

印制电路板设计,生产与组装 · PCB DESIGN, FABRICATION & ASSEMBLY

2021年2月号

I-Connect007  
GOOD FOR THE INDUSTRY

# pcb007 中国

线上杂志

CHINA MAGAZINE

温故  
知新

扫码关注公众号



iconnect007china.com



# 温故知新

庚子年已进入了尾声，这是极不平凡的一年，不论对中国还是全世界来说，这都是百年未遇之大变局。去年2月我们在杂志中提到，新冠疫情将是一场没有硝烟的战争，是考验领导力、意志力、科技水平、制造业水平的综合性战场。回望这一年，我认为中国表现得很出色。今年的春节虽然还不能像往常一样，但相比去年的紧张与不确定性，绝大多数人都能够踏踏实实地过个年。2020年整个电子制造业交出了不错的答卷，本期杂志，我们将对过去的热点进行回顾，同时探讨目前比较热门的新技术。

首先是成像技术，如今的成像工艺可以说与之前大相径庭。我们的编辑团队最近采访了 Technica 公司的 Ed Carignan，他概述了直接成像技术和喷墨打印技术的现状，基于这两项技术多年来的发展历程为读者描绘了未来发展趋势。

《MivaTek 的新技术及其市场推动力》文章介绍了 Miva Quad-wave 技术，只需要使用一台设备就能“为所有产品成像”，且无需

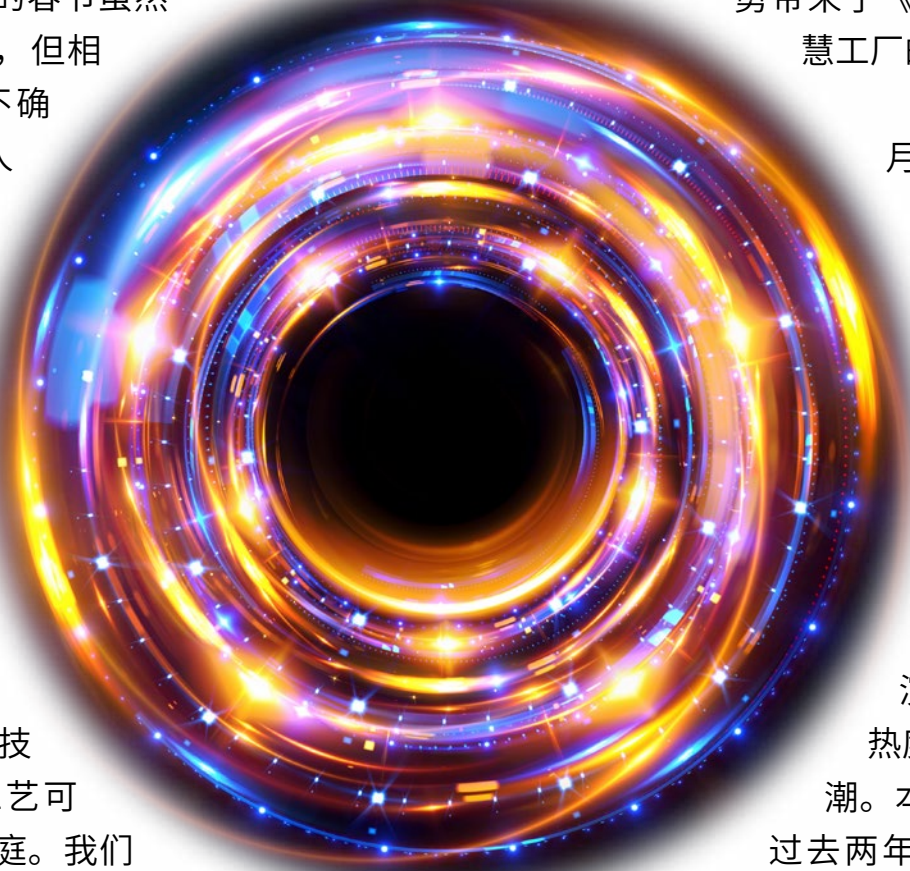
操作员干预。

智慧工厂、智能制造、工业 4.0……这些高频热门话题对于制造业从业者来说，感受就像 5G 广告语——未来已来、无限可能！但对于置身其中的我们来说，一直反复思考的问题是“未来真的来了吗”？奥宝的王

勇带来了《浅析 PCB 业智慧工厂的未来》一文。

从 2019 年 5 月起，PCB007 中国在线杂志陆续刊登了有关垂直导体结构 (VeCS) 的系列文章。Happy Holden 去年 ECWC15 上的相关主题演讲把该话题的热度带上了一波高潮。本期我们回顾了过去两年里相关的技术文章，供大家参考。

高密度互连 HDI 板及相关组件对于使航空项目充分利用现代集成电路日益增加的复杂性和功能优势至关重要。《应用于航空领域的高密度 PCB 技术评估》一文概述了由 imec 公司牵头、比利时 ACB 公司和 Thales Alenia Space 公司协助的欧洲航天局高密度





## 我们的激情来源于技术革新

锐德致力于为汽车电子，消费电子，航空航天及医疗电子，各类5G、IGBT及新能源车电产品等多种应用领域提供高效的热力系统解决方案及特殊系统研发服务。产品温度范围从-50°C 到 + 1200°C。

欲想了解更多产品组合,敬请访问：[www.rehm-group.com](http://www.rehm-group.com)



Check out our innovative  
software solutions

锐德热力设备（东莞）有限公司 | 中国广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区畅园路2号  
T +86 769 - 8238 0238 | [info@rehm-group.com](mailto:info@rehm-group.com) | [www.rehm-group.com](http://www.rehm-group.com)



PCB 组件项目。

2020 年，全球因 COVID-19 疫情遭遇了诸多挑战。需求增加、产能未释放以及工业安全事故都会带来交货期延长、可用性降低以及关键原材料价格上涨的压力。国际 CCL 厂商腾辉为我们讲解了《推动覆铜板和半固化片价格上涨的因素》。

Uyemura 的专家 George Milad 带来了电镀方面的两篇文章。首先是《电子行业电镀工艺培训》，电镀是非常传统的工艺，已经发展了若干代。其基本原理简单且好理解。但是当涉及到 PCB 电镀工艺的复杂细节，有很多技术需要学习和应用。第二篇技术文章讲解了电子产品制造中的浸镀反应，电镀或金属沉积是制造电子封装的关键组成步骤。

IPC 名人堂得主 Michael Carano 的专栏继续《导通孔填孔与塞孔》第二讲，上一讲介绍了几种实现盲孔和通孔填充的方案，本期将介绍用导电膏塞孔。

本期我们的编辑团队还采访了北美几家制造业领军厂商，共同探讨了制造工厂人力资源的关键部分——培训策略，阐释了培训的重要作用，管理层如何积极主动地对员工进行技能培训，以及如何应对当前疫情下培训需求和难度的增加，希望给国内读者一些借鉴。

**PCB 组装专区**中，首先采访了检测设备供应商 MIRTEC 公司总裁 Brian D'Amico，讨论了测试和检测设备在智能工厂中所发生的变化，以及如何做出调整以利用这一新技术。

最近，I-Connect007 编辑团队采访了 Ron Lasky 博士，探讨了  $X = X_c - 1$  的概念，Lasky 提出了产生持续改进热情的建议。正如本次采访所阐明的，许多工艺改进都是微小的，不是那种动辄持续一年的大项目。

IPC 名人堂得主 Ray Prasad 的《如何审核 OEM-EMS 组装能力》系列文章进入第 2 部分。本系列第 1 部分详细总结了评估 OEM 或 EMS 公司制造能力的审核流程。第 2 部分将重点介绍对供应商技术和制造能力的审核。

技术专栏作家、发明家 Joe Fjelstad 在《PCBA 没有焊料是否可以继续前行?》中介绍了其参与开发并推广的 Occam 无焊料组装技术。只有那些冒险走远的人才可能发现，一个人可以走多远。

**PCB 设计专区**里，首先是由 Chris Young 带来的《避免设计返工一次即通过的完美 PCB 设计》一文，PCB 设计远比向终点冲刺复杂，它更像是做好充分准备的冒险之旅。平均每个 PCB 设计项目需要 2.9 次设计返工，消除返工会大大节约成本。

电子系统公司迫切需要克服产品、组织结构和工艺复杂性三大设计挑战，而这一需求正在驱动电子行业进入数字转型新时代。西门子的 David Wiens 为我们介绍了数字化设计的优点与发展趋势。

PCB 设计行业导师 Lee Ritchey 在《如何减少设计返工》中与我们探讨了如何围绕 DFM 进行持续改善，特别提到了哪怕让重新设计的次数减少一次，也能带来的诸多益处。他也是《一次即成：高速 PCB 和系统设计实用手册》的联合作者，该书被工程师们奉为宝典。

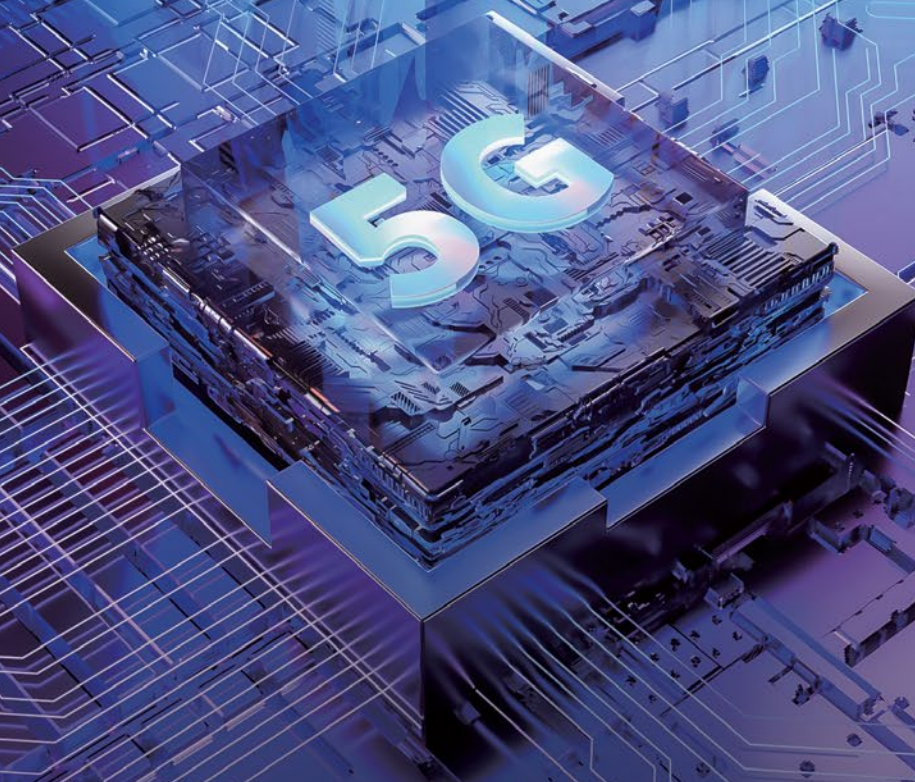
以上就是本期的全部内容，这个月是 PCB007 中国线上杂志的第 48 期，我们杂志走完了四个年头，在此要感谢广大读者与赞助商的支持，也要感谢为杂志奉献的行业专家、工作人员。下个月 PCB007 中国线上杂志将步入第五个年头，希望在您的陪伴下越走越好。





CPA 2021  
SHOW

同期举办：上海国际水处理和洁净技术及设备展览会  
Extra Exhibition: International Water Treatment & Cleanrooms Exhibition



# 国际电子电路（上海）展览会

## INTERNATIONAL ELECTRONIC CIRCUITS (SHANGHAI) EXHIBITION

2021.7.7-9

国家会展中心（上海）  
National Exhibition and  
Convention Center (Shanghai)

主办单位 Organizers



承办单位 Event Manager



展会联络 Contact Us

Tel: +86-21-54900077 / Fax: +86-21-54904537  
E-mail: cpcashow@ying-zhan.com  
QQ: 800 055 702  
www.cpcashow.com







扫码订阅公众号推送

## 市场动态与新技术

2月我们将迎来农历新年, 每年这个时候我们都会温故而知新。

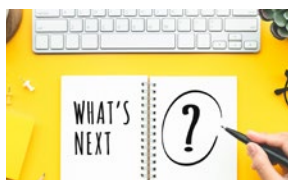
### 专题文章

#### 9 成像和喷墨打印技术的未来

by the I-Connect007 Editorial Team

#### 21 MivaTek 的新技术 及其市场推动力

by Nolan Johnson



#### 27 奥宝电子：

浅析 PCB 业智慧工厂的未来

by 王勇

#### 31 垂直导体结构 VeCS 专题回顾

#### 39 应用于航空领域的

高密度 PCB 技术评估

by Maarten Cauwe, et al.



#### 55 推动覆铜板和半固化片价格上涨的因素

by Mark Goodwin

#### 61 电子行业电镀工艺培训

by George Milad

#### 63 电子产品制造中的浸镀 反应

by George Milad



#### 67 导通孔填孔与塞孔 (第 2 部分)

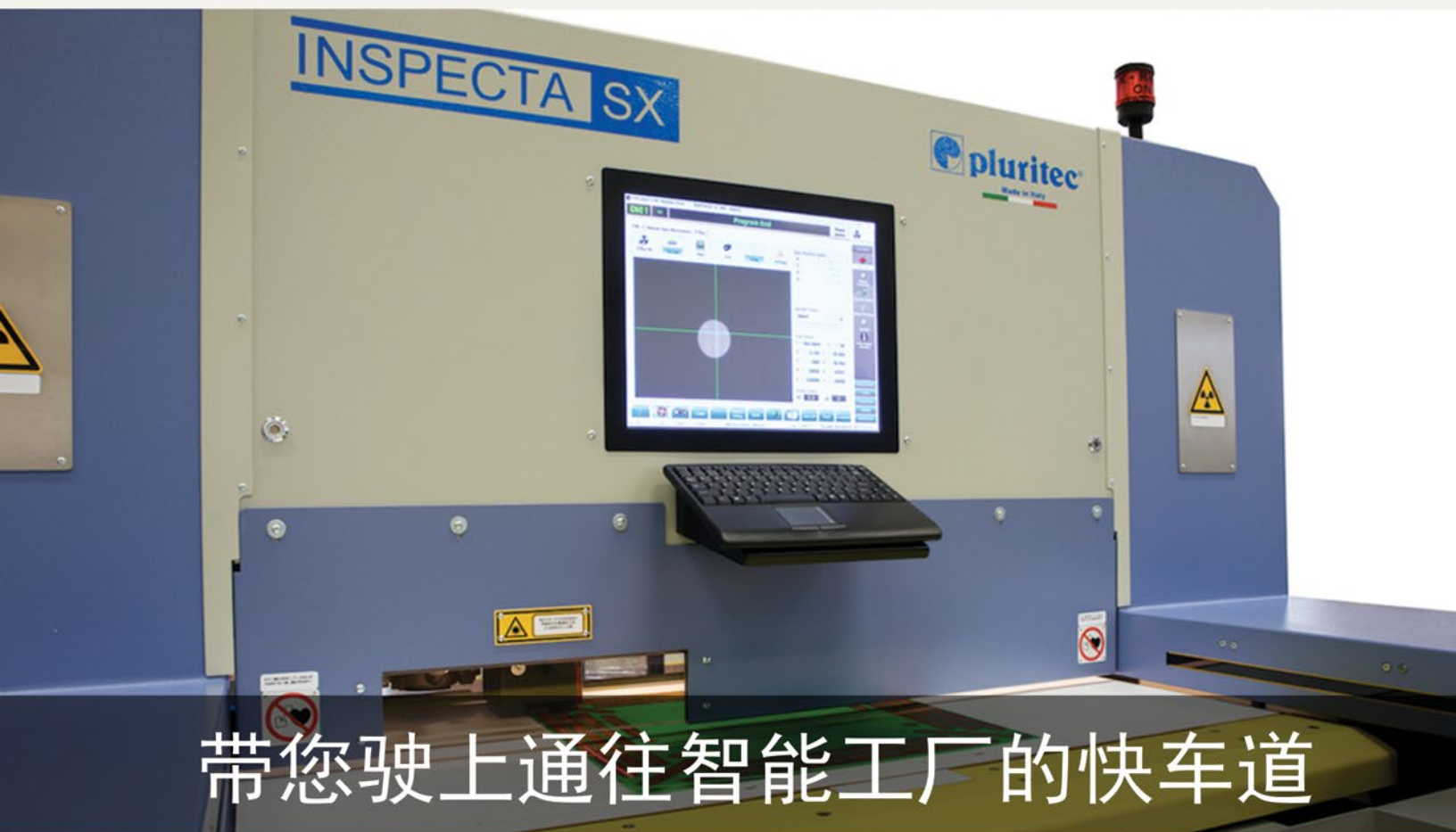
by Michael Carano

#### 69 培训的基本要素

by Nolan Johnson







# 帶您駛上通往智能工厂的快车道

## 搭上智能工厂快车



- 与MES集成，面板可追溯性，易于与现有自动化方案集成
- 开放性设计，可轻松与任何自动化方案集成
- 使用X射线进行内层2D代码读取达成工艺管控
- 外层实时标记，支持面板可追溯与信息检索
- 集成面板变形数据采集和统计分析软件，用于改进对位
- 以下功能可选：
  - 使用机械手臂自动装载卸载面板
  - 带闪光灯的X射线面板预对准机
  - 自动打标机

Hong Kong

普利德工業遠東有限公司

香港 灣仔 告士打道80號 17樓

Tel 電話 : +852 2954 5592 / +86 136 3289 6587

costanzo.dangelo@pluritec.org

tom.tang@pluritec.org

Taiwan

普利德工業遠東有限公司

地址: 桃園市平鎮區復旦路三段84號

Tel 電話 : +886 (03) 4022218 / +886 (0) 937721665

mike.chen@pluritec.org



扫码订阅公众号推送

## 总第四十八期



### 行业要闻

**66** 疫情下的美国 PCB 制造企业：IPS 扩大规模以适应不断增长的市场需求

**89** 线上 CES 2021 的亮点：全新的体验

**109** 欢迎参加 2021 IPC APEX EXPO 线上展会

### 其他栏目

**20** PCB007 中文网站 Top Ten

**119** 行业活动日历

**120** 广告索引、下期预告  
工作人员名单

### PCB 组装专区

**77** 智能工厂的测试与检测  
by Nolan Johnson

**85** 持续改进：像  $X = Xc - 1$  一样简单  
by the I-Connect007 Editorial Team

**91** 如何审核 OEM-EMS 组装能力  
(第 2 部分)  
by Ray Prasad

**97** PCBA 没有焊料是否可以继续前行？  
by Joe Fjelstad



### PCB 设计专区

**103** 避免设计返工一次即通过的完美 PCB 设计  
by Chris Young

**105** 电子系统设计转型  
by David Wiens

**111** Lee Ritchey 谈：  
如何减少设计返工  
by the I-Connect007 Editorial Team





# 这些行业领军企业 都有什么相似之处？



他们都从PCB007中国线上杂志的广告中收益  
我们是中国电子电路行业的优质广告合作伙伴

## 欢迎加入领袖企业的行列！



GET STARTED NOW!

I-Connect007 中国  
GOOD FOR THE INDUSTRY

I-Connect007china.com

# 成像和喷墨打印技术的未来

by the I-Connect007 Editorial Team

I-Connect007 编辑团队最近采访了 Technica 公司的 Ed Carignan，他概述了直接成像技术和喷墨打印技术的现状，以及基于这两项技术多年来的发展历程，为读者描绘了未来发展趋势。

**Nolan Johnson：**成像技术似乎经历了很多变化，甚至可以说所谓的成像技术已经与之前大相径庭，你是否可以介绍一下成像技术都经历了哪些变化？未来又会如何发展？

**Ed Carignan：**过去十多年里，这项技术从标准的成像转变为直接成像技术。目前市场已涌现了很多这类公司，这项技术得到了广泛的应用，就连一年营业额在 500 万美元以下的小工厂都已迈入了数字时代，通过数字成像内

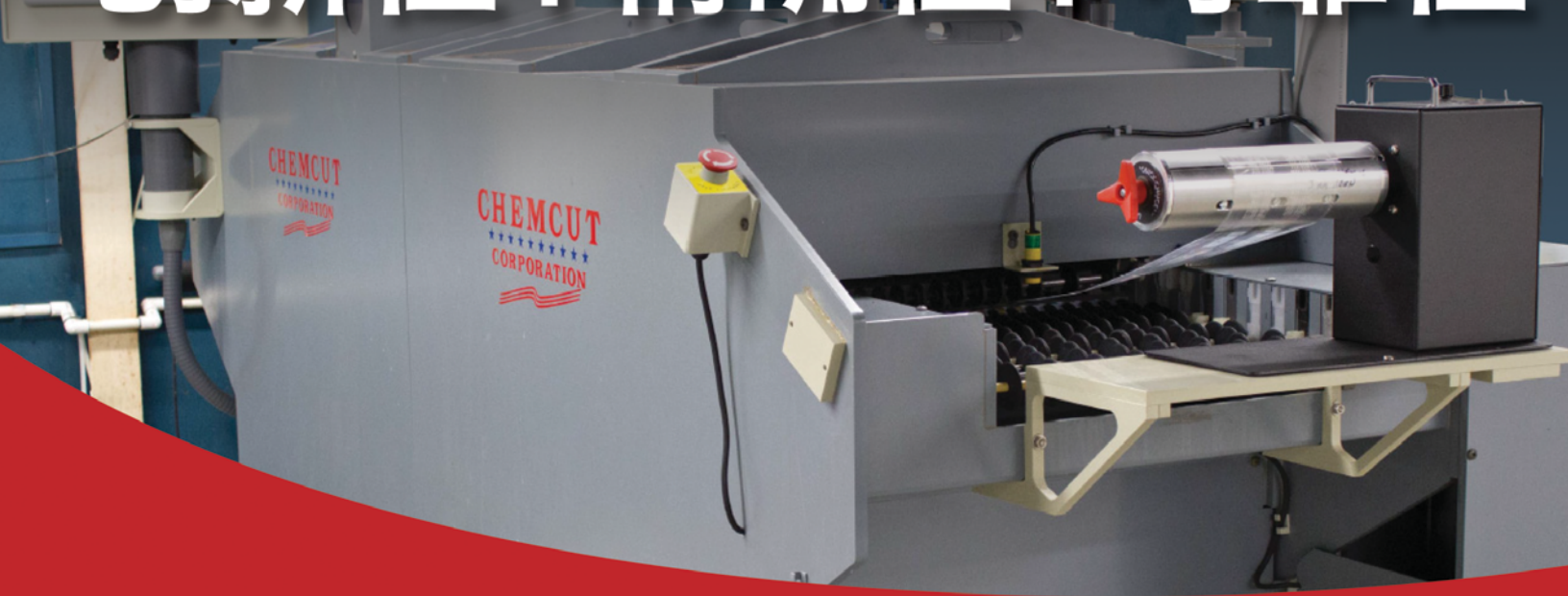
层、外层和阻焊层。

最近出现的更新技术是喷墨系统。这种技术需要安装的设备更少，而且也不清楚市场会因此发生怎样的巨变。但是随着皮升打印头的引入，之前采用直接成像技术完成的工作很有可能因为加成法工艺的普及而被抛弃，因为新的加成法工艺可消除一些工艺流程，以及其他一些优势。我们是直接成像技术领域的主流公司，现在还有很多工作正在研发当中，小到封装方案、使用多波长后的成像速度，以及那些长久以来一直在不断进行的改善。

喷墨系统的市场占有率会达到多少，很令人期待。可能因为存在不同的工艺变量，所以这两种技术会同时存在，我们在这两个领域都有合作伙伴。



# 创新性+精确性+可靠性



## 厂内客服实验室

可为每位Chemcut客户提供如下协助：

- 研发新工艺流程
- 产生初始原型
- 小型试生产
- 可行性研究
- 产生放大数据
- 操作员培训和教育



联系人Matt



要了解有关我们实验室的更多信息，请通过电子邮件  
[merlichman@chemcut.net](mailto:merlichman@chemcut.net)与Matt Erlichman联系。

[www.chemcut.net](http://www.chemcut.net)

 **CHEMCUT**  
BOUNDLESS INNOVATION | UNBEATABLE PRECISION

**Johnson**：喷墨技术逐渐取代直接成像和更久之前的底片成像技术，那么喷墨技术都有哪些优势？为什么要采用直接成像或喷墨技术呢？这两种技术并不完全重叠。

**Carignan**：几乎没人会重新采用标准成像技术，因为之前那种技术不能主动去缩放。通过图像采集技术达到的对准能力是里程碑式的技术进步，能确保更加精密地固定焊盘和放置阻焊坝。但这项技术所需操作员的培训成本因其并未涉及什么特殊方法而未呈指数增长，就如同几年前印刷业在计算机直接制版（CTP）上遇到的情况一样，只需要从 CAM 文件直接到图像设备，无需中间设备。

喷墨技术的优势在于它是一项加成法技术。加成法技术不需要涂覆或喷涂整个电路板，再经过多道预固化、成像和显影等耗费水电的步骤。所以说加成法技术可以节省很多工艺成本。同时，这项技术不会依赖操作员，将所需设置方法集成于软件内。这是另一种 CTP 类型工艺，也就是说从 CAM 工作台直接传输到了喷墨系统。

**Feinberg**：一旦形成图像，是通过风干、烘干，还是光固化处理？喷墨成像技术通常采用哪类固化程序？

**Carignan**：这是个好问题。你可能更加熟悉标识打印机的喷墨技术，这项技术至少已经使用了 10 年。喷墨成像技术与之类似，墨滴尺寸可小至 2 皮升 ~3 皮升，因此是一项可行的技术。UV 固化装置实时跟进喷墨打印头。虽然是 UV 固化，但和喷墨系统非常类似。可以同时控制系统中的溶剂量或黏度，但还是要进行

最终的固化。其中还是需要加热步骤进行充分交联并固化，和我们现在处理阻焊油墨的方式类似。要在 300 °F 的温度下固化约 1 小时。

**Feinberg**：有点像标准 UV 固化或 360 纳米固化。

**Carignan**：而且使用了 LED。与直接成像技术类似，都采用了 UV LED，而不是可见光。看起来很像喷墨打印机，只不过这项技术需要采用打印策略。不论选择使用什么样的系统，对于所有人来说都要有学习的过程，而且要有打印策略，即要添加很多小涂层，并决定要如何构建板层，哪种板层厚度是最适合先环绕特征然后再填充其间。

软件可以确定最好的策略。有一些固定的例行程序，但应用的方式不同也会导致产生不同结果。纵观我的整个 PCB 业生涯，最让人高兴的一点就是不需要再涂覆了。再也不用混合、涂覆、固定、曝光或显影处理。只需要在 Genesis 或 CAM 工作站直接开始打印阻焊层即可。唯一一个非主要步骤就是最后的热固化操作。

**Johnson**：如果愿意，完成到直接成像的过渡，再到喷墨和加成法技术的过渡，完成工作的能力核心变成了更多与工艺相关，而不是与设计相关。喷墨技术能否直接应用于传统样板工厂？或者是否能与 mSAP/SAP 类型的工艺一致？可采用喷墨技术的领域是否会受到限制？

**Carignan**：有一种目前尚无可与之相抗衡的新型油墨配方。可能与针对标准成像技术的阻焊层只有 1% 的相似性。如果一家 PCB 制造





CBT Tech 公司的全自动 TiTan 8400D UVLED/DMD 直接成像系统

商，所选油墨可能需要都通过 UL 认证，需要有多多个知名大型制造商供应源，而不能只有单一供应源。

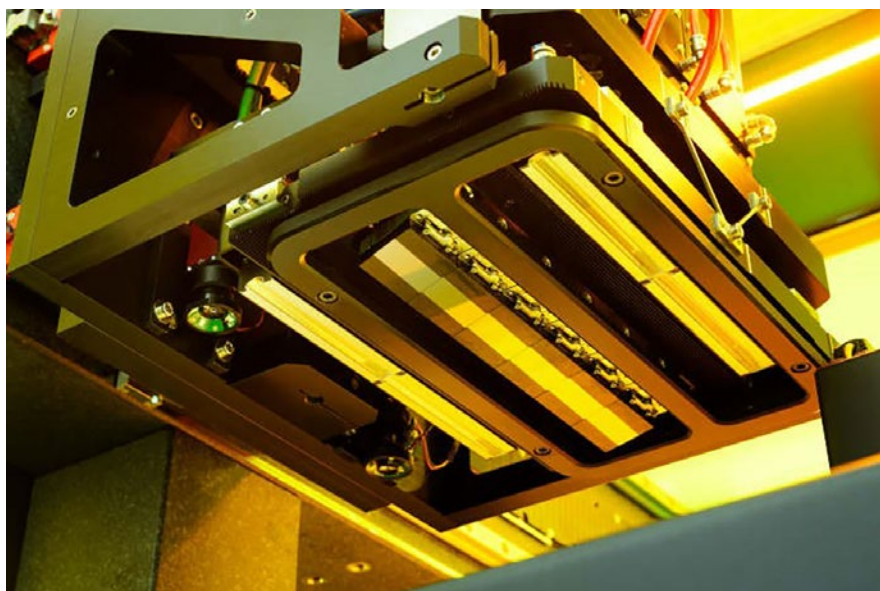
任何采用这项技术的公司都需要能过 UL 认证，但认证过程相当简单直接。我预测采用了喷墨系统之后，所有因为油墨产生的溢价都会及时消失，因为这种技术会投入批量生产并且成为主流技术。

现在还处于该技术应用的早期阶段。据我所知，美国才安装了 6 套设备，欧洲也只是安装了几台。我在和 PCB 制造商的负责人沟通时，发现在较早采纳这项技术的公司中，很多都是为了减少用水量、耗电量和废弃物处理成本。很多公司都参与了这项技术的研发，哪怕用到的设备还不够完美、不够成熟，这点和那些早期采用直接成像技术的公司很像。一开始采用激光和金属卤素为基础的技术，谁都想不到最终 LED 和其他多波长光源会超越原有技术。

但早期采用这项技术的公司都希望利用其优势并且能参与到研发当中，这就是我观察到的现状。我估计几年之后，喷墨技术也会像直接成像技术一样成为主流技术，且所采用的设备会带来更高的生产效率。

**Johnson：**你会建议绿色环保工厂在购置新设备时直接采用喷墨技术吗？如果他们采用了这个策略，是不是要放弃其他利益？

**Carignan：**是否采用喷墨技术真正取决于产品组合。多数制造商或者使用 Fuji 公司或者使用 Konica Minolta 公司的打印头并将其集成到一起，甚至可达到 2 皮升~3 皮升的墨滴大小（可能是目前最精细的分辨率）。即使是采用最精细的墨滴，如果你要加工的特征非常小，比如是 2 mil 以下的焊坝，或者是 50 微米以下的超小特征，会发现很难用圆点去绘制出一个正方形。这就是我们所说的参差不齐的



具有 UV LED 固化装置的打印头组件

边缘问题。

只要我们习惯了用底片或直接成像技术形成的阻焊层，就会对非常小的加工特征感到不满意，于是会抱怨：“边缘参差不齐，不如传统技术达到的精度。”这是与我之前使用直接成像技术时，任何偏差都会迅速拿来与底片做对比的情况一样。

但随着技术不断完善，人们也习惯了这种类型的特征。如果打算建立一个环保工厂，我会说：“如果加工的焊坝尺寸大多数在 3 mil 以上，那么加工的特征图形排列得不会非常紧凑。”如果想加工高阶产品，可直接应用喷墨技术。很多人都希望能达到各种各样的性能，但目前的喷墨打印机尚无法达到。

**Johnson：**直接成像技术还有发展空间吗？

**Carignan：**有的，直接成像技术尚未达到最大采用率。直到它能发挥一些最低限度的实用性时，才开始快速发展，也就是说可以用这台设备加工所有产品，可如今尚未实现。

**Johnson：**喷墨技术还有哪些不足？

**Carignan：**其中一个不足就是成本。这项技术用的打印头很昂贵，再加之是较新的技术，会发现对于早期采纳这项技术的公司而言，在全部生产设备中，喷墨打印是比较昂贵的设备。和最初以激光为基础的系统以及其他带有 UV LED 的系统类似，一开始售卖的价格都很高，因为没有制造商会量产这类设备。置放精度基于相当精密的运动控制系统（阶段平台），这点非常重要。即使

是这个阶段，因需要以纳米级精度移动，导致成本很高。

直到能真正量产这种设备前，所有制造商的定价都会相当高。对于很多资本有限的工厂而言，就无法采用这种技术。与当初直接成像技术的发展进程几乎类似，直接成像设备的销售价格起初也很高。最后，5 年内价格下降了约 50%。

**Happy Holden：**能评价一下直接曝光 DMD 引擎和喷墨引擎吗？我们行业并没有研发出 DMD 引擎，而且其优势在于可以应用于投影仪和许多其他设备。我不知道其他各个行业会不会使用喷墨引擎，也许会的吧。随着 DMD 引擎应用普及，我们不需要在 PCB 行业中投资研发这项技术，就能享受到这项技术的不断改善。就说明这项技术会有光明的前景，喷墨技术也是如此吗？

**Carignan：**你说的完全正确。DMD 技术原本就是用可见光光谱做会议投影的桌面设备应



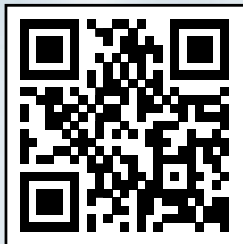


## X<sup>Plus</sup> series

# PCB CNC Drilling Machine 电路板数控钻孔机

XY 轴配备免保养及无磨损的线性马达，移动速度每分钟 90 米  
Wear- and maintenance-free linear motors XY with 90 m/min

- Z 轴配备坚固可靠的 AC 马达及螺杆，移动速度每分钟 60 米  
Strong Z-axis design with AC motor and lead screw with 60 m/min
- **Schmoll** 六个工作站的高效能设备  
Powerful Schmoll machine with 6 stations
- 高性能 20 万转钻孔主轴满足了小孔和大孔的钻孔需求  
High-performance 200 krpm drilling spindle, for small and big hole drilling
- 大板材尺寸 633 x 724 毫米 / 24.9 x 28.5 英寸  
Big panel size 633 x 724 mm / 24.9 x 28.5"



用。曾经人们要采用 UV 或非可见光光谱，也就是大约 3 微米微镜尺寸，DMD 技术从可见光变成了 UV 光。在 DI 制造商的帮助下，我们迅速采用了同一种引擎，因为终于采用了 UV 光谱，而这个过程也是耗费了一些精力。同样，这也是 PCB 行业未开发喷墨系统的原因。这些技术投入使用已经超过十年了。太阳能行业一直使用这类系统进行打印，半导体市场也采用这种技术加工掩膜。

比如有一家半导体和太阳能电池板领域的德国公司，采用喷墨技术至少有十年了。之所以在 PCB 上也应用了该技术，是因为他们觉得这项技术很有发展前景，于是他们雄心勃勃地表示：“我们要将这项自己很熟悉的技术应用到 PCB 市场。”如今，这项已经在得到广泛应用的技术会被应用到其他市场，这项技术会在分辨率上变得足够完美，因此最终能用于 PCB 市场。

**Holden**：我并没意识到这些引擎从可见光转为 UV 光的变化。

**Carignan**：绝对会变化。你很熟悉这些芯片的外观，它是一种很特别的玻璃，在 UV 光线会曝光过度。将标准非玻璃材料（例如钠玻璃）暴露在紫外线下任意一段时间，材料就会曝光过度而产生一层薄膜，最终不会有任何光透射。使用 UV 光的 DMD 之所以很重要是因为这是一种完全不同的玻璃罩。

公司必须在玻璃罩下放置气体进行密封，防止过度曝光。如果只是使用可见光芯片并且使用的是 360 纳米的规格，光强度会迅速下降。这些芯片都是非常特殊的专用芯片，需要特殊的技巧和方式才能使用这些芯片。

**Holden**：摄像系统中的软件可以识别出哪些孔可以用来对准。直接曝光技术领域是否也复制了这种模式？

**Carignan**：没错，现在都在使用这种方法，市面上没有不带这种软件的系统了。你用高分辨率的摄像头通过基准点捕捉图像，但重要的是软件不会将运动控制当成基准点。技术的关键，也是进步之处在于，如何线性伸缩从而迅速拍摄图像。

听起来容易做起来难，但你会获取很多数据。于是你想立刻针对每一面都打印和测量大量的基准点。然后延伸这些数据，重新使用光栅投影成像，然后再打印。你肯定不愿意等电脑用 10 分钟的时间计算出如何重新光栅化所有这些文件。

我刚开始做的时候，可能每面需要等 5 分钟。得到的效果都不错，但大多数时间都是机器的处理用时，而改善之处也主要来源于使用了四核处理器和多路复用技术——每条通道都完成各自的数据光栅化。这个过程通常发生在后端，需要用 1 秒~2 秒的时间。在使用光栅投影成像的同时打印。就像数字成像的演变，在技术早期研发出的机器，会需要大量的处理时间，但现在只需要短短几秒就能完成处理。

X 和 Y 轴上数据的缩放是很容易预见的，但多时候，电路板特别是刚挠结合板上，看起来更像是一个菱形或者是一种非线性的纠错方式。事实上是非常难处理的，因为你要把从摄像头中看到的和预设的曲线库（如三阶方程的曲线）匹配到一起，这样就要挑选一个方程来曲解数据，这样才能获得完美的对准。所有这些都需要在几秒内完成。

这个变化很细微，也不会像软件侧一样公



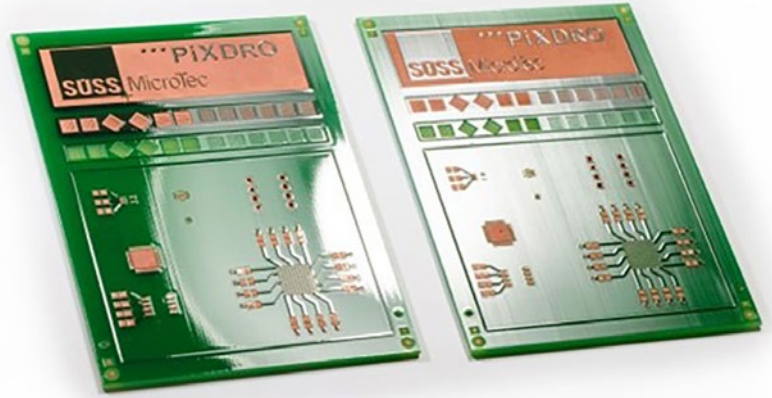
布在这方面投入了多少精力才获得这样惊人的对准。不论产品的图像失真到什么程度，只需短短几秒的时间就能用大量计算机运算能力完成，而且这些工作的复杂程度很大。

**Holden**：是否有某些组织或公司十分擅长于这类软件的研发？还是说每个个体必须独立开发软件，后期再不断迭代升级？

**Carignan**：似乎都是自行开发的。在喷墨领域，面临的压力也都一样，比如基准点的相机采集、线性和非线性失真，以及打印时间。研发喷墨技术的人和研发直接成像技术的人做的事情一样，必须跳出常规思维去思考，因为人们已经习惯了直接将设计从 CAM 发送到工厂，然后用一两秒的时间立刻打印电路板的每一面。对时间要求的门槛已经被直接成像技术抬高了。没人愿意要等上一段时间让喷墨技术完成处理。

**Holden**：1980 年，我们在惠普用热敏喷墨技术组合了一个喷墨标识打印系统，用于为每一块电路板单独编号，实现可追溯性。我们提出要建造自己的大型喷墨打印机和处理器，协助开发了电铸镍质的喷墨头，参与了更改白色油墨配方的过程。为了感谢我们的研发，他们专门修改了部分油墨配方。这些油墨并不像阻焊油墨或热固化标识油墨那样优质，但至少能起到该有的作用。

**Carignan**：现在这些油墨已经上市，可以从各家公司购买，已经有配比好的配方。接下来



用喷墨成像阻焊层的 PCB

(采用 SUSS MicroTec PIXDRO 系统 /Electra Polymers ELECTRAJET EMJ-110 油墨)

将取代干膜抗蚀剂。如果打算打印阻焊层，这是一种非常好的应用，最好同时打印内层和外层，但你会发现几乎没有人会这样做。

现今，技术已经取得了进步。有些人使用蚀刻抗蚀剂和电镀抗蚀剂配方体系。设想你在一家小型工厂，面前放着一台喷墨打印机，决定通过加成法的方式打印所有内层抗蚀剂。完全用不到一卷卷的干膜、显影剂或直接成像设备，甚至都用不到抗蚀剥离剂，只需直接打印出图像然后进行蚀刻。

原有工艺都要消耗水、电，其中一些还要用到高压交流电；而喷墨技术只需要用小小的设备直接打印抗蚀油墨，之后再在外层打印电镀抗蚀剂，打印阻焊油墨，然后再打印标识。这正是喷墨技术的市场发展方向。只需用配备有多个打印头的单个或多个设备，就能打印内层、外层、阻焊和标识。你会发现节省了那么多占用空间，真的很惊人。在计算这样一座工厂的运营成本时，会发现其间接成本很低，废料处理成本、用水成本和设施成本也降低了很多。



全自动 SUSS MicroTec PIXDRO 喷墨阻焊系统

有些人还会用炭墨打印。如果你能在可穿戴电子产品行业和其他行业中直接用炭墨打印，那就又是一记绝招。这种打印技术得到的效果一定会远远优于直接成像的效果，未来所有人都会采用这项技术。

