

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

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

pcb007 中国

线上杂志

CHINA MAGAZINE

I-Connect007china.com

2023年9月号



企业发展战略



扫码关注公众号

企业发展战略

发展战略是对企业各种战略的统称。发展战略就是一定时期内对企业发展方向、发展速度与质量、发展点及发展能力的重大选择、规划及策略。电子制造业目前面临巨大挑战，很多企业都来到了十字路口，正确的战略非常关键。

在进入本期主题之前，我们先带来两篇近期活动的报道。

首先是我们在第三届“望友杯”PCBA设计大赛东部 & 南部分赛区采访了原华为产品工艺首席专家黄春光先生，请他就 DFx 对于中国电子制造业做大做强过程中所起到的作用发表看法。

8月24日，以“加速创芯，智领未来”为主题的2023西门子EDA技术峰会（Siemens EDA Forum）在上海浦东嘉里大酒店隆重开幕，这是EDA技术峰会疫情后的首次召开，我们的编辑受邀前往，并带来特别报道。



接下来进入本期主题——企业发展战略。首先以 SEL 胜伟策最新的 PCB 工厂为案例，围绕该主题进行深入探讨。我们的编辑团队采访了公司 CEO David Whitehead，请他谈谈 SEL 的战略制定。

随后我们在负责新工厂设计和规划的工程总监 John Hendrickson 带领下，以及主要供应商 IPS 的总裁 Mike Brask 的陪同下参观了该工厂。SEL 新工厂汇聚 PCB 制造的最新技术，拥有零废水排放处理系统。

制定现代化的制造企业战略离不开精益管理理念作为基础，我们特邀精益 / 敏捷领导力培训专家 Chris Chapman 分享他对制定成功企业战略的观点，以及 W.Edwards Deming 戴明先生的管理哲学如何帮助行业领导者将公司提升到新高度。

接下来有幸请到了 TTM 首席执行官 Tom Edman《畅谈战略制定流程》。Edman 先生在执掌 TTM 近十年的时间里，见证了很多重大变化。文中他介绍制定成功战略的关键因素，如何制定真正适合公司的完美战略，同时还探讨了为什么制定战略的工作不能完全由公司领导来负责，而是应该由管理团队负责。

《企业战略制定流程》一文中，科罗拉多大学的兼职导师 Tim Rodgers 博士回答了关于工程设计及制造项目管理、问题解决和工艺简化方面提出的问题。优秀的战略是企业成败的关键，没有明确战略的公司只能在原地踏步。

2023年亚洲电子生产设备 暨微电子工业展览会

NEPCON ASIA 2023

2023.10.11-13 | 深圳国际会展中心(宝安)



NEPCON
官方微信服务号

同期展会

S=FACTORY

智能工厂及自动化技术展览会
Smart Factory & Automation Technology Expo

ICPF
半导体封装技术展览会
IC Packaging Fair



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

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

主办单位



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



励展博览集团
同励百业·共展商机

详情咨询

李海宾 女士

400 650 5611 | haibin.li@rxglobal.com

除了本期专题外，我们还请到 SUNSTONE CIRCUITS 的 Tim Totten 带来《最佳钻孔工艺可实现最佳的 PCB 制造》。钻孔是 PCB 制造过程中最基本的工艺步骤之一。他详细介绍了钻孔工艺原理，了解该原理助于改善设计、加快生产速度。

表面贴装技术协会 (Surface Mount Technology Association) 将于 10 月 9 日 ~12 日在明尼苏达州 Minneapolis 市举办年度研讨会及展会 SMTI，研讨会的技术方案一向是 SMTAi 的亮点，我们特邀了委员会的两名成员 Raiyo Aspandiar 与 Julie Silk 详细介绍研讨会的具体演讲概况。

Happy Holden 先生谈技术专栏中，将会讲到《齐平嵌入式电路》。Happy 整理了行业大师 Karl Dietz 曾撰写过的多篇相关文章，介绍了此类技术的特性特点，并与传统电路板技术行了对比。

PCB 组装专区中，我们首先请到了 Technica USA 公司的 SMT 产品经理 Jeff Forster 分享了他对工厂自动化的见解。采访中他提出了《“可持续发展”自动化的作用》，自动化通过降低成本和提高良率在工厂效率方面发挥关键作用，所有这些都有利于业务和可持续性发展。

洛克希德马丁公司高级研究员 Don Kinard 关于数字孪生的演讲让我们的编辑团队大受启发，近期我们联系了 Don，请他谈了当企业制造的产品是充满电子产品、价值高达数千万或数亿美元的飞机时，数字孪生意味着什么？

《呼吁行业采取措施应对可追溯性数据存在的挑战》由智能制造专家 Eyal Weiss 博士带来。发往市场的系列产品出现了重大故障，而

又因追溯数据的不完整而无法查明原因，这应该算得上是制造商的终极噩梦。可追溯性是确保产品质量、合规性和客户信任的基石，但目前存在的可追溯性数据并不像人们预期的那样可靠。

Phil Voglewede 是 Marquette 大学的教授和机械工程副主席，最近被任命为 Marquette 大学欧姆龙高阶自动化实验室 (Omron Advanced Automation Lab) 主任。《深入了解数字孪生》一文中，他认为数字孪生在尝试一些全新且不同但最终是有效的理念。

PCB 设计专区中，请到挠性电路专家 Joe Fjelstad 先生为我们带来《军用航空航天应用中的挠性混合电子技术》一文。过去几年，挠性电子技术 (Flexible Electronics, 简称 FE) 和挠性混合电子技术 (Flex-Hybrid electronics, 简称 FHE) 在电子行业受到了越来越多的关注，并受到了军用航天航空公司的特别关注。

《最前沿的射频天线设计》来自 SMT 亚特兰大技术会议期间对 PCB 设计师 Albert Gaines 的采访，本次采访讨论了 Albert 在射频领域的研究成果、COTS 和定制天线之间的差异，以及 Albert 培训工程师如何设计。

Cadence 的专家 Cody Stetzel 本期介绍《PCB 射频天线设计与布局技巧》。射频天线设计与布局是需要认真关注细节的领域之一，本文涉及的一些技巧对于刚接触这一领域的工程师来说会非常受用。

以上就是本期的全部内容，马上就是中秋和国庆假期了，祝大家节日快乐，阖家安康。国庆后将迎来 NEPCON Asia 展会，我们深圳见。PCB007CN

微信扫描二维码关注 即可免费获得面向中国电子电路 市场的技术书籍与实时资讯

印制电路组装商

适用于恶劣
环境的三防漆



印制电路组装商指南

工艺验证



Graham K. Naisbitt
Gen3

1007 Books

印制电路组装商指南

数字时代
先进制造



Oren Manor
Mentor, A Siemens Business

1007 Books

印制电路组装商指南

低温焊接



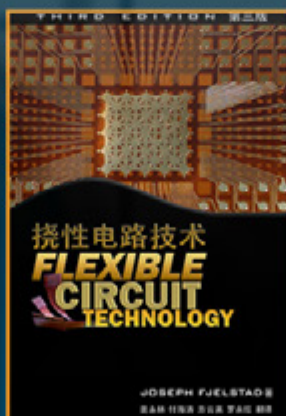
Morgana Ribes, et al
Alpha Assembly Solutions

1007 Books



印制电路板
绿色生产之旅
——零废水与
化学品回收

Peter Molloy
Happy Holden



挠性电路技术
FLEXIBLE
CIRCUIT
TECHNOLOGY

JOSEPH FJELSTAD
EAGLE HAWK DESIGN



HDI手册
Happy Holden



企业发展战略

发展战略就是一定时期内对企业发展方向、发展速度与质量、发展点及发展能力的重大选择、规划及策略。电子制造业目前面临巨大挑战，很多企业都来到了十字路口，正确的战略非常关键。

专题文章

9 DfX 工程设计助力电子行业高质量发展
by Tulip Gu

13 厉兵秣马、蓄势待发，
西门子 EDA 技术峰会召开
by I-CONNECT007CN

17 SEL 谈战略制定
by the I-Connect007 Editorial Team

25 SEL 在垂直整合领域的巨大投资获得了回报
by Barry Matties

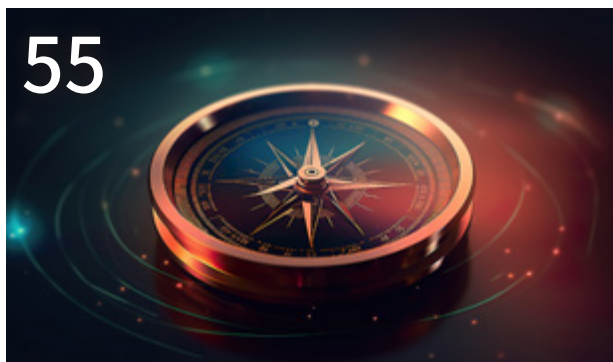
39 制定制造企业战略
by the I-Connect007 Editorial Team

45 TTM 首席执行官 Tom Edman 畅谈
战略制定流程
by the I-Connect007 Editorial Team

49 企业战略制定流程
by the I-Connect007 Editorial Team

55 最佳钻孔工艺可实现最佳的 PCB 制造
by Tim Totten

59 SMTAI 技术方案
by Mike Konrad





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

镇东，让塞孔、研磨更轻松！

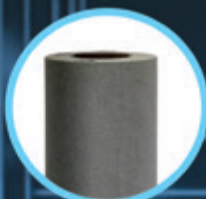
2022年刷辊类共销售83249支，油墨共销售2734KG



GSH陶瓷刷辊



GSH缠绕式不织布刷辊



GSH放射式不织布刷辊



GSH高密度尼龙针刷辊



GSH匹配型塞孔油墨



新品上市

全自动联线式高效
真空丝印机



销售实绩：**183台**
CCD真空丝印机



销售实绩：**155台**
双面对磨砂带机



销售实绩：**698台**
智能化刷板机

以上数据截止到2023年8月

解决各类真空塞孔&研磨问题

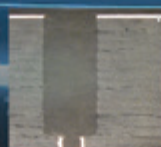
2022年共计加工**1592321片**



盲孔



高纵深比通孔



单面背钻孔



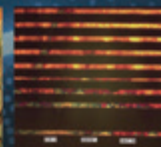
双面背钻孔



孔口去披锋



铜帽去除



防焊前处理



TEL : +86-756-8633473

E-mail : info@goalsearchers.com

HTTP : //www.goalsearchers.com

地址：广东省珠海市香洲区前山明珠南路2007号2栋



扫码订阅公众号推送



其他栏目

101 行业活动日历

102 广告索引、下期预告
工作人员名单

行业要闻

54 连载!构建持续改进的平台 26 : 两台割草机的故事

91 恶劣和极端环境中的 PCB - 如何定义极端环境?

专题文章

63 齐平嵌入式电路
by Happy Holden

PCB 组装专区

71 “可持续发展”自动化的作用
by the I-Connect007 Editorial Team

79 Lockheed Martin 公司谈借助数字孪生展翅高飞
by the I-Connect007 Editorial Team

85 呼吁行业采取措施应对可追溯性数据存在的挑战
by Dr. Eyal Weiss

87 深入了解数字孪生
by the I-Connect007 Editorial Team

PCB 设计专区

89 军用航空航天应用中的挠性混合电子技术
by Joe Fjelstad

93 最前沿的射频天线设计
by Andy Shaughnessy

97 PCB 射频天线设计与布局技巧
by Cody Stetzel



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

数字 + 人工智能
= 联动世界

DIGITALIZATION + AI
= FUTURE

2023.12.6-8

深圳国际会展中心 (宝安)

www.HKPCAshow.org



关注展会官方微信
获取最新资讯



关注展会官方抖音
获取最新资讯



关注展会官方领英
获取最新资讯

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

主办单位

香港线路板协会

吕 鲍立德先生 / 黄敏华小姐

☎ (852) 2155 5123

✉ anthony.pau@hkpcashow.org /
mandawong@hkpca.org

吕 靳红红小姐 / 李明宇小姐

☎ (86) 181 2405 6937 /

(86755) 8624 0033

✉ ellen.jin@hkpcashow.org /
amandali@hkpca.org

承办单位

柏堡活动策划

吕 冯家敏小姐 / 曾翠珍小姐 / 卢霭汶小姐

☎ (86) 133 6057 8272 / (86) 132 0263 9367 /

(86) 134 3411 6069 / (852) 3520 3612

✉ info@hkpcashow.org
☎ 2387451739

HKPCA
SHOW

HKPCA
SHOW

HKPCA
SHOW

HKPCA
SHOW

HKPCA
SHOW

原华为产品工艺首席专家黄春光： DFx 工程设计助力电子行业的高质量发展

by Tulip Gu
I-CONNECT007

第三届“望友杯”PCBA 设计大赛东部 & 南部分赛区圆满落幕

7月19日, NEPCON China2023 在上海正式拉开帷幕, 作为展会上的一大亮点——第三届“望友杯”“全国电子制造行业 PCBA 设计大赛如期举行, 来自五湖四海的专家评审及参赛选手共聚上海见证第三届“望友杯”全国电子制造行业 PCBA 设计大赛华东、华南分赛区

比赛现场。

在行内专业精英们的共同努力与支持下, 第三届望友杯 PCBA 设计大赛东部 & 南部分赛区圆满举办!

第三届望友杯全国 PCBA 设计大赛现场, PCB007 中国在线杂志邀请到此次大赛的评委、原华为技术有限公司产品工艺首席专家黄春光, 请他就 DFx 对于中国电子制造业做大做强过程中所起到的作用发表看法。

Tulip : 目前, 中国电子制造行业需要宣贯规



范的设计理念，提升研发人员在 PCBA 设计环节对于技术与艺术方面的理解与重视程度，您如何看待设计环节对于电子制造产业的重要性？

黄春光：中国改革开放 40 多年以来，全球电子产业链逐渐转移到亚太区域，中国也成为电子制造业大国，但未来要走高质量发展的制造强国之路，就需要在产品开发前期加强 DFX 工程设计 (DFx 包括可制造性 / 可测试性 / 可服务性 / 可靠性设计等)。传统的电子产品设计是“段到段”串行开发的“接力赛”，比如要开发一款手机，先完成功能设计，然后等功能调试出来之后再考虑可制造性 DFM、可测试性 DFT、可装配性 DFA、可靠性 DFR 等领域性能优化等，往往这个串行开发过程时间会很长，会迭代好多轮，典型如汽车新车型的开发，其周期会长达 3~5 年。

而通过在产品开发前期引入并实施 DFX 并行工程设计的思想，让产品开发成为“端到端”各领域同时上场的“足球赛”，可实现大硬件工程设计一版成功。比如 20 多年前华为在引入 IBM IPD (集成产品开发) 之前也是串行开发的，我负责的硬件产品改版最多达 13 版；而经过 2003 年 IPD 在华为的大范围推行，同步开展 DFX 并行工程，到 2006 年华为基本上实现所有产品硬件一版搞定，通过 DFX 方法 & 工具实现了可制造性、可测试性、可靠性同步落地，硬件不用多次改版，降低研发成本，单板直通率达 98%+，也将产品开发周期缩短 40%+。

通过在行业内举办望友杯全国 PCBA 设计大赛，各参赛选手取长补短，交流 DFM 方法与优秀实践等方式为行业赋能，也将 DFX 的



黄春光

思想传播到整个行业、把方法 & 工具引入到产品开发前端，助力中国电子制造业高质量发展、越来越强大。

Tulip：目前，国内对于优秀的 PCBA 行业设计人才，市场需求情况如何？在人才培养上，需要在学校端、企业端有哪些课程，并如何做好衔接？在课程设置上，还有哪些欠缺的地方需要弥补？

黄春光：我们看到现在市场存在人才供需之间的矛盾，一方面大量大学毕业生找不到工作，另一方面电子制造行业招不到人，这之间的缺口很大，其原因之一是学校教授的课程与企业的岗位需求有差距。比如，电子制造业的 DFX 知识与技能涉及的学科范围非常广，包含机械、电子、光学、电磁场、材料学、物理学、

力学，而 PCB 制造还包括化学、高分子材料等，还需要掌握 DfX、EDA、CAD、CAM 各类工程设计工具。

再比如针对当下热门的汽车电子、设计寿命长达 15 年，而汽车运行的环境应力非常复杂，典型场景包括高温 / 高湿 / 盐雾 / 沙尘等，装在发动机舱的电子部件要承受 -40~150℃ 温度应力，需要进行车规级元器件 & 材料选型、DFMEA、可靠性 CAE 仿真与预测、温循 / 振动 / 跌落 / CAF 等各类车规可靠性试验、ESS 应力筛选……所以我们行业需要的是掌握多领域跨学科知识与技能的工程师。

十四五以来，国家也强调了新工科教育，我觉得这是和电子制造行业很契合的。目前看试点高校对新工科要求，学生在除了学习理论知识之外，还要动手完成如某款电子产品开发

与验证，或与企业需求结合，导师带学生到企业中解决工程难题，做到产学研融合。

各地高职类院校也在推进产教融合新型组织形态，针对生产制造、测试装调、试验试制、现场管控、设备运维等一线岗位重点培养精操作、懂工艺、会管理、善协作且具备工匠精神的现场工程师。这样高校毕业生能够快速融入企业并胜任工作岗位。

在 DfX 工程学科的培养上，需要增加一些工程方法方面的训练，比如运用六西格玛、精益、QCC 等工程方法，来帮助企业解决实际问题。另外结合技能实训掌握项目管理知识，在实训项目开展过程融会贯通各学科知识，更好地与企业实际需求结合。

Tulip：您参与了大赛的整个评审环节，有哪



些设计或者参赛队伍让您眼前一亮？

黄春光：望友杯已经举办了三届，我觉得今年在华东赛场的确有很多亮点：一是选手非常年轻，且都很有朝气、很好学，这是中国电子制造未来走向强国的重要基石。我每年都去美国参加 IPC APEX 峰会，在那里你会发现从事电子行业基本上没有年轻人了。二是今年有 2 支队伍连续参加了 3 届比赛，通过大赛互动交流、向优秀标杆学习，各团队的硬件工程技术能力提升明显、尤其是 DFM 能力，相信这些团队也会将比赛经验带回企业内部。三是业界同仁都逐渐认识到工具的重要性，通过 DfX 方法 & 工具有效介入到产品开发前期，产品实现提质降本增效，并加快产品由试制到量产、快速推向市场，实现卓越 DfX-Design for Excellence！PCB007CN

相关链接：

望友携手电子产业联盟举办“望友杯”大赛迄今已有 3 个年头，望友在近 20 年的历程见证着中国制造的快速发展，为电子设计与制造行业助力，软件产品涵盖从设计评审到生产工艺准备，持续为工业软件发展做出贡献。望友真诚地希望能和大家一起努力，让设计和制造好产品成为常态！

望友科技副总裁钱胜杰先生在大赛致辞中表示：“产品质量是企业的基石，设计对产品质量和成本的影响在 80%，从设计源头考虑成本、质量以及可制造性，才能实现产品的高质量，实现制造业的高质量发展，实现国家的高质量发展。”

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY



厉兵秣马、蓄势待发 西门子EDA技术峰会召开 ——聚焦半导体行业市场反弹力量

by I-CONNECT007CN

“尽管过去一段时间历经全球经济低迷、下游行业需求调整及库存修正周期持续等因素影响，作为半导体产业乃至数字经济的关键支点，EDA行业仍在产业周期波动下显现出平稳发展的弹性与韧性。”

——西门子EDA阔别三年线下之后的再度回归，千人大会集聚行业人气，翔实数据指明发展方向。

8月24日，以“加速创芯，智领未来”为主题的2023西门子EDA技术峰会（Siemens EDA Forum）在上海浦东嘉里大酒店隆重开幕，今年活动聚焦AI应用、汽车芯片、SoC、3DIC及电路板系统技术等热点话题，分享了西门子EDA的最新技术成果，并邀请多位行业专家、技术先锋、合作伙伴汇聚一堂，共同探讨全球半导体与集成电路产业发展趋势。

作为半导体行业的基石，处于产业链中



的最上游的 EDA 支撑着规模庞大的半导体市场，随着行业不断迈向数字化、智能化，EDA 工具在数字经济中也起到关键的“杠杆”作用。尽管过去一段时间历经全球经济低迷、下游行业需求调整及库存修正周期持续等因素影响，EDA 行业仍在产业周期波动下显现出平稳发展的弹性与韧性。

西门子 EDA 全球副总裁兼中国区总经

理凌琳在峰会开幕致辞中表示：“如何在变化中洞察市场机会、在新业态中获取先发优势，是企业加强自身应变能力并取得最终成功的关键。进入中国三十四年来，西门子 EDA 始终将目光放在‘需求’二字上，以经验观局、用技术解局、携伙伴破局，我们相信，前瞻性地抓住周期变化，助力客户提前构建下一代电子系统设计，是实现协同发展的最优解。”

随后的大会主题演讲中，西门子 EDA 全球资深副总裁兼亚太区总裁彭启煌以经济低迷时期的半导体历史趋势为镜，探讨了在新的行业发展周期内应保持乐观的理由。彭启煌表示：“尽管半导体行业由于结构性变化呈现出一些不确定性，但新技术的落地、半导体价值的凸显、企业与政府投资力度的加大，均释放出前景乐观的积极信号。EDA 工具是推动半导体发展的关键技术，西门子 EDA 将持续输出技术能力，为推动半导体行业的高质量发展做出贡



左为西门子 EDA 全球副总裁兼中国区总经理凌琳

右为西门子 EDA 亚太区技术总经理 Lincoln Lee

献。”

谈及西门子 EDA 的战略方向，彭启煌分享到，摩尔定律的下探和芯片规模的不断扩展要求半导体业者必须坚持创新。为了帮助客户应对挑战，西门子 EDA 致力于打造完善的 EDA 工具与服务，从芯片到系统全面赋能面向未来的解决方案。

西门子 EDA 亚太区技术总经理 Lincoln Lee 向与会嘉宾介绍了峰会分会场内容，重点展示西门子 EDA 在 AI EDA 工具、汽车芯片、复杂 SoC、3D IC 及 PCB 系统技术五大领域的创新应用；同时，来自紫光展锐、中兴微电子等专家也分享了与西门子 EDA 的合作成果，例如：Solido Library IP 解决方案如何基于 AI 技术实现基础 IP 高性能和低功耗的设计目标、如何通过 HyperLynx 自动化的仿真技术方案解决高速信号仿真覆盖率的问题等等，详细解读 EDA 领域的细分应用，推动多元化技术创

新。

在当天下午举行的媒体沟通会上，凌琳、Lincoln Lee 两位高管围绕热点议题与行业媒体进行了交流。

作为首场主要 EDA 供应商回归线下的盛会，本次峰会共计吸引了近千名与会者，凌琳表示，“厉兵秣马、蓄势待发”不止是西门子 EDA 技术峰会的主题论调，也代表了产业界众多发展力量的集聚。

专注创新，期待 半导体行业谷底的强力反弹

凌琳列举了过去 20 年间的 4 个半导体显著衰退期，但好消息是这种衰退可能已经接近底部。目前，云计算、数据中心、无线通信、工业电子和消费电子都有比较大的需求和增长，预计到 2030 年整个半导体行业会超过

1 万亿元产值。除此之外，他尤其提到半导体行业对研发的重视度越来越高。根据 Semico Research 统计近 40 年的数据，除了在 2008 年金融危机时，半导体行业从来没有明显减少研发费用，而目前总研发投入和研发占比都在逐年提高。这表明很多企业愿意加强研发投入，都是对行业未来的乐观期待，届时可以迅速推出新品。

EDA 工具作为关键技术，对于边缘计算、云计算、视觉 / 面部识别、自动驾驶等领域技术突破具有十分重要的作用，而西门子 EDA 将持续输出技术能力，为推动半导体行业的高质量发展做出贡献。凌琳列举了国内很多半导体初创公司选择车规 ADS 等新兴的赛道：“西门子 EDA 可以起到的作用，一个是工具、一个是知识。我们提供专业的方案，并通过整合资源，能够快速让一些还不是很大的企业尽



快地进入赛道，具备竞争力。”

“三根支柱”策略，完善 EDA 工具与服务

在人工智能 / 机器学习 (AI/ML) 与云计算的加持下，西门子 EDA 围绕制程、设计、系统“三根支柱”制定策略，一是积极发展大规模异构集成 3D IC 技术，帮助客户提升晶体管数量与质量；二是充分发挥集成优势，打造高阶综合、数字电路实现流程、高级验证、端到端测试解决方案；三是面对芯片的系统化趋势，侧重于 SoC 的系统环境验证和数字孪生应用，确保复杂系统的正确运行。

西门子 EDA 很早提出“系统为导向”的观点，并很早就做了布局，从工具链和整个平台上来说是具有天然优势，能够给更广泛的客户提供更优化、更全面的闭环解决方案，实现从虚拟世界到物理世界的数字孪生对接，来帮助客户尽快完成开发和部署、量产。“我们认为西门子 EDA 超越一般的 EDA 定义，能够帮助客户达到更高的集成度，更快得到产品经营的优势，这是我们能够帮到客户的一点，也是我们的核心价值所在。”凌琳表示。

Lincoln 以汽车新品为例，阐述西门子 EDA 正在通过数字孪生和数字主线方法论，一方面，可以虚拟构建出芯片模型，让系统厂商可以利用其进行仿真设计以降低错误率，解决可靠性问题；另一方面，提前进行软件开发来提高整体开发效率。目前西门子 EDA 可以为汽车芯片公司解决两方面痛点，一个是 Austemper Design Systems，从安全分析、安全设计、安全验证 3 个方面解决汽车新品功能安全关键验证；另外则是 Austemper、One-Spin、Questa、Tessent 等工具，实现功能安全

的测试相关任务。

西门子 EDA 已经将 AI 普适化

AI 已经被认为是一项显著增加工作效率，提高使用体验的工具。西门子 EDA 已经将 AI 普适化，能用到 AI/ML 的算法和工具都已经成功导入其中。Lincoln Lee 举例道，西门子 EDA 将 AI 导入至良率提升、建库、验证等工具中，极大加强了软件的运行效率。2023 年，西门子推出了 Solido 设计环境软件 (Solido Design Environment)，采用 AI 技术，支持云端集成电路设计和验证，能够帮助设计团队应对日渐严苛的功率、性能、良率和可靠性要求，加快产品上市速度。

凌琳表示：“我相信 AI 和机器学习对于 DFM 工艺一定是有好处的，因为会更智能地总结适合的产品，以避免产生影响良率的设计。西门子 EDA 在旗舰产品里已经普遍应用到了很多 AI，加强对大数据的整理能力，同时在其它产品，包括前端、后端验证里也已经引入 AI 来帮助客户有更多的选择。”

结语

EDA 只是 100 多亿的小市场，但是其支撑的是万亿级的数字化产业。凌琳强调，“中国的半导体行业正处于不断成长的过程，西门子 EDA 会动用全球力量，把最好的技术带到中国，始终专注在中国把我们的本业做好，反哺整个西门子工业解决方案闭环的强健性。”P-CB007CN

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY



SEL 谈战略制定

by the I-Connect007 Editorial Team

过去十年, Schweitzer Engineering Laboratories (SEL) 的管理团队做出了一些影响深远的决策——选择在爱达荷州 Moscow 市建立专属 PCB 制造工厂, 并决定采用零排放工艺。现在该工厂已建成并投入运行, SEL 践行绿色生产理念, 并在当地创造了大批就业机会, 因此获得了爱达华州政府和地方官员的大力支持。

最近 I-Connect007 采访了 SEL 首席执行官 David Whitehead, 邀请他介绍制定业务战略的流程。他阐释了公司的核心价值观对公

司战略制定的影响, 探讨了了解客户需求的必要性, 以及在供应链不稳定时期能够内部生产 PCB 的重要性。

Barry Matties : 可以首先介绍贵公司的核心价值观吗? 为什么说这些价值观是公司制定战略的基础?

