

Manufacturing ENGINEERING 中国

面向中国的先进机械加工技术

2022.5

汽车制造
AUTOMOTIVE MANUFACTURING
医疗制造
MEDICAL MANUFACTURING

数字工厂
DIGITAL FACTORY
刀具及夹具
TOOLING & WORKHOLDING
制造工艺
FABRICATION TECHNOLOGIES

售价: ¥ 10

ISSN 2313-6073

sme 

Mazak

Your Partner for Innovation



微信



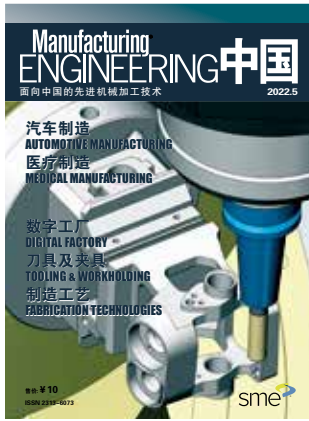
网站

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

2022.5



关于封面图片: Mastercam 中的仿真显示了一个正在加工的工件模型。(图片由CNC软件公司提供)



先进制造 Advanced Manufacturing Now

- 2 深孔钻需要精准的冷却剂控制
- 4 钻头的选择: 整体硬质合金还是可替换刀片?

汽车制造 Automotive manufacturing

- 6 热成型淬火
一项具有高成本效益的汽车轻量化技术, 该技术可能将在未来成为标准。
- 8 AI进入检测领域
Uveye公司开发出基于AI驱动的检测系统。
- 12 心与灵
铁铸件如何融入一个注重减重的时代?
- 14 仅需16周的批量生产
——一个Aptiv和Fast Radius携手的成功案例

数字工厂 Digital Factory

- 16 仿真软件满足了对速度的要求
最新添加的CNC刀具路径仿真软件增加了更快的程序、更高的精度和数字孪生功能。
- 22 用PLM工具改造制造业
PLM的虚拟功能, 包括数字孪生, 有助于利用远程工厂资源。

医疗制造 Medical manufacturing

- 26 3D打印创造了医疗奇迹
为诊所和医院里的每个人量身定做。
- 32 医疗材料——不同以往的钛合金
用于3D打印的新材料正在迅速发展。
- 36 用于医疗增材制造的新一代金属粉末
用于医疗快速成型制造的先进材料。

刀具及夹具 Tooling & Workholding

- 38 监控刀具情况
评估使用中的刀具可以带来巨大的回报。
- 42 超大的大型零件和工件夹具
需要对稀有材料和超大尺寸零件额外关注。

制造工艺 Fabrication technologies

- 46 让所有人都能使用焊接
自动化重复性焊接工作使焊工能够专注于更高价值的工作。

生产解决方案 Shop Solutions

- 50 FMS为小批量、高混合生产车间提供稳定、可预测的流程
- 52 Sig Sauer利用先进的3D扫描技术优化枪支制造

行业情报 Field Intelligence

- 54 Braskem对数字孪生的应用是社会化5.0的典范
- 55 勇敢地让机器人探索未知领域

行业之声 View Points

- 56 智能制造被认为是成功的关键

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
Europe 欧洲: Sven Anacker, +49 (0) 202 373294 11, sa@intermediapro.de

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

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.

深孔钻需要精准的冷却剂控制

Deep Hole Drilling Demands Precise Coolant Control

冷却剂对于深孔钻进过程是非常关键的，以至于今天最先进的深孔钻进系统对它的控制与对机器的主轴或轴的控制是一样的。精确管理冷却剂的压力、过滤、温度和流速是优化深孔钻工艺的关键。这就要求在深孔钻机本身集成可编程的、基于流量的无级变速控制能力。其结果是系统具有必要的可调节性，以确保冷却液系统中的压力永远不会超过有效排屑和精确钻孔的需要。

