

2017年10月号

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

pcb007 中国

线上杂志

CHINA MAGAZINE

I'M A
PROCESS ENGINEER



WHAT'S YOUR
SUPER POWER?

我们工艺工程师
个个都有超能力！

点击阅读与订阅



iconnect007china.com

我们工艺工程师 个个都有超能力

By Edy Yu

I-Connect007

世界各地的PCB工厂中每天都在发生的事情：原来的工艺被调整了一点点，以生产某类产品，然后因为另一个料号又做些许调整，再然后因为某个环节出现一些小问题再一次做些许调整……很快，这个工艺演化逐渐超出规定范围而失效——赶紧通知工艺工程师“救火”，如此往复，生生不止。

- “相信我！我是工艺工程师”
- “工艺工程师：我们正以你所不能理解的方式解决你还没有发现的问题”
- “我是工艺工程师，不是魔法师”

工厂里的工艺工程师，是一群可爱的“救火队员”，他们是哪有困难往哪上，他们的出场应该穿着专用T恤，印上和封面那位一模一样的字。管理层应该给每一位PE们都配备这样的制服，一定令人惊喜！

我们回到正题。无论从哪个角度来看，本

月的文章阵容都非常华丽。

没有人比具备40多年PCB经验和知识的Happy Holden更资深了，他是我们行业最早的工艺工程师之一。为此，他把职业生涯中遇到的几个关键点整理成一篇有干货、有思想、有借鉴意义的文章，这篇文章不仅仅是为了工程师而写，也是为管理层、供应商（包括设计师）和客户而写的。

Uyemura公司George Milad在本月的文章中以明确、直截了当的语言阐述了工艺工程师这个职位的责任。当尝试新工艺或对工艺进行改变的时候，工艺工程是重中之重。对PE而言，谈话沟通能力与写作沟通能力都十分重要。任何一位PE都会告诉你，这是一项非常复杂难懂的工作，而且企业的管理层肯定也应该认识到该职位在PCB制造中的价值。

接下来，The Right Approach Consulting公司的Steve探讨了一项特殊的任务——临时工艺变化管理。这是一项无止境的任务。按其方法，可以防止或至少控制工艺演变，避免措手不及的情况发生。相信我，这确实经常发生，所以请认真阅读Steve带来的文章，其中解释了如何管理“临时工艺变更”计划。



RBP Technology的Mike Carano非常擅长故障排除，他为我们带来了一篇关于工艺工程师的首要任务之一的优秀文章——如何在工艺工程中预防产品缺陷，并寻找解决方案。他使用IPC-9121《线路板制造工艺问题故障排除》标准说明了自己的观点，而Mike正是该标准现任工作组的主席。

Omni PCB的Tara Dunn使用了《绿野仙踪》里的一句著名台词来说明EMS公司和PCB制造商中的工艺工程部就是“幕布后面的人”。正是这幕后的动作和决策，组装完成的PCB从设计文件到诞生的过程就像一个奇迹。她描述了3个“魔法”例子，如果这些对你来说确实神奇，那么也许你应该亲身实地考察来一次PCB工厂之旅。

接下来是其他热点专栏文章。

Whelen Engineering公司的Alex Stepinski是最近几期杂志的“红人”，我们特地挑选了他的一篇文章，用案例分析的方法阐述新兴的自动化革新和绿色污染物处理技术结合下一代工艺设备的创新点能让一些新成立的工厂在任何地方生产PCB都能快速获得投资回报。

为实现PCB板的生产过程质量控制，在工艺流程中建立生产追溯体系是大势所趋，而激光打标机则是目前助力PCB生产追溯体系建立的最佳方式。本期责任编辑Tulip介绍三家NEPCON展会上致力于激光打标机研发和制造的中国厂商。

MacDermid公司的一篇优秀论文《适用于垂直连续电镀工艺的高分散能力直流酸性镀铜溶液配方》中，介绍了一种具有高分散能力，出色的热可靠性以及能进一步提高产量的酸铜电镀液。

Omni PCB的总裁Tara Dunn鉴于未来几年

RFID标签市场会出现显著增长，可能会在大规模生产中采用一种先进的表面处理技术——Mina工艺，它可以解决大规模生产AI-PET电路时所常见的限制。

PCB组装部分的第一篇文章来自Alpha公司，提出对于返工步骤而言，最好的做法是“越简单越好”。

业界培训与教育专家Tom Borkes将继续在中文杂志上连载一些关于SMT内部管理的文章，分析现有公司的组织形式，引入新组织模式提高效益与客户满意度。

谈到PCB设计，目前有多种可缩短上市时间的方法，如何将仿真、重用和并行方法单独或结合使用，以最大程度地缩短产品的上市时间。明导带来的问你在可以给您答案。

EPTAC 的Kelly Dack讲述了自己的职业生涯，其中IPC认证互连设计师证书对其帮助非常大，这又是怎样的一段经历，如果你有兴趣从事设计行业，那么点击此篇会大有裨益。

印制电路设计师指南系列又添新员：《[基于实例的信号完整性分析](#)》，由Mentor, A Siemens Business的Fadi Deek撰写，I-Connect007出版。如果您对信号完整性有所关注，您定能从这本新的电子书中获得一些独到的见解。欢迎访问[I-Connect007的技术图书专区](#)！

以上就是本月杂志的内容。阅读，吸收，应用。做到如此，会对您的公司大有好处。而经理们，如果你的工艺工程师们穿了新的T恤衫，你不必惊讶，在下个月的会议上再给他们发几件，以此来激励他们！

下个月，我们的主题将会是信号完整性和可控阻抗。构建这类PCB板需要什么以及其他你需要知道的内容都将为您呈现。关注我们，[订阅我们的杂志](#)，也要记得分享哦！



工艺工程师 都有超能力

工厂里的工艺工程师，是一群可爱的“救火队员”，哪有困难往哪上，他们出场应该穿着专用T恤，就像封面那种。“我们工艺工程师，个个都有超能力！”

专题文章

- 7 印制电路工艺工程：鼻祖谈PE细节
by Happy Holden

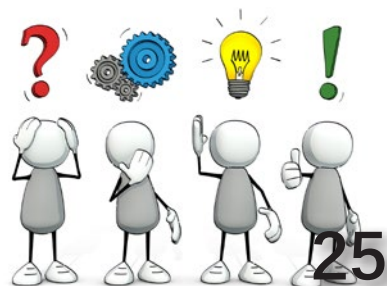


- 17 工艺工程师在PCB制造中的价值
by George Milad



- 21 TPC的魔力——临时工艺变化管理
by Steve Williams

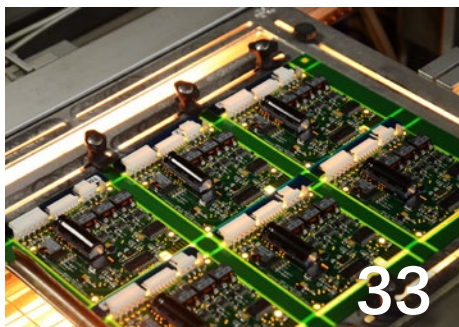
- 25 工艺工程和缺陷的预防
by Michael Carano



- 33 幕布后面的人
by Tara Dunn

特约专栏

- 37 21世纪的制造设施——自动化绿色工厂
by Alex Stepinski



- 49 适用于垂直连续电镀工艺的高分散能力直流酸性镀铜溶液配方

by Saminda Dharmarathna, Ivan Li, Maddux Sy, Eileen Zeng, Bob Wei, William Bowerman, and Kesheng Feng

NEW!

pcb007 中国

线上杂志

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

I-Connect007为您带来全新出版物：PCB007中国线上杂志。提供丰富的全球视野，符合中国读者口味的内容。每月专栏，技术文章和大量采访深受广大PCB制造商的欢迎。本出版物的目的是帮助中国PCB制造商提高生产效率和盈利能力。

PCB007中国是电子杂志，可免费下载或按需打印。



我们的广告计划让您的市场营销预算发挥最大效益，您得到的不仅仅是一个广告位。我们推荐您订购750美元/月的标准套餐，该套餐将为新客户提供全面的市场覆盖。

更多信息，欢迎联系我们的销售团队。✉ 大中华地区: Edy Yu edy@iconnect007.com.

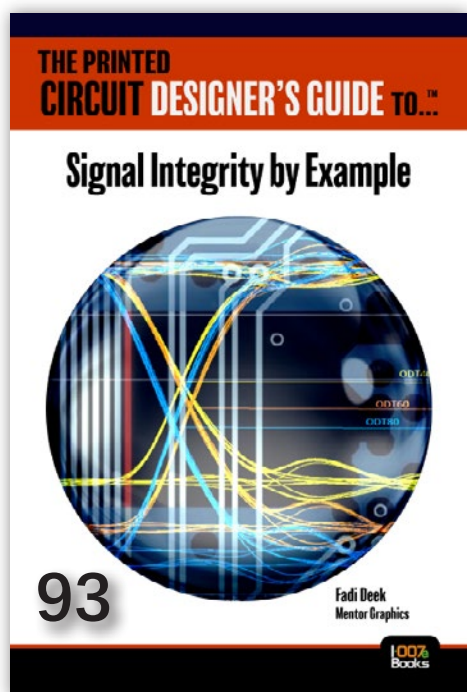
✉ 全球: Barb Hockaday barb@iconnect007.com.



扫码免费订阅



更多内容



20 行业短篇新闻
IPC报告显示2016年全球PCB
产值增长北美萎缩

72 可追溯需求助力激光打码市
场，为智能制造夯实基础

68 其他栏目
PCB007中文网站Top Ten

99 行业活动日历

100 广告索引、下期预告
工作人员名单

59 用于电路板结构印制的3D打印电子技术
by Samuel LeBlanc, Paul Deffenbaugh, Ja-
cob Denkins, and Kenneth Church

69 激光打标机助力PCB生产追溯体系
by Tulip Gu

PCB组装专区
73 返工与可靠性：少即是多！
by Karen Tellefsen

77 Mina工艺：轻松实现铝焊接
by Tara Dunn

81 SMT企业新组织模型
提升效益与客户服务 第二部分
by Tom Borkes

PCB设计专区
87 利用仿真、重用和并行来加快产品上市时间
Mentor, a Siemens Business

93 印制线路设计指南™：
基于实例的信号完整性分析
by Fadi Deek

95 团队协作的必要性；CID，一个加分项
by Kelly Dack, CID+

RealTime^{with...}

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

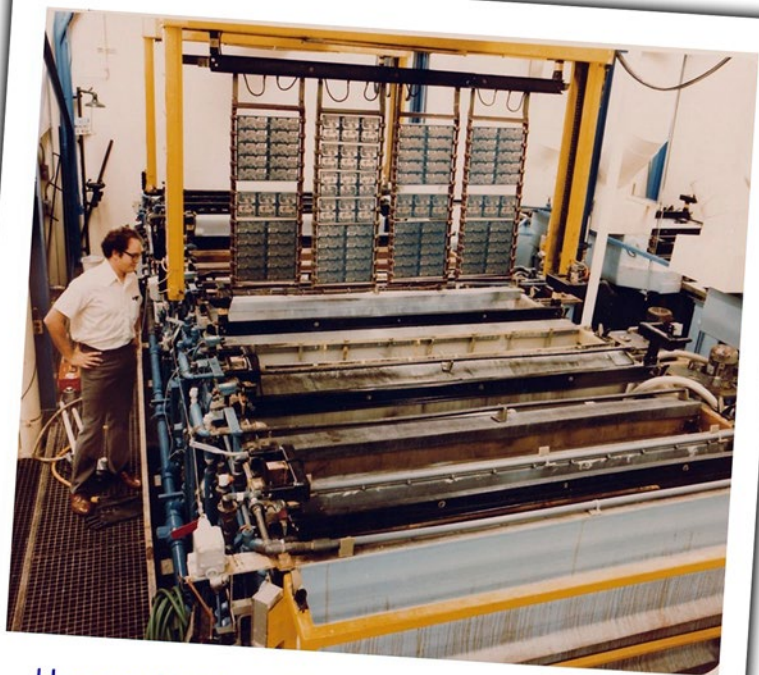
RealTimewith.com



印制电路 工艺工程： 鼻祖谈PE细节

by Happy Holden

I-Connect007



Happy Holden, 1974: Hewlett Packard,
Palo Alto Automation Project

工艺工程师的首要职责就是保证工艺流程的正常运转。其首要任务是保证按时交货并且让客户满意；其次是要不断改善现有工艺，比如减少化学品用量、简化操作流程、消除现有工艺的混乱之处、降低复杂程度；再次是要实施新客户和客户的新产品和/或新工艺流程，因为这对扩展业务而言十分重要，如图1所示，新技术的实施是一种S型的曲线；最后也是最重要的，工艺工程师要为公司董事会以及管理层提出的战略计划提供支持，这些计划可能会关乎到未来要努力达成的长期目标。

我的背景

45年前，我成为了Hewlett-Packard公司的第一名化学工程师，从此开始了我在工艺工程部的职业生涯。实际上，我之所以成为一名

集成线路工艺工程师是因为我的专业就是这个。Hewlett-Packard公司生产自己的半导体设备、薄膜和高频设备。

我当时在Palo Alto山顶上的工厂办公，而PC工厂位于山脚下。有一天，他们把我叫去办公室告诉我，“我们需要你去山下的工厂给印制电路部门的同事提供一些帮助。”我走进了这个工厂，到处都有正在鼓泡的池子，在这里几乎看到了人类已有的所有制造工艺。只要是美国能建造出来的机器，他们似乎都有——化学加工、钻孔/分板、蚀刻、废水处理、化学品回收，以及图形转印。天啊，他们无所不有。

他们似乎也遇到了很多问题。当时是1968年，我们开始研究电镀通孔工艺还没几年，所以还没开发出如今所有人都会利用的故障排除技术。因为当时我对印制电路一窍不通，所以

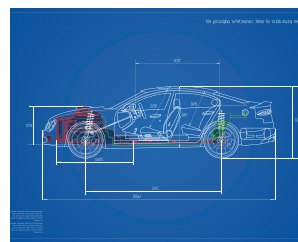
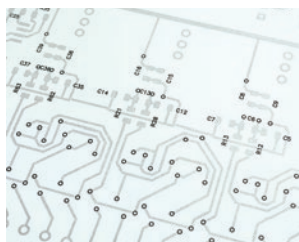
MACDERMID ENTHONE CHEMISTRY & MATERIALS

全方位支援

电子供应链

电子供应链

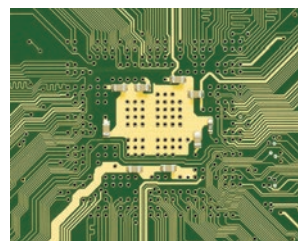
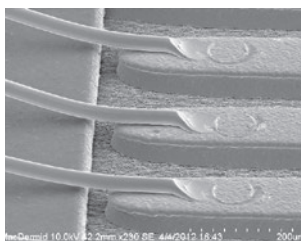
设备设计



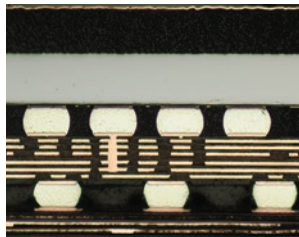
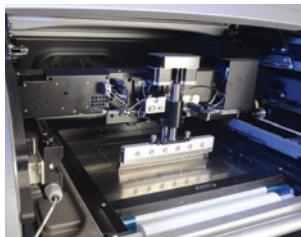
材料供应



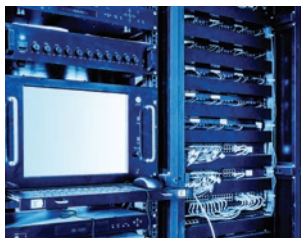
电路制造



零件装配



原产设备



终端用户



MacDermid Enthone

ELECTRONICS SOLUTIONS

www.macdermidenthone.com/electronics

A Platform Specialty Products Company

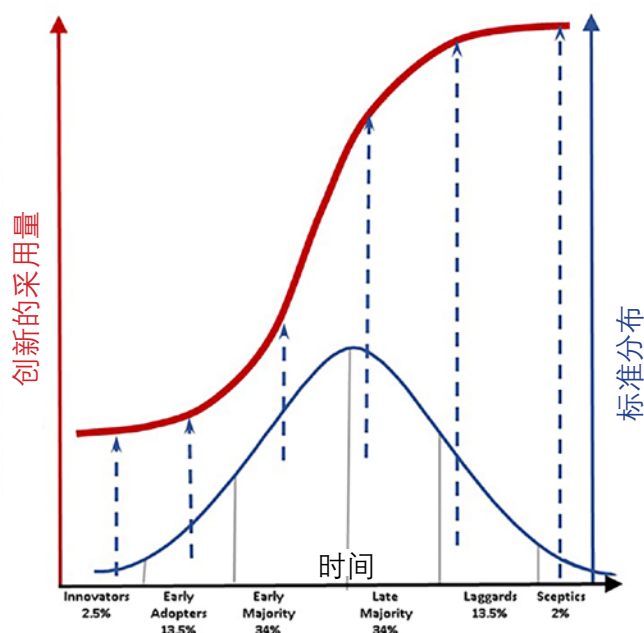


图1：新产品和新工艺的采用及创新可以为公司的发展提供机会，实现利润的快速增长

我只好说，“我最好还是看看相关资料吧。”他们拿给我Clyde Coombs写的第一版《印制电路手册》，我读了读。接下来，我给所有化学品供应商打电话询问他们相关问题。最后，我开始问他们，“在良率方面，我们遇到的最难解决的问题是什么？”我拿着笔记本，问遍了工厂里所有的操作员和主管，想知道他们是怎么看待这个问题的成因。了解了Coombs在书中所写的内容，再结合供应商推荐的内容，我最后用Pareto图表汇总了所有人认为的问题成因。

我的大学认为化学工程师应该学习很多有关工程统计的内容，我感到很幸运。它不是大学里那种枯燥的统计学，也不是保险公司要求的那种统计方式，也不仅仅是数学公式。它是操作性更强的方法，教我们如何解决问题。在使用实验分析法研究了几天以后，我分离出了主要原因和相互作用，并对

其进行了校正。

在接下来的几个月里，我解决了另外的10~15个一直困扰着他们的难题。所有人都觉得这是奇迹，把我当成了天才。实际上，我对印制电路一窍不通；我只是使用了一种大学时我的教授认为会非常有用的问题解决方法。图2展示了DOE众多方法中的一个。最终，6个月后我拿到了董事会奖励给我的股份奖金。这是公司第一次把股份奖金奖励给了制造部门的员工。通常情况下，这种奖金只会奖励给那些研究出HP产品的PhD大神。

我开始招募更多的工程师，出于偶然，我发现他们中有很多人没有接受过任何正式的工程统计培训，于是我们开始了一个工程师培训项目。在我们的日常工作中，大多数情况下不会用到很多学术知识。我们的大部分时间都是花在了新设备、新工艺流程或者就仅仅是解决生产问题上面。基本上，我们的员工需要知道如何去思考以及如何了解定性变量，例如一周中的某一天、一年中的某个月、你的水源来自于哪里、A机器和B机器的对比、或供应商A和供应商B的对比。这些定性变量在很多情况下都是引起我们生产问题的根本原因。供应商给我们的数据表上会写着多少g/L或多少cm/s，这些定量变量不是导致问题出现的原因。图3列举出了工程师们现有的三种实验方法。我在使用的是实验设计-析因设计法。

统计学是第一技能

在我看来，统计学对工艺工程师来说是最重要的工具。这是因为工艺工程师的基本职责是给公司盈利——这就意味着你要无时无刻地解决问题、安装新设备、使用新技



图2：我最喜欢的问题解决方法是Kepner-Tregoe法，图中显示了该方法的4个阶段

术、接纳新客户，同时还要尽可能实现最大产量。在过去的几年中，我管理了世界上最大的印制电路公司——富士康（员工数量达到32,000人，其中包括1700名工程师），工厂面积达3千万平方英尺，其加工产品的范围包括各种挠性材料、多层结构和晶片尺寸封装……只有你想不到，没有他们做不到。我发现中国工程师中有大部分人都欠缺统计学知识，而该公司的七大工厂恰恰迫切需要掌握

这种技能的工艺工程师。

即使是在这样大的自动化工厂中，制造印制电路时出现的问题也和快板生产中遇到的问题一样麻烦，所以我提出了“25项必备技能”^[1]。前三章的内容是关于问题解决、统计学和实验设计，这是在我看来最重要的工具。想看懂里面的内容不一定要有大学学历才行——你只要初中数学水平就能读懂这份材料。也就是说，任何认为自己是一名工艺工程师的人都

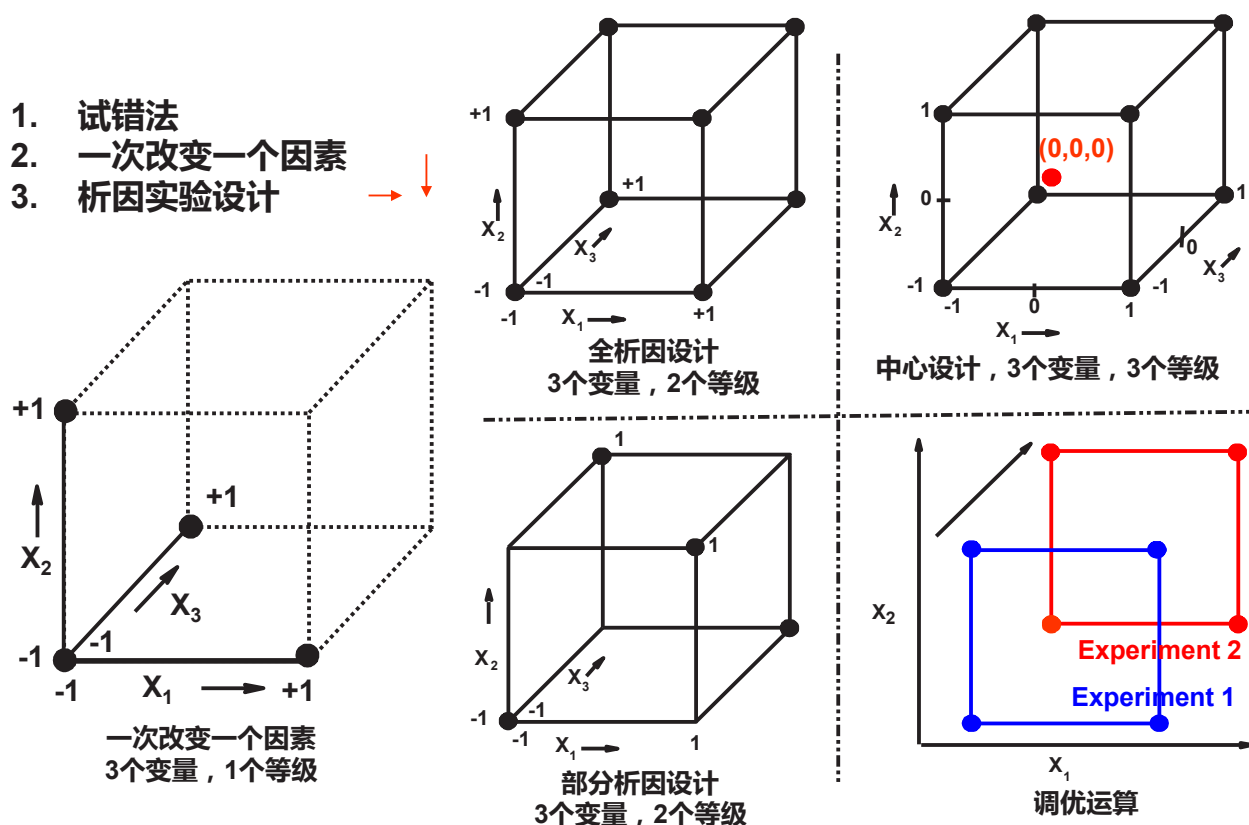


图3：工艺工程师可用的三种实验方法中，PCB制造复杂的生产环境更适合使用DOE析因设计法

可以学习这份材料。

同时我在之前也推荐过，一份价值15,000美元的NIST/SEMATECH统计工具包^[2]，现在可以免费下载。这份工具包是世界顶尖级别的工具包，使用者可以根据自己的节奏调整进度。你不用把它打印出来，因为它足足有3,800页，电子版里面含有超链接。它会给你的工作提供帮助，因为里面的八个章节都是写给工艺工程师的。它不属于是一种统计学手册，但它是当今世界上最擅长统计学的一群人编写的。

很少有人知道这种工具的存在，我为此感到很吃惊。很高兴I-Connect007杂志能让更多人知道它。你可以下载下来在家仔细阅读。就算你现在的公司购买了昂贵的统计工具包，你也记得要在自己的系统里备份，因为你下一个雇主不一定有这种资源。或者将来你要自立门

户，这种工具也是你解决问题和日常工作的基础。

自动化

在你花巨额成本落实自动化工艺之前，最好有一个计划，并且深入了解自动化的含义。不一定是关于购买设备的计划，也可以是简化信息或向客户显示出产品的可靠性或可追踪性的计划等等。之后我们会在一本新的迷你电子书中（尚未出版）写一章关于自动化化学控制的内容，让你可以自己实施，这样成本会低一些，也可以请维修人员安装。随着自动化程度越来越高、操作速度越来越快，你需要用到的人手也越来越少，使用的化学品也越来越少。如果可以自动分析和控制化学品剂量，化学品的库存就会减少，加工槽中的液体波动也会减

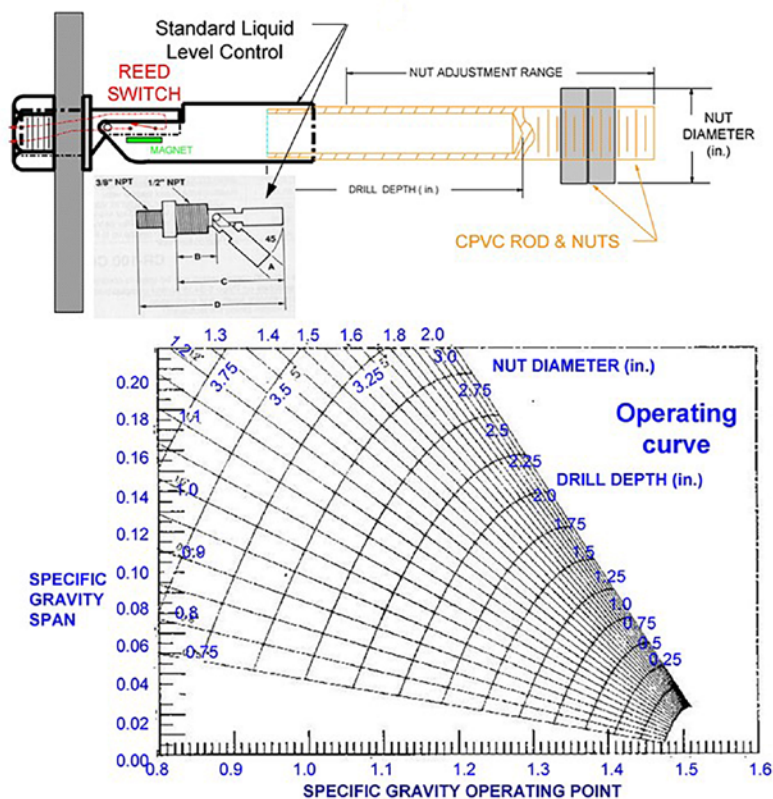


图4：这种比重传感器是由简单的塑料开关制成的，上面附有一个螺纹穿孔塑料杆和螺纹螺母

PCB设计：PE痛苦的根源

回想一下，最令工艺工程师头痛的问题之一就是他们无法控制的事情——产品设计。很多情况下，产品设计的不确定性会给工艺工程师的工作带来不小的难度。作为工艺工程师，你不得不重新想出如何改善工艺流程容许度的新方法，因为你无法再往里面添加任何化学品了。但这种让事情变得更复杂的方法不是应对这类危机的正确方式。

PCB设计师认为客户就是付钱让他们设计线路板的人。但是我还是认为，在六西格玛的TQC中，你的客户是下一级工艺步骤。也就是说，设计师的客户应该是制造商，制造商的客户是装配公司，以此类推。这才是正确的方式。

我之前是从事制造业的，改善质量应在制造中重视质量，而不是在检测中才予以重视。随着质量观念的改变，我们必须要把所有的资源分配给前端治具，因为在设计中遇到的变化太多了。我跟HP的副总裁抱怨过，既然制造时就要重视质量，那为什么在设计时不能重视质量呢？设计师回答说，“我们不需要标准。你们只是按照我们的设计去生产罢了。”副总裁不太欣赏这位设计师的回答，所以把我提拔成了HP公司PCB设计部的主管。

我当然知道有设计准则检测器之类的工具，因为HP曾经出售过PCB设计工具。HP之所以可以在IC业务领域获得成功的重要原因之一就是它拥有自己的高自动化IC设计工具。IC设计工具非常有趣；在开始设计IC之前，你必须全面了解制造特性，否则根本就无法使用IC设计工具进行设计。

少。图4展示的比重传感器，成本低且灵敏度较高，你可以在液体加工过程中使用它。

我的兴趣之一就是自动化学控制的简单方法如何与高级别的机械化和快速的输出速度相结合。自动化规划只是工艺工程师整个职业生涯需要学习的25项必备技能之一。想要获得奖金、让客户满意、让老板开心、让自己升职加薪，这些都是必须掌握的技能。这里面所提到的内容都是我和我的朋友们长时间以来总结出的25个精华主题。我不是说就只有这些内容，只是我认为这些是最重要的技能。在没有人教授你相关内容或是你无法获取相关资源的时候，你可以通过远程学习来掌握这些技能。

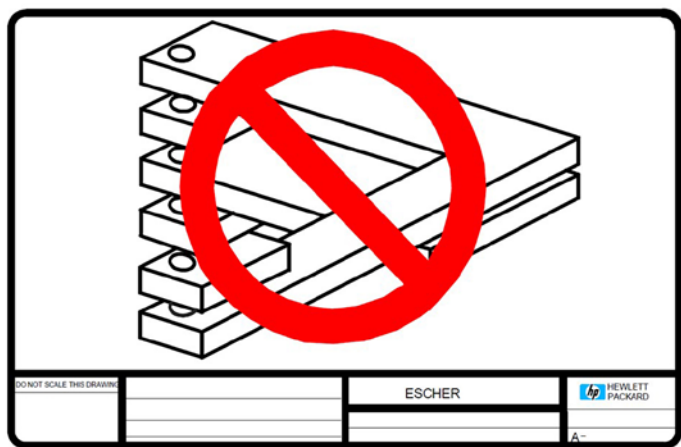


图5：即使你的CAD系统可以描绘出一种产品，也不能保证这种产品就可制造

你可以把想要的任何数值输入到印制电路板设计工具当中，这是因为利用电脑和CAD系统，可以轻易把原本完全不可能生产的产品描绘出来。所以，多年来只要一谈到PCB EDA设计工具，我就会说到质量/可制造性的概念。所有人都必须运行DRC这类的程序，那么你要从哪里获得输入DRC的数值呢？这是个有趣的问题。你的目的是查错，但你发现的错误与行业和科研院校所认为的可制造性设计不是一样的东西。如图5所示，CAD系统能描绘出的产品并不意味着这种产品就能被制造出来。

当HP取得了DFM/A许可证并把我们送去培训的时候，我们才明白DFM的宗旨是“第一次就把产品做好”。它不是设计—投机取巧—制造—然后再重新设计的循环过程。第一次就设计出近乎完美的产品，后期只需要做出一点调整就可以投入生产并获得高良率、高质量的产品，这一点要如何做到？

因为DFM和DFX一直以来都被大家误用，我不得不使用“预测工程”这一术语让人们理解我的真正用意。我的真正用意是，我们需要软

件系统帮助我们第一次就把产品做好。我专门用一章写了DFM/DFX，谈论了预测工程的观点^[3]，从而解释清楚这种方法以及它是如何应用在PCB、IC和表面贴装装配上。

预测工程基本上是依靠反馈制造数据来运行的。所以比起“隔墙探花”，这种方式是一种真正的反馈循环，你可以看到产品在一个层级、一个队列里的制造情况，也可以看到出现的问题和产品的质量。你把这些情况输入到你的预测算法中，这样一来，你就可以在下一次设计出更好的产品。所以它不仅是从设计准则检测器中找出错误的过程，同时你还要知道产品的可制造性问题，设计准则检测器无法检测到这些。在图6中你可以看到，工艺流程的统计过程控制可以扩大工艺流程的容许度，加强设计准则的规格。

高产量时生产的产品和你设计的原型是相同的，也不再需要浪费时间和精力了。EDA和CAD供应商对此不是特别感兴趣，因为他们并没有把PCB工厂当作客户。他们认为购买工具的才是客户，完全不了解六西格玛和全面质量管理的含义。但是所有购买他们工具的人都会成为这条供应链的一部分，而在这条供应链中我们每部分都要为价值链的下一个环节供应产品，直到产品送达客户手中。

设计师们真正需要的是制造商的反馈。因为制造商会发现很多流程会发生与设计相关的交互作用，所以他们可以将这些信息反馈给设计师。“你在设计到这一步的时候，用这种方法而不要用那种方法，因为这种方法的成本更低，并且产品质量更好、价格更低，生产速度也会更快。至于其他两种方式，虽然看起来很有吸引力，但是会让你误入歧途，最终会导致产品难以生产。”不要真是简单一句“我们无法

工艺特征

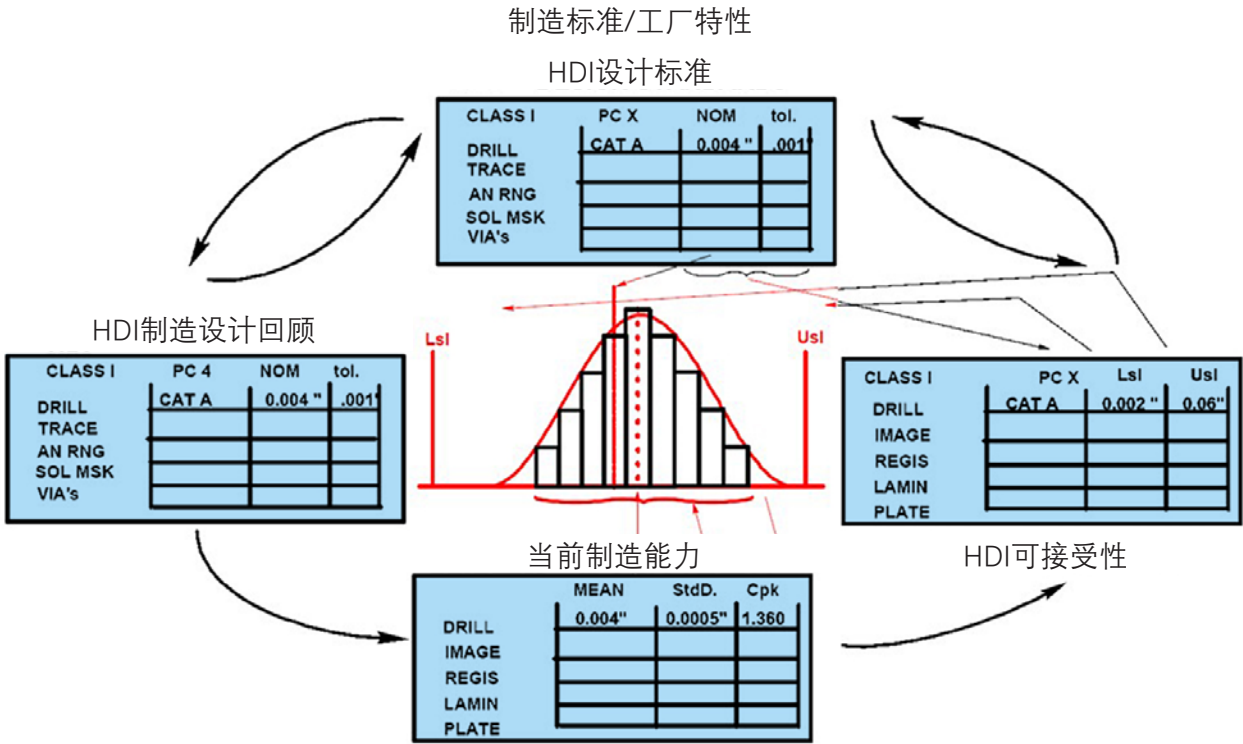


图6：统计过程控制和Cp可以加强设计准则和能力

制造”就把客户打发了。需要详细说明比如良率会降低3%或7%等等。

工艺工程师的日常工作就是处理这些微妙的事情。因为这项复杂的制造工艺里面含有很多变量，但最大的变量、也是我们无法量化的变量——就是设计本身。所以我创建了一种新的参数叫做“复杂指数”，这样一来我可以根据复杂程度给我的设计排序了。我就可以用单一变量来查看制造过程中的重要因素。否则，你就需要查看孔的数量、孔径、层数、材料种类、面板尺寸和线路板尺寸等等。你要用单个变量去查看所有的重要结果，而不是用十个变量去查看；用这么多变量是很难衡量变量与制造过程的关联程度的。图7显示了复杂指数是如何用来在制造过程中模拟一次通过合格率的。