David Whitehead : 在公司成立之初, Ed Schweitzer 就确定了公司的经营原则, 共约 8 页纸的内容, 如实描述了我们想要经营公司的方式。当时公司只有 25~30 名员工, 而现在公司在全球范围内已拥有 6300 名员工, 但仍保

创新性+精确性+可靠性



厂内客服实验室

可为每位Chemcut客户提供如下协助：

- 研发新工艺流程
- 产生初始原型
- 小型试生产
- 可行性研究
- 产生放大数据
- 操作员培训和教育



联系人Chris



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

www.chemcut.net

 **CHEMCUT**
BOUNDLESS INNOVATION | UNBEATABLE PRECISION



David Whitehead

留着公司原有的文化和战略。

经营原则的第一部分是 9 条价值观。前两条是“以质量和客户为中心”，这两条价值观真正为开展业务的方式定下了基调。公司研发的每项产品、提供的每种服务都将是优质的。围绕客户制定的战略来源于称之为 PQFIDS 的概念——价格（Price，简称 P）、质量（Quality，简称 Q）、功能（Features，简称 F）、创新（Innovation，简称 I）、交付（Delivery，简称 D）和服务（Service，简称 S）。

这个概念即我们将为客户提供的价值。产品必须符合所有这 6 项要求，这一目标对公司员工和客户而言都非常有价值。

Matties：SEL 是一家真正接纳了垂直整合概念的公司。你们的 PCB 工厂只有一个车间，各位设计师在这里密切合作，我估计投资回报

率肯定比一般公司更有优势。

Whitehead：没错。这本身就是一个学习过程。我是那种犯了三四次错之后才能真正了解事情原委的工程师。

当自己构建一些东西时，你必须了解它的工作原理。当达到某个专业水平时，你就可以随意修改手中的产品设计来满足客户的需求。这样的产品可能比我们从现有供应商那里买到的更好、更便宜，交付也更快。当然，这并不是说现有的供应商提供的产品不好。

在公司内部工厂里，生产速度可以加快。我的第一份工作是在 SEL 担任电子产品设计师，设计产品内使用的 PCB。我们将 Gerber 文件发送给制造商，大约两周后，我们才可以收到 PCB。现在，当我们的工程师完成设计后，可以将设计文件发送给 7 英里外的工厂，几天后就能收到交付的 PCB 并开始测试。

Matties：现在你们在制定战略时，会考虑哪些主要因素？

Whitehead：我们的战略必须符合公司的使命宣言。我们为电力行业提供产品和解决方案，虽然我们今天可能无法制造电动汽车，但电动汽车确实为我们提供了足够的空间去创新。SEL 核心产品的功能是测量电力系统的电流和电压，同时我们还生产一系列以太网交换机。你可能会问，“以太网交换机如何使生产电力变得更安全、更可靠？”我们使用这些交换机来连接我们的设备并控制电力系统，因此通信设备变得非常重要。我们不会设计一款交换机去和 Cisco 竞争，相反，我们会根据特定行业的需求去定制公司的解决方案。

Matties：你在讲述这些考虑因素时，关注的是系统核心战略。你们如何去制定面向未来的战略？

Whitehead：这就是有趣的地方！我的工作找出及预测客户未来会面临的挑战，无论是整合新的可再生能源，还是搞明白所有这些设备的通信方式。我们要如何管理 5 年或 10 年后的广域电力系统？然后，我们必须把销售队伍和制造能力结合起来，以满足预测到的需求。和其他公司一样，我们有做对的时候，也有做错的时候。为了赚取利润回报，我们需要承担这种风险。

Matties：我们总是听到有关电动汽车的讨论，还有人说化石燃料将成为过去。这类消息对你

们制定长期战略会产生什么样的影响？

Whitehead：在我们这个行业，很棒的一点是我们不需要关心电力是如何产生的，也不需要关心电力最终被消耗在何处。我们的工作管控电在传输网络和分布网络中的流动方式。无论电力是来自太阳能发电厂、核电站还是燃气轮机，只要是电就可以。所谓的“万物电气化”理念对业务确实有好处，因为我们知道如何管控电力，并且对电力系统控制、监测和优化的需求一直在不断增长。

Matties：这种需求是不是促进了你们增加 PCB 产能的想法？在扩大产能时，你们会考虑哪类机会窗口？



SEL 已将自己的产品纳入其基础设施中



SEL 的零液体排放工艺区域

过去几年，所有公司都经历了供应链挑战。大家尝试把生产迁回本土，他们占用了美国境内剩余的产能。如果 SEL 的 PCB 工厂早一年上线，我们就可以避免很多麻烦、混乱，也可以省掉高昂的加急费。所以说我们能凭借对成本、质量和交付时间的把控赢得胜利。我们的首席财务官计算过这 1 亿美元的投资回报率，以及需要多长时间才能看到回报。估计需要几年时间。

Matties：投资回报率相当可观，工程设计主管 John Hendrickson 预估需要 3~4 年的时间。

Whitehead：我可能比 John 更乐观一些。

Matties：你们选择要建造一座工厂的决定性因素是什么？

Whitehead：每个公司都会站在不同层次或者从不同角度去制定战略。在 SEL 采用 5 年滚动式战略。我们按照愿景规划好公司在这个行业中所处的位置并做好记录，根据我们看到的市场动态来规划接下来发展哪些技术。在规划和制定新战略时，我们始终考虑垂直整合的机会。

产品中使用的 PCB 可能是我们目前设计的产品中知识产权含量最高的。这些 PCB 结合了我们的软件、硬件以及蓝盒子中的其他所有技术，确实是将我们所有的知识产权都组合到了一起。把 PCB 设计发送给其他公司生产要承担很大的风险，最好的方式就是拥有自己的 PCB 工厂，也能确保持续向客户发运产品。

Whitehead：就是开始研究消耗了多少 PCB，以及支付的成本是多少。PCB 是 SEL 产品中的关键元器件，为什么不自己生产呢？还能降低



John Hendrickson

成本，在某些情况下，甚至还能提高质量。这对我们和客户来说是双赢的。

Matties：现在这座工厂是零排放工厂。你们在决策过程中这个因素起了什么作用？

Whitehead：这座工厂所在有城市 Moscow 距离 SEL 的全球总部仅 7 英里，有许多员工就住在 PCB 工厂附近，所以保护好环境是非常有意义的。我们这样做不是因为 EPA 或其他法规有规定，而是因为这是我们公司价值观的组成部分。我们想成为好邻居，不想排放任何可能伤害公司员工或社区的物质。在我们看来，我们建造的 PCB 工厂，即使目前还不是世界上最环保的，那也是在美国境内最环保的。

Matties：真的很了不起。你们在思考战略时，是否考虑成为一家员工持股计划（Employee Stock Ownership Plan, ESOP）公司？在战略

制定过程中，这种形式对整个过程中是否有推动公司向前发展的作用？

Whitehead：成为员工持股的公司与 SEL 的所有决策都有很大关系。作为公司 CEO，我肩负着巨大的责任，每天都要照顾好 6300 名员工和他们的家人。所以当决定支出 1 亿美元时，我明白这肯定是一大笔投入。我们没有向政府申请任何补贴——无论是联邦政府、州政府还是地方政府。为此，我们将获得的利润重新投资于构建 PCB 工厂。我们期望为持股员工做出的这些明智决策可以带来长期效益。ESOP 的优势之一是直接把经营情况汇报给持股员工，而不是向那些只对短期收益感兴趣的外部股东。这个计划确实让每位员工都有了公司主人翁的感觉。

我们与持股员工分享的最佳方式之一是每周五举办全公司范围内的商务午餐。所有员工聚集在一起回顾业务运营情况，讨论 PCB 工厂的情况和支出成本，以及整个项目面临的挑



战。如果客户或产品出现了问题，我们会讨论销售情况，然后提出对策。公司向员工透明公开地展示运营情况，从公司成立之初这就是战略之一，SEL 永远不会背弃这个战略。

Matties：对于那些正在制定战略的企业，你会给出什么建议？

Whitehead：确保组织中的每个人都认同公司的使命。公司的愿景是什么？要确保每个人都接受这个愿景，然后就可以开始挑选你想进行的特定活动。我的建议是做一些与众不同、具有创新性的事情，去真正改变所在的行业。

Andy Shaughnessy：David，你认为领导者在制定战略时往往会在什么地方出错？

Whitehead：通常出现在战略与客户及客户需求脱节时。这一直是制定战略时要面临的挑战之一。这种情况时不时会发生，这正是战略失败的原因——没有听取正确的人的意见，或者是与终端用户的联系不够密切。

Shaughnessy：我们还听说有些公司的管理者会听从顾问给出的不合适建议。

Whitehead：没错。如果公司聘请了顾问来告诉你如何经营公司，那这就是一个很危险的信号，你

需要重新审视公司的业务了。

Matties：最后你还有什么想要和业界分享的观点吗？

Whitehead：我鼓励每家公司都考虑采用垂直整合和内部生产的理念。如果公司规模还不足以建立专属 PCB 制造工厂，可以慢慢来，先从设计内部的 PCB 开始，确保自身真正了解和涉及的技术。去参观 PCB 工厂，了解电路板的叠层和整个制造流程——钻孔、电镀以及所有这些生产步骤。

我对年轻人的职业建议是，希望每个人都能成为各自所在领域的专家，详细了解客户需求，最重要的是，永远不要拒绝任何机会——接受新的挑战，推动职业生涯的发展。

Matties：非常棒，谢谢你。

Whitehead：谢谢你们。PCB007CN



工业4.0： 这一步要深思熟虑

I-Connect007为您带来
西门子Mentor新书
数字时代先进制造



点击或扫码下载



SEL 在垂直整合领域的 巨大投资获得了回报

by Barry Matties
I-CONNECT007

经过多年规划并投资 1 亿美元, Schwei tzer Engineering Laboratories (简称 SEL) 公司新建于爱达荷州 Moscow 市的专属 PCB 工厂投产。最近, 我在负责新工厂设计和规划的工程总监 John Hendrickson 带领下参观了该工厂。Mike Brask 是 Integrated Process Systems (IPS) 公司总裁, 该公司是 SEL 专属工厂的主要供应商。

SEL 新工厂汇聚 PCB 制造的最新技术, 拥有零废水排放处理系统。厂址四周都是麦田——这不是传统 PCB 制造工厂的合适位置。然而, 由于 SEL 采取了严苛的环保措施, 市政府官员欢迎其在 Moscow 建厂, 该工厂获

得爱达荷州工商协会环境卓越奖 (Idaho Association of Commerce & Industry Environmental Excellence Award)。

制造区域设置在开放的空间, 只有钻孔和布线工艺在封闭空间里。这里充分利用了数据化和自动化, 每个面板都有序列号, 通过与 MES 连接的扫描设备读取, 以识别作业和程序, 然后将该程序加载到设备上。由 SEL 内部软件团队构建并维护这些系统, 其中还包括自动化 / 集成软件工程师。

Barry Matties : 自动化的目标是为了减少员工数量吗 ?

John Hendrickson : 是的。但减少员工数量并不是 SEL 专注实施自动化的原因, 其主要



适用于高阶 HDI 和 IC 载板的全自动双面直接成像

Orbotech Corus™ 8M



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

ICS/PLP的2D和3D量测

Zeta™ -6xx Series

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



了解更多, 请联系 Molly Gu | molly.gu@kla.com | www.kla.com

原因是为了提高产品质量。PCB 车间最容易出现缺陷之处在于搬运造成的损坏。要减少此类缺陷，可以通过设备来减少搬运作业，比如使用 GreenSource 等公司提供的设备。坦率地说，现在 SEL 的 operators 不仅负责给生产线上料面板，还负责管理整条生产线，他们正在学习生产线运行的原理及维护工作。他们在这方面拥有更多的自主权，甚至比日常维护团队的责任还要多。

SEL 所有的生产线都是一体化的。我们正在进行的很酷的工作之一是通过 SEL 的设备来实时收集工艺数据。我们有一款名为实时自动化控制器（Real-Time Automation Controller，简称 RTAC）的设备，与 PLC 通信，利用一系列工业通信协议即可获取实时数据。



激光蚀刻条形码可实现材料可追溯性

使用我们的软件定义网络，可以控制 MES、RTAC 和设备之间的所有网络传输，增加系统和设备之间的安全性，以防某个设备出现安全



左起：GreenSource Engineering 公司（GSE）的双装载机、光致蚀刻剂剥离生产线、GSE 卸载机



Cube 生产线中的 Schmolz 公司 Modul 钻孔设备，配有可选的自动化

漏洞。

Matties：工厂目前产量达到了多少？

John Hendrickson：我们的产量较高，且涉及多种部件号。其中 20% 的 PCB 或部件号占总体产量的 80%~90%，这意味着 80% 的部件号是小批量的。这就要求工厂能够灵活地转换和运行小批量作业。例如，钻孔室配备了多台 Schmolz 单轴钻孔设备，可通过自动化装载和卸载。

Matties：SEL 想达到哪类公差和走线间距？

Hendrickson：我们现在的目标是 2.5 mil 线

宽和 3 mil 间距，尤其是外层。我们还使用无销钉层压来实现更精密的对准。还有一台 Impex Pro X3 设备，可以在 20 秒内扫描 15 万个孔，可提供直径和位置的 SPC 数据。这是鉴定钻孔的重要工具。通过数据驱动工艺，具有更精密的对准和公差。

Matties：SEL 已实现了连续流水线制造？

Hendrickson：我们的目标是尽可能接近连续流水线制造。目前，生产线的起始处和末尾都有少量积压，但基本确保流程平衡。

当我进入制造区域时，看到的第一台设备是一条近 300 英尺长的 Atotech 水平电镀生产线。当该生产线完全启动并运行时，每小时

可生产约 100 块面板。

Hendrickson：我们有 4 台电镀设备。在第一台电镀设备进行闪镀；在第二台和第三台电镀设备之间，安装了自动装置，将面板旋转 180 度。旋转面板的目的是平衡面板上的铜厚。

Matties：这是供应商推荐的，还是你们根据经验决定做的？

Hendrickson：是我们决定的。我们正在做全板电镀，该工艺在北美并不多。我们未采用图形电镀。不是涂布干膜，放反向图像，电镀，镀锡，然后剥离，蚀刻，剥离。所有的东西都经过显影、蚀刻、剥离，无论是外层还是内层。

由于我们拥有两条 Chemcut DES 生产线，因此通过减少特有的工艺和提供冗余，简化了流程。孔密度会影响铜厚，全板电镀实现了更高的铜厚可重复性。

SEL 的 Chemcut 蚀刻生产线中增加了 Sigma Mecer 蚀刻再循环和回收系统。从蚀刻剂中回收铜，被镀在大铜板上，然后送去回收。SEL 的长期目标是用一种可在电镀设备中重复使用的形式析出铜。在干膜之前，我们要清洁铜表面，进行微蚀刻以获得附着力，通过静电清洗机，然后预热。在薄膜层压设备中配置加热辊，以此尽可能增加附着力。

Matties：这是可以获得回报并量化的提升吗？大多数工厂都不这么做。



SEL 爱达荷工厂的 Atotech 公司 300 英尺长水平电镀生产线



Chemcut CC8000 使用氯化铜蚀刻剂的内层显影蚀刻剥离（DES）系统，
所示生产线的两大部分是蚀刻室

Hendrickson：目前还没有获得回报。我们从低复杂度的 PCB 开始；希望当生产更精细特征的 PCB 时，面板的额外清洗和加热工艺让品质有所提升。干膜工艺后，设置缓冲液，让面板在成像前降到室温。我们有 Schmoll MDI 成像仪，配有 2 个机器人的串联工作台；扫描仪将扫描条形码并自动加载程序。将面板装入第一个工作台，对顶部进行成像，然后机器人将其翻转，对背面进行成像。然后将面板放入缓冲液中，让干膜沉淀 5 分钟，然后继续显影。

Matties：层压区域用的都是感应压合设备。采用这种方案的考虑因素是什么？

Hendrickson：它们绝对是又好又清洁的设备。只节能一项就已经很棒了。厂房中没有原先热油压合设备需要的热管理，也不必担心感应压合技术的任何问题。当设备运行时，把手放在上面，甚至都感觉不到热，因为所有的能量都流向了叠层中的面板。每个隔板都是不锈钢且导电的，所以可以得到均匀的加热，而热油压合设备，是从外向内提供热量。此外，与油加热工艺相比，加热时间更短。每个叠层都有热电偶，可以向系统提供即时响应，系统会自动调整能量，以驱动感应线圈，使加热曲线保持在技术规范内。该技术将扩展应用到 10 台双开口压合设备中。



Mecer 的酸性蚀刻剂铜回收系统每年可回收 180000 磅铜，
帮助 SEL 的 Moscow 工厂成为零废水排放工厂



从右到左：GSE 双装载机，后面是 Chemcut 预清洗线、静电清洗设备和预热炉、切割薄片层压机、
GSE 防紫外线提升门、GSE FIFO FILO 缓冲带冷却，以及聚酯薄膜剥离器的局部视图



InduBond 层压压合设备曲线数据

Matties：对于阻焊膜，你们只采用了喷墨印刷设备，会存在速度问题吗？

Hendrickson：是的，我们选择了 Notion Systems。这项技术比较新，速度肯定是个问题。但是，如果比较成像设备成像阻焊油墨所需的时间，如激光或 LED 印刷设备，Notion Systems 设备的速度很接近。

Matties：这完全证明了这项技术的可行性。

Hendrickson：是的，这是技术的飞跃。这是我们项目中最大的风险之一，为此我们做了调查。工厂采用的大多数工艺都是经过验证的，但 Notion Systems 是市场上最新的设备。这原本是不想在两年内触碰的技术，但有建议“伙计，应该用喷墨印刷机”，你需要平衡新生产线与传统生产线的成本，以及分别对应的



Notion Systems 的 n.jet 技术节省了多个工艺步骤，节省了宝贵空间、能源和人工的大量投资。这种完全数字化的工艺还使用了紫外线固化油墨，而不是对环境有深远影响的溶剂基油墨



IPS 总裁 Mike Brask (左) 和 SEL 工程总监 John Hendrickson (右) 在自动化 IPS ENIG 生产线前

产量。总而言之,4 条新印刷机生产线只占用了 1 条传统生产线的空间。对于表面涂层,我们仍然使用锡铅 HASL,因为有一些旧产品享有欧洲 RoHS 法规的豁免。我们还有一条大型 IPS ENIG 生产线,每个挂篮可容纳 40 块面板。Mike,介绍一下 IPS 生产线。

Mike Brask : 工厂拥有一条大型 ENIG 生产线。当你了解生产线细节时,就会了解整个化学品管理方案。需要补充很多镀液,需要定时分析并维持化学品配比。当你将其与典型的电镀生产线进行对比时,会发现到处都是蓝色的原

料桶,员工们使用手持式鼓泵输送化学品。现在,每个槽都有连续的液位控制,每个镀液都需补充到特定的浓度,所有补充都是自动完成的。

机器人系统自动将工件移入、移动通过、移出生产线,将带序列号的板放入挂篮后加载程序。篮框计数器记录通过生产线的面板数量和面积并进行数据传输。这套系统 IPS 与 SEL 合作设计。

考虑到控制环境中的气味和烟雾,SEL 设计生产线处于全封闭系统中,其内部环境是负压的,在大楼的另一边不会闻到任何气味。设



IPS ENIG 生产线过程控制和数据采集控制面板
计和添加封闭外壳比在建造隔离房间要便宜得多。

Hendrickson：烟雾会通过直径 5 英尺的主管道进入净化器以保持车间的空气质量。这是一

台大马力设备，负责从湿制程抽出废气。暖通空调则负责补充空气。此外，几乎所有的化学品都由工厂的日间槽中供给管理。

Matties：这里闻起来确实清新干净。如何扩大产能呢？

Hendrickson：我们为未来的第二条电镀生产线预留了空间。电镀通常是限制产能的因素，随着产品复杂性不断增加，不得不放慢生产线的速度，产量将减少，以确保在高密度区域获得良好的铜厚度。根据我们现在的技术，也许需要一条垂直生产线而不全都是水平生产线，我们留了一些选择，以防万一。

Matties：你是如何进行电气测试的？



IPS 自动化 ENIG 生产线内部图



ATG 飞针电气测试设备

Hendrickson：我们使用飞针测试设备，没有使用任何针床测试设备。新型飞针测试的产量可与针床测试设备相当，但不需要建立和管理夹具，简化了整个部门的工作。

Matties：对你来说，构建这座工厂最大的挑战是什么？

Hendrickson：我认为把工厂建起来是比较容易的部分。SEL 房地产团队是这个项目的总承包商。我们在设计和建造这座工厂的同时，也在同步设计车间制程。如果采用更线性的制程，那现在还在建造工厂。我们比计划提前了

几天试产第一块 PCB。随着技术发展，挑战无处不在，但所有供应商和内部合作伙伴的合作帮助我们解决了这些挑战。目前，我们正在提高产量，安装新的设备，以提高产能和工艺能力，并确保生产出优质的产品。我认为在接下来的 6~12 个月，最具挑战性的部分将是让一切加速达到我们所期望的要求。

Brask：嗯，你们有独特之处，要为产品选择特定的工艺。SEL 不必拥有完整的湿制程工艺，也不必成为作业车间；你们可以选择要为产品做什么，然后自动化这些关键点。你们可以跳过很多步骤。

Hendrickson：我的专业知识来自研发，过去 20 年，我们简化了设计，现在有一套材料组合。我们与供应商合作以巩固这一点。在该材料组合内，我们有标准化的叠层与树脂系统。Mike 有简化工艺和工厂设计的观点，我们有简化设计的方法，总的来说，确实很有帮助。



AOI 检测工艺

Matties：当你选择供应商时，你们真正看重的是什么？

Hendrickson：首要任务是找到尽可能离公司近的供应商。我们希望了解供应商的经营理念是否与 SEL 一致，他们是否有合适的设备来满足需求？如果我们找到了适当的合作伙伴，

也许其设备组合无法满足我们目前的需求，但这正是我们想要建立深厚关系并共同努力发展的基础，我们就会一起合作，实现我们双方的目标。

Matties：当你审视劳动力市场时，与我称之为的具有“技术吸引力”的公司相比，现代 PCB 制造业的吸引力是什么？

Hendrickson：仍然有很多人不想获得工程设计学位，他们想进入科技领域或者靠自己的双手工作。我认为我们的工厂所在地区有很多人想从事这种工作。我们与其他制造工厂的区别在于工作环境和对待员工的方式。我们是一家 100% 员工持股的公司。

Matties：SEL 投资了约 1 亿美元建造这座工厂，实现 ROI 预期要多久？

Hendrickson：需要二三年时间。



Matties：除了利润回报，你们是否考虑到由此产生的创新，那是可能会加速公司发展的软回报。你认为会有更多的公司开始意识到零排放重要因素吗？

Hendrickson：我认为一定会的。

Matties：考虑到回迁本土或近本土的供应链挑战，如果 SEL 有可用的资金，1 亿美元似乎不是糟糕的投资。

Hendrickson：不是。我们能够以不同的方式思考，挑战当今的生产方式。新工厂对我们来说是优势。如果试图改造现有工厂，我们将无法完成现在的很多事情。

Matties：旧工厂通过建立新工厂来扩张行得通吗？尽管前期成本可能会更高，但从长远来看，它们可能会在盈利上领先。似乎会有投资方愿意投资，尤其是在零排放设施方面。对此你有什么看法？



集中化学药水添加台

Hendrickson：哦，这是当然的。我认为未来的 PCB 工厂应该是这样的。

可以简化工艺流程，缩短周期时间，员工的工作环境更加干净明亮，对当地社区的有利影响，以及资源消耗等方面，都是开发新工厂的巨大优势。

Matties：很好。谢谢你接受采访。SEL 的新工厂很棒。

Hendrickson：谢谢你的光临，Barry。
PCB007CN

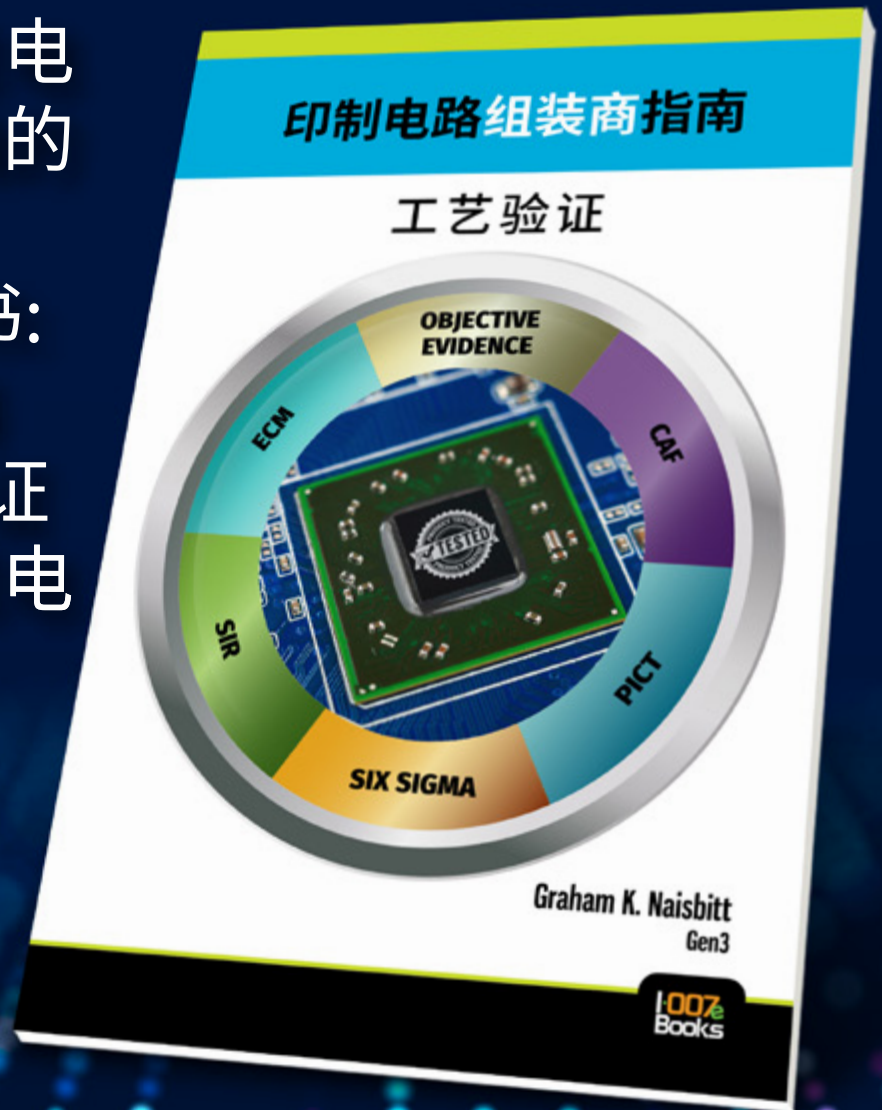


SEL 公司位于爱达荷州 Moscow 市价值 1 亿美元的制造工厂

了解高可靠性电路板测试的玄机

今天的高可靠性电子产品需要精确的测试方法。

通过I-007电子书：印刷电路组装商指南——工艺验证来学习如何实现电化学可靠性。



点击或扫码下载

iconnect007china.com/index.php/library



制定制造企业战略

by the I-Connect007 Editorial Team

多年来,《PCB007 杂志》一直在深入探讨了 PCB 制造商企业战略。现在让我们回顾一下制定新战略的过程。应该从何处着手?你是否愿意分享贵公司制定战略时所采用的策略?