多年来，除了水浸式的冷却剂输送系统外，最先进的冷却剂输送系统是通过主轴 / 刀具的冷却剂系统。然后特别对大多数传统加工操作来说，高压冷却液系统以 1,000+psi 压力能够实现有效的刀具冷却和高效的排屑从而改变了冷却液技术的局面。钻孔应用，主要是那些使用麻花钻的应用，是高压冷却液系统发展的主要动力，特别对于深孔钻的应用，其深度与直径之比通常为 10:1 或更高。

然而，随着冷却液压力的增加，对适当的过滤和温度控制的需求也随之增加。当考虑 1,000+psi 高压系统时，需要 20 至 50 级的过滤以防止泵出现故障，而且在大多数情况下，高压冷却液系统还需要一个冷却器来调节冷却液温度。虽然大多数车间停止使用这些系统，即使是对于那些要求很高的钻孔应用也是如此，但仅靠过滤和冷却剂不能解决高压冷却剂使用中最重要变量之一，那就是流量。

工厂往往不知道他们的系统能提供多少冷却剂，或者应该提供多少。例如，典型的水浸式冷却剂系统，提供大约 10-gpm 到 40-gpm 的流量，这取决于系统。然而，在钻孔作业中，由于孔的直径变大和 / 或变深，需要更多的流量来排空切屑。例如，当使用较大的枪钻或 BTA 工具时，对于直径为 10 至 12" (25.4 to 30.5 cm) 的孔，所需的冷却剂流量可以从 50 gpm / 到 75 至 350 50 gpm 以上。相反，小直径深孔的流量可能只需要 2 gpm，但压力水平要高得多。例如，一个直径为 0.040" (1.016mm) 的孔可能需要高达 3000 psi 的冷却剂压力。

由于涉及到一个指数因素，当孔的直

径稍微增加时，钻孔面积 / 金属去除量就会显著增加。考虑到直径为 1" (25.4 mm) 的孔和直径为 1.5" (38.1 mm) 的孔之间的区别，即直径增加 50%。1" 孔的面积为 0.79 in² (12.95 cm²)，而 1.5" 孔的面积为 1.77 in² (29.01 cm²)，其增幅为 100%。当将孔的直径从 1" 增加到 2"，相当于增加了四倍的面积，以及四倍的材料从孔中排空。换句话说，车间应该认为，即使是孔径的轻微增加，也需要改变冷却剂的参数。

尽管如此，大多数冷却剂系统提供的灵活性非常小。例如，浸没式冷却剂系统完全没有灵活性——冷却剂要么开要么关。贯穿式冷却液系统可能包括溢流设置或提供低、中、高压设置的 M 代码，但这些都对于需要真正优化冷却液输送的车间来说是不够的。

那我们进入到无限变化的冷却剂控制技术当中。这项技术允许车间以 400 psi 的压力开始钻孔，然后随着钻孔的深入，增加到任何需要的水平，以维持有效排屑的流速。然而，这是一个很难手动调节的过程。如果流速太低，切屑会留在孔中，最终可能会破坏钻头。太大的流量会产生过大的压力，这反过来又会产生不必要的力量，阻碍钻孔的准确性。

为了获得成功和稳定的性能，像



像 UNISIG 这样的深孔钻机 OEMs 会将冷却系统（如图这一系统）以及控制装置纳入到设备的设计中，以确保整合以及性能的一致性。（图片由 UNISIG 公司提供）

UNISIG 这样的深孔钻机 OEM 厂商将从一开始就把冷却系统和控制装置设计到机器的实际设计中，以确保做到完全集成。这使得控制装置能够提供即时的过程反馈，以实现极其细微的冷却剂调节水平，从而在任何时候都能在切削刃上精确地使用冷却剂。

该系统通过在控制系统中实施过程反馈，立即进行冷却剂调整以防止刀具破损。控制系统的反馈也指导操作人员优化深孔钻的冷却液流量和压力，一旦这些参数被确定，它们就可以被用来重复这个过程。

此外，来自工艺本身的冷却剂压力和流量反馈可以被用来检测破损的刀具。例如，如果应用程序的冷却剂压力突然下降，这可能表明刀具损坏。就在那一刻，可以停止加工并更换刀具。这在钻极小直径的孔时特别有用，在这种情况下，较轻的钻头负荷使得即使是轻微的力的变化也难以察觉。但通过监测冷却液，操作人员可以确定刀具的健康状况以及切屑是否被排空。而且它可以帮助进一步优化参数，如进给和速度，以便在这些情况下更好地控制切屑。