“25项必备技能”中有一项技能叫做维度分析^[4]，指的是在工程中把无量纲参数用作为独立变量，就像雷诺数（Reynolds number）和马赫数（Mach number）。我觉得我们有理由发明一种这样的参数。

中断的纽带

大型OEM开始外包自己的业务，不再自己制造线路板，就像我当初在Hewlett-Packard做的工作一样，这种现象很令人伤感。我们的主要任务之一就是建造原型，不断创新是公司取得成功、占领市场的必要因素。想要实现这一点，团队成员应该坐下来好好谈一谈，讨论得出最佳方案。很多重要的发展都是靠讨论协商得到的，之后随着新技术的出现，产品会不断流入外购市场。一些具有冒险精神

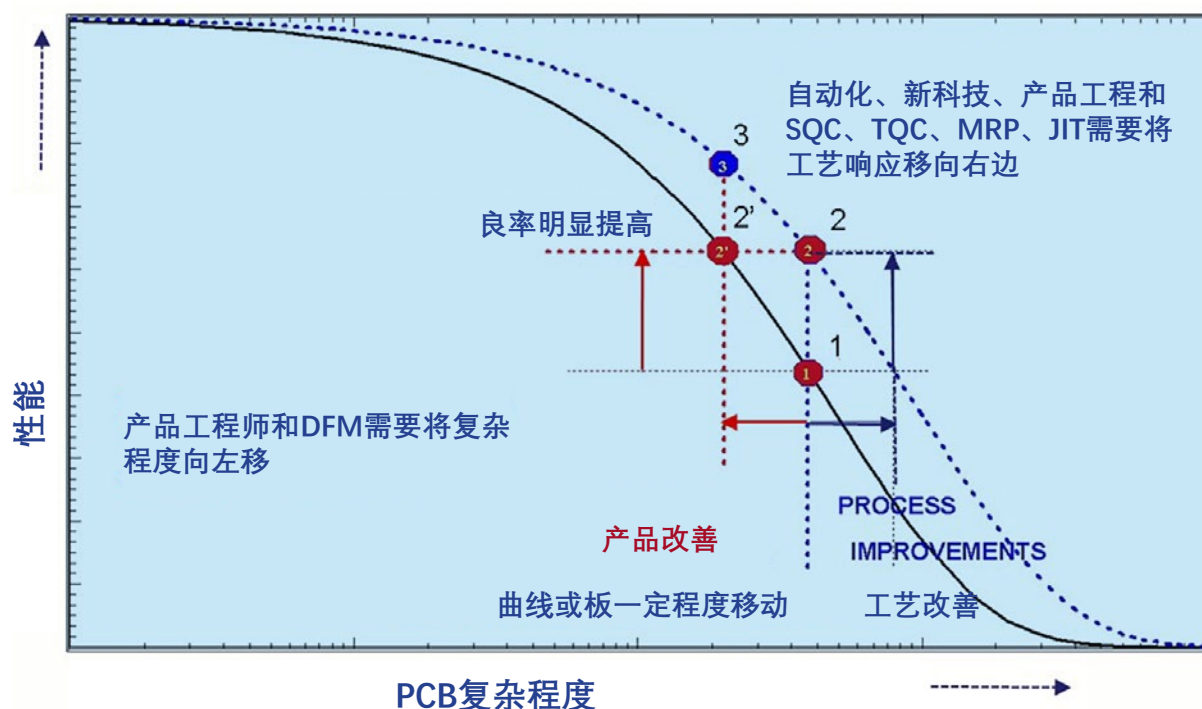


图7：复杂的HDI和多层结构在制造过程中的一次通过合格率（FPY）受设计特点影响，如果设计可以简化（2-2'）或者提升后的工艺流程（1-2）可以降低成本（1-3），那么就可以实现良率提高

的PCB工厂帮我们解决了一些麻烦——IC设计师在一个芯片上开发出了32位的计算机，可我们发现这种芯片在传统的线路板上根本无法使用。我们最终开发出了一种六层的Teflon®多层结构，里面有金属内芯和激光钻取的微孔（图8）。那还是在1982年。时光真是飞逝！

工艺流程的改善

当你打算改善一项工艺流程的时候，你的目标应该是什么？你肯定想要效率更高、良率更高，但你同样也想要工艺宽容度更高、安全性更强。你会想要设置参数和操作条件便于进行各种不同的PCB设计。这一点对化学品的变化而言也是一样的。如果只是运行时间出现变化，那么这些变化是不会影响到产出的。如果你有一项“十分苛刻的”工艺流程，那么这项工

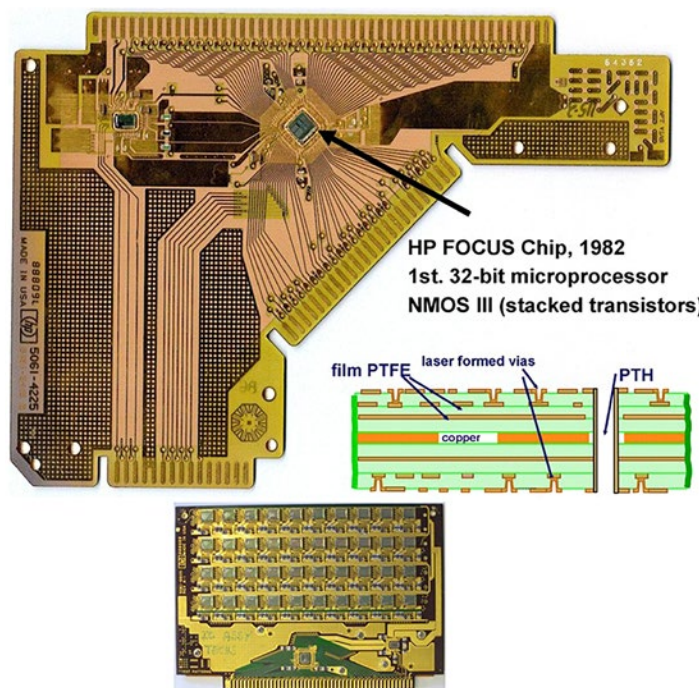


图8：HP公司研发出的Finstrate技术中含有激光钻取的微孔、金属内芯以及PTFE绝缘体，使得可以搭载HP史上第一个32位单芯片微处理器。^[5]

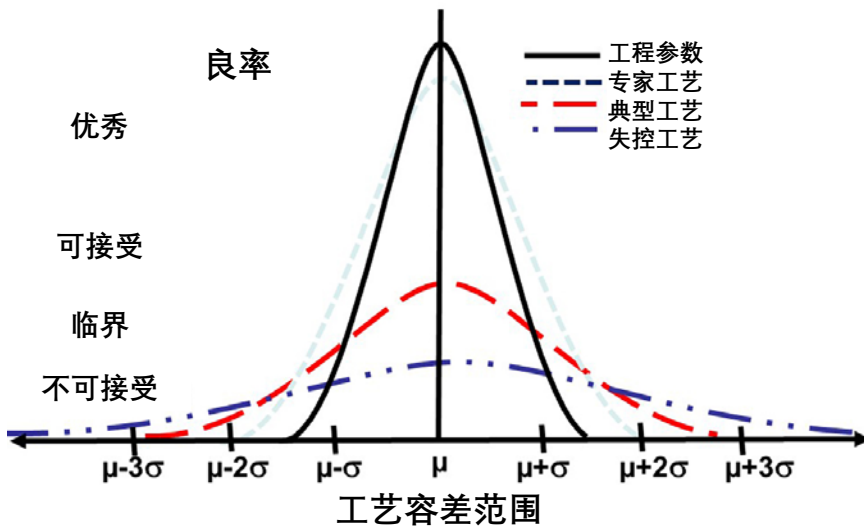
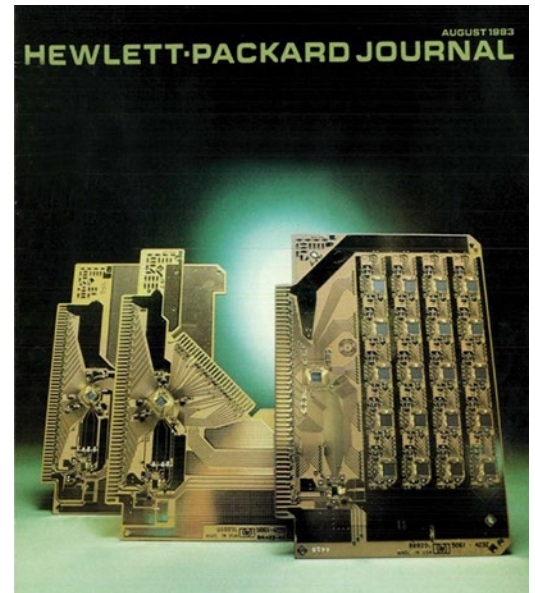


图9：工艺流程的容差范围越大，整个工艺流程中不同设计的良率也会越高。人们想要的是一个“专家级”工艺，而不是一种“典型”工艺，更不是一种“失控”工艺。



艺就很容易失败。图9所示的是各种工艺流程的宽容度。

结论

工艺工程师是一项有挑战性的工作，对印制电路行业而言也是一个不可或缺的职位。电子行业是世界上最大的行业，而且没有一点迹象表明这个行业的发展会减缓或进入衰退期。元件永远都需要一个平台承载，对于现在而言，这个平台就是刚性/挠性印制电路。45年来，我一直都为自己从事的工作感到兴奋和激动，这种状态还会持续到下一个45年。我们唯一能依靠的就是不断寻求创新！

I-Connect007将会出版一些针对工艺工程师的自动化及自动化规划的电子书。届时，你可以在I-Connect007网页上浏览。

参考内容

1. [Happy's Essential Skills: the Need for To-](#)

[tal Quality Control \(Six Sigma and Statistical Tools\): Part 1.](#)

2. [Happy's Essential Skills: Tip of the Month—The NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods.](#)
3. [Happy's Essential Skills: Understanding Predictive Engineering.](#)
4. [Happy's Essential Skills: Metrics and Dimensional Analysis.](#)
5. Hewlett-Packard Journal, August, 1983, pp. 3-25.



Happy Holden自1970年起就在印制电路技术领域工作，先后工作过的公司有Hewlett-Packard, NanYa/Westwood, Merix, Foxconn和Gentex。他目前担任I-Connect007的顾问。

阅读以往专栏或联系Holden，[请点击这里](#)。

工艺工程师在PCB制造中的价值

by George Milad

Uyemura USA

从原材料到成品，PCB制造的整个过程是一系列相互依存的工艺流程。成功的PCB制造工厂会协调、管控、不断升级工艺来满足日益变化的市场需求，达到更高的工作效率、更好的产品质量、更节省的成本。对现有工艺流程进行调整是一场不断改善的持续性活动：一旦销售超出生产能力的新产品时就会

再次调整设置当前的工艺流程；一旦确认某个市场对工厂而言发展空间很大，工厂就会增加新的设备及工艺流程。

新工艺流程的维护、升级和启动就是工艺工程师（PE）的主要职责。显然，这是个艰巨的任务。根据运营规模的大小，工艺工程可能是由一个人完成或者由一位工程经理带



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
www.ventecclaminates.com

领一个工程师团队来完成。如果不需要工艺工程，任务会分配到其他部门。大多数情况下，这项任务会分配给制造部经理，他会在销售部、供应商、维修部、实验室、品管部和上级管理层的协助下完成这项任务。

PE确定了工艺管控来确保工艺流程的连续性，在三个班次轮换、每天和每周的操作中保证产品质量符合现有的标准。工程文件和表格的不同变体使用了以精益六西格玛（LSS）方法为基础的统计控制图表。

工程部会设置像TrueChem这样的软件系统。TrueChem会根据特定的分析、事件、趋势和公差等确定并启动相应的反应。它会自动登入并保存重要的记录。此外，它还可以保证所需添加品、纠正措施、签收工作等及时就位；还可以追踪操作员在何时从事了何种活动、进行了何种操作、得到了什么结果，追踪结果的可靠性和可审查性。工程部在不断尝试扩大工艺流程的操作窗口，以确保产品的合规性。

质检部负责发现并记录所有不合规的零件。工程团队一直以来都负责解决产品的不合规问题。工程部会将出现的故障进行分类，确定问题成因，并采取纠正措施。如果残次品零件通过了最终的检查并流向客户手中，确定性原因会被记录下来，然后采取纠正措施向客户保证以后的零件肯定合规。这种做法对于保证公司经营尤为重要了。

保持对重复性工艺流程的管控可确保终端产品的质量符合要求，这是工程部的目标之一。PE会一直关注工艺成本。工程部会持续跟踪设置时间、停机时间和消耗品的成本，从而避免浪费。他们可以在不影响工艺成本

的情况下不断提高生产率。只要工艺出现变化或引入新的工艺流程，PE就会生成一份新的成本分析报告。

当尝试新工艺或对工艺进行改变的时候，工艺工程是重中之重。工程部从一开始工艺流程的确定到供应商的选择，就参与其中。这个阶段，PE可能会创建一个测试样板送往各个供应商那里，用来说明工艺流程的生产能力。在样板送回后，PE会评估产品质量、计算工艺成本，而且还可能进行公司内部工艺测试，或者PE会去到另一个使用这种工艺/设备的工厂对其进行评估。之后PE会提交一份报告给管理层，然后为最终的选择进行采购。

工程部会跟踪设备制造商和日程安排。最终，制造现场的设备验收由工程部门完成。一旦设备/工艺送达工厂，工程部的任务就是协调供应商和维修部的角色分工。他们的目标是保证公司内部的维修部可以胜任设备维护工作。

然后他们制订了认证计划来评估设备的能力是否可以达到目标使用需求。这包括设计和制造测试模型，从而生成工艺生产能力及其操作窗口的相关信息。建立并记录它的再生产性、重复性和可维修性。随后他们会与管理层和销售部交流工艺的生产能力。

之后，工程部会负责所有相关人员的培训，其中包括生产部主管、所有班次的操作员和实验室工作人员。同时还负责在培训过程中计划并协调供应商提供的各种支持。培训是一个连续的过程，尤其是对新员工而言，他们要确保交流的信息准确得当。

工艺档案可能会包括预防性维护程序、应

急方案以及排除故障指南等。一旦设置、确立并测量了工艺流程，工艺工程师的职责就变成了减少工艺流程中出现的任何变化，这样做是为了提高工艺能力指数、符合六西格玛的要求。最后，随着时间的推移，工艺工程师的职责就转变成了为工艺流程开发一份失效模式分析（FMEA）。

工程部需要精通行业规范要求，确保产品符合规范要求，并且在工厂需要解读规范说明时提供相应的资源。

在此引用Henkel公司工程部经理Roxanne Hupp的一段话，“工艺工程师的最佳技能之一就是可以系统解决问题。我鼓励刚迈入职场的毕业生好好钻研精益六西格玛中给出的问题解决技巧。工艺工程师应该处事灵活，因为项目从来不会按照计划进行。在面对挫折和挑战的时候，要有耐心和恒心。在这个快节奏的工作中，具备优秀的归档能力和沟通能力可以让你更加有条不紊地完成工作。”

Electrotek公司制造部经理Julie Ahlstrom列举了工艺工程师应具备的品质：“有耐心、

有演绎推理的能力、既可以独立完成工作也可以融入团队合作、可以分清任务的主次顺序、熟练电脑操作、写作能力强、愿意和他人一起完成工作。”

对PE而言，谈话沟通能力与写作沟通能力都十分重要。PE要和公司内外很多人打交道，比如供应商、客户、质量工程部工作人员、生产部经理、同僚、公司GM/总裁、R&D人员、工厂车间操作员、维修人员、销售和采购人员。

工艺工程师在PCB工厂中发挥着复杂而重要的作用。具有良好工程部支持的工厂，其运营更顺畅、产品质量更佳。有些PE会对工艺流程负全责，并积极解决出现的任何问题，供应商非常欣赏这样的PE。 **PCB**



George Milad, Uyemura International Corporation公司全国技术财务经理。

IPC 报告显示2016年全球PCB产值增长北美萎缩

IPC最新发布的《2016年全球PCB生产报告》显示，2016年全球PCB产值达到582亿美元，实际增长2.2%；北美地区PCB产值下降了0.1%。据《IPC2017年北美地区PCB行业年报》显示，北美市场继续缓慢萎缩，2016年下降了1.7%。

《全球PCB生产报告》显示，全球PCB产值一半以上来自中国，但是台湾企业主导着



大部分离岸PCB的生产。印度成为亚洲PCB行业增长最快的国家，并在2016年跃入前十大

PCB生产国榜单。

报告中还显示刚性板和挠性板的增长趋势发生了急剧变化。近几年来，刚性板增长减速，2016年仅稍有增长，但是以前增速最快的挠性板突然减速，预计2017年持续缓慢增长。阅读全文，请[点击这里](#)

TPC的魔力—— 临时工艺变化管理

by Steve Williams

The Right Approach Consulting

简介

世间唯一不变的就是变化本身。这句名言说的很对，而且通常情况下变化是好事。但对于印制电路板生产来说，改变则会对工艺工程造成严重的损害。改变是好的，但说到印制电路板制造中涉及到的复杂工艺，真正的关键字是受控变化。成功控制工艺变化的关键在于开发一种稳健的临时工艺变化（TPC）计划。

工艺工程：75%是科学，20%是黑魔法，剩下的5%是靠运气

这种说法当然不适用于我的工艺工程师朋

友们，但是，不论我们的工艺大师多么有才华，我相信我可以用不到几杯酒的工夫就能说服他们接受我这个观点。2+2永远等于4，这一点是无可争辩的，谁去做这道数学题都会得到这个结果。如果说印制电路工艺工程是100%的科学，那么在一家工厂里可以运行的工艺流程在其他任何工厂里都可以完成，这一点无法反驳。这就是为什么它如此重要，一旦工艺配比被设计为高度重复的模式以后，就需要用可控的方法对该流程进行不断地调整和改善。

即使是在高度受控的制造环境当中，未经



自动预对位的冲孔机

ATP-1000Auto PE冲孔机

板尺寸范围：12"×14" ~ 24"×28"

模具：4槽+4圆孔，4圆孔

冲孔槽定位精度：± 0.001"

冲孔槽重复精度：± 0.0005"

冲孔圆定位精度：± 0.001"

冲孔圆重复精度：± 0.0005"

影像到孔的精度：±0.0005"（板中心）

液压输出：最小12吨

速度：8-10片/分钟

Camera：2 or 4

电力：380V 3Φ

气压：20cfm, 100PSI, 1/2"管



WKK

www.wkkdistribution.com

香港集团总部

香港九龙湾临泽街8号
傲腾广场17楼
电话：+852 2357 8888
传真：+852 2341 9339
电邮：wkk_hongkong@wkk.com.hk

深圳公司

中国广东省深圳市福田区
新洲南路新洲花园大厦裙楼3楼
邮编：518048
电话：+86 755 8348 8888
传真：+86 755 8348 8899
电邮：wkk_shenzhen@wkk.com.hk

成都公司

中国四川省成都市成华区
建设路9号高地中心1205室
邮编：610051
电话：+86 28 8432 3383
传真：+86 28 8432 3263
电邮：wkk_chengdu@wkk.com.hk

上海公司

中国上海市普陀区金沙江路
1340弄172支弄14号1号楼
邮编：200333
电话：+86 21 5283 3303
传真：+86 21 5283 3028
电邮：wkk_shanghai@wkk.com.hk

重庆公司

中国重庆市九龙坡区科园
一路6号渝高未来大厦17-3室
邮编：400039
电话：+86 23 6819 3303
+86 23 6819 3363
传真：+86 23 6819 3353
电邮：wkk_chongqing@wkk.com.hk

北京公司

中国北京市经济技术开发区荣华中
路10号亦城国际中心B座1801室
邮编：100176
电话：+86 10 5778 0051/
5778 0052/5778 0053
传真：+86 10 5778 0059
电邮：wkk_beijing@wkk.com.hk

江西公司

江西省南昌市湖滨南路99号
凯美开元名都大酒店裙楼6楼602室
邮编：330077
电话：+86 791 8612 0833
传真：+86 791 8612 0832
电邮：wkk_jiangxi@wkk.com.hk

西安公司

中国陕西省西安市高新区
唐延路1号旺座国际城D座2206室
邮编：710065
电话：+86 29 8928 1076
传真：+86 29 8928 1079
电邮：wkk_xian@wkk.com.hk

苏州公司

中国江苏省苏州市高新区邓蔚路
9号润捷广场北楼901室
邮编：215001
电话：+86 512 6807 8793
传真：+86 512 6807 8795
电邮：wkk_shanghai@wkk.com.hk

授权的工艺细小变化也常常会导致内部审计、返工和良率出现问题。改变镀液温度或操作时间、跳过了一个步骤、或更改某个消耗品的供应商，也许在当时看来这都是不错的主意，直到有一天大家发现因为这些工艺改变导致了产品报废，才急得抓耳挠腮。操作员、负责人和主管在尝试改善工艺的时候都是心中有数。但在很多情况下，他们只是缺少DoE（实验设计）经验或者没有掌握其他的可控性变化方法。

工艺概况

在制定该计划的时候，首先要落实的是要确定哪个功能用来监视系统，这是TPC计划中最关键的决策。当然，还要鼓励员工积极投入工作并发挥创造力，与此同时，防范那些会对工艺过程产生不利影响的改变。必须要避免出现多余的TPC，因为没必要把资源用在之前就已经被证实是不成功的方法上面。显然，工艺工程部、工程部及其他负责工厂工艺流程的部门都应该落实这件事。每个工厂都是不同的，我唯一要给你们忠告就是，要让单一实体来监管本厂工艺。同样，我也非常建议你们把这个流程做成独立流程/工作指导。

一个稳健的系统具备三个组成部分：临时工艺变化表格，临时工艺

变化日志，以及质量评估阶段。我的职位给我提供了独特的机会去评估PCB世界里最优秀、最有前景的技术，但也让我观察到了其发展过程中的另一面。尽管有ISO（国际标准化组织），但我还是多次遇到受控流程出现了步骤的删减或更改，还有一些只有操作员了解的工艺流程出现了“非正式的”更改，我对此感到很惊讶。有的公司甚至在文件控制流程里允许将更改内容用手写的方式添加在文件里。也许这种钻空子的行为可以糊弄一下无能的ISO审计员，但是在我这里是坚决不可以出现的。图1展示了TPC项目工艺流程的具体细节。

TPC表格

应该开发一种简单的表格——电子表格或纸质的都可以——在改变和追踪工艺变化时，

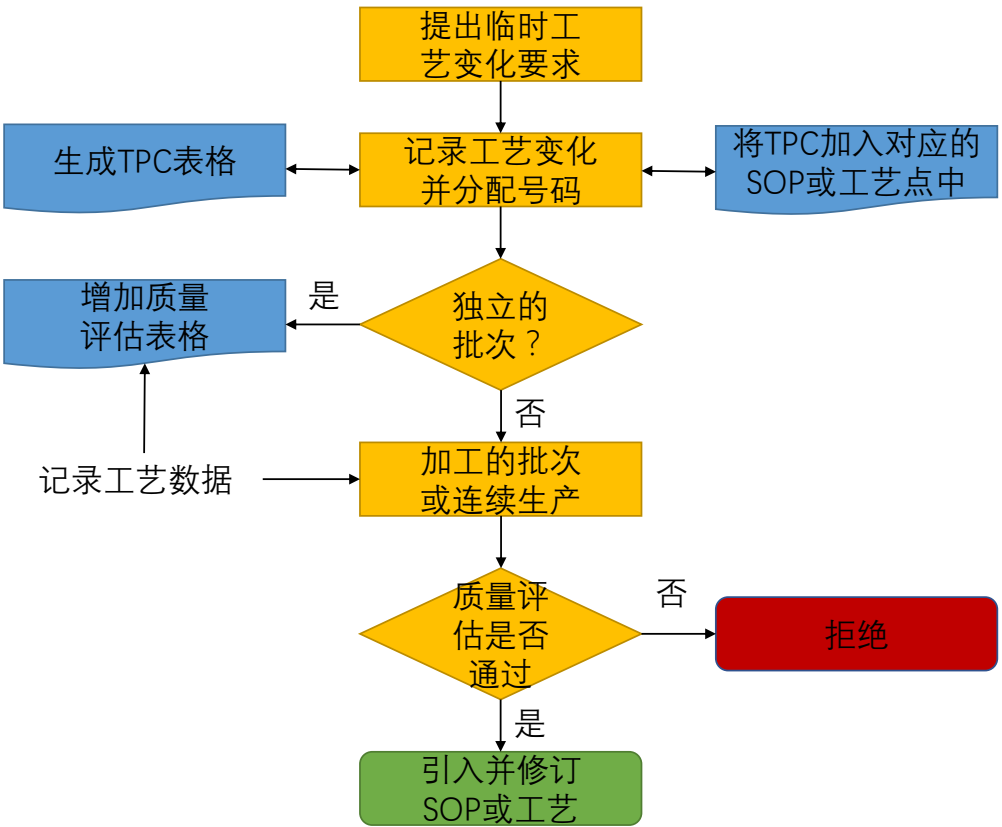


图1：临时工艺变化计划的流程

该表格可以提供基本信息。它应该包含有关变化的详细内容，任何化学品变化、做出改变的原因以及最后的结果（是否落实了这种改变）。TPC的定义是“短时间内对标准作业规程（SOP）做出的工艺改变”。这种变化可以是流程的变化、原材料的变化、供应商/品牌相关的变化，但一定要明确规定“短时间”的具体时长。任何人都可以提交TPC进行审查，但是利用组织的各种改进团队进行这项工作可以增加积累、有效过滤掉无价值的提议。如果这种变化是针对整个工艺流程的，应该被附在适当的流程中（纸质或电子记录均可）。如果这种变化只是针对特定批次的，应该被附在适当的工艺流程单中。这两种情况下，所有相关操作员都应该被告知要发生工艺变化，各个改进团队来负责这之间的沟通工作是再合适不过的了。

TPC日志

开发一种管理TPC的方法是很有必要的，最有效的方法就是使用简易的电子数据表日志。在TPC编号系统中使用一定水平的智能信息（例如嵌入流程或部门编号），这样就可以对任何工艺流程的TPC的历史成功率进行分析。定期审查公开的TPC及状态是一个计划成功的关键。

质量评估阶段

TPC项目第二大关键点是质量评估阶段。在这一阶段，决定是否要在工艺流程中永久接受这种改变。这项决定至少要得到部门/改进团队、工程、运营和质量这几个部门的一致同意才能最终敲定。同时必须要记录下来（在TPC表格里），在TPC周期内尽量以数据（如

良率&返工率、材料/劳动力成本的降低等）为驱动。如果要评估一个单独的批次，可以在工艺流程单中附上质量评估表格来收集以上提到的相应数据。影响持续生产的全面TPC需要在一段时间内的过程中使用同一种系统追踪方式。

结束

这一点是很容易完成的，但做决策时是最容易出现失误的阶段。如上文所述，确定TPC评估的时间框架是非常关键的。在大多数情况下，30、60或90天就已经足以对工艺变化做出有意义的评估。在交给重要客户或注册审核之前，最好尽可能多地把开放的TPC结束掉，这是值得强烈推荐的最佳操作。结束也意味着要对恰当的SOP进行修正，从而将成功的TPC包含进去，必要时还要重新培训操作员。不要担心你的历史记录里显示TPC操作频繁；如果质量系统运行无误的话，实行这项操作是值得鼓励的行为。在不断改善工艺的过程中，改变是好事。

在本文最后，我要引用一句话，这句话很适合用在当今印制电路板制造业多变的环境当中。这句话出自我的好朋友W. Edwards Deming，他是工艺质量方面的大师，他曾说，“如果你无法把你手头的工作描述为一种工艺流程，那你其实就是根本不知道自己在做什么。”PCB



Steve Williams, The Right Approach Consulting LLC总裁。阅读以往专栏或联系Williams，请[点击此处](#)。

工艺工程和缺陷的预防

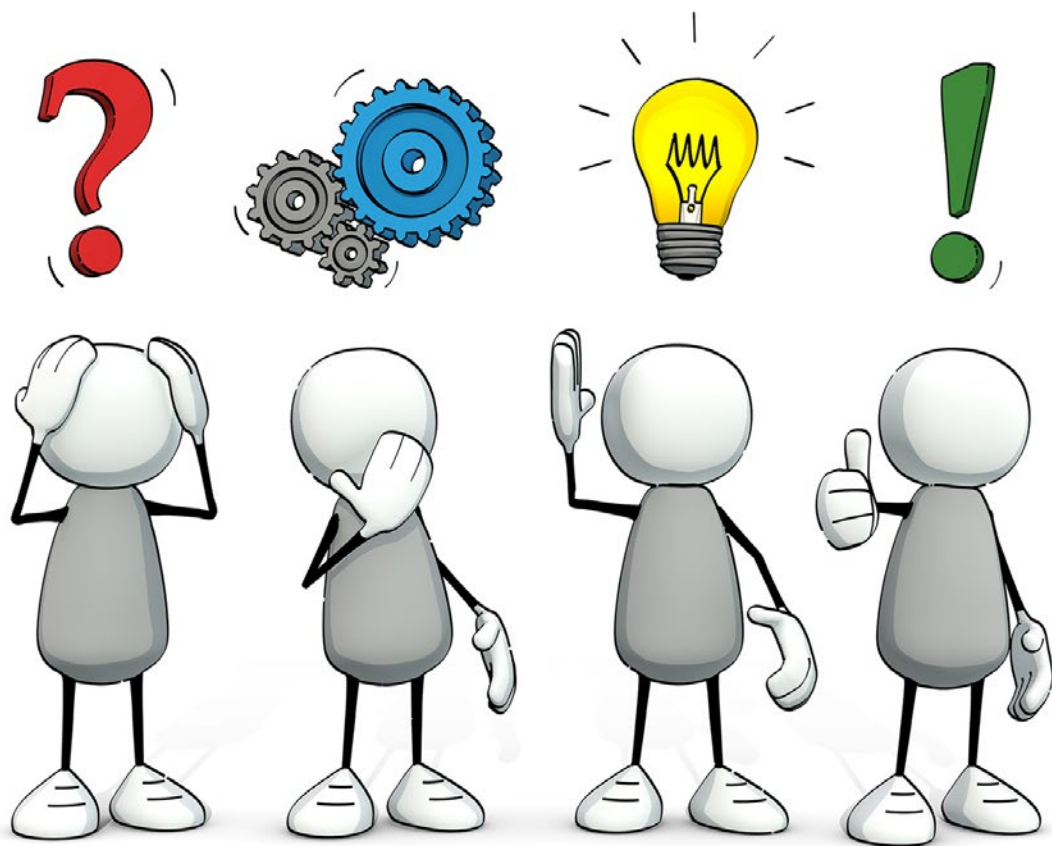
by Michael Carano

RBP Technology

在撰写本文时，我已经翻阅了很多与特定缺陷相关的文章，这些缺陷对印制电路板制造商造成了一定的困扰。这些文章中一个基本的主题就是强调了，有能力找出缺陷根本原因的高技能故障排除人员是行业迫切需要的人才。在印制电路板制造中只有在进行特定操作过程中或操作完成后缺陷才会“显现”或被发现，但导致缺陷出现的根本原因可能在工艺流程的较早（甚至非常早）阶段就已经显现。正如我在之前专栏里提到的，我会从异常现象或缺陷最容易被检测到的位置入手，然后从这些缺陷产生的根本原因所在流

程进行分析。在此特别说明，列举的例子是需要做进一步调查的异常现象或缺陷，其导致缺陷的原因也是需要进一步研究的。

想要得到目标结构，独立的工艺步骤可以通过很多种方式结合在一起或按照不同的顺序操作，这一点会让故障排除人员的工作任务更加复杂。举个例子，简单的一次层压多层印制线路板就可能包含30~50个工艺步骤，而复杂的多层板（多次层压）可能会包含几百个工艺步骤（其中包括预加工、后期加工、其他机械操作和选择性电镀工艺流程）。在理想情况下，每个工艺流程在实



在寻找最佳的IC载板终检设备？

康代Unicorn AVI系列终检机正是您想要的！

我们的Unicorn AVI系列, 支持最小光学像素从 $3.8\mu\text{m}$ 到 $1.6\mu\text{m}$ 的各种扫描需求



- ◆ 系统配备多重解析度可选
- ◆ 可检测防焊下缺陷
- ◆ AOI自动化数据集成



更多资讯...