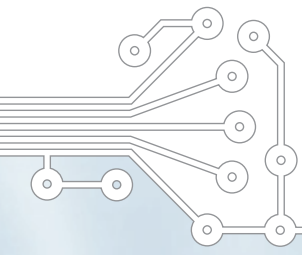
我们特邀精益 / 敏捷领导力培训教练、《Digestible Deming》时事通讯出版商 Chris Chapman 分享他对制定成功企业战略的观点, 以及 W.Edwards Deming 的管理哲学如何帮助行业领导者将公司提升到新高度。

Andy Shaughnessy : 可以先介绍你的工作经

历, 以及你为何开始研究 Deming 及制定战略过程吗?

Chris Chapman : 我是软件开发人员, 后来转做顾问, 再后来又成为管理顾问, 我住在加拿大安大略省多伦多, 研究 Deming 及制定战略过程已经 20 多年了。

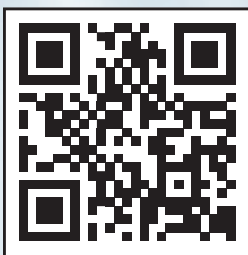
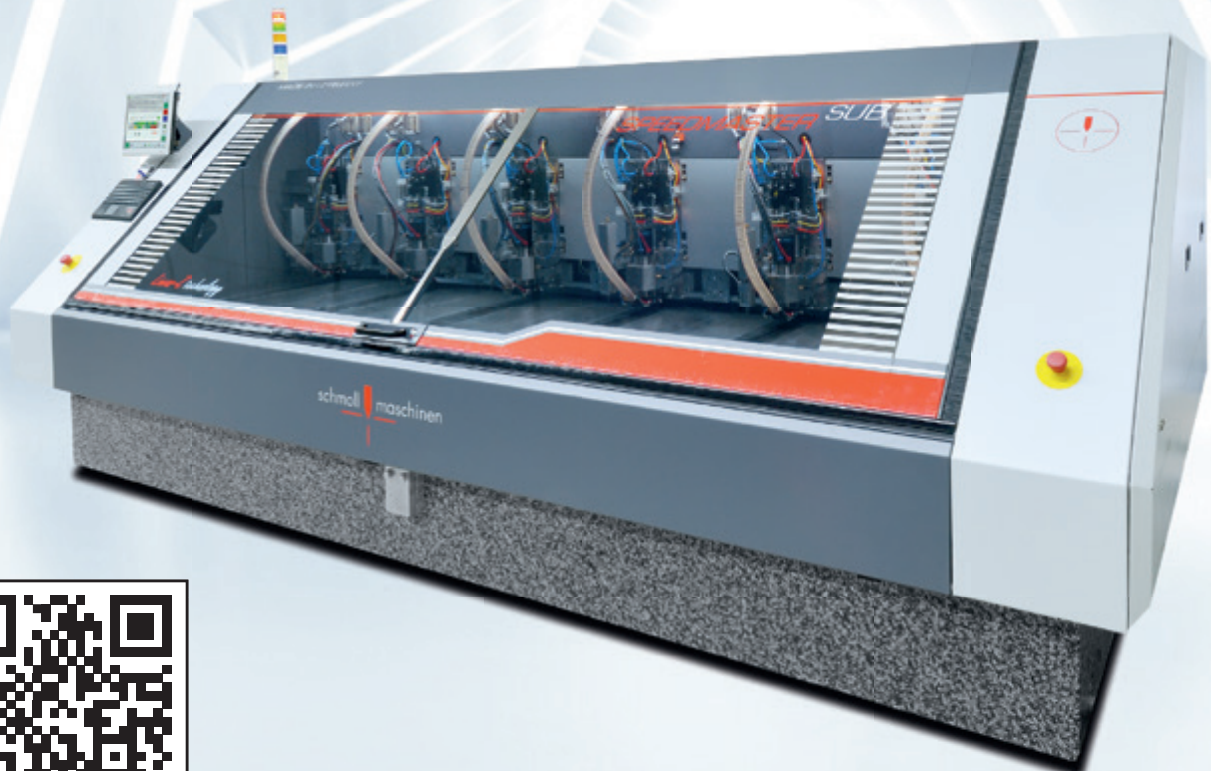
我从 2000 年开始做软件开发人员。很快发现了软件项目管理中存在的所有问题, 并由此接触到了一些专业人士的观点, 比如创建了 Scrum 框架的 Ken Schwaber 和 Jeff Sutherland, 以及创建了 XP(极限编程) 框架的 Kent Beck。其中很多人都受到了从业人员的影响, 比如 Hirotaka Takeuchi 和 Ikujiro Nonaka,



*SPEEDMASTER*SUB

Substrate Drilling 载板钻孔

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





Chris Chapman

他们在 1986 年的《哈佛商业评论 (Harvard Business Review)》上介绍了新产品开发规则。他们试图找出如何开发复杂的基于知识的产品，使我们能够实际控制存在的变化。

我最初参与的传统软件项目非常大，以至于在几个月内都看不到发布周期。受日本产品开发思想的影响，21 世纪 00 年代开始出现了 Scrum 和 XP 以及许多敏捷实践者，他们着眼于在更短的时间内发布产品。如果有更密集的计划，这将在更短、更快的时间内实现，与客户和经理有更多的接触点。这与大部分方法背道而驰，但我很喜欢学习这些方法。

在此过程中，我为许多中小型公司工作过。我上一份全职工作的大公司是微软，从 2008 年到 2010 年，我在服务咨询部门工作。我负责检查全国各地的客户，提供材料培训以及建议，并就如何实施我所负责的知识管理系统编写报告。

过去我认为团队如果能在软件方面做得很好，并不断在实践中改进，就会越来越好。然而我花了很长时间才最终意识到限制因素存在于团队之外，让我不可阻挡地走上了研究 W. Edwards Deming 管理哲学的道路。

我在 2011 年创立了自己的咨询公司，从那以后就再也没有回头。在很大程度上，我现在所做的是努力帮助领导层及其团队理解敏捷的实践方式。我把注意力集中在这点并努力做出改进，始终坚持向着这个目标发展。我写文章，服务线上线下客户。我和大家一起学习 Deming 管理哲学。

Barry Matties：让我们看看如何制定战略。很多时候，问题是领导者不知道他们将会把公司带到哪里。制定“蓝天思维（富有创造性或非常规的思维）”战略的过程是什么？

Chapman：嗯，Deming 会告诉我们，我们必须有坚定的目标。他说，这包括有一个定位良好的目标，搞明白“要做哪些业务，不做哪些业务”，并对未来有计划。在很多日本公司文化中体现为管理哲学，比如丰田。在丰田的生产系统中，他们会设定目标，帮助团结和指导每个人，让大家朝着同一方向或目标前进，但这些目标不一定是能直接实现的。每位员工总是努力让自己达到越来越高的水平。

如果他们要制定战略，则必须真正了解战略是什么？为什么要朝着特定的方向发展？例如，是否考虑过公司业务是否适当？就在过去的 6 个月里，很多公司裁员和重组，正在削减许多不产生利润的生产线。你要知道为什么以及如何与企业最初的目标一致。企业内的任务和范围偏离了最初目标，并没有产生结果。界

定战略很重要，但必须有理论来确定企业所追求的目标。

比如并购，为什么要买下那家公司？例如，是为了获得一项技术吗？是否考虑过如何改善不同的部分，以及要调整企业的哪些部分，以便它们能够变得富有成效，并了解作为一个组织如何工作？你现在正在做的事情是什么，是否可能会远离为真正追求的目标而做出的努力？

我总是不同意“战略”一词在主流管理风格中的定义和使用方式，因为我发现它会引发一些值得引起注意的幻想。领导者不会直接应对企业真正面临的挑战，反而经常混淆战略目标。他们只是陈述需求，而不是需要克服的困难。因此，他们将制定糟糕的战略目标，并无法解决关键问题。对我来说，关键问题是，无论想实施什么计划，最终都会回到战略目标，如果没有好的理论来支持协调公司的运营，那就没有意义了，只是在为下一轮裁员等待时机而已。

Matties：由于领导者经常混淆战略、目标和使命，应该遵循什么流程来区分它们？

Chapman：根据我多年的经验，我经常回顾 Richard Ronald 的“好战略，坏战略”。如果要为目标制定一条路线，则要确保有对挑战本质的正确判断。然后，需要制定应对挑战的指导性政策，以及一系列连贯的措施来应对挑战。

Shaughnessy：在制定战略时，企业容易从哪里开始出错？

Chapman：他们完全误解或误判了挑战，这源自如何管理和看待世界的主流思维。企业总是被困在两难境地，永远无法真正达到能实现目标所需的速度。

我见过一些转型和失败，其中最大的失败是由高管团队中的某些人导致的。确实有人等着取代他们的位置，改变一切。如果这个理论没有得到传播，那么企业就会不断面临花费大量金钱、时间和精力去改变那些永远无法改变的事情的威胁。

我有一张幻灯片，用来描述领导层努力实施变革的情景。这是一个穿着 Darth Vader 制服的人站在齐膝深的海里，一只手拿着 Brita 过滤罐，另一只手举着两升的瓶子。这就像是一张令人沮丧的海报。这个比喻的大意是，你正试图将海洋淡化到两升的小瓶子里，但你对水中含盐量的改变似乎什么都没有做。所有压力都在你身后，等着抹去你所做的一切。

在我的职业生涯中，我花了整整 10~12 年的时间从车间开始做变革。就像在淡化团队海水。但是，公司中更大规模的实践不断地使我的努力分崩离析。我收到的第一个问题是，“我们的员工合作得不好，团队存在问题。”真的吗？为什么？“嗯，他们似乎不太善于沟通或合作，彼此之间的联系很少。”



我要问的下一个问题是，“我们现在离绩效考核还有多远？这是刚刚发生的吗？”十有八九都是这样。

其中一个电话来自一家为现场技术人员提供增强现实解决方案的制造商。这项技术可支持智能手机进行实时视频馈送，自动识别和模式匹配正在运行的设备，并将其传输回能提供精确诊断的教练技术人员。

副总裁打电话给我说：“我们遇到了一些问题，创新率下降，董事会很不高兴。工程师们工作效率不够高，我们认为我们需要你的帮助，让工程师们更好地合作。”

“你们有多少工程师？”“19~20 位。”

“有多少销售人员？”“20~25 位。”

“他们拿提成吗？如果是的话，你们最新的激励措施是什么？是的，他们都在争抢第四季度销售维护计划的奖金。”

“那么，现在阻碍你们的是什么？”然后是长时间的沉默。我不是巫师，但显然没有人想过他们的经历是如何导致当前的窘境，正是他们的策略使企业朝着这个方向发展。

Shaughnessy：行业的管理者都会有“传统思维”。当人们在企业工作了三四十年后，怎样才能意识到需要考虑新的战略？这是一个“突然顿悟”时刻吗？

Chapman：在所有关于公司成功改变战略的案例中，尤其是由那些具有“传统思维”的人主导的改革，实际上来自于一种顿悟，是由于某人给他们带来了外部的视角。不幸的是，并不是所有人都能参加为期 4 天的 Deming 研讨会，在两天内解构其思想，然后重新建立新思维的，所以成功转型的火苗就这样突然被熄

灭了。

但是，现在有更好的方法来学习 Deming 的思想，这样就不必再参加为期 4 天的研讨会了。例如，Deming 协会刚刚推出了名为“Deming 下一代”的新教育平台。学员只需花费很少的时间就可以浏览并学习各个模块，开始改变对自己思维模式的看法。但转型必须从管理者开始，因为他们才是公司内部最有权实施变革的人。

Shaughnessy：有些人认为 Deming 有点抽象，但其教学中有很多实用的信息。

Chapman：当然。当你刚开始了解 Deming 时，会感觉很空洞。这是非常危险的。对我有帮助的人之一是我的导师 Bill Bellows 博士。他的职业是机械工程师，现在在 Blue Origin 公司工作。他是我能想到的最优秀的现代 Deming 思想家之一，能真正帮助了解 Deming 思想。当我遇到 Bill 的时候，我终于明白了 Deming 要把我带到哪里，我必须转变。Bill 用了这样的表达：“你可能了解关于冰的所有事情，但仍然对水一无所知。”

正如我所说，这里面有风险。你在企业里做的事很新奇，但实际上你是在抛弃你的自然倾向和行为。当你走进工厂时，突然对一切都有了不同的看法。Deming 在努力揭示，应该抵制过度思考的倾向——只管去做。

Shaughnessy：太棒了，Tim。非常感谢。

Chapman：谢谢大家。我愿意以经常和大家一起讨论战略和 Deming 管理哲学。PCB007CN

点播:免费的 11讲网络研讨会

电子产品的可靠性预测

专家:Graham Naisbitt, Chris Hunt

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

SPONSORED BY



开始观看

TTM 首席执行官 Tom Edman

畅谈战略制定流程

by the I-Connect007 Editorial Team

本期主题是战略制定, I-Connect007 采访了 TTM Technologies 公司首席执行官 Tom Edman。在执掌 TTM 近十年的时间里, 他见证了很多重大变化。

在本次采访中, 我们邀请 Tom 介绍制定成功战略的关键因素, 如何制定真正适合公司的完美战略, 同时还探讨了为什么制定战略的工作不能完全由公司领导来负责, 而是应该由管理团队负责。

Barry Matties : 先来聊聊你对战略的定义。战略二字对你意味着什么?

Tom Edman : 战略是指确定公司的长期发展方向。我在规划战略时, 实际上是列出推动公司向前发展的关键要素。对我来说, 这就是制定企业战略时要关注的焦点。

Matties : 制定战略时需要考虑哪些关键因素?

Edman : 这个问题问得非常及时, 因为 7 月公司刚刚启动制定战略的流程。首先, 要界定会对公司产生影响的全球主要发展趋势, 包括宏观经济、气候、地缘政治、人员挑战及技术发展。所以我们一直都是从发展趋势入手, 这



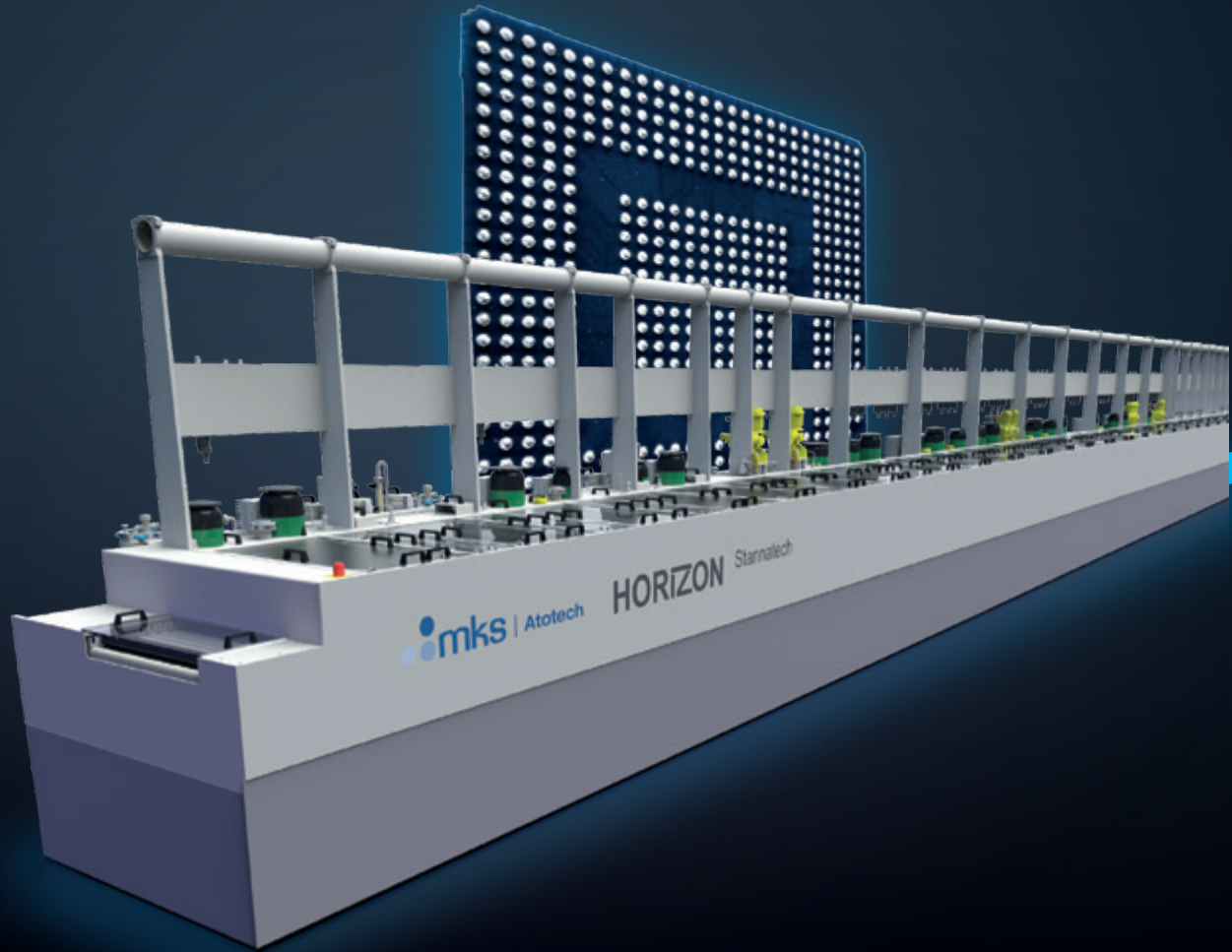
Tom Edman

样才能全面了解世界。

之前, 一位曾与我共事过的董事会成员一直强调, 在开始制定战略时, 要从影响公司的主要发展趋势入手, 但数量不要多于 3 个。我们一直这样做, 因为这种方式有助于真正明确必须考虑的主要影响, 而不是陷入一些不太关键的领域。我们总是努力界定 3 种有影响力的发展趋势, 但有时也会界定 4 种, 至少要从此处入手。

在制定三年动态战略计划的过程中, 要如

应用于Flip Chip生产的领先浸锡工艺



Horizon Stannatech® IC – 设备、化学品和自动化集于一体的解决方案

行业越来越倾向于使用高可靠性的铜/锡金属间化合物 (IMC) 生产封装基板/Flip Chip (FC-CSP或FC-BGA)。今天, 我们为全球领先制造商提供了可信赖和经生产验证, 应用于Flip Chip生产的浸锡解决方案。安美特浸锡 (POR) 工艺提供了高可靠性的表面精饰, 能抵抗多次回流, 最高的生产效益和长期存放等重要优点, 因此 Stannatech成为现今Flip Chip应用中最受信赖的选择。

Atotech® Horizon® Stannatech®系统结合Stannatech® 2000工艺, 进一步为我们的客户提供了一系列额外好处, 如有效减低污染物颗粒影响、减少上锡不良缺陷和减少停机维护时间。我们的Horizon® Stannatech设备配备了专利的水刀设计, 优化了镀液交换和流动。精细过滤功能可加强对颗粒的管控, 另外设备还配搭了快速便捷全自动清洗工序。我们的辅助设备铜处理器和四价锡还原器有助镀液稳定性和减少化学品的消耗, 而带有热风功能的不锈钢干燥机则能够减少发生上锡不良的缺陷。

有关我们公司或产品的更多信息, 请扫描二维码。



何应对这些主要发展趋势?每年,我们都会归零重来,重新审视趋势,然后再次规划下一个 3 年期需要重点关注的三大战略。我们会选择好战术,在战术的数量上尽量选 3 个,但通常会采用与制定的战略直接相关的 5~6 个战术。

Matties : 那么人们在制定战略时,尤其是在这个会把 PCB 当成是商品的行业中,如何将独特的价值观融入到公司战略中?

Edman : 重点在于差异化,要专注于自己具有差异化优势的领域,公司可能在若干个领域都有优势。如果公司一直在研究的某项技术能给公司带来优势,这就是公司的差异化领域。TTM 在现场应用工程方面能力卓越,可以在客户的研发过程中提供大力支持,这就是我们具备差异化优势的关键领域。我们还有与公司战略直接相关的布局。

TTM 在技术深度(以及我们拥有的技术优势)、差异化服务以及客户支持领域具备的差异化优势至关重要。正如你所说,如果有人对我说“商品”二字,我会说,“好的,您接手这项业务,把它视为一种商品。这个项目就都是你的了。”

Matties : 但对于很多公司来说,一旦接受了这种思维定式,就成了一场竞相降价的恶性竞争。

Edman : 说得好。我们会在中国批量化生产一些项目。但当这些项目接近生命周期结束时,就会看到中国的竞争对手涌入了进来。这是客户做出的选择。如果他们真的想要分一杯羹,他们可以考虑将特定项目进行商品化,而

我们可以选择参加或不参加这些商品化项目。

Matties : 我认为这涉及到了战略的另一个要点——知道一些事该做与否同样重要。

Edman : 没错,战略的真正魔力在于其制定过程。当团队集思广益、团结协作时,才是制定战略真正令人兴奋的时刻。接下来要做的是确保将战略传达给整个组织,说明这个战略与公司愿景和使命的联系,以及我们将要追求的战略要素,还有公司的战略对这些要素产生的影响。但管理层的前期参与至关重要,随后才是后期的沟通。

战略的真正魔力在于其制定过程。当团队集思广益、团结协作时,才是制定战略真正令人兴奋的时刻。

Matties : 这也正是我之前的目标。与供应商以及客户群体的沟通过程有多重要?

Edman : 我们做公司展示时,向员工会介绍愿景、使命和 3 个主要战略要素,向客户还会分享企业的价值观。我们投入了很多时间,提出了这些价值观,随着时间的推移,这些价值观并没有太大改动。

Nolan Johnson : 你阐述的是高度以共识驱动的流程,其中采纳的建议不仅仅来自公司高层。这个流程是否面向公司广泛的员工开放?

