

Manufacturing[®] ENGINEERING 中国

面向中国的先进机械加工技术

2022.1

能源制造
ENERGY MANUFACTURING
数字工厂
DIGITAL FACTORY

汽车制造
AUTOMOTIVE MANUFACTURING
医疗增材制造
MEDICAL ADDITIVE MANUFACTURING

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

2022.1



关于封面图片：Danobat机器在研磨旋转组装好的转子并测量工作位置上的叶片尖端，以确保与压缩机外壳的完美匹配。
(图片由Danobat提供)



先进制造 Advanced Manufacturing Now

- 2 3D 打印的更多选择
- 4 扩展到传统的攻丝产品之外
- 6 e-SPINDLE实时监控切削过程
自适应焊接是发电的关键
- 7 增材制造是否可行?

能源制造 Energy Manufacturing

- 8 电力零件
为电力行业制造零件

数字工厂 Digital Factory

- 14 新的CAD/CAM选项完善了金属切削
最新的软件提高了速度和实用性，改善了连接性和AM功能。
- 20 通过一次编程，实现多次加工
CAD/CAM设计和建模的进展既节省了时间，又提高了准确性。
- 24 高效率的车间ERP软件
新的ERP系统增加了更多基于云的软件，具有AI功能和可追溯性特征，可提高车间质量和效率。

汽车制造 Automotive Manufacturing

- 28 为下一代汽车制造零件
应对涡轮增压、电气化和轻量化汽车制造的挑战。
- 32 泄漏检测的重要性
泄漏检测对电动汽车和自动驾驶汽车至关重要。

医疗增材制造 Medical Additive Manufacturing

- 34 虚拟现实作为解剖模拟的一体化解决方案
- 36 材料处理的可追溯性和经济性：AM中的数字主线
- 38 利用增材制造提升患者护理水平
- 40 非晶态金属 3D 打印
非晶金属是医疗器械的理想选择。
- 42 金属3D打印进入Mayo工程部门
在医院安装增材制造设备的经验。
- 44 当CAM与AM相遇：提高医疗制造效率
将增材制造和减材制造相结合，1+1>2。

生产解决方案 Shop Solutions

- 46 自行车制造商发现使用专用刀柄可节省时间和成本
- 48 先进的刀具夹持系统确保高端加工厂的零件质量

行业情报 Field Intelligence

- 50 Lockheed Martin采取AMR措施后投资回报率大大提高
- 51 体验如何更聪明的工作

行业之声 View Points

- 52 打破工厂自动化的神话

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: 21 3251-7225

订阅期刊 Subscription: subs@icgl.com.hk

广告业务 Advertising:

中国大陆 China: 21 3251-7225 sales@icgl.com.hk
北美 North America: Dave O'Neil, Manufacturing Engineering Media,
313 425-3260, doneil@sme.org

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

2021年版权所有 © Copyright 2021 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

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

3D 打印的更多选择

More to Choose From in 3D Printing



ILENE WOLFF
Contributing Editor

从铜到丝材，工程师们正在开发用于 3D 打印的新材料，以推进其实际应用。

2 月，马萨诸塞州 Watertown 的 Markforged 公司为其打印机商业化了一种纯铜丝材，以便他们能够使用这种难以加工的金属。产品营销经理 Elissa Silverman 表示，这种丝材可以实现复杂几何形状部件的 3D 打印，如沉降式电火花加工电极、散热片、母线、用于金属硬化的感应线圈（无需用钎焊连接线圈）和焊接柄。

“焊接柄在汽车市场很重要，” Silverman 说，“在狭小的区域将所有这些金属板焊接在一起，意味着要找出最有效的焊接方法。刀柄价格昂贵，而且具有许多复杂的几何形状”。打印复杂的几何形状对于设计和集成母线到系统中也是至关重要的。Silverman 说：“随着系统向小型化和提高功率密度的方向发展，在电气系统中很好地利用空间是非常重要的。”

Markforged 公司正在提供一种新的金属丝材，而位于 Cleveland 市的 Lubrizol 公司则利用合作开发，准备将粉末和长丝形式的新型热塑性聚氨酯（TPU）商业化。

Estane 3D TPU M95A 是唯一可用于 HP 公司 Jet Fusion 4200 系列解决方案的热塑性聚氨酯。该材料公司还为熔丝制造 3D 打印配制了三个 Estane 3D TPU 牌号，并在 Ultimaker 的 Marketplace 插件市场上出售。

新增的牌号包括 Estane 3D TPU F94A-055 OR HH PL（耐用，耐高温）、Estane 3DP TPU 98A-030 CR HC PL（机械性能优异，翘曲度和收缩率低，透明度高）以及 Estane 3DP TPU F70D-065 TR UV PL（在低温下具有柔性，同时具有高透明度的紫外线稳定性）。

Lubrizol 的 ESTANE 3D TPU 牌号可用于打印工业夹具和固定装置、原型、最终用途零件和柔性零件。

与此同时，Graz 科技大学（奥地利）的科学家们申请了一项专利，即使用高功率 LED 代替激光或电子束进行 3D 打印金属粉末。该 LED 配备了一个透镜系统，可以在加工过程中在 0.05 和 20 毫米之间改变 LED 的焦点直径。据一份新闻稿称，这使得熔化大体积的速度更快，例如，生产燃料电池或医疗元器件的时间能够平均减少 95%。

该大学媒体服务部的 Christoph Pelzl 指出，LED 光束比激光或电子光束更节能。他指出，该打印机在设计上减少了粉末和氩气的使用，并有一个来自玻璃构建板冷却系统的热回收系统。

该大学生产工程研究所所长、开发选择性 LED 烧结技术（SLEDM）的团队负责人 Franz Haas 认为，有机会也可以打印用于骨科手术的生物可吸收镁合金螺钉。他说：“由于 SLEDM，生产这种植入物将有可能直接在手术室进行。LED 灯的危险性低于强大的激光器。”



用 ESTANE 3D TPU M95A 热塑性聚氨酯粉末制造的零件。（图片由 Lubrizol 公司提供）



UNIVERSAL ROBOTS

**协作机器人不再仅仅
是一个概念，全年365
天生产24小时运作的
梦想已照进现实！
优傲机器人活跃于各
行各业，目前全球装
机总量累计超过
37,000台！**



扫码联系自动化专家



关注 Universalrobots公司
官方服务号，助您了解UR的完整资讯
关注更多信息请访问：
www.universal-robots.cn



扩展到传统的攻丝产品之外

Expanding Beyond Legacy Tapping Products



KIP HANSON
Contributing Editor

美国爱达荷州 Post Falls 的 Tapmatic 公司现在已经是第三代家族企业了，该公司持续蓬勃发展，并取得了惊人的成就。自 1952 年以来，该公司一直以其攻丝夹头及其附件而闻名世界，特别是用于加工中心和钻床上的自动可反转攻丝夹头。随着这家 ISO 9001:2015 认证的公司对现有产品的改进并推出新产品，这条生产线最近变得越来越大，有些产品已经远远超出了攻丝领域。

其中最新的产品是 DeBurr-Z，一种用于 CNC 加工中心的去毛刺刀柄。Tapmatic 公司总裁 Mark Johnson 解释说，DeBurr-Z 在 Z 轴上浮动的，在对工件的顶部边缘进行去毛刺时以压缩方式工作，在对底部进行去毛刺时则以延伸方式工作。DeBurr-Z 还有一个可调节的力设置，允许操作者对不同的材料和切割深度进行补偿，而且 DeBurr-Z 可以适用各种毛刺和倒角工具。

正如 Johnson 所指出的，在 CNC 机床上进行去毛刺，其结果远比手工去毛刺的方法更稳定。他说：“即使在边缘不明确的情况下，您也可以对零件进行去毛刺，例如铸件或交叉孔的应用。最重要的是，它可以让操作员腾出时间去做更重要的工作。”

该公司还推出了一个标记工具系列，用于 CNC 车床、加工中心和手动机器。例如，其新的 ScribeWriter Force II 使用硬质合金测针来标记硬度高达 62 HRC 的材料。它可以适应 5 毫米的轴向表面变化，而且还有一个可调的力设置。它不使用主轴旋转，尽管该刀具配备了冷却剂。对于旋转应用，还有 TapWriter，这是一种点状标记工具，主轴每旋转一次，就对工件冲击两次。根据所使用的 CNC 机床，它每分钟生成 80 多个字符，从软塑料到 55 HRC 钢。Johnson 说，这种工具被广泛用于航空航天领域，因为它减少了其他标记方法可能出现的应力集中。

Tapmatic 也在继续改进其攻丝头生产线。

“两年前，我们推出了一种用于钻床类应用的新型号，称为 Drill-n-Tap，” Johnson 说。“与我们的许多攻丝附件一样，它是自动反转式的，但有一个可快速更换的夹头和一个推力轴承设计，可提供钻孔所需的引导。由于它不需要多个夹头，因此当您需要进行中心钻孔、钻孔和攻丝，或使用钻孔 - 攻丝组合工具时，它尤其有用。”

还有其他方面的进展。由于通孔冷却剂的使用越来越多，而且通常是在高压下使用，Tapmatic 重新设计了其 RCT 系列数控攻丝附件，采用了“双密封”设计，以防止附件主体内的泄漏。对于同步攻丝，Tapmatic 提供的攻丝头据说可将攻丝寿命提高 100% 或更多，同时改善螺纹质量。Johnson 说：“SynchroFlex II 同步进给丝锥架提供了少量的轴向浮动，弥补了机器的伺服系统和螺纹间距之间的任何差异。随着近期所有刚性攻丝的进行，它已经成为我们最受欢迎的产品。”



DeBurr-Z 凭借其内部张力 - 压缩机构，即使在表面高度不同的情况下，也可以去除工件两侧和内孔交叉处的毛刺。（图片由 Tapmatic 提供）

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

e-SPINDLE 实时监控切削过程

e-SPINDLE Monitors Cutting Processes in Real Time



MAX PAULET

Business Development Manager,
North America, PCI-SCEMM, pci.fr

制造商已经开始使用传感器和执行器来监控他们的切削过程，并调整参数以优化刀具寿命和工件质量。然而，传统的监测系统也存在一些缺点。它们通常涉及集成在主轴不同位置的传感器。这可能会对加工能力产生负面影响。

例如，为测量力度而测量的主轴可能会失去刚度，从而无法很好地收集数据。只有显著的变化才能被检测到，这在监控加工过程中并不理想，因为在一个有效的系统必须能检测到微小的变化。

此外，对刀具 / 零件接口的持续测量是至关重要的。传感器离接口越远，信号

质量越差。这适用于所有物理测量，如振动、温度或压力。

传统监测系统的驱动能力只能限制在单把运动刀具或单个振动频率。这类系统无法灵活地监控不同的刀具或频率以扩展设备功能。

通常，制造商忽略了利用集成解决方案来可视化加工过程，并给操作员一个清晰的主轴操作视图。例如，主轴可能振动，但没有办法显示频率或确保信号是准确的。

一种新方法

Absolute Machine Tools 公司的合作伙伴法国 PCI-SCEMM 公司提供了一种与众不同的解决方案。这种智能的闭环系统集成了传感器和执行器，以监控切削过程和调整参数，以优化刀具寿命和工件质量。这款电子主轴是由该公司与机械工业技术中心 and 位于普罗旺斯艾克斯的法国艺术和 Métiers 工程研究生院合作研发的。

电子主轴仍然是标准的主轴，具有相同的加工能力。主轴上安装了搭载特殊装备的切削工具，并为所有电子功能提供连接。这些工具使得用户能够监视和驱动流程，而当不需要测量和收集数据时，这些标准工具也可以用于流程的其余部分。

电子主轴系统将传感器集成在刀具和 / 或刀架上，而不是主轴上。因此，传感器接近切割区域或指定的测量区域，确保高质量的数据收集和处理。当使用标准工具时，主轴将作为一个标准的，无连接的主轴。

几乎任何类型的传感器 (加速度计、努力计、热电偶) 或运动发电设备 (压电致动器、电气传动、热驱动) 都可与 e-SPINDLE 兼容，也可与任何需要电力的装置 (信号如 0-10V、4-20mA、IO-Link 和高达 5kVA 的电力) 一起使用。

案例

在一个示例中，使用 MQL 技术在法国 PCI 机床上对 PSA 标致雪铁龙气缸盖上直径为 6 毫米的深钻加工进行了监控。当刀具升温时，铝会粘在刀刃上，导致钻孔质量降低及排屑不畅。e-SPINDLE 监控主轴的温度和振动，以检测特殊加工过程中的不规则性。备用枪钻被储存在机床的工具库中，当发现磨损时自动更换。对这种简单加工的微观分析可以最大程度地减少废品率和刀具维修率，可及时回收修复昂贵的刀具并重新投入生产，同时避免了生产中断。

自适应焊接是发电的关键

Adaptive Welding Key to Power Generation

虽然水和火管锅炉发电厂可能被认为是过时的，但它们现在为北美的大部分地区提供电力，并将持续一段时间，直到更新、更清洁、更环保的技术过渡到主流并变得实用的时候。

作为一个焊接自动化供应商，我们有独到的见解。我们看到了能源方面的旧的、新的和即将到来的东西。我们的系统用于传统工厂、压力容器和喷嘴焊接。我们也看到了新的东西，如陆上风塔的焊接。我

们积极地与各种公共和私人机构协商，为海上塔架和海床基础的下一个风力发电应用提供咨询。旧的和新的都需要焊接。

自适应焊接意味着强度

在制造或修复大型、笨重的管状部件时，自适应焊接的吸引力在于它能在不一致的沟槽几何形状中产生最强的机械和分子结合。实现这些坚固的焊接最好是通过为这些类型的零件配置的高级机器人焊接

站来实现。

灵活性也很重要。自适应焊接系统最佳运行的关键是具有离线和扫描编程功能的多功能软件控制程序。在操作中，扫描机器人使用激光探缝来实时定义凹槽的实际几何形状和位置。扫描结果被导入到软件中，在那里它会自动生成一个 3D 图像。使用该数据集可以轻松创建焊接图案。从扫描中收集到的数据在软件中为操作者提供了可视化，然后操作者可以将选定的图

案应用到焊接槽中，或创建一个新的图案，以满足所需的机械性能。

分析坡口角度的能力使操作者可以选择调整焊接参数，以达到自动而不是手动填充焊槽的目的。控制系统作为所有焊接设备的操作界面，将焊接参数、自动化和工件处理设备无缝连接。扫描程序和控制程序提供了更精确的多层焊接，利用激光扫描沟槽的几何形状，可以看到所有的零件并确保它们被填充。

一旦工件被测量并对数据进行分析，每个焊接通道就会被逐层定位到焊接槽中。系统自动测量沟槽体积，并确定每段焊接所需的焊道数量。对于较厚的壁，如压力容器中的壁，填充通道的数量增加，这在软件中进行控制。

开拓新市场，创造新工作

使用自适应机器人焊接，最复杂的接头已通过全熔透接头 (CJP) 焊缝成功焊接，尽管它们的尺寸很大。随着 Cape Cod、Martha 葡萄园和 Long Island 的海上风塔和海床基础行业的敲定，这些先进的焊接系统有了机会。该行业将创造就业机会并提高美国钢铁产量。

一个适当配置的机器人单元，配备了扫描软件和机器人控制器，使制造商能够使用自动适应大规模环境中常见的复杂几何形状的策略来焊接厚壁部件。这些包括重型设备和结构，如发电所需的设备和结构。

不再需要焊接较小的部件来制造大部



MICHAEL BELL
Director of Sales, Americas
Pemamek LLC

件，也不再需要将宝贵的人力用于一项焊接任务。同一个操作员可以在很短的时间内处理多项类似的工作，提高生产力，同时减少浪费的废品成本。

增材制造是否可行？

How Viable is Additive Manufacturing?



John Young
Asia Pacific Director
EU Automation

1984 年，Charles Hull 发明了第一台 3D 打印机，该设备使用立体光刻技术逐层制造塑料产品。35 年后的今天，增材制造 (AM) 正在极大地改变着从制造到医疗的一系列行业领域。但该技术的局限性是什么？

评估 AM 时的考虑因素

在一些应用中，相比于传统的减材制造，人们正逐渐更青睐于增材制造技术。越来越多的制造商也在不断地评估增材制造应用的可能性。在真正的将 3D 打印 (增材制造) 技术融入生产之前，有一些因素

是不得不考虑的。

当您从一种制造方法转向另一种方法时，产品质量是一个巨大的考虑因素，特别是在航空航天和医疗设备等高度管制的行业。事实上，质量也一直是增材制造被广泛应用的主要障碍之一。其中一个关键的因素是，无论在什么地方，都必须要保证机器与机器之间具有相同的质量和一致性。

避免缺陷

粉末床熔融是最常用的增材制造方法之一，但它有可能会引入零件缺陷。然而，如果粉末床熔融工艺具有恒定的热梯度，就可以防止产品变形，从而避免因温度不正确而引入的缺陷。另一个担忧是，未烧结的粉末会因受热而降解，这可能会影响零件质量，尽管定期更换粉末也可以避免这个问题。

在投资购买 AM 系统时，制造商可以通过与提供优质售后培训和具有丰富经验的供应商合作，来解决质量问题。那些希望直接购买成品 AM 工件的人，应尤其注意供应商的制造方法与质量，以确保购买的东西质量合规。

聚合物、陶瓷和金属都可以进行 3D 打印，但塑料 3D 打印仍然是最受欢迎的。

虽然许多材料都可以通过 3D 打印进行加工，但总有材料是最适合的，不慎选择错误也会影响产品质量。如果您正在使用一种不适合 AM 的材料制造产品，那您可能就要对此进行重新评估了——要么更换材料，要么回到减材制造。

AM 会是一个更好的选择

归根结底，通常在从传统制造转向 AM 时都会影响经济效益，除非是 AM 为应用带来了显著的好处，例如轻量化。然而，如果您的设计非常复杂，或者需要定制昂贵的工具，那么 AM 可能就是一个更好的选项了。

增材制造是一项神奇的技术，为许多加工应用带来了巨大的设计自由。然而，它不是一个放之四海而皆准的方法。公司应该仔细考虑一个部件是否真的需要用 AM 生产，考虑将 AM 纳入其工艺的成本、生产力和实用性。在许多情况下，以老式的方式生产和采购零件，甚至是从可靠的供应商那里直接订购，都将是最好的方法。

EU Automation 公司是一家新老零件的全球供应商，该公司可以为老旧的工业设备重新带来生机。它在美国的办公室位于伊利诺伊州的 Elk Grove Village。

电力零件 Power Parts

为电力行业制造零件

Danobat 机器在研磨旋转组装好的转子并测量工作位置上的叶片尖端，以确保与压缩机外壳的完美匹配。
(图片由 Danobat 提供)

想听一个小小的好消息吗？美国的电力行业似乎永远有着旺盛的需求，对发电设备中的零部件也是一样。位于俄亥俄州 Miamisburg 的 United Grinding 北美公司成型磨削部的区域销售经理 Phil Wiss 说：

“不能获得订单了再进行生产，制造商们需要有足够的库存来满足客户的及时交付需求。”所以，现在是探索这一领域，并解决这一技术难题的绝佳时机。

在电力行业中广泛使用的燃气轮机与飞机涡轮发动机其实没有太大区别，宾夕法尼亚州 Saegertown 地区，刀具制造商 Greenleaf 公司的销售总监 Greg Bronson 说：“它们就是喷气式发动机的类固醇。”他还解释道，陆地上所用的涡轮器械虽然对重量没有过高要求，但它们对材料却有着严重的依赖性，特别是材料的热特性。所以你在飞机发动机上看到了镍基、耐热的 Inconels 和 René 材料的变化，以及“像西门子和 GE 这样的 OEM 商会有一些专有材料”。

与飞机涡轮发动机的情况一样，通过提高压力和温度来日高燃气轮机效率这一举措，推动了越来越多耐热材料的发展，相应的，这些材料也变得越来越难加工。举例来说，根据 Greenleaf 的可加工性指数，Inconel 718 被评为“100% 可加工”，其 WG-300 晶须强化陶瓷刀片的最小进给参数为 700 sfm 和 0.0075 ipr。但是，“一些即将问世的 René 材料和粉末合金的可加工性等级仅为 35% 到 40%，这意味着你必须将进给和速度降低 60% 到 65%。”Bronson 说。

飞机和陆地上的涡轮机之间的最大区别就是尺寸。例如“喷气式发动机涡轮的直径可能在 18 至 36 英寸（45.72 至 91.44 厘米）之间，在一些更大型的发动机，例如 GE90 上尺寸将更大。”Bronson 说。“而同样的涡轮在陆基涡轮机上的直径仅为 7 到 8 英尺（2.13 到 2.44 米）。”

同样，加工这些材料需要巨大的去除量。Bronson 说：“其锻 / 铸件毛坯重量

可能会达到 8000 磅（3629 公斤），而后续减材加工中产生的碎屑也许就有 5000 磅（2268 公斤）。”对于这项工作，Greenleaf 推荐使用陶瓷刀具，这种刀具“在标称进给率与硬质合金刀具相似的情况下，能够通过 4-8 倍的材料去除率，大幅提升加工速度。他说，金属去除率始终是速度、进给、切削深度以及材料状况和硬度的一个函数，对于此，Greenleaf 已经将其改进了 10 倍有余。”Bronson 说。

他还观察到，随着增材制造的激增，特别是在维修方面，为激光烧结材料带来了新挑战。“这些材料的磨蚀性很强，会在表面产生鳞片性状，从而给刀具造成缺口，导致过早的失效。在这些情况下，你可能需要使用陶瓷或金刚石刀具。”Bronson 说。

他解释说，在不锈钢板上制造较大的零件会出现进一步的问题。在将激光烧结的零件从构建板上取下后，必须将剩余的碎屑清理干净，才能继续使用该母板。



关注微信公众号

china@mastercam.com

Mastercam 2022

CAD/CAM SYSTEMS

SHAPING THE FUTURE OF MANUFACTURING™



铣削



车削



车铣复合



五轴加工



线切割



Mastercam for
SOLIDWORKS®



设计

因此，用于重铺板材的刀具必须能够同时加工铬镍铁合金或其他高温合金和不锈钢。Bronson 说，Greenleaf 的最新陶瓷 XSYTIN-1 刀具“能够同时加工烧结的镍合金和较软的不锈钢底板，而且不会对刀具产生任何损伤。”

高温精加工

尽管陆上涡轮机部件尺寸巨大，但其同样有着非常严格的公差要求。Bronson 解释说，在这种尺寸下本身就是一种挑战，因为在许多情况下，刀具必须贯穿整个切割过程，以避免出现匹配问题。他说：“我遇到过这样的情况，客户花了七、八或九道工序来去除圆盘外径上的最后几处瑕疵，以使其达到公差要求。这就是锥度问题和刀具磨损所导致的。”他补充说，在这些情况下，硬质合金往往是更好的解决方案。因为，尽管你可以用陶瓷工具在相同的时间内去除更多的材料，但硬质合金工具在切割过程中的寿命更长，而且不需要对其进行转位。

马萨诸塞州 West Boylston 的 Emuge 公司提出了一种创造性的解决方案，用于切割涡轮机叶片的根部形状和盘中的凹槽。他们称这种新工具为 Pagode，因为

它看起来像一座宝塔。正如铣削应用专家 Evan Duncanson 解释的那样，它与通常所使用的枞树型刀具不同，“Pagode 没有一个直接延伸到最中心的排屑槽。在传统刀具中，刀具的切口必须与最小直径一样深，这也意味着必须在最大直径处去除大量的材料。这大大削弱了刀具的性能。”在 Pagode 中，切口始终紧贴刀具轮廓，从切削刃上看，只会留有几毫米的间隙。

这使得刀具的中心部位材料更多，并允许 Emuge 在给定的刀具直径下增加更多的槽，从而增加切削刃的数量。Duncanson 解释说：“一个典型的枞树型铣刀只有三个刀刃。而我们可以在相同直径的 Pagode 中做到 6-8 个刀刃。刀刃越多，进给速度就越快。”