**Johnson：**哪些公司生产蚀刻抗蚀剂和电镀抗蚀剂？

**Carignan：**有各种各样的公司在生产这两类抗蚀剂。做阻焊油膜肯定能立刻盈利，比如 Dow 公司就有一款系列能做出至少 3 种电镀抗蚀剂和蚀刻抗蚀剂。多数大型设备制造商都能打印这种油墨产品，其黏度适中，剥离成本

也很低，并且剥离下来的材料是可回收的。

几年前我参与了一家喷墨打印头初创公司的工作，我们将刚才提到的这种油墨用于 3D 建模。没有使用 SLS 来构建三维模型，而是用喷墨的方式直接用油墨构建了模型。这类技术问世很久了，现在终于在 PCB 行业有了用武之地。

**Holden：**在打印电子产品领域也有了用武之地。

**Carignan：**没错。如果有人问“我能通过直接成像技术中获得什么”，我认为它的潜力非常大。但直接成像技术并没有避免使用湿制程



设备，只是通过数字成像替代了接触式印刷机。可以不再使用底片，也能避免因此而产生的失真。

喷墨技术跟之前的技术完全不同。可以说利用 3D 打印，“仅靠一台喷墨打印机就能够建起一座工厂”。但并不是所有技术都能做到，如盖孔或抗蚀剂上盖孔有其难以克服的难点。但对于大多数应用而言，不需要用到专业技能，只用 CAM 即可。买一台打印机，聘用一名操作员，只要知道如何调取正确的文件然后按下开始按钮即可。

采用直接成像技术时，只需要 10 分钟左右的时间就能培训好一名操作员。他们只需要知道从哪里找到文件，然后按下“启动”键就可以。使用喷墨技术的人力要求非常简单，不需要太多技能。用到的技能都内置到了设备和软件当中，能完成更多功能。

在加州和其他限制比较多的地区，用水成本不断增加，限制条件越来越苛刻，废弃物治理的压力越来越大，尤其是废水。在美国某些州和世界某些国家，用水限制的相关法规只会越来越严格，不可能回到之前的水平，所以能避免使用整套设备是非常好的做法。

**Johnson：**在美国，我们加工的往往是小批量低、多品种且较复杂的产品，这类设备很适合美国的生产模式。但这类技术如何应用到亚洲大批量生产模式？

**Carignan：**如今最先进技术的系统和直接成像技术的系统很类似，但加工速度不是很快。打印或成像的速度不是以秒为单位，而是以分钟为单位，这是需要发展改善之处。如何才能减小墨滴尺寸并以更高的频率操作呢？大多数

喷墨系统都是按需滴墨并且是压电的。可加快打印速度或使用多个打印头来大幅提高操作频率。量产工厂可能会很犹豫要不要使用这项技术来改变工艺流程，但趋势就是大家都会采用这项技术，因为它有利可图。正在进行打印头研发，相信很快会取得进展。这项技术已经出现了 20 多年，未来会越来越好。样板工厂或小批量工厂，非常适合采用这项技术。

**Johnson：**你们还和其他公司组织有哪些合作？

**Carignan：**我们一直都是比较有前瞻性的，直接成像技术也是 Technica 的专攻技术方向。今年，德国大型公司 SUSS MicroTec 发布了一款面向 PCB 市场的 PiXDRO 设备。与我们合作的另一家公司还面向 DI 市场提供直接成像用焊膏，并且也生产一款喷墨油墨。另一方面，我们也涉足了硬件和消费品行业，我们的合作伙伴能够帮助我们实现愿景。

**Johnson：**我认为你们应该有一个团队可以在任何潜在客户向你们咨询时候提供支持。你们的客户能不能通过某种形式的售前咨询来获得专家的帮助呢？

**Carignan：**我就担任了这样的职责。我们有区域销售，但我的职能与他们不完全相同。我研究客户应用，和不同区域的销售人员共同研究如何将该技术引入到他们的应用中，帮助他们完成销售。我们有专门的销售人员，在推广喷墨新技术时，我会对客户应用提供更多支持，还包括一些售后支持。因为我对设备的平台、传动控制和软件等组成非常熟悉。我还会

为那些想生产独特产品的客户提供支持，帮助他们了解我们的技术是否适合。

我最近和一家超级计算机公司开展了合作，这家公司用铝做走线，并且为了使用喷墨系统想配制一种新型油墨。客户在合作过程中会咨询这种小众应用要如何采用这项技术？我们在其中还充当了顾问的角色，告诉他们是否能实现想要的结果，以及为什么使用这项技术，我们并不是只能回答设备的价格及其生产效率的销售人员。

而且通常情况下，在采用这种水平的技术时就相当于是 CapEx 投资，你会想知道自己的局限在哪里，也想通过咨询获取一些有关生产能力的信息。回首过去，我会想要知道这项技术的发展方向。比如我现在应不应该购买？多年来我一直没有购买立体音响系统，因为产品总是推陈出新。从某种程度上讲，我可能永远都不会购买，因为我一直在观望等待最好的机型。最终要问自己一个问题，“现在入手合适吗？”否则你永远都用不上新技术（大笑）。

**Holden：**如果时尚业的从业者问，“我们想用可穿戴电子产品做个试验，想知道哪种布料与这种技术兼容。有没有哪种机型和油墨可以在布料上印制导电元件、电子元器件或电路，然后再固化这些元件？从哪里能买到这种设备？”他们是不是应该来找你？

**Carignan：**是的，主要涉及到 FTIR 的定性操作。在 SUSS MicroTec 公司，他们在 Electro Polymers 中安装了喷墨系统。显然不能在整个产品上应用这种技术，只能在 8cmx 12cm 的区域内使用。我们利用这些设备完成了试

验。他们还在荷兰开设了研发中心，设备一应俱全，从全尺寸打印机到研发用小型打印机都有。

列举一个小众应用的例子，当时计划测试几种油墨。我们向一家公司提供整个系统，让他们直接生产。如果他们想使用标准油墨，并且对更改配方没有过多要求，那我们就会在欧洲完成生产。我们会对他们说，“给我们一些样品，我们可以完成打印并进行评估。”有时我会在实验室做光学测试，得出一些报告。

**Holden：**时尚会让 PCB 行业的产品变得更小巧。

**Carignan：**这是可穿戴电子产品的发展方向。我现在接受的治疗方案中，需要监测心率。如今，是用黏贴、穿刺的方式测量身体某些指标，今后身上的每一块布料都能测量。有必要的話，这些衣料还能把身体指标数据发送到手机或远程设备。未来还可以结合 GPS 来打击儿童绑架犯罪等。

有些人认为这种方式侵犯了隐私，但从医疗角度来看，这个时代就是“可以用打印电子产品提高生活质量、保障孩子的安全”。在我看来，这种技术以后会被广泛应用，因为我知道自己一路走来已经为此付出了多少。这些产品会应用于衣料，相互连接，而社会也会接纳，毕竟这项技术带来的益处比坏处多。

**Johnson：**您的分享让我受益匪浅。

**Carignan：**谢谢你。PCB007CN



## [1.【CPCA·速递】第五届“中国电子电路行业优秀企业——优秀民族品牌企业”评选](#)

本活动经工业和信息化部、全国评比达标表彰工作协调小组办公室批准开展，由中国电子电路行业协会主办，最终解释权归中国电子电路行业协会所有。

## [2. 迅达科技获得“2020 EXFO 世界级供应商奖”的认可](#)

迅达科技获 EXFO 颁发“2020 EXFO 世界级供应商奖”。此奖项根据 EXFO 的供应商记分系统，表扬和评估迅达在 2020 年内表现出卓越的业务和成绩。

## [3. 祝贺！金百泽创业板 IPO 成功过会](#)

1月7日，深圳市金百泽电子科技股份有限公司接受创业板上市委员会 2021 年第 2 次审议会议审核通过。金百泽业务分为：PCB、电子制造服务（EMS）和电子设计服务 3 类。其中 PCB 业务聚焦电子产品研发阶段的 PCB 样板和中小批量板需求。

## [4.CCTV2 财经：电路板行业调查及投资建议](#)

去年以来，PCB 原材料价格持续上涨，让一些电路板生产企业不断承压，那么国内的相关企业目前的生产经营情况是怎样的呢？

## [5. 生益科技拟 9.45 亿元扩建高性能覆铜板及粘结片项目](#)

1月22日，公司召开第九届董事会第三十七次会议，审议通过了《关于扩建项目的议案》，同意投资建设常熟生益科技有限公司年产 1,140 万平方米高性能覆铜板及 3,600 万平米粘结片项目，投资总额 9.45 亿元。

## [6.IPC 电子制造馆 2021 将登陆慕尼黑上海电子生产设备展，倾情巨献亚洲电子卓越颁奖典礼](#)

IPC- 国际电子工业联接协会亚洲将联合慕尼黑（上海）有限公司将在 2021 年慕尼黑上海电子生产设备展同期打造 IPC 电子制造馆。

## [7. 奥士康与大族数控签署超级钻孔机战略合作协议](#)

2021 年 1 月 11 日上午，奥士康与大族数控在广东省肇庆新区管委会举行战略合作签约仪式。仪式上，广东喜珍电路科技有限公司签约采购大族数控 2000 台 6 轴机械钻孔机。

## [8. 光华科技与旗下两家子公司同时获评“国家高新技术企业”](#)

2021 年 1 月 15 日，经国家科技部、财政部、国家税务总局专家评审、公示等程序，光华科技及旗下东硕科技、中力新能源科技顺利通过“国家高新技术企业”第一批复审及认定。

## [9.2020 年我国覆铜板投建、投产项目盘点](#)

2020 年我国大陆覆铜板项目投资、投产表现得非常活跃，其投资、投产热度，明显高于近几年其它年份，掀起了一波覆铜板投建投产的新高潮。

## [10. 蔚来 ET7 发布 | 从自动驾驶看汽车雷达天线设计的 PCB 材料及加工考量](#)

蔚来汽车在 2021 年 1 月 9 日的 NIO Day 2020（蔚来日）上正式发布了首款智能电动旗舰轿车 ET7。最大亮点就是 ET7 配备的自动驾驶技术。



# MivaTek 的新技术及其市场推动力

by Nolan Johnson

I-Connect007

我最近采访了 MivaTek 公司的董事总经理 Brendan Hogan，探讨了公司即将发布的新产品，以及该产品围绕“ $X = X_c - 1$ ”核心理念所引发的市场推动力。

**Nolan Johnson :** Brendan，能请你来谈谈近期成像技术的进展吗？I-Connect007 2021 年的主题是持续改善，口号是“ $X = X_c - 1$ ”——其核心理念是，在整个生产过程中每次执行小的迭代，最终能够达到更高的效率、更好的利润率和更高的产量。只要成功了一次，后续就能够不断复制。

**Brendan Hogan :** 公司的理念恰好与此一致。直接成像技术消除了制造工艺中的若干步骤，比如已经淘汰的光掩膜和手动校准步骤。随着 Miva Quad-wave 技术的出现，只需要使用一

台设备就能“为所有产品成像”，且无需操作员干预。直接成像技术让成像过程有了更多确定性。比如大多数欧洲和北美制造商，采用了能够改善成像过程和性能的直接成像技术。Miva 关注的是解决不确定问题中出现的下一个要素；使用数字成像技术后，整个工艺流程的确定性会提升电镀质量，可以适应越来越已经不“稀有”的稀有材料组合所导致的新的缩放问题。未来三五年，我们要如何应对这些技术需求？

Miva Technologies 公司一直在与其他公司机构合作研发新技术制造方法，专注于未来三五年内会应用到工厂车间的技术。

原计划在 2021 年 3 月举办的 IPC APEX EXPO 展会上发布并展示所开发的新技术。可是，受到 COVID 疫情影响，我在 35 年的职业生涯中第一次遇到该展会在线上举办。Miva Technologies 及其姐妹公司 MivaTek Global 在接下来的几周会公布线上展示的具体日期。



# CCD真空丝印塞孔机

CCD对位系统

对位精度0.01mm

普通操作工

油墨消耗少，利用率高

自动擦网底

印刷速度可调

塞孔板品质一致性更好



降低用水量

减少成本

回收铜粉  
可再利用



铜粉过滤机



水洗烘干线

防静电、  
节水、节电

烘干效率高

专利风刀  
专利喷嘴



电话：+86-756-8633473

网址：[www.goalsearchers.com](http://www.goalsearchers.com)

传真：+86-756-8633473

邮箱：[info@goalsearchers.com](mailto:info@goalsearchers.com)

地址：珠海市前山翠珠工业区翠珠二街2号C座



HK 05/01079



CN 13/31571

**Johnson :** Miva Technologies 将会发布什么新技术?

**Hogan :** 我们新研发的技术会与现在的直接成像技术理念大不相同。即对数字成像概念进行再思考, 以建立工厂车间工具, 使用户能够以更高效的方式关联多个工艺流程, 从而拓宽工艺窗口, 实现整体控制。

从 PCB 到微电子产品, Miva Technologies 公司始终积极主动研发各类产品, 例如在 UCLA Nanotechnology (UC CEIN) 中心我们正在采用加成法加工 2 微米的线宽 / 线距。在载板成像上面临的对准难题推动了这项技术的开发。

**Johnson :** 如果业界开始使用更新的稀有材料, 特别是那些容易受到尺寸稳定性影响的材料和应用 (比如挠性更好), 在这种情况下材料就变得比较关键, 对吗?

**Hogan :** 没错, 我们的思考过程来源于从 PCB 行业所看到的发展趋势以及在微电子行业的经验。要求和考虑因素都来自于这两个市场, 而这两个市场也在日趋合二为一。像 FR-4 材料, 在压合的过程中其热膨胀系数会导致发生移动。作为一个体系来看, 其线性移动比较容易预测, 但新的稀有材料再加上稀有半固化片、厚铜和 PCB 高密度需求, 移动不再是线性的, 不可预测。

材料组合问题再加上钻孔数量和线宽 / 线距的要求, 也就出现了一个无解的缩放方程。



Brendan Hogan

Miva 的新技术会为解算这类方程提供有力工具。

**Johnson :** 现在采用什么通用方法?

**Hogan :** 直接成像系统通过视觉系统对每一块 PCB 进行测量, 已经收集了很多数据。大多数系统面临数据的分辨率、自适应软件所带来的操作体验感、因非线性移动造成 PCB 设计的限制等, 这些

问题都已开始显现。Miva 的新技术涵盖所有受影响的工艺流程, 可更全面地解决问题。传统工厂车间内有很多设备根本用不上, 而现代工厂车间能直接根据收集的数据进行工艺流程交互。为了实现整体工艺控制, 必须要集成数据收集。

**Johnson :** 这正是“异构集成发展路线图”的前沿技术, 对吗?

**Hogan :** UCLA 的 CHiPS 联盟是专门针对未来技术发展而成立的杰出组织。我们是该联盟的铂金会员, 对于我们这种规模的公司而言, 这是一笔很大的投资。我们已经调整了公司技术发展的思维模式, 即必须后退一步, 确定并充分利用公司内部研究资源。疫情并没有阻碍公司前进的脚步, 我们还是日以继夜地工作。我们生产了设备, 开发了全新的技术, 且在不派人出差和不召开线下会议的前提下提升了公司的整体技术水平。

显然, 今年在物流方面遇到了全方位的挑



战，但我对于公司的整体表现感到很满意。我们的团队为客户群提供了绝佳的技术支持，尽管因疫情实施了一段时间的全隔离，但 2020 年设备出货量与上年持平。在几个月居家隔离期，团队有机会使用更有创意的方式工作，很难有这样的机会让公司所有人齐心协力共同致力于一个项目。已经有几家关键客户实施了这项新技术，我们也准备好了在今年三四月揭开它的神秘面纱。

**Johnson：**这项新技术和我们的“ $X = X_c - 1$ ”模式有什么直接联系？

**Hogan：**完全的工艺控制意味着至少在成像步骤中，电路生产的技术边界会得到更好的控制，能被人们更好地理解，从而也能更容易检测到问题，提高整个工艺的确定性。其目标是通过改善数据收集和集成，将样板开发变为大批量生产。这项技术还可以及早在工艺流程中识别出错误步骤，从而减少报废率。

**Johnson：**当面对奇奇怪怪且其移动缩放性不好的非线性材料时，这项技术就变得尤为重要了。

**Hogan：**没错，其背后的理念就是能在数字成像的过程中迅速调整工艺流程。不能在显影或蚀刻的过程中调整，因为这两项工艺不能即刻反映出效果。但你可以在钻孔和成像过程中改动工艺流程，理论上在 CAM 过程中也可以。用收集数据的理念来实现有意义的工艺控制的目的就在于 PCB 首次加工时就能减少失效的风险。

**Johnson：**这些理念都出自于 UCLA CHiPS 项目提出的“异构集成发展路线图”？

**Hogan：**是的，UCLA CHiPS 解决了根本问题，德国斯图加特大学解决了 PCB 未来十年中会遭遇的问题。CHiPS 项目研究线宽 / 线距为 2 微米的晶片级封装，其对准十分困难，为此开展了一系列的讨论，最终得出了即将应用于 PCB 加工的方法。

**Johnson：**采用你刚才介绍的技术和方法之后，是不是意味着中介板就消失了？

---

## 技术发展必须以增加可靠性和提升性能为根本出发点。

---

**Hogan：**没错，在加工流程的下游，中介板变成了 PCB 那样的硅质载板，分辨率要高了许多。这就是  $X = X_c - 1$  的理念。设想一下，一块经典的电脑主板，连接了内存器件、铜线 and 控制器，而这些器件之间会有传输延迟。控制器用以微秒为单位的速度发送信号，信号穿过铜走线，会发生延迟，也就是说虽然传输距离可能只有一英寸，但因为材料的原因出现了信号延迟。现在材料介质全都使用硅，那就不会出现延迟，内存速度会更快，针对某些应用可以要用成本较低的内存。技术发展必须以增加可靠性和提升性能为根本出发点。

**Johnson：**你在刚入行时，想过有一天会发展到今天的水平吗？

**Hogan**：35 年前，我在这个行业接手的第一个项目是研发阻焊干膜，当时最小的焊盘是 50mil，而不是微米级别。我对 PCB 从业者充满了无限尊敬，因为 PCB 工程师投入了无数的时间和精力实现了 iPhone 的互连，但所有的功劳却都归给了 Steve Jobs。没关系，这也是从业者的宿命——我们的行业实现了怎样的进步，人们都不会感到惊奇。我的孩子们拿着新款 iPhone 说：“瞧瞧，他们把屏幕分辨率增加了一倍，处理速度快了 5 倍，内存也更大了，这一切只要花 1200 美元就能买到，真的太棒了！”他们对 iPhone 的惊奇之处都体现在了这里，但他们想不到，其中是谁帮助苹果公司以几乎 100% 的良率每季度生产 6300 万台 iPhone 的。

## 我们能感受到未来十年或更长时间内技术的发展趋势，技术将以所不能预见的方式融合到一起的。

处于 MivaTek 的角度能看到整个生产链的两端——微电子产品和 PCB 从业者遇到的问题，所以我们能感受到未来十年或更长时间内技术的发展趋势，技术将以所不能预见的方式融合到一起的。

**Johnson**：数据安全在其中是否会发挥作用？

**Hogan**：肯定会。这个事情是有两面性的。对于 OEM 而言，首先，最重要的就是设计数据、CAM 数据和原始 Gerber 文件，也就是用来构建产品的数据。其次就是制造这一独特产品所

需的专业技术和知识，即需要受到保护的 IP。数据安全是非常重要的，但我们收集的大多数数据都是控制原始设计数据的结果。我们在处理时，生成了自己的专有文件格式，这些数据已经和原始数据文件完全不同了，一般来说，不可能逆向还原为产品设计。

**Johnson**：有道理。当数据传输入到设备中时，就是一串 Cartesian 坐标。

**Hogan**：没错。数据和实际情况毫无关联，不包含任何有关终端成品的信息。把钥匙和锁分开是防控安全的关键要素。这也正是异构集成项目的优势之一，所以有很多安全驱动型公司成为了 CHIPS 的会员。如果你想问国防电子产品是如何制造的，在某个时间点，所有信息都会汇集在一处，包括如何制造芯片以及如何组装芯片。通过异构集成方式，就能使钥匙和锁分开。通过真正的划分，制造商能生产出非常复杂的集成系统。

**Johnson**：你如何看待 COVID 对行业产生的影响？

**Hogan**：有趣的是，整个行业，特别是我们的客户群，比我预期的要反应快得多。COVID 刚席卷整个国家时，我想的是“完了，今年一台设备都卖不出去了”。通常工厂购买设备，要先生产样品、测试、查验设备。我们针对客户采取了灵活的方式，比如采用各项技术演示机器、生产样品，努力为客户提供同样水准的技术支持。整个团队尽职尽责，在无法亲自到工厂的情况下为客户提供支持。所有人都必须灵活应对疫情所造成的困局。我相信所有客户对



我们提供的服务都很满意，因为我们的设备使工厂能够正常运行，而且对我们来说这些客户必不可少。

**Johnson**：在回顾 2020 年时，似乎整个行业都是这样的。全球疫情和社交距离促使制造业从业者采取行动，最终采纳了智能工厂、数字工厂等方案。其中一个原因是，在可预见的未来，无法在生产车间安排像之前一样多的操作人员，也不能让员工像之前那样挨得那么近，必须要采取其他方式。

**Hogan**：没错，单就工厂的人员安排问题，有什么替代方案呢？现在美国境内的工厂要实现全自动化吗？我们技术带来的一个成果就是创建更多数据通道，直接成像系统如工艺工程师可以自行运行。不论你要制造什么样的电路板，整个流程都是受自动化智能工艺控制——这就是工厂 4.0 的核心理念——努力去除实时的工程设计，让整个工艺流程成为一个整体。

**Johnson**：工厂员工也从车间操作员的角色转变成了办公室里工程师的角色。

**Hogan**：没错，数据分析，这就是当下的需求。

**Johnson**：我一直在问的一个问题是，数据

分析行业什么时候能够真正获取所有数据，并将其转化为可理解的内容？

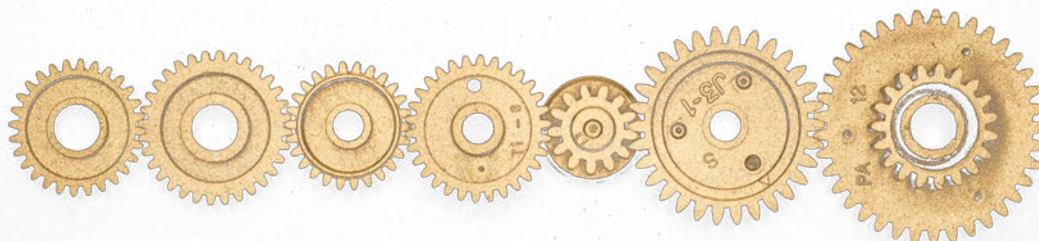
## AI 技术的重要作用体现在可动态分析数据并实时做出反应。

**Hogan**：对于整个循环而言，数据收集的成本并不高。我们的产品可以无限升级，比如美国境内的 60 家客户而言，可以升级到这次要发布的这项新技术。我们的宗旨是延长设备的使用寿命，一旦投入使用，就能改善电镀、显影和蚀刻的工艺性能。“人工智能”需要数据作为输入才能智能校正或输出。AI 技术的重要作用体现在可动态分析数据并实时做出反应。

2020 留在人们脑海中的记忆永远都是 COVID，但其副作用从长远来看可能有更深刻的影响——公众和商业领域因应对疫情，不得不迅速采用新的技术。本应需要几十年才会发生的转变在短短一年中就实现了。真是个耐人寻味的时代。

**Johnson**：Brendan，非常感谢！

**Hogan**：很高兴能接受你的采访，Nolan。  
PCB007CN



# 奥宝电子： 浅析 PCB 业智慧工厂的未来

by 王勇  
奥宝电子(深圳)

智慧工厂、智能制造、工业 4.0……这些高频热门话题对于制造业从业者来说，感受就像 5G 广告语——未来已来、无限可能！但对于置身其中的我来说，一直反复思考的问题是“未来真的来了吗”？

这场疫情让我们学会了适应新的工作与生活环境，学会用数字化的工具去解决问题，同时也加速了各行业的数字化转型，但是回归到实体制造业以及智慧工厂的落地，又该何去何从？

从业中，我一直需要回答这样几个问题：智慧工厂是什么样子？怎么做？还有到底投资回

报率 (ROI) 是多少和怎么算？就这几个方面谈谈我的所见与所感。

## 智慧工厂的起步

谈起智慧工厂的规划，就好比要搭建一个架构和规划一个未来，拿建造房子举例，最终是不是你想要的样子或者能不能达成的原定需求，这与最终的决策密不可分。从规划到最终的抉择取决于决策者的认知、支持和资本投入，这的传统认知与决策几乎完全一样；不同的是对“智慧”的理解。不得不承认，人类为对未来的认知都是积极的，这也有助于科技快速发展，但是一场新的革命或者新的生产制造模式需要时间一步一步磨合来最终形成它原本

## 数字智慧化工厂

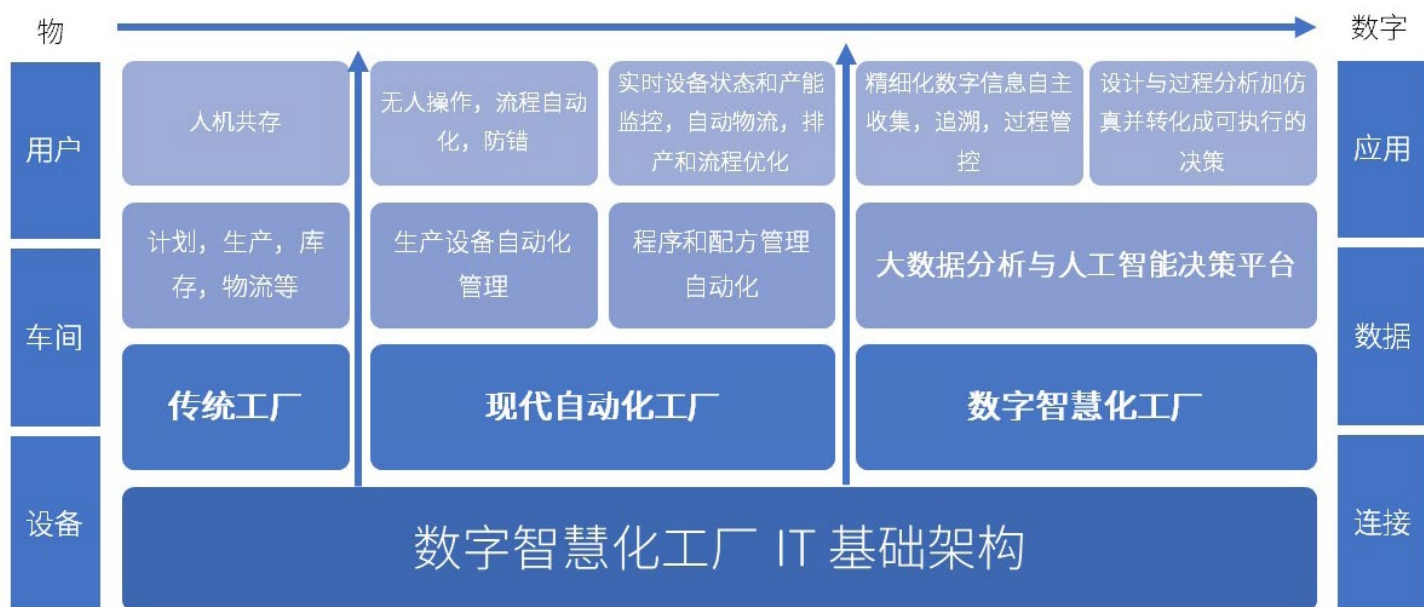


图 1：数字化工厂架构



# 提供您新的解决方案

由应用经验丰富的专家领导的直接电镀技术

替换传统沉铜工艺的最佳方案: 一系列成本效益高的环保工艺

降低87%生产周期



## BLACKHOLE 和 ECLIPSE

业界的领头羊 – 碳系列直接电镀制程

与传统沉铜相比, 稳定、高可靠性帮助您降低了运营成本

减少 90% 废水



## SHADOW

石墨系的先进直接电镀制程

制程控制简单, 没有螯合剂、甲醛或重金属

减少 60% 用水量



## ENVISION HDI

高性能导电高分子制程

仅只三步骤的工艺流程, 提高生产力、并兼顾可靠度的标准要求



的样子，这和我们的想象或者 PPT 勾画的不尽相同。

打造智慧工厂，需要面对很多现实的问题，比如工厂惯用的 KPI 指标就是投资回报率，没有短期或者最终投资回报率的转化很难被制造业所接受，这与是否看好未来的本意相差甚远，投资回报率决定了工厂的存亡。俗话说“万物生长靠太阳”，但是除了太阳，水和土壤也是必须的，道理都是一样的：制造业本身就面临竞争激烈，收益率偏低和客户不断增长的品质需求等挑战；制造业从业者更看重的是解决方案的有效性而非先进性，如果不把“生产工具到底解决什么问题”回答好，或者没有具备充分的数据验证，很难让当前的“智慧”在工厂“生根发芽”，得以推广应用。

综上所述，打造智慧工厂，第一步需要从务实开始，但这并不影响现代工厂到智慧工厂革新，反而是先让其在制造业生根发芽，再茁壮成长。要让“智慧”能够解决工厂所需，才能创造美好的未来！

## 智慧工厂的理解

智慧工厂是现代化工厂发展的新阶段，它以数字化为基础，以信息化技术为载体，采用物联网技术与设备、监控技术来加强信息管理与服务。理解智慧工厂需要先理解什么是“智慧”？智慧在工厂里是什么样子？我尝试着去询问各家工厂或者从业者，回答总是超出我的想象。每个人对智慧工厂的理解都不一样，意味着建设智慧工厂面临的不是单一个体和组织的需求，而是整体需求；这样庞大而零碎的需求使整合变得极其复杂，往往不知道该如何应对各种需求？



通常，现代工厂里的众多设备来自于不同厂家，相同功能的设备可能内部设计完全不同，但是这些设备和人有着同样的目标就是生产与制造，这好比我们的手脚要很好地协调，那大脑和眼睛的作用就非常重要了，智慧工厂有着相同的逻辑。首先需要打通设备的连接，其中标准的作用就非常重要，没有标准则整个系统不能按预期的动作执行和响应，也形成不了智慧闭环。这样的壁垒需要突破，但短期内全物联网标准不统一很难实现，行业催生了局部生态应用，因其可快速落地并呈现效益，在多行业已成功实现（如品质检测人工智能、相同生态链内的软件与设备等）。

摸索与实践总能带来灵感，这或许就是事物发展的规律。因 PCB 工艺流程类似半导体 (Semiconductor)，在半导体行业成功应用并有着成熟经验的 MES、EAP 和 SCADA 等体系也直接导入 PCB 行业，且“智慧工厂”理念也理所应当地被理解，认为照搬套用可以快速实现，结果，最终情况如何呢？导入后才有资格回答这个问题，只要是能够按需求实现并能解决实际问题，未尝不是一种有效的摸索和实践，毕竟“空谈误国，实干兴邦”！

新的工厂可以按需求去规划，现有的工



厂就面临很多技术改造壁垒，面临的还是同样的问题——投资回报是否成正比？毕竟投资新厂的几率并不是每年都有，那智慧工厂如何在这样的环境落地，这似乎又让我们回到思考的原点，从局部生态去找寻答案。制造业是务实的，建造智慧工厂的目的很明确，回归本质就是降本、提效、增质等。

- 降本：用自动化代替重复的人工作业、自动视觉 / 量测管控代替人工等；
- 提效：自动排产、物流、数字化报表系统、AOI 人工智能降点等；
- 增质：快速数据收集、品质溯源、数据分析与仿真、快速有效的改善工艺等。

即使能满足当前生产与品质的需求，哪怕是碎片化的需求或者局部区域生态智慧化，只要是可行的解决方案，也是理解智慧工厂一部分。

## 智慧工厂的未来

当下谈智慧，最直接的联想就是人工智能 (AI)。在这个技术革命颠覆年代，5G、物联网 (IoT)、云 (Cloud)、大数据 (Bigdata) 和人工智能 (AI) 等技术，最终会转化成有效的软工具让我们的工厂更加智慧，这点毋庸置疑。不管是正在建造的新工厂或者计划改造的老工厂，都面临着相同的挑战，就是怎样来打造数字化智慧工厂或者数字化转型？这个时代并不缺乏单一实体技术，但是缺乏对各种技术的融合，缺乏对新理念的接受，因为这些技术都将服务于人类，所以技术的革新不得不脚踏实地从行业教育开始，这 and 任何传统认知是一样的；制造业里缺乏对 IT 认识，IT 缺乏对制造业理解，

所以国家才鼓励要“两化融合”，只有让行业里的人听懂了、让 IT 技术人员理解了和让行业专家接受了，这种转型就成功了一半！接下来就是用数据说话和定义需求。比如：打造智慧工厂和转型之前，自己和客户的需求定义清楚，可行性验证 PoC (Proof of Concept) 通过，未来可扩展和衍生等。

这个时代具备实现智慧工厂所需的“天时、地利、人和”，我们只需要静候智慧时代的到来，但在这之前，我们至少先思考清楚我们的工厂需要什么样的智慧，同时又是我们能看得见、摸得着、可实现的智慧。期望值太高或者不切实际都不能收获智慧工厂带给我们的红利。

## 结语

任何变革或者改变都有其发展的规律和周期，未知事物永远有很多不确定性，但是能确定的是当下我们之所见和大胆的摸索与尝试。期望智慧工厂、智能制造、工业 4.0 早日成为我们想要看到样子，期待未来早点到来！

PCB007CN



王勇，奥宝电子（深圳）有限公司亚太区工业 4.0 项目经理，计算机与项目管理专业硕士背景，自 2003 年起就在 SMT 和 PCB 行业技术领域，供职 Orbotech 公司超过 15 年，先后从事多种软硬件设备技术与管理岗位，目前专注在工业 4.0、智能制造和智慧工厂领域的需求程式转化与行销工作。

# 垂直导体结构 VeCS 专题回顾

从 2019 年 5 月起,PCB007 中国在线杂志陆续刊登了有关垂直导体结构 (VeCS) 系列文章,作者既包括该技术的开发者 Joan Tourné,也有应用端沪士电子产品创新副总裁 Joe Dickson;同时我们的文章形式既有专题阐述,又有 PCB007 技术顾问 Happy Holden 参与的三方访谈,全方位、各角度为我们的读者介绍行业中的最新的技术动向。Happy Holden 在去年举办的 ECWC15 上,也以此为主题进行演讲,我们杂志 1 月期刊登了部分摘要。目前,VeCS 现已引起全球行业热议,PCB007 将一如既往予以关注。在此,以文章形式进行专题回顾。

## 研发层面

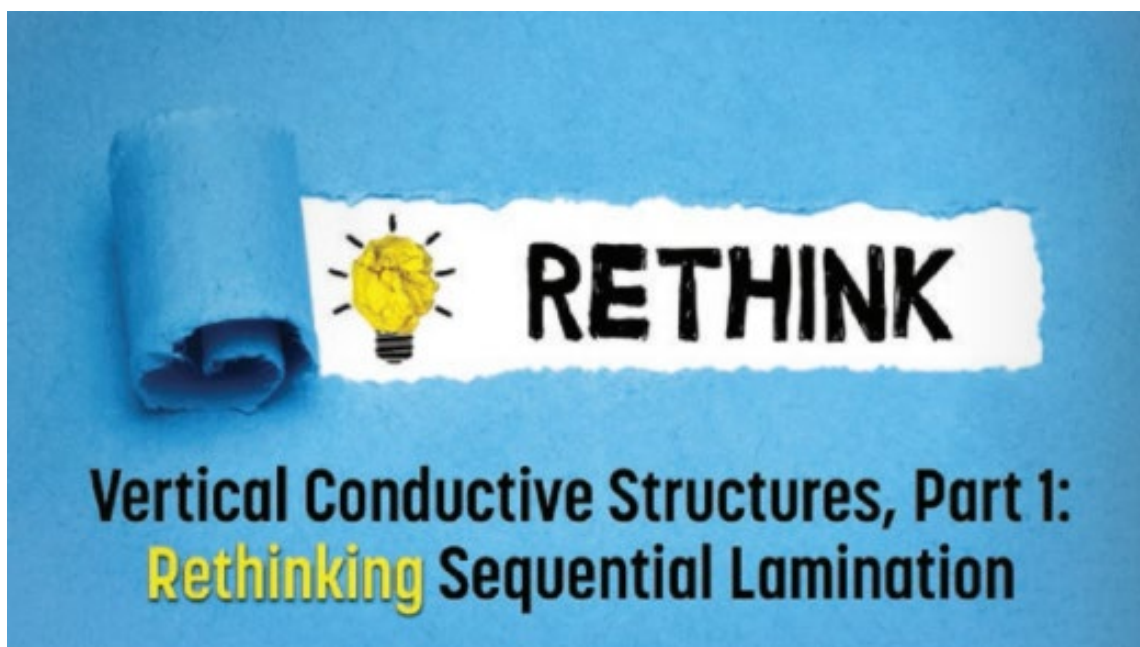
如今顺序层压法在高密度互连 (HDI) 和衍生技术中的使用受到了限制——无法电镀深度大于直径的盲孔。实际上,这一限制因素甚至对于电镀和加工厚径比 (AR) 为 1 : 1 盲孔的可靠性都提出了挑战。

总部位于荷兰 Helmond 的 NextGIn Technology 公司选择应对挑战,重新调整 PCB 层压方法,

开发出比现有技术更易于生产、更能提升性能且降低生产成本的新技术。NextGIn Technology 公司目标是在不使用新设备的前提下,开发出新的工艺。为了做到这一点,需要重新思考使用工厂现有设备和工艺可以完成哪些事情。NextGIn 将这个高密度印制电路互连新技术命名为“垂直导体结构”(Vertical Conductive Structure, 简称为 VeCS)。

NextGIn Technology 公司的 Joan Tourné 撰写了 4 篇文章,分别就顺序层压法的思考、VeCS 与微加工、Allegro PCB Editor (与 Cadence 公司的两位作者合作)、调整信号性能这几方面,对此技术进行具体阐述。

发表于 2019 年 5 月的第一篇[《顺序层压法的再思考》](#)一经刊登,便引起了读者们强热的兴趣。作者在文中提到“传统制造工艺的限制因素决定了增加电镀深度就必须增加孔的直





# 微信扫描二维码关注 即可免费获得面向中国电子电路 市场的技术书籍与实时资讯

印制电路组装商

适用于恶劣  
环境的三防漆



印制电路组装商指南

工艺验证



Graham K. Naisbitt  
Gen3

1007e  
Books

印制电路组装商指南

数字时代  
先进制造



Oren Manor  
Mentor, A Siemens Business

1007e  
Books

印制电路组装商指南

低温焊接

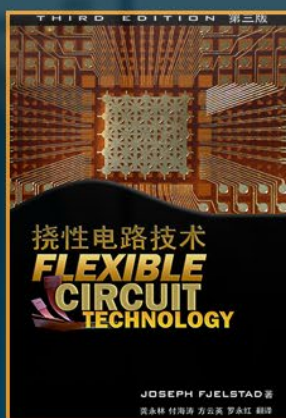


Morgana Ribas, et al  
Alpha Assembly Solutions

1007e  
Books



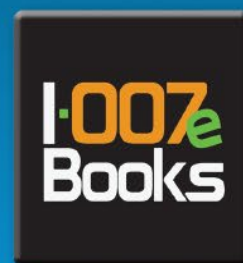
Peter Moleux  
Happy Holden



JOSEPH FJELSTAD 著  
黄永林 任海清 肖云英 罗永红 翻译



Happy Holden



径，传统的 HDI 板采取层间导通孔技术要占用太多的空间，所以孔的形状就是这次重新思考的突破点。”NextGIn 公司开始考虑改变孔的形状——将其改成椭圆形之后，小孔可以分成多个部分形成触点。在最初的电镀实验中，椭圆形结构显示盲槽中的镀层分布均匀。

实验结果显示，槽越长就越容易电镀。同时发现会出现一个阈值，超过阈值就很难电镀。槽的深度和长度决定阈值。目前，设计中的目标 AR 阈值最大是 4 : 1，槽长度与槽宽度的最小比是 3 : 1。数据表明，槽长与宽的比率存在一个极限，也就是槽深度在 2 mm 范围内时，槽长度最短是 1 mm、槽宽度最小是 0.5 mm。长槽可以提升槽的镀层性能。

