User's Manual

半导体封装安装手册

瑞萨电子
www.renesas.com

Rev.7.00　2018.12

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 or any other use of the circuits, software, and information in the design of your product or system. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any losses and damages incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
2. Renesas Electronics hereby expressly disclaims any warranties against and liability for infringement or any other claims involving 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, including but not limited to, the product data, drawings, charts, programs, algorithms, and application examples.
3. 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 shall not alter, modify, copy, or reverse engineer any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any losses or damages incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copying or reverse engineering.
5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: “Standard” and “High Quality”. The intended 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; industrial robots; etc.
   “High Quality”: Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control (traffic lights); large-scale communication equipment; key financial terminal systems; safety control equipment; etc.
   Unless expressly designated as a high reliability product or a product for harsh environments in a Renesas Electronics data sheet or other Renesas Electronics document, Renesas Electronics products are not intended or 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 damage (space system; undersea repeaters; nuclear power control systems; aircraft control systems; key plant systems; military equipment; etc.). Renesas Electronics disclaims any and all liability for any damages or losses incurred by you or any third parties arising from the use of any Renesas Electronics product that is inconsistent with any Renesas Electronics data sheet, user’s manual or other Renesas Electronics document.
6. When using Renesas Electronics products, refer to the latest product information (data sheets, user’s manuals, application notes, “General Notes for Handling and Using Semiconductor Devices” in the reliability handbook, etc.), and ensure that usage conditions are within the ranges specified by Renesas Electronics with respect to maximum ratings, operating power supply voltage range, heat dissipation characteristics, installation, etc. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any malfunctions, failure or accident arising out of the use of Renesas Electronics products outside of such specified ranges.
7. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of Renesas Electronics products, semiconductor products have specific characteristics, such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Unless designated as a high reliability product or a product for harsh environments in a Renesas Electronics data sheet or other Renesas Electronics document, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. You are responsible for implementing safety measures to guard against the possibility of bodily injury, injury or damage caused by fire, and/or danger to the public in the event of a failure or malfunction of Renesas Electronics products, 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 and impractical, you are responsible for evaluating 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. You are responsible for carefully and sufficiently investigating applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive, and using Renesas Electronics products in compliance with all these applicable laws and regulations. Renesas Electronics disclaims any and all liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
9. Renesas Electronics products and technologies shall 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 shall comply with any applicable export control laws and regulations promulgated and administered by the governments of any countries asserting jurisdiction over the parties or transactions.
10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, or any other party who distributes, disposes of, or otherwise sells or transfers the product to a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document.
11. This document shall not be reprinted, 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.

(Note 1) “Renesas Electronics” as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its directly or indirectly controlled subsidiaries.

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

(Rev.4.0-1 November 2017)

以下“注意事项”为从英语原稿翻译的中文译文，仅作为参考译文，英文版的“Notice”具有正式效力。

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。用户如在产品或系统设计中应用本文档中的电路、软件和相关信息或将此等内容用于其他目的时，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和损害，瑞萨电子概不承担任何责任。
2. 瑞萨电子在此明确声明，对于因使用瑞萨电子产品或本文档中所述技术信息（包括但不限于产品数据、图、表、程序、算法、应用实例）而造成的与第三方专利、版权或其他知识产权相关的侵权或任何其他索赔，瑞萨电子不作任何保证并概不承担责任。
3. 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. 用户不得对瑞萨电子的任何产品进行全部或部分更改、修改、复制或反向工程。对于用户或第三方因上述更改、修改、复制或对瑞萨电子产品进行反向工程的行为而遭受的任何损失或损害，瑞萨电子概不承担任何责任。
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预期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、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（交通信号灯）、大型通讯设备、关键金融终端系统、安全控制设备等。

   除非是瑞萨电子数据表或其他瑞萨电子文档中明确指定为高可靠性产品或用于恶劣环境的产品，否则瑞萨电子产品不能用于、亦未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（太空系统、海底增音机、核能控制系统、飞机控制系统、关键装置系统、军用设备等）中。对于用户或任何第三方因使用不符合瑞萨电子数据表、使用说明书或其他瑞萨电子文档的瑞萨电子产品而遭受的任何损害或损失，瑞萨电子概不承担任何责任。
6. 使用瑞萨电子产品时，请参阅最新产品信息（数据表、使用说明书、应用指南、可靠性手册中的“半导体元件处理和使用一般注意事项”等），并确保使用条件在瑞萨电子指定的最大额定值、电源工作电压范围、散热特性、安装条件等范围内使用。对于在上述指定范围之外使用瑞萨电子产品而产生的任何故障、失效或事故，瑞萨电子概不承担任何责任。
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。除非是瑞萨电子数据表或其他瑞萨电子文档中指定为高可靠性产品或用于恶劣环境的产品，否则瑞萨电子产品未进行防辐射设计。用户负责执行安全保护措施，以避免因瑞萨电子产品失效或发生故障而造成身体伤害、火灾导致伤害或损害和/或其他对公众构成危险的事故。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。由于对微机软件单独进行评估非常困难且不实际，所以请用户自行负责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。用户负责仔细并充分查阅对管制物质的使用或含量进行管理的所有适用法律法规（包括但不限于《欧盟 RoHS 指令》），并在使用瑞萨电子产品时遵守所有适用法律法规。对于因用户未遵守相应法律法规而导致的损害或损失，瑞萨电子概不承担任何责任。
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。也不可将瑞萨电子产品或技术用于(1)与大规模杀伤性武器（例如核武器、化学武器、生物武器或运送此等武器的导弹，包括无人机(UAV)）的开发、设计、制造、使用、存储等相关的任何目的；(2)与常规武器的开发、设计、制造或使用相关的任何目的；(3)扰乱国际和平与安全的任何其他目的，并且不可向任何第三方销售、出口、租赁、转让、或让与瑞萨电子产品或技术，无论直接或间接知悉或者有理由知悉该第三方或任何其他方将从事上述活动。用户必须遵守对各方或交易行使司法管辖权的任意国家/地区政府所公布和管理的任何适用出口管制法律法规。
10. 瑞萨电子产品的买方或分销商，或者分销、处置产品、或以其他方式向第三方出售或转让产品的任何其他方有责任事先向所述第三方通知本文档规定的内容和条件。
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再版、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，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。

（版本 4.0-1 2017 年 11 月）

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 浸润时间的温度依赖性 84
4.1.5 高温处理后的浸润性 85
4.1.6 长期保管后的浸润性 86
4.2 封装的保管条件 88
4.2.1 打开防潮包装前的保管 88
4.2.2 打开防潮包装后的保管 88
4.2.3 烘焙处理 89
4.2.4 回流次数 89
4.3 焊接温度曲线 90
4.3.1 耐热温度曲线 90
4.3.2 耐热温度曲线符号 91
4.3.3 焊接温度 97
4.3.4 封装的电极和管脚电镀的金属成分 97
4.3.5 焊接短路和断路的注意事项 98
4.4 二次回流时的温度条件 98
4.5 安装后焊接部位的机械强度 98

5. 焊接安装实例与问题实例 99

5.1 BGA焊接工艺 99
5.1.1 无铅焊接安装的注意事项 99
5.1.2 WLBGA使用的注意事项 100
5.1.3 安装实例（WLBGA） 100
5.1.4 BGA问题实例 103
5.2 LGA焊接工艺 112
5.2.1 安装实例（FLGA） 112
5.2.2 LGA问题案例 114
5.3 HQFP和HLQFP电路板安装焊盘设计的注意事项 116
5.3.1 HLQFP的安装焊盘设计实例 116
5.4 无铅焊料管脚的安装实例 118
5.4.1 无铅焊料管脚（引脚式）的安装外观 118
5.4.2 无铅焊料管脚（引脚式）的安装断面 119
5.5 0.4mm节距LQFP的安装实例 120
5.5.1 0.5mm节距LQFP和0.4mm节距LQFP的比较 120
5.5.2 管脚强度试验实例 120
5.5.3 安装焊盘设计 121
5.5.4 焊锡膏 121
5.5.5 安装实例1 – 贴装时的焊锡膏坍塌 –（参考数据） 121
5.5.6 安装实例2 – 焊接安装后试验 –（参考数据） 122
5.6 具有插接件(散热板)的封装的安装实例 123
5.6.1 安装实例 123
5.6.2 改善实例 123
5.7 HSON电路板安装的安装焊盘设计的注意事项 126
5.7.1 HSON-8pin电路板安装实例 126

6. 安装信赖性 129
6.1 安装温度的影响 129
6.1.1 球形SMD 129
6.1.2 引脚式SMD 130
6.2 印刷电路板厚度的影响 131
6.3 印刷电路板材质的影响（1） 131
6.4 印刷电路板材质的影响（2） 132
6.5 印刷电路板焊盘结构的影响 132
6.6 单面安装和双面安装 133
6.7 封装管脚电镀和焊接材料的组合 134
6.8 封装焊球管脚和焊接材料的组合 135
6.9 机械强度 136
6.9.1 QFP引脚连接强度 136
6.9.2 高温保存后的BGA焊球焊接强度 138
6.9.3 改进抗冲击性的措施 138

6.10 迁移 139

7. 附录 141

7.1 封装组成材料的特性 141

7.1.1 组成材料的热膨胀系数 141

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。

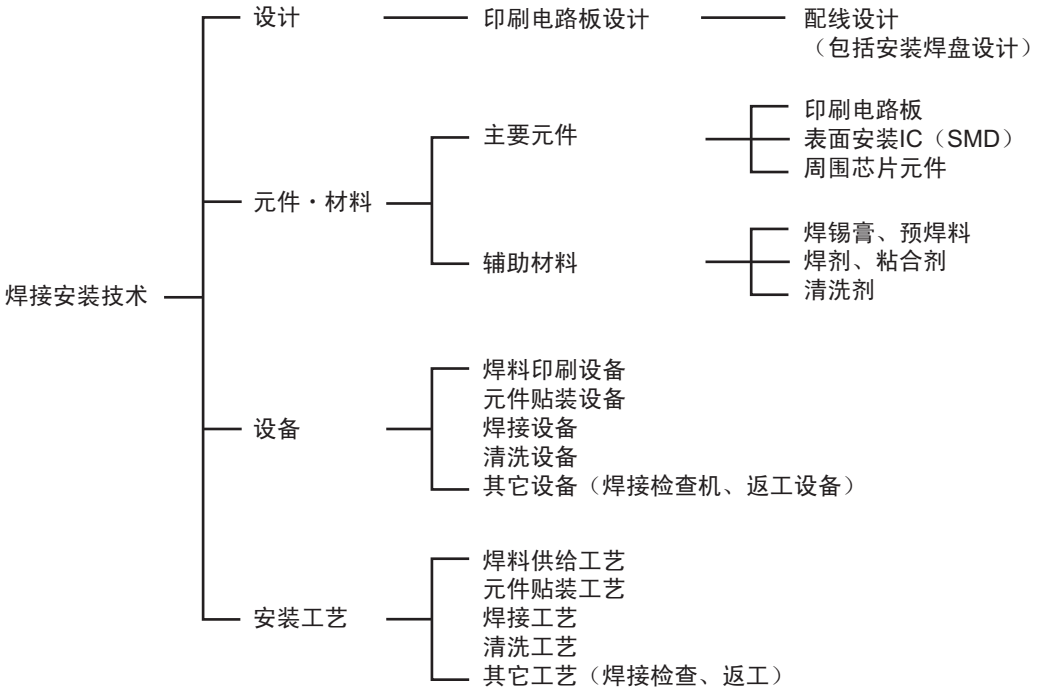


图 1-1 焊接安装技术

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/N_2）、红外线・热风相并用（空气/N_2）、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。

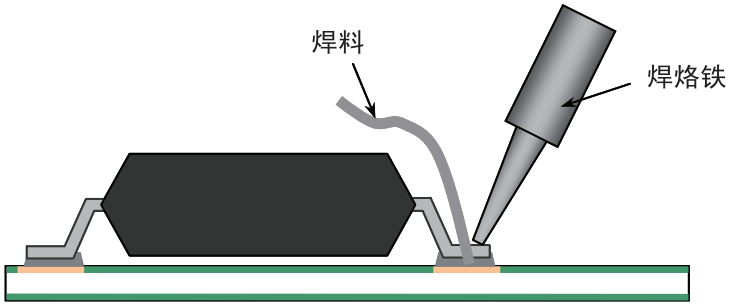


图 1-2 焊烙铁法

(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。

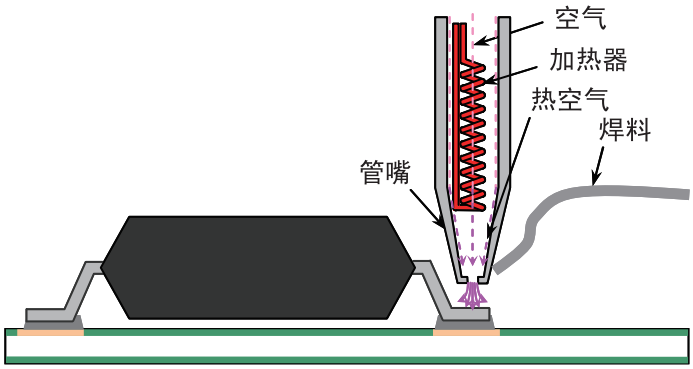


图 1-3 热空气法

(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。

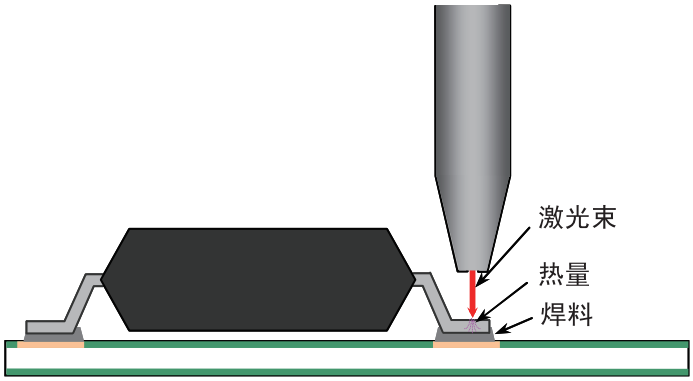


图 1-4 激光法

(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。

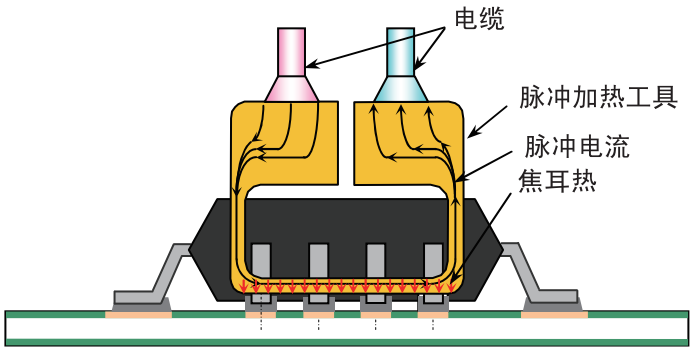


图 1-5 脉冲加热法

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。

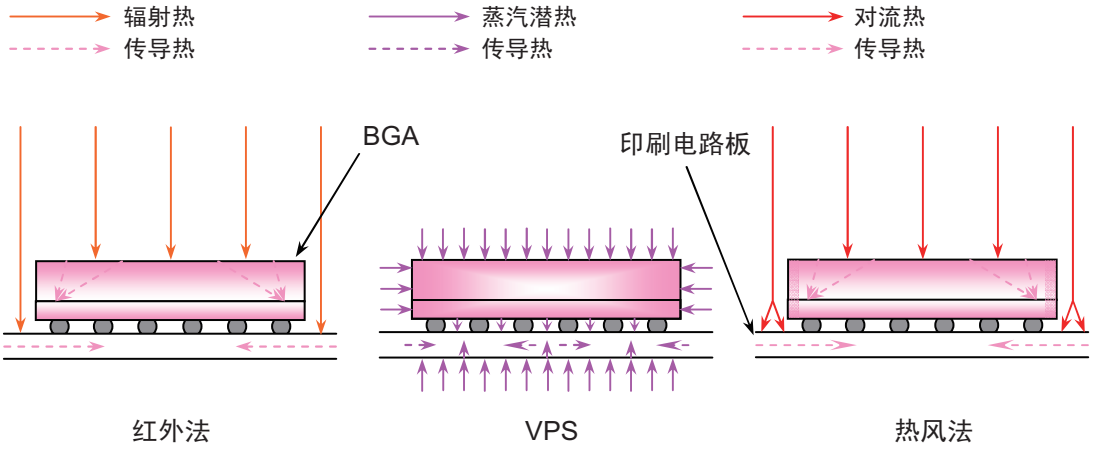


图 1-6 不同加热方法的热传输路径

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。

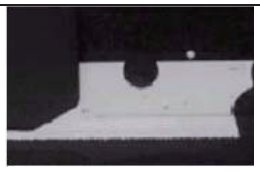
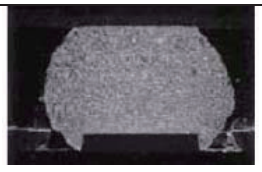
100 pin QFP	28 pin QFN	261 pin BGA	64 pin LGA
0.5mm节距	0.5mm节距	0.65mm节距	0.65mm节距
			

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。

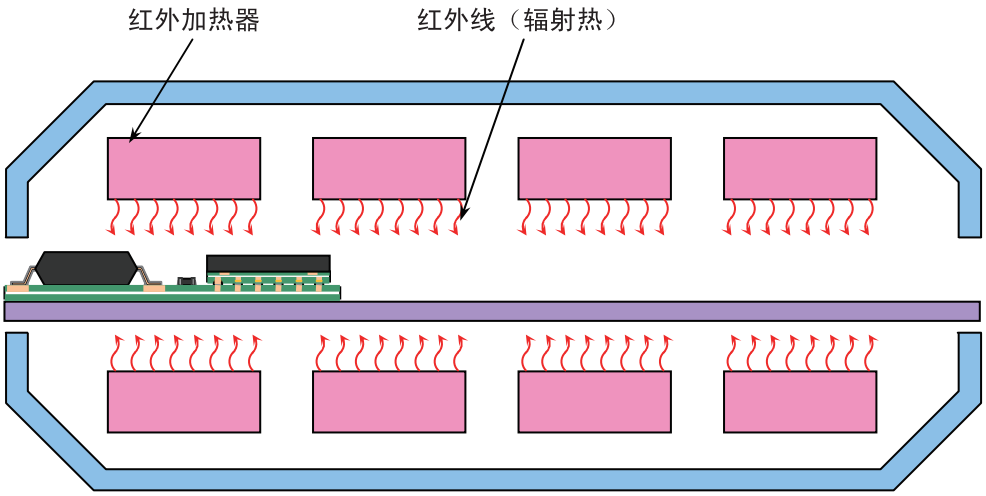


图 1-8 红外法（例）

(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。

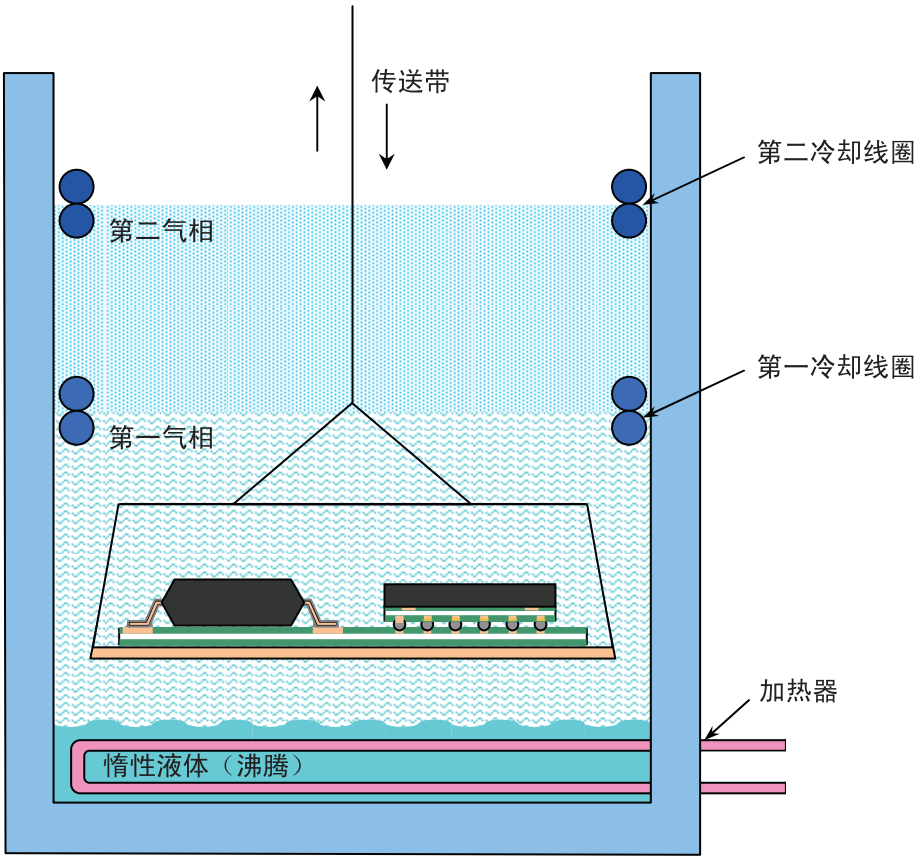


图 1-9 VPS（气相焊接法）（例）

(3) 热（温）风法（空气/N_2 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N_2）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。

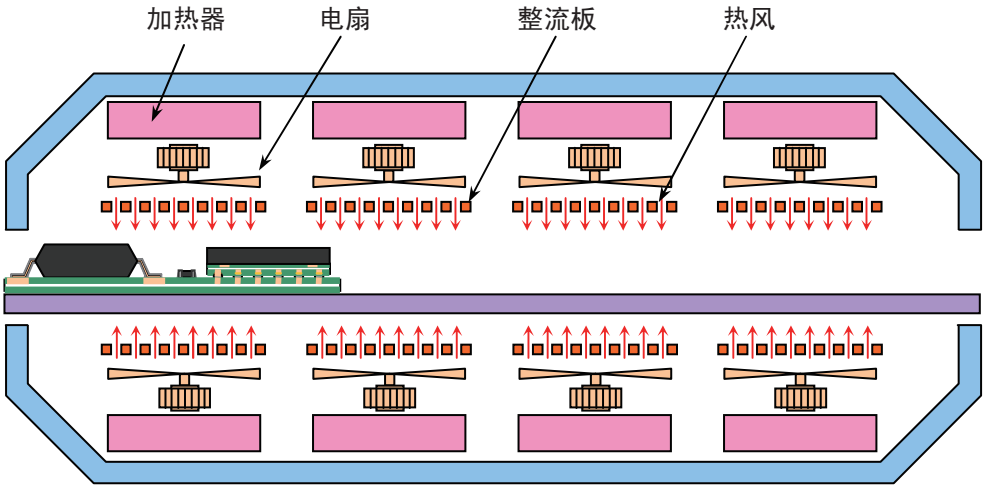


图 1-10 热风法（例）

(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。

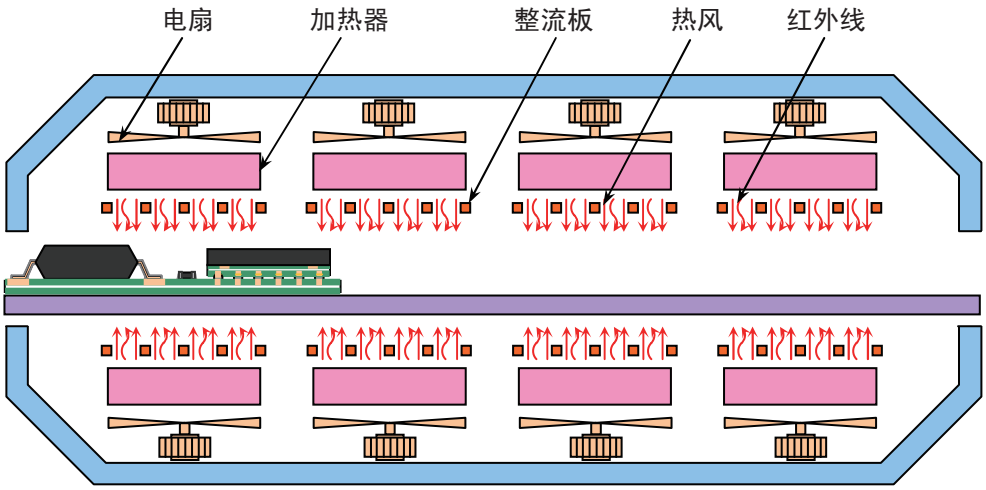


图 1-11 对流回流法（例）

(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）。

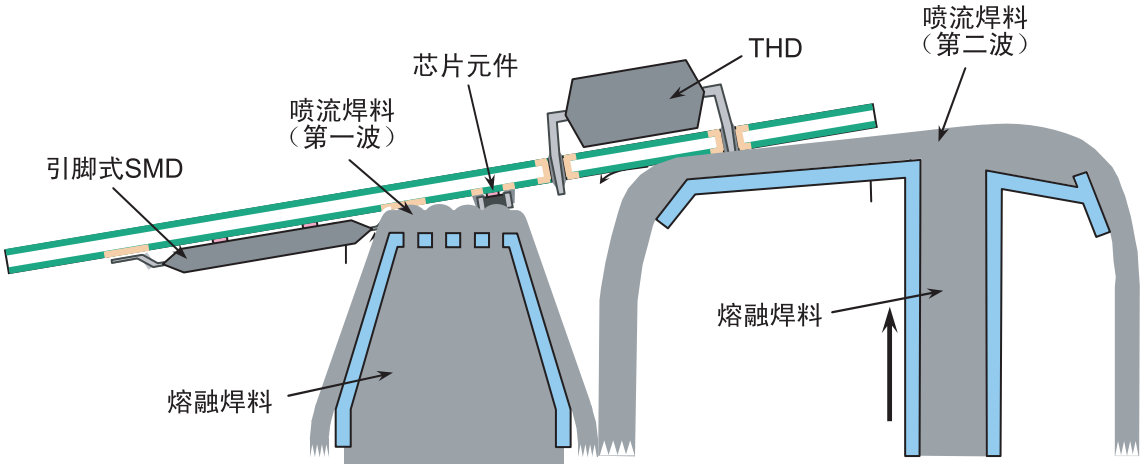


图 1-12 射流焊接法（例）

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)*4	LFPAK G-QFJ	HQFP*4 HLQFP*4 HTQFP*4 HSOP*4 HTSOP*4 HTSSOP*4 HSOI*4 HQFN*4 RP8P*4	SFP	DPAK(S)*4 其他分立 封装
部分加热（局部加热）	焊烙铁	○	○	○	○	○	×	○*5	○	×	×	○*5
	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	○	○*1	○*1*2	×	○	×	×	×	×	○	○

