

2019年7月号

I-Connect007  
GOOD FOR THE INDUSTRY

# pcb007 中国

线上杂志 CHINA MAGAZINE



优质电子电路  
源于好的设计

扫码关注公众号



# 优质电子电路，源于好的设计

by Edy Yu

I-Connect007China

“质量绝不是偶然的，它始终是智慧努力的结果。”——约翰·拉斯金

作为工业设计思想的奠基者——拉斯金，在其生活的时代还没有电子电路，但他的智慧仍适用当下。质量是一种性质，可能受流程、人员、产品规格和原材料的影响。在我们的行业中有非常多的热门话题，包括技能差异、培训、新兴技术、工业 4.0 等。最终，这些主题的汇集决定了公司产品的质量。

本月我们的主题是“优质电子电路，源于好的设计”，那么设计与质量有什么关系呢？其实关系非常大。

随着原始设备制造商不断推进电子产品制造工艺改造，产品的可靠性正以飞快的速度提升，制造商集中力量，大刀阔斧地升级以获得最佳产品质量。这的确能解决很大一部分长期

困扰我们的质量问题，而剩下来的一些无法解决的问题，建议你去源头也就是设计上找原因。

设计团队的文件和随附的文档是将 OEM 的概念和营销研究转变为可行的、物理的、有竞争力的、实实在在的生产计划。除非制造商违反设计人员的构建指令，否则产品只能按照设计文件进行制造。设计的质量越高，材料清单中的突发事件就会越少，构建说明中已经考虑和标注的材料公差越详细，最终的制造也会越顺利。

新品构建时可制造性及可组装性设计 (DFMA) 的需求已愈加明显，成为能有效缩短公司产品上市时间和降低产品成本的重要因素，数字孪生技术在其间扮演着重要的角色。这个月的开篇佳作，就是由 Happy Holden 带来的关于数字孪生技术在智能工厂中的应用。作为在全球拥有近 30 座制造工厂的大集团，TTM 美维科技每天要和成百上千件设计打交道。我们的编辑组采访了 TTM 现场应用工程师 Julie Ellis，她介绍了设计师在早期设计阶段如何运用技巧来大幅优化后期制造。

毕加索说过，“只要是你能想象出来的东西，就都有可能成为现实。”Omni PCB 的 Tara Dunn 对此深信不疑，她在与挠性电路打了那么多年交道之后，体会到真的有无穷可能来优化产品的制造与装配。《设计灵感的迸发》一文中她讲解几个优秀的挠性电路设计。

PCB 设计与儿时的积木、乐高，甚至是木屋与卡丁车的搭建都有相似之处，不敢明确目前我们的 PCB 设计技巧和知识是否是从积木演化过来的，但可以肯定的是一切都始



# 创新+精准+可靠性



## 卷对卷加工

- 加工金属，薄箔，柔性玻璃和薄膜
- 光刻胶显影应用
- 清洁应用
- 蚀刻工艺，包括钛和玻璃
- 水性抗蚀剂剥离
- 化学镀工艺
- 可用于大多数应用的喷涂或浸没

[www.chemcut.net](http://www.chemcut.net)  
[sales@chemcut.net](mailto:sales@chemcut.net)

 **CHEMCUT**  
BOUNDLESS INNOVATION | UNBEATABLE PRECISION

于设计。Elmatica 的作家团队带给产品开发者五大建议。

材料已不再是 PCB 设计中的被动组成部分，它在 PCB 的可制造性、可靠性和运行速度等方面发挥着积极的作用。Mike Creeden 接受了我们的采访，探讨了设计师在选择材料过程中应该考虑的几个关键特性。

博世的工程师 Todd MacFadden 为大家带来了实例分析，介绍 3 个早期样品设计失败的案例，以及从中吸取的经验教训，让读者了解 FPC 设计中面临的难题以及如何克服的方法步骤。

除了本期专题以外，我们还有一些深入的技术探讨，Brandon Sherrieb 提交了一篇关于 4 线开尔文测试的文章，名为《可准确预测铜层厚度的开尔文测试法》。

Nikolaus Shubkegel 撰写了《传统接触曝光与阻焊层直接成像的对比》，直接成像现在已经被应用得越来越多，且越来越成熟，但 Nikolaus 还是总结出了直接成像有可能会造成的问题，以及如何避免。

5 月号中的 [《垂直导电结构第 1 部分》](#) 一文反响不错，本期带来第二部分《VeCS 与微加工》。2.5D 和 3D 环境下，微加工并不常用于电路板制造，但垂直导电结构技术将改变这一现状。

本期 Happy Holden 先生还分享了另一篇关于工业 4.0 的文章，将简要介绍计算机集成制造（CIM）的背景以及这项技术如何应用于工业 4.0 和智能工厂。此文节选自 Happy Holden 先生的新书 [《自动化与先进工艺》](#)，可以点击免费下载英文版先睹为快，中文版也在加紧制作中，敬请期待。

**PCB 组装专区**里，首先我们分享一篇关

于可制造性设计的采访。被访者是 IPC 设计师理事会成员——望友的总裁刘丰收先生，望友属于国内 DFM 领域走得比较超前的公司，今年其软件方案还斩获了 IPC 行业协会大奖。

接下来 Zentech 作为北美航空航天、军工、医疗等关键领域的 EMS 大厂，每天要与无数的高科技尖端应用设计打交道，深知好的产品离不开设计师与制造商的通力合作，本次采访中，我们探讨了如何通过早期沟通、完整的设计文件包等手段保证成功完成客户项目。

KIC 的总裁兼创始人 Phil Kazmierowicz 接收了我们的独家专访，话题包括行业目前动态，以及与工业 4.0 和简化工艺流程相关的话题。

**PCB 设计专区**中，明导为我们带来的关于设计到生产全流程数字化方案，其中很多观点与 Happy Holden 开篇的专题文章不谋而合。其中还用较大篇幅讨论了数字孪生技术在整个流程中发挥的作用。

IPC 的 CID+ 资深设计师与培训师 Kelly Dack 为我们讲了他的 DFU 概念——面向未知性的设计，在如今快节奏、高效的市场环境下，走一步看一步，冒险推进项目往往会导致大灾难。如何面对未知是一个永恒的主题。

最后 Prototron Circuits 的 Mark Thompson 讲述了设计师与制造商之间的君子协定，包括 PCB 设计规则和公差协商，遵守这些规则将是产品成功的保证。

时间真是过得飞快，2019 年转眼已进入下半年。非常感谢您对本读物的厚爱，下半年我们会有更多的精彩内容与您分享，8 月号将带来“可靠性的探讨”。欢迎关注本刊的微信公众号“PCB007 中文线上杂志”，获得每周推送与丰富资讯。**PCB**

# 这些行业领军企业 都有什么相似之处？



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

## 欢迎加入领袖企业的行列！



点击获取报价

I-Connect007  
GOOD FOR THE INDUSTRY

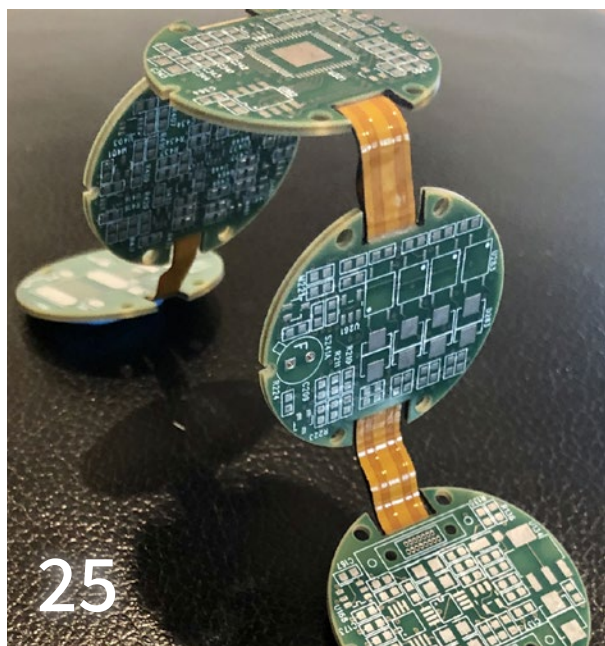
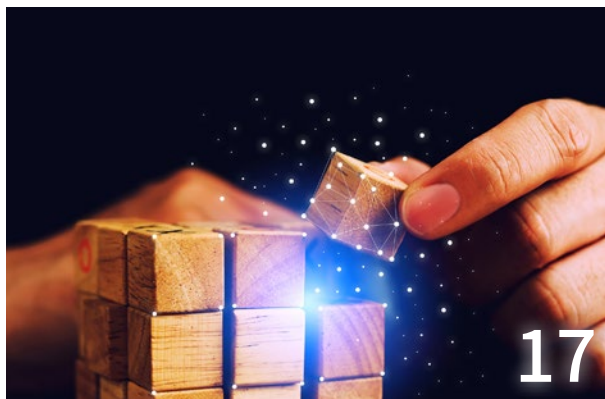
pcb007china.com

### 优质电子电路， 源于好的设计

质量是一种性质，可能受流程、人员、产品规格和原材料的影响。在我们的行业中有非常多的热门话题，包括技能差异、培训、新兴技术、工业 4.0 等。最终，这些主题的汇集决定了公司产品的质量。那么设计与质量又有怎样的关系呢？

#### 专题文章

- 9 智能工厂之数字孪生技术助力产品设计  
by Happy Holden
- 17 设计——PCB 制造拼图中的重要一环  
by I-Connect007 Editorial Team
- 25 设计灵感的迸发  
by Tara Dunn
- 31 从木屋到自制卡丁车：一切都始于设计！  
by John Steiner Johnsen (Josse), Didrik Bech, and Jan Pedersen
- 35 选择适当的材料是设计成功的关键  
by Nolan Johnson
- 41 学会灵活设计：改善 FPC 设计案例分析  
by Todd MacFadden
- 49 可准确预测铜层厚度的开尔文测试法  
by Brandon Sherrieb



灵活可靠的供应链解决方案  
高品质覆铜箔基板  
半固化片复合材料



**ventec**  
INTERNATIONAL GROUP  
騰輝電子



腾辉国际集团是一家全球领先的高品质覆铜箔基板和半固化片制造销售商。拥有完整的独立研发能力。遍布全球的分销网络使我们可以满足世界任何角落的需求。

**无论您需求如何，  
腾辉总能提供！**

腾辉电子（苏州）有限公司  
江苏省苏州市新区泰山路308号  
邮编：215129  
电话：+86 512 68091810  
电邮：[sales@ventec.com.cn](mailto:sales@ventec.com.cn)  
[www.ventecclaminates.com](http://www.ventecclaminates.com)



扫码订阅公众号推送

## 更多内容

### 特约专栏

- 57 传统接触曝光与阻焊层直接成像的对比  
by Nikolaus Shubkegel

- 63 垂直导电结构 第 2 部分：  
VeCS 与微加工  
by Joan Tourné

- 69 自动化与智能工厂：工业 4.0 简介  
by Happy Holden

### PCB 组装专区

- 81 可制造性设计将获得更多关注  
by Edy Yu
- 85 John Vaughan 谈项目成功的关键要点  
by Nolan Johnson
- 97 KIC 谈工业 4.0 之回流焊设备智能化应用

### PCB 设计专区

- 103 电子系统无处不在，设计到生产需要全流程数字化方案  
by Edy Yu, Tulip Gu

### PCB 设计专区

- 109 面向未知性设计  
by Kelly Dack, CID+

- 113 关于 PCB 设计规则和公差协商  
by Mark Thompson

### 行业短篇新闻

- 16 通过检验建立信心
- 23 电路技术研究院 (ICT) 第45届年度研讨会回顾
- 39 与PCB供应商合作的4点建议
- 47 呼朋唤友, LEAP Expo 2019观众预登记正式启动!
- 56 上半年PCB资本市场大事件盘点
- 84 无人化物料管理需要云料仓
- 95 电子制造商如何减少对环境的影响
- 107 协同、创新、融合，拥抱智能制造时代
- 116 重组后的杜邦®:新起点、新征程

### 其他栏目

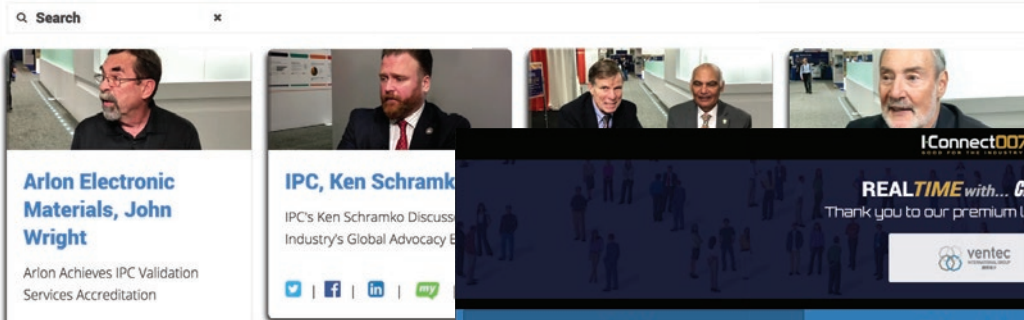
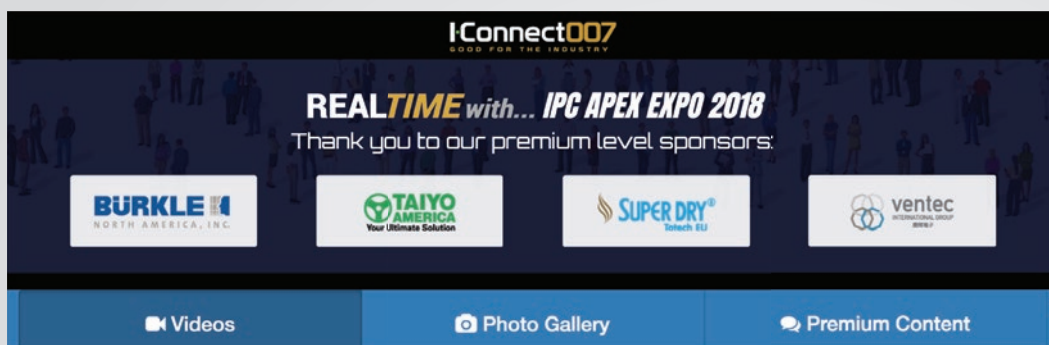
- 62 PCB007中文网站Top Ten
- 117 行业活动日历
- 118 广告索引、下期预告  
工作人员名单

# REALTIMEwith...

EXCLUSIVE EVENT COVERAGE 独家展会报道

全球唯一的行业盛会实时在线报道

访问我们的网站，获取I-Connect007为您带来的  
行业盛会报道视频与照片！



**I-Connect007**  
GOOD FOR THE INDUSTRY

RealTimewith.com



# 智能工厂之数字孪生技术助力产品设计

by Happy Holden

I-Connect007

目前，新品构建和可制造性及可组装性设计（DFMA）要求现已愈加明显，成为能有效缩短公司产品上市时间和降低产品成本的重要因素。这也是工业 4.0 对智能工厂的主要关注点之一。各个公司正在进行的改善计划众多，而迫切需要的是一个能够协调计划实施的整体框架。

本文将介绍 DFMA 的交互和通过数字孪生仿真技术实现协调权衡的新框架的开发需求。

并行工程一直是电子设计的基础，它与制造的单向交互构成了“过去的”思维方式。本文将提出一种新的框架——数字孪生模式，它是在并行制造软件框架之后发展起来的，该框架将在传统 CAE / CAD 流程之前为规划到电子组件中的制造能力和特性提供交互操作性。框架的组成部分——权衡基础将是不

同公司开发的基本 DFMA 指标。数字孪生是不断增长的工业 4.0、智能工厂软件和电子制造中使用的产品数据管理（PDM）软件应用的补充（图 1）。

电子产品技术正以前所未有的速度不断增加电子产品功能。其间，制造业同仁也看到了封装复杂性随之不断增加。现代 EDA 工具和并行工程是这一现象的主要驱动因素。这个时代我们尚未开发出一种有效的技术来反馈制造经验和智慧。数据流的唯一方向是从 DFM 流出。

## IC 设计模型提供的机会：PCB 的设计规划

数字孪生对电子产品的设计至关重要，主要有五点原因。首先，产品变得越来越复杂，不仅必须满足客户更高的期望，而且必

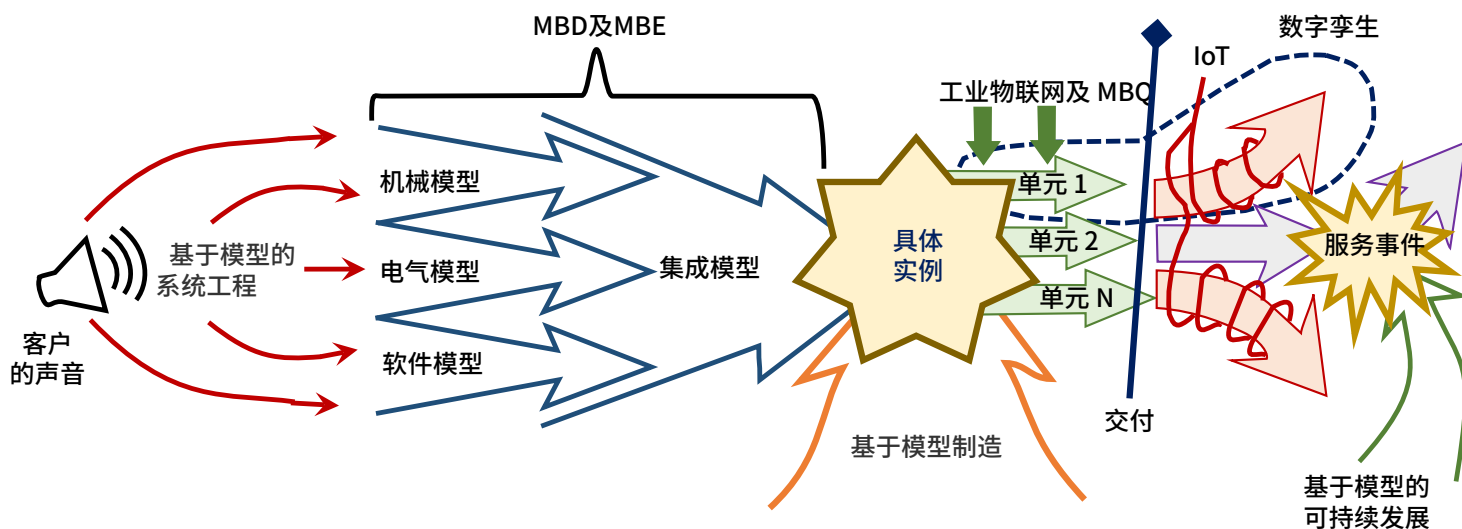


图 1：数字孪生是从传统的仿真和电气模型发展到与制造孪生模型、性能孪生以及智能工厂其它相关功能相结合（资料来源：机械设计, 2019 年 3 月）



# Galaxy VIA 系列

专为镭射通孔及各种精密通孔的检测需求而设计

- ◆ 检测能力可至最小20微米孔径
- ◆ 可检测所有类型镭射通孔缺陷
- ◆ 基于Galaxy平台研发
- ◆ 可生成孔径与孔位偏移的统计报表
- ◆ 配备ViaLight™ 光源系统 - 背光照明技术

**Galaxy VIA 20μ**

(最小检测孔径可至20微米)

**Galaxy VIA 25μ**

(最小检测孔径可至25微米)

**Galaxy VIA 30μ**

(最小检测孔径可至30微米)



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

如需了解更多资讯, 请直接联络当地康代销售代表。

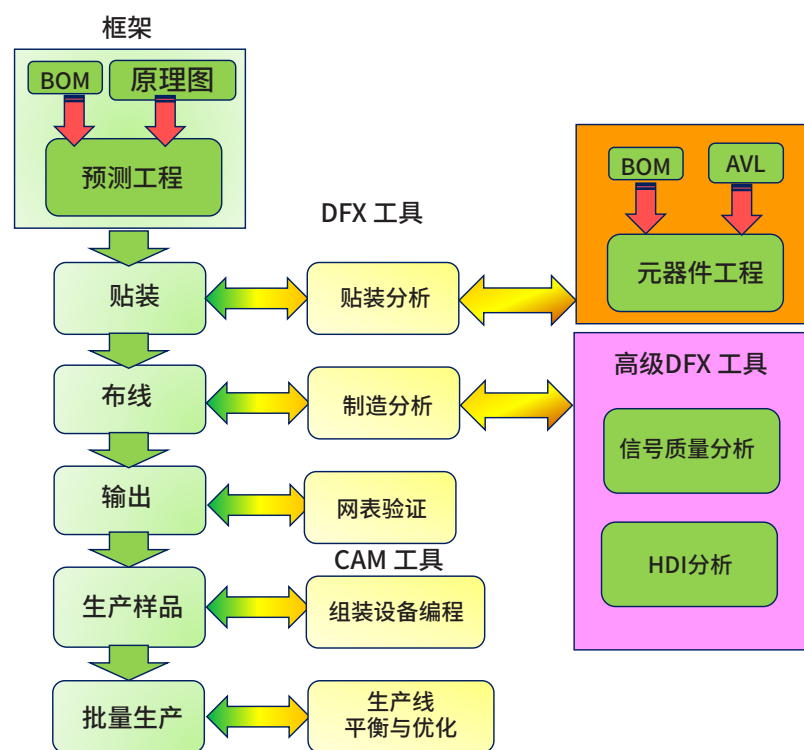


图 2：数字孪生不仅仅包含密度建模，它还可针对易失效的元器件和测试适用性、优化电气性能、最小化信号完整性问题能提出注意事项

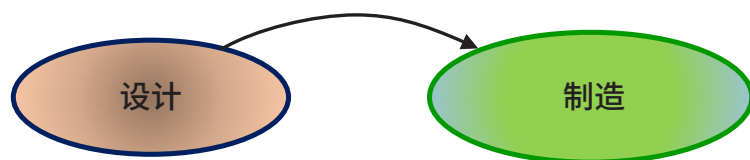


图 3：当前产品数据移动

须环保、高效节能，同时还要面临产品生命周期不断缩短的挑战。其次，必须要成本最小化。基准测试及案例研究表明 DFMA 可助组装成本降低 35%、PWB 成本降低 25%。第三，所有设计图纸和技术规格奠定了产品制造成本的 75%。第四，在电子产品设计过程中，60% 的制造成本是在设计的第一阶段确定的，此时只花费了 35% 的设计成本。如图 2 所示，产品定义过程包括规格和划分，这是对各个方面的性能与成本之间得失平衡的

技术权衡分析。第五，需要建立一种连接制造与设计及研发的通用语言，这种通用语言应该将可制造性作为设计的内在特性。这并不是制造业可预先检测的里程碑事件，而是在可制造性评分基于生产事实的基础，以此来促进团队合作，力求生产出高质量且具有成本竞争力的产品。

### 问题的本质

目前的做法是，设计数据只向一个方向传播——制造。如图 3 所示，没有规定要求将在制造过程中获得的能力、经验和智慧返回到设计环境。因此，许多公司使用并行工程，经验丰富的制造人员参与设计过程，以便传授制造经验。可惜这些经验丰富的制造业人员变得越来越少，而获得这些经验需要很长时间。困难不止于此，大多数时候制造商与设计者联系不紧密，即便在最好的情况下，制造相关的智慧和经验也只能作为意见，而意见通常是很难被接受的。

对于拥有丰富制造经验的小型垂直整合公司而言，这可能是一个有效的解决方案。但在过去几年中，印制电路封装的复杂程度已经大幅提升，现在不仅表面贴装要求非常精细的间距，而且球栅阵列（BGA）和倒装芯片以及芯片级封装也已经进入市场。考虑到这些以及市场上许多高密度互连结构（图 4 中的微导通孔或积层 PCB），设计变得极其复杂。许多公司正在通过 DFMA 解决这个问题，主要有 6 大关键设计要点，包括：

1. PC 设计网格和布局的优化

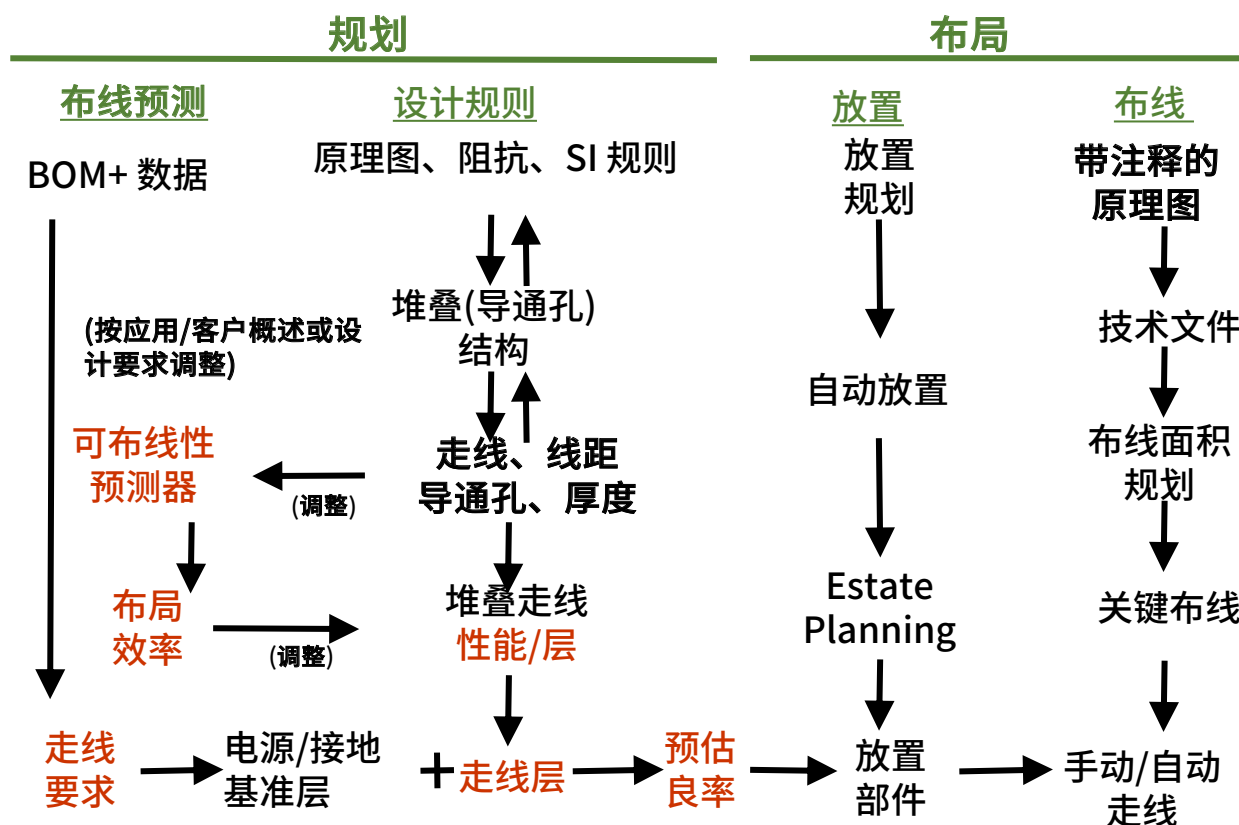


图 4：印制电路设计规划流程

2. PC 基板成本的最小化
3. 组装成本的最小化
4. 优选部件的使用
5. 测试覆盖率分析
6. ASIC 引脚的分区

它们的共同点是指标，但是未将整个系统进行总体考虑时，设计部门就会产生怀疑，担心某一特定域的成本降低了，但总系统成本却增加了，所以只是实现了次优化。因此设计部门需要一个软件环境来集成所有这些独立的程序。

### DFMA 的通用指标

为 DFMA 开发的指标有三个方面的：PWB 布局、PWB 制造、SMT 组装和测试

### 1. PWB 布局

PWB 布局之前使用的标准（不是很标准）指标包括封装技术图。有一种简单的方法可预测印制线路板的布线系数（ $W_F$ ）及其组装复杂性。该方法为封装技术图，通过在对数图上绘制每平方英寸的部件数与每个部件的平均引线数的关系图，可以计算布线系数（英寸/每平方英寸）和组装复杂性（引线/每平方英寸）。

### 2. PWB 制造

PWB 制造的指标涉及性能目标和 PWB 价格之间的权衡。这是可制造性的来源，因为价格取决于良率才能准确估算，所以开发了两个关键指标来实现价格/性能权衡：

- (1) 复杂性指数（CI），用于描述特定 PWB

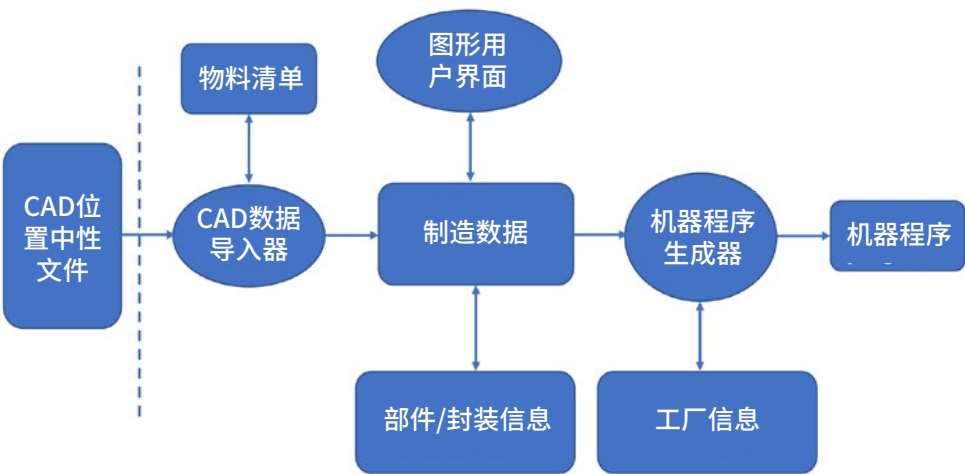


图 5：并行制造框架

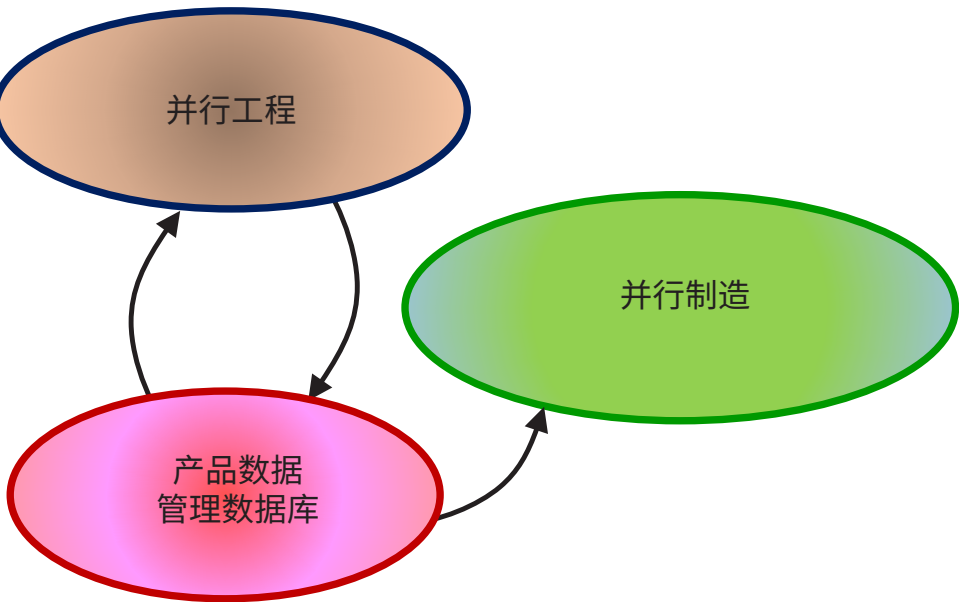


图 6：新兴数据传输环境

影响程度：

- 0~45 分：+ 20%
- 46~60 分：+ 10%
- 61~75 分：-10%
- 76~100 点：-20%

第二个典型指标是组装复杂性<sup>[8,9]</sup>，该指标被定义为每平方英寸的引线 (LPI)，本文列出的参考文献提供了每个引线的平均成本与组装复杂性回归模型的数据。

提出的方法

新兴的装配制造智能数字系统——如 CFX、CAD Master、CAMStar、CAD-Master 和个别软件解决方案——为实施 DFMA 提供了新的机会。如前所述，我将这些系统称之为现代框架并行制造，以区别于并行工程。并行制造的框架如图 5 所示。

物理特征（尺寸、层、孔、走线等）的复杂性，以便计算首次通过率

(2) 相对成本指数 (RCI) 是一种人为的货币，表示两种或更多种设计方案之间价格变化幅度

3. SMT 组装

SMT 组装的主要指标是组装报告卡（一组预测性的综合指标）。10 个因素基于从组装成本得出的总分数方案，这些分数对报价的

的重要作用由模块产品信息交换 (PIX) 说明，它的作用是：

- 面向制造的设计工程、面向设计工程的制造和其他制造以及分包商之间传递信息
- 自动化 CAD 数据交换和修订存档
- 提供产品数据跟踪和封装完整性检查，并支持标准行业网络
- 可组装性设计可分析部件的安装、支持多机配置、分析设备产能并提供生产工程文档

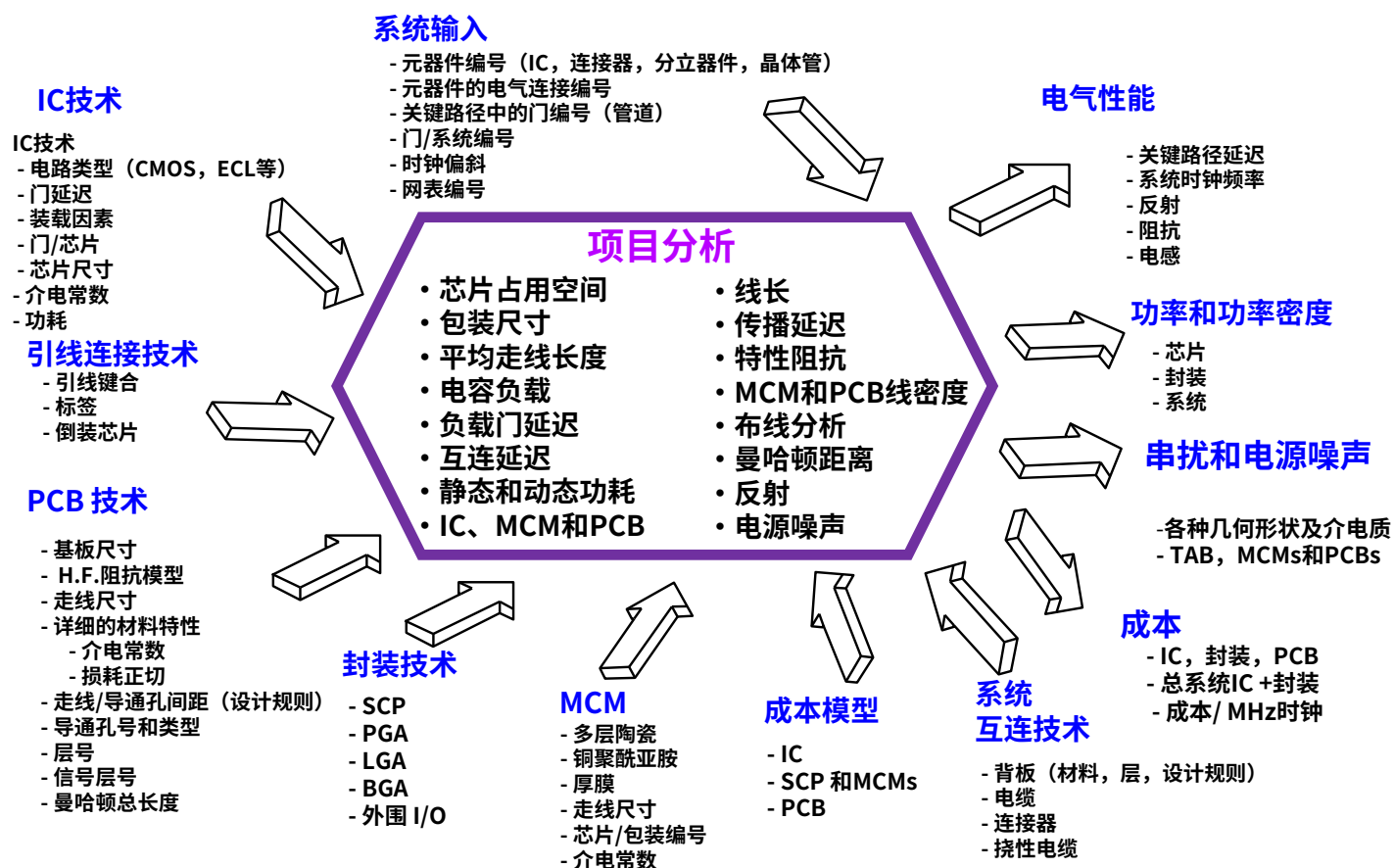


图 7：对于 PCB 的数字孪生，应该对用户认为关键的所有方面进行模拟和权衡，包括成本、可制造性、密度、信号完整性和可靠性

新兴的数据传输环境来自企业的中央数据库，称为产品数据管理，图 6 说明了这种新的数据移动条件，PDM 软件集成了设计、制造和支持产品所需的所有数据，例如：

- 仿真和模型
- CAD 和 CAE 数据文件
- 材料、工艺和特性
- ECO、修订、部件等

## 数字孪生

数字孪生是进行权衡和仿真的活动，它着重于：

- 产品定义和系统划分 (技术权衡)
- 布局和 CAD 系统设置

- PWB 制造设计规则、良率优化和成本权衡
- SMT 组装工艺、封装元件和测试权衡
- 技术规格和文件
- 标准和法规

多年来，我采用了各种预测模型并将其编码为 Excel 电子表格。这让我可以看到各种参数对事件的影响。最后，通过使用宏，将这 34 个电子表格链接到一个预测系统，该系统使我能够对提出的原理图进行样品设计，并查看其性能和成本，而无需实际设计或构建它。图 7 所示，使用户能够改进任何产品开发。

此列表中缺少一个关键元素：定制 ASIC 引脚位置的全局分配，这将有助于降低 PWB

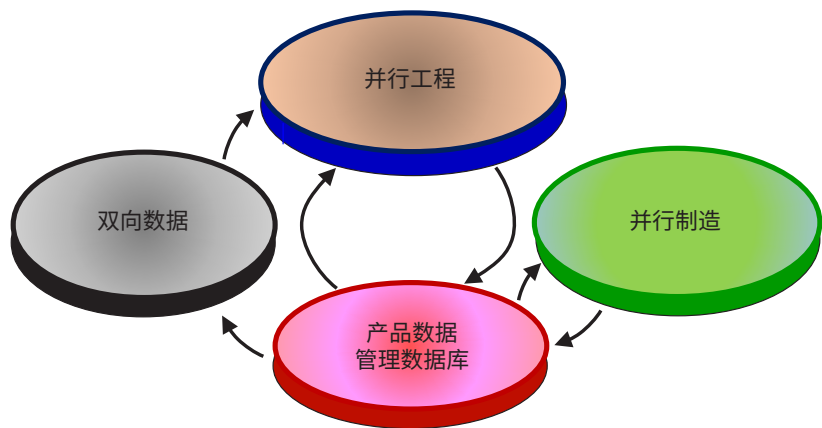


图 8：数字孪生框架

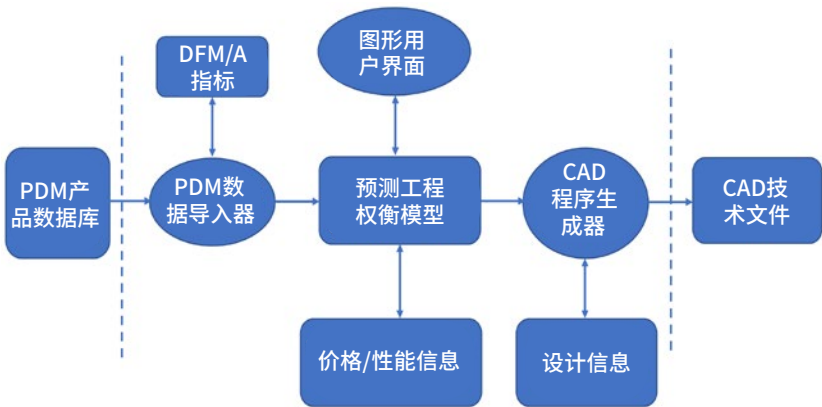


图 9：数字孪生架构

以及组装复杂性和成本，同时确保更好的系统性能和获利的最佳时机。DT 框架通过 PDM 数据库从制造中导入关键指标和数据（图 8）<sup>[10]</sup>。由于并行工程的产品重点简短，因此并行制造中获得的智慧和经验可以在 PDM 中存档。

权衡模型和支持软件的 DT 软件架构可为用户提供全局信息（图 9）。选择功能后，可以将它们放回 PDM 数据库中。布局因素、尺寸和设计规则的选择可用于创建驱动现代 CAD 程序的技术文件。

结论

如果公司希望缩短产品上市时间、降低开发和生产成本，那么 DFMA 需要集成到产品生成框架中。并行工程和制造、产品数据管理和数

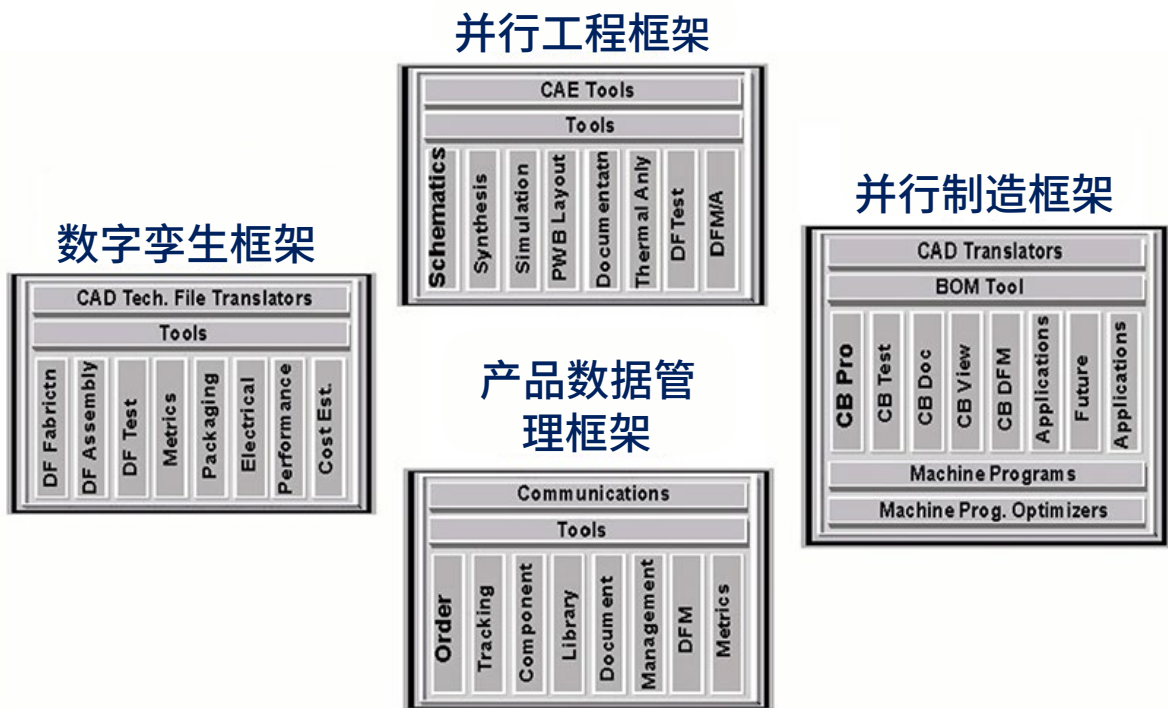


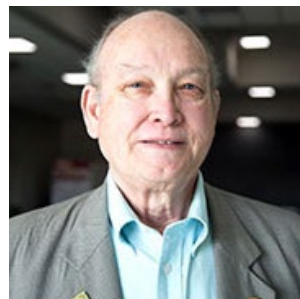
图 10：产品生成框架

字孪生技术都是必不可少的要素。这类愿景中的工具、软件和要素如图 10 所示，最后就是找到一个软件环境来增强其数字孪生功能。

## PCB

### 参考文献

1. Hume, H., Komm, R., & Garrison, T. "Design Report Card: A Method for Measuring Design for Manufacturability," Surface Mount International Conference, September 1992, pp. 986-991.
2. Holden, H. "DFM in PWB Fab: A Review of Predictive Engineering Benefits," Surface Mount International Conference, September 1993, pp. 877-881.
3. Holden, H. "Microvia PCBs: The Next Generation of Substrates and Packages," Future Circuits, Issue 1, Vol. 1, pp. 71-76.
4. Sandborn, P. "A Software Tool for Technology Trade-off Evaluation in Multi-chip Packaging," IEEE/CHMT's IEMT 1991 Symposium, pp. 337-340.
5. Mantay, M.K., Range, L.A., & Schoenberg, L.N. "Optimizing Autorouting Boosts PCB Manufacturability, June 1991, pp. 58-61.
6. Hawiszczak, R. "Integrating Design for Producibility into a CAE Design Environment," NEPCON East, June 1989, pp. 3-14.
7. Seraphim, D.P., Lasky, R.C., & Li, C.Y. Principles of Electronic Packaging, McGraw-Hill, 1989, pp. 39-52.
8. Holden, H. "Segmentation of Assemblies: A Way to Predict PWB Characteristics," IPC T/MRC, December 1994.
9. Mangin, C.H. "Complexity Levels and Price Performance," Circuit Assembly, February 1994, pp. 46-48.
10. Davis, R. "PDM Caps the Enterprise Strategy," Manufacturing Systems, May 1994, pp. 38-48.

