

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

2020年05月号

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

pcb007 中国

线上杂志

CHINA MAGAZINE



做出选择! 提高利润

扫码关注公众号



iconnect007china.com

提升利润率, 逆境中获胜的不二法则

by Edy Yu

I-Connect007中国

经常有电子电路行业的同仁抱怨说：“利润真是低啊。”利润低的原因有很多，原材料上涨、环保法规严格、用工成本增加、终端大厂压价。

这样的对话与争论一直都在上演，你经常能听到行业里某工厂因为利润太薄而难以为继，而同时又有工厂日子过得很滋润。尤其今年因为疫情，大批低利润企业黯然离场，而很多原本利润就不错的企业，因为产品线涉及医疗电子、5G通讯等高端领域，正干得热火朝天。

其实这并不矛盾，利润率的构成是方方面面的。管理、良率、制程优化、减少浪费、营销、市场、技术、设备这些方面的改进都会带来利润率的提升。本期我们就请到了很多行业专家来讲讲可以从哪些方面入手提高利润率，让工厂能更赚钱。

首先 I-Connect007 编辑团队采访了 The Right Approach Consulting 公司总裁 Steve Williams，探讨了 PCB 生产在恢复盈利能力的道路上面临着哪些难题。采访中重点讨论了北美最先进的 PCB 制造工厂 Green-Source 的模式。

接下来针对各个环节讨论盈利能力，我们请到了 Schmoll 的专家，通过一些新老工厂为例，共同探讨了如何在原有钻孔车间的基础上，通过增加灵活性和自动化使钻孔和层压部门更具盈利

能力。

提高生产率以及增加良率无疑是提高利润的两大黄金法则，ESI 公司的 Patrick Riechel 和 Shane Noel 讨论了如何将新的激光技术和控制功能结合起来，以提高生产率和应对新材料带来的挑战。

接下来，我们采访了 MacDermid Alpha 公司的 Bill Bowerman。他介绍了一篇他参与撰写的关于直接金属化和其他高阶金属化的论文，包括采用黑影和黑孔工艺的好处，以及什么类型的工厂可以考虑采用这种工艺。同时我们将他的这篇论文《因应 HDI 技术发展而改良的碳系列直接电镀》翻译成中文版。

最近几期我们一直在连载 NextGin 公司的关于 VeCS 的技术论文，得到了业内的不错反响。本期我们采访了沪士电子的产品创新副总裁 Joe Dickson。Joe 介绍了公司开展的 VeCS 技术研发工作，以及与标准 HDI 工艺相比 VeCS 技术的特点。

3月16日, Manz 亚智科技向广东佛智芯





**CPCA 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 ELECTRONIC CIRCUITS (SHANGHAI) EXHIBITION

2020.8.25-27

国家会展中心（上海）

National Exhibition and Convention Center (Shanghai)

主办单位 Organizers



中国电子电路行业协会



香港电路板協會

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 / QQ: 800 055 702

www.cpcashow.com



微电子技术研究有限公司交付大板级扇外型封装解决方案, 推进国内首个大板级扇外型封装示范线建设, 标志着国内 FOPLP 产业化发展又上了一个新台阶。近日 PCB007 线上采访了两家企业, 就如何既可以进一步降低生产成本又能满足市场端对芯片效能的需求目的进行探讨。

在我们行业新工艺的导入是一个非常漫长的过程, 少则 3~5 年, 多则数十年。只有当人们看到新工艺拥有足够多的优势时, 才会考虑尝试。我们请来了具有 35 年油墨开发经验的专家 Electra 介绍打印阻焊油墨的优势。

作为生产商, 当得知部分产品因外观缺陷而被拒收的时候肯定会觉得非常可惜, 毕竟这些板子的功能完全正常。为什么我们要拒绝此类产品, 是否有标准或者指南来避免这些浪费。Jan Pedersen 期待《更完善的外观缺陷指南》。

National Instruments 公司的 Al Block 和 Naji Norder 为介绍了如何用 PCQR² 工具来给供应商打分, 并探讨了公司如何采用数据驱动分析方法验证供应商的质量, 以及该方法如何为公司节省数百万美元。

Happy Holden 的《工程师 25 项必备技能》连载进入新章节——《计算机辅助制造》, 这无疑是近年来我们行业提升利润率的关键工具之一。其实早在上世纪 80 年代, 半导体行业已经应用了 CAM 并让工厂实现了全自动化。

PCB 组装专区中, 我们的老朋友 Bob Neves 先生与 Happy Holden 先生分享了其在微孔及通孔测试技术上发现的令人兴奋的新信息。这对于汽车电子以及 5G 产品的制造商来说无疑是一个好消息。

西门子的 Sagi Reuven 接受了我们的采

访, 详细介绍智能工厂实施必须从传统工艺分析和改善入手, 其数据采集过程才是有效的。他还解释了为什么有时利用工业 4.0 的关键是转换思维模式, 并不需要大量投资新设备、新工艺等巨大改变。

元器件尺寸不断缩小的发展趋势下切割钢板和电路板分板已经普遍采用激光技术, LPKF 的激光专家为我们解读了其中的奥秘, 以及为什么业内很少有人意识到钢板对生产线的影响。

最近我们的出版物非常高产, 本期我们将介绍 Gen3 CEO 为我们带来的《印制电路组装商指南: 工艺验证》一书。这是汽车电子、5G 产品制造商的必读书目。

PCB 设计专区中, 首先是 Mentor 西门子公司负责高速设计的产品营销经理 Todd Westerhoff, 探讨常见的设计问题以及何种才是节约成本的 PCB 设计。节约成本、保证交期, 从设计入手肯定事半功倍。

随后我们还采访了 Cadence 公司系统分析组的产品管理主管 Brad Griffin, 共同探讨了 PCB 设计师降低成本的方法, 以及 EDA 公司如何通过自动完成某些耗时的任务来帮助这些设计师。

挠性电路设计所面临的挑战与刚性 PCB 设计面临的挑战有诸多重合之处, 但同时也存在很多差异。Flexible Circuit Technologies 为您带来《挠性电路设计指南》。

以上就是本期的所有内容, 希望您在阅读之后能找到提高利润率的方法。下一期我们将关注疫情对于行业的一些影响, 分析市场走向以及相关应对措施。感谢您对我们杂志的关注, 希望您能推荐给更多朋友, 通过微信公众号“PCB007 中文线上杂志”订阅。PCB007CN

这些行业领军企业 都有什么相似之处？



他们都从PCB007中国线上杂志的广告中收益
我们是中国电子电路行业的优质广告合作伙伴
欢迎加入领袖企业的行列！



GET STARTED NOW!

I-Connect007 中国
GOOD FOR THE INDUSTRY

I-Connect007china.com

做出选择!提高利润

低利润企业黯然离场，而原本利润就不错的企业，因为产品线涉及医疗电子、5G 通讯等高端领域，正干得热火朝天。

专题文章



- 9 PCB 工艺流程中的收益能力
by the I-Connect007 Editorial Team



- 17 钻孔房的盈利能力模式
by the I-Connect007 Editorial Team



- 25 PCB 加工的发展趋势：一系列新技术、新材料和新挑战
by Patrick Riechel and Shane Noel

- 31 金属化工艺最新动态
by Nolan Johnson

- 35 因 HDI 技术发展改良的碳系列直接电镀
by Graham Lee, David Chun 等

- 43 沪士电子谈 VeCS 技术的现状
by Nolan Johnson

- 65 更完善的外观缺陷指南能“拯救”功能正常的 PCB 吗？
by Jan Pedersen

- 69 PCQR² 工具：供应商的计分卡？
by Patty Goldman

- 75 计算机辅助制造第 1 部分：自动化协议
by Happy Holden

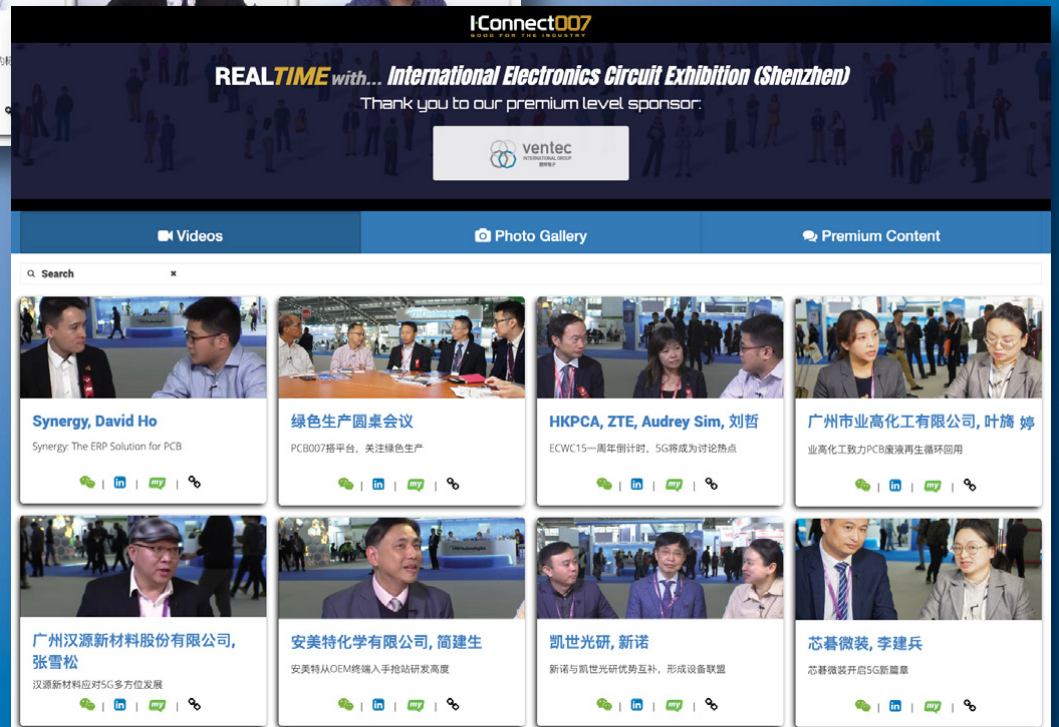
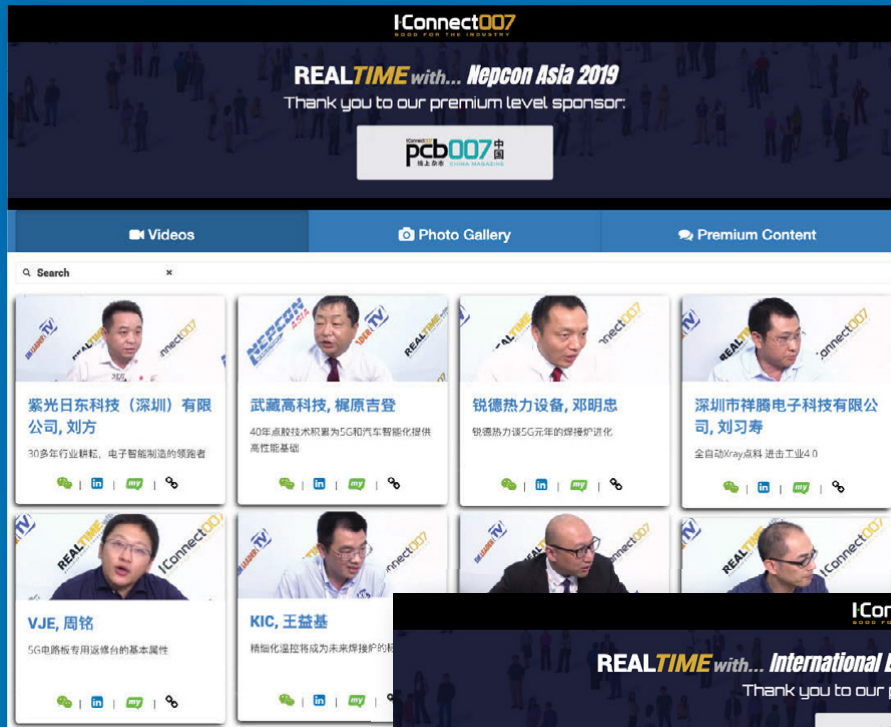
- 49 国内扇出型面板级封装 FOPLP 产业化进程
by Tulip Gu

- 57 印阻焊油墨的优势
by Chris Wall

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。





扫码订阅公众号推送

更多内容

PCB 组装专区

- 87 当前环境下，导通孔的可靠性和稳健性
by Happy Holden

- 93 运营方式助力智能工厂的发展
(第 1 部分)
by the I-Connect007 Editorial Team

- 101 LPKF 公司解读钢板和分板
by the I-Connect007 Editorial Team

- 111 新书推荐：印制电路组装商指南——
工艺验证
by I-Connect007

PCB 设计专区

- 115 小问题和设计成本管理
by Andy Shaughnessy
- 121 Cadence 公司通过自动化助力 PCB
设计
by Andy Shaughnessy
- 127 挠性电路设计指南
by Flexible Circuit Technologies



行业要闻

- 16 新冠疫情下光华科技的应对措施
- 34 全球化——COVID-19 与 5G
- 56 EPTE 快讯：COVID-19 爆发对全球电子行业的冲击
- 64 挠性电路进入大学
- 120 如何应对封装寄生效应

其他栏目

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



Quality.
Reliability.
Consistency.
IPC.

IPC — 国际电子工业联接协会

START WITH THE STANDARDS

从标准出发

来源：609位IPC用户的TechValidate调查



72%
质量提升



53%
竞争力提升



43%
返工减少



39%
不必要的报废



33%
现场失效减少



28%
产量提升



20%
盈利能力提升

※由全球业内超过3000名同行专家制定和批准IPC 标准

※超过 5400 家企业依赖于 IPC 项目和服务

※标准化的培训，获得全球范围认可的质量资格证书

※提高产品的可靠性和质量，全面降低成本

※获得最新市场信息和技术的渠道

※多项技术比赛，行业论坛等会员专属活动



扫一扫
免费下载 IPC 标准目录手册



PCB工艺流程中的收益能力

by the I-Connect007 Editorial Team

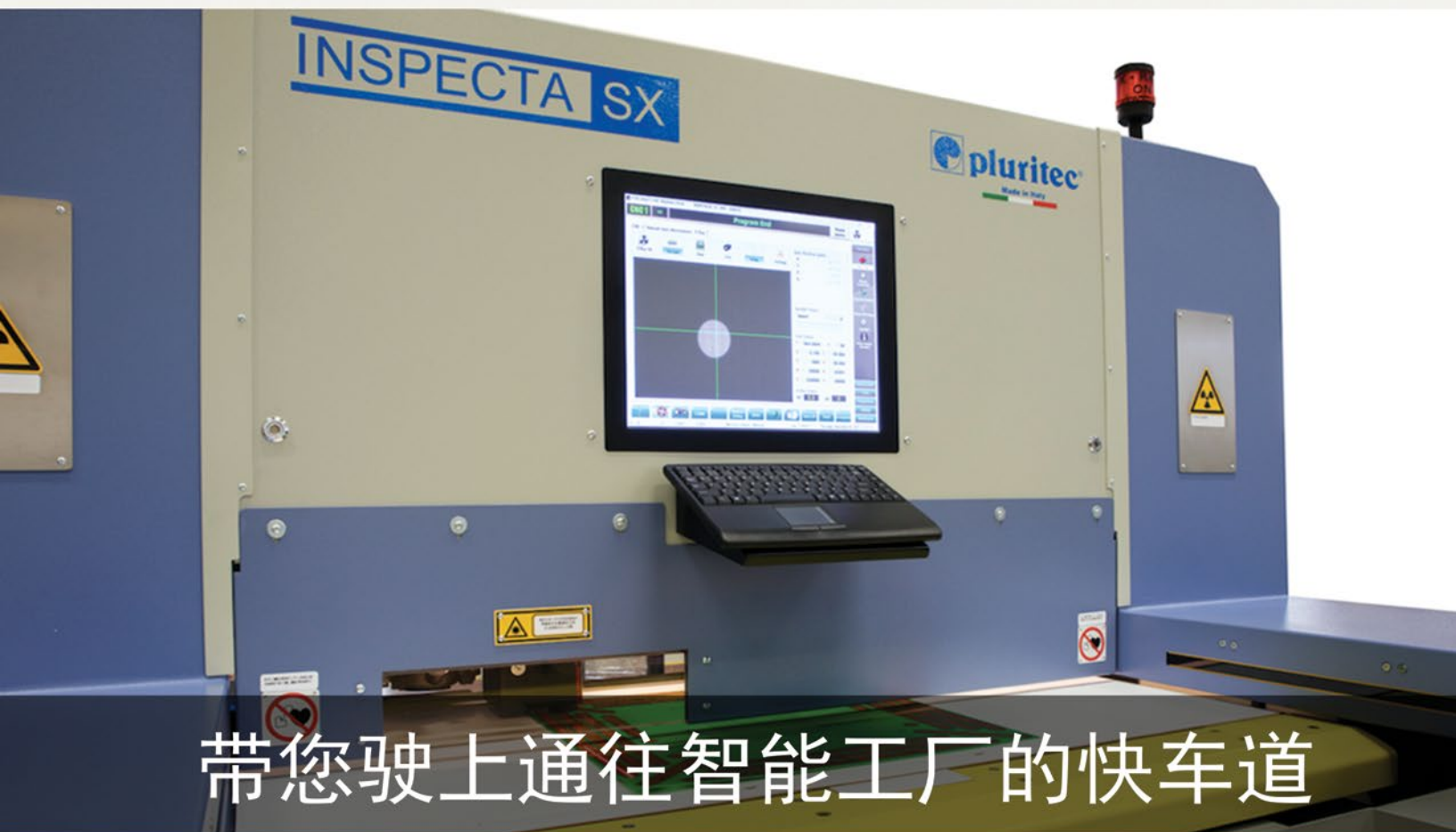
I-Connect007 编辑团队采访了 The Right Approach Consulting 公司 总裁 Steve William, 探讨了 PCB 生产在恢复盈利能力的道路上面临着哪些难题, 是哪些信号给公司敲响了警钟, 让他们意识到这种过渡的必要性并且要从不同的角度去看待他们的业务, 还探讨了工艺流程中会遇到的一些问题或障碍。

Nolan Johnson : 我们先来讲一讲如何让 PCB 生产恢复盈利。似乎是供应链环节上的压力压缩了 PCB 制造的盈利, 但未来行业也出现了亮点。

Barry Matties : GreenSource 公司拥有连续流程制造技术, 现在已经发展到可一个批次只加工一件产品的水平。手推车上没有堆积的待加工产品, 也就消除了很多与清洗相关的工艺

步骤, 也避免了批次规模较大的情况下会涉及的其他成本。消除了工艺流程中的浪费, 就可以使 PCB 生产过程实现盈利。Steve, 对此你有什么看法?

Steve Williams : 你说得完全正确, Barry。我已经记不清有多少次当我去实地考察时, 人们会跟我抱怨他们的良率低或者因为报废和返工而损失的成本; 但当我查看了他们的工艺流程之后, 发现他们并没有采用那些能够帮助他们获得成功的技术, 例如精益生产、最佳操作或工作流程优化。他们应该用更加有全局性的视角来看待工艺流程, 并且弄清楚将产品从 A 点运到 B 点的最佳方式。他们用手推车推着产品从工厂这头运送到另一头, 来来回回反复如此, 而且工作流程的布局也并不理想。他们执行的很多任务都是要对问题作出反应, 而不是积极主动地在问题出现之前就采取措施。



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

不久前我谈到过一种方案，就是去除检验步骤。检验是不产生任何价值的，但电路板工厂会首先采用检验的方式来解决这个问题。他们没有选择去查找、解决问题，而是增加了更多人手，从有问题的板子中挑选出好的板子。按照这种方式，他们永远都不可能取得任何进步。

之前我在一家大型合约制造商工作。当然，我们一直很关心削减成本，而且也会给供应商施加压力让他们压低成本，但我们也知道不能指望供应商从他们的利润中拿出一部分为我们缩减成本，这样的话我们就不是好客户了，我们的合作关系也会受到损害。我们只是想至少和他们沟通这个事情，让他们知道他们需要做出尝试并从工艺流程上想办法降低成本。他们需要使用精益的理念，减少浪费，而且希望他们能在这方面帮我们降低成本——而不是从他们的利润中拿出一部分，否则我们其中一方就没有生意可做了。我们和很多家供应商在如何提升精益程度方面开展了大量开发活动，也致力于要更聪明地工作，而不是更努力地工作。这种方式似乎可以产生很多红利。

Matties：许多年前，那时我们还在出版《CircuitTree》杂志，我们意识到出版印刷流程中的对菲林环节是一种检验流程。这里简要介绍一下，对菲林是一种不会产生增值的昂贵检验流程，一般需要在印刷杂志之前进行。通过使用 TQM，我们幡然醒悟，意识到只需更改连续工艺就能连那个步骤一起消除。这正是你刚才提到的。那我们如何才能让供应商不给客户采用“对菲林”呢？我们意识到，在我们入行的这些年里可能在对菲林上花费了大约 50 万美元，而这些费用都属于一种浪费或者说利润损耗。

我们联系印刷厂商时，他们就会反馈说，“不可以，我们必须使用。”而那时候，行业内所有印刷厂商都要使用该标准。我们对现状提出了质疑，不得不找到其他愿意不使用对菲林环节的厂家，这些厂家不再将废止此环节的要求视作一种减少收益的方式，而是当成可以增加新业务产能的方式，因为他们这样做可以减少一部分人工。我们自从找到了契合的合作伙伴，利润猛增。我们和供应商的利润率都直线上升，而且我们的合作关系非常好。为什么我们在电路板行业内没有见到更多这种思维模式呢？

Williams：这是个好问题。这种思维方式是特别针对 PCB 和制造行业的。那时候，质量控制领域的大师——Deming、Juran 和石川馨等人——都在强调减少浪费和改善工艺，行业领军者却并不想在这方面做出改进；可以说，他们臃肿、愚蠢却又快乐。但我们的质量专家当时去到日本，向日本的同行指出了这一问题，只有日本人听进去了他们的意见。他们开始在汽车、消费类电子产品和其他所有领域都反超我们。我们首先发现了问题，却选择了忽视。可以说，傲慢在其中发挥了一定作用，还因为人们不喜欢做出改变。

Happy Holden：你最近的专栏文章又回到了精益生产、TQM 和六西格玛的基本概念。我知道有些人记不住这些主题，或者说他们以为这些概念只是一时兴起。而我们一直将这些概念视为信仰的人，却将其视为生财之道。

Williams：你说的完全正确，不断重复介绍这些内容是我唯一能做的事，在人们面前不断去

列举实例和案例分析。我们必需弄清楚如何在这个行业赚到钱，而赚钱方式和 30 年前也没什么不同。必须要减少浪费、提高效率。

Matties：行业目前的热议主题围绕着工业 4.0 或智能工厂，但要首先从一些基础概念入手。你必须要在避免浪费和提升工艺的智能程度之前就做好标准并且了解你的工艺。

Williams：没错。我刚入职的那些年经常往返亚洲。整个理念在于，他们拥有较低的人工成本、自动化程度较高且受工艺控制的工厂，整个工艺流程几乎不会造成浪费，凭借这些优势，他们将我们远远甩在身后。所以他们现在还是处于遥遥领先的状态——不是因为他们给工人支付的工资较低，而是因为工厂的生产效率极高。

Matties：也许现在有机会制造新的生产设施，从而大幅提升良率。*GreenSource* 公司就是一个很好的范例。他们的良率和其他工厂一样高，但他们的人工成本却有可能是国内该行业的最低水平。他们使用的技术非常强大，而且在不断创纪录。

Holden：他们的工艺流程中不会做任何检验。

Matties：你如果仔细观察这个范例，是不是会觉得这就是打开了全新工厂的蓝图？

Williams：没错。

Johnson：现在的问题就是如何找到资金支持。会不会就此发生根本性改变，又回到了使



Steve Williams

用专属工厂的时代？因为合适的 OEM 想要控制他们的制造工艺，而他们在出资支持这方面一定会比那些从业 40 年并且已经准备退休的人要做得好。

Holden：全新的 *GreenSource* 设备在不到两年的时间里就可以得到回报。对于购买这类设备的人而言，PCB 是最能获利的产品，尽管 *Whelen* 公司还作为 OEM 生产飞行器和应急车辆电子产品。

Matties：而且也是零排放工厂。

Holden：它能带来利润。

Matties：负债风险和人工风险都不存在了。蓝图就在那里，也许我们正身处通向那里的浪潮中。

Johnson：Steve，你在提供质量方面的咨询

时，应该也会有类比的情况吧。让一家公司向更好的质量管理过渡就好比让他们向盈利能力更强的操作工艺转型。你们怎么认定一家潜在的客户？有时候你们见到一家客户会发现他们想法很保守、很固执，是不愿意做出改变的，肯定会有这种情况。但也会有其他客户愿意做出改变并且也准备好做出改变。你要怎么分辨这些客户呢？

Williams：我首先要做的一件事就是让他们谈谈自己的企业文化，这个话题往往会让他们变得很健谈。他们是否准备好要做出巨大改变？他们是否能够做出巨大改变？他们的员工能否适应巨大改变？如果这几个问题的答案是否定的，那我就能知道他们的上层管理在企业文化方面出现了问题。

有几家客户在刚开始讨论时就对我说，“我们希望做出改变，但这也需要我们的企业文化发生巨大变化，但不论员工有什么意见，我们都会支持到底。如果一些员工不想做出这种改变，我们就只能去聘用其他员工了。”对于任何组织而言，企业文化通常都是由上层管理人员决定的，甚至包括招聘时会倾向于聘用那些符合企业文化的员工。如果管理层的人不愿意，那就行不通。

Johnson：必须先去了解管理层的态度。如果他们并没有准备好，那整个公司就还没准备好。

Williams：没错。如果我们讨论的是他们是否准备好获取某种认证，我会问他们为什么想获取这个认证。如果他们的理由是，“我们想让客户变得更好并且改善我们的工艺”，那我就

会和他们合作。但如果他们跟我说，“是客户告诉我们必须这样做，所以我们才想获得这项认证，然后把认证书挂在墙上”，那我可能不想和这种公司合作，因为初衷不对。

我经常和各种各样的公司聊天，然后了解他们公司的价值以及公司运营方式。我想到了 Calumet Electronics 公司，它是美国最大的公司之一，而且这家公司看待制造业的角度也发生了变化。要么你去做出改变或使用其他不同的方式，要么你就冒着被逐出游戏的风险。

要么你去做出改变或使用其他不同的方式，要么你就冒着被逐出游戏的风险。

Johnson：有哪些事情会说服管理层人员决定做出改变？

Williams：两大驱动因素分别是赔钱和 / 或失去客户。造成这种局面的可能是因为报废了太多产品，出现了太多浪费，或者是效率不够。这些都会直接导致公司赔钱或者失去客户，因为客户终究会以某种形式为你的低效买单，而他们是不会为此而高兴的。失去主要客户并且盈利能力降低通常是警示大多数公司需要采取不同运营方式的信号。

Johnson：你谈到了是公司想要获取认证的初衷。这是一种对比内部控制源和外部控制源的沟通，讨论了这种情况下会发生什么，你又一次涉及到了这个主题。客户需求可能是会产生足够压力和不适的外部因素。但在某个时刻，

公司管理层必须要将控制源进行内化，让公司本身成为控制源，而不仅仅是客户需求。

Williams：是的。我见过很多人们经历这个认证过程。现在他们把自己标榜成世界一流，但什么都没改变。他们只是徒有其表，但实际上并没有改善他们的工艺，而且客户也知道这一点。

Holden：在过去几年里，你们在和那些专注于消除浪费、库存和解决其他难题的客户合作时，是否取得了巨大成功？

Williams：在过去七年里，我的大多数客户在生产力、质量、盈利能力和 / 或客户满意度方面都得到了显著改善。报废的每一块电路板，都直接与成本相关联。

Matties：上个世纪 80 年代，当时我工作的那家工厂废品率非常高。有一天他们在讨论利润分成，我把一托盘的报废电路板带到了会议上并分发给参会人员，对他们说：“这就是你们的利润分成。”所有人对高良率都很感兴趣，但导致报废的原因各式各样，你必须要从这些原因出发去思考。每块报废掉的电路板都是浪费。

Williams：的确是这样。

Matties：除了精益生产和 TQM 外，最新的流行术语有哪些？

Williams：品牌创建也十分重要，因为精益生产虽然在过去是比较流行的术语，但现在人们

口中的流行词变成了最佳操作方式，可是当你仔细观察就会发现，只是同样的内容采用了不一样的术语，更有活力而已。

Matties：没有出现任何新术语。尽可能用最低的成本制造出最好的产品。这是公司的经营之道。

Williams：就在不久前，我碰到了一个好朋友，他运营的航空类产品工厂为一家大型制造商供货，于是我们就谈论起了刚刚我们谈到的内容。他对我说，“我们同时有几家供应商供应同类产品，如果一处工厂里加工一种极其复杂的电路板，哪怕良率只有 50%，员工也会高兴地拍拍彼此的后背，欣慰地认为自己做得真不错。但如果另一家工厂生产了同样的电路板而良率是 99%，他们就会思考，那 1% 的问题出现在了哪里？所以一切都与思维方式有关。

Johnson：你还提到了联系供应商并告诉他们你想帮他们降低成本，这样一来你也可以少付一点钱给他们，但与此同时他们又可以保障他们的利润。会不会就变成一些客户会逼着制造商做这类事情？

我们都接受了一个事实——如果供应商能够效率更高，双方都会更满意。

Williams：对于那些并不常采用这种方式的客户而言，他们是有一些傲慢的。他们想要最低的单位价格和最短的加工时间，而且他们才

不管你是采用什么方式来达到这些目标。我们都接受了一个事实——如果供应商能够效率更高，双方都会更满意。我们没有为了从别人那里得到更好的价格而改变供应商。那些将这种思维方式推行给供应商的客户（OEM 和 ODM）才是使公司改变思维观念的原因之一；他们会发现不只是自己会有这样的思维观念，客户和供应商都是相关联的。

Johnson：这种说法可能是过度简化的表达，但发生这种改变的主要推动因素是可以找到一家愿意去推动供应商发生改变的客户。

Williams：是的。

Matties：首先你要有意愿，因为如果重新回到我刚才提到的出版印刷流程中的对菲林环节，我们就不得不去寻找另一家供应商，而客户也一定要愿意更换供应商才行。如果我们继续奖励那些效率不高的供应商，那我们就是在促使问题一直存在并且会成为问题的一部分。

Williams：客户变得越来越成熟，他们知道工艺低效的供应商会将成本以某种方式累积到他们身上，所以大多数情况下，他们最终会更换供应商。

Matties：你们去哪里找到一家真正更高效的 PCB 制造商？

Williams：首先，必须要实地查看工厂设施，而不是根据报价选择供应商。你要亲眼看看他们的工作，但很多客户都会忽略这一点。通过回顾我之前的工作，发现真正能让我们在其他

合约制造商中脱颖而出的原因之一就是我们会促进供应商发展。我们寻求的是长期合作关系。

我们会使用大量的预测工具来确保自己选择了合适的公司展开合作，依靠 ISO 作为第一道过滤也是可以的，但这样就无法知道这是他们真正掌握的技术还是只是徒有其表。他们是否会和我们一同扩大规模？必须要去他们的工厂参观，不只是一开始合作的时候去，还要一直连续不断地确保他们可以长期表现出较高的水平。不去实地考察是不可能掌握这些信息的。

Matties：可能部分原因在于北美地区的商业气候由小批量生产的样品组成，所以电路板的价格就不太重要。价格只有在批量生产时候才变得重要，这时你就要对大型亚洲制造商进行验证，因为你在美国本土是无法实行大规模生产的。

Williams：对于某些市场分支而言，你说的没错，例如军事和医疗领域，价格并不重要。但北美地区的客户还是会在价格方面施加很大压力。

Matties：这是美国本土剩下的行业，也许他们是在施加压力，但除非你能转换成使用最先进的设备并且领先其他公司一大截——也就是说做到无人能敌——这时他们才会考虑是不是欣赏公司的做法。你们的工艺流程是否能稳定生产出高质量的产品？我不在乎你们那些铺张浪费的工艺步骤，因为到头来，电路板的成本在这个层面上并不会影响到我们。我们要改变什么？激励其他人做出改变的因素是什么？

Williams：还是失去客户或者是赔钱，当然还有是否愿意跟上时代潮流。这一点是不容忽视的，因为正是这个因素导致某些公司倒闭。他们对工艺流程已经厌倦。

Matties：你必须要知道哪些事情是必须要做的。这是否意味着一定要生产好的电路板？因为我可以用非常铺张浪费的工艺流程去生产高质量的电路板。

Williams：你可以这样做，但你的客户满意度不会很高，而客户满意度可能是留住客户的关键指标。

Matties：我觉得可以有良好的客户满意度，如果我生产出了报废的电路板，但我用超额生

产的方式来掩盖报废率，他们是不会知道的。只要我按时交付高质量的产品，他们就不在乎我采用了什么手段。如果我们的目标是提升效率和杜绝浪费，那对于很多人而言就是和成本有关；但也和如何减少压力以及提高工厂中工人的生活质量有关，这是情绪制造智能的一部分。

Williams：没错。真正的主导因素是成本。

Johnson：谢谢你和我们分享这些观点，Steve。

Williams：谢谢。我也感到很荣幸。PCB007CN

新冠疫情下光华科技的应对措施



新冠疫情打乱了很多企业的正常生产和经营秩序。为此我们采访了光华科技郑勒总裁，就公司的应对措施及情况进行了了解。

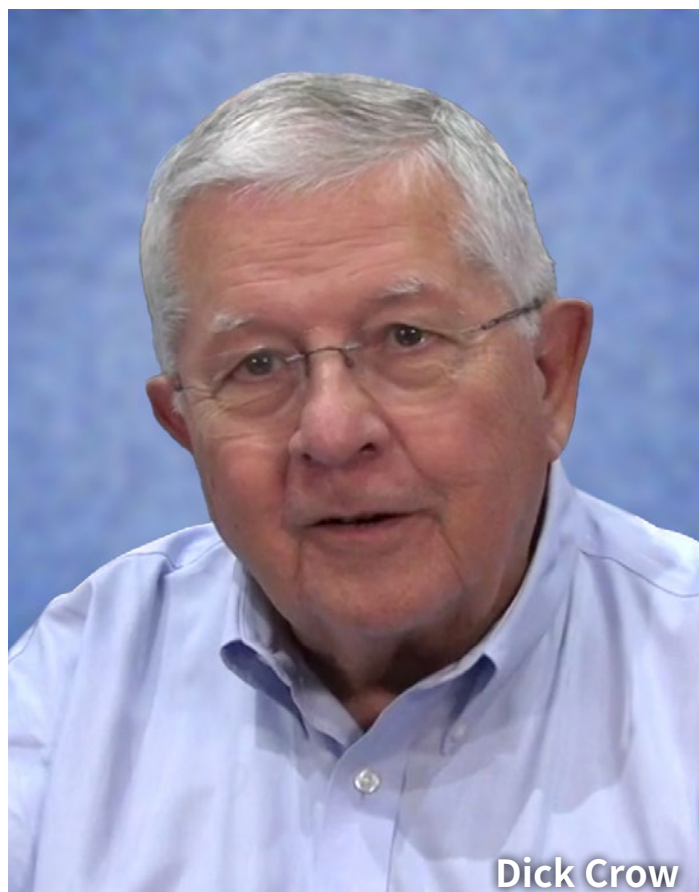
疫情发生到目前，公司复工复产情况如何？

2020 年新年伊始，一场突如其来的疫情打乱了很多企业的正常生产和经营秩序。光华科技上下一心投入到防疫防控的战斗中，大年初一，公司总裁郑勒先生亲自组织管理层召开紧急专题会议，成立疫情应急工作小组；初二，

公司进行原材料及成品库存全面盘点，为后续客户供应保障提前做好准备，同时公司作为广东省疫情防控重点物资一消毒类化学品生产企业，受政府委托以最快速度开始复工。经过前期充分准备，在保障员工安全的基础上，公司提前紧急有序地组织员工复工复产，并开始向疫区及当地政府等公共场合捐赠防疫物资。

在此重大疫情期间，光华科技在政府的支持下，较早就实现了全面的复工复产，全力保障了防疫物资的供应和电子电路客户电子化学品的生产备货与交付，承担起民族企业应有的社会担当。

更多详细的内容，请[点击阅读原文](#)。



钻孔房的盈利能力模式

by the I-Connect007 Editorial Team

I-Connect007 团队采访了 Burkle 公司的 Dick Crowe 和 Kurt Palmer 及 Schmoll Maschinen 公司的 Thomas Kunz，通过北美的一些新老工厂为例，共同探讨了如何在原有钻孔车间的基础上，通过增加灵活性和自动化使钻孔和层压部门更具盈利能力。

Barry Matties：今天，我们将讨论盈利能力以及钻孔房如何增加盈利能力。近期，我参观了一些不同类型的 PCB 制造工厂，包括 AT&S 和 GreenSource，这些工厂可自动装载第二天所需的所有材料，将这些材料送入单轴钻孔

设备。然后，这些设备可整夜运转，无需操作员；到了早上，所有这些物料都已准备好，可进入后续的制程。为什么在北美没有看到更多这样的工厂呢？

Kurt Palmer：在北美很多电路板工厂，对这种精确的设置很感兴趣。关键挑战是需要在思维上有一点改变。你必须重新调整电路板在钻台上的摆放方式。例如，一个已经有 30 个至 40 个主轴的钻孔房，之前一直在以某种方式进行加工，突然之间，要将两台自动化设备引入其中，需要改变很多环节。

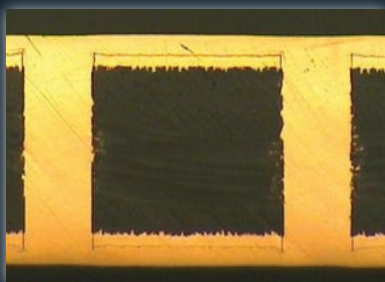
“今天，我们要实现自动化”，其实并不

MACUSPEC THF 100

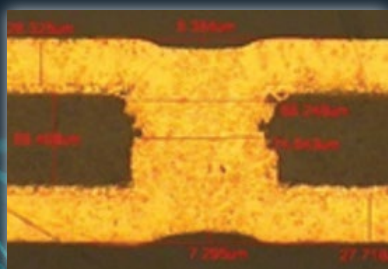
创新的一步填通孔工艺



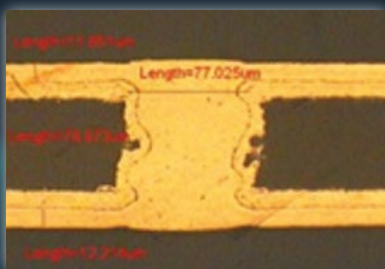
两步骤填通孔工艺



MacuSpec THF 100



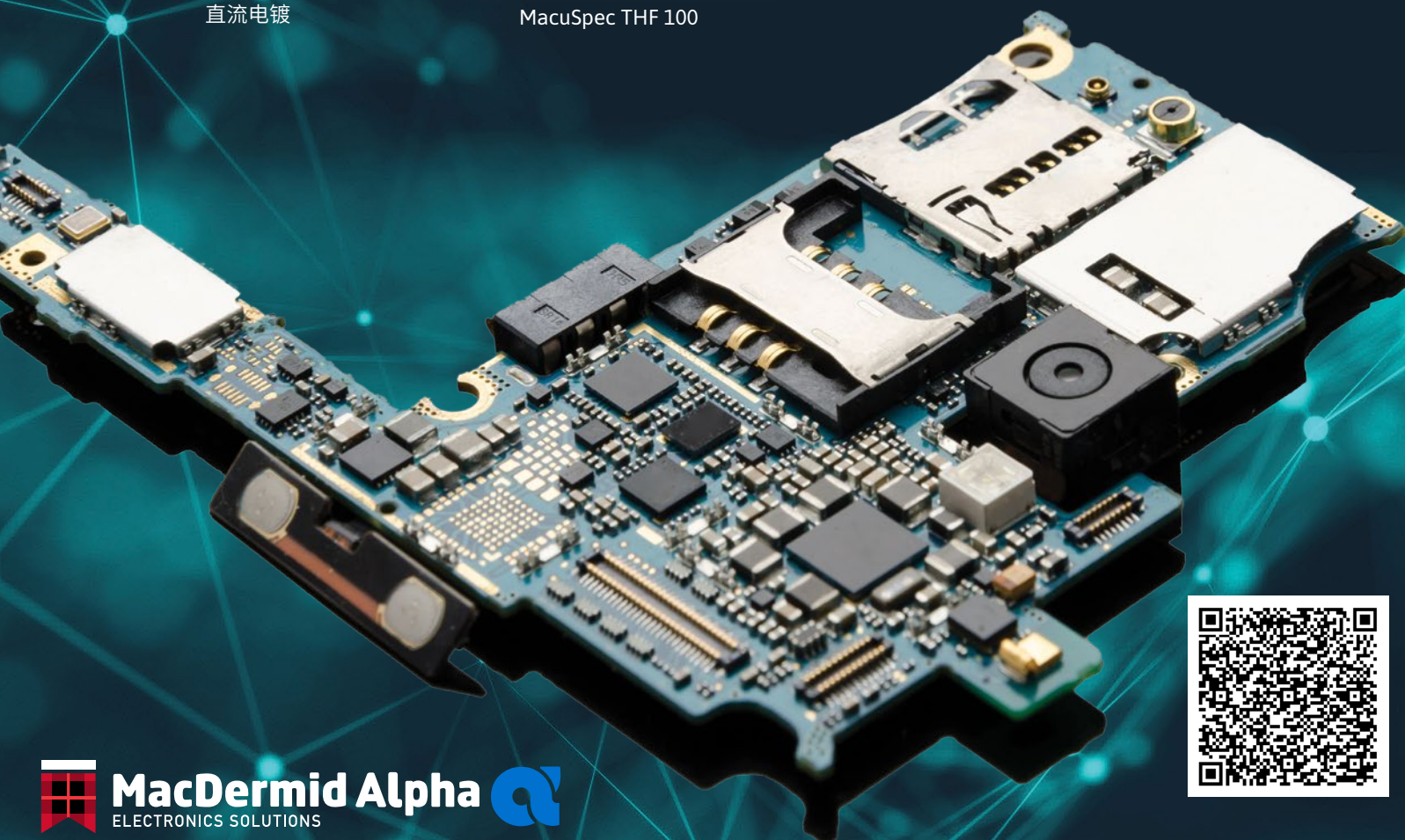
直流电镀



MacuSpec THF 100

为IC载板发展的散热设计孔提供解决方案

- 印刷电路板内层无空洞填通孔工艺
- 最小的表面长铜堆积厚度, 非常适合HDI设计
- 能够填充激光以及机械钻通孔
- 大幅度减少电镀时间
- 消除孔内塞导体和后续减铜平面化工艺



是口头说说这么简单。GreenSource 公司实现自动化很容易，是因为他们从一片空地开始的，能够从零开始建造工厂。至于一个已经存在的工厂，设备新旧不一，想要实施自动化会碰到相当多的困难。

我们正在与中西部的一位客户合作，他们准备购买一台自动化设备——自动化的工作台。其优势在于，随着产量规模的成长和发展，可以在旁边添加新设备。然后，他们可以将电路板放在来回移动的托架上，实现进一步自动化。这是他们正在考虑做的事。自动化步伐正在不断迈进，但速度并不像你想象得那样快。

Matties：不过，投资回报必须相当快。你计算过与传统配置相比，自动化的投资回报吗？

Palmer：当然。比如一台单轴钻孔设备的自动化部分，其成本大约是钻孔设备本身成本的 8% 至 10%，光从自动化部件 25000 美元至 30000 美元的成本回报来看，其实是很快的，因为你节省了人工——一年后很容易地收回成本。

一年后可以很容易地 收回成本。

Matties：这些都是成本底线，也就是盈利能力。

Palmer：对。但是，还需要考虑必须提前进行的工程和治具更改；这需要一点成本。但做一次后每台设备都可实现非常快的回报。

Matties：阻力是与前期投资的现金有关，还是与思维能力有关？你需要拥有或雇佣一个具有自动化思维的团队吗？

Palmer：我认为是后者，即思维力量。获得工程和 CAD 支持就可以开始了。归根结底，它的成本并没有那么高，至少在设备方面是这样。

Matties：所以该公司的战略是先放一台设备进去，试试水。我很期待看看收效如何，以及多快他们会下定决心全部装备这种自动化设备。

Palmer：没错。我们给他们制定了一个三年计划，要把他们所有的钻孔和铣切轴都换掉。

Nolan Johnson：你认为他们完成计划后会多少轴？

Palmer：现在有 54 个轴。全部完成计划后将有 38 个轴，但这不仅仅是自动化。事实上，自动化可能会增加大约 10% 的产能，这完全取决于在没有自动化的情况下，板在设备上的需要放置来等待操作员进行人工更换的时间。从 54 个主轴减少到 38 个主轴，主要是因为现在的设备速度更快，效率更高。5 万个孔，用一台已经使用了 20 年的旧设备估计要花 20 个小时，而如今新设备可以在 4 到 6 小时内完成。这就是你节省大量时间的地方，因此所需要的主轴也更少。

Nolan Johnson：再加上你的钻孔部门可以更灵活，每台设备运行一个主轴，你可以在任

何给定的时间获得更多的品种。

Palmer：当生产为多品种小批量时，这点很重要。通常操作员要做大量的操作。如果你有一台 4 轴、5 轴或 6 轴的设备，除非你能在所有的钻孔台上、所有的轴上，在所有时间里都进行钻孔加工，否则你的设备可能不会得到很好的利用率。在这种情况下，单轴设备很有帮助。当我们与一位希望转向自动化的客户合作时，必须了解其产品品种、平均批量、工艺能力以及他们想要达到的目标，然后根据所有已知信息来设计一个完美的钻孔车间。

在我之前提到的案例中，我们所采用的最初设计（当然，可能会发生变化）使用了六台单轴设备。除此之外，我们还投入了三台 5 轴设备和二台 2 轴设备。这取决于产品的品种。对于大多数电路板厂，在整块板上全部采用单轴设备达不到高效率。

Matties：我听说有种 6 轴设备，每个轴运动时，工作台的每个区域都是独立的。

Palmer：Schmoll 是采用这种技术的先锋，他们的 MXY 系列设备已经问世 20 年了。我们非常擅长使用这种设备，是北美和欧洲市场的主导产品。但你不能同时钻 6 种不同的部件，6 个部件都必须具有相同的部件号。

Matties：为什么不能独立操作 6 轴设备的每个轴？

Palmer：切记，电路板进行钻孔加工时，钻孔台在不同的位置移动，然后主轴降下来，形成孔。如果一次钻 6 种不同型号的电路板，那



Schmoll Maschinen Modul紧凑型系列，单台双头钻孔机，可边钻孔边铣切，实现了高度灵活性

两个台面就有可能撞在一起。钻孔台之间的距离大约只有八分之一英寸，在加工同一种电路板时，钻孔台之间的距离足以保证其进行不同的移动；但如果电路板不同，钻孔台的移动也会进行相应的调整，但调整的单位是密耳而不是英寸。

Dick Crowe：Kurt，这个模块会不会更符合 Barry 的想法？

Palmer：这个模块正是我们之前所讨论的：用一个单轴设备，它非常紧凑，侧面没有任何东西，这样你就可以把模块一个挨一个放，然

后把它们串联起来。这就是 GreenSource 所采用的模式。

Johnson：在我看来，更像多机头单元的独立调整，主要是处理板与板的对准。

Palmer：没错。这是电路板处理的一个环节，在这里，由于各种原因，内层会有不同的移动。看似已经对准了，但没有两块电路板是完全对准的。每个主轴和钻孔台都有自己的摄像头，看着电路板上的目标说：“这个电路板有点不同。我要这样钻。”然后，它转到下一个电路板，以同样的方式看它，然后独立地钻它。这样是针对同一批电路板中不同的对准。

Matties：如果你按照我在讨论开始时描述的策略，你可以让一个钻孔部门 24 小时运行，几乎是按需运行，而不是堆在喂料机上。

**你在电脑上做一点编程，
告诉系统在哪里完成工
作，然后就可以自动化完
成后续的一切了。**

Palmer：是的。你把它们从装板机里拿出再放进去，这就是你做的所有工作。你必须固定电路板，因为电路板必须在每台设备上锁定到位，但装到装载机都是提前完成的。你在电脑上做一点编程，告诉系统在哪里完成工作，然后就可以自动化完成后续的一切了。

