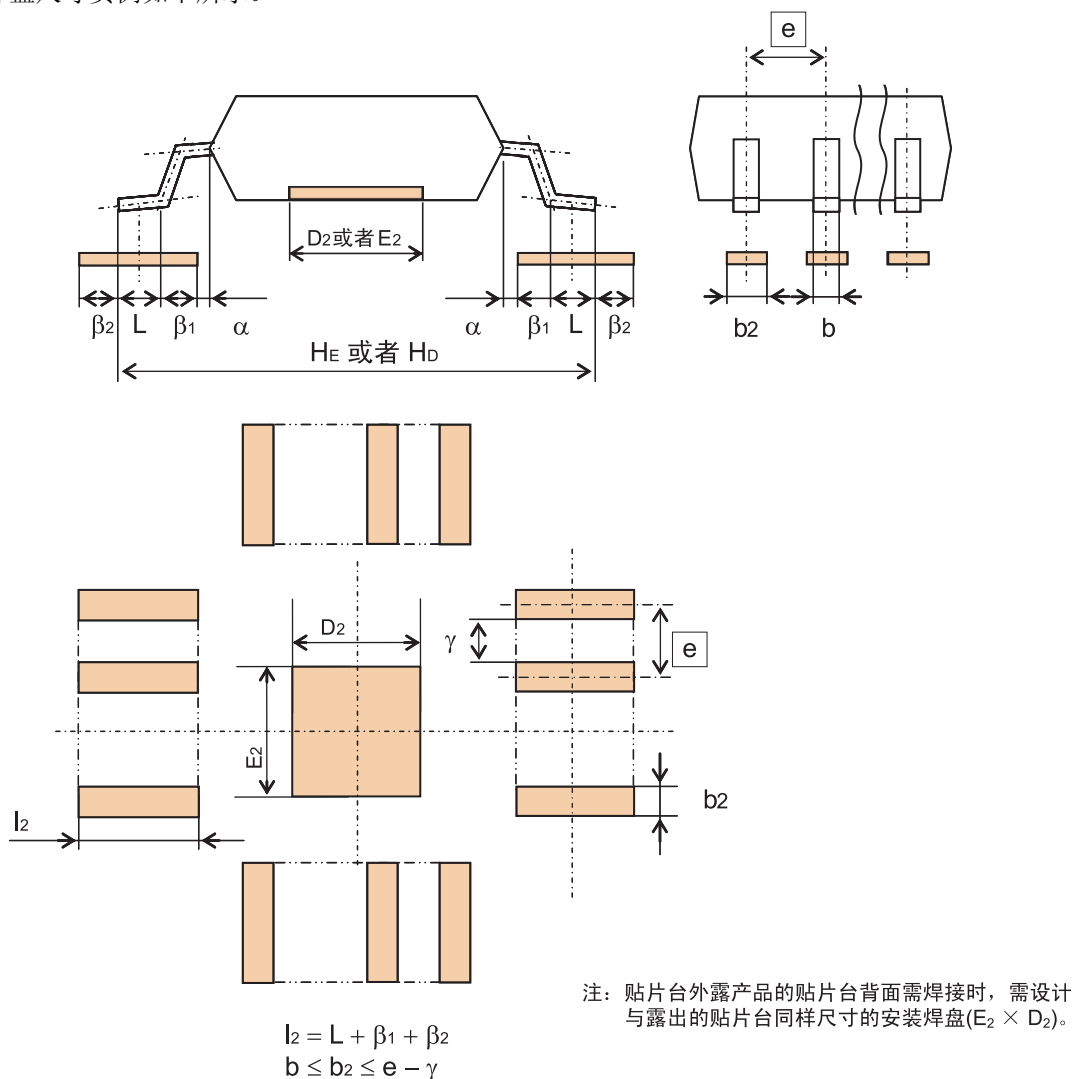
常数 \ e	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
α	0.10 至 0.30	←	←	←	←
β_1	0.20 至 0.40	←	←	←	←
β_2	0.20 至 0.40	←	←	←	←
γ	0.30	←	←	0.25	0.20

图 2-4 QFP、HQFP、LQFP、TQFP 和 HTQFP 实例

注意事项：该参考值参考了旧 EIAJ 标准 ED-7404 的规定

④ QFP 型（HQFP、HLQFP、HTQFP；贴片台外露型）的安装焊盘尺寸实例

安装焊盘尺寸实例如下所示。



• 瑞萨封装尺寸实例：
HQFP（贴片台外露产品）

单位：mm

常数 \ e	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
α	0.30	←	←	0.10 至 0.30	←
β_1	0.50	←	←	0.20 至 0.40	←
β_2	0.20 至 0.40	←	←	←	←
γ	0.30	←	←	0.25	0.20

• 瑞萨封装尺寸实例：
HLQFP 和 HTQFP（贴片台外露产品）

单位：mm

常数 \ e	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
α	0.10 至 0.30	←	←	←	←
β_1	0.20 至 0.40	←	←	←	←
β_2	0.20 至 0.40	←	←	←	←
γ	0.30	←	←	0.25	0.20

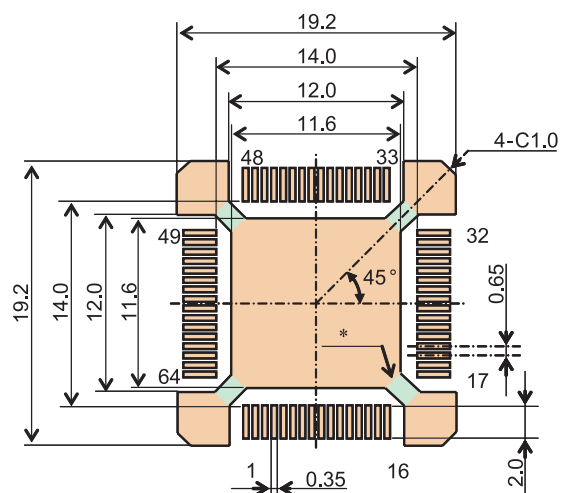
图 2-5 HQFP、HLQFP、HTQFP 实例

注意事项：该参考值参考了旧 EIAJ 标准 ED-7404 的规定

⑤ HQFP 和 HLQFP（背面散热板外露型）的安装焊盘尺寸实例

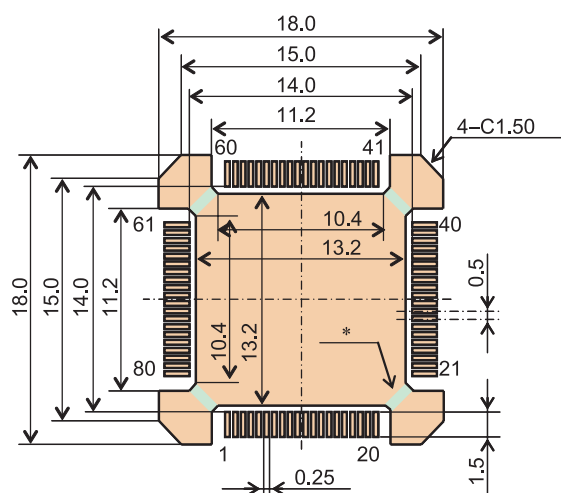
安装焊盘尺寸实例如下所示。

PRQP0064JB-A



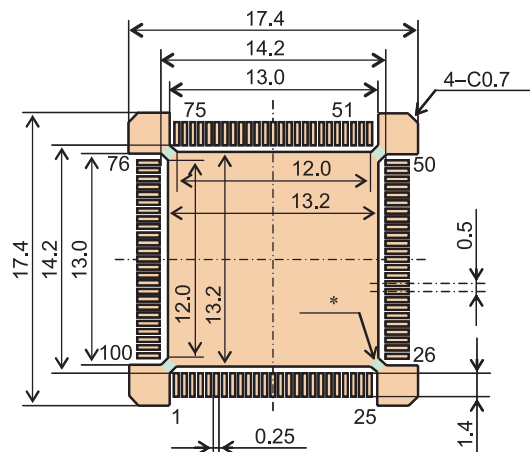
注：为了确保散热板角部焊接点的焊料量，请在电路板上设置丝网或者防焊漆以防止焊料流出。

PLQP0080KD-A



注：为了确保散热板角部焊接点的焊料量，请在电路板上设置丝网或者防焊漆以防止焊料流出。

PLQP0100KD-A



注：为了确保散热板角部焊接点的焊料量，请在电路板上设置丝网或者防焊漆以防止焊料流出。

图 2-6 HQFP 和 HLQFP (背面散热板外露型) 实例

(2) J 引脚式的尺寸实例

① 安装焊盘尺寸实例如下所示。

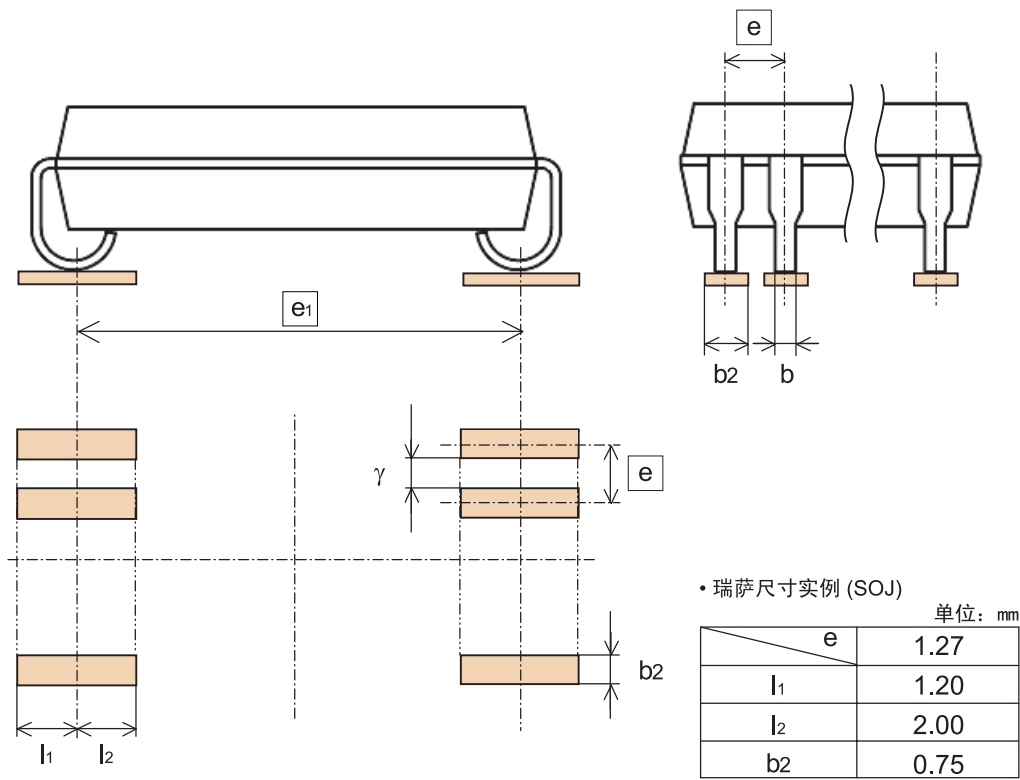


图 2-7 SOJ 实例

注意事项：该参考值参考了旧 EIAJ 标准 ED-7406 的规定

② QFJ 的安装焊盘尺寸实例

安装焊盘尺寸实例如下所示。

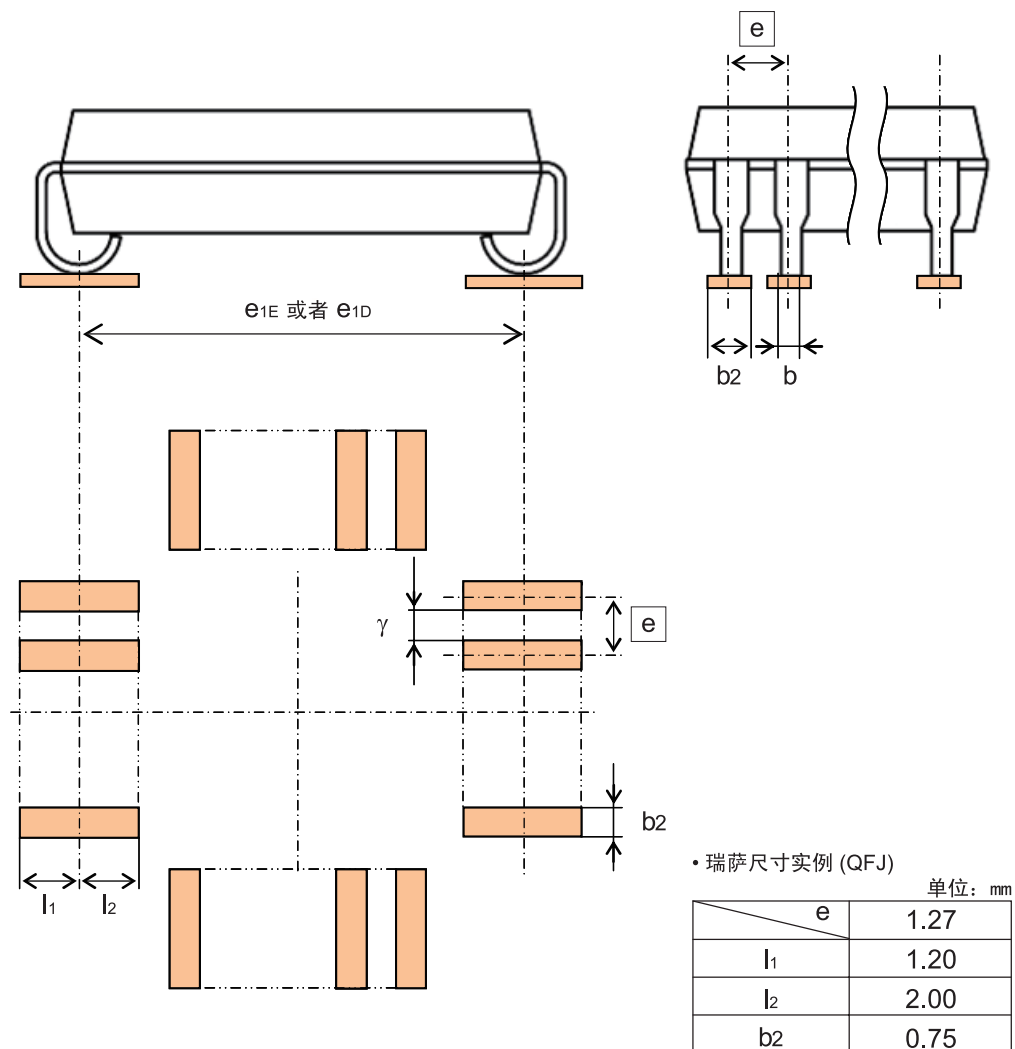


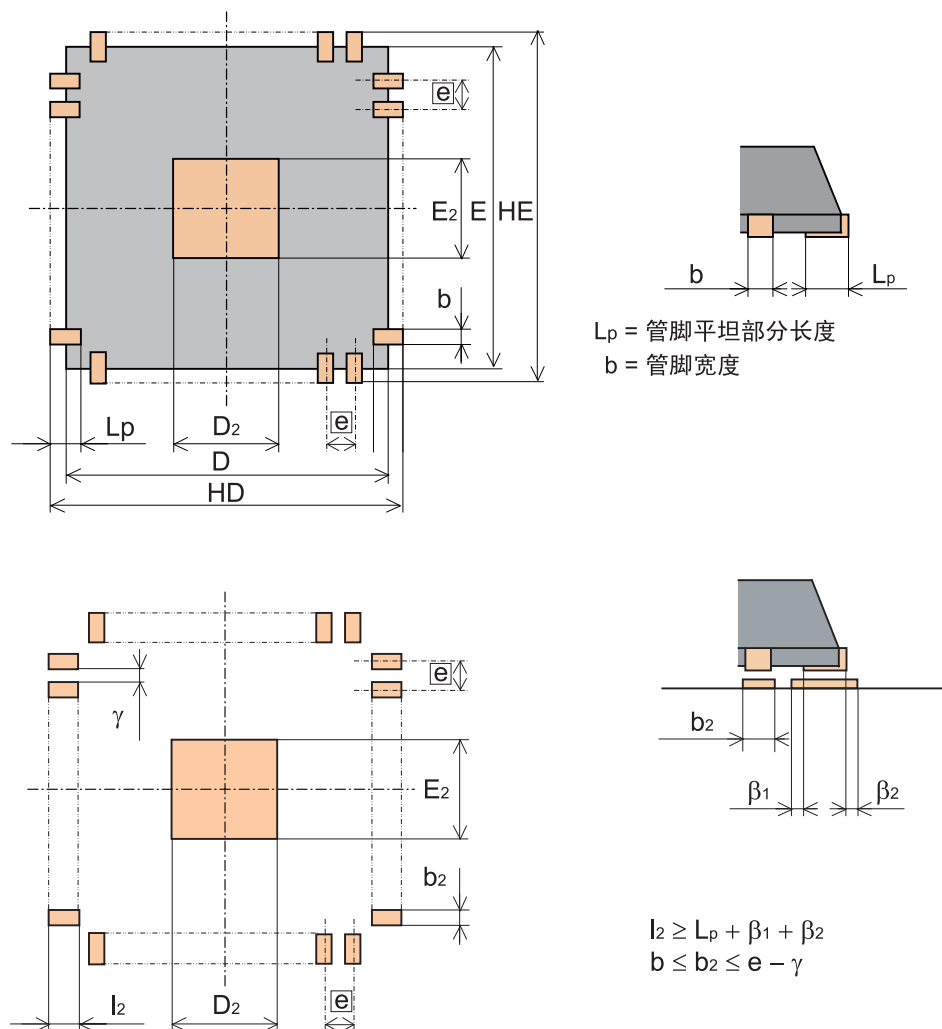
图 2-8 QFJ 实例

注意事项: 该参考值参考了旧 EIAJ 标准 ED-7407 的规定

(3) 无引脚式的尺寸实例

① QFN 和 HQFN 的尺寸实例

安装焊盘尺寸实例如下所示。



• 瑞萨封装尺寸实例：QFN、HQFN

单位：mm

常数 \ e	0.80	0.50	0.40
β_1	0 至 0.30	0 至 0.30	0 至 0.20
β_2	0 至 0.30	0 至 0.30	0 至 0.20
γ	0.10 至 0.30	0.10 至 0.30	0.1 至 0.20

注意事项：尺寸值仅供参考

- 贴片台背面需焊接时，需设计与露出的贴片台同样尺寸的焊接点。
- 请避免焊接贴片台四角部的引脚。
- 如有必要，需进一步探讨角部焊接点的 β_1 尺寸。

图 2-9 QFN 和 HQFN 实例

2.2 球形式 SMD（包含 LGA）

2.2.1 球形式 SMD 的管脚存在范围

与引脚式SMD不同，球形式SMD的管脚形状是圆（球）形。因此管脚宽度和管脚中心位置的公差区域以直径（ ϕ ）的形式表示。

0.5mm节距FBGA的实例如下所示。

管脚宽度= $\phi 0.30 \pm 0.05$ mm

管脚中心位置的公差范围= $\oplus \phi 0.05 \text{ M}$

对于0.5mm节距FBGA而言，管脚存在的最大范围是以管脚准确中心位置为圆心、 $\phi 0.40$ mm的范围。

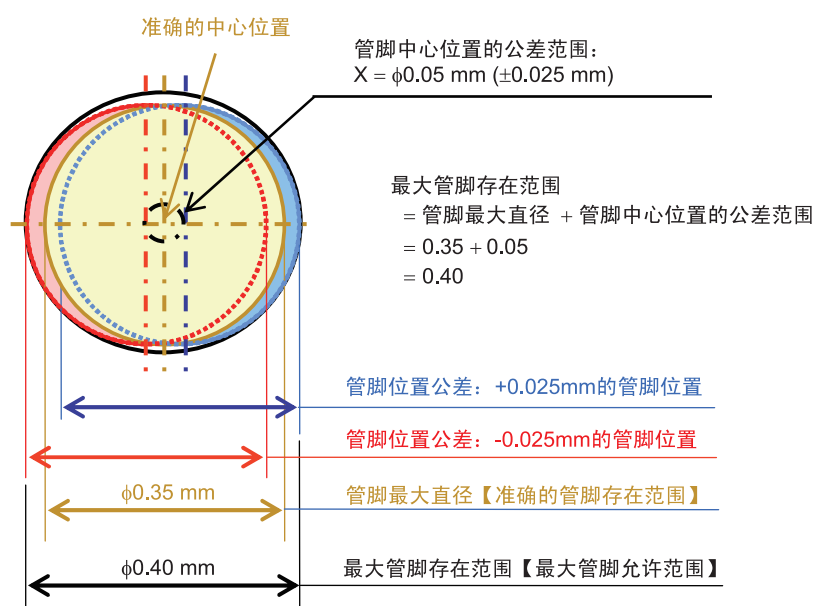


图 2-10 0.5 mm 节距 BGA 的管脚中心位置公差

2.2.2 BGA 和 LGA 的安装焊盘设计

由于结构不同，安装焊盘可分为两类：NSMD（Non Solder Mask Defined）和SMD（Solder Mask Defined）。分别有如下所示相应特点，应根据其应用的用途来设定类型。

NSMD型的特点：

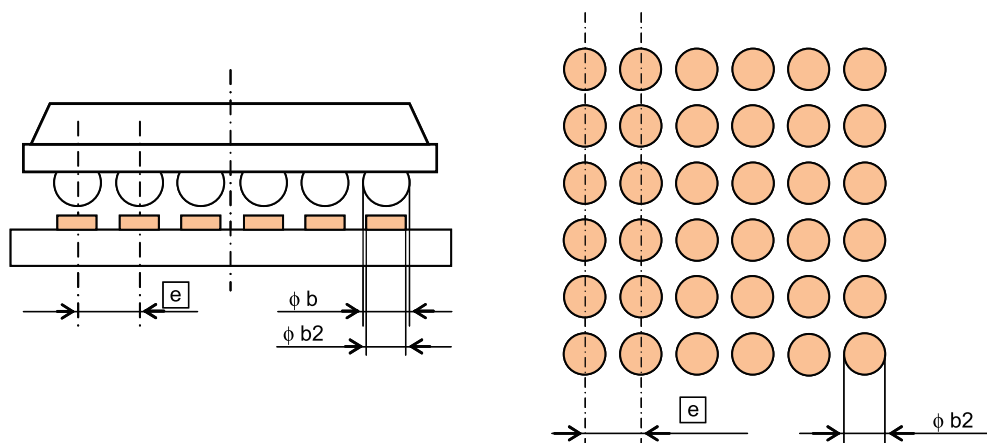
- 由于焊接强度高于 SMD 型，温度循环的寿命也比 SMD 型长。
- 容易由于机械应力而发生焊盘的剥离或者与焊盘连接的配线颈部断线。

SMD型的特点：

- 由于焊接强度低于 NSMD 型，温度循环的寿命也比 NSMD 型短。
- 不易由于机械应力而发生焊盘的剥离或者与焊盘连接的配线颈部断线。

【注】上述显示的特点适用于当封装的安装焊盘尺寸和印刷电路板侧的安装焊盘尺寸相同的情况。

2.2.3 安装焊盘尺寸实例（设计范围）



•瑞萨尺寸实例（设计范围）

管脚节距 (mm)	1.50	1.27	1.00	0.80	0.75	0.65	0.50	0.40
尺寸值φ (mm)	0.55至0.65	0.55至0.65	0.45至0.55	0.35至0.45	0.40至0.50	0.30至0.40	0.20至0.30	0.15至0.25

图 2-11 BGA/LGA 的实例

一般说来，由于焊接安装后的应力均匀地分布于焊接部，将电路板的安装焊盘尺寸和封装（BGA、LGA）的焊盘直径设计为相同是比较好的。

关于封装的焊盘尺寸的详情，请咨询瑞萨销售代表。

2.3 THD

THD和SMD的设计原理基本相同。由于THD要卡住管脚两侧、将引脚插入印刷电路板的通孔（TH）中，所以必须同时考虑引脚宽度与厚度的尺寸及其公差。这与SMD相比还是有差异的。

在此用8pin塑料DIP [7.62 mm（300）] 的外形图来说明管脚存在范围和管脚通孔直径的设计实例。

2.3.1 THD 管脚存在范围

图2-12为7.62 mm（300 mil）8pin塑料DIP的外形图。

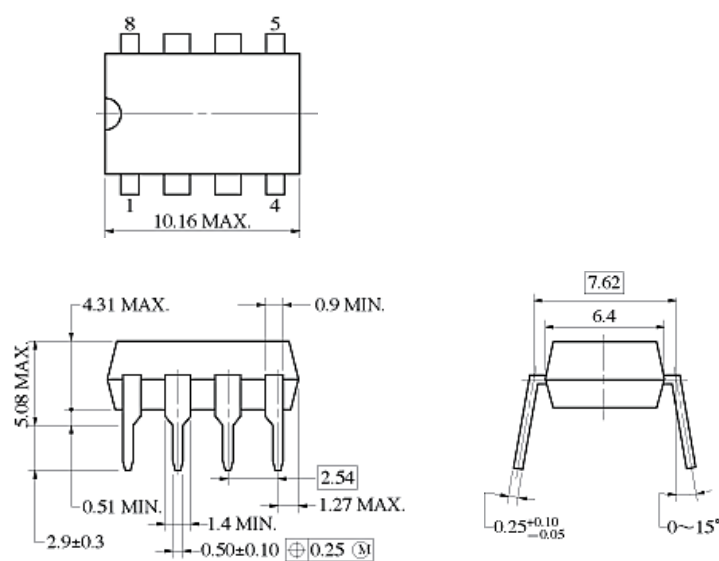


图 2-12 8pin · 塑料 DIP [7.62 mm（300）] 的外形图

管脚存在范围必须在由管脚节距 $e = 2.54 \text{ mm}$ 与管脚列间距 $e_i = 7.62 \text{ mm}$ 、管脚宽度的最大值、管脚位置度公差 $x = 0.25 \text{ mm}$ 决定的范围内。如表2-1所示，设计管脚存在范围时，管脚中心位置的公差是一个非常重要的值。

- 管脚节距 $e = 2.54$
- 管脚宽度 $b = 0.50 \pm 0.10$
- 管脚列间距 $e_i = 7.62$
- 管脚厚度 $c = 0.25 + 0.10 / -0.05$
- 管脚中心位置公差 = $\oplus \phi 0.25 \text{ (M)}$

表 2-1 管脚中心位置公差

$\oplus$	表示位置公差的标记
0.25	表示管脚中心位置的公差范围 $x = 0.25 \text{ mm}$ （理论上正确的尺寸位置 $\pm x/2$ 的公差）。 当 $\ominus=7.62 \text{ mm}$ 的 DIP 管脚两侧上使用平行夹具时，每个管脚中心与理论上的正确尺寸的偏离允许范围。
$\textcircled{M}$	表示在管脚宽度 $b_{\text{MAX}} = 0.60 \text{ mm}$ 时，位置公差可达到 $x = 0.25 \text{ mm}$ 的标记 （如果管脚宽度 b 小于最大值，那么公差 x 将大于 0.25 mm ）

$$\begin{aligned} \text{管脚宽度方向的存在范围} &= 2x [b_{\text{MAX}}/2 + x/2] = 2 \times [(0.50+0.1)/2 + 0.25/2] \\ &= 2x [0.85/2] = 0.85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{管脚厚度方向的存在范围} &= 2x [c_{\text{MAX}}/2 + x/2] = 2 \times [(0.25+0.1)/2 + 0.25/2] \\ &= 2x [0.60/2] = 0.60 \text{ mm} \end{aligned}$$

从以上计算结果来看，管脚宽度方向的存在范围包含在管脚厚度方向的存在范围中。

图2-13为管脚宽度方向的位置范围实例。

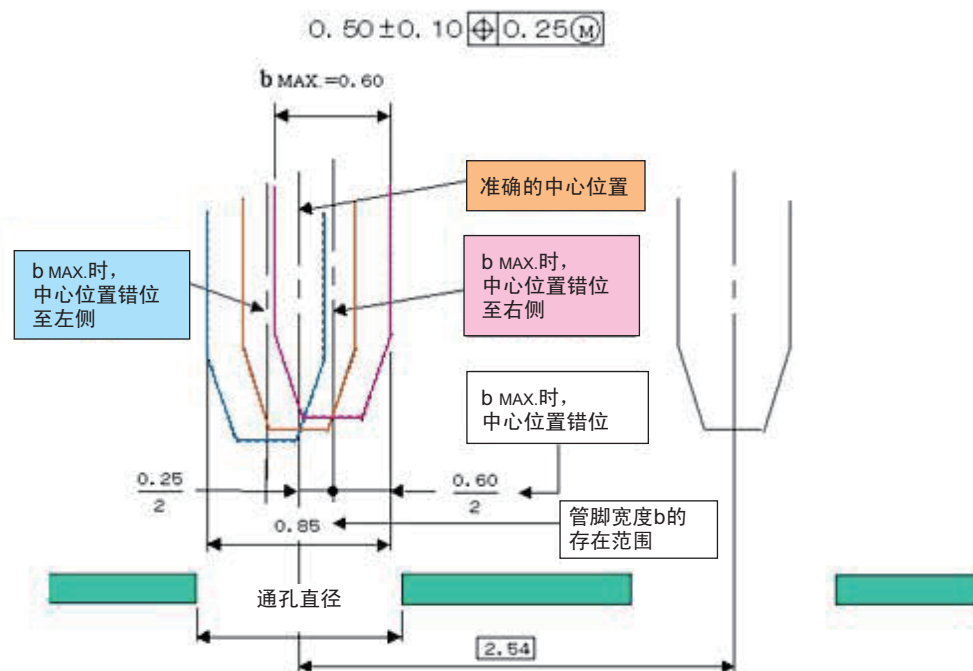


图 2-13 管脚宽度方向的中心位置错位和印刷电路板通孔直径之间的关系

2.3.2 通孔直径设计

通孔直径基于THD的管脚存在的范围值进行设计。印刷电路板的通孔为圆形，并且由于管脚有厚度和公差，所以通孔直径必须设计得较大。

该关系如图2-14所示，按照该图可将管脚厚度考虑在内计算印刷电路板上通孔的半径。

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{(x/2 + b_{MAX.}/2)^2 + (c_{MAX.}/2)^2} \\
 &= \sqrt{(0.25/2 + 0.60/2)^2 + (0.35/2)^2} \\
 &= 0.46 \text{ (mm)}
 \end{aligned}$$

因此，印刷电路板的通孔直径为 $\phi = 2 \times r = 2 \times 0.46 = 0.92 \text{ mm}$ 。

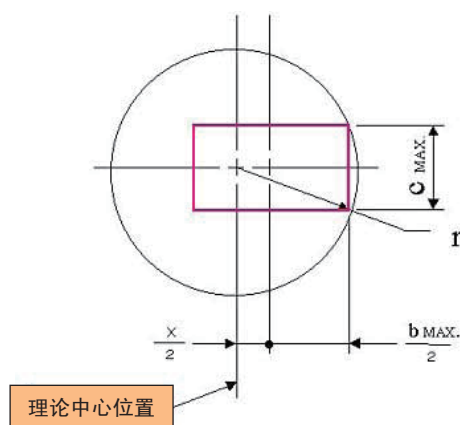


图 2-14 将管脚厚度考虑在内的管脚位置错位和印刷电路板通孔直径之间的关系

如果印刷电路板上的通孔直径最小为0.92 mm，那么管脚就能很容易地插入。

因为塑料DIP封装的管脚先端是渐细的（倾斜度：0.2/0.5），所以通常使用通孔直径小于 $\phi 0.92 \text{ mm}$ ，一般来说使用 $\phi 0.8 \text{ mm}$ （最小值）的印刷电路板。

如果通孔的直径太大，当进行射流安装等工序时可能无法被完全焊接住。当设计实际安装焊盘时，必要对所需的管脚焊接强度、封装/印刷电路板的精度、贴装设备的贴装精度和焊接设备的性能等焊接条件进行讨论。

2.3.3 印刷电路板的通孔直径尺寸值（设计范围）

表 2-2 通孔直径尺寸实例

管脚列间距 $\square e$ (mil)	300	400	600	750
通孔直径 ϕ (内径) (mm)	0.85 至 0.92	0.81 至 0.85	0.85	0.85

【注】 管脚间距 $\square e$ 固定为 1.778 mm。

2.4 分立

由于分立式安装焊盘的尺寸实例因封装不同而异，请参考瑞萨主页上封装外形信息的分立一览。

http://cn.renesas.com/products/package/information/discrete_name_list/index.jsp

2.5 电路板材料

电路板材料可大致分为两类：环氧树脂印刷电路板和矾土陶瓷厚膜电路板（陶瓷电路板）。印刷电路板广泛应用于民用和工业设备领域，根据目的可大致分为三类，如表2-3所示。

表 2-3 电路板材料实例

类型		组成			特点	用途
		树脂	电路板材料	导体		
印刷电路板	酚醛纸(FR-2)印刷电路板	苯酚树脂	纸	铜箔	低价，适合大量生产	民用电子设备
	环氧纸(FR-3)印刷电路板	环氧树脂	纸	铜箔	介于酚醛纸和环氧玻璃之间的电路板	音频设备
	环氧玻璃(FR-4)印刷电路板	环氧树脂	玻璃布	铜箔	优异的电子特性、耐湿性、尺寸稳定性	民用电子设备 工业电子设备
	环氧玻璃(FR-4)印刷电路板（无卤素）	耐热环氧树脂	玻璃布	铜箔	环境对策 比普通的 FR-4 弹性率高（翘曲和弯曲较小） 比普通的 FR-4 耐热性高	民用电子设备 工业电子设备
	耐热环氧玻璃（相当于 FR-5）印刷电路板	耐热环氧树脂	玻璃布	铜箔	高 Tg，高品质 低成本型的玻璃聚酰亚胺树脂电路板	COB（板上芯片） 薄型封装
柔性电路板		聚酰亚胺树脂		铜箔	可自由折弯	照相机、计算器等
陶瓷电路板		矾土陶瓷		Ag-Pd（钯-银合金）	高耐热性、高导热性 高品质	汽车用电子设备

