

Manufacturing[®] ENGINEERING 中国

面向中国的先进机械加工技术

2023.9

航空航天制造
AEROSPACE MANUFACTURING

增材制造
ADDITIVE MANUFACTURING

自动化
AUTOMATION

刀具
TOOLING

售价: ¥10

ISSN 2313-6073

sme 

Mazak

Your Partner for Innovation



微信



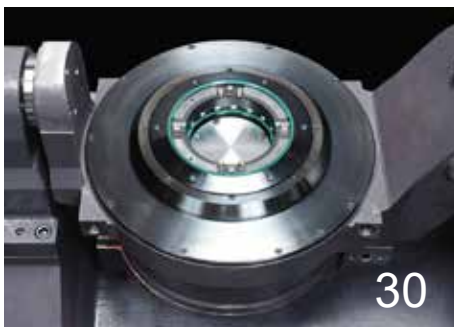
网站

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

全国统一免费服务热线

400-888-0266

2023.9



先进制造 Advanced Manufacturing Now

- 2 用于电动汽车变速箱的强力刮齿机
- 3 数据：制造业废弃物问题的答案

航空航天制造 Aerospace Manufacturing

- 6 将电子产品集成到事物中的新方法
- 8 太空，增材制造的新前沿
- 10 航空航天增材制造：欢迎来到新领域
- 12 AM技术是如何颠覆航空航天业的
- 18 航空航天电气化的挑战和机遇
- 19 CT扫描：内部的故事

增材制造 Additive Manufacturing

- 20 三维打印技术正在改变建筑业
- 22 绿色增材
实现3D打印可持续发展需要更多的设备，这要求我们重新思考现状。

自动化 Automation

- 26 选择合适的压力机
压力机技术——无论是采用机械式、液压式还是伺服式——都发挥着多种作用。

刀具 Tooling

- 30 驾驭多品种、小批量制造
想要缩短设置时间并提高竞争力？在投资更换高速工具或新机床之前，先反思一下：拦路虎可能就是你自己。
- 34 切削刀具涂层的新动向
是否应在公司内部进行涂层？需要考虑的因素包括成本、供应链问题以及生产专有涂层的能力。

数字工厂 Digital Factory

- 37 “人工智能物联网”，边缘分析在Gebhardt创造和谐
- 38 过程监控软件的进步
零件制造过程中的质量保证可能是增材制造（AM）能否被接受的关键。
- 40 安全与可靠？
黑帽子、脚本小子、网络钓鱼者和敌对国家。
这些不良分子肆无忌惮地破坏你的工厂，窃取你的东西。你在做什么？
- 44 云计算如何重塑电动汽车
- 45 先进的数据收集方法增强复原力

生产解决方案 Shop Solutions

- 46 通过精密工件夹具提供长期价值
- 48 客机转为货机

行业情报 Field Intelligence

- 50 虚拟孪生优化 CenterLine 的操作
- 51 智能机电一体化助力Sensata Technologies的传感器生产
- 52 工业可穿戴设备亮相宝马

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.

用于电动汽车变速箱的强力刮齿机

Sharpening Skiving Cutters for EV Transmissions



XIAOYU WANG
Product Manager –
TX Machine Platform
and Gear Tools
ANCA

传统燃油汽车将成为历史的一部分。许多国家已经设定了停止销售此类车辆的最后期限：法国是 2040 年，英国是 2030 年，挪威的目标是在 2025 年成为世界上第一个实现这一目标的国家。

为了响应绿色倡议，在汽车电气化方面投入了数十亿美元之后，汽车行业巨头们承诺将停止生产老式内燃机（ICE）汽车。大众汽车公司计划到 2025 年其销售额的 25% 来自于电动汽车；通用汽车公司希望到 2035 年停止生产汽油动力汽车；到 2030 年，福特汽车公司（欧洲分部）将完全实现电动化。

对于服务于汽车行业的切削刀具制造商来说，该行业的电气化既是生存挑战，也是革命性的机遇。2017 年，11.8% 的切削刀具消耗用于汽车制造。但是，加工纯电动汽车（EV）部件所需的时间估计仅为切割传统内燃机部件所需时间的 50-75%。更少的切削时间意味着更少的刀具磨损，随着内燃机汽车生产放缓并最终停止，这将导致整体刀具消耗的下降。

对切削刀具需求的下降是一个重大威胁，特别是对于严重依赖汽车工业的切削刀具制造商而言。同时，电动汽车生产也提供了许多机会。许多新型电动汽车变速箱中使用的内齿轮所需的新型滚齿刀非常重要。

45% 的齿轮生产用于车辆变速箱。电动汽车改变了齿轮行业的需求。高达 20,000 rpm 的发动机转速意味着需要更高的传动比来降低转速以提高效率。行星齿轮系统在新变速器设计中更为普遍。在行星结构中，外齿轮需要研磨，目前的滚齿和研磨生产工艺可以轻松满足这一要求。问题出在内齿圈上。传统上，内齿轮是通过插齿或拉齿生产的；插齿的成型速度慢，而拉齿则依赖于复杂的刀具。

对于电动汽车来说，效率以及噪音排放对客户来说更为重要。电动汽车齿轮需要更高的精度和更高的性能。内齿轮的质量需要从 DIN 10 提高到 DIN 6。

齿轮行业将强力刮齿视为生产数百万个电

动汽车内齿圈所需的革命性工艺。

在电动汽车快速增长的推动下，刮削工艺中使用的刀具需求量很大。由于其复杂的几何形状，生产整体硬质合金刮齿刀具需要一系列技术和工艺的改进。ANCA 的 GCX Linear 于 2019 年发布，为制造 DIN AA 级质量的整体硬质合金刮齿刀具提供了完整的解决方案。

刮齿刀归类为小齿轮刀具，由后刀面和前刀面组成。在生产出侧翼后，重磨——或者简单地说是刃磨，正如业内所知的那样——只会磨回前刀面。这些刀具价格昂贵，并且设计成具有较长的刀具寿命，通常为 6 mm 至 10 mm 的可重磨深度。在重磨过程中，根据损坏程度，每次将前刀面磨回 0.3 mm 至 0.5 mm。在刀具的整个生命周期内，可以进行多达 30 到 50 次重磨。随着电动汽车数量的增长，到 2024 年可能需要数十万把刮齿刀具，相当于超过 100 万次刃磨。

为了使客户能够进入这个快速增长的市场，ANCA 发布了一个新的软件包，用于磨削滚齿刀和插齿刀。使用 MX 和 TX 机床的客户只需购买软件的更新，并将标准探针更换为红宝石探针尖。

在 ToolRoom 软件包中，新的购买选项“小齿轮型刀具刃磨”包含两种前刀面样式的数字化和刃磨操作：阶梯前刀面和锥形前刀面。

锥形前刀面是锥形表面的一部分，由前角定义，并与后刀面相交以形成刀具的切削刃。刃磨锥形前刀面需要对刀具位置的末端进行数字化处理，然后用 1A1 砂轮重磨锥形表面。切入式磨削方法用于初始重磨，摆动式磨削方式用于后续重磨。

使用 1A1 砂轮重磨锥形前刀面：阶梯形前刀面是由前角和导程角定义的平面。要重磨一个阶梯形前角面，找到齿的准确分度位置并之对齐是至关重要的。ANCA 软件计算出正确的几何形状，以引导红宝石探针找到正确的位置。该过程是自动化的，无需特定的对齐或人工干

预。前刀面平面的刃磨一次只在一个齿上进行，科研使用 1A1 砂轮来提高速度，也可以使用杯形砂轮提高表面光洁度。

使用 1A1 砂轮对阶梯形前刀面进行重磨：重磨套件适用于 MX 和 TX 机床。只需极少的硬件更换，MX 即可适应最大 105 mm 的刀具直径。TX 功能更强大，具有更大的工作范围和

更坚固的结构，可以适应最大 240 毫米的刀具直径。轮毂式和圆盘式刀具可以通过夹具安装在夹头上。刀柄式刀具可以直接夹紧在夹头中，也可以使用莫氏锥度适配器夹紧。

对于那些希望在内部定期重磨这些刀具的齿轮制造商来说，该软件包也是一个理想的解决方案。

数据：制造业废弃物问题的答案

Data: The Answer to Manufacturing's Waste Problem



V.R. VIJAY ANAND
Head of Digital
Machining,
Sandvik Coromant

尽管采用了数字工具，但只有 59% 的制造商将提高可持续性作为其运营数字化的原因。然而，数字化的潜力远远超出了其感知的应用范围。瑞典工程工业协会（Teknikföretagen）整理的数字工具在实现可持续发展目标方面的重要性——在制造业等其他部门利用 IT 技术，有可能将二氧化碳排放总量减少多达 20%。

增加数字工具的使用对于使制造活动与《巴黎协定》保持一致、提高资源效率以及减少废弃物至关重要。根据世界银行的最新数据，在全球范围内，工业废物几乎是城市固体废物的 18 倍。所有的生产设施都会产生废弃物，其中大部分是可以避免的。

生产过剩和缺陷输出是产生废物的两个最常见因素。使用传统技术运行的设施缺乏应对现代制造挑战的复杂性，这太常见了。但是，这不意味着制造商们应当视大范围的废弃物生产成为不可避免的生产后果。工业废弃物必须减少，而数据可以为实现这个目标起到关键作用——如果制造商知道如何处理数据的话。

提高运营效率

每一座制造业的工厂，无论其规模大小、复杂程度如何或历史长短，每天都会产生大量数据。在智能工厂，这些数据包括一切，从设备性能到产品质量，通过每一台机床上安装的传感器收集数据。先从少量开始——涉及每一天机床的数据，这是最终大规模减少废弃物的首要方法。

每一个加工过程的小变化逐渐积少成多，最终会对运营效率产生巨大影响。从车间的机床上收集数据并对其进行分析，使制造商能够监控机床进程并采取相应行动。然后，制造商可以利用这些数据优化不同加工过程，从而检测到效率低的过程、精简生产和物流规划以及预测未来的维护需求。通过提升若干较小型加工过程的能源效率，数据可用于控制和减少整体能耗。

可实时监测到能源效率低下问题，从而使制造商有机会确定潜在的原因和解决方案。例如，在查看能耗数据时，制造商可能会发现某台设备的能耗明显高于其他设备。利用这个信息，制造商可以确定功率消耗增加的原因，并实施改进，以优化机床的效率。

持续实时分析数据也有助于精简机床维护工作。数据分析可以在即将发生的问题之前识别它们。如果某台机床出现问题或性能变化，则其生产的零件可能无法用作目标用途，最终成为废品。借助机床性能相关的数据，在机床刚开始出现小变化时就马上识别出，从而使工程师们能够提前采取预防性措施，进而避免生产出大量缺陷产品。

Sandvik Coromant 公司提供的数字驱动加工产品中的 CoroPlus 套件，可以帮助制造企业提高效率，减少废品和提高生产率。CoroPlus Process Control 能够实时监控机床，并根据编程协议触发相应操作。如果出现特定的预定问题，解决方案会自动触发纠正操作，例如，使机床停机或更换磨损的切削刀具。以



这种方式进行的维护能够将运营效率提高 89% 之多并减少废弃物, 即: 使制造商能够访问数据、监控机床性能以及在故障发生前识别出故障。

考量整个生命周期

通过生命周期评估 (LCA) 生成的数据也有助于减少废弃物。LCA 会对产品每个生命阶段的环境影响进行评估, 主要是考量产品的原材料是如何获得的, 所需的资源量, 制造、包装和分销过程中使用的材料和能源, 产品功能的影响以及在产品生命最后阶段造成的废弃垃圾和污染。

通过考量产品生命周期的每一个阶段, LCA 可谓千方百计、周全详细。一旦完成 LCA, 制造商们能够识别出产品在可持续发展方面的严重问题、评估出仍在研制过程中的产品的可持续发展表现以及设计出更可持续的全新解决方案。

但是, 需要考量的不仅有产品本身, 还包括它们的包装。包装是必要的, 但是因为需要资源, 所以会造成很多环境问题。这个问题也是全球性的。在英国, 商业和工业领域每年产生近 4400 万吨包装垃圾; 在美国, 28% 的城市固体垃圾来源于包装。

Sandvik Coromant 公司认识到了包装存在的问题 — 甚至是诸如切削刀具这样的产品, 因此最近发布了其包装选择应用程序 (PSA)。PSA 利用数据分析 Sandvik Coromant 公司待包装产品的 3D CAD 模型、识别其临界点

且利用 AI 算法推荐最少量的包装。这就通过减少从分销到生产的包装垃圾提升了 Sandvik Coromant 公司刀具的 LCA。

透明架构, 助力循环经济

数据还可用于实现闭环制造链 — 某个加工过程产生的废弃物可用作其他过程的资源。以这种方式运营可提升制造业的循环经济, 通过持续的重复利用最大程度减少了废弃物。

运用 LCA 数据, 加之加工数据, 制造商们能够通过持续的产品和过程改进提升他们产品的效率和循环能力。有效执行这种产品系统需要坚实的数据策略。为了打造坚挺的数据架构, 制造商需要数字化的基础设施, 以此轻松同步若干不同地点的不同工序, 且识别出可以利用废弃物的机会 — 否则这些废弃物可能终结在垃圾仓里。Sandvik Coromant 的机床互联产品 CoroPlus® 及嵌入传感器的刀具解决方案使得制造商们能够利用数字化加工, 掌握“与切削刃密切相关的”数据, 以此充分利用他们的废弃资源实现更可持续的运营。

一开始, 数据可能看起来过于庞大 — 量非常大, 所以可能很难决定该如何处理这些数据。但是, 凭借正确的策略, 事实会证明它对于减少工业废弃物是非常有价值的工具 — 能够提升效率, 实现预防性的维护, 鼓励创意产品研发和精简不同机床、工厂甚至所有企业的资源管理。

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

将电子产品集成到事物中的新方法

A New Way of Integrating Electronics Into Things

当华纳罗宾斯空军基地的飞机维修人员要求在油箱中工作时进行更好的安全监测时，他们得到了一个装有蓝牙的柔性保形臂带，可以监测挥发性有机化合物（VOC）的浓度、氧气水平、温度和湿度。该安全装置由 NextFlex 公司开发，采用了一种名为柔性混合电子（FHE）的新兴技术——与空军研究实验室的材料和制造局以及第 711 人力效能飞行大队合作。

“这是一种将电子器件集成到事物中的新方法，”专注于 FHE 的美国制造创新研究所 NextFlex 公司的工程总监 Janos Veres 说。“显然，主要的应用是在国防和航空航天领域，但这项技术能够沿用到……任何地方。”

总体而言，Veres 的预测得到了 FHE 市场分析的支持。

阿贡国家实验室的首席材料科学家 Yuepeng Zhang 在一次关于为 FHE

制造材料的网络研讨会上表示：“根据 Prescient & Strategic Intelligence 的市场研究报告，在过去五年中，全球印刷电子的市场收入迅速增长，综合年增长率为 22%。按照这个速度，预计整体收入将从 2019 年的 360 亿美元增长到 2030 年的 3600 亿美元。”

除了像在 Warner Robins 所做的那样环境监测外，FHE 在航空航天和国防方面的应用还存在于生物医学评估、安全、通信、能源生产以及存储、计算、供应链管理 and 资产维护等方面。

很容易理解为什么该基地的飞机维修团队偏爱其新的臂带，而不是传统的安全监测手段。

NextFlex 网站上的一篇报道说：“目前监测工人在密闭空间的健康和安全的方法依赖于笨重的空气监测器和持续的视觉观察。这些方法是劳动密集型的，而且不

准确，因为它们不能直接监测工人周围的空气，也不能指示工人何时处于危险境地。”

就像在 Warner Robins 一样，比起传统的半导体集成电路，FHE 的使用很受欢迎，因为它们很灵活、更小、更轻。

例如，NextFlex Flexible 微控制器的重量比 Arduino Mini 微控制器板轻 70%。

除了这些参数之外，FHE 还满足了全球对成本更低、能效更高的电子设备的需求，张说。

“美国电子行业，特别是国防电子行业的一个关键问题是，虽然电子产品的重大研究和开发发生在国内，但电子产品的大部分制造实力却在海外，”根据空军研究实验室（AFRL）2016 年的一份报告。“这种更强大的外国电子产品制造的趋势意味着，美国国防组织必须积极努力确保国内供应商的可用性，并提高他们的能力，以满足对日益复杂的国防电子产品的需求。”

AFRL 的一位官员证实，这一说法在 2021 年仍然适用。

NextFlex 执行董事 Malcolm Thompson 说，在全球范围内，由于需要更多的材料、工艺和机床，新兴技术的增长受到了阻碍。

他说，在美国，制造业在 FHE 行业中处于有利地位，因为它善于创新，也因为有聪明的人在其中工作。

“人才？”汤普森说。“总的来说，是的，我们有这样的人才。”

其中一些人才就在 NextFlex 公司内部，那里的工程师利用 FHE 创造了一种可穿戴设备，可以代替国防部（DoD）人员的智能卡，用于安全访问军事系统。

在混乱中增加秩序

在办公室或其他受控环境中，使用智能卡和 PIN 码来获得访问权限不仅安全，而且过程容易管理。

然而，在战术情况或战斗中就不是这样了。

针对这些混乱的情况，NextFlex 与美国陆军作战能力发展司令部合作，制造了



像飞机机翼内这样的密闭空间对于人工检查来说是个问题，部分原因是燃料残留物产生挥发性有机化合物。柔性的护臂装置使工作更安全、更高效。

一种灵活的无线 FHE 设备，可以戴在衬衫的袖口里。该技术正处于预生产、试验阶段。

领导 NextFlex 项目的硬件系统工程师 Sean Nachnani 说：“你可以想象这个项目的最终目标是创造一个嵌入袖扣或用户纺织品中的设备，一个你不会注意到的东西。它只是你衣服或制服的一部分，它没有重量限制。这就是 FHE 的魅力：它是如此之薄，它是保形的，它与你一起弯曲。你不会注意到它。”

FHE 的部分制造过程是将硅芯片切成只有几十微米的厚度。

“这就是我们所研发技术的激动之处，因为在那时硅可以弯曲，” Veres 说道。

“因此，我们有希望使整体电路连同硅一起变得可弯曲。”

国防部安全设备的电源和通讯都是无线的，因此没有湿气和灰尘进入的入口。

整个设备被包裹在通过包覆成型工艺实现的软硅树脂中，树脂还可以防止潮湿和机械冲击。

NextFlex 尚未完成入口保护测试。但其他以同样方式屏蔽的设备很容易达到 IP68，软件和测试工程经理 Rob McManus 说。

使用类似的可穿戴设备可用于访问工业环境，医院甚至家庭中的安全位置。

可以说 FHE 对于为国防部制造更好的安全设备至关重要，洛克希德马丁公司也正在使用它们来制造小型无人机系统（SUAS），如延长 Condor 型无人机的续航时间和有效载荷（XEP）。

先进的卫星通讯系统

洛克希德公司与美国空军后勤部合作开发了 Condor XEP，用于情报、监视、侦察 / 搜索和救援行动。

它的翼展为 143 英寸，机身为 68 英寸，通信距离约为 9.3 英里。Condor XEP 的设计目的是以更低的成本模仿大型飞行器，便于携带和手动发射。



NextFlex 公司的执行董事 Malcolm Thompson 正在引领柔性混合电子产品的国内生产。尽管有这些优势，但仍有一些问题需要克服。

SUAS 配备了摄像头和夜视仪，但洛克希德先进制造技术小组的研究员 Steve Gonya 正在牵头增加太阳能和实时高清视频流功能。该团队还在升级 Condor XEP 的卫星通信（SATCOM）能力。

Gonya 的合作者、宾汉姆顿大学工程学教授兼先进微电子制造中心主任 Mark Poliks 说：“一般来说，所有这些功能都是使用传统电路板实现的，但我们现在要做的是去掉刚性元件，将越来越多的电路功能单独放在柔性电路电缆上，从而消除那些体积更大、重量更重的结构。”

Gonya 说，他们已经用 FHE 更换了大量线束，并增加了新的电路板用于电源管理。

为了从太阳光中获取能量，他在 SUAS 的机翼上使用了柔性、高效、三结砷化镓太阳能电池板。研究小组正在进行飞行测试。

Gonya 说：“这似乎不会影响飞机的空气动力特性，但我们正在测量它能产生多少电能。在阳光明媚的好天气，机翼上的全套太阳能电池应该能产生超过 100 瓦的电力。”

他说，100 瓦足够或接近持续飞行所需的功率。相比之下，目前用于为 Condor XEP 供电的锂离子电池仅可支持约四小时的飞行时间。

正在进行测试的还有双频、最小输入 - 最小输出通信（MIMO-COMM）数据链路，用于从 SUAS 的摄像头传输实时高清视频流。

柔性共形天线由马萨诸塞大学洛厄尔分校的一个团队设计。它看起来就像贴在 SUAS 机翼底部的一个贴片。MIMO-COMM 取代了垂直于机翼的叶片天线。

“它基本上可以在拐角处反弹，” Gonya 说。通常这是一件坏事，但对于拥有多输入多输出的 MIMO 系统来说，它们可以处理这些多重输入。因此，你可以获得比视线更好的效果。

“另外，我们想要一个漂亮的球形天线图案，没有空洞，”他说，并将多输入多输出天线的辐射图案与全向天线的圆环状图案进行了对比。一般来说全向天线的辐射模式在中间顶部和中间底部有信号损失。

飞机上还将对用于超视距视频上行的卫星通信能力的 FHE 进行测试。

大多数 SATCOM 通信光圈又大又笨重，大约有面包盒大小。市场上销售的孔径都无法安装在 Condor 这样大小的 SUAS 上。

Gonya 说：“卫星通信是最雄心勃勃的目标。”

通过与佐治亚理工学院合作，洛克希德公司开发出了一种柔性光圈，其中集成了电子设备、电路、天线元件和移相器，可实现真正的相控阵和波束转向。

Gonya 说：“电子设备与天线集成在一起，在飞行器飞行时进行波束转向，并试图跟踪卫星。这是一项尖端技术。我们开发了一个足够小、足够灵活、增益足够大的光圈，现在我们可以将它与一群飞行器集成在一起。”

该团队仍在进行通信距离测试。

洛克希德 - 马丁公司的技术是最先进的，今天柔性保形混合电子技术的前沿可能会带来明天的创新，将传感和功能与设备结合得更加紧密。

Poliks 说：“我认为这才是未来真正的机遇。我们将看到物体的电子皮肤”。



NextFlex 公司工程总监 Janos Veres 预测，为航空航天和国防领域开发的柔性混合电子设备最终将应用于各个领域。

太空，增材制造的新前沿

Space, the New Frontier for Additive Manufacturing



Eric Weybrant
Dassault Systèmes
SIMULIA R&D

在过去几年里，关于在近十年的某个时候重返月球，然后首次踏上火星的严肃讨论一直在流传。对于这两种情况，不是会不会发生的问题，而是何时发生的问题。虽然各种技术的快速发展正在提高太空计划的可行性，但有一项技术尤其可能对人类太空旅行的未来和在遥远星球上生活的可能性承担很大的责任，它就是——增材制造。

许多专注于太空的公司已经在使用增材制造来制造火箭部件，包括 SpaceX、Blue Origin 和 Aerojet Rocketdyne。还有一些公司，比如 Relativity Space 公司甚至已经采用 3D 打印制造了整个火箭。3D 打印的火箭零部件有很多优点。它们往往更便宜、更轻、更坚固，而且比传统制造的同类产品生产速度更快。

