

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

I-Connect007  
GOOD FOR THE INDUSTRY

# pcb007 中国

线上杂志

CHINA MAGAZINE

I-Connect007china.com

2023年11月号



## 电子电路可靠性



扫码关注公众号

# 电子电路可靠性

电子产品被越来越多地应用在高可靠性领域里，比如航空航天、汽车、新能源等领域，电路板失效会导致非常严重的后果。本期我们请到了高可靠性领域的众多专家来探讨相关的问题。另外胜伟策（SEL）新工厂专题报道后收到很多读者的问询与关注，本期我们还将带来新工厂设备供应商的进一步报道。

首先我们节选了由 Clyde F. Coombs 和 Happy T. Holden 编辑、NASA 的 Reza Ghafarian 撰写的《印制电路手册（第 7 版）》第 60 章。本文对印制电路板的可靠性进行了探讨。Reza 是该领域的专家，因为他的贡献使得 NASA 的外星探测器能以超过预期 10 倍的寿命进行工作。

本期的专题采访，我们请到了四会富仕的刘天明董事长，在精益制造、高可靠性领域，四会富仕非常有心得。文中刘总还介绍了介绍了公司近期的发展以及在泰国的投资情况。

Alex Stepinski 是北美众多新一代 PCB 制造工厂的设计师，将各种新型系统及技术引入 PCB 制造。在《Alex Stepinski 谈高可靠性制造》专访中，Alex 分享了他对高可靠性制造技术的观点、制造商易出现的问题，以及为了提高可靠性制造商需要采取的行动及措施。

《高可靠性制造对铜结构的要求》一文中，Alex 表示，PCB 制造质量控制过程的讨论在很大程度上忽视了铜固有的结构。本文介绍一些应用案例，显示优化测量和控制铜晶粒结构和形貌后，可为 PCB 制造过程带来显著的增值。

《计划、DFM 及检测是制造高可靠性 PCB 的关键》一文中，我们采访了 ICAPE Group

公司西部及南美地区副总裁 Marc L' Hoste。Marc 分享了关于制造高可靠性 PCB 的建议。他明确指出，计划、准备工作和检测是成功制造高可靠性 PCB 的关键因素。

2007 年，Stratos Aircraft 公司开始设计和制造令人兴奋、雄心勃勃的新产品。作为高可靠性要求非常严格的航空产品，其中有很多有趣的故事。我们的团队参观了 Stratos 制造工厂，并采访了其总裁兼 CEO Carsten Sundin 和其团队。

接下来是胜伟策专题文章，首先是与工程设计总监 John Hendrickson 的交流《胜伟策 (SEL) 的供应线》。文中谈了他在选择关键领域的供应商时看重的关键因素。

GreenSource Engineering 协助胜伟策完成其新建工厂的初步设计，并向 SEL 提供自动化搬运设备，SEL 也积极参与了 GreenSource Engineering 提供的设备售后服务。《GreenSource 与 SEL：着眼绿色》这篇专







INTERNATIONAL ELECTRONICS  
CIRCUIT EXHIBITION (SHENZHEN)  
国际电子电路(深圳)展览会

数字 + 人工智能  
= 联动世界

DIGITALIZATION + AI  
= FUTURE

2023.12.6-8

深圳国际会展中心(宝安)  
5、6、7和8号馆

[www.HKPCAshow.org](http://www.HKPCAshow.org)



关注展会官方微信  
获取最新资讯



关注展会官方抖音  
获取最新资讯



关注展会官方领英  
获取最新资讯

展会20周年参展优惠！2023年12月展位正在开放预订，请即联系获取优惠价！

主办单位

香港线路板协会

吕 鲍立德先生 / 黄敏华小姐

☎ (852) 2155 5123

✉ [anthony.pau@hkpcashow.org](mailto:anthony.pau@hkpcashow.org) /  
[mandawong@hkpca.org](mailto:mandawong@hkpca.org)

吕 靳红红小姐 / 李明宇小姐

☎ (86) 181 2405 6937 /  
(86755) 8624 0033

✉ [ellen.jin@hkpcashow.org](mailto:ellen.jin@hkpcashow.org) /  
[amandali@hkpca.org](mailto:amandali@hkpca.org)

承办单位

柏堡活动策划

吕 冯家敏小姐 / 曾翠珍小姐 / 卢露汶小姐

☎ (86) 133 6057 8272 / (86) 132 0263 9367 /  
(86) 134 3411 6069 / (852) 3520 3612

✉ [info@hkpcashow.org](mailto:info@hkpcashow.org)  
☎ 2387451739

HKPCA  
SHOW

HKPCA  
SHOW

HKPCA  
SHOW

HKPCA  
SHOW

HKPCA  
SHOW

访中，详细介绍了相关合作情况。

Sigma Mecer 在 SEL 的绿色工厂中起到了关键作用，Sigma Mecer 是 PCB 行业设备制造商，已经运营了 45 年之久，提供用于回收 PCB 制造过程中碱性及酸性蚀刻剂内铜的成熟设备。《Sigma Mecer 帮助 SEL 实现零废液排放》一文中详细介绍了相关方案。

MKS 旗下 Atotech 公司是电子行业高阶 PCB 和 IC 载板水平电镀设备的领军供应商之一，SEL 的新工厂配备了 Atotech 最先进的 PCB 生产设备。这类设备通常会向亚洲市场供应，在北美并不常见。《安美特为 SEL 北美新厂提供水平电镀设备》一文中，可以看到新的水平电镀方案。

自动化无处不在，最为突出的案例莫过于胜伟策新专属工厂使用的 Schmoll 设备。《Schmoll 与 SEL 合作案例：将钻孔更进一步》一文中，我们请到了 Schmoll 的 CEO Stephan Kunz 和售后服务经理 Evan Howard，介绍其设备以及为何与 SEL 生产线形成完美匹配的原因。

最后是年底行业盛会 HKPCA SHOW 的展前报道，疫情缺席两年后，该年末大展终于回归 12 月。本期我们特约展会主办方 HKPCA 进行了展前的专题采访，聊聊今年展会的筹备情况，抢先获悉展会精彩亮点。

PCB 组装专区中，首先是 NEPCON ASIA 2023 的特别报道。本次 NEPCON 在宝安新馆隆重开幕，I-CONNECT007 作为展会指定媒体，对 30 余家在此次展会上有重大新品或产品解决方案发布的企业进行视频专访。

焊接炉专家 KIC 的 Miles Moreau 带来《利用回流焊工艺检测提高电子制造质量》一文，阐述了回流焊工艺检测 (reflow process

inspection, 简称 RPI) 在确保回流焊接过程中 PCBA 质量及可靠性方面发挥的关键作用。

Koh Young 的 Brent A.Fischthal 在《合作开发 AI 驱动的智能组装制程》中讲述了与大学合作开展 SMT 领域的 AI 构架，这种基于 AI 技术的创新框架有望帮助公司实施 PCBA 组装智能制造解决方案，重点提高良率和产量。

智能制造专家 Aegis 软件的 Michael Ford 认为，针对 SMT 行业，可组合制造是更现代的方法。在他的《新的时代需要新的解决方案》一文中，他指出可组合制造不是对抗和抵制客户需求模式，而需拥抱它们。在数字化的推动下，它达到了批量生产和精益生产之间的最佳点。

PCB 设计专区中，首先我们的专栏作家 Barry Olney 带来《将人工智能集成到 PCB 设计流程中》一文。目前的 PCB 设计工具与 30 年前使用的基本工具相差甚远，但即使算法很聪明，就智能而言，它们仍然相当基础，人工智能的兴起将打破常规。

《PCB 设计，数字孪生及数字化转型》一文中，我们采访了西门子的 David Wiens。多年来 David 一直致力研究数字孪生，他介绍了数字孪生对 PCB 设计的潜在影响。

PFC 柔性电路的 Mike Morando 向我们谈论了选择刚挠结合 PCB 制造商的相关步骤与思路。新刚挠结合设计需要交给适当的工厂，以利用最佳的制造解决方案。《选择刚挠结合 PCB 制造商》一文详细介绍了相关内容。

以上就是本期的全部内容，12 月初我们将参加深圳宝安新馆举办的 HKPCA SHOW 展会（展位号 8F01），希望能与众多的读者朋友们见面。展会期间我们会一如既往带来更多精彩报道。PCB007CN



“ 在一个与时间赛跑的行业里，  
用制造驱动设计是关键。 ”



Ammar Abusham  
DFM集成工程师 (AR EE Team)  
Meta可靠性实验室

## 印制电路设计师指南

### 制造驱动设计



Max Clark  
Siemens

I-007  
Books

I-007  
Books



关注下载

## 电子电路可靠性

电子产品被越来越多地应用在高可靠性领域里，比如航空航天、汽车、新能源等领域，电路板失效会导致非常严重的后果。本期我们请到了高可靠性领域的众多专家来探讨相关的问题。

### 专题文章

9 印制电路板的可靠性  
by Reza Ghaffarian

17 四会富仕精益生产布局全球  
by I-Connect007 China

21 Alex Stepinski 谈高可靠性制造  
by I-Connect007

25 高可靠性制造对铜结构的要求  
by Alex Stepinski

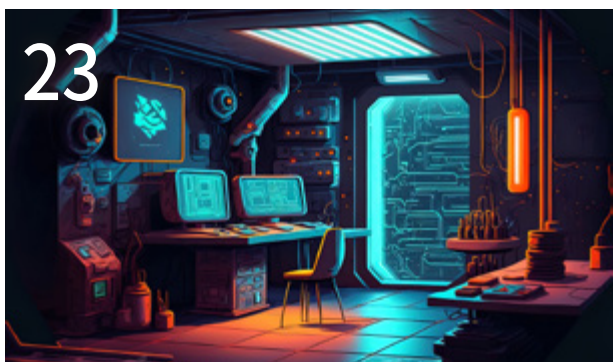
29 计划、DFM 及检测是制造高可靠性 PCB 的关键  
by I-Connect007

33 喷气式飞机的吸引力  
by Barry Matties

43 GreenSource 与 SEL：着眼绿色  
by Nolan Johnson

45 Sigma Mecer 帮助 SEL 实现零废液排放  
by Nolan Johnson

53 安美特为 SEL 北美新厂提供水平电镀设备  
by Christopher R. Daczkowski





# 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

1007 Books

印制电路组装商指南

数字时代  
先进制造



Oren Manor  
Mentor, A Siemens Business

1007 Books

印制电路组装商指南

低温焊接



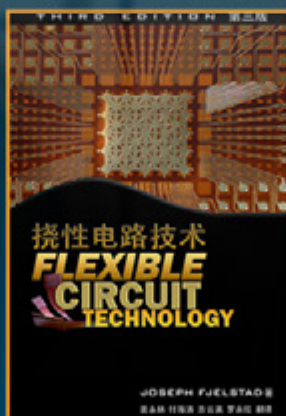
Morgana Ribes, et al.  
Alpha Assembly Solutions

1007 Books



印制电路板  
绿色生产之旅  
——零废水与  
化学品回收

Peter Molloy  
Happy Holden



挠性电路技术  
FLEXIBLE  
CIRCUIT  
TECHNOLOGY

JOSEPH FJELSTAD  
EAGLE HIRSH

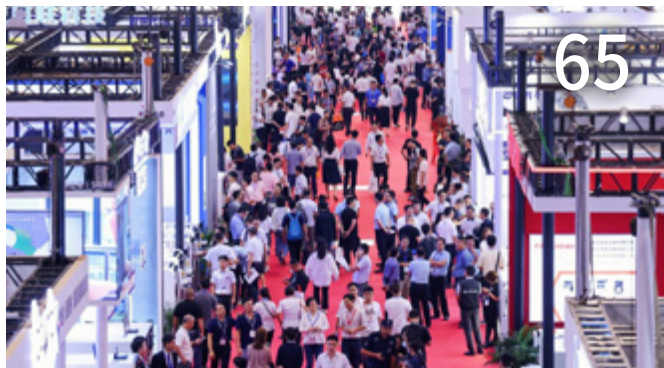


HDI手册  
Happy Holden





扫码订阅公众号推送



### 专题文章

- 59** Schmoll 与 SEL 合作案例：  
将钻孔更进一步  
by I-Connect007
- 63** HKPCA SHOW 开展在即  
by I-Connect007 China
- 其他栏目**
- 109** 行业活动日历
- 110** 广告索引、下期预告  
工作人员名单
- 行业要闻**
- 16** HKPCA Show 观众登记现已开放!
- 88** 2024 年 IPC 大中华区公开课计划
- 91** 望友海外秀：德国慕尼黑展
- 108** 2024 国际消费电子展将于美国拉斯维加斯举办!

### PCB 组装专区

- 69** NEPCON ASIA 2023 视频专访  
by I-Connect007
- 77** 利用回流焊工艺检测提高制造质量  
by Miles Moreau
- 83** 合作开发 AI 驱动的智能组装制程  
by Brent A. Fischthal
- 87** 新的时代需要新的解决方案  
by Michael Ford

### PCB 设计专区

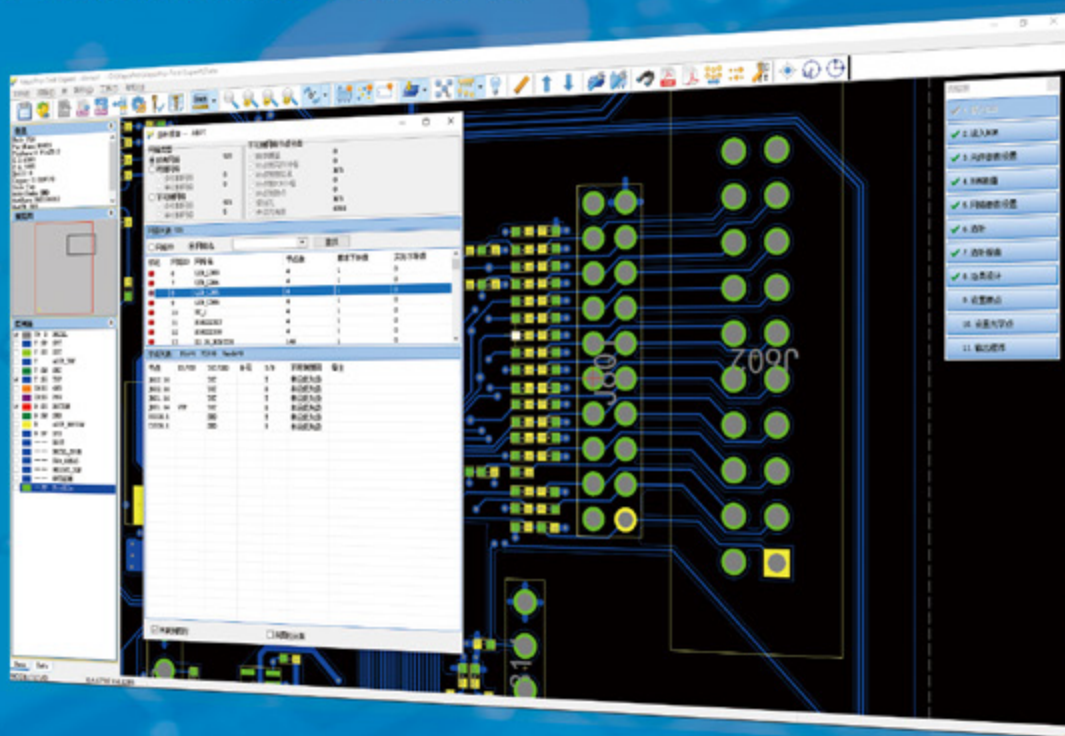
- 93** 将人工智能集成到 PCB 设计流程中  
by Barry Olney
- 99** PCB 设计，数字孪生及数字化转型  
by I-Connect007
- 105** 选择刚挠结合 PCB 制造商  
by Mike Morando





# DFT分析&测试制程

高效DFT/测试策略/程序开发



Vayo Test Expert



节省  
>70%  
人工整理时间

## DFT可测试性分析

灵活丰富的参数设置，保证最优的选针结果，自动生成详细DFT/testability报告(13大类)

## 测试策略分析

全面评估每种测试方式对于主要制造缺陷(丢件/短路/开路/极性错误...)覆盖能力，便于决策测试方案

## 检测设备程序制作

快速生成ICT/飞针/AXI/AOI程序输出及检查设备程序，提升测试能力，高效准备生产



联系我们



business@vayoinfo.com



www.vayoinfo.cn

CALL US: 021-61182128



# 印制电路板的可靠性

By Reza Ghaffarian  
JPL NASA

编者注：本文节选自《印制电路手册（第7版）》第60章，该手册由 Clyde F. Coombs 和 Happy T. Holden 编辑。

## 可靠性测试的方法

几乎所有可靠性测试项目都必须解决一个问题——要确定受测产品在比预期使用周期短得多的时间内是否可靠。显然，人们不可能花

3 到 5 年的时间测试即将上市的个人计算机，也不能花 20 年的时间测试军用系统。根据失效机理的不同，可以结合两种方法测试产品的可靠性：一是增加引起失效的因素发生频率，测试产品能否在预期频率下经受住这些失效因素；二是增加失效因素的严重性，以便减少发生频率。比如模拟运输过程中遭受冲击的跌落测试就属于第一种方法。鉴于两次跌落间隔的时间不会影响损坏的程度，所以人们可以快速连续地把一个产品整个使用寿命内承受的跌落





适用于高阶 HDI 和 IC 载板的全自动双面直接成像



## Orbotech Corus™ 8M

- 高分辨率、高度均匀的线路结构(低至 8μm)
- 卓越的对位精度 ( $\pm 5\mu\text{m}$ )
- 高速靶点捕捉任意目标
- 封闭、精巧的设计带来最佳的洁净度和效率

ICS/PLP的2D和3D量测

## Zeta™ -6xx Series

- 整合多种量测功能于一个系统，适用于IC载板制造
- 多达四种不同功能模块组合让量测方式更加灵活
- 具备对介电层材料进行非破坏性的厚度量测技术
- 广泛适用于各种面板尺寸
- 支持自动和手动上板



了解更多, 请联系 Molly Gu | [molly.gu@kla.com](mailto:molly.gu@kla.com) | [www.kla.com](http://www.kla.com)

次数一次性完成测试。但是在产品的使用寿命内，温度和湿度对腐蚀程度的影响只能通过提高温度、湿度、污染物浓度或这些因素的某种组合来测试。难点在于要确保测试过程能够重现和 / 或符合实际使用中的失效机理。

为了使用这些数据做出更贴合实际的可靠性预测（即在给定的时间和条件下可能出现失效情况的概率），测试要持续进行，直到有足够多的部件失效，才可以预估产品的寿命分布。但是，这个过程可能非常耗时，因此通常会用鉴定测试代替。鉴定测试协议规定了指定大小的样品在指定时间内出现的最多失效数量。如果几乎没有或根本没有发生失效，鉴定测试也就基本上无法提供失效分布的信息；例如，下一个时间间隔期间出现失效的概率是未知的。当适当制造的样品寿命分布已知或可根据类似设计的经验进行估计时，可将鉴定测试的限制降至最低。

许多可靠性测试或鉴定测试方法并不遵循上述任何方案。相反，他们测试的是短时间内或轻微暴露的情况下，产品在极其恶劣的条件下能否经受住一系列测试。同样，如果长期使用某个产品类型，并且对其使用环境非常熟悉，鉴定测试可能就足以判断出产品的可靠性；但这种方法是有风险的，因为它无法基于确保产品在使用寿命内不会出现某些可能的失效模式。当产品中使用了新技术或新的几何结构时，旧的测试可能就无法充分发挥作用。同样，恶劣的测试条件引入的不相关失效模式，可能根本不会出现在实际使用中。

## 加速可靠性测试的设计

加速可靠性测试设计可以总结为 7 个关键步骤。

1. 确定使用环境和规定使用寿命内可接受的失效率。

2. 鉴别 PCBA 的实际使用环境（修改后的使用环境）。使用环境可以是 PCBA 在实际使用中所处的自然环境。例如，PCBA 在实际使用中经历的温度既会受到功率散热过程的影响，也会受到冷却过程的影响。机械环境会受到减震材料和共振等因素的影响。

3. 鉴别可能的失效模式（例如焊点疲劳、导电阳极丝生长等）。加速可靠性测试的前提是，可增加产品暴露在恶劣环境

下的频率和 / 或恶劣条件的严重性，加速失效以已知方式在产品使用中的发生，即数据可用于预测 PCA 在实际使用过程中的寿命分布。只有产品在测试和实际使

用中出现相同的失效模式时，这种假设才有意义。必须围绕会真实发生的失效模式设计加速可靠性测试，这一点再怎么强调都不为过。人们可以根据过去的产品使用经验、相关文献或初步测试或分析鉴别可能出现的失效模式。

4. 针对每种失效模式，构建加速模型。可实现根据预期的使用环境解读测试数据的加速模型，对于寿命分布的预估至关重要。这一点对于设计有效的测试也非常有帮助。所以在理想情况下，应在进行加速可靠性测试之前开发加速模型。例如，对焊点的可靠性建模时，可以使用将焊点中的应变失效周期与刚性元器件联系起来的 Coffin-Manson 关系。这种关

“针对每种失效模式，构建加速模型。”



系可以预测按照特定方式增加应变会减少失效循环的次数。在一定的温度范围内，增加温度循环范围是增加应变的一种方式。

一般来说，加速模型应基于失效过程中的速率控制步骤。在某些情况下，该速率可以通过 Arrhenius 方程确定。例如，如果速率控制过程是扩散，那么：

其中： $D$  = 扩散速率

$$D = D_0 \exp(-E_a/KT) \quad X \propto \sqrt{Dt}$$

$$t_2 = (D_1/D_2) t_1 = t_1 \exp[-E_a/K(1/T_1 - 1/T_2)]$$

$D_0$  = 扩散常数

$E_a$  = 工艺过程的活化能

$K$  = Boltzmann 常数

以及  $T_1$ 、 $T_2$  和  $t_1$ 、 $t_2$  表示两个温度及该温度下对应的等效扩散时间。

注意，即使温度是重要因素，Arrhenius 关系也可能不存在；在前面的热循环示例中，失效速率大致与  $(\Delta T)^2$  成正比。下文将展开介绍一些加速模型。

加速模型的适用性限制与模型本身一样重要。过度的温度升高或降低都可能会引发在实际使用中不会出现的新失效模式，或使定量加速关系无效。例如，如果温度升高到 PCB 的玻璃化转变温度 ( $T_g$ ) 以上， $z$  轴上的 CTE 会急剧增加，导致系数下降。这实际上可能会减轻施加在焊点上的应变，还可能会促使镀贯穿孔失效。

有限元建模 / 分析 (FEM/FEA) 对于在加热测试和机械测试中开发和 / 或应用加速模型非常有价值。为了获得有意义的测试结果，通常需要用到二维非线性建模能力。人们可以通过构建模型来预估材料（例如，PTH 孔壁中的

铜，表面贴装或通孔焊点中的焊料）在运行条件和测试条件下的应力和应变。这些预估比本文中提到的简单模型要精确得多，因为它们可以解释复杂结构中材料之间的相互作用，以及材料发生的弹性形变和塑性形变。

**5.** 根据加速模型和可接受的采样程序设计测试。使用加速模型，根据实际使用环境和寿命选择测试条件和测试时间，在更短的时间内模拟产品在整个使用寿命内的情况。样本量必须足够大，才能确定是否达到了可靠性目标（使用寿命内可接受的失效次数）<sup>[15]</sup>。理想情况下，应该能够确定加速测试中的寿命分布，即使必须延长测试周期。

**6.** 分析失效情况，确认失效模式预测的准确性。加速测试的假设前提是加速测试中的特定失效模式与实际使用中发生的失效模式相同，所以一定要通过失效分析来确认假设是否成立。如果加速测试中的失效模式与预期不同，则应考虑以下可能：

- 1) 加速测试引入了一种实际使用中不会出现的新失效模式。通常意味着某一参数（例如频率、温度、湿度）的加速过大。
- 2) 最初对主要失效模式的判断不正确。在这种情况下，为了了解测试结果的意义，必须针对这种失效模式开发新的加速模型。与最初假设的模型相比，测试条件可能或多或少有效地促成了新的失效模式。
- 3) 可能存在多种失效模式。在这种情况下，应分别考虑两种失效分布，保证使用寿命预测有意义。确定上述哪种情况成立的难点在于，对于真正的新技术或使用环境，实际使用中的失效模式可能是未知的。在这些情况

下,最好以较小的冲击加速度进行并行测试以对比。

**7.** 根据加速测试后的寿命分布确定实际使用时的寿命分布。应通过将数据与适当的统计分布(例如威布尔分布或对数正态分布)进行拟合,来确定加速测试得出的寿命分布。通过使用加速模型对寿命分布的时间轴进行转换,可以确定产品在实际使用中的寿命分布。可以使用预测到的产品使用寿命分布预估规定使用寿命内的失效次数。

下文讨论了针对某些特定失效的测试,提供了此方法的使用案例。

## 印制电路板可靠性测试

**温度测试:** PTH 失效是 PCB 在实际使用中的主要失效源,高温下测试 PCB 的主要目的也是测试 PTH。PTH 可靠性测试应该模拟 PTH 在整个使用寿命内的热偏移。通常,最严苛的热循环发生在组装和返工期间。MIL-P-55110 是更传统的可接受热应力测试之一(也可在 IPC-TM-650 中找到)。在 120~150°C 温度下烘烤后,将样品浸入 RMA 助焊剂中,并在 288°C 的共晶(或近共晶)锡铅焊料槽中浮焊 10 秒。对于无铅焊料,焊料槽的温度在 260°C 以上。完成测试后,剖切样品,检测 PTH 是否出现裂纹。这是一项严苛的测试,能够确保样品可以经受住单次波峰焊接或焊料槽返工周期。

大多数 PCB 热循环测试都会在较宽泛的温度范围内反复循环测试 PCB;许多测试实际上是使用液-液循环的热冲击测试。IPC 对不同温度峰值、升温速率和停留时间的 5 次加速测试结果进行了对比,还提供了简化的分析

模型预估 PTH 的寿命<sup>[11]</sup>。所有测试的结果都表明,最大化 PTH 可靠性的方法都相同,但它们在数量上并不具有很好的相关性。

图 1 展示了一些适用于评估 PCB PTH/微通孔的测试样品。其中包括:

- 1) 包含 3000 个 PTH 和不同大小孔环的测试附连板<sup>[13]</sup>
- 2) 带有数百个 PTH 和微通孔的 IST (inter-connect stress testing, 即互连应力测试)附连板,并经受直流感应热循环<sup>[16]</sup>
- 3) 带有 4 个菊花链网的 HATS (highly accelerated thermal shock, 即高强度加速热冲击)附连板,每个试验箱内和风对风循环中最多使用 36 个样品<sup>[17]</sup>
- 4) PCQR<sup>2</sup> (即工艺能力、质量和相对可靠性)测试拼板,用于印制电路板制造工艺的标准对比<sup>[18]</sup>

**机械测试:** PCB 很少能经受住可能会导致电气失效的机械测试;但铜和阻焊层与层压板的附着力起到了关键作用,且经常要接受测试。当阻焊层失去附着力后,就可能聚集腐蚀性物质和湿气,电路板暴露在高温和潮湿的环境中时,可能会导致电气失效。

人们通常会按照 IPC-TM-650 中测试方法 2.4.28——剥离测试法,测试产品的附着力。最简单的版本是在附着物上划线,将其分成小方块。如果铜或阻焊层被一块具有强力粘合剂的胶带撕下,就说明附着力不足。更多测量实际剥离强度的定量测试主要由层压板和阻焊层供应商完成。

**温度、湿度和偏压测试:** 这些测试旨在促进 PCB 表面腐蚀和导电阳极灯丝的生长,这



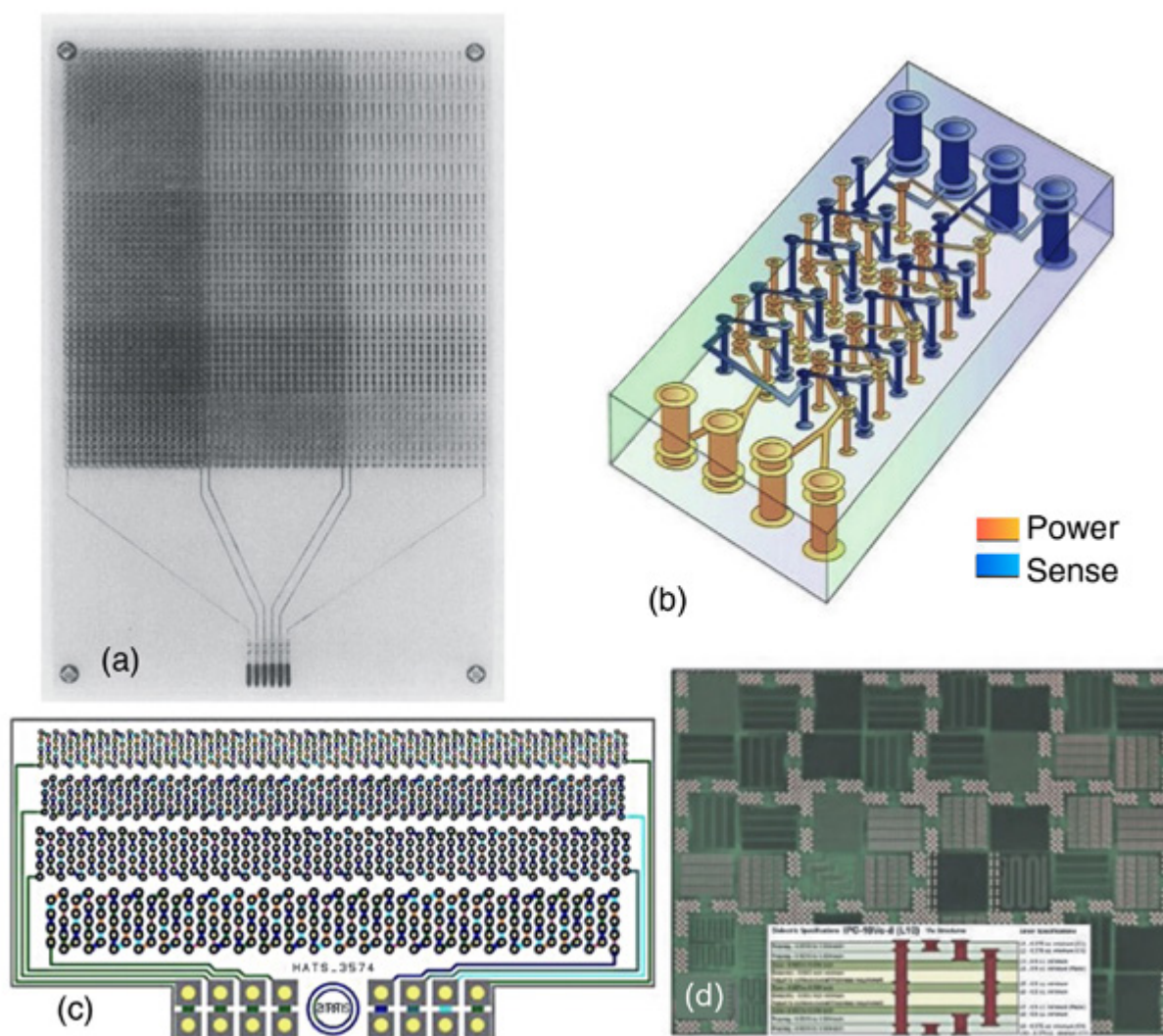


图1:典型的PTH可靠性测试附连板。(a) 包含3组1000个串联互连PTH的附连板, (b) 互连应力测试 (IST) 附连板, (c) 高加速热冲击 (HATS) 附连板和 (d) 工艺能力、质量和相对可靠性 (PCQR<sup>2</sup>) 附连板

两者都可能导致绝缘电阻失效。表面绝缘测试利用两个交错的铜梳, 在铜梳上施加直流偏压。这些铜梳可以安置在现有的电路板中, 也可以使用 IPC-B-25 等附连板 (图 2)。通过将测量到的电阻乘以图形的平方数, 可以将从铜梳图形上测量到的电阻 (欧姆) 转换为表面电阻率 (欧姆 / 平方)。测量阳极和阴极之间平行走线的总长度, 然后除以间隔距离, 可以确定几何结构内的平方数。此处需要采取特殊的预防措施才能精确测量绝缘电阻<sup>[19]</sup>。测量  $10^{12}\Omega$