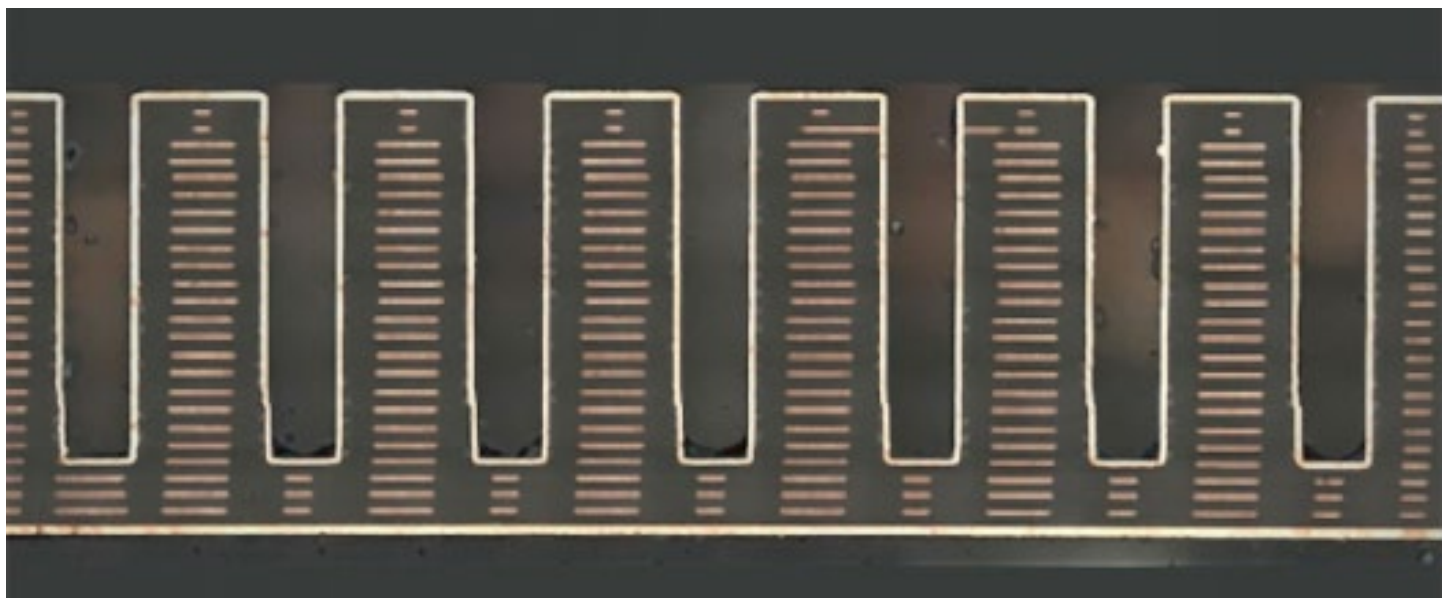
注意，考虑到应用的具体工艺等原因，此操作只针对镀铜工艺。抗蚀锡的电镀尚不在重点研究范围内。之所以做出这个选择是因为目前为这项技术选择的应用可以在完成外层电镀之前填充槽。

加工中所要注意的到内容在第二部分有所体现，该部分以 [《VeCS 与微加工》](#) 为题发表

在 2019 年 7 月刊上。在电路板的常规生产中，通过钻头或铣刀对电路板进行微加工非常常见。微加工是一个含义很广泛的术语，指用来塑造物体外形的技术。作者提出，之所以要介绍这个术语是因为在 2.5D 和 3D 环境下，微加工并不常用于电路板制造，但 VeCS 技术将改变这一现状。

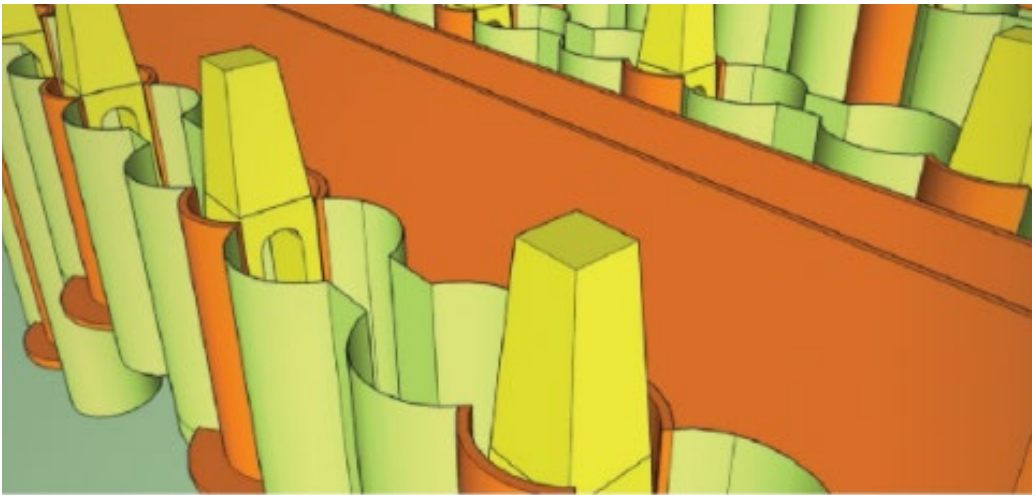
如今，已经具备了采用不同方式加工电路板外形、创建新功能与应用的基础设施，例如内层和外层之间的高密度互连，以及可以最小化信号失真的调谐技术。目前 VeCS 可使用来实现不同深度槽的工艺，用钻头和铣刀就可以加工。这种技术的目标是创建出一种新的垂直连接结构，通过不同的方式来利用电路板板面，同时又不会影响电路板的绝缘特性。

在作者的文章中，要区分两种“槽”技术：VeCS-1 是指贯穿整个电路板的槽，VeCS-2 是指电路板的多层盲槽。在实际应用中，会混合使用 VeCS-1 和 VeCS-2 结构。其优点在于可以用 VeCS-1 来实现 GND 及电源与多层的连接，例如，相邻的信号只连接到第 4 层。槽中



垂直导电结构 第 2 部分：VeCS 与微加工





垂直导体结构 第 3 部分：Allegro PCB Editor

的 VeCS-2 部分会产生残桩连接，最大程度地减小高速传输信号的容抗和分散。

VeCS 可以和通孔、埋孔 / 盲孔、微孔 / HDI 技术结合使用，没有任何限制。

相比较而言，VeCS-2 对微加工的要求比 VeCS-1 更多。设置 VeCS-2 槽工艺面临的挑战之一就是深度控制。介质公差是设置深度的一个关键参数。需要测量整块在制板上的介质才能确定合适的深度。

作者特别指出，电子产品设计应用不断需要更大的功率和电流，这一点与“让特征越来越小”的需求相悖，因为越来越小的特征会增加阻抗。但这两个相悖的限制因素仍然适用于 VeCS。比如电源 -VeCS 技术可以让垂直铜走线的横截面更大一些，使其具有更低的导电性。还有其他应用类型在文中有所介绍。

第三部分更为专业，作者邀请了 Cadence 公司的两位作者合作共同完成，详细讲解了 Cadence 公司如何将 VeCS 应用到 Allegro 设计系统中，该篇题目为 [《Allegro PCB Editor》](#)。

随着设计密度和复杂度的不断增加，有时需要设计师利用不同的导通孔技术对引脚数较

多的器件进行布线，与此同时还要保证最高水平的信号完整性。采用通孔可能会占用大量宝贵的电路板空间。可是使用较小的盲孔虽然能够减小导通孔尺寸，却需要更大的埋孔来完成电路板较深位置的连接。另一种成本较高的替代方案是使用任意层互连

（Every Layer Interconnect, ELIC）技术，也就是说每对层都有自己的微导通孔，这种微导通孔用激光钻孔，并填充了铜。在每对层之间的表面互相堆叠这些微导通孔可以扩展电路板内任意两层之间的连接。这些通孔技术能够成功完成设计的布线，但与此同时也会增加电路板层数，如果操作不当还会引起信号完整性问题。

VeCS 技术可以减少层数，并且无需顺序层压技术就可提升信号完整性。VeCS 与传统的通孔、微孔及 ELIC 设计不同，后面这三种技术成本高且需要多次层压、钻孔和电镀周期才能制造出合理的层数。使用 VeCS 技术可组合布线通道，更好地利用通道实现引脚数较多器件的扇出。更多的布线通道可以在更可靠 / 坚固的平面基准下实现更多的布线，不会出现其他通孔技术一般都会出现的问题。

在 Allegro 17.2 中，VeCS 结构就是一种机械符号。它可以被放在任何位置或放在球栅阵列（BGA）器件占位内来利用这项新的布线扇出技术。除了生产输出升级后要针对引脚生成有限深度（盲孔）钻孔文件来支持 VeCS-2 盲深度结构，不需要做出大的改动即可支持 AI-

legro PCB Designer 中的这些新结构。

目前, NextGIn Technology 公司重点关注下一代产品, 例如超高频带宽应用, 其中两个层之间的信号从一层传输并连接至下一层时, 可以进行调整, 使垂直走线的阻抗与信号层阻抗相匹配。所以层之间的传输损耗降到了最低, 与目前使用的传统导通孔技术效率低、成本高的点对点式布线相比, 新技术可以更高效地利用布线空间。

在该系列专题的第四部分发表于 2020 年 1 月, 作者以 [《调整信号性能》](#) 为题, 重点介绍开发用于最大程度减少损耗和分散的导通元体。可以使用拼接元体来代替传统导通孔技术采用的点到点连接。点到点连接有最好的信号完整性性能 (连接中少一个导通孔会使信号失真)。我们将会采用 VeCS-2 技术 (盲孔 / 混合通孔) 结构, 可以使用 “传统” 的正交布线方式, 这种方式可以高效利用信号层。



## 应用层面

2020 年 5 月, 我们刊登了 [沪士电子公司的产品创新副总裁 Joe Dickson 的专访文章](#)。他从应用端角度介绍了该公司开展的 VeCS 技术研发, 与标准 HDI 工艺相比 VeCS 技术的特点。他还介绍了 VeCS 技术的优势, 以及

VeCS 技术如何有望成为 HDI 技术和通孔技术的补充。Joe Dickson 表示: “我们从事这项技术的开发将近 4 年半时间了。起初只是想了解该技术是否可行, 据此进行构建, 以从布线和



Joe Dickson

制造的角度看它可以做什么。之后花了一年半的时间, 尝试对基本的制造设备 (具有 10 年历史的铣切设备和电镀生产线, 甚至都没有脉冲) 进行优化。在过去的两年中, 通过定制化的设备, 其操作控制水平要比以前好得多。在早期测试中, 我们在各个层面上力求验证可靠性, 以了解 VeCS 信号的互连是否可靠。目前, VeCS 技术已经相当成熟, 任何了解该技术的人都了解如何生成和构建走线, 以及如何构建电镀深盲槽。已经完成了公司内部的测试, 并且进行了数千次 IST 循环测试, 取得了很好的结果。WUS 公司已经进行了一些工业级别的测试。目前正在做 HDP 用户组测试。”

在 2020 年 8 月刊上, [Happy Holden 又采访了 Joe](#), 请他介绍了 VeCS 技术的应用, 以及提升该技术会对制造业产生的潜在影响。起初, WUS 是出于成本考虑开发 VeCS, 虽然成本问题仍然是沟通中几乎每个人都感兴趣的关键点, 但现在 VeCS 真正的意义是它的创新性, 可以应对其他互连技术难以解决的问题。首先, VeCS 结构在可靠性方面不会因为高阶信号的设计而受到影响; 其次, VeCS 的另一个优势是各层可采用比 HDI 更厚的介质。采用 VeCS 技术, 通常可以设计为 1 个层压周期, 层之间的介质厚度仍然可达 0.1 毫米或更厚。这使得



高速信号自身的每英寸损耗要低得多。这是下一代产品关注的两个点，芯片位置越来越近，而像 PCIe 这样的技术正试图将多个芯片放在同一块 PCB 上。这些是我们看到 VeCS 组合 HDI 或通孔技术可应用的领域，新的组合可实现下一代，甚至可能是再下一代产品上 PCB 的铜互连方式。

Joe Dickson 表示：“沪士电子与设备、工艺和材料供应商一起，形成合作团队，甚至有 PCB 竞争对手参与我们的合作团队，原因就是这项技术需要多个供应链资源。我们从一开始就明确这一点。沪士电子 CEO 对此非常开放，因为一旦 VeCS 技术发展成熟，就不仅仅是概念，而将涉及该技术的应用，以及如何与所有技术相适应，如何使其与作为该技术领导者的沪士电子多年来所获得的专业知识相适应。我们已经有两年半的 VeCS 制造经验以及两年多的应用经验，所以并不担心会有人把这

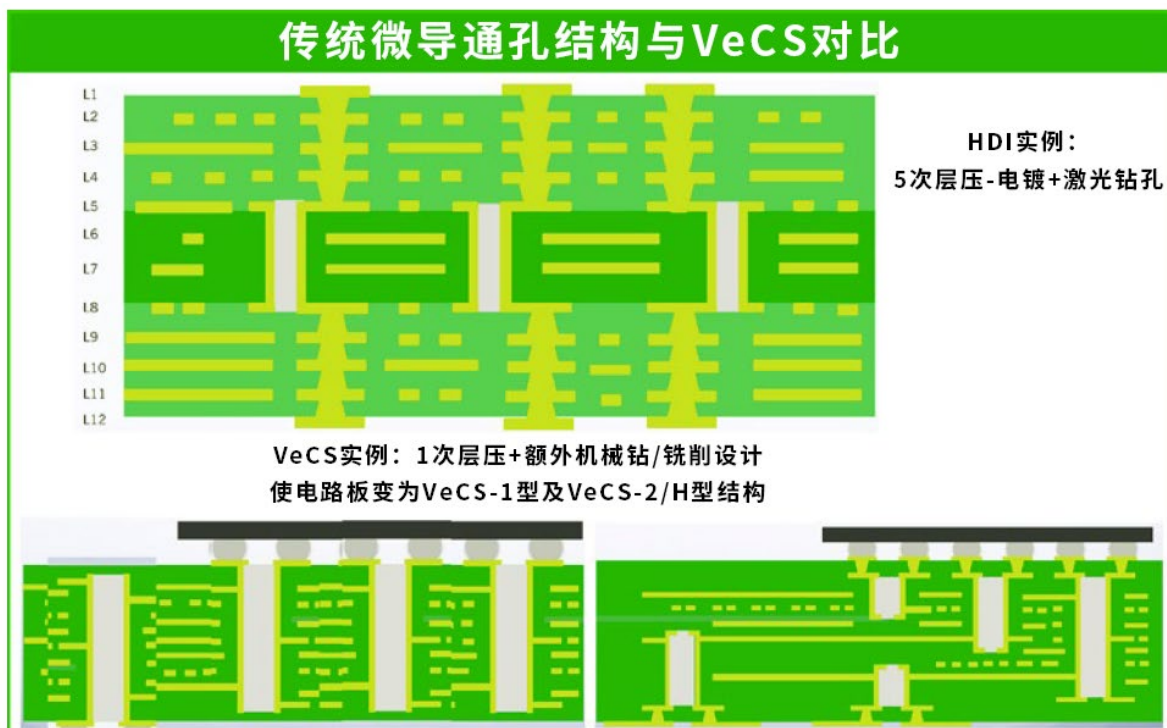
项技术从沪士电子手中夺走；恰恰相反，这项技术的竞争对手越多，对沪士电子就越有利。”

由 PCB007 牵线，邀请 NextGIn Technology 公司的 Joan Tourné 和沪士电子的 Joe Dickson 一起，讨论了 VeCS 技术及其优点，它将如何改变设计，为实现这种结构需要考虑的因素，及其目前可靠性测试数据的情况。[相关文章发表于 2020 年 12 月](#)。

他们探讨了未来五年的计划，其中沪士看到了下一代网卡发展的迫切需求，它们需要在 PCIE 和夹层卡上安装多个芯片，即使采用 HDI 和通孔，也无法实现这种需求；原因是存在物理限制。VeCS 可以在一张卡上放 2 个以上



Joan Tourné



VeCS 技术的影响及优势

富士康前CTO，I-Connect007技术总监Happy Holden在世界电子电路大会发表VeCS主旨演讲，关注我们的微信“PCB007中文线上杂志”获取更多资讯！

## VeCS:用于HDI和通孔技术的次时代3D互连

BY HAPPY HOLDEN, I-CONNECT007技术咨询编辑



NextGin Technology



WUS Printed Circuits Co., Ltd.

感谢NextGin Technology和沪士研发团队提供图片和数据

I-Connect007  
GOOD FOR THE INDUSTRY

### VeCS：用于 HDI 和通孔技术的次时代 3D 互连

芯片。这是巨大的突破，因为信号链路减少了一半，而且铜缆就能够达到原本只有光纤才能达到的速度。对于 AI 和汽车方面，可以做更大的 BGA，比无论是 HDI 还是通孔目前所能互连的 BGA 都大得多，这项技术将变得更加主流。对于 Tourné 来说，接下来的 5 年，重点就是将这项技术推向批量生产，现在正致力于一些实际的设计，很多工作将与芯片制造商及 OEM 合作完成。

## 行业大咖谈

最新关于此技术的重量级文章莫过于行业大咖、PCB007 技术顾问 Happy Holden 发表在第十五届世界电子电路大会主旨演讲上的介绍，他以[《VeCS：用于 HDI 和通孔技术的次时代 3D 互连》](#)为题目，向全世界最顶尖的 PCB 技术人员进行了此技术的介绍。

正如此项技术的参与者所说：“PCB 行业创造了惊人的技术，但没有颠覆性的飞跃，目前减成法技术的发展有限，等待超级颠覆性技术真正出现。”身在此行业中的你，是否已经准备好？



Happy Holden

PCB007 中国在线杂志记录着业界技术发展的点滴……PCB007CN

I-Connect007  
GOOD FOR THE INDUSTRY  
**pcb007** 中国  
线上杂志 CHINA MAGAZINE





Quality.  
Reliability.  
Consistency.  
IPC.

IPC — 国际电子工业联接协会

# START WITH THE STANDARDS

## 从标准出发

来源：609位IPC用户的TechValidate调查



72%  
质量提升



53%  
竞争力提升



43%  
返工减少



39%  
不必要的报废



33%  
现场失效减少



28%  
产量提升



20%  
盈利能力提升

※由全球业内超过10000名同行专家制定和批准IPC标准

※超过6000家企业依赖于IPC项目和服务

※标准化的培训，获得全球范围认可的质量资格证书

※提高产品的可靠性和质量，全面降低成本

※获得最新市场信息和技术的渠道

※多项技术比赛，行业论坛等会员专属活动



扫一扫  
免费下载 IPC 标准目录手册



# 应用于航空领域的高密度 PCB 技术评估

by Maarten Cauwe, et al.  
imec-Cmst, et al.

## 摘要

高密度互连 HDI 板及相关组件对于使航空项目充分利用现代集成电路（如现场可编程门阵列（FPGA）、数字信号处理器（DSP）和应用处理器）日益增加的复杂性和功能优势至关重要。对产品功能日益增长的需求转化为更高的信号速度和越来越多的 I/O。为了限制整个封装的大小，需要减小元件的接触盘间距。大量 I/O 与减小的间距结合对 PCB 提出了更高的要求，要求采用激光钻微孔、高厚径比内层导通孔以及更细的走线宽度和间距。虽然相关的高阶制造工艺已广泛应用于商业、汽车、医疗和军事应用领域，但如何协调这些高阶技术与航空领域的可靠性要求仍然是挑战。

本文概述了由 imec 公司牵头、比利时

ACB 公司和 Thales Alenia Space 公司协助的欧洲航天局（European Space Agency，简称 ESA）高密度 PCB 组件项目。该项目目前仍在进行，其目标是设计、评估和鉴定能够为航空项目的小间距 AAD 组装和布线提供平台的 HDI PCB。我们考虑了 2 类 HDI 技术：2 层交错排布的微通孔（基本 HDI）和（最多）3 层堆叠的微通孔（复杂 HDI）。本文根据 ECSS-Q-ST-70-60C 标准对 HDI 基本技术进行了鉴定，给出了热循环、互连应力测试（IST）和导电阳极丝（CAF）测试的结果，详细讨论了每种测试方法的测试载体和测试参数。

## 介绍

HDI PCB 通常有两个主要驱动因素：(1) 关键元件的小间距和高数量的 I/O；(2) 这些元件性能的提高形成 PCB 上的高速信号走线。使用微通孔可以缩短信号路径的长度，提高信



# Geode™

## 加快创新

### 您有应对新兴市场挑战的工具吗？

#### 看到HDI和IC封装钻孔的新愿景

Geode的设计宗旨是在提供所需的吞吐量、精度的同时减少拥有成本。

凭借40多年激光与材料相互作用专业知识的创新新功能，Geode是我们成为PCB世界领导者的最新例证。



 mks

ESI®

[www.ESI.com](http://www.ESI.com)



号完整性和电源完整性。由于扇出区内的密集布线，关键网可能会受到串扰的影响。1.0mm 间距元件引脚之间的差分对布线需要精细的线宽和线距。0.8mm 间距元件埋孔之间的差分对布线不再可行。差分对需要在扇出区域内分开，对信号完整性的影响将取决于分开的长度。单端网上宽度的变化，以及差分对间距和 / 或走线宽度的变化，将导致电阻不连续。因此，选择适当的层积层方法和导通孔类型将可改善布线能力和信号完整性。

在定义 HDI PCB 的技术参数时，重要的考虑因素之一是元件间距和 I/O 的数量不能分别处理。1.0mm 间距的高引脚数元件 (>1000 引脚) 可能要求使用微通孔来减少总层数或改善受控电阻线的屏蔽。另一方面，对于只有两排焊料球的 0.5mm 间距元件，可以在不采用微通孔和精细线宽和线距的情况下，完成其逃逸布线。为了能够布线一个或多个高引脚数元件而增加层数将导致 PCB 厚度增加，同时由于对导通孔厚径比的限制，因此将会影响最小导通孔孔径，从而会再次限制布线可能性。

为了确定 HDI 技术参数，需要了解过去、现在和未来航空项目中使用的面阵列器件 (area array devices, 简称 AAD) 的规格。展望目前正在开发的航空用复杂元件，间距为 1.0mm 的陶瓷柱栅阵列 (CCGA) 在未来几年仍将是首选封装 [2]。例如，新的 Xilinx FPGA (RT-ZU19EG:CCGA1752) [1]、CNES VT65 电信 ASIC (CCGA1752) [2] 和 ESA 的下一代微处理器 (NGMP, CCGA625) [3] 仍将采用这种封装。具有较小间距 (0.8 mm) 的柱栅阵列封装尽管尚未开始商用，但已在研发中得到证明 [4]。陶瓷球栅阵列 (CBGA) 具有不塌落的高铅焊料球，可用于军事和航空航天应用 [5]。当

0.5mm  $\leq$  间距 < 0.8mm 时，更小的焊料球不能再支持封装材料和 PCB 之间的热膨胀系数 (CTE) 差异，陶瓷封装会成为影响可靠性的潜在风险。因此，美国宇航局最近的一项研究调查了间距为 1.0mm、多达 1704 个 I/O 及间距为 0.4mm、432 个 I/O 塑料球栅阵列 (PBGA) 的可靠性 [6]。

增加密集布线、大量 I/O，提高高速信号完整性无疑会对可靠性产生影响。减小线宽和线距、导通孔焊盘尺寸和钻孔径都会影响制造良率和质量，因此存在可靠性风险。需要引入新材料来证实不断增长的功能需求不会降低可靠性。

高密度互连 PCB 已应用了 30 多年，目前适用于所有市场。行业已经发布了许多关于 HDI 技术及其可靠性的研究。几乎所有 HDI 技术研究的回归主题是，如果制造得当，它可以非常可靠。过程控制和质量保证是 HDI 可靠性的关键。

## HDI 技术参数

在项目开始时，在荷兰的 ESA ESTEC 工厂举办了一次专题研讨会，阐述了《航空应用 PCB 和组装技术路线图》中的 HDI 部分 [7]，介绍了航空项目对 HDI 的要求。参加研讨会的人员包括主要卫星承包商、设备制造商、航空机构、ESA 认证的 PCB 制造商、ESA 技术官员和独立的 CAF 专家。

特为研讨会编制了调查问卷，以确定近期航空项目 (2018 年 ~2020 年) 和未来航空项目 (2020 年 ~2025 年) 对 HDI 的驱动因素和技术参数。要求 PCB/SMT 工作组成员和其他利益相关者提供反馈，说明技术需求，同时牢记对可制造性和可靠性可能产生的影响。从未



来航空项目的功能需求和元件需求出发，得出一组高阶技术参数，用于项目内部评估。

在研讨会期间，人们清楚地看到，将技术分为近期项目和未来项目并不能令人满意，因为近期也需要更高的复杂性。做出这一决策的目的是为了区分用于项目内鉴定的基本 HDI 技术和复杂 HDI 技术，包括更高阶技术的参数。研讨会确认了基于 1.0mm 间距、多达 1752 个引脚 CCGA 封装的大型 FPGA 元件是基本 HDI 技术的主要驱动器。此外，0.8mm 间距及几百个 I/O 的 AAD 应与基本 HDI 技术兼容。当布线空间有限时，其他驱动元件为小型无源元件（0402 片式元件）和细间距引线框架元件（0.5 mm 间距的 QFP）。在未来的项目中，元件 I/O 将会多达 2000~3000 个，并将采用

间距为 0.8mm 和 1.0mm 的 AAD。这些元件可能是非密封聚合物基封装（PBGA），陶瓷封装由于 CTE 不匹配而导致封装尺寸的极限为 45 mm x 45 mm。对于低 I/O (200~300) 和内存器件，预计间距将进一步减小到 0.5mm。

表 1 列出了研讨会期间协商确定的基本 HDI 及复杂 HDI 技术参数。基本 HDI 技术由单顺序层压芯材和双层铜填充微通孔组成。两层微通孔被认为足以布线 0.8mm 及 1.0mm 间距的 AAD。为了将可靠性风险降到最低，微通孔交错排布，并且与芯材中的埋孔错开。最好用 HDI 层的半固化片填充芯材中的导通孔，并采用双层半固化片。

复杂 HDI 技术将采用 3 层微通孔。所选微通孔结构是由 2 个堆叠的微通孔和 1 个交

技术参数	基本 HDI	复杂 HDI
符合设计要求的导体线宽 / 线距	非电镀内层（17 μm 铜箔）上 75-μm 线宽 / 线距 电镀内层（12 μm 铜箔加镀层）上 120μm 线宽, 100μm 线距	非电镀内层（12μm 铜箔）上 50μm 线宽 / 线距 电镀内层（12μm 铜箔加镀层）上 100μm 线宽, 100μm 线距
微导通孔结构	符合设计要求的 2 层交错排布微导通孔，填充铜，直径 175 μm	符合设计要求的 3 层微导通孔，填充铜，直径 125 μm，最好采用半堆叠结构，将完全堆叠作为备选方案。
层数	≤ 20	≤ 26
HDI 层结构	交错排布到芯材, 2 张半固化片	交错排布到芯材, 1 张半固化片
芯材导通孔厚径比	≤ 8	≤ 10
PCB 厚度	2.8 mm	约 3 mm
芯材导通孔填充介质	半固化片（从 HDI 层开始）	导通孔填充（有盖镀）
芯材结构	单顺序，对于埋孔，钻孔直径为 300μm 和焊盘直径为 600μm	单顺序，对于埋孔，钻孔直径为 250μm 和焊盘直径为 550μm
背钻	无	在芯材上背钻
有非功能性焊盘	符合 ECSS-Q-ST-70-12C 要求 [8]	去除芯材导通孔上的整个焊盘
介质材料	聚酰亚胺 (Ventec VT-901)	聚酰亚胺 (Ventec VT-901)
RF 材料	否	松下 Megtron 6
表面涂层及阻焊膜	SnPb，无阻焊膜	ENIG 或 ENEPIG，有阻焊膜

表 1：基本和复杂 HDI 技术的技术参数

错排布的微通孔组成的半堆叠方案。堆叠 3 层微通孔被认为存在可靠性风险。在项目中进行 IST 预筛选，以确定半堆叠微通孔结构是否能够满足所需的可靠性。否则，将采用完全交错排布结构作为备选解决方案。在复杂 HDI 技术中，导通孔封堵和封盖将用于埋孔。评估复杂 HDI 技术的组成部分之一是研究去除非功能性焊盘和背钻埋孔对可靠性的影响。

聚酰亚胺仍然是航空应用 HDI 的首选材料。为了适应高频和高速需要，松下 Megtron 6 被纳入复杂 HDI 技术评估。内层低热膨胀系数材料未被作为未来 HDI 的优先选择。将采用单层半固化片用于微通孔进行评估。

阻焊油墨是采用复杂 HDI 技术的要求之一。也对 ENIG、ENIPIG、ENEPIG 和 EPIG 进行了研究，但项目的重点不是评估替代表面涂层。将通过 ENIG 和 ENEPIG (每种基材用一种

表面涂层) 评估复杂 HDI 技术。

## 项目计划

图 1 显示了 HDI 项目的总体概念。在专题研讨会期间，确定了用于航空应用的相关 AAD。根据这些元件的机械（间距、引脚数量）和功能（数据速率、受控电阻）要求，确定了技术参数和有关设计规则。目标是达到基本 HDI 技术的阶段。鉴定完成后，对 1.0mm 间距 CCGA1752 和 0.8mm 间距 CBGA323 元件进行组装验证。

在开始对复杂 HDI 评估前，先完成 IST 预筛选，决定采用堆叠微通孔，还是采用交错排布导通孔。对复杂 HDI 技术的评估可能导致需要对所有或部分技术特征进行正式鉴定，具体取决于评估不合格产品的发生情况。将以相同的方式完成对 0.8mm 和 0.5mm 间距

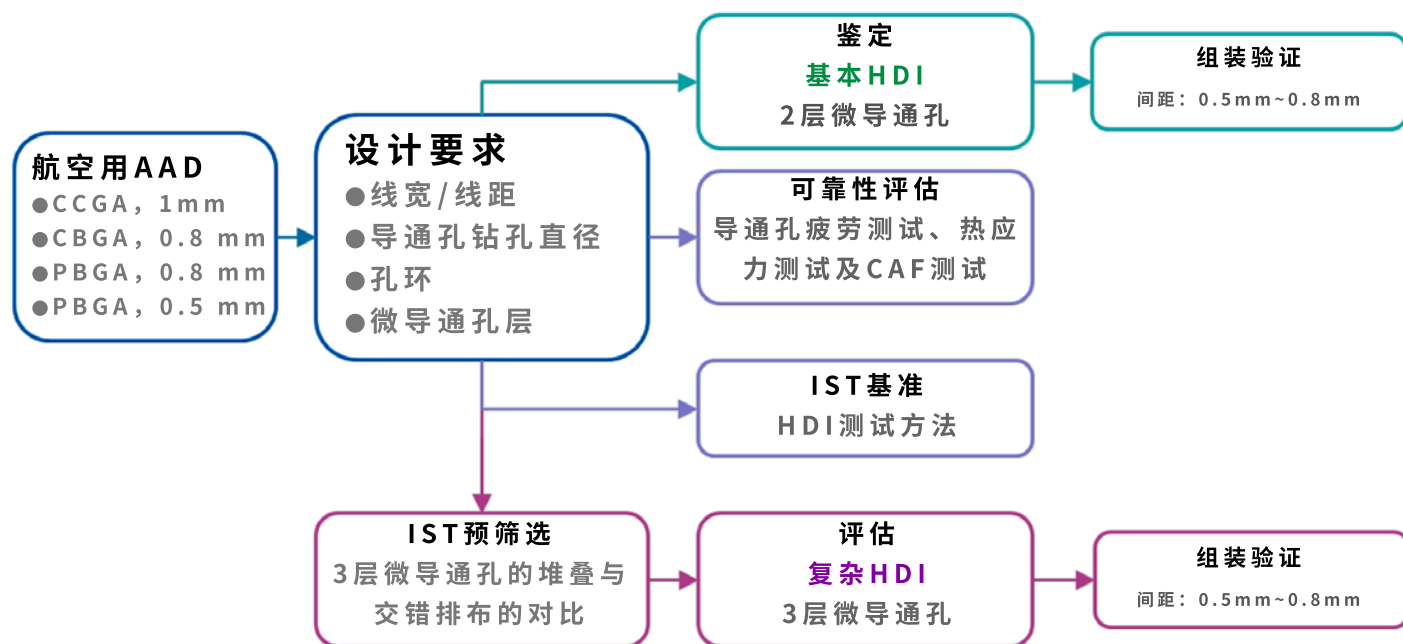


图 1：HDI PCB 项目的总体概念



PBGA 元件的后续组装验证，重点是评估性能和鉴别不确定性。

在鉴定和组装验证之后，进行广泛的 HDI 可靠性评估。本研究重点关注热可靠性、微通孔测试和 CAF 测试。导通孔疲劳和热应力评估将与 PCB 裸板的建模相关。对于 CAF 测试，设计了专用的测试载体来满足 HDI 技术参数要求。采用热循环、对流、气相回流组装仿真、互连应力测试（IST）进行广泛的测试。

本文描述了符合 ECSS-Q-ST-70-60C<sup>[9]</sup> 标准要求的 HDI 鉴定测试载体、测试方法和测试结果。讨论了热循环 IST 和 CAF 测试的结果。将在本项目的其他阶段公布项目的其他结果。

## 测试载体

鉴定测试载体（QTV）由完整的 PCB 设计组成，包括以下特征：

- HDI 鉴定测试流程的测试结构
  - 有贯穿导通孔和元件孔的 A/B 附连板
  - 分别用于 1 级微通孔、2 级微通孔和埋孔的 B1、B2 及 B3 附连板
  - 用于测试内层绝缘电阻和介质耐受电压的 E 附连板
  - 用于测试内层绝缘电阻和介质耐受电压的 H 附连板
  - 用于测试外层剥离强度 P 附连板
  - TVX 和 SLX 采购 IST 测试
- 用于 ECSS-Q-ST-70-60<sup>[9]</sup> 第 8.2.2 节和第 8.2.3 节详述的出厂检验附连板
- 模拟（部分）实际 HDI 设计的 BGA 附连板
  - 1.0mm 和 0.8mm 间距元件的实际和菊

花链元件扇出

- CCGA, 1.0mm 间距, 1752 个 I/O  
(Xilinx Virtex 5QV FPGA)
- CBGA, 0.8mm 螺距, 323 个 I/O  
(Teledyne e2v EV12AQ600 ADC)
- 至 Axon Nano-D (1.27 mm) 和  
Smiths 连接器 KVPX (1.35 mm) 的布线

BGA 附连板（图 2）模仿（部分）实际的 HDI 设计，并作为鉴定测试板。1.0mm 和 0.8mm 间距元件的实际扇出分别基于 Xilinx Virtex 5QV FPGA 和 Teledyne e2v EV12AQ600 ADC 的实际引脚图。控制阻抗差分对布线适用于所有相关的输出引脚。由于高密度连接器会对布线施加限制，因此也是 HDI 的驱动元件，BGA 附连板包括两个候选连接器。Xilinx Virtex 5QV FPGA 元件扇出的差分对互连布线到 8 个 KVPX 连接器。将 Teledyne e2v EV12AQ600 的扇出与 Axon nano-D 连接器结合在一起。

可以用不同的方法实施 2 层交错排布的微通孔。对于 1.0 mm 间距的扇出，元件焊盘直接放置在埋孔上方。将第 1 层和第 2 层之间的微通孔部分放置在元件焊盘内。第 2 层和第 3 层之间的微通孔捕获盘与第 1 层和第 2 层的微通孔目标焊盘相切。用短走线将第 2 层和第 3 层的微通孔目标焊盘连接至埋孔。这种结构的优势是，第 1 层和第 2 层之间的微通孔不位于埋孔上方，尽管第 2 层和第 3 层之间的微通孔与埋孔之间的短走线比焊盘相切时有更高的应力。因埋孔旁边没有足够的空间，同样的结构不能应用于 0.8mm 间距扇出。第 1 层和第 2 层之间的微通孔部分位于焊盘内，其元件焊盘

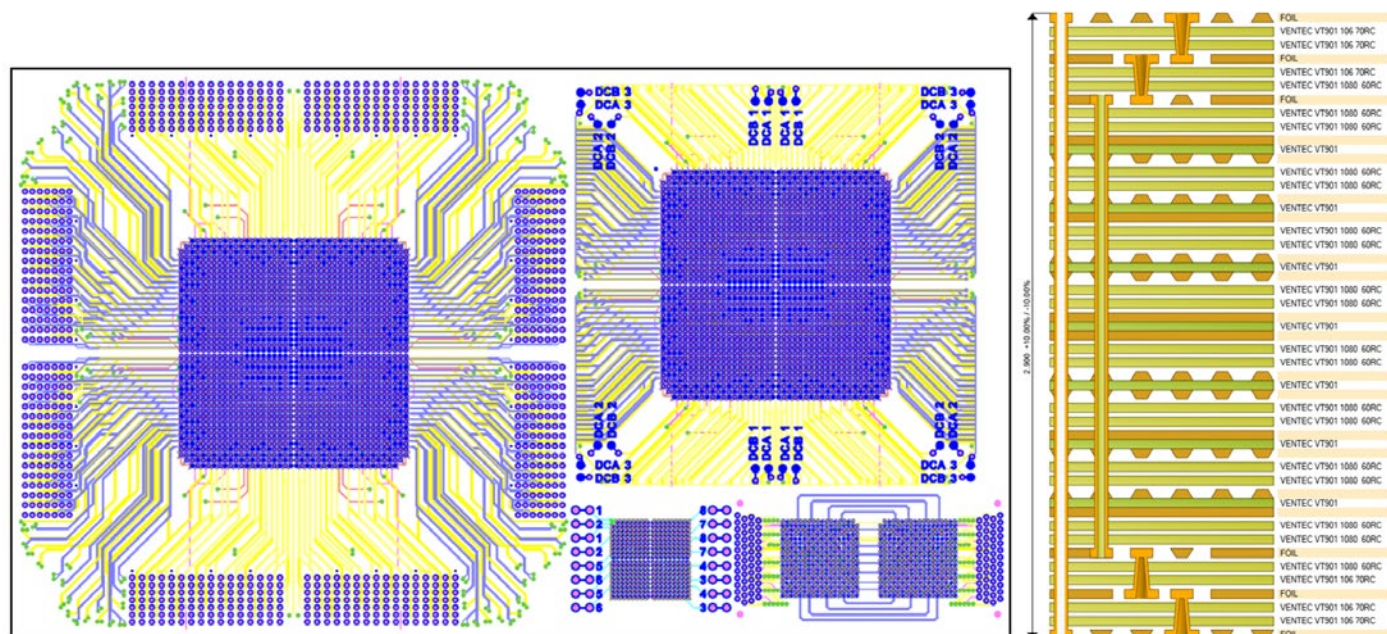


图 2：对于 1.0mm 和 0.8mm 间距元件，有实际和菊花链元件扇出的 BGA 附连板（左）和鉴定测试载体的构成（右）。

位于埋孔上方。由于焊盘尺寸较小，所以第 1 层和第 2 层之间的微通孔位于埋孔上方，被认为存在可靠性风险。所述第 2 层和第 3 层之间微通孔的目标焊盘与埋孔相对侧的埋孔焊盘相切。

PCB 上包括 2 个 IST 附连板设计，以涵盖 BGA 附连板最关键的设计特征。在贯穿导通孔 TVX 附连板旁边，还包括有埋孔和 0.8mm 间距微通孔的 SLX 附连板（微通孔结构如前所述）SLX 附连板包含 3 个感测电路：埋孔（S1）埋孔加微通孔（S2）和交错排布导通孔（S3）。附连板放在拼板上，靠近 BGA 附连板。

为了评估给定 HDI 技术的 CAF 性能，要求 HDICAF 测试载体尽可能类似终端产品（构建、导通孔结构、布线等）。HDI 元件扇出包括间距为 0.8mm 和 1.0mm 的埋孔和间距为 0.5mm 的微通孔。HDI 上贯穿导通孔的最大

CAF 风险是间距为 1.27 mm 的高密度连接器。导通孔、埋孔和贯穿导通孔的接地层之间的最小距离由最小导体间距的设计规则定义（基本 HDI 为 75 $\mu$ m，复杂 HDI 为 50 $\mu$ m）。埋孔（0.3 mm）和贯穿导通孔（0.5 mm）的孔径来自基本 HDI 技术的鉴定测试载体设计数据。

由于采用激光钻孔而不是机械钻孔，孔径更小导致与玻璃纤维的接触面积更小，因此微通孔被认为不易发生 CAF。然而，对于间距为 0.5 mm、孔径为 125 $\mu$ m 的微通孔，孔壁到孔壁的间距仅为 375 $\mu$ m。这远低于埋孔或 PTH 的孔壁到孔壁的间距。为了评估这种风险，在 HDI-CAF 测试附连板上增加了一个专用的微通孔测试结构。由于钻孔过程是独立的，行业认为堆叠微通孔的 CAF 风险没有交错排布的微通孔的 CAF 风险高。