Matties：包括工具质量、工具状况、深度和所有其他参数，所有检测都是在设备运行时进行的？

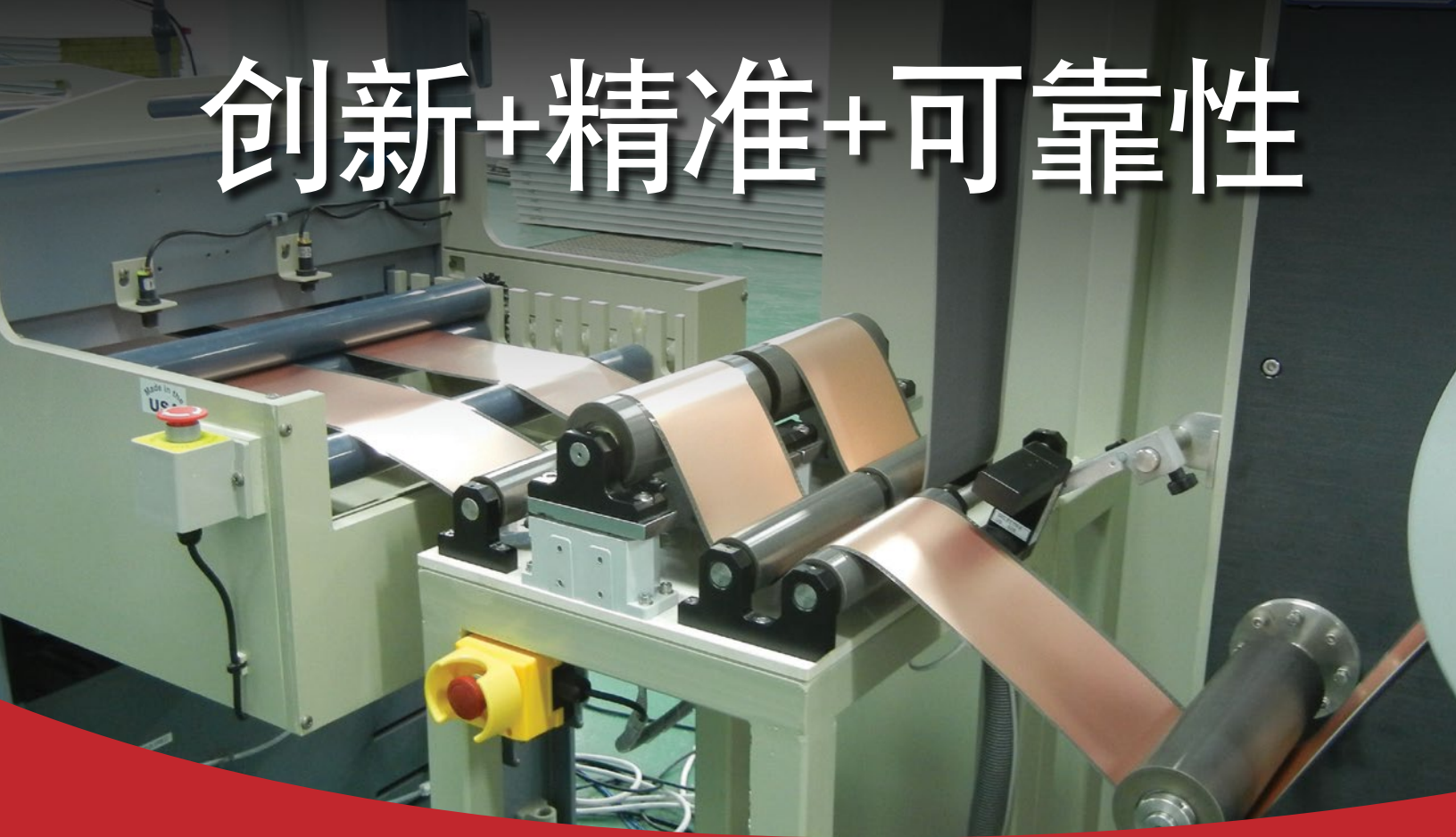
Palmer：对。所有这些设备都配有钻针库。你可以在里面放你想要的同一尺寸的钻针，但这是基于你要钻的电路板。钻针库通常保证足够的量，可以在整个周末不需要操作员进入并更换。

Matties：制造过程中还有哪些领域会对盈利能力产生影响？我们说的是自动化钻孔房，但你们也销售层压区域的设备。制造商怎么能避免浪费并提高利润呢？

Palmer：压合机的层压区有很多自动化设备。Burkle 没有销售这类设备，但行业目前使用的五分之四的压合设备似乎都实现了某种程度的自动化。操作者不再推着一辆有曲柄的手推车，这样他们就可以把叠层抬起来，然后把它们滑进压合机。现在的自动化意味着从叠合开始。叠合本身还没有实现自动化，但你可以叠合叠层，叠合操作员就在电脑旁边。他们把叠层推到传送带上，并输入进计算机。按下按键后，自动处理压合和返回一直到拆板。然后，操作员必须再来把压合好的叠层拆开。从叠合到拆板非常自动化。

Crowe：几年前，我们在 Minnetonka 和 Roseville 的高级电路公司就有了这个概念，他们叠合并跟踪每摞叠层。它们会放在某种类型的存储架上，我们会自动挑选和放置，最大化利用每个层压系统，因为叠层方式和物理尺寸是相同的。

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
sales@chemcut.net

 **CHEMCUT**
BOUNDLESS INNOVATION | UNBEATABLE PRECISION

Dan Feinberg：原材料的良率有没有变化，不仅是层压板这样的原材料，还有钻头等原材料？通过自动化它们有什么改进吗？

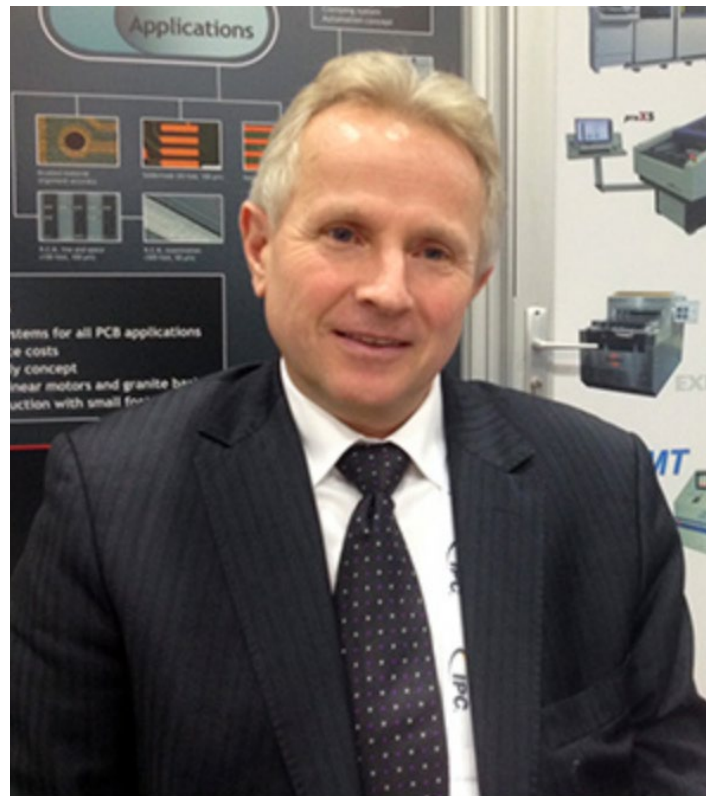
Palmer：你可更大程度地利用钻头，因为不必在钻头未充分利用时把它发送出去重新研磨。您有两个管理系统和一个自动化系统，用于跟踪工具的使用次数。使用管理软件以后，不再将只使用了几次的钻针拿去重新研磨，而是把它返回到钻针库或存储器中，并在软件系统中标识出这个钻头仍然可以使用。这对延长工具寿命有很大的好处。

Feinberg：是用什么数据表明，难度是随钻孔直径的变化而变化？

Palmer：因为尺寸不同，所以随直径而变。有 ID 工具，这种情况似乎发生得更多。但总的来说，我认为改进达到了 10%~15%。

Johnson：这段对话中的思路引发了这样一个问题：“除了增加制造商的盈利能力之外，钻孔技术的最大回报在哪里？”其中一部分可能是如何通过钻孔设备预先工程设计进行预设计，另一部分可能是操作费用，比如更智能地使用钻孔设备中的消耗品，更好得配置产能以及人工。对于制造商来说，激励他们重新调整钻孔部门并实现自动化的最大动力在哪里？

Palmer：我想是人工。归根结底，这就是你所说的。正如我们所提到的，这些设备的平均回报是一年半时间，这是一个巨大的利润增长点。更好的工具管理可以延长工具的使用寿命，减少对工具的消耗次数，这是很好的，而



Thomas Kunz

且这与自动化和人工节约带来的收益是一样的。

Holden：很多良率问题都是人工操作造成的。

Matties：我们听到越来越多关于 HDI 的消息，很多人说，还没有在做 HDI，就是在做 HDI 的路上，而激光在其中扮演起到了重要作用。您认为 schmoll 的产品有侧重与 HDI 功能吗？

Palmer：当然。我们有两种以上的激光钻孔设备，称之为 combi 复合式钻孔，即激光、UV 激光、CO₂ 激光钻孔，主要用于微导通孔。我们还有皮秒激光。我们向北美市场提供了一台皮秒激光器，他们用它进行铣切。在微导通孔形成方面，我们最大、增长最快的产品线是在北美的 combi 激光器。

Matties：人们正在投资这项技术。市场需求需要他们进行投资。

Palmer：没错。这是我们现在看到的最迅速的变化。

Johnson：你认为未来几年的产品发展路线图会朝着什么方向发展？

Palmer：这是个很好的问题。Thomas 可以回答这个问题。

Thomas Kunz：总的来说，我们认为高级应

用中的对准需求，以及量产中对自动化的需求是全球市场的主要驱动力。在对准方面，将通过所有相关流程的数据流进行垂直整合。在自动化方面，我们不仅讨论物理自动化，还要将数据流自动化作为未来几年的研究主题。

Johnson：谢谢你们参加今天的讨论。

Palmer：谢谢大家。

Crowe：非常感谢。PCB007CN



劲鑫科技
JINXIN TECHNOLOGY

Mercury S30

新一代字符、防焊喷印一体机

劲鑫科技致力于成为世界一流的图像转移设备服务商

- 解析度: 1200/2400dpi
- 最小线宽: 3mil (75μm)
- 对位精准度: ±1mil (±25μm)

www.jatotek.cn
sales@jatotek.cn

PCB 加工的发展趋势

一系列新技术、 新材料和新挑战

by Patrick Riechel and Shane Noel
ESI

编者按：本篇文章中，ESI 公司的 Patrick Riechel 和 Shane Noel 讨论了如何将新的激光技术和控制功能结合起来，以提高生产率和应对新材料带来的挑战。

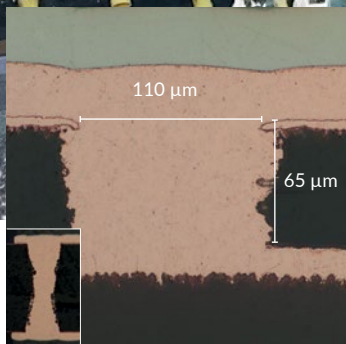
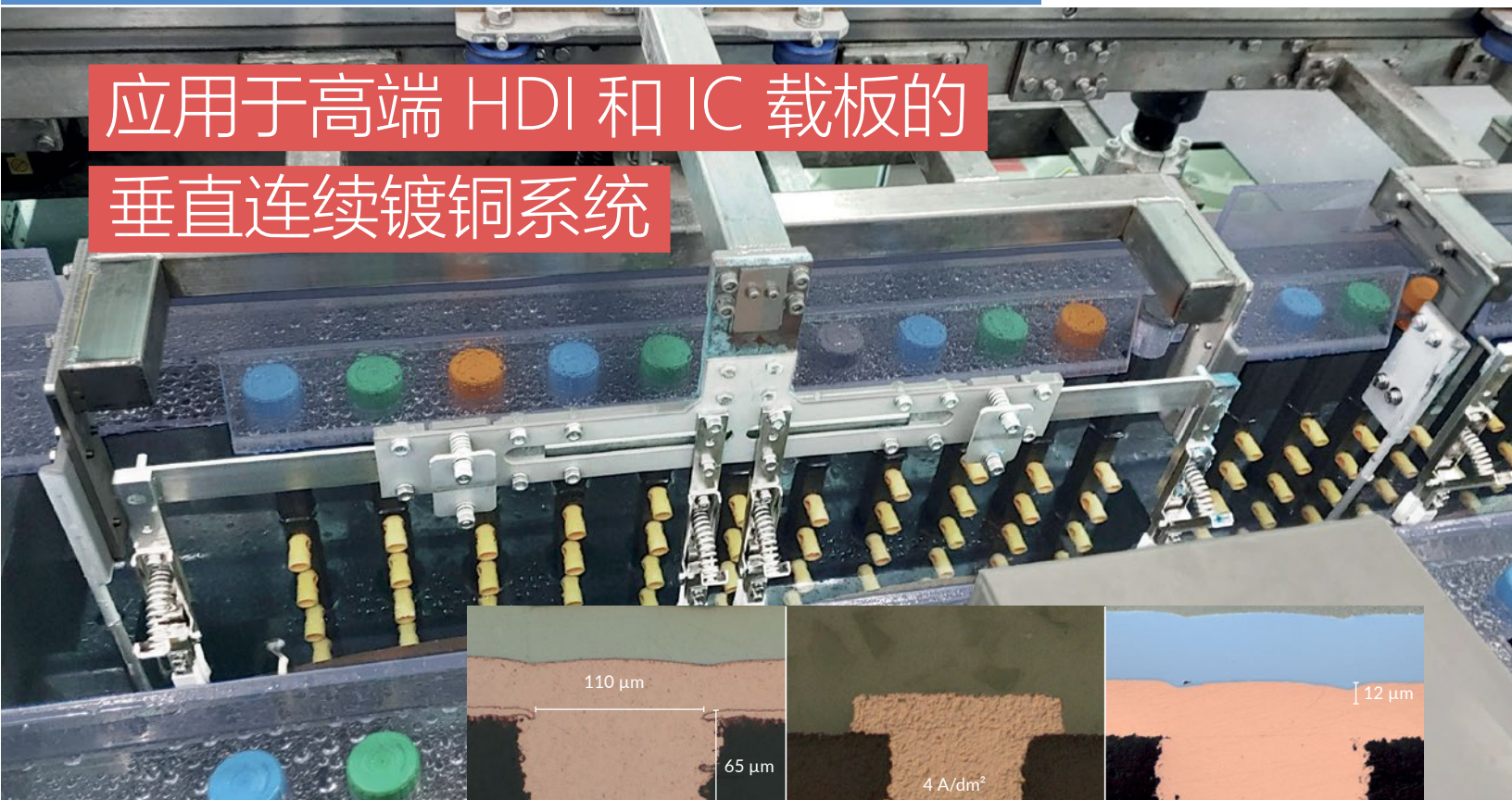
移动设备的普及和其他可穿戴 / 便携式电子产品的日益推广，给挠性板制造商带来了一系列挑战。手机、平板电脑和其他个人设备，可以帮助人们进行沟通、管理时间，并将我们与互联网连接起来，在需要的时间和地点提供相关信息；依靠越来越多的“智能”汽车中的传感器和技术更有效地保障出行的安全；利用物联网设备来监控我们周围的世界，实现自动化。无论是哪种技术，市场都在不断地要求设

备更小、更强大，而且这些设备需要完成更多的功能，持续运行更长的时间，使用更少的电，比前一代技术更便携，并且所有这一切都要建立在成本更低的基础上。

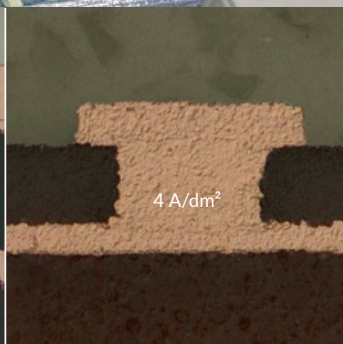
种种的市场需求通过价值链向下传递，迫使制造商要重新考虑他们的加工能力，重新评估他们采用的加工技术，并重新优化他们在生产中实施的制造步骤。虽然在挠性板制造领域没有类似的摩尔定律，但显而易见的是，为了紧跟发展的步伐，挠性和刚性 PCB 制造商需要高度重视创新。他们需要不断创新和不断发展，否则将会输给那些有竞争力的同行。他们需要致力于开发新材料的高良率和高产量加工能力，并以更小的规模和更高的精度加工这些材料。



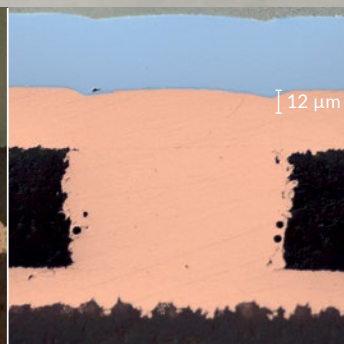
应用于高端 HDI 和 IC 载板的 垂直连续镀铜系统



InPro® THF2
图形电镀和通孔填充



InPro® SAP3
图形电镀和微盲孔填充



InPro® MVF2
通孔板电和微盲孔填充



安美特独特的系统方法可提供最佳的一站式解决方案，同时支持设备和工艺技术: vPlate® 完全兼容我们用于高端 HDI, mSAP 和 IC 载板的专用工艺，并能为最高技术要求提供出色的表现。

全自动生产线 vPlate® 具有自动补铜和自动调整板尺寸等标准功能，亦提供镀电油自动添加和自动夹具监控系统等提高操作舒适度的自选功能。

vPlate® 为 mSAP 和 IC 载板等先进技术提供了最佳解决方案，亦适用于标准 HDI 和软硬板生产。镀铜均匀性在 $\pm 10\%$ ，最薄可至 $36 \mu\text{m} + 2 \times 2 \mu\text{m}$ 铜包层薄板的非接触式传输，通过使用分段的不溶性阳极以及可调阳极和阴极挡板，满足市场的需求。



近 5 年技术概览

就在 5 年前，苹果推出了第一款苹果手表。与此同时，亚马逊的 Echo 设备将语音辅助技术带入了千家万户。谷歌推出 Google 眼镜，Oculus Rift 将虚拟现实带给大众。这些设备显示了互联领域的重大进展，以及无缝数据传输在我们日常生活中的应用。这些设备和其他后续设备在很大程度上依赖于挠性板的使用。他们提供了市场需要的功能，并满足了可穿戴和便携式设备的外形。

大约在同一时间，苹果发布了最新的旗舰智能手机——iPhone 6，配备了 LCD 显示屏、单镜头摄像头，并有 4G 连接。当时用于消费电子产品的最常见 FPC 材料是双面覆铜挠性层压板，有 12 μ m 铜箔和 25 μ m 聚酰亚胺介质薄膜，常用设备中 80% 以上的挠性电路都采用这种材料结构。

如今，苹果 iPhone 11 采用了 OLED 显示屏、人脸识别技术、多个摄像头、无线充电和有限的 5G 天线。消费类电子产品的挠性钻孔应用已经扩大，增加了更广泛的结构和更具挑战性的材料。这种材料组合的扩展使得 PCB 制造商能够制造出具有明显更小走线和导通孔的 FPC，以适应更紧密的电路设计。它还实现了需要更厚导电层的新功能，如大电流无线充电。过去的五年发生了很多变化。

消费类电子产品的挠性钻孔应用已经扩大，增加了更广泛的结构和更具挑战性的材料。

随着便携设备市场对更小规模和更大功能的需求继续占据主导地位，挠性板的设计变得越来越复杂，挠性板制造商需要应对的挑战也越来越多，他们越来越需要关注与他们所使用的工艺、所能加工的材料以及所采用的技术相关的创新。他们需要将更多功能放入到更小的空间内，这意味着挠性板设计必然变得更加复杂。具有较多导通孔数量和较小导通孔尺寸的设计，对于更小体积和空间有了更多限制，薄型材料堆叠成为常态。

不断向更小、更密集的设备发展，给 PCB 制造商带来了压力。在这种环境下保持高良率需要采用更精密和更先进的加工技术和控制方法，同时还要实现产量最大和成本最低。

5G：材料加工挑战的案例研究

5G 技术的应用是一个很好的例子，功能丰富的新设备给 PCB 制造商带来新的挑战，特别是当其涉及到全新、复杂的材料组合时。前几代便携设备的制造利用了已有的方法和技术来处理微型同轴电缆和相对容易处理的介质材料，如聚酰亚胺。如今，在一款最先进的智能手机上要实现 5G 功能以及体积更小的封装时，所需的诸多材料其情况大不相同了。

权衡 LCP 和其他低 K 电介质（如聚四氟乙烯 PTFE 和改性或氟化聚酰亚胺）时，发现降低其“K”值的许多方法也可能导致材料在生产中遇到意想不到的问题，特别是在大批量生产中。例如，许多新型电介质的热特性给加工带来了特有的挑战。当激光所施加的热量与电介质过度相互作用时，产量会受到限制。通过实施如增加激光束速度的热缓解技术，使激光脉冲间隔更长，或在工艺中增加额外步骤，以至于材料得到充分的冷却时间，可将热影响

区域最小化,从而达到限制热影响的目的。但需要考虑这些缓解技术对总产量的影响。

生产成本上升

PCB 制造商面临的另一个挑战是,随着新生产设施的增加和现有设施的扩大,成本不断增加。过去几年,为支持产能增长,投入新设备的成本急剧上升。越来越严格的环境监管等因素,使得扩张成本更高、耗时更久。虽然美国和欧洲的人工成本上升已经持续了一段时间,但现今被认为成本较低的国家(如中国),其土地和人工成本也开始大幅上升。

这些趋势导致许多 PCB 制造商将重点放在优化现有设施上,而不是增加新设施。这就要求他们在保持或提高生产产量的同时,尽量减少工厂占地面积,力求从现有系统中获取更高的生产率。

激光技术发展

第一台商用 UV 激光器是灯泵浦结构,其特点是较低的重复频率,为 1kHz 至 5 kHz,低平均功率 1 W 至 3 W。尽管这种性能曲线满足了当时的应用需求,但这些激光器普遍被认为可靠性和寿命都比较低。这些激光器不再适合应对当今 FPC 材料生产 1 周 7 天 /1 天 24 小时连续运转的生产环境和高产量带来的加工挑战。

如今,激光技术的进步已使最新最先进的二极管泵浦固体 (DPSS) 激光器、光纤 UV 激光器能够以远高于 100 kHz 的重复频率和数十瓦的平均功率工作,通常可持续运行数万小时。这些新型高性能激光器为大批量生产挠性电路提供了基础。然而,它们必须与类似的高性能光束传输和控制能力相匹配,以实现处理

广泛的材料和应用(通常用于消费电子产品)所需的高生产率、良率、质量和灵活性。

可应对当今挑战和技术的激光系统

将新的激光技术用于特定的应用需要的不仅仅是正确的激光器。它还需要一套合适的光束传输和控制技术来优化激光器的特性及其对材料的影响。现在不仅增加了加工挑战,而且与当今最先进的激光器上更高的重复率和更高的平均功率相关的挑战也增加了。

大范围材料和大功率激光器的优化

以高良率激光加工具有一系列热性能和高捕获层厚度的厚和薄材料结构已经是一种挑战。与此同时,集成高重复率、高平均功率激光器还要能够最大限度地提高生产率,使应对这种挑战变得更加困难。理想的激光系统提供了改进的方法来减少工件的热积累和激光能量变化(图 1)。

将高重复率激光技术与更快的光束控制能力相结合,如 ESI 的 AcceleDrill™ 技术,能够实现更好的热管理,并最小化热量对材料的影响。对光束进行这种程度的控制,能够加工更易出现热问题(如分层、介质或粘接剂凹蚀)

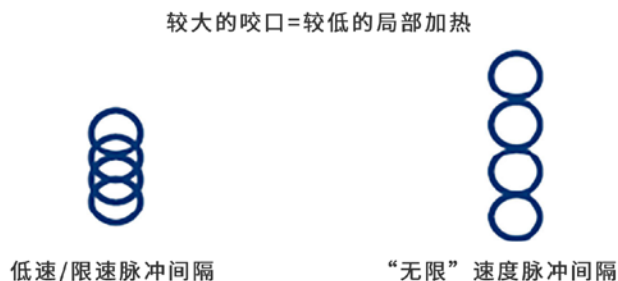


图1:较大的咬口尺寸等于较低的局部加热

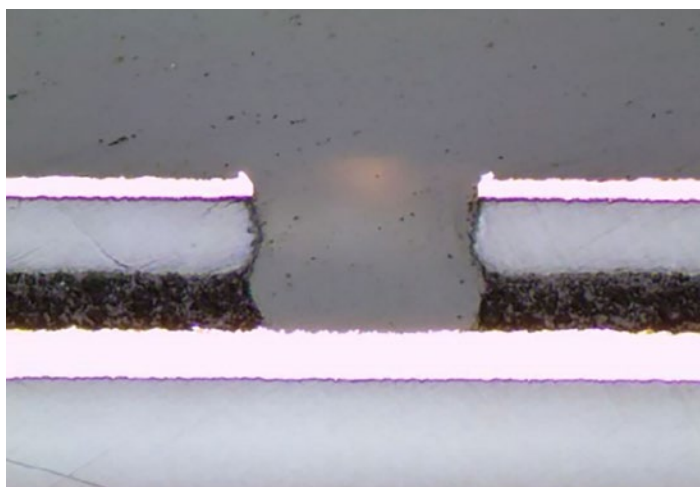


图2:粘接剂/粘合片界面的最小凹蚀

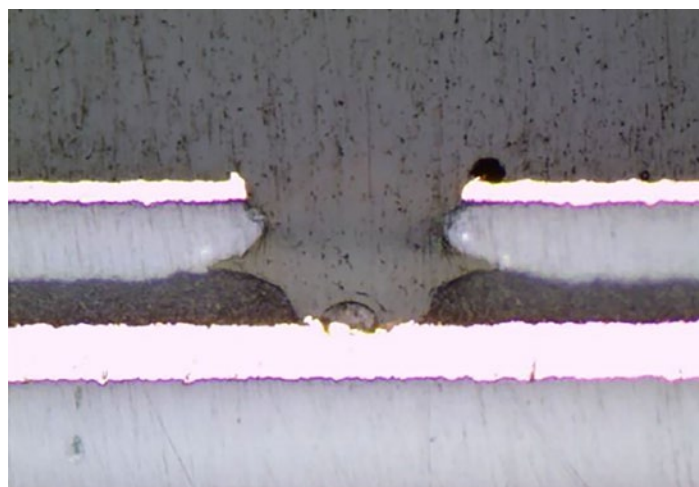


图3:由于较高的局部加热影响导致不可接受的凹蚀

的新材料，因为增加光束速度能够实现足够的脉冲间隔，以避免过多的热量积聚（图 2 和图 3）。

必须减少激光加工过程中的自然激光能量波动，以确保最佳质量和良率。这点在敏感的深度控制应用中尤其重要，例如在底部焊盘铜厚比较薄、易损坏或分层的情况下进行盲孔加工。另外，这在容易加工的极薄电介质（例如 $15\mu\text{m}$ 或更薄）应用中也很重要，因为此类介质的加工只允许非常小的误差范围，否则将损坏底层铜。避免这种能量波动的最佳方法包括在加工过程中对激光能量进行实时监测和补偿，如采用 ESI 公司的 Precision Pulse™ 技术。

解决生产成本上升的问题

随着工厂占地面积的溢价和增加产能的成本增加，生产力成为重中之重。大幅度提高产量的系统可以推迟添加更多系统的需要，使 PCB 制造商能够避免与扩展相关的成本，如获取新土地、厂房空间、许可证和资源等。新系统可以用更少的单元来达到上一代系统的产能。减少所需的机器数量，还可以减少资源消

耗以及人员需求方面的间接费用。

如前所述，提高激光系统生产率不仅可以通过有效使用大功率激光器，还可以通过减少在两个特征之间移动激光束所花费的非生产性时间来实现。另外准备开始激光器加工的动作，如对准工件上的特征，对系统进行维护，也会增加额外的加工时间。

增强光束定位，如 ESI 公司的 Third Dynamics™ 技术，可减少在工件上待加工特征之间移动激光束所需时间，是最大限度减少非生产性移动时间的一种方法。另一个最新的关于光束控制的开发，可以大幅改善需要多个有效光斑尺寸加工中激光束的移动时间，比如盲孔加工。

瞬间转移激光焦点，从而改变有效激光光斑大小的能力，如 ESI 公司的 DynaClean™ 功能，则无需将光束通过每个工件的特征两次——一次聚焦，一次失焦。有效的结果是移动时间减少了 50%。

先进的比例补偿算法，加之最先进的视觉能力，可以减少必要的对准点数量，以满足给定的工艺精度目标。在极端情况下，这种能力

可以将加工所需的时间减少数分钟，特别是对于有弯曲图形的工件。

最后，稳健的系统设计与稳健的制程开发相结合，可以显著减少维护时间及停机时间，从而提高系统的整体生产率。由信誉良好且经验丰富的激光系统制造商进行精密机械、光学和系统工程可以显著减少激光系统所需的维护量，特别是主导挠性激光加工行业的大功率 UV 激光系统。同样，有效的激光和光学保护机制对此类 UV 激光系统也至关重要。这些措施延长了激光和光学元件的使用寿命，同时减少了与清洗和更换激光和光学元件相关的预防性维护停机时间。

总结

全球对科技产品的需求不断增长，变革步伐不断加快，PCB 制造商难以看清未来，难以了解下一步将面临哪些挑战；然而，唯一明确的是为有效响应新的需求并从中获利的战略工具，将是敢于创新的能力。随着下一代技术的到来，掌握最新的技术和工艺是在竞争激烈的市场中保持竞争力的最佳途径——以不变应万变。PCB007CN



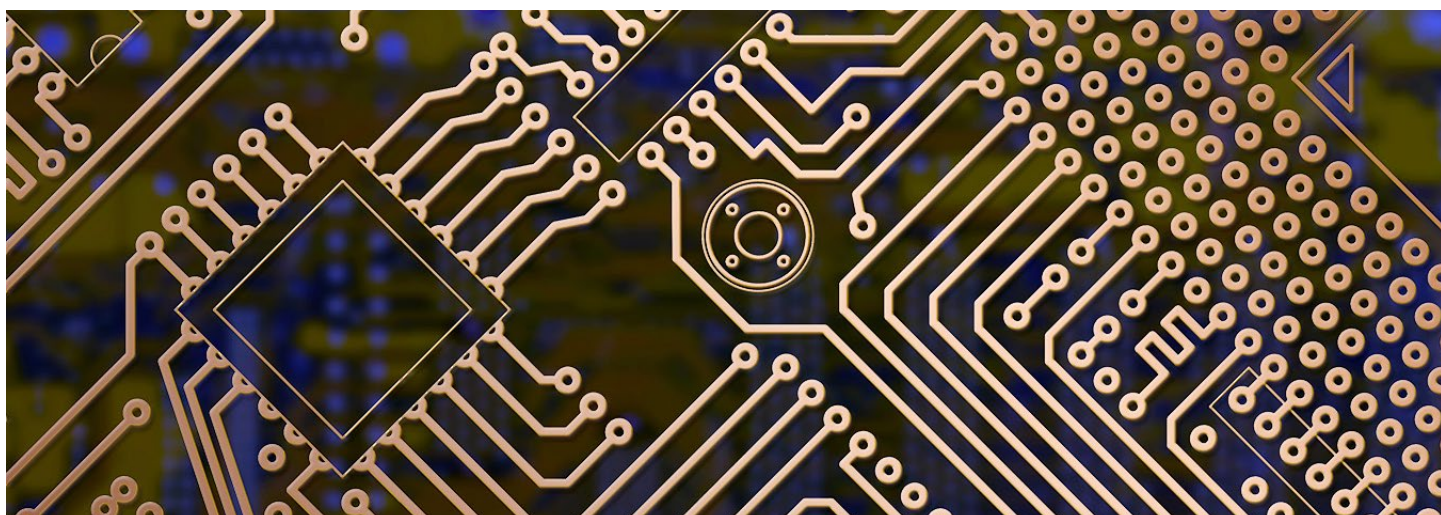
Patrick Riechel 是 MKS Instruments 公司 ESI 挠性电路微加工工具的产品营销总监。他有 15 年以上的电子产品设计和制造经验，曾先后就职于

Symbol Technologies、Motorola Solutions 和 ESI 公司。Patrick 拥有麻省理工学院（MIT）的 MBA 学位和系统工程学硕士学位，以及布朗大学的电子工程学士学位。他是拥有 7 项专利的发明者，是将工业级的头戴式产品计算技术带到摩托罗拉的催化剂，由于在电子领域的贡献，他荣获麻省理工学院 Robert Noyce Fellowship 奖。



Shane Noel 是 MKS Instruments 公司 ESI 挠性电路微加工工具的产品营销经理。他在电子产品的设计和制造领域有 20 年以上的从业经验，曾就职于

LPKF 公司和 ESI 公司。Shane 拥有德克萨斯大学奥斯汀分校材料学硕士学位和哥伦比亚大学材料学学士学位。





Bill Bowerman

金属化工艺 最新动态

by Nolan Johnson

近日，我采访了 MacDermid Alpha 公司的 Bill Bowerman。他介绍了一篇他参与撰写的关于直接金属化和其他高阶金属化的论文，包括采用黑影和黑孔工艺的好处，以及什么类型的工厂可以考虑采用这种工艺。

Nolan Johnson : Bill，您的团队发表了一篇关于碳基工艺的技术论文。本期杂志刊登了该论文，但让我们再深入讨论一下这项工艺及其对采用公司的影响。该工艺如何带来更多盈利能力？

Bill Bowerman : 行业越来越接受直接金属化，其对公司运营的积极影响是必然的发展趋势。该工艺使用更少的水和电力，以及更少的废物处理成本，只要求更少的生产操作员，且

只需占用相当小的空间。当我们谈论制造商扩大任意层设计或 HDI 的金属化产能需求时，切记，每次叠加层时，我们都必须进行金属化和电镀。而直接金属化工艺，其成本更低，占地面积更小，这对他们来说就是明显的优势。

用水量的减少，对于全球某些地区，是一个非常有利的因素，因为这些地区的用水量是受限制的。在某些情况下，如果他们想扩大工厂的用水量，则必须去除部分已有的用水设备，才能增加新的用水设备。这些工厂用水量的增加有限制，基本不可能增加。

另一个因素，很简单，是在化学镀铜中使用钯作为活化剂。在过去的一年里，钯的价格上涨了 50% 以上。一年前，每盎司约为 1400 美元，现在每盎司为 2600 美元。

Johnson : PCB 的制造商似乎正受到各方面

成本的挤压。

Bowerman：不幸的是，这是真的。现在生产 PCB 是件艰难的事。

Johnson：制造商管理团队评估生产车间时，会深入考虑哪种工艺最有效，如果他们审查黑孔工艺，即你们的论文中介绍的，他们希望在实施计划中看到什么？这个项目要转换什么？

Bowerman：目前该工艺已经存在一段时期了。我们已为全球范围内 600 多条直接金属化生产线提供技术支持，超过了我们所支持的化学镀铜生产线的数量。我们已具备多年的技术经验，可以准确地了解设备的类型。我们可以和客户说：“这是我们为贵公司的产品组合设计的设备计划”，深入沟通后我们会问类似的问题：“贵公司的产品组合是什么？你们的期望是什么，PCB 尺寸、厚度、微盲孔、通孔、材料类型分别是什么？”这些是在制定新生产线计划时首要讨论的问题。

Johnson：让我们谈谈转换时间。可以用工厂已有的生产线吗？需要找个空的地方把设备平行放进去吗？这个工艺复杂吗？

Bowerman：这些生产线对于该工艺是特有的。我们对黑孔和黑影工艺有不同的技术规格。我们也有针对导电聚合物系统的技术规格。它们是相似的，但是每一条生产线的模块顺序是不同的。因此，他们不能使用现有的生产线，需要一条新的生产线。

Johnson：你们正在审查一条新的生产线，

它将减少当地资源（如水）的总用量，并带来一些额外的功能。有代表性的投资回报率是多少？

Bowerman：这要看具体情况。如果我们在其中加一条去钻污生产线，或者直接金属化，投资回报率可能会有所不同。不过，我估计，以可比的成本计算，直接金属化生产线的成本约为工厂中任何化学镀铜生产线成本的 50%。

Johnson：考虑到买这条生产线并没有投入太多成本，投资回报会更快。

Bowerman：同样的产量，成本大约是一半。如果是新生产线，去钻污的成本是一样的，但是直接金属化的成本只有化学镀铜的一半。

Johnson：行业似乎正在投资更多的专属工厂。有一种观点认为，专属工厂之所以退出市场，是因为与化学品有关的义务以及由此造成的环保问题。现在，通过黑孔和其他减少废物和回收化学物质的技术来创建一个零排放工厂，可以使中小型专属工厂得以回归。对此，你怎么看？

Bowerman：当然。这是真的，尤其是航空航天或国防市场的公司，建立了一些非常复杂和高度专有的设计，坦率地说，他们甚至不想将其生产外包给公开的制造商。据我所知北美大约有四五家新工厂，虽然都是小的样板生产厂，但都是建在美国。

不过，我不知道它是否会影响到美国印制电路板生产的总收入。到目前为止，通常是最高端的公司会建专属工厂。但是，从保护知识

产权的角度来看，专属工厂是一个重要的有利因素。

Johnson：当 OEM 想为他们的生产建立专属工厂时，他们会保持对工厂的控制。他们有机会从零开始建造，投入最先进的设备，实现零排放。这似乎给了专属工厂一个机会，使其处于技术最前沿，并具有很强的竞争力。

Bowerman：没错。有时，他们正在构建的材料是非常独特的，标准的 PCB 制造工厂不常用。这是另一个原因。其他时候，我们讨论直接金属化作为种子层，因为更多使用的是涂覆工艺，而不是氧化还原反应工艺。使用的特殊材料可能包括聚四氟乙烯到碳氢化合物的任何材料，直接金属化工艺对这些材料表面能的变化不是很敏感。

Johnson：整体状况似乎确实给现有的工厂制造商带来了压力，他们需要更新工艺。

Bowerman：是的。在过去的 20 年里，我们的工业发生了很大的变化。如果你在审查一条新的工艺生产线时必须牢记这一点。如果我要买一条在未来 15 年至 20 年都想持续使用的生产线，这个行业会如何继续改变和发展？

Johnson：你认为读者应注意哪些论文要点？

Bowerman：有几个要点。我们正在研究超薄铜箔来减小走线的线宽和线距。现在行业的线宽 / 线距已达到了 30 μ m/30 μ m；也许一些高阶的封装应用还要略低于此。但同时我们也在研究非常方正的走线侧壁轮廓。无论是化学

镀铜还是直接金属化，金属化的主要目标都是在金属化生产线中拥有非常精密控制的微蚀，因为铜箔的起始厚度只有 3 微米。我们通过对推荐的设备进行检查来完成这一过程，目标是非常严格地控制微蚀量。

Johnson：对。你们会实现那些严格的公差结果吗？

Bowerman：我们现在在亚洲已实现这种工艺的批量生产。现在有多条采用 mSAP 工艺的生产线，铜箔的起始厚度为 3 微米。换句话说，这种工艺已经成熟，正在实现这种工艺的商业化，我们具备生产经验。

Johnson：还有什么其他亮点吗？

在客户投资建设第一条量产生产线之前，我们有机会为他们制定工艺。

Bowerman：研发这个项目很有趣，因为我们可共享具有很多技术服务和应用经验人员的专业知识。我们有全球开发应用中心（GDAC），其中有 7 个中心从事金属化产品的研发。大多数中心具有某种形式的中试生产线产能，可生产全尺寸 PCB。我们利用这些中心为客户改进设备。在客户投资建设第一条量产生产线之前，我们有机会为他们制定工艺。多亏了这个工艺，我们开发出了一些以前从未专门用于直接金属化的独特东西。

Johnson：很有趣。黑孔工艺如何融入 MacDermid Alpha 产品系列？

Bowerman：MacDermid 不仅参与了化学镀铜金属化和直接金属化工艺，还参与了超越电解电镀工艺的开发。考虑到可靠性，我们把每件事都看作一个完整的一部分。可靠性是一个很大的话题，所以我们对电解铜与目标焊盘或化

学镀之间的界面非常敏感。我们正在做大量的工作，以确保满足设计师构建堆叠微盲孔的期望。

Johnson：Bill，谢谢你们为完成论文做的工作。

Bowerman：非常感谢。PCB007CN

全球化——COVID-19与5G



Mehul Dave

上一篇专栏文章谈到了 PCB 关税和替代资源的挑战以及中美之间越来越大的分歧，这可能会对美国主导的技术和中国主导的技术产生更广泛的

影响。从那以后，世界发生了翻天覆地的变化。目前我们深陷全球 COVID-19 爆发的泥潭，我相信这只会导致美国和中国这两个最大的经济体之间产生更大的分歧。很明显，关键供应链已经被破坏，而且在很大程度上，每个国家都在自力更生。

这种分歧始于中国从仅仅制造鞋和玩具发展到涉及具有重大经济和军事意义的高科技。随着 5G 的即将推出，这种分歧在通信行业表现得最为鲜明。谁控制了全球数字基础设施，谁就控制了世界。这正是美国采取极端措施控制华为——中国领先的通信设备制造商的原因。该公司凭借其极高数据速率（高达 20Gbit/s）和更低的延迟（约 1ms）的承诺，引领全球 5G 领域。5G 将成为全球经济的支柱

和中枢神经系统，为物联网和人工智能等技术提供动力，使其达到前所未有的高度。这场斗争的核心是美方担心华为（Huawei）将能通过华为支持的网络获取大量信息。

从客观角度来看，在这场伟大的“5G 竞赛”中，美国正在输掉这场与华为的较量。华为不断发展壮大，在继续加速 5G 在中国的推广。我们知道这一点是直接的，因为我们几乎所有的中国 PCB 供应商都将交货期延长了几周，主要原因之一是：他们收到了大量来自华为和中兴等公司的 5G 订单。

现在，中国在经历了 COVID-19 的冲击之后正逐步恢复到满负荷状态，他们处于一个特有的位置，可以获得比美国更大的优势。美国应对这一突发事件而部署的战略有根本性的缺陷。他们的解决方案是禁止任何使用美国技术的芯片制造商向华为出售其产品或需要经过华盛顿特区的许可。在一个技术和人才可以自由流动的超级互联世界里，筑墙围堵是不可能的。这堵墙已经开始破裂；例如，德国已经在将华为纳入其 5G 系统方面取得了进展。

更多详细的内容，请[点击阅读原文](#)。



by Graham Lee, David Chun, Albert Tseng,
Charles Bae, Smith Han, Jordan Kologe,
and Bill Bowerman

MacDermid Alpha Electronics Solutions

摘要

由于碳系列直接电镀系统拥有成本低和易于维护的优点，电子制造商选择其代替化学沉铜工艺。如今，全球各地有数百条高产量碳系列直接电镀生产线。这些系统之所以受欢迎，是因为减少了用水量，减少了废水产生，减少了设备占地面积并降低了能源消耗。除此之外，这些系统不需要钯等贵金属来活化，从而可显著节约运营成本。

在最新一代的智能手机技术中，高密度互连（HDI）技术朝向更精细的线宽和线距发展，从而需要采用超薄铜箔作为整个生产制程的起点。这种超薄铜箔技术要求在铜互连形成过程中精密控制蚀刻精度。直接电镀工艺（例如最

新一代黑孔化技术）已开始在 3 微米的铜箔上进行先进的半加成法生产。

本文将回顾碳系列直接电镀技术发展历史，包括设备技术的新突破，以及如何应用于当今旗舰手机中设计极精细的线宽和线距。

碳系列直接电镀的历史

碳系列直接电镀工艺广泛应用于电路板行业已有 35 年之久。工业中广泛使用的工艺包括黑孔、日蚀和黑影。最初的黑孔直接电镀技术于 1984 年获得了专利，并作为电镀 FR-4 通孔面板工艺在商业上取得了成功。

由于黑孔是涂覆工艺，而不是像化学沉铜那样的氧化还原工艺，因此该技术对不同介电材料的表面活性不敏感，可处理金属化难度高的材料。因此，这种工艺已广泛用于挠性电路中的聚酰亚胺薄膜、高性能或特殊材料，如聚四氟乙烯（PTFE）。碳和石墨的直接电镀技术

您可以
依靠的。
测试和
测量设备

40⁺
YEARS
EXPERIENCE

我们设计、制造和销售

测试与测量设备，经过三代人

的努力，我们的设备遍布电子行业，

保护您的电路免遭现场失效的尴尬。

精度
为标
准

 **GEN3**TM
Precision as Standard



#THEPEOPLEWHOPROTECT

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

GEN3SYSTEMS.COM

TEL: +44 (0)12 5252 1500

被认可用于航天和军事航空电子应用且符合 IPC -6012D 规范的 3.2.6.1 节的要求。

电路板的发展

随着印制电路板设计的需要，直接电镀工艺在过去几年中不断发展。由于微型化的驱动，由引线元器件发展到表面贴装元器件，PCB 设计演变为要适应具有更多引脚数的微型元器件，这导致 PCB 的层数增加、电路板更厚、通孔直径更小。为了应对高纵横比的挑战，生产线技术规范要涉及对微孔进行溶液传递交换的改进，如使用超声波快速润湿孔和去除气泡，以及改善风刀和烘干机的能力以有效烘干厚电路板上的小孔。

此后，PCB 设计人员进入了下一个阶段：盲孔饥渴症，引脚数和球栅密度超过了钻孔和布线可用的板面。随着球栅阵列封装（BGA）的 1.27mm 至 1.00 mm 栅格，转向芯片级封装（CSP）的 0.80mm 至 0.64 mm 栅格的，微盲孔已成为设计人员应对 HDI 技术挑战的利器。

1997 年，功能手机开始使用 1 + N+1 设计进行批量生产；这是在层芯上的叠加层带有微盲孔的设计，随着手机销售量的增长，通过预蚀刻开窗和 CO₂ 激光、UV、UV-YAG 激光和组合 UV- CO₂ 激光形成微盲孔。微盲孔允许设计人员在盲孔下布线，因此可以在不增加层数的情况下重新分布更多的引脚栅格。HDI 目前广泛应用于三个平台：微型化产品、高阶封装和高性能电子产品。手机设计中的微型化是当前产量最高的应用。

直接电镀

诸如黑孔之类的直接电镀系统必须克服技

术障碍，以应对盲孔和 HDI 微小孔型的金属化挑战。当盲孔尺寸缩小之后，提高了清除盲孔底部碳颗粒的困难度，但是盲孔底部的清洁度有是影响可靠性的关键因子；所以，开发新的清洁剂和微蚀剂，是改善盲孔底部清洁的方法。

另外，依据理论以及实务经验，修改微蚀段的喷管设计为喷洒 - 浸泡 - 喷洒的配置组合，实践证明是有效的设计。减小了喷嘴与电路板表面之间的距离，缩小了喷嘴之间的间距，增加了对电路板的喷洒冲击力。通过针对细节的掌握，新型的喷管设计可以有效处理高纵横比的通孔以及盲孔。

随着下一代智能手机的发展，制造商开始使用任意层的堆叠盲孔设计而取消通孔，这引发了一种趋势，即随着线宽和线距从 60μm 减少到 40μm，电路板的制作流程采用的原始铜箔厚度从 18μm 稳定地减少到 12μm 再到 9μm。而任意层线路板的每一个叠加层都需要经过一次金属化和电镀，这样子就大幅度增加了湿制程的产能需求量。

智能手机也是挠性和刚挠结合电路的主要用户。与传统的化学沉铜工艺相比，直接电镀在任意层、挠性电路板（FPC）和刚挠结合电路板生产中的应用均显著增加，这是因为该工艺与传统的化学铜工艺相比成本更低、用水更少、废水产生更少（图 1）。

铜咬蚀量规格：改良型半加成法（mSAP）

现在，最新一代的智能手机和先进的封装逐渐采用替代型的半加成法（mSAP）。mSAP 采用 3μm 的超薄箔来实现 30/30 微米的线宽线距设计。而采用超薄铜箔的生产流程中，需