以上的电阻非常难, 需要仔细做好屏蔽。采取预防措施以后, 大多数实验室环境内都可以测量  $10^{12}\Omega$  以下的电阻。

通常在高温高湿环境下施加直流偏压进行实际测试。IPC-SM-840A 中包含了如何对裸板进行防湿和绝缘电阻测试。测试的程度取决于目标使用环境; 对于一般商用产品 (2 级), 在  $50^{\circ}\text{C}$ 、90% RH 和 100Vdc 偏压下 7 天测试即可。最小绝缘电阻要求为  $10^8\Omega$ 。PCB 军用规范 MIL-P-55110 规定了军用防潮测试和绝

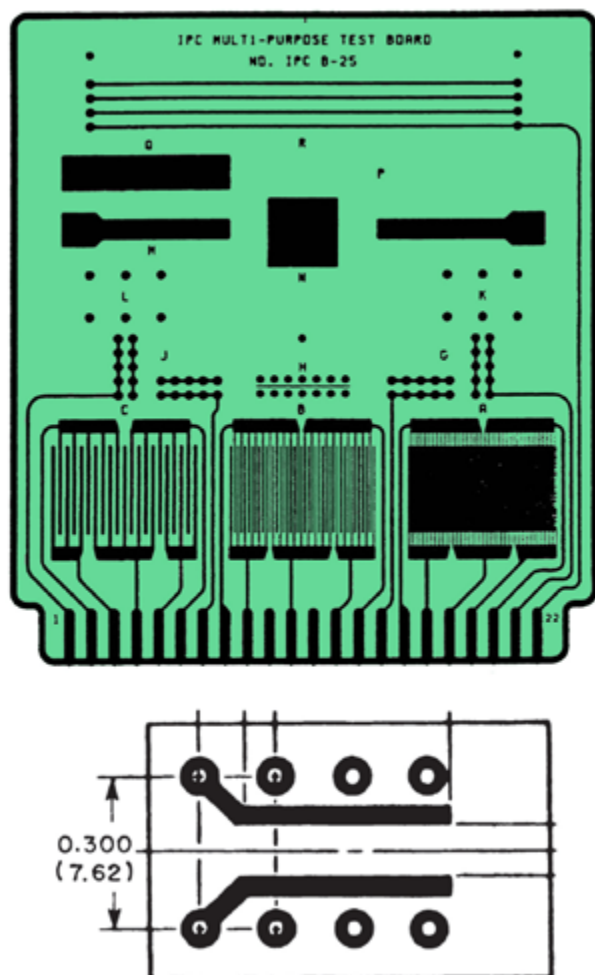


图2:用于检查湿气、绝缘和金属迁移阻抗的测试附连板:(a)用于鉴定工艺的IPC-B-25测试板,(b)为统计过程控制设计纳入生产板的Y附连板。(资料来源:IPC-SM-840。)

缘电阻测试的程序<sup>[20]</sup>。应根据军用规范 MIL-STD-202 的方法 106 (需施加 100Vdc 极化电压) 和方法 402 的测试条件 A 进行防潮测试。

IPC-SM-840A 中也包括了抗电迁移测试。连续 7 天在 85° C、90% RH 和 10Vdc 偏压下,并施加 1 mA 的限制电流,进行测试。电流的显著变化导致产品失效。样品还经过显微镜检测,确定是否有电解金属迁移的迹象。为了测试助焊剂残留物引起的枝晶生长现象,通常要在 85° C、85% RH、-20 Vdc 偏压下进行 1000 小时的测试。这些测试都是基于经验的;也有

一些研究人员试图为类似的测试开发加速系数<sup>[21-22]</sup>。

近期,加速测试可靠性已经成为不可避免的需求,特别是对于具有微通孔的高密度互连 (high density interconnect, 简称 HDI) PCB。IPC 作为领先的 PCB 权威机构,已将工作重点转向基于性能的验收测试,建议业界使用测试附连板检测潜在的微通孔失效,这种方法不同于之前仅基于传统显微切片评估的可靠性验收方法。在许多高端硬件中,人们仅使用传统显微切片和光学显微镜检测裸板 PCB 样品在制造、检测和验收过程中被施加热应力后的情况。IPC 发出警告,称这种方法不足以检测出所有的失效。

数据显示,传统的检测技术已无法有效检测出从微通孔到目标镀层的所有失效,所以也就无法再作为有效的质量保证工具。因此,十分有必要审核上述的加速测试方法,并根据产品特定的环境要求(例如汽车和航空航天行业)进行调整,以便根据引起失效的物理原理和潜在机理进行有效的筛选和寿命预测。如需详细了解可靠性指南,可参考 IPC 的 9700 系列标准,该标准专门针对热循环、机械负载(例如弯曲强度)和评估 PCB 焊盘抗坑性调整测试要求,是非常宝贵的资源。PCB007CN

## 参考内容

11. “IPC-TR-609, Round Robin Reliability Evaluation of Small Diameter Plated Through Holes in Printed Wiring Boards,” IPC Tech. Report, September 1988.

12. IPC.org.

13. “Reliability of Printed Circuit Assemblies,” Chapter 60, by J. Glazer, Printed



Circuit Handbook, 6th edition, 2007.

14. “Three-Step Concept (TSC) in Modeling Microelectronics Reliability (MR): Boltzmann-Arrhenius-Zhurkov (BAZ) Probabilistic Physics-of-Failure Equation Sandwiched between Two Statistical Models,” by E. Suhir, Microelectronics Reliability, Vol. 54, 2014.

15. Applied Reliability, Van Nostrand Reinhold, by P. Tobias and D. Trindade, New York, 1986.

16. “IST coupon testing,” PWB Interconnect Solutions Inc.

17. “HASTS testing coupons,” website, Integrated Reliability Test Systems, Inc.

18. “PCQR<sup>2</sup>,” Integrated Reliability Test Systems, Inc.

19. ASTM D 260-78, Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials.

20. Military specifications, Land and Maritime, 2015.

21. “Accelerated Life Testing of Flexible Printed Circuits: Part I and II,” by P.J. Boddy, R.H. Delaney, J.N. Lahti, E.F. Landry, and R.C. Restrict, 14th Annual Proceedings of the IEEE Reliability Physics Symposium, 1976.

22. “How Clean Is Clean in PCA,” by K-L Wun, M. Ostrander, J. Baker, Proceedings of Surface Mount International, 1991.

Reza Ghaffarian 博士带领 Jet Propulsion

Lab 的先进封装团队深入研究可靠性和质量保证领域近 30 年。



## 12月HKPCA Show观众登记现已开放！展示线路板及电子组装全产业链

规模更大，展示线路板及电子组装全产业链的新产品及技术

全球规模最大及最具影响力之一的线路板及电子组装行业盛会——国际电子电路（深圳）展览会（HKPCA Show）将于 2023 年 12 月 6-8 日在深圳国际会展中心（宝安）5、6、7 及 8 号馆举办。

本次展会主题为“数字 + 人工智能 = 联动世界”，以更大规模、更强展商阵容、更丰富产品亮相，聚焦数字化时代的行业升级转型，

引领行业持续发展。

[观众预登记现已开放](#)，请即登记，畅览 12 月展会。

更多详细的内容，请[点击这里](#)。



# 四会富仕精益生产布局全球 ——专访四会富仕刘天明董事长

近期,PCB007 有幸邀约四会富仕的董事长刘天明先生参加 [Realtime with... NEPCO-NASIA](#) 的专访。刘总介绍了四会富仕近期的发展以及在泰国的投资情况。以下为采访的部分摘要,更多详细的内容可点击观看视频。



## 持续关注市场需求, 完善产品结构

“公司现在主攻车载 PCB 和新能源市场, 这个是一个增量的市场。”刘总表示, 在汽车电子行业景气度较高的背景下, 公司贴近客户需求, 持续开发出应用于新能源汽车的大电流、高散热的嵌埋铜块电源基板、金属基基板等新产品, 逐步从车载通讯系统、车室内装系统、照明系统等普通汽车 PCB 往高附加值的

车身控制安全系统、动力引擎控制系统、激光雷达系统等重要安全部品拓展。同时, 新能源市场快速成长, 为国内整机厂创造了弯道超车的机会, 对上游本土供应商而言是不能错过的机遇, 因此, 公司围绕现有下游应用领域积极自主开拓, 新增国内客户数量, 其中不乏小鹏等新能源车企及核心激光雷达供应商。公司也有产品间接供货赛力斯, 应用于问界 M5、M7 车型, 但营收占比较小。

目前, 公司在汽车电子领域的营收占比约为 20%。未来, 随着国内及日本汽车客户订单不断释放, 新能源车相关收入占比的提升尤为明确。





# Galaxy Cx 系列

## 全新革命性高分辨率康代AOI - 配备多光谱图像采集功能

- Galaxy 4Cx 的检测能力可精密至4 $\mu$ m线宽/线距
- 配备最新一代高灵敏度彩色相机
- 拥有 X-Wave™多光谱图像采集技术
- 内置AI inside™图像预处理及增强引擎
- 完美兼容康代原生AI后处理功能

**Galaxy 4Cx**

(最细4 $\mu$ m线宽/线距)

**Galaxy 5Cx**

(最细5 $\mu$ m线宽/线距)

**Galaxy 7Cx**

(最细7 $\mu$ m线宽/线距)

**Galaxy 10Cx**

(最细10 $\mu$ m线宽/线距)



[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





“随着自动化、智能化的加速渗透，工业控制类产品应用日渐扩大，直接推动了工业控制用 PCB 的稳步增长，而我们在工业控制领域将持续发挥自身优势。”刘总表示。在工业控制领域，公司产品主要应用于机器设备的伺服电机及伺服驱动器、可编码控制器（PLC）、工业马达等，主要客户包括世界 500 强企业日立、松下等，以及欧姆龙、安川电机、京瓷、希克斯、艾尼克斯等行业知名企业。

“基于车载和工控领域为主，四会富仕全方面布局相关的工艺和产能，产品包括软板、软硬结合板，以及 HDI、类载板，目的是配合我们的客户需求，为其带来价值。除了中小批

量的特殊板，我们也承接高品质要求的大批量订单，这些往往是别人不愿意做或做不了的。四会富仕在产品品质管理、供货及时性、客户需求把控等方面，我们很有信心，且经受住多方检验，竞争优势明显。”刘总强调。

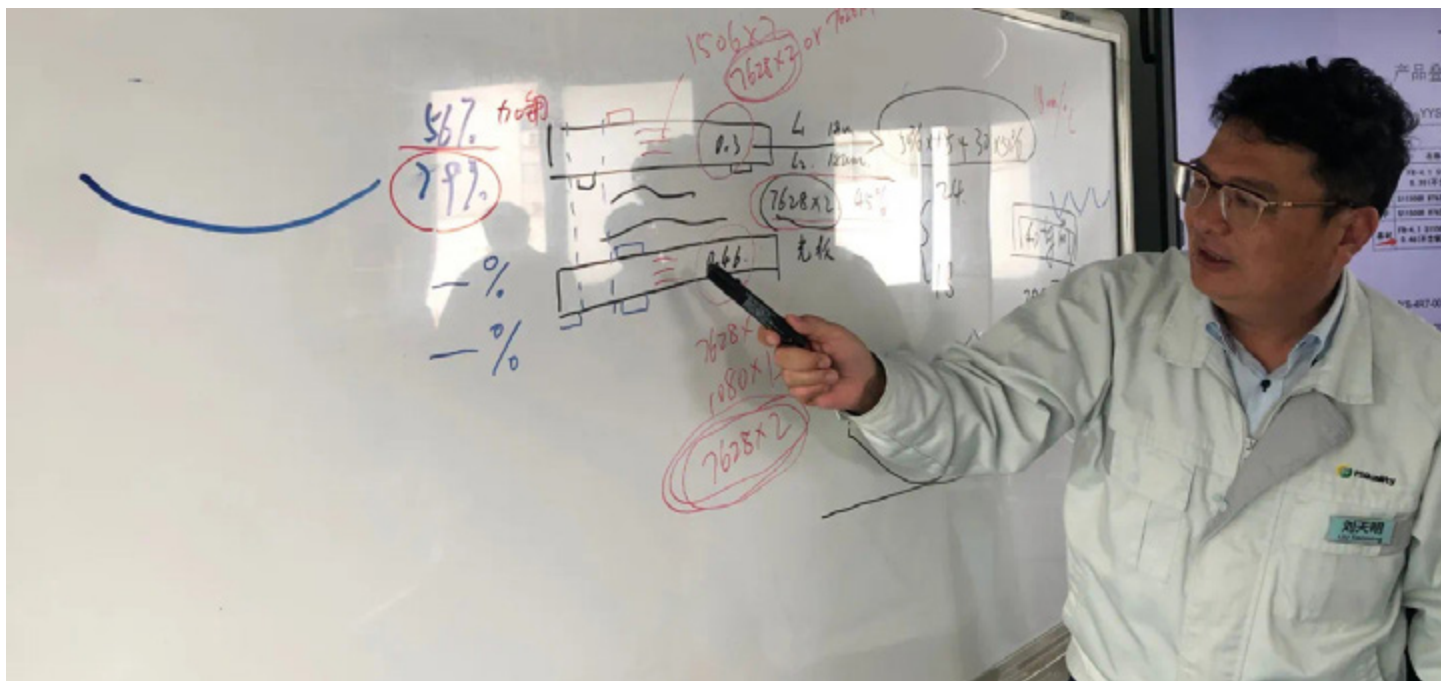
## 一次性把产品做好，关注可制造性设计

“谈道竞争力，关键在于时间成本。降低时间成本最核心环节的就是不要制造不良，在制造过程中一次性把产品做好。”大部分工厂把检查当作制造中的一个工序了，其实不然，检查应是在正确的前期规划、制造控制前提下对于生产出来的良品的复核。复核，就是对于合格品的确认，一方面将产品相关的数据提供给客户，让其安心；另一方面，一旦出现失效问题时，通过数据找到制造过程中的原因。所以，检查这个过程本身不创造价值。

“我们始终关注可制造性设计，在初期，会与客户的研究人员尤其是 PCB 设计人员进行充分的沟通，提前告知相关的经验与设计建议，在设计端就将可靠性的问题考虑进去；当客户订单数据过来之后，对订单上的相关数据







进行评审，并在可制造性方面提出建议。”刘总强调。

## 全员参与是企业决胜的根本

目前，行业在价格、品质、交期方面的竞争十分内卷，而四会富仕能取得竞争优势的根本是我们的员工。让人人都是经营者的全员参与文化是企业决胜的根本，最大限度调动员工的智慧是我们竞争力的所在。

“通过建立企业文化和氛围，培养员工主动为公司去思考、去出力、去发现并提出问题，公司利用组织形式把问题予以解决，这就是最佳的精准生产；至于数字化、自动化，这是结果，其内在的本质是我们做这个产品的目的是什么，围绕这个目的，应该如何以最高的效率一次性做对。”刘总认为，“思考现象—发现问题—解决措施”的全过程中，人的因素是最重要的。

## 泰国工厂助力企业未来发展

目前，泰国制造 PCB 的单价比中国大陆

高 10%~15%，相信随着更多中国企业进入，价格会保持一致。刘总表示，东南亚对照中国制造业的发展，做了研究和学习，基于此，目前投资泰国的优势明显，比如产业园水电等配套相对成熟，具备相关的法规规范。尤其是泰国的员工做事认真，很适合制造业，比如，当地员工碰到问题并发现与标准不一致时，他们会停下来；我们希望生产完全是在标准受控的状态下进行的标准作业，如果出现异常，要停下来分析并找到原因，再制定新的标准；员工重新学习新的标准后并执行，就能保证产品质量均衡稳定。

刘总谈起泰国投资建厂的目标时表示：“投资泰国，缘于客户的需求。有了这次机会，我希望利用在 14 年工厂实践经验基础上总结凝结出的制造理念，再结合先进的工艺能力，能在泰国建设世界顶尖 PCB 制造工厂。同时，对于我们泰国的员工来说，希望通过企业有序经营，让他们过上更富裕的生活并有更好的发展，在企业基业长青的同时为当地作出贡献。”PCB007CN



# Alex Stepinski 谈高可靠性制造

by the I-Connect007 Editorial Team

Alex Stepinski 是 Stepinski 公司负责人及总裁，也是 Smart Process Design 公司的负责人，他设计了领先的 PCB 工厂，将各种新型系统及技术引入 PCB 制造。此次采访中，Alex 分享了他对高可靠性制造技术的观点、制造商易出现的问题，以及为了提高可靠性制造商需要采取的行动及措施。

**Barry Matties：**高可靠性与裸板制造的交叉点在哪里？读者应该考虑什么？

**Alex Stepinski：**重点是使用寿命。这是客户想要实现的目标。他们需要高可靠性，这样产品在现场就不会出现故障，当出现故障时，已经过去很长时间了。必须进行加速测试，以确认产品在“X 量”的时间内是可靠的、降低意外事件及早期 / 潜在故障的风险。

我将高可靠性管理分为两大类：工艺设计和产品设计。在产品设计过程中，制造商控制什么？为获得高可靠性，制造商需要控制 KPI。他们应该有模型，或者一套基于先前设计及制



造经验的规则，哪些规则有效，哪些规则无效。他们还应该将这些规则与鉴定方法相关联，因为不同的 OEM 使用的工业科学技术（Industrial Science and Technology，简称 IST）是不同的。

可靠性是一组测试条件，可靠性越高，潜在在产品价值 / 支付意愿就越高，因此制造厂必须确保其测试结果与其产品设计属性相关。但是这种精密的回归在很多情况下是缺失的，并且有很多不同的测试 / 鉴定方法。最主要的问题是：导致失效的缺陷和 / 或参数条件是什么，它们是否可以标准化？许多人都在谈论 HDI 失效，而堆叠微导通孔是近年来的常见问题。

实际上有 3 种失效模式，每家公司都有不同的方法来处理它们。一家大型的、有影响力的、未披露公司名的半导体公司会以一种与典型的制造工厂完全不同的方式处理这些问题。实际上，半导体公司偏向采用由设计导致的失效模式，因此他们购买了专门针对找出设计缺陷的测试设备，并利用了这种设备的优势。但是，大多数正规的制造厂都是从电镀贯穿孔（PTH）开始的，而此类设备并不是为 HDI 技术而开发的。他们试图用相同的设备完成这两种工艺，当涉及到 HDI 可靠性时，通常对公司业务并不太有利。

最重要的是，整个过程归结为：使用什么化学药水及设备，采用什么工序？整个制程是什么？铜应该是什么样子的？计划使用的金属化是什么？这可能与杂志宣传的理念不同（笑），因为许多的挑战往往是控制问题和尴尬，但这是实际存在的问题。行业几乎从来没有讨论过被证明可大幅提高堆叠微导通孔可靠性的工艺方法。



Alex Stepinski

**Nolan Johnson：**制造商仍在努力应对这些挑战，所以这项工作是否缺乏进展？

**Stepinski：**是的。最近，我在慕尼黑的研讨会上再次参与了可靠性问题的讨论。一家大型欧洲航空航天企业遇到了问题，我被邀请谈谈这个问题，因为这与我 2004 年在美国看到的问题相同。现在是 2023 年，他们提出了同样的问题，使用同样的测试方法，几乎相同的测试载体设计。美国机构在 20 年前也经历了这一过程，拥有几乎相同的堆叠和结构配置，现在实际上并没有超越这一点，但这已经足够了，对话仍然有价值。

我提供了一些关于这个主题的信息，但是在这些可靠性审查会议上，可以看到为什么没有取得任何进展。重点是“合作竞争”——每家公司都是某种竞争对手，我不明白我们怎么能让它们做事。当有人问问题时，每个人都保持沉默——我认为这就是为什么在这个主题上没有取得进展的原因，也是为什么 20 年后人

们仍然在谈论同样的问题。需要有经过深思熟虑的激励机制来管理合作竞争，并提高技术进步生态系统的质量和能力。

**Matties：外部企业更容易解决这样的问题吗？**

**Stepinski：**老实说，任何从事 HDI 制造业务的公司都应该在内部拥有所有的可靠性设备，并在内部进行测试。从宏大计划的角度看，公司这样做并不会花费太多。外部企业（即原始设备制造商、联盟、机构）可能会开发测试载体或程序，但完成开发需要一年或

至少几个月的时间。因此，虽然开发测试确实有帮助，但周期太长，对单个公司都没有好处，如果未通过测试，就只会得到设计、质量相关数据。而且，当得到一些数据时，我们已经在研究或使用不同的材料。如果他们在内部有自己的开发系统，并保持领先的技术发展，他们可以在一周内完成。

**Andy Shaughnessy：**我很惊讶，在委员会和相关行业团体经过 4~5 年的努力寻找根本原因之后，具有弱界面的微导通孔仍然是问题。他们提出了一些解决方法，比如避免堆叠导通孔，但有时必须堆叠导通孔。

**Stepinski：**没错。我最近听到的关于微导通孔可靠性的“重大发现”之一是，一些设计师只在大区域内放置了几个微导通孔。当然，它会破裂，因为所有的应力都在一个或两个微导通孔上。这就是现在愚蠢的研究课题。我们已经看到了这种关系，通过改变附连板间距，如

果运行具有可变间距的多个附连板，就可以得到精密的值，建立自己的经验模型，而不仅仅是一些理论插值的数据表。现在这应该是任何设计师或制造厂的常识。每个人都知道，或者应该知道不能那样做。这在很大程度上要归咎于缺乏工程资源的复合竞争合作对技术进步的阻碍。

**Shaughnessy：**材料的变化使构建高可靠性 PCB 很难，对于这个观点，你怎么看？

**Stepinski：**我不赞同，材料不是 2023

年的主要问题，我发现材料供应商提供的数据在很大程度上确实很有帮助。当然，由于缺乏尽职调查，公司在材料选择上总是会大错特错，但我发现材料供应商的问题更像是“由于测量方法，他们的数据是否与您的基准一致”？更

主要的问题通常是，“公司的制造流

程是否一致？”根据测量系统分析（measurement system analysis，简称 MSA），能否使用其数据建模？当公司内部确认工艺配方的结果时，是否验证材料特性？如果公司的制程是一致的，那么可能会看到一些实质性的变化。但我必须说，我刚建立起一些相当先进的工厂，材料的变化非常小，尽管我也有偏见认为它可能不是。问题更多的是未受控的制造厂没有管控绝对关键的主要变量。我认为这些问题经常被掩盖，因为进行失效分析的人员不了解所使用的制程详细清单（由于未受控制，许多制造厂也不了解）。如果制造厂的信噪比由于对配方开发的尽职调查不足或控制力差，那么材料往往会具有“不同”的表现。

“你的PCB制程具有可持续性么？”



**Johnson :** 为了提高可靠性, 应该更加关注哪些方面?

**Stepinski :** 被高度忽视的关键点之一是铜晶粒结构。几乎没有公司会谈论或解决此类问题, 其中涉及到许多领域。可靠性及信号完整性受固有铜结构的影响很大, 对后续加工的影响也很大。这很引人关注。如果从铜箔生产商到终端生产商, 以及所有的化学品供应商等相关方进行了解, 就会意识到整个行业对实现目标性能的控制是多么少。

**Shaughnessy :** 我一直认为, 如果公司生产的是超高速或射频 PCB, 才需要关心铜晶粒结构。

**Stepinski :** 当然, 但发达经济体为了服务全球所需要的电子产品市场时, 一切都会像电子产品市场一样发展得越来越快。当产品出现微导通孔失效, 实际上没有人真正检测铜晶粒结构是最重要的因素之一。没有符合现代要求的行业标准。所有这些信息都存在, 只是没有人知道。如何测量? 有公司能适当测量吗? 如果想要拥有高可靠性 HDI 和信号完整性, 那么确实需要可测量铜晶粒结构和导通孔界面质量的方法。这可能意味着黏结强度存在数量级的差异。

**Matties :** 你认为现在对制造商来说最大的机遇是什么?

**Stepinski :** 今天最大的机遇是提高制造效率。现在美国 PCB 行业的制造效率非常低。

**Matties :** 我们不需要重新发明轮子, 有很多发展路线图可以提供所需的起点, 80/20 规则可能也适用于这里。

**Stepinski :** 当然可以。我所看到的最大的不足是基准测试。我经常在世界各地旅行 (仅 9 月份就有 46000 英里), 我看到很少有来自美国公司的人试图学习最好的新理念, 以及如何创新。始终是那几家公司, 大多数是非技术人员 (主要是采购主管或非技术执行官) 寻找交易 (更注重价格与生命周期价值的对比)。你会看到很多盲目的趋同和抄袭, 以及对供应商的依赖, 而这些东西不应该被供应商控制。人们以高昂的成本重新发明原能容易取得的解决方案。正如巴顿将军曾经说过的, “如果每个人都以同样的方式思考, 那么某些人就没有在思考”。

在我看来, 美国 PCB 行业专注支持国防部的专有市场, 他们没有真正的动机去追求最佳实践, 因为他们没有理由, 只是符合预期目标即可。国防人员也没有以足够详细的方式进行基准测试; 这都是相对的。纳税人正在为此买单。我们至少应该以亚洲为基准, 在基层建立详细的成本效率, 并制定实现某些目标的路线图, 以获得回报。到目前为止, 基准测试似乎仅在 30000 英尺或更高的高度, 有许多不同程度的分离, 并且通常没有专业领域知识。

**Matties :** 另一方面, 对于那些想要好产品的公司来说, 只能自建专属工厂。

**Stepinski :** 对, 起初他们都是想先从市场上采购产品, 但结果令人失望。

**Matties :** Alex, 非常感谢你接受采访。

**Stepinski :** 谢谢各位。PCB007CN



# 高可靠性制造对铜结构的要求

by Alex Stepinski  
Stepinski Group

在 PCB 制造质量控制过程的讨论中，很大程度上忽视了铜固有的结构。从表面上看，自从线路板和载板首次被发明出以来，铜一直被用作主要导体，那么对铜固有结构的忽视就显得特别奇怪。IPC 及其他标准都几乎完全针对铜厚度，对能够减少信号损耗、改善表面粗糙度的铜表面结构只给予了略微的关注。

且行业还缺乏为了优化微导通孔可靠性对实际铜晶粒结构要求的标准，也没有针对激光钻孔和镀后处理之后目标焊盘和捕获环的要求，以及为了优化载板的差分蚀刻和分辨率极

限，铜晶粒结构对蚀刻速率的要求。这些话题通常属于个别工厂专有技术的范畴。

本文将介绍一些应用案例，显示优化测量和控制铜晶粒结构和形貌后，可为 PCB 制造过程带来显著的增值。

对于微导通孔，除了传统的化学分析、白光显微镜检测、增重 / 减重以及与激光钻孔和微导通孔金属化相关的 SIR 读数外，人们最近通过最佳实践，发现了为确保产品高可靠性而评估铜结构的 3 个不同检查步骤，对于降低工艺风险也很有价值：





珠海镇东有限公司  
GOAL SEARCHERS CO.,LTD ZHUHAI

**镇东，让塞孔、研磨更轻松！**

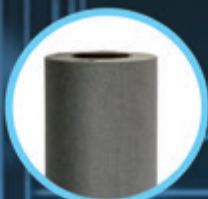
**2022年刷辊类共销售83249支，油墨共销售2734KG**



GSH陶瓷刷辊



GSH缠绕式不织布刷辊



GSH放射式不织布刷辊



GSH高密度尼龙针刷辊



GSH匹配型塞孔油墨



新品上市

全自动联线式高效  
真空丝印机



销售实绩：**183台**  
CCD真空丝印机



销售实绩：**155台**  
双面对磨砂带机



销售实绩：**698台**  
智能化刷板机

以上数据截止到2023年8月

**解决各类真空塞孔&研磨问题**

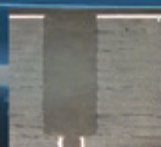
2022年共计加工**1592321片**



盲孔



高纵深比通孔



单面背钻孔



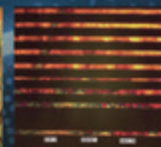
双面背钻孔



孔口去披锋



铜帽去除



防焊前处理



TEL : +86-756-8633473

E-mail : info@goalsearchers.com

HTTP : //www.goalsearchers.com

地址：广东省珠海市香洲区前山明珠南路2007号2栋



由表 1 可知，这些质量控制步骤可以优化加工工艺配比。现场经验表明，这些步骤通常可以大幅提高微导通孔的可靠性。增加工艺流程控制方案后，客户就愿意支付更高的价格来购买服务，同时厂商也更有能力生产利润更高的产品。我们合作的多家新建制造厂已经落实了这些控制方案，并通过提高良率和降低流程的整体风险，快速实现了投资回报。

### 铜箔和晶种层

在加工铜箔和表面铜层时，总体目标是能够尽可能快地完成蚀刻，使添加了掩膜的特征尽可能少地出现侧蚀 / 横向蚀刻，从而得到更高的分辨率。若想在这方面提高性能，可以使用低 Rz/ 薄金属箔，将晶粒结构改为柱状以便

快速蚀刻，或者在为了设定材料配比进行蚀刻或下层电镀操作之前，使用 3D 测量铜层平均高度。在电镀后，用可控的烘烤工艺对铜进行退火也会改变晶体结构，如果电镀操作得当，退火也会使让铜结构更加可靠。所有这些变量都需要测量和控制，从而最大程度地减少生产高阶产品时的工艺偏差。

### 测量工具

用于完成本文中所有检查项目的基础测量设备是带有激光轮廓测定功能的 3D 显微镜（大多数人在检查时使用的是共焦显微镜加激光进行轮廓测定）。市场上很多供应商都提供这类装置，价格从 12 万美元（简单的独立系统）到 22.5 万—27.5 万美元（安装在自动化

| 应用                           | 步骤                                                                     | 正当性                                                                                   |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 激光钻孔后，用于激光钻孔的参数设置和鉴定         | 确认参数经优化后可确保清洁目标焊盘，及通过镀后处理工艺可以清洁的最小受热影响区域。（通常对实际产品不会产生破坏）               | 由老化和污染导致的激光钻孔变量偏移，再加上这本身就是需要用到机械校准的复杂系统。随后，在作业设置时检查合格的基准线也十分重要。                       |
| 在激光钻孔去钻污操作和用于确认产品材料配比的微蚀刻操作后 | 确定激光钻孔和镀后处理效果达到预期，目标焊盘经过清洁且在最大程度减少介质侧蚀的情况下满足机械粗糙度的规格要求。（通常对实际产品不会产生破坏） | 洁净的粉色铜层表面应该有平整的表面结构和可控的Rz，确保产品在金属化操作前、激光钻后的工艺都达到预期效果。                                 |
| 在电镀铜配比设置和鉴定之后                | 确认配比参数能为应用产生效果最好的沉积                                                    | 通过调整晶粒结构（晶体尺寸、方向和形成纳米孪晶的频率是最大的变量）并促进交界面上退火纳米孪晶的形成，可以多次加工出更可靠的微导通孔。晶粒结构对蚀刻速率也会产生较大的影响。 |