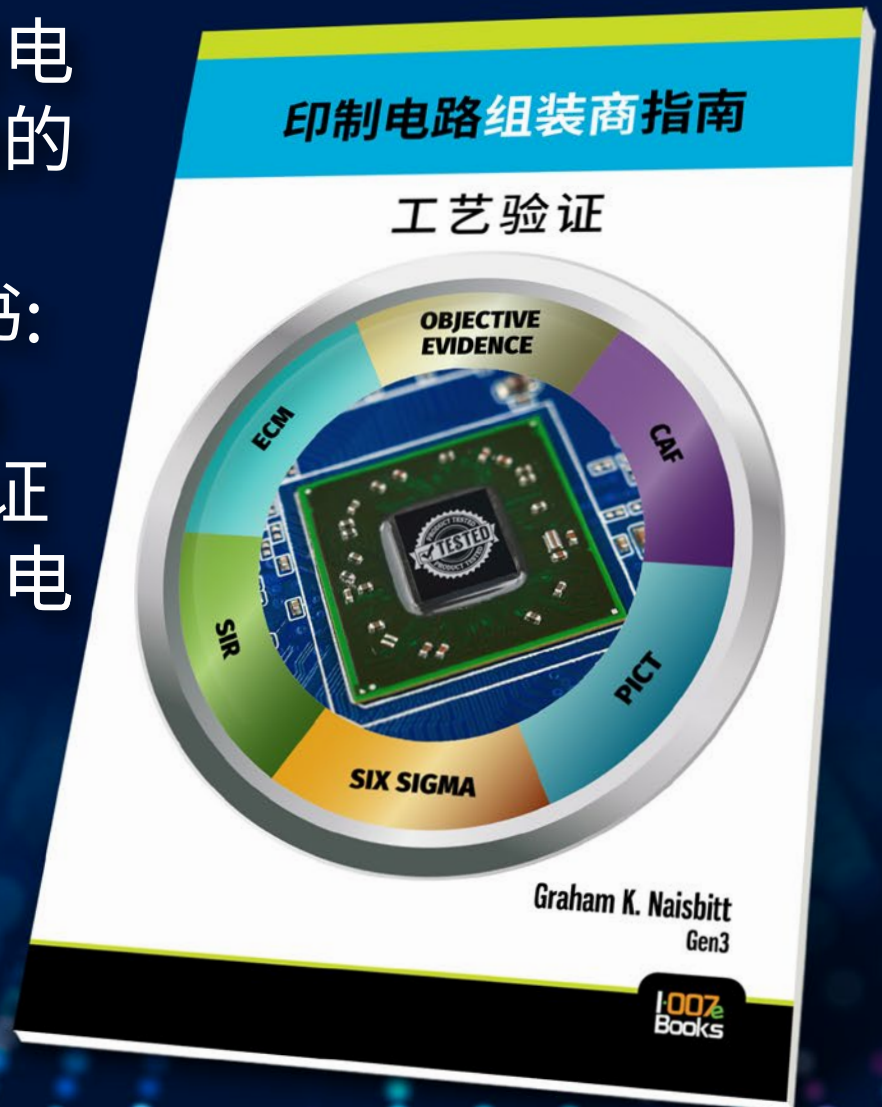
HDI CAF 测试载体包括 6 类导通孔至导



# 了解高可靠性电路板 测试的玄机

今天的高可靠性电子产品需要精确的测试方法。

通过I-007电子书：  
印刷电路组装商指南——工艺验证  
来学习如何实现电  
化学可靠性。



点击或扫码下载

[iconnect007china.com/index.php/library](http://iconnect007china.com/index.php/library)



通孔测试结构：0.3 mm 钻埋孔，间距为 0.8 mm，呈直线和交错排列；0.3 mm 钻埋孔，间距为 1.0 mm，呈直线和交错排列；0.5 mm 钻贯穿孔，间距为 1.27 mm，垂直对齐；间距为 0.5 mm 的微通孔，垂直对齐。其中复制了许多测试结构，以涵盖经纱及纬纱方向。

垂直对齐指的是直接相邻的导通孔，而交错对齐则将第 2 个导通孔偏移一半间距。IPC-9691B 分别使用了直线和对角线两个术语，可能会引起与微导通结构的混淆。

虽然细丝生长被认为是 CAF 的主要形式，但是导通孔到平面的测试结构仍然与 HDI 相关。4 个导通孔到平面测试结构设计为有埋孔或 PTH。反焊盘的直径是焊盘直径和基本 HDI (75 $\mu$ m) 或复杂 HDI (50 $\mu$ m) 最小设计间

距的 2 倍之和；对于埋孔（焊盘直径为 0.6 mm），反焊盘直径分别为 0.75 mm 和 0.7 mm；对于 PTH (0.8 mm 焊盘直径)，反焊盘直径则分别为 0.95 mm 和 0.9 mm。测试结构由 17x17 个微通孔组成，所有内部非功能性焊盘均已去除，以确保失效机制是从孔壁到导体。

采用单一的设计涵盖基本 HDI 和复杂 HDI 技术。为了模拟额外的微通孔层的存在，在 PTH 钻孔之前进行虚拟层压。这涉及由于多层叠片而导致材料脆化的风险，影响钻孔的质量。

HDI CAF TV 的布局如图 1 所示。给定测试结构的连接导通孔之间的距离是不同的，以避免可能与玻璃纤维束对齐，从而导致最坏情

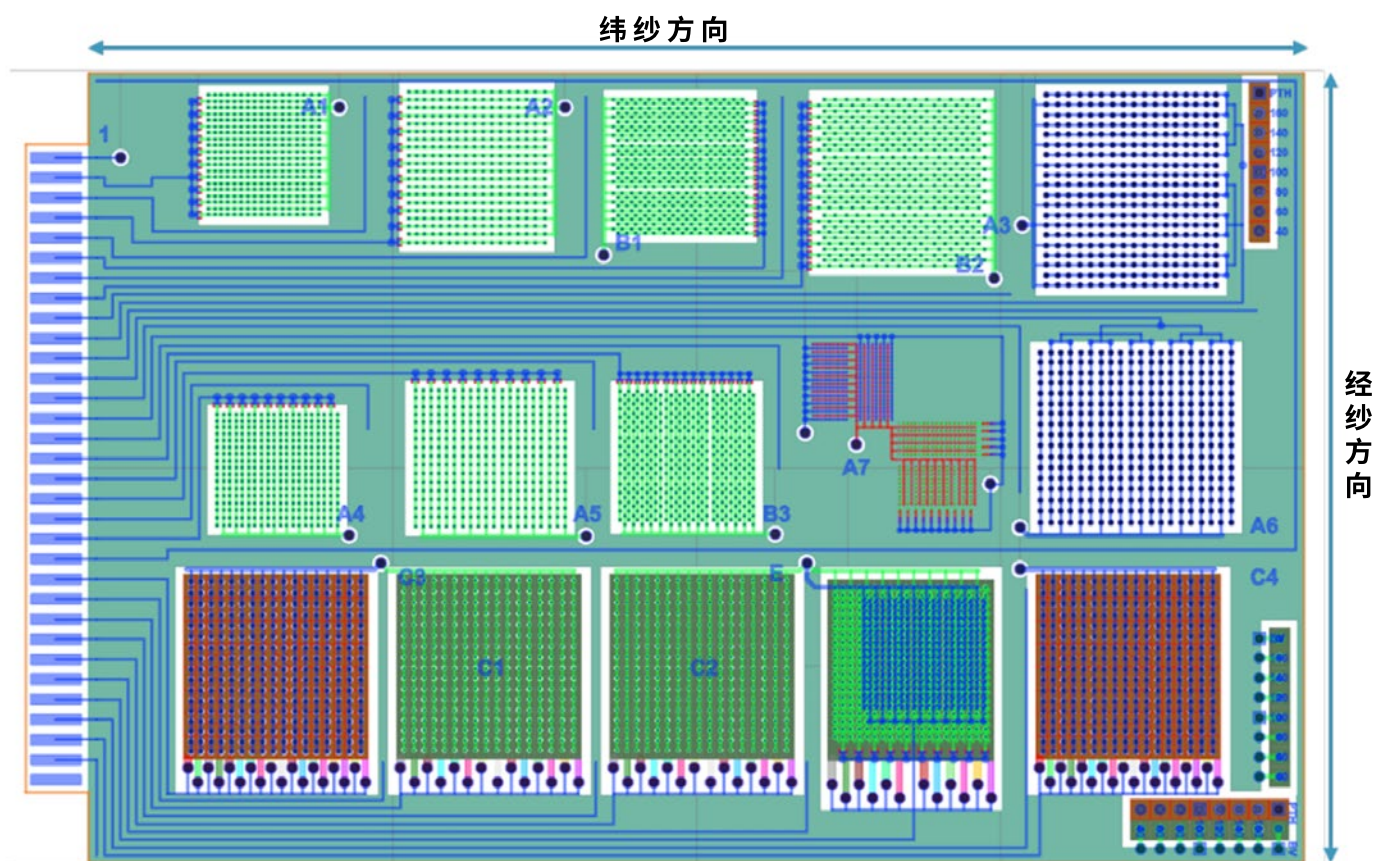


图 3：HDI CAF 测试载体的设计和布局

况（或最佳情况）的性能。出于同样的原因，可以预见交错测试结构中的导通孔组之间的额外间距。

## 测试方法

鉴定测试载体应符合 ECSS-Q-ST-70-60C 标准规定的 HDI 技术鉴定测试流程。第 1 组（目检和无损检测）包括目视检查、尺寸验证、电阻测试、清洁度和电气测试。在第 2 组（其他测试）完成剥离测试，第 3 组（热应力）包括在焊料槽浮焊和返工仿真之前和之后的显微切片以及 IST。第 4 组（组装和寿命试验）组合了回流焊仿真、返工仿真拟和热循环。ECM 测试是第 5 组的一部分。后面将详细介绍测试方法的选择。

在 ECSS-Q-ST-70-60C 标准中，IST 是评估导通孔（PTH、盲孔、埋孔和微通孔）质量的重要测试方法。测试方法适用于过程监控、采购和鉴定。IST 是电流诱导热循环的一种形式，如 IPC-TM-650-2.6.26（方法 A）所述。使用电源电路加热附连板，并通过附连板的感测电路连续监测被测试结构的电阻。测试附连板应代表最复杂的 PCB 技术，并涵盖预期会影响耐热性的给定设计或技术的所有方面。

在循环之前，使用“过热”电路对试样进行 6 次 230°C 的预处理。附连板外层的弯曲电路用于模拟组装过程。选择 230°C 的温度代表 SnPb 组装，6 个预处理循环应涵盖组装、维修和返工操作的最坏情况数。在 3min 的加热和 2min 的冷却循环中，将盲孔、埋孔和通孔从室温循环至 150°C（环氧基材料）或 170°C（聚酰亚胺）。当其中一个感测电路在高温下的电阻比第一个循环增加 5% 时，测试立即停止。基于加速研究，确定盲孔、埋孔和通孔的 IST

耐久性应  $\geq 400$  个循环。

采用 IST 的微通孔测试可遵循不同的方法。由于在循环过程中，微通孔会经历较低的应力水平，因此需要提高测试温度，以便对微通孔施加足够的应力。对于环氧基材料，采用 190°C 的测试温度，对于聚酰亚胺测试，则在 210°C 下进行测试。该应力水平不再与任务图相关，而是用于确定微通孔的制造质量是否足够。直到最近，人们还是认为微通孔要么会过早（少于 100 个周期）失效，要么根本不会失效。IST 耐久性  $\geq 100$  次循环，最大电阻增加 4%。在成功通过 100 次循环的微通孔上发生失效，并在几百次循环后观察到微通孔中的磨损型失效机理后，决定将阈值增加到 400 次循环，与标准导通孔一致。这是由 IPC-WP-023<sup>[10]</sup> 中所述的微通孔可靠性问题进一步推动的。

另一个注意事项是，标准电源电路不能用于加热附连板。电源电路中的（埋）导通孔显然会在微通孔之前失效。对于微通孔测试，可以使用过热电路加热附连板，也可以将电源直接连接到包含微通孔的感测电路。后者的缺点是一次只能测试一个电路，但可以更好地控制微通孔的温度。ECSS-Q-ST-70-60C 根据 PWB Interconnect Solutions Inc. 公司（加拿大渥太华）的建议，将通电感测指定为首选方法。

评估热可靠性的参考测试方法仍然是热循环。在环境压力下的单室系统中完成测试。在 120°C 下烘烤测试附连板 8h，再使其经受回流焊仿真（215°C 下汽相回流焊 2 次）和返工仿真（手工焊接 10 次）。然后使附连板再经历 -55°C 至 +100°C（10 K/min，15 min 停留时间）的 500 个循环。由于这种测试方法通常适用于项目鉴定，因此也可采用由 -60°C 至 +140°C



的 200 个循环组成的较短测试方法。在测试过程中，除了随后所需的微切片评估方法外，还可以对菊花链进行电气监测。

ECSS-Q-ST-70-60C 规定了以下 CAF 测试协议：

- 室内阶段, 参数: 24h, 25°C, 50%RH, 0V
- 预处理阶段, 参数: 96h, 85°C, 75%RH, 0V
- CAF 阶段, 参数: 500h, 85°C, 75%RH, 50V
- 室内阶段, 参数: 24h, 25°C, 50%RH, 0V

总体方法符合 IPC-TM-650 2.6.25B, 但有两个明显的例外。选择 50V 的测试电压是为了遵循 2 倍 HDI 技术最高电压的准则 (实际上, 最高电压是 30V, 但 50V 被认为是更标准的测试电压)。测试采用的相对湿度为 75%RH, 低于 2.6.25B 中规定的 85%RH。但与基本测试和组装用洁净室中 65% 的最大相对湿度相比, 这仍然提供了一定的裕度和加速测试。测试前的样品制备包括电气对位测量和烘烤, 然后在 215°C 下进行 6 次气相回流焊, 超声波清洗, 然后在 120°C 下再次烘烤 8h。

## 测试结果

从 QTV 制造批次中选择 3 块 PCB 进行上述测试。每块 PCB 包含 3 个 IST 附连板 (1 个 TVX 和 2 个 SLX 附连板)、2 个 BGA 附连板, 以及 2 倍的 HDI 鉴定测试流程专用测试结构 (A/B 附连板、Bn 附连板、E 附连板、H 附连板和 P 附连板)。为了进行 CAF 测试, 生产了 10 块 HDI-CAF 测试载体。所有产品均由 ACB 位于比利时登德蒙德) 公司生产。

来自 3 个不同 PCB 的 9 个附连板接受 IST 测试。在 TVX3A、6A 和 9A 附连板上评估镀覆孔和贯穿导通孔。在 SLX3A、6A 和 9A 附连板

上测试埋孔, SLX3B、6B 和 9B 附连板用于评估微通孔。在测试微通孔之前, 使 SLX3B、6B 和 9B 附连板上的埋孔经受达到 170°C 的 500 次循环 (预处理), 以反映采购的测试条件。

表 2 至表 5 给出了 IST 结果。TVX 附连板上的贯穿导通孔达到 596~741 个循环, 远高于 400 次循环的要求, 尽管 2.8 mm 厚的聚酰亚胺板中的 500μm 导通孔预计可维持更长的测试时间。测试附连板中导通孔的间距 (“网格”) 为 1.27 mm, 代表高密度连接器布局, 这可以解释与之前在较大网格上进行的测试相

附连板	通电周期	通电时电阻波动 %	S1 周期	S1 %	结果
TVX3A	不适用	2.0	596	5	通过
TVX6A	不适用	1.8	626	5	通过
TVX9A	不适用	1.5	741	5	通过

表 2：在 230°C 下预处理 6 次后，  
在 170°C 下测试贯穿导通孔的结果

附连板	电源周期	Power %	S1 周期	S1 %	S2 周期	S2 %	结果
SLX3A	不适用	1.6	493	5	528	5	通过
SLX6A	不适用	2.6	449	5	450	5	通过
SLX9A	不适用	2.1	559	5	560	5	通过

表 3：在 230°C 下预处理 6 次后，  
在 170°C 下测试埋孔的结果

附连板	电源周期	Power	S1 周期	S1 %	S2 周期	S2 %	结果
SLX3B	不适用	2.6	407	5	407	5	通过
SLX6B	500	0.8	500	3.6	500	3.5	通过
SLX9B	500	1.2	500	4.8	481	5	通过

表 4：在 230°C 下预处理 6 次后，  
预循环埋孔的结果

附连板	电源 S3 周期	Power S3 %	感应 H 周期	Sense H %	结果
SLX3B	285	4	不适用	3.1	失败
SLX6B	500	2.3	500	1.3	通过
SLX9B	500	3.0	500	2.4	通过

表 5：在 230°C 下预处理 6 次并在 170°C 下循环 500 个周期后，在 210°C 下微导通孔的测试结果

比，达到的循环次数较少的原因。

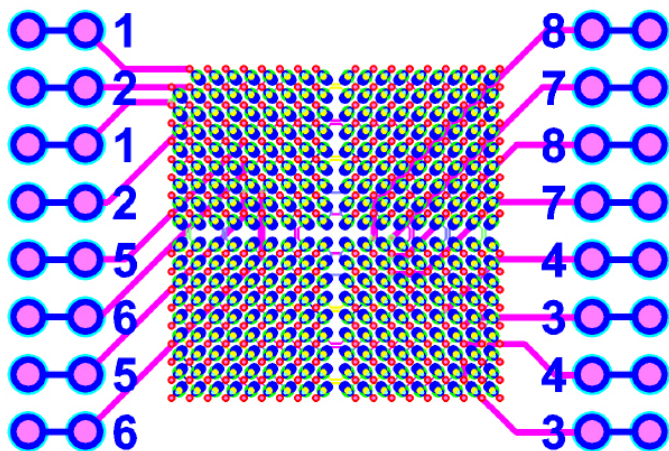
SLX 附连板包含 3 个检测电路。在测试埋孔的过程中，监测 Sense 1(仅有埋孔)和 Sense 2(埋孔和微通孔)。当 2 个感测电路都达到电阻增加 5% 的验收标准时，停止测试。Sense 3(仅用于微通孔)用于测试微通孔(通电检测)。埋孔的厚径比接近 8(2.4 mm 芯材中的孔径为 300 $\mu$ m)。达到的循环次数在 449~560 之间，高于要求，符合预期。对微通孔测试附连板(SLX3B、6B 和 9B)上埋孔的预循环显示了 407 到 >500 个循环的类似结果。所有附连板都达到了要求的耐久性，尽管附连板 SLX3B 的余量较小。

微通孔测试的 3 个附连板中，有 2 个达到了所要求的 400 次循环。在 500 次循环至 210 $^{\circ}$ C 后停止附连板的测试。SLX3B 附连板在 285 次循环后失效，未达到所要求的耐久性。由于无法使用热成像定位失效点，因此对整个附连板逐行显微切片来进行故障分析。光学检查发现，在第 1 层至第 2 层微通孔的目标焊盘附近有裂纹，并在附连板中心区域的 2 个微通孔上观察。该区域的其他微通孔层未显示任何裂纹。在附连板的其他区域，未在任何微通孔

层上发现裂纹。SLX 附连板中的第 1 层至第 2 层微通孔部分位于埋孔上方(0.8 mm 间距扇出结构)。如果 SLX3B 附连板中的微通孔稍微错位，与其他面板相比，比埋孔的重叠更多，是导致早期失效的原因。

3 个 BGA 附连板经受了组装和寿命测试流程。对测试样品进行回流焊仿真(215 $^{\circ}$ C 下 2 次气相回流焊)。此外，对 BGA 附连板上高密度连接器的镀覆孔(2 $\times$ 4 个 PTH)进行返工仿真(10 次手工焊接)。在回流焊和返工仿真之前，所有附连板在 120 $^{\circ}$ C 下烘烤 8h。BGA6A 和 9B 附连板在 -55 $^{\circ}$ C 到 +100 $^{\circ}$ C 之间进行了 500 次循环，而 BGA6B 在 -60 $^{\circ}$ C 到 +140 $^{\circ}$ C 之间进行了 200 次循环。所有 BGA 附连板上都连接了热电偶，以在测试期间监测 PCB 温度。在测试过程中，对 0.8 mm 节距扇出中菊花链的互连电阻进行了监测(采用 Keithley 3706A 系统开关/万用表，每 5 秒测量一次四点电阻)。通过显微切片进行最终评估。

图 4 显示了用于电气监控的 0.8 mm 间距扇出中菊花链的详细信息。DC1 连接元件扇出外侧行中的所有导通孔，DC2 连接第二行的所有导通孔，依此类推。菊花链中只包含埋孔，



链	# 导通孔	链	# 导通孔
DC1	68	DC5	36
DC2	60	DC6	28
DC3	52	DC7	18
DC4	44	DC8	24

图 4：0.8 mm 间距扇出中的菊花链导通孔布局 and 数量



电路板	链	室温下的电阻 (Ω)	第1个周期中 高温下的电阻 (Ω)	最后1个周期中 高温下的电阻 (Ω)	电阻增加 (%)
BGA6A	DC1	0,801	1,045	1,058	1,2%
BGA6A	DC2	0,725	0,946	0,958	1,3%
BGA6A	DC3	0,616	0,803	0,813	1,3%
BGA6A	DC4	0,546	0,712	0,721	1,3%
BGA6A	DC5	0,429	0,559	0,567	1,5%
BGA6A	DC6	0,372	0,484	0,491	1,5%
BGA6A	DC7	0,278	0,361	0,368	1,8%
BGA6A	DC8	0,263	0,341	0,347	1,8%
BGA9B	DC1	0,824	1,056	1,086	2,8%
BGA9B	DC2	0,744	0,953	0,980	2,8%
BGA9B	DC3	0,635	0,814	0,836	2,8%
BGA9B	DC4	0,564	0,722	0,742	2,8%
BGA9B	DC5	0,445	0,570	0,586	2,8%
BGA9B	DC6	0,383	0,490	0,504	2,8%
BGA9B	DC7	0,273	0,350	0,360	2,8%
BGA9B	DC8	0,255	0,326	0,335	2,9%

表 6：热循环期间的电气监测结果（从 -55°C到 +100°C, 500 次循环）

电路板	链	室温下的电阻 (Ω)	第1个周期中 高温下的电阻 (Ω)	最后1个周期中 高温下的电阻 (Ω)	电阻增加 (%)
BGA6B	DC1	0,817	1,190	1,200	0,84%
BGA6B	DC2	0,740	1,078	1,087	0,85%
BGA6B	DC3	0,632	0,920	0,928	0,88%
BGA6B	DC4	0,559	0,814	0,821	0,87%
BGA6B	DC5	0,441	0,641	0,647	0,91%
BGA6B	DC6	0,385	0,560	0,565	0,87%
BGA6B	DC7	0,295	0,429	0,433	0,97%
BGA6B	DC8	0,276	0,402	0,405	0,94%

表 7：热循环期间的电气监测结果（从 -60°C到 +140°C, 200 次循环）

右侧表格给出了每条链中埋孔的数量。

热循环期间的电气监测，见表 6 和表 7，结果表明，两个温度范围内的电阻增加幅度都很小。显微切片没有发现起始于埋孔孔壁内的任何裂纹，也未发现微通孔有任何异常。

采用 Gen3 Systems Auto SIR 256 和 256 通道测试架，在 CTS CS-40/200 环境温度箱中对 10 个样品进行了 CAF 测试。样品制备从测试载体上电气测试结构的对位测量开始。在 3 个样品上测量到 PTH 的最大错位 ≤ 60μm。

对于所有其他样品以及所有样品上的所有埋孔，错位低于最低可检测水平 40μm。随后，使样品经受回流焊仿真（215°C 下回流焊 6 次）。回流仿真后，对样品进行目检，用异丙醇（IPA）清洗。最后，将样品置于烤箱中进行烘烤（120°C 下烘烤 8h）。

将样品放在测试架上并在测试箱中保持 24h 后，在温度升高至 85°C 之前进行第 1 次测量。在预处理阶段（85°C 和 75% 相对湿度，无偏压）每 24h 进行一次测量。预处理 96h 后，

开始实际的 CAF 测试，对样品施加 50V 的偏压。然后每 15min 对所有样本进行一次测量。测试持续 500h，之后关闭偏压，停止测量程序，温度和湿度降低到 25°C 和 50%RH。当进行最终测量时，样品在测试箱内再保持 24h。

将另外发布 HDI CAF 测试结果和相关失效分析的详细概况。例如，图 5 显示了玻璃纤维经向及纬向间距分别为 0.8 mm 和 1.0 mm 的直线结构中埋孔的结果。图 6 显示了微通孔测试结构的结果。

与预处理 96h 后的基准电阻相比，电阻下降超过 10%。在 0.5 mm 间距的微通孔、1.0

mm 间距的埋孔或 1.27 mm 间距的 PTH 之间未观察到失效；在间距为 0.8 mm 的埋孔之间发生了一些失效。大多数失效是在导通孔至平面的测试结构中检测到的，尤其是 PTH。基本 HDI 和复杂 HDI 的反焊盘直径之间没有显著差异（75 $\mu$ m 与 50 $\mu$ m 间距）。截至撰稿时，失效分析正在进行中，还未确认失效的确切性质。

设计了与 HDI 技术参数匹配的专用测试载体。这种 HDI CAF TV 的设计明显不同于更广泛使用的 IPC 测试附连板和衍生产品。层数是原来的 2 倍（通常是 20 层，而不是 10 层），

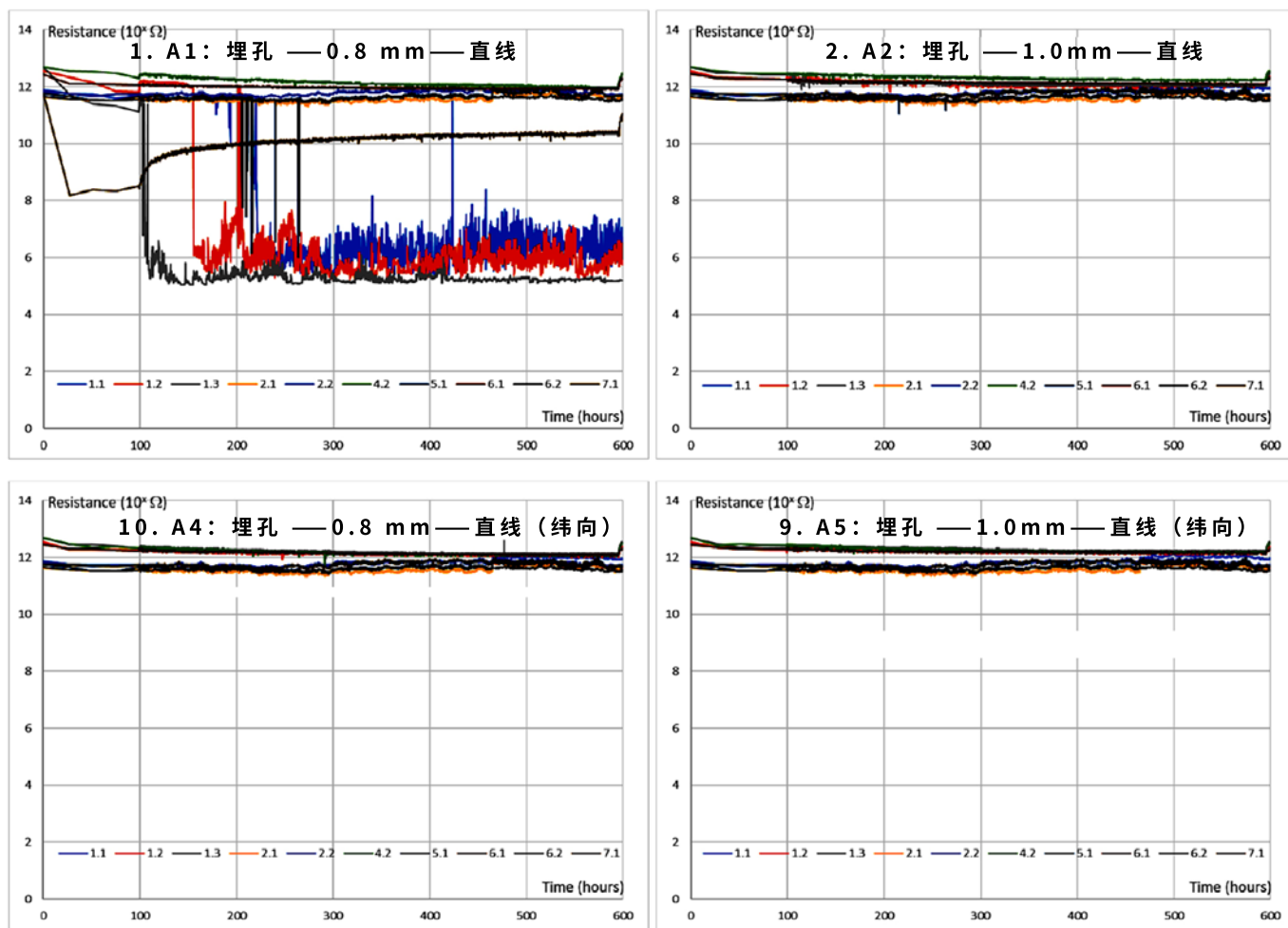


图 5：对于玻璃纤维经向（上排）和纬向（下排），间距分别为 0.8 mm（左）和 1.0 mm（右）的直线结构中埋孔的 CAF 测试结果

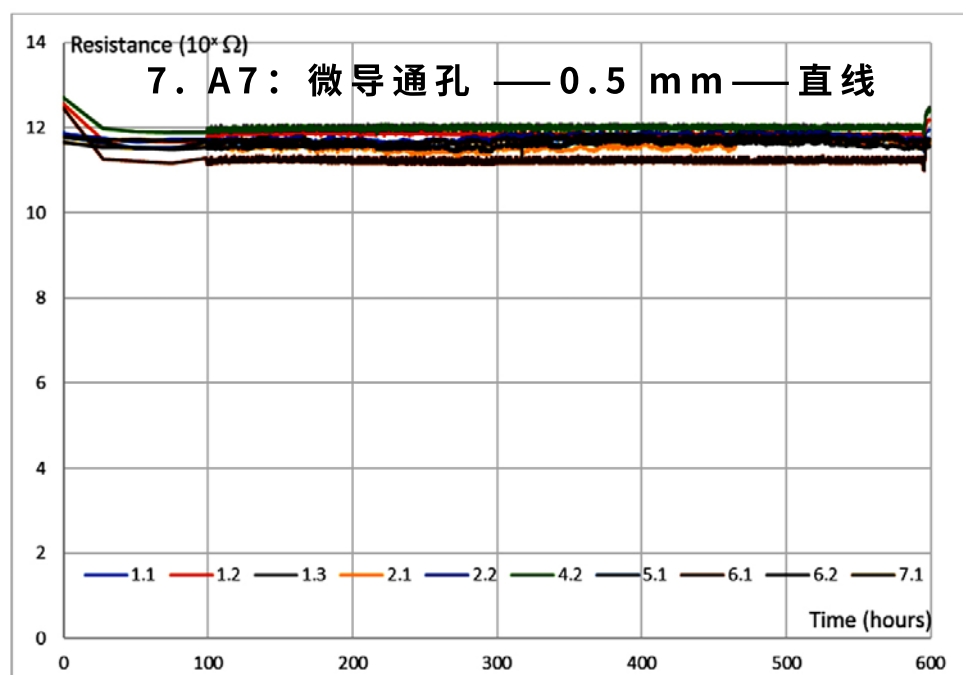


图 6：间距为 0.5 mm 的直线结构中微导通孔的 CAF 测试结果

CAF 的发生机会增加了一倍，钻孔质量受到影响，并增加了被外来物污染的风险。采用顺序层压（脆化风险）和内部电镀层（厚铜）对钻孔质量提出挑战，但对于实际生产工艺更具代表性。

对于该测试载体背后的基本原理，以及由此延伸的 CAF 测试方法，尚未达成一致意见。CAF 测试可以在不同的层次上进行：材料评估，在选定的制造商工厂对给定的设计和材料进行鉴定，或作为每次采购的批次放行。虽然材料筛选（在可能升高的应力水平下）与材料开发和比较相关，但这是不够的，因为没有考虑制造。一些专家认为，CAF 与批次有关，因此应在出厂测试期间作为放行程序的一部分进行。在 ECSS 工作组中，CAF 测试作为鉴定测试流程的一部分被认为是一种适当的折衷。制造过程中可能出现的变化可考虑具备 PID（过程标识文件）资质的合格制造商。给定设计的 CAF 风险需要逐案审查，以确保鉴定测试涵盖

（即代表最坏情况或最高技术能力）采购的 PCB 设计。

## 结论

在专题研讨会期间，确定了航空应用领域的相关 AAD。根据这些元件的力学和功能要求，确定了工艺参数和相关设计规则。主要考虑采用 2 层交错排布的微通孔（基本 HDI 技术）和（最多）3 层堆叠微通孔（复杂 HDI 技术）。

本文介绍了基本 HDI 技术鉴定测试流程的主要结果。贯穿导通孔和埋孔达到了所要求的 400 次循环 IST 耐久性。0.8mm 扇出的微通孔结构可能是 IST 早期失效的原因。热循环期间的电气监测显示，两个温度范围内的电阻都只呈现极小的增加。循环后的显微切片显示埋孔壁无任何裂纹，微通孔也无任何异常。CAF 测试结果显示：在 0.5mm 间距的微通孔、1.0mm 间距的埋孔或 1.27mm 间距的 PTH 之间未观察到失效；在间距为 0.8mm 的埋孔之间发生了失效。在导通孔与平面测试结构中，尤其是 PTH，检测到了很多失效。顺利通过了鉴定测试流程中的所有其他测试。

基本 HDI 技术的鉴定只是广泛研究航空应用领域 HDI 技术的第一步，正在进行的广泛可靠性评估，通过针对微通孔的各种测试方法以得出能够确保采购和鉴定充分置信水平的测试流程。PCB007CN



## 致谢

本文所述开发工作是在欧空局 GSTP 项目（欧空局文件号：4000122931/18/NL/LvH）的框架内进行的。感谢来自 PWB Interconnect Solutions 公司的 Jason Furlong 和 ESA PCB/SMT 工作组的所有成员提出宝贵意见，并提供反馈。

## 参考

1. “Xilinx Virtex-5QV Update and Space Roadmap,” Xilinx, SEFUW2016, ESA/ESTEC.
2. “ST65nm hardened ASIC technology for space applications,” STM, ESCCON2016, ESA/ESTEC.
3. “GR740 - Next Generation Micro-processor (NGMP),” Cobham Gaisler, FPDs 2015, ESA/ESTEC.
4. “The European One-Stop Shop for CCGA: From Column Manufacturing to Column Assembly on LGA or Re-Assembly on Used LGA,” HCM Systrel, EMPS-7, Portsmouth, U.K.
5. “Ball-grid array reliability assessment for aerospace applications,” R. Ghaffarian, N.P. Kim, Microelectronics Reliability, 39 (1999), 107–112.
6. “Reliability of Area Array Packages With 1500–2500 I/Os,” R. Ghaffarian, NEPP report.
7. TEC-QT/2014/268 (06/05/2015): PCB and assembly technologies roadmap for space applications.
8. ECSS-Q-ST-70-12C (14/07/2014): Design rules for printed circuit boards.

9. ECSS-Q-ST-70-60C (01/03/2019): PCB qualification and procurement.

10. IPC-WP-023 (01/05/2018): IPC Technology Solutions White Paper on Performance-Based Printed Board OEM Acceptance—Via Chain Continuity Reflow Test, The Hidden Reliability Threat.

编者按：本论文发表于 IPC APEX EXPO 2020 展会

**Maarten Cauwe** 就职于 imec-Cmst 公司（比利时, Zwijnaarde）

**Bart Vandeveld** 就职于 imec 公司（比利时, Leuven）

**Chinmay Nawghane** 就职于 imec 公司（比利时, Leuven）

**Marnix Van De Slyke** 就职于 ACB 公司（比利时, Dendermonde）

**Erwin Bosman** 就职于 ACB 公司（比利时, Dendermonde）

**Joachim Verhegge** 就职于 ACB 公司（比利时, Dendermonde）

**Alexia Coulon** 就 职 于 Thales Alenia Space 公司（比利时, Charleroi）

**Stan Heltzel** 就职于欧洲航天局 ESTEC 中心（荷兰, Noordwijk）



# 推动覆铜板和半固化片 价格上涨的因素

by Mark Goodwin  
Ventec International Group

2020 年，全球因 COVID-19 疫情遭遇了诸多挑战。2021 年，另一系列挑战正迅速成为欧洲、中东、非洲、美洲 PCB 制造商及其供应基地关注的焦点。

需求增加、产能未释放以及工业安全事故都会带来交货期延长、可用性降低以及关键原材料价格上涨的压力。这些因素会对覆铜板价格产生长期、中期和短期的综合影响。目前压力正在明显积聚，铜箔价格将在 2021 年初持续上涨。

## 铜箔和铜

许多国家相继封锁后，被抑制的需求开始大于产能，导致移动电子产品用 PCB 和电池

生产对铜箔的需求都在增加（见表 1），引起价格上涨。交货期延长，也引起价格上涨，尤其是厚铜箔（2 盎司 /70 微米以上）转向锂电池生产。

由于电池需求预测增长、较长的交付周期和增加铜箔产能所需的高投资成本，加之未来 5 年至 10 年大多数政府的环保要求，这种情况不太可能缓解。仅对中国锂电池的需求预测就有力地表明了未来 10 年供需以及价格的影响（见表 2）。

高盛（Goldman Sachs）最近的一份报告也得出了类似的结论，该报告预测铜价将持续上升：“铜价牛市目前已全面展开，铜价较 2020 年低点上涨 50%，达到 2017 年以来的最高水平。目前的价格上涨并非非理性的反常现象，相反，我们将其视为铜价结构性牛市的

# BondFilm® MS 1000

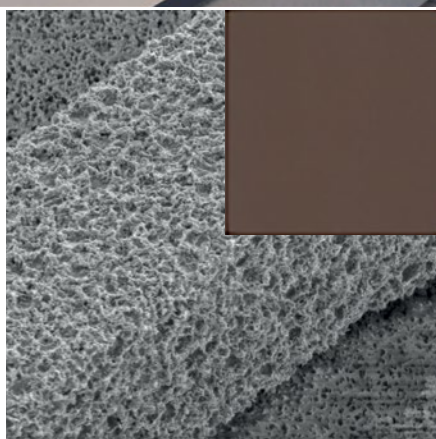
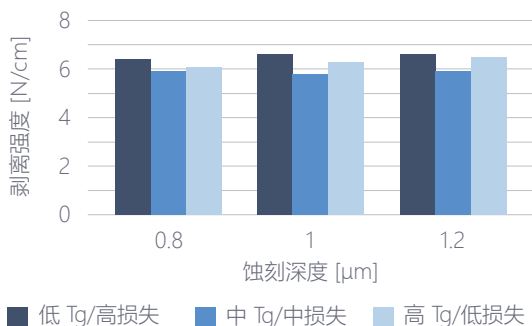
低铜渣要求



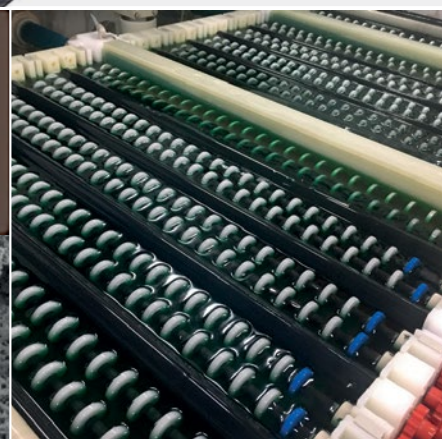
## 用于内层结合的 新一代低铜渣棕化工艺



### BondFilm® MS1000 的抗剥离强度结果



Pic. 1: BondFilm® MS1000 的表面



Pic. 2: 45 g/L 的溶铜量

45 g/L

高铜负荷

新型 BondFilm® MS 1000 的主要优势之一，是在市场标准的棕化工艺中有高溶铜量及低铜渣。其溶铜量比常规棕化工艺高 40 % 以上。制造商在内层结合应用时，可以将微蚀量降低到 0.8 μm，并与不同 Tg 材料获得足够可靠的结合力和耐热性能。低铜渣 BondFilm® MS 1000 工艺的特点显示出巨大的操作优势，并大大减少了设备维护以及停机时间。

Atotech Group  
+49 30 349850  
info@atotech.com





2020 年铜箔产能利用率(吨/年)			
	CCL 和 PCB	锂电池	总计
2020 年产能	549600	283000	832600
2020 年需求	545000	255000	800000
2020 年利用率	99.16%	90.11%	96.08%

表 1：铜箔产能利用率（来源：Ventec International Group 集团）

中国市场对电动汽车锂电池的需求			
	2020	2025	2030
需求 (Gwh)	62.4	322.1	1097.3
铜箔需求 (吨/年)	5.616 万	28.989 万	98.757 万

表 2：中国市场对电动汽车锂电池的需求（来源：Ventec 国际集团），数据来源包括 Co-tech Development 公司和中国台湾铜箔制造协会，这些趋势在原材料铜的定价数据中已经很明显（图 1）。自 2020 年 3 月以来，价格持续快速上涨，现在甚至大大超过疫情前期多国封锁时的高点。

第一回合。”<sup>[1]</sup>

高盛分析师将 12 个月期货铜价格预期上调至 9500 美元 / 公吨，高于此前预期的 7500 美元。华尔街银行表示，预计 2021 年和 2022 年的平均价格将持续走高，2021 年铜价平均在 8625 美元左右，2022 年将攀升至 9175 美元。高盛分析师指出，到 2022 年上半年，铜价“极有可能”将冲破 2011 年创下的现有纪录高点——10170 美元。

## 铝

绝缘金属基板（IMS）和金属支撑印制电路板（MPCB）中的铝需求继续受到大功率 LED 通用和汽车照明应用热管理解决方案、电动车充电基础设施和绿色能源发电相关的电源转换应用，以及竞争性的工业和消费应用的推