设计电路板时，必须在考虑电子特性、散热特性等方面后选择电路板材料，并且需要讨论第2.5.1节至第2.5.3节的项目。

2.5.1 防止安装焊盘的氧化

对于印刷电路板，形成安装焊盘的导体是铜箔，根据保管状态以及焊接温度的不同，可能会发生表面氧化，从而导致焊接性降低。

表2-4列出防止表面氧化的方法，各有利弊，必须根据目的进行选择。

例如安装普通用途的精细节距封装时，一般用Ni/Au作为手机等的预焊剂。

使用预焊剂时，必须根据用途从众多类型中进行选择。

对精细节距的安装焊盘，根据焊料不同，可能需要进行表面处理，通常认为焊料电镀的表面焊料厚度均匀（平整性好），不易发生焊料印刷和贴装错位。

如上所述，由于安装焊盘的表面处理会影响安装性和产品信赖性，建议在使用这些方式前要进行全面评估。

表 2-4 防止安装焊盘表面氧化的处理

表面处理方法		优点	缺点
焊料整平机		- 铜表面无外露。 - 保管时间长。	- 对焊料印刷的焊料供给量不稳定。 - 由于整平机和焊锡膏不兼容，焊接性不稳定。
预焊剂	松香型	- 表面处理成本低于金属表面处理（焊料整平机、金电镀）。 - 良好的焊接性。	- 含有 VOC（挥发性溶剂成分）。 - 由于预焊剂被涂在整个电路板，所以容易粘附异物。 - 保管时间短。
	水溶性	- 不含 VOC（挥发性溶剂成分）。 - 表面处理成本低于金属表面处理（焊料整平机、金电镀）。 - 由于预焊剂仅应用于焊盘表面，电路板表面不易粘附异物。 - 良好的焊接性。	保管时间短。
Ni-Au 闪镀		- 良好的耐热性。 - 良好的焊接性。 - 保管时间长。	- 成本高。 - 产品信赖性会因金电镀的厚度而降低。

2.5.2 印刷电路板的反翘

近年来，回流过程中印刷电路板以及封装反翘而引起安装问题已得到验证。【请参见第5章《焊接安装实例与问题实例》】在印刷电路板有严重反翘以及可能因此而引起问题时，除在电路板的类型和厚度方面进行对应以外，还可以考虑以下措施。

- 使印刷电路板正面和背面的导电体占有率相等。
- 对于双面安装，分析贴装元件的位置并尽量减小电路板正面和背面的热膨胀系数差异。
- 在回流（冷却）过程中追加装备的防止反翘功能。
- 执行回流焊接时，使用印刷电路板的固定治/工具，强制防止反翘。
- 使用耐热环氧玻璃印刷电路板。

由于电路板的翘曲受所使用电路板的类型和厚度的影响，建议仔细分析印刷电路板的规格，包括咨询制造商等，彻底确认评价的所有结果。

2.5.3 焊接部的信赖性

必须考虑减小印刷电路板与封装的热膨胀系数之差异，以确保焊接部的信赖性。如表面安装陶瓷封装时，使用热膨胀系数基本相同的陶瓷电路板。

另外，安装相对于封装尺寸、硅芯片占有率很高的小薄型封装（如 TSOP、VQFN、S-WFBGA等）时，如果为了减少封装整体的热膨胀系数而选择和封装的热膨胀系数尽可能接近的电路板材料（例如玻璃化转变温度（T_g）高且热膨胀系数小，相当于FR5的电路板），有望延长焊接部的寿命。

3. 焊接安装工序

3.1 焊料供给工艺

3.1.1 焊锡膏

(1) 材料组成

焊锡膏的主要成分为焊锡粉和焊剂。焊锡膏中焊锡粉的含量一般约为80%至95%，其含量影响焊锡膏的粘度和回流后焊料的厚度。下面将概要说明焊锡粉和焊剂。

(a) 焊锡粉

以前，焊锡粉的金属成分主要为Sn-Pb和Sn-Pb-Ag类，如共晶焊料（Sn-37Pb）和含银焊料（如Sn-36Pb-2Ag）。但是近年来，出于环保的观点，已经广泛使用各种无铅金属（主要为Sn-Ag-Cu类），以达到全面废除铅的目的。依据用途和焊接方式来选择使用这些无铅焊锡粉。

焊锡粉的粉末粒度范围如图3-1所示，此范围对焊锡膏的印刷性等重要的影响。在安装精细节距的封装时，请使用球形焊锡粉。

通常使用的焊锡粉粒径为50至60 μm以下，但是对于精细节距（0.5 mm节距以下的QFP和0.8 mm节距以下的BGA等），使用粒度在40 μm以下，且粒度分布窄的焊锡粉焊接效果较好。但是，粒度越细的焊锡粉，越可能会由于表面氧化形成不良微小焊球以及影响焊料的浸润性，所以在使用含这类焊锡粉的焊锡膏时需要十分注意。

(b) 焊剂

以下为焊剂用于焊接工序的目的。

- 除去元件表面和焊接部表面的氧化物
- 预防焊接过程中的氧化
- 减少熔融焊料的表面张力

换言之，焊剂是用来提高焊接性的。

辅助焊接的焊剂含增粘剂、触变剂、溶剂和活性剂四种成分，用于以下用途。

- 增粘树脂… 元件安装、金属清洗、防止氧化
- 触变剂 … 防止焊锡粉和焊剂分离，防坍塌
- 活性剂 … 金属清洗
- 溶剂 … 形成焊锡膏

焊剂分为三大类：松香型焊剂、合成树脂型焊剂以及水溶性焊剂。根据活性度的不同，松香型焊剂可以分为三种类型：R型（松香焊剂）、RMA型（弱活性焊剂）和RA型（活性焊剂），表3-1列出其特点如下。

表 3-1 各种焊剂类型以及特点

焊剂类型	特点
R 型 / ROL 型 (非活性松香 / 松香活性低)	非活性焊剂，无腐蚀性。
RMA 型 / ROM 型 (中度活性松香 / 松香活性中等)	弱活性焊剂，无腐蚀性，比 R 型具有更佳的焊接性。
RA 型 / ROH 型 (活性松香 / 松香活性高)	强活性焊剂，比 R 和 RMA 型具有更佳的焊接性，但是腐蚀性较强。

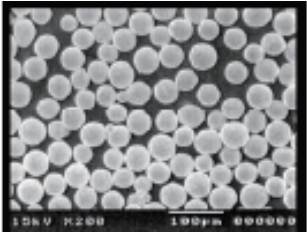
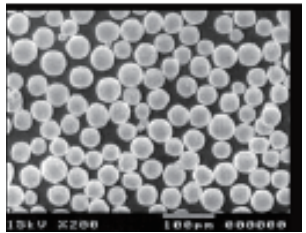
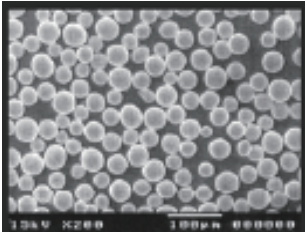
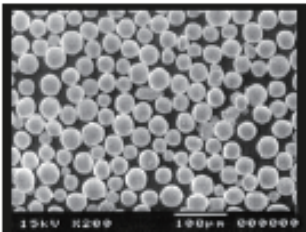
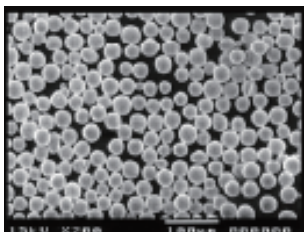
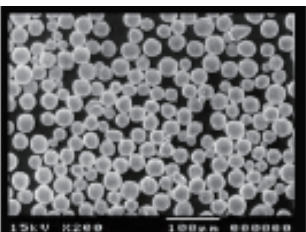
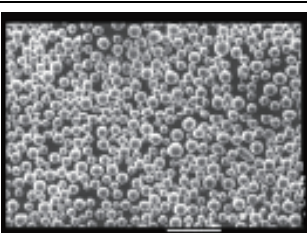
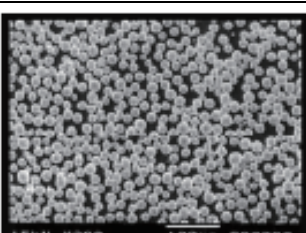
焊锡粉粒度范围	Sn-3Ag-0.5Cu 焊料颗粒	Sn-37Pb 焊料颗粒
类型 2 0.075mm 至 0.045mm		
类型 3 0.045mm 至 0.020mm		
类型 4 0.038mm 至 0.020mm		
类型 5 0.025mm 至 0.010mm		

图 3-1 焊锡膏中焊料颗粒的 SEM 图像

表 3-2 焊锡膏中焊锡粉粒度范围以及适用的节距

■ 引脚式: QFP、SOP 等

焊锡粉粒度范围	引脚节距(mm)					
	1.27	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
0.075 至 0.045mm	○	○	○			
0.045 至 0.020mm			○	○	○	
0.038 至 0.020mm				○	○	○
0.025 至 0.010mm						○

出处: 千住金属工业株式会社

■ 焊球、焊盘式: BGA、LGA 等

焊锡粉粒度范围	焊盘节距(mm)					
	1.27	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
0.075 至 0.045mm	○	○	○			
0.045 至 0.020mm			○	○		
0.038 至 0.020mm				○	○	
0.025 至 0.010mm					○	○

出处: 千住金属工业株式会社

(2) 所需特性

下面说明焊锡膏所需特性。

(a) 回流前

制造后随时间的变化小
 印刷性和涂布性良好
 涂布后随时间的变化小（粘性保持时间长，形状不会崩塌）
 作为焊剂，与焊锡粉不会分离
 焊锡膏制造后，表面不会固化
 涂布后坍塌（渗出）少

(b) 回流后

焊接性好
 不良微小焊球少
 具有良好的清洗性，不留下焊剂残渣
 即使留下焊剂残渣，也可确保信赖性

(3) 选择时的注意点

在选择焊锡膏时，要注重其印刷性、焊桥和焊球以及清洗性等方面，请注意以下内容。

(a) 印刷性

- 通常，选择焊料的粒径小于金属印刷板开口宽度的 1/4 至 1/5 的焊锡粉。
- 如果粘度过高，则会降低焊锡离板性能，发生焊锡不足；如果粘度过低，则可能会发生渗出或者焊锡坍塌。因此，作为一般的印刷用途，建议粘度为 200 Pa·s 至 300Pa·s/25°C 左右（Malcom 粘度计）。（还要注意触变性。）

表 3-3 各种不同用途的焊锡膏特性

用途	粘度 (Pa·s/25°C)
焊锡膏分配器	100 至 300
印刷	200 至 300

(b) 焊桥和不良微小焊球

注意焊锡粉的氧化，选择粒度分布窄的焊锡粉。
 选择焊剂内溶剂沸点低的焊锡膏，并选择松香分子量高和焊剂本身含量低的焊锡膏。

(c) 清洗性

松香型焊剂在回流过程中发生氧化，造成对清洗剂的溶解性降低。因此应选择氧化性较强的松香类焊锡膏。

3.1.2 焊锡膏印刷工序

焊锡膏有两种供给方式：调合器供给方式和印刷方式（印网掩模、金属掩模）。
从生产效率等方面考虑，印刷方式被广泛采用，因此在此仅说明印刷方式。

(1) 印刷精度

可对应精细节距（比如0.5 mm节距以下的QFP、0.8 mm节距以下的BGA等）的焊料印刷设备应具有图像识别功能。

并且，当前应具有图像识别功能的印刷设备的印刷精度为 ± 0.025 至 ± 0.05 mm。

(2) 印刷形状（焊料）

影响印刷形状的因素包括金属掩模类型、印刷电路板安装焊盘的表面形状以及表面处理、印刷机条件、焊锡膏等。以下将概述影响最大的金属掩模类型和印刷机条件。

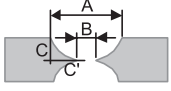
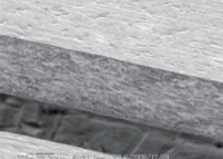
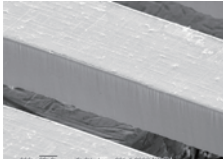
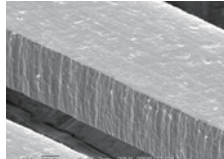
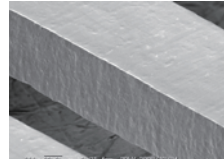
(a) 金属掩模类型

随着封装节距变得越来越精细，金属掩模孔径变得越来越小，掩模孔径的断面形状对印刷形状的影响也相应增大。

以前通过刻蚀加工生产金属掩模时，将厚度方向加工为弯曲状，因此在焊料印刷时焊锡膏将留在这些弯曲部分中，随着印刷张数的增加，焊锡膏的残留物会导致金属掩模孔径堵塞，致使印刷时发生焊锡不足，或者焊锡膏在流入金属掩模的背面（印刷电路板侧）印刷时，发生渗出。

现在为了改善这种现象，提高刻蚀精度和采用新制法生产的金属掩模已经投入市场。表3-4比较了刻蚀制法、新制法的添加剂制法与激光制法。

表 3-4 金属掩模制法比较

制法	刻蚀制法	添加剂制法	激光制法	激光制法+特殊加工
材料	不锈钢、铜、磷青铜	镍	不锈钢	不锈钢
断面形状	 A-B膜补正值: 50至60% C=C' *不同厂家的刻蚀精度存在差异			
孔径图像				

出处：Bon Mark 株式会社

如果要进行精细节距印刷，建议使用添加剂制法或者激光制法用的金属掩模。

(b) 印刷机条件

影响印刷性的项目包括①至⑤五项。

1. 印刷刮板

印刷刮板上有一个弹性橡胶制的刮刀，目前广泛使用的是聚氨酯橡胶。橡胶的硬度是印刷良好的重要条件之一，合适的硬度范围为 60 至 90 度。

上述树脂刮板的刃部有三种断面形状：平行、角形以及剑形，分别用于不同的印刷用途。

最近，耐磨性和焊料供给量稳定性好的金属印刷刮板也已经上市。

印刷时，应降低印刷刮板刃部压力并以较低速度印刷，这种情况下，可以看到焊锡膏的滚入现象，称为滚转。

2. 印刷间隙（印刷电路板和金属掩模之间的距离）

如果印刷间隙太小，可能会发生渗出；如果太大，则可能出现印刷形状不一致、以及离板时焊料飞散等问题。因此，必须设定合适的间隙。

近期，印刷间隙为 0 mm 的接触式印刷技术被普遍采用。采用接触式印刷要求使用具有低印刷压力和有离板速度控制功能的印刷设备。

3. 印刷压力

实际的印刷压力一般为 5 至 10 g/cm²左右。但是该值会影响印刷刮板刃部的压力与磨损情况，因此需要慎重考虑。

为实现在低压和均压的印刷，配备浮动印刷刮板结构的印刷设备近期已出现在商业市场上。

4. 印刷刮板速度

印刷时，印刷刮板的速度范围为 5 至 50 mm/秒。但是注意必须尽可能减慢速度，以便焊锡膏滚转。

5. 焊锡离板速度

可通过控制焊锡离板速度来抑制印刷后离板时掩模与焊锡膏之间发生的剪切力（图 3-2），改善焊锡离板性能。随着封装的节距精细化，未来上述技术的要求会更高。

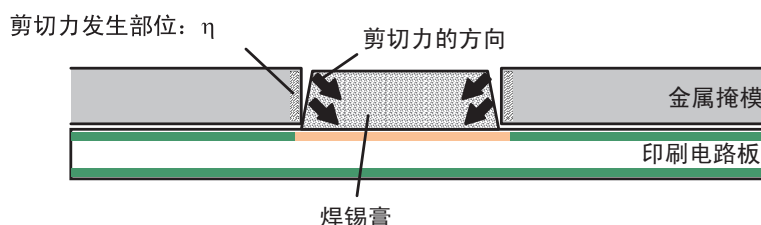


图 3-2 掩模与焊锡膏之间发生的剪切力

3.1.3 焊锡膏供给量

(1) 鸥翼式引脚的焊锡膏供给量

焊锡膏供给量需要考虑回流后的最佳焊接形状，使用以下简易方法算出必要焊料量，然后再计算必要的焊锡膏量。

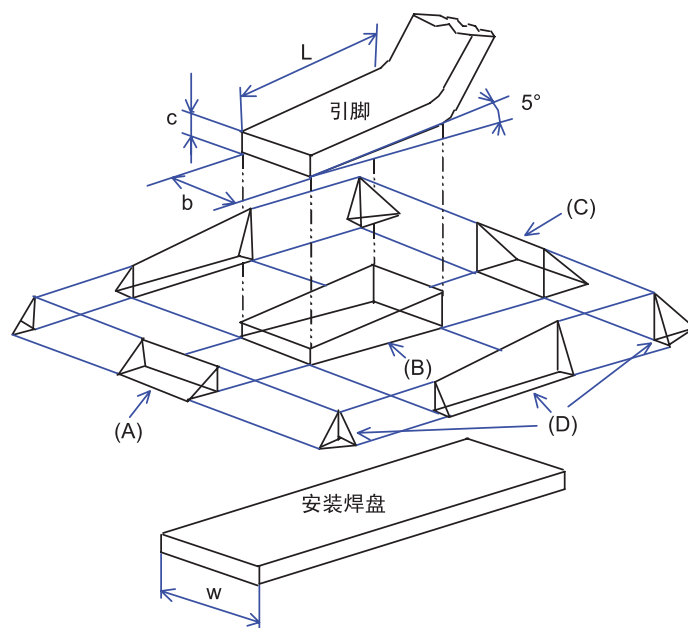


图 3-3 焊接部的展开图

如图3-3所示，通过计算焊接部的展开图中各焊料块的体积来确定最佳焊料量。

A 至 D: 各块的焊料量 (最佳焊料量) = $A + B + C + 2D$

其次，必要的焊锡膏量通过以下公式来计算：

必要的焊锡膏量($A \times t$) = 最佳焊料量 $\times (\omega_1/\rho_1 + \omega_2/\rho_2) / (\omega_1/\rho_1)$

这里，A = 金属掩模开口面积

t = 焊锡膏印刷厚度

ω_1 = 焊料在焊锡膏中的重量百分比

ρ_1 = 焊料的比重

ω_2 = 焊剂在焊锡膏中的重量百分比

ρ_2 = 焊剂的比重

必须根据以上必要焊锡膏量的计算结果来讨论焊锡膏印刷使用的金属掩模的开口尺寸和金属掩模的厚度。

(2) BGA/LGA 的焊锡膏供给量

设定焊锡膏供给量时，要注意以下项目：

1. 焊锡膏印刷厚度

设定焊锡膏的厚度时，需考虑封装管脚的平整度，并要讨论焊锡膏的最小印刷厚度，如下所示。

最小焊锡膏印刷厚度 = 封装管脚平整度 + 0 至 30 μm

2. 焊锡膏的印刷直径

设定焊锡膏印刷直径时，要考虑以下项目：

- 金属掩模孔径的尺寸可大致与安装焊盘的直径尺寸相同。
- 为防止焊料断路，将焊锡膏印刷直径设定为大于「1. 焊锡膏印刷厚度」中规定的最小焊锡膏印刷厚度。

(3) 各代表封装的安装评价数据

以下介绍以焊锡膏的印刷厚度以及印刷直径为参数的各代表封装的安装性评价结果。

焊锡膏供给量与安装性的对比 [P-VQFN]

以下举例说明关于P-VQFN的焊锡膏供给量以及安装性的评价。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10 mm)	焊锡膏	管脚电镀成分
P-VQFN48-7x7-0.5	0.75 × 0.25 mm	0.75 × 0.25 mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-Bi

○安装条件

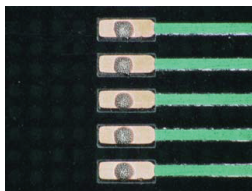
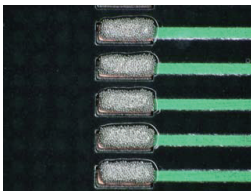
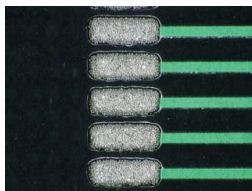
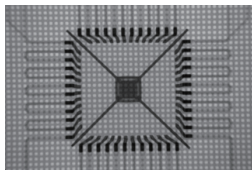
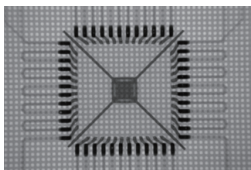
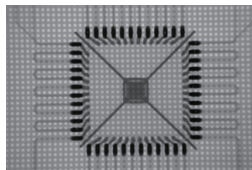
封装外形	贴装压力* ¹	贴装压入量	回流温度
P-VQFN48-7x7-0.5	300 g/ic	0.20 mm	250°C (空气回流)

【注】 *1: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○安装结果

焊料印刷 (掩模开口)	0.20 × 0.20mm	0.25 × 0.35mm	0.25 × 0.55mm	0.25 × 0.75mm	0.25 × 0.95mm
安装结果 (断路&短路)	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
焊料印刷 (掩模开口)	0.30 × 0.30mm	0.30 × 0.35mm	0.30 × 0.55mm	0.30 × 0.75mm	0.30 × 0.95mm
安装结果 (断路&短路)	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10

○观察实例

	焊料印刷 (掩模开口) 尺寸		
	0.20 × 0.20mm	0.25 × 0.75mm	0.30 × 0.95mm
焊料印刷外观			
回流后的 X 线观察			

对于P-VQFN，在焊料掩模开口为0.20 × 0.20mm至0.30 × 0.95mm的条件下未发现断路或者短路。
因为P-VQFN的外观检查很难判定安装好坏，建议通过X线观察、对剥离等确认后再确定安装条件。

焊锡膏供给量与安装性的对比 [240管脚FBGA]

以下举例说明关于FBGA的焊锡膏供给量以及安装性的评价。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10mmt)	焊锡膏	管脚焊球
P-FBGA240-15x15-0.8	φ0.4 mm	φ0.3 至 φ0.6 mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-3Ag-0.5Cu

○安装条件

封装外形	贴装压力* ¹	贴装压入量	回流温度
P-FBGA240-15x15-0.8	300 g/ic	0.20 mm	240°C (空气回流)

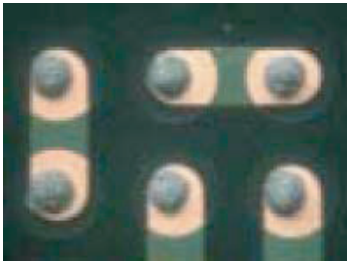
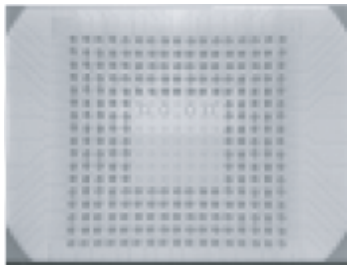
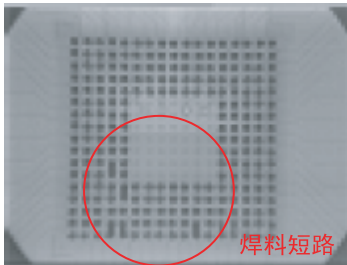
【注】 *1: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○安装结果

焊接材料	金属掩模孔径尺寸			
	φ0.3 mm	φ0.4 mm	φ0.5 mm	φ0.6 mm
Sn-3Ag-0.5Cu 焊料	0/10	0/10	0/10	4/10* ²

【注】 *2: 焊料短路

○观察实例

	金属掩模孔径尺寸	
	φ0.3 mm	φ0.6 mm
焊料印刷外观		
回流后的 X 线观察		

对于FBGA（0.8 mm节距），在焊料掩模孔径为φ0.30 mm至φ0.50 mm的条件下未发现断路或者短路。因为FBGA的外观检查很难判定安装好坏，建议通过X线观察、对剥离等确认后再确定安装条件。

焊锡膏供给量与安装性的对比 [LGA]

以下举例说明关于LGA的焊锡膏供给量以及安装性的评价。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10mmt)	焊锡膏	管脚电镀成分
LFLGA336-14x14-0.65	φ0.35mm	φ0.35mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Ni/Au
LFLGA304-13x13-0.5	φ0.30mm	φ0.35mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Ni/Au

○安装条件

封装外形	贴装压力 * ¹	贴装压入量	回流温度
LFLGA336-14x14-0.65 LFLGA304-13x13-0.5	180g/ic	0.20mm	250°C (空气回流)

【注】 *1: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

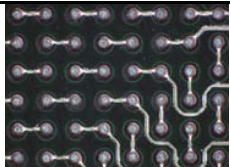
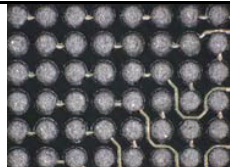
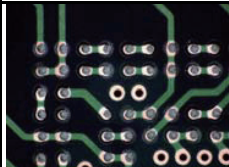
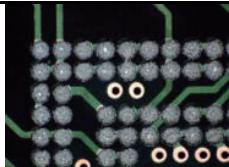
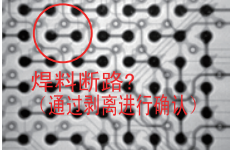
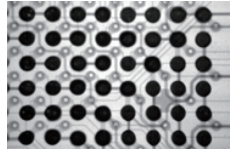
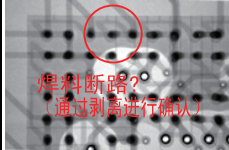
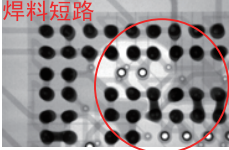
○安装结果

	金属掩模孔径					
	φ0.20mm	φ0.25mm	φ0.30mm	φ0.35mm	φ0.40mm	φ0.45mm
LFLGA336-14x14-0.65	—	2/10* ¹	0/10	0/10	0/10	0/10
LFLGA304-13x13-0.5	6/8* ¹	0/8	0/8	0/8	3/8* ²	—

【注】 *1: 焊料断路,

【注】 *2: 焊料短路

○观察实例

		LFLGA336-14x14-0.65 (0.65mm 节距)		LFLGA304-13x13-0.5 (0.5 mm 节距)	
掩模孔径		φ0.25mm	φ0.45mm	φ0.20mm	φ0.40mm
焊料印刷错位 0.15mm	焊料 印刷				
	回流后 X 线				

对于LGA (0.65mm节距), 在焊料掩模孔径为φ0.30mm至φ0.45mm的条件下未发现断路或者短路。

对于LGA (0.5mm节距), 在焊料掩模孔径为φ0.25mm至φ0.35mm的条件下未发现断路或者短路。

因为LGA的外观检查很难判定安装好坏, 建议通过X线观察、对剥离等确认后再确定安装条件。

3.2 元件安装工艺

3.2.1 粘合剂

射流焊接法中，SMD封装通常通过粘合剂临时固定在安装电路板上。

当选择粘合剂时，考虑下列几种特性：

1. 粘合剂必须有足够的粘接强度。
2. 粘合剂使用量必须考虑元件与电路板间的尺寸和重量以避免不完全焊接和不能焊接。
3. 考虑SMD的信赖性，硬化温度尽可能不高于树脂的玻璃化转变温度（约150°C）并且在每个元件的规定的保存温度范围内。

3.2.2 元件贴装设备

元件贴装工艺的关键取决于安装元件的贴装的精度。贴装元件时，根据元件的自对准效果确认位置错位容许量，贴装精度需在该范围之内。

尤其是引脚节距为0.5 mm以下的窄节距封装，需要高精度的元件贴装设备。

表3-5显示不同类型元件贴装设备的特点。

表 3-5 不同类型元件贴装设备的特点

类型 项目	高速型	多功能型	
贴装周期	芯片元件 0.1 至 0.15 秒	芯片元件	0.3 至 0.6 秒
		QFP 等	0.9 至 4.0 秒
贴装精度	芯片元件 ± 0.1 至 0.15 mm	芯片元件	± 0.05 至 0.15mm
		QFP 等	± 0.05 至 0.10mm
元件形式	仅有卷带	托盘、卷带、料管	
贴装精度	机械对中、图像识别	芯片元件	图像识别
		QFP 等	图像识别

选择设备时，需考虑以下五点：

- 与性能（贴装精度和贴装速度）相称的价格
- 是否可对应多产品/小批量生产
- 理解基本性能（定位性、重复精度和分辨率）
- 与前后设备（电气和机械）的连接
- 制造商的服务系统

特别是对于以0.5 mm节距以下的精细节距为代表的TSOP、QFP，以及以矩阵式的端子排列的封装安装为代表的BGA和LGA，以下三点对选择设备尤其重要。

- 可以识别印刷电路板焊接部以及识别封装（对于 BGA 和 LGA，则为识别矩阵式排列的端子）。
- 元件贴装精度为 ± 0.1 mm 以下。（对于 0.4 mm 以下的节距，精度则需要达到 ± 0.05 mm 以下。）
- 贴装元件时可以控制 Z 轴（元件厚度方向）。

现在许多公司都制造元件贴装设备，但是每家制造商的设备功能各不相同。

尤其是对于识别元件的图像识别方法，现在的趋向为从引脚区的分块识别方式转变为统一识别所有引脚的方式，这样有助于缩短识别时间。

如上所述，元件贴装工艺中选择元件贴装设备至关重要，建议您与设备制造商充分交流信息后再进行选择。

3.2.3 自对准效果

自对准效果是指即使印刷电路板的安装焊盘和安装封装的管脚之间对准精度低、发生错位，回流时可自动修复为正常位置的现象。各安装元件的自对准力可以通过以下公式确定，可通过比较该自对准力和元件本身的重量来推断是否达到自对准效果。

$$\text{自对准力} = \gamma \times L \times n$$

γ : 焊料的表面张力

L : 封装管脚和焊料的接触长度（外周）

n : 封装的管脚数

【注】 Sn-3Ag-0.5Cu 焊料的表面张力参考值为 558 mN/m。

下面介绍瑞萨各代表性封装的自对准效果评价结果，供参考。

自对准 [TSOP](类型 I)

下面介绍了TSOP（类型I）的自对准评价实例。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10mmt)	焊锡膏	管脚电镀成分
P-TSOP(1)48-12x18.4-0.50	0.90 × 0.20mm	0.90 × 0.20mm	Sn-37Pb Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-Cu

○安装条件

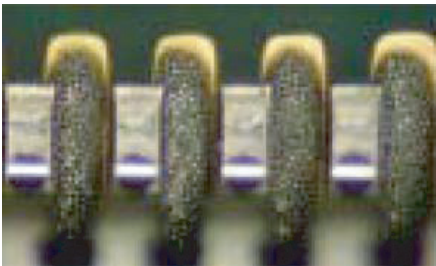
封装外形	贴装压力 * ¹	贴装压入量	回流温度
P-TSOP(1)48-12x18.4-0.50	300 g/ic	0.20mm	Sn-37Pb : 220°C (空气回流) Sn-3Ag-0.5Cu: 240°C (空气回流)

【注】 *¹: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○安装结果

焊接材料	贴装错位 (伸出 1/3)	贴装错位 (伸出 1/2)	贴装错位 (伸出 2/3)
Sn-37Pb 焊料	0/20	0/20	0/20
Sn-3Ag-0.5Cu 焊料	0/20	0/20	0/20

○观察实例

TSOP 贴装错位 — 引脚宽度伸出 2/3 (错位: 0.1mm)	
	Sn-Pb 焊料安装: 220°C (空气回流) Sn-Ag-Cu 焊料安装: 240°C (空气回流)
回流前	 
回流后	 

确认了TSOP（类型I）即使错位了引脚宽度的2/3（贴装错位：0.1mm）也可实现自对准。

应在确认了实际使用的焊接材料和回流条件之后，再分析安装条件。

自对准 [TSOP](类型 II)

下面介绍了TSOP（类型II）的自对准评价实例。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10mm)	焊锡膏	管脚电镀成分
P-TSOP(2)52-8.89x10.79-0.40	0.90 × 0.20mm	0.90 × 0.20mm	Sn-37Pb Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-Cu

○安装条件

封装外形	贴装压力 * ¹	贴装压入量	回流温度
P-TSOP(2)52-8.89x10.79-0.40	300 g/ic	0.20 mm	Sn-37Pb : 220°C(空气回流) Sn-3Ag-0.5Cu: 240°C(空气回流)

【注】 *¹: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○安装结果

焊接材料	贴装错位（伸出 1/3）	贴装错位（伸出 1/2）	贴装错位（伸出 2/3）
Sn-37Pb 焊料	0/20	0/20	0/20
Sn-3Ag-0.5Cu 焊料	0/20	0/20	0/20

○观察实例

TSOP 贴装错位 —引脚宽度伸出 2/3（错位：0.1mm）		
	Sn-Pb 焊料安装：220°C（空气回流）	Sn-Ag-Cu 焊料安装：240°C（空气回流）
回流前		
回流后		

确认了TSOP（类型II）即使错位了引脚宽度的2/3（贴装错位：0.1mm）也可实现自对准。

应在确认了实际使用的焊接材料和回流条件之后，再分析安装条件。

自对准 [P-VQFN]

下面介绍了P-VQFN的自对准评价实例。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10mm)	焊锡膏	管脚电镀成分
P-VQFN48-7x7-0.5	0.30 × 0.75 mm	0.30 × 0.75 mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-Bi

○安装条件

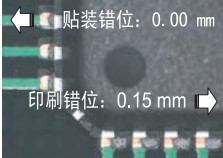
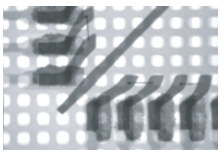
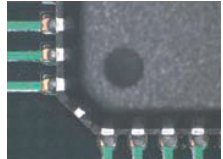
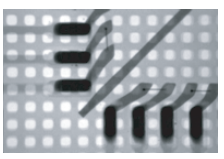
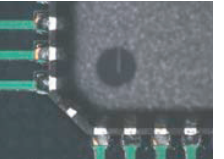
封装外形	贴装压力* ¹	贴装压入量	回流温度
P-VQFN48-7x7-0.5	300 g/ic	0.20 mm	250°C (空气回流)