表 1：微导通孔工艺，对铜结构质控步骤



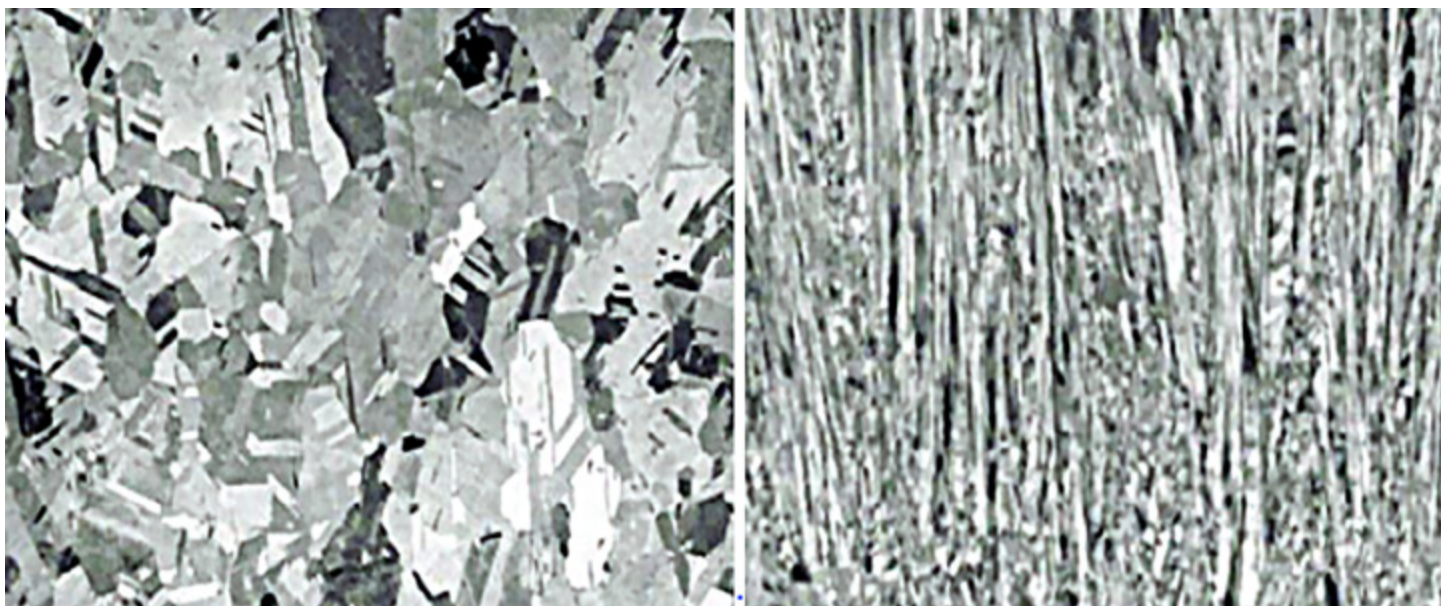


图 1：展示晶粒结构示例的 SEM 图像，专为高可靠性设计的晶粒结构（左），以及为牺牲蚀刻而设计的晶粒结构（右）

全拼板尺寸起重机架上的装置）不等。

最近，美国多家工厂已经安装了这些工具，现在也有许多新建的 PCB 工厂正逐步将这些工具作为高度自动化工作单元安装在工厂里。其他技术也适用于许多这样的应用；但我们发现，在给 NPI 制造领域评估过的所有工具中，这些带有激光器的 3D 显微镜带来的资本投资效率最高，因为这些显微镜应用范围广泛且易于使用，能够很好地控制和改善产品质量。

3D 工具背后的逻辑是，不再需要对产品进行破坏性分析就能够得出完全自然色彩的图片，并且操作员只需要接受数小时的培训就可以操作设备。无需对实际产品进行任何准备即可完成制程中检查，同时还可以为铜晶粒结构鉴定进行样品取样，对检查结果起到补充作用。所以你只需要花小于等于 AOI 设备的价格，就能买到带有 3D 示波器 / 激光器的精密工程设计工具，从而在完成各种检查时得出非常精确的测量结果。用 3D 测量蚀刻后的铜传

输线形状，并且使用共焦显微镜将信息反馈到信号完整性模型，也是使用这些工具的新方案。

如果贵公司并未计划投资带有激光轮廓测定功能的 3D 显微镜，但公司业务属于 HDI/ 高速 / 载板市场领域，那么应该考虑购买这类工具。

## 参考内容

1. Online Wiki of Crystallography.



**Alex Stepinski** 是 Stepinski 集团的创始人兼 CEO。他之前曾任 GreenSource Fabrication 公司副总裁。



# 计划、DFM 及检测是制造 高可靠性 PCB 的关键

by the I-Connect007 Editorial Team

在 PCB West 展会期间,Andy Shaughnessy 和 Kelly Dack 采访了 ICAPE Group 公司西部及南美地区副总裁 Marc L' Hoste。ICAPE Group 是一家在全球各地制造和供应高科技 PCB 的公司。

Marc 分享了一些关于制造高可靠性 PCB 的建议。在本次采访中,Marc 明确指出,计划、准备工作和检测是成功制造高可靠性 PCB 的关键因素。

**Kelly Dack :** Marc, 贵公司制造了很多高可靠性 PCB。您如何定义高可靠性?对于高可靠性对行业的意义,您有何看法?

**Marc L' Hoste :** IPC 标准中 3 级产品强调了对高可靠性 PCB 的要求,但也取决于行业类型和客户类型。当我们审查公司的客户时,大约 20% 的客户都来自汽车行业,而汽车行业一直以来都非常复杂。汽车供应商必须遵循非常高的标准,如 IATF ISO 认证。例如,通





Marc L'Hoste

常以制造部件的百万分之几 (PPM) 来衡量质量水平。过去 15 年, 我们已经能够为汽车行业提供低于 40 PPM 的产品, 这意味着每百万块 PCB 只有不到 40 个有缺陷, 远远好于通常所说的 250 PPM 标准消费类生产。这种质量水平同样适用于其他关键行业, 如具有 AS9100 等认证的航空航天行业, 以及具有取样和 DPPM (每百万机会中的缺陷部件) 控制的关键制程。

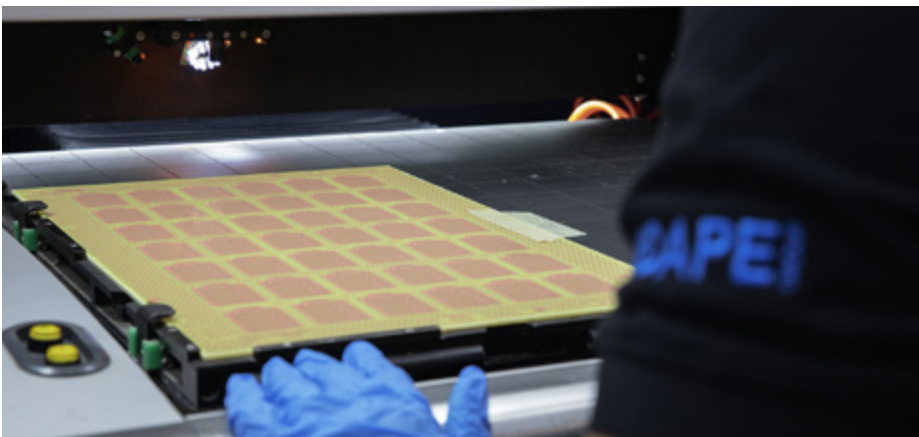
**Dack:** 那是相当低的缺陷率。您认为在高可靠性制造中最典型的失效原因是什么?

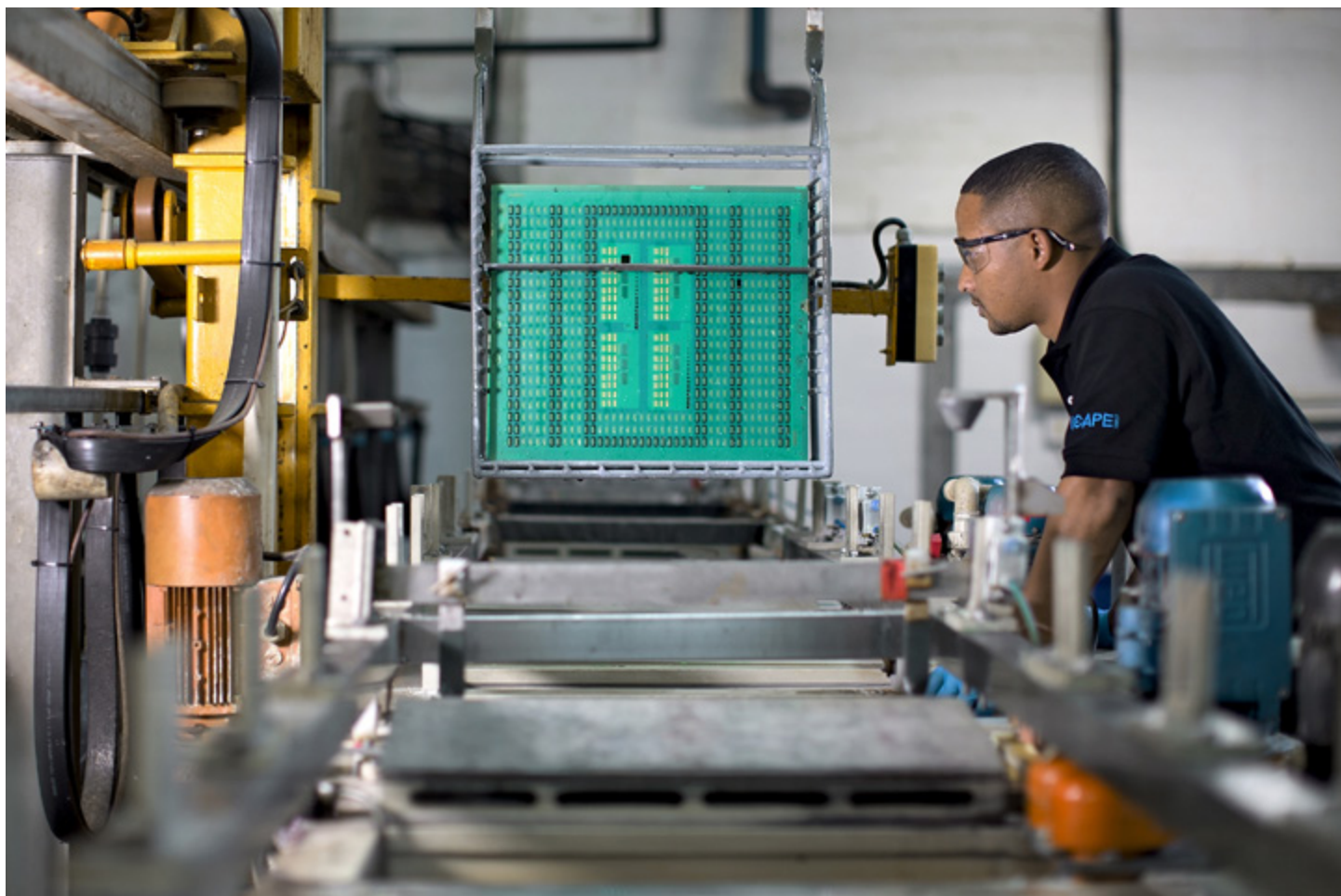
**L'Hoste:** 需要检查很多不同的要点。对我来说, 检查总是从设计本身开始, 确保无论谁设计的 PCB 都要遵循 IPC 的指南。我们有可以与客户共享的电子表格和

指南表。假设 Bob 的任务是为他设计的 PCB 选择适当的制造商。如果生产挠性或刚挠结合 PCB, 不是与专门从事刚性或金属 PCB 的工厂合作。Bob 必须确保选择适当的制造商, 这通常意味着审核工厂, 以确保他们有生产这些 PCB 的适当技术能力。选择适当的材料和涂层也很重要, 所选择的表面涂层将取决于 PCB 上元器件的类型。OSP (有机可焊性保护层) 当然很好, 非常经济有效, 但如果 PCB 上有 BGA, OSP 可能不一定是适当的表面涂层选择。

一旦确定了所有这些不同的要点, 确保对 PCB 进行了良好的检测。100% 测试始终是强制性的。自动目视检查也非常重要。ICAPE Group 提出的是双重检查。我们有大约 60 名质量检查员, 其中一些检查员直接与我们的工程和制造合作伙伴合作。他们的工作是控制我们在这些不同地点生产的 PCB 的质量。在这个过程中, 我们有两个检测点: 在工厂对所生产的 PCB 进行 100% 检测, 然后在装运前在合作伙伴的地点由我们的质量人员再进行检测。

**Dack:** 对于按照 IPC 3 级要求进行设计的设计人员, 需要考虑哪些因素? 因为有可能设计出无法制造的 PCB。





**L' Hoste :** 在我们开始报价之前，我们对客户提供的 Gerber 文件进行软件分析。在我们的案例中，我们使用的是 Ucamco 软件。该软件可确保 Gerber 文件已定义了 PCB 的尺寸、厚度、层数、阻焊层类型等所有基本信息。通常情况下并非如此，那么我们将帮助指导客户，并根据应用为他们提供不同材料的选项。

**Dack :** 贵公司为客户提供设计审核服务，以确保所有技术和材料都能协同工作？这是非常好的理念。

**L' Hoste :** 是的，那是第一阶段。一旦我们完成了报价并收到客户的订单，我们就进入了第二阶段，即 DFM 技术问题，以确保按照其设计 PCB 是可制造的。如今，60% 的技术问题由我们的工程设计团队处理，该团队由中国、

墨西哥、美国和欧洲 30~50 名工程师组成。我们的工作检查文件，确保 PCB 可以制造，或准备技术问题清单，并始终包含选项。我们不仅仅告诉客户“哦，这样不可靠”，我们还提供解决方案。然后，他们的工作就变得简单，“我们可以接受这个方案，但我们不能接受那个方案”。最后一个阶段发送 Gerber 文件给客户，让他们在制造 PCB 之前完成最后的审核。

**Dack :** 贵公司的第一步是设计审核，以确保所有一切都符合 EMS 提供商的要求，非常棒。作为 EMS 服务商，我们与其他制造供应商的苦恼之一是，设计团队发送 Gerber 数据和拼板详细规范，说明如何进行拼板。我们收到报价单，但一直到调整生产 PCB 的采购订单





后，才收到工程设计查询，得知他们无法生产 PCB。当这种情况发生时，是非常令人沮丧的，所以很高兴听到贵公司以一种更成功的方式解决这个问题。

**L' Hoste :** 我们从许多客户那里听到过同样的故事。作为一家 ISO 公司，我们一直努力提高自己。我们使用这个系统至少有 5 年了。客户对此非常满意，因为我们不仅提供报告；我们还提供报价单。这些报告有 30 多页，非常全面。

**Dack :** 你们的 Ucamco 系统是自动化的吗？

**L' Hoste :** 是的。是相当简单的过程。我认为，生成一份报告只需要几分钟的时间。在开始报价前，我们的工程设计团队会检查报告，确保所有内容都已记录，如果出现重大问题，最终会为客户提供技术说明。

这是非常适合我们的系统。我们在许多不

同的国家有合作伙伴，客户需要在 24 小时内收到报价；有了这个系统，我们不依赖来自不同 PCB 制造商的报价信息，而是可以在内部进行报价。因为我们经常和客户在同一时区，所以可以在早上收到询价单，并在当天为客户准备好报价单。

**Shaughnessy :** 你会对那些存在可靠性问题的制造商提出什么建议？

**L' Hoste :** 很简单——慢慢来进行设计评审、DFM 检查和检测。全球有数千家专门从事特定技术的 PCB 制造商。我们有双重检查程序，来为您和您的技术选择适当的合作伙伴。

**Dack :** 非常感谢。

**L' Hoste :** 谢谢。PCB007CN

欢迎访问 <https://www.icafe-group.com/>



## 喷气式飞机的吸引力

by Barry Matties  
I-Connect007

2007 年, Stratos Aircraft 公司开始设计和制造令人兴奋、雄心勃勃的新产品, 他们估计该产品距离上市至少需要 5 年的时间。凭借巨额资本投资, 他们正在研制第二架样机——一架 6 座乘客的单喷气发动机飞机, 可在 41000 英尺的高空巡航, 航程约 1500 海里, 舒适的客舱可承受 7600 英尺高度的压力。

我最近参观了俄勒冈州 Redmond 市的 Stratos 制造工厂, 采访了其总裁兼 CEO Carsten Sundin 和其团队, 我了解了更多与设计、制造和将新飞机推向市场相关的信息。

*Barry Matties : Carsten, 可以首先介绍贵公司的发展概况吗?*

*Carsten Sundin :* 从 2007 年开始, 公司的目标是设计和生产性能明显优于高性能个人类型飞机的飞机。我们着手研究如何设计能容纳 4 人的舒适飞机, 在带着预备飞行员的情况下飞行 1500 海里, 以 400 节的速度巡航, 因此, 这些性能比当时任何其他飞机都要先进一大步。当开始最初的设计研究时, 我们对那架飞机的外观并没有任何固定的想法。我们考虑了所有不同的配置和动力系统选项。研究越深入, 我们就越意识到单引擎喷气式飞机可降低成本。如今, 单引擎涡轮飞机的可靠性令人难



# 飞行器的高度

## 外逸层

440 to 6,200 miles

逸散层底

## 热成层

50 to 440 miles

卡门线

## 中间层

31 to 50 miles

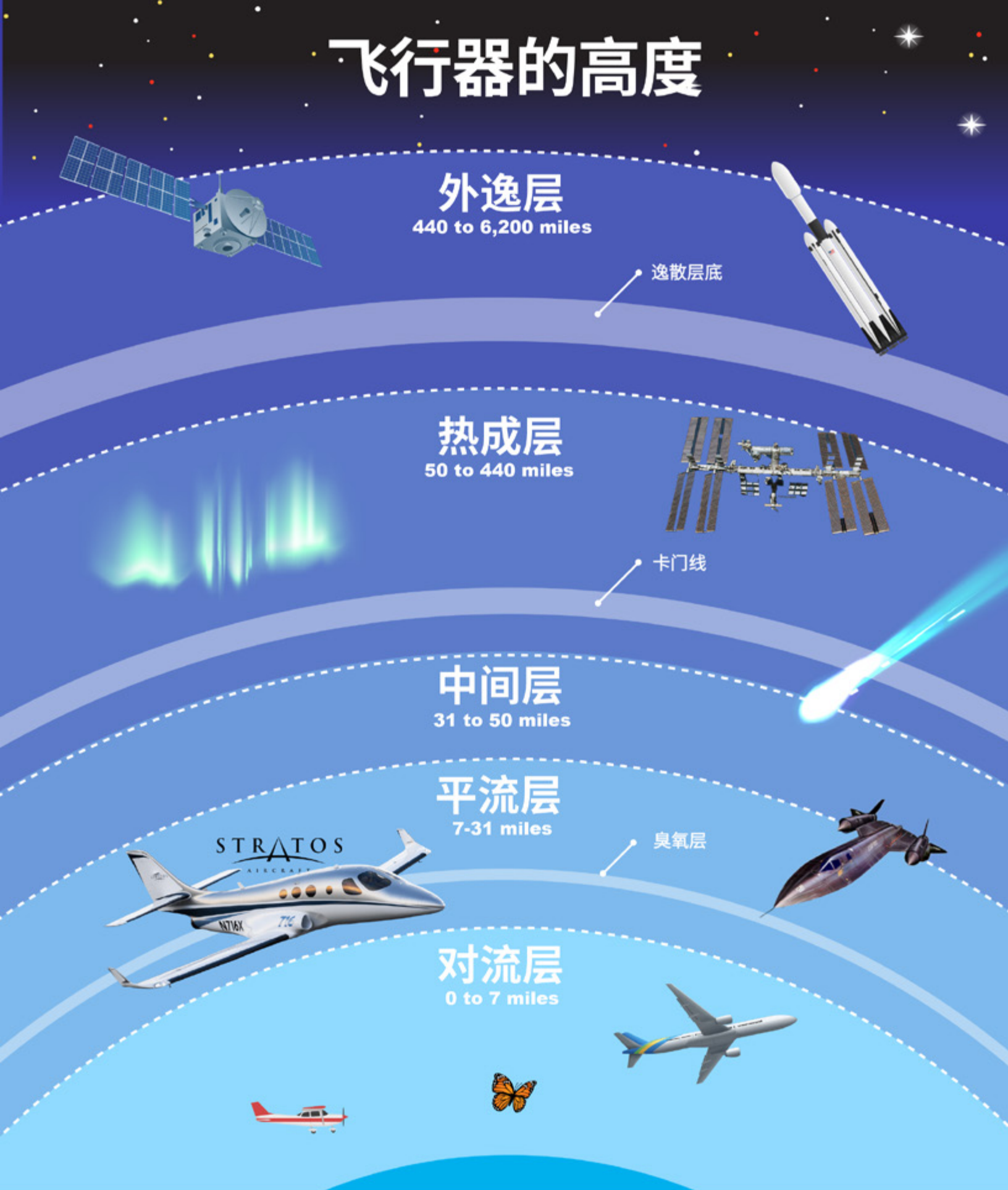
## 平流层

7-31 miles

臭氧层

## 对流层

0 to 7 miles



以置信，即使出于安全考虑，也根本不需要第二台发动机。发动机只要有燃料，就不会熄火。驾驶员操作单台发动机更为容易。与基本的活塞动力飞机相比，这种飞机飞行起来非常简单。

长话短说，我们的设计研究成果是 Stratos 716X。这是一架由单台 Pratt 及 Whitney JT15D-5 发动机提供动力的飞机，有大约 3000 磅的推力，以大约 380 节的速度推进飞机。生产发动机将使我们达到 400 节的目标。在高度为 41000 英尺时，这架飞机高度的机舱高度 7600 英尺，机舱非常舒适，可与波音 787 媲美。客舱高度较低，乘客在长途飞行后会精神抖擞，不会那么疲劳。目前为止，我们已经生产出了 Stratos 714 和 716 两架飞机。事实证明，这两架达到了我们设定的所有性能目标。

**Matties：**是什么动力让你想创办一家飞机公司？

**Sundin：**到目前为止，我全部的精力都投入到飞机事业中。大学一毕业，我就在 Lancair 工作。10 年来，我参与了数个令人兴奋的飞机项目，包括 Lancair 360、ES、Lancair IV 和 Lancair Legacy。在我职业生涯的前 10 年，我有很好的曝光率，然后我继续管理 Epic LT 项目的工程，这是一家生产 6 座涡轮螺旋桨飞机的企业。在那之后，我做了几年咨询工作。之后，我想再次参与飞机的设计和制造。因此，我向潜在投资者提出了一些不同的想法，沟通真的很成功。



总裁 CEO Carsten Sundin(左), 首席试飞员 Peter Stiles(右)

**Matties：**不错。那么，在进入市场的周期中公司目前处于哪个环节？

**Sundin：**飞机的设计和制造是一条漫长的路。我们花了将近 9 年的时间才研制出第一架 714 型飞机，并使其可上天飞行。714 型飞机之后，我们决定将其扩展为真正的 6 座飞机。这个过程又花了 3 年时间，我们进行了缩减质量计划，不仅将客舱体积增加了约 40%，还使其减轻了 400 磅。质量控制是飞机设计的重中之重。质量的差别有时就像两架不同的飞机！

**Matties：**公司必须跨越很多监管障碍，可以谈谈这类挑战吗？

**Sundin：**他们说，当飞机获得认证时，文档工作的重量等于飞机的质量。我同意这种观点。我们还有很长的路要走。基本上，我们今天所做的就是设计和测试这两架飞机——无论是在结构上还是在飞行中。我们有数百小时的飞行时间，还有数千小时的开发、制造和测试





时间。公司离认证还有很长的路要走。即使是像本田这样财力雄厚的公司，也花了大约 20 年的时间来认证其飞机。

**Matties：**哇。对于将投入市场的一款产品来说，这是相当大的承诺。这是正在填补的小众市场，还是这个领域已经有一些同行公司了？

**Sundin：**从某种意义上说，这是一个小众市场，我们的目标是让飞机的拥有者即驾驶员，但它仍然是相当大的市场。

**Matties：**是否看到电动飞机也在设计中发挥了作用？

**Sundin：**是他们发挥作用的时机了，但电池技术还没有出现在高性能飞机上。我认为还需要几十年的时间。

**Matties：**你们自己设计电子产品吗？

**Sundin：**电子产品是这架飞机设计中相当小

的组成部分，只要供应商有经过验证的部件且可以工作，我们都会感兴趣。总的来说，在飞机制造中，现成的产品并不多。例如，我希望能找到现成的起落架，但最终没有成功，我们设计并制造了自己的起落架。我们不生产原材料，但我们生产工具，我们制造并组装一切。所以，虽然我们不生产原材料、窗户、发动机或航空电子设备，但其他一切都是在公司内部生产的。

**Matties：**太好了。很高兴知道还有很多东西是在美国制造的。

**Sundin：**在飞机制造业，我认为这仍然是唯一的途径。

**Matties：**在监管程序之外，公司现在必须经历的最大挑战是什么？

**Sundin：**这确实可以归结为监管程序。我们在开始这个过程之前，制定了测试一切的策

略，已经扫清了很多障碍。我们已经尽可能多地“降低”了这个项目的风险，堆积如山的文档就是见证。

**Matties：**如果有人想创办一家制造公司，你会提出什么建议？

**Sundin：**“不要涉足飞机制造业”，这当然是开玩笑。如果要从从事飞机制造，最重要的是，要使用经过验证的技术和方法。生产飞机非常困难。如果你有志于生产自己的航空电子设备或发动机，注定会失败。使用经验证的技术和经验证的设计——在每个类别中，挑选经过验证的最佳设计，并将其转化为公司自身的飞机设计。

**Matties：**当今商业的一大难题是劳动力市场——寻找和引进优秀人才。在这方面贵公司是怎么做的？

**Sundin：**我们在此方面很成功。当开始这个项目时，我们雇用了许多经验丰富的工程师，不久之后，我们雇佣了初级工程师并对他们进行培训。Aaron Park 就是很好的例子。他刚从

大学毕业，将和经验丰富的工程师一起工作。在大多数情况下，资深工程师负责监管工作，除此之外，还有相当多杰出的年轻工程师。

**Matties：**这是好策略。然而，与 PCB 制造业相比，航空行业具有我可能称之为“喷气式飞机的吸引力”。所以，我认为年轻的工程师可能更喜欢这样的环境。

**Sundin：**我认为这当然有关系，也帮助我们拥有了很多很酷的制造技术。当浏览工厂时，你会看到这里有很多先进的制造技术，我认为这些要素吸引了人才。

**Matties：**我们看到的发展趋势之一是工业 4.0 和向数字孪生的转变。公司对飞机部件的仿真有多少是数字化的？

**Sundin：**我们完全在电脑上设计飞机，从部件、组件，一直到完整的产品。在这一过程中，我们通过仿真进行虚拟测试。基于 CFD 或计算流体动力学，我们有虚拟风洞；基于有限元分析（Finite Element Analysis，简称 FEA），我们有虚拟结构测试。在研制过程中进行样品





测试以进行验证，然后进行全尺寸测试，最终进行全尺寸飞行测试。所以，基本上，我们在计算机上进行设计和优化，然后进行实际测试。

**Matties：**自己研制的飞机试飞行后，你们对性能满意吗？

**Sundin：**飞机满足宏雄的性能目标，所以我们对此感到非常高兴。我们多年来一直期待的里程碑之一是达到 41000 英尺的飞行高度，我们在 2022 年 5 月做到了。当我们达到最终高海拔或高速度时，对我们来说那将是最重要的日子。我们研制的飞机的性能与轻型双引擎公务机非常相似，但是没有比它更简单、更适合操作员的高性能飞机。

**Matties：**必须感谢你抽出时间接受采访。祝贺贵公司取得的成功！

**Sundin：**谢谢。

采访 Carsten 后，我接着采访了 Stratos 的 3 位年轻工程师——Aaron Park、Austin Alley 和 John Smoker。了解了他们的教育专业乃至目前在 Stratos 公司的发展历程。

Aaron Park 最近从 Boise State University 州立大学毕业，获得了机械工程学位，现在是 Stratos 最新的全职设计工程师。在此之前，他在夏天断断续续地在 Stratos 实习了两年，在校期间做了一些远程工作。Aaron 说，他一直热爱航空，并决定专注于机械工程，尤其是他开始 Stratos 实习后，更加坚定了自己的选择。

Austin Alley 约 6 年前加入 Stratos，现在是一名工程设计主管兼 CAD 经理。他在 Idaho 大学获得应用物理学学位，并辅修机械工程。他在农场长大，学到了工程设计的核心原理。“农场就是我学习机械工程、修理拖拉机的地方，我从一开始就学会了如何转动扳手，并从中学会了如何改进设计。例如，无论



从左往右: John Smoker, Austin Alley, Aaron Park.