Duncanson 补充说，额外的刀槽和更大的刀芯也使 Emuge 的设计师能够获得比典型的枞树型刀具更大的螺旋角，他说：“这确保了在加工中始终至少有两个切削刃在同时参与。”因此刀具上的受力也更加一致，这对刀具寿命、表面光洁度和主轴也都有益处。此外，更大的刀芯直径将带来“更结实的整体以及更强的抗冲击性。在德国 Emuge 公司内部和现场的测试中，我们看到该刀具的寿命是传统 Emuge 枞

树铣刀的 2 至 10 倍，并且与传统铣刀相比，其加工效率也能提升 2-10 倍。”这也有助于确保该刀具能够持续贯穿大型零件的整个精加工过程。

Emuge 公司可以提供硬质合金和高速钢两种材质的刀具，如果需要的话，还可以在每个刃上开多个径向冷却液孔。事实上，由于中心较厚，Emuge 能够将冷却剂引向切削刃，而“在 Emuge 公司传统的铣刀中，由于刃部较深，冷却剂基本上都是直接流出的。”Duncanson 说。更重要的是，Emuge 公司能够对每把刀具在同一台机器上，进行四次修磨。因此，可以保证每把刀具的形状精度都达到 $10\ \mu\text{m}$ 。

Duncanson 说，Pagode 的概念也很灵活，可以将几把刀具合为一体。“我目前正在与一个客户合作创建一种全新的刀具，将末端的钟形轮廓与锥度结合在一起，用于切割直壁，此外，另一个轮廓还可以用于加工压力面和外侧的角半径。以前，这通常要 3-4 把不同的刀具协作才可完成，并且每次的换刀时间还要长达 15-20 分钟，因此，这种组合式刀具是一项巨大的改进。”Pagode 的初始成本高于传统铣刀，但 Duncanson 指出，该刀具的加工效率高得多，而且可以进行多次重新研磨，更不用说其多功能的特性，这也使它成为了一个更具成本效益的解决方案。

Greenleaf 在精加工燃气轮机轴的多个轴承表面时取得了巨大的进展，取代了精密研磨的钎焊硬质合金工具。“该零件公差很小，而且设置起来简直是噩梦。原来，他们在加工轴承区域时就会使用 7 到 13 或 14 个这样的刀具，每个刀具就要花费 1000 美元。然后他们将进一步对此进行手工抛光，使其粗糙度 Ra 达到 0.4 微米。我们创造了一种可转位的硬质合金刀片，不仅大大减少了他们的设置时间，而且能够在加工后直接达到 0.34 微米的粗糙度 (Ra)，接近镜面抛光水平。在这项工作开始之前，人们一致认为是不可能的，但我们做到了。”

专业的研磨解决方案

在涡轮机部件上实现精细加工的主要解决方案当然是研磨。而对于压缩机转子，位于 Houston 的美国 Danobat 公司提供了一些独特的解决方案。正如 Danobat 公司西班牙总部的业务发展总监 Danel Epelde



Greenleaf 公司的 XSYTIN-1 晶须强化陶瓷刀片可以在同一次切割中同时处理镍基合金和不锈钢。(图片由 Greenleaf 提供)



实现3D打印最初的承诺

DLS 数字光合成技术助力更快更好的产品创新



Carbon[®]

恺奔科技(上海)有限公司

上海市长宁区仙霞路99号尚嘉中心18层 | chinasales@carbon3d.com | www.Carbon3D.com



所解释的那样，许多小型（50兆瓦以下）发电涡轮机的叶片是松动的。但是为了保证系统稳定运行，控制移动的转子和固定的机壳之间的间隙是至关重要的。

因此，Danobat 开发了一种机器，它能以高达 7000 转 / 分的速度控制转子旋转，并在研磨时测量工作位置上的叶片尖端。由于没有商业化的检测系统能够以所需的精度完成这项工作，Danobat 研发了自己的高速视觉系统。新系统将基准图像与所需的刀尖半径进行比较，并相应地调整磨削过程。此外，Danobat 还能够提供用于压缩机外壳的垂直研磨机，由于视觉的加入，该研磨机拥有了一个完美的闭环加工环境。

400 多兆瓦的巨型燃气轮机也存在叶片轮廓与外壳的间隙匹配问题。但建造一台能够旋转和研磨这些巨型转子的机器的成本似乎令人望而却步。Epelde 说，OEM 商也知道如何提升涡轮机的效率，但他们却不清楚这种改进是否能证明成本的合理性。他说：“他们每隔三四年就会联系我们，我认为他们迟早都要这样做。”

现在，Danobat 拥有广泛的产品组合，可以混合和匹配各种技术以满足要求。“对于中小型零件，我们使用花岗岩来制作结构，因为这是实现所需热稳定性和阻尼性能的不二法门。一旦你超过了一定的尺寸，花岗岩价格就会激增，此时我们会转用铸铁。我们既可以制造 5 英吨（4.54 公吨）的设备，也可以制造 50 英吨（45.4 公吨）

重塑机床机构 Reinventing Machine Tool Construction

在田纳西州的能源部 Oak Ridge 国家实验室，正在进行一场机床设计和制造的革命。那里的制造示范设施团队已经证明了使用 3D 打印模具铸造混凝土机床底座和支柱的可行性。

正如首席制造官（CMF）Thomas R. Kurfess 博士所解释的：“关键的事情不是混凝土底座。它是利用大规模的增材制造聚合物打印机，以非常低的成本快速建造模具。这样我们就可以以非常的成本为机床打一个底座。”因此这也降低了定制化机床的时间，难度和价格。而且“如果可以在短时间内改变底座，那么会使改造工作发生翻天覆地的变化。您可以保留所有想保留的部件，只是建立一个新的底座，以适应新的用途。”

然有可能把模具留在成品底座上，但 Kurfess 说，如果带有可拆卸设计，碳纤维加固的模具甚至可以重复使用几百次。而且，如果制造商不想投资大规模的 3D 打印，它可以使用一个外包服务来生产和运输这些模具。“他是塑料的，所以不是特别重。”Kurfess 说。然而，当填充混凝土时，该底座似乎比铸铁的减震效果要好一个数量级。此外，它还具有热稳定性。

同样，也有可能是在铸件中嵌入冷却通道和传感器，包括那些可能在铸造熔融金属时被汽化的传感器。Oak Ridge 团队现在正在测试各种加速度计、振动传感器和温度计，以提升在线监测和实时过程控制能力。

的；我们既可以研磨 5 磅（2.27 公斤）的设备，也可以研磨 10000 磅（4536 公斤）的。如果我们要旋转一个 5 磅的零件，用精密滚轴承就行，但对于 10000 磅的零件，就要用到静压技术了。”

对于这些转子叶片的根部形状磨削，需要用到像 Blohm Profimat MT 这样的高马力、重型、蠕动进给磨床，Wiss 说。这

种机器使用传统的宽型砂轮，但却无需加入额外的自动化。

相反，对于叶片，United Grinding 推荐可选用他们 Mägerle MFP 150、MFP 50 或 MFP 51 的三种平台之一。

“这三种平台都包括自动换刀和顶置修整装置。”Wiss 说，“顶置修整装置使我们能够进行连续的修整蠕动进给，这结合了快速的金属去除率和保持严格公差的能力。对于一些零件，如径向槽，我们会使用电镀的 CBN 砂轮。通过换刀器，我们能够在同一台机床上进行金属结合剂 CBN 磨削，及钻孔和铣削。这里我们使用 80/20 规则。”换句话说，如果 80% 的工作需要磨削，而 20% 的工作需要其他加工，那么这种多任务磨床就非常有意义。而且大家都喜欢在一次装夹中加工尽可能多的特征。

Wiss 还指出，砂轮 / 刀具法兰中带有 RFID 芯片，因此机器会自动检查，以确保即使操作员在将刀具放入错误的凹槽时，也能够进行正确的刀具装夹。另外，在加工过程中，操作人员可以接触到换刀装置，所以人们可以在不中断生产的情况下，随时更换刀具。

对于服务于行业的更专业的应用，



针对涡轮叶片根部形状，Emuge 公司的新款 Pagode 铣刀比传统枞树型铣刀具有更多的切割刃。该公司表示，其效率能提高 2-10 倍。（图片由 Emuge 提供）



Starrett 的流量计可用于测量涡轮发动机喷嘴的面积开口，并以 0.001 in² (0.645 mm²) 的分辨率显示结果。
(图片由 U L.S. Starrett 提供)



Mägerle MFP 磨床具有自动换刀功能。RFID 芯片能够确保正确的刀具载入主轴。(图片由北美 United Grinding 提供)

Mägerle 和 Blohm 也有用于磨削 Hirth 和 Curvic 联轴器的齿形机型。Wiss 说：“我们的机器带有一个地下室，可以容纳直径超过 1m 的轴。而工作区可以处理直径达 1.5 米的联轴器。甚至你可以在这些机器的转台上装下一辆 VW 汽车，尽管我们也制造了前面提到的 80 英寸 (203.2 厘米) 的设备，用于磨削小型 Hirth 或 Curvic 联轴器。”

United Grinding 的方法是将联轴器平放在台子上，这是一种“刚性放置，易于安装的方式。”Wiss 补充说，这得益于优秀的软件，“零件不必在工作台上完全对准。机床可以探测零件的外径以确定跳动，还探测每个齿的两侧，并进行存量划分以计算所需的材料去除量。然后它自动进行磨削。在其他磨床上，你必须用生皮或橡胶锤反复敲击联轴器的外径，直到它形成完美的轮廓，才能进行进一步磨削。”

就其本身而言，Danobat 提供了一台用于涡轮盘的双柱立式磨床。“这些零件的直径基本可以达到 10 英尺 (3.048 米)，材料通常为铬镍铁合金。”Epelde 解释说，“所以加工起来相当有挑战性。”该零件中通常具有槽和孔，此外还有需要研磨的

表面特征。同时，客户希望在一次装夹中完成尽可能多的操作——但这些操作需要的扭矩和功率曲线却不尽相同。因此，该机器具有一个磨削主轴和一个单独的镗削主轴。

大型量具

地面上的涡轮机部件尺寸通常很大，而且不同的 OEM 商之间的设计和制造方法有很多不同，因此需要定制量具。马萨诸塞州阿瑟尔市的 L.S. Starrett 公司特殊量具部的团队便为此服务。经理 Andrew Morin 说，Starrett 公司设计和制造直径量具，高度量具，槽型量具和用于测量涡轮发动机喷嘴最小面积开口的面积流量量具。最后一个例子使用了八个以上的触点，伸入喷嘴开口的喉部。在液压缸中进行测量并将数据传输到表盘指示器上，并在那里以 0.001 in² (0.645 mm²) 的分辨率进行。这使操作者能够定位和匹配发动机圆周上的分段开口，以提供平衡的空气流。

对于测量范围高达 90 英寸 (228.6 厘米) 的直径测量仪，Starrett 采用了轻质的蜂窝结构或碳纤维和隔离手柄，这样

操作者的体温就不会影响测量仪。“你可以用一个重量仅为几磅的量具来检测 5 英尺 [1.52 米] 的直径。”Morin 说，“其精度仅为原有方式的 1/10，它们还带有一个表盘，所以每个操作员都可以确保他们的读数完全相同。很多大客户都有这种仪器，因为如果你要使用这么大的普通千分尺，光是把量具装好就需要两个人或三个人的工作。通过我们的设备，一个人就可以完成全部测量操作。”

Starrett 还生产可以伸入难以或不可能直接进入的区域进行检测。“我的样品架上有一个 7 英尺 [2.13 米] 长的量具，必须用吊车把它吊到要检查的部件上。我们还制造了双转塔和其他先进结构的量具，这些量具可以折叠到一个小孔中，之后穿过这个小孔再打开，就可以获得双倍的量程，从而在不必移动或翻转零件的前提下进行检测。这可以用于处理各种各样棘手的情况。”他说。

www.danobatgroup.cn

www.greenleafcorporation.com.cn

www.emuge-franken.com.cn

www.maegerle.com

www.starrett.com

新的 CAD/CAM 选项完善了金属切削

New CAD/CAM Options Refine Metalcutting Ops

最新的软件提高了速度和实用性，改善了连接性和 AM 功能。



位于佛罗里达州 Sanford 的医疗设备供应商 .Decimal Inc. 为医院和癌症中心制造病人专用设备。图中，为技术人员准备了一个厚度均匀的模具，并对其进行磨削脱模。该公司使用自动化工具 SOLIDWORKS 和 CAMWorks，实现了定制医疗设备的当日发货和次日交货。（图片由 USA Geometric Americas/HCL Technologies 提供）

通过 CAD/CAM 软件，机器操作员和制造工程师总是能够在优化金属切削性能的道路上寻找最新的突破点。今天的制造软件在 CAD/CAM 中具有新的技术和工具，可以改善标准金属切削的刀具路径，也可以将许多创新的增材制造操作融入其中。在工业 4.0 时代，新的连接功能至关重要，而且在 CAD/CAM 系统中增加了更多的自动化和模拟功能，补充了更高端的第三方模拟包。

“作为 CAD/CAM 软件开发商，我们处于制造业变化最迅速的领域之一。”美国康涅狄格州 Tolland CNC 软件公司的高级市场分析师 Ben Mund 说，“尽管如此，主要的趋势仍然和过去一段时间一样，不断地通过提升制造速度和灵活性来提高生产力。这仍然是无论哪个行业中，所有车

间的共同趋势。随着我们在 2020 年看到的疫情影响，这些目标变得更加重要，因为工厂依然想着在生产力和灵活性上进一步突破。”

在 CAM 软件方面，Mund 认为有三个主要支柱在推动这些趋势：先进的刀具路径策略，不同类型的行业领导者之间的技术合作，以及万物互联 / 工业 4.0。“我们的最新版本是 Mastercam 2021，并且对于上述三个支柱都进行了优化。”Mund 补充说。这些变化包括扩大 Mastercam 的动态运动刀具路径引擎库，提供更多的加工情况，包括 2D 铣削、3D 铣削和车削。“我们还升级了 CAM 频谱的‘基本’和‘高级’两项功能，增加了更智能的钻孔和更加自动化的多轴切割。”Mund 说。

发展技术行业伙伴关系是关键，他

说，并指出 CNC 软件公司应与刀具制造商的合作。“Mastercam 的加速精加工刀具路径策略旨在比传统刀具路径更短的时间内，为车间提供更好的最终表面光洁度，所以它与最新发布刀具产品密切相关。”Mund 说。

Mund 补充说，Mastercam 继续扩大其外部连接，以确保数据能够以最佳方式被带入、使用和共享。“当然，CAD/CAM 软件不但能指导机床，同时它也是车间内其他事务的处理平台，例如计量学、逆向工程或数字工具管理。在所有这些部分之间进行干净、有效的数据交换，对于工业 4.0 所期望的生产力提升是非常必要的。”

创造新的选择

“为用户扩大 CAD/CAM 选项是很

高级集成 (PI) 800 机床: 出色的(P)ECM工艺入门产品

✓ 紧凑

✓ 高性能

✓ 高效

✓ 精确



亮点

- + 紧凑型结构, 集成电解液过滤系统
- + 脉宽范围50 μ s 到DC(直流电)
- + 标配手动或半自动启动系统
- + 快速升级到全自动化
- + 可提供优化工艺和生产效率的选项
- + 振动模块, 行程200mm
- + 沉降模块, 行程400mm
- + 可扩展电源技术/脉冲技术
- + 西门子 S7-1500 机床控制系统



法兰



3D模具



电机轴



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

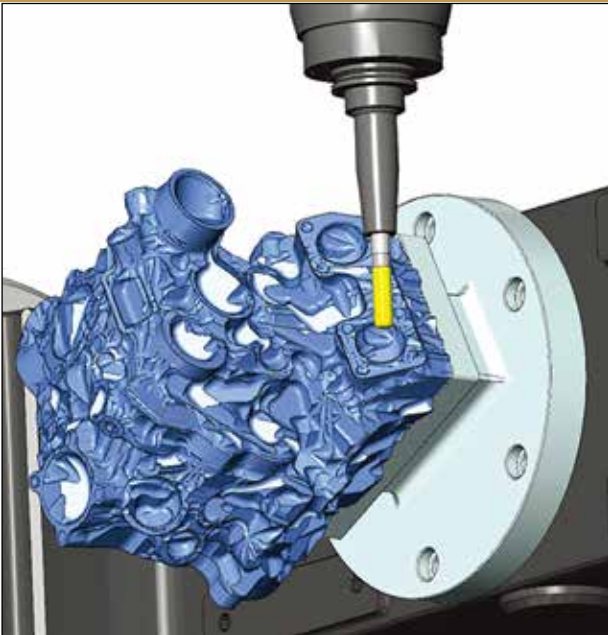
网址: www.emag.com · 邮箱: info@emag-china.com



新浪微博



官方微信



该软件的最新版本，Mastercam 2021 中显示的新的粗加工刀具路径。（图片由 CNC Software 提供）



Open Mind Technologies 的 hyperMILL CAD/CAM 软件包括一个虚拟加工优化器，可分析整个加工序列并同时考虑轴加工中各轴的限制。

重要的。” hyperMILL CAD/CAM 的开发者、马萨诸塞州 Needham 市 Open Mind Technologies 公司总经理 Alan Levine 说，“我们正在开发有利于所有用户类型的技术，包括原型生产车间以及那些执行 2D、3D、五轴铣削和车削的用户。通过我们的技术，实现了新的计算策略以及对可用性的改进，并扩大了视野，包括在机探测和高级模拟技术等功能。用户希望在编程过程中带来更多的知识和保证，从而使机床有更高的利用率，并专注于高附加值部件的制造。”

Open Mind 的开发工作包括两个主要的重点领域——刀具路径增强和虚拟加工。“刀路循环正在得到加强，能够在不需要大量额外的编程或计算时间的前提下，提供更高的质量和效率，并同时减少对额外的后加工工艺需求。” Levine 说，“其中一些刀具路径技术包括高精度加工（满足表面质量要求的加工），平滑重叠技术（减少加工区域之间的不匹配和接缝痕迹），以及改进的刀具路径布局和策略。这些都带来了锥形筒形铣刀解决方案的需求。”

另一个发展领域是加强虚拟加工模拟和分析，Levine 指出：“在这里，我们正在提供 G 代码模拟，直观的操作界面，以及工作之间和从原点 / 刀具更换的平滑链接命令。”他还指出，Open Mind 已经开发了他认为是创新的机器轴变体选择，以避免碰撞和寻求首选加工，以及其

他优化技术，以改善刀具路径。

数字孪生

另一个关键趋势是使用数字孪生体，即加工环境的精确数字复制品，ESPRIT CAM 的开发者，位于加州 Camarillo 的 DP 技术公司产品营销总监 Yijun Fan 指出：“通过连接虚拟世界和物理世界，数字孪生对于编程、优化、监控和防止制造过程中的停工非常有价值。有了数字孪生体，用户就可以利用数控机床的全部能力（轴限、车削选项、运动链等）来最大限度地提高生产力。其中，虚拟机器的动作与真实机器完全一样。”

数字孪生模拟还能帮助机器操作员平均减少 65% 的机器设置时间，据 Fan 说：“他能让你对程序更有信心，并大幅减少试运行期间的修改迭代次数。”

另一个与数字孪生紧密相关的发展是人工智能，他说：“人工智能提升了变成速度，能够由智能系统直接做出决定，这简化了加工过程，提高了生产力，并消除了可能导致机器崩溃的编程错误。”

Fan 说，在 ESPRIT 的最新版本中，DP 技术将数字孪生体带到了 CAD/CAM 的更高层级。“新的数字双胞胎不仅包括机器几何形状表示，还包括所有其他关键属性，包括运动学、机器行为、接口、安装、兼容性、用户偏好和机器优化的后处理程序。” Fan 说，通过与全球机器 OEM 厂商直接合作，DP Technology 已经

在 ESPRIT 中为超过 3500 个数控机器模型创建了数字孪生系统，涵盖了 200 多个机器品牌。

“我们不断增强我们的 AI 引擎的能力，为多通道机器提供自动化。”他补充说，“人工智能引擎为机器的安全运行提供了自动同步，它可以自动配置程序以实现连续生产运行。AI 引擎能够同时对两个刀架动作进行编程，因此加工周期降低了 50%。” Fan 指出，由于 ESPRIT 的自动并发优化，加工总周期时间得以大幅度减少。

智能制造

当今制造业和 CAD/CAM 软件的一些最大技术趋势就是智能制造和工业 4.0 计划的重要组成部分。“这些趋势包括自动化和数字化转型，给制造商提供了能够帮助他们大幅提高生产力的技术。” CAMWorks 的新业务开发经理和高级 CAD/CAM 应用工程师 Marc Bissell 指出。CAMWorks 是由总部位于美国亚利桑那州 Scottsdale 的 HCL 科技有限公司旗下的 USA Geometric Americas Inc. 分公司开发的 CAM 软件包，该分公司位于印度 Noida。

Bissell 说：“今天的技术也提高了远程办公的可行性，COVID-19 的大流行既加速了对自动化的需求，也增加了对远程制造中智能解决方案的需求。”

他补充说，实施自动化和转向数字制造可能是令人生畏的，并且还需要面临一



创新
SOLVED!
解决方案!

