

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

IConnect007china.com

2022年8月号

把握时局动向
布局未来



扫码订阅

把握时局动向, 布局未来

疫情的第三个年头已经过半了, 疫情对于经济的影响还是非常明显的, 但相比其它行业, 电子电路产业还是幸运很多, 尤其是国内因为前期管控得当, 订单充盈。目前, 国外虽然已经逐步放开, 但是 BA5 等变异株使得传播加剧, 整个世界充满了不确定性。电子行业也进入了迷茫期, 某些领域如 mini-LED、汽车、IC 载板需求依然强劲, 而传统消费类产品下降。在这样的大环境下, 把握时局动向, 布局未来将是明智之举, 也是我们本期的主题。

首先, 是本月的封面故事——牛气冲天的 PCB 市场。

我们的欧洲技术编辑 Pete Starkey 先生参加了 EIPC 的夏季研讨会, 会上 Prismark

Partners 管理合伙人姜旭高博士从全球性角度分析 2022 年 PCB 市场的挑战。Pete 针对该议题撰文, 2022 年电子电路的狂欢将告一段落, 未来必须潜心做精做强。

《调查 PCB 工厂现状: 投资回报率何处寻》一文中, 我们采访了 ALL4-PCB 公司的 Torsten Reckert 及其团队。文中他们多次谈到 Alex Stepinski 及其在 GreenSource Fabrication LLC 开发的模式转换工艺流程方法。这一绿色环保、高度自动化的生产模式确实能带来非常可观的 ROI。

接下来是我们的长期专栏作家, IPC 名人堂得主、IPC 意见领袖项目成员 Mike Carano 先生带来的《中美 PCB 产业对比, 中小企业如何破局》报告。文中他使用了大量的数据分析目前的行业形势。让我们看看我国在哪些地方领先, 又该在哪些地方加大投入。

《PCB 行业已获得美国立法机构更大关注》一文中, 我们请到了重磅的被访人, 美国共和党犹他州众议员 Blake Moore 先生。谈的就是近期热点新闻 CHIPS 法案, 来看看该法案将会如何影响美国以及世界的电子制造业? 国内读者应该好好了解该法案对我国行业带来的冲击。

IPC 首席经济学家 Shawn DuBravac 与业界分享了大量关于美国经济状况以及电子制造业面临高通胀、利率上升和低失业率风暴的危机。随着 2023 年经济衰退的各种风评形成, 我们发现经济陷入了困境。现在投资 PCB 工厂可行吗? 全球其他国家对此有何感受?





pluritec®

MACHINES FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS

INSPECTA S1 TWIN

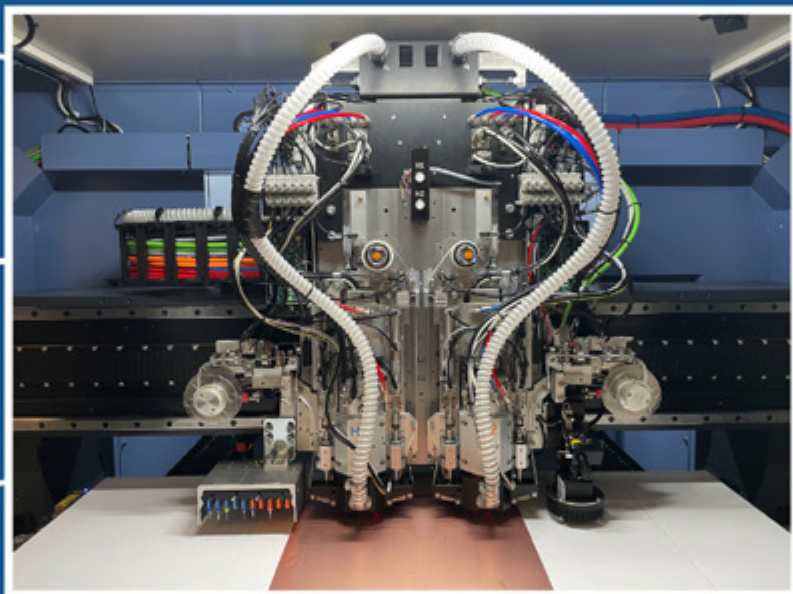
X 射线优化器和蚀刻后钻孔

用于高质量钻孔及薄材料（25μm）的特殊双钻头X射线系统

X射线探测器

高精度高速
空气轴承主轴

带有扩散真空
锁的工作台，可处理
非常薄的材料



入口材料管
以控制孔质量

双头可处理
双直径钻孔

多模式索
引的全台面钻孔
能力

载板行业的又一次飞跃

- 开放式设计，易于与现有自动化系统集成
- 整个电路板区域内的多个内层目标数据采集
- MES集成和电路板可追溯性
- 强大的统计和数据处理功能



学到更多 pluritec.com



DuBravac 对此进行了深入的剖析。

《并购，恰逢其时》一文中，我们采访了电子产业并购领域的大师 Tom Kastner。目前 PCB 和 PCBA 行业既是买方市场，又是卖方市场。无论是对于买方还是卖方，目前的发展动态都引人关注。对这种状况起关键作用的发展趋势是什么？如何充分利用这种趋势？

同时，DB 管理咨询公司的 Dan Beaulieu 与 Tom Kastner 一起探讨了《浅谈 PCB 和 PCBA 企业并购注意事项》。

Chemcut 公司的 Christopher Bonsell 最近精彩连载不断，本期他介绍蚀刻生产过程中的污泥。我们知道污泥会显著降低蚀刻剂的有效性，并会严重损坏蚀刻设备。本文提供的简要指南可深入了解碱性蚀刻液的化学反应控制。

本月，Süss Microtec 的专家 Luca Gautero 将继续其加成法专栏，介绍能否并行打印阻焊油墨和图形油墨？

本期 Happy Holden 谈技术专栏，将讲解“叠层的光学对准 / 附连片焊接”。Happy 回顾了相关技术的发展历史，以及目前使用的一些先进工艺。

PCB 组装专区中，首先焊接炉专家 KIC 的 Miles Moreau 介绍了 KIC 的最新产品，其中引入波峰焊工艺检测技术。Miles 还阐述了 KIC 早期对自动化实时工艺监控的关注，以及如何成为智能工厂实施领域的领导者。

接着，西门子 EDA 部分的 Stephen V. Chavez 带来了《供应链弹性，第 1 部分：供应链问题》。两年多来，供应链问题一直占据新闻头条，全球疫情加剧了供应链在全球范围内的脆弱性。那么您的供应链具有足够的弹性么？

《清洁能源与关键矿物质：二分法中的分歧》由环保专家 Noelle Lovern 撰写，让我们看看国外的电子产业如何受当地节能减排要求影响的。

Joe Fjelstad 这期又带来有趣的内容，您可能不知道，虽然过去几年，可穿戴电子产品吸引了商界和技术界媒体的广泛兴趣，但该类产品其实已经问世百年了。Joe 回顾了这段有趣的历史，并预见该领域还将蓬勃发展。

PCB 设计专区中，如果遵守刚挠结合 PCB 设计指南，实现挠折性和刚性的适当平衡是很容易的。PCB 设计专区中，Cadence Design Systems 的 Cody Stetzel 带来《遵循刚挠结合 PCB 设计指南的重要性》一文。

Polar 公司的专家、长期专栏作家 Martyn Gaudion 为我们介绍了《场解算器建模传输线技巧》，文中他就一些经常遇到的客户问题进行了总结。

“编制制造文件时应牢记制造商的需求”，这是老生常谈的专题了，但还是要继续谈下去。First Page Sage 的 Tim Haag 饶有趣味地从他给老婆安装三轮车遇到麻烦开始讲起，引申到设计电路板时应当注意的要点。

最后，我们很高兴为大家带来 007 与 Isola 一起推出的重磅新书——《PCB 设计师指南：高性能材料》。本书希望能为材料选择决策提供坚实的基础，并在此过程中解答常见的关键问题。

以上就是本期的全部内容，8 月我们宣布了一个重大变动，就是 IPC 与 007 的战略合作全面升级，I-Connect007 加入 IPC 旗下，我们将利用好优质的行业资源，继续保持我们的初心，服务好全球电子制造业。PCB007CN

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



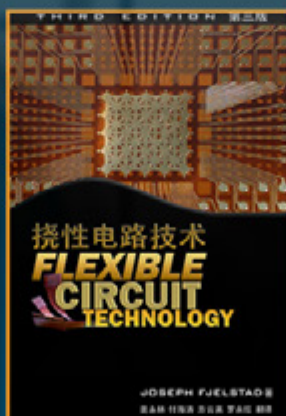
Morgana Ribes, et al
Alpha Assembly Solutions

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 HAWK DESIGN



HDI手册
Happy Holden



对未来投资

疫情的第三个年头已经过半了，疫情对于经济的影响还是非常明显的，国外虽然已经逐步放开，但是 BA5 等变异株使得传播加剧。整个世界充满了不确定性，要如何对未来投资，以确保将来能把握住复苏的上升赛道？

专题文章

9 封面故事

11 2022 年 PCB 市场挑战：强劲势头已结束
by Pete Starkey

15 调查 PCB 工厂现状：投资回报率何处寻
by I-Connect007 Editorial Team

23 中美 PCB 产业对比，中小企业如何破局
by Mike Carano

33 PCB 行业已获得美国立法机构更大关注
by the I-Connect007 Editorial Team

43 第四季度的担忧：
做好应对各种经济状况的准备
by Nolan Johnson

51 并购，恰逢其时
by Nolan Johnson

57 浅谈 PCB 和 PCBA 企业并购注意事项
by Dan Beaulieu

63 碱性蚀刻指南
——避免析出反应，生成污泥
by Christopher Bonsell



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



其他栏目

42 PCB007 中文网站 Top Ten

115 行业活动日历

116 广告索引、下期预告
工作人员名单

行业要闻

14 连载!构建持续改进的平台 11 :
提升个人组装技能

61 抵消成本支出剧增的实时策略

66 现有设备是否足以跟上
时代发展的步伐?

70 返工有中心接地连接的 SMT 连接器

94 IPC 开启墨西哥的新机遇

专题文章

67 加成法：
能否并行打印阻焊油墨和图形油墨？
by Luca Gautero

71 叠层的光学对准 / 附连片焊接
by Happy Holden

PCB 组装专区

79 KIC 为应对工业 4.0,
开创引入波峰焊监测技术
by Andy Shaughnessy

85 供应链弹性, 第 1 部分: 供应链问题
by Stephen V. Chavez

91 清洁能源与关键矿物质：
二分法中的分歧
by Noelle Lovern

95 问世百年，蓬勃发展，可穿戴电子产品
by Joe Fjelstad

PCB 设计专区

99 遵循刚挠结合 PCB 设计指南的重要性
by Cody Stetzel

103 场解算器建模传输线技巧
by Martyn Gaudion

107 编制制造文件时应牢记制造商的需求
by Tim Haag

111 新书推荐：
PCB 设计师指南——高性能材料

点播:免费的 11讲网络研讨会

电子产品的可靠性预测

专家:Graham Naisbitt, Chris Hunt

该网络研讨会系列解释了新的具有突破性的测试标准,有助于电路板达到预期可靠性。

SPONSORED BY



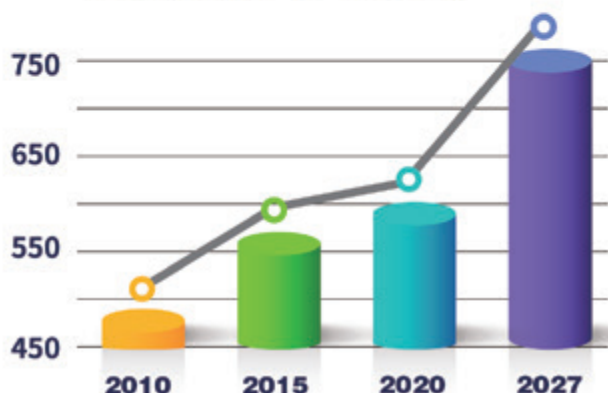
开始观看

非常牛的电子电路行业

市场增长 2021-2027



全球市场价值 (单位亿美元)



来源: Global Market Insights

2021-2027 年各地区市场增长

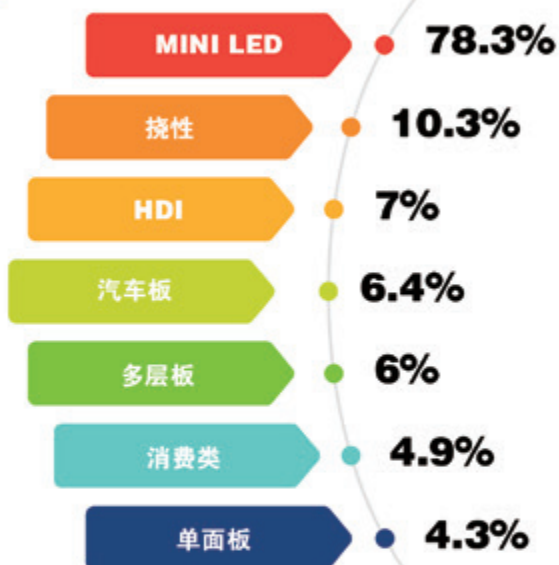


■ 低水平 ■ 中等水平 ■ 高水平

来源: Mordor Intelligence

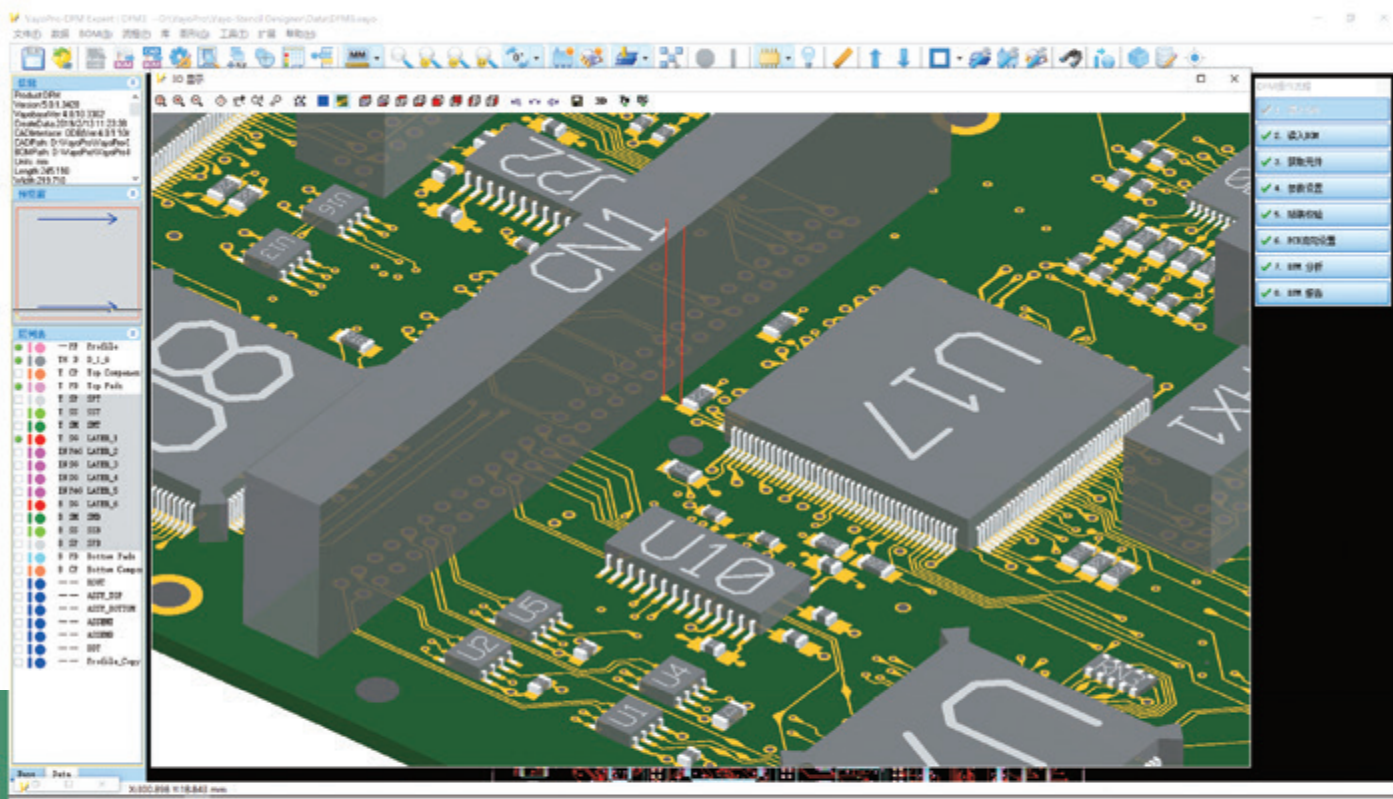


2021-2027增速最快的市场



来源: Global Newswire

望友可制造性设计分析软件



减少试产次数
2-3次



缩短NPI周期
30%-50%



减少品质缺陷
>80%



降低售后维修率
>40%

☑ 3D实体模型库

包含元器件各类实体信息

☑ 1200+条组装规则

线路层、丝印层、阻焊层、焊膏层、
钻孔层.....

☑ 300+条裸板检查规则

印刷/红胶工艺、贴片工艺、回流工艺、
插件工艺、波峰焊工艺、测试检查、返修.....

☑ 模板化设计审查报告

支持多种格式输出，
提供分析报告定制服务



2022 年 PCB 市场挑战： 强劲势头已结束



by Pete Starkey
I-CONNECT007

凭借对 PCB 业务和技术的深入了解,Prismark Partners 管理合伙人姜旭高博士从全球性角度分析 2022 年 PCB 市场的挑战。6 月 14 日,他在瑞典 Orebro 举行的 EIPC 夏季研讨会上的演讲受到了观众的热切期待,他们渴望听取他带来的新信息、新视角。从他的演讲中可以看出,2022 年将是引人关注的一年,且对 PCB 行业似乎并不友好。

在今年 2 月“EIPC 技术概况网络研讨会”的演讲中,姜博士曾介绍,2021 年 PCB 市场

的特点是封装载板的收入和利润激增,但需求强劲、材料成本高企、供应物流中断、库存增加及现金流紧缩挤压了大多数 PCB 制造商的利润空间。影响 2021 年市场的其他问题包括 PCB 原材料的供应可获取性和产能限制、货币汇率、关键加工设备交付时间长以及某些半导体和其他设备的供应短缺。

此次演讲中,他回顾了 2022 年第一季度的行业发展概况。他说:“电子行业正处于由 2019 年疫情引发的历史性周期后阶段,市场正在发生变化——天下没有不散的宴席。”随着个人电脑、电视机和游戏机同步需求的结束,疫情的红利迅速蒸发,智能手机的 5G 增

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



长正在减弱。由于供应链的不确定性而导致的“以防万一”需求膨胀正在消失，还伴随重复下单的结束和高库存的消化。

目前的预测是适度增长，需要考虑通货膨胀、高利率、强劲的美国、俄乌冲突和中国的清零疫情政策等因素。姜博士总结了电子行业面临的主要挑战：

供应链中的高库存

- 购买力下降导致需求疲软
- 高通胀和高利率
- 刚性及挠性 PCB 供过于求
- 地缘冲突导致能源成本高企
- 疫情封锁导致供应方生产和物流中断
- 人工短缺和材料成本波动

他认为增长最强的领域是那些交付时间最长或正在经历转型的产品，比如工业和医疗、汽车、计算和通信基础设施以及其他消费类电子产品，尤其是可穿戴设备。

展望 PCB 市场价值和产品结构长期发展，他预测 2021—2026 年期间复合年均增长率为 4.6%，预计 2026 年总价值将超过 1000 亿美元，其中封装基板将占 21.1%，FPC 占 16.9%。

谁在 2021 年获得了高利润？全球排名前 30 家 PCB 企业中，有 16 家的利润率超过 10%，其中大部分是中国台湾企业。谁进行了投资？在大多数情况下，也是这些企业，每家的资本支出均超过 2 亿美元。

回顾过去 20 年的地缘趋势，姜博士指出中国已成为 PCB 的主要制造基地，而美洲、欧洲和日本已成为小众产品或小批量产品供应地。中国台湾地区和韩国专注发展高阶技术，东南亚已成为日本和韩国企业的有利投资点。

贸易、政治、环境和人工成本问题是否会再次改变 PCB 行业的格局，还有待观察。

贸易、政治、环境和人工成本问题是否会再次改变 PCB 行业的格局，还有待观察。

再来看 2022 年的 PCB 市场机遇，他认为受 BGA 高阶挠性载板以及系统级封装和模块载板驱动，载板市场正在经历持续增长，预计 2022 年产值将增长约 14%。尽管疲软的手机市场可能会阻碍 HDI 发展，但汽车、高性能计算机、高速网络和卫星通信等更多非消费类应用将需要 HDI 产品。更快的基础设施数据速率将需要更高阶的低损耗多层 PCB。汽车市场将需要更可靠的高电流和高散热 PCB，而用于消费类和 PC 应用的刚性 PCB 订单将减少。由于 2021 年的结转，2022 年第一季度表现强劲。

PCB 行业第二季度相对疲软，尤其是在亚洲地区，原因如下：

- 上海封锁
- 对汽车制造业的影响
- 俄乌冲突对欧洲制造业的影响
- 对个人电脑和显卡的需求迅速下降
- 消费者需求极速下降，手机市场下滑

目前对第三季度的共识是，仍有一些库存问题需要解决。竞争将导致价格下降。供应是否会过剩的问题仍不确定。也许第四季度会出现反弹？在姜博士看来，未来的发展前景仍不

明朗，很难做出准确的预测。总体而言，2022 年市场将“持平或小幅上涨”，但封装基板仍将保持强劲势头。

因此 2022 年对 PCB 市场似乎并不特别友好。

供应商情况如何？

从 PCB 设备商和材料商来看，2021 年设备供应商从主要 PCB 制造商的资本支出中受益匪浅，很多高端设备来自欧洲。姜博士对欧洲 PCB 制造商提出警示：“竞争更为激烈，中国正在增长、扩大其市场份额，并持续提升其技术能力。”

对于材料供应商，尤其是刚性层压板供应商，2021 是发展良好的一年。原材料价格上涨后，成功地将成本转嫁给了客户，同时保持了利润率。2022 年层压板价格会下降。中国大陆和台湾地区的材料供应商看到本地货币兑换美

元贬值，除了会引发与库存相关的问题外，还将使其收入下降。自身定价阻力巨大的终端客户将把压力转嫁到材料商，以更低的价格获取原材料。

最后姜博士总结，在 2021 年的强劲发展之后，2022 年是引人注目的一年，行业面临许多挑战。他列举了部分方法，旨在保持企业管理的相对稳定性并努力寻找最佳解决方案同时应对市场挑战。PCB007CN



Pete Starkey 任 I-Connect007 技术编辑，常驻英国。在拥有 45 年之久的 PCB 行业从业经验。他也是 ICT 董事和理事会成员，EIPC 荣誉会员，SMTA 欧洲技术委员会成员。

连载！构建持续改进的平台11：提升个人组装技能

20 岁的 Andy Connors 和 19 岁的 Sue March 是 Ivy Benson 公司的操作员，他们已不再是普通的朋友关系。在公司附近看完电影后，他们正在吃披萨。

Andy 说：“明天 Chuck Tower 给我们上第一堂 SMT 课。”然后开玩笑地说，“好消息是上课算加班。”

Sue 回答：“我带来了 Chuck 出的 SMT 测试卷。让我们看看能否一起回答前 5 个问题，然后在网上查找答案。”

Andy 揶揄地说：“我希望做点浪漫的事。”

Sue 也逗他：“好吧，亲爱的，如果我们有信心回答出前 5 个问题中的 4 个，我会让你牵着我的手走到停车场，怎么样？”

Andy 叹息了一声，然后笑了：“好吧，亲爱的，让我们一起做测试！”

更多详细的内容，请[点击这里](#)。



调查 PCB 工厂现状： 投资回报率何处寻



by I-Connect007 Editorial Team

ALL4-PCB 公司的 Torsten Reckert 及团队对该行业的发展现状有着独特而广泛的观点。当我们询问 Reckert 最热门的投资回报领域时，他的回答很有见地，有时甚至令人惊讶。读者会注意到，本次采访多次提到 Alex Stepinski 及其在 GreenSource Fabrication LLC 开发的模式转换工艺流程方法。Reckert 曾与在 GreenSource 任职期间的 Stepinski 有密切合作，Reckert 是市场专家，Stepinski

也是优化工艺流程的思想领袖，他对投资回报的观点尤其有价值。

Nolan Johnson：作为经销商，你认为行业目前的挑战是什么？

Torsten Reckert：目前最大的挑战是自动化和机械化，因为我们没有人员操作设备。制造流程设备，如装载机、卸载机，在北美大部分地区，都很难找到相应的人员。芝加哥就是明显的例子，有很多 PCB 工厂投资自动化设备

我们提供

盲孔可靠性的完整解决方案



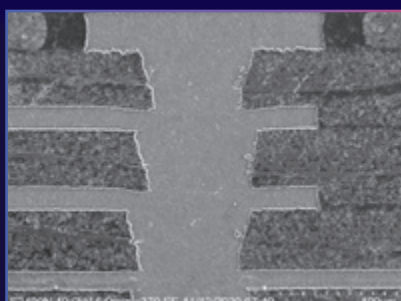
胶体钯



离子钯

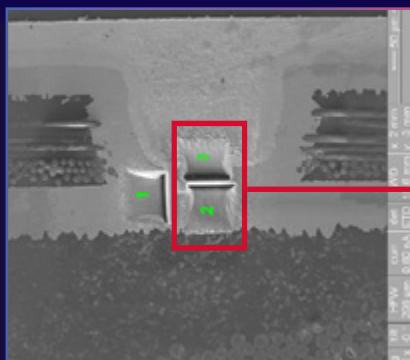
M-ACTIVATE 和 M-ACTIVATOR AP

精选钯活化剂技术, 适用于各种应用



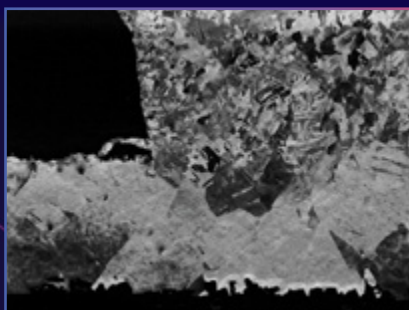
BLACKHOLE LE / ECLIPSE LE

提高良率的低咬蚀直接电镀制程, 改善 mSAP 流程中有限的可蚀刻铜总量状况



SHADOW + MACUSPEC VF-TH 300

优化的金属化制程搭配方案, 可在关键界面处实现完整的外延晶粒生长



VIA DEP 4550 ELECTROLESS COPPER

无应力化学铜, 达成目标铜垫高深镀力的楔形孔填充镀铜



MacDermid Alpha
ELECTRONICS SOLUTIONS





MVC：Shoda 的集成自动化 V 型槽铣削设备

很谨慎，但又雇佣不到员工，所以自动化很重要。

连接到设备上的不一定是单独的装载/卸载机，可能是已经集成了自动化的设备。目前我们已经销售了几款具有自动装载和卸载功能的 V 型槽铣削设备，客户可以将一摞 PCB 放在设备前面，然后走开，当作业加工完后，再回来取走位于设备另一侧的板。

Barry Matties：Torsten，当你提到自动化时，它仅仅是指装载机和卸载机，还是泛指数字工厂？

Reckert：对于现有的 PCB 工厂，主要是在已经集成的设备上添加装载机和卸载机。与 V 型槽铣削设备一样，制造商正在提供带有集成装载机和卸载机的新设备，或者添加可选项。目前这比整个工厂的自动化重要得多。我认为

工厂自动化仅适用于新建工厂，才有足够的空间设计整体工厂自动化。从产品追溯和整体自动化的角度来看，现有 PCB 工厂几乎不可能像 Alex Stepinski 在 Green-Source 所做的那样，实现现有设施的自动化。

Matties：你认为现有工厂很难达到“Alex Stepinski 水平”吗？

Reckert：需要足够的空间。San Jose 工厂就是一个很好的例子。工厂已有一些设施，

其每平方英尺的产出令人难以置信，但如果想为其设备增加自动化，尤其是在湿制程环节，几乎没有任何空间。如要使用定制的机器人，就必须投入很多资金。

另一个障碍是，很难证明在自动化上投入大量资金是合理的。人们会问：“既然可以使用人力来装载，为什么还要在自动化上花很多钱？”

Matties：批量处理如何呢？是否有化学方面的自动化推动力？这是 Stepinski 在 Green-Source 所做的事情，对于任何制造商来说，这似乎都是可以实现的。

Reckert：你提出的观点很有趣。我花了很多时间和 Alex Stepinski 沟通。我们与几家设备供应商一起参与了 GreenSource 设施项目，目前仍在与 Alex 就潜在的新项目进行联系。

由于涉及到使用单独的湿制程设备，并结合更主动的工艺控制，就不需要对工艺进行太多的人工监控。但是，大多数人仍不同意他的观点。

Matties：多年来，你为什么一直坚持参观工厂并积极与业界交流？

Reckert：PCB 设施越孤立，布局自动化就越有利，如可在湿制程设备上配置更多的工艺控制。我认为供应商越靠近实际的客户，比如在加利福尼亚或芝加哥，那么客户就会习惯于与化学药水供应商的日常联系。

化学药水供应商派员工进驻 PCB 工厂，可为客户控制工艺及机械售后维修提供服务。如果南加州的一台设备坏了，我们需要专门跑去那里；如果工厂很偏远，那么他们必须自己提供一线服务。如果想迅速解决这个问题，基本上别无选择。

对于新工厂，可以通过自动化进行完整的工厂布局，实现批量自动化，只需要装载机 / 卸载机。但当装载不同批次时，这些装载机 /



Heron：小型机械手臂

卸载机可能并不智能。这就是为什么将自动化集成到现有设备中是不可能的。

Matties：这些公司未看到或不一定能够协调的投资回报率因素是否存在？

Happy Holden：必须把系统信息和数据从机械化中分离出来。装载机 / 卸载机是一种非常简单的机械化形式，在实现 Alex 在 Green-Source 的愿景之前，还要进行 8 到 10 个级别的投资。人们需要评估他们的需求——如果找不到相应人员，是否需要人工装载？此外是否需要有多多年经验的专家来研究未来发展蓝图？

Johnson：Torsten，我听说由于没有相应的员工，具有增强功能或更小特征尺寸要求的技术无法顺利完成。

Reckert：是的。

Johnson：能否介绍一些制造工艺，并简述自动化如何降低了对人工的需求？制造工厂应



叠板：包含累加器的一级自动化

该研究哪些具体内容？

Reckert：根据我们的经验，由于必须处理的材料数量以及处理材料时的注意事项，内层处理区域的对自动化的需求压力通常最高。

对于显影 / 蚀刻 / 剥离生产线、蚀刻后冲压生产线或层压前的氧化生产线，希望首先使这些水平传送式设备自动化。然后转而处理相同的成像材料，使用 AOI 直接成像。

Matties：你注意到加成法市场越来越受关注了吗？把加成法引入工厂似乎是一种合理的投资。

Reckert：对此有很多讨论，很多人开始尝



Penelope：带运输装置的自动化封闭系统

试该方法，但必须谨慎。我相信 Happy 还记得在 20 世纪 90 年代，使用树脂铜箔和其他方法的 HDI 技术进入美国。那时消费类电子产品（如平板电脑）的需求越来越多。即使按照今天的标



Torsten Reckert

准，也需要紧凑的几何结构。但在美国市场，几乎没有人愿意投资设备、清洁室区域及 HDI 所需的一切。结果该类产品并没有在美国地区实现爆发式增长。然而亚洲公司却迅速满足了 HDI 技术的需求，因此消费电子产品转移到了亚洲生产。他们建造新的工厂，配备所有必要的设备，可在清洁的环境中正确生产。相反北美几乎没有建造任何工厂。

Matties：你举了 20 年前的例子，是因为怀疑加成法能否在美国实现吗？

Reckert：我认为现在美国实际上会引入加成法技术，如果在供应链战略上要保持关键的产品不依赖海外供应商，那么北美必须具备这种能力。

最近，我们一直在支持所有 PCB 设备供应商，尤其是欧洲企业。他们过去向俄罗斯 PCB 市场销售产品，现在不行了。美国必须发展这种高密度互连技术，Happy，我知道你已经倡导该观点 30 年了。

Happy Holden：随着晶体管半导体小到几



Tongtai 激光钻孔机：纳入集成自动化装置

纳米，我们现在谈论的新 Apple M1 超级芯片有 1140 亿个晶体管。这些芯片需要 3000 个 IO 引脚和具有 3000 个焊盘且间距极精细的 PCB。半导体领域的公司推动我们去采用 HDI 技术。

Reckert：现在半导体公司需要在美国本土生产芯片。外层精细走线和间距的加成法技术肯定会引入美国，但要想成功还有很多需要学习的地方；北美几乎没有任何经验。

Matties：关于设备，你向制造商提出的建议是什么？

Reckert：服务水平真的非常重要。我们支持

很多不同类型的设备，也把服务落到实处。

当客户为某个工艺步骤引进新设备时，我们强烈建议购买额外的备件。例如，爱达荷州的某家客户始终为每台设备购买一套备件。

Matties：他们那时就在这样做。

Reckert：他们做得非常正确。GreenSource 也在做同样的事情。

Matties：是的，否则就会出现计划外停机。

Reckert：对的。

Matties：当你回顾行业过去几年的发展时，

你认为最重要的创新是什么？

Reckert：每个人都期望实现的创新是喷墨打印阻焊油墨。如你所知，可在更小的占地面积内替代更多的工艺步骤。

Matties：零排放对行业来说是关注焦点吗？这是驱动来源吗？

Reckert：这并不适用于已有废水处理工艺的现有设施，并不是他们首要的任务。但对于新建工厂来说，这是一个非常棒的提议。

Matties：当提到自动化时，通常会想到黑灯工厂。

Reckert：我认为真正投资自动化是有阻力的。在过去的几十年里，人们认为自动化只是一种没必要的浪费，不能增加 PCB 的价值。但目前这种阻力正在减弱。

自动化的首要步骤是装上装载机 / 卸载机；这是人们通常的想法。老实说，不仅仅是将装载机 / 卸载机放在设备前面。在湾区，一些工厂在投资湿制程设备时甚至从未考虑过自动化的预算空间。不久前，这种心态仍然还是存在的。