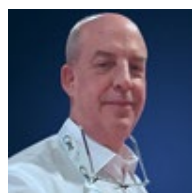


Happy Holden 自 1970 年以来一直专研印制电路技术，先后效力于 Hewlett-Packard, NanYa / Westwood、Merix、Foxconn、Gen-

tex 等公司。他与 Clyde Coombs 共同编写了《印制电路手册》(第 7 版)。如需联系 Holden, [请点击此处](#)。

## 通过检验建立信心

在规划、制造和消费主义的世界中，我们依赖于这样一个事实，即我们设计或购买的产品符合厂商说明的要求。对于消费者来说，他们选择相信所购买的产品能够完成标签或制造商所说



的产品功能。对于易耗品，基本上是这样；如果它不能正常运行或不能完成它应该完成的功能，我们不担心，只要退回产品就可以了。

阅读全文, 请[点击这里](#)。



# Design Is a Pivotal Piece of the Puzzle

## 设计——PCB 制造拼图中的重要一环

by I-Connect007 Editorial Team

作为全球拥有近 30 座制造工厂 TTM Technologies 美维科技的现场应用工程师，Julie Ellis 需要和各种各样的客户设计要求打交道。在接受 I-Connect007 编辑团队采访的过程中，Julie 阐述了 PCB 设计师一职对整个产业发展的作用。她分享了设计师可在早期设计阶段运用的各项技巧，以便将一些小问题防微杜渐，有利于优化后期的制造和组装。

**Andy Shaughnessy :** Julie, 我知道你对设计和制造非常缜密。能先介绍一下你如何看待日常设计工作，有哪些独到的想法吗？

**Julie Ellis :** 我是 TTM Technologies 公司的一名现场应用工程师。我每天的工作包括规范电路板设计以及为 4 层厚铜板到 32 层板进行叠层设计，还为 0.4 mm 或更小间距 BGA 的高阶 HDI，以及 0.5mm 或更小间距 BGA 的标准 HDI 进行技术对接。

另外我要确保整个生产转移过程顺利，我正在尝试设计能够很容易被转移到亚洲生产的产品，这样就可以在没有任何特殊要求的情况下进行大规模量产。我要确保它们是按照大批量生产工厂的工艺能力、材料和可用技术进行设计的。

# 运用技术 拔得头筹： 翘楚所为

CapStone™ 乃  
ESI在柔性电路板加工业内  
厚积数十载激光材料专业术  
与领先科技之  
集大成之作

双倍提升产能的同时  
大幅度降低单张电路板的加工成本

抢先运用CapStone的新科技...  
立于领先之地

# CapStone™



ESI现在是MKS的一部分。2019年2月1日，ESI成为MKS Instruments, Inc.的一部分。

并购后，将利用各自公司的优势和专业知识和提供丰富的强大解决方案以满足客户不断变化的技术需求挑战

更多信息请访问我公司网站  
[www.esi.com](http://www.esi.com)





Julie Ellis

在亚洲生产，其材料价格大约占整个制造成本的 40%，而在美国，材料大约占成本的一半。当我们进入大批量生产时，如果我们能优化产能，降低成本，那么在 PCB 制造层面可为客户节省几个百分点的成本。

**Shaughnessy :** 有时，我觉得设计师们并没有意识到其所做的设计对最终产品会有多大的影响。你希望告诉设计师们哪些建议以避免常见的错误？

**Ellis :** 我希望客户能在产品初始甚至在开始电路布线之前就来找我。如果已经完成了 18 层非常密集的布线，事情就变得既复杂又困难了；如果违反了标准的制造设计准则，就很难再返回去更改。

此外，如果有 BGA 的话，我非常关注 BGA 的最小间距是多少，因为这决定了工厂的技术能力水平。例如，对于 0.4 mm 间距的 BGA，如果客户试图在内层的焊盘之间布

一条走线，需要穿透多层的激光微导通孔，那必须使用 HDI 技术。如果他们需要在内层的 BGA 焊盘之间布一条走线，由于焊盘之间的间距很小，这些走线的线宽和线距只能为 2.36 mil，许多制造厂商不具备这种蚀刻能力。

很多人没有意识到，机械钻通孔的焊盘直径与激光微导通孔的焊盘直径存在很大差异。例如，在亚洲，大多数供应商希望机械钻的最小钻孔尺寸为 8 mil，但是在北美，6mil 的钻头尺寸很常见。人们希望将 10 mil 焊盘、6 mil 的机械钻孔设计转移到海外生产，但如果你把同样的设计带到亚洲，可能会要求至少 8 mil 的钻孔，焊盘最小为 8mil+8mil，达到 16mil 的焊盘。

**Shaughnessy :** 设计师们极有可能辩护说“我们不知道它将会在哪里生产”，他们是否应该尝试了解具体生产地点，了解是否将量产，然后再与那些制造商联系？

**Ellis :** 当然。在过去的一年里，我不得不调整了 10 种原本应该很简单的通孔设计。与北美的供应商合作时可以在 0.62" 厚度板的 10 mil 焊盘上机械钻 5 mil 的孔，厚径比大于 10 : 1，使用的是 5 mil 的钻头。客户认为可以将其转移到中国生产，但其实这在中国量产工厂中并不常见。我相信这不仅仅是 TTM 特有的情况，而是一个放之四海皆准的电路板规则，因为这些设计可能最开始也不是我们客户设计的。

**Shaughnessy :** 你会给设计师们提供哪些指导？

**Ellis**：我们有 BGA 和 DFM 设计指南。如果是一个复杂的堆叠，我知道工程师在间距和几何结构上空间有限，我会向他们提出最小钻孔要求，让他们可用于所有的钻孔结构，无论是导通孔，还是内层和外层上的微导通孔。我会向他们提出可以使用的焊盘直径、线宽和线距，以及他们根据不同层的要求需要使用的阻抗可控走线和线距。如果他们使用 VIPPO 工艺（via-in-pad plated over）或非导电环氧填充导通孔后电镀，用于组装焊盘中的过孔，我会给出稍大的线宽线距和最小的外部空间镀层，以便电镀过程中需要进行额外的处理。我们考虑了总叠层并给出叠层中所有不同结构的线宽、线距、焊盘直径和孔直径等设计要素要求。

**Shaughnessy**：准备工作之后，这些设计就可以在海外生产了。

**Nolan Johnson**：您的意思是，您从鉴定过程入手，搞清楚设计团队对电路板设计的意图。您发现他们完全不清楚的概率会有多大？

**Ellis**：我大约 80% 的工作是与有良好关系的老客户打交道，所以通常他们会第一时间打电话给我，因为他们非常依赖我来帮助他们做拼板工作，以实现材料优化。我们支持许多新的开发型客户，因此如果一家公司恰好从事电动汽车领域的开发，你就可以假设大多数 PCB 组件的量产最终将在离岸的某个地区进行，如果是的话，我会问“你是否想让我们按离岸生产要求进行设计？”有时候他们并不着急量产，那他们会回答，“按样品设计指南，这样我就可以先完成我的设计，检查

它的功能。”

**Johnson**：对于另外 20% 初次接触的新客户来说，他们往往也会准备得不错吗？

**Ellis**：不，他们不会主动考虑这些，我必须和他们沟通。去年我做了一项采用高阶 HDI 的项目。我查看了客户的要求，首先考虑的是将其转到我们成本最低的制造工厂生产，但如果其需求超过了该工厂的批量生产能力，那只能换到另一个符合产能的工厂。另外，我需要确定该项目使用了何种技术。我们有一系列具备不同技术能力的工厂，这样我就知道该以哪个工厂为基准来进行设计。我会尽可能使设计简单化，因为 TTM 在世界各地近 30 座不同的制造工厂。

一旦我知道了该采用什么技术，就有了思路，然后我就可以尽量符合客户的要求——什么标准、多少层、某层对铜厚度的要求、总厚度要求、最小的 BGA、是否有细间距的元器件……以及有没有任何我们需要注意防止焊料流入的焊盘内导通孔。在 TTM 需要拥有这种能力，但是必须根据所需的产品类型进行鉴定。

**Dan Feinberg**：客户可以来找您讨论整个产品包，并从您这里获得关于初始设计的帮助、想法或建议。

**Ellis**：没错。如果我们内部无法完成，我们还有合作的全球设计网络，我们在中国进行全面的“交钥匙”工程模式，并以这种方式支持我们的客户。我们既有从概念到完整机箱构建和全系统集成的内部资源，也可以只



做我们擅长的部分，并推荐我们的合作方来做我们不那么擅长的部分。

**Feinberg**：说到扩大设计师与他人的合作，设计师与供应商合作的情况如何？我知道以前这种合作不多见，但在过去的几年里，这种模式越来越多了。比如一家干膜供应商想出了一种方法，可使 0.5 毫米的线宽和线距实现垂直侧壁，那么你会不会与光致抗蚀剂供应商合作，来判断他们是否能开发出与你的设计相一致的材料？

**Ellis**：不会，我会找一个能够实现这种设计的工厂。TTM 拥有 30000 多名员工，其中有数千名工程师致力于新技术在全球的推广和应用。新技术的使用不是我的领域，相比起设计师，我有更好的信息来源和人脉。我的主要优势是能很好地解决问题，但这并不意味着我要自己解决问题。我的座右铭之

一就是明智地选择合适的专家。我也许被认为是某类问题的专家，但我知道我并不是所有问题都能面面俱到。

**Happy Holden**：OEM 会不会来找你说“我们需要开发这项技术”，或者你是不是通常会向那些优质客户展示未来几年的发展路线图？

**Ellis**：客户要求我们开发新产品，这使得我们总是不断增强工厂的技术能力。汽车领域正开始关注高压应用，受此驱动，客户常常带着新技术来找我们，如果跟不上技术的步伐，我们就有可能会倒闭。

**Barry Matties**：这并不奇怪，因为汽车越来越像装了轮子的电脑。

**Ellis**：对，我们的车辆正在成为娱乐和通讯指挥中心。

**Matties**：你和这么多不同的设计师一起工作，在你看来设计老将和设计新人在设计方法上有区别吗？

**Ellis**：这取决于不同的性格。有些人天生个性比较强，想要按自己的方式并急于求成，但工程师通常都是学习的高手。从我的角度来看，95% 与我共事的人都愿意寻找优化电路的最佳方法。在大多数情况下，年轻的工程师们很乐于接受我们提供的建议。

**Matties**：他们的技能与有着 40 年经验的老设计师不同吗？我好奇他们在寻求获取知识经验时方法是否有所不同。

**Ellis**：这是一个很好的问题，我和我的同事经手的堆叠项目中，50% 的电路原理图都已经设计好了；当我们开始时已进入布局阶段，设计电路板布局的人员通常与设计电路原理图的人员是两组人。如果我和我的前端能够在设计早期就展开合作，提前给他们一些基本的设计指南那会让整个制造过程变得简单。鉴于已知产品将被离岸生产，我会建议事先确定尺寸，然后优化它的材料。说到组装，电路板越大越好，组装也越容易。同样的制造过程中越宽的铜走线，越容易被蚀刻，铜在电路板中的作用非常关键。

**Matties**：随着数字化智能工厂的发展，TTM 现在发展到了什么阶段？我知道这会对设计师需要提供的数据包发生很大的改变。

**Ellis**：我们遇到一些客户要求使用 IPC-2581 标准，文件包中囊括了所有内容，可做无纸

化生产，但此方式还未普及。如果有人给我发送一个 PDF 图纸，而不是我必须下载到系统中，再通过另一个程序进行设置来查看的 Gerber 文件，对我来说会更方便。

**Matties**：你提到说 80% 的客户都是回头客，所以在我看来，可以提前考虑简化流程，因为他们可以从以往的订单项目中获得参数，是这样吗？

**Ellis**：我们很少有客户能在拼板设计时足够重视设计规则。但如果客户们都能更多地意识到这一点，那就太好了。其中一条是，每块板的四条边都有禁止布线区域。在电镀过程中，我们需要钻一些孔来进行定位，并且留有空间可以用来夹板。

不同的地区乃至不同的工厂都有不同的要求。如果有人说：“不论最终去哪里生产，我想在北美和中国都能使用相同的拼板排列。”那么我会为他们采用保守的设计准则。对于标准的 2 类设计，用 18" x 24" 的尺寸生产，每条边留出一英寸作为禁止布线区域。然后，你会得到一个 16" x 22" 的有效板面。”

你可以设置禁止布线区域，保持部件之间的距离，然后继续检查数据。告诉它尺寸，它将显示优化的最佳方法。你甚至可能会看到，如果板边四周仍有很多空间，可能需要稍微减小板的尺寸，尝试不同的拼板排列。

**Matties**：是的，因为提前考虑这些可以帮助降低后期成本。

**Ellis**：是的。事实上，我在一个大客户身上遇到过最糟糕的情况。我们设计了一款双拼

板，考虑到垂直边缘都在顶部和底部，大多数组件短边沿着传送带运行，因此长边与传送带平行。所以我们可以运行两边都有工艺边的双拼板。这是从尺寸角度考虑的。

最后把拼板旋转了 90 度。尺寸变了，基于这种排列，就不能通过在同一侧的工艺边加工相同排列的拼板，所以最终损失了一些板面利用率，成本略微增加了。如果我们当时选择了最常见的 8”x24” 尺寸，我们就能最合理进行材料采购。在这个案例中，使用了不同的切割片，材料利用率不高，所以成本确实有点增加。

**Matties :** 如果数量达到 50 万个，那增加的成本就很可观了。您提到通常希望合作从早期就开始，除此之外，为了保证设计和制造的完美结合，您还会给设计师哪些建议？

**Ellis :** 与你的制造商和组装厂进行沟通时遵循“KISS”原则。我一直认为“KISS”的意思是“懒人原则 (keep it simple, stupid)”。有人告诉我真正的含义应该是“超级简单 (keep it super simple)”。即使从用户的角度来看，一旦有问题，他们也必须解决或修复，太复杂的设计很难进行修复或返工。要考虑整个系统的外部 and 内部，从内部开始构建，再逐层往外。

**Matties :** Julie, 非常感谢您抽出时间接受我们的采访。

**Ellis :** 谢谢。每个人都提出了很有意思的问题。

**Shaughnessy :** 太棒了。非常感谢。PCB

## 电路技术研究院 (ICT) 第45届年度研讨会回顾

“Yam awlroight, aer kid?” 这是当地方言的友好问候。2019 年 6 月 4 日，电路技术研究院 (ICT) 在 Dudley 的 Black Country Museum 举办了第 45 届年度研讨会，该博物馆是工程技术、创业和制造技能创新精神的象征，确立了该地区在引领原始工业革命方面的重要作用。

电路技术研究院 (ICT) 技术总监 Bill Wilkie 用令人心情愉悦的欢迎辞开启了会议，他将代表们比作知识的种子，并把电路技术研究院 (ICT) 比作一把喷壶，希望能



Pete Starkey

够让知识发芽、生长、开花和结果。

Bill Wilkie 很高兴地向大家介绍主题演讲人 Ashutosh Tomar——英国最大的汽车制造商捷豹 / 路虎的技术研发经理，他的专长是构建平面和立体结构的电子产品以及开发挠性电子产品。Tomar 的演讲题目是《柔性混合电子产品在汽车中的应用》通过他的演讲，代表们有机会看到了隐藏在捷豹 / 路虎车身和内饰下的先进电气和电子功能。

阅读全文，请[点击这里](#)。



**CPCASHOW 2020**  
SHOW

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

# 国际电子电路（上海）展览会

INTERNATIONAL ELECTRONICS CIRCUIT EXHIBITION (SHANGHAI)

► 2020.3.16-18  
国家会展中心（上海）  
National Exhibition and  
Convention Center (Shanghai)

主办单位 Organizers



**CPCA**

中国电子电路行业协会

**HKPCA**

香港线路板協會

承办单位 Event Manager



上海颖展展览服务有限公司  
Shanghai Ying Zhan Exhibition  
Service Co., Ltd.

展会联络 Contact Us

Tel: +86-21-54900077 / Fax: +86-21-54904537 / E-mail: [cpcashow@ying-zhan.com](mailto:cpcashow@ying-zhan.com) / QQ: 800 055 702  
[www.cpcashow.com](http://www.cpcashow.com)



# 设计灵感的迸发

by Tara Dunn

Omni PCB

“只要是你能想象出来的东西，就都有可能成为现实。”这句著名的励志名言出自帕布罗·毕加索，这句名言阐释了想象对于创造的重要性。我发现这句至理名言同样适用于挠性电路和刚挠结合板的设计。通常，挠性电路的应用只会受到我们想象的限制。我最喜欢的工作之一就是能够与一群工程师和设计师面对面讨论挠性电路和刚挠结合板的设计。在“午餐和学习”时间，我们会共同研究探讨技术发展趋势或解决一个特定的难题。带样品在工程师之间传看、展示样品不同的特征对学习交流很有帮助。通常，观察一个样品会让人迸发出灵感，同时得到别人的建议。“我想知道我们是否能做类似这样的产品。”头脑风暴从那一刻就开启了。

我了解到本月的主题是“一切始于设计”后，就想知道是否可以通过看图片，而不是

手中的挠性电路和刚挠结合板来激发人们的灵感。如果这些图片有助于产生一个新设计的想法，我很乐意听听。如果没有，我会指出这些设计中的一些最佳方法，应该有益于那些踏入挠性电路和刚挠结合板设计领域的新手，对于那些已经有丰富设计经验的设计师，也会有很好的启示。

让我们从基本的挠性电路设计开始。图1是连接两个部件的简单单面设计。我认为挠性电路可以代替导线来节省空间和重量。它还可以代替刚性板，解决安装问题。FR-4 增强板在这里非常重要，可以支撑较重的元器件，并防止损伤挠性电路。

图2是一个双面挠性电路，包括有通孔和SMT 元器件。在这张图片中，可以看到尾部

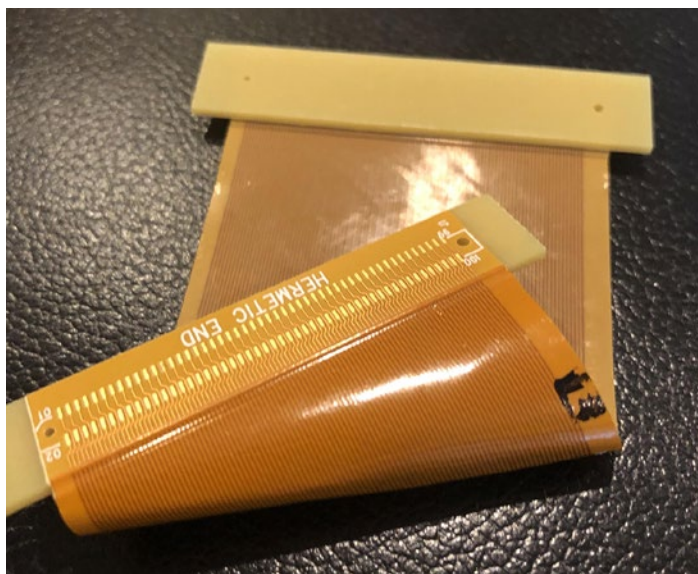


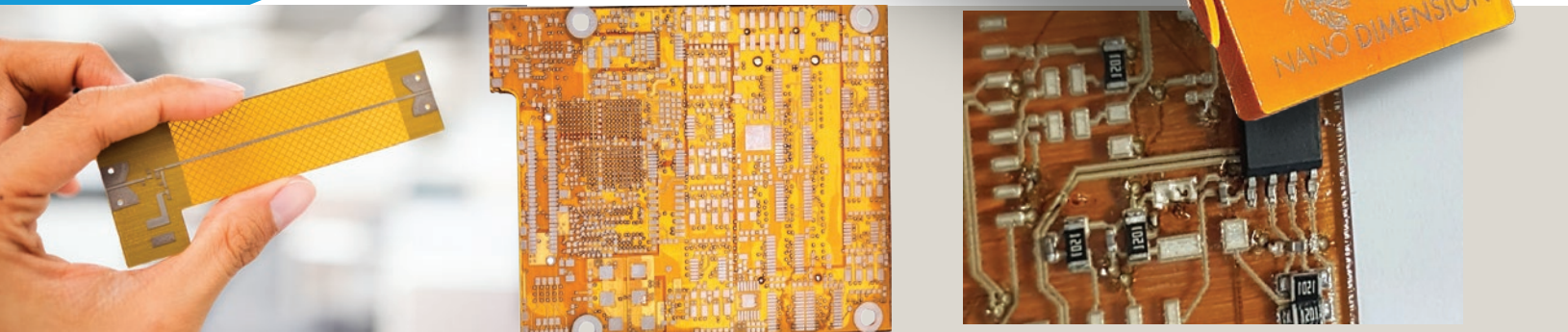
图 1



图 2

# 我們來到中国了！

現在你可运用领先的增材制造电子技术，加速你的印刷电路板、射频和天线开发。



NANO DIMENSION

Electrifying Additive Manufacturing®

想了解精确的3D打印如何推进电路设计，并且同时减少你的时间和成本，請联系我们！

[www.nano-di.com](http://www.nano-di.com)

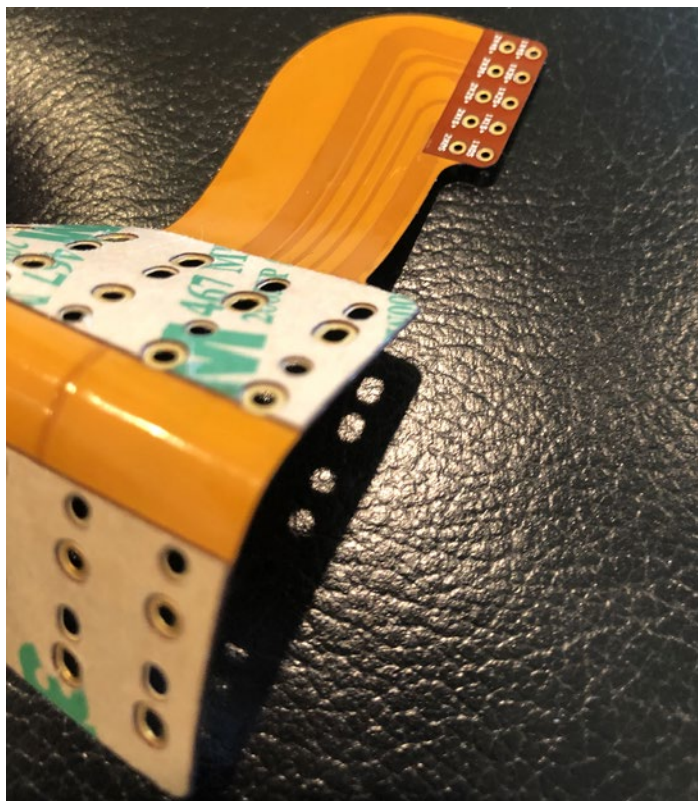


图 3

区域的聚酰亚胺增强板。零插入力（ZIF）连接器是一种常见的挠性电路端接方法，对外形和总厚度都有严格的公差限制。聚酰亚胺增强板通常用于增加厚度以满足技术规范要求。

图 3 是另一个双面挠性电路案例。从图片中可以看出，这种设计也使用了聚酰亚胺增强板。在这种情况下，增强板增加了一点厚度，对该区域的元器件起到了支撑作用。关于该样品，另一个有趣的之处是使用了压敏胶（PSA）。这种设计并没有真正进入设计指南讨论，它通常用于将挠性电路固定在装置内部，以确保它在产品整个生命周期中都能保持在原有位置，或者在最终使用过程中挠性电路弯曲时帮助固定。这就是需要想象力的项目所在。

图 4 和图 5 是一个双面挠性电路的图片，这种设计可以很好地利用挠性电路在安装中的优势。挠曲互连的形状富有创造性和想象力。在图 4 中，可以想象这个挠性电路可以很轻松地安装到外壳中，替代导线和组件。在图 5 中，



图 4



图 5



图 6



图 7

还可以想象尾部是如何从主挠性区域分离出来的。你看不到的是在安装过程中会采用 PSA 来引导和固定。

图 6 显示了一个简单的刚挠结合电路的例子。在这种情况下,FR-4 增强板电镀通孔,用于机械支撑和与挠性层实现电气连接。这种特殊的设计需要厚铜进行屏蔽,并且在终端应用中可能不够灵活。为了解决这个问题,采用了活页结构,将各层分为两部分。

图 7 也是一个刚挠结合板设计,其电路在刚性区域中。该设计也采用了活页结构,不采用厚铜,但有 10 个挠性层。如果 10 层全部粘合在一起,就实现不了终端应用所要求的灵活性。在挠性层上采用了交叉形屏蔽,增加了每层的挠曲性。

图 8 是一种常见的刚挠结合结构,由挠性

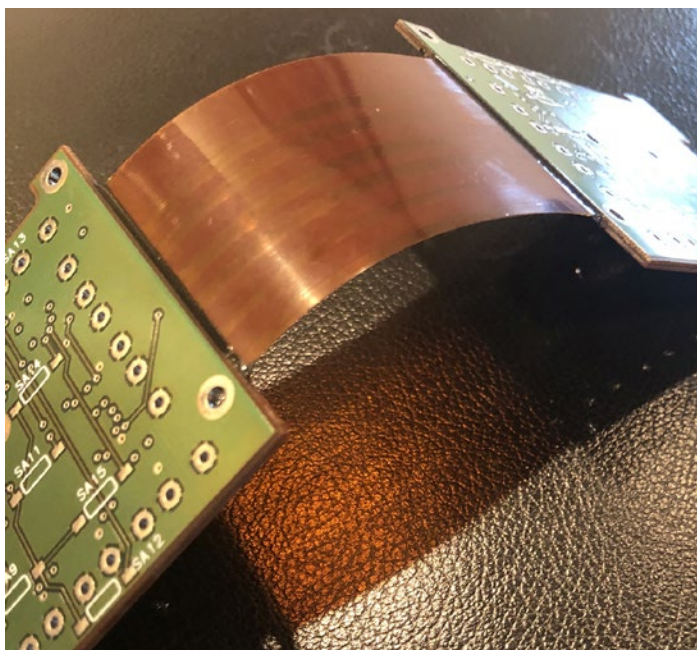


图 8

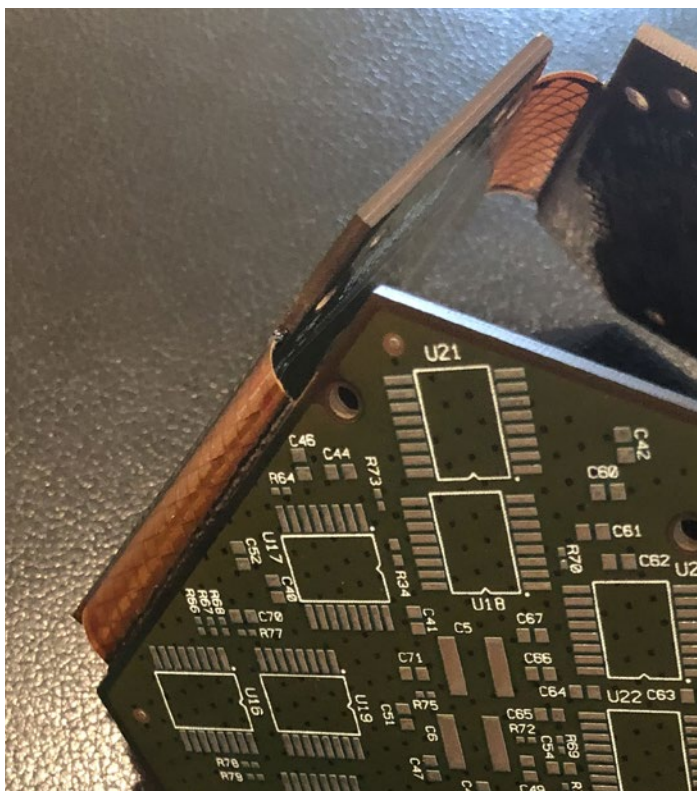


图 9

层连接两个刚性区域。展示这个实例的原因有两个。首先,设计以及概念简单,这通常是刚挠结合板设计入门者的选择,也是刚挠结合板成本最低的形式之一;其次通过这个案例可以

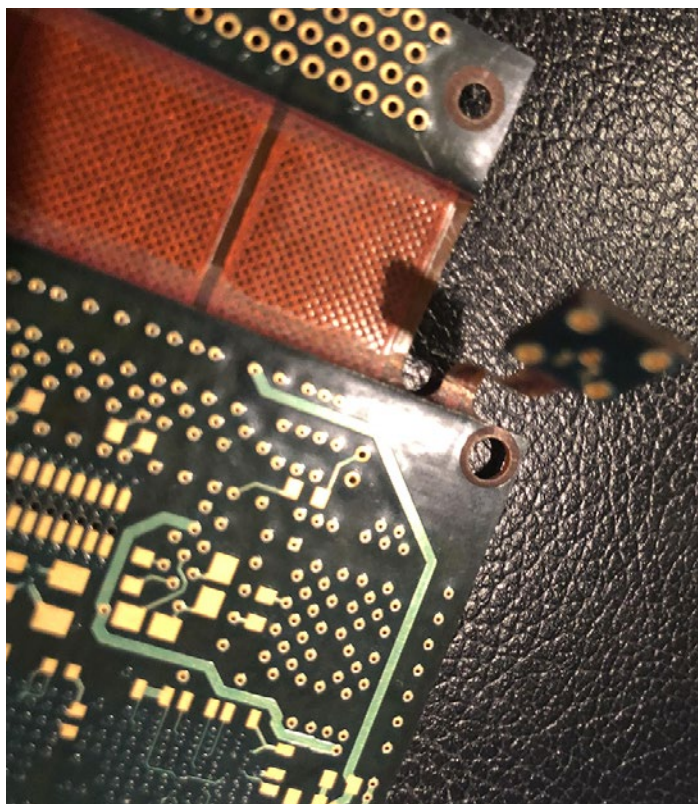


图 10

看到在挠性层和刚性层交接之处采用环氧树脂可消除应力，防止关键区域挠性电路的损坏。

图 9 是刚挠结合板结构的另一个例子，展示了挠性尾部区域如何有助于安装。安装变得越来越重要，因为我们面临着要将更复杂的电子产品安装到越来越小空间内的挑战。该示例还显示了弯折区域的十字交叉铜图形，提高了弯折性。

图 10 是一个复杂的刚挠结合设计，从主弯折区分离出各种不同的尾部。这是一个很好地运用想象力和刚挠结合弯曲能力的实例。同样也可以看到十字交叉铜图形，是为了提高挠性电路的弯折性。但看不到的是在每个挠性尾部区域增加的应力释放部分，此设计最终安装时将会有 4 个不同的弯曲和折叠区域，并且尾部将在各个方向上进行布线。

图 11 是一个最终的刚挠结合设计，显示

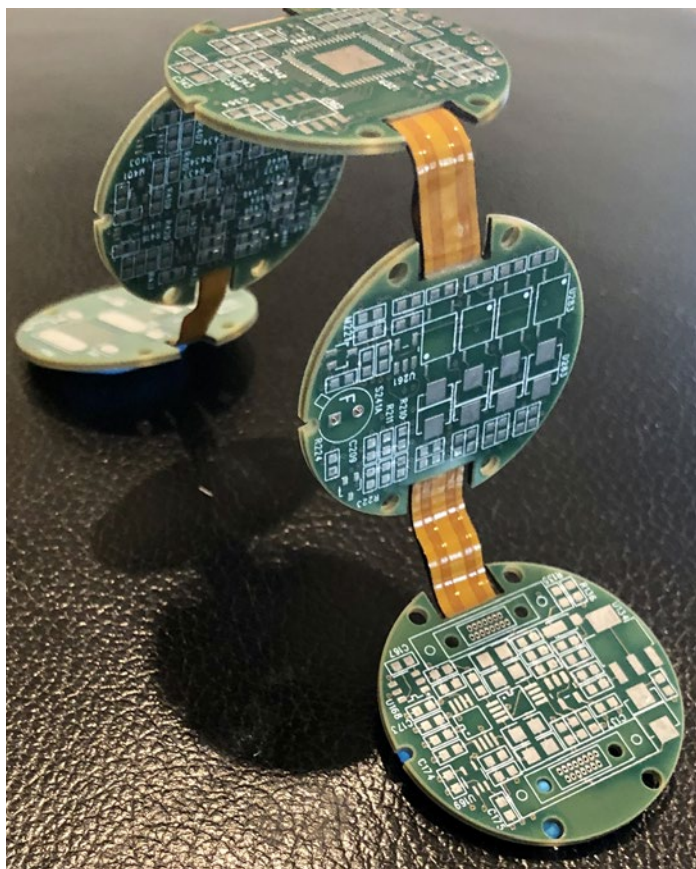


图 11

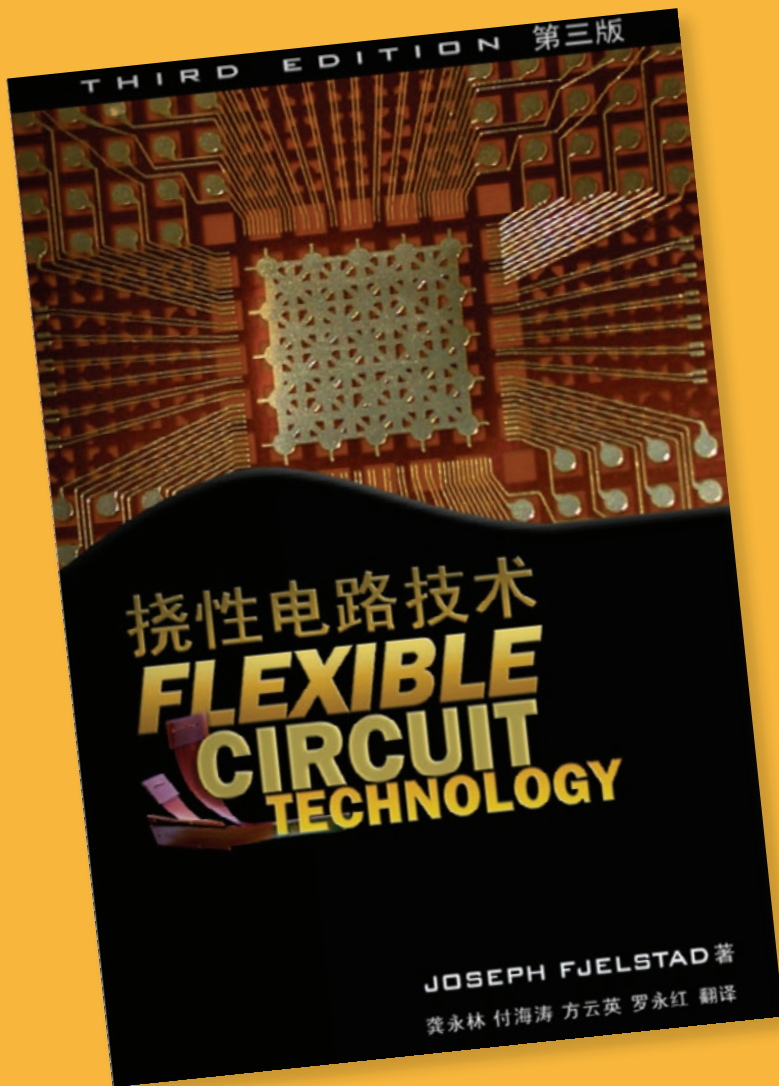
了挠性的力量和在安装解决方案上的潜力。可以想象这种刚挠结合板在连接复杂电子设备时能够从上方绕过固定的部分。这是通过刚挠结合板解决安装问题的绝佳范例。

挠性和刚挠结合板设计使工程师和设计师可同时具有创造性和科学性。希望设计人员看到这些实例后，有助于他们迸发出设计想法，开发出一些具有创造性的解决方案，帮助他们用挠性电路和刚挠结合板来解决空间、重量和安装的制约。**PCB**



Tara Dunn 是 Omni PCB 公司的总裁。Omni 是一家专注于 PCB 行业的制造商代理公司。阅读往期专栏或联系 Dunn，请[单击此处](#)。

# 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

# 从木屋到自制卡丁车—— 一切都始于设计！

by John Steiner Johnsen (Josse), Didrik  
Bech, and Jan Pedersen  
Elmatica

当我们还是孩子时，我们非常重视设计、创造和构建的可能性——有了创建一些特殊物品的雄心，我们会花几个小时去绘图或建造。打造一辆木制卡丁车会让你成为街上最酷的孩子。有时，设计可能符合目标，而有些时候，甚至可能连一个计划都没有——只是纯粹靠运气就成功了，甚至还有可能自制的卡丁车赢得荣誉和奖项。

成年人的情况略有不同。对于一些人来

说，设计和创造能力已枯竭。但有些人仍继续保持创造力，构建出酷炫的产品。随着技术的加速发展，现已创造了一系列全新的工具用于设计。

## 重要的基础

对于印制电路来说，虽然与小时候的自制卡丁车完全不同，但做事的方法是一样的；一切都必须从设计开始。PCB 是产品的基础，用来承载各种元器件。EMS 在组装时，需要将所有元器件放在 PCB 上，如果设计不合理，会给他们带来不必要的挑战，产品就无法以最佳方式工作。

作为设计师和制造商之间的纽带，我们注意到，产品开发过程中所有相关方如能早期参与可降低错误和误解的风险。同时，产品开发过程早期阶段计划不充分和执行不利将会导致项目失败。有经验的合作伙伴尽早参与设计阶段可以避免代价高昂的错误。

## 产品开发设计时的 5 大建议

设计新产品时，应该考虑哪些问题？

### 1. 提出正确的问题

在开始产品开发过程时，需要弄清楚所

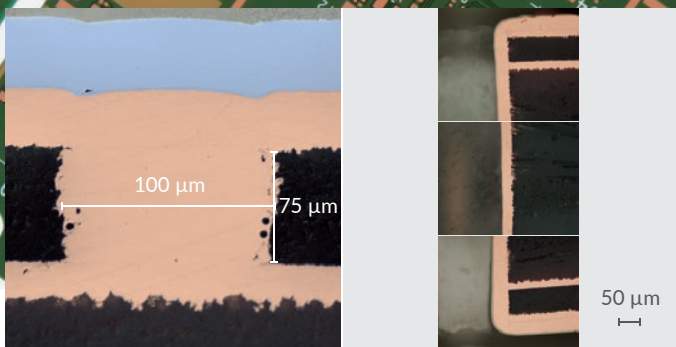


# InPro® MVF2

应用于先进HDI填充BMV



## 在HDI 生产的垂直连续电镀 线上填充BMV



BMV填充的 dimple < 5 μm  
及面铜 厚度约13 μm

AR 6.4 :1 的通孔有 > 70%  
的深镀能力

新一代填充工艺是设计用于采用不溶性阳极的垂直连续电镀系统。比较旧工艺, 改良了微盲孔填充表现和有更宽阔的操作窗口。InPro® MVF2 以更低表面镀铜厚度填充BMV, 节省镀铜成本同时可应用于更幼细线路上。InPro® MVF2 可应用于 新一代 HDI BMV 填充及软板应用的半填充。

### 特性和优势

- 于低面铜厚度下有优异的填充微盲孔表现和可应用在软板上
- 微盲孔填充同时兼顾通孔电镀优良的 深镀能力
- 应用广泛和操作窗口宽阔
- 工艺添加剂能简单地以 CVS 分析及控制
- 优良物理镀铜特性和可靠的工艺

# 2

可应用电流密度为2 A/dm<sup>2</sup>

# 12

BMV 填充 (100 x 75 μm) 所需的  
电镀铜厚度为 12 μm

Atotech Group  
+49 30 349850  
info@atotech.com



有重要问题：为什么做产品开发?如何做产品开发?做什么产品开发?何时做产品开发?什么是可能的、具有成本效益的、合法的和聪明的?为电气产品的核心——PCB 找到最佳的解决方案!

