

# Manufacturing<sup>®</sup> ENGINEERING 中国

面向中国的先进机械加工技术

2023.5

增材制造  
ADDITIVE MANUFACTURING  
航空航天制造  
AEROSPACE MANUFACTURING  
自动化  
AUTOMATION



售价: ¥10

ISSN 2313-6073

sme 

# Mazak

Your Partner for Innovation



微信



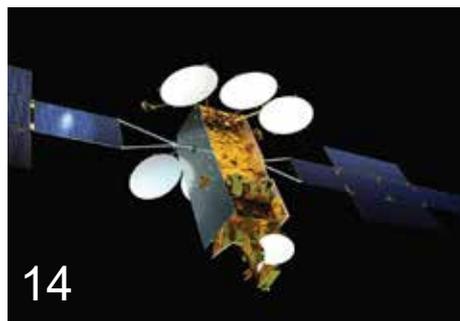
网站

山崎马扎克(中国)有限公司  
地址:上海市闵行区金都路5131号  
销售咨询:021-54832988  
总机:021-54832688  
网址:[www.mazak.com.cn](http://www.mazak.com.cn)

全国统一免费服务热线

400-888-0266

2023.5



**先进制造 Advanced Manufacturing Now**

**2 3D打印推动了机器人纤维放置技术的进步**

**增材制造 Additive Manufacturing**

**6 增材制造的可持续性**  
增材制造的环保意识是否会带来更高的成本?  
**8 新型增材制造机器和材料填补市场空白**  
是时候公开讨论可持续性了。

**航空航天制造 Aerospace Manufacturing**

**14 增材制造正推动射频无源硬件的极限**  
**16 来自AeroDef董事会内部的智能制造预言**  
**22 数字宇宙的未来(以及如今可以大幅节省的场地)**  
**24 AM即将改变航空MRO行业**

**自动化 Automation**

**26 AMR不仅仅是新型的AGV**  
自主移动机器人不仅仅是自动化的物料搬运。  
**30 在机器人的战壕中**  
来自已经实施自动化的制造商的故事：他们为什么这么做？  
结果如何？相信这些可以给那些正在考虑购买机器人的新客户一些建议。

**刀具 Tooling**

**34 不管是粗加工还是精加工，立铣刀都能胜任这项任务**  
几乎所有的应用或材料都有相应的类型、几何形状和涂层。

**数字工厂 Digital Factory**

**40 可视性是优化工厂车间的关键**  
先进制造国际公司 (AMI) 的管理者表示，  
他们现在的工厂已经变得更好、更易用、更具成本效益。  
**43 工业4.0与3D打印**  
在投资3D打印机之前，想要加入工业4.0的制造商应该了解哪些信息？

**生产解决方案 Shop Solutions**

**46 加工和生产性能优化**  
**48 我的机器人同事已对此了如指掌**

**行业情报 Field Intelligence**

**50 Seagate为什么要接受“不断转型”？**  
**51 Tidel打破数据孤岛**  
**52 SiemensGamesa展示了如何扩展云的价值**

**Manufacturing  
ENGINEERING 中国**

**Industrial Communications Group Ltd.**

魏斯礼 Bruno Wase-Bailey  
董事总经理 Managing Director  
www.ChinaEngineeringMedia.com  
www.sme.org/mechina

艾康商务咨询(上海)有限公司  
上海市静安区武定路555号8楼837室  
电话 Tel: 021 3251-7225

订阅期刊 Subscription: subs@icgl.com.hk

**广告业务 Advertising:**

中国大陆 China: 021 3251-7225, bruno@icgl.com.hk  
North America 北美: Dave O'Neil, 313 425-3260, doneil@sme.org

2022年版权所有 © Copyright 2022 Manufacturing Engineering. All rights reserved. Society of Manufacturing Engineers及Manufacturing Engineering授权Industrial Communications Group Ltd.独家出版《Manufacturing Engineering中国》杂志。经授权的所有材料都隶属于 Society of Manufacturing Engineers. 未经书面许可，不得进行任何形式的复制和转载。  
国际发行刊号: ISSN 2313-6073

本刊由西安交通大学机械工程学院组织编译。  
Translated by Xian Jiaotong University, School of Mechanical Engineering

承印: 上海钦钦印刷科技有限公司 Printed by Shanghai QinQin Printing Co. Ltd.

# 3D 打印推动了机器人纤维放置技术的进步

## Robotic Fiber Placement, 3D Printing Spur Advances



JOHN MEYER  
Marketing  
Communications  
Manager, Siemens  
Industry, Inc.

伊利诺伊州罗克福德的 Ingersoll 机床公司正将工业 4.0 所带来的优势转化为现实。数字双胞胎机器设计模拟、更高度度的机器人智能化以及更复杂的运动成为实现这一切的基础。这些工具正在将大规模模具生产、零件加工和过程自动化引入更广泛的航空航天、海洋和其他工业领域。

Ingersoll 销售副总裁 Jason Melcher 表示：“工业 4.0 带来的颠覆性创新已经启动。更为难得的是，这种创新正发生在航空航天领域，那里的模具和零件生产机器改进极具挑战性。”

Melcher 解释说：“在这个领域，对工艺阻力的评估不仅是每小时，而且是每分钟以及每磅 - 小时。得益于航空工业顶尖的数控和运动技术平台，我们看到了更大的可制造性。”

流程改进一直是 Ingersoll 的重点关注领域。多年来，该公司的机械、软件和工艺工程师与 Siemens 的工程师紧密合作，共同开发设计下一代大型机器。

那么，Ingersoll 和 Siemens 究竟在进行怎样的突破性工作呢？

目前，这两家技术公司正与客户工程团队合作，进行创新、验证和降低风险的工作。他们正在开展更大规模的合作项目，智能机器人纤维放置和大规模 3D 打印 / 铣削零件生产已不

再是遥不可及的愿景，而是逐渐变成现实。

### 机器人化光纤铺设技术

作为航空航天领域自动纤维放置 (AFP) 长期参与者的 Ingersoll，进军高端机器人领域似乎理所当然。公司旨在让二级和三级航空航天零部件制造商能负担得起机器人纤维放置。然而，进入航空航天市场的步伐受到一些现实问题的阻碍，包括大型机器人定位的累积误差、缺乏机器人控制的操作员，以及设计和制造大型定制 AFP 系统所需的高成本。

精确的机器人定位：即使在近几年，大型机器人的定位精度最高也只能达到约 5 毫米，且重复性较差。为解决这一局限，Siemens 优化了其强大的 Sinumerik 840D sl CNC，加入了 Run MyRobot——一款高度复杂的机器人补偿软件。这使 Ingersoll 能将机器人技术整合到其新的 Robotic FP 光纤铺放机设计中，实现可重复的机器人定位精度，使其小于 1 毫米。而且，在标准和逆向机器人运动中都能保持足够精度。

机器人控制操作：通过 Siemens 的 Sinumerik CNC Operate 界面，操作员可在机床上轻松控制 FP 机器人运动。该控制直观的图形界面在 Sinumerik 数控平台控制中具有通用性。航空航天客户可以在全厂范围内实现更高的加工效率，因为操作员能迅速熟悉并有效地使用在不同机器间保持不变的界面，即使从三轴机器人转至五轴或六轴机器人，甚至更多轴的机器人（转台、钻头、线性导轨等）也是如此。无论是控制传统纤维放置、机器人纤维放置、3D 打印、机器人 3D 打印还是任何数控加工过程，操作员的体验都是相同的。

机器设计模拟：长期以来，机床行业一直期待在进入实际生产前能够虚拟设计、测试和重新设计机器、模具或实现零件的数字孪生。在航空航天领域，由于机器或零件尺寸过大，物理原型设计的成本特别高。

传统的试验和错误原型设计会在时间和材料上造成巨大损失。为了摆脱这些限制，Ingersoll 的软件工程师开发了仿真软件，使工艺工程师能够虚拟设计和开发机器、模具或零件。该软件以 Siemens 虚拟数控系统的控制器内核 (VNCK) 仿真软件为基础。控制器处理



来自航空航天及其他大型零件行业的工程师齐聚 Ingersoll 机床公司，共同探讨增材制造和减材制造领域的突破性进展。（所有图片均由 Siemens 工业公司提供）



从仿真到 3D 打印，瞬息万变。Siemens CNC 控制的机器人和 Ingersoll 的智慧使这一切成为现实。



Ingersoll 机床公司开发中心的 MasterPrint 3D 打印设备。

和模拟几乎所有的加工周期数据和刀具路径，与在实际机床上执行的完全一致。在 Sinumerik Operate 的界面中，以图形方式显示这种精确的数字双胞胎模拟。

总之，Ingersoll 通过与 Siemens 的合作，成功将机器人技术整合到光纤铺放领域，并克服了大型机器人定位误差、操作员培训和高成本等难题。借助 Siemens 的先进技术，实现了精确的机器人定位、便捷的机器人控制操作和机器设计模拟。这些创新为航空航天领域带来了更高效的生产方式，降低了成本并提高了生产质量。通过数字化技术和机器人智能化的发展，Ingersoll 和 Siemens 正在助力航空航天行业迈向新的高度。

## 大规模 3D 打印和铣削技术

世界上最大的热塑性塑料 3D 打印机在进入 Ingersoll 机床公司巨大的开发中心时，立即吸引了航空航天工程师的注意。

当世界上最大的热塑性塑料 3D 打印机进入 Ingersoll 机床公司庞大的研发中心时，立即吸引了航空航天工程师们的注意。在适应了 MasterPrint 机器的巨大尺寸后，更快的原型设计、更短的交货时间和降低 90% 的制造成本的前景引起了工程师们的兴趣。Ingersoll 继续创新，开发了 MasterPrint 5X——一款具有更大生产力突破的一体化打印和铣削机器，再次得到了 Siemens Sinumerik 840D sl 数控平台的支持。

Michael Falk 是一名机电一体化工程师，也是支持 Ingersoll 推出 MasterPrint 系列的 Siemens 销售团队的负责人。Falk 经常目睹参观 Ingersoll 研发中心的航空航天工程师们的反应，他可以证明为什么“5 倍速”具有很大的吸引力。“90% 的情况下，3D 打印的产品都需要进行二次精加工。”Falk 说，“新的

MasterPrint 正是这样做的，它是一个一体化解决方案，利用 Ingersoll 开发并得到 Siemens 支持的自动换头技术，实现全自动化一站式生产世界上最大的零件。”

Falk 表示，航空航天和海军工程师现在在 Ingersoll 见证的是他们曾经认为无法实现的工艺改进目标和能力。“2019 年 10 月，缅因大学 (University of Maine) 因 3D 打印了一艘 25 英尺长的船，可以实际漂浮并载人而被授予三项吉尼斯世界纪录。”他说，“值得称赞的是，从那时起，Ingersoll 的工程师已经多次打破了这个尺寸纪录。”

铣削级别的打印效率：MasterPrint 的大尺寸 3D 打印方法结合了五轴运动的加工速度、灵活性和准确性。同一个龙门架现在可以实现打印、铣削、纤维放置、铺带、检查、修剪等功能的相互配合。

从任何角度进行 3D 打印：Ingersoll 正发布新的 MasterPrint 5X，Falk 表示。该机器可以从任何角度打印，充分发挥其优势。因此，现在您可以使用最有效的顺序快速制作一个巨大的模具或零件。五轴打印喷嘴能够通过改变方向，打印更复杂的零件。

高速同步：Falk 说：“3D 打印过程中的同步动作是奇迹发生的地方。”您可以得到外观漂亮且具有高度一致几何形状的零件。打印仅在转角处根据需要放慢速度，然后立即恢复到最佳速度。角落不会被过度填充，没有填充问题，没有珠子的缩颈，没有模具的空隙，从而也没有材料在零件的内部堆积。

机器人 3D 打印：Ingersoll 充分利用了 Sinumerik Run MyRobot/Direct Control 的优势，这款机器人补偿软件现在是 Siemens Sinumerik 840D sl CNC 的一个主要功能。Ingersoll 提供了广泛的机器人系统，机器上的 CNC 可以控制



**Sinumerik 数控系统不仅能实现七轴插补运动，还可通过添加挤出机控制来实现八轴操作。**



**Ingersoll MasterPrint 能够 3D 打印长达 100 英尺、宽 22 英尺、高 10 英尺的模具和零件，其最高打印速度可达每小时 500 磅。**

由同一机器人操作的多个模块。

## 面向未来的工具集

Jason Melcher 和 Michael Falk 亲眼目睹了 Ingersoll 机床工程师们在一种充满支持的文化中，不断提出富有探索精神的问题。他们描述了这样一个实验室环境：一位刚从大学毕业的工艺工程师正在迅速学习，即使是最先进的机电一体化课程都无法涵盖的知识。

在 Ingersoll，工程师们面临着发明、验证、学习和建立更好的加工工艺的挑战，他们已经获得了这样的工具。“Siemens 为机器设计过程带来了一个开放的工具箱。”Falk 说，“你有五轴 Sinumerik 840D 控制，全套的电机、驱动器和组件。你有仿真软件和对第三方创新的公开邀请。这一切都汇集在一起，Sinumerik 数控系统及其虚拟对应系统，即 VNCK 内核，对于加工过程来说，这是一个更加发达的大脑。”

Nate Haug 是 Ingersoll 的一名工艺工程师。他是该公司众多受到启发的工程师之一，证明了使用一套更开放的数控和运动控制工具的优势。“Siemens 以一种编程语言为起点，使我们能够比使用‘仅有 G 代码’的控制方式做得更多。”Haug 说，“我们有两个工具集，一个是 Siemens 语言，它允许一个开放的函数和变量的范围。另一个工具集让我们将条件函数注入数控系统的大脑。没有这两个工具集，就无法完成我们的工作。我们在纤维铺放机上使用 840D，在机器人纤维铺放机上使用 840D，在 3D 打印机上使用 840D，在双头、垂直、五头的机床上使用 840D，它基本覆盖了我们工作的方方面面。”

Haug 说，除了在 Ingersoll 的现有机器中进行改进外，他和其他工程师正在利用 Siemens Sinumerik 数控工具集研究新机器的开发途径。其中一条途径是材料研究。“每种

材料都有自己的流动特性。”Haug 解释说，“Siemens 的控制能够帮助我们修改代码中的特征，以适应材料的需要。数控平台能够帮助我们研究更广泛的材料。”

材料属性问题涉及了诸如强度、收缩、翘曲以及各向同性与各向异性材料的使用等变量。材料解决方案出现在民用、国防和基础设施应用的快速原型制造领域。独特的打印机概念也应运而生，它可以支持雄心勃勃的计划，如使用来自木材资源的纤维素生物基原料。

机器自我监测：虽然通过人工进行的视觉检查在今天仍然很普遍，但它们却难以应对日益数字化的自动化生产挑战。

Ingersoll 认为，检测虽然作为一个次要的工艺，但也必将成为机器的常规功能。在纤维放置加工过程中加入检测后，能够检查所有缺陷，并确保零件的准确性和可靠性。同样，混合 3D 打印工艺有朝一日将通过集成自我监测，实现打印和加工的无缝衔接。

这些自动化自检过程的发展已经得到了 Siemens 数控系统和运动控制平台的支持，它支配着精确的定位和位置反馈。一台机器可以检测、跟踪和报告其中的任何差异。

正如 Ingersoll 和 Siemens 所展示的，工业 4.0 所承诺的优势今天正在变为现实。在消除了大尺寸机器人光纤铺设和 3D 打印的界限之后，现在人们对整个零件生产过程中突破性改进的期望值也在上升。

Ingersoll 的 Jason Melcher 说：“这是更大范围的思考。我们访问客户是为了探索工艺改进。这不是关于具有固定特征和功能的机器的生产线。我们正在讨论如何进行量身定制的工艺改进。”

对于航空航天、海洋和其他进步部门的工程师来说，更大规模的创新意味着他们现在可以探索前所未有的无限工具集。

# 使用便捷，完美应对小型工件

松浦机械加工中心MX-330 PC10

## MAXIA

Innovation by Matsuura

- 适用于小型工件加工，使用方便，具备自动化功能，配有清晰·明确·正确的新型操作面板，属于入门级5轴机床
- 配有3种高刚性主轴，从铝材的高速切削到难加工材料均可全面对应，主轴与工件的可接近性佳，设置方便，操作性优异。
- 采用可收纳90把刀具的链式刀库和PC10(托盘类型为CAPTO C6)的自动化套装，可构建节省空间的自动化系统。



阀体



气缸阀



人工心脏模具



卡盘上爪



支架



株式会社 松浦機械製作所

总部、工厂：〒910-8530 日本福井県福井市東森田4丁目201番地 TEL: +81-776-56-8100

日本株式会社松浦机械制作所上海代表处

上海市仙霞路88号 太阳广场 E301A TEL: 021-6278-2791

www.matsuura.co.jp

# 增材制造的可持续性

## Sustainability the Key Question for Additive Manufacturing

增材制造的环保意识是否会带来更高的成本？

可持续性是企业不再能够忽视的热门话题。无限期地推迟积极行动和“绿色洗衣”已经不能满足需求了。无论产品有多成功，或者哪种应用最适合您的产品，“它是否可持续？”这个问题越来越多地被提出。尽管许多组织尚未为保护环境支付高额价格，但政府正在施加更多的监管。可持续性头条新闻主导着媒体；企业必须解决他们在可持续性方面的方法，以确保他们未来的成功。

### 选择和问题

这使得许多企业陷入进退两难的境地。他们如何实现雄心勃勃的环境目标，



6K Additive 的 UniMelt 微波等离子体系统。(所有图片均由 6K 提供)

成为客户和投资者希望支持的生态榜样，同时在价格方面保持竞争力——这仍然是大多数企业在购买决策中依据的主要因素？每个人都知道可持续性是有成本的。但是它必须这样吗？

尽管许多公司愿意转向可持续的商业模式，但确保这种理念贯穿整个供应链可能是令人生畏的，甚至是完全不可能的。例如，在增材制造（AM）领域，人们通常认为该过程是可持续的，因为它是数字化生产——您只生产所需的产品，所以没有浪费。并且在全球范围内通过数字方式共享文件意味着生产保持本地化，减轻了高额的 CO2 排放的运输需求。

但是，大多数人并不知道的是，AM 金属材料生产这一关键组成部分在供应链中是对环境不友好的。如果你开始使用已经具有高环境成本的材料进行制造过程，你真的能声称你在可持续地工作吗？

大多数人会同意，现在是让供应链可持续运作的时候了。一个大问题是：如果增材制造行业转向更可持续的材料生产方式，它的成本会更高吗？

### 解决供应链问题

关注金属增材制造，很明显需要改变，因为目前用于制造材料的流程是不可持续的。大多数 AM 过程中使用的金属粉末是通过气体雾化（GA）或等离子雾化（PA）制造的，不幸的是，在制造商开始生产之前，这两种过程都带有相当大的环境成本。由于产量低和浪费高，这两种过程都消耗大量能源。

气体雾化（GA）是制造金属 AM 粉末的最常用技术。它通过将金属或合金加热成熔融液流来操作。然后将高速气流与该液流接触。这将物质分解成通常在 1 到 250  $\mu\text{m}$  的熔融颗粒。

激光粉末熔融床是目前金属 AM 最广

泛使用的技术，通常需要 15-45  $\mu\text{m}$  范围内的颗粒大小作为粉末。因此，在 GA 过程中，由于其尺寸，生产出的大部分颗粒被视为废品。这样的影响是产量极低，生产出的材料几乎没有价值，给可用的、尺寸正确的粉末带来了巨大的环境和经济成本。

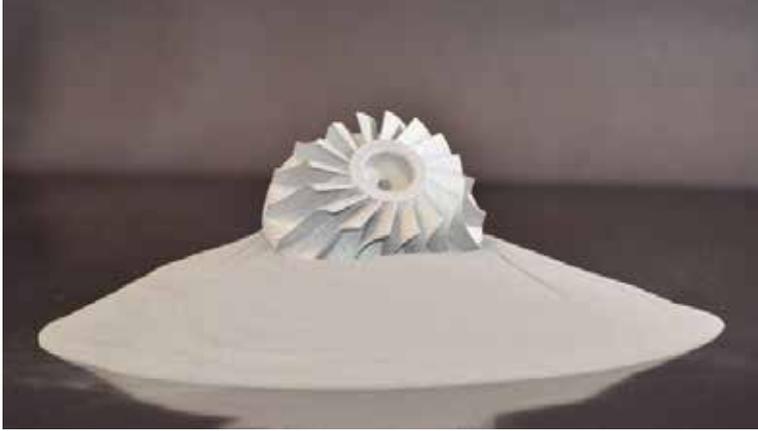
另一种流行的方法是等离子雾化（PA）。该过程使用线材作为原料，通过与 GA 中使用的类似气流的等离子喷灯进行熔化。这个过程的问题来自于将原材料转化为线材作为原料的需要。有意地少量的金属可以以线材形式经济地生产，限制了使用此方法可用的 AM 粉末种类。可用的材料通常来自中国和俄罗斯等国家；对于北美、南美或西欧的制造商来说，这个额外的步骤增加了很多时间和能量，为负面的碳足迹和成本上升做出了贡献。PA 比 GA 更有效率，产生约 30% 的期望 15-45  $\mu\text{m}$  产量尺寸，但仍然产生浪费，再次不能声称是可持续的过程。

考虑到俄罗斯和乌克兰之间的冲突，国内供应链的问题变得更加重要。美国军事备件库拥有一年的镍和钛供应，以废料形式存在。6K Additive 公司利用这些材料的能力——正如该公司最近获得的国防物流局奖项所强调的，将军事车辆的废料转化为可用材料——是降低增材制造粉末生产的供应链和国家安全风险的理想解决方案。

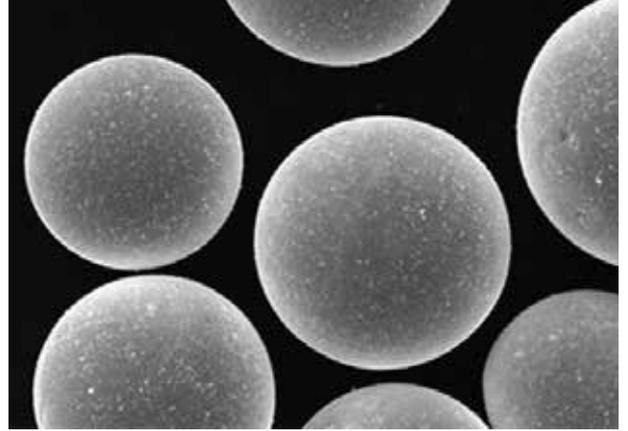
### 用创新技术构建循环经济

6K Additive 的目标是通过用来自可持续来源的先进高性能材料替代浪费、不可持续的材料生产，帮助消除浪费，而不是增加预期的更高价格。

6K Additive 使用世界上第一个工业级微波等离子体——其特有的 UniMelt 系统，开发了一种利用废料作为原料并产生极高



6K Additive 的金属增材制造粉末



6K Additive 完美球形钨粉的扫描电子显微镜 (SEM) 图像

产量的过程，产量最高可达 98%，具体取决于合金。UniMelt 过程在生产金属增材制造粉末方面也消耗较少能量，解决了气体和等离子雾化过程的所有环境缺陷。

许多使 6K 过程可持续的因素也使其具有成本效益，使 6K Additive 能够提供具有竞争力的粉末价格，同时仍然实现环保产品。通过使用来自制造过程的原料——包括使用过的 AM 粉末、AM 支撑结构、不合格的 3D 打印件和认证化学机械废料——6K Additive 可以经济地获取材料，而无需依赖海外来源。6K Additive

为客户提供了额外的好处，通过向 6K 出售废料原料，获得优质金属 AM 粉末购买资格，从而使客户在这个过程中实质上获得两次利润，创造一个有价值的可持续循环经济。

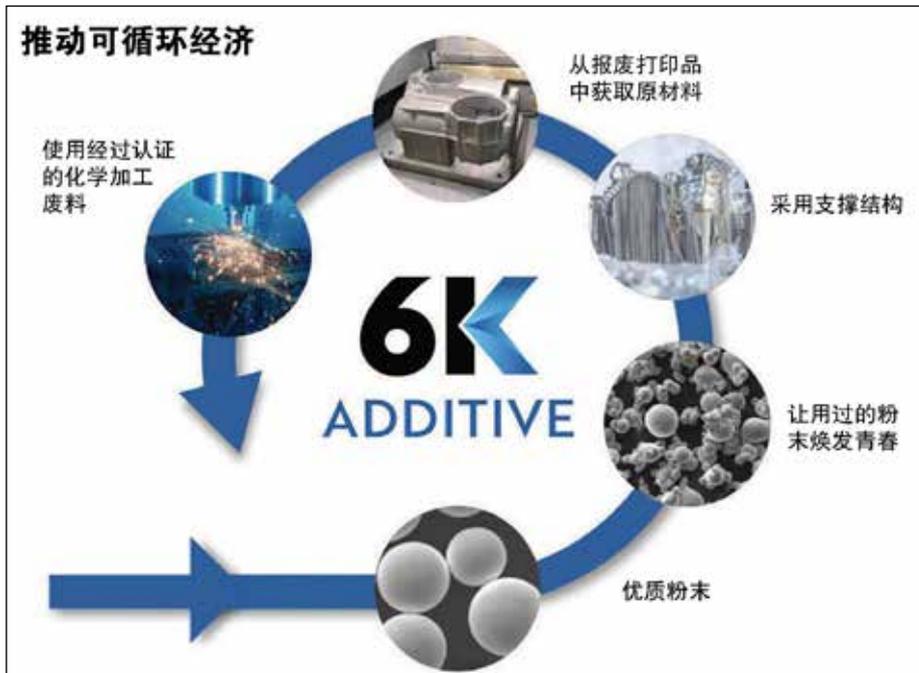
6K Additive 不仅回收废料并将其重新投放到供应链中，而且还减少了废料。6K 的专有预处理使得在任何目标颗粒尺寸分布中接近 100% 的产量成为可能——无论是为 MIM、激光或电子束粉末熔融床、还是粘结剂喷射过程制造粉末。当然，减少浪费也意味着生产更经济。