是谁设计、生产拖拉机，我都需要卸下 4 件东西才能拿到燃油滤清器或其他什么东西。当时我意识到人们不喜欢糟糕的工程设计。所以，我想一定要改变这一点。”

John Smoker 大约 5 年前入职 Stratos。他拥有通用工程设计学位，侧重于机械工程。“学位课程非常强调基础知识和理论。所以，我们没有接触到太多实际的东西；学了一点 SolidWorks，一点 Fault Tree Analysis。但它实际上是数学、物理、一些编程以及大量电子技术的基础。”

我发现，在与这些年轻工程师交谈时，他们的共同点是希望与团队合作，为内部客户服务，他们非常重视这一点。

**Matties : Aaron, 在你们所在的行业, 失效会导致死亡。这点会如何影响你对待工作的方式?**

**Aaron Park :** 当我绘制图纸或设计部件时, 增加的质量和责任感始终在我的脑海中。我们需要牢记许多标准和规范。当然, 所有的航空航天标准都不是我在学校学到的。我问了很多问题, 努力将我在学校学到的技能与公司需要的技能结合起来, 以确保我所做的对飞机及飞机上的乘客来说是安全的。

我还意识到, 行业的制造商和工程师之间可能存在脱节; 工程师们并不一定了解制造的情况。例如, 我试着学习, 焊工喜欢在图纸上看到焊接标注, 或者数控操作员将如何解释图纸, 以及我们如何才能更好地建立这种合作关系。更好的沟通可以减少出错的机会。

**Matties : 我们在很多行业都看到了这种脱节。我们听到制造商抱怨说, 许多设计师只是把设**



CNC操作员及机械师Rod McMahon

**计扔给我们, 希望制造商自己搞明白一切。这正是了解客户是谁及其需求的方法非常有意义的原因。事实上, 我们听到的另一个常见主题是让设计师学习制造过程。**

**Park :** 当我在 Boise State 州立大学时, 学校在当地制造业的帮助下更新了机械工程课程。对于毕业生所缺乏的技能, 包括技术和软技能, 或者需要了解的知识, 学校向 Micron 公司及位于 Boise 州的许多小公司进行了调查。能够与制造商合作, 并通过实践经验了解设备是他们反馈的重要组成部分。我很感激我能在工厂上课, 学习工厂、车床的工作原理。现在我在 Stratos 工作, 我更了解制造商在做什么, 我也可以向他们提出更好的问题。

**Matties : 是否可以介绍你发现的最有价值的软技能?**

**Park :** 我现在发现大学导师想传达的重要信息非常有价值, 那就是能够与生产产品的人沟通, 甚至探索假如你在制造商现场所看到的具体情况。我们上了一堂设计课, 我们自己设计, 然后交给另一个学生来生产。但后来我们也收到了别人的设计, 自己生产, 多次修改设计。



重点是能够与雇主或同事，甚至是为你生产产品的另一家公司进行有效沟通。

除此之外，我在 Stratos 问了很多问题。能够清晰地表达信息并避免任何形式的沟通误解对我来说是非常重要的一课。

**Matties :** 所以, Austin, 你强调了 Aaron 提出的沟通与合作的重要性。

**Austin Austin :** 是的，了解客户是谁。最终，我们的客户就是要买飞机的人。作为一名工程师，我的客户是制造我设计及绘制的部件的人，也就是转动扳手的人。例如，我在和机械师交谈，询问他们需要我如何做可制造性设计。“哦，你需要改变半径吗？”很多工程师甚至不问半径需要是多少。但如果你问了问题，制造工程有可能回答，“好吧，如果你把这个改变千分之十，我可以用另一个钻头，我可以把它切割得快一倍。”像这样的小细节有时会被遗漏，而当你真正与生产它的人沟通时，你将会了解他们的需求，这将为制造节省大量时间。

**Matties :** John, 我了解你已有 5 年的职业生涯了，你在这里取得了一些进步。听起来你的发展速度很快，目前你担任什么职务？做什么工作？

**John Smoker :** 我是公司的首席飞行测试工程师，我也做系统设计工作。我目前所做的大部分工作都是中级项目管理，与承包商和供应商协调，制定时间表，然后处理飞机上的实际数据。我向首席试飞员和与我们合作的飞行员承包商学习。通常，我们在这样一个快节奏的环境中工作，会在项目之间跳跃。我们在飞行线上开发了软件系统来管理配置和控制飞机；

这是一件大事。通过管理飞机质量和平衡的简报，能让你从信息丰富的环境中获得更多信息，并进行协调和调用，这样两个月后，我们的计划就完全不同了。

**Matties :** 你在公司的第一个职位是什么？

**Smoker :** 我一开始是初级绘图员，花了很多时间与机械师和制造商沟通，琢磨他们的想法，询问他们想在图纸上看到什么，实际生产部件、做这件事或制造这个系统需要什么。我投入了很多时间学习设计的语言知识及运用能力。我想说，这可能是我职业生涯中做得最好的投资之一。

**Matties :** 对应了 Austin 和 Aaron 所说的，公司内部客户之间沟通的重要性，内部客户即你把工作交给其的对象。

**Smoker :** 当然，因为他们（内部客户）才是最重要的。这不仅仅是把一堆图纸扔在他们的桌子上，然后说“生产吧，再见”！这个过程是从最初的设计概念到最终的样品阶段一，再从样品阶段二到最终的概念，你需要一直处于这个过程中。我认为，这是解决项目最有成就感和回报的方式。

**Matties :** 太好了。对你来说，公司最精彩的部分是什么？

**Smoker :** 很有趣，因为当你这样的项目中时，你会被不断刺激减弱反应，忘记了生活有多美好。你只是无感地穿梭于工厂设备之间，所以必须时时提醒自己所拥有的一切很美好。

**Matties :** Stratos 在人才和设备方面投入了大量资金。



**Smoker :** 当然。我对飞机充满热情。从我记事起，我就喜欢航空。所以，当工程设计是一门学科时，我选择了它，如果我能为飞机做任何事情，那将是令我开心的。令人惊讶的是，我真的来到了这里，我非常感激。Stratos 拥有内部客户服务、合作和教育的公司文化。

**Matties :** 在 Stratos，他们欢迎你了解核心功能之外的所有其他领域，这是一家值得为之工作的杰出公司。

**Park :** 当然。我觉得我在工作中学到的东西很多，与更多的高级工程师一起工作，并与制造金属部件、复合材料的其他部门沟通，了解飞行线上的情况……这些都是非常有价值的信息，我很喜欢。

**Matties :** 公司会指定其他工程师负责指导你，其中之一是 Austin。所以，Austin，你和 Aaron 走的是类似的路径，我的理解是，作为一名领导者，你在组织中承担着很多责任。

**Alley :** 是的。所以，我努力工作，做了很多 Aaron 所说的事情，我稳步上升，努力接近顶峰。

**Matties :** 如何成为一名导师，这有多重要？你对新员工采取什么方法？

**Alley :** 在大多数情况下，我们起步都很慢。这就像，让我们看看这个人是否能画出这幅画，然后，好吧，他们能做到。你看到他们问了问题，他们现在好多了，更智慧了，所以你给他们一个更大的项目，你就慢慢地改进这种方法。Aaron 问了很多小问题，做得很好。有时你可以看出他问这个问题很紧张，但完全没关系。我过去也是这样。刚开始的时候，我对飞机几乎一无所知。所以，只是每天都在问你的上级，“嘿，这是怎么回事？”当我不明白某件事是怎么回事时，要保持开放。有时，我可能会想“这是愚蠢的问题”，但我仍然会问，因为我想知道它为什么会这样工作，或者它是如何工作的。



**Matties :** 作为一名导师, 你分享并传授公司的文化。听起来这就是我可能称之为的一家培育型公司, 领导者鼓励教育、提问、指导和合作。

**Alley :** 是的。公司不断雇佣新的工程师, 这里的很多职位也都是由行业新人担任的。在很多方面, 这似乎让你做得更好, 因为可以把某人塑造成公司需要的人。他们对这件事的运作方式并没有先入为主的想法, 也就不必和有 30 年经验的员工发生冲突。(当然, 有经验的人也知道他们这样想是有原因的。)

**Matties :** 我在工具和加工部门遇到了数控操作员兼机械师 Rod McMahon 和设备操作员 Ed Kissler, 他们提醒我们经验是无可替代的。这些人是真正的工匠和专家, 他们已经在其领域钻研多年。如今, 拥有这种技能的劳动力短缺。让新人走进来, 接触这些工匠, 并学习他们的经验, 这对新人来说一定是非常宝贵的。

**Alley :** 是的, 完全是。当我们第一次绘制一些复杂机械部件的图纸时, 我们会去车间和他们沟通, 他们几乎总是有一些使生产更容易的建议。一起工作会给整个团队带来巨大的不同, 也会让他们的工作更轻松。

**Matties :** 当我们在那里交谈时, 他们鼓励你投入时间学习技能, 并更多地了解他们正在做的事情。

**Alley :** 是的, 我非常愿意投入更多的时间和他们在一起, 学习更多关于其技艺的知识。对我来说, 这是鼓励和机会。

**Matties :** 你会给年轻的工程师提出什么建议?

**Alley :** 最重要的事情之一就是了解客户, 了

解谁最终会使用产品。要意识到制造成本, 以及一些事情是如何结合在一起的, 是否可能存在更好的方法。要确保整个团队都参与到你的设计中, 而不仅仅是你自己。我发现很多糟糕的设计往往是这样的, 没有合作, 完全是一场独角戏。

**Matties :** John, 你会给一个刚刚入学或即将毕业进入行业的年轻学生什么建议?

**Smoker :** 我想说不必确切地知道你想做什么。如果你知道, 那很棒; 但如果不知道, 试着去发现。请你的教授或高年级同学共进午餐, 只需与人交谈。这将是重要的事情, 因为我所拥有的机会来自于与人交谈和对他们的好奇。问“你如何找到所想做的事情? 你是如何达到现在的水平的? 你会给我什么建议?” 然后问: “有什么我可以和你合作的吗?” 这是一个很多人都回避的大问题, 但要问!“贵公司是否有适合我的位置?” 然后这就增加你的潜在方向。

**Matties :** Aaron, 对于一个刚起步的年轻工程师, 你有什么建议?

**Park :** 我想说的是, 不要把所有的时间都投入在电脑工程上。带着棍子和钉子去工厂或后院做点什么。买一台不贵的 3D 打印机, 或者任何你能买到的东西, 学习制造。从设计概念到自己构建, 将会学到同样多的工程设计知识。在整个过程中尽可能多地学习, 不要太担心数学和热力学之类的知识。

**Matties :** 非常棒的建议。非常感谢。  
PCB007CN



# 胜伟策 (SEL) 的供应线

by Barry Matties  
I-Connect007

我最近参观了 SEL 位于爱达荷州 Moscow、价值 1 亿美元的新 PCB 工厂。接下来的几篇文章里将会讲到工厂使用的一些新设备与新技术。

**首先我与工程设计总监 John Hendrickson。**交流他在选择关键领域的供应商时看重的关键因素。

**John Hendrickson：**与设备供应商建立的合作伙伴关系时，首先考虑尽可能离公司近——

这绝对是我们寻求合作方的关键因素之一。其次，合作方的经营理念与我们是否一致？对方是否有合适的设备满足 SEL 的需求？也许当下，他们的设备无法满足我们目前的需求，但如果双方对未来目标技术的需求契合，也会是我们想要与之建立深厚关系的关键点。最后，相关供应商之间的持续沟通也是关键因素之一。

**IPS 是 SEL 的主要供应商，其总裁 Mike Brask 和我一起参观了 SEL。我请他介绍了其提供的 ENIG 生产线，从开始沟通到安装的全过程。**



**Mike Brask :** John 为 ENIG 生产线配备了专门的工程师, 在整个采购安装过程中, SEL 与我们一起工作。同时, 在整个合作过程的早期, 我们与 SEL 选择的化学品供应商也保持联系, 为达到构建理想的生产线, 三方与项目绑在一起, 共同加入功能决策环。这是一种三相奔赴——客户、化学品供应商和我们设备供应商, 在一张白纸上共同勾画未来工厂蓝图。

随着采访的继续进行, 我请 John 介绍了这种合作方式。

**Hendrickson :** Mike 的专业知识对我们很有帮助, 尤其是项目初始。我们对建厂的流程了解有限, Mike 和他的团队帮助我们厘清思路, 确定应该做和不应该做的事情。他凭借丰富的经验, 为我们指明了方向。依靠他们在内的关键供应商们, 我们选购适当的设备, 培训 SEL 团队成员, 形成了我们的优势。我们每周至少见一次面。

**Brask :** 是的, 每周的会议是保持项目正常推进的关键。如果出现问题, 会在一周内进行处理。在设备落地之前, SEL 就花了大量时间让员工融入, 这点令人印象深刻。他们的团队会来我们的工厂, 参与设备组装、拆卸和运输包装。当设备到达 SEL 工厂时, 他们的团队参与了现场安装, 帮助设备安装到位。早期培训时, 团队成员几乎一直在安装现场。按下设备启动按钮时, 他们已经做好了操作的准备。

**Hendrickson :** 每月至少与我们的工程师 / 操



作员一起访问 IPS 一次。我认为最棒的一点是, 当我们带设备维护团队去 IPS 时, Mike 让他的团队教他们如何进行塑料焊接。我们的团队离开时会说: “嘿, 我知道如何进行塑料焊接了。” 我认为这是建立工厂并获得成功的关键因素之一。

大约 1 年前, 我们聘请主要核心操作员, 并让工程师带领他们学习; 团队成员在工艺上配对, 一起工作。这些操作员不仅到设备供应商那里学习, 还进驻其他 PCB 工厂, 实地了解各工艺环节, 熟悉他们未来日常工作可能出现的情况。

我请 John 分享了整个合作过程的想法。

**Hendrickson :** 选择供应商, 不能想当然地翻开目录挑选; 而应深入了解备选的供应商当下在做什么以及发展方向。通过与合作伙伴的深入沟通需求, 最终挑选的设备不一定是他们想要销售的型号, 而是他们为“未来”预备的设备。我们没有选购一两年后他们会升级换代的设备, 而是抢先购买了他们要开发的未来设备。要建立并达成这种伙伴关系, 建立沟通机制和紧密的反馈机制至关重要。PCB007CN

**备注 :** 我们对 SEL 其他主要供应商进行了采访, 请见后续文章。这些公司介绍了其销售的设备以及在此过程中与 SEL 建立的合作伙伴关系, 希望读者通过这些采访内容, 在工作中得以借鉴, 正是我们的价值所在。

# GreenSource 与 SEL: 着眼绿色

by Nolan Johnson

I-Connect007

GreenSource Engineering 协助 Schweitzer Engineering Laboratories (SEL) 完成其新建工厂的初步设计，并向 SEL 提供自动化搬运设备，SEL 也积极参与了 GreenSource Engineering 提供的设备售后服务。Nolan Johnson 采访了 GreenSource 团队，包括 GreenSource Engineering 和 GreenSource Fabrication (GSF) 的 Michael Gleason、Marco Mirkovic、James Brown 和 Rick Nichols，

以更好地了解 SEL 爱达荷州 Moscow 市新建工厂安装设备的情况，以及 GreenSource 与 SEL 的合作关系。

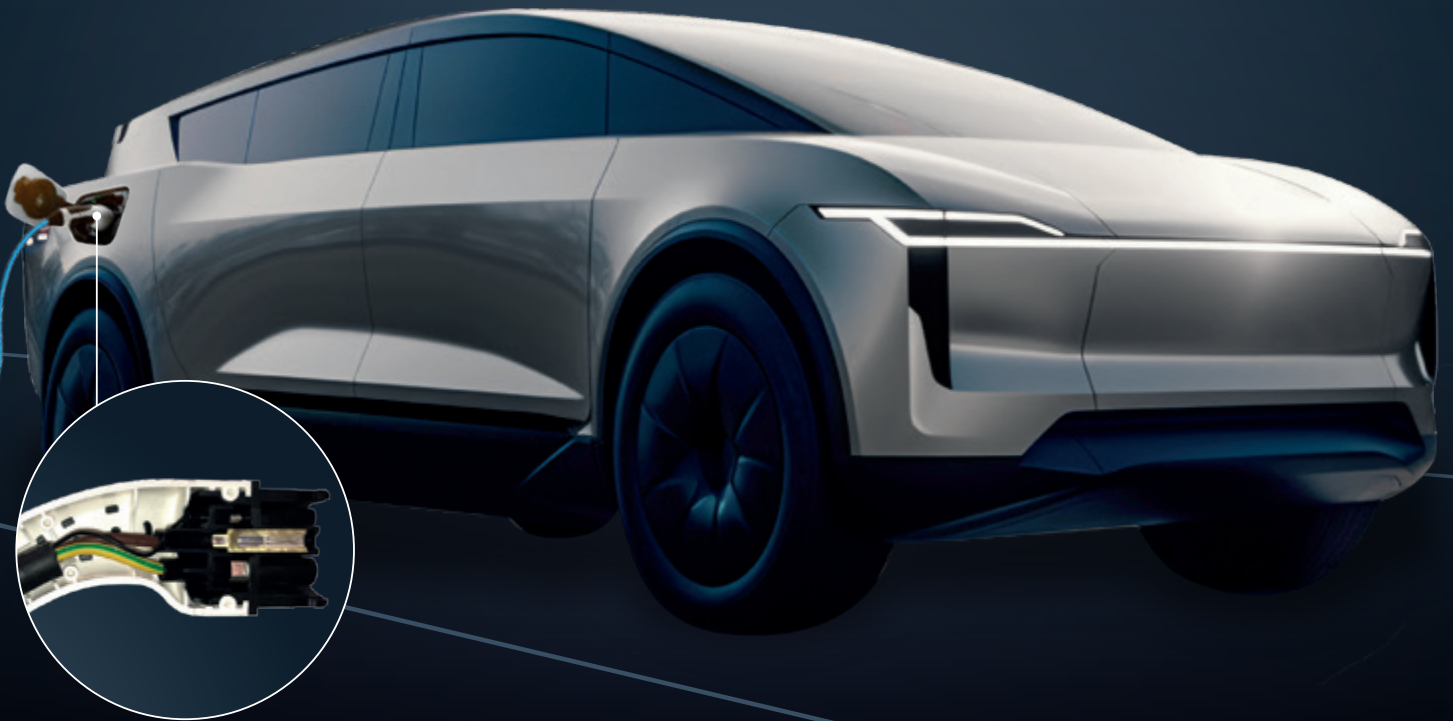
**Nolan Johnson：**贵公司参与了 SEL 在爱达荷州 Moscow 新建工厂的设计及构建，所起的作用是什么？

**Rick Nichols：**从本质上讲，我们使 SEL 的新工厂实现了高度自动化。我们在新罕布什尔州成功建造了一家工厂，部署了公司自己的设备





# 带你驶入未来的出租车



## Silvertech® C –可减少磨损的银石墨

与我们一同驶向未来！我们经过行业验证的银-石墨工艺——Silvertech® C，能够对需要有高抗磨损性要求的设备，如电力开关和连接器上沉积高导电表面，比如电动汽车充电器。Silvertech® C在银表面与重量为1-2%的石墨粒子共沉积，可以减少表面磨损，从而显著提高了连接器的插拔次数。石墨粒子的自润性明显降低了银表面的摩擦系数，从而减小了插入力，同时不影响其极低的电阻率。石墨粒子还可以有效地对付纯银表面已知的冷焊效应。

Silvertech® C提供两种碳石墨尺寸，以便对银层厚度需求提供更大的灵活性。这种经过高量产验证的工艺适用于设备，每分钟可沉积约0.6 μm厚的银，形成类似缎面的灰银色表面。

如需了解更多关于我们公司或产品的信息，请扫描下方二维码。



和零液体排放（Zero Liquid Discharge，简称 ZLD）装置——这是任何新建工厂的关键。SEL 得知后，我们很快就开始参与 SEL 新工厂的设计及构建。SEL 公司来到我们新罕布什尔州的制造工厂接受基本培训，我们的工程师帮助其团队解决培训中遇到的各种问题。

SEL 与 GreenSource 在工厂设计和设备选择方面进行了合作，以确保 GSF 自动化设备和 ZLD 系统运行良好。

SEL 在新罕布什尔州看到这种设置后，希望在总体规划中采用类似的结构。我们为其设计了水平设备，尽管我们自己的工厂没有安装这种设备。此外，还安装了 ZLD 装置，这是新建工厂感兴趣的主要技术提升点。



Rick Nichols

**Johnson：***Rick, SEL 安装了定制设备吗？*

**Nichols：**从某种程度来讲，我们提供的一切设备及系统都是定制的。大多数 PCB 工厂剥离生产线都使用不同的碱性溶液，尤其是现在。通常，工厂只使用氢氧化钠氧化面板的铜表面。例如，我们的剥离设备有内置的后清洗功能，以确保 AOI 可以直接读取剥离后的面板。

**Johnson：***零排放对整个工厂有多重要？*

**Nichols：**很重要，向环境排放任何污染物都需要许可证。现在，每个人都在关注环境问题，零排放是正确的选择。使用传统的液体排放系统都会排放清洁的水，但基本上仍然会引

入水——成本很高，尤其是现在——一旦完成生产，才会把水抽回来。与此同时，要使用高成本的硬件进行处理。

我们的系统优势是，将水返回系统重新利用。由于蒸发、洗涤器损耗等原因，可能要不时地加满水。假设工厂采用传统工艺需用 X 量的水；采用我们的系统，只需使用小部分水，并且这些水中有大部分将返回工厂。

**Michael Gleason：**环境可持续性发展是 ZLD 系统的首要吸引

力，额外的优势是水的回用。根据特定工厂的地理位置，处理过的水要么直接从设施中流入蓄水池，要么用卡车运走做进一步处理，但都会增加成本。有了 ZLD 系统，既节省了大量成本，又符合环境保护要求。

**Johnson：***我很想知道 GreenSource 是否参与了 SEL 新建工厂的设计及规范制定。贵公司是否将成为要求零排放和采用前沿技术新建工厂的设计顾问？*

**Gleason：**我们一定会。通过设计新罕布什尔州工厂和新英格兰的第 3 家工厂，我们获得了很多经验。基于这些经验，我们受到了电子制造行业相当多的关注。

我想说的是，与行业的传统 PCB 领域相比，人们对潜在的半导体领域更感兴趣。显然，半导体领域的投入金额要多得多。然而，随着各种融资渠道对美国 PCB 制造领域的开放，形势正在发生变化。我们认为这项服务一定有市场需求。



**Johnson :** 是否指的是高阶封装和载板领域?

**Gleason :** 没错。这正是行业及投资的关注点。

**Johnson :** 有了这款设备,客户能进入 UHDI 领域吗?

**Gleason :** 当然。我们正在生产 UHDI, 并研究 IC 载板。行业对于 UHDI 的具体特征尺寸没有达成统一的意见, 众说纷纭。25~50 微米似乎是 UHDI 的最佳范围。我们每天都在使用 GreenSource Engineering 设备进行生产。

**Johnson :** 随着《美国 CHIPS 法案》和《HR3249》施行, 你认为这是市场契机吗? 政府的参与对市场有帮助吗?

**Gleason :** 我们认为这一定是市场契机。成熟的新建工厂显然需要巨额投资; 对于现有工厂改造来说, 也需要投入可观的资金, 并满足一些要素。

现有工厂中, 过时的设备占用了大部分面积, 很难在剩余的空间内实现自动化。新建工厂或对现有工厂的扩建将有助于建立新的生产线。

正如 Rick 之前提到的, 我们已经为显影、蚀刻、预清洗和剥离开发了多代处理设备, 支持初级成像和阻焊膜成像。正是这种我们一贯使用的反馈环, 使我们能够在倾听客户的需求时, 不断改进设计。



Michael Gleason

**Johnson :** 新建工厂的数量正在增长吗?

**Gleason :** 每家公司都在等着看资金将会投向何处。如果 PCB 工厂得到风险投资或私人股本的支持, 将刺激额外的私人投资。在我们看来, 最好的方法是从头开始, 完全实现目标, 而不是尝试改造。可以在一定程度上对现有工厂进行改造, 但最终, 不太可能达到真正想要实现的目标。

**Johnson :** 可以介绍你们在 SEL 新建工厂安装的设备吗? 如何实现搬运自动化?

**Nichols :** 我们没有做到完全自动化, 但至少达到了 90%。我们还要再生产最后 5 台设备, 然后发往 SEL。

**Johnson :** 采访即将结束, 您还有什么想要补充的内容吗?

**Nichols :** 我想强调的是, 其中协同作用之一是 SEL 员工轮流到 GreenSource Fabrication 接受培训, 并在他们最终将使用的设备上操作。我们对 SEL 员工进行了设备安装培训, 以便他们能够从头学习。SEL 拥有非常能干的员工, 他们应该为自己所取得的成绩感到骄傲。祝贺 SEL。

**Johnson :** 谢谢二位接受采访。PCB007CN



Mercer 的酸蚀铜回收系统, 每年回收180,000 磅的铜, 帮助 SEL 新工厂成为零液体排放设施

# Sigma Mecer 帮助 SEL 实现零废液排放

by Nolan Johnson  
I-Connect007

**Nolan Johnson :** *Andreas, Sigma Mecer 公司已经完成了在 Schweitzer Engineering Laboratories (SEL) 新建工厂的设备安装。贵公司主要提供哪类产品?*

**Andreas Littorin :** Sigma Mecer 是 PCB 行业设备制造商, 已经运营了 45 年之久。我们提供用于回收 PCB 制造过程中碱性及酸性蚀刻剂内铜的成熟设备。

**Johnson :** 最近 SEL 选定贵公司为其在爱达荷州的全新工厂提供相关设备。可以简要介绍 SEL 为其新工厂选择的设备吗?

**Littorin :** SEL 选择了酸性铜回收大系统。该系统能够全年 365 天、全天 24 小时运行, 每小时回收 15 公斤 (约 33 磅) 铜。系统还包括用于蚀刻剂氧化和再生的子系统。因此, 有连接到蚀刻生产线的氧化反应器系统, SEL 很快将为即将安装的第二条蚀刻生产线再选择一套氧化反应器系统。

**Johnson :** 当工厂希望减少排污, 甚至实现零排放时, 这种设备有多重要?

**Littorin :** 就蚀刻操作而言, 这种设备非常重要。就 PCB 而言, 一般来说, 这只是客户工厂中的工艺之一。但如果没有铜回收系统, 需



# 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Chris



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

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

 **CHEMCUT**  
BOUNDLESS INNOVATION | UNBEATABLE PRECISION

要一直添加新化学药水和排放废化学药水。通过回收实现蚀刻操作的零排放至关重要。

**Johnson：**这样可节省工艺步骤？

**Littorin：**是的，因为不必处理那些原本需要处理的废化学药水。我们的系统就是处理系统，可以无限重复使用。

**Johnson：**你认为，为什么 Sigma Mecer 非常适合这个项目？

**Littorin：**SEL 与我们接触的主要目标是尽可能多地去除排放物。当然，SEL 在其他使用我们设备的客户工厂进行了基准测试，以获得概念验证。

当然，相信我们正在做的事情也很重要。在某种程度上，我认为可以回收从面板上去除的铜，听起来太好了，令人不敢相信是真的，但事实恰恰就是如此。

**Johnson：**我想你们回收的铜可能会再次通过制造工艺被回收？

**Littorin：**我们正在努力实现这个目标。现在回收的铜纯度为 99.995%。显然，磷铜的电镀生产线是不兼容的，但是使用纯铜的生产线可以。

**Johnson：**回收铜工艺的进展如何？

**Littorin：**我们已经做了几项实验室测试，并验证了析出 99.9% 纯铜棒的可能性，这些铜棒可以被切割成与市场上纯铜溶解器中使用的相同形状。我们现在计划在一家客户工厂进行测试，以溶解实验室测试中的铜块。我们也在验证在 Sigma 几年前提供的现有全尺寸电解沉积装置中的电镀铜棒。我们的目的是在实际



Andreas Littorin

PCB 操作环境中进行全尺寸测试验证后，为现有客户提供升级服务。目标是在今年年底前向新客户和现有客户提供这一服务。

**Johnson：**你们目前在全球安装了多少台此款设备？

**Littorin：**20~25 台。从公司成立之初开始算起，我们已经安装了 120 多台。许多 20 世纪八九十年代的工厂已经关闭，但也有一些已安装了 20 多年的旧设备仍在运行。我们仍在为这些设备供应备件和消耗品。

**Johnson：**与旧设备相比，现有设备是否采用了新技术？

**Littorin：**是，但也不是。正如我所说，这种工艺相当成熟。如今，我们正在尽可能地进行



微调、优化和自动化，努力减少设备完成工作所需的时间，目前已经控制将时长尽可能缩短了。当然，20 年前的旧设备有些不同。在 45 年的公司运营中，我们收获了很多经验，并将其集成到了更新的系统中。

**Johnson：**你认为将贵公司系统引入工厂时最需要注意的点在哪里？新建工厂？是否有你们能确定的必然发展趋势？客户更换的动力在何处？

**Littorin：**我们与客户进行的大多数讨论其关注点仍然是现有工厂。这是时间和外部因素的问题。过去 2 年，对于活跃的项目，时间和外部因素几乎各占 50%——目前新建工厂项目很少。过去 2~4 年，这是明显的发展趋势。

“新建工厂项目都在关注零排放、闭环系统，这似乎是他们的优先事项。”

**Johnson：**尤其是新建工厂项目都在关注零排放、闭环系统——这似乎是他们的优先事项。有更多的现有工厂可以改善其零排放响应，而新建工厂项目则更少。如果新建工厂项目和现在工厂项目各占 50%，这意味着新建工厂项目的优先事项是零排放。

**Littorin：**当然，大工厂都是新建工厂项目，我想说我们将有非常引人注目的时机，从我们的角度来看，将是发展业务的好时机。

**Johnson：**在销售和支持方面，你们在北美的业务怎么样？

**Littorin：**Sigma 总部设在瑞典，但我们每年都会去美国好几次。我们正在与 IEC (International Electronic Components) 合作，扩展

我们在美国的业务。我们在欧洲各地都有很大的吸引力，当然，对美国客户来说，合作伙伴有合适时区非常重要。我认为我们与 IEC 的关系非常好，这是主要优势。

**Johnson：**现有工厂客户对这种设备的投资回报率有什么期望？

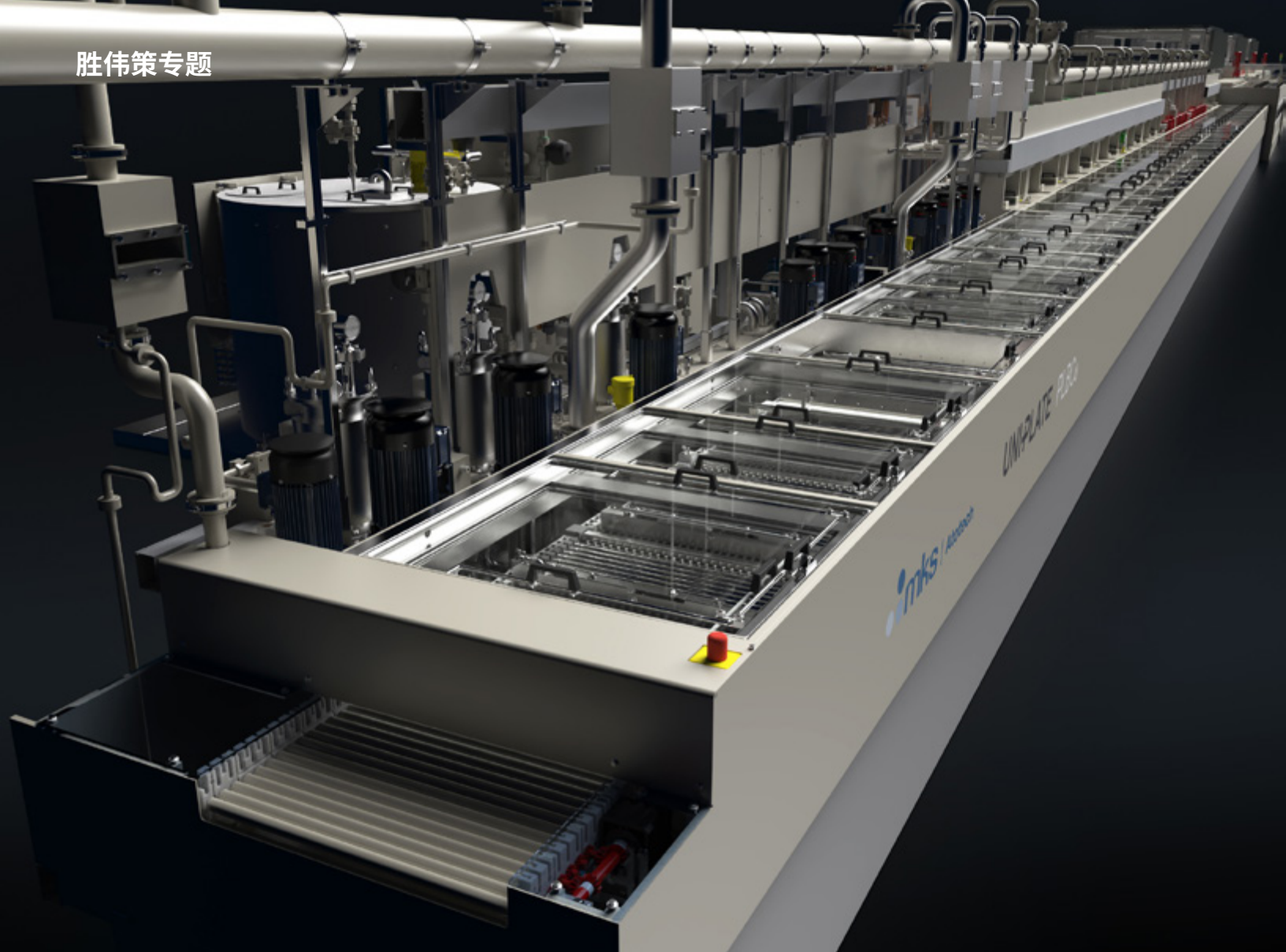
**Littorin：**在很大程度上取决于工厂的大小。过去，设备的投资回报率总是两年左右。显然，如果是一家非常小的样品生产工厂，那可能会更难。如果是大体量的工厂，投资回报率可能远低于两年。正如我所说，我们的设备在 20 年后仍在运行，因此，即使投资回报率需要 3 年时间，客户仍有 15 年以上的收益，因为销售纯铜，既能节省开支又能获得收入。

**Johnson：**Andreas，最后还有什么想与读者分享的内容？

**Littorin：**激动人心的时代即将到来。尽管新建工厂项目在增加，但仍有许多现有工厂改建项目即将展开，我认为现有工厂可以获得补贴。投资可以从质量、成本等方面获得好处。制造商可以联系我们，让我们分析数据，判断投资是否合理。我们始终愿意帮助客户进行评估。

**Johnson：**谢谢。

**Littorin：**谢谢。PCB007CN



# 安美特为 SEL 北美新厂 提供**水平电镀**设备

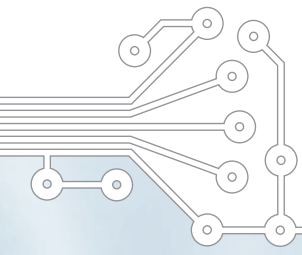
by Christopher R. Daczkowski  
ATOTECH USA

近期, Schweitzer Engineering Laboratories(简称 SEL) 公司在爱德华州 Moscow 市新开设了一家价值 1 亿美元的专属 PCB 制造工厂。MKS 旗下 Atotech 公司是电子行业高阶 PCB 和 IC 载板水平电镀设备的领军供应商之一, SEL 的新工厂配备了 Atotech 最先进的 PCB 生产设备。这类设备通常会向亚洲市场

供应, 在北美并不常见。

对于任何公司而言, 选择设备都是关键决策, 会直接影响生产工艺的质量和效率。对于客户来说, 通常有几个关键因素促使他们决定购买安装 MKS 旗下 Atotech 设备生产线。我们作为信誉良好的全球解决方案提供商, 有着悠久的历史, 并且在全球范围内成功安装了大