## 2. 进行仔细研究

提出概念后，开始研究和分析。让经验丰富的合作伙伴参与进来，发挥各自潜能，共同迎接挑战。

## 3. 不要跳过关键步骤

如果 PCB 设计不是你的强项，那么就另请高明。这样可以避免因失误导致的高昂代价。制造商的选择也采取同样的方法。

## 4. 了解生产合作伙伴

确保找到一家可信赖的生产合作伙伴，该制造商管理透明、文件合规、经过认证。

## 5. 重要文件不能忘

准备发布产品时，各种重要文件千万不要遗漏，保证出货的关键节点顺利推进。

## 产品开发流程

在 Elmatica，我们将产品开发过程分为从创意生成到产品发布 6 大步骤。多年来，我们已支持了数千种产品的开发。直到今天这个过程与我们创立时的 1971 年大致相同，但确实有些事情已经发生了变化。供应链的外包部分更加频繁，产品的复杂性也在增加，导致正确的判断力和专业知识比以往任何时候都显得更加重要。

## PCB 设计是一门艺术

我们经常会碰到可制造性很差的设计，改进既耗时又困难。设计 PCB 有点像艺术创作，需要连接孔、焊盘和导线。一幅艺术画作最终可能会挂在墙上供人们欣赏，而完美的 PCB 设计图最终可能会在后续制造过程中为您规避大量的生产难题。艺术家可能并不总是从设计目的开始作画的，但 PCB 设计师的目标是以严格的原理图为基础画出非常具体的 PCB 布局图。

如同生活法则，PCB 设计遵循的规则是在开始设计之前了解得越多越好。比如 PCB 将处于什么运行环境?它适合产品外壳吗?大尺寸板是否需要平放以适应外形尺寸?刚挠结合板是最好的解决方案吗?会影响 PCB 或最终产品的成本吗?采用不同的设计可以优化板面利用率吗?

## 要记住的重要“事项”

无论您的产品在哪里生产，计划和设计越好，最终产品就越好。在 PCB 设计方面我们经常讲的是以下几点：

- 考虑早期成本规划，这可能会避免后期不必要的意外成本
- 尽早让供应商参与进来，并确保提供正确的功能
- 是否拥有所需的 PCB 知识?如果没有，尽早邀请专业的合作伙伴参与设计
- 考虑风险与成本和可靠性，因为这会影响技术和产能的选择

以下声明说明了这一点：“投入太多是不明智的，但投入太少可能会更糟。”但如果更高的成本等于更好的可靠性、透明度和安全性，那么投入太少可能会是问题产生的源头。

一般来说，进行 PCB 设计或产品总体设计时，要遵循一些参数并据此调整，这时需要进行重点讨论并回答关键问题，例如：

- 硬件设计：有什么尺寸和公差要求？
- 环保限制：有相关环保要求吗？
- PCB 技术：哪一种技术最适合该产品？
- 材料限制：需要什么材料，产品和 PCB 会面临什么样的运行环境？
- 可靠性水平：预期要求和强制要求是什么？
- 测试和鉴定：如何、何时以及由谁完成？
- 标准和法规：产品采用哪些标准，是否需要符合一些法规？

### 木板、积木和乐高：设计师进化

上世纪六七十年代的儿童通过木板、积木、乐高进行堆叠、组装、拆卸、分类或模制成型进行设计，借此突破思维的界限，掌握设计技巧。不敢肯定目前我们的 PCB 设计技巧和知识是否是从积木演化过来的，但可以肯定的是一切都始于设计。设计工艺从那时起就不断发展，促进设计的工具也通过更卓越的创造力而得到了不断的发展。

很好的案例之一是之前 Jan Pedersen 写的[专栏文章](#)，他介绍了在进行计算机 3D 模拟之前，如何测试未完成的印制电路。他们是如何做到的呢？简单！只需要纸、剪刀，将纸张剪成要设计的挠性 PCB 的形状。接下来，将其粘贴到刚性 PCB 的样品上并开始模拟应用的具体操作。他们不仅检查了它如何适合应用，而且还检查了手动装配过程，并发现



了纸张的应力集中区域。然后，模型得到了改进，再次开始同样的流程，直到样品达到完美。这是一件真正的、简单的手工制品。

不论是树梢小屋，木制卡丁车，还是纸模型，希望我们的设计每次都能达到完美。但是，为了实现这一目标，开始设计时就要全面考虑。邀请合适的参与方并正确设置参数是一个良好的开端。正如 Elmatica 的服务宣言：产品或设计挑战是什么？我们如何为您提供帮助？PCB

**John Steiner Johnsen (Josse)** 和 **Jan Pedersen** 是 Elmatica 公司的高级技术顾问，**Didrik Bech** 是 Elmatica 公司的首席执行官。如需阅读往期专栏或联系 PCB Norsemen，可[点击此处](#)。



John Steinar Johnsen



Jan Pedersen



Didrik Bech

# WHAT DO YOU THINK?

## 选择适当的材料是 设计成功的关键

by Nolan Johnson

I-Connect007

目前，材料已不再是 PCB 设计中的被动组成部分，它在 PCB 的可制造性、可靠性和运行速度等方面发挥着积极的作用。近日，I-Connect007 主编 Nolan Johnson 采访了 San Diego PCB Design 公司创建者 Mike Creeden，他们共同探讨了设计师在选择材料过程中应该考虑的几个关键特性。

**Nolan Johnson :** Mike，你可以简要做一下自我介绍并和我们谈谈你当前的工作内容吗？

**Mike Creeden :** 我一手创建了 San Diego PCB Design 公司，之后有机会将公司出售给了 Milwaukee Electronics/Screaming

Circuits，所以说我们成为了 Milwaukee Electronics 旗下的公司。同时我也是 EPTAC 讲师，主要教授 IPC 的 CID 和 CID+ 课程，我是 MIT (IPC 的主任培训师)。

**Johnson :** PCB 开发人员应该在设计周期内考虑材料选择吗？

**Creeden :** 这是个好问题。从项目开始的第一天就应该考虑材料选择，因为此时是“正确按照结构”设计产品的最佳时期。我不想设计好产品后，在开发阶段的最后几天才去咨询我的制造商。如果材料缺货，需要延迟采购，最后可能导致设计周期延长。你希望能确保材料有

# 我们为产品提供全方位支持



铜金属化  
最终处理  
制作导通孔



足够的库存，还希望制造商和供应链能够为你提供指导意见，确保你做出正确的选择。当你很晚才着手做这件事的时候，你可能很快就能选好材料，但却没有足够的时间去确保所选的材料是恰当的选择。人们要做出材料技术决策，而这一决策应该在设计的早期阶段，越早敲定越好，这样才能留出足够的时间进行调整。

## 人们要做出材料技术决策，而这一决策应该在设计的早期阶段，越早敲定越好，这样才能留出足够的时间进行调整。

**Johnson :** 你的意思是材料发挥着越来越重要作用。对于设计人员，尤其是对于那些新入行的设计人员而言，为什么材料会如此重要呢？

**Creeden :** 你如果见到过闪电，那你大概会看到闪电从云层劈到地面。还有静电，如果周围光线较暗，你会看到火花飞溅。每次你在布线的时候，能够见到的情况就是这样的。过去，电路走线本质上是直流电，周围环境并不是太重要，而如今你需要管控一个电磁场。这个电磁场是电容性的，走线最好靠近它的返回路径（高电容性）。它同时也是磁场，是电感性的。这就是信号沿回路（低电感）传播的方式。还要管理 EM 能量场，你要做的不仅仅是通过走线连接两个点，能量场并不存在于走线内，而是存在于走线及其返回路径之间，返回路径通常是一个充当基准点的 GND 层；因此，能量

存在于这两者之间的介质材料中。所以说所有材料的参数也是电路性能的组成部分。

材料的电气特性用介电常数（Dk）来衡量，以  $\epsilon_r$  表示。介电常数表示能量在不同频率下穿过材料的能力。同时还可以用损耗因数（Df）来衡量，也叫做损耗角正切值，损耗因数测量有多少能量耗散或损失在材料中。能量场会在介质材料内传播。材料会抵抗能量的流动，而且每种材料都有一个已知的测量值。空气的介电常数  $\epsilon_r$  是 1，FR-4 材料的平均介电常数  $\epsilon_r$  约为 4。速度较快的电路需要阻抗小和能量损耗低，所以高速材料的介电常数  $\epsilon_r$  范围可低至 3。

随着电路的速度越来越快，大多数人都将速度等同于电路的频率，但必须理解的是上升时间（Tr）内测量到的每个脉冲传递的能量与电压 / 频率相关。也就是当信号从零达到其电压的信号转换过程中这股能量确定了它的场。为了控制这个能量场，必须要了解材料选择是电路功能的组成部分。工程师和设计师从第一天开始就要考虑到所有这些因素。

材料发挥着重要作用，但设计师必须要练就优秀的设计技能才能保证不会由于违反信号返回路径、阻抗匹配或信号串扰而导致出现信号完整性问题。另一个电子产品需要考虑的因素就是织物图形的一致性，因为编织物和树脂之间的 Dk 差存在异，所以作为解决方案，他们使用的材料叫做铺展编织织物。他们将织物铺展开来形成一致的 Dk，这对于差分对走线的性能而言是必不可少的。

机械特性和物理特性会影响到结构完整性与制程。由于玻璃态转化温度（Tg），材料的树脂会因温度变化从固态转变成橡胶态。在考虑多层电路板时，这是很重要的一个因素。

介质材料通常由会在 X 轴 -Y 轴膨胀的玻璃织物组成，而树脂会在 Z 轴膨胀。热膨胀系数 (CTE) 衡量 Z 轴膨胀，热膨胀会威胁到导通孔电镀的结构完整性，而导通孔又是 PCB 上最脆弱的结构。在开始生产 HDI 电路板时需要考虑的另一个物理特性叫做热分解温度 (Td)，这种电路板的生产过程需要经过多个层压 (热) 周期才能得到想要的结构。材料可能会在制造、测试和环境应力等阶段因温度剧增而承受过多热量，以至于出现分解。

要根据你的应用来做好相应的研究，确保材料的物理和机械特性符合要求，同时也要满足制程的要求。在制造过程中，材料可能是第一次经历温度剧变，也有可能经历了最严酷的温度剧变。

**Johnson :** 还有其他和材料相关的具体细节是设计师应该考虑的吗？

**Creeden :** 当然有。目前另一个需要考虑的重要因素就是散热特性。在很多不同的市场领域中，终端用户会把他们的电路板放在高温环境下。为了解决散热问题，我们看到很多领域会使用不同的聚酰亚胺材料，例如汽车的引擎盖内就是温度极高的运行环境。

我们已经讨论了介质材料，但电路材料的另一个重要组成部分是铜。很久之前，铜就已经是我们选用的导体金属。铜有两种形式。一种是存在于孔内和表面上的电沉积铜，另一种是铜，底铜可滚压到半固化片上或直接覆在内

芯层压板上。之所以使用铜这种金属是因为它导电性极强、电阻小、能传送电压 / 电流。这种材料价格实惠、储量充足且容易制造。底铜的厚度各不相同。当你亲手托着几张不同重量的铜片时，你会惊讶它们的重量是如此易于区分。而且铜能够散热，这是很重要的一个优点。如果你将电源层和接地层紧邻着放到一起（紧邻着是为了良好的耦合），这两者都是很厚的

铜层，一般情况下你可以使用更大的电流，所以说这是铜材料具备的另一个特性。

但要铜放置在半固化片上时，就需要粘合。在层压加工时，树脂需要附着到金属上。一般情况下，金属的一侧是光滑的，另一侧是粗糙的，你可以使用粗糙的一面来粘合材料，粗糙面具有粘合材料所要求的附着力，可以将铜固定在材料上。衡量附着力的方式是剥离强度。

如果你需要返工焊接，高剥离强度可帮助实现返工焊接，尤其是在焊盘较小时，它们可能会直接从电路板上剥离下来，导致电路板被损坏。所以需要粗糙面将其固定住。

如果你用显微镜来观察铜箔的剖面，你就会看到铜箔的粗糙面，从高速电路角度来看这会造成一定问题。场在走线底部和走线下方接地层之间传播时，大多数能量是集中在走线底部，也就是粗糙面的一侧。因此，粗糙铜的拓扑结构并不利于趋肤效应，也就是说电子会在铜层面向接地层一侧的表面发生碰撞。行业想出的解决方案是生产超低轮廓的铜，但这又要面临附着力与剥离强度的挑战。我看到工程师



Mike Creeden

考虑将接地层放在铜层光滑面一侧的对面，试图将波引到光滑面。但并不是所有的电路都能做到这一点，如果你受困于铜的粗糙面，那这种方法也不失为一种可行方案。带有较强附着力的低轮廓铜是我们目前需要的高阶材料。

此外，器件和电路变得越来越小。标准的 BGA 引脚间距是 1.0 mm，但 BGA 引脚间距不断变小（0.8 英寸、0.65 英寸、0.5 英寸、0.4 英寸、0.35 英寸、0.25 英寸甚至更小……），所以高分辨率的矩形方边走线就变得非常重要。传统制造工艺中的蚀刻技术是一种减成法工艺，导致互连的几何形状是梯形。而且想要生产出小于 88  $\mu\text{m}$  (0.0035 英寸) 的梯形微走线是非常困难的，而且对于这个尺寸也达不到精度要求。分辨率变得至关重要，而且微型走线应该具备界限清晰的方形边缘。使用一些加成法工艺或半加成法工艺能够达到这种要求。有些干膜光致抗蚀剂材料会用于这种用途，随着人们必须使用微走线和微特征，这种材料的使用会变得越来越普遍。Ormet 的烧结浆料对于任意层数的 HDI 导通孔而言都是最佳创新材料之一，再加上 DuPont 推出的导电油墨，这种创新材料有助于满足目前出现的打印电子产品的需求。

**Johnson :** Mike，你的介绍非常全面。你还

想分享其他内容吗？

**永远都要考虑其他因素。设计工程师的好奇心永远在驱使他们去考虑所有因素，在这方面的辛勤付出会得到丰厚回报。这个职业永无止境，追求卓越才能使我们不断进步。**

**Creeden :** 永远都要考虑其他因素。设计工程师的好奇心永远在驱使他们去考虑所有因素，在这方面的辛勤付出会得到丰厚回报。这个职业永无止境，追求卓越才能使我们不断进步。确保材料适用于电路，这一点已不再是未来需要考虑的因素了。这是现在面临的挑战，我们应该书写成属于我们自己的成功故事。

**Johnson :** 谢谢你, Mike。

**Creeden :** 也谢谢你, Nolan。很感谢能有这次机会与行业分享一些建议。PCB

## 与PCB供应商合作的4点建议

假设您已经尽职尽责，与 PCB 供应商建立了强有力的合作伙伴关系，现在相信这些供应商都是正确的供应商。下一步是认识到您的 PCB 供应商确实是真正的专家，因此应该



充分信任他们，倾听他们的意见。

下面是关于听从供应商、向供应商了解相关信息的 4 点建议，这些建议将确保您所购买的 PCB 具有最高的价值。阅读全文，请[点击这里](#)。

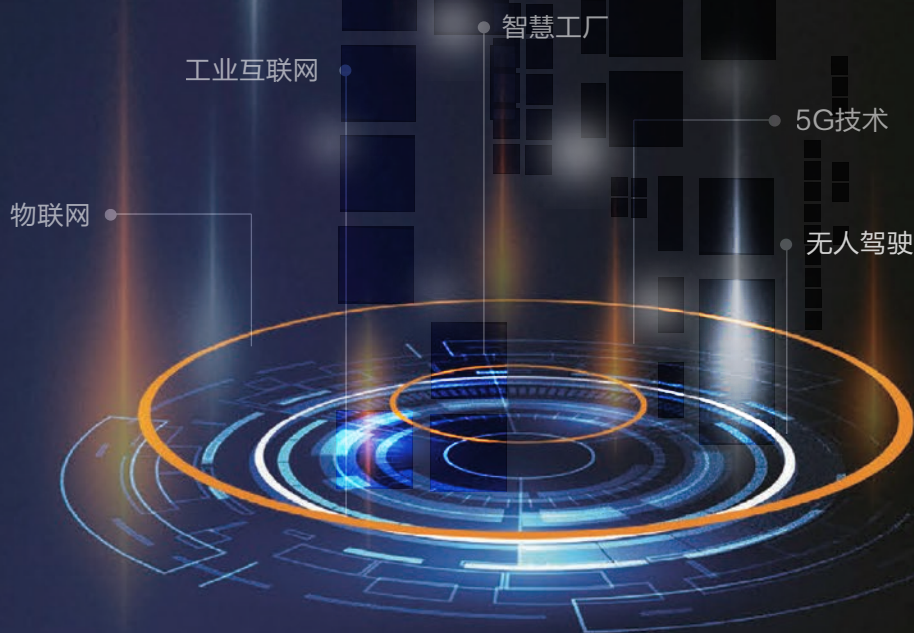
# IPC CEMAC 2019

# 中国电子制造年会

IPC是一家全球性电子行业协会，我们致力于提升全球4900多家会员企业的竞争优势并帮助大家取得商业上的成功，目前IPC 亚太区会员企业已超过1300家。

IPC CEMAC是IPC举办的电子制造行业顶尖盛会，除全球知名OEM,EMS企业参与外，还将邀请泰国、越南、菲律宾、新加坡、日本、韩国等会员企业参与交流，旨在为业界打造一个丰富高质量的学习交流平台。

**初步确认参与演讲公司：华为，中车，通用汽车，NASA等**



IPC诚邀业界专家、学者、企业高管踊跃投稿，参与近千人的行业技术管理盛会，展示公司的最新成果和应用。议题涵盖5G技术、无人驾驶、物联网、工业互联网、智能制造、智慧工厂、新能源等先进技术在传统电子制造行业的应用与落地，挑战与解决方案，技术研发成果与应用差距，焦点问题和发展方向；行业可覆盖PCB设计、PCB制造、电子组装、元器件&设备或软件供应、整机组装与验收等内容。

**参与演讲、产品展示赞助，获取赞助方案，请扫描二维码：**

**免费电话：400-6218-610**



# Learning to Be More Flexible: Case Studies on Improving FPC Design



## 学会灵活设计—— 改善 FPC 设计案例分析

by Todd MacFadden  
Bose Corporation

和大多数孩子一样，我小时候的梦想就是长大后的工作是优化挠性印制电路的设计和可制造性。我对奇妙电路轮廓的设想就是二维空间下一只被压扁了的狼蛛，但它又会像折纸一样复杂而优雅地折叠在一个极小的三维空间内。同样和其他小孩一样，我想像到自己会在学校和工作岗位上接受严格的培训，他们会告诉我具体要选择哪种材料、需要哪些参数才能（显然）大致符合 IPC 标准中的弯曲半径要求，才能实现优质、稳定的弯曲设计。

好吧，这些都不是真的。我小时候的梦想

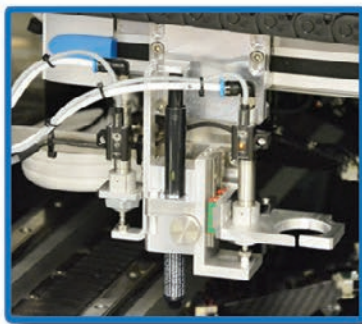
是成为著名的音乐家，直到我意识到了什么是平庸。我们很多从业者都知道，FPC 设计领域根本不存在正式的培训，有时候甚至都不会存在完美的解决方案。IPC 设计标准——例如 IPC-2223《挠性 / 刚挠性印制电路设计分标准》，以及 IPC-6013《挠性 / 刚挠性印制板的鉴定及性能规范》，提供了不可或缺的设计指南，而且也是合理的首选起点。但这些标准的制定者很谨慎地区分了要求和指南，而且他们承认标准不可能囊括所有实际应用案例。

随着微型化要求我们在越来越小的封装

# 全自动飞针系统 带来无与伦比的测试体验



德国atg隆重推出全新设计的A8aL自动飞针测试机  
配备8个高速测试手臂和全新的智能化操作系统  
完美融入工业4.0的未来发展之需



亮点：

- 占地面积小 ( 6平方米 )
- 自动化双放板系统,无上下板时间损耗
- 高精度与高速度 的完美结合
- 标记笔、条形码打印机等可选项

点击观看视频

获取更多信息

atg Luther & Maelzer GmbH  
Zum Schlag 3 • 97877 Wertheim • Germany  
Phone +49-9342-291-0  
sales@atg-lm.com • www.atg-lm.com

亚测科技(苏州)有限公司  
中国江苏苏州工业园区苏慕路104号3C-S幢 电话 +86 0512 62988095  
中国广东深圳市宝安67区留仙一路高新奇科技工业园 2期3栋 1楼  
电话 +86 0755 2372397



空间内加入更多的功能，这些标准的不适用程度也日益凸显，而且也越来越难以满足 IPC 推荐的结构要求。想要得到稳定的 FPC 结构，公司内部的机械、电气和 PCB 设计团队就必须不断地沟通协作，同时也要和制造商以及组装厂保持密切联系。供应商和组装厂越早参与到设计中，就能更好地实现 FPC 的稳定功能。

挠性电路结构		IPC-2223最小弯曲半径推荐值
弯折后安装 (静态弯折)	1层	10倍电路厚度
	2层	10倍电路厚度
	多层	20倍电路厚度
动态弯折	1层	100倍电路厚度
	2层	150倍电路厚度
	>2层	不建议弯曲

表 1：《IPC-2223 挠性 / 刚挠性印制电路分设计标准》建议的弯曲半径值

本文将详细介绍 3 个早期样品设计失败的案例分析，以及我们从中吸取的经验教训，让读者了解我们面临的难题以及如何克服这些难题的方法步骤。

注意：本文撰写过程中以及电路设计过程中并没有伤害任何狼蛛。

## 1. 弯曲半径推荐值——你不会是在开玩笑吧？

IPC-2223 推荐的弯曲半径（表 1）是勇敢挑战的起始点。但渐渐地我们超越了这些指南，设计团队会问我们这些建议的参数是不是在开玩笑。现在超越这些推荐值的情况更常见了。渐渐地，我们掌握了如何适应那些比 IPC 推荐值更小的弯曲半径。但在这个过程中我们吸取了惨痛教训，意识到这些推荐值有其存在的理由。

图 1 展示了一个非常尴尬的案例。这是一个 3 层电路（为了能够简化展示图样，图中仅展示了第 2 层），在弯折区域将层数减少为两层。弯折区域内的导体在组装过程中非常容易

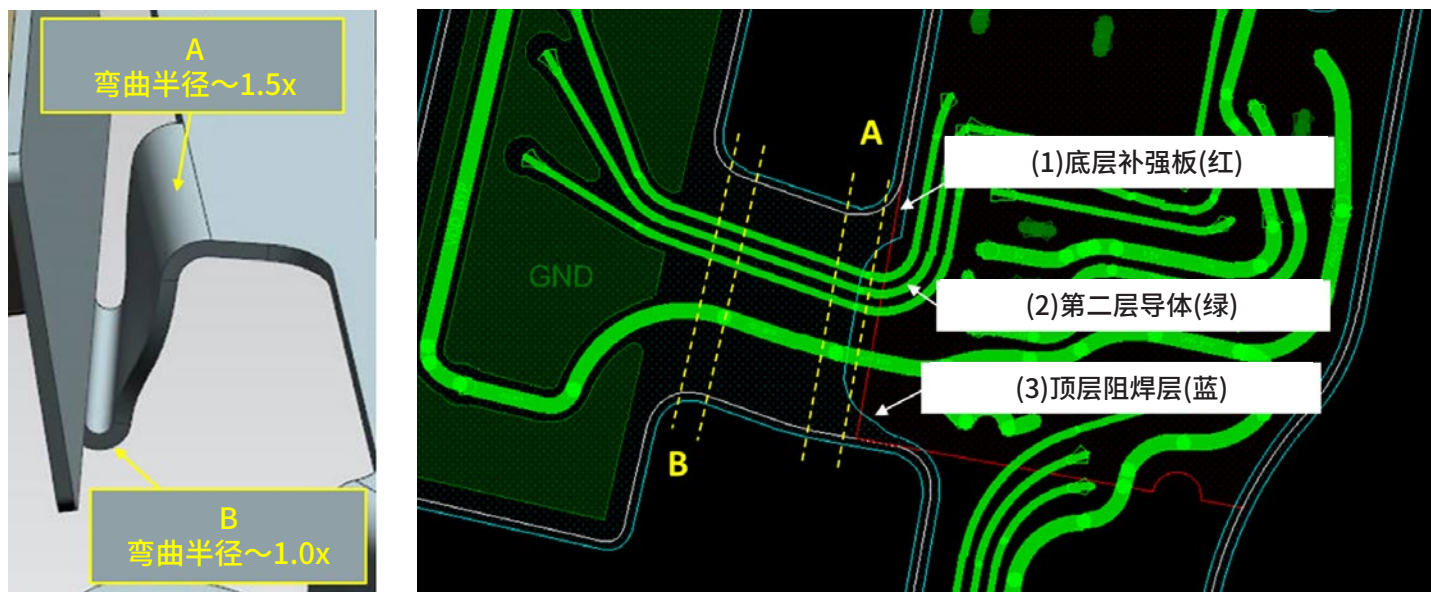


图 1：走线开裂而造成 FPC 失效的一个设计效果图，包括小弯曲半径的 3D 展示图（左侧）和第 2 层布线的快照（右侧），展示了一些导致失效的特征

出现开裂。事后人们才意识到，这些设计错误是显而易见的：

- 小的弯曲半径是不受控的：两个弯曲半径分别是电路厚度的 1 倍和 1.5 倍，或者说比 IPC 标准推荐值大约小 10 倍。这些都会产生实实在在的折痕。弯折 2 层挠性电路是可能的，但弯折操作必须严格可控，而且只能弯折一次——有折痕的电路绝对不可以再次打开。人们在组装过程中并没有注意到这一点。
- 弯折恰好出现在补强区域：这种做法会将应力集中到导体上，所以不建议采用。理想情况下，补强区域旁要留出 0.5 mm 到 1.0 mm 的距离再进行弯曲。
- 弯折区域内有阻焊层：阻焊层 (3) 延伸到了补强板 (1)，进入挠性区域来适应第 1 层电路上的走线 (未在图中显示)。阻焊层应该始终由补强板支撑，两者之间的重叠至少为 0.2 mm，这样才能适应阻焊层图像和补强板位置的对准公差。尽管大多数 FPC 制造商使用的阻焊层配方可以算得上是具备“挠性”特性，但其实这些阻焊

层的设计并不可弯折，尤其不能锐角弯折。弯折区域出现阻焊层，在开始时会增加弯折区域的电路硬度。

好在这些失效情况发生在样品早期运行阶段，所以有时间来解决问题。设计师重新设计了电路来逐一解决；后续没有再发生失效。图 2 所示是修改后的电路设计，经过重新布置，弯折远离了带有 SMT 元件的补强区域。此外，外壳也做了相应修改来配合所要求的弯折半径。修改后的设计在运行过程中没有再出现任何问题。

## 2. 在第一个装置生产完成之前，一切都非常顺利

三维 CAD 模型中的挠性电路似乎可预测，而且不会出现任何差错（图 3）。一切都很好，不会出现机械干扰，而且指定的公差也足够大。当然，实际情况可就大不相同了。例如，机械夹具可能没有预想中的那样精确，操作员进入外壳凹槽可能会受限，点涂设备可能会受阻等。再加上操作员的不一致性和变化性，挠性电路的制造过程可能会和预想中的情况存在很大差异。

图 4 所示是图 3 在组装过程中出现了开裂

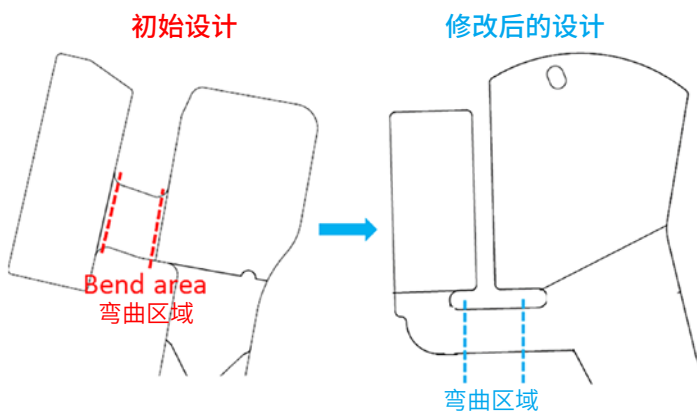


图 2：与图 1 电路的外形对比，左边是出现失效的原始设计，右边是修改后的设计，没有再出现失效

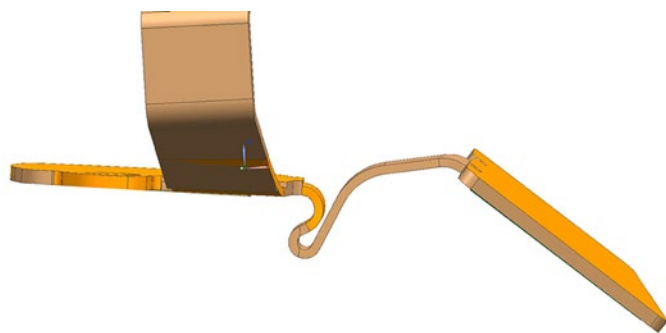


图 3：3D CAD 效果图，图中所示是安装好的 FPC。图中显示的设计弯曲与组装过程中实际所要求的弯曲有很大差异。

的实际电路，组装要求 FPC 在插入过程中穿过一个孔腔。CAD 模型没有预测到这一点是因为操作过程中的复杂分层情况直到第一次组装才显现出来。因为弯曲半径小，所以需要预先弯曲 FPC，但组装过程必然意味着要反转预先弯曲的位置然后再次进行弯曲，这种情况很明显足以损坏电路。

幸运的是，这种情况发生在产品开发阶段初期，所以有足够的时间解决这个问题。对外壳做出调整之后可以很大程度地让操作变得更方便，同时还能降低弯曲要求。我们与 FPC 制造商合作一同更改了材料堆叠结构，大幅提升了电路的挠折性。

### 3. 了解双排 ZIF 连接器

细间距双排零插拔力（ZIF）连接器变得越来越普遍，这是因为和单排 ZIF 连接器（图 5）相比它们可以大幅减少互连结构的占用空间。但双排 ZIF 印制插头的一些固有特性会导致这种结构很容易出现断裂（图 6）：

- 焊盘导体过渡：相邻焊盘之间的过渡点会

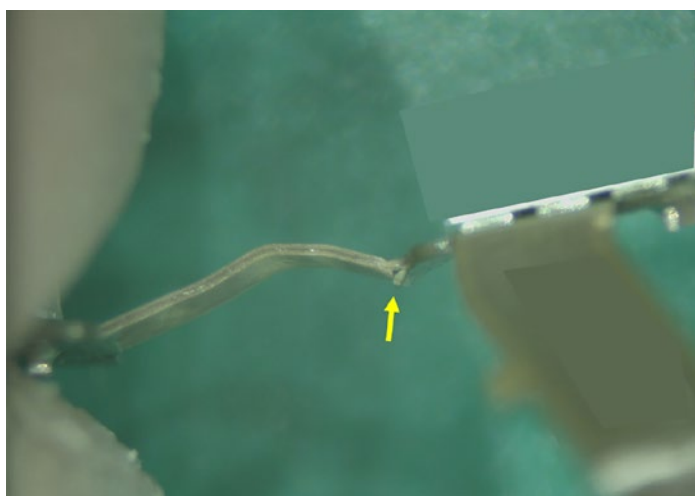


图 4：黄色箭头指出了电路中的断裂位置，因未预测到的弯曲和重复弯曲情况而在组装过程中导致断裂

变窄，这个位置很容易出现断裂

- 脆性镍底层：ZIF 连接点的标准表面涂层是化镍浸金（ENIG），但镍底层非常脆，表面的开裂会进一步延伸至底下的铜层
- 薄补强板：为了满足微型化的要求，连接器供应商的做法是减少连接器插座的托高高度；因此 ZIF 印制插头另一侧的“补强板”就变得更薄，所以它们更像是垫片而不是补强板，几乎起不到支撑作用

这些因素导致的结果就是插入过程中任何导致边缘折叠或偏斜的对准失误（即使是轻度失准）都会导致印制插头断裂。某些情况下，铜导体上的裂痕可能非常小，出现了部分连接或间歇连接导致电气测试过程中无法检测到失效——这是最糟糕的情况，因为失效产品会进入下一个生产阶段。

ZIF 连接器供应商在生产时就确定了 ZIF 触点的固有特性，所以修改这些特性是不可能或不切实际的。因此，终端用户一定要对 FPC 设计和外壳采取措施，确保 ZIF 印制插头在组装和现场运行过程中受到恰当保护。图 7 突出显示了最近一个刚挠性电路早期样品上出现的 ZIF 触点失效的关键要素。

- A——盲插入：这个图像展示了安装就位的刚挠性电路。组装过程难度很大，需要操作员在看不到位置的情况下将刚挠性电路板（右侧）ZIF 一端插入 PCB 下方 ZIF 插座（左侧）内。在锁定 ZIF 插座后，操作员再手动弯折刚挠性电路板成形；
- B——实芯接地层：为了保证信号完整性，电气设计师倡导在挠性层底部采用实芯接地层。但这会导致挠性区域挠折性差，而手动弯折操作会造成锁定的 ZIF 印制插头要承受很大应力；

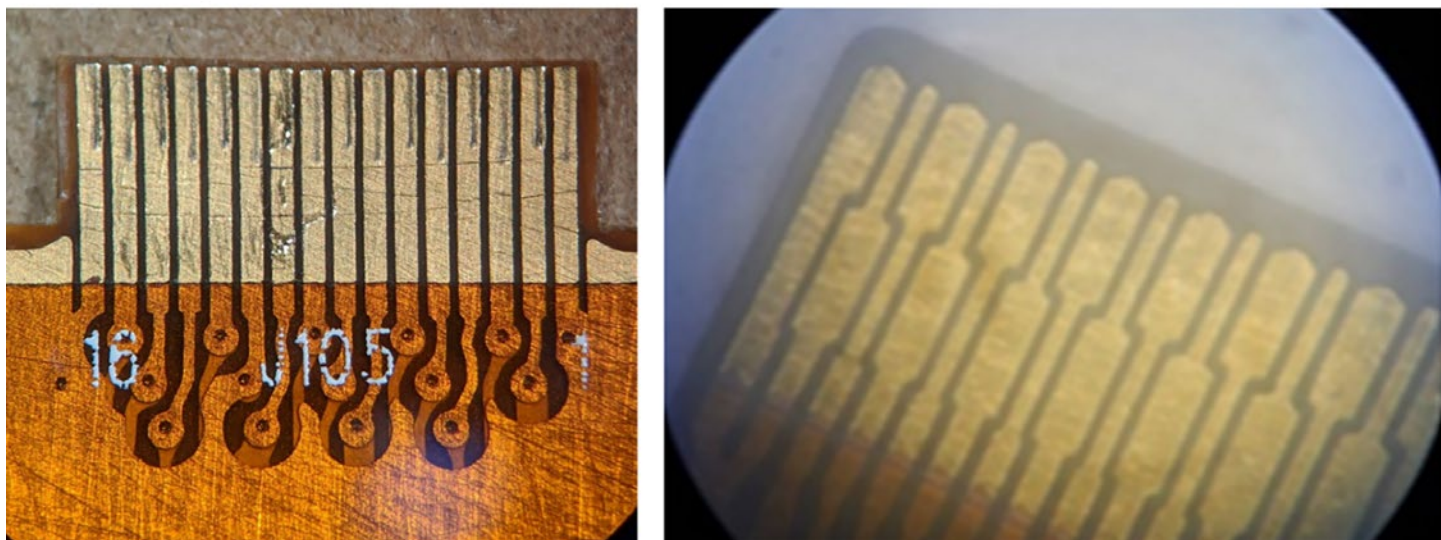


图 5：ZIF 连接器是 FPC 与其他电路互连的常用方法。传统的单排式（左）越来越多地被双排式（右）取代，这可以大大减少连接器的占地面积。

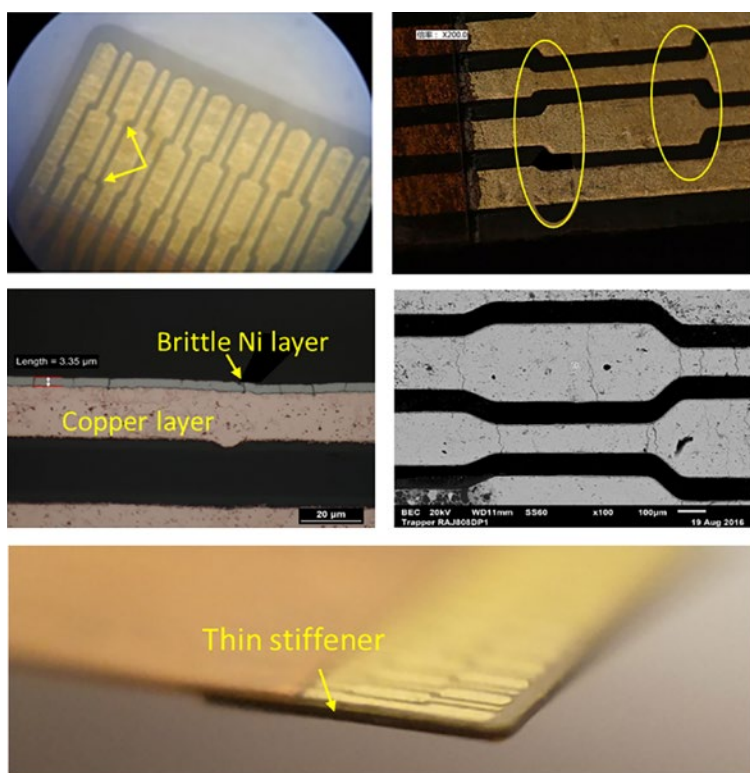


图 6：双排 ZIF 连接器的设计和结构导致这种部件容易出现开裂

- C——弯折区域内的导通孔：弯折区域内绝不可以布局电镀通孔，因为这个区域会集中应力，而挠性区域内的导通孔会让这个

区域变得更刚硬；

- D——开裂的印制插头：这个剖面图清晰地显示了贯穿镍层和铜层的开裂。这个生产周期内出现了多个失效情况，而且都是同样的失效模式。

和前两个案例一样，好在这些 ZIF 失效状况出现在产品开发早期，所以有足够的时间进行修改。在经过以下修改之后，所有问题都解决了：

- 电气团队确定适当的图形可以保证信号完整性后，将实芯接地层改为十字交叉图形；
- 重新布局了刚挠性电路板，将电镀导通孔移动到了刚性区域；
- 调整了组装工艺，不再需要操作员将 ZIF 盲插入 PCB 一端的插座内；
- 团队开发出了可以预弯折的夹具，为人工弯曲提供了一致、可重复的替代方案（图 8）。

在做出这些修改之后，后续没有再出现失效情况。

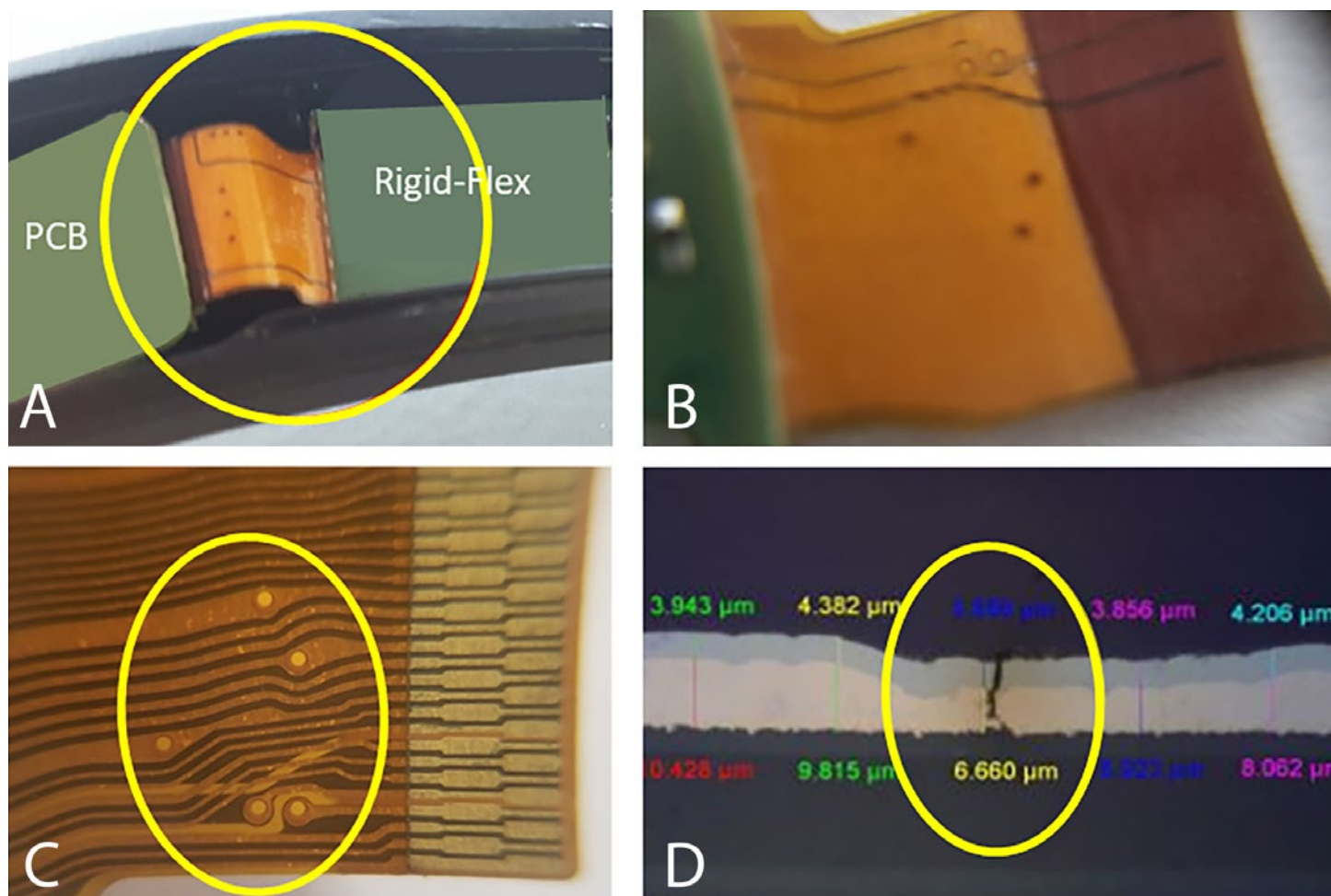
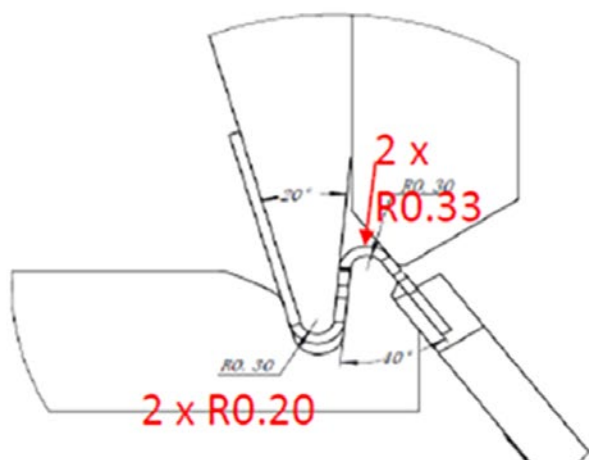


