

应用指南

WE-RJ45 网络变压器通孔回流焊工艺



Jeffery Liu

1 引言

通孔回流焊 (THR) 技术是通过使用回流焊技术将通孔组件焊接到印刷电路板 (PCB) 上的工艺。它允许以相同的回流曲线同时焊接通孔元件和表面贴装元件。由于不再需要波峰焊, 这使该工艺更具成本效益并节省了时间。

通孔回流焊不仅对于 EMS (电子制造服务) 公司, 而且对于生产线较小的客户也越来越受欢迎。



图 1: 演示板

2 WE-RJ45 通孔回流焊的特征和优点

对通孔组件的主要要求是在回流焊接过程中能承受高温。不仅要注意塑料外壳材料, 而且还要注意 LED, 在 LED 中, 芯片和引线框对高温非常敏感。进一步的设计要求是确保在回流过程中热量能以相同的方式和相同的效果到达所有焊点。最后要考虑的是组件能被贴片机拾取和放置。通过正确优化电子装联工艺, 制造商可以确保焊点的质量和长期可靠性。

在本节中, 我们将阐明必须优化或更改哪些设计方案, 才能使 WE-RJ45 获得良好的通孔回流焊接结果。

2.1. 外壳材料

在当前的通孔连接器中, 用于外壳的塑料是尼龙或 PBT (聚对苯二甲酸丁二酯)。由于这些材料的熔点分别为 220 °C (尼龙) 和 223 °C (PBT), 因此它们可以在短时间内经受波峰焊的高温。但是, 在液相线温度 (217 °C) 以上保持 20 秒会导致这些材料在回流焊接过程中无法承受回流焊接温度。因此, 通常选择 LCP (液晶聚合物) 做为回流焊接的外壳材料, 因为它具有高熔点 (330 °C) 和低吸湿性。

2.2. 外壳离板间隙

通孔回流焊组件的特征在于印刷电路板和组件之间的离板间隙, 以允许连接器和印刷电路板之间有更好的空气流通。此外, 它为焊膏提供了足够的空间。另外, 组件外壳的结构应适合对焊点进行自动光学检查 (AOI), 并确保在回流期间不与焊膏接触。通常, RJ45 连接器的离板间隙为 0.50 mm。但是, 为了改善焊接效果, 伍尔特电子设计了离板间隙为 1.20~1.60 mm 通孔回流焊 RJ45 连接器。见图 2。



图 2: 离板间隙

2.3. 引脚长度

用于红外回流焊接工艺的 RJ45 连接器的另一个重要方面是引脚长度。如果引脚太长, 则焊膏和印刷电路板之间的距离会太大, 从而在引脚头上形成焊球, 并且焊接效果不佳 (见图 4)。如果引脚太短, 则引脚不会伸出印刷电路板外, 这种情况焊点可接受, 但焊接结果将不能完全满足 IPC-A-610 标准 (见图 3)。理想情况下, 引脚应从印刷电路板伸

应用指南

WE-RJ45 网络变压器通孔回流焊工艺



出 0.20 mm 至 0.80 mm 之间，以达到良好的焊接效果。应用通孔回流焊工艺的 WE-RJ45 引脚长度为 2.20 mm，使其与 1.40~2.00 mm 的印刷电路板厚度匹配（图 5）。