Johnson：如果可能的话，他们愿意改造现有工厂吗？

Reckert：人们现在对这种方式越来越感兴趣。这就是我最初提出这个话题的原因，因为行业



PL-25：在 DES 之前需要自动撕膜机（来自 Swotech）

对此感兴趣。比如说，在 DES（显影蚀刻剥离）生产线之前，如何利用可用的占地面积，实现自动化装载及从湿制程设备卸载？

Johnson：自动化及在制品处理是大问题，以至于追求额外的竞争力需要其他能力才能真正完成工作。

Reckert：我同意。

Johnson：Torsten，此次采访真让人大开眼界，有一些我没有预料到的不同观点。

Matties：非常感谢你，Torsten。

Reckert：如果还有什么我可以做的，尽管告诉我。PCB007CN



CPCA2022
SHOW

国际电子电路（华南）展览会

INTERNATIONAL ELECTRONIC CIRCUITS (SOUTH CHINA) EXHIBITION

新时间 & 新地点

NEW

2022.10.12-14

深圳国际会展中心（宝安）

Shenzhen World
Exhibition & Convention Center(Bao' an)



CPCA

中国电子电路行业协会



颖展展览
YINGZHAN

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

参观预登记



参展咨询





BUILD ELECTRONICS BETTER

中美 PCB 产业对比 中小企业如何破局

by Mike Carano

IPC Thought Leaders Program

电子产品是全球经济的驱动力。从救生医疗设备到安全及安保系统、通信和汽车，电子产品无所不在。电子制造业通过提高生产力和不断创新，在本行业以及其他行业创造了大量就业机会。可穿戴设备、增强及虚拟现实、高端图形和视频等应用只是即将到来的基于电子技术创新中的一部分。

在许多方面，电子产品所带来的技术进步令人惊叹。电子系统的基础是 PCB。没有 PCB，半导体芯片和其他元件就无法附加。有

一个很形象的比喻——“芯片不能悬浮”，意思是有了 PCB 才能实现整个电子系统的互连。

需要生产复杂互连基板的可信赖制造商来支持关键任务应用。PCB 大部分转移到亚洲，北美正逐渐萎缩。

对美国来说，对 PCB 技术和制造业进行投资，以保持电子制造业的实力具有战略意义，其投资将显著低于半导体行业的投资。

导致这种局面的原因

2000~2001 年 PCB 生产转移至亚洲之前，美国 PCB 的生产价值略高于 110 亿美元。与日本一样，美国在这项关键和支撑技术方面处

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与Matt Erlichman联系。

www.chemcut.net

 **CHEMCUT**
BOUNDLESS INNOVATION | UNBEATABLE PRECISION

于领先地位。

今天，美国 PCB 产值刚刚超过 35 亿美元。生产下降的部分原因是 OEM，他们在 20 世纪 90 年代中期生产专属互连以支持其硬件。然而，随着技术的进步，许多 OEM 决定关闭其 PCB 制造设施，转而由专业制造商提供。这些制造商主要来自海外，过去 20 年，中国已发展成为 PCB 行业的主要力量。

OEM 内部制造的缺失导致了技术领先地位的失守。随着制造移向海外，大型 OEM 原有的工程和制造人才消失。此外，OEM 专属工厂负责引导和利用研发、材料和加工方面的进步。然而，一旦做出外包决定，美国也失去了这些技术能力，包括在 HDI 和自动化领域的技术能力。

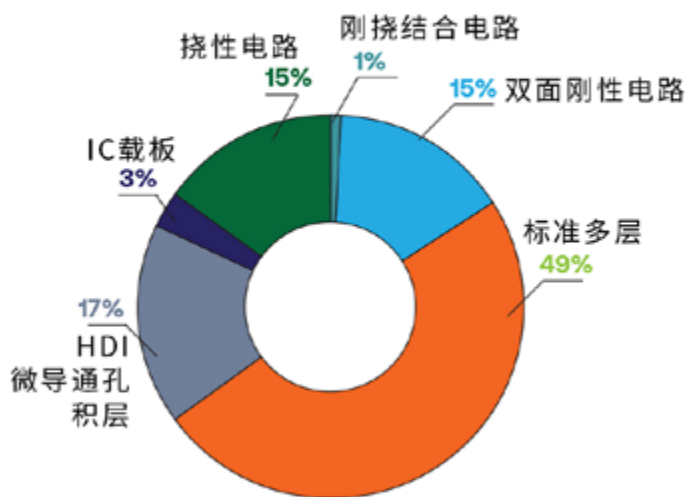
如今，北美的 PCB 制造商不到 200 家，远低于 20 世纪 90 年代的 1500 家。许多这些

独立的生产基地都归属于少数几家公司。除了由 10 到 12 家大公司组成的核心集团之外，大多为小型、单一工厂，年产值不到 1500 万美元。批量生产已转移至中国等亚洲国家。

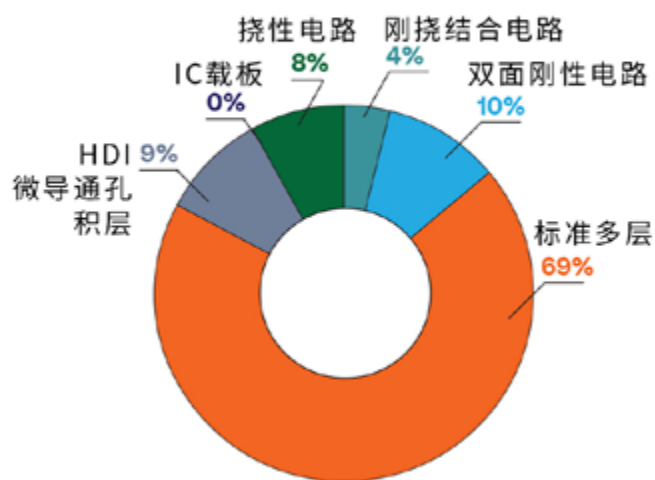
此外，图 1 显示了中国在 HDI/微通孔/积层技术以及挠性电路领域的定位。HDI/微通孔/积层技术对于小型化、实现下一代通信、高性能计算和 IC 载板/半导体封装至关重要。挠性电路，特别是大批量卷对卷生产，可服务于多种终端市场，包括汽车、医疗和计算机/笔记本电脑。

虽然产能的向外转移可能意味着北美 PCB 行业的未来更加暗淡，但仍存在一些机会。图 1 显示了多层 PCB、挠性电路、刚挠结合及高密度（HDI）在北美的比重。制造商目前具备支持这些技术的一些能力，因此，需要进一步扩大产能。

2020 年中国 PCB 产品类别



2020 年北美 PCB 产品类别



来源：世界电子电路理事会于 2021 年 8 月发布的《2020 年 WECC 全球 PCB 生产报告》

图 1：2020 年中国和北美 PCB 产品类型划分



PegaClad Series

用于6GHz以下天线 (Dk 3.00, 3.38, 3.45, 3.65)

PegaClad 1&2

用于毫米波

TUC 的PegaClad 300、PegaClad 338、PegaClad 345 和PegaClad 365 (Dk 分别为3.00, 3.38, 3.45 和3.65) 是为6GHz 以下的天线应用而开发的高阶材料，旨在最大限度地减少无源互调并满足设计师的需求。PegaClad 300、PegaClad 338、PegaClad 345 和PegaClad 365 可用于要求极高热可靠性的多层和双面电路板设计。

TUC 的PegaClad 1 和PegaClad 2 适用于高频，极低/超低损耗应用，包括毫米波PCB 设计。它们的电气性能相当于聚四氟乙烯(PTFE)的板材，可用于严苛环境中要求极高热可靠性的多层电路板。

TUC 的PegaClad Series、PegaClad 1 及PegaClad 2 还具备极佳的防潮性、改进的膨胀系数，优异的耐化学性和热稳定性，其加工性与先进的FR-4 工艺兼容。



tuc 台耀科技

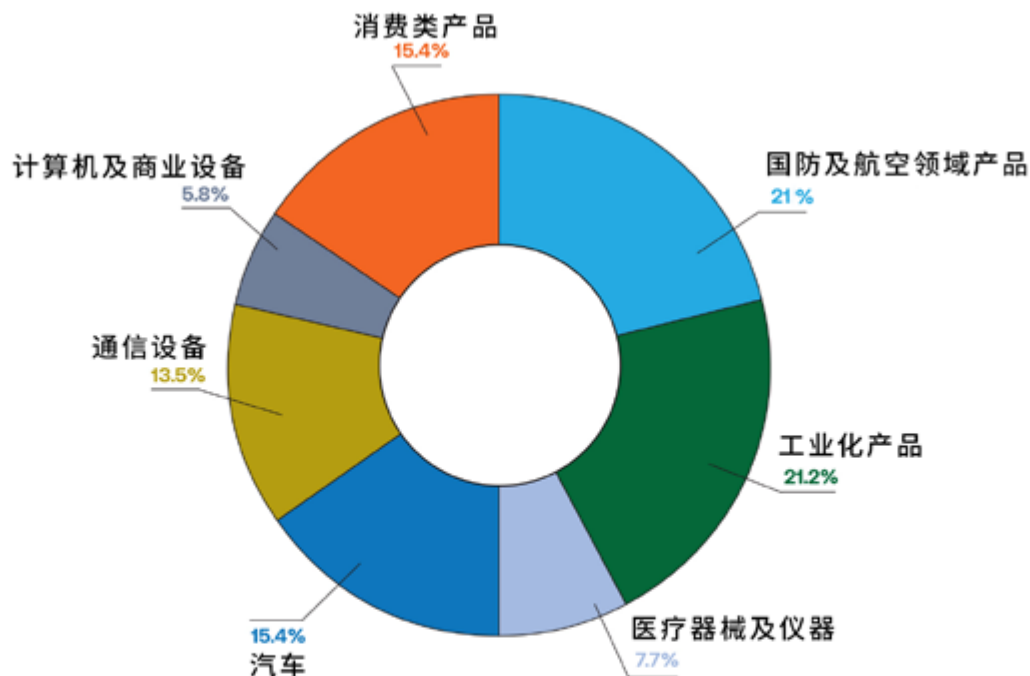
Taiwan Union Technology Corporation (TUC)

www.tuc.com.tw

TUC 亚洲
Raymond Foo
电话：+866 3 5551103x129
E-mail：
raymond.foo@tuc.com.tw

TUC 美国
Dana Korf
电话：+1 408 6431144
E-mail：
dana.korf@tuc.com.tw

TUC 欧洲
Marko Holappa
电话：+358 407709618
E-mail：
marko.holappa@tuc.com.tw



来源:IPC《2018年PCB技术发展趋势报告》

图 2：OEM 服务的主要 PCB 终端市场

PCB 终端市场

虽然低端计算机及办公设备细分市场可能无法为美国 PCB 制造提供增长机会，但在通信和互联网基础设施方面仍有机会，还有航空航天与国防（A & D）、工业自动化（智能工厂和 CFX），以及数据传输、网络安全和服务器 / 数据存储等“受保护”的应用。

技术发展趋势

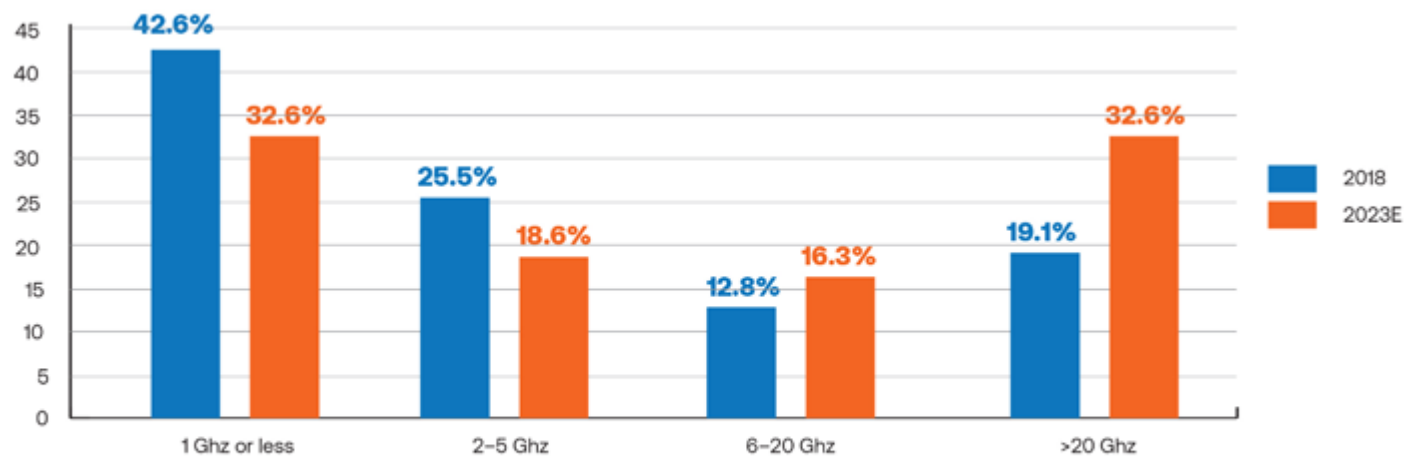
据推测,2020 年，全球前 100 家电子企业生产的产品价值超过 2.4 万亿美元。这一点很重要，原因如下：

- 排名前 100 位的企业推动了技术在其他方面的发展；
- 大多数公司总部都位于美国；

- 大多数 PCB 在其他地方制造。

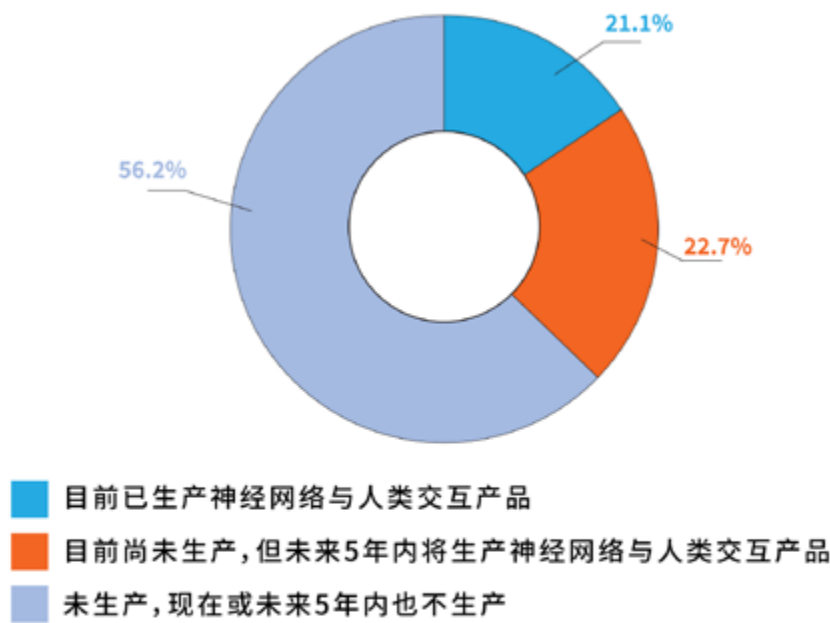
今天，北美不再开发与高端 PCB 制造相关的最先进技术。当领先的 OEM 决定关闭其 PCB 工厂，转而从外部购买时，大部分研发能力也随之消失。例如,HDI 是在美国发明的，它是一项很好的支撑技术，可实现更快的信号速度、更小的外形和更低的成本。然而,HDI 的大部分生产以及 HDI 所依赖的互连（IC）载板都来自亚洲。这是主要问题，因为技术中心与生产相随，包括专用设备、材料、化学，当然还有 PCB 组装。现在众所周知的计算机芯片短缺使这种情况更加复杂。

将元件嵌入 IC 载板是北美在 20 世纪五六十年代发明的，当时属于实验室技术。如



来源:IPC《2018年PCB技术发展趋势报告》

图 3：预计未来 5 年的平均最大频率

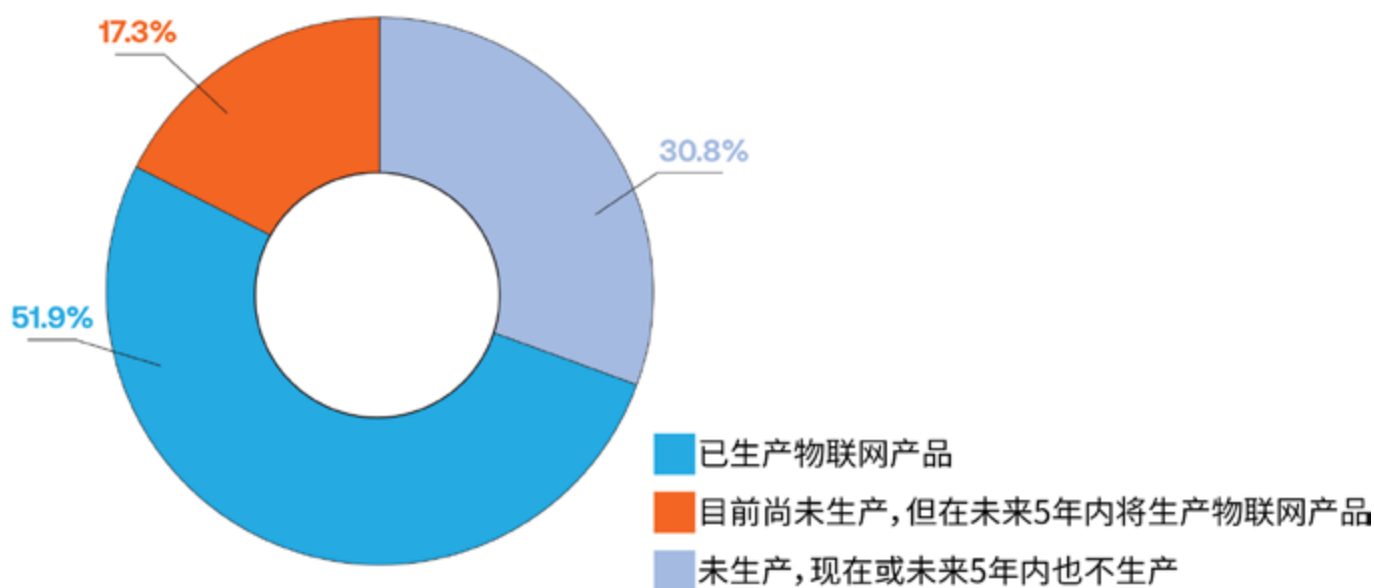


来源:IPC《2018年PCB技术发展趋势报告》

图 4：OEM 趋势——神经网络

今，已发展成为一项价值数十亿美元的技术。但重点不是价值，而是技术。HDI 和嵌入式元件是支撑技术，它们是下一代硬件的重要组成部分。北美已经失去生产此类产品的能力。

更糟糕的是，许多采购经理希望将 PCB 商品化，明确目标是压低价格。由于《美国国际武器贸易条例（ITAR）》和美国国防部要求，一些受保护的细分市场，例如航空航天和国



来源:IPC《2018年PCB技术发展趋势报告》

图 5：接受调查的 OEM 有半数生产物联网产品

防、物联网和高性能计算，必须通过可信赖的供应商网络在美国和北美制造。

机会并没有到此为止。包括人工智能 (AI)、可穿戴设备、增材制造和“未来工厂”在内的不断发展和支撑技术的发展趋势，为北美 PCB 公司拓展业务提供了充足的手段。然而，需要这些公司加强技术能力竞争优势。

机会领域

在电子互连行业发生的许多重大变化中，中小规模企业都有机会加快其技术发展。

首先，这些公司要想取得成功，就必须不断地了解所在行业以及其他可能影响其业务的行业的发展动态。例如，人工智能 (AI) 如何影响电子行业？随着产品开发用于高频应用，对材料和电子制造意味着什么？制造商需要确保工艺和材料结合在一起，以支持先进制造。

预计在未来 5 年内，OEM 产品运行的最大频率将增加（图 3）。通信领域 OEM 预计频率将达到 77GHz 及以上。他们还预计产品的最大预期寿命将增加至 25 年以上。这对 PCB 尤其重要，因为这将推动更高的可靠性要求。

图 4 和图 5 显示了其他领域的机会。

然而，虽然这些技术趋势为 PCB 制造商带来了机遇，但同时也带来了重大挑战。当作者采访 9 家 PCB 制造商的代表时，以下问题被提到最多：

- 更多的层数 / 更高阶的 HDI / 更厚的 PCB
- 更精细的走线和间距——小于 2 mil
- 更精细的间距
- 超 HDI
- 小元件和微型 BGA
- 更高的厚径比
- 堆叠盲孔和可靠性问题

- 更薄的介质
- 高速材料处理
- 导通孔填充铜能力

此外，由于原材料和运输成本的增加已经挤压了利润空间，这些公司将难以吸引和留住熟练工人。多年来，如何发展和保留熟练人工一直是增长的障碍。该如何应对？

前进之路

大多数北美 PCB 制造商需要改变思维方式，以迈入高端先进技术及制造业。如果不进行战略投资，就无法提高质量和提升技术发展。他们需要升级和发展员工队伍，不仅是工

程师，还包括了解工作流程、质量和交付时间等关键要求的制造人员。此外，还需要增加产能。是的，这一切都需要资金。然而，市场份额的损失、对海外制造的过度依赖和技术进步的减少是不可接受的。

目前，行业和政府部门正计划投资至少 500 亿美元，用于美国最先进的半导体芯片制造设施。即便如此，这些设施投入运营后，也只能满足美国芯片的部分需求。

这就引出了另一个问题：这些芯片会用在何处？电子系统不仅需要芯片，还需要有机基板、先进的多层板以及组装和测试（OSAT）。如果我们对北美科技产业的未来持认真态度，那么是时候认识到，没有电路板和集成电路载

设备/技术	预估成本（每台）
Combo UV/CO ₂ 导通孔钻孔系统（X2）	135万美元
激光直接成像（X2）	150万美元
铜导通孔填充（X2）	15万美元
高速机械钻孔设备	90万美元
（最新型）层压压合设备（X2）	120万美元
蚀刻/显影设备更新	40万美元
对准系统	25万美元
直接金属化（水平）	37.5万美元
飞针测试设备（X2）	40万美元
水平加工（显影、蚀+刻、剥离/氧化）	120万美元
导通孔填充（膏填充）及整平设备	60万美元
电镀生产线更新	40万美元
等离子系统	50万美元
工程/IT系统更新	45万美元
内部可靠性测试（IST、CITS）	35万美元
总计	1002.5万美元

表 1：确定工厂定位，以明确所需的投资

板，就没有半导体产业。

为了使美国跨越技术障碍，提升竞争地位，必须将 HDI 和超 HDI 作为先进电子制造的标准设计要求。但掌控 HDI 技术并不简单，需要在资本设备、人工培训、新加工技术的开发及采用方面进行大量投资，包括半加成工艺和传统金属化的替代技术。制造商必须掌握以下关键技术和工艺：

- 治具和材料选择
- 小孔钻孔和微钻孔
- 激光导通孔形成
- 去钻污，孔金属化和塞孔
- 精细走线和精密对准、图像转移和蚀刻
- 盲孔电镀（超级填充铜）
- 质量控制和认证（测试板、可靠性验证）

尽管如此，重振美国 PCB 行业所需的投资金额远低于半导体行业。基于过去几个月进行的初步研究，关键在于提高美国前 100 家 PCB 制造实体的制造产能和先进技术能力。每家工厂可投资 1000 万 ~1200 万美元购买设备，以提高良率和技术能力，其中包括激光钻孔设备、激光直接成像、对准和减成法工艺技术，以及导通孔填充、金属化和内部质量控制的全面升级。建议投资及相关成本见表 1 所示。

表 1 所示，估计数值加起来约为 1000 万美元。假设这是增加一个工厂的产能和先进制造能力所需的主要支出；然而，这只是关键的起点，尚不包括自有建筑或租赁厂房的投资。

内部已经具备合理能力的中小规模 PCB 制造商如何投资呢？一是通过税收优惠和低息 / 无息贷款，补贴经鉴定的前 100 家 OEM 制造商和军用航空领域制造商。假设有 100 家

公司投资，总投资只有 10 亿美元，远远低于芯片制造厂 100 亿美元的投资。

另一种可能的策略是，企业申请研发税收抵免，如果可能，利用新投资的加速折旧优势。

明智的做法是，对获得此类资金和奖励的公司提出更多要求，包括向员工支付适合的工资，并提供医疗福利，提供安全的工作环境，并根据投资增加相应的人工。

近期目标是在未来 3 年内将美国高可靠性复杂 PCB 和 IC 载板的制造产能翻番，然后在 2027 年前再将产能增加 50%。

总结

虽然这些扩容目标似乎过于乐观，但考虑到美国现有的 PCB 互连制造发展历史，仍相当可行。该倡议将涉及利用现有的设施基础来增加产能，并进一步发展制造技术。

如果联邦政府以及主要芯片制造商认真对待美国的半导体制造业，那么他们将需要在 PCB 制造和人工方面进行大量投资。PCB007CN



Mike Carano 任 IPC Thought Leaders Program 项目主席，兼任 I-Connect007 专栏作家。如需阅读往期专栏文章，可[单击此处](#)。

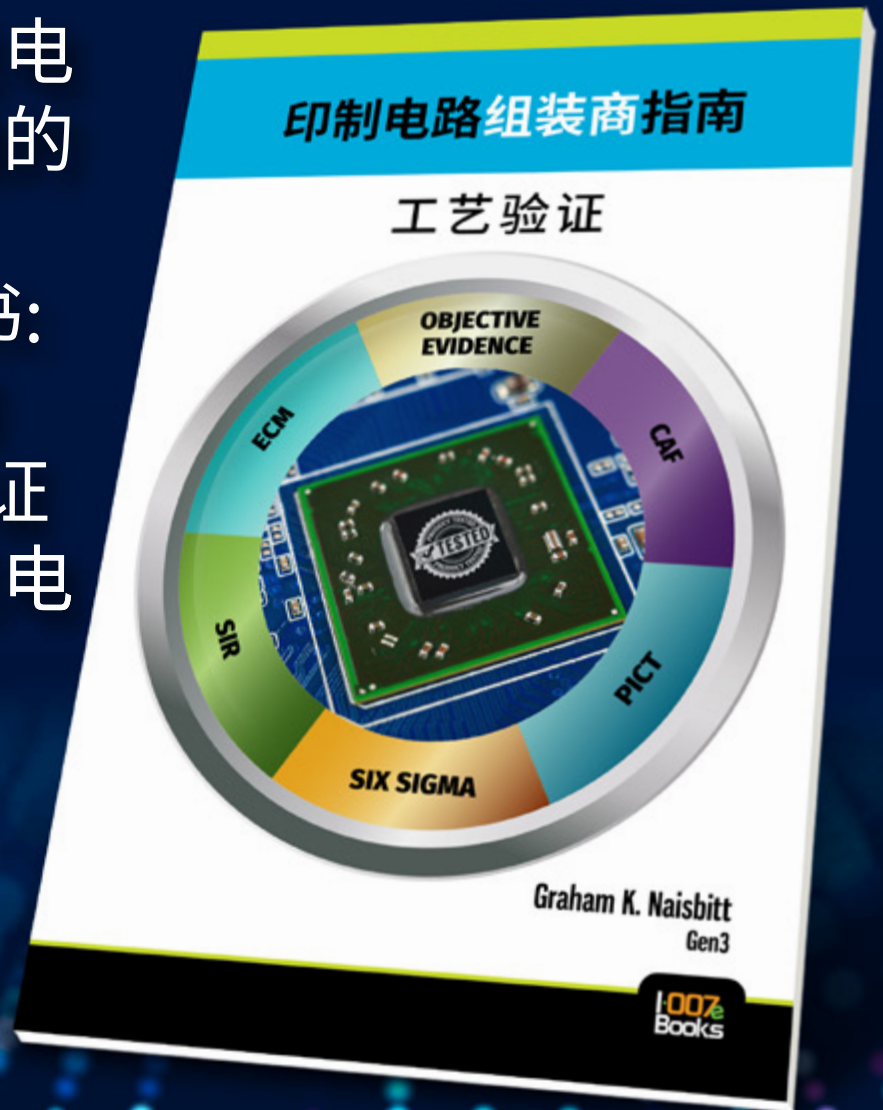
PCB007

M A G A Z I N E

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

PCB 行业已获得 美国立法机构更大关注



by the I-Connect007 Editorial Team

编者注：本次采访于 2022 年 7 月 6 日进行。在采访美国国会代表 Blake Moore (共和党 - 犹他州) 之前，他就已经向国会介绍了第 7677 号众议院决议 (House Resolution 7677, 简称 HR 7677)，其中包含一项投资计划以及对 PCB 买家的税收减免。在采访过程中，我们讨论了这两个关键章节的具体细节。但在 7 月 7 日发布的 HR 7677 修正案当中，

税收减免部分已被删除，所以我们也对采访内容进行了编辑，删减了关于税收减免的部分。

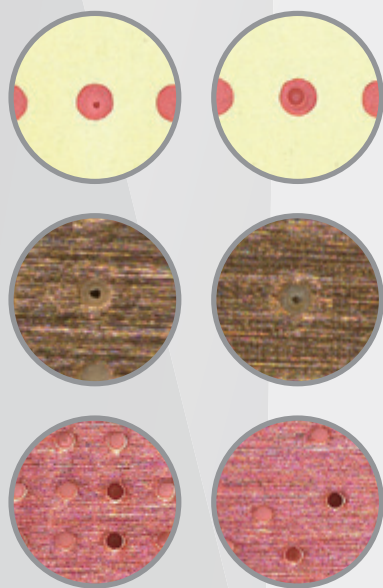
近年来，美国立法机构从未像现在这样如此关注微电子行业。去年，签署了《芯片法案 (CHIPS Act)》。今年，又引入了一项为 PCB 制造业提供资金的新法案。本次专访，我们的团队采访了 Isola Group 集团 CEO 兼印制电路板协会主席 Travis Kelly，以及美国国会 (共和党 - 犹他州) 代表 Blake Moore，他是众议



Galaxy PVH

专为各种塞孔检测的需求而设计

- ◆ 检测能力可至75微米孔径的塞孔
- ◆ 特有的孔检测用户界面
- ◆ 可检测机械钻孔或镭射盲孔的树脂或银浆塞孔的缺陷
- ◆ 基于 Galaxy 平台研发



康代中国 | WWW.CIMS.COM

如需了解更多资讯, 请直接联络当地康代销售代表。

院正在审议的 HR 7677 法案的联合提案人之一。Travis 和 Blake 对美国境内本土生产前景表示乐观，但从相关立法进度来看，本土生产仍存在一些风险。

如果你想向相关部门提交建议，可联系当地议员或本次采访中提到的协会组织（PCBAA、IPC 或 USPAE）。这些机构会代表你去向政府相关机构游说。

Nolan Johnson：感谢 Travis 和国会代表 Moore 就《2022 支持美国印制电路板法案（Supporting American Printed Circuit Boards，简称 SAPCB）》接受 IConnect007 的采访。我们的读者主要来自电子制造领域，他们从事 PCB 设计、制造与组装工作，所以说这项立法与他们息息相关。很高兴能采访到你们。能否介绍这项提议立法起源的背景吗？

Travis Kelly：美国 PCB 行业的规模从近 2000 家企业减少到了只有 145 家，国内供应基础的总体弹性已置于危险境地。业内企业之间始终存在不同程度的竞争，但行业需要的是公平的竞争。某些情况下，美国 PCB 制造商与组装商的竞争对手是其他国家，而不仅仅是其他企业。这就意味着竞争对手在享受所在国家的补助。我们之所以要促进公平竞争，是为了使美国境内与微电子行业紧密联系的行业不仅具备强大的弹性和可持续性，还能确保供应安全。HR 7677 是一项支持美国制造 PCB 的法案，对于整个美国 PCB 行业的健康发展将起到至关重要的作用。

国会代表 Blake Moore：我走访所负责辖区的过程中，感受到了空前的一致性。我的职责包



Rep. Blake Moore

括与从汽车经销店到制造企业的领导者进行沟通交流。就在今天上午，我还参加了一个主题为芯片迫切需求的会议。他们表示，支付的成本已经超过了成本模型，并且现在亟需产品。我之前从未遇到过这样的情形——整个经济需要如此多的半导体。我们需要加强供应链，这直接关系到国家安全隐患和对国外产品的不信赖。我相信这类立法有助于推动本土生产，并且能解决与国家安全相关的供应链问题。

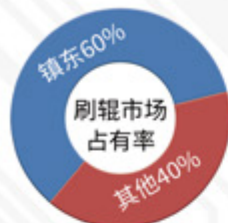
通过这项立法，希望能向行业传达我们了解到的信息：尽管他们一直很努力，但还是无法实现通过批量生产才能达到的生产目标。我现在正在接触一家传感器制造企业，他们的产品会用于解决天气相关问题，已应用于多家政府机构的预测模型当中。他们之所以无法顺利



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

镇东，让塞孔、研磨更轻松！

2021年刷辊类共销售**83323**支，油墨共销售**6240**KG



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塞孔机



销售实绩：**159**台
CCD真空丝印塞孔机



销售实绩：**138**台
双面对磨砂带机



销售实绩：**535**台
智能化刷板机

●以上数据截止到2022年6月

● 解决各类真空塞孔&研磨问题 ●

2021年共计加工**2068281**片



盲孔



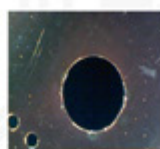
高纵横比通孔



单面背钻孔



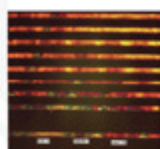
双面背钻孔



孔口去披锋



铜帽去除



防焊前处理



地址：广东省珠海市香洲区前山明珠南路2007号2栋
HTTP://www.goalsearchers.com

TEL: +86-756-8633473
E-mail: info@goalsearchers.com





Travis Kelly

完成生产是因为无法获取所需物料。这种情况下就需要我们介入并提供帮助。正如 Travis 所说，我们决定了法案的形成。

Johnson : 可以说这项立法的主要目标是为了促进公平的竞争环境，同时也是为了提高供应链的可靠性吗？

Moore : 在我看来，其主要目标是影响长期发展。我们了解到美国转移了很多生产能力给对手国家。从大局的角度出发，就是要把这些制造能力回迁至美国境内并利用这种批量生产的机会重建起更优质的制造网络。我想要支持国内的 PCB 制造业，同时也想加强供应链。我们必须通过鼓励国内 PCB 生产并减少供应链

中断风险，以及补充半导体生产等激励措施。

要确保加强国内制造能力、人工和生产网络。尽管突破口是从国防领域入手，但这个突破口会自然而然地拓宽到更多商用领域。国防是非常好的着手点，因为已无法信任某些对手国家。我们就以国防领域为契机，以国防领域相关的生产能力为基础，不断扩大生产规模。十年后，我们就又能恢复到以前的水平了，甚至拥有以前达不到的制造能力。同时，也需要相应的人工来满足这一需求。就拿犹他州来讲，这个州已经有了很强大的制造能力。

虽然人工问题很严峻，但我们具备解决相应问题的能力。美国经济体的优势就是有强大的制造基础，还具备多样的人工及以生产为基础的制造能力，这种配置能帮助国家走出经济下行期。美国不是完全依赖以消费者为基础的经济，这一点对于长期规划非常重要。

Kelly : 国会代表 Moore 的表述非常准确。这个问题没必要分成长期目标和短期目标二元结构。HR 7677 通过后，会为美国境内的行业提供约为 30 亿美元的初始投资，专门用于设施的扩充与现代化改造，以及人工发展。PCB 技术可谓是微电子生态系统的支撑技术。整个国防领域的相关支出只占到了 PCB 市场的 3% 左右，不足以在美国国内构建可持续发展的 PCB 行业。

我们要着眼于各种各样关键的终端用途。若想建立一个值得信任且弹性较强的供应体系，国防领域是支撑这一供应体系的关键终端使用基础设施，就像 5G、6G、医疗、商业、航空航天或银行业一样，那么总体的需求就会占到全球市场的 26%，这样一来，就足以在国内形成可持续发展的 PCB 行业。我们不

是目光短浅，很清楚需要受到经济保护的同时，又像 Blake 说的那样要考虑到国家安全因素。所以我们要就此发表意见，而这正是支持美国制造 PCB 的 HR 7677 法案如此重要的原因。

Barry Matties：从长远来看，PCB 工厂的数量也会增加吗？你们做出了何种预测？

Kelly：我经常被问到这个问题，“什么样的数据是合适的？”我通常会告诉他们，不论美国生产的 PCB 占到全球市场份额的 4% 还是 100%，这两个数据都不合适。可能会出现多家企业合并的情况，那么现在的 145 家企业会变成 120 家吗？也许吧。这个领域会出现新成立的企业吗？估计不会。估计有些企业会为了扩充现有的 PCB 制造与组装规模而做出一些并购和投资，就像 Isola 集团之前采取的策略一样。我们在亚利桑那州投资了 4000 万美元来扩大工厂面积并提高设施的自动化水平。预计美国其他企业也会采取类似的措施。估计这个行业不会出现很多新企业。

Moore：这就要说回到一句谚语，“成功孕育更多的成功”。你知道有哪些地方可以采用刺激措施，问题在于我们要采取怎样的刺激措施才能促进生产能力回迁美国本土？

Matties：会不会出现更多的专属生产工厂？这样的激励措施会不会驱使垄断性 OEM 构建自己的 PCB 生产工厂？

Kelly：Barry 和我都知道有些 OEM 在开展纵向收购，尽管属于新建工厂，他们还是会把这

种行为说成是纵向收购，并且采用专属生产的方式。很多 OEM 都在关注供应链弹性。疫情在很多方面都给我们带来了经验教训，其中之一就是全球供应链。全球供应链虽然有效，但如果过度依赖，就会形成致命打击，特别是对终端使用而言。估计未来会出现一些混合方式：有些企业会构建专属工厂，有些企业会进行合并。甚至一些来自亚洲的竞争对手会开始在美国境内建厂。一般而言，如果企业必须走创新之路并采取新的市场战略时，经济就会得到发展。

Johnson：Travis，我们已经讨论过了可能出现的企业合并，以及现有企业会扩充新生产能力和增加产能。我们聊过新企业是否会开始弥补这一缺口，刚才也提到了专属工厂，而且也讨论过行业可能会通过 4 种方法来提高 PCB 制造领域的弹性。HR 7677 法案如何助力这些方法？预计会如何使用这笔资金？

Kelly：我们会着重关注政府投资的 30 亿美元。从投资角度来看，美国商务部总是关注那些具备顶尖技术的企业，他们可以提供很好的就业机会，尤其是对于那些经济水平低下的地区而言，这对于提升全球经济竞争力而言也是很有帮助的。届时肯定会出台相关标准来界定如何支出这笔资金。

主要用途是提升现代化水平、扩张和提升人工技能，以扩大生产规模。我们需要有足够的实体工厂、合适的人工以及保持一流技术水平的研发能力，以确保供应体系可信赖且具备弹性。所以说这项法案对于国内行业而言至关重要，因为 30 亿美元的初始投资起到了催化剂的作用，它能促使行业提升、发展现有基础



设施与人工，是目前行业亟需的有力措施。

Johnson : HR 7677 与《CHIPS 法案》如何发挥协调作用?如何实现?