动。随着需求加速，疫情后期封锁后的价格开始高于疫情前期，给供应链带来了价格压力，详见图 2。

## 环氧树脂

中国对绿色能源应用（风力涡轮机叶片）用环氧树脂的高需求，加上最近中国和韩国大型树脂制造工厂发生的工业事故，导致 CCL 制造商在过去两个月出现供货短缺，价格大幅上涨（高达 60%）。影响主要体现在标准 FR-4（130°C -135°C Tg）层压板和半固化片的成本上涨，2020 年 12 月工厂出货价格已上涨了 15%~20%。

欧洲和美国从 2021 年第一季度初开始，将可感受到环氧树脂价格的增长，需要以更高的成本补充材料库存。自 2020 年 8 月底以来，

LME COPPER HISTORICAL PRICE GRAPH

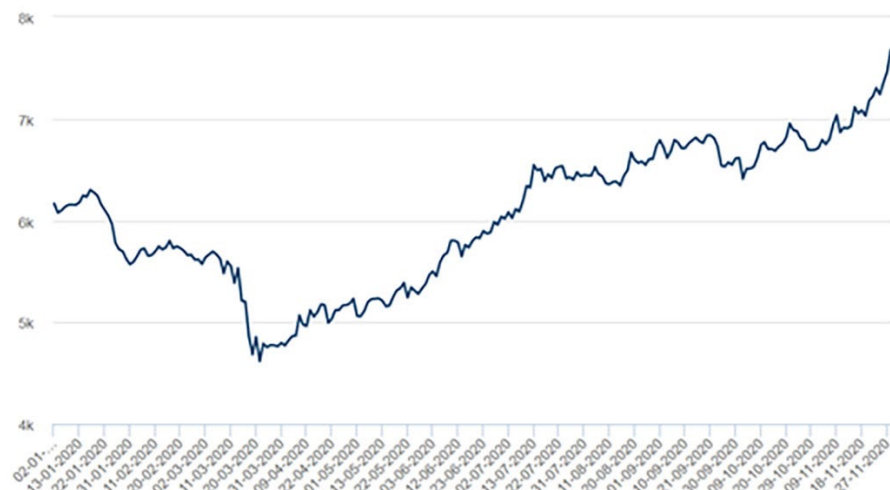


图 1：伦敦金属交易所铜的历史价格（来源：伦敦金属交易所）

LME ALUMINIUM HISTORICAL PRICE GRAPH

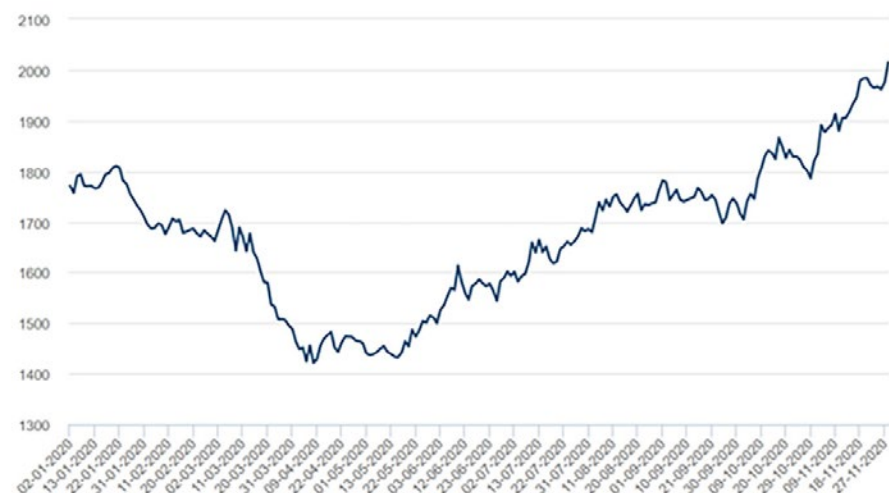


图 2：铝价格随时间的波动（来源：伦敦金属交易所）

中、高 Tg 酚醛固化 FR-4 的价格上涨压力也在不断加大。到目前为止，累积效应约为 15% 至 20%，2021 年第一季度初期 CCL 和半固化片的价格将上涨 5% 至 10%。

## 玻璃纤维

消费和绿色能源应用的高速增长也推高了玻璃纱和玻璃织物的价格，尤其是 7628 型和 2116 型等供应受到限制的重玻纤布。玻璃

纤维制造商倾向于那些质量要求较低、市场价格高于 PCB 行业要求的材料需求。覆铜板制造商预计，这种趋势将导致层压板短缺，特别是刚性材料。亚洲的年终高询价和订单量始终是供应受限和 2021 年初价格大幅上涨的前兆。全球刚性覆铜板领导企业发布的市场涨价警告已经证实了这点。

## 供应链物流

需求在疫情后期出现回升，但供应链物流是另一个令人担忧的原因。海运和空运都将受到明显的运力限制。市场数据显示，航空货运需求接近恢复到 2019 年的水平，但由于缺少客运航班，可用运力下降了 24%。运输价格从疫情初期的 4 倍至 5 倍的高点下降。然而，由于季节性需求强，价格趋势高于 2020 年夏季疫情前价格 1.5 倍，目前处于疫情前价格 2 倍至 2.5 倍的水平。预计 2021 年，价格仍将保持

在较高水平，直到航空客运量的显著增加才能够提升货运力。

对于海运来说，由于疫情后需求的反弹，需求很高，导致两个主要问题：干货集装箱和冷藏集装箱的短缺，以及亚洲至欧洲 / 英国和亚洲至美国海运航线的价格差异很大。这种差异导致美国航线利润更高，正在推高亚洲和欧洲 / 英国之间的集装箱运输价格。目前美国的运费已经非常高了。



如果想要对物流压力做出全面的评判，就必须提及英国脱欧。在英国于 2020 年 12 月底脱离欧盟之前，英国港口的拥堵已经在加剧。这导致了不可协商的拥堵附加费，目前还能一定程度上由运输企业内部消化，但随着其他价格压力的形成，长期以往就需要转嫁给客户。此外，由于陆运司机在英国 2020 年 12 月 31 日脱离欧盟之前要返回，可用的司机和车辆数量减少，内陆运输成本也在增加。

如今，拥有和控制 PCB 材料（包括层压板和半固化片）端到端完整供应链的供应商比以往任何时候都更具明显优势。在世界各地精心管理库存，保证可以灵活地适应这些超出正常控制范围的意外事件，如疫情或工业事故。

建立一个能够应对业界共同挑战的供应链——能控制的挑战和不能控制的挑战——最

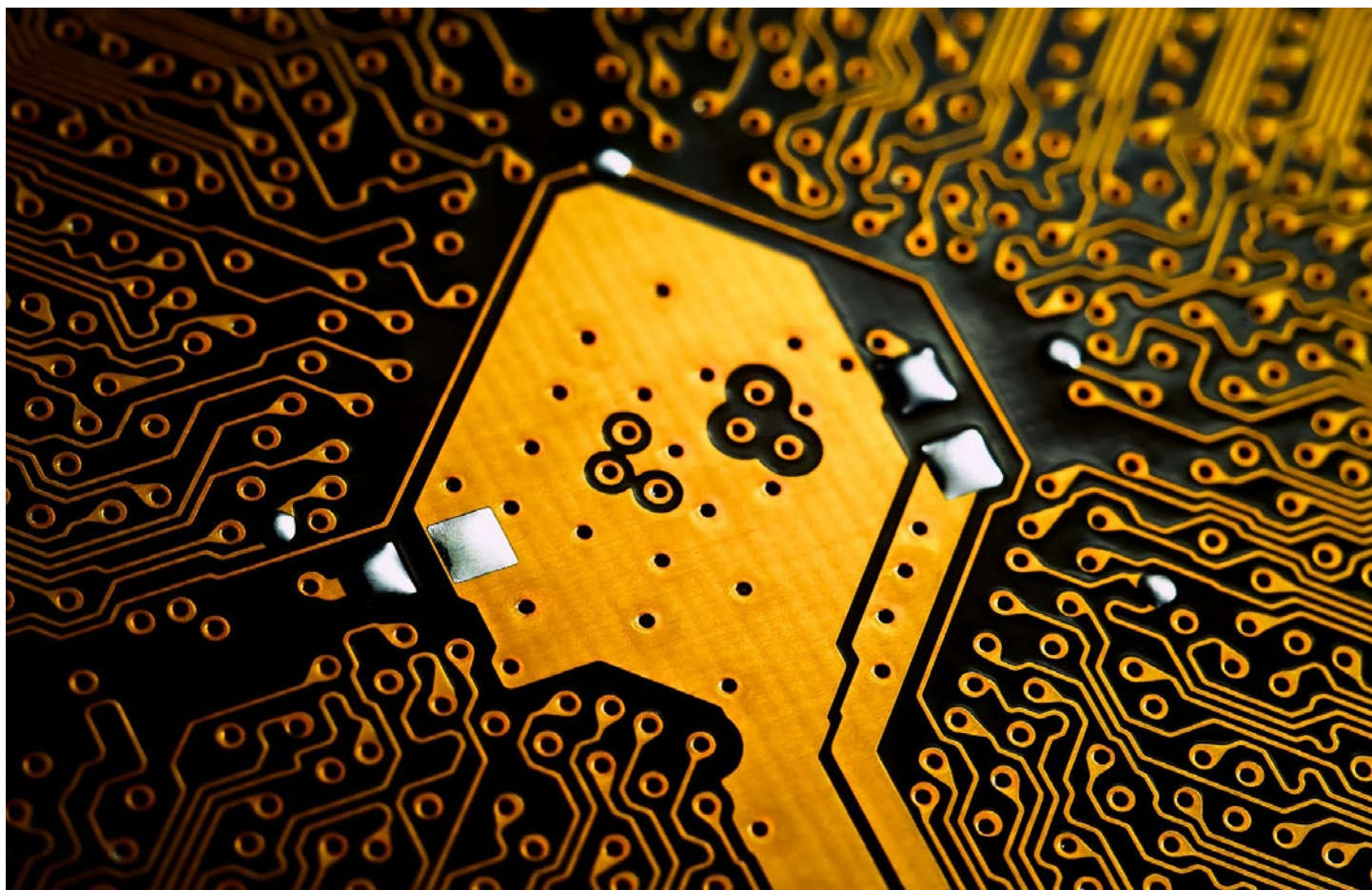
终取决于供应商和客户之间对话的质量。越是共同努力建立起的密切、牢固和持久的合作关系，使所有相关方都能从中受益，就越能共同跨越充满挑战的艰难时刻。PCB007CN

## 参考

1. “Goldman says copper bull run ‘fully underway,’ sees potential for record high,” CNBC, Dec. 2, 2020.



**Mark Goodwin** 任 Vencor International Group 集团欧洲、中东和非洲及美洲地区的 COO。





# 准备好把产品销往海外了么？ 准备好提升您在北美市场的业绩了么？

D.B. Management为您提供所需的一切服务：

- 营销
- 销售人员/直接广告代理
- 客户增长
- 美国伙伴关系
- 兼并与收购
- 寻找工程师和质量管控人员



20年来致力于帮助海外公司在美国拓展销售



点击了解如何拓展您的业务

☎ 207-649-0879    ✉ [danbbeaulieu@aol.com](mailto:danbbeaulieu@aol.com)

# 电子行业电镀工艺培训

by George Milad  
Uyemura

维基百科对培训的定义如下：“培训是指教授或开发自己或他人与特定实用能力相关的任何技能、知识或体能。培训有提高公司能力、产能、生产力和绩效的具体目标。它构成了学徒制的核心，并为理工学院的内容提供了支柱。除了一个行业、职业或专业所需的基本培训外，培训可持续到超出初始能力培训外，以便在整个工作生涯中维持、提升和更新技能。”

在电子行业中，供应商培训潜在客户电镀工艺的作用对于安装新设备是否成功至关重要。因为在正规教育机构中，很少有课程对应行业所需的特定技能。

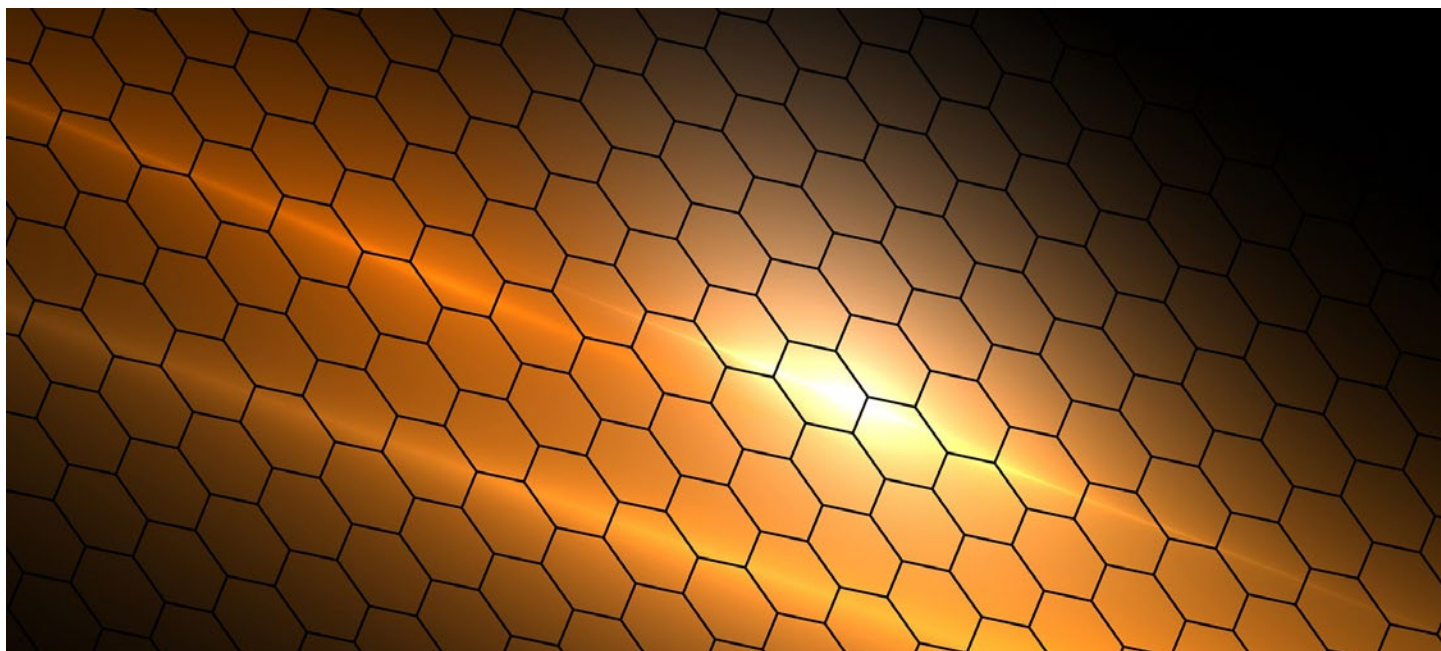
电镀是非常传统的工艺，已经发展了若干代。其基本原理简单且好理解。但是当涉及到 PCB 电镀工艺的复杂细节，有很多技术需要

学习和应用。

目前 PCB 工厂使用的多数电镀化学品都涉及供应商的专利。供应商专门研究可满足不断变化的 PCB 设计新要求的解决方案。当 PCB 制造商最终以产品形式使用其最终的研究结果时，会产生预期的结果。但供应商不会把商业秘密泄露给他们的用户。

相反，他们向用户描述产品并解释其性能，提供使用说的详细数据表，包括电解液或镀液的构成程序，以及其工作范围和预期结果。他们还提供在使用过程中分析和补充电解液的程序，以及倾倒和重新制造电解液的时间表。电解液或镀液寿命主要取决于副产品的累积，这些副产品最终会干扰化学品功能。

供应商还规定了其专有系统运行所需的设备类型及任何特定控制器或补充药水等外围设备。设备系统如此复杂，因此“训练有素”的



用户是成功实现最终预期结果的必要条件。

供应商要为客户提供专家进行工艺培训。培训始于销售，但最终，重担会落在公司内部实验室或现场技术服务工程师的肩上。

## 内部培训

大多数供应商都有实验室，并在其工厂内演示化学工艺。大多数情况下，来自买方的负责人（电镀工艺操作员、工程师或经理）会花一两天时间接受应用工程师的培训，内容包括对该工艺的实际演示，用于控制补充电解液和连续成功运行的化学分析方法。随着产品改进、扩大产能或增加新设备或人员等不同情况的出现，培训师将成为用户的重要资源。

## 现场培训

另一主战场是现场培训。一般根据实际需要，由区域销售员和技术服务工程师培训不同的人员，内容包括设备安装及工艺使用。

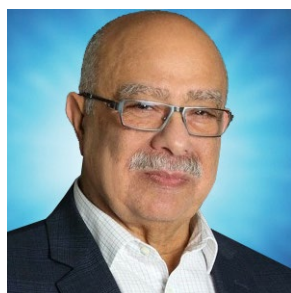
现场培训涵盖工厂内不同的个人或团队。从工艺工程师开始，他们承担着监督工艺成功运行的主要职责。在一些较小的工厂，生产经理在实验室人员以及供应商技术服务工程师的协助下，完成工艺工程师的职责。

生产车间操作人员比如电镀操作员，也需

要相应培训。检验技术培训对于确保部件满足内部质量控制要求至关重要。称职、训练有素的电镀操作员是产品质量的守卫者，他们总是第一个发现产品质量有偏差。

需要对实验室人员进行特定分析技术培训，以确保正确分析和补充镀液的不同成分。如果将新的分析工具引入实验室，这一点尤为重要。设置新工具是供应商技术服务团队的职责。实验室人员要接受安装在生产线上的控制器的设置和维护培训。实验室人员还要接受设置维持稳定运行所需的药水补充系统的培训。实验室通常负责确定镀液的使用寿命，并安排倾倒和重新制作。实验室还需监督新镀液的配制。

就任何会影响化学工艺的正确操作进行沟通对公司的成功至关重要。供应商团队可培训生产车间不同人员来实现这一目标。对设置的持续监控同样重要，当设备、产品要求或人员发生变化时，需要再次进行培训。PCB007CN



**George Milad** 是 Uyemura 公司技术客户经理。如需阅读往期专栏或联系 Milad，可[单击此处](#)。

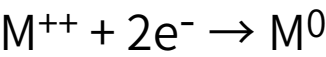




# 电子产品制造中的浸镀反应

by George Milad  
Uyemura International Corporation

电镀或金属沉积是制造电子封装（PCB 和集成电路）的关键组成步骤。当溶液（电解液）中的金属离子被还原时，表面附着一层金属膜。离子得到电子时，就会发生还原：



- 电镀类型按电子来源分为：
- 电解电镀：由外部电源（整流器）提供电子
  - 化学镀：由电解液中的还原化学剂提供电子
  - 浸镀：由基底层氧化提供电子

本专栏文章主要介绍浸镀反应。

标准电极电势表（EMF）是根据元素的半电势或失去电子（被氧化）的倾向，或获得电子（被还原）的倾向而排列的元素列表，用电压测量。失去电子的元素（还原剂）具有负电压值，获得电子的元素（氧化剂）具有正的  $E_o$  电压值。浸镀即置换镀或接触镀，是一种无需外界电流或还原剂，利用两种金属的电势差产生的电动势驱动的置换反应。

表 1 显示了以伏特为单位测量的普通元素半电势  $E^o$ ，并根据其固有反应性对金属进行了排序。位于该系列顶部的是贵金属，具有最高水平的电化学正电位。

驱动浸镀反应的电动势是由还原元素和氧化元素之间的  $E_o$ （半电势）差决定的。还原元

金属-金属离子平衡	电极电势(与氢气对比) ( $E^o$ v)
Au – Au <sup>2+</sup>	+ 1.498 v
Pd – Pd <sup>2+</sup>	+ 0.987 v
Ag – Ag <sup>+</sup>	+ 0.799 v
Cu – Cu <sup>2+</sup>	+ 0.337 v
H <sub>2</sub> – H <sup>+</sup>	0.000 v
Sn – Sn <sup>2+</sup>	- 0.136 v
Ni – Ni <sup>2+</sup>	- 0.250 v
Fe – Fe <sup>2+</sup>	- 0.440 v
Zn – Zn <sup>2+</sup>	- 0.763 v
Al – Al <sup>3+</sup>	- 1.662 v

表 1：根据 EFM 排列的部分金属与氢气对比

素是获得电子的元素，公式如下：

$$E_{cell} = E_{Red} - E_{Oxd}$$

如果电池电势为正，则反应是自发的。负电压表示不会发生反应。

在 PCB 制造中，浸镀在以下工艺中起着关键作用：

- 化学镀镍浸金 (ENIG) 中的浸金
- ENIG 中的腐蚀
- 化学镀镍 / 化学镀钯 / 浸金 (ENEPIG) 中的浸金
- 铜上的钯催化剂
- 浸银



# 康代专为PCB和IC载板市场设计的 整板终检方案



Phoenix Fi/ICS



Phoenix Fi/PCB



康代中国 | [WWW.CIMS.COM](http://WWW.CIMS.COM)

如需了解更多资讯, 请直接联络当地康代销售代表。



- 浸锡

## ENIG 中的浸金

在化学镀镍载板上沉积金是一种浸镀反应。镍金属存在于含有金离子的电解液中，会产生自发的沉积反应。电池的电动势达到 +1.75 v，金 +1.5 v（还原态）和镍 -0.25 v（氧化态）的半电势之差可表示为以下公式。

ENIG 反应：

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{Au}} - E_{\text{Ni}}$$

$$E_{\text{cell}} = +1.5 \text{ v} - (-0.25 \text{ v})$$

$$E_{\text{cell}} = +1.75 \text{ v}$$

## ENIG 腐蚀

当镍氧化释放的电子还原溶液中的氢离子产生氢气时，可能会发生腐蚀。电池的 EMF 为 +0.25 v，是氢（0.00 v）和镍（-0.25 v）的半电势之差。

化学镀镍 / 氢离子腐蚀反应：

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{H}} - E_{\text{Ni}}$$

$$E_{\text{cell}} = 0.00 \text{ v} - (-0.25 \text{ v})$$

$$E_{\text{cell}} = +0.25 \text{ v}$$

该反应的 EMF 驱动力只有金沉积反应电动势的 14%，并且只有当金离子的可用性受到干扰时才会发生。一个例子就是金耗尽的局部区域（缝隙）。

可通过以下方式缓解镍腐蚀：

- 消除镍之间的缝隙
- 降低电解液的酸度(被还原氢离子的可用性)
- 通过增加磷含量降低镍的半电势

## ENEPIG 中的浸金

化学镀钯 / 浸金反应：

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{Au}} - E_{\text{Pd}}$$

$$E_{\text{cell}} = +1.5 \text{ v} - (+0.98 \text{ v})$$

$$E_{\text{cell}} = +0.52 \text{ v}$$

在这种原电池中，金是还原态，钯是氧化态。将该电池的电动势与镍 / 金电池的电动势相比驱动力较低，并且比在镍上沉金的速度慢。如果底层镍可接触到金电解液，则会产生问题。在这种情况下，金会与钯下的镍层交换，从而发生镍腐蚀。关于如何减缓镍腐蚀，可参考之前的专栏文章 [《ENEPIG 中是否会发生‘镍腐蚀’？》](#)。

## 铜上的钯催化剂

对于铜上浸钯反应：

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{Pd}} - E_{\text{Cu}}$$

$$E_{\text{cell}} = +0.98 \text{ v} - (+0.16 \text{ v})$$

$$E_{\text{cell}} = +0.72 \text{ v}$$

铜导体图形上浸有催化剂钯是化学镀镍 (electroless nickel，简称 EN) 工艺的组成部分。为了引发在铜基材上的 EN，必须催化铜表面。在这类原电池中，钯是还原态，铜是氧化态。在 EMF 系列中，钯位于金的下方，铜的上方。铜上浸钯是由 +0.72 v 驱动的自发反应。钯只会沉积在铜上，不会沉积在层压板或阻焊膜上。

钯催化层的均匀性至关重要。均匀性取决于铜表面的预处理，铜表面必须无氧化、无污染物。钯分布不均会导致不均匀的 EN 引发，在 EN 沉积中产生缝隙，这是会发生镍腐蚀的潜在位置。



铜上浸银：

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{Ag}} - E_{\text{Cu}}$$

$$E_{\text{cell}} = +0.8 \text{ v} - (+0.34 \text{ v})$$

$$E_{\text{cell}} = +0.46 \text{ v}$$

这个反应的驱动力是 +0.46 v，并且会自发进行。虽然反应是直截了当的，但浸银用电解液的设计因供应商不同而变化，可能包括防变色组分。

铜上浸锡：

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{Sn}} - E_{\text{Cu}}$$

$$E_{\text{cell}} = -0.14 \text{ v} - (+0.34 \text{ v})$$

$$E_{\text{cell}} = -0.48 \text{ v}$$

在标准电解液中，由于 EMF 电压为负 (-0.48 v)，铜与  $\text{Sn}^{2+}$  之间不能发生置换反应。Cu 的半电势为 +0.337 v，远高于 Sn 的 -0.136 v。

要使锡浸在铜上，铜的半电势必须降低

到锡的半电势以下。添加铜离子络合剂（如硫脲），将使铜的半电位降低到 -0.620 v。  
( $\text{Cu}[\text{SC}(\text{NH}_2)_2]_4$  的  $E^0 = -0.620 \text{ v}$ )

在有硫脲的情况下，浸镀反应的电动势为正，并且会自发进行：

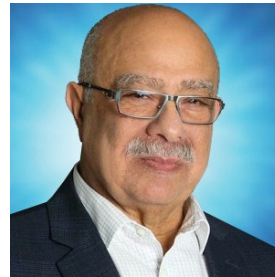
$$E_{\text{cell}} = E_{\text{Sn}} - E_{\text{Cu}[\text{SC}(\text{NH}_2)_2]_4}$$

$$E_{\text{cell}} = -0.14 \text{ v} - (-0.62 \text{ v})$$

$$E_{\text{cell}} = +0.48 \text{ v}$$

对浸镀原理的深入理解有助于消除制造过程中潜在的代价高昂的缺陷。这是一项被极力推荐的工具，可分析失效及后续异常原因。

PCB007CN



George Milad 是 Uyemura 技术部的全国客户经理。如需阅读往期专栏或联系 Milad，可[点击此处](#)。

## 疫情下的美国PCB制造企业:IPS扩大规模以适应不断增长的市场需求

去年我有幸参观了 IPS 公司在犹他州雪松城的工厂，采访了 IPS 的创始人兼总裁 Mike Brask。Mike Brask 分享了公司商业战略，带我参观了正在扩建的工厂。IPS 生产各种 PCB 制造设备，包括电镀、DES、VCM、VRP、通风设备以及旧型号设备的配件。

参观工厂时，随处可见车间正在进行繁忙



而有序的生产。IPS 现在共有约 60 名员工，并在制造过程中集成了许多自动化工具。因此，他们优化了材料使用，提高了产品质量。

为了促进不断发展的商业计划，Mike 扩大了制造车间的规模，新增厂房 17000 平方英尺，为不断增长的业务及 IPS 未来发展提供所需空间。

更多详细的内容，请[点击阅读原文](#)。

# 导通孔填充与塞孔（第 2 部分）

by Michael Carano

RBP Chemical Technology

在[上一篇专栏文章](#)中，我介绍了几种实现盲孔和通孔填充的方案。本期的“攻克技术难题”专栏文章将介绍用导电膏塞孔。

## 塞孔

塞孔填料是指完全填充盲孔和通孔的方法和材料。一般来说，填料的选择要满足终端用户的要求，也有许多其他选择要求。根据我的经验，主要的 OEM 正在推动行业向适用于高密度应用的高 Tg / 低 CTE 配方发展。此外，有些配方具有非导电性质，可实现高质量的填塞导通孔，且成本低（图 1）。塞孔填料有很多限制，具体取决于 PWB 厚度、导通孔直径和填充介质的属性。

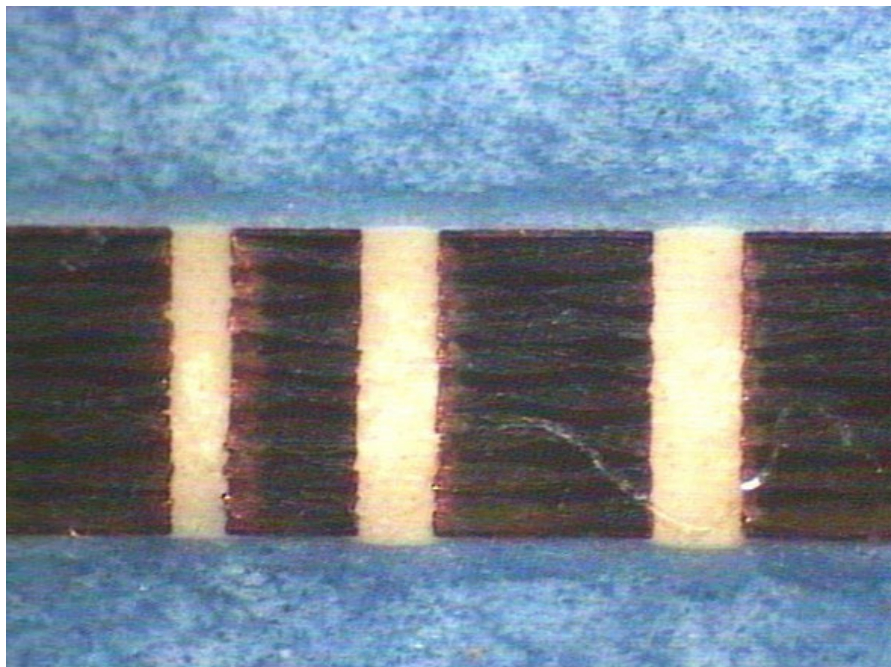


图 1：导通孔塞孔示例

## 导通孔填充材料的属性

高性能导通孔填充材料需要具备哪些属性？下面列出了具体要求：

- 即使在温度影响下，铜和填充材料之间也具有良好的附着力
- 铜、介质或光刻剂的良好附着力
- 无溶剂，单组分系统
- 膏体中未夹杂空气
- $T_g > 140^{\circ}\text{C}$
- $\text{CTE} < 40 \text{ ppm}$  (低于 TG)
- 固化期间无收缩
- 易于平面化

此外，塞孔填料必须在室温下具有合理的保质期。切记这些材料具有热反应性，强烈建议制造商使用 100% 固体含量的膏状材料，其中包含热交联环氧树脂和特殊设计的陶瓷填料。当填充的通孔经受热负荷时，陶瓷填充材料可限制 z 轴膨胀。有趣的是，热膨胀系数必须保持在 40ppm~60ppm 范围内，以确保塞孔内不会开裂。此外，使 Z 轴热膨胀最小化也至关重要（图 2）。

如前所述，塞孔填料必须在  $140^{\circ}\text{C}$  以上时保持低 CTE。在树脂体系中配制的陶瓷颗粒在热负荷下起到抑制 Z 轴膨胀的作用。在高放大倍数下，完全固化的陶瓷填料如



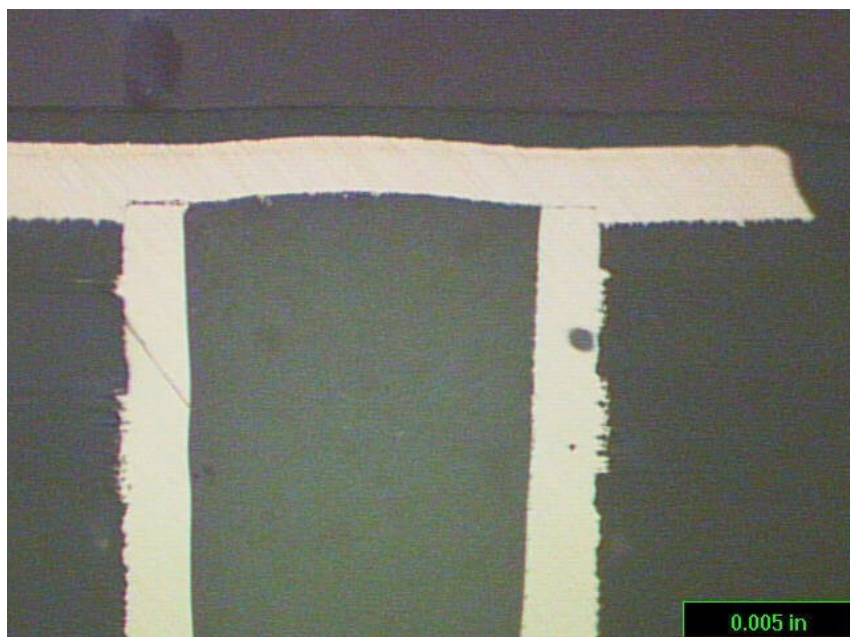


图 2：由于 Z 轴过度膨胀，镀铜与填充的导通孔分离

图 3 所示。

毫无争议的事实是，导通孔填充必须无空洞，并可在各种热偏移过程中保持完整性。除 Z 轴膨胀系数外，第二个关键热特性是固化膏状材料的玻璃转化温度。一般来说，140°C 的  $T_g$  是理想的。然而，可以通过延长最终固化时间和将固化温度从 140°C 提高到 175°C ~ 180°C 来提高  $T_g$ 。需要不影响流动

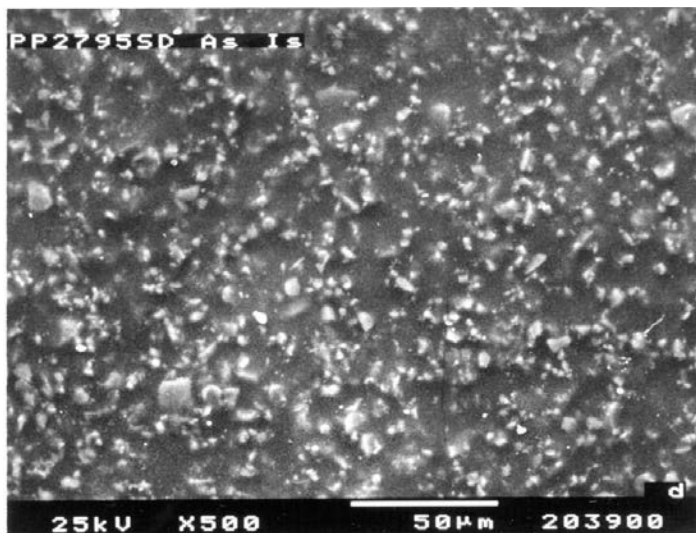


图 3：树脂塞孔俯视图

和金属化属性的情况下得到尽可能高的  $T_g$  [1]。

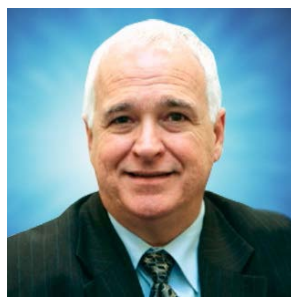
随着密度的增加导致 I/O 数越来越多、元器件越来越小、组装温度越来越高、导通孔越来越小，因此必须将 CTE 值降到最低，以消除填塞过度膨胀的应力，使过度金属化的铜沉积物上升 [2]。在负载条件下，为了保证填充膏在填孔内的长期稳定性，必须尽可能减小负载变化幅度。这意味着 CTE 必须在温度范围内尽可能低 [2]。

## 结论

不管选择哪种通孔填充方法，都是需要持续发展的工艺方法。导通孔填充技术是 HDI 制造的关键，也是永无止境追求小型化必须面对的挑战。PCB007CN

## 参考

1. Karsten Andra, “Hole Plugging Technology for Multilayers and HDI Packages,” EPC PCB Convention, 1999.
2. Internal communication with Lackwerke Peters.



Michael Carano 是 RBP Chemical Technology 公司的技术和业务开发副总裁。如需阅读往期专栏或联系 Carano，可[单击此处](#)。



# 培训的基本要素

by Nolan Johnson

近日，我采访了 Blackfox Training 公司的 Al Dill、Sharon Montana Beard、Jahr Turchan 和 Jamie Noland，共同探讨了制造工厂人力资源的关键部分——培训策略，阐释了培训的重要作用，管理层如何积极主动地对员工进行技能培训，以及如何应对当前疫情下培训需求和难度的增加。

**Nolan Johnson：**欢迎大家！各位能向读者简单做一下自我介绍吗？

**Al Dill：**我担任 Blackfox Training 公司总裁兼 CEO，是公司的创始人。公司成立于 1996 年，所有员工一直共同致力于将 Blackfox 发展壮大，很自豪能够成为团队的一员。

**Sharon Montana Beard：**我于 1998 年加入公司，现担任副总裁兼销售和运营总监一职，公司发展得很好，很高兴能加入这个团队。

**Jahr Turchan：**我负责退伍军人事务，并担任先进制造项目总监职务。在 Blackfox 公司

担任顾问已经有几年了，但从今年 2 月开始，我成为了 Blackfox 公司的全职员工。

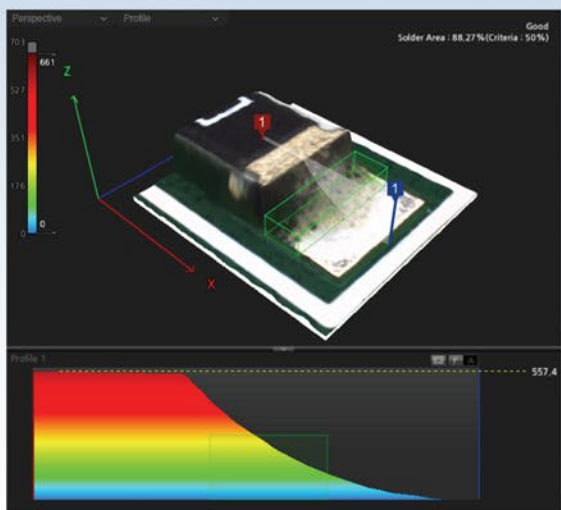
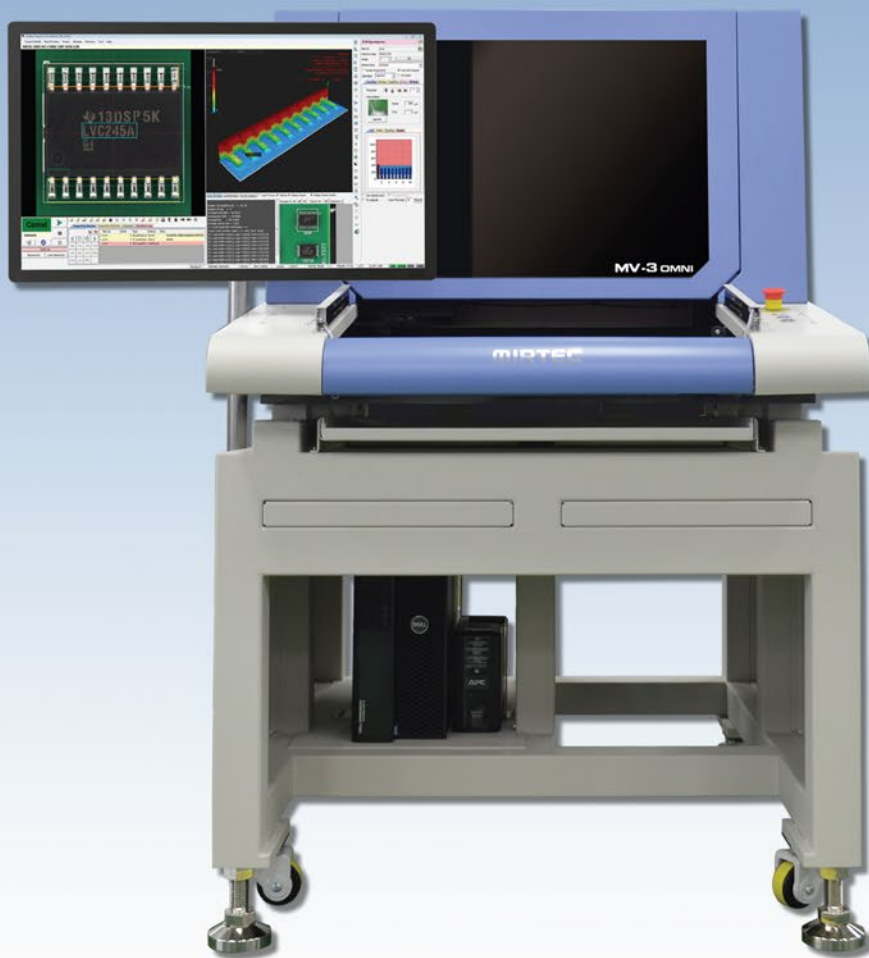
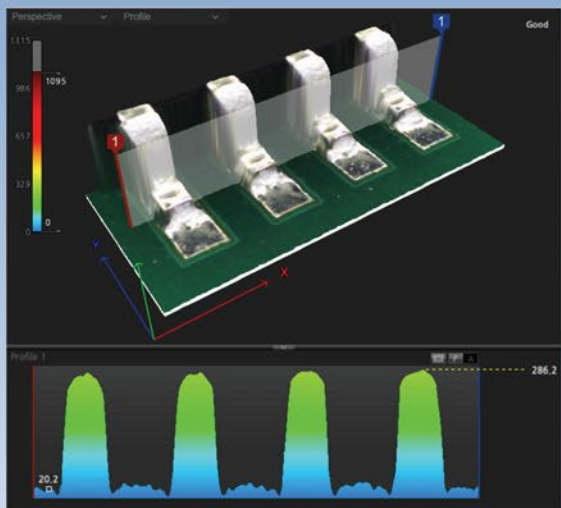
**Jamie Noland：**我加入公司已经 13 年了，负责市场营销，担任 IT 经理，同时也是 Blackfox 公司的 IPC 培训师。我是 IPC 所有培训委员会的成员，负责公司不同的培训和认证项目，同时还担任 IPC 一些专业委员会的主席和副主席。

**Johnson：**我们的主题是培训，以及培训如何在战略层面上为制造业的四大支柱作出贡献。众所周知，行业普遍存在技能型劳动力短缺的问题，要填补这些空缺，培训是必要的，更不用说在提高工艺技能以实现公司的技术发展路



## 领先的3D AOI 助力汽车电子与5G类产品

### MV-3 OMNI



- ▶ OMNI-VISION<sup>®</sup> 3D检测技术
- ▶ 1500万像素CoaXPress相机技术
- ▶ 10um远心复合透镜
- ▶ 1000万像素SIDE-VIEWER<sup>®</sup>相机技术
- ▶ 8阶彩色光源系统
- ▶ 完全胜任3D共面性和焊料圆角检测

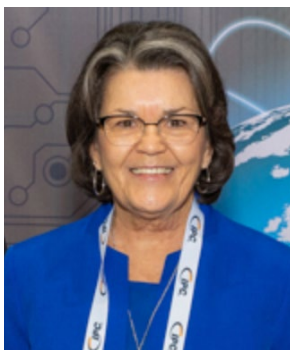


更多详情欢迎咨询我们的  
中国公司(0755)8835-0822

[www.mirtec.com](http://www.mirtec.com)

线图方面更是需要培训起到积极作用。制造商对此如何规划？

**Montana-Beard**：首先，必须确定公司需要哪些技能，无论是入门级、高级技能，还是专家级技能。还需要一位好的教学设计师，开发相应的培训项目，并将其分解成小模块。如果是设备操作培训，要先确定编程、安装、操作的具体人员，并做全面的调查后开发 3 个不同级别的培训内容，针对性地开发、实施培训课程。



Sharon Montana  
Beard

**Noland**：至于培训内容，由来自制造各个领域的许多不同成员组成委员会制定，委员会成员包括车间的操作工、高层管理人员、内部培训师。我们努力跟踪最新的制造技术，时刻关注更小尺寸的元件，以及不同的焊接、制造和布线方法，并尽可能将新的工艺要求纳入培训材料中。通常情况下，培训往往要比实际需求晚 5 年，需要不断更新，这时，委员会的成员对于培训项目内容的改变和更新将起到重要作用。

**Dill**：我还想简单谈谈新技术和新设备。随着劳动力短缺和技术难度的提升，尤其是疫情下，行业离不开设备和机器人技术的不断发展。对固定员工的技能更多的是需要具备更高的机器人技术和编程技能，以减少手工操作。

回到 Sharon 关于对技能的观点，根据新设备和新技术的需求，确定所需技能和其他工

具。然后，公司再将这些需求输入到培训系统，提供给培训供应商（不管系统及供应商是内部的、外部的，还是两者兼而有之）。技术正处于新的发展阶段，它将决定这一阶段的许多技能。

**Johnson**：有人要求把培训内容转向编程和工程功能吗？我认为智能工厂环境可能会产生这种需求。

**Dill**：关于这个问题，以下这些观点都来自行业同仁。许多管理层的人都在为新技术做规划和预算。但是，他们有时会忘记人力因素，以及促进这些技术的技能要求。重要的是，在我们进行规划时要牢记这一点，以确保我们做好准备。Jahr 目前负责的项目之一是研究这些更新的技术和一些制造商需要满足的要求。这并不是说现在还没有实际操作的培训；培训的方式可能与过去有所不同，或者需要与一些较新的方法相结合。从目前来看，我们看到了行业向更自动化方向的转变。

**Turchan**：从更通用的制造业角度来看，不仅仅是电子制造业，还有所有制造的技能组合——许多公司已看到未来，正在预测制造业的发展方向，以及可以从何处获得这些效率。一些公司专注于工业 4.0 和智能工厂的机电一体化技能，他们知道必须做出改变，需要采取新的方法，雇佣更智慧的员工。一些公司非常积极地提升现有员工队伍的技能，因为他们明白员工掌握的知识技能越多，他们的效率就越高，就越能适应快速变化的环境。

**Johnson**：管理层应该留出多少时间来提升



制造员工的技能?已经购买设备,安排好设备进入车间现场的时间,还是当设备到达时,员工需要做好运行设备的准备。如何使两个计划同步?