○：适用

×：不适用（应避免使用）

【注意】

*1

管脚节距(mm)	1.27	1.0	0.8	0.65	0.5	0.4
焊接	适合。				困难。	

* 耐热性因产品而异，请咨询瑞萨销售代表。

*2 一部分产品的焊料槽最高温度为235℃，通过焊料槽的最大时间为5秒。

*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 散热板外露型和贴片台外露型。

*5 避免使用焊烙铁加热散热板（贴片台）。

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

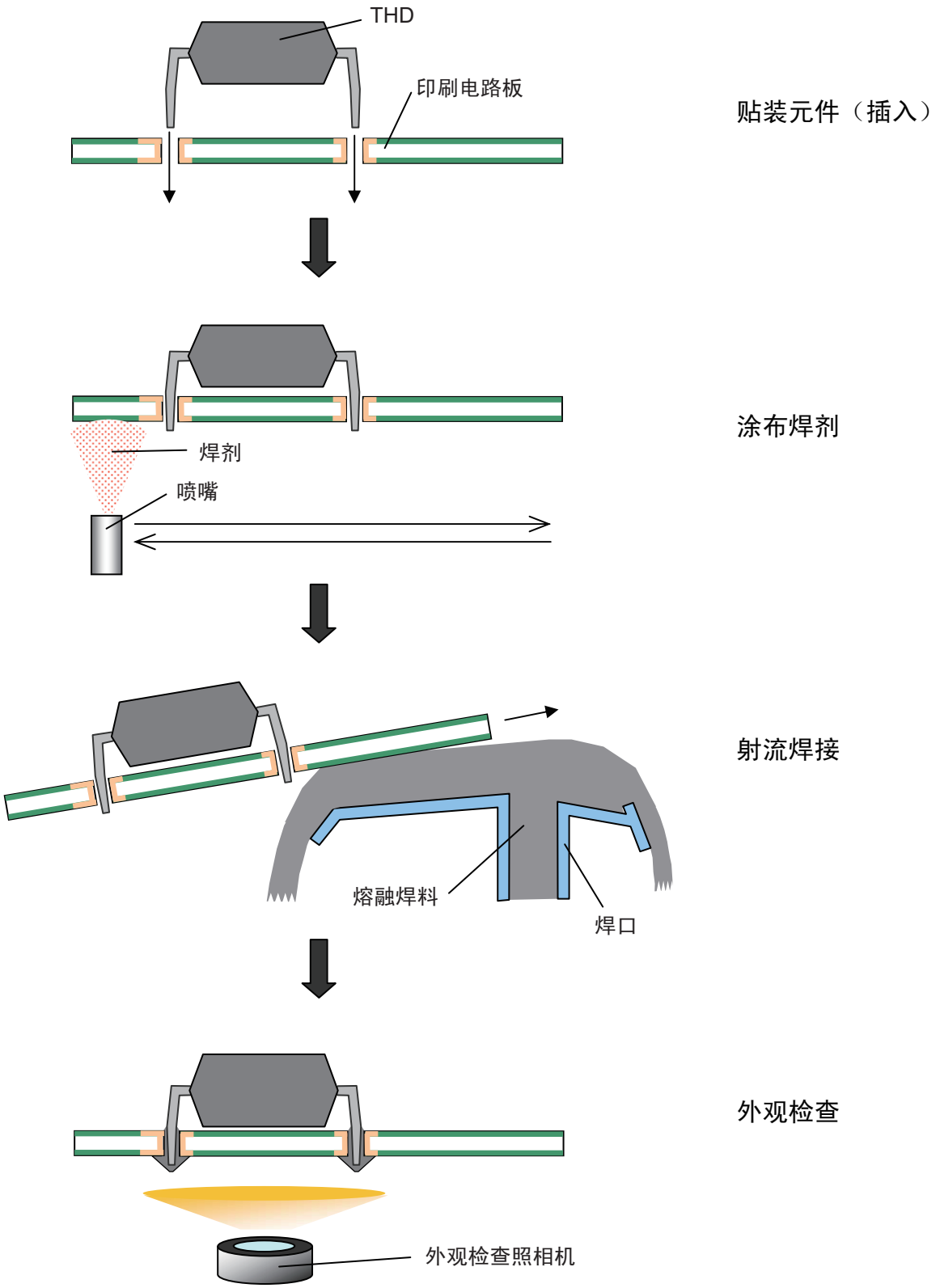
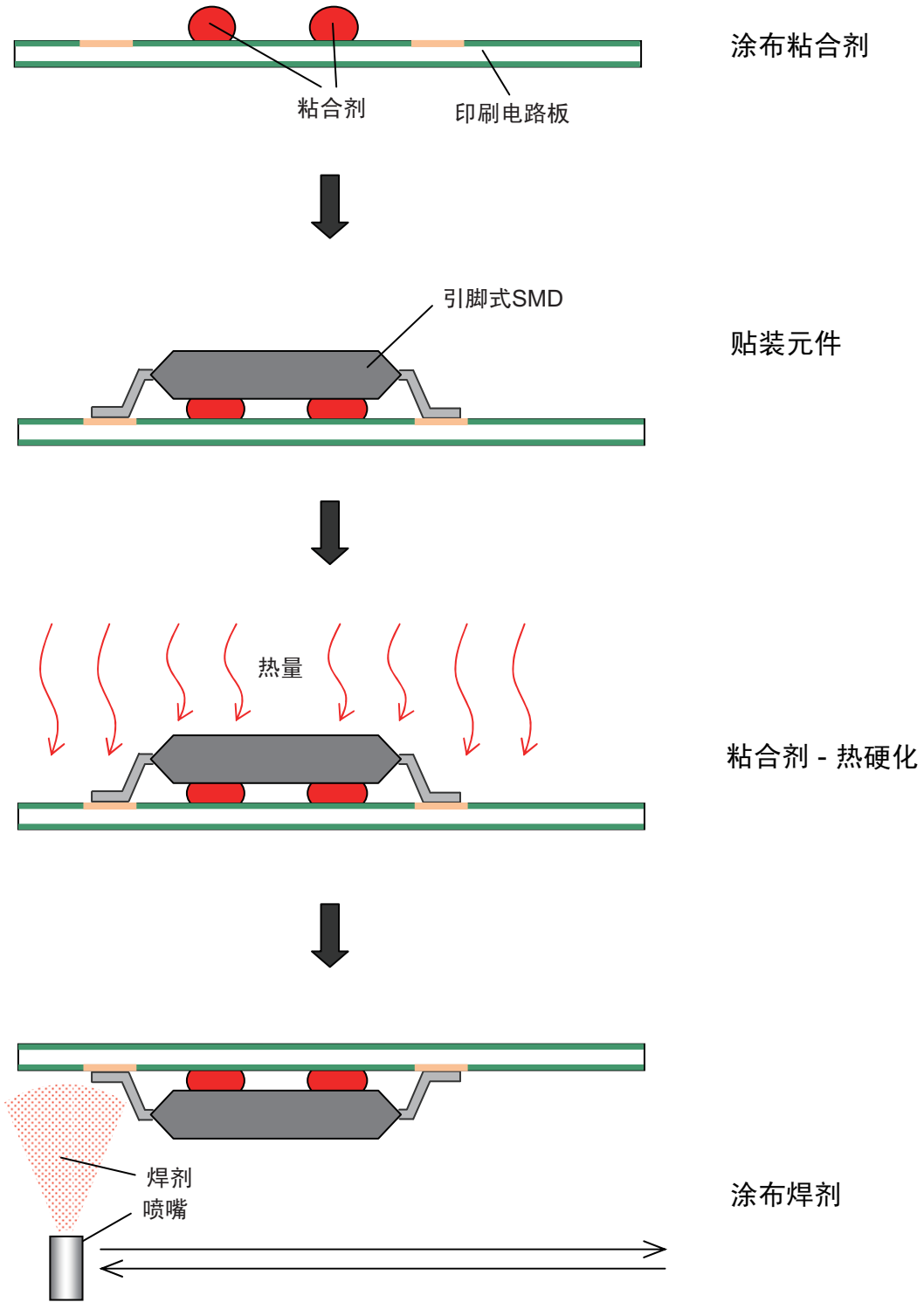


图 1-13 THD 的射流焊接

(2) SMD 的射流焊接



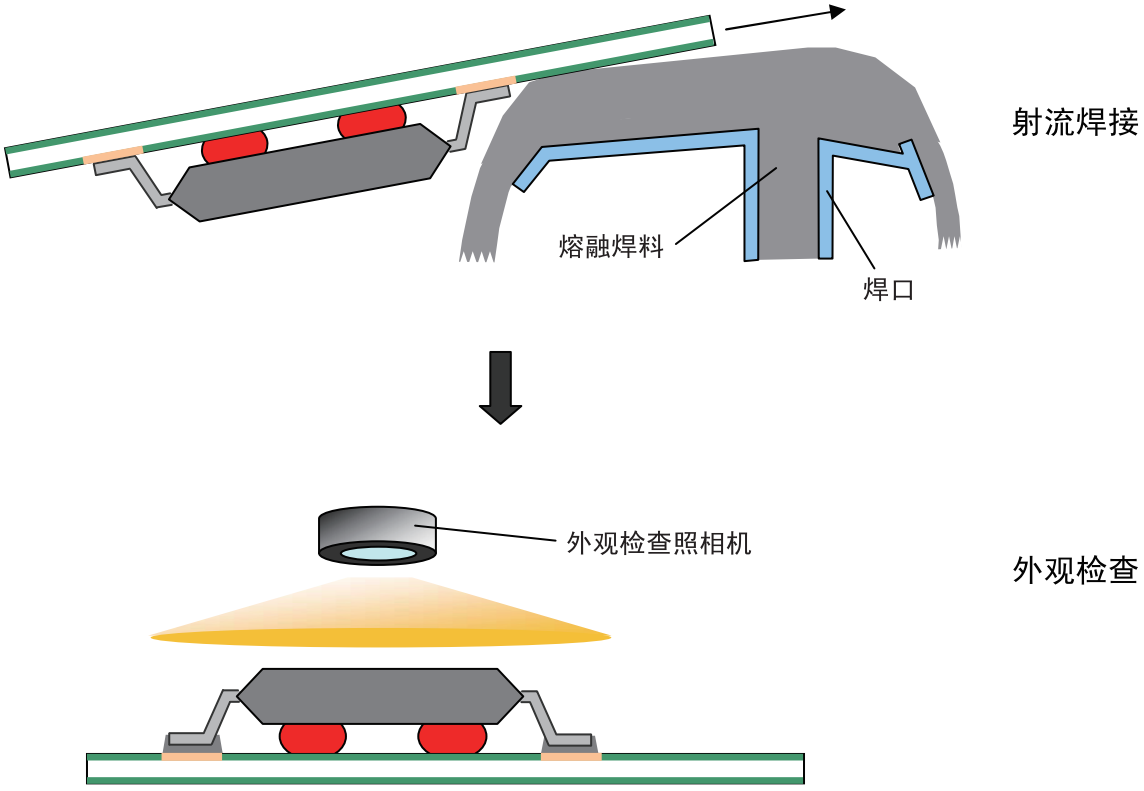


图 1-14 SMD 的射流焊接

(3) SMD 的回流焊接

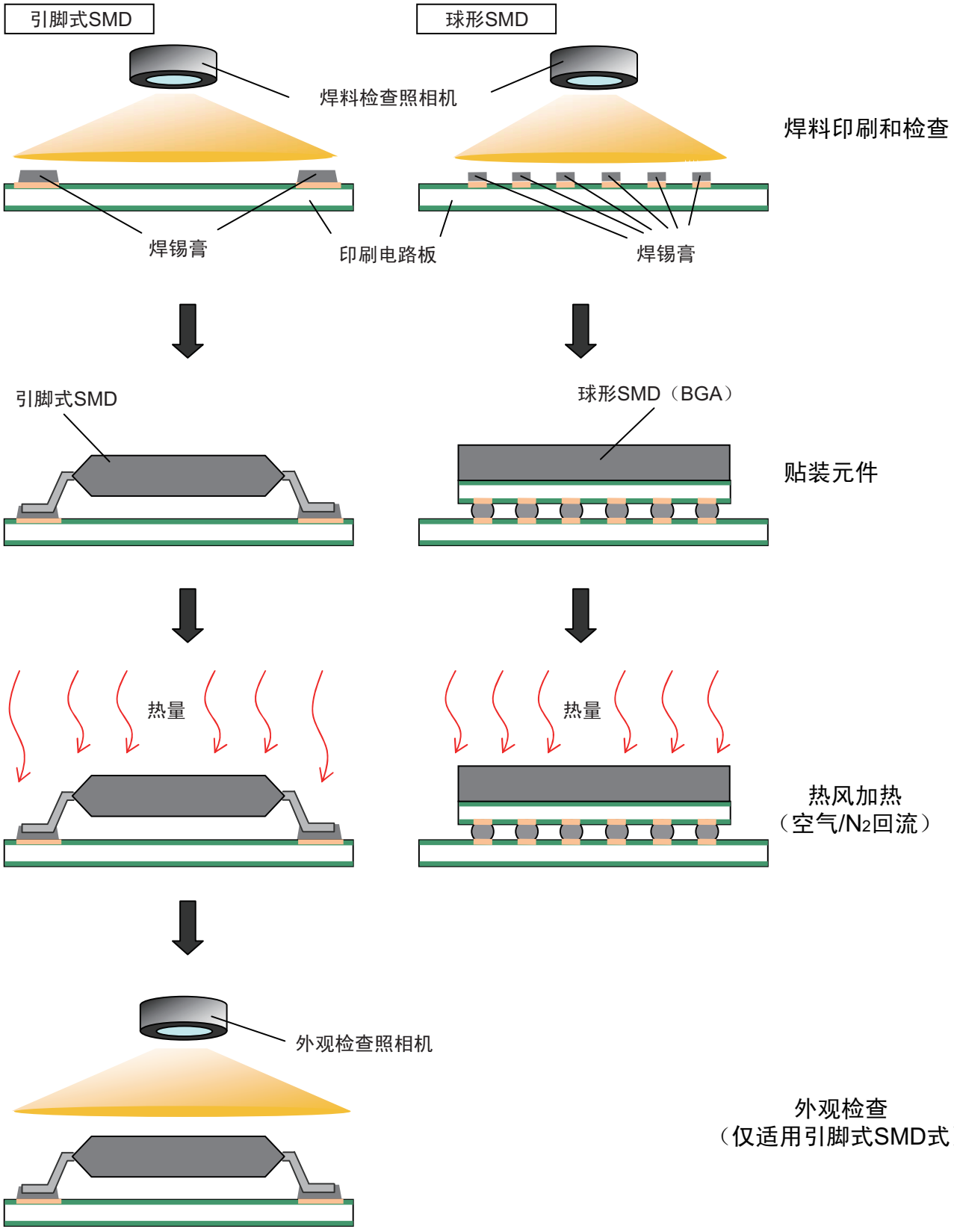
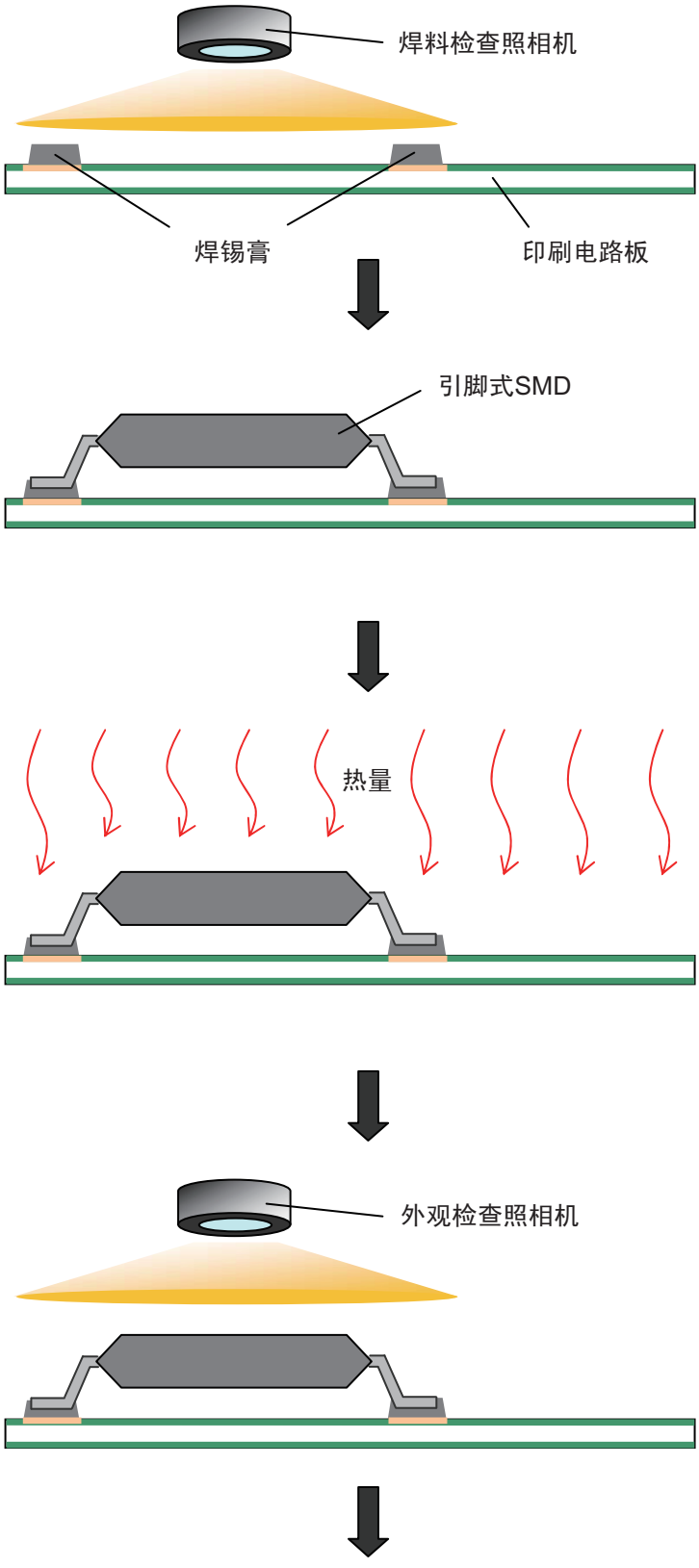


图 1-15 SMD 的回流焊接

1.1.9 双面安装

(1) SMD 的回流+THD/SMD 的射流焊接

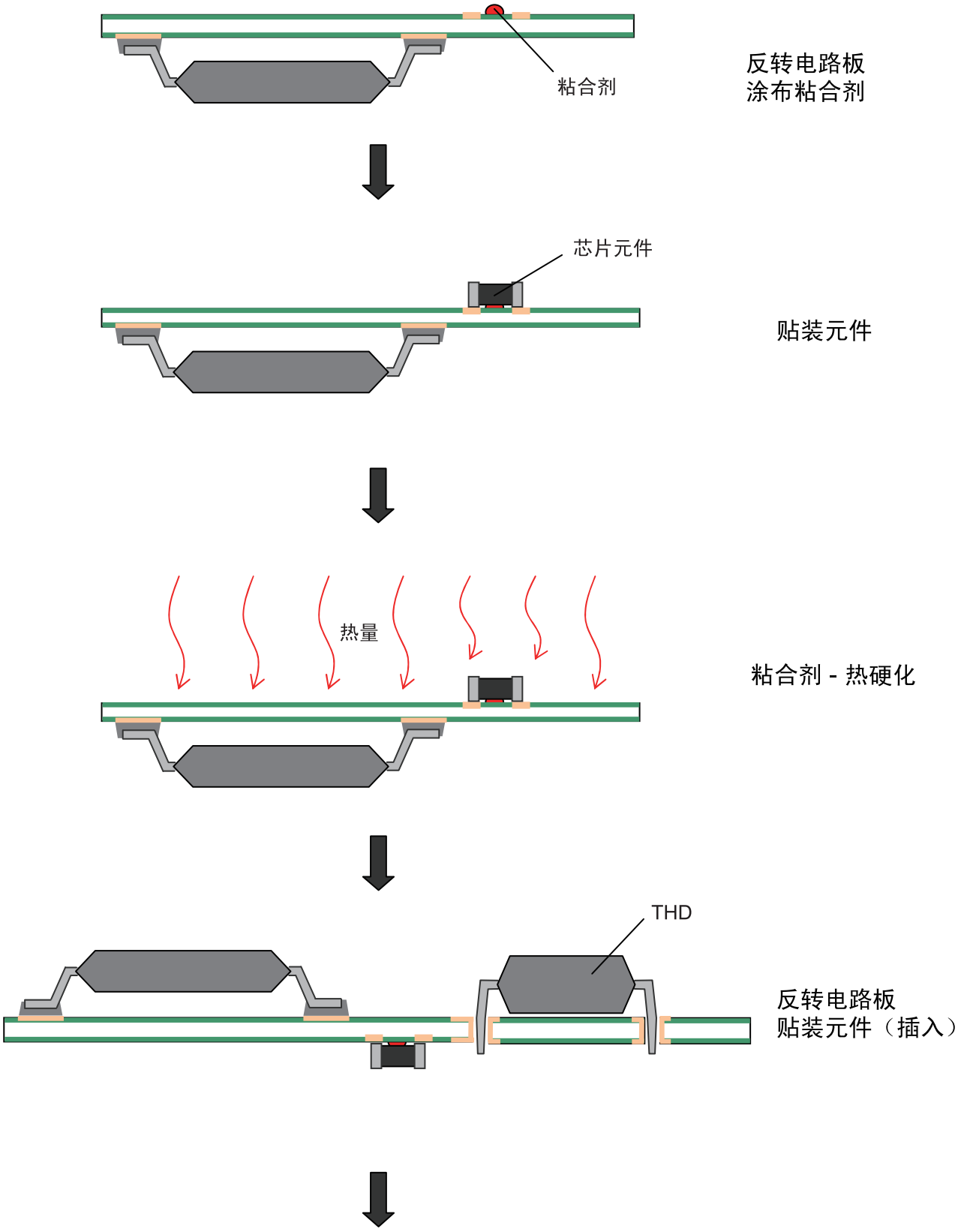


焊料印刷和检查

贴装元件

热风加热
（空气/N_2回流）

外观检查


粘合剂
反转电路板
涂布粘合剂
芯片元件
贴装元件
热量
粘合剂 - 热硬化
THD
反转电路板
贴装元件（插入）

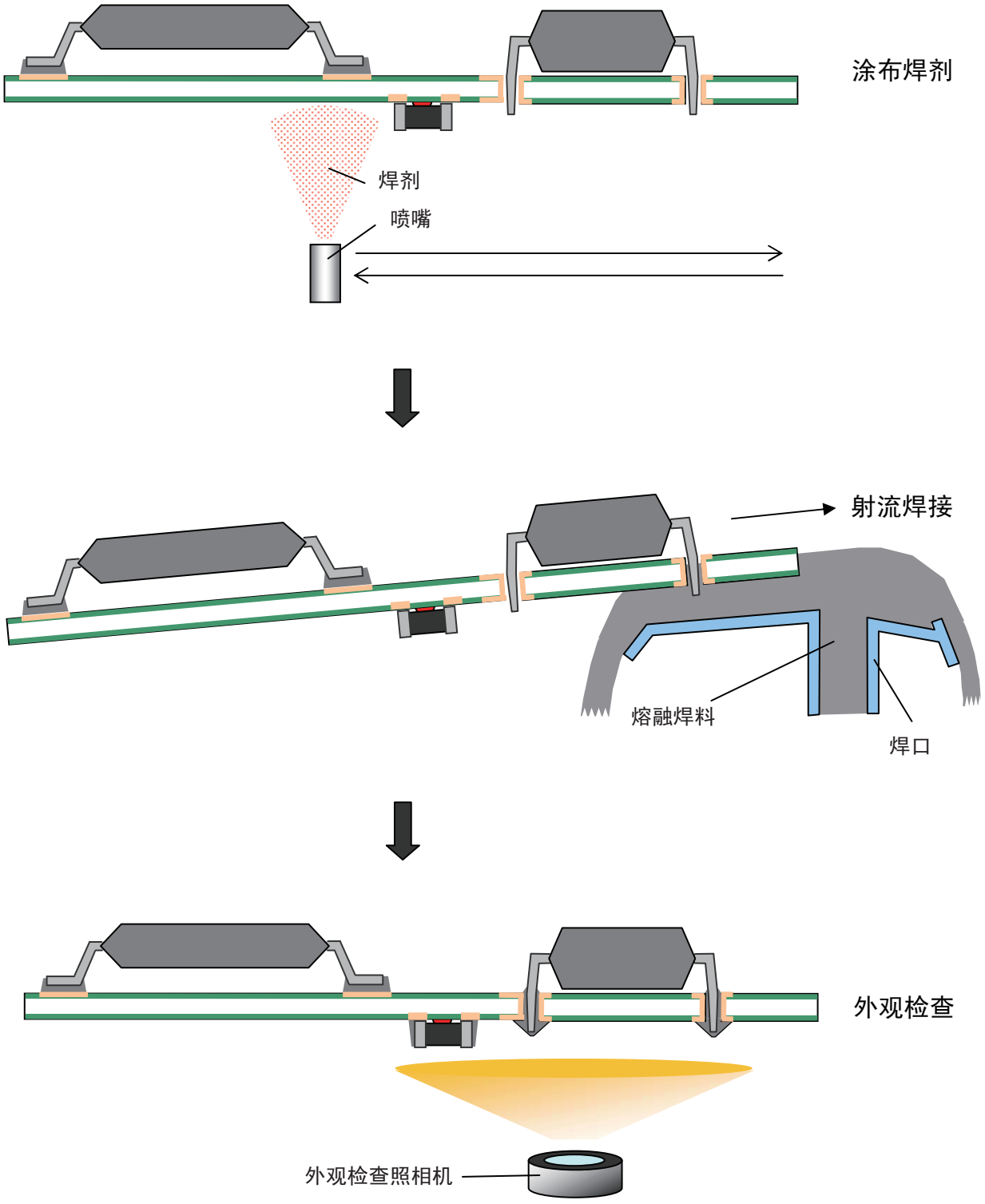
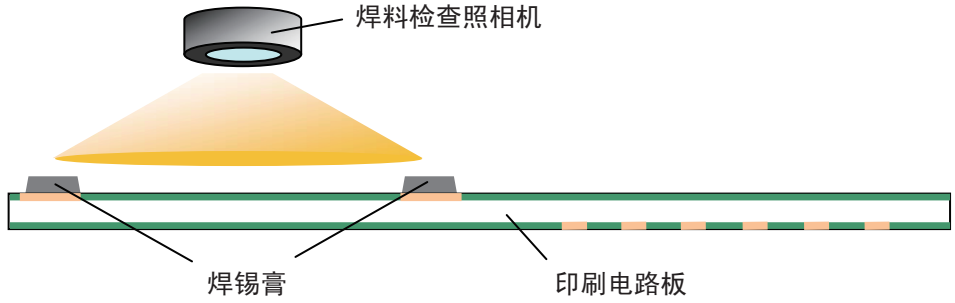
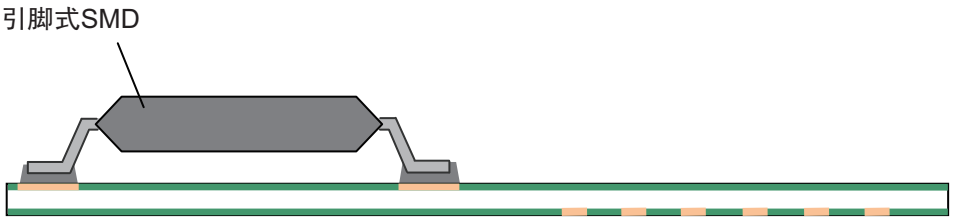


