

## 回流曲线补充-无铅合金



所提供信息仅作为参考。回流曲线取决于多种因素，包括客户要求、元器件的特性和限值、炉子特性、线路板等等。最重要的是，质量要求应根据曲线的应用来定义，而不是仅遵循此参考指南。

这些参考指南是遵循以下推荐标准，焊接工艺温度曲线参考 IPC-7530 标准，电子元器件参考 IPC-9502 PWB 组装焊料工艺指南，焊接电气电子组件参考 IPC/EIA J-STD-001 要求，小到非常大的组件参考 IPC/JEDEC J-STD-020C 要求标准。

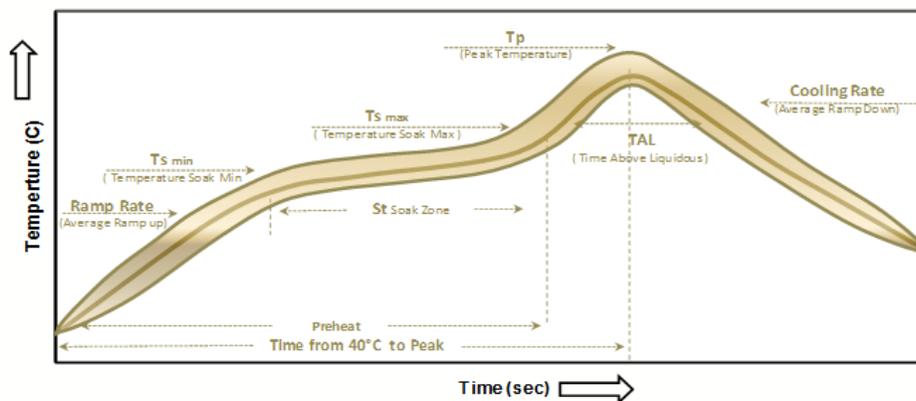
理论上，回流曲线的测量是在密集组件的回流曲线记录中收集的数据而得出的。IPC-7050 提供了回流曲线测试工具制造和各种各样的回流温度测量技术的参考指南。常见于相同曲线设置应用在多种组件中。建议回流曲线数据应在组件零件开始生产运行以作工艺验证和记录保存时每一个独立的步骤中收集，分析和记录其数据。

### 回流曲线的发展

回流温度曲线由加热中温度和时间的联系而定义的。有两种基本的温度曲线类型：升温-保温-回流(RSS 曲线)和升温-回流(RTS 曲线)。RTS 曲线适用于为提高焊料焊接性能的大多数应用。RSS 曲线适用于对热需求比较大且需要减少  $\Delta T$  的应用。

应根据组件零件生产商的建议交叉参照曲线，以确保所有材料不超过最高的温度限值。在定义某项工艺和回流曲线前，建议按照供应商的规格要求或 IPC-9602 标准来验证组件零件的热感度。

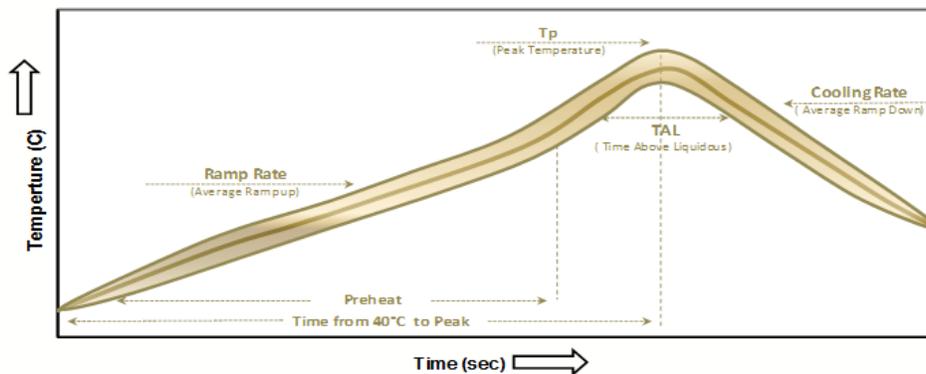
### 升温-保温-回流曲线 (RSS)