**Montana Beard** : 一旦设备到位,希望员工能够尽快接受新设备。设备并不会夺走人们的工作;相反,新设备需要员工扩展知识和工作能力。设备总是需要人来控制。一旦明确了人的重要性和价值,就会使员工头脑清醒,愿意接受新事物。

我在制造业工作了好几年,如果员工不明白这点,那么他们就看不到自身价值所在。来了新设备,就必须深入了解学习,最后掌握如何操作它。要有耐心,一定要问很多问题。员工需要接受正确的培训,才能让其提出正确的问题,以真正了解设备、接受设备,并照顾好那台设备。

**Johnson** : 我听说制造、人力资源部和高管团队之间联系紧密。培训师需要协调三方各自的观点。

**Montana Beard** : 我的经验和意见是,当一个人得到认可,就会有开放的思维。如此培训周期或过程会变得更加顺畅,他们将会对自己要做的事情负责。

**Noland** : 我个人参与了许多新技术的实施,包手不同的检测技术、X光、CT、无铅技术和工艺的导入等。这仅是一种新设备或新技术的导入,并不是为了取代人类来完成工作,而是为了工作变得更容易。新技术、新设备的目的是提升质量,而不是取代人。设备仍然需要人来

控制。

质量的验证仍然完全由人完成。即使有一台设备,通过目测或磁力检测质量,仍然需要一个人来运行设备并解释结果。它还需要有人来建造和编程设备。还有很多人与人之间的互动和需求。确保员工了解这些才是实施新技术的关键。

**Turchan** : 必须使员工接受新设备新技术,并培训他们,使他们了解新设备新技术并不会消除对人力的需求,而是公司发展进步的必经之路。当公司发展时,员工也同样需要发展。此时,管理团队决定



Jahr Turchan

继续培训和提高员工的技能时,员工会更容易接受新技术,因为他们会感受到公司在这方面对员工的投资。才会使他们感受到在公司更安全。随着公司的发展,员工不断提升,掌握更多的技能,他们才能转向不同的岗位或更好的岗位。

**Johnson** : 我在上一家公司的培训部门工作时,注意到一些客户直到某些工序(尤其是故障排除和预防性维护)出现问题,才开始培训。现在培训是使设备正常运行的必要先决条件吗?

**Dill** : 很多公司往往是在经历了教训后才会推动培训。这种教训有时可能会一直涉及到高管层。他们看到的最初教训可能是糟糕的工艺、利润损失、客户或员工等。通常情况下,除非存在合规性问题,否则我们不会被邀请参与培

训。我们进行了大量的合规培训，而这正是 IPC 认证的重要组成部分。但是，许多基于技能的培训，比如质量体系，都是在公司经历了教训后，才开始进行。我们必须首先了解是什么导致了失败和教育，然后通过开发相关课程来帮助解决问题。并不是每个公司都会这样，但这往往是导致产生问题的原因。

**Johnson :** 即使是在最注重规划的公司，也可能会有保守的方法。当与客户沟通时，能看出那些对发展路线图有清晰认识的人和那些更保守的人之间的区别吗？

**Dill :** 当然。如果我要和公司的高层管理人员会面，可能会同时有人力资源部的人、培训经理等等。我经常看到的是内部缺乏沟通，高层并不了解下级做出的承诺。



Al Dill

人力资源部的员工和培训经理都很认真地制定全面的培训计划并在坚持执行，但在教训再次出现之前，高层并不会完全支持这类计划。然后，管理层会再次命令下属解决问题。但解决问题取决于内部的支持和自上而下的承诺，并确保所有员工都有机会正确地完成工作。

公司要确保按时提供优质产品和服务。如果不这样做，最终用户将蒙受损失。我曾在大公司担任过高管，也曾因有“把产品拿出来就行了，只要满足数量要求，并确保按计划进行就可以了”的想法而内疚；突然间，因为公司没有生产出质量过硬的产品或服务没有达到要求时，盈利能力下降，会突然发现优质产品

和服务才是应该要坚持的。这是自上而下的承诺。随着公司和高管们不断学习，我们看到了越来越多的自上而下的承诺。但对某些公司仍然是挑战。

**Montana Beard :** 有些事情是人力资源部需要做的。例如，对于一个新员工，他们需要知道什么？当他们进入生产车间时，应该具备了所需的知识和技术。车间主管的工作不是教他们准时、操作设备的位置、ISO 合规性等。我可以列举 20 项新员工进入生产车间之前需要知道的事情。

**Johnson :** 如果是一家制造公司，每个员工都需要支持制造工艺。培训是一种投资，因此培训过程需要有投资回报。从高管的角度来看，衡量标准往往是员工在工作岗位上的时间。培训投资的回报是服务年限。如何与客户讨论培训项目的价值或投资回报率？

**Dill :** 了解如何准确计算培训投资回报是一门艺术。其中有很多不同的因素。有一个基本公式，即公司的净利润变化除以培训投入。但这并不能涵盖所有的内容。培训是许多不同因素的组合，没有精确的公式可以计算出培训的投资回报率。

例如，几年前，一家公司来找我们说：“显然，我们有一些培训问题，需要能够积极地影响其中一些关键因素。其中之一是公司目前的人员流动率是 200%。我们认为缺乏培训是主要原因。”他们还研究了其他一些因素，比如质量。但在这种情况下，主要原因是培训中缺少一些关键要素。士气首当其冲，因为当人们没有准备好，他们会变得沮丧，最终会选择离





开，导致了人员流动率非常高。

几年前，当我们在我们的大客户那里工作时，他们采用一家人事公司提供的人力资源服务，负责确保在新员工就职之前做好准备。换班时，我碰巧在那里，看一些 SMT 设备。第二班的人进来后，一个年轻人走到一台设备前。前一个操作员和他打了声招呼，道一声晚安后离开了。

但那天是这位先生上班的第一晚。他看了看操作手册，关了设备，走出了车间。我跟着他，我很好奇地问：“你要去哪里？”他说：“我不知道怎么操作这台机器。我担心我试着操作会损坏设备。他们告诉我有操作手册，但我还是不明白。”这是我们以前看到的现象。

**Johnson**：因为没有足够的人手来填补工作岗位事情会更加恶化。对于更积极主动的客户，他们如何计算投资回报率？他们如何证明这种投资是合理的，以确保他们了解培训创建了间接利润，或是创造了收入还是成本？

**Turchan**：从我最近与一些高管交谈的情况来看，那些有前瞻性的人似乎并不关心投资回报率。他们知道，他们需要对员工进行投资，以跟踪新技术新设备的发展、保持公司处于技术发展的最前沿，保持公司可盈利。他们已经接受了这是必须考虑的需求。

**Johnson**：这不是他们微观管理的领域。2020 年的疫情和供应链变化，是否改变了客户的培训战略规划？

**Montana Beard**：目前他们努力用更少的员工完成更多的工作。企业仍在招聘，只是不像

以前那么稳定，交叉培训已成为涵盖所有需要完成的不同工作的必要条件。我也听说过有一段时间从事同一工作的员工存在一些质量问题，但在他们学习新技能时，也会出现新的质量问题。我们正在做一两天的专题课程。由于现有的工人正在进行焊接作业，我们将有一名主培训师与他们一起工作一天或两天。

以前，如果有这样的情况，不会让所有工人参加培训。他们的想法是“我们太忙了”。这场疫情已经影响了很多事情，但在制造业，培训仍有需求。我们现在为三个不同的小组培训同一个课程，而以前只需为一个组培训。

我们有一位讲师很快就要去拜访客户。我给这位客户发过几封电子邮件，我和他认识多年，但他一直没有回音。最近，我接收到了该公司里一位陌生人的邮件，告诉我原来的联系人正在休病假。我和那位新联系人重新开始接洽。

**Johnson**：那就让我们回到你最初的观点，Sharon。你们正在进行很多交叉培训，因为当意外发生时，人们需要互相帮助、互相支持。

**Noland**：我和联系人沟通时，发现许多企业由于供应链中断而不得不放慢生产速度时，都会利用这个时机进行员工培训。时间就是金钱，公司正常运营时，不可能损失生产时间和收入，让员工离开生



Jamie Noland

产车间去上课。目前是完成培训和认证和最佳时机，以便处理合规问题和在岗继续培训。正如 Sharon 所说，进行交叉培训可使员工更有

价值，能够满足迅速换岗的要求，以完成多种任务。

**Montana Beard**：因为现在可提供在线培训，我们赢得了新的国际客户。最近购买课程的那家客户，仅仅是因为其员工都在家工作，这恰恰是接受培训的好时机。

**Dill**：制造商希望充分利用其停机时间，在此期间员工不需要离开岗位就能速成某项技能，还不需要花费大量的差旅费用。我们越能利用培训专业知识能力为他们提供现成的培训系统，他们就会越满意。能够在一个小时的停机时间内完成培训，甚至进入 LMS 类型的学习环境，学习一门课程，学习如何操作机器将是非常有价值的。这将是未来的趋势，不仅仅是因为 COVID-19，新环境要求更多这样的培训解决方案。

**Turchan**：今年早些时候，我们将推出一个面向所有制造商的电子学习平台，含有约 550 种不同技能的库，不仅仅是面向需要大量技能的电子行业，还涵盖从工具制造到六西格玛、精益制造、安全、工程图纸、自动化、CNC 的所有领域，配套与之相应的软技能。希望雇主

能明白，具备更强软技能的员工更具效率和价值。

**Montana Beard**：还有很多问题尚无答案。我们如何继续向前发展？没人敢肯定两周后公司能否继续运营。如果公司内部暴发了 COVID-19 病毒，整个部门必须隔离两周，我们如何应对？我们现在可以这样做，但下周可以吗？当环境发生变化时，如何规划和快速响应？

**Johnson**：当周围的环境不断变化时，坚持发展路线图面临很大的挑战，我们都在齐心协力应对。

**Turchan**：从供需规划的角度来看，特别是在电子制造业，我们不知道下一代变化如何，需要更敏捷、更积极地响应。我希望制造商在培训员工，以及为员工提供获取更高技能和内在价值时，更富有前瞻性。

**Johnson**：谢谢大家。这是一次非常有启发性的采访。

**Dill**：谢谢你, Nolan.PCB007CN





# 智能工厂的测试与检测

by Nolan Johnson

I-Connect007

我采访了 MIRTEC 公司总裁 Brian D' Amico, 在采访中我们讨论了测试和检测设备在智能工厂中所发生的变化, 以及工厂应如何做出调整以利用这一新技术。D' Amico 表示: “尽管近 90% 的美国电子制造商都意识到工业 4.0 在提升生产率方面具有很大潜力, 但推行智能工厂方案的进程却行动迟缓。”

**Johnson :** 测试与检测在工厂中的作用发生了哪些变化?其作用在美国、欧洲或亚洲是否有所不同?

**D' Amico :** 工业 4.0 是电子制造业的热议话题。制造商和供应商正尝试给这个术语一个准确的定义。用最简单的话来解释, 工业 4.0 有着向制造工艺自动化和数据交换不断发展的趋势。从根本上来说, 它需要实现生产线中机器

之间的连接与通信。其挑战在于要从生产线中的每台设备收集数据, 然后将数据共享给其他设备。

没有测试和检测, 就不可能实现工业 4.0。测试和检测的目的是收集可操作的数据, 减少生产线中的缺陷, 将生产效率最大化, 同时最大程度减少报废品数量, 切实有效地在第一时间以正确方式处理工艺参数。

对于生产效率最大化, 需要在生产线上使用 3 种检测系统——焊料沉积后的焊膏检验 (SPI)、放置元件后的自动光学检测 (AOI) 以及回流焊后的 AOI。这 3 种检测系统需要大量投资; 但若想为制造过程的每个阶段提供反馈信息, 三者结合是唯一可行的方式。

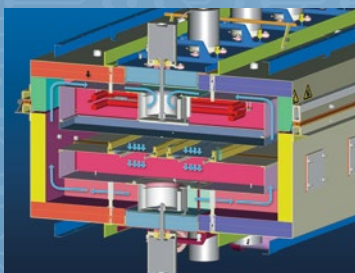
**Johnson :** 你刚刚说到要在 3 个位置进行测试和检测。通过测试与否的传统方式, 只有在制造过程的最后才会安排测试与检测。





# 专为基板平整度而推出的新型回流焊炉技术

**Pyramax** **X**  
WITH **TrueFlat**  
TECHNOLOGY



闭环对流加热实现出色的热均匀性

TrueFlat建立在业界领先的Pyramax平台上，是独特的可抑制基材翘曲的回流焊炉。专为0.15至0.30mm的基板厚度而设计，TrueFlat技术消弭了芯片倾斜。

由于Pyramax的闭环对流加热，可重复确保一致的平整度与出色的热均匀性。

**END  
DIE  
TILT**

- 闭环对流加热实现出色的热均匀性
- 维护成本低-无真空泵
- 搭载Wincon回流焊炉界面，简单操作
- 可选2倍吸力，提供更强大的基板平整度解决方案



[www.btu.com](http://www.btu.com)

**D' Amico**：我知道多数制造商都只是依靠回流焊后的 AOI 系统，但问题是现在越来越难诊断，因为这种方法只能看到最终结果，只能猜测问题可能出现在了哪里。

比如 SPI 系统就可以在焊料沉积后立刻反馈焊料不足、焊料过多、焊料桥接或焊料偏移等问题。这些问题通常和工艺参数有关，例如丝网印刷机的行程速度、刮刀压力、模板下清洁状况等。最基本的问题在于，根据回流焊后 AOI 收集的数据，越来越难以诊断丝网印刷存在的问题。

**Johnson**：对于那些思维比较保守的行业人士而言，还是认为应该在生产线最后设置测试和检测。工厂自动化程度越高，需要检测的位置就越多，目的是为了形成微反馈循环。获取测量数据后，接受测试数据反馈的设备变得更为复杂，随之带来的问题，比如设备能否在接受数据后进行自我调整，还是说需要操作员来手动调整？



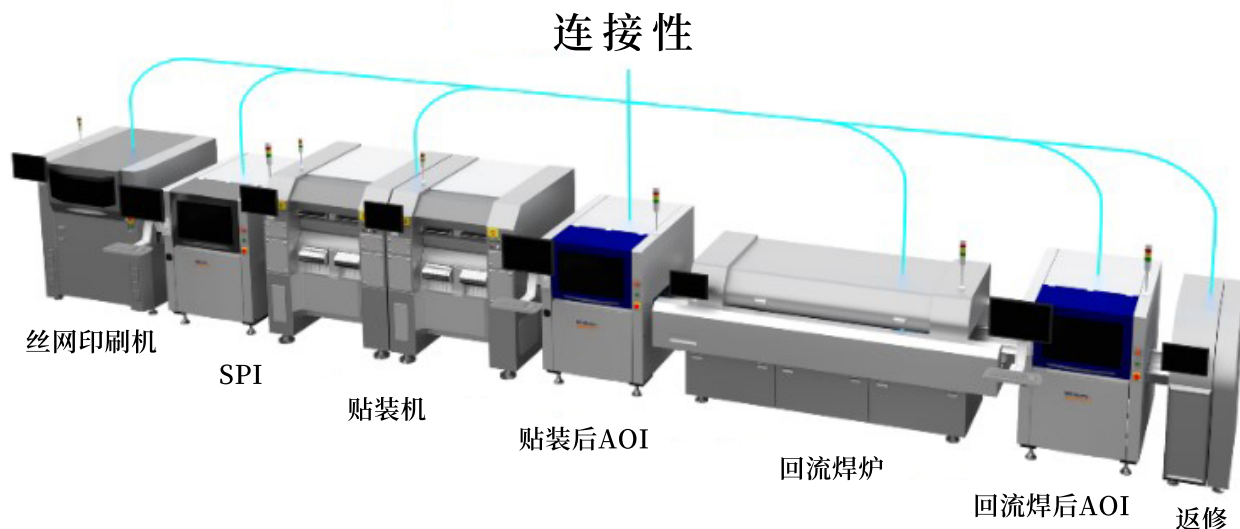
Brian D' Amico

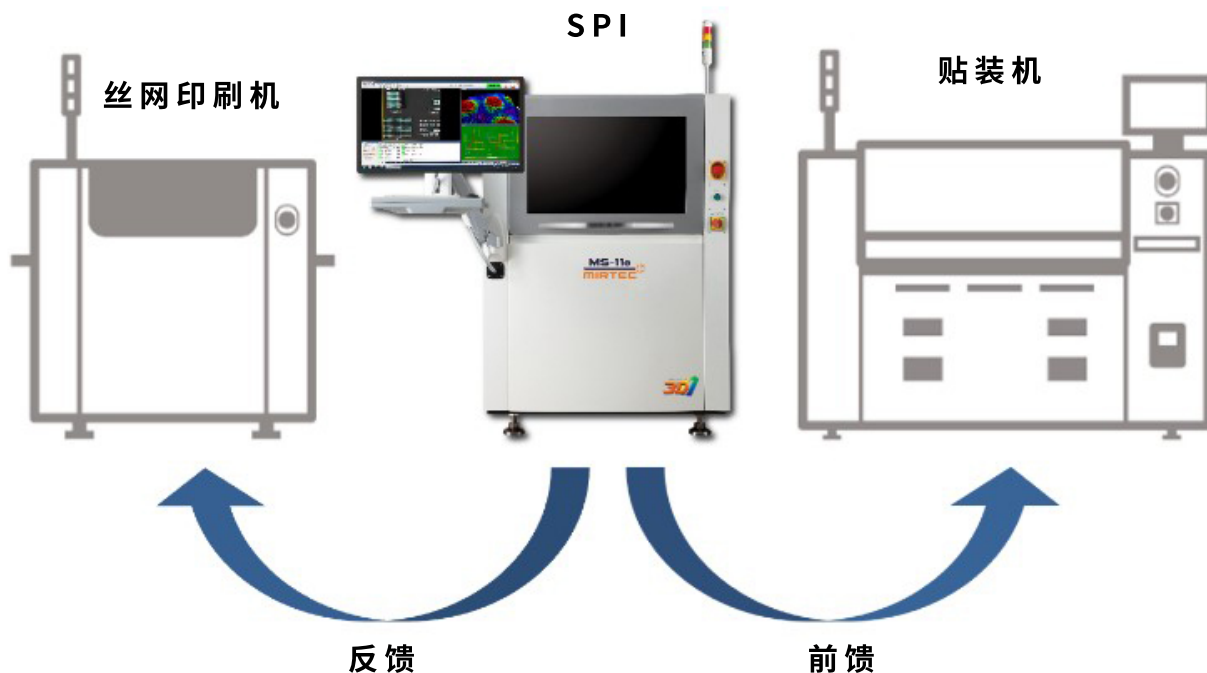
**D' Amico**：通常会根据检测数据中观察到的趋势来做出调整。例如，SPI 机器检测到焊料沉积相对焊盘位置出现偏移的趋势。在这类情况下，SPI 会将观测到的这个趋势并报告给丝网印刷机。

丝网印刷机反过来会利用这组数据调整模板和焊盘的相对位置，消除偏移。但也正如你说，这一点确实取决于丝网印刷机接受数据的复杂程度，然后对特定参数做出必要更改，解决问题。谨记，这样做的目标不是为了控制丝网印刷机，而是提供可操作的数据，利用数据消除偏移及潜在的缺陷。实际上完全取决于每家设备供应商是要手动还是自动做出调整。大多数供应商都会提供手动 / 自动模式切换功能。

我刚才也提到过，只根据回流焊后的缺陷数据分析很难确定需要对整条生产线上哪个位置做出调整。你当然可以做出假设，但这些假设都是基于整条生产线做出的，而且越来越难以准确确定缺陷出现的具体位置。

我完全能理解客户会把我们所提议的方案





理解成一种对测试设备的大量投资，但掌控整个生产线的唯一最佳方式就是在生产线上的每个区间安置测试设备，包括焊料沉积后测试、元件放置后测试以及回流焊后测试。这才是工业 4.0 的核心。

**Johnson：**根据将检测功能安排在整条生产线内的发展趋势，会不会促使你们这样的测试检测设备制造商要专门针对生产线上某个位置开发测试功能？

**D' Amico：**当然会。我们会设计专门测试与焊膏沉积有关的缺陷 SPI 系统，比如焊料过多或焊料不足，X-Y 轴与焊盘位置发生相对偏移，焊料桥接或沉积外形变形等。放置元件后的 AOI 系统可以通过编程，测试元件是否漏放、部件标识、适当旋转或偏移情况等。回流焊后的 3D AOI 系统能够经过编程测试放置元件后 AOI 系统所能测试的全部参数，还能测试每个

器件的共面性、焊点完整性以及焊料桥接。

**Johnson：**既然整个流程是从这台设备获取信息并将内含趋势的数据传送回去进行分析，那么分析的过程是发生在系统内还是发生在数据库中？

**D' Amico：**两个位置都会进行分析。某些情况下，能通过直接的机器与机器间交流获取数据。但也会在测试数据库中收集这类机器生成的数据（通常称之为大数据）进行分析。将被称为“深度学习”的人工智能（AI）技术应用于大数据，就能确定可以获得最高效率和最佳质量的工艺参数。

为新的 PCB 完成设置后，不同的 SMT 工程师会根据自己的经验为生产线内的每台设备设定不同的工艺参数。深度学习就是根据历史数据预测最佳参数，帮助人们完成枯燥繁琐的工艺优化任务。其目标是，不论工程师的能力



或经验如何，都能够实现最佳生产质量。后续必须通过持续收集并分析生产数据来实时监控生产线的性能。

其理念是：比如我们收集了刮刀速度、刮刀压力等参数的历史数据，而这些数据来自多个丝网印刷机和不同的 PCB 模型。与此同时，我们会收集这些工艺数据，并且从 SPI 机器中收集检测结果数据。通过分析这些检测结果并将其和各种刮刀速度、刮刀压力等设置联系在一起，就可以主动确定针对给定应用的最佳参数，之后将其应用于 SMT 制造工艺确保机器的最佳性能。谨记，这只是针对生产线中的设备之一，同样的方法可以用于整个 SMT 生产线。

**Johnson：**通过 AI 引擎在数据库中进行工艺优化和实时调整，而 AI 是公司的核心竞争力。需要和专门做 AI 的公司展开深度合作吗？

**D'Amico：**当然会。AI 是一个很庞大、很笼统的术语。我所说的 AI 专门针对 SMT 制造工艺。但 AI 和大数据可以在全球各地用于各种不同应用。比如很多人在线访问过很多网站，上面都会有一个确认我们是不是机器人的测试。这类测试通常会让你“点击图中含有公交车、桥梁、自行车、行人等元素的图片”。但很少有

人意识到，这个测试只是 AI 引擎收集大数据的组成之一，随后大数据会用于协助自动驾驶的编程。

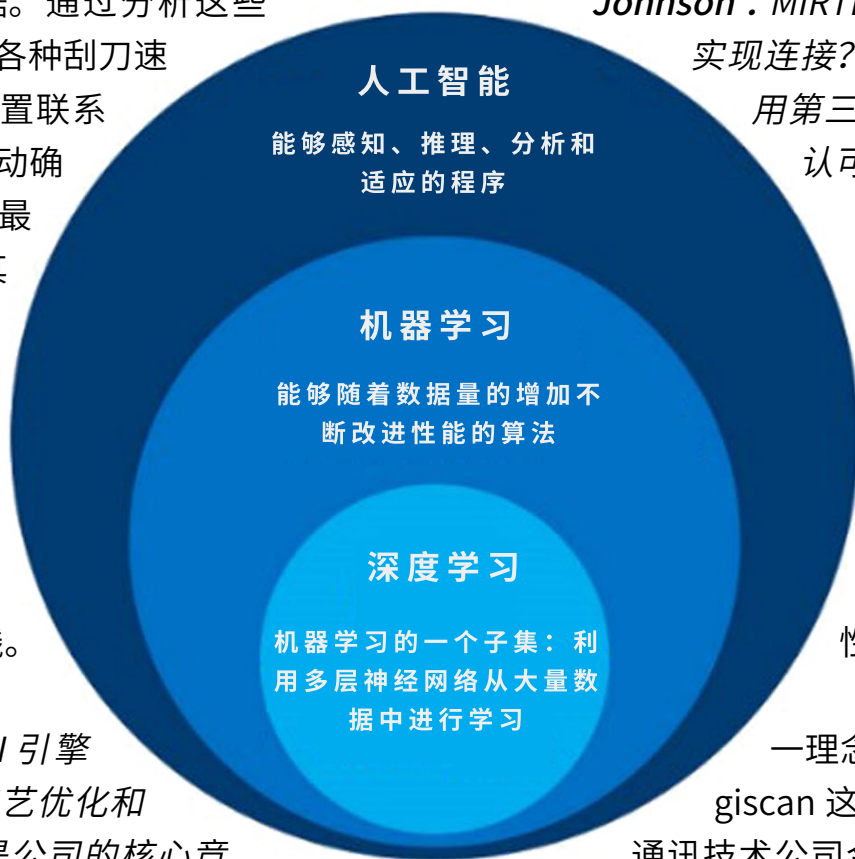
基本原则就是 AI 引擎针对任何给定的应用可以更有针对性，所以 AI 团队和 SMT 设备供应商之间要展开深度合作。

**Johnson：**MIRTEC 和 AI 引擎如何实现连接？比如你们是否会利用第三方工具，或者一组认可的 AI 供应商？

**D'Amico：**我们的 AI 引擎专门为产品而设计。但系统一定要足够灵活才能处理来自多个生产设备的数据，包括有竞争性的检测系统。

MIRTEC 秉承着这一理念，做出了要与 Cogiscan 这类专门从事机器间通讯技术公司合作的战略性决策，这样一来我们就能真正与生产线中的任何设备连接。

之后就能收集机器数据并做格式化处理，然后存入资源库，供生产线上的其他设备使用。这样做还可以克服与竞争对手系统连动的困难。MIRTEC 和 Cogiscan 就完整工业 4.0 集成方案展开了合作，也就是我们的全远程管理系统（Total Remote Management System，简称 TRMS）。这款应用可显示来自 MIRTEC AOI 和 SPI 系统，以及 SMT 生产线中其他设





# 科技与关注融合的清洗方案

**AQUANOX® A4727**  
升级版水基清洗剂

易漂洗不残留  
有效清除各类助焊剂  
优越材料兼容性  
稳定长效的清洗工艺

在KYZEN, 我们有技术和专业人员解决各种清洗难题, 我们关注客户需求, 可以为您具体的清洗工艺提供完美的解决方案。当科技迎合客户需求时, 您的清洗工艺必将取得成功。

欲了解更多信息? 点击 [KYZENClean.com](http://KYZENClean.com)

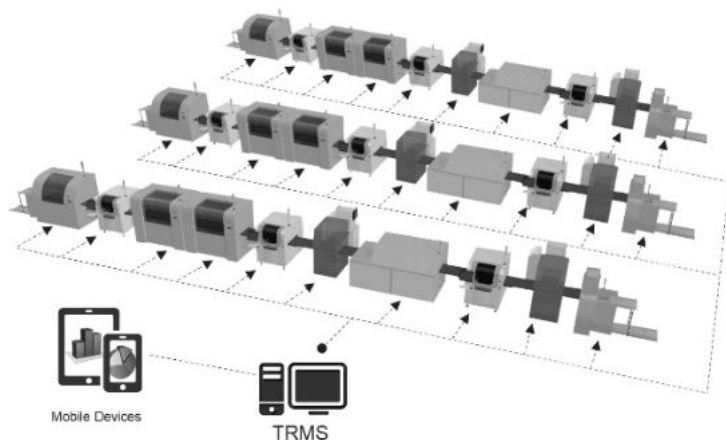
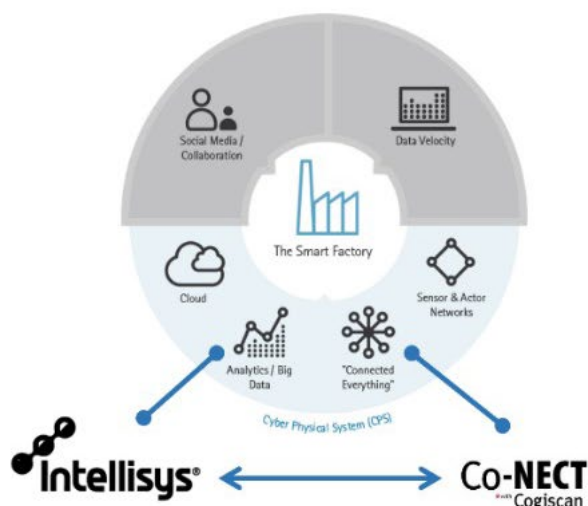
 **KYZEN**  
Where Science and Care Converge.

[KYZEN.COM](http://KYZEN.COM)

享誉全球的环保清洗技术







备的数据，使我们的客户更清晰地看到整个制造过程，帮助提高运行效率和改善产品质量。

**Johnson：**并不是所有人都有能力安装新设备并组建数字化工厂的，改造现有设备并提高其速度，至少是一步一步向前发展，也是有价值的。在采访开始时，你提到数字工厂的采纳率受到地理位置的影响，哪些区域更愿意采纳数字工厂方案？

**D' Amico：**亚洲是采纳率最高的地方。这和我预期的完全一致，因为亚洲一般走在新技术的最前沿，包括工业 4.0。

美国和欧洲很多客户都仍处于初始尝试阶段。他们意识到接受工业 4.0 一定会带来附加价值，但这件事似乎没那么急。说到这里，我发现很多客户都会询问相同的问题：这些设备支持工业 4.0 吗？这句话说明他们肯定认为这是未来的需要，这种思维很正确。制造商在投资新的组装设备时，希望这款设备能使用 5 年至 10 年以上。毫无疑问，任何新的组装设备都一定要提供必需的工艺数据，而且要能够与生产线上其他设备通信，这是工业 4.0 的基本

要求。

**Johnson：**进行大批量生产时，智能工厂和自动化将是优先考虑的事情。你希望生产线尽可能长时间地保持运行，而且希望生产线能自我调整、自我优化或者在遇到问题时迅速发出警报以保证生产线的正常运行。

但在我看来，美国和欧洲市场的制造业更加有针对性，比如产量低、品种较多，对于具体生产的产品，可能技术含量更高，如层数更多和其他需要精准调整以适配工艺窗口的限制因素。这种工艺窗口反馈在相应环境下比以往任何时候都更加重要。

**D' Amico：**我完全同意这一点。亚洲的制造商通常都以大批量生产为主。墨西哥也同样如此。大批量生产市场的成本竞争非常激烈，利润很薄，所以特别重视全自动 SMT 生产线。但在美国和欧洲，专注于多品种中小批量制造业务，遇到的是完全不同的挑战。每批次加工的数量从 1 至 100 块 PCB 不等，所以现在很有必要迅速调整制造工艺并消除缺陷。此外，美国和欧洲生产的产品价值往往更高，所以返



工的成本极高。

随着产品在生产线上逐步接近完工，返工的成本会急剧增加，对于多品种、中小批量生产任务，在每个生产阶段设置检测是最理想的。例如，我们有一个可以检测到焊料不足缺陷的 SPI 系统。鉴于系统会在焊料沉积后报告哪里出现了缺陷，我们可以在焊盘上添加焊料或清洗 PCB，重新印刷。这种方案的成本相对较低。

放置元件后的 AOI 系统能报告某个器件的极性問題。在这类情况下，操作员仅仅使用镊子将器件旋转过来就能解决问题，这也属于成本相对较低的方案。回流焊后 AOI 检测出的缺陷很有可能需要返工才能解决缺陷，但这样做要么会损坏元件，要么会损坏 PCB。基本原则是在回流焊操作之前发现缺陷，避免成本高昂的返工。

**Johnson：**智能工厂实施能缓解大批量生产工厂所面临的压力，因为这样才能保持生产线一直运行，教会生产线进行自我调整，尽可能维持工艺窗口和产品的流动。但相同的功能也很适合多品种、技术含量更高的小批量生产任务，关键是设置过程中要提供更高的精度。

**D' Amico：**没错。亚洲的主要生产任务是大批量应用，产品品种少。一旦设置好生产线，就能生产几万块以上的 PCB。在这种环境下，实时监控生产线的每个环节是很有必要的，这样才能保证最佳质量和最高效率。处理多品种、中小批量生产时，在生产线上设置更适当的参数就变得尤为重要，因为这类生产任务没有足够的时间监控生产线来保证最佳质量和最高效率。

**Johnson：**使这些工作能够顺利无误进行的关键要素是什么？

**D' Amico：**唯一的关键要素就是优秀的工艺工程师，他们有丰富的经验和专业技术来保证生产线的正常运行。在设置丝网印刷机的过程中，优秀的工程师能意识到阶梯模板可能需要一定的刮刀速度和压力才能实现最佳的焊料沉积。这位工程师还要知道如何调整贴片机才能达到最佳性能。例如，某些元器件需要在放置元件时施加较大的压力或停留更长时间。同样的情况也适用于回流焊最佳温度曲线。关键在于，工程师需要花费大量时间研究指定生产线并了解每台设备的细微差别，才能具备一定的专业知识。

实现机器间的连接和通信是为了收集并分析工艺数据，为生产线上的每台设备提供最佳参数，然后移除生产工艺中一些不必要的组成。此外，全面的工业 4.0 方案可以实时监控生产线的每个环节，从而保证整个制造过程的最高效率，生产出质量最佳的产品。

**Johnson：**这一点说得很棒，要以数据为基础，而不是以主观判断为基础。

**D' Amico：**的确是这样。

**Johnson：**Brian，谢谢你抽出时间接受采访。

**D' Amico：**很高兴能有机会接受你的采访，Nolan！PCB007CN



# 持续改进：像 $X = X_c - 1$ 一样简单

by the I-Connect007 Editorial Team

$X = X_c - 1$  是一个持续改进的概念方程式。定义了  $X$ ，然后不断使其减 1 个数量值，可能是一个工作时长、一个制程步骤、一个周期内少一天……最近，I-Connect007 编辑团队采访了 Ron Lasky 博士，探讨了  $X = X_c - 1$  的概念，Lasky 提出了使读者以及新一代产生持续改进热情的建议。正如本次采访所阐明的，许多工艺改进都是微小的，不是那种动辄持续一年的大项目。

**Nolan Johnson**：持续改进并不是新的理念，但是我们想重点提出“ $X = X_c - 1$ ”的理念。要做到这一点，首先要定义  $X$  是什么，然后制定使其减少 1 个数量值的行动计划。比如可以是减少设计返工的次数、减少工艺中的步骤数、

减少制造部门数量等。可以采用任何一种方法，逐步改进、解决某些问题，用更少的步骤和迭代来完成任务。

**Happy Holden**：这是打下坚实基础的概念，并不总是大刀阔斧。

**Ron Lasky**：虽然这是一个公式，但也许这是更好的方法。持续改进是精益六西格玛的精髓。精益六西格玛中有一个术语叫 DMAIC（定义、测量、分析、改进和控制）。假设要改进某些事项，首先定义想要改进的事项（D），测量目前的水平（M），收集一些数据并进行分析（A），然后，通常是通过设计好的实验进行改进（I）。这些都设置好后，必须开发一个



您可以  
依靠的。  
测试和  
测量设备

40<sup>+</sup>  
YEARS  
EXPERIENCE

我们设计、制造和销售

测试与测量设备，经过三代人

的努力，我们的设备遍布电子行业，

保护您的电路免遭现场失效的尴尬。

精度  
为标  
准

 **GEN3**<sup>TM</sup>  
Precision as Standard



#THEPEOPLEWHOPROTECT

B2, ARMSTRONG MALL, SOUTHWOOD BUSINESS PARK, FARNBOROUGH, HAMPSHIRE, GU14 0NR, UK

GEN3SYSTEMS.COM

TEL: +44 (0)12 5252 1500





Ron Lasky

计划来控制改进 (C)。这就是统计过程控制。

例如, 假设一家小型家庭作坊, 根据 2020 年的数据得出: 在生产线末端有 2% 的失效, 即 2% 的 PCB 必须返修。用帕累托图收集数据后发现, 如果生产 10 万块 PCB, 会有大约 2000 块缺陷板, 其中主要缺陷是短路 (共计 1200 块 PCB), 次级缺陷是元件缺失。通常, 人们总是希望先解决最主要的缺陷模式——短路。他们开始研究导致短路的常见原因, 发现大部分原因归咎于钢板印刷。这个过程对于持续改进是一个很好的开始。

这家工厂可能会雇佣一名拥有精益六西格玛绿带证书的当地大学生作为实习生, 他们教实习生电子组装。他们还分析所有 2000 个缺陷的照片, 认为短路的主要原因是焊盘上的焊膏太多, 导致多余的焊膏偶尔会溢到焊盘外, 焊膏熔化便会与相邻的焊盘形成焊料桥接。为

此他们做了更多的工作, 并决定所有的钢板开孔更小一点, 并且与焊膏供应商沟通, 找寻不同的锡膏解决方案。

通常, 必须做一些设计实验, 这是 DMAIC 过程的必要环节, 然后测量钢板印刷焊膏的体积, 以进行统计过程控制。这是一个持续改进的简单例子。还有一些与提高质量没那么直接关联的案例。

可能会遇到交货期的问题, 比如客户会表示认可产品质量, 却因供货周期太长而失去客户。这时需要持续改进, 先做一个订单到达时的流程映射, 以检查所有步骤, 找出其中的无效时间。精益六西格玛中有一个常见表达叫做“过程映射”。有趣的是, 当你真正思考它时, 这是常识, 但通常被忽视。

**Barry Matties :** 在过程可见或映射之前, 工艺效率低下的问题通常是被忽视的, 就是因为这是“一直以来的工作方式”。

**Lasky :** 是的。我们有一位获得达特茅斯大学工程管理硕士学位的学生, 他在大学学习了精益流程课程。他曾在一家公司做暑期实习生, 这家公司专业制造阀门, 成立于 1890 年。成立之初, 这家公司只有一栋楼, 经过发展壮大, 直至 2015 年时, 需要在 7 栋楼里逐项完成 30 个步骤的生产工艺。

然而, 他们从来没有想过要简化工艺。这名学生指出, 如果减少不同建筑物之间的物料传送, 就能减少传送时的损耗, 至少可以降低 10% 的成本。这些就是在持续改进中应该考虑的基本原则。重要的是下定决心, 从头脑风暴会议开始, 讨论需要改进的环节。

**Matties** : 这就是  $X = X_c - 1$  真正发挥作用之处。他们定义  $X$  ; 计划、执行、检查和行动 ; 定义、测量、分析、改进和控制他们的操作。必须帮助人们寻找  $X$  , 了解从哪里开始最好。很多时候, 人们会从那些宏大的计划开始, 这些计划往往需要一年或更长时间才能完成。在持续改进中, 最好从周期短的小任务开始, 团队也会因此产生成就感。

**Lasky** : 我喜欢称之为渐进式的成功, 人们会为此感到兴奋。这是另一个听起来有点违反直觉的例子, 但在生活很常见。我在 IBM 工作的时代, 它可能是世界上最好的公司。但是经理们, 尤其是年轻的经理们, 希望每个人都能同时处理很多事情。当时, 我妻子也在那里工作, 经理对她说: “你有 5 个优先事项。” 她回答说 “我只能有 1 个优先事项”, 但经理坚持要 5 个项目同时进行。

之后, 公司请了一位顾问对管理进行调整。她的高管说: “我们从顾问那里学到的太棒了。在完成 1 个项目之前, 我们不会再做另一个项目, 因为同时进行 5 个优先项目, 任何事情都不能完成。” 必须让工程师集中精力完成最重要的任务, 即使他们提出了新点子, 也将是下一步的工作。通过我们都会开始做很多事, 但从来不会同时完成很多事。

**Matties** : 在持续改进的过程中, 我们希望减少人们工作中的压力和挫折感。这点在改进过程中经常被忽略。

**Lasky** : 确实是这样。必须了解所做事情中的人为因素。团队的伙伴是人不是超人。这是我和经理提到的问题之一, 他希望人们同时处理

5 个优先任务。但人会精疲力尽, 如果一直如此, 他们甚至会辞职。特别是放在如今的条件下, 压力是员工离职的重要因素。

**Matties** : 压力或挫折通常是一个指标, 表明有一个过程需要改进。

**Lasky** : 我曾经服务于一家大医院, 和年轻的医学教授一起工作。当时碰到的问题是 “医院的数据库里有 2 万名患者, 每天当我们下班回家时, 还有 200 个处方要补充”。如何帮助改变这一问题, 我们先制定了改进流程并坚持执行。我们团队的 5 个人不到一天的时间就找到问题, 但互相争论各自的方法才是最好的解决方法。

争论中, 我们发现医生们之所以需要补充 200 个处方的原因——大约有 30% 的处方因住院医师没有正确填写文件而被药房拒之门外。为此, 医院主管要求住院医师 “如果一个月未正确填写文件 3 次以上, 则将被辞退”。一夜之间, 补充处方的数量从 200 变成了 0。改进取得巨大成效, 而且过程并不困难, 只需要观察过程, 了解问题的根源即可。

**Matties** : 你之前提到的重点是要有一个流程来审视整个制程。如果遵循这个原则, 就会发现该如何操作。映射过程是有规律的。但是, 当遇到每个人都以不同的方式做这件事时, 就必须达成共识, 并形成可遵循的规则。有一张映射图明确 “这是我们的工作流程” 很重要, 但如果不遵守, 那么就可能发生太多的变化, 无法实现真正的持续改进。

**Lasky** : 我们前面谈过 DMAIC。控制是最后阶

段, 而保持控制也是最困难的。原因在于人们往往会回到旧习惯, 所以必须有“负责人”来监督控制, 确保旧习惯不再出现。

**Matties** : 当已经落后于计划时, 人们总认为走捷径会更好, 其实, 坚持流程纪律是最重要的。

**Holden** : 改进流程一个特点是必须定义度量标准。关于这个方程式, 要获得一个可测量的指标来正确衡量绩效并不总是那么容易。有了“度量标准指数”, 你就可以采用专家的意见和方法来提供数据。这就是  $X$ 。每个人都能理解  $X = X_c - 1$  是持续改进, 但是如果测量对象错误, 或者不知道如何测量, 或者无法定义时会发生什么呢?