CIMS CHINA



如需了解更多信息, 请咨询当地康代销售代表。

康代中国 | www.cims.com

施过程中或完成后可以立刻得到校正；但实际情况是很多工艺流程要在多项后续工艺步骤完成后才能进行评估，找出潜在缺陷。人们花了很多精力试图去改善这种现象，但收效甚微。因此，它一直以来都是难题。因为在完成后续工艺步骤之前，缺陷问题不会显现。我们通常把这种问题称为潜在缺陷。潜在缺陷的不利影响有4点：

1. 潜在缺陷的检测需要实时进行并且会占用到技术资源——这在大多数精益生产中都是十分紧缺的。
2. 会对如今普遍采用的即时操作模式的进度产生影响，也会打乱缺陷检测完成后的工艺流程。更重要的是，它会造成加工时间和检测时人力成本的严重浪费，同时还必须要重复某些工艺流程。这种复合式的进度错乱会通过生产商、直接客户，一直影响到终端客户的交货/协议履行。
3. 会造成劳动力和材料的成本损失，可能还会产生加急费用（加班费和原材料加急置换费等额外费用）。
4. 因为要把一定的资源和材料分配给缺陷修复，生产商就无法完成其他有价值或紧急的任务。

从层叠到镀锡，越是复杂的印制电路板结构就越是需要工艺流程中有多个“循环”。选择性电镀增加了成像和电镀循环的次数。这些都会明显增加所需的加工时间，还会潜在增加良率损失的风险。这表明：此时需要做出工艺工程调整并密切关注细节问题。

人们已经提出要根据工艺复杂性对产量的累加作用生成不同的仿真模型，其中包括有些人消极地认为，从数学角度来看不可能成功制造出足够复杂的印制线路板。尽管前

景并没有那么渺茫，但也很明显能看出复杂性会增加成本、制造时间，并带来损失风险（以及导致的进度受阻）。尽可能地较早对设计或其制造工艺进行简化，这种做法从长远来看是很有益处的。

工艺设计和控制

线路板的复杂性在不断提高，出现缺陷的可能性也在不断增加。有一个导致缺陷的常见根本原因令人惊讶，尤其是在多品种小批量的这种产品需要频繁转换的操作当中（特点是快板生产、样板生产和特殊品生产等），即输入的数据和要求转换成加工工序和/或测试及测量要求时方式不正确（或不是最理想）的。这种操作中有很多任务类型和装配工艺都不能及时检测到缺陷，实际上，它们发现错误的时候已经为时太晚无法挽救了。

常见的错误包括（排序与严重程度无关）：

- 用数据包生成成像工具时，忽略或调换了选择性电镀或蚀刻掩膜区域的位置
- 跳过或弄乱了加工步骤
- 特定的工艺步骤省略了数据收集指令，而这一步骤又不易在之后进行检索；或者是最初的拼板方案中没有加入必须的测试模型（试样）
- 提前移除了电镀母液（导电条）、加工工艺过程中的测试点或抗蚀金属
- 机械操作编程（钻孔、铣切）中位置颠倒（或者不正确），尤其是所提供数据需要手动操作或手动覆盖的时候

在加工之后仍未被发现的工艺控制偏差（或工艺故障）会进一步阻碍实现高良率和

灵活反应。遏制产品报废（或可疑产品）是高速高产工艺的重点，尤其是对于连续性（比如卷对卷生产、自动生产或单元生产）工艺流程而言。关键工艺参数的自动监测和关机（或者至少是警报）成为了一种标准规范。人们可以利用工艺控制和监测功能来确保工艺的可重复性和性能的一致性。但是，工艺工程改善经常会忽视一些工艺条件，比如清洗液的水温和清洁度、pH值、会降低电镀质量的限流器问题以及温控器失灵等。这些只是一些潜在的工艺工程问题，如果没有得到及时矫正，将会造成印制板出现缺陷和成本损失。有一些十分昂贵的印制电路板因为缺少工艺工程或缺乏简单的控制造成实际使用中出现故障，这不仅会造成成本损失，还会失去客户的信任。我们来看几个实例，其中造成缺陷或不合格产品产

生根本原因各不相同。

蚀刻

在印制电路生产过程的蚀刻阶段，很多工艺问题都可以追溯到相同的一二个原因。在蚀刻设备中最明显的原因（但不一定是最常见的原因），通常是因为设备故障或调试不当；或者是因为所用化学品超出了一般操作参数的范围。印制电路加工过程中，在蚀刻进行中或完成后检测到的异常现象可能会追溯到预处理过程中发生的技术问题，这一异常现象只有在板子经过蚀刻操作后才能被检测到。举个例子，剥离电镀抗蚀剂的过程中在线路板上残留了未显影的光刻胶，这会导致蚀刻不均，但在某些情况下，喷嘴堵塞、滚轴出现沟槽和喷枪压力分布不均（从

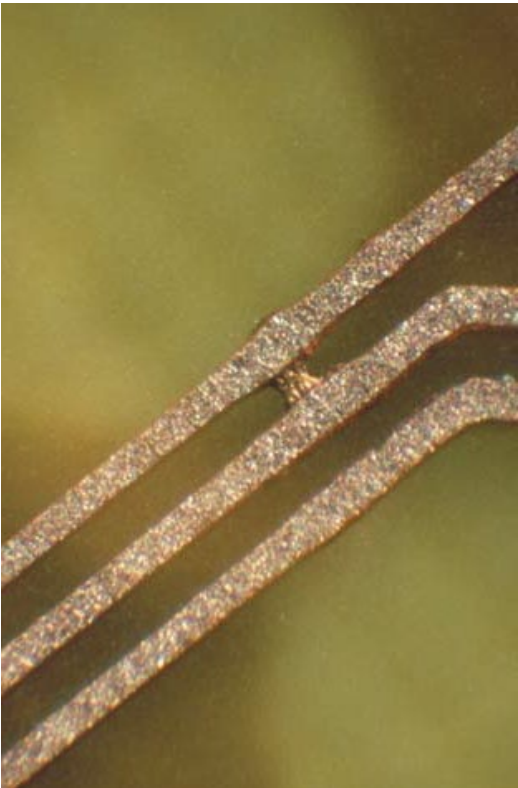


图1：过量/未蚀刻的铜 来源：IPC 照片档案, Bannockburn, Illinois

可能的原因
1. 光致抗蚀剂残留（曝光或显影工艺缺陷）
2. 电镀参数不对（抗蚀剂剥离）
3. 分布得更广泛时出现蚀刻不足（蚀刻工艺条件）
可能的解决方案
1. 将成像工艺缺陷进行分类，按重复出现、单次出现分类，并计算出现频率。重复出现的可能是底片/曝光原因，随机/分散出现的可能是抗蚀剂层压或显影剂“浮渣”。根据需要对原工艺进行审查和矫正。
2. 频率和分布可能有助于显示出光致抗蚀剂层压（包括预清洁）工艺或是强度太大的电镀预处理清洗。根据需要对原工艺进行审查和矫正。
3. 分布广、体积大的蚀刻不足区域更可能是因为蚀刻工艺流程问题（化学品、包括温度、传送速度等）导致，根据需要对原工艺进行审查和矫正。

表1：未蚀刻或过量铜出现的原因及解决方案 摘自IPC-9121《线路板制造工艺问题故障排除》第10.1部分 蚀刻

上到下或整个机器）也会造成与残留物未完全移除相似的后果。

图1显示的是未蚀刻的铜。残留的过量铜会导致短路，或者至少是违反了间距的要求。造成这种缺陷的原因和相关解决方案如表1所示。

图2显示出一条几乎要开路的线路，这很容易就让人以为是蚀刻操作不当导致的，但技能熟练的故障排除人员不会掉进这样的陷阱。

工程师应该注意到这个缺陷不是普遍性的，仅出现在了几个位置上。虽然这很容易让人以为是蚀刻操作不当造成的，但经验丰富的工程师会首先排查其他原因。表2列举了几个最有可能的成因及解决方案。

虽然更多的缺陷是与蚀刻有关或者至少可能是由蚀刻引起的，但这篇专栏的目的不是要解决掉所有缺陷问题。此外，还需要检查那些在电镀通孔中显现出来的缺陷。

电镀

印制线路制造过程中的电镀是用来沉积金属图形的，一般是沉积在覆铜板上。电镀的适用性由镀层厚度、黏附力、延展性和均匀程度（出现杂质、结节、空洞或裂缝）所决定。影响到这些因素有板面预处理、线路板支撑和处理、化学参数控制以及电镀操作的物理参数（溶液过滤、分布、阳极/阴极的放置及几何形状等）。

其中一些变量可以由操作员“直接”控制（调整电镀液的化学组成、温度等），但其他变量只能做微小改变，或者很难改变，比如阴阳极的位置。这种调整受到了所安装电镀生产线和独立镀槽的形状的限制。

一个非常棘手的缺陷类型就是PTH内电镀铜的拐点处裂缝（图3）。表3列举了可能的根本原因和解决方案。

一个或多个工艺流程中的不同变量会导致缺陷的好几个步骤被移除，这一实例强

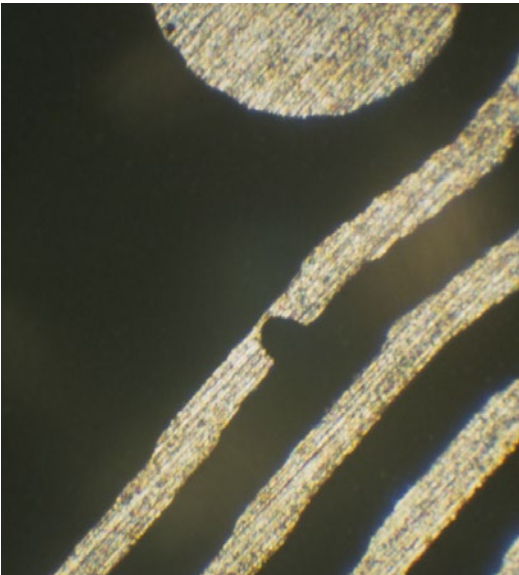


图2：几乎被蚀刻断的电路
来源：RBP Chemical Technology

可能的原因
1. 抗蚀剂剥离——抗蚀剂对铜的粘结力很差——可能是玻纤在进行抗蚀剂层压之前，表面预处理不当
2. 显影过度
3. 分布得更广泛时出现过度蚀刻（蚀刻工艺条件）
可能的解决方案
1. 检查清洁过程，调整层压的压力和时间。
2. 减少在显影液中的时间及其pH值，调整参数。
3. 分布较广的几个蚀刻过度区域更可能是因为蚀刻工艺流程问题（化学品、包括温度、传送速度等）导致，根据需要对原工艺进行审查和矫正。

表2：蚀刻过度/铜缺失问题可能成因及解决方案 摘自IPC-9121《线路板制造工艺问题故障排除》第10.2部分 蚀刻

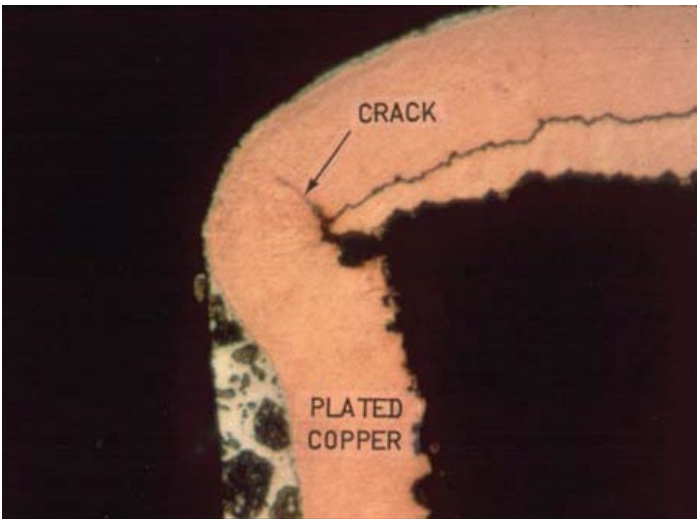


图3：温度剧增后出现的电镀铜裂缝
来源：RBP Chemical Technology

调了认识到这一点的重要性。可以推测出，这些工艺流程需要加强管控，并使用更复杂的分析方法。此外，定期进行拉伸和延伸率测量可以作为判断铜层是否有裂缝的主要指标。

最后，图4展示了观测到的一个典型的内层分离情况。乍一看这张图片，你会以为导致分离的根本原因是化学镀铜沉积物从内层金属上分离。这无疑是一个有逻辑性的结论，而且是在焊料偏移以后横截面检查的，样品没有进行蚀刻操作（此处是正确的操作）。但是，需要进一步研究。

可这种分离是由于金属上残留了胶渣导致的吗？所以要防止化学镀铜粘接在金属上吗？不论这种分离现象是胶渣造成的，还是仅仅是铜层分离造成的，它都是不合格品。不管怎样，未经蚀刻的样品显示出了分离现象。但是要怎么着手排除故障呢？显然这里没有回蚀现象，所以有可能是残留了钻污。此时，如果不使用SEM/EDAX是很难检测到钻

可能的原因
对热应力耐受性不足是因为： a) 铜层厚度不够 b) 沉积铜的冶金特性不正常 c) 热应力过大，超出了预期 d) 局部有空洞或杂质 e) 电镀液中有过量的有机污染物 f) 层压（绝缘）材料选择不当/条件不适合导致Z轴压力过大
可能的解决方案
a) 检查电镀参数（持续时间、电流密度、化学组成），必要时加以矫正。 b) 检验电镀液的化学组成（分析、CVS）和沉积样品的性能（霍尔槽、CVS等），必要时加以矫正。 c) 审查客户和/或组装操作的合约要求与工程要求，根据需要对要求、组装过程进行修改。 d) 检查镀液过滤系统、碳处理工艺和化学分析，必要时加以矫正。 e) 碳处理电镀溶液，利用TOC——有机碳总量分析——来监测碳含量。 f) 检查层压材料性能，层压固化不完全时会导致Z轴过度扩大——层压循环可能无法得到合适的树脂材料的交叉连接。

表3：孔壁内铜层出现裂缝的可能成因及解决方案 摘自IPC-9121第7.4部分 孔的预处理和保护

污的。技能熟练的故障排除人员此时会迎难而上，检查这一缺陷具有普遍性还是独立存在的。表4列出了引起图4所示缺陷的可能原因。

缺陷和工艺问题的故障排除首先从优化

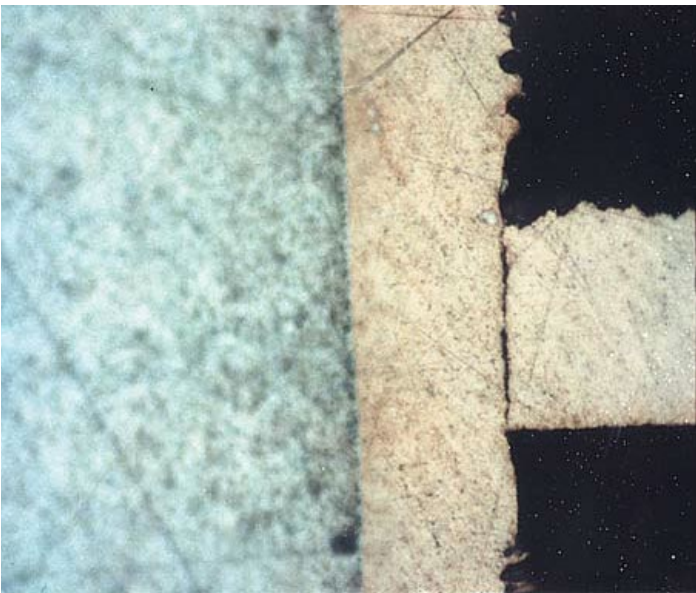


图4：电镀铜从内层金属上分离 来源：IPC照片档案, Bannockburn, Illinois

最高产量的工艺流程开始。但是，即使是最优秀的工程人员也无法保证完全消除工艺密集型PCB制造流程的缺陷。

因此，优秀的故障排除人员会利用六西格玛里的技巧提高问题解决能力。笔者在本文中使用的就是DMAIC方法：

- **D**表示确定问题和目标，确定该工艺流程针对的客户以及客户需求
- **M**表示测量——精炼问题陈述，决定测量对象，并开始寻找问题的根本原因
- **A**表示分析数据，找出趋势和模式等
- **I**表示提高——开发创新型新工艺流程
- **C**表示控制——施行控制，确保工艺得到不断改善。将所有活动记录下来以便将来使用/培训

这里涉及到很多内容。但值得注意的是，故障排除人员应在解决问题时使用所有可获得的工具和现有知识，没有任何方法可以替代这种妥善的处理方式。**PCB**

可能的原因
钻孔/去污与以下有关
1. 钻孔参数/工艺流程选择不当，孔的材料/几何形状控制不当
2. 对于钻孔条件或绝缘材料而言，去钻污过程不充分/不正确
3. 电镀预清洗不正确
4. 评估化学镀铜工艺——找出沉积率过大、催化过度 and 沉积层过厚的流程
可能的解决方案
1. 检验这个绝缘材料和孔几何形状（直径/纵横比）的钻孔参数（进料、速度、钻孔次数限制、工具几何形状）是否正确无误。必要时加以矫正。
2. 检验去钻污过程的工艺参数/控制是否正确无误，是否足以适用于这一绝缘材料。必要时加以矫正。
3. 检验电镀预清洗过程（清洗剂浓度/条件/消耗情况，所有的冲洗过程，微蚀刻活动和持续时间，预浸液浓度/污染程度等）。必要时加以矫正。
4. 检验所有的化学镀铜参数，包括评估面板、催化时间和清洗液清洁度

表4：内层分离的可能成因和解决方案 摘自IPC-9121第7.2部分 孔的预处理和保护



Michael Carano是RBP Chemical Technology的技术和业务开发副总裁。要阅读过去的专栏或联系Carano，请[点击这里](#)。

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

幕布后面的人

by Tara Dunn

Omni PCB

“不要注意幕布后面的人。”

这句来自《绿野仙踪》里的名言让我想起了桃乐丝、铁皮人、胆小的狮子，还有那个稻草人发现了奥兹国魔法师也并非他自己想得那么神奇。他只是绿色幕布后面的操纵者。如今，“幕布后面的人”指的是幕后做决策、想办法的人。EMS公司和PCB制造商中的工艺工程部就可以算是“幕布后面的人”。

我最近和Electronic Systems Inc.公司的Holly Olsen交谈过，我们都认识到一个事实——客户很少会亲自到PCB制造商或EMS供应商的工厂里去了解他们定制的工程产品背后都有哪些工艺流程和难题。正是缺少了这种深入工厂的了解过程，他们很容易忽视这些有助于保证最佳良率的日常决策背后都涉及到哪些知识。我和Holly一致认为，写一些涉及关键流程、幕后决策和客户们常常无法了解到的内容会是很有趣的。

拼板

交付的产品是组装好的印制电路板。但是在EMS供应商和PCB制造商加工的过程中，产品是在较大的面板上制造的，然后再分解成最终成品。

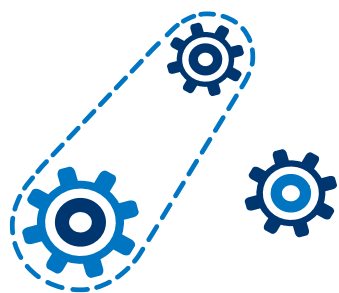
大部分EMS供应商更喜欢指定自己的拼板处理方式。这样一来，他们就可以决定最适合他们所需工艺流程及设备的基准尺寸和位置、定位孔及断裂点。在设计用于加工的理想面板时，线路板面积、板边缘悬挂的元件、板的形状和厚度都是需要考虑的因素。

与此类似，EMS公司收到的产品是一组零件，需要他们

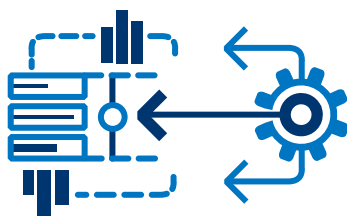
SMART ORBOTECH FACTORY

Your Partner for Industry 4.0

收集并分析来自所有奥宝产品的整合集中的数据，实现一个连接点和 *PCB* 制造商 *IT* 的连接。



自动化



连接性



可追溯性及
数据分析

如需了解详情，请与我们的业务代表联系
www.orbotech.com

对这些零件进行进一步加工。在PCB工厂加工过程中，制造的面板尺寸和零件的位置，或者是制造的面板上的阵列排布，都要根据设计时使用的技术进行调整。制造面板的一般尺寸是18"×24"或21"×24"。随着对技术的要求不断提高，所用的面板尺寸也会不断减小。在客户要求零件排布更紧凑，或是工艺流程需要的配准要比一般标准要求更严格时，面板尺寸通常会缩小到12"×18"。在尺寸较小的面板上，受标

准材料移动的影响会更小一些。当尺寸为12"×18"的面板因为在加工时受到了材料移动的影响而没有得到预期良率时，工艺工程部可能会建议使用面板的中心或“最有效点”来减小这种影响。

纤薄材料的加工

同样，这也是制造商和EMS在幕后施展法力的区域。从EMS的角度来看，厚度小于0.031"的PCB和挠性材料在加工过程中都需

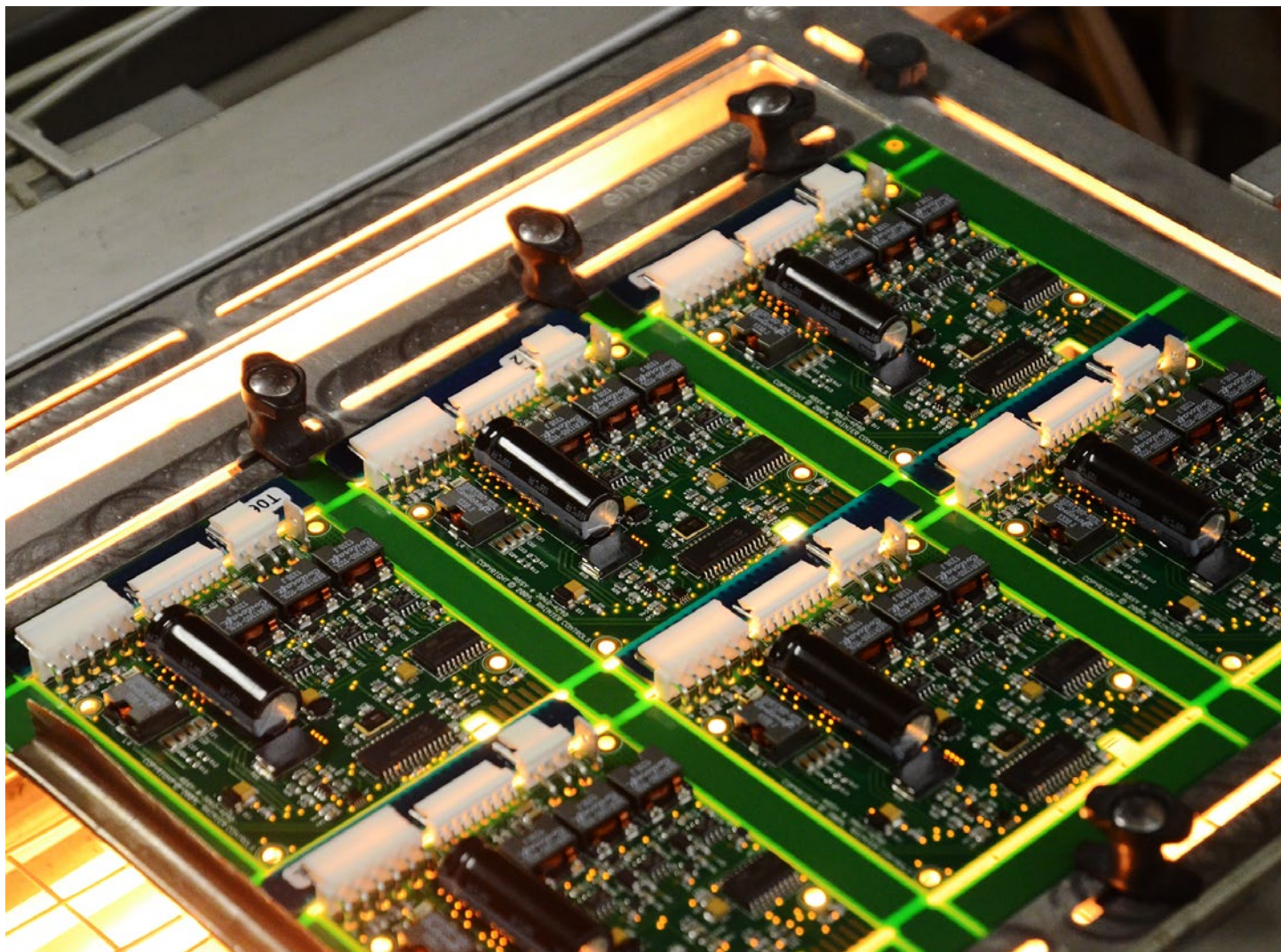


图1：PCB面板设计有助于整个工厂的制造流程

要额外的支撑。纤薄材料会在元件贴装和回流加工过程中出现弯曲和移动。固定阵列的常见方法是创建一个SMT托盘。托盘会在整个加工过程中循环使用。所需托盘数量由生产批量和SMT循环时间决定，以确保制造流程保持在合适的状态。

SMT托盘一定要耐高温且不具有导热性，这样它们才能用于回流加工。CDM Du-rapol ESD就是一种常用的复合材料，它具有耐高温和静电耗散的特性。托盘上的张力销是用来和PCB面板上的定位孔进行对准的，以确保板子在整个加工过程中不会发生移动。

同样，制造商也会对纤薄材料的加工采取预防性措施。通常情况下，面板会用特殊的载具从一个位置运送到另一个位置，而且搬运材料的操作员也要接受一定的培训——从对角拿起材料，这样可以避免材料出现弯曲。在线路图形完成后，铜材料上的任何凹陷和划痕都有极大的可能造成产品报废。因为自动化设备通常不会专门针对用于纤薄材料的装置，所以在面板进入自动化设备时一般会指引型面板固定在制造面板上提供额外支撑。

模板设计

“丝网印刷工艺是SMT工艺流程中最关键的步骤之一，”Electronic Systems公司制造工程师Kevin Buffington说道，“好的钢网和锡膏检查，这二者的组合对产品贴装和回流加工的结果有着重要影响。”丝网印刷工艺要从一个设计良好的SMT模板开始。锡膏的用量和位置对减少/消除焊料缺陷（例如焊料不足、焊接短路和焊料球）至关重要。这一

点可以根据元件不同通过给印制电路板选用合适的金属箔厚度和孔径来实现。钢网设计参数是根据元件的纵横比和面积比开发出来的。这些比率是根据钢网开孔尺寸和钢网厚度计算出的允许锡膏通过的尺寸。虽然不太提倡这种做法，但是在个别情况下，设计中会有体积小、间距窄的元件和一些非常大的元件同时存在，这时就可能会用到阶梯钢网来保证有足够的锡膏供大元件使用。顾名思义，阶梯型钢网可以加强特定区域的钢网厚度从而放置更多的锡膏。

框架钢网既可以是固定框架也可以是通用框架。钢网的尺寸范围通常是15"×15"~23"×23"，材质可以是实心铝框也可以是中空铝框。顾名思义，固定钢网是永久固定在框架上的；而使用了通用框架的钢网可以根据需要做出调整。

尽管IPC规定了设计元件间距的最佳实践，但设计师们如今都致力于缩小元件间距并推动标准化工艺不断进步。为了让线路间的距离更小、空间更紧凑、组装元件时间距更小，制造商和EMS供应商在不断改善他们的工艺。在设计初期就让PCB制造商和EMS供应商参与进来，这样有助于确保产品的可制造性。更好的方法是，你可以参观工厂，了解一些PCB和PCBA制造过程中的幕后故事！**PCB**



Tara Dunn, Omni PCB总裁。该公司是一家制造商代表企业，专营印制电路板。阅读以往专栏或联系Dunn，请[点击此处](#)。

21世纪的 制造设施—— 自动化绿色工厂

by Alex Stepinski
Whelen Engineering



自从北美和欧洲不再是全球PCB制造的中心区域，已经过了15个年头，中国市场以其较低的劳动力成本、宽松的市场环境要求和政府的大力支持代替了北美和欧洲成为了这个行业的中心。短短几年内，这个新兴的市场龙头凭借着成本优势取得了PCB批量生产市场，西方国家只剩下几家在生产军事产品和专用技术应用的工厂得以存活至今。

可是，现在的这种稳态似乎又要发生改变。新兴的自动化革新和绿色污染物处理技术结合下一代工艺设备的创新点，这让一些新成立的工厂在任何地方生产PCB都能快速获得投资回报（ROI）。本文旨在解释这种新兴行业动态，我们在新罕布什尔州的封闭工厂内安装了这种新型环保装置，在此我会提供

几个案例分析。

自动化

在过去的5年中，PCB生产自动化业务中



图1：全自动化PCB工厂的要求

创新: 翘楚所为。

ESI先进激光加工方案
助力软板加工业内龙头，
用创新占先机。

什么才是您明智的不二之选？
答案就是ESI的激光加工方案。
卓有远见之选，助您扶摇之力。

选业界翘楚之选，
由ESI来满足
您的软板钻孔之需。

esi®
卓越设计，精湛制造

ESI的激光加工解决方案的软板系列

5335™ **Flex5335™** **5335xi™**
GemStone™ **LodeStone™** **RedStone™**



更多信息请访问www.laserprocessing.cn

WHELEN加工顺序		WHELEN劳动力要求	
1	装载机	工人 #1	工人 #3 (后备)
2	去毛刺		
3	在线装载/卸载		
4	导电聚合物/水平镀铜		
5	在线装载/卸载		
6	预清洁		
7	30面板智能缓冲机（随机存取）		
8	喷墨线路成像		
9	在线装载/卸载		
10	30面板智能缓冲区（随机存取）		
11	镀锡		
12	先进先出缓冲机		
13	脱膜（电镀&蚀刻）		
14	90°转变方向		
15	蚀刻		
16	脱膜（印制&蚀刻）		
17	在线装载/卸载		
18	镀锡带钢		
19	在线装载/卸载		
20	氧化物/掩膜层预清洁	工人 #2	
21	在线装载/卸载		
22	氧化物后浸		
23	在线装载/卸载		
24	阻焊层保护涂层		
25	阻焊层点固焊烤箱		
26	在线装载/卸载		
27	使用机器人的 LDI		
28	在线装载/卸载		
29	2台使用机器人的文字印刷机		
30	在线装载/卸载		
31	最终固化		
32	在线装载/卸载		
33	90°转向		
34	HASL预清洗		
35	HASL		
36	HASL预清		
37	90°转向		
38	卸载		
线下工艺流程			
I	钻孔/铣边/切割	工人 #4	
II	ET/最终检查/装运	工人 #5	
III	叠层/层压/等离子体处理	工人 #6	
IV	维护	工人 #7	

图2：工艺流程（外层加工速度为50块面板/小时，多层板加工速度为18块面板/小时）

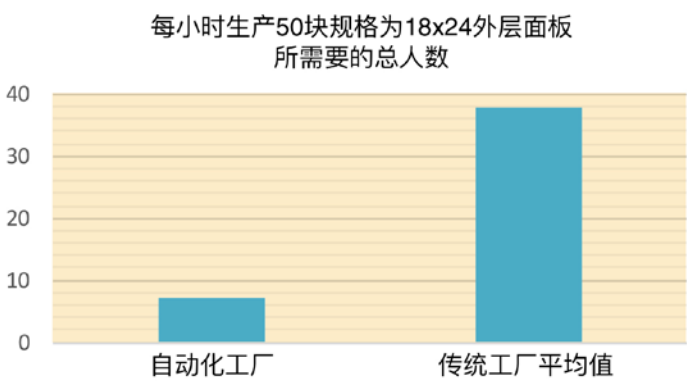


图3：每小时生产50块18 × 24外层面板所需要的总人数

新研发出的设备数量在以10的倍数上涨。在中国的大型行业展会上，几乎所有参展的工艺设备都加入了自动化工艺流程。相比单一设备上简单的装载/卸载自动化工艺，很多串联式工艺的自动化可以实现更高的劳动效率，尤其是当这些完全设计好的工艺流程链中包含了在线式QC/故障管理和自动产品控制的时候。Whelen公司的全自动生产线的完整数字加工流程包含38台集成式设备。

虽然自主运输系统也可以在没有开放式车间格局的情况下使用，但工艺流程间的转换只有将工艺步骤以连续在线的方式布放在一起的时候才能实现最佳成本效益。有了在线式配置，自动化设备的成本以及这个设备的占地空间至少可以减少35%，因为再也不需要单独的装载机/卸载机了。使用市面上现有的工具，可以将在线QC检测（AOI）甚至是电气测试整合到设备当中。我的的线路成像工艺流程中还直接整合了在线AOI扫描仪，这种方式已经经过证实漏报数极少，所以可以作为整个线路成像工艺所需的唯一方案。

工艺流程效率的提高促使生产周期变

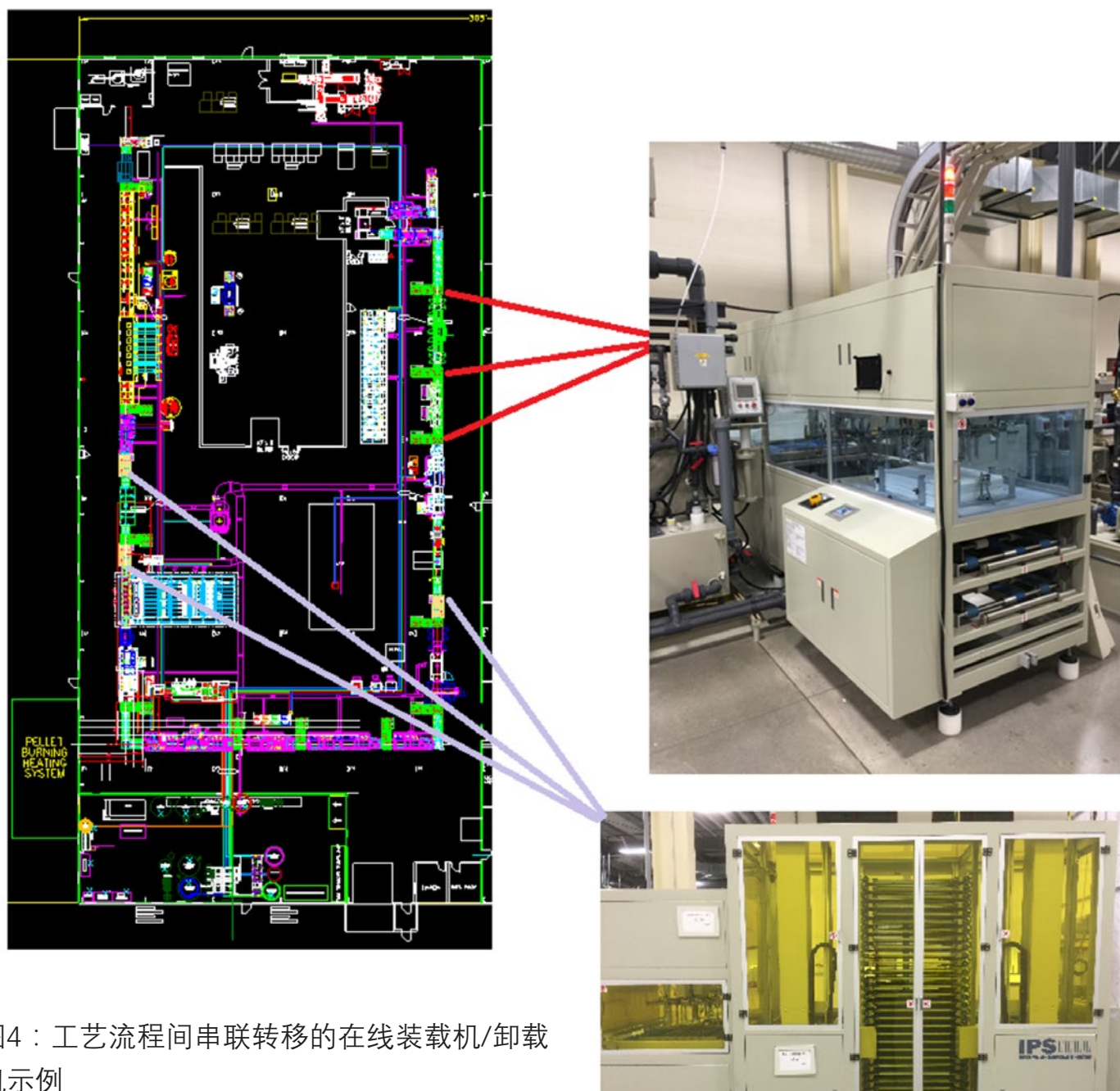


图4：工艺流程间串联转移的在线装载机/卸载机示例

短，生产控制所需的成本也随之降低。缩短了生产周期的在线工艺将生产控制的内容减少到只需要做出2个决策，之后这项任务就可以实现高速自动化：

- 1) 决定工作提交的优先顺序，不需要考虑工艺流程内优先顺序的变化；
- 2) 根据质量反馈/问题管理，决定是否有必要

重新制造。

工艺生产线中包含了数十个便宜的冗余光纤传感器，可以在加工时实时跟踪任务完成情况。这个信息可以轻易地直接实时添加进SQL数据库。Oracle 12c两个账户年度使用权限的费用等同于谷歌市场上简单易用的可视化软件12个账户年度使用权限的费用，后