6K Additive 还从规模经济中获得了额外的好处：随着增材制造规模扩大到预测的生产水平，价格将自然得到改善。两种雾化过程仍然受制于极低的产量、国外原料价格、海外燃料价格以及购买决定成本和最终向客户收取的价格。

考虑到所有的可持续性和成本优势，用户可能会质疑 6K Additive 生产的材料的性能。与雾化过程不同，6K 的 UniMelt 过程并没有使用高速气体将熔融金属流进行分解。它使用均匀的等离子体和较低的气体流量，显著降低了气体在颗粒中被困住的风险——从而产生高密度、低孔隙度的粉末。结果是高度球形的粉末颗粒，没有夹渣，没有内部孔隙，流动性高，击实密度高。反过来，优质 AM 粉末会生产出优质零件，因此也极大程度的降低了增材制造过程中的废品率。

UniMelt 过程还适用于无数种材料，包括以前无法生产的下一代工程合金球形粉末。这为制造商提供了比以往更多的选择。例如，军事和航天应用需求的关键材料是钨或铼等难熔金属。通过使用多种原料来源，UniMelt 过程可以为增材制造粉末生产这些备受追捧的合金，实现生产规模。这确保了在高超声速、航天和火箭发展等领域开发新应用的用户可以使用增材制造。

6K Additive 的技术表明，可持续性不必过于昂贵，也不会影响性能或减少制造商可用的选项。设计师和制造商可以使用一整套生产级高级材料，这些材料具有成本效益，可持续性，甚至可以形成循环经济。



**6K Additive 的可持续增材制造粉末解决方案推动了完整的循环经济，利用机械加工废料、使用过的粉末、支撑结构和失败的构建作为其原料。**

# 新型增材制造机器和材料填补市场空白

## New AM Machines, Materials Fill Niches

是时候公开讨论可持续性了。



Desktop Metal 的 Shop System 3D 打印机旨在服务于中等规模生产的机械加工车间。(图片由 Desktop Metal 提供)

新型增材制造机器和材料的制造商正在宣传他们的产品填补的市场空白，例如工具制造和机械加工生产。此外，他们还在谈论可持续性。

事实上，Desktop Metal 子公司 Forust 推出了一种名为 Forust 的新型 3D 打印工艺，该工艺基本上将树木粘合在一起。该过程使用粘合剂喷射和两种木材行业副产品，锯末和木质素。Forust 的网站称，从制造纸张、建造房屋和家具中剩下的一些锯末得以回收，从而避免简单的焚烧或填埋。

Desktop Metal 首席技术官 Jonah

Myerberg 表示：“当我们看到这个时，我们说，‘我们可以基本免费的价格拿到原料，如果我们能弄清楚如何将其粘合成成品，我们就可以重建树木’。”“我们可以把这些工艺中的木头粘在一起，形成通常从树木中切割出的木头片。”

Myerberg 表示，使用 Forust 进行增材制造类似于用沙子进行 3D 打印。不仅可以用天然的木纹打印锯末，而且在零件上钻一个孔时，孔中会显示出木纹。

他说：“这是我们一个更大项目的先锋，即回收材料。我们如何重复利用材料，而不是使用新鲜的原材料？这是我们未来

20 年的重要任务。”

Desktop Metal 还推出了一种专为机械车间设计的金属粘合剂喷射系统——Shop System。

其他制造商推出的新产品包括能够自定义陶瓷配方的树脂，一种可在公司的陶瓷打印机中使用的新材料，一家工业增材制造机器制造商推出的首款台式机，以及一种可自定义工具路径的组合打印机 -CNC。

### 工具是唯一

旧金山的 Mantle Inc. 公司决定在其混

SANDVIK  
Coromant

# Y轴车削

CoroTurn<sup>®</sup> Prime和CoroPlex<sup>®</sup> YT  
助力全向车削

## 一把刀具完成所有车削工序

Y轴车削是一种3轴同时车削方案，在车削过程中，刀具围绕自身中心旋转（主轴旋转），此时刀片处在Y-Z平面内车削（刀片运动），而铣削轴会进行位置补偿（刀具运动）。

因此仅需一把刀具即可加工复杂形状或凹槽。



扫一扫直达  
官网了解更多

合增材制造 -CNC 机器的软件中包含自动刀具路径创建。这是因为缺乏熟练的机械师以及客户在为这些机器创建逐步策略时投入的时间和金钱。

Mantle 公司首席商务官 Paul DiLaura 表示：“我们认为这是我们解决方案中所提供价值的一个非常重要的部分。”

Mantle 公司的软件负责人 Nilesh Dixit 曾在 GE Digital 领导物联网软件 Predix 的应用团队。

Mantle 公司的打印机软件要完成双重任务，不仅要为从打印喷嘴挤出的金属基流动糊状物创建刀具路径，还要为在构建部件时在打印盒内进行的铣削找到正确的路径。

DiLaura 解释说，这种方式的工作原理是，在构建板上打印一个或多个部件的切片，每层大约 100 微米，然后加热和干燥，这将从糊状物中去除几乎所有液体溶剂。随后，糊状物中的金属颗粒聚集在一起，“此时它们相当密实。” DiLaura 说，“它们足够坚固，可以保持已打印部分的形状，并且足够柔软，可以很容易地进行加工。”在打印和加工过程结束后，将零件放入烧结炉中，使其收缩 8 到 10% ( DiLaura 表示，

通过其他 3D 过程打印的金属部件可能收缩更多，通常为 17% 到 25%)。

这个过程，Mantle 称之为“TrueShape”，允许用户切割共形冷却通道和非常深的特征。

DiLaura 说：“铣削使我们能够实现对刀具所需的精度。” Mantle 希望用其机器填补的 450 亿美元市场空白。

他说：“我们决定从一开始就专注于刀具组件。这些主要是模具和冲模的插入件、型腔和型芯。我想我们主要从事的是注塑模具、型腔和型芯。这是我们大多数客户感兴趣的领域，但我们还与压铸、金属成型、冲压等领域开展了合作，只要我们的工具钢材料是相关的。”

这家初创公司还决定让其机器易于几乎任何人使用，DiLaura 将其描述为“免手操作”。

DiLaura 说：“前几天我们公司来了一个刀具制造商的老板，他看到我们打印出的这个特定零件，他说，‘训练某人制作这个零件可能需要一年时间，’他对我们的系统几乎不需要培训感到惊讶。”

Mantle 提供两种材料：P2X 具有 P20 工具钢的性能，但具有更好的耐腐蚀和耐

磨性；H13 类似于标准 H13 工具钢，通常可以硬化到 50-52 的洛氏 C 硬度。

## 新桌面打印机加入工业和牙科打印机行列

Mantle 推出了其首台机器，而工业和牙科打印机制造商 Nexa3D 则推出了首款桌面型号 XiP ( 发音为 “zip” )。Nexa3D 桌面业务部门副总裁兼总经理 Michael Currie 表示：“我们几乎是在从问题的反方向解决这个问题。我们有一台工业机器，我们知道可以制造大量的生产部件……但是如何达到这个最终状态呢？我们需要设计一个零件。”

因为 Nexa3D 不想强迫在桌面上设计部件的客户使用新的工艺和不同的材料，所以 XiP 的润滑剂子层光固化 ( LSPc ) 工艺与公司的工业打印机相似。因此，设计和研发团队可以“保持速度前进”，Currie 说。

Nexa3D 的技术，XiP，属于容器聚合类别，又称立体光刻。在机器内部，光源从下方照射到充满液态光敏树脂的容器上。光源通过透镜系统形成一个均匀的光平面，照射到 LCD 屏幕上，该屏幕作为特



Desktop Metal 的 Shop System 3D 打印机旨在服务于中等规模生产的机械加工车间。( 图片由 Desktop Metal 提供 )



工业和牙科打印机生产商 Nexa3D 推出了其首款台式机型号 XiP ( 发音为 “zip” )。( 图片由 Nexa3D 提供 )

定部件层的光遮罩。在固化层之后，它与容器的膜表面分离（或“剥离”），然后添加新的层，直到部件完成。

Currie 表示：“LSPc 是一种先进的膜技术，使我们的部件能够非常容易地从容器膜中释放出来。这减小了部件的受力。”

从部件上移除膜的力量可能会改变工件，导致后续打印失败。Currie 解释说，拥有更先进的膜技术，如 Nexa3D 的，可以让用户更精确地进行打印，并提高可靠性，因为部件会保持在原地，这样就可以更快地进行打印。

Currie 说：“如果你可以用更小的力量剥离，你就可以更快地返回到下一层。”

由于 Nexa3D 的倒置建造过程，储存槽中的树脂量只需与一个层次相同厚度，这可能对于节约液态树脂是一个好消息。

在 XiP 的建造包络中，可以在室温下铺设 50、100 或 200 微米的层。

除了在设计阶段进行原型迭代外，在工业环境中，XiP 还适用于电子设备外壳、夹具、工具和夹具。牙科诊所和实验室可能会喜欢用它制作美白牙齿的托盘、口腔夹板和手术植入物规划模型。

## 获取树脂，添加粉末，打印

陶瓷材料和 3D 打印机制造商 Tethon 3D（位于内布拉斯加州 Omaha 市）于 2021 年 9 月为其 Genesis 树脂线获批了专利。Genesis 线用复合基质，通过立体光刻、CLIP、LCD 和 DLP 添加制造方法创建陶瓷产品。

液态基质材料本身无法进行 3D 打印，但为光敏树脂研究开发提供了起点。它需要添加一种固体粉末以增加足够的厚度进行打印。装载后的 Genesis 树脂在 365–405 微米处固化。

与 Genesis 基质结合使用的氧化铝、氧化锆、二氧化硅、碳化硅和羟基磷灰石等配方在航空航天、汽车、金属铸造、牙科、电子和生物医学等行业得到了广泛的应用。

Genesis 基质可以在炉中燃烧掉，几乎不留下任何粘合剂。树脂有标准、柔性和高负荷配方。

Tethon 还销售各种可以与其树脂混合的粉末，可以调整以改变浓度。Tethon 的另一系列粉末可用于粘结喷射。公司的材料科学家还可以为这两种应用制定定制材料。

Tethon 首席执行官 Trent Allen 表示：“我们发现人们喜欢使用他们的传统粉末。”

Genesis 和其他 Tethon 3D 树脂通常用于研究机构和企业研发实验室，他说。

## 陶瓷打印无需二次加工

2021 年 8 月，以色列 Rehovot 的 XJet Ltd. 为其陶瓷 3D 打印机提供了氧化铝。它还为陶瓷打印提供氧化锆，以及为金属 3D 打印机提供不锈钢。

公司选择氧化铝（氧化铝）作为其第三种材料，因为它是一种广泛使用的技术陶瓷，具有极高的机械强度、高硬度和非常好的电气绝缘性能。氧化铝还具有高耐磨性、高导热性和对高温的抵抗力。氧化铝和氧化锆都是具有非常好的化学抗性的技术陶瓷，使它们具有不腐蚀性。这些材料的硬度意味着它们很难用传统方法加工，尤其是在烧结后。

XJet 首席业务官 Dror Danai 表示：“使用 XJet 技术在 XJet 系统上制造的氧化铝零件与使用陶瓷注射成型等方法制造的氧化铝零件几乎相同，因此可以以相同的方式加工。然而，实际上没有必要对这样一个部件进行二次加工，部件可以设计成最



陶瓷材料和 3D 打印机制造商 Tethon 3D 在 2021 年 9 月获得了其 Genesis 系列树脂的专利，该系列树脂用作复合基质以创建陶瓷制品。（图片由 Tethon 3D 提供）



在 Forust 的打印过程中（Forust 是 Desktop Metal 的子公司），细木粒层被铺设并由无毒且可生物降解的粘合剂固定在一起。（图片由 Desktop Metal 提供）



Nexa3D 的 3D 打印机系列适用于工业和牙科诊所使用。(图片由 Nexa3D 提供)

终要求。使用 XJet 系统，一切都在于细节，这意味着您可以准确制造复杂的几何形状、精细的细节、内在结构、光滑的表面、内部通道等，因此一旦部件已经打印和烧结，它就已经准备好了，根本不需要进一步加工。”

氧化铝非常适合用于电气绝缘器、喷嘴和阀门、加工和切削工具、叶轮等。它在医疗设备、消费电子和航空航天等行业得到广泛应用。

Danai 表示：“我们正在制造我们自己的添加剂制造系统的一些部件——XJet Carmel 1400C。其中一个部件是电气导线的导轨 / 外壳，氧化铝为该部件提供了必要的电气绝缘。”

## CNC 与这台打印机成为最佳搭档

Desktop Metal 推出了一款名为 Shop System 的 3D 打印系统只在服务于中等规模生产的机械加工车间。

CTO Myerberg 表示：“当我们谈论中等规模生产时，它实际上是原型制作的下一步。这意味着需要制造任何尺寸或规模的零件的生产批次。”

公司的网站宣传了 Desktop Metal 专有金属粉末在 Shop System 及其他粘结剂喷射打印机中的“经济实惠的材料成本”。

Myerberg 解释说，基于激光的工艺对其使用的粉末有两项基本要求。

首先，粉末必须均匀：粉末中的金属必须呈球形，且球体大小必须相同。这对于打印机在形成零件时每次都能正确、一致地使用其激光能量熔化粉末至相同深度是必要的。

然而，生产粉末时会以随机方式产生

不同大小的球体。在图上，绘制尺寸将形成一个钟形曲线。激光打印所需的粉末必须是非常特定的尺寸，因此粉末生产商只取粉末批次的一个非常窄的部分，其他材料用于其他用途。

Myerberg 表示：“所以那个最好的部分，就像你得到一块最好的牛肉一样，价格并不便宜。”

第二个是它的化学性质。当激光熔化粉末制造零件时，它必须非常干净，不会在最终零件中留下任何不需要的化学物质。

Myerberg 说：“粒子需要在窄的分布范围内大小相同，且需要完全干净，这也使得它们非常昂贵。”

粘结剂喷射与此不同。它接受任何大小的粒子。事实上，金属粒子的不同尺寸有助于这个过程，因为它们可以比相同大小的球体更紧密地堆积在一起。此外，粉末上的表面污染物种类不重要，因为打印件将进入高温炉中进行烧结，这样它们就能完全燃烧。烧结过程还消除了金属中的任何孔隙。

CTO 还解释了调整 Desktop Metal 机器的过程。

他说：“我们为用户提供各种控制方法来调整他们的流程……因为每个人的零件都不同。”

例如，用户可以调整以消除零件的渗漏。当粘结剂滴在粉末床表面时，它会扩散并可能在边缘渗出。对于具有非常精细特征的零件，一个边缘可能会渗入相邻的边缘，这是一个不希望出现的结果。如果发生这种情况，用户可以在边缘周围创建更多的空间。在较厚的部分，他可以减少喷涂下来的粘结剂剂量。

Myerberg 说：“这个过程在几何上是

不可知的。任何人都应该能够将任何图像或任何零件放入打印机中并取出。我们不能测试人们想要的每一个零件，我们只能给出指南、规则和旋钮。所以我们说，‘嘿，如果你想要非常精细的特征，我们可以为你提供渗漏控制，这样这些特征就不会相互渗透而是保持分开。’而渗漏控制只是我们给用户提供许多旋钮之一。”

Desktop Metal 提供了一个单独的去粉站，用于从粉末储存器中挖掘零件并保持金属材料的清洁。一旦粘结剂喷射的零件被挖出，它们就可以像其他金属零件一样进行处理。

Myerberg 说：“在烧结零件后，如果你对其进行横截面观察并查看晶粒结构，你永远都不会知道它一开始是一个粉末零件。它看起来就像一个铸造零件。我们通过粘结剂喷射生产的金属、晶粒结构和化学性质就像那种化学性质的其他金属一样。它们可以像传统生产的零件一样进行热处理，其性能也可以发生改变。”

“您可以对粘结剂喷射零件进行抛光、加工、喷砂或喷珠处理和表面处理。过去一百年发展起来的所有这些后处理方法都适用于粘结剂喷射零件。这就是将粘结剂喷射工艺放入与切削工具相邻的机械车间的美妙之处。粘结剂喷射无法生产出 CNC 机器所能获得的精度或表面光洁度。平面、圆柱孔和螺纹需要切割以获得所需的精度。”

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

[www.mantle3d.com](http://www.mantle3d.com)

[www.nexa3d.com](http://www.nexa3d.com)

[www.tethon3d.com](http://www.tethon3d.com)

[www.xjet3d.com](http://www.xjet3d.com)



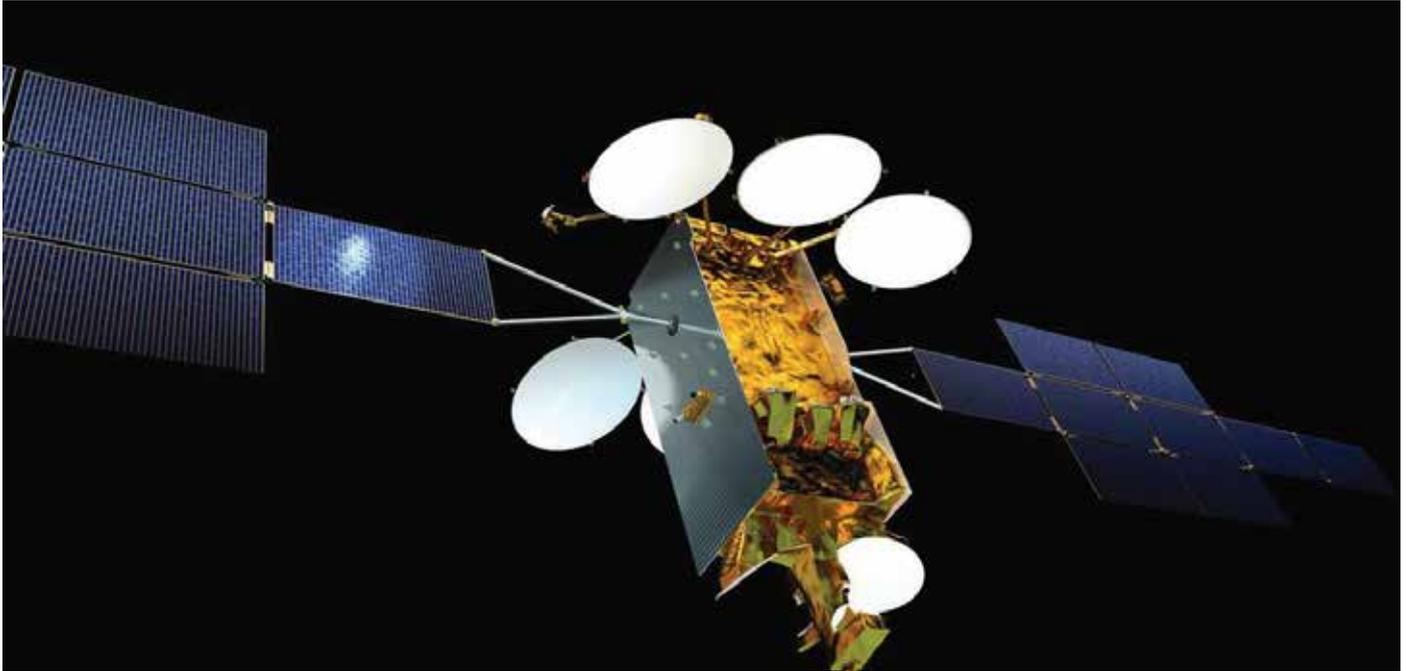
Mastercam中国  
微信公众号

**MAKE IT**  
**MULTIAXIS**

**Mastercam**

# 增材制造正推动射频无源硬件的极限

## Additive Manufacturing is Pushing the Boundaries of RF Passive Hardware



在 3D System 位于比利时 Leuven 的客户创新中心的 DMP 工厂 350 机器上用铝材料打印最终的开关组件网络。（所有图片由 3D Systems 提供）

随着 COVID-19 的重大影响，卫星通信服务的需求正在恢复到历史上的强劲增长。随着这种复苏，越来越需要提高通信卫星的性能和经济性。将一辆航天器送入地球静止轨道的成本可能高达每公斤 20,000 美元，典型的使用寿命为 10-15 年。因此，需要能够提高性能，降低成本、重量和体积，并推动设计和供应链流程改进的技术。

一种越来越重要的驱动航空航天创新的技术是增材制造（AM）。增材制造具有更大的设计和制造灵活性，为革新航空航天工作流的关键要素提供了引人注目的机会。

### 设计简化、组件整合和零件数量减少

增材制造的一个令人兴奋的应用是用于通信卫星中的射频（RF）无源硬件。这

是一系列可以从地球接收、传输、过滤和发送射频信号到卫星并返回的部件。为了实现与微弱信号的通信，卫星必须配备尽可能高效的传输技术，包括定向天线、滤波器和波导。天线的作用是从地球接收和发送信号。波导的作用是在卫星内部传输射频信号，损耗较低。滤波器的作用是最大限度地减小不需要频率的信号噪声。这些硬件元素具有高度复杂的设计，并对尺寸控制、重量、体积和表面质量有严格的要求。当使用传统制造生产这些组件时，需要非常专业的人员和多种工艺，如挤压、加工、焊接和手动组装。此外，其缺点还包括了交货时间长，以及成本高。

近年来，射频工程师已经开始将增材制造应用于射频组件。工程师不再受制于传统的制造和组装过程，可以极大地提高他们的射频组件的性能和系统效

率。好处可能是深远的，能够改善射频性能，降低重量和体积，以及通过整合大幅减少零件数量。

### 推动射频无源硬件设计的界限

直接金属打印（DMP）已经在射频设计方面引发了创新。行业领导者正在重新思考整个子系统，并通过增材制造的力量将它们生产为高度整合的结构。整合本身带来了许多好处。较少的零件意味着射频传输链中的接口更少，从而降低了整个系统的损耗。整合自然导致零件数量减少、重量和体积减少、装配更快且更高效、质量控制成本降低以及供应链简化。在一个示例应用中，DMP 过程用于创建用于在轨使用的无源射频滤波器。得到的射频滤波器只是一个零件，而传统装置有 39 个

零件。增材制造的滤波器比传统滤波器重量减少了 50%。

通常，就卫星设计而言，轻量化被视为最理想的优化。重量对于发射方面的考虑至关重要，但总体容量也很重要。降低体积可能使得卫星在受发射限制约束的给定容积和重量范围内容纳更多的通信频道。射频有效载荷设计越紧凑，可以添加的频道越多，从而实现更多服务。

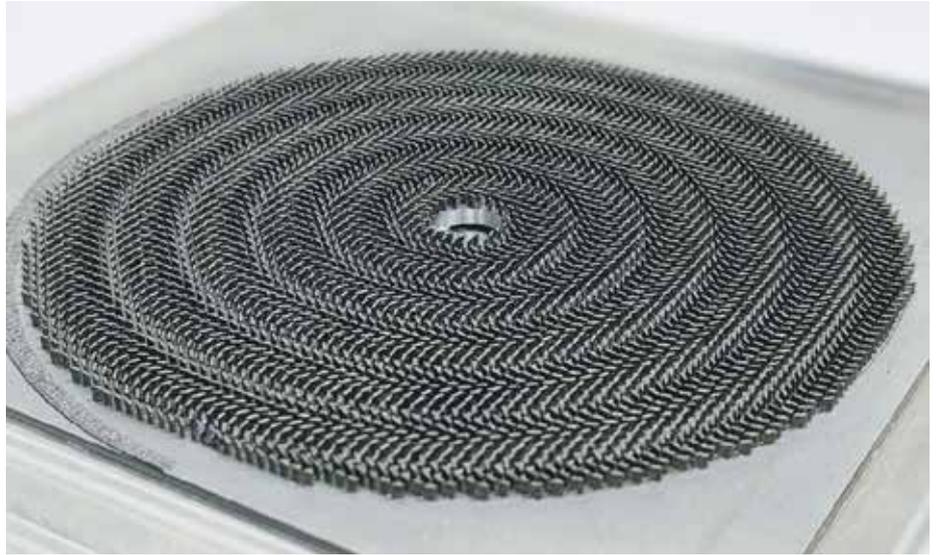
DMP 还为射频设计师提供了利用传统制造工艺无法实现的形状的机会。这在射频滤波器的设计中尤为有用。借助 DMP，可以制造出使用高度有机、曲线形状的高效滤波器设计，以优化性能。