Goodfellow

全球材料供应商

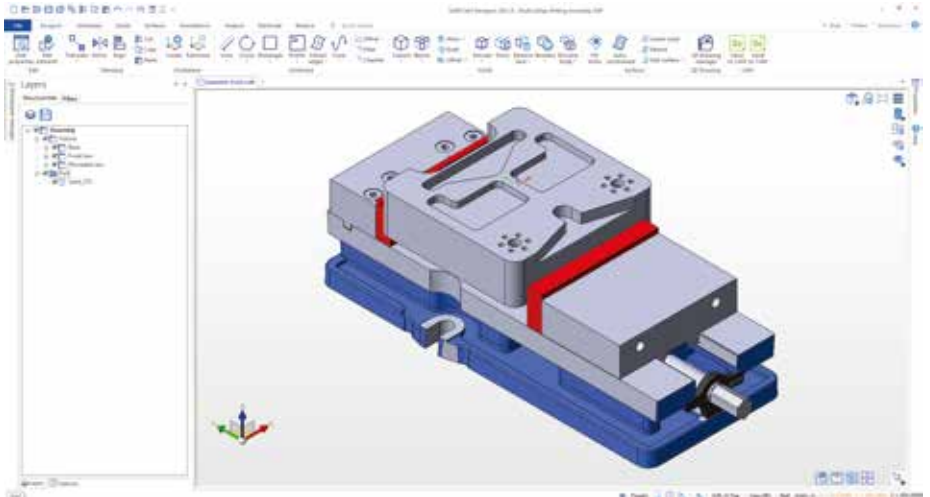
www.goodfellow.cn | china@goodfellow.com | +86 21 6112 1560

些具体的挑战。“许多制造商觉得它们价格昂贵、实施周期长或技术复杂。” Bissell 说，“然而，他们可以采取一些步骤，逐步将更多的自动化纳入他们的机械车间，并立即看到这些先进技术所带来的好处。”

Bissell 说，完全集成的 CAD/CAM 软件——如 SOLIDWORKS、SOLIDWORKS CAM 和 CAMWorks 具有几个优势。“首先，设计师和程序员使用相同的软件环境来设计零件、编辑特征、创建刀具路径和生成 NC 代码。有了集成系统，CAD 和 CAM 模型就成了一个整体，团队可以在同一个软件界面中，将零件从概念设计一直到生产最终产品。” Bissell 说。“所有的 CAD 和 CAM 数据都存储在一个文件中，因此不需要维护单独的 CAD 和 CAM 文件，也没有数据转换问题。甚至加工一个古老的零件也不存在风险，因为刀具路径与设计模型完全相关，当设计或工程变更发生时，它们会自动更新。”

CAD/CAM 软件的另一个技术趋势是扩大自动化工具，如基于特征的编程和基于知识的加工，这相比于使用基于操作的 CAD/CAM 软件有几个好处，他说，“CAD/CAM 软件中的加工知识数据库将（从与机械厂可用刀具相匹配的刀具库中）适配的刀具，计算最佳进给速度，选择适当的粗加工和精加工刀具路径，并生成 NC 代码。”

他说，通过 SOLIDWORKS CAM 和 CAMWorks 技术数据库（TechDB），程序员可以编辑任何自动选项，并将其保存在公司拥有的特征和策略库中。“因此制



图中为新型的 SURFCAM Designer 2021 中设置的铣削零件组件，其中包括直接 CAD 建模功能和图形化的用户接口。（图片由 Hexagon Manufacturing Intelligence 提供）

造商能够捕获最佳实践，并自动启用它们，这有助于实现模具和数控编程过程的标准化和自动化。”

HCL 最近发布了 CAMWorks ShopFloor，它为机械师提供了 CAD/CAM 功能，而不需要在车间里安装完整的 CAD/CAM 系统，据 Bissell 说：“一旦 CNC 程序员在 SOLIDWORKS CAM 或 CAMWorks 中完成了零件编程，他们就能够为机械师发布 ShopFloor 文件。制造零件所需的所有 CAD/CAM 数据都包含在一个数字文件中，使公司能够获得超越二维图纸或静态 PDF 文件的感官。”

更加集成化的 MCAD/ECAD

德克萨斯州 Plano 市 Siemens 数字工

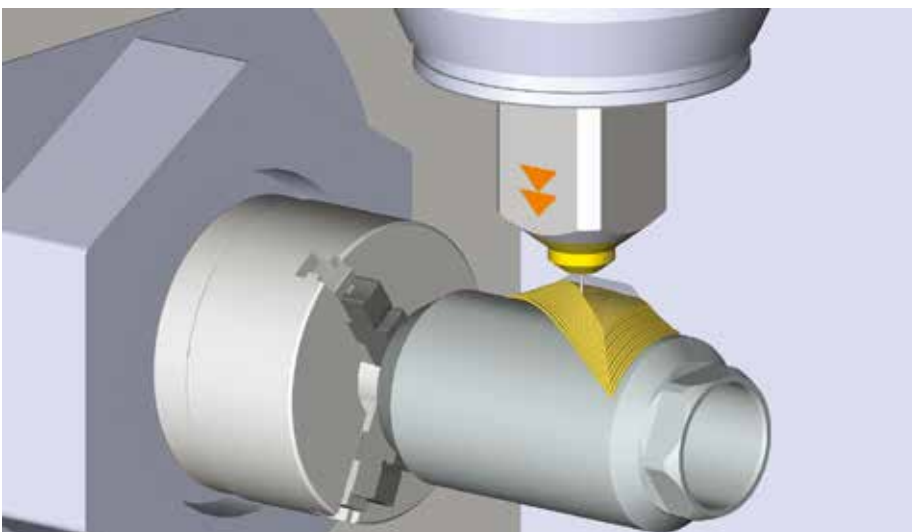
业软件公司产品工程组高级营销总监 Paul Brown 说，将机械和电气方面的 CAD/CAM 结合起来也是一个发展趋势。“作为 CAD/CAM 供应商，我们的目标是确保客户拥有正确的解决方案，以满足其适应环境的变化需求。作为其中的一部分，我们看到对机械和电气学科整合的需求在增加。” Brown 说。他认为，随着产品变得更加复杂，电子功能的增加，客户越发的需要工艺整合能力，将 MCAD 和 ECAD 系统结合起来，以实现小组之间的密切合作。

他还认为 AI 和机器学习是重要的元素。“自从我们将机器学习和人工智能引入 NX 以来，我们已经认识到使用 ML/AI 改善客户工作流程的更多可能性，因为我们相信这将成为提高公司生产力的关键驱动力。” Brown 说，“通过我们最新版本的 NX CAD，我们利用人工智能来解决每个用户都要经历的一个基本过程——通过使用二维草图来捕捉最初的灵感。30 多年来，这个过程对每个系统来说都是一样的，但现在我们采取了一种新的方法，让系统与设计师一起工作，而不再强迫设计师添加大量信息来进行后续修改。”

增材制造打破了传统模式

现在许多 CAD/CAM 系统中都有新的增材制造选项。这些选项包括 DP Technology、Siemens、Open Mind、3D Systems 和其他公司系统中的新的 AM 模块。

“增材制造技术打破了传统生产模式。”位于 R.I. 省 North Kingstown 的



一台在 ESPRIT 环境中模拟的混合型车铣复合机。（图片由 DP Technology 提供）

Hexagon Manufacturing Intelligence 公司加工市场和产品经理 Miguel Johann 指出，“快速成型和设计概念验证被这项新技术改变了，软件解决方案能够直接解决这一问题。增材制造引入了创新方法，如生成设计，它能够创建新的形状，为现有问题提供更好的解决方案，这些在传统加工中通常难以解决。”

他补充说，只有通过增材制造才能制造出新型的保形冷却通道，优化材料分布，并增强模具的机械性能。“数控机床上的增材喷嘴头可以进行材料沉积，并用于有效的特征构建，提供最适合制造的机械和化学性能。” Johann 说。

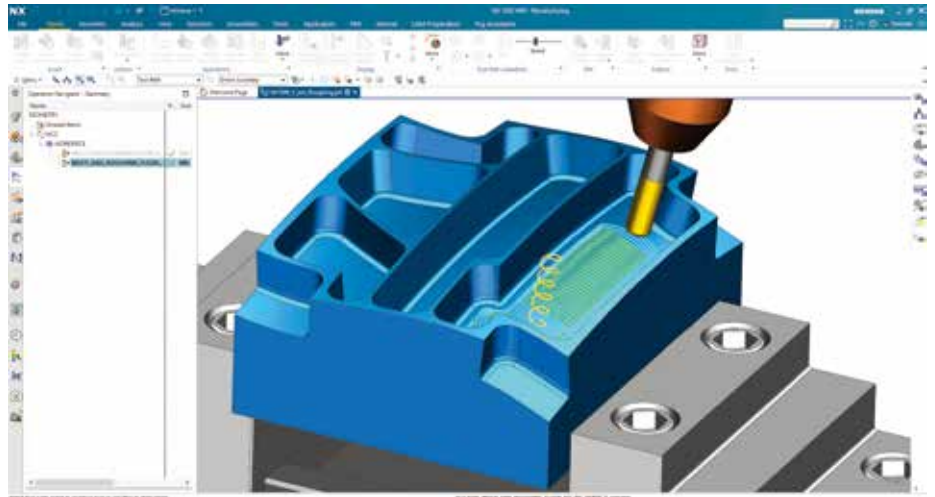
该公司的新版本 EDGE CAM 实体制造解决方案提供了关联实体加工，改进了数控机床上的检测、线侵蚀和增材制造附件。它还包括对铣削和车削能力的改进，Johann 指出。Hexagon 的另一个产品是新版本的 SURFCAM，它能够与该公司的 NCSIMUL 制造仿真软件相链接。“NCSIMUL 可生成完整加工环境的数字孪生，以改善工作流程，确保整个制造过程的安全和生产率。” Johann 说。

Siemens 公司的 Brown 指出，AM 继续在简单的原型设计之外不断被应用。这“为我们带来了一系列挑战，包括如何从新的设计和制造方法中获得最大的收益，以及如何完全发挥新方法的建模、分析和制造产品。”他说，“这意味着 CAD 工具需要适应，允许用户处理更多类型的几何体，包括使用聚合建模等工具。”

GibbsCAM 14 问世于 9 月，其包括一系列提高生产力的新功能，据其开发商 3D Systems 公司（位于南卡罗来纳州 Rock Hill）的 GibbsCAM 产品经理 Daniel Remenak 说：“我们正在推出几个新模块，包括用于零件定位和在机检测任务的新探测模块，和一个重新设计的、紧密集成的线切割能力，具有自动特征识别功能，以及支持增材制造的定向能量沉积（DED）和混合（增材加减）加工技术的新模块。”他说。

Remenak 指出，新的 GibbsCAM 还具有体积功能，只切割 3D 材料，这就减少了来自不同加工操作的“空刀行程”，即使零件无需被转移到不同的主轴上或进行后处理二次切割。

他说：“增材制造在更大的生态系



在最新型的 Siemens NX CAM 制造软件中，可以显示五轴粗加工操作。（图片由 Siemens 数字工业软件提供）

统中可以发挥强大的作用。我们看到增材制造被更多的用于大批量生产环境中，在这种情况下，无论是通过更轻的重量、为最终用户提供更多的定制服务、混合和分级材料，还是其他许多独特的功能，它都能对制造产品的可行性产生很大的影响。CAD/CAM 软件需要能够认识到这些优势，并提供集成的编程技术，使其与减材制造技术并驾齐驱。”

Open Mind 表示，大多数使用增材制造技术都是用于粉末床融合系统中。“但我们看到更有趣的应用是定向能量沉积（DED）” Levine 说，“DED 可用于纯增材制造机器，也可用于混合制造设备，后者能够在同一环境中进行制造和精加工。DED 技术可以应用于部件维修（例如模具或涡轮叶片）、模具修改以及具有多材料用途的新型技术。它并不局限于二维截面，可以在复杂的起始几何形状下工作。在这些情况下，现有的部件或模具可以在只增加一点点成本的前提下，被重新利用。”

更易用的 CAD/CAM

多年来，许多 CAD/CAM 系统被认为相当难用，但由于年轻人进入这个行业，这些正在向好的方面转变。“有一个有趣的代际变化正在发生。虽然多年来在该行业中新人都是先参加一周的培训，然后学习如何准确的创建零件程序，但新一代的年轻人却往往更注重结果。” Hexagon 的 Johann 指出，“年轻一代只是希望软件和机器能够像他们的手机一样方便、快捷

地工作。与经验丰富的同行相比，新兴的制造业专业人士对复杂情况、局限性和特异性的容忍度要低得多。CAD/CAM 软件正在适应这一趋势，专注于简化工作流程和越来越多的基于建议的界面。另一个重要因素是新加入的劳动力对制造业职业缺乏兴趣，这也提升了公司对知识捕获系统和自动化的投资需求。”

CAD/CAM 系统正变得更易用，DP Technology 的 Fan 同意：“培训一个新的程序员如何使用软件所需要的时间正在减少。而在就业市场上，优秀的数控机床程序员凤毛麟角。很多时候，我们的客户需要培训他们的机器操作员如何对越来越多的工作进行编程。”在其人工智能引擎的支持下，ESPRIT 大大简化了数控机床的编程，增加了刀具寿命，减少了周期时间，并提高了机床性能。

简化编程过程和缩短周期至关重要。

“随着各种制造业的快速发展和更多的定制化，产品的复杂性和多样性都在增加，而每个特定产品的生产数量却在减少，甚至从每个程序 50000 个零件到每个程序 500 个零件。” Fan 指出，“这就要求加工厂进行调整，提高他们的编程速度，以保持竞争力。”

www.3dsystems.com

www.mastercam.com

www.espritcham.com

www.camworks.com

www.hexagonmi.com

www.openmind-tech.com

www.sw.siemens.com

通过一次编程，实现多次加工

Program a part once, machine it many times over

CAD/CAM 设计和建模的进展既节省了时间，又提高了准确性。

直到 2018 年，美国西海岸的一家游戏耳机和外设制造商还在使用近似网格的 CAD/CAM 来确定零件尺寸。首先将公差参数收紧到标准值的十分之一，然后，再花几个小时对计算结果进行微调，获得所需的几何形状、平滑度和美感。在其他情况下，公司也可能用现有技术尽可能精确地加工，然后用抛光机来达到所需的质量和一致性。

现在，制造商激活了 Open Mind 的 hyperMILL CAM 软件中，多精加工策略中的高精度模式，获得了所需的表面质量，并将计算时间减少了 75%，美国 Open Mind Technologies 公司总经理 Alan Levine 说。检查一个零件的数百万个网格元素的计算时间可以从 12 小时缩减到 1 小时以内。

减少计算时间尤其重要，因为每当工程师或车间技术人员想改变一个参数时，就需要进行重新计算，他说。

Levine 说：“最终，它带来了更高的零件质量，并节省了工程师在办公桌前计算的时间。而每一次编程，可能都会意味着一万次加工。”

Siemens NX CAM 开发主管 Vynce Paradise 说，混合模式或混合融合建模技术能够在单一环境中使用网格和表面数据源进行 3D 产品建模，同时消除了数据转换带来的复杂性、潜在错误和延迟。Siemens 的融合建模功能包含在 NX 和 Solid Edge 中。

他说，传统的实体建模系统在编辑有切面的模型时，操作性不强，或者说根本就没有。

一个模型可以从真正的实体模型，也称为完全数学定义的或分析性的表面，转换为连续表面模型，当需要近似的表面定义时，连续表面模型更简单，并能提供可接受的数据。但这样一来，要转换回做真正的实体模型并做更多的建模难度就大幅



Autodesk 公司的 Kimberly Losey 说，自 2018 年推出生成式设计以来，它已经取得了巨大的进展。上图中，她在 Autodesk 多伦多技术中心的开幕式上测试了一辆 Veemo。VeloMetro Mobility 使用 Fusion 360 来设计和制作封闭式电动辅助自行车的原型。

提升了。

聚合建模具有双重价值。流程链不再是单向的（即从实体模型到表面），设计师可以从扫描系统中获取点云，即表面数据，并将其用于建模，Paradise 说。

他补充说：“最大的节约就是不需要进行二次改造。您不必在此再花时间，在一种模式下，就可以完成组件的重建。”

融合建模正在越来越多地被部署到航空航天领域，用于需要进行应力分析的重复杂优化，以及医疗行业创建定制的人工关节，Paradise 说。

生成式设计正在兴起

Autodesk 公司的 Kimberly Losey 说，生成式设计，即设计师输入产品的性能参数，软件产生数百或数千种设计方案，自

2018 年推出以来取得了重大进展。

“自 Autodesk 商业化推出制造业中的生成式设计以来，其重大进展包括增加了 2.5 轴和 3 轴加工，这使得这项技术更加适用于制造业。”她说，“我们还整合了成本计算，使我们的客户有可能与第三方解决方案相互互联，如来自 Ansys 的模拟，以进一步加强和验证他们的成果。”

今年 1 月，Autodesk 在 Fusion 360 中增加了一个电子工作区，打破了电气 CAD 和机械 CAD 之间古老的隔阂，Losey 说。

她补充说，如果在机械设计团队向电气设计团队交接后出现设计变更，模型会立即更新，并会在软件中更新模型或标记出需要修改的区域。

“花时间微调过时模型的日子已经成

质量检测技术驱动 航空航天智能制造 蔡司航空航天 质量解决方案

ZEISS

Seeing beyond



卡尔蔡司(上海)管理有限公司

中国(上海)自贸试验区
美约路60号 电话: (86)21-2082 1188
传真: (86)21-5048 1193

全国售后服务热线: 400-686-9906
全国售后服务E-mail: imthot.zc@zeiss.com
蔡司中国工业质量解决方案官方网站: <http://www.zeiss.com.cn/imt>
蔡司中国工业质量解决方案网上商城: <http://cn.probes.zeiss.com>





Siemens NX CAM 开发主管 Vynce Paradise 说，混合模式或混合融合建模技术能够在单一环境中使用网格和曲面数据源进行 3D 产品建模，同时避免了数据转换带来的复杂性、潜在错误和延迟。

为过去。”

Losey 说，Fusion 360 还可以在整个产品开发过程中转译不同的文件格式，使客户有可能在一个单一的集成平台上完成从设计到制造的一系列工作。

在过去的两年里，生成设计在标准的 CAD/CAM 软件包中变得更加易用，3D Systems 的产品管理总监 Scott Green 说。

他说，最初，生成设计主要是作为 CAD/CAM 系统的第三方插件，应用于高端航空航天领域。

“现在，生成式设计作为一个标准包或一个适度的附加产品，能够直接集成到 CAD 系统中。”

同时追求形式和功能

制造商可以同时追求一个零件的形式和功能，而不是分别追求。如果分开做，最终的外观可能会不太理想。

这是因为软件的改进使设计师能够将形式和功能整合到初始设计中，Green 说。

她说，在过去，通常负责产品外观美感的设计人员和负责功能性的设计人员是分开的，这样就会导致有时候会生产出华

丽但却无法满足既定功能的花瓶，或者功能满足，但却相对丑陋的玩意儿。然后在最后，您就得为牺牲一方而做出妥协。

Green 说：“很可能你开始设计的时候是 Porsche，但是实际产品却看起来像 Kia。生成式设计使设计组之间的沟通更加紧密和有效。你不仅能够设计出具有功能性的东西，而且它还可以很好看，甚至你还可以用增材的方法来制造它。”

提升刀具寿命

除了更高的精度和更少的计算时间之外，这些和其他 CAD/CAM 软件的进步正在帮助制造商延长刀具、计算机和高端设备的生命周期。

Levine 说，中西部一家生产食品包装模具的公司使其价值 50 万美元的铣床避免了淘汰的命运。

他说：“他们有一台有七年历史的铣床，总体上为他们提供了良好的服务，但随着使用，质量在不断下降。他们就问我们，我们能不能生成一个对机器精度不敏感的刀具路径？我们回答，当然可以，基于此，他们的铣床焕发了第二春。”

“通过新一代的刀具路径，我们可以

优化切削过程中施加给刀具的切削力，最大限度地减少刀具磨损，延长刀具寿命。” Paradise 说。

Open Mind 的 hyperMill 软件允许客户在高精度模式和标准模式之间进行选择。Levine 说，“在一些行业中，越贴近就是越好。”

他说，当使用高精度模式时，计算会针对普通的网格模型使用标准解决方案，而不是高度精细的网格。然后，该程序继续在精确的表面模型几何形状上定位刀具。

“针对网格的计算的初始阶段有一个可预测的计算时间。作为数学家，我们知道当我们拟合出如此接近网格时，从网格到表面的计算是非常快速和稳健的。” Levine 说。

“尽管有时刀具路径只移动了几微米，但其加工结果会在工件表面上得到非常明显的体现，即消除了剩余的近似网格表面的残余痕迹（可见的缺陷）。”

“不久后的某一天。”他预测说，“高精度模式将成为精加工操作的新标准。”

最新版本的 hyperMill 包含改进刀具路径和识别错误情况的增强模块，并提

供了一个碰撞检查引擎。可以对设计进行自动更新，而免于数小时的额外计算。同时，该软件还可以消除潜在的错误，例如“三个不同的操作员使用了不同的零位。”Levine 说。

他说：“我们作为一家公司，一直在努力使用户感到轻松，并致力于为他们提供一个强大的数学基础。”

“客户不必操纵他们的几何图形。”Levine 补充说，“我们已经使其适用于任何几何体，并且无需任何额外设置。用户不需要学习编程语言，不用任何前期准备。只需要简单的拨动开关就可以了。”

收获高级工人的专业知识

通过不断发展的 hyperMill 软件，制造商也能够收获高技能的高级工人所拥有的知识，并将这些知识编纂成自动化的最佳实践。以确保这些工人退休后的很长时间内，让新来的员工从其中获益。他说，此外，高技能工人还可以自由地专注于挑战性的任务。

“一位客户告诉我，他觉得他的高级员工只有 15% 的时间在做高级别的工作。”Levine 说，“如果我们能将简单和死记硬背的流程自动化，或仅仅是加快这一流程，企业主就会很高兴，因为他的高级员工会腾出手来去做高附加值的工作。”

有了 Open Mind 自动化中心，客户可以根据他们的需要定制 hyperMILL。“我们赋予了他们进行自动化定制的能力，以完成他们的重复步骤。”他说，“通过这个脚本，员工达到了公司的标准，并大幅度降低了出错的可能。”

在中西部一家汽车 OEM 商，一名高级员工写了一个五页的脚本，记录了他在创造数学模型时所做的一切。

“我们有数百条可用的自动化命令；他找到了与他的工作相匹配的命令，并建立了一个步骤一、步骤二、步骤三的顺序脚本。”Levine 说，“有些命令是有条件的，会提示用户一个值。现在他可以就该脚本与同事进行分享。他们正在捕捉最佳实践和知识。随着老人们的退休，一些知识会丢失。我们正试图让新用户也能够掌握这些知识。”

以节省时间为动力

Siemens 的 NX CAM 通过软件快速



最初，生成设计主要是作为 CAD/CAM 系统的第三方插件，应用于高端航空应用，3D Systems 的 Scott Green 说。“现在，生成式设计已经作为一个标准包或一个追加产品，直接集成到了 CAD 系统中。”他在 Georgia, Tbilisi 举办的一个软件用户组会议向大家介绍到。

识别和学习形状和特征，从模型中获得更多数据，使编程过程标准化，Paradise 说。

“对我们的客户来说，最大的驱动力是节省时间。”他说：“在编程上可以节省 70% 到 90% 的时间，其长度从几天到几个小时不等。对于我们供应商来说，这是一种变革。这是一个公司考虑购买新的 CAD/CAM 系统的重要原因之一。”

制造商还使用 NX CAM 从模型中获取数据，以实现检测过程的自动化，Paradise 说。

该软件能够查看模型，读取特征和数据，并创建一个检测程序，从而节省大量时间，他说。

曲面加工

Open Mind 首先将其工艺应用于涉及大曲率半径的表面的光学器件，如汽车引擎盖或保险杠。接下来的应用包括涡轮机叶片，Levine 说。

“在某些行业，外观至关重要。”他说，“视觉感官可能比定位更加重要。在汽车的引擎盖上，外观是最重要的质量。当你可以加工表面模型时，更为容易获得高质量的表面。光学技术也推动了表面光滑度的极限，例如汽车头灯加工。在汽车行驶时，其灯光不应该分散路人的注意力。在汽车前灯上出现波纹或面状的景象是不

能接受的。光学器件的光滑度至关重要。”

hyperMill 的另一个特点是它的平滑重叠功能，以衔接在两个不同步骤中切割的模具或零件，Levine 说。两步法加工会造成衔接问题。

例如，铣床并不总是按照精确的规格测量刀具，不同的刀具可能需要从不同的方向进行编程，甚至于在车间温度和机器温度不同的情况下，刀具的磨损也会不同。平滑重叠工艺增加了一些工序以重叠相邻的路径，同时避免了切面接缝。其结果就是在相邻的切割路径连接处，仅会留下几乎难以察觉的痕迹，他说。

“两把刀和刀架的形状不同，一把刀的方向不同，一把刀可能已经运行了三个小时，而下一把刀是冷的，这都会造成加工中的衔接问题。”Levine 说，“因此，平滑重叠也成为了一个有趣的问题。”

这些问题可能会导致零件在加工过程中出现折痕，这是因为刀具发生了变化。然后制造商不得不用较小的刀具手工磨平折痕。“在高要求的应用中，客户希望减少加工的后处理。”他说。

随着软件的不断发展，“数字化制造的质量也在不断提高。”Levine 说，“人们现在接收到的东西相比于 30 年前发生了翻天覆地的变化。我们现在正在提高标准，并且五年后，这个标准还会更高。”

高效率的车间 ERP 软件

Shop ERP Software Boosts Efficiency

新的 ERP 系统增加了更多基于云的软件，具有 AI 功能和可追溯性特征，可提高车间质量和效率。

在保持最高质量的同时，加快整个车间的作业流程，是生产经营成功的首要目标。借助最新的企业资源计划(ERP)软件，制造工程师和管理人员可以快速获取关键的操作数据，以确保按时交付产品，同时确保所交付的产品是当今全球经济所要求的最高质量的零件。