除了制造零件，增材制造还可以在太空中建造实际的建筑物，从住房到需要长期使用的研究设施。有了在月球上的增材制造基地，就不再需要运输建筑材料——我们可以简单地携带一台 3D 打印机前往月球，使用在月球表面找到的材料来打印房屋、实验室等。这并不像听起来那么牵强。ESA 和 Foster + Partners 公司就曾使用模拟月球土壤来 3D 打印砖块和横梁等结构元素，并取得了巨大成功。美国宇航局也效仿了类似项目，即 3D 打印栖息地挑战。

尽管这听起来具有开创性，但月球上的 3D 打印机不会是太空中的第一台 3D 打印机。国际空间站是 Made In Space 公司的 Additive Manufacturing Facility 的所在地，这是第一个在近地轨道上运行的永久性 3D 打印机。AMF 于 2016 年安装，已经生产了 200 多种工具和

零件，包括为驻扎在国际空间站的宇航员提供的医疗用品，以及替换零件、商业产品，甚至艺术品。

但是，在这场新的太空竞赛中部署增材制造也带来了一个重大挑战——你如何能知道增材制造在不同的环境或不同的星球上是怎样工作的？

如果人类是在月球上生活，就可以对此进行前所未有的研究。但目前来看，在很长一段时间里，这并没有意义。

我们怎么可能在月球上居住而没有住房呢？我们又怎么可能把在遥远的星球上建造房屋所需的各种建筑材料都运输过来呢？为了使“太空制造”增材制造设施达到今天的产能，需要做很多工作。想想在高海拔地区烤蛋糕所遇到的困难，然后把这些困难加倍。在正常的地球条件下进行 3D 打印都有可能十分棘手，在没有重力的情况下，这项工作将更具新的挑战。

今天，我们使用模拟软件测试飞机在湍流、压力变化和气候变化下的性能。一个强大的模拟解决方案也可以在太空中重建大气环境，让我们回答，“它在太空中有效吗？还是在火星上？”，然后在最终目的地打印零件。

无论你在地球上还是在太空中，如果没有模拟，增材制造都会变得更加困难、耗时和昂贵。

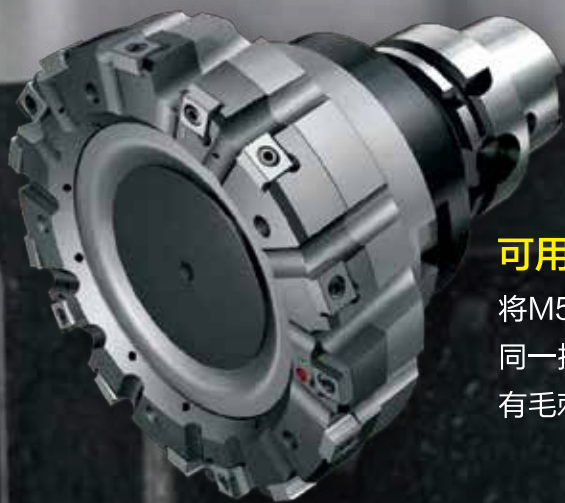
仿真解决了开发周期早期的设计和制造挑战，节省了时间并消除了代价高昂的错误。由于在遥远的星球上遇到的变量，包括有限的材料、大气、重力等差异，模拟增材制造过程可以减轻在设计 and 制造阶段可能发生的潜在扭曲，所有这些都减少了对物理测试的需求。



SANDVIK
Coromant

M5C90铝合金铣刀

粗精一刀完成的面铣



可用一把刀具一次完成粗加工和精加工

将M5B90安装上周边立装粗加工刀片就成为M5C90，它可实现用同一把刀具完成粗加工和精加工。它能平稳、快速地加工，工件没有毛刺、刮痕或崩边，而且进给率高，节约时间和成本。



扫一扫
直达官网了解更多



航空航天增材制造：欢迎来到新领域

Additive for Aerospace: Welcome to the New Frontier

在增材制造 (AM) 的所有应用前景中，航空航天和国防工业带来的机遇最大。更轻、更符合空气动力学原理、材料性能更优越的结构是其中一些最明显的应用。减少零件数量，从而简化曾经复杂的装配的能力对供应链有着深远的影响。

此外，AM 采用者现在还可以使用各种先进材料 -- 其中许多材料都很难通过传统制造方法加工 -- 因此，越来越明显的是，AM 可能真的会把我们带到前人没有去过的地方。

AM 研发公司 Castheon 的创始人兼总裁 Youping Gao 希望能做到这一点。

他曾在 Aerojet Rocketdyne 公司担任技术研究员和 AM 技术负责人长达二十多年，2018 年，他决定将 AM 事务交给给自己处理。从那时起，他和他的团队就将工作重点放在了金属粉末床熔化 (PBF) 的基本原理，以及探索 AM 生成的微结构和冶金性能上。

Gao 对耐热超合金 (HRSAs) 和一类被称为难熔金属的特殊元素的 3D 打印尤其感兴趣。前者在燃气轮机和火箭发动机中得到广泛应用，但后者在改变人类推动飞机、航天器和武器装备从 A 点到 B 点的速度和方式方面潜力最大。

这是因为，虽然铬镍铁合金 718 和哈氏合金 X 等超级合金 (HRSA) 因其极强的耐热性和耐磨性而闻名，但与 Gao 所瞄准的金属相比，它们还远远不够。甚至是差远了。铬镍铁合金在大约 871°C (1600°F) 时开始失去强度，建议的工作温度范围也远低于此，而钽和钨等难熔金属在许多冶金学家认为是地狱般的温度下仍能保持强度。

例如，钽 (他最喜欢的材料之一) 的熔点为 2477°C (4491°F)，几乎是哈氏合金 X 的两倍，而纯钨在熔化前的温度可达 3422°C (6192°F)。

为什么这很重要？任何燃气轮机工程师都会证明，更高的工作温度是提高发动机效率的圣杯。正如 Gao 解释的那样，基于激光的 PBF 可以增强难熔金属的冶金性能，使其能够在曾经被认为是禁区的环境中发挥作用。

快速分析与制造推进技术

他说：“打印这些材料时，它们通常会变得比锻造或锻造的材料更坚固、更硬。激光能促进产生具有神奇特性的过饱和固体溶液，这是其他方法无法实现的。如果将这一点与 AM 生成以前无法制造的形状

的能力结合起来，就会为航空航天业带来一些非常令人兴奋的可能性。”

追求新型 3D 打印部件和材料的不止 Gao 一人。美国国家航空航天局 (NASA) 马歇尔太空飞行中心 (MSFC) 的高级推进工程师 Paul Gradl 指出，该机构使用的 GRCop 是一种铜铬钼合金，具有高导电性和高强度，是液体火箭发动机燃烧装置和类似“高热通量”应用的理想材料。

作为 RAMPT (快速分析和制造推进技术) 项目的一部分，美国国家航空航天局 (NASA) 投资定制了一台定向能沉积 (DED) 机器，能够在同一构建过程中打印多种金属。

其使用的一个显著例子是建造了一个 65% 比例的 RS-25 喷嘴，直径为 16 英寸 (40.64 厘米)，高 72 英寸 (182.88 厘米)，喷嘴内装有整体冷却通道，由铜、合金 625 和其他航空航天级合金的离散层组成。

Gradl 解释说，如果使用传统方法，测试喷嘴需要两年时间才能完成。虽然缩短制造周期可以节省各种成本和准备时间，但在这种情况下，最终产品的性能才是与星际旅行目标最相关的。

Gradl 说：“在我们的 DED 和激光粉末床打印机之间，迄今为止我们已经建造了大约 30 到 50 个燃烧室，实现了大约 30,000 秒的热火时间，这在我们的世界里是一个相当大的数字。我们在各种环境、各种类型的燃料和操作条件下进行了测试。我们在设计复杂性方面，以及在哪些方面和多大程度上可以推动技术的发展方面，对技术进行了真正的考验。这是一个非常成功的项目。”

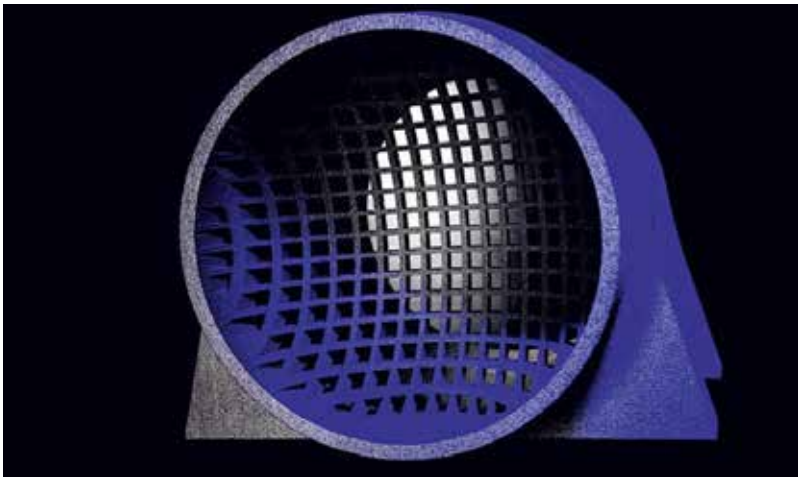
认证之路

增材制造很酷，但所有这些研发对从事航天飞行的人意味着什么？

美国国家航空航天局 (NASA) 工程与安全中心 (NESC) 负责材料和增材制造的副技术研究员 Alison Park 认为，该机构的工作产生了非常明显的涓滴效应，其中最突出的是 NASA 最近发布的 AM 标



一名波音 CST-100 技术人员在吊装过程中密切关注飞船乘员舱。打开的端口用特殊的低粘性胶带覆盖，以防止被异物损坏。



Northrop Grumman 公司的最新突破之一是使用非连续碳纤维的静电消散聚醚醚酮，这将为飞机和航天器设计带来令人振奋的进步。



在佛罗里达州卡纳维拉尔角美国国家航空航天局肯尼迪航天中心发射轨道飞行测试 -2 之前，波音公司团队成员将 CST-100 Starliner 推到一个区域进行加油。

准 NASA-STD-6030 “航天系统的增材制造要求”。

Park 说：“NASA 一直在积极制定 AM 的内部标准，以便在行业标准和实践标准不断发展的同时，提供一个完整和通用的基础。我们还与 AM 标准制定组织（SDOs）保持密切联系，帮助他们在 AM 领域就最低要求达成共识，因为 NASA 对 AM 的标准化非常感兴趣。美国国家航空航天局在与整个航空航天工业合作并为其提供支持方面具有独特的优势。”

这对 Northrop Grumman 公司先进增材制造研究员埃 Eric Barnes 来说是个好消息，他表示，目前的认证过程可能令人沮丧。

他说：“增材制造的主要优点之一是速度快，因为它可以让你非常迅速地开发产品，但这多少会受到产品或材料鉴定延迟的影响。尽管如此，它通常比其他方法要快得多——例如，采购一个大型锻件可能需要一年时间，更不用说随之而来的模具成本了。”

穿过低谷

和他的同事们一样，Barnes 从增材制造技术诞生的三十多年前就开始涉足这一领域。

他见证了三维打印技术的发展历程，从最初仅使用低性能树脂的快速成型技术，发展到现在可以生产金属和聚合物的高功能最终用途部件，并因此成为广泛航空航天应用的首选制造解决方案。

他认为，AM 即将进入黄金时代。

Barnes 说：“从 Gartner 的炒作周期来看，我们已经走过了幻灭的低谷，正在迈向生产力的高原。Northrop Grumman 公司及其客户现在能够更容易地采用增材制造技术，并为进入生产力高原做好准备，因为我们在过去几年中收集了所需的数据，并生成了确保在航空环境中长期使用增材制造技术所需的统计信息。”

其中一些工作涉及开发更先进的过程监控系统。这些系统将提供万一发生产品故障时进行死后分析所需的详细制造数据，同时也将减少目前在飞行关键部件上进行的昂贵的 CT（计算机断层扫描）和其他 NDT（无损检测）的需求。

Barnes 说：“未来，您或许可以完全取消无损检测。全面的制造数据也将有助于缩短鉴定时间，如果你能实时了解制造腔内发生的一切，机器学习和人工智能系统也许就能调整工艺参数，从而使你永远不会出现坏零件。”

从备件到维修

Dan Braley 还提出了另一个考虑因素，一个在将航空航天产品快速、安全、经济地推向市场的竞赛中经常被忽视的因素：持续性。

作为波音全球服务公司的副技术研究员和快速成型制造技术联络员，Braley 负责确保从商用客机到喷气式战斗机和垂直升降直升机的所有设备在部署后都能通过快速成型制造保持正常运行。他将这项工作称为“备件和维修的快速成型制造。”

Braley 说：“这一切都是为了帮助波

音公司的各种项目和客户让他们的飞机继续飞行。例如，如果他们无法获得某些部件，或者某个关键供应商倒闭了，或者飞机上的某个部件需要修理，我们就会想方设法帮助他们摆脱困境。”

“为了以最快捷的方式实现这一目标，需要研究各种先进的制造技术，无论是混合数控加工、AFP（自动铺丝技术）、冷喷涂（CS）技术，当然还有基于金属和聚合物的 3D 打印技术。”

Braley 指出，至少在一个案例中，这些增材制造部件的性能超过了它们所替代的传统部件。

在向美国国会提交的《2017 财年增材制造报告》中，国防部列出了一系列与增材制造相关的项目，其中包括首次对当时几乎闻所未闻的技术进行官方认证。

2003 年，美国空军无法找到传统制造的替代品来替换因腐蚀疲劳而失效的十几架 F-15 塔架肋条。他们决定对 DED 技术进行测试。报告称，“这些部件至今仍仍在飞行，没有任何现场问题报告”。

这个案例中的供应商是？波音公司。

Braley 说：“这些塔架是重载的关键安全部件。空军无法获得任何替代品，多架飞机停飞。我们与他们合作，利用快速成型技术证明了解决方案的可行性，生产钛部件所需的时间远远少于钛锻造供应商提供可行解决方案所需的时间。这是一个很好的例子，说明了增材制造在使停飞飞机迅速恢复服务方面所能发挥的作用，但更是一个很好的例子，说明了增材制造和其他类型的先进制造给行业带来的巨大价值。”

AM 技术是如何颠覆航空航天业的

How AM is Disrupting the Aerospace Industry



在波音公司，我所在的小组被称为 BAM（波音增材制造），它将自己视为产品开发的加速器。我们对增材制造（AM）的关注包括金属和聚合物飞散部件的制造，以及协助我们的工厂工人和研究工程师快速制造工具和车间辅助设备、符合人体工程学的工厂辅助设备和研究模型。

我们的金属快速成型技术始于 2001 年，当时我们为 X-37A 制造了第一个钛合金丝部件。多年来，我们有条不紊地推进钛丝技术的成熟，同时着手开发粉末床熔融技术。到 2017 年，我们在每架 787 Dreamliner 上都安装了钛丝部件。2018 年，我们为一个卫星家族生产了可部署离子发动机支架，该支架是其他三个 AM 部件组装的一部分。如今，我们在波音产品中使用的聚合物和金属 AM 部件已超过 7 万个。

在波音公司之外，该行业也取得了显著的里程碑式成就。我想大家都同意，GE Additive 公司在 2015 年推出的 LEAP 燃料喷嘴做出了重大贡献。该喷嘴的重量减

轻了 25%，并将 20 个部件合二为一。一旦实现全速生产，每年将生产 3.6 万个这样的喷嘴。

最近，GE Additive 公司的 228 个金属 AM 涡轮叶片部件获得了美国联邦航空管理局（FAA）的批准，这些部件将用于在 777X 型客机上使用的 GE9X 发动机。

现在有人会问，增材制造的下一个目标是什么？我听到很多人说“需要找到下一代燃料喷嘴”。LEAP 燃料喷嘴是增材制造领域的一大进步，它展示了增材制造的许多优势。但在我看来，将 AM 局限于寻找下一个燃料喷嘴，并将其作为 AM 之旅的最终目标，就好比比尔·盖茨说过的一句话（虽然他否认自己说过）：“没有人会需要超过 640K 的内存”。无论他是否说过这句话，AM 的潜力远比找到另一种燃料喷嘴应用要大得多。

尽管如此，在我们继续发展、定义和实现 AM 所能提供的全部益处的过程中，

以下是我们前进道路上的机遇和挑战。

●工程思维方面：所谓思维，是指工程师在开始新产品设计时的采用“增材技术优先”思维。要想在新产品上充分发挥增材制造的优势，就必须向这种心态转变。作为一个团体，我们不能简单地要求这种思维转变；相反，这种转变必须通过对快速成型科学的深刻理解，以及通过创建能够证明可重复和可靠性能的数据库来实现。

●利用机器工业化实现批量方面：我所说的工业化并不是指在工厂中安装为机器提供服务的机器人；而是指 AM 机器在很大程度上是一次性制造的，很少有两台机器的材料清单完全相同。例如，两台同型号机器的布线方案和管道方案就会不同。如果要使每台机器都具有统一的性能，机器制造商需要将机器的制造方式工业化。

●工业 4.0 方面：工业 4.0 非常重要，它将通过传感器连接我们的工厂，并将数



Mastercam中国
微信公众号

A close-up photograph of a CNC machine's spindle and tool cutting a cylindrical metal part. The tool is positioned vertically, and a stream of coolant is directed at the cutting point. The background is a blurred industrial setting.

MAKE IT
MULTIAXIS

Mastercam

据编织到我们的数字线中，提供执行数据驱动分析的能力，并为我们的端到端价值流提供反馈，从而使我们在效率和质量方面取得积极成果。

● **AM 技术是可持续发展的推动力：**AM 技术能够推动可持续发展，因为它在制造零件时使用的材料要少得多。这意味着在价值流的早期阶段，碳足迹会减少，因为从地球上开采、转换和运输到打印点的材料减少了。然后在制造过程中，我们回收未使用的材料。我们在设计时也越来越聪明，不使用支撑结构，如果使用，我们也在探索如何回收。在价值流的性能端，AM 可以使部件重量更轻、体积更小，从而使车辆更加流线型，运行时所需燃料更少。

● **产品差异化：**我们开始将重点从零件优化转向产品差异化。我们不再进行零件替换，而是研究如何利用集成零件系统来减少体积和装配。我们还利用 AM 技术在狭小、奇特的空间内进行设计，这是传统制造无法做到的，我们还利用 AM 技术增加设计的功能性和复杂性。

● **尺寸：**随着工程思维的改变，在工业化机器的支持下，我们掌握了必要的数据和规格，再加上数字化集成工厂，我们就可以开始考虑规模问题了。如果规模没有在机构内部垂直整合，那么就需要开发、培育和支持供应链生态系统，包括从原材料、印刷能力、后处理、测试和检验的每一个步骤。

更快，更清洁，更便宜，更智能

增材制造的附加值是什么？我喜欢从



三个不同的层面来看待它。

首先是零件层面。例如，我们的开孔冷板具有多种功能，既是热交换器，又是结构部件和波导。这是利用 AM 技术实现价值提升的一个实例，它将许多零件整合为一体，使产品更便宜、更快速、更智能、更耐用。在波音公司，我们有很多利用 AM 技术实现不同价值的例子。有的时候，我们能将项目进度缩短了 10 倍；有的时候，传统组装部件没有通过测试，而 AM 技术加工的零件却通过了测试。零件层面的价值非常重要，但并不总是以美元来衡量。

增材制造增加的第二类价值是产品水平的价值。在波音公司，我们正在为 AM 进行设计，并制造传统方法无法制造的部件。我们希望利用 AM 技术制造出与众不同的汽车，而不仅仅是与众不同的零部件。

最后，是项目价值。我的意思是，我

们可能会因为增材技术含量而赢得项目奖项，或者因为使用增材技术使我们能够更快地交付产品或降低成本。使用增材技术来帮助加速设计上市，这可能是通过直接使用增材技术，也可能是通过原型设计、模拟和对工程师的工具支持。项目价值中包含可持续性。我们相信，快速成型技术所带来的积极的可持续发展是项目价值的关键驱动因素。

AM 允许通过改进功能和性能来区分产品。可以使用一种策略来适应一个更快、更清洁、更便宜和更智能的产品开发环境。

归属同一个循环经济

增材制造是可持续发展的驱动力：在循环制造周期中，增材制造在每一步都有帮助。

例如，与传统的减材制造相比，AM 技术本身使用的材料更少，因此价值流的前端可减少碳足迹（原材料的开采、转换和运输到使用点）。此外，AM 还能设计出轻质、拓扑优化的零件，而这些零件很难或根本无法用传统方法加工。因此，无论是在零件的制造方式上，还是在零件的性能上，AM 都能为可持续发展带来积极的影响。此外，AM 还可以在使用点打印，减少运输过程中产生的碳足迹。

最后，我们可以利用 AM 技术使产品更加耐用。我们已经在波音公司的部件中证明了这一点，这些部件以前是螺栓组装件，但使用增材制造技术后，它们变成了整合的整体部件。这些部件更加耐用，能够经受住之前螺栓装配失败的测试。因此，预计这些类型的增材制造部件的使用寿命将更长，更换频率也将更低。



扩大规模，不再仅仅只是数量乘法

当人们说到“扩大规模”时，很多时候都会认为这意味着购买 50 台打印机就可以了。但在有效扩大规模之前，我们必须先做很多功课。

正如我之前所暗示的，在我们能够规模化之前，有几件事需要做。它们包括：

- 提高 AM 机器的速度和精度。
- 创建等效框架。当我们为设计允许值创建数据库时，我们是在特定的机器类型上创建数据库的。当我们希望使用更快、更大、质量更好的新机器时，是否需要从头开始创建相同的数据库？我们需要的是创建一个等效框架，这样我们就可以利用已经收集到的数据，以更快的速度和更少的资源采用最新技术。

● 确保我们的原材料始终如一，并对质量进行监控，以确保其不受污染。

● 要想获得可重复和可靠的结果，就必须实现后期处理自动化。目前的许多后期处理工作都是通过粗暴的手工操作来完成的，这既不具备可扩展性，也容易出现不一致的情况。

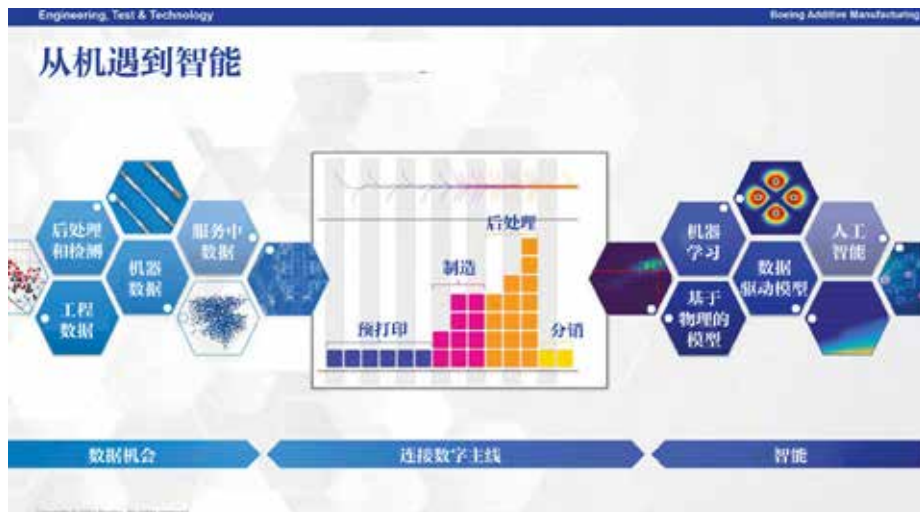
● 修复脱节的 AM 生态系统。（虽然有些人并不认可这种脱节的说法）我们需要培育端到端价值流生态系统。制定行业规范，使供应商成为重要的贡献者，并通过培训应对劳动力挑战。