通过简要探讨一个实际应用案例，可以最有效地展示这些功能。

## 功能性设计 提升射频系统性能

Airbus Defence & Space 公司与 3D Systems 公司合作，生产了第一个经过测试和验证，可用于商业通信卫星的 3D 打印射频滤波器。该项目是在欧洲航天局资助的研究基础上进行的，展示了增材制造在实现航空航天零部件设计创新方面的能力，而这些零部件在几十年里几乎没有发生明显变化。

射频滤波器的传统设计基于标准化元件的库，如矩形腔体和具有垂直弯曲的波导横截面。形状和连接是由典型的制造过程（如铣削和电火花加工（EDM））所规定的。因此，射频滤波器的腔体通常需要从两半螺栓组件中加工。这增加了重



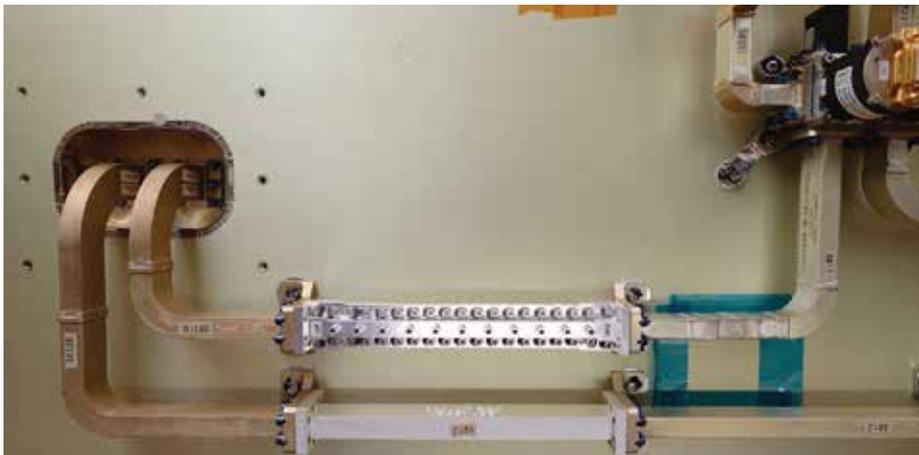
**3D Systems 与美国宇航局喷气推进实验室和 Univ Rennes, CNRS, IETR - UMR 6164 合作，在单个基板上生产了数千个 Metasurface (MTS) 天线元件。低轮廓和低质量使这种 Ka 波段天线类型成为 SmallSats 和 CubeSats 的理想选择。（参考资料：D. González Ovejero, O. Yurduseven, G. Chattopadhyay & N. Chahat, “Metasurface Antennas: Flat Antennas for Small Satellites”, 《CubeSat Antenna Design》, IEEE, 2021 年, 第 255-313 页。）**

量，增加了生产时间的装配步骤，并需要额外的质量评估。为增材制造设计零件使空中客车防务与航天公司能够探索复杂几何形状，而无需增加制造成本。空中客车防务与航天公司制造的高容量卫星，如 Eutelsat KA-SAT，携带了近 500 个射频滤波器和 600 多个波导。其中许多是定制设计的，以处理特定频率。

在其初步工作的基础上，位于英国 Portsmouth 的 Airbus Defence & Space

制造团队开发了增材制造开关组件网络的创新设计，并得到了 3D Systems 的 AM 咨询和生产支持。3D Systems 在项目早期就被纳入，为应用开发和原型制作提供输入和支持，并在整个资格认证和工业化过程中保持参与。由于增材制造能够实现设计自由度、重量减轻、零件性能优化以及进度缩短，因此选择了 AM。Airbus 还提到了装配过程中的大量劳动力节省，使其团队能够专注于更具增值的任务，以及所需单个零件数量的显著减少，这是选择 AM 的原因。射频无源硬件被指定用于将加入 Eutelsat 在轨船队的两个 Eurostar Neo 航天器。

Airbus Defence & Space 公司只是其中一个意识到增材制造优势制造商，这些好处包括减轻重量、提高性能、降低成本，同时在最终的航空航天部件中实现更高的一致性和可靠性。全球范围内的行业领导者将增材制造整合到他们的生产工作流程中，不仅提升生产能力，还推动创新的极限。随着航空航天和国防行业的需求不断演变，增材制造将帮助这些领导者始终处于变革的前沿，开发将行业推向新高度的先进技术和材料。



**由空中客车防务与航天公司设计的 3D 打印射频滤波器集成到卫星有效载荷中。与之前的设计相比，新滤波器的重量减轻了 50%。**

# 来自 AeroDef 董事会内部的智能制造预言

## Smart Manufacturing Predictions from Inside the AeroDef Boardroom

随着越来越多的公司采用自动化、人工智能和机器人技术，智能制造正在改变着航空航天防务（A&D）制造业。一些制造商还专注于消除所谓的自动化孤岛，并在整个流程中整合该技术。但是，即使制造商采用了最新的数字技术，

许多人仍然专注于开发新材料，这也是正确的做法。复合材料和高超音速技术中使用的材料仍然至关重要。同样重要的是：通过一个强大的人才通道缓解高挑战技术中的工人短缺。

当我们都在努力摆脱新冠疫情时，制

造业的管理人员和工人已经对远程技术充满信心；挑战将是如何平衡远程和现场工作。在这里，我们为 SME 的 AeroDef 访问了执行委员会成员。我们要求他们提供发生在 A&D 公司会议室的讨论实例。

现在是参与 A&D 制造业的最佳时机。



Bill Bigot,  
VP of business development,  
JR Automation

在新冠疫情中出现了哪些教训、挑战和改进？

谁知道“新冠疫情”或其他的瘟疫什么时候会卷土重来？任何导致资源过度匮乏或无法适当配备资源的事件都是一种挑战。我们正在通过更为严格的流程验证，提升人们的远程工作能力。不幸的是，对于制造业来说，我们几乎所有的流程都需要在工厂内完成。我们在制造业中做得很好，审查正在发生的事情，并思考如何精简人力。

### 航空航天业正面临着哪些挑战？

它正在加紧生产，但可能没有相同数量的工人，或者这些工人的技能在失业期间大幅度退化了。愿意担任这些职位的人越来越少。

制造商很难满足他们所看到的需求。他们还必须找到保持社会距离的方法。18 个月前，制造商可能会在一个小单元里安排六名以上的员工。现在你不能这样做了。

你必须找到支持人们的方法，帮助他们在工作人数减少和互动减少的情况下提高生产力。

我们应对这一挑战的方式是使用大量的机器人技术和自动输送系统。在过去，可能需要工人走过去搬运一个零件。现在，这项工作则交给了输送系统。

我们看到更多的协作机器人（cobots）在工厂中与人类一起工作。新冠疫情加速了这种以更低的成本生产更多产品的行动。我们不是要消除工作，而是要增加工作，提升相关从业者的生产力。

### 航空航天的机会在哪里？

机器也越来越聪明，能够监测自己的维护需求，而不是由人类来观察机器的健康。机器会让你知道，“我在未来两周内需要一些维护”。然后，你可以在一个方便的时间安排维护，而不是仅仅是为生产线的故障来善后。

### 你认为在新冠疫情的背后会发生什么？

COVID 确实撼动了整个制造业。不幸的是，新冠疫情把其中一些问题推到了前台。

制造商现在正密切关注产品在工厂中的路径布局——涉及到了多少人际互动？这在工程上得到了更多的关注。

这个问题已经被讨论了很多年，但 COVID 使它变得更加紧迫。突然间，制造商们开始看到他们流程中的不一致和困难，就像鹤立鸡群一样突出。

### 自动化在哪里获得了更多的关注？

对于三级制造商来说，自动化确实是有帮助的；我们在一级供应商中看到的相对较少。但对于二级供应商，绝对

是帮助巨大。

当你有高产量、大批量、大量变体以及时间和质量方面的大量潜在变数时，自动化才会真正发挥作用。

零件越大，它们的变体就越少。二级制造商生产大量的小型零件，数量达数十万件。

一架波音 737 飞机上有超过 25,000 块螺母板。每块螺母板需要 3.5 到 6 分钟才能装上。因此，单单在飞机上安装螺母板就需要大量时间。

我的公司正专注于一个产品，能够在 20 到 30 秒内完成螺母板的安装。

工人在制造业中的一大特点就是产量的不确定性。工人 A 每天可以生产 2000 个零件，而工人 B 只能生产 1500 个。

人类也有早上的休息时间、午餐时间和带薪休假。机器人则无需这些。

人在过程中的参与仍然是至关重要的。人类可以监督自动化并提高质量。

### 航空航天国防制造业自动化的下一步是什么？

航空航天国防制造业自动化的下一步是什么？飞机制造过程一直是难以摆脱手工操作。然后，人们说，“我们应该实现自动化”，他们建立了一个自动化单元，作为一个独立的单位。在这个

# G 500 H

## 卧式成形磨床



新的G-H系列精密磨齿机用于齿轮、轴齿、蜗杆、转子和丝杠的加工。  
一个通用的解决方案能满足您的特殊要求。  
工件直径可以增加至600mm



埃马克(中国)机械有限公司  
地址:太仓市陈门泾路101号工业园区2号厂房  
邮编:215400·电话:0512-53574098·传真:0512-53575399  
网址:www.emag.com·邮箱:info@emag-china.com



新浪微博



官方微信

单元之前和之后的其他过程仍然是手工操作。随着时间的推移，又有三、四个单元从手工转换为自动化。现在，我们总是从一个单元到另一个单元，每个单元都是独立设计的。

现在，制造商正在研究如何设计一个部件和制造过程，以便在整个过程中持续实现自动化。制造商还在努力设计

智能工装夹具，以适应流程中的几个步骤，并在组装过程中与零件一起移动。

现在，举例来说，一个货柜门可能会在每个单元的工装夹具中进进出出。每当你不得不通过将该部件移入和移出工装夹具来接触它时，损坏的风险就会增加。然而，智能化可以在一个单元中完成四步加工。以前，工人们只了解他们单元中的一

项任务。如果他们的一个同事请病假，其他人就难以很好地完成其他单元的工作。通过打破自动化的孤岛，你可以打造一个更灵活的员工队伍。如果一个人知道如何操作一个单元，并且在这个单元中完成三步工作，那么现在这个人就获得了更多的加工技能。他们有能力更灵活地处理制造过程中的更多部分。



John Russell, chief of the Air Force Research Laboratory's structures technology branch

**在新冠疫情中出现了哪些教训、挑战和改进？**

新冠疫情的最初一个月非常动荡。我们的 IT 基础设施还未适应，无法应对这种压力。在第一个月里，我们的 IT 团队增加了一些工具，如 Microsoft Teams 和 Zoom 政府账户，来帮助我们在家里处理空军内网的工作。

我对我们员工在家办公的适应性印象深刻。由于我们已经掌握了在这种环境下工作的所有协议，我们已经接近正常运行。

我最担心的是随机的走廊交谈以及与外部合作伙伴会面的机会减少。我真的希望我们能够恢复差旅活动。能参加会议并与产业合作伙伴会面将对了解制造业所面临的需求提供极大帮助。

**航空航天业正面临着哪些挑战？**

三十年前，复合材料是热门话题。如今，热门话题变成了人工智能、量子计算和其他技术领域的流行词汇。这是人们正在并且应该投资的领域。

但我们的工作还应关注材料和制造。我们仍然需要驾驶飞机，并努力使结构更轻、飞得更远，携带更多有效载荷。复合材料仍然至关重要。人们看到了 787 飞机中复合材料的成功应用（重量占比达 50%）。改进结构

的需求始终存在。

**航空航天的机会在哪里？**

就目前，空军拥有许多昂贵的飞机，耗资数十亿美元，一旦被击落，替换起来非常困难。我们正在考虑一种新的飞机类别以降低成本。消耗性飞机（通常指为消耗性且显著缩短飞行时间而设计的无人驾驶飞机）以长期使用换取大幅度的成本降低。我们正在研究汽车和海洋部门的技术，看看我们是否可以在航空航天领域应用这些工艺。消耗性飞机成本较低，设计为飞行时间较短，且易于更换。一个例子是无人驾驶的 XQ-58A Valkyrie 验证机。另一个是波音公司的“忠诚僚机”。如果它们被击落或发生故障，替换起来相对容易。在数量充足的情况下，我们可以承受损失。这一新概念为我们打开了一扇大门，让我们以新的方式思考如何设计飞机。我们将需要重新审视认证过程，基于较少的飞行小时来设计飞机，而非长期使用。如果一架飞机要飞行 4 万小时，疲劳就会成为一个问题。而如果一架飞机只飞行 2000 小时，你可能不必担心疲劳问题。飞机认证计划可以提高低飞行小时飞机的灵活性。

**还有哪些变革性和颠覆性的技术发展？**

拓扑优化的应用（设计零件时，只把承重材料放在要承载的地方）正在扩大。

在过去，拓扑优化集中在小零件上。我们正在采用这一概念并将其扩大到整个飞机。如果操作得当，这有可能极大地减少飞机的结构重量。我们仍然必须弄清楚如何采用这些不同的结构布局，并将它们与飞机的实际布局结合起来。这个概念也需要是可制造的，即，挑战是如何将这个想法整合到真正的飞机设计中。

**你认为在新冠疫情的背后会发生什么？**

我自己的员工队伍可能是办公室内和远程工作的混合体。如果有人能在家里有效工作，我们就可以像对待成年人一样对待他们，只有在他们的电脑出现问题时才让他们来上班。商务旅行的增长速度会很慢，部分原因是视频工具已经非常完善，对于差旅，我们只会优先考虑关键任务。我们可能要到 2022 年的某个时候才能看到会议室恢复到满负荷状态。如果你的工业伙伴也一样在家里工作，那么出差去见他们就没有意义了。

**在航空航天和国防制造业的哪些部分，自动化正在获得更多的关注？**

将会有更多的飞机投入生产，人们将互相争夺技术工人到他们的设施中来。制造商将考虑如何更有效地使用机器人。



Mick Maher, president of Maher & Associates, formerly of DARPA and the U.S. Army Research Lab

**在新冠疫情中出现了哪些教训、挑战和改进？**

在新冠疫情期间，一个挑战是在众多视频会议平台上进行工作，如 Zoom、Teams、Webex、BlueJeans、Google Meet、Go-to-Meeting 等，并跟上政府在会议软件方面的发展。疫情刚开始时，人们争论它会对我们的业务产生什么影响。我们开始寻找新的领域参与其中，如专家证人 / 咨询工作，以补充我们的先进材料和制造业务。从 2020 年 3 月开始，我们采取激进措施，进入不同且相邻的领域，如管理咨询、装甲性能、测试项目、提案开发和帮助初创企业。在过去几年，我们实现了 15% 的增长。而在疫情期间，我们增长了 30%，因为我们扩大了工作市场。若无这种扩张，我们可能会遭受 10-20% 的收入减少。实际上，我们传统咨询领域的业务确实减少了 10%。

**航空航天业正面临着哪些挑战？**

一个挑战是让人们回到物理工作空间。疫情初期，人们迅速适应远程工作。

习惯了在家工作 16 小时，到疫情中期，公司发现这有助于提高生产力。然而，疫情接近尾声时，人们开始疲倦。我们尝试回到工作岗位时，人们更倾向于混合方式，既有远程工作，也有在办公室的时间。但必须公平处理。有些工作需要亲自到场，对于无法灵活在家工作的人，可以考虑减少每周工作时间，如从 40 小时降至 35 小时。此外，年轻人面临特殊挑战，因为他们失去了得到指导的机会。

未来，行业将面临人才短缺。许多学生选择休学一年，再加上大学财政本已吃紧，整整一代学生，甚至几代学生的实习和研究机会被削减。我们知道，即使在疫情结束后，较大学校的入学率也会降低。

**在航空航天和国防制造业的哪些部分，自动化正在获得更多的关注？**

在疫情期间，许多工厂进行了改造。有了停机的生产线，这是改造的最佳时机，而不是在生产运行中尝试改造。利用自动化优势将有助于制造商弥补可能出现的劳动力技能差距。

**航空航天 / 国防制造业在哪些方面需**

**要变得更加灵活？**

在测试、认证和质量政策方面需要变得更加灵活。这些环节都是过程驱动型的，通常出现在设计或部件成本产生的最后阶段。

制造业的前端已经做得很好，使产品更快地建成并能对变化作出响应。然而，在最后的测试和质量保证阶段，我们无法实现与工艺开始和执行过程中相同的效率。测试领域刚开始利用计算工具、模型和模拟技术来提高产量和降低成本。

**你认为在新冠疫情的背后会发生什么？**

随着我们逐渐摆脱新冠疫情的影响，我认为我们已经做好准备以迎接更高的增长速度。推动增长的因素有很多，其中包括政府政策。然而，我担忧根据已通过的政策，增长可能会受到阻碍。税收政策将成为一个问题。我还担心通货膨胀会对企业发展产生影响。我们招聘新员工的方式会发生变化吗？是否有对企业强制执行的法规，限制我们的运营能力？



Leslie Cohen, a leader in the use of composites in aerospace, now senior advisor at Maher & Associates, and formerly with McDonnell Douglas and HITCO.

**在新冠疫情中出现了哪些教训、挑战和改进？**

疫情期间，许多公司停工，甚至倒闭。对于一级和原始设备制造商的供应链来说，这是一个持续的问题。如今我们正逐步恢复工作，但在此过程中会遇到一些小挫折。我们必须认识到这一点，并相应调整生产速度。这就像撰写第一篇论文一样。同时，我们必须意识到许多供应商因无法在业务减少的情况下生存而倒闭。因此，我们将面临一个不完整的供应链。其他挑战包括在增材制造中需要更好的弹性材料和密封件，更多快速固化的薄膜和 / 或压敏胶，具有抗飞机液体和更好粘附力的清洁表面，高温磨损涂层，以及抗非硅基乙二醇二甲醚 ( DiEGME ) 的涂层。

**航空航天的机会在哪里？**

机会在于高超音速技术所涉及的材料。我们需要确保能拦截来自其他国家的高超音速威胁，并消除 / 拦截 / 摧毁这些威胁。这些威胁可能以 5 马赫的速度袭来。因此，我们需要开发能在更高温度和压力下保持性能的材料。目前我们有很多可选材料，但在 5000 华氏度时仍面临瓶颈。我们需要投入更多精力开发这些高温材料技术，例如投资于超高温陶瓷。然而，目前能从事这项工作的公司并不多。

其他机会包括真空装袋——减少接触劳动和制造变异性；用于加热复杂部件的高压锅外加热，自动胶带和纤维放置机——提高生产效率；以及包括数字检测在内的虚拟工厂技术。

**航空航天和国防制造业在哪些方面需**

**要变得更加灵活？**

需要在保证质量的同时减少检查时间。检查一架军用飞机的高性能机翼可能需要 2 级技术员工作 8 到 10 小时，然后由 3 级技术员花费同样的时间来解读结果。这可能导致成本增加 5%。联邦政府正在投资开发缺陷自动识别技术。德州的 TRI-Austin 公司正在开发软件模型，预计可以在 10 到 12 分钟内检查一个飞机机翼。在涉及 160 个机翼的测试中，建模软件在 5 到 10 分钟内完成了一个机翼的检查。数字双胞胎得出的结论是，机翼大部分良好，但在右上角发现了一个超出其能力范围的问题，并建议由 3 级技术员来检查。结果与人工检查一致，但时间缩短了 80%，相应降低了一半的成本。



Kelly Dodds, Advanced Manufacturing  
Tech Director, Raytheon Space and  
Airborne Systems

**在新冠疫情中出现了哪些教训、挑战和改进？**

新冠疫情发生时，我们正在完成与 United Technologies 公司的合并，而我正处在领导层的战壕里。

我观察到的情况是令人难以置信的。作为一个行业，在新冠疫情期间，我们以惊人的方式保持生产力和对客户的产出。业界现在正利用在疫情期间学到的新工具、新效率和新方法加速走出疫情的深渊。

我们开发了新技术、新流程和新程序。我们改变了未来远程工作和处理 COVID 的工作方式。我们被推入了 Zoom 的世界。

工业界想出了如何用温度扫描和社交疏远等程序来处理 COVID 问题。由 COVID 驱动的向灵活工作的转变将使航空航天业能够利用地理上更加多样化的人才库，这是以前无法想象的，并使我们许多现有的员工获得他们所需要的灵活性，以更好地实现他们的工作 / 生活。

**航空航天和国防领域的机会在哪里？**

为满足客户需求而进行创新和制造产品的步伐正在加快。

在国防方面，我认为我们正在加快创新和部署产品的步伐，以确保我们以更高速度为客户提供生产力。

在我从事航空航天和国防工业的 20 年中，从来没有看到过对如何推进我们工程、开发和制造产品的方式的关注。

这种变化是为了满足我们客户的需求，也是为了提高竞争效率和股东价值。

工程的数字化转型以及工业 4.0 的数字化和自动化，正在改变产品的原始设计、和其过度到实际生产的方式。

**航空航天和国防工业面临哪些挑战？**

由于我的重点是工业 4.0 和先进制造业，我想说的是，制造业技术领域的人才输送和发展是一项关键的工作，我们都应该团结起来。

**你如何开发下一代的制造业技术和工程人才？**

我们正在努力发展这种人才通道，以便在 5 年、10 年、20 年后，除了发展工厂的一线技能外，还能够打造一个强大的制造科学和工程通道。

创新和变化不是来自于机器，而是来自于人。

网络安全是另一个挑战。任何时候你提到数字这个词，都不能忘了网络安全。

每台设备中的防护薄弱面以及连接设备的快速增长和实施构成了这一挑战。

我们需要强大的网络安全来保护关键信息，但也需要网络安全技术、架构、人力流程和方法，以实现快速创新和价值实现时间。

公司必须同时能够利用连接的设备做出迅速反应，同时还应对他们施加足够的防护。

**正在进行哪些变革性 / 颠覆性的发展？**

五年前，当我在先进制造业任职时，数字工程、数字线程和工业 4.0 是技术专家谈话中边缘地带的理想流行语。

而今天，我们已经有了一个名为工业 4.0 的企业组织。

数字化进展的速度远超人们想象，且仍在不断加速。新冠疫情和新的工作环境将改变社会和通信网络的性质——有新建，有失去，有加强。

重要的是同时利用技术方法和工具，以及人类 / 社会因素，增强创新的好处，减少创新过程中的阻碍。

**哪些领域正在出现高灵活性？哪些领域需要更高的灵活性？**

一旦我们把制造设备连接起来，或降低它们的链接门槛，我们就可以把工厂车间看做是一个智能生态系统。有容易连接

的、网络安全的设备，就像你的智能家居一样，但安全性必须更上一层楼。这样，它就不仅仅是一个做所有定制实施工作的小众平台。

我们需要使工业 4.0 的创新能力民主化。

**你认为在新冠疫情的背后会发生什么？**

我们将在更加多样化的工作环境和新的合作工具下重新进入新常态。我们用这些新的工具、效率和方法加速走出新冠疫情，以满足市场需求。

**在航空航天和国防制造业的哪些部分，自动化正在获得更多的关注？**

工业 4.0 和数字工程与精益生产等成熟的制造理念和技术的融合，正改变着制造业的面貌。

工厂车间已经成为一个物理网络系统。没有数字化就很难讨论物理问题，反之亦然。随着定制自动化成本的下降和问题解决能力的迅速提高，我们将看到这些技术应用到越来越多的领域中，而这些领域以前是没有投资回报率的，因此还一直没有采用数字化或物理自动化。

**有什么最终想法吗？**

在我的一生中，我认为现在对于航空航天国防制造业来说，就是最好的时代。技术、产品、新的人才通道、需求以及对创造制造业独特专长的关注

均达到了空前的高度。回溯到 20 多年前，当我在学校时，大多数学生知道的学科典型是机械和电子工程。现在，有许多与制造业相关的 STEM 项目，而且这个名单还在不断增加。这种增长对于支持制造业的未来至关重要。所有这些项目都在增长，变得更加成熟，更加引人注目。其中一个关键发展是一个多学科交叉，着眼于数字、电气、物理、控制和机器人，所有这些都成为了制造业的一部分。

# 发格自动化



角度编码器



直线光标尺



伺服/主轴驱动系统



数控系统



提供完整解决方案  
助力中国智能制造

# 数字宇宙的未来 (以及如今可以大幅节省的场地) Where the 'Digital Universe' Is Going (and Where Wild Savings Can Be Had Today)

基于模型的一切对航空航天和国防产生了巨大影响。

如果说制造业是一系列大片，那么最新的电影院招牌可能会写道：“即将在您附近的供应链上映：数字线程。” John Vickers 会是第一批买票的观众之一。作为华盛顿特区国家航空航天局（NASA）总部空间技术任务总监的首席技术专家，他负责该机构的先进制造活动，并在日益数字化的世界中发挥关键作用，帮助该组织向前发展。