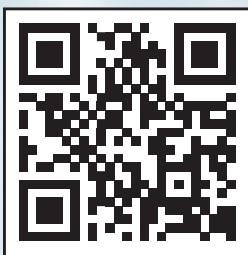
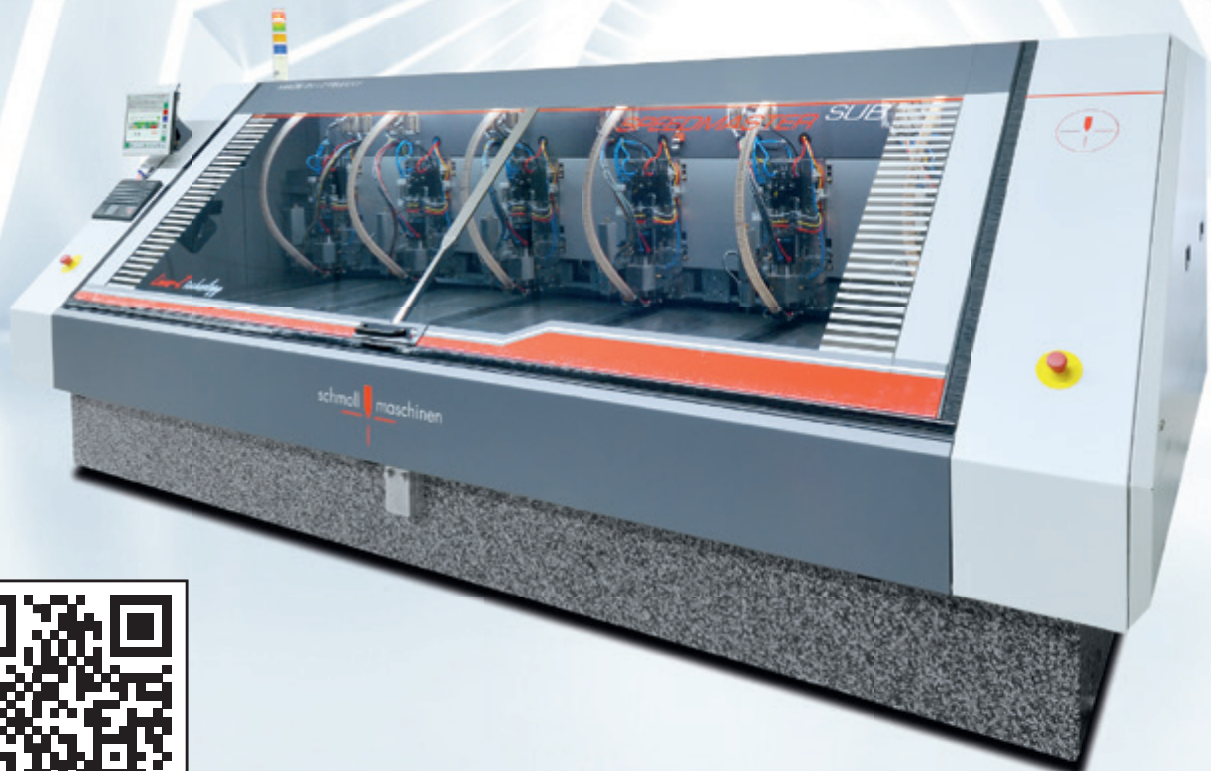




# *SPEEDMASTER*SUB

## Substrate Drilling 载板钻孔

- 内建温度稳定功能的高精度载板钻孔机  
Highest precision for substrate drilling with temperature stabilization system
- 可选择20/25/30万转载板钻孔主轴  
200/250/300 krpm substrate drilling spindles available
- X、Y和Z轴使用高速线性马达驱动  
High-speed linear motors in X, Y and Z-direction
- 长时间生产精度稳定  
Highest accuracy throughout the entire process



量此类生产线，这些因素也对客户的决策产生了影响。如今，我们已交付并安装了 2150 多条 PCB 水平生产线，可用于 PCB 和 IC 载板的表面处理、去钻污及金属化、电镀铜以及表面涂层，其中有 1000 多条生产线采用了水平电镀设备。这类设备以其铜沉积均匀性和纯铜镀层的极佳可重复性而闻名。

随着对美国本土制造业投资的增加，我们的系统解决方案被视为支持目前及未来制造需求的高质量产品。凭借 Atotech 在美洲地区的悠久历史，我们很高兴看到这一发展，尤其是开设创新型 PCB 工厂已经形成发展趋势，在这种情况下，我们也很高兴能为不断增长的客户群体提供最好的技术支持。

## MKS' Atotech Uniplate® PLBCu6 和 Uniplate® Cu18

Uniplate PLBCu6 是在线湿制程水平

式设备，用于去钻污、化学镀铜和闪镀铜。Uniplate Cu18 是用于通孔或贯穿孔的敷形电镀和铜填充生产线。两条生产线可以相互配置和连接，实现更灵活的生产设置。客户可以选择单独运行生产线或将它们与中间的入口台和出口台连接起来，从而创建在线工艺流程，提高电镀性能。因此，客户就可以根据不同的 PCB 批次及其加工需求，高度灵活地调整自动生产线。例如，在必要情况下可以使面板两次通过去钻污工艺，或者在后续需图形电镀时，可以在闪镀铜后取出面板进行干膜预处理。如果需要在面板电镀模式下对通孔或贯穿孔进行敷形电镀或铜填充，则可以完全从 PLBCu6 到 Cu18 在线运行工艺。

新一代 MKS 旗下 Atotech 水平生产线通常配备高阶镀铜单元。与标准 Uniplate® Cu 生产线相比，新一代水平生产线通过提高泵功率和流体控制能力，能够提供更强的流体性

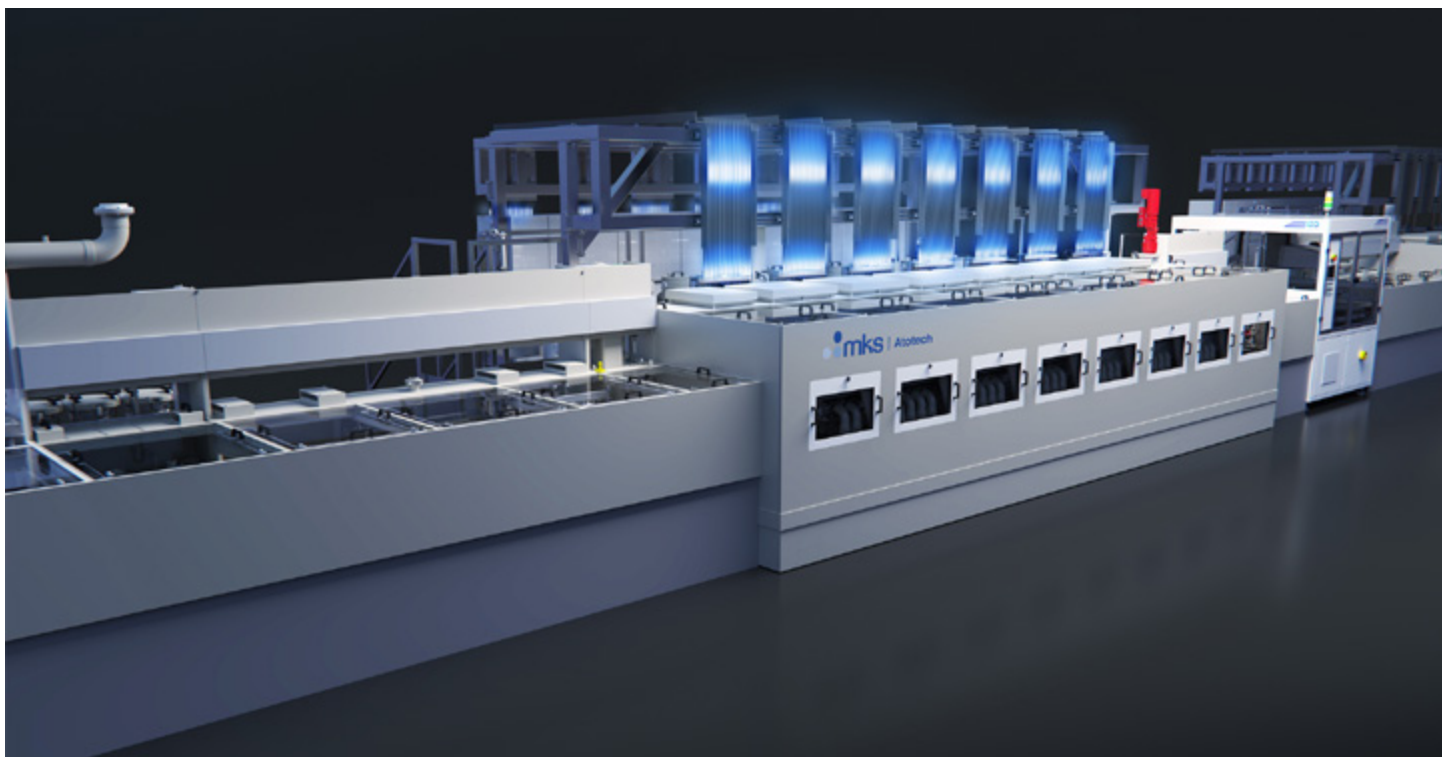


图1:Uniplate® Cu18,用于通孔和贯穿孔的高阶敷形电镀及铜填充





图2:全自动清洗设备

能。这一点可以进一步增强填充性能，尤其是对高厚径 PCB 的填充性能，还能实现更多的电镀功能。

Uniplate 表示均匀的电镀效果，它融合了关键技术功能，可实现：

- 基于专利溢流条技术，均匀地交换溶液
- 针对关键镀液参数的全自动控制环
- 自动补充化学物质的辅助设备。其中包括用于除钻污的 Oxamat 或用于自动控制电解镀铜设备中铁铜浓度的铜溶解槽。

为了获得更均匀的铜沉积，另一项可以使用的功能是旋转间隙调整 (Turn Gap Adjustment, 简称 TGA)，这种功能利用机械臂拾取面板并将其旋转 180°，将夹紧的部位从一个铜电镀设备单元调整到下一个。两条生产线均配置了用于过程控制的可选功能，例如 pH 控

制、电导率测量和分析仪单元，可测量、控制和维护关键工艺参数，并跟踪这些参数以控制质量。客户受益于更严格的自动化过程控制窗口，实现高良率生产，减少报废品和废物，节省水、化学品和能源。这些生产线配备了多项颗粒控制功能，例如精细走线过滤装置和自动清洗设备，最大限度减少颗粒对良率的影响。

## 满足客户的特定需求

过去，MKS 旗下 Atotech 可根据客户的特定需求定制生产线。如今的客户有着非常具体的生产专业知识，研发了自己的制造方式。我们了解每个客户都要求为其设备设置特定的功能，从而提高制造过程的整体性能和效率。我们的优势之一就是会尽早征求客户和合作伙伴的意见，以便更轻松地安装满足其今后生产需求的设备。



图3:可180°旋转/调整PCB的TGA系统

MKS 旗下 Atotech 致力于制造符合最新可持续制造标准的系统，提供最先进的技术解决方案。从系统的能源和流体消耗监控功能就可以看出这一点，使用该功能，客户能够追踪和分析资源使用情况，并且利用满足客户要求且能够无缝集成到 MES 系统的软件，优化工艺并确定需要改进的领域。

所有新安装的生产线都能提供均匀、可靠的镀铜层，如铜沉积均匀性的可重复性及更高的自动化。通过 SECS GEM 和 XML 接口，工艺及生产数据与客户 MES 系统之间的智能通信可实现自动化程序，如通过扫描条形码自动设置不同 PCB 批次，因此可以实时控制生产。监控能源和流体消耗有助于操作员跟踪特定时间范围内的资源使用情况，从而加强资源优化，提高资源使用效率。

## 客户选择与 MKS' Atotech 合作的原因

如今，MKS 旗下 Atotech 在全球范围内成功安装多条水平电镀生产线，获得了良好的信誉。近期，北美地区的安装数量也越来越多。我们的解决方案可实现一流的预处理、去钻污、化学镀金属化、无空洞镀铜、纯铜沉积以及 PCB 表面涂层工艺。镀铜的质量很关键，尤其是在电力传输至关重要的行业和应用中。我们的设备可确保镀铜工艺得到高度优化，从而实现高效电力传输，生产出具有可靠铜结构的高质量产品。

作为领先的 PCB 设备公司之一，MKS 旗下 Atotech 在提供工艺化学药水、服务以及最近新增加的软件产品方面位于领军地位，这款软件能够帮助客户成功实现数字化制造转型。其 Digital Factory Suite 平台可连接现场生产





图4:用于闪镀铜的Uniplate® PLBCu6

设备，并不断收集制造过程中的工艺数据和设备数据。使用高阶分析和平台应用程序（例如监督和可追溯），可以用收集到的数据深入了解设备和工艺状况。因而，工厂工程师能够直接在工作场所监督和维护设备，检查质量和完成一般的追踪工作。此外，实时状态监控和手机警报可以帮助操作员避免遗漏缺陷，确保不会忽视警报，从而降低意外停机风险。

SEL 信任 Atotech 这一全球一流的 PCB 水平电镀解决方案供应商，在他们爱达荷州 Moscow 市的创新制造工厂中安装了我们的 PCB 水平电镀设备，对此我们深感荣幸。此次合作展示了 Atotech 创新实力和灵活性，也展现了我们能够通过提供高质量的批量生产线设置来满足客户需求。我们很高兴能够继续保持与 SEL 的合作伙伴关系，为其今后的发展提供帮助。

## 美国市场新发展趋势为 MKS' Atotech 公司提供了商机

美国市场目前正在经历重大转型，增加了对本地制造业的投资。其中部分原因是需要加强对供应链的控制，减少对国际货运的依赖。主要是由于国际货运在过去几年受到干扰，关税和贸易限制等地缘政治问题也带来了许多阻碍。加强对本地制造的控制可以简化运营、缩短交付时间并提高整体效率——这一发展趋势影响包括电子产品、汽车和消费品在内的诸多领域。MKS 旗下 Atotech 已准备好通过必要的技术和设备来支持这一发展，帮助客户构建本地制造能力。PCB007CN



Christopher R. Dackowski 任 MKS Instruments 公司材料解决方案分公司 Atotech USA, LLC 的二级系统工程师。



# Schmoll 与 SEL 合作案例： 将钻孔更进一步

by Nolan Johnson  
I-Connect007

自动化无处不在，最为突出的案例莫过于 Schweitzer Engineering Laboratories 胜伟策公司新专属工厂使用的 Schmoll 设备。Schmoll Machines 公司 CEO Stephan Kunz 和 Schmoll Machine North America 售后服务经理 Evan Howard 介绍了其设备与 SEL 生产线的完美匹配。

**Nolan Johnson :** Evan 和 Stephan, SEL 在其新工厂安装了 Schmoll 的哪些设备？

**Stephan Kunz :** SEL 决定实现内层全自动直接成像。我们为 SEL 安装了内层冲床和 X 射线钻靶机，包括可追溯性功能。然后，我们还安装了钻孔设备、铣削设备和外层成像设备。此外，还安装了专业的测量设备。

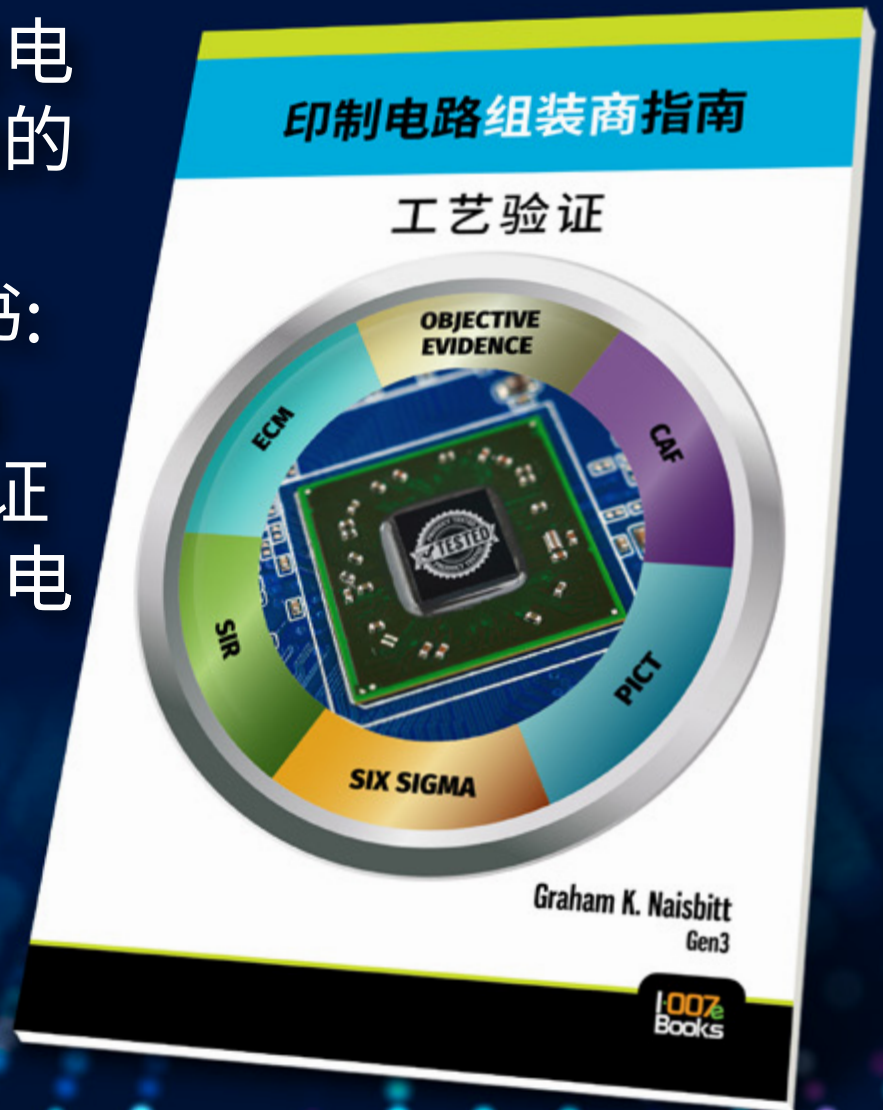
**Evan Howard :** 这两台 MDI 设备是 Schmoll 的 TTG 型号，一款带自动机械臂的双台面设备。通过开放式台面设计，无论是我们还是其他公司提供的自动机械臂都很容易安装。该设备使用双台面，允许在一个台面上对准，同时在另一个台面上曝光。在 SEL 这样的自动化



# 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)

环境中创建了流线型工艺，加工周期只需不到 10 秒，令人印象非常深刻。

**Johnson : Schmoll 为新生产线项目带来哪些优势?**

**Kunz :** Schmoll 在自动化流程方面有很多经验，为新工厂带来更多的自动化流程。包括 X-ray 在内的所有工艺完全实现了自动化。显然，这需要设备具备一定的质量，我们的设备已达到了这样的质量要求。

对于直接成像、铣削和钻孔工艺，自动化非常适用。自动化同样适用于冲床和 X-ray 设备，以及钻孔设备到铣削和外层成像设备。对于每一台设备，我们竭尽全力使其具备高生产效率。我们在欧洲已安装了 500 多台自动化设备。

**Johnson : 自动化似乎是新工厂选购新设备的趋势之一?**

**Kunz :** 当然。老实说，有些产品很难自动化，比如超大面板或超厚面板类产品。我们会收到关于钻孔或直接激光成像设备的咨询，最终会转变为销售订单。展望三四年后，自动化将变得相当普遍。例如，在欧洲，白班装载作业后，生产线就可以整夜运行，无需人值守。这种模式肯定会传到世界各地。



Evan Howard

Schmoll 除了以钻孔设备、冲压设备和激光设备而闻名以外，强大的数据收集功能在设备通信方面也占据优势。带来的好处在于操作设备的人工减少。

**Johnson : Schmoll 在美国有完善的售后服务机构。**

**Kunz :** 这是我们的主要优势之一，也是我们在过去 3~4 年为满足客户需求而发展起来的。相比之前，我们在美国的安装资源和能力增加了两倍。

**Howard :** 尤其是说到 SEL，我们把一名技术人员调到了爱达荷州的 Moscow 市，以支持 SEL 的整个项目。那位技术人员在 SEL 忙了



两台并排放置的全自动 Schmoll X 射线校准钻孔机



整整 1 年才使设备运行起来。这是支持项目售后服务中的关键因素。

谈到安装,要求在一年的时间里安装 30 台左右的设备,这更像是一项项目管理任务。我们仍然每周与 SEL 通话,讨论设备到货、未确定的要点等问题。与 SEL 的合作关系确实有助于项目管理。

**Johnson : 美国市场建设新工厂有上升趋势吗?**

**Kunz :** 近二三十年,亚洲一直在投资建设新工厂;我们已经约有 25 年没有在西方看到这种投资了。令人印象深刻的是,过去两三年,我们在美国看到了几家真正的大型新建工厂。



XL模组钻孔机

我认为尚不能称之为发展趋势,但这表明一些客户希望不再完全依赖亚洲供应链。这些新工厂的产量没有亚洲那么多,但这种转变意义重大。

**Johnson : 你认为市场会如何变化?有发展动力吗?**

**Kunz :** 我们发现新设备对于美国的重要性正引人关注。5 年前,供美国客户的设备占公司总销售额的 3%~4%。过去 2 年以及

明年,来自美国客户的销售额达 20%。

**Johnson : 谢谢两位。PCB007CN**



高精度 Schmolli Optiflex II 蚀刻后冲孔机





# PCB 及电子组装盛会 HKPCA SHOW 开展在即

由香港线路板协会 (HKPCA) 主办的“国际电子电路 (深圳) 展览会 (HKPCA Show)”将于 12 月 6—8 日在深圳国际会展中心 (宝安) 5、6、7 和 8 号馆盛大举办。本次展会现场将汇聚全球 600 多家知名企业及新晋品牌亮相；设立八大主题专区展示线路板及电子组装领域的革新产品及前沿技术；同期会议场次超 30 场，云集众多行业大咖同台分享前瞻趋势！

临近展会开幕之际，PCB007 特约展会主办方 HKPCA 进行了展前的专题采访，聊聊今年展会的筹备情况，抢先获悉展会精彩亮点。

**PCB007：12 月展会增开 5 号馆，从规模、主题专区设置、参展数量来说都有更大的提升，请介绍此次展会的具体情况，以及有哪些不同以往的亮点？展会主题为“数字 + 人工智能 = 联动世界”，主办方在策展时会从哪些方面突显主题？**

**主办方：**随着大数据、云计算、物联网等新兴技术的广泛应用，数字化转型已成为行业发展的必然趋势。顺应行业发展趋势，本次展会以“数字 + 人工智能 = 联动世界”为主题，将“数字化”贯穿在展品、技术展示以及同期举办的



# 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)



一系列会议等各个环节。

12 月 6-8 日举办国际电子电路（深圳）展览会将有如下精彩亮点：

1) **展会规模升级**：展览面积合计达 70,000 平方米，覆盖深圳国际会展中心（宝安）5、6、7 及 8 号馆。

2) **展商阵容强劲**：参展企业超过 600 家，行业巨头及新创企业悉数亮相，包括聚辰电路、至卓飞高、玛斯兰、大族、环球、科天国际、特新、保德、网屏精密、王氏港建、宇宙、金富宝、维嘉、东威、志圣、新武、迅得、牧德、芯基微装、影速、思沃、XACT、贝加、承安、京瓷、正业、亚洲电镀、杜邦、正天伟、沁华环境、祺鑫环保和阿米巴等知名厂商。

3) **八大展区，覆盖 PCB 及电子组装整个产业链**：八大展区分别是“线路板制造商”“电子组装专区”“设备制造商”“原材料供应商”“环保洁净专区”“智能自动化专区”“日韩专区”及“SMF 智能制造与科技创新主题区”，全方位覆盖展示线路板及电子组装产业链的前沿技术及创新产品设备。

4) **聚焦数字化**：展品方面将带来更多新的数字化产品和配套方案，帮助企业实现智能制造升级转型、打造数字化工厂等。在会议内容上，增加智能制造、智慧工厂、数字化、人工智能等热点议题，企业高管、行业专家、技术精英等大咖齐聚，解读行业前沿趋势和创新。

5) **同期三大会议，分享最新市场趋势**：

**HKPCA Show 国际技术会议**

国际技术会议特邀数十位

PCB 企业高管及技术专家分享当前市场新趋势及案例解析，为线路板及电子组装行业发展带来创新思路。

### 智造会议

“智造会议”聚焦数字化转型、元宇宙、智能制造、工业互联网、智慧工厂等热点话题，邀请业内专家与重量级嘉宾参与，解读行业前沿趋势和创新，助力工业制造智慧升级。

### Business GOVirtual 大湾区数字经济大会 2023

以“提升制造业管理及业务效益”为主题，探讨新兴科技热点话题，以宏观视野协助制造业企业的决策者掌握最新技术应用。

6) **国际化展会，推动中外合作交流**：将有 81 家国际展商参展，产品展示覆盖线路板、原材料、设备、组装、数字化等各个环节。并在 5 号馆增设“泰国专区”，将有多家来自泰国当地的工业园及企业首次亮相。同时，大会也将投入资源邀请海外观众，促进展商与更多海外买家精准对接。

7) **往届备受欢迎的活动**：高尔夫球公开赛及欢迎晚宴继续举办，为业界提供轻松交流的平台。





8) 观众好礼免费送：观众现场可参与逛展打卡、拍视频集赞等活动，赢取 iPhone 15、华为 Mate 60 手机等大礼。

**PCB007：2022 年以来行业出现了订单不足，产能过剩的情况。今年下半年稍有好转，请为我们分析当前的市场情况？哪些细分市场值得持续关注？**

**主办方：**由于全球经济增速放缓压力加大，受智能手机、PC 等传统消费电子需求疲软等因素影响，市场需求不断走弱，2022 年电子产业全产业链库存调整影响也仍在持续。

2023 年下半年随着华为 Mate 60 系列购机热潮、苹果 iPhone 15 系列发布，以及国内市场、新兴市场逐步好转，全球智能手机市场已经探底，且呈现复苏迹象，促进了手机供应链加快回温。其他市场的结构性机会仍然存在。随着新一代服务器平台的更新迭代和 AI 服务器渗透率的不断提升，以及新能源汽车渗透率在上升，相关领域 PCB 需求仍保持旺盛，这将推动行业进一步发展。

因此，以下几个市场值得持续关注：

1) 汽车电子市场：随着汽车电子化程度的不断提升，汽车电子市场对 PCB 的需求也

在不断增长。特别是自动驾驶、车联网等新技术的不断发展，将进一步推动汽车电子市场对 PCB 的需求。

2) 通信市场：通信行业是 PCB 应用的重要领域之一，特别是新一代通讯技术的不断发展和普及，将进一步推动通信市场对 PCB 的需求。同时，通信行业对 PCB 的高质量、高性能需求也将推动 PCB 行业的技术创新和发展。

3) 云计算和数据中心市场：随着 AI 应用场景的逐渐落地，将带动网络、计算技术进入新一轮高速创新期，并推动数据中心高质量发展，服务器类产品的更新换代，相关的路由器、数据存储、AI 加速计算服务器产品也有望迎来高速成长，对高阶 HDI、高频高速 PCB 产品出现强劲需求，对 PCB 行业发展产生积极正向影响。

**PCB007：目前，相关企业及产业链外迁，HKPCA 如何看待这一趋势？对于国内产业将会带来哪些变化？相关的制造商、供应商和服务商要如何对应？从会员服务层面来看，HKPCA 提供了哪些措施？**

**主办方：**随着全球经济格局的变化、贸易摩擦



HKPCA SHOW 2023.12.6-8 深圳国际会展中心 (宝安) 5、6、7和8号馆 www.HKPCAShow.org

数字+人工智能 = 联动世界 DIGITALIZATION + AI = FUTURE

关注了解更多 公众号 视频号 抖音号

的影响以及供应链风险的考量，一些 PCB 企业和相关产业链环节可能会选择转移市场和生产基地。对于国内产业，这一趋势可能会带来一些变化，国内企业的订单及产品结构组合会面临一定的调整。中国的 PCB 产业可以借助自身的优势，例如成熟的供应链和丰富的劳动力资源，积极适应变化，加强技术研发和质量控制，提升产品价值和竞争力。另外，企业也应积极开拓新的市场，以减少对任何单一市场的过度依赖。

HKPCA 正提供一系列措施来支持会员企业的发展和应对变化。因应会员对东南亚制造业状况的了解需求和兴趣，协会特别举办了相关的投资分享会，组织会员前往泰国访问，并设立了一个「泰国投资支持中心」来帮助会员。

今年的展会还特别设立了一个「泰国专区」，希望会员和参观者能从中受益，扩展业务合作。

观众预登记火热进行中，请从速登记！

预登记观众现场可享受快速领证入场、抽奖赢取豪礼等多重福利，广东省内企业 30 人及以上组团参观更有机会获得往返大巴接送服务！



## 2024年IPC大中华区公开课计划 — 提升您的电子技能与知识！

IPC 将在 2024 年为大家带来一系列公开课培训。这些课程涵盖了电子组件、焊接、返工、维修和修理，以及印制板等多个领域，旨在帮助大家提升技能、拓宽知识面，考试通过后还可以获取行业权威认证！诚挚地邀请您加入我们的公开课计划！

无论你是电子行业的新手，还是经验丰富的专家，都可以在这次公开课计划中找到适合自己的课程。以下是我们即将开设的课程：

*IPC-A-610：电子组件的可接受性*

*J-STD-001：焊接的电气和电子组件要求*

*IPC-7711/21：电子组件的返工、维修和修理*

*IPC/WHMA-A-620：线缆及线束组件的要求与验收*

*IPC-A-600：印制板的可接受性*

*IPC-6012：刚性印制板鉴定与性能规范*



*IPC-7095 BGA 设计及组装工艺实施*

*IPC-7093 底部端子元器件 (BTCs) 设计和组装工艺的实施*

*IPC J-STD-020/033 湿敏器件管控*

*IPC-1602 印制板操作和储存*

*TM-650：测试方法手册*

*互连设计师认证 (CID) 等。*

更多详细的内容，请[点击这里](#)。



# 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





# 现场视频采访各头部企业 报道诸多全球 & 亚洲首发

## ——NEPCON ASIA 2023 视频专访

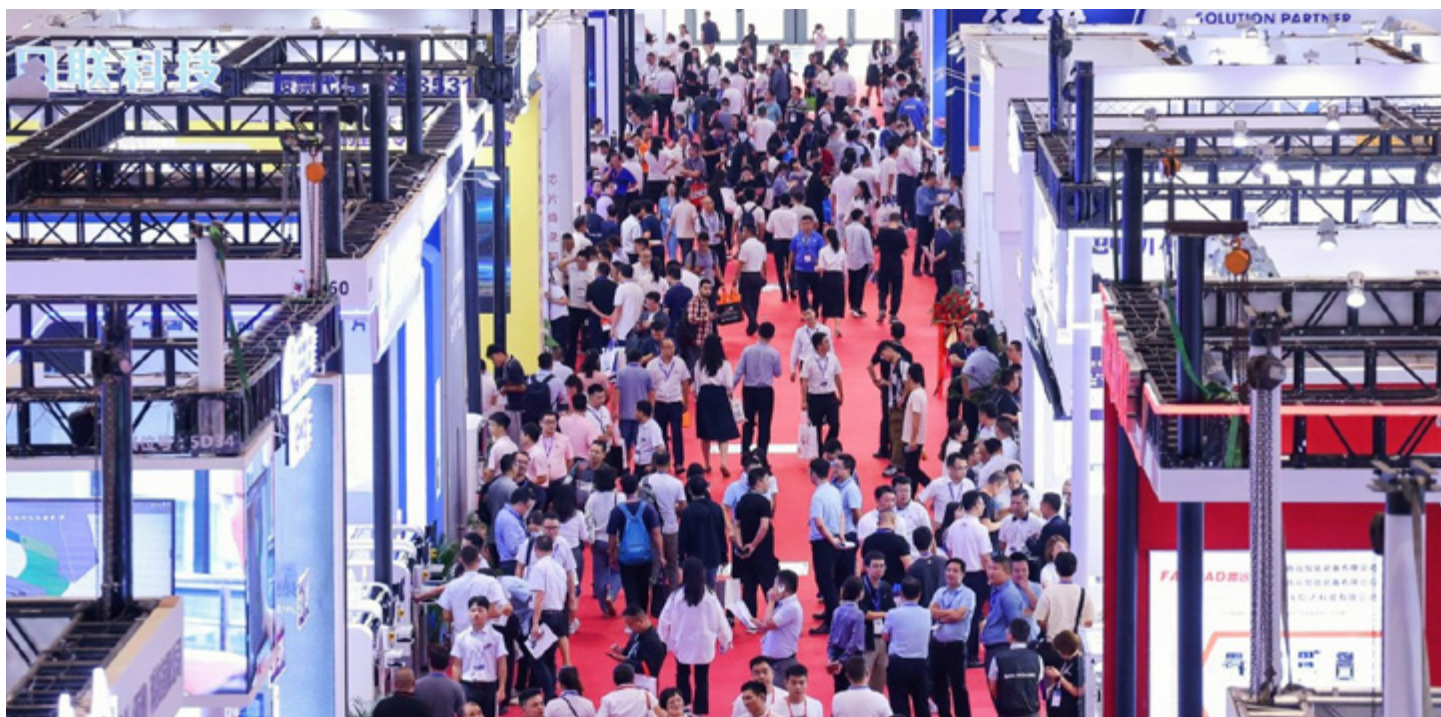
2023 年 10 月 11 日，备受行业瞩目的 NEPCON ASIA 亚洲电子生产设备暨微电子工业展在深圳国际会展中心（宝安新馆）隆重开幕，超 1200 家全球知名电路板组装解决方案及半导体制造技术展商及品牌云集现场，角逐实力。