采用直接电镀节省的成本

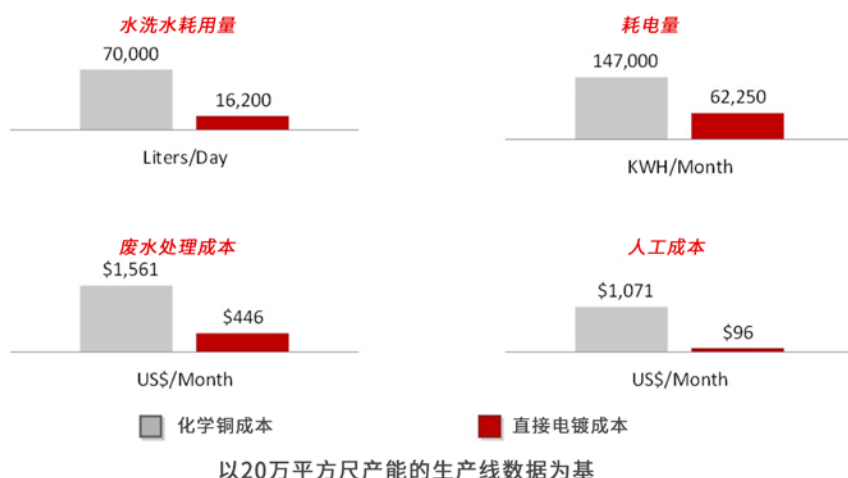


图1:直接电镀工艺为制造商带来了巨大的环保和经济利益

要非常精准地管控各个制程中的微蚀槽的咬蚀量。特别是对于传统的化学沉铜和直接电镀工艺，必须非常精准地控制表面铜箔的咬蚀量（图2）。

MacDermid Alpha 公司的设备团队和产品专家小组现已成功将碳直接电镀制程应用在

滚轮配置，可以让碳涂层更趋均匀一致。并且降低生产板板面上的碳沉积量、减少碳悬浮液的带出量，同时防止盲孔或通孔孔角处出现过厚碳层。

后微蚀槽的设备规格也进行了重新设计。盲孔底部是否 100% 完全清洁干净是厂商最在

意的品质问题。如果在盲孔底部的局部有碳残留，在电性测试时是能够通过测试的，但是因为导通的横截面面积减小、结合力也缩小，导致在组装过程中因未受热应力冲击而出现断裂失效的问题。随着盲孔直径从传统的 100 微米至 150 微米减小到 80 微米至 60 微米，升级微蚀槽的设备规格对于产品可靠性至关重要。

通过测试研究修改微蚀槽的设备规格提升制程能力来达到完全清除盲孔底部的碳残留，目前已应用于量产线。第一个主要改进包括

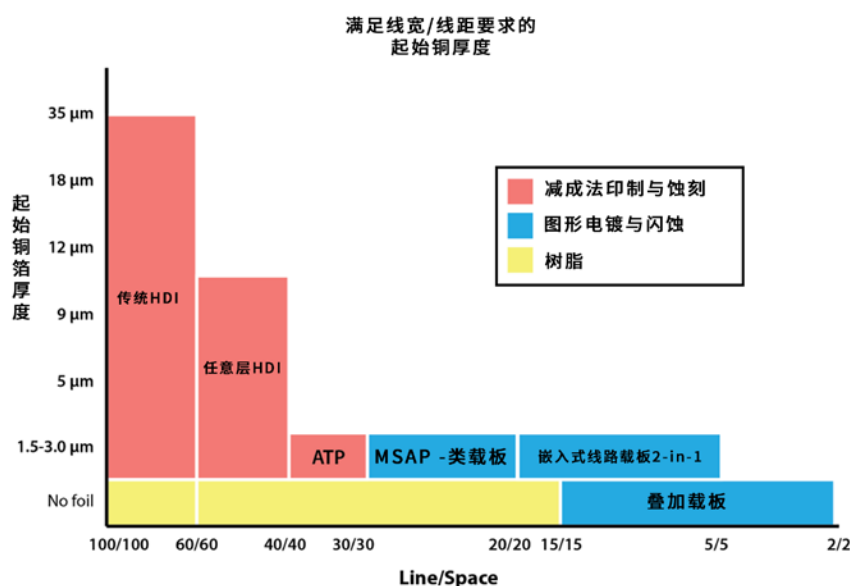


图2:PCB日益缩小的线宽/线距要求需要严格控制蚀刻深度

使用双蚀槽来提供更精密的咬蚀量控制。第一阶段去除铜表面的大部分碳，第二阶段采用新鲜干净的微蚀液，避免碳颗粒能会再重新返沾到量产板板面。第二阶段同时采用了减铜线的技术，大幅度地提高线路板板面上的微蚀量的均匀性。

减少电路板板面咬蚀量的变异值，有助于精准地控制盲孔底部的总蚀刻量，咬蚀量的变异值是由化学浓度、喷管设计和喷洒压力参数严格控制（图 3）。

化学品改进

在化学品改进方面，对传统的清洁整孔剂和微蚀药水进行了测试和修改，同时考虑控制咬蚀能力。清洁剂中的有机添加剂，选择性地只有沉积在铜表面，不会沉积在树脂材料上。所以，碳颗粒也只会沉积在这一特殊的有机涂层上。当线路板进入微蚀槽时，有机涂层在酸性药水中有很高的溶解性，所以，通过微蚀槽中的酸移除有机涂层，同时侧蚀碳颗粒底下的

铜面，可以加速清除同面上的碳颗粒。

另一个改善项目是，采用双组分的微蚀刻，可以提高去除碳颗粒的能力并且降低铜箔表面的微粗糙度。让铜表面的粗糙度有利于干膜附着。测试结果显示，相对平滑的盲孔底部有助于提高电镀同在盲孔底部可靠性。经过优化的碳系列直接电镀制程之后，盲孔底部的铜箔已经完全干净，可以让电镀铜依附铜箔上的铜晶格持续成长而达到最佳的镀层结合力（图 4）。

铜晶界的改善

关键工艺槽和化学品的特定改进相结合，构成适用于采用超薄铜箔生产的先进 HDI / mSAP 流程。通过铜 - 铜直接键合的单一界面，形成连续的金属晶格，提高了盲孔的可靠性。微蚀槽的处理让盲孔底部铜箔形成的理想的微粗糙度，当作填孔电镀铜基底。这促进了盲孔底部上电镀铜的晶格沿着铜箔的晶格持续成长。经过正常的高温热处理之后，铜晶粒出现

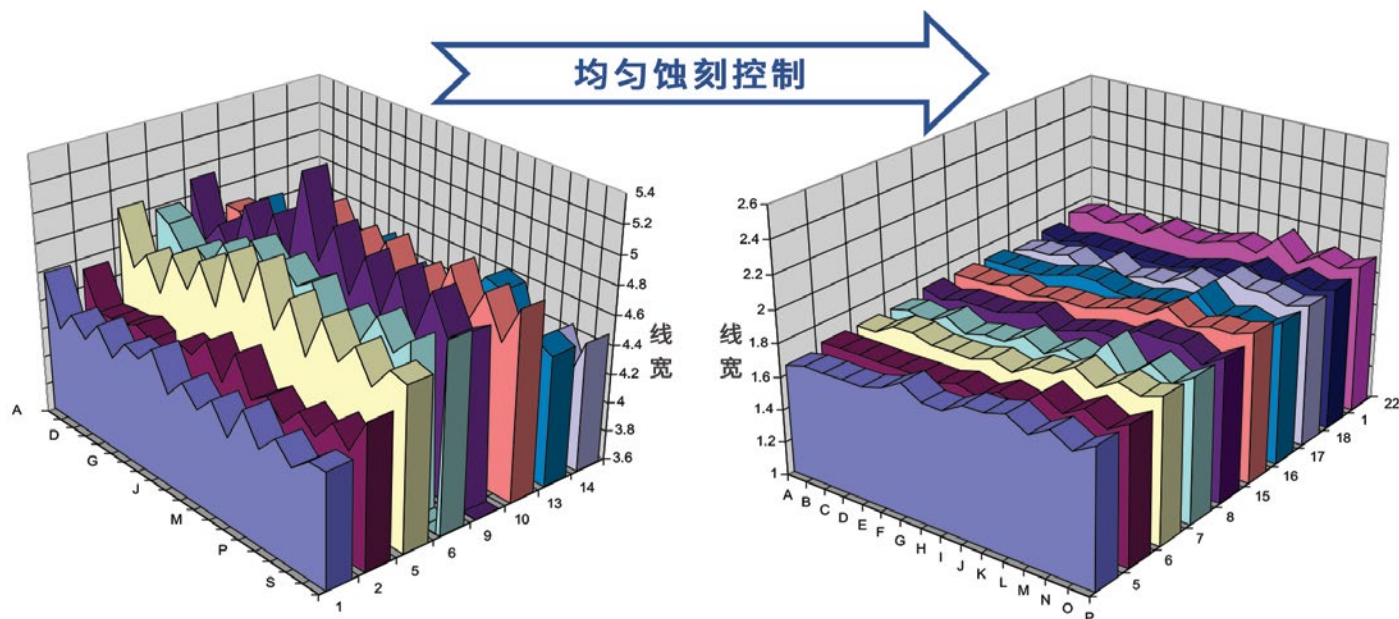


图3:通过设备和化学改进的均匀蚀刻控制可以完全去除目标焊盘中的碳残留



Microtek Laboratories China

麦可罗泰克(常州)产品服务有限公司



Independent Test Services for the Electronics Supply Chain

电子供应链独立测试服务商

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



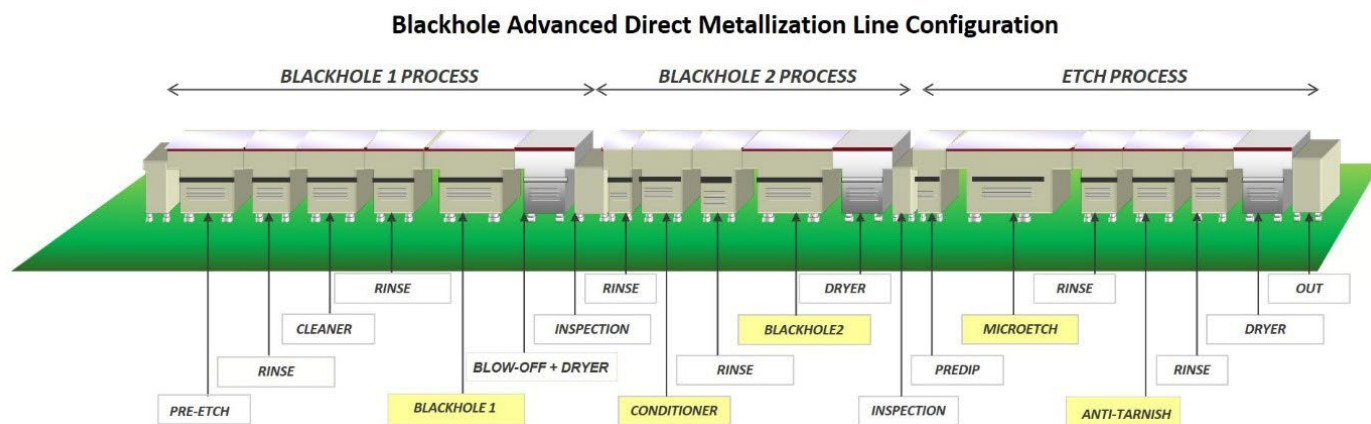


图4:微蚀模块已被证明是提高直接电镀工艺中盲孔可靠性的关键

晶格重组排列而形成了完整的连续向的金属晶格。

采用 FIB 切割样品形成薄片观察分析显示，界面线在晶粒尺寸和结构上是均匀的（图 5），在热冲击或热循环之后，盲孔底部的铜箔和电镀铜之间的界线很难找到，没有其他制程容易出现的 Nano-void，除非是由于氧化或污染等因素造成的。

全速前进

直接电镀生产线，如“黑孔”，目前已经用于 3 微米超薄铜箔的替代型半加成（mSAP）的量产流程上了。这些系统在批量生产中使用精准控制微蚀量的相关设备，用这种设备生产的 12 层任意层电路板已通过了 300 Cycle 的 IST 测试。在上述产品中，黑孔应用在采用 mSAP 流程的 L2/10 和 L3/11，盲孔的尺寸为

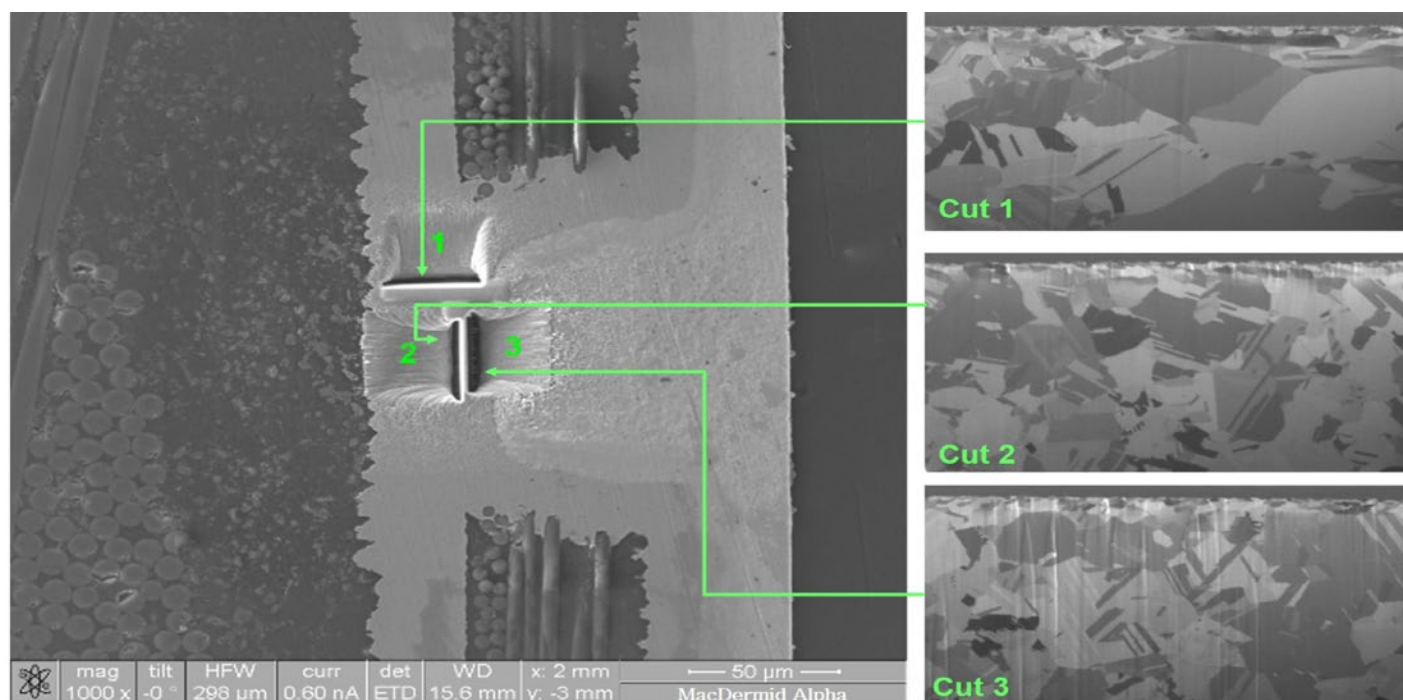
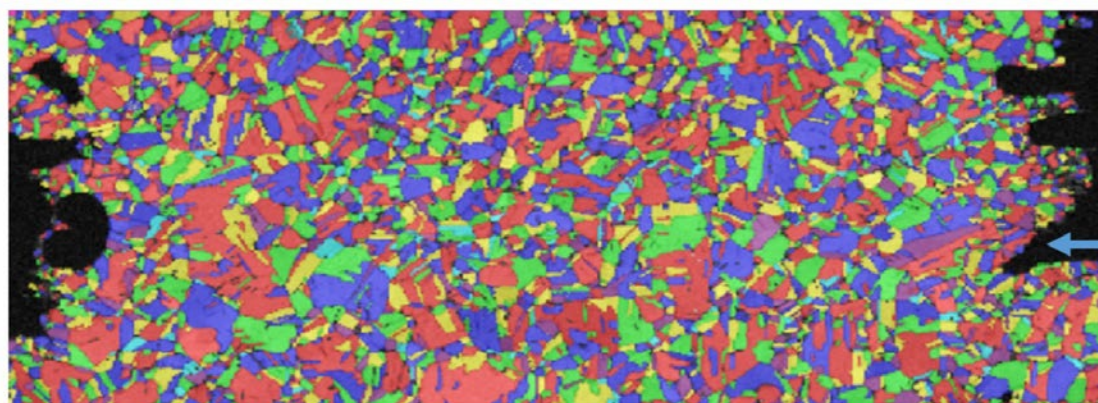


图5:电镀铜层和目标焊盘之间界面的聚焦离子束(FIB)成像，领先的直接电镀技术可使强铜-铜键合在热应力下表现优异



目标焊盘和
填孔铜之间的
界面

图6:盲孔和目标焊盘横截面的电子背向散射衍射 (EBSD) 晶粒结构

备注:电路板在260°C下进行热处理,然后在170°C下循环300个周期,平均晶粒尺寸为3.12微米。

80~100 x 45 μ m, 每片线路板含有 200 万个盲孔。

在制程中使用 AOI 检查是否有碳残留物。检验结果显示在 5,000 PSM/ 月的产量中, 没有检测到任何缺陷。这些电路板的电镀是在垂直连续电镀 (VCP) 生产线上完成的; 内层采用 Tent-Etch 流程的全板电镀, 而 mSAP 层必然是采用图形电镀。图 6 中的电子背向散射衍射 (EBSD) 图像显示了目标焊盘和电镀铜层之间的界面处晶粒尺寸的均匀性。

总结

随着微型化元器件要求更多引脚数且更小封装,PCB 基板发展需要应对密度增加的挑战。盲孔已成为 HDI 设计的代名词。随着 PCB 设计从通孔发展到 HDI 设计 (如任意层和 mSAP 技术) 的变化, 为了与行业的发展保持同步, 直接电镀技术已在化学和设备配置方面取得了一定的进步。

目前, 最先进的高阶直接电镀系统正在为最新一代移动装置平台的 PCB 制造商提供竞争所需的可靠性和性能。在新的领域, 例如利

用挠性和刚挠结合电路, 或新混合材料的领域, 碳系列直接电镀技术为寻求扩大其电镀能力的制造商提供了一种经济高效的技术解决方案。PCB007CN

Graham Lee : 电镀工艺专家

David Chun : 亚洲设备经理

Albert Tseng : 亚洲产品经理

Charles Bae : GDAC 负责人 - 韩国

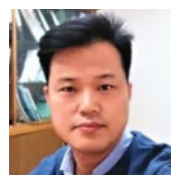
Smith Han : 技术服务经理

Jordan Kologe : 技术市场专员

Bill Bowerman : 电镀产品总监



Graham
Lee



David
Chun



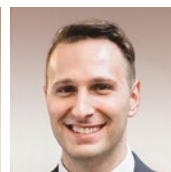
Albert
Tseng



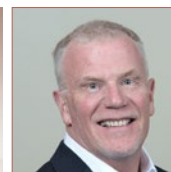
Charles
Bae



Smith
Han



Jordan
Kologe



Bill
Bowerman

沪士电子 谈 VeCS 技术的现状

by Nolan Johnson
I-Connect007

近日，我采访了沪士电子公司的产品创新副总裁 Joe Dickson。Joe 介绍了该公司开展的 VeCS 技术研发工作，以及与标准 HDI 工艺相比 VeCS 技术的特点。他还介绍了 VeCS 技术的优势，例如 0.5 毫米以上的间距，以及 VeCS 技术如何有望成为 HDI 技术和通孔技术的补充。

Nolan Johnson : Joe, NextGIn 科技公司的 Joan Tourné 一直在为 IConnect007 杂志撰写 VeCS 技术专栏文章，你们一直在与他合作开发 VeCS 技术。您如何看待 VeCS 技术的可靠性？在这项技术的开发过程中你有什么收获？

Joe Dickson : 我们从事这项技术的开发将近 3 年半时间了。起初我们只是想了解该技术是否可行，据此进行构建，以从布线和制造的角度看它可以做什么，但那时处于学习曲线的



Joe Dickson

初期。这项技术能否对 HDI 技术造成冲击甚至取代 HDI 技术，我的观点是并没那么容易，并且我认为这两种技术可以结合起来。我相信这两种技术互相协作可以获得最强大的应用；然而，许多人认为“通过单次层压和高密度布线可以大大降低成本”。那是当时的重点，我们花了一年半的时间，尝试对基本的制造设备（具有 10 年历史的铣切设备和电镀生产线，甚至都没有脉冲）进行优化。那时我们能够使用优化后的基本设备构建一些复杂的结构。

在过去的两年中，通过定制化的设备，其操作控制水平要比以前好得多。在早期测试中，我们在各个层面上力求验证可靠性，以了解 VeCS 信号的互连是否可靠——所有工作的重点。VeCS 技术已经相当成熟，任何了解该技术的人都了解如何生成和构建走线，以及如何构建电镀深盲槽。可以用树脂填充空腔，因为该技术利用了经过长时间验证的真空灌封。但

Geode™

加快创新

您有应对新兴市场挑战的工具吗？

看到HDI和IC封装钻孔的新愿景

Geode的设计宗旨是在提供所需的吞吐量、精度的同时减少拥有成本。

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



www.ESI.com

ESI®



因是沿着槽侧壁布走线，问题又回到“互连是否顺利”？

早期测试载体以要进行广泛的热循环为目标而构建，我们一直在强调这点，这就是我们突破通孔和 HDI 互连以了解层压过程的方式。沪士电子公司拥有一套相当复杂的算法，可以对 HDI 结构和通孔进行 CTE 膨胀测试，借此可以明确设计中最薄弱的点，以及玻璃填充物类型、树脂类型的材料组合以及围绕其构建的设计特征。整个研发经历了 4 年的时间，充分了解了許多不同类型的层压板和互连的断裂点位置。经研究，我们发现当 VeCS 互连被灌封在 CTE 与层压板类似的材料中时，断裂的压力点或应力点不在互连附近，就像采用 HDI 技术时断裂的压力点或应力点在通孔或导通孔的底部类似。

这是由走线的延伸率所决定的，并且由于走线周围相当均匀，因此膨胀和收缩类似于外层信号的走线。我们使用的电解铜的延伸率为 14%~17%，所以破坏 VeCS 信号需要很长时间。

整个研发经历了4年的时间, 充分了解了許多不同类型的层压板和互连的断裂点位置。

Johnson : 这不是正好避免了采用 HDI 技术时遇到的一些主要问题吗？

Dickson : 是的，我们现在所处的行业在不断发展积层技术，HDI 技术也已成熟。我从 1992 年开始研究 HDI，机械和激光成形导通孔存在很久了，但是对于大的 BGA 封装来说，仍然

是相对较新的技术。此应用主要在热循环过程中暴露出了问题，因为镀覆的实心铜导通孔和紧邻导通孔的反焊盘区域之间的 CTE 不匹配。可以用一些技巧，就像 IBM 一样，先将两层堆叠起来，然后将它们错开。我们甚至建立了一个以密耳为单位的模型，可以了解附近区域发生了多少膨胀，并且可以修改设计和材料以最小化 HDI 叠层的应力。但是，无论是 4 次、5 次还是 6 次层压周期，在某一点上，无论使用的是化学镀还是直接电镀，都会对电解镀层与捕获盘的单接触点施加极高的压力。

难度在于关键连接点的应力非常大。通常当连接点失效时，连接点将会分离，整块板就彻底报废了。目前还没有在 VeCS 技术上发现这种失效。我们在 T260 条件下已经完成了 20 个热循环周期，通孔会破裂，HDI 焊盘完全浮起，但 VeCS 不会出现断裂。我们已经使其运行足够的时间并将其快速冷却，并在有走线断裂时仍进行运行，这远远超出了以往的测试，我非常有信心此应用中的互连具有极高的可靠性。

我们还掌握如何形成互连的方法，甚至可以构建三面 VeCS 连接，但是人们通过采用 VeCS 希望实现的真正优势是可以沿着信号层的侧壁匹配阻抗。如果走线上有 85 欧姆的阻抗，则可以沿侧壁匹配 85 欧姆，然后再返回。阻抗连续性对于高性能计算和 PCIe 应用似乎特别有价值。

Johnson : 您刚才谈到了 VeCS 的走线延伸率。此延伸率是指沿着电路板表面吗？

Dickson : 是的，通常当人们谈论铜的延伸率时，一般会讨论内在的应力裂纹，我记得电镀

液中有添加剂时，延伸率会变得很高，以至于在正常的热循环周期下就会断裂。而且随着近 15 年来化学技术的成熟，尤其是配合脉冲，很容易就可获得高延伸率沉积。

Johnson : 对于这个工艺，你们是否有足够的能力实现通用的可靠性？你的定性阐述非常鼓舞人。我知道你们尚未完成研发，但能透漏一些信息吗？

Dickson : 我们已经完成了公司内部的测试，并且进行了数千次 IST 循环测试，取得了很好的结果。WUS 公司已经进行了一些工业级别的测试。目前正在做 HDP 用户组测试，但这个测试工作非常浩大。例如，0.1 毫米 HDI 盲孔深度为 2.7 毫米，间距为 0.5 毫米，甚至无法采用 HDI 技术实现这种级别的间距。

Johnson : 完全不同等级的测试。

Dickson : 这是极限情况，不一定非要可以生产，但是我们要深入了解盲孔互连。我们可以做通孔 VeCS，用反向布线去除桩，可以使通孔更厚，但这是我们做过的最深的盲孔应用。我们正在进行这些测试，取得了一定的成功。我们看到的主要问题与通孔相似。仍然存在以下问题：如果具有金属特征，并且在铣切槽时，则槽到金属特征，或钻至金属特征仍然至关重要。之所以会这样，是因为所使用的材料包括玻璃增强材料，但到目前为止，穿过玻璃增强材料的走线到走线以及走线到基准都取得了积极的成果。

但是，我们还没有足够的详细测试。现在正在生产具有可靠性结构的多种设计测试载

体，因此能够在今年 7 月份之前提供更详细的信息。这足以保证行业同仁进行其内部的可靠性测试。

Johnson : VeCS 可实现的布线密度与行业初始要求的密度相符。允许包含一些更大、更复杂、容易产生问题的封装。似乎还解决了 HDI 中出现的一些导通孔失效问题。鉴于 OEM 推动着我们（作为一个行业）提供比目前所能达到的可靠性高两个数量级的产品，似乎 VeCS 时代已经到来。

Dickson : 这就是 WUS 公司投入并推动这一技术的原因。推行任何类型新技术的困难在于无可靠性验证。相反成熟的技术，即使众所周知其性能不好或不完美，也具有很大的安全性裕度。有人说：“我需要我的特殊设计可达到 1000 小时运行时间，数量达到 10000 个样品，我才会感兴趣。”嗯，很好。从现在开始的两年后，你就会明白你的要求。这项技术与其他技术的区别在于，我们有许多客户告诉我们：“我们没有选择，我们需要这个技术。”而我告诉他们：“但是，如果采用这种技术，学习如何设计需要 9 个月的时间。”

这就是模式转变。你不能告诉设计师“给我设计一个 VeCS 板”。Joan Tourné 很棒，他既是设计师又是工程师，仿佛有两个大脑。与他在一起工作，你也需要能够做到这一点，而我们的客户正在学习我们了解的知识。我们正在建立合理的 DFM 规则库；如果你遵循该 DFM 规则库而不是尝试做一些不合理的事情，我们认为可靠性将超越通孔和 HDI 的期望值。

VeCS 不是通孔技术和 HDI 技术的替代品，

而是这两种技术的补充。只存在很少的设计，我会针对性地推荐只采用 VeCS。您可以在需要在法拉第笼型屏蔽中进行密集信号布线的地方采用 VeCS，然后由于其布线方式而使这些大通道保持开放状态。每隔一排，没有导通孔，所以通道非常大。在这些通道中，你可以利用大功率，将仅提供电源的通孔放进去，允许通道逃逸那里。有人说：“GPU 和 FPGA 加速器技术现在都需要 0.7 毫米的芯片，两年之后尺寸将达 0.6 毫米。”我会问：“好吧，积层式 PCB 解决方案如何？”回答可能是：“没有给我带来我需要的 SI 优势。”

Joan Tourné很棒,他既是设计师又是工程师,仿佛有两个大脑。

VeCS 可以做到 0.5 毫米的间距，而不仅仅是 0.6 毫米，其电介质芯要比 HDI 厚得多。你可以布线宽度为 0.125 毫米的走线，具有平滑的铜，损耗值可能低得多。技术是现成的，7 年前发布的早期版本的 SI 高性能材料，在具备可靠性之前就已经发布了。我们在失效分析方面具备专业知识。令人惊讶的是，周围几乎没有其可靠性数据。就是说：“选择材料，将其粘贴在电路板上，然后运行。”当他们需要时，就会出现类似的情况，但是到那时，我们将更好地了解它的可靠性以及可靠性的窗口。

Johnson : 但是，机会（决定采用 VeCS 的时间点）是在设计阶段。这是设计师在构建电路板时可以选择的。

Dickson : 我们在芯片制造商的应用上花费了大量时间。我们希望芯片制造商与时俱进，因为他们的成本压力很大。如果你要使电路板快速运行，就可运行高速 5G 应用，并且需要高可靠性。你需要具备高可靠性、高密度布线的潜力。

Johnson : 太好了。我们展望一下，未来哪些应用领域会采用 VeCS 技术？

Dickson : 这是一项伟大的技术，可超越 HDI 板的厚度与间距限制，利用其优势可制造 60 层的电路板，其中 1 毫米间距的 BGA 可在 32 层板中以 0.7 毫米间距运行。其操作的简单性使大多数 PCB 制造可以采用 10 年前的工艺。业界反映，我们正在把之前的工艺技术“找”回来。

Johnson : 这是一件好事。

Dickson : 我回答他们：“是的，这就是正在发生的事情，设备制造商有机会赶上 VeCS 技术的发展。”现在，钻孔和铣切技术正在飞速发展。两年前，我们有了第一台 CCD 对准铣切设备和多 CCD 钻孔设备。这是一台铣切设备，可以铣到我们需要的深度以及定位精度，应用 VeCS 技术可以使工艺上升到最高的质量水平。

Johnson : 太棒了。感谢您抽出宝贵的时间，和我们分享 VeCS 技术的最新动态。

Dickson : 不客气。PCB007CN

1、[FPC 测试设备企业燕麦科技科创板上市](#)

近日，中国证券监督管理委员会按法定程序同意以下企业科创板首次公开发行股票注册：深圳市燕麦科技股份有限公司。

2、[南通展华电子一期设备进驻完毕，预计 6 月正式投产](#)

现在是试生产阶段，每月能生产 25 万平方英尺电路板，订单还在源源不断接收中。公司一期厂房全部竣工，所有设施设备已进驻，目前正全力以赴加快试生产，预计今年 6 月正式投产。

3、[江苏本川智能电路拟创业板上市，主营印制电路板产品](#)

4 月 24 日，江苏本川智能电路科技股份有限公司拟首次公开发行股票并在创业板上市，本次公开发行新股数量不超过 1,932.46 万股，占发行后总股本的比例不低于 25%，不进行老股转让。

4、[NANO 首个 3D 打印呼吸机原型电路板的订单已成功打印](#)

北美客户现在可使用 Nano Dimension Ltd. 的快速 NaNoS 制造服务，满足各种 Hi-PED 需求的独特服务。NaNoS 的首批成功订单之一是打印用于新的呼吸机的电路板原型制作，以应对当前的危机，要求快速反应和缩短供应链。Nano Dimension 已经成功地在一夜之间打印了用于此用途的全功能电路板。

5、[南亚电子材料玻璃纤维布厂 / 覆铜板二厂扩建工程正式动工](#)

4 月 20 日，南亚电子材料（惠州）有限公司扩建项目——玻璃纤维布厂、覆铜板二厂举行动工仪式。据悉，该工程项目总投资约 28.2 亿元，项目占地面积 100 亩，主要生产覆铜板和玻璃纤维布，预计 2023 年完工。

6、[NB 板订单大增数十年罕见](#)

因应新冠病毒肺炎防疫，全球各地都有在家工作、学习需求，不少人发现家中笔记本电脑机龄已近十年，在远距作业与连线顺畅考量下，意外带动一波换机潮。

7、[总投资 5 亿元 PCB 项目签约福建龙岩](#)

4 月 24 日，福建省龙岩市举行“一月一签约”4 月招商项目网络集中签约仪式在武平分会场举行。其中，舟拓电路多层电路板智能工厂项目总投资 5 亿元，建设年产 500 万平方米多层电路板压合智能生产线。

8、[PCB 大厂揖斐电持续加码增产 IC 封装基板](#)

新型冠状病毒肺炎虽导致供应链停滞、车用市场减速，不过在 5G 相关需求带动下，印刷电路板 (PCB)/ IC 基板暨车用排气滤净装置 (DPF) 大厂日本揖斐电株式会社 (IBIDEN) 上年度财报超预期、且看好今年度获利将大增，并宣布加码投资、增产 IC 基板。

9、[江西多个 PCB 项目集中开工](#)

4 月 25 日上午，赣州市在信丰举行重大项目集中开工活动。江西瑞彩 5G 新材料产业园建设项目、江西联茂电子科技有限公司玻璃纤维半固化胶片及覆铜板生产项目（二期）、赣州市深联电路有限公司 4.0 智能制造线路板生产项目、赣州市金顺科技有限公司金顺二期线路板生产项目、赣州市中欣业科技有限公司线路板钻孔生产项目集中开工。

10、[中条山集团 5 万吨高性能压延铜带箔和覆铜板项目开工仪式隆重举行](#)

4 月 15 日，北方铜业股份有限公司年产 5 万吨高性能压延铜带箔和 200 万平方米覆铜板项目开工仪式在中条山集团“山西北铜新材料科技有限公司”隆重举行。总投资 23.96 亿元，厂区占地面积 300 亩，建筑面积 9.2 万平方米，总装机容量 7.4 万千瓦。

国内扇出型面板级封装 FOPLP 产业化进程

By Tulip Gu
I-Connect007中国

编者按 :3月16日,Manz亚智科技向广东佛智芯微电子技术研究有限公司交付大板级扇出型封装解决方案,推进国内首个大板级扇出型封装示范线建设,标志着国内FOPLP产业化发展又上了一个新台阶。近日PCB007线上采访了Manz亚智科技股份有限公司资深销售处长简伟铨与广东佛智芯微电子技术研究公司林挺宇博士。

5G、云端、人工智能等技术的深入发展,使其广泛应用于移动装置、车载、医疗等行业,并已成为全球科技巨擘下一阶段的重点发展方向。而在此过程中,体积小、运算及效能更强大的芯片成为新的发展趋势和市场需求。然而,为满足终端消费性电子产品提升电子装置效能的要求,半导体封装产业已面临技术瓶颈,即无法在微缩芯片的尺寸下,容纳不断增加所需的I/O数量。因此,不论是系统级封装(SiP)和未来更先进的封装技术,芯片封装正在朝将更多芯片整合于单一封装结构、实现异质多芯片整合的方向发展,以此达到多芯片封装、体积缩小且效能同时大幅提升的目标。

而作为异质整合封装的新兴技术,扇出型封装技术发展至板级,因能以更大面积进

行生产,达到既可以进一步降低生产成本又能满足市场端对芯片效能的需求的目的,正成为先进封装技术中能够提供异质整合同时又能降低生产成本的最有潜力的技术平台。

扇出型封装技术开发目的
• 提高半导体产品价值
• 增加芯片功能
• 保持/ 提高芯片性能同时降低成本
• 减少芯片/ 封装的厚度

表1 扇出型封装技术开发目的

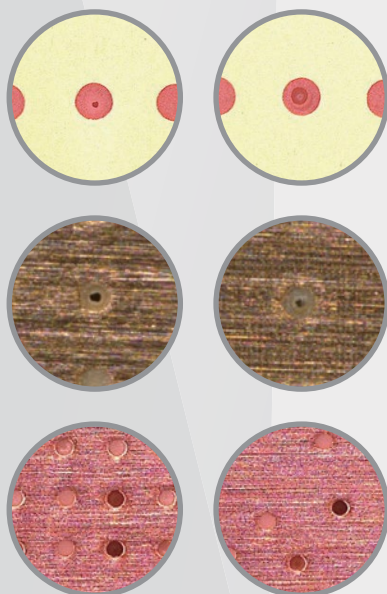
扇出型封装技术有三大特点,包括(1) 体积更小:不需封装基板,可达到薄型化封装的需求;透过扇出型封装,可将不同的芯片整合成单一的二维封装体,达到体积薄型化的SiP(System in Package)封装技术,进化了原本需要直通硅晶穿孔(TSV)将数颗芯片做垂直叠加封装。(2) 效能更强:在相同的芯片尺寸下,可以做到范围更广、层数更多的重分布层(Redistribution Layer, RDL),基于这样的变化,芯片的引脚数I/O也就变得更多;各种不同功能的芯片透过RDL联结的方式,整合在单一封装体中,其



Galaxy PVH

专为各种塞孔检测的需求而设计

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



康代中国 | WWW.CIMS.COM

如需了解更多资讯, 请直接联络当地康代销售代表。

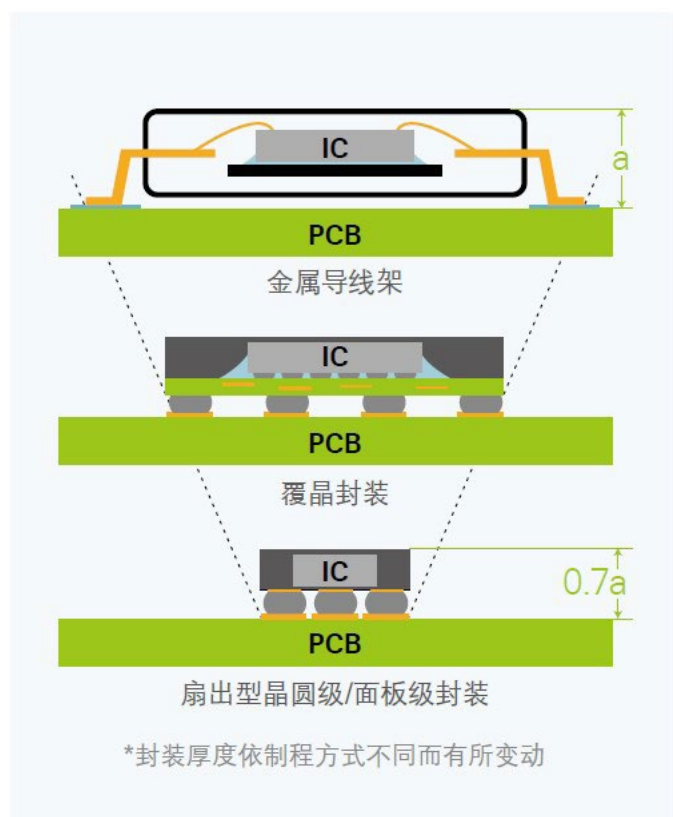


图1:扇出型封装示意图(来源:Manz)

功能性将更加强大。(3) 成本较低：采用此技术下所生产的封装体，能够大幅缩短繁复的制程，并减少材料，生产成本得以有效降低，达到低成本化的优点。

扇出型封装技术作为下一阶段的新兴技术，期望借助更大面积的生产来进一步降低生产成本，技术重点在于载具由晶圆转向方型载具，如玻璃面板或 PCB 板等，如此一来可大幅提升面积使用率及产能。而扇出型封装技术又分为扇出型晶圆级封装 (Fan-Out Wafer Level Packaging, FOWLP) 和扇出型面板级封装 (Fan-Out Panel Level Packaging, FOPLP)。两者虽技术路线及应用不同，但皆可让最终产品达到更轻薄的外型。但值得注意的是 FOPLP 成本相对较 FOWLP 便宜，因此成为近年最受关注的先进封装技术。根据 Yole 的报告，板级扇出型封装未来全球

同质、异质多芯片整合

简单来说，同质、异质整合技术是将多组同功能或是各种不同功能的芯片，藉由封装技术再整合至另外一个晶圆、玻璃或其他半导体材料上。这些芯片透过 RDL 连结的方式整合在单一封装体中，甚至将整个系统所需的功能芯片一次打包成为单一组件，整合在一个封装体中。使得在进行 IC 设计时，不需要把所有功能设计在同一个芯片上，可以提高设计开发的效率。

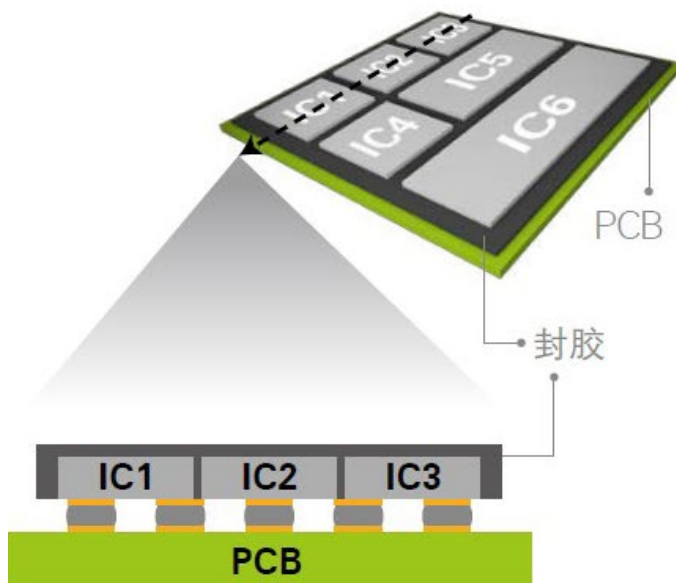


图2 同质、异质多芯片整合(来源:Manz)

5 年的年复合成长率可高达 30%，2024 年全球产值预期可达 4.57 亿美元。

之所以 FOPLP 相对较 FOWLP 有更高的生产效益及成本竞争力，是因为扇出型持



图3 封装技术的推进,有效降低封装厚度、大幅提升电子产品效能,降低材料成本 (来源:MANZ)

续朝多芯片大封装尺寸迈进，而扇外型晶圆级制程面积使用率较低（晶圆面积使用率<85%，面板制程面积使用率>95%），在加速生产周期及降低成本考虑下，封装技术开发方向已由 FOWLP 转向可在比 300 毫米晶圆更大面积的面板（方形面积的载具）上进行的 FOPLP。目前分为两大技术，一是采用 FPD 制程设备为基础；二是采用 PCB 载板制程为基础。

随着产品设计尺寸缩小，因为设置的元器件数量减少使在电路板上的占用面积更小，从料件数量、机构尺寸、电路板用量上都可获得节省而得到更优化的成本架构。另一方面，电路板省下来的空间，可给其他的

电子元器件使用。正因如此，FOPLP 技术不只能为终端产品带来更高效能，同时也能带来更高性价比。

这促使了技术开发已有相当基础的半导体厂、PCB 载板及面板厂积极布局，提供整合性商业模式。就以前段半导体产业而言，向下游整合，能提供整颗芯片封装完成，为有利的商业模式。对后段封装厂而言，可利用既有的经验，快速切入 FOPLP 技术，在半导体产业链地位也显著提升。前、后段半导体产业投入的最终目的皆是找寻具有竞争力的生产成本、提升产品的竞争力。与此同时，芯片、封装与 PCB 的同步设计及同步研发越来越重要，对于 PCB 制造商而言，发展

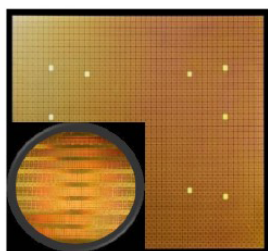
板级扇出封装的现状与优势

低成本优势

- ☑ 无基板&框架封装
- ☑ 不需要打线 (WB)
- ☑ 大板封装利用率高
- ☑ 设备成本较低

性能优越

- ☑ 电连接长度缩短
- ☑ 寄生电感、电容小
- ☑ 更适合高频应用
- ☑ 更好的散热性能
- ☑ 更高的可靠性
- ☑ 更适合系统级封装



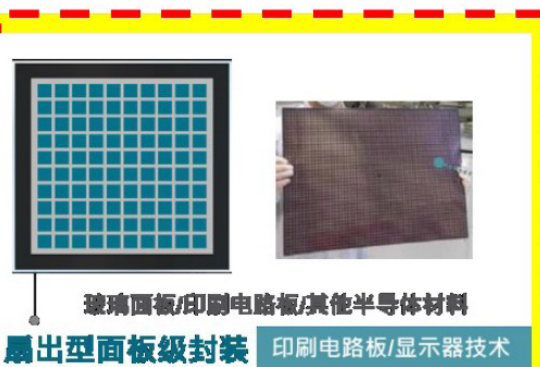
12" Wafer VS 600mm Panel

更多的I/O数

- ☑ 更小的线宽、线距
- ☑ RDL布线
- ☑ I/O可设计强

物理尺寸(Formfactor)

- ☑ 更薄的模块厚度
- ☑ 尺寸可选择范围更宽
- ☑ 单位面积更多的功能



玻璃面板/印刷电路板/其他半导体材料

扇出型面板级封装

印刷电路板/显示器技术

	FOWLP	FOPLP
尺寸	圆形, 直径 300mm	方形, 600 x 600 mm Down to 8/8μm
每单位芯片生产成本	高	低 尚未制定

图4 板级扇出封装的现状与优势 (来源:广东佛智芯)

FOPLP 可透过制程知识及设备升级、改造得以快速跨入先进封装技术市场。以面板厂而言, 老旧的 3.5 代面板厂, 由于生产经济效益低落, 藉由设备改造、升级加上原有的制程经验也可快速投入先进封装 FOPLP 的 RDL 制程段。

在此大环境背景下, 身为世界领先的湿制程设备商之一——Manz 亚智科技, 以逾 30 年丰富的业界经验及超过 8,000 台的湿制程设备总销售佳绩, 掌握关键黄光制程、电镀等设备, 推出 FOPLP 湿制程解决方案, 并通过集团内部技术高度集成, 亦可提供激光、精密涂布及自动化技术, 提供专业且全面的设备及技术软、硬件集成。

近日, Manz 已交付国内首个大板级扇外型封装解决方案, 而对象是广东佛智芯微电子技术服务有限公司。据了解, 佛智芯是广

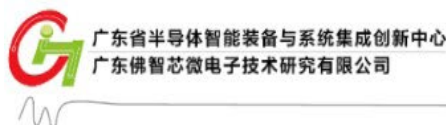
东省半导体智能装备和系统集成创新中心承载单位, 由广东省及其地方政府、国内半导体装备龙头企业、科研院所等共同出资建设, 在产学研领域拥有雄厚实力。两家合作意义重大, 其重点目标是发展板级扇外型封装共性技术研发中心和建立产业化平台。而于近期建立的大板级扇外型封装示范工艺线, 是该目标的重要里程碑之一, 奠定了国内板级扇外型封装产业链在制造、设备、材料的成长。

佛智芯公司林挺宇博士对此次交付的评价是: “Manz 此次交付给佛智芯的装备线, 以坚实的设备能力, 为其工艺开发中心导入黄光制程设备, 完善了佛智芯在公共服务平台中至关重要的设备验证环节, 不同的客户可依据其制程及材料在装备线得到产前打样验证, 以此推动封装领域中制造成本相对较

低的板级扇出型封装产业化解决方案。”

谈道佛智芯如何进一步打造板级扇出封装共性技术研究中心和产业化平台的目标时，林博士表示：“佛智芯具备学、研、产的整合功能，拥有全方位的技术服务，力求实现示范工艺成果产业化落地，助力国内板级扇出封装产业做大做强，这意味着 Manz 与佛智芯将共同为想要投入 FOPLP 开发的制造商进行先导计划的可行性评估、试验、专利、技术输出到量产前的测试。同时，佛智芯推出的公共服务平台运营模式，提供 FOPLP 样品设计开发平台、工艺开平台、可靠性验证平台、设备及材料验证平台，以及专业校企人才培养平台，以此形成国内板级扇出封装产业的终端、制造、设备、材料等健康产业链。”

Manz 亚智科技股份有限公司资深销售处长简伟铨在谈道 FOPLP 技术应用时表示：“FOPLP 技术重点之一在于异质多芯片整合，而其中 RDL 是实现该技术的重要环节，Manz 在此方面拥有独特的技术优势，包括一是首创了无治具垂直电镀线，具备优异的电镀均匀性(>90%)及填孔能力(孔径小于 20 μ m)，因其不需要治具，减少生产成本；二是能适用于 FR4 铜箔基板、钢板及玻璃基板等不同基板，尤其是玻璃基板的应用，可让计划跨入先进封装领域的显示器面板制造商，补足其对于在线性电镀的工艺经验；三是铜蚀刻线具有化学药液和工艺的最佳结合，可确保完全去除铜种子层并有选择性地铜蚀刻，铜蚀刻均匀性达 93%；四是具备软硬件整合能力，可提供传输设备及 CIM 系统(计算机制程整合)，为进一