许多新的 ERP 软件系统要么拥有基于云的版本，要么在某些情况下是完全由云而构建的。近年来，从以前的本地 ERP 软件向基于云的 ERP 软件的迁移加速了，ERP 开发商还增加了关键功能，例如 AI 功能或必备的可追溯性功能，以对航空航天、医疗和汽车制造等高度管制行业所使用的组件进行严格的质量控制要求。

云迁移

向云计算进军步伐有增无减，因为 ERP 开发商推出了新的功能，而制造商也对云 ERP 的成本优势和更快的按需部署所获得的内在价值深信不疑。除非有良好的宽带连接或数据延迟问题导致的生产吞吐量问题，否则大多数制造商都倾向于采用成本较低的纯云 ERP 软件。

一段时间以来，随着客户越来越接受基于云的数据，迁移到云 ERP 已经是必然趋势。某些 ERP 产品本身是作为基于 Web 的应用程序编写的，并且只能在云中使用的。ProShop USA Inc. 总裁 Paul Van Metre 指出：“ProShop 始终是基于网络的。” ProShop USA Inc. 是一家总部位于华盛顿州 Bellingham 的 ERP 软件开发商，也是加拿大不列颠哥伦比亚省 Vancouver 的 Adion Systems 公司的子公司。“我们看到大多数客户选择我们的云服务，是因为他们不想处理现场服务器的麻烦。他们知道，云数据可能比自己网络中的数据更安全。”

ECi 软件解决方案公司制造部总裁



在 ECi Software 的客户 Ace Metal Crafts 公司，用户正在查看显示车间最新生产操作的工作状态板。(图片由 ECi Software Solutions 提供)

Jeff Ralyea 表示，基于云的 ERP 系统是发展趋势，该公司是一家位于德克萨斯州 Fort Worth 的软件开发商，其 ERP 产品包括 JobBoss、Macola 和 M1 软件。在工业 4.0 时代，随着来自高度互联企业和 PLM 的数据的融合，制造商们正在寻找方法来应对来自工厂运营的大量数据。Ralyea 说：

“即使是小型制造商也正在投资具有发送和接收数据能力的设备，这是发展趋势之一，他们试图弄清楚‘我该怎么办？’”

他补充说，迁移到云使得客户的数据可以完全访问。在应用方面，“如今，大约 30% 的客户已经决定一切都必须在云中进行，”拥有更多先进 IT 总监的公司的 Ralyea 说。“但是您还必须拥有完善的宽带。我们有大量客户没有稳定可靠的 Internet 连接。”

Ralyea 补充说，在未来的三到五年里，更多的制造商将寻求基于云的系统，以与最新技术保持同步，同时也减轻了最新技术更新的工作量。“我认为，IT 在帮助客户利用技术方面将成为更不可或缺的一部分，并会成为更值得信赖的技术顾问。我们正在致力于使解决方案更易于使用，更容易更新，更具有可塑性，或者说可配置性，

以使软件适应独特的业务需求。”

德克萨斯州 Austin 的 Epicor Software Corp. 全球产品营销副总裁兼 ERP 开发工程师 Terri Hiskey 指出，尽管向云的迁移一直稳定，但制造商并没有急于推进这一进程。“我们的销售额同比增长。但是，向云的迁移也没有像最初预期的那样迅速。”她说。“许多公司正在尝试一种混合方法，可能将本地 ERP 系统连接到云分析或其他云附件。我们甚至看到有些公司将 IoT 系统连接到本地 ERP。我们发现，无论是新使用 ERP 还是正在替换旧的遗留系统的公司，云 ERP 的采用都将更加广泛。

Hiskey 补充道，面临的挑战是本地公司，并且对他们的位置感到满意。

Hiskey 补充说：“面临的挑战是，那些应用内部部署并对其现状感到满意的。他们知道世界正在向云迁移，同时，他们正在花时间并通过将云技术集成到内部部署系统的附加应用程序中来进行测试。”

关于质量

在大多数行业，而不是所有行业，保持质量达标是至关重要的，特别是在航空航天，汽车和医疗等行业，要求的精度最

starrag

Engineering precisely what you value

—
Dörries

尽在掌握
值得拥有



20%

更短的加工时间

一次装夹
完成车铣钻
整体加工

www.starrag.com

高。Van Metre 指出，ProShop ERP 的一个优势是它将 ERP 与强大的 MES（制造执行系统）和企业的 QMS（质量管理系统）连接起来，跟踪 ISO 质量标准的执行情况，并为客户提供全面的可追溯功能。

Van Metre 说：“我们主要专注于受监管行业的企业。我们的 ERP、MES 和 QMS 的组合更是吸引了航空航天、医疗、石油 / 天然气和核工业类企业的关注。那些不具备所有监管要求的企业 -- 虽然他们会从 ProShop 提供的更强大的业务流程中受益 -- 但他们并不认为 ProShop 有那么大的吸引力。”

他继续说道：“航空航天行业是我们最大的客户群体。这就是我们创建 ProShop 所针对的企业类型，而且我们有许多特殊的功能，对航空航天客户来说确实很有吸引力。一个典型的例子是 AS9102 FAI 文件包的准备工作。这通常是一个手动过程，每项工作都需要花费几个小时的时间。ProShop 将在几秒钟内自动准备这些文档包，使效率和吞吐量有了很大的提高。”

他指出，ProShop 最近发布了一个模块，该模块能够对采购和制造的零部件 -- 入库和出库 -- 具有完整的序列号可追溯性，可追溯到每一个检验点，以及哪一个检验量具被用来测量所有尺寸。

“我们还即将发布一个审批模块，可使公司对审批工作流程进行设计，并将其应用于系统中的任何领域。”Van Metre 说。

“这一个无限的可配置系统，可以审批哪些项目需要被批准，及由谁批准。这对医疗设备制造等行业至关重要。”

ProShop 近期的另一项创新是一个

ISO-13485 QMS 模板，即“医疗飞行启动包”。“这是一个完全配置的 QMS 系统，如果公司遵循 ProShop 中的流程，并有记录证明，就可以获得认证。”他说，“这是对我们提供的 AS9100 飞行启动包的补充。”

Van Metre 早在 2000 年就与人共同创立了 ProShop（后来被 Adion 系统公司收购）公司，当时他有一个机械厂，需要一个用于车间管理的系统。他发现可供选择的产品匮乏。Van Metre 指出，ERP 公司可以通过提供刀具来帮助中小型制造商提高价值流每一步的效率和自动化，包括估算和报价、合同审查、制造工程、制造过程本身、采购、检验和不合格品跟踪等任务。

“在传统的基于会计的 ERP 系统中，对日常效率至关重要的大部分步骤和小细节都被省略掉了，只能由公司自己开发系统来管理它们。”他说，“这一点一直延伸到质量管理体系，这是设计强大的业务流程并确保它们得到执行的重要方式。当你拥有一致的业务流程，并且每天都以同样的方式做事情时，它可以使异常情况更加明显，因此更容易进行持续改进来解决问题。我们已经看到客户大幅减少了每周文书工作的时间，用更少的人完成了更多的工作，用更高的机器利用率增加了收入，并降低了他们的整体压力水平。”

智能制造

在为 ERP 软件添加初始智能的新挑战中，最近，Epicor 公司推出了新的 EVA，即 Epicor 虚拟助理，据说它为软件提供了人工智能（AI）功能。据 Epicor 公司的 Hiskey 介绍，Epicor 新的企业级数字代理旨在帮助用户更智能地工作，更轻

松地加快整个企业的运营步伐。

“EVA 是为了在设定的参数范围内执行任务并推荐、预测和调整行动而开发的，它以虚拟助手的形式出现在屏幕上，用户可以通过文字或语音访问。除了文字和语音等认知技能外，EVA 还将数据转化为视觉信息，为在原生设备上完成操作创造了直观的体验。”Hiskey 说。

她补充说，通过自然语言处理（NLP），用户可以从他们的移动设备访问 EVA，代理将提供有针对性的信息，帮助他们做出更好、更快的决策。“除了请求 / 响应对话体验之外，EVA 还使用人工智能功能主动发出警报，并根据事件、市场统计和历史数据的综合考虑进行有针对性的行动。旨在给劳动力提供扩展和支持，EVA 可以提供实时观察，这有助于提高准确性、发现问题，甚至可以根据客户需求进行预测和自动调整生产或配送水平。”

随着大数据的推进，企业正在开发采集和分析海量业务和运营数据流的新方法。2018 年 9 月，ECi 收购了业务活动监控（BAM）软件开发商 Vineyardsoft Corp.，Ralyea 表示，ECi 已经将 Vineyardsoft 的优秀解决方案 KnowledgeSync 应用到 ECi 的许多 ERP 系统中。

ECi 的应用程序现在都采用了这项技术，它正在改善以及增加警报在生产中的使用。“如果有一个等待订单，它会告诉你延迟发货对公司的影响。”Ralyea 指出，“这是小型制造公司在很长一段时间内无法获得的东西。我们专注于让这些变得超级简单。”

“假设你是一个采购计划员，有一批货到了，而且质量不合格；你希望立即收到警报，并能够制造更多的该产品，以加速完成该订单。”Ralyea 继续说道，“当那批库存进入检疫区的那一刻，你就想知道结果。系统会向你发出警报，加快速度，也许可以为你节省 48 小时。数据分析是保持公司高效运营的一大重点。”

另一个基于人工智能的新成员是总部位于宾夕法尼亚州新城广场的 SAP 最近推出的，搭载最新 SAP S/4HANA 软件的 AI 驱动的智能 ERP。据悉，更新后的 SAP ERP 于 5 月在佛罗里达州 Orlando 举行的 SAP's Sapphire Now 活动上亮相，通过 SAP S/4HANA Cloud 1905 版本，提供了 100 多项开箱即用的 AI 和机器人过程自动



ProShop ERP 允许构建和执行详细的检查计划。（图片由美国 ProShop 提供）

化驱动功能。

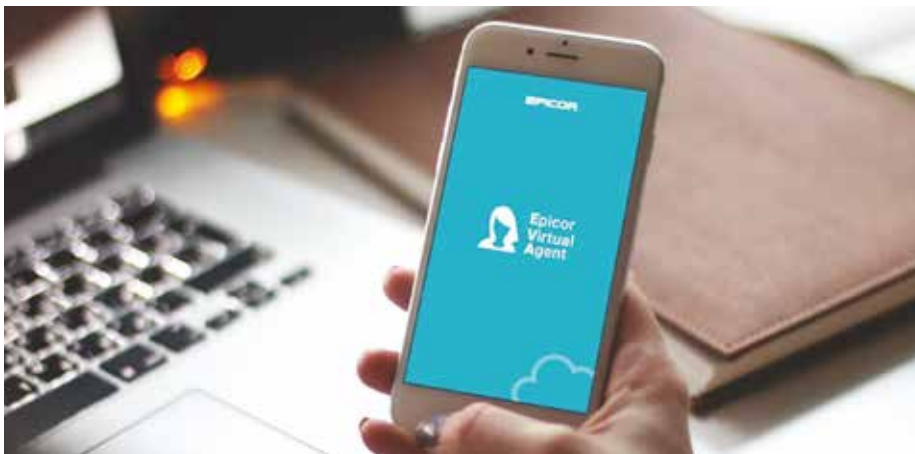
新增加的功能将在未来三年内使 ERP 系统中 50% 的人工任务自动化。新的 AI 功能的一些案例包括智能收益管理、缺陷代码提案以及具有智能机器人过程自动化功能的财务日志分录。

“在当今的体验式经济中，企业正在寻找新的方法来服务和愉悦客户。” SAP S/4HANA 高级副总裁兼负责人 Jan Gilg 在一份新闻稿中表示。“SAP 的目标是帮助企业通过成为智能企业来实现这一目标。”

当 ERP 遇见 PLM

随着制造商加强与全球企业的联系，ERP 与 PLM 功能的重叠和融合是另一个正在发展的趋势。去年 12 月，法国 PLM 巨头达索系统 (Dassault Systèmes) 以 4.25 亿美元的价格收购了位于加州 Paso Robles 的 ERP 开发商 IQMS。在 2 月份的 Solidworks World 上，总部位于巴黎的 Dassault 系统宣布，在 3DExperience 平台上推出全新的行业感知应用组合 “3DExperience.Works”，该组合利用了 IQMS 内部的 EnterpriseIQ 和 IQMS WebIQ 软件即服务 (SaaS) 应用的功能。

达索系统董事会副主席兼首席执行官 Bernard Charlès 在一份声明中表示：“全球中小型企业迫切需要数字化解决方案来实现自身成长，然而长期以来一直困扰他们的是难以找到适合其企业规模的解决方案。3DExperience.Works 的引入，为他们带来了平台的优势。”该公司表示，包含 DelmiaWorks 在内的新 3DExperience.



Epicor Virtual Agent 公司新推出的 EVA Epicor，为 Epicor ERP 用户提供了附加功能，可帮助他们更快、更智能地工作，并通过视觉提示、自然语言处理和人工智能功能来加速任务。（图片由 Epicor Software 提供）



上图：ProShop 内置的可视化工作指令可取消纸质文档和知识的部落性聚集。（图片由 ProShop 提供）

Works 家族，将为主流制造商的业务运营提供全面的数字线。

ProShop 的 Van Metre 指出：“这是 PLM 和 ERP 融合的自然过程。在不同的软件系统中拥有信息孤岛对一个组织是不利的。对于那些自行设计产品的大公司来说尤其如此。但对于不掌握设计权的工厂和合同制造商来说，情况就不太一样了。对于那些在受管制行业工作的人来说，仍然有许多类型的信息和文件必须加以控制。这就是为什么我们在 ProShop 中构建了 PDM-lite 类型系统的原因，在该系统中，我们会自动构建文件夹，并促进这些文件的文件管理和修订级别，客户流失和法规要求的过程自动化。”

Epicor 的 Hiskey 会在其中加入另一个词组，物料清单 (BOM)。她说：“我认为 PLM 从设计到 BOM 都已经存在，而

ERP 在 BOM 投入生产后便开始发挥作用，因此我通常认为它们是互补的。然而，由于我们确实有一些客户希望能够在 ERP 和 PLM 中管理 ECO，使工程变更单，因此开始出现一些重叠。而这可能是因为该公司规模很小，以至于他们没有 PLM 系统。”

ECi 的 Ralyea 发现，对于 ERP 和 PLM 系统，“存在大量的相互作用，而且它们在某种程度上是独立运行的。有两种工程类型。有在 CAD 和 CAM 方面的产品工程，它致力于我们将要创建的产品。然后，是制造工程，您将在其中找到如何打造自己梦寐以求的疯狂装置。Ralyea 说：“这是相互作用。我如何构建概念？今天，我们的产品在 ERP 和 PLM-CAD / CAM 之间建立了复杂的相互作用，这种相互作用确实非常重要。”

制造商必须确保所有元素都到位，并具有合适的载具和刀具。ECi 的 M1 ERP 中的 CADLink 集成功能使用户可以创建与 CAD 工程相同的正确记录。

Ralyea 说：“由于缺乏术语，它是一种中间软件，使我们可以合作许多 CAD 系统。这实际上是物料清单和工艺路线清单，它告诉您‘哪些操作将使用哪些机器。’所有这些通常都在 CAD 系统中定义，现在我们在一个结构中创建它，使我们能够来回发送数据。对我们来说，这是一个独特之处。”

www.adionsystems.com

www.proshoperp.com

www.3ds.com

www.ecisolutions.com

www.epicor.com

www.sap.com

为下一代汽车制造零件

Making Parts for Next-Gen Vehicles

应对涡轮增压、电气化和轻量化汽车制造的挑战。

感应淬火：在埃马克公司生产电动机转子的完整生产线上进行高精度淬火 (OP50)。(图片由埃马克公司提供)

特斯拉以及那些面向全电动的汽车和卡车进军的汽车制造商可能得到了大多数媒体的关注。但现实是，大多数美国汽车制造商需要应对双重挑战：既要制造电动汽车特有的新零部件，又要制造燃油效率越来越高的内燃机 (ICEs)。正如位于密歇根州 Farmington Hills 的埃马克公司销售副总裁 Kirk Stewart 所解释的那样，“即使是对于 2040 年的预测，也要求 80% 的车辆使用这种或那种形式的内燃机。”换句话说，大多数美国汽车要么是混合动力车，即既有电动马达又有内燃机，要么只有内燃机。

因此，无论如何，机动车制造商需要尽可能地提高 ICE 的效率。

提供涡轮增压

从内燃机中获取更多动力的方法之一是使用涡轮增压，北美的涡轮增压器市场正在大幅增长，Stewart 报告中说。他补充说，虽然北美将看到涡轮增压器的最大幅度增长（欧洲和亚洲的涡轮增

压器使用比例已经很高），但“美国的供应链相当有限。在边境以南的墨西哥有一个不断增长的制造基地，这比在美国这里更多，但我们看到这也在改变。甚至那些原始设备制造商也在研究在工厂内部制造他们自己的涡轮增压器，这完全是新鲜事物”。

这是一个具有挑战性的零部件制造。在冷端“有一个不锈钢外壳，这里面有一个通常由铝制成的叶轮。一根轴将叶轮（通常称为“轮子”）连接到热端的一个轮子上，该轮子通常由铬镍铁合金制成。这个轮子的外壳是不锈钢的。虽然制造和连接这些零部件的顺序有变化，但由于运行速度高达 30 rpm，而且叶轮叶片和壳体之间需要近乎完美的啮合，因此尺寸和加工公差都很严格。埃马克公司是能够实现所有加工操作的为数不多的机床制造商之一，可以将它们集成到一个完整的交钥匙生产线中。

Stewart 说，外壳可以通过车、铣或者用两种工艺的组合来完成。他解释说：“

在车削的情况下，你可以投资一个一次性的、定制式夹具，使用标准刀具来车削部件，或者你也可以用一台铣床和一个特殊刀具的解决方案。”

埃马克公司为这些应用带来了一种不同寻常的机器结构。埃马克的车床因为卡盘在上面可以垂直放置零件，如果需要，车床的尾架也可以在下面。这就使得可以切除大量材料，并有助于排屑，同时也简化了零件的加载。卡盘作为零件的拾取装置，可以通过一个简单的传送带进入到机床中。此外，设备还配置了一个人造花岗岩床身。这大大限制了热变形以及随温度变化而造成的尺寸变化。“这块大石头的抗震性能也很好。”Stewart 说，“用于这些外壳的一些不锈钢可能是相当讨厌的东西，而一台结构性良好的机床可以降低刀具成本。”

Stewart 说，冷端的轮子通常从铝料开始，车削出一般的形状，然后被移到五轴铣床上以制造出叶片。热端的轮子通常以近净成型的铬镍合金铸件开始，“然后

你只加工背面并为轴创造出能够配合的直径尺寸”。

磨削加工达到严格的公差

该轴和外部叶片的几何形状公差是很严格的，而磨削是达到这些公差的首选方法。据位于俄亥俄州 Miamisburg 的联合磨削北美公司内外圆磨床销售副总裁 Hans Ueltschi 称，汽车的轴长约为 4" (101.6 mm)，直径仅约为 1/4" (6.35 mm)，而大型卡车的轴长约为其两倍。为了确保涡轮机运行得更加平稳和安静，直径公差已从 10 μ m 减少到 4-5 μ m 范围，Ueltschi 说。跳动公差在相同的范围内或更紧一点，而轮廓的公差在 20 μ m 范围内。他解释说，保持 4-5 μ m 的公差通常需要工艺能力指数 (Cpk) 为 1.67 或甚至 2.0，这迫使公差带需在 1.5 μ m 左右。(Cpk 为 2.0 是 six-sigma 的质量标准)。

正如 Ueltschi 所说，将一个坚固的零件研磨到这样的公差是一回事，而要把这样一个脆弱的零件磨得如此之好，那就更难了，特别是由于所需的循环时间很短。他补充说，在轴的大部分长度上，通常要磨削两到三种不同的直径，其中最关键区域是进入轴承的区域。此外，热端轮子在轴上的小焊接区域也要进行研磨，在某些情况下，在冷端轮子连接处轴的后面还有一个螺纹区域。"Ueltschi 说："有些轴上有 O 型环槽，或者是密封圈的凹槽，也需要进行研磨。"所以这是另一个挑战。有时你会看到一个从轮子的摩擦焊缝中堆积起来的東西，这需要去除掉。"

磨削叶轮面临着切割过程中断的挑战，这会影响到砂轮的磨损效果。还有一种趋势是会在尾部边缘形成毛刺。更重要的是，Ueltschi 说，一些客户还需要灵活地在生产线上运行不同类型的涡轮机，"所以你需要有能力进行大量的更换。"

为了应对这些挑战，United Grinding 公司在已经坚如磐石的 Studer 磨床上增加了过程测量和稳定支架的设置。确切的型号和砂轮配置将取决于 OEM 和其所需要的装配程序，尽管 Ueltschi 说最流行的方法是使用 "全能一体机"。

当然，相关的工艺知识是关键，Ueltschi 透露，"机器的重复性很好，一个量具可以控制一个砂轮。因此，如果有一台多轮机床，那么每个量具都要与每个砂轮相关连，因为他们之间的坐标系是独立的"。在一个闭环系统中，量具对每次研磨的轴驱动进行偏移，对任何砂轮磨损或机床轴的变化进行补偿。"我们谈论的是百万分之一的变化，"Ueltschi 说。"为了确保你能达到这个精度，这些特殊量具的参考值约为 0.1 至 0.2 μ m。"

稳定支架是可伸缩的以实现快速自动装载，以接合量具和稳定支架。Ueltschi 观察到，这使得工作区变得很拥挤。Studer 公司通常对轴和叶轮采用

覆盖海陆空、 能源、电子、医疗 制造的先进培训

免费订阅



ME中国：先进的机加工技术内容独家授权于扎根业内86年的美国Manufacturing Engineering一刊。Advanced machine shop engineering content licensed from the 86 year old US magazine Manufacturing Engineering.