Edman：在公司每季度的沟通会议上，我们会图示流程的起始与结束。九月会议的一部分内容就是试图让人们真正展开思考，提出想法并进行讨论，而不是仅仅进行演示。制定好三年战略后，将重点关注战略实施的第一年，并根据战略内容做预算。从制定战略到做好预算，这个过程会持续到 12 月初。在次年的 1 月，我们将综合战略和预算情况传达给公司更多部门。

我会与工厂的所有管理团队开会，审核今年的战略大纲以及做出的调整。这样一来，就能让制定的战略影响到更多员工。不能说我们知道用什么方式让整个流程运行顺利，但每年我们都在努力做得更好。

Johnson：Tom，在你看来，目前影响 PCB 制造业各家公司制定战略的主要市场驱动因素是什么？

Edman：我认为这样的因素有 3 个。首先是宏观经济环境，该因素显然对 PCB 行业产生了巨大影响。现在的情况是，市场增长缓慢，但产能却提高了——这个问题非常严重。其次是地缘政治环境，特别是中美之间的地缘政治环境。总体而言，你可以把现在这种情况称为全球区域化。这种情况正在促使供应链增强弹性，或推动各个企业采用“中国 +1”战略，具体要视客户的情况和所处地理位置而定。最后是技术驱动因素。现在每家公司都在关注人工智能，但我想说的是人工智能和 5G 主要推动了半

导体技术要求转变，而这些转变正在影响着我们的业务。

Andy Shaughnessy：Tom，你觉得领导者在规划战略的时候会犯哪些错误？

Edman：在我看来，如果领导者认为他们靠自己就能推动公司战略的制定，就犯下了巨大的错误。只有把企业里的智者都聚集到一起出谋划策，企业才能变得更好。如果公司认为自己的战略神圣不容置疑，无法把战略要素传达给更多部门，这也是错误的。传达战略要素的过程才是最有趣的部分，因为这是一个让公司每位员工都参与其中的好机会。人们真的很喜欢暂时放下日常工作，去真正思考更重要的事情。

Matties：Tom，非常感谢你今天抽出宝贵时间接受采访并分享了这么多深刻见解。谢谢你。

Edman：谢谢你。PCB007CN





企业战略制定流程

by the I-Connect007 Editorial Team

Tim Rodgers 博士可能不会称自己为“企业战略大师”，但这个称号确实很适合他。作为科罗拉多大学的兼职导师，Tim 擅长工程设计及制造项目管理、问题解决和工艺简化。此外，Tim 还了解 PCB 制造的商业领域。

我们邀请 Tim 介绍 PCB 制造商成功企业战略的制定过程，为什么运营效率本身不是一项战略，以及小公司如何在一个越来越商品化的行业中脱颖而出。

Andy Shaughnessy : Tim，你能谈谈对制定企业战略的看法吗？

Tim Rodgers : 当然。这对公司来说非常重要。我们看到很多公司因为没有明确的战略而失败的案例。应该先问自己：“公司想选择如何竞争？公司能做些什么来创建可持续的竞争优势？”没有明确战略的公司只能在原地踏步。他们采取了很多行动，看起来很忙，但行动与战略不一致。因此最终消耗了资源，却没有取得任何进展。

PCB 制造商面临的最大挑战之一是如何使自己与众不同，但真的很难。许多制造商基本上都是一样的；他们使用相同的制造流程、相同的运营模式，没有很多差异化的机会。在生产能力和运营模式上仍存在突破的可能，但难度会越来越大，因为整个行业正在变得“商品



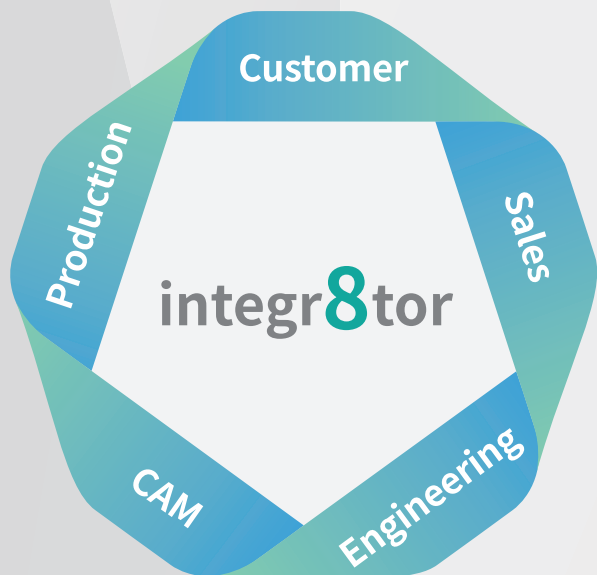
CIMS
Creativity in Motion

Ucamco

Integr8tor: 快速地深度分析 精准报价所需的客户数据

基于服务器-客户端的销售和工程智能化解决方案

 AI inside



- 深度分析客户数据
- 快速提供准确的报价参数
- 精准的工程设计确保检查所有细节
- 快速便捷的客户沟通

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





Tim Rodgers

化”，当开始卖别人都在卖的商品时，主动权就转移到了买方；买方有权进行价格对比。这使得制造商陷入艰难的处境。

我们教授的很多关于战略的内容都来自哈佛商学院 Michael Porter 教授的研究。大约 30 年前，他发表了自己的理念——实际上有 3 种不同的竞争方式。一种是基于差异化，另一种是基于成本领先，最后一种是追求某种小众市场。成本领先基本上意味着公司会生产同样的产品，提供与其他人相同的服务，但会以更低成本做到这一点。公司将在成本上打败其他公司。沃尔玛和西南航空公司找到了如何以极低成本竞争的方法，他们可以在此基础上进行有效的竞争。

差异化意味着我们将提供不同的产品或服务，客户会从这里购买，因为我们提供了

在其他地方买不到的商品。代表这种策略的案例之一来自苹果公司，其操作系统有着明显的差异化特征。我是 Mac 用户，虽然我可以买到更便宜的个人电脑，但 Mac 用户宁愿选择花更多的钱，以获得我们认为的差异化体验。真正的问题是如何将其策略应用到 PCB 制造领域。

第三种方式是小众市场。公司能追求特定的小众市场吗？如果能，小众市场意味着公司的生意会很小，但可能会获取相当的利润。例如，医疗设备行业的制造商必须接受对其制造实践的审核，如果选择专注这个特定的市场，公司可能不会发展得很大，但这个策略可以帮助确保其在这个小众市场的竞争优势。

Barry Matties：那么，小型公司如何制定战略？

Rodgers：在成本方面竞争真的很难；随着不断削减利润，成本竞争会形成恶性循环。由于利润低，公司没有资金在额外的运营提升、技术和专业知识上进行投资。另一种选择是搞明白客户在寻找什么，并加倍努力。这不一定是技术，可以根据公司能提供的其他类型服务实现差异化。

例如，一些 PCB 制造商提供设计服务。我强烈建议读者考虑从事设计服务之类的事情，因为这些服务会使商品化变得更加困难。公司可以在哪些其他服务上实现差异化？公司是否隶属于某个组装工厂？公司有现场组装吗？能做样品吗？能在实际制作之前模拟设计的性能吗？

Matties：现在，Michael Porter 谈到的另一个

领域是运营效率，有些人认为这是一种战略。运营效率是必要的，但它不是一种战略。

Rodgers：运营效率肯定会为降低成本创造机会。更高的效率必定可使公司降低内部开支，理论上也可以提供更低的价格。如果想保持相同的价格和更高的利润率，它提供了更高质量的机会。我们还没有谈到质量，因为这可能也是实现差异化的机会。战略的引人注目点在于，有助于界定公司所做的一切，也有助于公司明确不会去做的事情。对于小型制造商来说，很难明确说不会竞标某项业务，因为它不适合公司策略。

Matties：但当公司销售额下降时，为了让员工忙起来，你很容易就答应竞标了。通常情况下，你只会对每块 PCB 上加价 20 美元。

Rodgers：小批量生产就是很好的案例，因为无法很好地利用设备，实际上，公司最终可能会因为小批量的订单而赔钱。而在某些情况下，因为未来有可能得到更大批量的订单，你可能会决定这样做。

Matties：当开始制定战略时，应该将运营效率视为制定过程中的步骤，必须意识到运营效率不是战略。

Rodgers：运营效率是实现这一战略的方式。

如果公司选择在成本基础上竞争，那么绝对需要有这样的运营效率。回到沃尔玛和西南航空的案例，运营效率就是他们真正擅长的。

Matties：不过，我认为，无论选择何种战略，公司都需要运营效率。

Rodgers：当然。任何情况下公司都不应该乱花钱。

Matties：我同意。如果你身处一片红海，最好找到一种方法，让自己置身蓝海，让其他人变得无关紧要。

“新技术、新产品在一段时间内是革命性的，但它并不能提供永久的竞争优势，太容易被竞争对手复制。”

Rodgers：在 PCB 制造领域，你能想出一种新的产品吗？这变得越来越困难，只会提供暂时的竞争优势，而不是永久的竞争优势。目前我们看到刚性板制造商已经

参与到全挠性电路中，例如，chip-on-board 技术。新技术、新产品在一段时间内是革命性的，但它并不能提供永久的竞争优势，太容易被竞争对手复制。

Matties：我们遇到了一家将使用信息交换和工业 4.0 作为战略的组装公司。他们说，每次有潜在客户来进行审核时，他们都会关闭 92% 以上的潜在客户订单。他们的战略是创建互联工厂作为展示。

Rodgers：是的，这很有道理。从客户的角度来考虑这个问题。当客户在寻找供应商时，他们最想要的就是信心。是的，他们想要低价的产品。这是绝对的。但当我们选择了最低的价格时，我们会损失惨重。出价最低并不一定是成功的秘诀。

Michael Porter 也谈到了五力模型。他的理论是，如果想提高盈利能力，必须削弱这 5 种力量的作用，其中一种就是购买者的讨价还价能力。当购买者拥有主动权时，他们可以在商品化的环境中协商更低的价格。如何降低买家的主动权？一种方法是增加转换成本。要让客户尽可能难以更换供应商，要增强用户黏性。

我为什么要去星巴克？我去是因为我能积累积分，还能时不时得到一杯免费饮料。对于 PCB 制造商来说，相应的概念是什么？怎么能像星巴克那样增强顾客黏性？我并不是建议你提供飞行里程，但是怎样才能在整个生产过程中成为有效的合作伙伴，而不仅仅是制造？如何建立这种合作关系？当这样做时，客户永远不会想要切断与你作为供应商的关系，否则，被客户转而选择其他供应商，就意味着公司必须重新建立相关知识经验，重新建立对客户理解和欣赏。

Matties：不过，正如 Michael Porter 所说，什么都不做比因为做出错误的决策而受到指责更容易。

Rodgers：是的，当客户寻找新的供应商时，对双方都有风险。这又回到了转换成本的问题上。有时候应对你了解的困难比应对你不了解的困难更容易。

Matties：第三方机构的验证证书呢？

Rodgers：我认为这是非常必要的。现在每个公司都通过了 ISO-9000 认证；这是公司参与其中的赌注。如果没有通过 ISO-9000 认证，公司就不能参与竞标，它已经失去了一些它原有的意义。

Matties：提到书，我们最近读了 Seth Godin 的《这就是市场营销》。Seth 指出，人们经常拿着钥匙，试图找到合适的锁。就像 Seth 一样，你的观点是公司需要首先找到锁，然后调整他们的能力，成为那把钥匙。

Rodgers：我完全同意这个类比。首先要了解市场。公司想吸引什么样的客户群？是否试图吸引国防客户、医疗设备客户或信息技术客户？这些客户想要什么？这些细分市场是什么？国防客户想要的产品与医疗设备群体想要的产品完全不同。公司的目标市场是什么？现在，你仍然可以选择支持其他细分市场，但必须赢得公司的目标细分市场。

Matties：我认为在进行标杆分析时，必须做的另一件事是超越竞争对手。例如，如果想研究如何让人们排队，那么就看看迪士尼乐园是怎么做的，因为他们很擅长让人们排队。

Rodgers：说得好。标杆分析已经过时了，但标杆分析与竞争分析不同。标杆分析是着眼于公司业务中的一些要素，努力找出如何做得更好。看看其他行业或公司，帮助你更好地了解自己的流程。

那么，我们如何从迪士尼的排队管理中

吸取经验呢?有没有一种方法可以将其应用于 PCB 车间的作业订单排队上?关于如何将工作按优先顺序分批处理,我们有什么可以学习的?这是同样的问题。制造厂产能有限,就像迪士尼可容纳的客流量有限,能从迪士尼身上学到一些关于作业订单排队的经验吗?

我喜欢迪士尼的一点是,你永远不会看到整条队伍有多长。队伍绕来绕去,进入一栋楼,再进入另一栋楼,实际上你看不到整条队伍。这也有心理方面的原因。在我过去的一些

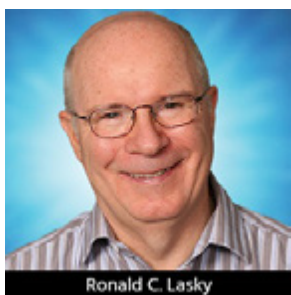
课上,我们教授过迪斯尼的案例。迪士尼研究的要点之一是对等待时间的感知。不是实际的等待时间,而是感知到的等待时间。在客户接受产品或服务之前,如何让他们在这段时间内保持参与?

Matties: 这个案例太棒了, Tim。非常感谢你抽出时间与读者分享你的精彩见解, 谢谢。

Rodgers: 谢谢你们。PCB007CN

连载!构建持续改进的平台26:两台割草机的故事

编者注: Indium Corporation 的 Ron Lasky 继续关于虚构角色 Maggie Benson 的系列专栏, 以展示关于 SMT 组装的持续改进和培训。本集故事继续关注 Andy 和 Sue, 他们都曾在 Ivy-Benson Electronics 公司工作, 但一直在常春藤大学为 Patty Coleman 教授承担其他项目。



Hal Lindsay 真的很想把两台元器件贴装设备卖给 Benson Electronics 公司。两台 Excel 贴装设备的售价为 59.9 万美元, 交易完成后, 他将获得丰厚的佣金。而且他知道 Benson Electronics 与 Patty Coleman 教授关系密切, 几年前她让他失去了一份咨询工作。她使用了一些夸张的计算, 不公平地说服客户不要继续与他合作。好吧, 如果她出现, 他已经做好了准备。他知道客户正在寻找最低的拥有成本, 而且他有数据证明他想销售的 Excel 设备是最好的。为了确保自己做好充分

准备, 他甚至使用了 ChatGPT 来确保自己没有遗漏任何要点。这一次他已经做好了准备, 即使象牙塔的 Patty Coleman 会干扰他的销售。

与此同时, 在常春藤大学, Patty 教授感到压力很大。她的双胞胎儿子现在正在读高中三年级, 所以目前正是他们为大学做准备的时候。两人都是高中高尔夫队的顶尖学生和明星。Patty 的许多朋友和亲戚都认为两个男孩会去常春藤大学。然而, 存在两个大问题:

首先, 他们可能不会被常春藤大学录取; 大多数人不知道教授的孩子在入学方面没有得到任何优待。去年, 常春藤大学只接受了 10% 的申请者。许多毕业生、班长和运动队队长都没能成功被录取。

另一个问题是成本。所有费用加起来, 常春藤大学及其他顶级私立学校每年花费近 10 万美元。这是大多数人不理解的另一个问题: 教授的孩子并不能享受特别的学费优惠。

更多详细的内容, 请[点击这里](#)。

最佳钻孔工艺

可实现最佳的 PCB 制造

by Tim Totten
SUNSTONE CIRCUITS

钻孔是 PCB 制造过程中最基本的工艺步骤之一。在通孔出现之前,PCB 都是单面的,其中一面布线和元器件。如今,双面板和多层板已经如此普遍,没有钻孔的 PCB 似乎都不能称之为 PCB。钻孔工艺形成可连接 PCB 不同层的孔,还能够连接元器件。事实上,如果没有孔,双面 PCB 就只是块杯垫。

为了在制造过程中最大限度地提升效率、降低错误率,PCB 设计师需要了解钻孔的关键要点。钻孔信息可能因制造商而异,例如设计限制、公差和最佳钻孔尺寸等参数。但设计师可以通过控制其他因素,最大限度地提高钻孔质量。

鉴于钻孔是如此关键的步骤,所以了解钻孔工艺原理有助于改善设计、加快生产速度。

如何将钻孔工艺融入制造过程?

钻孔发生在制造过程初期。对于多层 PCB,所有内层组合好并层压在一起形成单个制造面板后,便要立即钻孔。一般情况下,制造商会将面板堆叠在一起进行钻孔操作。某些物理特征有助于控制叠层的尺寸、面板厚度、最小钻孔尺寸、铜厚、对准要求,甚至材料类型。完整的叠层还包括面板的盖板材料(例如铝)和背板材料(酚醛材料是常见的背板材料)

这两种材料都有助于提升钻孔的质量和精度。一旦将所有的 PCB 都夹在了盖板材料和背板材料之间,就可以开始钻孔了。

精密钻孔需要专门的机械装置保证操作的精度和一致性。钻孔机械装置会对通孔质量产生巨大影响,有了质量佳的孔才能制造出质量可靠的 PCB。使用优质的钻孔设备,才能实现高厚径比、小通孔尺寸和严苛的定位精度。

完成钻孔工艺后,单块线路板就可以进入制造过程的下一阶段。将化学镀铜添加到新钻取的通孔中,对面板进行成像、镀铜处理,然后进入蚀刻工艺。

钻孔工艺出现问题时

当钻孔工艺出现问题时,可能会导致一块或多块 PCB 损坏报废。最常见的原因是材料问题(堆叠焊盘/接地面的图像转移)和制备有误,可能会导致出现毛刺和其他质量问题。

毛刺是相当常见的问题。如果钻孔进行得太快,叠层没有适当夹好,或者钻头太钝,都会在通孔周围形成毛刺。毛刺可能导致短路、错误连接或通孔中铜涂布不均匀。

PCB 底部可能会出现最严重的毛刺——火山堆毛刺。如果快速在一块木头上钻孔,就会看到“火山堆”——钻头从另一侧凸出,形成大的圆锥形毛刺。

虽然可以用磨砂机或反复刷洗的方式处理小毛刺,但火山堆通常都很凸出,会导致板报

Geode™

加快创新

您有应对新兴市场挑战的工具吗？

看到HDI和IC封装钻孔的新愿景

Geode的设计宗旨是在提供所需的吞吐量、精度的同时减少拥有成本。

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



 **mks**

ESI®

www.ESI.com



废。为了防止毛刺和火山堆毛刺的出现，要将叠层夹在盖板材料和背板材料之间。

高效钻孔设计

设计师可以采取多种措施提高钻孔效率并减少错误。最重要的改进措施之一是减少 PCB 设计上通孔尺寸的不同类型，从而减少工具的更换次数。通过密切关注各种通孔要求的容差就可以实现这一目标。如果多个容差范围重叠，选择的通孔尺寸要尽可能适应多个容差。

切记，更换工具需要花费时间。通过减少钻孔尺寸要求，设计师不仅可以大幅提升制造速度，还可以减少完成整个制造过程所需的额外步骤。

某些设计要素会增加出现毛刺的几率，其中涉及较高的铜重，以及任何妨碍各个层板相互平整叠放的因素。有时可以使用手动磨砂机修复毛刺，但这个步骤需要很多时间，可能会减慢整个制造过程。

通过最大限度地减少钻孔尺寸的数量，设计师可以减少 PCB 上需要钻出和移除的材料量。此外，巧妙的设计可以优化孔之间的间距，从而减少钻孔设备在钻孔之间的移动量。这两种设计优化看起来可能无足轻重，但在大规模生产中这种节省的累加是相当可观的。

更好的钻孔工艺才能制造出更优质的 PCB

钻孔在 PCB 制造过程中发挥着不可或缺的作用，PCB 设计师需要了解其设计对钻孔效率和精度产生的影响。优化后的通孔和焊盘尺寸有助于钻孔工艺的顺利进行，可确保生产出高质量的 PCB。



Tim Totten

通过与 PCB 制造商密切合作并采用最佳操作方法，设计师可以更高效地工作并减少 PCB 浪费。对于可靠、高效的电路板，精确钻孔操作是至关重要的要素。通过关注这些基本要素，设计师可以设计出具有更少错误和更低故障率的 PCB，从而提高成本效益。

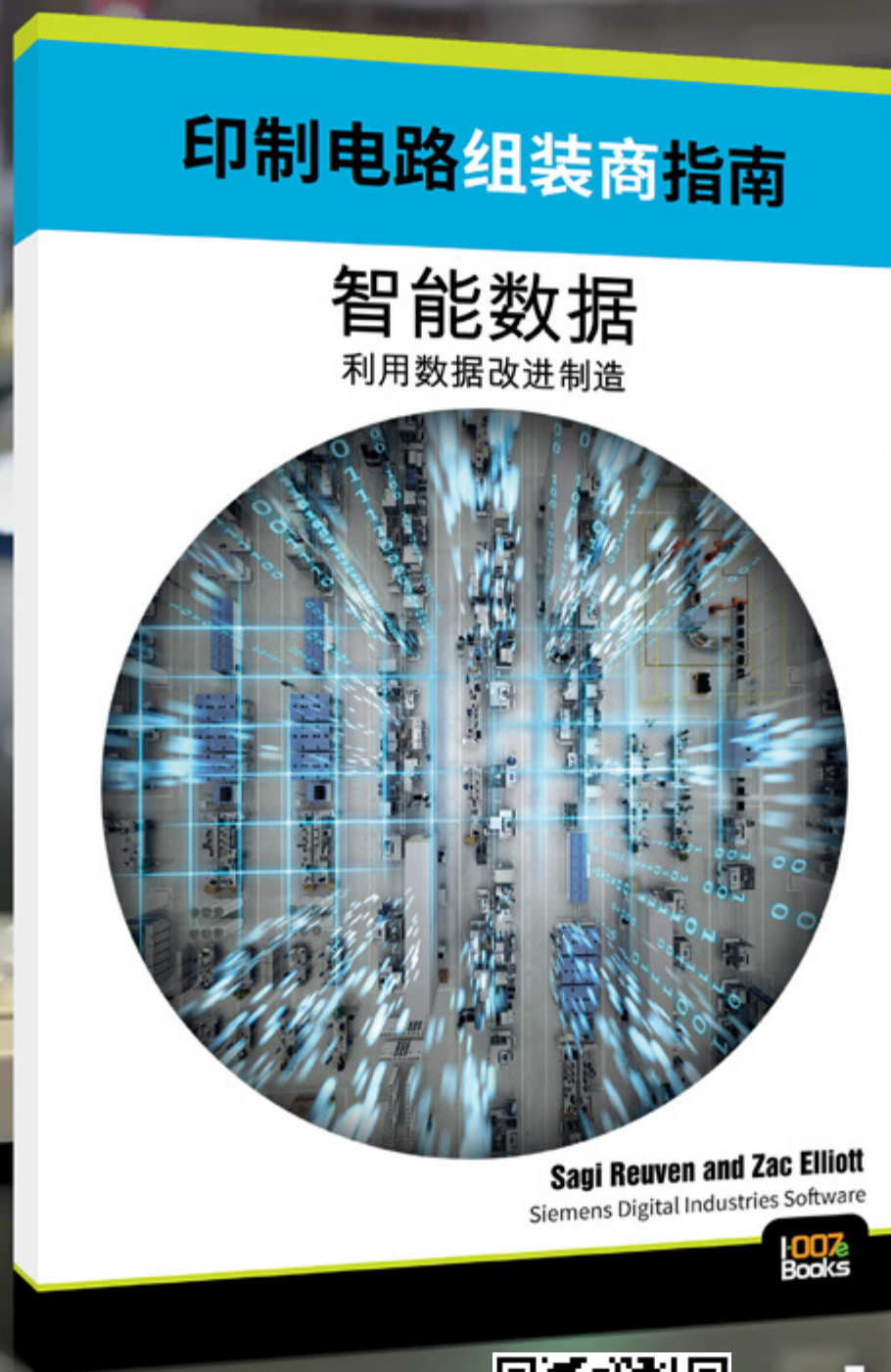
PCB007CN

Tim Totten 自 2004 年加入 Sunstone 公司，在提升钻孔部门的计划中发挥了不可或缺的作用，包括培训新设备使用、开发新的产品线工艺以及学习如何编写 G 代码。

免费下载 Matt Stevenson 撰写的《[印制电路板设计师指南——面向现实设计](#)》。[点击此处](#)可查看 I-007e 电子书库中的其他书籍。

让您的数据发挥作用！

数据分析可以帮助您做出更好的决策、
降低成本并消除浪费。



⬇ 现在就下载



I.007e
Books

SMTAI 技术方案

by Mike Konrad
SMTA

表面贴装技术协会 (Surface Mount Technology Association) 将于 10 月 9 日~12 日在明尼苏达州 Minneapolis 市举办年度研讨会及展会 (Surface Mount Technology Association's annual Conference and Exposition, 简称 SMTAI)。SMTAI 与明尼阿波利斯医疗设计与制造 (Medical Design & Manufacturing, 简称 MD&M) 贸易展会同期举办, 是美国中西部最大的电子制造展会及技术研讨会。

SMTAI 技术委员会策划了此次研讨会的技术方案。目前, 研讨会的技术方案已经确定, 特邀请技术委员会的两名成员, 详细介绍在 Minneapolis 举办的研讨会具体演讲概况。

SMTA : 首先, 让我们从更高的视角来介绍这次研讨会。此次技术研讨会共有多少演讲?

Raiyo Aspandiar : 共有 94 场演讲。

SMTA : 与许多其他研讨会一样, 此次 SMTAI 研讨会按技术领域划分主题。SMTAI 研讨会主要跟踪哪些技术领域? 预计每个领域有哪些类型的演讲?