除了冷却剂系统和控制，像 UNISIG 这样的 OEMs 还专门为深孔钻机设计了冷却剂库。虽然加工中心的水箱和通轴冷却系统可以有 20 到 50 gal 的冷却液水箱，但深孔钻系统的冷却液水箱会有所不同，以适应冷却液的速度和流量。根据深孔钻机的大小，冷却液储存器的容量可以达到 3000 gal，并与 350-gpm 容量的过滤装置相匹配。

淹没式、通轴式和高压式冷却液系统确实使传统加工中心偶尔进行高性能钻孔操作成为可能。但是，如果每天都要进行钻孔操作，并且以那些 10、20 甚至 40:1 及以上比例的深孔加工，就需要一台专门的深孔钻床。而最好的类型是那些将冷却系统作为机器的延伸而设计的，就像主轴或轴是机器的一部分那样。像 UNISIG 这样的 OEM 能够提供的高度工程化的冷却系统和控制装置使车间每天都能可靠而准确地钻出数以千计的孔，而且深度与直径之比超过 100:1，即使在最小操作人员的干预下，也是如此。

www.unisig.com

Fuse 1 + Fuse Sift

Formlabs 推出全新SLS高性能选择性激光烧结
3D打印技术解决方案



易于掌控的SLS设备

Fuse 1具备工业级SLS机器的打印质量却不占用太大的空间，简单紧凑的外观设计以及便捷的操作流程可在办公环境下实现原型设计的制作与生产



快速、简单的打印设置

通过Preform打印准备软件（免费使用）导入STL或OBJ格式三维模型文档，可实现模型自动化摆放与排列，估算打印时间与耗材消耗等诸多智能化功能



可靠、一致的打印作业

利用正在申请专利的Surface Armor技术（围绕部件表面打印的半烧结外壳），Fuse 1生产的部件拥有优秀的机械性能和极佳表面加工效果。尼龙11、尼龙12及后续开发中的材料，将充分满足专业用户最严苛的使用需求



助力SLS技术的普及

通过优秀的人机交互，直观的工作流程以及超高的性价比，助您开启SLS 3D打印之旅。Fuse 1出色的打印质量和工作流程效率丝毫不逊色于大型工业设备，灵活的硬件配置，使24/7不间断生产成为可能



钻头的选择：整体硬质合金还是可替换刀片？

Drill Choice: Solid-Carbide or Replaceable-Insert?

钻孔是任何机械车间里常见的一种加工程序，但如何为每项加工匹配最合适的刀具，并没有一个统一的标准。最好的办法是有一个适合工件材料的钻头，能够产生所需规格，并能为手头的加工提供最大的利润。

当涉及到机械厂生产的各种工作和零件时，没有“一个钻头能适合所有”的情况。幸运的是，在选择硬质合金钻头和可替换刀片钻头时，可以通过考虑四个标准来简化这一过程。

1. 下一个合同：是长期的还是短期的？

如果答案是运行一个长期的、可重复的过程，那么就投资于可替换刀片钻头。这些钻头通常被称为扁平钻头或可更换刀尖钻头，其设计使机器操作员能够快速更换磨损的切削刃。

这就降低了大批量生产时每孔的总成本。钻头本体（刀片夹持器）的初始投资成本很快就被更换刀片的周期时间和成本与新的硬质合金刀具的成本的减少所补偿。简单地说，更换的速度，加上较低的长期拥有成本，使得可更换刀片钻头成为大批量生产工作的提高更好的选择。

如果下一个项目是一个短期的工作或定制化的原型制造，那么由于初始成本低，采用硬质合金钻头则是更好的选择。因为在加工小型零件时，刀具不会磨损，所以

切削刃更换的难易程度并不被考虑在内。

在短期内，可替换刀片刀具的初始成本可能比硬质合金钻头高，所以投资可能不会有回报。硬质合金钻头的交货时间也可能更长，这取决于这些产品的来源。硬质合金钻头应用于大范围孔距加工时，可保持效率和节约成本。