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

切入式或角切式磨削，后者采用与型材相匹配的成形轮。Ueltschi 解释说，也可以对叶轮进行剥离式磨削，在这种情况下，数控系统将砂轮以大约 140 m/s 的速度以生成形状进行加工，而标准速度仅为 50 至 60m/s。他说：“这是一种相当灵活的方法，与之相比，切入式磨削的灵活性较差，但生产率更高。”

除了稳定支架和对过程中的测量，加工过程的稳定性也依赖于 Studer 机床的矿物铸造的 Granitan 底座，使用变速砂轮驱动器，在砂轮收缩时自动调整砂轮速度，以及控制冷却液温度和清洁度。

Ueltschi 补充说，许多人没有认识到拥有极其笔直的机床导轨的关键性。“旋转修整系统将减少对金刚石轮的磨损。但你仍然要把砂轮修整得径直，这样加工的零件才会端正，不会产生任何锥度。” United Grinding 公司还在加工单元的自动化加工部分模块中提供了一个去毛刺装置，以便在磨削后清洁叶轮。

拼图的最后一块是平衡轴和叶轮组件，正如 Stewart 指出的，“该过程中的任何变化都会产生非常高的废品率。对于一个已经被焊接到精密加工的轴上的铬镍铁合金零部件来说，高废品率是在浪费大量的金钱”。传统的加工方法引入了太多的可变性，他说。“如果你的钻头或铣床的几何形状有哪怕一点点的偏差，数字几何就会失效。其次，如果零部件本身有一点波浪，而且在你想消除一些不平衡的地方出现了偏差，这就把事情搞砸了。”他

补充说，机器的可变性也是一个问题。

埃马克公司的方法是使用电化学加工（ECM），Stewart 说这能在 45 秒内产生可靠的“首次修正”，包括零件处理。“我们并不接触零件。而且，如果阴极离得近一点或远一点也没关系。如果部件多一点或少一点波浪也没关系。如果我们用 ECM 在附近，根据已知的电压和时间，我们可以得到可预测的金属去除量。”

更严格的 ICE 公差

另一个最大限度地提高内燃机产量的方法是按照更严格的公差来进行制造，位于伊利诺伊州 Arlington Heights 的 JTEKT Toyota Americas 公司制造的 HMC 可以实现这一目标。据丰田公司的汽车建议经理 Dan Wietecha 说，大多数丰田汽车的主轴有一个“动态可变液压预紧系统”。它允许我们在需要时以较低的速度运行，但当我们进入到 12,000 至 15,000rpm 时，我们对设备具有最小的刀具跳动感到欣慰，因为我们在较高的速度下有预紧力，再加上陶瓷轴承，这有助于消除产生的加工热量。”Toyota 公司还在很大程度上为其流行的 FH500J HMC 标准化了直接驱动 B 轴（旋转台）。“这比在传统 B 轴上增加旋转刻度要划算得多。在许多情况下，我们本质上获得了我们所需要的分度精度，而且，作为一种奖励，对于较高的生产量，你可以获得高速指标。我们可以在半秒内完成 90 度的转变。”

Buster Barnes, Toyota 公司的南

方区域销售经理，他说，往大一点说，Toyota 将带直接驱动与编码器装在一起，“比带旋转刻度的传统蜗杆驱动工作台更便宜。因此，用更少的钱就能得到更快的工作台和同样的精度，甚至更好，因为没有涉及齿轮传动。它就像工作台的一个电主轴。”

Toyota 公司还为其所有的卧式机床配备了滚珠丝杠热稳定器（BTS）。“这是一个非常精确的传感器，用于监测滚珠丝杠的线性增长，”Wietecha 解释说，这有助于加工设备实现“巨大极高的精度”，而不需要使用线性标尺，后者可能是一个令人头痛的维护问题。Wietecha 说，例如，对于镗缸，相对于曲轴孔方正度的公差是 50 μm。”因此，如果你从右排到左排进行分度，分度精度是极其关键的。如果我们在一次夹具设置中在 80-100μm 的范围内加工一个零件的两面，我们甚至看到两面的加工特征是平行的。”

Toyota 公司在没有精密玻璃分度尺的情况下能够保持这些公差。Barnes 提到过一条 V-6 铝制缸体的生产线，它的设备在 300 多毫米的距离上能够保持缸盖销钉孔的位置，Cpk 值为 1.67。由于采用了 BTS 系统，它在没有线性标尺的情况下已经这样做了 13 年。

Toyota 卧式机床还有一个有助于保持严格公差的特点：已获专利的可更换主轴帽，这使得在大多数情况下能够进行快速维修。正如 Wietecha 所解释的，在多年的使用中，主轴发生的损坏或磨损通常仅限于刀柄接口位置。但 Toyota 主轴上的这一部分是一个容易更换的盖子，其成本不到 6,000 美元。”这大约是一个 30 到 45 分钟的工作，而且能够在 2 μm 范围内重复进行。”Wietecha 说。

Barnes 说，这在汽车制造商中大受欢迎，因为他们无法承受由加工不准确或停工带来的损失。“如果你损坏了传统主轴的锥度，你只有两个选择：把主轴拉出来，换上一个新的主轴组件，这价格为 3 万至 6 万美元，或者在机器上重新研磨出锥度。”但这意味着它要暂停生产，同时要召集人在机床上安装锥度研磨机，然后重新研磨锥度并进行测试，以及调整牵引杆。他说：“这需要几天甚至几周的时间来完成。”这种方法速度快，成本低，而且其可更换的锥度主轴的精度并不比一



JTEKT Toyota 公司的可更换主轴帽在大多数情况下都能实现快速、相对低成本的维修，而且其重复率在 2μm 以内。（图片由 JTEKT Toyota Americas 公司提供）

开始使用的一体式主轴差。”而且这不是什么新的东西。我们已经做了很多年。”Barnes 说。

大型电池外壳

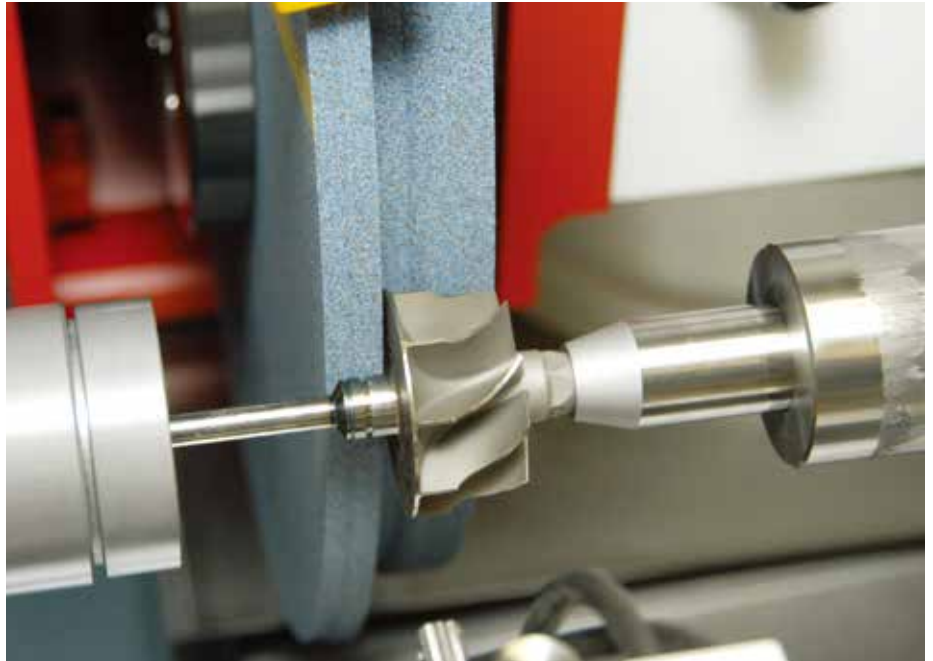
电池座盘已经成为电动汽车 (EV) 生产中的一项关键挑战, Wietecha 报告说。“它们是相当大的铝制部件, 通常有很多较小的钻孔和攻丝孔以及其他一些特征”。考虑到它们的尺寸, 这些座盘很适合丰田的 SX-i HMC 车型模型, 这些模型有“超大的工作区直径以及扩大的 X 和 Y 的加工行程,” Wietecha 说。“FH630SX-i 是一台 60 mpm 的设备, 而 FH800SX-i 的的加工工作速度为 54 mpm 的加工设备”。这些都是高速机床, 但它们通常被指定用于大型、重型铣削加工作业中。他指出, 它们还提供可选的 15,000-rpm 的主轴。FX800SX-i 的最大工件摆动直径为 1500mm, 最大高度也是如此。

密歇根州 New Hudson 的 SW 北美公司则开发了 BA W08-12 机床, 与大多数 SW 机床不同的是, 它是一台单主轴卧式机床, 不过它采用了 SW 惯用的“单体”设计, 以实现最小的挠度。该机床的碰撞圆直径为 950mm, 长度为 1710mm, X 轴行程比双主轴变体长 700mm, 加工范围几乎增加了一倍。

据 SW 公司德国母公司的销售总经理 Reiner Fries 说, 直线电机是另一个关键因素。“加工大批量的结构件等同于普通的轻金属加工,” Fries 说。“能够在最短的时间内覆盖长段的高动态、快速的机床显然更适合这种类型的加工。带直线电机的 SW 系列机床特别适合这些市场的要求”。

Fries 还指出, BA W08-12 有两个独立的旋转轴 (第四轴), 都可以安装第五轴工作台上。而夹持夹具可以将被加工的零件夹在底板的顶部或底部。“电池的外壳需要加工四个不同的零件特征。有了 SW 机床, 这可以在一次装夹中就完成四轴加工。”Fries 说。

有助于生产这些大壳体的另一项进展是一种冲孔攻丝, 它可以节省大约 75% 的螺纹加工时间。这种刀具最初由 Emuge 公司与奥迪公司合作开发, 现在可供其他客户使用, 丰田公司与 FANUC 公司合作, 为他们的机器创建了适当的刀具路径。



Studer 设备一次就能磨削 Inconel 涡轮轮廓和轴上的轴承表面和 O 型环槽。

Barnes 将其描述为一个螺旋形路径, 而不是沿着每个单独的螺距进行螺纹加工。

电动汽车电机组件

一段时间以来, 使车辆尽可能地轻盈一直是一种虚无的期盼, 而这对于电动车来说当然至关重要。Stewart 说, 这包括动力系统, 它的核心部件是转子轴。他解释说, 制造轻型转子的一种常见方法, 特别是在两端需要固体特征的转子, 是以两个独立的零部件开始, 大体上将它们钻出来, 然后将它们焊接在一起, “就像两个咖啡杯的杯口相连一样”。在这里, 除了绿色加工之外, 埃马克公司还为自动焊接、焊接后的感应淬火、感应淬火后的硬车削以及硬车削后的部件最终研磨提供了解决方案。Stewart 说, 定子是一组由许多金属片组成的部分 (而不是传统的钢弹头), 最终再合为一体的工件形成一个。”他说: “这不是一个真正坚固的部件, 但它在组装后仍然需要有一个接近的直径公差。

他解释说, 加工该零件的替代方法包括简单的车削和磨削, 但埃马克公司更倾向于采用无滚轴车削的变体形式。如果使用具有单一车头半径的刀片进行车削, 这样会在刀片中产生热量并增加工件和刀片之间的压力, 这样不如使用长型刀片, 以 45 度角的加工设置, 在刀片的进给同时能

够扫过零件。这个非常长的刀片用来逐步地切割整个直径。因此, 沿着刀片长度的接触点是相当短暂的”。

他指出, 这把所有的热量都推到了切屑上, 导致部件上的负荷大大降低。”因此, 你的变化就会比较小, 同样, 它也使你有能力可以进行非常好的直径控制。”这使得表面光洁度可以达到 Rz 1-4 μm, Stewart 报告说, 这是对 these 零部件的一个关键性要求。此外, 无滚轴车削比传统的单车头车削快 60% 至 80%, 他说。

无卷轴转动的缺点是什么? Stewart 说: “这项技术相对较新, ”尽管他指的是大约有 10 年的历史。而且, “有一些软件要求, 以获得准确的扫频。这其中复杂的是, 当你采用啮合刀片的最前端时, 实际上是在零件直径的真正死角后面一点点。因此, 因此有一个不完全是线性的插值, 需要一些特殊的软件 [需要] 配合它。”另一个挑战是在设置刀具时需要谨慎, 因为刀片的表面粗糙度直接会转移到零件的表面。”因此, 如果你没有很好地控制这个刀具, 那么它就不会在部件上得到你想要的结果。”

Stewart 补充说, 埃马克公司还拥有收缩配合技术。”我们现在可以把定子引入到单元中, 把定子带到转子上, 对组件进行精加工, 还可以为最后的调平和打包提供设备。”

泄漏检测的重要性

Importance of Leak Testing

泄漏检测对电动汽车和自动驾驶汽车至关重要。

为了确保混合动力汽车、电动汽车和自动驾驶汽车关键部件（如传感器和电池组）的质量，汽车制造商及其供应商主要依靠至关重要的“入口”和“出口”泄漏检测试验。

如今，入口测试正被用来帮助保护各种关键系统免受危险污染物的影响。当水、灰尘或其他污染物通过接缝、孔洞或孔隙进入组件时，就会发生入侵泄漏。泄漏可能导致火灾，降低自主视觉系统能力，甚至造成气囊爆炸。

虽然现在的汽车制造商在设计方面做了大量的工作来减少维修次数从而延长汽车寿命，但新一代电动汽车和自动驾驶汽车的复杂性给工程师们带来了更大的压力，以确保零部件在车辆使用寿命内表现完美。

为了帮助保证零件的安全性和达到耐用性要求，现在许多汽车部件都使用国际电工委员会（IEC）制定的入口保护等级进行认证，该委员会是一个国际标准组织。总部设在瑞士的IEC开发了一个评级系统，其中的入口保护代码包括字母“IP”以及后面有两个数字，如IP67。第一个数字（从0到6）代表产品对固体物体的抗入侵能力，如手指、工具、电线、昆虫和灰尘。

IEC代码中的第二位数字（从0到9）代表了对长期浸水的保护。低于7的数字代表未被浸没的部件对水的抵抗力，如洗车时溅起的水或高压水柱。数字7及以上代表部件在水中浸泡一定深度和一定时间后的抗漏性。（见表一）

先前测试方法

几十年来，制造业依赖于将零件浸入水中进行加压，然后观察是否有气泡（水浴测试），或者对零件加压，在规定时间内观察压力衰减情况。水浴测试往往需要过长的时间来完成，并且取决于操作者。压力衰减测试受制于零件的尺寸和附近可



棱柱形电池被放置在一个腔室中进行泄漏测试。

能影响测试有效性的热源或冷源。压力也可能损坏灵敏的零部件。

许多行业已经用可重复、可量化并符合周期要求的示踪气体检漏程序取代了这些方法。各种类型的测试需要不同的压力设置，如热管理系统或电池组外壳的相关测试。制造商往往难以决定应采用何种泄漏率规格来实现IP认证。INFICON公司最近完成了一系列测试，可以帮助解决这个问题，他们创建了由玻璃毛细管制成的人工泄漏出口，玻璃毛细管直径和长度都有规定，以对应明显的泄漏路径的大小。

在测试中，INFICON研究了直径为由10 μm至100 μm变化、长度为10.5 mm的毛细管。测试部件被充满水并加压到100mbar的超压下（约1.1巴的绝对压

力），相当于被淹没在一米深的水中的压力。然后观察人工泄漏出口30分钟，测量滴出的水量，测量结果总结见表二。

例如，根据计算，当用玻璃制成时，能使水不通过的最小泄漏路径的直径为12微米。将实验结果与理论计算相提并论证明了该理论。因此，可以假设其他材料的理论结果在实际应用中也会成立。

对于塑料材料和钢铁材料，INFICON计算出泄漏路径阈值的直径约为30 μm。同样，对于铝材料，测试表明，泄漏直径低至5 μm就会漏水。

随着电池电动车、混合动力车和插电式混合动力车的销量增加，需要关注电池单元、电池组及其冷却系统的入口和出口处的泄漏检测。对于自动驾驶车辆，确保



电池模块被堆叠在一起，以便安装成一个电池组。（所有图片由 INFICON 公司提供）。

在恶劣的气候条件下和长时间内测试越来越小的传感器包的需求将变得很重要。

铝

铝制电池部件以及铝制车轮也需要检漏测试。例如，铝制车轮通常是通过铸造工艺制成的，这可能导致孔隙泄漏。然而传统的水浴测试无法检测到这种极小尺寸的孔隙泄漏。为了测试泄漏，INFICON 建议用一个装置覆盖车轮，该装置在车轮轮辋的外部形成一个密封室，同时在轮辋的内部封闭一个空间。

然后在边缘周围的外部空间充入氦气混合物，同时在边缘内部的空间形成真空。然后，INFICON LDS3000 氦气检漏仪可以连接到真空中。氦原子将通过铝的微孔进入真空，检漏仪可以确定其是否超过了泄漏阈值。

INFICON 是世界领先的汽车行业泄漏检测设备的开发商之一。该公司免费提供三份与汽车检漏有关的白皮书，包括机器人检漏、电池检漏和汽车工业一般检漏的指南。

www.inficon.com/cn

表一

等级	可防护	详细的测试条件
IPx6	强力水喷射	测试时间: 至少3分钟, 1分钟/m ² 水量: 100升/分钟 压力: 距离3m处100kpa
IPx6K	高压水喷射	测试时间: 至少3分钟 水量: 75升/分钟 压力: 距离3m处1000kpa
IPx7	浸没, 深度达1米	测试时间: 30分钟 测试零件的最低点低于水面1m, 或最高点低于水面0.15m, 以较深的为准。
IPx8	浸没, 1米或更深	测试时间: 与制造商达成协议, 但通常由制造商指定30分钟深度, 一般为3m
IPx9k	高压高温水喷射	测试时间: 4个角度各30秒(共2分钟) 水量: 14-16升/分钟 压力: 距离0.1-0.15m处8-10Mpa (80-100bar) 水温: 80℃

表二

气体泄漏率	用于测试的泄漏通道尺寸	30分钟内水泄漏量
1.2·10 ⁻⁵ atm·cc/s (0.001 sccm)	10 μm x 10.5 mm	非常小的液滴形成, 但不会滴落
2·10 ⁻⁴ atm·cc/s (0.01 sccm)	20 μm x 10.5 mm	形成一滴, 但不会在30分钟内滴落
5·10 ⁻⁴ atm·cc/s (0.03 sccm)	25 μm x 10.5 mm	3滴
8.7·10 ⁻⁴ atm·cc/s (0.05 sccm)	29 μm x 10.5 mm	3-4滴
3.1·10 ⁻³ atm·cc/s (0.2 sccm)	40 μm x 10.5 mm	20滴
1.3·10 ⁻¹ atm·cc/s (7.5 sccm)	100 μm x 10.5 mm	560滴

先进的雷达和激光雷达传感器的密封性也变得至关重要。

电池单元

在制作电池片时, 无论是圆柱形、棱柱形还是袋装电池, 有几个阶段可以使用示踪气体泄漏测试来确保密封性。带有硬质容器的电池——包括圆柱形和棱柱形——在填充电解质之前应在氦气真空室中进行测试。这个过程包括将空气从容器中抽出, 重新填充 100% 的氦气并重新密封。真空室被抽空, 然后连接到氦气检漏仪上。一旦测试完成, 真空室就会被抽空, 氦气被回收再使用。

一旦锂离子电池组被填充和密封, 还应该检查其泄漏的密封性。INFICON 公司开发了一种方法, 通过检测漏出的液体电解质 (通常是碳酸二甲酯), 能够可靠地定量检测电池单元的泄漏。

由内部电极短路引起的单个电池单元的 "热失控" 可导致温度达到 1100 摄氏度或以上, 从而使容器内发生火灾或爆炸。这毫不奇怪, 许多专家建议汽车制造商仔细检查进货的电池单元的质量, 特别是来自海外电池单元制造商的产品。

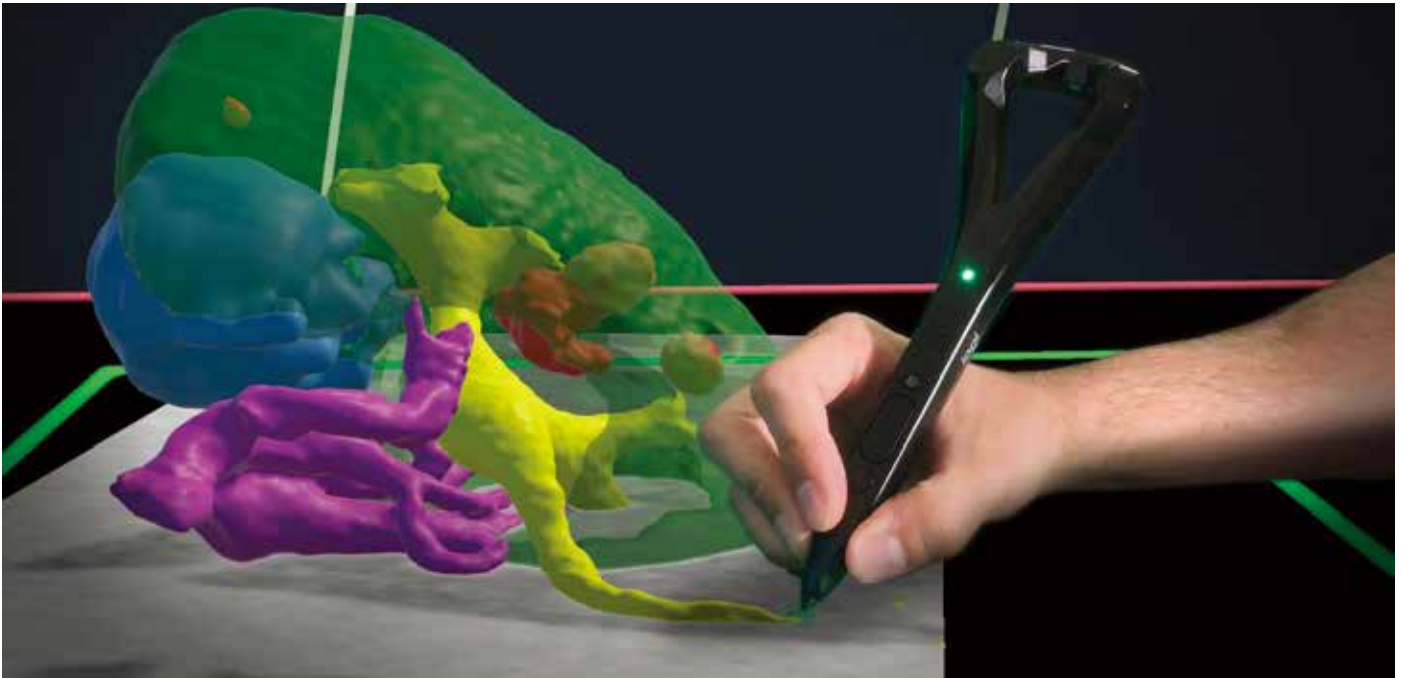
作为电池组一部分的个别部件可以而且应该在生产过程中进行泄漏测试。这些部件包括冷却板、冷却管和所有 ECU 冷却器。所有测试都可以在生产环境中进行。电池组装成电池组后, 也应进行进水测试。

IP67 和 IP69K 测试能够反映不同的材料 (铝、PVC 塑料、玻璃、钢或 PE/PC/ABS 塑料) 和壁厚下的泄露性能, 所允许的泄漏率应在 10-3-10-5 mbar-l/s 范围内。

集成在车辆中的先进传感器将对未来的自动驾驶至关重要。但直到最近, 人们对车辆传感器的密封性还很少强调。然而,

虚拟现实作为解剖模拟的一体化解决方案

Virtual Reality as an All-In-One solution for Anatomical Simulation



医学图像可以直接在虚拟现实（VR）中使用专用的VR手写笔和绘图表面的辅助工具来进行分割。用户在图像上应用2D或3D操作，并结合其他半自动分割过程，如图像阈值处理。被分割的目标体积被实时转换为可打印的网格，并（可选择）显示给用户。（所有图片都由Realize Medical公司提供）

毫无疑问，医用增材制造提供了巨大的价值，因为它塑造了从医生如何进行诊断、计划复杂的手术、设计和制造特定患者的植入物，到教导患者和受训者的方方面面。未来几年，对3D打印的需求将继续增长，只是受限于医疗机构满足需求的能力。

但在我们看来，医用增材制造行业面临着一个准入危机。

随着增材制造工艺逐渐成为许多疾病的护理标准，医疗机构将被迫面对建立和/或扩大其项目的两个主要挑战，特别是在涉及到解剖学研究时：图像分割和打印时间。

虚拟现实技术 有助于应对挑战

幸运的是，这些挑战可以通过考虑新的方法来解决。当涉及到图像分割时，

从业人员可能会惊讶地发现，在虚拟现实（VR）中比在传统的计算机工作站上进行这项工作更有意义。在VR中，2D和3D视图的潜力被完全释放出来，用户可以使用新的方法来引用它们所获得的图像，从而更好地评估模型的准确性。举例来说，在综合医疗VR平台Elucis中，只需进行一些基本的建模操作，就可以创建大量的可打印的3D解剖模型。医学图像首先通过配套的桌面界面被导入到VR环境中，之后可以立即在一些兼容的VR头盔中观看。在那里，与VR控制器相连的虚拟手写笔被用来快速分割相应体积，这些体积被转换为与3D打印机兼容的完全格式化模型，并实时出现在用户面前。值得注意的是，不需要传统的分割过程或CAD术语的知识，因为这个特殊的平台是面向临床医生的。

同样重要的是要注意，从模型创建到真正的3D视角的可视化的整个过程都是

在一个单一的、集成的VR平台上完成。我们通过包括基于AI的自动分割工具进一步加强了这个平台，但用户对最终结果保留了完全的控制权，因为他们可以快速进行编辑。如果需要的话，所有的模型都可以以STL（或其他）格式导出，用于3D打印，无需额外的图像处理步骤。