板级扇出应用前景广阔

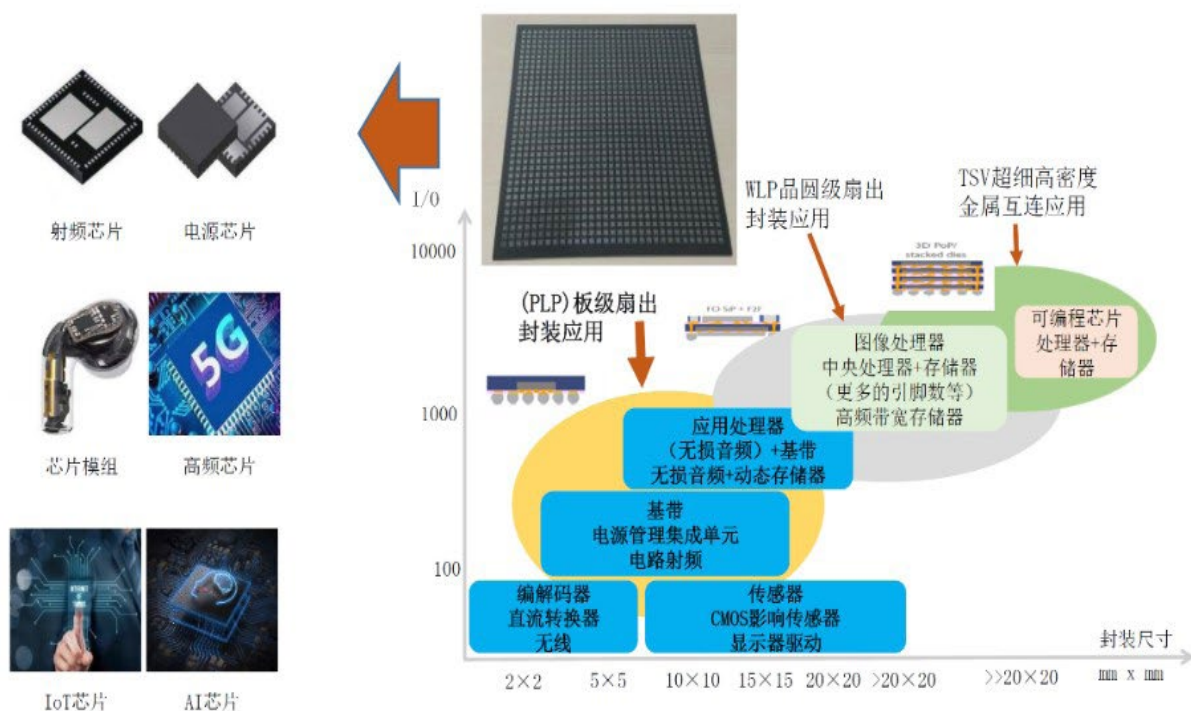


图5:板级扇出应用前景广阔(来源:广东佛智芯)

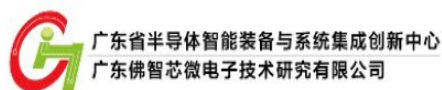
步走向工业 4.0 奠定基础。”

当被问及如何看待此次交付对于 FOPLP 产业化落地的意义时，简处长表示：“凭借 30 年的丰富行业经验，Manz 认识到 FOPLP 技术的优势已成为业界不容忽视的重点。而 Manz 的装备及制程稳定性高，可提供量产前打样，使客户降低量产前的材料、制程、设备整合及验证投资，避免了量产前风险。同时 Manz 也可与制造商共同发展，配合不同产业、不同客户提供解决方案，如 PCB 载板制造商、半导体封装厂、显示面板制造商等，可利用现有设备同时加上电镀线进行优化。此次与佛智芯的合作无疑是推进 FOPLP 向下一阶段发展的最好方式。”PCB007CN

相关链接：

关于广东佛智芯微电子技术研究有限公司

广东佛智芯微电子技术研究有限公司是广东工业大学省部共建精密电子制造技术与装备国家重点实验室、广东省半导体智能装备和系统集成创新中心的产业化承载单位，由广东省及其地方政府、国内半导体装备龙头企业、科研院所等共同出资建设。公司重点针对半导体智能装备创新发展的重大需求，开展先进封装工艺研究，联合国内外半导体装备龙头企业、高校及科研院所开展技术攻关，引进了刘建影 2 位院士及林挺宇、崔成强等 6 位国家千人计划专家公司以先进封装技术产业化为核心，建设以国产装备、材料为核心的大板级扇出型封



佛智芯的成立

- 佛智芯于2018年9月在佛山高新区注册成立
- 省级制造业创新中心承载单位
- 建立大板级扇出共性研究示范生产线
- 产学研领域多家股东参与投资
 - 学：广工大国家重点实验室&研究院
 - 研：华进半导体
 - 产：安捷利、中科四合等



图6：佛智芯建立大板级扇出共性研究示范生产线

装工艺线，为三维异构集成封装技术的研究及产业化提供有力支撑。同时，搭建共享服务平台，面向全国高校、科研机构、行业企业等，建立半导体设备研发升级服务中心、工艺及材料验证服务中心、半导体应用人才培养中心等，加快我国半导体封装及装备技术突破，推进我国半导体封装装备产业实现跨越式发展，达到国际先进水平。

关于 Manz 集团

Manz 集团成立于 1987 年，是全球高科技设备制造者，业务范围涵盖太阳能、电子、能源储存、代工及客户服务。

凭借多年在自动化、激光工艺、视觉与测量、湿化学及卷对卷技术的专业知识，Manz 集团在太阳能、电子装置及零部件、锂电池技

术领域提供创新的生产设备解决方案。我们不仅按需求提供定制化的生产设备同时也提供标准的单机设备和模块化的工作站，可以与客户端设备无缝衔接形成独立的生产系统。我们与客户的合作非常紧密，在项目初始阶段 Manz 就参与其中，正因为如此，Manz 能提供高质量、以需求为导向的解决方案，为客户的成功做出重大贡献。

Manz 集团于 2006 年在德国公开上市，在德国、斯洛伐克、匈牙利、意大利、中国大陆及台湾地区进行开发和生产，在美国和印度设有业务销售和服务分支机构。Manz AG 在全球约有 1,600 名员工，其中一半以上员工来自亚洲这个集团内目标市场的重要区域。Manz 集团在 2018 财年总营收达到 2.97 亿欧元。

EPTE快讯:COVID-19暴发对全球电子行业的冲击

COVID-19 最早于 2019 年 12 月在中国被发现，现已蔓延至全球 200 多个国家。欧洲国家和美国在过去几周报告了大量病例。全球感染总人数已超过 200 万。

我近期回到了日本的总部。日本的病例数量最近大幅上升。我没有 COVID-19 病毒的症状，但我至少会自我隔离两周。我将不使用公共交通工具，包括出租车。

市场分析人士预测全球电子行业将因此次疫情而放缓。每一份新闻都在报道全球股市正在经历极度动荡。道琼斯指数已下近 25%。这是自 2016 年 12 月以来的最低水平，也是大萧条以来最糟糕的一个月。

今年 1 月中国农历新年前，全球电子产业增速放缓。与去年同期相比，智能手机出货量

增长为负数，半导体产品出货量减少，台湾电路板行业出货量在过去几个月出现大幅下降。台湾电路板制造商被视为全球消费电子行业的晴雨表。它们的放缓可能意味着全球市场的放缓（在 COVID-19 爆发之前，生产已经放缓）。此次疫情可能会导致该行业进一步萎缩。

美国宣布了一项 2 万亿美元的历史性刺激法案，以应对此次疫情，日本也宣布了一项于 4 月开始实施的刺激计划。美国联邦储备委员会（Federal Reserve Board）将利率降至零，欧洲央行（European Central Bank）也与其他央行一起宣布了维持该地区金融体系正常运转的计划。我们齐心协力，此次疫情将终结束。祝平安！

更多详细的内容，请[点击阅读原文](#)。

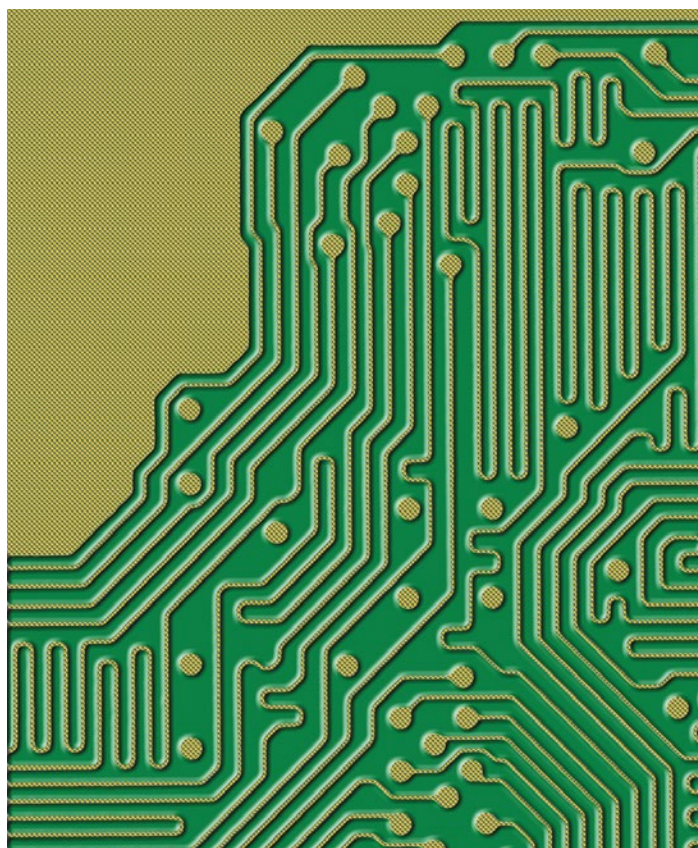
打印阻焊 油墨的优势

by Chris Wall
Electra Polymers Ltd.

简介

Electra Polymers 公司开发和制造阻焊油墨已有 35 年之久，他们的产品涵盖双组分环氧基材料到单组分 UV 固化产品，再到今天仍在使用的液态光成像阻焊油墨（LPISM）。这些产品大多数都依靠采用丝网印刷作为涂布方法，其中有些经配方可通过高气压低流量（HPLV）空气喷涂、静电喷涂或帘涂进行涂布。本文将概述可喷墨打印阻焊油墨的开发及其涂布设备。

开发阻焊喷墨油墨的第一次尝试是在 20 世纪 90 年代初，但由于打印头和打印机的性能不足，这项技术当时并没有真正成功。这种性能的实现难点部分是由于缺乏驱动所需的多个喷嘴的计算能力所致。直到最近才具备了喷墨阻焊工艺可行的硬件。



本文简要介绍了喷墨阻焊油墨的开发和配制方法，与现有的液态光成像阻焊（LPISM）工艺相比，喷墨阻焊工艺的的优点，及采用该工艺可达到的效果。

了解喷墨涂布程序

该方法的重点是要了解喷墨的涂布过程。如前所述，喷墨阻焊油墨的第一次开发是在 30 年前，今天的打印头和打印机技术已取得了巨大的发展。今天使用的阻焊油墨打印头是按需滴落（DOD）的压电类型。用这种类型的打印头，电压脉冲可施加到每个喷嘴，这会使喷嘴壁收缩并喷射出油墨滴（图 1）。

根据频率、幅度和持续时间创建的正确脉冲类型取决于喷嘴腔的声学特性和油墨的流变特性，这对于获得良好的喷射性能至关重要。校准和调整通常由打印头制造商 / 打印头集成商与油墨供应商合作完成。

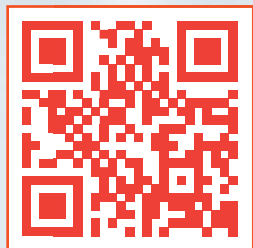


Schmoll Laser Equipment Schmoll 雷射设备

CombiDrill series 系列

- 直径50-300微米的微小孔钻孔
Microvia drilling 50-300 µm dia
- 使用紫外线和/或二氧化碳雷射进行切削及雕刻
Cutting and Structuring with UV and/or CO2
- 占地面积小，设计紧凑
Small footprint compact design
- 整合式自动上下料
Integrated loader
- 市场上最佳的功率/尺寸比
Best power/size ratio in market
- 20瓦紫外线功率 = 较厚的材料处理速度增加
20 W UV-Power = increased process speed in thicker materials
- 3仟瓦二氧化碳尖峰功率 = 脉冲数减少
3 kW CO2 peak power = less number of pulses required
- 支持开铜窗作业
Conformal mask drilling possible

**Best
power/size
ratio
in market**



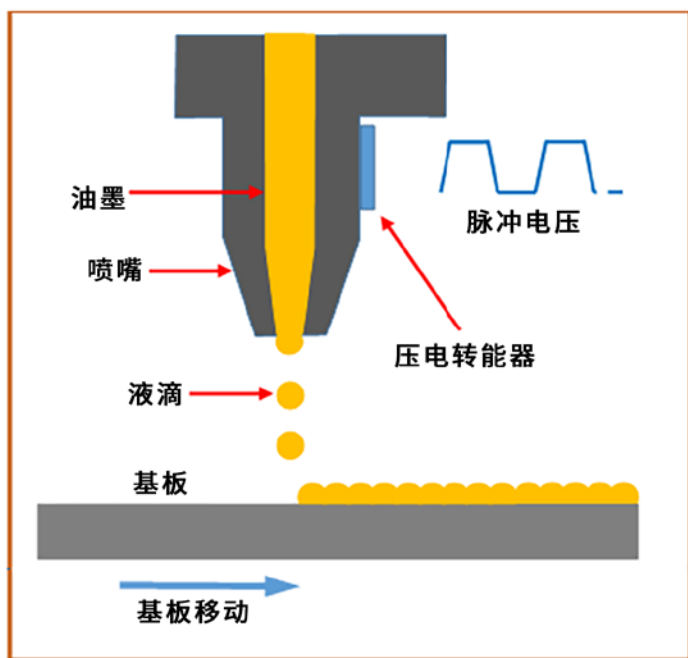


图1: 喷嘴结构

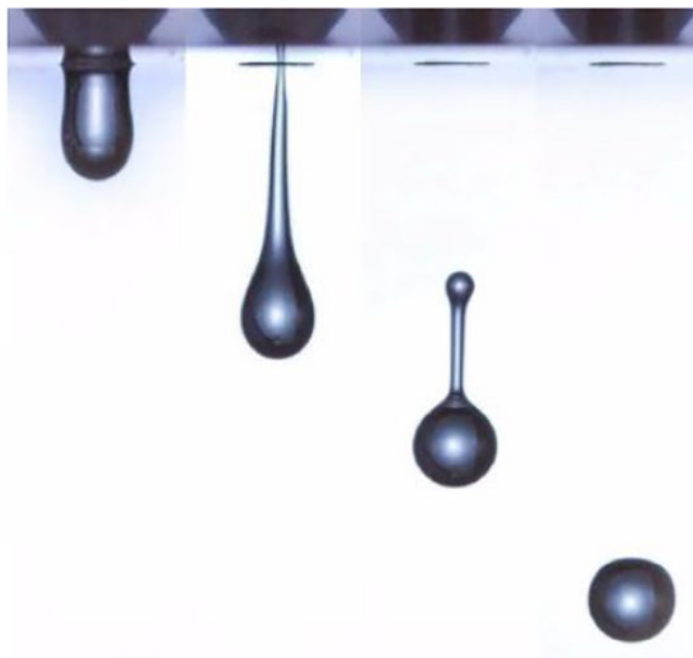


图2: 实现完美的液滴

校准是为了获得完美的油墨滴。这意味着，当液滴有个干净的尾巴从喷嘴板上喷射出来时，液滴会干净地从喷嘴板上断开，在液滴到达基板表面之前，液滴尾巴会被吸收到主液滴中。因此，要避免“卫星”状液滴，即沉积在非图像区域的小液滴（图 2）。

打印头可以是非循环型或循环型，通常包括一体式加热器，以降低油墨的喷射黏度。对于前者，油墨是从一个罐或槽中注入到打印头，有时通过一个固定在打印头正上方的中间罐，以确保对打印头施加正压。在不打印时，使用真空来防止油墨从打印头上滴落。

顾名思义，使用循环头时，油墨会连续不断地通过打印头泵送，从而使系统更加复杂。循环系统的优点是更容易启动、改善排气、控制温度并防止颜料沉淀。打印头的选择还决定了所喷射的液滴大小，这会影响可实现的生产率和分辨率。

识别阻焊喷墨油墨配方的约束条件

在为喷墨应用开发阻焊油墨时，阻焊油墨的配方有许多限制条件。黏度要求限制了适用原材料的选择，通常只能使用极低黏度的树脂和聚合物单体。然而，这种材料更容易被皮肤吸收，必须小心操作确保其危害等级是可接受的。

使用的任何颜料和填加剂的颗粒大小限制在 200 nm 以下，而传统的阻焊油墨颗粒限制在 5 微米至 15 微米，对添加剂尺寸和含量的限制对于阻焊油墨配方制定者来说是相当大的障碍，因为添加剂还会提高油墨的抗热冲击性和抗焊接性，并且还会降低材料的可燃性。

油墨黏度要求取决于所使用的打印头，与非循环打印头相比，循环打印头需要更低黏度的油墨。为了成功印刷，油墨的表面张力也被限制在相当窄的范围内。油墨黏度和表面张力以及油墨密度、速度和路径长度可用于计

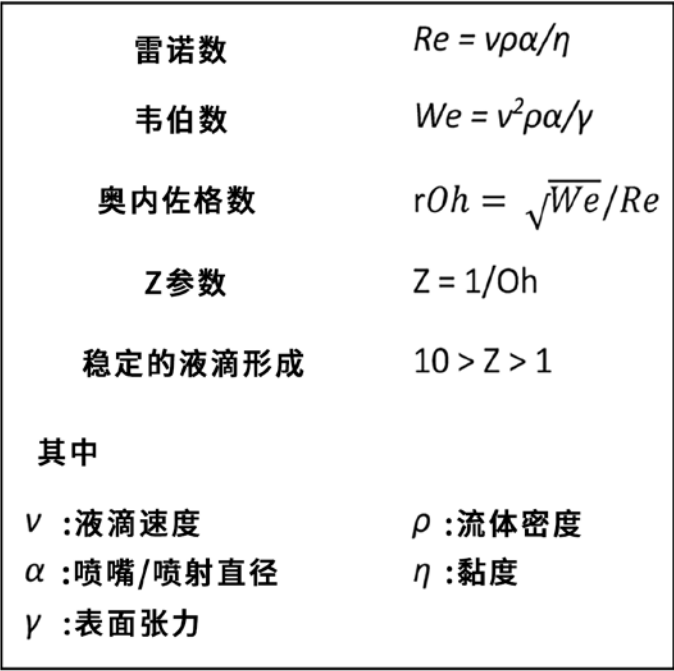


图3:液滴形成的标准公式

算雷诺数 (Re)、韦伯数 (We) 和奥内佐格数 (Ohnesorge)，以及 Fromm Z 参数 (图 3)。

这些是无量纲参数，用于计算形成良好液滴的作业区 (图 4 和图 5)。

低黏度材料也更容易发生颜料沉淀，必须注意确保形成稳定的分散体。液体油墨在基材或固化油墨上形成的接触角可以作为衡量涂层性能的指标。

还必须考虑固化机理的选择，选择包括 UV、热或两者的组合。UV 固化通常是首选，因为它允许喷射的阻焊油墨“固定固化”，有助于实现良好的图像清晰度 (图 6)。固化机

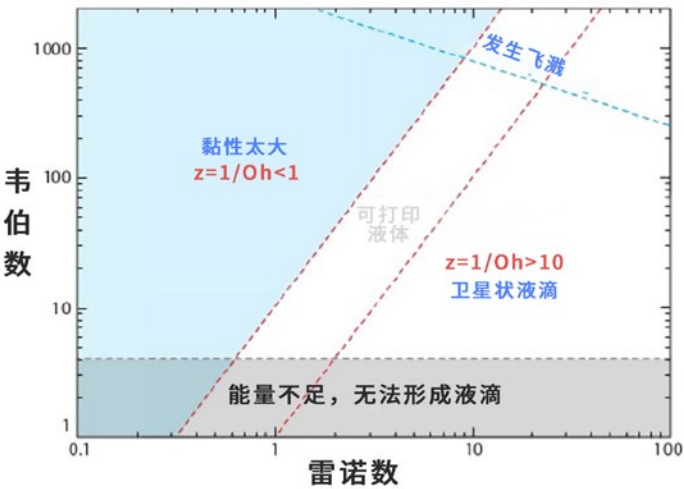


图4:液滴形成和喷射的物理图[1]

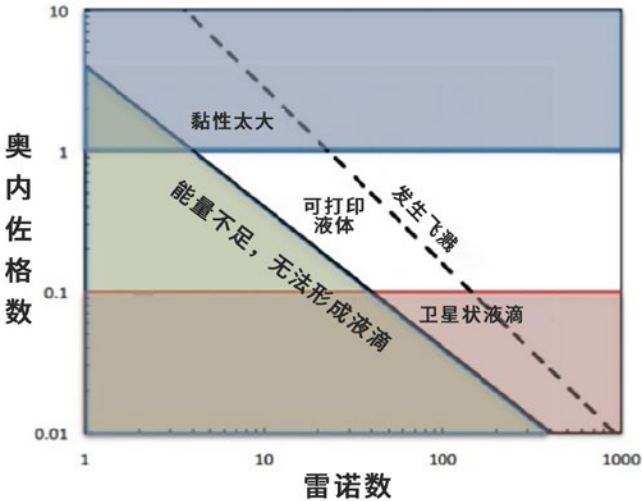


图5:液滴形成和喷射的物理图[2]

理可以是使用丙烯酸酯类单体和树脂的自由基以及使用环氧树脂的阳离子，或者两者的混合物。

用于产生“聚合引发物种”的光引发剂的

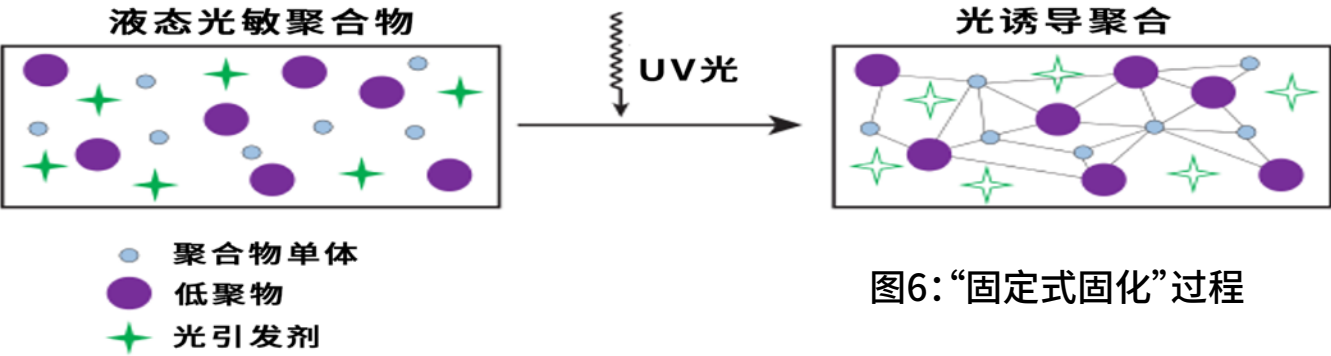


图6:“固定式固化”过程

选择将反映所使用的聚合化学的类型（即阳离子体系的酸类型、丙烯酸酯体系的自由基）。大多数阻焊油墨在印刷和 UV 固化后还需要进行热烘烤，以实现最佳的最终固化效果。

确定并采购合适的候选原材料

一旦确定并考虑了配方要求和限制，便可以确定并采购合适的原材料。如前所述，树脂和聚合物单体的选择仅限于具有低或超低固有黏度的材料，以便能够生产出低黏度产品，任何固体或更高黏度的树脂只能少量存在。

选择正确的光引发剂对于获得良好的性能至关重要。为了最大程度地减少固定式固化所需的 UV 能量，从而避免对打印速度的限制，光引发剂必须将快速固化与良好的贯穿式固化相结合，以避免在较厚的区域（例如沿走线边缘）和形成较厚的涂层时出现“起皱”。出于对健康的考虑，有几个极佳的引发剂被排除在外，有毒是主要原因。

颜料通常先在适当的介质中预先分散，然后再加入油墨中。重要的是，所使用的任何分散剂都必须与阻焊油墨液的其他组分相兼容。颜料储存在预分散介质和阻焊油墨中时要保持稳定，并且不会沉降或分离出来。颜料本身必须能够承受阻焊层的加工和使用条件，并且必须考虑到任何低 / 无卤素含量的要求。

根据所需的性能，其他阻焊剂成分可包括流动剂、起泡添加剂、表面性能改良剂、热固化剂等。

配制测试产品

用于配制和开发阻焊喷墨油墨的规程，与配制标准阻焊油墨时使用的规程相似。

基本阻焊油墨属性配方的筛选方式

一些试验配方在实验室混合。可以使用非喷射方法（如线棒（K 杆））快速涂覆这些油墨，在测试基板上沉积确定的厚度。使用不同的 UV 光源固化涂层，以确定最有效的固化方法，然后根据需要进行最终固化所要求的烘烤。

然后评估基本的阻焊油墨属性，如耐溶剂 / 耐化学物质性、硬度等。还可以在开发的早期阶段评估测试配方的颜料稳定性和热箱稳定性。

根据需求修改配方

在对测试配方进行评估后，将对性能较差的配方进行淘汰或进行适当修改，然后进行重新评估。

选择喷射测试配方

一旦确定了一些合适的候选配方，就可以使用喷墨打印机进行喷射。Electra Polymers 公司采用的是 Meyer Berger 公司的 LP50 实验室喷墨打印机。该打印机具有一个集成的水冷式 UV LED，用于固定式固化，并允许对不同配方进行相应的打印设置修改（图 7）。

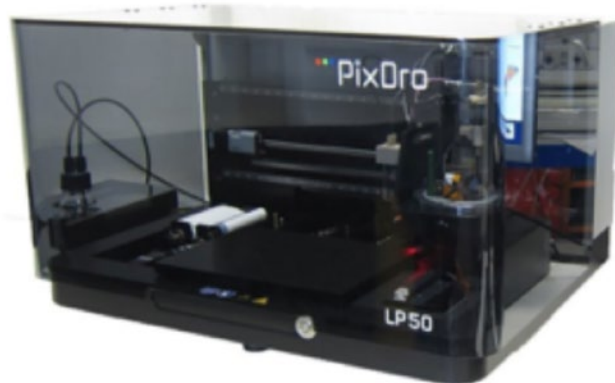


图7: Meyer Berger 公司的
PixDro LP50打印机

评估配方的喷射性能

使用内置的液滴观察仪，并通过检查生成的打印图像质量、涂层光滑度以及是否缺少“条纹”和“缝合”，评估测试配方的喷射性能。可以很容易地看出配方的属性（例如黏度和表面张力）相对较小的变化所产生的影响。还可以调整和优化用于固定式固化的 UV 能量，以获得良好的打印性能和最终属性。

评估固化的涂层性能

使用实验室打印机，可以打印合适的测试样，并充分评估固化膜的性能。除了在基本筛选阶段评估的基本阻焊层特性外，还准备化学镍浸金（ENIG）、浸锡和浸银的试样，并在不同的电镀液中进行测试。

根据要求修改配方

在评估喷射测试和固化涂层性能结果之后，可能需要进一步修改，之后再重新评估更改后的效果。从精确的步骤可以看出，配方需要反复的过程，有许多循环和增量变化。在适当的情况下，可以使用专门设计的实验来加快配方的优化，但主要的工作仍依赖于配方设计师的技能和知识，这是一个不断重复的过程。

提交用于外部符合性测试的最终配方

一旦形成“最终”配方，将测试样品发送到各个外部机构，以按照 UL94 和 IPC SM840 等标准进行合规性测试。

满足阻焊层性能要求

在整个配方过程中，目标是生产在涂布于 PCB 时可满足阻焊层所有性能要求的产品。无论哪种类型的涂布方法，这些要求对于阻焊

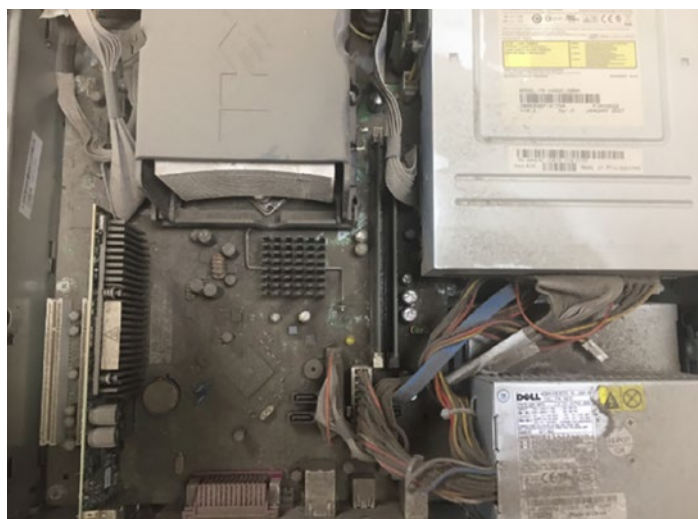


图8:阻焊层可以保护电路板
免受诸如此类环境条件的影响

层都是基本相同的，即以化学、电气和物理方式保护铜电路免受高温、湿度、潮湿、腐蚀性、灰尘、污垢和污染（图 8）的影响。此外，图 6 显示了为什么需要阻焊层的实例。

- 阻焊膜还需要：
- 耐化学镍金（ENIG）、浸锡和浸银镀层
- 具有足够的阻焊坝分辨率
- 承受无铅焊接温度和多次回流焊
- 与三防漆兼容
- 含低 / 无卤素

为了使阻焊层无卤素，其氯或溴含量必须小于 900 ppm 且卤素总量必须小于 1500 ppm。通常用于生产阻焊油墨的酞菁绿色颜料含有 47%~48% 的氯；即使含量为 1% 或更低，它们也会产生约

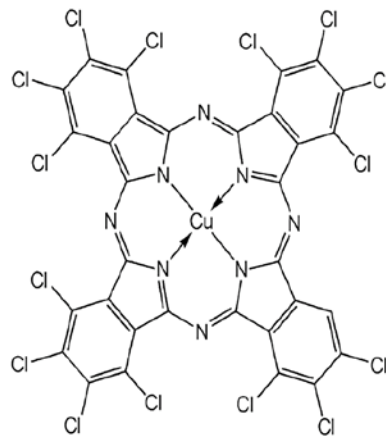


图9:酞菁绿分子结构

Bosch		Hella	
规格	测试条件	规格	测试条件
TC7	-40/150°C, 1000 小时	G2	500 小时, -40/170°C
TC8	-40/160°C, 1000 小时	G3	1000 小时, -40/170°C
TC9	-40/160°C, 2000 小时	G?	2000 小时, -40/170°C

表1:两家制造商之间的技术规范及测试条件对比

5000 ppm 的氯（图 9）。因此，无卤素阻焊膜往往是绿色，或者由蓝色和黄色颜料混合而成绿色。

理想情况下，阻焊喷墨油墨也应该是通用产品，适用于刚性和挠性电路板以及非再循环打印头和再循环打印头。

外部合规要求

由于阻焊层是 PCB 使用期间的永久组成部分，因此其性需要满足许多外部技术规范的要求。

UL 94

UL94 是由美国保险商实验室制定的可燃性规范，适用于在美国销售的所有电气和电子设备。UL94 规定阻焊层不能在特定测试条件下使所测得的裸层压电路板的可燃性超过允许的水平。材料等级为 V2、V1 或 V0，其中 V0 是性能最高（最不易燃）的材料。

由于缺少添加剂，对于喷墨阻焊层（尤其是在薄的层压板上），要达到 V0 级可能会更加困难。V0 级可以抑制可燃性，添加剂的缺乏可能需要在油墨中加入阻燃剂来达到 V0 级，适用于阻焊油墨的阻燃剂范围非常有限，并且有防止阻燃剂在该应用中使用的专利。

符合 RoHS 标准

RoHS 要求阻焊层不包含标准中列出的重金属。通常这都不是问题，并且外部测试实验室可以轻松认证产品符合要求。

IPC SM840E

IPC SM840 是阻焊层性能及属性相关测试的“行业标准”，涵盖温度、化学品和电气阻抗、附着力等。

美国宇航局放气标准

聚合物材料（如阻焊层）进入太空时，必须符合 NASA 的 SP-R-0022A / ASTM E 595 标准。该标准要求 在 125° C 的真空条件下，24 小时内重量损失小于 1%。

汽车标准

汽车标准很多，但其中三个最重要的标准，涉及阻焊油墨材料的热循环 / 存贮（表 1）。将样品在低温和高温之间循环一定次数，然后进行检查。测试样品不应出现任何裂纹、起泡或失去附着力的情况。

喷墨阻焊油墨中没有添加剂，而添加剂有助于防止裂纹扩展，使这些技术规范更具挑战性。

后记

本文的第二部分将讨论喷墨阻焊工艺的优势并提供测试数据。PCB007CN



Chris Wall 是 Electra Polymers Ltd 公司的技术总监。

参考文献

1.G.H. McKinley & M. Renardy, “Wolfgang von Ohnesorge,” Physics of Fluids, 23, 127101, 2011.

2.B. Derby, “Inkjet Printing of Functional and Structural Materials: Fluid Property Requirements, Feature Stability, and Resolution,” Annual Review of Materials Research, 2010.

挠性电路进入大学

正如我的朋友 Ken Gilleo 博士所说，从他多年前做的专利检索来看，100 多年来，挠性电路的应用已越来越广泛。英国专利局在 20 世纪初就已向 Albert Hansen 发布了一项有关挠性电路的专利证书。电子行业的共同努力推动了挠性电路技术的主要成就、发展和推广，而电子行业的这些努力离不开电子互连解决方案的需求，这些需求使产品开发人员能够利用挠性电路特有的 3D 功能，包括实现物理动态连接。

电子行业具有自己的互连解决方案即印制电路，长期以来，学术界一直认为印制电路技术含量低，因此对其不怎么感兴趣。他们的重点主要集中在更具技术含量和更具价值的半导体技术领域，电子行业在半导体领域投入了相当多的资金，推动学术界研究材料和工艺的突

破性解决方案，促进半导体持续发展。而半导体器件所采用的互连虽促进了其强大功能的实现，但仍平淡无奇，他们认为没什么研究价值。

然而，在过去的几十年里，全球大学和研究机构对芯片以外内容的兴趣发生了缓慢但稳定的转变，因为它是电子产品中的控制要素。在许多情况下，主要大学（如佐治亚理工学院，宾夕法尼亚州立大学和伊利诺伊大学，还有其他一些美国大学）、国际研究机构（如德国的 Fraunhofer 和比利时的 IMEC）

以及联盟（如美国的 NextFlex，该组织由许多不同的学院和大学组成）都致力于开发涉及材料、工艺和产品的挠性电路产品和互连解决方案。

更多详细的内容，请[点击阅读原文](#)。



更完善的外观缺陷指南能“拯救”功能正常的 PCB 吗？

by Jan Pedersen
Elmatica

当我开始写本期专栏的时候正好是 3 月 18 日——世界回收日，将其作为五月杂志的主题再合适不过了。我们应该走绿色环保道路，回收更多的 PCB，同样从报废的板中拯救功能仍完全正常的 PCB 也是一种途径？

长期以来，绿色制造一直是人人都关注的话题。然而，绿色制造就像是一个流行语，却没有实现应有的真正效应。过去几年，在挪威，特别是在奥斯陆，我们看到了“绿色浪潮”正在席卷我们。全世界都经历了瑞典人 Greta Thunberg 的领导力和“年轻的绿色热情”。

绿色浪潮正在席卷全球，但我们是否忽略了一个可使行业变得更加绿色环保的简单快速解决方案？

RoHS 指令和 REACH 法规告诉我们，电子产品中使用的物质和化学品有毒，不可随意丢弃，会对大自然产生危害。我们制定了法律和标准，限制我们使用来自受限制的矿山和冶炼厂的金属，以及在处理时会影响自然的物质。在任何电子产品的生命周期结束时，我们拥有关于如何分离有毒元素的规则。家用电器电子产品被工厂和制造商负责收回，将其拆除并回收利用。这种过程还在继续进行。



为什么我们会拒绝好的产品？

为什么电子工业在不必要的情况下，总是拒绝好产品？每年，都会因未经认可的外观“缺陷”而报废大量功能完全正常的 PCB。这样对吗？还是我们需要制定一套更精确的规则来处理这个问题，不仅是为了避免不必要的索赔，而且也是为了保护环境？通过更加有意识的方法和培训，确定什么是真正的失效，是否有助于使行业更环保？

外形、装配及功能：不正常？

在本专栏文章中提到的缺陷可能是小划痕、阻焊膜变色、少量铜残留物、夹杂物和其他缺陷。所有这些都是轻微的缺陷，IPC-A-600 和 IPC-610 标准规定都是可接受的或未提及必须报废的。为什么未在标准中列出这类缺陷？

IPC-A-600 重点关注的是影响外形、装配

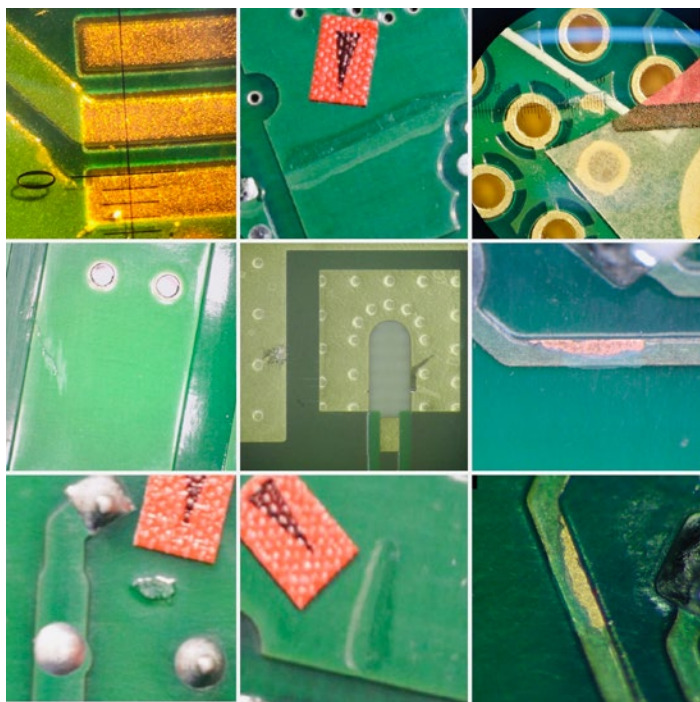


图1:功能完全正常的PCB真的需要报废吗？
(来源:Elmatica公司)

和功能的问题。几乎每一章都重复的规则是除非缺陷将间距、孔径或线宽减小到了采购文件中规定的限值以下，否则就是可接受的。这意味着设计师应该给出成品 PCB 上所允许的最小绝缘距离限值。

我的经验是很少有设计师提供这个信息，这意味着我们应该遵循 IPC 标准的默认规则。但这也带来了 IPC 称之为的 AABUS——即“由用户和供应商协商确定 (as agreed between user and supplier)”的所有开放性问题的 IPC 要求用户和供应协商讨论这些有必要单独进行协商的问题。除了这些文件规定的问题，还有一个外观“灰色地带”。

与阻焊膜有关的外观缺陷

目前观察到的大多数外观缺陷都与阻焊膜有关。这些问题可能是由于厚度变化或小划痕引起的变色，它们是在 PCB 工厂或在运输、客户方拆箱、检查，甚至组装的操作过程中造成的。可能是电介质区域上的阻焊膜缺陷，包括符合 IPC A-600 标准但被检验员拒绝的小颗粒。

使用有外观缺陷的产品有什么风险？

定义风险绝非易事。一些行业对风险很清楚，如医疗、汽车和国防行业。尽管如此，我们在医疗标准中有一个需要判断的准则：ALARP (as low as reasonably practicable, 简称 ALARP)，它代表“合理可行的风险最低限度区”；还有 ALARA (as low as reasonably achievable, 简称 ALARA) 准则，代表“合理可达到的最低水平”，经常用于安全非常关键和安全相关系统的法规和管理准则。

ALARP 准则是在合理可行的范围内尽量降低遗留风险。如果医疗领域接受这一准则，对于标准中让客户和供应商自己寻找解决方案的大多数灰色地带，我们就应该能够使用这种方法。如前所述，IPC 使用术语 AABUS，IPC 标准中多处有这个术语，引起很多纠纷。

为什么这点很重要？

我们都希望有明确的规则来避免客户和供应商之间的冲突；然而，事情并不总是那么简单。有些情况需要讨论才能想出更好的解决办法。

通常，当客户不是决策者时，就会出现挑战。产品拥有者有严格的要求，为了安全起见，PCB 组装商更愿意比他们的客户标准更严格。

有些人可能不愿意通过客户质量要求中没有直接提到的缺陷。这时，可接受性灰色地带就成为两者之间的难题。

最后，客户往往是赢方，而我们最终丢弃了本可以使用的好产品。

我们能继续浪费好产品吗？

在自然环境不断恶化的今天，我们必须想方设法避免污染。即使我们能够清除很多有毒物质，我们也永远无法充分清除所有有毒物质。电子产品及其溴化物、重金属和其他对自然有害的物质会时不时地泄漏。

当然，当消费者每天扔掉成吨的塑料和电子产品时，扔掉功能完全正常的电子产品可以看作是一个小问题。不过，所有的努力都是有价值的。我们没有理由浪费好产品。

呼吁更环保的世界

如果所有人都能接受风险水平，例如医疗

领域的 ALARP，那就应该能够通过接受微小的外观缺陷，以及对微小阻焊膜缺陷（如划痕、针孔和暴露的铜）进行返工，以此来减少因报废产生的不必要污染。但仅限于这类缺陷不会增加组装时或最终应用中失效的风险，不包括那些会影响焊接或产品功能的缺陷——我们绝不应该危及产品质量。

合作与改进

为了改善目前的状况，我们需要同时兼顾两个想法：接受外观缺陷（这些缺陷在 IPC 标准可接受范围内）；但同时，相互沟通找到好的解决方案。我们需要不断改进，采用自动筛选工具，在电路板发货之前进行返工。

作为客户和 PCB 供应商之间的顾问，我每周都在进行沟通。我的目标是将这些外观缺陷减少到最低程度，但我不得不接受这样一个事实——PCB 生产会产生外观缺陷。在我看来，避免这种情况的最好方法是 100% 自动化生产和更好的洁净室条件。

最终的解决办法是不使用会导致很多问题的阻焊剂，但我们离这个目标还需要几年的时间。然而，行业正朝着更好的方向迈出一步，包括更多地了解关于外观缺陷接受程度的知识、更详细的指南，最终对功能完全正常的 PCB 减少报废。

毕竟，朝着绿色产业迈出一小步总比什么都不做要好。PCB007CN



Jan Pedersen 是 Elmat-ica 公司的高级技术顾问。阅读往期专栏或联系 PCB Norsemen，可[单击此处](#)。

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



PCQR² 工具： 供应商的计分卡？

by Patty Goldman
I-Connect007

National Instruments 公司的 Al Block 和 Naji Norder 介绍了 PCQR² 工具及其所需的一切信息，并探讨了公司如何采用数据驱动分析方法验证供应商的质量，以及该方法如何为公司节省数百万美元。

IPC 网站中写道：“IPC 工艺制造能力、质量和可靠性计划是一个特有的供应链管理资源，由 IPC 和 Conductor Analysis Technologies 公司共同为印制电路板设计师、制造商及用户开发。该计划采用行业开发的测试图形，收集统计数据来量化 PCB 制造商的制造能力、产品质量和可靠性。”

Patty Goldman：Al，你是 IPC PCQR² 委员会 [D-36] 的主席。我们来谈一谈 D-36 委员会

正在开展的一些事情以及近期计划。但首先还是请你介绍一下自己的工作经历和你在 National Instruments 公司的工作职责。

Al Block：我是一名 DFM 工程师，一直在 PCB 行业工作。我在 Texas Instruments 公司做了 20 年的化学工程师，所以我有丰富的专业知识及经验，对我在 National Instruments 做 PCB 组装相关工作非常有帮助。

Goldman：Naji，你在 National Instruments 公司工作多久了？

Naji Norder：我在 National Instruments 公司已经工作了 20 年。与 PCB 制造商有近 10 年的合作，近 5 年来参与到了 PCB 的审计和认证工作中。

Block : National Instruments 公司会买进裸板自己完成组装。在我们加入 PCQR² 项目之前, 我们根据技术来评估 PCB 工厂, 将其分为低、中、高三等级。虽然这种做法实现了一定的改进, 但还是取决于需要有像我这样有一定能力的人, 才能评估电路板工厂及其生产技术, 以适当地确定 PCB 工厂的级别, 进而降低成本并且持续保持质量稳步上升。

问题在于技术需要不断发展。只靠一个人是无法跟上不断发展的技术和不断扩大的供应链。于是我们开始研究 PCQR² 基准数据库。PCQR² 是可以让我们了解到不同的 PCB 工厂并评估其生产能力的系统。同时不再需要依赖于像我这样的专业人士, 再也不需要 PCB 行业的业内人士来评估各家工厂。你能够审查这些工厂在不同种类 PCB 上的生产能力, 并且根据评估得出结论: “这类电路板可以找这家工厂生产, 因为他们很擅长生产这类线路板, 我们也了解他们的良率一直非常不错。”

数据库能够帮我们选择合适的工厂用恰当的技术来得到最高良率。这样一来, 我们就不会在非必要情况下匹配技术含量较高的供应商。例如, 如果我们要生产双面或 4 层板, 就可以找技术能力较低的 PCB 工厂。我们能够成功利用 PCQR² 数据及其 PCB 供应商数据库创建出报价模型来推动这方面的工作。我们能够从中提取信息并加载到我们的报价模型中, 所以在设计师输入变量时, 系统就可以自动将报价只发送给那些针对受到认可的某种特殊技



Al Block

术的供应商。

这将有助于选择出能够采用恰当的技术完成生产且成本合理的供应商, 所以我们现在更加有竞争力了。虽然无法给出确切的数字, 但我可以说与之前的程序相比, PCQR² 工具已经帮我们节省了几百万美元。

Goldman : 可以更详细地介绍一下 PCQR² 吗? 这个首字母缩写名称代表什么?

Block : 它表示工艺制造能力、质量和相对可靠性 (process capability, quality, and relative reliability 简称 PCQR²)。

Goldman : 你现在是这个委员会的主席。可以介绍一下这个委员会的组成结构、参与人员和建立这个委员会的目的吗? 你刚才介绍的是这项计划对 National Instruments 公司有着怎样的意义, 再给我们介绍一下这个委员会吧。

Block : 我们委员会负责的工作是确保受测的结构类型是我们电气工程师在将来需要用到的最新结构类型。

Goldman : 你可以解释一下 PCQR² 整个的基础理念是什么吗? 公司会做一组测试板和测试设计, 然后进行测试。

Block : 好的。我们的委员会负责提出不同的

结构, 根据对一家工厂的测试目的, 可以有不同的电路板设计。如果受测的是技术能力较低的工厂, 你就不能让他们去制造最难生产的电路板, 否则他们无法通过任何一项测试。你要根据自己的需求和此类 PCB 公司具备的技术能力来进行测试。然后选择满足测试要求的公司生产出不同的结构, 例如线宽和线距。比如你生产的电路板只需要外层的线宽和线距为 0.004"/0.004"、内层的线宽和线距为 0.003"/0.003", 当把这个数值输入进去, 就会发现能够生产 0.003"/0.002" 线宽和线距的工厂。这样一来, 你就可以找到一家适合生产这个特定电路板设计的供应商。

我们能随着技术的发展不断发展, 比如我们在刚开始的时候不会遇到这么多微导通孔结构。起初, 微导通孔只贯穿电路板的 1 层到 2 层。而现在, 测试的复杂电路板微通孔结构要贯穿 1 层至 2 层和 1 层至 3 层。顺序层压电路板上还会存在堆叠微通孔和交错的微通孔。在开放的委员会中, 我们不仅会和使用该工具的用户来讨论这项技术, 还会和对此感兴趣的 PCB 供应商展开讨论, 因为他们知道我们会推动这项技术的发展。供应商给我们提出建议, 但订阅用户也会关注电气工程师推动使用的技术以及相应产品的复杂性。

Goldman : 我理解的意思是, 你付的费用就是为了能够获取该工具中的数据。

Block : 没错。用户就是 PCB 及 OEM 之类的公司。还有很多大型公司使用这些数据的目的和我们一样, 他们想验证某家供应商的质量。我们还会利用这些个工具计划来查看新技术和新产品。当需要添加另一家供应商的时候, 我

们会审查数据库中需要引入的技术, 然后说: “这家供应商看起来不错, 我们去和他们谈谈。” 这是寻找新供应商的好方法, 不需要浪费时间去查看他们的网站或者和销售沟通。只需要打开数据库并根据自己需要的技术进行筛选, 就能找到你想要进一步沟通的供应商。

Goldman : 测试电路板的公司主要是 PCB 工厂?

Block : 是的。只有 PCB 工厂。

Goldman : 他们是怎么被录入到数据库的?