● 创建数字基础设施，以便我们能够收集所有数据并将其连接到数字线程。这对规模和质量都极为重要。在波音公司，我们的端到端价值流中有 40% 以上是数字连接的，我估计到 2022 年底，我们的连接比例将超过 50%。通过数字化连接价值流提供的学习机会，我们已经看到了质量的巨大提升。

● 避免瓶颈：我们在扩展时需要考虑整个端到端价值流，并按比例扩展每个方面。如果我在某个生产领域的速度非常快，但在价值流的更远处出现了瓶颈，那么上游速度的提高就没有任何意义，我的生产率现在取决于通过瓶颈的速度。因此，价值流的每个环节都需要根据完成特定工作所需的时间按比例调整。

我们都是“西西弗斯”

有时，我们感觉自己就像西西弗斯，



推着一块巨石爬山，巨石代表着我们的目标——可重复、可靠、灵活的印刷，而山则代表着我们为实现规模而必须克服的一切障碍。

是什么阻碍了我们攀登高峰？我们需要确保原始设备制造商制造的机器实现工业化。这并不意味着我们有一个很好的机器人平台，可以将粉末从这里输送到那里。对我来说，这意味着每台同型号的机器都是完全一样的。它们有相同的材料清单、相同的管道和相同的线路。否则，它们就是两台不同的机器。我们必须确保安装相同（例如，如何放置、水电连接的管道细节等）。否则，它们就是两台不同的机器。

另一个需要解决的问题是机器数据访问问题。AM 是一种数字化流程，每一步都有大量数据驱动，每一步都会产生大量数据。为了优化机器性能（或排除机器异常行为），我们需要访问这些数据。我们发现，航空航天业对加工材料的特性要求极为严格，因此必须对机器进行优化。许多原始设备制造商不允许访问数据，这对航空航天和国防工业来说是个问题。

那么如何处理这些数据呢？AM 会产生 TB 级的数据。如何管理这些数据？原始设备制造商之间的协议各不相同，这导致我们的工程师需要花费大量时间将数据转换为标准化格式，以便我们的系统能够消化这些数据，使我们的工程师和科学家能够从中学习。如果原始设备制造商有一个标准化的数据格式，将大有裨益。

还要考虑商业案例。在考虑制造零件或零件系统之前，我们首先要做的一件事就是进行贸易研究。使用增材制造是否合理？

有时，如果增材制造不能提供额外的价值，那么用传统制造方法制造零件可能会更好。提高业务能力的方法是提供设计许可。因为如果没有航空航天的设计许可，我们只能通过点设计进行认证，这就需要进行大量的测试，从而削弱了我们的商业价值。

因此，我们有了设计允许值，这是一个由数以千计的测试券数据组成的数据库，为我们的加工材料提供统计意义。设计允许值可以通过分析进行认证，大大减少测试次数。因此，设计允许值提供了更好的商业案例，并为工程师提供了设计添加剂所需的数据。

但是，当我们设计的这些机器被淘汰时，我们该怎么办？难道我们只是继续使用它们，因为那里有我们的数据？我之所以要重复一遍，是因为这一点非常重要——我们确实需要创建一个可重复使用的等效框架，这样下一代机器就可以通过创建一个数据子集来利用现有数据，从而证明新机器的数据与我们之前生成的数据库是一致的。而这种标准化框架目前还不存在。

降低风险非常重要，因为工程师接受的培训就是要在设计时降低风险。这样做是正确的，但这样做会使他们选择为已积累了几十年数据的制造模式进行设计。我们的工作是利用新的 AM 系统为他们创建数据，不是几十年的数据，而是能够证明在零件预期工作条件下材料和机械性能的可重复性和可靠性的数据。

AM 技术需要与设计师进行交流

AM 界的任务是做好功课，向设计工



一架波音 777x 在西雅图 Everett 机场进行高速滑行测试。777X 将采用新的 GE9X 发动机。

工程师证明我们了解工艺的基础科学。我们了解如何降低风险，并有数据可以证明。只有这样，工程师们才会选择为增材制造进行设计，并鼓励只采用增材制造解决方案，而不为传统制造设计制定“b 计划”。对传统设计有“b 计划”意味着“a 计划”（AM 解决方案）没有优化，AM 的全部优势没有实现。在我们做足功课并获得数据证明每一个零件在冶金、机械和几何方面都是相同的之前，工程师不会冒险去设计一个纯 AM 解决方案。

如何认证？本次讨论的主题是航空航天和国防领域的 AM，其要求与汽车、工业、消费品等不同。例如，对于美国联邦航空局的认证，我们通过点设计或带设计允许值的分析进行认证。无论采用哪种认证方式，我们都必须证明我们所选择的激光参数在参数空间中处于中心位置，这样，如果激光功率、速度或其他机器属性发生微小变化，参数变化所导致材料属性变化也不会太大。

将来，我们可能会选择放弃使用固定参数进行认证，因为几何复杂零件的固定参数可能并不总是能驱动零件内的最佳材料特性。我们将来可能会考虑通过熔池特性或我们在构建过程中保持不变的其他现场工艺变量进行认证。

这些都是未来需要考虑的事情，它们会影响零件质量和认证效率。

突破零件界限

我们在增材制造之旅中取得的每一项进步都需要以这样的思想为中心：可重复且可靠的材料和机械特性是我们进步的基石。现场监控和物联网等最近的许多行业趋势将帮助我们实现我们的目标。

最近的行业趋势始于物联网 (IoT)，最初是将传感器嵌入到日常消费产品中，然后转移到工业机器中。粉末冶金机床中的现场监控是物联网的一个例子，其中有关热源和粉床之间相互作用的信息通过互联网流入我们的数据库，以进行发现、分析和学习。后来出现了工业 4.0，即工厂中机器的互连，以帮助控制质量并提高效率。

最近出现了数字主线——这是我们在波音公司正在研究的项目。将我们的端到端价值流数据连接到数字主线，使我们能够使用这些信息进行分析，例如数据驱动建模、基于物理的建模的验证、混合模型的创建、机器学习和人工智能的使用，以及将智能推回我们的价值链以进行优化。

端到端价值流的数字线程集成有助于提高质量和效率。它允许使用数据生成数据驱动模型，从而提供加速我们的增材

制造成熟度的学习。这些知识可以加深对增材制造的理解，从而降低风险。风险的缓解让我们回到了工程文化。

看向远方

一旦我们向客户、监管机构和利益相关者证明我们对增材制造拥有深刻的科学理解，能够降低风险，增材制造就可以成为一种标准、可行的制造选择，可用于制造差异化产品，而不仅仅是差异化零件。工程师可以在没有“b 计划”的情况下进行增材制造设计，也可以说，对于传统制造来说，没有自我限制的“出口”。这种仅增材制造的设计将实现更薄的机翼和更轻的飞机，它将在卫星上实现更大的有效载荷，它将实现更远的电动汽车航程，因为我们已经使用纯增材解决方案以只有增材制造才能做到的方式创建差异化产品。

William Faulkner 曾经说过：“除非你有勇气离开海岸，否则你无法游向新的地平线。” Faulkner 的名言与增材制造相关：要充分利用增材制造的优势，必须放弃“plan-b”（传统制造）。岸边是传统制造，纯增材解决方案是新领域。在准备好消失在海岸之前，我们还有工作要做，但在不久的将来，新的地平线就在眼前。

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

航空航天电气化的挑战和机遇

Aerospace Electrification Challenges, Opportunities



Anthony Nicoli
Aerospace and
Defense Director,
Integrated Electrical
Systems,
Siemens Digital
Industries Software

现代航空航天平台需要更多更复杂的功能来满足运输、国防和其他应用中的任务要求。当今飞机所需的先进功能越来越多地由电气和电子（E/E）系统提供动力。其结果是整个航空航天工业中 E/E 系统的重要性和复杂性都在增长。事实上，在过去的 30 年里，飞机的电力需求增加了 10 倍。虽然航空航天 E/E 系统的增长带来了新的挑战，但也创造了新的机遇。

迄今为止，航空航天公司主要专注于用电动或混合动力系统取代液压、气动和机械系统。通过 E/E 系统实现这些功能，航空航天制造商可以提高可靠性，减轻重量，从而降低平台成本。

减轻飞机重量尤其重要，因为它减少了总的能源需求，使运营商能够运载更多的乘客和货物，或者在相同数量的燃料下实现更长的飞行时间。同时，电气系统可以降低维护成本并提高飞机的可用性。

另一方面，电力推进系统已被证明在航空航天工业中实施更具挑战性。

这些挑战中最主要的是可用电能存储技术的功率密度。

到目前为止，制造商一直在努力在飞机上携带足够的电力，以便为大多数任务提供足够的飞行时间。即便如此，全电力推进仍然是训练飞机以及空中出租车和其他电动垂直起降（eVTOL）应用的一个有前景的选择。

飞机正在向网络和分布式处理进行新的过渡。

航空航天制造商传统上将机载处理系统封存在专用的线路可替换单元（LRU）中。

今天，各公司正在研究更多地使用集成模块化航空电子设备（IMA），类似于汽车工业中常见的多功能电子控制单元。IMA 单元在多个计算模块之间分配处理，每个模块都能够支持各种关键级别的应用。这减少了独立处理单元的总数量，同时更容易实现功能扩展。

“配置控制的机电数字双胞胎使设计师和系统工程师能够及早预测架构权衡将如何影响关键的平台特性，如功率、重量和飞行时间。”

其结果是简化了嵌入式软件和硬件集成的开发过程，并增加了电气系统架构设计、优化和验证的复杂性和挑战。

由于飞机的使用寿命很长，改装和改造是航空航天工业的关键。这些电气架构的设计必须适应新的软件和硬件组件，以支持未来任务的要求。

在此过程中，需要在整个生命周期内对每个机尾编号进行的所有更改中，维持数据的完整性。公司必须确保变化和更新是可追溯和可审计的，以证明合规性。

鉴于这些挑战和机遇，最先进的平台开发商正在采取多学科的系统方法进行平台开发，以优化机械和电气领域的性能指标。

为了获得最佳平台，机械和电气系统正在协同开发，同时了解一个学科的创新思想如何帮助或损害另一个学科的实施目标。

此外，正在对两个学科所需的功能进行基于模型描述，并同时进行评估。

配置控制的机电数字双胞胎使设计师和系统工程师能够及早预测架构权衡将如何影响关键的平台特性，如功率、重量和飞行时间。这种实时的洞察力直到最近才被发现。它正在彻底颠覆航空工业电气化的可能性。



CT 扫描：内部的故事

CT: Inside Story



Karl-Michael Nigge
Chief Product Officer,
Volume Graphics

工程师们正在不断地追求设计和制造比他们的前辈更省油、更坚固、更轻、飞得更快、行驶更远的产品。任务参数与最早的热气球或有翼飞行器基本上没有区别；改变的是用于实现这些崇高目标的制造技术和材料。

例如，今天的许多飞机部件是由先进的聚合物和碳纤维复合材料制成的。这些超轻材料使得在不牺牲强度的情况下减轻部件重量成为可能。超级合金，如铬镍铁合金和哈氏合金，具有类似的优点，这也解释了为什么它们会出现在燃气涡轮发动机和其他飞行关键部件中。两者都允许航空设计师用更少的金属来满足结构或热完整性要求，从而提高飞机效率。

“CT 数据分析可以轻松快速查询纤维方向或识别分层，而不会损坏工件。”

这些例子中的共同挑战是获得零件的设计和制造所需材料的合格认证。如果没有这些先决条件，飞机、卫星和火箭发动机部件将永远

停留在地球上。

用于制造飞机部件的方法也发生了变化。现在大多数是通过自动化加工、铸造、成型和铺层设备生产的，越来越多的零件是通过增材制造生产的。同样，在这里，制造过程也必须经过验证，然后才能证明零件可以飞行。

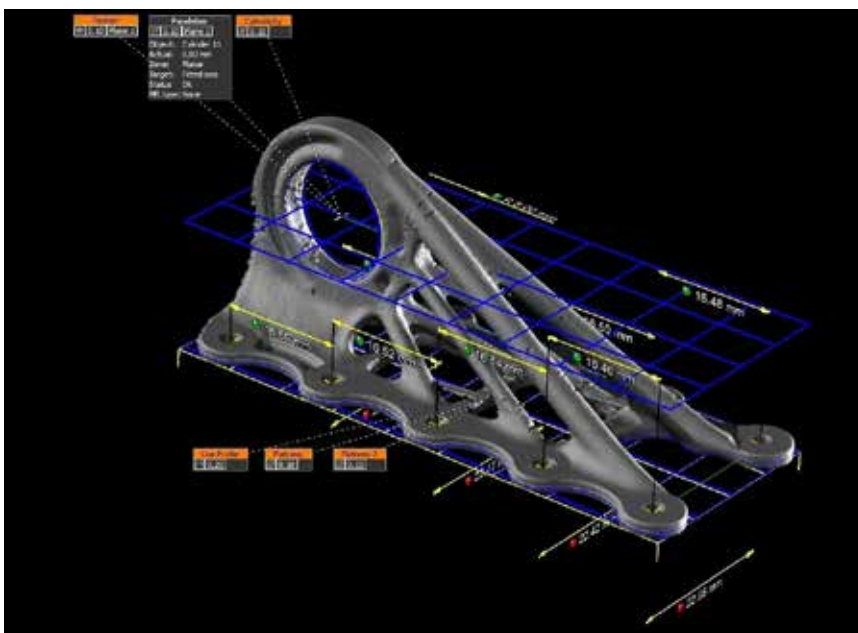
那么问题就变成了：满足这些要求的最具成本效益、最可靠的方法是什么？答案取决于零件尺寸、复杂性、表面或内部检查目标以及飞行关键性水平等因素。但在许多情况下，检测要求需要一个强大、全面的计量和无损检测（NDT）解决方案，称为工业计算机断层扫描（CT）。

考虑到喷气发动机中的所有叶片。虽然使用可靠的熔模铸造工艺生产，并由坚韧、耐热的镍基合金制成，但在飞行过程中，哪怕损失一个叶片，也可能导致灾难性的后果。通过 CT 扫描以及扫描数据分析和可视化软件的使用，质量工程师可以深入观察这些叶片和其他飞行关键部件内部，并识别最终可能导致部件故障的孔隙、裂纹和其他缺陷。

CT 技术也被用来测量内部零件特征。此前，唯一的选择是破坏性测试，必须横切每个部件，以查看内部是否有任何缺陷或尺寸不符合要求。CT 技术对于 3D 打印的航空航天零件的鉴定特别重要，因为 AM 打开了几乎完全的设计自由的大门。唯一的问题是，在 FAA 和其他管理机构批准使用 3D 打印部件之前，这些功能必须得到验证。CT 扫描和数据分析满足了这一需求。

该技术也满足了复合材料制造商的需求。CT 数据分析可以轻松快速查询纤维方向或识别分层，而不会损坏工件。这种无损检测方法使制造商能够将过程中的测量数据与通过 CT 扫描获得的数据相关联，从而进一步发展了各种制造方法的可重复过程。

这些只是制造商将 CT 扫描作为其无损检测工具包中不可或缺的一部分的几个原因。当与强大的分析和可视化软件相结合时，它允许他们验证大量的飞行关键部件以及用于制造它们的工艺。



三维打印技术正在改变建筑业

3D Printing is Transforming the Construction Industry

建筑行业正在发生变化，因为三维打印技术通过使用挤压混凝土机器人实现乐建筑流程自动化，降低了建造成本并提高了效率。在过去五年中，建筑 3D 打印（3DCP）对于增材制造（AM）技术的应用已经逐步赶上了医疗保健和其他工业行业，这一技术从根本上改变了建筑业。

了解建筑 3D 打印

用于建筑的 3D 打印机一般分为两类：龙门式装置和机械臂，前者是现场打印整个建筑结构的主流解决方案。此外，3D 建筑打印行业的参与者还分为三类：单纯的技术提供商（如 COBOD 国际公司）；端到端交钥匙建筑提供商，同时也是承包商，他们会使用自己的专有材料；甚至还有总承包商，自始至终管理新建筑的整个施工过程。

在过去的五年里，建筑 3D 打印技术不仅对于建造的建筑物，而且在搭建结构方面都得到了迅猛发展。例如，我们的合作伙伴就使用 COBOD 的机器打印了高达 4100 平方英尺的一层、两层和三层建筑（如 PERI 集团），他们还建造了学校（Holcim/14 Trees）、30 英尺的风力涡轮机塔基（通用电气可再生能源公司）以及许多其他遍布六大洲的建筑。

对于迄今为止最受关注的住宅，3DCP 最多可解决建筑总成本的 45%。这是因为打印技术还无法解决某些成本类型：这些成本包括饰面 / 表面、门窗和隐

藏部件，如机械、电气或管道。对于更多的商业和工业应用，如风力涡轮机塔，该技术可解决的成本比例要高得多，最高可达总成本的 80%。

由于 3DCP 市场仍处于起步阶段，因此对该行业市场规模的估计还为时尚早。不过，鉴于建筑市场的规模，就算 3DCP 仅用于 0.01% 的建筑工地，也将是一个巨大的市场。

为什么三维建筑打印正在兴起？

3DCP 有四大优势：自动化、速度快、可持续发展能力强和设计自由度高。在此，我只谈前两个优势。

通过自动化降低成本：在所有行业中，建筑业是自动化 / 数字化程度最低的行业之一，在提高生产率方面潜力巨大。从 1947 年到 2010 年，美国制造业的生产率提高了 8 倍，农业提高了 16 倍，而建筑业的生产率几乎没有提高。由于上述原因和其他因素，近年来购房成本急剧上升，部分导致供需错配越来越严重，仅美国就面临着 400 万套住房的缺口。近年来，材料价格（如木材和钢材）的大幅上涨和熟练劳动力的普遍缺乏使情况更加恶化。虽然单靠 3DCP 无法解决所有这些结构性问题，但因为只需要 3 个人就可以操作 3DCP 打印机，所以能够通过解决劳动力短缺问题，实现流程自动化可降低成本。最近，COBOD 等公司也开发出了解决方

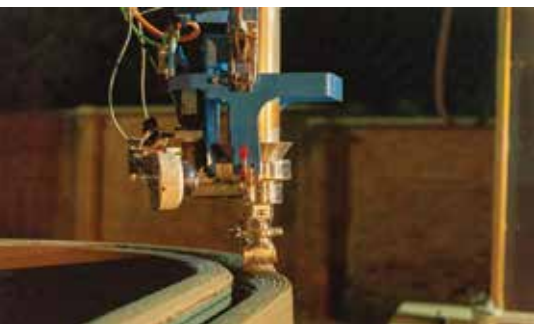
案，可以在 3DCP 中使用世界上最便宜的建筑材料——普通混凝土（而不是昂贵许多倍的砂浆）。

提高速度，缩短项目周期：由于越来越多的公司掌握了 3DCP 技术，我们离看到在短短 5 个工作日内，通过 3D 打印技术搭建一个 2000 平方英尺的普通住宅墙壁的日子不远了。而用传统方法，如粘贴框架或砌筑，则需要更长的时间和更多的工人。作为 3DCP 易学性的一个例子，2020 年，我们的合作伙伴 PERI 集团用了 36 天就在德国 3D 打印出了他们的第一栋建筑，一栋 2 层楼高、面积为 1,700 平方英尺的房屋。这相当于每天打印约 50 平方英尺。几个月后，他们完成了第二个项目，一个更大的三层 4100 平方英尺的五层公寓，他们将打印时间缩短到了 21 天，相当于每天打印约 200 平方英尺。从第一个项目到第二个项目，他们的生产率提高了四倍。在执行第 10 个项目时，他们还能将印刷时间缩短多少？第 100 个项目呢？只要将生产率提高一倍——根据目前的结果，这似乎是很有可能的——5 个工作日打印 2,000 平方英尺建筑的目标指日可待。

三维打印在建筑业中的未来

3DCP 要充分发挥其潜力，自然会面临各种障碍，如建筑法规 / 标准的更新和劳动力技能的提高。但我们确信，这项技术将把建筑业从一个技术 S 型曲线带入下一个技术 S 型曲线，并将带来更多的优势。

将 20 世纪 80 年代的第一台个人电脑笔记本电脑和移动电话与今天的同类产品进行比较：在三个因素的推动下，3DCP 将踏上与这些突破性技术相似的改进和普及之路。首先，打印机将变得更加可靠和高效。其次，3D 打印机的规模将扩大，从而可以完成更大的项目。因此，很可能在一年内，我们就能看到打印机开始打印多达五层甚至六层的建筑。第三，将开发新的使用案例，例如，将更多地关注商业建筑和结构，而不仅仅是住宅，在这些领域，3DCP 技术可以解决总成本中更大的份额。



左图：专门设计的喷嘴经过优化，可快速挤出混凝土或砂浆，使用预编程指令建造结构。右图：使用 3DCP 建筑技术建造的房屋内部。
(所有图片均由 COBOD 国际公司提供)

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

绿色增材

The Greening of Additive

实现 3D 打印可持续发展需要更多的设备，这要求我们重新思考现状。

无论是每周扔掉回收垃圾桶、购买电动汽车，还是将恒温器调到不太舒适的温度，地球上的许多居民（那些能够有幸享受这些便利的人们）都在采取措施减少废物和能源消耗。

这一趋势也延伸到了制造业，其中最明显的莫过于 3D 打印技术。从服务机构到设备供应商，再到具有环保意识的行业协会，增材制造正缓慢而稳步地向绿色的方向发展。

一切与碳（排放）有关

Sherry Handel 是位于佛罗里达州好莱坞的增材制造商——绿色贸易协会 (AMGTA) 的执行董事。正如她的组织名称所示，她整天都在思考增材制造的可持续发展问题，并暗示增材制造可能并不像某些专家所说的那样绿色环保。

她说：“你会听到人们声称 3D 打印比传统制造更具可持续性，但这只是一种非常宽泛的说法。这取决于应用、使用的技术和材料，以及比较的对象。就像这个行业的许多事情一样，重点是‘要分情况’。”

Handel 引用了 AMGTA 与荷兰代尔夫特理工大学合作开展的 2020 年研究“金属增材制造对环境影响的知识状况 (State of Knowledge on the Environmental Impacts of Metal Additive Manufacturing)”。(有关该研究的更多信息，请参阅第 12 页“研究关注增材制造的碳排放量和回报 (Research Eyes Additive’s Carbon Footprint, Payoff)”) 研究结果支持了她的“要分情况”的评论，并为开展更多研究提供了有力的依据。然而，一些重要的结论描绘出了一个令人失望的绿色 3D 打印未来，其中包括“在直接制造工艺比较中，AM 每公斤材料的碳排放量大约是铸造、挤压、轧制或拉丝的十倍”