图 7：这些图像突出显示了带有 ZIF 端接（A、B 和 C）刚挠性电路的结构和配置，以及完成组装后一个开裂 ZIF 印制插头的横截面（D）

### 预弯曲夹具



### 预弯曲后的电路

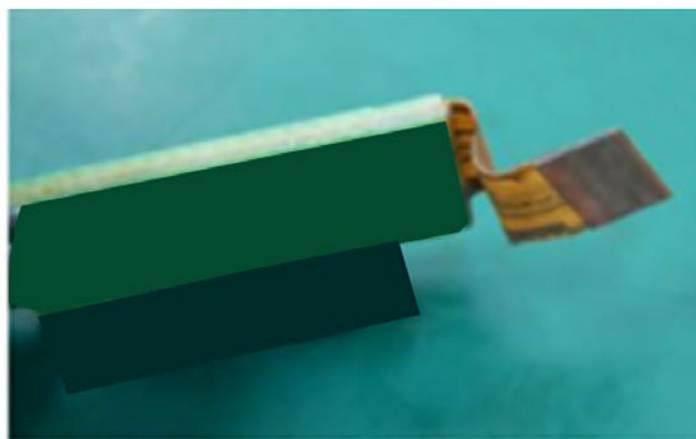


图 8：开发并使用了一种预弯曲夹具，确保带有 ZIF 印制插头的挠性尾部可以重复弯曲，右侧所示是预弯曲后的刚挠性电路

## 总结

本文介绍的三个案例分析让读者可以吸取经验教训，强调了挠性印制电路的一些常见失效模式，并给出了可得到稳定可靠 FPC 的重要概念和最佳操作方法。本文要点包括：

1. IPC-2223 中弯曲半径的推荐值为 FPC 设计提供了良好的开端，但对于很多应用而言，这些推荐值过于保守；
2. 实际操作中的弯曲半径可以大于推荐的弯曲半径，但一定要在 (a) 材料选择、(b) 导体设计和支撑结构布局，以及 (c) 组装制程方面格外谨慎，以确保组装和现场运行过程中弯曲是可控且可预测的；
3. 挠性阻焊层并不能弯曲，需要补强板给予其良好的支撑或与挠性部分隔离；
4. 工程设计工具提出的弯曲结构是理想化的，而在组装和应用过程中，实际的电路弯曲操作可能会存在很大差异甚至更难弯曲；

5. 双排 ZIF 连接器固有的特性导致其非常易于开裂，所以要保护 ZIF 印制插头在组装和使用过程中不会受到应力的影响。

如前所述，面对已知的 FPC 设计难题，通常不存在完美的解决方案。稳定、可靠的 FPC 设计需要各个职能团队之间密切合作，包括公司内部的电气、机械和 PCB 设计团队以及 FPC 制造和组装的合作伙伴。通常情况下，成功是不断重复的结果，所以最好在开发的早期阶段就让公司内部和外部的相关团队参与进来。**PCB**



Todd MacFadden 是 Bose Corporation 公司 PCB 技术工程师。

## 上半年PCB资本市场大事件盘点

2019 年已经过去了一半，在这半年里，PCB 行业发生了多起收购、并购的资本事件。PCB 企业通过并购重组实现强强联手，合作共赢。

不仅是资本市场的并（收）购案，2019 年的科创板也是业界焦点。6 月 13 日，经过 220 个日夜的等待，备受瞩目的科创板正式开板，为资本市场注入一剂“强心针”。

### 收（并）购案

容大感光拟收购感光油墨高仕电研 100% 股权  
6 月 30 日，容大感光（300576）发布公告



称，公司正在筹划发行股份、可转换公司债券及支付现金购买资产事项，公司证券 7 月 1 日开市时起开始停牌。标的资产为广东高仕电研科技有限公司（简称“高仕电研”）100% 股权，经营范围包括油墨及类似产品制造等。

容大感光掌握 PCB 油墨、光刻胶等电子化学产品生产过程中的树脂合成、光敏剂合成、配方设计及制造等关键核心技术，是 PCB 感光油墨和光刻胶的知名生产企业，在市场上拥有较高的品牌知名度。

阅读全文，请[点击这里](#)。



# 可准确预测铜层厚度的开尔文测试法

by Brandon Sherrieb

Integrated Test Corporation

## 背景

几年前,Integrated Test Corporation 公司发现对电气测试中空洞结果的应对计划是无效的和不标准的。像许多 PCB 制造工厂(包括我曾经工作过的 Sanmina 工厂)一样,包括微切片分析在内的应对计划是为了确定空洞类型。然后,根据空洞的类型,我们对通过的电路板进行热应力和微切片取样,或是对通过的电路板进行回流焊模拟加工,重新测试其电气连通性,再决定如何处置。

除了这些应对计划外,我在 Sanmina 工厂的另一个经验是通过微蚀刻工艺多次处理电路板,重新测试电气连通性,确认在未填充孔内是否有空洞。如

果在制板通过测试,是否代表合格??遗憾的是,这些处置方法都不足以确保在发货前发现连接处于临界状态的导通孔。众所周知,附连板中的一些孔很难代表电路板中的数千个孔,在组装之前通过回流焊模拟或微蚀刻处理生产订单将会对 PCB 的寿命产生负面影响。

因此,确保不会将连接处于临界状态的产品

发送给客户的唯一方法是在足够低的阻抗下对那些可疑导通孔进行电气测试,可以观察到导通孔之间的微小差异。经过评估证明有效的方法是四线开尔文测试法,如果该测试法可适当表征你的工艺,它可以辨别出孔之间铜层厚度的差异。图 1 所示是通过该测试方法发现的失效。

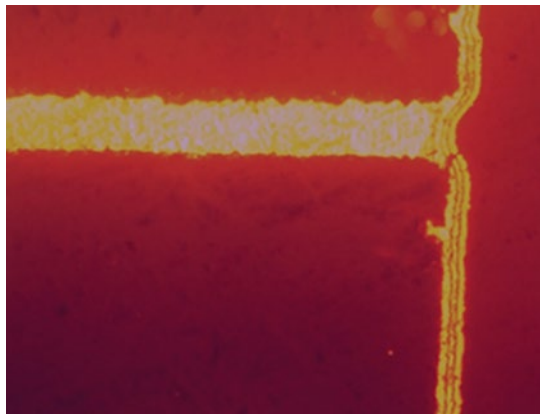
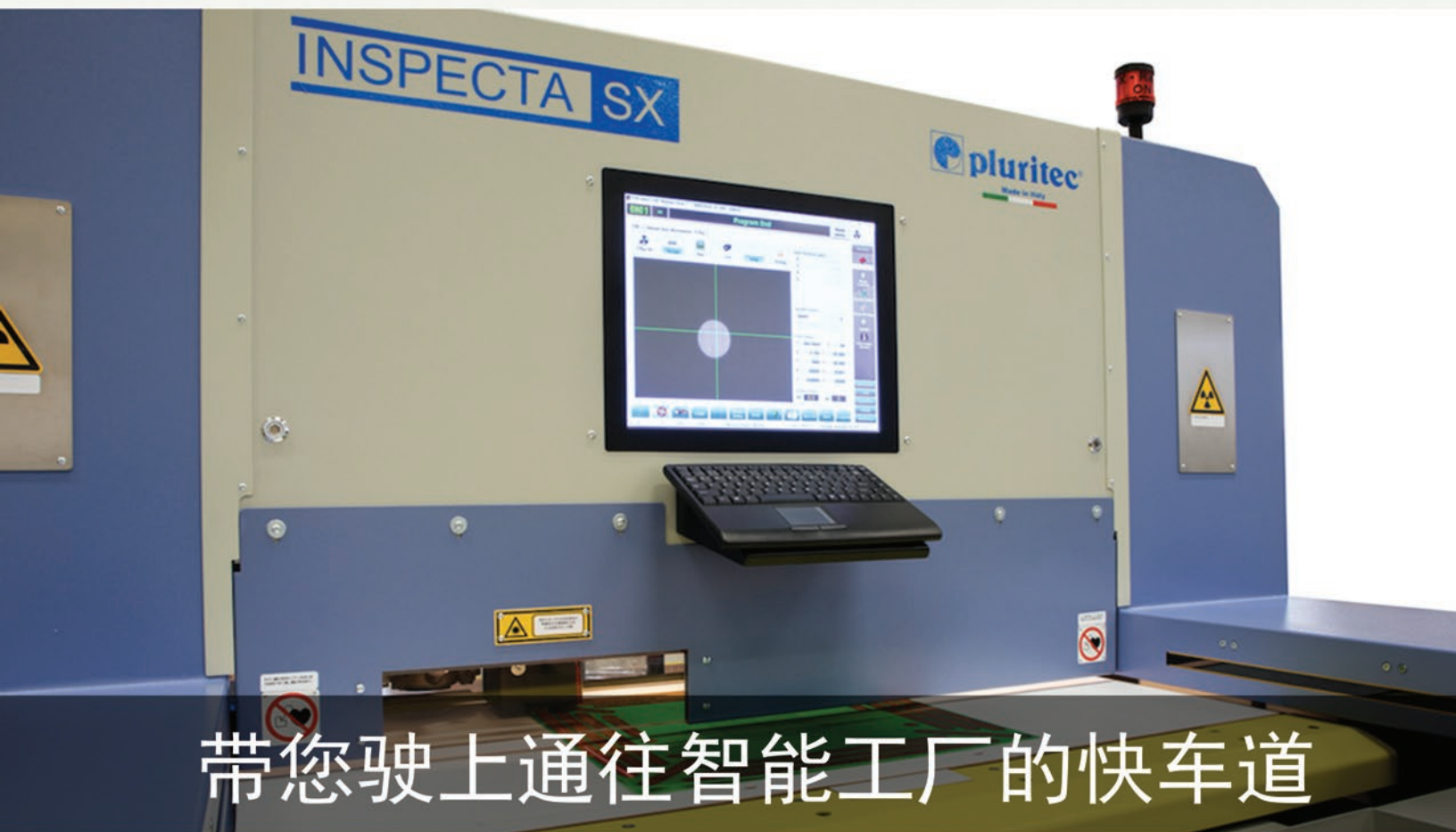


图 1：在开尔文测试期间发现的少铜实例



# 帶您駛上通往智能工厂的快车道

## 搭上智能工厂快车

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



Hong Kong

普利德工業遠東有限公司

香港 灣仔 告士打道80號 17樓

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

costanzo.dangelo@pluritec.org

tom.tang@pluritec.org

Taiwan

普利德工業遠東有限公司

地址: 桃園市平鎮區復旦路三段84號

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

mike.chen@pluritec.org

当时, Integrated Test Corporation 确实有开尔文探针和能够完成测试过程的飞针测试仪。然而, 测试仪设置不当, 所以不能准确预测, 阻抗测量应该以导通孔的厚径比和孔中的铜量为基础。在测试的前几次, 采用了一种测试过程, 当完成所有测量后, 指出了哪些孔的阻抗测量结果分布在正常结果分布范围之外, 然后将它们微切片, 发现它们符合铜最低要求。在对一些无差异产品进行破坏性分析之后, 决定该过程需要针对适当表征进行测试。

快速搜索了相关文章和白皮书后, 发现他们都是只对过程进行了综合描述, 但没有提出如何在生产中进行设置。大多数现有的文章都建立在对已知好板进行阻抗测量的基础上。最终, 我们所期望的过程是根据钻孔厚径比和铜层厚度来准确预测阻抗测量值, 这就需要将些测量值与一组方程式建立相关性, 然后可以采用方程式来设定测试期间的最大阻抗值, 或者在不需要进行破坏性分析的情况下确定镀覆

孔内的铜层厚度。

### 特征描述

在 Integrated Test Corporation 公司的生产中, 高厚径比的导通孔很常见。因此, 我们决定设计一块 0.300 英寸的测试板, 其中包括 0.010 英寸、0.012 英寸、0.015 英寸和 0.020 英寸的导通孔样孔, 用来表示厚径比为 30 : 1 的工艺特征。对于每种直径的导通孔样孔, 分别有镀有 0.0002 英寸、0.0004 英寸、0.0006 英寸、0.0008 英寸和 0.001 英寸铜的导通孔。为了确保在孔中沉积适量的镀铜层, 电路板需要经过多次的不同电镀周期, 在每个周期期间使用抗蚀剂来覆盖和揭开样孔, 这种方法比为每种铜镀层厚度专门构建 PCB 更具成本效益。而且, 以这种方式进行表征可简化电镀和成像操作。

在测试板上完成铜电镀和蚀刻工艺之后, 通过四线开尔文测试法对它们进行测试。以钻

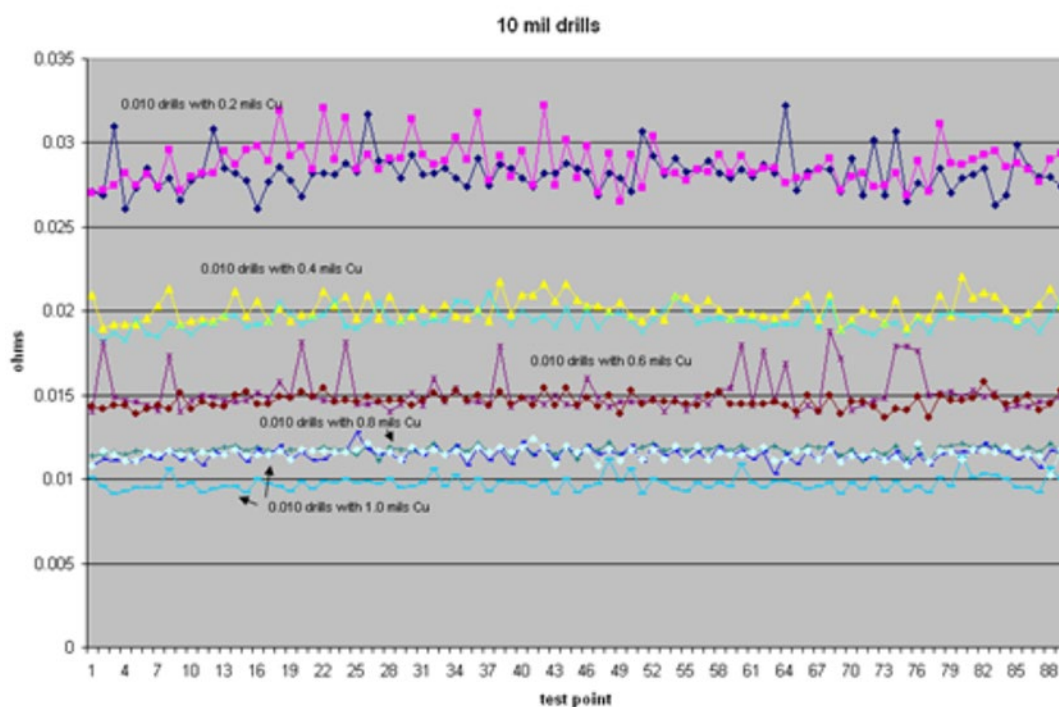


图 2 : 0.010 英寸导通孔的阻抗测量值 (0.010 英寸钻孔和厚径比为 30 : 1)

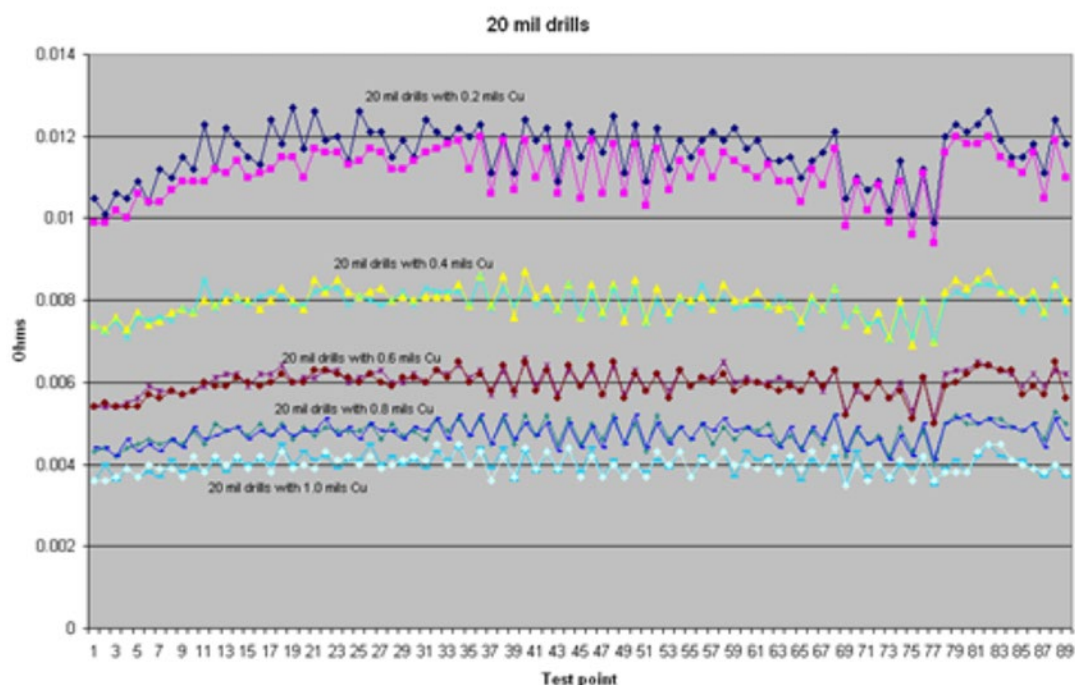


图 3：0.020 英寸阻抗测量（0.020 英寸钻孔和厚径比 15 ： 1）。

孔直径为基准绘出了阻抗测量值（图 2 和图 3）。

查看结果后，发现对于不同厚径比和铜层厚度，阻抗测量值几乎没有变化，根据每种厚径比的铜层厚度绘制了每个测试样孔阻抗的平均值、最小值和最大值（图 4）。在数据中添加了二次多项式趋势线，对于每个给定的厚径比（ $R^2 = 0.996(15 : 1)$ 、 $0.993(20 : 1)$ 、 $0.995(25 : 1)$  和  $0.999(30 : 1)$ ）都是强相关的。给定已知的阻抗 Y 求解 X，将可计算出铜的厚度；相反，给定已知的铜层厚度并求解 Y，将可计算出阻抗测量值。

如果只考虑这些精确厚径比的电镀通孔，

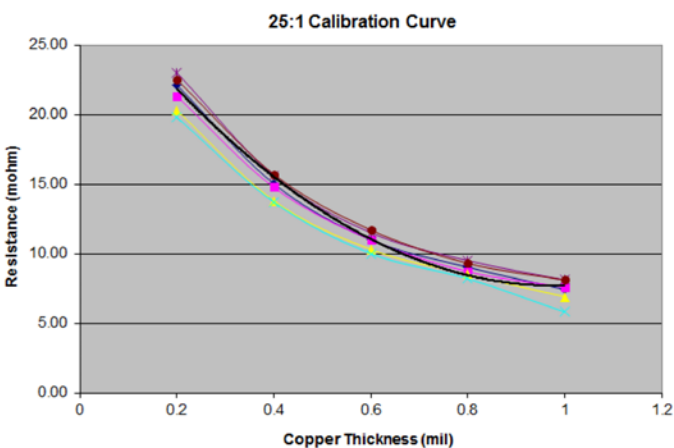


图 4：厚径比为 25 ： 1（平均值、最小值和最大值）的阻抗测量值

这些趋势曲线将可准确预测四线阻抗测量值。

厚径比	方程式	二阶系数	一阶系数	截距
15：1	$11.5 x^2 - 23.1x + 15.6$	11.5	-23.1	15.6
20：1	$16.4 x^2 - 32.1x + 21.1$	16.4	-32.1	21.1
25：1	$23.4 x^2 - 45.7x + 30.1$	23.4	-45.7	30.1
30：1	$24.6 x^2 - 52.1x + 37.5$	24.6	-52.1	37.5

表 1：按厚径比给出的阻抗趋势曲线方程式

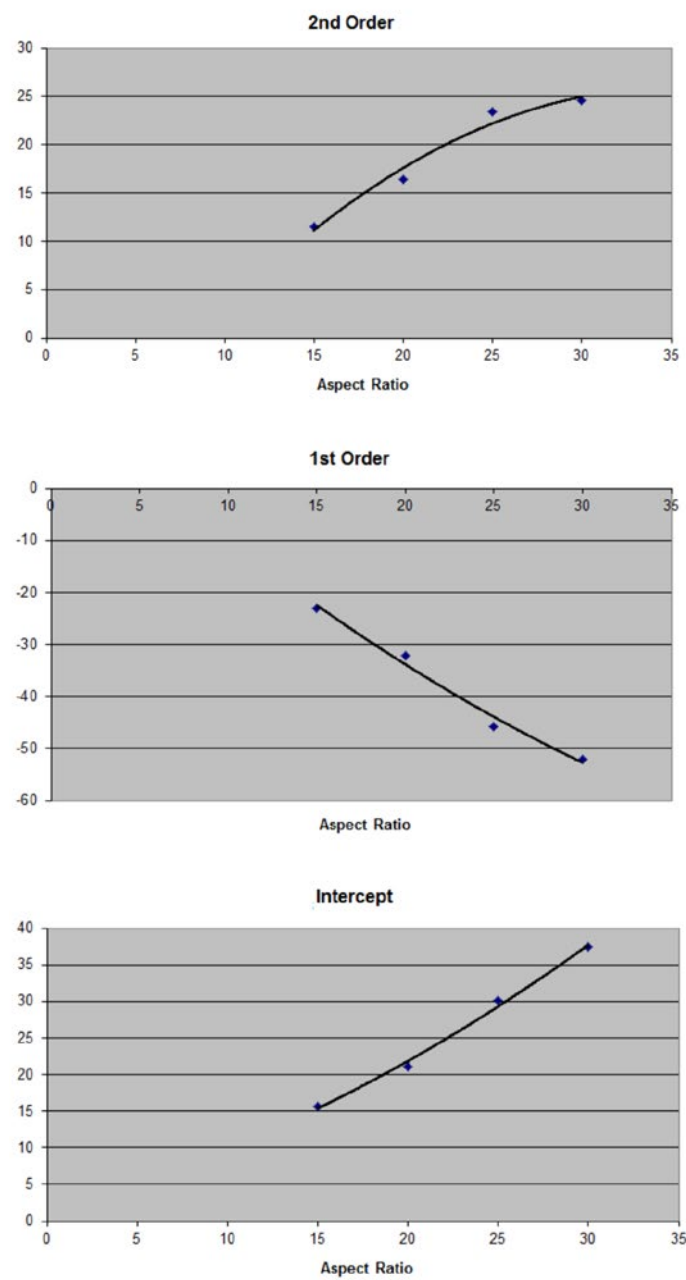


图 5：有趋势曲线的二次方程系数

但是，如果需要确定导通孔的镀铜厚度，而其厚径比超出此范围或者在此范围内但不是所测

试的厚径比之一呢?接下来有必要从数据进行推断，生成曲线以对其他厚径比进行预测。

为此，审核了为每个厚径比（表 1）创建的二次多项式趋势曲线（表 1），并绘制了每个方程式的二次系数。再为每个图添加趋势曲线（图 5）。

同样，二次多项式趋势线与绘制的系数数据非常相关 ( $R^2 > 0.974$ )。这些系数的趋势线方程（表 2）将有助于确定未知厚径比的系数。

这些方程式中的变量 X 代表厚径比。因此，可以将所需的任何厚径比代入每一个方程式中，以确定二次方程的一阶、二阶系数和截距，最终得出基于铜层厚度的镀覆孔阻抗。表 3 显示了从这些数据中导出的方程式。

图 6 给出了厚径比为 8：1 至 40：1 时，按以上方程式计算出的阻抗与铜层厚度的关系图。

厚径比	铜层厚度 (密耳) 的阻抗
10.0：1	$2.85 x^2 - 9.76x + 9.86$
12.5：1	$7.23 x^2 - 16.26x + 12.50$
17.5：1	$14.62 x^2 - 28.30x + 18.50$
22.5：1	$20.15 x^2 - 39.03x + 25.47$
27.5：1	$23.83 x^2 - 48.45x + 33.41$
32.5：1	$25.67 x^2 - 56.57x + 42.32$
35.0：1	$25.89 x^2 - 60.14x + 47.14$
37.5：1	$25.65 x^2 - 63.39x + 52.20$
40.0：1	$24.95 x^2 - 66.31x + 57.50$

表 3：厚径比的阻抗方程式

系数	方程式	相关系数
二阶	$-0.037 x^2 + 2.587x - 19.318$	$R^2 = 0.974$
一阶	$0.026 x^2 - 3.19x + 19.533$	$R^2 = 0.986$
截距	$0.019 x^2 + 0.618x + 1.745$	$R^2 = 0.995$

表 2：系数的二次系数趋势线

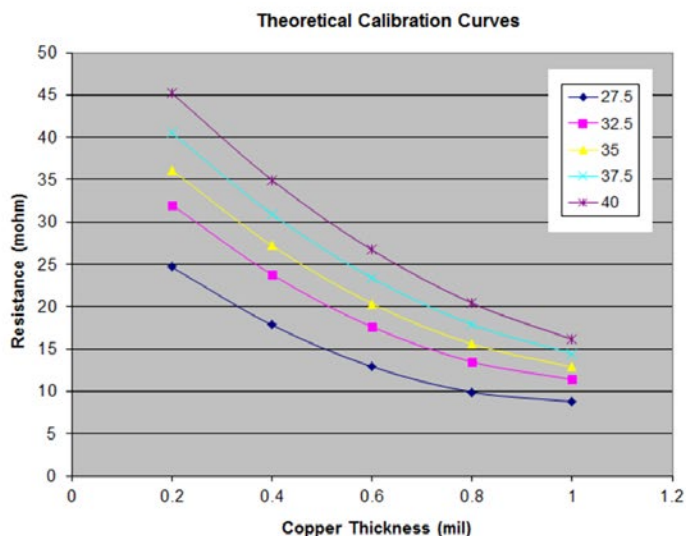
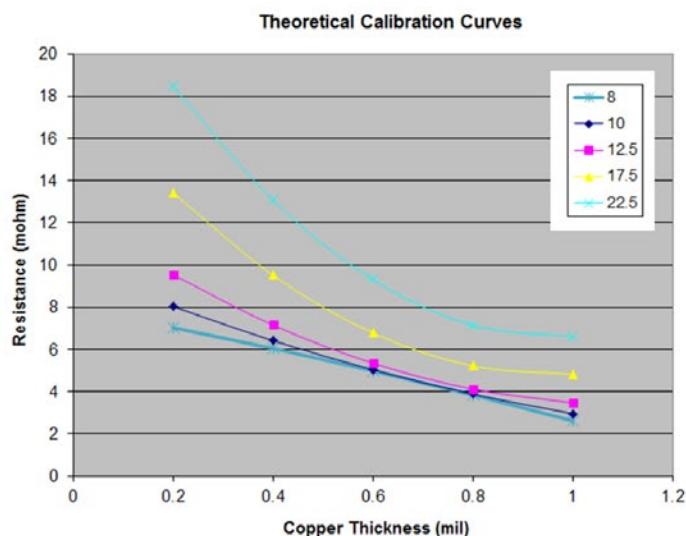


图 6：阻抗与铜层厚度的关系

这些图和方程式可以在 Excel 中创建一个简单的计算器，可根据给定的厚径比和最小的镀铜层厚度得出最大阻抗值。然后，当通过四线开尔文测试电路板时，该值作为技术规范上

限值。未达到此规范限值的镀覆孔（阻抗测量值高于此限值），则其铜层厚度低于用户定义的最小值。相反，该计算器也可以在已知阻抗值和厚径比的情况下得出铜层厚度值。

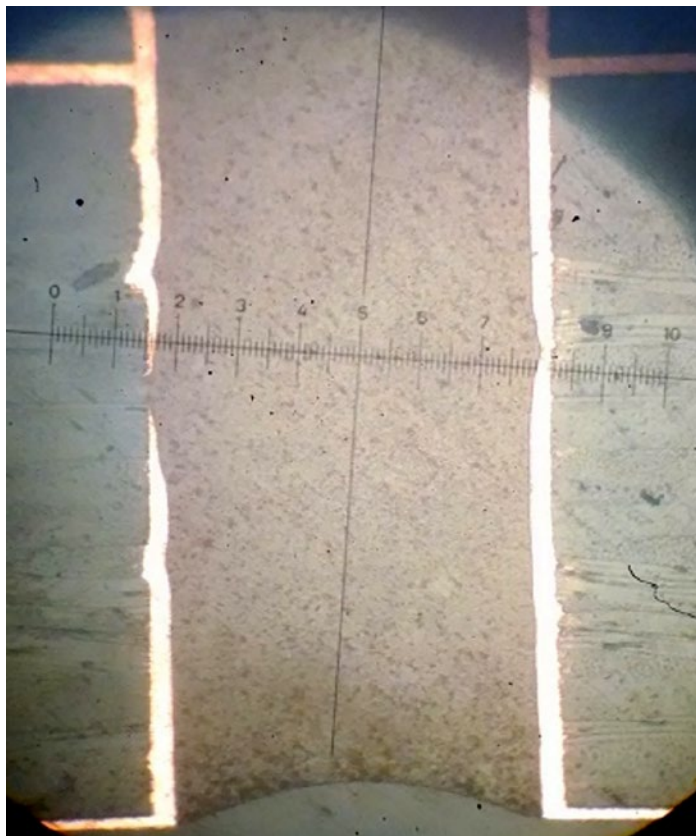


图 7：通过四线开尔文测试法测出的铜空洞



图 8：通过四线开尔文测试法测出的铜空洞

## 应用

这种方法有益于排除因空洞可能产生影响的订单。虽然同时利用四线开尔文测试来处理电镀过程中的非差异产品，但我们仍然进行了故障分析作为校正措施和工艺改进。这样可确保可能导致现场失效的少铜产品不会发送给客户。图 7 和图 8 给出了使用四线开尔文测试法找出的铜空洞实例。

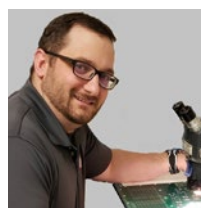
此过程还可用于精确定位镀层厚度不符合客户规范的贯穿导通孔。理论上，可以通过返工电镀周期来再电镀这些导通孔，并重新测试以确定返工的有效性。由于这是一种非破坏性的修复，因此返工后的产品可以发货。在某些情况下，客户有最终的孔直径要求，规定了 PTH 与内层的间隔，禁止我们按照自己的设计指南过度钻 PTH 孔，因而限制了钻孔直径和导通孔中镀层的电镀厚度。由于电镀窗口大幅减少，利用开尔文阻抗测试法来测试最终产品中的铜层厚度，以便我们确定是否满足最小镀层厚度要求。

最后，我们采用这个过程来提高我们使用的导电粘合工艺的可靠性。我们确定了元器件装配前后现有工艺的基准，并通过对比这些变化对开尔文阻抗测量值的影响来改进制造和组

装工艺。此外开尔文测试还有助此工艺选择更稳定的耐热介质材料。测试不同的材料，并且通过组装回流焊工艺观察对比开尔文阻抗值的百分比变化。

## 结论

四线开尔文测试可为电镀和测试过程提供显著优势，前提是要根据你的工艺适当设置该测试法。按照所述步骤，适当设置测试过程，就能准确预测出镀覆孔中的铜层厚度。因此无需进行昂贵的微切片分析就可处理镀层空洞，还可准确定位哪些孔不符合技术规范，并且可能需要返工，而不会将其发送到客户后在现场发生失效，那样代价会很高。总的来说，开尔文测试法是一种表征工艺、确定工艺基准和改进工艺的绝佳方法。**PCB**



**Brandon Sherrieb** 目前是德克萨斯州达拉斯市 Integrated Test Corporation 公司的工艺工程经理。他拥有机械工程学学位和 15 年的行业工艺工程经验，专注于机械和热工艺。

## 呼朋唤友，LEAP Expo 2019 观众预登记正式启动！

LEAP Expo 2019 ( 华南国际智能制造、先进电子及激光技术博览会 ) 由慕尼黑展览 ( 上海 ) 有限公司携手中国国际贸易促进委员会机械行业分



会、中国光学学会激光加工专业委员会及机器视觉产业联盟共同打造，下辖深圳国际自动化及机器人技术展览会 / 深圳国际电子智

能制造展览会 ( Automation & EMA )、慕尼黑华南电子生产设备展 ( productronica South China )、华南先进激光及加工应用技术展览会 ( Laser South China ) 和中国 ( 深圳 ) 机器视觉展览会暨机器视觉技术及工业应用研讨会 ( Vision China (Shenzhen) )。阅读全文，请[点击这里](#)。

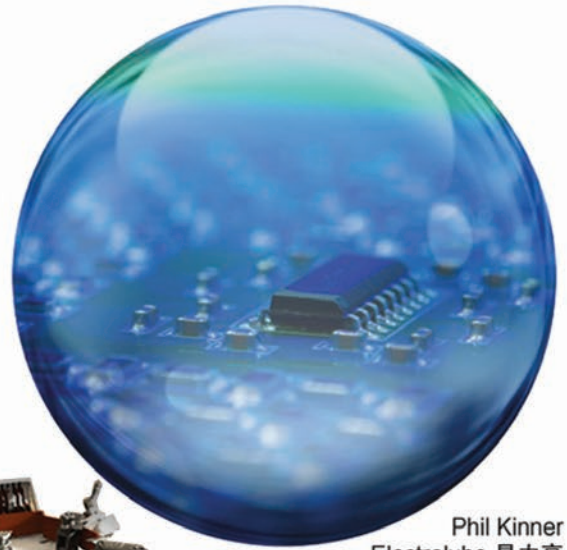
# 世界可以变得非常严酷

本书将为您呈现如何保护在  
恶劣环境下运行的组件。

免费下载

印制电路组装商指南™

适用于恶劣  
环境的三防漆

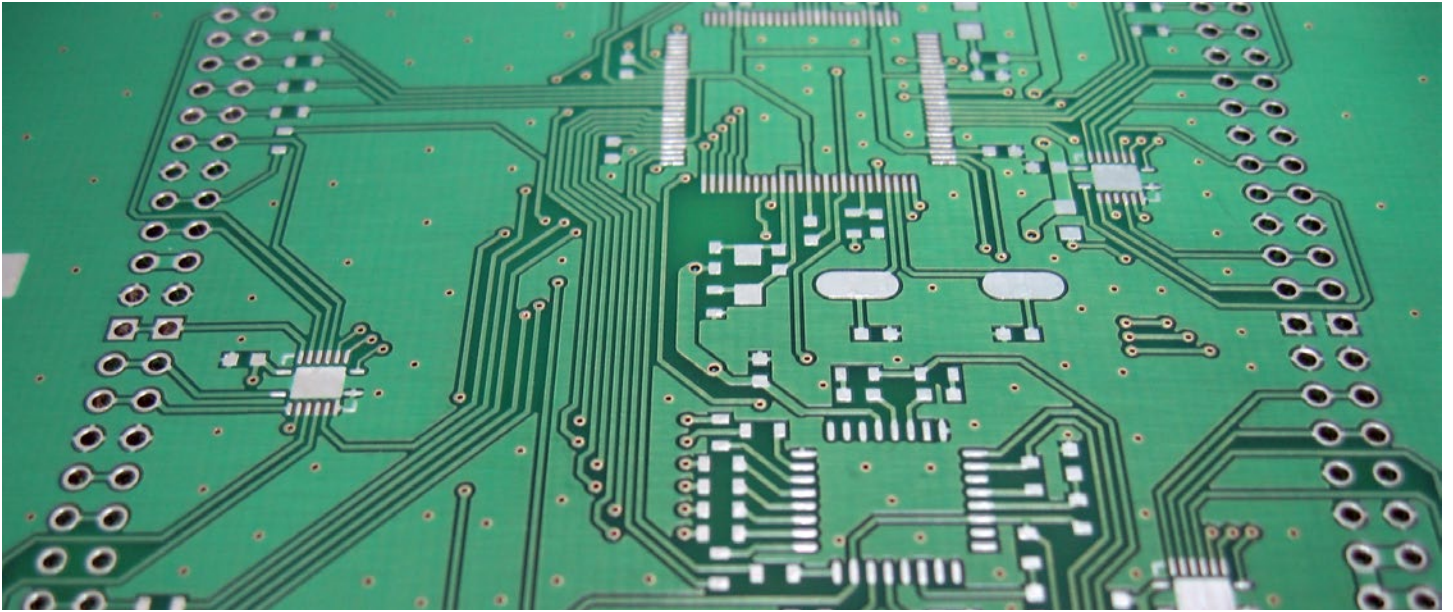


Phil Kinner  
Electrolube 易力高

1007e  
Books

1007e  
Books





# 传统接触曝光与阻焊层直接成像的对比

by Nikolaus Shubkegel

将阻焊层直接成像和阻焊层接触式曝光进行对比，前者有着非常明显的优势。毫无疑问，直接成像可以缩短生产时间，不需要额外花时间制作底片。这种方式还可以避免因放大倍数不同而必须进行的成本高昂的测量和底片生产。

本文将介绍直接成像的 7 个缺陷。采用接触式曝光时，很少会出现这些缺陷，只有在工艺流程不平衡的情况下才会出现。导致这些缺陷出现的原因主要是因为接触式曝光和直接曝光这两种方式之间存在本质差别。首先，我们来回顾一下直接成像工艺流程。

直接成像最大的优势在于能够对每次独立曝光操作的尺寸进行缩放和调整，从而实现最佳效果。采用直接成像的方式，可以对电路板排布方式不同的同一块板进行曝光。因对准不良导致的产品报废率接近于

零。这是因为如果使用原理图，需要生产出不同放大倍数的底片，导致无法实现非线性放大。

但是阻焊层直接曝光的方式，也会出现独有的缺陷。同时由于越来越多地使用这种成像技术，这些缺陷出现的频次也越来越多。人们已经非常了解这些缺陷了，原因主要取决于阻焊层的化学组成和光引发剂包（一种与光反应，引发或催化化学反应的化合物），但是每种阻焊层之间都存在差异。这些缺陷的出现方式取决于直接成像设备、系统的波长、整体工艺参数、干燥条件和显影参数，甚至预清洁工艺。

这些直接曝光缺陷会在采用直接曝光设备的初期就发生。一旦工艺流程得到优化，这些缺陷就不会再出现。总而言之，人们是可以找到可能的方法来防止的，也就是说这些缺陷是可控的。

# 75 Years **SCHMOLLutions** 引领德国技术创新75年

**XY MULTI-XY**  
Technology

高性能5或6轴钻机适用于普通板和背板。

High performance 5 or 6 stations machine for standard and back panels.

每个工作站独立X, Y和 Z 轴线性马达驱动。

Individual linear motors for each station in X, Y and Z-direction.

每个工作站配置独立CCD镜头以对板材做相关补偿。

CCD camera at each station for panel related compensation.

最新的 RGB 环形光源技术提升照明能力。

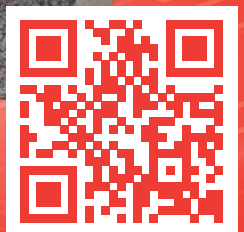
Latest RGB ring light technology for significantly increased illumination.

高性能钻孔主轴，适用于钻微孔和大孔。

High performance drilling spindles, for small and big hole drilling.

可选配高精度背钻功能。

Optional high-accuracy back drilling function.