Block : 他们需要赞助才能订阅。我们的订阅还附带了能够测试的电路板数量分配情况。我们需要测试那些想添加到数据库中的新供应商, 同时还使用订阅来监控当前的供应商, 并关注其发展情况。如果你想在报价数据库中排位更靠前, 就需要在测试电路板上表现得更好。当 PCB 公司添加了新设备并做相关测试后, 他们在数据库的排名中都能慢慢上升。

我们也可以从中发现问题; 如果他们之前制造的产品出现了问题, 我们可以将其作为审计过程中的纠正措施。我们会把数据发送过去并问他们: “你们在生产这类结构时出了问题, 以至于早期就出现了失效?” 所以说该数据库是工厂制造能力的整体体现。

Goldman : 数据库中现在有多少家 PCB 工厂?

Block : 目前大约有 60 家。

Goldman : 有多少位订阅用户?

Block : 目前是 12 个。这个数值会有上下浮动, 取决于数据库中的工厂。订阅这个数据库的优点之一就是可以看到其他人测试过的所有工厂, 而不仅仅是自己测试过的工厂。这样一来就不需要重复测试一家供应商, 是一种节省成本的方式。因为测试要付出成本, 所以电路板工厂并不想为多家公司生产一整批测试电路板。如果看到其他订阅用户测试了一款电路板, 就可以只需查看测试数据并进行分析。

Goldman : 而且你也不需要自己去测试这些电路板。电路板工厂也可节省评估成本, 因为运行测试电路板是非常昂贵的, 你刚才也提到了这一点。之所以能节省成本是因为再也不需要为多家供应商测试电路板了。这是非常高效的做法。

Block : 没错。另一个优点就是我们在退回产品上花费的成本降低了, 因为现在我们找到合适的工厂采用恰当的技术, 所以次品减少。这一点对 PCB 供应商也有益处。可能他们无法制造某种结构的电路板但他们觉得自己应该具备这种生产能力——例如, 工厂管理层可以使用测试系统作为购买新设备的依据。我们看到我们的供应商使用了这个系统并告诉他们的管理层, “如果购买新设备, 我们就可以省下这些成本并且可以得到这项技术。”



Naji Norder

切都很有序, 而且你们还在召开委员会会议。你们还想完成其他哪些工作?

Block : 我们现在想要争取获得更多的订阅用户, 因为订阅的会员越多, 数据库就越大。这样一来, 我们就能看出技术的发展趋势; 订阅用户较少的情况下就不太能全面看问题。我们需要根据行业的趋势来改进提升测试板。

Goldman : 你们想让更多公司来订阅这个工具, 当他们成为订阅用户以后就能够得到多种测试的数据, 很可能是在他们不常用的 PCB 工厂中做的测试——而且他们能获取数据库中所有工厂的数据。所有测试板的评估工作都是由 Conductor Analysis Technologies (CAT) Inc. 公司完成。

Block : 是的。一旦审查了数据库并且通过里面的数据对工厂做了评估, 就能真正了解一家电路板工厂的真实水平。每家工厂都可以展示出优秀的一面。你去访问他们的网站, 发现他们会说自己无所不能。重点是不管是哪家公司看起来都非常优秀。而这个数据库是真正的记分卡, 没人能做假。测试板可用于记录从成功到失效的过程, 这样一来就可以看到测试板在哪个点上出现了失效, 也就确定了工厂的生产能力和生产限制。我们无意制造一款极易通过测试的电路板, 因为如果每家工厂都能通过, 那这项测试就没有任何意义。

Goldman : 这些都是正在进行中的事情。一

Goldman : 的确是这样。非常有趣。

Block : 目前我们的委员会正在推广以吸引更多订阅用户。你试用并且参与到其中之后,就知道这个系统有多优秀了,我们对此坚信不疑。我们的管理层注册使用了这个系统,因为他们知道这是一项非常不错的投资,可以节省很多成本。

Norder : 我想补充一点,PCQR² 并不能替代其他所有的审查审核方式,这款工具并不能独立使用。之前,我们需要一位具备 20 年 PCB 从业经验的人对工厂进行全面评估。我虽然不具备相关背景,但我去工厂查审他们的设备和工艺时可以使用 PCQR² 数据作为参考依据,而且还能够了解他们在这个生产能力水平基础上能够完成的工作。

我们要在参观工厂之前拿到 PCQR² 数据,然后就能清楚他们在哪些领域内做得不错,或者哪些领域有困难。我们可以将这些数据对应到现场看到的设备和他们购买的设备。比如,我可以了解到阻焊层加工的能力处于平均水平;能够预见工厂使用的是传统成像设备,而不是 LDI。拿到数据后就可将电路板性能与在工厂里看到的实际情况联系起来。

即使我意识并做到以上要求,也并不意味着我对每一个步骤或工艺都清楚掌握。但如果工厂没有通过测试,我就能对照查找到原因,比如是否是因为没有足够生产能力的设备或者是否存在工艺问题。同时我们也能进一步深入了解问题根源。有了这些工具之后,我们去实地参观工厂时就不会盲目地瞎转或者只看到那些酷炫的设备——如果我没有从业背景,可能我只能看到表面现象。相反,如果知道要重点查看哪些领域,就能更好地充分利用参观工厂的机会。

Goldman : 你们会参观评审工厂吗?

Norder : 没错。过去的五年里,我一直四处出差做审核工作。我的背景和 AI 的从业经验完全没法比,但在 PCQR² 数据的帮助下,我可以针对不同供应商得出以数据为导向的分析。当数据库中有新提交的数据之后,我也能进入数据库审查。

CAT Inc. 公司在他们的网站上提供了大量数据,同时也准备好了互动式图片和分析供人们查看。我们还使用他们提供的原始数据文件。我将这些数据进行拆分后根据我们自己的标准进行内部处理,不一定是按照 CAT Inc. 公司“优秀 / 非常优秀 / 最佳”的评级来评审,而是按照我们内部“优秀 / 非常优秀 / 最佳”的标准来评估每种结构或工艺。随后我们会用这一标准给 PCB 工厂评级,并确定这些工厂如何适配报价模型。我们不仅会针对高级 / 中级 / 低级技术采取这种方法,还针对特定技术采取这种方法。

PCB 设计师能够将电路板的技术参数输入到报价工具当中直接完成匹配。假设一块电路板需要微导通孔结构,哪些 PCB 制造商能够对应这种尺寸和厚径比的工艺,那他们就是唯一能接到报价的供应商。现在我们的研发团队有一系列报价选择——他们对所有这些供应商都有十足的信心,坚信他们能够生产出需要的电路板。他们不必担心这些供应商的质量,所以他们可以考虑一些其他重要的因素:快转生产所需的交付周期,长期生产成本或者对某个特定项目很重要的因素。我们从选择过程中的技术和制造能力部分抽离出来,重点关注更重要的因素,也就是项目日程安排,按照客户的目标成本在指定的时间内交付电路板。

Goldman : National Instruments 公司参与这个项目有多长时间了?

Block : 我们使用这个数据库大约已有 14 年了。正如 Naji 刚才提到的, 这个项目让一些工作不再需要我这样的专家去做。这一点非常棒, 因为美国现在很少有像我一样经验丰富的从业者了。现在, 只要掌握了工具的使用方法和基本原理, 就能成为专家。这是这款工具最大的优势——任何人在一夜之间就能成为专家。如果只需要审查现有的数据就能掌握其中传达出的信息, 那又何必再需要我这样的人呢?

Goldman : 你去参观工厂时, 肯定会对供应商的生产能力越来越有信心。

Block : 即使不去现场做审查, 当看到产品失效的情况时, 你至少可以询问供应商恰当的问题, 他们无法再欺骗你。你掌握了数据, 可以直击要害, 对他们说“事情并不是像你所说的那样”。Tim (Estes) 和他 (在 CAT Inc. 公司) 的团队能教会用户如何区分失效模式。同时, CAT Inc. 公司的团队能够为用户提供指导意见。

Goldman : 这是个非常好的资源。

Block : 没错。这是订阅内容的一部分——教会你识别失效模式。另一个可以节省成本的部分就是减少了退货, 这部分成本很难计算。我的客户因为退货率降低对此都非常满意。客户希望电路板能够使用 10 年至 20 年, 如果在此之前出现失效问题, 他们就会很不开心。我的割草机电池已经使用了 4 个月, 但它的保修期只有 90 天。仅仅是一块电池, 就已经让我这个客户感到不满意。

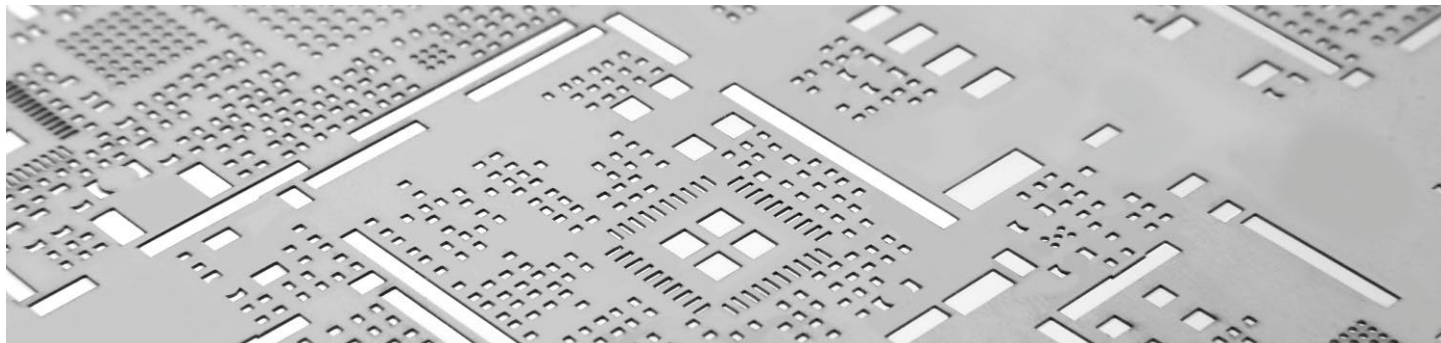
Goldman : 你们退回给供应商的产品减少了, 客户退回给你们的产品也相应减少了, 虽然具体数字很难计算, 但数值也一定很大。

Block : 确实如此。客户期望得到结实耐用的产品。我们出售的不是移动电话之类的产品, 而是非常复杂的产品, 但他们希望这个产品能日复一日正常工作。

Goldman : 这些信息很有价值, 非常感谢。

Block : 也谢谢你。PCB007CN

如需了解 PCQR² 的更多信息, 可访问 cat-test.info/ipc-pcqr2。



工程师 25 项必备技能

计算机辅助制造第 1 部分:自动化协议

by Happy Holden

本专栏系列文章已详细介绍了自动化规划的相关内容，读者现在已经了解了“自动化”和“机械化”之间的区别。在印制电路的制造与组装过程中，大部分内容都和机械化有关。但是在组装测试阶段，才会开始见识到真正的自动化方案。这两者之间的差别在于提供数据和信息的网络与协议。值得参考的一个案例就是半导体制造业，该行业自上世纪 80 年代中期起就已经实现了工厂全自动化。

简介

本专栏文章第 1 部分重点介绍现有的几项自动化协议和即将面世的新协议。第 2 部分会介绍我参与过的项目案例。

生产日程安排到机器连接所需的“信息和作业程序数据”在随时间不断变化。本文介绍

了下列协议：

- Serial RS-232C/RS-485
- Parallel IEEE-488/HP-IB
- MAPS™协议
- SECS I & SECII/GEM 协议
- OML
- IPC-2541
- LAN (IEEE-802.3 和 TCP/IP)
- 无线技术和物联网

作业程序到机器 以及机器到机器

1970 年，我刚刚开始涉入自动化控制相关的工作，那时是用 ASCII 字符传输交换信息，所以我们使用打印机和电传打印机协议来控制机器。有时我们甚至只用 BCD 码来控制机器。



图1:工业 4.0的出现使智能工厂(地球)成为了现实(来源:Advantech公司)

但如今已经进入了“无人工厂”和工业 4.0 时代。汽车行业采用了 PLC 和机器人制造产品，大大推动了自动化技术的进程。图 1 所示为德国对工业 4.0 的预测^[1]。图 2 所示为 CAM 的 4 个层级，图 3 是通用的联网工厂控制单元。

我很幸运任职于 HP 公司。HP 的 2116 型计算机（和后来的 2110 型）是实时中断技术驱动的计算机，对于机器控制非常理想。HP 甚至研发出了一种 CNC 机器控制系统，但最后决定不向市场出售这种系统，因为这种系统并不适合公司销售仪器或计算机团队。于是他们将整个 CNC 系统都出售给了位

于威斯康星州 Milwaukee 的 Allen Bradley 公司。所以在回购 HP 原先开发的软件时，我和

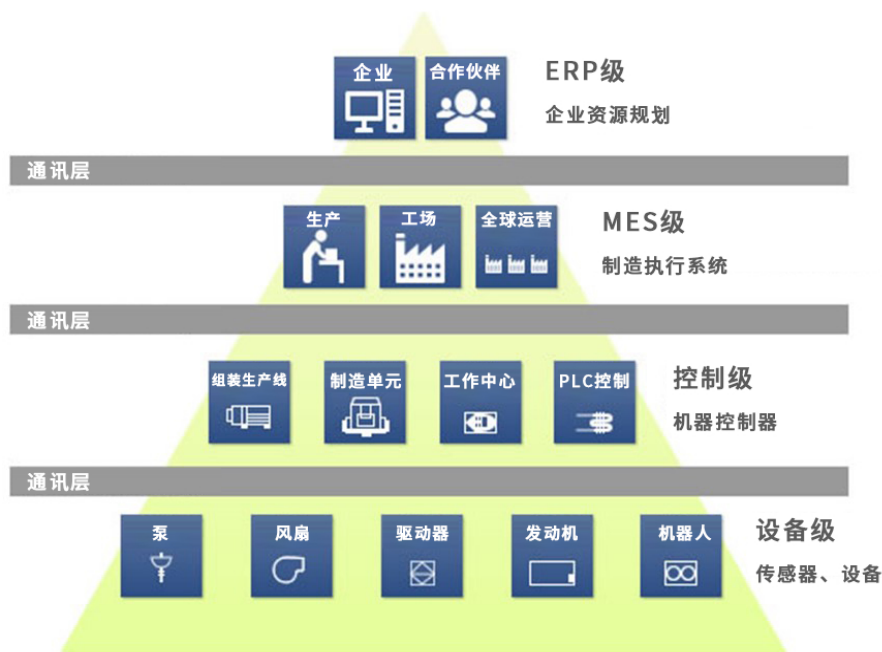


图2:分为4层结构的企业和工厂控制拓扑结构(来源:Renesas Edge—制造大数据)

工业 自 动 化



图3:典型工业自动化控制器和PLC对比
(来源:内华达州韦纳奇谷学院)

Allen Bradley 展开了密切的沟通与合作。一个很偶然的机会,Allen Bradley 公司向我介绍了他们的可编程逻辑控制器 (PLC) 技术,于是 PLC 成为机器控制领域的主要工具。

在软件方面,HP 已经开发了用于 PCB 设计和机械工程设计 CAD 工具。公司拥有数据采集系统、监管控制和数据采集 (SCADA) 系统和测试系统。商用计算机分公司开发出了 MRP 和 ERP 软件。HP 在 1982 年收购了 Genesis Corp 公司。(IC-10 和 6 个其他像 PC-10 一样用于工厂控

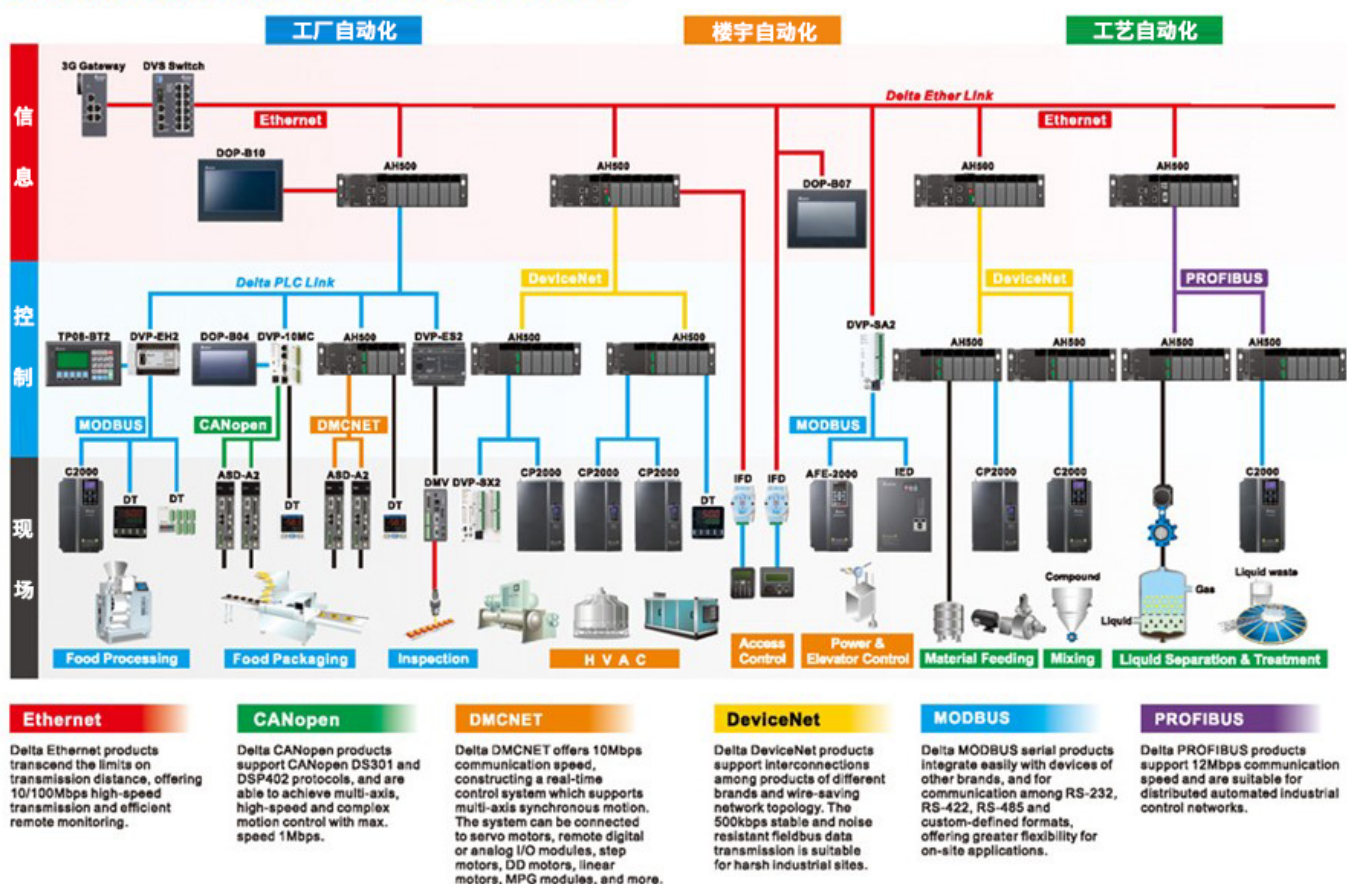


图4:各种工业自动化联网方式(来源:AB Inc.公司的 Pinterest network)

制的软件产品)。HP 有一套用于工厂自动化连接的完整软件方案,这套方案是他们为安装 GM 和 MAPSTM 而开发的。随着软件开发小组逐渐发展成为分公司,公司将产品线进行了延伸,扩大到了质量 / 测试 / 检验系统、CNC / 机器控制系统、物料处理软件和一个工业工艺控制系统(由澳大利亚一家采矿公司 Mount Isa Mines 授权使用)等。HP 产品的目标是用于图 4 所示的一般工厂自动化网络。

机器间的互连通常是这些连接标准的一部分或全部(图 5):

Serial RS-232C——表示第 232 号推荐标准,C 表示此标准的最新修订版本。大多数计算机的串行端口使用了 RS-232C 标准的子标准。完整的 RS-232C 标准规定 25 个引脚的“D”型连接器中使用 22 个引脚。大多数引脚在常规 PC 通讯中都不需要,确实,大多有 Male D 型连接器的新计算机都只有 9 个引脚。

RS-232C 标准规定电缆的长度不能超过 50 英尺。通常情况下,你可以忽略这个标准,因为如果你使用质量好的屏蔽电缆,在波特率高达 19200 的情况下电缆长度可以长达 350 米(1000 英尺)。外部环境对屏蔽电缆的长度有很大的影响。在电气噪声较大的环境中,即使是非常短的电缆也可能会吸收寄生信号。使用光隔离器和信号放大器等额外设备可以大幅增长电缆长度。光隔离器使用 LED 和光电二极管来隔离串行电缆中的每条电线,包括信号接地线。任何电气噪声对所有使用光隔离的电缆会产生相同影响,包括信号接地线。这种方式可以使信号传输线上的电压和信号接地线相关,以反映出信号的真实电压,从而可抵消掉任何噪声信号所产生的影响。

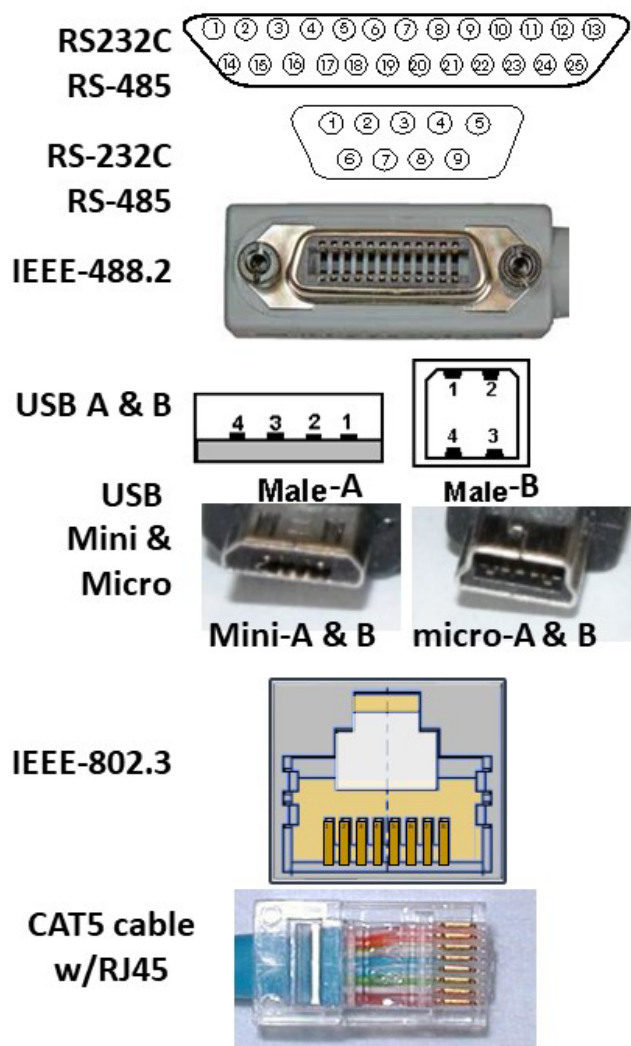


图5:5种常见的工业自动化连接标准

同步通讯和异步通讯 [2]

TALtech 公司的《串行通讯简介》摘录中提供了重要的细节和详细的解释:

同步通讯和异步通讯是串行通讯的两种基本类型。在同步通讯中,两个设备最初会互相同步,然后持续传送字符保持同步。即使没有真正发送数据,连续传送的数位流也会让其中一台设备知道另一台设备在给定时间内的位置。也就是说,发送的每个字符要么是真实的数据,要么是空字符。同步通讯的数据传输速率比异步通讯要快,因为不需要用额外的数位

来标记每个数据字节的起始和结束。IBM 风格计算机的串行端口是异步设备，所以只支持异步串行通讯。

异步表示“不同步”，所以不需要发送和接受空字符。但每个数据字节的起始和结束一定要用起始位和终止位来标明。起始位表示数据字节的起始时间，终止位信号表示数据字节的终止时间。正是因为需要发送这两种额外的数位，所以异步通讯的信号传输比同步通讯稍慢，但其优势在于处理器无需处理额外的空字符。

空置状态异步传输线的值都标为 1(也叫做标记状态)。这个值表示目前没有发送任何数据，设备可以区分空置状态和未连接的传输线。在即将开始传输字符时，会发送一个起始位。起始位的值为 0(也叫做空隙状态)。所以在传输线从值为 1 的状态变为值为 0 的状态时，接收器会收到提醒，知道传输线将传来一个数据字符。

RS-422 和 RS-485 是高速串行协议，能够以 10 Mbps 的速率最远传输 20 米或以 100 Kbps 的速率传输 1500 米。

Parallel IEEE-488——是一种短距离数字通讯 8 数位并行多主机界面总线规格。IEEE-488 来自 HP 的 HP-IB (Hewlett-Packard Interface Bus)，通常称之为 GPIB (General Purpose Interface Bus，通用接口总线)。虽然这个协议最初是在上世纪 60 年代末为了与 HP 的自动化测试设备连接而建立的，但在七八十年代作为早期迷你计算机使用的外围总线还是取得了一定成功，特别是 Commodore PET。在计算机使用方面，更新的标准已经大幅替代了 IEEE-488，但测试设备领域仍有一部分工厂在使用 IEEE-488。

1987 年，IEEE 发布了 IEEE-488.2《标准代码、格式、协议和通用命令》^[3]。这项标准在 1992 年再次修订。IEEE-488.2 规定了基本协议、格式互换以及和设备相关的命令、数据结构和错误协议。IEEE-488.2 虽然建立在 IEEE-488.1 的基础上，但却没有完全替代它。设备可以只遵循更简洁的 IEEE-488.1 标准，不需要遵循 IEEE-488.2。

正如维基百科对 IEEE-488 的定义中所述^[4]：“IEEE-488.1 定义的是硬件，而 IEEE-488.2 定义的是协议，但与特定仪器相关的命令却仍然没有可以遵循的标准。不同制造商仍然会使用不同的命令来控制同类仪器（例如万用表），甚至会使用不同的模型……美国空军和 HP 公司都陆续意识到了这个问题。1989 年，HP 公司开发出了 TML 语言，引领了制定可编程仪器使用的标准命令（SCPI）的风潮。1990 年，SCPI 作为行业标准被采用。SCPI 增加了标准通用命令和一系列仪器类别所对应的命令。SCPI 强制使用了 IEEE-488.2 的句法规则，但也允许使用其他（除 IEEE-488.1 以外）的物理传输。”

IEEE 标准的网站的解释是^[3]：“2004 年，IEEE 和 IEC 将各自的标准合并后得出‘双标志’IEEE/IEC 标准——IEC-60488-1——《可编程序设备的标准数字接口高性能协议，第 1 部分：总则》，取代了 IEEE-488.1/IEC-60625-1，而 IEC-60488-2——《第 2 部分：代码、格式、协议和通用命令》则取代了 IEEE-488.2/IEC-60625-2。”

MAPS™ 协议——消息自动化 & 协议仿真 (MAPS™)^[5]

正如 GL Communications Inc. 公司概况

教程中所解释的：

MAPS 规定了工厂自动化可以使用的一组标准通讯服务，且已被 ISO 认定为一项国际标准。它是一种协议仿真和一致性测试工具，支持工厂车间控制器（例如 PLC、机器人、群组控制器和群集控制器）使用的各种协议。MAPS 是使用时间最久、应用范围最广的工厂车间自动化协议之一，由通用汽车带头使用，随后被通用电气公司应用到了他们的工厂中。MAPS 是基于国际标准组织（ISO）开放式系统互连（OSI）的参考模型。它由三个要素组成：文件传输、访问权限和管理服务，制造消息规格要求服务，以及 X.500 服务。这项协议包括 SiP、MEGACO、MGCP、SS7、ISDN、GSM、MAP、CAS、LTE、UMTS、SS7 SIGTRAN、ISDN SIGTRAN、SIP I、GSM AoIP、Diameter 等。这个消息自动化工具包含了针对协议仿真的方案及针对协议分析的方案。该应用包括各种测试计划和测试案例，用以测试实时实体。在提供自动化功能的同时，应用还会使用户不受限制地编辑消息和控制脚本（消息序列）。“消息序列”是通过脚本生成的。

MAPS™ 针对 TDM 接口和 IP/以太网接口而设计。MAPS™ 还支持 3G 和 4G 移动协议标准，用以测试迅速发展的移动技术。MAPS™ 可以在 IP 传输层上模拟无线电信令协议，例如 LTE (S1、eGTP、X2) 接口和 UMTS (IuCS、IuPS、IuH)、GPRS Gb 和 GSM A。

MAPS™ 测试组合经过增强后可以模拟多种 UE 和 IMS 核心要素，例如 IMS 核心网络中的 P-CSCF、I-CSCF、S-CSCF、PCRF 和 MGCF。在移动电话和其他模拟无线网络的帮助下，VoLTE Lab 设置可实时操作，以进行 VoLTE 通话以及与 PSTN 和 VoIP 网络完成网络互通。

MAPS™ 提升到了高密度版本，其特殊目的是为了应用于可以承受高密度通话次数（每秒上百次通话）和大量持续通话（每个 1U 平台上同时有几万个呼叫）的 1U 网络设备。

1990 年八月刊的《HP 杂志》中有几篇文章详细介绍了 MAPS 及其工作原理。

SECS I & SECII/GEM 协议^[6]

该缩写的全称是“半导体设备暨国际材料协会（SEMI）开放式标准”。半导体工艺设备制造商确定了他们的设备与大型主机系统通讯的需求，并制定了 SEMI 设备通讯标准（SECS），该标准定义了所有 7 个 ISO 开放系统互连（OSI）通讯层的组成部分。

SECS/GEM 使网络或连接设备的串行电缆内的双向通讯实现了标准化，并且独立于任何一个特定的编程或计算机操作系统。

正如《HP 杂志》文章中所述^[6]：

SECS I 包含了采用 RS-232-C 中对电缆和引脚的定义和相对较简单的线路协议。SECS II 定义了消息，以便请求和发送状态信息、传输作业程序数据、报告警报状况、发送远程设备控制命令以及处理物料传输。SECS I 在整个 RS-232-C 线路上用简单的 ENQ-ACK 同步信号，并在每条消息终端带有校验值。SECS I 还定义了同步信号响应、独立消息字符和信息响应之间的超时间隔。SECS I 中定义的信息标头包括了设备标识符、消息标识符、消息块号和其他系统信息。

SECS II 定义了消息的型类、格式、内容和传送方向。SECS stream 表示可以包含一整组设备功能的消息组。在每个 stream 当中，独立的 message 都配备了功能编号。例如，SECS stream 1 function 5 (简称为 S1 F5) 是格式化

的设备状态请求, stream 1 function 6 表示含有状态信息的回复。stream 7 function 5 用于表示请求传输工艺作业程序, stream 7 function 6 表示传输作业程序。SECS II 还定义了是否需要回复、消息内容和格式(包括数据项定义标头), 以及是否可以使用从设备到主机和/或从主机到设备的信息。

SECS 标准的主要局限性体现在它只定义了消息和消息内容; 没有定义消息要如何结合在一起使用以实现某种功能。设备制造商来决定使用哪种消息来实现之前由手动操作来实现的功能。所以很难开发出相应的翻译器来帮助外部系统与这样的设备通讯。

开放式制造语言 (OML)

OML 为所有 PCB 组装生产设备和工艺提供了制造智能连通平台网络, 不论是自动化还是人工操作, 该语言都能够提供规划、供应链、质量管理和企业系统(如 MES、ERP 和 PLM) 支持。此项标准是 Mentor Graphics/Valor 公司的专利研发技术, 也可以从他们那里购买硬件。OML 延承了 ODB++ 格式长久以来的传统, 即 Valor 制定的 PCB 设计通讯标准。如果 OML 遵循了 MAP 或 SECS II 标准, 则无法展示任何信息。

图 6 展示了 SECS II/GEM 标准的更多细节, 此标准是以 OSI 的 7 级通讯模型为基础(图 7)。在 SEMETECH 上可查看免费的 SECS/GEM 文档 [7]。

IPC-2541

IPC 的分委员会(2-13 工厂车间通讯分委员会)将国际领先的软件开发商、机器制造商、组装设备制造商及他们的客户都聚集到一起, 共同开发一项新的 IPC 标准来满足行业当前和未来的需求, 填补行业当前的缺口。这项新标准将可实现统一的数据协议的一致, 从而使机器间通讯变得更容易。

正如 IPC 的 David Bergman 在 2016 年 IPC APEX EXPO 展会上发布的报告《IPC 委员会工作报告》中所说 [8]:

该分委员会致力于开发此项标准, 并且也努力提供一份易于理解的工业 4.0 的定义及

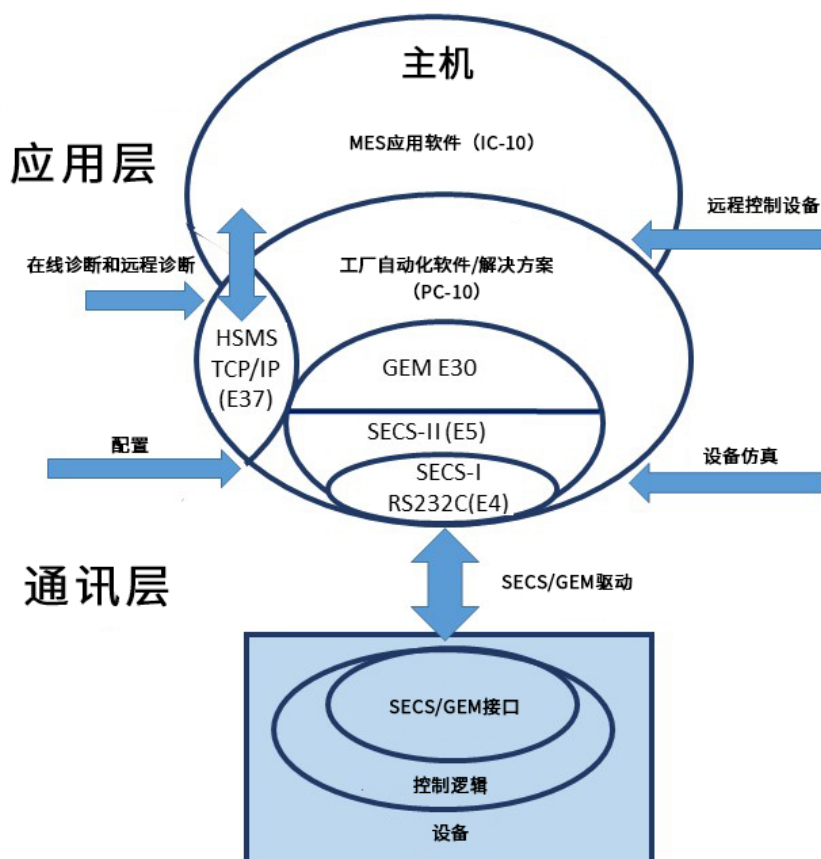


图6: SEMI的SECSII/GEM通讯标准规定了机器连通性和控制/作业程序(来源:《HP杂志》1985年7月刊)

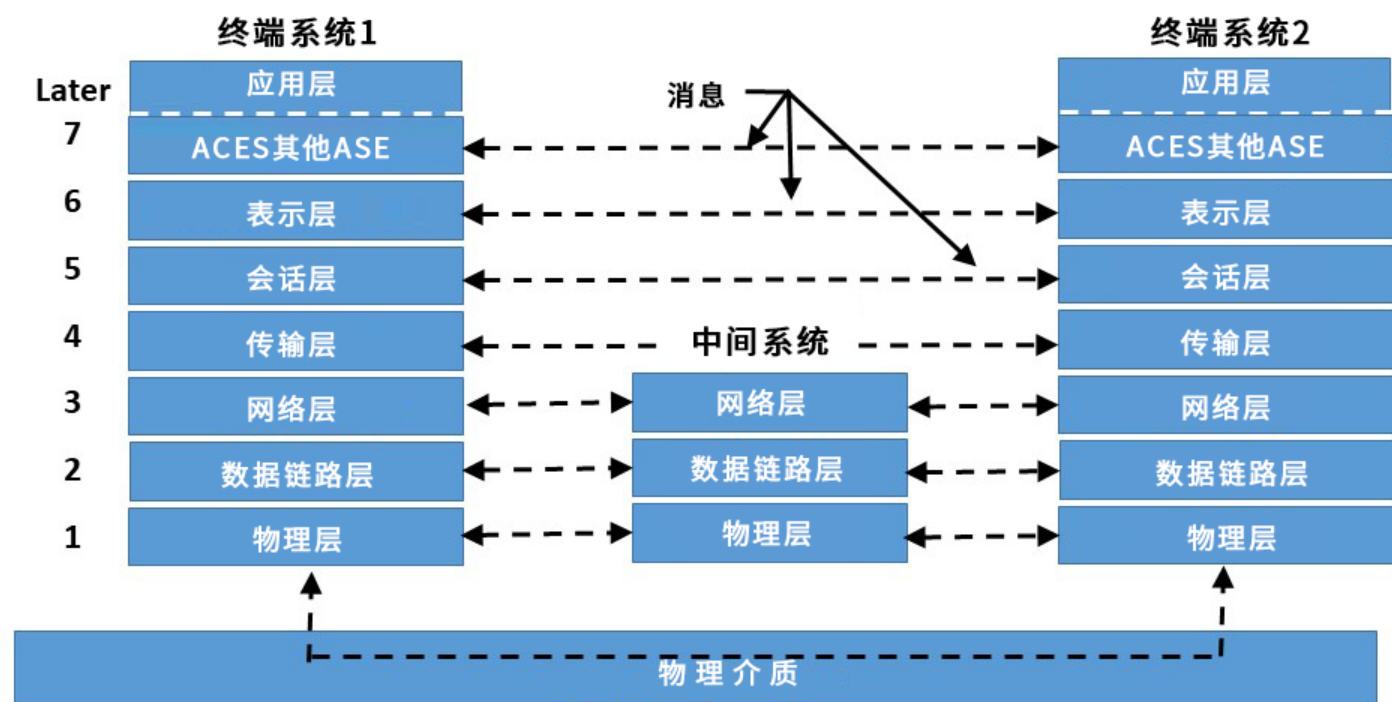


图7:7层OSI通讯标准 (来源:《HP杂志》1990年8月刊)

其重要性。机器制造商想要迅速参与到该标准的开发中，各个相关方都一致认为现在行业需要并且很有必要取代目前的IPC-2541——《电子产品制造车间设备通信消息的通用要求 (CAMX)》，而且执行相关标准的速度也很关键。

我认为，落实一项电子产品车间数据协议的最快方式是和我们在半导体行业的同仁一道合作，采用 SEMI 制定的 SECSII/GEM 标准。看到我们追随他们的脚步，他们通常会感到很高兴，而且他们在这方面比我们提前了 35 年，很多工厂、软件和制造商已经发展成熟。但仍然需要 IPC 委员会的努力，因为 CAD 数据 / 定义、元器件、工艺和测试都要按照 SECSII / GEM 标准设置。

LAN(以太网、IEEE-802.3 及 TCP/IP)

802.3 技术支持 IEEE 802.1 网络架构并且

也定义了使用 CSMA/CD 的 LAN 方法。它是有线 Ethernet 媒体访问控制 (MAC) 的物理层和数据链路层。由于通讯中心可用的资源越来越多, Ethernet 在工厂自动化过程中的使用也越来越普遍。IEEE 802.11 是无线 Ethernet 标准。

TCP/IP

互联网最常用的通讯语言是传输控制协议 / 互联网协议 (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, 简称 TCP/IP)。TCP/IP 详细规定了数据传输、组织、寻址、路由和在目的地接收的方式。

该协议组织为 4 个虚拟层，用这 4 个虚拟层将所有相关协议按照网络需求进行归类。如图 7 所示，这些层从最低到最高分别是：链路层，包含单个网段（链路）内的数据通讯方法；网络层，连接独立网络，从而建立互联网络；

传输层, 处理主机间的通讯; 应用层, 为应用提供过程间的数据交换。

无线技术和物联网

物联网的风潮还在持续。那么物联网技术能否应用到工厂自动化当中呢? 目前物联网的用途主要是针对消费者使用和监控高度分散的应用(例如能源监控)。安全的作用是个大问题, 也是每个工厂在自动化过程中要面临的具体挑战。如果物联网能够创建出与工厂联网适配的群集控制器, 那物联网可能真的会在自动化过程中发挥重要作用。无线技术则是另一种情况了。

正如 Advantech SMARTWORXTM 网站帖子中所解释的 [9]:

不幸的是, 很多机器都需要在不利于有线数据通讯和安装交流电的位置运行。需要研究出一种低功率的无线方案来延伸网络边缘, 从而在覆盖这些位置的同时又能实现 99.999% 的运行时间。根据无线技术 IEEE 802.15.4e 标准, SmartMesh IP 多跳网络就是一个极佳的选择, 即使要用

在条件恶劣、RF 会出现动态改变的环境下。

SmartMesh IP 多跳网络会提供到网络网关的多余路由, 多跳网络上的每个传感器节点都相当于一个路由器。每个节点都可以从范围内的任何其他网络节点上接收数据, 也可以将数据传输到范围内任意网络节点上。如果一条通往网络网关的路径不通, 网络节点就会通过其他节点重新路由。设备可以通过中间设备将数据传输到距离较远的设备上, 网络网关

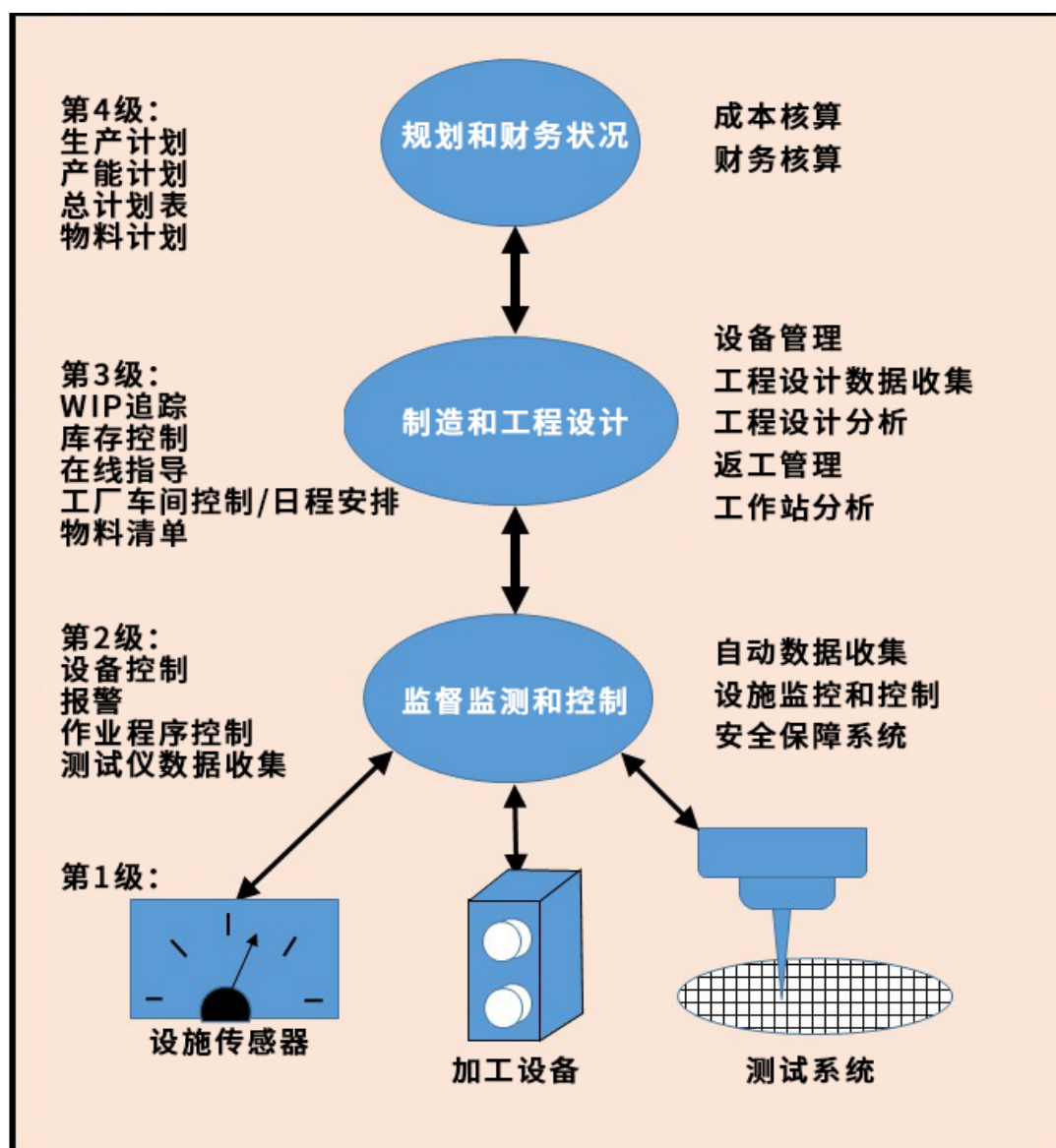


图8:工业自动化的设备操作和GEM能力
(来源:《HP杂志》1985年7月刊)

不一定要位于每个设备所在的网络内。所以 SmartMesh IP 网络的可扩展性很强。

工业 4.0 计划

术语“工业 4.0”最早出自德国政府的一个高科技战略项目,该项目针对的是制造业的计算机化。第一次工业革命利用水能和蒸汽动力推动了机械化生产的迅猛发展。随后第二次工业革命又在使用电力的情况下实现了大规模生产,之后的数字革命以及电子产品和 IT 技术的使用又促进了自动化生产的发展。

在 2011 年举办的汉诺威工业博览会上,“工业 4.0”这一术语首次出现。2012 年 10 月,由 Siegfried Dais 和 Henning Kagermann 担任主席的工业 4.0 工作组向德国联邦政府递交了一份工业 4.0 实施建议。2013 年 4 月 8 日在汉诺威工业博览会上,正式发布了工业 4.0 工作组的最终版工作报告。

工业 4.0 方案适用的设计准则

德国达姆施塔特工业大学发表的研究报告摘录中写道^[10]:

工业 4.0 制定了六项设计准则。这些准则可以帮助各个公司确定并实施工业 4.0 方案。

- 互用性:信息 - 物理系统(即工件载体、组装台和产品)、人类和智能工厂能够通过物联网和服务互联网实现相互间的连接与通讯
- 虚拟化:通过将传感器数据(来自对物理过程的监控)与虚拟工厂模型和仿真模型连接起来,创建一份智能工厂的虚拟副本
- 去中心化:智能工厂内的信息 - 物理系统能够自行做出决策

- 实时操作能力:能够收集和分析数据,并立刻提供推导出的深入见解
- 服务导向:通过服务互联网提供各类(信息 - 物理系统、人类或智能工厂相关的)服务
- 模块化:通过取代或扩展独立的模块,灵活采用智能工厂方案来适应不断变化的需求

含义

工业 4.0 环境下工业化生产的特征是高度灵活的(大规模)生产条件下要深度定制产品。通过引入自我优化、自我配置、自我诊断方法,并向那些面临日益复杂工作内容的工人提供认知和理解力方面的支持,改善所需的自动化技术。

效果

当前措施满足了制造业中物联网盛行所产生的需求以及将会引发新一波工业革命、以技术为导向的相应改变。在德国 Bosch 公司,这种现象被称为是工业 4.0。工业 4.0 的基本准则就是通过连接机器、工件和系统,能够让业务创建出覆盖整个价值链的智能网络,这个价值链可以让连接到一起的事物可以自主控制对方。工业 4.0 的实例包括:可以预知故障并自主启动维护流程的设备,能够针对生产过程中的意外变化迅速作出反应的自组织物流。

一般的传统工厂和工业 4.0 工厂之间存在一些差异。在当前的工业环境中,以最低的成本提供高端优质的服务或产品是成功的关键,而工厂正在努力实现更多性能,从而增加利润和提高声誉。这样一来,就可以用不同的数据源提供有关工厂各个不同方面的有价值信息。在这个阶段,利用数据来了解当前操作条件并检测错误和故障,这是一个值得研究的重要主题,例如在生产过程中,可以使用各种商用工

具来提供这项协议。

维基百科进一步解释了工业 4.0 包含的内容 [11]：

为工厂管理层提供设备综合效率 (OEE) 信息，从而找到并突出显示引起系统问题和潜在故障的根本原因。相比之下，工业 4.0 工厂中除了状态监测和错误诊断以外，元器件和系统可以产生自我意识和自我预测能力，将帮助管理层进一步深入了解工厂的状态。此外，对比来自不同元件的健康信息并融合这些信息，可以更精确地预测出元件和系统的健康状况，迫使工厂管理层尽快启动相应的维护流程，及时做好维护，力求不出现停机情况。

目前面临的挑战有：

- IT 安全问题, 这一问题之所以变得更加严重是因为本身就需要重启那些之前已经关闭的工厂
- 关键的机器间通讯 (M2M) 需要达到一定的可靠性和稳定性, 其中包括延迟时间一定要非常短且要稳定
- 需要保持生产工艺流程的完整性
- 需要避免 IT 方面的任何障碍, 因为这种情况会导致生产运行中断, 修复成本会很高
- 需要保护行业知识 (工业自动化设备的控制文件中也包含相关信息)
- 缺少恰当的技能来加快向第四次工业革命的步伐
- 企业 IT 部门面临被裁员的威胁
- 利益相关者一般对改变都会有抵触情绪

在下一篇《计算机辅助制造, 第 2 部分》文章中, 我会介绍我参与过的一些自动化项目案例。PCB007CN

参考内容

1. Industry 4.0 Smart Manufacturing for the Future

2. Introduction to Serial Communications, TalTech Instrumental Software Solutions.

3. IEEE Standard Codes

4. IEEE-488, Wikipedia.

5. Message Automation & Protocol Simulation (MAPS™), GL Communications, Inc.

6. “Semiconductor Productivity at HP,” HP Journal, July 1985.