然而，Vickers 很少使用“数字线程”这个词。相反，他更喜欢使用更全面的词汇“数字孪生”，他说这个词是数字化转型的核心。

“数字线程只是 NASA 和制造业数字化转型的一个小部分。”他说，“其中很大一部分围绕着数字孪生的使用，或者更广泛地说，我们称之为‘基于模型的一切’的概念。”

正如他最近在 Cambridge Group 的演讲中所解释的，数字孪生通过“利用数字化融合，重塑任务和任务支持流程、产品和能力”极大地提高了 NASA 的任务影响力。然而，他对数字孪生和其他行业术语的定义并不总是与他的同事保持一致。

“似乎每个人都试图用非常详细的方式定义数字孪生，但我拒绝这样做，”Vickers 说，“例如，我认为它不需要物理资产，这一观点与我的一些美国航空航天学会（AIAA）的朋友（他们最近发表了一篇关于数字孪生的论文）持不同意见。它也不等同于其他技术，如基于模型的系统工程（MBSE）或者像我已经提到的数字线程，尽管它包含了各种元素。”

## 按设计、按建造、按操作

数字孪生是一种跨学科方法，他解释

道，这种方法允许制造商分析、合成和协调各学科之间的联系，形成一个协调一致的整体。

它是“协作、预测、描述、调查、认知和纠正的”。

虽然 Vickers 的数字孪生版本确实是基于模型的，但正是这第一部分——协作——阻止用户在这个阶段阻止了将其“扔过墙”，与传统的多学科模型相比，后者倾向于将信息保留在自己的独立环境中。

这意味着如今在设计 and 制造阶段使用的数字孪生有朝一日将驱动整个商业企业。这包括市场营销、管理、生产和财务团队，最终还包括产品的最终用户，就 NASA 的情况而言，这可能意味着将这些产品带到月球甚至更远的地方。

## 孪生的诞生

Vickers 指出，他和 NASA 的顾问 Michael Grieves（现任佛罗里达理工学院先进制造业首席科学家）在 2010 年首次提出了“数字孪生”这个词。尽管尚未成熟，但过去十年里，那个时代的数字孪生已经发生了很大的变化。

例如，如今有更多先进的仿真和分析系统，以及机器学习和人工智能。

所有这些在任何数字化转型计划中都发挥着重要作用。

增强现实、混合现实和虚拟现实工具也是如此。这些工具帮助人类可视化和测试虚拟产品，然后一经安装，就可以教导他们如何操作这些物理版本。

当然，还有增材制造，对于 NASA 和许多其他人来说，它是更快、更经济的产品设计的关键推动者。

Don Kinard 是德州沃思堡 Lockheed

Martin 航空生产业务的高级研究员。他在基于模型的工程领域也有着数十年的经验，这一趋势始于 F-35 联合攻击战斗机项目的初期阶段。

“F-35 标志着我们数字化转型的开始，”他说。

“与其前任 F-22 相比，后者仍然基于纸张，F-35 是第一个完全数字化的工程飞机项目。我们为所有内容创建了实体模型。”

## 打破范式

那是在 2004 年。从那时起，数字化为 Lockheed Martin 带来了无数好处。

除了显而易见的优势，如更高效的设计和工程过程外，它还在制造车间实现了显著的改进。

这包括自动钻孔和紧固件安装、改进的加工过程、机器人喷涂防护涂层、计算机控制的激光切割管道以及最近的非接触测量技术——所有这些都由数字数据驱动。

Kinard 指出，非接触测量在很多方面具有重要意义。通过将 3D 实体模型与飞机结构和分装的结构光扫描进行比较，制造商发现回答关于设计与实际建造之间的问题变得更快更容易。

他说：“我们作为技术团队的任务是确定生产线需要什么，以及自动化的机会在哪里，然后弄清楚如何以成本效益和稳定的投资回报来实施它们。在许多情况下，解决方案是数字化的。”

他补充说，这一切并不新鲜。改变的是如今制造商可利用的丰富工具，无论是刚刚提到的结构和激光光扫描仪，还是用于分析飞机设计的先进分析软件工具和系统。

“在 F-35 项目进行了几年之后，我非常清楚地看到基于模型的工程带来了多



下一代工具技术和高技能的劳动力共同在得克萨斯州 Fort Worth 的 Lockheed Martin 工厂完成了 F-35 闪电 II 的生产。

大的变化，从飞机的初始设计一直到我们在现场如何支持它。”

## 进入矩阵

这也影响了飞机零件和材料的采购方式。

Kinard 指出，美国空军收购、技术和后勤助理部长 Will Roper，在他的“弯弓子”论文中写道：“尽管我们的冷战过程确实生产了世界领先的军事系统，但它的时间表和成本不断上升是无法承受的副产品。与商业行业形成鲜明对比，我们的军队处于兔子洞的‘无奇迹’一端。”

根据 Roper 的说法，摆脱这个兔子洞的方法是通过数字化工程，这是一套技术，已经导致了美国空军为完全基于数字基础设计和制造的飞机、卫星和武器系统赋予了“e-Series”称号。

该快速增长俱乐部的第一位成员？eT-7A 红鹰，这是一款在短短 36 个月内设计和制造的喷气式教练机——以红尾鹰队（Tuskegee Airmen）的名字命名。

Kinard 表示：“在开发阶段早期开发虚拟原型的能力降低了生产风险，因为在我们真正开始切割金属和铺设复合材料之

前，甚至在花费数年进行飞行和结构测试之前，就可以让我们知道设计是否符合客户要求。因此，如今的重点主要是围绕仿真建模。随着这些技术变得更加复杂和我们 3D 模型的保真度提高，我们的世界在未来十年左右将发生巨变。”

Bell 公司（德克萨斯州 Textron 公司的一个分部）的技术专家兼制造和工艺开发的主要技术资源 Paul Oldroyd 表示同意这一观点，但同时他也表示：即使考虑到其显著的成功和对数字化转型的接受，该行业仍有很长的路要走。

他说：“‘转型’这个词意味着一个动态的环境，这意味着我们必须继续向前发展。尽管如此，我们在实现完全数字化架构方面都取得了进展。”

## 未曾见过的强大

Bell 公司自从研发首个 FBW（fly by wire，电传操纵）飞机 V-22 以来，已经走过了很长的路，他解释道。

此外，525 Relentless 将是一款完全采用电传操纵的商用旋翼机。联合多功能（JMR）飞机，包括 FLRAA（未来远程

突击飞机）和 FARA（未来攻击侦察飞机）正在利用数字孪生进行研发，并从数字线索的融合中获得了显著的收益。

“作为具体收益的一个例子，与 V-22 上的类似系统相比，JMR Valor V-280 机舱液压系统的工程劳动力减少了 90%，同时为制造团队提供了一个数字工件，同样减少了工厂开发时间和劳动力。”

但这并不意味着他们已经完成了任务。他指出，基于模型的工程技术正在不断改进，数字溯源需要在整个生命周期中保持连续和强大。

“它不仅管理并传达车辆性能，还要通过整个供应链将其转化为制造、维护和持续支持指标。数字企业代表了从空中飞行器到基于物理的分析、设计、虚拟验证、制造、准备、健康监测、持续支持和机队认识的连续反馈。”

Oldroyd 解释说，“下一代航空”将享受产品和过程同时成熟的持续发展。

他说：“我们将利用一个实时数据交换的开放架构数字孪生。这种能力将为所有利益相关者提供近实时访问相同信息的能力，包括工程分析、性能特性和其他相关指标。”

一个高度互动的企业级数字孪生的优势在于，制造空间可以与设计和分析空间同时演变——从本质上实现数字线索。

为了实现这一目标，Bell 公司建立了一个专门的制造技术中心，Oldroyd 称其为“基于物联网中心的数字哲学的制造创新环境”。

为此，公司正在探讨如何从 CNC 设备和工作单元中捕获基于传感器的制造数据，以通知和完善数字孪生。

这将为制造过程本身提供反馈，帮助公司优化生产率，避免潜在的质量问题，并为连接的企业创建每个飞机部件的制造历史，包括操作团队。

Oldroyd 说：“我们将实现这一目标。数字孪生必须是一个活的有机体——它将适应不断变化的环境。这样，制造过程将随着时间的推移变得越来越强大。”

“最终，工作单元可以成为全知的元素：它们会自我评估。它们会在不健康时告诉我们。它们甚至最终会采取行动，在环境层面恢复健康。我们还没有完成演变，但这就是‘数字宇宙’的方向。”

# AM 即将改变航空 MRO 行业

## AM Poised to Transform Aviation MRO Industry



Will Hasting  
Director of Aviation & Power  
Turbine Solutions,  
Velo3D

航空维护、维修和运营（MRO）市场正发生重大变革：预计今年秋天将发布首个针对金属增材制造（AM）零件的行业范围内的材料允许值标准。

一些商用飞机制造商巨头和为其服务的最大 MRO 公司已经开发了内部材料数据，使他们能够生产经认证的 AM 飞行零件。

美国联邦航空局（FAA）14 CFR 21.1 允许机身、发动机和螺旋桨制造商这样做。

对于已经应用了 AM 的企业，通过反复试验和大量投入建造和破坏制造及测试才达到这个阶段。

而对于其他人来说，几乎没有可用的 FAA 认可的规范或允许值。

MRO 供应商和航空相关公司在规模较小的情况下遇到了显著的认证挑战，这些挑战阻碍了 3D 打印的广泛应用。

然而，今年，各种规模的 MRO 公司将最终获得一个完善的数据集——MMPDS 第二卷增材材料——这将使他们能够在时间和费用上不那么繁琐地采用 AM。

MMPDS（金属材料性能开发和标准化）是一种基于行业的设计允许值来源，得到了 FAA、美国国防部和 NASA 的认可，引用了一个可以用于零件和维修的材料规范，通常是 AMS（航空材料标准）。

但是等一下。

为什么航空 MRO 供应商应该对这个消息感兴趣呢？

好吧，考虑一下现在的行业状况：备件供应问题实际上导致了飞机的停飞。铸造提前期在行业内通常为 6 到 24 个月。复杂制造的熟练劳动力已经减少了几十年。

特别是对于老式飞机，即使仍有合适的工具，它也可能损坏得非常严重以至于必须完全重制。

最低订货量使得实现刚需生产战略的效率变得不可能。

每订购 1000 美元的零件，可能有价值数百万美元的资产闲置在地面上。

有趣的是：增材制造，特别是激光粉末床熔融（L-PBF），终于达到了可以在短短几周内生产最终使用、经认证的飞机零件的地步，而非仅仅几个月的提前期。现有零件可以通过最小的重新设计进行 3D 打印，实现按需生产和供应链灵活性。

更重要的是，L-PBF 零件的强度和质量超过了铸件。在最先进的系统中打印时，密度为 99.9%，而铸造密度约为 95%。

Alloy 718（一种 Inconel 合金）将成为 2021 年 MMPDS 评估的第一个 L-PBF 材料，这是一种航空航天工业常用的高强度、高温合金。其材料性能类似于 17-4 pH 不锈钢，有时被用作替代材料。为 Alloy 718 获得 MMPDS 批准已经成为政府、行业、AM 设备制造商和材料供应商共同的学习经验。

一旦 Alloy 718 被添加到 MMPDS 中，其他常见合金（如铝和钛）的数据曲线开发将随之进行。

到目前为止，获得认证的 AM 零件一直是那些拥有时间和金钱来开发自己内部规范和允许值的主要 OEMs 和 MRO 供应商的专利。3D 打印能力的不平衡发展可能阻碍了这一进展。

现在，先进的工业 AM 能够生产符合新认证材料严格规范的金属零件，大型和小型 MRO 供应商都可以充满信心地利用 3D 打印为该行业带来的诸多好处。



# 从粉末到性能

## 通过整体质量检验和 关联来提高产量

ZEISS

Seeing beyond



### 蔡司增材制造解决方案 ZEISS 3D ManuFACT

精选蔡司产品组合中的一系列产品。这种独特的增材制造整体检测解决方案专注于：

- 材料成分分析
- 粉末分析
- 构建后分析，包括热处理、部件去除和清洁
- 金相分析
- 缺陷分析
- 表面计量 - 外部和内部
- 尺寸测量 - 外部和内部

全国售后服务热线：400-686-9906  
全国售后服务E-mail: [imthot.zc@zeiss.com](mailto:imthot.zc@zeiss.com)  
蔡司中国工业测量官方网站: <http://www.zeiss.com.cn/imt>  
蔡司中国工业测量网上商城: <http://cn.probes.zeiss.com/>



# AMR 不仅仅是新型的 AGV

## AMRs Not Just New AGVs

自主移动机器人不仅仅是自动化物料搬运。

Zebra 技术公司是一家致力于将工作流程数字化和自动化的工具制造商，已为许多行业的一线工人配备了条码扫描仪和手持移动电脑。通过收购 Fetch Robotics，将自主移动机器人（AMR）添加到其产品中，看起来是一个不错的计划。

当 2021 年收购完成后，位于伊利诺伊州林肯郡的 Zebra 公司得到了两样东西，包括体力和智力。

一方面，它现在提供的技术可以完成起重、搬运和拉动重物等重型任务。经过编程，Fetch 和其他用于制造业的 AMR 可以自行行动，在码头上卸货，将材料运到仓库并放在货架上，将部件运到生产线上，成为该生产线的一个虚拟部分，甚至是倒垃圾。

amr 的自主性让人联想到自动驾驶汽车，但这些机器人已经有了安全标准，以确保它们能够在人类周围安全运行。

另一方面，AMR 可以有复杂的软件“大脑”，能够将人工智能应用于物流管理。它们的应用程序可以分析需要完成的作业，并将单个任务与可用于完成该作业的资产配对。

“这正是我们的全部重点，即编配，”马萨诸塞州 Waltham 市 Vecna 机器人公司的创始人兼首席信息官 Daniel Theobald 说。“这就像成为一个国际象棋的特级大师。”

你如何在你的设施中获得最佳的吞吐量，而不考虑它是动态的和不可预测的？卡车晚点，人们没来上班，设备坏了。Theobald 表示，仅使用 Vecna 的 Pivotal 编配软件就可以使运输设施的吞吐量翻倍，而无需任何额外的资源，因为它可以帮助确定实时的最佳分配。

Theobald 说：“这听起来可能令人难以置信，但它之所以如此有效，是因为一个设施的吞吐量无论何时都是有限的，因为有一个瓶颈。而人类并不善于 [实时] 找出瓶颈在哪里。这正是人工智能所擅长



VecnaRobotics 公司的 Oxen 系列牵引车，是为长途运输和重载而设计的，可以自主地抬起装载的小车。（图片由 Vecna 公司提供）

的，将系统视为一个整体，考虑到成千上万的变量。”

为什么这些都很重要？简单地说，AMR 使机器人和人类能够做他们最擅长的事情。

机器擅长提供完成工作所需的体力。人类则不然，当他们试图做超出其能力范围的体力工作时，他们的身体会受到影响。对于机器来说，可以通过工程设计来适应更大的载荷。当它们的电量耗尽时，它们可以重新充电。如果有什么东西坏了，可以修复这个零件或安装一个新的零件。

### AMR 不仅仅是新型的 AGV

自主移动机器人不仅仅是自动化物料搬运工具

Zebra 科技公司是一家致力于将工作流程数字化和自动化的工具制造商，已为许多行业的一线工人配备了条码扫描仪和手持移动电脑。通过收购 Fetch Robotics，将自主移动机器人（AMR）添加到其产品中，看似是一个不错的计划。

自 2021 年收购完成后，位于伊利诺伊州林肯郡的 Zebra 公司得到了两样东西，包括体力和智力。

一方面，它现在提供的技术可以完成

起重、搬运和拉动重物等重型任务。经过编程，Fetch 和其他用于制造业的 AMR 可以自行行动，在码头上卸货，将材料运到仓库并放在货架上，将部件运到生产线上，成为该生产线的一个虚拟部分，甚至还能倒垃圾。

AMR 的自主性让人联想到自动驾驶汽车，但这些机器人已经有了安全标准，以确保它们能够在人类周围安全运行。

另一方面，AMR 可以拥有复杂的软件“大脑”，能够将人工智能应用于物流管理。它们的应用程序可以分析需要完成的作业，并将单个任务与可用于完成该作业的资源进行配对。

“这正是我们的全部重点，即编配，”马萨诸塞州 Waltham 市 Vecna 机器人公司的创始人兼首席信息官 Daniel Theobald 说。“这就像成为一个国际象棋的特级大师。”你如何在你的设施中获得最佳的吞吐量，而不考虑它是动态的和不可预测的？卡车晚点，人们没来上班，设备坏了。Theobald 表示，仅使用 Vecna 的 Pivotal 编配软件就可以使运输设施的吞吐量翻倍，而无需任何额外的资源，因为它可以帮助确定实时的最佳分配。

Theobald 说：“这听起来可能令人

难以置信，但它之所以如此有效，是因为一个设施的吞吐量无论何时都是有限的，因为有一个瓶颈。而人类并不善于[实时]找出瓶颈在哪里。这正是人工智能所擅长的，将系统视为一个整体，考虑到成千上万的变量。”

为什么这些都很重要？简单地说，

AMR 使机器和人类能够各自发挥他们擅长的特点。

机器擅长提供完成工作所需的体力。人类则不然，当他们试图做超出其能力范围的体力工作时，他们的身体会受到影响。对于机器来说，可以通过工程设计来适应更大的载荷。当它们的电量耗尽时，它们

可以重新充电。如果有什么东西坏了，可以修复这个零件或安装一个新的零件。

## 增强智能规划

不幸的是，人类并不擅长考虑影响工厂绩效的所有因素，但这正是在公司服务器上或云端运行的 AI 软件所擅长的。

## AMR 的发展催生了配件和第三方软件

随着自主移动机器人 (AMR) 使用的增加，对控制来自不同供应商的 AMR 车队的软件和与之配套使用的顶级配件的需求也随之增加。

一家 AMR 制造商，Mobile Industrial Robots (MiR) 公司，特意创造了一个开放平台机器人。

中西部和加拿大的销售总监 Matt Charles 说：“把我们看作是带有 48 伏锂离子电池的基础机器人，我们允许人们在机器人上建造任何他们想要的东西。你可以在上面放一个机械臂，它将由我们的电池供电，并与我们的机器人来回通信，何时移动，何时前进。”

Charles 说，虽然机械臂是可能的，但 MiR 公司的 AMR 的前三个推车顶部模块分别是一个传送甲板，一个连接小车的钉子系统和一个托盘升降机。

位于丹麦 Vissenbjerg 的 ROEQ (发音为 RO-eek，其名称是“机器人设备”的简称) 公司是 MiR 汽车顶部配件的主要供应商。事实上，该公司是专门为 MiR AMR 建造推车顶部模块的，包括小车、顶部辘轳、升降机和机架。ROEQ 联合创始人 Michael E. Hansen 和 Benni S. Lund 在之前担任咨询工程师时被召入 MiR，他们看到了一个机会，



Mobile Industrial Robots 公司建立了一个开源的 AMR 平台，允许第三方供应商生产像这些货架这样的模块顶部配件。(图片由 MiR 公司提供)

并创建了一家公司。

ROEQ 的全球销售总监 Shermine Gotfredson 表示：“这就是他们发现的市场空白，他们拥有很棒的技术和很棒的移动平台，但整个生态系统需要配备正确的工具，以便能够拾取、放下和转移材料。而这正是缺失的环节。”

他们的第一款产品是 TMC 300，一种车顶式货架，目前仍在生产。ROEQ 最新推出的产品是 TMS-C500 Ext 和 S-Cart500Ext，这两款产品旨在协同工作。新的模块 / 推车组合有效地将 MiR 的 250 AMR 的有效载荷增加一倍，从 250 公斤增加到 500 公斤。TMS-C500 Ext 顶部模块还能在不影响安全的情况下运输长度达 1.2 米的货物。

虽然 ROEQ 目前已将业务与 MiR 机器人结盟，但工厂老板可能并不那么忠诚。实现与一群来自不同制造商的异构机器人的互操作性相当复杂，即使制造商提供了用于管理他们的 AMR 的软件。Charles 表示：“这是制造商面临的一个共同挑战，有很多人在推动互操作性和相互协作。这是我们正在努力的方向，还有其他公司也在开发解决方案。”

其中一家公司就是 AWS (亚马逊网络服务有限公司)。

虽然可以修改一个 AMR 的控制器软件来充当来自不同供应商的机器人的车队管理器，但 AWS 创建了 AWS IoT RoboRunner，以提供基础设施，用于来自特定供应商的移动机器人与工作管理系统集成起来，并建立机器人车队管理应用程序。今年早些时候，RoboRunner 在实验室进行了预览，预计很快就会投入生产。

除了提供构建车队管理应用程序的基础设施外，AWS IoT RoboRunner 还提供了两个软件库——任务管理器库和车队网关库——以及示例应用程序，使开发人员



ROEQ 最新推出的推车顶产品是 TMS-C500 Ext 和 S-Cart500Ext，这两款车协同设计，可使 MiR 250 AMR 的有效载荷增加一倍，并可在不影响安全的情况下运输长度达 1.2 米 (47.2 英寸) 的货物。(图片由 ROEQ 公司提供)

更容易在 AWS IoT RoboRunner 之上构建机器人管理应用程序。

此外，AWS IoT RoboRunner 无需在不同的机器人控制系统和工厂的工作管理系统之间进行大量整合。相反，所有系统都与 AWS IoT RoboRunner 集成，该服务自动连接所有集成系统。

另外，AWS IoT RoboRunner 使开发人员更容易通过任务管理器开发库构建管理应用程序。这个库还附带了一个任务协调应用示例，其中包括共享空间管理功能。开发人员可以把这个示例应用程序作为一个起点，加速他们的应用程序开发。

AWS 机器人和自主系统总经理 Eric Anderson 表示：“越来越多的制造、物流和消费品客户在运营中使用机器人和自主系统，但很难管理这些系统来协调复杂的机器人任务，如跨车队或机器人在仓库中挑选和检查物体。通过 AWS IoT RoboRunner，我们使客户更容易在其运营中整合、管理和协调机器人，并基于亚马逊物流和履行中心使用的相同技术，使他们的自主系统更加智能。”

Zebra Technologies/ Fetch Robotics 公司副总裁兼机器人自动化总经理 Jim Lawton 表示，Fetch Robotics 公司基于云计算的机器人软件 FetchCore 不仅能够优化机器人或优化人类工人，还能以高效的方式对它们进行集体优化。

“我们在 Zebra 公司能够做到的是同时优化 AMR 和人，” Lawton 说。“因此，如果我需要做一件特定的事情，我可以协调他们，让人和机器人在同一时间、同一地点出现，并做他们需要做的事情。然后人被引导到他们的下一个任务，机器人也被引导到它的下一个任务，你一直在以一种更优化的方式运行。”

这种效率和优化对制造业至关重要，甚至在 2021 年大流行期间出现的“大辞职”之前，制造业就长期存在劳动力短缺现象。高效的运营也可以腾出时间来进行技能提升，在一个由自动化来做繁重工作的世界里，提高技能是保持工人敬业和相关性的必要条件。

AMR 能成为装配线的一部分吗？

Flex Ltd. 是一家价值 240 亿美元的全球合同制造商，总部位于加利福尼亚州 San Jose 市，大约 10 年前开始使用 AMR，目前在其 100 多个地点拥有 300 多台自动物料处理机。他们的机器人被用于操作、工厂、仓库、物流、服务站、维修和物料储存设置。

先进制造工程副总裁 Murad Kurwa 表示：“AMR 的主要价值是它帮助我们解决安全和人体工程学问题，并支持我们在工业 4.0 中的运营，在工业 4.0 中，一切事务都是相互连接的。”

据该公司提供的数据，通过使用 AMRs，Flex 公司的生产力已经提升了约 20,000 个工作小时。

“自动移动机器人对 Flex 来说不仅仅是一种必需品，” Kurwa 说。“我们在许多领域使用 AMR 来支持原材料的移动，在制品库存、将成品带到装运站装运，以及其他各种职责，这使我们的人力可以专注于产品转化过程中更有技巧的任务，并满足客户的期望。”

不过，Flex 认为其 AMR 在未来会有更广泛的作用，真正的广泛，也是具有象征性的意义。

该公司已经开始研究 AMR 的 5G 连接，并且已经进行了一些概念验证工作和试点。

Kurwa 表示：“5G 作为目前 Wi-Fi/LTE 的替代品，通过专用网络提供了更宽的信号频谱，允许像 AMR 这样的接收器在更远的距离上连续工作，而不会出现信号衰减或延迟。信号衰减或延迟会导致 AMR 失速。”

AMR 有可能成为 Flex 装配线的一个虚拟部分，使生产车间更加灵活，能够转换为不同的项目。该公司还在探索使用 AMRs 来连接移动生产线中台阶之间的运输，其中有一个不能移动的纪念碑（例如，炉子）。