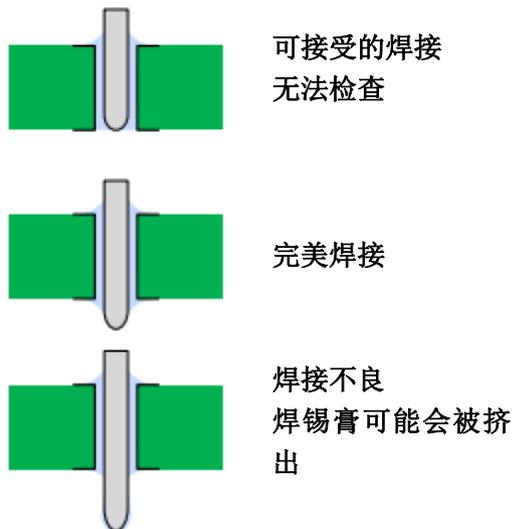


图 3：不同引脚长度的焊接比较



图 4：左侧弯月面产生完美的焊接结果，右侧由于引脚太长，引脚顶部的焊接效果不佳，产生焊锡球问题。

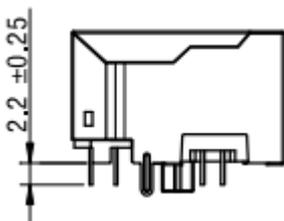


图 5：WE-RJ45 应用通孔回流焊工艺的产品引脚长度为 2.20 mm，适用于厚度为 1.40-2.00 mm 的印刷电路板。

2.4. 连接器类型

即使应用正确的材料、离板间隙和引脚长度，并非

所有 RJ45 连接器类型都可以用于通孔回流焊。对于某些现有设计并在正常操作下，焊接温度不会熔化通孔中的焊膏。根据经验，与 RJ45 的外边缘相距超过 1mm 的焊点将无法良好焊接，因为焊膏不会被回流过程中的热量完全熔化。

3 如何使用通孔回流焊工艺的产品

回流工艺应产生符合 IPC 标准的可接受的通孔焊点。焊点应无空洞并产生圆角（见图 6）。

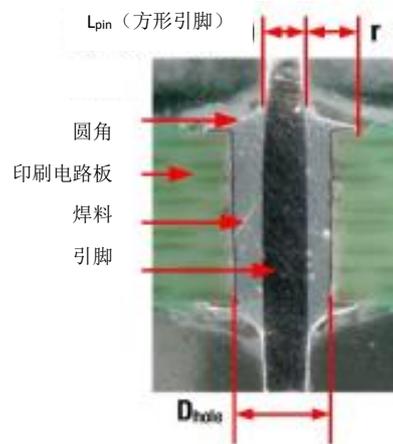


图 6：良好的通孔焊点示意图

必须仔细考虑以下设计步骤：

- 印刷电路板布局
- 钢网设计
钢网应确保可以在通孔上印刷适量的焊膏，以实现回流后的优良焊点。
- 印刷工艺应优化
- 回流曲线应与贴片式组件匹配

3.1. 印刷电路板布局

孔的直径应包括镀层在内进行测量。如果缩小印刷电路板孔的直径，很难将组件安装到印刷电路板上，并且小孔中的焊料量较少会导致引脚和印刷电路板之间的连接不足。

另一方面，过大的孔会导致回流焊接之前元件的机械稳定性降低。较大的孔需要更多的焊料。我们建议采用如图 7 所示的孔设计。在所有伍尔特电子应用通孔回流焊工艺的元素规格书中都给出了建议的焊盘图案，如图 8 所示。

应用指南

WE-RJ45 网络变压器通孔回流焊工艺

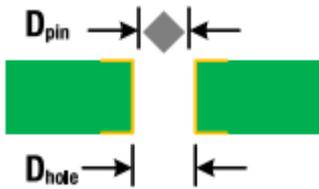


图 7: 印刷电路板孔直径的设计规则

$$D_{hole} = D_{pin} + 0.3 \text{ mm}$$

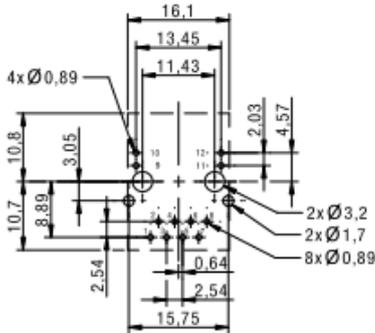


图 8: WE-RJ45 THR 749 801 044 00 规格书中推荐的焊盘图案

3.2. 焊膏量计算

在设计钢网之前，应计算焊膏的体积，以确定钢网的孔径和厚度。大约一半（50%）的焊膏是金属，其余的 50% 是助焊剂，在回流过程中会挥发。为了给焊盘和孔获得足够的焊料，应使用双倍数量的焊膏。焊膏的总体积 (V_{paste}) 由孔体积 (V_{hole}) 减去引脚体积 (V_{pin}) 加上顶部和底部的圆角体积 (V_{fillet}) 来计算。