图 1-16 SMD 的回流+THD/引脚式 SMD 的射流焊接

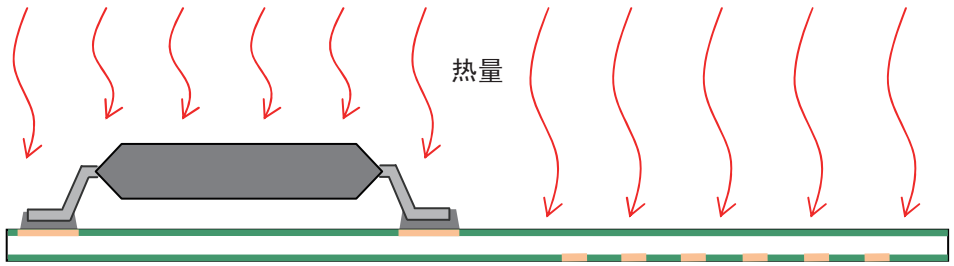
(2) SMD 的回流+SMD 的回流焊接



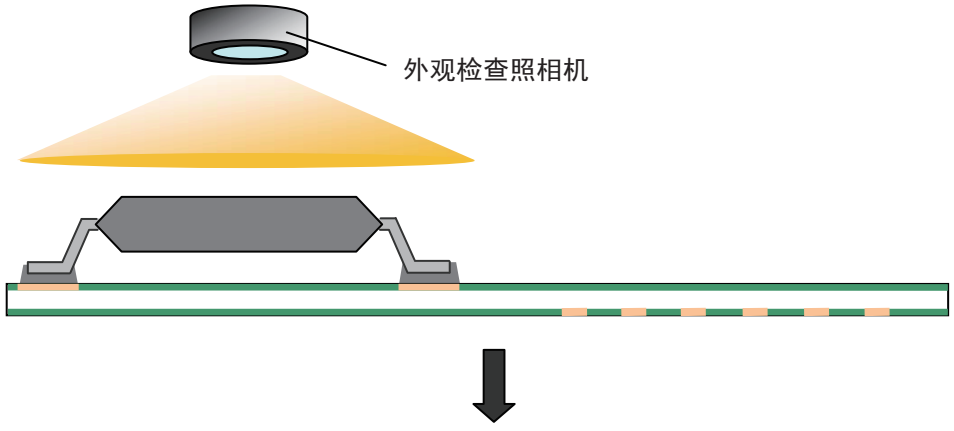
焊料印刷和检查



贴装元件



热风加热
（空气/N_2回流）



外观检查

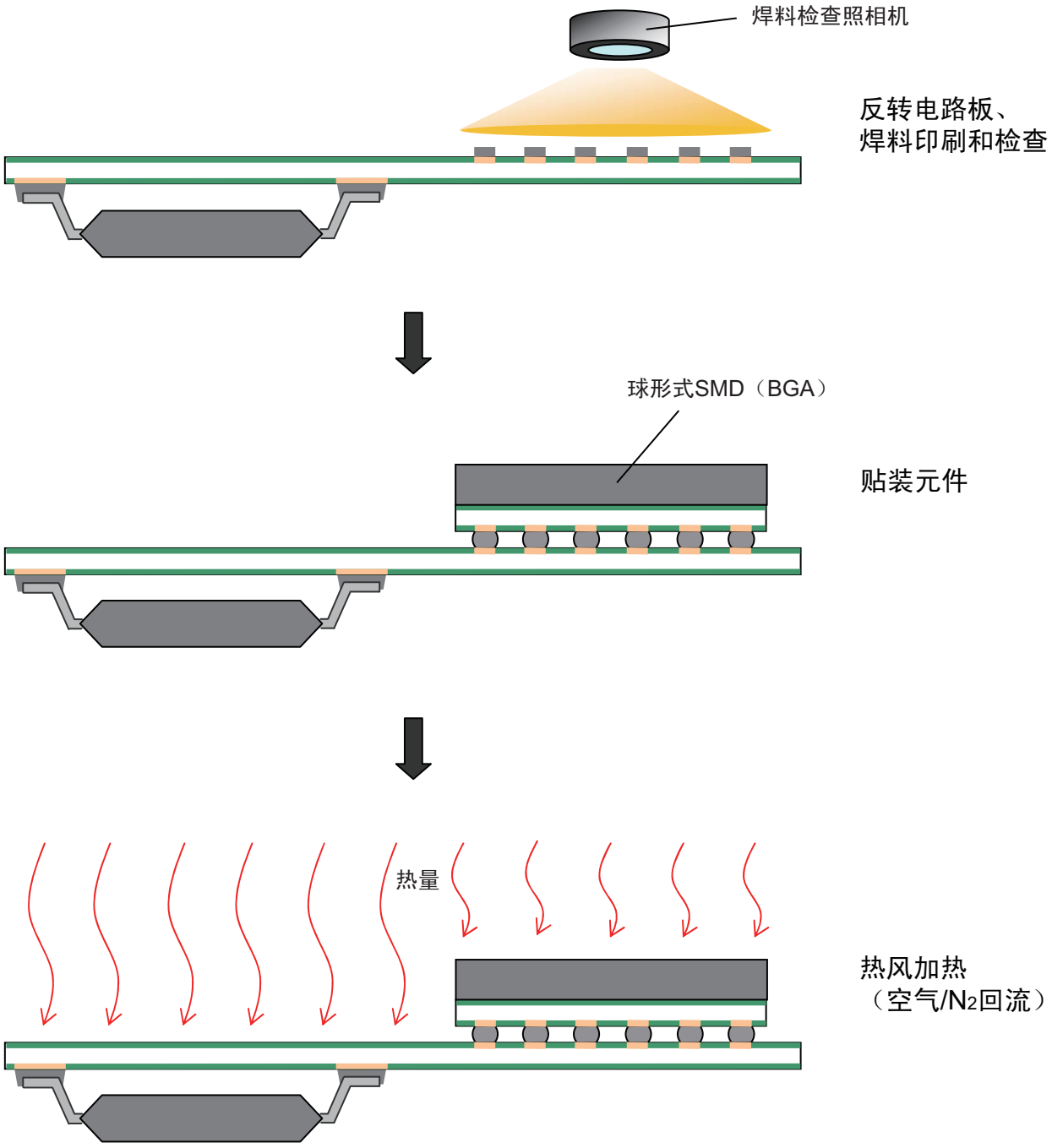
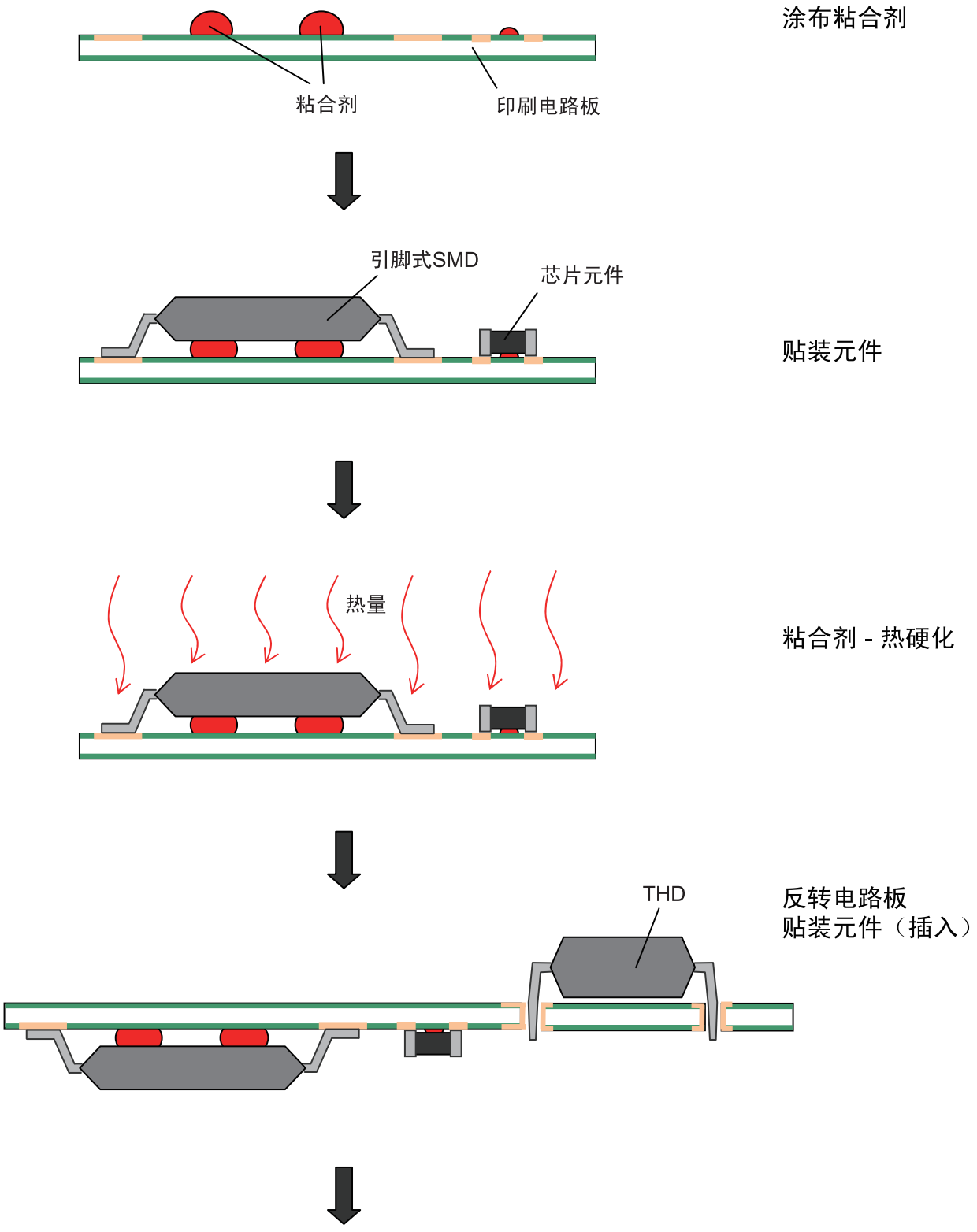


图 1-17 SMD 的回流+SMD 的回流焊接

(3) THD/引脚式 SMD 的射流焊接



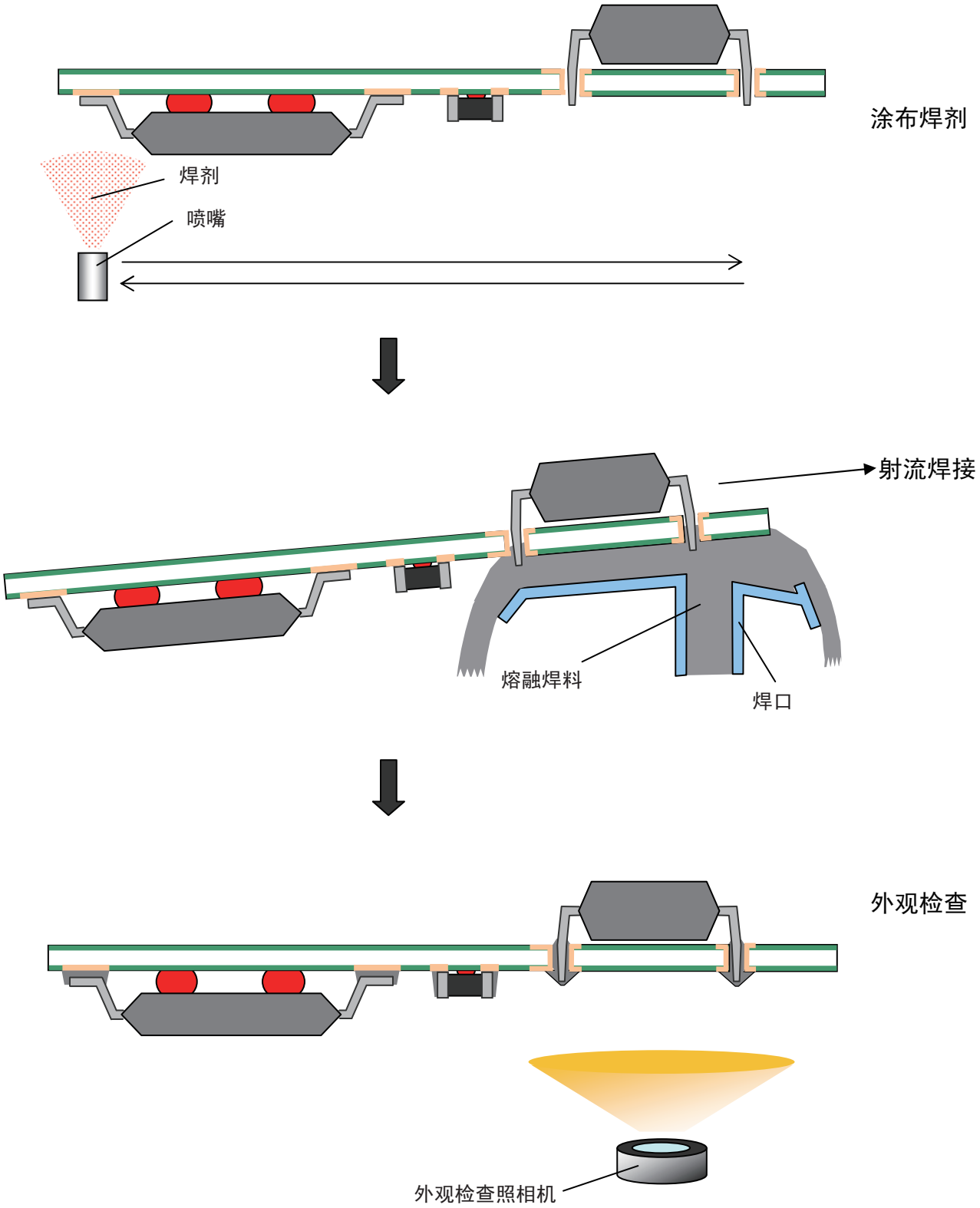


图 1-18 THD/引脚式 SMD 的射流焊接示意图

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 （β1）
- 形状的精度和焊接的目视检测性 （β2）
- 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。

⌖ X Ⓜ

- 符号⌖：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Ⓜ：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=⌖ ϕ0.08 Ⓜ

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。

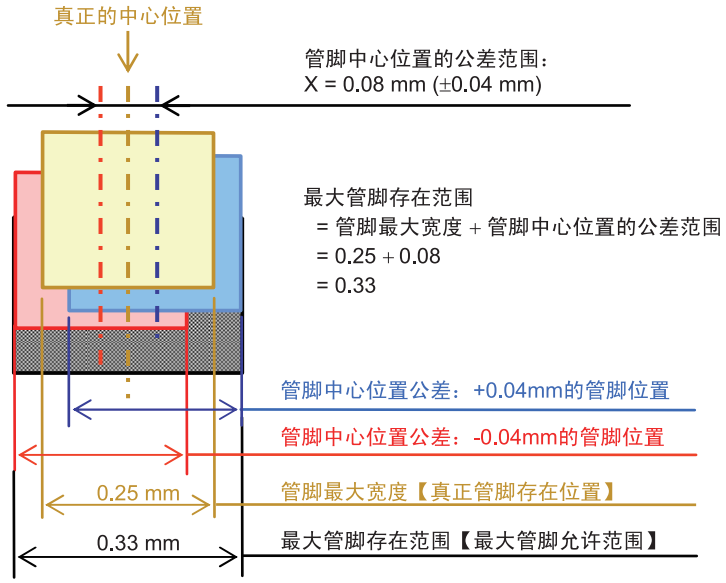


图 2-1 0.5 mm 节距 QFP 的管脚中心位置公差

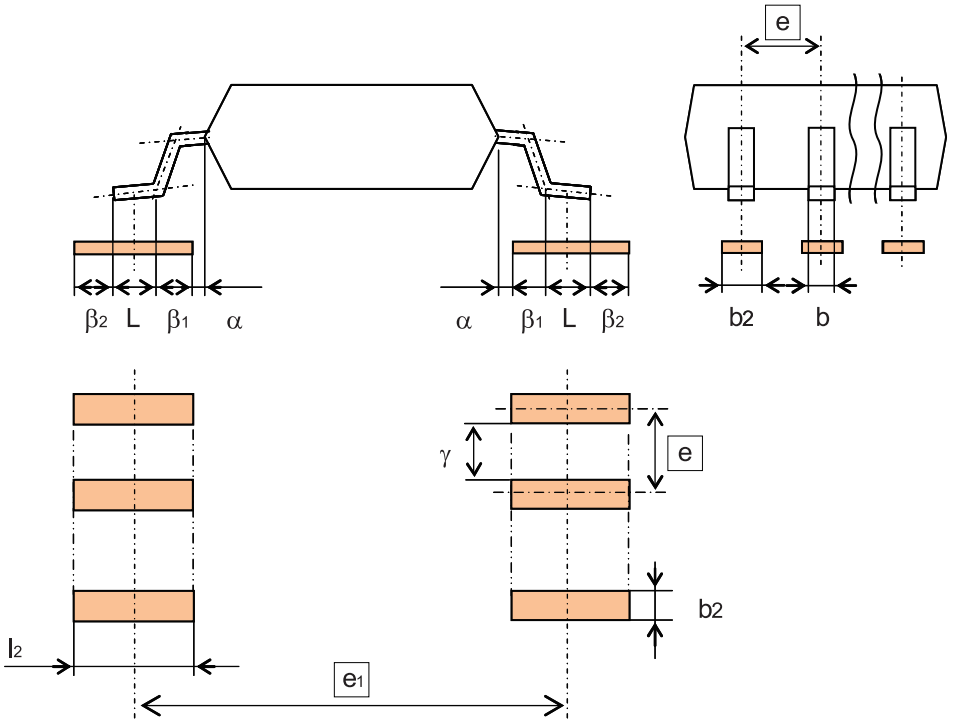
2.1.2 各封装的安装焊盘尺寸实例

- 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。



$l_2 = L + \beta_1 + \beta_2$

$b \le b_2 \le e - \gamma$

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

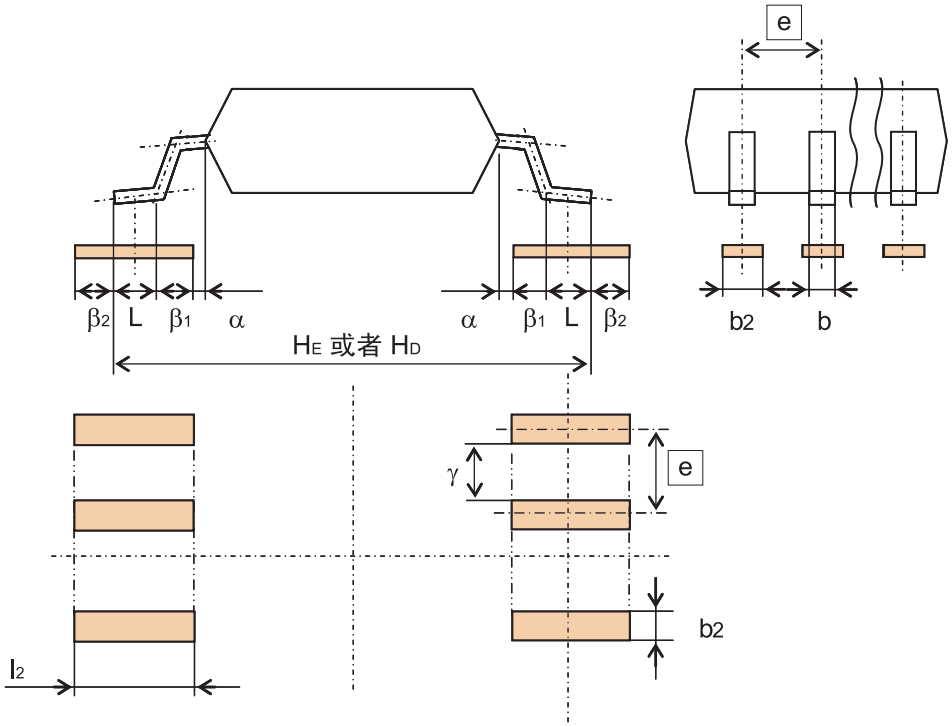
常数 \ e	1.27	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
α	0.20 以上	—	—	—	—	—
β1	0.20 至 0.50	—	—	—	—	—
β2	0.20	—	—	—	—	—
γ	0.30	—	—	—	—	—

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。



$l_2 = L + \beta_1 + \beta_2$

$b \le b_2 \le e - \gamma$

• 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	←	←	←
β1	—	—	—	0.20 至 0.25	←	←	←
β2	—	—	—	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
β1	0.20 至 0.25	←	←	←	—	—	0.20 至 0.25
β2	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

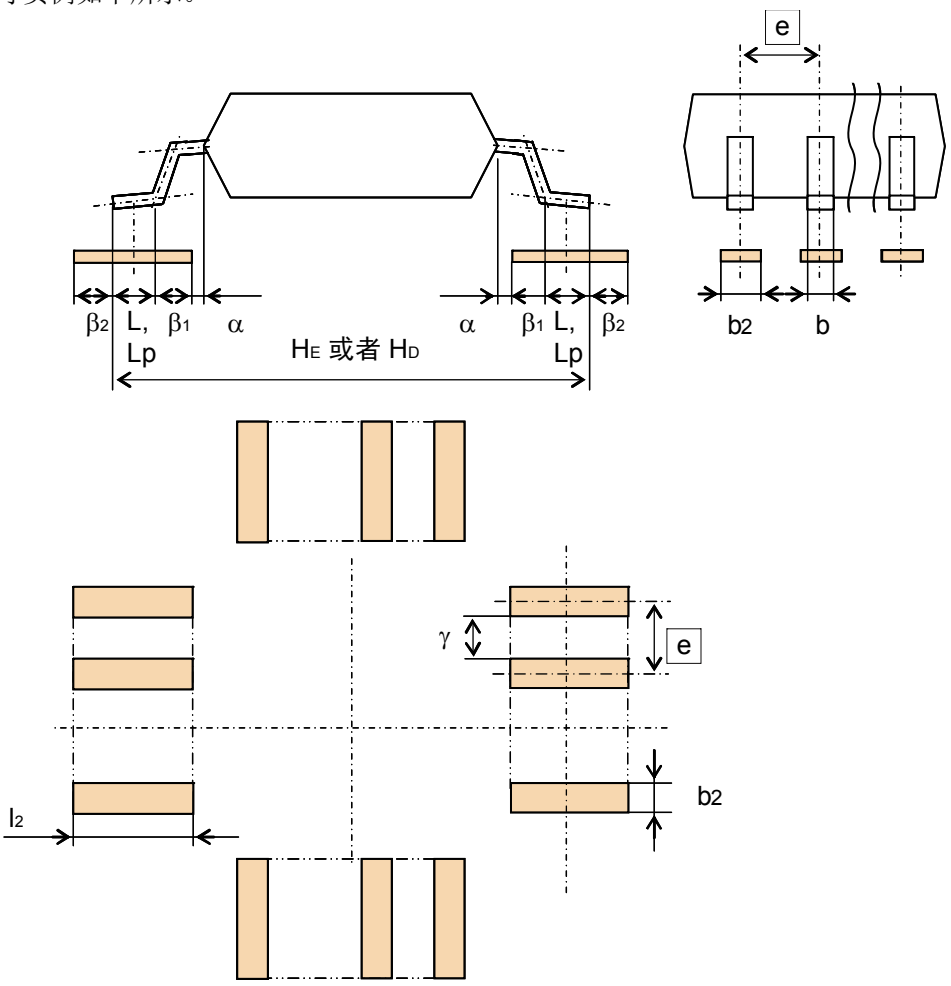
常数 \ e	1.27	1.00	0.80	0.65	0.55	0.50	0.40
α	—	0.10 至 0.30	←	←	—	0.10 至 0.30	←
β1	—	0.20 至 0.55	←	←	—	0.20 至 0.40	←
β2	—	0.20 至 0.40	←	←	—	0.20 至 0.40	←
γ	—	0.30	←	←	—	0.25	0.20