Moore : 两者相辅相成。这项以 PCB 制造为重点的法案类似于重塑半导体制造业的法案。它们都致力实现类似的目标，且针对的产品类型也相似。这项法案是美国国防部号召投资国内生产，且可以提供必要的刺激措施应对不断增加的挑战。我作为参众两院竞争法案的协商者积极推进 PCB 法案，希望能够获准通过。并不是所有人都喜欢参议院制定的《美国创新与竞争法》，而众议院议长 Nancy Pelosi 又在《2022 年美国竞争法案》中加入了很多与法案并不相关但她自己却很重视的优先项，让法案的审核过程变得更加复杂了。

为了缓解这两项法案造成的问题，我们要进一步推进广受支持的《CHIPS 法案》，希望

《CHIPS 法案》可以被单独拿出来获得通过，这是很多共和党人推进会议流程的主要谈判内容。我受不了这个立法过程，我认为这种方法不是真正适合美国人民和制造商的，也不适用于那些辛勤工作的劳动者、纳税者，政府无法提出合理的方案，这让他们很受挫。我想代表理性的声音，推动这项关于 PCB 法案的通过。我们必须不断向前迈进，不能因为立法过程过度政治化而耽误了关键法案的通过。

Kelly : 我想向这项法案的联合提案人国会代表 Moore 和 (Anna) Eshoo 表示感谢。我不确定 PCB 是否引起国会关注并进入积极讨论的范围内，也不知道这两项法案要如何协调。它们是相互排斥的。一项是附在《CHIPS 法案》中，而 HR 7677 则是在几个月前推出。我很喜欢这种广泛讨论的现状，因为这样才能在各个领域引起共鸣，而不是仅仅关注半导体或 PCB。它关乎到复杂的微电子生态系统，其中芯片就好比微电子产品的大脑，PCB 就好比躯干，两者缺一不可。PCB 不仅仅是一块板，上面还有各种各样的组成部分。这些组成部分之间也是环环相扣，缺一不可。

长久以来，立法者第一次意识到需要给出全面的方案。这次立法讨论比单独讨论这两项法案时要更为宽泛。若想从根本上解决问题，就不能只从表面症状入手。所以说这项立法非常重要。

如果真正想构建值得信赖、可持续发展且富有弹性的微电子生态系统，就需要研究供应链的各个方面。它不仅关乎到半导体，不可能随便把芯片放置在哪里，而是一定要嵌

入到 PCB 中才能实现相关功能。这也是我认为《CHIPS 法案》和 HR 7677 的相关讨论高度一致的原因。

Johnson : 我们这次采访在 7 月 4 日 (译者注 : 美国独立日假期) 进行, 目前国会是休会状态。请问国会议员 Moore, HR 7677 法案现在推进到哪一步了?

Moore : 我们已经介绍了这项法案, 并且也排在了国会议程的最前端。我们会密切关注相关进度。8 月就进入了国会休会期。9 月我们会用 3 周的时间讨论相关立法, 到了 10 月又进入休会期。虽然现在的进度不理想, 但改选年就是这种状况。

在大选季结束之前, 短短几个月的时间内需要花费很大精力才能将现在已经正在进行的事情推动下去。有些悬而未决的事情可能要到年底时才能逐渐明朗, 如果大选过后众议院占多数席位的党派发生了变化, 那么民主党不得不将拨款的责任重新交给共和党。

与此同时, 去年签署的《美国国防授权法案 (National Defense Authorization Act, 简称 NDAA) 》已生效。NDAA 受到了更多关注, 而这项 HR 7677 法案仍排在前面。

Kelly : Blake, 你说的和我们从别人那里听到的消息是高度一致的——受到中期选举的影响, 若想让这项法案在今年就通过, 需要投入很多精力。但你比我们更清晰地了解事情的进展。

从私企的角度来说, 美国印制电路板协会将继续代表行业去培育消费者、持续发声并推动立法。我们能做的就是获得更多关注度, 并

让人们更加了解真正的问题——需要值得信赖且有弹性的供应链。

Moore : Travis, 鉴于《CHIPS 法案》和 HR 7677 法案比较类似且高度一致, 我们能从中了解到立法者现有的态度, 至少能明白可能会带来的结果。

Matties : Travis, 若想支持并推动这项法案通过, 制造商能做些什么?

Kelly : PCBAA 携手 IPC、USPAE 向国会代表发出了一封由业内各家企业 CEO 签署的联名信。我作为 PCBAA 的一员, 曾和 Will Marsh (TTM Technologies 企业副总裁) 多次前往国会山与国会代表 Moore 及其他代表一同游说, 试图为这项法案赢得更多联合提案人。

关键在于要持续倡导美国微电子行业本土化。这是我们能提供的重要且必要的资源。国会代表 Moore 说得对, 这关乎到国家安全和经济安全。我们要在国内持续传递这些理念。

Johnson : 采访最后, 你们有没有什么想要补充的内容?

Kelly : 我们代表美国印制电路板协会及其所有会员向 Blake Moore 和 Anna Eshoo 为推动这项法案通过所做出的努力表示诚挚感谢。很高兴看到 PCB 在微电子产品中发挥的重要作用引起了大家的关注。Blake、Anna, 感谢你们联合提交这项法案。

Moore : 我想向我们的国会代表团队表示感谢。Will Mars 一直和我的幕僚长、立法团队及

辩护团队密切合作，提供出了很多宝贵意见。

现在这种情况对每个人都产生了影响，这种影响无处不在，是我们去年不曾遇到过的。我们都知道 PCB 是什么，但直到我成为国会代表之后才对其有了全面的了解，明白 PCB 对各行各业的深入影响。从国家安全的角度去考虑，推动这个行业的相关立法是值得投入时间和精力去做的事。

支撑关乎国家安全的供应链是我们国会的职责所在。在犹他州第一国会选区，与之相关的工作岗位和制造工厂就数不胜数。我们还要确保稀土和关键矿产的稳定供应，并且要适当控制成本。此外，我们还有很多优秀的人才运营依托 PCB 企业，他们在与政府合作、提供国防服务并增强 PCB 的一般商业适用性。当这种触及生活方方面面的行业遇到问题的时候，我们必须给出合理的解决方案。我确认我们现在努力的方向是正确的。

Matties：谢谢你为推动这项立法尽心尽力。国会议员 Moore，当你意识到我们行业如此脆弱的时候，你有多惊讶？

Moore：那是在国会的第一个任期，我发现致力构建富有成效的前进道路上 PCB 行业问题受到阻碍。让我感到惊讶的是这个领域与每一个行业都息息相关。例如，一般消费者会购买汽车，这是我们国家几十年来典型的购买行为，并且这种购买趋势从未中断过。但现在，我们生产好的汽车要在生产线上等一些重要的元件交付，而我们实际上是掌握这些元件的生产技术的，仍会受到供应链的严重影响。这是个非常严重的问题。疫情让我们意识到了国家经济存在薄弱环节，我很高兴能为解决这个问题

题尽心尽力。

Matties：谢谢你们能将这项法案作为优先事项处理。Travis，感谢你和 PCBAA 一直坚持为 PCB 行业发声。你们已经取得了显著的成果。

Kelly：真不错，也谢谢你们。PCB007CN

补充信息

《CHIPS 法案》：全称为《美国法案之为生产半导体创造有助激励措施》(The Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America Act，简称 CHIPS)，旨在通过 Eshoo 激励措施促进美国半导体行业的本土生产与投资。该法案于 2021 年通过，补贴资金于近日获国会审批。

HR 7677：该法案旨在为美国 PCB 的本土生产提供资金支持，但目的有别于《CHIPS 法案》。

USICA：全称为《2021 美国创新与竞争法案 (United States Innovation and Competition Act of 2021)》，旨在解决与美国的技术通讯、外交关系与国家安全、本土制造业、教育、贸易及其他领域相关的问题。该法案的文本替代了《2022 美国竞争法案》的文本。修订版法案已通过参议院审批并送回到众议院。

犹他州第一国会选区：位于犹他州的北部地区，包括奥格登、洛根、帕克城、雷顿、克利尔菲尔德和大盐湖的北半部，盐湖县的一部分不包含在内。

[1.2022 年 1-6 月中国印制电路板进出口情况分析](#)

2022 年上半年，中国总印制电路板进出口贸易良好，进口数量 190.8 亿块，出口数量 220.4 亿块，出口与进口差值为 29.6 亿块，同比下降 175%。

[2. 融合焕新 共赢未来！](#)

2022 年 7 月 28 日，安捷利实业有限公司（安捷利）从香港联交所主板正式退市，安捷利美维电子（厦门）有限责任公司（安捷利美维）和安捷利完成合并，开始整合发展。

[3. 安美特通过数字化工厂套装扩展产品供应](#)

数字化工厂套装利用 IIoT 技术和生产数据的智能运用来优化运营并提高生产设备的性能，安美特凭借数字化解决方案支持客户公司过渡到智能化和更可持续的工厂运营。

[4. 四会富仕 80 层 IC 测试板研制成功](#)

这是公司在以 IC 测试板为代表的高技术、高多层、高难度 PCB 领域的又一次新的突破。该产品板厚 6.35mm，由 39 张内层芯板加半固化片和铜箔构成，内层板厚 0.05mm，最小通孔 0.3mm，全板电金。

[5.2022 年 1-6 月电子电路行业相关材料进出口情况分析](#)

2022 年上半年中国印制电路用覆铜板进出口总额下降 5.4%，进口较出口增加 23 亿元。

[6.TPCA 成立半导体封装委员会，汇聚载板三雄、半导体、封测大厂](#)

为了加深 PCB 与半导体的链结，TPCA（台湾电路板协会）成立半导体封装委员会，由景硕科技的陈河旭执行长（TPCA 副理事长）担任召集人，于 15 日举行第一次会议。

[7. 东山精密“IC 载板项目”开工](#)

7 月 2 日，江苏省盐城市盐都区举行铄罗智能机器人项目开工暨全区二季度项目集中开竣工活动。其中包括东山精密 IC 载板项目集中开工。

[8. 印制电路用覆铜箔板性能安全认证要求变更](#)

GB/T 4725-2022《印制电路用覆铜箔环氧玻纤布层压板》已发布，并将于 2022 年 10 月 1 日实施，新版标准自实施之日起替代 GB/T 4725-1992 和 GB/T 12629—1990。

[9. 华正新材与深圳先进电子材料国际创新研究院共同投资设立合资公司](#)

7 月 20 日，浙江华正新材料股份有限公司与深圳先进电子材料国际创新研究院共同出资设立合资公司，开展 CBF 积层绝缘膜项目相关产品的研发和销售。

[10. 则成电子今敲钟上市](#)

2022 年 7 月 6 日，深圳市则成电子股份有限公司在北交所上市，成功登陆资本市场，股票代码“837821”。



第四季度的担忧： 做好应对各种经济状况的准备

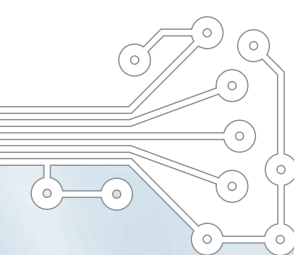
by Nolan Johnson
I-CONNECT007

本次采访中,IPC 首席经济学家 Shawn DuBravac 与业界分享了大量关于美国经济状况以及电子制造业面临高通胀、利率上升和低失业率风暴的危机。随着 2023 年经济衰退的各种风评形成,我们发现经济陷入了困境。现在投资 PCB 工厂可行吗?全球其他国家对此有何感受? DuBravac 对此进行了深入的剖析。

Nolan Johnson : Shawn, 经济前景不太乐

观。我希望今天的讨论能够为行业的预期发展,尤其是对于 SMT 供应商在第四季度的发展提供观点。

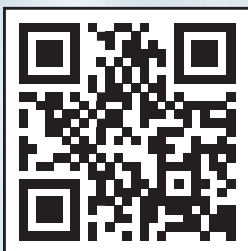
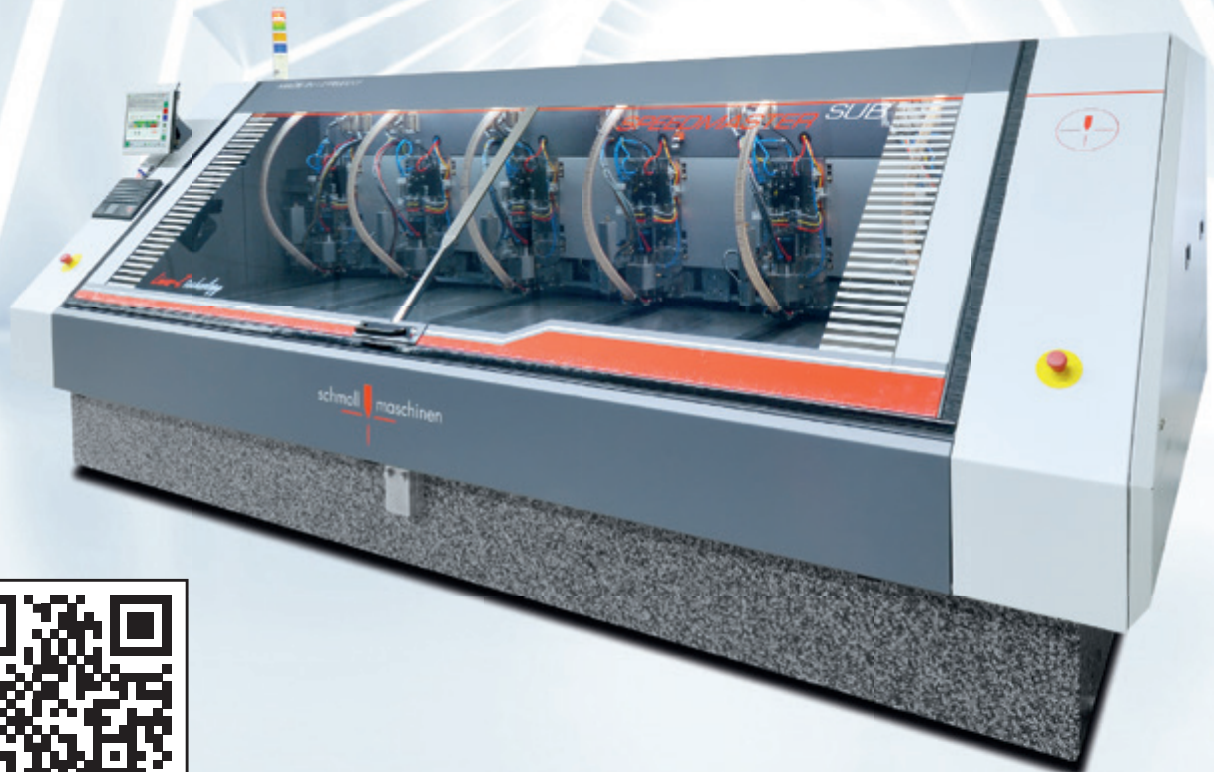
Shawn DuBravac : 我将其描述为决斗的上演。就背景而言,2020 年 3 月,我们进入了一场急剧、快速、深度的衰退。这是一场明显的、前所未有的衰退。如果继续下去,那将是迄今为止最糟糕的经济环境。公司、联邦政府对这种突发性状况反应非常迅速。汽车行业大幅减产,预计将迎来非常严重的衰退。由于不确定衰退持续的时长,政府通过财政和货币政策为



*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





Shawn DuBravac

经济带来了前所未有的支持，并采取了多项刺激措施。

这一刺激政策推动了需求，而需求正在变化，消费领域从服务业转向耐用品——不再去剧院、娱乐场所，而是转向购买家用产品。与此同时，每种业务都提供了线上服务，因此对云存储和硬件的需求猛增。正所谓牵一发而动全身。

行业该何去何从？疫情仍然是主要挑战，全球大部分地区都努力与病毒共存。人们又开始购买和享受服务。对旅行的需求一直非常旺盛。而在前 18 个月内销售表现出色的耐用品，现在发生了突然的变化。采访塔吉特、沃尔玛、百思买等大零售商后发现，对于消费品，他们都感觉库存过剩。与此同时，前所未有的通货膨胀率正在影响消费行为。本文阐述了消费者

的焦点、优先级、欲望的转移，以及他们面临的阻力。

当探究该行业时，需求看起来仍具有一定的弹性。如果探究工业方面，需求是非常强劲的，产能还无法满足需求。看起来这种势头至少应该会持续到今年第四季度，甚至可能会持续到 2023 年。我与大型工业企业进行了沟通，我相信很多人也进行过这类沟通。他们表示“手上有积压的订单，这将使企业能够顺利度过 2023 年”。因此出现了两种相互矛盾的说法：一种是需求正在放缓；另一种说法是由于大量积压的订单等待完成，需求保持稳定。

对于消费者而言，高通胀是头等大事。全球已经正式结束了牛市，进入熊市。每天都有加密货币平台突然崩溃的消息，引发市场持续关注。迄今为止，美国仍是弹性的经济体，失业率显然非常低，需要应用 PCB 行业的那些领域，其需求仍增长。比如工业是其中之一，国防需求保持强劲。由于美国对乌克兰的支持，国防工业已经减少了库存。与此同时，人们还担心其他地缘政治问题暴发或混乱。至少在美国，需要增加国防工业产能和库存，以便在需要时提供弹药和设备。

Johnson：我希望 PCB 市场销售副总裁的回应是“我们的生产计划能满足消费者要求，且仍剩余部分产能，而工业业务可以填补这个空白。所以，我们满负荷运转”。

DuBravac：是的，现在的两难境地是元件短缺。某些关键元件需要等待 6 个月，市场可能会暂缓 PCB 的订单。所以目前订单量似乎呈下降趋势，我认为原因在于 EMS 公司因物料短缺而暂缓订购计划，一旦等到所有元件到

货，就会再次下单。EMS 需要物料同时进入工厂，不想承受库存成本。

目前，银行贷款和信贷额度一切正常，这是一个值得关注的风向标。管理现金流是许多企业正在做的事情。订单流是部件短缺和交付时间延长的结果。其中一些元件可能会继续短缺。一个很大的因素是中国的疫情清零政策。尽管上海和其他地区关闭了近两个月，但港口状况良好。确实有一些延误，但没有想象中严重。如果再关停几个月，情况可能会非常糟糕。

现在来谈谈库存严重不足的汽车行业。今年这种情况不会改变，但 2023 年，汽车行业将努力恢复到健康库存状况。在汽车行业，电动汽车供应链中的任何部件都有很高的需求。电动汽车基本上被超额认购，到处都售罄。即使是经济衰退也不太可能削弱这类部件的需求。

由于汽车制造商对电动汽车的产能投入低于市场需求，因此存在需求被抑制的情况。

Johnson : Shawn, 你认为这是投资扩产的机会吗?

投资扩产的最大挑战是未来需求的不确定性。

DuBravac : 投资扩产的最大挑战是未来需求的不确定性。最近宣布在马来西亚建立新工厂的 TTM，承诺扩大产能。其他公司也在战略性增加产能，尤其是在需求旺季非常长的情况下——例如电动汽车领域，有很多迹象表明现

在增加产能只是开始。然而对于其他行业来说，当未来需求存在不确定性时，增加产能是挑战。

Johnson : 如果增加产能，是否能够获得使其正常运行所需的元件?

DuBravac : 当然。当我们考虑增加产能时，存在很多挑战。增加更多的实物资产只是其中的一部分；人工是另一个因素。人工成本无疑是增加产能的制约因素。如果需要更多的工人，企业能找到并留住他们吗？能以非常有效的方式部署这些资金吗？

Johnson : 如果一切准备就绪，现在是增加产能的好时机吗？私人股本公司似乎也在参与其中。作为这个领域的较小工厂，现在是寻求额外投资、资金或帮助的好时机吗？

DuBravac : 我认为现在可能是寻求外部投资的好时机。外部资本将如何变化，以及是否变得更难获得，还有待观察。货币政策正在收紧，流动性减少。据预测，可用的资金将会减少，因此获取资金会变得更加困难。产品和涉及生产周期的因素更接近服务市场的需求将会不断增长。目前构建战略产能很有意义，私人投资者正在寻求长期回报。

例如要构建需求强劲领域的产能。包括更繁琐、更复杂的电子产品，以及国防、工业、汽车类等涉及更先进的技术，这些领域存在长期的机会。正如你所指出的，需求正在增长。为了满足这种需求，希望获得市场份额的公司必须增加产能；行业也希望这些更具影响力的企业增加“战略产能”，广泛关注供应链中复杂、

高科技的环节。

Johnson：美国政府和国会相继组织了解半导体和 PCB 行业的情况，并发出要恢复基础设施的信号。政策的投入对行业会产生巨大的影响。同时，美国是自由市场，需要吸引私人投资，以保持经济体系良好运行，但重点是要了解正确的投资时机。

DuBravac：IPC 政府关系副总裁 Chris Mitchell 一直在与美国商务部进行对话，从他那获得消息称政府正在研究如何激励私人投资。商务部或联邦政府认识到，他们提供的任何支持都是有限的，不能局限于发放补贴，而是要真正构建长期投资。

他们的目标是在某种程度上提高私人投资者的回报率（如 30%、40%、50%），以便获得更多吸引私人投资和其他寻求更高回报率的公司。如果投资回报匹配，再加上公共财政和政府补贴，那么这类回报率就可实现。华盛顿正在关注这一事宜。

美国商务部正在深入了解电子行业，从 OEM 一直到供应链等所有推动电子制造决策的因素，以便确定可以使用哪些有意义的杠杆，为投资者、制造商以及最终供应链另一端的消费者创建双赢局面。

Johnson：对于正在制定 2023 年战略计划的公司，你有什么建议？

DuBravac：过去的 24 个月充满挑战，未来的 24 个月将同样充满挑战，但原因不尽相同。我们陷入衰退的可能性越来越大。美联储目前处于困难境地，经济强劲，通货膨胀率很高，提高利率的动机强烈。问题是货币政策的滞后性相当大，加息后 6 个月左右才能传导到经济，看到加息的全面影响。

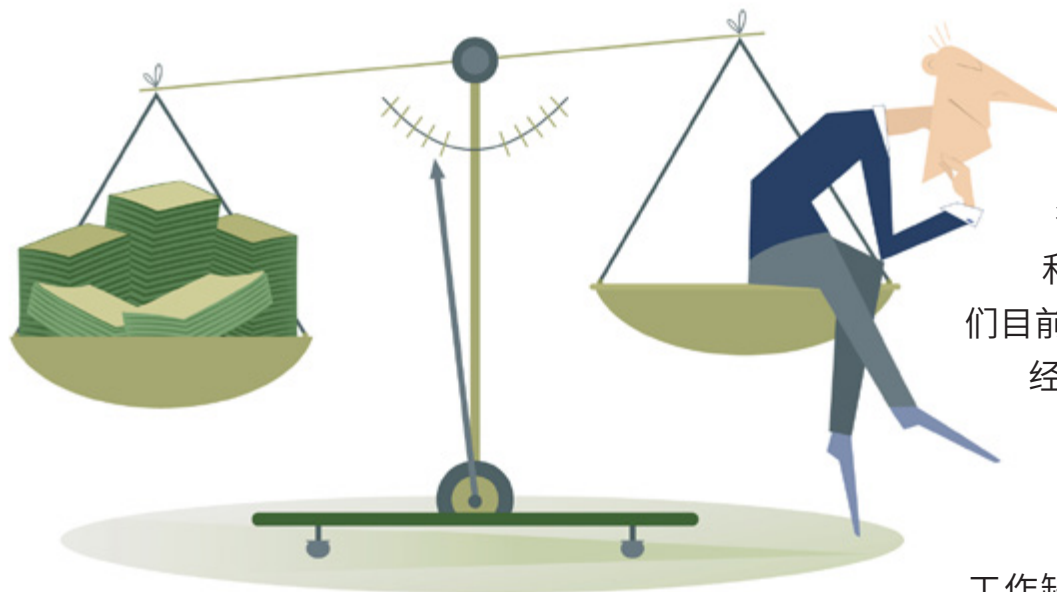
美联储面临的挑战是提高利率以应对通货膨胀，要看 6 个月后的情况。挑战在于，他们

如何在经济放缓的情况下加息，最终会过快过度地收紧。通常情况下，如果通货膨胀率没有这么高，可以缓慢加息，并允许调节手段充分传导到经济中。但是，现在没有这么多时间。要在经济衰退的可能性越来越大的经济环境中做出决策。我认为明年陷入衰退的可能性有 50%；据 CEO 调查报告显示，可能概率更高。根据我们 6

月发布的市场信心调查显示，近 80% 的高管担心 2023 年会出现经济衰退。

这种氛围影响高管们现在做出的关于投资、产能等决策。这就是为什么公司所在的基础行业如此重要的原因。有些行业就未感到经济衰退如此严重。对于经济衰退的程度或强度，目前尚无定论。如果在 2023 年出现轻微衰退，而我们摆脱了它的影响，那么我认为这没什么好担心的。当市场处于高通货膨胀率和低增长率的环境中，那就有问题了，因为工人想要更高的工资，但潜在的增长无法支持更高的工资。





Johnson：这涉及战略规划，根据个人的专业技能判断是否需要投资，找到公司的核心或资源以明确公司的立足之地。

DuBravac：今年公司在制定战略规划时，尤其要注意的是，不仅要从资产角度审查其投资组合，还要从产能走向角度进行审查，即对其生产的产品和服务组合的投资。

Johnson：你提到美联储没有时间等待缓慢的改变并使其完全发挥作用，是否可以再详细阐述？

DuBravac：利率需要大约 6 个月才能完全传导到经济发展中。在正常情况下，经济过热，就会提高利率，然后等待其发挥作用。如果加息达到了预期的效果，减缓了增长，在不增加失业率的情况下很好地控制了物价，那么利率的调整作用就很好。如果 2~3 月后，并没有真正产生所需要的全部效果，那么可以再次提

高利率，也许可以再提高 25 个基点。如能在更长的时间范围内提高利率，也可以采取更小的行动。当看到 8% 的通胀率和非常低的失业率——即我们目前所处的情况——美联储押注经济可以在短时间内承受相当高的利率增长而不会停滞，也不会陷入衰退。

我知道美联储正在研究工作缺口。通常美联储试图平衡低失业率和低通胀率这两项指标。有时，低利率可以降低失业率，但低利率通常不会降低通货膨胀率，两个指标背道而驰。美联储押注他们可以提高利率，且不会使经济停滞，但这将导致企业减少招聘数量。科技企业领域，有些公司已经宣布停止招聘。Netflix 已经做了一些裁员。有些公司已经进入裁员阶段。

如果加息达到了预期的效果，减缓了增长，在不增加失业率的情况下很好地控制了物价，那么利率的调整作用就很好。

Johnson：英特尔最近也在裁员。

DuBravac：像英特尔这样需求强劲的公司也

要裁员着实令人惊讶。美联储需要大幅加息才能应对通胀，但其效果难测，影响深远，届时可能会陷入两难境地。

现在，美国的优势是增长潜力强劲，因此美联储面临的问题与全球其他地区的央行大不相同。美联储的问题是高通胀，但仍处于强劲增长的环境中；欧洲面临高通胀，但处于增长疲软的环境中，他们必须采取比美国更微妙、更试探性的行动。

美国未来可能会再次加息 50 个基点。我还没考虑期货市场的价格，但根据最近的通胀数据，有人说未来可能会增加 75 个基点。我的感觉是，由于失业率低，而且有很多工作机会，美联储认为他们有充裕的时间采取积极的行动。然而全球其他经济体，则没有那么充裕的时间。亚洲面临的通货膨胀率并不像美国那样高，欧洲在通货膨胀率高涨的同时经济增长正在放缓。这是一个非常困难的局面。

Johnson：最后我想谈谈美国新近出现的倡议团体——USPAE 和 PC-BAA。显然 IPC 已经在全球范围内参与了倡导活动。你认为这些组织正在产生影响吗？

DuBravac：是的。政府比以往任何时候都更善于接纳建议，有些人真的希望有好的结果，真的希望了解我们行业，包括导致其增长或改变的因素，以及推动投资的力量。过去我真的没有这种感觉。

Johnson：关于当前的经济形势或

其他话题，你还想补充什么内容以便读者更全面地了解？

DuBravac：IPC 的分析研究报告每个月会发布，很好地反映了 PCB/SMT 行业的情况。报告中反映企业运行成本高且不断上升，以及在材料、组件、人工方面存在定价压力。同时，订单积压导致强劲的需求抑制。上个月的报告中，还可以看到利润率面临压力。对于制造商来说，这是一个充满挑战和学习适应的环境——如何在成本上升的环境中定价。需要强调的是，对通货膨胀和衰退的担忧非常值得关注。

Johnson：太好了。谢谢你, Shawn。
PCB007CN



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



并购，恰逢其时

by Nolan Johnson
I-CONNECT007

目前 PCB 和 PCBA 行业买方市场，又是卖方市场。无论是对于买方还是卖方，目前的发展动态很引人关注。对这种状况起关键作用的发展趋势是什么？如何充分利用这种趋势？Tom 分享了非常有价值的观点，将有助于相关公司思考和规划战略。

Nolan Johnson : Tom, PCB 制造商正积极计划扩大其业务以应对目前市场的发展动态，他们应该去哪里寻找投资资金？现在是投资的好时机吗？

Tom Kastner : 我非常看好 PCB 和 EMS 行业，也非常看好整个美国电子行业。巧合的是，我认为现在既是卖出的好时机，也是买入的好时机。

Johnson : 原因是什么呢？

Kastner : 最近，我们代表一家制造商和一家 EMS 公司向该行业的战略买家进行销售。对于卖家来说，尤其是那些表现良好的公司，他们具有很好的市场。对于表现不佳的公司来说，无论是规模较小还是盈利能力较差，都存在大量的流动性。无论公司是在增长且利润很高，还是可能增长不强且利润不高，都存在大

均质、有机、可靠



OS-Tech® SIT2 – 均匀同質的新型环保表面处理

印制电路板行业的新环保标准要求采用对环境无害、成本效益高且可靠的表面处理解决方案。安美特的新表面处理工艺OS-Tech® SIT2, 可满足这些要求。工艺具有高可焊性和成本效益, 而且对环境友好。OS-Tech® SIT2 是专为 SIT 应用而开发, 配合专用微蚀系统, 提供卓越的产品质量、均匀镀层和高工艺效率。该工艺维护成本低, 可用于现有生产线的两步骤工序, 并可轻松与我们的 ENIG 工艺相结合, 以确保满足客户表面处理要求的最高可靠性、质量和性能。