## 直接曝光和接触式曝光的四个基本差异

### 1. 表面交联反应的氧阻聚现象

第一点基本差异就是表面交联反应的氧阻聚现象。接触式曝光要在真空条件下进行。这种方式的一个副作用就是阻焊层表面吸附的氧气会出现脱附。这种较低的氧气浓度不会干扰阻焊层的交联反应。但是采用直接成像时，曝光是在普通压力下的大气中发生的。氧聚阻效应主要取决于光引发剂包。有些阻焊剂对于氧聚阻效应非常敏感，而有些系统则对氧气不敏感。

曝光会让一些光引发剂从阻焊剂转变成自由基。这些自由基促使阻焊剂发生交联反应。一部分自由基在和大气中的氧气发生反应后变稳定。这些稳定的自由基不可再用于交联反应。所以阻焊层表面的交联反应因自由基损失而受到干扰。当交联反应发生不完全的时候，阻焊层表面会带有黏性、无光泽并且会出现很多气孔。有些光引发剂通过阳离子光聚作用开始聚合。这种情况下，氧阻聚现象通常不会出现，但也会有例外情况。

### 2. 直接成像使用的窄频带光频

直接成像的第二个问题在于缺失 200 nm 至 350 nm 频率范围内的光频。接触式曝光使用汞蒸气灯、短弧灯和超高压灯等光源作为辐射源。这些灯的辐射区域是整个 UV 范围（200 nm~400 nm）、可见光范围（400 nm~760 nm）和远红外范围。

相反，直接曝光使用的光源会发出在 355 nm~420 nm 范围内的一些离散型波长。这种辐射会渗透到阻焊剂的深处并在整个阻焊层范围内发生交联反应。但这些光源不会渗透

到阻焊层内，因为这个区域内的阻焊层树脂吸附力较强。阻焊层开始在阻焊层表面发生大规模的交联反应，形成一层保护膜。表面被密封了起来，所以表面的耐化学腐蚀性也有所增强，吸湿能力也有所降低。

### 3. 因波长和阻焊层不兼容导致量子产率不匹配

第三点基本差异在于不同波长下形成的自由基中量子的产率。在接触式曝光中，不同波长之间的量子产率并不会产生严重影响。整个 UV 范围都可用。相反，直接曝光使用的波长不止一种，以一定产率形成自由基。有些波长对于某些阻焊剂而言是非常有效的，而对于其他波长则是无效的，这也正是为什么在不同直接成像器中曝光同一种阻焊剂会得到不同的效果。

### 4. 直接成像的曝光时间更长

直接成像的第四点问题在于，与接触式曝光相比，其使用的曝光时间更长。这并不属于一个缺陷，但却会让工艺的实施过程更加困难。目前，越来越多的公司开始全面使用阻焊层直接成像工艺。有些公司出于产能原因则保留了接触式曝光工艺，只将部分工艺改成了直接曝光。但对于有些公司而言，接触式曝光仍然是他们的首选方案。

因为直接成像的曝光时间较长，阻焊剂供应商对 PCB 工厂的要求做出了回应，他们选择对直接曝光工艺的涂层进行优化。现有的阻焊层都已经据此做出了修改，所以仍然是具备质量合格认证的。值得注意的是，这些涂层属于比较传统的涂层，并不是为直接曝光而专门开发的。

市面上也有一些阻焊层是专门为直接成

像而开发的。这些产品需要的曝光能量极低，低到让人不敢相信的程度。大多数情况下，这意味着需要引入新的阻焊层，而且新的阻焊层必须具备所有必要的质量认证。在极端情况下，直接曝光使用的涂层可能意味着要针对一台特定机器设计产品。这种方式是可行的，但却意味着在生产车间引入一种全新的阻焊层，而这种阻焊层很可能无法在工厂内其他直接成像系统中达到最佳效果。

市场中的直接成像系统各不相同，差异极大。可用的波长从 355 nm 到 420 nm 不等。有些系统可能只具备一种波长，还有些系统具备四种波长。一般情况下，使用的光源包括 UV 二极管或 UV 激光二极管。但有些机器也会使用固态激光器或特殊汞蒸气灯。此外，每个品牌在曝光过程中使用的光学系统也各不相同。

## 七个缺陷

实际上，在直接曝光的过程中可能会出现以下 7 种缺陷，但一般不会出现在接触式曝光过程中。

### 1. 阻焊层表面没有光泽

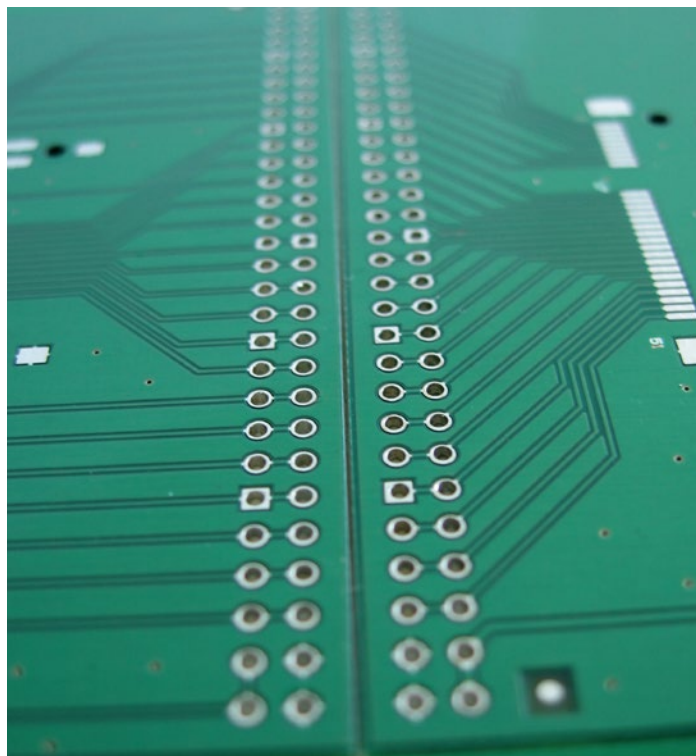
阻焊层表面没有闪亮、平滑的质感，而是更趋于哑光质地，这是因为波长缺失、氧阻聚或阻焊剂表面未被密封起来而造成的。

### 2. 阻焊层表面在显影过后出现黏性

这个缺陷可能是因为氧阻聚而造成的。

### 3. 阻焊层表面出现白色污渍

这个缺陷会在 ENIG 与 HASL 后或波峰焊接及清洗后出现。整个区域的单侧或双侧



都会受到影响。有时，表面会出现大小不一的白色斑点。因用于密封阻焊剂表面的 200 nm~360 nm 的波长缺失，所以吸湿率增大，从而导致出现污点。在 100°C 至 120°C 的温度下对 PCB 进行 15 分钟到 20 分钟的干燥处理，这些污点几乎可以全部消失。有些情况下，通过更好地去干燥处理阻焊层可以避免出现这种缺陷。另一种方式是在显影过后使用 UV 固化，增加曝光能量也是很有帮助的。

### 4. 阻焊层上的自发 ENIGGon

人们已经熟知这种缺陷，其成因主要是因为镍镀液的化学反应活性太强。在没有冲洗干净的位置也会出现这种缺陷。因为阻焊层的表面上有很多孔，即使是在冲洗彻底和镍镀液的正常活动期间，钯原子团也可能会残留下来形成镍沉积物。

### 5. HASL 工艺完成后阻焊剂表面出现残留焊料

在多孔的表面上，可能会留下更多焊料球和焊料网。人们知道这种缺陷的存在，但很少会在接触式曝光过程中发现这种缺陷。阻焊层、助焊剂和 HASL 参数的某些配置容易形成锡网。在经过优化的 HASL 工艺中，这种缺陷是不会出现的。

## 6. 离子污染增多

这个缺陷的出现主要取决于局部条件。如果整个冲洗过程使用了软化水，那就不会出现这类问题。但如果主要使用自来水，那就可能会引起这类问题。

## 7. 焊接表面出现阻焊层残留物

当某些机器采用喷涂式涂层法或帘幕涂层法涂布阻焊层时，可能会引起这种缺陷。在使用丝网印刷方式涂布涂层时，这种问题不会出现。使用帘幕涂层或喷涂式涂层时，在制板两侧边缘会被涂层覆盖。因两块在制板的边缘发生接触或边缘与支架发生接触，边缘区域也会出现涂层堆积。在这些区域内，阻焊层因没有经过足够的干燥处理所以出现了黏性。

在接触式曝光过程中，这个区域会被完全曝光，而且阻焊层会保留在在制板上。而在直接曝光过程中，大约有 2mm 至 5mm 的流通区域是没有经过曝光处理的。黏性阻焊层堆积可能会继续保留在这个区域内，导致显影剂受到污染。显影剂并不能消除阻焊层堆积。这些堆积的阻焊层可能会被滚轮转移到焊接表面。

## 总结

为了满足 PCB 工厂的要求，阻焊层制造

商已经针对直接曝光优化了一些类型的阻焊剂。随着产品的光敏性越来越强，直接曝光设备的曝光时间会缩短。另一优势是由于光引发剂的水平不断升高，现在氧阻聚的影响越来越小，几乎可以忽略不计，保证有足够的自由基可用于发生良好的交联反应。阻焊层表面的气孔数量变少，但这也导致吸湿率增加，从而造成一些问题出现。

热固化过程中冷凝液的形成得到了改善。但 ENIG 电镀过程中使用的镍镀液寿命可能会缩短，因为光引发剂浸出和产品降解会影响到镀液的使用寿命。这些降解后的产品可能会干扰镍的沉积，导致角落位置的沉积物高度较低。值得注意的是，显影过后如果恰当应用 UV 固化则可以改善整个工艺过程。通过增加 UV 固化这个步骤，多余的光引发剂可以被破坏掉。所以固化炉内的污染程度也就会减轻，根据公司工厂内特定的 ENIG 和阻焊层工艺参数，镍金工艺也更不易于出错。

阻焊层直接成像的结果取决于阻焊层本身、局部条件和直接曝光设备的种类。直接成像是一种不小的挑战，本文介绍的 7 种缺陷都是可以控制的。PCB



## Nikolaus Schubkegel 于

2019 年 2 月退休。在过去的 12 年里，他在德国 Umicore Galvanotechnik GmbH 公司担任技术服务工程师，负责

Taiyo 产品的相关工作。在此之前，他在位于德国 Albstadt 的前 IBM-PCB 工厂（也就是后来的 STP）阻焊层部门担任工艺工程师一职。Schubkegel 获得了 Timisoara 理工学院化学工程专业的硕士学位。

## [第十八届 \(2018\) 中国电子电路排行榜出炉啦!](#)

本次排行榜由中国电子信息行业联合会与中国电子电路行业协会联合发布。本次排行榜汇集综合 PCB 入榜企业 100 家；内资企业 100 家；覆铜箔板入榜企业 18 家；专用材料入榜企业 19 家；专用化学品入榜企业 15 家；专用设备和仪器入榜企业 15 家；环保洁净入榜企业 9 家；共计 176 家企业入榜。

## [工信部《印制电路板行业规范条件》第一批企业名单 \(拟\) 公示](#)

6 月 18 日,工业和信息化部电子信息司公示了《印制电路板行业规范条件》企业名单 (第一批), 共计 18 家 PCB 企业。根据《印制电路板行业规范条件》及《印制电路板行业规范公告管理暂行办法》的规定, 经企业自愿申报、省级主管部门推荐、专家复核等程序, 现将有关名单予以公示。

## [2019 年一季度中国 PCB 出口规模达 59.5 亿美元](#)

2019 年一季度中国 PCB 总出口规模巨大, 出口形势良好。据战新 PCB 统计, 2019 年一季度中国 PCB 出口情况, 从出口金额看, 总出口规模达 59.50 亿美元, 月平均出口近 20 亿美元。其中 1~3 月 PCB 出口金额分别为 21.62 亿美元、15.80 亿美元、22.08 亿美元, 平均每月出口金额为 19.83 亿美元。

## [PCB 循环经济策略蓝图 创全球同业之先](#)

TPCA (台湾电路板协会) 与 TPCF (台湾电路板环境公益基金会) 于 6 月 28 日在 TPCA 会馆共同举办 PCB 循环经济策略蓝图发布会, 发布台湾电路板产业循环经济策略发展蓝图。

## [江苏协和电子 IPO 申报获中国证监会受理](#)

江苏协和电子股份有限公司 IPO 申报获中国证监会受理。公司创建于 2000 年, 座落于常州市, 是集研发、生产刚性、挠性和刚挠结合的单、双面及多层印制电路板的专业制造公司。以新能源汽车、节能型家电和电子通讯的印制电路板为主要目标产品。

## [澳弘电子 A 股 IPO 上市材料 已获证监会受理](#)

6 月 19 日, 证监会披露, 证监会已于 6 月 18 日受理常州澳弘电子股份有限公司的《首次公开发行股票并上市》材料。作为全球家电行业主要的 PCB 供应商, 澳弘电子始终秉持“承载数字科技力量”的理念, 不断变革、贴近客户。

## [PCB 行业科创板第一股过关! 方邦电子 IPO 申请过会](#)

6 月 20 日, 科创板第七批过会企业诞生。方邦电子的主营业务为高端电子材料的研发、生产及销售, 现有产品包括电磁屏蔽膜、导电胶膜、极薄挠性覆铜板及超薄铜箔等, 属于高性能复合材料, 其中电磁屏蔽膜是其主要收入来源。

## [嘉元科技将科创板上会 拟募集资金 9.69 亿元](#)

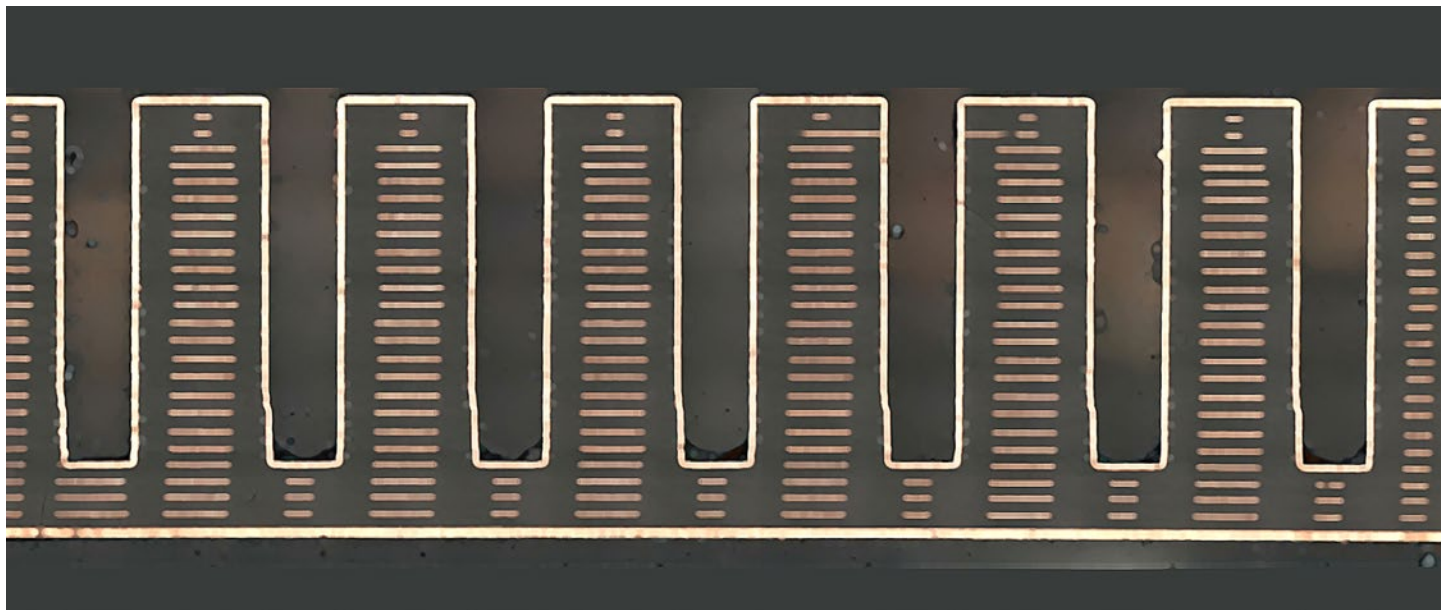
6 月 19 日晚间, 上海证券交易所官网显示, 科创板上市委第 13 次会议将审议广东嘉元科技股份有限公司 (嘉元科技) 公司的 IPO 申请。嘉元科技主要从事 6~12μm 各类高性能电解铜箔的研究、制造和销售, 主打产品为超薄锂电铜箔和极薄锂电铜箔。

## [容大感光拟收购感光油墨同行高仕电研](#)

容大感光拟收购标的为广东高仕电研科技有限公司。高仕电研成立于 2015 年 12 月, 经营范围包括油墨及类似产品制造, 材料科学研究、技术开发, 涂料制造等。致力于高品质 PCB (印制电路板) 油墨、FPCB 油墨、触摸屏油墨、导电油墨等各类新型电子材料的研究开发。

## [兴森科技: 签署 30 亿元半导体封装产业项目投资合作协议](#)

6 月 26 日兴森科技 (002436) 晚间公告称, 公司与广州经济技术开发区管理委员会 (以下简称“广州经管委”) 签署了《关于兴森科技半导体封装产业项目投资合作协议》, 项目投资内容为半导体 IC 封装载板和类载板技术项目, 投资总额约 30 亿元。



## 垂直导电结构 第 2 部分： VeCS 与微加工

by Joan Tourné  
NextGIn Technology

在电路板的常规生产中，通过钻头或铣刀对电路板进行微加工非常常见。微加工是一个含义很广泛的术语，指用来塑造物体外形的技术。之所以要介绍这个术语是因为在 2.5D 和 3D 环境下，微加工并不常用于电路板制造，但垂直导电结构（vertical conductive structure，简称 VeCS）技术将改变这一现状。

如今，已经具备了采用不同方式加工电路板外形、创建新功能与应用的基础设施，例如内层和外层之间的高密度互连，以及可以最小化信号失真的调谐技术。目前 VeCS 可使用 CNC 机器（当今基础设施的一部分）来实现不同深度槽的工艺，用钻头和铣刀可以加工出这种形状（图 1）。这种技术的目标是创建出一种新的垂直连接结构，通过不同的方式来利用电路板板面，同时又不会影响电路板

的绝缘特性。

图 1 所示的 VeCS 结构采用两根走线和槽远端的电源连接。较宽结构使用的术语叫做交叉开槽和底部开槽。

CAF/ 电子迁移是缩短垂直连接间距的主要限制因素（通孔和微导通孔等）。通过使用微加工技术，加工出的结构对这些绝缘缺陷会更不敏感或者说完全不敏感。本系列文章[第](#)

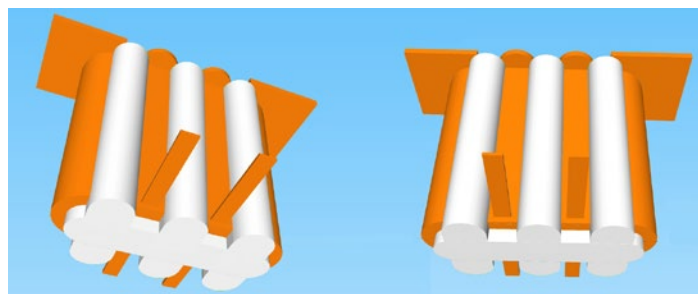


图 1：图中所示的是从底部看基本的 VeCS 结构



**INTERNATIONAL PRINTED CIRCUIT & APEX SOUTH CHINA FAIR**  
 Presented by HKPCA & IPC 由 HKPCA 及 IPC 聯合主辦

2019.12.4-12.6 中国深圳会展中心  
 Shenzhen Convention & Exhibition Center, China

展位号  
 1号馆 1N21

开启5G新时代 创建智能化工厂

高尖端设备 · 专业团队

钻孔机设备 第五代双台面CO<sub>2</sub>激光打孔机

曝光设备 直接成像系统 Ledia 6

贴膜设备 自动贴膜机 (硬板及FPC软板)

工业4.0智能化方案 MES 系统



環球集團  
 WORLD WIDE GROUP



香港总部  
 香港新界粉岭安乐村安全街24号环球集团中心  
 电话: (852) 2415 6686  
 传真: (852) 2415 3130  
[www.worldwidegroup.com.hk](http://www.worldwidegroup.com.hk)  
[sales@worldwidegroup.com.hk](mailto:sales@worldwidegroup.com.hk)

东莞办事处  
 电话: (86) 769 8862 6000  
 传真: (86) 769 8862 5400  
 上海联络处  
 电话: (86) 021 5191 4803



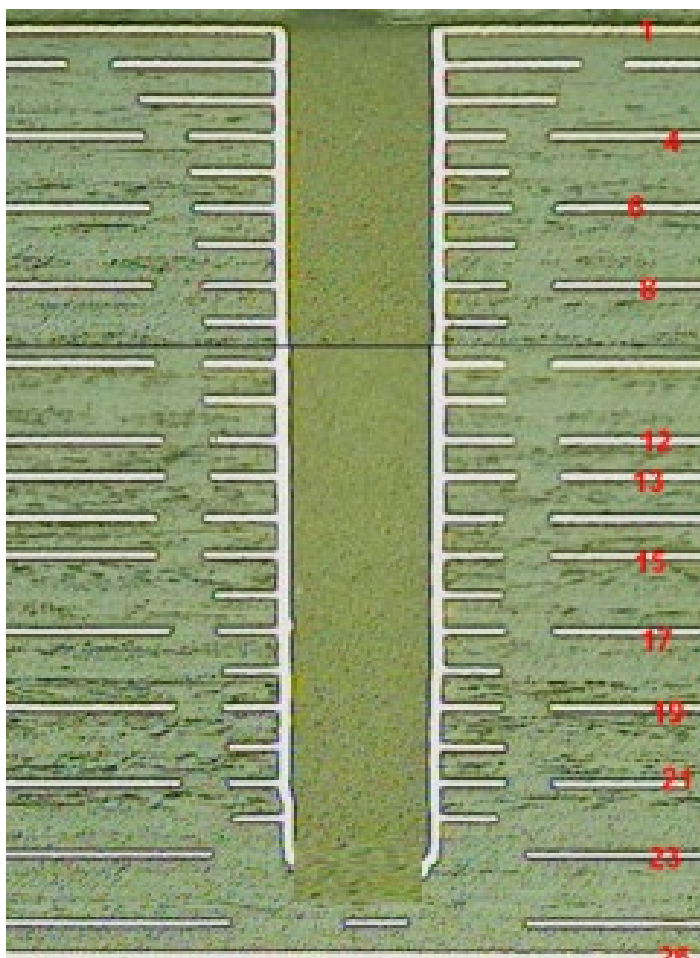


图 2：高厚径比 VeCS-2 的基本结构

[一部分](#)介绍的 VeCS-1 是一种连接电路顶部和底部的槽。本文将专门介绍 VeCS-2 技术（盲槽），以及 VeCS-2 技术所要求的更多微加工方法。相比较而言，VeCS-2 对微加工的要求比 VeCS-1 更多。

请注意，本文提到的槽都具有同样的深度。在下一篇介绍 VeCS 的文章中，我会详细介绍不同深度的连接信号的槽，这些槽不仅可连接内外层信号，而且还可以连接两个内层，例如连接第 3 层和第 10 层来完成信号转移。在以后的文章当中，我们还会详细介绍透明层之间的信号转移，这个领域将需要更多的微加工技术来确定不同深度的槽以及加工顺序。最好是使用已定义的加工代码确定槽深度和加工

顺序。CAM 系统需要适应规则和加工顺序才能最大程度地减少工程设计和制造过程中可能出现的错误。

图 2 所示的 VeCS 槽深度接近 2.7 mm，产品厚度为 3.0 mm。镀层在深槽底部分开，产生两个电位。这个特殊的槽是测试附连板中的一部分，所以与每一层都有连接。这个例子并不代表常规设计。

如果我们使用 VeCS 来实现内层转移（顶层无连接），我们会采用交叉开槽中使用的工艺步骤，微加工出垂直走线。本系列第一篇文章中介绍了 VeCS 槽，以此为基础，我将介绍更多有关微加工的其他功能。

### 电源 VeCS

电子产品设计应用不断需要更大的功率和电流，这一点与“让特征越来越小”的需求相悖，因为越来越小的特征会增加阻抗。但这两

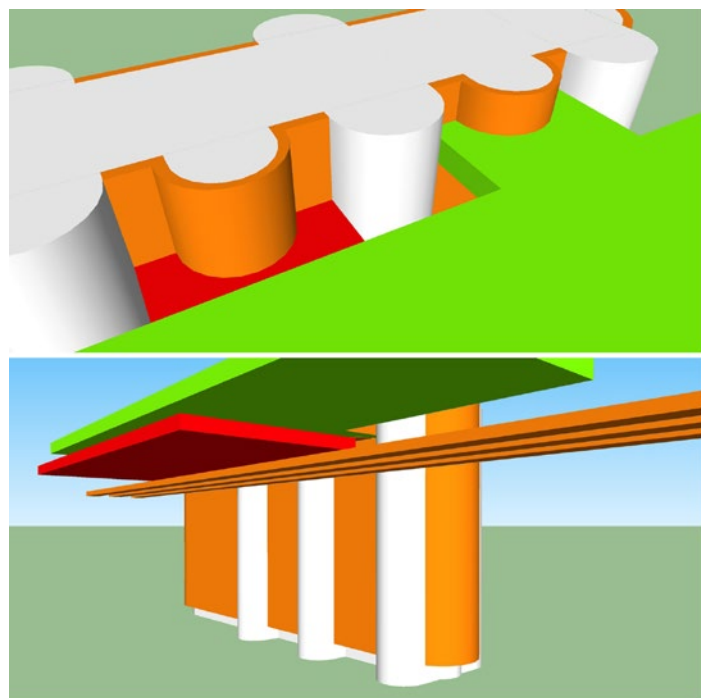


图 3：微加工出的电源 -VeCS 应用，可应用于要求较低阻抗的位置

个相悖的限制因素仍然适用于 VeCS。有了电源 -VeCS 技术之后，垂直铜走线的横截面会更大一些，使其具有更低的导电性。图 3 所示是从顶层槽侧壁延伸出来的半圆柱体（给每层都加上这种结构会占用铣槽通道）。

我们把垂直走线结构与一种堆叠结构结合在一起创建了一种阻抗较低的连接，也就是说第 2 层（绿色）和第 3 层（红色）是电源 / 接地层。通过这种方式，我们可形成较低阻抗连接，同时又使与接地层和电源层的接连保持在同一位置。这种方式会防止电源和接地出现偏移。但同时，又保证了走线之间的距离，防止 CAF 发生。

### 加工数据量

微加工和传统 PCB 数据集之间的一个差别就在于所要求的加工代码 /G 代码的数据量不同。对于一些设计，编程代码总量可能会轻易超过目前这一代 CNC 机器的存储量。为了减少所需 CNC 代码的数量，人们可以编写一个特定的加工代码来定义槽，用序列号来表示槽的深度和长度。因为数据文件被削减，这种操作自然会让工艺流程变得更复杂，相应地增加了错误产生的可能性。

### 微加工经验

设置 VeCS-2 槽工艺面临的挑战之一就是深度控制。介质公差是设置深度的一个关键参数。需要测量整块在制板上的介质才能确定合适的深度。槽底部的层需要有足够厚的绝缘厚度来适应 CNC 机器上 Z 轴的公差。这一公差的数值范围限于  $\pm 0.02$  mm。值得注意的是，对于获得良好的深度公差而言，压力脚的类型以及通过接触表面来重设 Z 轴计数器是非常重

要的。

在本系列文章的后续部分将详细介绍层检测。这种方法可以防止整个深度设置变成复杂费时且精确度低的过程。类似的方法也可用于背钻和控制深度的钻孔。

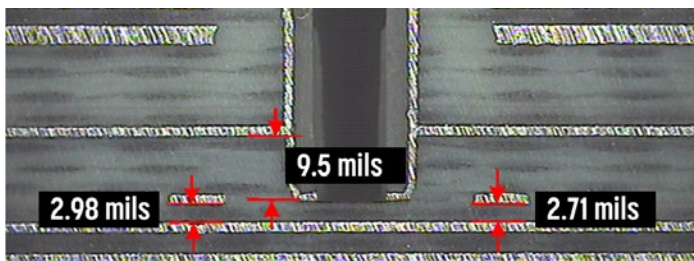


图 4：槽底部及周边区域的临界尺寸

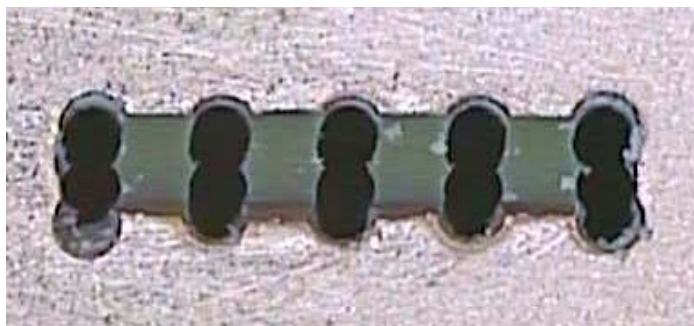


图 5：使用标准铣刀进行交叉开槽的效果图

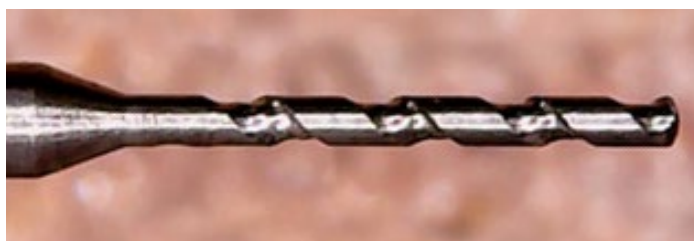


图 6：HPTec 推出的另一种铣刀

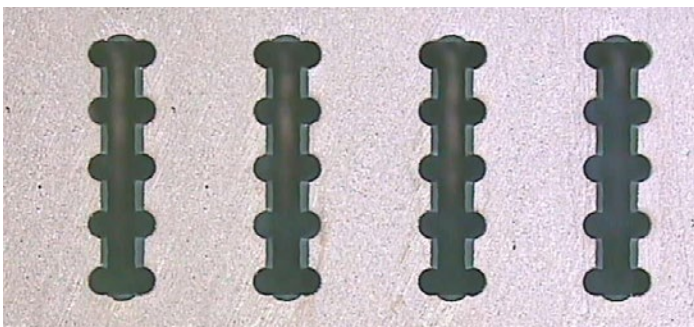


图 7：使用另一种铣刀和调整后的参数进行开槽加工，得到了干净整齐的交叉开槽

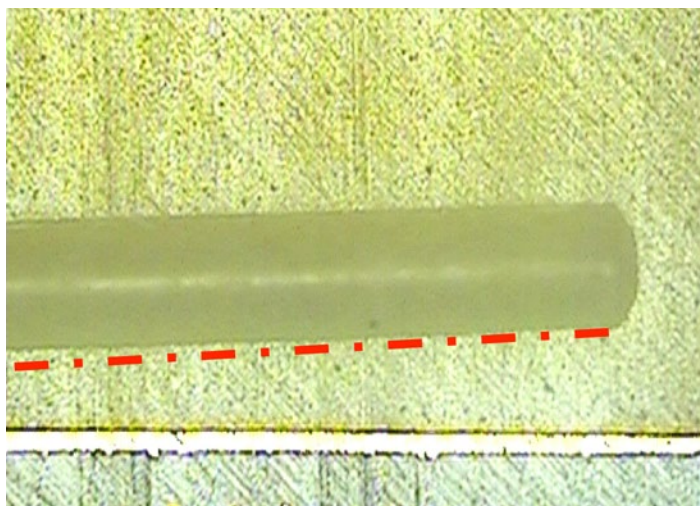


图 8：用普通钻头，槽在这个特定钻孔上出现了偏移

适用于交叉开槽的类似方法开发还需要时间。例如，最初在加工交叉开槽时遇到了刀头游移的问题（图 5）。值得注意的是，开槽加工的前提是要用传统导通孔填料将槽填满。这一步骤可以将垂直走线嵌入其中，使其在整个铣削加工过程中受到保护。

有了 HPTec 的帮助，我们使用另一种铣刀解决了刀头游移的问题（图 6）。我们发现用这种铣刀可以明显改善游移情况，在调整了参数之后，我们得到了定位准确的交叉开槽（图 7 至图 9），几乎没有发现周围出现毛刺。此外，我们成功把垂直走线的宽度做到了 0.1 mm。

对于微加工而言，恰当的工艺设置包括主轴稳定性、钻头选择以及 RPM 等钻孔设置，另一个需要讨论的设置问题是开槽规划。到目前为止，在这篇文章中，我们列举的所有案例都使用了 0.5 mm 的槽。用更小的钻头来加工更小的槽并不成问题。金属行业使用的铣刀球尖是 0.02 mm，他们使用这个铣刀球尖已经有很多年了。

这种小尺寸铣刀球尖的优势在于不用在刀

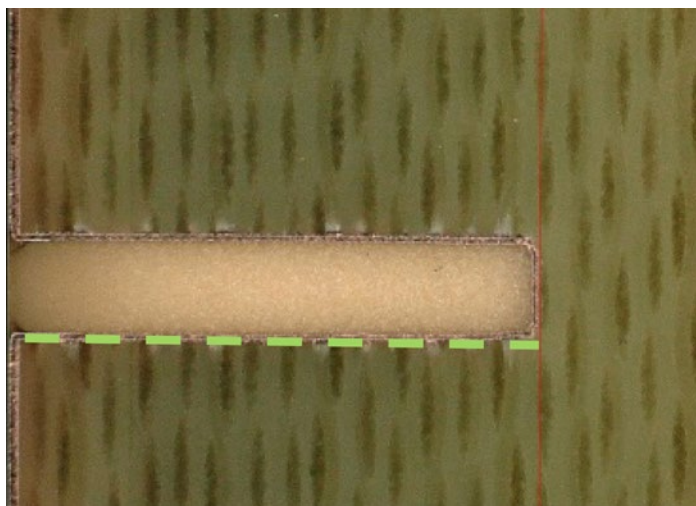


图 9：另一种钻头得到了中高深度的垂直槽 (2.8mm)

头侧面施加压力，而仅仅只需要沿着主轴方向在铣刀球尖施加压力就可以。当连续压力 / 负荷（轴向）施加在球尖上时，与施加径向负荷相比，刀头会变得更加坚固。联系你的工具刀头供应商，让他们帮你选择合适的刀头、钻头和参数。

### 测量与检验

除了微加工外，检测结构尺寸也是非常重要的。图 10 至图 12 是使用激光断面仪得到的图像。对通过激光断面仪得到的数据经过了处理，还可以从不同在制板中获取截面进行分析。这不仅比截取显微切片或使用扫描式电子显微镜更快速，而且不需要在板上钻取任何孔的前提下就可以使用激光断面仪，是一种无损检测。虽然激光断面技术无法提供电镀层厚度等详细信息，但它也不失为一种检测槽宽度、槽深度和槽粗糙度等的有效工具。

图 11 中的图像是在电镀操作之后、交叉开槽之前获取的。

任何异常现象都会被检测到，而且整个工艺流程中产生的碎片也会被记录。

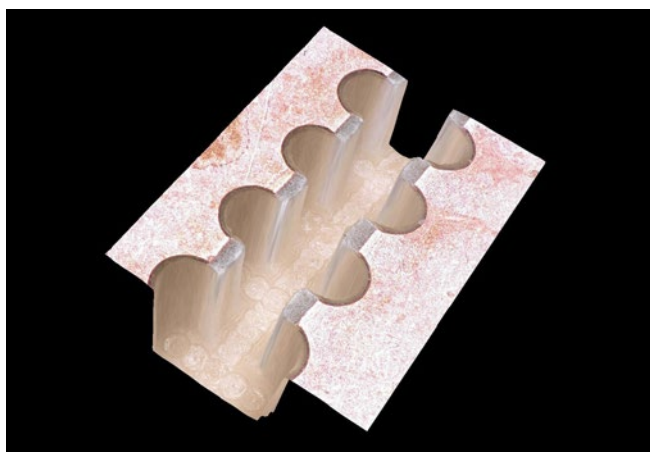


图 10：激光剖面技术的精度极高；甚至使用折痕线，还可以看到槽底部钻头的加工痕迹

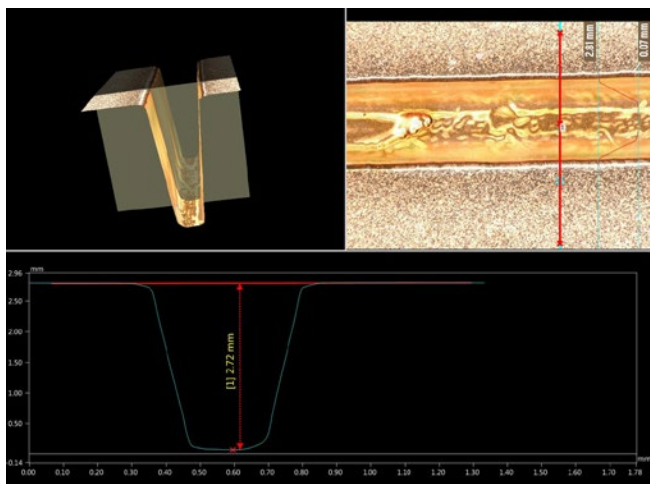


图 11：可以对扫描轮廓的任意方向进行测量，数据以 3D 模型的方式呈现

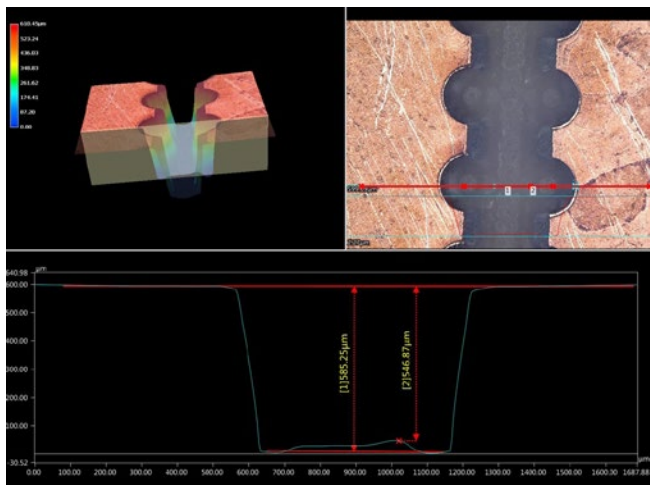


图 12：在完成交叉开槽之后，我们可以检查底部表面的平整程度

微加工提供了很多好机会。正如本系列文章一开始提到的那样，我们对自己设定的目标是只限于用行业现有设备来开发 VeCS 技术。当新设备可以帮我们超越极限时，我们就可以创建出与现有结构大不相同的结构——比如弯曲或带有角度的小孔和槽。但是到目前为止，为了适应当今现有的工艺流程，我们仅限于 2D 类型的应用。**PCB**

## 致谢

NextGIn 公司衷心感谢沪士 (WUS PCB China) 在制造样品和分析横截面结果的过程中所付出的努力。WUS 在过去几年中一直是我们公司在 VeCS 技术方面的研发伙伴，证实了这个新方法的性能。还要感谢 HPTec 对开发工作的支持并提供了特殊的铣刀刀头，并且给予 WUS PCB 团队大力支持。

我还要感谢 HDP User Group International 允许我在本文中使用各个产品的剖面图片。HDP 目前正在运行一个评估 VeCS 技术的测试项目。

## 关于 NextGIn Technology 公司

NextGIn Technology 是一家无工厂公司，专门为互连行业开发和设计解决方案。该公司与设计师和制造商共同合作解决行业难题，将技术出售或授权给业内公司。



Joan Tourné 是 NextGIn Technology 有限公司的 CEO。

69 搜索公众号“PCB007中文线上杂志”订阅

隆重推出

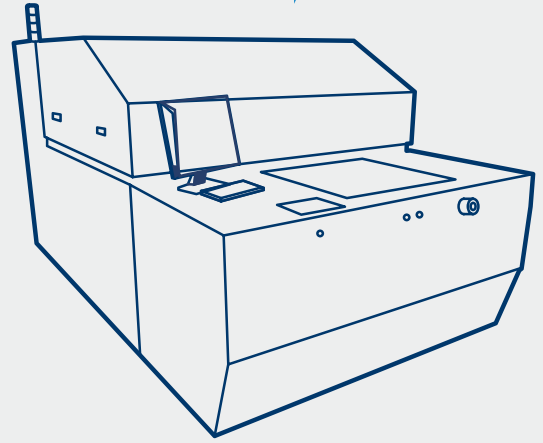
# Orbotech Diamond™ 10

创新防焊直接成像

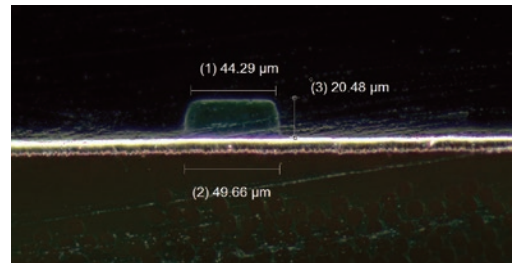


SolderFast Technology™

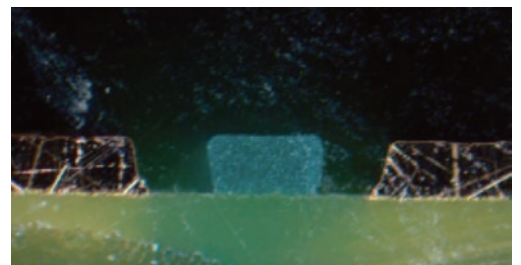
新产品!