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。



$l_2 = L \text{ or } Lp + \beta_1 + \beta_2$

$b \le b_2 \le e - \gamma$

• 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	←
β1	0.50	←	←	0.20 至 0.40	←
β2	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

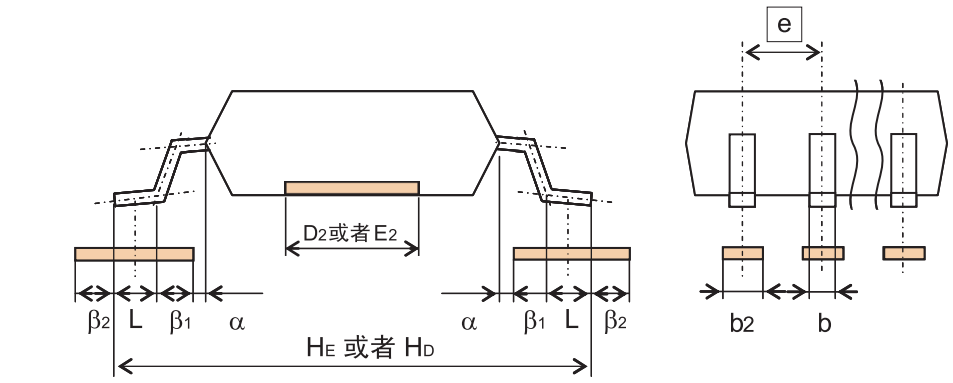
常数 \ e	1.00	0.80	0.65	0.50	0.40
α	0.10 至 0.30	←	←	←	←
β1	0.20 至 0.40	←	←	←	←
β2	0.20 至 0.40	←	←	←	←
γ	0.30	←	←	0.25	0.20

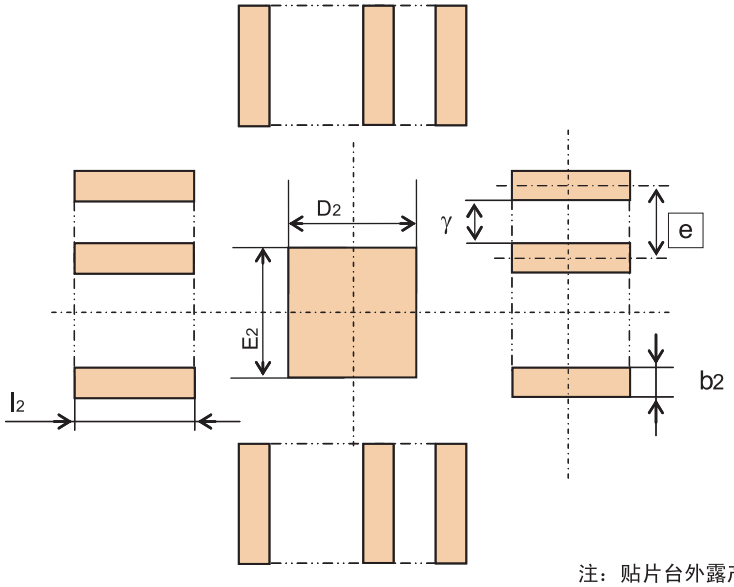
图 2-4 QFP、HQFP、LQFP、TQFP 和 HTQFP 实例

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。





注：贴片台外露产品的贴片台背面需焊接时，需设计与露出的贴片台同样尺寸的安装焊盘($E_2 \times D_2$)。

$l_2 = L + \beta_1 + \beta_2$

$b \le b_2 \le e - \gamma$

• 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	←
β1	0.50	←	←	0.20 至 0.40	←
β2	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	←	←	←	←
β1	0.20 至 0.40	←	←	←	←
β2	0.20 至 0.40	←	←	←	←
γ	0.30	←	←	0.25	0.20

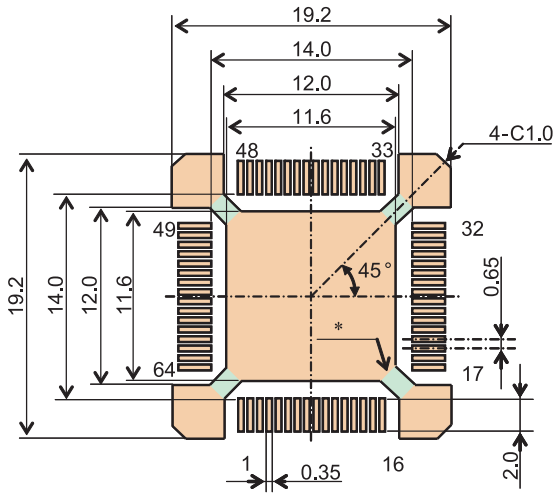
图 2-5 HQFP、HLQFP、HTQFP 实例

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

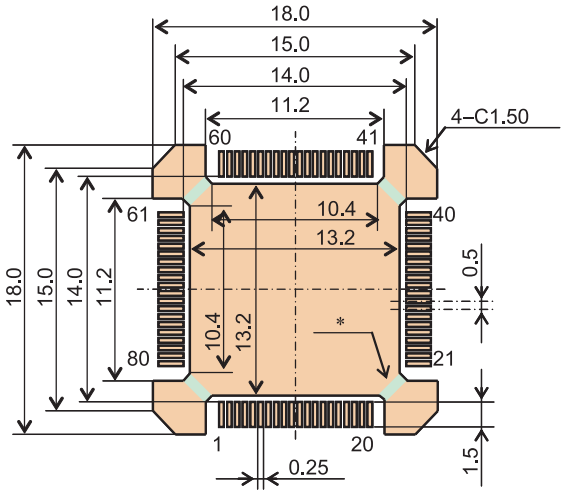
安装焊盘尺寸实例如下所示。

PRQP0064JB-A



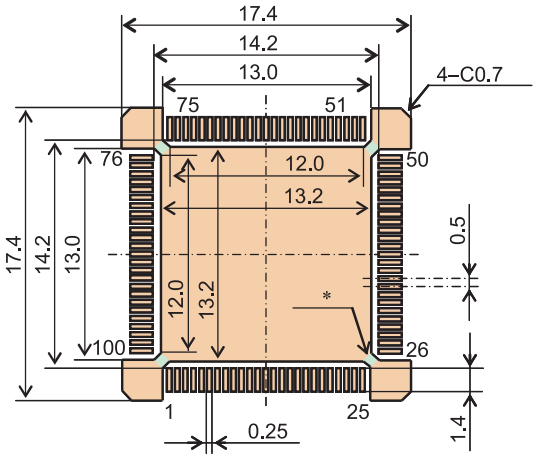
注：为了确保散热板角部焊接点的焊料量，请在电路板上设置丝网或者防焊漆以防止焊料流出。

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

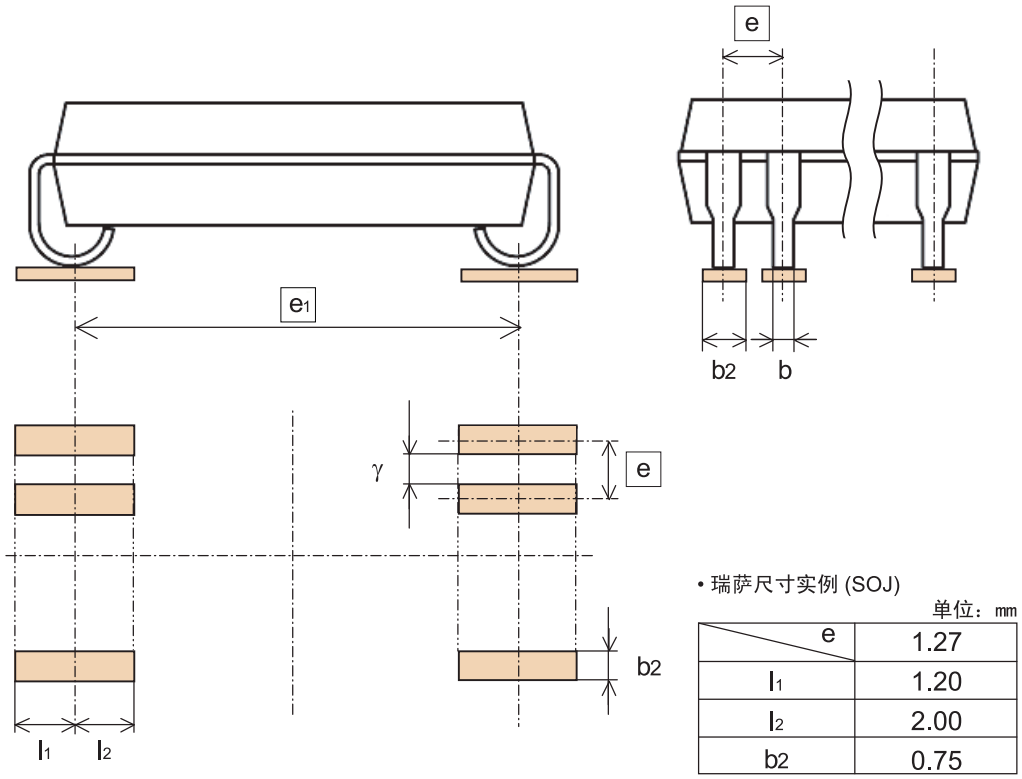


注：为了确保散热板角部焊接点的焊料量，请在电路板上设置丝网或者防焊漆以防止焊料流出。

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。



• 瑞萨尺寸实例 (SOJ)

单位：mm

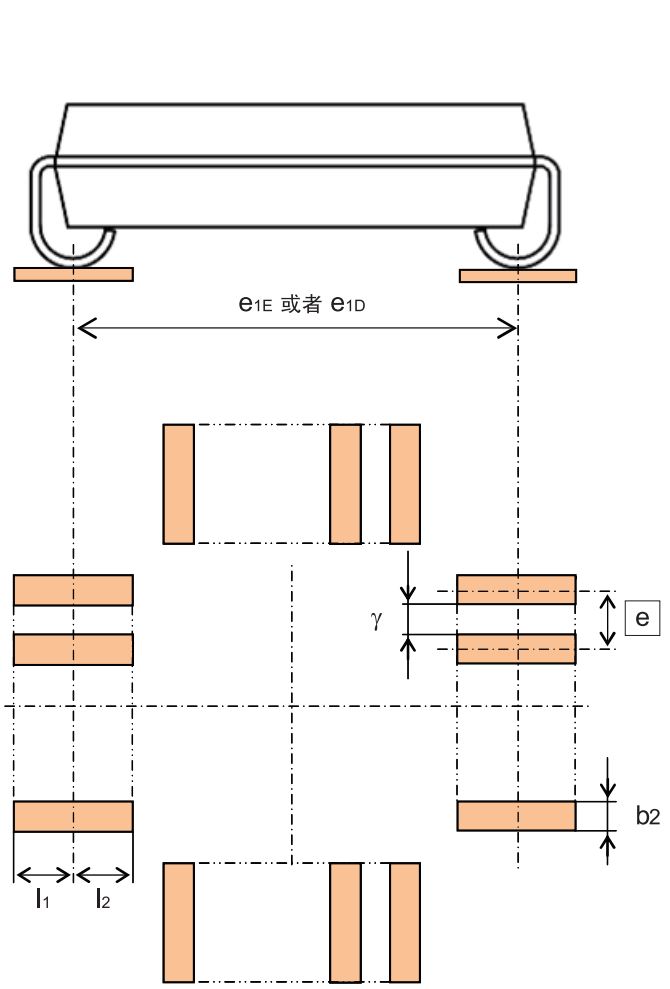
e	1.27
l_1	1.20
l_2	2.00
b2	0.75

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。



• 瑞萨尺寸实例 (QFJ)

单位：mm

e	1.27
l_1	1.20
l_2	2.00
b2	0.75

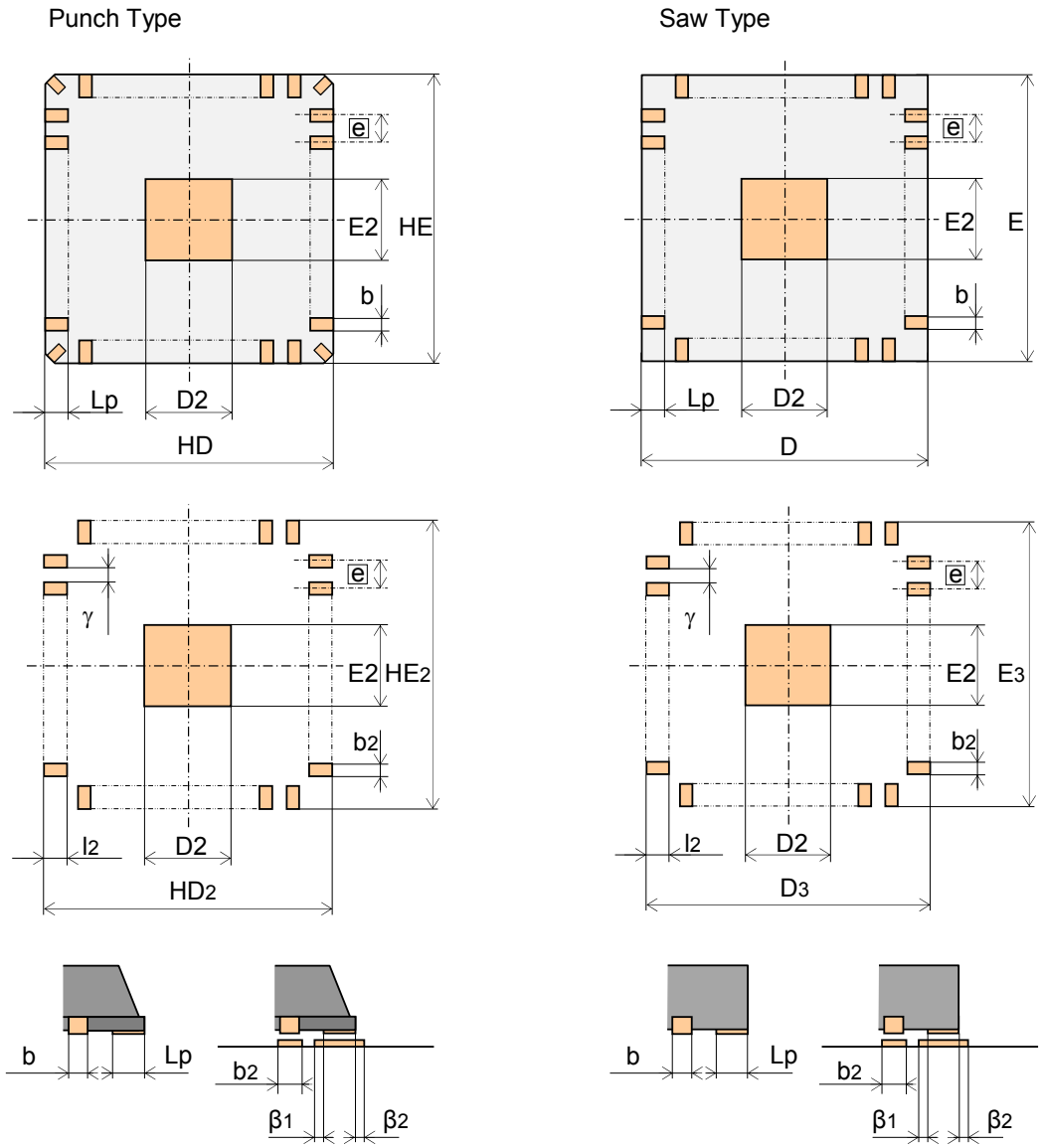
图 2-8 QFJ 实例

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

	0.8	0.5	0.4
β_1	0 至 0.3	0 至 0.3	0 至 0.2
β_2	0 至 0.3	0 至 0.3	0 至 0.2
γ	0.1 至 0.3	0.1 至 0.3	0.1 至 0.2

$l_2 = L + \beta_1 + \beta_2$

$b \leqq b_2 \leqq e - \gamma$

・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=ϕ0.30 ±0.05 mm

管脚中心位置的公差范围= ⌖ ϕ0.05 Ⓜ

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、ϕ0.40 mm的范围。

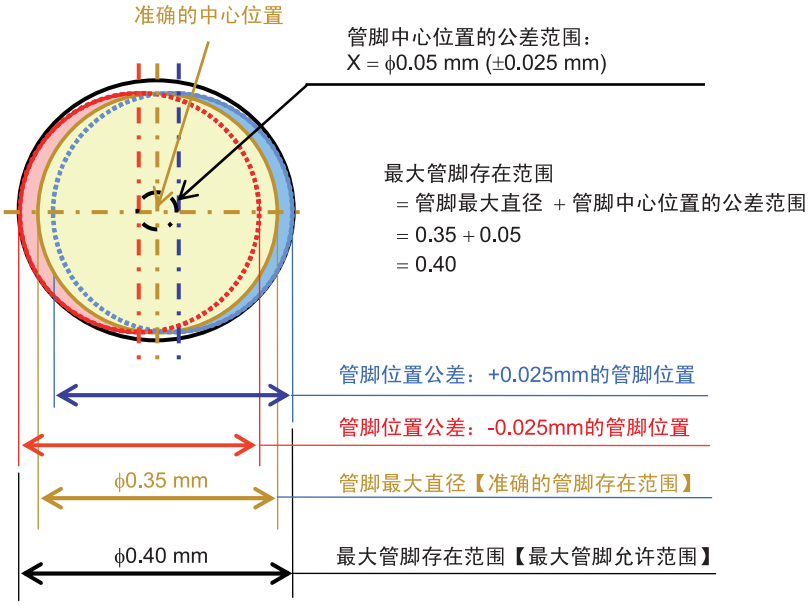


图 2-10 0.5 mm 节距 BGA 的管脚中心位置公差

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：

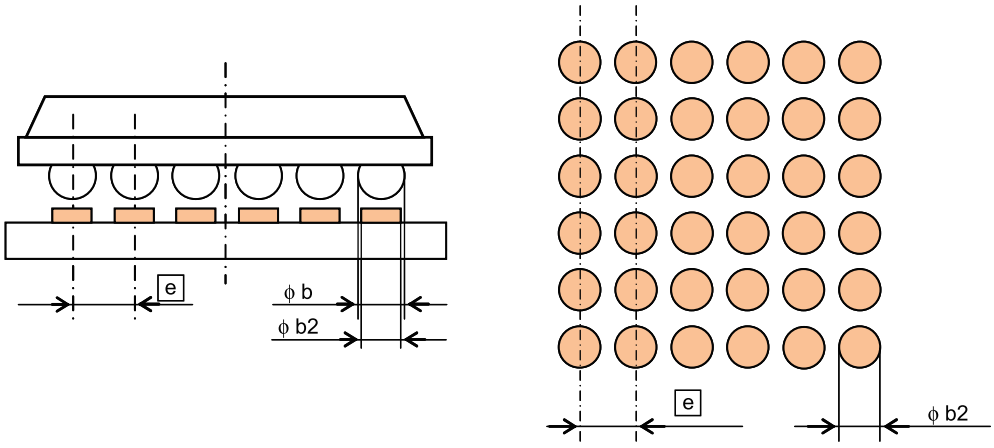
- 由于焊接强度高于 SMD 型，温度循环的寿命也比 SMD 型长。
- 容易由于机械应力而发生焊盘的剥离或者与焊盘连接的配线颈部断线。

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	0.35 至 0.45	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。

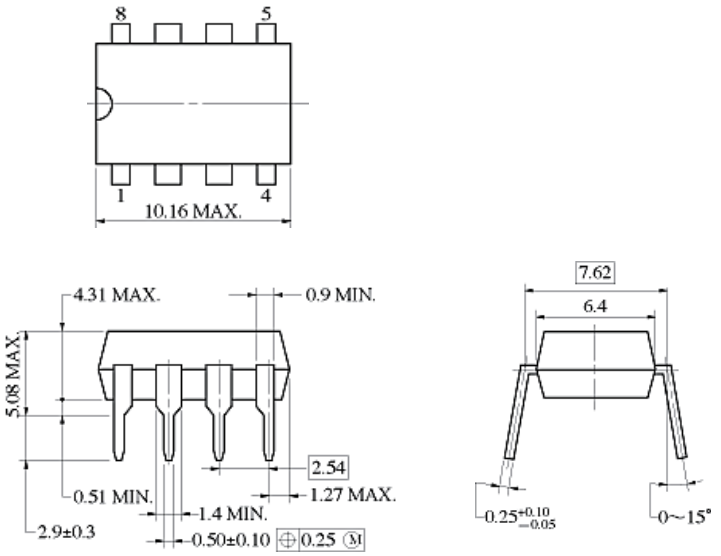


图 2-12 8pin・塑料 DIP [7.62 mm（300）] 的外形图

管脚存在范围必须在由管脚节距 e = 2.54 mm与管脚列间距 e1 = 7.62 mm、管脚宽度的最大值、管脚位置度公差x = 0.25 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 ±0.10
- 管脚列间距 e1 = 7.62
- 管脚厚度 c = 0.25+0.10/-0.05
- 管脚中心位置公差 = ϕ0.25 M

表 2-1 管脚中心位置公差

⌖	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 mm（理论上正确的尺寸位置±x/2 的公差）。 当e_1=7.62 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。
Ⓜ	表示在管脚宽度 b MAX= 0.60 mm 时，位置公差可达到 x = 0.25 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）

管脚宽度方向的存在范围 =2x [b MAX./2 + x/2] = 2 × [（0.50+0.1）/2+0.25/2]
=2x [0.85/2] = 0.85 mm
管脚厚度方向的存在范围 =2x [c MAX./2 + x/2] = 2 × [（0.25+0.1）/2+0.25/2]
=2x [0.60/2] = 0.60 mm
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。

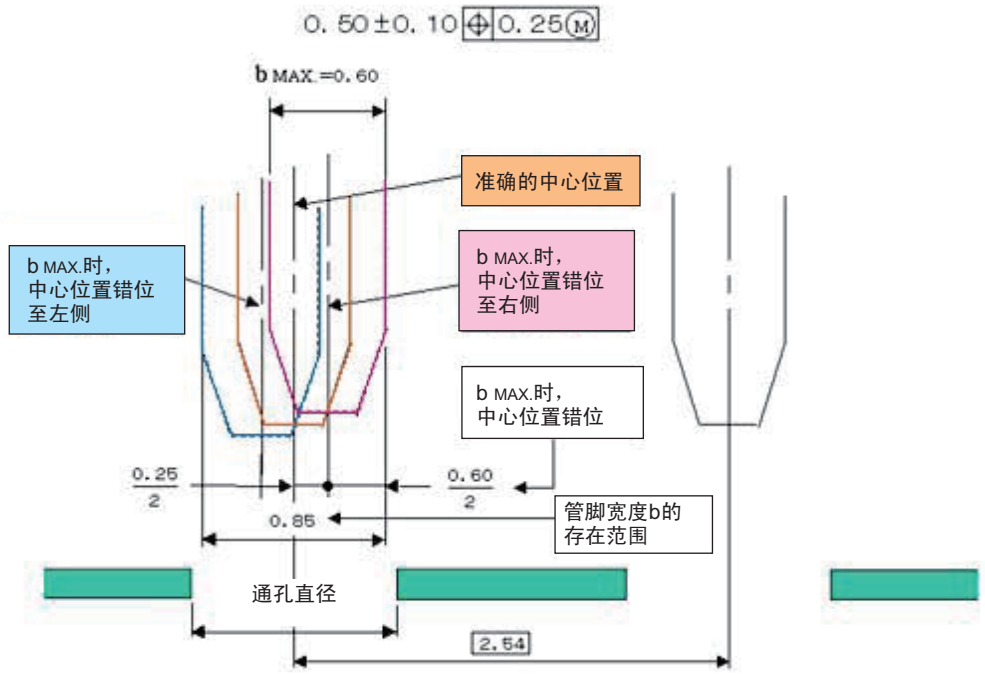


图 2-13 管脚宽度方向的中心位置错位和印刷电路板通孔直径之间的关系

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。

$$r = \sqrt{(x/2 + bMAX./2)^2 + (cMAX./2)^2}$$
$$= \sqrt{(0.25/2 + 0.60/2)^2 + (0.35/2)^2}$$
$$= 0.46\ (\text{mm})$$

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

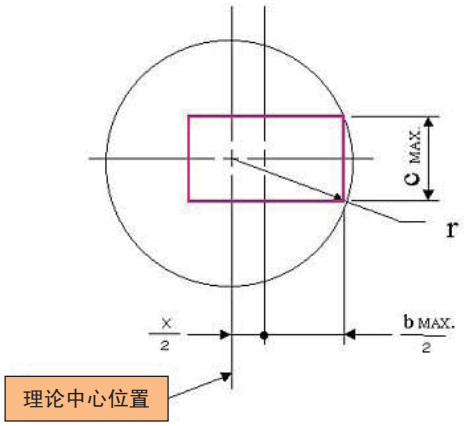


图 2-14 将管脚厚度考虑在内的管脚位置错位和印刷电路板通孔直径之间的关系

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ϕ0.92 mm，一般来说使用ϕ0.8 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e_1（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 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	导电体		
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，形成安装焊盘的导电体是铜箔，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（Tg）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有重要的影响。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。