Kurwa 说：“AMR 不需要线性流动，它可以拾起零件，绕过那个纪念碑，通过使用 AMR 顶部的输送装置连接到下一个步骤。”

最大的错误是没有完全利用 AMR 的

能力，Theobald 表示。

他说：“这里的部分奥妙在于，这项技术最能解决的首要任务是什么，因为我们仍然处于采用曲线的早期阶段。你知道，选择正确的首要任务可以产生巨大的差异。”

例如，考虑一下工厂老板，他们用无人驾驶的叉车取代了过去由人类工人驾驶的叉车，并照常营业。他们忽略了这样一个事实，即无人驾驶设备有一整套属性——不休息，不疲劳，可以运行整个班次，它的日程安排是用人工智能协调和规划的——这些属性与人类工人的极限不同，而且超出了人类工人的极限。

“一般来说，这不是正确的做法，” Theobald 说，“很多时候，需要重新思考你的工作流程。”

## 可变性让 AMR 大放异彩

一旦人类工作者拥有了 AMR，他们希望它易于部署。

Lawton 表示：“人们非常了解自己的工艺。他们不一定需要了解机器人技术。所以，我们开发了一种技术，让人们可以非常简单地定义他们的空间和他们的 workflows。”

他说，从历史上看，为一个机器人编程需要 300 个小时，但 Fetch Robotics 的 AMR 可以在一天内启动并运行。对 AMR 进行编程通常意味着在工厂里驾驶它。在 Fetch Robotics，用户使用拖放方法来设置 FetchCore 软件。

他说：“你需要能够在一个设施中快速启动和运行，它需要能够适应你在一个



经过编程，用于制造业的 Fetch AMR 可以自行行动，将材料送到仓库并放在架子上，将部件运到生产线上，成为该生产线的一个虚拟部分，甚至可以清除垃圾。（图片由 Fetch 公司提供）



Vecna Robotics 公司的叉车机器人提供高达 72 英寸（1.8 米）的垂直升降，以帮助分销、仓储和制造组织移动更广泛的有效载荷和托盘类型，将库存提升到设备上，并与其他材料处理车辆和人类工人一起安全工作。（图片由 Vecna 公司提供）



Fetch Robotics 公司基于云的机器人软件 FetchCore，不仅能够优化机器人或优化人类工人，还能以一种高产和高效的方式对它们进行集体优化。（图片由 Fetch 公司提供）

典型环境中看到的正常变量。这就是 AMR 真正发光的地方。”

最终，一个工厂可能会有一个由不同种类 AMR 组成的车队，它们都有各自的车队管理软件。那么如何让它们一起工作呢？

如果你的一些机器人来自 Vecna，你就万事俱备了。这是因为它的 Pivotal 软件对任务管理场景中的资源类型是不可知的。Theobald 说：“可能是人类，可能是我们的机器人，可能是其他厂商的机器人，也可能是一件手动操作的设备。它有能力根据他们的能力、位置和可用性为他们分配任务。”

同时，波士顿的 MassRobotics 公司（Theobald 共同创办的机器人和互联设备的非营利性创新中心）已经发布了一个互操作性标准，MR Interop，用于机器人到车队的管理报告。它还在创建该标准的下一个版本，以允许对机器人进行任务分配。MassRobotics 也在为充电器制定互操作性标准。

他说：“我们确实希望将来任何公司的车队管理软件可以直接使用 MR Interop，而不需要直接与其他机器人集成。MR Interop 是一个标准，可以使这个过程更容易。”

互通性标准已经产生了影响。Theobald 表示，联邦快递等公司已经表示，他们不会购买不符合 MassRobotics 互操作性标准的机器人。Lawton 表示，FetchCore 有能力对来自不同供应商的异类 AMR 进行车队管理，但目前还没有这样做。

至于 Flex，尽管它使用了来自三家供应商的数百个机器人，但它们都没有在同一设施中混合使用，Kurwa 说。

拥有即插即用的 AMR 不仅对用户有帮助，还会对行业本身的发展产生影响。Theobald 说：“在互操作性问题解决之前，行业是无法规模化的，所以我们决定借鉴计算机行业或手机行业的经验。你可以谈论录像带行业，整个 VHS 与 Beta 的事情。这些往往是非常混乱的过程，有时需要几十年的时间，并且真的会减缓客户对这类工具的采用。”

[www.aws.amazon.com](http://www.aws.amazon.com)

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

[www.mobile-industrial-robots.com](http://www.mobile-industrial-robots.com)

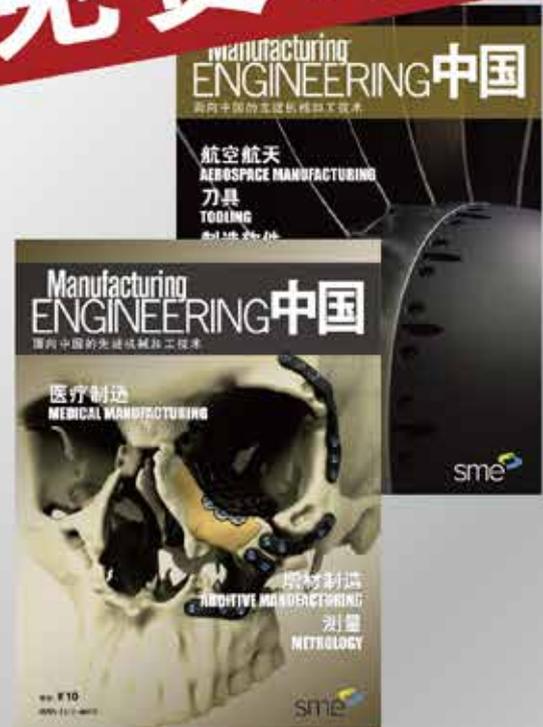
[www.roeq.dk](http://www.roeq.dk)

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

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

# 我想获取 先进机加工培训

# 免费订阅



**ME中国：**先进的机加工技术内容独家授权于业内顶流刊物 Manufacturing Engineering。Advanced machine shop engineering content licensed from Manufacturing Engineering, the smartest source in the business.

经审核的高层人员可**免费**订阅本刊。Subscriptions in China are **FREE** to qualified engineering managers.

请将以下信息发送给我们。Email us your

- 姓名 Name
- 职位 Job Title
- 公司名称 Company Name
- 公司地址及邮编 Company Address
- 公司网址 Company Website

并注明“我想订阅ME” [subs@icgl.com.hk](mailto:subs@icgl.com.hk) 或登录 [www.ChinaEngineeringMedia.com](http://www.ChinaEngineeringMedia.com)

# 在机器人的战壕中

## In the Robotic Trenches

来自已经实施自动化的制造商的故事：他们为什么这么做？结果如何？相信这些可以给那些正在考虑购买机器人的新客户一些建议。

购买新的皮卡车？或者是为那辆疲惫不堪的拖曳电机更换零件？或者试图决定上个月开业的泰国餐厅是否值得一试？在这些和无数其他购买情况下，最好的建议通常是与购买过这些产品或品尝过那种令人质疑的美食的顾客交谈。他们的经历是什么？他们是否获得了良好的服务，产品是否满足了他们的要求？也许最重要的是，他们是否会再次购买？

对于机器人也是如此。尤其是机器人。这是因为，鉴于持续的劳动力短缺以及美国和其他地区希望复兴的重新归国努力，机器人自动化是制造业增长和提高效率的关键。在像 MT Solar Co. (Charlo, 蒙大拿州) 这样的小企业中，这一点尤其正确，公司创始人兼总裁 Travis Jordan 自成立以来面临着快速增长。Jordan 最近将协作式机器人 (cobot) 视为解决方案。事实证明，他的决定是一个改变游戏规则的重要举措。

Jordan 说：“我们大约 12 年前开始进行通用制造和制造业，然后在 2014 年底推出我们的第一个旗舰产品线，转向太阳能行业。在此之前不久，我们投资了一台 CNC 等离子切割机，所以当时的工作流程包括自动切割单个零件，然后手工焊接在一起。直到几年前，当太阳能市场真正开始蓬勃发展，我们不得不迅速扩大。但是像大多数车间一样，我们很难找到熟练劳动力。我们决定研究机器人技术，以提高我们重复焊接工作的吞吐量。”

尽管公司迅速发展，需求急剧上升，但 Jordan 迅速指出，他的生产团队专注于精益制造原则，因此会在及时生产的基础上以小批量生产其可定制安装系统。他寻找可扩展且灵活的解决方案，最终将他带到了位于密歇根州安娜堡的 Universal Robots USA Inc. (UR)，在那里他找

蒙大拿州的 MT Solar 公司通过使用来自 UR 合作伙伴 Vectis Automation 的 UR10e 协作机器人和 Cobot 焊接工具解决了其低产量、高混合焊接需求。(图片由 MT Solar 提供)

到了一个能满足公司低产量、高混合需求的系统。UR 合作伙伴 Vectis Automation 位于科罗拉多州的 Loveland，其 Cobot Welding Tool 配备有 UR10e 协作式机器人、集成悬挂和“DIY 编程”软件，并附有 Rhino Cart 提供的便携式模块化夹具台和板载电源。

Jordan 说，在他们的搜索过程中，他们试过许多高质量的系统，但大多数都针对更高产量，而不是 MT Solar 需要处理的每小时 12 件或更小批量。大多数系统还需要安全笼，这是 Jordan 希望尽量避免的额外费用。“与传统机器人相比，我们的夹具需求也要简单得多。”他说，“如果零件不合适，需要手工焊接，那么大家可以在同一张桌子上干活，然后让协作机器人继续工作。当你处理大量防护装置和旋转转盘时，像大多数自动焊接单元那样，这是不可能的。”

也许他唯一的遗憾是没有购置两台。Jordan 说：“今年晚些时候，我们计划引入另一个协作机器人，这样我们可以将一个用于设置和编程，另一个用于生产。这将使我们在精益环境中实现连续的工作流程。”

## 紧凑空间

史蒂夫·狄龙 (Steve Dillon) 分享了一个类似的协作式机器人成功故事，尽管理由完全不同。他是密歇根州 Livonia 市的 CDP 钻石制品公司的副总裁，也是狄龙家族中的第三代模具制造商。但是，当他向兄弟们建议投资机器人以保证他们的 8 台 FANUC 线切割电火花加工 (WEDM) 机器全天候运行时，他们对此表示怀疑但同意尝试。

顾名思义，CDP 钻石制品公司设计和制造各种定制钻石切割工具。其中一个步骤是将钎焊工具装入旋转台，用线切割在每个凹槽上切割所需的轮廓，这个操作通常需要大约三个小时。为了最大限度地提高机器使用时间并提高生产率，Dillon 为大多数 WEDM 配备了一对旋转台，但这只给他提供了六个小时的无人值守加工时间。他向位于马萨诸塞州萨 Sudbury 的 FANUC 分销商 Methods Machine Tools Inc. 寻求建议。

“起初，他们建议使用更多的旋转台，但那些东西非常昂贵，我知道我可能可以用大致相同的价格购买一个机器人，”狄龙说。“问题是地板空间。我在电线切割机周围建了温度控制室，以最大限度地提高零件精度，这意味着没有空间放置防护罩、工作笼等。幸运的是，FANUC 在那个时候刚刚推出了他们的协作式机器人系列。”

与 MT Solar 的焊接解决方案类似，Methods 为 CDP 钻石制品提供了一个可移动的支架，上面有两打 HSK 63 刀柄的插槽。然后，他们将 FANUC CRX 协作式机器人连接到支架上，这个机器人的手臂伸展足够长，可以为两台机器提供服务。根据工具组合的

精确的。

有力的。

生产性的。

[kapp-niles.com](http://kapp-niles.com)



**KAPP NILES**

precision for motion

不同，狄龙和他的团队现在可以在完全无人值守的情况下运行两个或更多班次，如果操作员需要介入并处理其中一台机器，另一台机器可以继续运行。

狄龙说：“现在找人很难，以前我儿子上高中时，我会叫他晚上来搭把手。前几天，他从大学打电话过来，问我们是否有工作要做。我不得不告诉他，‘对不起，儿子。你被一个机器人取代了。现在去学习吧。’”

## 笼中大赛

阿拉巴马州 Oxford 市 Associated MetalCast LLC 的所有者兼总裁 Ron Douglas 对工作笼表示满意。几年前，他的公司在一台 Okuma Genos L300 数控车床上安装了一台 FANUC 机器人，自此，Douglas 就成为了自动化的坚定信仰者。现在公司拥有三个这样的单元，计划在夏季再实施两个。由于这些所谓的“工业机器人”不是协作式的，因此需要笼子来保护人类安全，尽管其中一个单元只使用了光幕。无论如何，所有这些都负责装卸零件、清洗单元的清洗站，并在一个集成的 CMM 上进行 100% 的检查。

Associated MetalCast 不铸造或锻造

零件。Douglas 于 1998 年创立了该公司，并因与全国各地的铸造厂密切合作而选择了这个名字。它为农业、重型设备和基础设施等各种行业提供精密加工、喷漆、热处理、组装等增值过程。尽管许多成品零件都是铸造或锻造的，但 Associated MetalCast 及其 96 名员工还加工了大量的棒材和板材，为客户提供了“一站式”制造解决方案。

当被问及为什么开始自动化时，Douglas 的回答并不令人惊讶。“鉴于我们在阿拉巴马州寻找熟练劳动力的难度，自动化将继续成为我们未来的重要组成部分。它不仅提高了效率、吞吐量和零件的一致性，而且还使我们的员工能够从事比看护机器更有趣的任务。在当今的加工领域，所有这些都非常重要。”

他还指出了另一个重要的观点，即在开始任何自动化项目时让团队成员参与其中。“令人惊讶的是，起初这相当具有挑战性。” Douglas 说，“我努力争取工程和生产人员的支持，因为这对他们来说是全新的，完全超出了他们的范围。但是他们开始看到结果并意识到自动化是公司向前迈进的正确一步时，他们支持了这个想法。在他们的支持和我们的机器人集成

商的支持下，推广非常成功。”

## 打破传统

纽约州 Tonawanda 市 Manth 制造公司总经理 Duane Manth 与机器人有着悠久的历史。在过去的二十年里，他投资了各种形式的自动化，包括几台与集成龙门加载器配套的 Wasino 帮式数控车床，用于加工车间的高产量零件。虽然这些机器已经为他做了很好的工作，但他想要一个比那些二轴和三轴龙门更灵活的机器人，可以用于包含人工操作的细胞配置。

“在我们 40 年的历史中，我们一直努力提高竞争力，在适当的地方，自动化发挥了恰如其分的作用。” Manth 说，“因此，当我和制造经理 Mike Rex 开始讨论如何提高我们手动生产细胞的产量时，恰好 Absolute Machine Tools 的销售人员几天前来过，留下了一份关于 OB7 的传单。有人把它放在了我的桌子上，我一边阅读一边看着价格，很快我就给他打电话说，‘告诉我关于这个的更多信息。’”

OB7 是一款来自加利福尼亚州 Carpinteria 的 Productive Robotics Inc.



MT Solar 的 UR10e 协作机器人上的教学吊坠使用简单，即使是没有经验的操作员也可以轻松地设置新任务。(图片由 MT Solar 提供)



由于 Methods Machine Tools 提供的自动化解决方案是协作式的，CDP Diamond 的操作员可以轻松介入并在其中一台机器上工作，而另一台机器则继续生产。(图片由 CDP Diamond Products 提供)

的协作机器人，该公司是 ZBE Inc. 的分支，后者为电影行业构建机器人相机系统。Manth 并不关心这家 12 岁的公司是如何起步的——他关心的只是降低他的三人加工细胞的劳动力成本。他购买了两台 OB7，并用它们来操作细胞内的数控车床，留下一个人来操作圆柱磨床并监视协作机器人。

这个解决方案如此有效，以至于 Rex 很快就在寻找其他 OB7 的应用，最终让它们操作珩磨和拉削机。“我们还有一台 OB7 在另一个单元给圆柱磨床上料，这让一个操作员有空做其他工作。” Manth 说，“它们取得了巨大的成功。”

Manth 及其团队不断推动提高效率，这导致了 Manth 制造公司去年底被其最大的客户——纽约州克拉伦斯的 Dynabrade USA 收购。“我们坚信自动化是制造业的未来，这就是为什么我们将继续投资 Manth 的能力，同时致力于我们自己的自动化产品线。” 公司总裁 Mike Buffamonti 说，“Dynabrade 认为机器人材料去除和表面处理方面有很多机会，因此已经开始与各种协作机器人制造商合作，为我们的客户提供概念验证解决方案。我们对这一



**得益于一个安装在可移动支架上的 FANUC CRX 协作机器人，该支架可容纳数十个 HSK 63 刀具夹持器，CDP Diamond Products 公司获得了更高的机器利用率。(图片由 CDP Diamond Products 提供)**

发展道路充满信心。”

## 设定优先事项

这对于 Honeywell International Inc. 的凤凰城设施的高级制造技术总监 Douglas Bingham 来说并不奇怪。这家位于北卡罗来纳州 Charlotte 的制造商拥有五个部门，全球超过 100,000 名员工，去年的销售额为 340 亿美元。无论是意大利的 Trieste 的自动化烟雾探测器生产线，还是墨西哥的 Mexicali 的机器人焊接工作站，这家财富 100 强公司已经在数百个制造工厂中部署了自动化技术。

然而，Bingham 表示，过去缺少的是一个全面的、公司范围内的战略。“多年来，每个工厂都根据自己的情况实施自动化，以实现合理的投资回报。尽管在大多数情况下这已经取得了良好的效果，但我们认为自动化还可以更高效、更具成本效益。这就是为什么我们成立了自动化卓越团队 (COE)，其中包括来自每个业务部门的专门的自动化负责人。”

Bingham 和他的同事们将努力实现公司自动化解决方案的标准化，而不是每次新建工厂或推出新产品时都要重新发明轮子。他们将评估关键工厂的运营情况，确定哪些制造技术或流程适合自动化，制定基准，开发模块化解决方案，然后将这些解决方案扩展到它们能带来最大效益的领域。

为了实现这一目标，Bingham 最近在一个近 200 家集成公司的会议上发表了演讲。他描述了该项目及其团队的自动化优先事项（包括焊接、机器操作、去毛刺和检验等），并提出了以下使命宣言：

**“在我们的核心业务领域部署智能自动化技术，以实现可预测、稳健和高效的运营。”**

然后，他建议如果 Honeywell 要完成这个使命，他们需要外部专家的技术支持，并邀请他们分享可能的想法。“我们知道与这些和其他专家提前接触，以尽可能最好地制定正确的解决方案，然后围绕它们进行标准化是很重要的。” Bingham 说。

他补充说，这种标准化至关重要，而详细的工作说明和准确的解决方案模拟同样不可或缺。“在以前的自动化项目中，我们可能不会总是要求这些。现在，这是必须的。我们希望在实际下达购买订



**几年前，Associated MetalCast 公司在其一台 Okuma Genos L300 CNC 车床上安装了一台 FANUC 机器人。自那时起，公司所有者 Ron Douglas 都成为了自动化的坚定支持者。(图片由 Associated MetalCast 提供)**

单之前了解工作站的运作方式。这就需要使用经过预先批准的硬件，例如特定品牌的 PLC 和机器人，并开发标准化模块，以便我们可以在不同的设施之间复制和粘贴。这将有助于消除我们一些工厂中目前存在的设备大杂烩，同时使自动化部署更加简便且更具成本效益。我们去年刚开始这个项目，但我必须说，我们看到了大量的机会。”

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

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

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

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

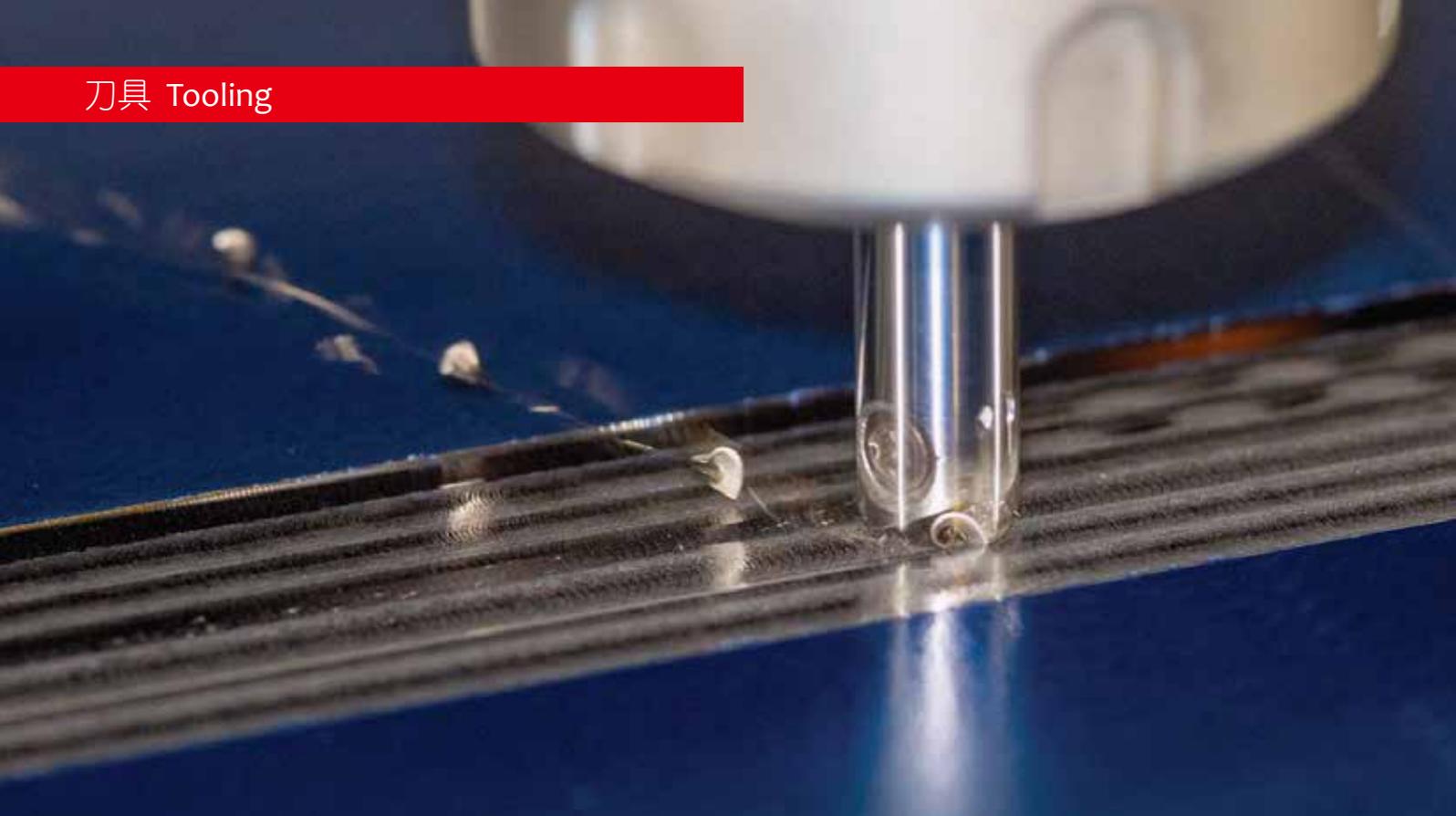
[www.honeywell.com](http://www.honeywell.com)

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

[www.mtsolar.us](http://www.mtsolar.us)

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

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



NanoFeed 高进给铣削生产线具有 20° 导程角和高进给单刃设计。采用压入式冷却剂通道，将空气或冷却剂精确输送到切削刃上。（图片由 Ingersoll Cutting Tools 公司提供）

## 不管是粗加工还是精加工， 立铣刀都能胜任这项任务

### Whether Hogging or Finishing, End Mills Are Up to the Task

几乎所有的应用或材料都有相应的类型、几何形状和涂层。

立铣刀的设计是为了帮助各种规模的车间最大限度地提高刀具寿命和生产率，并减少停机时间，无论是去除大量的材料，还是对各种材料进行精细的表面加工，如用于模具的淬硬钢、用于航空航天的高温合金、用于医疗的钛和铬镍铁合金。

机加工操作包括铣削、孔加工、钻孔和铰孔、仿形、轮廓加工和使用组合工具的多功能加工。最佳的解决方案取决于对可转位或整体硬质合金、几何形状、刀具材料、涂层和边缘预处理等方面的精心选

择。以下是领先的立铣刀制造商提供的产品和技术选择。

#### 可转位刀具、 整体硬质合金刀具

伊利诺伊州 Rockford 市的 Ingersoll 切削工具公司拥有广泛的立铣刀具类型可供选择，包括 90° 球头、牛头和高进给类型的整体硬质合金刀具，以及模块化和整体刀柄类型的可转位立铣刀。Ingersoll 公司提供的广泛的立铣刀产品使其客户能够