Aspandiar : 跟踪 9 个技术领域, 共有 30 场会议和 11 个专业发展课程。图 1 显示了目前



Raiyo Aspandiar

领域、会议和演讲的概况。

Julie Silk : 电子产品的可靠性是不同领域不同角度关注的焦点。高性能和高可靠性要求涵盖了在极端温度和机械应力的恶劣环境中使用的电子产品, 如汽车和军事应用。

医疗和国防领域, 有包括关于清洁度及过程控制重要性的相关论文发表。

互连研究及可靠性领域, 有深入研究焊料合金, 包括设计考虑因素的相关论文发表。

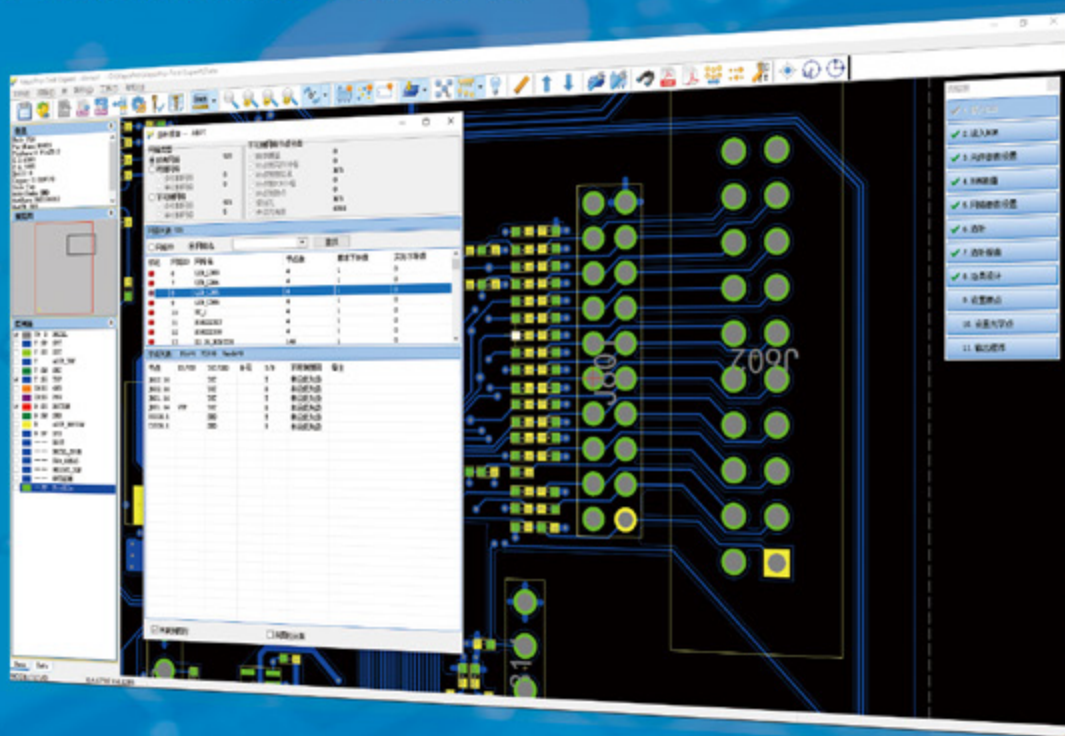
低温焊料领域, 对熔化温度低于 200° C 的焊料进行了可靠性研究。这些产品以脆性著称, 新的研究将涉及改进劣势和增强优势。

电子材料领域, 有关于表面涂层、保护层、热界面材料、粘合剂等的相关论文发表。

测试及检测领域论文, 涵盖了晶圆、助焊剂残留物、元器件和焊点的测试方法, 以及失

DFT分析&测试制程

高效DFT/测试策略/程序开发



Vayo Test Expert



节省
>70%
人工整理时间

DFT可测试性分析

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

测试策略分析

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

检测设备程序制作

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



联系我们



business@vayoinfo.com



www.vayoinfo.cn

CALL US: 021-61182128

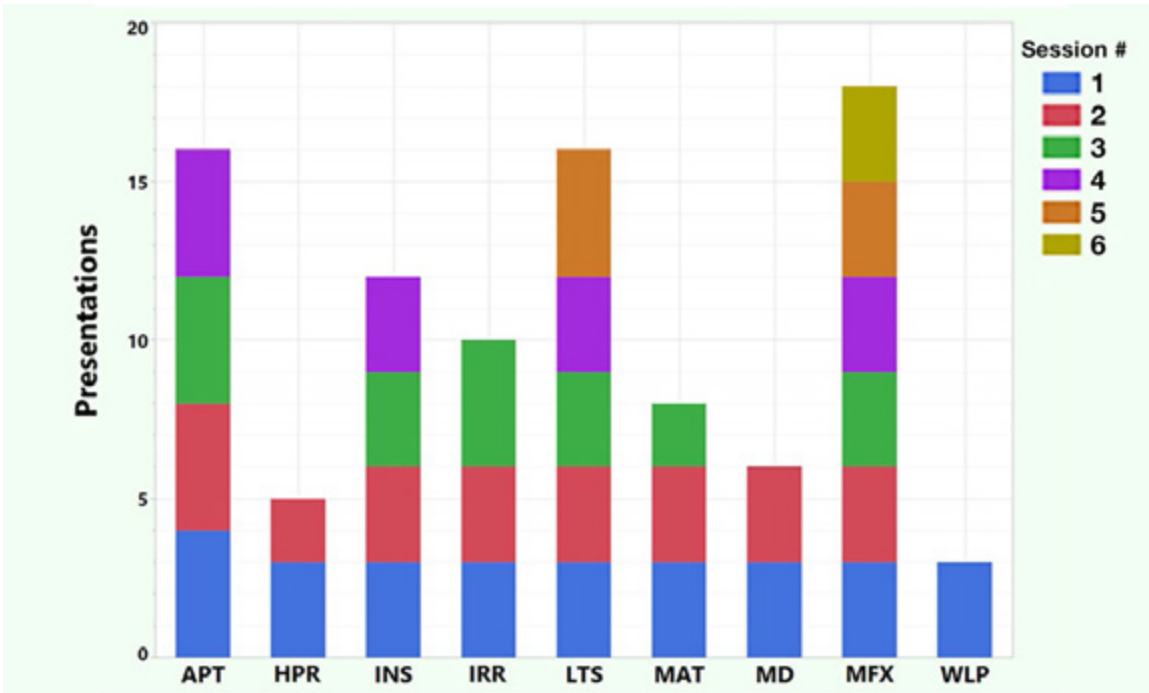


图 1：关键技术领域

APT：高阶封装（Advanced Packaging Technology，简称 APT）；HPR：高性能和可靠性（High Performance and Reliability，简称 HPR）；IRR：互连研究及可靠性（Interconnect Research and Reliability，简称 IRR）；LTS：低温焊料（Low Temperature Solder，简称 LTS）；MFX：卓越制造（Manufacturing Excellence，简称 MFX）；MAT：电子材料（Materials for Electronics，简称 MAM）；MD：医学与国防专题（Medical & Defense Symposium，简称 MD）；INS：测试及检测（Test and Inspection，简称 INS）；WLP：妇女领导力项目（Women’s Leadership Program，简称 WLP）

效分析和人工智能的使用。

卓越制造领域的主题是人工智能的使用和数据分析，其中包括关于在众多制造过程中改善控制和质量的相关论文发表。

高阶封装技术领域，有包括元器件制造的发展相关的论文发表，涉及晶圆键合、连接工艺、填充材料和热接口内容。

SMTA：我们的行业正在经历人工智能、电动汽车、大数据、物联网和 3D 打印普及等技术演变，哪些演讲最能代表新兴技术？

Silk：“万物”中的新技术和电子产品都给制

造业带来了压力，迫使产业提高技术水平，突破批量生产中可以达到的界限。MFX 领域有数篇论文涉及使用数据分析和人工智能来提高制造能力。也就是说，不仅仅是理论上的应用，还有实际案例。

Aspandiar：“人工智能、机遇、挑战和可能性”专业发展的课程会很引人注目。

SMTA：哪些基于革新性 / 演变或遗留技术的特殊演讲给你们留下了深刻印象？

Aspandiar：技术方案中有很多关于最新创新

和演变研发的演讲。其中包括 APT 领域的新型热界面材料、LTS 领域的低温焊料冶金、MAT 领域的防腐纳米材料，以及 INS 领域的新型 3D 显微镜和 CC-ray Technology Source。

SMTA：和许多其他行业一样，我们的行业正面临“银色海啸（员工老龄化）”危机。大量经验丰富的工程师即将退休，最常见的应对方案是由年轻工程师接管工作。关于继续教育，你会给行业内的新兴工程师提出什么建议？

Silk：参加专业发展课程，深入了解感兴趣的课题，然后与作者探讨其演讲的内容。这将有助于建立联系，并在下一个奇怪问题出现时为你提供新的专家资源。带上名片，与你遇到的行业同仁交换名片。标记他们的专业领域，加入讨论学习群，你会在学习他们在这个主题上的经验和知识的同时，听到仍然存在的挑战。

Aspandiar：周二下午有一场题为“培养未来劳动力”的会议，可以了解电子制造业如何帮助学校制定学术课程，以培养电子组装领域的年轻工程师。

SMTA：虽然技术研讨会以其教育价值而闻名，但也提供业界沟通的平台。你能更详细地分享 SMTAI 计划中各种行业联谊机会吗？

Silk：比如有女性领导力项目，为那些在电子行业代表性不足的女性提供了机会。大家相聚在一起，向杰出的女性领导者学习，享受欢聚的时光。

SMTA：对于正在考虑在当地或国际研讨会上



Julie Silk

发表演讲的人，你会给他们什么建议？

Silk：先参加研讨会，然后成为评审员、会议主席或联合主席。参与者可以明确研讨会的举办流程，并遵循论文格式和商业主义指导原则；熟知演讲材料，像和同事交谈一样与观众交流，这些观众也是同行，参加研讨会的目的是为了学习和了解技术。PCB007CN

致谢

Julie Silk 任 Keysight Technologies 公司材料可靠性项目经理和环境合规项目经理。她是 SMTA 全球董事会成员及 SMTAI 技术会议委员会成员。

Raiyo Aspandiar 在英特尔工作，为 SMTAI 技术会议委员会成员。

Mike Konrad 是 Aquarius Technologies 公司创始人兼 CEO，兼任 SMTA 传媒副总裁。如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。

齐平嵌入式电路

by Happy Holden

I-CONNECT007

简介

Karl Dietz 曾在《Tech Talk》专栏中撰写过多篇有关嵌入式电路的文章^[1]，尤其详细介绍了齐平电路技术和嵌入式电路工艺。Karl 在专栏文章中介绍了两种用来生产齐平电路的工艺。

- 以 Dimensional Imprint Technology, Inc. 公司 George Gregoire 发明的工艺为基础的 Imprint 技术。
- 以 Samsung Electro-Mechanics 集团发明的工艺为基础，研发出的电路转移工艺。这项工艺使用的并不是新技术，而是使用抛光后的不锈钢作为导电载体。我在 1971 年首次接触到这种电镀后进行处理工艺。坐落在加州 Westlake Village 的 PACTEL（太平洋电讯）公司，向行业展示了他们使用光致抗蚀剂和电镀后的电路转移工艺制造出的 50 微米级微通孔。但随着盲孔激光钻孔技术的不断提高，Amkor 和西门子公司研发出了新的应用，使用这类激光技术可制造出电路凹槽和 SMT 焊盘上的凹槽。

- 由于导体三面都有附着力，电路的可靠性和性能均有所提高。
- 很多情况下都不需要用到阻焊层，因为无铅焊膏不会在线路密集区域流动或形成桥接。
- 超高速下的信号完整性得到提升。
- 在一些制造工艺当中完全消除了光刻技术（有机金属焊膏）。
- 可使用的绝缘材料种类更多了。

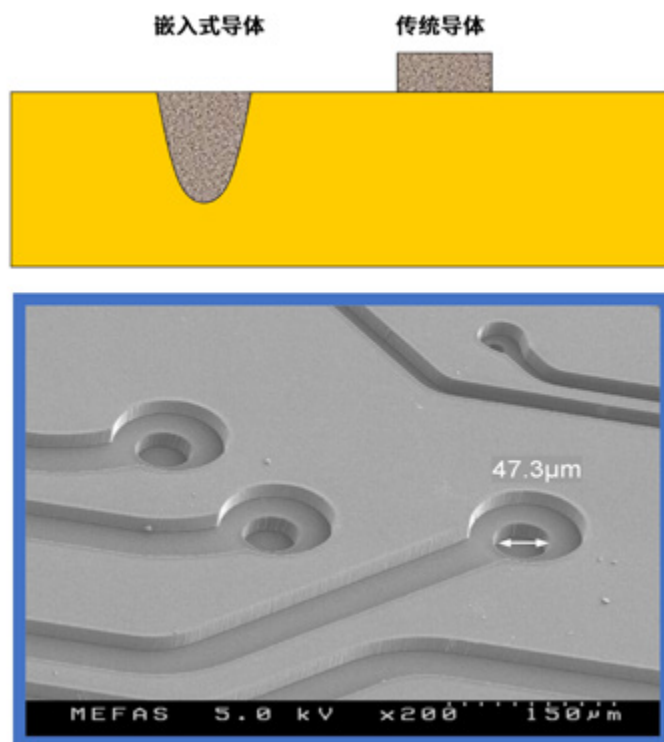


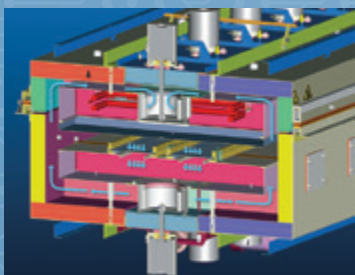
图 1：a) 嵌入式导体与传统铜箔蚀刻导体的对比图；b) 用激光划线加工出的可进行金属化处理的导体 / 连接盘 / 通孔路
(来源：The PCB Magazine)

齐平嵌入式电路

齐平嵌入式电路（图 1）的尺寸缩小到了 75 微米以下，与传统减成法蚀刻 PCB 电路相比具备以下优势：

专为基板平整度而推出的新型回流焊炉技术

Pyramax 
WITH **TrueFlat**
TECHNOLOGY



闭环对流加热实现出色的热均匀性

TrueFlat建立在业界领先的Pyramax平台上，是独特的可抑制基材翘曲的回流焊炉。专为0.15至0.30mm的基板厚度而设计，TrueFlat技术消弭了芯片倾斜。

由于Pyramax的闭环对流加热，可重复确保一致的平整度与出色的热均匀性。

**END
DIE
TILT**

- 闭环对流加热实现出色的热均匀性
- 维护成本低—无真空泵
- 搭载Wincon回流焊炉界面，简单操作
- 可选2倍吸力，提供更强大的基板平整度解决方案



www.btu.com

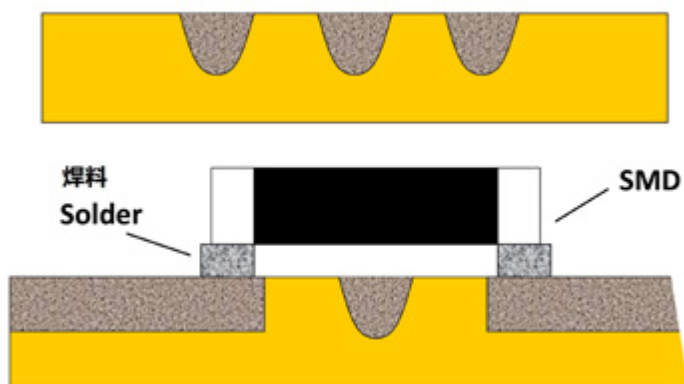
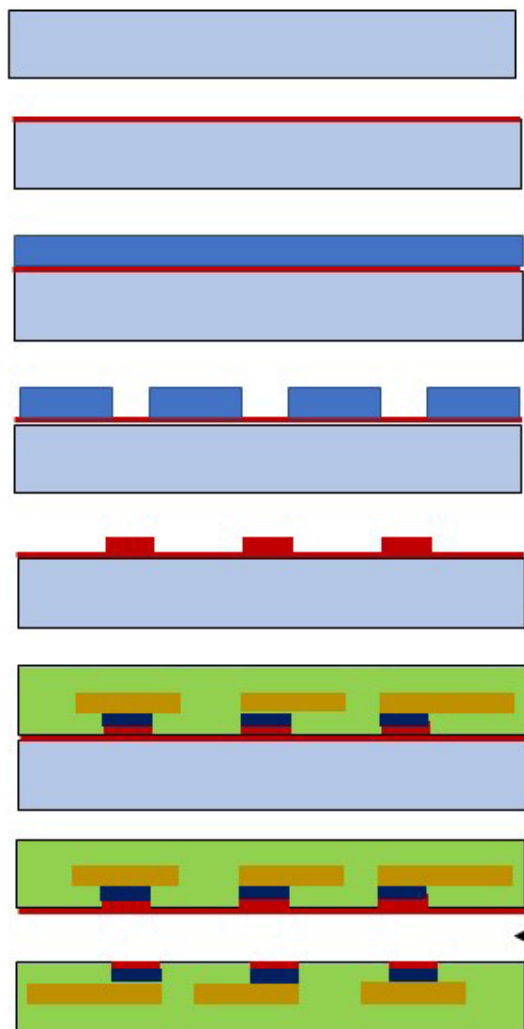


图 2：嵌入式电路可以实现更精细的电路，具有更高的组装灵活性

如图 2 所示，嵌入式走线不会干扰组装在其上方的元器件。

工艺流程

转移过程从涂有薄导电脱模剂的抛光金属基板开始。接下来，在载体上涂覆光致抗蚀剂，并透过掩模（或 DD 成像）在 UV 光下曝光，形成电路图形。一旦完成光致抗蚀剂的显影，就将载体清洗干净，然后将金属电镀到曝光后的图像上。鉴于后边会将载体移除，电镀的第一层金属（通常是金或银）会在加工完成后曝光，随后镀一层镍作为金属屏障，最后镀一层铜作为导电金属。完成电镀后，后续的整平步骤可以形成平整的金属层表面，可黏附到永久的介质上；重复以上布置直至整个电路都



1. 基底“载体”

2. 基底“载体”表面处理

3. 涂布光致抗蚀剂

4. 曝光/显影

按需重复

5. 图形电镀第一层金属、抗蚀剂剥离

6. 涂布介质/固化处理

可重复使用

7. 基底“载体”分离

8. 翻转/清洁表面

图 3：使用载体和电镀光致抗蚀剂技术的电路转移工艺

新的Objective Evidence网站 现已上线!



访问以下网站!
获取您关于
Objective Evidence
的所有需求

www.objectiveevidence.org



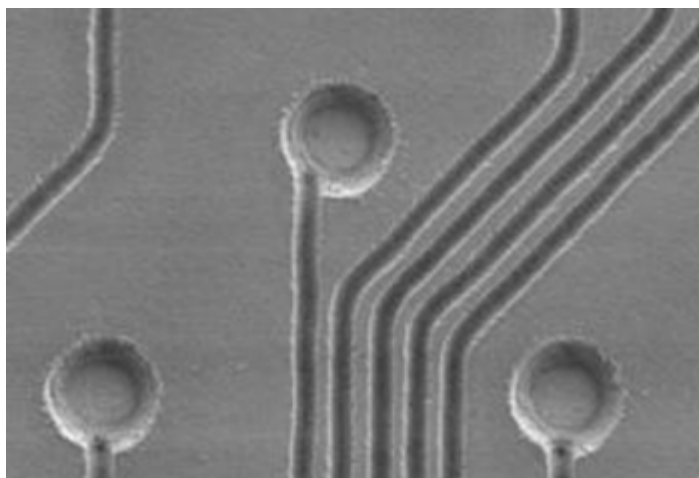


图 4：在 PCB 表面完成烧蚀操作后，得到的走线、通孔和焊盘^[2]



图 5：图 4 中的走线、通孔和焊盘现已完成了金属化和电镀处理^[2]

连通。流程如图 3 所示。

激光划线工艺

正如我之前提到的，激光钻孔是 HDI 制造不可分割的组成部分。几家 OEM 都研发出了可以使用激光将走线和焊盘划入表面材料的工艺（图 4）。在基板金属化并针对特定位置完成电镀后^[2]（镶嵌填充），金属会被闪蚀去除，即可形成齐平电路（图 5）。

电解铜填充工艺

嵌入式凹槽的填充与填充表面凹槽有所不同，需要使用新一代镀铜化学工艺。

水平加工法和纵向加工法

在整个工艺流程中，一定要熟练掌握的关键步骤之一就是凹槽的电化学沉积（ECD）或电镀操作。因为是从电镀晶圆转移到了电镀面板，所以一些关键工艺技术规范要求还包括沉积均匀性、基板产量和沉积多层金属层的灵活性。传统 PCB 制造中使用的批量电镀已不能满足这些技术规范要求。

行业研发出新的面板电镀工具（钢架）被，用于满足面板基板上高阶封装的需求。该工具采用一系列紧凑的加工槽设计，可一次处理单个面板，取代了批量加工的方式。在电镀槽中垂直加工部件，可以在不需要使用较大占地面积的情况下就能实现高产量，同时还能加工出高阶封装电镀时所需的各种特征。有了大量的加工槽和经过优化的高架运输系统后，就可以灵活地处理不同的金属，产量也可以达到每小时 60 块面板。在运输和加工过程中，面板被固定在刚性支架中，最大限度地减少了面板翘曲引起的任何问题。

若想获得完美的镀铜表面，不仅仅需要用氧化铁阳极替代可溶性阳极，还需要^[3]：

- 采用新型薄膜技术隔离不溶性阳极
- 测试并使用先进的设备
- 了解产生缺陷的根本原因
- 了解基本槽设计的影响

剪切板搅动

从大量溶液中沉积金属，需要金属离子在活性表面穿过流体动力边界层^[4]。这个边界层

的有效厚度和均匀程度是影响沉积速率和沉积质量的关键因素。在面板电镀工具的垂直加工槽中，可以直接应用晶圆电镀工具中使用的剪切板搅动步骤。这种搅动方式使用面板附近的往复式格栅在表面产生湍流，并将金属离子和其他关键反应物的传输效率提高至最大^[5]。

真空预润湿

当待电镀部件具有深或大厚径比特征时，在将其插入电镀槽的过程中，气泡可能会被困在通孔或凹槽中^[4]。这些气泡通过表面张力固定在某些位置，阻碍电镀溶液与活性表面发生

接触，从而延迟甚至阻止这些位置的电镀。消除气泡最有效的方法是将部件置于真空环境下，并用脱气、去离子水填充内腔。在没有空气的情况下，水会充满所有凹槽。这样一来，当部件被转移到电镀槽时，表面张力会排出其中的空气^[5]。

案例

包括西门子、三星、WUS、UNIMICRON 和 AMKOR 在内的许多 OEM、PCB 制造商和 OSAT 已构想并制造出了齐平嵌入式电路超 HDI 基板样品（图 6）。

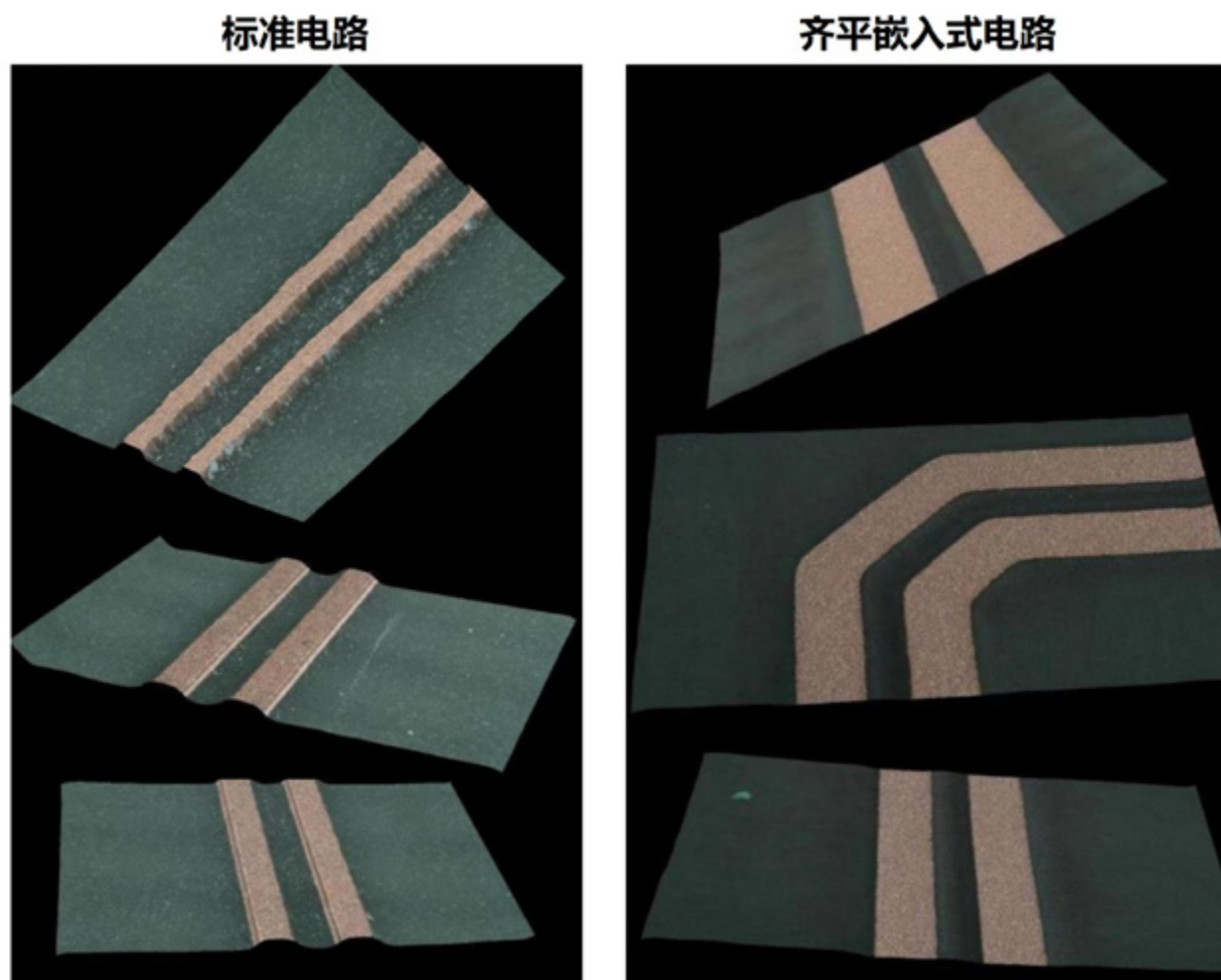


图 6：标准 mSAP 精细走线电路与齐平嵌入式电路对比

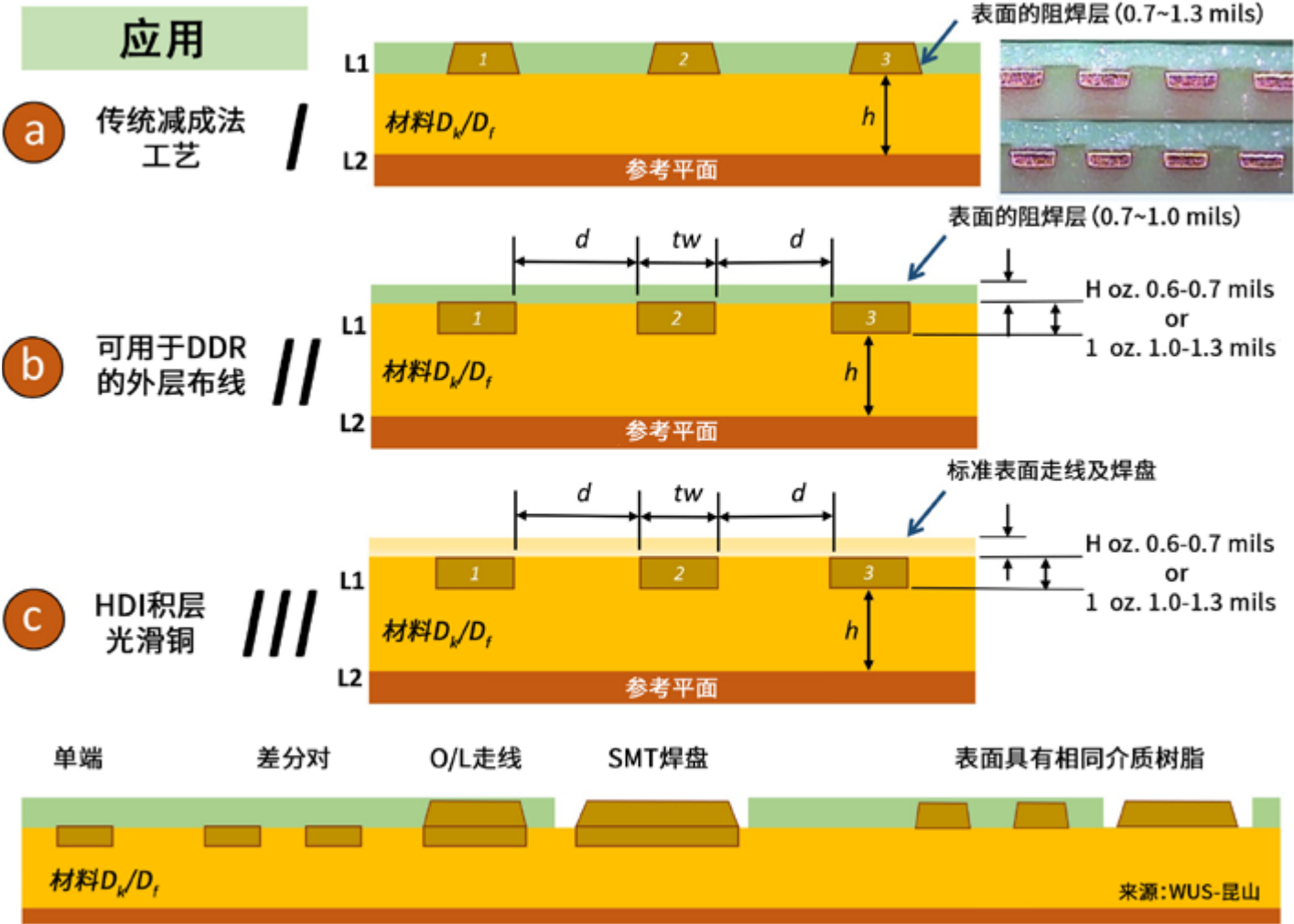


图 7：3 种不同齐平嵌入式电路应用的说明（来源：WUS [6]）

WUS 提供了更多实例 [6]。图 7 和图 8 展示了齐平嵌入工艺与传统 mSAP 减成法工艺在加工外层或内层 1 盎司或 0.5 盎司铜箔时的差异。很多时候，根据密度的不同，齐平嵌入式电路不需要用阻焊层来防止桥接。

总结

如图 8 所示,WUS 的设计在 RF 和高速数字电路应用中展现出了明显的优势，其中包括：

- 1. 可靠性增强。
 - a. 金属箔与介质之间的附着力更强

- b.BGA 焊料球与铜焊盘的附着力增强
- 2. 信号完整性有所改善（PIM）。
 - a. 走线横截面接近矩形
 - b. 铜表面光滑
 - c. 串扰最小
- 3. 增加了其他应用的可能性。
 - a. 可以根据功率或散热等目的，选择性加减铜层厚度
 - b. 使用传统化学技术使外层电路密度达到极高分辨率（2.0~3.0mil 或 50~75μm 的线宽

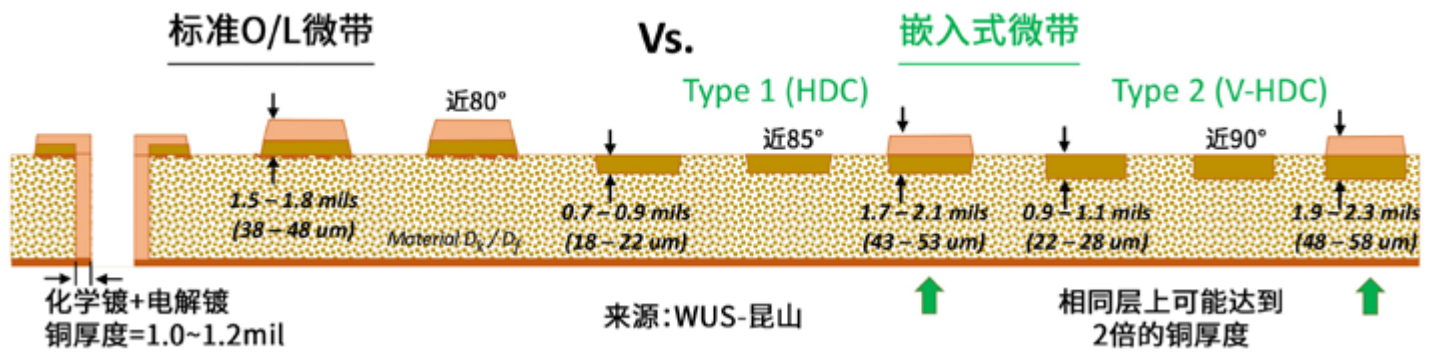


图 8：标准减成法工艺形成的高速 O/L 微带与具有可选两种铜层厚度的嵌入式微工艺对比。
线宽和线距低至 75μm/75μm/75μm (2.0/2.0/2.0mil) (来源：WUS- 台湾)

线距

c.同时连接两种材料（贴片天线）^[6]

PCB007CN

参考内容

1.Karl Dietz devoted two columns (#125 and #184) to flush circuit technology, but only one went into details about recessed circuit processes (TT#184). See The PCB Magazine, May 2011.