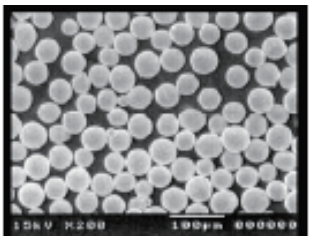
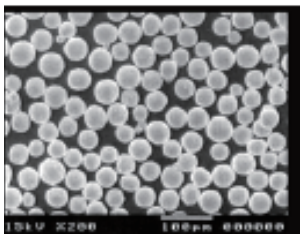
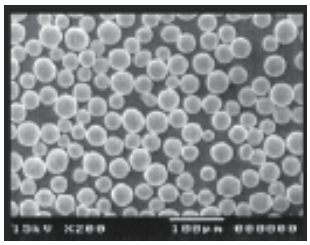
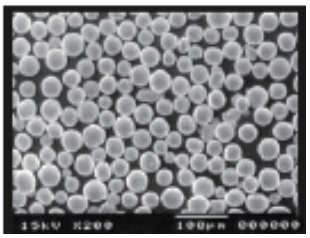
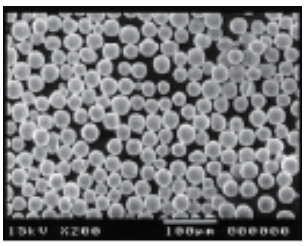
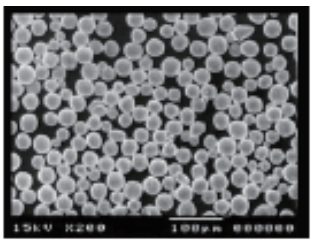
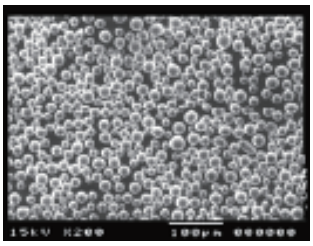
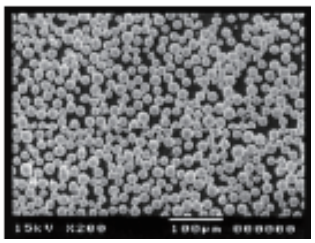
焊锡粉粒度范围	Sn-3Ag-0.5Cu 焊料颗粒	Sn-37Pb 焊料颗粒
类型 2 0.075mm 至 0.045mm		
类型 3 0.045mm 至 0.020mm		
类型 4 0.038mm 至 0.020mm		
类型 5 0.025mm 至 0.010mm		

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
类型 2 0.075 至 0.045mm	○	○	○			
类型 3 0.045 至 0.020mm			○	○	○	
类型 4 0.038 至 0.020mm				○	○	○
类型 5 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
类型 2 0.075 至 0.045mm	○	○	○			
类型 3 0.045 至 0.020mm			○	○		
类型 4 0.038 至 0.020mm				○	○	
类型 5 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。

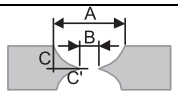
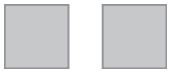
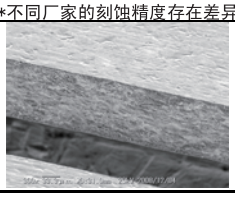
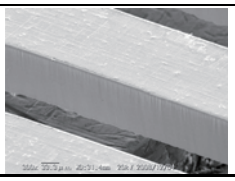
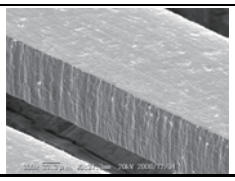
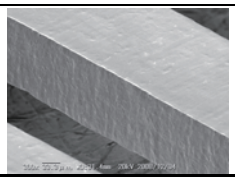
(a) 金属掩模类型

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膜的背面（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。

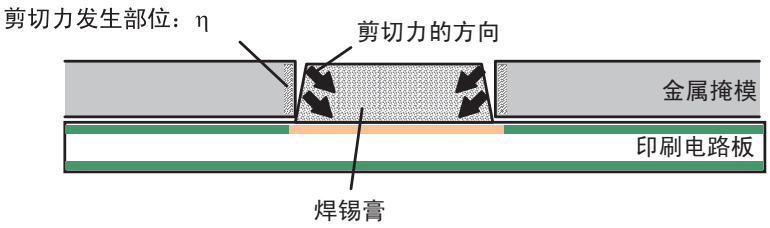


图 3-2 掩模与焊锡膏之间发生的剪切力

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。

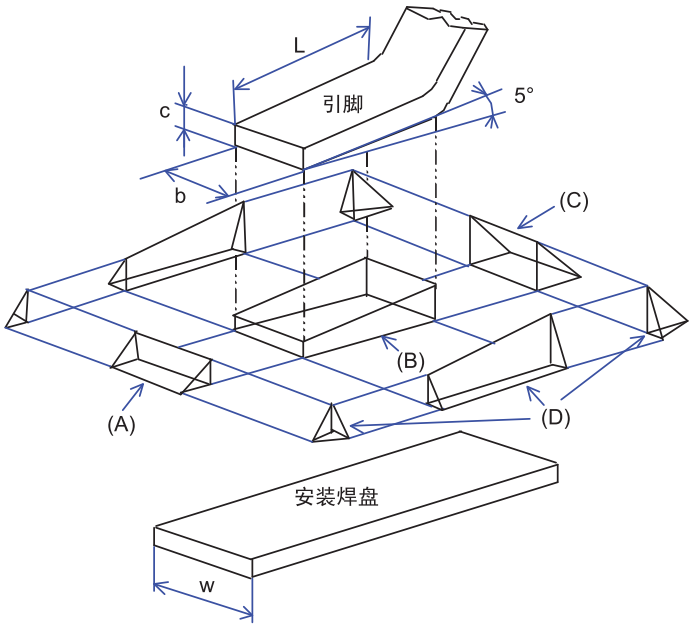


图 3-3 焊接部的展开图

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 × t) = 最佳焊料量× (ω1/ρ1 + ω2/ρ2) / (ω1/ρ1)

这里，A = 金属掩模开口面积
t = 焊锡膏印刷厚度
ω1 = 焊料在焊锡膏中的重量百分比
ρ1 = 焊料的比重
ω2 = 焊剂在焊锡膏中的重量百分比
ρ2 = 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 mmt)	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

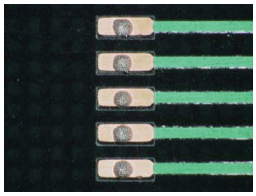
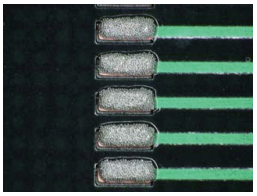
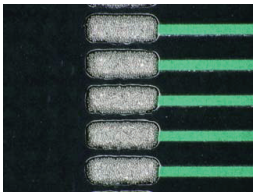
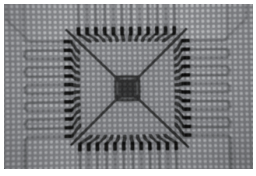
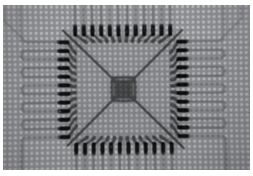
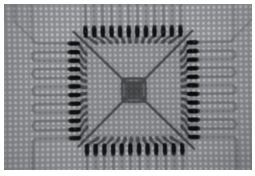
封装外形	贴装压力*1	贴装压入量	回流温度
P-VQFN48-7x7-0.5	300 g/ic	0.20 mm	250°C（空气回流）

【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）

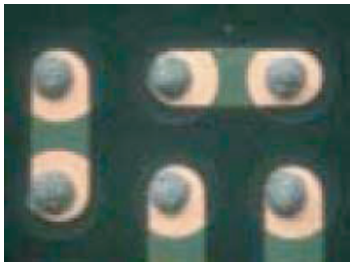
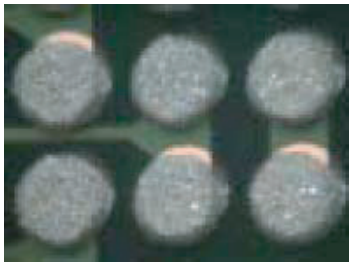
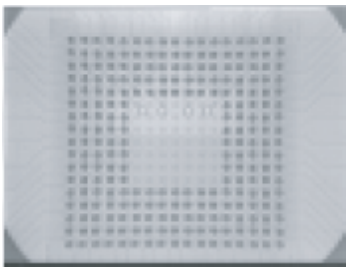
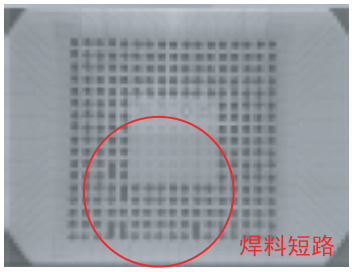
【注】 *1：贴装压力表示贴装设备上贴装管嘴的弹簧负载。

○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	ϕ06 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。

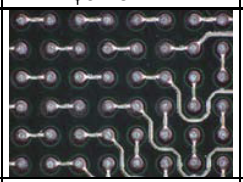
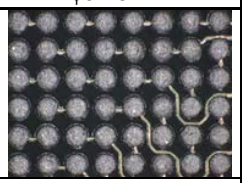
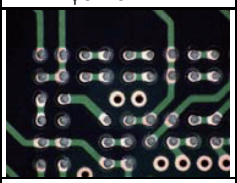
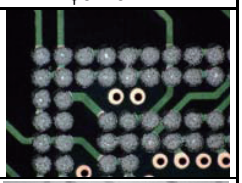
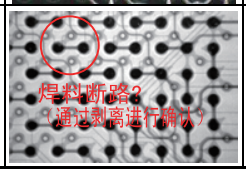
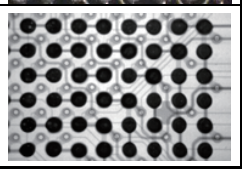
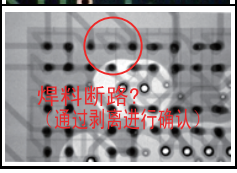
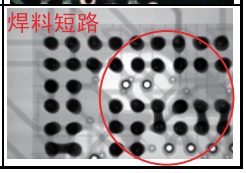
○安装结果

	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。

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。

8 / ü [TSOP](2± Á)

;M' û4ý ¶ TSOP Ä2« »I Å,´8) öAô ' Î » Ä

E•Aú - m ÷

7>û L ˜	¿>û'@-	H " ß W (0.10mmt)	'@KW7Å	1×7P+kKv F <
P-TSOP(1)48-12x18.4-0.50	0.90 u0.20mm	0.90 u0.20mm	Sn-37Pb Sn-3Ag-0.5Cu	Sn-Cu

E• ¿>û — ,

7>û L ˜	Cj>û Á Ñ !*1	Cj>û Á ›H	#w$_ Ü
P-TSOP(1)48-12x18.4-0.50	300 g/ic	0.20mm	Sn-37Pb Æ220 ¢ ´0°"J #w µ Sn-3Ag-0.5Cu Æ240 ¢ ´0°"J #w µ

K# L *1 ÆCj>û Á Ñ>ž/pCj>ûAô = @Cj>û1× j,º o2]CUE³ >

E• ¿>û5 Ò

'@ Û † Ï	Cj>ûKO ƒ ´ n 0 1/3 µ	Cj>ûKO ƒ ´ n 0 1/2 µ	Cj>ûKO ƒ ´ n 0 2/3 µ
Sn-37Pb '@ Ï	0/20	0/20	0/20
Sn-3Ag-0.5Cu '@ Ï	0/20	0/20	0/20

E•?ø Ô Á

	TSOP Cj>ûKO ƒ • K7P ó Ü n 0 2/3 ´KO ƒ Æ0.1mm µ	
	Sn-Pb '@ Ï ¿>û Æ220 ¢ ´0°"J #w µ	Sn-Ag-Cu '@ Ï ¿>û Æ240 ¢ ´0°"J #w µ
#w ƒ		
#w D		