从许多工具的几何设计中进行选择，以在各种切削条件和应用中获得最佳性能。

模具产品经理 William Fiorenza 表示：“我们的客户在刀具方面面临着许多日常的挑战，它们包括需要最大限度地提高刀具寿命，最大限度地提高生产力和减少停机时间。我们通过与客户紧密合作，了解他们的应用，全面了解切削条件、加工能力和设备限制，来应对这三个挑战。下一步是提供与应用相一致的工具建议。”

Ingersoll 公司推出了四个新的立

铣刀系列，其中三个是可转位的，一个是整体硬质合金。它们包括最近推出的 NanoFeed 铣削系列；HiPosSFeedV 05 刀片系列 90° 肩铣和高进给铣；GoldSFeed 04 刀片系列高进给铣；以及新的 RhinoRounds 整体硬质合金立铣刀系列。这三条可转位刀片产品线顺应了小直径可转位式刀具的发展趋势，其直径范围从 0.236 英寸（6 毫米）到 1.25 英寸（31.75 毫米）。这是通过使用较小的 IC 尺寸刀片（4、5、6 和 8 毫米）实现的。这些较小的刀片可以提供更高密度的可转位刀具，Fiorenza 解释说。

NanoFeed 高进给铣削生产线有八种刀体，四种是钢制的，四种是钎焊硬质合金的，提供额外的刚性。NanoFeed 具有 20° 导程角，高进给单刃设计，采用压入式冷却剂通道，将空气或冷却剂精确地输送到切削刃上。NanoFeed 20° 切削刃增加了 3 倍的进给率。刀片的侧壁略微向后倾斜，以提供额外的侧壁切屑间隙。8 毫米刀片的最大 DOC 为 0.5 毫米，6 毫

米的为 0.3 毫米。NanoFeed 目前可达到 IN2504 的硬铣级别。

设计师在设计零件时常用的圆角半径尺寸是 0.125、0.250 和 0.375" [3.175、6.35、9.5 毫米]。具有较小 IC 尺寸的可转位刀片式铣刀，如 NanoFeed 6 毫米和 8 毫米，可以起到很大的作用。当铣削一个与刀具在同一轴线上的圆角半径时，如果刀具半径和零件圆角半径相同，就会存在一个尺寸对尺寸的切削条件。

“例如，直径为 0.375" [9.5-mm] 的刀具铣削 0.1875" [4.76-mm] 的圆角半径，就会出现尺寸对尺寸。这并不能获得良好或最佳的切削条件，” Fiorenza 说。“一个更好的解决方案是用较小直径的刀具铣削 0.1875 英寸的圆角半径，如直径为 8 毫米的刀具，其半径为 4 毫米。这样做将使刀具在铣削时能更好地驱动角半径。切削动作将更加自由，减少颤动，” Fiorenza 解释说。

Ingersoll 公司新推出的五刃、六刃和七刃硬质合金可变螺距 RhinoRound 立铣

刀系列是为半精加工、精加工和高效加工应用而设计的，更多的刃口可以提供更大的生产率。这些刀具在加工 28HRc 及以上的高硬度材料时表现出色，包括钢、不锈钢、铸铁和高温合金。

Ingersoll 公司表示，可变螺距设计减少了多槽啮合工件时的振动，并实现了减少切削力和良好排屑的配合。RhinoRound RE1 和 REB 系列刀具具有刃长和角半径可供选择。五刃和六刃刀具也可作为球头刀具使用。每种刀具都具有偏心研磨的特点，在中等硬度的材料中表现非常好，所有的刀具都是用亚微米的基体制成，具有良好的韧性和耐磨性。所有的 RhinoRounds 都达到了 IN2205 级别，这是一种纳米级的 PVD-TiAlCN，具有独特的粉蓝色。

## 匹配材料挑战的解决方案

总部位于马萨诸塞州 West Boylston 的 Emuge-Franken 美国公司，提供立铣刀应用的专业知识和解决方案，能够加工困难的材料。

# 智慧機械業的最佳夥伴

Your Best Partner of Smart Machinery Industry



**PARKSON**  
CNC ROTARY TABLE

### 產品系列

- 電腦分度盤
- 電腦雙軸分度盤
- 臥式旋轉工作台
- 自動交換工作台系統
- FMS 多工位彈性倉儲系統
- SNC 搖擺頭



## PARKSON WU INDUSTRIAL CO., LTD

台灣41467台中市烏日區溪南路一段506巷103號  
TEL: +886-4-2335-9935 FAX: +886-4-2335-9929  
E-mail: sales@wenson.com  
www.parkson-wu.com



**EMUGE-FRANKEN TiNox Trochoidal 立铣刀通过重叠圆形路径运动进行 trochoidal 铣削。与标准设计相比，粗加工和精加工速度提高了 30%。（图片由美国 Emuge-Franken 公司提供）**

**GWS 定制、标准及改良的标准切削刀具包括适用于一般应用、特定应用或特定材料的立铣刀。（图片由 GWS 刀具公司提供）**

例如，TiNox-Cut 立铣刀是专为高要求材料的高性能加工而设计的，如铬镍合金 / 镍合金，钛和不锈钢。Emuge-Franken 美国公司铣削产品经理 Dan Doiron 表示，该立铣刀由优质的超细微晶固体硬质合金制成，具有最大的横向断裂强度，适用于高冲击应用，与传统立铣刀相比，效果令人印象深刻。“先进的 pvd 涂层可以承受过高的热量，并提供极好的耐磨性，延长刀具寿命。刀具的几何形状设计是为了在加工坚硬材料时产生最小的振动，”他说。

Doiron 表示：“我们最近与客户合作，在铣削 400 个硬度为 40 Rc 的不锈钢零件时，提高了刀具寿命，并缩短了零件周期时间。”在审查了他们的应用和现有的立铣刀后，我们推荐了 TiNox Trochoidal 立铣刀，并能够将周期时间减半，并将刀具寿命延长 5 年。此外，Doiron 报告称，新的解决方案节省了 88% 的作业成本，例如 Emuge 解决方案的每把刀具成本较高，但只需要 16 把 Emuge-Franken 立铣刀，而原来需要 200 把。

Emuge-Franken TiNox Trochoidal 立铣刀结合了专有的 TiN/TiAlN 涂层和断屑槽边缘，在加工不锈钢和钛等难加工材料时可减少应力和振动。断屑槽的设计是为

了将产生的切屑长度减少到更小的片段，使排屑更容易，特别是在深槽应用中。所有的刀具都有冷却剂供给，以获得最大的性能。

该公司表示，这些刀具通过圆形路径的重叠运动设计实现摆线铣削，与标准设计相比，粗加工和精加工速度可提高 30% 以上，同时大大增加了刀具寿命。

Emuge-Franken 公司的 TOP-Cut VAR 高性能可变螺旋硬质合金立铣刀几乎适用于所有材料和应用，其几何形状和涂层使其在多种加工车间应用以及具有挑战性的生产切削操作中同样有效。

据 Emuge-Franken 公司称，TOP-Cut VAR 立铣刀具有独特的刃口和轮廓几何形状，优化了刀具寿命长，在粗加工和精加工应用中都具有优异的性能。可变螺旋角凹槽提供了广泛的震动阻尼，并通过先进的刃口制备进行精密研磨，以最大限度地提高排屑量。小倒角功能可保护切削刃，以防止表面几何形状的剥落。牛鼻子立铣刀具有完全混合的角半径，以延长刀具寿命，同时提供更好的表面光洁度。

所有 TOP-Cut VAR 立铣刀都具有先进的 ALCR PVD 涂层，在较高的工作温度下具有出色的性能和更长的使用寿命。一种专有的亚微晶硬质合金提供了最大的耐

磨性和耐久性。

Doiron 表示，Emuge 公司位于马里兰州东北部的 SB dezsigns 客户在为赛车行业加工不锈钢换挡件时遇到了长周期问题。成功地将 TOP-Cut VAR 立铣刀与 Emuge FPC 铣削卡盘结合使用，节约了 62% 的成本。在此之前，SB dezsigns 使用了几个不同品牌的立铣刀，并没有优化铣削过程。SB dezsigns 公司的老板兼首席执行官 Billy Crabtree 表示：“使用 Emuge 立铣刀和刀柄的组合，我们能够节省超过 30 个小时的加工时间，每生产 500 个换挡件零件可节省 5000 多美元。”

## 为应用和材料量身定制的刀具

位于佛罗里达州 Tavares 的 GWS 刀具公司是一家纵向一体化制造商，生产高度工程化的定制、标准和改良标准切削刀具，包括立铣刀。执行副总裁 Drew Strauchen 说，立铣刀的范围从一般用途到特定应用或特定材料。

“通常情况下，定制刀具解决方案是根据客户的应用定制和调整的标准刀具的结果。为了找到最佳的刀具解决方案，我们深入研究客户的应用信息：材料是什么？零件的形状？最终的目标是什么？更

长的刀具寿命？更快的周期时间？需要什么样的表面处理？”

GWS 为航空航天客户提供的解决方案通常是以为铝、钛和复合材料为特征的商业和国防飞机的结构部件开发的，以及为热发动机方面开发的耐热合金刀具。汽车行业的材料重点包括高硅铝、球墨铸铁和压缩石墨铁 (CGI)。这些材料是汽车行业向轻质材料过渡的基础。医疗领域的刀具解决方案包括不锈钢、钛和钴铬，用于骨螺钉和膝关节等植入物。

GWS 提供用于加工耐热超合金的定制钎焊陶瓷硬质合金立铣刀，以及用于加工钛的 5-7FL 涂层硬质合金立铣刀，具有材料特定的几何形状和特定的边缘预处理。对于有色金属应用，Strauchen 表示，PCD 刀具是最热门的增长领域之一，其中钎焊 PCD 刀片和 PCD 单体刀具被用于加工铝铸件，八面刃 PCD 钻头被用于加工航空复合材料的飞机蒙皮和翼梁。

“对能用一种刀具做更多事情的产品

的需求也在不断增长，” Strauchen 说。“我们的 HurrimillAT4 四刃多功能立铣刀就是我们所说的全地形类型的刀具，可用于钻孔和斜坡、刀具反镗、高速加工和传统开槽 / 穿孔。作业车间可以用主轴上的一把刀具做更多事情，它可以完成多种操作，而且容错率极高。它是集钻头和立铣刀于一体的刀具，具有全新的 FX7 PVD 涂层，使其非常适合做开槽和仿形加工、斜坡加工、柱塞加工、高速铣削以及粗加工和精加工。”

“我们的客户专注于周期时间和产量。他们知道，他们最昂贵的开支是时间。我们专注于通过更快的金属去除率来节省周期时间，通过延长刀具寿命来降低每个零件的成本，并通过创造将多种刀具合并为一种的定制解决方案来减少刀具的更换，例如，带沉孔的阶梯钻头可进行三种操作。”

Strauchen 说，GWS 的 Alumigator ASR5 五刃冷却液超级粗加工机能够用

18,000-20,000 转 / 分的高速机床对铝进行高速粗加工和精加工。“通过高速、大马力的 CNC，我们可以实现超过 1,000 ipm 和超过 200 in3 的金属去除率。”

Strauchen 说，GWS 的很多标准刀具，如用于加工钛的刀具，一开始就是定制的解决方案。“一个高进给的钛合金立铣刀系列首先是作为一个定制刀具开发的。我们通过它取得了巨大的成功，所以我们创建了一个标准刀具组合，”他说。“我们必须与客户合作，重新编程刀具路径，因为这种类型的刀具在正确的刀具路径下可以非常有效。高进给立铣刀是为五轴加工中的 Z 级加工而设计的。”

## 应用的特殊性还是多功能性？

位于德克萨斯州 Arlington 的 Iscar USA 公司提供的整体硬质合金立铣刀是为了满足客户要求而设计的。例如，客户在分析生产一个零件的总成本时会考虑三个

# 源自创新

传承100年

■ 2023上海国际机床展 7.5-8  
展位号码：8-B09

■ 2023厦门工业博览会 6.28-7.1  
展位号码：1565

**TAKISAWA®**  
TAIWAN

**泷泽机电(浙江)有限公司**  
314117浙江省嘉兴市嘉善县姚庄镇宝群东路188号  
电话：+86-0573-89103673 E-mail：bryan@takisawa.com.cn

主要因素。国家铣削产品专家 Matt Clynych 说，加工成本（生产率）、刀具成本（每把刀的成本）和换刀成本（刀具寿命），是根据客户的目标优先考虑的。“凭借现有的设计软件和先进的磨床和软件技术，我们能够为最复杂的应用定制精密立铣刀。微型切面可以应用于钛合金的切削刃上，或者是为喷射不锈钢切屑而定制的凹槽。”

Iscar 的立铣刀设计是根据刀具的使用环境来设计的。“例如，如果你正在做车间类型的作业，我们新的 FLASHSOLID 立铣刀系列以经济的价格实现性能。这个新的立铣刀系列百分之百在美国制造。Clynych 说：“有多达 3000 种可能的配置，包括槽数、转角半径、切削长度和总长度，可用于加工车间中大多数常见的材料类型。”

“对于特定的应用环境，我们提供高性能的无颤振立铣刀，用于高产量的应用或专门加工难加工材料的车间，如铬镍铁合金、钛或不锈钢。为不锈钢、耐热超级合金或硬度高达 63HRC 的硬化材料而设计的整体硬质合金立铣刀，能够降低单位成本，同时为车间提供所需的刀具寿命或生产率的平衡，” Clynych 解释说。“在这些制造环境中，一秒种和 / 或几分钟的节约可以累计成巨大的 [ 成本 ] 节约。”

据 Clynych 介绍，Iscar 的 Multi-Master 整体硬质合金刀具提供了两全其美的选择。Multi-Master 是一种整体硬质合金螺纹头或尖端，可拧入硬质合金、钢或重金属的柄部。“它没有其他整体硬质合金立铣刀的切削长度。它的范围被限制在

0.75 至 1.5×D 的刀口长度上。我们不能达到整体硬质合金立铣刀的大切深（2×D 和更大），但它允许我们做快速进给的立铣刀、圆角刀具、点钻、中心钻、开槽、切槽刀，[ 或 ] 雕刻机——都是整体硬质合金。考虑到所有的刀柄选择，有多达 52,000 种不同的刀头和刀柄组合，以减少刀具的更换时间。”

Iscar 的整体硬质合金立铣刀有多种基材和涂层组合。例如，“具有亚微米级晶粒结构的通用立铣刀具有良好的耐磨性，以及高韧性和一定的刀具宽容度。另一方面，超细晶粒结构为淬火钢或碳纤维复合材料提供更高的耐磨性”。

Iscar 提供四种不同类型的涂层，是其立铣刀的标准配置。它们包括 9 系列 AlTiN（不使用冷却剂效果更好）；3 系列 TiCN（使用冷却剂效果更好）；6 和 7 系列（AlTiCrSiN），具有更强的耐磨性。

## 整体硬质合金圆形刀具

根据 Yair Bruhis 的介绍，YG-1 刀具公司在全球范围内是最大的高速钢（HSS）消费者之一，同时也位列硬质合金原材料消费的前三名。公司的美国总部坐落于伊利诺伊州的 Vernon Hills，而生产基地则分布在韩国、美国、墨西哥、土耳其和德国，每月可产出大约 300 万至 400 万个 10 级硬质合金立铣刀。

Bruhis 表示：“我们主要生产目录中的标准立铣刀产品，但也会针对特定应用和材料定制特殊刀具。YG-1 公司使用多种类型的刀具材料，如硬质合金、陶瓷、

高速钢（HSS）以及粉末金属（PM）。”

他进一步解释说：“刀具的选择范围非常广泛，从特殊的固体硬质合金牌号，适用于模具硬化钢上的轻切削，到更适合钛等较软材料的几何形状、涂层、边缘预处理和表面预处理。具体的选择取决于客户的应用需求。”作为刀具开发者，Bruhis 为航空航天、发电、医疗行业和汽车行业提供服务。

Bruhis 指出：“如今市场上的大多数圆形刀具都是硬质合金刀具，因为新型机器技术能够实现更快的运行速度和稳定性。然而，YG-1 仍然是为数不多的生产含钴高速钢刀具的公司之一，这些刀具适用于老式机器和大直径刀具，如四分之一英寸及更大尺寸的刀具。”

“高速加工使最终用户能够进行非常浅的切削，有助于消除刀具的热量和边缘崩裂，从而延长刀具使用寿命，避免工件受到热损伤或变形。然而，有时候由于机器、零件或程序的限制，无法实现高速加工。我所面临的挑战是不断地使刀具与机器技术相适应。” Bruhis 说。

他还提到，当涉及到像波音、空客等一流公司或 GE 航空公司的发动机时，产品需要经过漫长的测试过程进行认证。一个特定发动机的刀具批准可能需要两年时间。这包括大量的测试，如在各种切削条件和刀具寿命下的测试。一旦刀具获得认证并应用于特定零件，就不容易改变。只有在出现质量问题、零件故障或价格变化时，才有理由进行新的测试。对于 FDA 的医疗认证，情况也是如此。很难改变刀

## 立铣刀涂层的字母组合

### An Alphabet Soup of Coatings for End Mills

氮化钛（TiN）是一种通用涂层，能在较软材料中提供高润滑性并促进切屑流动。其耐热性和硬度使刀具能够在更高速度下运行，与无涂层刀具相比，加工速度提高了 25% 至 30%。

碳氮化钛（TiCN）比氮化钛（TiN）更硬、更耐磨。它通常用于加工不锈钢、铸铁和铝合金。TiCN 可以提供在更高主轴速度下运行应用的能力。但在有色金属材料中要谨慎使用，因为它容易

磨损。与未涂层的刀具相比，它需要增加 75% 到 100% 的加工速度。

氮化钛铝（TiAlN）相对于氮化钛（TiN）和碳氮化钛（TiCN）具有更高的硬度和氧化温度。它是加工不锈钢、高合金碳钢、镍基高温合金和钛合金的理想选择。同样，在有色金属材料中要谨慎使用，因为它容易磨损。与无涂层的刀具相比，它还需要增加 75% 到 100% 的加工速度。

氮化铝钛（AlTiN）是最耐磨、最坚硬

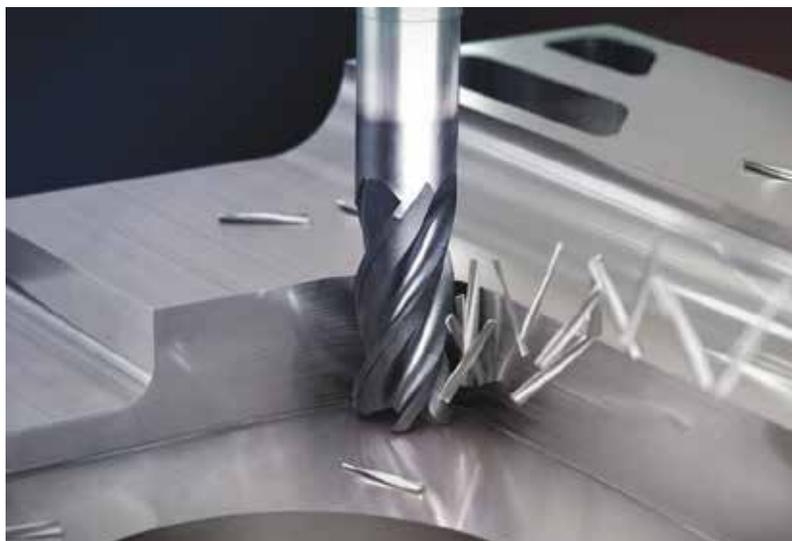
的涂层之一。它通常用于加工飞机和航天材料、镍合金、不锈钢、钛、铸铁和碳钢。

氮化锆（ZrN）与氮化钛（TiN）相似，但具有更高的氧化温度和抗粘附性，防止边缘堆积。它通常用于有色金属材料，包括铝、黄铜、铜和钛。

未涂层的刀具在切削刃上不具有支持性处理。它们只能以较低的速度用于非铁金属的一般应用中。



**Ceratizit 公司的四刃可变螺旋立铣刀凭借 P007 和 P556 几何结构,可减少振动,使刀具寿命更长,表面光洁度更好。(图片由 Ceratizit 公司提供)**



**V7PlusA 立铣刀具有四刃和六刃,全系列刀具长度和角半径可选,专为高性能加工不锈钢和钛合金而设计。(图片由 YG-1 公司提供)**

具。” Bruhis 说。

在 YG-1 公司的近期产品中,已开始为 Inconel 和 Waspaloy 航空发动机应用生产陶瓷立铣刀。此外, YG 还生产一种名为 V7PlusA 的高性能整体硬质合金立铣刀,具有四刃和六刃,多种槽长和角半径可供选择。它主要针对不锈钢和钛的高性能加工。YG-1 公司还推出了一款名为 TitaNox-Power HPC 的新型整体硬质合金立铣刀,具有五个刃,适用于加工钛合金、不锈钢和铬镍铁合金。

Alu-Power 系列铝加工立铣刀包括用于高速加工的 Alu-Power HPC,用于普通铝加工的 Alu-Power 二刃和三刃立铣刀,以及用于铝和有色金属材料粗加工的断屑槽 Alu-Power HPC。这些刀具能满足不同应用场景的需求,为客户提供更多选择。

**硬质合金从粉末到产品的一致性**

位于美国密歇根州沃伦市的 Ceratizit 公司是一家集成的硬质合金刀具制造商。该公司的区域销售经理 Steve Kuhnle 表示,从粉末到成品刀具,他们能控制产品的一致性。“我们负责硬质合金及其部件的整个生产过程,从粉末制备、成型、烧结、精加工到表面处理。” Kuhnle 说。

Ceratizit 公司的产品包括整体硬质合金标准铣刀和 HPC 铣刀,广泛应用于航空航天、汽车、医疗和枪械等行业。Kuhnle 表示,针对难加工材料、高温合金、

镍基合金以及许多特殊材料,他们专门设计了特定的刀具。

Ceratizit 公司还提供用于整体硬质合金刀具的棒材和预制件,以及用于医疗行业等领域的硬质合金部件。不在标准产品范围内的产品则由 Ceratizit 公司的硬质合金专家单独开发,并与刀具制造商密切合作。

Kuhnle 认为, Ceratizit 公司采用新的 Dragonskin 涂层工艺和制备立铣刀的方法,使得产品具有极高的硬度和耐用性。“我们在涂层前后对立铣刀进行特殊处理。涂层前对刀具进行制备,涂层后进行抛光,以获得更好的附着力和耐久性。”

“Ceratizit 的多用途 AlTiN 基涂层适用于加工难加工材料的刀具,如淬硬钢、合金钢和超合金。Dragonskin DPB60S 涂层技术使表面非常光滑,提高了切削硬化钢、合金钢和超合金时的排屑效果,并减少粘附。Dragonskin DPB72S 则更适用于加工难加工的不锈钢和耐热合金。” Kuhnle 说。

Kuhnle 指出,涂层立铣刀在航空航天应用中尤为有效。在这些应用中,刀具寿命、刀具成本和减少换刀次数是制造商面临的主要挑战。他说:“我们的四刃可变螺旋立铣刀采用 P007 和 P556 几何结构,减少了振动,从而提高了刀具寿命,还能获得更好的表面光洁度。”

Kuhnle 在强调涂层重要性时说,如今约 95% 的硬质合金刀具切削刃都采用涂层。“涂层提高了刀具表面的硬度,增强了耐磨性,并降低了排屑时的摩擦阻力。超光滑表面减少了焊缝堆积和边缘堆积的倾向,而且涂层的绝缘效果提高了高温硬度。因此,刀具的使用寿命大大延长。” Kuhnle 说。

据 Kuhnle 介绍, Ceratizit 公司作为枪械行业严格要求的刀具供应商,改进的几何形状和涂层使得不锈钢加工的进给和速度提高了 30%。他说:“在航空航天应用中,我们最近将 416 不锈钢叶轮叶片的 3D 加工效率提高了 25%,并降低了 17% 的成本。”

**Ceratizit 公司在加州萨克拉门托市的立铣刀制造厂投资了 1000 万美元,拥有 111 台数控机床,成为美国最大的立铣刀制造商之一。“该厂生产的产品包括从 0.005 英寸 (0.127 毫米) 球头立铣刀到 8 英寸 (203.2 毫米) 长的整体硬质合金立铣刀,以及特殊定制产品。” Kuhnle 说。**

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

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

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

[www.ingersoll-imc.com](http://www.ingersoll-imc.com)

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

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

[www.yg1usa.com](http://www.yg1usa.com)

# 流程展示厅 FLOOR SHOW:

可视性是优化工厂车间的关键  
To Optimize A Factory Floor,  
Visibility Is Key



先进制造国际公司 (AMI) 的管理者表示, 他们现在的工厂已经变得更好、更易用、更具成本效益。

优化工厂车间的首要目标是可视性, 佛罗里达州清水市先进制造国际公司 (AMI) 的副总裁 Larry Megan 说。制造商需要了解当前的工作状况, 并确定提高质量、可靠性和生产率的机会——这最终也会提高产量和运营效率。