然而，严峻的现实也有几丝曙光。其中之一是，与传统工艺相比，快速成型零件通常能大大提高性能，尤其是在商业航空旅行等对燃料要求较高的应用领域。



Nexa3D 公司的 Avi Reichental 说，AM 行业中的每个人都有责任在产品生命周期的每个阶段实施和利用 3D 打印的优势。（图片由 Trinity Wheeler 提供）

此外，该研究还提出，“在某些情况下，AM 可以大大减轻零件的重量，将多种 CM（传统制造）工艺结合在一起，避免为短期生产制造模具，或提供其他优势。”所有这些都属于快速成型技术的范畴。为此，作者对三种不同几何形状的零件进行了比较，每种几何形状都具有不同程度的 3D 打印友好性。结果表明，如果设计得当，与通过数控加工制造的相同零件相比，增材制造可将与制造相关的二氧化碳排放量减少约 50%。

然而，正如 Handel 所指出的，这个例子并没有考虑到在现场可能节省的燃料、使用寿命和更换成本、部件的可制造性、部件数量的减少和供应链方面的考虑，以及制造中对可持续发展有长期影响的许多其他因素。她说：“还有许多创新合金和聚合物的问世，可能会对 AM 的发展产生有利影响，这不仅适用于航空航天和汽

车，也适用于其他行业。”无论如何，我们显然需要对一系列增材制造产品和应用进行详细的生命周期评估，我们正在积极开展这方面的工作。

新型粉末

约翰·巴恩斯 (John Barnes) 可以长篇大论地谈论增材材料，尤其是航空航天工业中使用的增材材料。巴恩斯毕业于普渡大学冶金工程专业，拥有学士和硕士学位。

他会告诉你，他和商业伙伴克里斯·奥尔德里奇 (Chris Aldridge) 曾在同一家服务局工作过，在为空中客车公司鉴定零件时，他们曾为金属粉末的一致性而苦恼。此后，他们创办了一家新企业——位于宾夕法尼亚州 Sewickley 的金属粉末厂 (Metal Powder Works) -- 以解决 Barnes 亲身经历的市售粉末长期存在的问题。

金属粉末的质量和一致性与可持续发



Metal Powder Works 的机械生产工艺不依赖气体雾化来生产金属原料，因此能耗更低，也不产生工业气体。（图片由 Metal Powder Works 提供）



Materialise 软件以三十年的 3D 打印经验为基础，通过先进的自动化、人工智能和智能模拟，使公司能够以更可持续的方式扩大 3D 打印业务。（图片由 Materialise 提供）

展有什么关系？其实关系很大。由于金属粉末厂的机械生产工艺不依赖气体雾化来生产这些普通原料，因此能耗更低，而且不产生工业气体，这对环境来说显然是件好事，更不用说在使用过程中不产生二氧化碳了。根据巴恩斯的说法，颗粒的一致性更高，降低了粉末的废弃率。这有助于减少原材料浪费，同时确保更可预测的 3D 打印效果。消费者还可以根据需要在现场生产粉末，从而减轻了对粉末氧化和保质期的担忧，同时消除了运输和储存成本（除了用于生产粉末的棒料）。

巴恩斯解释说，本发明重新思考了粉末的生产问题，并不涉及技术细节。该系统由计算机控制以提高效率，并能根据所需的规格生产颗粒的形状和大小，而不是通过筛选生产出符合要求的产品。她说：“通过调整算法和工具设计，我们能够控制粉末的大小、形状和形态，在 20 至 63 微米的粒度分布范围内，准确率可达到 95% 至 100%。最重要的是，我们无需熔化材料，也不会改变其化学性质，而且我们已经展示了将这种工艺用于聚合物粉末的潜力。”

尽管有这些优点，但还是存在一个小问题。由于 Metal Powder Works 机械生产的颗粒类似于“M&M 巧克力豆”，而不是通过气体雾化产生的球形花生 M&M，因此它们在金属 3D 打印机粉末床中的堆积方式不同。因此，可能需要对打印过程和设备进行一些调整。不过，测试结果表明，这些变量是完全可以控制的，巴恩斯期待着在未来一年内将他的工艺商业化。

他说：“降低材料成本显然是一个关键驱动因素，但我们的工艺无疑更加环保，而且应该更容易获得资格认证，从而进一步促进增材制造商的发展。这

些对环保非常有好处。”

感到忧伤

但是，增材制造的另一面，即基于聚合物和树脂的 3D 打印又是如何呢？总部位于比利时鲁汶的 Materialise NV 公司项目经理兼认证制造市场经理 Erik de Zeeuw 提出了一项建议。

他引用了该公司的一份新闻稿，其中指出：“择性激光烧结技术是使用第二多的 3D 打印技术，高达 70% 的粉末被降级回收（回收后制成质量较低的产品）或直接废弃。生产每公斤标准 PA 12（尼龙）粉末会产生超过 7 公斤的二氧化碳。”报告中指出，通过使用该公司的 Bluesint PA 12 技术和使用回收粉末进行 3D 打印，这些排放量减少了 32%，每年可减少数千吨二氧化碳，同时还降低了粉末的浪费量。

与人类每年 400 多亿吨的二氧化碳排放量相比，通过 Bluesint PA 12、金属粉



选择性激光烧结技术是目前使用第二多的三维打印技术，高达 70% 的粉末被回收利用（做更低端的用处）或直接废弃。有了 Materialise 的 Bluesint 技术，这些废弃粉末可以获得第二次生命，打印出新的零件。

（图片由 Materialise 提供）

末工程或任何其他 AM 技术所取得的成果都是杯水车薪，但却意义重大。它们表明，越来越多的制造公司 --Materialise 就是其中之一 -- 已经开始意识到：每个人都必须为提高可持续性做出更多努力，而这些努力必须从自己的产品和服务开始。

de Zeeuw 说：“我们并不一定同意增材制造是一种可持续发展技术的说法。”他赞同 AMGTA 的 Sherry Handel 早些时候提出的观点，“有证据表明，事实往往并非如此，尤其是现在 3D 打印市场正在增长，在某些领域，增长幅度甚至非常迅猛。正因为如此，我们更加意识到我们对环境的影响，并采取了措施来衡量我们的碳排放。”

这些措施有两种形式。第一种是企业性质的，包括采用基于科学的目标、发布环境政策和获得 ISO 14001:2015 认证。得益于这些举措，Materialise 预计到 2025 年，其全球业务每年的温室气体排放量将减少一半，即 20,300 吨（以 2019 年为准）。

其次，Materialise 将继续改进其著名的 3D 打印软件套件，从而帮助客户减少制造过程中的浪费，提高整体效率。de Zeeuw 说：“努力建设一个更美好、更健康的世界一直刻在我们公司的 DNA 里。在这一点上，我可以自豪地说，我们是最早提出如何使增材制造更具可持续性的公司之一。现在，这仍然是我们公司的目标。”

从文图拉 (Ventura) 走向世界

Avi Reichental 也有同样的目标。作为总部位于加利福尼亚州文图拉的增材制造解决方案供应商，Nexa3D 公司的首席执行官、董事长兼联合创始人，Reichental 表示，增材制造行业的每个人都有责任在产品生命周期的每个环节中实施并利用 3D 打印技术的优势。他说：“这



西门子交通公司（Siemens Mobility）就是一家转向使用三维打印零部件的公司，这种零部件可以在需要的地方就近生产，而且只需满足所需的数量。这最大限度地减少了材料浪费和长途运输零件所需的能源。（图片由 Stratasys 提供）

意味着，从设计周期的一开始，我们就必须问自己是否有机会减少工艺流程并提高其效率。在大多数情况下，答案是肯定的。”

他解释说，这种机会会有多种形式。消除支撑是一种显而易见的方式，因为这可以减少浪费。通过拓扑优化实现产品轻量化是另一种方式。此外，还有后处理方面的考虑、原材料和成品的可回收性，以及制造过程中的能耗（与零件重量直接相关）。每一项都会对可持续发展产生直接影响。与 Materialise 一样，Reichental 和 Nexa3D 团队也在寻找减少内部浪费的方法，包括使用环保型洗涤剂 and 溶剂进行零件清洗和蒸汽抛光。

他说：“再举一个例子，我们正在推出 XiP 台式打印机。一年多以前，我们做出了一系列决定，使其成为一款更负责任、更可持续的产品。其中之一就是用铝这种地球上可回收利用率最高的材料制造整台打印机。这一决定还使我们能够制造出更坚固耐用的产品，以抵御更恶劣的环境，延长使用寿命，减少维修需求和备件库存。所有这些都减少碳排放。”

Reichental 在 AM 行业工作了二十年，并在众多 3D 打印设备和软件供应商中担任领导职务，他说这些年来他学到了很多经验教训，其中最重要的是没有简单的答案。

Reichental 说：“无论制造什么产品，可持续性都必须成为一种生产方式。这需要以一种截然不同的方式来思考产品的生命周期。是的，我们很庆幸，至少从表面上看，增材制造似乎在本质上更具可持续

性，但并非在所有领域都是如此，也并非不需要付出努力。我认为，这正是作为一个行业，我们有机会相互学习和借鉴的地方，以确定什么技术才能更进一步的减少全球变暖。”

用心制造

与 Nexa3D 一样，Stratasys 也在朝着绿色环保的方向努力。

Andreas Langfeld 说：“对于全球的许多 CEO 来说，可持续发展都是一个非常明确的目标。他们都将可持续发展列入了战略议程，并为此分配了预算。Stratasys 在这方面也不例外。”

这位欧洲、中东和非洲地区总裁强调，根据公司员工和客户的反馈，联合国的四个可持续发展目标在 3D 打印先驱的众多绿色指导方针中尤其重要。这四个目标是：负责任的消费和生产，绿色气候行动，工业基础设施和创新以及优质教育。Stratasys 正在努力针对每项可持续发展目标制定具体的基准和目标，例如，降低打印机能耗或开发易于重复使用或回收的材料，并向客户传递“用心制造”的信息，鼓励他们投资于更环保的设计流程和产品。

Langfeld 说：“全球效率情报有限责任公司（Global Efficiency Intelligence LLC）发布的一份报告称，22% 的二氧化碳排放来自国际商品和服务贸易。这意味着我们每天都有卡车、轮船和飞机从中心枢纽向全球各地的不同地点供应零部件。但是，通过从传统制造向快速成型过渡，制造商可以在本地按需生产产品，无需库存产品或将产品运



Stratasys H350 3D 打印机的第一种材料是 PA11，这是一种生物基聚酰胺聚合物，能够从可持续的蓖麻油中提取。（图片由 Stratasys 提供）

往全球各地。这本身就为减少温室气体排放提供了一个巨大的机会。”

Langfeld 回击了那些质疑快速成型技术可持续性的人。除了“本地打印，小批量打印”的能力外，AM 的数字化工作流程还能减少产品迭代，同时提高开发和制造流程的效率。与机械加工或注塑成型的部件相比，优化的部件几何形状消耗的材料更少，而且还能将多功能、复杂的装配组合到一个 3D 打印部件中。它还能消除装配时间和潜在的故障点，减少在制品，提高产品性能，等等。业界在评估 3D 打印的可持续性时，必须考虑到这些和其他优势。

Langfeld 说：“我们坚信，AM 是改善人们生活的工具。你可以从我们的医疗创新中看到这一点，我们正在为病人做着令人惊叹的事情。在我刚才提到的二氧化碳排放方面，以及在开发新的、更可持续的材料方面，我们都看到了这一点。此外，我们还与空客、西门子等公司合作开发了许多令人惊叹的应用案例，这些制造商正在采用 3D 打印技术来改变现状。他们的积极成果证明，与传统生产方法相比，AM 是一种更具可持续性的解决方案。因此，这就是我们的动力所在，也是我们全力以赴传播‘用心制造’的理念，并对其资源倾斜，最终提供必要数据以说服客户采用增材制造以实现可持续发展。”

www.amgta.org

www.materialise.com

www.metalpowderworks.com

www.nexa3d.com

www.stratasys.com

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
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/>





Greenerd 公司设计并制造了这台定制的复杂双移动压板深冲液压机。它完全集成了两台六轴 FANUC 机器人（用于装载 / 卸载），并促使压力机能够执行生产重型高压缸罐所需的多种操作。（图片由 Greenerd Press & Machine 公司提供）

选择合适的压力机 Choosing the Right Press

压力机技术——无论是采用机械式、液压式还是伺服式——都发挥着多种作用。

压力机有多种选择，这是好事。争论的焦点不是哪种最好，而是哪种适合手头的工作。可以选择的主要压力机类型在成本、功能和质量方面都有权衡。

这是一场友好的辩论，牌面都摆在桌面上，大家都可以看到。

技术快评

据密歇根州布莱顿市 Promess 公司的高级应用工程师 Stephanie Price 称，许多业内人士并不完全了解伺服压力机技术的优势。相反，位于新罕布什尔州 Nashua 的 Greenerd Press & Machine 公司的机械工程师 Mike Josefiak 则认为，液压力机是某些应用的最佳解决方案。

而总部位于芝加哥的小松美国工业有限责任公司副总裁 Jim Landowski 则会告诉你，在某些情况下，传统的机械压力机仍然是很好的选择。

机械压力机将飞轮的旋转运动转换为滑枕压入工件的线性运动。正如 Landowski 所描述的那样，你可以“想象一个圆，上面是零，下面是 180。机械压力机在一个连续的运动中从零到 180 再回到零，或 360。冲程的顶部没有力，而底部有最大的力，因此“根据模具的不同，你可能在 160 度左右开始推动材料。但当它到达 180 度时，工件就完成了，因为你的滑块会重新上升”。

正如俄亥俄州代顿市 AIDA-America

公司执行副总裁 Bob Southwell 所解释的那样，大多数伺服压力机都是相同布置的版本。“只不过是伺服电机为机械传动系统提供动力，而不是用离合器制动机构为飞轮提供动力”。机械压力机有固定的行程和恒定的速度。但“如果再加上伺服电机，现在就可以对运动曲线进行编程。你可以放慢速度、暂停、执行快速复位，以及做各种标准机械压力机无法做到的事情”。还有一种直接驱动型（伺服电机与滚珠丝杠连接），其扭矩特性优于伺服—机械混合型。

液压机将泵、阀和软管组合在一起，用加压流体啮合滑枕。虽然这种方法有其优点，但不包括上述运动控制。因此，伺

服压力机提供了更多的功能，并解决了纯机械或液压压力机出现的一系列问题。

新材料、新挑战

Landowski 注意到，汽车轻量化和其他因素带来的向高级合金的发展，推动了对伺服压力机的需求。正如他所说，“把钢看作是一种液体，它必须流动……你不是在加工材料，而是与材料一起加工”。

硬度较高的材料需要对滑块速度进行微调，以便“让材料正确流动，否则就会像太妃糖一样开始散开”。他举例说，在 3" (76.2-mm) 的冲程中，硬质合金杯的成型可能需要将速度从 30 IPM 减慢到 15 IPM，而且速度的变化要非常精确，也可能是不断变化的。

考虑到调整以毫秒为单位，只有伺服控制器才能做到这一点。

Landowski 表示，伺服的主要优势在于可以通过调节材料流灵活地加工不同的金属。“这就是为什么我们会请人来尝试各种方案。只需改变滑块的速度，我就能制造出好的零件或坏的零件”。

Southwell 对此表示赞同，并报告说，这些材料挑战导致伺服压力机在北美汽车制造业的市场份额约为 80%。“高强度和超高强度钢及铝的成形难度远远超过那些十到十五年前的材料。事实证明，伺服压力机调整成形轮廓的能力对客户群极为有利”。

Greenerd 公司的 Josefiak 也认为，伺服控制与液压控制相比，在响应时间上有优势，因为液压控制的响应会受到抑制，但他说，“还没有看到多少应用是运动曲线的控制水平会对是否制造出好产品产生实质性影响的”。但他承认，“复位是伺服功能的一个很好的例子。在几分之一秒的时间内到达底部，然后重新击打，而这不是液压所能做到的。”

Landowski 认为，如果不需要控制速度，就可能不需要伺服。

“例如，如果你正在制造垫圈或小铆钉之类的东西，你就不会让压力机减速，也不会控制速度。你要尽可能多地生产零件，尽可能快地生产零件”。他说，这正是机械压力机的优势所在，而这也是液压机最不适合的地方。

装配中的伺服多功能性

Southwell 补充说，伺服压力机能够



这台 Komatsu H2FM 400 使用与压力机控制器集成的专有自动化系统生产火车油罐车的长零件。伺服压力机的生产速度和其他参数调整可按需进行，以实时补偿材料差异或其他变量，而无需停止压力机。(图片由 Komatsu America Industries 有限责任公司提供)

轻松地针对不同零件进行重新编程，这是其成功的另一个因素，即使在大批量生产的汽车领域也是如此。

“大多数压力机系统都是为运行多种类型的零件而设计的。他们会将一个模具上运行一个小时，然后替换掉，再换上另一个模具。几乎没有人会只安装一台冲床并运行它……因为这样他们根本无法保持竞争力。我们通过一级和二级供应商向原始设备制造商销售许多系统，通过单台压力机生产大量不同的零件或模具。”

来自 Promess 公司的 Price 说，伺服压力机的多功能性远不止于编程简单，还延伸到了精细的装配操作。

Price 以装配车门铰链为例。她解释说，伺服压力机不仅精度高，而且固有的反馈回路能够密切监控位置和力度。因此，在将铰链压在一起的过程中，Promess 公司还能测量连接处产生的阻力，从而确保车门既不会太容易打开，也不会太僵硬使得车主感到不舒服。



伺服压力机可提供即时、详细的过程反馈，包括控制显示器上的可视化显示。(图片由 Promess 公司提供)

这种激活运动部件并实时测量力的能力还能减小部件公差，从而降低部件的成本。正如 Price 所解释的那样，如果没有装配过程中的反馈，工程师往往不得不按照非常严格的公差进行设计和制造，以确保部件正确地安装在一起。

“他们利用压力机达到一定深度这一事实，就可以根据其严格的公差，来判断零件装配是否正确。他们没有签名分析来验证这一点”。

有了伺服压力机，他们就可以放宽公差，并在装配过程中观察数据，以确定他们压在一起的部件是否真正正确就位。Price 说，伺服压力机的内置传感功能在某些情况下可以将废品率降低 50%。

Price 还指出，如果应用需要额外的传感功能（除伺服电机反馈之外），这种传感可以很容易与他们的系统集成

“我们的客户使用九到十种不同的压力传感器、位置传感器或外部称重传感器。我们可以接收所有这些信息，了解流程中发生的情况，”他说。“我们可以在加工过程中对此做出反应。由于一切都是电气设备，因此设置起来非常简单。只需将传感器插入数字信号调节器。然后，控制器就可以接收该信号，并利用它做出判断。”

压力机、控制和权衡

液压机在这方面并不盲目。Josefiak 说，液压系统专用的运动控制器具有“极

快的扫描时间，可以查看液压执行器两侧的压力。然后使用快速作用的压力传感器，我们就可以显示施加到工作上的实际力”。其中一个系统可以在不到一毫秒的时间内更新力的测量值。在他看来，需要更快测力的应用“少之又少”。

Southwell 认为，在制造需要一系列模具的复杂零件时，伺服压力机要比液压压力机好得多。他解释说，多年前，这需要用手工将零件从一台压力机传送到另一台压力机。但现在，“唯一的改进方式”是在一台压力机内以机械方式将零件从一个工位传送到另一个工位。但是，“当你使用多个工位制造零件时，就会出现偏心装载，这对液压传动系统非常不利”。

Josefiak 反驳说：“偏心负载对机械和液压系统都不利。通过适当的结构和对钢框架的引导，两者都能处理这些偏心负载。我们通过使用多个液压缸的系统，可

以承受比现成的伺服机械压力机大得多的偏心负载。

对于需要使用食品级油作为润滑剂的应用，这其中也存在一些争议。Landowski 报告说，“有几家客户选择从液压机改用伺服机械压力机，完全是因为油缸会泄露以及滑块夹爪会滴到材料上。因此所有部件在成型后都需要进行清洗，以清除所有可能的污染。客户还告诉我们，由于 FDA 或 EPA 的规定，清洗食品级润滑油的成本要低于非食品级润滑油。

Josefiak 说，他们在许多项目中“通过修改压机的密封性，使用食品级润滑油代替标准工业油”，从而满足了医疗和食品安全标准。而 Landowski 则表示，他们的标准现成伺服压力机不需要任何改动，“只需在压力机驱动和滑块润滑中使用食品级油即可”。一位客户“生产试管的橡胶塞。压力机的每个冲程都要生产出 65 到 75 个

橡胶塞，而非食品级润滑油会使这一特殊工艺失效”。

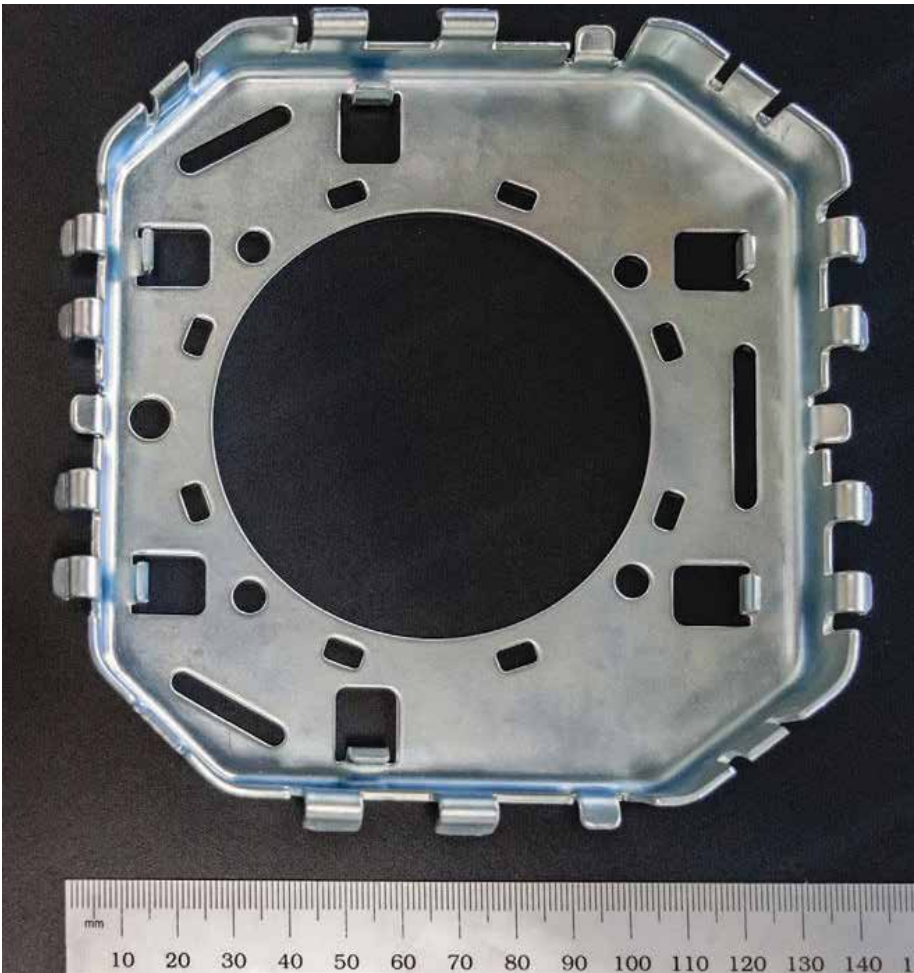
液压征服深冲应用

Southwell 认为，“液压机的优势在于，在整个冲程中都能发挥最大吨位或力量。因此，如果这是一台 200 吨的压力机，其行程为 12 英寸，则可以在整个行程中施加 200 吨的压力。伺服压力机具有与原始机械压力机相同的机械偏心传动系统、齿轮、曲柄轴或中心轴以及中心齿轮传动装置。还有一条吨位或扭矩曲线，这样你能施加的力取决于电机轴离开底部的角度”。直接驱动伺服压力机（如 Promess 生产的伺服压力机）的情况并非如此，但随着吨位的增加，这些系统也变得非常昂贵。例如，Promess 的单缸最高压力为 1 MN（约 100 吨）。