.žAÔ ¶TSOPÄ2« »I Å £ ¯KI } ¶ E7J í Ö,´ 2/3 ÄCd>õKI } Ö0.1mmÅ • Î)à8) ö Ä

Ä X.žAÔ ¶ ÎLu ¯+X,´': Õ € É ¼ #q ' & { > È ½ 6 À ¹>õ ' & Ä

(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。

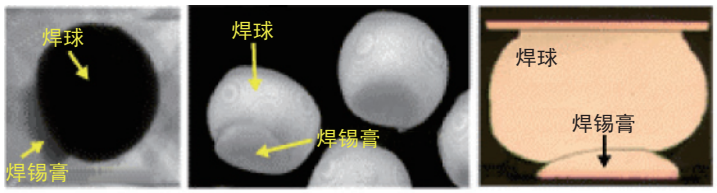


图 5-11 焊球未熔合实例

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）。

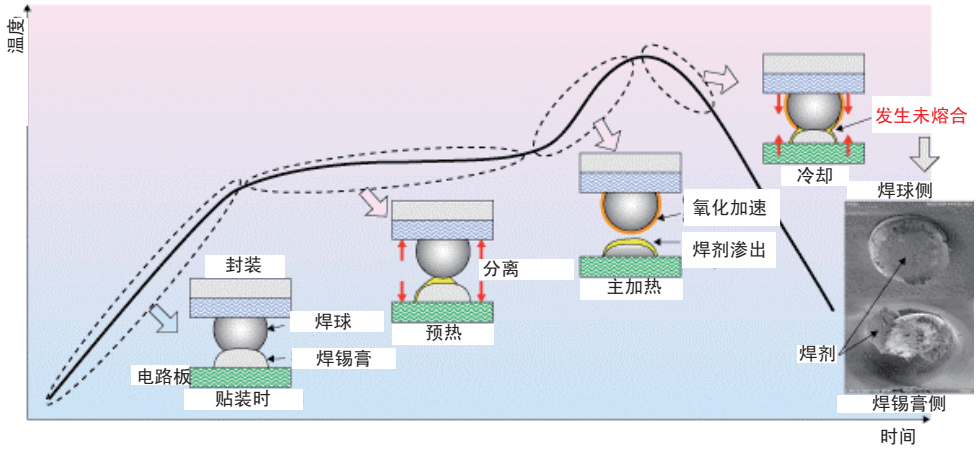


图 5-12 未熔合发生的推断机理

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。

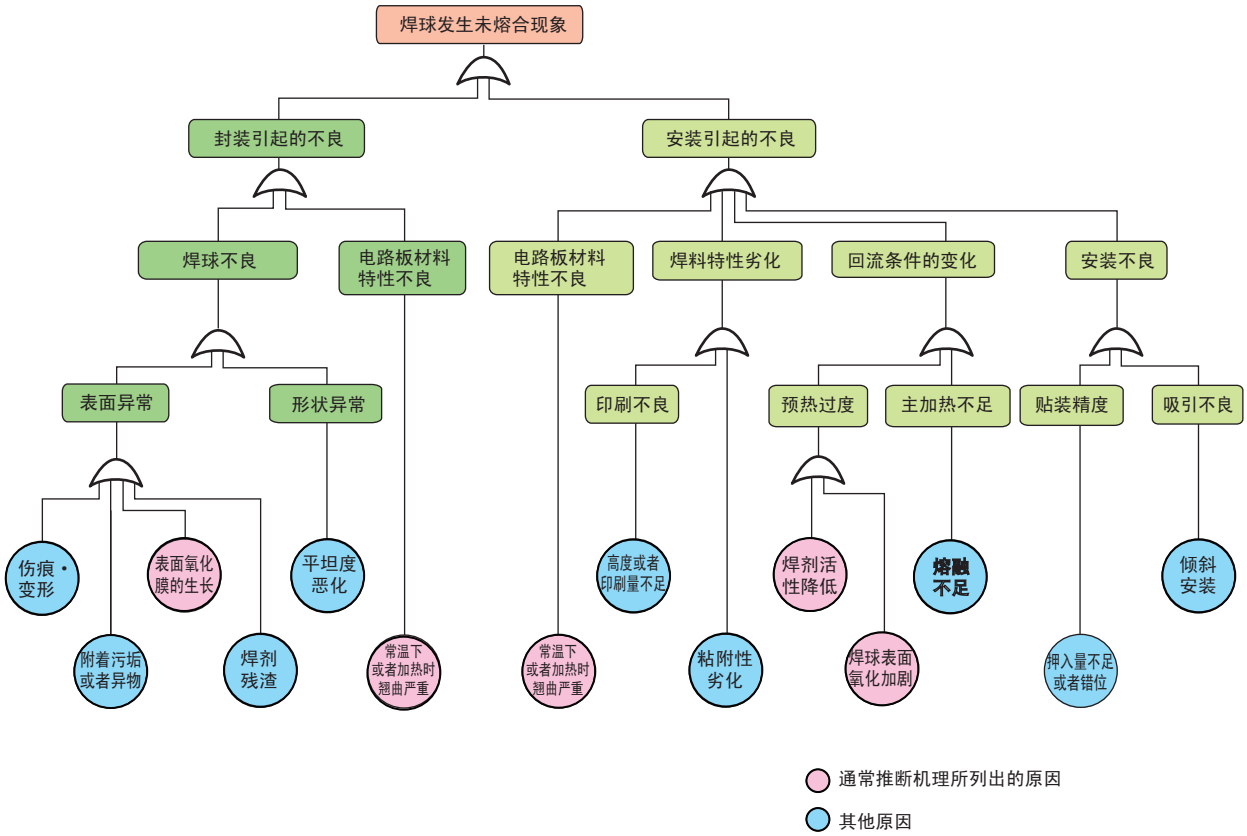


图 5-13 未熔合的事故树分析实例

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。

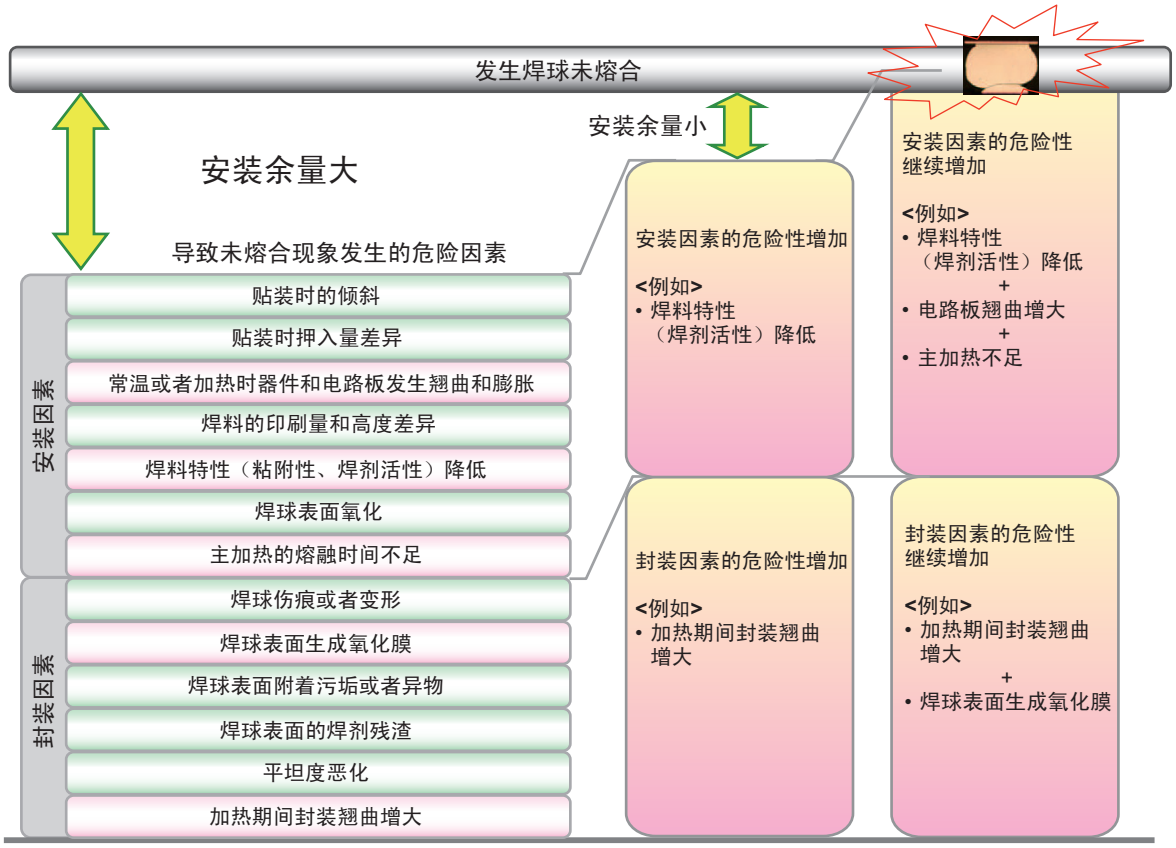


图 5-14 未熔合发生原因及安装余量

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。

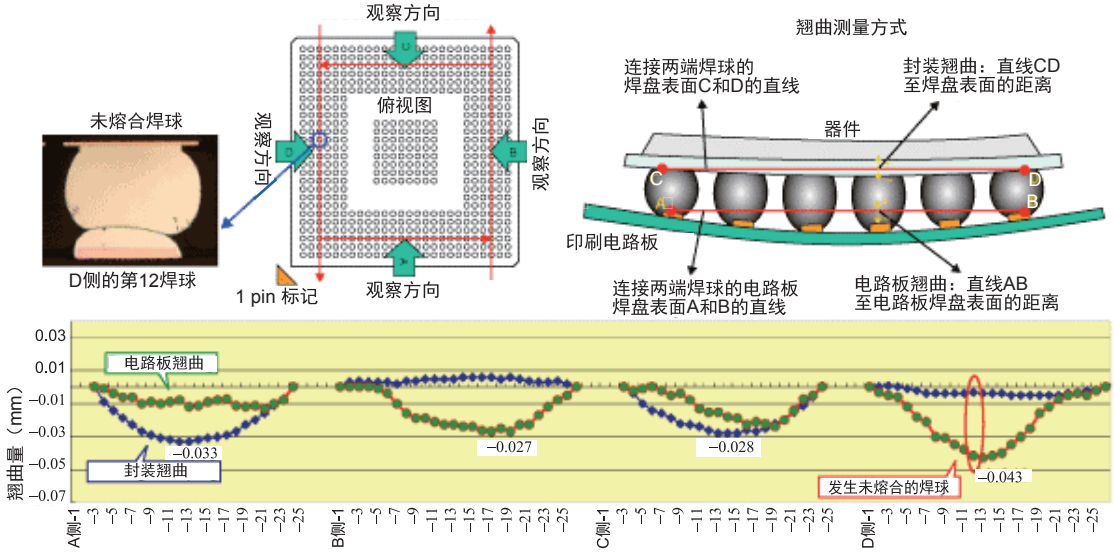


图 5-15 翘曲引起的未熔合案例

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。

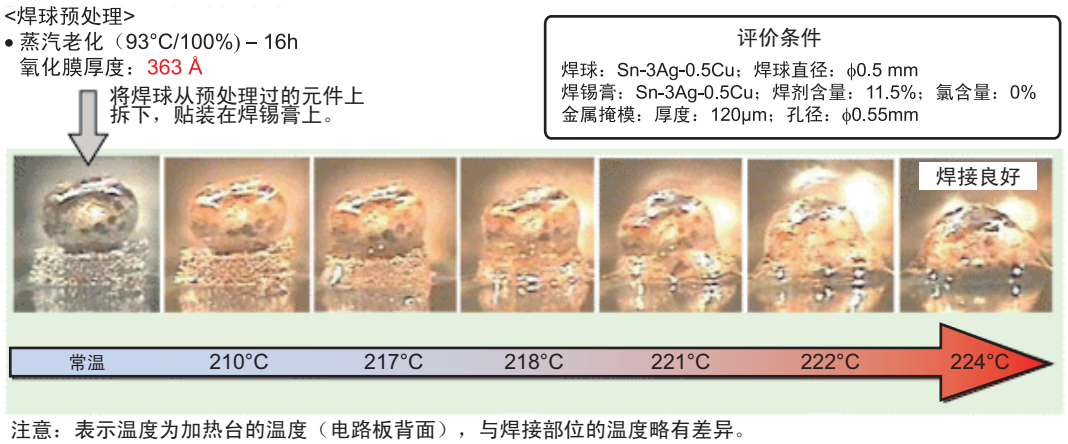


图 5-16 表面氧化膜增厚的焊球焊接性

<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。

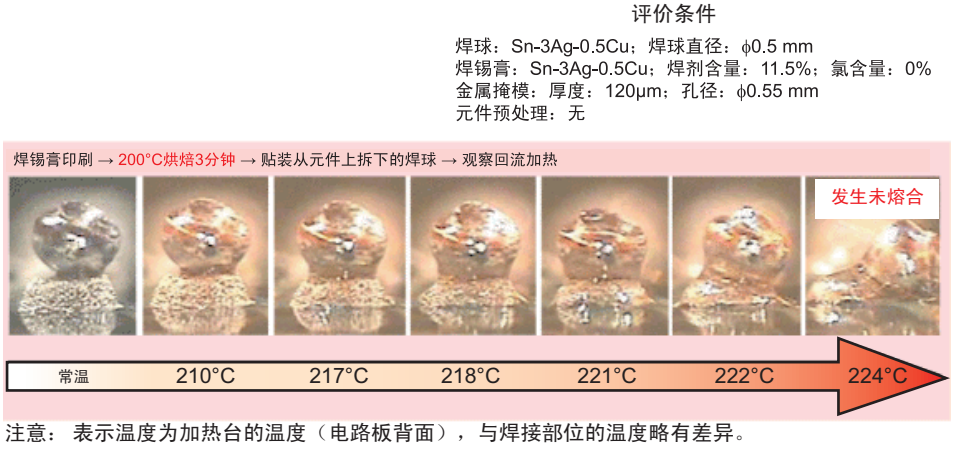


图 5-17 活性降低的焊锡膏形成的焊接

<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。

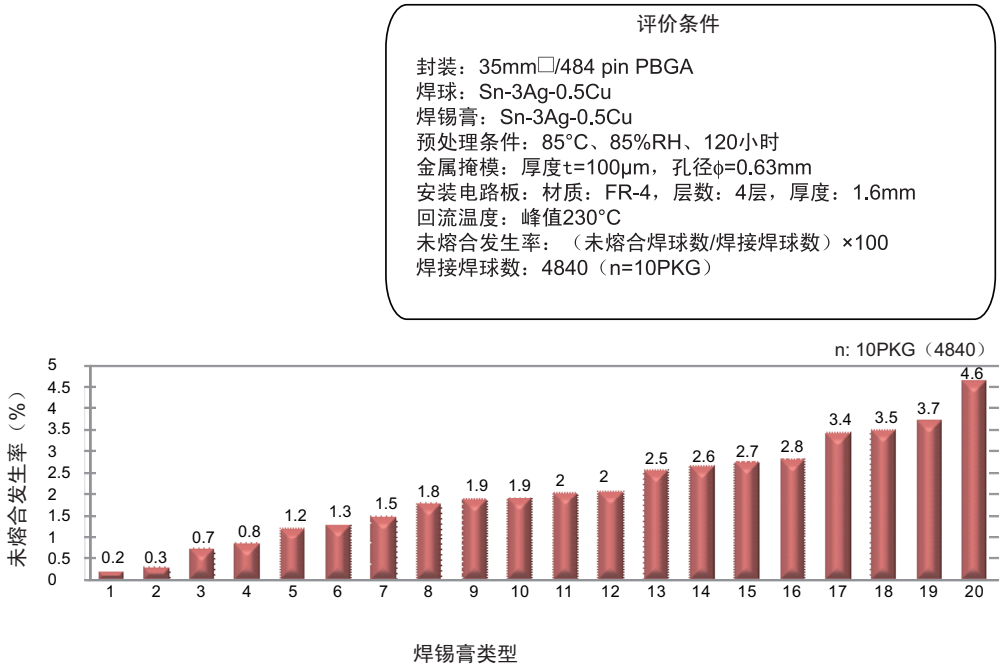


图 5-18 焊锡膏类型与未熔合的发生率

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。

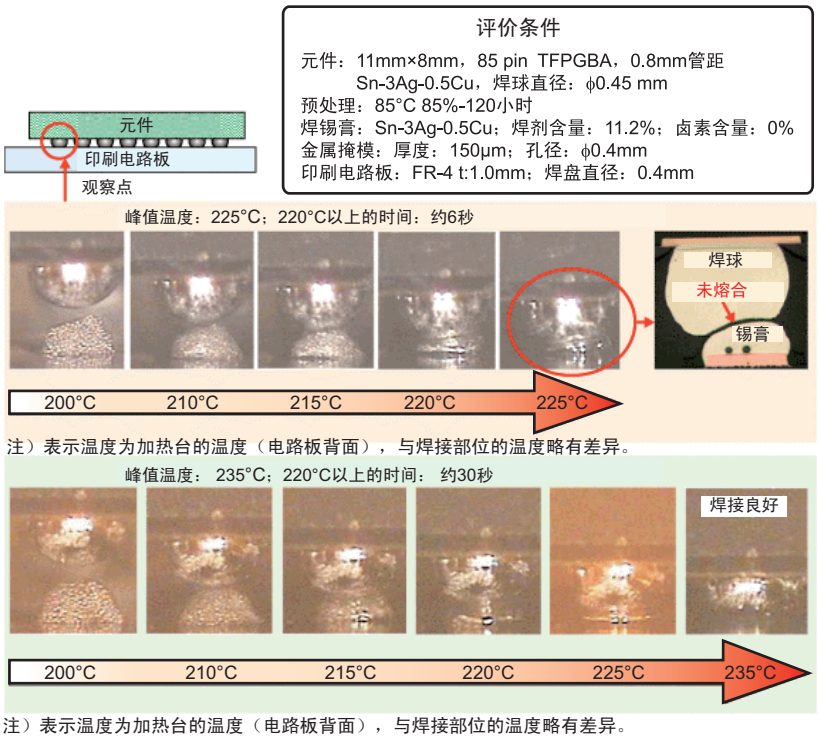


图 5-19 熔点以上的时间和焊接性

<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。

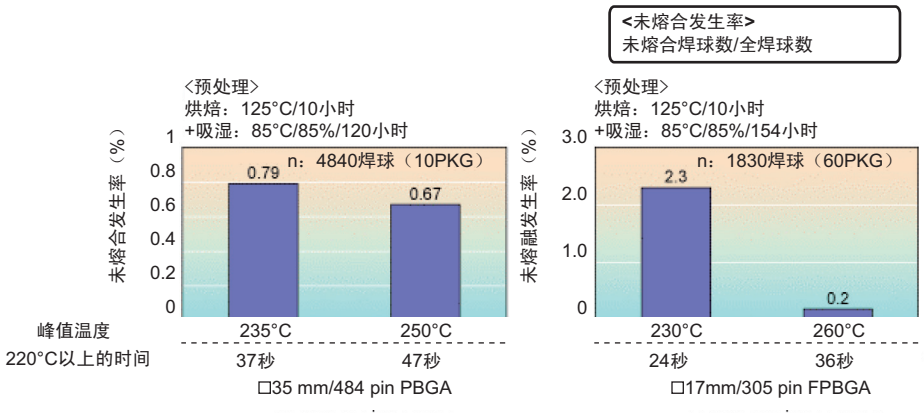
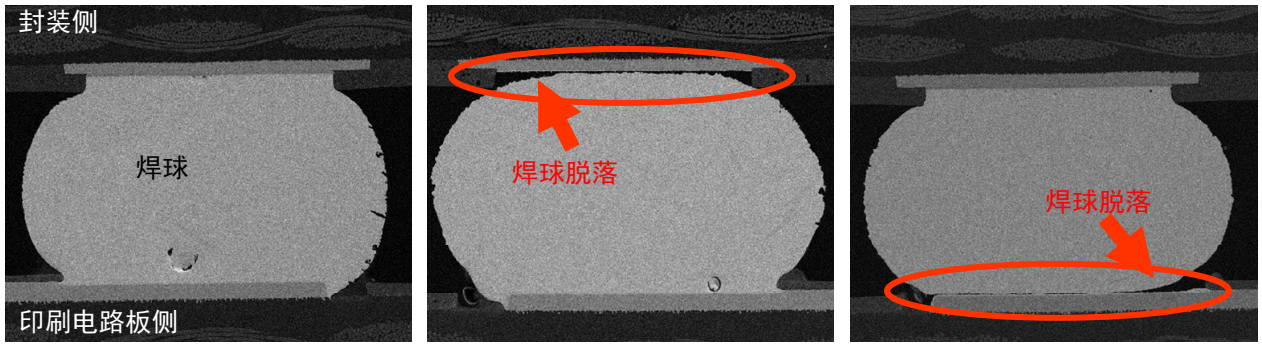


图 5-20 熔点以上的时间和未熔合的发生率

(3) 问题案例 3：焊点区域剥离（焊球脱落）

① 关于焊点区域剥离（焊球脱落）

如果对 BGA 进行多次回流，可能会产生焊点区域剥离（以下称为焊球脱落）。关于焊球脱落的特征，如果观察焊点区域的断面，可以发现焊球与封装侧的 BGA 焊盘或印刷电路板侧的焊盘接触部分带有圆弧，看起来就像焊球脱落一样。图 5-21 所示为焊球脱落现象的实例。此外，相对于端子（焊球）排列，容易在内圆部分的端子发生焊球脱落。



正常品　　封装侧焊球脱落　　印刷电路板侧焊球脱落

图 5-21　焊球脱落的焊点区域断面形状观察实例

② 焊球脱落产生机理

焊球脱落产生机理视为如下。在第 2 次及以后的回流中，焊球从外侧再次熔融。此时，在封装或印刷电路板上端子排列内圆部分的焊接间隔延伸方向如果产生翘曲，中心部分的焊球上会产生焊接剥离方向的应力。可以认为在该应力作用下，焊接表面附近会出现焊接剥离。可以推测，之后焊球将继续熔融，看起来就像脱落一样变成带有圆弧的形状。图 5-22 所示为机理的模式图。

特别是在每次回流之间，如果封装或印刷电路板吸湿或回流温度较高，可以认为回流时封装或印刷电路板的翘曲会变大。其结果可能会导致焊球脱落更为明显。此外还会受到回流中焊接表面状态的影响，因此气体介质为氮气时比为大气时更容易产生焊球脱落。

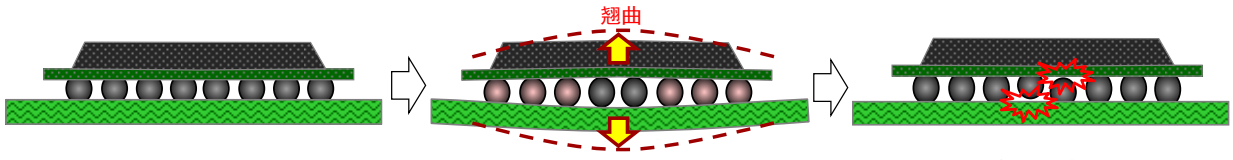


图 5-22　焊球脱落产生机理推测

③ 解决方法实例

1. 防止安装后的再次熔融：进行1次回流（在第2次回流进行安装）。此外，避免在修理等时再次回流。
2. 回流气体介质：在大气中回流时，换为焊接性较好的氮气。
3. 防止吸湿：进行多次回流时，在第1次回流到最终的回流之间，做好防范管理以免封装或印刷电路板吸湿。
4. 回流温度的低温化：进行多次回流时，对于封装，在可能范围内降低第2次及以后的回流温度。

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

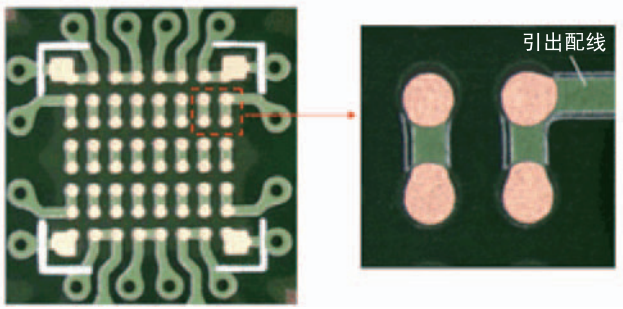


图 5-23 封装贴装区的焊盘部外观

√ 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）

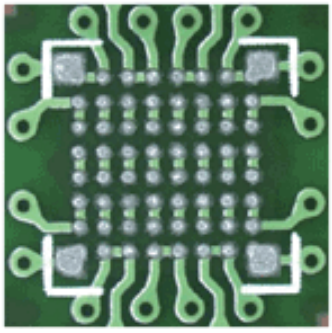


图 5-24 焊料印刷后外观

√ 掩膜厚度设置为 100 至 120μm，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 36μm 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°C 烘焙 10 小时→封装吸湿 30°C/70%RH/168 小时→回流焊接 240°C×1 次

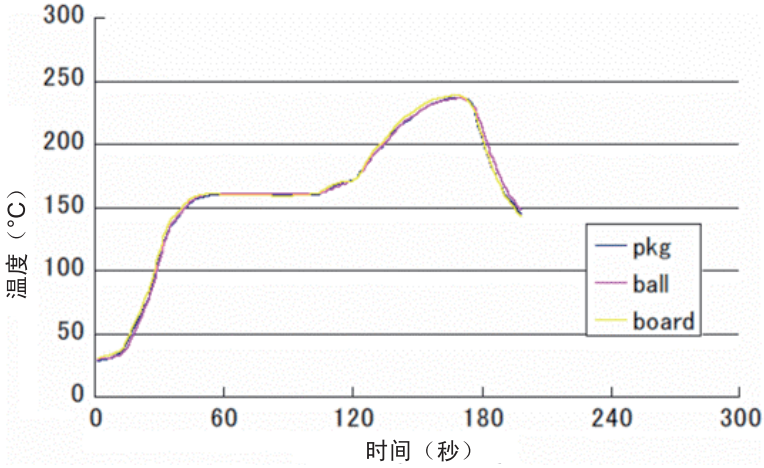


图 5-25 安装温度曲线

√ 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

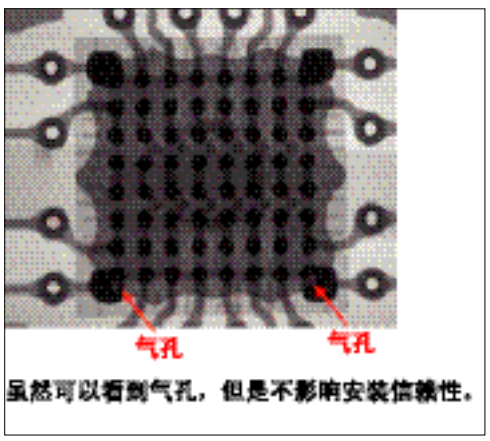


图 5-26 安装后 X 线

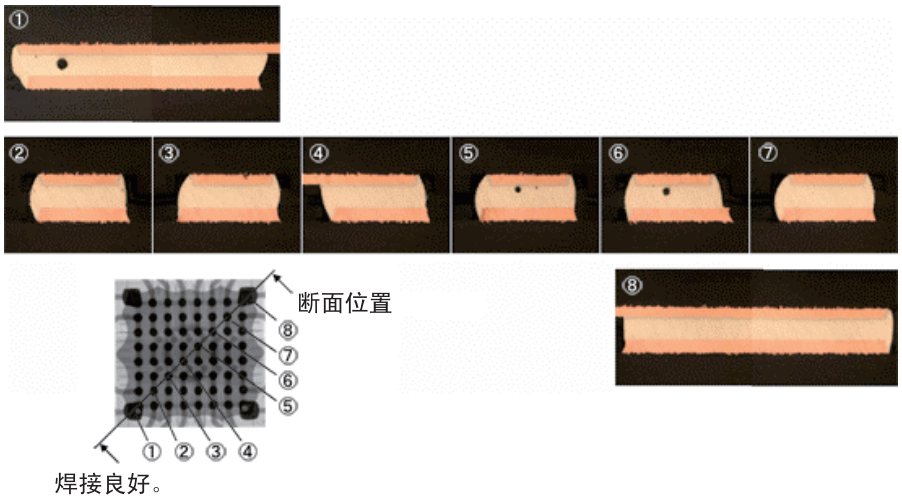


图 5-27 安装后断面

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方向位移动约管脚管距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

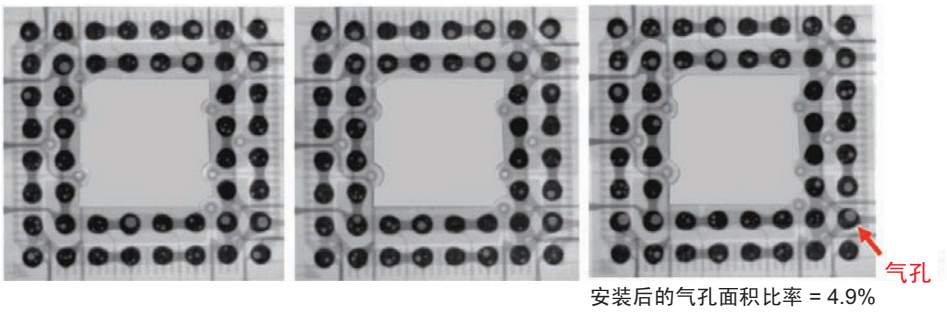


图 5-28 X 线外观（对策前）

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

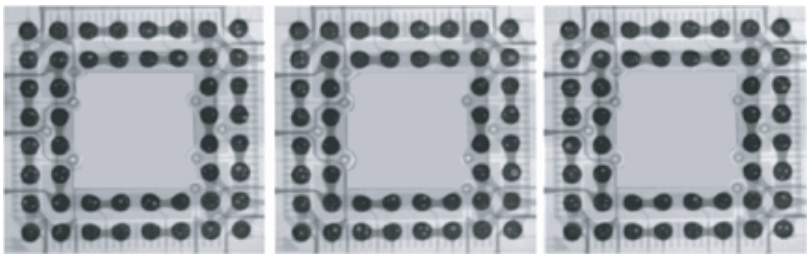


图 5-29 X 线外观（对策后 1）

- 减少气孔焊锡膏+使用位移贴装

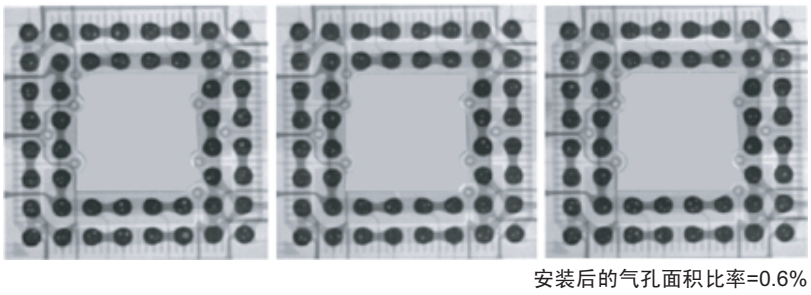


图 5-30 X 线外观（对策后 2）

(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

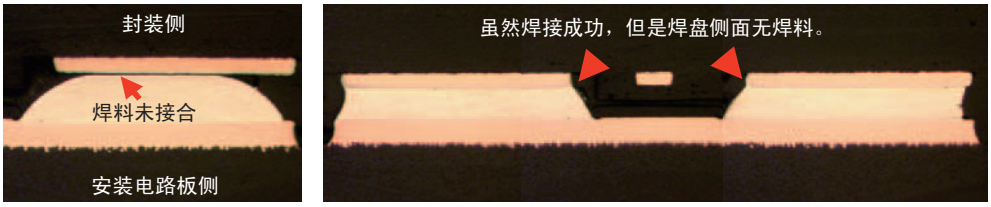


图 5-31 安装后断面（对策前）

2. 对策后

- 印刷掩膜：孔径=ϕ0.43 mm，厚度=100μm

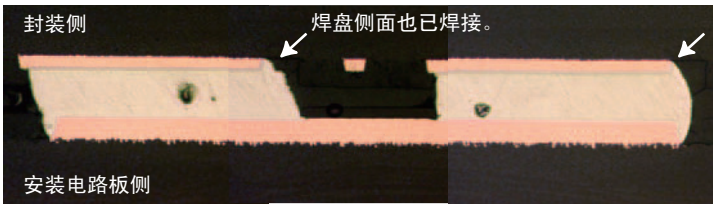


图 5-32 安装后断面（对策后）

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5-33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。

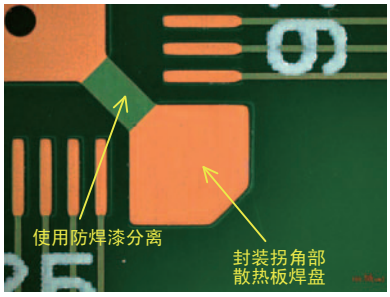


图 5-33 使用防焊漆分离的外观照片

图5-34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）

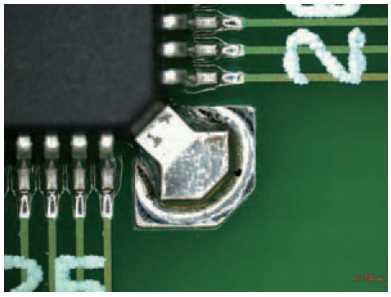
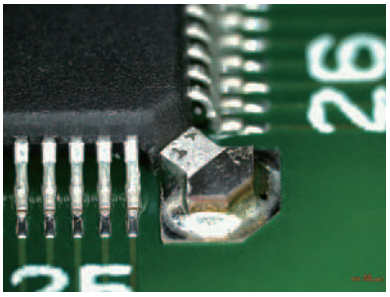
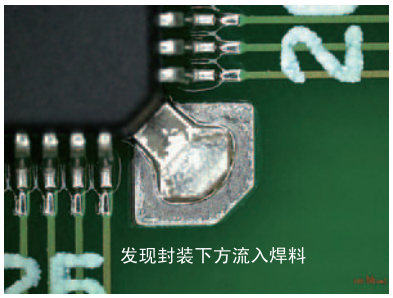
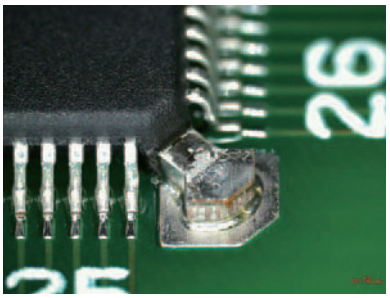
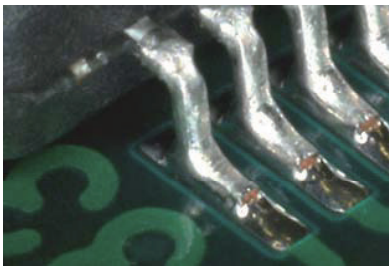
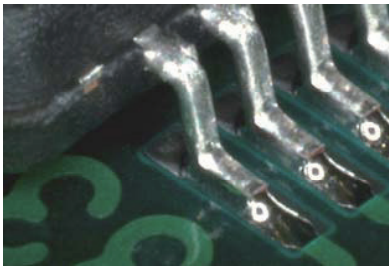
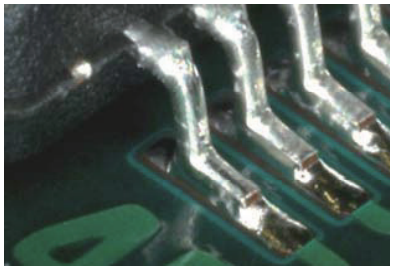
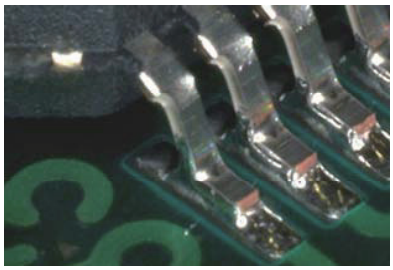
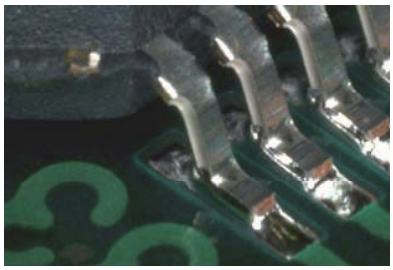
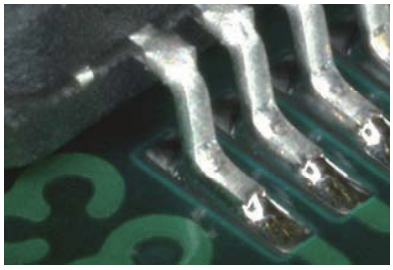
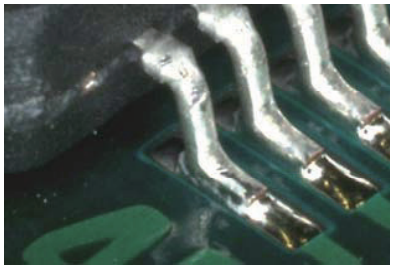
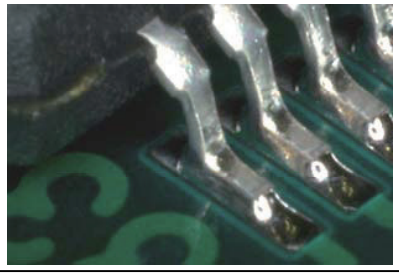
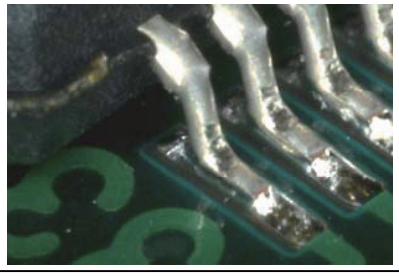
	从封装上方观察	从封装斜面观察
拐角部焊盘分离		
拐角部焊盘未分离		

图 5-34 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5-35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 5-35 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5-36表示无铅焊料管脚的安装断面。

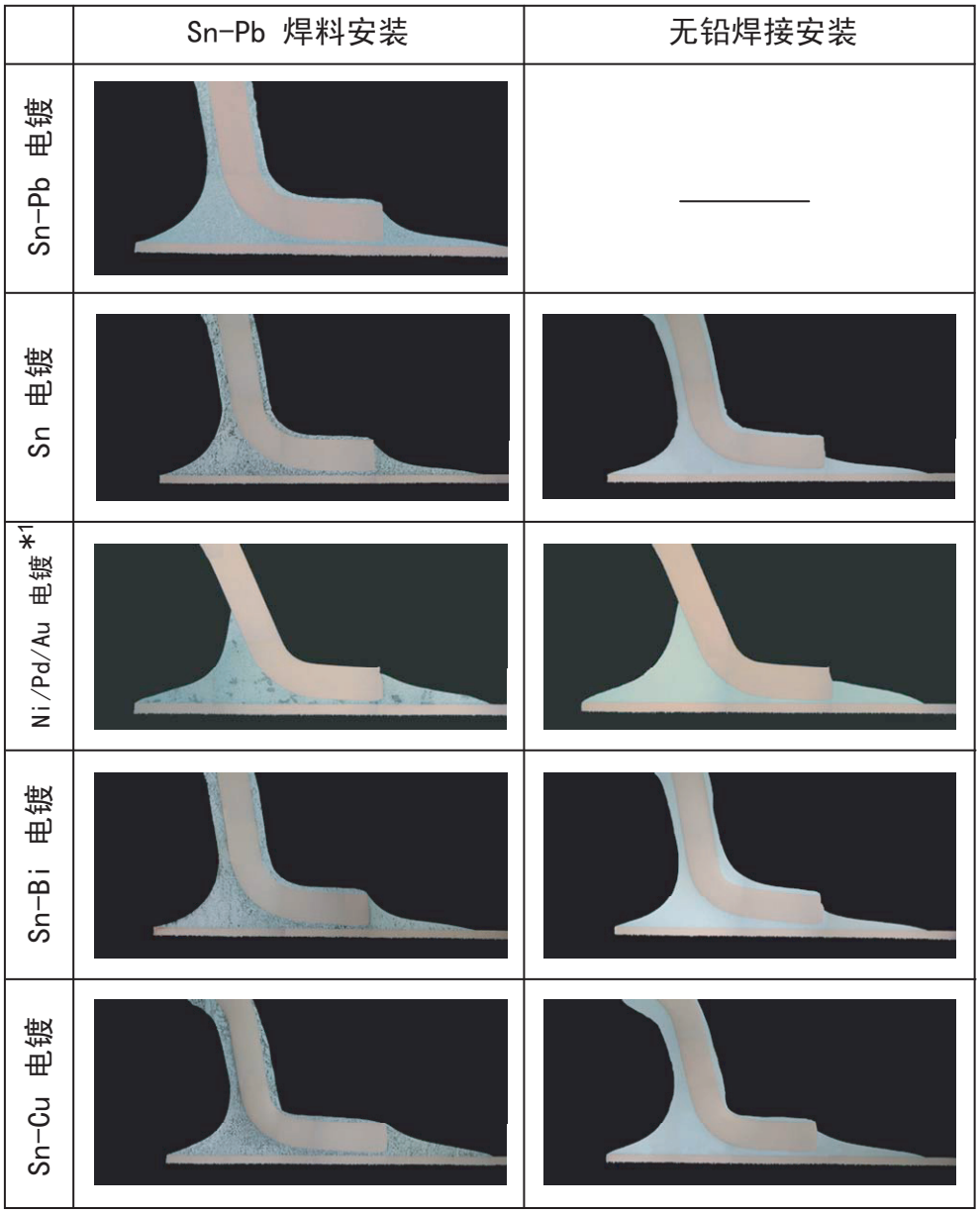


图 5-36 无铅管脚的安装断面实例

5.5 0.4mm 节距 LQFP 的安装实例

本章通过0.4mm节距LQFP的安装实例介绍焊接安装的注意事项。

5.5.1 0.5mm 节距 LQFP 和 0.4mm 节距 LQFP 的比较

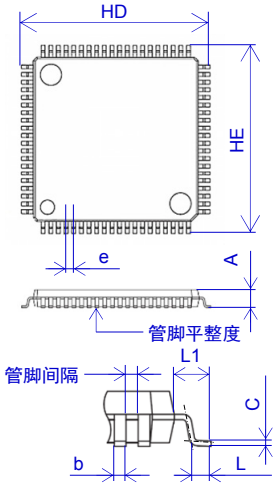


图 5-37 LQFP 外形略图

表 5-1 0.5mm 节距 LQFP 和 0.4mm 节距 LQFP 的尺寸比较

尺寸		0.5mm 节距 (例:1414-100p)	0.4mm 节距 (例:1414-120)
外形	HD	16.0	16.0
	HE	16.0	16.0
管脚节距	e	0.5	0.4
全高	A	1.7	1.7
管脚宽度	b	0.20	0.18
管脚间隔		0.30	0.22
管脚厚度	c	0.145	0.145
管脚长度	L	0.5	0.5
	L1	1.0	1.0
管脚平整度		0.10	0.08