【注】 *1: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○安装结果

焊料印刷错位 (+X)	QFN 贴装错位 (-X)							
	0.05mm		0.08mm		0.12mm		0.15mm	
	外观	X 线	外观	X 线	外观	X 线	外观	X 线
0.00mm	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
0.05mm	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
0.10mm	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
0.15mm	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	1/3* ¹	0/3	3/3* ¹

○观察实例

		QFN 贴装错位: 0.00mm		QFN 贴装错位: 0.15mm	
		外观观察	X 线观察	外观观察	X 线观察
焊料印刷错位 0.15 mm	QFN 贴装时				
	回流后				

虽然P-VQFN封装具有优异的自对准性, 但是如果焊料印刷错位或者贴装错位很大, 则即使外观能够确认自动准, 仍可能发生焊料量分布不均。如果需要, 应通过X线等进行事先验证。

自对准 [FBGA]

下面介绍了FBGA的自对准评价实例。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10mmt)	焊锡膏	焊球管脚成分
FBGA240-15x15-0.8	φ0.40mm	φ0.40mm	Sn-37Pb Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb Sn-3Ag-0.5Cu

○安装条件

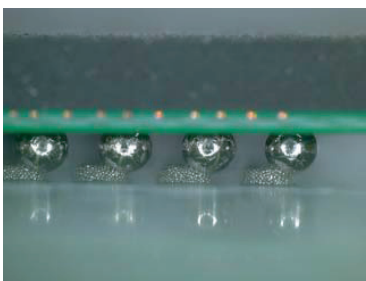
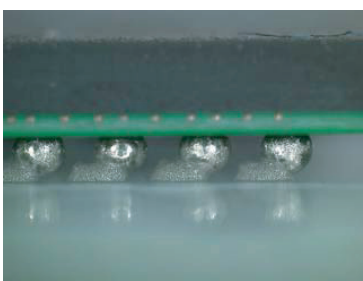
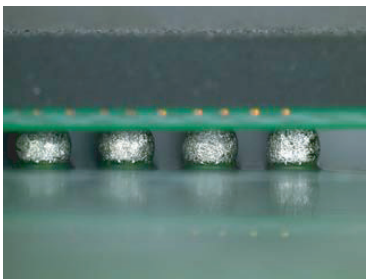
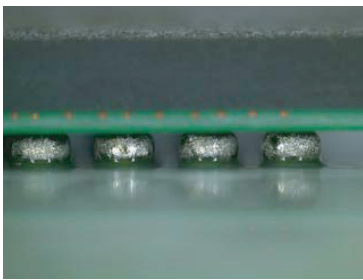
封装外形	贴装压力* ¹	贴装压入量	回流温度
FBGA240-15x15-0.8	300 g/ic	0.20mm	Sn-37Pb : 220°C (空气回流) Sn-3Ag-0.5Cu: 240°C (空气回流)

【注】 *1: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○安装结果

焊接材料	焊球管脚	贴装错位 0.1 mm	贴装错位 0.2 mm	贴装错位 0.3 mm
Sn-37Pb 焊料	Sn-37Pb	0/20	0/20	0/20
Sn-3Ag-0.5Cu 焊料	Sn-3Ag-0.5Cu	0/20	0/20	0/20

○观察实例

	FBGA 贴装错位: 0.3mm	
	Sn-Pb 焊料安装: 220°C (空气回流)	Sn-Ag-Cu 焊料安装: 240°C (空气回流)
回流前		
回流后		

确认了FBGA在贴装错位: 0.3 mm以内可实现自对准。

应在确认了实际使用的焊接材料和回流条件之后, 再分析安装条件。

自对准 [LGA] (0.65mm节距)

下面介绍了LGA (0.65mm节距) 的自对准评价实例。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10mm)	焊锡膏	LGA 管脚电镀成分
LFLGA336-14x14-0.65	φ0.35mm	φ0.35mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Ni/Au

○安装条件

封装外形	贴装压力* ¹	贴装压入量	回流温度
LFLGA336-14x14-0.65	180g/ic	0.20mm	250°C (空气回流)

【注】 *1: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

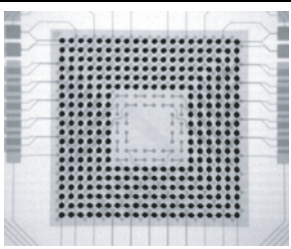
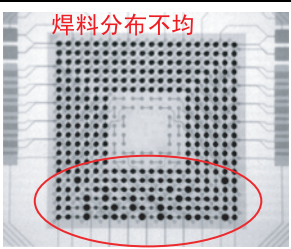
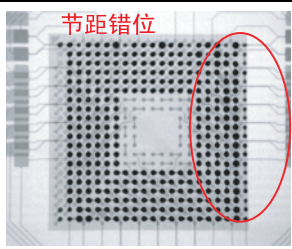
○安装结果

评价了焊料印刷错位和LGA贴装错位为反向错位。

焊料印刷错位 (+X)	LGA 贴装错位 (-X)							
	0.05mm		0.10mm		0.15mm		0.20mm	
	外观	X 线	外观	X 线	外观	X 线	外观	X 线
0.05mm	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
0.10mm	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	1/3	1/3* ¹
0.15mm	0/3	0/3	0/3	2/3	0/3	0/3	2/3* ²	2/3* ²

【注】 *1: 焊料分布不均

【注】 *2: 节距错位

	LGA 贴装错位: 0.20mm		
	焊料印刷错位: 0.05mm	焊料印刷错位: 0.10mm	焊料印刷错位: 0.15mm
回流后的 X 线图像			

0.65mm节距的LGA自对准性的确认结果为: 如果焊料印刷和LGA贴装的错位都在0.15mm以内, 则没有问题。

因为很难从外观来判断LGA的焊接, 如果需要, 应通过X线等进行事先验证。

自对准 [LGA] (0.5mm节距)

下面介绍了LGA (0.5 mm节距) 的自对准评价实例。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10 mmt)	焊锡膏	LGA 管脚电镀成分
LFLGA304-13x13-0.5	φ0.3mm	φ0.3mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Ni/Au

○安装条件

封装外形	贴装压力* ¹	贴装压入量	回流温度
LFLGA304-13x13-0.5	180 g/ic	0.20 mm	250°C (空气回流)

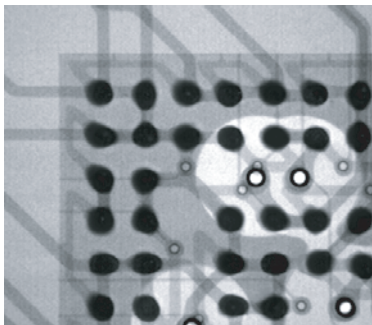
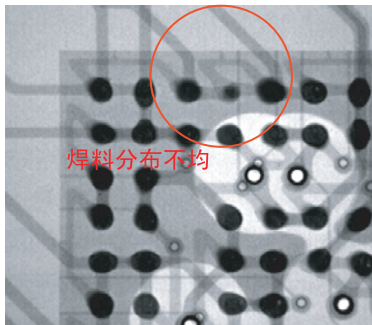
【注】 *1: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○安装结果

评价了焊料印刷错位和LGA贴装错位为反向错位。

焊料印刷错位 (+X)	LGA 贴装错位 (-X)					
	0.05mm		0.10mm		0.15mm	
	外观	X 线	外观	X 线	外观	X 线
0.05 mm	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
0.10 mm	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	2/3* ²
0.15 mm	0/3	0/3	0/3	2/3* ²	0/3	3/3* ²

○观察实例(X线)

	LGA 贴装错位: 0.15mm	
	焊料印刷错位: 0.05mm	焊料印刷错位: 0.10mm
	回流后的 X 线照片 	

0.5mm节距的LGA自对准性的确认结果为: 如果焊料印刷和LGA贴装的错位都在0.1 mm以内, 则没有问题。

因为很难从外观来判断LGA的焊接, 如果需要, 应通过X线等进行事先验证。

自对准 [LQFP、QFP]

下面介绍了LQFP和QFP的自对准评价实例。

○评价样品

封装外形	安装焊盘	金属掩模(0.10mmt)	焊锡膏	引脚电镀成分
LQFP144-20x20-0.5	0.3 × 1.3mm	0.25 × 1.5mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-Bi
QFP144-20x20-0.5	0.3 × 1.3mm	0.25 × 1.5mm	Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-Bi

○安装条件

封装外形	贴装压力* ¹	贴装压入量	回流温度
LQFP144-20x20-0.5	180 g/ic	0.2mm	240 °C
QFP144-20x20-0.5	180 g/ic	0.2mm	240 °C

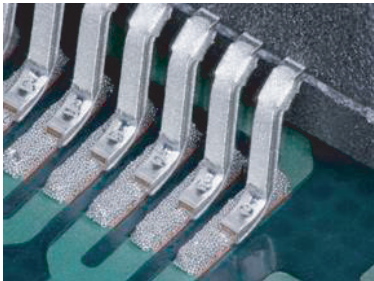
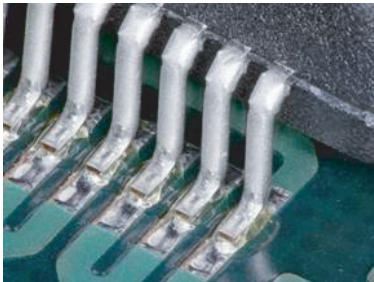
【注】 *1: 贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○安装结果

封装外形	封装错位: 0.05mm	封装错位: 0.10mm	封装错位: 0.15mm* ²
LQFP144-20x20-0.5	0/5	0/5	0/5
QFP144-20x20-0.5	0/5	0/5	0/5

【注】 *2: 0.15mm 的贴装错位为从安装焊盘上伸出的错位量, 即引脚宽度的 1/2

○自对准评价照片 (代表性实例)

	LQFP144-20x20-0.5 (贴装错位: 0.15mm)	QFP144-20x20-0.5 (贴装错位: 0.15mm)
回流前		
回流后		

确认了大型QFP在回流焊接中也有足够的自对准性。

应在确认了实际使用的焊接材料和回流条件之后, 再分析安装条件。

3.3 焊接工艺

本节说明整体加热方式的焊接工艺。

焊接工艺的必要条件为：安装元件通过焊料与印刷电路板建立电气与机械连接。要达到这个条件，必须满足后面介绍的温度曲线条件。温度曲线表示贴装在印刷电路板上的元件在焊接设备内，温度随时间变化的关系。

3.3.1 温度曲线概述

温度曲线必须满足以下2点：

- 设定焊接的必要温度
未满足这个条件可能会导致“润焊不良”、“焊料短路”、“焊接强度不足”以及“焊料未熔融”等品质低下问题。
- 设定可防止元件品质低下的温度
未满足这个条件可能会引起如“封装裂纹”、“芯片/树脂的界面剥离”等品质低下问题。

满足上述条件的温度曲线的具体条件设定项目如下所示：

- 峰值温度
- 焊料熔融时间（使产品保持在焊料熔点温度之上的时间）
- 预热时间和温度
- 温度坡度

建议选择如图3-4所示，各区域的温度完全可以分别设定的回流设备。

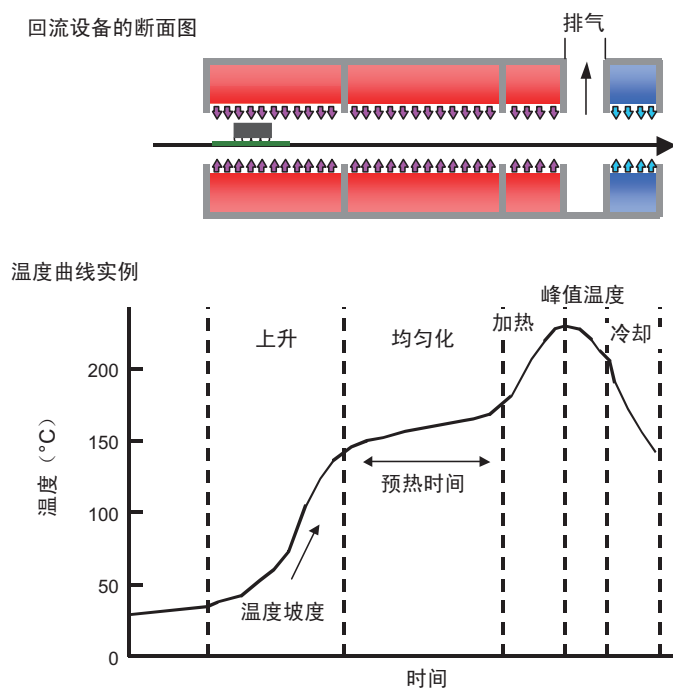


图 3-4 回流设备和温度曲线之间的关系

3.3.2 温度曲线条件

在此说明温度曲线的四个要点。

(1) 峰值温度

1. 元件表面温度必须低于规定的温度。
2. 焊接部的温度必须高于焊料的熔点。特别是对于 BGA，通常最内圈焊球（或者印刷电路板的安装焊盘）的温度最低，因此必须保证该部位的温度高于焊锡膏和焊球的熔点。
3. 峰值温度不得过高。
温度过高会增大印刷电路板或者封装的反翘，并可能会导致断路或者短路，请在事先充分确认后设定峰值温度。BGA 比 QFP 反翘更大，所以需要加以注意。另外对两面安装来说，在第 2 面安装时，必须管理第 1 面的元件温度。如果第 1 面的元件达到高温，则可能会因为反翘而引起剥离，因此请提前充分确认。

设定峰值温度时，请遵守以下两点设定设备的温度。

- 焊接部（管脚下面或者安装焊盘）的温度必须高于焊料的熔点。
（建议峰值温度高于焊料熔点 20 至 40°C。）
*对于共晶焊料(Sn-37Pb)，为 200 至 220°C。
*对于无铅焊料（Sn-3Ag-0.5Cu），为 240 至 260°C。
- 贴装元件的表面温度必须低于规定的温度。

(2) 焊料熔融时间

焊锡膏由焊锡粉构成，各焊锡粉熔融后凝集、浸润并且扩散在元件的电极和印刷电路板的安装焊盘上，需要一定的焊料熔融时间。

但是对于带有 Ag-Pd 电极的安装元件，如果焊料熔融时间太长，因 Ag-Pd 电极与焊料之间发生扩散，导致焊接强度降低。因此建议在设定焊料熔融时间时，预先进行焊接评价。

此外，如果使用的元件或者印刷电路板的热容量大，因冷却速度较慢，请使用配备冷却构造的回流设备。

熔融时间（包含回流次数）过长可能会导致 BGA 的焊接强度下降。特别是安装后，电路板的工序内操作等的机械应力可能会引起焊球剥离，需要从温度曲线和机械应力两方面讨论进行改善。

(3) 预热时间

在因焊接工艺引起的焊接不良中，有焊料被吸到封装引脚的毛细现象以及小型芯片元件出现的芯片翘立现象等。

这些不良的原因是回流时温度不均。

特别是高密度安装电路板，大量元件安装在同一电路板上，温度上升率因各元件大小不同而有所差异，如图 3-5 所示。所以要求进行预热以减少这种温度差异。

但是，如果过度预热，焊锡膏的浸润性可能会降低。因此，请在预先进行充分确认后再设定预热条件。

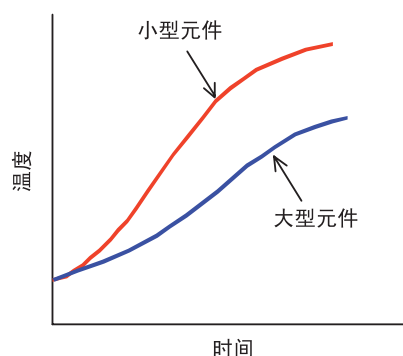


图 3-5 不同元件的温度上升实例

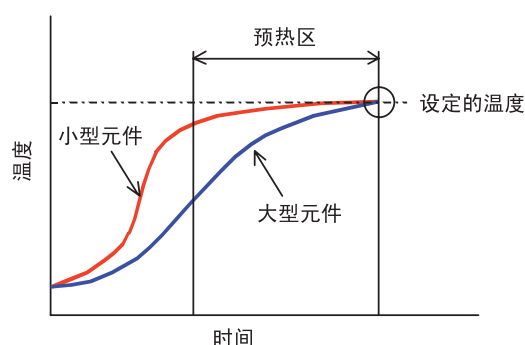


图 3-6 通过预热达到温度均匀化的实例

请在3.3.1项中记载的温度曲线预热期间内调整回流设备温度和传送速度，使印刷电路板和各安装元件的温度偏差为最小（参见图3-6）。

此外，焊接时的不良微小焊球以及浸润不足这些问题，是与回流中的预热条件不充分有关。

为了改善上述焊接不良，回流时的预热条件需要注意以下项目：

- 设定让焊锡膏中的挥发成份能充分挥发的预热温度和时间
- 设定可提高焊剂中活化剂活性的预热温度和时间
- 设定不损害焊锡膏中活化剂成分的预热温度和时间

(4) 温度坡度

温度坡度过大可能导致封装的破裂。

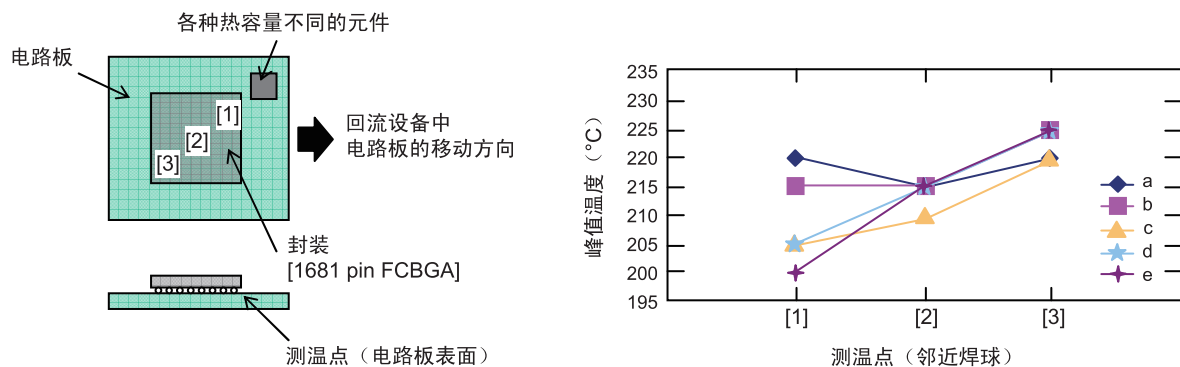
对于目前的回流焊接设备，建议升温速度为1至3°C/秒。

另外，为使焊料表面光泽良好，通常采用通过加快冷却速度的方法。

因为大型BGA的封装内温度分布很大，焊球不能同时固化。同时焊球在固化时体积收缩（熔融时体积膨胀），而导致相邻的焊球分别固化和熔融状态，这样就可能产生焊球高度的差异。因此，根据冷却时的温度坡度大小，因邻接焊球的高度差的增大，发生电路板的反翘、断路等不良。所以请在预先充分确认之后再设定冷却时温度坡度条件。

3.3.3 关于 BGA 封装的回流

对于在封装下部有焊接部的BGA/LGA来说，回流时封装内部可能产生温度差异。如果能确保回流温度曲线的预热时间，就能抑制温度差异。以下显示邻近安装各种不同热容量封装时的FCBGA内部温度差异和焊接性的评价结果。



邻近元件的热容量	[1]~[3]的最高温度	[1]~[3]的最低温度	焊接不良模式		
			断路	焊桥	其他
a	220°C	215°C	0/5	0/5	0/5
b	225°C	215°C	0/5	0/5	0/5
c	220°C	205°C	0/5	0/5	0/5
d	225°C	205°C	0/5	0/5	0/5
e	225°C	200°C	0/5	0/5	1/5*

* 焊球内产生气泡

图 3-7 在附近安装其它元件时 BGA 的焊接性

通过上述评价结果确认了相邻部分之间产生温度差异是由于相邻元件热容量的影响。并确认了如果温度未充分上升，焊球内部会产生气泡等问题。建议客户在设计中考虑安装电路板上元件的配置和热容量等。

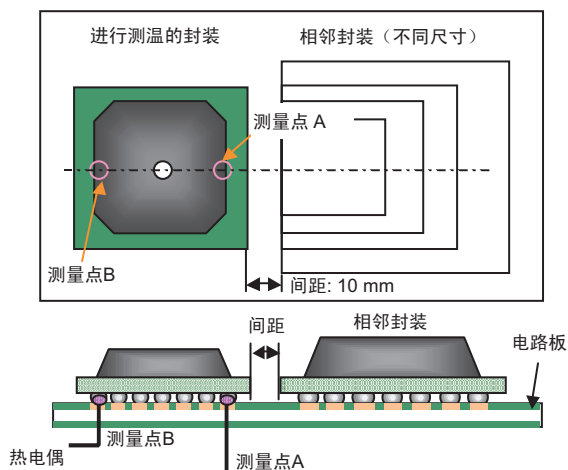
3.3.4 混合安装的温度分布

(1) 邻接封装大小的影响

相邻的封装越大，封装内的温度差越大。（参见下图。）

因此在设定温度曲线时，要充分注意。

测温条件



进行测温的封装

35×35 mm BGA

相邻封装

(1) 19×19 mm

(2) 27×27 mm

(3) 35×35 mm

(4) 40×40 mm

(5) 45×45 mm

回流条件: 232° C ~ 233° C

(BGA 焊球部分的峰值温度)

回流炉: 空气型

传送速度: 0.9 m/分

安装电路板

层数: 4层, 材料: FR-4, 厚度: 1.6 mm

测温点

A: 靠近相邻封装的焊球部分

B: 远离相邻封装的焊球部分

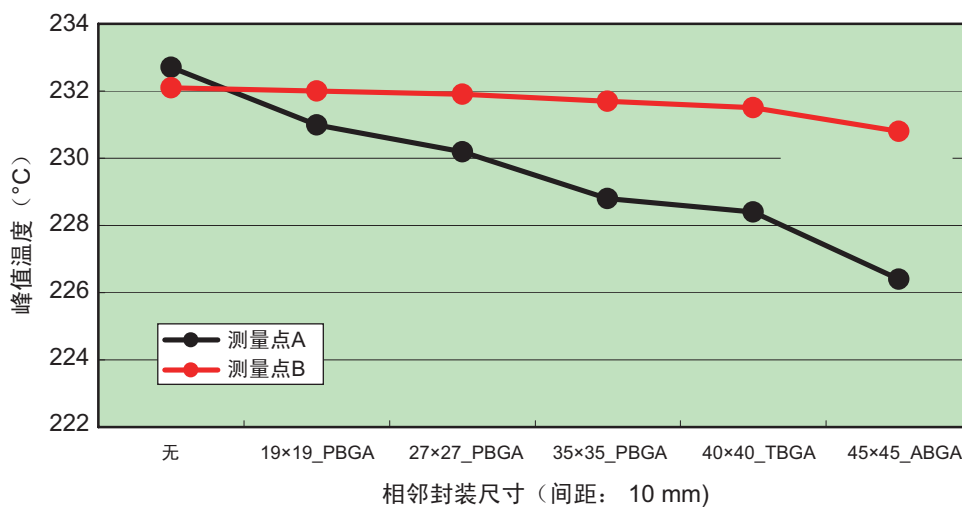


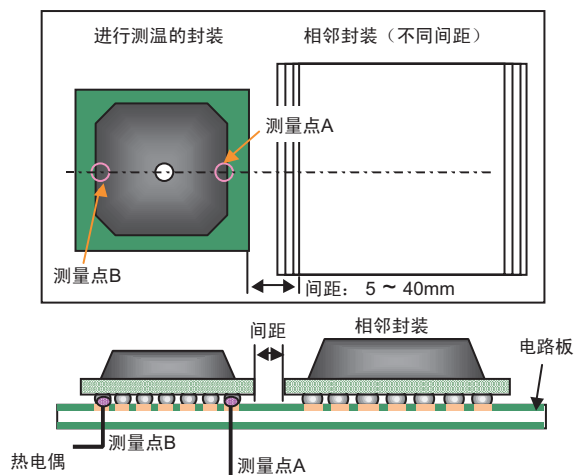
图 3-8 相邻封装大小的影响

(2) 相邻封装距离对温度分布的影响

如下图所示，封装相邻间距越窄，温度差越大。

由此可见，同一封装面内也会出现温度差。

测温条件



进行测温的封装

35×35 mm BGA

352管脚 PBGA

相邻封装

35×35 mm

352管脚 PBGA

回流条件: 232°C ~ 233°C

(BGA 焊球部分的峰值温度)

回流炉: 空气型

传送速度: 0.9 m/分

安装电路板

层数: 4层, 材料: FR-4, 厚度: 1.6 mm

测温点

A: 靠近相邻封装的焊球部分

B: 远离相邻封装的焊球部分

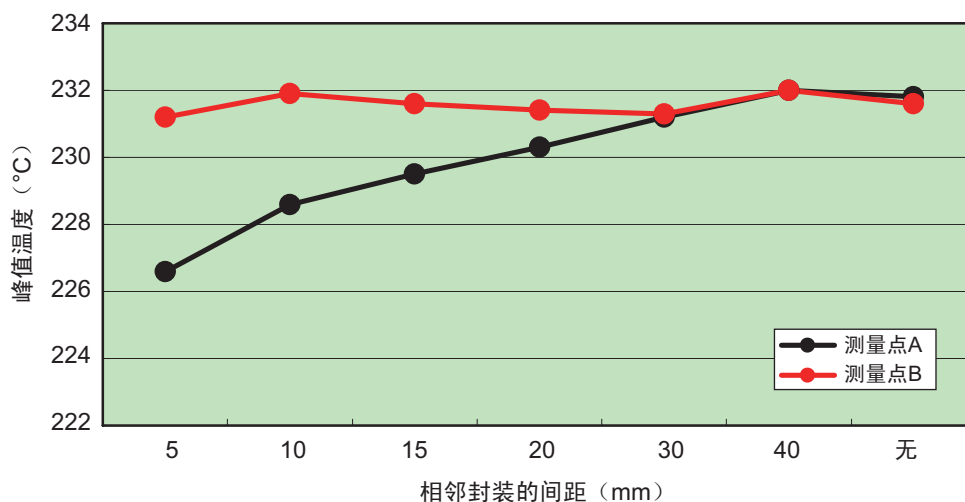


图 3-9 相邻封装距离的影响

3.4 清洗工艺

一般在印刷电路板上安装元件后用各种溶剂清洗焊剂，但是选择使用环保清洗材料或者无清洗的要求越来越强。

在使用溶剂、水进行清洗或者导入无清洗时，需要探讨以下项目：

(1) 是否需要清洗

在安装元件后判断是否要清洗焊剂时，请探讨以下项目：

- 所使用焊剂的耐腐蚀性、绝缘阻抗和迁移性等
- 产品所需的信赖性标准
- 产品的使用环境
- 要求的外观品位
- 外观目视的检测能力
- 是否进行电路内测试

(2) 焊剂清洗

如果在上述是否需要清洗的探讨项目中判断为需要清洗，就必须探讨下面四项来确定清洗工艺：焊剂、清洗液、清洗方法和清洗设备。

这四个项目的内容归纳于表3-6。

表 3-6 清洗工艺选择实例

焊剂	清洗液	清洗方法选择		清洗设备选择
松香焊剂	石油溶剂	浸洗	超声波清洗的有无	直接式或者成批式
	萘烯溶剂			
	半水基溶剂	喷雾清洗（包括漂洗）		
水溶性焊剂	水	喷雾清洗（包括漂洗）或者浸洗		
	水 + 中和液	喷雾清洗或者浸洗		
		喷雾清洗或者浸洗（包括中和清洗）		

以下说明上述四个项目和清洗的判断方法。

3.4.1 焊剂的选择

焊接使用的焊剂分为两大类：松香焊剂和水溶性焊剂。

松香焊剂目前使用最广，因为此焊剂的残渣在通常条件下没有吸湿性和腐蚀性，所以即使不清洗也能使用。氯等作为焊剂中主要的活化剂，在焊接后残留大量的卤素，如果不充分清洗就会出现质量问题，所以需要进行充分的探讨。

水溶性焊剂是较新的产品，因为其具有下列特点，所以在美国等国家都被广泛使用：

- 能得到优于松香焊剂的清洗外观。
- 焊接性良好。
- 所使用的清洗液（水）对人体无害，而且价格便宜。

但是，水溶性焊剂也有缺点，因为残渣的腐蚀性强，需要彻底清洗，所以必须充分检查清洗度。

而且，各制造商已开发出多种免洗焊剂，并已经批量生产和销售。

建议向焊剂制造商咨询后，充分评价探讨。

- 超低残渣焊剂
- 低残渣焊剂
- 无活性焊剂
- 氯含量低于 0.2wt % 的焊剂

3.4.2 清洗液的选择

需要根据焊剂残渣选定清洗液。对于各种焊剂，一般使用以下清洗液：

（下面列出的清洗液名称仅为部分实例，使用前需要先进行全面的评价。）

使用松香焊剂时

- 萜烯溶剂…从橘子皮中抽出的成分制成的清洗液（需要水洗）：BIOACT EC-7/EC-7R 等
- 石油溶剂，或者石油溶剂与表面活性剂的混合液：P3 清洗液等
- 烃类溶剂，添加表面活性剂并能用水漂洗的半水基溶剂：Pine Alpha ST-100S、Clean-Through 700 系列等
- 酒精溶剂：异丙醇（IPA）、乙醇和甲醇等
- 碱性溶剂…有机碱和表面活性剂的混合液

使用水溶性焊剂时

- 温水
- 温水和碱性中和液

(1) 松香焊剂清洗液

选择松香焊剂的清洗液时，需要探讨以下项目：

- 离子残渣的溶解性
- 非离子残渣的溶解性
- 沸点
- 对树脂（用于元件和印刷电路板的树脂）的适用性
- 稳定性和安全性
- 废水处理（萜烯溶剂、碱性松香清洗剂等）

(2) 水溶性焊剂清洗液

建议使用软水或者去离子水清洗水溶性焊剂。

因为硬水等硬度高的水含有丰富的钙、镁和铁离子，这些成分在水中形成不溶性盐，并且形成一定的比例后附在清洗槽内的加热体上或者堵塞喷嘴，所以需要加以注意。

在水洗时，有时采用中和剂作为添加剂，这是因为在中和剂中含有表面活性剂。对于表面活性剂的影响，请向厂家询问。

3.4.3 清洗方法和清洗设备的选择

(1) 使用有机溶剂清洗液清洗

主要的清洗方法有以下三种：

- 蒸汽清洗
- 浸洗（包括超声波清洗）
- 喷雾清洗

一般结合蒸汽清洗来进行清洗。

清洗时的注意事项如下所示。

1. 超声波清洗时对产品的损坏

在浸洗中并用超声波时，需要预先检查是否会损坏贴装元件。（因为陶瓷封装等的气密封型（中空构造）的元件有可能断线，所以请避免外加超声波。）

另外，必须注意：印刷电路板和贴装元件不要直接和超声波振荡器接触。

（关于超声波条件的更多信息，请参阅本公司的《可靠性手册》。）

2. 漂洗时的水质和排水处理

在用萘烯、半水基清洗剂进行清洗时，需要用水进行后清洗（漂洗），所以对水洗时的水质和排水的水质进行详细的探讨。

3. 使用易燃溶剂时的安全对策

使用酒精、萘烯溶剂、半水基溶剂和石油溶剂等易燃溶剂时，需要充分探讨清洗设备的防爆安全对策。

(2) 水洗

在水洗时，一般先喷雾清洗，然后除去水分并干燥。

在水洗（包含喷雾清洗）时，对于喷雾压力和喷嘴角度等清洗条件、干燥方法以及干燥条件，需要进行充分的探讨。

对于排水，还需要遵守国家和地方的相关法规进行处理。

3.4.4 判断方法

(1) 清洗效果的判断方法

清洗度的判断方法如下所示。

清洗度判断方法

- 目视判断法
- 接触角和浸润指数
- 污染抽出浓缩测量法
- 光学法
- 分子光谱分析法

(2) 无清洗的判断方法

在实施无清洗时，重要的是需要探讨所使用的焊剂并评价以下项目：

- 腐蚀性试验（铜镜试验等）
- 反应性试验（铬酸银试纸试验等）
- 绝缘阻抗试验（高温高湿测试试验等）
- 水溶液阻抗测量
- 产品试验（实际产品的信赖性试验）
（各元件的信赖性试验）

上述项目的判断基准因应用要求的信赖性标准和规格而不同，必须在进行充分的探讨后设定有关判断基准。

3.5 检查工艺

近几年，伴随着电子设备的小型化、轻量化的发展，电子设备的安装电子元件也正向微小化、细微化和高密度安装化迈进。因此，用传统的目视进行焊接后的外观检查渐渐变得非常困难，并且从降低电子设备的组装成本等方面来说，也需要推广焊接后的外观检查自动化。

本章概述有关导入焊接后的外观检查设备时的探讨事项。

引脚式SMD的焊接不良包括焊球、毛细现象、假焊以及短路等，这些不良可以通过目视或者光学检查设备来检查。BGA、CSP等焊接不良包括假焊和短路等，但是因为焊接在封装的下方，所以无法通过光学检查设备进行检查。

X线透视设备可以检查短路不良，但是无法检查假焊不良。对于封装下面等无法看见的地方的外观检查，可采用三维检查法。使用X线扫描的X线分层摄影法和断层摄影合成法都可以达到这个效果。

作为焊接后的外观检查设备，目前在市场上有销售如表3-7对应的设备。

表 3-7 外观检查设备

检查方式	检查方式的详细内容
光学式	• 激光/传感器一体型旋转扫描方式 • 彩色高亮度方式 • 激光与多摄像机并用方式 • 激光扫描方式
X线方式	• 将X线图像转换到三维形状数据的方式 • 将X线切片图像转换到三维形状数据的方式