液压机能够在整个冲程中施加全部力量，因此非常适合深冲应用，Josefiak 甚至说它是“这是唯一真正有意义的选择”。

他举的一个最近的例子是一个生产“相对较大的压力容器”的项目。我们安装了一套自动化系统，将大型扁平坯料装入工作行程为五英尺的深冲压力机上。他解释说，该系统有多种操作。首先使用一台 170 吨压力机拉伸罐的两半。然后是自动冲压机，并在下游进行修边和焊接。Josefiak 说，关键在于这种工作冲程“不是伺服压力机可以轻易复制的”。因此，在深冲领域，液压仍占主导地位。这在很多行业也都是如此。与其说是行业的问题，不如说是工艺的问题”。

Josefiak 说，液压也“在周期时间很长的情况下表现很好，在这种情况下，我们可以在整个床身区域以一致的压力管理很低的功率消耗，而且从资本成本的角度来看，其成本相对较低。压缩成型就是一个很好的例子。”Josefiak 解释说：“通常情况下，压缩成型是时间、温度和压力的组合，目标是将材料成型。压力机在压力作用下将相对较薄的材料固定在正模或负模上。”持续时间可以短至五秒钟，也可以长达两个小时。而且很多时候……我们试图在整个工作区域内保持恒定的压板温度，从 300 度到 700 度不等，并试图在整个工作区域内控制非常一致的压力。这就确保了成型材料在整个过程中保持一致。这种技术可用于汽车床衬（包括新型复合



在 AIDA 压力机上冲压的安全气囊零件。AIDA 的 Southwell 报告说，由于材料方面的挑战，伺服压力机在北美汽车制造业的市场份额约为 80%。（由 AIDA-America 公司提供）



两台 AIDA DSF-S4-20000 2,000 吨伺服传送压力机，全行程长度 750 mm，可编程至 200 mm，最大速度 40 冲程 / 分钟，可编程至 1 冲程 / 分钟。(图片由 AIDA-America 公司提供)

这台 Greenerd 1,000 吨液压机用于锻件的冲压作业。这台 1,000 吨压力机的规格为每平方英尺 110 吨，床身尺寸为 30" × 30"。压力机采用摇臂导向，可处理偏心装载，还提供安全光幕套件。(图片由 Greenerd Press & Machine 公司提供)

床衬) 和使用平面状材料制成的汽车顶棚。他列举的另一个例子是 "用于制造氧化铝砂轮的粉末压实"。

成本考虑

一般来说，伺服压力机的资本投资超过传统的机械压力机或液压压力机。但由于需要考虑运行成本和相关因素，这种比较几乎毫无用处。此外，并非所有特定类型的压力机都是相同的，即使是相同的额定吨位 / 扭矩下也是如此。

首先是能耗。液压机必须保持管路中的压力，才能按要求移动滑块，这就意味着要通过循环来运行泵。这与伺服压力机相比是非常不利的，因为伺服压力机只有在滑块移动时才能用电。根据 Landowski 的说法，"伺服压力机可以节省大约 50% 的电力，而具体取决于机器的大小"。Price 提到卡塞尔大学的一项研究中，该研究发现伺服压力机的能量转换效率为 90%，而同类液压系统的效率为 57%。Southwell 说，本田公司对自己的系统进行了研究，并公布了伺服压力机在实际功耗方面可节省 30% 的结论。

Southwell 还表示，一些 AIDA 压机使用 "100% 基于电容器的能量管理系统"。该系统将所需的工作能量储存在电容器中，在冲程的非工作部分进行充电。他解

释说，这 "大大降低了峰值负荷"，而机械式或液压式压力机 "在首次啮合时会产生巨大的峰值"。AIDA 的电流消耗 "相当平缓。因此，您的实际峰值流量可能只有机械或液压系统峰值负荷的 20% 至 30%。这一点至关重要，因为电力公司必须根据峰值负荷来确定向用户提供电力的大小"。

Josefiak 反驳说，在高产率环境中，设备几乎没有空闲时间，因此液压泵连续运行 "真的没有太大关系"。而 "在闲置时间长达 10 分钟或更长的系统中，我们可以安装 '软启动' 电机控制装置，关闭电机以节约能源"。有趣的是，尽管这一选项仅增加了 2% 至 3% 的系统成本，但是据 Josefiak 称，对它的需求一直都不强烈。他补充说，从固定排量泵改成变量泵也可以 "大幅降低我们的闲置功耗"。但在美国，这也是一种尚未成为标准的选择。

液压技术包含各种泵、阀门、管道和软管，通常被认为比伺服系统更复杂、更需要维护。Price 说，他们的伺服压力机只需要每年给滚珠丝杠上两次油，即使这样也非常谨慎。相反，将液压管路置于高压下数月之久，循环往复，迟早会发生泄漏或某个子组件出现故障。Josefiak 说："没有人再使用 NPT 接头了。现在有一些金属对金属的密封件和 O 形圈密封件，它们采用更好的材料制造，能更好地控制泄

漏。此外，他还说，单个组件的成本相对较低，维修起来也很方便，而 "维修伺服系统的成本要高得多"。

最后一点让我们想到了正确选择工作所需的部件。诚然，如果伺服电机在几年内烧毁，那么维修费用将是一笔不小的开支。但 Price 说，他们的系统通常可以运行 20 年而不会出现任何此类故障，因为它们在设计时采用了 2.5 倍的安全系数。驱动器的尺寸是以伺服电机的持续电流而不是峰值电流运行的，因此压力机可以无限期地保持工件而不会过热或发生故障。

同样，滚珠丝杠的动态负载能力为压力机额定力的 2.5 倍。例如，Promess 40 千牛压力机的滚珠丝杠的动态负载能力为 134 千牛，静态负载能力为 320 千牛。Price 说，当以平均 30 千牛的力运行一项工作，以 16 次 / 分钟的循环速度运行 14 小时 / 天时，这样的系统可望在 22 年以上的时间内无故障运行。相比之下，额定动载荷为 40 千牛顿的滚珠丝杠只能使用 32 周；即使额定载荷为 80 千牛顿，该系统也只能使用不到 5 年。

www.aida-global.com/aida-america

www.greenerd.com

www.komatsupress.com

www.promessinc.com

驾驭多品种、小批量制造

Navigating High-Mix, Low-Volume Manufacturing

想要缩短设置时间并提高竞争力？在投资更换高速工具或新机床之前，先反思一下：拦路虎可能就是你自己。



这台来自 Methods Machine Tools 的 YASDA PX30i 五轴加工中心配备了快换工件夹具，该夹具是托盘交换系统的一部分。（图片由 Methods Machine Tools 提供）

如果您正在寻找有关离线刀具预调仪、零点工件夹持系统以及快换刀柄和卡盘的建议，请停止阅读并继续工作。我们本可以再次采访这些供应商，但让我们面对现实吧：所有这些东西已经存在了几十年。

是的，这些年来它有所改进。它的通用性更强、更精确，甚至价格也更低。但是，如果你的工厂现在还没有使用至少其中的一种，那么再多的杂志文章也很难改变这一现状。

牙医和印地赛车

Jim Van Buskirk 是 Methods Machine Tools 公司的资深总监，该公司位于马萨诸塞州 Sudbury。关于新型数控机床的价值，他有很多话要说，我们很快就会讲到。

但与本文其他作者一样，他也解释说，如果车间管理混乱或不注重消除浪费，那么再先进的工具或机床技术也无法帮助车间缩短设置时间。

Van Buskirk 指出：“你上次去看牙医时，她是不是每次需要器械时都要从椅子上站起来？或者说，所有这些工具都是经过清洁、整装待发，为当天的手术准备就绪后才送到工作区的？机械加工车间在安装数控设备时也应该采取类似的方法。”

Van Buskirk 将这种准备工作等同于 SMED，即一分钟换模（single-minute exchange of die），这是精益生产大师 Shigeo Shingo 六十多年前向丰田汽车公司提出的概念。他说，Methods 在设计加工工作流程、工件夹具和刀具夹持装置

以及其他客户特定解决方案时，都强调了这一概念。“我们部门的任务是想方设法减少机床闲置，确保客户获得最长的切削时间，因此 SMED 是一种思维方式，也是一个起点。这是一个现实世界的解决方案，也是我们在处理项目时首先考虑的问题之一。”

然而，SMED 在北美的小批量、多品种加工车间尚未得到广泛采用。

一些业内人士可能会对这一点提出异议，认为光是开机就需要花费更长的时间，但 SMED 的“单分钟”实际上指的是个位数分钟，即少于十分钟的时间。Van Buskirk 说，这是一个值得追求的目标，工厂可以通过分析其设置操作来努力实现。“对转换过程进行录像。每次人员离开该



您是否是一家多品种、小批量的制造商，希望在机器继续生产零件的同时熄灯回家过周末？交换过程自动化是至关重要的第一步。（图片由 Methods Machine Tools 提供）



Absolute Machine Tools 应用工程师 Jason Lutch 在该公司的一台 Johnford ST-60 斜床身数控车床上准备一项工作。他说，优化车间的刀具库和操作参数对于“最大化工作效率”至关重要。（图片由 Methods Machine Tools 提供）

区域时，找出原因并加以解决。记录设置机器所需的步骤数量。将机器运行时可以完成的步骤与机器闲置时必须完成的步骤区分开来，然后想方设法去掉那些不能增加价值的步骤，即使这意味着要修改既定的程序。是的，要做的就是这些都。”

他补充说，人们低估了快速转换所需的计划量。提前准备好一切，让设置人员可以像牙医一样不离开工作区，这一点至关重要。如果做不到这一点，那么也可以采取印地赛车维修团队的方——一个人更换轮胎，一个人清洁挡风玻璃，一个人加满油箱。

Van Buskirk 说：“就像印地赛车一样，生产中的每一分钟都很重要。采用一种专注于消除流程中任何浪费的思维方式。将设置所需的一切列成清单，提前做好一切准备。提前了解机器何时完成一项工作，以便立即开始下一项工作。通常情况下，客户不会为安装时间买单，因此，尽一切努力减少安装时间至关重要。”

合适的设备

Methods 公司进口机床，设计加工工艺和定制自动化系统，并组装选件套件，因此 Van Buskirk 建议工厂投资最新、最先进的数控设备是可以理解的。他说得没错：随着批量的减少，工厂需要既快速又灵活的设备，而在竞争日益激烈的市场中，与时俱进的工厂才有最大的成功机会。对于 Van Buskirk 来说，这意味着大量的托

盘、宽敞的刀库、集成的探测系统，以及令人惊讶的自动化。

在多品种、小批量的环境中实现自动化？他说，当然可以。“我们有很多客户在立式加工中心上安装了零点工件夹具和集成式存储转盘。在这里，无需重新编程，机器人可以在每次作业中使用相同的末端执行器，而不管托盘上放着什么零件。”

Dave Fischer 也有类似的看法。他是位于北卡罗来纳州 Charlotte 市的 Okuma 美国公司的车床产品专家，他是多任务机床的忠实粉丝，并指出多任务机床非常适



充足的刀库和所谓的“酒架”对于减少多品种、小批量加工环境中的设置时间至关重要。（图片由 Methods Machine Tools 提供）

合那些希望以最快速度完成更换工作的车间。根据机型和制造商的不同，多任务机床拥有配备自动换刀装置的大型刀库、副主轴、辅助转塔和足够多的轴，可在一次操作中完成大多数零件的加工。配备快换卡盘后，加工车间可以提前设置任意数量的工件，并在几分钟内完成切换，同时减少产品和与二次加工相关的刀具成本。

Fischer 说：“多任务处理机还消除了优先级最高的客户来进行催单插队时的干扰。无需拆卸现有工作，不会有半成品或无主零件到处乱放，也不会有几个小时的停机时间。你只需更换卡爪，调用程序，然后开始生产零件即可。”

小步骤

对于那些尚未准备好对多任务机床进行重大投资的企业，Fischer 列举了一些车间可以采取的小步骤，以缩短设置时间。对于数控车床来说，这些步骤包括刚才提到的快换卡盘、快换转塔工具、集成棒料进给，以及 Van Buskirk 提到的具有标准化抓取功能的机器人工件处理。

然而，正如文章开头所说，这些节省时间的技术很多已经存在了几十年。那么问题来了：为什么没有更多的公司使用它们呢？Fischer 也是一头雾水。“老实说，我很纠结这个问题。在加入 Okuma 公司之前，我曾在一家工厂使用过快速更换工具。那是三十多年前的事了，这在当时就算不上什么尖端技术。我知道这里面有很



如图所示，配备适当刀具和程序的柔性制造系统 (FMS) 即使在多品种、小批量加工中也能轻松超越传统加工中心。(图片由 Okuma America 提供)

多根深蒂固的习惯、对风险的厌恶以及固步自封，但我不明白为什么有这么多数制造商不愿意进行哪怕是很小的投资或改变他们的做事方式。这样做的好处是显而易见的。”

Fischer 补充了 Van Buskirk 之前提出的建议，他指出，工厂应该首先对其当前的设置时间和 OEE 水平（整体设备效率）进行诚实的基准测试。太多人戴着有色眼镜看待这些问题，而不是采取科学的方法来减少浪费。他说，不要再走老路，要想办法把老路拉直，如果你的工厂没有足够的财力投资大项目，那就从小处着手。

Fischer 说：“很多时候，车间已经拥有一些解决设置和流程相关低效问题所需的工具，但他们要么不知道如何使用，要么没有花时间去实施。例如，我曾经与一位客户合作过，他在重复工作中经常弄坏钻头。这不仅让他们损失了很多钱，还让他们无法正常工作。我向他们展示了如何使用负载监控功能（机器标配的功能）来解决问题。结果，这是许多‘小步骤’中的第一步。这帮助他们实现了增长，基于这个原因，他们最近又购买了一台新机器。”

Fischer 最后提到了 2017 年的一次圆桌讨论会，与会者包括 Okuma、Mastercam、GE Power 公司和其他行业领导者的代表。其中，Sandvik Coromant 总裁 Sean Holt 的一句话让费舍尔至今记忆犹新。他说：“大处着眼，小处着手，快速行动”，虽然他指的是工业 4.0，但他的话同样适用于任何持续改进活动，包

括缩短设置时间。

放轻松

总部位于俄亥俄州 Dayton 市 Gosiger 公司的工程总监 Mike Ferguson 建议，减少设置时间的途径始于组织。“我们的一个客户证明了美国小批量、多品种生产商的成功之道。他们的工具车上标有每个刀柄、夹具或卡爪的位置。车间里到处都有大屏幕电视，显示正在运行和下一步工作的实时数据，操作员工作所需的任何东西都触手可及。令人印象深刻。”

至少对操作员来说，这也很简单。Ferguson 和他的团队花了大量时间寻找简化设置过程的方法，将原本复杂的程序变成了即使技术不熟练的工人也能执行的程



与所有五轴加工中心一样，Absolute Machine Tools 的这台 Tongtai CT-350 能够在一次操作中生产多种复杂零件，从而降低 WIP、设置时间和运营成本。(图片由 Methods Machine Tools 提供)

序。在一个项目中，他们将一个部件系列的更换变得比扫描工作单上的一系列条形码还要简单。能够直接向机器控制中的宏程序发出信号，告诉它应该运行什么零件以及生产多少个零件。另一个项目是开发一个闭环计量系统，使操作员能够将工件放在车间三坐标测量机上，并根据测量结果自动更新刀具长度和直径。

“要缩短设置时间，从操作员的角度来看，一切都必须尽可能简单。” Ferguson 说，“这可能意味着在位测量，以减少人为失误的机会，或者使用 RFID 标签将刀具寿命状态和尺寸值上传到控制系统的离线预设系统。”夹具位置也应预设，这样操作员只需将旧夹具取下，再将新夹具装上——在许多情况下，这些步骤也可实现自动化，这样通过机器人就能完成更换。当然，要实现这种简便性，前期需要进行大量的工程设计工作，这也是意料之中的。

参与计划

Ferguson 补充说，所有这些 OEE 天上掉馅饼的事情并不局限于大公司——相反，即使是所谓的“家庭作坊式”也在参与快速周转行动。“我们看到许多加工车间提出要求，希望在夜间和周末生产小批量产品，而且只需极少的操作员干预，甚至无需操作员干预。如果有合适的设备和工具，这都是非常可行的。”

对于这样的车间来说，实现 Van Buskirk 提出的十分钟内完成的目标并不

难。然而，正如 Jason Lutch 所解释的那样，高混合、小批量要求中除了先进的工具和机械之外，还有更多的因素，例如说编程。“我在工具和模具行业工作了很多年，对我来说，高效的短批量生产和一次性生产归根结底是要让你的 CAM 软件适合你正在执行的工作。”

那是 20 年前的事了。如今，Lutch 是俄亥俄州洛兰市 Absolute Machine Tools 公司的应用工程师。他说，优化车间的刀具库和操作参数可能需要大量的努力。但至少对他来说，这样可以使编程更快、更准确。一旦工作开始，只需要先设置工作坐标。Lutch 说：“这对提升我们的工作效率至关重要。”

更新换代

幸运的是，这些工作比 Lutch 还在从他的钢头靴子里抠铁屑时要容易得多。首先，客户可以依靠云工具库（如 MachiningCloud 和 Kennametal Novo）获取应用信息，而不必像以前那样翻阅纸质目录或向刀具代表取经。

Lutch 指出，刀具路径模拟也是减少编程工作量和设置时间的关键。在将程序发送到机床之前对其进行验证，可以消除错误，增强操作员的信心，最重要的是，可以避免可能造成数万美元碰撞损失。Lutch 还花时间建立了用于重复操作（如攻丝孔和口袋粗加工）的罐装例程，使许多工作变得简单，只需导入文件、选择几何形状并生成代码即可。

同样，他还提到了另一项在他从事模具工作时还没有的技术：对话式控制。Lutch 说“特别是那些直接从事原型工作的车间，我们发现对在机编程系统的需求在不断增加。例如，FANUC 的 Manual Guide I 就是一个很好的对话式软件包，它对用户非常友好，而且可以添加到许多控制器中。”

有了这些新的编程方法和现代机械，就需要进行自我学习。Lutch 说：“我不想指出这一点，但有太多的车间还停留在古老的加工方法上。他们投资购买了一台漂亮的数控车床或铣床，而操作员却想使用传统的高速钢铁刀，或者你必须向他们解释为什么应该用顺铣而不是传统的铣削。诚然，这与减少设置时间无关，但对继续教育和接受新理念的开放态度是有明确需求的。没有这一点，无论工作数量有多大，改进的机会都微乎其微。”

www.absolutemachine.com

www.gosiger.com

www.methodsmachine.com

www.okuma.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
或登录 www.ChinaEngineeringMedia.com

切削刀具涂层的新动向

What's New with Cutting Tool Coatings?

是否应在公司内部进行涂层？需要考虑的因素包括成本、供应链问题以及生产专有涂层的能力。

当我们上次详细介绍切削工具涂层时（ME 2019 年 8 月“通过先进化学提高工具寿命”），热门新技术是高功率脉冲磁控溅射（HiPIMS）。HiPIMS 是一种先进的物理气相沉积（PVD），可实现涂层金属的近乎完全电离。但该工艺需要控制 100 多个参数。当时，刀具制造商刚刚开始认识到用这种方法生产涂层的好处，但许多人仍然不敢轻易尝试。

位于纽约州 Horseheads 的涂层技术提供商 CemeCon 现在提供的系统只需经过几周的培训，新用户就可以上手，而且据销售经理 Ryan Lake 称，这些系统比早期的型号功能更强。

Lake 解释说，公司最新的操作软件使控制 HiPIMS 流程的众多因素变得相对容易。他讲述了最近的一次安装，客户派员工到 CemeCon 接受了为期两周的培训，之后又在客户内部进行了两周的培训。“他们中没有一个人以前做过涂层，但他们[很快]就上手了。”正如他所说，CemeCon “够培训任何对这项技术感兴趣的人。如果他们能搞清楚如何成功制造优



尽管 HiPIMS 仍是一个复杂的过程，但 CemeCon 的软件和培训可使新用户几周内就能掌握涂层容器的操作。（图片由 CemeCon 提供）



在 Better Edge 装载 Oerlikon Balzers PVD 涂层容器。（图片由 Better Edge 提供）

质切削工具，他们就能学会如何进行涂层”。

是否应在公司内部进行涂层？

位于宾夕法尼亚州斯科特代尔的专业工具制造商和修磨商 Better Edge 使用 CemeCon 和总部位于列支敦士登的 Oerlikon Balzers 的设备对其产品进行涂层。此外，Better Edge 的 Kabrlyn 涂层技术部门还为其他工具制造商提供涂层服务。同样，CemeCon、Balzers 和其他制造涂层容器的公司通常也提供涂层服务，这些公司可以为是否在公司内部进行涂层提供具有参考价值的观点。

Lake 说，要研究的三个因素中，第一个是财务因素：你外包涂层服务上花了多少钱？“如果每年的花费在 20 万到 25 万美元之间，那么将其引入公司内部时，肯定有财务方面的原因。”

Better Edge 公司负责运营和质量的副总裁 Brian Shaffer 补充说，您还需要考虑特定涂层的预期产量。“配方非常昂贵，尤其是在我们喜欢的高性能领域。因此，我们必须做足够多的测试，以证明配方对客户的报价是值得的，并问自己是否有足够的产量来填充设备，使其能够连续

运行。”

例如，Shaffer 说，在 2020 年末，Better Edge 公司投资购买了一台 Oerlikon Balzers 电弧技术涂层设备，该设备具有“TiN、AlTiN、AlCrN 和 TiAlN 配方，使我们能够在公司内部开展 99% 的业务。我们仍然会遇到一些需要外运的超长工具，或者我们无法驾驭的材料，例如 TiB2 或金刚石”。

那么，是否值得增加更多的组合呢？Shaffer 提到了 Balzer 的 Tisaflex，他说该产品已被证明“在淬火钢和其他难加工材料方面取得了成功。如果有足够的需求，有朝一日我们可能会考虑在公司内部采用这种配方。”这里的指导意义是，成本不仅仅是购买一个容器这么简单。

Shaffer 指出，实现清洁是另一个成本考虑因素。“我们发现，投资一个出色的清洁装置可以减少电弧错误，从而大大减少涂层容器的停机时间。”

Lake 补充说，理想的情况是将涂层与研磨进行物理隔离，因为后者会将微粒带入空气中。否则，“因为微粒的沾染，你的刀具上很有可能出现涂层空洞。它们进入腔室，然后涂层就无法附着。但我们有