同样外形的0.5mm节距和0.4mm节距的LQFP，最大外形尺寸并无差异，但是管脚宽度、管脚节距变细变窄。

管脚强度根据JEITA ED4701-400进行确认。试验实例如下所示。

5.5.2 管脚强度试验实例

1）拉伸试验：0.5N×10s (截面积：0.02～0.03mm^2)

2）弯曲试验：±15°（一次往复）

表 5-2 管脚强度试验结果示例

管脚节距	封装外形	管脚材料	管脚电镀	拉伸试验	弯曲试验
0.4mm	LQFP128-1414-0.4	Cu	Sn	0/3	0/3

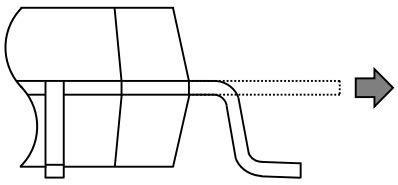


图 5-38 管脚拉伸试验方法略图

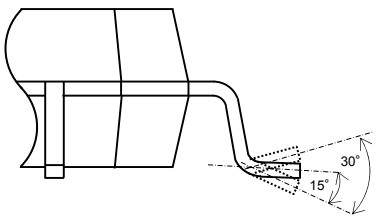


图 5-39 管脚弯曲试验方法略图

参考：JEITA ED4701-400

5.5.3 安装焊盘设计

0.4mm节距LQFP的安装焊盘设计，请参考本手册“2．印刷电路板设计”进行设计。

5.5.4 焊锡膏

0.4mm节距LQFP的焊锡膏，请参考本手册“３．焊接安装工序”进行选择。

5.5.5 安装实例１ － 贴装时的焊锡膏坍塌 －（参考数据）

印刷的焊锡膏，可能因贴装时的压力发生坍塌而与邻接管脚接触，并发生短路，研究结果如下所示。

(1) 评价条件

表 5-3 评价规格及贴装条件

焊锡膏	金属掩模设计(mm)	贴装速度	贴装压力	压入量
组成：Sn-3.0Ag-0.5Cu 粒度：类型 4	0.2W×1.3L×0.1T	50mm/秒	2.2N	0.5mm

(2) 测量部位

贴装前后测量图5-40、图5-41、图5-42所示焊锡膏的宽度，进行了比较。

对一般贴装条件下的贴装进行确认后，未发现焊锡膏坍塌并与邻接管脚接触。

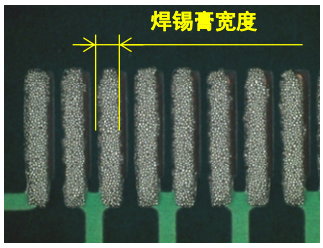


图 5-40 贴装前焊锡膏

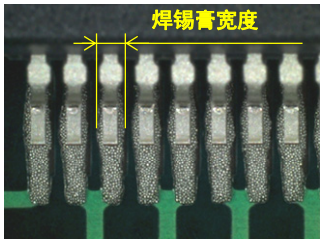


图 5-41 贴装后焊锡膏

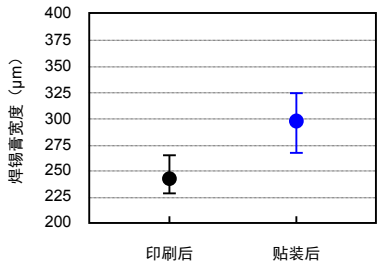


图 5-42 贴装后的焊锡膏坍塌

此外，回流焊接安装后的短路发生率为0/50个(表5-4)。

在安装实例中，虽然在一般贴装条件下未发现发生短路，但是根据您使用的焊锡膏不同，可能因容易坍塌、容易渗出等而发生短路，使用前请充分研究。

表 5-4 回流后焊接安装外观结果

焊锡膏	金属掩模设计(mm)	回流温度	回流气氛	回流后短路
组成：Sn-3.0Ag-0.5Cu 粒度：类型 4	0.2W×1.3L×0.1T	245℃	空气	0/50 个

5.5.6 安装实例 2 - 焊接安装后试验 -（参考数据）

焊接安装后温度循环试验的实施结果如表5-5所示。-40～125下温度循环2000cyc.后，未发现断线。

表 5-5 焊接安装后温度循环试验断线结果

封装	焊锡膏	安装电路板	回流温度 (气氛)	评价数	温度循环 (-40℃～125℃)		
					0cyc.	1000cyc.	2000cyc.
LQFP128-1414-0.4 (0.4mm 节距)	SAC305	FR-4	240℃ (空气)	25	0/25	0/25	0/25

此外，管脚拉伸试验的强度测量结果如图5-43、图5-44所示。将管脚向上方45度方向拉伸，随着温度循环的增加，拉伸强度存在降低倾向。

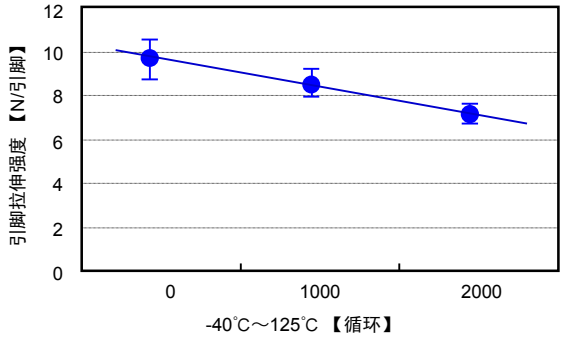


图 5-43 管脚拉伸强度测量结果

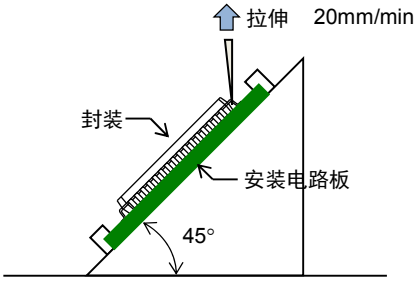


图 5-44 拉伸试验方法形状略图

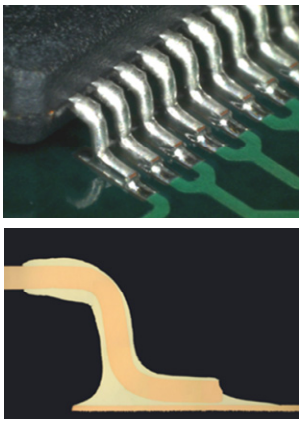
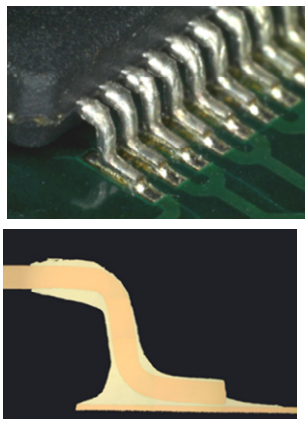
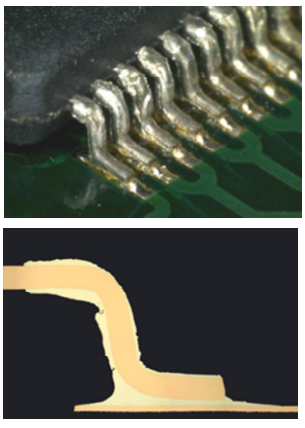
封装	温度循环 （-40℃～125℃）		
	0 cyc.	1000 cyc.	2000 cyc.
LQFP128-1414-0.4			

图 5-45 焊接安装后温度循环试验结果（外观、截面）

试验后的外观及截面观察结果如图5-45所示。虽然未发现导致断线的破裂等，但是请确认适用的电路板材料、焊锡膏等。

5.6 具有插接件(散热板)的封装的安装实例

本节通过具有插接件(散热板)的封装的安装实例，介绍焊接安装时的注意事项和安装问题。

5.6.1 安装实例

在具有插接件的封装的电路板安装中，因焊锡膏中的焊剂会产生挥发气体，有时会导致产生不良微小焊球(图5-46)或焊料内气孔(图5-47)。

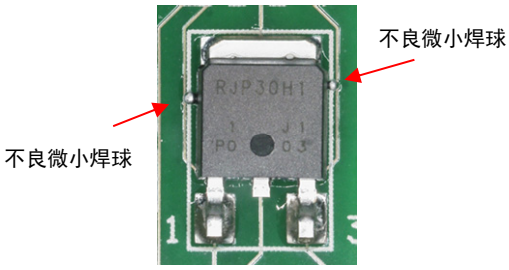


图 5-46 不良微小焊球实例

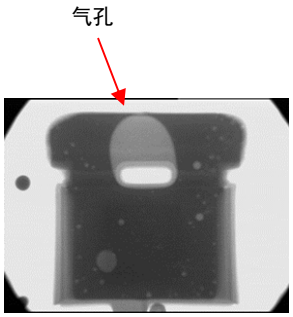


图 5-47 气孔实例

5.6.2 改善实例

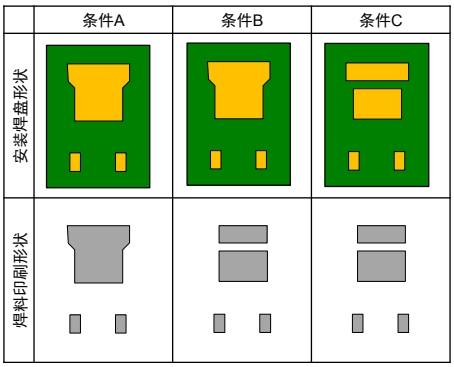
为了确认安装焊盘形状与焊料印刷形状的效果影响，设置排出焊锡膏中焊剂的挥发气体的狭缝，安装确认后的结果如下所示。

(1) 评价条件

封装： DPAK(S)（JEITA Code SC-63）
焊锡膏： Sn-3Ag-0.5Cu
回流温度：260℃

(2) 评价方法

如图5-48所示，设置排出焊剂挥发气体用的狭缝，对不良微小焊球、气孔发生状况进行了调查。



① 条件A为无狭缝
② 条件B为仅焊料印刷形状有狭缝
③ 条件C为安装焊盘形状及焊料印刷形状两者均有狭缝

图 5-48 焊剂挥发气体排出用狭缝

焊锡膏挥发气体排出用狭缝如下所示。如图5-49所示，为了提高树脂和框架的紧密贴合性，插接件上具有开口部。开口部充填了封装树脂，会阻碍焊料的浸润，考察认为如果焊剂的挥发气体集中到该部位，就会产生气孔、不良微小焊球。期待通过在此制作挥发气体的排出通道能够有效，实施了焊接安装试验。

此外，封装的插接件开口部与安装焊盘形状的狭缝位置的关系，如图5-50所示。

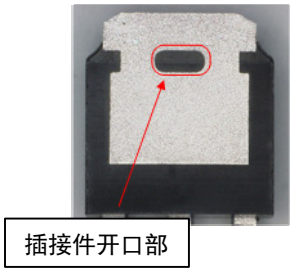


图 5-49 封装背面

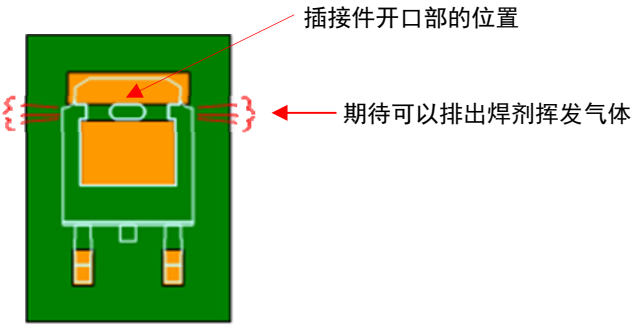


图 5-50 狭缝的位置

(3) 结果

电路板安装试验结果如表5-6所示。此外，气孔以大小进行判断，将大气孔判断为不良，判断基准如图5-51所示。

① 条件A、条件B下发生了不良微小焊球，条件C下未发生。

② 条件A、条件B下发生了大气孔，条件C下未发生。

作为焊锡中焊剂挥发气体的排出通道的狭缝，确认对不良微小焊球、气孔存在效果。此外，评价时的不良微小焊球、气孔的观察图像如图5-52所示。

表 5-6 不良微小焊球和大气孔的发生状况

	条件A	条件B	条件C
不良微小焊球发生数	4/6	1/6	0/6
大气孔发生数	4/6	1/6	0/6

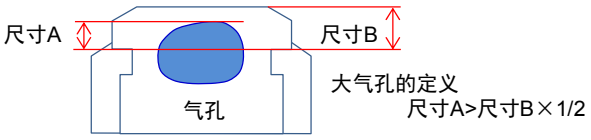


图 5-51 大气孔的定义

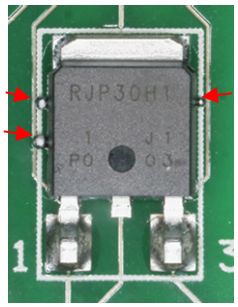
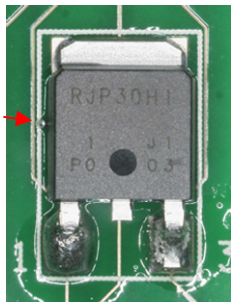
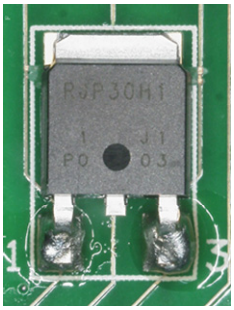
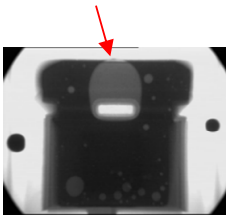
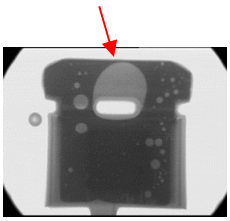
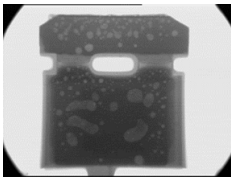
	条件A	条件B	条件C
不良微小焊球	 不良微小焊球示例	 不良微小焊球示例	 无不良微小焊球示例 （未发生不良微小焊球）
气孔	 大气孔示例	 大气孔示例	 无大气孔示例 （未发生大气孔）

图 5-52 各条件下发生的不良微小焊球与气孔的示例

(4) 结论

确认通过在安装焊盘形状、焊料印刷形状上设置狭缝，具有减少不良微小焊球及气孔的效果。请参阅本实例，研究您可以使用的焊接材料。

5.7 HSON 电路板安装的安装焊盘设计的注意事项

5.7.1 HSON-8pin 电路板安装实例

HSON-8pin 为小型轻量封装，自对准性能优良，但是因为封装背面的散热板上下左右为不均等的形状，所以需要注意安装电路板的安装焊盘设计(散热板部)。电路板安装实例如下所示。

1）安装焊盘设计

考虑到需要相对 SON-8pin 的散热板形成角焊缝的形状(A)，设计了安装焊盘。

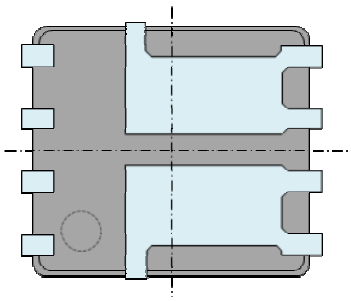


图 5-53 HSON-8pin 外观略图(背面)

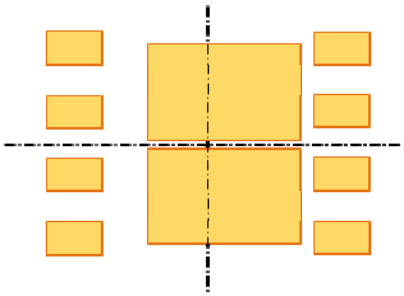


图 5-54 HSON-8pin 安装焊盘略图

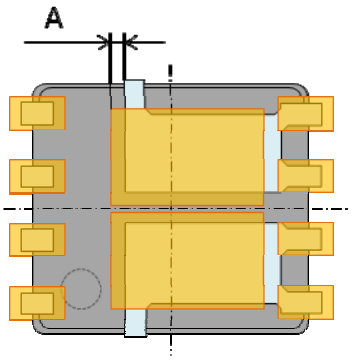


图 5-55 HSON-8pin 安装示意图

2）焊接安装试验结果（自对准性）

- 焊接安装焊料：无铅焊料(Sn-Ag-Cu)
- 焊接回流：空气回流 240℃
- 安装评价用电路板：环氧玻璃 FR-4 / 安装焊盘表面处理：Cu + OSP

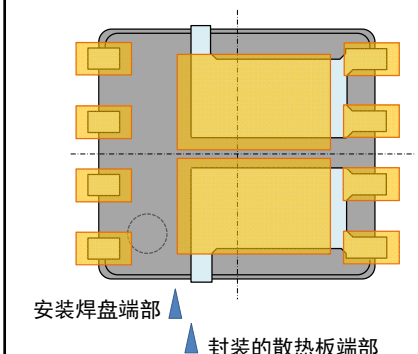
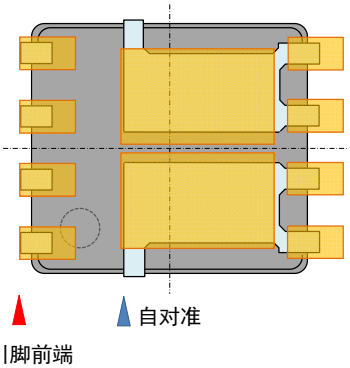
	回流加热前	回流加热后
示意图		

图 5-56 HSON-8pin回流加热中的自对准性

受到焊接时焊料表面张力的影响，封装自对准，确认电路板在散热板端部和安装电路板安装焊盘端部对齐的状态下被安装。

3）结果考察

焊接时，受到自对准的影响，电路板在散热板端部和安装电路板安装焊盘端部对齐的状态下被安装时，引脚前端焊接材料的安装焊盘部分可能会减少。此外，还可能产生不良微小焊球。

考虑到自对准可能引起位置偏移，散热板部分的安装焊盘设计，采用与散热板相同的尺寸效果更好。

在本次的实例中，虽然未发现封装向无引脚方向移动(对准)，但是，仍有移动的可能性，采用与散热板相同的尺寸进行设计效果更好。

并且，本结果只是实例之一，根据使用材料和电路板表面处理不同，结果可能不同，请事先进行安装评估。

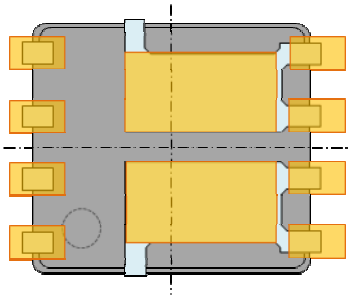


图 5-57 HSON-8pin
安装焊盘设计示意图

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

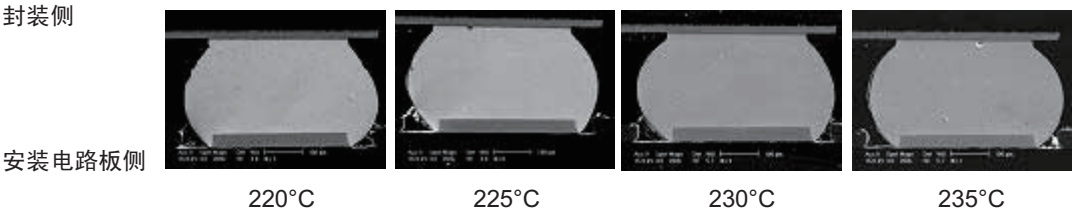


图 6-1 Sn-3Ag-0.5Cu 焊球/Sn-3Ag-0.5Cu 焊锡膏安装时的熔融状态

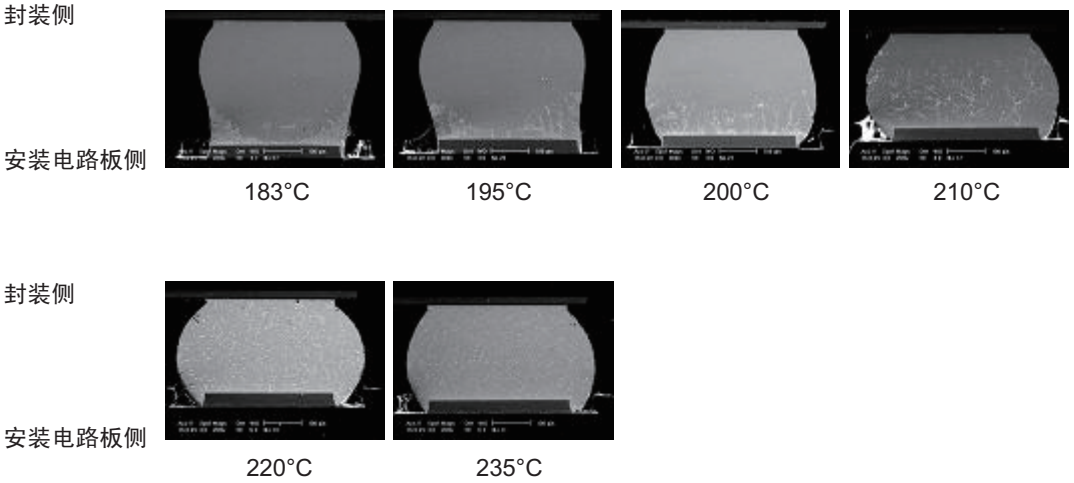


图 6-2 Sn-3Ag-0.5Cu 焊球/Sn-37Pb 焊锡膏安装时的熔融状态

(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																		
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																		
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																		
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																		

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

未发生不良

发生不良

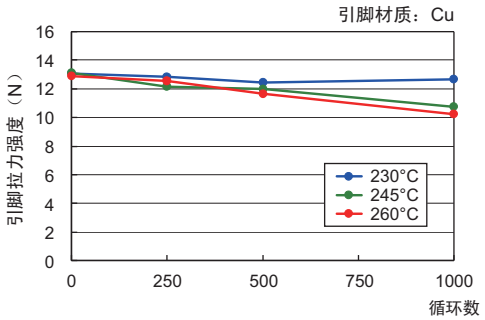
图 6-3 Sn-3Ag-0.5Cu 焊球和 Sn-37Pb 焊锡膏安装时的温度循环试验结果

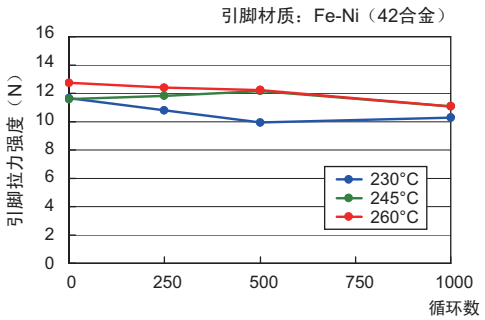
6.1.2 引脚式 SMD

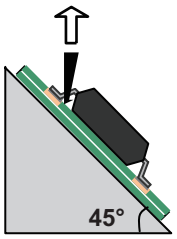
在各种温度下使用Sn-3Ag-0.5Cu焊锡膏安装引脚式无铅产品，在温度循环试验后引脚的连接强度结果如下所示：

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。







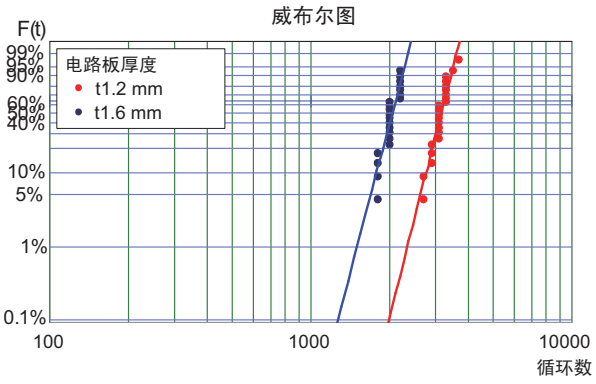
- 安装前预处理
  - PCT4h (105°C, 100%RH, 1.22×105Pa)
- 温度循环试验温度
  - –40~+125°C/各10分钟MIN.
- 封装
  - 28×28mm，208 pin QFP，0.5mm管距
  - 引脚材质：Cu/Fe-Ni（42合金）
  - 引脚电镀成分：Sn-Bi
- 印刷电路板
  - 尺寸：125×125×t1.6mm
  - 材质：FR-4，4层
  - 焊盘表面处理：预焊剂
- 印网掩模
  - 厚度：150μm
- 焊锡膏
  - Sn-3Ag-0.5Cu
- 安装温度（引脚部）
  - 峰值230/245/260°C
- 测试拉力条件*
  - 45°方向，5 mm/分