Megan 表示, 相较于根据传闻信息进行猜测, 收集和分析数据是深入了解整体运营情况的关键。

“制造商需要实时了解工厂车间发生的情况, 也需要回顾性地了解之前的事情。” Megan 说, “包括原材料采购、生产步骤、质量分析、客户交付等。为了最大限度地提高整个工厂的产量, 你需要全面地了解所有这些事情。”

Megan 说, 在不考虑整体运作的情况下谈突破一个领域的瓶颈, 可能只是将瓶

颈转移到其他地方, 而无法解决整体问题。

## 数据是关键

这一切的根源往往是数据的缺失。

AMI 的首席执行官和创始人 Stephan Biller 说: “数据整合是优化工厂的最佳之路。”

Biller 表示, 过去十年的技术进步降低了数据获取的难度, 并提升了它的成本效益。他提到了 5G、人工智能、机器学习, 物联网的进步, 以及更为便宜的云存储。Biller 说, 机器学习和人工智能的改进改善了建模, 因此制造商可以更好地预测结果。

“我们需要查看关键绩效指标 -KPIs, 并使用数学模型来计算: 如果我们对某事采取行动, 在我们打开开关并将某事付诸

行动之前, 需要知道这些关键绩效指标会提前产生什么影响。” Biller 说, “现在你可以开发模型, 预测如果你采取某些行动, 工厂里会发生什么。这类模拟在测试工厂车间的关键绩效指标的行动结果方面确实很有帮助, 如产量、质量、成本、按时交货、安全、可持续性和弹性。”

Biller 说, 工厂优化过程的五个步骤是。

1. 数据收集。收集和同步相关数据。
2. 数据可视化。观察简单的图表, 了解哪里存在问题, 工厂今天的情况是好是坏。判断数据是否有意义。
3. 决策支持。如果我做 X 会怎么样? 我应该做 X、Y 还是 Z?
4. 优化。什么是最好的决定, 如何让人在经过权衡, 最终做出这个决定。
5. 自动化。基于数百个或者数量更



多的决策建模，将决策过程自动化，并将人从循环中剔除。

Biller 说，一些制造商已经处于优化阶段，而其他制造商，特别是中小型制造商，仍处于数据收集阶段。

“当我在通用汽车时，通用汽车已经达到了这样的程度：我们会在工厂的某些部分推荐最佳决策，但人们仍然希望参与决策的实施。” Biller 说，“但小制造商比大制造商晚了 10 到 15 年，因为这些工具太昂贵了，而且他们拥有的资源非常有限。”

## 小型制造商在工厂优化方面的滞后

Biller 表示，优化工具对大型制造商更具成本效益，因为他们的工厂更加复杂，而这些工具在复杂情况下具有更高的价值。

Biller 表示，不同规模的制造商面临的挑战也各不相同。他指出，大型制造商可能拥有 15 到 20 个产生数据的 IT 系统和设备，每个系统都以自己的时间顺序运行。由于即使是几秒钟的差距也会造成影响，除非这些系统完全同步，

**NEW** 航空零件加工新时代的到来  
New Era in Aerospace Machining

耐热合金加工用  
航空产业的革命



# SX3 BIDEMICS CERAMATIC



高次元融合的出众耐磨损性和耐崩损性  
——新硅铝氧氮陶瓷SX3面世！！

针对耐热合金的超高速半精/精加工  
——BIDEMICS

拥有优越的耐崩损性，实现耐热合金的高速加工  
——陶瓷铣刀 CERAMATIC



**NTK**  
CUTTING TOOLS



特殊陶业实业（上海）有限公司  
Tel: 021-67740987  
Fax: 021-67760730  
Add: 上海市松江区松胜路736号  
[www.ntkcuttingtools.com/cn](http://www.ntkcuttingtools.com/cn)

否则分析结果会出现偏差。大型制造商面临的挑战是如何同步所有这些数据源。

“你需要探究这些不同数据源之间的模式。” Biller 说，“它们是如何相互关联的？当你试图获得工厂的完整图景时，你需要整合这些数据源。从而建立一个包含工厂全景的数据库，所有数据都储存在其中。在数据库中，还需要进行时间同步。”

而对于中小型制造商，他们可能根本没有任何基础设施，更别提分析能力了。Biller 表示，面临的挑战是帮助这些小型制造商获取既不昂贵又不复杂的工具，以便他们能自行收集必要的数据库。

“如果系统很简单，你甚至可以在白板上完成这一切。”比勒说，“但如果你有一千台机器，那这就是不切实际的想法。”

## 帮助小型制造商实现现代化

AMI 是一个非营利组织，致力于帮助中小型制造商跨越数字鸿沟，实现他们的第一个工业 4.0 能力。

“大多数软件供应商都把重点放在大公司上，因为他们认为在那里可以赚更多的钱。”比勒说。“这是市场中的一种失败。我们必须思考如何帮助中小型公司达到这个阶段。我们专注于低成本、低复杂性和高安全性。”

Biller 表示，过去十年的技术进步使工厂优化变得更加优质、易用、成本效益更高，他提到了 5G 的进步、人工智能和机器学习的改进、物联网的发展以及更便宜的云存储。

快速的回报有助于展示优化工厂的重要性。“你需要了解公司最迫切的问题是什么。是按时交付订单？还是吞吐量？或是无法生产足够的产品来满足需求？然后，让领导层推动这一进程，并确定最紧迫的问题，这一点至关重要。



“你需要探究这些不同数据源之间的模式。” AMI CEO Stephan Biller 说，“它们是如何相互关联的？当你试图获得工厂的完整图景时，你需要整合这些数据源。从而建立一个包含工厂全景的数据库，所有数据都储存在其中。在数据库中，还需要进行时间同步。”

通常情况下，他们会说：‘如果我能看到 X，那将非常有用。’一般来说，他们首先想要实现数据可视化。接下来，便是数据分析。”

除了领导层的认同，一线工人也必须成为这个过程的一部分。Biller 说：“在现场实际使用这些工具的人必须成为整合和创新的一个组成部分。他们比工具提供者更了解实际情况。只有这样，你才能获得全面的解决方案，真正将其融入流程，并带来持久的变革。”

## 遗留设备带来的挑战

Megan 表示，在不更换昂贵的老旧设备的前提下，优化一个主要由传统设备和机器组成的工厂车间具有挑战性，但并非不可能。

Megan 说：“人们通常只在设备完全无法维修的时候才会去更换。”

好消息是，Megan 表示，在过去 15 年内制造的设备通常采用当前的标准数据协议进行通信，因此可以随时连接到数据收集和分析系统。他说，对于老式设备，通常可以将低成本的传感器连接到机器上以收集数据。

更多的好消息是，这些传感器的成本已大幅下降，现在中小型制造商也负担得起，而这些制造商正是 AMI 的目标客户群。

“在许多情况下，传感器技术已经存在在数年，甚至几十年了。” Megan 说，“随着该技术的不断发展，它变得越来越便宜了。10 年前 100 美元的传感器现在或许已降价到 10 美元。”

Megan 表示，这些工具也已经超越了 IT 部门，成为每个人，甚至是那些没有专业知识的人，也可以轻松使用的工具。

“这些工具非常用户友好。”他说，“现在，即使不是程序员或 IT 专家，也能够熟练地使用它们。”

作为其产品之一，AMI 提供了一个基础平台，帮助制造商收集、控制和管理数据，Megan 说。

在一个例子中，一家生产高端塑料户外家具的公司使用这个被称为低投资制造系统（LIMS）的系统来收集以前被锁在数控机床内的数据。他说，这家公司正面临着日益增长的需求，在考虑增加一个班次或购买新设备等更昂贵的解决方案之前，需要确保其现有资产的生产力得到最大化。

AMI 团队更新了机器上的数据协议，使其更容易收集数据，并建立了工作单元利用率的实时可见性。这正帮助制造商消除生产瓶颈。制造商可能会在数控机床和工艺流程的其他部分增加更多的传感器，以获得更多的洞察力，从而最大限度地提高产量。

有了实时数据带来的这种额外的洞察力，该公司已经转向对单元的定量分析，并可以确定有针对性的项目，以改善诸如随时间变化和班与班之间的生产可变性，从而提高盈利能力。

他说，在新冠疫情期间，各种规模的制造商都了解到，为了及时交货而优化制造会导致供应链变得很脆弱。

“我们需要从多目标的角度来看待供应链，并在成本、弹性、可持续性和按时交付方面做出合理的规划。” Biller 说。



“制造商需要实时了解工厂车间发生的情况，也需要回顾性地了解之前的事情。” AMI 副主席 Megan 说，“包括原材料采购、生产步骤、质量分析、客户交付等。为了最大限度地提高整个工厂的产量，你需要全面了解所有这些事情。”

# 工业 4.0 与 3D 打印

## Industry 4.0: The Print Edition

在投资 3D 打印机之前，想要加入工业 4.0 的制造商应该了解哪些信息？

众所周知，工业 4.0 是热门话题，但许多人仍在努力明确它究竟是什么，它何时开始，以及对制造商意味着什么。有人将其称为制造业的数字化，还有人将其描述为人工智能和网络物理系统的发展。此外，有人指出工业物联网（IIoT）、大数据和机器分析是第四次工业革命的主要组成部分。

### 数字智能

事实上，工业 4.0 绝不仅仅局限于上述这些。其他组成部分包括增强现实和虚拟现实、先进的软件模拟、移动设备、云计算等技术，旨在使制造业更高效、透明且有利可图。而关于工业 4.0 何时开始，可以追溯到 3D 打印的诞生，它标志着工业 4.0 的起源，并继续以一些非常基本的方式改变制造业。

Zach Murphree 是 Velo3D 的全球销售和业务发展副总裁，Velo3D 是一家位于加州坎贝尔的增材制造解决方案提供商。他非常热衷于谈论工业 4.0，因为对不同的人来说，工业 4.0 意味着不同的事物。但他表示，目前的一些增材制造设备并未满足许多工业 4.0 的核心原则。

Murphree 表示：“工业 4.0 运动的主要内容都围绕着自动化和联网的智能机器，这些机器有助于使制造过程更加可扩展和高效。如今，任何购买 3D 打印机的人都应该将这些目标放在他们的要求清单上。”

遗憾的是，试图开发工业 4.0 基础设施的增材制造商经常发现自己在“拼凑”不同的系统，他补充道。这里的整合意味着采用现有的软件和硬件组件，并试图将它们拼凑起来。

Murphree 以打印准备软件为例；由于增材制造行业的快速增长，许多机器制造商被迫将这一功能及其他重要功能交给第三方开发商。根据 Murphree 的说法，这阻碍了可扩展性和产量。

“这只是一个例证，说明为什么从一开始就将所需的智能和‘数字智能’内置于 3D 打印机及其支持软件中是如此重要，因为所有的一切都需要一个连贯的平台进行运作。”他说，“这提高了用户的生产力。而且，将预印过程中产生的数据流用于整个生产过程的能力，可以促进稳定、高效和可预测的制造。这就是智能系统的本质。”

### 专注于工作流程

在位于南卡罗来纳州罗克希尔的 3D 系统公司担任产品管理副总裁的 Shell Haffner，对工业 4.0 的理念与他在 Velo3D 的同行颇为相似。他将其定义为互联、灵活和智能的制造，并建议任何希望在这个市场竞争的人都应该寻找一个能满足这些条件的系统。然而，他对一些公司实现其设备具备工业 4.0 能力的方法表示不同意见。

Haffner 提到：“在连接性方面，我们和大多数其他增材制造系统供应商都能使我们的产品与第三方软件系统良好互操作。那么，值得关注的领域是：你如何将这些整合成一个连贯的工作流程，确保从后端生产出的零件可靠，并且你正在用最有效的方式生产它们？”

3D 系统公司的答案是最近收购了 Oqton，这是一个基于云的制造操作系统，据说可以“在生产车间内外实现端到端的工作流程自动化”。Haffner 将其描述为与 ERP、MES、PLM 等企业级系统的接口，以及与 Materialise Magics 和 Autodesk Netfabb 等公司的竞争性增材制造软件连接的方式。它还将支持与一系列后处理解决方案的集成，无论是粉末去除、染色和



得益于复杂的光学技术和先进的软件，Rivelin 机器人公司能够在增材制造的后期处理中实现许多步骤的自动化，包括去除支撑物和精细的精密加工操作，如这块 3D 打印的颅骨板。



采用先进的激光粉末床熔融系统生产的各种增材制造工业零件。这种高度数字化的制造技术被视为工业 4.0 的完美结合。（图片由 Velo3D 提供）

蒸汽平滑，还是精加工。

他说：“没有一家公司可以拥有一切，我们也不假装拥有一切。Oqton 将为制造商提供更大的灵活性，发展强大的工作流程的能力，以及帮助他们使用他们所希望的任何工具，即使它们不是我们的。所有这些都是工业 4.0 和一般先进制造业的重要组成部分。”

## 全力投入数字领域

当被问及如何定义工业 4.0 时，Hexagon Manufacturing Intelligence 的 Mathieu Perennou 给出了一个简单而深刻的说法。

总部位于俄亥俄州北金斯敦的 Hexagon 公司增材制造战略和全球业务发展总监 Perennou 说：“这是一个数据的时代。各地的制造商都在寻找方法，从他们的各种机床和软件系统中收集信息，并利用这些信息来改善他们的流程。我们提供了许多必要的工具来实现这一目标。”

增材制造是工业 4.0 的完美结合，Perennou 补充说。传统的机械加工、金属板材制造和塑料注射成型工艺源于模拟技术，而 3D 打印一直都是完全数字化的。零件从 CAD 文件开始，在一个软件系统中进行优化、定向、嵌套和切片——通常不止一个，然后被送到一个无需切割工具和相对较少移动部件的设备上。

一旦开始制造，过程就会被密切监控。操作数据被收集起来，如果需要的话，将其纳入或至少与零件的数字孪生体相联系。从来不需要蓝图；也不需要像数控车

床或加工中心那样进行手动编程；即使零件后来可能被送到这些机床上进行额外的加工，工作流程仍然是，或者说应该是，通过数字线路完全连接起来。正如 Velo3D 的 Murphree 所说，这就是工业 4.0 的本质。

凭借计量设备的基础，Hexagon 有能力通过将检测数据和 CT (计算机断层扫描) 扫描反馈到数字双胞胎中来实现“闭环”。这使制造商能够将设计模型与建造结果进行比较，并进行必要的工艺调整以使两者同步。它还描绘了一幅更完整的零件质量图。

“这里是工业 4.0 的另一个重要方面，即你需要覆盖完整的制造链，这包括来自现场的性能数据。” Perennou 说，“你想利用在部件使用时看到的東西，特别是如果出现故障。在这一点上，你可以开始询问它为什么失败。它是何时何地打印的？在制造过程中是否有任何异常？材料的批次是什么？通过将所有这些与数字孪生体联系起来，你就可以了解什么地方出了问题，并从中学习和改进。这就是为什么制造商采用一个综合的、端到端的 AM 解决方案是如此关键。”

## 驯服巨大漩涡

像前文所描述的那些集成制造解决方案，不仅仅是应对工业 4.0 混乱局面的一种手段。它们远不止于提高效率、降低成本或简化操作这些层面。正如 Ashley Eckhoff 所阐释的，整体工作流程对制造过程的一致性至关重要，同时也是可预测的零件质量、可追溯性以及最终产品认证

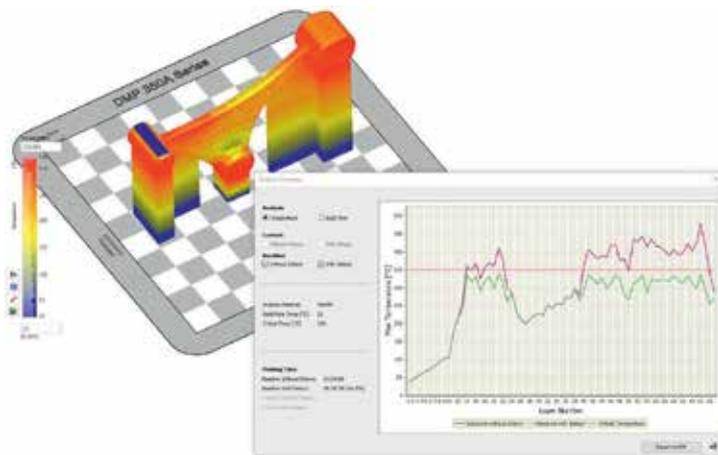
的主要驱动因素。Hexagon 的 Perennou 无疑也会赞同这一观点。

Eckhoff 是位于德克萨斯州普莱诺的 Siemens 数字工业软件公司，负责增材制造工程组的营销。他指出，尤其在金属 3D 打印领域，最后一点尤为重要，因为在这个领域，零件的内部应力、变形，甚至构建失败都是无法避免的问题。他表示，解决这些问题的方法是制定一个有效且可重复的“打印配方”，然后严格遵守。他说：“在航空航天和医疗行业，任何过程都必须得到严格的管理和控制。否则，就无法获得认证。”

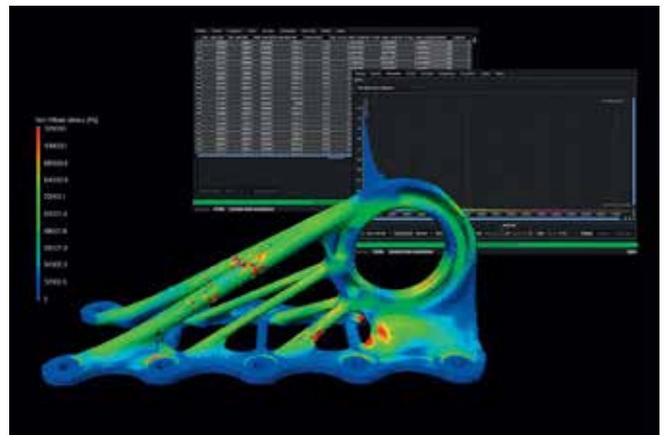
各种各样的增材制造技术、设备品牌和原材料使得这些挑战愈发严峻。“正因如此，许多制造商选择了一个机器供应商并坚持使用该品牌，直到不得不做出改变。” Eckhoff 说，“也许那个供应商无法打印出所需的材料或达到所需的零件精度——不管是什么原因，公司都要经历一个巨大的学习曲线来适应新供应商的新机器。他们基本上每次都要从零开始。如果增材制造就像打印 Word 文档一样，你就不需要关心打印机是佳能、惠普还是戴尔，那该多好。但是，变量实在太多，使得任何类型的生产增材制造都变得非常复杂。”

然后是工业 4.0 领域的另一个重要问题：自动化。Eckhoff 和其他人列出了一些可以自动化的后处理步骤，以节省时间。

这些操作包括从卸货和拆除支撑物到使用 CNC 设备进行精加工。如前所述，这些次要操作中的每一项都有许多整合方面的考虑，也有机会使执行这些任务所



采用先进的激光粉末床熔融系统生产的各种增材制造工业零件。这种高度数字化的制造技术被视为工业 4.0 的完美结合。（图片由 Velo3D 提供）



CT 扫描分析通常被用来发现增材制造零件的缺陷和潜在的材问题。（图片由 Hexagon 制造智能提供）

需的零件数据和工作指令实现自动化。Eckhoff 说，这样做可以提高产能，同时减少出错的机会。“这就是为什么 Siemens 在所有这些领域都与供应商建立了深厚的合租经验，因此可以在各方各面支持制造商完成这些工作。”

## 掀开地毯

David Alatorre 对于最后一个问题能提供不少建议。Rivelin 机器人公司是一家位于英国的专注于增材制造自动化的初创公司，该公司的首席技术官指出，有时候零件离开构建室后所发生的事情是增材制造中最困难的部分，而且常常被忽略。他说：“尤其是对于金属零件，需要移除所有复杂的支撑结构，并且还需要打磨不够光滑的表面。目前，这些操作几乎完全是手工操作”。

Rivelin 机器人公司希望通过 Alatorre 所描述的“装备先进传感能力的现成工业机器人手臂”来解决这些任务。

如前所述，3D 打印的金属零件会受



从后面到前面是 F1 赛车支架的三个版本：原始的、手工设计的版本；带有支撑结构的拓扑优化版本；以及最终的 3D 打印部件。最终版本已准备投入使用。（图片由 Siemens 数字工业软件公司提供）

到热变形和几何变化的影响。这使得在具有固定刀具路径的数控加工中心上进行自动化后处理具有挑战性。但是，通过扫描每个工件，然后将结果“拟合”到工件的数字模型中，Rivelin 能够实时生成机器人指令，从而复制人类的适应性和感知力，以考虑到增材制造零件的可变性。

Alatorre 说：“机器人技术在过去 20 年里取得了长足的进步，因此，像你在汽

车工厂里看到的那样，用预先计划好的运动序列实现刚性自动化的概念已经过时了。像很多人一样，我们非常期待看到这个行业的发展方向”。

得益于复杂的光学技术和先进的软件，Rivelin 机器人公司能够在增材制造的后期处理中实现许多步骤的自动化，包括去除支撑物和精细的精加工操作，如这块 3D 打印的颅骨板。

# 卓勒 — 让生产线智能化!

硬件与软件合理配合的解决方案，让刀具数据处理更高效!

智能化工厂的要求其实很简单：智能化的刀具柜、刀具测量仪和刀具管理软件，并由 z.One 统一的中央数据库将其连接。这样的组合让您不仅可以直接获取存储位置、零件列表及刀具组装助手软件等相关信息，还可在刀具测量仪上立刻对刀具进行测量。拥有卓勒，实现工业 4.0 变得如此简单!