公式是：

$$V_{paste} = 2 (V_{hole} - V_{pin} + 2 \cdot V_{fillet}) \quad \text{公式 (1)}$$

$$V_{hole} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{hole}^2 \cdot T \quad \text{公式 (2)}$$

$$V_{pin} = L_{pin} \cdot W_{pin} \cdot T \quad \text{公式 (3)}$$

$$V_{fillet} = 0.215 \cdot r^2 \cdot 2 \pi \cdot (0.2234 \cdot r + \frac{1}{2} W_{pin}) \quad \text{公式 (4)}$$

这里：

D_{hole} 孔直径

L_{pin} 引脚长度

W_{pin} 引脚宽度

T 印刷电路板厚度

r 圆角半径

计算 74980104400 焊膏量的示例

引脚尺寸: 0.40 mm · 0.40 mm

建议印刷电路板孔尺寸: \varnothing 0.89 mm

印刷电路板厚度: 1.60 mm

焊盘直径: 1.40 mm

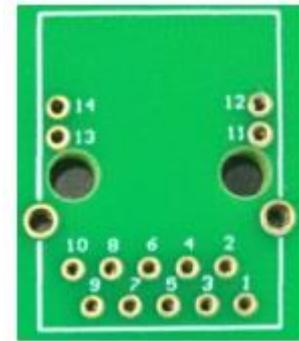


图 9: 印刷电路板布局

根据公式 (2)

$$V_{hole} = \frac{\pi}{4} \cdot (0.89 \text{ mm})^2 \cdot 1.6 \text{ mm} = 0.9954 \text{ mm}^3$$

遵循公式 (3)

$$V_{pin} = 0.4 \text{ mm} \cdot 0.4 \text{ mm} \cdot 1.6 \text{ mm} = 0.256 \text{ mm}^3$$

根据公式 (4)

$$V_{fillet} = 0.215 \cdot [(1.40 - 0.89) \text{ mm}]^2 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot \dots \left[0.2234 \cdot (1.40 - 0.89) \text{ mm} + \frac{1}{2} \cdot 0.4 \text{ mm} \right] = 0.110 \text{ mm}^3$$

Applying equation (1), we obtain

$$V_{paste} = 2 (0.9954 \text{ mm}^3 - 0.256 \text{ mm}^3 + 2 \cdot 0.110 \text{ mm}^3) \\ V_{paste} = 1.9188 \text{ mm}^3$$

3.3. 钢网设计

钢网设计是通孔回流焊工艺中的重要因素。在钢网印刷过程中必须将正确体积量的焊膏通过钢网印刷到通孔中。

钢网孔的面积取决于所需的焊料量。孔可以是矩形、圆形或任何其他形式。最重要的因素是要获得足够的焊锡膏。

例如，如果钢网的厚度为 0.15 mm，则孔的面积应

应用指南

WE-RJ45 网络变压器通孔回流焊工艺



为:

$$S_{\text{aperture}} = \frac{(1.9188 \text{ mm}^3 - 0.9954 \text{ mm}^3)}{0.15 \text{ mm}} = 6.15 \text{ mm}^2 \quad \text{公式 (5)}$$

在这里，应该减去孔的体积，因为它是在印刷锡膏后填充的。因此，我们可以将钢网的开口设计为 $2.20 \text{ mm} \cdot 2.80 \text{ mm} = 6.15 \text{ mm}^2$ 。所有 WE-RJ45 THR 规格书中均附有建议的钢网布局（针对钢网厚度为 0.15 mm），如图 10 所示。