在导入外观检查设备时，建议充分探讨以下项目：

- 适用于实际产品的焊接外观检查基准的明确化
- 通过自动设备进行检查项目的设定

【注】 因为根据外观检查设备的种类可进行的检查项目有限制，所以在决定设备规格时需要明确适用范围。

- 检查精度和再现性
- 外观检查设备的操作性

【注】 需要对检查基准设定（程序）的容易性和机种转换时间等进行确认。

- 设备检查周期和价格
- 维护性

在需要检查（如BGA/LGA）封装下部有焊接部的焊接状态时，推荐使用X线方式的检查设备。

但是，某些产品在照射X线后可能会对动作产生影响。因此，请在充分确认之后再使用。

3.5.1 外观检查设备

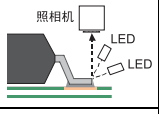
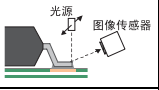
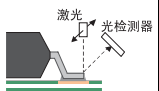
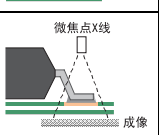
如果焊接的节距窄并且焊点细微，各位置所需的焊料量就少并且接合面积小，所以焊点以及接合前各工序的检查很重要。从前这些检查主要是靠目视，但是最近开发了各种自动检查设备，并已在市场上销售。

有关封装管脚焊接和安装的外观检查设备，目前主要有焊接部的外观检查设备和焊锡膏印刷后的外观检查设备。

(1) 焊接部的外观检查设备

以前将检查焊接的好坏作为主要的检查对象，但是最近已有能同时检查元件安装状态的设备。

表 3-8 外观检查设备的概略

方式和原理		不良内容						
		焊接好坏的判断				安装状态好坏的判断		
		焊料过少	引脚漏焊	引脚错位	焊桥	元件脱落	位置错位	安装方向错误
								
多角度照明		○	○	○	○	○	○	× 至 ○
光切断		△ 至 ○	○	○	○	○	○	× 至 △
激光扫描		○	○	○	○	○	○	× 至 △
X 线		○	○	○	○	○	△	×

○：能判断、△：一部分能判断、×：不能判断

对于精细节距引脚封装，特别是影响焊接质量的引脚平坦度以0.1 mm为标准。我们正在努力提高技术，进一步改善引脚平坦度的质量。

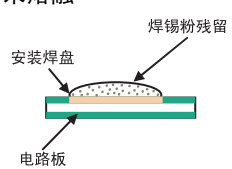
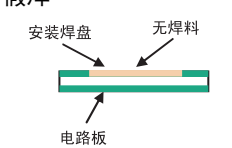
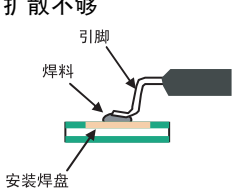
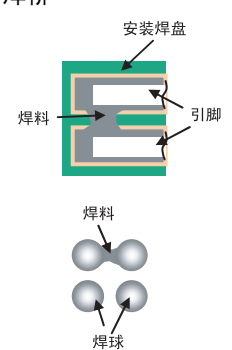
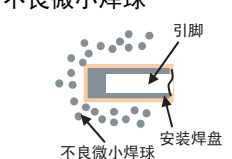
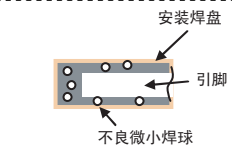
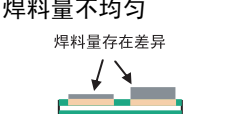
(2) 焊锡膏印刷后的外观检查设备

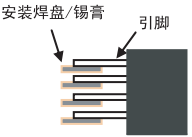
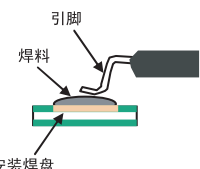
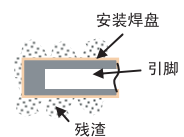
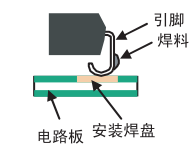
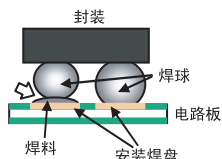
检查精细节距引脚的焊锡膏微小印刷形状（体积、错位、焊锡膏高度、焊桥、坍塌和不均匀等），以防止焊接不良（过分与不足、焊桥）的发生。现在有多角度照明方式和激光扫描方式。

3.5.2 外观检查项目

在焊接部的外观检查中检查表3-9所示的项目，在表中记述了不良原因及其对策，请在改善时参考。

表 3-9 回流焊接不良的原因和对策

不良项目	现象	原因	对策
未熔融 	留有焊锡粉的状态	- 回流条件不当（预热/熔融） - 焊锡膏劣化	- 检查回流曲线 - 确认焊锡膏保管方法 - 更换焊锡膏
假焊 	在安装焊盘上无焊料，或者仅有极少量焊料	- 印刷条件不当 - 焊锡膏劣化 - 印刷掩模孔径堵塞	- 探讨印刷条件（包括掩模厚度和大小） - 确认焊锡膏保管方法 - 更换焊锡膏 - 清洗印刷掩模
扩散不够 	焊料没有充分地扩散到安装焊盘或者引脚	- 焊锡膏的印刷量少 - 安装焊盘、引脚或者焊锡膏质量下降 - 热量不够	- 探讨印刷掩模规格 - 确认安装焊盘、引脚或者焊锡膏的保管状态 - 检查回流曲线
焊桥 	焊料浸润扩散太远，跨越到邻接的焊盘/管脚	- 焊锡膏的印刷量太多 - 焊锡膏印刷错位 - 元件管脚弯曲 - 安装焊盘/光刻胶尺寸不合适	- 减少印刷量（印刷面积和厚度） - 更改印刷方法
不良微小焊球 	在安装焊盘或者元件的周围存在不良微小焊球	- 焊锡膏被印刷在安装焊盘之外 - 焊锡膏渗出到安装焊盘之外 - 粘附在印刷掩模背面的焊锡膏被复写	- 印刷面积略小于安装焊盘尺寸 - 改用坍塌少的焊锡膏 - 清洗印刷掩模
	在回流后的焊料表面存在焊粒（不良微小焊球）	- 加热不够（温度和时间） - 过度预热 - 焊锡膏劣化	- 检查回流曲线 - 确认焊锡膏保管状态
焊料量不均匀 	焊接部的焊料量不均一	- 焊锡膏的印刷性（焊锡离板性）差 - 印刷条件不合适	- 改用印刷性好的焊锡膏 - 探讨印刷条件

不良项目	现象	原因	对策
元件位置错位 	元件位置错位焊接	- 元件贴装位置错位 - 焊锡膏粘合性不够 - 元件贴装时的压力不足 - 因焊剂而被移动 - 元件尺寸异常	- 检查元件贴装位置 - 使用粘合性大的焊锡膏 - 检查元件贴装条件 - 减少焊剂的含量 - 验证元件尺寸
元件浮起 	管脚上无焊料, 呈浮起状态	- 印刷/贴装位置错位 - 印刷量不均匀 - 熔融时间不足 - QFP 等管脚的变形 - 焊料熔融时间差 - 安装设备压力不足	- 印刷不能错位 - 减少焊剂的含量 - 使用管脚变形小的封装 - 探讨印刷条件 - 增加印刷厚度 - 探讨加热条件
清洗性不良 	清洗后仍然存在焊剂残渣或者白粉状的残留物	- 焊剂清洗性差 - 清洗液/方法不合适 - 回流后放置时间过长	- 使用清洗性好的焊锡膏 - 探讨清洗液和清洗方法 - 回流后尽快清洗
毛细现象 	熔融焊料被向上吸到引脚的现象。引脚和安装焊盘之间的角焊缝变小。 （在用 VPS 法进行快速加热时容易发生）	管脚比电路板的安装焊盘升温快, 达到了焊料熔融温度	- 在使用 VPS 法时, 充分预热 - 通过远红外回流炉进行焊接
未熔合 	在 BGA 安装中, 外部焊球管脚未正常接合到安装焊盘的状态。	- 印刷量不均匀 - 熔融时间不足 - 贴装设备的压力不足 - 管脚表面氧化 - 焊锡膏活性不足	- 探讨焊料印刷条件 - 探讨加热条件 - 探讨贴装条件 - 确认封装保管状态

3.6 修复和返工（交换元件）

本节介绍焊接后问题的修复和返工（交换元件）的概要以及实例。

3.6.1 修复

封装外周有引脚管脚时，可使用焊烙铁进行修复。设定焊烙铁的温度和条件时要保证封装表面温度不超出耐热允许温度。注意有些产品规定了使用焊烙铁的条件，详情请咨询瑞萨销售代表。

注意用焊烙铁不能修复BGA/LGA/QFN等下面有管脚的封装。对于不能使用焊烙铁进行修复的封装，建议使用图3-10所示的设备进行返工（交换元件）。

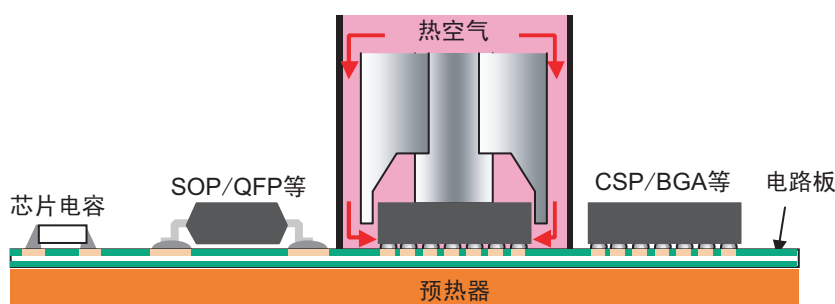


图 3-10 BGA、LGA 和 QFN 的返工设备实例

在上述修复方法中，必须注意以下项目。这些注意事项同样适用于返工（交换元件）方法。

- 对附近电子元件的热影响降低到最小程度。
- 加热条件因所使用的印刷电路板（电路板厚度和层结构）和安装元件的热容量差别而不同，所以需要设定与实际产品（安装元件）对应的条件。
- 有关修复、返工（交换元件）后的安装元件的重新利用，需要向元件制造商确认。

【注】 对于返工（交换元件）时拆卸的本公司产品的重新利用，不保证其质量。因此，请尽可能避免重复使用元件。

3.6.2 返工（交换元件）

由于产品的功能问题等拆卸封装并安装新封装时，可以采用前面修复操作中使用的局部加热方式。但是因为质量保证不适用于在返工过程中拆卸产品，建议避免重复使用。

以下为返工（交换元件）步骤的参考实例。

返工方法根据封装形态（SMD型、THD型等）而有所不同（图3-11和图3-12）。

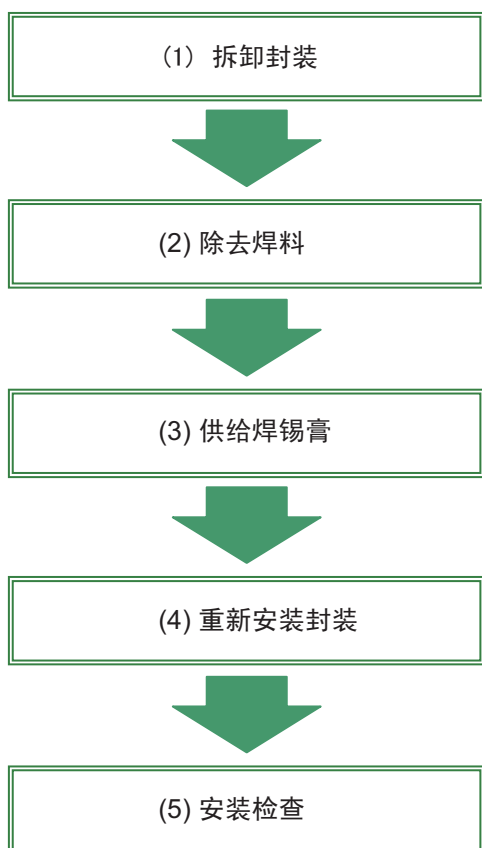


图 3-11 SMD 型的返工工序

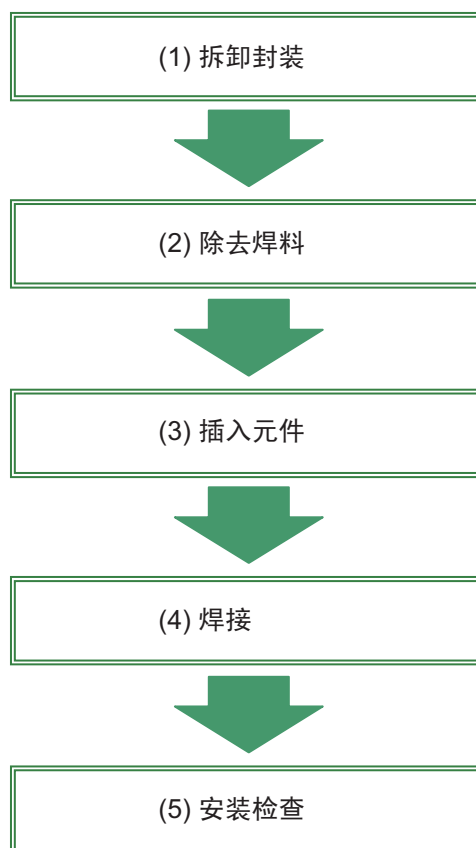


图 3-12 THD 型的返工工序

下页起以BGA封装为例说明各工序。

(1) 拆卸封装

因为BGA和CSP的焊点位于封装下面，所以使用专用设备和工具，覆盖整个封装进行加热，将焊料熔解。这时的温度条件应该能够消除封装面内的温度差异，并且不发生部分未熔融。

图3-13显示了测量温度时的传感器安装实例。

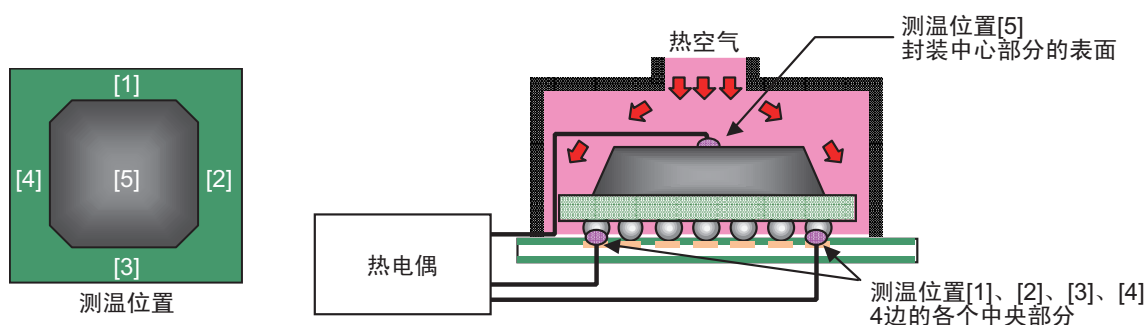


图 3-13 测温时的传感器安装实例

图3-14显示了拆卸BGA后，剩余焊料形状的实例。如果温度过低，焊盘可能会发生剥离，所以请加以注意。

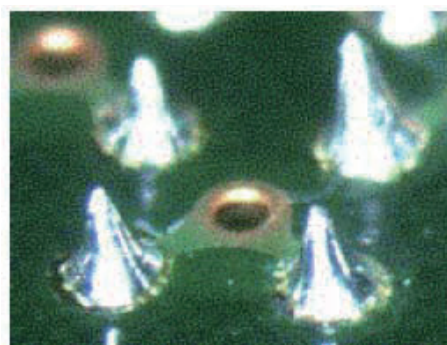


图 3-14 BGA 拆卸后的痕迹（印刷电路板侧）

如果印刷电路板很大，一定要注意以下两点：

- 避免由于加热而使印刷电路板弯曲，所以在印刷电路板的底部设置防翘曲夹具/工具
- 设置底部加热器，对印刷电路板整体加热，提高工作效率

(2) 除去焊料（清洗焊盘）

涂布焊剂后，使用吸锡器、焊烙铁、吸焊料芯等将残留在焊盘上的焊料小心地除去。

图3-15显示了用各种方法清除后的状态。

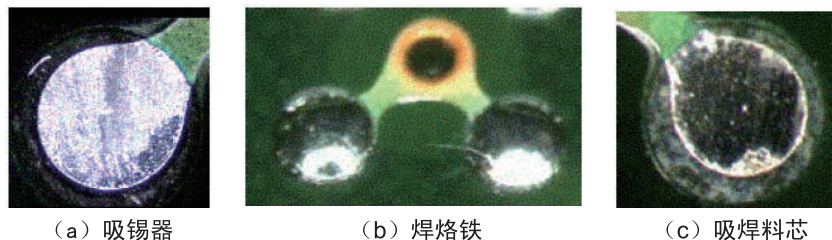


图 3-15 清除后的焊盘状态

进行焊料除去操作时需要小心谨慎。

如果有残留的焊料和突起等，焊锡膏印刷时金属掩模将不能紧密附着在电路板上，导致焊锡膏供给不良。

而且，如果防焊漆剥落至相邻通孔，则印刷到焊盘上的焊锡膏在回流时可能会被吸进通孔，引起连接不良。

图3-16显示了该问题的实例。



图 3-16 清洗操作时的的问题实例

(3) 供给焊锡膏

返工时使用专用的夹具/工具来进行焊料供给。在此说明元件间距宽和窄时的实例。

<元件间距相对较宽>

如图3-17所示，使用卷带将简易的单片金属掩模固定在印刷电路板，并使用简易刮刀印刷焊锡膏（图3-18）。

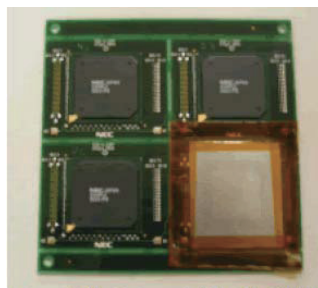


图 3-17 粘接了单片金属掩模的状态

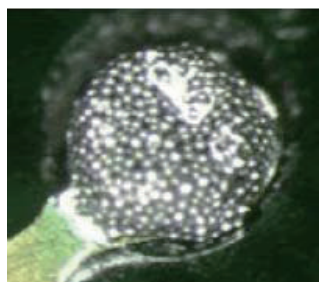


图 3-18 在单片金属掩模上印刷焊锡膏的状态

<元件间距窄>

如果元件间距太窄，将无法将简易金属掩模粘接到印刷电路板，可以采用向BGA焊球供给焊锡膏的方法，如图3-19所示。

步骤如下。

1. 首先用夹具等固定封装（图3-20）
2. 在封装上固定单片金属掩模（图3-21）
3. 使用简易刮刀印刷焊锡膏。



图 3-19 将焊锡膏印刷到 BGA 焊球上的状态

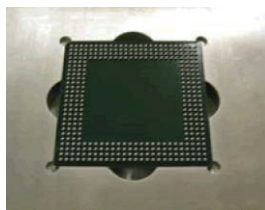


图 3-20 将 BGA 固定在夹具上的状态图

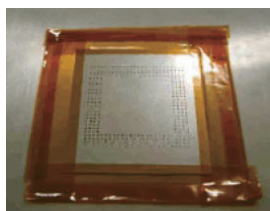


图 3-21 将金属掩模固定在 BGA 上的状态

(4) 重新安装封装（贴装和回流）

贴装封装时，建议使用可以将封装的焊球与印刷电路板的电极位置对齐的返工设备，以便顺利焊接。

重新安装时，请注意以下几点。

- 与拆卸时相同，消除重新安装的温度曲线中 BGA 焊球部分的温度差异。
- 保证封装元件表面温度不超过规定的温度。

(5) 安装检查

与正常安装时相同的方式确认安装状态。

(6) 返工后的连接信赖性

表3-10举例说明返工品的温度循环试验结果。

本实例中，返工品与非返工品都达到了相同的连接信赖性。

表 3-10 温度循环试验结果

返工（有/无）	焊锡膏供给点	温度循环试验结果（不良数/总数）			
		0 循环	500 循环	1000 循环	2000 循环
无（参考）	—	0/12	0/12	0/12	0/12
有	安装电路板焊盘上	0/12	0/12	0/12	0/12
有	BGA 焊球上	0/12	0/12	0/12	0/12

封装：35 × 35 mm/352 pin PBGA（顺序链）

焊球直径：φ0.75 mm（Sn-37Pb）

温度循环条件：-40°C至+125°C

判定标准：导通电阻比初始值增加了20%以上时，判定为不良

4. 保管和安装注意事项

4.1 焊接性

在元件制造过程中，引脚式SMD的外引脚可能会发生表面氧化，封装树脂的溢料残留或附着污染物质。

这些状况可能会导致引脚腐蚀，并可能导致将部件焊接至印刷电路板时或安装插座过程中产生焊接不良（机械强度不良），或者导电性能不良的状况。因此，除了清除外引脚表面的氧化膜、保护引脚材料外，需要进行表面处理，使焊接和安装插座变得容易。

4.1.1 电镀组成

瑞萨电子公司的封装引脚外部电镀组成如下。

表 4-1 管脚电镀组成

	传统电镀	无铅电镀			
组成	Sn-10Pb	Sn-2Bi	Sn-1.5Cu	Sn	Ni/Pd/Au

4.1.2 焊接性评价方法

焊接性评价方法之一是定量测量方法，即焊料平衡法（Wetting Balance Method）(EIAJ-ET-7401)。图4-1为表示测量方法的弧面状沾锡曲线。

浸润速度越快（图4-1中的B至E越短），表示焊接性越好。

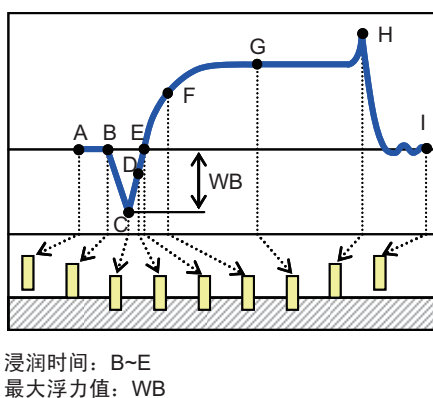


图 4-1 焊料平衡法的弧面状沾锡曲线

以下显示本公司各管脚电镀焊料平衡法的浸润时间测定实例。

(1) Sn-37Pb焊浴的评价结果实例（焊料温度：230℃）

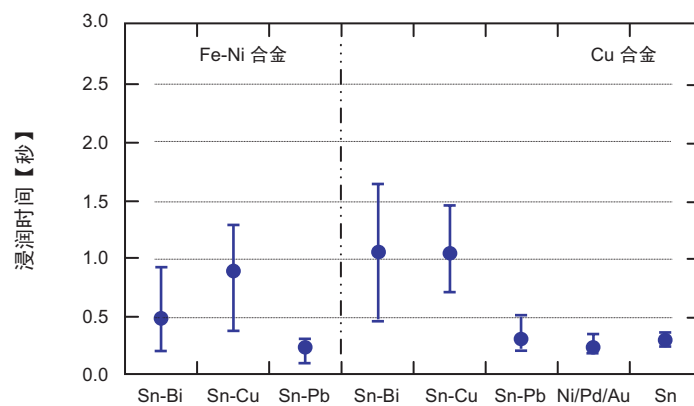


图 4-2 浸润时间测定结果（Sn-37Pb 焊浴）

(2) Sn-3Ag-0.5Cu焊浴的评价结果实例（焊料温度：245℃）

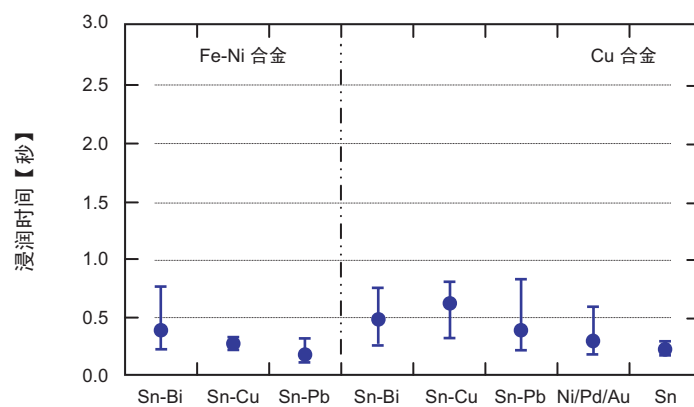


图 4-3 浸润时间测定结果（Sn-3Ag-0.5Cu 焊浴）

4.1.3 电镀厚度

下面介绍减小管脚电镀厚度的安装评价实例。

如图4-4所示，即使电镀厚度减小，仍然可以获取满意的焊接性。因此根据在管脚电镀之后的电气测试工序中的接触测试结果，部分电镀厚度变薄，焊接性不受影响。

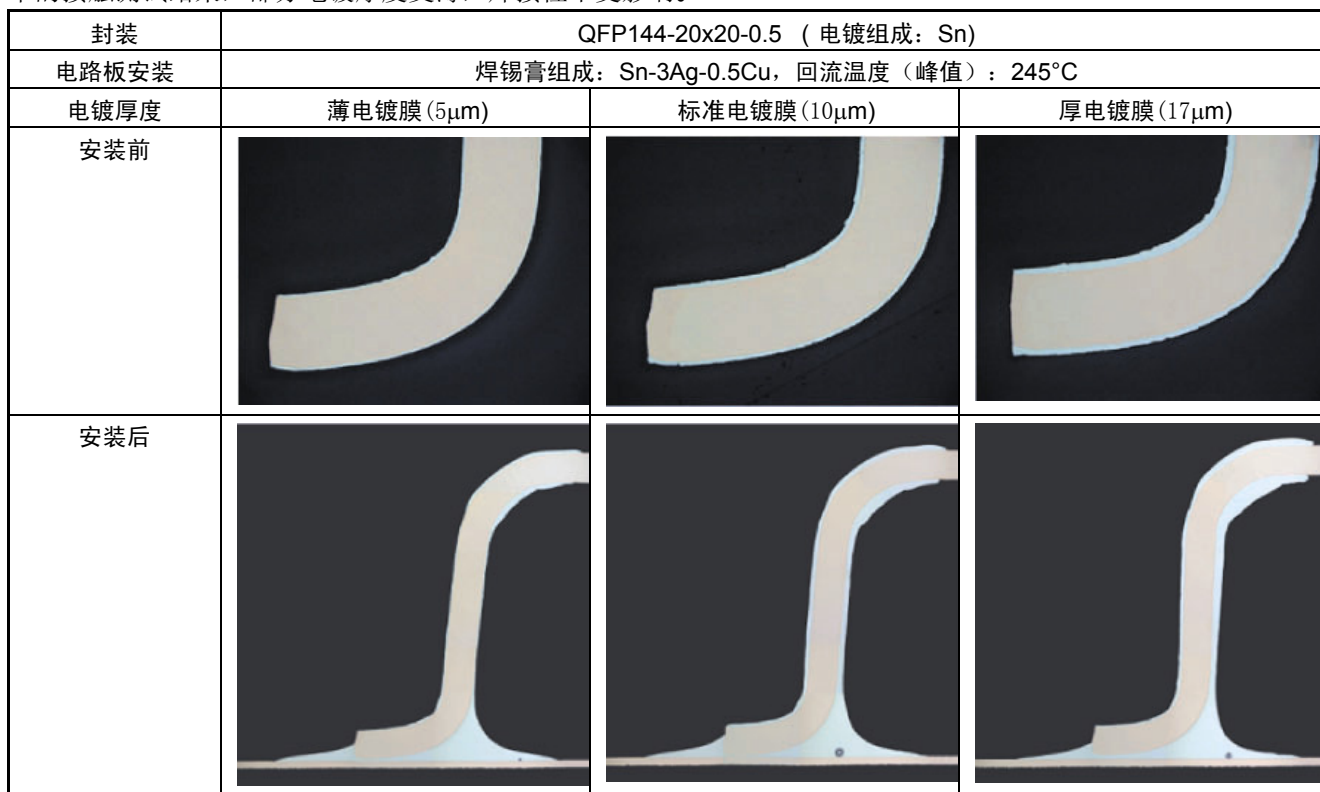


图 4-4 电镀厚度和焊接性

4.1.4 高温处理后的浸润性

表4-2和图4-5表示经过150°C/500小时高温处理后Sn-37Pb焊浴下的焊料浸润性。

结果表明500小时之后浸润时间仍然保持不变，焊接性依然稳定。

表 4-2 弧面状沾锡试验条件 (Sn-37Pb 焊浴)

焊剂	松香-R 型
样品	208 pin QFP (Cu 合金)
试验温度	210°C
浸入速度	10 mm/秒
浸入深度	1.5 mm
浸入时间	5 秒
浸入引脚数	10 根
样品数	10 个
处理温度	150°C

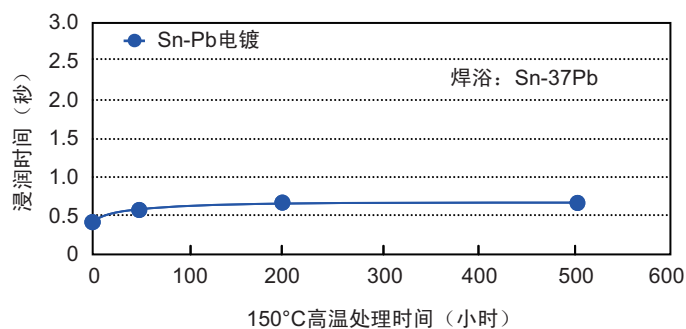


图 4-5 焊料的浸润性试验结果

表4-3和图4-6表示经过150°C/500小时高温处理后Sn-3Ag-0.5Cu焊浴下的焊料浸润性。

结果表明500小时之后浸润时间仍然保持不变，焊接性依然稳定。

表 4-3 弧面状沾锡试验条件 (Sn-3Ag-0.5Cu 焊浴)

焊剂	松香-R 型
样品	208 pin QFP (Cu 合金)
试验温度	245°C
浸入速度	10 mm/秒
浸入深度	1.5 mm
浸入时间	5 秒
浸入引脚数	10 根
样品	10 个
处理温度	150°C

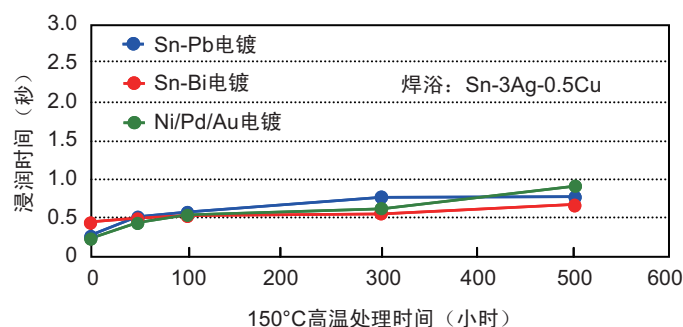


图 4-6 焊料的浸润性试验结果

4.1.5 长期保管后的浸润性

(1) 管脚材料: Cu – Sn-3Ag-0.5Cu 焊浴 –

以下表示使用Cu合金作为管脚材料的元件在不同保管环境下保管保存后，使用Sn-3Ag-0.5Cu焊浴进行浸润性试验的结果。

以下结果显示，即使在不同包装条件下放置两年，浸润时间几乎没有变化，而且焊料浸润性依然良好。

表 4-4 弧面状沾锡试验条件 (Sn-3Ag-0.5Cu 焊浴)

焊剂	松香-R 型
样品	208 pin QFP(Cu)
试验温度	245°C
浸入速度	10 mm/秒
浸入深度	1.5 mm
浸入时间	10 秒
浸入引脚数	10 根
样品数	10 个
保管条件	25 ±5°C、50±30%RH

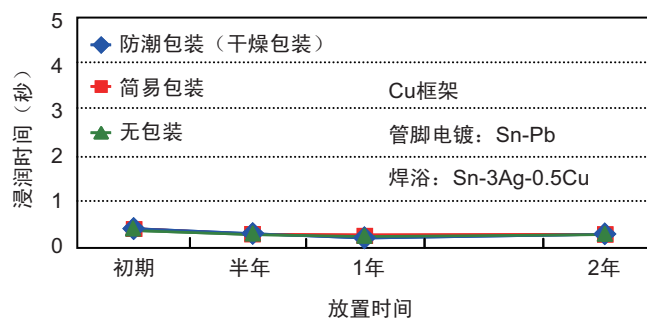


图 4-7 焊料的浸润性试验结果

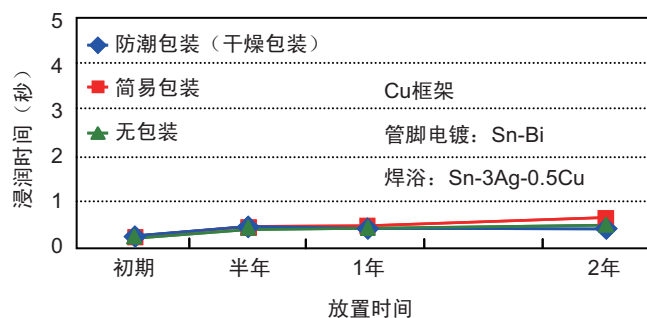


图 4-8 焊料的浸润性试验结果

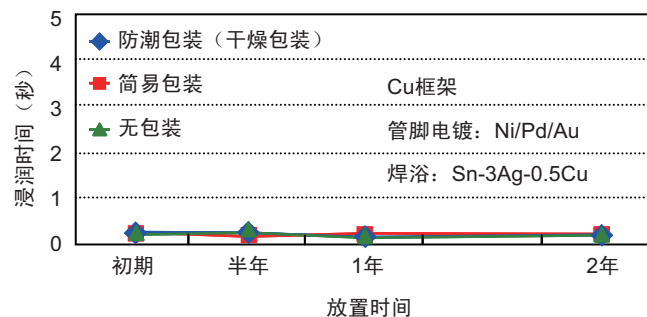


图 4-9 焊料的浸润性试验结果

4.2 封装的保管条件

如果封装受潮，则封装内部的水分会由于回流焊接加热时而发生汽化膨胀，并且可能会导致封装内部的界面剥离或破裂。塑料封装如果放置在室温条件下，会吸收空气中的水分。如果在这种状态下进行热回流焊接安装，元件的耐热性将会降低，封装内部可能会发生界面剥离，并且以结合强度最弱的地方为起点产生封装的破裂。因为剥离和破裂可能导致封装内的配线断路或者降低信赖性，因此建议在以下各项所规定的条件下使用。