一些客户，他们的涂层设备距离磨床可能只有 20 英尺（6.1 米），但他们仍然取得了成功。我们建议将设备分开。但我们也知道，有时现实并不允许这样做。”

Lake 将供应链控制列为决定是否在内部进行涂层的第二大因素。“这样，刀具永远不会离开他们的工厂，永远不会离开他们的控制，缩短了他们的交货时间。这通常是一个目标。” Shaffer 对此表示高度赞同：“对工艺的完全控制为我们带来了竞争优势——能够提供更好的交货时间。我们刚刚开始了一项名为 'Rapid Edge' 的计划，只需三天就能提供特制的高性能涂层产品。”

Lake 认为，第三个需要考虑的因素是开发专有涂层的能力。他解释说，涂层供应商或多或少被迫提供标准产品。“我们不知道每天会有什么产品进门。我们可以根据工具的尺寸和几何形状，对预处理、后处理或清洁进行调整，以不同的方式进行优化。但我们没有工具制造商那样的灵活性。” Lake 补充说，涂层制造商提供的材料之间也没有很大的差别。而“当你在公司内部进行涂层时，你可以做任何你想做的事情。有了 HiPIMS，你几乎可以溅射元素周期表上的任何元素。”

CemeCon 公司总裁 Marjorie Steed 认为，新冠疫情所造成的巨大竞争压力促使工具制造商寻求新的方法来突出自己。他问到：“我们如何才能推广我们的特色产品？如何证明我们的工具性能比以前更好，或者比竞争对手更好？这种对新技术的探索导致了对 HiPIMS 流程需求的激增，而且随着事态的发展，这种需求愈演愈烈。”

专有涂层

据开发专家 Doug Evans 介绍，Sandvik Coromant 公司的 Inveio 涂层采用已获专利的化学气相沉积（CVD）工艺处理晶粒结构，使其“比市场上任何其他铝涂层都更加垂直”。这种均匀垂直的结构比其他 CVD 涂层更坚固，他用一个独特的例子说明，“如果你把一个鸡蛋侧放并施加压力，你会很容易把它打破。但如果你能把鸡蛋竖起来，你就能获得更好的压缩力，而且需要更大的压力才能把它打破。如果能将铝纹理结构直立起来，情况也是一样。”

Evans 说，Inveio 涂层可以由氮化钛铝、氮化钛铬和氧化铝的各种组合组成。Inveio 可用于以 CVD 为主的可转位刀片。据 Evans 报告，刀具寿命提高了 30% 到 50%，这完全归功于涂层。对于需要较薄涂层以保持较锋利切削刃的硬质合金刀具，Sandvik Coromant 拥有一种名为 Zertivo 的专有 PVD 工艺。它的另一个优点是能够在微观层面上控制涂层工艺。据说这样可以提高基体和涂层之间的附着力，并针对每个等级进行优化。这里指的是氮化钛或氮化钛碳涂层。Evans 说：“我们开始看到一些采用 PVD 工艺的氧化铝类型涂层。”他还补充道，Zertivo 现在已应用于所有新的硬质合金牌号。

Sandvik Coromant 不仅为其涂层工艺申请专利，还制造自己的涂层容器（更不用说创建专门的前处理和后处理程序）。Evans 说，Sandvik 销售的 90% 的工具都是使用自己的设备进行涂层的。

适用于苛刻应用的新型厚涂层

正如 2019 年的文章所述，PVD 是一种比 CVD 更好的技

精确的。

有力的。

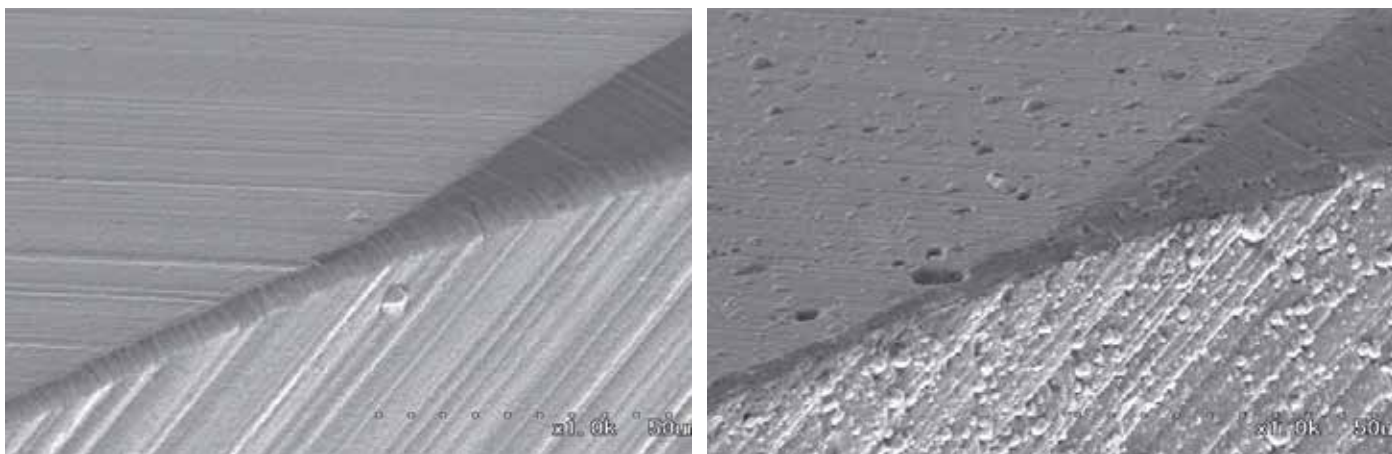
生产性的。

kapp-niles.com



KAPP NILES

precision for motion



从这两张扫描电子显微镜图像中可以看出，HiPIMS PVD 涂层（左）要比使用传统电弧法的 PVD 涂层光滑得多。（图片由 CemeCon 提供）

术，原因有很多——除非应用需要厚涂层。Lake 解释说，这是因为 PVD 涂层越厚，应力就越大，从而导致附着力差和过早失效。“电弧技术的上限一直在四到五微米之间，除非你采取特殊措施来进一步缓解应力。传统溅射技术的最大极限是 8 微米，最多可能是 10 微米。”

但是现在你可能已经预料到了，CemeCon 的 HiPIMS 能够可靠地实现 12 微米厚的 PVD 涂层。Steed 说，这是因为 CemeCon 能够使阴极脉冲与基片工作台同步，从而对涂层的残余应力进行“主动管理和限制。我们甚至测试过厚度为 25 微米的涂层。尽管不是在生产中。即使是 12 微米，在三年前也是闻所未闻的。”Lake 解释说。

Steed 解释说，这种能力尤其适用于

对于重型加工铁轨、开关、管道和曲轴的可转位刀片进行涂层，以及对铸铁和黑色金属材料进行旋转剥离。“这些加工通常需要大量的切削刀片，以保证最高的加工速度和高质量的加工。涂层厚度越高，刀具寿命就越长，这是提高经济效益的关键。这种应用中的相关性几乎是线性的，这就是我们称之为 FerroCon Quadro 的涂层发挥作用的地方。”

Steed 还指出，FerrCon Quadro 涂层不仅厚、坚硬，而且非常光滑，厚度分布均匀，具有最佳的耐磨性。事实上，光滑不仅是 HiPIMS 的特点，也是 CemeCon PVD 涂层的总体特点。Shaffer 说，他们有一台较旧的、HiPIMS 之前的 CemeCon 溅射设备，“在我们需要出色表面光洁度的应用中，它仍然优于 Oerlikon Balzers。

我们在七刃精加工立铣刀和一些铰孔应用中看到了这一点。”

多种材料的优胜者

回转加工刀具的产品经理 Manfred Weigand 报道，CemeCon 的 SteelCon 涂层最初是为模具制造中使用的硬化钢而开发的，现在已被广泛应用。其中包括不锈钢、镍基合金、钛合金、调质钢(42CrMo)和冷作钢(1.2379)。

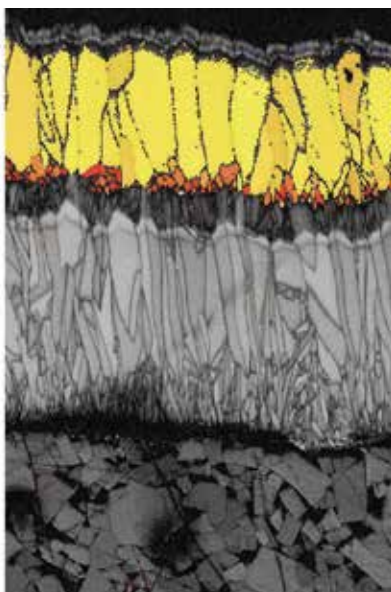
Weigand 将这一成功归功于 SteelCon 出色的热稳定性和绝缘性，它“几乎不会让任何热量进入刀具，而是通过切屑将热量散发出去。这对于不锈钢、镍基合金和钛等导热性能很差的材料尤其有利。如果没有 SteelCon，这些硬质材料在加工过程中不可避免地会产生高温，从而损坏刀具并使硬质合金脆化。”Weigand 说。与其他 HiPIMS 涂层一样，SteelCon 也具有“高耐磨性”，这得益于涂层出色的附着力及其高硬度和韧性。“这些特性的结合大大延长了刀具的使用寿命，并带来了出色的加工效果。”

在一次比较中(6 毫米硬质合金立铣刀加工硬度为 62HRC 的冷作钢， $vc = 170$ 米/分钟， $fz = 0.11$ 毫米， $ae = 0.05$ 毫米， $ap = 0.05$ 毫米)，SteelCon 涂层刀具的使用寿命为 1,050 分钟，而竞争对手的 TiAlSiN 涂层刀具的使用寿命为 590 分钟，AlTiN 涂层刀具的使用寿命则仅有 405 分钟。Lake 说，总的来说，SteelCon “能够使刀具的加工寿命比我们以前的涂层延长 10% 到 30%，或者能够承受比比以前快 10% 到 30% 的加工速度。”

www.better-edge.com

www.cemecon.com

www.sandvik.coromant.com



Sandvik Coromant 的 Inveio 涂层采用获得专利的 CVD 工艺，形成更加均匀垂直的晶粒结构，以提高强度。（图片由 Sandvik Coromant 提供）

“人工智能物联网”， 边缘分析在 Gebhardt 创造和谐 'Artificial Intelligence of Things,' Edge Analytics Create Harmony at Gebhardt

物联网和人工智能是两个独立的技术趋势，都能在工业界掀起波澜。物联网可以将设备连接在一起，像神经系统一样发出和接收信号。相比之下，AI 可以充当大脑，利用数据做出明智的决策，控制整个系统。当两者结合在一起时，能够提供智能的连接系统，可以自我纠正和自我修复——形成我们所说的人工智能物联网 (AIoT)。

传统的物联网技术，如云计算和机器对机器 (M2M) 通信，使制造商能够完成三项关键任务：连接机器、存储数据并使数据具有意义。现在，随着 AIoT 的引入，他们可以从第四种能力中受益——采取行动。

然而，为了使 AIoT 可行，制造商需要一个能够支持快速决策的数据管理系统。虽然云存储能够实现，但在更接近其源头的地方——边缘——分析数据，使 AIoT 提升到了一个新的水平。

简化生产

为了释放 AI 的力量，需要以尽可能小

的延迟做出决策。如果 AI 系统收到机器出现故障的警报，或者以改变机器的速度或运动模式来提高生产力，它可以立即根据这些见解采取行动，并停止或改变生产。通过在边缘而不是云端集成 AI 系统，制造商可以释放超低延迟的价值，从而尽快关闭机器，减少产品的损坏或缺陷。

为了在边缘集成 AIoT，行业领导者必须首先建立一个离线的 AI 模型。然后，他们必须使用以前存储的数据集训练模型，直到它满足要求，然后再将其导出并应用于新的实时数据。

然而，将模型应用于在线场景中的实时数据，与在训练阶段已经整理过的存储数据上测试模型有很大不同。实时数据还没有被过滤或分类，每组数据可能在不同的时间到达，从而为 AIoT 造成信息混乱。

进入边缘分析

为了使数据有意义，在 AIoT 使用之前必须对其进行处理。这就是边缘分析的作用。举例来说，Crosser 平台是一个低代码软件平台，用于任何边缘、内部或云

的流分析、自动化和集成。其目的是消除复杂性，简化开发，使非编程人员能够以大幅降低总成本的方式更快地进行创新。

像 Crosser 平台这样的系统有助于在数据到达 AIoT 之前以多种方式准备数据。例如，它可以协调来自工厂车间各种机器的数据，这些数据可能是不同的格式，因为它来自多个来源。

平台会定期汇总来自不同来源和格式的数据。此外，如果数据源具有不同的采样率，则平台可以填充中间值，以便在每次更新时用所有传感器的新数据更新模型。它还可以根据时间序列数据创建不同类型的窗口。

该平台还可用于特征提取。根据所使用的模型，可能需要从原始数据中创建其他特征。例如，这可以是获取振动数据并将其从时域转换为频域。所有这些步骤都是在数据到达 AIoT 之前对其进行了简化。

Gebhardt 示例

这就是 Crosser 的平台如何帮助位于德国辛斯海姆的仓库自动化解决方案制造商 Gebhardt Intralogistics Group 实施 AIoT 战略。Gebhardt 生产智能穿梭车，可在整个仓库内快速移动集装箱。它正在寻找一种异常检测解决方案，来识别穿梭车振动引起的操作故障，以最大限度地降低维护成本。

使用 Crosser 的 Flow Studio，Gebhardt 能够实时处理、协调和过滤边缘数据，然后使用 AI 从收集的数据中学习，以实施预测性维护，从而提高机器可用性和延长资产使用寿命。

的确，机器智能拥有强大的力量，但其他支持技术可以帮助发掘其全部潜力。在边缘集成 AIoT 的行业领导者可以从高效、反应迅速的控制系统中获益——快速优化流程。



Flow Studio 能够在边缘实时处理、协调和过滤数据，然后使用 AI 从收集的数据中学习，以便实施预测性维护。

过程监控软件的进步

Advances in In-Process Monitoring Software

零件制造过程中的质量保证可能是增材制造（AM）能否被接受的关键。



我们为仪表盘客户提供了许多预设模板，其中名为“FormUp Monitoring”的模板包含了机器生成的最高级别的详细信息。这些模板可以按原样使用，也可以根据每个人的需求进行修改。用户也可以自定义创建新模板。（所有图片由 AddUp 公司提供）

这也就不难理解为什么过去十年来，AM 对制造业造成了如此大的冲击。AM 能够生产出传统制造工艺无法实现的复杂几何形状，而且时间短、成本低，因此在大多数行业都具有诸多优势。

然而，在大规模采用这种技术的道路上还存在一个问题：质量保证。

通过 AM 生产零件时，必须进行许多生产后检查，以确保零件符合几何公差、孔隙度、缺陷检测和可重复性。这些检查大多在生产试样和样品上进行，并采用与后期主部件相同的打印条件下生产。然后对这些样品进行测试，例如检查孔隙度、疲劳度和其他性能方面是否符合承包商的预期。然而，将试样或样品来表现主部件的相关质量可能是有限的，特别是在考虑使用多激光生产时。此外，这些检查

通常既昂贵又漫长，会影响交货时间和生产效率。

AM 工艺复杂，层层累计

AM 尤其是 PBF 技术，非常适合在生产过程中使用监控解决方案。以平均 60 μm 的层厚计算，典型的生产需要约 3,000 个连续层才能完成一个零件。从字面意思上看，这似乎是一个比传统制造工艺更慢的过程，但除了众所周知的所有 AM 优势（如可实现复杂的几何形状或交货时间）外，这些薄层材料的连续融合还为制造过程中的零件状态提供了一个独特的视角。在生产过程中使用监控解决方案可以取代或至少减少所需的生产后检查，并增强对制造质量的信心。这种类型的软件创新将有助于推动自动成型技术向全面工业化的发展。

AM 是一项需要掌握的复杂技术，因为我们必须处理各种尺度下存在的问题：在制造一根头发丝直径的“铅笔”时，需要以每秒数米的速度绘制数百万个矢量，而这些矢量与数英里的轨迹相对应。此外，平台、激光器和用于惰性条件的气流等数十个组件都必须协同工作，才能按照预期效果制作出零件。由于这些原因，单一的过程监控方法不足以提供完全工业化技术所要求的质量保证水平。

在线监测的关键要素

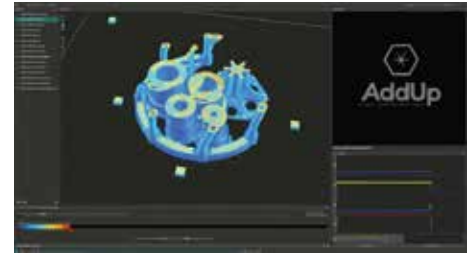
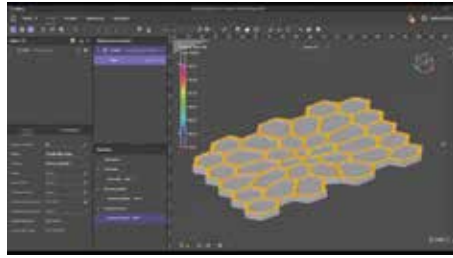
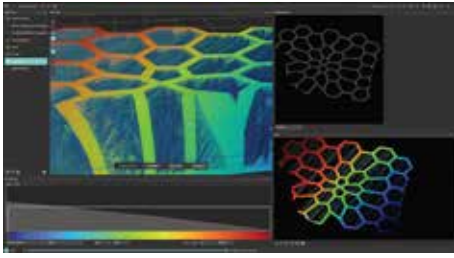
AddUp 是一家全球金属 AM 制造原始设备制造商，今年早些时候推出了一整套在线监控解决方案，以充分发挥其 FormUp 机器的潜力。AddUp 监控战略的核心有三个关键要素。

首先是对机器内部情况的宏观了解。AddUp 公司的 FormUp 350 PBF 打印机配有几十个传感器实时收集数据：氧气水平、湿度水平、激光器状态、所有运动部件测量到的力、粉末消耗量或气体流量。过去，这些数据集都是独立的，只有在生产后才进行整合，从而限制了生产过程中的潜在行动。但现在，这些数据可以在名为 AddUp Dashboards 的直观平台上实时可视化。

收集和评估这些数据可以有力地说明零件的质量，全面了解生产的条件。该解决方案还可进行定制，以满足不同生产角色的不同需求。维护人员将跟踪部件的移动，并跟踪固件和软件的更新。制造领导将跟踪其车间的负载情况，确保不会遇到任何瓶颈或供应链中断。质量专家可以访问构建报告，其中包括生产过程中出现的每个事件，并自动生成确定 / 未完成 / 标志状态。最后，工艺专家可以完全控制几十个变量，并具有交叉参考关键工艺参数 (KPP) 的高级功能。



AddUp FormUp 350 打印机群。



要进行更深入的分析，可在 AM Explorer 中评估熔池数据。之所以能够提供如此详细的数据，是因为与三维可视化软件公司 Interspectral 建立了合作伙伴关系，该公司与 AddUp 公司合作开发了一种用户友好型工具，可以显示熔化过程中可能出现的任何异常情况。

值得注意的是，所有这些数据都完全符合最高的可追溯性标准，这要归功于 AddUp GUID 系统，它可以自始至终跟踪生产文件是否符合标准。

但所有这些只是第一步。

第二步是在微观范围内分析生产的执行情况。AddUp 以极高的频率测量 KPP：激光光斑的物理位置、激光的实际功率和熔池的发射率。通过熔池监测，可以在不破坏部件的情况下确定任何缺陷的特征，这对于独特的一次性制造特别有用。使用该监控解决方案生成的数据量可能非常大，因此 AddUp 提供了一组 PNG 文

件，这是一种比原始数据更轻便、更易于读取的格式，可以在 AddUp Manager 软件（FormUp 专用的 CAM 解决方案）中进行可视化处理。每个后续图层之后都会实时提供这些可视化图像。这些图片会自动重新定位并叠加到标称扫描策略上，以便与预期轨迹进行比较。对于批量生产，这种类型的监控可用于创建参考指纹，作为未来生产产生的比较点。

最后，AddUp 监控套件的最后一个关键要素是分层质量分析。AddUp 的创新技术（重涂监控）可在生产过程中主动纠正错误。这一要素旨在提高零件的生产率。如前所述，AM 是基于数千个连续层累计

生成。当粉末床的质量因各种问题而达不到标准时，就有可能在生产几个小时后导致构建失败。这种影响可能是巨大的。AddUp 的重涂监控系统不仅能检查粉末层的均匀性，发现可能存在的沉积物或粉末不足，还能在必要时触发修正程序，确保粉末层在重新熔化前变得光滑平整。在 AddUp Dashboards 和每个零件的制造报告中，都会对这些重涂修正进行全面跟踪和报告。

这三个关键要素的结合将加速该技术的应用，不仅在小批量应用中，而且在 AM 部件的大规模生产中，都能让人对无缺陷零件的质量充满信心。



源自创新

传承100年








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

安全与可靠?

Safe & Secure?