**Lasky** : 最重要的是决定改进的目标是什么。往往花了很多时间想把事情做好, 但却发现努力的方向弄错了。

**Matties** : 必须安排负责持续改进的人员, 这意味着可能需要设置“持续改进促进者”的职位来推动。

**Lasky** : 我完全同意。如果没有负责人, 就无法实现改进。

**Matties** : 只要指派合适的人促进持续改进, 那投资回报将是天文数字。

**Lasky** : Philip B. Crosby 有句名言——“质量是免费的。虽不是礼物, 却是免费的。”正如你所说, 必须在这方面投入成本, 但其所节省的成本将远大于投入的。如果不愿意这样做, 你就什么也得不到。

**Matties** : 能采访到您非常开心, 非常感谢。

**Lasky** : 谢谢。PCB007CN

## 线上CES 2021的亮点:全新的体验



Dan Feinberg

CES 是 1 月份全球最大规模的展览会, 与往年不同 2021 年 CES 期间, 维加斯不会出现价格过高的酒店房间, 不需要排长队去打车或坐公交巴士, 也不需要去拥挤的展厅 (今年的一大亮点)。

另一方面, 你必须提前决定想看什么, 如果你想保证时间和采访, 就要预约。没有什么好的方法可以在各个展览大厅里四处游荡, 寻找能吸引你兴趣的东西, 或者对于我, 寻找能让我感兴趣想报道的东西。在很大程度上, 今年在大厅里闲逛意味着阅读演讲清单或阅读大量新闻稿。如果您想深入了解上一代产品的功能、用途以及与本次 2021

年迭代产品之间的差异, 最好安排一次虚拟演示和与线上采访代表。

许多备受期待的科技设备预计将在 2021 年初展出, 其中大部分将在 CES 上推出。

更多详细的内容, 请[点击阅读原文](#)。



# 工业4.0： 这一步要深思熟虑

I-Connect007为您带来  
西门子Mentor新书  
数字时代先进制造



点击或扫码下载





# 如何审核OEM-EMS组装能力 (第2部分)

by Ray Prasad

Ray Prasad Consultancy Group

正如我在[本专栏文章的第1部分](#)中提到的，过去的20年，OEM向EMS公司外包生产的数量大幅增加，导致了良率的下降。本文第1部分详细总结了评估OEM或EMS公司制造能力的审核流程。第2部分将重点介绍对供应商技术和制造能力的审核。

尽管我将问题分为不同的领域，即技术、制造、质量和RoHS合规性，但还是会有重叠部分。但不论这些问题属于哪一领域，重点是在审核过程中都要涉及。它们旨在帮助生成与外包的产品和计划审核的生产现场相关的问题。

## 制造问题

一些与业务相关的问题都应该审核，旨在确定供应商的财务稳定性、长期生存能力、定价政策和所采用的质量标准等。还应该询问生产线的生产产能，以及有多少百分比的产能可用于所外包的产品，了解现有产能与外包产品是否匹配。本专栏文章不会涉及这些，而将只关注技术领域。

可以先询问该公司目前正在制造的各种产品中使用的元件类型，以及这些产品中的缺陷级别（PPMO和直通率），借此了解组装厂的技术能力概况。

可以要求供应商检查他们目前正在生产的产品中所使用的封装类型及其间距。以下是一



## 电子产品智能制造 将成为明日的必备

[siemens.com/software](https://siemens.com/software)

对于电子制造商来说，实现高质量、一致的表面贴装（SMT）工艺的固有复杂性使得满足多品种、小批量的需求极具挑战。

西门子数字解决方案助您实现电子制造过程的数字化。

### Valor制程准备平台，现在即可试用

对于所有工艺工程设计任务：钢板、SMT、检验、测试和组装文件，可采用单一工具，提高工程设计效率

自动创建设备库数据，并可在SMT生产线间转换产品

创建综合车间工作说明

通过保存制造专门知识提高质量，包括制造最佳方法、库及客户数据准备流程

现在西门子向行业提供免费试用版Valor 制程准备平台——是制造企业测试生产线所有功能的绝佳机会。

Free  
Trial





些实例，但基本理念是了解供应商能处理最大和最小 I/O 数以及最小间距的能力，以确认供应商将要生产的外包产品中的元器件类型：

- 采用的通孔元件类型
- 最小元件（0402、0201 和 1005）
- 带有细间距（间距为 0.4 mm）焊盘的电阻网络
- BTC 元件，如 QFN、DFN、LGA
- 间距为 0.4 mm 和 0.3 mm 的 QFP
- 间距为 0.5 mm 的 CSP/BGA
- 间距小于 0.5 mm 的 CSP/BGA
- 最大 BGA 的 I/O 数
- 叠层封装（PoP）元件
- 其他（请列出）

封装类型及其间距对缺陷水平起着关键作用。正如前几篇专栏文章所介绍的，下面是对不同类型封装可能出现缺陷的简要总结：

- 镀通孔（PTH）：4000 PPM
- 鸥翼形元件：1400 PPM
- 片式元件、BGA、J 形引线元件：约 600 PPM
- 所有类型元件的平均值：1079 PPM

本研究中值得注意的是，通孔元件引起的缺陷水平最高。这点并不奇怪，因为通孔元件最常用的焊接工艺是波峰焊，该工艺有太多的变量需要控制。由于通孔元件不会在短时间内消失，即使它们的数量急剧减少，您或您的供应商可能会考虑对 PTH 元件进行自动选择性焊接，以减少 PTH 元件缺陷。

在同一研究中，作者发现引线的类型及其间距对缺陷水平同样起着重要作用：

- 16 mil 间距（0.4 mm）：13088 PPM
- 20 mil 间距（0.5 mm）：1878 PPM
- 25 mil 间距：950 PPM
- 50 mil 间距：650 PPM

当间距为 0.5 mm 以下时，缺陷水平真的会飞速上升。如果不能避免使用 0.4 mm 间距的元件，切实需要关注供应商的生产能力，以成功地处理超细间距封装的易损引线。换句话说，如果产品含有间距小于 0.5 mm 的元件，那么很少有公司能制造出质量稳定的优质产品。因此，如果需要组装超细间距元件，审核过程必须更加严格。

没有完美的 PCB 表面涂层。所有表面涂层，如 HASL、OSP、ENIG、浸银和浸锡，都各有利弊。多数情况下，组装厂不自己制造 PCB，而向供应商订购。作为交钥匙供应商的组装厂负责选择其 PCB 供应商。另一方面，如果指定表面涂层，则应向 PCB 供应商提出相同的问题。

以下是 4 个关于产品不同表面涂层问题的实例：

**1.ENIG 表面涂层：**是否发生过黑盘问题？怎么解决的？很少有供应商愿意承认这个问题，但黑盘是 ENIG 的潜在问题，应该仔细询问。

**2. 浸银：**是否发生过微空洞？如果是，是如何解决的？

**3. OSP：**在混合组件波峰焊工艺中，是否发生过 BGA 焊球掉落或导通孔填充问题？是否必须使用活性更强的助焊剂或氮气来实现 100% 的导通孔填充？即使只要求 75% 的导通孔填充，如果总是只能达到 75% 的最小值，是不可接受。

**4.HASL：**由于这种表面涂层的固有问题是表面涂层不均匀，因此确实值得询问供应商是否可成功地将 HASL 用于 BTC、BGA 或细间距封装。很少有人能坦率地说，这就是当初不使用 HASL 的原因。之前主要的表面涂层是 HASL。除了使用 HASL 难获得均匀的焊料涂层外，板翘曲也可能是 HASL 的问题之一。对于大多数使用更细间距元件、BGA 及 BTC 的公司，HASL 确实不是好的选择。

由于可用性限制，许多工厂必须在同一块板上同时使用铅锡元件和无铅元件。这类组件分为向前兼容或向后兼容方案。关键问题是选择适当的回流焊峰值温度，因为锡铅元件和无铅元件峰值回流温度不同才能进行适当的回流焊。

关键问题如下：

- 组装厂如何处理同一块电路板上的铅锡 BGA 和无铅 BGA？
- 在不影响无铅 BGA 的适当回流焊情况下，采用什么峰值温度来防止锡铅 BGA/QFP 过热？
- 当多数元件是锡铅元件，BGA 是无铅元件时，采用什么再流焊峰值温度及 TAL？
- 供应商是否知道 TAL 和真实 TAL 之间的区别？(TAL 是指液相线以上时间，真正的 TAL 是所有被监控的元件都能达到那个温度的时间。当测量 BGA 的温度，特别是 BGA 内部焊料球和外 BGA 球的温度时，差别会很大。)

湿敏元件的操作和控制以及对其暴露时间的跟踪是另一个值得深入探究的问题，因为很少有公司能够正确操作：

- 防止湿敏 BGA 烘烤（暴露时间到期）的操作程序是什么？
- 湿敏元件可烘烤多少次（某些 MSL 级别只允许烘烤一次）？

在短时间的审核过程中，很难发现公司缺陷的严重程度。但是，找出过去 6 个月桥接与开路的比率，可以对可能出现的现场失效程度有很好的了解。短路比开路多 6 倍是好迹象，因为短路逃过任何检查或测试的可能性几乎为零。另一方面，开路很容易逃脱检查和测试，现场失效很快会发生。如果很难找到能满足这些标准的供应商，不要感到惊讶，如果发现一家供应商的短路比开路多，反而要惊喜了。

询问产品上使用的测试策略（ICT、飞针、功能等）也很重要，尤其是当你看到车间地板上有一大堆报废产品时。在不使用 ICT 且缺陷率高的工厂，报废品很常见。

## 技术问题

工厂使用的设备类型很重要。但是拥有详细和正式的设计和工艺文件以及对操作员、技术人员和工程师的广泛培训计划是公司强大的 SMT 基础设施的关键要素。应该询问在制造工艺开发和生产车间工作的工程师数量，以及他们的资历。这些问题的宗旨是评估他们对技术的了解情况。

例如，应该询问焊膏的特性（成分、金属含量、颗粒大小范围等），以确定选择这些焊膏的原因：

- 采用什么焊料涂布方法（模板或丝网）？
- 为什么选择这种方法？





- 锡膏沉积厚度是多少？
- 如果在同一块板上使用细间距元件，厚度要求是否会发生变化？
- 在具有标准表面贴装和细间距元件的电路板上，采用什么方法涂布焊膏（不同的模板厚度与模板孔径的微调）？
- 是否深入研究了每种方法？
- 是否在细间距元件的脚趾部形成了适当的填充，而标准部件中未形成充足的填充？
- 采用的回流焊方法（气相、红外、对流或任意组合）？
- 电路板表面和焊点的典型加热曲线是什么？
- 是否为每个电路板设定了特有的加热曲线？
- 热电偶连接方式和位置？
- 是否连接在表面或焊点上？
- PCB 是否钻孔以将热电偶连接到外层和内层的 BGA 焊料球上？
- 如果没有，如何知道 BGA 焊料球是否真的已回流？
- 是否对回流焊工艺进行了制造良率比较？

在开发温度曲线时，BGA 需要的温度曲线（较短的浸润时间）和 BTC 需要的温度曲线（较长的浸润时间）之间存在固有的冲突。当一块电路板上同时有这两种元件时（很可能会出现的情况），供应商会怎么做？为电子组件开发回流焊温度曲线，就像为在同一个烤箱中以相同的温度烘烤火鸡、鸡肉和虾而计算时间和温度（烘烤曲线），不会使火鸡未熟或使虾被烤焦。

- 问题应集中在评估人员解决复杂技术时的固有技术能力：
- 采用什么清洁方法和溶剂？
- 如何监控产品的清洁度？
- 采用哪种维修 / 返工设备？
- 返修每种类型表面贴装元件的加热曲线？

对于新技术如 BTC、BGA 和超细间距封装（如果您的产品现在或将来需要采用这些技术），为了确定公司是否有经验或具有开发新技术能力的计划，应该详细询问与该技术相关的问题。例如：

- 是否计划在 BTC 中实现脚趾 / 侧面焊料填充，如果有，如何实现？

- 如何确保获得足够的焊膏厚度，以防止潜在开路同时不会产生过多的空洞？
- 如何防止焊膏滴入散热盘内的导通孔中？
- 怎么看待 PBGA 的主要问题，与 PQFP 相比，有什么相似与不同之处？
- 是否经历过枕头效应（HIP）？
- 如果你在竭尽全力来处理焊膏高度、回流焊曲线，你认为元件供应商是否应对 HIP 负责？
- 你更喜欢铜界定的焊盘还是阻焊膜界定的焊盘，为什么？
- 有些公司将阻焊膜喷涂到焊盘边缘，且间隙为零？对这些公司的处理方法有何看法？
- 您更喜欢通孔式焊盘内设计还是泪滴焊盘式设计？为什么？
- 是否对不同间距、焊盘尺寸、线宽 / 线距等的 PCB 布线及其对层数的影响进行了评估？
- 是否试验过不同的焊盘尺寸及其对工艺良率的影响？

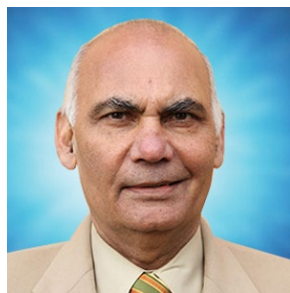
## 结论

本文问题背后的理念是确定公司是否进行了广泛的工艺评估，以及他们是否了解关键材料和工艺变量对产品质量和可靠性的重要性。如果公司中有人了解这些问题，或者他们只是

在遵循元件和材料供应商的建议，那么在访问期间很短的时间内就会得知具体情况。你知道有多少个元件或材料供应商在制造 PCB？其建议的有效性如何？

在此强调，这些问题的目的并不是向公司说明流程，而是评估他们的理解力和能力。应该把重点放在终端需求上。让组装厂考虑如何最好地满足这些需求。你只是想确定他们是否能满足你的要求。

下一篇专栏文章将介绍质量和 RoHS 合规性问题。PCB007CN



**Ray Prasad** 担任 Ray Prasad 咨询集团的总裁，也是教科书《表面贴装技术：原理与实践》的作者。Prasad 还是 IPC 名人堂（电子行业的最高荣誉）的入选者，在 SMT 领域拥有数十年的经验，包括他在波音和英特尔担任实施 SMT 的领导角色，帮助全球的 OEM 和 EMS 客户建立强大的 SMT 基础设施，并开设 SMT 专业课程。可通过邮箱 [smtsolver@rayprasasd.com](mailto:smtsolver@rayprasasd.com) 与他联系。他将于 10 月开办最新 SMT 课程，可通过 ZOOM 应用程序远程上课。更多详情可访问 [www.rayprasad.com](http://www.rayprasad.com)。如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。





# PCBA没有焊料 是否可以继续前行？

by Joe Fjelstad  
Verdant Electronics

焊料是一种奇妙的材料，用于在相对较低的温度下将金属部件连接在一起。据考证，大约 4000 年前英国发现了锡，首次使用其作为焊料，用于连接金属（主要用于装饰和一些简单的工具）。随着工业文明的不断发展，基本金属及简单合金越来越实用，焊料被广泛应用于水管连接、汽车散热器密封，以及彩色玻璃制造等领域。然而，在上个世纪的大部分时间里，其主要作用是连接电气和电子组成部分，从简单的连接导线到当今最先进的芯片和芯片封装。

对于其在电子产品中的大多数用途而言，选择的焊料合金是锡铅，包括 Sn60/Pb40 合金或 Sn63/Pb37 锡铅共晶合金。

这两种合金是行业的主力军，其可加工性和可靠性都得到了认可，直到 2006 年欧盟以环保为由，强制推行无铅焊料为止。但其转变的推行过程考虑不周，导致执行力较差。

尽管无铅焊料解决方案的供应商声称技术已经很成熟，但实际效果并不

好。在推出首批高温 SAC 无铅合金之后，行业迅速发现生产线和产品的脆弱性。至今为止行业已经花费了 1000 多亿美元来寻找经过实验测试能可靠代替锡铅合金的产品。

令人沮丧的是，强制推行无铅转化时，对人类健康造成风险的公开理由可能被过分夸大了。东南亚地区确实有人遭受到了电子焊料中铅的伤害，但其来源是投机商的卑鄙行为，在那里倾倒电子垃圾且不向当地人提供培训和安全工具。简而言之，无铅转化有点小题大

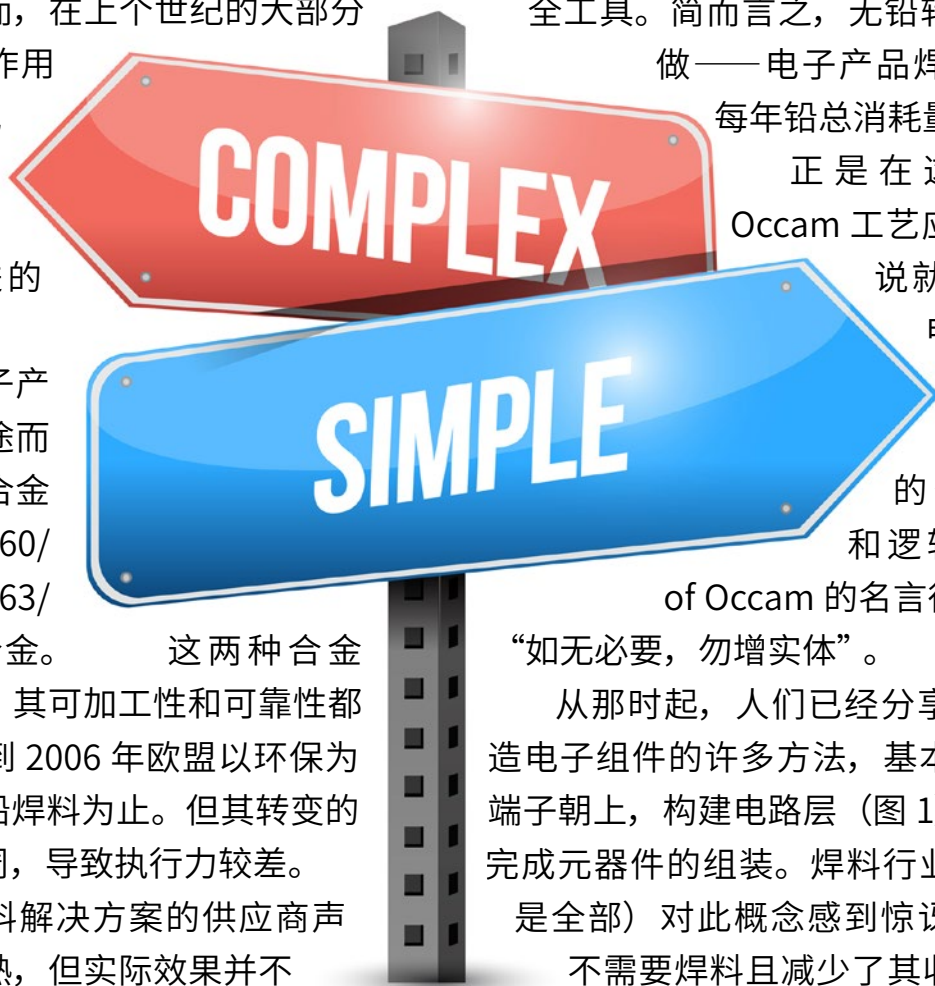
做——电子产品焊料中的铅仅占每年铅总消耗量的 0.5%。

正是在这种环境下，Occam 工艺应运而生。简单说就是提出在生产电子组件过程中不使用焊料的方法。14 世纪的修士、哲学家和逻辑学家 William

of Occam 的名言很有启发性——

“如无必要，勿增实体”。

从那时起，人们已经分享了不用焊料制造电子组件的许多方法，基本思路是使元件端子朝上，构建电路层（图 1），无需焊料，完成元器件的组装。焊料行业的一些人（不是全部）对此概念感到惊讶，他们显然对不需要焊料且减少了其收入的解决方案

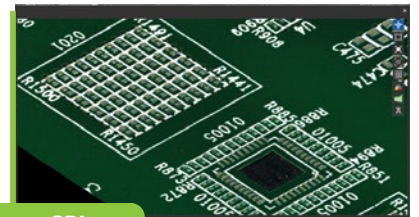


# 历经挑战，处变不惊

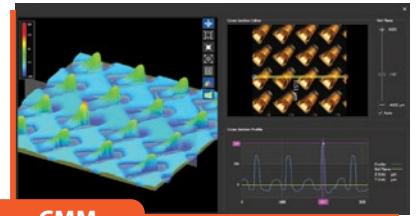
终极多工艺检测系统，  
具有极高的速度，准确性和易用性。



AOI



SPI



CMM

## SQ3000™ 多功能一体机解决方案

搭载强大工具，涵盖AOI、SPI和CMM的检验与测量。

快速、高精度、可复验和可重复测量，适用于各种产品（如PCB，半导体和消费电子产品）制造中的计量应用。

SQ3000™ 采用革命性的多反射抑制（MRS）技术，通过识别和抑制由反光组件引起的反射，提供无与伦比的精确度。有效抑制多次反射对于精确测量至关重要，使MRS成为各种应用（包括质量要求非常高的应用）的理想技术解决方案。

**CYBEROPTICS®**

[www.cyberoptics.com](http://www.cyberoptics.com)

Copyright © 2019. CyberOptics Corporation, Inc. All rights reserved.



不感兴趣。

由于不需要焊接，因此将铝用作基板是可行的，可以用聚合物代替电泳涂层的阳极氧化步骤也是可选的。两者均能提供非常均匀的表面涂层。需要注意：作为金属，铝的尺寸稳定性是高度可测的，它的热膨胀系数与铜的热膨胀系数接近，是极佳的导热体。

自从无铅产品推出以来已有 12 年了，完美的无铅焊料解决方案并未越来越完善。2003 年，美国国家标准与技术研究所（NIST）和科罗拉多矿业学院联合发布了《新无铅焊料焊料特性数据库》，对大约 50 种不同的无铅合金进行了鉴定和分析，在建议或正在使用的大量无铅焊料合金中尚未发现一种可靠的无铅焊料。再加上回流焊和焊膏使用的无数种不同的助焊剂（清洗助焊剂和免洗助焊剂），很明显，缩小至单个解决方案的范围对于工艺开发人员来说是一项艰巨的任务。到目前为止，行业还没有出现完美的解决方案。考虑到这一点，本

研究认为，如果可以绕开焊料，在简化设计、降低成本、性能和可靠性方面都将获得显著的优势。下面就这四个方面进行简短的讨论。

## 设计简化

先进的电子产品设计一般都会采用到可用芯片，通常这些芯片只具有某一种功能，要使芯片发挥功能必须将一切连接起来，所有端子都必须接触并附着到载板的导体金属图形上。此外，未采用的端子会浪费基板面，成为布线障碍。当前模式的结果之一是通过多种不同的封装模式、外形、高度、引线间距和端子表面涂层来选择封装功能，这些选择（除了高度）通常都很困难，因为设计师和设计软件试图找到可能最好的布线方案，然后处理并解决早期不可避免影响信号完整性的电气电子问题。

Occam 概念提出组件上的所有器件都有一个共同的基本引线间距，可根据需要减少间距以达到目标（图 2）。这包括从分立器件到

## Occam基本工艺步骤

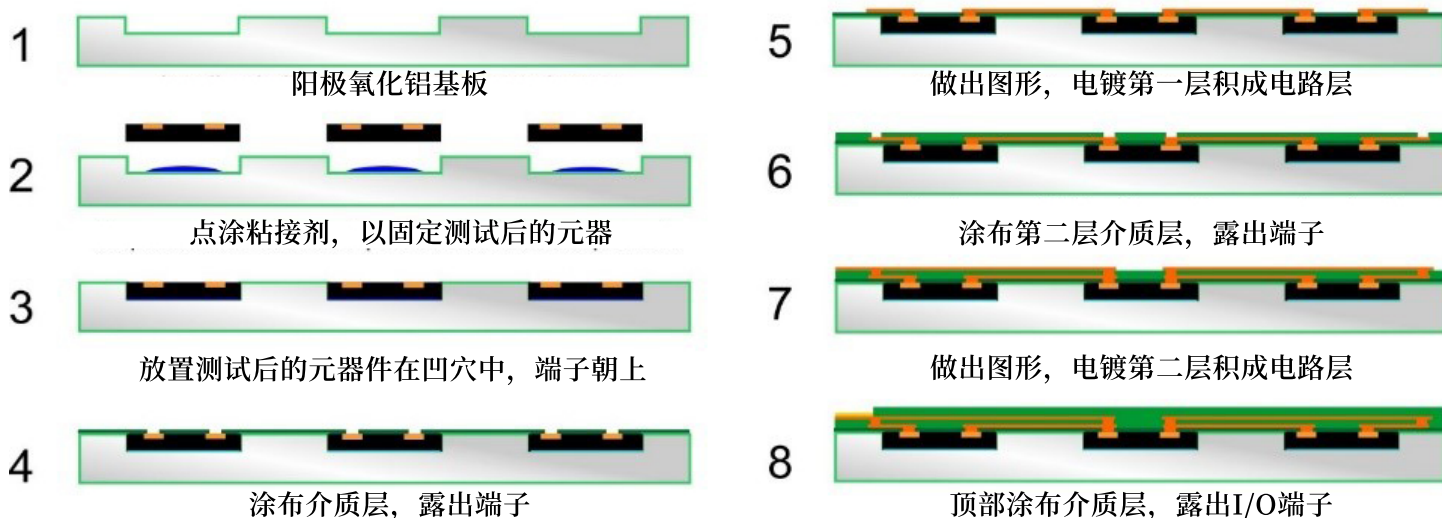


图 1：单面组件的基本 Occam 工艺步骤（也可以进行双面组装）

CPU。这种简单的规范可以极大地缓解布线难题，并大大减少重新设计的次数、布线层数以及组件的整体尺寸。两种采用相同数量元器件的设计方法，图 3 中显示的是两种结果对比。采用后一种设计方法时所有元器件的间距均为 0.5 mm。

在电子产品制造的早期，几乎所有元器件的引线间距都为 0.1 英寸，因此基于栅格的布线很普遍。但是，对于连续几代的元器件端子，表面贴装技术遵循了“80% 规则”，从而失去了之前设计师所享有的优势。如果他们改为选择基本栅格间距并减小栅格以达到目标，那么今天所有设计都会更加简单。

关于该主题，今后的文章会进行更多的讨论，包括对基于栅格布线与基于形状布线的讨论。所有信息应提供对优势的基本认识和理解。

## 成本

成本分析中需要考虑许多因素。主要因素是材料和人工，但是有许多隐性因素会导致成本增加（检查、测试、返工维修、机器维护等）。当制造过程消除焊料时，与它们相关的各种制程步骤被省略，耗材、工具和夹具也将随之取消。根据物料清单（BOM）的不同，成本节省可能达到 5%~35%，甚至更高。

当不使用焊料时，也就无需使用 PCB，随着选项列表的极大扩展，所需的材料可能会更便宜，性能可能更高，组件可以做得更小，所需的层数更少（图 2）。如果客观思考，把潜在的范围都考虑进去，那么可以节省大量的能

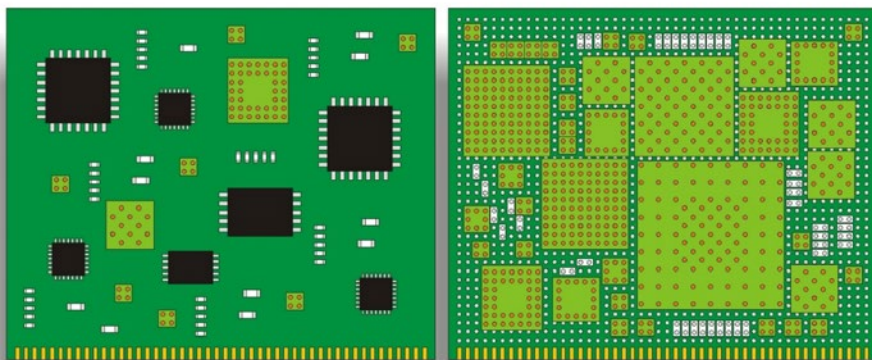


图 2：多种走线间距和端子设计（L）使得设计效率降低，为了适应不均匀性，浪费了更多的空间和层。相反，所有端子放在预先确定的电路，极大地简化了布线设计。注意：给出的基本栅格图形仅用于说明。

源、人工等。

## 性能

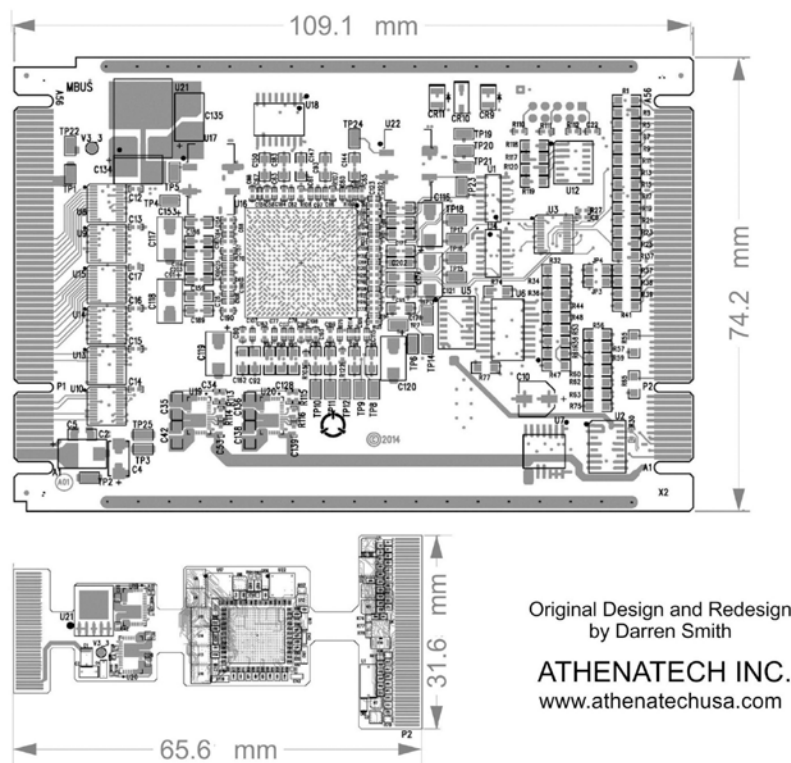
衡量性能的方式多种多样。潜在的性能提升源于一些有助于降低成本的相同因素。投资了数百万美元用于创建可承受与无铅焊接相关的高温材料。当不需要高温时，潜在可用材料的列表将显著扩展。

提高电子产品性能的一种方法是将元器件彼此放置得更近或不使用焊料，大多数电子组装指南对元器件放置都有严格的规定，以确保组装后可以更有效地清洗组件，并在无法承受组装过程高温的情况下为元器件的拆卸和更换留出空间。当不使用焊料时，元器件可以放置得更近。因此，信号传输时间可以大大减少，进而可减少在组件上传输信号所需的能量。

附带说明一下，在高引脚数 BGA 上看到的数百个 I/O，其中多达 80% 专用于供电和接地，帮助将芯片信号从一侧传递到另一侧。同样，还有与设计效率和操作有关的潜在优势。当你完全熟悉该概念时，将获得很多优势。



Occam Design Advantage Demonstration



详细对比总结

设计特征值	原有设计	Occam重新设计	Occam优势
电路板面积	11900 mm <sup>2</sup>	3400 mm <sup>2</sup>	为原有设计的28%
元器件间距	2.54mm、1.25mm、1.0 mm、0.8mm、0.65mm	0.5 mm	减小5倍
最小线宽/线距	100 μm / 200 μm	50 μm / 50μm	为原有设计的50%
焊盘尺寸与端子目标	众多	100 μm	单个值
标称导通孔焊盘尺寸	610 μm	100 μm	为原有设计的16%
标称导通孔尺寸	305 μm	50 μm	为原有设计的16%
层数	12	6	为原有设计的50%
电路结构	刚性FR4 PCB	刚挠结合电路	可折叠的电路

图 3：Occam 概念在设计执行和提升简易性方面有着明显的优势。Athena Tech 公司的 Darren Smith 设计了两个组件，完成了两种设计之间的比较。其中元器件数量和类型都相同，但是对于此类“想法实验”演示,Occam 设计仅使用经过全面测试的元器件，以使这些元器件的所有端子均位于 0.5mm 间距的格栅上。表中的数据说明了一切。

可靠性

在不同的词典中，可靠性有不同的定义，但是以下定义似乎特别适合目前的讨论——装置、设备和系统按需执行其预定要求的功能或任务，且不会降级或出现故障的能力。像质量一样，它在某种程度上是可替代的，具体要求因产品而异。比如儿童玩具的可靠性与植入式心脏起搏器的可靠性含义不同。

在电子产品中，有很多情况可能会出错，但是当出现故障时，无论是在组装中还是在现场，故障很可能追溯到焊料或高温焊接过程中。如前所述，电子行业一直在追求完美的材料和工艺组合，以确保电子产品在其整个寿命期间的首次合格率都达到100%，但没有成功。

材料和工艺无疑越来越完善，但问题依然存在。查询几乎所有电子行业期刊目录和广告，你会发现其中很大一部分内容都与焊料、助焊剂、焊接设备、焊接工艺改进、故障识别、检测和避免、以及返工和维修相关。有这么多步骤和问题的复杂过程如何被认定是真正可靠的呢?相反，当从工艺中去除焊料时，

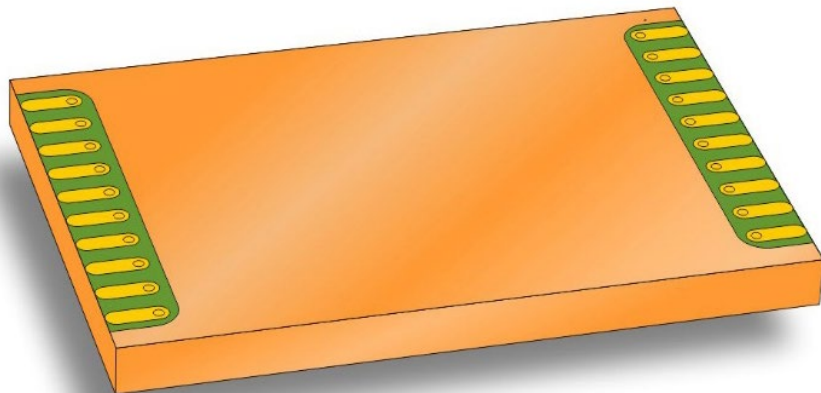


图 4：Occam 组装可为完成的组件提供整体式全金属护壳（不包括 I/O 功能），提供几乎完全的气密保护以及抗 EMI 和 ESD 性。

事情可能会变得简单得多，并且绕过了导致电子设备发生故障的主要原因。

现在考虑以下方面：经过完全测试和老化测试的元器件，其端子有共同的引线间距的组件被黏合到铝基板上（与铜和工程元器件的 CTE 接近）并封装在结构中，电路和铜导通孔互连全部在上表面（图 1）。冲击、振动和跌落测试可靠性问题在很大程度上消失了。谁见过电路从电路板表面掉下来？

完成制造后，可以用金属镀覆该组件（不包括连接到外部所需的 I/O），从而使该组件几乎密封，并且不受 ESD 和 EMI 的影响（图 4），还提供了额外的散热功能。

## 总结

描述的与目前正在做的不同，但并不是不可能。基础结构、材料和过程已经有了。但缺少尝试新方法的意愿。总是要问两个问题：“如何测试？”和“如何返工和维修？”这两个问题的答案基本相同，也许苏格拉底方法是最好地回答，就是反过来问这两个问题：“为什么需

要测试？”和“为什么需要返工和维修？”

测试在过程开发中很重要，但是理想情况下，如不能提供任何价值，那在生产中就不需要，返工和维修也是如此。如果制造方法正确、处理过程正确，则不需要这些步骤。换句话说，先做正确的事，然后再正确地做事。可以好好想想这个问题。

总之，Occam 组装为那些以焊料及焊接作为主要方式的人们提供了希望。焊料将在可预见的未来仍会应运很长时间，就如同传统的封装——古老的双列直插式封装（DIP）今天仍在使用一样，每项成熟的技术都有飞轮效应。到今天为止，马车依然存在。还有许多方法可以使焊料继续在高级电子产品的制造和封装的构造中发挥作用，就像目前将其用于创建 2D 和 3D 模块一样，将来很可能会适合于无焊料组装。这只是选择和意愿的问题。PCB007CN

*“只有那些冒险走远的人才可能发现，一个人可以走多远。”T. S. Eliot*



Joe Fjelstad 是 Verdant Electronics 公司的创始人兼首席执行官，是电子互连和封装技术领域的国际权威和创新者，拥有 185 多项已发布或正在申

请的专利。





# 一次即通过的完美 PCB 设计

by Chris Young  
The Goebel Company

PCB 设计远比向终点冲刺复杂，它更像是做好充分准备的冒险之旅。根据《Lifecycle Insights》发布的研究数据，平均每个 PCB 设计项目需要 2.9 次设计返工。每次设计返工就会花费几万乃至几百万美元！

身为一名工程师，同时又是一家公司的老板，我觉得设计返工很让人受挫，我宁愿把时间和成本都用来发现科学原理、提升技术以及解决问题。我并不推崇完美主义，而是提倡勇于冒险，有时我确实能体会到不用设计返工的 PCB 具有多种优势。所以我想和同样有冒险精神的你们聊聊那些让 PCB 设计返工的因素——仿真、技术审查和对 PCB 设计的兴趣。

我很喜欢的一句话是：“及时做好仿真工作，特别是组装生产线的仿真，能节省一大笔成本。”这句话是真理，因为电路仿真可以指导设计师做出正确的决策并避免造成严重成本损失。我的一位客户就在二次应用设计过程中出现失误，而这种小问题本可以通过简单的仿真就能发现。他们在之前的设计中使用了一种简单的 NPN 晶体管驱动 12V 继电器，于是决定把这种电路设计应用到新的 5V 继电器设计中。新产品通过了认证测试，监管机构锁定结构控制中的所有设计文件。

测试中，第一批组装立刻出现了失效——比监管机构允许的最多失效数量多很多。在 12V 设计中运行良好的晶体管并不适用于新的 5V 设计。作为根本原因分析的一部分，简单

的仿真电路模拟器 (SPICE) 仿真明确显示晶体管没有获得足够直流增益来驱动 5V 继电器。最终需要设计返工来解决这一问题。而解决此问题的成本高达几百万美金, 交付时间也延迟了 6 个月。

很多时候, 造成设计返工仅因为简单的设计错误, 而不是复杂的多变量问题。该案例可吸取的教训就是, 模拟设计能减少因简单过失或错误假设导致的设计返工风险。

同行审查是个很好的方式, 但由领域专家 (SME) 进行的审查更有效。在我刚工作的初期, 就因为只有同行审查了我的设计而犯了大错。当时我要重新设计一个飞机用监控系统的数字处理器 /IO 控制电路板。RF 发射机的控制信号是 TTL (5V), 我要做的就是将发射机接到 LVTTTL (3.3 V) FPGA 上。我原本以为很简单, 只需使用一个 3.3V 转 5V 的转换缓冲器即可。负责审查初期设计的同事也认为我恰当地实施了这个简单方案。但在系统集成期间, 工程师注意到系统通电之后, 会发出大功率 RF 脉冲。

我之前并不了解到底发生了什么情况, 在和电源专家沟通后才了解了真正原因。他看到我的原理图之后, 立刻就发现了问题, 告诉我 3.3V 和 5V 电源不能串联在一起, 5V 电源的传输速度比 3.3V 电源的传输速度快好几毫秒。

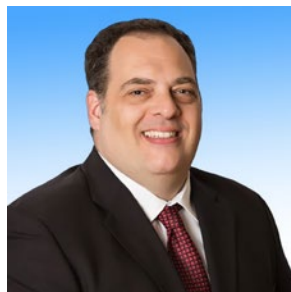
当 5V 启动了而 3.3V 又关闭了的同时 (~0V), 那么 5V 发射机从转换缓冲器中接收到的控制信号就会要求发射机以全功率传输信号。于是设计师不得不重新设计系统中的处理器 /IO 控制和电源电路板。如果在审查设计的过程中我能向我们的电源专家咨询意见, 就可以避免设计返工。这个案例的教训是: 在审查设计时一定要征求领域专家的意见, 他们能提供宝贵的知识和见解, 帮助你避免很多麻烦。

设计返工不一定是必然。如果你很喜欢 PCB 设计工作, 那么一定要花时间提升自己, 变得真正擅长这份工作。如果对 PCB 设计感兴趣, 你就能在遇到复杂的设计难题时百折不挠, 而这又是你提升设计技能的强大动力。

检验你对 PCB 设计到底有多大兴趣, 最有效的方式就是看看你愿意花多少闲暇时间来研究设计。你会不会在脑海中构想 PCB 设计, 或者在家里亲自动手验证自己的设计?