卓勒（上海）精密检测仪器有限公司

上海市闵行区颛兴路1588号C座 | 电话：021 3407 3978 | 传真：021 6442 2622

邮箱：info@zoller-cn.com | 网址：www.zoller-cn.com

**ZOLLER**  
expect great measures®

# 加工和生产性能优化

## Optimizing Machining and Production Performance



性能数据监测可在车间进行，并被 Datanomix 公司用于分析长期趋势。

Nikel 精密切造集团是一家位于缅因州 Saco 市的综合工程和合同制造商。Nikel 为航空航天、国防、工业和医疗市场生产关键任务部件和组件。它的 100 名员工可交付对复杂终端产品至关重要的工程部件。

像许多制造商一样，Nikel 公司一直不能像它所希望的那样快速招聘。为了弥补劳动力的短缺，Nikel 采用了自动化，并着眼于提高无人值守的加工和操作效率，该公司购买了先进的机器，包括最新的五轴铣床。

“随着我们的成长，以及我们生产的零件的复杂性增加，我们把重点放在技术上，以满足客户的需求，”运营副总裁 Jamie Bell 说，“今天的数控机床具有智能和先进的加工能力，

可以按照严格的规格制造复杂的零件，这有助于 Nikel 的脱颖而出。我们在性能和部件质量的每个维度和方面都设置了很高的标准。”

但技术创新并不以新的数控机床为终点。Nikel 还实施了优化刀具性能以提高质量的解决方案，以及提供实时洞察工厂性能的生产智能。

“为了充分发挥先进数控机床的潜力，我们一直在与 Caron Engineering 和 Datanomix 合作，来帮助提高加工零件的质量和速度”。

Bell 表示：“通过适当地将技术引入外部专家为公司带来有影响力的业务成果的领域，可以显著提高生产力。这些工具将成为一种新的生产管理方式的核心组成部分，并最终管理我们的设施”。

## 实时问题的解决

Bell 说：“几年来，我一直在关注机器监测软件。当我与 Datanomix 交谈时，很明显他们一直在与像我们这样的制造商合作，开发有影响力的产品。而且他们愿意花时间了解我们的要求，并提供适合我们的解决方案。”

Nikel 在 2020 年 8 月实施了 Datanomix。Datanomix 提供实时生产情报和对持续的工厂趋势的深入洞察，符合 Nikel 对生产监控的很多标准。“由于 Datanomix 不需要操作员输入就能实时提供洞察力，该平台支持我们的自动化和无人值守的战略举措。我们会自动获得洞察力，” Bell 说。

Datanomix 在零件生产过程中直接分析数控机床的数据。该平台制定了一个基准，反映了良好的生产应该是怎样的——它是一个延伸，但可以实现，因为系统已经看到了。每次运行都会与基准进行实时比较，给操作人员的当前生产打上字母等级。得分较低的作业会受到高级操作员、监督员，还有工程师的更多关注。Datanomix 成为了一个实时解决问题的系统，提供培训机会和有关该零件的背景信息。

通过在车间周围的智能电视上显示 Datanomix，每个人都可以实时了解工厂里发生的事情。“对于运行机器的人来说，看到生产分数并知道自己在基准上的位置是一种激励。每个人都能看到第一个零件从机器上下来的时间，我们的周期时间和零件的情况，以及哪些工作需要注意。它使整个团队团结在一起，” Bell 说。

在 Nikel，每个人每天都要报告他们的时间，这些信息被用来计算工作成本。但是，当在一台机器上运行多个作业时，不同的零件在不同的班次上运行，多个零件在无人值守的班次上运行，要确定哪些作业会增加成本，并不是那么容易。Datanomix 报告了各种指标，包括每个零件的主轴利用率和周期时间，以帮助进行作业成本计算。Nikel 还可以更好地了解如何在不同的工作和班次中最好地利用每台机器，以最大限度地提高生产力和利润率。

Bell 对有机会将更多的数据转化为可实施洞察感到兴奋，特别是围绕人和机器的融合。“Datanomix 帮助我们专注于需要关注的事情。我可以看一下仪表盘，看到机器 A 以 68% 的速度运行，机器 B 以 98% 的速度运行，而它们都在运行同一个零件。很明显，利用率和效率与操作员有很大关系。Datanomix 确定了这些差距，因此我们可以制定一个计划来解决这些问题，包括关于最佳实践的培训”。

Datanomix 公司利用来自日常运营的丰富数据库来分析长期趋势。所有的指标——加工时间、生产时间、设置时间、切割时间、利用率、周期时间、实际的机器成本和安装成本——都以每台机器和每项工作为基础进行计算，以显示每项工作的绩效和需要改进的地方。此外，Nikel 还使用了 Alarms Pareto 图来分析其所有机器的告警历史，帮助他们诊断问题并预测维护。

为了提高零件质量和优化刀具性能，Nikel 一直在与 Caron Engineering 公司合作，使用该公司的 TMAC 自适应刀具监控解决方案。

“我们在五轴铣床上使用 TMAC，” Bell 说，“我们发现，CAM 软件在去除毛坯方面效率不高——存在大量的空切时间。TMAC 允许我们设定最大进给速度或最大马力，因此当你退出切削进入空切时，TMAC 会提高进给速度，减少空切时间并缩短周期时间。” TMAC 也被用来观察马力，以监测主轴的磨损，以便主动进行刀具维护。

随着 Caron 和 Datanomix 的合作，Bell 看到了大量的协同效应，这将促进数据在其运营中的使用。“随着 Caron 系统的数据被整合到 Datanomix 平台，我们将拥有一个来自刀具、机床、操作员以及最终整个工厂的单一数据源。我们越能整合和分析整个技术栈的信息，我们就越能更好地服务于我们的客户”。

[www.precision-mfg.com](http://www.precision-mfg.com)

[www.datanomix.io](http://www.datanomix.io)





Zimmer 集团的一台带有 HRC 夹持器的协作机器人，在 Weidmüller 的工作场所提供支持。

## 我的机器人同事已对此了如指掌 My Robot Colleague has it All under Control

市场动荡不安，全球化所带来的竞争压力加剧，再加上人口增长以及熟练工人短缺，这些因素都给德国制造业带来了巨大挑战。这些变化尤其影响了价值链最后环节的装配工艺。

应对这些挑战的方法之一是采用人机协作（HRC）技术。然而，由于规划复杂，HRC 系统的成本仍然很高，包括资金和人力成本。目前，许多行业的公司需要简单、灵活的方法，在各种应用边界条件（如产品的复杂性、差异性、数量等）下建立和引入协作装配工作站。

### 研究项目 SafeMate

SafeMate 研究项目旨在为引进和设计协作式装配工作场所制定策略和概念，作为德国联邦教育和研究部（BMBF）资助的“未来生产、服务和工作的创新”计划的一部分。项目重点是创造安全、舒适的工作环境，让员工能够感受到高效率。除了 Lenze、Lufthansa Sky Chefs、Miele 和 Sennheiser 等知名德国企业外，

总部位于 Detmold 的 Weidmüller 公司也参与了这个研究项目。

Weidmüller 集团是一家全球性企业，专注于电气连接技术和电子领域。它与客户共同打造数字化转型，通过智能工业连接和工业物联网的产品、解决方案和服务。Weidmüller 的产品广泛应用于机械制造、过程工业、发电和可再生能源、交通运输技术、建筑基础设施和设备制造等领域。该公司长期致力于工业 4.0 研究，除 SafeMate 项目外，还参与了其他研究合作。

### 曾经的全手工操作时代

直到不久前，Weidmüller 的机电部件组装过程还完全是由员工手工完成的。在 SafeMate 项目中，由 Weidmüller 工艺工程师 Tobias Stuk 领导的团队进行了潜在分析，以确定人和机器可以共同完成的任务，从而实现最佳的任务分工。研究发现，机器人可以很好地完成单调、重复且耗费体力的放置任务，且不会感到疲劳，

而且执行这些任务的精确度始终保持稳定。

然而，人类仍具有独特的技能，例如从一堆或一箱中抓取和移动不同尺寸的小零件。他们在识别和分类方面表现更佳。在正确的进料以及后续的检查过程中，人类相较于机器人同事也更具优势。

基于这些发现，在 SafeMate 项目的初步试点应用中，通过人机协作（HRC）实现了之前全手工装配过程的部分自动化。这个混合装配工作场所使人类和机器人可以并行工作，机器人负责完成单调且力量密集型的任务，而认知要求较高的任务则由人类负责。

## 人机协作

协作机器人技术使人类和机器人可以在同一工作场所共同合作。由于采用了敏感的控制技术，机器人可以在没有防护围栏的情况下与人类紧密配合。这种应用需要经过验证，以确保危险已被充分降低到最小程度。这可以作为力和压力测量的一部分，由 TÜVs、专业协会、外部服务提供商或集成商独立进行。末端工具，如夹持器，也可以通过这种方式进行验证。

在新的混合工作场所中，用于组装机电部件，一台来自丹麦机器人制造商 Universal Robots（UR）的协作机器人已经被安置在员工旁边，与他们共同工作。首先，员工组装连接器部件。然后，协作机器人将电接触部件压入连接器外壳，并拧紧连接触点。通过使用协作机器人减少了装配过程中的中间步骤或等待时间，从而提高了整个混合工作站的生产效率。这种部分自动化的重点是使机器操作员从耗时且单调的中间步骤中解脱出来，实现人和机器人之间的平衡分工。

## 配备 Zimmer HRC 夹持器的机器人

在工作站设计中，除了选择合适的机器人外，还需要一个合适的夹持器。这是因为夹持技术是每个机器人应用的基本组成部分。位于德国 Rheinau 的 Zimmer 集团是一家夹持器专家，其 HRC-02 夹持器很快就引人注目。Zimmer 集团目前拥有世界上最大的 HRC 夹持器产品组合。所选夹持器安全可靠，并与所选的 UR 机器人完美协调。

HRC-02 全电动伺服夹持器专为人机协作应用设计，没有尖锐的边缘。其结构使得四面都呈圆形，意外卡住的可能性几乎不存在。此外，HRC-02 具有可灵活调节的行程和夹持力，

使其相较于传统夹持器更具灵敏性。

这些功能与经过行业验证的设计相结合，为该项目提供了最大的安全性。Zimmer 集团的所有 HRC 夹持器都符合 ISO/ TS 15066（人机协作标准）保护原则的高要求，并通过了 BG/ DGUV 认证。

## 编程变得简单

在 Weidmüller 的 SafeMate 项目中，另一个关键点是能够在新的混合工作场所高效灵活地使用 UR 协作机器人。因此，协作机器人的易用性也引人关注。

协作机器人的易用性令人信服，特别是与 HRC-02 夹持器的结合。毕竟，所有 Zimmer 集团的夹持器都能与 UR 轻型机器人完美配合，这并非巧合。作为 UR+ 的合作伙伴，Zimmer 集团目前在 UR+ 网站上展示了最大的 UR 兼容夹持器产品组合。

过去，精细的编程工作和复杂的编程技能是必需的，而现在来自 Universal Robots 公司的协作机器人和其 Zimmer 夹持器则非常容易操作。它可以直接通过机器人控制面板进行控制或编程，其设计非常直观——与智能手机应用程序相媲美。

## 生产力和满意度的提高

协作机器人在 Weidmüller 机械工程部门的试用，为效率和灵活性提供了新的可能性。

得益于这种新的混合式分工，以及智能机器人及其夹持器的简单易操作性和便于安装性，这家电子制造商现在能够更好地应对技术工人日益短缺和全球竞争的问题。除了生产力的提高，还有一些重要的非金钱上的成就，如符合人体工程学的工作场所优化和员工日常工作负担的减轻。

例如，力量密集型任务如按压接触元件（“门锁”）和单调的工作可以交给机器人来完成。这种高水平的员工接受度也是通过参与式实施过程实现的。这意味着，员工从一开始就参与到他们工作场所的变革过程中。

Stuke 表示：“Zimmer 集团的夹持器的一个特殊选择标准是，除了其技术特点外，该夹持器已经通过了人机协作系统的安全测试和认证，这意味着我们的夹持技术项目在真正意义上已经处于‘安全的一边’。”

对该公司来说，让员工从协作工作中受益尤为重要。带有夹持器的协作机器人旨在提供缓解。

# Seagate 为什么要接受 “不断转型” ?

## Why Seagate Embraces ‘Constant Transformation’



Barry Johnson  
President, Digital  
Manufacturing Symphony  
Industrial AI  
www.symphonyai.com

加利福尼亚州库比蒂诺市的 Seagate 科技公司是少数几家最早可追溯到 20 世纪 70 年代的大型科技公司之一，几十年来一直处于数据存储和管理解决方案的前沿阵地。现在，Seagate 是一家价值 100 亿美元的大规模数据存储基础设施解决方案公司，该公司正在采用智能制造战略，包括在工厂车间部署人工智能和机器学习。

2017 年，Seagate 公司为晶圆的微视觉检测购买了人工智能制造软件。在此之前，该公司曾使用基于模板匹配的机器视觉系统来实现异常检测过程的自动化。他们取得了很高的准确率，但该方法存在较大的局限性。

早期的方法要求对每一种类型的缺陷都有严格的参数，都要进行静态编码。这些固定的范围有助于确定进行标准化缺陷的识别。然而，缺陷的外观层出不穷，人们需要不断地为此建造匹配模型，这些模型可能会变得越来越复杂，难以整体管理。

通过实施全面的数字制造数据操作和人工智能升级，在 Seagate 公司位于美国和北爱尔兰的晶圆生产设施中，极大提升了图像检测能力。准确率已从 50% 提高到今天的 90% 以上。

为了达到这个目的，该公司一直在从高精度工具产生的数兆字节的传感器数据中提取价值。这些数据已被规范化，并通过人工智能系统提升了它的易用性。因此，Seagate 公司现在拥有多种自动故障检测解决方案，以帮助做出晶圆和工具决策，并可通过人工智能增强的探测器组合，以更好的为自主监测制造过程中的关键节点设置规则。

Seagate 捕获相关的运行时元数据，并将原始数据放入上下文中，以实时创建有用的信息，关闭数字世界和物理世界之间的循环，并对产品的设计、制造和服务方式产生积极的影响。

“Seagate 捕获相关的运行时元数据，并将原始数据放入上下文中，以实时创建有用的信息，关闭数字世界和物理世界之间的循环。”

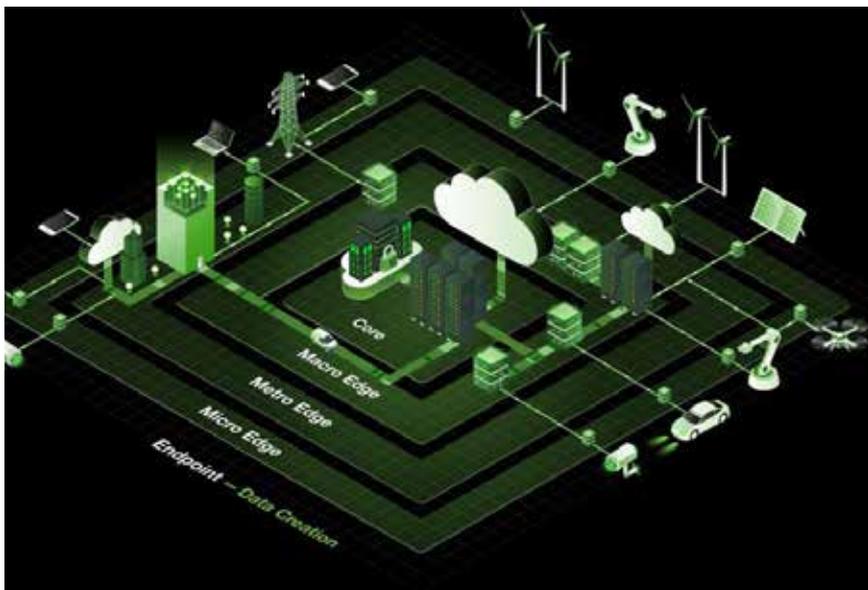
数字化生产线保存了在生产运行过程中收集的数据，以便知道何时对企业资源规划和其他决策支持系统进行快速更新，以改善未来的自动化决策。

细节公司通过预测哪些资产即将失去精度需要维护，延长了设备的使用时间。该公司在检查劳动力、防止报废、劳动力重新分配和避免新设备的资本支出方面实现了巨大的节约。

Seagate 对这种创新的一贯关注，通过对整个制造过程的快速和准确的可视性，建立了问责制，提高了经营业绩和企业系统的有效性。

深度学习算法系统还为其他工厂控制系统生成支持性证据，这意味着 Seagate 可以利用更多数据进行虚拟计量和流程控制。

像 Seagate 这样的高科技制造商需要拥抱数字制造、AI 和 ML 所代表的快速发展的机会。Seagate 不仅投资于尖端技术，而且还向我们展示了持续的转型将帮助公司能力定义其行业的未来。



# Tidel 打破数据孤岛

## Breaking Down Data Silos at Tidel



Maziar Adl  
Co-Founder and CTO  
Gocious LLC  
www.gocious.com

在确保现金安全方面，没有放之四海而皆准的方法。现金处理几乎涉及所有消费者和行业，从杂货店和零售业到快餐店和便利店。甚至音乐会场馆和酒店也需要可靠的现金处理设备，以应对每个行业的独特挑战。

凭借四十多年为不同行业开发解决方案的经验，Tidel 已成为技术驱动型现金自动化解决方案的市场领导者。Tidel 在德克萨斯州 Carrollton 的总部生产各种现金自动化解决方案，涵盖三个核心类别：智能保险箱、现金回收机和定时存取现金控制器（TACC）系统。每种型号和产品类型都能满足其众多客户的需求，同时确保现金安全。

鉴于公司悠久的历史，Tidel 在开发新产品和与创新步伐保持同步的解决方案方面非常有经验。最近，Tidel 的管理团队面临类似的创新压力，这次是关于改革其内部数据管理和组织流程，以优化产品管理。

由于需要制造如此多的模型，Tidel 的团队需要在集中化的系统中解决详细的产品数据管理问题。几十年前的独立电子表格、不同的文件和孤立的数据处理已经无法满足 Tidel

产品经理的需求。

“迄今为止，产品管理中最强大的智能包括产品策略、价格/价值地图和竞争格局——这些都能让你了解你需要什么，为什么需要，以及如何击败竞争对手，” Tidel 公司的产品管理和开发总监 Debby Davis 说，“我一直在寻找能够让我我和我的团队专注于战略而不是手动更新数据和信息的工具。”

“Tidel 专注于简化其产品管理策略，使公司能够使用单一的产品数据真实来源来调整其业务资源。这有助于公司在评估设计和制造产品的功能决策方面变得更加高效。”

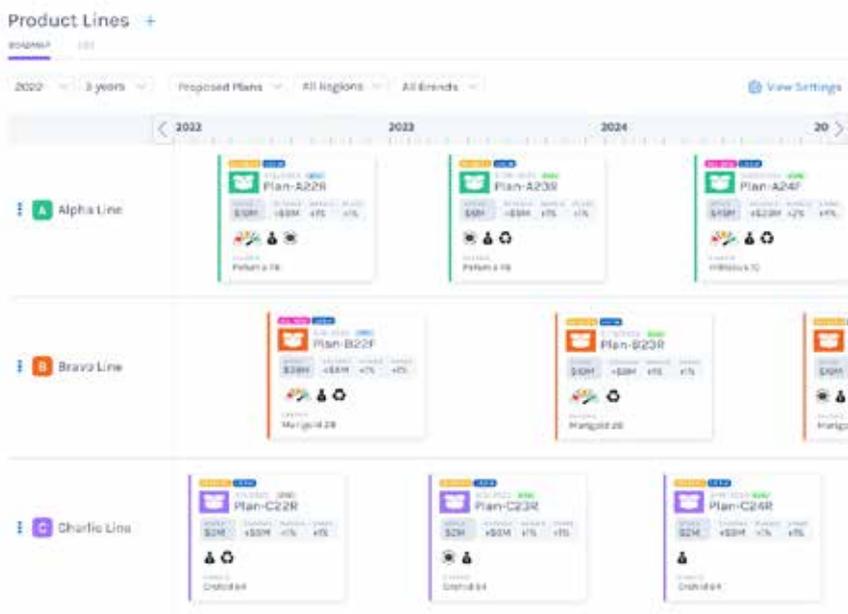
作为一种解决方案，Tidel 转向了敏捷的产品管理和生产实践，以更好地扩展其业务。使用基于云的产品管理软件，旨在保存和共享整个公司的产品数据，Tidel 打破了以前存在的数据孤岛和技术基础设施的障碍，简化了以前手工开发的流程，如竞争对手的价格/价值地图。

由于当前的一体化产品管理软件允许公司在早期产品规划和后期产品管理上投入同等关注，Tidel 采用了一种一致的方法来进行研究，汇总数据点，并从商业角度传达产品概念。Debby 和她的同事可以更好地评估新想法，从而为现金自动化解决方案带来新机会，这些解决方案将在未来几年应对市场面临的挑战。

最终，Tidel 专注于简化其产品管理策略，使公司能够使用单一的产品数据真实来源来调整其业务资源。这有助于公司在评估设计和制造产品的功能决策方面变得更加高效，同时限制了一次性产品请求。

随着这一新的产品管理转变，Tidel 带来了可扩展的解决方案，为众多不同客户行业解决了市场范围内的问题。

在产品管理中有效地使用数据，是组织未来就绪和未来安全背后的驱动力。



# Siemens Gamesa 展示了如何扩展云的价值

## Siemens Gamesa Shows How to Expand Value From Cloud



Jasmeet Singh  
EVP and Global Head of  
Manufacturing Infosys  
www.infosys.com

随着时间的推移，研究证实，企业利润增长与利用云开发新解决方案和新功能以快速推向市场的关系密切。云计算有潜力从数据中产生新价值，推动新收入来源的实现，是一个巨大的福音。

然而，要解锁这些利润，企业需要至少将60%的系统部署在云中。

尽管近期云计算的采用加速了，但只有不到五分之一的制造商跨过了60%的门槛以获取这些潜在利润。

最常见的障碍是制造商无法捕捉和表述云计算所承诺的全部价值，从而阻碍了持续增加投资。

挑战在于，将云投资从技术支持的短期导向路径发展为成为支持企业长期快速、持续带来能力的基础企业投资的困难。

如果没有这种特定的愿景和推动它的运营模式，制造商将难以构建真正以云为动力的企业。

以下是一个潜在解决方案的蓝图：

对于制造商而言，过渡到云计算模式的一个好的第一步是探讨如何将遗留资产（即使部分）提前变现，以实现立即节省运营支出，并为云转型所需的基础设施和技术进步提供资金支持。

下一步是利用可以在智能制造、连接服务

和客户互动等领域为转型发挥倍增作用的服务、解决方案和平台。

在大多数情况下，这包括一系列云资产（如学习资产、工程资产、平台资产和业务资产），形成一个全面的解决方案。

这也是组建具有正确技能和经验的团队，从基层开始将商业理念付诸实践的好时机。

有了这些基础，制造商现在可以在基础资源层上构建云消费层。

资源层确保了效率和治理，同时允许各个业务单元持续、快速地进行云转型。

在我们为 Siemens Gamesa 实施 SAP ERP 系统时，我们探讨并完善了这个蓝图。该实施涉及7个国家的业务部门，需要在一个稳定、高效的混合 Azure 云环境中完成，取代了两个遗留 ERP 系统。

我们共同设计的解决方案旨在提高价值链上的业务效率，并缩短新产品推向市场的时间。这次转型将实现实时报告和数字化赋能员工。它还将为 Siemens Gamesa 的下一代应用程序景观提供动力。

凭借已经推动业务价值的强大资源层，Siemens Gamesa 的目标更为宏大：它已经准备好在50多个国家进行工业化部署，覆盖22个制造厂和所有业务部门。

这是一个很好的扩展云价值的例子。

## 我想获取先进机加工培训

**ME中国：**先进的机加工技术内容独家授权于业内顶流刊物 Manufacturing Engineering。Advanced machine shop engineering content licensed from Manufacturing Engineering, the smartest source in the business.

经审核的高层人员可免费订阅本刊。  
Subscriptions in China are **FREE** to qualified engineering managers.

请将以下信息发送给我们。Email us your

- 姓名 Name
- 职位 Job Title
- 公司名称 Company Name
- 公司地址及邮编 Company Address
- 公司网址 Company Website

并注明“我想订阅ME” subs@icgl.com.hk 或登录 www.ChinaEngineeringMedia.com

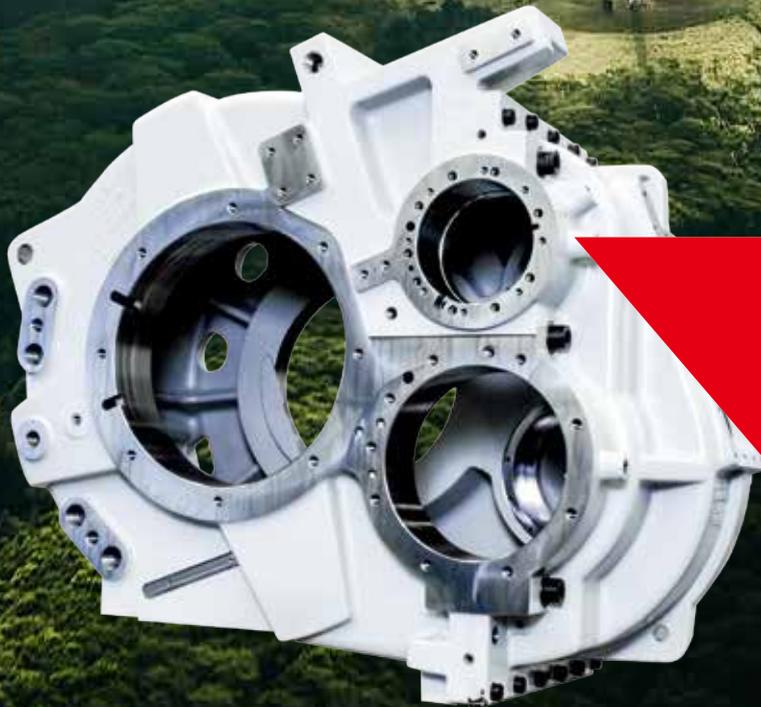


**starrag**

Engineering precisely what you value

Heckert

如果您希望从设备  
使用中获得更多收益



**100%**

生产效率的提高

源自创新的自动化  
流程，镗杆的使用  
和辅助时间的减少。

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



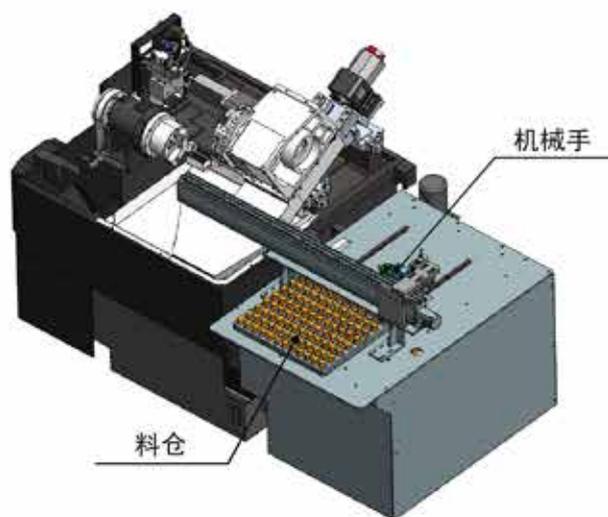
## CNC刀塔车床 M06JC-II 单机自动化

- 上下料装置与机器一体化，省去搬运后再调试
- 紧凑型结构，加工效率高
- 高刚性，切削能力强
- 搭载热变位自动控制系统，稳定性好

### 结构简图

### 机器规格

项目	规格
最大加工直径	$\phi 220/\phi 42$ (棒材) mm
最大加工长度	190mm
工件最大回转直径	$\phi 530$ mm
主轴最高转速	5,000min <sup>-1</sup>
主轴电机功率	5.5/7.5kW
行程X/Z	X: 130mm Z: 230mm
长×宽×高	1,165×1,560×1,650mm



津上精密机床(浙江)有限公司  
浙江省平湖经济技术开发区平成路2001号  
TEL: 0573-8526-8718  
FAX: 0573-8526-8728  
www.tsugami.com.cn

生产一台机床·提供一份感动

公司秉承拥有悠久历史的日本津上“TSUGAMI”、“津上”品牌“高精度、高速度、高刚性”的技术和品质，专业研发、生产和销售精密自动车床、精密刀塔车床、精密加工中心、精密磨床等各类高端精密数控机床。

全国统一客服热线: 400-822-0330 135-1131-7818