近年来电子产品向数字化、智能化发展趋势明显，由“有”向“优”的消费升级潜力旺盛，但电子制造业仍面临需求不振、预期转弱、增势放缓等挑战。作为坚持创新引领，加快信息技术领域关键核心技术创新和迭代应用的亚洲电子制造行业口碑展会，NEPCON ASIA 2023

新品阵容强大，诸多全球 & 亚洲首发、中国 & 华南首发产品齐聚，聚焦了汽车电子、新能源、医疗电子、消费电子、半导体制造、通信电子等行业解决方案，为行业带来发展信心。

数万名专业观众莅临现场观摩交流、参与论坛，打造亚洲一站式跨界商贸平台，直击电子制造行业痛点难点，解析行业未来发展方向，激活亚洲电子工业活力。

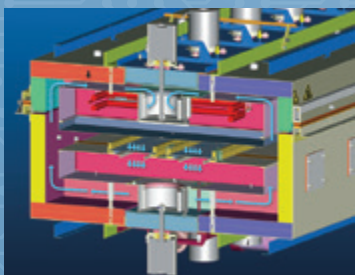
I-CONNECT007 作为展会指定媒体，对 30 余家在此次展会上有重大新品或产品解决方案发布的企业进行视频专访。此篇选取部分介绍，点击对应二维码即可观看。





# 专为基板平整度而推出的新型回流焊炉技术

**Pyramax**   
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)



### 五展同台, NEPCON Asia 2023 年火爆开幕

NEPCON ASIA 2023 亚洲电子展首次与励展博览集团旗下深圳国际新能源及智能网联汽车全产业链博览会、深圳国际全触与显示展览会、深圳国际薄膜与胶带展览会、深圳电子元器件及物料采购展览会同期举办。五展同台, 场面非常热闹。在因疫情缺席一年后, 华南市场的热情再次被大展点燃。本次展会也成了众多新产品的首发地, 同时也吸引到了 127 家新展商加入。疫情后的 NEPCON 华南首展, 更是辐射周边多个国家, 吸引到了近 1000 名海外观众。(励展博览集团, 李雅仪)



### 宝拉首展 NEPCON Asia, 为华南 PCBA 制造业赋能

随着产品的多样化、高密度化和高可靠性化发展, 产品排障与返工变得尤其重要。迅速准确地检测出故障产品的问题并加以修复, 将为制造商大大节省成本。GRS550 顺应这一趋势研发而成, 软硬结合, 通过质量数据记忆并有效比对, 及时发现问题。该系统在上海 NEPCON 首展时就受到业界广泛关注, 已获得众多大厂的认可。(宝拉, 姜昇)

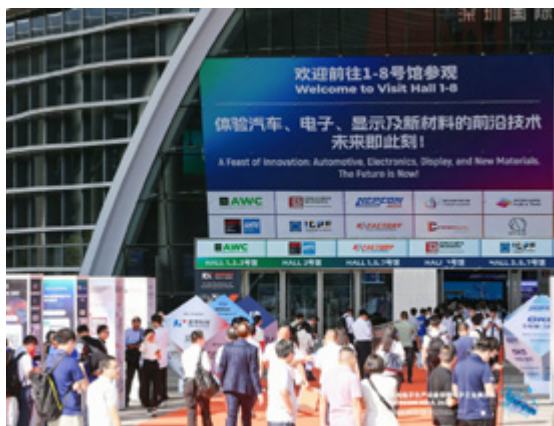
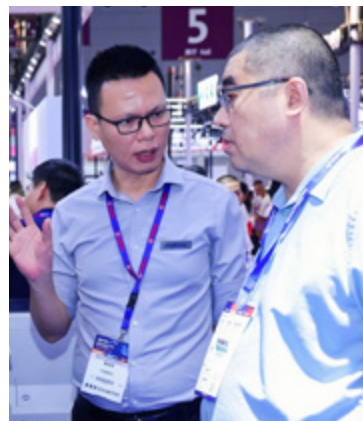
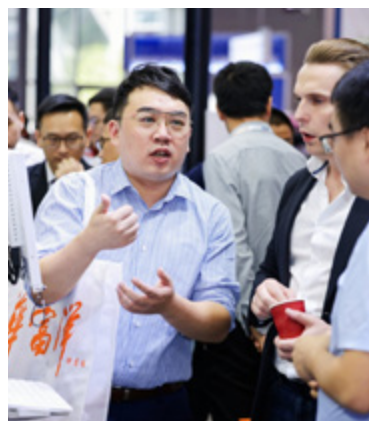


### “制造业单项冠军”快克谈电子制造专用设备布局

快克作为精密焊接领域先进企业, 长期在精密焊接工艺与焊接自动化成套设备领域精耕细作, 他们大力布局的 AOI 检测设备与其传统优势焊接设备形成合力。NEPCON Asia 期间快克还带来了针对新能源行业以及半导体行业的产品, 可谓亮点颇多。2022 年快克获得了工信部国家“制造业单项冠军”称号。(快克, 沈懿俊)











#### 四会富仕精益生产布局全球

十多年前四会富仕开始参加 NEPCON Japan，打开了日本市场，从此与展会结缘。本次 NEPCON ASIA 上他们展出了多种优势线路板产品与服务。反应迅速、重质量、专啃硬骨头是他们的名片。近年来公司还积极布局东南亚，刘总分享了泰国投资环境与建厂目标，对该地区前景非常看好。（四会富仕，刘天明）



#### Kyzen 主推无磷无氮环保型电路清洁解决方案

随着环保法规的逐渐完善与加强，SMT 生产领域的绿色生产越来越受到重视，尤其是在环太湖区域最为严格。凯晟清洁材料有限公司这些年来一直在布局环保型电路清洁解决方案，紧跟时代发展步伐。市场方面，汽车电子、高端高可靠性应用仍然是公司主要的业务来源。（凯晟，张峰）

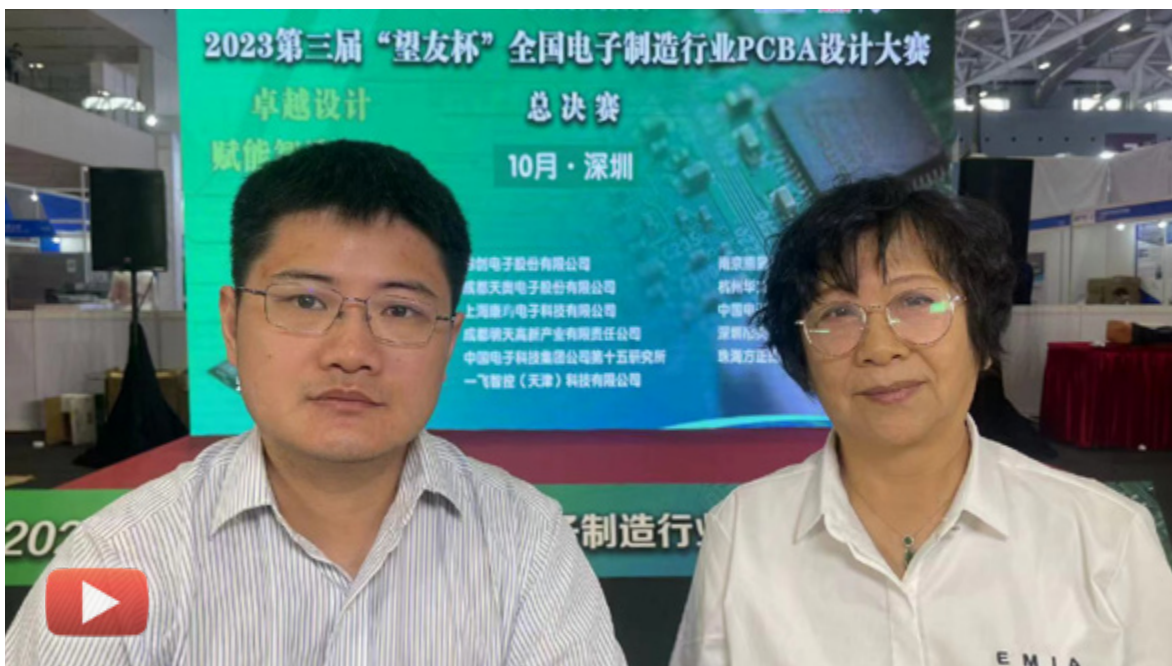


#### 新型电路清洗解决方案, 兼顾材料兼容性与环保要求

电子电路清洗十几年来的发展可谓翻天覆地，从无到有，从可选到必需，从粗犷到精细。Zestron 长期扎根这一领域，见证了历史的变迁。在本次 NEPCON ASIA 上，他们推出的新产品兼顾材料兼容性与环保要求而获得好评。其清洗配套设备 Zestron Eye 也迎来全新升级。（ZESTRON，黄倜）







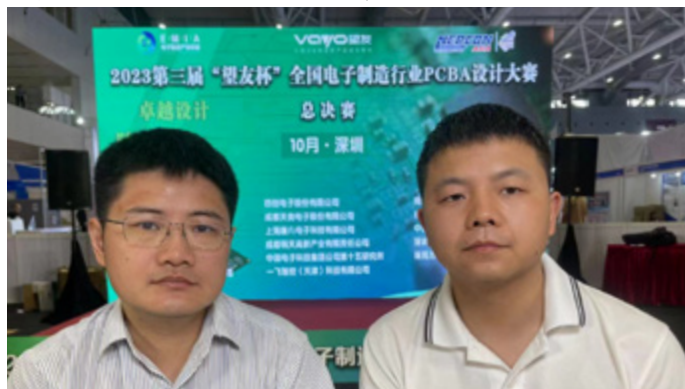
### “望友杯”落下帷幕,主办方感言

随着设计大赛 2023 年全国总冠军的诞生,由中国电子制造产业联盟主办,望友信息科技有限公司赞助并冠名的“望友杯”正式落下帷幕。电子制造产业联盟秘书长刘继芬谈到,今年的设计师团队水平显著提升,代表着中国本土设计师经过多年磨练已经成长起来。现在越来越多的优秀产品,都来自于我们的自主研发、自主设计,可喜可贺。联盟在未来将继续贡献自己的力量,为培养新一代电子工程师出力。(中国电子制造产业联盟,刘继芬)



### “望友杯”评委感言:大赛趋于完美

“望友杯”设计大赛评委代表一博科技 SI 研究部经理周伟向我们谈到,三届设计大赛不管是赛程上、赛制上还是参与团队的多样性上,都是越来越趋于完美。大赛除了不断提高难度外,还加入了工艺设计环节,需要团队配合,真正做到可制造性设计。(一博科技,周伟)



### 首次亮相即颠峰,南京熊猫电子获“望友杯”总冠军

熊猫电子集团成立于 1976 年,被称为中国电子工业的摇篮。南京熊猫电子制造有限公司不负“国宝”之名,首次亮相“望友杯”即摘得全国总冠军。领队研发部主任张楷龙先生发表了得奖感言。张工还对年轻设计师寄语:吃透标准、扎实基本功、多做多思考。(南京熊猫电子,张楷龙)







### Optical Expert Nikon Precision in NEPCON Asia

NEPCON Asia veteran Nikon Precision brings some of its high-end inspection and observation systems to NEPCON Asia. Including the optical video measuring system NEXIV, industrial measuring microscope MM, and advanced industrial X-ray and CT Systems. (Nikon, Takuya Sugiyama)



### BTU 新平台 AURORA, 次世代回流炉该有的样子

今年德国纽伦堡首次亮相后, BTU 的新回流炉平台 Aurora 在 NEPCON Asia 引起广泛关注。不同于已诞生 20 多年逐步进行升级的 Pyramax 系列, Aurora 是基于 BTU 多年的专业知识和领导力而设计的全新产品, 可谓脱胎换骨, 卓越的热性能、工艺灵活性和高度智能化, 为未来的工业 4.0 熄灯工厂指引了方向。(BTU, 杨立伟)







日东智能装备科技, 刘方  
日东智能促国内半导体发展



杭州迈伺特科技有限公司, 马晓东  
迈伺特——点胶行业多面手



诺信(中国)有限公司, 梁善豪  
诺信(中国)有限公司发  
展胶粘剂领先技术



深圳市艾兰特科技, 刘启龙  
艾兰特助力智能制造业转型升级



杭州睿影科技, 王威  
海康睿影——AI助力全  
光谱领域深耕发展



深圳市兴华炜科技, 郑孝勇  
兴华炜首创钢网检测机,  
助力工业4.0发展



深圳市轴心自控技术, 王永龙  
轴心自控浅谈半导体行业发展  
新方向强化贡献赛意力量



深圳市智晟威自动化科技, 黄元骅  
智晟威标准化作业提高产能



福建星网元智科技, 邱存发  
星网元智助力仓储物流  
自动化转型升级



深圳环城鑫精密制造, 魏清  
环城鑫辅料贴装机全面升级



深圳德森精密设备, 刘引  
德森提升产品层次, 多元  
化产品助力工业4.0



深圳市邦正精密机械, 刘双  
邦正精密致力推进储能开发



维世科(上海)贸易有限公司, 高朋  
保护知识产权是企业发展的一个重要环



欧姆龙自动化(中国)有限公司, 张嵩  
欧姆龙自动化致力于满足客户产品  
小型化、智能化、省人化需求



广东千博瑞智能科技, 朱理云  
千博瑞专攻在线复合型  
分板机细分市场



识渊科技, 陈同贺  
识渊科技的SMT AOI产品实  
现编程仅需不到1分钟



韩华商业设备(上海), 王立群  
韩华推出HM520W新机型



伟特测试系统(苏州), 王韵  
伟特创新SMT视检方案  
带您共启数智之旅



广东祥杰智能科技, 陈铁光  
祥杰集团推动自动化、智  
能化SMT专用设备



广东金鸿泰化工新材料, 戴伟航  
金鸿泰: 电子化学品国产化替代



广州镭晨智能装备科技, 宋智钰  
镭晨智能科技: AI落地应用, 改变AOI



# 填补检测技术的缺口

## 利用回流焊工艺检测提高电子制造质量

by Miles Moreau  
KIC

电子制造领域，检测和质量控制至关重要。电子行业的制造工程师、工艺工程师和管理者不断寻求创新方法以提高 SMT 生产线的可靠性和性能，而 OEM 审核员则希望产品制造的整个过程控制和生产可追溯性得到保障。实时在线检测工序对于保持质量的一致性必不可少，对于确保最高水平的过程控制和可追溯性也是十分必要的。本文阐述了回流焊工艺检测 (reflow process inspection, 简称 RPI) 在确保回流焊接过程中 PCBA 质量及可靠性方面发挥的关键作用，简要介绍了行业领军企业 KIC 开发的新型传感技术。

### 回流焊检测技术面临的挑战

回流焊接是 PCB 组装过程中的特有工序，因为它不涉及任何添加材料，而是依赖于精密使用热量以适当焊接组件并形成可靠的焊点。与焊膏检测 (solder paste inspection, 简称 SPI) 和自动光学检测 (automated optical inspection, 简称 AOI) 等技术使用高分辨率相机来检测焊膏的印刷和元器件的放置位置不同，回流焊接检测面临着不同的技术挑战。在回流焊接过程中采用基于摄像头的类似检测方法，不仅成本高企，而且具有技术挑战。虽然 AOI 可以在产品经过回流焊炉加工后检测焊点，但它不能直接检测回流焊工艺并确认是否达到了适当的回流焊曲线。



2023 年 11 月号

# 满足您 个别需求的清洗技术 是我们无止尽的任务

为不同需求提供准确的技术

我们科学团队热忱且致力于创新与建立**永续有效**的清洗技术，  
与我们协同合作，创建属于您的清洗技术  
即为**科技**与**关注**结合的展现。

浏览**KYZENANSWERS.COM**以获取正确的清洗技术



KYZEN.COM

享誉全球的环保清洗技术

## 设定温度曲线的作用

为了确保回流焊接工艺的完整性，行业依赖于设定温度曲线，其中涉及到测量和记录 PCB、焊膏和元器件通过回流焊炉时所经历的温度曲线。这条温度曲线直接影响到焊接点质量和 PCBA 的整体可靠性。

过去，设定温度曲线是手动操作，需要关停生产线后进行人工干预。工程师使用连接到测试板的温度数据记录仪和热电偶来设定温度曲线。这类数据有助于配置和验证回流焊炉的设置，使温度曲线和焊接效果保持在适当水平。但与 SPI 和 AOI 不同的是，这类手动记录数据的方法是静态的，只能在一定频次内进行局部检查，容易出现問題。本文首先讨论 SPI 和 AOI 的价值，然后介绍如何将这类检测转化为回流焊工艺检测的价值。

## SPI 和 AOI 的重要作用

SPI 和 AOI 系统不仅对于检测和确保 PCBA 的质量至关重要，并且在闭环反馈和控

制机制中也发挥着重要作用，而闭环反馈和控制机制可提高制造过程的精度和效率。

### 焊膏检测 (SPI)

SPI 系统采用先进的光学技术来检测焊膏印刷工艺，为丝网印刷设备提供实时反馈和控制能力。主要技术包括：

- **3D SPI**：该技术使用 3D 测量技术精密获取焊膏沉积的高度和体积。
- **机器学习和人工智能 (AI)**：一些 SPI 系统采用机器学习算法和 AI 分析历史数据、鉴别趋势并主动调整印刷工艺。

### 自动光学检测 (AOI)

AOI 系统对于验证元器件贴装位置、焊点质量和整个 PCBA 的完整性至关重要。AOI 的主要技术包括：

- **先进视觉系统**：AOI 使用高分辨率相机、先进光学器件和照明技术获取 PCBA 的精细图像。然后使用复杂的算法分析这些图





像，与质量标准进行比对，识别缺陷与偏差。

- **机器学习和模式识别：**一些 AOI 系统采用机器学习和模式识别算法不断提高缺陷检测能力，从而适应新的产品设计和变体。

## 回流焊工艺检测（RPI）的重要作用

为了实现回流焊自动化，并使回流焊达到 SPI 和 AOI 的精密度，出现了回流焊工艺检测方法。KIC 是电子制造加热工艺解决方案的领军企业，最初就是 KIC 研发出了这些用于加热工艺的嵌入式检测系统。现在市面上大多数系统都是基于 KIC 技术。

### 回流焊工艺检测（RPI）

沿着回流焊炉隧道内加工路径遍布大量嵌入式热电偶传感器，这些传感器组成了 RPI 系统，可测量温度，跟踪传送带速度并在每个 PCBA 进入回流焊炉时对其进行监控。RPI 可以连续自动跟踪和计算每个生产 PCBA 的温度曲线，不再需要使用手动分析方法，所以也就不再需要停止设备运转后进行人为干预。对 RPI 系统进行编程就像使用数据记录分析设备一样简单。工程师在运行 PCBA 时会使用基准温度曲线，使系统能够学习并适应组装的具体要求。一旦完成编程后，RPI 检测就能使回流焊接工艺实现自动化和实时工艺控制，确保每个 PCB 的一致性品质。

- **机器学习和人工智能（AI）：**KIC 研发的 RPI 系统具有预测学习功能，仅根据 PCB 尺寸和质量就可以推荐回流焊炉温度曲线设置。此外，RPI 系统中的动态 AI 技术可以主动跟踪工艺 Cpk，为每个组件提供温

度曲线数据，并具有连接功能，可将重要的回流焊温度曲线实时数据纳入决策反馈环。该系统采用 CFX、Hermes 及其他标准，且能连接任何 MES 系统的 API。

- **KIC 新传感技术：**直到不久前，行业还只能通过监控生产温度曲线或监控风扇来间接检测焊炉内的对流变化。但通过直接测量 PCB 的温度，KIC 回流焊工艺检测系统能够了解焊接炉中的对流随时间发生的变化。KIC 拥有新的传感技术，可以在回流焊工艺加热过程开始和结束时直接测量每块 PCB 的温度，确定工艺中的温度变化和对流变化，以及这些变化对回流焊曲线质量的潜在影响。这项技术是行业首创，也是回流焊工艺检测技术的革命性进步。

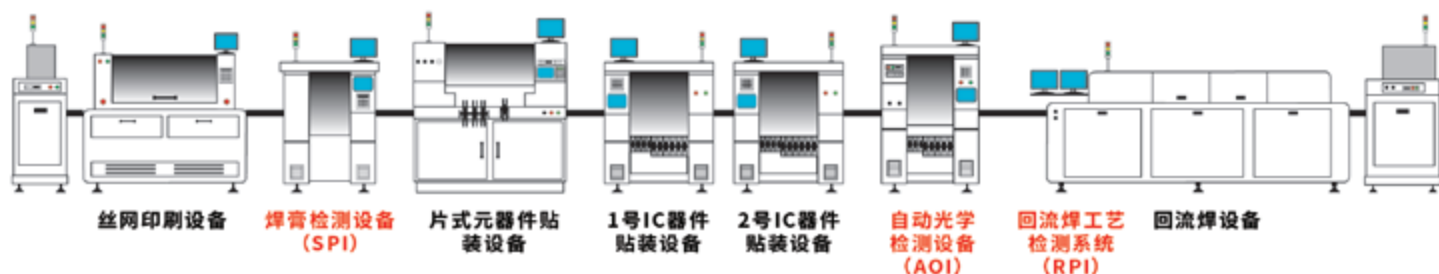
## 填补技术缺口：SPI、RPI 和 AOI

全面的检测实施始终都应该包括回流焊工艺。使用 SPI、RPI 和 AOI 设备后，整个 SMT 生产线的检测流程会变得完整。这种流程能够监控每个阶段的工艺波动，然后将一段时间内工艺变化的组合关联起来，确定缺陷出现的原因以及如何通过自动调整来提高质量和生产效率，创造了巨大的附加价值。

## 在整个工厂范围内集成检测系统

集成了 SPI、RPI 和 AOI 等检测系统的制程为电子制造商带来了广阔的发展前景，特别是那些对产品可靠性要求极高的制造商，例如汽车、医疗、军事和航空航天等领域的制造商。

- **生产可追溯性和工艺审核：**可追溯性是质量控制的基石。包括 RPI 在内的集成检测



KIC智能制造流程图

系统可提供每个 PCBA 制造过程的完整记录。这种可追溯性使制造商能够查明缺陷根源、改进流程并提供端到端文档记录，从而达到合规要求、确保产品质量，而这也是汽车、医疗、军事和航空航天产品的关键要求。

- **实时决策：**集成这些检测系统后，即可创建闭环反馈机制。SPI 数据可用于实时调整焊膏印刷设备，确保焊膏的精密涂布。同样，AOI 数据可以触发系统调整元器件放置位置，进一步降低出现缺陷的风险。RPI 数据在这种实时操作的环境中发挥着关键作用，可确保回流焊期间的温度曲线始终保持最优状态，并在必要时给出调整建议。

## 总结

回流焊接是电子制造过程中的关键工序，对确保焊点品质起着重要作用。回流焊工艺检测系统通过将传感器无缝集成到回流焊炉中并、自动建立温度曲线并提供实时过程控制来弥补检测技术的不足。正如 KIC Solutions 所展示的那样，通过采用 RPI 技术，制造商可以加强质量控制措施、提高效率并基于数据做出决策，最终向市场提供可靠且高质量的 PCBA。现在通过 KIC 全新的传感技术，这套解决方案的功能和价值都有所提高。随着电子

制造业不断发展，为了保持行业领先地位并满足竞争日益激烈市场需求，毫无疑问 RPI 是实现这一目标的必要工具。

此外，将 SPI、AOI 和 RPI 集成入生产系统，企业可以迈入制造新时代，从而可确保产品品质、把控各个环节的可追溯性、实现实时调整操作的常态化。对于汽车、医疗、军事和航空航天等对产品可靠性要求较高的行业而言，这种集成方法不仅是竞争优势，而且是满足严苛标准、确保电子元器件安全和性能的必要条件。在整个工厂范围内集成这些检测系统是振奋人心的目标，预示着未来电子制造业可以在效率、可靠性和精密度方面达到新的高度。

PCB007CN



**Miles Moreau** 任 KIC 公司总经理。KIC 是 SMT 组装、高阶封装加热工艺与检测以及温度曲线系统领域的解决方案提供商。Miles Moreau 的联系方式为 [mmoreau@kicmail.com](mailto:mmoreau@kicmail.com)，也

可以前往他的领英主页 [www.linkedin.com/in/milesmoreau](https://www.linkedin.com/in/milesmoreau) 与他取得联系。



# 如何选择高性能材料

这本书告诉你如何以尽可能低的成本，  
选择适合你的材料以实现预期的性能要求

## 印制电路设计师指南

### 高性能材料



Michael Gay  
Isola

1.007e  
Books



现在下载

1.007e  
Books

# 合作开发 AI 驱动的智能组装制程

by Brent A. Fischthal  
Koh Young Technology

在电子制造领域，自动化生产无疑变革了整个行业，可以前所未有的规模创建出优质的产品。但自动化也面临着一系列挑战，尤其是可能会出现某些需要人工干预的特定故障。工业物联网（Industrial Internet of Things，简称 IIoT）、大数据分析、云计算和人工智能（Artificial Intelligence，简称 AI）等技术的迅速发展开创了工业 4.0 时代，实现了更加智能的制程。

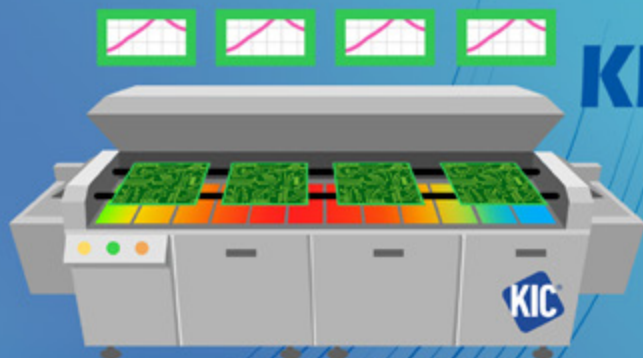
智能制造是此次转型的关键，依赖于根据操作数据和检测数据做出实时决策，将整个制程无缝集成到统一框架中。网络物理系统的数字化转型能够对不确定的状况主动做出响应，同时还可以确保效率提高。

在使用表面贴装技术 (SMT) 生产线加工印制电路板组件 (PCBA) 时，IIoT 技术可加速收集设备状态和生产质量的数据。人工智能和机器学习算法支持的数据驱动解决方案可以诊断出异常缺陷，且能动态调整设备参数，以响应生产过程中的意外变化。纽约州立大学宾厄姆顿分校 (Binghamton University) 的研究人员与 SMT 行业内的各家合作伙伴合作，开发了基于人工智能的闭环反馈控制和参数优化的突破性框架。这种基于 AI 技术的创新框架有望帮助公司实施 PCBA 组装智能制造解决方案，重点提高良率和产量，为实现 SMA 中以数据驱动的过程控制奠定基础。



系统科学与工业工程系的 Daryl Santos 教授(左)在实验室中与宾厄姆顿大学的一名研究生交谈。(来源:binghamton.edu)





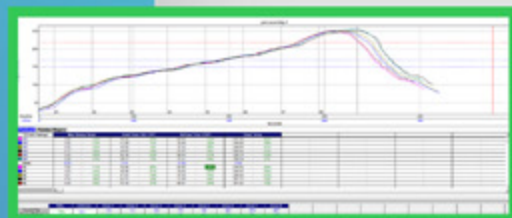
**KIC RPI**

## 回流焊工艺检测

让回流焊工艺变透明

Heat to Data

- 符合ISO 13485医疗器械要求
- 满足审计对可靠性和可追溯性的所有要求
- 可追溯每片PCB板的回流温度曲线数据
- 实时SPC-UCL/LCL、Cpk数据控制图表

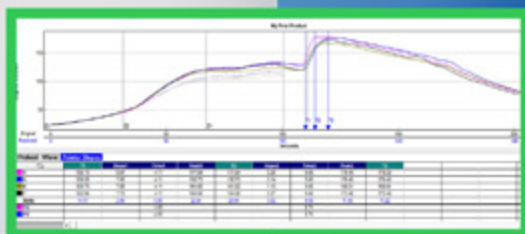
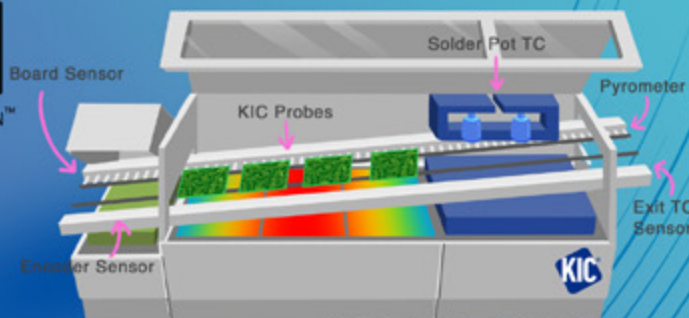


## 波峰焊工艺检测

洞查您的生产工艺状况和停机时间

- 每片PCB板生产过程中的停顿时间和平行度测量
- 通过预热和焊接波完成PCB板的温度曲线测量
- 全过程控制和可追溯性
- 实时SPC/Cpk图表
- 实时分析

**WPI**  
WAVE PROCESS INSPECTION™



欢迎访问 KIC展台1J03  
NEPCON China 2023. 7月19-21日  
上海世博展览馆

公司总部  
16120 West Bernardo Drive · San Diego, CA 92127 USA  
+1(858)673-6050 Phone · +1(858)673-0085 Fax  
sales@kicmail.com · tech@kicmail.com

亚洲办事处  
asia.sales@kicmail.com · asia.tech@kicmail.com  
欧洲办事处  
europe.sales@kicmail.com · europe.tech@kicmail.com

中国办事处  
客服QQ: 8000 66201

www.kicthermal.com · www.kic.cn



KIC产品旨在通过优化您的热处理工艺实现最大价值和快速回报。对KIC产品的投资是迈向全面工艺控制和质量管理的第二步。

版权所有KIC所有。专利中。规格如有更改，恕不另行通知。KIC和KIC Thermal 是Embedded Design股份有限公司及其关联公司的注册商标及商号。WPI, SRA, RPI 14.0, SPS, Smart Dock, X5, KIC Start2, K2, KIC 24/7, KIC 24/7 Wave, KIC Vision, KIC Navigator Power, KIC Auto Focus, KIC Autofocus Power, KIC RPM, KIC Carrier, Wave Surfer, KIC MVP, RPI, Process Window Index, PWI, 无铅功能符号, KIC ON BOARD和KIC徽标是KIC的商标或注册商标。所有其他商标和商号均为其各自持有人的财产。

更多产品或服务信息，请访问KIC官网: www.kicthermal.com or www.kic.cn.