7. SEMI Standard E30, General Equipment Model.

8. IPC Status of Standardization; IPC Committee Home Pages

9. Smart IoT Technology for Machine Condition Monitoring

10. Hermann, M., Pentek, T., Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, Working Paper No. 01/2015, technische universitat-Dortmund, 2015.

11. Industry_4.0, Wikipedia.



Happy Holden 自 1970 年以来, Happy Holden 先后在 HP、NanYa/Westwood、Merix、富士康及 Gentex 公司从事印制电路技术工作。他与 Clyde Coombs 合作编辑出版了《印制电路手册 (第 7 版)》。如需联系 Holden, 可[单击此处](#)。

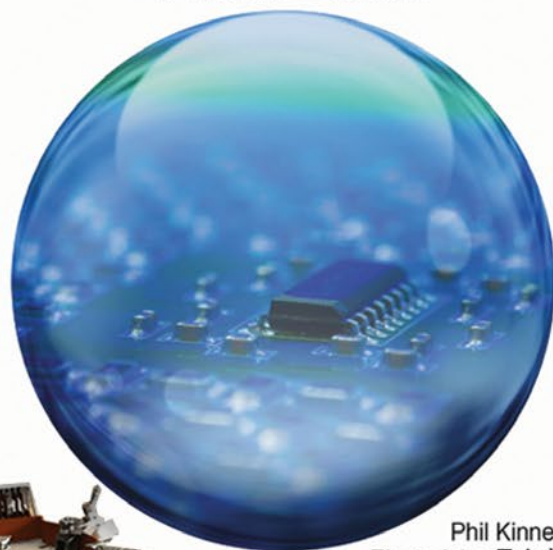
世界可以变得非常严酷

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

100%
Books

本书从电子产品三防材料选择入手，系统论述了三防设计、可靠性、标准、凝露等工程人员关心的问题，并通过案例给出了具体的解决实践方法，是一本很有价值的三防参考书籍。

——中兴总工刘哲



扫码注册免费下载
更多内容请关注公众号
“PCB007中文线上杂志”



当前环境下 导通孔的可靠性和稳健性

by Happy Holden

我的老朋友 Bob Neves 先生在 IPC APEX 2020 年博览会期间拜访了 I-Connect007 的展位，我很高兴对他进行了采访。Bob 在微孔及通孔测试技术上有一些令人兴奋的新信息。

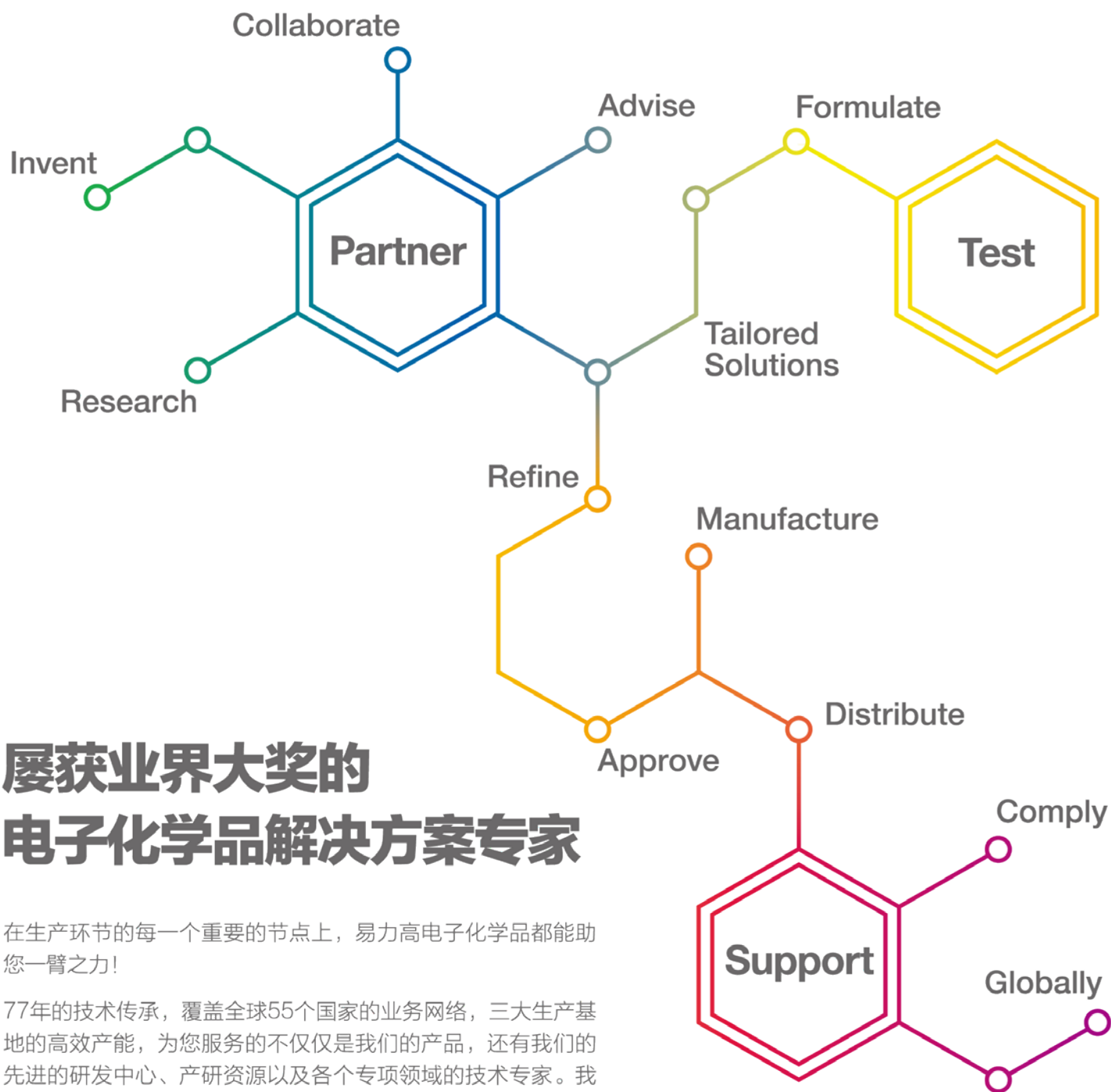


Bob Neves (左) Happy Holden (右)

Happy Holden : Bob, 让我们开始讨论这个大新闻——你研发的这个新测试试样。

Bob Neves : 在过去两年,IPC 的一个工作组一直忙于开发一种新的测试方法,试图快速测试孔是否符合 IPC 文件(如 6012 或挠性板性能文件)中的一致性要求。我们确定在回流模拟过程中进行电气性能测试是个好主意。因此,我们提出了一种方法,将 IPC “D” 试片置于多次回流模拟中,并尝试在回流焊过程中对孔和微孔进行实时电气检测,一般这些孔在回流循环的高温部分显示失效却可能在冷却后恢复电气正常。

我对我们始于 21 世纪初的 HATS 技术进行了更新,以便能够进行这个新的 IPC-TM-650 2.6.27B 测试。除此之外,我们一直在中国的麦可罗泰克实验室进行汽车行业的微孔和单孔的可靠性测试。2009 年,ZVEI 的一个



屡获业界大奖的 电子化学品解决方案专家

在生产环节的每一个重要的节点上，易力高电子化学品都能助您一臂之力！

77年的技术传承，覆盖全球55个国家的业务网络，三大生产基地的高效产能，为您服务的不仅仅是我们的产品，还有我们的先进的研发中心、产研资源以及各个专项领域的技术专家。我们随时准备着助您解决生产过程中的挑战！

联络我们，了解易力高之所以成为电子化学品全球领军品牌的秘密！

Tel: 8610-8947 5123
www.electrolube.cn

ELECTROLUBE
THE SOLUTIONS PEOPLE

清洗剂

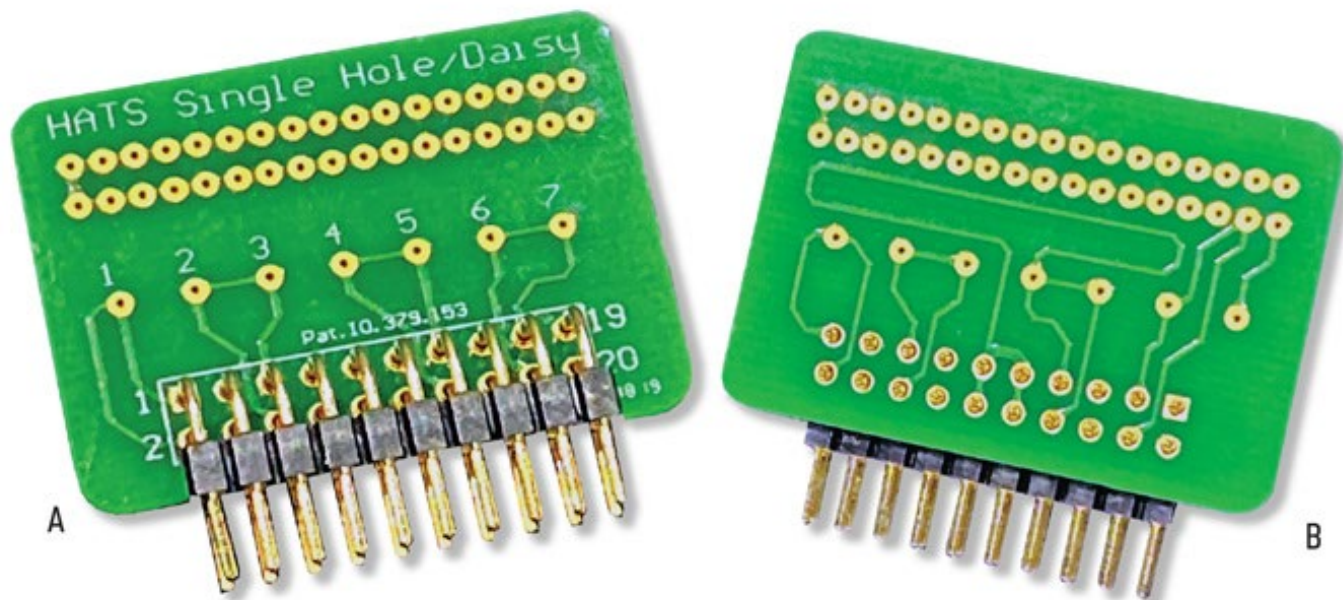
三防漆

封装&粘接

导热材料

触点润滑

维修维护



汽车行业用的HATS孔可靠性试样: (A) 7个单孔4线桥通道加上一个菊花链通道
可用于测试 (B) 7个单孔 (图源:麦可罗泰克实验室)

工作组确定了测试孔的菊花链只显示了孔失效的结束, 而不是开始。他们想了解孔失败的开始, 因此提出了汽车行业的测试, 即一次测试一个孔。如果这个孔开始失效, 你马上就能看到它的电效应。

这个方法始于 2011 年, 我们将这一测试能力投入到了麦可罗泰克实验室, 目前我们在中国有 14 个双箱式高低温冲击箱, 为汽车领域进行单孔测试。当我对 HATS2 技术进行更新时, 决定要增加这项能力, 以加快单孔测试的过程, 无论是通孔 / 埋孔还是微孔。现在, 我们能够在 HATS2 测试箱中快速测试孔的可靠性和稳健性。

Holden : 这在测试试样上是令人激动的改变。

Neves : 我们设计了一个试样, 可以在一块试样上测试七个单孔。因为大家仍然想对多数量

的孔有所了解, 因此 HATS 测试仪将在一次运行中测试 252 个这类单孔。你可以得到一定数量孔的数据。当你拿走菊花链后会失去一些东西, 那就是多孔结构和更多的失效机会。

Holden : 但是你并不是一定要去掉菊花链。

Neves: 对。我们增加的另一个功能是, HATS2 单孔试样允许你用菊花链替换这 7 个单孔通道中的任何一个, 这样你可以在同一块试样上有一个或两个菊花链以及 5 个或 6 个单孔。假设一个复杂的孔结构, 我们监测一个微孔或叠孔, 然后在试样的另一面监测埋孔或相同的微孔结构。

你可以做一个菊花链形成的完整孔结构, 一个带这个孔结构可进行彻底检测的单孔, 然后所有其他的单孔都可以用这个结构制造, 但是只测量该结构的一部分, 比如试样顶部的

微孔结构；第二，你可测量试样底部的微孔部分；第三，你可测量埋孔；第四，你可测量整个孔结构。

你可以从完整的孔制造工艺中单独查看复杂孔结构的各个部分，也可以从一块试样中获得多个孔、单孔以及每个孔结构的所有方面。

Holden：这也可以是一块 IPC 标准的“D”型试样。

Neves：对的。这台设备还可以测试标准的 IPC “D” 型试样，现在是菊花链结构。你也可以把它们加工成单个孔，而且按照 IPC “D” 试样的设置设计，通道一和通道二之间有机会创建一个单孔甚至另一个菊花链通道。HATS 设备将允许在 IPC “D” 试样上添加第三个通道，而以往最多只有两个通道。

Holden：这很令人兴奋。因为现在我们有一种方法，可以在同一个测试中，在同一块试样上做这两种结构。

Neves：是的。你可以把两个菊花链放在你的 IPC “D” 试样上，然后在中间放一个单孔，这样你可以用一个单孔彻底测量一个孔结构，并了解这个孔可能从哪里开始失效。

Holden：我敢打赌你会想出办法，让“D”试样上放 5 个单孔或类似结构。

Neves：有很多可能性。我想我们可以想出一种方法，将新的 HATS 技术与 20P 连接器和另一边的传统 IPC 8P 连接器组合起来。

Holden：那么这些试样在哪里测试呢？

Neves：现在，我正在把 HATS2 系统放进全世界经过认证的 A2LA、17025 或 ITAR 实验室。我们在北美有 NTS，在亚洲有麦可罗泰克中国实验室。我们正在欧洲寻找合作伙伴，以便能够在那里安装 HATS2 系统。我们得知欧洲航天局对此也产生了一些兴趣，并在微孔圆桌会议上进行介绍，试图帮助他们了解其孔结构。

Holden：我与 IPC 的特别顾问或委员会一起研究弱界面微导通孔的问题，Bob Willis 和他的测试一直是该信息的重要提供者。

Neves：使用菊花链观察弱微导通孔的一个问题是，当你看到菊花链中的电阻变化时，其中一个或多个微导通孔已经严重受损，可能已经受损 80%~90%。而一两个孔中的微小变化将淹没在菊花链所有电阻的噪点中，而这些噪点



大多数来源是连接菊花链通道的所有电路。

进行失效分析时，微导通孔已经彻底断开了，在大多数情况下你都会面临很大的障碍。而用一个单孔，你可以在灾难性的失效发生之前阻止它。如果单孔中电阻变化达到 10% 时停止测试，你就能找到失效开始的地方，在那里 10% 的电阻变化等于你的微孔中出现 10% 的裂缝或分离。

Holden：这太棒了。因为我们目前专注于 5G 和新材料，而新材料将必须通过这种可靠性元器件测试。

Neves：完全正确。让人困惑的是，我们把所有的东西都汇聚在“孔可靠性”这几个字中，而孔可靠性是要经过与产品所处环境的可靠性相关的途径得到，但我们不想等那么久。

我们朝着我喜欢称之为“孔稳健性”的方向发展。我们取试样、在材料的 Tg 点以上进行测试、将其多次加热到焊接温度，并尽可能快和严酷地进行测试，直到它们发生断裂，试图看到这些新材料之间的差异和工艺之间的差异。人们往往把孔稳健性和孔可靠性的结果混淆起来。

Holden：既然我们的话题是可靠性，你为什么不给我们说一下欧洲航天局的想法，他们有一个包括漏电测试和 CAF 测试的完整项目。

Neves：他们的项目中包含 CAF 和孔的可靠性，并且想让材料保持低于层压板结构的 Tg 点，因为在 Tg 点或接近 Tg 点，材料会产生一些极端膨胀，导致孔的退化，而这一情况在现实生活中是不存在的。在产品的生命周期中，

从来没有这种压力。即使在卫星上，你也看不到材料在运行过程中超过了它的 Tg 点。他们也希望在测试中获得非常高的温度梯度。比如 200° C 的梯度，因此我们的测试温度从 -55° C 到 145° C。我们对此进行循环，然后让他们获取这些信息，并将其与现实生活中的可靠性联系起来，看看产品在这个温度变化环境中能持续多久。与此同时，现在很多测试都是——“把它加热到 220°C、230°C、250°C 或 260°C，然后一直循环直到它破裂。”

这种孔稳健性的方法可以告诉你哪种材料更好，但不一定与最终使用情况有关联。可以有两种材料，其中一种在孔稳健性测试中明显表现较差，但在预期的最终使用环境中可能同样可靠，而且不同孔稳健性材料之间也会存在成本差异。人们将不得不决定，“我愿意为这个额外的孔稳健性支付多少钱，这稳健性可能会或可能不会对我正在使用的最终产品环境中的孔可靠性产生任何影响？”

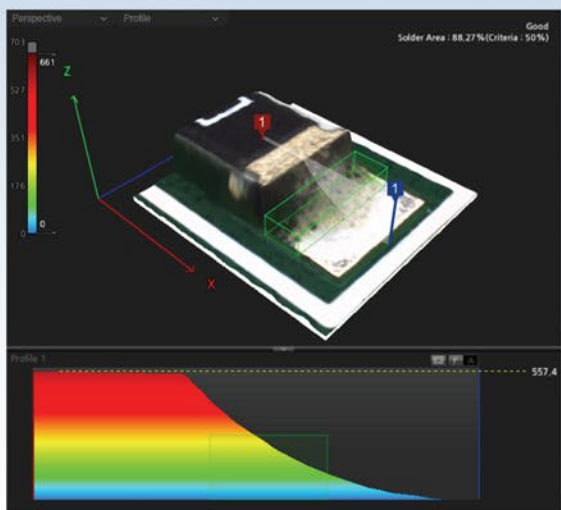
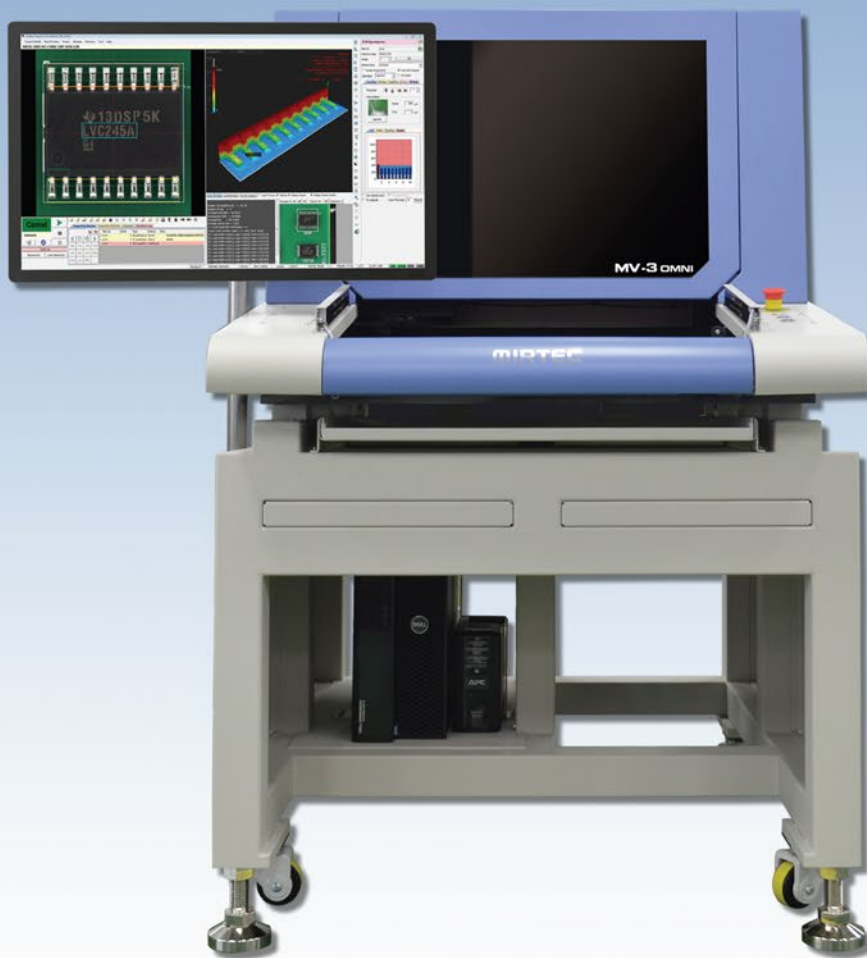
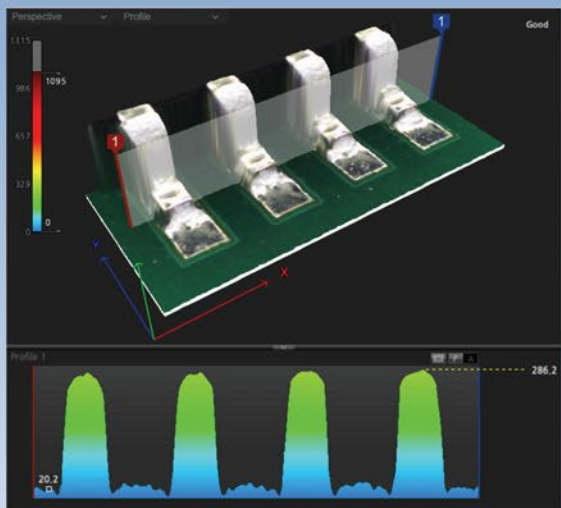
Holden：可靠性越来越重要。如果你不太了解这一点，我建议你看第七版《印制电路手册》其中第 53 章《成品印制板的可接受性和质量》是 Bob Neves 写的。这是一个很好的开始，其中也有六章是关于裸板和组装可靠性的，由 Reza Ghaffarian 博士编写，非常出色，提供了关于建模、可靠性和测试的基本知识。如果您想了解这些主题，请获取手册、阅读它，以便获取更多信息。

Neves：谢谢，Happy。和你谈话一直很令人愉快。

Holden：非常感谢。PCB007CN

领先的3D AOI 助力汽车电子与5G类产品

MV-3 OMNI



- ▶ OMNI-VISION[®] 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[®]相机技术
- ▶ 8阶彩色光源系统
- ▶ 完全胜任3D共面性和焊料圆角检测

更多详情欢迎咨询我们的
中国公司(0755)8835-0822

www.mirtec.com





运营方式助力智能工厂的发展

(第 1 部分)

by the I-Connect007 Editorial Team

近日, I-Connect007 编辑团队采访了西门子旗下 Mentor 公司业务发展经理 Sagi Reuven。本文为此次采访的第一部分。Sagi Reuven 将详细介绍智能工厂实施必须从传统工艺分析和改善入手, 然后数据采集过程才是有效的。他还解释了为什么有时利用工业 4.0 的关键是转换思维模式, 并不需要通过大量投资新设备、新工艺等巨大改变。

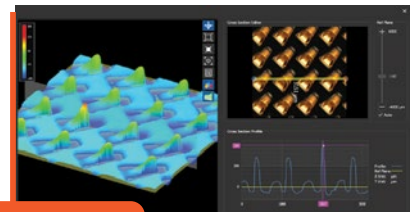
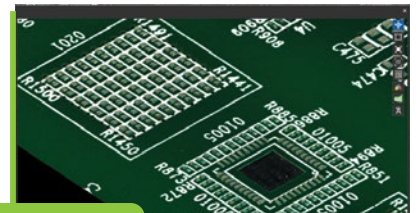
Nolan Johnson : Sagi, 今天我们想探讨的主题是: PCB 制造商或组装工厂如何在不需要关停业务运营的前提下能使现有设施适应

智能工厂环境? 他们要采取哪些策略和步骤? Mentor/ 西门子公司预测客户对这种方法的接受程度如何?

Sagi Reuven : 这是个好问题, 这一点也正是我们所关心的。我们遇到的大多数问题都出现在与客户沟通方面, 甚至已经开始部署工业 4.0 后还会遇到问题。首先我们应该清楚的一点是, 合作方是制造商。我们大约有两个产品组, 其中一个小组主要负责设计和工程设计相关的工作。这样一来, 实施新的软件方案时就容易了很多。客户可以逐步采用新方案; 他们不需要停止生产、关停机器或在周末停工才能

历经挑战，处变不惊

终极多工艺检测系统，
具有极高的速度，准确性和易用性。



SQ3000™ 多功能一体机解决方案

搭载强大工具，涵盖AOI、SPI和CMM的检验与测量。

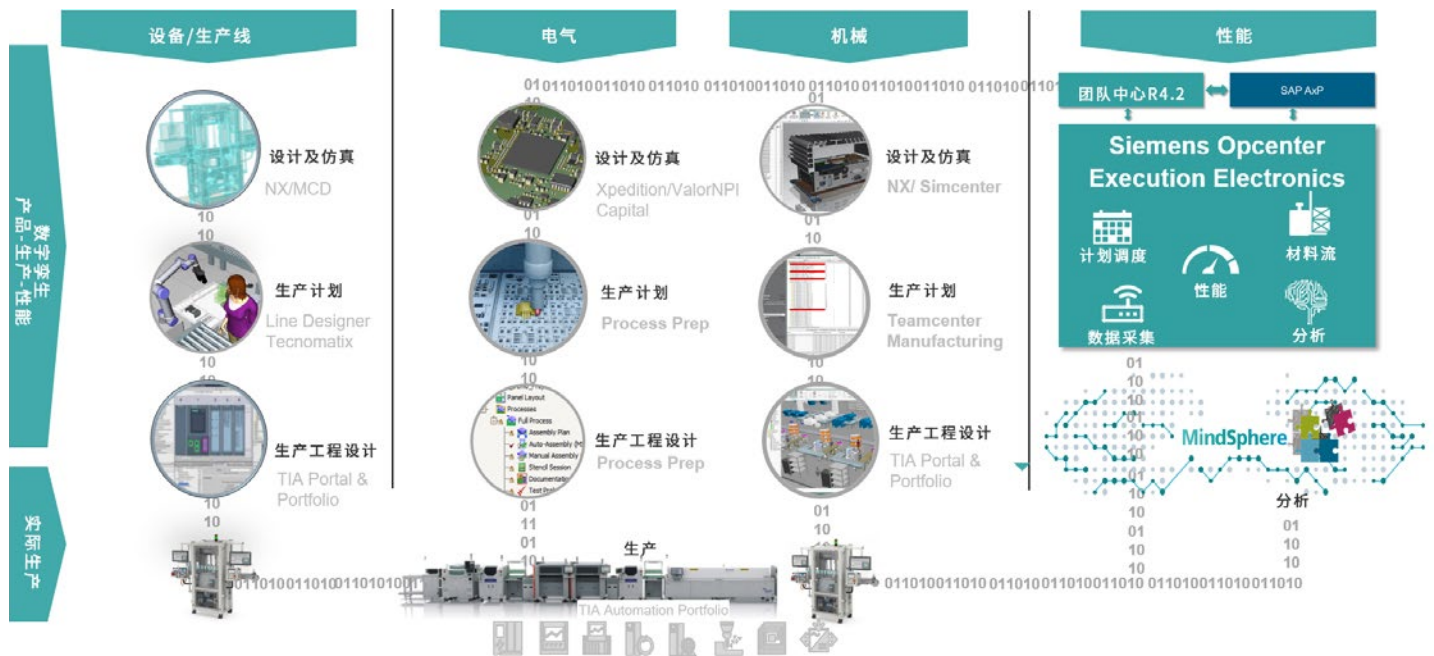
快速、高精度、可复验和可重复测量，适用于各种产品（如PCB，半导体和消费电子产品）制造中的计量应用。

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

CYBEROPTICS®

www.cyberoptics.com

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



该系统贯穿于整个电子产品价值链,包括PCB生产、机械生产和机箱机柜制造过程。

实施新方案。如果代码中有错误或漏洞,也不会导致生产线上的机器或传送带骤停。你可以继续使用另一台机器,所以说和车间内使用的其他方案相比,这种方案要简单许多。

但我们也面临着两项挑战。第一个挑战是,从上到下、从高管到操作员,都坚定地认为业务应该转向数字化,必须要使所有一切实现数字化。我们从各种各样的市场研究中获取了统计数据,这些数据表明很多高管坚信自己从某种程度来讲已经开始开展数字化进程了。但我们掌握的数据显示,44%的高管仍认为数字化并没有带来盈利增收。他们深信数字化技术及需要实施数字化,也可以说数字化源自于客户需求。

例如,特别是汽车行业的客户对可追溯性的需求很大。所有一切都必须数字化而且要全部做好记录,而且他们希望将这些数据在云上保存 15 年,所以制造商实施数字化是因为他们必须满足客户的需求。但我们要如何说服他

们去相信,之所以要跨入数字时代是因为数字化技术能够帮他们提升业务能力、灵活性和具备更快的交付能力?我们要如何令他们相信,数字化技术确实可以增加利润?

例如,即使我们说服了某个厂家愿意实施工厂数字化,但我们还是要给客户提供培训才能让使用这种系统的人员将其优势发挥到最大。就算客户决定购买、尝试使用这种系统,实际情况也肯定没有我们设想得那般简单。

Barry Matties : 你们有没有遇到抵触做出改变的情况?还是说这种挑战主要是针对技能而言?

Reuven : 两者都有。

Johnson : 听起来像是客户不愿意做出改变。

Reuven : 确实是,但也可以理解;想要跳出

常规并换一个角度来看待问题，是很难做到的。

Matties：如果他们已经同意要接受数字化技术，为什么不能完全接受呢？

Reuven：这就是人性啊。即使客户决定要在全球范围内的工厂中落实某个方案，但也不是所有工厂都会立刻实施；即使是隶属于同一公司，有些工厂倾向于做出改变，但有些工厂可能就需要我们帮助一同走过这个数字化旅程。我们要提供扩展培训，有时候这也意味着你要再次“销售”方案。你不会希望客户仅是购买方案，而是能够充分利用你所提供的方案。

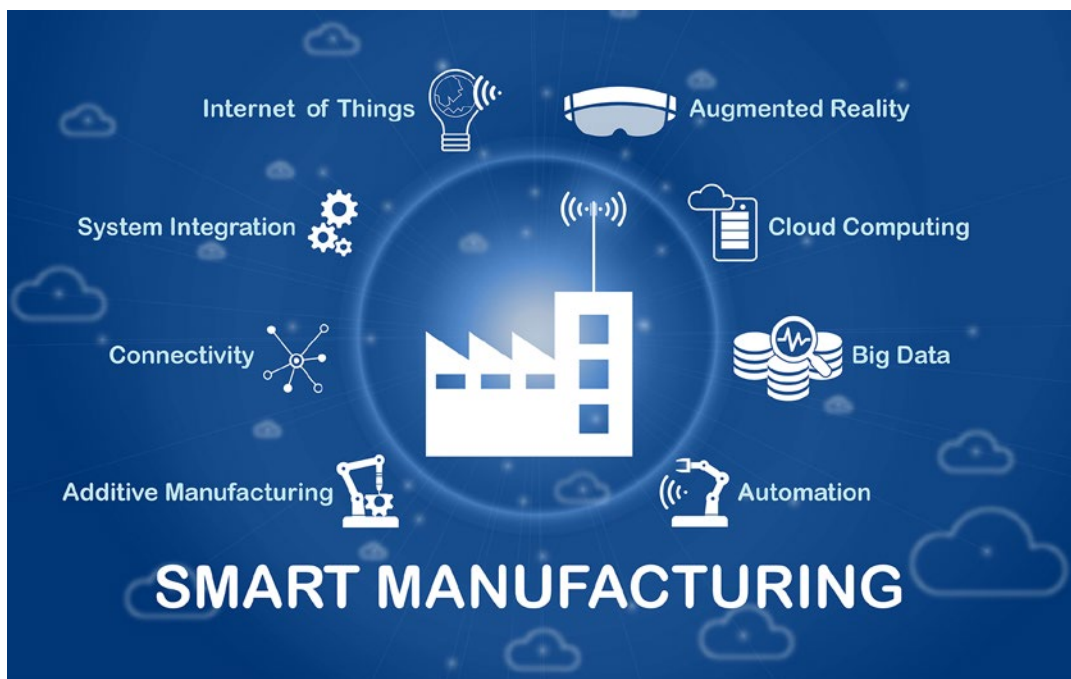
在过去六年里，我负责两家初创公司。创建初创公司一直都是个不小的挑战，因为初创公司都不是大公司，我必须要向客户证明我提供的服务和他们过去使用的服务有很大差别。当我们和客户甚至是用户交流的时候，通常初时会问他们，“你们在生产过程中会遇到哪种问题？”如果客户告诉你没有任何问题并且一切都运行顺利，你要怎么办？这就是我们要面临的挑战。也正因为如此，创新没有那么简单，因为你必须要说服客户相信你能够为他们的公司带来更多增值。

Matties：他们是否担心数字化时代会让他们都丢掉饭碗？或者说实现数字化工厂后他们会被取代？是这样的吗？

Reuven：没错。

Matties：当你参观一家公司并且想要说服他们使用数字化方案时，你要给他们列举出一些这样做的理由。你可能会告诉他们这样做能带来财务方面的收益，而且最终必然是财务增收、人工成本降低、良率升高，以及产能增加。但就这四个因素而言，任何单独一个因素已经足够吸引人了，但他们抵触改变的态度是否会阻碍他们投资购买新技术呢？

Reuven：我和各种各样的客户讨论过这个问题，规模从最小的公司到具备 300 条至 400 条生产线的全球性企业，所以我能给出一个很好的例子。我们都知道 IoT 这个词，因为不论是在加工行业还是电子产品行业内，它都是工业 4.0 领域的流行词。每个人都在讨论工业 IoT (IIoT)，这一概念也发挥着重要作用，以至于很多公司安排专人负责 IoT 的相关业务。有些公司还想在公司内部开发 IoT 方案。



在我看来，他们的方向选错了。他们是领域内的专家，拥有宝贵的知识，但他们的能力无法施展在制造 IoT 设备上，设备只是实现手段和基础工具。他们需要从一家专营 IoT 设备销售的公司那里购买 IoT 设备。然后可以根据收集到的信息想办法提升工艺和材料处理的方式，包括要弄明白他们在生产阶段遇到瓶颈的原因。他们需要让公司的财务报告上显示出产量有所增加、利润有所提高。所以他们应该把自己的专业知识用在推动制造领域的发展上。目前有很多公司将注意力放在了技术和平台上，却没有关注这场数字化旅程的真正目标。

工业 4.0 并不是连接另一台机器去收集数据；而是形成一种思维模式，意识到我们能够解决大多数问题。目前我们正致力于如何做更好。也就是说，我们不再去找到问题并解决问题，因为我们已经把遇到的问题都解决得差不多了。从该领域公司手中购买方案当然是很简单的事情，但你真正要做的是想办法利用数据中蕴含的知识和已有的软件方案来促进公司的发展。

Matties：工厂中谁来负责这方面的工作？每个公司是否需要设立一个相关岗位来专门负责？还是说把这方面的工作直接交给某个员工？

Reuven：可能会交给负责 IT 和采购、IT 和供应链管理的员工，因为这方面的工作涉及到材料。全球性公司有时会招聘或安排专门的员工来负责数字化项目或 IoT 项目。



sudSagi Reuven

Matties：确实，IT 人员的工作虽然做得不错，但传统 IT 并非以设计智能制造技术为中心。他们的工作更多是关于基础设施、数据安全、邮件和网站管理。我这样说不是为了贬低他们的工作，但根据你的描述，这个职位似乎像是物流人员的工作。你是从系统的角度来讨论业务流程。似乎很

多公司都可能需要聘用一名物流实施专家或在公司设立一个新岗位，因为所有这些新技术对于制造领域而言都是前所未有的。

Reuven：这真的是一个挑战。他们会认为，“工业 4.0 到底是什么意思？我们需要对所有事情都进行数字化处理，连接所有的设备，并且还要有一个控制面板。”甚至都没有商业背景来解释为什么人们要做所有这些工作。我们现在正着手给出更多 POC (Proof of Concept, 概念验证)，以展示这项技术可以达到哪些成果。

Matties：成本降低、产能增加、良率提高、人工操作时间缩短，这些都能表明这项技术的优势。优势真的太多了，但在他们看来，想采用这项技术的门槛太高、困难重重。

Reuven：一般来说，当我们遇到这种情况时，我们团队的业务顾问会召开一个研讨会，努力打破孤岛思维。这不是一种销售活动，与我们在软件方面的工作毫无关系。它纯粹是一次精益六西格玛研讨会，我们在会上描绘出工厂中的工艺流程。采购、材料处理和 IT 相关人员都会共聚一堂、相互听取意见；然后绘制一张图，说明各个环节的因果关系和对彼此产生的

影响。人们就能立刻意识到自己的工作会对其他人的工作或工厂中的其他领域产生影响。也正因如此，他们明白了这项工作并不只是落实一项解决方案那般简单。并不是安装完一款软件实现可追溯性就可以了；而是要提高可视化程度，听起来也许挺简单的，但却无比重要。但就这一点而言，就足以证明项目的合理性。

Matties：你描述的是最佳商业方法。如果他们没意识到系统是相连的，你可以带他们回到那个水平的基础等级，在中间叠加数字通讯。

Reuven：我们还遇到过一些有趣的事。人们通常都不了解影响工厂决策制定的因素有哪些。我能给出一个例子告诉你为什么需要实现数字化，以及数字化在简单的决策制定过程中能发挥哪些优势。有一家工厂考虑再购入一条 SMT 生产线。他们在仔细分析之后发现机器

使用率只达到了最大利用率的 58%。他们开展了一次转换趋势分析，意识到这是他们遭遇生产瓶颈的关键所在。于是他们努力将设备利用率提高到了 84%，并且在没有购入新生产线的前提下达到了要求的产能——节省了大约 200 万美元的资本设备支出。

Matties：又回到了我们刚才讨论的话题：业务管理中的最佳方法，以及熟悉系统并了解流程和障碍。在北美地区，我们常听到人们说多品种、小批量生产需要灵活性，人工操作更为容易——他们甚至不需要依赖电脑安排整个工厂的任务以优化他们的产能。对于持这类看法的人们，你有什么建议？

Reuven：我会跟他们解释清楚，我们并不是想取代工人，正相反，我们想让他们充分利用软件的优势。我知道他们觉得自己可能会失



业，但使用了新的方案之后他们就能提高工作效率，可以用节省下来的时间做其他事情。比如他们不再需要人工安排三条生产线，而是使用计划工具，例如把生产线分解成生产单元。

新的概念是将生产线分解为生产单元，不再使用传统的生产线概念。将贴片机、焊接设备和 AOI 设备都分解为生产单元。还可以使用软件进行计划，而且你可以用更好的方式完成工作，因为你不仅不需要人工操作，还可以发挥你的创意并最大程度地利用设备。你可以用更具创新性的方式最大程度地利用现有设备。

Matties：你们是否有将这些优势量化的相关统计信息？

Reuven：还没有完全记录这些信息，因为需要用几个月甚至几年的时间才能看出长期趋势。我正试着向他们解释，其实他们可以更好地利用自己的技能，因为行业中大多数从业人员，尤其是小工厂中的从业人员，都有非常丰富的知识储备和工作经验。他们丰富的知识也表明了他们可以最大程度地利用软件的功能，而不是说软件功能可以帮他们获取更多知识。这就又回到了解决问题的话题上。有人会说：“我不知道如何计划，所以买个软件来弥补我的知识盲点。”不是这样的。我的意思是，你掌握了相关知识并且知道如何手动安排和计划，这种情况下你才能在使用软件时最大程度地发挥出软件的优势。你的思维模式不应该是想着去解决问题，而是要精益求精。减少 DPMO、提高良率、最大程度地利用设备、使



OEE(Overall Equipment Efficiency, 整体设备效率) 最大化；这才是盈利的关键。

在我看来，工业 4.0 的这几大支柱中，这种方式是风险最小、获取投资回报率最快的方式。我参加的每个展会上都能看到 AGV 的身影，这是很令人激动的。但换个角度看，这也意味着要投入巨资。出于某种原因，人们愿意购买新的硬件，却不愿意花 50000 美元购买那些能够大幅提高利润的计划软件。除此之外，别无他法。我们有一处工厂车间没有使用机器学习或其他先进技术，只是用了基础的分析法。厂内有 4 条生产线，都没有达到最大产能。我们测量了每条生产线在每小时内放置元器件的数量。

然后查看了机器的规格要求。他们是否实现了机器的最大产能？答案是没有。因为大多

数时候他们只会用一种方式来解决——购买更多的设备。也许他们只需要购置另一台测试设备或者优化计划安排方式，但前提是他们必须先收集数据才能了解到实际情况。这是第一步要做的。如果你想回到最初逐步分析，那第一步就是收集基础信息并详细分析数据。然后你要问自己，“我怎样做才能有所改进？”

Matties：还可以问，“我要从哪里入手做出改进？”瓶颈可能就是一个入手点。很多人只是从库存管控入手，然后就继续进行下一部分了。我们遇到过这种情况，工厂只引入了库存管控系统。如果想把整个工厂转变为数字化工厂，需要一步一步落实方案，还是一次性全面落实？

Reuven：材料绝对是个大问题。我为准备材料管理主题的演讲内容，正好查看了一家上市公司的财报报告。这家公司的收入是 26 亿美元，材料的成本就达到了大约 24 亿美元。这可不是玩笑，而是清清楚楚地写在了财报报告中，这将会影响股票价格。

如果你能掌握的数据比较多，这就是个很好的例子。材料问题之所以更严峻是因为元器件的交付周期越来越长，再加上现在新冠疫情和对供应链的影响缘故，交付周期只会变得更长。从 ERP 的角度来看，如果卷带上有 10000 个元器件并且你将元器件从卷带里拿了出来，这意味着车间里有了 10000 个元件，而不是库存里有 10000 个元器件。

但正如你所说，我们要转向生产多品种、小批量的产品，这就意味着工厂车间的卷带上有 10000 个元器件，而 ERP 要拿出这 10000 个元器件。小批量的生产模式下，这 10000

个元器件可以用一年。如果材料管理得当，消耗速度会和估算的完全一致，也就是说 ERP 中永远有准确的元器件数量。相反，这 10000 个元件就不会被拿出；这些元件属于 WIP，随后会从库存出货。

你的库存不仅在工厂车间得到了更妥善的管理，而且还可以按需供应材料，优化生产线。因为可连续不断地供料并进行验证，所以生产线不会出现停产情况。但还是有一些因素会影响到财务报告，比如库存价值更高，工厂车间的生产价值就要少几百万美元。

你也可以优化你的库存和采购流程。考虑到当前的交付周期，这种情况只会变得越来越具挑战性。有些客户向我们抱怨了交付周期过长的问題，尤其是传感器的交付周期。有些振荡器必须使用某种特定的材料，而这种材料的交付周期长达 26 周至 52 周。

如果你只是从工厂车间的角度考虑，你会觉得没什么问题，但这种情况是要写到财报报告中。它会影响到分红和股票价格等各方面。哪怕你能补救或改善一点点，都能在财务方面带来积极的回报。

Matties：通过这些自动化的财务系统和库存管理系统，能够在追溯元器件和统计元件的时节省大量的人工用时。原来需要花几小时的工作，现在只需几秒就能完成。

Reuven：的确是这样。PCB007CN

编者注：第二部分将择期刊登于《PCB007 中国线上杂志》，敬请期待！关于数字工厂的更多内容，欢迎免费下载阅读我们的电子书[《数字时代先进制造》](#)！

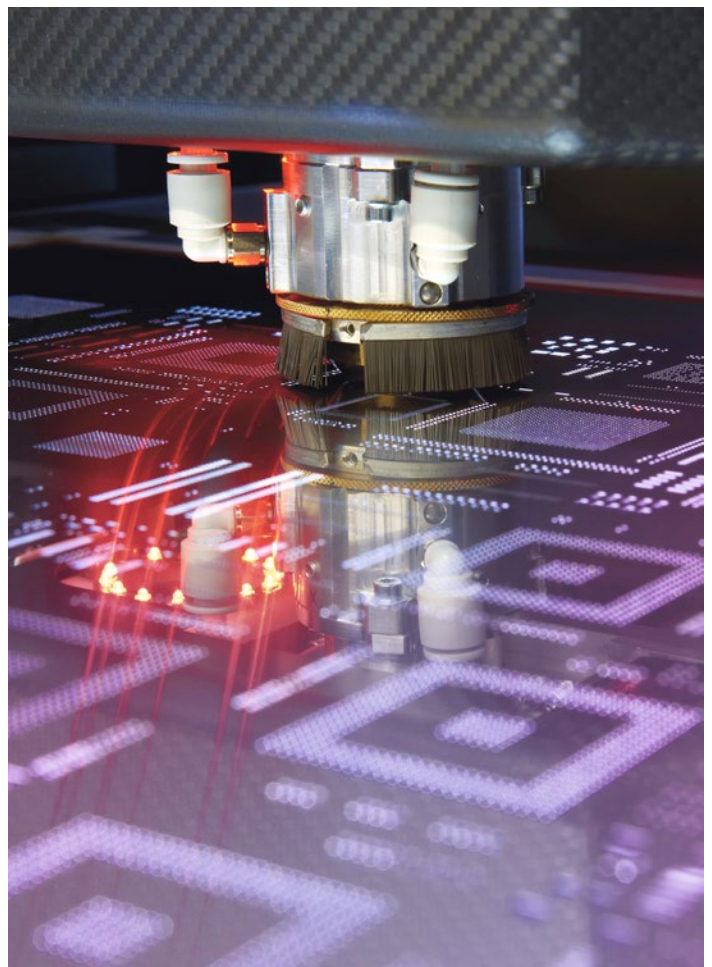
LPKF 公司 解读 钢板和分板

by the I-Connect007 Editorial Team

LPKF Laser & Electronics North America 公司的 Stephan Schmidt 和 Mirela Orlowski 介绍了在元器件尺寸不断缩小的发展趋势下切割钢板和分板电路板用到的激光技术，以及为什么业内很少有人意识到钢板对生产线的影响。

Nolan Johnson：技术发展日新月异，元器件尺寸越来越小、焊盘之间的距离越来越小、电路板上的特征越来越精细、公差越来越严格、元器件与带有焊膏的电路板之间的界面也在发生变化。作为一家设备制造商，对于目前面临的挑战，你有什么看法？

Stephan Schmidt：我们对组装领域的两个方面会产生影响。一方面是用于分割 PCB 的



设备，因为 PCB 产品位于高度微型化的前沿。这类设备用于应对那些无法用传统技术（如铣刀、走刀或手动分板）加工的元器件和电路板。如果小型元器件需要较严格的公差，就完全无法通过传统机械分离方法来实现分板了。

我们对钢板制造领域也会产生一定影响，我们生产可切割 SMT 焊膏钢板的激光系统。这类钢板的质量比以往任何时候都重要。由于 PCB 的公差是实际公差，只会受到电路板买方的合理影响，因此钢板质量不能对 PCB 产生任何影响。

特别是 SMT 元器件变得越来越小，焊膏需要施加在合适的位置，避免形成短路或桥接，而精确的钢板会发挥重要作用。之前与我们合作过的一些制造商对此有过深入的研究，也非常了解相对较便宜的产品（例如常规焊膏

清洗方案始于了解问题的本末

KYZEN® E5631

新一代钢网和错印板清洗剂

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

欲了解更多信息? 点击 KYZENCares.com



KYZEN.COM

享誉全球的环保清洗技术



Stephan Schmidt

钢板) 对其制造良率的影响。

一旦他们对此有所了解并知道了钢板的重要性, 就决定只能采用达到一定质量要求的钢板, 这会使制造工艺产生大不相同的结果。他们意识到, 用高质量机器

生产出的钢板与已经使用了 20 年且超出校准范围的机器制造出来的钢板相比, 差别巨大。这并不是说常规钢板成本能够节省 10 美元的问题; 而是意味着购买高质量工具用于可靠生产, 能够为生产工艺节省成千上万美元。

Johnson : 既然你们有目前产品需要采用的激光技术, 那你们是否提高了设备精度? 还是说你们已经能达到必要的切割精度? 目前有哪些难点?