图 4-10 封装破裂照片

关于回流焊接时封装破裂的机理、发生原因、避免方法等详细信息，请参阅本公司的《可靠性手册》。

4.2.1 打开防潮包装前的保管

打开防潮包装之前，请在温度为5至35°C、相对湿度为85%的条件下保管。注意，各产品可能会有其特定的规定。请根据产品说明书中所记载的条件进行保管。

4.2.2 打开防潮包装后的保管

打开防潮包装之后，为防止封装受潮，请在以下条件下保管。

表 4-5 保管条件实例

项目	条件	备注
温度	5 至 30°C	
湿度	70%RH 以下	
时间	168 小时	从开封开始至最后焊接安装完毕的时间

注意，各产品可能会有其特定的规定。请根据产品说明书中所记载的条件进行保管。图4-11为不同厚度树脂封装的吸湿特性实例。

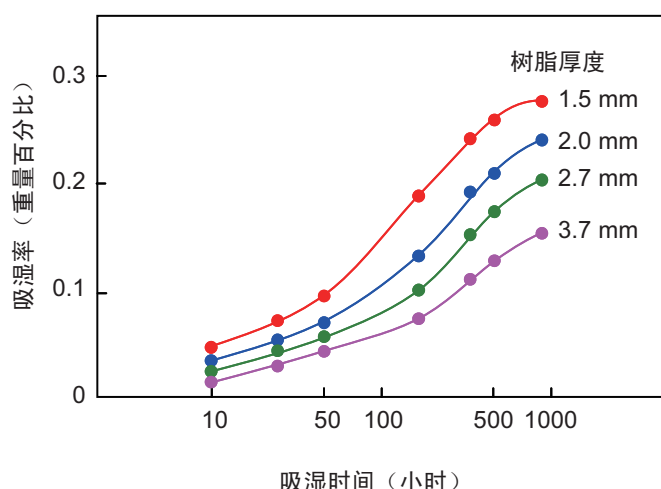


图 4-11 封装树脂的吸湿特性实例

4.2.3 烘焙处理

焊接安装之前请进行以下烘焙（干燥）处理。

(1) 需要烘焙处理的状态

- 打开防潮包装时，与产品一起包装的指示卡30%的位置变为粉色。
- 打开防潮包装后，超出规定的保管条件。

(2) 烘焙条件

请按照以下条件进行烘焙。注意，各产品可能会有其特定的规定。请根据生产说明书中所记载的条件进行烘焙干燥处理。

烘焙时请使用耐热托盘。耐热托盘将标有“HEAT PROOF”字样或标有其耐热的温度，处理前请确认标识。

表 4-6 烘焙条件实例

	烘焙温度	烘焙时间	重复烘焙
薄型封装，封装高度为 1.2mm 以下	125 ±5°C	4 至 24 小时	累计 96 小时以内
上記以外的封装	125 ±5°C	16 至 24 小时	累计 96 小时以内

4.2.4 回流次数

回流次数请勿超过3次。注意，各产品可能会有其特定的规定。请根据产品说明书中所记载的条件，回流次数应设定在产品说明书中所规定次数以内。此外，设置回流次数前还需要全面确认不会发生其他问题。

4.3 焊接温度曲线

确定焊接温度曲线时需要考虑耐热性和焊接性。

4.3.1 耐热温度曲线

与以前的含铅共晶焊料相比，无铅焊料的熔点更高，回流时半导体元件相应的峰值温度，即在封装表面测定温度，将从共晶焊料的235°C增加到无铅焊料的260°C。对现有的表面安装封装，在无铅焊料回流条件下的耐热性已得到确认。因此大部分封装都能够承受260°C的回流峰值温度。但是，对于更厚和更大的封装，由于封装的表面温度不容易上升，将峰值温度设定为250°C或245°C。即便在这样的情况下，管脚部分的温度仍会超出在无铅焊料中广泛采用的Sn-Ag-Cu焊料的熔点。因此，安装此类封装不会有问題。

而且，“Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Non-hermetic Solid State Surface Mount Device”标准已在世界范围广泛应用。除部分产品以外，均可采用IPC/JEDEC J-STD 020B标准。而且，还将评价是否符合2007年6月公布的J-STD 020D标准。

个别产品的相关信息请咨询瑞萨销售代表。

(1) IPC/JEDEC MSL 标准回流条件的瑞萨支持服务

确认MSL的前处理加湿条件，原则上将防潮包装产品定为3级，非防潮包装产品定为1级。

图4-12表示瑞萨产品的IPC/JEDEC J-STD 020D所规定的回流条件的对应曲线，表4-7表示封装体积和厚度与峰值温度的对应关系。

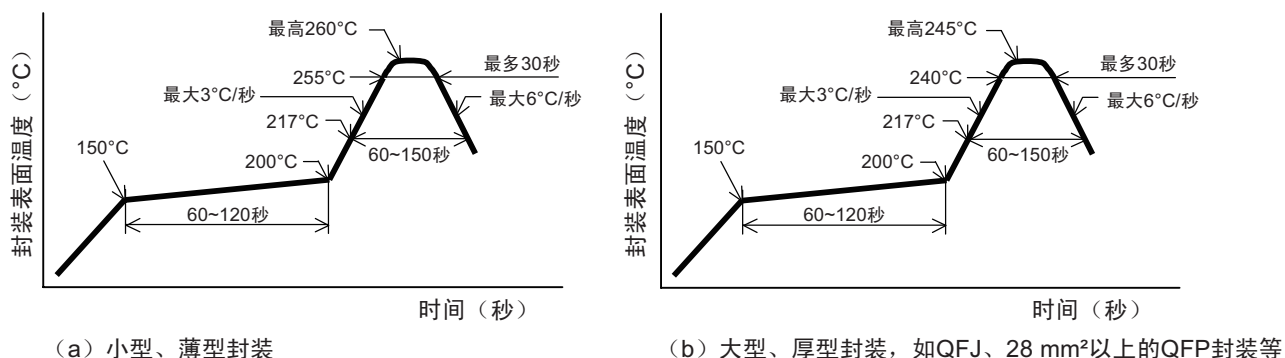


图 4-12 IPC/JEDEC 标准的回流耐热温度曲线

表 4-7 IPC/JEDEC 标准的回流峰值温度

厚度	体积		
	小于 350 mm³	350 mm³至 2,000 mm³	大于 2000 mm³
小于 1.6 mm	260°C	260°C	260°C
1.6 mm 至 2.5 mm	260°C	250°C	245°C
2.5 mm 以上	250°C	245°C	245°C

注意：1. 个别产品的温度曲线包含在产品说明书中。请查看产品说明书或咨询瑞萨销售代表。

2. 确认 MSL 的前处理加湿条件，原则上将防潮包装产品定为 3 级，非防潮包装产品定为 1 级。但对于个别产品的 MSL，请咨询瑞萨销售代表。而且，需在封装的上表面测量温度。从防潮包装开封后到回流安装之前，将产品保管在温度和相对湿度分别低于 30°C 和 70% 的环境中。

注意，不同产品可能会有其特定的规定。因此，请遵守产品说明书中规定的各产品的保管条件。

3. 以下为内藏散热片、大小在 28 mm² 以上的大型、厚型 HQFP 封装的回流条件：峰值温度：最高 240°C；主加热 235°C；最多 10 秒，220°C 以上：30 至 50 秒，预热 150°C 至 180°C：90±30 秒。
4. 某些产品以符号表示条件。请参见第 4.3.2 节。

4.3.2 耐热温度曲线符号

某些产品使用符号表示其指定的耐热温度曲线。下面说明温度曲线及其符号。

(1) 表示方式

以符号表示各产品焊接条件的表示方法由以下五个项目组成，用这几项的简略符号的组合来表示。

- 焊接方式
- 峰值温度
- 烘焙时间
- 防潮包装（干燥包装）开封后的保管天数
- 安装次数

图4-13表示焊接耐热条件的表示实例。

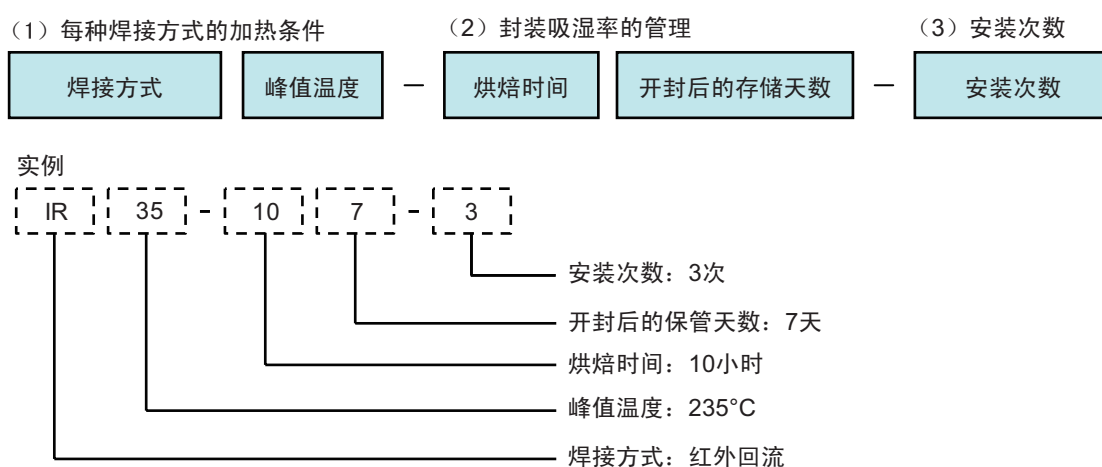


图 4-13 焊接耐热条件的表示实例

(2) 符号含义

[焊接方式]

焊接方式由以下符号（两个英文字母）表示。

表 4-8 焊接方式

符号	焊接方式
IR	红外回流焊接
VP	气相回流焊接
WS	射流焊接

[峰值温度]

峰值温度由峰值的后两位数字表示。

而且，红外回流焊接或气相回流焊接的峰值温度为封装表面温度；射流焊接则为熔融焊料温度。

表 4-9 峰值温度

符号	焊接峰值温度
20	220°C
30	230°C
35	235°C
50	250°C
60	260°C

[烘焙时间]

烘焙时间如下所示（以两位数字表示烘焙时间）。

表 4-10 烘焙时间

符号	烘焙时间
00	不需要烘焙（0 小时）
10	10 小时以上 72 小时以下
20	20 小时以上 72 小时以下
36	36 小时以上 72 小时以下

[防潮包装（干燥包装）开封后的保管天数]

防潮包装（干燥包装）开封后的保管天数由以下符号表示。

表 4-11 开封后的保管天数

符号	防潮包装（干燥包装）开封后的保管天数
1	1 天（24 小时以内）
2	2 天（48 小时以内）
3	3 天（72 小时以内）
7	7 天（168 小时以内）
无表示	对保管天数无特殊限制

[安装次数]

安装次数由以下符号表示。

表 4-12 安装次数

符号	安装次数
1	1 次
2	2 次以内
3	3 次以内

备注：以上说明的表示方法适用于整体加热方式。有极少数的 SMD 不能通过整体加热进行焊接。这些产品以“局部加热”进行表示。

(3) 耐热温度曲线

由符号标记的各种焊接方式的温度曲线如下所示。

(a) 红外回流 220°C (IR20)

下表列出红外回流的焊接耐热条件 (IR20)。

表 4-13 耐热条件 (IR20)

最高回流温度 (封装表面温度)	220°C 以下
最高温度的时间	10 秒以内
回流温度为 183°C 的时间	60 秒以内
预热温度 120°C 至 160°C 的时间	60 至 90 秒
松香焊剂的氯含量 (质量百分比)	0.2% 以下

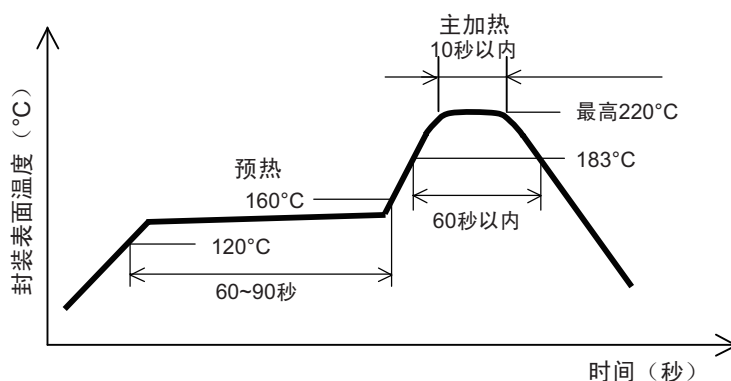


图 4-14 红外回流温度曲线 (IR20)

(b) 红外回流 230°C (IR30)

下表列出红外回流的焊接耐热条件 (IR30)。

表 4-14 耐热条件 (IR30)

最高回流温度 (封装表面温度)	230°C 以下
最高温度的时间	10 秒以内
210°C 以上的时间	30 秒以内
预热温度 100°C 至 160°C 的时间	60 至 120 秒
松香焊剂的氯含量 (质量百分比)	0.2% 以下

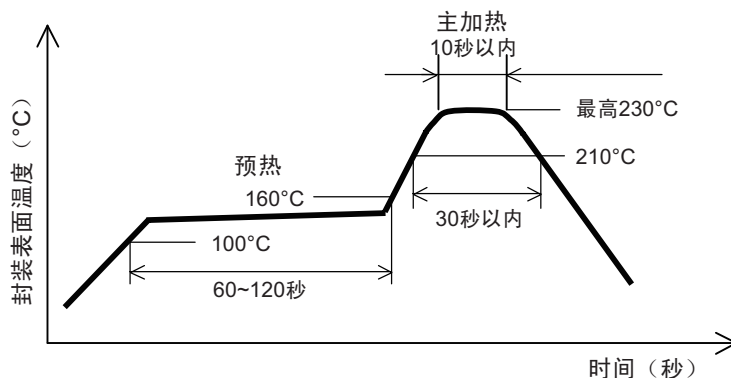


图 4-15 红外回流温度曲线 (IR30)

(c) 红外回流 235°C (IR35)

下表列出红外回流的焊接耐热条件 (IR35)。

表 4-15 耐热条件 (IR35)

最高回流温度 (封装表面温度)	235°C 以下
最高温度的时间	10 秒以内
210°C 以上的时间	30 秒以内
预热温度 100°C 至 160°C 的时间	60 至 120 秒
松香焊剂的氯含量 (质量百分比)	0.2% 以下

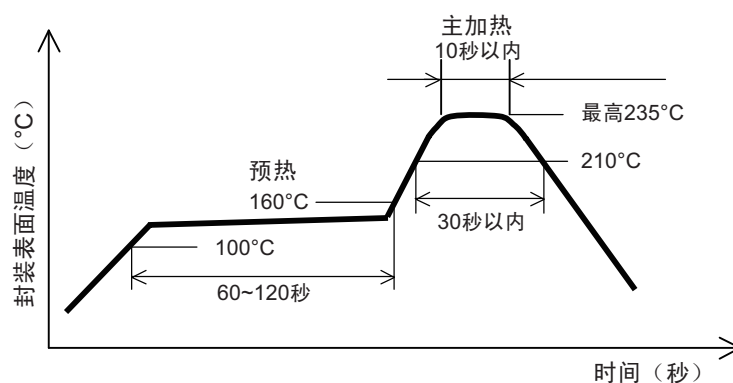


图 4-16 红外回流温度曲线 (IR35)

(d) 红外回流 250°C (IR50)

下表列出红外回流的焊接耐热条件 (IR50)。

表 4-16 耐热条件 (IR50)

最高回流温度 (封装表面温度)	250°C 以下
最高温度的时间	10 秒以内
220°C 以上的时间	60 秒以内
预热温度 160°C 至 180°C 的时间	60 至 120 秒
松香焊剂的氯含量 (质量百分比)	0.2% 以下

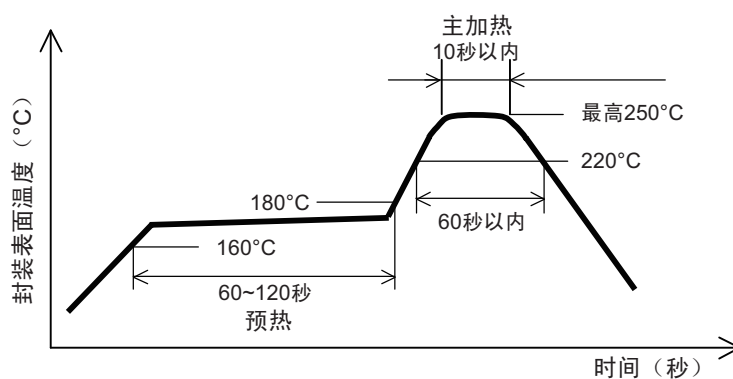


图 4-17 红外回流温度曲线 (IR50)

(e) 红外回流 260°C (IR60)

下表列出红外回流的焊接耐热条件 (IR60)。

表 4-17 耐热条件 (IR60)

最高回流温度 (封装表面温度)	260°C 以下
最高温度的时间	10 秒以内
220°C 以上的时间	60 秒以内
预热温度 160°C 至 180°C 的时间	60 至 120 秒
松香焊剂的氯含量 (质量百分比)	0.2% 以下

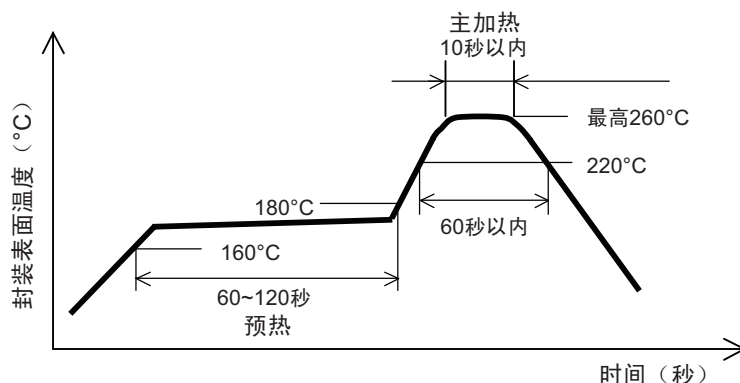


图 4-18 红外回流温度曲线 (IR60)

(f) 气相回流 (VPS)

下表列出气相回流的焊接耐热条件 (VPS)。

表 4-18 耐热条件 (VPS)

最高回流温度 (封装表面温度)	215°C 以下
回流温度为 200°C 的时间	25 至 40 秒
预热温度 120°C 至 150°C 的时间	30 至 60 秒
松香焊剂的氯含量 (质量百分比)	0.2% 以下

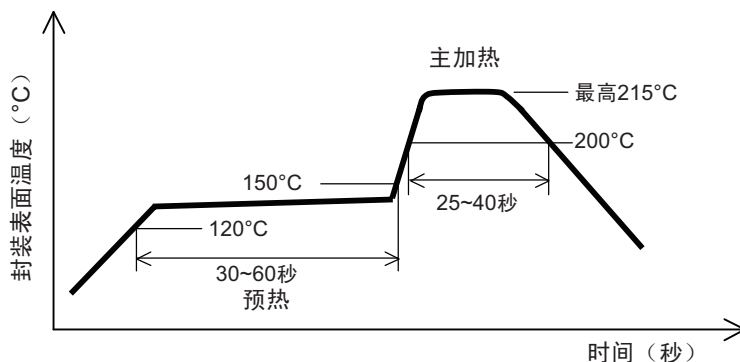


图 4-19 气相回流温度曲线

(g) 射流（喷流）（WS）

下表列出射流（喷流）的焊接耐热条件（WS）。

表 4-19 耐热条件（WS）

峰值温度	260°C（焊料温度）
射流焊接时间	10 秒以内
预热条件	最高 120°C（封装表面温度） 无时间限制
次数	一次

(h) 局部加热

下表列出局部加热方式的焊接耐热条件。

- 电路板插入型的产品

表 4-20 耐热条件（局部加热）

峰值温度	300°C 以下（管脚温度）
时间	3 秒以内（一个管脚）
焊剂	氯含量低的松香焊剂（氯的质量百分比 0.2% 以下）

【注】 峰值温度有 300 和 350°C 两种情况。详细信息，请咨询瑞萨电子销售代表。

- 表面安装型的产品

表 4-21 耐热条件（局部加热）

峰值温度	300°C 以下（管脚温度）
时间	3 秒以内（封装的一个边）
焊剂	氯含量低的松香焊剂（氯的质量百分比 0.2% 以下）

【注】 峰值温度有 300 和 350°C 两种情况。详细信息，请咨询瑞萨电子销售代表。

4.3.3 焊接温度

回流焊接温度，应低于封装的耐热温度。理想的温度条件是封装的电极和管脚在所用焊锡膏的建议温度范围内。

焊接的最佳预热温度和时间以及主加热温度和时间可能会因所用焊料的组成及焊剂特性的不同而异，因此必须事先确认。

而且，封装的电极和管脚的电镀金属成分，如第4.3.4节所示由多种金属成分组成，因此，在设定焊接条件时必须考虑封装的电极和管脚电镀成分的熔融温度。将安装用焊料、封装的电极金属・管脚电镀金属一起熔融作为条件设定最理想。

还需注意的是，焊接时的气体介质（氮气）对焊接时间和温度有很大的影响，在分析温度条件时需考虑在内。

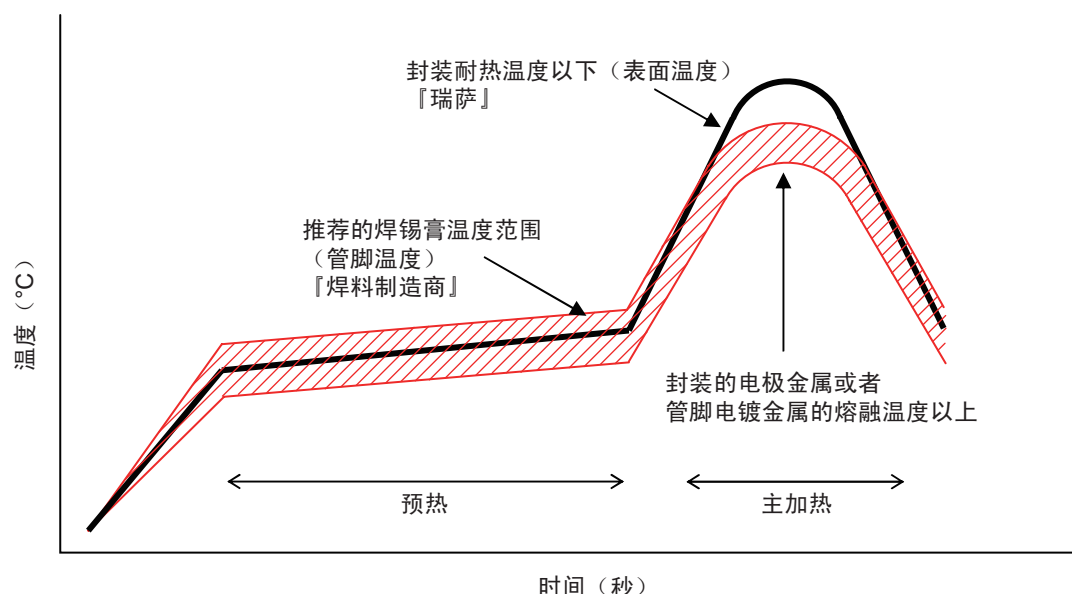


图 4-20 焊接温度

4.3.4 封装的电极和管脚电镀的金属成分

以下说明有代表性的封装的电极和管脚电镀的金属成分及其熔点。

选择焊锡膏和设置回流温度曲线时，建议考虑这些因素，设置高于电极熔融温度的焊接条件。

表 4-22 电极和管脚电镀的金属成分及熔融温度

封装管脚	电极和管脚电镀的金属成分	熔融温度
焊球式管脚（BGA 等）	Sn-37Pb	183℃
	Sn-3Ag-0.5Cu	217 至 220℃
引脚式管脚（QFP 等）	Sn-10Pb	183 至 216℃
	Sn-1.5Cu	227℃
	Sn-2.0Bi	217 至 227℃
	Sn	232℃
	Ni/Pd/Au	（可溶性电镀）

4.3.5 焊接短路和断路的注意事项

(1) 焊接短路

因为以下原因，可能会发生焊接短路。

- 焊锡膏的印刷错位和过多
- 封装在电路板上的贴装错位
- 封装和电路板的回流焊接温度曲线不适

(2) 焊接断路

因为以下原因，封装电极（BGA：焊球，QFP：引脚电镀）的表面活性化不足，可能会发生焊锡膏与封装电极未熔融的现象等而导致断路不良。

- 焊锡膏的浸润活性力劣化
- 焊锡膏的印刷量不足
- 回流焊接条件（温度曲线、回流气体介质）不适
- 回流焊接过程中产品或电路板的翘曲

建议使用最合适的焊锡膏材料、焊料印刷掩模规格，回流焊接条件（温度曲线、回流气体介质）。

4.4 二次回流时的温度条件

因双面安装或修理，在安装产品后再次射流焊接或回流焊接加热时，有时可能会出现焊接短路或剥落等问题。

设定工艺条件时请注意以下事项。

- 如果受潮，BGA封装和电路板的翘曲特性可能会发生改变。请在两次回流操作之间进行防潮管理。
- 优化焊剂和回流气体介质，以确保再次熔融时焊料的浸润性。
- 优化工艺，以确保封装电极温度不过度超过焊料的熔点。

而且也可考虑将封装电极温度设定在焊料熔点以下。

4.5 安装后焊接部位的机械强度

安装后的焊料可能会因机械冲击而剥落。因此请在对切割电路板等生产过程中的应力、意外掉落以及在市场中的处理环境确认后进行产品设计和生产工艺设计。

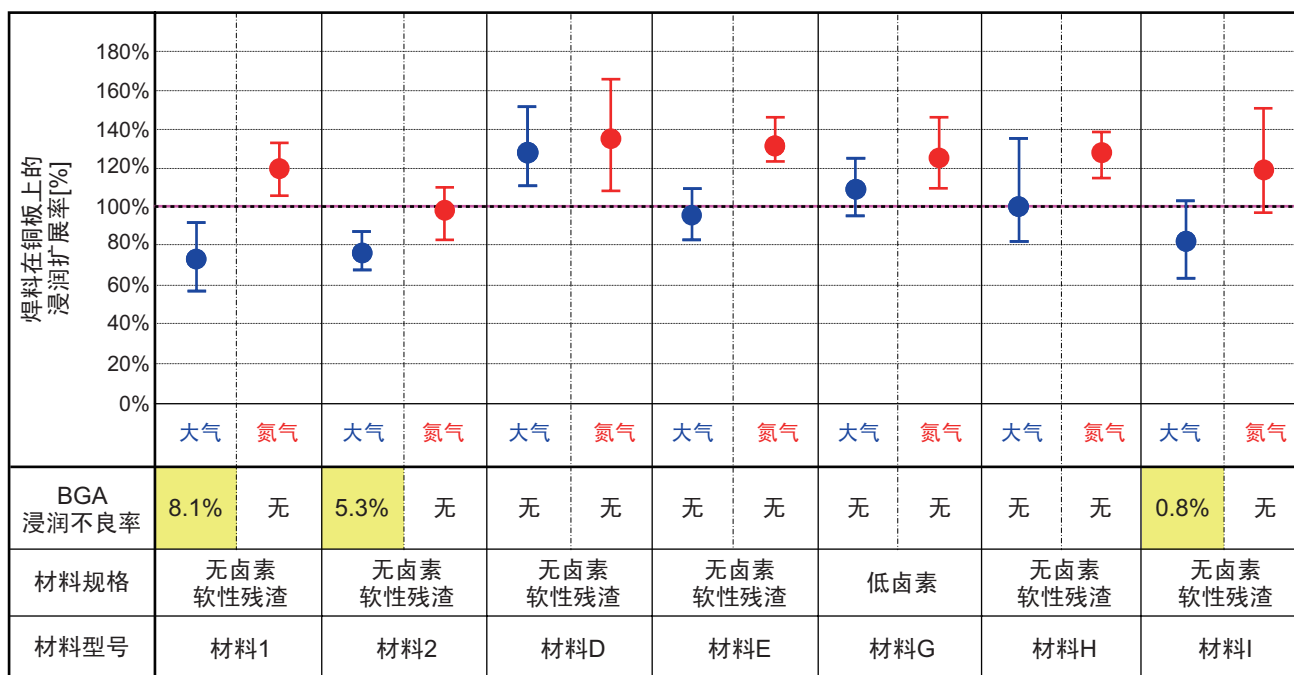
5. 焊接安装实例与问题实例

5.1 BGA 焊接工艺

本节通过BGA安装实例介绍BGA的焊接安装注意事项和安装问题。

5.1.1 无铅焊接安装的注意事项

各种无铅焊锡膏(Sn-3Ag-0.5Cu)材料在铜板上的浸润扩展特性存在差异已被确认。在大气中回流时，偶尔也会看到产生比焊锡膏的印刷面积小的材料。而且，气体介质为氮气的条件下进行回流时，也已确认了不同材料浸润扩展特性的差异（图5-1）。要获得稳定的焊料浸润特征，需要仔细选择焊接材料和优化回流条件。



回流焊接条件
峰值温度：235°C
220°C以上的时间：35秒
气体介质：（1）大气（2）氮气（氧气浓度：300±30ppm）

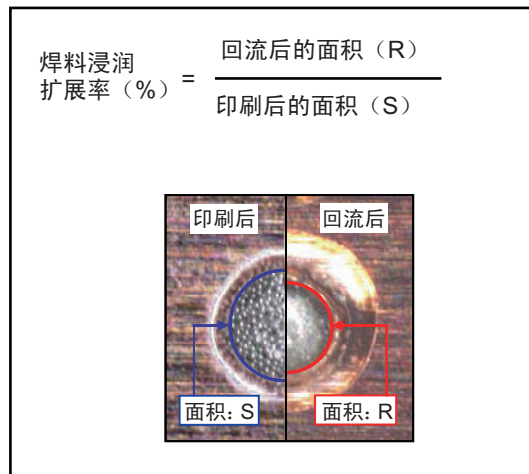
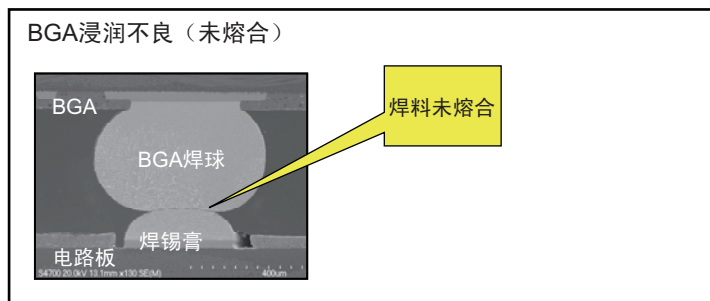


图 5-1 焊锡膏材料浸润扩展性

5.1.2 WLBGA 使用的注意事项

由于本产品未使用树脂等保护硅芯片，在处理时需格外小心。

1. 请使用真空吸笔移动产品。
使用金属镊子可能会损伤硅芯片。
2. 为防止硅芯片损伤或裂纹，需尽量避免机械冲击。
在安装后堆叠电路板等时可能会发生这种情况。
3. 在采取了防静电措施的环境下进行作业，以防静电造成损坏。
4. 如果安装后用液状硬化性树脂进行封止，则在器件的各边形成至少有器件厚度*一半以上的角焊缝。
如果角焊缝厚度不够，硅芯片和包括树脂部分的再配线层之间可能会剥离。

【注】 * 器件厚度 = 硅芯片厚度 + 包括树脂部分的再配线层

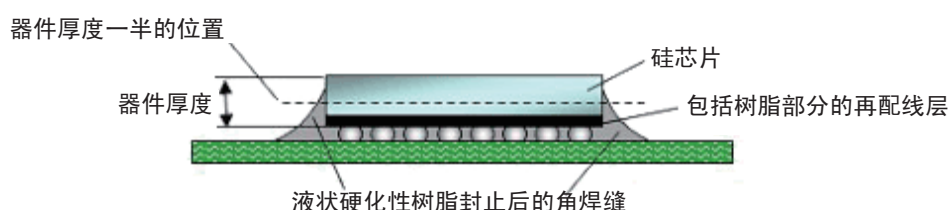


图 5-2 液状硬化性树脂封止后的涂布状态

5. 其他情况采用与一般半导体器件相同的处理方式。

5.1.3 安装实例（WLBGA）

(1) 评价用封装

- 5.17 × 5.17 mm, 100 pin WLBGA, 0.5 mm 管距
- 硅芯片厚度: 0.33 mm, 树脂厚度: 0.07 mm
- 焊球直径: $\phi 0.3 \pm 0.05$ mm, 焊球高度: 0.24 ± 0.05 mm
- 铜柱直径: $\phi 0.28$ mm

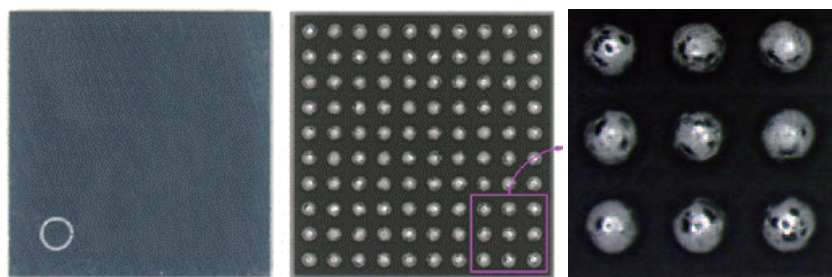


图 5-3 5.17 × 5.17 mm, 100 pin WLBGA 外观

(2) 电路板规格

- 双面组合四层电路板，1/2/1（内芯板：FR=4，t=0.6mm）
- 电路板尺寸：40 × 110 × t0.8mm
- 焊盘结构/尺寸：NSMD/焊盘直径=φ0.28mm，SR 孔径=φ0.35mm
- 焊盘表面处理：非电解 Ni/Au 闪镀