## 与纽约州立大学宾厄姆顿分校的合作

自 2016 年以来, Koh Young Technology 公司和纽约州立大学宾厄姆顿分校集成电子工程中心 (Integrated Electronics Engineering Center, 简称 IEEC) 的智能电子制造实验室 (Smart Electronics Manufacturing Laboratory, 简称 SEMLab) 持续在多项关键研究计划上展开合作, 通过人工智能集成技术来改进电子制造的组装制程。SEMLab 的目标是利用数据科学和 AI 原理开发智能电子制造解决方案, 从而制造出复杂的印制电路板组件; 方案以先进的机器人技术为重心, 提高良率和生产效率, 彻底改变电子制造流程。智能系统具备自动优化功能, 配备了实时智能技术, 能用先进的方法分析从设备收集到数据, 从而减少缺陷, 提高生产效率、产品可靠性和性价比。

在纽约州立大学宾厄姆顿分校团队 (包括 Seungbae Park 博士、Daehan Won 博士、Sangwon Yoon 博士和 Benson Chan 等人) 的帮助下, 合作取得了丰硕的研究成果, Koh Young 公司也在这些研究的支持下进一步完善并交付了基于人工智能的解决方案。研究涉及的技术利用自我优化和基于人工智能的诊断, 开发出可以提升印制电路板组装制程的闭环控制和优化模块。此项研究通过创新的人工智能和机器学习技术推动了 PCBA 的技术发展。

## PCBA 生产中的设备智能

在 PCBA 组装过程中, 每个工序都会对 PCB 产品的成品质量和产量产生重要影响。例如, 焊料印刷工艺是一道关键工序, 几乎 80% 的 PCBA 焊接缺陷都是由这道工序引起。印刷故障的特点是 PCB 焊盘上的焊膏用量不足, 可能会导致电路板故障, 产生大量返工成本。元器件贴装过程需要投入使用高成本的设备, 且需要延长生产时间, 是另一个成本高企的工序。同时, 在回流焊过程中, 焊点的品质

和可靠性取决于回流焊炉的温度和相关设置。所以说焊膏检测 (Solder Paste Inspection, 简称 SPI) 和自动光学检测 (Automated Optical Inspection, 简称 AOI) 等检测设备有助于提高 PCBA 的性能。

具体来说, 如果在 PCBA 生产线上的回流焊操作前后加上两个独立链接的 AOI 设备, 可以检测出元器件的缺陷。

随着电子元器件的尺寸越来越小 (例如 0201M 元器件), 与 PCBA 相关的故障也越来越多。SEMLab 已有的焊膏印刷设备、元器件贴装设备、回流焊炉, 以及 Koh Young 的 SPI 和 AOI 设备, 这些工具可以帮助我们找到解决方案。对 8000 多块 PCB 的大量测试揭示, 基于物理属性的数值方法在解读小尺寸元器件的行为方面可能存在实际的局限性。通常是由于未知的环境因素 (温度、湿度、机器校准、测量误差和振动) 造成的, 这些因素可能会影

“

在PCBA制程中, 每一步都影响着最终产品的质量与产量。



响 PCBA 的质量。研究表明，与传统方法相比，基于人工智能的方法可以将产品品质至多提高 35%，同时还可以降低报废率。这表明数据驱动的智能过程控制可以显著推进 PCBA 的发展。

## 智能检测模块

智能 PCBA 的目标是既要保持优化离线设置，也要保持优化在线设置。AI 和数据分析解决方案可以优化生产前（离线控制）和生产过程中（在线控制）的 PCBA 制程参数。印刷顾问模块可使用复杂的数据驱动方法改善印制电路板质量并提高制程稳健性。采用强化学习方法开发印刷优化模块，实现印刷参数的智能控制。此外，印刷诊断模块将通过识别和预防导致故障的根本原因来降低操作成本并减少潜在故障。

使用卷积神经网络和循环神经网络等深度学习模型，可以检测 PCBA 中可能存在的异常，以确保操作过程的高可靠性及智能过程控制。但除了印刷工艺的进步之外，项目相关方的相互协作也有助于推动元器件安装的完善和发展。目前，项目组正在对模块进行测试，这些模块旨在通过根据 SPI、前 AOI 和后 AOI 设备收集的数据预测回流焊后的位置来识别元器件的最佳贴装位置，并且能够在生产过程中及时调整贴装位置。初步结果显示，与传统贴装方法相比，贴装未对准的情况减少了 18%。此外，该模块可使用操作检测数据和 AOI 检测数据来追踪导致贴装设备出现故障的根本原因，并防止后续发生相同的问题；在查找已知根本原因方面，精度达到了 84.5%。这些技术进步不仅节省了时间和劳动力，还提高了 PCBA 制程的自动化水平。该项目提出的电子制造创

新方案有助于促进电子制造业实现可持续的成功，通过高效制定制程相关决策、提高产品质量以及提高盈利能力增加竞争优势，同时还能够推进 PCBA 在工业 4.0 时代下的发展。

## 总结

在小型电子产品需求的推动下，PCBA 的复杂性日益增加，行业亟需创新的解决方案。借助各种检测操作中的人工智能及大数据，PCBA 可以变得智能化，且能够适应动态环境条件。通过维持制程中的理想工艺参数，AI 驱动的工具可以帮助制造商在不影响生产速度的情况下提高质量和良率。自动化的智能系统利用终端用户的数据促进定制化产品制造，提高多品种 / 小批量生产的效率，使电子制造水平更上一层楼。这样不仅可拓宽设计变化的可能性，而且还可加速交付时间，开创电子制造的新时代。PCB007CN



**Brent A. Fischthal**  
任 Koh Young Technology 公司全球市场营销总监。

### 更多参考资料：

《印制电路组装商指南——SMT 检测，今天、明天、未来》

<https://iconnect007.com/my-i-connect007/books/inspection/>

《SMT 检测指南手册，今天、明天、未来》

<https://iconnect007.com/my-i-connect007/books/kycg/>

# 新的时代需要新的解决方案

by Michael Ford  
AEGIS SOFTWARE

Henry Ford 在他所处的时代引发了一场工业革命；批量生产的效率实现了常见产品的快速生产，使得人人都可享用。然而这种意识形态的制造方法已经发展到了不再可行的程度。针对高效制造技术，目前的好消息是出现了新一代技术。

## 回顾批量生产

从批量生产到灵活批量生产配置的演变是建立在有缺陷的前提下。当时的目的是，每一辆黑色的 T 型车都机械地从生产线上下来，每

一辆车都代表着立即售出。批量生产原则要求总装生产线连续运行，不可因任何原因停止。只要供应网络中有持续的需求、足够的质量和准时交付，生产就能很好地运行。然而这种做法导致一系列以“做业务”为幌子的妥协，成为批量生产业务模式中被接受和不受欢迎的组成部分。

对于批量生产，销售组织一直面临着保持需求平稳流动的压力。大型 OEM 公司发现，他们可以将广告活动费用与客户需求影响联系起来。这只是做业务的成本。不幸的是，竞争对手使用了同样的工具，扰乱了精心设计的需求模式，导致了对另一种市场营销工具的需求。





# 新的Objective Evidence网站 现已上线!



访问以下网站!

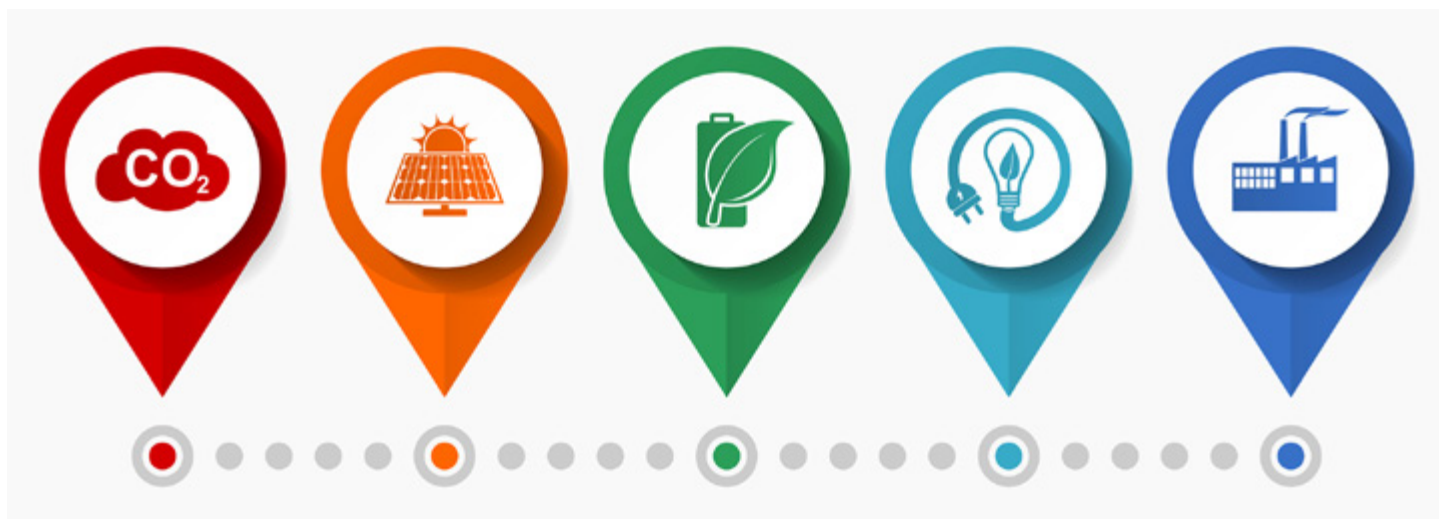
获取您关于

**Objective Evidence**

的所有需求

[www.objectiveevidence.org](http://www.objectiveevidence.org)





求，使另一种业务成本的效果大打折扣。当然竞争对手也在做同样的事情，均形成了螺旋式、成本驱动的销售策略。

由于这种策略在盈利方面是不可持续的，设计师们面临创建独特而引人注目技术的压力，这些技术可以用来将新产品与竞争对手区分开来。随着产品变得更小、更轻、能耗更低、更智能——具有讽刺意味的是，产品也同时变得更大、更重、更耗电，新技术的竞争成本高企（但也有新闻价值）。随着技术创新成本变得过于高而难以维持，对互操作性和技术通用化的需求极大地削弱了这种方法。

因此，在许多情况下，批量生产原则本身受到了威胁。本应持续运行的生产线被停止，因为分销网络中超额库存成本的重要性已包含在总成本计算中。组装生产线上的产品转换更加必要，因此增加了产品品种，减少了批量数量。同样这需要付出高昂的隐性成本。不仅关键设备在大部分时间里没有增加价值——这是大多数公司在企业管理中隐藏的事实——而且具有讽刺意味的是，需要更多的货物库存来应对批量生产，并满足来自分销网络日益不稳定的需求。

汽车行业无法在这样的条件下生存，而是

选择建造批量生产线，至少在一定程度上，这些生产线具有应对总组装生产线变化的能力。汽车量产生产线的最终成果现在看起来与最初的 T 型车生产线大不相同，因为现在有多种颜色和型号，以及性能、舒适度和宽松的选择。复杂的排序系统以外科手术的精密度管理每个单独产品的创建。仅仅一条连续的生产线就可以支持数百万种不同的产品组合。

## 权衡是什么？

这种灵活性导致了巨大且大多是隐藏的成本。尽管最终的生产线运行顺利，但变化带来的痛苦和成本却传递给了上游的供应商，制造商的需求变化很大，同时需要完美的质量和及时交付。反过来，供应商与他们的供应商也有困难，因为不能准确预测对物料或元器件的需求。与其他行业相比，供应网络问题和风险增加很快变得极具破坏性，正如我们看到的疫情后供应网络问题。

这种问题积累的另一个现象，特别是在汽车行业（甚至在疫情之前），是从下订单到交付的交付周期。有时甚至要半年才能完成订单，这许多客户望而却步。与此同时，更多基本的“填充”规范被插入到计划中，以保持



生产线的运行，这些规范可以通过经销商或在线第三方销售。我们看到了奇怪的库存持有方法，未售出的汽车被闲置在空地，因为它们需要大幅折扣才能售出。

这些成本和损失意味着极大的浪费。Henry Ford 批量生产的经济性之所以奏效，是因为他是第一个这样做的人。这种特有浪费的演变使该行业走向了下一次工业革命——工业 4.0。对大多数制造业来说，它仍然是令人困惑的技术。一定程度上是因为工业 4.0 让我们倒退，而不是前进。在 Henry 之前，产品都是定制的，根据客户的要求量身定做。对于大部分制造业来说，市场要么已经恢复到这种状态，要么正在恢复。不管我们喜欢与否，一次性文化正在被一种基于价值和可持续发展的文化所取代。因此，制造业必须拿出新的方案来应对这一早已存在的挑战。

我们拥有 Henry 时代所没有的先进技术。从硬件的角度来看，自动化现在具有很强的适应性，并且基于其编程，能够处理各种需求。这样的程序数据以及手动组装的说明可以针对每个生产批次进行定制。只需读取传入的生产单元 ID，就可以提供适当的安装和组装指令，甚至可以为每个单独的产品定制。现代 MES 的作用是确保每个操作的个性化都得到自动管理和执行，且可全面了解进度和物料管理。

对许多公司来说，本能是回避这一原则。

例如，尽管精益生产已证明在匹配批量生产的有效水平方面取得了成功，但由于大多数制造应用的工作站和操作员培训的复杂性，它被认为过于极端。现有技术已经成为一种观念，即现实世界的制造既得不到批量生产衍生模型的支持，也得不到精益生产的支持。这两种方法都代表了企业必须妥协的理想。

销售、市场营销和分销网络对业务的积极贡献始终胜过制造车间的优先事项，而制造业

一直被认为是制造产品的引擎。公司发现很难投资制造业，在许多情况下，他们很高兴看到将制造的责任交给地球另一端的第三方。但这并不是应用最先进技术的最佳方法。

## 现代方法

可组合制造是更现代的方法。可组合制造不是对抗和抵制客户需求模式，而是拥抱它

们。在数字化的推动下，它达到了批量生产和精益生产之间的最佳点。可组合性允许准确地根据需要在有能力的生产站之间自由分配工作，包括大批量、多品种批次，甚至是单独定制的产品。可组合的工作指令直接来源于设计数据，遵循组合的用户界面和设备程序模板。基于以产品为中心的数据模型，可以快速轻松地选择最佳生产配置，没有工程设计负担。操作员和设备都只需遵循一组单独的任务。在执行过程中，连续收集可追溯信息，对每个完成的步骤进行确认，确保不会出现错误或遗漏。

“

**Henry Ford 批量生产的经济性之所以奏效，是因为他是第一个这样做的人。**

可追溯性信息，以来自手动和自动操作的数据收集的形式，在内部及时的基础上构成工作分配和物料的流程和分布，实现可见性和控制。自适应规划可确保整个制造组件和最终产品层次完全满足发运要求，无需库存多余的成品，并且几乎消除了交付延迟的风险。这是推动工业 4.0 的核心原则，可组合制造精密而独特地解决了这一问题。

基于可组合性的工厂可以在任何需要的时候，以任意数量和配置高效地生产任何产品。这种生产模式对企业的潜在影响是巨大的。销售和市场营销不再因为需要出售滞留在分销链上的近乎过时的过剩产品而受到影响。工厂可以在整个产品生命周期中利用竞争对手的弱点，以更快地引入新的或更新的技术。

可组合制造使制造回到目标市场，消除了分销链中隐藏的多种浪费。对于需要通过消除分销成本浪费同时保持敏捷和高效来接近客户

的行业来说，可组合性是自然的选择。

现代 MES 解决方案并不是简单地自动化已经存在的一切。它不仅仅是收集数据并让客户决定如何使用。现代 MES 推动了最佳的新制造实践，可满足不断发展的客户需求模式要求，并强调质量、可用性、价值和性价比，而不是生产具有环境挑战性、最便宜和可丢弃的产品。组合制造既适用于目前的工厂，也适用于未来工厂。PCB007CN



**Michael Ford** 任 Aegis Software 公司新兴产业战略高级总监。如需阅读往期专栏，可[点击此处](#)。

## 望友海外秀 | 2023年德国慕尼黑电子生产设备展览会Productronica

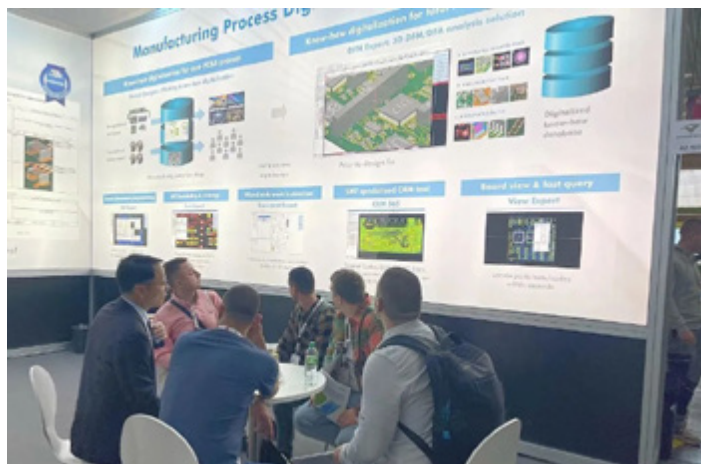
望友科技国际业务团队携数智解决方案亮相国际舞台—德国慕尼黑 Productronica 2023 电子展，本次展会上，望友为全球带来领先国际水准的工业软件方案，向全世界展示中国企

业的优质服务能力！

望友主要展出 v: 3D DFM/DFA 分析及数字化钢网 Stencil、SMT 智能程式等软件方案。

德国慕尼黑国际电子生产设备展览会 (productronica) 是电子制造设备领域内的领先展览会，它全面展示了电子制造 v 设备行业从开发到服务的各个领域，以生产流程 and 市场需求为导向，为观众带来全面了解全球电子生产设备市场的机会。

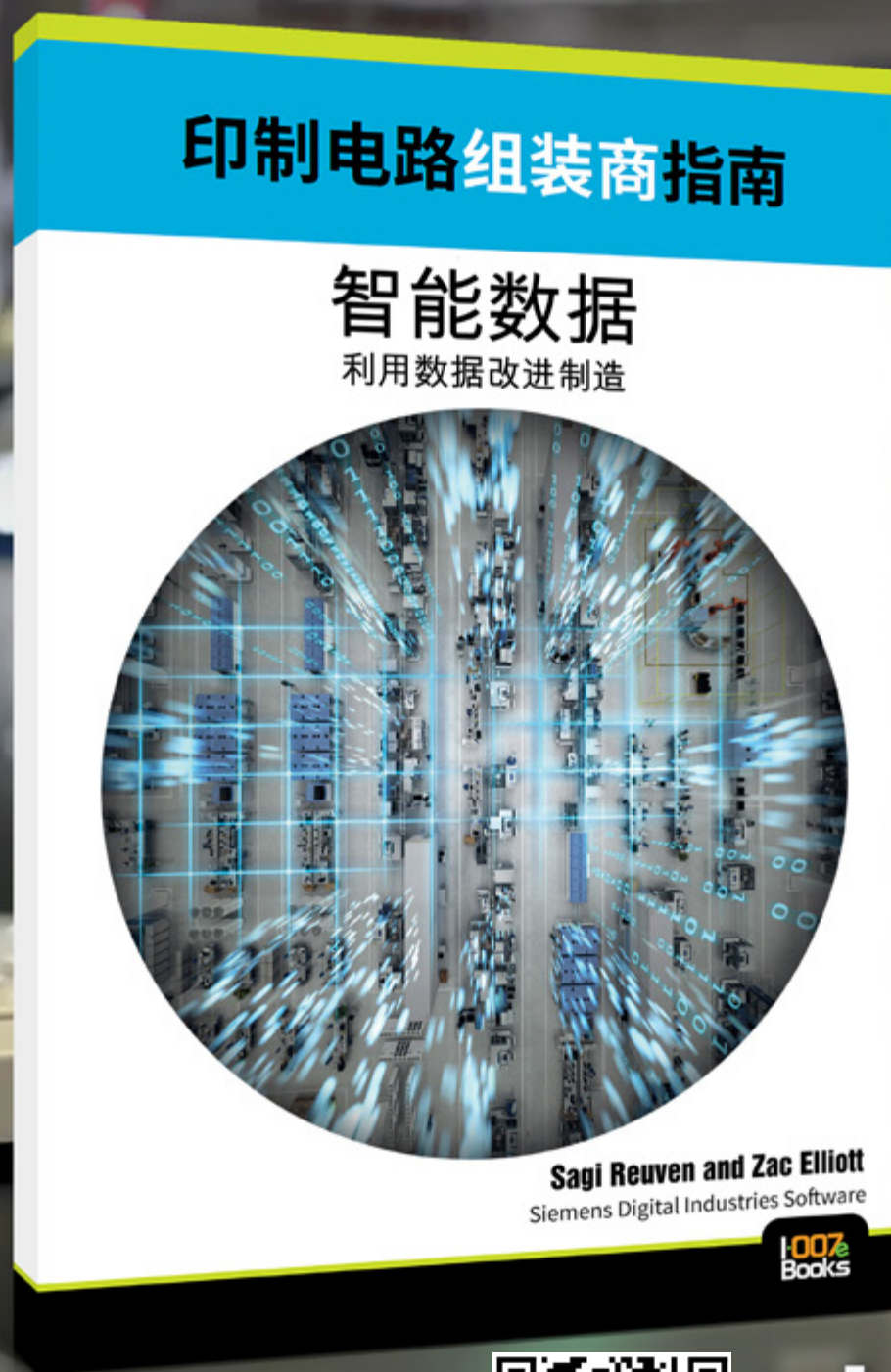
更多详细的内容，请[点击这里](#)。





# 让您的数据发挥作用！

数据分析可以帮助您做出更好的决策、  
降低成本并消除浪费。



⬇ 现在就下载



I.007e  
Books

# 将人工智能集成到 PCB 设计流程中

by Barry Olney

IN-CIRCUIT DESIGN PTY LTD

Charles Pfeil特邀顾问

目前的 PCB 设计工具与 30 年前使用的基本工具相差甚远，但即使算法很聪明，就智能而言，它们仍然相当基础。可以建立全面的设计规则，以适应无数限制布局和布线的约束条件，当设计师超出边界时，这些规则会提出建议。但是如果将人工智能（Artificial Intelligence，简称 AI）引入其中呢？AI 如何改善 PCB 设计环境？如果采用 AI/ 机器学习方法作为设计流程的组成部分，会发生什么？

PCB 设计师习惯于复杂的设计，而大部分设计流程都是相当直接的工程设计挑战。然而，选项和潜在互动的数量激增。有许多方法可以实现相同的目标，但是在系统完整性或特定应用的具体条件下，有些方法会比其他方法更好。尽管如此，在复杂的设计中跟踪所有可

能的权衡和选项正在接近技术奇点——即计算机能力可以与人类的大脑相媲美的假设时间点。

谷歌、Xilinx、Synopsys、英特尔、Cadence 和西门子都在开发用于硅设计的人工智能应用。最近，基于机器学习 (Machine Learning，简称 ML) 的方法已经有效地应用于几项应用中，增强的学习能力使其在解决任何复杂 / 非线性问题时都是独一无二的。不同层次的 IC 设计也可受益于 ML 方法，从器件模拟到制造出芯片的测试。IC 布局是劳动密集型任务，通常需要迭代。IC 的性能取决于器件之间的相对位置。物体之间的距离、导线长度、互连的容抗和感抗也很重要。在初始布局后，变量的模拟值被标注到设计中。初始布局可能并不完美，因此需要进一步迭代。通过使用人工智能减少迭代次数，缩短设计周期时间，可





# 支持Flex 刚性Flex和嵌入式组件设计 现已上市！

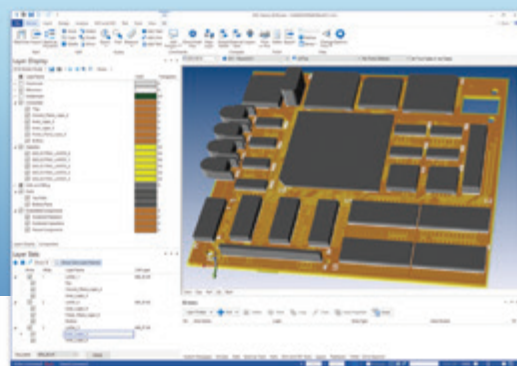
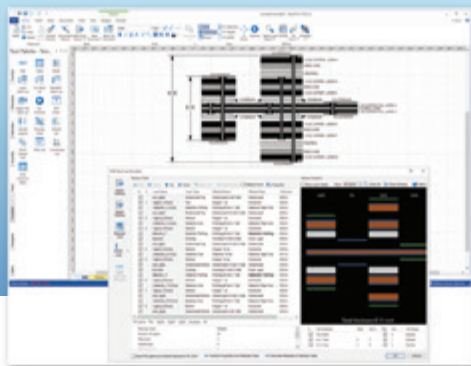
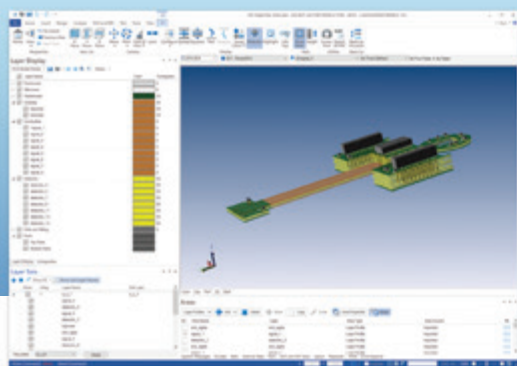


**BluePrint-PCB®**



**CAM350®**

- 导入并可视化挠性、刚挠性和嵌入式组件设计
- 3D可视化可验证PCB构造和组件装配
- 管理刚挠设计的可变叠层
- 轻松创建自定柔性或刚挠性产品的制造与装配文档



更多信息，请访问[downstreamtech.com](http://downstreamtech.com)网站或致电 ( 508 ) 970-0670

实现极高的成本效益。

PCB 布局也采用了很多相同的方法：在做布局前仿真，以确定约束条件做布局，验证布局后将结果标注到设计中。该流程也可能需要多次迭代。

今年早些时候, Cadence 宣布发布 Allegro X AI 云技术。Cadence 表示, 通过自动化布局、电源平面生成和关键网络布线, 可大大缩短设计周转时间 (10 倍)。几十年来, Cadence 一直致力于开发用于 IC 合成的放置和布线 (P&R) 工具, 现在已将该技术应用于 PCB P&R。更短的互连和更少的交叉对于芯片和 PCB 布局都是必不可少的, 但囊括信号完整性和飞行时间要求的关键布线对于 PCB 来说更为重要。

不幸的是, 大多数 EDA 供应商没有像大型科技公司那样投入研发的资源。资金支持加上创新性的工程设计, 可缩短上市时间。开发 EDA 工具将不可避免地需要更长的时间, 但大多数 EDA 公司感兴趣的是在下一个周期 (而不是长期) 进行针对销售增加的研发。

目前, EDA 工具使用算法控制自动放置和布线。这是计算机程序为完成一项任务所遵循的一组指令。多年来, PCB 布线器经历了很多不同的发展阶段, 从难以学习、使用和交互的第三方应用, 到集成的、基于云的布局 / 布线器环境。随着时间的推移, IC 和 PCB 布线应用已使用了许多相同的算法, 包括:

- 李氏算法 (迷宫布线)
- Dijkstra 算法 (最短路径)

- 基于栅格布线
- 拆解和改道重布线
- 基于形状的, 推挤障碍布线
- Steiner 树 (直线布线)
- 启发式 (拓扑图) 布线

与其说是算法不同, 不如说是环境决定了哪种算法最有效。

随着人工智能的出现, 为系统提供了自动机器学习和根据经验改进的能力, 而无需明确编程。这有点像熟练的 PCB 设计师知道如何最好地处理复杂的任务——经验是最好的老师。这些算法是在代码中实现并依据数据运行的过程。机器学习模型由算法输出, 且由模型

数据和预测算法组成。机器学习算法提供了自动编程, 换句话说, 算法是构成机器学习和人工智能的组成部分。

机器学习模型 (图 1) 是经过培训以识别某些类型的模型。模型是在一组数据上培训, 为它可以用来推理并从这些数据中学习的算法。具体来说, 机器学习模型是用于识别数据模式或进行预测的计算机程序。机器学习模型是由机器学习算法创建的。这些算法根据处理的数据进行调整、发展和改进。这些模型可以用于进行预测以及对信息进行分类或发现模式。

## 人工智能如何改善 PCB 的放置和布线?

熟练的 PCB 设计师拥有多年的布局复杂设计的经验, 如高速 FPGA 和存储器电路, 因

EDA工具的开发所需时间, 无可避免地将变得越来越长。



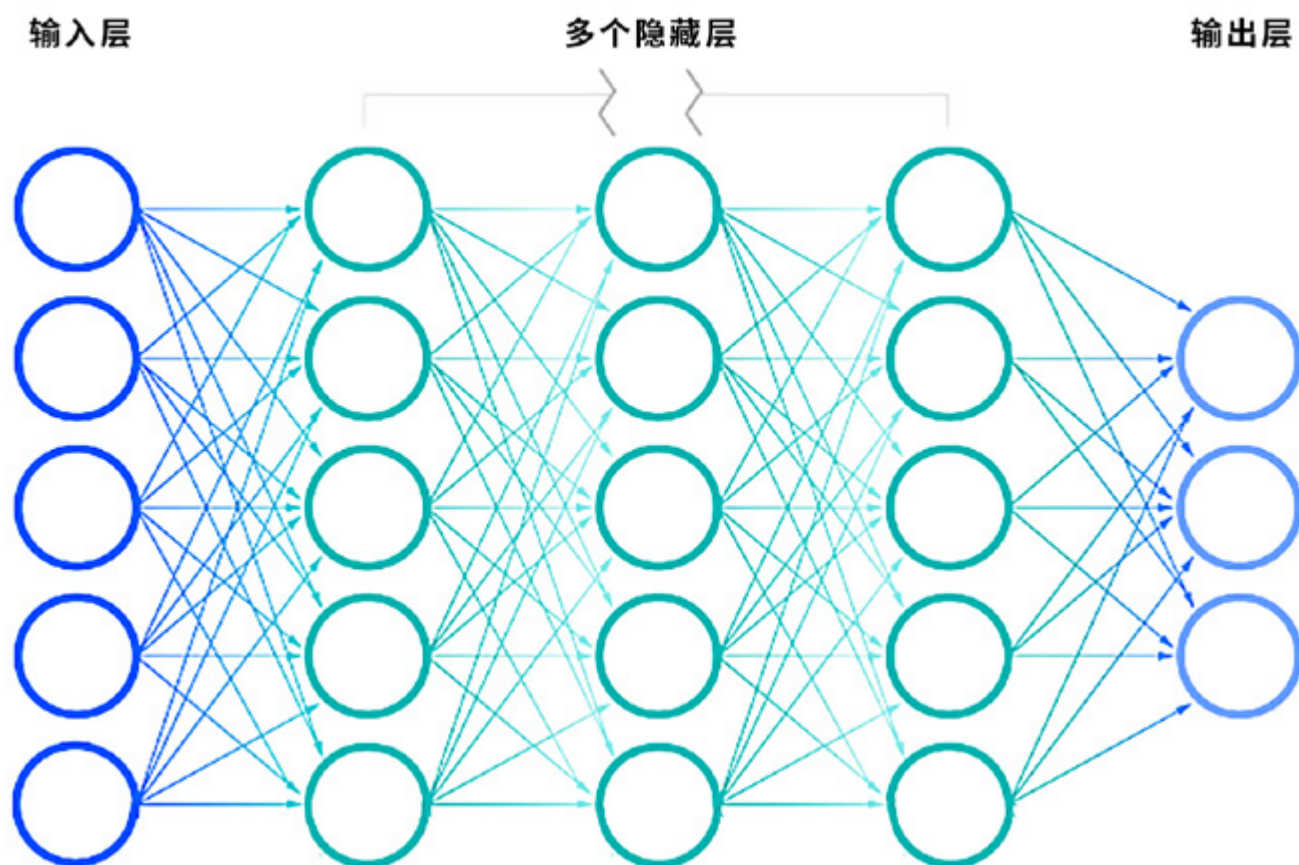


图1:机器学习模型(来源:IBM)

此人工智能需要吸收相同的信息，以便在更短的时间内获得相同（或更好）的结果。设计规则和首选布线策略图像形式的数据可以输入到机器学习模型的输入层。然后模型隐藏层中的算法可以处理这些数据，并识别、预测和创建结果布局（图 2）。

固定布线图形的样本图像加上网表、电气和机械约束的适当规则、常用的堆栈配置、系统时序和内存时序要求（加上工作设计的样品眼图）被输入到模型，学习算法识别并处理图像和数据，以预测最佳解决方案。

机器学习使用两种类型的方法：监督学习，在已知的输入和输出数据上培训模型，以便预测未来的输出；无监督学习，发现输入数据中的隐藏模式或固有结构。

选择正确的算法可能会很难；有几十种有

监督和无监督的机器学习算法，每种算法都采用不同的学习方法。没有最好的方法，也没有适合一切算法的方法。找到正确的算法在一定程度上就是试错，但也基于对所学图形的识别和针对类似设计的经验。算法选择还取决于所使用的技术（例如 DDR4）、频率和信号上升时间。