应用指南

WE-RJ45 网络变压器通孔回流焊工艺

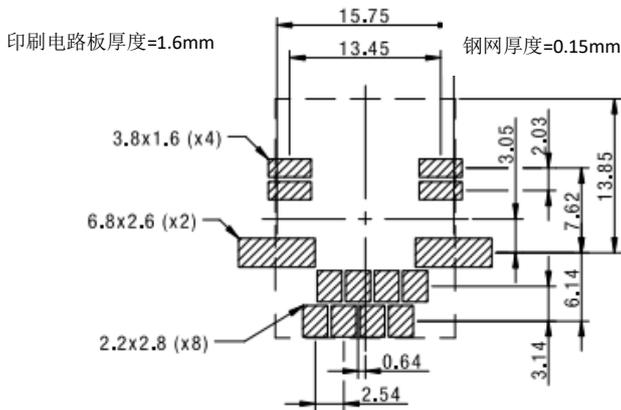


图 10: WE-RJ45 THR 749 801 044 00 规格书中推荐的钢网设计

3.4. 印刷

有多种方法可以将焊膏印刷到应用通孔回流焊工艺的印刷电路板上。与常规贴片工艺不同，焊盘和引脚孔都需要填充焊膏。为此，需要确保将焊膏正确地压入孔中。可以通过一步或多步来完成：

- **印刷两次**

第一步，从印刷电路板的顶面施加焊膏。第二个印刷步骤将不使用额外的焊锡膏，而是将第一次印刷时的焊锡膏更深地推入通孔中。

- **使用不同的钢网印刷**

另一种方法是使用两个钢网。第一个钢网将焊膏施加到通孔（而不是周围的焊盘）中。第二个钢网将焊膏施加到通孔和焊盘上。与“印刷两次”不同的是，在两个印刷步骤中都将焊膏施加到 PCB 上。也可以通过第二步将其他 SMT 组件的焊膏施加在印刷电路板上。在使用 RJ45 网络变压器进行的测试中，我们没有评估此方法。

- **带有蚀刻凹槽的钢网**

另一种解决方案是使用阶梯式钢网。使用第一个钢网将焊膏施加到所有贴片式组件的 PCB 焊盘上。在第二步中使用阶梯式钢网，将焊膏施加到应用通孔回流焊工艺的通孔及其焊盘上，其底侧有蚀刻凹槽，可以防止已经印刷在贴片式组件 PCB 焊盘上的锡膏受挤压变模糊。

对于 RJ45 元件，要应用于通孔的钢网最小厚度为 0.15 mm。如果其他贴片式组件需要以 0.1 mm 厚度的焊膏进行焊接（例如为了节省焊膏量），我们建议使用阶梯式钢网。焊接通孔回流元件的区域，钢网厚度为 0.15 mm，所有其他区域钢网厚度为 0.1 mm。

3.5. 焊膏

市场上有不同种类的焊膏。为了使用通孔回流生产工艺，应使用高粘度的焊膏。在印刷过程中，高粘度的焊锡膏更容易压入孔中。我们在测试中使用 Sn96.5Ag3.0Cu0.5 类型焊膏。

3.6. 焊接曲线

伍尔特电子建议依据 IPC / JEDEC J-STD-020E 的焊接曲线。图 11 表示焊接曲线，表 1 表示参数概述。图 12 表示工艺流程图，运用该流程图检查我司产品焊接性能。