要了解有关OS-Tech® SIT2的更多信息, 请扫描右侧的二维码。



量的流动性。

为什么现在是投资该行业的好时机?我认为：美国供应链中预期需求在快速增加；根据 ITAR 规则或出于供应链安全目的考虑，对应在美国制造产品的认识在提高。这些都是该行业的巨大利好。当然，我不认为所有的业务都会回迁美国，这是不可能的；但只要有一小部分回归美国本土，对该行业来说都是巨大的利好。

Johnson：北美 PCB 行业应该如何重组以最大限度地利用这个机会，你有什么看法？

Kastner：像 Summit、TTM 等大企业，有资金投资自己及收购的工厂。许多规模较小的公司实际并没有投资。许多公司在利用这个机会，但也有许多公司没有把握机会。

投资赤字巨大。许多没有投资的小工厂都是很好的收购目标，一些买家正在寻找这类目标。那些紧跟投资步伐的工厂是 Summit 等寻求收购更大 PCB 工厂的绝佳收购目标。

Johnson：当然，除了一些较大的工厂，如 Summit 和 TTM 以外，似乎也有一些私人投资。

Kastner：是的，私人股本对这个行业有相当大的兴趣。总的来说，私募股权公司之所以感兴趣，是因为他们对制造回迁美国本土和在美国投资有兴趣，以及随着美国对半导体和供应链投资的重视而受益的业务。私募股权公司很了解这点。TTM 有点喜忧参半，当然 FTG 已经做了几次收购，Summit 也做了几次收购。Fralock 同时收购了 Lenthor 和 Career 的组

装公司。Fralock 是由私募股权支持的公司，实际上，私募股权支持的公司在这一领域的收购比上市公司要多。

EMS 领域也发生了很多事情。但我认为他们主要是在紧跟支撑半导体供应链的发展趋势。

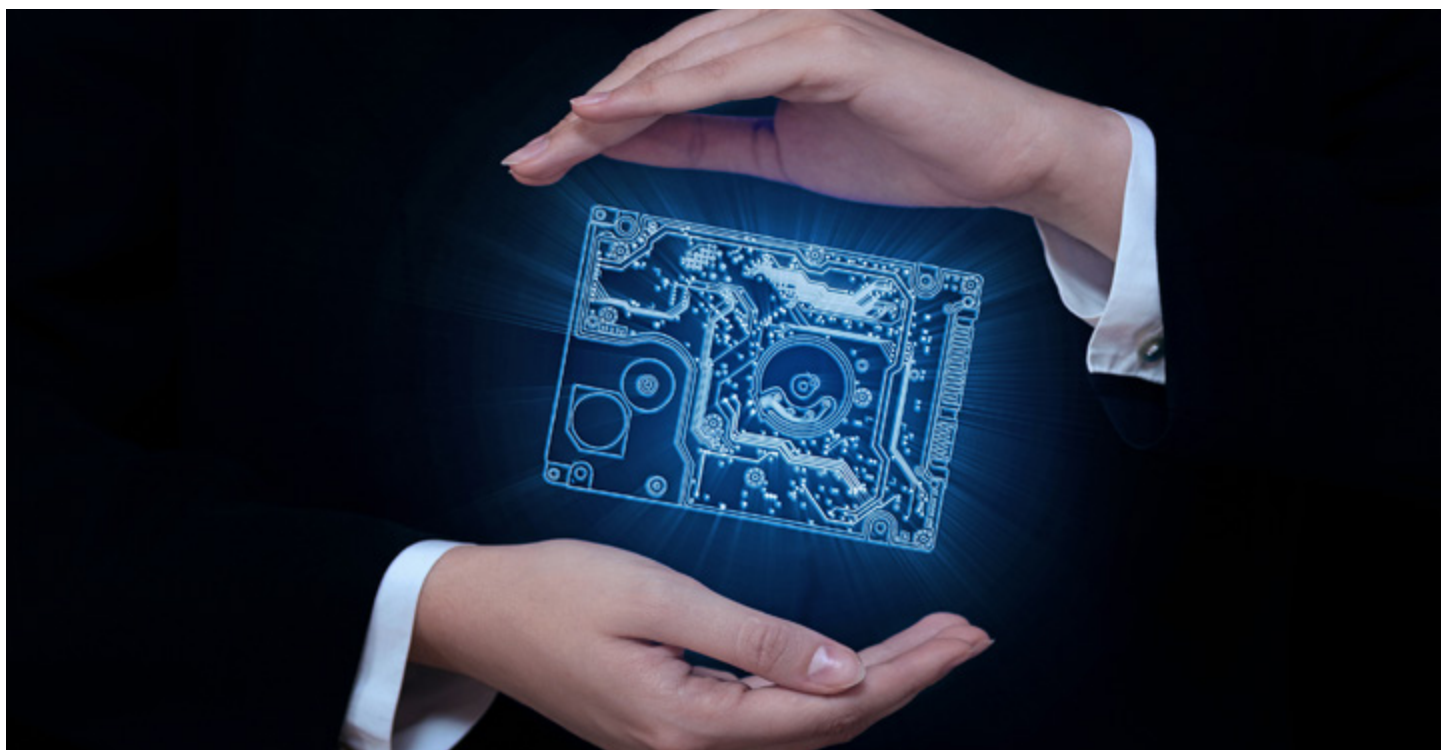
Johnson：那如何筹集资金?较小的工厂可能没有跟上投资的步伐，他们可能不一定有资金或现金流来发展业务，以保持领先地位。有什么针对他们的策略吗?或者这对其他公司来说是好的投资？

Kastner：在 PCB 相关技术领域，真的看不到多少风险资本或早期资本。利率最近有所上升，但即使是现在，利率也相对较低。还有很多信贷，所以很容易获得新设备或二手设备的融资。很多小工厂都在问该从哪里开始投资。

许多公司从直接成像开始，这可能是正确的投资点。接下来是测试设备、钻孔设备或湿制程加工生产线。当他们购买直接成像和高速钻孔设备后，你会看到他们质的飞跃。我猜这是因为他们在推迟了 10 年后终于进入了现代化。有大量资金可用于设备融资或改善设施，但坦率地说，许多公司拥有者一直在使用现金。

对于这类公司，我不知道他们还能生存多久。我参观了一些工厂，很惊讶能继续运营。我并不是不看好它们。我非常钦佩他们能够生存下来，但我不确定他们还能这样做多久。这样做使他们很难发展业务，适当的做法是要么向银行融资，要么向私募股权融资。

Johnson：美国政府立法《CHIPS 法案》和



2022 年的《PCB 法案》对目前并购环境的影响如何?政府的参与是否有助于改变投资前景?

Kastner : 是的, 尤其是对于私募股权领域和其他投资者, 对于银行也是如此。每一笔资金都有帮助。完成的每一笔私募股权交易、宣布的每一笔收购, 都进一步证明了这是值得参与的好行业。

还有其他一些市场动态也在起作用。出于知识产权安全因素, 存在制造业从中国转移出去的趋势。一直以来都存在物流和通信方面的原因, 现在只是增加了知识产权因素。我越来越多地听到, 终端客户希望将生产转移到北美, 因为他们担心医疗设备、通信或其他利润高的产品的知识产权安全。

Johnson : 这些关键领域, 制造厂可能会投资升级生产基地。与此同时, 美国电子行业正在日益保护知识产权。例如, 网络安全成熟

度模型认证 (Cybersecurity Maturity Model Certification, 简称 CMMC) 贯穿整个供应链的认证流程。未来会有一些公司收到需要通过 CMMC 合规性检查的通知。展望未来, 在网络安全、数据管理和基本卫生方面, 该认证有望成为该行业发展业务的关键, 而且也是应该投资的关键点。

Kastner : 每家公司迟早都需要关注这项认证。公司通常不会宣布他们受到勒索软件的攻击, 但我知道这已经影响到了每家公司。但在防范勒索软件或其他网络安全问题的同时, 必须确保自己的防范是合规的。随着法规合规性要求的实施, 这些担忧只会增加, 但这也是良好的业务方法。如果公司还未被网络黑客入侵, 只是幸运而已。

Johnson : 对。在我们最近的报道中, Divyash Patel 将其称为 “基本卫生”——这就像刷牙和

梳头一样，就是每天都需要做的工作。

Kastner：正如必须通过 ISO 或 UL 认证一样，网络安全也是如此：必须保持一定的水平。同样，对于规模较小的工厂来说，要跟上这一步伐更为困难。这只是又一个挑战。而大型工厂可以将投资分散到更广泛的基础上，这对他们来说更容易做到。我认为这是将导致更多行业整合的另一要点。

Johnson：看起来趋势是进一步合并成更少、更大、更有能力的集团化企业。Tom，这会为高尖端公司在市场上留下一席之地吗？

Kastner：当然。重点之一是你不会看到太多新厂投资，但我认为这将是相当多的真正善于在一个或两个较小的市场发挥其专长的小众企业的商机。通常，这些小众市场的利润非常高，因此这些公司有能力和网络于设备及网络安全。

Johnson：对于 OEM 来说，现在是考虑建立专属工厂的好时机吗？这种方法有利有弊。当然，将公司的知识产权全部保留在公司内部是优势。现在是时候效仿爱达荷州的 Whelen Engineering 或 Schweitzer Engineering Laboratories 的佳机吗？

Kastner：是的。这样做会很引人关注。当然，问题是找到并雇用合适的员工。

当然，PCB 行业需要有经验的员工。我想知道，在许可、人才和设备之间，如何确认投资回报率是否够高，而不是仅仅专注于自己的产品。如果不知道计算结果，很难做出决定。

显然，这两家公司做了计算，认为这样做很有意义。因此，如果这样做对他们有意义，那么它对其他公司也一定是。

美国的公司很难找到人才，公司必须决定是否要投入时间和资金为这些供应链的寻找人才，还是投资其他部分。

Johnson：我认为这正是针对本期主题的采访要点。有资金可以投资。投资是向前发展的必要条件，包括设备、人才和安全，必须对这三个问题做出反应，但要按照各自企业发展所需的顺序来。

Kastner：没错。

Johnson：Tom，非常感谢你接受这次采访。采访很精彩。

Kastner：不客气。我喜欢这次采访。
PCB007CN



Tom Kastner 任 GP Ventures Ltd (www.GP-Ventures.com) 总裁。GP Ventures Ltd 是一家投资公司，专注于科技和电子行业的卖方和买

方交易。GP Ventures 在芝加哥和东京设有办事处。Tom Kastner 是 StillPoint Capital, LLC 的注册代表，通过 StillPoint Capital, LLC 进行证券交易，StillPoint Capital, LLC 是 FINRA 和 SIPC 的佛罗里达州坦帕市会员。StillPoint Capital 不隶属于 GP Ventures。

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





浅谈 PCB 和 PCBA 企业并购注意事项

by Dan Beaulieu

D. B. MANAGEMENT GROUP

GP Ventures 公司的 Tom Kastner 最近很忙。他参与了多项并购交易，包括最近 Summit Interconnect 进行的一项收购。Tom 曾与 Dan Beaulieu 合作，Dan Beaulieu 经常为 PCB 和 PCBA 公司提供咨询服务，讨论考虑购买或出售公司的情况，以及像 Tom 这样的顾问如何帮助谈判达成最佳交易。

Dan Beaulieu : Tom，谢谢接受采访。我知道你当前的工作重点是 PCB 和 PCBA 相关公司。你是如何涉足这一领域的？

Tom Kastner : 我是从 Hakuto 公司开始进入这个行业的，Hakuto 是一家生产 PCB 制造用切割薄板层压设备的日本公司。他们还分销元件及半导体设备。我从连接器开始，然后是射频 / 微波元件，最后进入公司投资和 PCB 设备领域。我从 1996 年开始从事并购业务。

Beaulieu : 最近已经完成了几家公司的出售，能分享一些成功案例吗？

Kastner : 总的来说，我参与了 PCB 和 EMS 行业的 20 多笔交易。最近的一笔交易是 Summit Interconnect 收购了 Royal Circuits 公司及 Advanced Assembly 公司。



Microtek Laboratories China

麦可罗泰克(常州)产品服务有限公司



Independent Test Services for the Electronics Supply Chain

电子供应链独立测试服务商

- CAF, ECM, SIR
- HATS and HAST
- Thermal Shock/Cycling
热冲击/循环
- Partial Discharge 局放测试
- SEM/EDS, XRF, FTIR
- IC/C3- Anion, Cation and WOA
- TMA, DSC, TGA and Thermal Conductivity
- Qualification & Conformance Testing
质量鉴定& 符合性测试
- Reliability Assessment
可靠性评估
- Material Characterizations
材料特性
- Failure Analysis
失效分析



Beaulieu : Tom, 如果要卖掉一家公司, 想通过贵公司完成出售交易, 会就哪些内容进行沟通?

Kastner : 首先, 确定老板的目标和期望。如果客户希望很快出售, 我们将关注销售过程; 如果客户希望在 3 到 5 年内做好出售准备, 我们会更多地讨论长期准备。

Beaulieu : 我想所有的交易都是绝对保密的吧?

Kastner : 是的, 我们的业务涉及非常敏感的话题, 所以保密对大家来说都很关键。

Beaulieu : 可以简要介绍这个过程吗?

Kastner : 首先, 我会和老板商谈公司的潜在价值, 以及可能的条款, 如交割时的现金、盈利等。我还会参观公司, 更好地了解他们。一旦签约, 我们会准备一份专业的执行摘要和机密演示文稿。我们会接触客户预先筛选的潜在买方, 并在一段时间后询问初始报价 (initial offers, 简称 IOI)。顶级投标人被邀请参加 Zoom 电话会议和面对面会议, 然后我们按要求提供意向书 (letters of intent, 简称 LOI)。接着, 签署意向书, 进行尽职调查。一旦完成尽职调查, 我们就购买协议及其他交割文件进行洽谈, 最后完成交易。

Beaulieu : Tom, 让我们更具体地谈谈贵公司收取的费用, 我知道你们通常按月收取。目



Tom Kastner

的是什么?

Kastner : 我的团队在每笔交易上都花费了大量的时间, 所以我们应该得到相应的费用。通常, 总费用中的 90%~95% 基于交易成功完成后, 因此定金是一小部分。

Beaulieu : 这很有道理。现在, 让我们谈谈您的团队提供什么服务。

Kastner : 包括前面描述的所有服务, 从开发文件资料到完成交易。

Beaulieu : 你如何为正在出售的公司找到合适的买方?

Kastner : 我们尽可能多地接触买家。有时, 最明显的买方会完成交易; 有时, 是我们从未想过会感兴趣或从未听说过的买方。买方知道我们接触的范围广, 所以会有竞争。

Beaulieu : 如何确定卖方的价格?怎么定价?

Kastner : 在开始之前, 我们与卖家讨论可能的估值范围。我们不会以要价入场, 会让买方竞争设定市场估值。

Beaulieu : 有可能卖掉一家不赚钱的公司吗?

Kastner : 有可能, 但并不容易。通常情况下, 针对不赚钱的公司, 我们会寻求此类交易的买

方。估值应与资产的价值相关。

Beaulieu：对于卖方，最重要建议是什么？

Kastner：尽可能多地准备，接受有关流程的培训，并组建一支优秀的顾问团队。



Dan Beaulieu

Beaulieu：这要花多长时间？

Kastner：对于卖方来说，从开始建立联系起，通常需要 6 到 9 个月。如果有先发制人的买方出现，就有可能更快地卖出。如果过程中公司业绩下降或经济不景气，可能需要更长的时间。

Beaulieu：出售过程中有哪些挑战？

Kastner：最大的问题是公司的业绩下降。有时，就整体经济、电子行业或全球事件而言，时机并不合适。买方经常会遇到一些问题。

Beaulieu：意向书在过程中意味着什么，意向书之后的步骤是什么？

Kastner：意向书是一份阐明交易估值、条款和条件的文件。除排他性条款和任何分割费外，它通常不具有约束力。签署意向书后，我们将进行尽职调查。

Beaulieu：什么是尽职调查？包括什么？

Kastner：尽职调查是对卖方信息的严格审查。

买方可调查公司的各个方面。从财务开始，包括法律文件、客户、供应商、员工、设施等。即使是准备最充分的买方也会在尽职调查过程中了解到有关公司的一些信息。

Beaulieu：从意向书到实际完成销售需要多长时间？

Kastner：对于有准备的卖方和积极的买方来说，通常需要 45~60 天。如果卖方没有做好充分准备，尽职调查过程可能会更长。此外，如果出现需要解决的问题，时间可能会长得更多。通过提前准备，我们可以帮助缩短尽职调查时间。此外，如果买方比较迫切的情况下，卖方会更快地采取行动。

Beaulieu：这样就可以在买卖中获得佣金。它包括什么？

Kastner：我们按交易价值的一定百分比收取佣金，如果交易最终真的成功了，再外加一笔奖励。

Beaulieu：定金是从最终奖励中扣除的吗？

Kastner：不，我们通过努力赚取定金和成功费。

Beaulieu：现在我们来谈谈买方协议。如何完成买方协议？

Kastner：当我们与卖方合作时，我们会接触一批买方，以找到最适合我们客户要求的买方。我们收集信息，安排电话会议和双方见面，与卖方谈判，协助买方完成交易。

Beaulieu：你怎么找到合格的买方，你怎么知道他们是合格的？

Kastner：我们的买方客户通常是私募股权支持和 / 或有收购经验的公司。通常与有经济实力的买方合作，因为买公司需要钱。买方还可以使用债务、盈利和其他类型的延期付款进行收购。

Beaulieu：你给收购公司最重要的建议是什么？

Kastner：要有耐心，不要只局限第一位想联系沟通的老板。如果交易没有意义，请准备好点击退出按钮。

Beaulieu：Tom，再次感谢你接受采访。

Kastner：我的荣幸。PCB007CN

Tom Kastner 任 GP Ventures 公司总裁。GP Ventures 是一家专注科技和电子行业买卖交易的投资银行公司，兼任 I-Connect007 专栏作家。如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。

Dan Beaulieu 任 D.B.Management 集团总裁，兼任 I-Connect007 专栏作家。如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。

抵消成本支出剧增的实时策略

供应链、分销和物价上涨等相关问题是最近的头条新闻。为了更好地了解 EMS 公司如何应对投入成本增加造成的定价压力，我们采访了几家 EMS 行业公司和 EMS 设备制造商的代表，探讨了行业应该如何应对目前的压力。

问：你们公司如何通过调整价格来应对投入成本的增加？是自己消化上涨的成本，还是把这种压力转嫁给客户？除了调价以外，你们还做出了其他什么调整？

答：Zentech 是一家位于得克萨斯州达拉斯市的 EMS 服务商，该公司副总裁兼总经理 Charlie Capers 表示，身为一家 EMS 服务商，

“目前都是以小时为单位调整价格，一周前给出的报价可能已经发生变动。既然我们是客户制造的延伸，一般我们必须把增加的成本转移给他们。现在这个行业的利润已经非常微薄，如果采购价格差异（PPV）有 ±1% 的波动，我们很可能会重新报价将额外增加的成本计算在内。”



更多详细的内容，请[点击这里](#)。

2022

IPC中国区活动

> IPC CEMAC

IPC CEMAC作为IPC中国区会员专属的电子制造年会盛典,2022年将呈现一系列丰富、精彩的活动,包括:一年一度会员答谢晚宴、标准技术开发组志愿者表彰典礼、IPC会员专属宣讲区(线下线上同步直播)、IPC标准&教育展示区。

> IPCSkills电子装联大师赛

IPC技能竞赛至今已连续举办12年,旨在为业界从业者打造一个提升技能水平、展示自我风采的宝贵平台。2022年竞赛全新升级为电子装联大师赛,除了涵括手工焊接竞赛、线缆线束装配竞赛,还将推出新的竞赛项目,赛制也将适应行业需求进行优化升级,敬请期待。

> IPC技术会议

线上研讨会是IPC为满足业界不同细分行业客户对于标准、技术、应用案例等解读需求,组织的技术性专题研讨会。2022年计划推出24场专题性会议,请随时关注IPC官方平台。

> CIT区域聚会

CIT区域聚会是IPC全新推出的新活动,2022年将定期组织区域性CIT线下聚会,希望以面对面的方式,进一步为CIT提供相互认识、交流的平台,最大程度上实现行业信息共享,资源整合,创造共赢。

> 在线平台

IPC亚洲会员社区(community.ipc.org.cn)是IPC为会员单位打造的线上交流平台,主要以行业技术交流为主。目前,会员社区已成功邀请近70位行业拥有丰富经验的专家入驻会员社区。

> 公益项目

IPC亚洲实习生计划于2020年创办以来已连续两年获得成功,通过提供有意义且富有挑战性的实习项目,将顶尖学生与电子行业最具创新和影响力的公司联系起来。

关于IPC

IPC致力于提升全球3000多家会员企业的竞争优势并帮助他们取得商业上的成功。IPC的会员单位涉及电子行业的设计、印制板制造、电子组装与测试等各个领域。作为会员驱动型组织以及行业标准、培训、市场研究和公共政策倡导的领导者,IPC通过开展各种项目以满足全球产值达2万亿美元的电子行业的需求。



了解活动赞助机会,
请扫描二维码

碱性蚀刻指南

避免析出反应，生成污泥

by Christopher Bonsell
CHEMCUT

上一篇专栏文章《[酸性铜蚀刻液与碱性蚀刻液](#)》中，对比了酸性氯化铜和碱性氯化铜。作为 PCB 制造中最常用的蚀刻液，碱性蚀刻液具有高蚀刻速率、改进的蚀刻因子以及与金属抗蚀刻剂的兼容性等优点，但其缺点是难以控制。蚀刻化学需要微妙的平衡，且需要保持在相对严格的参数范围内。误差裕度不仅很小，而且超出这些参数可能会产生不良后果。如果不够谨慎，可能会生成污泥，即蚀刻剂将发生不可逆的析出反应。污泥会显著降低蚀刻剂的有效性，并会严重损坏蚀刻设备。本文提供的简要指南可深入了解碱性蚀刻液的化学反应控制。

蚀刻反应
$\text{Cu}^0 + \text{Cu}^{+2}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{Cu}^{+1}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$
再生反应
$4 \text{Cu}^{+1}(\text{NH}_3)_2\text{Cl} + 4 \text{NH}_3 + 4 \text{NH}_4\text{Cl} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Cu}^{+2}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

表 1：碱性氯化铜的蚀刻反应和再生反应

了解化学反应

使用碱性蚀刻液需要全面了解蚀刻设备内部发生的化学反应。蚀刻槽内重点发生两个反应：蚀刻反应和再生反应。表 1 为反应化学式，化学反应流程见图 1，其中，氨（NH₃）和氧（O₂）的来源可能不同，但图中所示的方法是最常见的。

从表中可以看出，第一个反应是简单的蚀刻反应，其中蚀刻液（Cu⁺²(NH₃)₄Cl₂）与铜

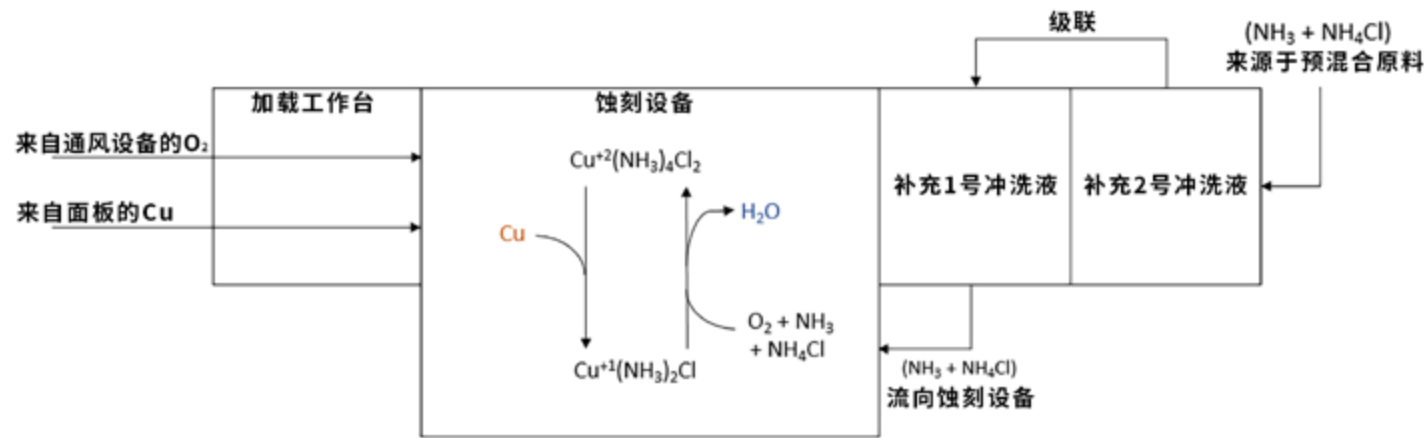


图 1：普通碱性蚀刻设备的工艺流程

您可以
依靠的。
测试和
测量设备

40⁺
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**TM
Precision as Standard



#THEPEOPLEWHOPROTECT

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

GEN3SYSTEMS.COM

TEL: +44 (0)12 5252 1500

(Cu⁰) 发生反应，形成碱性蚀刻液的已用形式 (Cu⁺¹(NH₃)₂Cl)。与再生反应不同，蚀刻反应相对简单。再生反应更为复杂，往往容易出现问題，但其对工艺至关重要。原因在于，可以蚀刻面板，而不会导致 PCB 质量或生产率下降。在再生反应中，使用过的蚀刻液与氨 (NH₃)、氯化铵 (NH₄Cl) 和氧 (O₂) 发生反应后，形成再生蚀刻液。水是该反应的副产物。所有反应组分（氨、氯化铵、氧和水）在维持蚀刻液过程中起至关重要的作用：氨有利于 pH 值控制，氯化铵有助于氯化物含量，氧气在再生中充当限制试剂，水有助于比重控制（铜浓度控制）。这些反应组分可保持碱性蚀刻液所需的功能参数。需要注意 pH 值、氯化物含量和气流流量，因为它们往往具有最高风险或最难控制。

与再生反应不同，蚀刻反应相对简单。再生反应更为复杂，往往容易出现问題，但其对工艺至关重要。

pH 值控制

保持碱性蚀刻液 pH 值稳定是最大的挑战。难以管控的主要原因之一是 pH 值不容易测量。碱性蚀刻液容易损坏 pH 探针并导致读数不准确。pH 值下降会导致污泥生成，因此 pH 值读数不准确是不可接受的。为了监测 pH 值，建议在常规滴定的同时使用 pH 探针。pH 值应保持在 8.1~8.2 范围内（因化学药水供应商而异）^[1]。如果蚀刻液中形成深蓝色晶体，则表

明 pH 值过低。

pH 值难以控制，很容易超出范围的另一个原因是，pH 值是用氨气维持的，取决于氨是否溶解在蚀刻液中。氨具有高挥发性，有许多变量会影响氨在蚀刻液中的存在方式，包括温度、喷射压力和通风是决定氨是否逃逸或停留在蚀刻液中的主要参数。

即使蚀刻液长时间不用，仍需要维持 pH 值。碱性蚀刻液在未密封的环境中长时间放置，氨将从蚀刻液中析出，pH 值下降，生成污泥。为了防止这种情况，如果在 3 天内不打算使用，最好把蚀刻液从蚀刻设备中抽出，存放在桶中并将其密封，以防止氨逃逸。

氯化物控制

为防止生成污泥，还需要维持氯化物含量。与 pH 值控制一样，可采用常规滴定以检查氯化物含量。幸好，维持氯化物含量比维持 pH 值容易。只有当稀释或输入不足时，氯化物含量才会降低。氯化物损耗的最常见原因是人们只使用氨而不是氯化铵混合物（“补充漂洗”环节）。仅使用氨会稀释氯化物含量，并导致浓度下降，达不到所要求。氯化物质量浓度应保持在 160~165 克 / 升范围内，如果下降过多，会形成浅蓝色晶体。为了恢复氯化物含量水平，可以简单地将氯化铵晶体溶解到蚀刻液。

优化气体流量

为了保持蚀刻工艺稳定，重点是保持再生反应正常进行，而此依赖于限制试剂——氧气的足够供应，以保证生产速度。由于氧气必须通过通风系统送入蚀刻槽，必须优化气体流量。如果气体流量太小，就没有足够的氧气来

维持蚀刻速率；而过大的气体流量将导致氨逃逸，引起 pH 值下降，生成污泥。

在大规模 PCB 生产中，有时通风不够，需要在蚀刻设备槽中喷入额外的气流。气流喷射是一种通过压缩空气起泡将氧气从蚀刻槽底部送入蚀刻液的方法。与正常通风方法相比，也有相同的挑战。过多的喷射，氨会从蚀刻液中排出；太少的喷射，不足以保持生产稳定。寻找最佳气体流量需要反复试验，同时需要仔细观察 pH 值和蚀刻质量。

结论

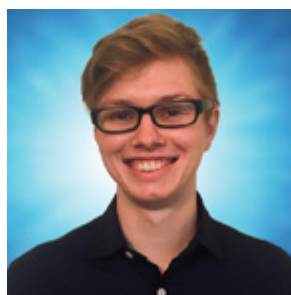
碱性蚀刻液的化学反应控制是始终存在的挑战。大多数困难来自于没有充分了解碱性

蚀刻液的工作原理，以及保持稳定所需要的因素。现在，我们已经讨论了存在的主要问题，可以更好地维护和充分利用碱性蚀刻液。

PCB007CN

参考内容

1. “Process Guidelines for Alkaline Etching,” Chemcut.net, October 2001.