- 专为多种防焊应用设计，包括 HDI、多层板、软板及软硬结合板
- 专利高能量照明、一次成像及双台面机制实现高产能生产
- 3 波长光谱实现高品质成像
- 高阶涨缩模式实现卓越的成像精度
- 大台面 (XL) 型号也已上市 (板子尺寸可达 812mm)



50  $\mu$ m 防焊桥，20  $\mu$ m 铜厚



100 $\mu$ m 防焊桥，40 $\mu$ m 铜厚



高阶涨缩模式

一些常用的术语，其中就包括 CIM 结构。环绕着轮子的圆代表着开发 CIM 过程中遇到的各种影响因素，例如专业技能表示人为因素，生产力表示经济因素，计算机技术表示技术因素。

轮子自身含有四种功能：工程设计、制造规划、生产控制和工厂自动化（图 1）。如果这些独立的功能相互连接并且使用一个共同的数据库进行操作，就可以形成一个集成系统结构，通过轮毂表示这个结构。除了工厂自动化和各项功能以外，开发成果还包括实现了 CIM 与运营性能之间的间接联系，例如设计（产品 / 工艺）、生产规划和控制。

除此之外，CIM 还可以与普通的业务管理任务连接，例如制造管理、策略规划、财务、营销、以及人力资源管理等。进一步的创新之处在于添加了不同功能之间的信息资源管理和通讯。所以仅仅使用一个公用的数据库不足以实现系统集成。CIM 轮包含一切的特性也反映出 CASA/SME 提倡的理念——CIM 是一个必须把公司看成整体的概念。

### 外层环

与 CIM 有关的常见业务管理任务位于轮

的外层环。这些任务主要形成了公司与外部世界的连接。大多数区域里都可以看到数据处理应用。这些区域应用的大多数软件系统原本都是具有公司自我风格的系统，正在逐渐被标准商用软件包所替代。现在，这类软件

主要安装在主机中。功能的重叠主要存在于生产规划和控制所应用的软件中。

### 内层环

与公司运营性能有关的功能位于轮的内层环。开发和设计区域的数据处理应用包括 CAD 模拟、分析程序（例如有限元素法，也叫做 FEM）、以及图纸储存和管理（例如成组技术，也叫做 GT）。

这一区域找到的数据类型非常多样，包括图纸、技术规格和物料清单（BOM）。此外，

制造公司的数据一般都是杂乱无序的。可能会出现好几种部件编号和 BOM，或者使用不止一个 GT 或 CAD 系统，每种类型都有自己计算机内部的几何数据表达形式。应用的这些软件很少能在同一个硬件上运行，所以人们不得不使用很多不同的硬件系统。

轮内层环上的第二组应用是工艺规划、生产规划和控制。它由任务（例如生成线路、资源规划、材料要求规划、产能规划、订单分配和监管）和品质保证计划（例如质量工艺和

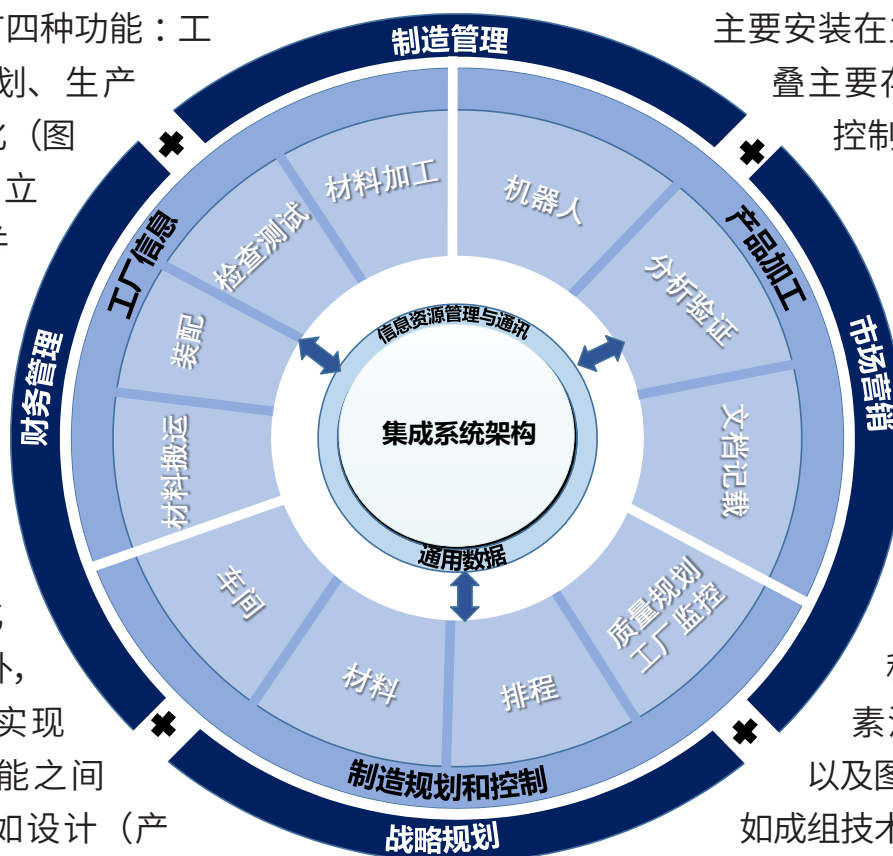


图 1：由 CASA/SME 定义的 CIM 轮

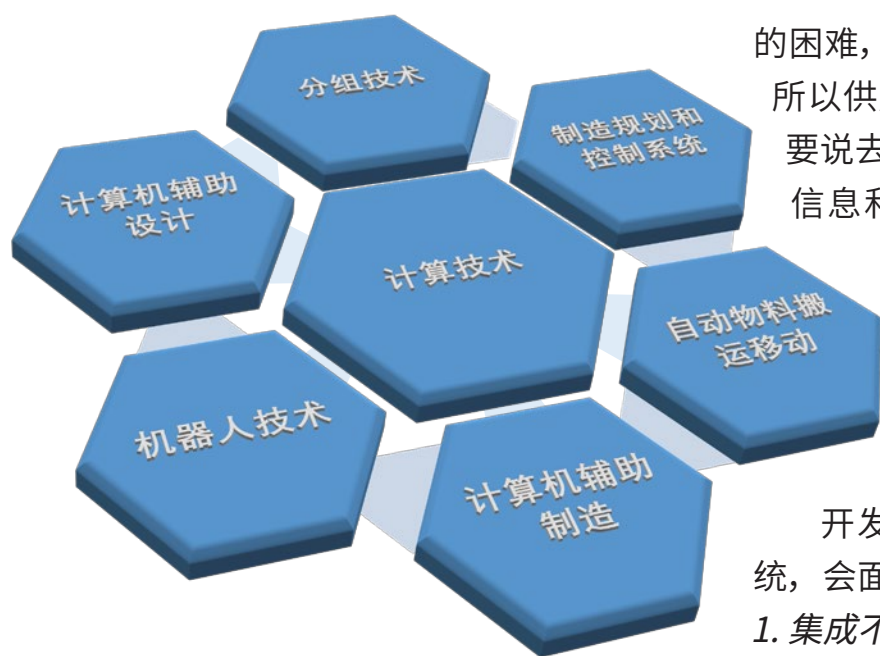


图 2：7 个 CIM 策略分组

资源规划) 组成。在美国，主要是大客户或大规模服务器才会使用生产规划与控制领域的软件，尽管软件本身主要由几家软件公司供应而不是计算机供应商提供。

与通用业务管理领域一样，产品本身是自带软件包的，这类软件包具有模块化的结构，可以购买其中的单个组成部分。因此，公司很少会购买并安装一个软件包的所有模块。这就会导致功能重叠和数据冗余，例如材料要求、规划和采购系统。

内环上的第三组应用包括制造装置的自动化。具体实例包括机器人、数控机器、柔性制造系统、计算机辅助测量和测试方法。这个区域的特点在于涉及到的系统非常地不一致，其多样性比之前提到的功能组要显著很多。图 2 所示是 7 种 CIM 策略，图 3 所示是 CIM 的层级结构。

## 中心

上文已证明这些应用组的集成面临着很大

的困难，很少能有供应商做到以上所有三点，所以供应商几乎不会去处理交互界面，更不要说去集成不同的应用组了。轮中心代表着信息和通讯管理，它连接着所有一切，其功能是完成各个区域之间的信息管理和通讯控制。中心在通用的集成数据库上运行。

## 关键挑战

开发一个运行顺畅的计算机集成制造系统，会面临三大挑战：

### 1. 集成不同供应商生产的组成部分

当不同的机器，例如计算机数控 (CNC) 传送带和机器人使用不同的通讯协议时，就可能会出现有问题。例如自动导引车 (AGV)，其中连充电时间长短不同的电池都有可能引起问题。

### 2. 数据完整性

自动化的程度越高，控制机器使用数据的完整性就越重要 (图 3)。尽管 CIM 系统节省了操作机器的劳动力，但也需要额外的人工来确保对用于控制机器的数据信号有适当的保护措施。

### 3. 工艺控制

在生产工厂中可以使用计算机协助操作员工作，但现场一定要配备一名称职的工程师负责处理控制软件设计师没有预想到的情况。

## CIM 次级系统

CIM 系统并不等同于完全不需要人为干预的自动化工厂，虽然 CIM 系统确实是向完全自动化方向迈进了一大步。部分系统可实现柔性制造，也就是工厂可以迅速调整为生产不同产品，或者通过计算机协助迅速改变产品的产

## 系统的层次结构

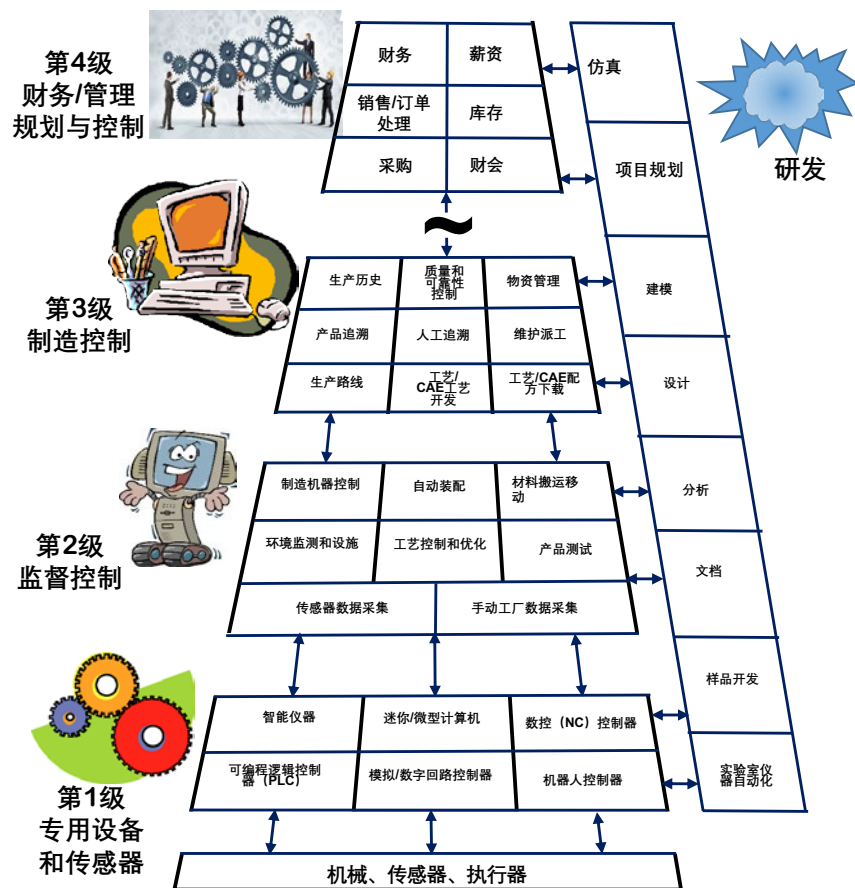


图 3：CIM 不同活动的层级结构

量（图 4）。

### 生产制造的 CIM 结构

每个行业都有计算机接口和控制方面的标准。有些标准是专门针对自动化、电子产品制造、加工和组装而制定的。

### 自动化

行业中有两个真理变得越来越显而易见：

1. 技术在不断进步，所以人们生产出越来越多的复杂产品；
2. 越来越多的国家在等待着技术进步，所以竞争的重点放在了产品成本和产品质量上。

在一个为 PCB 生产而开发的模型当中，一个新的重要变量——复杂因数（C）——自 20 世纪 80 年代以来每 13 年就会稳定增长一个数量级<sup>[1]</sup>。

自动化是一种通过自动方式来控制、管理和指导一项生产工艺的策略工具。产品和技术创新通常会对其进行补充。作为一门工程学科，自动化是可以精确规划的，它的内容主要是计算力，而不是某种宣传。自动化的关键组成部分是要具备足够的专业知识和常识。

还有很多业务和全球因素在左右着自动化的发展，但我们主要考虑以下 4 点：

1. 全球竞争压力；
2. 产品和工作状况变得日益复杂；
3. 技能可用性和工作期望在不断变化；
4. 技术的可用性及其成本。

自动化是公司未来商业战略中会应用的一种主要方法。管理层对于自动化的反应一般是比较碎片化的，而且回应方式通常就是要求使用大量的新机器，例如使用更多计算机以及新工艺和新制程。最终，重复投资和过度投资伴随着员工增多，从而导致效率过低、生产系统不兼容。

正是系统管理（图 5）中集成的工艺流程规划、控制和监视功能让 CIM 软件结构与制造过程保持协调一致。最大的挑战是产品的完全数字化。如图 6 所示，CAD 系统不仅必须提供初步原理图和 CNC 文件，还要提供制造这个产品的完整方案——在本文语境下，也就是经



***THE* best way to find a PCB fabricator, anywhere.**

**最好的寻找世界各地PCB制造商的方法。**



Quick Search



Advanced Search



**现在就试试吧!**

**ThePCBList.com**

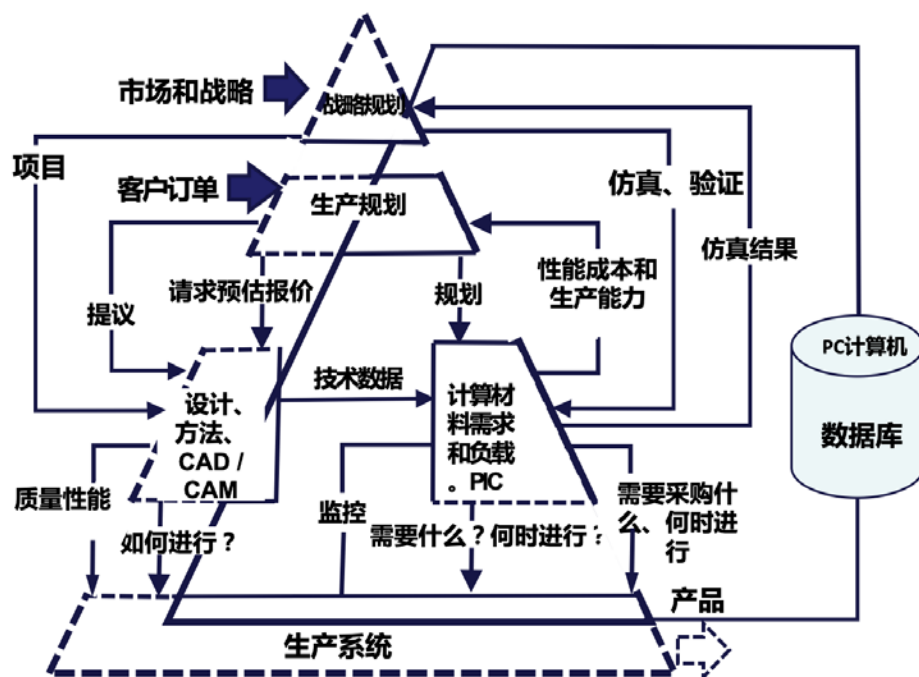


图 4：相关 / 关键系统的 CIM 层级结构

过测试的 PCB 和附带的 BOM 及测试过的组件。

## CAD/CAE/CAM 设计才是关键所在

要想拥有智能工厂，自动化系统就必须非常了解产品，以及产品需要使用的材料，并且具备生产这款产品的完整方案。行业内标准的 EDA 公司并不熟悉产品的制造方式或生产中会用到的很多间接材料。所以他们的 CAD 工具要很久以后才能为智能工厂提供所需的全部数字化数据，也有可能永远都做不到这一点！

有些软件供应商会专门为某个行业提供软件，通过定制他们以前或现在新推出的 CAM 软件，也许可以全面数字化处理所有关于产品制造方式的数据。图 5 所示是从 CAD/CAE 系统流向较新 CAM 系统的待查信息，这样就有足够的数据支持智能工厂的运行。

所需的合并信息包括：

1. 相关的标准、检查和质量数据；

2. 用于 CAM 系统的产品工艺和生产数据；

3. 用于制造和组装的元器件与部件信息。

利用产品的 PLM 系统可以将其他所需的制造和组装数据与方案添加到 CAM 软件当中，这样，智能工厂就具备了制造产品所需的一切信息。

## 智能工厂 1.0 与工业 4.0

如今，无人工厂和工业 4.0 项目成为了集成我们多年来获取的所有自动化功能的规范（图 7）。这个进步是汽车行业在生

产制造中应用 PLC、控制系统和机器人的结果。

OSI 通讯标准从物理和电气方面定义了智能工厂设备与软件之间的通讯方式。一共有 7 层结构来执行这些任务：

1. 第 7 层，应用层：提供应用程序可直接理解的所有服务；
2. 第 6 层，表示层：将数据重构为网络中使用的标准格式 / 对网络中使用的标准格式的数据进行重构；
3. 第 5 层，会话层：管理地址转换和访问安全；
4. 第 4 层，传输层：为终端站和终端站之间提供透明、可靠的数据传输（例如 TCP、UDP 等）；
5. 第 3 层，网络层：为不相邻站点之间的数据传输选择信息传送路径（例如 LANS、WANS、ARP、ICMP 等）；
6. 第 2 层，数据链路层：以站地址为基础，在相邻站点之间传输数据包 / 信息；
7. 第 1 层，物理层：在相邻站点之间编码并

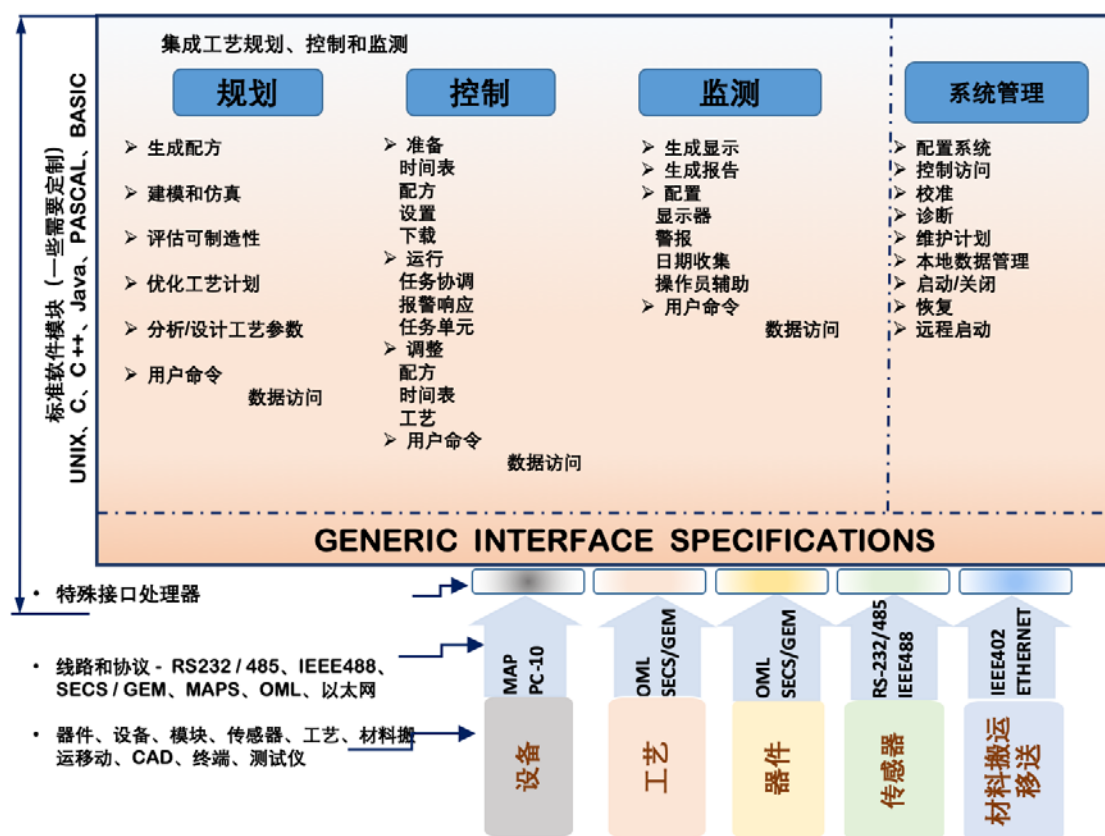


图 5：不论是 CIM 策略还是智能工厂策略，制造产品使用的自动化软件都是一样的

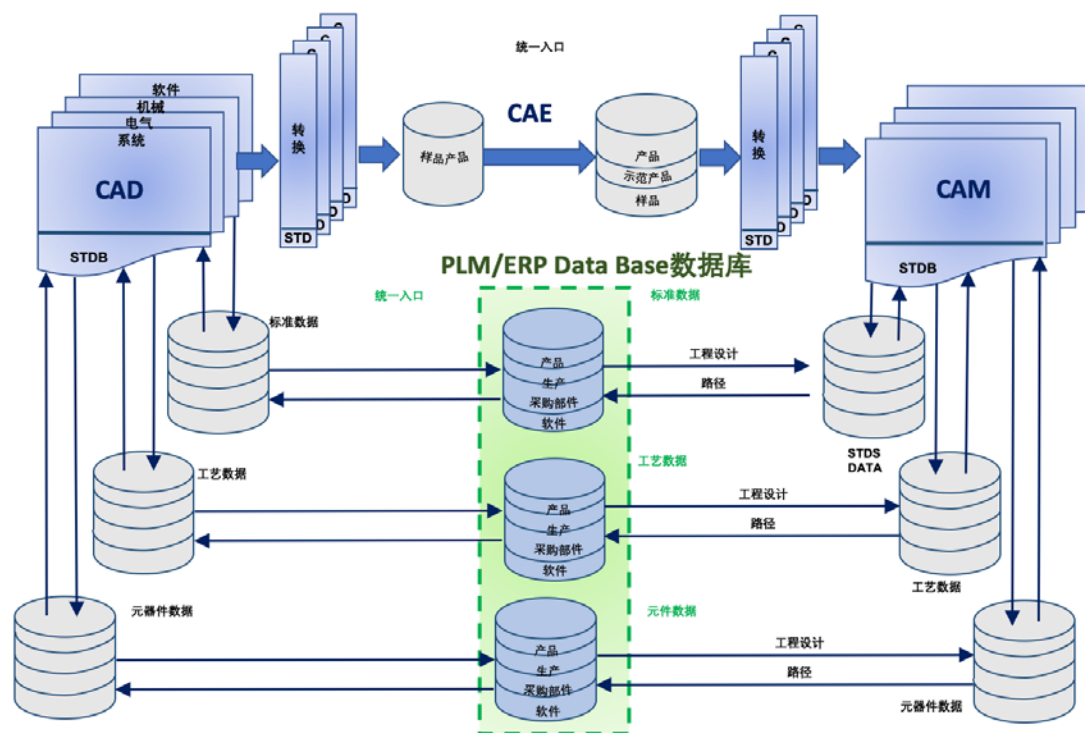


图 6：通过 PLM/ERP 为 CAD/CAE/CAM 提供信息流的智能工厂/CIM 的功能分级

物理传输电气信号 / 信息；

8. 第 0 层，生产层：真正的生产流程。

图 8 所示是德国人使用 ISA-95 层级结构预见到的工业 4.0<sup>[2]</sup>。这和 CASA/SME 在 20 世纪 80 年代定义的轮层级结构一样。唯一的不同之处在于云和更高速的光纤网络可能会模糊控制软件的位置。ISA-95 系统层级结构模型包括第 0 层的工厂设备、第 1 层的生产工艺、第 2 层的循环控制、第 3 层的 MOM 或 MES、第 4 层的 ERP 和其他企业系统，在必要时可以使用云。

ISA-95 标准大概在 20 世纪 90 年代末问世。ISA 的前身是美国仪器学会，于 1945 年 4 月 28 日在宾夕法尼亚州匹兹堡正式成立。多年来，这一组织的名称改为

# 打造未来工厂

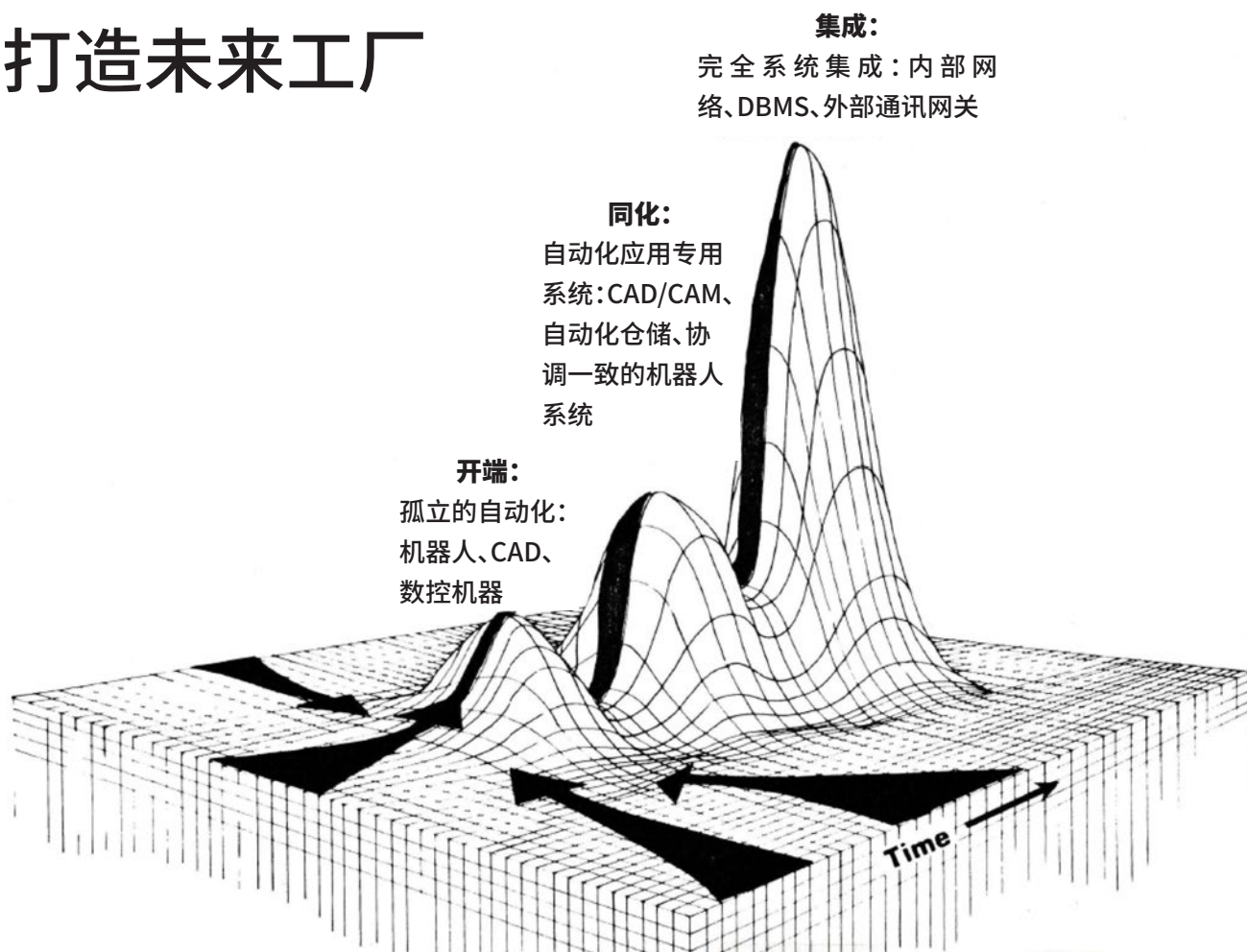


图 7: 建立一个智能工厂或未来工厂的关键在于独立自动化系统的同化和集成, 例如将机器人、CNC 机器、传送带、AGV、AOI、工艺控制器、PLC 和其他智能机器整合成一首和谐的制造交响乐。(来源: The Yankee Group)

了仪器、系统和自动化学会。2007 年, 他们将名称简化为国际自动化学会, 在 100 个国家拥有 32000 多个会员。注意图 8 和图 9 中的层级结构与图 3 中的层级结构非常接近。

ANSI/ISA-95 或者 ISA-95 是国际自动化学会制定的一项国际标准。它是在 ISA-88——第 0、第 1、第 2 层的控制活动基础上建立的。这项标准是为了在企业 and 控制系统 (第 3 和第 4 层) 之间创建一个自动界面而建立的。ISA-95 标准旨在为供应商和制造商提供一致的术语、为通讯提供信息模型。ISA-95 标准由 5 部

分构成, 具体内容可在 [www.isa-95.com](http://www.isa-95.com) 网站上查看。

图 9 展示了构成现代智能工厂的大量应用。从传感器、仪器和 PLC 到工厂物流和日程安排软件只有 34 个应用区域, 但它们集成在一起能够让应用总量增加很多倍。所有操作的反应时间从几毫秒到几天不等。每一层之间和层内的通讯都遵循 7 层 OSI 通讯标准 (图 10)。

通讯的物理层和数据链路层 (第 0、第 1、第 2 层) 可以像串行 RS-232C、RS-422、RS

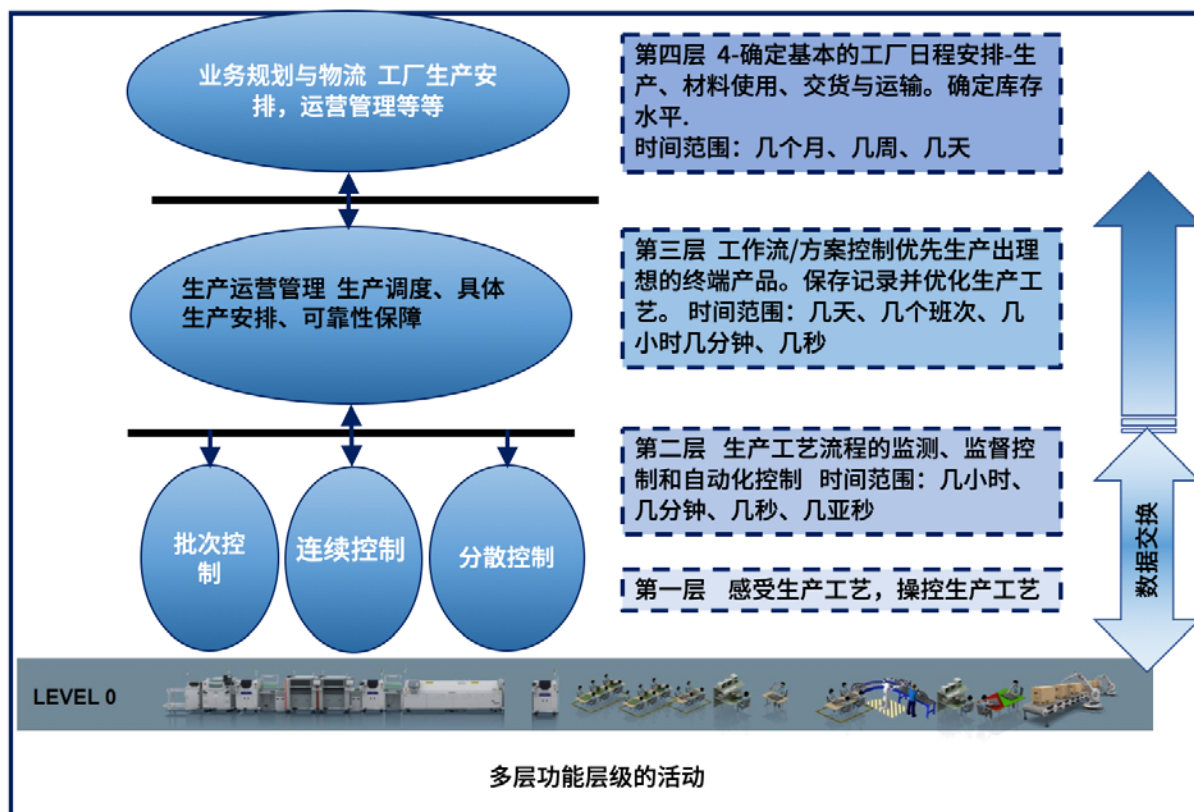


图 8：ISA-95 标准是现代制造业中对命令和控制软件层级结构的最新解释

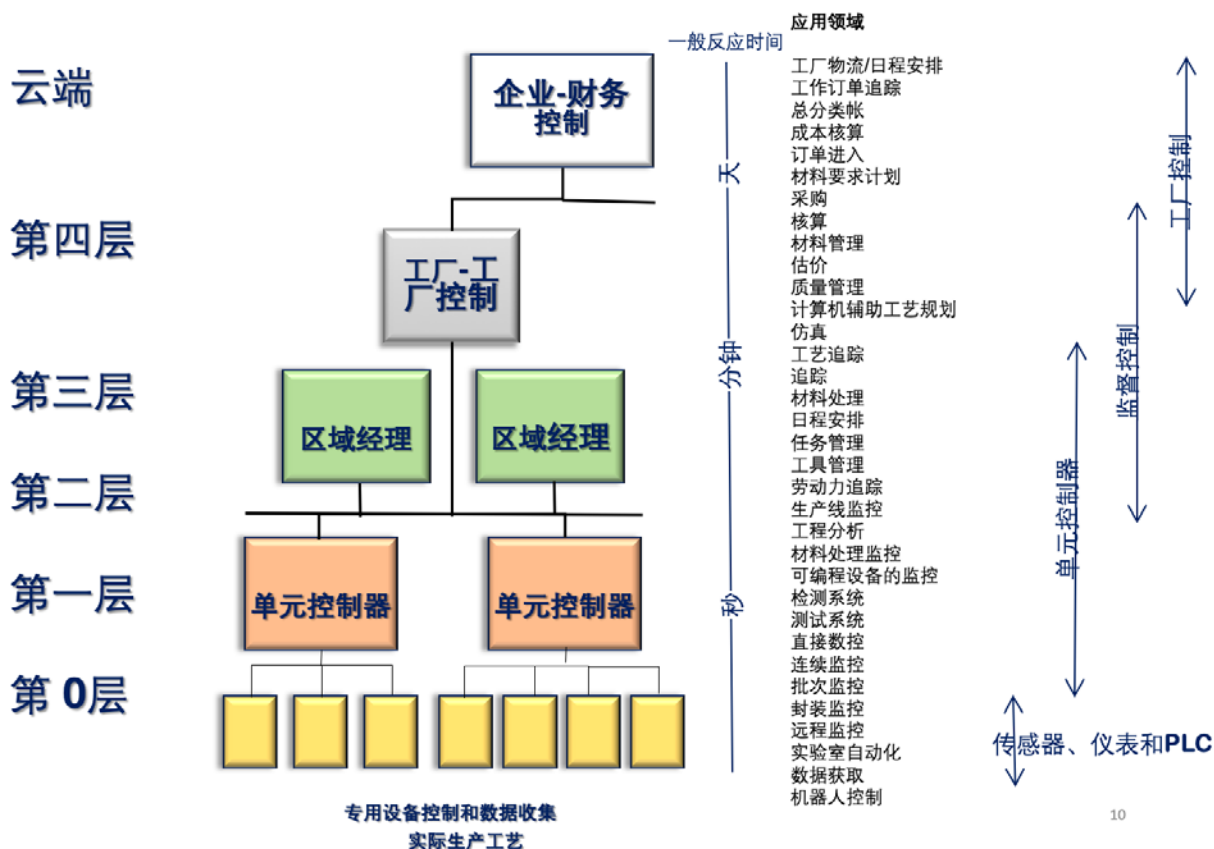
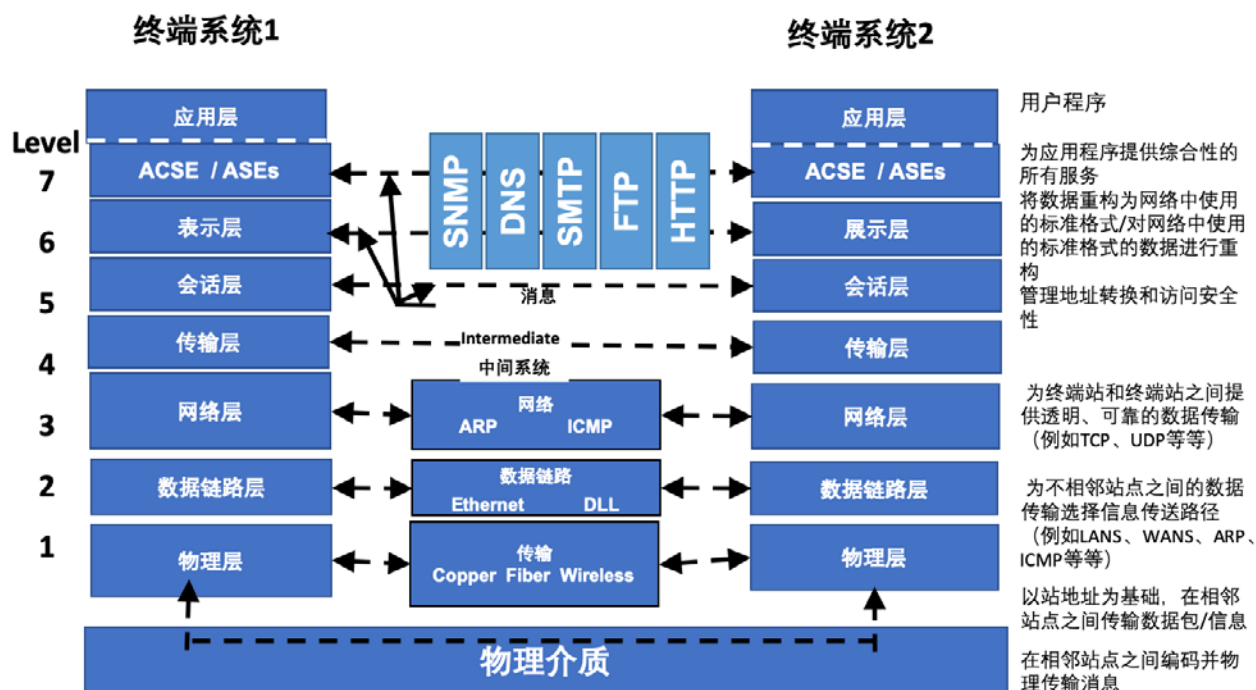


图 9：通用的 ISA-95 应用模型可定义智能工厂使用的应用软件和一般反应时间



485、USB 或连接到复杂以太网 (IEEE-802.3) 的蓝牙一样简单。有 3 个版本的以太网可以使用：10BaseT、100BaseTX (快速以太网) 和 1000BaseT (也叫做千兆位以太网，因为这种网络可以以每秒 1 千兆的速度传输以太网帧)。

第 3 和第 4 层是网络层和传输层，自动化工厂中流行的是 PLC 协议，例如：

- Modbus RTU 协议
- ProfiNet 协议
- DirectNET 协议
- 以太网 / IP 协议
- ModbusTCP/IP 协议
- 以太网 TCP/ IP 协议

第 5、第 6、第 7 层是软件控制层，有各种各样的应用程序。未来我们会发表更多文章来介绍 OML、CFX 和 SEMI SECS/GEM 协议。

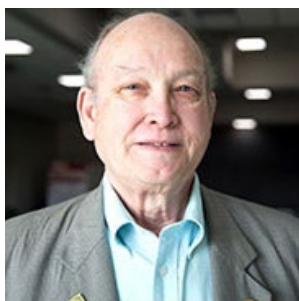
### 扩展阅读

欲了解更多有关工厂自动化和智能工厂

(包括规划、案例和工艺控制) 的信息，请点击 [i007ebooks.com/automation](http://i007ebooks.com/automation) 免费下载 I-Connect007 的电子书《PCB 制造中的自动化与先进制程》。PCB

### 参考内容

1. Holden, H.T. “Complexity Factor C.” IPC Technical Review, March/April 1986.
2. [isa.com](http://isa.com)



**Happy Holden** 自 1970 年以来一直专研印制电路技术，先后效力于 Hewlett-Packard, NanYa / Westwood、Merix、Foxconn、Gen-

tex 等公司。他与 Clyde Coombs 共同编写了《印制电路手册》(第 7 版)。如需联系 Holden, [请点击此处](#)。

# 您是否在考虑使用低温焊接呢？



Yes!