2. 需要多大的稳定性？

如果我们考虑重新研磨的硬质合金刀具的尺寸稳定性与用新刀片替换磨损切削刃进行对比。不幸的是，对于重磨的刀具，其直径和长度不再与原始版本一致；它的直径更小，而总长度也更短。

重磨后的刀具更多的是作为粗加工刀具而使用，需要一个新的硬质合金刀具来满足所需的成品尺寸。通过重磨刀具，制造过程中又增加了一个步骤以达到利用不再满足成品尺寸的刀具，这增加了每个零件中每个孔的加工成本。

3. 性能的重要性？

机器操作员知道，与相同直径的可替换刀片相比，硬质合金钻头可以以更高的进给量运行。而硬质合金刀具则更坚固，更有硬度，因为它们没有连接，不会随着时间推移而失效。

机械师选择使用无涂层的硬质合金钻头，以减少重新研磨的时间和重新加工的时间。但不幸的是，由于没有涂层，降低了

硬质合金切削刀具的卓越速度和进给能力。在这一点上，硬质合金钻头和可替换刀片钻头之间的性能差距几乎可以忽略不计。

4. 每孔的总成本是多少？

包括加工规模；刀具的初始成本；更换、重磨和修整的停机时间；以及应用过程中的步骤数量，都是成本方程式中的变量。

硬质合金刀具由于其较低的初始成本，是短程加工的明智选择。一般来说，小型加工在完成之前不会磨损刀具，这意味着没有因更换、重磨和碰触而产生的停机时间。

通过可更换的切削刃降低TCO

设计有可更换切削刃的钻头可以为那些长期合同和高产量运行的刀具提供较低的总拥有成本（TCO）。当切削刃被磨损或损坏时，就可以开始节约成本，因为不需要订购整个刀具，而只需要订购替换刀刃（又称刀片）。

另一个节省成本的变量是在更换切削刃时节省或所花费的停机时间。可替换刀片式钻头的直径和长度不受更换切削刃的影响，但由于硬质合金钻头在磨损后需要重新研磨，因此在更换硬质合金刀具时应将其换掉。而这代表了不生产零件的停机时间。

购置成本方程式中的最后一个变量是制孔过程中的步骤数量。可替换式钻头通常可以在一次操作中完成符合规格的过程。许多采用硬质合金钻头的加工，需要使用重磨刀具以满足加工工作要求后，这又增加了精加工操作，这就产生了一个不必要的步骤，增加了正在生产的零件的加工成本。

钻头类型的正确选择

总的来说，大多数机械加工工厂都需要选择一个表现良好的钻头。许多工业刀具供应商在为某一特定工作选择最佳钻头方面提供专家指导，而刀具制造商会有免费的资源来确定每孔的加工成本，以帮助决策过程。

www.alliedmachine.com



可换头钻头和硬质合金钻头在孔加工应用中都具有独特的优势，这取决于不同的应用场景。图为 Allied Machine 公司的 Superion 硬质合金钻头和 T-A 系列的可换头钻头。（所有图片由 Allied Machine 公司提供）



可换头钻头可以为高产量的加工工作提供快速换刀功能，从而显著地降低成本和加工周期时间。

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

热成型淬火

Hot Form Quench

一项具有高成本效益的汽车轻量化技术，该技术可能将在未来成为标准。



位于英国 Coventry 的 Impression Technologies 公司配备了齐全的加工设施，可以进行内部原型设计和生产，以支持 HFQ 客户和合作伙伴。(所有图片由 Impression Technologies 提供)