图5a：可视化的工作变化和分析示例（谷歌市场提供的LeanKit Software整合了SQL，可以通过电脑、平板和智能手机使用）

Flow/Forecast (Cumulative Flow & Burn-Up)

通过我们工艺流程的任务的流畅程度如何？

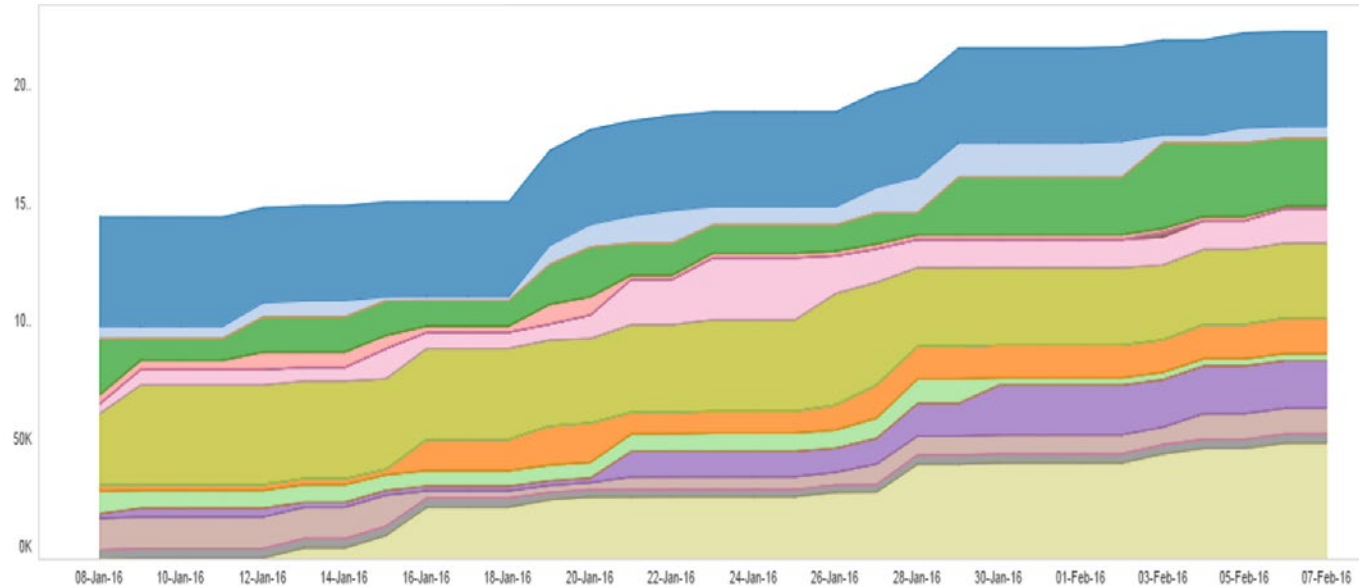


图5b：可视化的工作变化和分析示例

Distribution of Cards

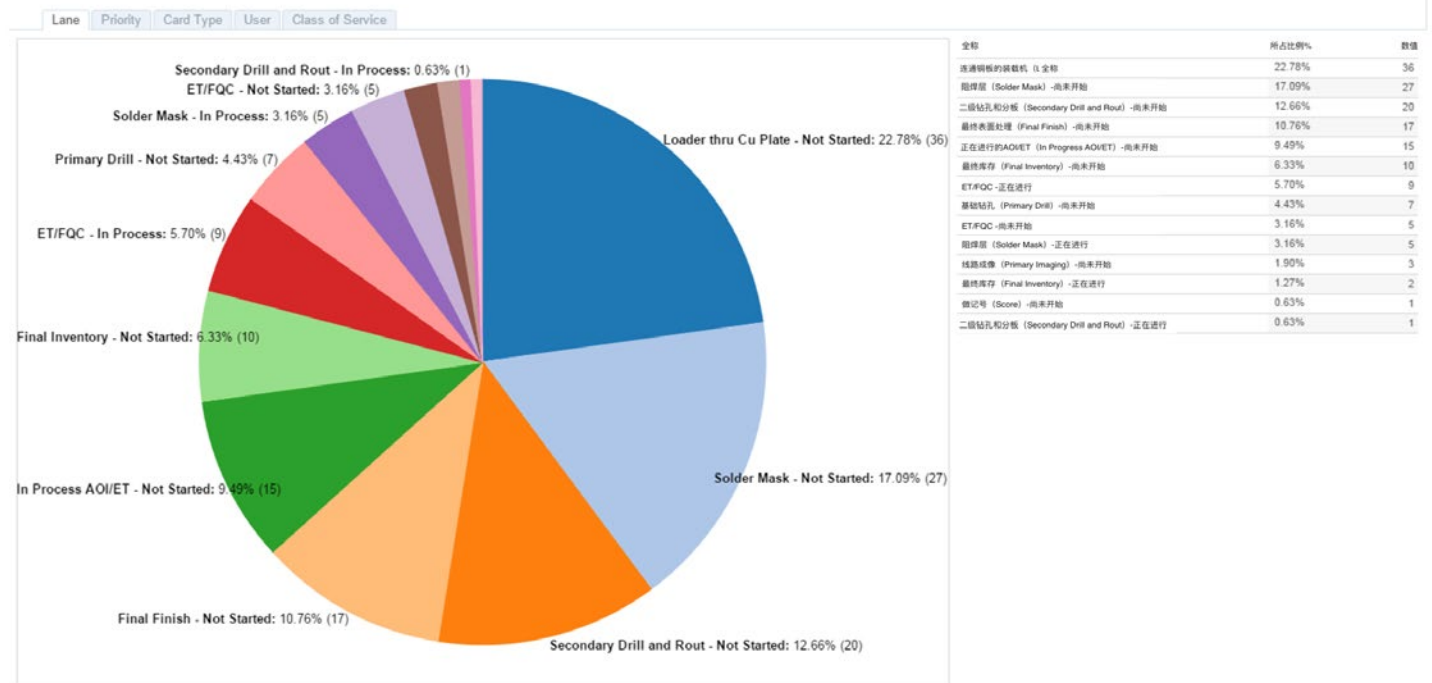


图5c：可视化的工作变化和分析示例



图6：化学品用量自动化系统示例

者也同样整合了SQL后端。之后可以整合到ERP、QMS和Mediawiki系统当中。以\$30/月的价格使用Lynda.com可以完成整合工艺所需要掌握的自学内容（项目经理花了3个月的时间反复训练才在Whelen的网站上完成这个项

目）。

通过减少错误并提供可编程的警报，化学品用量、清洁循环和废液管理的自动化成本会变得相当便宜并且很快就可以收回成本。通过将日储槽的尺寸设定为和购买的包装一样大的尺寸，并且和连续传感器集成在一起，这样就可以在网页上建立一个工厂化学品库存实时查看的链接。现在已经证实，使用此技术的一家工厂一般每周只需要用20小时的实验室分析就可以。

一旦所有的编程逻辑被编入工厂自动化程序，会立刻生成一个统一、实时的问题列表，用来推动实施策略纠正措施来解决提出的问题，并不断改善系统性能。开放资源Bugzilla软件（同样也有SQL后端）的一个修订版可以用来管理这个流程。当问题没能

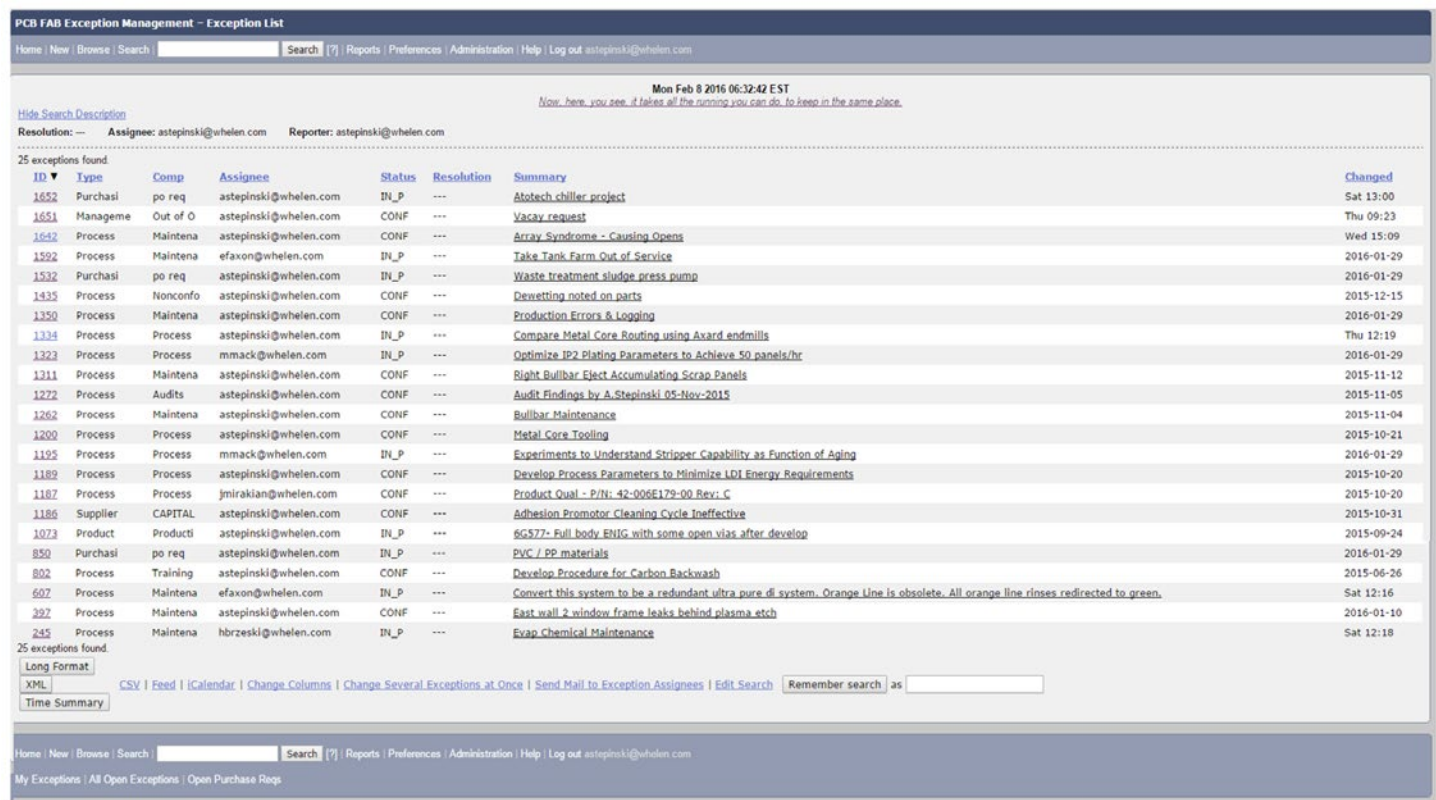


图7：操作项目的统一实时网站列表示例

PCB工厂中对环境影响最大的废液	示例对策
流出的废液	废液回收
使用过的蚀刻剂	蚀刻剂闭环式回收
F006工业污泥	使用F006原料点源系统
氨气	蚀刻剂闭环式回收
溶剂排放	在设计时不使用有毒溶剂

图8：PCB生产操作过程中对环境的影响最大的废液

得到及时解决时，这个软件会自动上报。使用这个软件也让定期的管理审查变得更加方便。软件设置只需花上几天的时间，并且是免费的。

总的来说，全自动工厂的控制可以让成本大幅降低。这是因为通过减少或消除处理和保存时间，大多数PCB工厂的在线式工艺流程都

可以不使用清洁剂、微蚀刻剂以及抗氧化镀液。这种方式直接节省了化学品的购买成本和废料处理成本。在大多数PCB工厂中，因为工艺流程多变性较强，为了弥补这一点往往会造成用量平均目标值出现较大偏差；而如今工艺流程不再多变，化学品用量和工艺设置点能够减少，所以损耗成本几乎为零。

WASTE WATER TREATMENT SYSTEM										维护				
标准生产										维护				
工艺流程	标准操作产生的废液	pH值范围	特点	工作容积 (L)	每小时废液容积 (L)	每周每小时产量	每周产量	碳酸盐TDS (mg/L)	TDS (kg/周)	维护操作产生的废液	废液产量	pH值范围	特点	碳酸盐TDS (mg/L)
去焊剂	过硫酸盐清洗剂冲洗	5-9	绿线	360	300	50	15,000	130	1.95	处理废液	360	5-9	绿线	130
水平电镀装置	过硫酸盐清洗剂	1-2	蓝线	155	1.2	45	54	33,000	1,782	处理废液	155	1-2	蓝线	33,000
水平电镀装置	过硫酸盐清洗剂的循环冲洗	1-4	蓝线	103	0	45	0	2,000	0	处理冲洗废液	103	1-4	蓝线	2,000
水平电镀装置	过硫酸盐清洗剂的循环冲洗	4-7	绿线	310	40	45	1,800	500	0.9	循环冲洗废液	310	4-7	绿线	500
水平电镀装置	调节剂	8-10	蓝线	207	0.2	45	9	42,000	0.378	处理废液	207	8-10	蓝线	42,000
水平电镀装置	调节剂清洗剂冲洗	7-9	蓝线	103	0	45	0	2,000	0	处理冲洗废液	103	7-9	蓝线	2,000
水平电镀装置	调节剂清洗剂冲洗	7-9	绿线	310	40	45	1,800	500	0.9	循环冲洗废液	310	7-9	绿线	500
水平电镀装置	脱脂剂冲洗	5-8	绿线	103	0	45	0	2,000	0	处理冲洗废液	103	5-8	绿线	2,000
水平电镀装置	脱脂剂	5-8	蓝线	415	0.3	45	14	112,000	1,512	使用过氧化氢脱脂剂清洗	415	1-2	蓝线	139,000
水平电镀装置	脱脂剂清洗剂冲洗	5-8	蓝线	103	0	45	0	2,000	0	处理冲洗废液	103	5-8	蓝线	2,000
水平电镀装置	脱脂剂循环冲洗	5-7	绿线	310	40	45	1,800	500	0.9	循环冲洗废液	310	5-7	绿线	500
水平电镀装置	导电剂自给	1-2	红线	150	0.2	45	9	28,000	0.252	处理废液	150	1-2	红线	28,000
水平电镀装置	导电剂自给清洗剂冲洗	2-7	红线	103	0	45	0	2,000	0	处理冲洗废液	103	2-7	红线	2,000
水平电镀装置	导电剂自给物循环冲洗	4-7	绿线	310	40	45	1,800	500	0.9	循环冲洗废液	310	4-7	绿线	500
水平电镀装置	脱脂剂清洗	0-2	蓝线	103	0	45	0	150,000	0	处理废液	103	0-2	蓝线	150,000
水平电镀装置	脱脂剂	0-2	蓝线	5000	0	45	0	388,000	0	处理废液	5000	0-2	蓝线	388,000
水平电镀装置	脱脂剂循环冲洗	1-4	蓝线	103	0	45	0	3,000	0	处理冲洗废液	103	1-4	蓝线	3,000
水平电镀装置	脱脂剂循环冲洗	4-7	绿线	310	40	45	1,800	500	0.9	循环冲洗废液	310	4-7	绿线	500
油墨清洗站	过硫酸盐清洗剂	1-2	蓝线	190	1	50	50	33,000	1.65	处理废液	190	1-2	蓝线	33,000
油墨清洗站	过硫酸盐清洗剂的循环冲洗	1-4	蓝线	115	0	50	0	2,000	0	处理冲洗废液	115	1-4	蓝线	2,000
油墨清洗站	过硫酸盐清洗剂的循环冲洗	4-7	绿线	190	6	50	300	500	0.15	循环冲洗废液	190	4-7	绿线	500
锡板	锡板清洗液	0-2	蓝线	965	0	45	0	150,000	0	处理废液	965	0-2	蓝线	0
锡板	锡板1号槽	0-2	蓝线	2840	0	45	0	392,000	0	处理废液	2840	0-2	蓝线	392,000
锡板	锡板2号槽	0-2	蓝线	2840	0	45	0	392,000	0	处理废液	2840	0-2	蓝线	392,000
锡板	锡板清洗液冲洗	1-4	蓝线	965	0	45	0	10,000	0	处理冲洗废液	965	1-4	蓝线	10,000
锡板	锡板清洗液冲洗	3-7	绿线	965	480	45	0	800	0	处理冲洗废液	965	3-7	绿线	800
锡板	锡板水平清洗冲洗	2-7	绿线	0	480	45	0	500	0	-	-	-	-	-
锡板	锡板清洗液	0-1	蓝线	245	0	45	0	431,000	0	处理废液	245	0-1	蓝线	0
抗蚀剂1	抗蚀剂清洗液1	10-11	红线	570	12	45	42	214,000	8,988	处理废液	570	10-11	红线	0
抗蚀剂1	抗蚀剂清洗液1 曝光	10-11	红线	190	0	45	0	187,000	0	处理废液	190	10-11	红线	0
抗蚀剂1	抗蚀剂清洗液1 循环冲洗	7-11	红线	114	0	45	0	5,000	0	处理冲洗废液	114	7-11	红线	5,000
抗蚀剂1	抗蚀剂清洗液1 循环冲洗	7-10	橙色线	341	480	45	21,600	150	3.24	循环冲洗废液	341	7-10	橙色线	150
蚀刻	蚀刻剂	8-9	氧化+电解/机械	3200	0	50	0	185,000	0	-	-	-	-	-
蚀刻	三槽循环冲洗	7-8	电蚀剂	341	0	50	0	500	0	-	-	-	-	-
抗蚀剂2	抗蚀剂清洗液2	10-11	红线	570	12	5	5	214,000	1.07	处理废液	570	10-11	红线	0
抗蚀剂2	抗蚀剂清洗液2 曝光	10-11	红线	190	0	5	0	187,000	0	处理废液	190	10-11	红线	0

图9：废液特性分类示例



图10：Whelen Engineering的零废水排放系统

绿色加工技术

对于PCB行业而言，在设计时去除有毒化学品的使用并循环利用水资源和化学品，

这样的做法前景非常好，但很少有工厂实现了这一点。受到成本上升、回收物减少的限制，大多数系统最多能实现75%左右的循环

零废水排放&蚀刻剂回收		同等标准下回收率为75%的回收系统
水	\$8	\$3,099
电力	\$798	\$714
丙烷	\$2,092	\$0
废料处理化学品	\$511	\$1,354
维护	\$812	\$680
搬运污泥	\$1,521	\$462
许可证成本&监管分析	\$0	\$2,200
劳动力	\$3,200	\$9,600
铜回收	-\$6,758	\$6,100
月总额	\$2,184	\$24,209
相比“行业最佳操作”，绿色方案全年节省成本		\$264,300

图11：零废水排放化学废料管理成本vs.行业最佳实践

操作	影响
将所有的第一遍冲洗都转变为静态清洗&增加循环水洗流速弥补喷流较小	IX再生物减少了70%；浓缩废料增加了25%；浓缩废料总量净减30%
开发一个闭环回收铜系统	不再需要支出蚀刻成本，并且可以从回收到的纯度为99.99%的铜中获得现金。此外，±2%的稳定蚀刻率可以避免氨气排放到洗涤器当中，还可以将蚀刻冲洗液回收回到蚀刻器中
不再使用清洁剂、微蚀刻剂、预浸液和抗氧化剂	废液处理系统和化学品成本降低
尽可能将处理液的温度升高，并且从酸洗液中补充蒸发损耗	浓缩废料量减少了25%
开发一个闭环脱膜工艺流程	在化学品使用和处理上一年节省了超过\$20,000
开发一个闭环F006原料冲洗回收工艺	F006有毒废料减少了95%
导电性聚合物金属化处理	避免甲醛化学镀铜
使用喷墨进行线路成像	避免使用预清洁剂、显影剂、锡板清洁剂/微蚀刻剂/预浸液以及脱膜化学品
水平脉冲镀铜&不溶性阳极	废料大幅减少，提高厚度公差范围。因为粗糙程度可以控制，所以不再需要微蚀刻工艺来增加粘附力
零废液排放废物处理	不再需要申请许可证，节省了水资源
旋氧等离子蚀刻	不再需要溶剂和/或带有有毒气体的等离子体进行化学去污

图12：Whelen公司“绿色”决策的关键

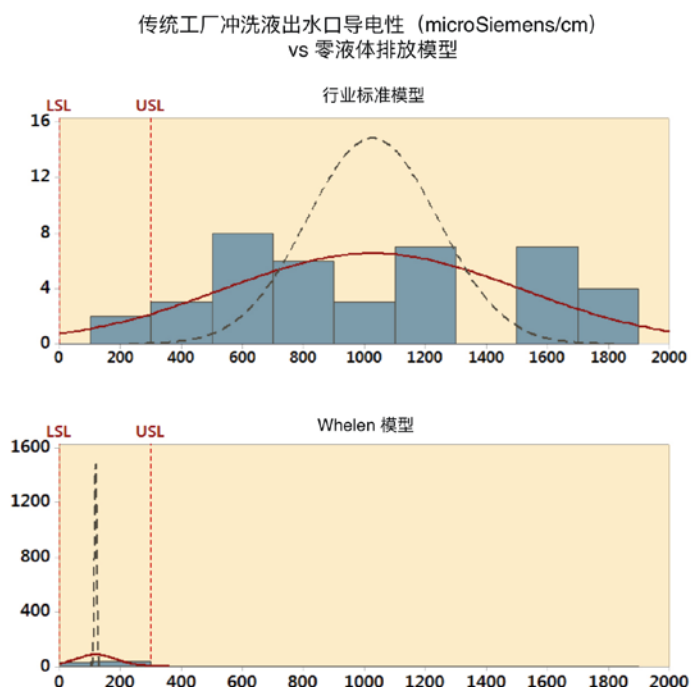


图13：失效清洗水导电性的对比



图14：水平导电聚合物金属化处理，以及脉冲电镀铜

率。造成这一上限的原因是传统技术（薄膜系统和离子交换）同样也会持续或通过回收再生大量的盐溶液——这一副产品的处理成本相当昂贵。

建造零废水排放、经济型PCB工厂的关键在于要对每种废液做出恰当研究，必要时调整其属性，并且分离液体让整个方案实现最佳效率。控制生成点的废液是实现高效率的关键。此外，化学品供应商总是在出售那些将会“失效的”化学品，这样客户就需要购买新产的化学品来替换它们。实际上，他们还研究了如何才能让化学品尽快失效（回想一下之前的Tobacco Institute, Inc.）。如果不这样做，他们就不能盈利。通过做一些研究，改良配方得到可以永久有效的化学品，或是利用自动化工厂的高级控制来减少消耗，这样可以大量减少管控成本和工艺成本。

对于资本支出小于100万美元的工厂，可以通过综合使用离子交换、薄膜、蒸馏和结晶的方式实现零排放处理系统，还可以回收蚀刻剂（能够支撑效率为10,000块面板/周的外层操作）。与当前的行业最佳操作方案相比，这种方式可以节省资金成本。

还应注意的是，在一个设计良好的零废水排放环境中，是没有必要节水的；相反，重点应该放在整厂的TDS（溶解固体总量）预算上，以及特定关键污染物的分析。供水量只是受到管道尺寸的限制。比如说，为了让烟雾洗涤器中的吸收最大化，可以以10加仑/分钟的速度将DI水连续流经洗涤器系统的储液槽中。此外，不论需要与否，都可以用3-5加仑/分钟的速度供入清洗液。有了闭环系统，就不需要以清洗质量为代价节约用水量。电导传感器上集成的升降台可以自动鉴

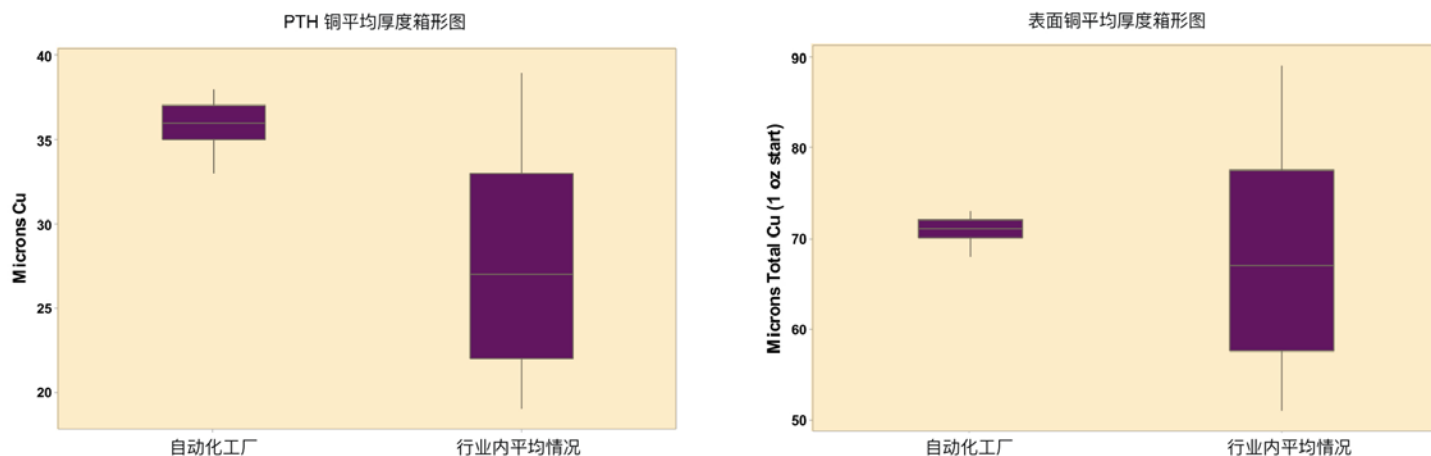


图15：铜厚分析结果



图16：整合了AOI的打印抗蚀剂设备



图17：整合了摄像头和装载机/卸载机的多用途钻孔/分板单台系统

别出失控的废液流，这样一来维修团队就可以快速采取纠正措施。同时，新的清洗水导电性始终和DI质量一致。

新设备技术

在过去的十年当中，水平电镀技术、直接成像、喷墨和CNC设备都得到了飞速发展，但北美和欧洲的工厂只能实现这些技术中的一部分。

水平镀铜技术在美国市场中十分少见。目前最先进的水平电镀装置可以以100%的均镀力，在18分钟内以50块面

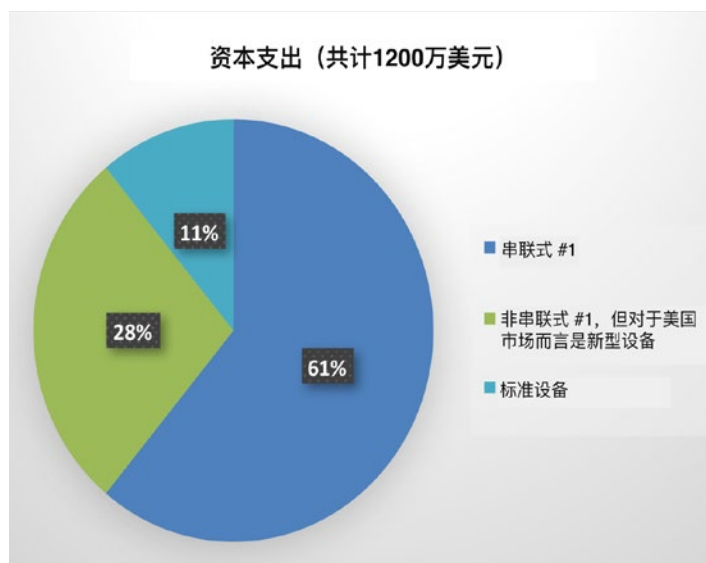


图18：Whelen Engineering公司的资本支出

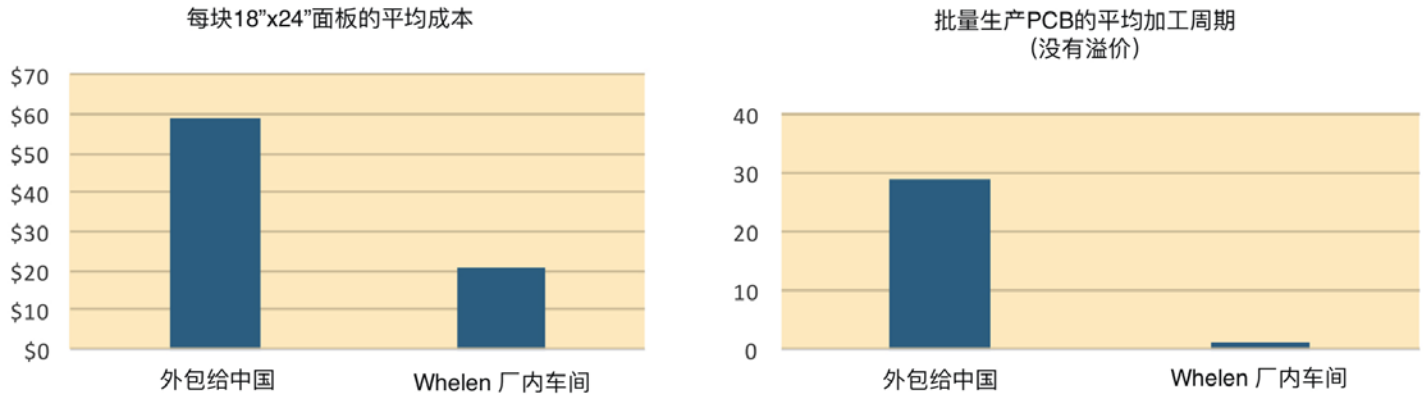


图19：自动化工厂区分性能的指标

板/小时的速度镀上30微米（1.2mils）的铜。对于大多数设计而言，这只是标准垂直电镀所需成本和厚度变化的一小部分。这些电镀装置同样也可以填充盲孔、通孔甚至是用来嵌入传输线的沟槽，可以达到1mil和2mil的分辨率。美国只有2家工厂有这种设备，但是在亚洲却有几百台这样的设备。在Whelen Engineering，这个工艺流程能实现的总表面铜厚变化只有3%。除此之外，该工艺还可以控制每个独立不可溶阳极上的脉冲轮廓（从而控制表面粗糙度），这样一来就不再需要为了粘结抗蚀剂而对铜表面进行减层法蚀刻。

直接成像技术出现在市场上已经有一段时间了，通常是用作大规模生产的工具。在慕尼黑举办的电子产品展上，到处都是新款LDI和MDI，它们比传统UV激光系统的操作成本更低一些。如今，直接喷墨工艺也在蒸蒸日上，其中一些工艺流程还整合了AOI方案。

新推出的经济型单台CNC系统可以用相同的主轴进行钻孔/铣边，其自动装载/卸载功能和集成在设备上的摄像头增加了系统的灵活性，可以在多品种高混合环境中使用，节

省了大量成本。

总结

将以上提到的所有自动化、污水处理和新设备技术都整合在一起后，可以节省大量PCB成本。新罕布什尔工厂的稼动率只有35%，但其运营成本反而比之前发往中国制造还减少了50%以上，并且3年内就回本了。

如果稼动率比35%更高，工厂回本更快。为了完成PCB工厂项目，公司必须要承担巨大的风险将89%的工厂预算投入新技术和新兴技术当中。北美、欧洲地区，甚至是成本和环保问题不断严峻的亚洲，未来与现存工厂都可以从这项研发成果中获益。**PCB**

编者按：了解更多关于Whelen工厂的信息，[请点击这里](#)。



Alex Stepinski是Whelen Engineering公司PCB制造部经理。

适用于垂直连续 电镀工艺的高分 散能力直流酸性 镀铜溶液配方

High-Throw DC Acid Copper Formulation for Vertical Continuous Electroplating Processes

by Saminda Dharmarathna, Ivan Li, Maddux Sy, Eileen Zeng, Bob Wei, William Bowerman, and Kesheng Feng

MacDermid Enthone Electronics Solutions

摘要

现代消费类电子产品发展速度极快，电子行业在过去的几十年里突飞猛进。新的电镀铜配方是制造印制电路板和半导体的必然需求。具有高分散能力，出色的热可靠性以及能进一步提高产量的酸铜电镀液，在高纵横比线路板生产过程中变得极为重要。

本文我们会讨论可以同时用于传统垂直生产线和垂直连续电镀线（VCP）应用的创新性直流电镀铜金属化配方，用于制造高纵横比PCB，能保证极高的热可靠性并能进一步提高产量。该产品配方有着非常宽泛的电流密度操作窗口。最重要的是，对于如今的PCB制造，使用此高分散能力直流电硫酸铜溶液进行生产可以应用较高电流密度，实现较高的产量并保证出色的热可靠性，进一步提升产品的性能。对于此配方产品来说，在电流密度10–30ASF范围内，纵深比AR为8:1的通孔深镀能力可以达到 $\geq 85\%$ 。同时，这一配方产品可以得到具有



環球集團

World Wide Group



INTERNATIONAL PRINTED CIRCUIT & APEX SOUTH CHINA FAIR

2017国际线路板及电子组装华南展览会
Presented by HKPCA & IPC 由HKPCA及IPC联合主办

MITSUBISHI ELECTRIC
三菱电机授权代理商
双台面CO₂激光打孔机



SCREEN
網屏
全自动直接成像机 LEDIA 6(DI)



Hakuto
自动贴膜机 (硬板及FPC软板)
FPC片对卷贴膜机



MITSUBISHI ELECTRIC
三菱电机授权代理商
双台面UV激光打孔机



SCREEN
網屏
自动光学外观检查机
MIYABI 7(AOI)



SCREEN
網屏
最终外观检查机
FP9000 (AVI)



Hakuto
FPC 卷对卷曝光机 (单卷/双卷)



sales@worldwidegroup.com.hk
www.worldwidegroup.com.hk

香港总公司
电话: (852)2415 6686
传真: (852)2415 3130

东莞
电话: (0769)8700 1101
传真: (0769)8862 5400

上海
电话/传真: (021)6418 6946



环球集团 科耀机电



光泽性，并有很好的延展性的沉积铜。通过对其电镀参数进行优化，可以让镀铜沉积物的微观分布得到改善，从而进一步提升抗拉强度和延伸率等性能。通过检测不同使用寿命下电镀液获得的镀铜层物理性能，我们得到的镀层物理性能指标：延伸率 $\geq 18\%$ ，抗拉强度 ≥ 40000 磅/平方英寸。所有的添加剂组分都可以通过循环伏安法测量仪器（CVS）分析并进行控制。