黑帽子、脚本小子、网络钓鱼者和敌对国家。这些不良分子肆无忌惮地破坏你的工厂，窃取你的东西。你在做什么？

虽然云计算和将 IT 需求外包给地区数据中心，这似乎不如“内部”硬件和软件系统安全，但事实往往恰恰相反。

在谷歌上搜索“网络攻击”一词，你会发现一页又一页的新闻标题，包括最近发生的几起备受瞩目的国际事件。

这些受攻击的名单包括

- “意大利警方在欧洲电网期间挫败了亲俄黑客攻击”。
- “巴西电子商务公司报告了网络攻击导致损失数百万美元”。
- “网络攻击导致哥斯达黎加政府系统混乱”。
- “爱尔兰 NUI Galway 的 IT [信息技术] 网络检测到潜在网络攻击”。

觉醒时刻

很可怕吧？但你可能会想，“至少这些攻击都没有发生在北美，而且它们都没有影响到我或我的业务，这有什么大不了的？类似的想法继续滚动。可悲的事实是，黑客攻击无处不在、无时不有。例如，美国人最好回忆一下 Colonial 管道公司遭受的价值 440 万美元的勒索软件攻击，由于密码泄露，使得国内最大的天然气管道瘫痪了六天。

还有 SolarWinds 黑客事件，导致 18,000 多名计算机用户在不知情的情况下

在系统中安装了间谍软件。其中许多用户属于五角大楼、美国国家航空航天局、国土安全部和国家核安全局，以及微软和英特尔等私营公司。据一些专家称，这些攻击仍在继续。

美国和加拿大的制造商尤其容易受到这些不良分子的攻击。根据 Mitre 公司的在线数据库 ATT&CK，目前有 133 个有组织的“威胁组织”分布在俄罗斯、伊朗、朝鲜等地活动，其中有许多是国家支持的。Mitre 还发现了 680 种公开可用的软件工具，这些软件工具以及其他组织或个人可能会利用这些工具进行恶意活动。

美国继续从至少其中一个国家购买大量低成本制成品。如果您的制造公司稍有不慎，就很可能成为一长串未受惩罚罪行中的下一个受害者。

防御态势

“制造业是美国网络攻击的主要目标，而地域性民族国家是最大的支持者”。这句话出自德克萨斯州圣安东尼奥网络安全制造创新研究所 (CyManII) 首席执行官 Howard Grimes 之口。他将这些攻击描述为“Daedalian 性质”，意思是它们非常

复杂、相互交织且无处不在。

Grimes 补充说：“随着美国将设备、网络、人员和机器连接起来，我们的网络攻击面积和影响的复杂性都呈指数级增长。”然而，我们的应对措施一直是线性的、市场驱动的，集体缺乏灵活性。我们必须改造我们的网络基础设施，使其比对手更加敏捷和强大。否则，对我们的经济和国家安全造成的后果将是不可估量和不可接受的。

当认识到这些风险后，美国国防部 (DoD) 推出了 CMMC 2.0 (网络安全成熟度模型认证)，旨在成为“保护国防工业基地免受日益频繁和复杂的网络攻击的综合框架”。商务部也采取了类似的行动，责成其国家标准与技术研究院 (NIST) 广泛实施最近制定的 SP 800-171 Rev. 2 标准，“以保护非联邦系统和组织中的受控非机密信息”。

对于制造业来说，这两件事都是大事。根据 NIST 网站上的一篇博客，“如果制造商是国防部、总务管理局 (GSA)、NASA 或其他联邦或州机构供应链的一部分，则必须执行 NIST SP 800-171 中包含的安全要求”。国防部网站也有类似的表述，称“

一旦规则制定完成，CMMC 2.0 将成为合同的要求条款”。

对于任何管理受控非机密信息 (CUI) 的制造商或从事航空航天和国防工作的制造商来说，这意味着一个漫长的、侵入性的、很可能是昂贵的认证过程，与满足 ISO 9001、TS 16949、AS9100D、ITAR、NADCAP 和其他质量标准所需的认证过程并无不同。

援助之手

好消息是什么？这两个标准密切相关，满足 800-171 要求是获得 CMMC 认证的首要步骤之一。而更好的是，这两个标准都有帮助。美国国家标准与技术研究院 (NIST) 建立了制造业扩展合作伙伴关系 (MEP)，这是一个由行业专家组成的全国性网络，负责“为中小型制造商提供成长和发展所需的资源”。鉴于当前的形势，这些资源中最重要的或许就是在实施 800-171 和 CMMC 相关方面的帮助。

CMMC 2.0 有三个级别，每个级别都比上一个级别更严格，但都基于 800-171 合规性。认证要求回答 14 个业务领域的 110 个控制问题。MEP 客户可能会在内部审计流程的指导下，帮助他们解决任何安全问题并制定 SSP (系统安全计划)，企业可将其视为自己的网络安全计划。完成



随着越来越多的制造商利用工业物联网，强大的网络安全实践将变得更加重要。

后，公司会将审计结果提交至 NIST 网站进行评分，这在一定程度上决定了他们所达到的 CMMC 级别。

800-171 控制措施中有一些是众所周知的基本 IT 安全措施，如限制不成功的登录尝试、对密码复杂性和字符要求等。其他则更为复杂。是否使用加密密钥来保护信息系统？是否使用联邦信息处理标准 (FIPS) 批准的加密技术来保护计算机用户信息安全？是否要求进行维护的人员在工

作期间使用多因素身份验证方法，并且在维护完成后删除这些登录凭证？

解决问题

鉴于美国政府、微软等 IT 领导者以及无数财富 500 强企业都未能阻止 SolarWinds 的漏洞，他们或小型制造公司不太可能在首次尝试时就通过安全审计。但无论如何，企业现在就开始解决这些问题是非常重要的。

TechSolve 公司就是这样一家 MEP 中心，其服务于俄亥俄州西南部地区。在那里，高级网络安全分析师 Joe Anderson 列举了许多同样令人震惊的漏洞，例如佛罗里达州 Oldsmar 的一个水处理设施遭受了一次攻击，幸亏及时阻止，否则可能会造成数千人受伤。其他还包括纽约州心理健康办公室的 21880 份记录被泄露；芝加哥一家保险公司支付了 4000 万美元的赎金；总部位于丹佛的国防部承包商 Visser Precision Manufacturing 公司支付了 230 万美元。Anderson 还提到了另一个严峻的统计数据：Inc. 杂志 2018 年的一份报告指出，60% 的小微企业在遭受网络攻击后的六个月内倒闭。

Anderson 指出，这些例子并非仅仅是骇人听闻的策略。每一个例子都是事实陈述，是表明近年来世界发生了怎样的变化的数据点。”他说：“很明显，有些组织比其他组织更能规避风险，这些组织采取了必要的措施来避免或至少减少被黑客攻



不断更新防病毒软件、定期为计算机操作系统打“补丁”以及持续监控入侵企图，都是提高制造基础设施安全性的有效措施。

击的机会。”但让我们面对现实吧，总有一些公司不会采取任何措施，除非他们的客户迫使他们这样做，或者直到他们的钱袋子受到打击。

保险有多种形式

TechSolve 网络安全公司总监 Steve Gillock 解释说，网络安全的财务影响有多种形式。对于赎金攻击，解决方案通常是支付赎金，之后黑客会很乐意向你发送一把钥匙，以解锁你的机床、管道、商业软件或公司数据。希望这是一次性事件。如果公司能幸存下来，它就会以加强 IT 实践的形式，对沾满鲜血的公司鼻子进行急救。然而，知识产权（IP）盗窃、企业和政府间谍活动、拒绝服务攻击以及普通的恶意行为也会造成损失，所有这些都是难以估价的。

随之而来的是网络保险成本的上升，TechSolve 和越来越多的制造商都感受到了这种痛苦。”Gillock 说：“五年前，投保非常容易——只要正确回答几个简单的问题，就能获得批准。”但如今，和许多机构一样，保险公司也开始感到压力，他们在与你开展业务之前，都会检查你是否拥有强大的安全态势。

Anderson 补充说，原始设备制造商也是如此。”通用电气就是一个很好的例子。我们这里有很多一级供应商，通用电气已经开始规定他们如何管理自己的知识产权和其他公司信息。如果没有适当的程序，他们就不会与你签订合同。

铁盾

那该怎么办呢？这是与安全专家进行长时间会谈的主题，正如 Chou 和在座的其他人所认为的那样，现在就开始行动比以后再行动要重要得多。一个好方法是从 NIST 网站下载 800-171 出版物。在那里，你会看到各种常识性建议——其中许多已在前面列出——以及“使用防火墙或实施由其他边界保护装置和信息流控制机制的子网络”的建议。

Neil Desrosiers 可以在最后一部分提供帮助。作为机床制造商 Mazak 公司的应用工程师和 MTConnect 公司专家，他经常在肯塔基州佛罗伦萨的工厂培训数控机床加工师和程序员，每次培训开始时都会进行匿名调查，询问有多少客户被黑



采用 5G 技术的蜂窝通信在本质上比老式电信平台更加安全。

客攻击过或中过恶意软件。”他说：“总有那么几个。”这一次可能是 20%，下一次可能是 50%，但它确实发生在，而且据我所见，他们中的大多数人都不想讨论这个问题。

这个问题的一大部分是工业 4.0，在更大程度上是工业物联网（IIoT）相关的。这是一个好消息，也是一个坏消息：二者都将提高制造商的效率，同时也增加了网络攻击的可能性。”我们提倡 IIoT、机床监控、数据分析等，但许多车间的设备都比较陈旧，这些是在互联网连接出现之前设计的，”Desrosiers 说。

“即使是较新的机床，”他补充道，“操作系统也是嵌入在控制系统中的，不容易打补丁。因此，IT 部门或顾问对如何确保带有 CNC、PLC 和自动化系统的工业设备的安全知之甚少。

他笑着说：“有时感觉这就像狂野的西部。

检查盒子

Desrosiers 承认自己不是安全专家，但他表示，保证这种前沿的部分方法就是按照 800-171 中的建议去做：使用防火墙或其他边界保护装置实施子网。

为此，Mazak 提供了一种预配置的工业解决方案 SmartBox，该公司网站将其描述为“一种可扩展的端到端解决方案，可将制造设备（包括机器、软件和其他设备）连接到工厂网络，并允许信息通过

MTConnect 自由流向管理系统”。

Desrosiers 说“让数控机床脱离企业网络已不再可行，你需要测量利用率，需要传输程序、刀具偏置和其他形式的数据。你可能会使用 U 盘来完成其中的一些工作，但这样做不仅速度慢，而且还存在安全风险。因此，问题在于如何让机器安全上网。精明的 IT 人员当然可以设置 VLAN（虚拟局域网）和防火墙，不过这些设备可能不容易连接，也没有足够的端口来连接所有不同的硬件。不过，这还是有可能的。SmartBox 只是让这一切变得更简单、更快捷。

即将到来的融合

任何从事 IT 行业的人都知道定期安全备份硬盘和公司数据的重要性。然而，如果你能创建整个 IT 系统的数字拷贝，其中包括工厂中的每一个固件、梯形图逻辑和参数设置，那么会怎样呢？这不仅能让系统所有者在网络攻击发生时“时光倒流”，还能在坏人扣动扳机之前就探测系统的漏洞。

阿拉巴马州 Huntsville 市海克斯康资产生命周期智能部门负责产品组合战略和启用的副总裁 Nick Cappi 认为，数字孪生的作用远不止产品设计和仿真，它还能能为制造商提供上述功能。

Cappi 说：“我们想象一下典型的数控机床。”这其中有泵、电机、温度传感器、逻辑控制器等，每个部件上都运行着固件

或软件。我希望在保护这些不同组件的同时，还能了解它们存在哪些风险，以便主动减少或修复每个安全漏洞。

"我们的软件就是这样做的——为任何机器构建一个全面的虚拟孪生系统，直至微处理器级别。除其他事项外，这使其所有者能够将其各个子系统与已知弱点数据库 -- 例如 ICS-CERT 和 NVD (即国家漏洞数据库) -- 进行比较。

Cappi 认为，如果硬件或软件没有安全漏洞，坏人就无法入侵，也就不需要网络安全了。当然，这样的幻想世界目前还不存在，而且很可能永远也不会存在，但像这样的工具正在通过弥合 IT 和 OT (操作技术) 之间的鸿沟，让它离我们越来越远。

"IT 长期以来一直专注于规避风险，"他说。"另一方面，OT 在网络安全方面相对较新，还没有真正将制造安全提升到可接受的风险角度。这是一个不同的世界，覆盖在 PLC 和数控机床之间，而 IT 对它们知之甚少。在我们能够将他们的最佳实

践应用到工厂车间之前，网络安全仍将是一个令人担忧的问题。

记住 Alamo

网络分段和网络制胜是很好的第一步，但 CyManII 公司的 Howard Grimes 认为传统的安全措施还不够。"他说："当今世界的网络安全可以用很多方式来描述，我想用的词是不充分和不足。他说："基本上，我们现在使用的系统在设计时就没有考虑过安全问题，因此，我们倾向于在外围进行防御，试图将坏人拒之门外。我们保护的是业务的各个部分，而不是它们的整体性。

Grimes 解释说，我们需要的是能够预防和减轻攻击的下一代架构。这些架构在设计上应该是安全的、受网络启发的，并能感知威胁。它们还应该解决 "整个供应链中的数字工程生命周期问题，在这个数字生态系统中，每一个操作、机器人都是一个 "节点"。"

这就是能源部责成 CyManII 公司和德

克萨斯大学圣安东尼奥分校开发的技术。他们正在取得重大进展。Grimes 指出，该团队活跃在多个网络安全领域，并与许多制造商合作。

他举了下面一个小例子。

他说："我们制造了一种可以单向传输信息或数据的设备。他说："这样你不可能被渗透，因为我们根本不允许任何东西进来。你可以把它想象成一种 '无物可攻' 的状态，这在网络安全界是很少见的。总之，这个设备售价 500 美元，几乎可以连接到任何一台数控机床，从根本上提高其网络安全态势。同样，这只是我们工作的一个例子。我们还在研究用于确保供应链安全的网络物理护照、防伪措施，就像我说过，开发设计安全且能感知威胁的架构。所有这些以及更多的工作都是我们的使命。

www.hexagonppm.com

www.mazakusa.com

www.techsolve.org

www.cymanii.org

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

云计算如何重塑电动汽车

How Cloud Computing is Reshaping Evs



Misha Cetrone
Vice President
Strategic Partnerships
Megaport

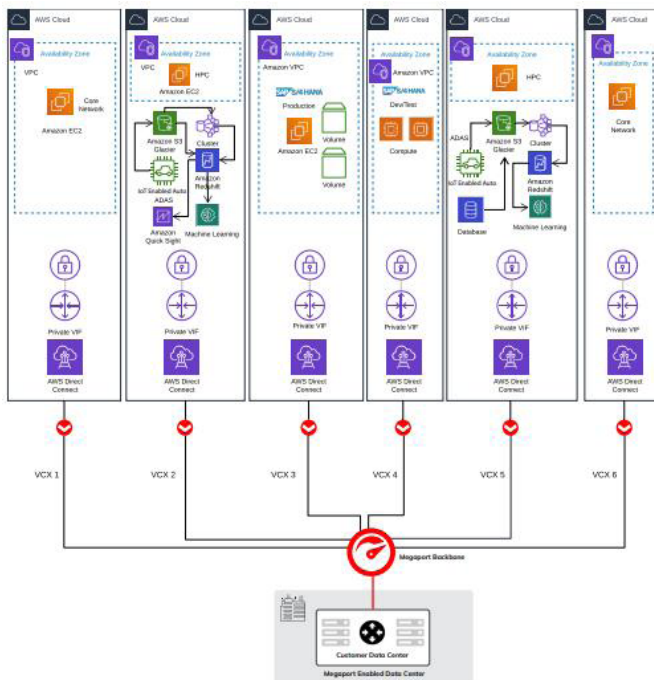
显而易见，云计算和网络技术已成为各行各业的首要技术之一。企业意识到，云计算在不断快速发展和扩张的同时，不仅为企业带来了强大的新功能，也带来了复杂性，但是传统网络技术并不适合处理这种复杂性。

例如，豪华电动汽车制造商 Karma 汽车公司重新考虑了其网络架构，使其日益分散的网络环境能够保持良好的连接，同时提供最先进的汽车。虽然 Karma 公司的网络转型发生在新冠疫情肆虐之前，但 COVID-19 已促使更多公司将工作负载转移到云之中。随着企业调整网络以管理分布式员工和支持员工的分布式基础设施，他们可以从 Karma 公司优化网络的经验中获得宝贵的启示。

对于 Karma 汽车公司来说，创新出具有无与伦比动力的豪华汽车是一项挑战，但是要确保“引擎盖下”的 IT 系统得到优化，从而将设计和制造结合在一起则是另一项挑战。

改造传统网络

Karma 汽车的生产数据库和稳态工作量基于协同定位设施，而空气动力学研究和制造设



计则托管在 AWS EC2 上进行高性能计算。简而言之，Karma 汽车需要其设计和生产环境共享实时数据，以便高效组装车辆，同时维护其作为该领域创新者的声誉。

然而，传统网络根本无法以经济高效、可扩展的方式实现这一目标。连接 AWS 和 Karma 公司内部基础设施的电路调配需要 30 到 90 天的时间。在高性能计算常见的突发期，Karma 公司不得不为更多带宽配置更多的电路。但在不需要那么多带宽的时候，他们就不不得不为这些电路付费。

混合云推动成功

一种灵活、可扩展的专用软件定义网络 (SDN) 可使 Karma 汽车简化在内部生产工作和公司云设计环境之间移动数据的方式。现在，Karma 汽车不仅可以运行复杂的模拟并向其团队提供实时的见解，还可以通过使用私有的按需连接方式将其不同的工作环境整合在一起，以确保公共云工作负载和数据中心传统数据库之间的低延迟通信。在突发期间，只需轻点鼠标即可进行配置，而在非突发期，它可以立即缩减带宽需求。

Karma 汽车采用混合云策略实现了现代化的网络，它能在公司内部和云工作量之间建立更高操作灵活性和可靠性的连接。这允许进行更多的可视化、模拟和原型设计，使 Karma 汽车能够将其想法付诸实践，并以前所未有的速度交付最先进的豪华汽车。

拥抱云技术

随着越来越多的企业开始将工作转移到云中以实现创新和发展，他们必须确保拥有合适的网络基础设施来实现这一目标。然而，为分布式员工提供服务的多云环境和支持该员工的分布式基础设施的灵活性取决于将其连接在一起的网路。正如 Karma 公司发现的那样，软件定义网络为他们提供了运营灵活性，使他们能够以经济高效、可扩展的方式连接这些分布式基础设施。

像 Karma 汽车公司这样的企业越来越意识到，云的灵活性对于最大限度地提高生产力和创新能力至关重要。

先进的数据收集方法增强复原力

Advanced Data Collection Methods Build Resilience



Rick White
CEO
Capture 3D

德勤公司称，在经历了充满挑战的2020年之后，全球A&D行业收入预计将于今年开始复苏。虽然商业部门受到的影响比国防部门大得多，但整个行业创新能力的加强和保持取决于其不断适应智能制造技术的意愿。

拥抱数字化转型是在复苏期走出动荡的关键——国防工业在质量4.0技术方面的成功证明了它们是如何支持面对不确定性时的应变能力的。

近期发生的事件进一步推动了全球数字化转型。然而，在全球经济进一步复苏的时期，这些数字化机制不仅是必要的，也是一种标准。数据价值的体现是这一转变的主要驱动力之一。对于A&D来说，创建一条数字线，将其纳入供应链的数字结构中，并与生产流程的每个阶段相连接，是非常有价值的。通过数字化制定这一战略，可以释放出优势，在面临混乱时保持稳定。

Quality 4.0战略在质量流程中采用了数据驱动方法。但这些方法需要高质量的精确数据才能有效。计量级蓝光3D扫描仪可收集此类数据，作为关键航空航天部件的数字化仪使用。

由此产生的数字孪生系统为更新过时的检测流程提供了机会。

例如，传统的厚度测量方法通常涉及昂贵的破坏性检测技术，如切割涡轮叶片等高价部件。将这一检测流程数字化可以节省时间和金钱，而且由此产生的数据可以创建零件验证的数字记录，并伴随零件的整个生命周期。

目前，成功的A&D制造商使用批量处理系统来加速在线生产检测，该系统可从集成了可编程逻辑控制器接口站的自动3D扫描仪上自

动传输零件。机器使用先进的计算方法快速确定关键零件是否能通过检测。

通过这种形式的自动化来加强检测流程，可以减少检测较小部件所需的时间。

但是，对于较大的部件和组件，A&D制造商可以通过较大的自动化3D扫描和检测解决方案或配备蓝光3D扫描系统的自动导引车实现同样的改进。

自动化通过减少重复、创建可重复流程和消除人为错误来帮助制造商管理质量流程。

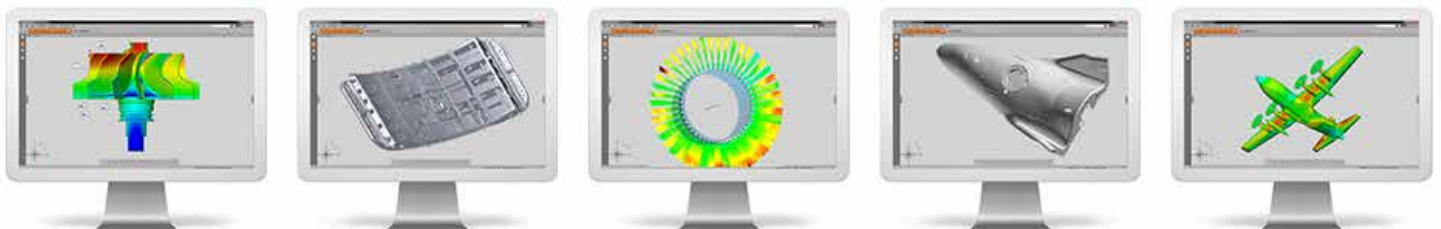
采用自动化战略的A&D公司正在利用技术在国外竞争中保持领先地位，从而获得优势并加强行业的反弹，同时保护行业的未来。

Quality 4.0计划利用数据来衡量质量并分析、预测和解决业务挑战。例如，利用三维测量数据进行趋势分析可揭示各种模式，为规划和纠正制造流程提供准确预测趋势的情报。在确定趋势、加工问题、表面缺陷和几何异常后，这些数据就会成为数字文档，伴随零件的整个生命周期。暴露出来的洞察力会促使企业做出成功的决策。

通过跟踪整个生产流程中的微小偏差，可以在制造出不符合标准的零件之前解决出现问题的根本原因，制造商可以在问题出现之前预测并加以解决。

行业可以通过更好的技术获得更好的信息，从而更智能地向前发展。随着质量流程的进步不断重塑技术与人类之间的关系，它们也将继续削减成本。通过将繁琐的流程自动化，质量4.0技术为人类提供了更多能力，使其能够专注于推进工程、质量和安全。

采用先进的数据收集方法和策略将为航空航天业的复苏、坚持不懈和恢复能力做出重要贡献。



通过精密工件夹具提供长期价值

Precision Workholding Delivers Long-term Value

五年前，当 STOBER Drives 的工程团队选择在其新的 Nakamura WT300 车床上安装 Hainbuch centroteX 系统时，根本无法预料这一决定在满足客户不断变化的要求方面会有多成功。STOBER Drives 位于肯塔基州的梅斯维尔，是一家拥有 85 年历史的德国高品质齿轮箱制造商在美国的分支机构，为航空航天、汽车、医疗、食品加工、饮料和半导体等行业的制造商提供服务。齿轮箱的尺寸从手持式装置到 30 英寸 × 30 英寸（762 × 762 毫米）不等。制造工程师 Landon Garrison 解释说：“我们的伺服行星系列是我们最受欢迎的产品。它的设计极其坚固耐用，以性能精确、使用寿命长而著称，是机床行业的特别宠儿。”

随着需求的增加，STOBER 的工程师们发现，在保持所需的精度的同时，还需要更大的灵活性和更高的产量。所涉及的零件包括需要重型三爪卡盘以及通过夹头进给的 3.75 英寸（95.25 毫米）Durabar。料包括但不限于 4142 钢和 17-4 不锈钢。零件数量通常在 100 件左右。工程分析表明，需要缩短转换时间，特别是在中等尺寸范围内。

制造工程师 Gary Meyer 说：“我们原来的系统包括两台配备标准工具和传统卡盘的车床。这耗费了大量时间。我们意识到，我们需要的是能容纳夹头和标准三爪

卡盘的工件夹持系统，它既能快速更换，又能满足我们所要求的公差和光洁度。”

在 IMTS 上，STOBER 团队看到了 Hainbuch centroteX 的演示，这是一种独特的工件夹持系统，主要为大型工件而设计，但能够容纳数十种工件夹持配置。当前的工件夹持设备也可以集成到系统中。卡爪夹持直径可达 256 毫米，夹持头卡盘可达 100 毫米，心轴夹持直径可达 8 至 200 毫米。

centroteX 系统的核心是一个精密加工的适配器板，上面装有耦合接受器。当安

机床适配器（左）固定在主轴上，可随时安装 Hainbuch TOPlus 六角套筒卡盘（右）。该系统还可容纳所有现有的工件夹持装置。（所有图片均由 Hainbuch 提供）