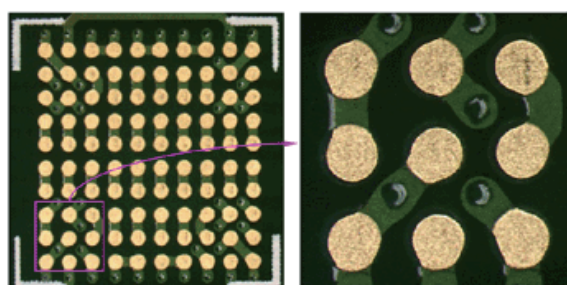


图 5-4 封装贴装部分的焊盘外观

- √ 焊盘的直径需要与封装上焊球接触直径（铜柱直径）相匹配。这样才可使安装后的应力均匀分布在焊点区域。
- √ 如果没有特别原因，焊盘结构使用 NSMD 结构。NSMD 结构比 SMD 具有更好的温度循环性。但是，使用 NSMD 时，由于引出配线和 SR 孔径部分相互交叉的部位容易因为机械应力而发生断线，因此，使用泪滴形，使该区域的配线宽度尽可能宽。
- √ 通孔设置于焊盘附近，如果配线困难，则需要在通孔上设置焊盘。
- √ 焊盘的表面处理可采用非电解 Ni/Au 闪镀或耐热预焊剂。

(3) 掩模规格

- 孔径=φ0.28 mm，厚度=t120μm

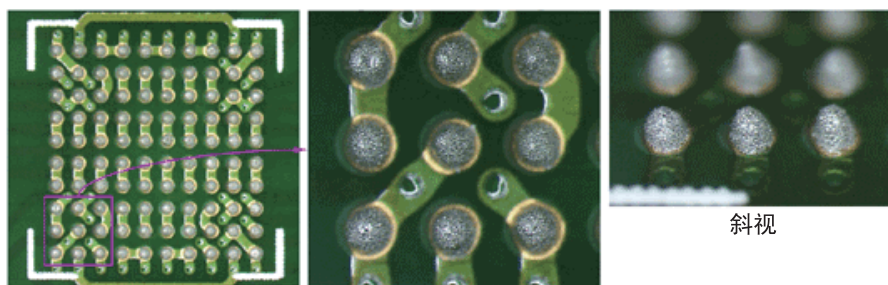


图 5-5 焊料印刷后外观

- √ 掩膜孔径与电路板焊盘直径相匹配。
- √ 掩膜厚度为 100μm 时安装也没有问题。

(4) 焊锡膏

- Sn-3Ag-0.5Cu，焊料粒径：15 至 25μm，焊剂：免洗 RMA 型
- √ 使用印刷性良好的焊锡膏。

(5) 封装识别与贴装

- 贴装设备：带视觉识别的多功能安装设备。封装的识别方法为外形识别。
- √ 焊球识别和外形识别均可用作封装的识别方法。

(6) 安装条件

- 前处理→回流安装。125°C 烘焙 10 小时→封装吸湿 30°C/70%/168 小时→回流 260°C×3 次

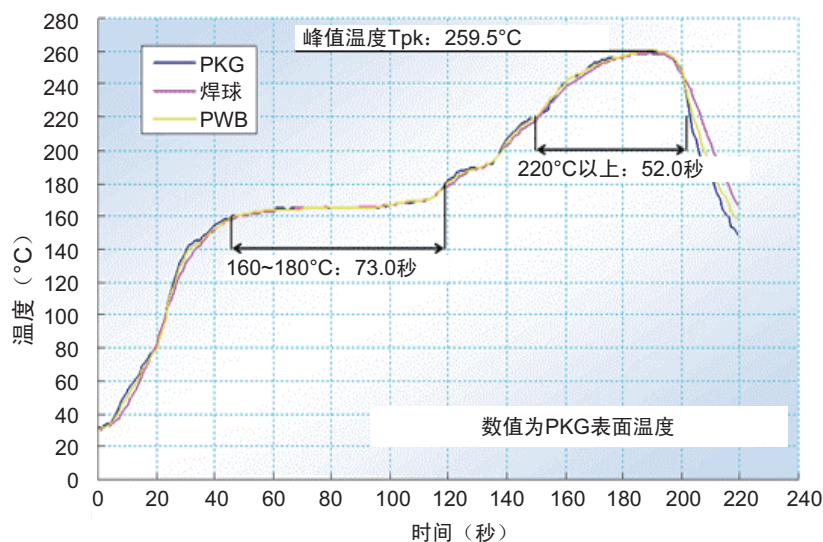


图 5-6 安装温度曲线

- √ 一般在评价前需进行前处理，但因本封装不用干燥包装，无需进行烘焙。
- √ 尽管评价时的安装温度为 260°C，批量生产时应在实际使用焊锡膏的建议使用温度条件范围内进行安装。

(7) 安装性确认

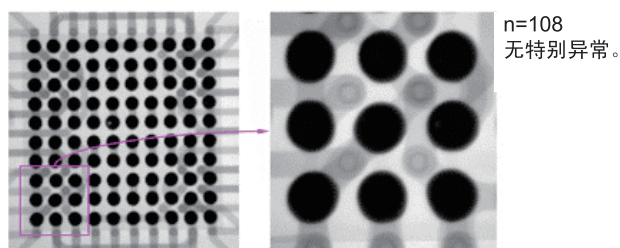


图 5-7 安装后 X 线

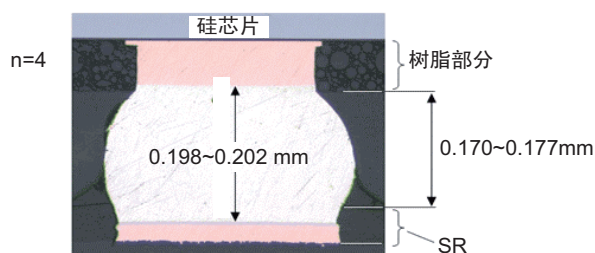


图 5-8 安装后断面

5.1.4 BGA 问题实例

为避免发生安装问题以及调查和改善问题，了解回流加热过程中焊接部的形态十分重要。图5-9介绍用高温观察装置观察BGA封装的焊接工艺时的良好焊接实例。在此实例中，进入主加热（高于熔点）阶段时，焊锡膏熔融，焊料开始浸润焊球，当所有焊球熔融后，元件开始下沉。要获得良好的焊点，需要适当设置高于熔点的时间，从而使元件充分沉入焊料。在本实例中，封装充分沉入约需20秒。

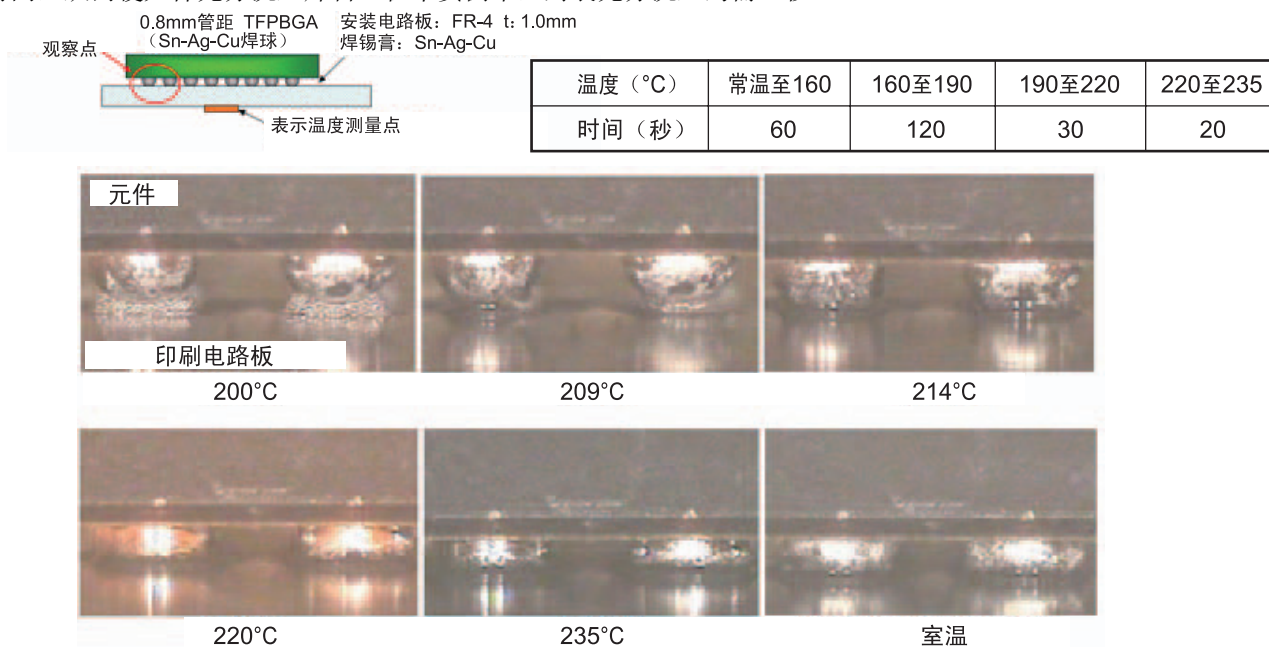


图 5-9 BGA 的良好焊接过程

(1) 问题案例 1：加热不足

图5-10介绍BGA封装焊接工艺中因加热不足而引起的问题案例。这是改变加热条件观察焊接部外观和断面的结果实例。

如果峰值温度低，熔点以上的时间短，焊锡膏和焊球可能没有熔合在一起（条件1），或者即使已经熔融，也可能出现焊点形状差、焊接部高度较高的状态（条件2）。

随着峰值温度的升高，熔点以上的时间变长，焊接部的形状得到改善（条件3），通过设置适当的条件，即可达到良好的焊接形状（条件4）。

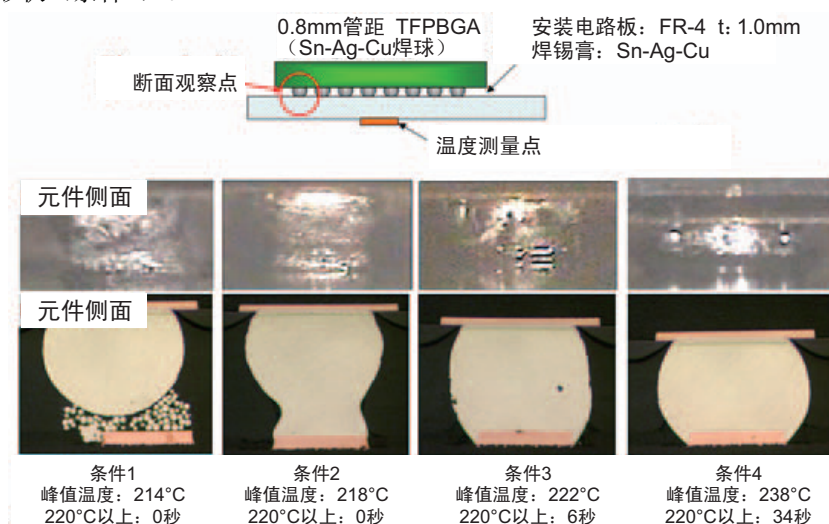


图 5-10 加热条件和焊点状态

(2) 问题案例 2：焊球未熔合

① 焊球未熔合的意思

安装BGA时，如图5-11所示，可能会发生焊锡膏和焊球没有熔合在一起的现象（以下称“未熔合”）。在未熔合中，虽然焊球和焊锡膏处于未熔合的状态，但是在安装后初期还是可能具有导电性。

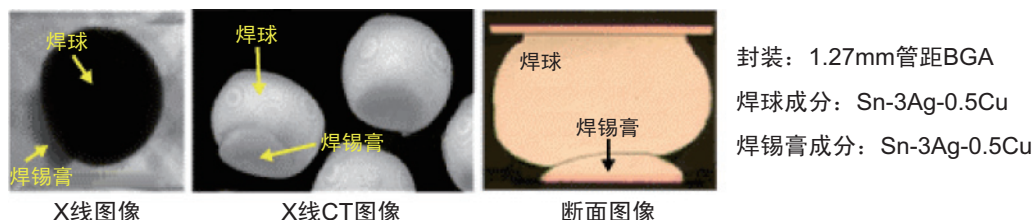


图 5-11 焊球未熔合实例

② 发生未熔合的推断机理

图5-12表示发生未熔合的机理。加热封装或印刷电路板时会发生翘曲。如果此翘曲较大，焊球和焊锡膏将会分离（图中的预热工序）。如果在此状态下继续加热，焊球在高温下，表面氧化会快速（主加热工序）。此时，尽管焊剂从焊锡膏中渗出并覆盖表面，如果焊剂失去活性，在冷却工序中翘曲复原，即使与焊球发生接触也无法除去焊球表面氧化膜，从而发生未熔合（冷却工序）。

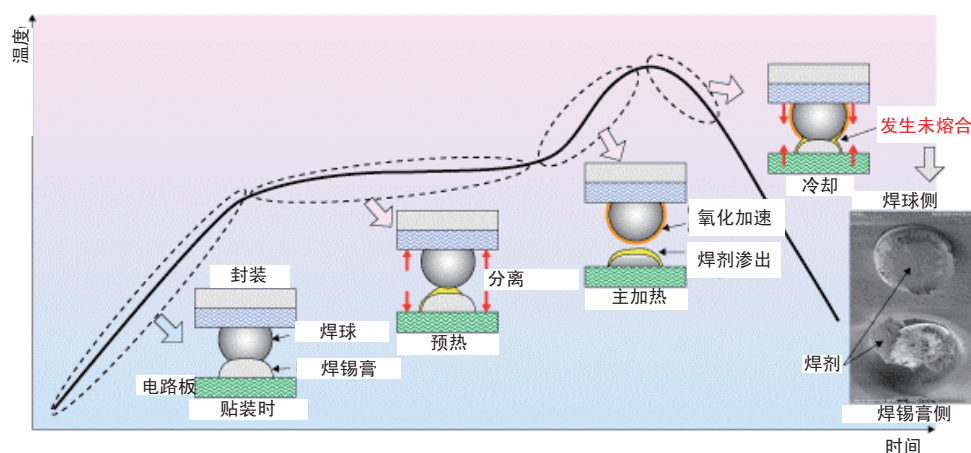


图 5-12 未熔合发生的推断机理

③ 未熔合的原因分析

未熔合的发生除推断机理中列出的原因以外，还有其他几个因素。图5-13表示封装和安装因素的事故树（Fault Tree Analysis）分析实例。通常认为未熔合的发生由其中的单个原因或多个原因导致。

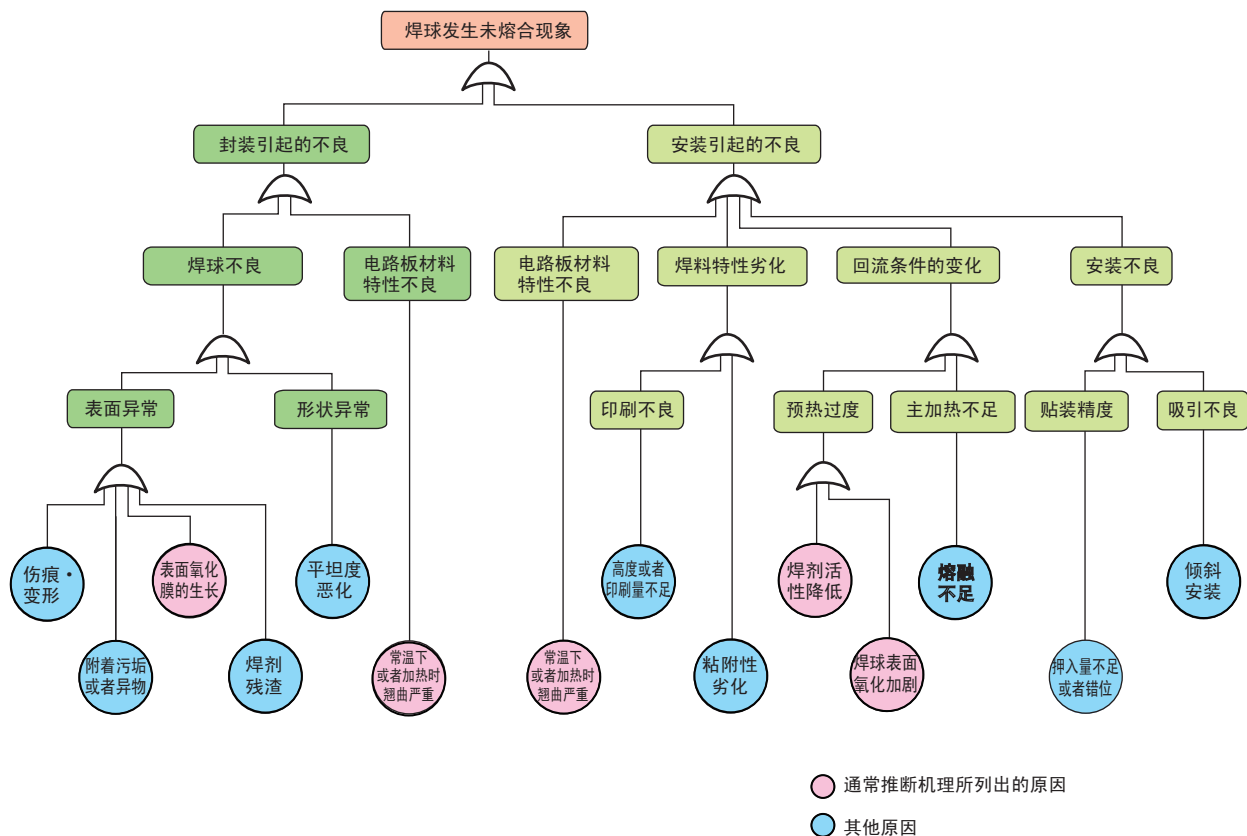


图 5-13 未熔合的事故树分析实例

④ 未熔合发生原因及安装余量

图5-14为未熔合发生的原因及安装余量的关系图。因其中的一个或多个原因未熔合发生的危险增加时，安装余量将会变小。如果危险继续增加，安装余量可能会消失，导致未熔合的发生。

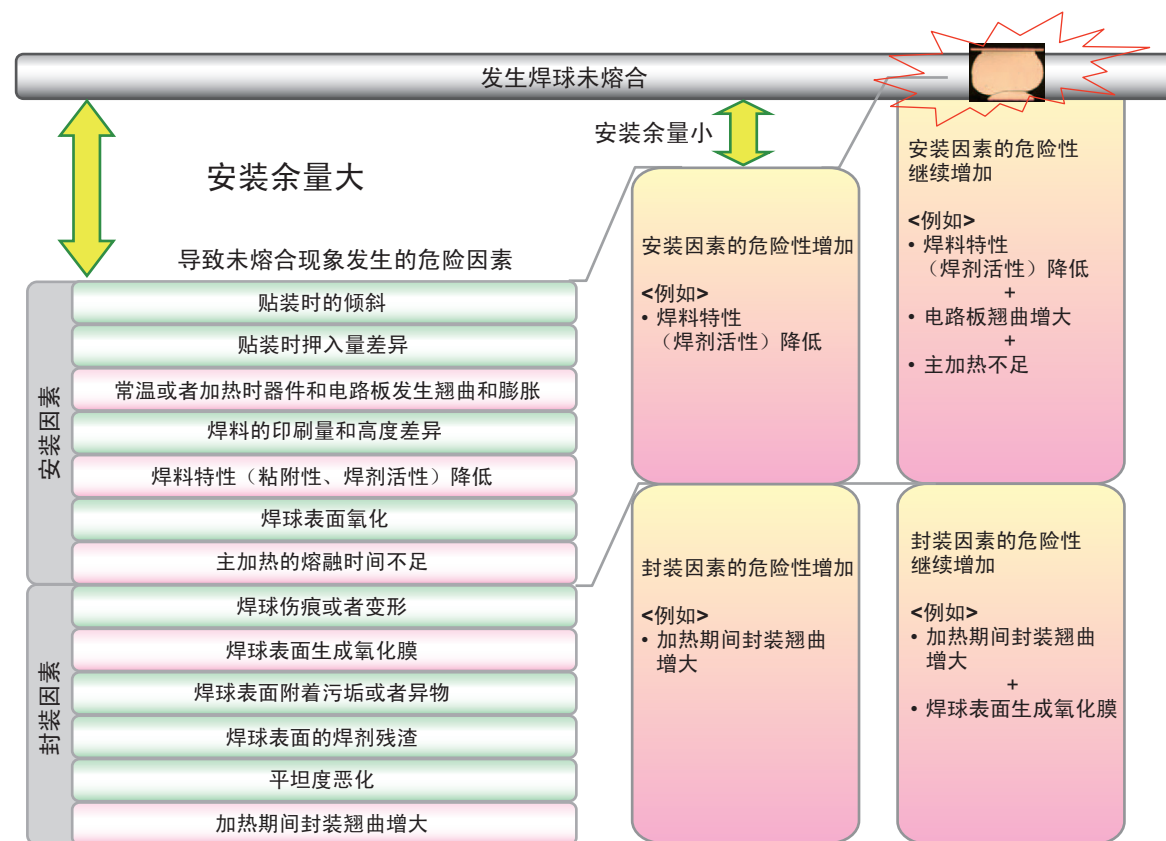


图 5-14 未熔合发生原因及安装余量

下面介绍解决问题的实例。

因素1：BGA封装/印刷电路板翘曲

加热时BGA封装以及印刷电路板发生翘曲。翘曲量很大或者两者翘曲方向不同时，焊接部的间隔会增大，焊球和焊锡膏分离，从而发生未熔合。

问题案例：推断由翘曲引起的未熔合

图5-15表示发生未熔合的安装问题产品中翘曲的调查结果。在此案例中，BGA封装和印刷电路板的BGA封装安装区域均可看到凹形的翘曲。在D侧中心部位的BGA封装和印刷电路板的翘曲间隔最大处发生未熔合。

<解决方法实例>

1. BGA封装和印刷电路板的保管

BGA 封装和印刷电路板受潮后，则加热时的翘曲将增大。如果发生受潮，则在规定条件下进行烘焙。

2. 印刷电路板和安装布局

由于印刷电路板的材质、结构、配线、形状和安装布局可能会促进翘曲，请在常温和加热时确认翘曲形态。如果加热时翘曲增大，请考虑使用防止翘曲治具等方案。

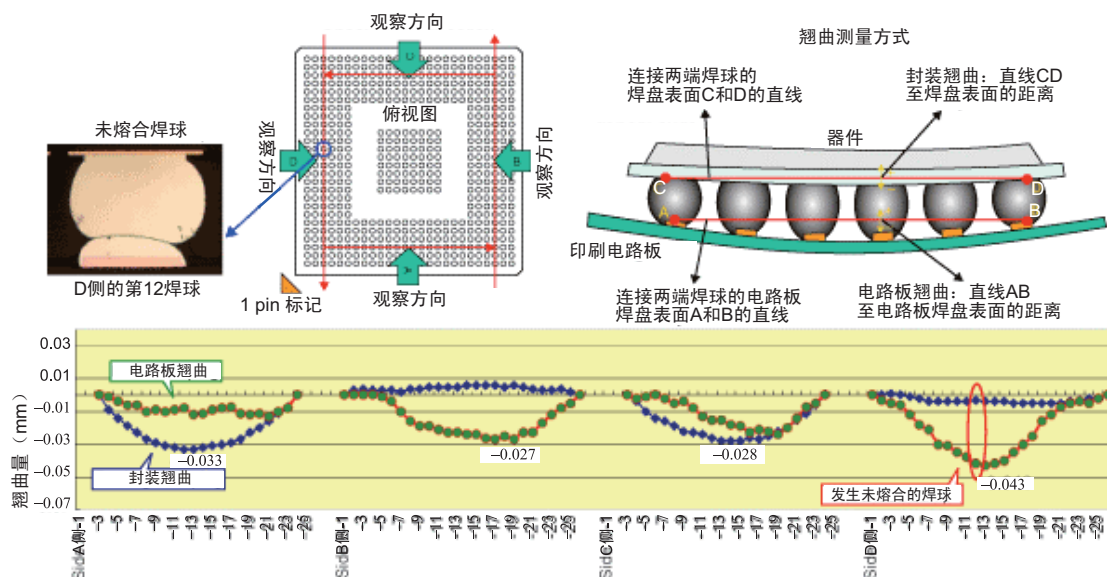


图 5-15 翘曲引起的未熔合案例

因素2: 焊球表面的氧化膜

如果防潮包装开封后长时间放置，则焊球表面的氧化逐渐增加、氧化膜变厚，这是发生未熔合的一个原因。如图5-16所示，已确认即使焊球上的氧化膜会因预处理而变厚，对焊接性的影响也不大。但是如果还有其他因素（例如，焊球表面的氧化膜在回流加热期间快速生长、BGA封装以及印刷电路板翘曲等）的共同作用，则对未熔合的影响可能会增大。

■ 再现性评价案例：焊球表面氧化膜厚度和焊锡膏的焊接性

在此案例中，尽管焊球因预处理而导致表面氧化膜增厚，其焊接性依然良好。

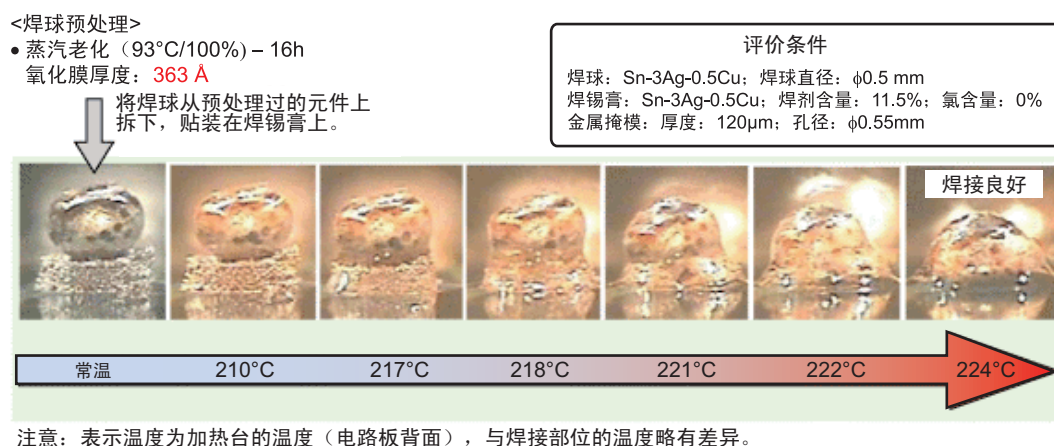


图 5-16 表面氧化膜增厚的焊球焊接性

<解决方法实例>

1. BGA封装的保管

防潮包装开封后应保管在产品规定条件（例如 30°C 以下，70%以下）范围内，尽可能保管在低温和低湿环境中。

此外，开封的产品，避免不必要的长期放置，并重新进行防潮包装。

2. 优化回流温度曲线，使用活性高的焊锡膏

焊球的表面氧化和焊剂的活性与回流温度曲线有密切的联系。因此，应采用使所用的焊锡膏熔融时活性最佳的温度曲线。而且活性高的焊锡膏对回流加热期间焊球表面氧化膜的生长有抑制效果。

3. BGA封装和印刷电路板翘曲的解决方法

回流期间，焊球和焊锡膏的分离将阻碍焊剂对焊球表面氧化膜的清除和二次氧化的抑制作用，从而促进焊球的表面氧化。

因此，应考虑封装的受潮对策、印刷电路板的受潮对策和检查安装布局等，以抑制翘曲。

因素3：焊剂活性降低

如果预热时间或温度超过焊锡膏制造商建议的条件，则焊剂活性降低，焊球与焊锡膏的焊接性下降。

■ 再现性评价案例：焊球与活性降低的焊锡膏的焊接性

图5-17为在活性显著降低的焊锡膏上贴装焊球并观察加热的案例。在加热过程中，焊锡膏中的焊剂从表面渗出，并停留在将焊球抬高的状态。焊剂失去活性时会阻碍焊接并导致未熔合。

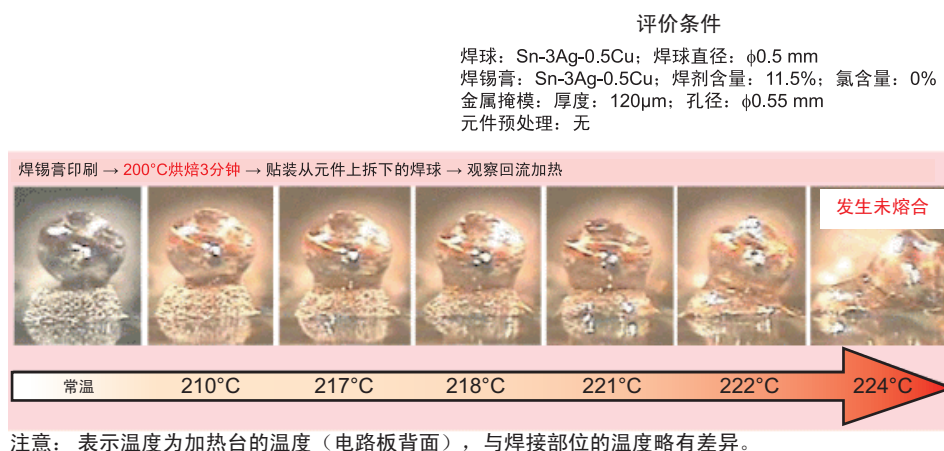


图 5-17 活性降低的焊锡膏形成的焊接

<解决方法实例>

1. 确认焊锡膏保管条件

确认保管环境和保管条件中是否遵守所用的焊锡膏制造商提供的使用注意事项。

2. 检查回流温度曲线

确认 BGA 封装的焊接部是否在所用焊锡膏的建议条件范围内。

3. 改变回流气体介质

氮气介质下的回流加热对防止加热中焊球表面的氧化效果显著。

4. 改变焊锡膏

图 5-18 表示对二十种在日本有售的焊锡膏在相同条件下进行未熔合的再现评价，并比较发生率的案例。由此评价可发现未熔合发生率低的焊锡膏（焊锡膏类型 1）与未熔合发生率高的焊锡膏（类型 20）之间有 20 倍的差异。即未熔合的发生率根据焊锡膏的类型不同而异。请对使用的安装条件进行评价，选择未熔合发生率低的焊锡膏。

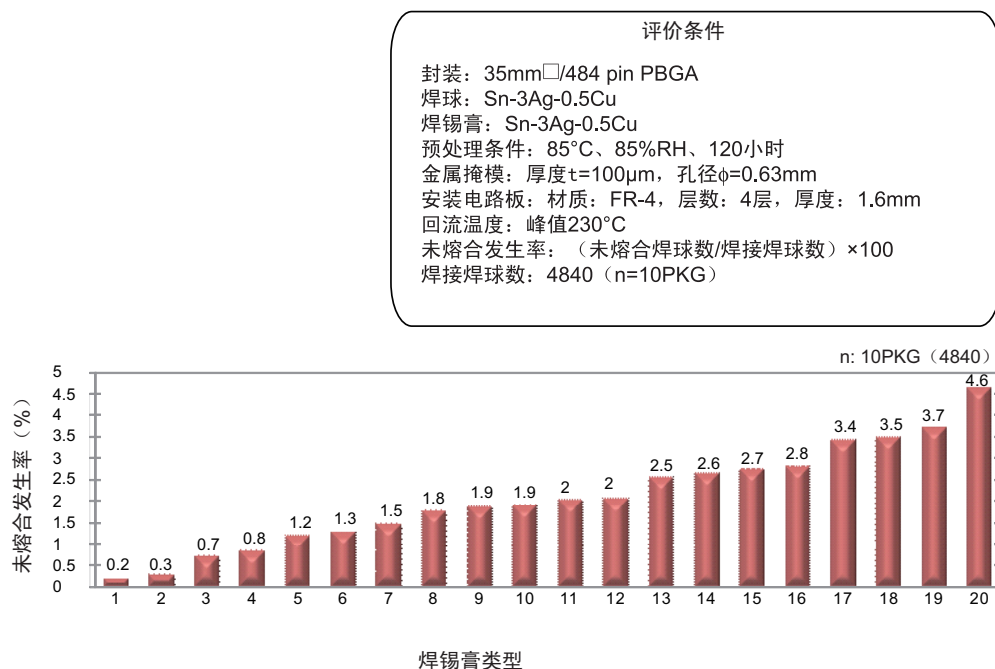


图 5-18 焊锡膏类型与未熔合的发生率

因素4: 主加热时间不足

如果焊锡膏和焊球在加热过程中分离，焊球表面将被氧化。当温度超过焊料熔点、熔融的焊锡膏接触焊球时，如果焊剂活性减弱，则通常认为焊球表面的氧化膜不会迅速破坏。

■ 再现性评价案例: 熔点以上的时间和焊接性

图5-19为焊锡膏与焊球保持分离直至达到熔点、在超过熔点时接触的条件下进行再现评价的结果。此时缩短熔点以上的加热时间（约6秒）进行观察时，发生未熔合（见图上部）。