简介

铜具有较强的导电性，而且与其他像银这样的高导电性能的金属相比，成本要低一些。因此，在过去的几十年中，PCB和半导体的大规模生产对铜材料的使用量呈指数增长^[1]。随着线路板设计，生产的日益复杂，对镀铜层沉积的均匀性和物理性能有了更高的要求。尤其对于较高纵横比通孔的电镀，在整个通孔获得均匀的镀层分布是一个很大的挑战。在PCB厂的质量检验中，如果通孔的中心孔壁镀铜厚度达不到标准，那么这块电路板会被客户拒收。另外，电镀铜层应该满足PCB行业或者客户对于产品物理特性的最低要求，例如抗拉强度和延伸率（T&E），这样才能满足高温环境下的应用^[2]。

PCB行业中大量使用了硫酸铜镀液，这是因为和其他酸性溶液比起来【比如MSA（甲磺酸）】，它的维护成本要低一些。一般的硫酸铜镀液含有硫酸铜、硫酸、氯离子和有机添加剂。这些添加剂在控制沉积物分布和性能上发挥了重要作用。为了满足电镀过程的特定目标，添加剂的浓度需要得到合理的监控。在特定控制范围内，各添加剂协同作用，可以改善厚度分布、物质迁移，消除电镀颗粒结节，并

填充盲孔。也就是说，这些添加剂能起到整平、增亮和抑制的作用。整平剂是一种较弱的抑制剂，可以吸附到特定位置上，比如基材的微观谷处或峰处^[2]。

在微观轮廓面前，扩散层会在基材峰处趋于变薄、在谷处趋于变厚。这种情况下，如果在电镀时不使用整平添加剂，微观轮廓会被进一步扩大。另一方面，如果使用了整平添加剂，那么峰处的电镀就会被抑制，微观轮廓就会减弱。光亮剂也叫做抗抑制剂，它能减少抑制作用。最重要的是，它同时也是一种晶粒细化剂，可以帮助沉积得到不具有方向性^[4]且具有完美晶体结构的铜层。因此，光亮剂对沉积物的最终结构和物理性能（例如抗拉强度和延伸率）有着最为重要的影响。

抑制剂在氯离子的作用下吸附在阴极上，增加了扩散层的有效厚度^[3]。因此，随着电镀电流升高，沉积层变得更加均匀，并且可以在不烧焦的情况下得到更紧密的沉积铜层。这一改良过的扩散层可以帮助改善镀层的分布，尤其是在高分散能力应用过程中。随着具有高纵横比通孔的线路板制造的不断发展，在过去的几十年中，市场对具有高深镀能力的酸性电镀铜产品的需求急剧攀升。尤其是对高纵横比通孔直流电镀通产品的需求极大，因为这种工艺相对简单，且所需设备成本不高^[1, 2]。

在本文中，我们会展示一种革新性直流高深镀能力酸性电镀铜系统，可以在具有高纵横比的PCB上得到较高的深镀能力同时具有优异的热可靠性。这一系统可以在高电流密度下进行电镀，并且没有表面外观问题（颗粒，烧焦等）。电流密度CD范围是10–30ASF，纵横比AR8:1的情况下测量到的微观分布（MD）是 $\geq 85\%$ 。

为了获得较高的深镀能力、增强电镀金属的机械性能（例如抗拉强度和延伸率），我们在不同电流密度下进行了多次测试。同时还研究了电镀铜的热可靠性和结构。

条件和电镀液成分

表1显示了操作条件和最佳的添加剂含量。一般情况下，镀液的酸性越强高分散能力越高，引文镀液在孔内的导电性更强。

测试板

选用了不同厚度，不同通孔孔径的测试板，覆盖了一定范围的纵横比。工艺能力评估测试中使用的板厚度为1.6 mm、2.4 mm和3.2 mm，通孔直径分别是0.2 mm、0.25 mm和0.35 mm。通孔纵横比（AR）范围是4.6:1至16:1。不同厚度测试板都在同一时间电镀于同一个镀槽中，完成后进行金相切片测量计算出相应的深镀能力

工艺流程包括以下操作：

- 酸性清洁剂——将孔润湿并移除所有有机污染物
- 去离子水冲洗

- 微蚀刻——进一步粗化表面，确保铜层之间的完美粘合
- 去离子水冲洗
- 酸浸——在电镀之前酸化铜表面
- 在酸性铜镀液中电镀铜

金相切片分析

金相切片分析是从样品准备过程开始的，是从线路板或测试面板的测量区域内切割下一部分。为了得到更贴近通孔的平整表面，要预先对切片进行研磨。使用塑料定位针将切片和研磨表面垂直对齐。然后使用快速固化的丙烯酸树脂来装填切片。硬化剂和树脂的比率是1:1，它可以实现最佳渗透效果，达到较快的固化速率（10–15分钟）。在切片固化之后，会继续研磨、抛光并用金相显微镜测量检测，从而得出深镀能力数据。图1是一个通孔的横截面，显示出了测量厚度的点。

微观分布

微观分布的定义是通孔中央沉积铜的平均厚度和表面沉积铜平均厚度的比。根据以下公式计算得出：

阳极电流密度	1.0–3.5ASD (10-32ASF)	2.2 ASD (20 ASF)
温度	20°C–27 °C(68-80 °F)	23°C (73°F)
材料A润湿剂	3 – 8 mL/L	5 mL/L
材料A光亮剂	0.7 – 1.3 mL/L	1 mL/L
材料A整平剂	7 – 13 mL/L	10 mL/L
硫酸铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	60 – 80 g/L	70g/L
游离Be电子级66°硫酸溶液	190 – 210 g/L	200 g/L
氯离子 (Cl^-)	50 – 70 ppm	60 ppm

表1：镀液成分

$$\text{微观分布} = \frac{(C + D)/2}{(A + B + E + F)/4} \times 100\% \dots \text{公式 1}$$

结果

微观分布

微观分布 (MD) 是孔中央平均镀层厚度和表面平均镀层厚度的比值, 如图1所示。要谨慎使用MD%, 因为板厚是有差异的, 而且直径相同的孔在图2、3、4所示的更厚铜板上电镀时难度会更大。在同一电流密度下, 相同直径的孔在较厚线路板上的MD较低。举个例子, 1.6 mm厚板上直径为0.2 mm的孔在10ASF

下测量到的MD是90%, 而2.4 mm厚板上直径为0.2 mm的孔在10ASF下测量到的MD是75%。此外, 3.2 mm厚板上直径为0.2 mm的孔测量到的MD是61%。因此, 纵横比应该用来界定电镀的难度。

另一个决定MD%的关键因素是传质性能, 它与扩散程度成正比。虽然有很多因素都会影响到扩散程度, 但在电镀完成时电流密度就成了一个很重要的因素。阴极电流密度较高时, 阴极周围的大量的电子会加速铜离子还原为铜金属。因此, 扩散层里的铜离子将快速耗尽。如果扩散层的铜离子不断减少而且没有从扩散

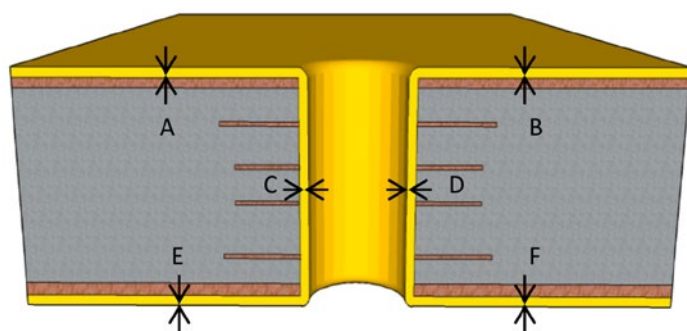


图1：电镀面板的横截面

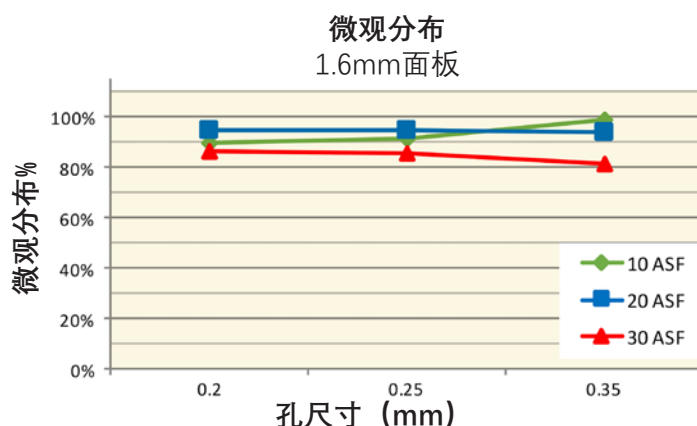


图2：厚度1.6 mm, 纵横比为8:1、6.4:1和4.6:1的面板的微观分布

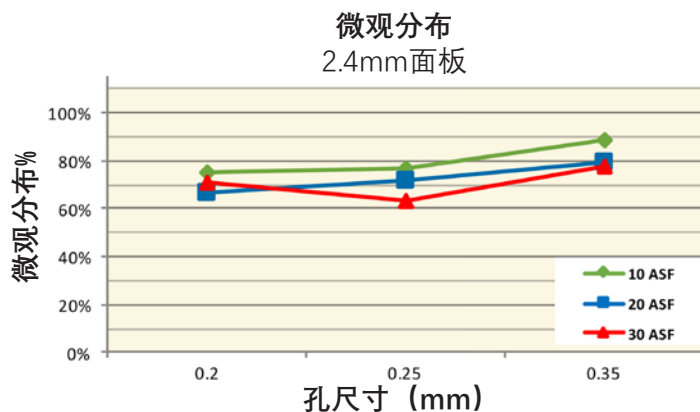


图3：厚度2.4 mm, 纵横比为12:1、9.6:1和6.9:1的面板的微观分布

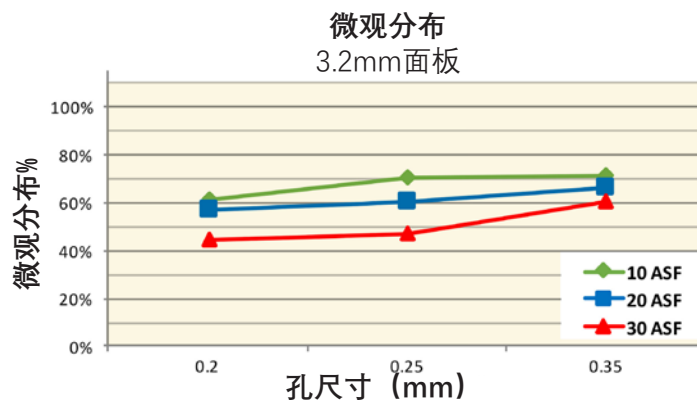


图4：厚度3.2 mm, 纵横比为16:1、12.8:1和9.1:1的面板的微观分布

层外电镀液中得到补充，那么沉积物会出现严重的表面烧焦并引起分布不均。另一方面，在电流密度相对较低的情况下，电镀速率较慢，扩散层中铜离子消耗也较慢。因为电镀速率较慢，所以电镀液中的铜离子有足够的时间可以补充到扩散层中。正是这种平衡保证了分布的均匀性并且不会出现烧焦。

图2、3、4清晰地显示了这种现象。以图2举例，10ASF下孔径为0.35 mm的孔显示出的MD是99%，而当CD上升至20ASF时，同样厚度板上同一个孔的MD降到了95%，而当CD继续上升到30ASF时MD降到了87%。

表面、结构和形态

所有的电镀条件都能产生平整、易延展、均匀、光亮如镜面般的表面。如图5所示，孔内非常平整。图5还进一步显示了1.6 mm厚的线路板在电流密度是10、20和30ASF下进行电镀时横截面图像中孔角铜层厚度均匀，没有厚度减薄现象。在孔中观察到了均匀的，晶格结构良好的铜层。在金相显微镜检测之后，会使用扫描电子显微镜（SEM）对横截面进行进一步评估。图6显示了三个不同区域的SEM分析结果；这三个区域是孔内、孔角和表面。尽管这三个位置的电流密度各不相同，但它们的形态

都呈同样的晶格结构。没有观察到柱状结晶这样的不良晶格。

物理性能和热性能

在抑制剂、晶粒细化剂和整平剂这些添加剂的影响下，电镀得到的最终沉积物会显示出特有的物理性能。这些性能同样也取决于电镀速率或电流密度、电镀时的温度和形态。比如说，致密的等轴结晶比柱状结晶的物理性能要强。抗拉强度和延伸率%对PCB制造来说是最重要的，因为这些性能表示了镀铜层对热应力的耐受程度。

物理性能是根据IPC TM-650，2.4.18.1测试方法进行测量的。取出试样条后将其在125℃的烤箱中烘烤4~6小时。测试试样条时使用了工业机械测试仪器。测量方法使用了公式2、3、4来计算抗拉强度和延伸率%。表2显示了在两种不同使用寿命镀液中的性能结果——新鲜镀液和老化到50Ah/L左右的镀液。

抗拉强度(psi)	43,120	44,470
延伸率%	22.18	26.35

表2：物理性能

$$\text{平均横截面积}(in^2) = \frac{\text{样品重量}(lbs)}{\text{样品拉伸长度}(in) \times \text{铜密度}(g/in^3)} \dots \text{公式 2}$$

$$\text{抗拉强度} = \frac{\text{最大负载}(lbs)}{\text{横截面积}(in^2)} \dots \dots \dots \text{公式 3}$$

$$\text{延伸率} = \frac{(\text{断裂时长度} - \text{原始测量长度})}{\text{原始测量长度}} \times 100\% \dots \dots \dots \text{公式 4}$$

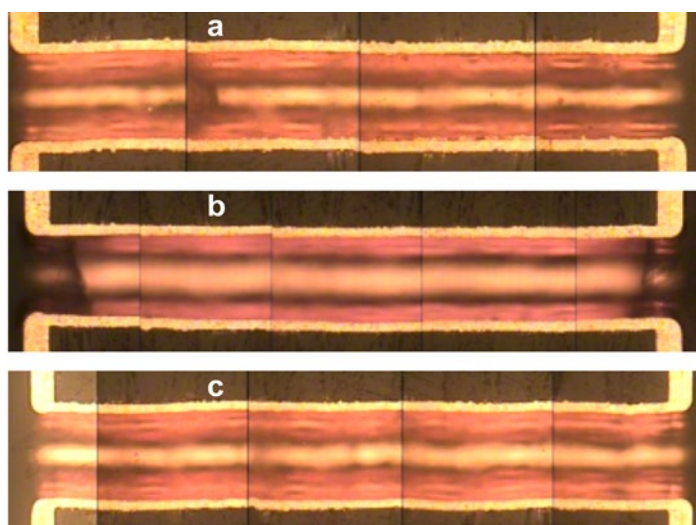


图5：在 a) 10 ASF、b) 20 ASF、c) 30 ASF下电镀的通孔的横截面；测试面板厚度为1.6 mm

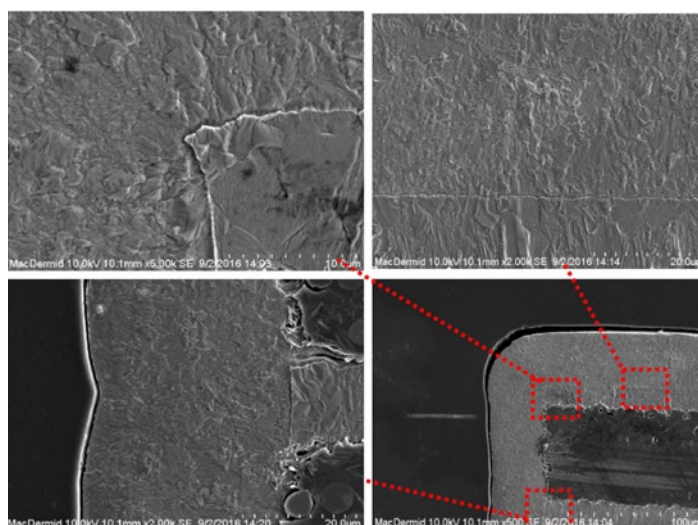


图6：板厚为2.4 mm，在10ASF下电镀的22层通孔在IST扫描电子显微镜(SEM)下的分析图

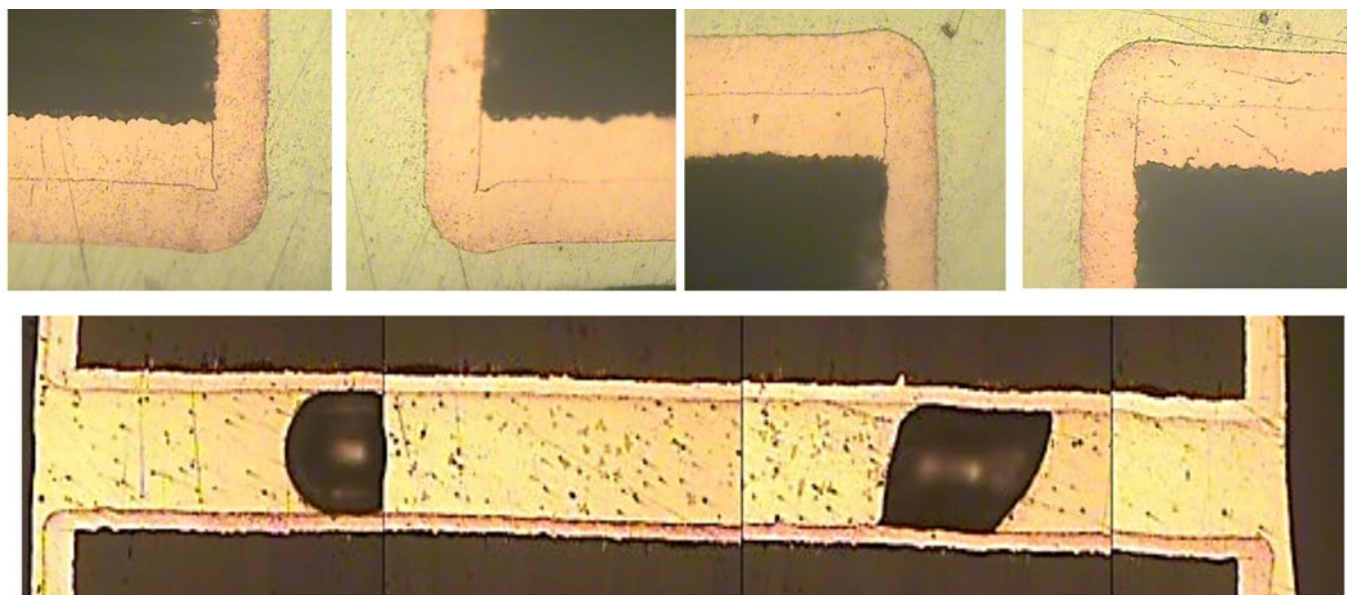


图7：6×热冲击测试

实验结果显示，其性能受镀液老化程度的影响不大。

为了进一步评估镀铜层的热性能，根据IPC TM-650 2.6.8对电镀通孔进行了6次漂锡热测试。漂锡条件是将测试样品的同一侧放在288℃的锡炉中进行6次持续10秒的漂浮，接受热冲击。结果如图7所示。在6×SS测试之后，没有观测到孔角断裂、孔壁断裂或孔壁分离缺

陷。

为了进一步确定电镀沉积铜层特性，还对其进行了内互连应力测试 (IST)。IST测试是一种加速测试方法，用来评估线路互连和电镀通孔之间的完整性和可靠性。这种方法是利用电流通过线路板中具有足够电阻的线路，并提升电镀铜线路的温度来实现的。测试板在循环评估前要进行模拟装配，这一步骤叫预处理。

材料A bh, p2-s2, 6xpre cond_dat.csv					
样品#	#2	#4	#6	#9	#11
循环次数	500	500	500	500	500
%P	0.430	0.267	0.405	0.264	0.462
%S	1.243	1.240	3.038	2.878	1.392
材料A - p2s2, 6xpre_dat.csv					
样品#	#2	#3	#6	#9	#11
循环次数	500	500	500	500	500
%P	0.000	-0.380	0.072	-0.462	-0.393
%S	-0.070	-0.280	-0.069	-0.355	-0.591

表3:互连应力测试(IST)数据

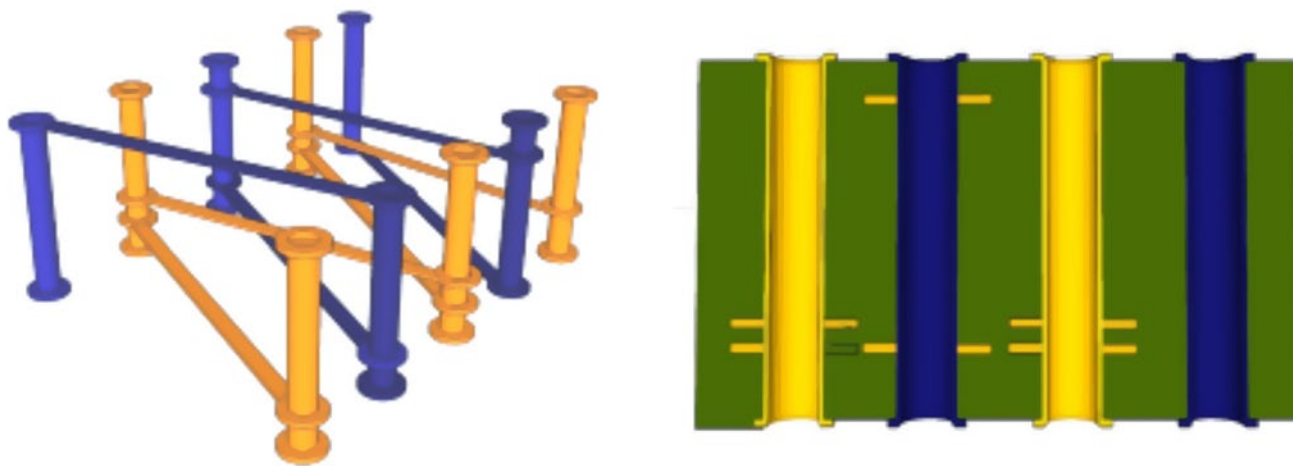


图8：IST样品中通孔的组装，金色是电源，蓝色是传感线

在预处理之前要对样品的连续性进行测试。图8显示了一个IST样品中通孔的组装以及导电连续性。

我们使用了一个样品来确定预处理时所需的电流。所有的样品都要预处理6次，让温度升到260 °C，然后才能在150 °C的温度下进行500次热循环或者直到失效。在预处理后，可以确定基准电阻读数，然后开始温度循环。每个热循环都是将足够的电流通入内部电源电路中将温度升高至150 °C，然后再将其温度冷却

至室温。在温度循环过程中，会对电源电路和传感测量电路的电阻进行监控。如果这一过程中，任何线路的电阻值比确立的基准值多出10%以上，就会被认定为失效，从而中断测试。材料种类和线路板结构复杂程度对达到失效的循环次数有一定的影响。表3显示了IST测试的结果，以及所有5个通过了500次测试循环的样品。这一测试和6×焊接冲击测试的结果一致。图9是IST测试面板在电镀后其22层通孔的横截面。

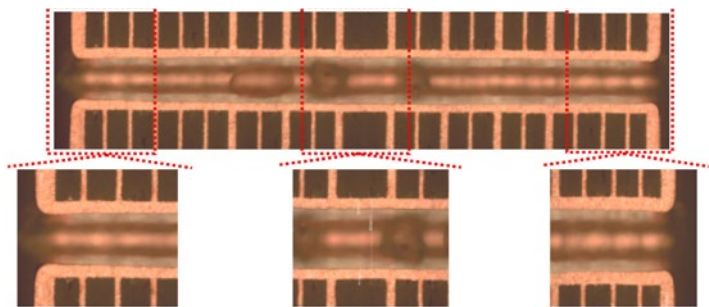


图9：板厚为2.4 mm，在10ASF下电镀的22层通孔的IST横截面

结论

已经开发完成一个非常出色的电镀酸铜配方，它可以用于传统垂直电镀生产线以及垂直连续电镀生产的直流酸铜电镀工艺。电流密度操作范围是10–30ASF，可以为AR为8：1的通孔获得 $\geq 85\%$ 的深镀能力。电镀铜层的表面光亮度更高、延展性更优异，能满足IPC的性能标准（如抗拉强度和延伸率）。电镀铜的热性能同样满足IPC标准，镀层通过漂锡冲击测试没有发生断裂，镀层样品均在IST测试中通过了500次

循环评估。所有的有机添加剂组分都可以通过CVS进行分析管控。**PCB**

参考内容

1. Mordechay Schlesinger, Milan Paunovic. Modern Electroplating, Fifth edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010.
2. Clyde F. Coombs Jr., Printed Circuit Handbook, Sixth edition, McGraw-Hill, New York, 2008.
3. K. B. Herbert; S. Adhikari; J. E. Houser, Journal of the Electrochemical Society, 152 (5) C324-C329, 2005.
4. M. Hakamada; Y. Nakamoto; H. Matsumoto; H. Iwasaki; Y. Chen; H. Kusuda; M. Mabuchi, Materials Transactions, 48, (9) 2336 to 2339, 2007.

本文最初在IPC 2017 APEX EXPO大会上发表，并刊登在了会议录中。



Saminda Dharmarathna, MacDermid Enthone Electronics Solutions公司高级化学研究员。该公司位于康涅狄格州沃特伯里市。

Ivan Li, 台湾地区MacDermid Enthone Global Development Application Center资深应用经理。

Maddux Sy, 台湾地区MacDermid Enthone Global Development Application Center应用经理。

Eileen Zeng, 苏州MacDermid Enthone Global

Development Application Center应用副经理。

Bob Wei, 上海MacDermid Enthone Global Development Application Center应用副经理。

William Bowerman, MacDermid Enthone Electronics Solutions公司金属化部门负责人。该公司位于康涅狄格州沃特伯里市。

Kesheng Feng, MacDermid Enthone Electronics Solutions公司金属化部门研发主管。该公司位于康涅狄格州沃特伯里市。

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

用于电路板结构印制的 3D打印电子技术

by Samuel LeBlanc, Paul Deffenbaugh, Jacob Denkins, and Kenneth Church

nScript Inc.

摘要

随着技术的成熟，印制电子技术作为一个常见的术语而具备了更多的含义。柔性电子技术有时被划为这种技术的子集，并且其印制方法是实现卷对卷工艺的促成因素之一。目前，印制电子技术在性能上有了很大的提高，并且产生了很多可以和传统印制电路板技术竞争的应用。卷对卷工艺的优点是生产速度快、生产面积大且成本低。

这项技术还实现了与备受关注的3D打印

技术的融合。当今的3D打印技术已不再仅仅是一种快速样品制作工具和打印小型塑料玩具的技术。各大公司正在将3D打印作为制造方法来生产由传统制造技术无法完成的复杂部件。3D打印和印制电子技术的结合具有制造新产品的潜能，更具体地说，是让对象实现了电气实用化。电气实用化对象具有与印制电路板竞争的优势。

“打印电路结构技术”将成为电子封装的新途径。许多公司希望通过精简装配流程，



在您的住所办公！

I-Connect007正在寻找一位经验丰富的销售人员,为全新的电子行业月刊杂志以及网站创造与管理广告收入。

主要职责：

- 销售月刊电子杂志广告以及网站广告位
- 开发并培养新客户
- 进行及时准确的文档记录
- 开发并跟进潜在客户
- 客户管理：与团队合作，为客户提供后续服务
- 与潜在客户进行电话和电子邮件沟通
- 偶尔出差，参加大型行业活动

资格：

候选人需要有大学学历，有管理和培养潜在客户，预测、跟进以及报告广告收入方面的工作经验。候选人需要态度积极、能力强、能够自我管理，适应在基于团队的虚拟公司环境中工作。

报酬：

该工作以底薪加提成的方式计酬。

要求：

- 常驻中国大陆，华南地区优先
- 良好的中英文读写能力，优异的人际交往能力
- 能够遵循已建立的工作系统并快速学习
- 能够处理好公司的外部和内部关系，并符合公司的核心价值观
- 2年以上销售经验
- 熟练使用Office办公系统
- 积极性高，目标导向，有成功广告销售/会议研讨会销售案例者优先
- 优秀的销售、沟通和谈判技巧
- 能够区分轻重缓急，有时间管理能力和组织能力
- 根据潜在客户的需求制定广告方案与推广建议
- 有电子行业从业经验者优先

QUALIFIED CANDIDATES: CLICK HERE TO APPLY

减小电子产品的尺寸，并以降低成本的方式来完成这一工作。这是十分具有挑战性的，但将打印结构技术和印制电子技术用作对单片器件的加工，将会具备诸多潜在的优点。由于打印电子技术的引入，我们得以减少装配过程中的人工接触。由于加工的是一个单片器件，因此有助于增强产品的耐用性。同时，这将消除连线、焊料和连接器，使器件更为小型化。这有可能成为印制电路板和微电子封装的未来。本文将给出打印电路结构技术的工作演示，以及3D打印电子技术所面临的障碍和潜在机遇。

引言

3D打印技术（即立体光刻成型）自20世纪80年代初问世以来已发展出多种形式。就本文而言，我们将考虑熔丝沉积（FFD）技术[也被称为熔融沉积成型（FDM）技术]。直到最近FDM打印技术才与印制电子技术结合起来，并用于制造3D打印电子产品。随着3D打印技术中这项进步的出现，打印电路

结构（PCS）技术具备了比传统印制电路板（PCB）技术更为显著的优势。PCB板上的许多元器件可被集成到PCS中。我们已知PCS可以是完整的嵌入式电路（如天线）^[1,2]、集总元件^[3]、甚至是连接器^[4]。与其制造一块PCB并将元件贴装上去，不如将元件直接打印在电路上并作为电路所集成的一个部分。

这种打印技术使“直接数字化制造（DDM）机床”的应用成为了可能，该机床用到了多个工具头，包括一个微型分配泵，一个热挤压头，一个拾取和放置头以及一个微铣削-钻孔-抛光头。PCB加工需要用到许多机器，并且需要遮盖，而PCS加工可以实现完全自动化，整个加工过程可以在原位完成^[5,6]。虽然PCS技术具备一系列优势，但仍存在一些需要克服的障碍——即最终零件的加工速度和强度。

加工速度

熔融沉积成型（FDM）式3D打印技术以速度慢著称。这主要是由于传统的台式3D

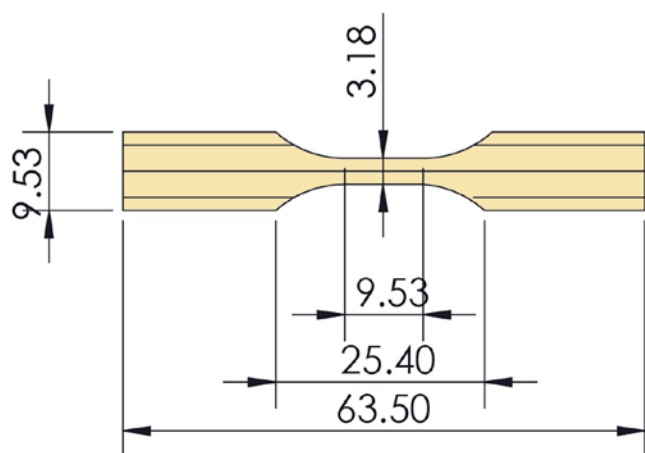


图1：ASTM D638-5型拉伸试样，0°填充

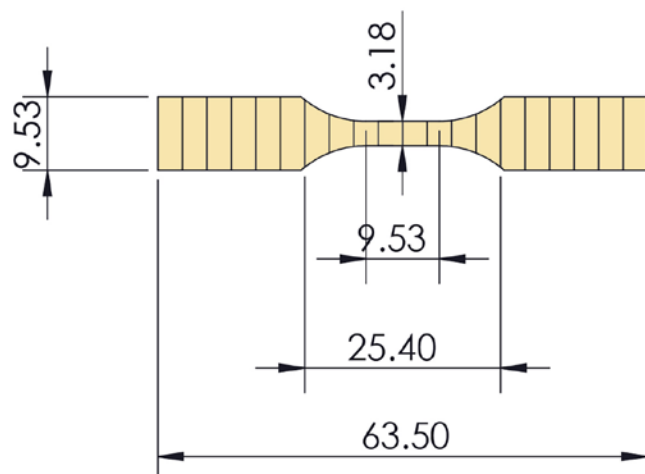


图2：ASTM D638-5型拉伸试样，90°填充

打印机挤出速率较低。影响挤出速率的因素很多，其中包括喷嘴直径、喷嘴温度、床温、X-Y轴运动速度、材料，甚至挤压电机。而这些因素会对熔丝的挤出量造成影响，喷嘴直径是挤出速率的主要决定因素。层高、挤出宽度和打印速度都取决于喷嘴直径，因此对其进行改进可以带来最大的好处。

标准打印喷嘴的内径为0.4mm，可以达到80~100mm/s的打印速度，但这同时取决于设备和所期望的打印质量。喷嘴尺寸可以增加——尽管这可以缩短打印时间，但会降低加工质量。质量上的下降可以体现为粗糙的表面光洁度、圆角和不正确的尺寸等。当打印较小的物体时，大直径的喷嘴对细小特征就束手无策。然而，由大直径喷嘴所带来的、与质量相关的缺点并不会始终困扰我

们，现已找到相关的解决方案。

研究人员开发出一种被称为“意大利面条式”的打印技术，该技术能大大提高挤出速率并减少打印次数。这一过程包括从特制的1.75mm喷嘴中挤出打印熔丝，然后在需要加工的部位利用铣头来实现高质量的表面光洁度，并使打印满足尺寸。我们分别采用0.4mm喷嘴和“意大利面条式”打印方法，对ASTM D638-5型拉伸试样的打印速度进行一个对比实验。实验打印出两种拉伸试样，一种含与水平方向呈0°的填充物，而另一种含与水平方向呈90°的填充物。对于加工不到位的样品，应当从强度试验中舍弃。