控制排放和减少污染的环境立法在全球范围内继续收紧。为了在汽车行业中应对这些法定挑战，人们越来越相信电动汽车、混合动力汽车以及更高效内燃机汽车。

所有这些技术的开发者都在关注着一个简单但却关键的问题：每辆汽车的重量（质量）对于移动它所需的能量量。因此，关于减少每一种类型的车辆的重量并提高其效率的竞争正在进行，从而减少排放、增加行驶范围和提高性能。轻量化，正如人们所知道的那样，对设计师和制造商来说从未如此重要。这反过来又导致了铝的使用持续增加，乃至成为了制造部件甚至整个车辆结构的首选材料。

使用铝来减轻重量已经不是什么新鲜事了，但工业界一直在努力改善其结构强

度、完整性、一致性、耐久性和安全性，并同时降低其成本。此外，制造商一直在寻求更容易加工的材料，这意味着那些经过改进的、低成本，且可以对标准化、广泛使用的铝合金进行加工生产的工艺成为了一个主要的研究焦点。任何新工艺都必须平衡所有这些因素，并越来越有效地运作，同时为设计师的想象力提供更多的可能性。

一个高度创新的解决方案满足了所有这些挑战，并为汽车、航空航天、铁路、工业和许多其他领域提供了轻量化的潜力，这就是热成型淬火（HFQ）技术，一种获得专利的热成型工艺以及相匹配的模拟能力。

这种开创性的、独特的、易用的制造工艺以及成型模拟技术软件包可以使汽车

OEM 厂商能够用高强度和超高强度的铝型材加工成深槽以及其他复杂的形状，从而取代钢或冷成型铝。该工艺速度快，符合低成本、大批量制造的周期加工要求。

该技术涵盖了汽车行业高强度铝零部件的模拟、设计和制造。HFQ 旨在推进全球铝加工标准，并作为整个供应生态系统的共同解决方案，促进原始设备制造商、一级供应商、铝生产商以及设计软件和设备供应商之间的合作与最佳实践经验的分享。

铝材制造

铝已经在汽车制造领域站稳了脚跟，特别是在劳斯莱斯、捷豹、路虎、奥迪、阿斯顿-马丁和特斯拉等高端品牌汽车中更是如此。福特公司率先在其 F-150

皮卡上大批量使用铝制车体。据 Ducker Worldwide 研究机构称,在未来十年内,在汽车制造轻量化的推动下,汽车中的铝含量将增加到 30%。

铝越来越多地被用于汽车罩、保险杠、副车架以及其他高端领域部件,乃至整个白车身的结构。其他铝制产品,如车轮、发动机组和悬架部件,在该行业中也常见。然而,如果在预算范围内,在白车身结构中使用铝型材产品是非常可取的,这将为汽车制造商批量生产带来额外的巨大优势。

通过使用 HFQ 设计的零件,汽车领域的制造商可以利用工程上的灵活性,使用各种等级的铝,即 6xxx 和超高强度的 7xxx 系列铝。在未来,具有高回收率的合金能够提供更低成本和主要的碳节约优势,并与 HFQ 工艺兼容。这是因为该工艺的特点即使有高含量杂质情况下仍可以保持可塑性,然而通常高含量杂质会使合金难以加工。

与其固有的回收优势相关, HFQ 还能够创建一个铝的闭环制造循环,因为在铝产品生命周期结束时,这种金属的 90% 可以被回收利用。

HFQ 加工过程

第一阶段是将标准可热处理等级的铝板在炉子里加热,直到达到它的溶解温度,大约在 550°C,具体温度取决于铝的等级。

坯料从炉子里被自动转移到压力机上,在冷冲和模具工具之间成型。模具保持关闭 5 至 10 秒,以使成型的零件快速

冷却,直到压制淬火。对于所有铝牌号进行淬火将使合金的微观结构冻结在过饱和固溶状态下。而在成型过程中,实际上几乎没有对铝合金进行冷加工,从而消除了零件设计中复杂的回弹补偿。

随后,如果使用可热处理的铝合金,该零件可以进行人工时效处理以进一步提高冲压强度,这是由于先前采用的淬火方法——对于 AA6082 铝来说,需要两个多小时才能达到峰值强度。