在最近的调查中有75%的人选择了Yes

调查来源：I-Connect007 Research

这本电子书将使您了解低温的优势，包括降低成本与增强焊接点。

免费下载



# 可制造性设计将获得更多关注

by Edy Yu

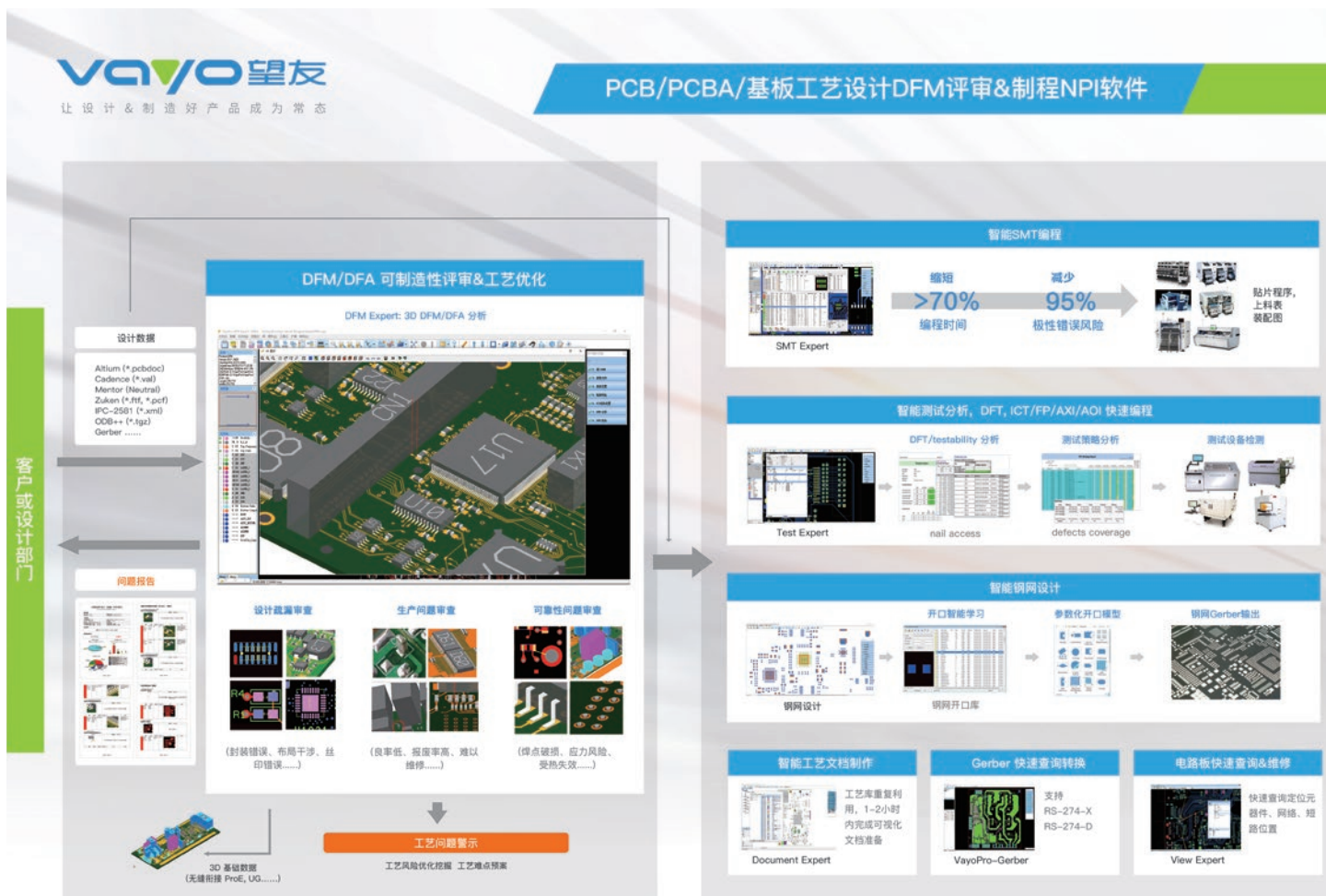
I-Connect007China

可制造性设计 DFM 在欧美非常普及，DFM 软件使用率达到了 50% 以上，且大多用于设计阶段，一次到位率大大提高。相对的，中国使用率还不到 5%，但慢慢得到了各方面的关注，许多相关的工具也陆续推向市场。其中望友的 NPI 解决方案就是顺应了这一趋势。

在最近的一次采访中，望友信息科技的总裁刘丰收先生为我们谈了其在可制造性设计方面的宏伟蓝图。

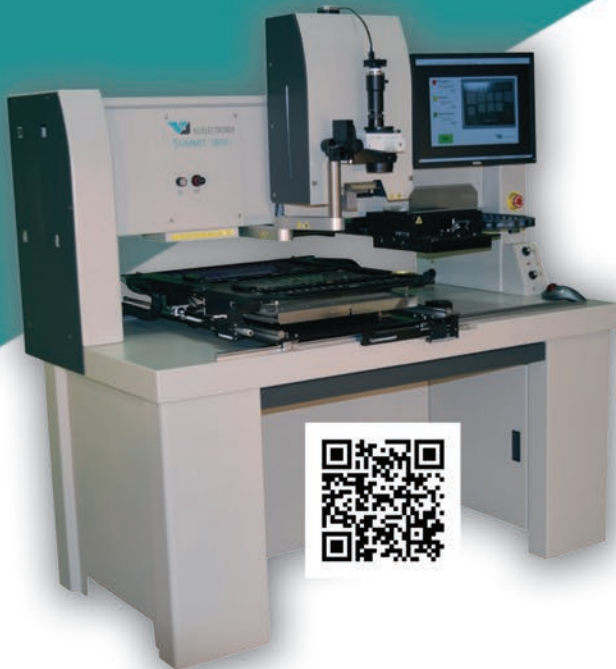
**Edy：**首先请介绍一下望友的 NPI 相关产品好吗？

**刘总：**望友的 NPI 解决方案专注于工艺设计层面，也可以叫 NPI 导入解决方案。对于望友而言，主要业务涉及几大方面：一是从设计源头去做可制造性设计分析，并将 DFM 融进来；二是针对产品分析完成以后，用我们专门的软件进行 SMT 生产线的自动化智能编程；三是针对整个 SMT 装配过程中很重要的



点料早已不再是难事，  
现在我们将它变得更快捷！

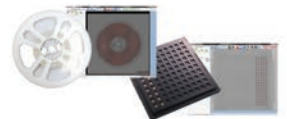
## VJ Electronix Summit 1800i



## XQuik II自动点料机搭载 *AccuCount* Technology

VJE的XQuik Auto结合独特的影像技术，提供最高的对比度与解析度，以及强大的自动计数算法和材料运送，为您带来高速精准的元器件计数。

- 与主流MES系统，  
存储解决方案高度兼容
- 自动标签打印
- 高精度处理01005与更小的008004元器件
- 无需编程或者建立资料库，轻松应对市面上95%的元器件
- 不仅仅是省人工，还有超高投资回报率



老款的优点都保留，  
新款**Summit 1800**还有以下亮点

- 针对大板（最大22x33英寸）的高速度与高精度
- 可以处理80mm的元器件
- DIMM连接器与CPU插槽应用的首选
- 增强的Micro Passive性能
- 与现有的Summit 1800完全兼容

Bohemia, NY   Suzhou, China   Hartzviller, France   Budapest, Hungary   Bengaluru, India

VJ Electronix  
19 Alpha Rd.  
Chelmsford, MA 01824-4124  
www.vjelectronix.com  
Email: [electronixsales@vjt.com](mailto:electronixsales@vjt.com)  
Tel: +1 631 589 8800

 **VJ ELECTRONIX**  
Process Control Solutions  
CONFIDENCE DELIVERED

钢网工艺环节，用针对性设计软件进行钢网智能设计分析；四是针对测试环节使用专门的软件进行流程分析等。所以整体来讲，望友专注于NPI解决方案，与目前比较热门的MES是后端方案不一样，NPI侧重在前端，属于工程数据处理。

**Edy：**目前业界对于可制造性设计比较关注，因为有可能设计端的东西，并不一定在制造的时候就非常顺利，目前在DFM和新产品导入环节，您看我们行业存在哪些问题，你们是怎么解决的？

**刘总：**这个问题非常好。原来大家都在忙着解决制造端的许多问题，其实往前追一追可以看到，很多问题其实根源在设计端，如果在工艺设计的初期就能考虑到制造能力、DFM可制造性，那么可以更好地匹配生产线的工艺能力。欧美国家的DFM普及率，以我们了解大概在50%以上；对于中国，DFM的普及率说实在非常低，不足5%。早期大家可能认知得很少，这两年随着“中国制造2025”概念的推出，很多企业慢慢意识到这一点的重要性，并要求从工艺设计角度提前发现并解决会导致后期生产问题的隐患。

DFM理念其实也就是如何在生产制造之前，把相关的制造问题提前暴露出来，而不是说在生产制造过程中检测出来，因为那时候就已经晚了，是“验尸”了。随

着大家谈智能制造业、工业4.0，包括智能设计等，我认为DFM其实应该叫DFX，所谓X不光是指可制造性，还包括热、应力等一系列验证。望友专注在DFM，全面考虑如何在前端就能把问题解决掉。我认为DFM是我们整个智能制造或者工业4.0非常核心的一个环节。目前业内专家呼吁得少了一些，但是我相信随着智能制造的理念越来越被大家所认

知，DFM或DFX这种理念，一定会被更多的人所接受，更多的企业会考虑从前端如何真正地解决源头问题，这也是望友的使命。

**Edy：**就我们所知贵公司还和IPC合作，加入了CFX项目，能给我们简单谈一下吗？

**刘总：**正如望友成立时的初衷，我们希望能为行业做一些事情，能把好的经验分享到行业。IPC是国际组织，为行业制定标准。CFX提出来以后，我们觉得是非常好的一个理念，所以积极参与其中，我们最主要参与并贡献的是如何在前端将设计和工业数据融入到CFX中，同时在平台中表现出来。之



刘丰收总裁



### DFM Expert 效能提升

- 减少试产次数：2~3次，理论1次即可
- 缩短产品设计周期，加快产品上市：30% ~ 50 %
- 减少品质缺陷：80%+
- 降低制造成本：2% ~ 5%
- 降低人力成本（DFM分析）：50% ~ 80%
- 提升产品可靠性/稳定性：60%+
- 减少保修，降低售后维修率：40%+
- 提升设计&制造能力：30%+

## DFM Expert : 3D/2D可制造性分析解决方案

望友DFM Expert智能软件同时提供2D/3D分析视图, 供您直观了解PCBA装配后的实际情形, 分析潜在制造性、可靠性风险; 基于双显示器的大屏显示环境可以为您提供轻松愉快的工作氛围!



前的方案纯粹考虑的是如何采集设备数据和生产线数据, 望友参与进来后, 提出的做法是将设计工艺的数据无缝地与生产进行衔接。

从我们的理解上来讲, CFX 是非常好的标准, 相信未来一定会有更多的企业加入并在行业内应用此标准, 以满足智能制造、工业 4.0 的需求。

**Edy :** 我们知道近期 5G 以及汽车电子非常火热, 对于新产品导入来说, 上市要求的时间是越来越短, 你们是怎么看待这一行业趋势, 以及有一些怎样的未来发展规划?

**刘总 :** 随着行业的发展提出了新的挑战, 那就是对产品的可靠性要求越来越高。比如说汽车电子, 涉及到生命安全, 可靠性要求就比原来高出很多。再比如 5G 产品, 板子也比较大, 涉及到大量数据传输, 这对安全可靠要求也更高。所以很多企业慢慢就意识到一定要在前端的仿真技术上下功夫, 纯粹靠制造设备没办法做到产品快速上市, 品质要求也没保障, 所以我们很看重的就是未来会更倾向于仿真技术, 去协助提升行业发展。

**Edy :** 好的, 非常感谢。PCB

## 无人化物料管理需要云料仓

挚锦科技的 SMD BOX 在胜任传统料仓物料管理的同时, 还增加了检验与大数据管理的亮点, 升级为云料仓, 其对 IPC CFX 的



支持使其成为智能工厂流水线中重要的一环。其还与德国 Inertec 公司宣布达成战略合作协议。

阅读全文, 请[点击这里](#)。

# John Vaughan

## 谈项目成功 的关键要点

by Nolan Johnson

I-Connect007

Nolan Johnson 采访了 I-Connect007 的专栏作家 John Vaughan。John Vaughan 是 Zentech Manufacturing 公司的营销副总，他从服务于关键项目和生命领域（军事、航空航天和医疗）的公司角度出发，探讨了如何通过早期沟通、完整的设计文件包等手段保证成功完成客户项目。

**Nolan Johnson :** John, 您能简单介绍一下 Zentech Manufacturing 公司吗?

**John Vaughan :** Zentech Manufacturing 公司是一家电子制造服务 (EMS) 商，位于美国五角大楼地区，在马里兰州的巴尔的摩和弗吉尼亚州的弗雷德里克斯堡均设有工厂。我们的业务主要集中在国防部 (DoD) 和军事主要防御承包商领域。Zentech 有大约 200 名员工，已成立 21 年了。

**Johnson :** 这是一个规模相当大且富有活力



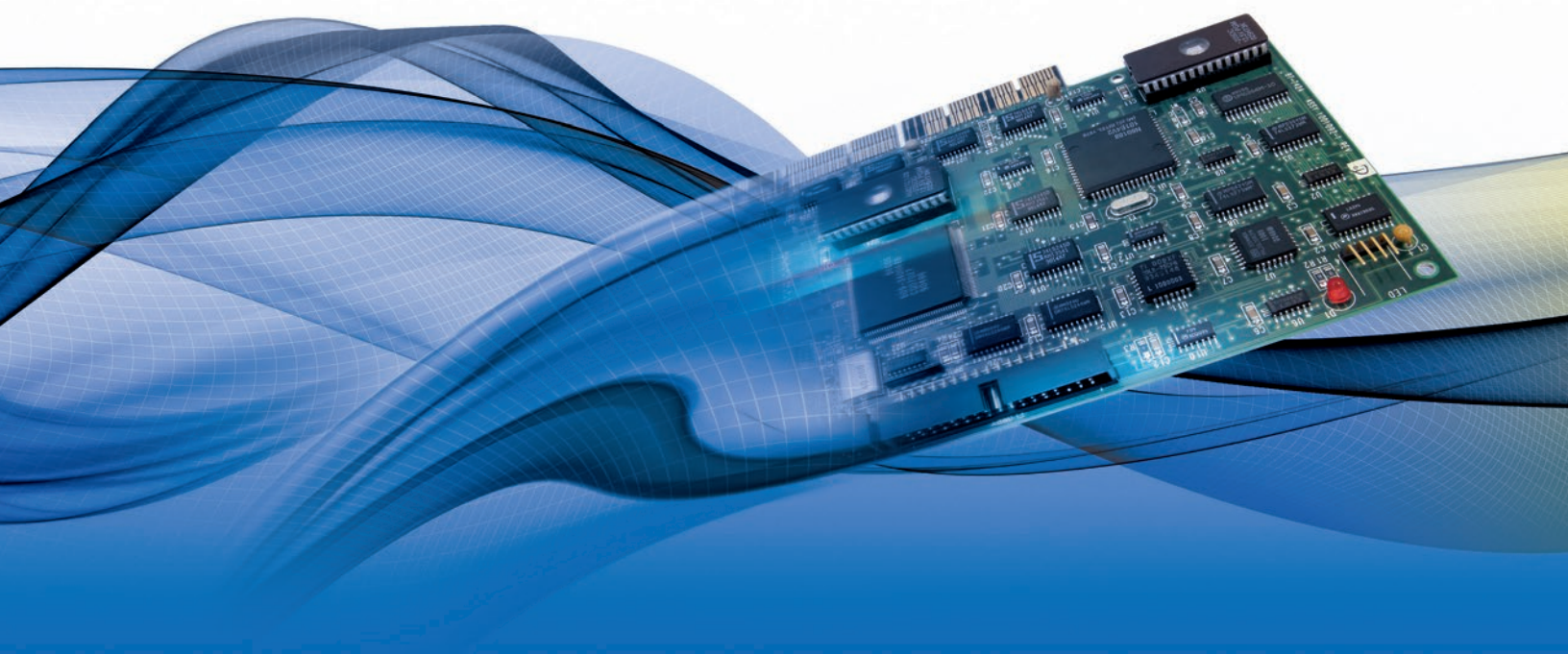
的市场。

**Vaughan :** 我们现在 80% 的业务来自军用航空领域，其余 20% 的业务来自医疗领域，我们每年还会涉及一些属于高端计算领域的商业产品，所以我们为要求最为苛刻的市场提供高度复杂的产品，你可能注意到我们很早就采用了 IPC 验证服务计划，我们也是第一批通过 IPC-A-610 标准 3 级产品关键认证和 IPC J-STD-001 航空领域补充标准认证的公司，同时我们也是仅有的三家通过新的 IPC-1791 可信赖组装商认证的公司之一。总之，我们拥有高级认证资质和高复杂性产品生产及测试水准，所以在这个要求最为苛刻的市场中，我们的竞争对手很少。

**Johnson :** 每个客户向公司报价团队提供数

**ELECTROLUBE**  
THE SOLUTIONS PEOPLE

# 三防漆 为PCB提供终极保护



## 业界领先的三防解决方案包括：

- 革命性的双组份体系（2K系列三防漆）
- 常见的各种类别的三防漆：丙烯酸、聚胺酯、无溶剂、氟化聚合物、水基和无VOC的三防漆
- 多项产品获得BMW的GS95011-5企业认证
- 符合UL,MIL和IPC-CC-830标准
- 被多家全球领先的选择性涂覆设备列为推荐合作产品
- 多种不同厚度的产品选择



销售热线：8610-8947 5128

[www.electrolube.cn](http://www.electrolube.cn)

据包时，你希望他们要了解什么？

**Vaughan**：我比较传统，所以对我来说，计划和沟通仍然比其它任何事都重要。

通常情况下，如果客户系统的运行时间晚于最后期限，他们将会在压力下仅仅把数据包扔给 EMS 服务商，并认为这已足够进行报价和生产。如果这是一个非常复杂的产品，那么就需要进行大量沟通。客户越早与我们沟通，简述他们的意图，并进行深入交流，项目达到的效果就会越好。

他们还需要了解交付时间主要是由元器件供应链来决定的，当我们拥有所有完整配套的元器件后，我们的实际生产时间也就只用 2 周到 4 周，考虑到产品的复杂度，这已经是很快了。但实际面临的挑战是，所有类型设备的元器件供应交付时间都在大幅延长，以至于目前有些元器件的交付周期都达到了一年，而且这类元器件还很常见。

因此，如果客户能从设计初期就和我们进行主动交流，设计周期可能要 6 个月，那么我们可以一起合作提前解决许多问题。如果能从一开始就和客户保持同步，我们就能通过预先购买元器件来解决一些供应链交付时间较长的问题。如果信息和数据包不完整、不及时和不连续，我们不可能让时间倒流或者大大加快供应链元器件交付时间，我们无法控制元器件的交付时间，这是每个人都需要考虑的主要挑战。Zentech 公司是为数不多的能与客户合作降低风险的电子制造服务 (EMS) 商之一，能给涉及的各方带来很多长期的帮助。

**Johnson**：通过大量的军事、航空航天和医

疗产品生产，Zentech 公司可为客户提供哪些他们容易忽视的服务或帮助？

**Vaughan**：回顾对生产计划的压缩，大多数时候都是令人震惊的，当客户开发高科技产品时，他们没有对产品设计和验证的测试方面进行有效的沟通，也没有对其进行规划。而我们所处的行业通常是涉及关键项目和生命领域，我们更愿意对生产出的一切产品进行测试，如果客户越深入地考虑他们的测试方法，测试效果就会越好。

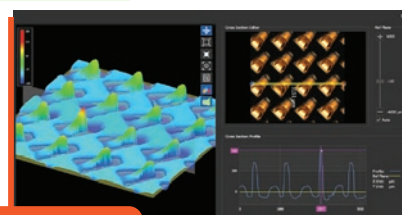
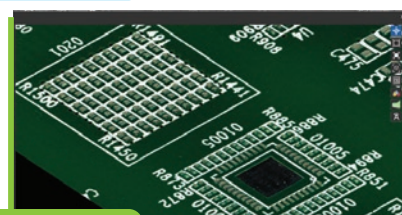
此外，令人震惊的是，许多印制电路板和组件的设计师从未见过组装厂或 PCB 制造环境。一个设计在计算机上可能看起来很不错，但可制造性设计 (DFM) 更重要。我们为核心客户开展的工作大部分都花在了可组装设计 (DFA) 分析或 DFM 分析上。作为客户，你有好的产品，我们 100% 支持你的生产。我们希望帮助你将其推向市场，但是当它无法按照原有计划进行生产时，问题就出现了。

**Johnson**：Zentech 经常参与样品生产过程，还是当产品投入生产以后再参与其中？

**Vaughan**：两种方式都有。我们与大多数电子制造服务 (EMS) 商不同，不仅仅是简单的交易。我们的客户群主要是军方。通常我们为了更好地了解需求，在项目组成立早期就积极参与，然后制订支持样品的方法和策略。我们还查看国防部 (DoD) 关于所需物料清单和制备要求，希望尽早参与项目，以确保国防部预算资金的划拨。我们有时会为了与适当的客户长期合作，也可能会参与研

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

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

发或科学实验，但通常情况下，我们更喜欢参与项目全过程。

**Johnson：**对于 Zentech 来说，完美的计划是什么样的？对于一个客户来说，如何才能做到准备充分？

**Vaughan：**组织良好的计划，我们可有充足的交付时间来采购元器件。同样，因为经常会出现问题，有一个技术联络人员可以随时进行交流很重要。我已经从事相关行业 40 余年，我还没有看到一个完美的文件包，我们可以直接把文件发送给我们的供应链，Gerbers 和 BOM 格式也不直接、完美。完美的东西不存在，如果你想获得成功，就必须让客户参与进来。

另一个关键是与我们的分享你的定价。我们的许多客户都是大公司，而且每年都会与

他们的分销合作伙伴协商具体的定价级别，甚至直接与一些制造商进行协商。如果你不能共享这些信息，各方都会浪费时间，因为即使我们在五角大楼地区的市场上投入很大（可能是最大的元器件支出），但我们的规模还不是能和一些较大的军方委托商的支出相比。他们在开始时与我们分享的注册价格信息越多，我们就越能更好地控制物料的整体成本。

**Johnson：**你能分享一个与客户成功合作的案例吗？

**Vaughan：**好的，这样的案例有很多。我们很喜欢接受挑战，制造高复杂的军事电子产品不可避免地会遇到障碍和曲折，我们通过团队合作和优良的开发流程获得了巨大的成功。我们有很深的积淀，肯定有比 Zentech

公司更大的 EMS 服务商，但我们拥有引以为傲的 OEM 理念和所有相关学科的大量经验积累，我们还在前端配备了大量的工程人员。

我们的 CEO 曾是一家 OEM 公司的产品开发和运营副总裁，这家 OEM 公司每年收入高达数十亿美元。十年前他来到 Zentech 公司，他从前任公司吸引了很多人才到





Securo  
Tests | Trials



THERMAL SYSTEMS

# Secure electronics despite heat and cold

Temperature testing for optimal product reliability

For batch  
and inline  
operations



## 锐德Securo系统

——全面掌控组件安全性测试

安全性测试和测量方法正日益成为汽车行业的标准，尤其是在实景环境下对安装部件进行耐受性测试，从长远性提高电子元器件的使用寿命。因此锐德（REHM）开发了用于热功能测试的**Securo Plus**系统，可将组件加热至**120°C**，高度还原组件在汽车中的工作环境，测试其对于高温环境的耐受性及持久性。同时为了测试敏感性电子组件在寒冬等极端条件下的安全性，锐德（REHM）一并推出了用于冷功能测试的**Securo Minus**系统。该系统可在空气或氮气环境下运行，运行温度可低至**-50°C**。锐德Securo系统可与其他多种测量设备高度兼容，帮助您全面掌控组件的安全性测试。

锐德热力设备(东莞)有限公司 | 中国广东省东莞市长安镇振安东路76号平谦工业园J栋1楼  
T +86 769 - 8238 0238 | F +86 769 - 8238 0239 | [info@rehm-group.com](mailto:info@rehm-group.com) | [www.rehm-group.com](http://www.rehm-group.com)



Zentech 公司。Zentech 公司前端有很多工程师，我们这个规模的大多数公司都达不到这个水平。在后端我们拥有测试开发、固定夹具测试以及可以排除元器件级故障的工程人才，所以我们有非常强的实力。我们能为所有承揽项目提供工程解决方案。

我们有一个客户，生产军用平视显示器（HUD），他们的解决方案在大多数时间工作正常，但在关键任务环境下，大部分时候工作都不正常。我们拿到了这个产品，在前端进行了大量工程设计，对产品的运行环境采用了大量的散热技术。在战场上经过几个小时的运行后，设备和电路板会非常热，系统就会开始关闭，并且存在各种异常现象。虽然我们不是 PCB 裸板制造商，但我们的技术副总裁和我都有丰富的 PCB 经验。

6 个月内，我们生产出了这个项目的组件，使该项目得以成功实施。好消息传得很快，最后一家更大的军方 OEM 公司在了解了我们提供的解决方案后，将这个特殊的 HUD 用在了更大的平台上，这导致我们需要解决更多的问题。同时也为该特定平台的整个供应链带来了更多机会。

**Johnson :** 在这个行业，我们的生意就是解决问题。

**Vaughan :** 是的，这是我们的战略核心——在蓝海区域游泳，而不是在红色的充满血腥味的区域，因为红海里的每个人都在打价格战，拼命压低价格。如果公司只通过了 ISO 认证，那么进入门槛很低。许多公司都有 ISO 认证，几乎没有什么竞争优势，定价和利润率就能反映出来。我们倾向专注于我们

有竞争优势的项目，挑选我们想要参与的领域，然后运用我们的专家资源为更大更有意义的项目解决问题。

**Johnson :** Zentech 公司致力于满足客户需求和进军潜在业务的领域。新材料和专业材料市场很活跃，你已经提到电路板在 BOM 设计中的重要性，从你的角度来看，客户的需求及要求是否正在发生改变？

**Vaughan :** 我们看到在过去的 10 年，与我们合作的每个客户的需求都在加速增长。正如我前面提到的那样，我们的目标是在严格监管的市场中获得高度的认可，这肯定会存在一些预算风险，例如与我们多年来合作的客户群互相进行相关的抵押，相信我，在董事会会议上听到了很多相关信息，但预算风险在几年前改变了我们的方向。

出于同样的原因，我们客户需要的交付时间也在被压缩。每个人都想让他们装备尽快适应任何危险环境，国防部也希望这样。因为我相信每个人都知道现在世界不太平，和平在任何地方随时都可能被破坏。因此，有很多需要正在加速，同时生产时间窗口也被压缩。

更糟糕的是，报价周期都压缩得非常短。如果你想得到一份高质量的复杂电子产品的报价，至少需要 3~4 周，过去客户是相当理解的。然而你将面临最大的挑战——由于军用客户的采购和项目管理部门很多人员退休，许多大型公司在过去的五六年里逐渐减少，随着员工退休和公司重组，一些岗位也被淘汰。现在，我们面临着这些挑战，而且还有更多的新人加入了这些公司。

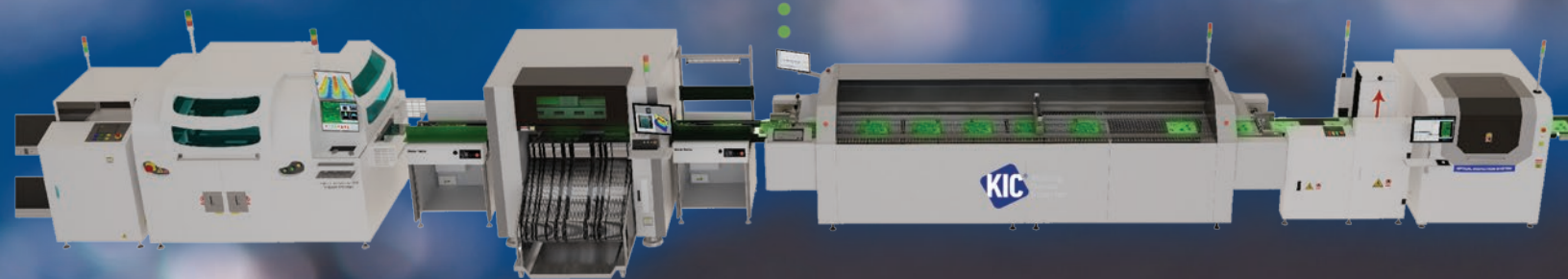
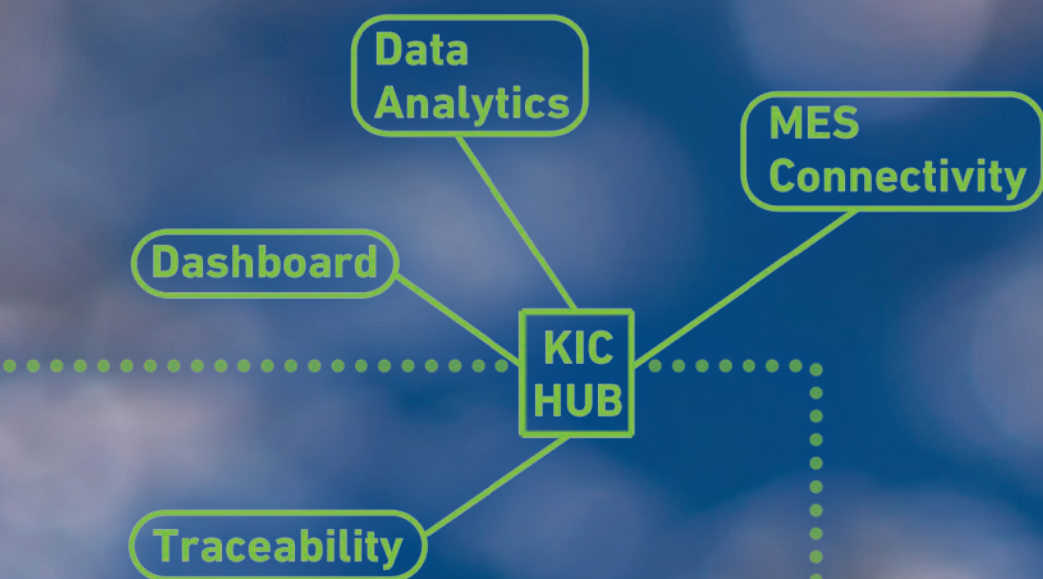
# 您的PCB温度曲线是什么情况了？

## ...此时此刻呢？

### KIC RPI i4.0

#### 自动化

#### 曲线测量 - 可追溯 - 仪表板 - 数据共享



- 稳定的质量
- 降低生产成本
- 提高生产力
- 回流焊工艺的连通



**Johnson**：就在沟通和合作比以往任何时候都更加重要的时候——要在更短的时间内更快完成工作有很多挑战——现在，完成复杂部件需要更多的时间。你还需要帮助经验不足的相关人员建立一定的基础。

**Vaughan**：是这样的。可以采取使用新人的方式，这对我们来说意味着机遇。因为我们拥有特有的资源可满足客户的要求，因此，我们可为客户的所有项目提供增值服务。这很棒，但也非常具有挑战性，这可能会让我们回到和其他公司一样的水平——我们需要更多的工程师并且现在就需要。

我们设计高度复杂的产品，因此需要经验丰富的人。我们直接从大学招聘和培训，与 STEM 相关项目密切合作，并且多年来一直与技术和社区学院保持交流。一个公司既需要经验丰富的工程师也需要新加入的工程师，为了获得最优化的结果，需要对他们进行更多的培训。

**Johnson**：你们现在正在寻找新的业务领域吗？

**Vaughan**：是的。正如我之前提到的，我们现在大约有 80% 的业务专注于军事 / 航空和国防部。这很好，但当你静下心来思考，你不得不说，“我们需要优化业务比例。”所以，我们正在寻求其

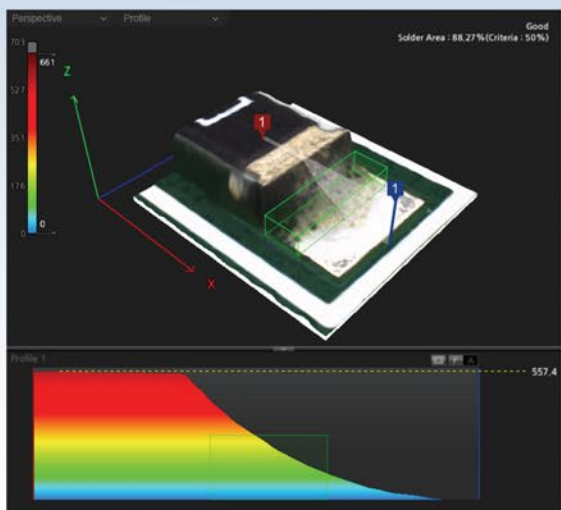
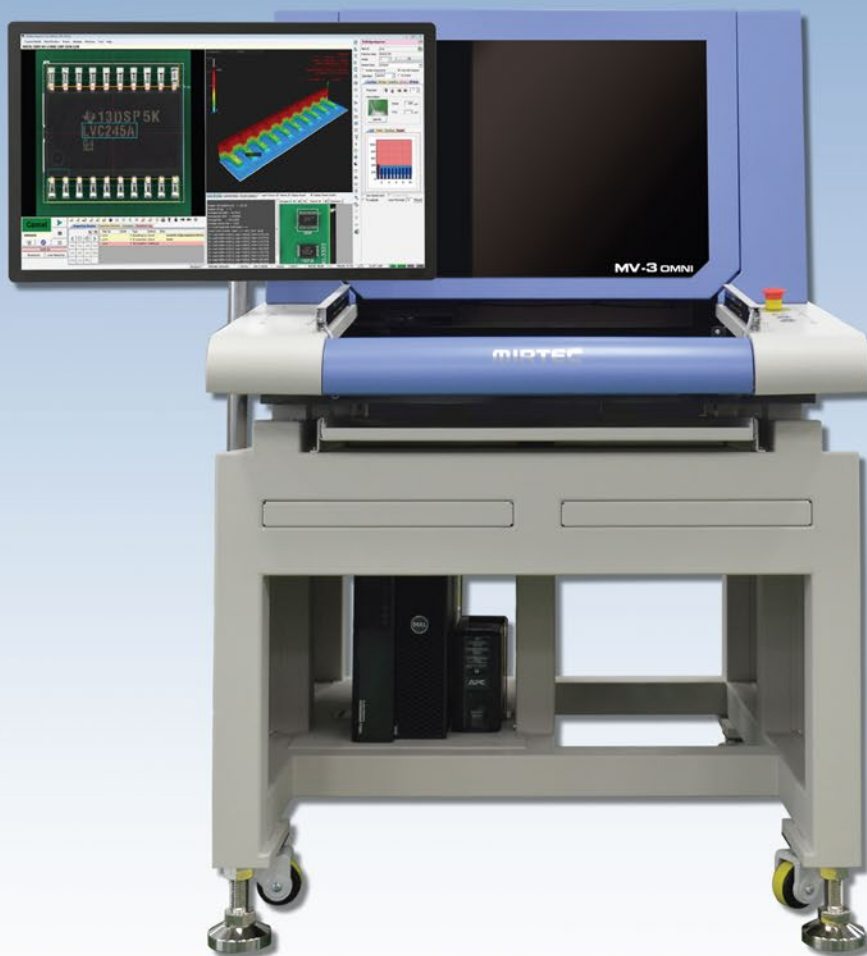
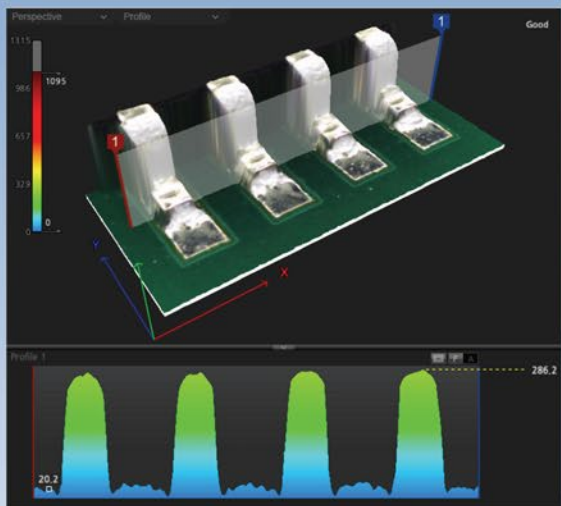
他业务。其中之一是我们医疗业务的扩展，因为军事和医疗之间存在许多惊人的相似之处——最明显的是 3 级产品，这通常也是医疗领域的要求。还有知识产权（IP）和避免离岸。军事 / 航空和医疗行业都倾向于在美国生产，而我们拥有工程和测试资源以及支持 3 级产品的生产能力，因此医疗领域业务的增加是必然的趋势。

接下来，我们将为一些更复杂的部件设计更严格的制程，例如，一些处理器、底部端接元器件和更具挑战性的器件。如果你看一下高端计算，他们总是会把众多的处理能力放到一个小的空间中，但对我们来说这正是我们的优势。对于收购，我们正在积极接洽几家有意收购的公司，通往新市场和客户的捷径是收购一家已经做得很好的公司，这是我们现在正在密切关注的另一条途径。

**Johnson**：你是否发现与你们合作的团队更多地指定要求你们使用更新的、更专业的材



## 有可能是世界上技术 最先进的桌面3D AOI **MV-3 OMNI**



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

欢迎访问我们在  
NEPCON CHINA(4.24-26)的展位

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



料，特别是对于 PCB 裸板??

**Vaughan**：我们所生产的大部分产品是电子战和信号情报应用的大量射频和微波产品。我们主要看到 Rogers 公司的很多材料和 MEGATRON 6 材料。我们正在生产的产品大多使用的是超高层数的电路板，基本都是 18 层到 40 层，要求线宽和线距为 2 密耳，还包含大量的盲孔和埋孔，以及要求采用特殊加工技术。

我们生产的大部分产品都是军用产品，PCB 制造商供应基地全部位于美国，在过去的几十年里，美国的 PCB 制造商已经大大减少。目前国内 PCB 厂商总数不到 200 个，其中 30~32 家是通过了 31032 军标认证，并且其中一半可能是同属于一个集团。

**Johnson**：当高速、低损耗材料发挥作用时，你的客户可能想要一种经过验证的材料，而不一定是最新产品。

**Vaughan**：绝对正确。我们所做的不是新项目，最新最好的材料并不重要。在许多情况下，是以图纸需求和产品平台所决定的。如果产品能够正常运行，我们就不会改变任何东西——这是我们的看法——所以新材料更适用于新产品开发。

**Johnson**：谢谢你，John。和您谈话受益匪浅。

**Vaughan**：不用客气。我很期待我们能够再次会面。PCB

## 电子制造商如何减少对环境的影响

随着原始设备制造商 (OEM) 要求供应商提供越来越大的价值，电子制造服务商会发现自己面临着来自各个方面越来越大的压力。为了保持竞争力，人们越来越认识到需要不断改进、适应和发展制造过程。

### 端到端可持续发展

对于许多电子制造服务商而言，这意味着需要更加注重从采购和仓储到产品开发和分销的“端到端”减少其运营对环境的影响。

对于评估公司对环境的影响，ISO14001:2015 可以说是全球最广泛认可的



David Weekes

标准。国际标准化组织 (ISO) 建立了这个全球公认的框架，并提供了一种整体方法，将环境可持续性纳入企业日常运营的每个要素。

虽然 ISO14001 在技术上仍被视为可自愿采用的标准，但对于任何希望获得竞争优势的公司而言，它现在被认为是必要的。在某些情况下，它可

能是能否获得新业务的决定因素。例如，汽车制造商福特和通用汽车自 21 世纪初以来就已经提出了其供应商要通过 ISO14001 认证的要求。

阅读全文，请[点击这里](#)。

# 准备好把产品销往海外了么？ 准备好提升您在北美市场的业绩了么？

D.B. Management为您提供所需的一切服务：

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

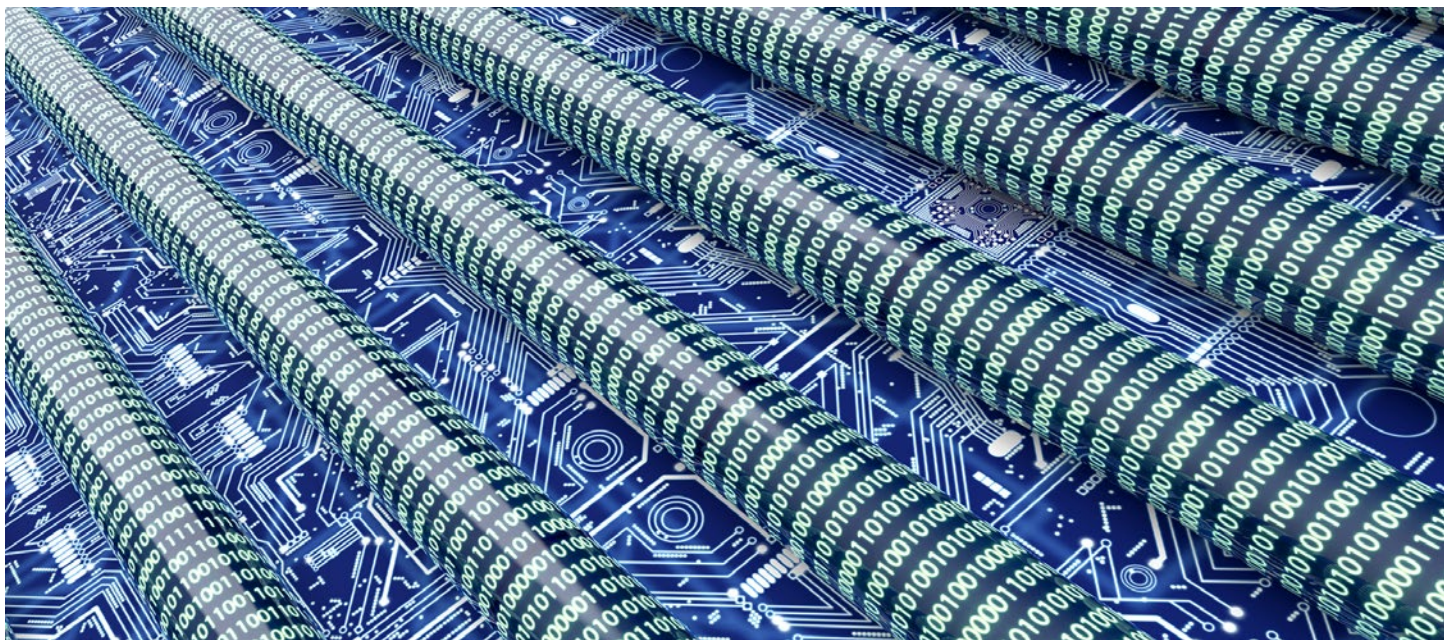


20年来致力于帮助海外公司在美国拓展销售



点击了解如何拓展您的业务

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



# KIC 谈工业 4.0 之 回流焊设备智能化应用

与 Phil Kazmierowicz 和 MB Allen 的访谈记录  
KIC

I-Connect007 总编辑 Nolan Johnson 最近采访了 KIC 公司总裁兼创始人 Phil Kazmierowicz 及该公司应用和销售部经理 MB (Marybeth) Allen。这两位受访者将在 KIC 公司领导团队中担任新的角色。这次访谈的主题是行业目前动态，以及与工业 4.0 和简化工艺流程相关的主题。

采访开始,Johnson 提出了一个问题：“一般来讲，提高效率的关键要素有两点：一个是更快、更精确的生产效率，另一个则是更稳定的正常运行时间。从你们的立场来看，市场上哪些项目能够最有效地防止回流焊工艺流程成为妨碍工厂正常运行的瓶颈？”

Kasmierowicz、Allen 和 Johnson 三人

随后通过一系列的对话和邮件往来深入探讨了这一问题，本文整理编辑了他们的讨论内容。

## 更快、更精确的生产效率

就生产效率这个话题,Allen 写道：“对于高效生产运营十分重要的一个关键因素就是整个工厂的优化。反复试验已经过时了，最有效的一种方式就是通过软件来进行优化。优化软件不仅有助于提高生产效率，还可以定义并改善工艺流程，得到最佳的产品品质。整个优化过程始于为产品回流焊接进行设置的早期阶段。”

Allen 继续写道：“在当前非常严格的无

# 只有亲眼所见，才会了解



今天就  
联系我们  
预约参观

Lab One

## 准备好迎接下一代电子检测系统了吗？

想要了解新的YXLON X射线和CT检查系统能为您做什么？  
欢迎光临我们位于硅谷的全新实验室——**Lab One**，一探究竟。

将X射线和CT，射频电源和电子束的技术与专业知识一网打尽，Lab One在这里帮助您找到解决方案并抓住机遇。今天就联系我们吧。

铅工艺窗口下，找到适合组装 PCB 的回流焊炉设置过程可能会占用大量资源和时间。KIC 的预测性软件工具可以迅速设置温度曲线数据，仅需要试运行两次就能找到正确配置，帮助客户大幅减少所需时间。此外，预测软件甚至还可以在不需要运行测试板的前提下，为客户提供符合规格要求的温度曲线。这两项功能能够为高品质产品快速设置温度曲线并达到工厂要求的技术规范提供解决方案，这些要求包括更高的生产效率、更低的耗能成本，以及应对具有不同工艺窗口的复杂且难处理的组件和焊膏。”