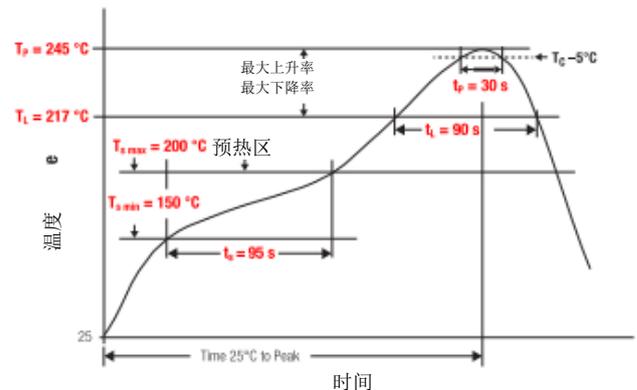


图 11: WE 通孔回流产品的回流曲线分类

曲线特征		值
最小预热温度	Ts min	150°C
最大预热温度	Ts max	200°C
从最小 Ts 到最大 Ts 的预热时间 ts	ts	60-120 秒
上升率(TL to TP)		最快 3°C/秒
液相线温度	TL	217°C
超过 TL 的时间 tL	tL	60-150 秒
器件峰值温度	TP	见数据表
实际峰值温度 5°C 内的时间	tp	20-30 秒
下降率(TL to TP)		最快 6°C/秒

应用指南

WE-RJ45 网络变压器通孔回流焊工艺



25°C 到峰值温度的时间		最多 8 分钟
允许回流次数		最多 2 次

表 1: 回流曲线分类

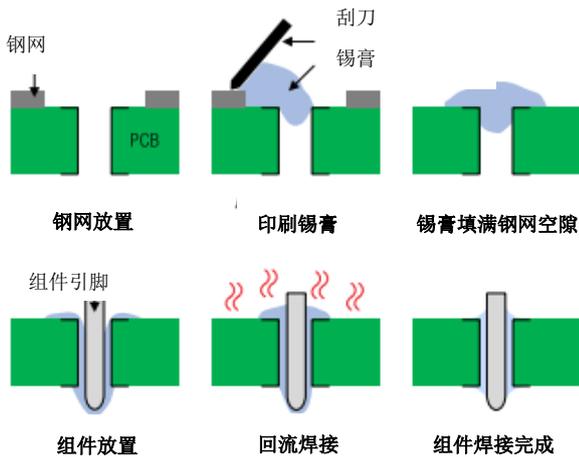


图 12: 通孔回流焊工艺流程图

IPC-A-610 标准可用于检查应用通孔回流焊的组件。该检查基于电子元件中对通孔元件焊接点的验收标准。通过切片后的横截面图像检查不可见区域。以下为基本标准：

- 引脚两侧的焊料填充率至少为 75%，见图 13。
- 气孔少于 30%，见图 14。
- 通孔表面和元件引脚上 100% 润湿。

3.7. 结果

依据 IPC-A-610E 对我们工程批次产品进行了外观检查，依据电子元件中对通孔元件焊点的验收标准通过。见图 11。

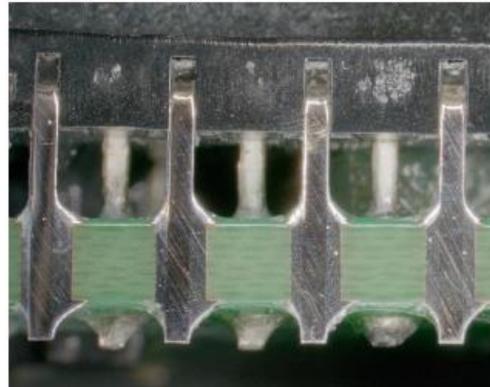


图 13: 焊接结果 (横截面)

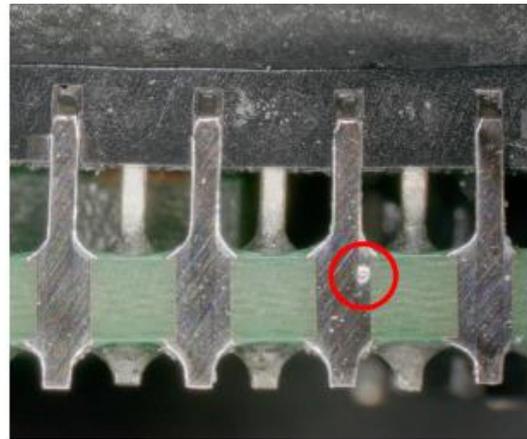


图 14: 气孔 (横截面)