也可以进行部分人工时效处理,然后在零件装配到车辆结构中后进行完全时效。这种情况下的完全时效意味着 HFQ 压制可以利用烤漆过程中产生的热量来实现强度最大化。

HFQ 改善成型性的能力扩大了汽车应用的范围,包括设计自由度、工艺优化和在部件材料清单(BOM)成本预算内实现高水平的结构强度和刚度。

案例研究: 阿斯顿 - 马丁 DB11 的 A 柱

车辆的 A 柱是贯穿挡风玻璃两侧的整体结构件,通常从仪表盘下方向上延伸至车顶结构。在碰撞条件下, A 柱必须支持车顶的挤压载荷,这给柱子带来了巨大的弯矩。这些支柱必须能承受主要的负荷而不至于产生过度的崩溃。

阿斯顿 - 马丁是最早意识到使用 HFQ 设计 A 柱和其他零部件的好处的 OEM 之一。这可以减少车辆的整体重量并达到零件复杂性的愿望,还能增强扭转刚性和结构完整性,这些优点使设计师和工程师从



阿斯顿 - 马丁是最早意识到使用 HFQ 来设计 A 柱极具优势的 OEM 商之一。

设计的最初阶段就采用 HFQ,保证不降低 A 柱抗压能力。

阿斯顿 - 马丁能够保持 DB11 的理想设计方式,因为 HFQ 能够实现较为紧密的半径(R/T 0.8),从而减少了 A 柱的宽度,以提高驾驶员的视野。此外, HFQ 还能在一次拉拔操作中形成复杂且深的拉拔支柱,同时在车顶抗挤压性能方面达到相对高水平。

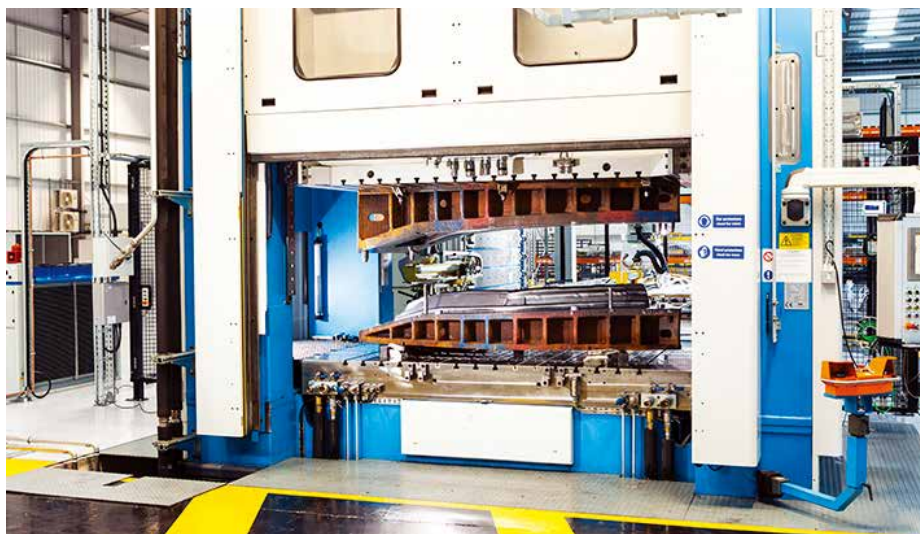
单拉操作还减少了模具投资成本,因为压头可以在工艺中产生高的成型性以完成 A 柱的深槽部分加工——这是以前使用传统的冷加工方式无法达到的效果。

合作路线图

HFQ 技术的商业化标志着一个新的国际标准的开始,并为未来汽车工业的轻量化提供了一个合作路线图。

当 HFQ 成型在设计一开始就被采用时,可以带来全方位的显著优势。正如阿斯顿 - 马丁的 DB11 使用案例所展示那样, HFQ 已经在高档汽车上得到了验证。世界知名生产复杂部件的制造商已经评估是否采用 HFQ,因为这种独特的工艺有可能在预算内提供更简单、更强大的结构。