2. “Selective Copper Metallization for Advanced Packaging,” by Rashid Mavliev and Robert Rhoades, Proceedings of the International Wafer-Level Packaging Conference 2020, San Diego, Calif.

3. “Unveiling the Next Generation in Substrate Technology,” by Ron Huemoeller and Sukianto Rusli, IEEE ECTC, January 2008.

4. “Innovative Panel Plating for Heterogeneous Integration” by R. Boulanger, J. Hander, R. Moon, R. Hollman, SMTA International, Minneapolis, November 2019.

5.These techniques are illustrated in Happy’s Tech Talk #19: “Next-generation Electroplating Systems,” PCB007 Magazine, May 2023.

6.This is from a conversation with WUS Vice President Joe Dickson, 2022.



Happy Holden 自 1970 年以来一直专研于印制电路技术，先后效力于惠普、NanYa Westwood、Merix、Foxconn 和 Gentex 等公司。目前,Happy 担任《I-Connect007》杂志的技术编辑，并著有 [《印制电路制造中的自动化和高阶制程》](#) 和 [《25 项电子工程师必备技能》](#)。如需联系 Holden 或阅读往期专栏，可[点击此处](#)。

PCB007
M A G A Z I N E



“可持续发展” 自动化的作用

by the I-Connect007 Editorial Team

自动化通过降低成本和提高良率在工厂效率方面发挥着关键作用，所有这些都有利于业务和可持续性发展。工厂的规模重要吗？自动化可以是渐进且仍然有效吗？Technica USA 公司的 SMT 产品经理 Jeff Forster 分享了他对工厂自动化的见解。

Barry Matties : Jeff, 关于自动化, 我们应该考虑哪些方面？

Jeff Forster : 首先我要说的是 Technica 的业务涉及了 PCB 制造和 PCB 组装市场的自动化。

今天我将把重点放在 PCB 组装方面。

我喜欢将自动化分解为几个领域，包括从生产线级别到多工厂级别的组装设备硬件和软件自动化。组装设备生产线的硬件和软件能够在 SMT 生产线的上游和下游进行通信，以“动态”优化工艺。例如，检测设备目前可以在生产线内进行通信，以优化印刷和贴装工艺。从软件的角度来看，可有不同级别的自动化——多工厂级、单个工厂级、生产线级和自动化的实际设备级。对于在美国、墨西哥、中国、印度等地拥有制造工厂的跨国公司来说，工厂级自动化发挥了作用，因为这些工厂正在为这些市场生产产品。在大多数情况下，这些跨国公司通过适当的设备自动化在美国开发产品或工



寻求方案 解决各种清洗需求的挑战

为您解决独有的挑战

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

浏览 **KYZENANSWERS.COM**
以获取正确的清洗技术



KYZEN.COM
享誉全球的环保清洗技术



Jeff Forster

艺，然后将其提供给其他工厂，例如亚洲或欧洲的工厂，以满足这些市场要求或需求。

多级工厂自动化为客户提供了一种简单的方法，在美国复制产品，然后发送到海外的工厂——使用这些产品的地区制造。简化制造工艺，可以将在美国开发的产品（程序、工艺、材料等）发送到海外，将其复制到世界任意地方；好了，即可拥有即时工厂。

下一个级别是工厂，例如美国工厂拥有 MES 系统，其中软件与设备通信并指导设备在某个工厂内组装特定产品；可能涉及工厂内的单条或多条 SMT 生产线。此外，工厂级别的软件将优化产品作业之间的转换时间，使其最小化，包括在工厂内移动产品以实现最佳的产品输出。

在生产线级别，公司拥有完整的生产线，从焊膏丝网印刷工艺、焊膏检测、元器件贴装、

回流焊工艺，到自动光学检测。在这个生产线级别的过程中，设备可以相互通信，以最佳地优化 PCB 质量。例如，使用自动化光学检测设备与上游设备通信，以“动态”优化工艺，获得更高质量的 PCB 组装结果。

最后更详细的是设备级别，每台设备都有各自的自动化手段。例如，传统丝网印刷设备需要人手动扫描打印机输入侧的条形码；现在，可以通过系统本身的视觉系统和摄像头实现自动化。通过在印刷设备内自动化多个工艺来实现工艺简化。首先下载程序，然后将焊膏印刷到 PCB 上。在焊膏检测单元，先对 PCB 进行条形码扫描，并自动下载程序。焊膏检测工艺从这里开始。

自动化是多方面的，无论是全球多工厂级自动化还是本地工厂设备级自动化。

Matties：这是一直可以延伸至工厂车间的高层次视图。

Forster：从自动化的角度来看，归根结底，这些设备的可适应性非常强。在设备级别，这些设备既可以做小型 PCB 也可以做大型 PCB，还可以满足极细间距、精准要求。更重要的是，这些设备可以优化生产线内的产品。例如可以在自动化软件中输入多达 500 种不同的产品，将自动优化工厂的生产计划。而在过去，工厂会有专人使用电子表格，根据变化（例如产品范围的变化）来计算生产计划。在大多数情况下，软件工具允许动态地适应这些变化，而无需使用电子表格。

Matties：令人惊讶的是，很多人仍在使用电子表格。

Forster：这太惊奇了。更复杂的公司将尽可能使用软件类型的工具实现自动化，而许多更小的公司现在才开始意识到，增加自动化意味着他们可以更好地发挥员工的作用，而不是使其把时间花在创建电子表格上。修改生产计划并不容易。一些公司，甚至是较大的公司，有点不愿意投入这些新的软件工具，但也有一些公司成功地利用了它们。这只是克服了一种想法，即需要一个专人跟进计划，以确保其适当运行。现在可以由自动化软件来完成这些任务。关键点在于，要在操作中承诺采用这些工具，并一旦实施，它们将在有限的人员干预下提高效率 and 生产力。

关键点在于，要在操作中承诺采用这些工具，并一旦实施，它们将在有限的人员干预下提高效率和生产力。

Matties：有些快捷生产工厂，工艺是动态的，他们可能需要随时变化，因此软件工具无法做到这一点。他们只是没有完全意识到这些工具的能力吗？

Forster：有一些第三方软件包可以为生产线和设备进行编程，但它们不像其他软件那样动态，可以将更新输入到生产计划软件中，为那条生产线、工厂、日期、时间，以及任何有意义的更改制定新的生产计划。更重要的是，这些生产计划工具的适应性非常强。例如，公司

经常有一些新产品，或者合同制造商有一家公需要生产第二天就交付的 PCB。这些工具具有足够的适应性，可以重新安排工厂或生产线的生产计划，以便在同一天或第二天生产新产品。此外，一些软件工具非常智能，可以管理部件物料库存，并自动管理物料订购，以满足不断变化的需求。

Matties：他们只是不了解这些工具吗？

Forster：我相信他们已经了解了，但仍在犹豫。长期以来，人们一直在手动完成这些任务，很难打破这些习惯。还需要考虑软件工具的成本。然而如果付钱给某人只是为了使用电子表格进行生产计划，你可以很容易地根据手动创建生产计划和手动管理这些持续变化所需的时间来证明工厂级自动化软件工具的合理性。

Matties：什么时候是引入自动化的适当时机？动机是什么？

Forster：我认为动机来自两个方面。一个是成本，即公司不想为某项特定任务再另外增加人员，无论是通过软件实现还是在生产线上的贴装。例如，他们可能会利用现有贴装工具上的特殊工具 / 吸嘴，以自动放置或插入元器件，而不是在生产线上增加人员。他们会考虑这些员工的负担率，以及把他们派到工厂的其他地方是否会更有利。这并不一定是为了降低制造产品的成本而取代人工。实现这一点的方法是通过自动化，无论是通过设备、软件还是应用程序来帮助支持该工艺。

Matties：正如你所指出的，这不是一个全有

或全无的命题；可以逐步进入自动化领域。

Forster：通常都是这么做的。他们在工具上进行投资，随着时间的推移，他们会用更多的工具逐步实现工厂自动化，从而最大限度地减少作业转换时间，并最大限度地提高生产线的效率。

第二个动机是，公司对生产线或工厂的运营效率极为敏感。例如，如果有一家拥有 5 条生产线的工厂，而这些设备的总体效率利用率为 25%，那么剩下的 75% 是闲置的。这种情况会迫使公司使用软件工具来提高设备的利用率。在某些情况下，可能不需要 5 条生产线都投入运行；也许只用 3 条就够了。我看到很多公司都在朝着软件自动化的方向发展，并认识到有更多的工具可以更好地利用他们现有的设备，而不是仅仅购买额外的生产线或设备。

Matties：你说的是在不进一步投资生产线的情况下增加产能。

Forster：是的，利用现有的生产线。显然，作为制造商和分销商的代表，我喜欢销售出更多的设备，但什么才是对客户最有利的？在这种情况下，如果他们能用软件来缓解生产线或工厂的低效率，那将是一种更具成本效益的方法。

Matties：你认为拥有多个软件包会产生问题吗？这是一项重大的基础设施承诺。你做出选择，引进软件，然后在评估过程中会存在一些犹豫。

Forster：是的，我同意你的看法。目前有很

多软件可供选择，所以可能会令人不知所措。有些公司对软件的选择非常精明。我认为下一代劳动力将通过软件工具帮助这些公司实现工厂自动化。通过这些软件工具，设备将变得更智能，适应性更强。为了提高效率，你需要降低制造产品的成本。

Matties：通常，当我们面临太多选择时，我们会坚持所熟知的，而不是冒险做出错误的选择。

Forster：是的，但是设备和生产线级的软件工具，甚至在某种程度上是工厂级的软件工具，在设备、生产线和工厂之间，一直到公司的 MES 或 ERP 系统，都存在许多差距。在某些情况下，这种脱节限制了他们的能力。从自动化的角度来看，公司刚刚开始意识到，拥有一个适应性很强的 MES 非常重要，它支持设备和工厂，使用 CFX 类型的通信或开放 API，我称之为向上通信。你向公司 MES 发送数据信息，然后 MES 向设备提供数据，包括程序和其他关于如何制造产品的信息。

Nolan Johnson：涉及到多少集成工作？

Forster：这是双重的。有设备制造商，以及从公司角度出发的 MES 软件。大多数设备制造商都有开放的接口，使 MES 能够提取数据或将数据传输到设备、生产线或工厂进行通信。它可能会变得极其复杂。许多公司想要更多的控制，利用其 MES 系统控制产品制造，而不仅仅是在生产线级，利用其软件包对设备和生产线进行控制。因此这是动态的过程，设备本身可以在运行中解决问题，所有的数据

都被输入到 MES 中。然后存入数据库或文件，以供未来参考。

国防部、医疗或汽车产品的公司有意将这些数据存档，以防因某个元器件或部件被召回。这些数据被收集和存储。向上到达 MES 及向下到达设备级的通信非常重要。由于制造商拥有开放式针对具体应用的工具，这很复杂，但并不像人们想象的那么难。大多数时候，公司 MES 方面的复杂性在于如何使用设备的协议和数据提取并与设备进行通信。

Matties：显然所有这些都提高良率、减少操作，并可提供更多信息。除此之外还能期待什么？

Forster：你说得对。例如，在汽车行业的整个制程中，没有人接触 PCB。一旦发生这种情况，出错的机会就会大大增加。必须确保每件事都做对了，从正确的钢板丝印设备，到在 PCB 上正确贴装的元器件。这些工艺都被跟踪追溯，但发展方向是减少人工搬运。

最终，我甚至可以看到机器人可以搬运一组喂料器，并把喂料器插入设备。

最终，我甚至可以看到机器人可以搬运一组喂料器，并把喂料器插入设备。一旦完成产品制造，机器人就会回来，把喂料器拿出来，带到转换区，然后为下一项作业带来新喂料器。尽量减少手工搬运产品非常重要。这并不

是说完全不会出现手工搬运，但只是不能这样做，否则必须报废这块 PCB。过去，人们总是希望看到或检测印刷设备和贴装设备加工后的所有东西。现在，他们不需要这样做，因为有自动化检测工具。

Matties：人工成本也下降了。

Forster：当然。我们与一家公司合作，他们在贴装后进行人工现场检测，但这是主观的。这取决于值班人员。不同的人会有不同的检测关注点。但如果通过自动化机器人和检测系统，则会在进入焊接设备或下一道工艺之前进行检测并确保产品完好。甚至还有焊接后检测，以确保部件回流正确。

Matties：通过自动化，每次检测都会关注相同的参数。

Forster：没错。有了这些自动化硬件和软件工具，取代了原先每条生产线上的两三个操作员，现在可能只需要一个人来管理生产线上的检测。他们带着 PDA，头顶上的通讯板告诉他们检测结果及趋势。这对工厂和生产线来说，意味着更高的效率。最终，它保持了设备的更高运行效率和更低制造成本。这就是公司想要的，因为这就是客户购买设备的原因——获得更高的效率、质量和产出。

Matties：让我们谈谈可持续性发展，以及自动化是如何发挥作用的。显然，可持续发展性是当今世界的一大主题。

Forster：当然。可持续性发展的一个很好案

例是印刷焊膏。这台设备有模板，可以将焊膏印刷到 PCB 上，但在此之前，可以利用软件工具查看 PCB 的组装和焊膏选项，以便从一开始就尽可能高效地完成该工艺。

关于可持续性发展，客户希望用最少量的焊膏获得良好的印刷效果，并在生产线的最后创建出电路。最糟糕的情况是，因为 PCB 从印刷机出来时带有太多的焊膏，弄脏了模版，造成 PCB 报废。这些设备可以印刷出准确量的焊膏，所以不会浪费。工具和软件能在印刷设备内产生精确量的沉积，并且相对于该工艺的下一步，焊膏检测工具可以估算出印刷或分配的材料量。然后自动将信息反馈给印刷设备，并调整参数以优化该工艺。客户会得到精确的焊膏量——不会太多也不会太少；第一次就可以做好电路。客户不想一个接一个地运行样品板，擦掉焊膏，再重新开始，并不断重复这个过程。这些工具从一开始就能最大限度地减少对新产品故障排除。

Matties：有了你所说的这种效率，水电消耗也会降低。

Forster：是的，当然。提高生产线效率可以优化电力需求，并最大限度地减少电费。这些设备的设置是为了最大限度地利用电力。

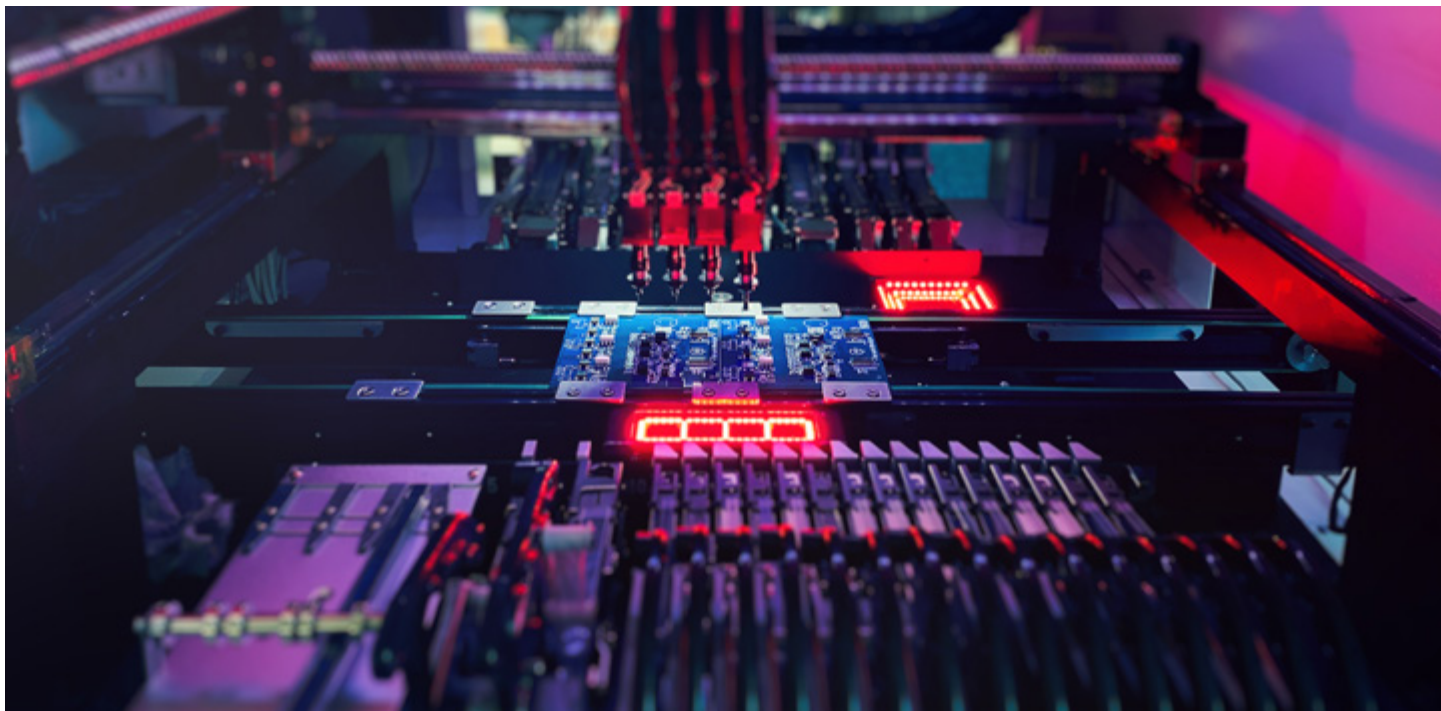
Matties：工厂里的人员会发生怎样的变化？需要雇佣哪些人？是更多的软件工程师、程序员还是其他人？

Forster：随着软件需求的推动，我看到业界正在招聘更多软件人员。随着 MES 成为工厂自动化的主要角色，需要工程师编写代码、应用程序接口和 API，以便与整个工厂的设备进行通信，包括从仓库中的材料搬运一直到压合设备，或必要情况下的三防漆生产线。需要的是适应性极强的软件工程师。许多人毕业于机械工程专业，对他们来说，了解软件及其工作原理非常重要。随着智能工厂的发展和应用，公司招聘工程和其他技术人员以提高设备、生产线和工厂水平效率的公司来说，是激动人心的良机。

Matties：组建软件团队后，他们开始寻找你甚至不了解无论是通过数据分析还是工艺调整会存在的新机会。

Forster：没错。随着所有设备、工厂和多工厂的集成，会产生大量的数据。必须对其进行适当的深入分析，以使工厂级到设备级，都能够高效地生产一种或多种特定的产品。收集信息，然后利用这些数据在运营的各个层面上创建 KPI，这是推动工厂提高 OEE 和质量的关键。这点非常重要。





Johnson : 我听到的是，对自动化的积极影响是一系列微小的、渐进的改进。没有真正的巨大变化。

Forster : 我想说，在大多数情况下，这些改进是渐进的。对于大多数跨国公司来说，这一点更为明显，因为他们更倾向于购买这些高端设备、MES 系统和可用的工厂软件工具。所以我认为这是一种混合的情况。对于中小型公司来说，更像是循序渐进的步骤。

Johnson : 工厂的硬件部分布线可能需要几天到几周的时间；MES 的安装可能需要几周到几个月的时间。决定如何明智地使用这些数据可能需要更长的时间。对于这些渐进式变化，你会对潜在客户说些什么？

Forster : 这取决于公司，尤其是中小型公司，这是我们展示信息的方式。设备是否可扩展？软件供应商可以根据需要扩展到更多的自动

化，这一点非常重要。在这种情况下，公司将购买设备生产线级别的硬件基础和软件基础。在某个时候，随着产品的增长或工厂的发展，他们将逐渐开始使用一些生产线级和工厂级的软件工具。

设备生产线级的实现相当简单。一条生产线可以在几天内安装好。生产线硬件不一定是实现的困难部分；集成方面可能更具挑战性。在工厂中，即使每个员工都在，也可能需要长达 6 个月的时间来实现 MES 系统。有些公司花了数年的时间，但这些公司的 ERP 不仅涉及生产，还涉及会计和其他领域。MES 无疑需要几个月的时间，但是设备级的可扩展性足以满足中小型公司。

Barry : Jeff，非常感谢你精彩的分享。你的见解对行业及读者一定很有帮助。

Forster : 好的，谢谢你。PCB007CN



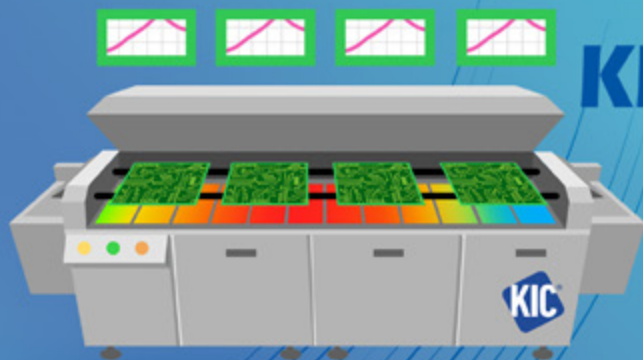
Lockheed Martin 公司谈 借助数字孪生展翅高飞

by the I-Connect007 Editorial Team

在达拉斯的一次研讨会上,Barry Matties 聆听了 Lockheed Martin 公司高级研究员 Don Kinard 关于数字孪生的演讲。后来,I-Connect007 编辑团队联系了 Don,他很高兴能够助力业界更深入地了解数字孪生在制造领域的作用。当企业制造的产品是充满电子产品、价值高达数千万或数亿美元的飞机时,数字孪生意味着什么?

Barry Matties : 可以先介绍你的专业及你在 Lockheed 公司的经历吗?