这两种样品均为1.0mm，并且是在喷嘴温度为235℃，床温为50℃的条件下打印出来的。两种样品的周边尺寸分别如图1和图2

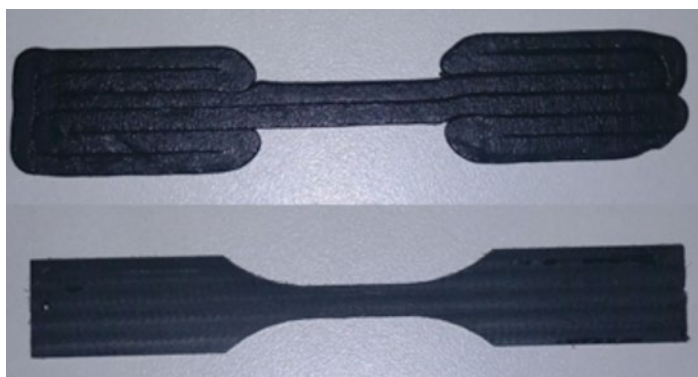


图3：意大利面条法打印出的拉伸试样（加工前后对比）



图4：采用0.4mm喷嘴打印的、含0°填充的拉伸试样

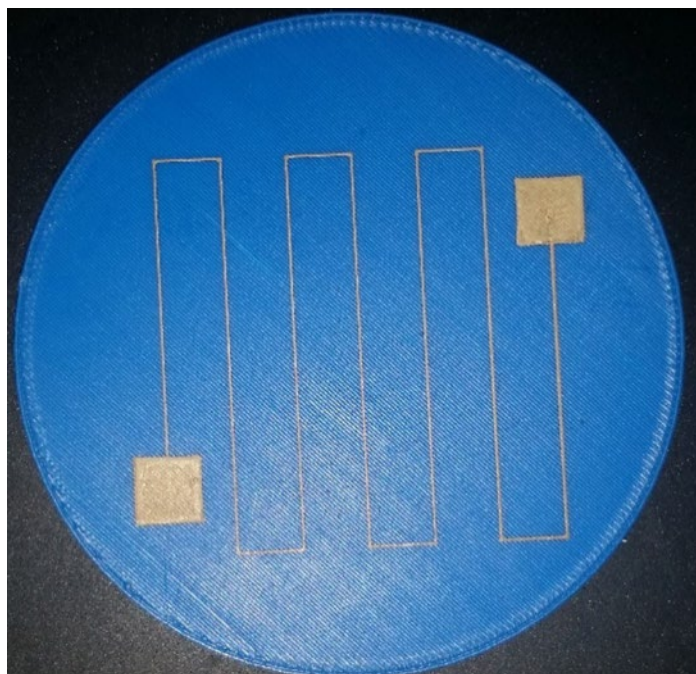


图5：3D打印基板上的微分布导电浆料



图6：打印USB器件的步骤

所示。

当用0.4mm喷嘴打印时，每个拉伸试样均在3分24秒内完成。当采用“意大利面条法”打印时，每个拉伸试样的平均耗时为1分58秒，而实际3D打印部分仅需32秒。本实验共重复进行25次。意大利面条法完成打印的速度要比第一种方法快2倍多，并且最终的表面光洁度远远超过了传统的打印样品。

这将大大有利于PCS技术，因为打印电子器件需要一个光滑的表面，以便实现导电材料的分发。通常，为确保导电性能并实现成功打印，FDM基板层需要用小于100微米的喷嘴来打印，以确保打印的准确性并能够忠实于设计。虽然也可以采用表面映射的方式（这种方式可实现轮廓打印），但平坦的表面将作为首选。这也为多层热塑性塑料的层

叠打印提供了一个理想的表面。

加工PCS需要对多个流程和材料进行整合，尽管所有的工作都是在一套系统上完成的。以图6为例。这个小示范给出了加工嵌入式USB器件的步骤。首先，装有USB芯片的底座是用ABS塑料打印出来的——它是最常见的3D打印材料之一。为了适应电路的打印，我们需要将USB芯片的焊盘延伸至器件的边缘，因此一个平坦的表面是十分理想的。我们选择铣削头来完成这项任务。铣削头能够以大约一微米的径向跳动，选择性地对表面进行加工并使之变得平坦，以满足电路分配的要求。一旦完成，USB芯片可以借助于一个拾取-放置头准确地定位在平坦的表面上。

然后，我们以USB芯片焊盘处为起点，以打印基板的末端为终点分发导电材料。接

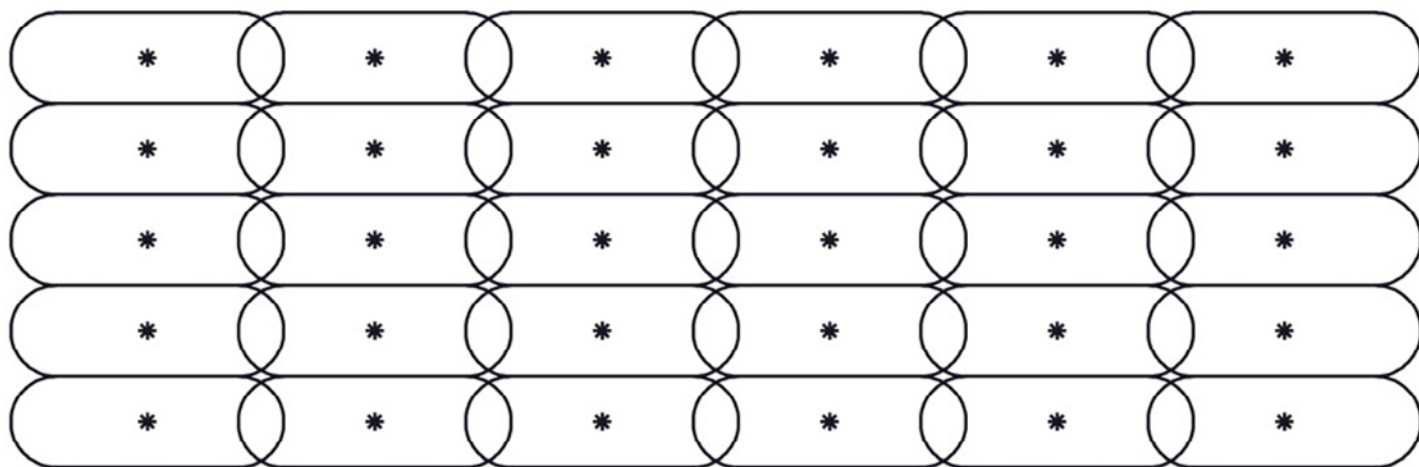


图7：采用0.4mm喷嘴加工的打印层截面视图

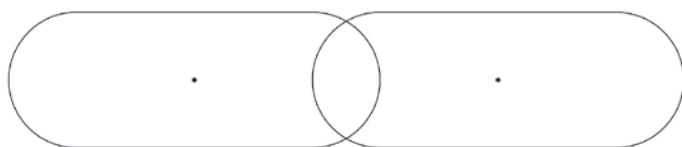


图8：采用“意大利面条”法加工的打印层截面视图

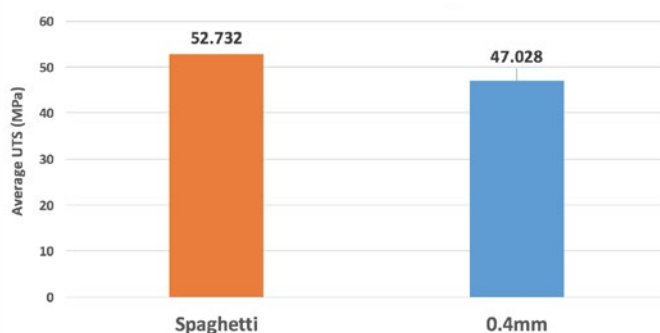


图9：意大利细面条式和0.4mm喷头拉伸试样的抗拉强度比较

着，通过定义横穿整个区域的统一高度，以使得平坦的表面有利于分发过程的进行。这为导电材料的分发提供了更高的一致性，因为该过程需要一段在喷嘴和基板之间的恒定的“Z型间隙”或距离。然后，在圆形部分周围打印一个聚碳酸酯外壳，以制造一个用于放置环氧树脂的挡板。一旦环氧树脂固化，我们将再次用到铣头，以制造出一个精密且平坦的加工面。这是“多材料、多工艺的原位PCS加工技术”的一个小示范。

打印件的强度

用于打印的熔丝是丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、柔性热塑性弹性体

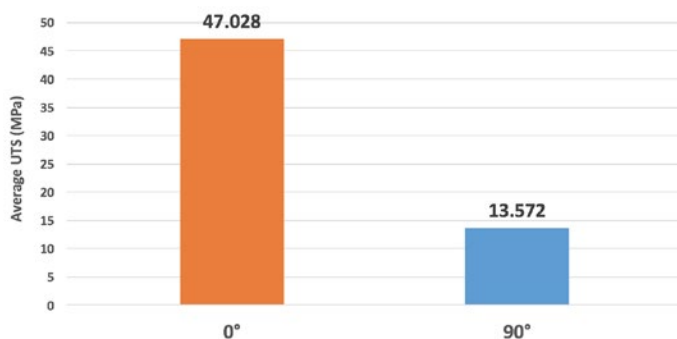


图10：0°和90°拉伸试样的抗拉强度（UTS）



图11：用激光“回流”工艺处理过的拉伸试样

(TPE)，甚至是热塑性树脂聚醚酰亚胺(PEI)等这样的耐用材料。这些材料各有优缺点。不论是具备高冲击强度的ABS还是具备化学及温度稳定性的热塑性树脂聚醚酰亚胺(PEI)，为特定的应用选择合适的材料将决定加工的成败。然而，采用FDM技术打印元件无法达到其他制造方法（如注塑成型^[7]）的优点。这是由于3D打印元件的强度依赖于层间表面粘结力、并排打印线的粘结力、打印方向和材料本身的机械性能；另一方面，相较于块体材料，3D打印会降低所打印元件的整体强度，这是由于在打印过程中有空隙被引入到元件内。

在图7和图8所示的这两个例子中，只要存在并排打印线的重叠，我们就可以观察到空隙。这是因为打印线的边缘是圆弧形的。为了消除这些空隙，可以将重叠因数添加到对象的打印路径生成中。这将使线条更为紧密地结合在一起，从而在一定程度上减少空隙。当指定的重叠因数较高时，被挤在一起的打印材料必将流向某个地方，因此会发生向上偏移。这将在顶层加工出现粗糙的表面光洁度，并且无法满足先前定义的整个高度尺寸。当采用0.4mm的喷嘴打印时，许多更

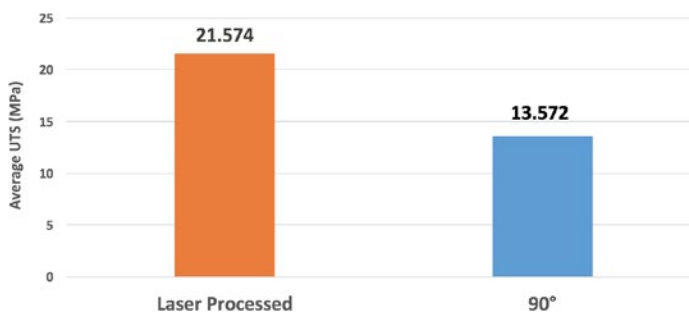


图12：经过回流工艺处理和未经处理的90°拉伸试样的平均抗拉强度（UTS）

小的空隙会被引入到打印对象中。虽然采用意大利面条法的打印层具有很大的空隙，但采用0.4mm的喷嘴打印元件的总空隙面积更大。这些空隙为这两种打印试样的最终抗拉强度带来了大约10%的差异（图9）。打印方向对被加工元件的强度起到了重要作用^[7]。在打印结构件时，加工层通常是沿着受力方向进行打印的。为举例说明在受力方向上进行打印的重要性，我们分别沿受力方向（0°试样）和垂直于受力方向（90°试样），对拉伸试样进行打印。0°试样失效前的平均抗拉强度（UTS）为47.028 MPa，而90°试样所能经受的抗拉强度要小得多（强度下降了大约72%），为13.572 MPa。巨大的抗拉强度差

异表明,打印方向会对强度造成影响。这种差异再次归因于一个事实,即当受力方向与90°试样的打印方向垂直时,打印线之间的粘结力是唯一能提供抗拉伸力的途径而非材料本身。

理想情况下,每一个方向上都存在一定的抗拉强度,这是由于在某些应用中可能有多个方向的力存在。在3D打印中不打印0°或90°填充物是十分普遍的,相反我们会打印45°填充物,因为这样可以提供多个方向上的抗拉强度^[8]。然而,这只是一个折中方法,相较于只沿受力方向进行打印,这将会降低整体的抗拉强度。此外,如果受力方向处于Z轴方向上,那么将遇到同样的问题,这是由于加工层的粘结力是决定某元件在失效前可承受拉力的主导因素。考虑到打印层间和并排打印线间的粘结力作为3D打印的一个要素,故需要有一种方法来增大它们对力的承受能力。为此,我们进行了“回流”实验。实验方法是使用带温度控制的激光器加热并“回流”已经打印过的塑料。我们将一部30W的激光器安装到机器上,并放置于90°试样的正上方。当激光经过样品表面时,采用非接触式温度计,测得塑料件的温度升高并维持在120℃。激光将3次经过元件的中截面,对塑料进行回流加工并增大层间附着力。

由拉伸测试可知,经过“回流”工艺处理过的试样平均产生了21.574 MPa的抗拉强度,相较于未经处理试样平均为13.572 MPa的抗拉强度,有了58%的增长。

虽然抗拉强度有了很大的改善,但仍低于沿着受力方向打印出的元件的抗拉强度。然而这是十分重要的加工工艺,因为可以加

工出具有较大抗拉强度的元件,该元件可承受多个方向上的受力。虽然这样在本质上只是增加了并排线的粘结力,但其也可以应用于层间粘附。通过将激光器放置于打印头前方,沉积材料的上一层会被重新加热,并同时被打印在元件的顶部,形成一个坚固的部分。这将增大层间附着力,并有助于消除空隙,使整个元件具备更大的抗拉强度;这是今后的工作方向。

结语

当今,PCB加工技术得到了广泛的优化。PCB可以实现批量生产,并具有相对较快的制造速度,是一种经过验证的可靠产品。然而,PCB加工技术也存在其局限性,比如该技术属于过程密集型,一次性投入大,并且生产过程会产生大量废弃物。打印电路结构技术是将PCB和3D打印技术结合在一起技术革新。由于DDM工艺的引入,该技术可大大减少工艺步骤,在设备投入方面具备明显的优势,并更能实现定制加工。同时由于该技术主要为增材制造,故产生的废弃物极少。

然而,目前仍然存在一些亟待解决的问题。一是由于加工速度还不够快,当前PCS技术实际上还未解决占地较大的矛盾。二是预制件的强度是PCS加工的另一个障碍。3D打印件的强度必须在设计阶段就将此问题予以考虑。利用本文所述的方法,上述两个问题都得到了解决并实现了一系列的改进。通过使用“意大利面条”式打印工艺可以让打印速度提高2倍以上,并可生产出具有更高强度和更为光滑的元件。另一种增加元件强度的

方法是利用激光对已打印的塑料进行回流处理，从而产生更佳的线间和层间的粘结力。将这些方法结合起来，我们就能更快地制造出具备更高强度和更为耐用的打印电路结构。**PCB**

参考文献

1. Deffenbaugh, Paul, et al. "Fully 3D Printed 2.4 GHz Bluetooth/Wi-Fi Antenna." International Symposium on Microelectronics, Vol. 2013. No. 1. International Microelectronics Assembly and Packaging Society, 2013.
2. Nassar, Ibrahim T., et al. "A high-efficiency, electrically-small, 3-D machined-substrate antenna fabricated with fused deposition modeling and 3-D printing." 2014 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS). IEEE, 2014.
3. Church, Kenneth H., et al. "Advanced printing for microelectronic packaging." submitted for publication in IPC APEX EXPO Conference Proceedings, 2014.
4. Arnal, Nicholas, et al. "3D multi-layer additive manufacturing of a 2.45 GHz RF front end." 2015 IEEE MTT-S International Microwave Symposium. IEEE, 2015.
5. Church, Kenneth H., et al. "Printed circuit structures, the evolution of printed circuit boards." IPC APEX EXPO Conference Proceedings, 2013.
6. Deffenbaugh, Paul. "3D printed electromagnetic transmission and electronic

structures fabricated on a single platform using advanced process integration techniques." Ph. D. dissertation, Elect. & Comput. Eng., UTEP, El Paso, Texas, 2014.

7. Ahn, Sung-Hoon, et al. "Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS." Rapid Prototyping Journal 8.4 (2002): 248-257.
8. Torrado, Angel R., and David A. Roberson. "Failure analysis and anisotropy evaluation of 3D-printed tensile test specimens of different geometries and print raster patterns." Journal of Failure Analysis and Prevention 16.1 (2016): 154-164.

本论文最初于IPC 2017 APEX EXPO 会议上发表。



Samuel LeBlanc是nscrypt公司的市场应用工程师



Paul Deffenbaugh博士是nscrypt公司的资深科学家



Kenneth Church博士是nScrypt公司的首席执行官

Jacob Denkins曾经是nscrypt公司应用工程师

1、[IPC报告显示2016年全球PCB产值增长北美萎缩](#)

IPC最新发布的《2016年全球PCB生产报告》显示，2016年全球PCB产值达到582亿美元，实际增长2.2%；北美地区PCB产值下降了0.1%。据《IPC2017年北美地区PCB行业年报》显示，北美市场继续缓慢萎缩，2016年下降了1.7%。

2、[Mr. Laminate Tells All: IEC TC111将禁用聚四氟乙烯](#)

IEC TC111正准备在电子产品中全面禁用聚四氟乙烯（PTFE）材料。随着历史发展，电子行业为了达到“无卤化”（或更准确而言，“低卤化”）标准，已经对4种卤族元素中的2种（溴和氯）进行了管控。

3、[2017年上半年中国覆铜板进出口情况](#)

2017年上半年我国大陆地区覆铜板进出口增长情况，分季度看，一季度出口量同比小幅减少4.9%，但出口额同比却得到较大幅增长15.8%；进口量和进口额同比都大幅增长了20%以上；贸易逆差同比大幅增长了30%以上。

4、[广东骏亚在上海鸣锣上市](#)

2017年9月12日，广东骏亚电子科技股份有限公司（股票简称：广东骏亚，证券代码：603386）在上海证券交易所正式鸣锣上市。公司总股本20180万股，公开发行不超过5050万股，占发行后总股本的比例不低于25%。仪式上最新价8.97元/股，涨幅已达43.98%。

5、[王季顺与惠而顺——贺上海惠而顺精密新三板敲钟上市](#)

2017年9月18日下午，上海惠而顺精密工具股份有限公司（872094）在北京新三板挂牌上市。1999年7月，惠而顺公司是行业内首家把旧铣刀“大改小”，把报废铣刀改为钻头，节约了大量稀有金属原料。

6、[三星带头采用类载板 韩国PCB界展开设备投资](#)

在传出三星电子(Samsung Electronics)将在2018年新款高阶智能手机采用类载板(Substrate Like PCB)后，韩国PCB业者开始准备进行大规模设备投资，做好迎接新的市场需求。

7、[北美PCB企业并购2017年中期报告](#)

总的来说，北美地区的PCB市场并没有增长，而要增长就意味着工厂要么获得其他市场的份额，要么通过收购不断壮大。最近通过收购来扩大规模的例子有APCT收购Tech Circuits，以及HT Global收购Pho-Tronics。

8、[Hamed El-Abd: 全新的开始](#)

近期，Barry Matties在中国采访了I-Connect007长期合作伙伴——来自WKK公司的Hamed El-Abd。他马上就要退休了，Barry Matties为此向他表示了祝贺。Hamed回顾了职业生涯，尤其详谈了在中国的经历——PCB行业在中国在过去以及未来发展趋势。

9、[围观造物大赛初赛路演评比现场，硬件创新创业者各显神通！](#)

8月30日，由云造物主办的“寻找造物者-2017智能产品创意大赛”初赛路演评比活动在深圳市深圳市泰智会众创空间圆满落幕。十个来自智能硬件、物联网、机器人与人工智能等领域的参赛项目在现场进行了精彩展示。

10、[景旺电子拟投13.6亿于珠海建印制电路板生产基地](#)

景旺电子近日发布关于拟签署《投资协议书》的公告，景旺电子拟与珠海高栏港经济区管理委员会签署《投资协议书》，通过全资子公司景旺电子科技有限公司（珠海）有限公司在珠海市高栏港区投资建设印制电路板生产基地，研发、生产和销售印制电路板、挠性电路板。

激光打标机助力PCB生产追溯体系

by Tulip Gu

I-Connect007China

随着电子技术的飞速发展，电子产品更新换代的速度越来越快，消费者对电子产品的要求也越来越高，要求电子制造企业必须以更快的速度向市场提供更具有成本效益的产品。一款产品从入库、生产、检测、出库，需要建立一条完整的数据追溯体系，以实现内部产品质量控制。为实现产品追溯，必须对产品进行文字或条码标识，以赋予产品一个独一无二的“身份证”。

而对于PCB业来说，为实现PCB板的生产过程质量控制，在PCB板上标记字符、一维码、二维码等信息建立生产追溯体系，也是大势所趋。工厂通过打标条码的方式追溯产品详细的入库、生产、检测、出库，记录生产批次、供应商、加工流程、不良率等信息，实现一物一码，完成对产品的管控、追溯，形成数字化管理基础。对于下一步构建PCB智能化工厂，这个环节必不可少。

就目前的技术而言，激光打标是一种非常先进的打标技术，通过聚焦后的激光雕刻技术，将需要标记的字符、图案雕刻在物体表面。与传统印刷技术相比，激光打标具有品质好、一致性高、耐磨性强、效率高、节约成本和安全可靠等特点，受到行业追捧。

此次PCB007作为NEPCON深圳展

的合作媒体，在展会上记者走访了几家相关生产激光打标机的企业。

最吸引眼球的莫过于深圳镭霆激光科技有限公司，展台醒目地标注着“PCB行业全流程（内层）追溯系统解决方案”。镭霆激光是国内综合型激光加工系统供应商，由我国激光与自动化行业资深专家、资本运营专家和具有丰富投资管理经验的专家共同发起成立，已获得20多项专利及计算机软件著作权，其中多数为国家发明专利。主要产品有精密激光柔性材料自动裁刻系统、激光精密锡焊系统与通用激光焊接系统、精密激光剥线系统和基于PCB制造的自动化系统、3D及



镭霆激光科技有限公司的展位

CPCA 2018
SHOW



第27届中国国际电子电路展览会

China Int'l PCB & Assembly Show

March 20-22, 2018

国家会展中心（上海）

**National Exhibition and
Convention Center (Shanghai)**



展览联络：
CPCA展览部



上海颖展展览服务有限公司
Shanghai Ying Zhan Exhibition Service Co., Ltd.
Tel: +86-21-54900077
Fax: +86-21-54904537
E-mail: cpcashow@ying-zhan.com
QQ: 800 055 702



关注微信 更多分享

www.cpcashow.com

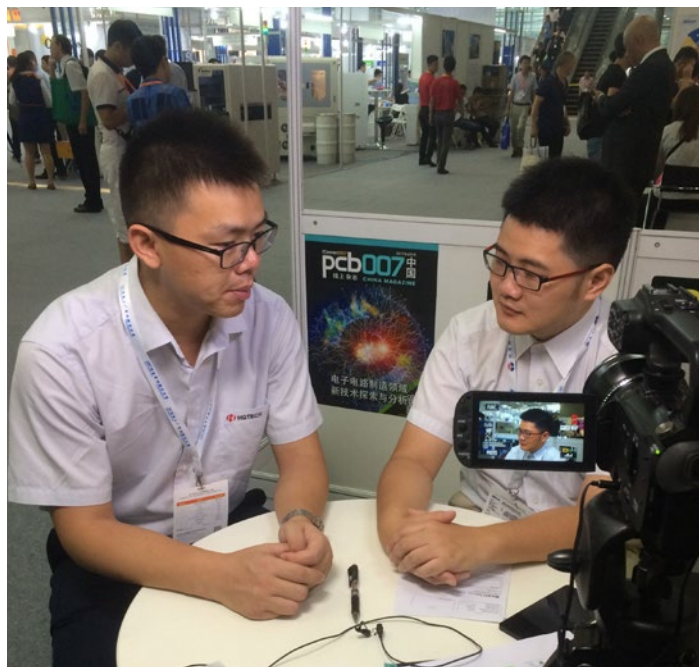


镭霆激光科技有限公司董事长王小兴

各类激光打标机、精密激光切割机系统等4个系列80余种工业激光加工系统。镭霆王小兴董事长介绍说，“目前PCB制造全流程追溯（包括内层追溯）是市场的痛点与难点，而镭霆有其独到的解决方案，找到了突破的关键点，简单概括起来就5点：1、全自动矩阵码生成系统；2、机联网与全自动产线；3、矩阵码读取与解析系统；4、矩阵码转换二维码系统；5、激光二维码与数据库的建立。”王董事长对比了目前市场上的同类产品以及实际运用的情况，自豪地说，“目前该方案得到一家年销售近三十亿元的PCB企业认可，并在工厂成功运作，可谓是PCB制造业第一次实现了全流程追溯。”

在该领域获得相当大市场份额的另一家企业是武汉华工激光工程有限责任公司，这是中国最大的激光设备及等离子切割设备制造商之

一。华工激光主导产品涵盖全功率系列的激光切割系列、激光焊接系列、激光打标系列、激光热处理系统系列及各类激光器。此次华工激光出展了最新的大幅面PCB打标机，集成了高性能CO2/Fiber光源，以及高像素进口CCD相机，配合微米级移动模组，实现打码前的自动定位和打码后的自动读码、评级。该机通过自主研发的专用软件，可以实现与客户信息系统的对接。标刻信息可由软件系统自动生成，也可通过网络接收。可配合SMT产线在线运作，也可配合自动上下板机组成离线式工作站。公司PCB行业经理郭方介绍说，“华工激光的优势在于不仅仅只提供相应的设备，而是从整个解决方案角度来对应PCB领域，一是从设备开始，从开料、压合、油墨和电测插板这四项都有提供不同设备；二是集团子公司华工赛百提供相应的配套系统，被称为“追溯系统专家”，是全周期追溯模范企业，国家级追溯平台技术



武汉华工激光工程有限责任公司
PCB行业经理郭方（左）



正业科技中央研究院激光应用中心主任 肖磊博士

提供者，国内众多知名企业追溯设备供货商；三是联合其他优秀供应商进行合作，提供整个解决方案。现在公司从高层很重视此项目，正在几家重点客户做试点，等到设备到解决方案全部完成后，再向外推广。”

第三家是CPCA副理事长单位——广东正业科技股份有限公司激光事业部展出的激光标记设备，包括光纤激光标刻设备、CO₂激光标刻设备、绿光激光标刻设备和紫外激光标刻设备等。正业科技在PCB行业的精密仪器及装备、高端材料等领域深耕接近20年，积累了丰富的技术和市场。公司于2015年成立了激光事业部，创立“正业激光”品牌，在公司高层的鼎力支持以及技术团队的努力攻关下，快速推出了一系列激光打标机等激光加工设备，并组建了激光表面处理实验室。在激光打标技术

领域，肖磊博士带领的研发团队进行了大量且深入的研究，通过研究激光打标机的平均输出功率、脉冲重复频率、脉冲宽度、扫描速度、离焦量、开关光延时等工艺参数，对不同材料上标刻二维码的质量（包括高对比度二维码、二维码评级、二维码单元XY打印伸缩等）的影响规律，拥有了UV激光标刻微型二维码技术解决方案等一系列先进技术，近10件专利授权和数篇论文发表。基于这些技术，推出一系列具有自主知识产权的高端智能精密加工设备：UV激光精密打标机系列、CO₂激光精密打标机系列、光纤激光精密打标机系列和应用于激光追溯市场的PCB全自动在线二维码激光雕刻系列设备（大、中、小幅面机型），可满足各类PCB板的表面标记要求。为此，正业科技的二维码标刻技术获得了多家3C大客户认可。在全流程二维码追溯技术领域，正业科技推出PCB多层板全流程二维码品质追溯系统，包括以下几点：1、全流程任何工序（流程）PCB板上都有可以识别的二维码/孔阵码标识。2、二维码和孔阵码相互转换系统。3、超强容错率的孔阵码识别/解析系统。4、内层/外层二维码和孔阵码设计规则。5、PCB多层板全流程二维码品质追溯系统数据库。6、PCB多层板全流程二维码品质追溯系统输出信息系统。PCB

可追溯需求助力激光打码市场，为智能制造夯实基础

随着智能制造，工业化4.0的趋势越来越明朗，对于零部件追溯与管控的需求也摆在了电路板制造商的面前。武汉华工激光展出激光打码解决方案受到多方关注好评不断。[点击查看采访报道](#)



PCB激光打码机是专用打标设备，主要用于PVB板上刻印标签码、字符、文字等信息，并将信息采集入库，与客户的系统进行数据交流的全自动激光打码机。

返工与可靠性：少即是多！

by Karen Tellefsen

Alpha Assembly Solutions

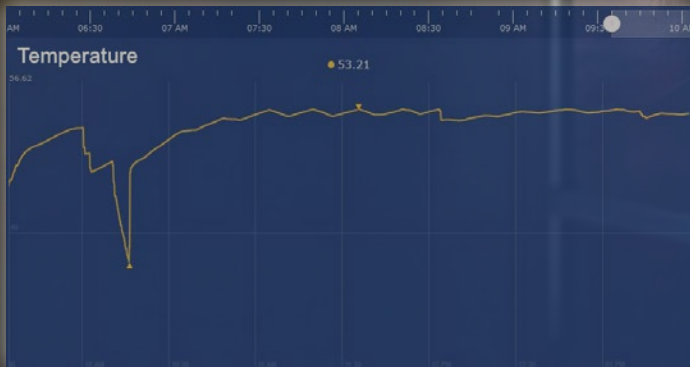
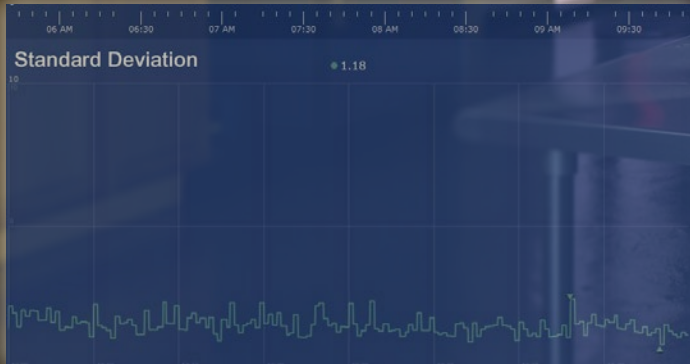
经过回流焊或波峰焊之后的每一块电路板不一定是完美无瑕的。报废仅有一二个缺陷的电路板十分可惜，所以对有些许缺陷的电路板进行返工。而对于返工步骤而言，最好的做法是“越简单越好”，尤其是使用助焊剂的量要尽可能少，就像广告里常说的“只要一点点就好”。

在返工时使用的液态助焊剂通常是用粗笔头的笔来涂布的，这样可以毫不费力地把几微升的助焊剂涂布到焊点上；细小尖端的小挤压瓶也很好用；膏状或凝胶状助焊剂可以使用很小的注射器，这些方式目的都是用涂敷器尖端来保证只用“一丁点”的助焊剂涂布到返工位置

上。当然，不需要任何工具辅助的助焊剂如免清洗焊丝来做免清洗返工，才是最可靠的电化学方法。因为只有当焊丝熔化后助焊剂才能流动，所以焊丝中的助焊剂芯需要经过适当加热才能释放出活性。此外，因为助焊剂中的成分主要是松香或树脂，而且他们都是硬的，所以活化剂都将包裹在助焊剂残渣中。免清洗助焊剂芯通常看上去是浅色的，呈玻璃状，外观并不突兀。

大部分低固含量免清洗助焊剂必须暴露在焊接温度下才具有活性。这些助焊剂的活化剂系统包含有机酸，能够清除氧化物并起到润湿作用。只要这些有机酸在高温下暴露的时间足





KYZEN ANALYST™

全球首个通用型 浓度监控和分析系统。 适用于多种清洗剂。

本公司推出的KYZEN ANALYST是一款精确可靠的清洗剂浓度监控系统，可以最大程度上提高所有化学清洗剂的性能，而不仅仅是其中一种。此外，用户在任何地方均可轻松获取实时数据，可快速、便捷地进行SPC报告检索、记录和制图，为用户节约大量时间和人工成本。现在，监控变得更快、更安全、更精确，这一切都要归功于全球领先的清洗工艺和控制技术公司KYZEN。

欢迎莅临KYZEN 深圳NEPCON的展位以观看现场演示。
登陆KYZEN-Analyst.com观看视频预告片。

享誉全球的环保清洗技术



KYZEN-Analyst.com

版权©KYZEN公司2017 版权所有

够长，活化剂才会挥发并逐渐消失。如果这种情况没有发生，未经过加热或加热不足的助焊剂残留物会导致出现电化学故障，例如腐蚀、绝缘电阻变小。在所有这些故障中，最糟糕的是发生电化学迁移（图1）。如果把太多的助焊剂涂布到某个返工位置上，部分助焊剂可能会流到该电路板上与返修位置相邻的元件，而这些元件不会暴露在焊接工具的高温下。当我们使用大的挤压瓶或用粗的尖端涂布助焊剂

时，上述情况经常会发生。未加热的助焊剂，其表面绝缘电阻（SIR）的峰值都是由导体之间形成的枝晶所引起的。

那么，未加热的助焊剂残留物（和其他污染物）是如何引发电化学问题的呢？图2说明了这些失效机理。许多助焊剂残留物会吸湿，从空气中吸收的水分，会在电路板上形成电解质薄膜。这种电解质薄膜的出现，会让小电流以不同电压在导体间流动，减少电路板表面的

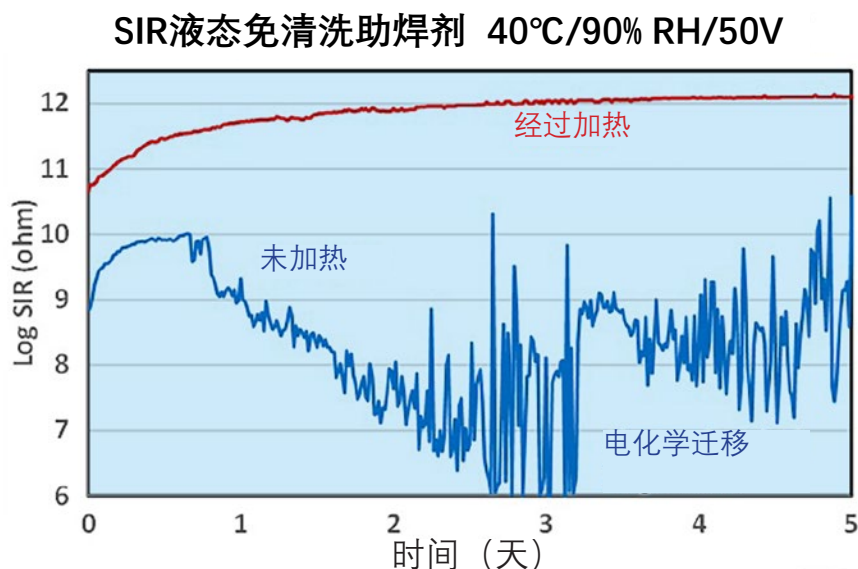


图1：加热和未加热的液态低固含量免清洗助焊剂的表面绝缘电阻

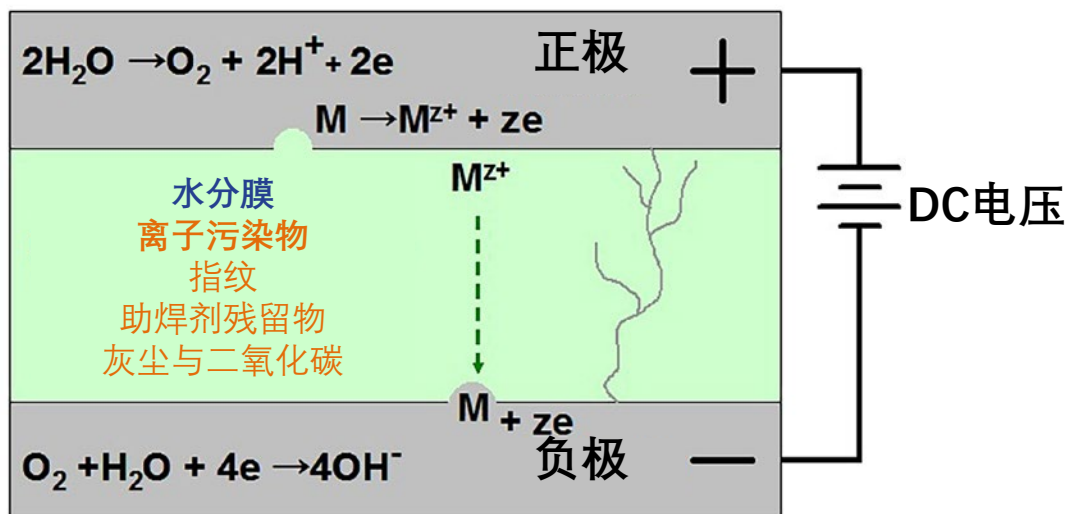


图2：由电路板上的污染物引起的电化学失效机理

绝缘电阻（SIR）。在某些情况下，小电流可能会引起电解腐蚀，它从正偏压导体开始溶解金属，基本上不会使导体被全部腐蚀掉，造成短路。在电解质薄膜中还可以得到金属离子。现在，最糟糕且最具破坏性的故障是电化学迁移（ECM）。由于两个导体间存在电场，因此电解质薄膜中的金属离子