Schmidt : 切记, 我们并不出售钢板, 而是我们制造的设备将会用于钢板的生产。长期以来, 很多买家并未充分了解钢板对其制造工艺会产生多大的影响, 大量钢板生产厂面临着价格的巨大压力, 导致生产商在钢板售价上展开了激烈的低价竞争, 毕竟钢板成本也只有 200 美元至 500 美元, 且地域不同, 售价不同。

很多钢板制造商并不一定具备必要的研发能力来让买家相信钢板的质量会对工艺产生多大的影响。但我们已经发布了一些白皮书, 帮助钢板买家了解对钢板质量产生影响的因素。

Johnson : 除了那些专门生产钢板的制造商, 是否有其他制造商因此而开始将钢板转为公司内部生产?

Schmidt : 是的, 我们遇到过一些类似的情况。我惊讶的是, 这样的制造商并不多。我能想到的唯一理由, 就是 EMS 公司并没有意识到正确处理这类问题的重要性。如果我负责像钢板这样重要的工作, 我希望能完全掌控这个在工艺流程中起着如此重要作用的印刷工具。在质量可控的生产环境中制造钢板, 并不会耗费很大财力。但也有一些公司意识到了这一点, 于是将钢板转为公司内部生产。而其他公司则继续在市场购买钢板。

Barry Matties : 他们为什么不选择在公司内部生产钢板? 遵循的是什么逻辑?

Schmidt : 很多情况下是出于对价格的考虑。在这个行业, 有些 EMS 公司认为从市场中买来这些产品, 用起来也没什么问题。关于钢板为什么能够很好地发挥作用或是无法发挥作用, 人们并没有展开过大量研究, 所以有些公司就继续选择购买的方式, 但这种做法是很令人吃惊的。在这样的行业中, 你会认为人们想对这些制造工艺中用到的工具实现端到端控制, 从而严格控制整体产品质量。

Matties : 如今, 采用设备应该是很简单直接的。

Schmidt : 没错。设备都易于使用。在使用现代设备时, 你可以把一片金属板放在框架里、选择原理图后按下按钮, 就可以生产出一块钢

板了。你在任何地方都能轻松获取到所有信息。

Johnson : 他们在外包这项生产任务时已经把钢板价格加到了客户购买价格中。你可以使用公司内部的工具做同样的事。

Schmidt : 没错。大多数 EMS 公司都认为自己并没有充分使用钢板，使其物有所值。他们可能将在公司内部生产钢板的成本与从专门生产钢板的工厂买钢板的成本相比，而后者因为是专业生产工厂，所以成本要相对低一些。与此同时，他们可能会不再全面监控整个质量，而是选择外包，但这样就会在质量控制过程中出现缺口。

Matties : 与亚洲相比，这更像是北美地区的区域性战略吗？

Schmidt : 这属于一种全球性的状况。在有些领域中，EMS 公司会在内部生产钢板，但大多数公司还是会继续选择在公开市场购买钢板。随着微型化程度越来越高，对工艺制程中可控公差的所有细节进行全面控制，比以往任何时候都更重要。

Matties : 对时间的掌控也很重要。

Schmidt : 没错。当钢板不到位或因各种原因需要

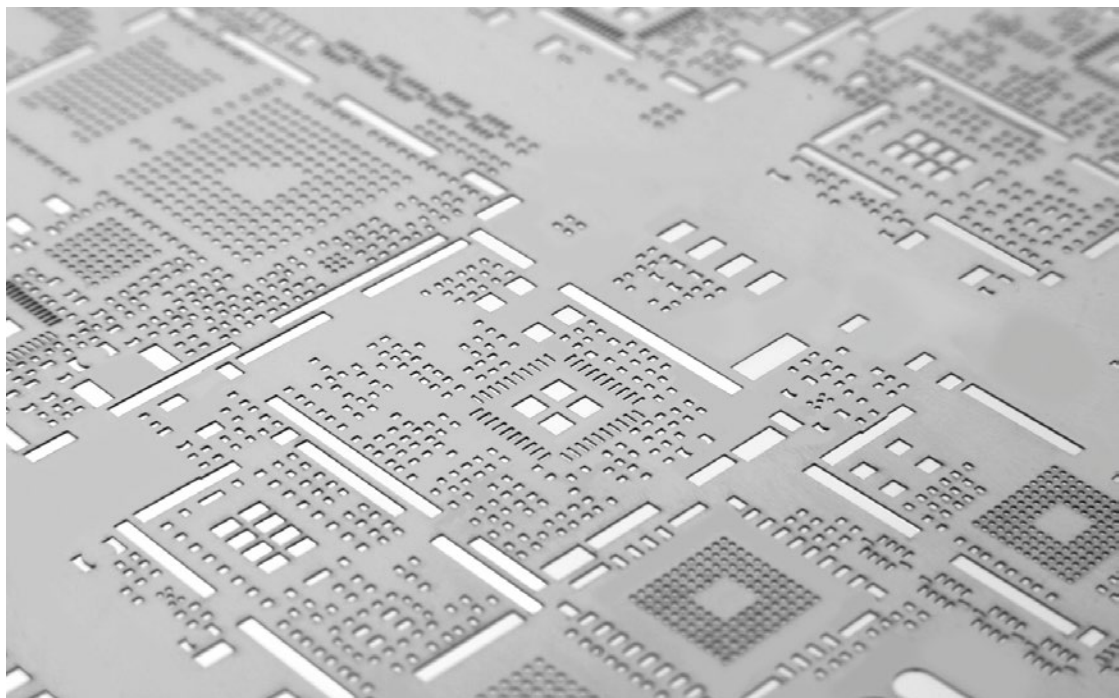
重新切割而导致 SMT 生产线停机时，会付出相当大的成本，而内部具备这些工具就可以避免这类损失。

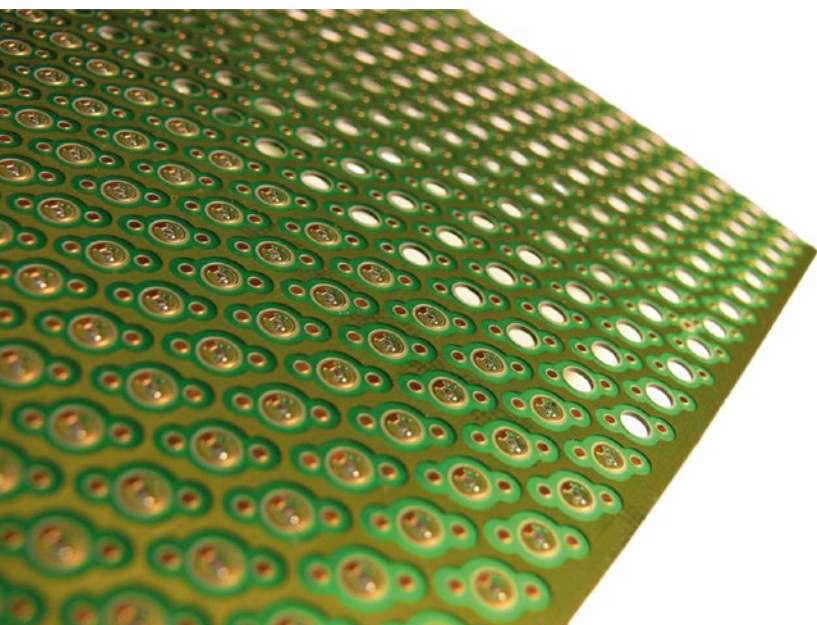
Matties : 你们在出售工具的同时，是否会给制造商潜在的钢板利用提供建议或者说寻找钢板供应商的买家是否想听取你们的建议？

Schmidt : 大多数情况下，我们是把工具出售给钢板供应商和钢板工厂。通常情况下，EMS 公司把钢板转为内部生产并想了解这项技术时，会有兴趣听取建议。他们通过咨询有哪些部件是可以控制的，以及这些设备的适当工作环境。

Happy Holden : 这些供应商用激光切割钢板，一般周转时间是多长？

Schmidt : 钢板供应商通常都是本地企业，大多数钢板都是到最后才进行切割。他们从





EMS 公司那里得到信息，当天就可制作出钢板并发送给客户 / 用户。这么重要的环节为什么不去提前规划？为什么到最后一刻才去完成这项任务？这有可能导致钢板质量低于标准水平。

Matties：我还是对那些公司选择不在于内部生产钢板的行为感到吃惊。

Schmidt：有可能是买家在其他事情都落实以后才想起钢板。有时候人们会想，“生产线上的其他环节都已经就位。我们还需要有钢板，那我们就赶快订购钢板，因为当天就能送达所以不用太担心。”

Matties：你们的设备售价是多少？

Schmidt：我们的设备可以快速生产钢板，所以切割钢板的激光系统通常为 13 万美元至 20 万美元。

Matties：如果他们有自己的设备，可能每个

月会生产更多的钢板。

Schmidt：没错。设计钢板和维持质量控制涉及到电子制造工艺的很多细节。但看到一些 OEM 或 EMS 完全没有注意这些细节，还是令人很吃惊。有些成功的公司了解钢板对质量的影响，会把注意力放在这上面，并且要求其供应链要达到相应的质量标准。

Matties：在切割钢板时，是否存在不同的方法来决定切口的几何形状？还是说只进行一次切割，形状都一样？

Schmidt：在几何形状方面，重要的是切割钢板的系统要遵循严格的公差以保持精度。正如我之前所说，很多线路板最初的公差较宽松，设想一下再加上钢板系统带来的额外公差，对于那些非常小的元器件，要改在焊盘旁边印刷焊膏那是难以保证质量的。

Matties：间距越来越细，可能不久之后钢板就会成为问题，我们会看到越来越多的 EMS 公司要把钢板生产转移回公司内部。

Schmidt：随着人们对钢板重要性的认识不断增强，我们预计将会看到公司在内部——控制良好的环境中生产钢板。大型 EMS 公司具备这样的生产能力，而且他们也意识到了制造过程的重要性，所以他们不会让问题有出现的机会。在公司内部配备钢板切割系统可以保障每一次都能得到同等质量的产品。

Matties：而从供应商那里购买钢板的价格也一定是相当实惠的。除非购买钢板的价格非常

高，否则没有动力不去采用这种方式。

Schmidt：是的。

Matties：你刚才提到有些 EMS 公司每周会切割一块钢板。对此你们有什么建议？

Mirela Orlowski：如果你每周只需要用到一块钢板，那就不需要在公司内部配备钢板激光切割系统。这种情况下，你可以和钢板供应商合作。但如果你需要用到大量的钢板，在内部配备整个工艺流程就比较有意义了，因为可以节省成本并实现端到端的制造工艺控制。

Matties：你们回报率矩阵上的交叉点在哪个位置？

Schmidt：这要取决于买家支付的准确成本，但通常是每天生产 3 块至 5 块钢板的情况下，会让这种成本模型正常发挥作用。如果他们去查看关于生产钢板的所有各种成本，就会发现成本其实立刻就会有改善。

主要由两部分组成：一是 EMS 或 OEM 购置自用设备的 ROI，但第二个问题更令人担忧并且需要行业加大科普力度，即人们是否从一开始就意识到高质量钢板的重要性。即使一家公司每周只购买几块钢板，他们可能并不需要购买相应的制造设备，但他们应该去了解与其利益戚戚相关的钢板制造方式及标准。

Johnson：即使你不想在公司内部生产钢板，也应该确保自己很了解钢板供应商所做的工作。

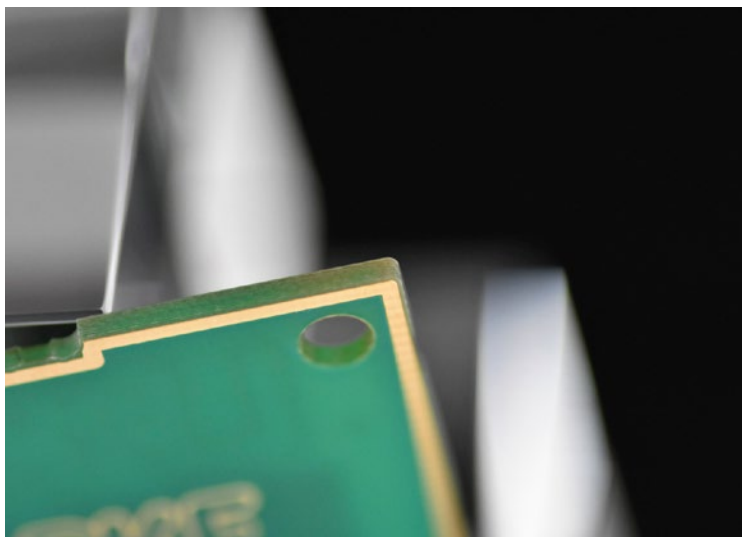
Schmidt：没错。当你叫一辆 Uber 的时候，你肯定希望遇到称职的司机，而不是那些上周才拿到驾照并且还没给车上保险的新手司机。作为消费者，我们应该对自己使用的服务有所了解，对钢板买家而言，能够了解整个制造过程至关重要。现在人们把重点放在了价格而不是质量控制上，这是很令人吃惊的。

Johnson：EMS 服务商应该问钢板供应商哪些问题？

Schmidt：首先应该问钢板供应商质量公差，然后问他们使用的是哪种设备，因为很多钢板供应商有各种不同的系统。如果我是买家，我想确保我的钢板一直是按照特定质量标准使用某个设备生产的，因为不同系统生产出的钢板质量水平不一致。

第二个问题就是数据管理方式。在将数据传输给供应商进行“优化”后，EMS 公司是否可能会对其产生影响？还是说 EMS 公司始终控制着数据，钢板供应商不会更改任何数据？EMS 公司应该去了解这些与其利益相关的事情。

Holden：你们有没有一种设备是既可以用于分板又可以用来切割钢板的？



Schmidt：没有，分板和切割钢板是两种完全不同的工艺。钢板是生产线起始端使用的工具，而分板机则安装在组装生产线末端。尽管都是使用激光器，但方法不同。

Holden：如果同一设备能够同时完成两种加工就好了，在工艺流程的前端用于钢板，终端用于分板，那设备的使用率很高，投资回报率相应也高。

Schmidt：没错。但我们遇到的问题在于激光技术是非常有针对性。其中熔喷工艺用于切割金属板，烧蚀工艺用于分板。这就像是电锯和削皮刀，虽然都可以用来切割东西，但为了能够在各自应用的领域发挥出最好的效果，要针对具体的目的进行不同的设计。

Johnson：材料领域现在正在经历很多变化，这些变化给你们带来了哪些挑战？

Schmidt：从材料领域来看，是有很多新材料面世，但激光器可以很好地处理这些材料。不论是材料还是尺寸，对技术的要求都越来越高。例如，要处理预先铣切的材料，如果器件尺寸非常小或者板上有很多传感器，那就很难切割拼板上的连接桥（breakout tabs）。如今，越来越多的设备上安装了传感器。不能再用力分割拼板，而需要用更温和的方式，不能有太多副作用。公差也是极重要的因素，因为不符合公差会导致小部件装不进小外壳。

如今 PCB 的生产标准已经达到了 10 年前我们无法想象的极致水平。现在材料领域正在经历很多变化，特别是 RF 和无线通讯领域，而激光技术正好对应。我们可以用不同的激光

器应对这些材料变化，因为并不是每种激光器都是全能的，各种激光器都有自己的优缺点。我们可以谨慎地用不同的激光波长和脉冲长度来处理不同的材料。



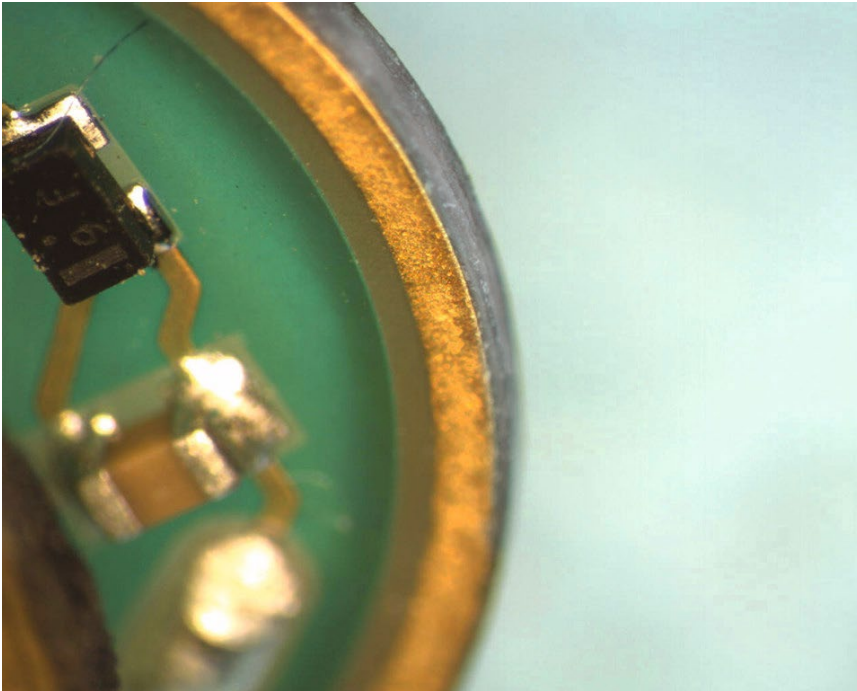
Mirela Orlowski

Matties：对于一般北美的 EMS 工厂在公司内部使用激光切割技术，LPKF 是否就其投资回报率 ROI 展开过调查？总体来讲，你们有哪些发现？

Schmidt：我们在这方面做了大量的工作。有几件事很有趣，我们在这方面遇到的情况和在钢板上遇到的情况有一点相似。针对直接的 ROI，对比电路板的拼板，其分离方法是取决成本多少的因素之一，也是关注的重点。一把钳子或者激光切割设备，后者在这个方面并不一定能展现出较高的性价比。

但如果你去比较良率，就很不同了，再加上考虑环境管理因素时，就更有帮助了。例如，当使用铣切系统或锯子的时候，在减轻车间浮尘方面所做的工作和花费的成本是相当大的，不仅是为了保护工人，也是为了保护敏感元器件——尤其是容易被浮尘影响的电路板上的光学传感器或其他传感器。

另一个因素就是震动。使用暴力的方法将高度敏感的电路板从拼板上撬下来，这种做法会让电路板因震动而导致严重的良率问题，尤其是有大量传感器的情况下。计算 ROI 时也



款工具轻松加工不同类型的材料，还可以轻松使用同一款工具处理不同的应用，比如切割、钻孔和创建槽腔等。这是激光系统的优势之一，特别是在材料和应用都是多品种小批量的北美市场中。和机械加工方法相比，这是激光技术的一大优势。

Johnson：你们的设备如何适配 CFX Hermes 数字工厂的基础设施？

Schmidt：我们的设备可直接与生产执行系统集成，特别是针对分板操作。我们能用激光设备读取数据代码

应该考虑到这些情况，此外还应考虑速度，现代分板激光系统和机械铣刀系统不相上下。十年前，激光技术还只能在精巧的应用中使用，也就是无法用其他方式切割的薄电路板，现在和那时比起来可谓是向前迈了一大步。

如今，激光技术对主流应用更有吸引力了，因为使用这种技术加工的产量和使用机械分板方式的产量旗鼓相当。与此同时，激光技术加工的良率要远远高于机械分板，并且还避免了工厂车间内严重的浮尘问题。

Matties：而且也不需要其他切割工具。

Holden：你们的激光技术可以对电路板进行微型机械加工吗？

Orlowski：现在会越来越多遇到这样的应用。激光作为工具——特别是用于分板操作的激光和波长——其好处就在于可用于多品种小批量生产。通过调整机器参数，不仅可以使同一

或条形码，甚至可以在电路板上写条形码。也可以对拼板内的某一块电路板进行分板处理。例如，如果特定的某一块电路板在进入分板处理阶段之前就已经被判定为无法正常使用，那就可以自动跳过这块电路板以节省生产时间。我们的工艺可完全集成到现代生产执行系统的环境当中。

Johnson：这是我之前没有考虑到的应用。你可以将失效的电路板留在拼板上，甚至都不需要去管它们。

Schmidt：没错。这一切都是为了提升效率。在医疗制造领域，很重要的一点是我们能够收集到完整的切割数据，这样一来就可以追踪到具体是哪台机器切割了哪块电路板，以及使用了多大的激光能量等。

Orlowski：如果切割的每块拼板上也许有 300 个至 400 个部件，那么避免切割已坏的部件

可以在产量上提升效率。如果拼板上部件数量非常多，那么能够跳过失效电路板的功能就变得十分宝贵了。

Johnson：这也很容易让客户找到问题源头。

Matties：还有其他内容想要向读者介绍吗？

Schmidt：公差是非常重要的一环，同样重要的还有基准点识别或者是总体定位系统，尤其是在分板操作中。大量电路板都会经过预铣切处理，这就意味着已经具备经过了光刻处理和化学蚀刻的原理图。然后有机械铣刀系统做出的铣削通道。这是两个完全不同的平台，分板机器必须要平衡好这两种不同平台规定的公差，从而得到最佳效果。你想得到一个外部尺寸切割得当的电路板，但也要确保没有小片留在连接桥，以使小部件适合具有挑战性的外壳或包装。分板系统具备优质的光学定位系统来查看电路板上的原理图和机械预铣切部分非常重要。

Orlowski：我想再次强调的另一点是，市场仍然需要更加了解分板可使用的激光工具。我们还是经常会碰到一些公司认为分板工具仅可用于薄的挠性电路。这只是 Stephan 刚才提到的十年前的情况，这些年来，这项技术已经得到了飞速发展。目前，分板激光技术最常用于标准的 62 mil FR-4 电路板，很有必要让人

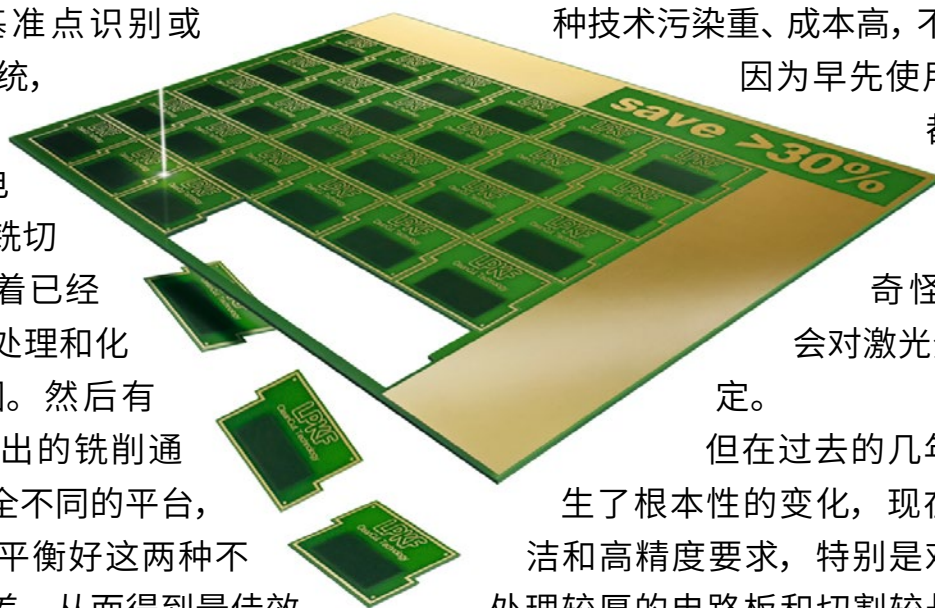
们知道的一点就是，激光技术已经由来已久，现在可针对各种材料和厚度进行分板或钻孔处理。

Schmidt：鉴于激光分板还刚刚起步，并不像铣削或注塑成型技术这样为人们所熟知，而且很多公司之前用廉价的大功率 CO₂ 激光技术烧蚀电路板进行分板，这种做法让很多人因此对激光分板技术产生了不好的印象——认为这种技术污染重、成本高，不适合所有应用。

因为早先使用这类技术的人都是使用 CO₂ 激光器，效果非常糟糕，也就不奇怪为什么有些人会对激光分板技术全盘否定。

但在过去的几年里激光技术发生了根本性的变化，现在已经能满足清洁和高精度要求，特别是对于小部件。在处理较厚的电路板和切割较长的线路时，使用这种技术的性价比非常高。现在很多应用都是用激光器切割整块电路板，所以再也不需要预铣切了。这也给拼板节省了空间，举个例子，机械铣刀的刀头直径是 8 mil，而激光光束的直径要比这个尺寸小很多。把所有部件都放到同一块拼板上然后用激光处理，可以节省很大的板面。需进一步认识到，激光现在已经不像早些时候那样用于穿透电路板，已经实现了飞速发展。

Matties：在过去几年里，你可能已经见证了很多改变。对于未来激光技术的发展，你怎么看？



Schmidt：激光技术会更快、更清洁、更温和、更精确。目前实验室已经研发出了完全不同类型的新激光器。未来 10 年，可能会以相对合理的价格将新型激光器应用于制造系统。我们看到市面上已经有价格合理的短脉冲激光器，而 5 年前没有公司能负担这种设备。如今，这项技术已经不太昂贵，而且可以根据不同需要提供不同水平的加工质量，这是我们在过去使用其他激光技术所不能实现的。激光领域会迎来更大的发展。

Matties：你说激光技术的生产效率和机械加工势均力敌，但在环境和其他因素方面的优势则让激光技术成为了更好的选择，比如精确性这个优势。

Schmidt：没错。我们实现了更严格的公差，相比机械加工时受到的影响（例如震动），这项工艺也更加温和，污染程度也更轻。很多制造商都忽视了污染物这一巨大因素。他们只关注良率，通常并不能意识到其实可以用激光技术操作从而避免清除浮尘来实现良率。如果一开始就可以避免产生灰尘污染呢？

Matties：如果加工速度相当甚至还要更快，那为什么还不尽快使用这项技术？

Orlowski：现在的趋势有所改变，因为制造商意识到激光技术的加工速度已经和铣刀加工的速度不相上下。改为激光技术之后，再也不需要在加工流程完成之后清理电路板上的毛刺。说回 ROI，不应该将铣刀的价格和激光设备的价格进行对比。相反，你应该将铣刀的成

本、治具成本和加工后的清洁成本与激光设备的价格进行对比。这两者还是有很大差别的。

Holden：我们一直在发表有关新型高密度结构 VeCS 的文章。它不需要孔，而是利用一道沟槽，利用侧壁和台面连接到内层。他们还是使用机械铣刀，但如果恰当使用激光技术，精准度和效率都要远远高于机械铣刀。

Schmidt：是的。激光技术可以选择性地加工不同位置，分辨率也更高。

Matties：激光对行业的影响范围是很大的，这种影响会通过各种方式持续显现。

Schmidt：激光的用武之地很广，但采用激光技术往往具有特殊目的，所以通常是专用型。而适用于一切的通用型情况已经不复存在，而且也不可能再次出现。

Orlowski：因为激光技术能带来更好的结果。这才是关键所在。

Schmidt：没错。

Matties：真是有意思。谢谢你们抽出宝贵时间向我们介绍专业知识。

Schmidt：也谢谢你们。我们很荣幸能够提供一些帮助。

Orlowski：非常感谢。PCB007CN

新书推荐： 印制电路组装商指南 工艺验证

by I-Connect007

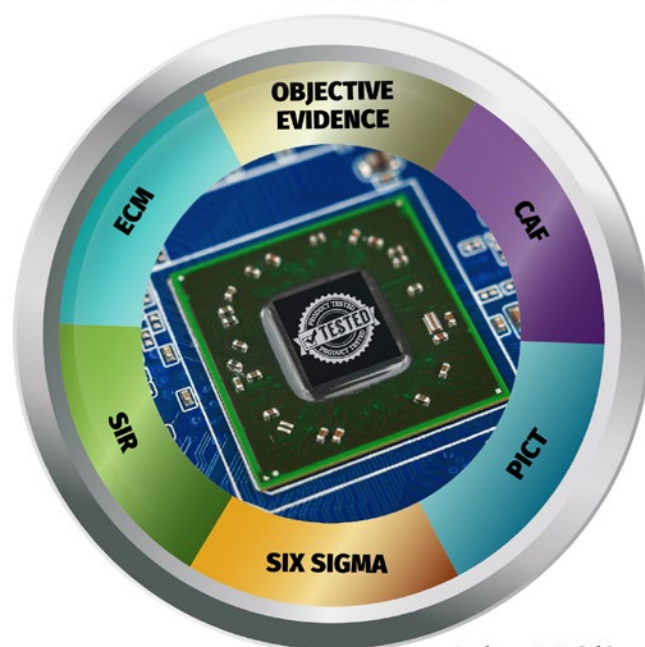
鉴于目前智能基础设施、联网汽车、电动汽车的发展趋势及它们对无所不在的充电桩的需求，加上工业互联网及其他行业的发展，可以说，电路总成比以往更广泛地用在潮湿的且可能具有腐蚀性的环境中，因此，它们更可能由于电化学迁移（ECM）产生树枝状枝晶而发生故障。另一方面，由于会影响电子层面上的局部湿度，具有自加热功能的电子设备的工作方式、外壳设计概念以及较大的热质量所产生的影响（例如在汽车应用中）都已经确定，并且已采取对策，以降低其 ECM 风险。

点击以下链接注册并免费下载该书

获取下载链接

印制电路组装商指南

工艺验证



Graham K. Naisbitt
Gen3

I-007
Books



作者简介

Graham K. Naisbitt
董事长兼首席执行官

Graham K. Naisbitt 是英国伦敦市荣誉市民和英国营销者同业公会的会员，还是 IEC Lord Kelvin 1906 奖的获得者。Graham 于 1969 年在法国工业工程协会 Socaltra 公司开始了他的职业生涯，后来他在法国重工巨头 Fives Group 公司工作，1979 年至 1985 年期间，他在 Babcock International 的德国子公司 Claudius Peters AG 工作。



ProtectoXP
Coating



THERMAL SYSTEMS



细节制胜——Protecto防护层喷涂系统

- 保护敏感型电子组件免受腐蚀或其他外部环境影响的损害
- 多功能喷嘴支持所有类型的标准防护涂料
- 根据不同的应用需求可进行点胶、喷涂、喷射或帘涂工艺
- 具有更高的精度和可靠性！
- 显著提升电子产品的质量和耐用性
- 可与干燥/固化系统配套进行自动化联线应用

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 | info@rehm-group.com | www.rehm-group.com



1979 年, Naisbitt 家族创立了 Concoat Ltd. 公司, 1985 年 Graham 回到了该公司, 从重型工程转入电子行业, 成为 HumiSeal 在英国的分销商。1979 年到 2005 年, Concoat 成为了 HumiSeal 三防漆的许可制造商, 同时还形成了许多三防漆独家配方。

Concoat 于 1982 年开始研发三防漆涂覆设备, 其产品线已扩展到在线浸涂和喷涂系统。到 2002 年, Concoat 从 Henkel KGaA 收购了 Multicore Solders SPCID (焊接工艺设备部), 从而扩大了其设备制造部门。在将 Concoat 出售给 HumiSeal 之后, 于 2005 年创建了 Gen3 公司。Graham 的两个儿子加入公司后, 成为家族公司的第三代继承人。

Graham 在电子行业拥有 40 多年的经验, 是三防漆、清洁、SIR 和 CAF 测试, 电化学可靠性、可焊性和制程控制方面的专家, 撰写了 100 多篇技术论文, 并在世界各地发表演讲。他还是 IPC 5-30 清洁和涂覆委员会的现任副主席, 该委员会涵盖 15 个测试标准工作组, 并且是 IEC TC91 的维护负责人, 负责 SIR、CAF、离子污染测试和可焊性。Graham 是 Gen3 的董事长兼首席执行官, 该公司是一家非常成功的家族企业。

以下专家审阅了该书



Mike Cummings
技术总监
TSI

“这本书对电子电路进行清洁并去除污染物的重要性进行了深入浅出的介绍。考虑到在

当今互联世界中高可靠性电子的重要性日益提高, 这本书的内容非常及时并且重要。”

Mike Cummings 在制造相关的行业中从业已经超过 47 年。最初他在 Ferranti Defense 公司进行雷达系统测试, 然后开始薄膜厚膜以及 PCB 制造的缺陷分析。在 20 世纪 80 年代, Mike 被五角大楼认证委员会 (Pentagon Certification Board) 任命为 Cat A MIL-STD-2000 高级讲师和审查员。他还与华盛顿特区的 Harry Diamond 实验室合作进行焊料动态管理, 并参与了无铅焊料以及无助焊剂焊接开发工作。Mike 于 1992 年加入 TSI 公司, 开始咨询服务, 为用于包括露天采矿到海底探究等用途的电子产品进行失效分析, 并提供故障排除服务, 专攻电子制造领域。



Lothar Henneken 博士
汽车电子高级专家和六西格玛黑带大师
Robert Bosch GmbH

“对于想要以负责任的方式和最先进的材料以及工艺鉴定技术来应对电子器件的耐湿性和电化学可靠性问题的人, 这本书是必读书籍。”

Lothar Henneken 博士曾在德国帕德博恩大学和加拿大滑铁卢大学学习化学和化学工程, 并获得了化学硕士学位和自然科学博士学位。从 1994 年开始, 他在德国杜塞尔多夫的钢铁行业工作, 主要研究电镀工艺的优化。

1997 年 Lothar 在 Robert Bosch GmbH 公司的表面技术部门从事研究工作, 开发定制的电镀和化学镀工艺。自 2008 年以来, 他一直在 Robert Bosch GmbH 公司的汽车电子部门工作, 致力于开发组装和互连技术。Lothar 不仅是表面技术高级专家和六西格玛黑带大师, 还是 PCBA 表面失效分析、PCB 最终表面处理的技术规范制定和品质保证方面的专家, 他还为实现应用于汽车的电子控制单元的耐湿性, 从材料和工艺上提供策略。

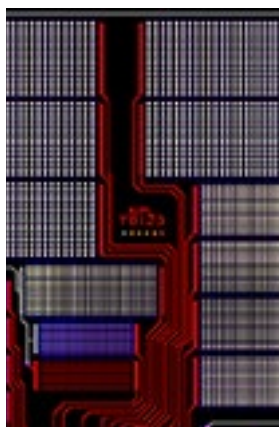
章节介绍



第一章

污染测试的历史

第 1 章介绍了污染测试、ECM 迁移和可靠性、清洁度以及工艺控制、表征和验证。



第二章

使用 SIR 和 CAF 测试方法进行绝缘电阻测试

第 2 章详细介绍了 SIR 和 CAF 测试, 包括它们的历史和测试结果示例。



第三章

在电子电路组装中达到六西格玛标准的离子污染工艺控制

第 3 章涵盖了与工艺离子污染测试相关的各种主题, 例如验证、参数和优化。



关于 Gen3

Gen3 的三代人不断为电子行业设计、制造和供应测试和测量设备, 避免您的电路现场工作时发生失效。

我们追求卓越, 享誉全球。我们的团队由行业专家组成, 他们致力于为电路测试、测量和符合性制定标准。我们与重要的行业协会合作, 提供我们独到的经验和专业知识, 从而让业界都知道要如何取得成功。Gen3 是追求产品保护的客户的首选, 精确是我们的标准, 我们的目标是行业的导师和最前线的卫士。

在高可靠性领域, 存在太多的风险, 必须杜绝错误。测试必须是有限且无缺陷的。Gen3 了解您对精确的需求。您的风险越低, 离完美越近。PCB007CN

在高可靠性领域, 存在太多的风险, 必须杜绝错误。测试必须是有限且无缺陷的。Gen3 了解您对精确的需求。您的风险越低, 离完美越近。PCB007CN

小问题和 设计成本管理

by Andy Shaughnessy
I-Connect007

DesignCon 研讨会期间，我采访了 Mentor, a Siemens Business 公司负责高速设计的产品营销经理 Todd Westerhoff，探讨了常见的设计问题和何种才是节约成本的 PCB 设计。他解释了简单的问题如何导致严重后果，造成交付延迟，以及一阶分析如何使不愿意做模拟的设计师开始愿意做仿真。

Andy Shaughnessy：给读者讲讲“小问题”如何让大家陷入困境。你说，我们（作为设计师）很好地应对了重大挑战，但项目总是被拖延。

Todd Westerhoff：大约一年前 Lifecycle Insights 公司进行了一项研究，我发现这项研究很有说服力。他们问公司：“您在设计过程中采用了多少仿真？您在时间、预算或发布日期方面是否达到了预期目标？”最有趣的两个发



Todd Westerhoff

现与进度和预算有关，只有四分之一的项目能够按时、按预算交付（也就是按照计划交付）。

Shaughnessy：即使四分之一都可能是乐观估计。

Westerhoff：对，在进行更深入的研究后，发现按时交付的项目只有 30%，而且是通过增加额外人员才能按时完成计划，28%的项目延迟交付，17%的项目被完全取消（可能是因为资源抽调至了其他项目）。最重要的是，设计项目的成功率为 25%，这是一个问题。

为什么会这样？考虑一下设计师要努力协调的所有不同要求：SI、PI、EMC、机械间隙、振动、可靠性等等。当今时代，所有这些要求都已发展为专业人员或专家级的领域。设计师周围有一个专家网络，他们需要专家的时间和投入来推动他们的设计。问题在于，每个专家

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

©2009 DownStream Technologies, Inc. All rights reserved.

都将目光投向设计的各自部分，但是如何将所有这些输入转变为指导设计权衡的整体视图？如何做出这些决策？设计师是否充分理解每个专家的输入，并能在电路板设计中做出正确的权衡？从成功率来看，答案也许是否定的。

另一件有趣的事情是，当我们询问客户他们所面临的挑战时，他们说：“我们并不需要在诸如 112 Gb / s 串行链接或 DDR5 接口这样的难题方面得到帮助。这些都是大的挑战，但我们可以集中精力解决它们。但有一些我们不关注的简单事情，经常会给我们带来麻烦。”

大多数 SI/PI 专家都会使用自己开发的独特流程以及使用各种不同的工具，他们的流程是一系列复杂的步骤，通常只有他们才能运行，因为流程是为他们自己使用而设计的。专家们重点解决的是这些棘手问题，而不是为其他人遵照执行建立流程。再加上我们的公司似乎没有足够的 SI 专家，最终会遇到设计分析的瓶颈。

专家们重点解决的是这些棘手问题，而不是为其他人遵照执行建立流程。

我们都以相同的方式管理稀缺的 SI 资源，根据风险和优先级来确定接口，只有最棘手的问题才会得到专家的关注。因此，专家关注的设计越来越少，其他设计和制造都遵循制造商指南或行业最佳实践（经验法则）。这些接口如何得到验证？你明白的：老式人工设计评审。

Shaughnessy：大多数设计评审会议都很枯

燥乏味，您在这方面是如何看的？

Westerhoff：是的。让我们面对现实：人工设计评审会议是漫长枯燥而乏味的。大约 20 年前，我们询问了 Sun Microsystems 公司的 EMI 专家，他们如何审查电路板的 EMC，他们说：“我们逐层查看布局。”当时我很惊讶，想知道他们如何避免劳累。事实是，20 年后，这仍然是审核大多数设计的方法，而且不仅局限于 EMC。

如果 10% 的设计引起专家的关注，那么 90% 的设计可能被忽略。设计师和他们的同事正在审查设计，并希望做到最好。鉴于现代设计的复杂性以及该过程的重复性，遗漏一些内容也就不足为奇了。

我们有一个名为 HyperLynx DRC 的产品，该产品对相关领域的设计规则（SI、PI、EMC、模拟、安全）进行编码，可自动检查设计以识别可能的问题。请注意，我说的是可能的问题，而不仅仅是出现的问题，这是重点。你可以将其视为“设计规则扫描程序”，可以快速地确定设计师需要审查的区域，从而判断设计是否可行，或者需要详细的分析调查。重要的是检查速度快和跨领域，且设计人员可以直接完成分析。

Shaughnessy：对，设计师不想要一个需要博士学位才能操作的工具。

Westerhoff：的确如此，但在简单性和实用性之间需要平衡。所有人都希望一切都简单，这样不经过培训，就可以使用，从中获取有用的信息。特别是对于 DRC 检查，你描述的越详细，输出就越有用。当我使用 DRC 检查设计

的去耦电容放置时，需要知道标准是什么，需要知道 IC 上的哪个引脚是电源引脚，如何识别去耦电容以及从 IC 到去耦电容的最大允许距离是多少。这并不难，但我仍然需要进行一定的设置才能获得有用的输出，这是一个复杂的过程。有一类人会毫不犹豫地去做，而另一类人甚至不会付出那么大的努力，而后者往往会说：“如果需要额外的工作，我没有时间，我不会去做。”

Shaughnessy：我们遇到一些设计师，他们把 DRC 和 DFM 混为一谈。他们运行 DRC，认为那就是 DFM。

Westerhoff：这是可以理解的，因为两者本质上都是基于规则的自动检查。DRC 倾向于关注设计功能；如果您不进行更改，设计就不会正常发挥功能。DFM 往往更多地涉及批量生产的能力，肯定存在重叠部分。

我认为，在 DRC 检查出潜在问题之后，另一个令人困惑的问题出现了。怎么解决呢？DRC 并不能总是发现严重错误。有时，它会标记出需要进一步考虑的事情；他们可能是一个问题，也可能不是。这些问题需要设计人员进行审查，它们往往分为三类：明显的问题——不需要更详细分析，需要解决的问题；明显的不是问题的问题，不需要更详细的分析，可以标记的问题；不清楚的问题，需要模型和仿真来确定需要做什么。

好消息是第一类和第二类问题比较好解决，不会给那些稀缺的 SI 资源带来任何负担，并且它们也提高了设计的质量。第三类问题最有趣，大多数情况下，唯一的选择是将问题传给专家进行分析并等待结果。当然，如果专家们太忙了，你要做出最好的预测，并希望得到最好的结果。

但是，如果您不需要专家级的仿真来解决问题怎么办？我们一直在与客户合作，以简化的

方式将仿真直接交到设计人员的手中。我们让设计人员每天在布线电路板时都能看到仿真结果，目标是能够在布局过程中发现问题并进行纠正。我们要避免直到布局完成后才发现问题，因为此时更改设计是最困难和最耗时的。

没有足够的专家来解决问题，怎么办？诀窍在于，我们不需要达到专家的

精度，不需要专家通常做的签核质量仿真。我们可以做一些简单得多的事情，因为我们正在寻找明显不正常的问题（过多的铃声，过多的串扰，总线延迟不匹配）。我们称此为一阶分析。我们使用 3D EM 解算器精确地模拟互连，但是我们没有像签核分析那样进行相同级别的模型建立和后处理，因为我们只是在寻找异常值。

Shaughnessy：设计师过去通常不想做模拟。现在他们为什么开始愿意这样做？



Westerhoff：传统的方法是寻求更多的专家和更复杂的工具，但我们已经到了一个转折点。在设计界中，SI / PI 专家的比例持续下降，设计复杂度不断。许多设计师避免选择 SI 工具，因为学习曲线太陡了，而且越来越陡。我们认为需要一个专家来做任何事情，但是他们太忙了，现在怎么办？这里有一个有趣的问题：有多少房主还能修补墙壁或更换电灯开关？

Shaughnessy：我可以，而且必须做，因为我是房东。

Westerhoff：室外水龙头怎么样？去年冬天，我忘了给外面的一个水龙头放水，当温度降至 2° F 时，水龙头内部的水膨胀，水龙头破裂。由于是结冰没有立即泄漏，但是随着天气回暖，它在我房子的后部形成了一个漂亮的结冰瀑布。重点是：水龙头本身价值 10 美元，但修理水管工却花了 250 美元，因为我自己没有工具或技能来完成这种维修。

我认为 SI 与这种情况类似。设计师们等待专家的意见和审核，甚至在一阶分析结果允许他们进行的情况下，他们都需要等待。事实是，专家不想再被简单的问题打扰，而设计师又想等待专家的意见，那么为什么不打破这种僵局呢？

我们发现，将 DRC 检查和一阶仿真结合起来可以非常有效。我们使用 DRC 检查扫描设计并定位关注的区域，然后使用一阶仿真来查看该部分设计的表现。结果并不是有关 I/O 行为的细节，而是有关互连行为的细节，因为这正是系统设计人员在设计的系统。确切的细节往往因情况而异，但是重点始终是确定设计的可疑区域，使用适当级别的 EM 建模来捕获

特定类型的效果，然后利用仿真尽可能简单地激发并观察该区域。我们已经能够通过这种方式为客户创建完全自动化的流程。PCB 设计师在一天结束时检查一块电路板，第二天早晨就会有一组仿真结果出来。

Shaughnessy：另一方面，你的客户是否对节约成本设计功能有需求？我们问客户是否知道他们设计的总成本，他们通常不知道。

Westerhoff：我认为大多数设计师都无法很好、可靠地获取成本信息。在大多数公司，这些信息都由其他部门负责，而且成本会随时间而变化，所以在我设计电路板时，建造成本可能不是批量生产成本。如果你在谈论总成本，包括工程成本和其他管理费用，那么我认为设计人员不可能统计出来，这些数据分散遍及整个公司，当它们全部汇集在一起时，可能仅有高级管理层能共享。

设计用于大批量生产的产品意味着什么？设计我的健身跟踪器的人很可能对生产成本有一个很好的了解，因为他们预计产量将达到数百万，每一分钱都很重要。设计我的笔记本电脑的人可能对体积和成本敏感性有不同的想法。在我的那个“超大型计算机”网络时代，第一版设计首要关注的是功能、性能和如何进入市场；而降低成本是之后的事情，因为产量会较低，产品寿命更长。

让我们从 SI 专家的角度来看一个流行的消费产品案例，批量大，设计成本至关重要。高速设计的经验法则之一是通过布线信号到接地层来提供完整的返回路径。然而，增加接地层（如果涉及到这一点）就会增加相应的成本，项目的目标成本可能无法支持这样做。所以需要

要改变规则，可以参考同层的电源层、接地形状的走线，或者其他。这样就会大大提高建模和仿真的门槛。为了确保设计能够正常运行，您需要明确地为信号返回路径建模，我们称之为功耗感知仿真。这样就可以将成本优化提高到一个全新的水平，但是我还没有看到很多人去这样做。我希望能听到更多有关这类仿真的信息，因为我认为它很有吸引力。

Shaughnessy：对于希望减少批量设计电路

板成本的管理人员来说，这似乎是一个好的选择。

Westerhoff：同意你的观点，我们拭目以待。

Shaughnessy：谢谢 Todd，感谢您与我分享这些信息。

Westerhoff：不客气，Andy。PCB007CN

如何应对封装寄生效应

几十年来封装技术不断发展演变，从通孔封装演变到 SMT 封装，封装间距在不断减小。影响封装选择的因素有很多，例如成本和实际尺寸。但几十年来，封装寄生效应在封装选择时起到的作用却并没有改变。例如，尽管芯片设计师已经要应对皮秒级的性能问题，但系统设计师仍然需要解决纳秒级的性能问题。性能降低 1000 倍是因为芯片的封装通常会引起寄生效应，而且不同种类的封装会引起不同的封装寄生效应。

封装寄生效应是那些不理想的引线（封装外）和键合金属线（封装内）的感抗和容抗阻碍了电子以更快的速度到达目标位置。电子都是以束的形式光速移动，但封装寄生效应会降

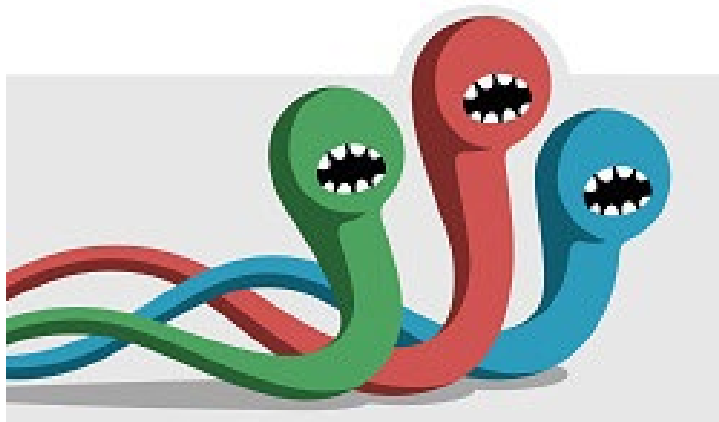
低电子移动的速度。为什么我们需要处理封装？尤其是它还产生了寄生效应？我们就不能放弃使用封装吗？为什么要承受寄生效应的干扰？