Christopher Bonsell 任 Chemcut 公司化学工艺工程师。如需阅读往期专栏或联系 Bonsell，可[点击此处](#)。

现有设备是否足以跟上时代发展的步伐？

买新设备还是凑合使用现有设备？对于决定如何最好地管理生产工厂内设备资产的制造商来说，是一场由来已久的辩论。新设备成本高，但在亏损的情况下，现有设备的运转成本也高。

认识到对设备的需求增加是件好事，这一点很重要。全球经济高速增长，需求更多的产品，这当然意味着生产这些产品所需的有形资产数量会增加。同时，制造商需要更灵活地利用现有资产来应对短缺。但大多数制造商对这些现有资产中的设备详细数据没有足够的了解，不能像他们需要的那样灵活 -- 他们也知道这一点。因此，他



们理所当然地问，现有的资产是否足以让他们度过难关，或者他们是否需要现在就进行调整，购买新的设备来跟上时代。

答案是两者均需考虑。提高设备的动态利用率可以满足制造商的两个关键需求。它可实现用更少的设备完成更多生产，而且也能使更多的设备完成更动态的生产。这不仅仅是关于是否购买更多设备的零和博弈。目标应该始终是随着制造业需求的增加购买更多设备，同时最大限度地持续提高现有设备的价值。

更多详细的内容，请[点击这里](#)。

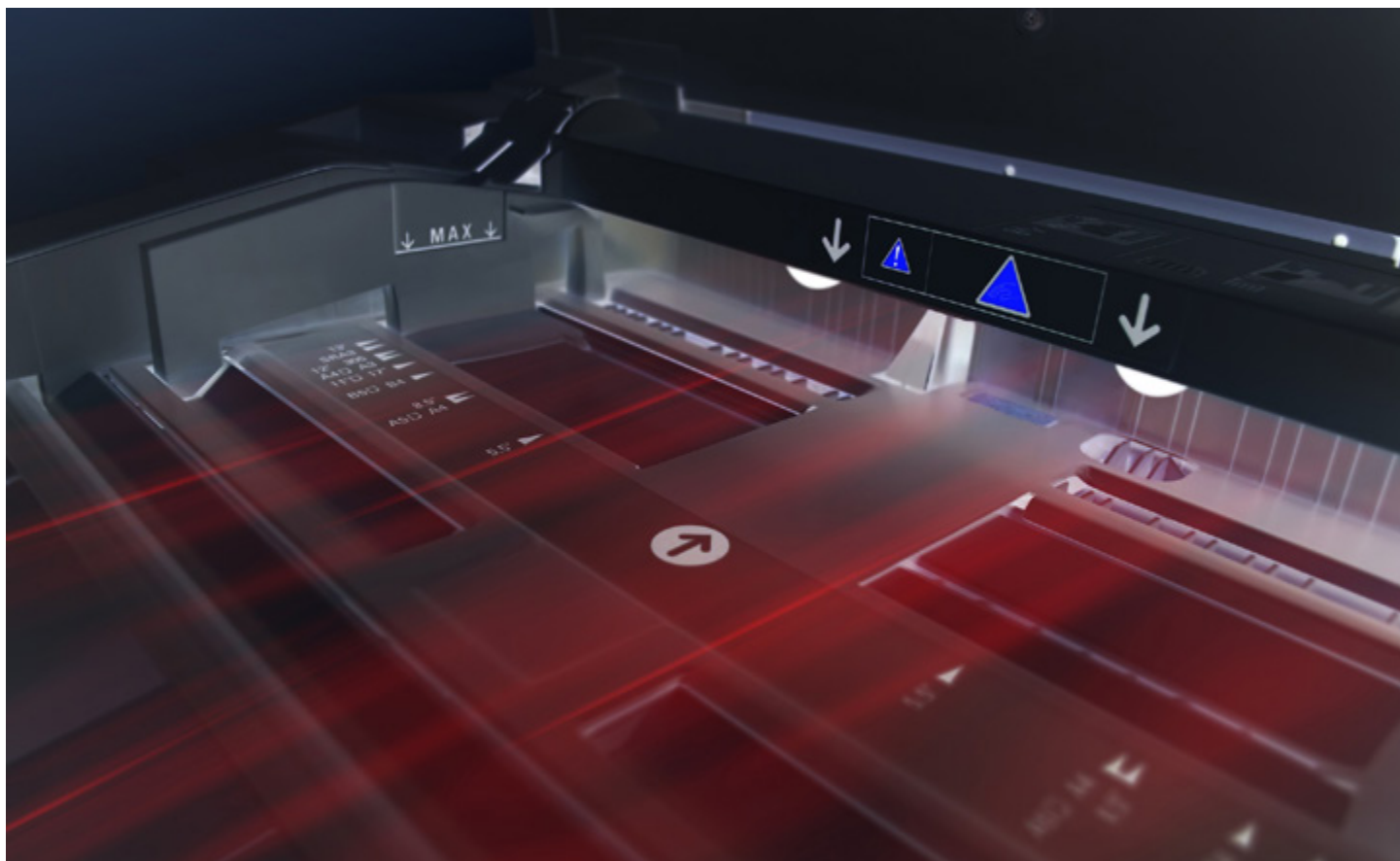
加成法： 能否并行打印阻焊油墨和图形油墨？

by Luca Gautero
SÜSS MICROTEK

将阻焊油墨打印与图形油墨打印相结合似乎是明显而有吸引力的解决方案，有点像将巧克力和香草相结合。尽管如此，我们仍需要在不增加复杂性的前提下同时获得这两种功能才有意义。然而，之前的文章中关于设备结构考虑因素的总结来看，分别使用两个单独的、能满足图形油墨和阻焊油墨各自要求的打印头阵

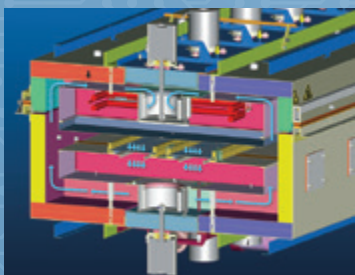
列是最好的选择。本专栏文章将继续探讨该解决方案。

单工具配置的优点之一是，两种涂覆工艺只需要一次对准步骤。在打印机的常见配置中，对准步骤将工作台位置限制于载板位置。这意味着单独载板对应单个工作台。即使单工具有两个打印头阵列，如果单个工作台为打印工艺提供服务，并行打印阻焊油墨和图形油墨仍然是不可行的。因此，图形油墨打印只能在阻焊油墨涂覆完成后开始，这两个工艺在同一



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。

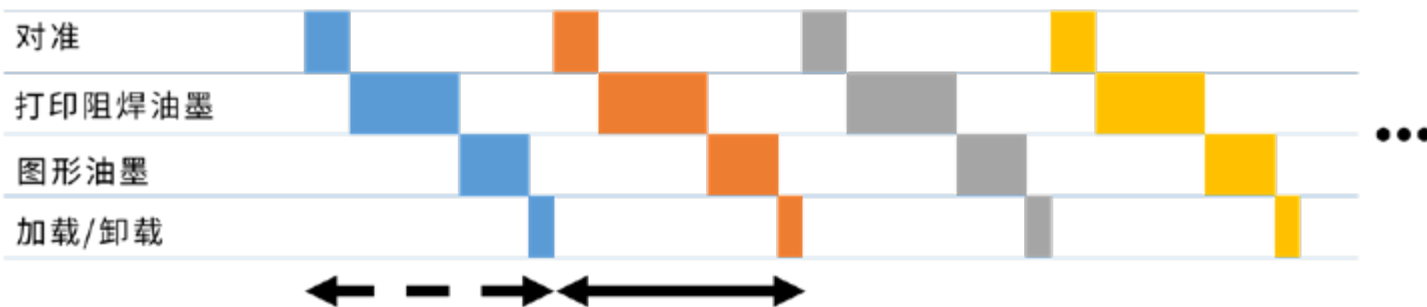
**END
DIE
TILT**

- 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

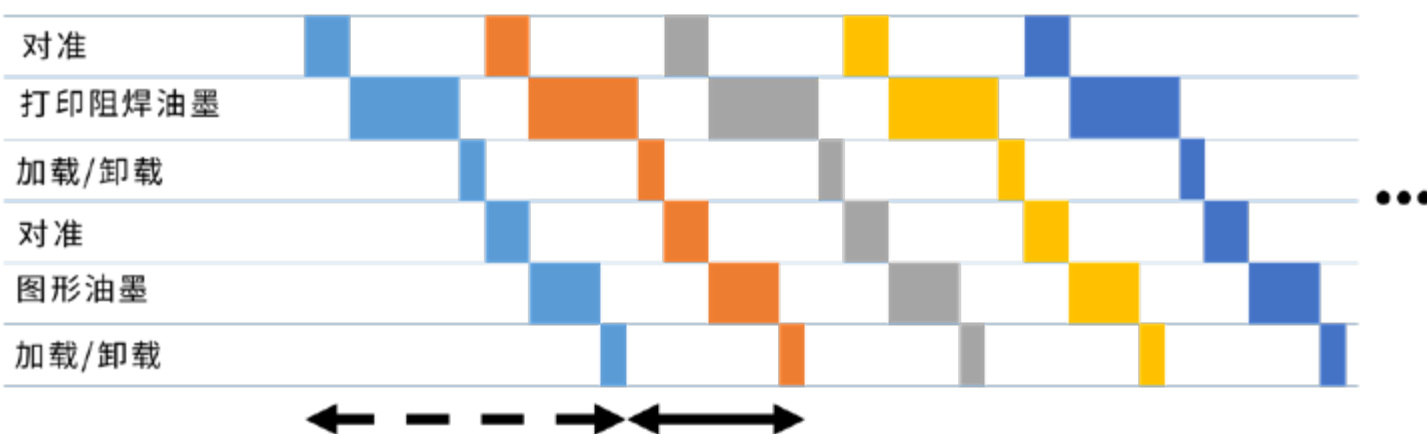


www.btu.com

阻焊油墨和图形油墨在单工具配置中



阻焊油墨和图形油墨在双工具配置中



备注：工艺时间（虚线箭头）和总平均循环时间（实心箭头）

图 1：工艺顺序的简化示例

基板上必须按顺序进行。

图 1 显示的是处理步骤的顺序。分别展示了一种配置，第一种配置是集成阻焊油墨和图形油墨涂覆的单工具，第二种是两个分开的工具，每种工艺用一种工具，可以处理多块载板（使用不同的颜色代表不同的板）。分配给每个工艺的时间符合假设：阻焊油墨打印所需的时间略长于图形油墨打印时间，对准时间相同，加载 / 卸载时间少于处理时间，最后，对于两种配置步骤的用时都是相同的。

图 1 中，对于单工具配置，工艺时间和总平均循环时间（total average cycle time，简称 TACT）在设计上是相等的。同时，双工具

配置会增加工艺时间，但缩短 TACT 时间。

在一个有多种工具的生产车间中，最长的 TACT 决定了整个生产线的吞吐量。因此，生产线的设计对于所有安装的工具都有一个给定的目标吞吐量。这简化了排序优化，因为所有工具都有类似的 TACT。

对于单独工具配置，TACT 和工艺时间相同。只有购买更多设备才能提高吞吐量。相反，对于双工具配置，只需投资其中较慢的一种设备就足够了。后者更方便；双工具配置都比功能齐全的单工具及其更复杂的打印头设置便宜。

同样，重点在于选择更适合 PCB 制造商的投资策略。我在节假日期间写这篇专栏文章，

恰好可以来阅读我收藏的 PCB007 文章，给予他们应有的关注。在我的（数字）收藏夹中是 2021 年 10 月刊的资本支出问题。我想更好地了解该行业的惯常投资方式及其应对立法、PCB 地缘政治及仍在持续的疫情所导致新发展趋势的方式。

其中一篇文章为 Sunny Patel 刚刚向他的公司引入了一种用于阻焊油墨（和图形油墨）的增材制造工具，他的总结总是给人一种全新的感受。此外，它还表明，虽然 TACT 考虑因素可能是合理的，但需求的一个小变化，例如较低的图形保真度，会使单工具解决方案更有发展前景。在与 Peter Bigelow 的访谈中，他为投资决策过程带来了公平，并与读者分享了

他针对 PCB 行业典型投资计划的经验、划分和时间表。两者都证明了“Additive Reality”专栏的有效性。最好的投资是掌握了所有相关信息的投资。因此，今年的专栏文章将继续阐述喷墨打印阻焊油墨的几个技术优势。一些优势将通过事实证明，另一些则是潜在的优势。

我热切地祈盼美好的 2022 年，敬请继续关注“Additive Reality”专栏。PCB007CN



Luca Gautero 任 SUSS MicroTec(荷兰)有限公司产品经理。

返工有中心接地连接的SMT连接器

返工如图 1 所示的连接器非常有挑战，因为它们通常具有密度高且间距小的引脚，以及贯穿部件主体中心的接地连接。这类连接器的通用术语是“中心接地的表面贴装连接器”，这些表面贴装连接器设计用于平行板与板连接、柔性板与刚性板连接及线缆与板连接结构，通常与红外和强制空气对流返工加热方法兼容。具体来说，这种连接器的常见结构是夹层连接器，以堆叠结构连接两块平行的 PCB 板。

对此类元件进行返工时，需要谨记 ESD 2020 静电控制指南，包括但不限于操作人员接地、适当包装，以及与可能产生、保持静电电荷的绝缘体相关的适当隔离区，正确操作组件。

当这样的元件连接到接地面时，必须在拆除过程中向部件传递适当的热量，尤其是连接到大接地面时。在返工系统中适当支撑组件后，在元件引



图 1：板与板连接器
(来源：Molex Corp.)

线上涂布具有适当化学成分的助焊剂。下一步是确保对相邻部件进行遮蔽，以确保所有需要被屏蔽的组件都被热屏蔽。

更多详细的内容，请[点击这里](#)。

叠层的光学对准 / 附连片焊接

by Happy Holden

I-CONNECT007

本期专栏文章将讨论无销钉层压叠层的光学对准，是对 2021 年 12 月专栏文章《[感应层压](#)》的补充。此类设备的实例如图 1 所示。

销钉治具板自 20 世纪 60 年代问世以来一直用于层压。1972 年，为了适应计算机业务的增长，我被分配负责提升多层输出产能，那是我第一次接触多层叠层技术。1973 年 HP-35 计算器订单爆炸性增长，要求我们寻找能够生产 6 层逻辑板的制造商。

1974 年惠普公司从在销钉层压中使用 4 个小孔演变为使用蚀刻后冲孔的 4 槽中心线销钉。在我撰写的《工程师 25 项必备技能》第 3 章 DOE 中，重点介绍了这一转变的对准实验^[1]。

销钉层压

尽管有许多方案可供使用，但最流行的是 4 槽中心线销钉。此处使用带有机械销钉的高精度定位模板进行叠层和对准。内层必须首先准备好相应的对准孔，通常在蚀刻后钻或冲压这些孔。半固化片也必须有用于销钉的孔。这些孔不必精密，孔径比内层孔大 1~2mm。在叠层组 (book) 之间使用不锈钢垫板。对于传统的真空加热液压多层压合设备，各种公差会导致许多内层错位。图 2 展示了



图 1：可提供多层叠层对准和叠层感应粘合的 3 家供应商：a) DIS Technologies；b) Indu-Bond；c) CEDAL (来源：产品手册)

高性能 高性价比 制程控制解决方案

全新的
APOGEE 90
半自动X射线
检测机

VJ Electronix 是
PCB智能 X 射线检测机
计数机和返修系统的
全球领导者

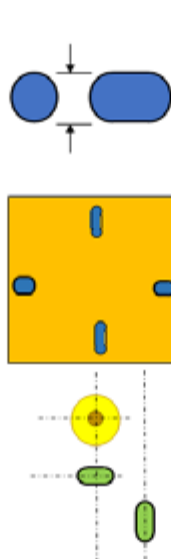


CONFIDENCE DELIVERED

由于内层层压板的厚度，冲孔尺寸变化：
 ± 25 微米

内层槽对槽的位置公差：
 ± 13 微米

图像到内层穿孔槽的位置公差：
 ± 25 微米



衬套在层压板上的位置公差：
 ± 25 微米

槽到衬套中心的位置公差：
 ± 8 微米

层压销尺寸：
 ± 8 微米

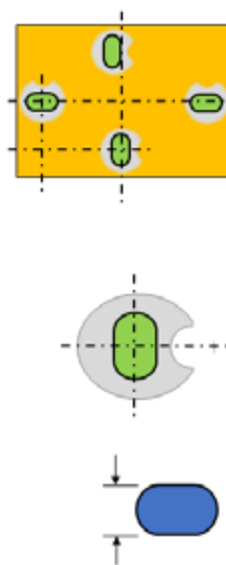


图 2：与销钉定位系统相关的公差

Anthony Faraci 发表的优秀论文中所记录的 6 个公差 [2]。

无销钉堆叠

大约在 1999 年, Faraci 开始研究光学对准, 那时他在多层 PCB 定位研究领域近 15 年了。他需要一种多层固定的方法, 因此研究了铆眼 (铆钉)、热头、超声波和感应。经过数月的开发, 他决定采用感应技术, 并提出了将内层“焊接”而不是使用普通铆钉或销钉的方案。该研究已经发展到可以将焊接点定位到 I/L 芯上的内部点上, 可用于内层焊接的无销钉系统也可应用于传统销钉叠层。

操作流程

使用光学对准的过程类似于手动叠层, 只是更准确、更快, 必须通过检查确保材料顺序和朝向。流程如下:

1. 将下层压钢板放置在叠层台上, 并像通常一样开始叠层, 直到放置第一块分隔板。
2. 将第一块分隔板放置到位后, 放置未定位的铜箔 (该箔将在 n 层外)。
3. 接下来放置未定位的半固化片 (为 $n-2$ 层和 $n-1$ 层之间的所有半固化片)。
4. 沿两条垂直激光叠层线放置半固化片 (图 3)。
5. 将材料放置到第 1 层 (芯) 和第 2 层, 然后启动焊接头。
6. 将焊接好的叠层沿两条垂直的激光线放置。焊接好的叠层由第 2 层到第 $n-1$ 层组成, 所有相关的半固化片都焊接定位于所有层之间。
7. 放置未定位的半固化片 (为第 1 层和第 2 层之间的所有半固化片)。
8. 放置未定位的铜箔 (此箔为第 1 层)。
9. 放置下一个分隔板, 对整个叠层重复该过程。

2022亚洲电子生产设备 暨微电子工业展览会

2022.10.12-14 | 深圳国际会展中心(宝安新馆)



主办单位



CCPIT Electronics & Information Industry
Sub-council
中国国际贸易促进委员会电子信息行业分会



励展博览集团
同励百业·共展商机

同期展会



**AUTOMOTIVE
WORLD CHINA**
新动力 新智能 新趋势
New Energy New Intelligence New Trends



深圳电子元器件及物料采购展览会
Electronics Sourcing Show



微信扫一扫
关注NEPCON电子展服务号

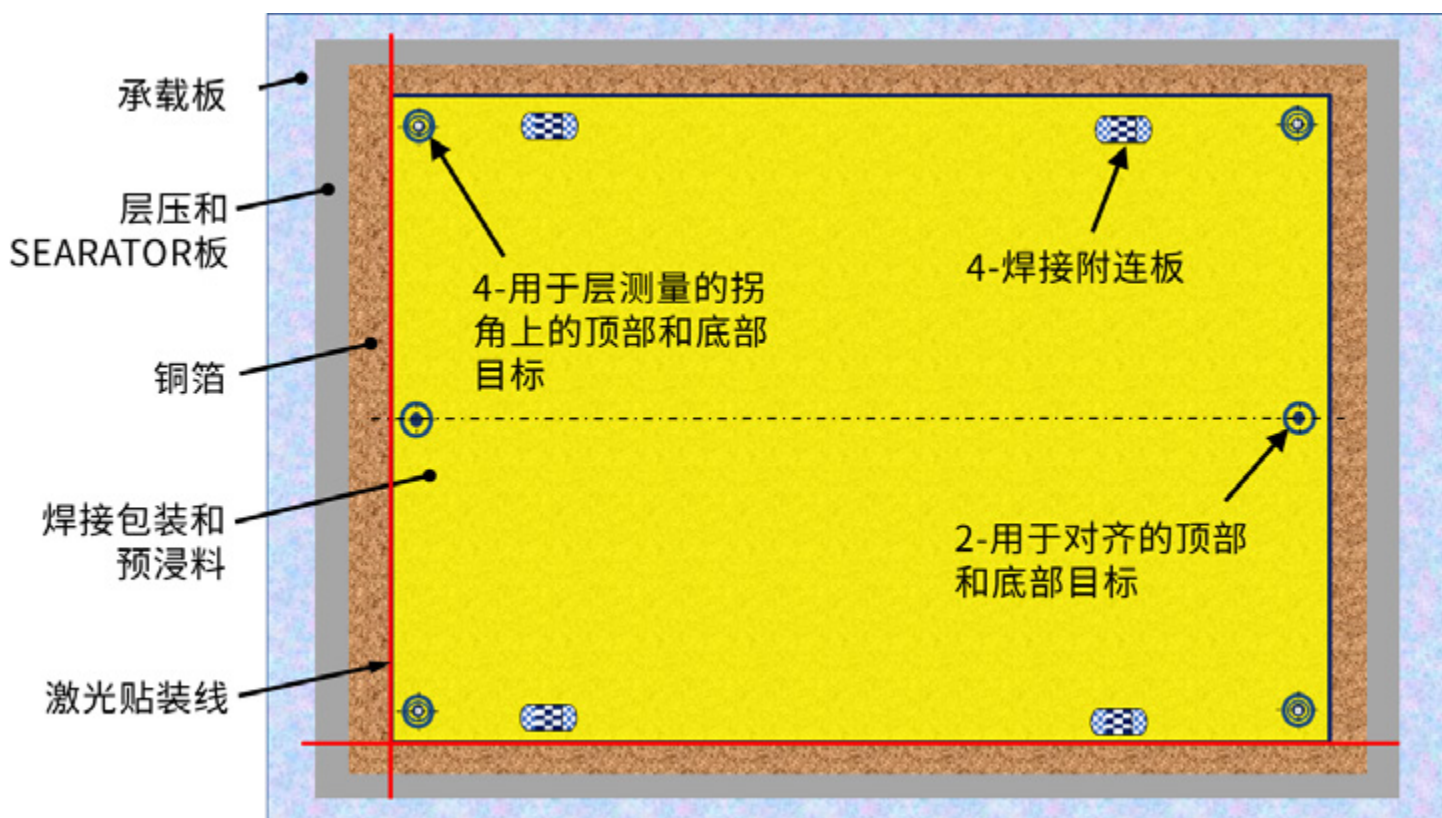


图 3：通过焊接面板、箔和激光线为导向的叠层板

内层必须首先在顶部和底部准备相应的基准目标，以进行光学对准（图 3）。半固化片不需要任何孔 / 冲孔。内层必须在顶部和底部两侧的保留区域有蚀刻的焊接附连片（图 3），可以放置在层压板边缘或图像区域内的任何位置。使用蚀刻在层中的基准目标通过 CCD 摄像机的图像处理进行对准是关键的对准步骤。由于在层压工艺中消除了销钉、衬套和定位分隔板，因此该工艺降低了制造和维护成本。

目前，销钉层压技术可保证约 75 μm 的层间对准，而光学对准测量每一层以获得前后图像对准以及每个芯材的几何形状，并可以将内层对准的公差控制在 $\pm 15\mu\text{m}$ （使用直接数字成像）。这是可能的，因为可以单独检测每

个芯材，如超出公差规范，可因质量控制拒收。这种新一代感应粘合设备能够在多层叠层任一位置放置多个粘合点，以实现最佳对准。

这些粘合点如 PCB 周围的多个定位销钉，类似虚拟销钉以帮助约束比例。在 CAD 设计中，粘合点可以放置于任何位置，机器能够读取和解码 CAD 文件，并自动确定面板每个粘合位置的坐标。

4 个粘合头在 X 轴和 Y 轴上独立移动，允许每个粘合头移动到任何位置，可快速处理需要多个粘合位置以实现最佳对准和多层处理的复杂面板。由于铜芯材薄至 25~50 μm ，分层压很常见，焊接工艺可以适应这些变化。可以在卸载工作台自动卸载对准和粘合的多层板，

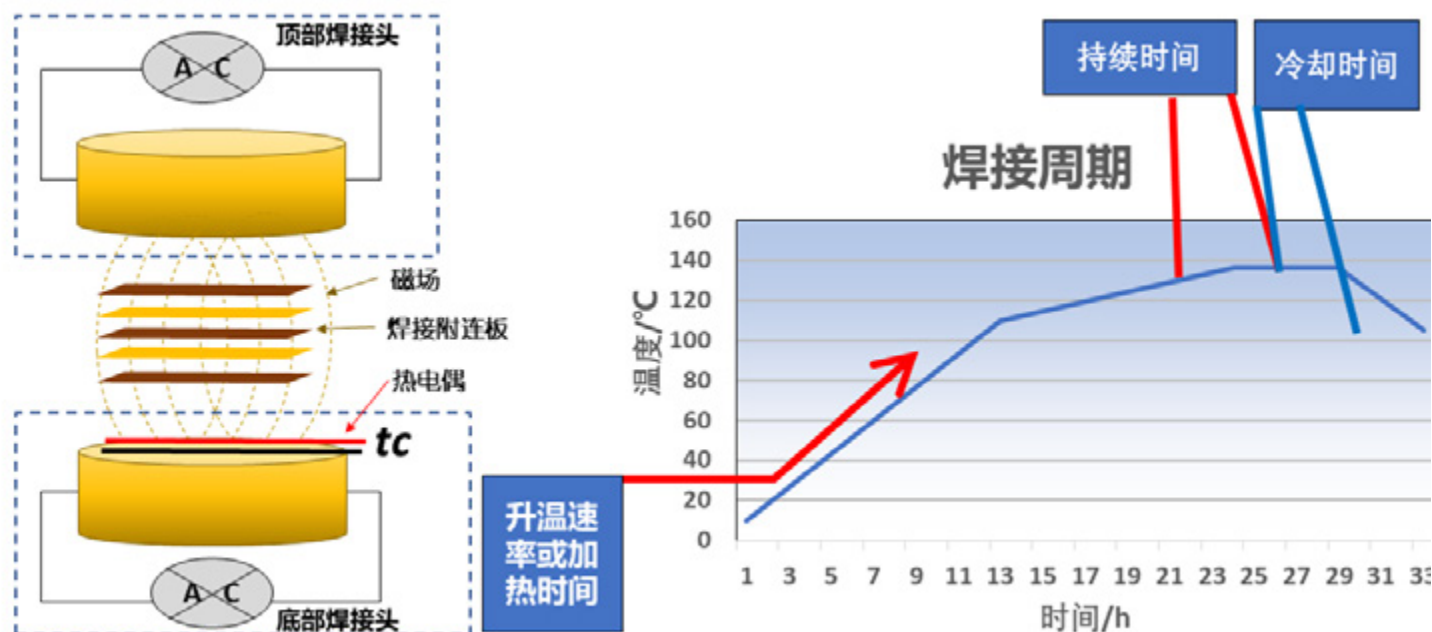


图 4：感应焊接工艺（耦合感应焊接头）和焊接附连片的温度曲线^[2]（来源：DIS Technologies）

此功能为可选项，此外还可以在每个面板之间自动插入塑料保护板。焊接附连板粘合工艺如图 4 所示。焊接后的叠层可以承受热压合周期的膨胀和收缩，在多层叠层中提供所有层的

最佳线性运动，减少导致翘曲和变形的内部应力。

可以对焊接的叠层进行 X 射线检查，以在层压前后进行补偿调整。

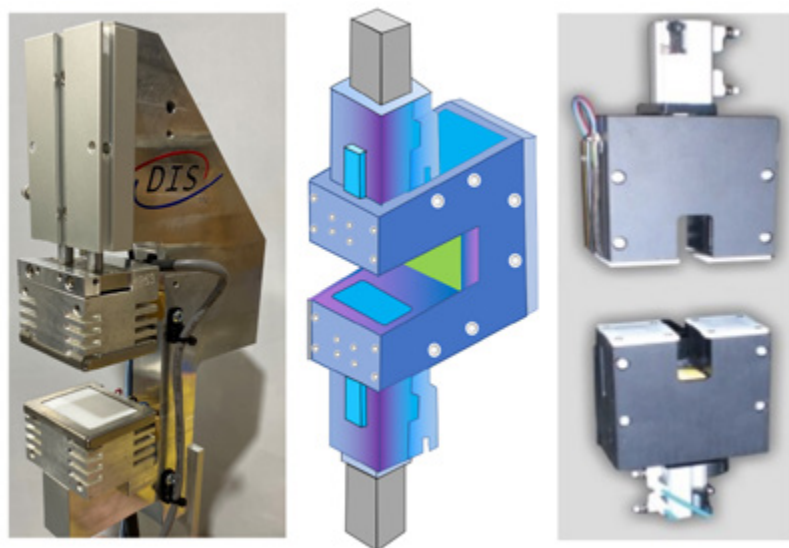


图 5：各种感应焊接头
（来源：DIS、InduBond 和 CEDAL 产品手册）

技术要求

这一富有想象力工艺的关键构成是感应焊接头。图 5 显示了此类感应加热系统的 3 种不同设计。随着材料和结构的变化，改变附连板上的能量和压力的能力很重要。随着刚性、挠性和刚挠结合多层变得更加复杂，这些焊接头也可能发生变化。

焊接附连片

内层芯材周围的焊接附连片取代了旧的冲孔或钻孔。附连片有多种，但通

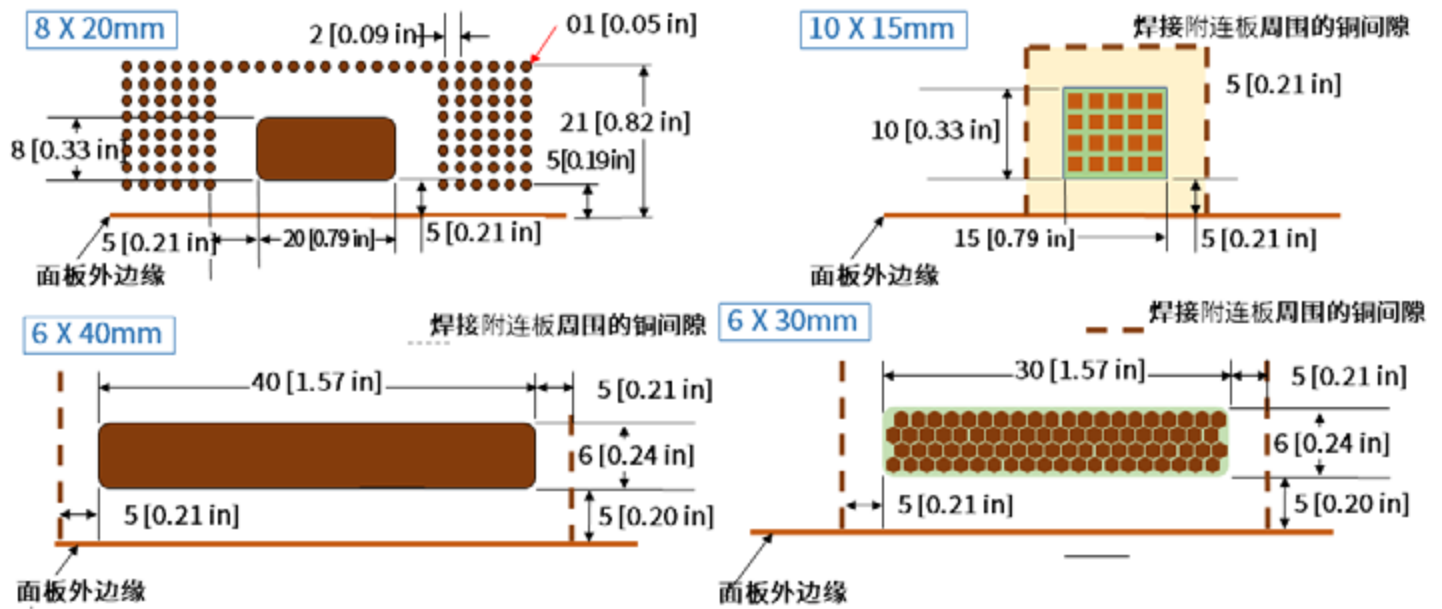


图 6：各种焊接附连片（来源：DIS、InduBond 和 CEDAL 产品手册）

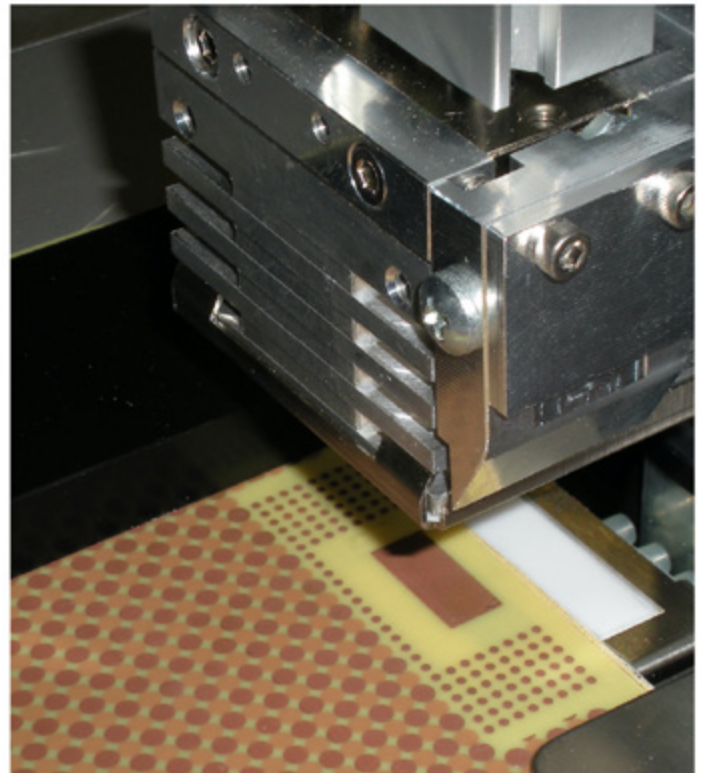
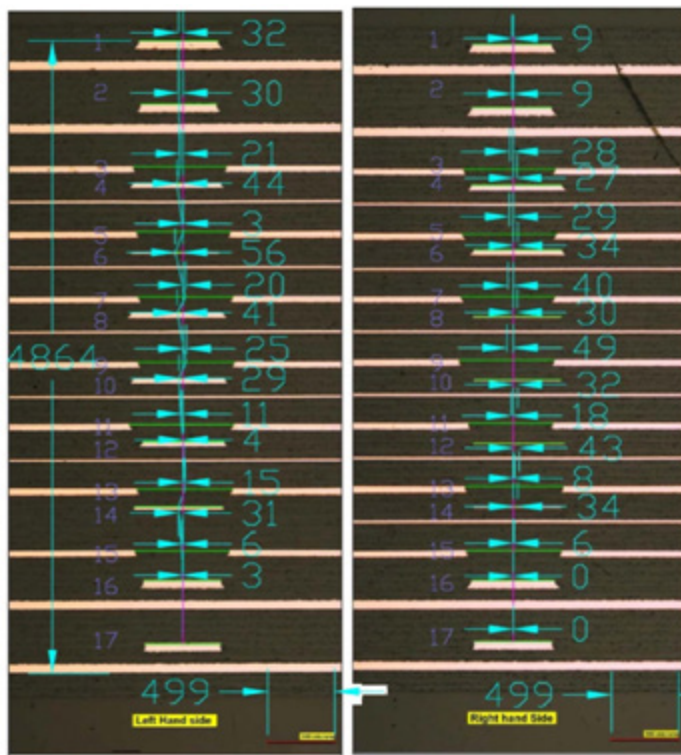


图 7：左图：具有不同铜重、芯材厚度和分层压的复杂 32 层多层 PCB 剖面；
右图：粘合头和内层芯焊附连片特写 [2]。

常为宽度 6~10 mm、长度 15~40 mm 的铜和
建议的铜间隙。如图 6 所示，所有附连片都有
实心铜压花。

每家设备供应商都有多年来积累的更具体
的供应系统详细信息。

结论

复杂的 32 层板 (见图 7)，可将所有芯材
焊接在一起的光学对准工艺，改善了多层层压
的对准。再加之叠层和清理销钉板周围环氧树
脂节省的时间，无销钉层压可以极大地提高产
量和提升质量。自 2000 年以来已售出 250 多
套系统足以证明这一点。光学和销钉对准系统
及其感应芯材焊接已应用于挠性和刚挠结合叠
层。无销钉系统具有以下优点：

- 提高层与层对准精度
- 提高工艺的可预测性和对准数据
- 可表征层压压合工艺的能力
- 能够精确、一致地对准薄芯材
- 可灵活利用层压钢板
- 钢板不需要定位孔；同一钢板可用于多种
面板尺寸，因此只需要更少的层压钢板
- 分隔板也不需要定位孔；同一分隔板能
够用于多种面板尺
寸，因此需要更少
的分隔板
- 没有树脂填充定位
孔，更容易清洁钢
板
- 铜箔与定位销钉之
间避免冲孔，防止
销钉上放置叠层时
损坏铜箔
- 半固化片与定位销

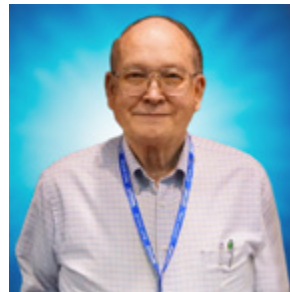
钉之间避免冲孔，可最大限度地减少半固
化片的粉尘污染

- 不受销钉限制，面板尺寸可更加灵活
- 无需使用层压销钉和衬套，从而消除了消
耗品
- 不需要拆除销钉 PCB007CN

参考内容

1.24 Essential Skills for Engineers, by
Happy Holden.

2. “Optical layer-to-layer Alignment,”
by Anthony Faraci, The PCB Magazine, June
2012, pp.40-47.