＊依据JEITA ED-4702「表面安装半导体器件的机械强度试验方法」。

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。

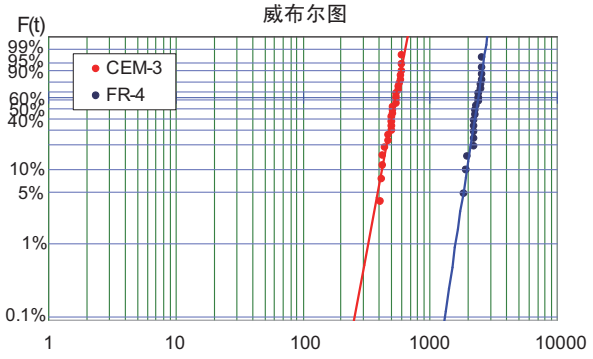


- 试验温度
  - –40~+125°C/各10分钟MIN.
- 封装
  - 16×16mm，224 pin FPBGA，0.8mm管距，顺序链
  - 焊球材质：Sn-3Ag-0.5Cu
- 印刷电路板
  - 尺寸：124×130×t1.2mm/t1.6mm
  - 材质：FR-4，4层
  - 焊盘尺寸：Cu ϕ0.4，SR ϕ0.55mm
  - 焊盘表面处理： 预焊剂
- 印网掩模
  - 厚度：150μm，
  - 孔径：ϕ0.4mm
- 焊锡膏
  - Sn-3Ag-0.5Cu
- 安装温度（封装表面）
  - 峰值260°C
- 判定标准
  - 导通电阻比初始值增加了20%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

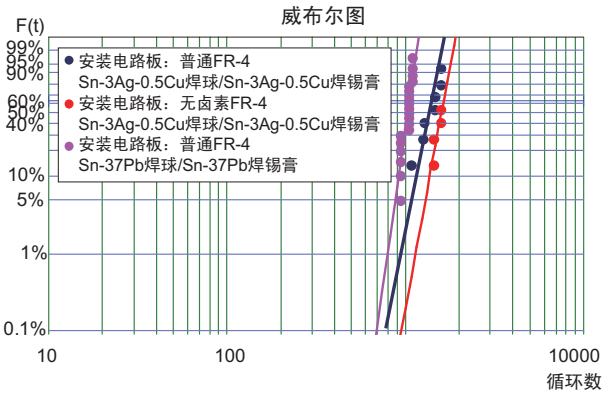


- 试验温度
  - –40~125°C/各10分钟MIN.
- 封装
  - 12×12mm，100 pin LQFP，0.8mm管距
  - Sn-Bi电镀
- 安装电路板
  - 尺寸：124×130×t1.6mm
  - 材质：FR-4/4层电路板和CEM3/2层电路板
  - 焊盘尺寸：0.25mm×1.7mm
  - 焊盘表面处理：预焊剂
  - 金属掩模
  - 厚度：150mm，焊盘开口：0.25×1.7mm
- 焊锡膏
  - Sn-3Ag-0.5Cu
- 安装温度（封装表面）
  - 峰值 250°C（回流1次）
- 安装形式
  - 单面安装
- 判定标准
  - 导通电阻比初始值增加了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：ϕ0.40mm
  - 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

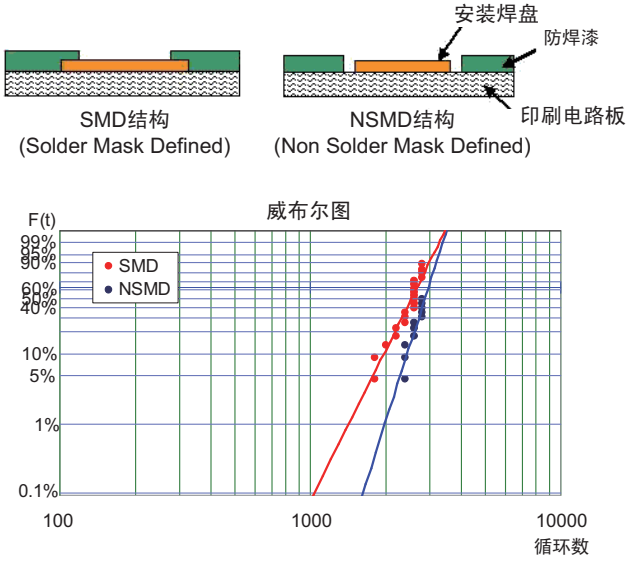
图 6-7 威布尔图（印刷电路板材质的影响 2）

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 ϕ0.35，SR ϕ0.45mm
    SMD：Cu ϕ0.45，SR ϕ0.35mm
  - 焊盘表面处理： 预焊剂
- 印网掩模
  - 厚度：150μm，孔径： ϕ0.35mm
- 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）

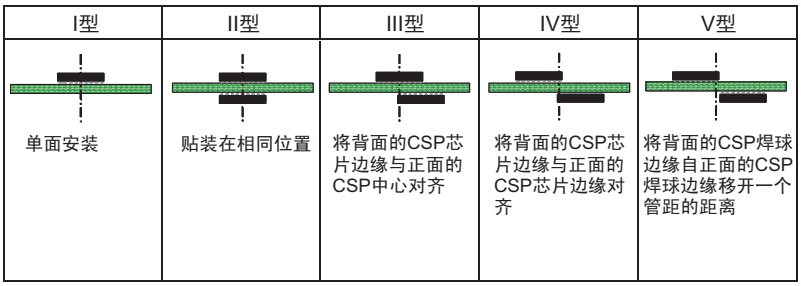
6.6 单面安装和双面安装

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。



- 封装：
  - 8×8mm，121 pin FBGA，0.65mm管距
  - 焊球材质： Sn-3Ag-0.5Cu
- 印刷电路板
  - 4层组合电路板
  - t1.0 mm
- 焊锡膏
  - Sn-3Ag-0.5Cu

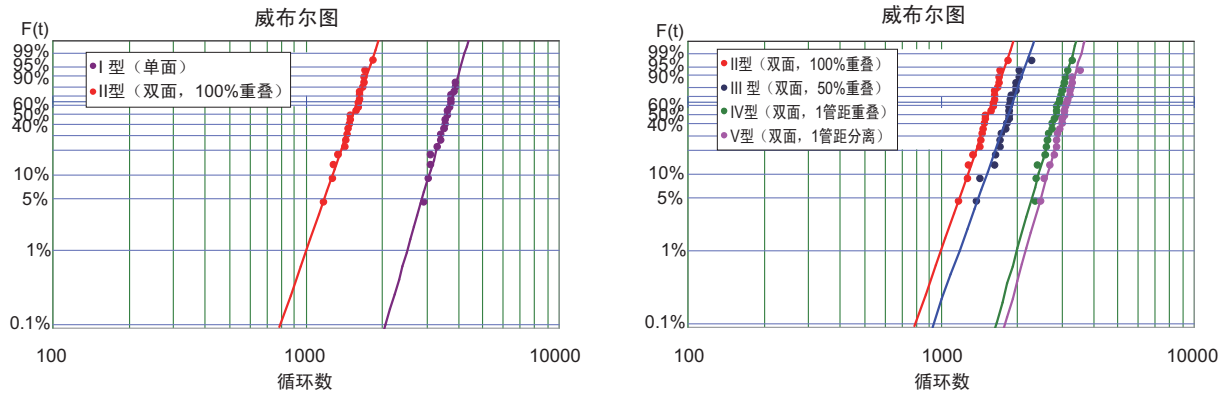


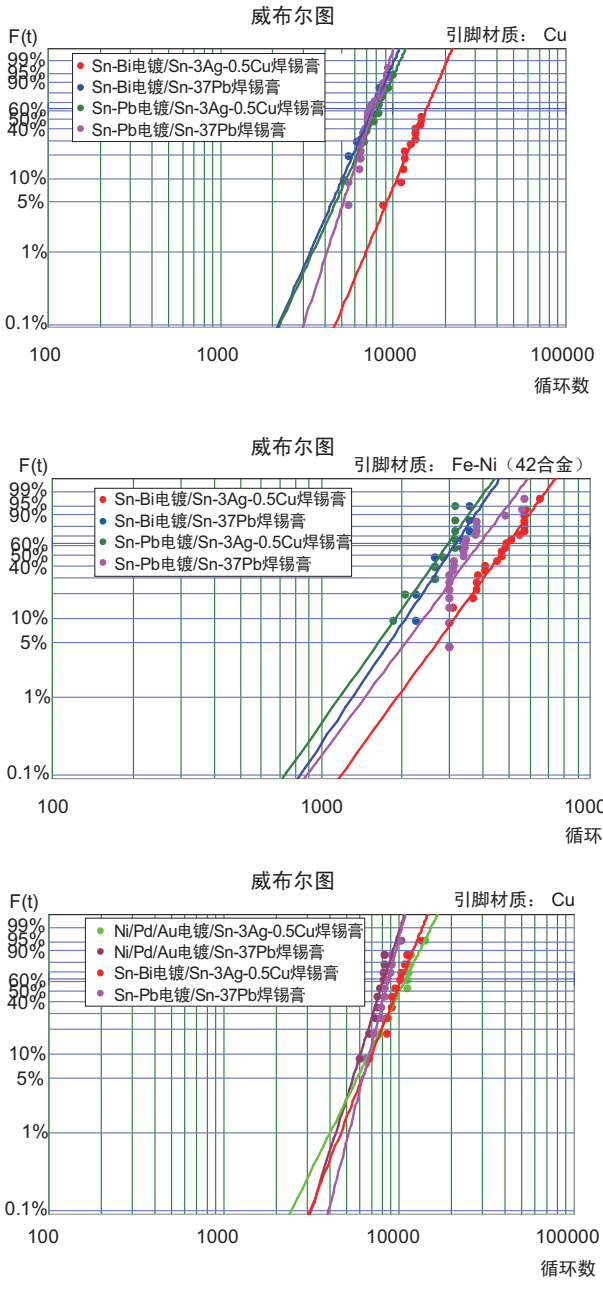
图 6-9 威布尔图（单面安装和双面安装）

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~＋125°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-0.5C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）

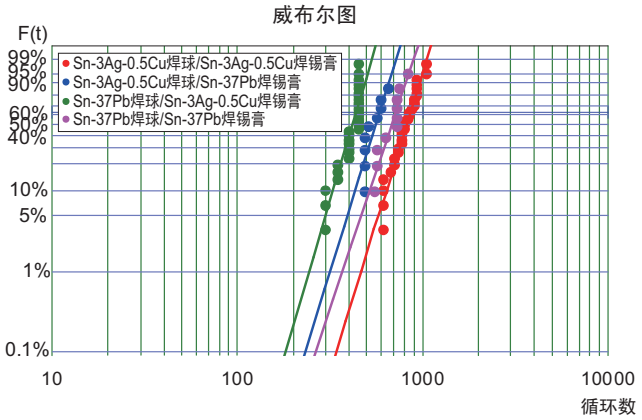
6.8 封装焊球管脚和焊接材料的组合

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。

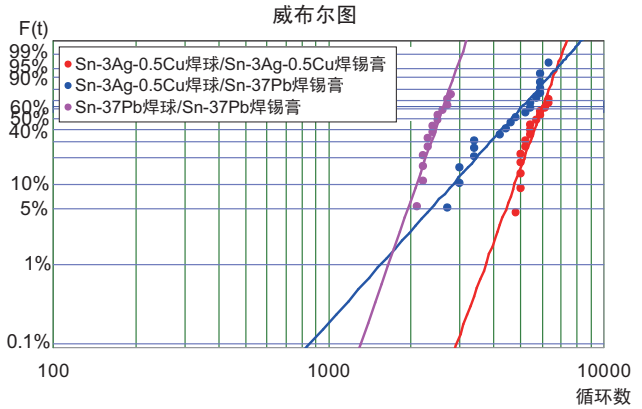
结果表明，不同种类材料的组合的抗温度循环性和抗冲击性均比传统的材料组合差。

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

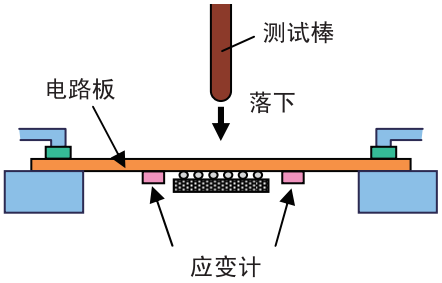


图 6-12 抗冲击试验方法

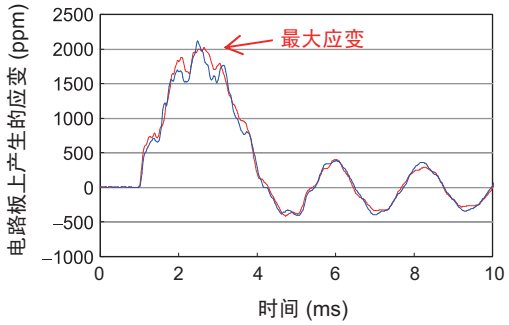


图 6-13 电路板应变测定值

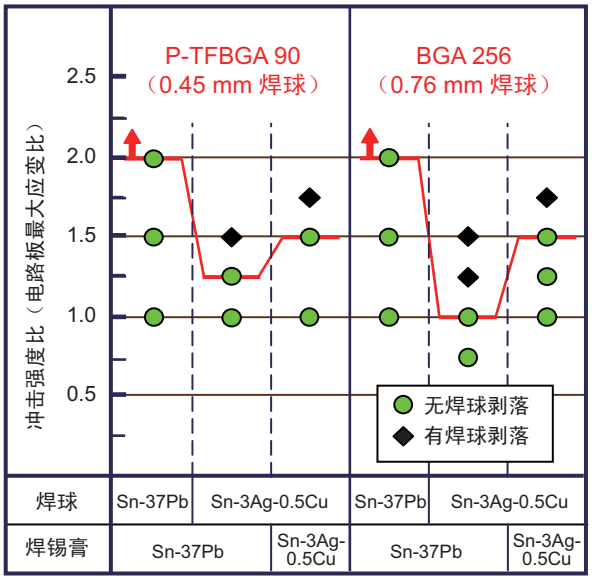


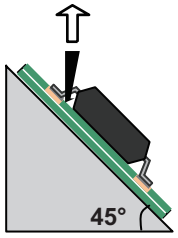
图 6-14 冲击强度测定结果

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。



■ 温度循环试验温度
- –40~＋125°C/各15分钟MIN.

■ 封装
- 14×14mm，100 pin QFP，0.5mm管距
- 引脚材质： Cu/Fe-Ni（42合金）
- 引脚电镀： Sn-Cu, Sn-Bi, Sn, Ni/Pd/Au

■ 印刷电路板
- 尺寸： 60×90×t1.2mm
- 材质： FR–4，4层
- 焊盘表面处理：预焊剂

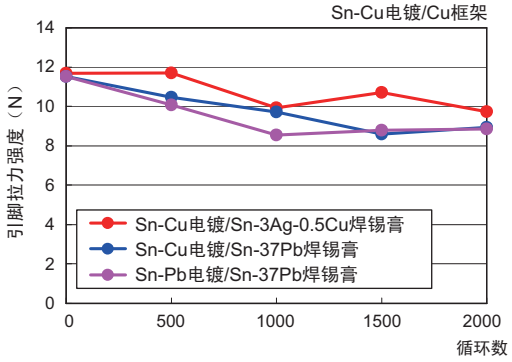
■ 印网掩模
- 厚度： 130μm

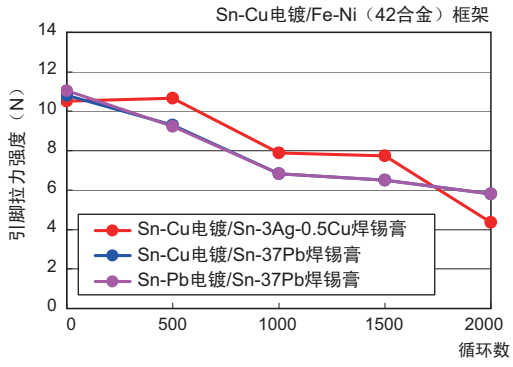
■ 焊锡膏
- Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb

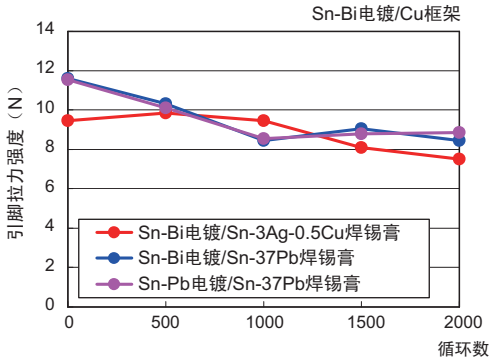
■ 安装温度（引脚部）
- 230°C（仅在传统材料组合的情况下为220°C）

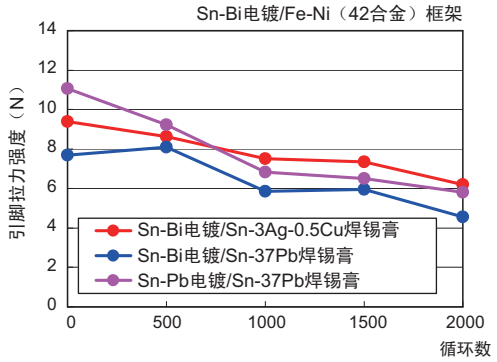
■ 测试拉力条件＊
- 45°方向，20mm/分钟

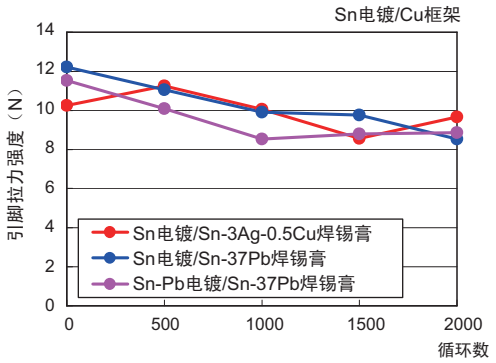
＊依据JEITA ED-4702
「表面安装半导体器件的机械强度试验方法」。











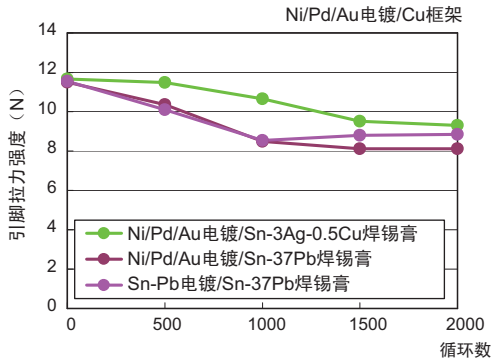


图 6-15 引脚拉力强度

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。

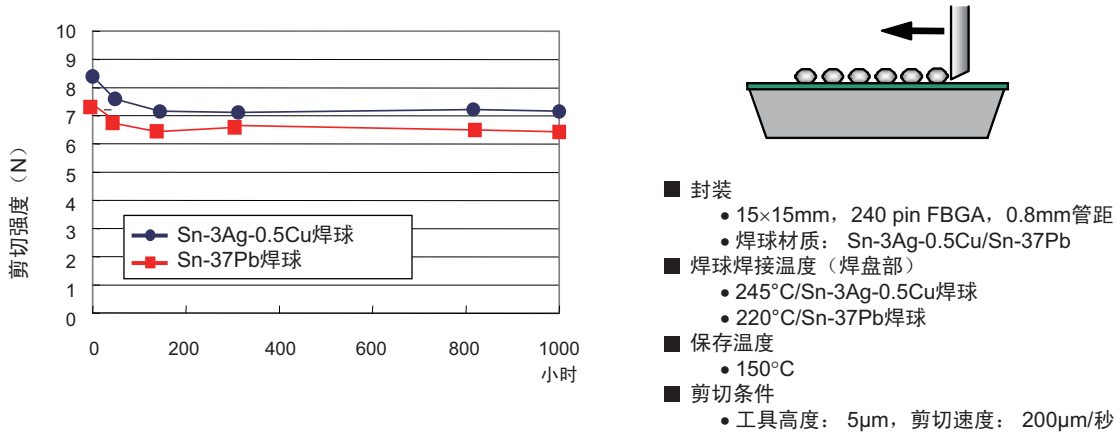


图 6-16 焊球剪切强度

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Tg（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	α1 (/ppm)	α2 (/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	Fe-Ni （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

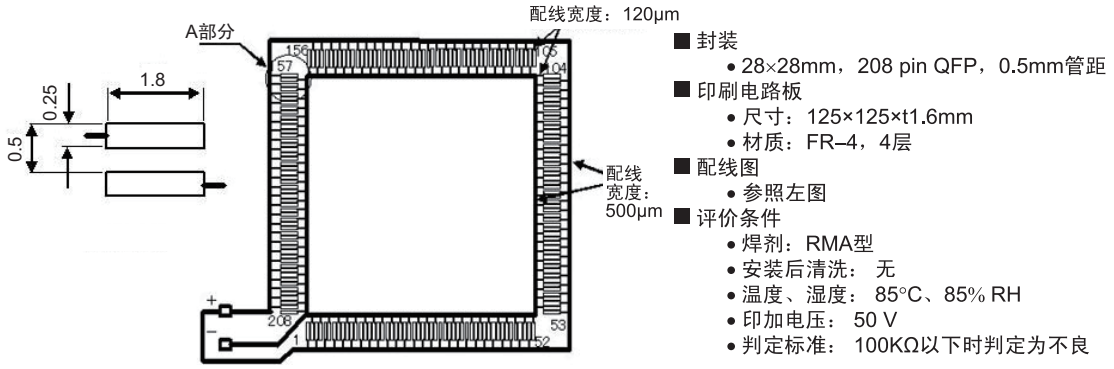


图 6-17 离子迁移评价电路板

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。

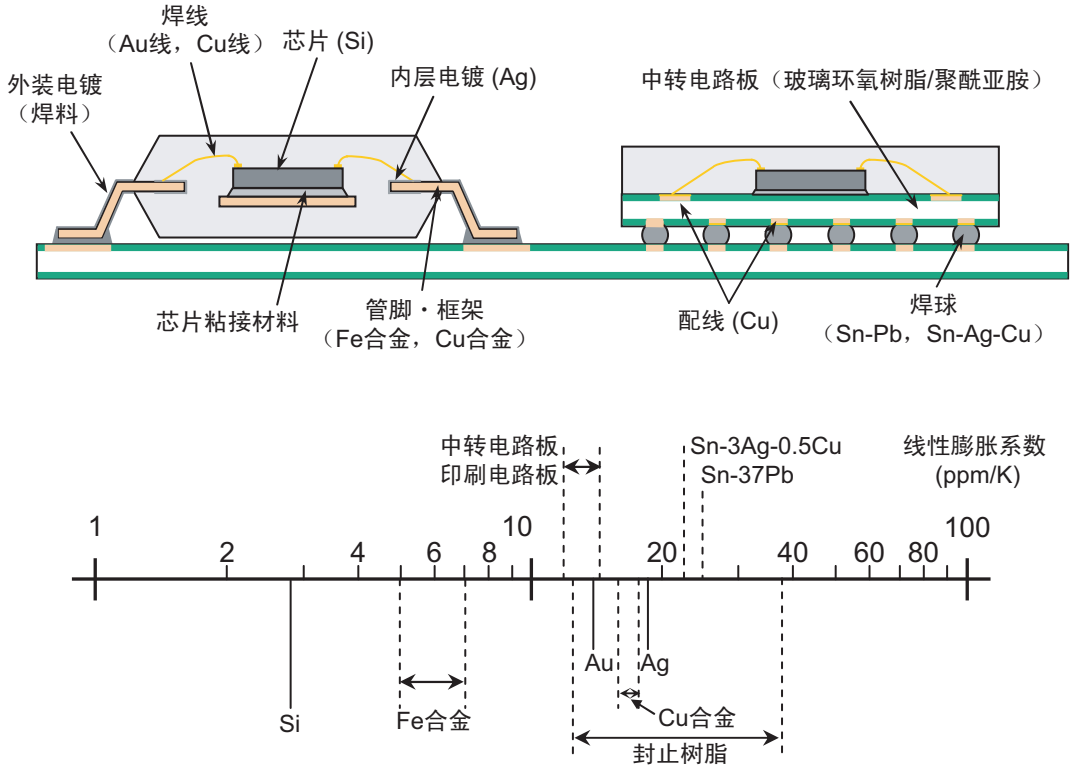


图 7-1 各种组成材料的热膨胀系数

半导体封装安装手册

Publication Date: Rev.2.00 2012.03.29
Rev.7.00 2018.12.25

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.
1001 Murphy Ranch Road, Milpitas, CA 95035, U.S.A.
Tel: +1-408-432-8888, Fax: +1-408-434-5351

Renesas Electronics Canada Limited
9251 Yonge Street, Suite 8309 Richmond Hill, Ontario Canada L4C 9T3
Tel: +1-905-237-2004

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: +49-211-6503-0, Fax: +49-211-6503-1327

Renesas Electronics (China) Co., Ltd.
Room 1709 Quantum Plaza, No.27 ZhichunLu, Haidian District, Beijing, 100191 P. R. China
Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.
Unit 301, Tower A, Central Towers, 555 Langao Road, Putuo District, Shanghai, 200333 P. R. China
Tel: +86-21-2226-0888, Fax: +86-21-2226-0999

Renesas Electronics Hong Kong Limited
Unit 1601-1611, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2265-6688, Fax: +852 2886-9022

Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.
13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei 10543, 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 1207, 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 India Pvt. Ltd.
No.777C, 100 Feet Road, HAL 2nd Stage, Indiranagar, Bangalore 560 038, India
Tel: +91-80-67208700, Fax: +91-80-67208777

Renesas Electronics Korea Co., Ltd.
17F, KAMCO Yangjae Tower, 262, Gangnam-daero, Gangnam-gu, Seoul, 06265 Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5338

© 2018 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.

Colophon 5.0

半导体封装
安装手册

瑞萨电子株式会社

R50ZZ0003CJ0700