单纯的物理模型 是有局限性的

对于3D可视化，医院主要依靠增材（或减材）制造工艺将数字3D解剖模型变为现实，这有许多充分的理由。然而，仅这一点就可能限制3D研究的数量，这取决于可用的打印能力。即使在今天，一些更复杂的、多色模型的打印时间可能需要几天才能完成。还有一个需要考虑的是每次打印的成本。这就是为什么VR在未来几年会如此重要的一个主要原因。如果

实施得当，VR 是可视化与与打印模型进行交互的理想替代品。以 Elucis 为例，具有保真度的多色模型甚至可以在创建过程中进行查看和交互。

使用 VR 还有其他优势。用户可以完全、灵活地控制分配给解剖结构的颜色和透明度，提供物理打印件所不具备的可视化效果。在虚拟环境中，透明度也可以更灵活，因为它不像物理材料那样与内部结构的折射变形密不可分。另外，由于用户不受 3D 打印机的可用性限制，在 VR 中查看的 3D 模型可以更多地包括周围的解剖结构，这些额外的结构可以根据需要选择地用于提供临床背景。需要灵活的满足从业者、患者和受训者的各种需求。

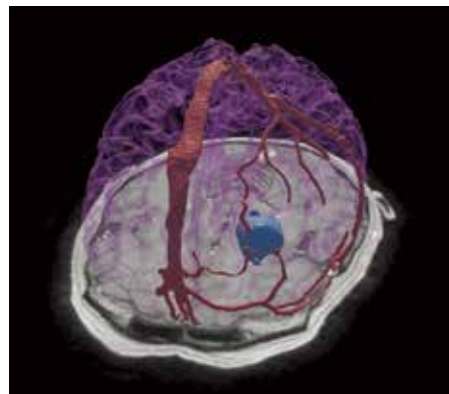
VR 自然也具有可扩展性。数字化模型可以轻松地在安全网络上的护理范围内复制和共享。同时，与 3D 打印机相比，VR 工作站占用的物理空间和支持性基础设施更少，并提供一致的无故障输出，同时避免了许多质量保证要求。如果考虑到环境影响，值得注意的是，VR 名义上不涉及消耗性（有时是昂贵的）材料。而且，如果你的 VR 平台具有高级建模能力，则

不需要采购和维护单独的图像分割软件。

能够进行解剖建模的 VR 平台的意义超出了解剖学研究的范围，进入了手术规划和模拟的领域。在这里，VR 再次发挥了作用，因为它促进了外科手术前的规划和手术模拟活动，包括模拟切割或切除组织的活动。在使用 VR 进行这些活动时，用户可以选择恢复到原始模型来测试不同的方法。

数字模型的虚拟性与日益远程连接的世界相一致。数字模型可以自由、即时地传输，甚至可以跨越任何距离同时创建和使用。因此，VR 可以使发达的城市中心与较小的、偏远的社区分享 3D 内容、建模判断或临床经验。

无论解剖学研究的需求是什么，创建和可视化的 3D 解剖模型都需要更容易和更方便。因此，集成高级建模功能的医疗 VR 系统将在未来的解剖学研究中发挥重要作用，即使 3D 打印是预期的终点。通过将模型创建（分割）、可视化和其他活动整合到一个平台中，这些研究对更多的临床用户来说变得更容易实现。它增加了 3D 规划的范围。它还提高了负责模型创



在虚拟现实 (VR) 中创建的解剖模型示例，显示了各种可用的可视化选项，包括颜色、透明度和医学成像。

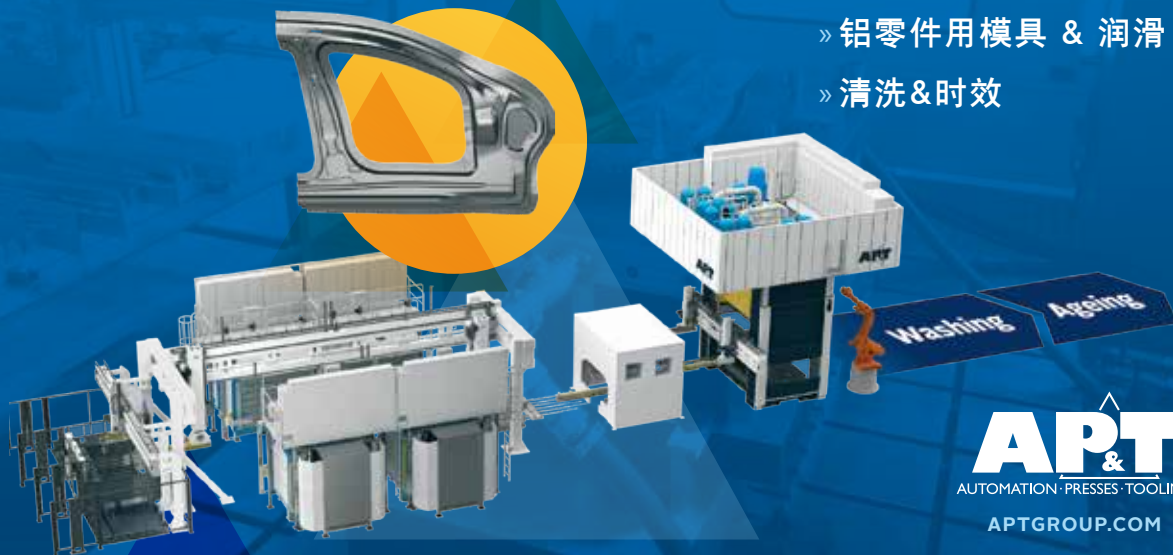
建和质量监督的技术支持人员的效率，减少了错误，并通过削减启动和运营成本降低了机构的准入门槛。虚拟现实是对任何基于医院的增材制造项目的完美补充，前瞻性的机构将通过整合一体化的 VR 解决方案得到很好的服务。

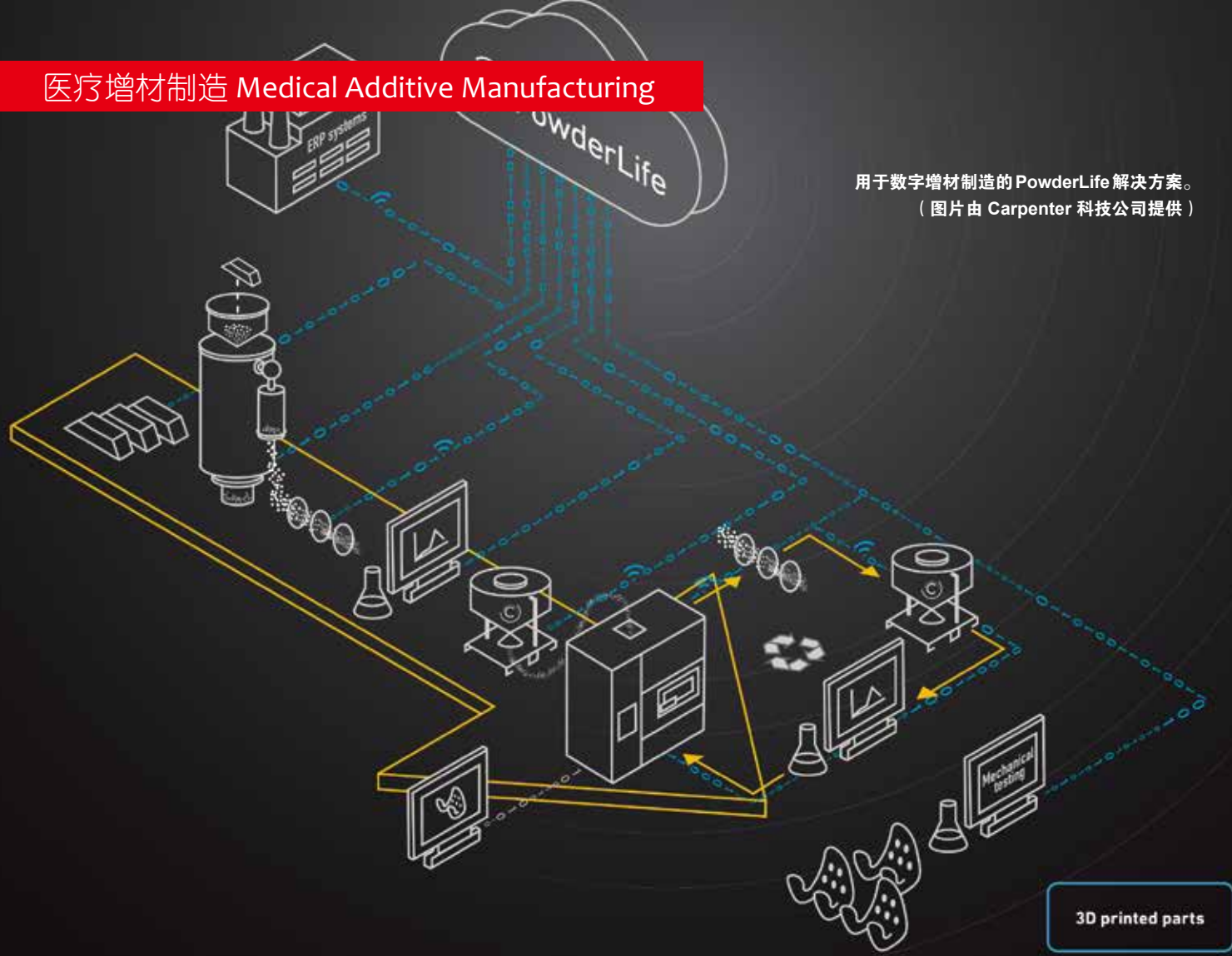
（注：截至 2021 年 1 月，位于加拿大 Ottawa 的 Realize Medical 公司提供的 Elucis 软件包正在获得监管部门的批准。）

www.realizemed.com

铝热成形的可扩展生产解决方案

- » 6 系和 7 系铝合金
- » 铝拆垛机
- » 铝对流炉（多层箱式炉）
- » 伺服液压机
- » 铝零件用模具 & 润滑
- » 清洗&时效





用于数字增材制造的 PowderLife 解决方案。
(图片由 Carpenter 科技公司提供)

材料处理的可追溯性和经济性： AM 中的数字主线

Material Handling Traceability and Economics: The Digital Thread in AM

随着增材制造 (AM) 在医疗设备行业向批量生产迈进，围绕增材制造材料的挑战也亟待解决，以便更顺利地过渡到可靠的大批量生产。障碍包括粉末质量、粉末可重复使用性、粉末处理和库存管理。

美国食品和药物管理局 (FDA) 允许将 AM 中的粉末重复用于医疗器械，其提供技术指导文件概述了在整个重复使用过程中的使用方法。该指导文件还建议监测要重复使用的粉末中的化学成分、氧气和湿度水平，尽管没有详细说明如何监测这些特性。此外，还需要书面证

据或强有力的理由来确定重复使用的粉末不会对打印的植入物产生任何不利影响。有意向重复使用粉末的制造商需要确定为生产任何特定医疗设备而使用和重复使用的粉末的可追溯性。

目前的做法是手动

目前，粉末是储存在惰性气体环境下包装的塑料瓶中运送的，然后由人工将其倒入打印设备。这个过程的一个缺点是操作人员拆开包装、清空并将材料从塑料瓶中分配到料斗中的效率低下。当暴露在大

气中时，还有可能造成粉末的污染，对水分和杂质气体（如氧气）的控制不佳，会影响粉末的流动性。最后最重要的是，处理金属粉末时的工人和设施的安全。此外，每 450 公斤的粉末会产生 17 公斤的塑料废料。这些不同的手动步骤也没有为整个工艺链的自动可追溯性提供数字连接。

更好的粉末管理

除了满足 FDA 要求的可追溯性外，提高 AM 中使用的粉末的质量、寿命和功效将改善经济性，并加速骨科行业 AM 植入



物批量生产的发展。最重要的是需要有一个完善的粉末处理和再利用机制，因为更严格的原材料质量控制对于生产进入人体的植入物至关重要。因此，必须有一个有效的粉末管理解决方案，解决材料处理的所有问题，同时优化生产过程——从粉末到零件，再循环到粉末再利用。

来自 Carpenter Additive 的 PowderLife 旨在解决大批量粉末处理和高效粉末再利用的挑战。它被专门设计成与机器无关，因此用户不需要依赖机器的 OEM 设备，可以将粉末管理操作标准化，以降低成本，提高生产效率，并促进其供应链的垂直整合。这个封闭的 AM 生态系统是以先进的 AM 用户为中心开发的，它包括经过最新安全标准认证的硬件和软件，以加速增材制造的采用，同时提供关键变量的数字跟踪，以减少风险和提高安全性。

医疗级不锈钢的大型工业料斗经过设计和认证，可以安全地将散装粉末从供应商那里运送到生产现场。物联网传感器可以监测氧气、温度和湿度，让用户知道粉末何时可以安全使用——减少污染、暴露和环境浪费的风险。料斗混合设备和与第三方系统的集成实现了一个闭环生态系统，以确保材料质量，从而实现建模的可重复性。

管理整个 AM 过程的是一个软件平台，旨在捕获数字主线和实现 FDA 指导，为粉末的再利用提供文件，提供可追溯性和库存管理。Carpenter Additive 的软件可以通过可用的应用程序接口（API）与当前的业务系统相结合，以避免不必要的重复，减少人为错误的风险。该软件能够捕捉、存储、组织和分析化学、特性和机械测试数据，从而实现智能决策并提高经济效益。它消除了对粉末再利用限制的“最佳猜测”过程，为进一步数据驱动的持续改进活动释放了潜力。

工艺效率低下、材料质量、污染、环境浪费、操作员暴露、可追溯性和库存管理都是阻碍增材制造工业化的障碍。利用大数据、机器学习和数字主线，将跨 AM 平台的硬件和软件集成起来，将进一步提高规模化 3D 打印的采用。其结果必须是一个易于访问的、全面的数字主线，包含材料的工艺-结构-性能关系的信息。像 PowderLife 这样的解决方案为制造商提供了增材制造零件的性能和质量保证，以及满足 FDA 指南所需的可追溯性。

www.carpentertechnology.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

数字化建模意味着护理人员可以在手术前对关键的植入物进行定位。(所有图片均由 3D Systems 公司提供)



利用增材制造提升患者护理水平

Elevating Patient Care with Additive Manufacturing

医疗保健领域通常被认为是最具活力的领域之一。从手术方式到新疗法的开发，创新的速度越来越快。医疗保健提供者正更多地依靠创新技术来改善病人护理。随着全球大流行的出现，医疗保健的及时提供受到了考验，与此同时，增材制造显示出了它的作用。

随着 COVID-19 病例数量的增加，医护人员需要更多的个人防护设备（PPE）来治疗病人。此外，对呼吸机的需求成倍增长，而生产线也因无法获得原材料而陷入停工。很明显，这场大流行扰乱了供应链，而增材制造（AM）因其快速适应新设计以生产必要物品的能力而受到重视。例如，在制造鼻咽拭子时，AM 通过多次设计和材料迭代实现了快速创新，从而推出了可以低成本大规模生产的产品。因此，几个合同制造商能够在一夜之间调整他们的车间以生产这些拭子。同样，世界各地的多家医院能够将技术带到现场来生产拭子，并在一个受到大流行挑战的世界里实现对其供应链的更大控制。

然而，尽管在医疗保健方面取得了种种进步，世界卫生组织的研究结果表明，在全球范围内，外科手术仍然导致了高比率的发病、传染和死亡。不安全的外科护理程序导致高达 25% 的患者出现并发症。近 700 万名手术患者出现严重的并发症，其中 100 万人在手术中或手术后立即死亡。早在这次大流行之前，增材制造就已经被

公认为能够创造出个性化的手术计划和工具，从而帮助改善病人的治疗效果。

革命性的方法

虚拟手术计划结合了医学成像、手术模拟和 3D 打印方面的专业知识，实现了个性化手术——允许外科医生在进入手术室之前进行数字化操作。在生物医学工程师和外科医生之间的在线规划会议之后，患者特定的模型、个性化的手术工具和仪器被设计和 3D 打印出来，在无菌领域内使用。正如大流行所带来的焦点问题，在创建模型、工具和器械的地方和进行手术的地方之间的任何距离都会对病人的治疗产生直接影响。如果这些功能可以在医疗机构内（在护理点）设置，则可以缩短计划和交付时间。

这种情况已经发生在世界上的一些精英医院，在那里，临床医生可以通过使用校园内的 AM 解决方案为病人护理创建定制的解决方案。

Samer Saruji 教授在以色列 Nahariya 的 Galilee 医疗中心领导颌面外科部门，

其中包括一个 3D 打印实验室。这是以色列第一家，也是目前唯一一家拥有内部端到端手术规划工作流程的中心，在这里，医生们拥有使用 3D Systems 的手术规划应用程序和 3D 打印技术的专业知识。正如 Saruji 所说，“外科医生正在成为一名设计师”。

“我们刚刚开始在日常实践中使用这个工作流程，我们已经看到了患者治疗效果的巨大进步。错误大大减少，外科医生的手术能力不断提高。此外，内部拥有这些功能有助于我们降低程序成本，” Saruji 教授说。

在退伍军人健康管理局（VHA）中可以找到在护理点进行 3D 打印的另一个很好的例子。在大流行之前，VHA 已经在使用 3D 打印技术进行制造。然而，COVID 使 VHA 提高了其能力，以生产数以万计的防护面罩、口罩和诊断棉签。2020 年 11 月，VHA 宣布它与 3D Systems 公司签订了合同，通过在其医院内建立符合 FDA 标准的制造设施来生产增材制造设备，从而进一步努力。因此，VA 网络将简化其供应链并

加速创新，以增强对其患者——美国退伍军人的个性化护理。

患者特定模型

要创建特定于患者的模型和工具，临床医生必须首先对患者的解剖结构进行扫描。今天，FDA 批准的软件，依靠由深度学习驱动的独特自动分割工具，使医疗工作者能够从医学成像数据中快速创建准确的数字 3D 解剖模型。其中一些软件包还包括一个容积式虚拟现实解决方案，能够在 3D 环境中即时查看患者的扫描结果，从而促进手术规划和医务人员与病人之间的对话。

这些模型与术前计划相结合，使临床医生还可以设计特定于患者的工具和指南，以便在手术中使用。这可以通过有机 3D 设计软件来完成，该软件包括先进的设计工具，用于处理复杂的有机形状，如病人的解剖结构。该软件与触觉设备相结合，有利于用户与建模形状进行友好的互动，以创建精确的设备。在护理点使用 3D 打印机，可以有效地生产可在无菌领域使用的工具和模型。

护理点解决方案

复杂的外科手术对患者及其家属来说是一种压力，部分原因是对于手术中会发生的事情没有很好的了解。在护理点采用虚拟手术计划，可以为外科医生提供所



有了 3D 打印机，就有了在紧急情况下生产物品的能力，例如 COVID-19 大流行发生时的这个防护面罩。

必要的工具，并与他们的团队一起改进手术前的计划，从而在手术中更有效和准确地执行计划。此外，利用 3D 模型，外科医生可以使用视觉工具来简化讨论，带领患者及其家属了解将在手术室采取的步骤——来提供必要的信息，以使在治疗计划的商讨过程中做出更明智的决策。

此外，手术前的规划与患者特定的工具和指南相结合，使外科医生能够专注于精确的手术领域，有助于减少手术室的时间。在目前使用 3D Systems 的 VSP 的临床应用中，这些解决方案已被证明可以提

高手术的准确性和效果，节省手术室的时间，这对病人、外科医生和医院都有利。设计最佳的手术方案还包括以尽可能微创的方式进行手术，帮助减少住院时间，并最终降低整体医疗成本。

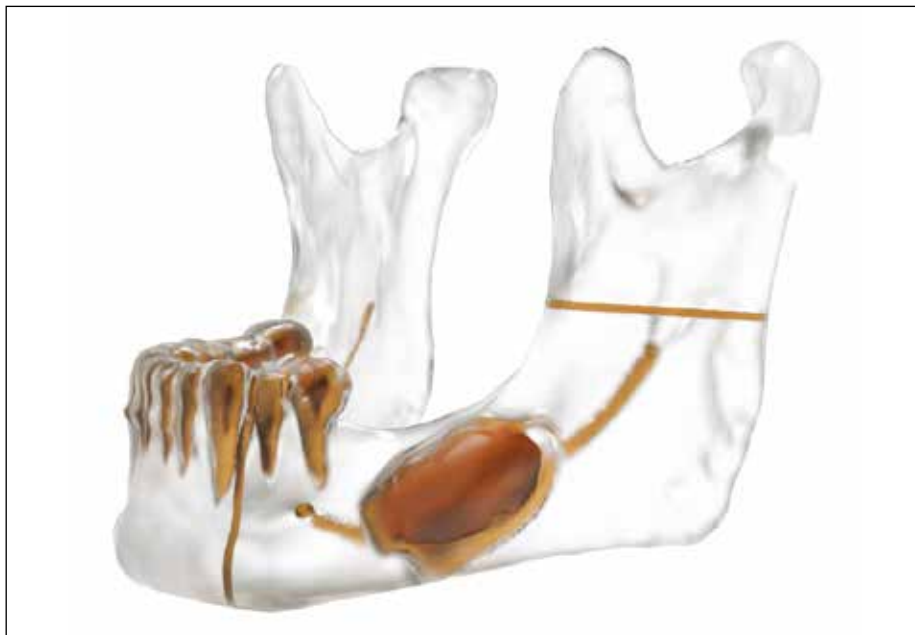
以患者为中心的创新的未来

增材制造继续加速医疗保健创新，但在医疗保健方面，我相信该技术仍处于起步阶段。随着该技术对医疗专业人员变得更加友好，更多的医院将能够为个性化护理实施端到端的解决方案，在创新方面取得进展，并加强其研发工作。这包括医院能够打印他们自己患者的特定植入物、手术指南和器械，以改善手术效果和患者体验。从这里开始，范围可以扩大到其他临床领域，例如支持癌症治疗放疗的仪器。在一个强有力的监管框架和质量管理体系下，3D 打印应用有机会为患者特定的治疗结果生产定制的药物。

除了所有这些应用之外，还有生物打印。通过生产生物反应器和组织结构，3D 打印在医疗点有真正的潜力，可以创造先进的治疗产品。这些解决方案将通过使用病人的细胞和基因疗法来恢复健康，成为个性化医疗的终极目标。

护理点的制造将迅速提高外科手术的正确性和效率。增材制造具有巨大的潜力，通过颠覆现有模式，来提供质量更好、成本更低的医疗服务，从而塑造医疗保健的未来。

www.3dsystems.com



使用 3D Systems 软件设计的解剖模型。容积式虚拟现实功能增强了 3D 打印模型。

非晶态金属 3D 打印

3D Printing with Amorphous Metals

非晶金属是医疗器械的理想选择。

非晶金属具有多功能性，因为它们具有特殊的性能。它们异常坚硬，但也具有高度弹性。这应该是矛盾的，但对于这种材料来说则不然。非晶态金属，或称为金属玻璃，有一个无序的内部结构。这是因为它们从熔融状态被迅速冷却，这阻止了有序的晶体结构的形成。结果是一种无定形的、非结晶的固体，其中的原子在很大程度上保持无序状态。

除了出色的强度和弹性，非晶态金属的不寻常结构也使它们具有抗腐蚀和抗磨损能力。它们是医疗应用的完美选择，如耐磨的手术刀和微创手术器械。在未来，它们也将被用于制造在人体中使用的植入物。当受到压力和张力时，它们的行为几乎与人体骨骼一样，它们具有相似的弹性模量。这意味着它们比其他材料的硬度低，因此能够更好地适应骨骼必须承受的负荷。