Happy Holden

自 1970 年 以来,Happy
Holden 先后在 惠 普、
NanYa/Westwood、Men-
tor Graphics、Merix、富
士康和 Gentex 从事 PCB

技术工作。目前任 I-Connect007 的特约技术
编辑和 I-Connect007 的专栏作家。如需阅读
往期专栏或联系 Holden，可[点击此处](#)。



KIC 为应对工业 4.0 开创引入波峰焊监测技术

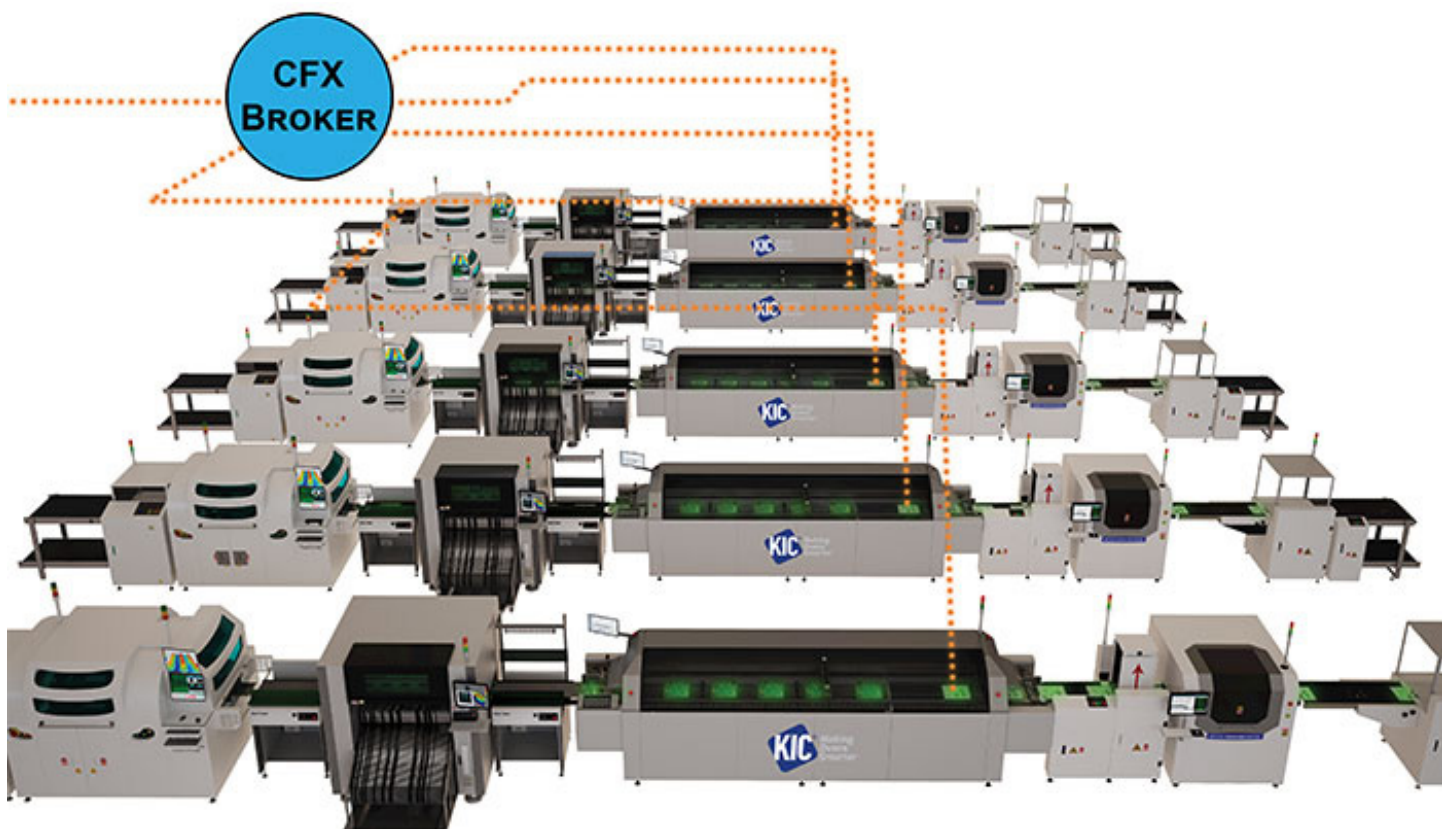
by Andy Shaughnessy
I-CONNECT007

Andy Shaughnessy : Miles, 很高兴在达拉斯见到你。展会进展顺利吗?

今年早些时候的 SMTA Dallas Expo 展会期间, Andy Shaughnessy 采访了 KIC 公司 Miles Moreau。Miles Moreau 介绍了 KIC 的最新产品, 其中引入波峰焊工艺检测技术。Miles 还阐述了 KIC 早期对自动化实时工艺监控的关注, 以及如何成为智能工厂实施领域的领导者。

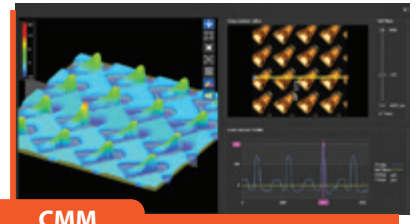
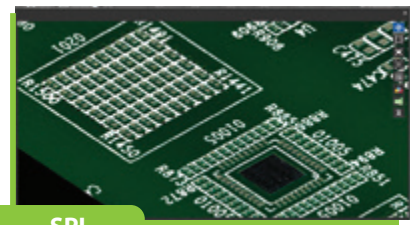
Miles Moreau : 展会进行得很顺利。很高兴再次参加 SMTA 线下展会。我们在去年秋季已参加了两场展会, 大家都很高兴走出去与客户进行线下交流。

Shaughnessy : KIC 一直在研究新工艺, 可以和我们分享贵公司近期的研究嘛?



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。



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

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



Miles Moreau

Moreau : KIC 一直都在研究监控系统。过去 40 年，它一直是我们的核心技术。去年我们引入波峰工艺检测 (wave process inspection, 简称 WPI) 作为最新、最先进的下一代系统。该系统不仅监测波的预热或温度，还包括整个工艺过程中的温度曲线数据，如通过波的数据、波上的峰值温度数据，以及生产过程中的预热数据。我们在行业内首创，可在波峰焊接工艺中测量每块生产板在波上的停留时间。

这是过去一年 KIC 的重大技术进展，弥补了现有技术的空白——检测加热工艺的组成部分，可以使用 SPI 监控焊膏印刷过程。通常，检测由贴装后 AOI 和生产线末端 AOI 监控，回流焊和波峰焊中缺少检测环节。通过 KIC

RPI 系统，进行偶尔的直通曲线处理，就可在产品离开生产线前填补整个检测过程最后的空白。

Shaughnessy : 真的很有趣。系统必须编写可以执行此操作的软件。

Moreau : 是的。从 KIC 成立开始，公司就有基于传感器技术的分析和人工智能能力；同时还有其他可用的系统可以进行某种类型的监控；通过烘炉内的传感器建立嵌入式系统，可精确跟踪产品，了解产品通过的速度和沿 PCB 通道的温度。公司凭借 40 年丰富经验和数据，与客户一起在现场开展工作，能够开发出非常精确的算法和模型。我们的软件功能强大，能够精确地显示每一次生产的温度曲线。

Shaughnessy : 在批量型工厂，也可以自动感知生产所用的焊接设备类型并弄清楚产品的焊接概况吗？

Moreau : 对。因为软件中使用了特有的指标——工艺窗口指数 (process window index, 简称 PWI)，可给出温度曲线的指示，表明在工艺中的适合程度。因此，如果产品是在美国开发，建立工艺后，可将其移交给东欧、墨西哥或亚洲地区的生产工厂。有了 KIC 系统集成在其中，回流焊的技术转移变得非常简单，无论制造商采用何种焊接设备，都可以对产品进行对比，并且可以轻松转移技术和工艺。

Shaughnessy : 他们可以在需要时以喜欢的格式访问数据。

Moreau：可以将数据与其他检查数据进行对比，然后按日期记录。例如，在工业 4.0 中不仅要管理工艺质量，还要拥有可以关联该数据并对其采取措施的智能系统。如果电子制造商从生产线末端 AOI 或功能测试中发现特定缺陷，此时不仅需要一台接一台地检查设备，还需要收集数据来发现问题。而 RPI 和 WPI 系统几乎可以实时进行对比，看其是否与回流或印刷有关，还是两者都有关。缺失加热工艺的整套数据中的任意环节，那么将无法实现这一目标。这就是回流焊工艺检测中实时监控的重要之处。

Shaughnessy：这就像是缺失的一环。

Moreau：是的，没错。

Shaughnessy：这很适合 CFX、Hermes 和所有其他格式？

Moreau：智能工厂概念及落实在八九年前就开始了。KIC 是 IPC-CFX 标准委员会的创始成员，也是最初开发 Hermes 标准的 17 家企业之一。现在行业有了以工业 4.0 为核心的标准，拥有可通用的数据，所有的设备和工艺都以相同的方式工作，有如“即插即用”的智能工厂系统。利用系统使工厂自动化运作，并可进行自我改进。KIC 是唯一一家在 IPC CFX 合格产品列表 (QPL) 上专注于加热工艺检测的公司，且符合 Hermes 标准。

Shaughnessy：对。这太酷了。

Moreau：以前很长一段时间里，我们对客户

进行培训，使其了解如何通过运行温度曲线查看 PCB 的温度。但为什么需要实时监控工艺？为什么需要了解每块 PCB 的详细情况？这正是过去 20 年中，我们一直在向客户展示并证明的——通过自动化提高质量，可降低成本——KIC 可以提供的价值。随着智能工厂的出现，KIC 解决方案是完美的契合点，客户也看到了这一点。

Shaughnessy：你们已经实现了这一目标，对吗？

Moreau：也许我们超越了时代。参与开发这些标准的结果很理想，我们的系统是智能工厂解决方案的关键。

Shaughnessy：身处工业 4.0 时代，每家工厂都说想要发展；但当和他们交流改变带来的痛苦时，会意识到他们并不想改变。但你们已完成了改变，且在过程中发挥出企业的优势。

Moreau：这很令人兴奋。我们正在研究更新的技术，了解如何能够将其更好地集成到制造过程中，这样即使在 NPI 级别，必须一天更换四五次品种的多品种小批量工厂，也有相应的工具。客户可能需要每周或每几周设置 10 个组件。如何准备好应对这类工艺？

我们研究如何实现自动化，如何为客户提供另一种解决方案。我们专注于设备维护，拥有这项强大的核心技术来监控和改进工艺，涉及加热工艺的所有领域。在研究面向制造设计到成品 PCB 时，会关注“其中涉及的加热工艺位于何处，KIC 如何在那里提供解决方案”。我们尝试将整个解决方案生态系统连接起来，

以便了解客户的需求并提供价值。

产品需要满足可追溯性要求。

Shaughnessy：你还有什么想分享的内容吗？

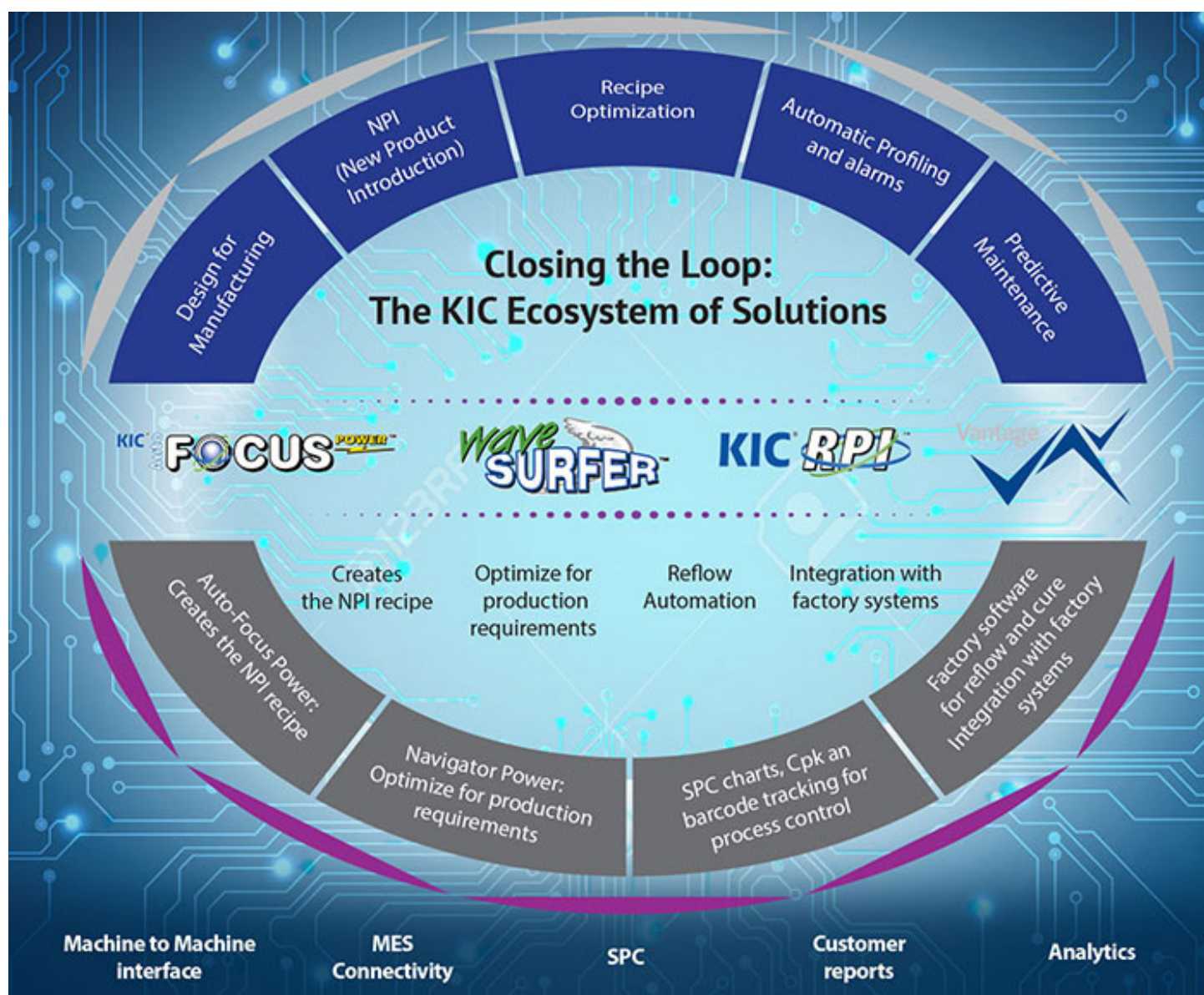
Shaughnessy：谢谢你, Miles。很高兴再次见到你。

Moreau：今天有很多客户参观了我们的展位，与客户的沟通涉及两个领域。一些客户在寻找自动化。他们运行温度曲线并发现这是一种更好的方式，可以实现自动化，只需要每隔几个月运行一次该曲线。

Moreau：谢谢你。PCB007CN

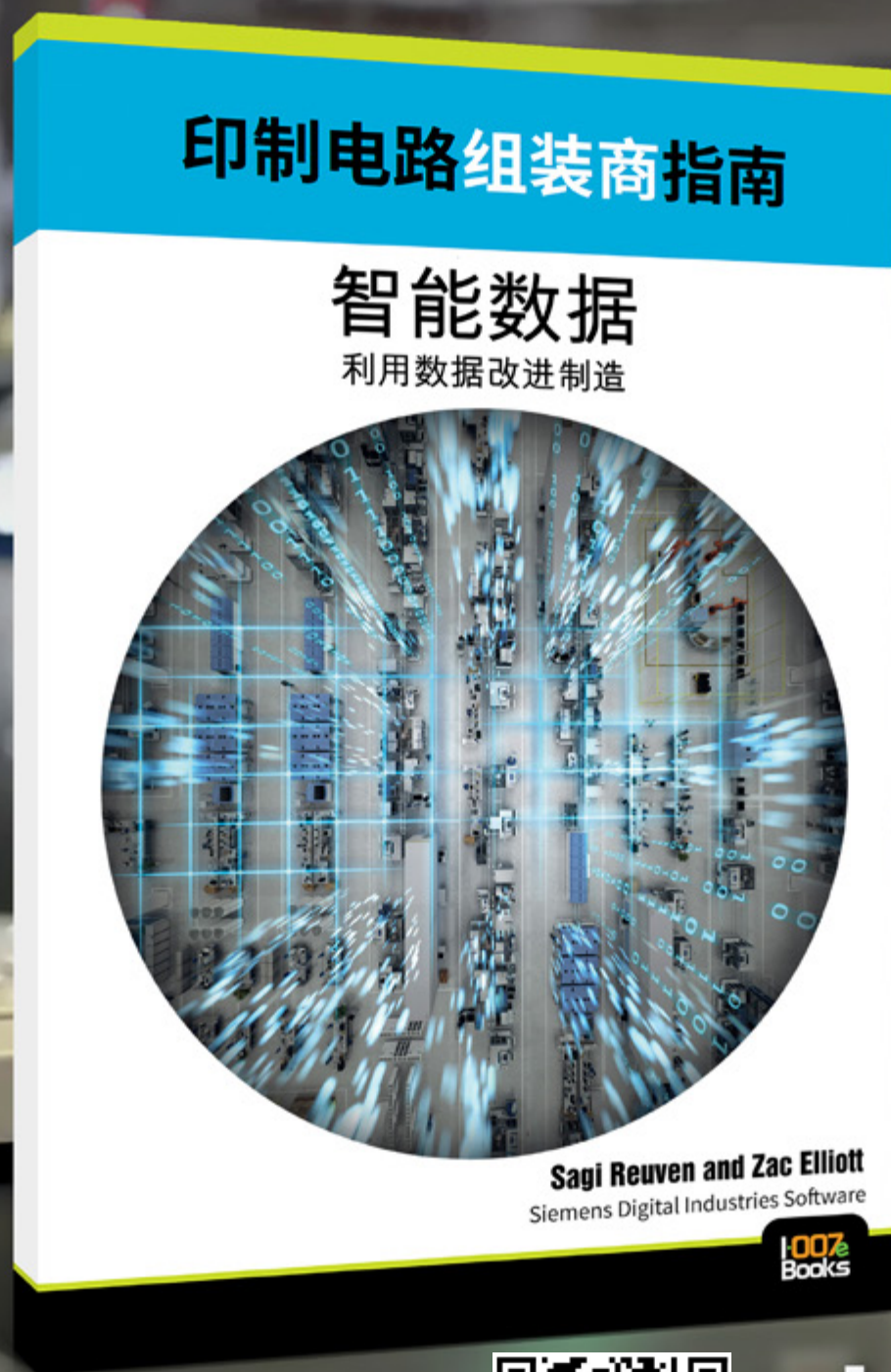
也有汽车等高可靠性产品领域的客户，其

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY



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

供应链弹性，第 1 部分：供应链问题

by Stephen V. Chavez

SIEMENS EDA

本文将探讨供应链弹性主题，由两部分组成。本篇为第 1 部分，首先介绍目前供应链中断及其影响。两年多来，供应链问题一直占据新闻头条，全球疫情加剧了供应链在全球范围内的脆弱性。其实这种脆弱性早在疫情暴发之前就已经存在，并悄悄增长，却一直被忽视。现在该问题突显出来，成为令人担忧的头等大事。从生活超市和百货商店到汽车经销商，空空如也的货架和停车场都是供应出现问题后的影响。

特别是在电子行业，解决供应链问题迫在眉睫。各企业都在寻找前进的方法，想尽快将产品推向市场。但是，受全球电子产品价值链的影响，运营成本比以往任何时候都要高，而

且还在不断增加。全球电子价值链正面临快速变化的市场驱动，而疫情和全球芯片短缺在不断加强这种驱动力。

快速变化的市场驱动力同时碰撞，在电子行业掀起了一场完美风暴。可悲的是，目前尚无立即结束的迹象，在不久的将来也不会暂时缓解。尤其是俄乌冲突引发的全球经济动荡，可能会导致情况变得更糟。

观察现今企业的运营模式，会发现有如蜘蛛网般的非正式流程网络，使企业内部、跨职能部门间、不同系统间和零散的跨职能决策流程增加了更多的挑战。根据我最近 12 年来在一家领先的军用 / 航空公司担任 PCB 设计首席工程师的经验，我可以证明这种复杂的通信网络，对那些需要管理遍布全球营业点的集团化企业来说，存在巨大挑战。

最近的两项调查^[1]表明：81% 的受访者



图 1：当今快速变化的市场驱动力



免费
试用



通过有组织的工艺流程管理进行换线

数字双胞胎 缩短NPI时间

当前，为完整订单采购组件是一项挑战，甚至是不可能的。为了防止机器闲置并适应部分批次，制造商需要进行比以往更多的换线操作。数字双胞胎技术是管理频繁NPI的首选，其是满足多品种、小批量生产工程需求的关键。

www.siemens.com/ProcessPreparation

SIEMENS

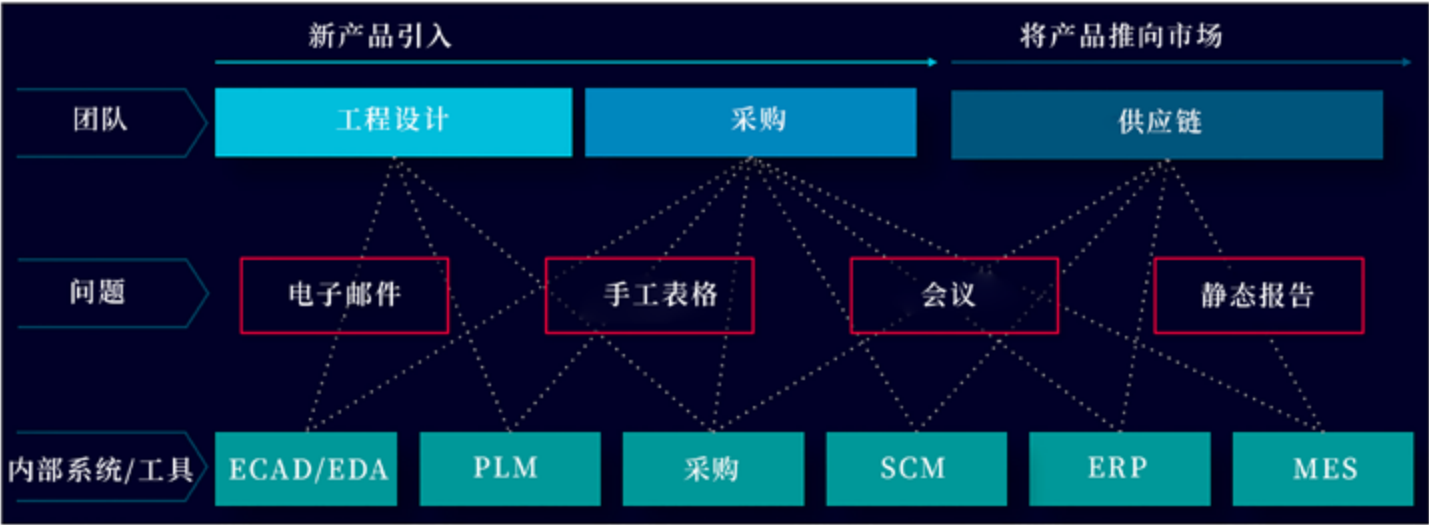


图 2：企业内部、跨职能部门间、不同系统间和分散的跨职能决策的挑战

表示，商品供应迫使他们采购高成本的现货；而 91% 的受访者表示，采购问题导致了产品发布的延迟。在同一项调查中,79% 的受访者表示协作问题导致新产品导入延迟，而 63% 的受访者表示 BOM 迭代次数显着增加。最近，高盛预测计算机芯片将平均短缺 20%，且持续贯穿 2022 年。

当我们更深入地研究与当今设计和采购过

程相关的具体问题时，很明显供应链弹性并不是这些过程所固有的。工程和采购交接是高度线性的，并没有考虑到弹性，因此许多设计团队极易受到供应链波动的影响。设计正在经历多次循环的 BOM 审查和备选替代部件分析，导致重新设计方案和 / 或计划的直接延期。

在近期参与的一个项目中，似乎每天的项目会议上，总会有一些关于供应链的新问题需



图 3：中断的数字线程阻碍了电子产品价值链中的跨职能合作



图 4：一般设计和采购过程的流程图

要解决。缺少可采购到的元件是否意味着电子工程设计必须停止当前的工作，返回并人工研究主库中不存在的潜在替代部件，提交新的库部件请求，创建新电路，设计电路新增部分，或者是否迫使 PCB 布局设计师重新设计，这

样的迭代和延迟会影响整个设计团队。设计团队对这些供应链问题非常苦恼，并导致增加了约 12 个布局过程循环。在我 30 年的经验中，从未见过如此严重的供应链问题，这是非常残酷的。

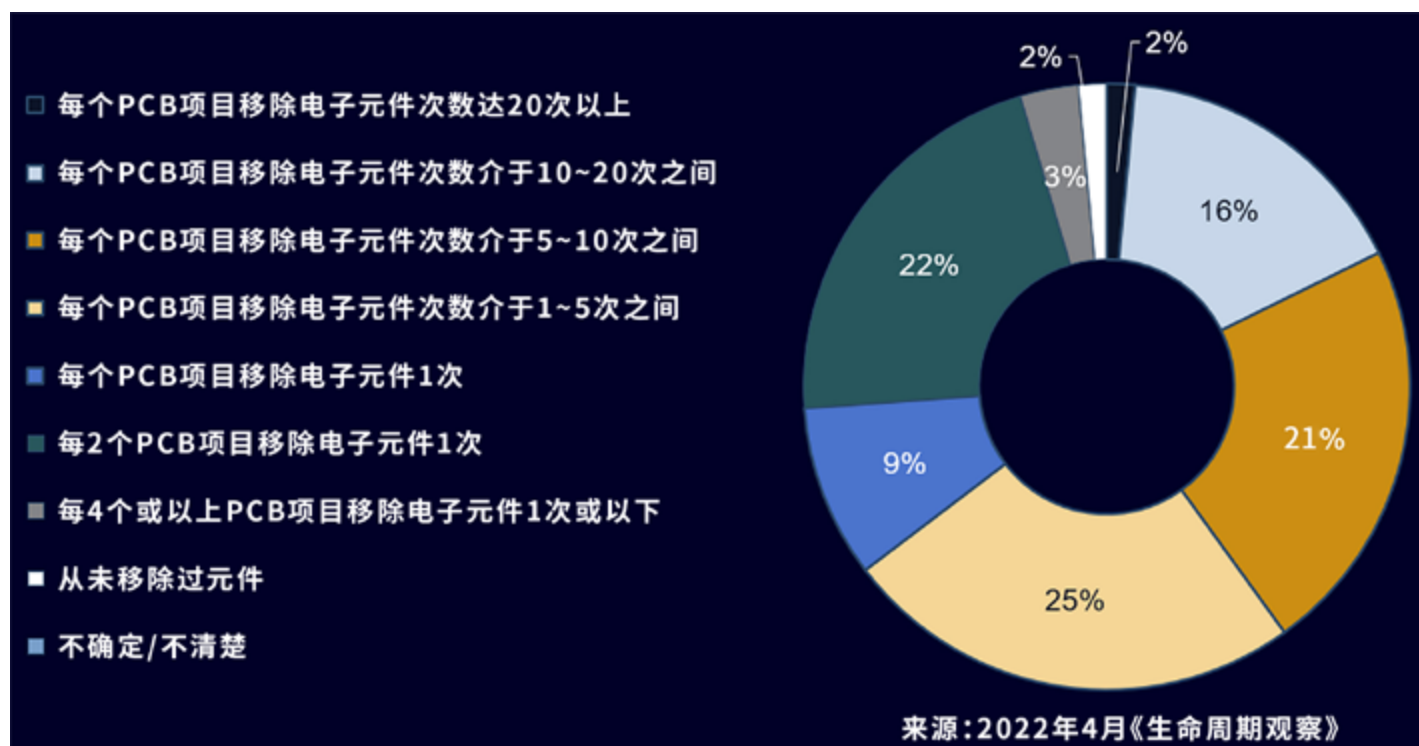


图 5：由于可获取性、生命周期或合规性，工程师必须从 PCB 设计中移除电子元件的平均次数

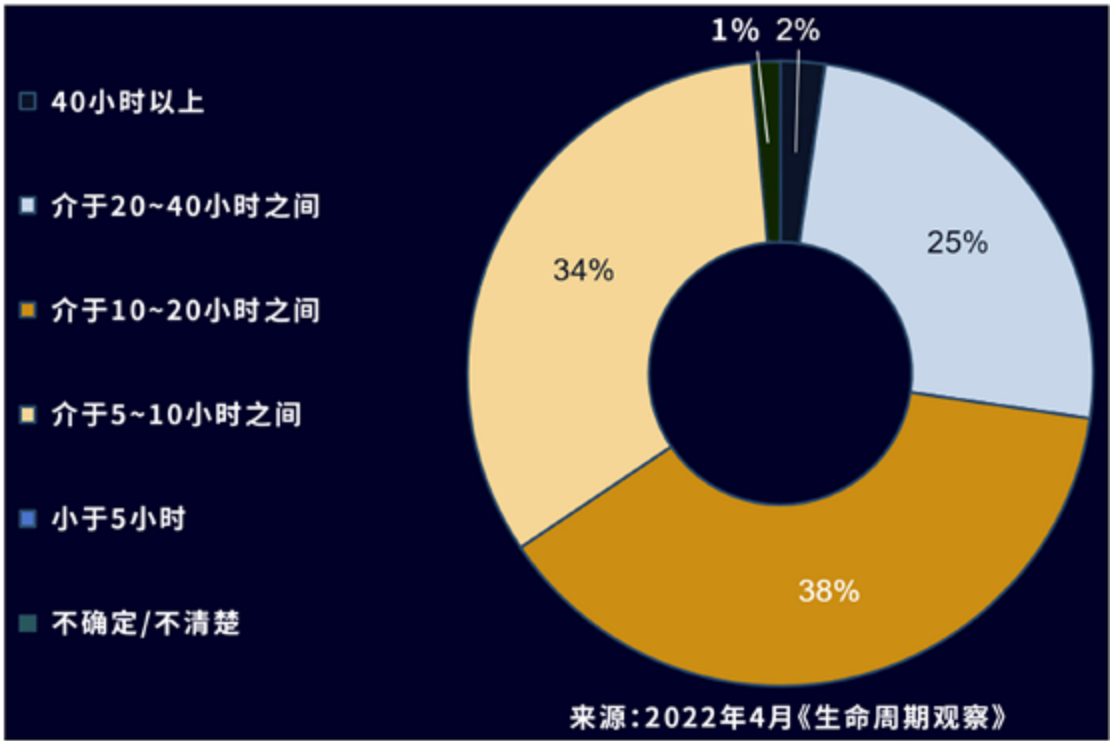


图 6：由于可获取性、生命周期或合规性，更换 PCB 电子元件后更新设计所需的平均时间

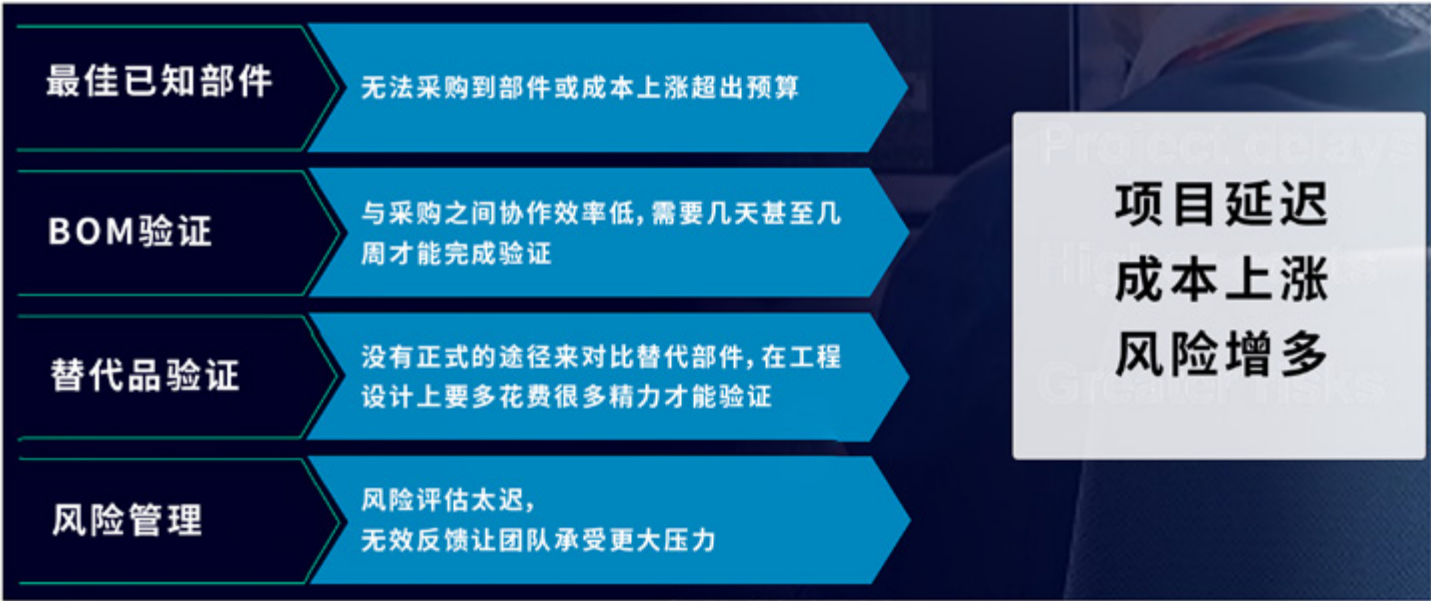


图 7：供应链中断影响工程项目的 4 个主要领域

《生命周期观察》于 2022 年 4 月发布的调查表明供应链中断对这些线性流程的影响是显著的，并且可能不利于公司的整体成功。无论是由于工程师更换元件的平均时间增加，还是更换电子元件后更新 PCB 设计所需的额外

时间增加，可获取性、生命周期和合规性问题都会继续导致更长的周期和预算超支。行业调查和传闻证据中的指标说明了一切。

目前状况下，运营与供应链中的采购混乱共存，工程团队越来越难取得成功。从工程团

队的角度出发，供应链中断影响了其项目的 4 个关键领域，最终结果是项目延迟、高成本和更大的风险。这 4 个关键领域是最佳已知部件、BOM 验证、替代品验证和风险管理。

因疫情而放大的其他因素导致供应链的不稳定性进一步加剧：假冒部件的增多影响了对元件供应链的信任，全球化导致不同的地缘政治利益，所有行业都出现人工短缺，以及对面向环境可持续性设计的需求不断增加。

电子系统公司要成功地将产品推向市场，依赖生态系统其他成员。其中包括元件供应商、产品工程师和产品制造商。事实是，在疫情之前，尽管我们理解整合这一生态系统的价值，但最近的事件清晰地表明了供应的脆弱性，以及跨越导致创新缺失、预算突破及上市时间延误鸿沟的迫切需要。

鉴于持续存在阻碍创新及产品开发实施的鸿沟，我们认为电子产品价值链进行数字化转型的时机已经成熟。如果此次疫情的不确定性证明了企业可利用数字化转型向前发展并取得优异成绩，那么这就是力证，证明了可能的运营模式，以及如何快速采用新的运营模式。

面对这些“问题”，公司和你能做些什么呢？本文的第二部分将分享一些对供应链弹性至关重要且有发展前景的解决方案。这种三阶段方法将供应链弹性转移到设计环节，使公司不仅能够优化其系统设计流程，还可以优化与全球电子价值链中利益相关者的各个环节。通过将此价值链与工程师的日常工作结合起来，使他們有能力在今天实现未来的设计，系统设计公司将看到更高水平的数字化转型和更强的盈利能力。PCB007CN

参考内容

1.The Dimensional Research, 2020 State of Electronics Sourcing Decision-Makers Survey; and Lifecycle Insights, 2021 NPI and Sourcing study.

2.Lifecycle Insights, April 2022.