## RSS 推荐参数

曲线特性	常见曲线 IPC/JEDEC <sup>1</sup>	免洗助焊剂 (推荐起始值) <sup>2</sup>	水溶性助焊剂 (推荐起始值) <sup>3</sup>
升温斜率	< 3°C/秒	1 - 3°C/秒	1.5 - 3°C/秒
恒温范围 最低温-最高温	150°C-200°C	150°C-200°C	140°C-160°C
恒温时间 (Pt)	< 180 秒	30-90 秒	30-60 秒
液态以上时间 (TAL) <sup>4</sup>	30-90 秒	30-90 秒	30-90 秒
峰值温度(Tp)	230°C-260°C	230°C-250°C SAC 和 REL 240°C-260°C SN100C & 低银合金	230°C-250°C SAC 和 REL 240°C-260°C SN100C & 低银合金
冷却率	< - 6°C/秒	< - 4°C/秒	< - 4°C/秒
从 40°C 到峰值的时间	< 6 分钟	3-4.5 分钟	3-4 分钟

## 升温-回流曲线 (RTS)



## RTS 推荐参数

曲线特性	常见曲线 IPC/JEDEC <sup>1</sup>	免洗助焊剂 (推荐起始值) <sup>2</sup>	水溶性助焊剂 (推荐起始值) <sup>3</sup>
升温斜率	< 3°C/秒.	1-3°C/秒.	1.5-3°C/秒.
液态以上时间(TAL) <sup>4</sup>	30-90 秒.	30-90 秒.	30-90 秒.
峰值温度(Tp)	230°C-260°C	230°C-250°C SAC 和 REL 240°C-260°C SN100C & 低银合金	230°C-250°C SAC 和 REL 240°C-260°C SN100C & 低银合金
冷却率	< - 6 °C/秒.	< - 4 °C/秒.	< - 4 °C/秒.
从 40°C 到峰值的时间	< 6 分钟	3-4.5 分钟	3-4 分钟

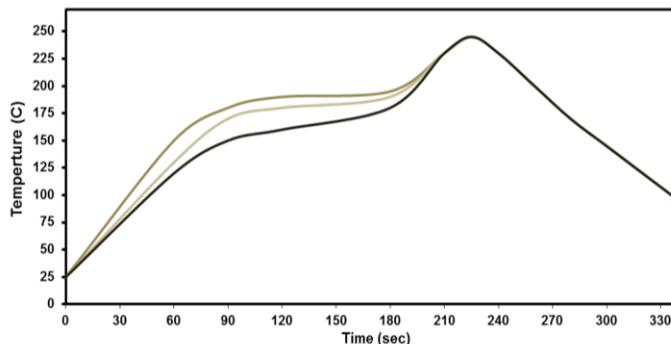
## 特殊曲线

### 改善润湿

润湿问题，不管是元器件还是基板都可通过回流曲线而得到改善。如果润湿问题是整体性的，通常可以用适当的回流曲线工艺改善。如果润湿问题是因为特定组件，那很有可能是元器件或基板的镀层原因。回流曲线可用于改善润湿特性，但也可能会影响组件上的其它装置。提高润湿性的通用办法是，稍微缩短回流曲线至 3 分钟，并提高峰值温度 10-15℃。