Don Kinard : 我在 Texas A&M 大学获得聚合物科学博士学位,在一家石油公司工作了几年,然后在比利时从事了几年的市场营销工作。我来 Lockheed Martin 公司是因为我不喜欢做销售工作。在 Lockheed Martin,我在复合材料领域工作了几年,然后担任合同项目经理。后被分配到 F-22 担任复合材料主管,



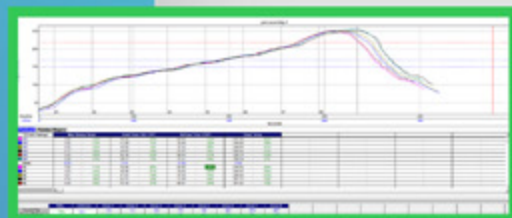
KIC RPI

回流焊工艺检测

让回流焊工艺变透明

Heat to Data

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

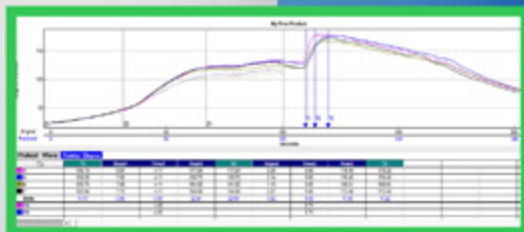
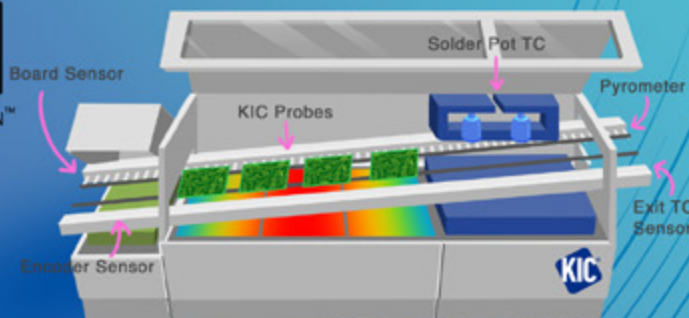


波峰焊工艺检测

洞查您的生产工艺状况和停机时间

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

WPI
WAVE PROCESS INSPECTION™



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

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

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

中国办事处
客服QQ: 8000 66201

www.kicthermal.com · www.kic.cn



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

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

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



Don Kinard

然后担任设计团队主管，接着是工厂的工程设计主管，最后成为 Mid Fuselage Build Team 团队的副主任。后来，我成为 F-35 生产工程的主管，并与新配置的大型团队重新启动了该项目，即我们目前正在制造的项目。到目前为止，我们已经交付了近 1000 架 F-35。过去 12 年，我有机会成为 Lockheed 的高级研究员，过去七八年主要以这样或那样的形式从事数字化转型工作。

这是我在 Lockheed 公司的第 39 年，也是最后一年，因为我明年就要退休了。我是 F-22、F-35 和一些 F-16 的项目负责人，可以说，现在我正在努力带领公司走上数字化转型的正确道路。

Matties : Lockheed 是如何开始实施数字化转型的？

Kinard : 行业的数字化转型始于 3D 建模。Lockheed 在 90 年代中期开始开发 3D 模型和通用 PLM 系统。我认为波音公司甚至开始得更早。例如，F-35 是作为数字化项目启动的。我们使用数字线程——3D 实体模型来处理所有事情。每个人都可访问公共数据库，这样这些模型就可以从工程设计一直过渡到制造。F-35 正是 Lockheed 数字化转型的开始。

Nolan Johnson : 贵公司的数字孪生只限于机械领域吗？

Kinard : 实际上，3D 模型只是冰山一角。随着时间的推移，我们认识到什么是真正的成本驱动因素。如今，我们正努力采用先进的建模和仿真技术——计算流体动力学、高性能计算和图形处理单元来获得更好的结构配置、更好的负载、更成熟及更好的模型。

数字化转型不仅仅是基于模型的设计，而且是将 PLM 系统结合在一起基于模型的企业。例如，IT 系统通常是孤立的，涉及 PLM、MES、ERP 和维持系统。他们往往是在 Conway 定律下发展起来，Conway 定律认为 IT 系统具有官僚作风和拥有它们的企业特征：工程设计使用 PLM、CAD，制造使用 MES，金融和供应链使用 ERP。问题是，这些系统之间没有相互交流；需要在系统之间手工传输数据。下一代数字孪生将与产品本身一样关注数据。人工智能是下一代集成系统并实现轻松访问工具的推动者。

Johnson : Lockheed 如何将仿真集成在一起？系统中有机械、电子、电气和光学，涉及不同的学科，你们如何做到将不同部分的仿真集成

在一起？

Kinard：我们有车辆系统数字孪生，燃料、液压及 ECS 系统数字孪生，还有负责飞行控制、结构有限元模型、软件及任务系统数字孪生。因为涉及不同的学科和软件，并不是所有的部分都能集成在一起。

并不是所有这些部分都是我们所说的“顶层”所需要的。联合的所有领域环境模型是 5 级数字孪生，包括在任务规划中使用的作战分析数字孪生，以及满足客户在作战环境中的目标。客户希望我们能够在同一个生态系统中集成各种数字孪生，以便他们能够互相交流。这是非常难的，因为该软件往往是非常本土和高度知识产权的。很难把一切都标准化。

当然，在制造中，各个部分都可用到数字孪生，主要用于模拟制造过程，或机器人与飞机之间的互动。有几十种数字孪生，且都是整个产品的组成部分。我们需要学术界、政府和工业界参与进来，这样才能更好地发挥学术界的作用，提高建模和仿真的整体能力。我们需要能得到的一切帮助。

Matties：数字孪生是为了反映现实世界中的物体而设计的。现在距离这个目标很近了么？

Kinard：切记，开发数字孪生可能需要 10 年的测试。它们之所以好，是因为它们是根据现实世界建模的，在这一点上，它们并不是真正的仿真，而是使用了物理飞行测试数据或结构数据来填充模型。Will Roper 博士在国防部工作了很长一段时间，他对软件的想法一直是从笔记本电脑到飞机。如今，已发展成为从笔记本电脑到高成本的实验室再到飞机。我们着眼

于长远目标。

Matties：审视制造工具和流程时，为了能够预测工厂的结果，你们如何创建数字孪生？

Kinard：让我们来看几个例子。在电路板生产中，为布局电路板，对其进行编程，然后想拥有检查系统，以非常快速的方式对比成品板，验证所有部件都在应该在的位置。我们在飞机上也在做同样的事情：使用激光扫描和结构光来对比设计和构建的 3D 结构。如果这项技术发明得早一点，本可以节省很多成本，因为可以在生产的早期发现问题，而不是等待出现问题造成困扰后再解决问题。

Matties：制造商能以多快的速度将设备的高、低操作窗口和产量输入到系统中，以便他们能够预测或使用这些窗口在工厂中创建数字孪生？

Kinard：坦率地说，这些工具都是最低级别的。以 F-22 为例：当我开发该项目时，我们没有足够的飞机来证明大量自动化是合理的，即使它已经存在。如今，F-35 可能是如今全球产量最高的尖端战斗机。这是完全不同的领域，真的取决于企业所做的一切。

Johnson：你提到了 5 级数字孪生，能详细介绍这些级别吗？

Kinard：1 级是虚拟数字孪生，所有产品都处于设计阶段。从一些部件开始，然后进入结构程序，因为你知道结构是有效的。已经完成了计算流体动力学，也许还有一些布局 and 结构，

但还没有生产任何东西。我们在 1 级做得越好，向开发和生产的过渡就越顺利。

2 级数字孪生是开始获取一些系统级测试数据的阶段。可能是结构开发、车辆系统，或是供应商提供的关于其单个元器件和资质的测试数据。

3 级数字孪生进入全面的结构实验室，测试环中的硬件和软件。3 级意味着正在把飞机组装起来，并完成系统。4 级数字孪生通过建模和仿真来预测飞机的行为。在 5 级数字孪生中，将第 4 级数字孪生放在生态系统中，这样它就可以和其他数字孪生一起运行了。

Johnson : 这些级别的数字孪生会转化为制造过程吗？

Kinard : 没错。我们在 1 级中制定制造计划，在 2 级中开发制造计划和治具概念。在 3 级中，可以预测制造计划、人员配置、治具和其他一切。并不是所有的东西都会进入 5 级。事实上，只有那些在现场经常用来支持飞机的部件才能达到 4 级，而且需要各种各样的部件。

Johnson : 你还谈到了现场数据，并将这些数据带到现场，以了解系统在现实世界中的表现。这些数据如何反馈到制造过程中？

Kinard : 从系统可靠性的角度反馈现场数据。例如，如果在现场发现飞机上存在某些问题，我们有系统来捕捉制造过程中的数据。我们还在每架飞机执行任务时收集大量数据，

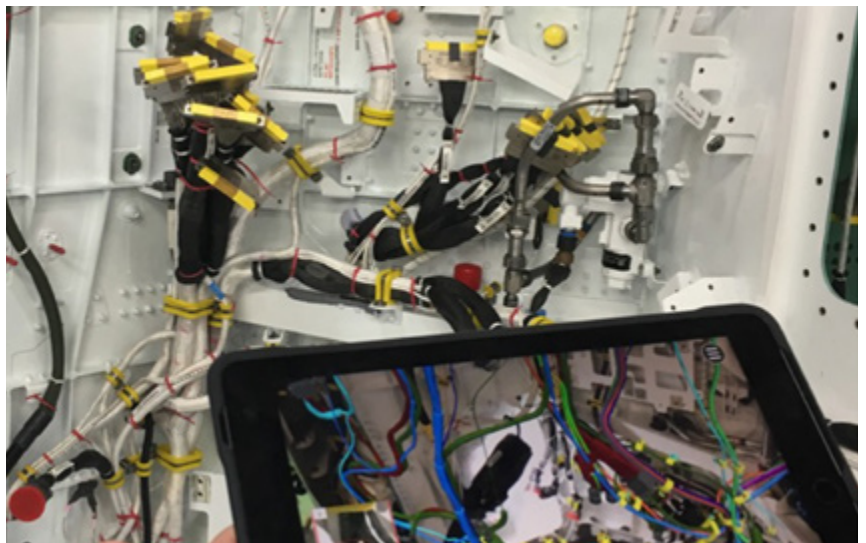
验证系统的运行方式。我们从维护人员和飞机上获得数据，所有这些都有助于确定如何提高飞机的性能和可靠性。

Matties : 对于正在考虑实施数字孪生的 PCB 组装厂，你会提出什么建议？

Kinard : 最基本的是确保他们了解自己需要实现的功能。首先需要考虑将如何使用数字孪生，才能开始行动。每个数字孪生都应该有目标和一套相关的功能。创建成本效益分析，不要为了数字孪生而去实施。我看到企业实施自动化后，在质量上得到了回报，比其他任何技术获得的都要多。替代员工并不是我们的初衷，至少在我们公司不是这样。我们实施自动化是因为可以通过自动化获得更高的质量。

Matties : Don，非常感谢你抽出时间接受采访。

Kinard : 谢谢。PCB007CN



AR Applied to Harness Installations.
(Source: Lockheed Martin Corp.)

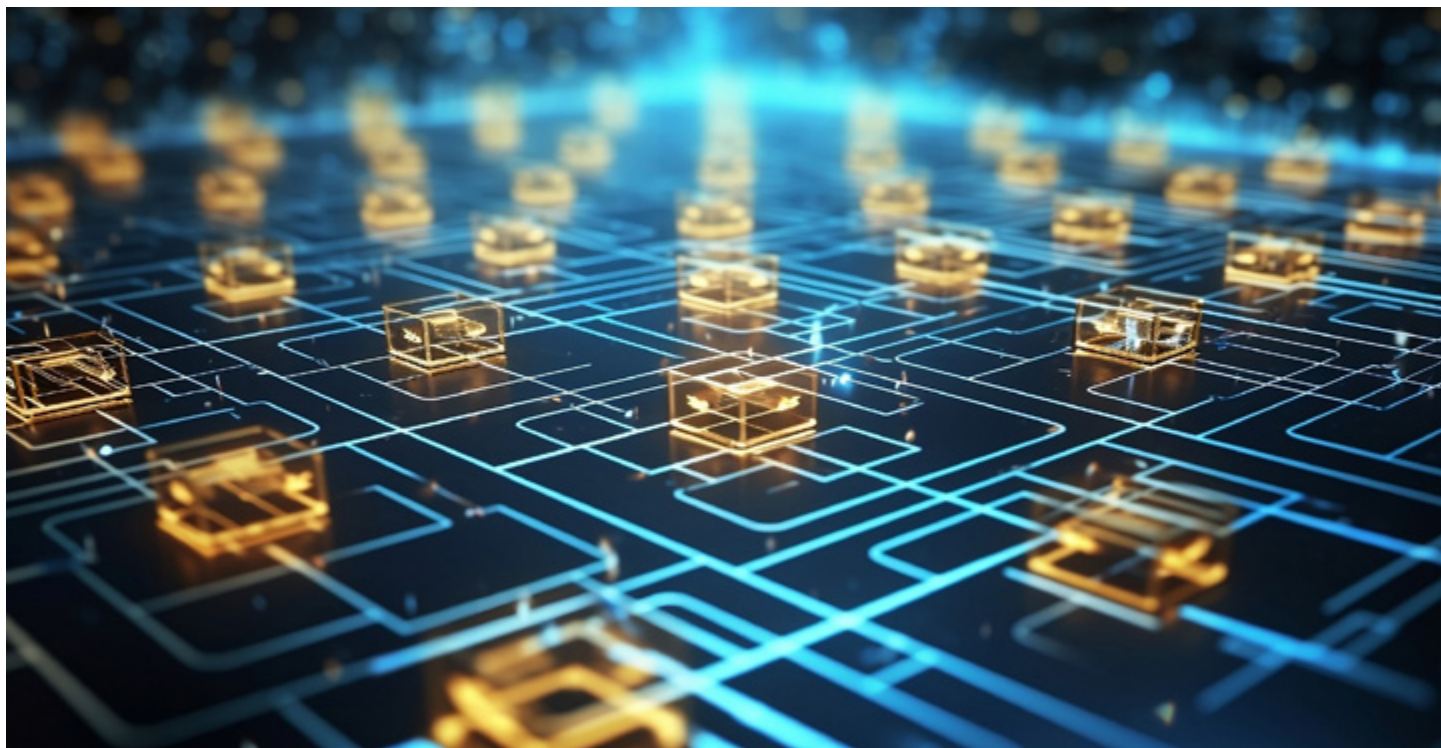
HDI手册 免费下载



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



呼吁行业采取措施应对 可追溯性数据存在的挑战

by Dr. Eyal Weiss
CYBORD

想象一下以下场景：你在电子制造业工作，担任运营经理，负责监督尖端器件的组装。有一天，你收到消息说，发往市场的系列产品之一出现了重大故障，引起了客户的抱怨。你疯狂地试图找出故障的根本原因，结果却被不完整的可追溯性数据搞得晕头转向。挫折感越来越大，让你不得不穷于应对无效可追溯性系统的后果。但是，如果有办法将这种体验转化为无缝操作呢？

可追溯性是确保产品质量、合规性和客户信任的基石，但目前存在的可追溯性数据并不

像人们预期的那样可靠。

输入单个物料的可追溯性，是填补数据空白、减轻漏洞和消除潜在高成本后果的升级方法。

挑战

尽管制造商努力实施强大的可追溯性系统，但在预期和现实之间仍然存在 3 个差距。

第一个差距是日期代码不匹配。在某些情况下，追溯日期代码——分配给产品的代码，标明产品的生产年份和生产周——与实际日期代码不同。

第二个差距是生产批次不匹配。在这些情况下，被跟踪的生产批次（用于记录来源批次

的编号) 不能反映真实的批次代码。这种差异表明在单个跟踪批次中存在多个批次, 这表明物料卷轴设计变化可能是意外地分组和包装在一起的。

第三个差距是部件号不匹配。部件号反映了某件物料的特定额定值、电压、速度及许多其他质量参数, 这些部件需要与兼容的部件组装在一起。当出现混淆并且错误的元器件配对时, 终端产品的功能就会受到影响。更糟糕的是, 在现场测试中很难发现这种不匹配。

由于不可追踪的元器件导致的这些问题有损供应链, 影响产品质量, 存在不符合监管法规的风险, 并可能引发声誉或经济损失。识别这些差异对于制造商增强可追溯性和提高整体供应链透明度至关重要。

人工智能与大数据 可实现闭环管控

与任何受控参数一样, 可追溯性数据需要反馈环以进行有效的质量保证。但在电子制造业中, 这种闭环并不存在。幸运的是, 人工智能算法和大数据分析的最新进展为制造商提供了可视化构建、自动化和验证所有可追溯数据的手段。

有了这些工具, 制造商可以遵循三步路线图来解决目前可追溯性实践的不足。

首先是根据即将颁布的 IPC-1782B——将可追溯性分辨率从批次级别提高到单个物料级别, 该标准强烈建议用于高端和影响生命的产品, 如汽车和医疗领域产品。有了这一升级, 制造商可以通过在元器件级别以单个物料精度检查各种缺陷来解决批次事件。

其次, 对每块板上的所有顶部标记进行人工智能视觉验证, 甚至可以在没有额外硬件的

情况下完成。这种方法允许对验证信息进行更精细的解析, 使制造商能够更好地区分标记批次和记录的供应链批次。这种高度可追溯性为产品生命周期中任何时刻的精确数据分析和决策提供了坚实的基础。

最后一步涉及使用前面提到的反馈尽可能接近实时闭环。通过将经过验证的可追溯性数据集成到生产线中, 制造商可以有效地避免数据移交错误。为此, 可以及时识别和修复打字错误、人为错误和系统程序错误, 确保整个供应链和生产过程中的精确数据跟踪。

将这些措施付诸实施的原始设备制造商 (Original equipment manufacturers, 简称 OEM) 将看到除了充分可追溯性之外的改进, 还能够为自身的运营效率、产品质量以及最终节省的资金分配可量化的价值。

数据唤醒呼叫

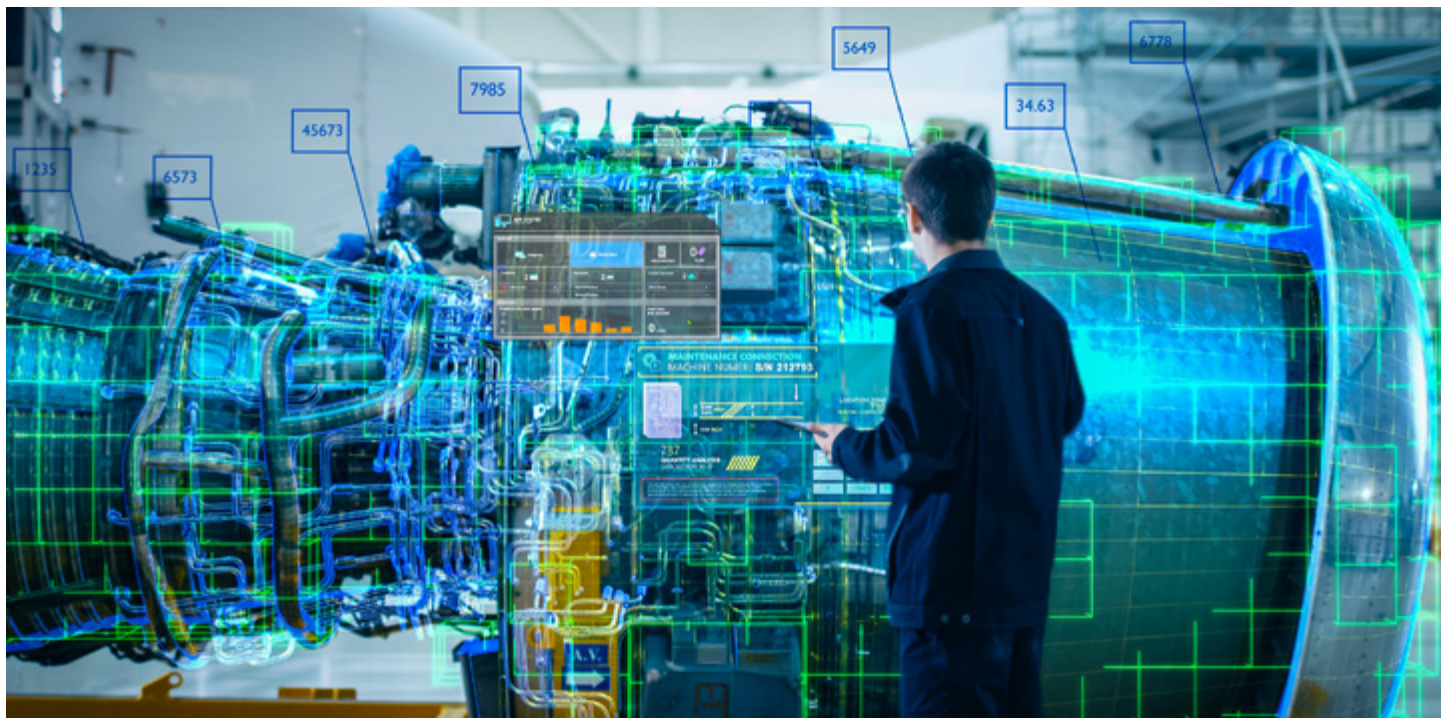
可追溯性不足不仅让 OEM 烦恼, 还会影响到整个价值链中的每个环节, 包括供应商、分销商, 尤其是消费者。

制造商、监管机构和行业利益相关者不能继续抱有传统可追溯程序符合时代要求的幻想, 尤其是当相关设备用于汽车、医疗或国防行业时, 自满的潜在后果太可怕了。

采取积极措施加强可追溯性是保护多数必要电子设备的完整性及依赖其使用的消费者的最佳方法。PCB007CN



Eyal Weiss 博士是 Cybord 公司的创始人, 任 CTO。



深入了解数字孪生

by the I-Connect007 Editorial Team

Phil Voglewede 是 Marquette 大学的教授和机械工程副主席，最近被任命为 Marquette 大学欧姆龙高阶自动化实验室 (Omron Advanced Automation Lab) 主任。他说，数字孪生不仅仅是模仿人类的行为；不是通过挥动手臂来实现飞行，而是以一种人类从未见过的方式来实现自动化。该技术在尝试一些全新且不同，但最终是有效的理念。

Barry Matties : Phil，你如何看待数字孪生？

Phil Voglewede : 数字孪生不仅仅是对所看到的数据进行仿真，还会将在仿真过程中得到的所有信息都引入其中，使得设计、制造、交付和现场性能更加稳健，并利用这些信息使生

产达到更高的水平。数字孪生不仅仅是“嘿，我有 CAD 绘图或仿真”。现在我可以拥有更高精确性模型，因为我了解制造过程的一切：传送带上的转矩、拧入螺钉的顺序、产品在哪辆卡车上、生产现场耗能，以及对整体性能的影响。

如果我们能了解每个子组件、组件和成品是如何装配在一起的，我们就能完全重新思考这些部件是如何协同工作的。例如，为什么它需要 6 个螺栓？为什么不是 3 个按钮和 1 个搭扣呢？尤其是当可以使装配更容易时，比如推入配合或其他？我们可以了解产品全貌、目标和约束条件。当我们开始讨论六西格玛和 Taguchi 理论，并将这些信息反馈到设计，此时接近了工业 3.0。我们最终关注的是系统——如果只是简单地自动化工程师或操作员的工作，那么通过数字孪生不会获得成功——需要

推动从人工智能中获得更多信息。尽管人工智能有很多美好的未来，但我们尚未实现，必须以不同的方式切实关注过程，以及对设备是意义的一切。

你知道，当人们第一次尝试飞行时，模仿的是鸟类的动作，像鸟一样摆动手臂。莱特兄弟停下来问：“我们到底在努力做什么？我们在努力飞行。所以让我们重温流体力学定律，开始更好地研究。”因而形成了新的想法，即如果人类想飞行，也许不应该像鸟一样飞行。而应该利用从鸟类身上学到的知识，但以不同的方式飞行。

自动化和人工智能也是一样，我们要做同样的事情。不能仅仅通过制造人形或人工神经网络来模仿人类，我们真正想要的是改善整个过程，包括设计、自动化和通过供应链的交付。在我看来，这就是数字孪生的愿景。

Matties：我们已经在设计阶段实现了数字孪生。对于制造过程的数字孪生，首先需要对过程进行基准测试，实时收集（数字）数据，使数字孪生处于最新和活跃的状态。这似乎是最大的挑战。也许他们还没有看到这样做的投资回报率。

Voglewede：两者都有。很难证明投资回报率是合理的。我现在正在与一些公司合作，他们正纠结于这样一个问题：“投资回报怎么样？”我的建议是，不会有太多的即时回报。例如，如果为了更好地了解炉内的温度变化，把传感器放在熔炉里，一个传感器显示温度偏离了设定值，那么就会了解到产品某一部分的温度曲线会与另一部分的温度曲线大不相同。这也许可以解释为什么会得到你认为不会得到的某种



Phil Voglewede

结果。它可能会帮助你了解过程，但不会立即产生更好的投资回报。事实上，很难确定投资回报率。

现在我们有的人工智能和机器学习，可以用它们来观察以前无法看到的发展趋势。我一直在努力为我所研究的过程建模，试图将它们关联成曲线拟合。所有这些事情都超出了我的能力。但当某个趋势出现时，人工智能会注意到，然后相关的情况就会发生。你可能认为你可以从这些信息中获得一些投资回报，但无法证明提前感知系统的成本。我无法证明不可预测的事情，但这正是工业 4.0 和数字孪生可以帮助实现的。

Matties：Phil，感谢分享。

Voglewede：我的荣幸。PCB007CN

军用航空航天应用中的 挠性混合电子技术

by Joe Fjelstad
VERDANT ELECTRONICS

过去几年，挠性电子技术（Flexible Electronics，简称 FE）和挠性混合电子技术（Flex-Hybrid electronics，简称 FHE）在电子行业受到了越来越多的关注，并受到了军用航空航天公司的特别关注。6 月份在波音西雅图工厂举行的 NextFlex 研讨会——“航空航天应用的混合电子商业化之路”证实了这一点。出席会议的有来自美国航空航天工业的材料、工艺、设备和产品供应商，以及来自学术界的参会者。

这项技术与传统的挠性电路一样，为军用航空航天行业提供了独具优势的应用，其优势在于可以生产质量轻、舒适和稳固的电子产品。

因此，FHE 在军用航空环境中应用值得考虑。

可穿戴电子装置

挠性混合电路的应用之一是可穿戴电子产品。虽然最近兴起的采用 FHE 技术的第一批可穿戴装置属于时尚应用，比如 LED 照明的连衣裙，但士兵可穿戴电子装置的想法很早就引起了人们的关注，如今的地面士兵越来越依



赖电子装置来执行指定的任务。

这种特殊应用对我来说非常重要。我曾是 Pacific Consultants 的 Land Warrior 开发团队的成员,2000 年~2001 年期间,我们的工程师和科学家组成小团队,展示了由身穿智能制服的士兵组成的局域网概念,每个士兵都配有电脑、收音机和头带显示器,以提高团队成员的环境感知能力。其优势之一是通过识别显示器中的友军来防止自相伤害(不幸的是,在以前的冲突中,这是造成太多友军开火伤亡的原因)。其他功能包括枪支瞄准摄像头和夜视功能。最终目标始终是提高士兵在战场上的表现和安全性。更先进的系统将包括用于监测生命体征、水合水平和环境因素的集成传感器。

飞机应用

另一个引人关注的领域是 FHE 技术可以用于飞机和航天器的挠性显示器和控制面板上。FHE 技术的优点是,挠性显示器不仅可以集成到平面上,还可以集成到曲面上,为飞行员或机组人员提供关键信息,同时节省宝贵的驾驶舱空间。

天线和传感器

同样,共形天线和传感器也是另一个引人关注的领域。FHE 技术有助于创建可无缝集成到军用车辆、飞机和海军舰艇表面的共形天线与传感器。共形天线可以改善空气动力学,降低车辆的整体质量,同时保持基本的通信和传感能力。

无人驾驶飞机

无人机和无人驾驶车辆(Unmanned Aerial Vehicles, 简称 UAV)以及无人驾驶自

动地面飞行器都是 FHE 技术的受益者,保证 UAV 质量更轻、效率更高,以及执行任务的能力更强。挠性电子装置实现了独特的设计可能性,从而可生成用于侦察、监视和其他军事应用的更先进、更隐蔽的 UAV。无论如何,乌克兰持续的冲突已经成为这些日益重要的作战技术试验场。