Phil Kazmierowicz 具体解释了其中的细节。“用数学的方式定义了规格要求后，我们还运用了工艺窗口指数（process window index，简称 PWI），即用一个数字来表示温度曲线的质量。这样一来我们就可以对比回流焊炉的设置，我们还为此研发出一种软件工具 Auto-Predict（现在改名为 Navigator）。这款工具完全消除了猜测评估（guesswork）步骤，因为软件会自动找到适当的焊接炉设置，能够按规格要求对 PCB 进行组装加工。

“一旦你准备好开始投入生产，就可以使用 KIC 的设备。但如何确保 PCB 或者元件的加工方式是正确的？”Kazmierowicz 进一步解释说，“我们会监测生产过程中整个回流焊炉的温度和传送带的速度。如果输入输出的产品一切正常，则其加工方式符合所有规格要求；如第 8 区和第 9 区发生了明显变化，则我们马上会发现问题。我们的工具可以帮助客户找到适当的回流焊炉设置，同时自动化系统可持续监控生产过程。自从你上次（不论是多久以前）将热电偶装在电路板或硅片上以后焊炉并没有出现任何变化，就认为整

个设置一直没有问题，这种简单的想法是不正确的。相反，现在有越来越多的客户准备上线我们的监测功能。”

### 停机时间缩短

Allen 对停机时间的总结如下：“我们都知 道，工厂最不想听到的消息之一就是‘因故停机’，因为这种事情的发生会直接导致利润损失、交付时间延误，而且经理和公司老板都会对此感到不满，更糟糕的是会引起客户不满。尽管自动化程度在不断提高，但回流焊过程中仍然有可能会 出现因故停机的情况。例如 AOI 机器检测到与回流焊接相关的故障以后，会要求立刻采取措施纠正问题。其中一个调查步骤可能是运行温度曲线来查看回流焊炉中是否发生了变化，从而确定导致故障出现的原因是工艺变化、人为干预还是完全不同的其他原因。”

Allen 解释道：“采用回流焊工艺检测（RPI）系统可以大幅减少因故停机时间。这种 RPI 系统可以持续监控产品级的状况，为客户提供经过回流焊加工后的每件 PCB 数据，并在工艺流程出现变化时提醒客户发生变化的程度。如果出现的变化在某个临界点开始导致进入焊炉的产品无法满足客户的规格要求，系统会给出提示并自动存档，这样一来就尽量避免 了有缺陷组件出现的可能。如果在 AOI 中发现了缺陷，那就可以排除焊接炉这个因素了。”

Allen 继续解释道：“针对因工艺转换而导致的停机时间进行规划，对工艺流程优化会起到一定作用。在掌握了某些产品的具体生产日期、班次、焊接炉及相关温度曲线后，软件就可以提出优化方案来减少回流焊炉内



# 清洗方案始于了解问题的本末

AQUANOX® A4727  
AQUANOX系列产品又添新成员

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

欲了解更多详情, 欢迎莅临我们在亚洲电子生产设备暨微电子工业展的展位#1P01垂询, 或者登录[KYZENcleans.com](http://KYZENcleans.com)



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

享誉全球的环保清洗技术

因工艺转换而导致的停机时间。例如一开始运行锡铅组件和 / 或较低温度的温度曲线，然后改为使用较高温度，而不是先加工工艺温度较高的组件，再加工温度工艺较低的组件，浪费了回流焊炉需要的冷却时间。”

Kazmierowicz 又补充了几点。“说到对每块电路板的自动化监控系统，我们最新一次的评估结果是市面上有 7% 至 8% 的回流焊炉配备了这类有诸多优势的系统。”这更强调了工业 4.0 的重要性。对于工厂而言，并不需要重新购买设备，只须在原有设备上安装恰当的控制器或更新软件，就可使现有设备满足智能工厂的数据交换要求。这种做法与 KIC 的客户价值主张一致。由于设备闲置时间在每月可使用产能中占到了很大的比例，所以回流焊部门能否提升生产效率有很大一部分是取决于工艺转换与重新校准流程所需要的时间。

Kazmierowicz 说：“当行业转向使用强制对流焊炉技术时，只要焊接炉的设置是恰当的，那效果必然会更好。大部分情况下，不同电路板对焊接炉设置的要求也不同，而且设置过程对人力的要求非常多。工程师要首先运行一条焊接炉温度曲线，然后调整设置，等到焊接炉稳定以后再运行另一条温度曲线。每次更换过程要花费 30 分钟以上。我们率先发明出了一种系统，可以让计算机模拟焊接炉内操作环境，大幅减少了寻找适当焊接炉设置所需的温度曲线数量。”

这就引出了一个问题：这样的系统如何实现这种优势？当前工业 4.0 环境下，KIC 要怎样才能改变一个耗时 30 分钟的迭代步骤？

Allen 说：“工业 4.0 或者说智能工厂的重要优势是信息。若想做出明智的决定、学

习新的知识，信息发挥着至关重要的作用。操作员可以利用自己掌握的信息在最短的时间内去纠正、改变并优化工艺流程，从而用最低的成本生产出质量最佳的产品。在实现自动化操作之后，再加之连接了精准且可用的数据库，软件就可以告诉人们‘如何’以及‘为什么’要做出这些改变。”

Allen 补充道：“使用 RPI 系统，可以输出每个经过回流焊加工后组件的工艺数据，甚至还可以生成条形码以便后期追溯。人们可以快速便捷地获取这些数据，也就是说公司可随时随地获取信息。他们可以搜寻生产运行过程的质量信息、进行故障排查、优化工艺流程，也可以完善工艺流程从而更好地利用生产线并提高生产力。”

### 将信息用于生产效率反馈

当对话内容转向与数据相关的话题时，三位开始讨论起了现在使用的数据交换格式。

*Johnson : CFX、Hermes 还有 Jara 等标准格式是不是也给你们创建了一种基础架构，这样你们就能在其他地方使用这些信息？*

**Kazmierowicz :** 的确是这样。一旦掌握了这些信息并且开始真正研究并使用这些信息，你就会意识到其中的改变。连接到不同生产执行系统 (MES) 之后，客户就能获取宝贵的数据，他们可以利用这



Phil Kazmierowicz

些数据来改善他们的工艺流程和提高产品质量，从而节省开支。我们积极地参与客户的工业 4.0 和智能工厂等相关解决方案的制定。

**Johnson**：投资要对运营效率和利润增长有益。

**Kazmierowicz**：没错，尤其是对于那些想在某个领域建立业务的合约制造商而言，例如汽车、高可靠性、安全产品或医疗产品，这些领域的客户都非常精明，他们可以判断出产品的加工流程是否恰当。他们的竞争对手使用了我们的设备，于是他们会表示“我要和那家使用 KIC 设备的公司竞争，所以我最好也购买 KIC 设备。”但精明的公司同样会不断寻求节省资金和提高品质的方法。这些公司就是我们的客户。

**Johnson**：但也不全是这样。军事航空、汽车和医疗行业推动着 PCB 的可靠性要求大幅提升，同时产量要求也数量级增加，这给我们行业带来了很大的压力。

**Allen**：产品可靠性对 CM 而言极其重要，而且外界也在向他们不断施压要求他们证明这一点。对于汽车、医疗、航空和军事等领域的高可靠性产品而言尤为如此。自动化的可追溯性以及实时工艺控制能够证明



MB Allen

生产出的产品是可靠的。当产品需要经受高温工艺时，确保了解产品具体的生产情况是一个很大的优势，正如客户所说——“这种技术让我能够睡个安稳觉了”。

**Johnson**：KIC 生成的 CFX 数据对于组装的其他流程是否也很有帮助？生产线上的哪些客户能够从 CFX 数据中获益？KIC 的数据如何帮助提高产能？

**Allen**：在回流焊、固化和波峰焊接的连续性监控、可追溯性及数据输出等技术领域，KIC 一直走在行业的前端。不仅如此，我们的成千上万种系统在业内广泛使用。迈入工业 4.0 时代，在焊接炉内安装工艺检测系统将成为一种趋势。

目前有数种数据输出格式，但有些供应商和客户也花费多年时间和费用去开发定制款软件。我们会和很多合作伙伴如 MES、AOI 或其他类型公司共享数据。新的 IPC-2591 CFX 标准已经发布，KIC 也会根据这个标准来提供数据。我们从一开始就参与到了这个项目中，也很高兴看到行业内有越来越多的公司有意向采用这项标准。如果公司想在节省成本的同时又可以继续向工业 4.0 迈进，采用这种数据格式是非常有优势的。

### 莫忘可追溯性

随着工艺效率的提升，随之而来的是客户对可追溯性要求在不断加强——随着电子产品的 PCB 设计越来越复杂，OEM 对可靠性的要求也更加严格，所以产品的可追溯性也就成了制造商必备服务项目之一。**PCB**

# 电子系统无处不在 设计到生产需要全流程数字化方案

by Edy Yu, Tulip Gu

I-Connect007China

在互联化、智能化、数字化转型的时代，电子系统已无处不在。回首整个发展历程，从最初单线单板，到之后高密度高速高频等复杂 PCB，再到多板、跨领域的极度复杂的现代电子系统……“没有很难，只有更难和更复杂”，这在当今的电子业界是至理名言。随之而来的就是如何提升企业自身的设计能力和制造能力以应对挑战。

目前极度复杂的现代电子系统需要设计人员考虑的问题众多，不仅包含数字部分、模拟部分，还有射频部分，其中牵涉不同领域的仿真也很多，如信号完整性仿真、电源完整性仿真、热仿真、成本分析、可靠性仿

真，以及可制造性等各个方面，跨领域的分析和设计的迭代贯穿了整个设计流程，同时对设计的精度以及时间要求也是非常严格……PCB 设计负责需要在设计开发阶段尽早发现问题，但是他们普遍面临着缺乏强大的验证工具以及应用这些工具存在困难的挑战。

以上挑战归结起来有三个方面：第一是产品设计复杂度的提升；二是由于产品设计复杂度的提升带来组织架构复杂度的提升，因为设计的分工越来越细，势必促进跨部门和跨领域来进行设计协作；三是产品设计复杂度和跨领域的合作带来设计流程和生产流

## Mentor 行业EBS解决方案 Mentor Industry focused EBS solutions



功能强大的电路图绘制与 PCB 设计软件

PULSONIX

您是否正在寻找经济  
高效的 PCB 设计软件？

别找了，其实  
Pulsonix 就是答案。

- 易学易用
- 在集成 PCB /3D 设计环境中进行协同设计
- 可从您现有的 CAD 工具导入设计数据
- 使用约束管理器进行高速设计
- 免费使用 1300 万的组件库
- 机械 CAD 的步骤集成
- 从 Gerber 对您的设计逆向工程

访问

[pulsonix.com](http://pulsonix.com)

下载免费试用版。

立即联系我们，看看 Pulsonix 能  
为您的工作提供怎样的帮助：

电子邮箱：[sales@pulsonix.com](mailto:sales@pulsonix.com)

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

程复杂度的提升。

困难摆在眼前,解决之道就是要找寻一个完整的数字化战略以及聚焦行业的解决方案。Mentor Graphics 和 Siemens 强强联合,提供全新的从设计到生产全流程的完整数字化方案,帮助汽车电子行业、通讯行业、高端电子消费品行业的企业和电子系统设计研发人员缩短产品研发周期,降低项目风险和成本并提升产品质量从而更好地面对新时代的挑战。

Siemens 是唯一一家能从电子设计、电气设计、结构设计、跨域仿真和数字化制造提供整体解决方案的公司,而 Mentor Graphics 是整个数字化战略里最重要的一块拼图,帮助客户从需求分析开始到产品的完成得到一个端到端的完整解决方案,得到整个生产数据的贯通,这在业界是首创的。Mentor Graphics 拥有全球最领先的完整板级设计能力,作为电子设计的核心,其板级设计工具的全球市场占有率在 37% 以上。其 EBS 全流程能力平台具有完整的集成验证能力,借此可以提供从需求分析到生产制造全流程设计协同能力,以及领先的并发设计能力、多板电子系统设计能力、改进制造效率和质量能力、设计验证和仿真分析能力、HDAP 先进封装能力、数据交换能力。

Mentor Graphics 提供了丰富的板级设计工具,为中国客户提供了一个“3+3+X”的行业解决方案。其中的第一个“3”代表三大专项方案,包括电子设计数字化、shift+left 主动集成验证方法,以及 HDAP 先进封装,为客户在数字化和专项能力的提升上提供关键助力。第二个“3”代表应对中国发展最快的三大行业——通讯行业、汽车电子行业、高

端电子消费品行业——提供聚焦行业的解决方案。第三个“X”代表的是 Mentor Graphics 具有为新兴行业和未来特殊行业提供解决方案的能力,同时拥有强大的开放性体系架构,具备完善的生态系统。

### 关于“左移”多维主动验证平台解决 PCB 设计难题的问答

PCB007 中国在线杂志主编 Edy 近期与 Mentor Graphics 公司系统设计部 Xpedition 产品经理 David Wiens 就 PCB 设计过程的集成验证进行了深入的交流。

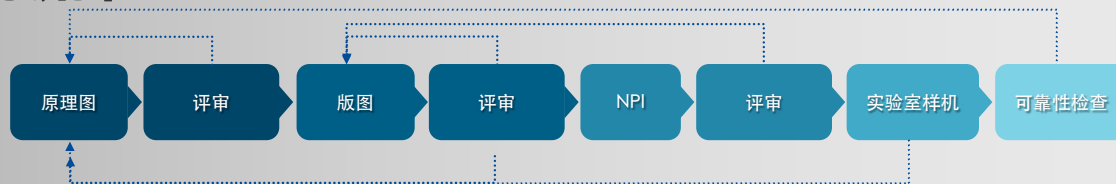
David Wiens 表示:“电子设计和制造已经有了半个世纪的历史,但目前项目设计的准时性是一个很大的问题,现在客户最看重的就是产品上市的速度。但实际情况是产品上市期间会出现很多因设计出错造成的返工。一个比较典型的例子就是设计已经到了产品物理原型阶段甚至到了制造阶段才发现出错,需要返回设计阶段更改,更严重的是产品已经上市,顾客已经在使用才发现出错。比如



David Wiens

## 应对挑战的最佳实践： 将验证方法融于设计之中

### 传统流程：高度依赖人工检查、物理原型和后期验证



### 左移：集成验证以加速循环时间、提高可靠性、降低风险、降低成本



**“通过工具集成可以更好地保证上市时间”**

Dwight Howard, APTIV

大家都知道三星的案例，这样的话就会造成很多浪费，而且重新设计的工作量也非常大。所以我们希望边设计边验证，保证一次做对、一次通过，不要返工。”

为此 Mentor, a Siemens business 日前推出一款新的多维“左移”主动集成验证平台。这种独特的自动化解决方案将各种易于使用的验证工具集成到单一创作环境的 PCB 设计平台中，以便在设计早期阶段（原理图或布局阶段）发现问题。这个面向主流 PCB 工程师的新型 Xpedition 平台提供“首次”并行设计分析和验证以及全面的工具集成，可在提供高质量产品的同时节省大量时间和成本。Xpedition 验证平台利用最佳实践流程，专为非专家型的主流 PCB 设计人员设计，可实现快速直观的分析验证功能。集成的验证技术可在单一环境中提供自动建模、并发模拟、结果交叉探测和错误检查功能。新的 Xpedition 平台用于前期设计验证，从

概念到设计交接确保可制造性，是业界最全面的多维解决方案。

当 Edy 问到关于 Digital Twin (数字孪生技术) 在电子电路制造行业的发展应用现状和未来发展如何时, David Wiens 表示: “PCB 行业应用这种概念就是希望真正花钱去做这个东西之前了解到它的性能是怎样的, 都有哪些地方出错了。PCB 刚出现的时候, 整个世界的数字化率很低, 甚至几乎不存在, 所有工作都是人工去做, 当时连 CAD 计算机辅助设计都还没有。我们的职业生涯也是见证了 PCB 一步一步进行数字化, 当时大家做的更多的就是去编辑和制造, 检查验证的工作做得很少, 后来大家就逐渐增加建模和验证的工作。数字孪生技术这个概念得到应用有两大原因——一是建模变得更加方便, 二是现在的设计流程高度集中。”至于数字孪生技术在未来的发展方向, David Wiens 说: “我认为产品在进行不同维度之间的平衡方面, 数

字孪生技术可以发挥更多的作用。如果每一项指标都很好当然是最理想的情况,但是现实当中我们要去平衡很多东西,比如可制造性和信号完整性,这是一个此消彼涨的关系,必须进行平衡和妥协,包括热性能以及电源完整性,这就需要双向共同仿真,也是现在 Mentor 正在研发的过程。现在我们还有一个重点投入的方向,就是所谓的设计探索。刚才讲的都是设计的验证,做出来以后去检查,但是我们希望在设计早期阶段就可以通过设计探索这个功能看一看还能怎样设计,存在哪些更多的可能性优化设计。”

Edy 问道:“Digital Twin 更多是对可制造性进行分析,以后能否替代很多需要样板做的测试,比如热循环和长期可靠性测试?通过数字模型是否可以预知实际的可靠性或者实际的可受热冲击的能力?”

David Wiens 给予回答:“可靠性的测试需要很长时间,同时这也是一种损伤性的测试,比如测试振动性需要摇到产品失效以后才可以分析原因。现在西门子可以去做数字方面的可靠性测试,使用的是一种机械建模

分析部件失效的方法。这种模型非常精密,需要经过大量的建模和仿真,但现在只能解决一些小问题。我们的目标是通过数字模型替代以往大多数样板阶段的测试,当然这还有很长的路要走。”

### 三大领域快速发展,数字化设计任重道远

通讯、汽车电子、高端智能消费类领域将成为未来驱动我们行业的三驾马车,潜力巨大但都不好驾驭。比如通讯 5G 基站和交换系统方面,所有的 PCB 设计复杂度和难度都比以前大了很多,市场对应的要求和挑战也相应增加;汽车电子化趋势明显,汽车电子器件的成本占比越来越大,更多的汽车厂商和新能源厂商投入更多,在缩短产品上市周期的同时又要把好质量关与价格关;再者是高端消费品领域,智能物联网相关的电子器件增多,电子系统已经存在于我们生活的方方面面。电子电路的设计从生产阶段只有真正实现全流程数字化,才能满足未来的发展需求。**PCB**

## 协同、创新、融合,拥抱智能制造时代

7 月 5 日,盛夏之初,由 DYWorks 云创工厂主办,云造物、云创硬见、硬见理工学院、金百泽科技协办的 2019 智能科技协同创新湾区论坛,以“协同创新、智慧湾区”为主题,在广东大亚湾华美达酒店隆重举行。

2017 年,第一届大亚湾论坛聚集了近 200 名专家学者出席,吸引了超过 80 家媒体的关注和报道。本次大亚湾论坛影响力又创新高,



参会代表超过 250 人,媒体报道团队超过 100 家。前海产业智库,深圳市智慧城市建设协会、阿里云、富士康工业互联,赛迪华南智能制造创新中心,数之谷(北京)数据科技有限公司,惠州工业互联网创新研究院,生益科技等企业代表发表主题演讲,共同打造一场智能科技领域协同创新、产学研协作、产业融合、人才培养的年度交流盛会。阅读全文,请[点击这里](#)。

# 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)



# 面向未知性设计

by Kelly Dack, CID+

我们的行业喜欢讲各种 DFX，也被称为面向“X”设计。作为 PCB 设计师，我们不仅要做到可制造性设计（DFM），而且还要做到面向组装性、可靠性、成本、可测试性设计，及面向更多统称为“X”的因素设计。但现在，我认为该是采用新的概念——面向未知性设计（简称 DFU, Design for the Unknown）的时候了。

我坚信电子产品的开发始于 PCB 设计师。我是 Stephen Covey 所著的《高效人士的 7 个习惯》的忠实粉丝。在开始一个新的 PCB 项目时，我特别喜欢实践第 2 种习惯：从开始就要牢记最终结果。但很多时候，项目团队似乎只能根据眼前的情况对项目进行推进，

甚至在 PCB 布局时还是毫无大局观。有时候冒着风险推进也是保证项目取得进展的一种策略，因为眼前的一些制约条件，使得你无法掌握所有的数据。

然而，冒险推进可能只会造成失败。对产品做出错误的假设，肯定会浪费大量资源。多年前，作为一名拿薪水的 PCB 设计师，我加班加点熬夜进行设计布局，第二天早上却被项目经理告知需要改变电路板的外形或改变元器件。这影响了电路板的整个布局！这些案例中的假设风险让我牺牲了几百小时的健康睡眠时间，损失太大了。当时我就下定决心要找到新的解决策略。

此后，我在开始 PCB 布局之前要求我自

# 为什么全球顶尖的系统设计师都在使用XPEDITION



Mentor® Xpedition® Flow/德国奥格斯堡的富士通技术解决方案团队，荣获了2017年PCB技术领导“最佳整体设计”奖，以表彰其设计的高速计算应用双插槽主板。该产品有着严格的生产和成本约束要求，以及富士通对制造工艺“first-time-right”要求，Mentor Xpedition Flow帮助富士通奥格斯堡团队取得了项目成功。期间他们克服了许多挑战：12层，深度分析，信号和电源完整性，处理器散热，热机械放置，高阶布线，最终创造了一个完美的设计。

欲了解更多信息，请访问：[www.mentor.com/pcb/tla](http://www.mentor.com/pcb/tla)

**Mentor®**  
A Siemens Business

己先填补所有未知空白。PCB 布局时，我时刻考虑产品的最终结果，因为“最终结果”是设计从一开始就设置的许多关键细节的集成和验证。

所有考虑因素包括：将在哪里进行 PCB 的组装？将使用哪些类型的设备？可能的批量是多少？产品将在什么环境下运行？材料清单上所有的部件都可购买到吗？这一切都始于我的设计，设计时就要考虑如何将所有部件以有序的方式组织生产，并满足 PCB 性能和制造的约束条件。

但之后又遇到了新问题，我发现自己在等着把以上问题的空填满。项目时间表开始滞后，我甚至还没有开始放置任何元件。谁都不希望项目截止时间快到了，而什么都还没有做，这就非常尴尬了。“傻等”从来都不是一个好的策略。有些人宁愿向老板展示一大批设计不良的 PCB，也不愿两手空空什么都没有。

“最终结果”集合了无数的细节，为了做好面向 DfX 缩略词中所有因素的设计，必须考虑这些细节。有时，项目开始时设计约束条件似乎很模糊或不存在。有时，即使在项目期间，也会改变线宽线距。在项目时间表、沟通和上市时间约束的世界中，很少会有完美的状况。

一个明显的问题是：“你如何面向一些你看不见的东西进行设计？”不行也得上，项目开始时充满各种未知性。必须预测不可预见的潜在结果，然后依靠实用技术围绕它们进行设计。



## 工业设计师的崛起

时代已经改变。我们过去常常听到“从内到外设计”产品的好处。在追求大尺寸的年代，宽敞和舒适、越大越好似乎是汽车制造商最好的卖点。

如今，很少从内向外设计产品，尺寸也是越小越好，这其中材料和工艺技术的进步，在追求产品轻薄短小的趋势中起到关键作用。通常工业设计师对产品的整体尺寸、形状、质地和颜色有第一发言权。

我花了大量时间撰写和讨论 PCB 设计师必须兼顾 PCBA 项目的所有一下游利益相关者的重要性。我认为设计是产品成功的关键环节，必须考虑下游所有制造者的需求。如果 PCB 设计考虑到所有可能性，包含可制造性设计、成本设计、测试设计等，那么产品必定会成功。

那么，今天的工业设计师可能对于 PCB 设计师来说都是“讨厌鬼”。他们经常直接为发明者工作，设计方法不总是遵循 DfX 需要考虑的因素。他们的工作往往为迎合发明者，以及产品营销人员和投资者。当市场营销希

望产品更小时，工业设计师可以使用绘图软件画出一个美观小巧的外壳，指望所有的元器件可以塞进去。他们赢得了老板的掌声，但完全无视可能给下游 PCB 制造相关者带来的挑战。

自 1994 年以来，工业设计师缩小产品尺寸带来无法预料的挑战，其对可制造性水平的影响使得 PCB 设计和布局难度越来越大。随着封装尺寸的缩小，典型的产品设计迭代周期朝着如下方向发展：

1. 新产品开发要求在功能、尺寸和降低成本方面具备竞争优势；
2. 新产品符合美学和人体工程学的要求；
3. 由机械工程师绘制产品效果图，用于创建外壳治具；
4. 电子工程师按产品规格确定电子元件构成；
5. 在原理图和 BOM 中导入电子元件；
6. PCB 设计人员根据 BOM 以及 EE 原理图开始布局 PCB 外形；
7. 结果发现 PCB 尺寸只能放置 50% 的元件；
8. EE 必须缩小元件并考虑双面组装；
9. PCB 设计人员设法在 PCB 外形尺寸内放入元件，尽管元件到板的离距会受到影响，但通过缩小焊盘图形可以解决一部分间隙问题，但焊点可靠性可能会受到影响；
10. PCB 板面用于布线的表面空间非常有限；
11. PCB 设计必须采用多层堆叠技术，以实现布线和配电。

现在 PCB 成本报价超过了项目的目标成本模型。这时候与产品概念已经相去甚远，必须重新评估整个产品的可行性。

推翻一切，重新开始整个过程。或者我们可以尝试改变这个过程。因为我们永远也找不回浪费的时间和资源。

## 面向未知性设计

作为设计早期关键阶段的 PCB 设计人员，实际上担任的是项目团队的检查职责，根本没有参与到设计中。上游无法预见太多关键的 PCBA 设计属性和约束条件，在这种项目结构下实现概念是不可行的。所以现在这类项目是 DFU(或重新设计)的主要候选者，设计团队如何才能做到更好？

项目团队必须牢记最终结果的概念。从项目概念出发，一切都会向下游传递。最后，采用什么指南来带领项目团队完成具有未知的、不可预见性因素的项目？

虽然设计处于早期阶段，但仍应该与下游的所有人员沟通，包括 PCB 设计人员和下游所有流程相关者，获取他们对设计的反馈。当处于 DFU 模式时，可避免不可预见的风险。在必要时重新设计并始终考虑到最终结果，可尝试留出一些额外的空间，以使未来的 DFU 工作更具指导性。**PCB**



Kelly Dack 是 EPTAC 的 IPC CID 讲师，在 PCB 设计方面拥有 30 多年的经验。

# 关于 PCB 设计规则和公差协商

by Mark Thompson

Prototron Circuits

本专栏文章将探讨设计规则及其对 PCB 制造商的制约。你可能经历过其中的一些案例，但其他人可能没有遇到过。

## 1. 应用

你可能需要更严格的公差，当然这要取决于电路板的具体应用。例如，对于航空航天、汽车和医疗电子用 PCB，公差必须更严格。那么，我们应该如何达到这些严格的要求呢？

## 2. 具有特定公差的设计

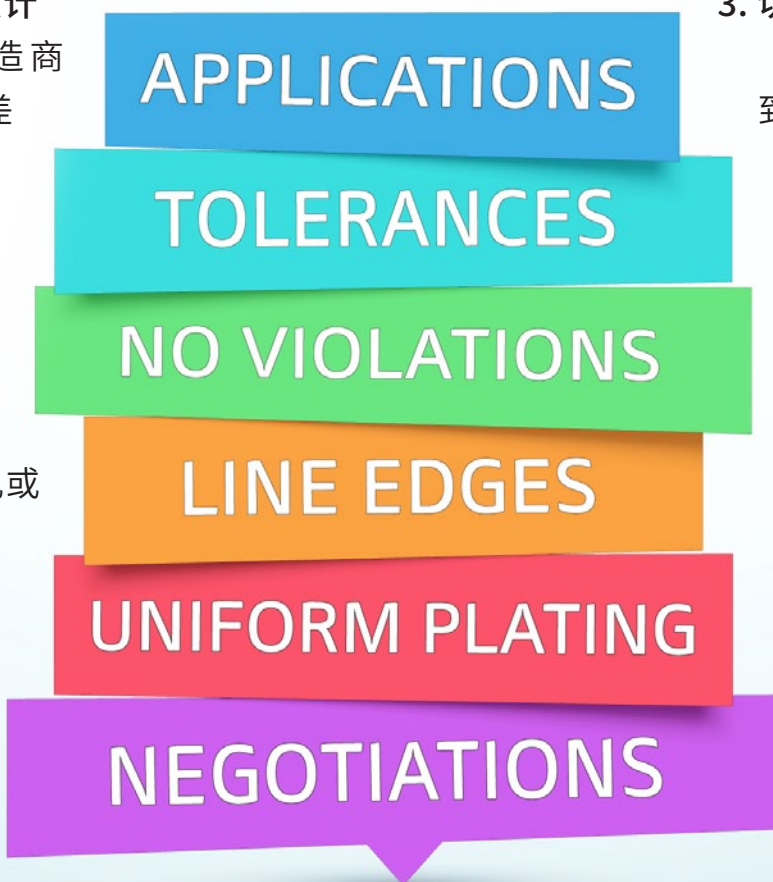
以下是 PCB 制造商如何处理各种公差的几个实例。让我们看一下加工尺寸的“压配合 (press fit)”应用。通常，给定电镀孔或槽的公差为  $\pm 0.003$  英寸，典型的非电镀孔或槽的公差为  $\pm 0.002$  英寸。那么，当一个电镀孔公差要求为  $\pm 0.002$  英寸时，制造商会怎么做？

简单的答案是计算孔壁中的

镀层尺寸，然后过度钻孔以适应  $\pm 0.002$  英寸公差。通常，这是通过在计算机辅助制造 (CAM) 系统中将  $\pm 0.002$  英寸孔标记为  $+0.004$  英寸 /  $-0.000$  英寸来实现。射频应用的终端用户，例如天线和相控阵，很多年前已经开始预先计算孔壁中的镀铜了。通常，终端用户会明确规定要求钻孔尺寸（不是大多数设计师所说的成品孔尺寸），这样他们就可以根据 PCB 制造商的能力预先计算孔壁中的镀层尺寸。

## 3. 切勿违反最小电气间隙

例如，我们可能会收到一个孔环至少要达到 0.002 英寸的 IPC 标注。但是终端用户不允许，因为会违反最小电气间隙，怎么办？或者更糟糕的是，如果他们不理解 PCB 制造商为了满足标称钻孔尺寸要求，所钻的孔比图纸上显示的成品孔尺寸大 0.004 英寸至 0.005 英寸，怎么办？不考虑额外镀层的情况下，使信号层焊盘或反焊



# 将PCB设计转化为 PCB产品的工具集合



可视

用制造数据生成  
最终成品的3D仿真



校验

确保生产PCB用的  
制造数据准确



分板

通过最大化面板使用率  
使PCB制造与组装的  
成本降到最低



文档

快速简单地定义PCB的  
尺寸、安装和功能信息



**CAM350®**

校验与优化您的PCB设计  
确保成品制造万无一失



**Blueprint-PCB®**

生成制版、组装、检测  
所需的一系列详细文档



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

©2009 DownStream Technologies, Inc. All rights reserved.

盘（散热焊盘）比成品孔尺寸大 0.004 英寸，以满足 IPC 要求的每侧孔环最小 0.002 英寸，是不可行的。

在理想情况下，机械公差和位置公差均为  $\pm 0.000$  英寸，但实际情况并非如此。过去常说，对于给定电路板，如果把制造所需的所有公差都应用上，就不可能生产出这块电路板。例如，让我们为  $\pm 0.003$  英寸的机械公差，再加上  $\pm 0.003$  英寸的位置公差，这意味着某些时候可能会出现  $+0.006$  英寸 /  $-0.000$  英寸的公差。我可以确信，如不考虑为电镀过度钻孔，信号焊盘仅增加 0.004 英寸以满足 IPC 的  $\pm 0.002$  英寸最小孔环要求，则  $\pm 0.002$  英寸孔环是不可实现的。

对于电镀公差和外形尺寸公差，层压过程中层间对准公差或者信号完整性公差，又该如何考虑？同样，如果我们将所有累积公差相加来生产电路板，那么电路板可能永远也生产不出来。那么，有什么好建议呢？

一些公差可相互抵消。来对比下使用位置公差与机械公差，如果两者都为  $\pm 0.003$  英寸，我们取位置最大的正公差  $+0.003$  英寸，对于机械公差，取其负公差  $-0.003$  英寸，则两者将相抵。例如，添加  $\pm 0.002$  英寸层间未对准公差。

那么，制造商如何缓减薄材料已知的膨胀和收缩？同样，好消息是大多数制造商采用蚀刻后冲压技术。也就是在干膜部分成像之前内层芯材不会被冲压。这对我们有什么影响？当在电镀中蚀刻和剥离层时，我们已经采用了一些有助于芯材膨胀和收缩的水处理工艺，在这些水工艺之后再冲压。

与此相关，基于材料所用芯材厚度和已知的膨胀或收缩比例因子，与计算机辅助制造

(CAM) 部门相关联，可进一步缓减膨胀和收缩变化，使它们保持在公差范围内。

#### 4. 线条边缘锐度

此外，大多数制造商使用直接成像设备，有助于提升线条边缘锐度。一开始是用负片银膜菲林方案。然后，使用重氮膜，并且伴随生产，线条的边缘质量越来越差。除此之外，旧的光栅绘图仪具有光栅化线条或阶梯式外观，线条边缘质量差。如今的绘图仪不是这样了，使用直接成像设备，其中直接用光成像敏感芯材，形成的线条边缘问题更少，且定位精度更高。通常，这些直接成像设备甚至具有完全封闭在机器中的内置去离子系统和净化系统，因此不再需要 1000、10000 或 100000 级洁净室来减少特定干膜部门中的灰尘数量。

#### 5. 电镀工艺

从平衡 PCB 正面和背面以获得相同的镀铜面积，到允许更均匀的电镀，电镀工艺经过了漫长的历程。当今，大多数工厂在他们的电镀槽上进行双重整流，以允许调整电镀分布。多年前，如果孔壁中的电镀大于表面，形成“沙漏”孔，就需要检查电流是否合适。现在，不仅电镀槽是双重整流（允许更好的电镀分布），而且还定期从槽中检查，以确保板表面和孔壁有适当的镀层。

#### 6. 协商

如果公差很小，通常需要进行协商。例如，对于需要电镀的导通孔，导通孔的公差标注为  $\pm 0.003$  英寸，而在蚀刻或钻孔补偿中又遇到违反最小电气间隙的问题，要怎么

做?在这种情况下, 我们要求将整个孔的尺寸公差从  $\pm 0.003$  英寸改为  $+0.003$  英寸  $-0.000$  英寸。这样就允许制造商将导通孔钻得更小, 允许试图增加焊盘尺寸以使导通孔保持在  $\pm 0.003$  英寸, 而留出孔环和最小间隙问题。在大多数情况下, 对于终端用户这是可接受的, 因为它们只是导通孔并且只要求电气连通性。

协商的另一个例子是保持受控阻抗, 因为有数百种不同的材料, 并且它们都具有略微不同的 Dk 和 Df 值。如果客户只是打电话要求采用 FR-4, 那么工厂总是会选择最常用的 FR-4 材料。有时, 这会导致要对走线宽度或走线间距做微调整, 以实现阻抗受控。同样, 好消息是, 通常情况下, 图纸将指定为实现阻抗受控, 走线宽度或走线间距增加 20% 是可以接受的, 任何超过 20% 的调整

都需要经客户同意。有许多方法可以生产出给定的 PCB。

感谢您阅读本文。如果您对本专栏文章有任何疑问, 可随时将问题发送到我的电子邮箱 [markt@prototron.com](mailto:markt@prototron.com), 我会尽快回答您的问题。PCB



Mark Thompson 在 Prototron Circuits 公司负责工程支持。如需阅读往期专栏或联系 Thompson, 可[单击此处](#)。Thompson

还是《印制电路设计师指南——生成完美的数据包》的作者。现在即可访问 [www.I-007eBooks.com](http://www.I-007eBooks.com) 免费下载该电子书和其他电子书。

## 重组后的杜邦®:新起点、新征程

Andy Kannurpatti 向 I-Connect007 团队介绍了杜邦®Electronics and Imaging 公司的最新动态, 包括公司对俄亥俄州、硅谷技术中心和其他工厂正在进行的新投资计划。他还详细阐述了如何与 OEM、PCB 制造商和设计团队就产品进行沟通的方法。



**Patty Goldman :** 谢谢你接受我们的采访并愿意和大家分享杜邦 Electronics and Imaging 公司的最新动态。可以为我们做一下自我介绍吗?

**Andy Kannurpatti :** 我负责杜邦®在美洲、欧洲、中东和非洲这四个区域的互连方案业务。我们在加州的 Sunnyvale 新建了 Silicon Valley Technology Center, 简称 SVTC, 我就在那里办公。我们很多新的研发项目都在 SVTC 完成——尤其是高速、高频电子和

汽车领域的研发项目。这个技术中心于 2018 年 9 月开放, 我从 10 月 1 日开始担任现在的职位。我在杜邦®已经工作了约 22 年, 期间从事过各种工作, 从技术岗位到生产岗位、从营销部门到业务部门, 所以说我对调到新的岗位感到很兴奋。阅读全文, 请[点击这里](#)。



## 行业会展

### [一步步技术研讨会 东莞](#)

2019 年 7 月 12 日

中国东莞

### [TPCA Show 2019](#)

2019 年 10 月 23 日至 25 日

中国台北

### [一步步技术研讨会 合肥](#)

2019 年 8 月 2 日

中国合肥

### [Productronica](#)

2019 年 11 月 12 日至 15 日

德国慕尼黑

### [IPC CEMAC 中国电子制造年会](#)

2019 年 8 月

中国深圳

### [2019 国际电子电路 \( 深圳 \) 展览会](#)

2019 年 12 月 4 日至 6 日

中国深圳

### [深圳国际电路板采购展览会](#)

2019 年 8 月 28 日至 30 日

中国深圳

### [DesignCon 2020](#)

2020 年 1 月 28 日至 30 日

美国圣克拉拉

### [NEPCON South China 2019](#)

2019 年 8 月 28 日至 30 日

中国深圳

### [IPC APEX EXPO 2020](#)

2020 年 2 月 4 日至 6 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

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：DAVEY DANG

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：ADOBESTOCK©OKA-  
LINICHENKO

**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 © 2019 BR Publishing, Inc. 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 / 疏漏是否因意外或疏忽，以及任何其他原因而导致的。

2019 年 7 月号总第二十九期《PCB007 中国线上杂志》是由 BR Publishing 公司出版的电子月刊。

## 广告索引

《低温焊接》.....	80
《适用于恶劣环境的三防漆》.....	56
广告合作 .....	4
环球集团 .....	64
中国印制电路行业协会 .....	24
挠性电路手册 .....	30
高密度互连 HDI 手册 .....	108
atg.....	42
Atotech.....	32
Chemcut.....	2
CIMS.....	10
Comet Group.....	98
CyberOptics.....	88
D.B. Management Group.....	96
Downstream Tech.....	114
Electrolube.....	86
ESI.....	18
IPC.....	40
KIC.....	92
KYZEN.....	100
MacDermid Alpha.....	36
Mentor, a Siemens Business.....	110
Mirtec.....	94
Nano Dimension.....	26
Orbotech.....	70
Pluritec.....	50
Pulsonix.....	104
The PCB List.....	74
Real Time With... ..	8
Rehm.....	90
Schmoll Asia.....	58
Ventec.....	6
VJE.....	82

## 更多精彩内容敬请期待

### PCB007中国线上杂志：

#### 八月：失效与可靠性

物联网的兴起把电子电路带入了很多新领域，如何保证电路在产品生命周期里不失效？

#### 九月：湿制程

更快、更环保、更易操作的湿制程



# I-Connect007

GOOD FOR THE INDUSTRY



想要及时获取我们最新的  
PCB007中国线上杂志么！

快来免费订阅吧！



有啥  
新闻！



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

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



#### 最新热点新闻:

**得润电子、致欧电子等拟赴港上市**  
3月28日，佛山得润电子和致欧电子两大消费电子企业同时宣布赴港上市计划。得润电子计划发行1.5亿股，募资10亿元，用于扩大生产、研发和市场推广。致欧电子计划发行1.2亿股，募资8亿元，用于扩大生产、研发和市场推广。

#### 推荐文章:

**垂直整合后的麦德美爱法，为供应链提供专家意见**  
MacDermid Alpha Electronics Solutions 麦德美爱法电子（简称 MAE5）于3月19日至21日参加了中国电子电路行业协会CPCA在上海举办的2019国际电子电路（上海）展览会（CPCA SHOW 2019）。这是麦德美爱法电子首次在该地区以一家整合的公司参加国际展会。麦德美爱法电子在印刷电路领域的创新技术今年...

#### Atotech针对5G、高速和高频应用的新解决方案

中国PCB007主编Edy Yu，在最近展会期间采访了安美特公司的全球销售总监Daniel Schmidt。Edy和Daniel讨论了安美特针对5G、高速和高频应用的新解决方案。Edy Yu安美特举办了一场技术研讨会，介绍了Atotech的产品，重点讨论了5G高频应用。Daniel向我们介绍了此次发布会的亮点...



#### 最新热点新闻:

**云制造物管服务赋能制造业 人工智能加速方案落地**  
3月，2019世界工业互联网大会暨智能制造国际论坛在天津举行。会上，云制造物管服务赋能制造业 人工智能加速方案落地。该方案旨在通过云计算、大数据、人工智能等技术，实现制造业的智能化、网络化、服务化转型。

#### 推荐文章:

**《适用于恶劣环境的三防漆》:007技术书系列又添新丁**  
随着 2019 I-Connect007 设计、构建、生产各种元器件需要投入大量的时间、精力和资源，那么技术人员应该如何选择那些在恶劣环境下运行的关键元器件呢？答案是三防漆。Electrohub 公司三防漆专栏的Phil Kinner撰写了这本电子书——《印制电路板用三防漆》。该书详细介绍了三防漆的用途、性能、应用、材料、工艺、测试、维护...

#### 主题演讲：加速和颠覆性创新——特斯拉的故事

特斯拉公司首席执行官马斯克在最近的演讲中，讲述了特斯拉公司的故事。他强调了加速和颠覆性创新的重要性，并介绍了特斯拉公司的产品、技术、商业模式。马斯克表示，特斯拉公司的目标是加速可持续能源的到来，并实现全球减排。



iconnect007china.com