### 减少空洞

按体积计算，焊膏大约占助焊剂的 50%，在整个回流中，部分助焊剂存在于焊点中，回流曲线适当的技术调整，可用于减少空洞形成。其它工艺变量也可能有更显著的影响。

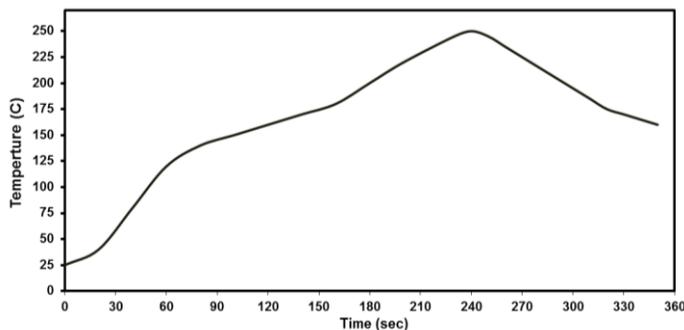


#### 典型减少空洞曲线-免洗助焊剂

到恒温的升温斜率:  $< 3\text{ }^{\circ}\text{C/秒}$ . 典型值  $1\text{-}3\text{ }^{\circ}\text{C/秒}$   
 恒温:  $150\text{-}200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $< 90\text{ 秒}$ . 典型值  $30\text{ 秒}$   
 从  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  到峰值时间: 典型值  $3\text{-}4.5\text{ 分钟}$   
 液态以上时间:  $30\text{-}90\text{ 秒}$   
 峰值温度:  $230\text{-}260\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 典型值  $230\text{-}250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . SAC 和 REL  
 典型值  $240\text{-}260\text{ }^{\circ}\text{C}$ . SN100C & 低银合金  
 冷却率:  $< -4\text{ }^{\circ}\text{C/秒}$

### BAG 上减少窝枕缺陷 (Hip)

以下回流曲线可以帮助改善因为 BGA 本身(塑料材质)封装问题(受热形变)而导致的窝枕问题，曲线调整可能需要延长峰值温度。



#### 典型减少 HiP 缺陷曲线-免洗助焊剂

$40\text{ }^{\circ}\text{C}$  到峰值时间:  $4\text{-}4.5\text{ 分钟}$   
 到恒温的升温斜率:  $2\text{-}3\text{ }^{\circ}\text{C/秒}$   
 恒温范围:  $150\text{-}180\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 恒温时间:  $30\text{-}90\text{ 秒}$   
 恒温至峰值的升温斜率:  $1\text{-}1.5\text{ }^{\circ}\text{C/秒}$ , 最大值  
 峰值温度:  $230\text{-}260\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 典型值  $230\text{-}250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . SAC 和 REL  
 典型值  $240\text{-}260\text{ }^{\circ}\text{C}$ . SN100C & 低银合金  
 液态以上时间:  $> 60\text{ 秒}$   
 HiP 冷却率: 峰值到  $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $1\text{-}1.5\text{ }^{\circ}\text{C/秒}$ , 最大值  
 $210\text{ }^{\circ}\text{C}$  后冷却率:  $< -4\text{ }^{\circ}\text{C/秒}$

## 回流温度曲线疑问解答

问题描述	可能原因														
	预热时间过长	预热时间过短	预热温度过高	预热温度过低	液态以上时间过长 (TAL)	液态以上时间不足 (TAL)	峰值温度过高	峰值温度过低	冷却率过快	冷却率过慢	曲线过长	曲线过短	升温过快	从 25°C 到峰值温度时间过短	从 25°C 到峰值温度时间过长
黑色残留	✓						✓				✓				
焊点脆弱/冷焊						✓	✓				✓	✓			
干扰的焊点										✓					
元件变形/破损							✓		✓						
残留物龟裂									✓						✓
退锡	✓		✓		✓		✓								✓
随机锡球		✓		✓		✓					✓	✓			
颗粒状焊点	✓		✓		✓		✓	✓		✓	✓	✓			
过多助焊剂残留		✓				✓	✓					✓			
助焊剂喷溅	✓														
延展/脆弱焊点					✓		✓		✓						
吃锡不良	✓		✓			✓	✓				✓	✓			✓
元件开裂/元件损坏	✓														
焊膏喷溅	✓	✓		✓									✓		
热冲击/元件损坏									✓						
立碑		✓	✓	✓					✓						
空洞		✓		✓		✓		✓							
灯芯		✓						✓							
锡球	✓														
窝枕缺陷 (HiP)								✓	✓					✓	