挠性混合电子产品,与传统的柔性电路产品一样,非常适合在军事和航空航天环境中加固电子系统。众所周知,军用航空应用中的电子元器件必须能够承受恶劣的条件,包括冲击、振动和极端温度。挠性是减缓这类状况的关键特征。

健康监测

健康监测不仅适用于士兵,也是各类飞机的关注焦点。因此,对“智能皮肤”和飞机结构健康监测正成为 FHE 的目标,其中,挠性传感器可以实时监测和检测损伤、疲劳或应力,从而提高维护 and 安全性。近年来,预测已成为军用航空和消费应用中越来越受关注的领域,FHE 工具无疑将得到更多的应用。

电子战

随着全球各地军队对电子产品的依赖不断增加,电子战系统也越来越受到人们的关注。可以预见挠性和挠性混合电子技术将可用于电子战系统,用于情报监测和收集以及其他电子对抗应用。同样,产品的保形特性使其能够近乎无缝地集成到各种电子战平台中。

网络安全

毫不奇怪,与电子战密切相关的是网络安全。挠性电路技术可以在军事通信和数据传输

中提供更高的安全性。密封的挠性电路设计包括内置的 EMI 和 ESD 屏蔽，使其难以对电路进行物理篡改，同时提供额外的保护层以抵御无线电气及电子威胁。

卫星与太空

最后但肯定并非最不重要的是挠性及挠性混合电子技术在卫星及太空领域的应用。长期以来，这些技术一直被用于制造挠性太阳能电池板、轻型天线和各种电子传感器。挠性和 FHE 设计能够更有效地利用空间，同时减轻质量——这两种设计因素均被长期认为是航空航天行业的关键因素。

本文并未全面阐述挠性混合电子技术如何帮助推动军用及航空航天行业的发展，但这些

案例具备合理的代表性。随着对挠性电路和挠性混合电子技术的不断发展，毫无疑问，将有更多创新应用涌现，为产品提供更高的效率、可靠性和多功能性。PCB007CN



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

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

恶劣和极端环境中的PCB - 如何定义极端环境？

在恶劣和极端环境中使用的 PCB，需要在极端的温度、湿度、持续振动、猛烈冲击和其他可能影响可靠性及其正常性能的条件下工作。要设计和制造这类 PCB，你需要有正确的知识、工具和丰富的经验。在本文的上、下两部分中，我们将讨论如何定义极端环境，以及如何设计在此类环境中工作的 PCB。

NCAB 集团为航空航天行业的一些应用制造 PCB，这些应用通常在极端环境中工作。

2022 年底，我完成了为期六周的关于军工、航空航天和其它极端环境中的 PCB 的 IPC 认证课程。这门课程深入浅出地让我了解了如何运用知识和工具，为相关行业的客户提供技术支持。无论是航空航天、军工还是其他工业类电子，恶劣的环境都意味着，PCB 需要在极端的温度、湿度、持续振动、冲击和其它



可能影响可靠性和正常性能的条件下工作。

我觉得有必要将这些知识分享给我们的客户和合作伙伴。在本文的上半部分，我将首先举例一些应用和产品，说明它们在极端环境下的工作状态，下半部分，我将更多地介绍相关的技术要点，以及如何设计在这些环境中工作的 PCB。

更多详细的内容，请[点击这里](#)。

如何选择高性能材料

这本书告诉你如何以尽可能低的成本，
选择适合你的材料以实现预期的性能要求

印制电路设计师指南

高性能材料



Michael Gay
Isola

1.007e
Books



现在下载

1.007e
Books



最前沿的射频天线设计

by Andy Shaughnessy

I-CONNECT007

在 SMTA Atlanta Tech Expo 展会及论坛期间，我采访了 HiGain Design Services 公司的企业拥有人——PCB 设计师 Albert Gaines。Albert 最近一直致力研究分片式孔径天线设计，其中一些设计可谓是突破了极限。

本次采访讨论了 Albert 在射频领域的研究成果、COTS 和定制天线之间的差异，以及 Albert 培训工程师如何设计。

Andy Shaughnessy : Albert, 很高兴见到你。你正在研发一些引人注目的天线设计，可以介

绍一下你的设计吗？

Albert Gaines : 跟过去的设计相比，我们现在的设计可以说是非常精致。我们正在使用 Rogers 和其他公司的高频层压板进行板层的连续叠层。具体操作是先对内层盲孔进行背钻、填充和整平处理，然后对于所需的电介质，在需要时堆叠材料。我们实际上使用双层芯材中的单层芯材，有时会堆叠两层或三层特殊的半固化片，而不是依赖这种特定的芯材。

然后事情就变得非常有趣了。设计目标都是为了避免使用大型抛物面天线。在一块平坦的电路板上布满所有这些接收器或发射元素，这样就基本上是创建了栅格。就像 LED 电视

支持Flex 刚性Flex和嵌入式组件设计 现已上市！

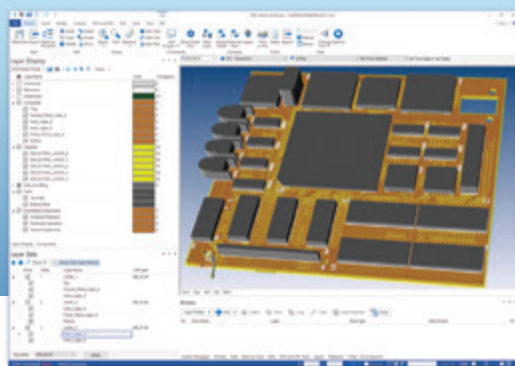
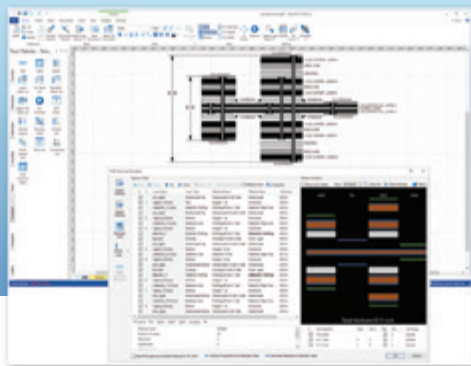
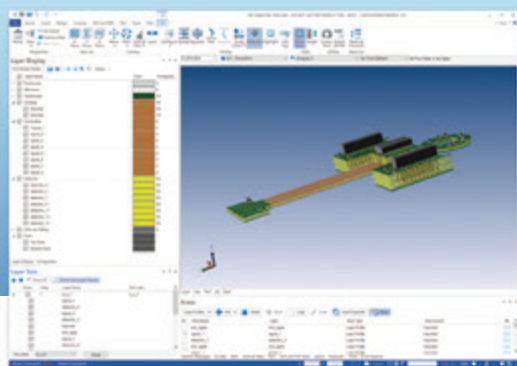


BluePrint-PCB®



CAM350®

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



更多信息，请访问downstreamtech.com网站或致电 (508) 970-0670



Albert Gaines

的点阵——它们之间相互传递信号，并且通过软件获取信号，然后就形成了天线。在迄今为止最大的天线上，一面有 242 个发射器阵列，另一面有 242 个接收器阵列。

Shaughnessy：通常都是什么样的客户会购买这类产品？

Gaines：你应该也能预料到，这个市场上有很多大型厂商。目前的发展趋势还在推动卫星接入设备朝着更小巧便携的方向发展。有些客户会从商用角度去看待这项技术，比如货运或航空业客户。这种设计是一种在有需要时可以随时随地拿出来使用的便携式天线；只需要打开箱子，把箱子放在地上或者把天线拿出来，安装在卡车或其他任何物品上。整个天线结构

的尺寸约为 40" × 30"。他们还在针对特定应用开发尺寸更小的阵列。

开始使用 4 mil 宽的间距和其他更小的特征后，设计就变得更有意思了。我总是跟别人说，我最喜欢的按钮是“Zoom(放大或缩小)”，但它与必须使用的间距相关，如果看到一块板子的尺寸是 40" × 30"，那就是相当大的元素。

可是这种设计非常有意思，使用的技术也真的发生了变化。我们正在与一些出色的电路板工厂合作，他们愿意挑战小众市场的极限。过去几年，我了解到了电路板领域可以达到的水平，而不是一味受到普通电路板工厂的限制，这真的让我大开眼界。

我们甚至都没有考虑使用多个双层电路板叠加在一起的组合，而是使用了一些 11 层和 15 层的电路板。我们用了很多特殊材料。正如之前提到的，我们刚刚设计出了跟手机一样大小的模块。它具备低噪声放大级，内层有印制过滤器和组合器。我们基本上只是在添加板层的同时不断来回缝合，直到获得所需的所有元素后，再从另一端穿出来。这种设计更多取决于客户的需求，而不是普通电路板的限制。

Shaughnessy：你刚才说现在研发的射频设计比以往任何时候都多。

Gaines：没错。我在 Scientific Atlanta 公司工作了 20 年，担任卫星通信部门负责人，从事了很多与射频前端、耦合器、过滤器和其他印制元素相关的设计工作，这些是我之前的工作内容。最近这 22 年来，我一直是自由职业人，主要做数码设计、电源设计等工作。前不久，有人找到我问我是否可以去做射频相关设计，我欣然答应。

于是我开始跟他们合作，他们的 PCB 工厂又把我推荐给了其他工厂。现在，我有 70% 的工作都与高频天线微波电路有关。如果这个领域真的存在极限，那么我的客户始终在不断挑战这个极限。

Shaughnessy：你如何决定是自己设计天线还是购买 COTS 天线？如何把握这个界限？

Gaines：据我所知，COTS 通常是针对特定的应用频率范围而设计的，且有集成限制。如果客户的应用有精确的定位且希望有所控制，就可以找专人设计开发专属天线。

Shaughnessy：你可以给我看看这款天线的图片吗？

Gaines：我也很希望跟你分享这些要素的图片，但其中涉及到的很多信息已经超出了我的职权范围。基本上看起来就是一堆铜方形物，其中一块看起来很像《太空侵略者》游戏中的屏幕，非常像素化。客户公司的大多数工程师或博士都知道怎么运行软件以及如何提出模型。我的职责就是告诉他们哪些事情能做、哪些事情不能做。但我也在这个过程中了解到我们可以做一些本以为做不了的事情。

随着年龄的增长，培训已成为我工作的重要组成部分。我花了很多时间培训人们哪些事能做、哪些事不能做。告诉他们“这里不可能使用 2mil 的孔环”。我觉得这就是我们这些年长的人来参加行业活动的目的之一——分享我们的知识。我每天都在培训博士。

Shaughnessy：可以说是兼职教授了。

Gaines：我想这就是人们会称这项技术为前沿技术的原因，我很高兴能涉足这个领域。我正在做一些与众不同的工作，可能会在未来引领新的浪潮。

Shaughnessy：你所做的工作很超前，你也享受其中。

Gaines：没错，我努力享受这份工作，但也经常挑灯夜战，遇到重重困难。但是能够挑战极限，每天都从工作中学到新的知识，对我而言是非常好的体验。在当今这个大环境下，不学习就会被淘汰。

Shaughnessy：你还有什么想要补充的吗？

Gaines：我很喜欢你们的杂志。每个月发刊时，我都充满期待，所以我也建议其他设计师都来阅读 Iconnect007 的杂志。

Shaughnessy：Albert，能与你畅谈很开心。谢谢。

Gaines：谢谢你。PCB007CN

PCB007
M A G A Z I N E

PCB 射频天线设计与布局技巧

by Cody Stetzel

CADENCE DESIGN SYSTEMS

射频天线设计与布局是需要认真关注细节的领域之一，也是混合信号设计师给出的一些提示。如果刚开始接触高频模拟设计，可采用本文给出的这些技巧，以确保 RF 设计具有良好的隔离效果和信号完整性。

如今，人们已很难想到哪个消费产品不含有天线。就连我的车库开门装置也可以通过蓝牙或 Wi-Fi 连接手机。每次有新的射频天线被添加到 PCB 布局，都会给射频设计师带来新的挑战，尤其是现在模拟设计技能又开始重新发挥关键作用。随着各种射频功能被添加到新

型 PCB，设计师如何才能确保系统中的信号不会被破坏且继续保持信号的完整性？

好在还可以选择一些简单的设计来确保射频信号不被周围的数字元器件削弱。这些同样的设计方案有助于防止多个模拟信号之间发生相互干扰。虽然在设计混合信号或全射频系统时，需要考虑到很多射频设计要素，但天线的设计和布局可能是其中最重要的两个要素。下文可帮助你了解 PCB 的射频天线设计领域中需要掌握的知识，以及如何确保模拟信号的完整性。

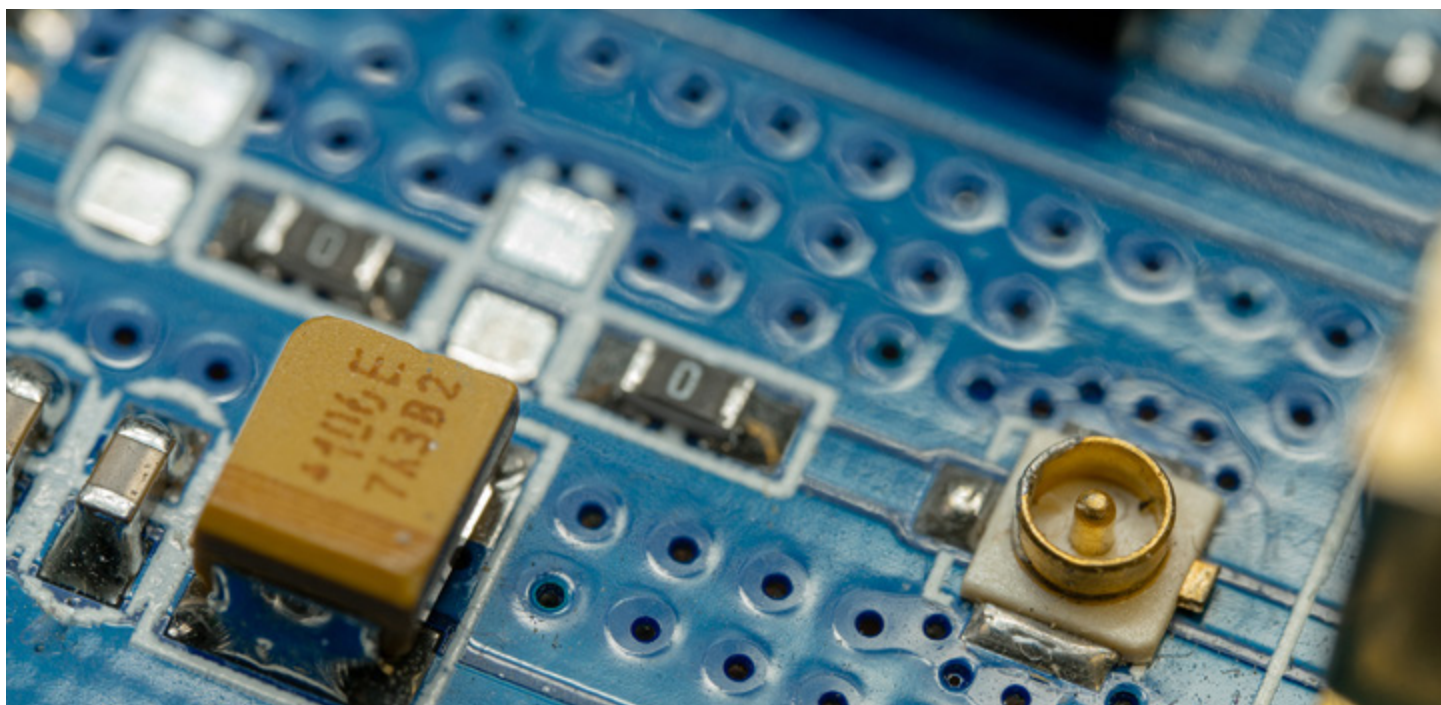


图 1：这个 SMA 连接器同轴连接到了射频天线

cadence®

变革您的 PCB 设计

Allegro X AI

协作

与行业领先合作伙伴协同创新包含机械与供应链在内的完整解决方案

前所未有的生产力

统一的设计和版图规划解决方案让电子工程师如虎添翼

新一代布线

用自动布线重新构想异构集成以应对今天的挑战

AI 创新

AI 驱动的布局和布线让设计生产力大幅提升

分析与调查

融合设计智能和数据, 助力 PCB 设计快速实现



扫码关注
了解更多资讯

一探究竟

射频天线设计基本要点

在设计定制天线或在射频 PCB 中使用商用现货（commercial off-the-shelf，简称 COTS）时，需要遵循几个基本要点。所有的射频天线都有在设计阶段就应该予以注意的特殊特性。每个天线都需要具备以下要素：

- **浮动的导电辐射器**：这是天线发出辐射的要素。
- **基准**：有助于确定结构在每个天线模式中方向性的天线基准平面或要素。
- **馈线**：馈线将输入信号从射频元器件传给辐射的天线要素。
- **与阻抗匹配的网络**：天线通常具有约 10 欧姆的阻抗，因此它需要与馈线的阻抗相匹配，以防止发生反射并确保在所需的载波频率和带宽下达到最大传输功率。

人们已经研究了大量标准的天线设计。可以从网上找到许多参考设计，将其复制到 PCB 布局中。还可以在微波工程教科书中找到许多标准天线结构的设计公式。

如果想使用 COTS 射频天线，可以在市场上找到许多低成本的设计。无论选择使用哪种射频天线，都需要将其谨慎放置在 PCB 布局中，以防止不同部分之间发生干扰。

射频天线布局技巧

一旦设计好了天线，就该弄清楚它应该放在 PCB 上的什么位置。射频设计师应该从混合信号设计师那里获得一些建议（大多数射频 PCB 实

际上是混合信号 PCB），以防止射频前端、后端和数字部分的多个区域之间发生干扰。

- **有效的辐射**：这样做的目标是确保来自天线要素的辐射既可以远离 PCB，又不会被 PCB 布局中的其他结构所接收。
- **隔离**：同样也不希望 PCB 布局中的多个部分之间发生相互干扰。
- **电磁兼容性（EMC）**：需要确保 PCB 布局不会接收其他设备发出的信号（可能在广泛的频率范围内发射信号）。

在实际 PCB 领域，大多数设计目标都是为了竞争，但要遵循两个要点，帮助平衡这些设计目标。

1. 在 PCB 布局中分离电路块

这是基本的混合信号 PCB 设计主题，它也同样适用于射频天线的布局。天线在 PCB 上的位置需要与其他电路块分开。一般来说，最好把天线部分放在靠近 PCB 边缘的地方，远离其他模拟元器件。这样可以将强辐射限

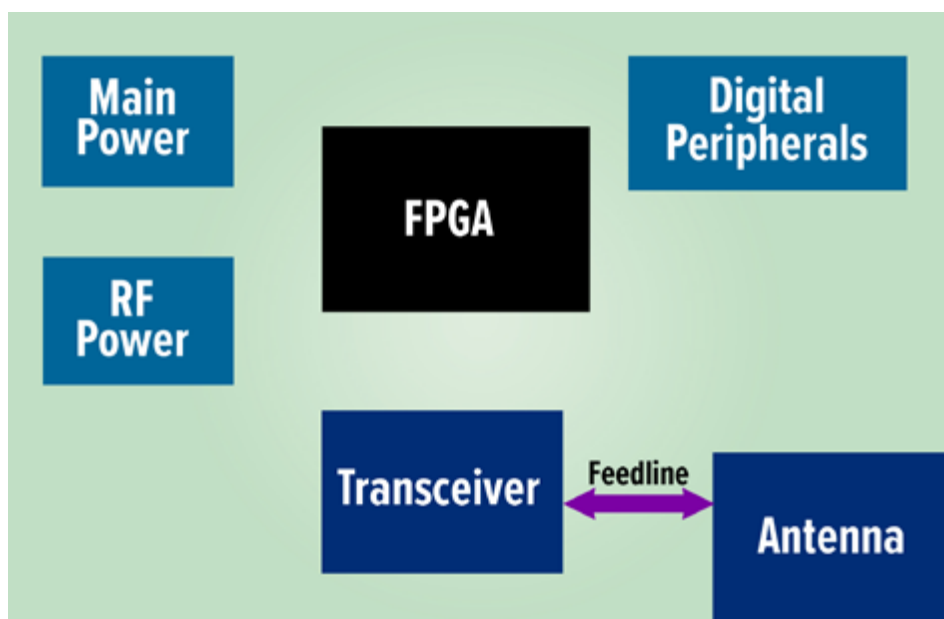


图 2：射频 PCB 上的网格化系统布局

制在 PCB 的某个位置，确保 PCB 各部分之间的干扰保持在最低水平。

网格化的挑战在于要确保不同区域的返回路径不会相互干扰，否则就会产生噪声耦合和串扰。集成在先进 PCB 设计工具中的场解算器可以帮助在构建 PCB 布局时发现返回路径的偏差。对于高频设计，使用连续的接地面结构可以确保回流路径的连贯性。

2. 隔离天线部分

现代手机和蜂窝设备因为使用了创新性的隔离结构，已成为射频隔离技术的黄金标准。很简单，隔离操作就是在 PCB 的射频敏感要素周围放置屏蔽物，以阻止发射器和接收器之间的波传播。下文给出了可以在射频天线部分使用的一些方案，帮助在元件、馈线和天线之间相互形成隔离或与外部噪声源隔离。

隔离结构一般放在射频要素之间，阻止它们之间发生噪声耦合或功率交换。决定使用哪种隔离结构来保障射频天线信号的完整性，是已经经过深入研究的复杂设计问题。如果不是椭圆积分学科的专家，则需要依靠电磁（EM）场解算器来确定这些结构对馈线 / 射频天线阻抗的影响，以及这些结构的隔离强度。

如果能用 EM 场解算器，可以用近场和远场模拟来确定 PCB 布局中出现强辐射的区域。一旦确定了这些区域的位置以及发射出来的频率，就更容易决定应该使用哪类隔离方法。最好是直接使用有限元法（FEM）解算器，而不是使用傅里叶变换来转换 FDTD 结果。

Isolation structure	Advantages	Disadvantages
Shielding can	High isolation value as long as gaps in the structure are small.	Can be bulky components, or they need to be custom-built.
Via fences	Similar effect as ground pour, but with less board space.	Lower isolation, narrowband only, low cutoff frequency.
Ground pour	For RF antenna feedlines, creates a coplanar waveguide with high isolation.	Takes up board space, not ideal in smaller boards with dense component arrangement.
Waveguide routing	Very high isolation, mode selection can be performed to enable bandwidth-specific routing.	Takes up board space, only appropriate for most critical lines.
Bandgap structures	Can be engineered to provide moderate to high isolation for particular bandwidths.	Ideal for high frequencies, which will take up less board space.

图 3：各种射频隔离结构的优缺点

虽然射频天线的设计和布局需要人们额外关注细节，但努力是有回报的，因为这样做可以确保射频设计的隔离效果和信号完整性。

关键点

- 从集成在 IC 中的平面芯片天线到直接印制在 PCB 上的铜质天线，射频天线有多种形式。
- 在设计带有一个或多个天线的 PCB 布局时，需要确保 PCB 中不同电路模块之间的隔离效果。
- 当需要设计射频天线时，应该使用 CAD 工具帮助设计隔离结构、过渡结构，甚至是 PCB 中印制的天线。PCB007CN



Cody Stetzel 任 Cadence Design Systems 公司首席技术市场营销工程师。本文转自 Cadence Design Systems 公司博客推文。



行业会展

[一步步新技术研讨会（上海）](#)

2023 年 9 月 21 日

中国上海

[慕尼黑华南电子展](#)

2023 年 10 月 30 至 11 月 1 日

中国深圳

[NEPCON Vietnam 2023 \(胡志明展\)](#)

2023 年 10 月 4 至 6 日

越南胡志明

[一步步新技术研讨会（宁波）](#)

2023 年 11 月 2 日

中国宁波

[NEPCON Asia](#)

2023 年 10 月 11 至 13 日

中国深圳

[CPCA 秋季国际 PCB 技术 / 信息论坛](#)

2023 年 11 月

中国深圳

[一步步新技术研讨会（青岛）](#)

2023 年 10 月 19 日

中国青岛

[慕尼黑德国电子展及生产设备展](#)

2023 年 11 月 14 至 17 日

德国慕尼黑

[TPCA Show](#)

2023 年 10 月 25 至 27 日

中国台北

[HKPCA 国际电子电路（深圳）展览会](#)

2023 年 12 月

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

EDY YU
EDY@ICONNECT007.COM

市场营销服务：TOBEY MARSICOVETERE
TOBEY@ICONNECT007.COM

编辑：
主编：EDY YU
+86 139-0166-9899;
EDY@ICONNECT007.COM

责任编辑：TULIP GU
TULIP@ICONNECT007.COM

译文编辑：ANN HAO
ANN@ICONNECT007.COM

杂志制作：
负责人：EDY YU
+86 139-0166-9899;
EDY@ICONNECT007.COM

杂志排版：GUANHUI CHEN , EDY YU

广告设计：MIKE RADOGNA, SHELLY STEIN,
TOBEY MARSICOVETERE

创新技术：BRYSON MATTIES

封面设计：SHELLY STEIN, EDY YU

封面图片来源：ADOBE STOCK

PCB007
MAGAZINE

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

未经 ©2023 IPC Publishing Group, Inc. 授权禁止转载。不对任何人因出版物中内容的错误 / 疏漏造成的损失或损害承担任何责任，无论这些错误 / 疏漏是否属于意外或疏忽，或其它任何原因。

2023 年 9 月号 总第七十九期《PCB007 中国线上杂志》是由 IPC Publishing Group, Inc. (I-Connect007) 出版的电子月刊。

广告索引

《数字时代先进制造》.....	24
《印制电路工艺验证》.....	38
《印制电路设计师指南 - 高性能材料》.....	92
《印制电路组装之智能数据》.....	58
《HDI 手册》.....	84
《电子产品的可靠性预测》研讨会	44
IC007 图书馆	4
杂志订阅	封底
望友科技	60
珠海镇东	6
BTU.....	64
Cadence.....	98
Chemcut.....	18
CIMS.....	50
HKPCA SHOW 2023.....	8
KIC.....	80
Downstream Technologies.....	94
Gen3.....	66
KYZEN.....	72
MKS'Atotech.....	46
MKS'ESI.....	56
NEPCON.....	2
Orbotech/KLA.....	26
Schmoll Asia.....	40

更多精彩内容敬请期待 PCB007中国线上杂志：

十月：电子制造新设备与技术

九月号中我们初步介绍了胜伟策新工厂的一些布局，十月号我们将带来工厂各个流程的详情，其中会涉及到不少新设备与技术。另外我们还请来了多位 UHDI 领域的专家，对这一热点进行了分析探讨。

感谢阅读 《PCB007中国线上杂志》



扫码订阅