如果你会这样做, 那我建议你拉上同样对此也很感兴趣的同伴, 包括整个 PCB 设计领域内各个方面的专家。和这些同样对 PCB 设计也很感兴趣的人互动交流, 能帮你提升自己的能力。在印制电路工程协会 (Printed Circuit Engineering Association, 简称 PCEA) 就能找到这样志同道合的人。协作、鼓励和教育是 PCEA 的核心价值观, 这三大价值观均源自创办成员对 PCB 设计的专业知识和浓厚兴趣。正是我自己对 PCB 设计的浓厚兴趣, 再加上志趣相投的同行和朋友给予了我无限鼓励, 我才有勇气在本文中分享我的想法和经验。

谨记: 及时做好仿真能节省一大笔成本, 并且一定要在审核设计时寻求领域专家的意见。这种做法能帮助公司节省几百万美元的开支, 也能避免产品上市时间被延误。PCB007CN



**Chris Young** 担任 The Goebel Company 公司首席硬件工程师, 也是 Young Engineering Services 公司的所有人兼首席工程师。





# 电子系统设计转型

by David Wiens

Siemens Digital Industries Software

电子系统公司迫切需要克服产品、组织结构和工艺复杂性三大设计挑战，而这一需求正在驱动电子行业进入数字转型新时代。

公司致力于创造满足当下甚至是未来需求的产品，必须不断缩短设计和生产时间，在前所未有的创新速度压力下，将电气、机械和软件设计结合在一起，导致这三大挑战变得比以往任何时候都要更大。

公司再也无法继续采用旧的方法生产，比如构建多个样品并通过几个测试迭代来完成设计审核。事实上，传统依赖于制作样品的方法会导致生产延误，增加开发费用，降低产品质量。

LifeCycle Insights 最新研究表明，58% 的

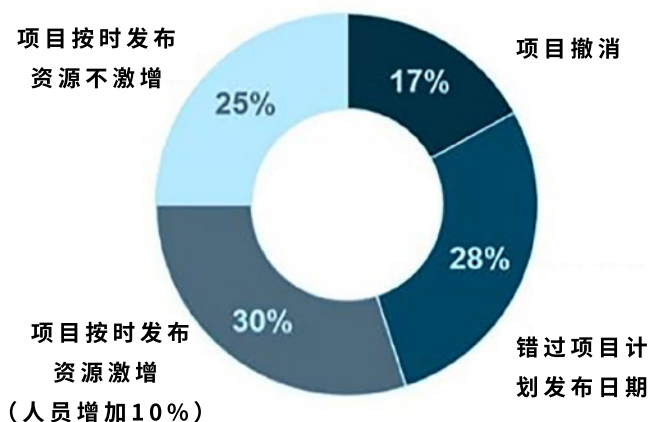


图 1：58% 的新产品设计项目会产生意想不到的额外成本或延迟发布  
(来源：LifeCycle Insights)

新产品设计项目都会产生意想不到的额外成本及时间延迟。只有 1/4 的项目能按时按预算完成。为了满足进度要求，工程团队通常会预留



# 将PCB设计转化为 PCB产品的工具集合



可视

用制造数据生成  
最终成品的3D仿真



校验

确保生产PCB用  
的制造数据准确



分板

通过最大化面板使用率  
使PCB制造与组装的  
成本降到最低



文档

快速简单地定义PCB的  
尺寸、安装和功能信息



**CAM350®**

校验与优化您的PCB设计  
确保成品制造万无一失



**Blueprint-PCB®**

生成制版、组装、检测  
所需的一系列详细文档



800-535-3226 | [downstreamtech.com](http://downstreamtech.com)

©2009 DownStream Technologies, Inc. All rights reserved.

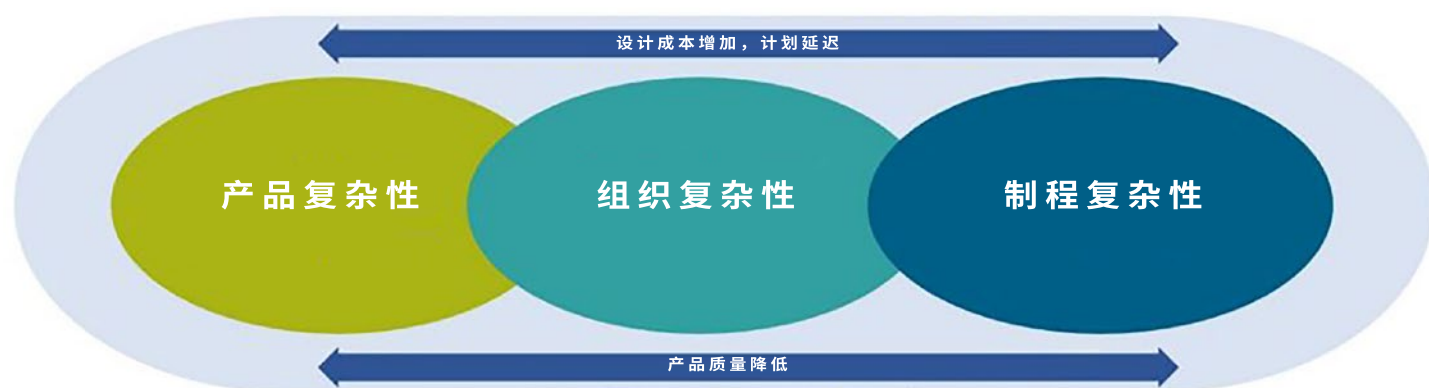


图 2：产品、组织、制程复杂性导致成本增加、设计质量降低、计划延迟

出 3 至 4 次修改设计的时间和成本。

## 三大复杂性

随着高性能集成电路、更快的 DDR 内存和 SerDes 总线的出现，产品的复杂性显著增加。例如，在多板设计上运行信号和电源完整性分析可能非常困难，多板系统在板之间、板与机械外壳之间的连接要求非常难。即使采用最新一代 FPGA 和 DDR 内存的简单设计也需要信号和电源完整性分析。

与此同时，生产进度压力还非常大，人们的期望是在第一次就把产品做好，所以工程团队必须快速正确地完成分析。PCB 和外壳之间的公差更为严格，高阶制造技术如刚挠结合板、HDI 和埋元件的引入，减少电子外形因素的驱动力都推动了产品的复杂程度。

随着大型团队的专业化，组织结构变得越来越复杂，需要利用分布在不同地点的团队开发单个产品。这些不同的设计团队通常独立或孤立地运作，且衔接点界定不明确。采用无法在规程之间无缝共享数据的设计工具，常常导致在设计后期或在生产出实际样品之后才能发现问题。

产品和组织结构的复杂性也使产品从概念

到架构分解，再到电子、机械、软件，最后是制造的所有多个并行领域的整个开发流程核心过程复杂化。设计不仅需要满足所有功能的需求，而且与硬件接口的软件也必须正常运行。此外，所有产品必须满足其预期操作环境和可制造性的严格指南，在许多行业，产品还必须满足一系列复杂的监管标准。

## 应对复杂性

为了应对这些复杂性，需要一种数字转型策略来解决效率低问题，优化电子和多领域系统设计和验证。通过实施这种数字转型，公司将可打破团队之间的障碍，去除实际样品生产环节，管理整个企业的 IP。

成功的下一代设计平台必须支持集成、共享数据和智能改进。贯穿设计过程和规程的集成优化了资源，减少开发时间和成本。共享特定于具体环境的设计数据减少了因数据精确性导致的重新设计，因此减少了设计周期、降低了成本。智能改进提供了可操作的信息和反馈闭环，通过指标驱动的规定性分析可为成本和资源管理决策提供信息。

反过来，要实现产品差异化、盈利能力及在市场上击败竞争对手的这三个关键目标，需

要 5 种转型能力。

## 多领域数字化集成优化设计

数字集成、优化的多领域设计建立了跨多个领域的数字集成解决方案，以减少人工干预，促进协作，并提高跨学科的透明度。在创建领域之间的数字线程时，建立了从一个领域到另一个领域的可跟踪性和交互性。这种数字化集成的环境能够使所有工程团队实现高效、安全、并行的设计，无论团队个体是在同一个站点工作还是在世界各地工作。

设计和制造之间的数字线程能够使设计团队和制造团队之间经常发生的重复设计最少化。设计和制造之间的集成对于按时生产高质量、低成本的产品至关重要。数字集成解决方案使团队能够优化与项目相关的成本，加快设计时间，管理数据完整性，提高产品质量。

## 基于模型的系统工程 (MBSE)

从产品需求到制造的基于模型的系统工程方法有助于工程团队解决整个系统设计所带来的大量复杂及具有挑战性的任务。它允许团队成员在设计流程的早期单独查看整个系统和该

系统的模型部件，不管是电子、电气、机械，还是软件部分，均可查看。

通过基于模型的系统视角来观察整个系统，团队不仅可以在设计周期的早期查看电气和功能的权衡，还可以考虑基于重量、成本甚至可用元件等因素的产品权衡。通过 MBSE 技术，可以在每个领域之间的设计早期就建立接口。这样，每个领域中的实施就可以与其他领域隔离开来。这样工程团队可并行工作，并且提供了整个产品早期视图。

## 数字样品驱动验证

通过将验证集成到多电路板电子设计过程中，在实际样品之前，工程团队就可以通过数字样品驱动、左移验证和跨领域建模来顺利实施整个设计并提高设计质量。在设计流程中使用自动化的、集成的工具将验证左移，缩短了产品生产进度，增加了按时发布产品的可能性。通过在设计过程中及早发现问题、最小化设计迭代和重复制造，可以节省成本和时间。

因为左移验证策略提供了有效的、早期的故障检测，所以可以更低成本修改、修复，以及权衡比较功能、电气、热管理和可制造



图 3：团队可通过将验证集成于设计过程中，更早发现更多的错误



性时，就有可能对其进行评估。它还支持跨领域数字建模和仿真，无需等待实际样品生产的完成。相反，数字样品可推动验证。利用此评估备选方案的能力，整个系统的成本可大大降低。

## 容量、性能、生产力和效率

无论设计多复杂，过程自动化、抽象化、再利用和可扩展的工具产能，都能维持工程生产力和过程效率，因此设计和过程复杂性不会阻碍产品的开发进程。下一代系统设计平台必须提供可扩展性，以便根据用户组织的规模、挑战和设计团队的专业知识进行调整。

设计平台必须能够预测及可靠地管理复杂的设计，例如，非常多的管脚、网络、规则和约束，且必须提供交互和自动化的性能，而无需考虑设计规模、复杂性或产能。从原理图到布局，甚至是验证的整个过程中几个

关键步骤的自动化，使设计师能够更高效地工作，同时确保他们仍能够掌控设计。

## 供应商信誉和实力

为了促进数字化转型战略的成功实施，企业需要由全球供应商支持的 EDA 工具，这类供应商可以开发、增强和支持下一代设计平台。在选择下一代系统设计平台时，自然倾向于关注解决方案及其背后的支撑技术。

但同时也应该审查软件工具供应商的资质，他们是否有能力成为商业合作伙伴，可以为公司的成功作出贡献？PCB007CN



David Wiens 是 Siemens Digital Industries Software 公司的产品市场经理。

## 欢迎参加2021 IPC APEX EXPO线上展会



IPC APEX EXPO 展会将于 2021 年 3 月 8 日至 12 日在线上举办。IPC 一如继往地期待每年举办的 IPCAPEX EXPO 展会，2021 年也不例外。它是行业的标志性活动，过去 20 多年来我们一直致力于为与会者提供他们所期待的前沿技术内容和交流机会。今年，我们将在数字平台上实现这一目标。

无论是线下展会还是线上展会，IPC 的目标都是通过提供深远的洞察力和理念，保持 IPC APEX EXPO 作为电子行业首要事件的地位。提供最重要的行业交流活动是我们面临的挑战，也是发展的机会。虽然 IPC 为通过线下活动向与会者提供的交流体验而感到自豪，但我们相信线上活动同样可以使我们实现相同的目标：为观众提供相互

交流、获取新知识的重要机会。

更多详细的内容，请[点击阅读原文](#)。

# HDI手册 免费下载



我们广受欢迎的HDI中文版手册是您电子藏书库中不可或缺的一本。

HDI手册由行业专家撰写，他们是HDI的奠基人与开拓者，其中就有HDI教父 Happy Holden。

现在注册，免费下载该书 @  
[www.hdihandbook.cn](http://www.hdihandbook.cn)



# Lee Ritchey 谈： 如何减少设计返工

by the I-Connect007 Editorial Team

I-Connect007 编辑团队近期采访了 Lee Ritchey，探讨了如何围绕 DFM 进行持续改善，特别提到了哪怕让重新设计的次数减少一次，也能带来的诸多益处。Lee 是《一次即成：高速 PCB 和系统设计实用手册》一书的联合作者之一，长期担任导师，用数十年的时间致力于挖掘 DFM 方法的价值。于是我们与他一起讨论，如为什么诸多 OEM 愿意接受每个设计项目都可经历多次设计返工，以及设计师可以采取哪些行动保证设计一次成功。他还分享了自己早期在硅谷从业时学习的减少设计返工的课程。

**Andy Shaughnessy :** 2021 年应成为持续改善的一年，我们一直在讨论并且还提出了想法——如果每个环节都减少到一次，并且以此为目标，会怎么样？有了想法后我们首先想到了你的那本“一次即成”。很多公司的项目预算中一直保留了设计返工的费用，但他们是否计算了返工浪费的时间成本？

**Ritchey :** 我恰好对这个话题略知一二，可以分享一些故事，其中一些甚至可以说是令人震惊的！设计返工的次数哪怕只比竞争对手少一次，就能率先上市。这一直以来都是英特尔和 IBM 的商业模式。当然，英特尔和 AMD 的处理器基本一样，只有一点差异：AMD 的产品从来不能率先上市。

一开始是因为 AMD 设计返工芯片若干次。英特尔的工作人员意识到率先把产品推向市场的公司可以定义游戏规则，于是在仿真工具上投入了大笔资金。

我最喜欢举的例子和首款奔腾处理器有关，那是第一次处理器成品在交货时与工艺设计原图一模一样。他们举办了多场新闻发布会，其中一次有个人问他们是如何做到的，项目经理回答：“我们接到模拟器发送的 DOS 提示符以后才去切割硅片。”他们把资金投在了前端设计上，从此也定义了行业游戏规则。

我在两家公司有非常相关的经验。其中一家 3Com 就会假定要重新调整设计，所以会急急忙忙生产出样品。而常见理由是为了



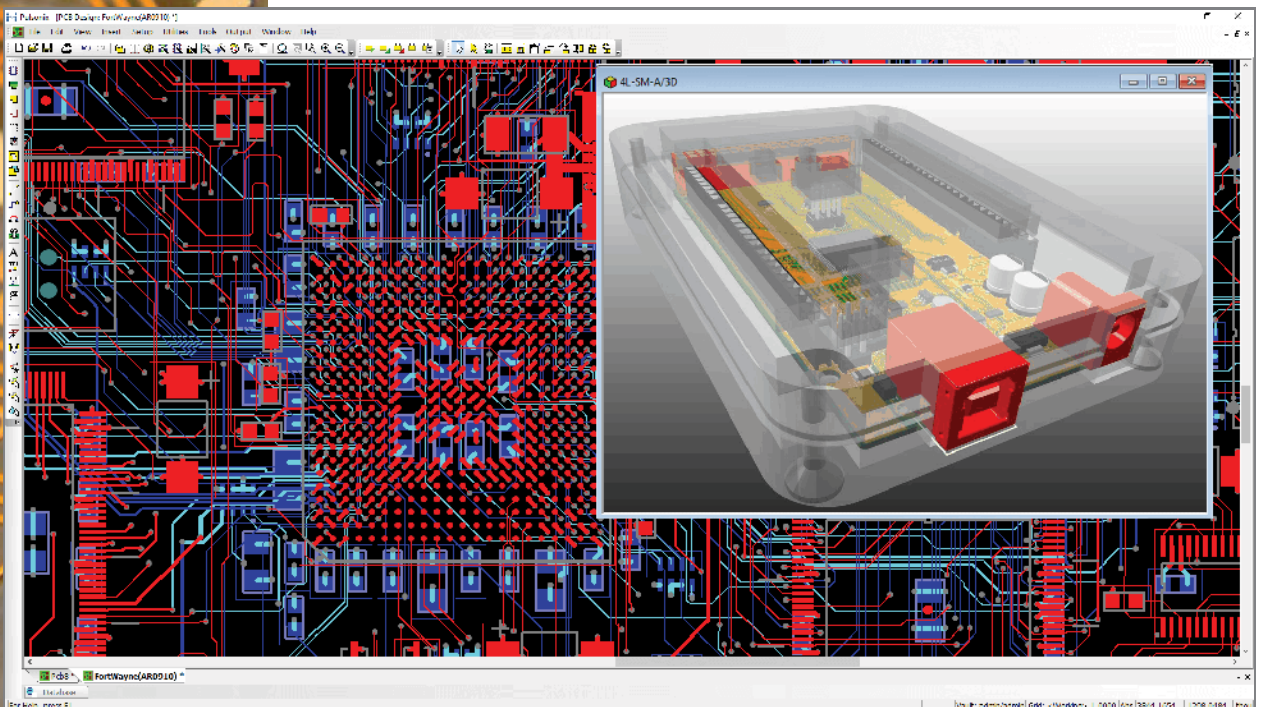
# Pulsonix PCB 设计软件

PCB设计一次搞定

## 在最少的时间里最大化生产效率

界面前卫、易用，且整合各种高级功能大幅自动化您的布局流程，Pulsonix将成为您大幅缩短设计时间的关键。

这就是所谓的PCB设计一次搞定



## 高阶PCB设计特色

- 直观的布局和布线
- 动态覆铜
- 自动DRC全规则引擎
- 高速设计规则
- HUD长度匹配
- 刚柔、嵌入式组件和板上芯片
- 版本控制和PLM集成

亲身体验Pulsonix的强大易用，尽在 [pulsonix.com/trial](http://pulsonix.com/trial)



使工程师研究样品，但交出的样品总是有各种各样问题。

我简单地介绍了这种连设计返工都算不上的情况，而这取决于我们要投入多少钱才能加快获得 PCB 样品的速度。我在那里工作时，发现从 10 天的交付时间提升到 3 天的交付时间只需花费 5000 美元，可他们却不愿意花这笔钱。

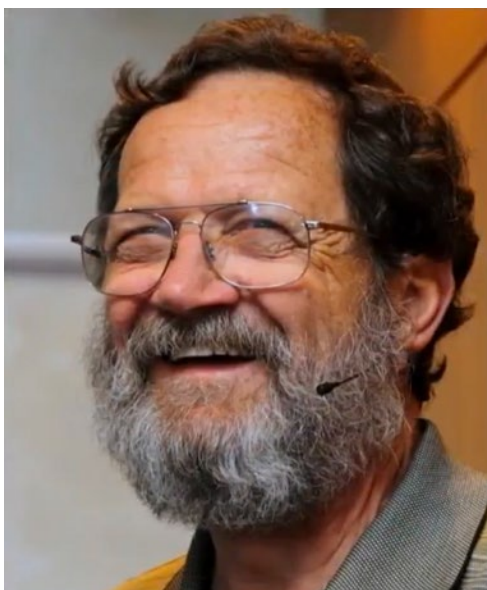
一天晚上，我们在做下个季度的预算，发现运行这个项目一周需要投入近 200 万美元。我对管理层说：“如果投入 5000 美元，占用整个预算周期的 1 周，对我们的投资回报率有帮助吗？”最后有个人量化了时间成本，而在此之前根本没有人做这项工作。

而这甚至算不上设计返工，只是在花费额外费用的方式上变得理智一点。这样就能知道设计返工到底会花费多少成本。一次设计返工需要花费 6 周时间和 200 万美元，这值不值得用 1 周的时间去纠正这个错误？我觉得值得。

**Barry Matties：**怎样才能保证一次设计就达到完美？秘诀是什么？

**Ritchey：**先做分析。设计微处理器时，通过仿真模拟器运行软件，确定了软件和模拟器完全适配之后再二者分离。而 3Com 则是花足够长的时间确保所有设计规则以及网表是准确无误的。另一家公司则付出更大的代价——直接倒闭，这家公司就是 Maxtor。当时磁盘驱动器领域有 8 家公司在做同样的产品。

我接管 Maxtor 工程部时，样品设计的预



Lee Ritchey

算包含了 6 次设计返工的成本。他们会在所有的电阻还没确定时把设计原理图交给负责布局的工作人员。“你们打算什么时候确定最终设计？”他们回答：“拿到电路板之后。”这就是他们的运营方式。他们的竞争对手 Western Digital 和 Seagate 都做分析工作，包括 Maxtor 在内的其余公司自然也就成为了历史。

**Matties：**为什么一家公司允许做这么多次设计返工？第一次就设计无误非常难做到吗？

**Ritchey：**不难，之所以会出现这种问题是因为公司管理者不是工程师。

**Matties：**但先不说是不是工程师，单说成本问题，不需要是工程师也能算清这笔账。

**Ritchey：**你仔细看看这些公司的人员组成，会发现他们的管理层都有 MBA 或金融学位，而不是工程学位。这才是问题所在。

**Matties：**他们应该能预见到设计返工一次就会耗费几百万美元。对数字的敏感程度应该会在这个时候起到作用。

**Ritchey：**可实际情况却不是这样的。硅谷多次出现产品失效时，Bob Noyce 反复提到过这个问题。我们曾经每个月要找一天晚上举办论坛，探讨硅谷遇到的业务问题。



Bob 曾经说：“硅谷遭遇的最大灾难就是那些拿着哈佛 MBA 文凭的管理者。”他解释道，“哈佛让人们以为，只要他们拿着 MBA 学位证书，就能胜任任何行业的管理岗位。”

这种想法当然是不对的。如果不懂技术，就无法做出正确的决策。管理这些公司的人有 MBA 学位，却对技术一无所知。他们只会给项目定进度计划，不论排定的日程是否合理，你都要按照这些计划来做工作。

于是第一次设计必然会出现问题。而且问题很多，只能进行设计返工，却没有人能从中吸取教训。仔细看看这些公司的运营方式就会发现，他们会一直以这种方式运作，直到有竞争对手把他们挤出市场。

**Matties：**你觉得各家公司平均要设计返工几次？我知道这个问题很宽泛，但如果就我们的行业来看，生产一个产品一般会经历几次设计返工？

**Ritchey：**我只能谈一谈我和我的合作伙伴 John Zazio 合作过的公司的情况——0 次。如果需要设计返工，那就说明我们失败了。但我可以给你讲一个之前合作过的公司案例，恕我不能透露这家公司的名字。一块电路板，他们设计返工了 14 次。

**Matties：**那他们怎么还可以正常运转呢？

**Ritchey：**我也问了同样的问题。有一半员工都没有在工作，其中就有底架设计师。底架根本不能适配外壳。可是我在听到答案之后吃惊得差点从椅子上摔下来，之所以还没倒闭是因为他们没有竞争对手。要是有的话，估计早就

倒闭了。

**Matties：**他们不吸取经验教训。

**Ritchey：**我在 Maxtor 工作的时候，试图给他们解释如果愿意多花点时间第一次设计就完美无误，就能在竞争中取得领先地位。我告诉他们：“拔得头筹的人就能定义整个领域的游戏规则。”而我说的话最后也成真了。

**Matties：**你会在课上询问学员他们要进行几次设计返工吗？

**Ritchey：**我从没想过要问这个问题，但我能给你一些参考标准。设计返工的第一步就是修改设计原理图。然后要经历一个生产周期和一个组装周期，而很少会有只需一周就能让生产厂或组装厂交货的情况。

当然了，CAD 部门花多长时间修改设计原理图取决于设计存在的问题有多严重。幸运的话，差不多需要 3 周。而你要把这个时间成本乘以所有项目上的工作人员的数量，因为在接到样品之前，他们无事可做，包括销售人员。

**Matties：**这就是错失的机会。

**Ritchey：**他们干等着设计样品送到他们手里，其间公司需要支付工资及相关费用。

**Feinberg：**那你认为设计返工的平均次数是多少？

**Ritchey：**我真的不知道要怎么回答这个问题。但只要你能准确知道每次设计返工的成本，人

们就会开始认真对待设计返工的问题了。

**Feinberg**：也就是收支平衡点的指标，拿着 MBA 学位的那些人应该了解这点。

**Happy Holden**：惠普的两位创始人 Hewlett 和 Packard 都是既懂技术，又清楚要率先上市，并且了解产品的盈利性和整个系统的成本，不仅仅只是清楚给员工付了多少工资。

**Ritchey**：惠普长时间以来在这方面做得都非常好。我在我们学校设立了一个奖学金项目，叫做“大黄蜂领导力项目”（Hornet Leadership Program）。因为我发现有很多公司之所以倒闭就是因为没有让那些构想公司运营理念的工程师来领导公司。他们会从外部请来专门的管理人员，也就是哈佛 MBA 或者拿着类似文凭的人，而这些人并不真正了解公司。

## 公司必须要由工程师来领导，而且工程师要量化成本，因为其他人不了解这些信息。

惠普和英特尔公司都是很好的例子。创建这两家公司的工程师并没有让出管理者的位置，而是请了一些专业人士辅佐着他们做不了的事情。这才是一家优秀的技术公司应该有的运营模式。失败的技术公司都是由工程师以外的人在管理公司。负责制造的工程师比其他部门的人员更善于发表意见，然而他们的意见不会被采纳，公司最终只会倒闭。公司必须要

由工程师来领导，而且工程师要量化成本，因为其他人不了解这些信息。

我有时会在课上说，“脑子正常的人都不会让工程师去管理银行。”那为什么要让金融专业人士负责工程公司呢？我能说出很多家因此而破产的公司。

**Matties**：你刚才提到了设计返工成本问题。除了钱以外，避免设计返工还有哪些优势？

**Ritchey**：如果不需要设计返工，下一个产品就能更快上市，因为设计人员能尽快开始下一个产品的设计，我们在生产磁盘驱动器时就是这样做的。当时，磁盘驱动器的生产周期是 9 个月，所以要在 9 个月的时间里准备好下一款产品的设计。如果团队因为设计返工耽误了三四个月，那就等于有 3 个月的时间不能设计新产品。

**Matties**：工程师和设计师能不能采取一些方法，在第一次设计时就能实现完美无误？即使公司为了设计返工留出了预算，工程师怎样才能避免设计返工？还是说他必须受限于这种有漏洞的系统？

**Ritchey**：首先，工程师一定要有足够的技能。比如磁盘驱动器有伺服系统，那就必须有懂得如何设计稳定伺服回路的人来设计产品，可他们并没做到这一点。有足够的技能才能避免不断试错。几乎所有情况下，都出现了技能缺失的情况。

**Matties**：你提到了仿真。仿真工具能抵消掉技能缺失的问题么？



**Ritchey**：我要讲的小故事就能很好地解释这一点。Amdahl 是第一家能与 IBM 抗衡的公司，我的工号是 40 号。我们发布了一款新产品并举办了发布会。这件事当时引起了轰动，因为这是首台配置了超大规模集成电路（VLSI）的计算机，并且也是首台可以和 IBM 竞争的计算机，功能比 IBM 的计算机更强大。

发布会上重点讨论了这方面的话题。在问答环节，一名记者问 Amdahl：“你们不怕自己制造出的计算机运算速度太快了以至于会替代人类思考吗？”Amdahl 回答道：“你可能不了解，我们制造出来的是一个运算速度极快的傻瓜。”这跟仿真工具是一个原理，必须要有相应的技能去使用工具。工具并不能替代技能，也永远替代不了，只会让工作效率更高。

组建设计团队需要聘用具备相应技能的人。我会对学生说：“想要入行的话，有些好消息，也有些坏消息要分享给你们。好消息是你们再也不用做一些重复性的工作，就像当初邮递员每天做着相同的事情，直到有一天发疯。但坏消息是，事物变化的速度会非常快，所以每天都要学习设计新产品。”如果你想在行业中站稳，就必须不断学习。即使是到了现在，我每周还要拿出一天的时间学习，因为技术变化的速度太快了。

**Matties**：如今设计师需要了解的知识太多了，从自动化到制造领域的设计准则都要了解。你觉得这种趋势下，设计师是不是专精某个领域会更好一点？

**Ritchey**：你需要确定自己专门从事哪个领域的哪个方向，必须成为某个领域的专家。DDR 发展得非常快，现在已非常复杂，工程师只能

专心盯着这一个任务，不能做其他事情。我的合作伙伴 John 就是做 DDR 的。同样的情况也发生在 PCI Express，发展变化如此之快，你没办法再像从前一样放下手中的活去做别的事情。可能现在已经细分出了 50 多种专业技能。

---

## 你需要确定自己专门从事哪个领域的哪个方向，必须成为某个领域的专家。

---

**Matties**：你现在对什么比较感兴趣？

**Ritchey**：我最近在 PCI Express 上花了大量的时间，现在已经和我们在研发 32-GB 内存的时候遇到的情况相似，只是当时涉及到的产品范围较小。我们要在卫星上运行 PCI Express，这样就能用新的望远镜替代哈勃望远镜照相了。需要处理的数据很多。

**Matties**：你会发现数据传输速度真的令人激动。我知道 5G 技术加持汽车技术最终一定会普惠每一个人，特别是自动驾驶汽车领域。

**Ritchey**：汽车是最艰难的行业之一，因为要把各个领域的产品连接到一起，同时我想不到任何比汽车还要恶劣的使用环境。即使是卫星的使用环境也没这么恶劣，不会经历暴风雪、泥坑，以及从 180 °F 的沙漠立刻开到 -40 °F 的惠特尼山峰上，接下来又可能被闪电击中。

**Matties**：你马上就要庆祝自己第 63 个生日，回顾自己整个职业生涯，有哪些难忘的时刻？

**Ritchey**：可能是我第一个接手的项目，那时刚从大学毕业，要做一个发送到月球的无线电设备。我手里就有其中一款电路板样品，那是我从废料箱里找出来的，我还带到了课上给学生们看。

**Matties**：当时一定很激动吧。

**Ritchey**：简直太棒了，那次设计没有任何限制。那块电路板是单面板，我在家里用防水油墨在铜板上画好了图案，然后用氯化铁蚀刻。然后我在餐桌上给电路板钻了孔，直到我妻子提醒才知道我把桌面也钻穿了。从此之后我再也没在家里做过电路板了。

**Matties**：我们刚刚采访了一家为火星无人机生产零部件的公司，能参与这种项目，真是太令人激动了。当时你也一定感到很兴奋吧。

**Ritchey**：我们都非常入迷。你能想象到将无线电设备发射到月球时，我们都屏息凝神等着那一刻。我在凌晨两点的时候坐在卧室里，盼着飞行器成功着陆。

还有很多项目都非常不错，但最酷的要数 Amdahl 计算机。过程中一下子研发了许多新技术，我还记得当时接受采访时说：“一下子发明这么多可能完全行不通的新技术，其过程是无比快乐的。”如果项目没有取得成功，我可能会非常生气。

**Matties**：我一直很喜欢跟你交谈，总是能学到很多知识，也很高兴能了解你的近况，听你讲述的故事。

**Ritchey**：我妻子将其称之为“胡扯的艺术”。

**Matties**：当时是谁说出著名的那句话“个人笔记本电脑会迎来全球性的市场。”

**Ritchey**：是 IBM 和 Thomas J. Watson Sr 说的，但 PC 最初只是 IC 测试器的一个程序。

**Matties**：只要推出的产品能助力人们发挥创造力，那你就赢了。这就是 Apple 在做的事情。要不是有了 Apple Mac 电脑，我可能也不会成为出版商。我现在还在关注 3D 打印衍生出的 3D 技术和其他创新。

**Ritchey**：我对学生说：“我们现在所处的时代，硬件已经成了软件的集装箱。”你想在公共领域印证这个说法，只需要去 Arista 的网站看一看，就会发现上面列出了所有的 VP，除了硬件工程的 VP。

**Matties**：很高兴能与你交谈，非常感谢。

**Ritchey**：我也很高兴能和你聊天，Barry。  
PCB007CN

**I-Connect007**  
GOOD FOR THE INDUSTRY



# INVITATION

## 行稳致远 激活重启

NEPCON邀请您参选  
 EMS Award

扫码报名 ▶



EMS Award

### 支持媒体

**SMT**China  
 表面组装技术

**SMT專業網**

**China 表面貼裝技術**

**SMT企业网**  
 www.smt71.com

**SMTHOME**

**pcb007** 中国  
 线上杂志 CHINA MAGAZINE

Intelligent Manufacturing News  
**智能制造纵横**  
 引领制造业——新技术、新应用、新解决方案

**CA168** 中自网  
 .com

**114ic.com**  
 电子元件交易网

**Bodo's 功率系统**

**Electronic TransformerTimes**  
 电子变压器  
 中国电子元件行业权威电子变压器专业媒体



## 行业会展

### [IPC APEX EXPO 2021 \(线上展会\)](#)

2021 年 3 月 6-11 日

美国圣地亚哥

### [TPCA SHOW SHENZHEN](#)

2021 年 6 月 29 日 - 7 月 1 日

中国深圳

### [慕尼黑上海电子展、生产设备展](#)

2021 年 3 月 17-19 日

中国上海

### [亚洲国际消费电子展](#)

2021 年 6 月 26-28 日

中国北京

### [DesignCon 2021](#)

2021 年 4 月 13-15 日

美国圣何塞

### [2020 国际电子电路（上海）展览会](#)

2021 年 7 月 7-9 日

中国上海

### [NEPCON CHINA](#)

2021 年 4 月 21-23 日

中国上海

### [NEPCON ASIA](#)

2021 年 8 月 25-27 日

中国深圳

### [JPCA SHOW](#)

2021 年 5 月 26-28 日

日本东京

### [TPCA SHOW](#)

2021 年 10 月 20 日 - 22 日

中国台北

## 其他活动日历





出版商：BARRY MATTIES  
INFO@ICONNECT007.COM

广告销售：BARB HOCKADAY  
BARB@ICONNECT007.COM

EDY YU  
EDY@ICONNECT007.COM

市场营销服务：TOBEY MARSICOVETERE  
TOBEY@ICONNECT007.COM

编辑：  
主编：EDY YU  
+86 139-0166-9899;  
EDY@ICONNECT007.COM

责任编辑：TULIP GU  
TULIP@ICONNECT007.COM

译文编辑：ANN HAO  
ANN@ICONNECT007.COM

杂志制作：  
负责人：EDY YU  
+86 139-0166-9899;  
EDY@ICONNECT007.COM

杂志排版：GUANHUI CHEN、EDY YU

广告设计：MIKE RADOGNA, SHELLY STEIN,  
TOBEY MARSICOVETERE

创新技术：BRYSON MATTIES

封面设计：SHELLY STEIN, EDY YU

封面图片来源：ADOBE STOCK

**PCB007**  
MAGAZINE

《PCB007 中国线上杂志》由美国 BR Publishing, Inc. (942 Windemere Dr. NW, Salem, Oregon, USA 97304) 出版 © 2021 BR Publishing, Inc. 未经授权禁止转载。不对任何人因出版物中内容的错误 / 疏漏造成的损失或损害承担任何责任，无论这些错误 / 疏漏是否属于意外或疏忽，或其它任何原因。

2021 年 2 月号总第四十八期《PCB007 中国线上杂志》是由 BR Publishing 公司出版的电子月刊。

## 广告索引

《数字时代先进制造》.....	90
《印制电路工艺验证》.....	46
《高密度互连 HDI 手册》.....	110
IC007 图书馆 .....	32
中国电子电路行业协会 .....	4
广告合作 .....	8
杂志订阅 .....	封底
珠海镇东 .....	22
锐德热力 .....	2
Atotech.....	56
BTU.....	78
Chemcut.....	10
CIMS.....	64
CyberOptics.....	98
Downstream Technologies.....	106
DB Management.....	60
Electrolube.....	74
ESI.....	40
Gen3.....	86
IPC.....	38
KYZEN.....	82
MacDermid Alpha.....	28
Mentor, a Siemens Business.....	92
Mirtec.....	70
NEPCON.....	118
Pluritec.....	6
Pulsonix.....	112
Schmoll Asia.....	14

## 更多精彩内容敬请期待

### PCB007中国线上杂志：

#### 三月：智能制造与制程精简

电子电路的生产流程过于冗长，对于工艺控制的要求非常严苛。电子电路生产中引入智能制造概念并精简流程是大势所趋。



# I-Connect007

GOOD FOR THE INDUSTRY



想要及时获取我们最新的  
PCB007中国线上杂志么！

快来免费订阅吧！



有啥  
新闻！



欢迎订阅我们的新闻快讯

English I-Connect007: | PCB007 | | SMT007 | | PCBDesign007 | | EIN007 | | FLEX007 | | MiAero007 |

I-Connect007.com是服务于印刷电路板（PCB）、电子制造服务（EMS）和印刷电路板设计行业的实时在线杂志。服务于全球以及中国市场多年，提供了超过100000篇的新闻报道、专业文章，是电子制造领域的行业咨询领导人。



iconnect007china.com