Stephen Chavez 任 Siemens EDA 高级产品市场营销经理。如需阅读往期专栏或联系 Chavez，可[点击此处](#)。

Siemens Digital Industries Software 公司出版的其他资料：

[《印制电路设计师指南——堆叠：设计内的设计》](#)，作者：Bill Hargin

[《印制电路组装商指南——智能数据：利用数据改进制造》](#)

[《印制电路组装商指南——数字时代先进制造》](#)

[《印制电路设计师指南——电源完整性案例》](#)，作者：Fadi Deek

西门子按需选择网络研讨会系列第 12 部分 [《实施从设计到制造的数字孪生最佳实践》](#)

展会现场实时报道——[《西门子和 Compu-trol：实现电子制造卓越运营》](#)

[点击此处](#) 浏览 I-007e 电子书库中的其他书。



清洁能源与关键矿物质： 二分法中的分歧

by Noelle Lovern

长期以来，环保组织与采矿业之间一直存在着分歧。环保组织推动清洁能源和“净零碳”倡议，美国采矿业在烦琐的许可程序和无情的诉讼下被压得越来越喘不上气，阻碍了关键矿物质的勘探、建设和清洁生产。

供应链问题 ——美国地质勘探局

2018 年，美国政府表示将通过研究开采矿物质的可用性和供应，建立关键矿物质清

单，优先解决迫在眉睫的供应链问题。美国地质勘探局（U.S. Geological Society，简称 USGS）公布的这份清单最初包括被认为在基础设施、国家安全、可再生能源开发和经济方面发挥重要作用的 35 种矿物质。2022 年更新清单，发现美国的 31 种关键矿物质中至少有 50% 是从国外进口的，这一问题可以说是对美国经济和国防的最大威胁之一。

解决供应链问题的紧迫性因 2019 疫情相关的中断以及俄乌冲突引发的相关制裁而加剧。当前的供应链威胁促使 USGS 在 2022 年关键矿物质清单中增加 15 种商品。为了进一

KYZEN

持续改善 不虚其名

创新，源自于
科技与关注的高效整合

KYZEN
Where Science and Care Converge.

微信



MICRONOX® MX2120 功率模块半水基清洗剂

欲了解更多信息，浏览 KYZENCLEANS.COM

KYZEN一词意味着创新和持续改善，我们全天候致力于研究，创建和改进行业最先进的清洗解决方案和工艺。

KYZEN.COM

享誉全球的环保清洗技术

步解决这一问题，拜登政府于 2022 年 2 月发布了第 14017 号行政令，以确保关键供应链的安全。

几乎每项技术和产品都需要开采原材料。人们常说：“如果不种植，就必须挖掘。”现在比以往任何时候都更需要开采原材料。清洁能源倡议得到了越来越多战略和关键矿物质技术的支持。

协调供需关系

预计到 2050 年，低碳技术将使关键矿物质的需求增加 1000%。从电动汽车（EV）到太阳能光伏（PV）产业，每项清洁技术都需要战略矿物质用于生产和分销，但最主要的是储存（电池）。电池早在 19 世纪末就已经存在，目前有许多先进的配方，如最流行的现代储能产品锂离子电池（Lithium-Ion Batteries，简称 LIB）。这些是常用于小规模应用的高容量长寿命电池。经过适当的修改，最有可能为大规模应用提供动力。

对储能至关重要的矿物质

EV 电池的储电量从 70kWh 到 200kWh 不等。切记，一个 70kWh 的电动汽车电池需要 30 磅电池级质量的镍、10 磅钴和 140 磅锂。电池技术的开发、测试和生产需要大量这 3 种矿物质，其中的两种，美国既不生产也不拥有国家供应或储备。

关键的生产转移

虽然美国的战略矿产产量在排行榜上排名较低，但包括加拿大和澳大利亚在内的国家正在生产和出口 7 种最重要的矿物质（钴、镓、铍、石墨、碲、锂、铂元素），这两个国家都

保持着同样严格的环境许可法。澳大利亚和加拿大在国内供应战略矿物质的重要性与严密的监管结构以及受监管的法定两年期环境许可程序之间取得了平衡。

虽然这些国家的监管超越了美国，但美国扩大了与澳大利亚和加拿大的合作伙伴关系，如《关键矿产测绘倡议》，试图支持和维持三国之间关键矿物质的多元化供应。

尽管三国有着良好的关系，但由于批准或拒绝批准提出项目所需的前期时间过长，矿业投资者仍然常常不敢为美国的项目投入资金。在清洁能源行业最需要矿产开发的时候，美国采矿业陷入了困境。低碳技术行业和采矿行业在寻找符合其需求的解决方案方面都有着既得利益，但它们是否会找到进行合作及推动创新更接近零碳排放的共同点？

深入研究关键矿物质

了解强大和可持续的节能技术产业所需的战略矿物质，对于实现经济和国家安全稳定、高产的未来至关重要。以下是对清洁能源最关键的 3 种矿物质的简要介绍。

钴

获取对电池技术有帮助的关键矿物质需要解决环境问题和政治问题。最不稳定的地区之一——刚果民主共和国（Democratic Republic of Congo，简称 DRC）拥有全球 50% 的钴供应。

钴是对电池开发至关重要的最昂贵和最稀有的矿物质，因钴矿开采存在雇佣童工情况，常被称为电池业“血钴”。人权活动家正在推动科技行业和电池制造商从钴转向其他电池配方。

镍

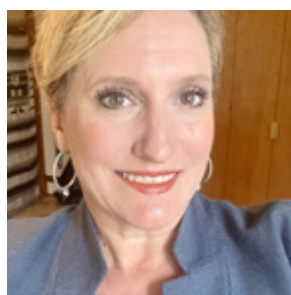
目前，镍主要用于生产不锈钢产品。然而，随着对清洁技术需求的增长，对镍的需求也将增长。这些新技术需要质量更高的镍。将质量较低的镍转变为电池级质量的镍，将带来大规模的变化，其中包括确定稀有硫化镍的来源和改进工艺。

锂

锂的供应被认为是全球电气化的关键。然而，随着 EV 需求的增加，这种矿物质的长期供应值得怀疑，战略和关键矿物质供应将难以跟上发展步伐。估计地球上有 3000 万 ~9500 万吨锂，需要更好的设计和回收才能减缓锂的消耗。研究人员预计，到 2100 年左右，锂的

供应将枯竭。

用于产生清洁能源的设备以及对提高储存容量日益增长的需求高度依赖于原材料的开采，尤其是关键矿物质。如果要实现“净零碳”排放，清洁能源技术的支持者和采矿业就不能陷于僵局。这种相互依赖需要共同立场，敦促双方制定改进政策，以及制定简化环保采矿作业许可的行动路线。PCB007CN



Noelle Lovern 是采矿行业的公共关系顾问。

IPC 开启墨西哥的新机遇

IPC 和 WHMA 长期以来一直支持墨西哥的电子组装和线束制造业，但最近的区域增长加之供应链中断使得需要建立更密切的合作关系。新到任的 IPC 墨西哥总监 Lorena Villanueva 将常驻墨西哥城，帮助 IPC 为墨西哥的公司和人员提供更好的支持、培训及沟通。

Lorena 先后任职于 Genpact、GMAC、American Express、GE 和朗讯科技等公司，拥有 15 年以上客户关系管理、战略规划和项目管理方面的经验。她获得了经济学硕士学位，通过了六西格玛黑带认证。

Lorena 和我审查了 130 多家 IPC 和 WHMA 会员的情况，涉及墨西哥 315 家制造厂。当地工人通过 IPC 在墨西哥的 12 处合作认证中心获得了 4000 多项 IPC 认证。据墨西

哥国家经济单位统计目录（National Statistical Directory of Economic Units，简称 DENUE）估计，墨西哥共有 481 家电子制造厂，IPC 将致力为这些工厂提供帮助，包括尚未建成的工厂。



一些全球性事件对供应链的影响为墨西哥提供了更多机遇。OEM 正在提高墨西哥供应商数量，其产品涉及汽车、医疗设备、航空航天及通信设备等众多行业的组件。

更多详细的内容，请[点击这里](#)。

问世百年，蓬勃发展 可穿戴电子产品

by Joe Fjelstad
VERDANT ELECTRONICS

过去几年，可穿戴电子产品吸引了商界和技术界媒体的广泛兴趣，公众也纷纷发文表达对此类产品的设想，相关主题的技术研究论文也不断涌现。实际上，可穿戴电子产品概念并不新颖，“可穿戴”一词之后可以加相当多的物品种类，由此体现其广泛的潜在应用领域。有确实的证据表明，早在 100 年前电子产品刚刚问世不久，可穿戴电子产品的便捷性和实用性就已经体现出来（见图 1）。

一开始，可穿戴电子产品的用途虽然简单但非常实用，随着材料、制造工艺和技术的发展，再加之人们不断发挥工程设计创意和科学创造力，可穿戴电子产品的范围已经无限扩大。可穿戴电子产品之所以能发挥出优势，主要是因为整合了挠性电路技术，从简简单单的 LED 到每个条带上的传感器、处理器，甚至是挠性电池。促使挠性电子组件不断发展的另一大因素是减薄后的硅晶圆能使脆性很强的硅质集成电路变得具有足够的挠性且可弯折（见图 2）。

近年来，技术市场营销商对一些专门用于挠性产品的原始技术做了调整和修改。曾经的聚合物厚膜挠性电路技术已经被重新命名为“挠性混合电子技术”（flex hybrid electron-



ics，简称 FHE）。美国政府为这一技术提供了大量的资金支持，一些业内公司也捐赠了很多实物，因此，FHE 促使电子设计行业开辟新的发展领域，让人们注意到挠性电路技术，而可穿戴电子产品常常是最受欢迎的应用。

数十年以来，人们一直使用挠性电路 / 打印电子产品来解决难题、创建新方案。这类电子产品对于健康领域的应用而言尤其重要，特

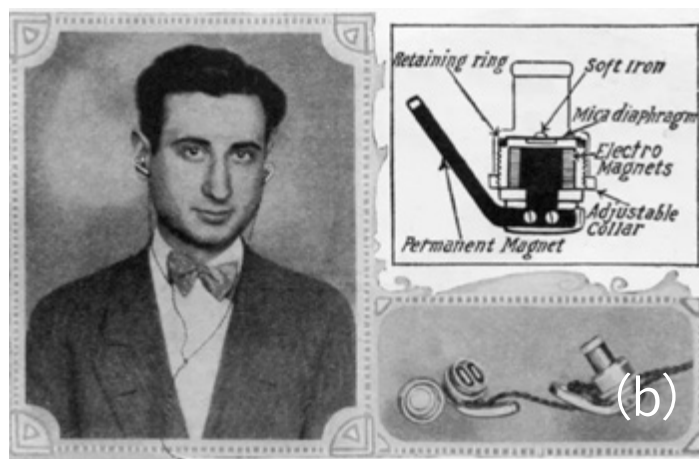


图 1：(a) 1922 年，一位年轻的发明家戴着头戴式收音机；(b) 早期耳机技术的雏形

来源：Getty 图像和 1926 年 5 月刊《科学与发明》

别是可用于远程监控个体健康状况。长久以来，挠性电路一直用于医疗产品，例如为超声成像系统的压电式陶瓷传感器头建立互连，还可用于导管诊疗，比如通过电生理学研究来定位并纠正心脏神经通路，从而避免心律失常现象。最近，因为 FHE 的大力市场推广，业界注意到了挠性电路技术，这股势头“掀起了海上万帆”，促使越来越多的产品设计师开始使用挠性电路技术解决新老问题，特别是可穿戴电子产品领域的问题。

如今，健身爱好者每天都会使用含有挠性电路的产品来监控运动时的重要体能指标，并通过无线传输的方式将这些数据实时发送到腕表或智能手机上。这类薄型挠性电子设备也会用于帮助糖尿病患者实时监测血糖指标，再也不用手指刺破取血了。

挠性基板也不再是什么新鲜事。在过去十年，可拉伸线路及可拉伸电子产品也吸引了大量关注。可拉伸材料不仅能实现电路 X 和 Y 轴的回弹力，同时还能实现 Z 轴的弹性，为设计的灵活性打开了新的维度（见图 3）。

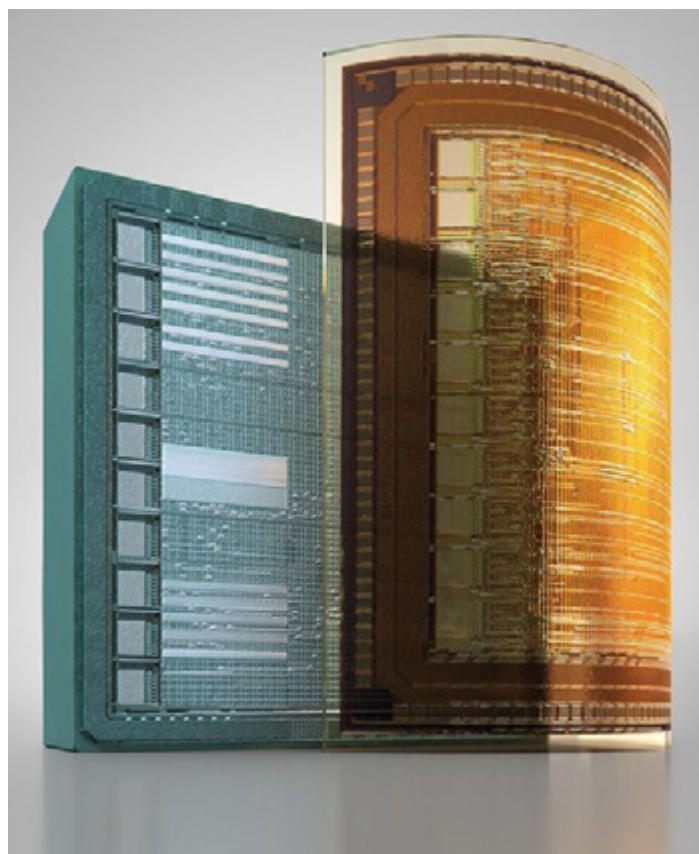


图 2：硅芯片在其制造状态下非常脆，但减薄处理后，能够像图中一样可弯曲挠折。尽管减薄是为了芯片堆叠，但同时为研发新应用提供了可能

（来源：Bryan Christie Design 和 IEEE Spectrum）

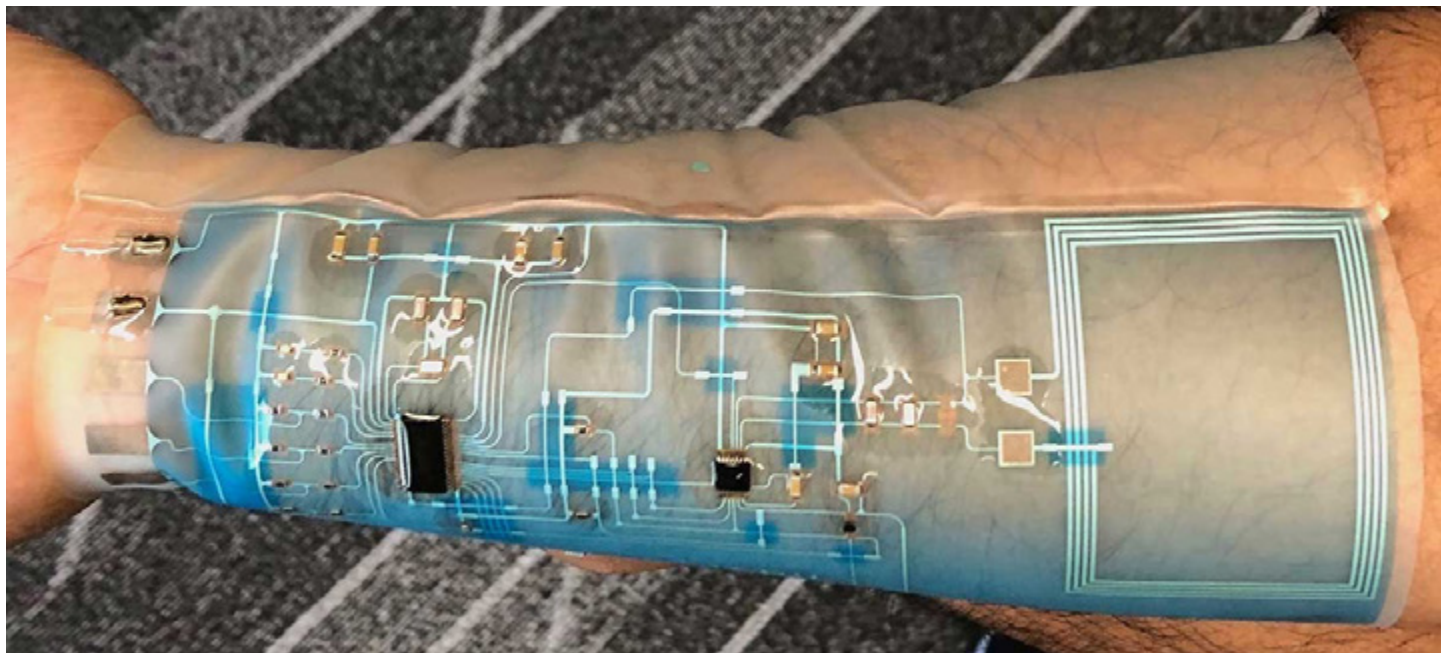


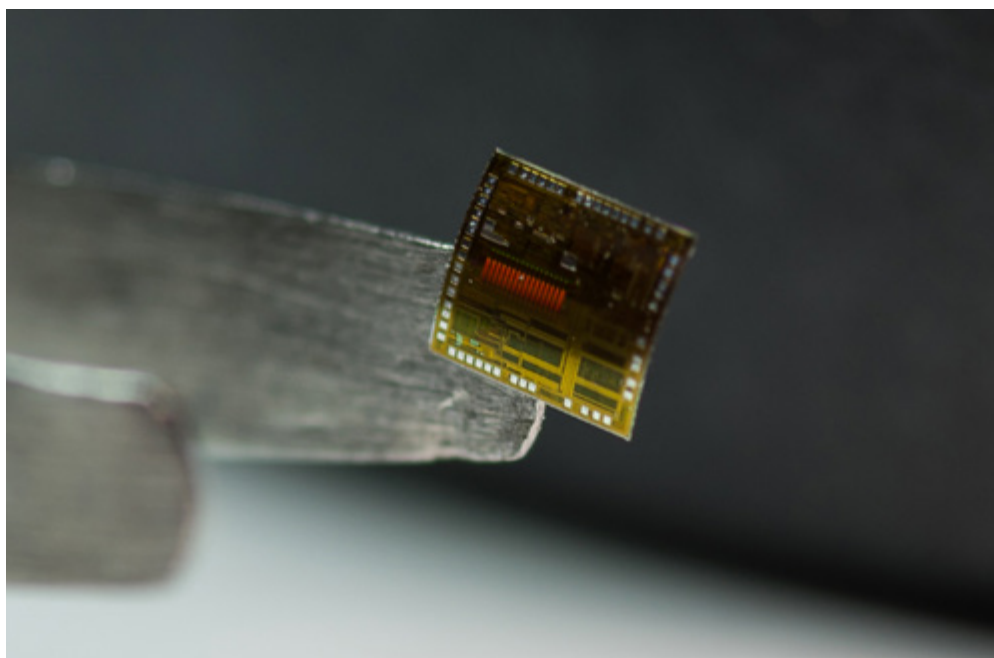
图 3：监测用的可穿戴电子样品，在可伸缩的基材上印制并组装了 RF 天线（来源：Jabil）

制造商将目光投向了电子织物，试图生产出带有电子产品的衣物。尽管针对电子织物的早期研发目标是以时尚为主，包括在装饰品上加入可编程控制的 LED 灯（见图 4），但人们很快意识到这项技术可以集成到电子电路中，用以完成可穿戴应用的数据处理。人们还有兴趣将这项技术用于远程健康监控身体状况较差和移动不方便的人群。

电路标准：必不可少的强力胶

多年来，我总能听到人们将行业标准比喻为“强力胶”。有了这些行业标准，行业内的各个领域就可以凝聚在一起发挥更

大的作用。70 多年来，IPC 组织内的志愿者成员一直在不断地为电子互连技术提出标准、制定标准和发布标准。其中不仅包含材料和终端产品要求，还包含刚性和挠性印制电路的设计与测试指南。IPC 持续不断地为行业输送新标



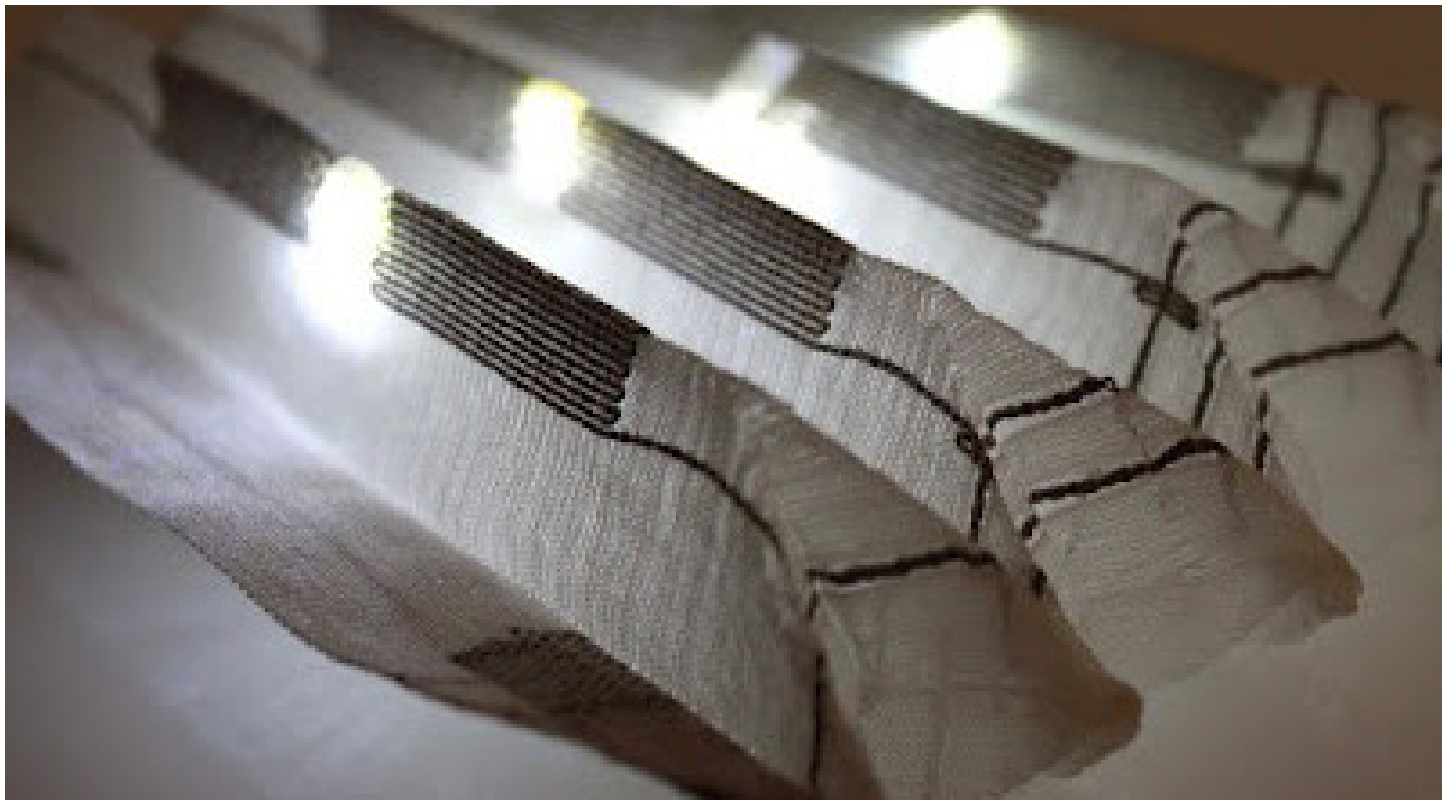


图 4：LED 和支撑性互连被织入到布料中，展示出电子织物技术的潜力（来源：Weft Labs）

准，比如为电子织物新领域制定了标准。2019 年 10 月 IPC 电子织物分委员会完成《IPC-8921 编织与针织电子织物与导电布料、导电纱线和 / 或电线集成时的要求》标准的开发。这是 IPC 首次针对电子织物发布国际标准，为其他正在进行中的电子织物标准制定活动奠定了基础。

总结

希望这篇对可穿戴电子产品的简要概述能使读者进一步了解此项既古老又新颖的电子技术。IPC、Nextflex 及其组织成员和商业伙伴通过演示项目、工厂设备和宣传项目来推广挠性混合电子技术，激发了当代设计师和未来新生

代设计师的灵感，使他们领略到挠性电路技术在过去和未来能够发挥的无限优势。挠性电路技术的新旅程才刚刚开始。PCB007CN



Joe Fjelstad 是 Verdant Electronics 的创始人，任公司 CEO，也是电子互连和封装技术领域的国际权威人士和创新者，拥有 185 多项已发布或正在

申请的专利。如需阅读往期专栏或联系 Fjelstad，可[单击此处](#)。还可免费下载 Fjelstad 撰写的[《挠性电路技术（第 4 版）》](#)，观看他的深度系列研讨会[“挠性电路技术”](#)。

遵循刚挠结合 PCB 设计指南的重要性

by Cody Stetzel
CADENCE DESIGN SYSTEMS

我喜欢在厨房里复刻餐馆的美味佳肴，最近尝试的是外脆里嫩的韩国煎饼。以我业余的烹饪技能，这几乎是一项不可能完成的任务，要么做成硬煎饼，要么只做成完全蓬松的煎饼。

虽然我仍在努力找出韩国煎饼的不同口感结合在一起的诀窍，但我在刚挠结合 PCB 方

面更为拿手。与制作韩国煎饼相比，如果遵守刚挠结合 PCB 设计指南，实现挠折性和刚性的适当平衡是很容易的。

刚挠结合 PCB 的概念

对于那些在 FR-4 基板上设计传统 PCB 的设计师来说，刚挠结合 PCB 可能是陌生的领域。顾名思义，刚挠结合 PCB 是将硬板和挠性两个元素结合在一起。



图 1：刚挠结合 PCB 可节省空间、耐冲击



图 2：与制造商沟通，确保为刚挠结合设计选择适当的材料

通常，刚挠结合设计由两个或多个由挠性带互连的刚性区域组成。刚性及挠性部分的协同特性允许 PCB 弯曲或折叠。

近年来，由于对更紧凑、耐冲击和稳固电子产品的需求，刚挠结合 PCB 越来越受到关注。刚挠结合设计消除了对连接器和互连电缆的需要。刚挠结合 PCB 也更容易安装，可在单个 PCB 上实现整个设计。

刚挠结合 PCB 材料考虑因素

需要先咨询 PCB 制造商，再开始设计。铜类型的选择、层数、弯曲半径和覆盖层会随 PCB 是用于动态弯曲还是静态弯曲而有所不同。

动态弯曲用刚挠结合 PCB 安装在始终经受弯曲的环境中。因此，建议刚挠结合 PCB 不超过 2 层，并确保弯曲半径至少为材料厚度

的 100 倍。

同时，用于静态弯曲安装的刚挠结合 PCB，可能有多达 10~20 层。它不受重复弯曲力的影响，这意味着也可以使用约为其材料厚度 10 倍的较小弯曲半径。

刚挠结合 PCB 设计指南

刚挠结合 PCB 具备的所有优点，也给 PCB 设计师带来了挑战。设计师不仅需要考

虑电气方面，还需要考虑 PCB 的机械动力学。如果您碰巧正在探究刚挠结合 PCB，以下指南将可避免代价高昂的错误。

避免在弯曲区域上放置电镀通孔

避免在弯曲区域放置焊盘和导通孔。弯曲线附近的区域将产生机械应力，可能危及电镀孔结构。

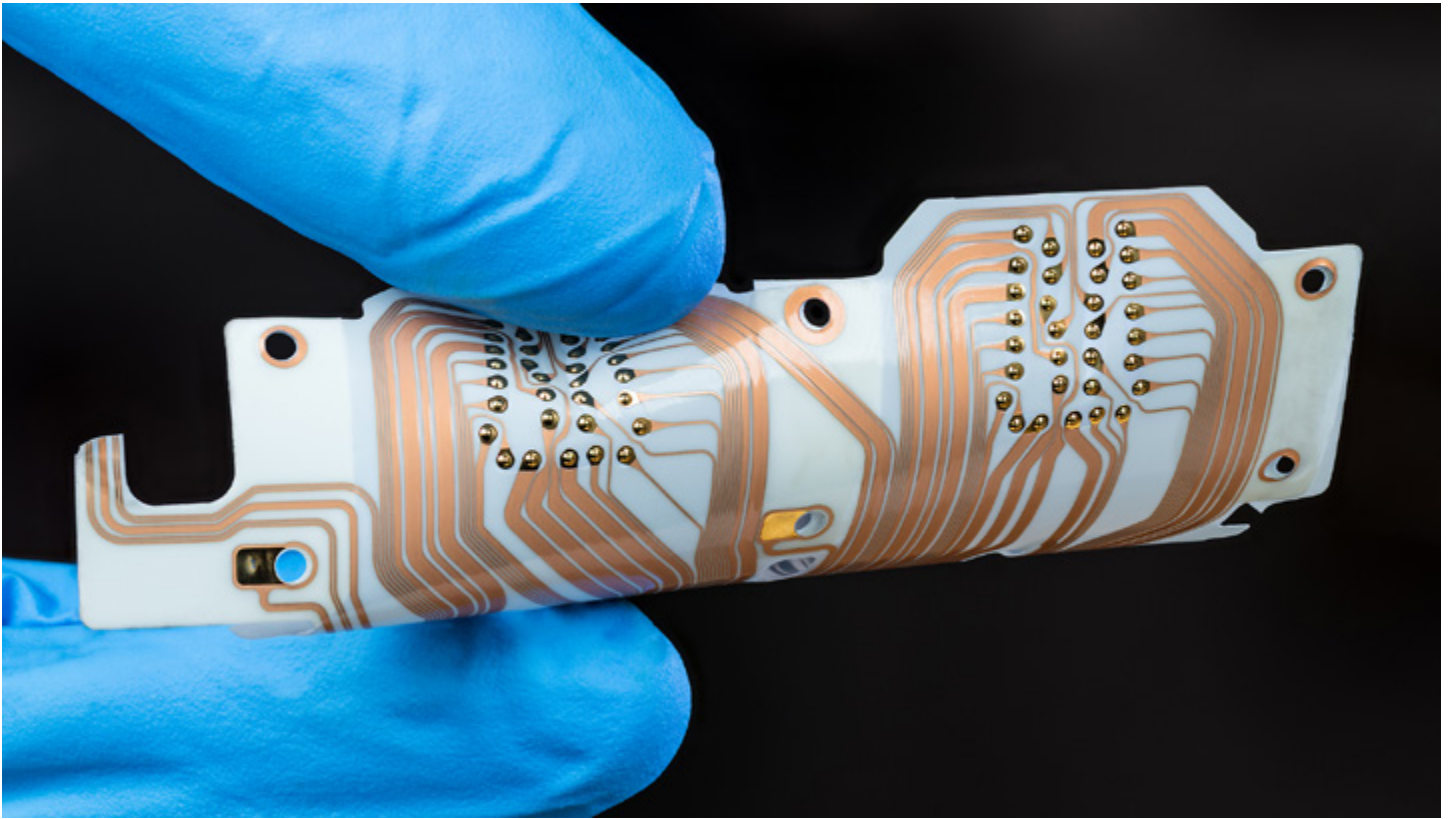


图 3：对于刚挠结合 PCB 的弯曲区域，使用有弧度的拐角和泪滴焊盘

虽然不建议，但可将焊盘和导通孔放置在不弯曲的区域。在这种情况下，使用锚来加固电镀孔。此外，使用泪滴焊盘将走线连接到电镀孔，以获得更牢固的连接。使用较大的焊盘和导通孔也是很好的做法。

注意弯曲区域的布线

穿过弯曲线的走线应该保持垂直于弯曲线。最好使用均匀分布在挠性区域的较窄走线。添加辅助走线有助于提高机械稳固性，防止走线断裂。对于双层设计，应在顶层和底层交错布线。

避免弯曲区域的走线产生任何角度。如果走线需要在挠性 PCB 上改变方向，可使用有弧度的曲线，而不是尖锐的 45° 或 90°。

使用交叉窗格接地层

如果将地平层设置为实心铜区域，则可能产生巨大应力并降低其挠折性。相反，在 PCB 的挠性区域使用交叉窗格接地层。

显而易见，采用刚挠结合 PCB 设计指南的设计软件有助于创建无错样品。PCB007CN

本文原刊登于 *Cadence Design Systems* 公司博客。



Cody Stetzel 任 Cadence Design Systems 公司首席技术营销工程师。本文原刊登于 Cadence Design Systems 网站的博客。

电子电路制造中的 自动化与高阶制程



自1960年代以来，Happy Holden一直在从事PCB制造自动化方面的工作，并不断改进这一方法。可以说，他是制造业自动化领域最博学的专家之一。在这本书中，

Happy用丰富多彩的轶事和他在职业生涯中遇到的各种例子解释了制造自动化的基础。如果您对制造工艺的自动化、机械化和化学控制感兴趣，那么这本书将会非常适合您。在制造中成功应用自动化所具有的共同特征是业务和技术管理人员理解并推崇现代制造业中使用的战略、战术和理念的程度。通过审核CIM、自动化、管理角色、机械化、SPC、TQC、LEAN、MRP 和可制造性设计这些理念。



电子电路制造中的
自动化与高阶制程

Happy Holden
IConnect007
GOOD FOR THE INDUSTRY



扫码注册免费下载

感谢我们的赞助商 对本书的大力支持

Pangus  **珠海镇东**

请关注我们的微信公众号“PCB007中文线上杂志”
获取免费的电子技术以及技术书籍



场解算器建模传输线技巧

by Martyn Gaudion

POLAR INSTRUMENTS

当 I-Connect007 邀请我解析场解算器时，我想还可以从哪些方面更深入地探讨该主题。但作为场解算器的供应商，Polar 仍然会被问到一些相同的问题，提问题的人既有可能接触到新应用场景的经验丰富的老客户，也有最受欢迎的行业新人。

首先，我要说的是，所有场解算器都是精确的；他们可用任一种可用的数学方法求解 Maxwell 方程组。将相同的数据输入所有场解算器，都应产生非常相似的结果，观察到的任何差异都将比 PCB 基板介质的复合性质以及电镀和蚀刻工艺变化引起的 PCB 传输线变化小几个数量级。