在同样的状态下，如果延长熔点以上的加热时间（约30秒），则可取得图下部所示的良好焊接。

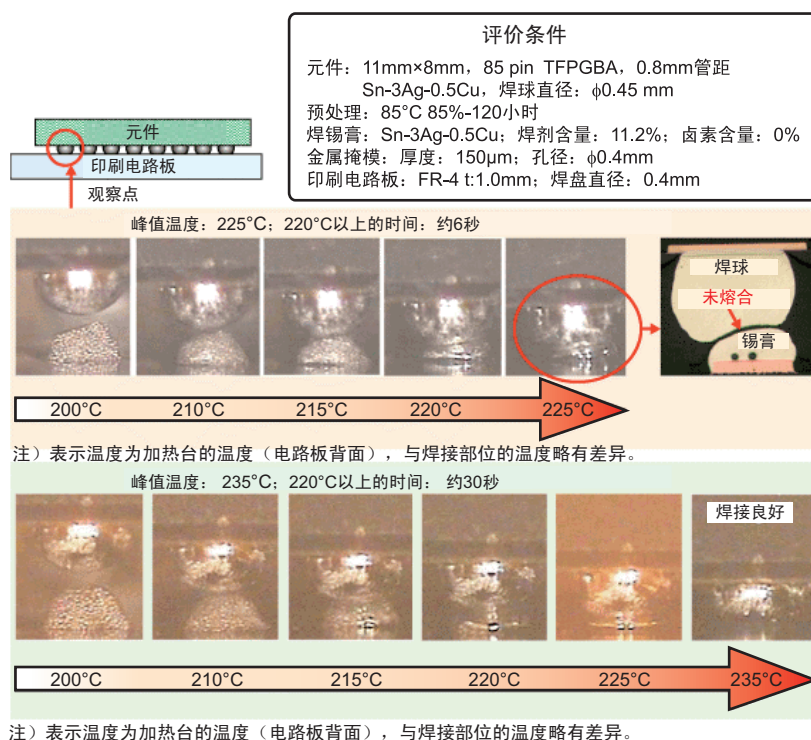


图 5-19 熔点以上的时间和焊接性

<解决方法实例>

1. 检查回流温度曲线

如果熔点以上的时间短, 可能会发生未熔合。如图 5-20 所示, 如果延长熔点以上的时间, 则未熔合的发生率可能会降低。因此, 在可能的范围内延长熔点以上的时间具有一定的效果。

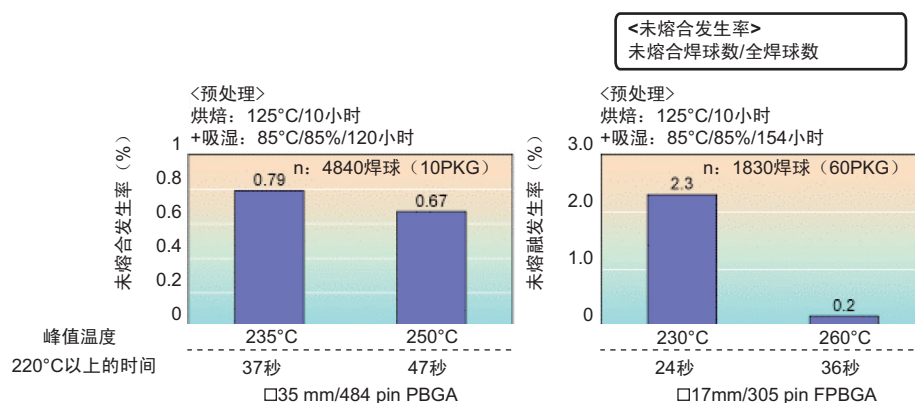


图 5-20 熔点以上的时间和未熔合的发生率

5.2 LGA 焊接工艺

本节通过LGA安装实例，介绍LGA的焊接安装注意事项及安装问题。

5.2.1 安装实例（FLGA）

(1) 评价封装

- 5×5mm，64 pin FLGA，0.5mm 管距

(2) 电路板规格

- FR-4/四层电路板
- 电路板尺寸：40×110×t0.8mm
- 焊盘结构/尺寸：NSMD/焊盘直径=φ0.3mm，SR 孔径=φ0.35mm
- 焊盘表面处理：耐热预焊剂

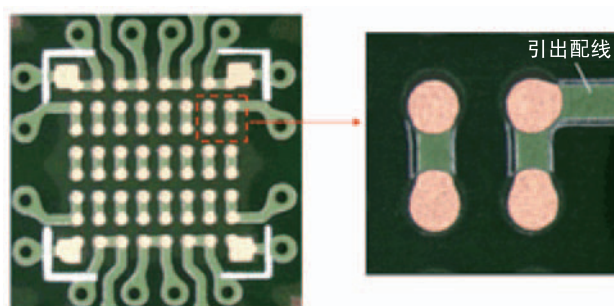


图 5-21 封装贴装区的焊盘部外观

- √ 铜焊盘直径需要与封装的焊盘直径相匹配，这样才可使安装后的应力均匀分布在焊点区域上。
- √ 如果没有特别原因，焊盘结构使用 NSMD 结构。NSMD 结构比 SMD 具有更好的温度循环性。但是，由于引出配线和 SR 孔径部分相互交叉的部位容易因为机械应力而发生断线，因此，使用泪滴形，使该区域的配线宽度尽可能宽。

(3) 掩模规格

- 孔径=φ0.3mm，厚度=t110μm（金属掩膜：附加）

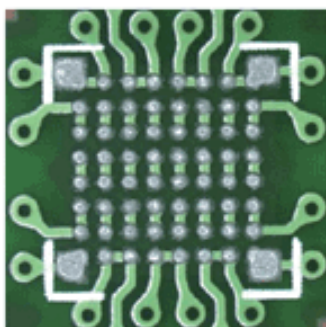


图 5-22 焊料印刷后外观

- √ 掩膜厚度设置为 100 至 120 μm ，掩膜孔径与电路板焊盘直径相匹配。注意，如果易受封装与电路板翘曲的影响，可将孔径增大至封装焊盘直径的 1.2 倍。

(4) 焊锡膏

- Sn-3Ag-0.5Cu 焊料粒径：20 至 36 μm 助焊剂：免洗 RMA 型
- √ 请使用印刷性良好的焊锡膏。

(5) 封装识别与贴装

- 贴装设备：带视觉识别的多功能贴装设备。封装识别方法为外形识别。
- √ 由于焊盘形状不同，FLGA 的识别方式适合使用外形识别方法。

(6) 安装条件

- 安装预处理→回流安装。
125 $^{\circ}\text{C}$ 烘焙 10 小时→封装吸湿 30 $^{\circ}\text{C}$ /70%RH/168 小时→回流焊接 240 $^{\circ}\text{C}$ ×1 次

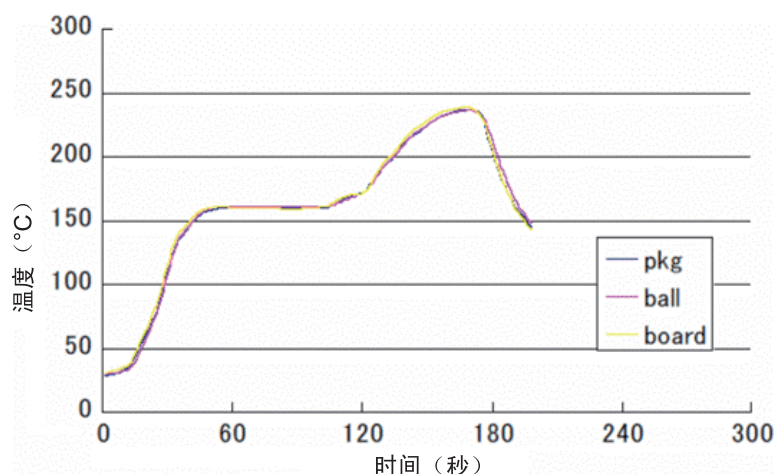


图 5-23 安装温度曲线

- √ 在元件的规定的温度曲线下和所使用焊锡膏的推荐使用温度条件范围内进行安装。

(7) 确认安装性

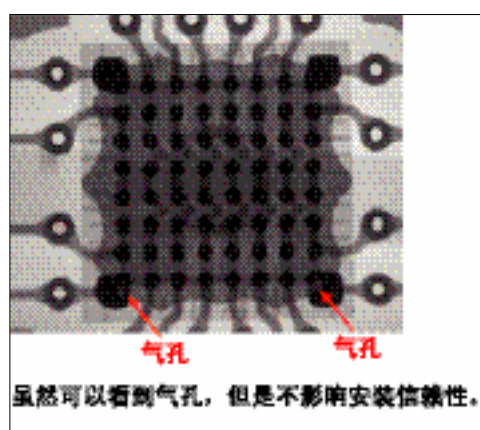


图 5-24 安装后 X 线

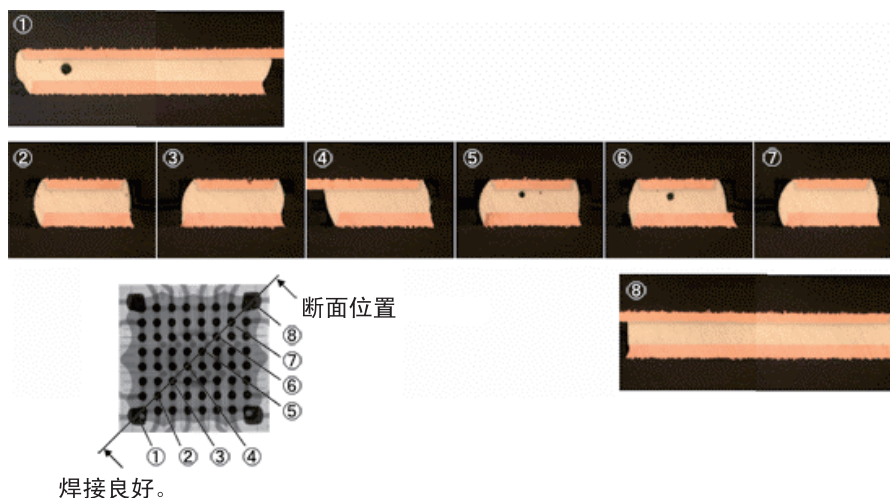


图 5-25 安装后断面

5.2.2 LGA 问题案例

(1) 问题案例 1：安装后的气孔

LGA比BGA更容易形成气孔。由于没有焊球，印刷焊料直接接触封装侧的焊盘，因此，空气或气体难以排出。作为对策，使用减少气孔的焊锡膏且将封装贴装位置向XY方向位移动约管脚间距30%的距离。结果是，通过两者并用，安装后的气孔面积比率从4.9%降至0.6%。

评价条件

- 封装：7×7mm，48 pin FLGA；0.8mm 管距
- 铜焊盘直径：φ0.45mm，SR 孔径：φ0.55mm
- 电路板焊盘结构・尺寸：NSMD 结构，铜焊盘直径：φ0.45mm，SR 孔径：φ0.55mm
- 印刷焊锡膏：Sn-3Ag-0.5Cu
- 印刷掩膜厚度：150μm

1. 对策前

- 普通焊锡膏+无位移贴装

气孔面积比率（%）= 整体气孔面积÷整体焊料面积×100

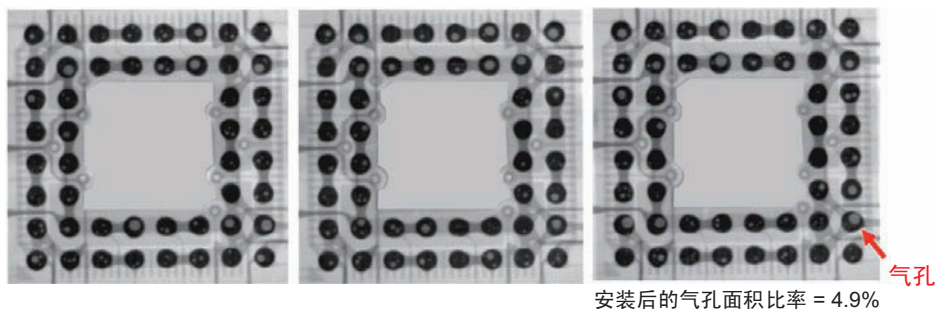
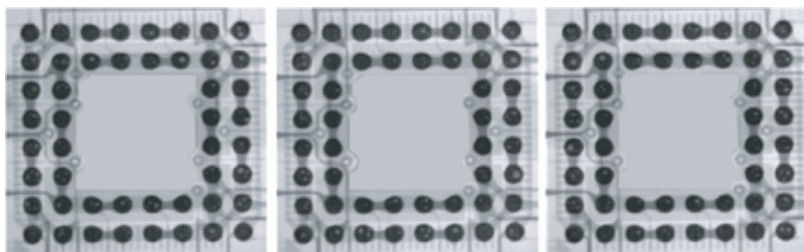


图 5-26 X 线外观（对策前）

2. 对策后

- 普通焊锡膏+使用位移贴装

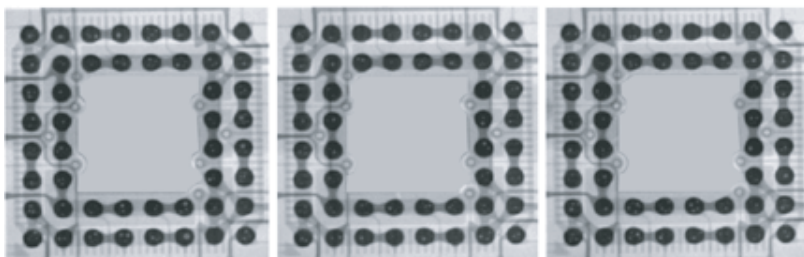
气孔面积比率(%) = 整体气孔面积 ÷ 整体焊料面积 × 100



安装后的气孔面积比率=1.4%

图 5-27 X 线外观（对策后 1）

- 减少气孔焊锡膏+使用位移贴装



安装后的气孔面积比率=0.6%

图 5-28 X 线外观（对策后 2）

(2) 问题案例 2：焊料未接合

评价11×11mm、192 pin、管距为0.65mm的FLGA时，出现焊料未接合。将印刷掩膜孔径从0.35mm增加至0.43mm，增加印刷焊料量，作为解决对策。

结果是不再出现焊料未接合，取得了良好的焊接性。FLGA没有焊球，而且与BGA相比，总体的焊料量较少。因此，当封装尺寸增大时，容易受封装和安装电路板翘曲的影响。随着焊料量的增加，焊料会容易迎合翘曲。

1. 对策前

- 封装焊盘结构/尺寸：NSMD 结构，铜焊盘直径=φ0.35mm，SR 孔径=φ0.45mm
- 印刷掩膜：孔径=φ0.35mm，厚度=100μm

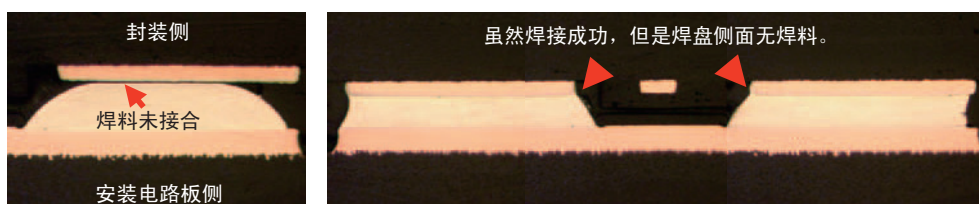


图 5-29 安装后断面（对策前）

2. 对策后

- 印刷掩膜：孔径=φ0.43 mm，厚度=100μm

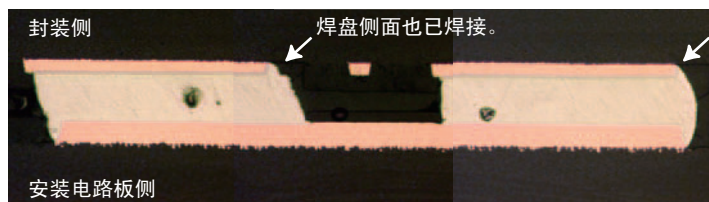


图 5-30 安装后断面（对策后）

5.3 HQFP 和 HLQFP 电路板安装焊盘设计的注意事项

5.3.1 HLQFP 的安装焊盘设计实例

对于HLQFP封装，建议采用防焊漆、丝网印刷等分离处理方式，以确保封装拐角部的散热器有足够的焊料量。图5-31为使用分离处理的实例。

使用防焊漆等方式进行分离可以避免到达封装拐角部的焊料流入封装下方。流入焊料过量可能会顶起封装，从而影响电路板与管脚的连接。

建议确认实际使用的焊接材料和安装条件。

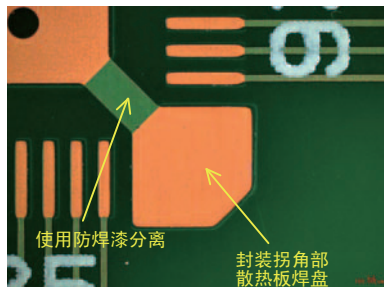


图 5-31 使用防焊漆分离的外观照片

图5-32为分离效果的实验结果。

1. 在进行焊盘分离的电路板评价中，未发现封装下方流入焊料。
2. 在未进行焊盘分离的电路板评价中，发现封装下方流入焊料。（对管脚连接无影响）

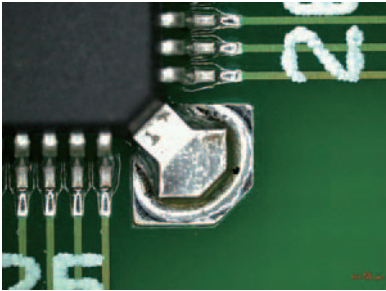
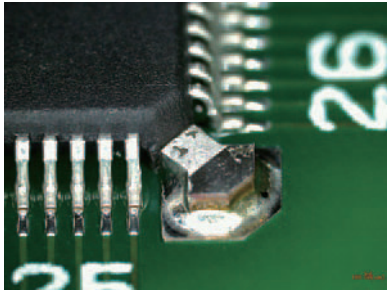
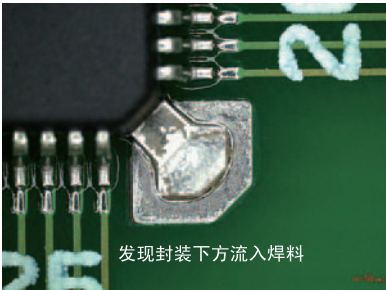
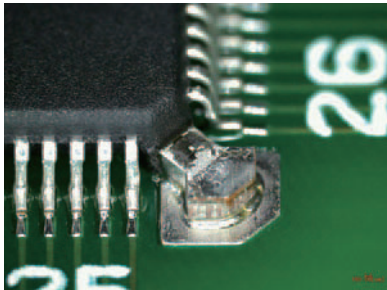
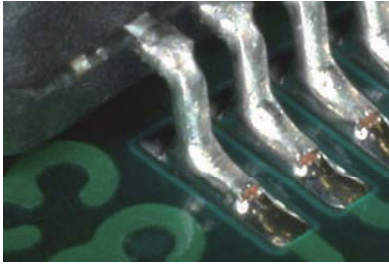
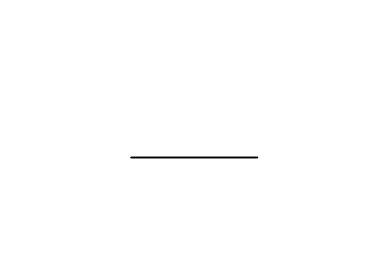
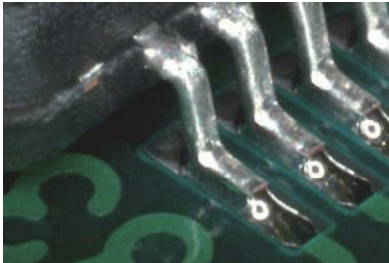
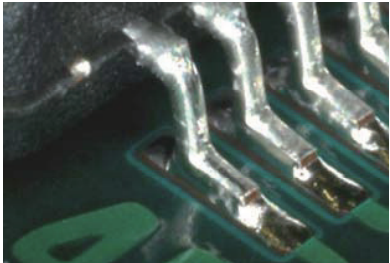
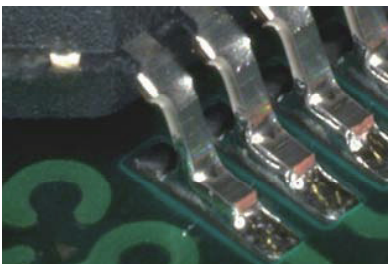
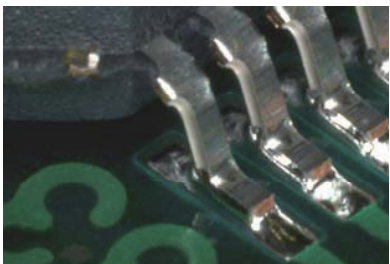
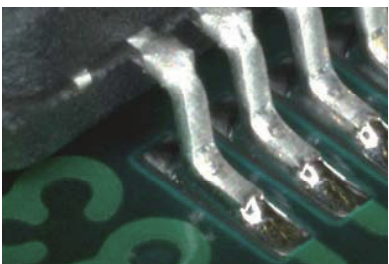
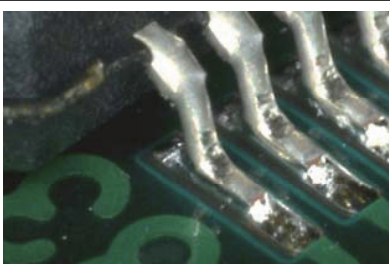
	从封装上方观察	从封装斜面观察
拐角部焊盘分离		
拐角部焊盘未分离		

图 5-32 安装外观照片

5.4 无铅焊料管脚的安装实例

5.4.1 无铅焊料管脚（引脚式）的安装外观

无铅焊料管脚的安装外观（目视）可能会因管脚电镀的手法不同而异，请通过安装试验进行确认。图5-33为安装外观实例。

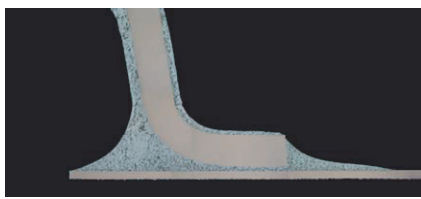
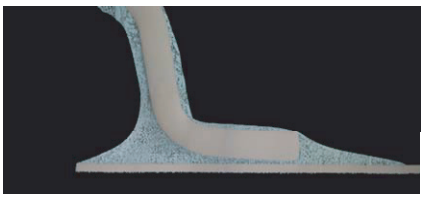
	Sn-Pb 焊料安装	无铅焊接安装
Sn-Pb 电镀		
Sn 电镀		
Ni/Pd/Au 电镀*1		
Sn-Bi 电镀		
Sn-Cu 电镀		

*1 预电镀

图 5-33 无铅管脚的安装外观实例

5.4.2 无铅焊料管脚（引脚式）的安装断面

图5-34表示无铅焊料管脚的安装断面。

	Sn-Pb 焊料安装	无铅焊接安装
Sn-Pb 电镀		
Sn 电镀		
Ni/Pd/Au 电镀*1		
Sn-Bi 电镀		
Sn-Cu 电镀		

*1 预电镀

图 5-34 无铅管脚的安装断面实例

6. 安装信赖性

6.1 安装温度的影响

6.1.1 球形 SMD

在各种温度下使用Sn-3Ag-0.5Cu焊锡膏（熔点：217°C 至 220°C）和Sn-37Pb共晶焊锡膏（熔点：183°C）安装无铅BGA产品、安装后的焊接状态以及温度循环试验结果如下所示。

使用Sn-3Ag-0.5Cu的BGA焊球和Sn-37Pb共晶焊锡膏进行安装时，在焊球熔点下焊球和焊锡膏不会完全熔合。

而且，在安装后的温度循环试验中，如果安装温度低，则会缩短温度循环的寿命。因此，要获得足够的安装信赖性，需考虑安装工艺中的温度差异，将安装温度设定为焊球及焊锡膏中熔点较高的熔点温度+ α 。

(1) 焊点状态

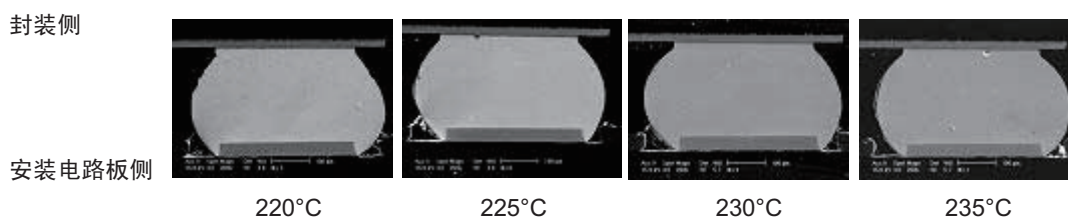


图 6-1 Sn-3Ag-0.5Cu 焊球/Sn-3Ag-0.5Cu 焊锡膏安装时的熔融状态

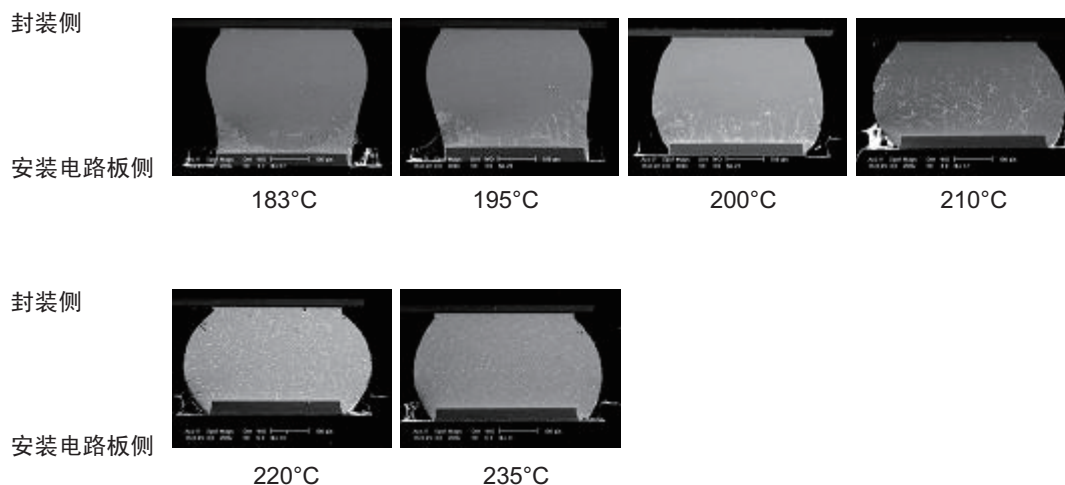


图 6-2 Sn-3Ag-0.5Cu 焊球/Sn-37Pb 焊锡膏安装时的熔融状态

(2) 温度循环性

焊球	锡膏	安装温度 (°C)	2000cy	2200	2400	2600	2800	3100	3300	3500	3700	3900	4100	4300	4500	4700	4900	5100	5300	5500
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-3Ag-0.5Cu	235	封装: 15×15, 176 pin FBGA, 0.8mm管距 安装电路板: FR-4/4层/t0.8mm 焊盘直径Cu/SR=φ0.4/0.55mm																	
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-3Ag-0.5Cu	230																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-3Ag-0.5Cu	225																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-3Ag-0.5Cu	220																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	235	未发生不良																	
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	220																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	215																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	210																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	205	发生不良																	
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	200																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	195																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	190																		
Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-37Pb	183																		

图 6-3 Sn-3Ag-0.5Cu 焊球和 Sn-37Pb 焊锡膏安装时的温度循环试验结果

6.1.2 引脚式 SMD

在各种温度下使用Sn-3Ag-0.5Cu焊锡膏安装引脚式无铅产品，在温度循环试验后引脚的连接强度结果如下所示：

不论引脚材料是Cu还是Fe-Ni（42合金），当温度循环数增加时，连接强度有降低倾向；引脚材料为Cu时，如果安装温度较低，引脚连接强度略有增强的趋势。

引脚材料为Fe-Ni（42合金）时，如果安装温度较高，引脚连接强度略有增强的趋势。

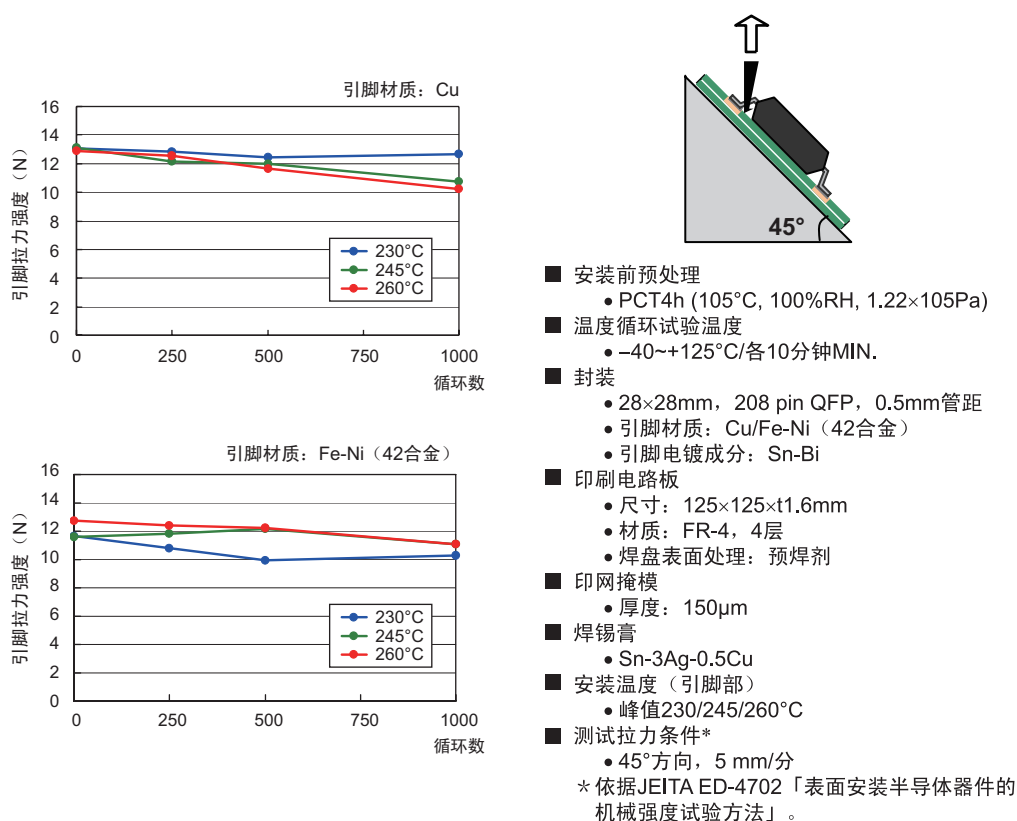


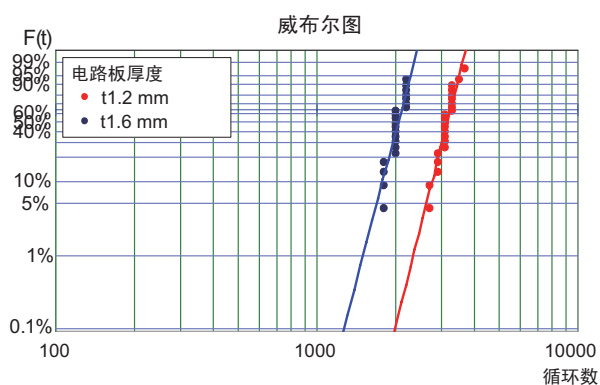
图 6-4 引脚拉力强度

6.2 印刷电路板厚度的影响

在各种不同厚度的印刷电路板上安装相同封装，然后进行温度循环试验，结果如下所示：

在以下条件范围内，印刷电路板越薄，温度循环寿命越长。

这是因为印刷电路板较厚时，难以与封装的热伸缩保持一致，从而导致焊接部的热应力变大。



- 试验温度
 - -40~+125°C/各10分钟MIN.
- 封装
 - 16×16mm, 224 pin FPBGA, 0.8mm管距, 顺序链
 - 焊球材质: Sn-3Ag-0.5Cu
- 印刷电路板
 - 尺寸: 124×130×t1.2mm/t1.6mm
 - 材质: FR-4, 4层
 - 焊盘尺寸: Cu φ0.4, SR φ0.55mm
 - 焊盘表面处理: 预焊剂
- 印网掩模
 - 厚度: 150μm,
 - 孔径: φ0.4mm
- 焊锡膏
 - Sn-3Ag-0.5Cu
- 安装温度（封装表面）
 - 峰值260°C
- 判定标准
 - 导通电阻比初始值增加了20%以上时, 判定为不良

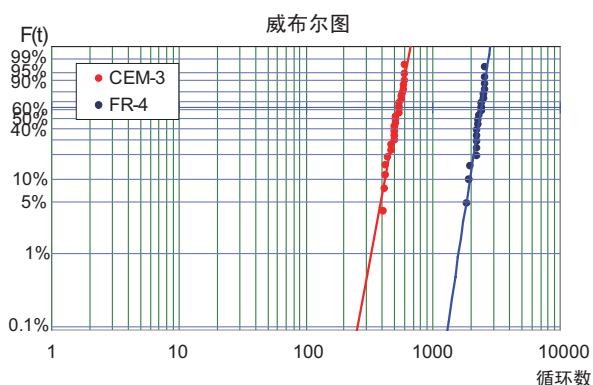
图 6-5 威布尔图（印刷电路板厚度的影响）

6.3 印刷电路板材质的影响（1）

在不同材质的印刷电路板上安装相同的封装，然后进行温度循环试验，结果如下所示。

结果表明在以下条件范围内，印刷电路板材质FR-4的温度循环寿命比CEM3长。

这是因为印刷电路板热收缩差异难以与封装的热伸缩保持一致，从而导致焊接部的热应力变大。

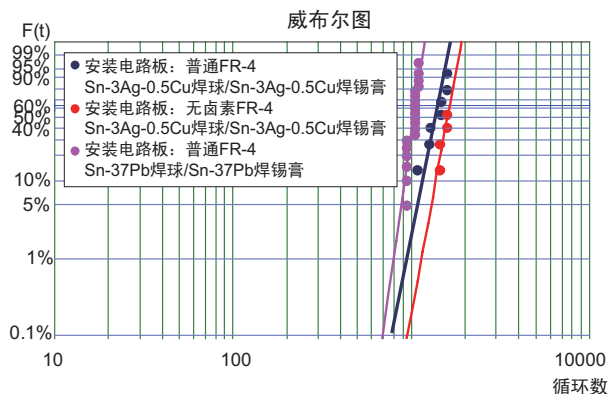


- 试验温度
 - -40~125°C/各10分钟MIN.
- 封装
 - 12×12mm, 100 pin LQFP, 0.8mm管距
 - Sn-Bi电镀
- 安装电路板
 - 尺寸: 124×130×t1.6mm
 - 材质: FR-4/4层电路板和CEM3/2层电路板
 - 焊盘尺寸: 0.25mm×1.7mm
 - 焊盘表面处理: 预焊剂
 - 金属掩模
 - 厚度: 150mm, 焊盘开口: 0.25×1.7mm
- 焊锡膏
 - Sn-3Ag-0.5Cu
- 安装温度（封装表面）
 - 峰值 250°C（回流1次）
- 安装形式
 - 单面安装
- 判定标准
 - 导通电阻比初始值增加了20%以上时, 判定为不良