为了回答这些问题，我们需要提出下一个逻辑问题：除了产生寄生效应，这些封装还能发挥什么作用？

答案是封装的作用非常大。例如，封装可为芯片供电以使电子移动。这些电子总是在迅速移动，所以产生了很多热量，封装可以将这些热量散掉，

以便让电子继续快速移动。如果热量没有充分散尽，较高的结温（硅的温度）就会使电子移动速度减慢。因此，封装可以加快电子移动速度。

更多详细的内容，请[点击阅读原文](#)。



Cadence 公司 通过自动化 助力 PCB 设计

by Andy Shaughnessy
I-Connect007

“DesignCon”研讨会期间，我采访了 Cadence 公司系统分析组的产品管理主管 Brad Griffin，共同探讨了 PCB 设计师在降低成本方面的一些做法，以及 EDA 公司如何通过自动完成某些耗时的任务来帮助这些设计师。正如 Brad 所说：“EDA 中的 'A' 是代表自动化。”

Andy Shaughnessy：很高兴再次见到你，Brad。几分钟前，我们讨论的是设计师如何在设计周期中通过增加利润和减少浪费来实现可盈利性设计。可以谈一谈你对可盈利性设计的想法。

Brad Griffin：如果你问 Cadence 公司能为可盈利性设计带来什么，答案是提高效率。我们是可以提供设计工具和分析工具的少数公司之一。过去的做法是你设计了一些东西，把它扔给别人，别人分析你的设计，找到你设计中的

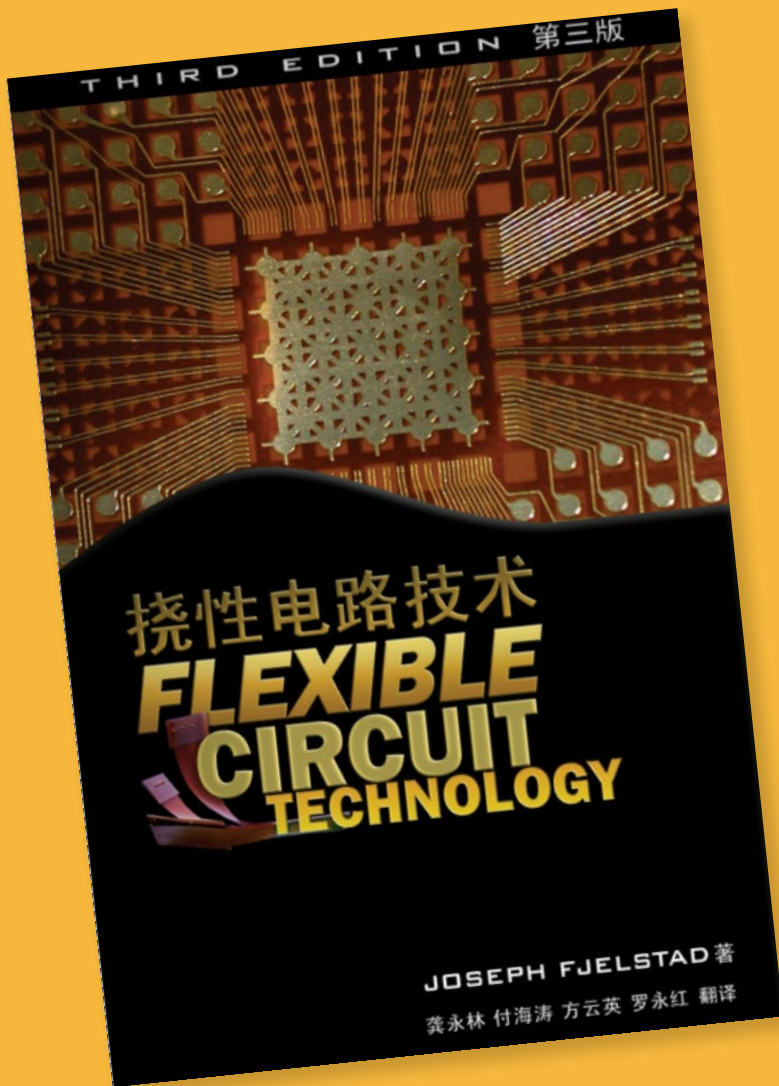


Brad Griffin

很多错误；然后，他们再把这些信息反馈给你，这是一个来回的反复过程。也许你构建了一个样品却发现它不能正常运行。所有这些都使得设计周期变得非常长，这肯定不是可盈利的方法。你越高效，越能将产品更快地投向市场，就越能使你的产品和产品线盈利，最终就可以越多地生产新产品。

我们的想法是引导客户在设计产品时，及考虑信号完整性（SI）及电源完整性（PI）时，进行设计内分析。他们提出的引擎与专家要用来签字的引擎是相同的，但它们的呈现方式并不一定很专业。你可以快速查看电源层，并确保电源不会产生太多分割的区域，太多分割区域将引起电压降低，导致不能把电源传到电路板上特定的元器件。如果你可以快速进行审查，而不必请 PI 专家审核，那么您将成为更好的设计师，并且可以缩短设计周期。我们可以采取任何措施帮助设计人员在请 SI 或 PI 专

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

家审核之前就能设计出更好的电路板，将可缩短设计周期并提高设计的整体盈利性。

Shaughnessy：我们一直听说，制造电路板成本的 80% 是在设计周期中确定的。

Griffin：是的。2012 年，我们收购了以 SI 和 PI 闻名的 Sigrity 公司。自从我们收购他们以来，我们的使命就是将这些引擎嵌入到 PCB 设计工具中，包括 Allegro 和 OrCAD。现在，Allegro 具有一些设计内分析功能，这些功能可以查找阻抗不连续性、附近耦合性更强的信号，并可以查看返回路径的质量。所有这些都在底层使用 Sigrity 引擎，但设计人员并不知道。他们说：“执行阻抗检查”，Sigrity 引擎就可扫描电路板，并向他们提供异常值列表。

我们最近发布了一款名为 Sigrity Aurora 的新产品，该产品弥补了设计工具与签字需要的最终 SI 和 PI 分析之间的差距。Sigrity Aurora 和 Allegro 之间的区别在于，我们提供了额外的作业流程，这些作业流程假定用户具有一定的 SI 或 PI 经验。用户将确保为驱动器和接收器分配了 IBIS 模型，并且对于 PI，我们的 PowerTree 实用程序用于分配所有电源和电压，所以用户可以运行 AC 和 DC 分析。同样的 Sigrity 引擎可嵌入到用于阻抗和耦合

屏蔽的 Allegro 中，现在可以在 Allegro 用户体验的基础上用于 Aurora 中的传统 SI 和 PI 分析。你将在层次分析中增加复杂度。此外，我们使用相同的引擎和模型，可实现无缝过渡到高级 SI 或高级 PI 分析，这是一个持续不断的流程。

Shaughnessy：是始终在后台运行还是按需运行？



Griffin：到目前为止，我们的策略是按需运行。他们所做的所有事情都与区域填充检查和改变形状有关，我们不想浪费他们需要的任何 CPU 功能。我们有按需检查的功能，当他们准备就绪时认为：“在被 SI 专家嘲笑之前，让我先进行一次阻抗检查。哦，看到了很多我可以解决的问题。”它旨在成为

减少设计迭代的有用工具，但不会削弱布局工具的任何功能。

Shaughnessy：如何使设计师使用新功能？其中有些人太守旧了，与使用自动布线器相比，他们更愿意花更长的时间手工布线设计，他们为以旧方式做事而自豪。

Griffin：与 PCB 设计师交谈时，我认为他们可以分为两类。一类是他们使用 Allegro 已有

25 年了，而且不会改变。他们了解其中的每个功能，你为他们提供了一项新功能，他们会说：“不，我对自己拥有的一切都很满意。”但是，由于许多这样的设计师退休了，因此出现了新的、更年轻的设计师，但是年轻的用户习惯于在手机上使用应用程序，他们希望事情变得更方便。老实说，他们可能正在研究我们在设计中进行的分析，希望它们在后台运行。我们现在正处于过渡阶段，我们既为那些真正的守旧者服务，也为那些新加入的年青人服务。

Shaughnessy : 最近，我们问设计师是否知道每个设计的成本，以及设计的总成本。一些经理说：“我们只知道在这上面花了多少时间。”你们了解你们的用户是否有跟踪设计的平均成本吗？

Griffin : 这是 PCB 设计中正在发生的一件大事。同样，这不一定是我的专业领域，这意味着他们使用产品生命周期管理工具检查正在进行的工作，管理者通过信息板掌握员工花了多少时间以及选择了哪些部件。他们选择的部件最具成本效益吗？公司数据库中有很多关联数据。当选择材料时，DesignCon 的许多工程师将不得不做出艰难的决定。一些先进材料的成本要高得多，你需要这些材料吗，还是可以买些成本低的材料进行替代？

那是可盈利性设计相关的另一个领域：当



I-Connect007 editor Andy Shaughnessy (right) talks with Brad Griffin of Cadence.

你想使用成本最低的材料时，仍然希望其性能处于领先地位，因为你不能处于竞争劣势，否则你的竞争对手的速度会是你的两倍。你的 SI 专家具有查看材料和查看信号质量的专业知识，而且要价格便宜。他们可以权衡所有这些因素，然后说：“我找到了一些方法可以使该电路板的成本降低 5 美元。”当产量达到一百万个时，结果会大不相同。

Shaughnessy : 你的客户是特别要求提供更具成本意识的设计功能，还是希望在设计过程中预先获取更多数据，从而最终帮助他们节省时间并降低成本？

Griffin : 对，这是另一个例子。我们拥有一种称为 PowerTree 的技术，这是我们最初与思科合作后推向市场的技术。创建原理图的人不知道他们需要多少个去耦电容器，因此会把一堆去耦电容器放到设计上，不一定能很容易地

找出去耦电容器与哪个元器件相关。另一个大问题是，有时你必须分割电压，以满足所有不同元器件的所有要求。

现在，如果你在任何设计工具中执行此操作并通过一个过滤器元器件，最终会发生的结果是过滤器输出的那些网络可能全部由该工具而不是设计者命名。但是，这些网络是重要的网络，如果您是 PI 工程师，则必须分析这些网络。思科的员工在设计结束时花了很多时间来确定他们在运行 PI 分析之前需要的网络，我们说：“好的，因为我们有原理图、布局和分析工具，所以让我们解决这个问题。”我们将此功能称为 PowerTree。现在，在原理图级别，他们可以找出源到每个消耗功率的元器件，并查看电压如何被击穿。

PowerTree 提供了每个电源路径的可视化图形，此外还捕获了所有这些内部命名网络的名称。我们拥有所有设置信息。在设计周期的任何时候，任何人都可以应用 PowerTree，并且所有内容都是为 PI 分析设置的，可以从原理图进行分析。虽然它的价值有限，但可以

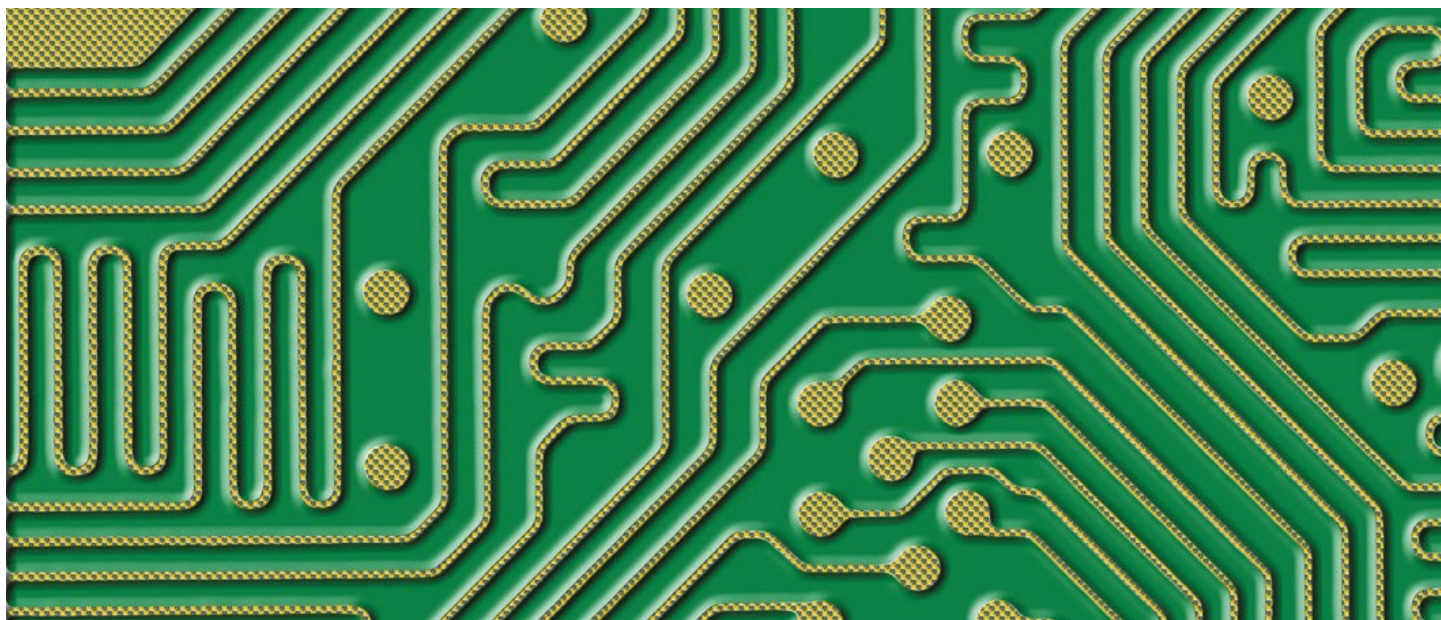
确保完成了所有的设置。在设计后期，无需花费数天的时间进行设置分析，而是可以使用 PowerTree 运行分析，以节省大量时间和精力。

Shaughnessy : 运行一段时间，很快就可以节省时间和成本。

Griffin : 是的，非常有竞争力。如果你说：“这是我们一贯的老方法”，那么你就会放弃提高效率的可能。要确保我们为客户提供了不同水平的创新，这些创新可以变得越来越自动化。在 EDA 中，“A”代表自动化，对吧？我们需要提供自动化以简化设计过程。同样我们要提高客户设计过程的效率，使其节省时间，降低成本。

Shaughnessy : 受益颇多，感谢您接受采访，Brad。

Griffin : 我很开心，谢谢。PCB007CN



您是否在考虑使用低温焊接呢？

印制电路组装商指南™

低温焊接



Morgana Ribas, et al.
Alpha Assembly Solutions

100%
Books

Yes!

在最近的调查中有75%
的人选择了Yes

调查来源：I-Connect007 Research

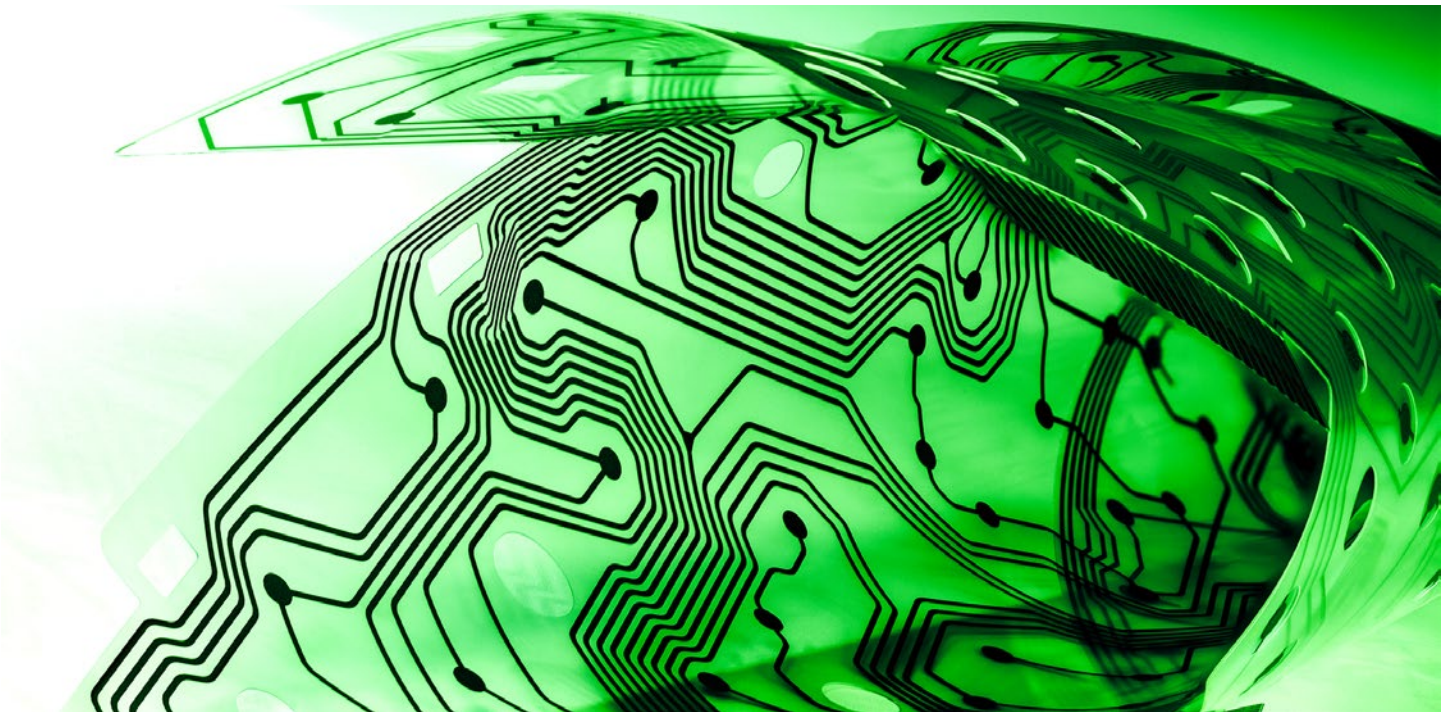
随着电子产品向轻、薄、短、小方向发展，常规SAC305系无铅焊接带来的PCB变形、温度冲击、焊接缺陷等影响越来越明显，因此，业界一直没有放弃降低焊接温度的努力，本书全面介绍了低温焊接的历程，并从配方和应用角度出发，介绍了第二代低温焊料的特性、可靠性等关键指标，为相关产品的应用提供了较为实用的指南。

——中兴总工程师 刘哲

免费下载

扫码注册免费下载
更多内容欢迎关注
“PCB007中文线
上杂志” 公众号





挠性电路设计指南

by Flexible Circuit Technologies

挠性电路设计所面临的挑战与刚性 PCB 设计面临的挑战有诸多重合之处，但同时也存在很多差异。挠性电路能够弯曲挠折的基本属性就决定了它更像是机械器件而不是电气器件。所以挠性电路有一系列特有的要求。了解这些要求之间的相互作用，有助于 PCB 设计师在平衡电气功能和机械功能的前提下设计出可靠、性价比高的挠性电路互连方案。

概述

检查设计的应力集中特性。应力集中特性是挠性电路发生机械失效（即导体开裂 / 破损、绝缘材料撕裂等等）的唯一原因。为了避免出现应力集中点，不应在弯曲区域内或紧邻位置改变电路结构。在弯曲区域内，导体的宽度、厚度或放置方向应该无变化，应该无电镀层或

涂层，覆盖层或外部的绝缘材料应该无开口，且弯曲区域内不应该有任何类型的孔。

弯曲比

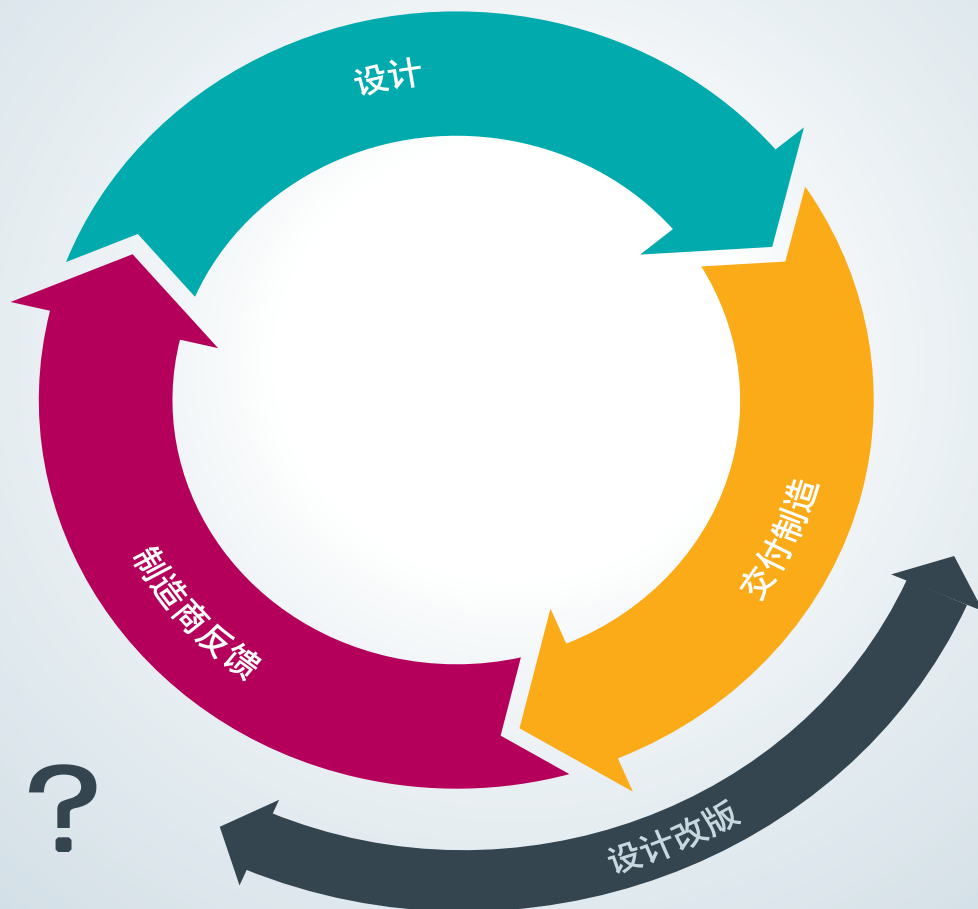
确定并评估设计的最小弯曲比。弯曲比是评估挠性电路在使用过程中是否会出现问题的最佳指标。弯曲比为弯曲半径——电路厚度（表 1）。

10 : 1	单层
10 : 1	双层
20 : 1	多层

表1:不同结构的最佳弯曲比

导体布线

导体应尽可能穿过弯曲区域并且使导体垂



陷入困境？

一版成功 vs. 多次改版

Valor NPI优化您的设计，助您一版成功

通过将制造知识转移到设计过程中，让同步DFM成为可能，简化从设计到制造的整个产品发布流程。



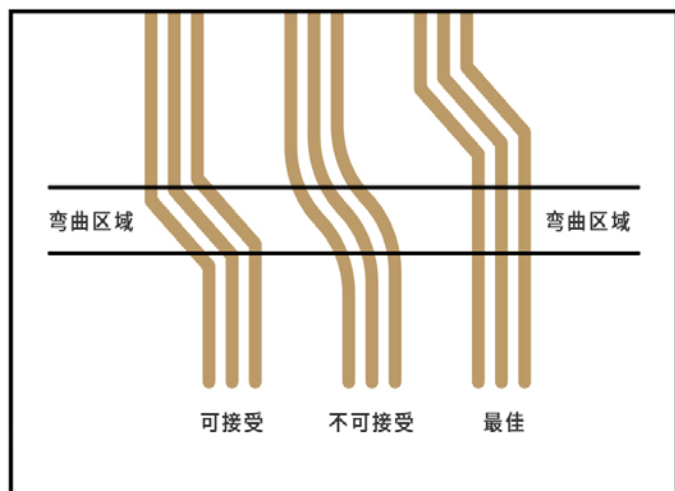


图1:导体应尽可能穿过弯曲区域

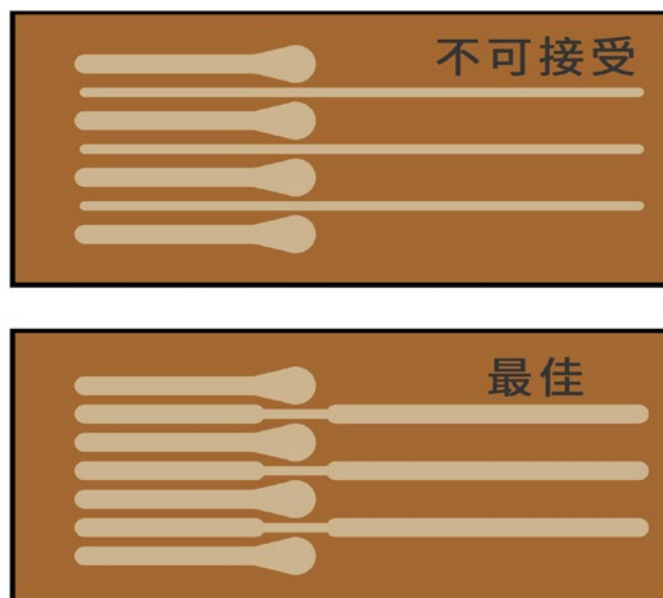


图3:如果必须缩小隔离区域内焊盘之间导体的宽度,应该在导体离开隔离区域后调整到原来的宽度

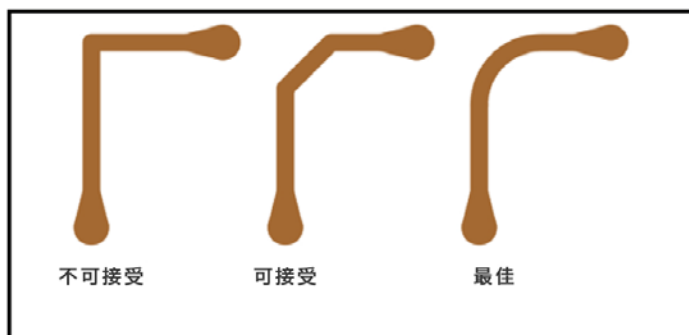


图2:在无法用有弧度的曲线改变导体方向时,采用2个45°的角改变导体方向要好于使用1个90°的角

直于弯曲面（图 1）。这样做可以最大程度地减小弯曲时导体承受的应力，从而最大程度地延长电路使用寿命。应该总是用有弧度的曲线而不是以尖锐的角改变导体方向。当无法用有弧度的曲线改变导体方向时，最好采用 2 个 45° 的角改变导体方向，其次才考虑 1 个 90° 的角（图 2）。

最好将小导体放置在弯曲区域内侧。小导体（ $<0.007''$ ）承受挤压的能力要优于承受拉伸的能力。将这类导体放置在弯曲区域的内侧可以减少或避免张力。不要在多层结构上堆叠

导体，以免产生工字梁效应。堆叠导体必然会增加电路整体厚度，因此会降低挠性和电路可靠弯曲的能力。

导体

挠性电路导体是采用光蚀刻工艺制成，也就是使用一整张铜片开始生产。通过给理想电路路径添加掩膜，然后再采用化学方法去除不需要的铜，留下理想的电路图形，从而形成导体。蚀刻剂会溶解没有添加掩膜的铜，同时也会蚀刻掉导体边缘，出现“侧蚀”现象。

随着铜箔厚度的增加，侧蚀量也会越来越大。所以挠性电路制造商很难在很厚的铜箔上制作出非常小的导体。蚀刻过程中也会出现差异（主要是蚀刻剂强度会随着溶液中铜的含量而变）。因此，设计师必须要考虑走线宽度（和线距）的加工容差。为了得到最佳蚀刻良率，

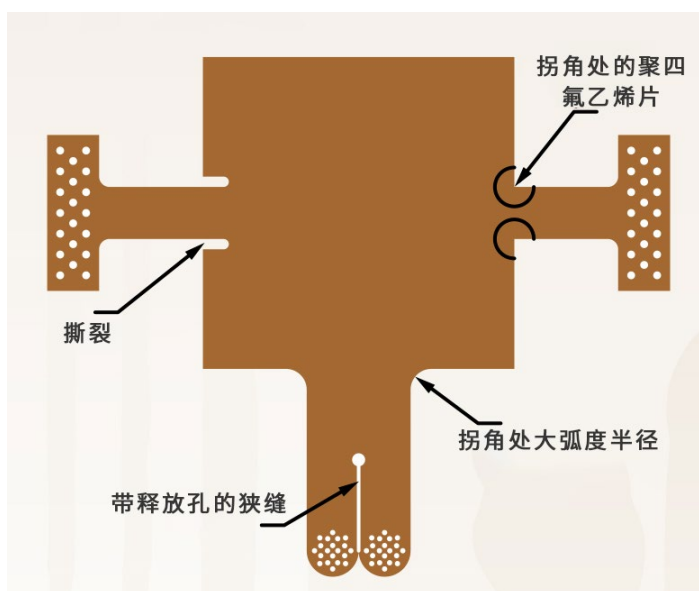


图4:可以减轻撕裂的设计方案

导体宽度至少应该是厚度的 5 倍。

建议尽可能将导体宽度设置为最宽。例如，如果设计需要在隔离区域内的焊盘之间挤进宽度为 0.005” 的导体，那么一旦导体离开隔离区域，宽度应该增加 0.010” 至 0.012” (图 3)。这一做法能够提升蚀刻良率，也就意味着电路总成本会降低。

焊盘嵌条

最好在导体进入焊盘的每个位置都插入填充部分。焊盘填充可以减少或消除潜在的应力集中点。

撕裂释放

图 4 所示是消除挠性电路撕裂的最常见也是最有效的方法。不推荐使用铜撕裂制止块，因为此类装置已被证实在防止撕裂出现或防止裂痕延展方面收效甚微。

导通孔

通孔可以在导通孔位置处连接所有的层。盲孔可以将外层和相邻层连接在一起，但不会贯穿整个电路。埋孔会连接内层，但不会延伸到外层。盲孔和埋孔会增加电路成本，但也会增加未钻孔层上的 PCB 可用面积。

SMT 余隙开口最常见的两种覆盖层材料是聚酰亚胺薄膜和挠性阻焊膜。在这两种材料上创建余隙开口的方法可谓是截然不同，因此设计要求也相差甚远。可通过钻孔、铣削或冲孔的方式来形成聚酰亚胺薄膜上的余隙开口，圆形钻头或工具的形状限制了余隙开口的形状和尺寸。因此，聚酰亚胺薄膜上的 SMT 余隙开口不是圆形就是椭圆形。而多个 SMT 焊盘的一组余隙开口也是挠性电路设计中的常见方法。

像常规 PCB 阻焊膜的挠性阻焊膜就是通过感光成像形成，所以可能会得到任何形状的开口。阻焊膜余隙开口应该比 SMT 焊盘略大，



图5:标准双层电路结构图



图6:对阻抗要求较高的双层结构图,受控阻抗部分的厚度增加,所以挠性降低

确保如印刷过程中出现对准偏差，阻焊膜不会附在焊盘上。

受控的阻抗和信号完整性

电子设备运行速度在不断提高，导致电子组件所有部件（包括系统中的任何挠性 PCB 或刚性 PCB）的特性阻抗要具备相匹配的阻抗。阻抗不匹配会导致每个失配点上出现信号反射和信号衰退，从而产生错误信号，并最终导致设备无法正常运行。

在投入生产之前，可用阻抗计算器来确定挠性电路的特性阻抗（图 5）。挠性电路制造商可以帮你完成计算，或者也可以购买或下载阻抗计算器。有些因素会影响到挠性 PCB 的特性阻抗，其中的主要因素包括：

- 用于构建电路的绝缘材料的介电常数
 - 传输信号的走线宽度
 - 信号走线与参考平面层之间的距离
 - 传输信号的走线厚度
 - 差分阻抗应用中信号走线之间的距离
- 最常见的阻抗要求是 50 欧姆至 75 欧姆

（单端）或 100 欧姆至 110 欧姆的差分信号。若想在挠性电路中达到这个阻抗值，需要使用比平时更厚的绝缘材料，导致电路整体变得更厚、更硬（图 6）。

平面层和屏蔽层

参考平面层和外部屏蔽层在阻抗控制和信号完整性方面发挥着重要作用。制造商可以用以下材料添加平面层：

- 额外的蚀刻铜层
- 丝印导电环氧树脂或导电油墨
- 层压导电薄膜

对于需要通过镀覆孔完成连接的内部平面，需要用铜平面层作为标准平面层。铜平面层可以使挠性电路更好地保持预成型时的形态，而丝印导电环氧树脂或导电油墨以及层压导电薄膜可以使挠性电路的挠性增强。

增强板

有一种明智的做法是用机械增强板硬化挠性电路上的 SMT 部分、连接器和其他终端区

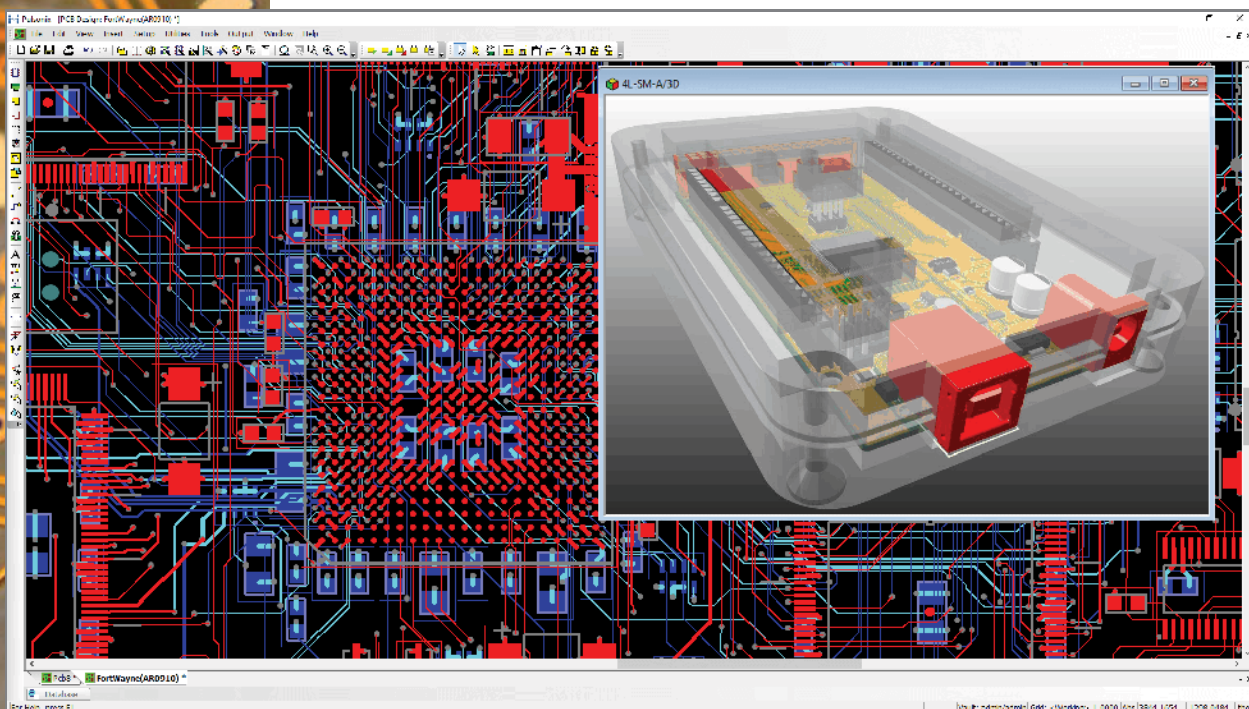
Pulsonix PCB 设计软件

PCB设计一次搞定

在最少的时间里最大化生产效率

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

这就是所谓的PCB设计一次搞定



高阶PCB设计特色

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

亲身体验Pulsonix的强大易用，尽在 pulsonix.com/trial



域。挠性电路制造商可以添加由环氧玻璃层压板（FR-4）或聚酰亚胺薄膜制成的任意厚度增强板。在 SMT 应用中，应该在 SMT 元器件相反的一侧添加增强板。在通孔连接器和其他通孔应用中，应该在连接器或通孔元器件同一侧添加增强板。在连接器区域内添加增强板要求有匹配连接器占用空间的小孔。增强板中的小孔至少要比电路上余隙孔的直径大 0.015”。

热隔离盘

在每一个被大量铜包围的焊盘上都应该使用热隔离盘。大面积的铜会使热量从非热隔离盘上散发出去，导致很难完成焊接。

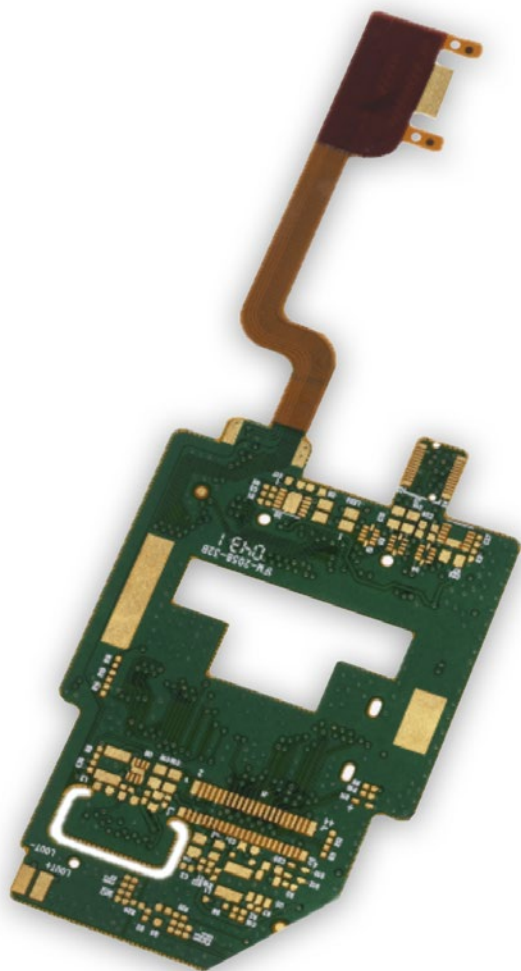


图7:典型刚挠结合电路示例

刚挠结合电路设计指南

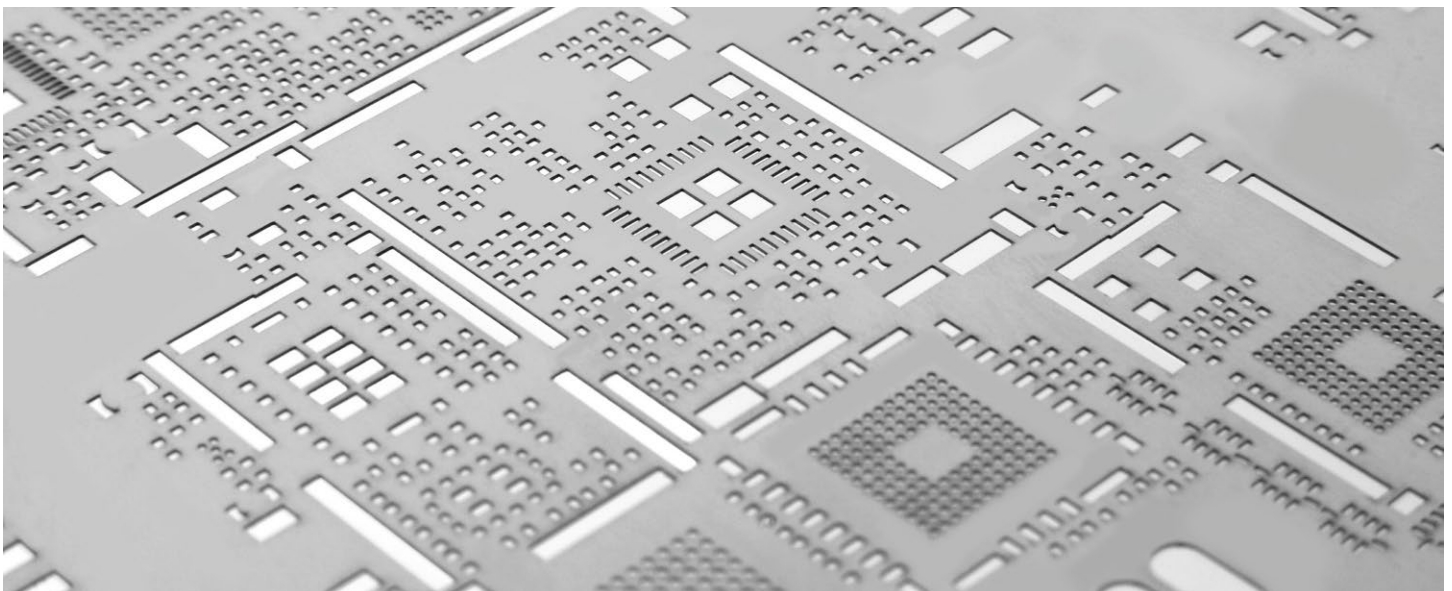
鉴于刚挠结合电路是一种结合了刚性 PCB 和挠性 PCB 的混合电路，所以针对这类结构有特殊的指南（图 7）。

- 在刚挠性电路上，要确保所有镀覆孔都在刚性区域（挠性区域不能出现镀覆孔）；
- 明确使用的非粘性挠性材料，以及刚挠结合上设计使用“回切式”覆盖结构还是“比基尼式”覆盖结构。丙烯酸粘合剂是刚挠结合电路上镀覆孔的唯一致命弱点。避免在镀覆孔区域内使用丙烯酸粘合剂能够大幅增加镀覆孔的可靠性；
- 由挠性电路连接的刚性区域应至少相距 0.375”，最好能够距离 0.5”或以上；
- 采用“未粘合”的结构来增加挠性。在阻抗受控电路上使用未粘合结构时，一定要确保信号层和参考平面层是已经相互粘合的。电路弯曲时，未粘合的区域会出现弯曲，这时若信号层和参考层未粘合到一起，就会出现阻抗不匹配；在指定了元器件安装使用的载板或“托盘”后，联系制造商以确保载板能够有效契合他们的加工拼板，否则会导致成本急剧增加。

决定成本的因素

所有设计师都在寻找合适的方法，在不影响性能表现的前提下降低成本。IPC 研究显示，PCB 设计师做出的决定会对 75% 的电路成本产生影响。挠性电路设计师应该清楚哪些功能可以增值，哪些功能只会增加成本，这一点至关重要。设计师绝不应该牺牲可靠性来节省成本，同时，很多指定使用的挠性电路又很没有必要，只会增加成本却不会增加额外价值。以下特征是导致电路成本上升的主要驱动因素。

- **电路板层数:**层数的增加也会导致成本不断上升。层数增加,意味着需要使用更多材料和加工时间。加工层数较多的挠性或刚挠结合电路可能会遇到非常大的技术挑战,从而导致良率下降
- **电路尺寸和形状:**大多数挠性电路都制成了拼板形式。电路在拼板上占的面积越大,成本就越高。有一些实例表明,即使是对电路外形稍作更改也能大幅节省成本。挠性电路形状的细微改变也可以让拼板上的挠性电路嵌套更合理,这样就可能使每块拼板上多增加两个电路
- **电路类型(即第 3 类与第 4 类的对比):**刚挠结合电路通常要比带有增强板的多层挠性电路更贵。检查你的设计,确定应用是否需要用到刚挠结合电路结构,还是使用带有增强板的多层电路就已经足够。如果需要,可以电话咨询挠性电路制造商
- **电路等级(即 3 级和 2 级的对比):**3 级电路需要进行额外的测试、检验和特定的结构要求,所以成本也会更高。审查应用的要求,确定你要使用哪种等级的挠性电路
- **图纸中使用的尺寸过大或过于严苛:**谨记,你要购买的是挠性电路,不是机器加工部件。用于制造挠性电路的材料要比刚性 PCB 材料的容差更宽松,这一点也是允许的。添加到图纸上的每个尺寸都需要经过验证,所以你要问自己:“这个尺寸会带来额外价值还是只会徒增成本?”挠性电路图纸上所有非关键尺寸都应该指定为参考
- **镀覆孔区域内不同的层数:**所有存在镀覆孔的区域都应该具有相同的层数和结构
- **多种表面涂层:**虽然可以使用多种不同的表面涂层,但通常这种做法需要一系列手动添加掩膜的操作,因此也会增加成本
- **小特征:**因为挠性电路材料本身的尺寸不稳定性,小电路特征(即导通孔焊盘)可能会引起加工困难并降低良率。由实例证明,添加有较大特征的板层要比使用较小特征的设计更节省成本。因此,建议在设计阶段尽早联系挠性电路供应商,听取他们的建议
- **盲孔和埋孔:**制造这类孔要比制造通孔的成本高很多 PCB007CN





行业会展

[日本电子电路产业展 JPCA Show](#)

2020 年 5 月 27-29 日（官宣取消）
日本东京

[2020 国际电子电路（上海）展览会](#)

2020 年 8 月 25-27 日
中国上海

[CES Asia](#)

2020 年 6 月 10-12 日（延期未定）
中国上海

[NEPCON Asia 2020](#)

2020 年 8 月 26-28 日
中国上海

[NEPCON China 2020](#)

2020 年 6 月 17-19 日（官宣取消）
中国上海

[2020 慕尼黑华南电子展](#)

2020 年 11 月 3-5 日
中国深圳

[2020 慕尼黑上海电子展](#)

2020 年 7 月 3-5 日（暂未延期或取消）
中国上海国家会展中心

[第十五届世界电子电路大会](#)

2020 年 11 月 30 日至 12 月 2 日
中国香港 深圳

[KPCA Show](#)

2020 年 7 月 21-23 日
韩国仁川

[2020 国际电子电路（深圳）展览会](#)

2020 年 12 月 2-4 日
中国深圳

其他活动日历



出版商：BARRY MATTIES
INFO@ICONNECT007.COM

广告销售：BARB HOCKADAY
BARB@ICONNECT007.COM

LEO YANG
+86 130-1377-4245
LEOYANG@ICONNECT007.COM

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

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

责任编辑：TULIP GU
TULIP@ICONNECT007.COM

译文编辑：ANN HAO
ANN@ICONNECT007.COM

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

杂志排版：EDY YU

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

创新技术：BRYSON MATTIES

封面设计：SHELLY STEIN, EDY YU

封面图片来源：ADOBE STOCK

PCB007
MAGAZINE

《PCB007 中国线上杂志》由美国 BR Publishing, Inc. (942 Windemere Dr. NW, Salem, Oregon, USA 97304) 出版 © 2020 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。

2020 年 5 月号总第三十九期《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》.....	126
《适用于恶劣环境的三防漆》.....	86
中国电子电路行业协会	2
广告合作	4
劲鑫科技	24
挠性电路手册	122
高密度互连 HDI 手册	68
杂志订阅	封底
麦可罗泰克 (常州) 产品服务有限公司	40
Atotech.....	26
Chemcut.....	22
CIMS.....	50
CyberOptics.....	94
Downstream Technologies.....	116
Electrolube.....	88
Gen3.....	36
MKS-ESI.....	44
IPC.....	8
KYZEN.....	102
MacDermid Alpha.....	18
Mentor, a Siemens Business.....	128
Mirtec.....	92
Pluritec.....	10
Pulsonix.....	132
Real Time With.....	6
Rehm.....	112
Schmoll Asia.....	58

更多精彩内容敬请期待 PCB007中国线上杂志：

六月：国际形势与市场预期

新冠疫情下国际形势瞬息万变，未来市场的发展会按照什么样的步伐？电子行业迎来的是萎缩还是增长？我们将从技术、市场、格局等多方面进行探讨。



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、欧陆电子等拟赴美上市
3月28日，佛山得润电子和欧陆电子两大消费电子企业同时宣布赴美上市计划。得润电子计划在美国纳斯达克上市，发行规模为1.5亿美元。欧陆电子计划在美国纽交所上市，发行规模为1.2亿美元。

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 MAE) 于3月19日至21日参加了中国电子行业协会CPCA在上海举办的2019国际电子展 (上海) 展 (CPCA SHOW 2019)。这是麦德美爱法电子首次在中国大陆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板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 新产品，重点讨论了5G应用。能给我们介绍一下此次发布会吗？



最新热点新闻:

云制造将带动我国制造业转型升级 人工智能加速发展
3月，2019世界工业互联网大会在湖南长沙举行。会上，工信部副部长辛国治表示，工业互联网是制造业转型升级的关键。人工智能是制造业转型升级的重要驱动力。

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 年 3 月 1 日《007 技术书系列》的出版，该系列又添新丁。《适用于恶劣环境的三防漆》是《007 技术书系列》的第 10 本。该书详细介绍了三防漆在恶劣环境中的应用。

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 2019 年 3 月 1 日的主题演讲中，回顾了特斯拉公司的历史。他强调了加速和颠覆性创新的重要性。马斯克表示，特斯拉的目标是加速可持续能源的到来。



iconnect007china.com
VIP 赠阅版