然而，场解算器是用于预测 PCB 传输线行为应用中一系列工具的通用术语。切记，场解算器的某些领域实际上不是场解算。计算铜表面粗糙度造成的损耗就是很好的例子。镀铜的表面性质非常复杂，无法进行完全的场求解，因此大多数商用“解算器”将使用经验方法 Hammerstad、Grisse、Huray 和 Can-

nonball Huray 等覆盖核心场求解功能。这些经验扩展将场解算器的能力扩大到模拟以下参数：

- 对模拟插入损耗至关重要
- 考虑到表面轮廓的复杂性，即使是装备最好的 SI 工程师，仍无法进行场解算

为解算器输入正确的尺寸至关重要，因为如果输入错误的起始参数，任何工具都不可能算出精确的结果。客户经常询问传输线结构高度是否应包括总高度中的走线厚度。如果“从微切片反向”研究，很容易回答这个问题，但如果是从仿真中想象，答案就不那么明显了。

图 1 中的问题令人迷惑，正是有关传输线

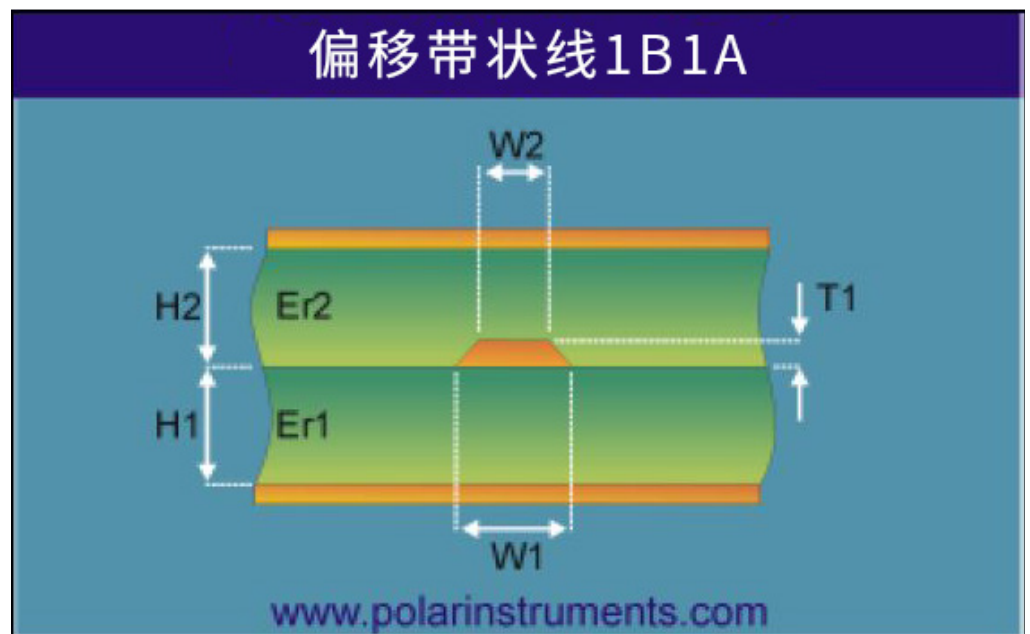


图 1：H2 是否包括铜

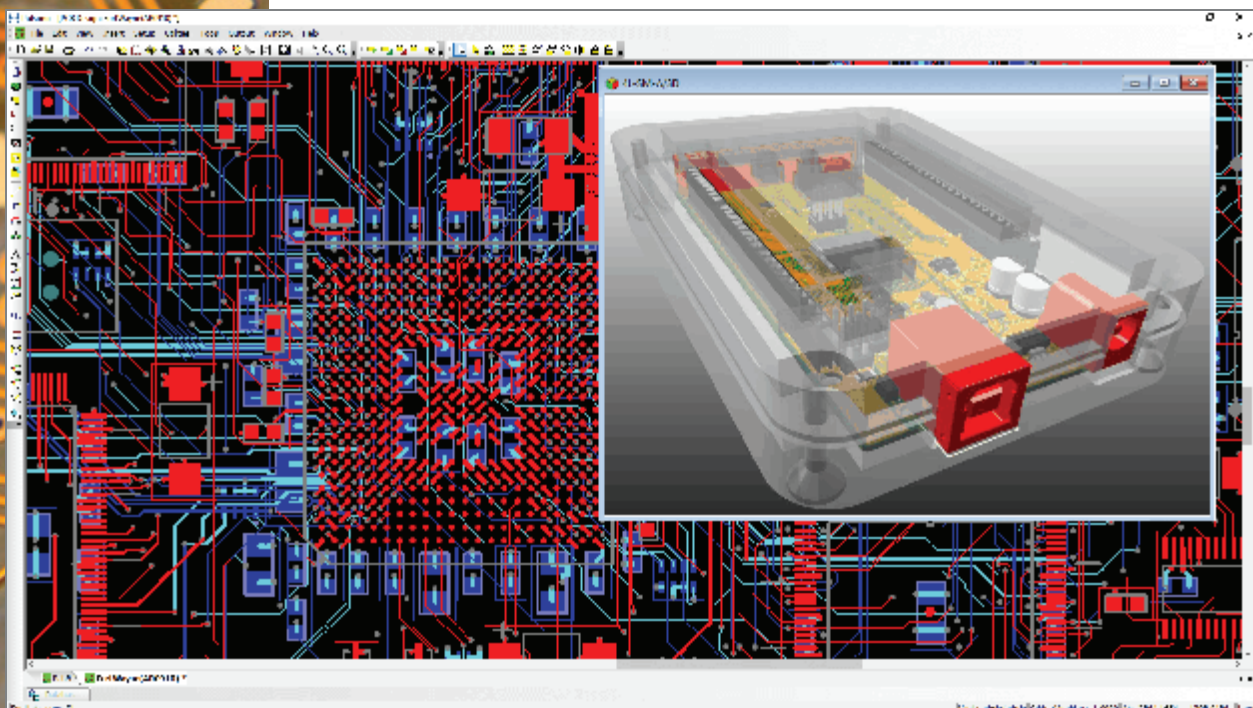
Pulsonix PCB 设计软件

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



建模的最常见问题之一。H1 表示芯材厚度，H2 表示芯材顶部到箔的距离。可以看到 H2 表示梯形被压入 Er2 区域的半固化片高度。H2 应该是多少？好吧，如果从一个微切片开始，尺寸就会清晰可见。但在生产 PCB 前使用解算器建模时，必须预测 T1 对 H2 尺寸的影响。

假设信号层上有很多铜，那么大多数 T1 将添加到压合后的半固化片厚度；如果布线密度很低，那么影响要小得多。这就是叠层工具的用武之地，因为良好的堆层工具实际上考虑压合半固化片，并考虑信号层上的 Cu 密度，计算 H2 的最佳值以输入解算器。这就是我前强调的：商用 PCB 传输线场解算器必须拥有各种工具和功能，而不仅仅是核心解算器引擎，才能为其输入正确的数据来进行解算。

查看图 2 时，考虑图 1 提出的问题。通过

使用 Speedstack 对材料数据进行预处理，计算压合后的 H2 高度和 T1 的影响，并将其输入解算器引擎。图像左侧显示了原始半固化片厚度。信号走线（蓝色）下面有 5mil 的芯材，上面有两张 3mil 的半固化片。另一芯材放置在突出显示区域顶部两张半固化片上方。现在看图片右侧的结构，这是一条偏移带状线，信号位于 LHS 的蓝色层上。

正如您所料，H1 为 5mil 是较薄的芯材厚度，但 H2 不等于 6mil (3mil 加上 3mil 半固化片)。H 计算为 6.28mil，即两张半固化片压入分布在信号层上的铜中时结构的组合厚度。小心：此类预处理是从解算器获得准确预测的关键。

从规划的角度来看，将图 2 中的叠层视为具有固定大小的材料层是理想的，一旦堆叠完

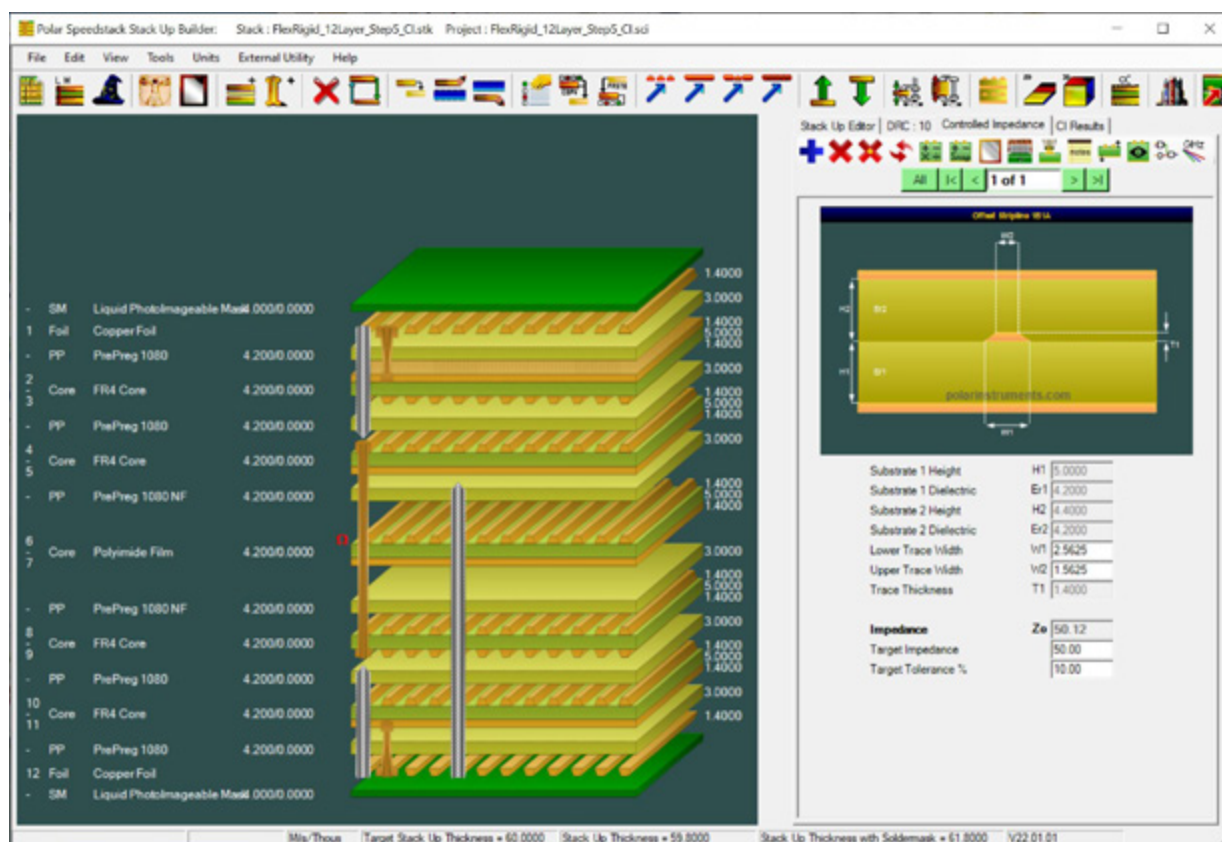


图 2：H2 的自动虚拟压合及计算

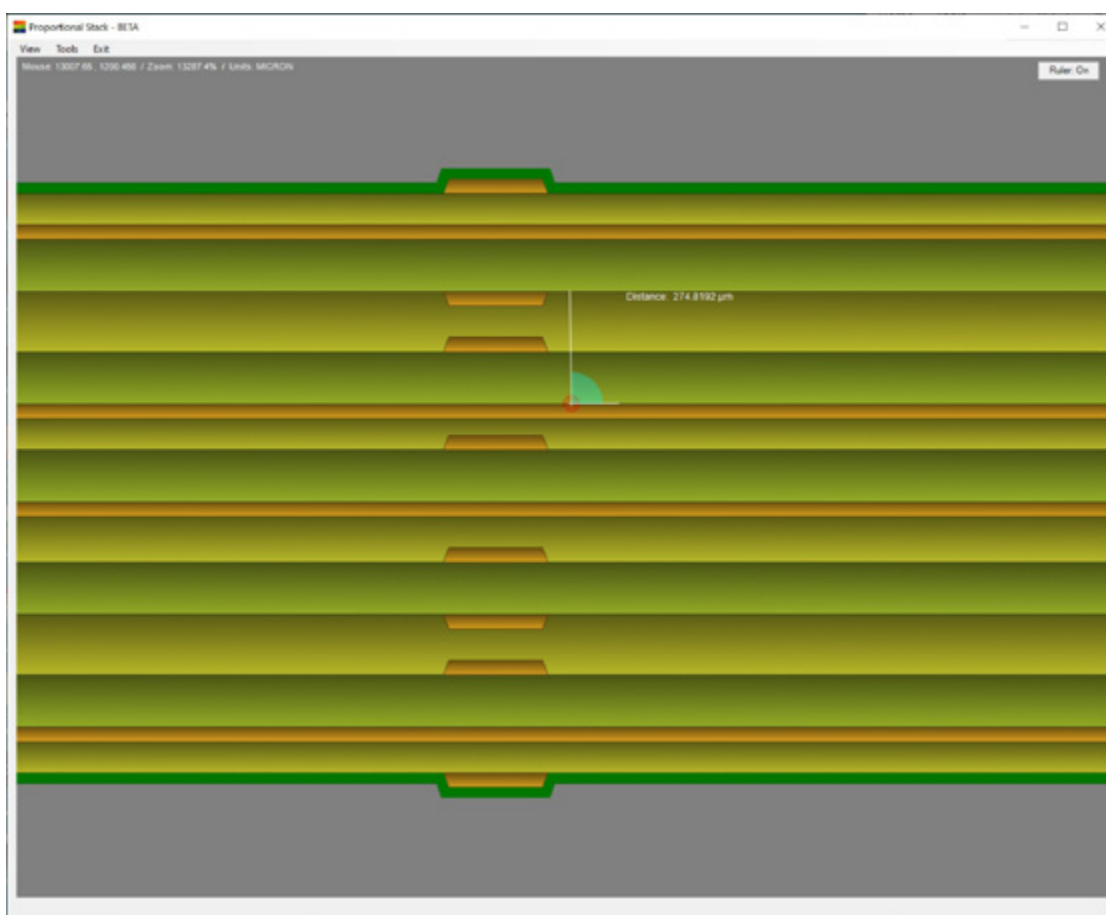


图 3：作为“合理性检验”，成比例视图能够查看实际尺寸

成并压合，成比例视图就可以清楚地看到是否错误地添加了不正确的材料。

结论

我使用了些方法以确保向场解算器引擎提供准确的数据。供应商提供的优质材料数据也是这一过程的关键，但重点是，在寻找适合需求的场解算器时，必须始终牢记，所有解算器都是精确的；对输入到解算器的数据进行预处理，才能释放解算器的全部潜力。对于需要认真考虑插入损耗的超高速线路，高达 2GHz 的无损耗线路也是如此。还应该注意验证测量数据，我在 2022 年 4 月《Design007》杂志中另一篇专栏文章《[使用试金石文件构建测量置信度](#)》中做了部分介绍。PCB007CN



Martyn Gaudion 任 Polar Instruments Ltd. 公司总经理。如需阅读往期专栏或联系 Gaudion，可[单击此处](#)。

Polar Instruments Ltd. 公司的其他文章：

- [《印制电路设计师指南——高速 PCB 之奥秘（第 1 部分）》](#)，作者 Martyn Gaudion
 - [《印制电路设计师指南——高速 PCB 之奥秘（第 2 部分）》](#)，作者 Martyn Gaudion
- [点击此处](#)，可浏览 I-007 电子书库的其他电子书。

编制制造文件时 应牢记**制造商**的需求

by Tim Haag

FIRST PAGE SAGE

5 月底，意味着美国职业棒球大联盟赛季再次全面展开。我的妻子高兴地坐在沙发上，印着西雅图水手队 LOGO 的帽子、T 恤、盖毯和咖啡杯，足以证明她对这支棒球队的喜爱，当其为 J.P Crawford 和其他队员喝彩时，我通常会转而看电影。然而，为了保持本赛季的精神，我最近重新观看了《梦幻之地》，再次被 Kevin Costner 扮演的角色声音迷住了：“你建好了，他就会来。”

作为电路板设计师，在我们的案例中，信息通常有点不同，听起来更像是“如果你正确地编制文件，他们就可生产它。”

是的，我说的是 PCB 文件，以及创建清晰易懂的制造说明对于生产是如此重要。为了说明制造说明的必要性，我想到了我家的三轮车。五月不仅是我们家的棒球季，也是我妻子的生日季。今年，我送她一辆三轮车，度假时她可以骑着它在附近游玩和探索营地。她真的很期待能骑上它，但首先必须把车子装配起来，这就是问题所在。三轮车的装配手册一定 是我见过的最差的说明文件。



支持Flex 刚性Flex和嵌入式组件设计 现已上市！

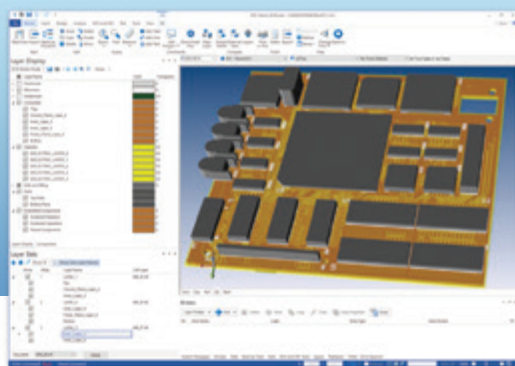
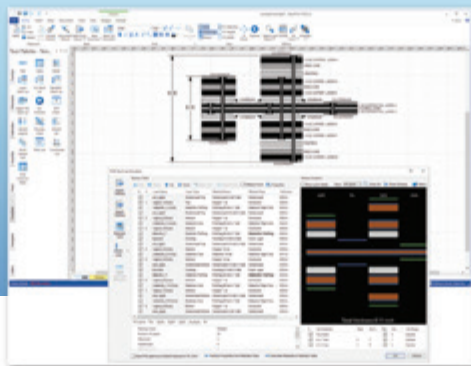
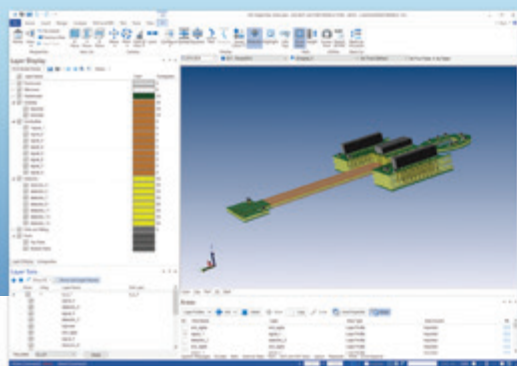


BluePrint-PCB®



CAM350®

- 导入并可视化挠性、刚挠性和嵌入式组件设计
- 管理刚挠设计的可变叠层
- 3D可视化可验证PCB构造和组件装配
- 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网站或致电 (508) 970-0670

这份文件不仅翻译错误，而且还有大量拼写和语法错误，甚至图片与文字无法匹配我们的三轮车型号，也没有按照顺序排列。例如，第 1 步显示了一些不同位置的预安装螺栓与它们在工厂实际安装的位置不同。第 2 步说明了如何将后轴（我猜这里的后轴实际上指的是“车轴”）安装到车架上，



但图片中车轮已经安装在轴上。第 3 步指导如何将这此车轮安装到车轴上，即使上一步已经将车轮安装到位。要想弄明白这一切，只能不断反复对比手册和在线视频，以对这种混乱进行反向工程，搞明白真正需要做的事情。然而，我必须承认，尽管额外投入的时间远远超过了预期，实际上我喜欢这种挑战。

这段经历让我比以往任何时候都更清楚地认识到，在设计 PCB 时，创建清晰简洁的制造说明的必要性。毕竟，如果后轮从三轮车上掉下来是因为我没有将它们正确地安装到“轴”上，那么就有可能造成事故或受伤。同样，由于不清晰的制造和组装文件也可能导致 PCB 不可制造，造成时间及收入损失等负面后果。为了避免这些问题，在编制 PCB 设计文件时，我会牢记以下理念：

1、明确制造商的需求

许多制造商最终花了预料之外的时间与客户讨论其制造说明中缺失或不清楚的信息。如果文件中的信息不清楚，或与已经协商确

定的信息不同，制造商必须解决这些差异，然后才能开始生产。因此损失的时间可能会增加总体生产成本或使生产计划延迟。通过与制造商沟通并准确了解他们的需求，可以轻松避免这种损失。一些制造商甚至告诉我，他们最终会修改和重新生成客户的样品文件，以帮助他们更高效地过渡到批量生产。如果从一开始就清晰地创建制造文件，则可以节省大量时间和精力。

2、注重细节

制造图纸和其他生产说明通常包含大量数据和信息。虽然为了文件的整体清晰性，减少多余的数据是好的，但设计师需要避免减少太多数据，确保包含足够的视图、注释和其他详细信息，以指定如何制造和组装设计。此外，谨慎使用 PCB 库中存储的“标准”注释和其他绘图要素，像这样的库存绘图要素非常节省时间，但必须先确认是否需要更新以符合设计的特定要求。公差或表面涂层等细微细节可能不正确，又往往容易被忽略。

3、利用设计工具的强大功能

如今 PCB 设计工具中有一些难以置信的功能，可以帮助创建图纸和其他制造文件，但设计师常常不使用这些功能。通常，设计师在完成设计时会面临计划时间严苛的挑战，这些图纸往往是设计的最后环节。因此，许多设计师会避免尝试新的 CAD 功能，而使用过去一直在使用的功能。能为自己做的最重要的一件事就是投入一些时间（在紧要关头之前），找出设计工具可能具备的但自己尚不了解的特有功能。视图生成器、表格和图表向导、自动标注尺寸及其他高级 CAD 功能，最终能节省大量额外的时间和精力。

4. 自问能否生产出刚才编制的设计文件

每个人都习惯于检查工作的完整性和准确性，但有没有探究过图纸，并问自己“我可以生产它吗？”确实，作为 PCB 设计师，不是制造商，但我们是为制造和组装设计的工厂创建制造文件。我们应该能够根据向制造商发送的文件判断他们是否能够完成生产工作。如果不熟悉制造和组装流程，可与制造商一起投入一些时间，更好地了解他们的工作以及他们需要设计师做什么。作为一名设计师，参观正在合

我们应该能够根据向制造商发送的文件判断他们是否能够完成生产工作。

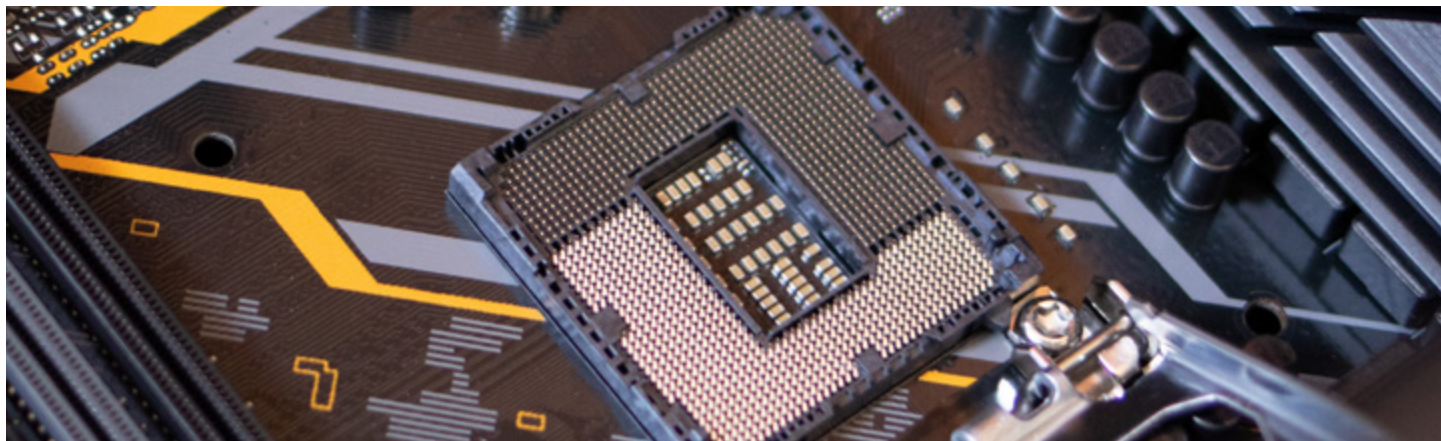
作的制造工厂，了解设计是如何实现的，会非常有趣。毕竟，我们对制造商了解得越多，最终产品就会越好。

这些是我在准备制造文件时脑子里闪过的想法，希望能对读者有所帮助。有了这些收获，我该回到车库，继续我之前的装配工作了。我想我已经准备好开始三轮车项目的第 4 步了，我很期待。哦，还有提醒下：先检查并确认这些后轮确实安装牢固。下一篇文章将继续讨论设计，敬请关注。PCB007CN



Tim Haag 作为 PCB 设计师和 EDA 技术专家，在其长期职业生涯中，一直为《First Page Sage》撰写技术及思想领导力相关文章。如需阅读往期专

栏或联系 Haag，可[单击此处](#)。



新书推荐：Isola 与 007 为您带来 PCB 设计师指南—高性能材料

简介

为你的应用选择合适的材料可能是一个重大挑战。为了选择能够满足预期性能要求和预期成本目标的材料，需要做出“性价比”决策。选择一种符合成本目标的材料，但却不能通过原型开发测试，会导致成本高昂的修正，不但增加了成本，还导致延迟上市。

这本书并没有提供所有问题的答案，但希望能为材料选择决策提供坚实的基础，并在此

过程中回答以下关键问题：

- 为什么 PPO 树脂的电气性能优于环氧树脂？
- 为什么扁平玻纤布可以减少偏斜 (skew)，便于激光钻孔？
- 为什么在高速应用中首选非常低轮廓 (VLP) 的铜箔？
- 原材料对数据传输速率或信号完整性测试有何影响？



本书已经过以下行业专家评审

Mark 在电子行业工作了 39 年。他的职业生涯始于加利福尼亚州的 PCB 制造工程师，然后搬到华盛顿州的雷德蒙德，开始是为 Prototron Circuits 工作，并在那里度过了接下来的 25 年。之后，马克在贝尔维尤担任 Monsoon Solutions 的电路板设计师 / 电路板制造专家。目前，他是位于华盛顿伦顿的一家组装公司 Out of the Box 的工程经理。



Mark Thompson
工程经理

Mark 是 PCB007 出版的一个很受欢迎的专栏“裸板真相”的作者。他也是 I-007 电子

书《印制电路设计师指南：完美的数据包》的作者，该书有近 2000 名读者下载。同时他也是 EMA 的《搭便车的 PCB 设计指南》的合著者。

Mark 还曾担任 I-Connect007 的视频节目《Realtime With... 实时展会报道》系列的客座编辑，采访了包括材料制造商、组件制造商和 PCB 设备制造商在内的关键电子行业领导者。

Mark 热爱特技飞行和爵士乐，同时也是一名有执照的飞行员、艺术家、历史学家和音乐家。

作者

Michael J. Gay 目前担任 Isola 高性能产品总监。他在 Isola 工作了 20 年，在基板材料和 PCB 制造行业有 25 年的经验。Michael 曾在 Isola 担任过多个职位，包括技术销售经理和新兴产品（亚太地区）总监，他的职责包括推出新产品、PCB 工艺开发、技术支持，以及 Isola 客户的故障排除。

自从亚洲回到美国后，Michael 与主要的工业 OEM 厂商密切合作，为下一代 Isola 材料进行技术开发和鉴定。在目前的职位上，他提供产品应用培训、合作设计支持和设计审查，以便在广泛的应用中选择合适的材料，包括高速数字、高功率 / 高电压、耐 CAF 和 RF/微波。

Michael 活跃于各种 PCB 行业组织，目前为行业关键委员会和项目提供技术专业知



Michael J. Gay

识。他在波特兰州立大学获得机械工程学士学位和工商管理硕士学位。

章节摘要

第一章：树脂体系

第一章介绍了材料树脂系统的演变过程，从 1907 年 Westinghouse 公司开发的第一个层压板到当今先进的高速材料，以及填料。

第二章：玻璃纤维布

第二章探讨了编织玻纤织物及其组成部分，以及为什么其对高速数字 PCB 设计如此重要。

第三章：关于结构表的一切

第三章解释了覆铜板制造商如何创建结构表、这些表中包含的材料特性，以及 PCB 设计人员和工程师如何在选择覆铜板时使用这些信息做出明智的决定。

第四章：铜箔

第四章重点介绍了 PCB 制造中使用的各种铜箔、铜箔技术的发展以及趋肤效应和粗糙度建模等表面粗糙度因素。

第五章：电气性能控制

第五章讨论了用于测量 PCB 电气特性的两个最佳选项：时域反射法 (TDR) 阻抗测试和插入损耗测试。

第六章：汽车电气化

第六章涵盖了汽车 PCB 的材料要求，其中包括测试将来可能达到 800 伏深圳更高的高压汽车电子设备。

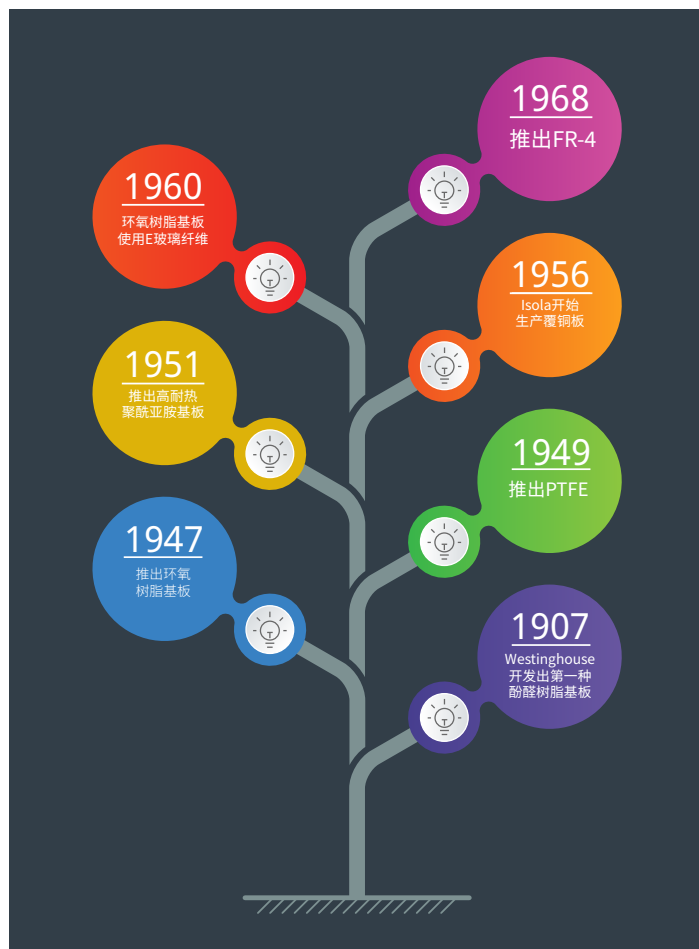
关于 Isola

Isola 是材料科学领域的全球领导者，1912 年，Continentale Isola Werke AG 在德国杜伦开始生产绝缘材料。1956 年，伊索拉开始生产酚醛纸质覆铜箔基板。从那时起，该公司收购或合并了许多基板和半固化片制造商，如 Allied Signal、Norplex、Westinghouse 和 Polyclad，成为业内最受认可的全球品牌之一。

如今，Isola 设计、开发、制造和销售用于制造多层印刷电路板的覆铜基板和电介质半固化片。这些材料的应用范围很广，从低成本、高性能的 FR-4 环氧树脂体系到超低损耗的介电材料。

Isola 在亚洲、欧洲和北美拥有七个制造工厂、三个研发工厂、三个最先进的分析服务实验室，以及众多技术支持和销售团队。我们的全球业务使 Isola 能够为世界各地的客户提供服务。

欲了解更多信息，请访问 [Isola 官方网站](#)。



读者反馈

“我喜欢这本书。特别是关于玻璃织物、层压板的历史、Dk 和有效 Dk 之间的差异等。我强烈推荐这本书给任何想要更好地理解层压板的设计师或工程师！”

Mark Thompson
工程经理

“Michael Gay 的书简明而详细地解释了构成 PCB 的关键材料。他详尽的解释将帮助工程师、设计师和制造商了解材料选择对 PCB 叠层的影响。这本书确实是给电子行业的礼物，我感谢他与我们分享相关知识。”

Gerry Partida
技术副总裁

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



行业会展

[步步新技术研讨会（合肥）](#)

2022 年 8 月 25 日

中国合肥

[TPCA SHOW](#)

2022 年 10 月 26-28 日

中国台北

[步步新技术研讨会（武汉）](#)

2022 年 9 月 9 日

中国武汉

[慕尼黑华南电子生产设备展](#)

2022 年 10 月 27-29 日

中国上海

[SEMICON CHINA](#)

2022 年 10 月 5-7 日

中国上海

[Electronica](#)

2022 年 11 月 15-18 日

德国慕尼黑

[国际电子电路（华南）展览会](#)

2022 年 10 月 12-14 日

中国深圳

[国际电子电路（深圳）展览会](#)

2022 年 12 月 7-9 日

中国深圳

[NEPCON Asia 2022](#)

2022 年 10 月 12-14 日

中国深圳

[IPC APEX EXPO](#)

2023 年 1 月 24-26 日

美国圣地亚哥

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。

2022 年 8 月号总第六十六期《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》.....	56
《印制电路工艺验证》.....	32
《印制电路设计师指南 - 高性能材料》.....	6
《柔性电路手册》.....	114
《高密度互连 HDI 手册》.....	50
《印制电路组装之智能数据》.....	84
《自动化与高阶制程》.....	102
《电子产品的可靠性预测》研讨会	8
IC007 图书馆	4
杂志订阅	封底
麦可罗泰克 (常州).....	58
望友科技	10
珠海镇东	36
国际电子电路 (华南) 展览会	22
Atotech.....	52
BTU.....	68
CIMS.....	34
Chemcut.....	24
CyberOptics.....	80
Downstream Technologies.....	108
ESI.....	12
Gen3.....	64
IPC.....	62
KYZEN.....	92
MacDermid Alpha.....	16
NEPCON ASIA.....	74
Pluritec.....	2
Pulsonix.....	104
Schmoll Asia.....	74
Siemens Digital Industries Software.....	86
TUC.....	26
VJ Electronix.....	72

更多精彩内容敬请期待

PCB007中国线上杂志：

九月：电子电路价格策略

2020 年初，因为防控得当，国内吸收了大量的海内外刚需订单，厂家纷纷扩产。而后供应链吃紧，原材料涨价、交期延误，压缩了工厂的利润。2022 年我们又要面临疫情的反复、需求下降的冲击，价格策略问题无法回避。

感谢阅读 《PCB007中国线上杂志》



扫码订阅