这些新材料也是植入物的理想选择。它们与目前的首选材料，钛或其合金 Ti6Al4V 一样具有生物相容性。人体对非晶态金属制成的植入物有很高的耐受性。

来自增材制造的新合金

总部位于德国 Hanau 的 Heraeus Amloy 公司目前正在研究用于制造医疗植入物的新合金。“锆基合金适用于医疗应用，” Heraeus Amloy 公司的创新经理



用 3D 打印机生产的髌骨板
植入物能够适应骨骼的运动，并促进愈合过程。
(所有图片都由 Heraeus Amloy Technologies GmbH 提供)

Eugen Milke 说。“我们已经拥有一种生物相容性锆合金——Amloy-ZR02，它已经通过了 ISO 10993-5 和 ISO 10993-12 认证。”

Milke 表示，医疗领域对钛合金也有需求：“钛是一种成熟的医疗部件材料，例如骨植入物和人工心脏起搏器，因此我们现在也在研究钛合金。”

开发团队正在使用增材制造工艺来生产实际的部件。为此，Heraeus Amloy 公司专门修改了 Amloy-ZR02 的成分。在与 TRUMPF 公司激光专家的联合项目中，该公司正在研究使用 TruPrint 2000 3D 打印机来工业化生产非晶态金属制成的部件。

创新工艺与创新材料的结合

3D 打印机和新型轻质材料组成了一个完美的团队。激光只在需要的地方创建结构，以便制造零件。这节省了材料和重量，即使是大型和复杂的部件也是如此。该过程只有低热量输入，这是非晶态金属生产的一个关键要求。由于直径仅为 55

微米，激光束只产生一个小的熔池。因此，热量被迅速消散，确保达到每秒 200 开尔文的临界冷却速率。这就防止了熔融金属的结晶。窄光束焦点也使得生产复杂的结构时，同时还能具有较高的表面质量和细节程度。

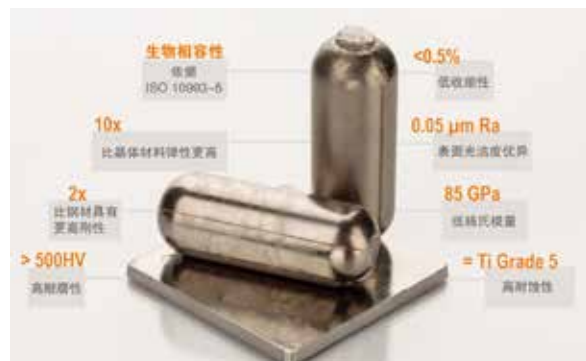
TRUMPF 增材制造公司的总经理 Klaus Pary 对此充满信心：“非晶金属为众多行业提供了巨大的潜力。它们特别适用于医疗工程应用，这是增材制造最重要的领域之一。因此，我们相信，这次合作是我们和我们的工业 3D 打印机在这个关键市场上取得进一步进展的绝佳机会。” Heraeus Amloy 公司的负责人 Jürgen Wachter 表示同意：“这种创新材料和增材制造的结合有可能彻底改变医疗实践。通过与诊所的密切合作，将有可能利用 3D 打印机生产出为个别患者量身定制的植入物。”

来自 3D 打印机的植入物

为了实现这一愿景，这两个合作伙伴



与晶体材料不同，非晶态金属不具有有序的晶格结构。



非晶态金属具有生物相容性，强度极高，弹性大，并且耐腐蚀和耐磨损。这使它们成为医疗应用的理想材料。

已经签署了 Graz 医科大学的一项研究项目。2019 年 10 月启动的医疗应用临床增材制造 (CAMed)，由奥地利联邦气候行动、环境、能源、交通、创新和技术部 (BMK)、奥地利联邦数字和经济事务部 (BMDW) 以及奥地利联邦施蒂利亚州的商业发展机构 Steierische Wirtschaftsförderungsgesellschaft (SFG) 资助。CAMed 正在研究为个别患者定制植入物的增材制造的完整工艺链。除了计算机建模、数据处理和各种精加工工艺外，该项目还专注于新材料和生产方法。

具体来说，这意味着使用 3D 打印机来生产肋骨植入物和定制的板状植入物，以治疗身体损伤。这里有巨大的潜力，特别是在复杂骨折的情况下。对于目前市场上的植入物——例如，桡骨板植入物或其他用于创伤手术的植入物——往往需要作出很大的妥协。首先，只有几种基本尺寸的植入物可用。因此，对于身体损伤或肿瘤后的病变，需要随机应变。这意味着外科医生必须用手弯曲金属植入物，直到它有合适的形状，然后用螺钉将其固定在骨头上。有时，这能保持牢固的连接；有时则不那么牢固。这是因为植入物要承受持续的压力。例如，一个肋骨植入物每年要完成大约 800 万次的呼吸。这常常导致应力性骨折或与胸骨的固定物松动，因此需要进一步干预。目前，还没有其他选择。

此外，为了促进手术后的愈合过程，带有植入物的骨骼必须稳定，但也需要定期运动。用于固定肱骨（上臂的骨头）的钢板植入物就是这种情况，传统植入物很快就会遇到它们的局限性。

相比之下，3D 打印可以提供由非晶态材料制成的定制植入物，这些材料具有所需的强度，但也有足够的弹性，可以承受和缓冲必要的运动。同时，增材制造工艺还可以生产出多孔的表面纹理，促使骨组织在植入物中扎根。如果需要光滑的表面，以便于以后取出植入物，这种方法也可以产生一微米的表面质量，而不需要进行任何修整。这比大多数其他材料要好。此外，如果需要更光滑的表面，用铣床可以实现低至 Ra 0.05-0.08 μm 的表面粗糙度。

近乎人类的骨头

作为 CAMed 项目的一部分，Heraeus 目前正在测试 AMLOY-ZR02 合金。它包括 65% 的锆、16% 的铜、12% 的镍、4% 的铝和 3% 的钛。这种新合金的密度为 6.6 g/cm³，比传统的医疗植入物所用的钛合金要重。然而，使用增材制造工艺所提供的设计自由意味着需要更少的材料，从而使重量减轻 20%。同样，2,000 MPa 的抗弯强度和 1,700 MPa 的拉伸强度意味着植入物可以做得比平时更薄。此外，它的弹性模量为 85 GPa，比钛更接近人体骨骼 (17-21 GPa)。如果目的是柔韧性和强度的结合，那么新的 AMLOY 合金是制造板状植入物的理想选择，因为这些植入物可以做得比钛合金更薄。这也促进了愈合过程。

全新的应用

CAMed 项目的初步结果非常有希望。因此，适用于个体患者并具有出色材料特性的增材制造植入物，现在是一个非常现实的前景。其他应用，如假体植入物和心脏瓣膜也是一种可能性。凭借其卓越的特性，非晶态金属用途极为广泛，并将实现许多新的应用，尤其是在医学工程领域。

www.heraeus.cn

精确的。

有力的。

生产性的。

kapp-niles.com



KAPP NILES

precision for motion

金属 3D 打印进入 Mayo 工程部门

Metal 3D Printing Comes to Mayo's Engineering Division

在医院安装增材制造设备的经验。

病人的护理有时就像专门的外科护理或药物治疗一样，涉及工程设备或植入物。Mayo 诊所，这个世界知名的专科护理机构，不仅有医生、护士和临床医生，有处理棘手病例的技能和意愿。还有训练有素、技术娴熟并随时准备制造独一无二的医疗设备和实验室仪器的工作人员

工程部包括大约 65 名机械、电气和软件工程师，以及专门的项目经理，甚至还有一名专业的玻璃吹制工。它生产的设备涵盖了从台式研究到患者临床的护理范围。他们制造的设备处于患者护理的最前沿，包括深部脑刺激、生物传感器开发、组织工程、器官辅助设备和手术器械。机加工车间使用 CNC 和手动加工、钣金成型机以及激光或水射流切割来制造实体零件。

现在，看到金属 3D 打印的优势，该部门正在为其独特的设备增加一个特殊的

钛单元。Mayo 诊所工程部增材制造设备主任 Sean McEligot (MHA) 说：“它增强了我们几十年来（在塑料领域）所做的工作。”

设备和植入物，今天和未来

3D 打印的一个典型用途是快速原型制作。它也是难以加工的复杂零件的理想选择。McEligot 说，这种特殊的或小批量的生产是医疗的典型特点，而且“与 3D 打印相一致。3D 打印已经是我们工作的一个延伸。”

为医学制造的更复杂的東西之一是矫形植入物，例如膝关节置换物，如今由外部供应商提供给 Mayo 诊所。工程部将与外科医生合作，开发他们独特的想法，然后使用任何有意义的制造方法来创建原型，进行评估和测试，包括 3D 打印。这

些中间设备有助于发散外科医生的想法，然后用于测试设备，例如在尸体上。

一旦外科医生确信他们的概念是可行的，它就会通过 Mayo 的许可集团 Mayo Clinic Ventures，来找到一家医疗制造商，使该设备通过 FDA 批准程序并批量生产。

“这使得外科医生可以出去购买他们发明的东西，” McEligot 说。该设备可能不完全是梅奥外科医生创造的工作原型，因为这取决于终端制造商生产的产品是否通过了 FDA 认证，以及生产和销售的利润。对于生产小批量甚至是“一个单位”的产品，拥有自己的金属打印机将提高 Mayo 提供优质护理的能力。

使用塑料的 3D 打印是许多医疗设备的自然选择，即使是那些不直接用于患者护理的设备。该部门多年来一直使用自己的塑料打印机。金属则是另一回事。在过去，如果 McEligot 的团队需要金属的 3D 打印，他们必须到外面的服务中心去。然而，对金属零件的需求不断增长，到 2016 年年中左右，是时候探索在自己的设施中安装一个金属 3D 打印设备了。

Grainger Foundation 提供了一个获得高端金属 3D 打印机 (EOS M290) 和微型打印机 (Markforged Mark Two) 的机会。Mayo 于 2017 年 7 月申请了一笔赠款，并于 2018 年 7 月宣布了打印机的资金授予。McEligot 和他的团队在 2018 年选择了打印机，并申请了安置它的空间。2019 年，Mayo 购买了打印机，并改造了空间以容纳它。施工于 2019 年 12 月完成，诊所于 2020 年 1 月收到打印机和所有后处理设备。

工程部现在拥有以下 3D 打印机：

- Formlabs Form 3B，一种用于打印生物相容性树脂基材料的立体光刻系统。
- Markforged Mark Two，打印碳纤维增强复合材料零件，是一款使用碳纤维、玻璃



Sean McEligot MHA，工程部增材制造设施主管，与 Mayo 诊所最近购买的 EOS M 290。这台 3D 打印机将生产钛合金零件。（所有图片由 Bruce Morey/SME 提供）

纤维和凯夫拉尔等材料的桌面打印机。

- Stratasys F370, 使用熔融沉积建模打印塑料零件。
- Stratasys Fortus 450mc, 使用熔融沉积建模技术, 为更高要求的应用建造零件。
- HP Jet Fusion 580 Color, 能够用尼龙 12 生产多种颜色的功能件。
- EOS M290, 使用直接金属激光烧结技术, 生产钛、Ti 6Al4VELI (超低间隙) 制成的零件。

“在许多应用中, 塑料根本不够好, 现在我们将能够用金属打印东西,” McEligot 说。在手术和实验室中都是如此。他还迅速强调, 如果一个零件更容易按传统方法加工, 那么它就会被制造出来。“几何复杂的零件我们将进行 3D 打印,” 他说。

给他人的建议

“任何处于我们这种情况的人都会尽可能多地出去学习, 我们就是这样做的。”他说, “我们拜访了几个不同的用户, 也拜访了供应商。我们参加了一些会议, 如 RAPID 和增材制造商用户组会议。”他还强调, 需要一个由工程师、财务经理、设施设计师和机械师组成的选择和规划团队, 以了解交付整个设施所需的条件。

他强调的一个关键点是, 机器的成本, 从 75 万美元到 100 万美元的高端金属打印机, 仅仅是一个起点。他说: “你还需要很多其他的设备和专业知识,” 以及



这些小型打印机是 Monoprice MP Select Mini 3D V2 打印机, 主要用于教育和推广, 例如通过来自明尼苏达州再生协会的 STEM 教育拨款。

将机器安置在当地政府批准的设施中的费用。这些其他部分可能和机器的成本一样昂贵。

例如, 他的团队了解到, 设施的安全要求是由当地建筑检查员和消防部门规定的。这意味着要让明尼苏达州 Rochester 市的相关部门参与到规划阶段, 以便在设施完工后, 他们会签字同意。“在全国各地, 你做的事情各不相同。我们了解到科罗拉多州的一个设施必须要有防火墙和防火涂料。但我们没有。所以你知道它是如何需要研究的,” 他说。

他还指出, 联邦有一项关于粉尘危害评估的新政策。据 McEligot 称, 它正在

成为所有易燃粉末的国家标准和要求, 而 3D 打印中使用的钛粉符合这一要求。他说: “因此, 我们不得不聘请一名顾问来做粉尘危害评估。尽管粉尘并不是特别易燃, 但空气和粉末的精确混合除外, 它具有吸入风险, 并刺激皮肤。”他说, “有非常多的工作要做, 以确保没有空气中的灰尘, 或者如果你有, 也没有潜在的火源。我们甚至有专门设计用于处理易燃易爆物质的真空吸尘器。他们通过接地来降低风险, 并将 Ti 粉末倒入水中, 使其不再具有风险。”

3D 打印的未来, 金属或其他

根据 McEligot 的说法, Mayo 诊所 3D 打印的未来是, 该设施最终将生产针对患者的特定植入物, 这样就不再需要到外面去寻找最特定的、独一无二的植入物了。“我们的长期目标是与 3D 解剖建模实验室合作, 为 Mayo 诊所的患者提供特定的植入物,” 他说, 指的是 Mayo 正在建设的设施, 以帮助生产 3D 打印模型, 用于病人护理和手术规划。

一个中间步骤可能是开发这些新型植入物, 最终获得许可。他说: “拥有 3D 钛合金打印机并进一步将其付诸实践, 意味着我们将更好地证明他们所拥有的东西是有益的, 从尸体试验到临床试验, 并支持 Mayo 诊所的医生开发他们想要付诸实践的新型植入物”。



并非所有由 3D 打印机制造的设备都用于患者。Mayo 公司为一项研究征集了数千份标本样本, 需要从试管上取下标签, 事实证明, 这对工作人员来说是很繁琐的, 甚至会造成伤害。工程部利用其工程级塑料 3D 打印机创造了一个独特的标签去除器。

当 CAM 与 AM 相遇：提高医疗制造效率

Where CAM & Additive Meet: Improving Medical Manufacturing Efficiency

将增材制造和减材制造相结合，1+1>2。

用 3D 技术打印金属部件正越来越受欢迎。部分原因是它通常可以减少生产时间，同时提高零件质量。它的增长也是由于使用生成设计工具，产生拓扑优化的形状，以及它创建特殊表面纹理的能力。与传统的减材加工相比，这些优势促使医疗行业越来越多地采用增材制造（AM）。

制造工艺的发展趋势和市场分析也表明，传统的减材技术在医疗制造中的作用越来越小。消除传统加工操作中的浪费材料的粗加工操作是增材制造发展势头良好的一个关键原因。

为了解决零件后处理工艺不断变化的要求，需要 CAM 和 AM 之间更紧密的合作。装备了未来的 CAM 系统除了生成刀具路径外，还能提供合适的解决方案，在医疗技术领域开辟新的创新制造机会。为了实现最大的工艺性能，CAM 模块应该无缝地协同工作。

CAM 与 AM 的合作

CAM 供应商的传统思维是只专注于

刀具路径技术。这已经不够了。另一方面，增材制造没有从 CAM 中分离出来，事实上，它正在向 CAM 靠拢。3D 打印部件的后加工处理可能比打印本身花费更多时间。关键的精加工操作不应该被忽视。完成 3D 打印的原始部件并将其转化为最终的植入部件的技术是 CAM 的一个新策略。这种新策略既需要生成一个新的刀具路径以去除稳定结构，也需要根据实际零件模型调整附加组件。

AM 进步带来的新技术还可以减少制造工作量，同时将复杂的任务转换为更简单的任务。例如，定向能量沉积（DED）程序正在 AM 中兴起，能够实现多材料设计。他们还能在一台机床上提供完整的加工（减法与加法相结合）。

增材制造和减材制造的结合点

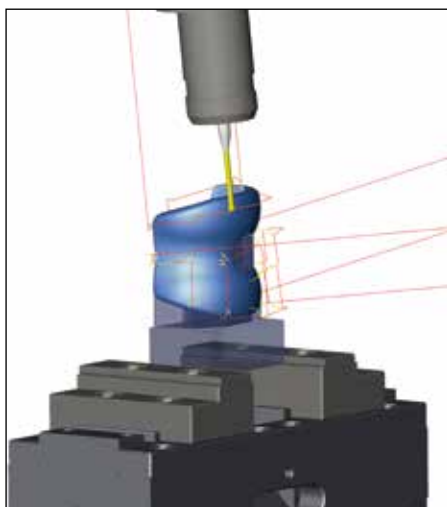
经验表明，在 3D 打印和铣床之间的接口存在挑战。除了清除剩余的粉末外，

CAM 编程和打印部件的正确固定往往是困难的。在 3D 打印过程中，经常会出现热变形。这种变形必须在随后的减法加工过程中，在零件原点的偏移和对齐中得到补偿，而试图手动对齐则过于耗时且容易出错。

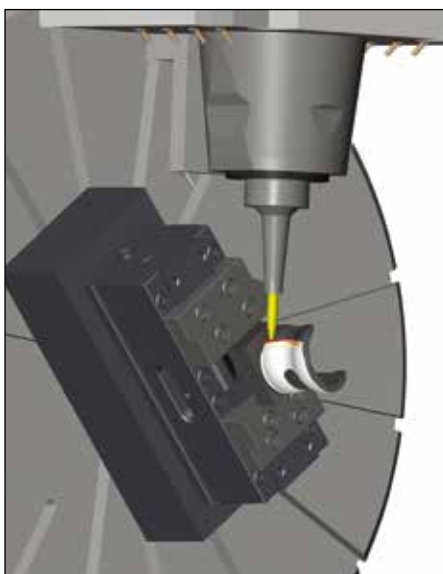
使用机床探针可以消除容易出错的人工干预。然后，最佳配合 CAM 技术利用测头数据，计算出零件在数控机床上的改进位置。校正位置和对齐，使虚拟零件包含在原始 3D 打印零件中。在机床控制器上进行简单的基准校正将无法满足不同需求；当移位大于预期时，可能会出现违反机床极限以及与夹具和机床部件的碰撞。必须运行一个刀具路径模拟，以确认基于新位置的刀具路径。材料的变形得到了补偿，从而保证了整个植体的精加工。

易于使用的编程

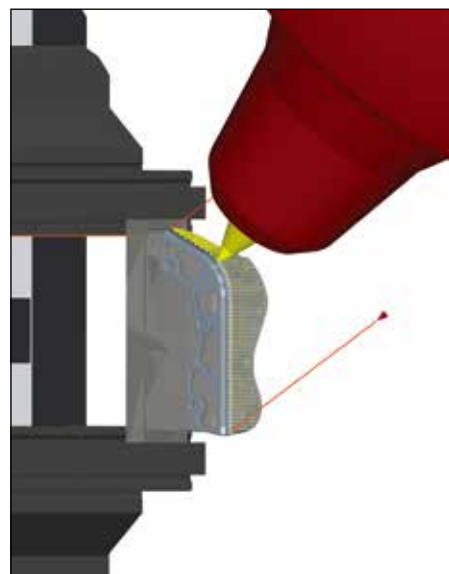
在一个零件系列中的 CAM 编程任务，如钻孔或雕刻应用，往往相似度很高。用



基于 3D 点探测的 hyperMILL 最佳拟合测量。（所有图片都由 OPEN MIND Technologies 提供）



hyperMILL 使用圆锥形铣刀进行 5 轴切线加工。



通过不同材料的覆层改善材料性能。

于稳定和修复简单骨折的骨板系统，或用于复杂的重建癌症手术的骨板系统，除了每个病例特有的几何形状外，往往也较为一致。CAM 软件的一个关键优势是编程非常简单。凭借模块化原理，重复性的编程任务可以轻松地被标准化和自动化，而无需大量的用户交互。这也使得对 CT 扫描的单个骨衍生假体进行编程变得容易。用户只需要接受基础培训就可以处理编程模板。

高质量、高效率的刀具路径对完整的 3D 打印部件非常重要。支撑结构通常需要手动移除，且这一过程既费时又有风险。或者，通过正确的刀具路径，机床可以安全、快速地完成这些任务。例如，高强度的手术用不锈钢通常需要使用新型刀具的特殊加工策略，（又称圆弧段）。由于其形状特点，这些刀具能够更快地完成表面精加工，实现如锥形圆桶铣刀更精细的表面精加工质量，而且更耐磨。除了无缝精加工外，先进的 CAM 技术还能实现极细微的混合区域，并最大限度地减少了后续

抛光工作的需要。

协同作用和 DED 优势

未来 DED 工作的一个很好的应用是当手动变形标准骨板时，这是一中种常见的操作。虽然这是一个有效的方法，但它也增加了应力集中，削弱了变形区域的部件。对于高度受力的植入物，如下颌骨板，手动变形会导致骨折，并由于永久负荷高而缩短植入物的寿命。

然而，DED 技术开启了部件设计的新方法。标准刀具路径可以转换为增材加工路径，因此可以对五轴涂层操作进行编程，以针对薄弱区域。弥补设计中的机械弱点的另一种方法是结合不同的材料。日常生活中众所周知的多材料示例包括汽车轮胎和钢筋混凝土。医疗技术也可以从多材料组件或在基础材料上包覆高性能材料中受益。获得多材料解决方案的一种方法是沉积两种不同粉末的混合物，创造一种新的合金。另一种方法是将一种材料沉积在另一种材料上，

使用一种具有特殊性能的材料进行接触和磨损表面。这些先进的解决方案可能具有更好的材料特性，如更慢的材料疲劳，更好的弯曲负载能力和更高的弹性。对高度受力的区域进行加固可以使植入物更加耐用。

DED 加工还有其他强大的优势，可以简化制造过程。由于其具有在任意方向上沉积材料的潜力，因此不需要结构支撑，也不需要后处理来去除这些支撑。另外，DED 工艺经常被应用于传统的机床（铣削或车铣）。在这些情况下，将部件从 3D 打印机移到精加工机器上时所需的许多校准和重新装夹任务也被省去，从而节省了时间，提高了效率。

DED 加工的另一个优势是其可定制性。例如，在 CT 扫描后，可以有针对性地在基体上涂抹材料，并在同一台机器上使用混合加工来涂抹材料，之后再行精加工。植入物可以精确地适应患者的骨骼。在加工速度方面，DED 方法也有优势——它比粉末床加工更快、更有效。



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®

自行车制造商发现使用 专用刀柄可节省时间和成本

Bike Maker Discovers Time and Cost Savings with Specialty Toolholders

自行车是最古老的交通方式之一，但这并不意味着它们没有与时俱进。Trek Bicycle 公司自 1976 年在威斯康星州制造自行车以来，公司非常了解这种演变。它一直处于电动自行车运动和其他设备如自行车灯、计算机和传感器的前沿。

位于威斯康星州滑铁卢的 Trek Bicycle 公司是一家自行车及其周边产品的制造商和经销商，旗下有 Trek、Electra Bicycle Co.、Bontrager 和 Diamant Bikes 等品牌。Trek Bicycle 公司通过遍布北美的 1,700 个独立自行车商店，在欧洲、亚洲、南非的子公司以及全球 90 个国家的分销商进行销售。

Trek 工程师对新技术或如何集成新技术的所有想法都会通过公司的原型开发实验室进行，对诸如框架和配件之类的东西进行了试验和加工，以使 Trek 最具创意的想法变为现实。