装在车床主轴上时，它可以容纳各种联轴器接口尺寸，并可通过高速螺钉快速连接。

Hainbuch America 的全国销售经理 Al Dopf 解释说：“centroteX 不仅仅是一个工件夹持系统。它的每个方面都经过精心设计，以确保在较长的使用寿命内都能保持精确的性能。”

centroteX 意识到用户友好型人体工程学设计的重要性，从而加快乐精确安装速度，并避免操作员在操作重型卡盘时受伤，为此他们配备了 MonteQ 安装辅助装置，这是一种经过特殊设计的弧形夹具，悬挂在配有快动螺栓的弹簧安装附件上。MonteQ 可将更换时间缩短至几分钟。夹持装置可将切屑和其他异物排除在夹持表面之外，从而确保精度。为了给卡盘和其他组件提供一个安全、无污染的环境，同时也为了提高操作员的便利性，还提供了一个专门设计的轮式推车。

“与该系统配套使用的卡盘同样具有最高的精度。Hainbuch 用两个特殊加工的金属部件制造卡盘，这是独一无二的。这种双重设计为我们的客户提供了建立超精密校准的手段——这是其他任何制造商都无法比拟的。”

最初的 centroteX 系统安装在一台新的 Nakamura WT300 车床上。据 Landon



安装辅助装置可将工件夹持装置的更换时间缩短至五分钟之内。



移动设备存储车可保护系统部件免受污染，并方便更换。



该系统能够在不同机床之间快速、准确地共享工件夹持装置。

Garrison 称：“该系统超出了我们的预期，使我们能够执行以前需要两台车床才能完成的操作。以前需要两个小时才能完成的卡盘装卸现在只需五分钟。培训也是通过视频和个别指导即可完成，我们的操作员非常喜欢这种易用性。”

Garrison 说：“最初，该系统参与了 10 到 12 种零件的生产，从直径为 2 英寸的联轴器到 10 英寸的外壳，所有这些零件都符合我们的高精度标准。同样重要的是，该系统能够适应材料带来的更大的加工挑战，并保持严格的公差。随着客户产品和需求的不变化，我们有责任预测并满足他们的需求。食品服务行业的变化尤其如此。由于美国食品及药物管理局（FDA）的规定，以前使用传统钢材制造的部件现在需要使用不锈钢。得益于 centroteX 系统的精确性和可重复性，我们在应对这一挑战的同时，还能通过高速更迭来保证生产效率。事实上，我们的业务在不断增长，去年我们的销售额达到了一个重要的里程碑。为了满足需求，我们很快将安装另一套 Nakamura/centroteX 组合设备。我们还在其他机床上安装了 Hainbuch 卡盘，包括一台新的双主轴车床。我们发现，Hainbuch 卡盘的使用寿命比竞品高出 1 倍。”

Hainbuch America 中东地区销售经理 Rick Tillberry 评论说：“Landon 和 STOBBER Drives 团队的成功在很大程度上归功于他们在制定制造战略时运用了卓越的分析能力。他们明确了在保持高重复精度的同时实现快速转换的需求，从而选择了一种能同时满足这两个需求的工件夹持系统。同样，Hainbuch centroteX 系统也是战略思考的结果，因为其设计不仅考虑到机械要求，还考虑到操作人员的舒适性和安全性。与 Landon 及其员工在 STOBBER 的合作证明了我们双方长期战略思维的价值，是真正成功的团队合作。”

www.stober.com

www.hainbuchamerica.com

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

客机转为货机

Converting Passenger Aircraft to Freight Aircraft



Zimmer 集团为飞机改装提供了风冷主轴，包括 EtherCAT 操作终端和变频器。（图片由 ST 工程公司提供）

新冠疫情扰乱了世界各地的供应链，使生产线瘫痪，并导致大城市进入封锁状态。一年多来，经济都处于紧急状态。航空业受到的打击尤为严重。数以千计的航班被取消，在某些情况下，整个机队都停飞了——COVID-19 对全球航空交通的影响达到了前所未有的程度。

遏制病毒的措施不仅打击了客运交通，也打击了航空货运（包括航空邮件），因为客机在航空货运中占比超过 50%。从危机中获利的是货运航空公司 / 混合承运人（货机和 PAX 飞机）和包机航空公司，它们很可能在这一时期取得创纪录的业绩。在航空货运繁荣和在线商务增长的推动下，将闲置客机改装成货机的需求也随之增加。这就是所谓的“客改货”（P2F）。

根据目前的市场情况，分析师预计这一领域的需求将不断增长。除了飞机制造商有机会，维修公司、航空公司和租赁公司也将从改装中受益。

然而，飞机改装在技术上非常复杂。

它需要高素质的技术人员和大量的零部件，这些零部件的加工必须同步进行，以确保顺利生产和及时完工。仅在几年前，许多工作步骤还需要人工完成，但如今，即使在飞机行业，也有越来越多的 MRO（维护、修理和操作）流程实现了自动化。

例如，加固客机地板结构以容纳更重的有效载荷，就是一个需要钻数千个孔的劳动密集型工序。在这里，总部位于新加坡的飞机改装专家公司（ST Engineering Aerospace Ltd）的航空航天部门依赖于机器人单元的支持。为此，该公司自 2019 年以来一直与同样位于新加坡的 Helios Applied Systems 公司合作，以实现此类精细流程的自动化。

在 ST Engineering 位于巴耶利巴（Paya Lebah）附近的工厂，机器人单元在波音 767-300ER 飞机的地板网格上钻出数十个孔，为此，机器人单元沿着地板结构移动，使机器人能够按照预定的计划进行加工。该单元位于机库内，与改装

后的飞机相邻，非常方便。机器人单元包括一个液压升降移动平台、一个安川机器人（有效载荷为 180 千克）、一个带有 Helios 开发的特殊图像处理系统的臂端工具、一个功率为 6 千瓦的电主轴以及一个用于自动更换工具的空心柄锥形夹具。

除了同心度和高速等参数外，选择合适主轴的最重要前提是能够通过机器人更换单元轻松地将主轴与现有机器人适配。Helios 在德国莱茵瑞的自动化专家 Zimmer 集团找到了自己想要的产品。该公司在全球拥有 13 家分公司，其中三家在亚洲。Zimmer 集团为 Helios 提供了 HF145-001 系列风冷主轴，其额定功率为 6 千瓦，最高转速为 24,000 转 / 分钟，配有 EtherCAT 操作终端、所有必要的电缆和匹配的变频器。这特别适用于采用集成安全技术（STO）的精确定位任务以及低速或高速运转。此外，变频器通过主轴和变频器之间的精确协调，可提供最佳性能或功率输出。

为了在未来的应用中更加灵活，主轴直接安装在一个机器人更换单元上，该单元也来自 Zimmer Group。这种机器人更换装置可将电主轴更换为另一种工具或处理装置，从而实现机器人的多种应用。此外，Zimmer 集团还提供了一个刀架存储站。HSK 夹具和工具本身则由 Helios 公司现场提供。Helios 使用带有现场总线连接 (EtherCAT) 的 Zimmer 主轴，并从位于莱茵兰的自动化专家那里获得了完整的参数设置。Zimmer 集团在安装期间和之后为 Helios 提供了广泛的产品和软件支持。

Zimmer 集团项目经理兼业务开发和战略副总裁 Sunil Raibagi 说：“得益于主轴的刚性和稳定性，即使在较高的转速下，也可以获得很好的钻孔效果。你必须记住，这些零件很轻，而且不是完全平整的，因此需要通过视觉系统检测每个孔的位置和角度。” Helios 也对此表示满意。

“我们非常感谢 Zimmer 集团作为我们的长期合作伙伴，并对主轴的质量深信



在巴耶利巴附近的工厂，包括 Zimmer 集团主轴在内的 Helios 机器人单元在波音 767-300ER 飞机的地板格栅上钻了几十个孔，以便将其改装成货机。
(图片由赫利 Helios Applied Systems Private 有限公司提供)

不疑。Zimmer 集团提供的服务也给我们留下了特别深刻的印象，在整个安装过程中，他们总是随时为我们提供帮助。” 总经理 Shyi-Herng Kan 说。

虽然机器人目前主要用于底板钻孔，但 ST 工程团队正在与 Helios 合作，对机器人进行编程，使其也能用于安装沉头铆钉。ST Engineering Aerospace 公司高级副总裁兼创新与持续改进主管 Hui Fung Lee 在接受《Cargo Facts》杂志采访时说：“我们相信机器人可以很好地处理（这种类型的工艺）。”

未来几个月，ST 工程公司还将对机器人进行编程，使其能够执行其他功能，并在其他机型上工作，包括空客货机改装。“我们知道 P2F 流程非常复杂，整个改装过程需要很多劳动力。” Lee 解释说。

“因此，我们一直在寻找提高生产率的方法。适合自动化的任务往往是标准化和高度重复性的。” Lee 说。从明年开始，ST 工程公司计划通过与空中客车公司合办的合资企业 EFW，为其拥有的 A321-200P2F 改装项目实现地板格栅钻孔自动化。

www.stengg.com

www.zimmer-group.com

www.heliosappliedsystems.com

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®

虚拟孪生优化 CenterLine 的操作

Virtual Twins Optimize Operations at CenterLine



Axel Schmidt

Senior Communications Manager
ProGlove
www.proglove.com

在军事科学中，“战斗力倍增器”是一种利用战略提高现有武器装备效能的作战系统。我们可以用这个概念来比喻提高工程和制造信息系统的效率，这既包括它最初的概念以及涵盖到持续的客户服务。

工业自动化的“武器装备”由各种缩略语表示：CAD、CAE、PDM、PLM、SCM、MES、CMS 等等。几乎每家制造公司都在一定程度上实现了流程自动化，但许多关于制造流程的对话都以“然后我们从物料清单中复制数据”结束。效率的提高就止步于此。继续我们最初的比喻，制造企业拥有武器装备，但却没有使其成为如图

工业力量倍增器那样的压倒性战略优势。

在整个制造领域，我们可以获得大量的数据创建、收集和管理解决方案，这些解决方案可以为产品的各个方面提供信息，并逐个系统地说明制造流程应如何运作。下一步是超越“应该”，实现“做到”的过程。这些解决方案提供的计划性能数据可以成为有关实时、实际性能的信息。

战略信息框架

虚拟线程和虚拟孪生（又称数字孪生 / 线程）是追求实时智能的两个相关概念。需要提醒的是，虚拟线程是指用户在正确的时间向正确的人提供正确的信息，从而提高特定性能的能力。同时，虚拟孪生是基于真实世界数据不断更新的产品、系统或流程的可视化呈现。

这些新的信息框架推动了一种新的流程模式，在这种模式中，数据被视为虚拟线程和虚拟孪生的一部分。例如，在基于模型的工程中，线程和孪生代表了在企业中创造最大价值的战略框架。两者都包括设计要求，验证和校准记录信息，以及运行和维护的数据。

虚拟线程和虚拟孪生是概念性的，并不是具体的产品或服务：你不能跑到当地的集成商那里去订购虚拟线程。相反，虚

拟线程和虚拟孪生提供的解决方案可以帮助用户创建完全数字化的系统，使组织中的每个人都能在一个易于访问、易于共享的系统中获得所需的全部信息。

连接是首要的目标。许多与数据相关的问题都归结于连接和访问问题上，这意味着公司需要消除困扰生产运营的低效率问题。在您的企业中存在多少这样的挑战？

- 工程变更信息不能及时传达到车间
- 缺乏供应商可见性
- 在创建工作指令方面没有标准或控制
- 内容管理和控制不同步
- 市场营销部用过时的设计信息创建内容
- 由于信息不准确、不清晰而导致生产力的损失
- 缺乏对正确人员的数据访问。

虽然其中许多问题听起来像是技术或方法的问题，但它们总是会影响到下游操作中的个人，阻碍他们优化工作流程的能力。要想提高运营效率，就必须改进正在使用的系统，而不是试图“修理”使用这些系统的人。全数字化系统通过消除这些连接和数据访问问题来满足团队成员的需求。

虚拟线程

虚拟线程——这是新工业框架的通信端——它实现了所有资产信息和相关元数据的数据流连接。虚拟线程的概念起源于十多年前的航空研究，当时位于 Wright-Patterson 空军基地的美国空军研究实验室的研究人员用它来描述工厂车间的模型驱动装配。多个线程从模型（通用数据源）延伸到设计、采购、测试、生产、现场操作和维护团队，这意味着线程中的任何个人都无需请求数据，也无需通过复制 / 粘贴电子邮件来响应数据请求。信息始终“在线”并可随时访问，为各方建立了一个真正的单一资源和沟通途径，而不受工作流的影响。

CenterLine 的虚拟孪生系统

能够随时随地实时访问虚拟线程的数据使虚拟孪生成为可能。线程传输产品的



全数字化系统通过消除连接和数据访问问题来满足团队成员的需求。

综合视图，将材料清单细节与 CAD/CAE 数据相结合，实现可视化、虚拟和实时呈现。要实现真正的虚拟孪生，需要虚拟线程的双向流动，需要一个反馈回路，校准、验证、完成时和使用时的数据都会更新虚拟孪生。虚拟线程和虚拟孪生体共同实现了设计和数据的统一。

例如，加拿大工业自动化流程和技术公司 CenterLine Limited（安大略省温莎市）是一家定制自动化焊接和装配生产线的生产商，该公司面临着工厂设置成本高昂的挑战，尤其是当公司需要修正设计错

误或解决已安装的物理系统中机器与人类工人之间的操作事故时。

CenterLine 希望在工厂车间部署实体设备之前，通过数字模拟优化机器人工作单元设计并克服这些挑战。为实现这一目标，他们在达索系统的 3DEXPERIENCE 平台上实施了 DELMIA 解决方案，对产品、流程和工厂运营进行虚拟仿真，以优化机器人运动、工厂布局、物料流和人体工程学。

自从为每个机器人工作单元实施 DELMIA 以来，CenterLine 已将工具相关

的问题和返工率减少了 90%，将现场编程时间减少了 75%。通过模拟机器人弧焊工具路径节省的时间将生产率提高了 15%，并将模拟和设计的上市时间缩短了 15% 至 20%。作为不同于 CAD 数据的单一来源，统一平台使 CenterLine 的领导者能够专注于日常运营，而不是管理数据和产品。

当所有数据通道都在 Virtual Thread/Virtual Twin 框架中连接起来时，团队成员就会团结在一个战略中，从而更好地利用现有数据。实际上，制造商最终获得了一个新的制造价值倍增器。

智能机电一体化助力 Sensata Technologies 的传感器生产 Smart Mechatronics Aids Sensor Production at Sensata Technologies



Geert van der Zalm
Vice President, Factory
Automation Bosch Rexroth
www.boschrexroth.com/en/us/

机电一体化系统在当今智能互联制造领域发挥着至关重要的作用。新一代系统称为智能机电一体化，它通过提供更高的智能、更高效的操作和模块化的“套件”方法来提供完整的系统。

这些更先进的系统也更容易指定、订购和部署。通过对线性元件、电子电机、控制器和传感器的智能、精心设计的集成，机电一体化提供完整的解决方案，使制造商更容易实施复杂的制造系统。

这种生产工具正是马萨诸塞州

Attleboro 的 Sensata 技术公司正在寻找的。该公司是一家传感器和基于传感器的解决方案的全球供应商，正在建立一条新的生产线，以精确的冲压和连接工艺生产小批量产品。

Sensata 公司的一个关键生产步骤是将一个小盖子精确地压在传感器外壳上。Sensata 始终致力于简化流程，并尽可能地自己做——最好是使用标准组件，而且不需要编程工作。在这种情况下，他们希望有一条生产线，能够经济有效地小批量生产 1,000 或 10,000 个版本的传感器系统。

为了实现这一目标，Sensata 公司选择了一种新的智能机电一体化冲压解决方案，即智能功能套件，它是 Bosch Rexroth Smart MechatroniX 产品系列的一部分。该解决方案包括一个机电缸、一个力传感器、一个电机、一个调节器、一个控制系统和一个软件包，是一个“即插即用”套件中。

这种套件方法是通过易于使用的在线工具实现的，这些工具简化了线性元件的订购和配置以及使其运动的附件。

根据选型和配置器提示，可以在单个过程中指定完整机电一体化解决方案的所有组件（笛卡尔机器人或冲压或连接工

具）。制造商可以从单一供应商处配置机电一体化解决方案，并附带预编程的运动序列，以便即插即用。

智能机电一体化系统包含可提高制造效率和过程控制的功能，同时实现实时状态监控和预测性维护。现在可以由操作员完成此过程的编程，无需专业技能。通过拖放编程方式选择和组合软件块；输入工艺参数，工作流程就完成了。

Sensata 公司充分利用了这些功能，而不是逐行编码。该公司估计，这有助于减少 95% 的工程时间。

此外，工艺数据可以实时显示，并在每次放置盖子时记录力位移曲线，以进行质量保证和分析。机电一体化系统已经为 Sensata 公司节省了时间，并提高了他们实施小批量业务的能力。

用于搬运和运输应用的智能机电一体化解决方案也正在推出。笛卡尔单轴或多轴系统结合了线性运动、控制、驱动器和软件，利用相同的配置和系统编程工具，提供了一个完整的软件包。

通过利用创新的系统设计以及先进的配置和编程工具，智能机电一体化提供了一个多功能的、强大的平台，以推进工业 4.0 制造目标。

工业可穿戴设备亮相宝马

Industry Wearables Deliver at BMW



Axel Schmidt
Senior Communications Manager
ProGlove
www.proglove.com

很多人可能不知道，英文单词 "manufacture" 源自拉丁语，意为 "手工制造"。事实上，这有点讽刺意味——因为现代制造业试图限制手工作业的范围。尽管如此，自动化、人工智能和机器人技术是必要的，但它们不能完全取代手工作业和人类工人。现在不能，那么在可预见的未来也不能。但追求两个极端都没有意义。相反，企业需要找到正确的平衡点。这种平衡需要通过将人类工人与物联网 (IoT) 连接起来，推动整个车间流程的数字化。

归根结底，企业热衷于改善数量、质



配有可穿戴条形码扫描仪的叉车司机。
(由 ProGlove 公司提供)

量、效率、优先级等参数，当然还有盈利能力。每个流程都能提供重要的见解，而这些数据需要数字化。实践证明，条形码是最有效的解决方案。条形码技术已经成熟，最重要的是，它比较容易操作。

微效率的应用和最大化

这就是为什么扫描枪，甚至 MDE 手持式扫描枪仍在世界各地的装配线和生产设施中大量使用的原因。长久以来，人们根本无法绕过它们。但情况正在发生变化。工业可穿戴设备的出现带来了几大优势。首先，工业可穿戴设备可以提高微效率，而这些微效率长期以来被认为是微不足道的。毕竟，这只是几秒钟的事，准确地说是六秒钟。然而，这种改进往往会带来令人难以置信的价值。节省时间的原因在于消除了多余的動作。你不再需要拿起扫描仪然后又放下，更不用去寻找它。

汽车行业的一个例子可以说明这一点。汽车制造商每天在工厂里生产大约 1000 辆汽车。每辆车大约需要 1,000 次扫描。因此，每次扫描节省的每一秒钟就相当于总共节省了 1,000,000 秒。那么每天，每个工厂，仅此一项就可以在一个工作日内减少大约 12 个工人的工作时间。

ProGlove 公司的客户之一宝马公司需要在生产和交付订购订单的各个阶段对其原装零配件进行准确有效的跟踪。因此，宝马公司委托我们进一步为装配线工人引入更多的数字化流程，使工人每天能够轻松扫描数千个零件，并通过流程反馈以立即发现错误。

由于这些可穿戴设备可以借助传感器收集元数据，因此这些数据可以超越单纯的条形码内容。数据包括步骤计数、条形码质量信息或扫描总数等信息。这些信息实际上描述了工厂车间的真实情况。它可以揭示热点，为时间运动研究奠定基础等优势。这不会取代 ERP 或 BI 系统等常

见的企业应用程序。相反，它提供了一种令人惊叹的补充，与人工智能相结合，可以揭示人眼无法看到的模式。

员工减轻负担，获得回报

可穿戴条形码扫描仪还具有另一个重要优势。它们可以大大减轻员工的负担。这是 "伟大的辞职" 所强调的早该实现的优势。在高频率扫描环境中，这可以显著减轻重量，在某些情况下甚至超过一公吨。毕竟，可穿戴式扫描仪仅比火柴盒大一点，重量不到两盎司 (57 克)。而传统扫描枪的重量是它的 10 到 15 倍，那么一天下来，尤其是在需要扫描几千次的情况下，两者之间的差距可想而知。

有了集成显示屏，可穿戴设备还能节省行走时间，提高注意力。员工不必再随身携带笔记或备忘录。考虑到大多数工伤事故都是由于注意力不集中造成的，因此可穿戴设备也成为重要的安全因素，但它的作用也不止于此。

可穿戴式扫描仪应满足哪些要求？

要部署合适的可穿戴式扫描仪，它们应容易集成到企业的网络中。此外，它们不应在培训方面对员工提出过多要求，也不应限制他们的灵活性。同样重要的是电池性能要强，充电时间要快。每次充电可扫描六千次，而充电时间不超过两小时是完全有可能实现的。

用户还应了解这些设备的耐用性。行业领先的制造商会以从一米高处翻滚几百次作为测试基准。

你还需要决定在哪里佩戴可穿戴设备。这其中有不同的方法。在选择佩戴位置时，灵活性是一个决定性因素。而所谓的环形扫描仪会严重影响灵活性。如果设备带有不必要的电线或其他需要额外维护的可更换部件，也会产生类似的问题。

另一方面，手背几乎是小型扫描仪的最佳位置。扫描仪可以轻松放在那里。

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

精密外圆磨床

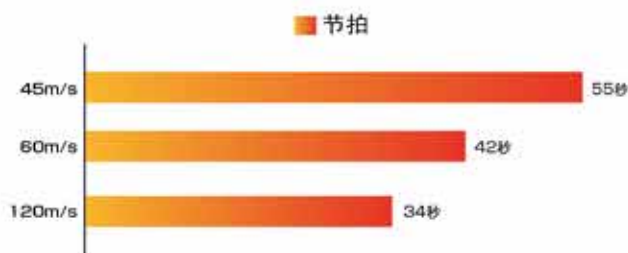
G300-500

120m/s线速度式样



高效率加工

120m/s线速度，配置高速CBN砂轮，以提高磨削效率



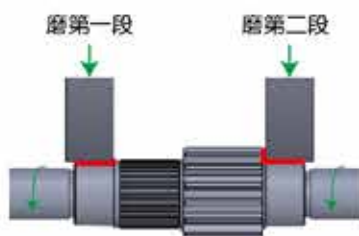
产品案例：新能源汽车零部件·中间轴（余量条件：外径0.15mm、端面0.1mm）

一序完成减少装夹

解决多次装夹问题，同时保证两外圆的同轴度

双主轴驱动特点

- 一次装料可完成2个外径和2端面的磨削加工
- 减少人工多次装夹



产品应用

中间轴

尺寸：162.5× ϕ 40mm
材质：20CrMnTiH
行业：新能源汽车

减速器输入轴

尺寸：195.75× ϕ 35mm
材质：20MnCr5
行业：新能源汽车



机器规格

| 项目 | 规格 |
|-----------------|-----------------------------|
| 中心距 | 500mm |
| 最大加工直径 | ϕ 280mm |
| 线速度 | 120m/s |
| CBN砂轮外径×最大宽度×内径 | ϕ 400×60× ϕ 110mm |



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