会迁移到阴极或负偏压导体上。

金属的阳离子到达阴极时，会吸引一些电子，将它们沉积在导体上。这种沉积通常发生在能量高的位置，导致形成树枝状结构，这也被称为枝晶。这些枝晶会沿着各个方向生长，一直到达正偏压导体，从而引起短路。这些枝晶很脆，当加热电阻的电流流过薄的导体时，它就会被破坏。从图1中可以看到干扰是由于这些枝晶的反复形成和断裂而产生的。

只有J-STD-004B-L0型和J-STD-004B-L1型2类助焊剂可以用于免清洗返工；包含一些松香或者类似灌封树脂的助焊剂甚至会更好些，例如ROLO和REL1。助焊剂中的松香或树脂会变硬，这有助于包裹没有完全加热的活化剂。

有些电路组装人员用异丙醇或另一种溶剂清洗返工区域。对于免清洗材料的返工，这往往是出于美观的考虑，但是这种做法很有可能会损害电路板的电化学可靠性，而不会带来其他作用。根据免清洗助焊剂的设计，残留在电路板上的助焊剂不会带来任何问题。局部清洗只是把返工位置周围的脏东西转移到板上的其他位置。对于一般需要清洗的电路板，不建议



局部清洗返工区域。应该使用可水洗的助焊剂来返工这类电路板，而且要通过常规的水洗工艺再次清洗，保证把所有的返工助焊剂都被完全清洗掉。如果完成组装的电路板要在表面敷形涂覆层，那么在助焊剂残留物上覆盖涂层可能比没有涂层更糟糕，这一点特别重要。

总之，要非常小心，不要在返工完的电路板上留下过多的或没有经过正确加热的助焊剂残留物。否则，您会遇到更多麻烦……PCB



Karen Tellefsen是Alpha Assembly Solutions公司研发中心资深的化学研究人员。

Mina工艺： 轻松实现铝焊接

by Tara Dunn

Omni PCB

我向来都很喜欢了解有趣的关于IoT方面的新应用。有一天，一位朋友向我介绍了他最近开发的一种新产品，这是一种基于RFID的跟踪算法，是他自己在家做出来的，可以用于改进并且改变全世界的会议和活动方式。实际上，这套依靠RFID标签和读卡器的跟踪系统可让活动组织者分析与会者的偏好和兴趣，并就某些主题提出个性化建议，就像Netflix推荐引擎一样。考虑到RFID市场的显著增长，我决定对RFID标签制造工艺进行一些研究。在这项研究中，我了解到一个相对较新的工艺——Mina，一种先进的表面处理技术，它可以解决大规模生产AI-PET电路时所常见的限制。

AI-PET（聚酯铝复合）电路越来越受欢迎，并广泛应用于RFID标签和单层电路中，以降低成本。然而，铝和PET都有各自的限制条件，需要特殊处理才能形成完整的电路。铝在较低温度下不易焊接，PET不耐高温。在未经特殊处理或使用导电环氧树脂的情况下，常规的低温焊料不能用于将元件焊接到这些电路上。这些增加的成本限制了AI-PET电路的应用。为了帮助客户解决制造成本问题，Averatek最近开发出了可以应用于天线的Mina工艺，它是专门为高速卷对卷生产线发明的。然后可以将这些天线发送给模具组装的客户，再发给标签制造商。这种较新的表面处理方法为AI-PET电路的大规模低成本制造铺平

了道路。

常规的RFID组装方法

RFID标签的组装需将芯片安装到电路板上。由于AI-PET基板都是在大气条件下制造的，当裸露的铝金属暴露于空气时，就会形成一层很薄的氧化铝层，使用焊料难以将其与基底铝结合。

可以在焊盘上进行特殊加工去除氧化铝并防止其形成，其中包括ENIG、镍钯和镍银镀层。这些处理需要一系列工艺步骤和很多湿法化学工艺，这些都会提高成本，并无法进行批量生产。

各向异性导电膏（ACP）是针对这个问题的常见解决方案，其广泛应用于将元件连接到铝制的RFID上。它先应用在芯片的表面上，然后通过热和压力将其连接到天线上。但是，ACP也有其问题，它是由粘合剂环氧树脂填充导电金属颗粒制成的，导电颗粒通常是银。ACP通常通过针管使用，固化时间更长，具有使用寿命问题，并且与传统焊料相比电气性能不佳。此外，它们必须在特殊冷冻箱中低温储存，以控制环氧树脂聚合。

使用Mina的RFID组装方法

Mina工艺从2016年11月就开始评估了。这种表面处理工艺可以直接印制在需要组装零

您的公司是否使用波峰焊？

不要把宝贵的炉渣半卖半送得处理了！



使用MS2®把炉渣变成可再利用的焊锡条。从今天起开始省钱。
MS2®产品是清除炉渣的第一品牌。
实现高达90%的回收率！

从今天起开始省钱 @ pkaymetal.com

pkaymetal.com

+1 323-585-5058

PK
M·E·T·A·L

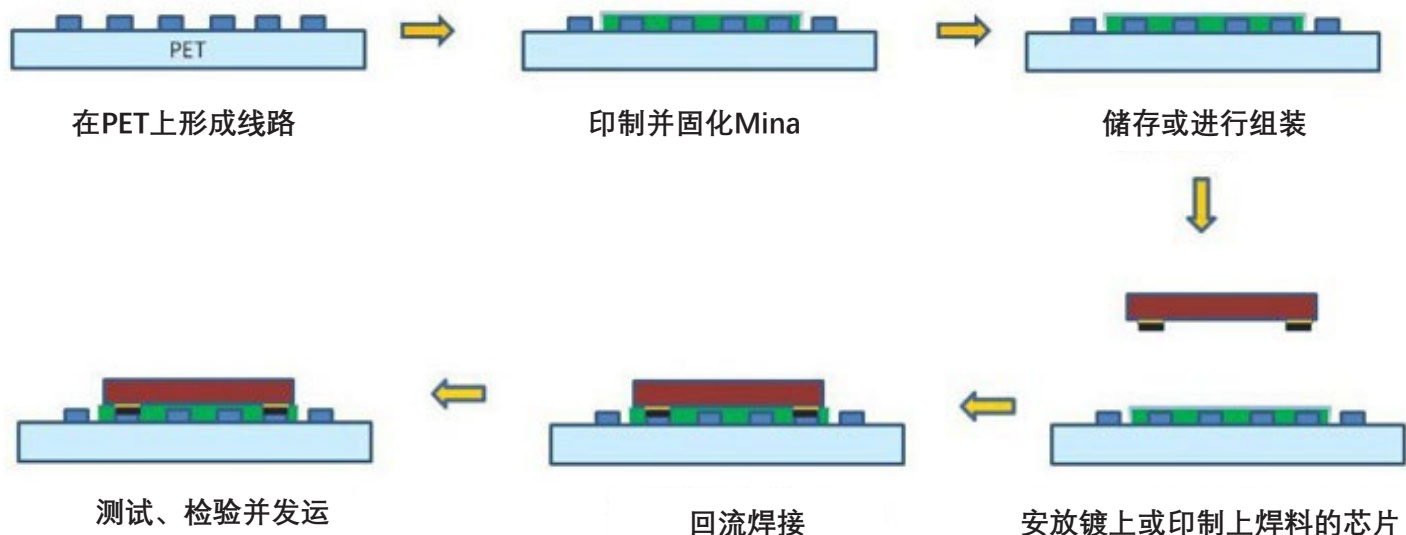


图1：使用Mina的生产和组装工艺

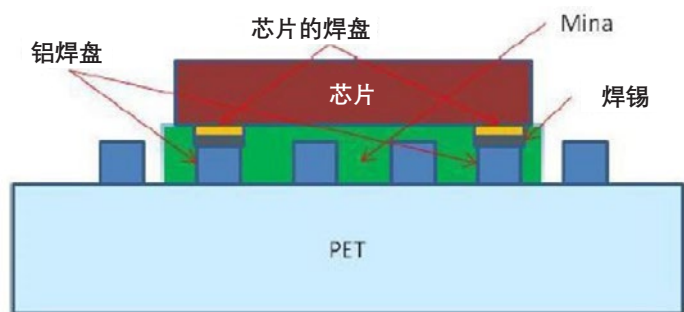


图2：Mina应用的图示

件的铝焊盘上，使用的是常规印制技术，如丝网、钢网等。铝表面不需要任何表面清洁或制备。印制完成后将其热固化，表面会活化，就可以上焊料了。固化的Mina不导电，所以印制配准也很容易。安装元件时，只需要在元件上镀锡或印制就可以在Mina活化的焊盘上进行焊接，然后通过回流炉。Mina去除了氧化铝层，并且会使焊锡和铝之间形成真正的金属结合。其电性能和结合强度均优于ACP。此外，Mina可以在室温下储存，并重复使用多次。

Mina的优势

- 丝网印制在焊盘上，表面活性但不导电；

- 使用常规焊料，只需要处理焊盘，经济高效；
- 将Mina应用在焊盘上，并在常规低温烤箱中固化；
- 使用常规方法将焊料镀或印制在芯片上，然后回流焊到活化的焊盘上；
- 使焊料能够直接与铝产生金属结合，确保良好的电气性能；
- 没有有效期问题，Mina可以在室温下印制、储存和再次使用。

鉴于未来几年RFID标签市场会出现显著增长，可能会在大规模生产中采用这种创新的先进表面处理方法，并且其他应用市场也会从这种铝焊接方法中获得更多优势。**PCB**



Tara Dunn是Omni PCB的总裁。Omni PCB是一家专注于印制线路板制造商代理公司。阅读过去的专栏或与她联系，请[点击这里](#)。

2018年4月24日-26日

上海世博展览馆

诚邀参观
YOU ARE INVITED



NEPCON China 2018 (第二十八届中国国际电子生产设备暨微电子工业展) 是电子制造行业内集中展示先进SMT和电子制造自动化技术的专业展览会。这一名声卓著的行业交流平台汇聚超过450个来自全球电子制造业的知名品牌, 为观众带来了覆盖SMT、电子制造自动化、焊接及点胶喷涂、测试测量等各环节的革新设备, 创新材料和系统集成方案。此外, 现场多种技术论坛更让观众有机会接近行业领袖和精英, 面对面交流热点动态, 洞察行业趋势和技术应用, 把握更多发展机遇。

主办单位
ORGANISED BY

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

Reed Exhibitions®
励展博览集团

支持单位
SUPPORTED BY

SMTA
CHINA



NEPCON官方微信



NEPCON 手机应用

www.nepconchina.com

参展事宜, 请联络 王永婷 先生 021 2231 7016 tim.wang@reedexpo.com.cn

参展事宜, 请联络 李海宾 小姐 010 5763 1818 haibin.li@reedexpo.com.cn

SMT企业新组织模型

提升效益与客户服务 第二部分

by Tom Borkes

The Jefferson Project

产量提升

自Henry Ford在20世纪初期发明了生产流水线以来，我们的企业生产组织方式就已形成。在组装一辆汽车的过程中，每位流水线工人都会分配到一项重复性很强的任务。这样提高了生产效率，降低了人员要求，减少了生产成本，相应地也会降低汽车价格，这样一来更多的人能够买得起车，汽车产量也随之迅速增长。随着产量的激增，汽车行业就需要雇佣更多工人，而技术也变得越来越复杂，对工人的技术要求也渐渐发展为需要在不同的领域有所专长。这些工人会被分配到基于不同技能和职责划分的部门当中，便于管理。每个部门都有一位经理负责协调员工、分配工作和策划部门内部的活动。

管理的目的是通过控制工人以实现最大限度地提升产量和质量——制定工作计划、评

价工作表现以及鼓励工人埋头苦干。哈密尔敦世界观表示工人（群众）就是野兽，而野兽必须被控制。

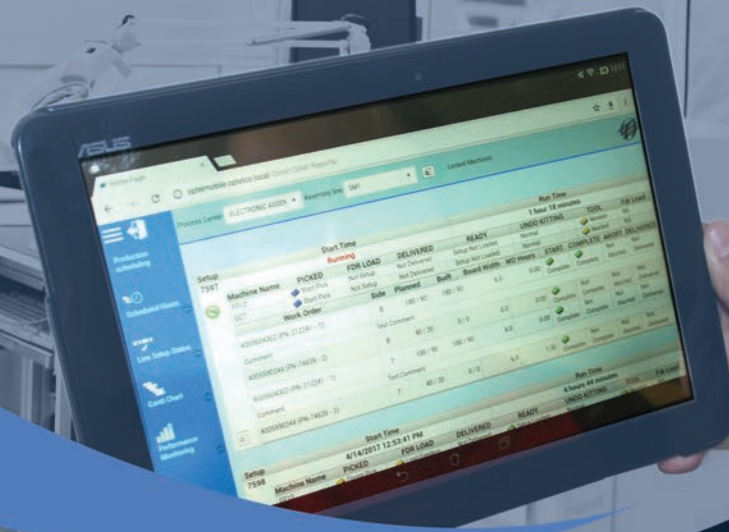
所以，我们被生产组织模型禁锢住，这个模型是分阶层的，其目标是监管者通过榨干工人以获取最大效益。

如车匠、铁匠、水管工和后来的焊接焊熔工等，都需要不同的专业技能，但大规模生产第一次将这些技能聚集到了一起——在同一家公司的不同部门工作。

早在Henry Ford出现之前的18、19世纪，工人就受雇于不断增长的资本密集型行业，如纺织业。随着顾客对纺织品的需求增加，工人们纷纷抛弃家庭作坊式生产转而加入工厂生产。工厂用蒸汽驱动的设备替换下了那些水车，这使得工厂可以坐落在于任何地方，不再需要选在靠近水源的位置。



工业4.0近在眼前 实时移动端生产控制， 尽在Optimal电子！



创新软件解决方案的全球供应商

致力于改善电子组装领域的生产力，实时控制和可追溯性
先进且独特的动态生产计划，提供即时的生产改进，
更可实时移动端生产控制Optimal提供真正的精益制造环境
投资回报率超高！

100%是必须的！

保证100%组件可追溯

符合第4级IPC-1782可追溯性标准。

“Optimal电子通过不断推出创新的功能和提供卓越的技术支持，不断刷新其在我们脑中的印象。”

- National Instruments



OPTIMAL ELECTRONICS

Optimal Electronics, 13915 N. Burnet Road, Suite 312, Austin, TX 78728
Phone: (512) 372-3415, www.optelco.com, info@optelco.com

这听起来挺反常，但在新共和国成立初期，随着劳动力转型的发生，“工业化快速发展的首要原因是因为美国的劳动力成本非常高……美国的高薪现象是由于雇主不得与当时非常流行的自产自销形式相竞争，来吸引一定数量的称职工人。”

这种竞争如今依然存在。因为现在需要高水平自动化来处理电子产品中非常小的零件，所以自己进行组装的公司认为他们可以雇用廉价劳动力来负责按下那些按钮，然后由机器来完成那些复杂的工作。自动化的开发、编程和维护降级到其他具有相应技能的人员身上。这与等级和组织能力的金字塔完美吻合。

但如今因为全球经济导致了劳动力价格低，高生产工资成了减少产品生产和组装的绝佳借口。很多公司发现，想利用低劳动力价格而选择外包生产产品这一做法是有严重缺陷的。对我来说，选择外包生产只能是因为以下两个理由：

1. 你想进入生产地所在的市场（好的理由）
2. 你的生产成本高于外包的生产成本（坏的理由）

在之前的专栏里，我们广泛讨论了劳动力成本的可控因素之一：通过使用自动化来减少劳动量。在接下来的几个月里我们将展开对另一个可控因素——间接劳动力的探讨。

我们为什么一定要以这种方式做事？因为我们一向如此。

是艺术模仿着生活还是生活模仿艺术？

产品生产是我们组织化结构的产物，还是我们的组织结构是因为需要生产产品才出现的？

我们的组织结构看起来是分阶层、呈金字

塔型的，这是因为这些结构以过去为基础，而不是因为它们一定是最好的。这种方式必然比其他方式成本高，如果传统结构不是最接近完美的，那哪些结构是呢？

柏拉图相信我们出于完美且真实的现实——思想的世界中。当我们以人类的身份开始存在之时，就开始快速忘记那份完美。就如我们被绑在一个洞穴里，只能看着影子在眼前的墙上掠过，投影出理想世界的形状。我们错把这些影子当作了现实，于是它们最终成为了我们眼中的现实。

亚里士多德是柏拉图的学生，他相信我们生来都是一块白板。我们的思想和我们所感知到的内容会渐渐显现在那块白板（我们的意识）上，之后我们会迅速被周围的现实所侵蚀。选一个你赞同的哲学家吧。

同样，科技世界中也有许多事物发生了变化。有一样没有发生改变的就是我们在高科技生产运营中组织人员的方式。我们在这几个世纪的生产已形成了特定的方式。打破这种组织范式将是一个巨大的挑战。

不惜一切代价去赢是现在社会给我们的一个信息。赢是唯一的选择。为了赢可以不择手段。在这过程中重要的不是输赢，而是我们如何去玩这一场游戏。

正如上面所提到的，Henry Ford通过专业化流水线的操作实践建立了现有的组织阶层模型。我们的教育系统通过提供工程、经济学、政治学、人类学和历史等基于每个学科当前思维状态的专业课程，加固了这一模型。但是物理学定律从未改变。从一开始认为地球是宇宙的中心到牛顿的三大定律再到爱因斯坦提出相对论，我们对于物理学的理解却一直在改变。

上个月我提到过，学术界已经能够随着我

们对一般规律的理解改变而对教育内容做出相应调整。而他们没有做好的一点是他们不能适应在产品生产实践应用中的不断变化——我们把它称为工业工程学。

教授们试图解读现实世界的需求和调整，但那些没有实践经验的人只能在不断失败中学习其中一部分。他们总是在紧紧追赶。

有时我们会设定宏伟的战略目标，但却没有制定或实施一个战术性计划来实现这些目标——因为说比做简单。学术界素来对工业有伟大的宏图却鲜有理想的结果。一家学术机构的目标之一就是帮助学生切实了解那些传统科目。学校为实现技术科目的目标设定了战术性计划，而其中一项就是给学生提出封闭式的问题。如果学生能够成功解决这些难题就说明他们已经掌握了相应学科的内容。

在现实世界里，批判性思维是我们用来解决开放性难题的宝贵工具，通常是那些我们遇到的无解难题。哪怕是出于最好的意愿，在学校的教室里也很难教会学生这一重要的判断工具。

现实世界不得不顺应学术界，而不是要求学术界提供满足其需求的优秀毕业生。在生产车间里，崇高的思想和解非线性微分方程的能力固然重要，但却不是成功的关键因素。

我们怎么付钱给我们的人？

[上个月的专栏中](#)，我们引入了一个虚构的电子产品组装公司，Chips and Dips，或者我们可以称之为C&D⁶。

由于篇幅原因，我们只讲讲C&D组织结构图中的两个。

而其中还有20多个。所有这些部门和团体都由上级部门管理，直到我们达到组织结构图

顶端，这就是层级结构：

1. 操作
2. 工程
3. 业务发展
4. 财务
5. 质量
6. 人力资源

这6项加起来有128.5万美元的工资，不包括员工的福利成本（平均为工资的40%，即51.4万美元）和奖励。这些加起来后，一般管理费用约为180万美元+间接成本，当我们报价时，必须将这些都包含在直接劳动力费用内，比如说，在为OPD（原始产品开发商）制造家庭电子报警安全系统时。

除此之外，运营部门花费的间接劳动力还有约200万美元。这使我们要将机器操作人员、手工装配人员、测试人员、手工焊接等通常参与直接组装产品的员工的平均直接劳动力价格（平均工资水平）加上这些，一共达到了380万美元。而这只是间接成本冰山一角，因为另外还有5个部门！

所有部门的经理和其他五个顶级部门也是间接劳动力的来源，必须通过直接劳动力吸收。这就说明了为什么我们直接劳动力的销量是至关重要的。这些间接成本非常惊人，组织中的部门也创造了自然的孤岛。这会导致员工在工作中感觉好像是在运营或质量保证部门工作，而不是在C&D里公司！

除非我们有非常强大的领导和管理者能把公司的利益放在自己部门的利益之前，否则决策往往是为了一个部门而不是C&D的最佳利益。并且，在寻找公司表现糟糕的根本原因时，各个部门之间会互相攻击，各种相互指责会变得很常见。我就见过很多次，也许你也见

过。这不是令人愉快的场景。

能够将跨部门员工捆绑在一起的是项目和/或新产品。公司好的领导层对让处于部门孤岛上的人员被整合到一个仅仅为了项目利益而生的项目团队中将是至关重要。一个组织应尽可能最大化直接劳动，尽量减少间接劳动。

一个层级结构、有权力金字塔结构的组织反而会增加间接劳动，创造了基于工作专业化的碎片。这个模式实际上就像创造了许多城市，每个城市都有市长和议会。但是，城市在省内可以以自主的方式运作，产品生产公司的大多数部门都是紧密相连的，每个人的表现都与他们相邻部门息息相关。

我们聘请人员创造并缩短组装过程，以减少直接劳动，但从来不对间接劳动进行同样的审视和学术理论研究——也许这是因为这些管理人员都是科班出身。

对新模式的思考

我希望你现在已经认识到了，间接成本只能通过直接劳动费用支付是非常具有讽刺意味的。如果我们通过自动化减少直接劳动力，我们能够支持的间接劳动也就越少。

更具讽刺意味的是，保护间接劳动的方式，是保留更多的直接劳动。所以，系统集成装配和其他劳动密集型加工是有价值的。以前采用这种模式是可行的，无论是有意识的还是无意识的，直到高劳动力市场生产企业进入全球制造业市场。离岸劳动力价格异乎寻常的低，于是产生了降低人工成本的巨大压力。大多数公司都选择了轻松的路线，把他们的生产转移到低劳动力价格的地方。

下个月，我们将继续讨论组织结构的劳动力成本。然后，我们将介绍一种替代组织结

构——一种更高效并且更具成本效益的电子产品组装管理方式。**PCB**

参考资料

1. T. Borkes, Electronic Product Assembly in High Labor Rate Markets—A Case Study in Exploiting the Counterweight to Low Labor Rate Competition: Automation, Pan Pacific Microelectronics Symposium, Big Island of Hawaii, February 12, 2014, Pg. 4-5.
2. R. Stark, The Victory of Reason. Random House, New York, 2005, pp. 222.
3. T. Borkes, "Like Holding the Wolf by the Ears...—The Key to Regaining Electronic Production Market." SMTA International Conference Proceedings, Orlando, Florida, August 2008, pg. 4-7.
4. T. Borkes, "A New Manufacturing Model for Successfully Competing in High Labor Rate Markets," Pan Pacific Microelectronics Symposium, Big Island of Hawaii, January 22, 2013.
5. T. Borkes, "Moving Beyond Paideia: Learning for Earning," SMT Magazine, May 2016.
6. T. Borkes, "Toward a New Organizational Model Using Logic, Cost Effectiveness and Customer Service," SMT Magazine, December 2016.



Tom Borkes是Jefferson Project和即将开学的Jefferson Institute of Technology的创始人。联系Borkes，请[点击这里](#)。

Global Wisdom · Local Presence
智慧大汇 实地创成



**全球最具代表性的线路板及
电子组装行业采购及信息交流平台！**

- 规模再度打破历届记录，逾2,600个展位，三馆齐开，共计超过52,500平方米。近550家国内外展商，一站式呈献业内革新及领先的产品及技术方案
- 创新推出与香港生产力促进局合办的香港展团，助您认识更多香港线路板厂商的产品技术及未来发展动向
- PCB设计大赛及PCB设计研讨会将再度举行，为PCB设计师提供展示技能及技术交流的机会
- 其他精彩活动如国际技术会议，助您掌握行业知识；欢迎晚宴、高尔夫球公开赛，助您搭建商贸人脉，促进行业交流及合作

观众预先登记，享免费及便捷入场！

请即到官网www.hkpcapc-show.org登记！

扫一扫！
关注展会官方微信
获取最新资讯



2017.12.6-8 中国深圳会展中心
1、2及4号展馆 www.hkpcapc-show.org

2017 HKPCA & IPC Show

主办单位：

HKPCA 香港线路板协会
黄敏华小姐
T: (852) 2155 5099
E: secretary@hkpcapc.org

李明宇小姐
T: (86-755) 8624 0033
E: amandali@hkpcapc.org

IPC国际电子工业联接协会
李金山先生
T: (86-21) 2221 0072
E: chuckli@ipc.org

参展查询：

承办单位 — 柏堡活动策划
中国 — 陈涓女士
T: (86-20) 133-6057-8272
E: may.chen@baobab-tree-event.com

香港及海外 — 刘美儿女士
T: (852) 3520-3612
E: faye.lau@baobab-tree-event.com

主办单位

HKPCA
Hong Kong Printed Circuit Association
香港线路板协会

IPC

承办单位

BAOBAB TREE
柏堡
柏堡活动策划

利用仿真、重用和并行 来加快产品上市时间

Mentor, a Siemens Business

领先一步进入市场可以决定产品的成败。目前有多种可缩短上市时间的方法；本文涉及了三种方法：仿真、重用和并行。这些方法可以单独或结合使用，以最大程度地缩短产品的上市时间。

利用仿真来避免改版

利用仿真来减少电路板改版，对满足设计截止日期是至关重要的。在设计过程的早期，我们将信号完整性（SI），电源完整性（PI）和热仿真分析结合起来，这将有助于捕获影响产品上市时间的问题。

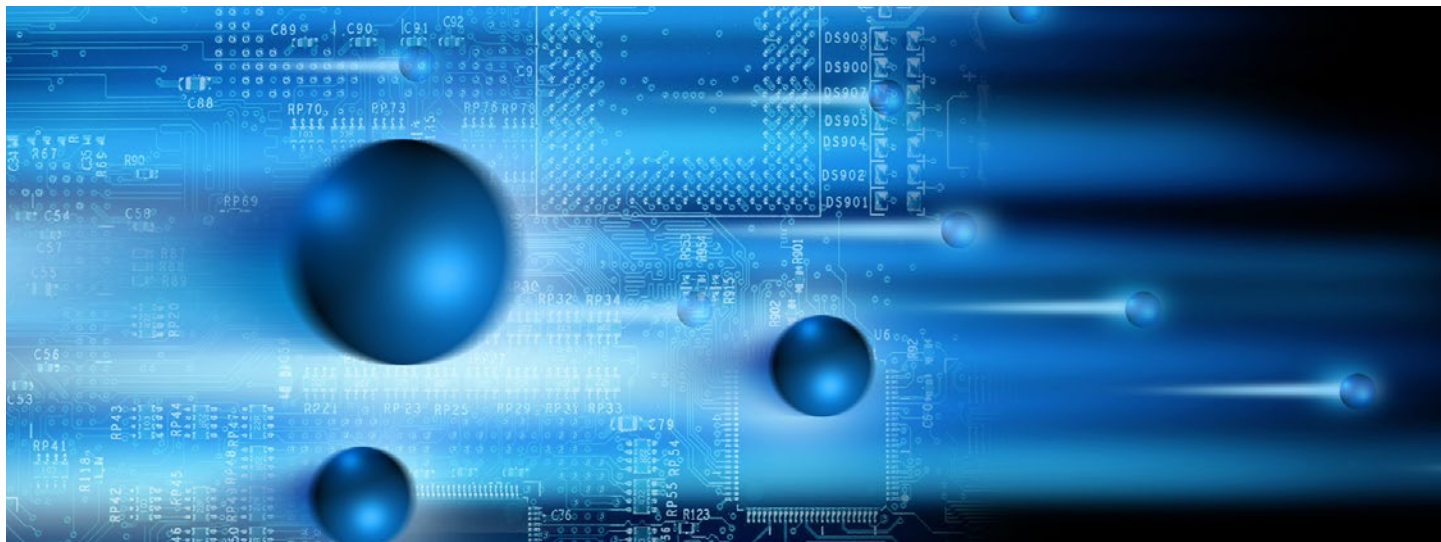
随着现代集成电路的边沿速率的增加，信号完整性分析依然十分重要。过冲/下冲、振铃、串扰、电磁干扰（EMI）和时序问题是需要严密监测的、造成信号衰减的常见来源。由于芯片技术的发展，即使系统工作于较低的频率下，也会越来越容易受到这些问题的影响。

如果不加以抑制，这些问题可能会导致某一电路板失效，甚至会让多个电路板发生故障从而影响预定的上市时间。

相较于信号完整性，电源完整性通常处于次优先级，但两者同样重要。电位差、高电流密度热点和电磁干扰是一些需要借助于仿真来进行检查的普遍问题。由于这些效应可能会直接带来信号完整性和发热问题，因此必须对它们进行研究，从而对设计具备全面的掌控。

众所周知，发热问题可能会导致设计的失败。就像信号完整性和电源完整性一样，设计中的许多方面都需要考虑。例如功耗、元件封装类型以及电路板所处的热环境——这包括从所使用的电路拓扑到环境温度等一切因素。由于有许多因素会影响系统的热特性，所以进行仿真是必要的。

仿真是实现设计一次性成功的关键。将仿真尽早地引入到设计流程中,能够更加有利

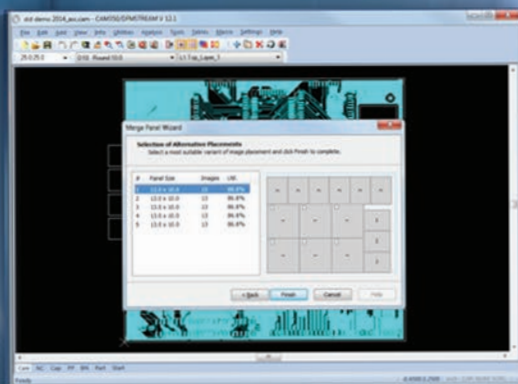


确保PCB制造成功的解决方案!