用 PCB 图像培训 AI 的最大问题是数据的可用性。ChatGPT 可以访问互联网上无限丰富的信息，然而，PCB 模型只能访问输入机器学习模型中的图像和数据，相比之下，是极其受限的。解决这个问题的方法之一是为 PCB 布局图像和具有认可功能的数据库创建开源的全球存储库。然而，说服客户分享其设计可能是困难的，因为大多数客户不希望公开其知识产权。

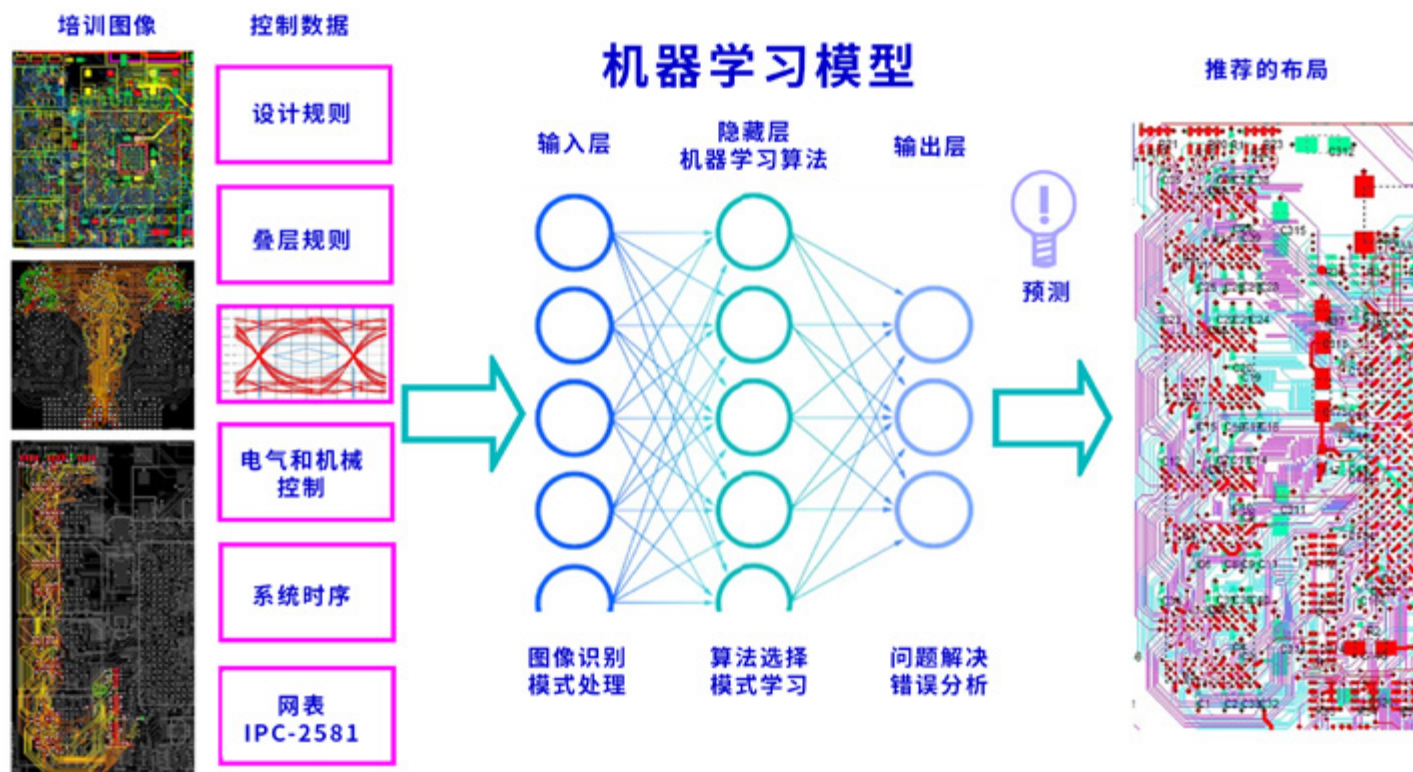


图2:PCB布局的机器学习模型

## 要点

有许多方法可以实现相同的目标，但在系统完整性或特定应用的具体条件下，有些方法会比其他方法更好。

通过使用人工智能减少迭代次数，缩短设计周期，可实现极高的成本效益。

更短的互连和更少的交叉对于芯片和PCB布局都是必不可少的，但囊括信号完整性和飞行时间要求的关键布线对于PCB来说更为重要。

目前，EDA工具使用算法控制自动放置和布线。

随着人工智能的出现，机器学习应用人工智能，为系统提供了自动学习和根据经验进行改进的能力，而无需明确编程。

算法是构成机器学习和人工智能的组成部分。

机器学习模型是经过培训以识别某些类型

图形的模型。

人工智能需要从信息中吸收和学习，以达到相同（或更好）的结果。

找到正确的算法在一定程度上就是试错，但也基于对学习到的图形和针对类似设计的经验。

**Charles Pfeil** 作为一名设计师和一家售后服务机构的企业主，已在PCB行业工作了50多年。退休后，他担任Expedition PCB公司的原始产品架构师和XtremePCB的发明者，最近还改善了Altium布线技术。

**Barry Olney** 任澳大利亚In-Circuit Design Pty Ltd (iCD) 公司执行董事。该公司深耕PCB设计服务领域，专门研究电路板级仿真技术。其开发的iCD Design Integrity软件整合了iCD Stackup、PDN和CPW Planner。可在[www.icd.com.au](http://www.icd.com.au) 网站上下载此软件。阅读往期专栏或联系Olney，可[点击此处](#)。



# 挠性电路技术手册：免费下载



示例页面



## 目录

- 第一章 挠性电路技术综述
- 第二章 挠性电路驱动力、优点和应用
- 第三章 挠性电路材料
- 第四章 挠性电路技术的实施
- 第五章 挠性电路实际设计指南
- 第六章 挠性电路制造工艺
- 第七章 挠性电路装配
- 第八章 挠性电路检查与试验
- 第九章 挠性电路文件要求
- 第十章 挠性电路规范

点击下载



# PCB Design, Digital Twin, and Digital Transformation

## PCB 设计, 数字孪生 及数字化转型

by the I-Connect007 Editorial Team

最近, 数字孪生及其在 PCB 制造和组装中的应用成为了电子制造行业的热议主题之一。制造商在迅速发展数字孪生。

但是 PCB 设计师和设计工程师们呢? 这些前端工作者能受益于数字孪生吗? 我们特邀 Siemens Digital Industries Software 公司 Xedition 产品经理 David Wiens 探讨这一主题。多年来, 他一直致力研究数字孪生, 他介绍了数字孪生对 PCB 设计的潜在影响, 以及为什么他认为设计师已经使用数字孪生几十年了, 无论他们是否意识到了这一点。

**Andy Shaughnessy :** David, 可以分享你对 PCB 设计师和数字孪生的想法吗? 数字孪生究竟是什么?

**David Wiens :** 设计师一直都在使用制造产品的孪生。即使是使用聚酯胶带的设计师也会用到孪生; 不过只是物理上的孪生。从那以后, 行业开始发展数字孪生, 并稳步提高了其保真度。最初它只是数字化, 没有智能。我从 Intergraph 一路走来, 从机械设计系统开始发展数字孪生。我们在机械环境中数字化底片, 未涉及太多的电气智能。现在, 数字孪生



cadence®

变革您的 PCB 设计

# Allegro X AI

## 协作

与行业领先合作伙伴协同创新包含机械与供应链在内的完整解决方案

## 前所未有的生产力

统一的设计和版图规划解决方案让电子工程师如虎添翼

## 新一代布线

用自动布线重新构想异构集成以应对今天的挑战

## AI 创新

AI 驱动的布局和布线让设计生产力大幅提升

## 分析与调查

融合设计智能和数据, 助力 PCB 设计快速实现



扫码关注  
了解更多资讯

一探究竟

带来了许多智能, 使工程设计团队能够做出更明智的决策。截至去年 12 月, 我们为《Design007》杂志撰写了一系列关于数字化转型的专栏文章<sup>[1]</sup>, 可供后续参考。

如果考虑的是最高级别的数字孪生, 那就是整个系统。飞机的数字孪生代表了整个飞机, 包括飞机内部的所有部件, 如电子设备、线缆和连接它的所有其他部件。系统的数字孪生代表由更小的数字孪生组成。如果想构建真正的数字孪生, 必须为那架飞机建造整个系统的数字孪生。

设计在布局 PCB 时, 会了解要插入了哪些元器件。这就是终端产品; 这就是系统。但如果你在一家大型军用航空公司工作, 那你要设计从电子设备到整个飞机的所有组成, 与许多合作伙伴合作, 他们将与你分享其数字孪生的各种衍生物, 从而帮助你做出更明智的决策。

所以, 你可以在不同的抽象层次上建模数字孪生。现在, 你可能不想做整个 F-35 的热模型, 以及 PCB 上的单个互连。在这样的规模下, 不可能把所有的东西都划分出来, 所以必须进行不同层次的抽象或者创建子模型。即使在 PCB 中, 如果想模拟有几千个部件和上万个连接的 PCB 上的每一个互连, 即使仅仅为了信号完整性也需要很长时间, 更不用说模拟信号完整性对电源完整性或电源完整性对热的影响了。必须思考不同的学科, 以及学科间如何相互作用, 以生成真正的数字孪生。



David Wiens

**Dan Feinberg:** 我认为数字孪生对设计师来说是强大的工具, 但它还可以在设计以外的其他阶段使用, 例如在终端产品上。

**Wiens:** 当然, 国际空间站就是完美的案例。美国宇航局说: “我们需要不断维护, 但不能每次想维护时让空间站飞回地球。” 他们真正想要的是数字孪生, 这样他们至少可以做根本原因分析, 远程了解一些问题。如果创建了产品的高保真

数字孪生, 那么当它真正上市时, 就有了可以溯源的数据。如果产品销往市场后, 良率出现了问题, 就可以通过数字孪生寻找原因。好吧, 让我们看看现实世界中发生状况的数据, 以及故障百分比, 然后看看故障点, 使用这些数据并将其应用于数字孪生, 就可以搞明白问题产生的根源。

如, 还可以创建生产线的数字孪生, 并将生产线的反馈发送回产品工程设计团队。如果将生产线模型与待构建的产品模型相结合, 你就可以使用数字孪生培训生产线上的员工。可以使用他们将要制造的产品来模拟人在生产线上的行为。

现在好像是在谈论无缝的数字线程技术, 但在现实中, 数字线程却到处都有断裂。有一种单一的数字孪生模型可以对所有事物进行普遍建模, 这种想法是有缺陷的。不同的东西有不同的模型: 用于信号完整性的 IBIS 模型, 用于热的 BCI ROM 模型、VHDL AMS 或 SPICE 行为模型, 用于占位图和布局的 CAD 模型, 用于制造的 ODB++ 等。今天, 工程师必须收集所有分解的数据, 并将其转化为有价值的信



息, 这就是所谓的数字孪生。

**Shaughnessy :** 设计师们会把他们正在做的事情称为数字孪生吗? 目标是什么?

**Wiens :** 名称其实并不重要。数字孪生过程的目标是零设计。现在, 你可以说样品设计迭代真的非常好。大多数团队表示 3 到 4 次设计迭代是正常的, 但零设计迭代是目标。设计产品时, 针对各种条件(如电气、热、振动、应力、可制造性)进行数字化验证后, 就可以开始批量生产了。

设计团队生活在虚拟的数字世界中, 所以 PCB 设计师不会说“嘿, 我在做数字孪生”。我需要说服他们做数字孪生来销售我的产品吗? 不。但我希望他们尽可能有效地利用他们正在使用的数字孪生。这意味着在设计过程中验证数字孪生, 而不是通过多次物理原型样品迭代。工程团队经常通过计划 3 到 4 次(甚至 6 次以上)设计迭代来“忍受失败”。理想的情况是, 团队不仅在设计过程中使用验证工具, 还利用生成技术和人工智能, 使系统能够为他们做出决策。当然, 实现这个目标还需要一定的时间。

**Shaughnessy :** 大多数设计师仍然在使用 Gerber, 并且对于其他数字数据格式, 如 ODB++ 及 IPC-2581, 设计师的接受进度较慢。

**Wiens :** Gerber 是一数字孪生模型, 只是不太完整。ODB++ 是智能化的产品模型, 还有 IPC-2581 是相当完整的模型。这意味着他们

在车间为制造重新创建智能所需的工作量更少。任何时候必须重新创建时, 都表明数字线程出现了故障, 可能引入错误和浪费时间。但这些格式仍然不能模拟制造过程中的所有内容。所以如果有一个多 PCB 系统, 这些都是单独的文件。制造工程师通常看不到系统的完整数字孪生——他们必须依赖于不同时间出现的不同模型。因此, 关于整个系统的智能决策是受限的。

**Shaughnessy :** 对于数字孪生, 设计师们有什么可以或者应该做的吗?

**Wiens :** 我希望设计师能够了解与制造相关的其他学科。不仅仅是制造, 还包括机械、布线缆线束、热、信号完整性, 所有对设计有影响的要素, 可以通过构建数字孪生来验证。

所以, 关键是要学会利用这些不同的模型, 最终获得更好的结果。许多公司正在经历不同的数字化转型。不仅是在工程设计环节, 还可以在其采购或生产环节实现数字化转型。利用数字孪生实现数字化转型越顺利, PCB 设计师的输出就越大。

**Barry Matties :** 关于数字孪生是管理层的决策吗? 他们是怎么销售的?

**Wiens :** 我想说工程师已经在使用数字孪生了(唯一的决策是他们如何有效地使用数字孪生)。但是, 是的, 管理层必须参与数字化转型。数字化转型的价值主张通常围绕质量、时间、成本及其不同的变体而实现。就设计过程



大多数团队表示3到4次设计迭代是正常的, 但零设计迭代是目标。



的时间和成本而言, 如果采用更清晰的过程, 就不需要再重新进行设计迭代, 这样可节省在样品设计上的成本, 也节省了在重新做这些迭代时用于工程设计的时间成本及实施成本。

这应该会激发所有管理团队的竞争力, 对吗? 必须从高层次的利益开始, 然后努力说服他们。你会发现, 真正的大公司都有数字化转型负责人, 就像公司有 CTO 一样, 他被授权优化公司的利益过程。

**Matties :** 但对于规模不大的公司来说, 除了商业模式和技能组合模式之外, 管理层是否会认为实施难度太高?

**Wiens :** 当然, 这就是很多人通过咨询最佳实践赚大钱的地方。这就是为什么我们都与分析师合作, 通过调查来量化数字化转型的好处。但这通常需要某种形式的压力, 比如一家公司面临严重失败时, 才会考虑做一些截然不同的事情。

**Matties :** 是的, 如果有人帮助将风险降低到可容忍的水平, 我们将看到更快的转型。

**Wiens :** 我们可能会看到之前提到的理想情况。这是整体的数字孪生, 可以让你看到一架飞机或汽车的表面, 只需要放大, 就可以查看内部。我可以再放大一些, 就可以从上到下, 并经过最小的通孔, 来探查整个模型。我认为在有生之年可以实现这个目标。我们已经在该领域有了一些巨大的创新。

**Shaughnessy :** 你会给那些对数字孪生感兴趣的人什么建议?

**Wiens :** 要跳出定势思维。要有好奇心去观察和评估其他过程的价值, 以及它们能给你和你的团队带来什么。日复一日地做同样的事情是很无聊的。所以, 看看周围, 看看其他团队在做什么。数字化转型仍在继续, 这是打破常规的好时机。

**Shaughnessy :** 谢谢分享。我知道你研究数字孪生已经有一段时间了。此次采访对我们很有启发。

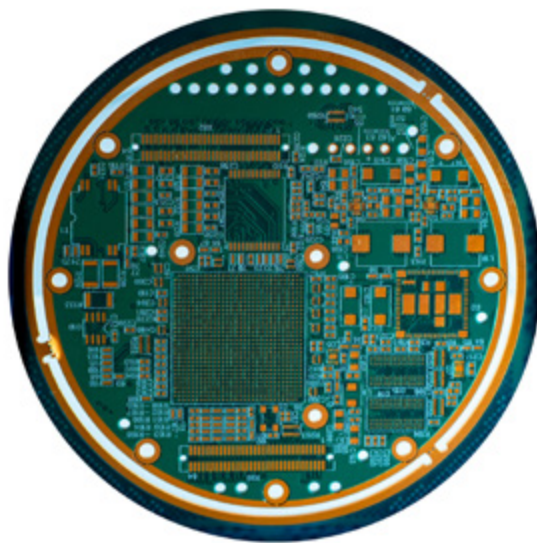
**Wiens :** 这是我的荣幸, Andy。谢谢你!

PCB007CN

数字化转型仍在继续, 这是打破常规的好时机。

#### 参考内容

“Digital Transformation: Leveraging Digital Twin to Optimize Electronic Systems,” by David Wiens, December 2021, Design007 Magazine. Part of a larger series on digital transformation.





# 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)

# 选择刚挠结合 PCB 制造商



by Mike Morando  
PFC Flexible Circuits

PCB DESIGN 主编 Andy Shaughnessy 邀请我写关于刚挠结合 PCB 的文章，因为很多 PCB 设计师和 Design007 的读者都在关注这个主题。随着刚挠结合 PCB 市场越来越大，尤其是传统的 PCB 设计师对刚挠结合 PCB 的关注度越来越高。

是因为刚性 PCB 的市场缩减，促使 PCB 制造商要找到填充制造设施的解决方案吗？有可能。OEM 是否正在寻找令新产品制造更简单、更可靠、部件号更少的方法？也有可能。

刚性 PCB 设计师可能想了解如何选择刚挠结合 PCB 供应商，以及如何开始这一过程。如果将一切都押在 OEM 下一代刚挠结合设计上，你会想为刚挠结合设计提供最好的制造商。新刚挠结合设计需要交给适当的工厂，以

利用最佳的制造解决方案。

让我们来看看用于制造刚挠结合 PCB 的专业知识、工艺和材料。刚挠结合 PCB 是由刚性电路和挠性电路组成的混合解决方案，我认为北美只有两类刚挠结合 PCB 工厂：

1. 专门生产挠性电路和刚挠结合 PCB 的挠性电路工厂
2. 生产刚挠结合 PCB 或正在向该方向转移的刚性 PCB 工厂

这两类工厂都在争夺客户的刚挠结合 PCB 业务。从 20000 英尺的高度来看，我认为一些刚挠结合 PCB 应该在刚性 PCB 工厂生产，而有一些刚挠结合 PCB 应该在专门的挠性电路工厂生产。对于 PCB 设计师来说，无论哪种方式，似乎都不是什么大事，但了解两类工



厂的差异将有助于选择适当的供应商，并达成更好的质量和交付周期。对于刚挠结合 PCB，挠性和刚性 PCB 制造商都有各自的优势和劣势，所以从制程的不同方面来分析这两类工厂的差别，以及设计师如何适应这些工厂。

## 刚性 PCB 工厂

刚性 PCB 工厂通常提供多层 FR-4 解决方案，约 95% 的电路是不需要弯曲的矩形基板。此类产品的拼板相对简单，在许多情况下，材料叠层都是现成的。刚性 PCB 工厂非常擅长复杂的堆叠、用于盲孔和埋孔的高密度互连 (HDI) 以及多次层压周期，拥有稳定、可重复的制程，PCB 设计师多年来一直使用相同的设计规则。尽管如此，随着刚性 PCB 变得越来越复杂，可用的板面积减少，元器件的数量却急剧增加。

## 挠性电路工厂

挠性电路工厂不同于刚性 PCB 工厂，因为它们主要提供可以弯曲但不会断裂的定制机械解决方案。一旦添加了电路中的电气特性、元器件放置和支撑、异形的轮廓、铜晶粒方向和覆盖层，就会意识到刚挠结合是一种全新的 PCB。挠性电路的设计和制造规则与刚性 PCB 不同。挠性电路制造比刚性 PCB 制造更为人工密集，且每项作业的材料都有所不同。

## 材料

刚性 PCB 和挠性电路的供应商大不相同，涉及基材和粘合剂，以及材料的加工和处理方面。PCB 工厂通常使用 FR-4 和半固化片以及电沉积 (Electrodeposited，简称 ED) 铜。如果他们提供 HDI，材料选择可包括光敏介

质、树脂和干膜。挠性电路工厂主要使用聚酰亚胺介质材料、粘合剂和轧制退火 (Rolled Annealed，简称 RA) 铜箔。非常薄的材料用于实现挠性。

## 镀铜

PCB 工厂采用全板电镀或图形电镀传统工艺。在面板和过孔的各个面镀上铜，然后蚀刻掉，留下电路设计和镀孔。挠性工厂使用焊盘或图形电镀工艺，只在焊盘和电镀通孔中镀铜。如果在一段设计用于弯曲的挠性走线上镀铜，那么极有可能出现开裂的走线。如果刚挠结合 PCB 弯曲半径很小，需确保制造商对刚挠结合 PCB 的挠性部分采用图形电镀。

## 设计需要考虑的因素

PCB 和挠性电路均有需要考虑的设计因素。例如，有许多关于通孔的规则。图 1 显示了当通孔放置在挠性电路弯曲区域时会发生的情况。

## 弯曲半径

大多数情况下，PCB 供应商永远不必担心弯曲刚性板。对于挠性电路，弯曲是最重要的

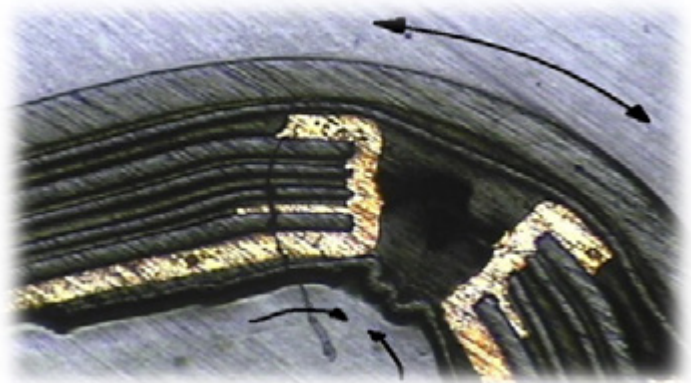


图1:通孔置于挠性电路弯曲区域时会发生的情况

问题。在设计和布局阶段，需考虑的重点是弯曲，包括材料选择、弯曲位置和弯曲程度，以及元器件放置。

IPC-2223 有专门一章为弯曲半径的计算。通常建议弯曲半径为厚度的 12 倍。挠性板的刚度主要由铜重决定，但聚酰亚胺的厚度至关重要。

## 布局设计需考虑因素

挠性电路的设计考虑因素多种多样，与刚性 PCB 大不相同。

**倒角：**最好为弯曲区域的镀通孔添加倒角（泪滴），有助于将应力分布在更宽的区域，可提高可靠性。

**刚挠结合 PCB 中的通孔位置：**如果通孔放置在刚挠结合 PCB 的挠性区域，则它们应至少距离刚性 / 挠性连接处 0.050“，距离弯曲区域的起点 0.050“。在刚挠结合 PCB 的刚性侧，应遵循相同的 0.050“远离规则。

**布线走线：**为了弯曲和折叠单个金属层中的区域，如果可能的话，最佳方法是垂直布线

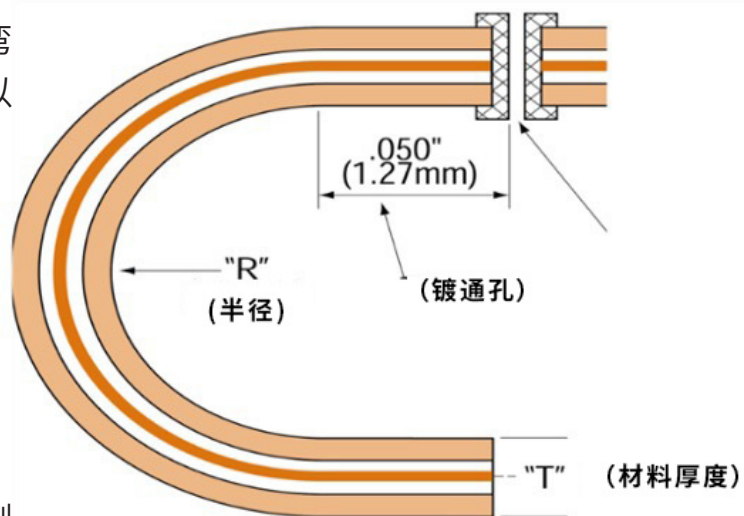


图2:弯曲半径通常为挠性电路厚度的12倍

导体。

**在多挠性层中布线走线：**不应在层与层之间的走线顶部布线，以避免产生 I 形梁效应。

**HDI：**PCB 供应商正在积极提供盲孔、埋孔、交错排布孔和堆叠孔。PCB 行业在高层数和 HDI 方面取得的发展非常喜人。挠性电路的特征和通孔非常小，同时能够实现盲孔、埋孔和交错排布孔更难。然而，挠性市场正随着更好地支持挠性的技术进步而向前发展。

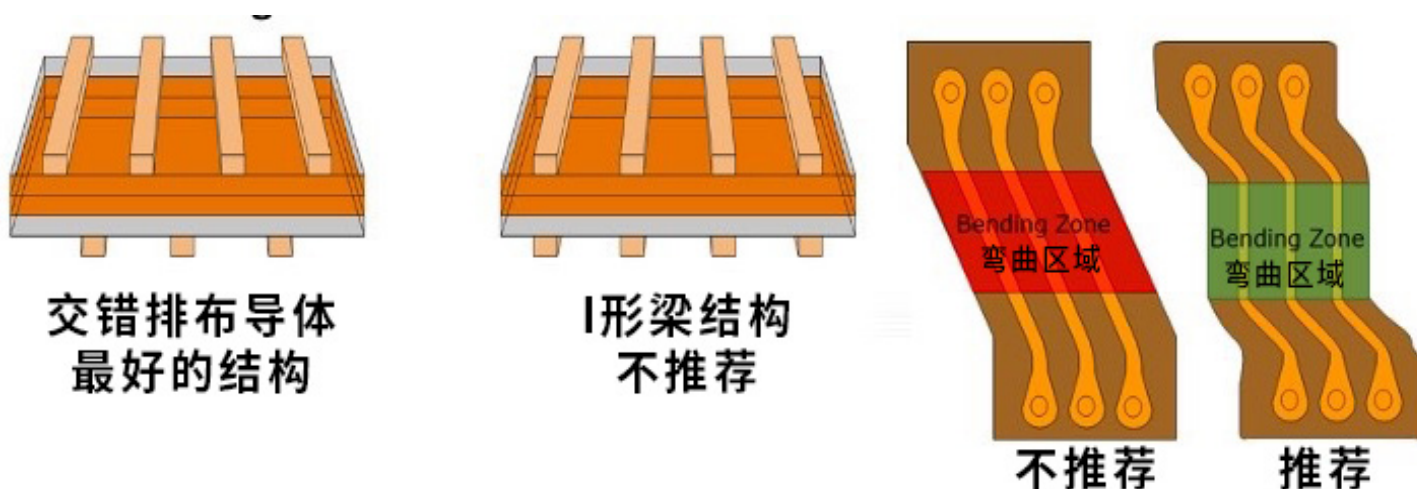


图3:推荐和不推荐结构示例



## 结论

刚挠结合 PCB 是结合刚性 PCB 和挠性电路的混合解决方案。刚性 PCB 和挠性电路公司都可以针对客户的需求提供高质量的解决方案。作为 OEM 电路设计师、设计工程师或商品 / 采购经理，要注意各自的要求，其解决方案的正确答案取决于设计和选择适当的制造商。

如果正在设计的刚挠结合电路具有传统 PCB 的更多特征，包括多层数、密集组装要求、HDI 要求，以及盲孔、埋孔或堆叠孔。在两个或多个刚性部分之间使用挠性互连，那么刚性 PCB 制造商可能是满足设计要求的最佳选择。

如果刚挠结合 PCB 具有更多的挠性电路功能——小弯曲半径、小特征要求和薄堆叠要求，并且是电路的突出部分，那么可能需要联系挠性电路供应商。PCB007CN



**Mike Morando** 任 OSI Electronics 公司 PFC Flexible Circuits 分公司销售及市场营销总监。另外感谢现场应用工程师 Ata Syed 协助撰写了此文。

## 2024国际消费电子展将于美国拉斯维加斯举办!



全球最具影响力的科技盛会——2024 国际消费电子展，以下简称“CES 2024”），即将在美国拉斯维加斯举办! 今年的整体规模、参展商和媒体数量都有望超过 CES 2023。

[点击此处即刻注册!](#)

CES 2024 将于 2024 年 1 月 9 日至 12 日举行，以“All Together · All On”为主题。

届时，将有超过 3,500 家参展商展出划时代的创新科技，以及多场由资深行业先驱发表的主旨演讲，包括现代重工 (HD Hyundai)、西门子 (Siemens)、纳斯达克 (Nasdaq)、沃尔玛 (Walmart) 和欧莱雅 (L'Oréal)。CES 2024 主要涵盖的技术类别包括，人工智能、可持续发展、科创企业、数字健康、交通以及移动出行等领域。此外，1 月 7 日至 8 日期间还设有独家展前媒体日，媒体将有机会率先体验最新科技产品和趋势。

热门科技趋势与展区：

人工智能 AI、可持续发展、科创企业、数字健康、交通和移动出行等。

媒体注册现已开放! 请抓紧注册，以免错过 2024 国际消费电子展的精彩内容!

更多内容，[请点击查看](#)。



## 行业会展

### [慕尼黑德国电子展及生产设备展](#)

2023 年 11 月 14 至 17 日

德国慕尼黑

### [一步步新技术研讨会（长沙）](#)

2024 年 3 月 28 日

中国长沙

### [一步步新技术研讨会（惠州）](#)

2023 年 11 月 23 日

中国惠州

### [CPCA SHOW](#)

2024 年 5 月 13 至 15 日

中国上海

### [HKPCA 国际电子电路（深圳）展览会](#)

2023 年 12 月 6 至 8 日

中国深圳

### [IPC APEX EXPO](#)

2024 年 4 月 9 至 11 日

美国安纳海姆

### [一步步新技术研讨会（重庆）](#)

2024 年 2 月 29 日

中国重庆

### [第十六届世界电子电路大会 ecwc16](#)

2024 年 4 月 6 至 11 日

美国安纳海姆

### [一步步新技术研讨会（上海）](#)

2024 年 3 月 7 日

中国上海

### [NEPCON SHANGHAI](#)

2024 年 4 月 24 至 26 日

中国上海

## 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：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

M A G A Z I N E

《PCB007 中国线上杂志》由 IPC Publishing Group, Inc. (3000 Lakeside Dr., Suite 105N, Bannockburn, IL 60015) 出版

未经 ©2023 IPC Publishing Group, Inc. 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。

2023 年 11 月号 总第八十一期《PCB007 中国线上杂志》是由 IPC Publishing Group, Inc. (I-Connect007) 出版的电子月刊。

## 广告索引

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 《数字时代先进制造》.....              | 68  |
| 《印制电路工艺验证》.....              | 38  |
| 《印制电路设计师指南 - 高性能材料》.....     | 82  |
| 《印制电路组装之智能数据》.....           | 92  |
| 《HDI 手册》.....                | 104 |
| 《印制电路设计师指南：制造驱动设计》.....      | 4   |
| IC007 图书馆 .....              | 6   |
| 杂志订阅 .....                   | 封底  |
| 望友科技 .....                   | 8   |
| 珠海镇东 .....                   | 26  |
| BTU.....                     | 70  |
| Cadence.....                 | 100 |
| Chemcut.....                 | 50  |
| CIMS.....                    | 18  |
| Downstream Technologies..... | 94  |
| HKPCA SHOW 展览会 .....         | 2   |
| Gen3.....                    | 88  |
| KIC.....                     | 84  |
| Orbotech/KLA.....            | 10  |
| KYZEN.....                   | 78  |
| MKS'Atotech.....             | 46  |
| MKS'ESI.....                 | 64  |
| Schmoll Asia.....            | 54  |

## 更多精彩内容敬请期待 PCB007中国线上杂志：

### 十二月：对准度小细节大影响

传统操作中，电子电路的对准度一般由经验值来确定，并利用该经验值进行电子电路的制造。随着产品的要求越来越高，经验已经变得靠不住了。所以我们要引入新的技术、方法与流程。



# 感谢阅读 《PCB007中国线上杂志》



扫码订阅