图 6-6 威布尔图（印刷电路板材质的影响 1）

6.4 印刷电路板材质的影响（2）

在普通FR-4和无卤素FR-4的印刷电路板上安装FBGA，然后进行温度循环试验，结果如下所示。
在以下条件范围内，虽材料不同，结果并无实质差别。



- 试验温度
 - -25~125°C/各10分钟MIN.
- 封装
 - 15×15mm, 240 pin FBGA, 0.8mm管距
 - 焊球材质: Sn-3Ag-0.5Cu
- 安装电路板
 - 尺寸: 65×58×t0.8mm
 - 材质: 普通FR-4/无卤素FR-4
 - 焊盘尺寸: $\phi 0.40\text{mm}$
 - 焊盘表面处理: 预焊剂
- 焊锡膏 Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 安装温度（焊接部）
 - 峰值 230°C/Sn-3Ag-0.5Cu锡膏
 - 峰值 220°C/Sn-37Pb锡膏
- 安装形式
 - 双面安装
- 判定标准
 - 导通电阻比初始值增加了20%以上时，判定为不良

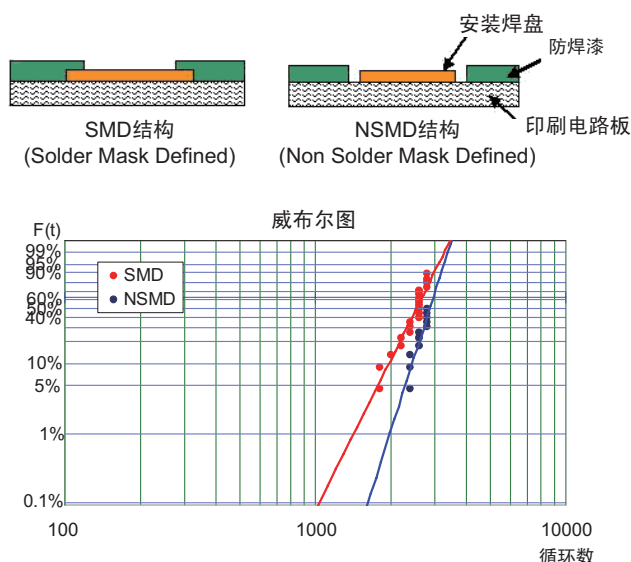
图 6-7 威布尔图（印刷电路板材质的影响 2）

6.5 印刷电路板焊盘结构的影响

在NSMD和SMD焊盘结构的印刷电路板上安装相同的封装，然后进行温度循环试验，结果如下所示。

在此试验条件下，NSMD结构的温度循环寿命比SMD结构的长。这是因为使用NSMD结构时焊盘侧面也进行焊接，从而使焊料连接强度增大。

另一方面，使用NSMD结构的缺点是焊盘引出配线的颈部可能因机械应力而容易断线。因此，必须按照应用目的进行选择。



- 试验温度
 - -40~+125°C/各10分钟MIN.
- 封装
 - 13×13mm, 225 pin FBGA, 0.65mm管距, 顺序链
 - 焊球材质: Sn-37Pb
- 印刷电路板
 - 尺寸: 124×130×t0.8mm
 - 材质: FR-4, 4层
 - 焊盘尺寸
 - NSMD: Cu $\phi 0.35$, SR $\phi 0.45\text{mm}$
 - SMD: Cu $\phi 0.45$, SR $\phi 0.35\text{mm}$
 - 焊盘表面处理: 预焊剂
- 印网掩模
 - 厚度: 150 μm , 孔径: $\phi 0.35\text{mm}$
- 焊锡膏
 - Sn-37Pb
- 安装温度（封装表面）
 - 峰值235°C
- 判定标准
 - 导通电阻比初始值增加了20%以上时，判定为不良

图 6-8 威布尔图（印刷电路板焊盘结构的影响）

6.6 单面安装和双面安装

单面安装和双面安装在四种贴装位置下进行温度循环比较评价，结果如下所示。

结果表明，II型的100%重叠双面安装与I型的单面安装相比，温度循环性有显著下降。而且，还可以发现将安装在背面的封装移开一个封装宽度的V型可获得与单面安装大致相同的温度循环性。

贴装位置不同，焊接部承受的应力也大不相同。

设计印刷电路板时，需要确保在对象产品的背面不配置其他封装。

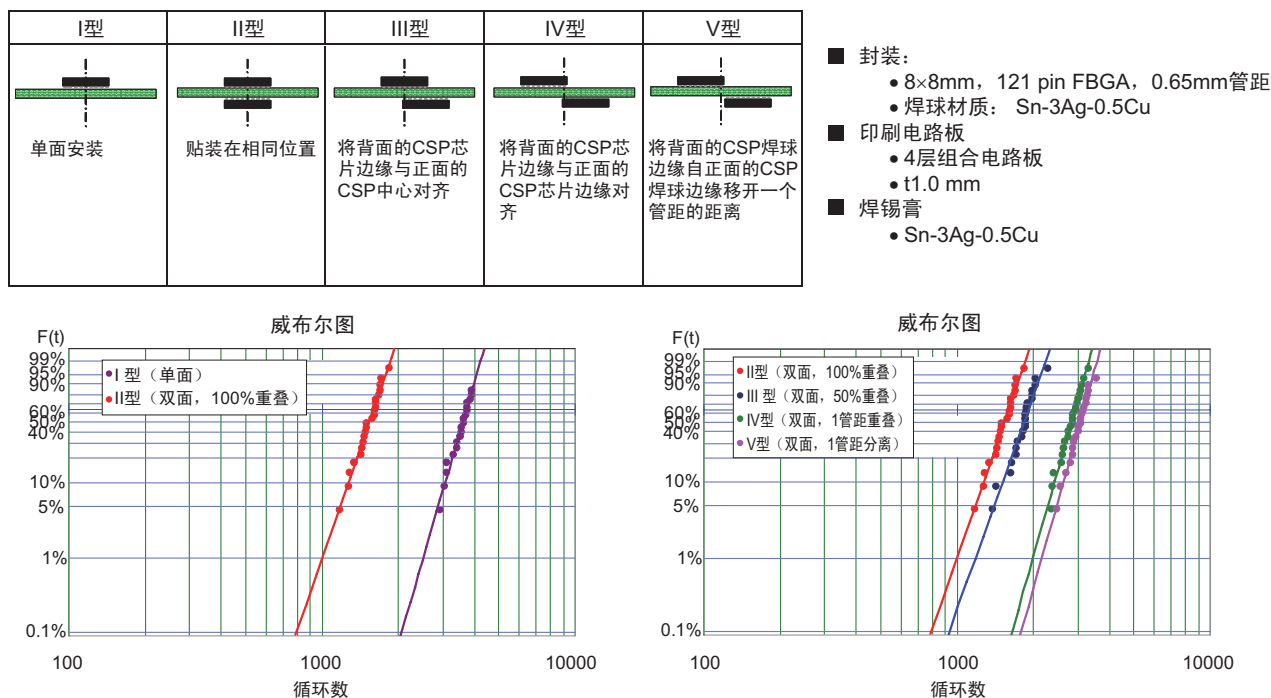


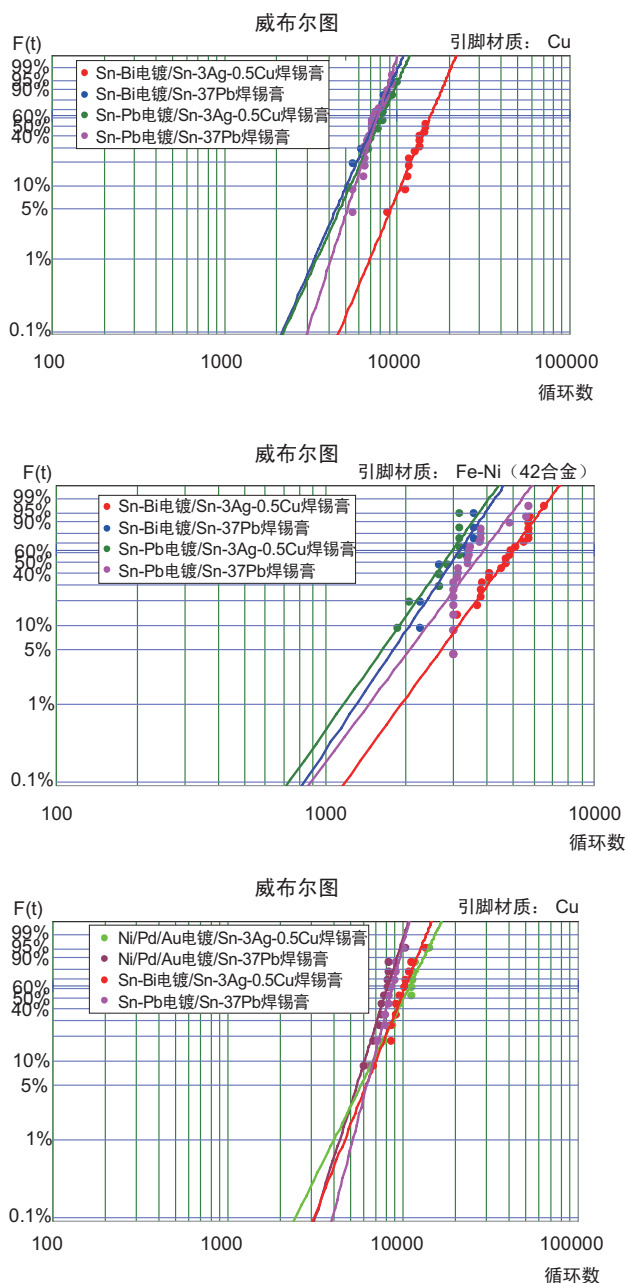
图 6-9 威布尔图（单面安装和双面安装）

6.7 封装管脚电镀和焊接材料的组合

对于引脚式SMD，将传统Sn-Pb电镀产品、无铅Sn-Bi电镀产品和Ni/Pd/Au电镀产品分别与传统Sn-37Pb共晶焊锡膏和无铅Sn-3Ag-0.5Cu焊锡膏组合安装，然后进行温度循环试验，结果如下所示。

结果表明，全部是无铅的组合比传统组合的温度循环性好，不同种类材料的组合比传统组合差。

由于Sn-37Pb焊接材料与无铅焊接材料的组合可能会引起温度循环性降低，因此选择不同种类的组合安装材料时，需要事先进行充分的评价。



- 试验温度
 - $-40 \sim +125^{\circ}\text{C}$ /各10分钟MIN.
- 封装
 - 28×28mm, 208 pin QFP, 0.5mm管距, 顺序链
 - 引脚材质: Cu/ Fe-Ni (42合金)
 - 引脚电镀: Sn-Bi/Sn-Pb/Ni/Pd/Au
- 印刷电路板
 - 尺寸: 125×125×t1.6mm
 - 材质: FR-4, 4层
 - 焊盘表面处理: 预焊剂
- 印网掩模
 - 厚度: 150μm
- 焊锡膏
 - Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 安装温度 (引脚部)
 - 峰值 245°C /Sn-3Ag-0.5Cu焊锡膏
 - 峰值 220°C /Sn-37Pb焊锡膏
- 判定标准
 - 导通电阻比初始值增加了20%以上时, 判定为不良

图 6-10 威布尔图 (电镀成分和焊接材料的组合)

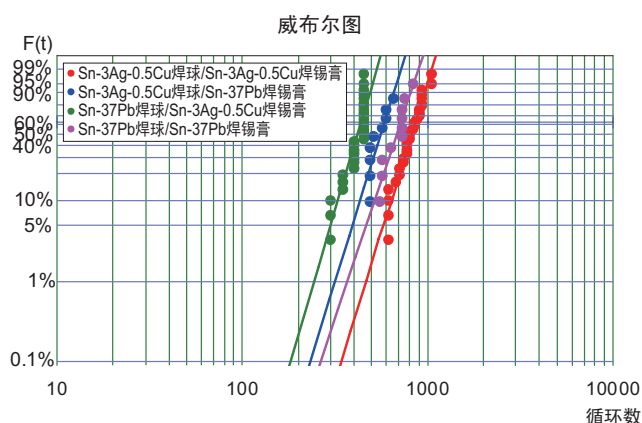
6.8 封装焊球管脚和焊接材料的组合

对于球形SMD，将传统Sn-37Pb共晶焊球产品和无铅Sn-3Ag-0.5Cu焊球产品分别与传统Sn-37Pb焊锡膏和无铅Sn-3Ag-0.5Cu焊锡膏组合安装，然后进行温度循环试验和冲击试验，结果如下所示。

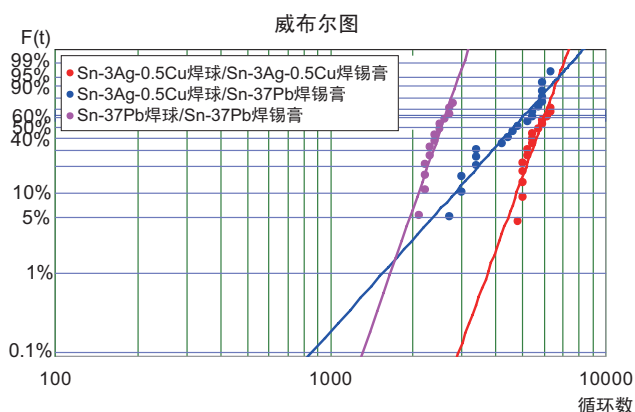
结果表明，不同种类材料的组合的抗温度循环性和抗冲击性均比传统的材料组合差。

由于Sn-37Pb焊接材料与无铅焊接材料的组合可能会使抗温度循环性和抗冲击性降低，因此选择不同种类的组合安装材料时，需要事先进行充分的评价。

(1) 抗温度循环性



- 试验温度
 - -25~+125°C/各10分钟MIN.
- 封装
 - 13×13mm, 175 pin FBGA, 0.8mm管距, 顺序链
 - 焊球材质: Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 印刷电路板
 - 尺寸: 65×65×t0.8 mm
 - 材质: FR-4, 4层
 - 焊盘: NSMD: Cu φ0.32mm, SR φ0.52mm
 - 焊盘表面处理: 预焊剂
- 印网掩模
 - 厚度: 130μm
 - 孔径: φ0.32mm
- 焊锡膏
 - Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 安装温度 (焊接部)
 - 峰值 230°C/Sn-3Ag-0.5Cu焊锡膏
 - 峰值 220°C/Sn-37Pb焊锡膏
- 判定标准
 - 导通电阻比初始值增加了20%以上时, 判定为不良



- 试验温度
 - -40~+125°C/各10分钟MIN.
- 封装
 - 15×15mm, 176 pin FBGA, 0.8mm管距, 顺序链
 - 焊球材质: Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 焊锡膏
 - Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 安装温度 (焊接部)
 - 峰值 250°C/Sn-3Ag-0.5Cu焊锡膏
 - 峰值 235°C/Sn-37Pb焊锡膏
- 判定标准
 - 导通电阻比初始值增加了20%以上时, 判定为不良

图 6-11 威布尔图 (焊球成分和焊接材料的组合)

(2) 抗冲击性

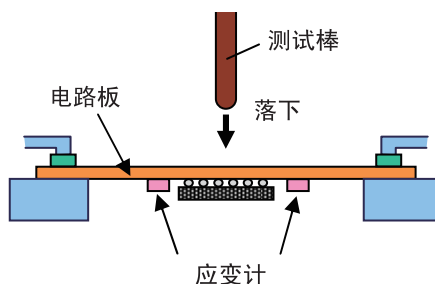


图 6-12 抗冲击试验方法

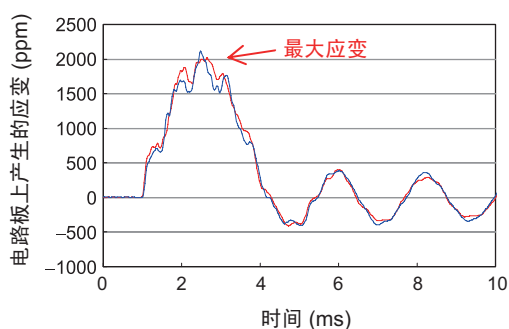


图 6-13 电路板应变测定值

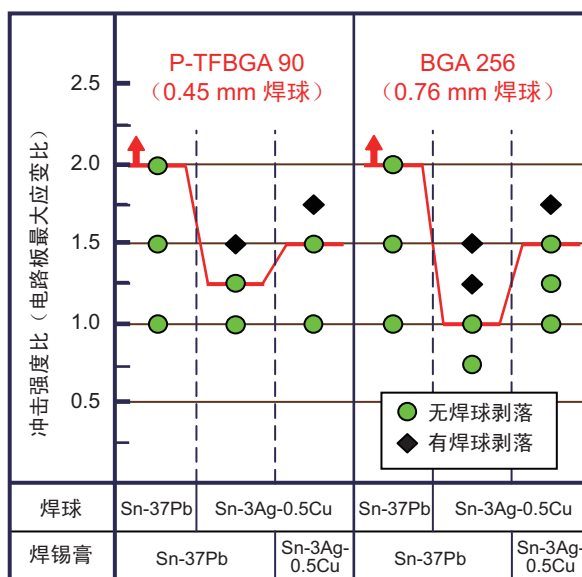


图 6-14 冲击强度测定结果

6.9 机械强度

6.9.1 QFP 引脚连接强度

将电镀材料、框架材料和焊接材料组合安装，然后进行温度循环试验，结果如下所示。

将传统Sn-Pb电镀/Sn-37Pb焊锡膏安装产品作为参照进行引脚连接强度的比较，结果表明焊接材料对强度几乎没有影响。

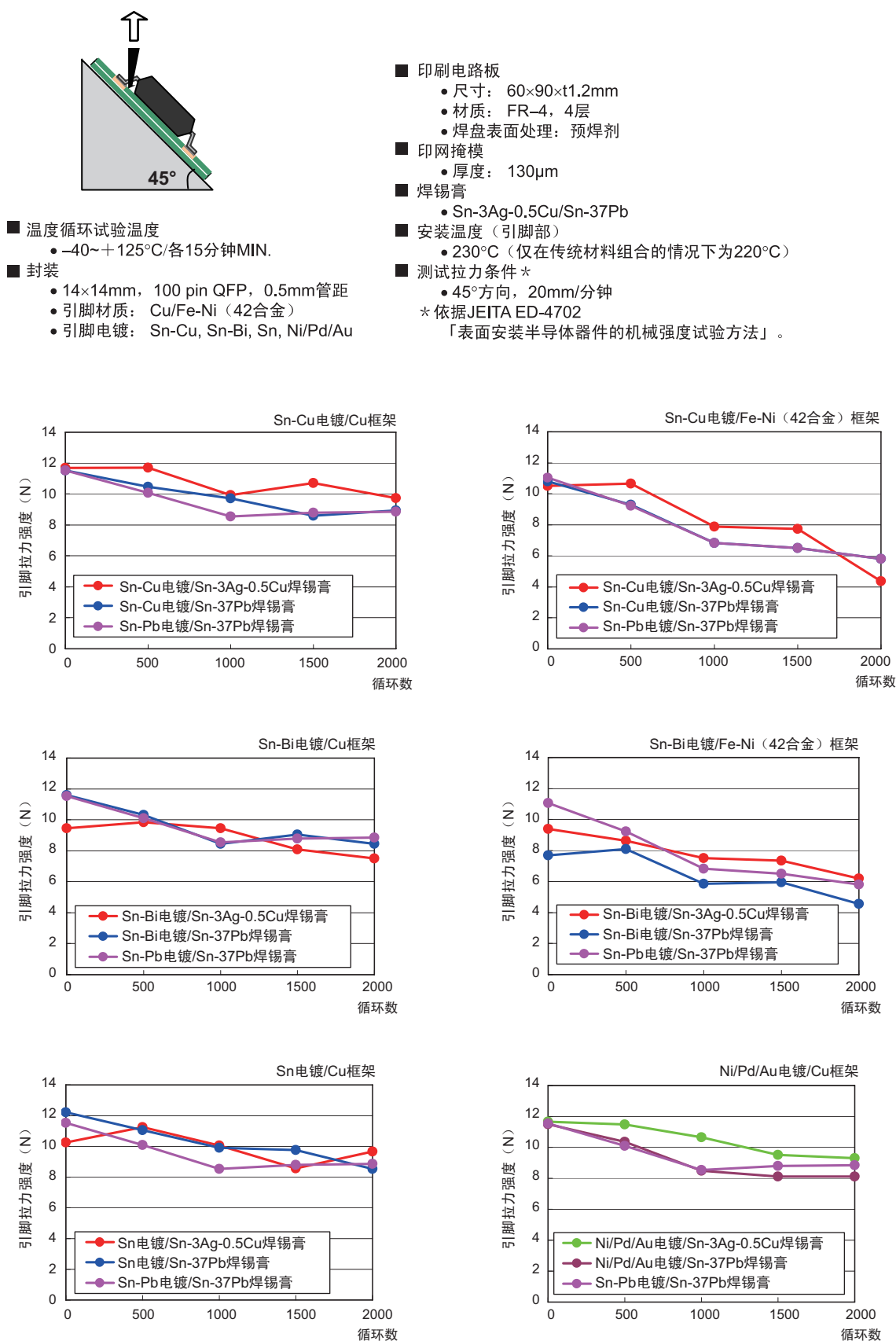


图 6-15 引脚拉力强度

6.9.2 高温保存后的 BGA 焊球焊接强度

传统Sn-37Pb共晶焊球产品和无铅Sn-3Ag-0.5Cu焊球产品在高温保存后，焊球焊接强度变化的调查结果如下所示。

结果表明，两种类型的焊球在150° C下保存200小时后强度都具有相同的下降趋势，之后强度几乎不再变化。

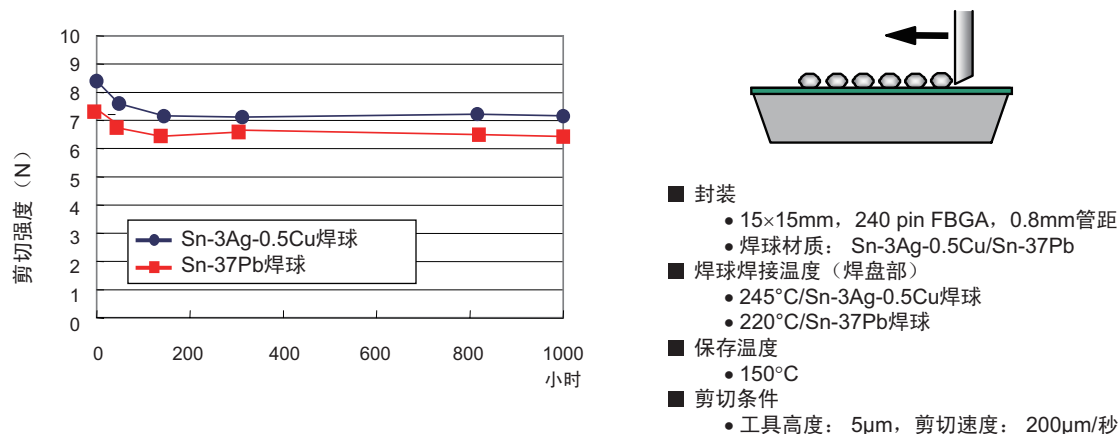


图 6-16 焊球剪切强度

6.9.3 改进抗冲击性的措施

考虑到在电路板切割等制造过程中受到的应力、意外掉落或移动设备受到过度冲击等情况，需要使用粘合剂等来增加强度。选择粘合剂时，请参考下面的评价实例事先进行探讨。

填充材料对冲击强度提高和温度循环的效果和影响 ~0.5mm管距焊球BGA的评价实例~

涂布填充粘合剂对提高机械强度的效果已得到确认。尤其是对下落引起的快速变形十分有效。另一方面，从温度循环试验的结果来看，因粘合剂本身的物理特性会造成断线不良的发生，特别是当T_g（玻璃化转变温度）比试验温度低时，其寿命将缩短。选择填充粘合剂时，应考虑包括机器在动作时的发热，对使用温度进行充分的事先验证。

而且，由于此处介绍的粘合剂的物理特性值来自粘合剂制造商的目录表，详细请参考粘合剂的有关技术资料进行事先验证，并就使用方法等直接咨询粘合剂制造商。

表 6-1 机械强度评价结果

评价项目	假设应力	试验条件	结果		
			无填充		有填充 (材料 A)
			安装完成	追加回流 2 次	追加回流 2 次
下落冲击试验	普通用途	100g 负载水平下降	1 到 5 次后失败	1 到 5 次后失败	20 次后成功
		100g 负载, 混凝土上方 高度 1.5 米, 1 次循环=纵→横→水平	1 到 5 次后失败	1 到 5 次后失败	20 次后成功
冲击弯曲试验	客户安装工程	跨度=90mm	2500 ppm 后成功 3000 ppm 后失败	2000 ppm 后成功 2500 ppm 后不好	5000 ppm 后成功
重复弯曲试验	普通用途	跨度=90mm 2 次/秒	10000 次后成功	7000 次后成功 10000 次后失败	20000 次后成功
弯曲限度试验	普通用途	跨度=90mm	5 mm 和 3 秒 5 次后成功	5 mm 和 3 秒 5 次后成功	5 mm 和 3 秒 5 次后成功

表 6-2 温度循环试验结果（断线数/评价数）

填充料				-55°C/10 分至 125°C/10 分						-40°C/10 分至 85°C/10 分				
类型名称	$\alpha 1$ (/ppm)	$\alpha 2$ (/ppm)	Tg (°C)	300	500	800	1k	1.5k	2k	1k	2k	3k	3.5k	4k
无	—	—	—	0/5	0/5	1/5	2/5	5/5	—	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
材料 A	30	100	140	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
材料 B	34	102	115	0/5	0/5	0/5	2/5	3/5	5/5	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7
材料 C	60	180	95	3/5	5/5	—	—	—	—	0/7	0/7	0/7	1/7	1/7

6.10 迁移

随着产品的无铅化，引脚电镀、焊料等的材料种类增加，焊接部有发生离子迁移的危险。对引脚材质、引脚电镀和焊锡膏的各种组合，进行了离子迁移评价，结果如下所示。

所有组合均未发生离子迁移。

表 6-3 离子迁移评价结果

等级	引脚材质	引脚电镀	焊锡膏	n	测试时间（小时）					
					0	300	500	700	1000	1200
1	Cu	Sn-1Bi	Sn-3Ag-0.5Cu	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
2		Sn-3Bi	Sn-3Ag-0.5Cu	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
3		Sn-5Bi	Sn-3Ag-0.5Cu	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
4		Sn-Pb	Sn-37Pb	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
5	(42 合金)	Sn-1Bi	Sn-3Ag-0.5Cu	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
6		Sn-3Bi	Sn-3Ag-0.5Cu	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
7		Sn-5Bi	Sn-3Ag-0.5Cu	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
8		Sn-Pb	Sn-37Pb	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5

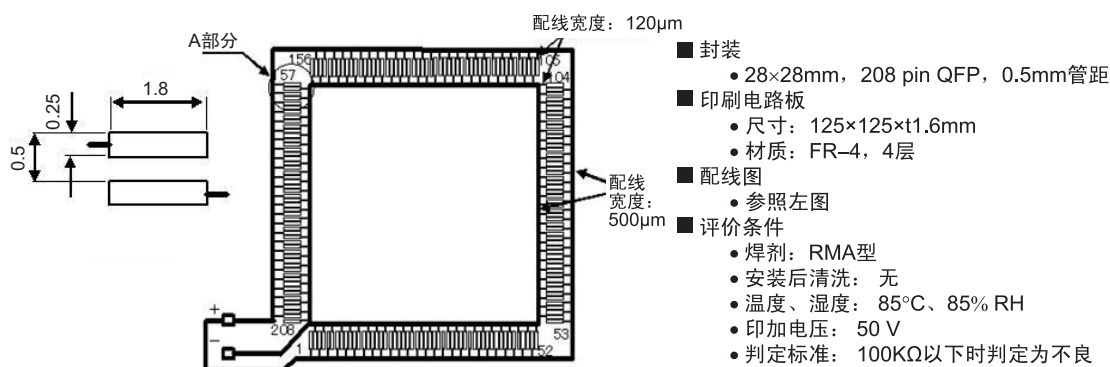


图 6-17 离子迁移评价电路板

7. 附录

7.1 封装组成材料的特性

7.1.1 组成材料的热膨胀系数

组成封装的各种材料的热膨胀系数（线性膨胀系数）如下所示。

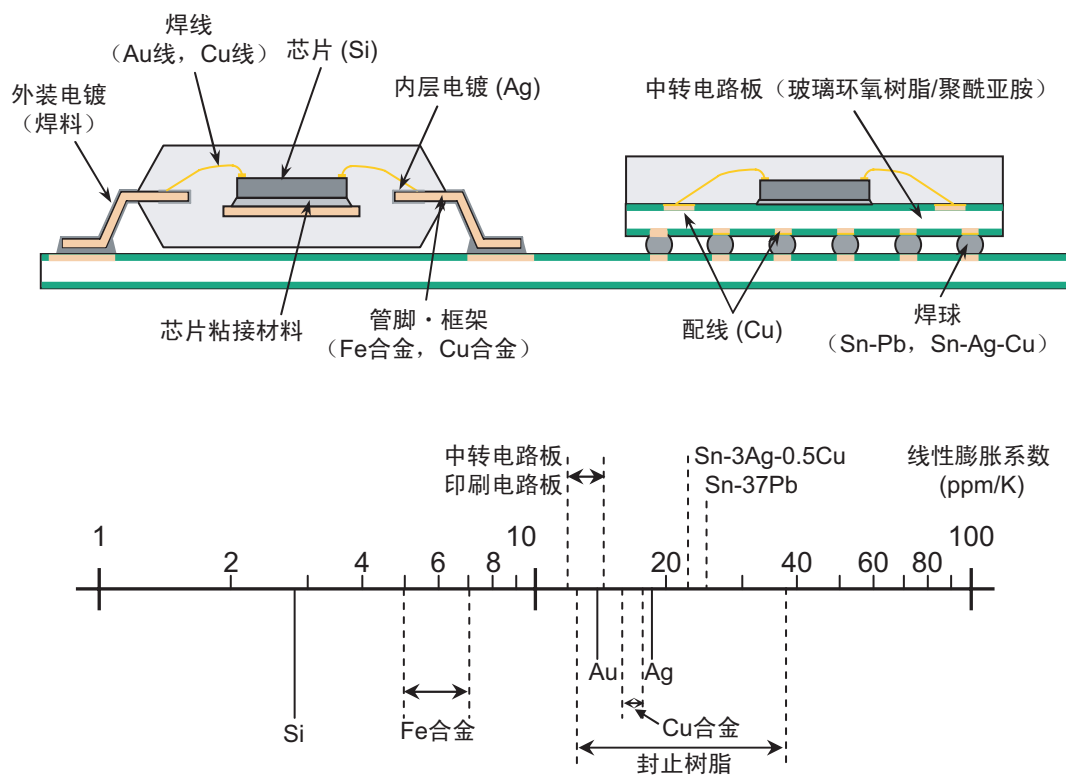


图 7-1 各种组成材料的热膨胀系数

半导体封装安装手册

Publication Date: Rev.2.00 2012.03.29
Rev.3.00 2013.03.27

Published by: Renesas Electronics Corporation



SALES OFFICES

Renesas Electronics Corporation

<http://www.renesas.com>

Refer to "<http://www.renesas.com/>" for the latest and detailed information.

Renesas Electronics America Inc.

2880 Scott Boulevard Santa Clara, CA 95050-2554, U.S.A.
Tel: +1-408-588-6000, Fax: +1-408-588-6130

Renesas Electronics Canada Limited

1101 Nicholson Road, Newmarket, Ontario L3Y 9C3, Canada
Tel: +1-905-898-5441, Fax: +1-905-898-3220

Renesas Electronics Europe Limited

Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K.
Tel: +44-1628-651-700, Fax: +44-1628-651-804

Renesas Electronics Europe GmbH

Arcadiastrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany
Tel: +49-211-65030, Fax: +49-211-6503-1327

Renesas Electronics (China) Co., Ltd.

7th Floor, Quantum Plaza, No.27 ZhiChunLu Haidian District, Beijing 100083, P.R.China
Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.

Unit 204, 205, AZIA Center, No.1233 Lujiazui Ring Rd., Pudong District, Shanghai 200120, China
Tel: +86-21-5877-1818, Fax: +86-21-6887-7858 / -7898

Renesas Electronics Hong Kong Limited

Unit 1601-1613, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2886-9318, Fax: +852 2886-9022/9044

Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.

13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei, Taiwan
Tel: +886-2-8175-9600, Fax: +886 2-8175-9670

Renesas Electronics Singapore Pte. Ltd.

80 Bendemeer Road, Unit #06-02 Hyflux Innovation Centre Singapore 339949
Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6213-0300

Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.

Unit 906, Block B, Menara Amcorp, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jln Persiaran Barat, 46050 Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
Tel: +60-3-7955-9390, Fax: +60-3-7955-9510

Renesas Electronics Korea Co., Ltd.

11F., Samik Lavied' or Bldg., 720-2 Yeoksam-Dong, Kangnam-Ku, Seoul 135-080, Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5141

半导体封装
安装手册



瑞萨电子株式会社

R50ZZ0003CJ0300