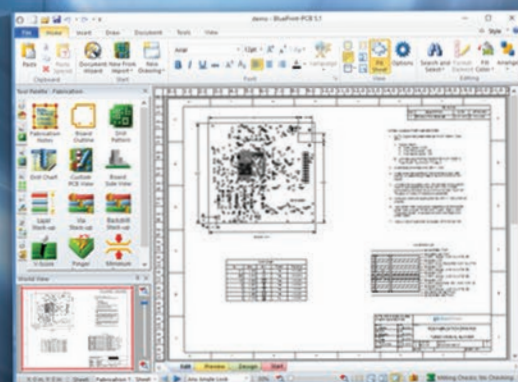
CAM350®

验证与优化PCB设计，
确保成功制造。



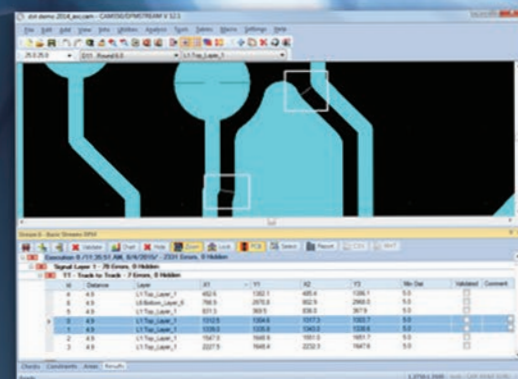
BluePrint-PCB®

创建全面的文档，
驱动PCB制造、组装和检查。



DFMStream™

在PCB设计周期内可随时
验证设计与制造规则。



DownStream Technologies致力于为您的PCB设计后处理需求提供全面的解决方案，以及工作流程改进。



请访问DownStreamTech.com



请点击这里申请**CAM350 12.2**中文视频电子教程

<http://www.kgs.com.hk/video.aspx>

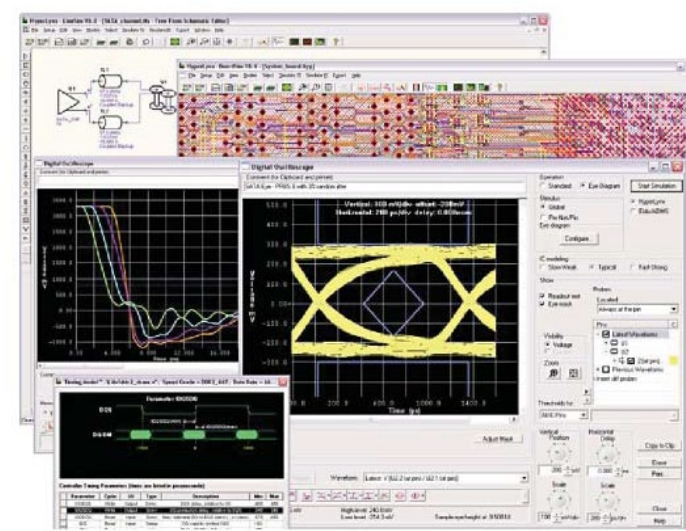


图1：HyperLynx中的信号完整性分析

于减少设计更改的工作量。设计的优化实现包括预布局和后布局分析。预布局分析可以通过“假设分析”测试来给出设计指导，而后布局分析可用于验证最终产品。

没有进行过适当验证的设计可能会导致样机研发或生产阶段中的失效，并且这两种情况都会影响到产品的上市时间。为减少并尽量避免电路改版，我们应当尽可能地应用信号完整

性、电源完整性和热分析。

利用设计重用来节省时间

设计重用因为能够加快产品的上市时间而成为PCB设计领域的一个发展趋势。利用“模块化”方法可以提高设计的可靠性，同时能够节省数小时到数天的工作时间。通过将以前的设计从电路库中提取出来，并对这些“已认证”设计进行重用，产品开发团队就能够将先前的成功案例应用到最新一代产品上并取得效益。

使用经过验证的电路可以节省从头开始设计所消耗的多余精力。重用还具备帮助维护和改进可重用设计的额外优势。当用户使用重用模块，把更改加入到源模块或生成修订时，重用库的用途就得到了扩展。

整个企业都正确实现和管理可重用电路模块需要一个跨越库和设计的解决方案。元件创建、三维建模、元件管理和工艺整合都是对库进行管理的重要考虑因素。整个企业都可以方为道这些符号、模块、焊盘以及任何相关的三维模型。元件参数（如公司特定的元件数据、

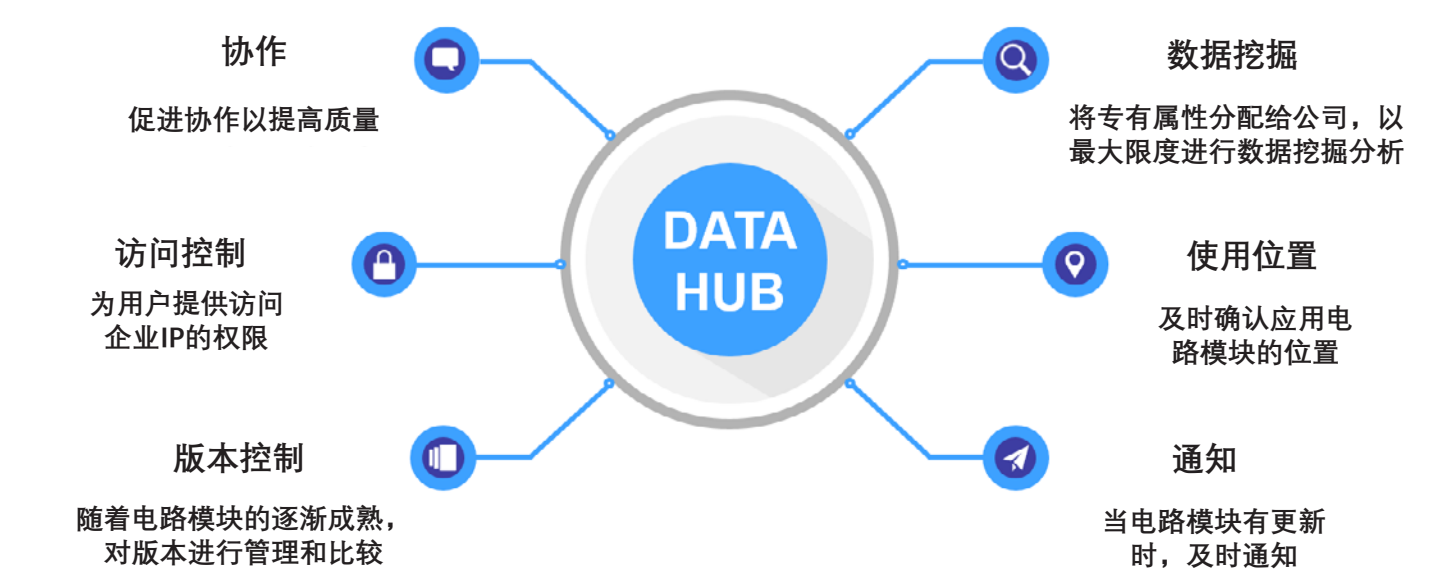


图2：可重用电路模块的设计要素

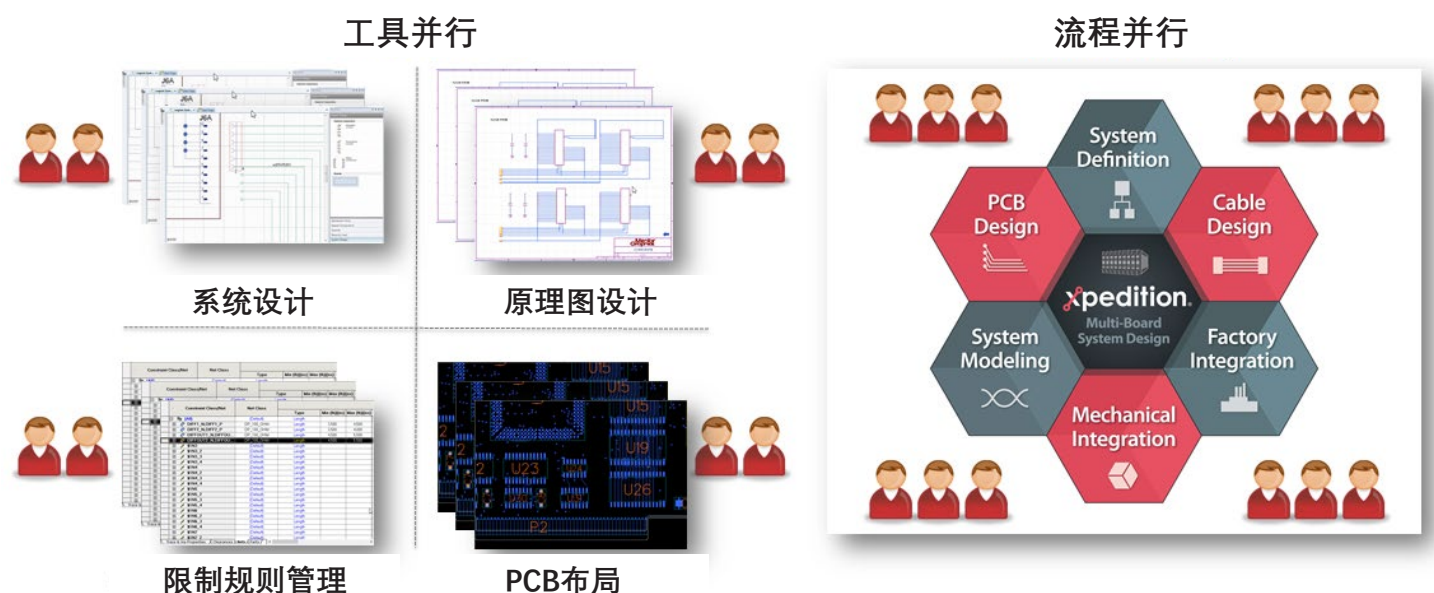


图3：利用Xpedition软件来实现实时并行的工作

供应商信息以及元件清单) 需要包括在内。这在搜索、过滤、设计并对元件进行比较时, 通过额外参数来实现工艺整合是十分有益的。

将ECAD工具套件和企业数据管理系统紧密结合起来是十分必要的。同样重要的是, 这样的结合可为重用模块的一系列基本要素提供支持。与可重用的电路模块相关的主库和设计要素如图2所示。

制造商和用户之间在重用模块上的协作对保证产品的合理开发和实现是十分必要的。负责发布和验证模块的团队必须同用户密切合作, 以将他们的优化工作和所用的数据同现有的库结合在一起。

访问控制在限制敏感/专有模块对用户和组的访问的同时, 也使得通用模块更易于使用。与IT管理员需要确定哪些用户可以或不可以访问网站或文件系统类似, 文件库管理员必须同设计团队协作, 以确定哪些用户可以或不可以访问可重用电路模块。

版本控制需要由授权的模块管理元来处

理, 并对任何即将发布的更新进行检查和签名。工作人员需要对从新产品开发或生产后现场测试中收集到的问题进行分析, 以便提高数据源的质量和/或可靠性。

系统需要自动报告模块的当前状态, 以便模块的用户可以及时知道模块已发生或经过批准的更改。这对确保最新的模块能及时应用于正在进行中的设计是非常必要的, 并且能够避免任何不必要的延误。

“Where-used (使用位置)”是指对设计中使用特定模块的地方进行跟踪和监督的能力。这有助于制造商借助对模块和使用频率的监控, 将各种问题准确通知到相应团队。这还允许用户查看特定的模块所在的位置以及相关设计应用特定模块的方式来帮助用户完成设计。

数据挖掘可以和公司指定的属性一起使用, 从而有助于决策的制定。例如, 如果历史故障可以追溯到特定的电路模块, 那么这个模块应当主动更新以提高质量或可靠性。于是, 对未来趋势的预测可以将改进模块的影响包括

进来。

实现一个包含这些关键要素的重用系统将有助于整个设计过程的加速。通过推进新的设计，并使现有设计更加易于管理，我们就能够实现更快的上市时间。

利用并行工程来简化设计过程

并行工程可加强设计团队内部或多个团队间的协作。并行执行任务和缩短每个任务持续时间的能力可以大大提高产品的开发进度并加快上市时间。

在传统的串行产品开发模型中，如电路图设计或PCB布局等任务都是按顺序进行的，并且每个人对各项任务做出的贡献是有限的。因此，上市时间只是每个任务所需时间的总和。而在并行工程产品开发模型中，任务可以并行地执行。

当前有多种不同的方法可实现并行设计，“实时并行法”就是一种理想的途径。利用实时并行法，每个人可以同时对各任务做出贡献。采用这种方法不需要对被分割的设计对象或数据库进行“重新装配”，这与某个设计的原理图和布局必须被分割并分配给特定的个人形成了鲜明对比。

存在两种类型的实时并行法，它们分别被称为基于工具的并行法和基于流程的并行法。基于工具的并行法在总体设计的范围内处于较低的级别，多个团队成员可以同时围绕同一个设计对象（如原理图或电路板布局图）进行工作。相反，基于流程的并行法处于更高的层次上，多个团队成员可以同时在一个项目中处理各种设计对象，如PCB设计和布线设计。

让多个工程师和/或设计人员同时工作于相同的系统定义、原理图设计、约束规则设置

或PCB布局上的能力，就是基于工具的并行法的例子。这种方法不需要对设计对象进行分割或划分，所有的编辑内容都会实时地向所有用户显示。因此，如果某个工程师或设计师希望在他们正在进行的工作过程中查看另一个工程师或设计师的编辑内容，他们只需打开设计对象（即原理图或PCB布局）就能实时查看到所有的编辑内容。

基于流程的并行法的例子包括一个需要与正在进行设计工作的原理图和布线设计人员或者制造团队共事的系统架构师，以保证仍在进行PCB布局的阶段，实现可制造性设计检查。基于流程的并行法通常会涉及多个规程和工具，因此每个团队所用工具之间的同步是至关重要的。在这种情况下，在流程中集成某些功能是必要的，以便随时监控来自任何工具状态的变更。

采用适当的沟通和工具来实现并行工程可以对产品开发过程产生重大影响。实时并行法允许多个团队成员同时针对设计的任何一个方面进行协同工作。相较于传统的方法（传统方法更容易遇到瓶颈），这种方法有着明显的优势，并最终加快了上市时间。

结语

仿真、重用和并行是加快产品上市时间的三种方法。第一种方法是利用信号完整性、电源完整性和热仿真来减少昂贵的电路板改版；第二种方法是在支持六大重用要素的条件下进行设计重用：协作、访问控制、版本控制、报告、位置追踪以及数据挖掘；第三种方法是利用并行工程来简化现有的设计过程。通过使用上述三种方法，对上市时间的目标规划将会变得更为可行。**PCB**



***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

印制线路设计指南™： 基于实例的 信号完整性分析

by Fadi Deek

Mentor, A Siemens Business

印制电路设计师指南系列又添新员——[《基于实例的信号完整性分析》](#)，由Mentor, A Siemens Business的Fadi Deek撰写，I-Connect007出版。信号完整性依然是电子行业中受到众多关注的问题，本电子书详细阐述了消除信号完整性问题的重要性，作者Fadi Deek是信号完整性工程师。本书利用对基本信号完整性原理的理解，对4种可能的信号完整性问题进行了探讨。

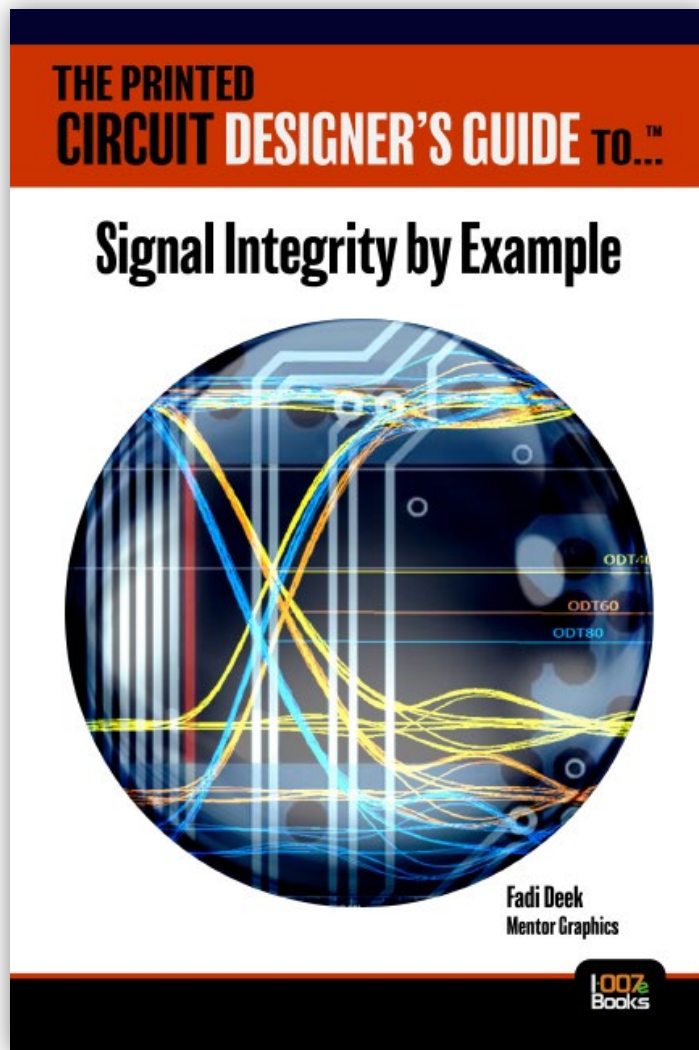
Deek利用分析技术、最佳设计原则和软件工具来实现精确的仿真和测量，对如何取得有效的设计方案和做出稳健的工程优化进行了探究。本电子书将会为那些对电子传输有关问题的鉴别、根源和解决方案感兴趣的电子工程师带来帮助。

章节介绍



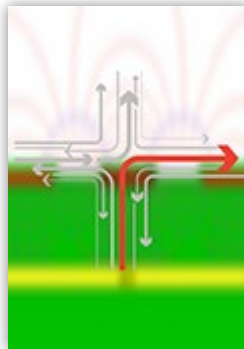
第一章：阻抗

第一章概述了特征阻抗、瞬时阻抗和驱动输出阻抗的基本概念。本章还对驱动特征和封装的影响进行了阐述。



第二章：反射和终端

第二章讨论如何设计适当的终端以尽量降低反射噪声。包括对反射和噪声容限、终端策略和单比特响应的讨论。



第三章：串扰

第三章探讨了近端和远端串扰，以及多个攻击者对受害网络的影响。本章讨论了串扰的根本原因和解决串扰问题的方法。



第四章：差分对

第四章介绍了差分对、差分信号和共模信号以及端接的方法。此外，本章还比较了紧耦合和松耦合差分对通道间串扰的影响。

关于作者Fadi Deek



2005年，Fadi 从位于黎巴嫩贝鲁特的美国科技大学（AUST，纽约州立大学的校外学位——译者注）取得计算机和通信学士学位。同年，他加入Fidus Systems担任系统工程师，并从事了三年的电路设计工作。2010年，他获得了位于费耶特维尔的阿肯色大学电气工程硕士学位，随后加入了Mentor, A Siemens Business并担任企业营销工程师。2013年，Deek成为一名为HyperLynx工具套件提供支持的企业应用工程师。同时，他在Eric Bogatin博士的指导下攻读科罗拉多大学的博士学位。

本书得到了信号完整性领域的教父Eric Bogatin博士的技术修订与推荐：

互连已变得不再简单透明，并且如果一开始你没有处理好设计中的信号完整性问题，那么你的产品可能无法正常工作。这是Mentor, A Siemens Business应用工程师Fadi Deek的新书《基于实例的信号完整性分析》的开篇忠告。

在该书的4个章节中，作者从一些基本原则开始进行介绍，然后用案例进行说明，我非常喜欢这种方式。不同于其他采用一般方法来分析信号完整性的书籍，这本书用深入浅出的方式来解释相对复杂的效应。

Deek提供了一个对任意驱动器的输出阻抗进行逆向工程的简单方法——测量其开路电压，在输出电压下降一半时，找出负载电阻。

即使带实际驱动模型的最简单电路也可以产生复杂的振铃波形。本电子书确定了两个经常被忽视的反射源：封装模型和接收器的输入栅电容。通过考虑这两个特性，我们可以立即理解许多不可思议的振铃效应。

本电子书是Mentor, A Siemens Business系列丛书的第一部。该书包括四个主题：传输线和阻抗、反射和终端、微带线和带状线中的串扰以及差分对和差分信号。本系列丛书的下一部电子书将覆盖PDN设计的内容。

基本原则为工程评判的开展提供了坚实的基础，这本书将许多仿真作为虚拟原型，以实现设计细节的探究。然而，Deek告诫称，当你在进行仿真时，首先对于结果要有一个大致的预期，以进行安全的仿真。如果跟你的预期不同，请查找原因。

例如，工程评判和许多应用指南指出，紧耦合的差分对应当具备比松耦合的差分对更小的串扰。

在对两个差分对之间的串扰进行的简单仿真中，Deek指出，在某些情况下现实并不和预期相同。在同样的通道间距下，当差分阻抗和线宽保持不变而差分对的耦合发生变化时，两个紧耦合的差分对之间的串扰要大于两个松耦合的差分对。

通过对边缘场的观察，Deek揭示了这种特性的根源，并重新矫正了我们思考和解决信号完整性问题的方法。

如果您对信号完整性有所关注，您定能从这本新的电子书中获得一些独到的见解。

[欢迎访问I-Connect007的技术图书专区！](#)

A top-down photograph of a wooden table with several hands reaching in from the edges. Each hand is pointing to a small white card with a colorful lightbulb icon. The lightbulbs are in various colors: yellow, blue, purple, green, and red. The hands are of different skin tones and are wearing various types of sleeves, suggesting a diverse group of people. The background is the dark, textured surface of the wooden table.

团队协作的必要性；CID， 一个加分项

by Kelly Dack, CID+
EPTAC

回首我在PCB设计界工作的这几十年，我是非常幸运的，仅有一次我是带着绝望去找新工作的。我从没想到在我找工作的时候是IPC认证互连设计师证书帮了我一个大忙。

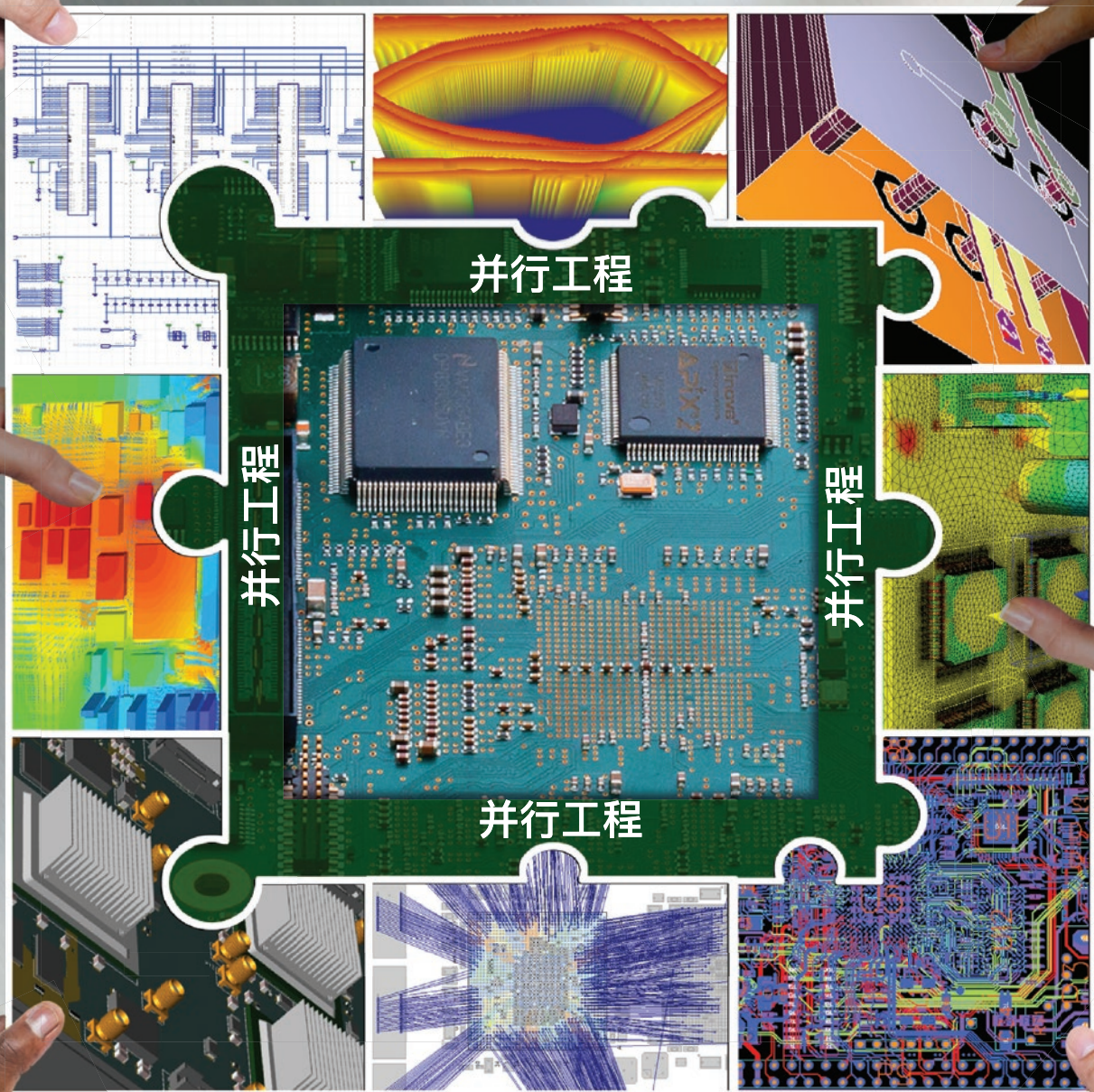
这件事发生在2000年前后，整个电讯业的行情都非常低迷。突然间，我遭遇了人生中第一次也是唯一一次被裁员。

在失业之前，我换过几份工作。我在一家航空制造公司工作过九年；在一家医疗产品公司工作过九年；在一家小型商品开发公司待过三年；在一家PCB设计软件VAR公司工作过八个月；之后又去南加州的一家电讯公司工作了三年。哇！可真不少。

在我工作的前几年中，我都是按照自己的想法意愿去换工作，特别是会追随我的工程师朋友去迎接新的工作机会。我的PCB设计经验渐渐变得非常丰富。我很喜欢和设计团队一起工作、与部门同事成为朋友。

下面就要说一说我的表现了，公司给我的评估里总是会有这么一句话：“Kelly在团队工作中表现优异。”在那时，互联网公司和电子产品公司就是摇钱树。我觉得自己是世界上最顶尖的设计师，而且我给公司带来了更多的收益，直到有一天，电子行业的经济泡沫化为虚无。当时我简直不敢相信；也许当时的你也感同身受，很多设计师都是如此。

PCB系统设计竞争优势



©2017 Mentor Graphics Corporation. All Rights Reserved. Mentor Graphics is a registered trademark of Mentor Graphics Corporation.

Xpedition® 并行工程|当今的PCB系统级设计，需要新的方法和技术来管理不断提升的复杂性。从概念到制造，实时并行工程能加快您的产品开发过程，提高设计质量并降低成本。市场领先的Mentor® Xpedition瞄准企业协作流程，提升您的竞争优势，可缩短高达70%的设计周期。了解更多信息，请访问: www.mentor.com/pcb/xpedition

Mentor
A Siemens Business

一两周过后，我才意识到我真的没有准备好面对失业。当地没有工程师朋友让我可以去追随。正在招人的新公司又肯定会在不久之后就关门大吉。我不得不自己去找工作，我开始阅读有关如何更新简历的资料。“我在团队工作中表现优异”，我写道，但指出你在团队工作中表现优异又能怎样，如果没有工作机会的话也等于无济于事。我开始寻找其他州的工作。

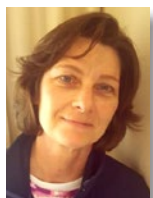
很快，我找到了在内华达州Reno的工作机会。这个职位描述的开头是，“一定要能胜任团队工作”。我不禁感慨，“这就是我啊！”于是我申请了这份工作。

不久之后，我的电话响起了。是Reno那家公司的人力资源部经理打来的。她说她想给我安排一个电话面试。我本来还希望她能说一些有关他们公司PCB设计团队的信息，结果她没有。“好的！”我回答道。

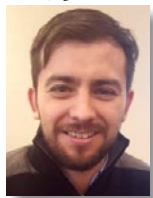
KELLY和他CID课上学生的交谈

最近在芝加哥的认证互连设计师(CID)培训课上，我深入了解了我的九名学生。他们来自全国各地，背景也各不相同，但他们有一个共同点：想在名字的后面加上CID的称谓。

我像一个勇气可嘉的记者一样问他们是否愿意谈一谈当初选择上CID课程的原因，有四个人答应了我。以下是他们的回答：



Amy Baker, Digi International Wireless Design Service公司(位于Minnetonka, MN)的PCB设计师：“我们公司之所以看重IPC设计师认证是因为这个证书会让我们的团队更有可信度。材料内容恰当，着重强调了会参考行业认可的IPC标准、设计方法及最佳操作方法。参加我们课程的学生背景各不相同，课上讨论也就变得更加有趣，我们还有非常好的机会可以发展人脉。”



Javier Baca, 来自EE Yazaki Service(位于San Nicolas, N.L. Mex-

ico)：“IPC CID课程帮助我摆脱了大学时PCB项目经验给我带来的思维局限性。为期四天的课程帮助我更好地将我公司的标准与IPC标准进行对比。我希望可以利用我在这个课程上学到的知识来提高我们公司设计流程的质量。”



David Moore, Honeywell International公司(位于Melville, NY) PCB设计主管/经理：“我想拿到IPC的PCB设计师证书是为了更好地了解IPC设计、档案记录和制造标准。我回到公司以后会用我在这里学到的基础知识创建我们的PCB设计流程，并且帮助我们的部门取得成功。”



Julito Tejada, Honeywell International公司(位于Melville, NY) 策划工程师：“这个课程的优点在于它可以通过帮助我们了解如何使用标准化来指导我们进行PCB设计。课程的手册和演讲对我们的学习非常有帮助。”

一周以后，我接到了面试电话，电话那头是Reno公司的工程服务部经理和电子产品策划工程师。我们深入讨论了我的工作经历和我设计过的印制板种类，但他们似乎对我去年从IPC获得的一个证书特别感兴趣——认证互连设计师（CID）。

我提到我是自费去接受CID培训和认证的，因为我的公司当时正准备要裁员，而且可能也负担不起这笔费用。我说我认为这个证书非常有价值——不是因为我当时觉得我会在接下来的几年里一直在找工作，而是因为我听说它根据IPC标准设计和制造规范说明来教授PCB设计准则。我还说道，这个认证项目教会了我如何把视野放到我工作范围以外的领域，不仅要看一看我的设计决策是如何影响PCB的性能表现，还要看一看它对PCB CAM的成败、生产人员、组装和测试人员甚至是检测和采购人员都造成了哪些影响。

在电话面试快要结束的时候，工程部经理问我对这个职位还有什么问题。我请他们解释一下职位描述中“一定要能胜任团队工作”的具体要求。我问道，“这个PCB设计团队是什么形式的？”策划工程师回答道，“其实，也算不上是一个团队，就只有一名设计师，他现在正在和部门同事一起看电影。”

然后我听到他们在窃窃私语。工程服务部经理对HR说道，“你有跟他说过我们这里有设计师团队？”HR回答说，“这是我们职位信息模板中的一个标准要求，它针对我们的所有职位。”

所以说，Reno的这家公司并不是真的在找一名能出色胜任团队工作的PCB设计师。他们没有PCB设计师团队——只有一个独立的PCB设计师。但他们非常欣赏我的见解和看

法，不仅是因为我有丰富的PCB从业经验，还因为我在接受IPC CID认证相关的培训时学会了考虑整个制造环节中的难点。

他们再一次给我打电话请我去Reno进行一次面对面的面试。最后，我得到了这份工作，并且和那个当初宁愿去享受公司的电影活动也不愿参加对我的电话初试的设计师结下了深厚的友谊，学到了很多团队合作技巧。

我在这家公司工作的十四年里，有一名非常智慧的工程部经理帮助我意识到了一开始IPC CID培训和认证就打算教给我们的团队概念：我从来没真正在一个团队工作里表现出色。我只是和一群志同道合的PCB工程师一起从事我们感兴趣的事。

随着我有更多机会可以接触到PCB制造流程中的其他工作人员，Reno的团队成员渐渐走到了一起。这个团队的成员来自PCB制造流程的各个分支，我在接受CID认证培训时了解过这些分支。

如今，我成为了一名EPTAC的CID讲师，我可以用传授知识的方式为PCB设计团体做出一点贡献了。CID不仅仅是一纸证书，也不仅仅是用来证明你可以设计PCB的文件，会设计PCB的人到处都是。

我的结论就是：CID可以帮你找到一份工作。但这不就是它有用的地方吗？**PCB**



Kelly Dack目前是KeyTronicEMS Corp的全职PCB设计师，这家公司是一家活跃的合同装配商，在世界各地都有制造设施。此外，Kelly是IPC设计师委员会的主管人员，并受聘于EPTAC公司出任CID讲师一职。

行业会展



IPC活动日历, 请[点击这里](#)。

SMTA活动日历, 请[点击这里](#)。

iNEMI活动日历, 请[点击这里](#)。

完整的PCB007活动日历, 请[点击这里](#)。

[electronicAsia](#)

2017年10月13-16日
中国香港

[IPC挠性电路 : HDI论坛](#)

2017年10月17日至19日
美国明尼苏达州明尼阿波利斯

[TPCA展](#)

2017年10月25日至27日
中国台湾台北

[Productronica 2017](#)

2017年11月14-17日
德国慕尼黑

[2017国际线路板及电子组装华南展览会](#)

2017年12月6-8日
中国深圳

[47th NEPCON JAPAN](#)

2018年1月17日至19日
日本东京Big Sight

[DesignCon 2018](#)

2018年1月31日至2月1日
美国加利福尼亚州圣克拉拉

[EIPC 2018冬季论坛](#)

2018年2月1日至2日
法国里昂

[IPC APEX EXPO](#)

2018年2月27日至3月1日
美国加利福尼亚州圣地亚哥

[中国国际电子电路展览会](#)

2018年3月20日至22日
中国上海

[NEPCON CHINA](#)

2018年4月26日至28日
中国上海



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@ICONNEC007.COM

助理编辑：DAVEY DANG
DAVEY@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

I-Connect007China Presents



《PCB007中国线上杂志》由美国BR Publishing, Inc. (PO Box 50, Seaside, OR 97138) 出版©

2017 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。

2017年10月号总第八期，《PCB007中国线上杂志》是由BR Publishing公司出版的电子月刊。

广告索引

广告订阅.....4	KYZEN.....74
王氏港建.....22	MacDermid Enthone.....8
加入我们.....60	Mentor, a Siemens Business.....96
环球集团.....50	NEPCON.....80
中国印制电路行业协会.....70	Optimal.....82
挠性电路手册.....32	Orbotech.....34
高密度互连HDI手册.....58	The PCB List.....92
Camtek.....26	P. Kay Metal, Inc.....78
Downstream Tech.....88	Real Time With...6
ESI.....38	Ventec.....18
HKPCA & IPC Show.....86	

更多精彩内容敬请期待 PCB007中国线上杂志：

十一月：

信号完整性与可控阻抗

随着高频高速时代的到来，信号完整性恶魔一直困扰着我们

十二月：

高密度互联HDI

听HDI的教父为您讲述高密度互联的昨日、今日与明日

一月：

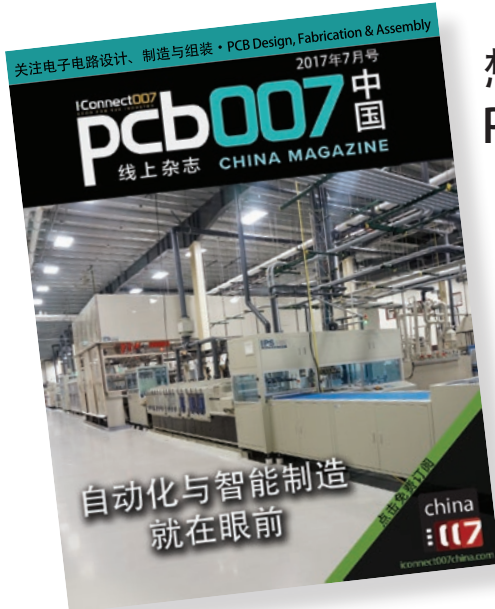
热管理

火热有时候并不是好事



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 | | MilAero007 |

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。



PCB007中国



EMS007中国



PCBDesign007中国



PCB007中国杂志



最新热点新闻:

为苹果 iPhone 9 作准备, LG Innotek 开始生产柔性 OLED 显示屏

据外媒 iPhone arena 报道, LG Innotek 对于 2018 年开始制造生产柔性 OLED 显示屏, 曾成为 iPhone 9 的重要 PCB 制造商之一。据悉 LG 将在 iPhone 8 上搭载 OLED 显示屏, 这意味著...

推荐文章:

高速材料！听听 PCB 制造商们怎么说？

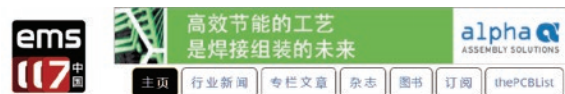
六月 30, 2017 | I-Connect007

近日, I-Connect007 出版商 Barry Mattice 和他的编辑团队就高速材料的问题与 PCB 制造商进行了讨论。出席此次讨论会的有 Summit Interconnect 公司的工程部长 Gerry Partida; All Flex Flexible Circuits 公司的项目经理 Joe Manning; 以及 Accurate Circuit Engineering 公司的总经理 Anne...

欧洲视角：电子技术研究院第43届年度研讨会

六月 30, 2017 | Peter Barkley, I-Connect007

随着时代的推移, 改变是无法避免的。我们正在期待第四次工业革命的来临, 新技术的出现使得物理、数学和生物领域的界限变得模糊。它们可能会从根本上改变我们的生活方式、工作方式以及相互联系的方式。可是最近的工业革命经济于何时何地呢? 回顾 300 年前, 在英格兰中部...



最新热点新闻:

2017 年亚洲消费电子展将展示最新的技术趋势

从最初使用汽车零件制造, 全球消费电子行业在 2017 年 6 月 7 日, 中国上海——2017 年亚洲消费电子展 (CES Asia 2017) 于今日盛大开幕。此次展会将展示最新的技术趋势, 并将 22 个国家和地区的 45...

推荐文章:

智能制造要软硬结合

六月 30, 2017 | I-Connect007

I-Connect007 的编辑在最近的一个会议上采访了 ASM。采访中 ASM 的董事 Mr. 先生认为软硬结合是智能制造的基础。中央智能系统提供实时数据监控和改进。随着电子设备的小型化、精细化方向发展, 加之可移动设备的大规模使用, 电子制造领域的复杂性、微型化元件应用越来越多。如何在生产过程中实现良品率、质量稳定性和生产周期性的一个难题, 而电子制造自动化技术就是解决这一行业困境的关键。ASM P...

在线式自动化组装系统未来趋势

六月 30, 2017 | I-Connect007

I-Connect007 的编辑在最近的一个会议上采访了宜智科技。在电子制造行业由于薪资上涨、劳工短缺、组装程序日益复杂, 以及消费者对持续交付高质量成品的高品质要求, 消费电子行业正在面临前所未有的挑战, 制...



iconnect007china.com