4 结论

本应用指南介绍了实施通孔回流焊工艺时需要考虑的关键问题，包括组件选择、印刷电路板设计、钢网设计和工艺设置。通孔回流焊技术非常有前景，可以节省时间和人力。此外，它还可以广泛应用于通信、汽车、工业等领域。

应用指南

WE-RJ45 网络变压器通孔回流焊工艺



A. 附录

A.1. 参考资料

- [1] Guillaume Greniner, 《THR（通孔回流焊）技术》”eiSos news_THR 组件。
- [2] 《焊膏引脚应用指南》，力特（Liffefuse）公司。
- [3] 《用于 SMT 生产应用通孔回流焊工艺的基础连接器》菲尼克斯电气有限公司（Phoenix Contact GmbH & Co. KG）

应用指南

WE-RJ45 网络变压器通孔回流焊工艺



重要声明

本应用指南基于我们对这些领域典型要求积累的知识和经验。它是一般性指南，不应被视为伍尔特电子集团对客户应用适用性的承诺。本文中的信息如有更改，恕不另行通知。未经书面许可，不得翻印或复制本文档及其部分内容，不得将其内容透露给第三方，也不得将其用于未经授权的用途。

伍尔特电子集团及其子公司和分支机构（伍尔特电子）不对任何形式的应用支持承担责任。客户可以在其应用和设计中使用伍尔特电子的帮助和产品建议。伍尔特电子产品在特定客户设计中的适用性和使用责任始终完全在客户自己。基于这一事实，客户应在适当时自行评估和研究，判断具有产品规格中所述特定产品特征的设备是否有效，以及是否适合相应的客户应用。

技术规格见产品最新规格书。顾客应使用规格书，并注意确认最新规格书。可以从 www.we-online.com 下载。客户应严格遵守所有产品特定的说明、注意和警告。我们保留对产品和服务进行更正、修改、增强、改进和其他更改的权利。伍尔特电子不保证或代表任何基于与伍尔特电子产品或服务使用的任何组合、机器或过程有关的任

何专利权、版权、屏蔽作品权或其他知识产权，以及以明示或暗示的方式授予的许可。伍尔特电子发布的有关第三方产品或服务的信息并不代表伍尔特电子授予的使用此类产品或服务的许可证、保修书或认可证。

伍尔特电子产品不可用于对安全有严格要求的应用，或合理预期产品故障会导致严重的人身伤害或死亡的用途。此外，伍尔特电子产品不应用于军事、航空航天、航空、核控制、潜艇、运输（汽车控制，火车控制，船舶控制）、交通信号、防灾、医疗、公共信息网络等领域。客户应在进入设计阶段之前告知伍尔特电子有关此类用途的意图。在某些要求高安全性的客户应用中，电子组件的故障或故障可能危及人类生命或健康，客户必须确保他们在应用安全和法规后果方面具有所有必要的专业知识。客户承认并同意，无论伍尔特电子提供与应用程序相关的任何信息或支持，他们将对与其产品以及在对安全有严格要求的应用中使用伍尔特电子产品有关的所有法律、法规和安全性要求承担全部责任。客户应就在对安全有严格要求的应用中使用伍尔特电子产品造成的损害，对伍尔特电子进行赔偿。

相关链接



应用指南

www.we-online.com/app-notes



REDEXPERT 设计工具

www.we-online.com/redexpert



工具箱

www.we-online.com/toolbox



产品目录

www.we-online.com/products

联系信息

appnotes@we-online.com

电话: +49 7942 945 - 0



伍尔特电子集团

德国 Max-Eyth-Str. 1, 74638 Waldenburg

www.we-online.com