以上缺陷信息是针对涉及回流曲线的潜在原因。焊接不良的原因可能由无数的其他工艺或材料变量导致的。请咨询 AIM 技术支持工程师以获得有针对性的工艺和曲线帮助。曲线的使用超出本补充曲线的推荐参数，由于组件的温度限制，固定装置的使用，或是大量密集的组件可能需要一个工艺窗口以外的曲线。请咨询 AIM 技术支持工程师获得协助。

## 术语与定义

**合金，锡银铜 (Sn-Ag-Cu)：**通常由锡、银和铜作为无铅焊料主要成分的合金。\*

**合金，锡镍铜 (Sn-Ni-Cu)：**通常由锡和铜作为无铅焊料主要成分的合金，适用于波峰焊或回流焊。

**允许温度：**电子电路或组件可以执行其预定的功能的温度范围。

**组件：**一个单独的部件或多个部件结合,当在一起, 执行其设计功能。\*

**冷焊：**焊接连接处表现出润湿性差，其特点是在焊接过程中的热应用不足造成的外观呈现浅灰色和有气孔。

**干扰的焊点：**焊接连接处，其特征在于当焊料凝固时，所连接的金属之间有移动。\*

**退锡：**在最开始润湿的基底从部分或全部退锡。

**助焊剂：**化学和物理活性化合物，加热时，通过熔化的焊料去除轻微的表面氧化和其它表面薄膜和焊接操作期间保护表面的再氧化以促进基板金属表面的润湿性。\*

**助焊剂残留：**存在于或接近焊接连接处的表面，与助焊剂相关的污染物。\*

**窝枕缺陷 (Hip)：**窝枕缺陷 (Hip)，也称作球窝，是一种焊接缺陷，其焊膏润湿基底，但不能与 BGA 完全结合。由此产生的焊点形成足够的连接，具有电气连续性，但缺乏机械强度。这些组件可能会因为机械力或热应力小而失效。在功能测试中不检测此缺陷会导致现场失效。

**液相线：**焊锡达到完全熔融或液态的温度。

**吃锡不良：**有接触但拒绝熔化焊料的表面。

**封装：**用作保护电路元件或组件的容器，提供终端连接到电路的其余部分。\*

**峰值温度：**峰值温度是通过在需监测的位置放置热电偶来取得。

**元件开裂：**爆发在集成电路的回流过程中,，通常是吸湿导致的结果。

**回流曲线：**PCB 板经过热源处理时的时间和温度图。

**升温：**部分曲线在装配加热环境温度在预定的速率。需要控制斜率以防止热元件损坏。

**预热/恒温时间：**监控时间，以确保整个组件的温度平衡。这部分曲线是让锡膏溶剂挥发并激活锡膏里的助焊剂去除氧化物。恒温时间或预热时间= 恒温的最小值到恒温的最大值。

**锡球：**微小的球体焊料，通常位于焊点周围或随机的在基板周围。

**锡珠：**位于分立元件的端部的锡球，通常是电阻器或电容器，但也可以在大的和小的晶体管上找到。它通常随着锡膏容量以及回流曲线的变化而变化。

**液态以上时间：**焊料合金为液态的时间。组件必须花费足够的时间在此状态以确保组件都进行适当的回流。

**峰值时间：**组件测量达到最高温度的时间。

**Ts Max：**恒温的最大值

**Ts Min：**恒温的最小值

**墓碑效应：**一种焊接缺陷，组件被拉成垂直或角位置留下一边虚焊。

**润湿：**金属间化合物的形成使基体金属软焊料的扩展。

**渗锡：**是软焊料表面张力所引起的。

\*引用 IPC-T-50.

<sup>1</sup>常见曲线数据是 IPC / JEDEC 许可的参数，并添加仅作为参考。

<sup>2</sup>此数据指南仅适用于免洗助焊剂。助焊剂除掉特殊特性请参考特定产品的 TDS。

<sup>3</sup>此数据指南仅适用于水溶性助焊剂。助焊剂除掉特殊特性请参考特定产品的 TDS。

<sup>4</sup>此温度适用于大部分常见无铅合金（比如 SAC，SN100C）。特殊的无铅合金请参考特定产品的 TDS。