“每次我们加工一个零件，它都是我

们刚刚规划的新东西。”Trek 公司原型开发实验室的高级工程技术人员 Cory Marty 说，“我们的周转时间，从工程师提出项目到他们拿到东西的时间，大约是 10 到 14 天。我们并没有多余时间处理旧工作或运行多重事情的能力。我们所加工的很多零件都具有高径深比的特征——通常可达 6-8 × D。每个零件都是首发的。所有东西都是三维的，呈现有机形态。”

当 Trek 公司最近投资一台五轴机床时，Marty 做了个重大决定，即哪些刀具能使新机床获得最大效益。针对其深腔加工，Trek 公司需要的不仅是高刚性或高功率的加工。

通过 CAM 软件，Trek 公司可以对三轴刀具路径进行编程，识别刀具何时会与模型发生碰撞。它自动开始将刀具轴倾斜出来，以调整刀柄的间隙。但如果用标准的 ER 32 或 16 刀柄来加工一个深而紧的型腔时，机床不得不大幅倾斜才能卸载刀

柄主体，这会导致不必要的轴移动或发生潜在的碰撞。

“每次我们试图增加一个额外的延伸部分或拼装一些东西时，都会增加刀具的跳动。”Marty 承认，“因此，我们一直在寻找类似于收缩式夹头的工具，从而得到所需的加工形状，但我们并不准备购置一整套 30,000 美元的收缩式卡盘，因为它只能加工 1-2 种直径的零件。

考虑到实验室所做的工作，易于更换也是至关重要的。Marty 解释说，每次加工他都必须设置 10-15 个不同长度的刀具。而使用收缩式刀具所涉及的冷热循环又太耗时了。

通过浏览刀具目录，Marty 找到了一种简单可快速上手，且尺寸适于加工深腔的夹头后，他邀请了来自伊利诺伊州 Hoffman Estates 的 BIG Kaiser Precision Tooling 公司的 Mark Sazy 来展示该公司的 MEGA Micro Chuck。这种卡盘的主体



Trek Bicycle 公司用于测试和制造的最新创新式原型机车间。(所有图片由 Trek Bicycle 公司和 BIG Kaiser Precision Tooling 公司提供)



Trek 自行车公司的 Cory Marty 和他的团队使用 BIG Kaiser 公司的 MEGA 微型卡盘来加工轻型和复杂的自行车部件。



BIG Kaiser 公司称，MEGA 微型卡盘极薄的主体和螺母式设计提供了卓越的平衡性和同心度，是进入狭窄区域加工的理想选择。



Trek Bicycle 公司使用 MEGA 微型卡盘进行加工的特写。BIG Kaiser 公司称，这种卡盘在伸长的情况下具有极高的刚性。

很窄，螺母直径只有 0.394" (10 mm)，由一个较浅的锥角支撑，从而提高了卡盘的刚性，并限制了深腔中所需的极端角度。

"MEGA Micro Chuck 是专门针对原型实验室中的加工任务设计的，"在 BIG Kaiser 公司专门从事增值销售的 Sazy 说，"原型实验室是一个在某种程度上一切都

在显微镜下的地方。所有的目光都集中在细节上。很高兴有机会在这些条件下展示我们的刀具——这就是价值明显体现的地方，我们称之为'质量经济'。"

Marty 决定购买一套 15 个 MEGA 微型卡盘，用于 Trek 的所有直径在 0.25" (6.35 mm) 及以下的刀具。"刀柄本身的质

量非常好，比我以前见过的任何刀柄都好。" Marty 说，"刀柄每个面的光洁度都非常好，当你把它从盒子里拿出来时，质量一眼可见。"

Marty 认为纤细的螺母和简单的夹头夹持对 Trek 公司来说是两全其美。"MEGA 微型卡盘具有与收缩式夹头相同的轮廓和形状，同时具有夹头的多功能性。"他说，"你基本上可以使用你想要的任何尺寸的刀柄。它们的平衡性要好得多，所以它们不会像我们以前使用的 ER 32 那样产生振动。"

曾经因为极端倾斜而不得不调整编程软件的现象已被解决。"我想说的是，仅通过改变夹持器，无需手动改变编程就可实现 50% 的完工率。机床只需倾斜 10 度就可进行深腔加工了。现在即使没有那些昂贵的拼装延伸部分，我们也可以高速、快进给来实现优质表面光洁度的加工，这都是之前所不能的。"

与任何特定的技术或设备一样，收缩式夹持器具有其独特的优势。而且，与每个工厂一样，完美解决方案所需的成本或时间并不总是一种选择。不过，Marty 清楚地知道他需要什么——易替换和可进入，并通过研究和试验找到了可以在预算内实现的替代方案。

www.trekbikes.com
www.bigkaiser.com



Trek 制造自行车已有近 50 年的历史。据 Trek 公司称，Madone SLR (如图所示) 是世界上最复杂的公路自行车之一。

先进的刀具夹持系统 确保高端加工厂的零件质量

Advanced Toolholding Secures Part Quality for High End Job Shop

该车间的 19 台瑞士自动车床 7* 24 小时运行，每年的生产批量通常在几百件到几万件之间。

2007 年，Precision Swiss Products 公司的首席执行官 Norbert Kozar 开始负责运营该公司，他带领这家位于加州 Milpitas 的加工厂在短短几年内获得了 ISO 13485 认证和 AS 9100 认证。从那时起，Kozar 只关注那些加工难度极大的零件和材料——这一策略使该公司得以保持不断成功。

之前，Norbert Kozar 选择的是 Rego-Fix powRgrip (PG) 刀柄和 ER 夹头，以便在加工严格公差的产品时保持稳定的精度。然而，策略伴随着挑战而改变。

Precision Swiss Products 公司的加工任务之所以艰难，是因为公差严格到 ± 0.00015 " (0.0038 mm)，以及复杂的几何形状，可能需要用极小的刀具进行多达六次的加工。车间的大多数铣刀和钻头的直径都远小于 0.5" (12.7 mm)，而且大多数是具有金刚石刀头 / 涂层的硬质合金刀具。Kozar 认为，这种刀具的性能取决于高度精确的刀具夹持系统。

"加工公差越小，控制跳动就越关键，所以我们使用的 ER 夹头和刀柄必须提供一致的精度。" 他说，"此外，更少的刀具跳动意味着更长的刀具寿命。对我们来说，每 0.0001" [0.003 mm] 的跳动都会导致刀具寿命的大大缩短。"

以公司加工的一个零件为例，在一台五轴铣床上使用直径为 0.010" (0.25 mm) 的立铣刀。Kozar 说，"在零件壁厚很薄的情况下，正在运行的刀具实际上可能会给这些壁面带来不适当的应力，因为刀具基本上是在撞击壁面，而不是在切割壁面，这就影响了零件的完整性。"

该车间的 19 台瑞士自动机床可每周 24/7 不间断运行，每年的工作批量通常在几百件到几万件之间。

Precision Swiss Products 公司共有 45 台机床，其中 19 台是瑞士自动机床。其他设备包括线切割机、七台车削中心（其中两台是自动化机器人式，可全天候运行加工零件）、四台五轴铣床、两台卧

式机床和四台立式机床。在所有这些机器中，90% 的刀夹都是 Rego-Fix 超高精度 ER16 夹头。

除了 ER 夹头外，该工厂还将 Rego-Fix powRgrip (PG) 刀柄用于铣床，并将很快使用在其瑞士自动机床上，这些自动机床目前使用安全、防滑的 Rego-Fix IntRlox MX 迷你螺帽。为了快速、精确地安装刀具，Precision Swiss Products 公司还从 Rego-Fix 公司购买了一个 Torco-Block 台式刀具装配辅助装置，使该车间的扭矩扳手免遭损坏。

"除了成本低于热收缩夹具，"Kozar 说，"PG 系统和 ER 夹头对延长切削刀具的寿命有很大贡献，同时也进一步提高了零件质量。Rego-Fix 夹头与我们所使用的其他类型夹头的区别在于性能和夹持力的一致性，以及产生尽可能少的形位公差 (TIR)。"

Torco-Block 台式刀具装配辅助装置具有一个内置的扭矩计和可互换的指示环，

适用于不同的 ER 系列夹头，能够使车间的扭矩扳手免于损坏。

他接着说，例如，对于其金刚石钻头，必须使用高度精确的夹头。“如果我们试图使用那些粗制的、不合格的夹头，”Kozar 说，“钻头实际上会自我毁灭。这就是为什么我们必须使用 Rego-Fix。”

Rego-Fix PG 刀具夹持系统依靠夹持器和夹头之间的干涉来产生刀具夹持力。与其他使用热量或液压技术来扩展材料的夹持系统不同，PG 系统利用刀柄材料的机械特性来产生巨大的夹持力，使其跳动低于 0.0001" (0.003 mm)。PG 装置只需不到 10 秒钟就能将刀具压入或从刀架上取出。由于不使用热量，刀具在换刀后可立即使用。

车间的瑞士式机床的加工区域，特别是较小的型号中，操作员更换磨损或损坏刀具的空间有限，因此 Precision Swiss Products 用 intRlox MX 微型螺帽来固定它们，保证扳手在正确接合后不会从螺母上滑落。这些较小的 ER 夹头螺母采用防滑式设计，在螺母轮廓周围使用圆形锁定槽，而不是端面上。扳手从螺母的侧面抓紧，拧紧或松开的动作会暂时将扳手锁在原处。

Precision Swiss Products 公司生产的医疗和航空航天零件的公差可达到 $\pm 0.00015"$ (0.0038 mm) 以内，其几何形状错综复杂，可能需要用极小的刀具进行多达六次的加工操作。

据 Kozar 称，作为 ER 夹头螺母的大用户，Precision Swiss Products 公司曾经因不断更换操作人员导致夹紧不一致和过度紧固而损坏扭矩扳手。为了解决这个问题，该车间使用了 Torco-Block 台式刀具装配辅助装置，该装置具有内置扭矩计和可互换的指示环，用于不同的 ER 系列夹头。这些功能加在一起，就不需要为每个刀柄配备单独的扭矩扳手了。因此，该装置避免了因过度扭力而导致的过度跳动的有害结果。

Precision Swiss Products 公司第一次接触到 Rego-Fix 产品，要感谢 Pat Murphy 和 Western Tool & Supply 公司的员工，以及 Kenbil Engineering 公司的员工。在此之前，Kozar 曾考虑过热缩刀柄，但担心加热后的刀柄上残留的冷却剂会产



Precision Swiss Products 公司生产的医疗和航空航天零件的加工公差可达到 $\pm 0.00015"$ (0.0038mm)，其几何形状错综复杂，可能需要用极小的刀具进行多达六次的加工操作。

生有害烟雾，这使他找到了 Rego-Fix 刀柄作为替代品。

Rego-Fix powRgrip 刀柄装置只需不到 10 秒钟就能将刀具压入或取出。由于在这个过程中没有任何热量产生，因此在换刀后可以立即使用刀具。

目前，就其所服务的细分市场而言，Precision Swiss Products 公司业务中医疗领域约占 60%，航空航天领域占 30%，剩下的半导体领域占 10%。它雇用了大约 100 名员工，其规模大约是 1400 万美元，它所取得的价值部分归功于其客户的忠诚度，其中 80% 是回头客。

车间自动车床的加工批量通常每年在几百到几万件之间。为了达到这样的产量水平，该车间的 19 台自动车床全天候运行。铣削方面，加工批量可以在 20 件到 500 件之间。该车间也有一些正在进行的加工作，每月基本需要数千件的加工量。加工涉及的材料范围很广，从超合金如 Inconel、Nitinol、Haines 242 或 Hastelloy 到各种其他金属和塑料材料。

对于其医疗客户，该车间生产的产品包括心脏泵、心脏瓣膜输送系统、眼科手术工具、大脑植入物和支架以及锁骨、脊柱和脚踝植入物。在航空航天方面，Precision Swiss Products 公司生产了大量的飞行关键硬件，包括美国国

防部 (DoD) 的一些 DX 级加工任务。它还用于指导飞行员和医生的全息 VR 护目镜制造零件。对于国防工业来说，加工涉及具有战略意义的车辆和飞机零部件。对于这些加工，该车间已经符合 ITAR 标准，并通过了 AS 9100 REV D、ISO 13485 和 ISO 9001 认证。

除了在生产高精度、复杂零件方面的专长外，该车间在计量方面的业务也很出色。该车间使用了几台内部蔡司三坐标测量机 (CMM) 和其他高端计量系统，以及特殊的检测软件，将在车间收集的数据用于实时 SPC 当中。“它使车间有能力在零件生产过程中收集数据。”Kozar 说，“质量不是来自于 QC 部门，而是存在于车间里。”

他补充说，该工厂的成功始于它的员工。“你必须在正确的位置上拥有正确的人。然后再加上最好的机器，配备最好的刀具夹持系统，就像我们从 Rego-Fix 公司得到的那样。如果一个工厂为了成本而牺牲质量，它将呈现在最终产品上。当我们试图走捷径而只是为了节省几美元的时候，那就是我们失败的时刻。”他说，“我宁愿放弃一项业务，也不愿为了竞争而降低我的质量标准。”

www.precisionswiss.com

www.rego-fix.com

Lockheed Martin 采取 AMR 措施后 投资回报率大大提高

Lockheed Martin Sees Quick ROI After Taking AMR Plunge



Jerome Dubois
Co-founder & Co-CEO
6 River Systems
www.6river.com

十多年来，Lockheed Martin 公司一直将机器人和自动化解决方案作为其产品组合的组成部分。虽然这些技术帮助公司及其客户在航空航天、国防和安全领域进行了创新，但直到最近，它们才完全融入 Lockheed Martin 的内部运营——当其内部仓储运营团队看到了增长机会的时候。

Lockheed 公司的旋转和任务系统小组为美国空军提供消耗品和备件，该小组有意通过实施协助工人拣选订单的流程和技术来提高生产力和改善仓库环境。

该集团选择实施自主移动机器人 (AMR)，以实现其在 Oklahoma 市的一个配送中心的执行操作。他们部署的 AMR 与仓库员工并肩工作，来协助拣选路线和工具包。

在实施协作式 AMR 之前，Lockheed 公司的配送中心使用的是一个繁琐的流程，即员工使用仓库管理系统 (WMS) 生成的拣选清单将零件拣选到推车上。这个过程缺乏效率，因为它要求员工推着沉重的推车，在仓库里长时间地、无指导地行走，以找到需要拣选的单元。

AMR 消除了员工的这种体力负担，因为它

不需要推小车，并能在过道中找到最有效的行走路径。由于传感器可以扫描仓库的布局并检测障碍物，机器人可以独立移动。这些传感器与人工智能算法相结合，还能够根据订单中的物品确定有效的行走路线，以确保仓库员工不会在某些过道上行走两次或在拣选地点之间走远路。可以把这些 AMR 看作是仓储界的自动驾驶汽车。

那么，与其他自动化解决方案相比，是什么吸引了 Lockheed Martin 公司使用协作式 AMR 呢？

1. 灵活的设计

协作式 AMR 是最灵活和可扩展的解决方案，因为它们可以与现有的 WMS 和仓库基础设施集成。Lockheed 公司拥有一个独特的 WMS，而 AMR 能够与其完全集成，以管理 100,000 多个 SKU，在复杂的工作环境中运行，并处理非标准化的仓库流程。此外，AMR 不依赖任何外部硬件，使得部署迅速。Lockheed 公司的部署只用了不到三个月的时间。

2. 提高生产力

Lockheed 公司希望提高订单拣选的生产力和效率。在使用 AMR 的短短六周内，Oklahoma 市的仓库每小时拣选的线路增加了 381%。

3. 更好的工作环境

由于协作式 AMR 使用简单的视觉提示，并具有易于使用的控制元件，所有级别的员工都能完成拣选任务，语言或身体限制不再是作业的障碍。大多数 Lockheed 仓库员工都被使用新技术的机会所吸引，与仓库的旧策略相比，他们保持了更高的参与度，从而又降低了离职率。

也许最重要的是，Lockheed 公司在 AMR 上的投资在短短九个月内就得到了回报，估计节省了 150 万美元。



体验如何更聪明的工作

Paragon Medical Experiences What it's Like to Work Smarter



Sachin Mathur
Head of partnership programs,
Hexagon Manufacturing
Intelligence
www.hexagonmi.com

如果你问任何一个制造商，当他们第一次撞坏固定的机床或掉落便携式测量设备时，他们的感受是什么，你一定会得到一系列的回答，害怕、恐惧甚至恶心几乎肯定会出现在回答列表中。

这种无意中对工作造成的负面影响让人们意识到，我们需要知道到底是什么地方出了问题，虽然调查其后果时会提供答案，但获取实时数据是防止它再次发生的唯一可靠方法。

然而，这并不是什么爆炸性新闻。我们知道，世界上有相当多的工厂，要么已经是能够利用实时数据来改善工艺的智能工厂，要么正在搭上这班列车。

Paragon Medical 是一家实施智能工厂资产管理技术的公司，该公司在美国、欧洲和亚洲都设有工厂。

在其位于印第安纳州的一家工厂，Paragon 使用资产管理软件来跟踪其 14 台固定式计量机器的运行。

除了帮助 Paragon 公司调查问题之外，该软件还为员工提供了一个访问点，以便快速收集有关公司制造单元的运行情况和效率，以及这些单元是否发生过故障的信息。

还可以提供谁在什么时候访问过 CMM 的数据，员工甚至可以根据收集到的信息确定是否需要为操作员提供额外的培训。

由于该软件提供了可定制的通知选项，设备可以安全地持续运行，甚至在员工下班时也是如此。使用实时数据，员工可以在问题出现时确定出错的原因，并在返回工作前在家中就可以评估损失。

Paragon 公司的 CMM 程序员 Ashlee Chapman 说：“我们使用关键通知的频率绝对高于其他任何东西，特别是当涉及到控制器和机器故障时。”

她补充说，这些通知在下班时最常使用。“我们知道我们正在进入什么；我们知道我们可以通知管理层他们正在进入什么，以及当我们到这里来协助时如何诊断问题。”

当发生碰撞或生产出不合格的零件时，Paragon 公司能够利用其触手可及的数据来快速解决问题。

“从质量的角度来看，我们能够立即控制产品，并限制基于该信息的调查，” Paragon 公司的质量经理 Jeff Livingston 说，“试想一下，在你的生产车间有一个飞行数据记录器，记录与 CMM 有关的所有故障。我们有这样的记录；只要知道什么时候回去看看就行了。”

除了使用全面的实时数据来诊断碰撞之外，Paragon 公司还使用这些信息来规划从工厂布局到设备优化的一切。

这些数据可用于确保 CMM 的负载正确、引导员工在车间的交通，并查看设备在不同班次中的使用情况。

更高的效率始终是我们的目标。但是，随着零件复杂性的增加和交货时间的缩短，即使在最好的情况下，质量也会受到影响，也会出现错误。

因此，答案是要更仔细地审视我们已经拥有的东西，而不是不断努力重新发明轮子。答案是要更聪明地工作，而不是更努力。



打破工厂自动化的神话

Dispelling Factory Automation Myth



DAVID SUICA
President
Fastems LLC

在需求和资本支出预算允许的情况下，加工操作自动化是大多数制造商的首要目标。我们中的大多数人都已经了解，也许是过于了解自动化的驱动力——熟练工人的欠缺、材料成本的上升、利润率的缩小、竞争压力、更大的生产灵活性，以及其他熟悉的效率问题。

当然，也有工厂自动化的“酷因素”，但即使是这些有趣的技术愿望也需要有一个积极的财务结果，因为我们毕竟是生意人。在过去的一年里，COVID-19 大流行病影响了现有的劳动力；许多员工要么因病外出，要么因接触而不得不隔离。还有许多新的大流行病协议，如厂内社会距离的要求。仅仅这一点就促使许多零部件生产商比原本计划时间更早地安装自动化设备，主要是机器人技术。

作为一个自动化设备和软件的供应商，我们收到的咨询经常包括以下这样的陈述。“我知道我需要获得新的数控机床来做这个。”我们的简短回答是：“不，你不需要”。当然，这种回答需要有一些注意事项，例如了解当前机床的类型和年龄以及公司的短期和长期自动化目标。然而，一个组织需要投资一个或几个全新的数控机床来获得足够的、过渡性的自动化水平，这是我们在与制造商交谈时经常遇到的一个普遍的错误观点。

我现在正式推翻了这个神话。

我可以举出许多案例，例如我们公司在工厂现有的设备上增加了机器人或托盘自动化，提供了与新机器安装相同的投资回报和其他好处。当有一个加工单元配置已经到位时，这是

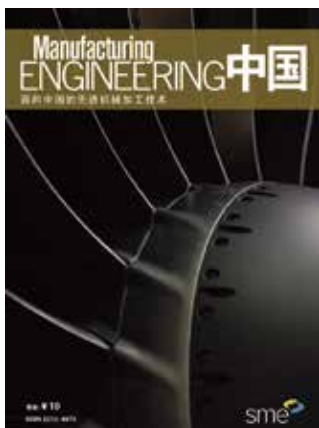
最简单的，例如，有两个或更多的数控机床，所有的处理、零件的装载/卸载和程序都由操作员完成。如果机器是五年前或更新的，它们通常可以容纳额外的智能功能。如果它们比这更老，例如具有 10 到 15 年历史的 PLC，我们一般确实需要将控制系统升级为真正数控所需的 32 位操作系统。

当系统加装较新的 CNC 控制时，我们可以增加自动化。此外，只要安装有该技术架构，公司就可以获得一个“智能”软件接口，以绑定机器人上的动态零件（相对于手动）和程序变化、自动调度优先级和其他智能化。

第一个模块化步骤

对于一些公司来说，是的，这个过渡阶段只是解决了当前的需求，直到更大的投资可以与完全连接工厂的长期目标更加一致。然而，它并不是一个死胡同，而是可以被视为自动化道路上的第一个模块化步骤，只要有足够的开放式计算机架构，并且能够随着时间的推移而增加。

另一方面，可能这个特定的装置确实是一个独立的、单独的单元，在技术上不能成为更大的整体的一个连接部分。即便如此，它仍然是一个解决当前需求的解决方案，我们做我们必须做的事情来保持业务。但是，认为你必须购买一台或多台全新的数控机床来进行这项工作的想法——不管是为一个单独的加工单元还是在为更长的自动化道路上迈出的第一步——这种说法是不真实的。那么这种神话破灭。



“YES, 我渴望获得先进机加工培训！”

先进培训推动中国向智能制造转变

ME中国：先进的工程技术内容都精选自Manufacturing Engineering。经审核的高层人员可免费订阅本刊。



请将以下信息发送给我们。

- 姓名
- 公司地址及邮编
- 职位
- 公司网址
- 公司名称

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



Xtra-tec® XT 性能与可靠性兼备， 展望全新未来。



性能与可靠性 —— 二者兼顾，与众不同。

Xtra-tec® XT —— 瓦尔特非常成功的铣削刀具系列的新一代，最新的结构特征广受好评：
重新设计 Tiger-tec® 可转位刀片的安装位置，在性能明显提升的同时保证极高的工艺可靠性。

生产效率的全新未来：Xtra-tec® XT —— 瓦尔特 Xtended 技术。



CNC刀塔车床 M10J 搭载10英寸卡盘的车、钻、镗加工机

项目	规格
最大加工直径	φ400 (盘类)/φ80 (棒材) mm
最大加工长度	500mm
主轴最大回转直径	φ500mm
刀具最大回转直径	φ660mm
刀塔面数	12面
主轴转速*	3,500min ⁻¹
主轴电机	15/18.5kW
快移速度X/Z	X:30m/min Z:33m/min
机器重量	5,000kg

*选用8英寸卡盘时，主轴最高转速4,000min⁻¹



轴芯 (机床行业)
尺寸: φ75×452mm
材质: SCM440



机盖 (汽车行业)
尺寸: φ115×38.5mm
材质: 热轧钢



法兰 (工程液压行业)
尺寸: φ268×20mm
材质: S45C



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: 4008-220-330 135-1131-7818