通过 HFQ 技术,可以有机会促进高强度铝合金的更多的采用。它使制造商能够完善现有的结构,同时在创造新的车身和底盘概念方面给予他们更大的自由。



一台机器正在执行热成型淬火。

AI 进入检测领域

AI Enters Inspections

Uveye 公司开发出基于 AI 驱动的检测系统。



在 2020 年的 CES 上展示的 Uveye 技术。(所有图片都由 Uveye 公司提供)

一家以色列公司已经开发了新的人工智能技术，有望极大地改变原始设备制造商及其供应商进行质量控制时的检测方式。

Uveye 公司总部位于康涅狄格州斯坦福市和以色列特拉维夫市，目前正与六家主要汽车制造商合作，在全球范围内开发适用于装配线和新车经销商的车辆检测系统。该公司的技术也将惠及制造部门。

Uveye 检测系统依靠专有的硬件、云架构、传感器融合、机器学习和“智能”算法，能够自动检查车辆几乎所有的部件，包括车身、轮胎、排气系统和底盘部件。

该公司已经筹集了超过 3500 万美元的投资资金，开始在沃尔沃、丰田通商和其他合作伙伴中部署其检测系统。由于保密协议，所以禁止该公司讨论与其他一些汽车制造商正在进行的开发项目。

该公司已经开发了三种基本的汽车检测系统：

- Atlas——一种 360 度的检测系统，可扫描金属板和其他外部车身零部件，如保险杠、门锁、格栅和窗户。

- Helios——一种车底扫描系统，可以检测各种形式的问题，包括车架损坏和液体泄漏，以及刹车和排气系统问题。

- Artemis——一种驾车检查轮胎磨损和质量的产品，包括轮胎压力、胎面磨损和侧壁缺陷。

Uveye 公司的首席执行官 Amir Hever 指出，沃尔沃 2020 年第一季度在其一个装配厂引进了 Atlas 检测系统，以色列的一家大型巴士公司 Kavim 也已经同时安装了 Helios 和 Artemis 系统以监测其车队中的 300 辆巴士，主要用于预测性维护和轮胎质量检测。

Atlas 在 2020 年 CES 展会上首次亮相

该公司的 Atlas 质量控制系统在 2020 年的 CES 展上，首次展出于北美拉斯维加斯。除了自己的展品外，Uveye 公司还在本田公司的 CES 展览中设有一个展亭，作为该汽车公司旨在鼓励新型和变革性技术的 Xcelerator 计划的一部分。

本田创新公司战略风险合作伙伴关系的总

SANDVIK
Coromant

CoroDrill® DS20

真正的创新

可转位刀片钻头，孔深可达 $7 \times DC$

创新型钻体和刀片设计出一个具有卓越的刚度、排屑性能和轻快切削作用的全新钻削概念钻头。

CoroDrill® DS20的钻深可达 $4-7 \times DC$ ，同时还拥有高可靠性、寿命可预测性和出色的效率。借助稳定的高精度模块化钻削接口（MDI），可以进一步改善钻削操作并减少刀具库存。



扫一扫直达
官网了解更多



据该公司称，Uveye 车辆底盘威胁检测系统正在世界各地使用。



Uveye 公司的 Atlas 和 Helios 车辆检测技术的展示。

经理 Dennis Clark 在 CES 期间说，“通过与创新性初创公司合作，我们希望确保我们的员工有一个安全的生产环境，同时为他们提供先进的工具，使我们的生产过程更加高效”。

Uveye 公司在 CES 上发布的 Atlas 系统使用多个高分辨率摄像头，在几秒钟内能够捕捉到即使是最小的外部装配缺陷、部件缺失和其他与质量有关的问题。它在多个摄像角度能够每秒生成数千张图像，可以检测到直径小至 2 毫米的凹痕或划痕。

深度学习技术

该公司的深度学习技术最初是为安全行业开发的，用于检测武器、爆炸物、非法毒品和其他违禁品。今天，Uveye 检测系统被部署在世界各地 100 多个高安全级别的生产地点，并进行了数百万次车辆扫描。

该公司还宣布开发了能够在全新或未检测车辆上的安全威胁检测技术。UV 检测软件现在为执法机构和安全专业人士提供了自动识别现有安全数据库中所没有的车辆上炸弹、武器、毒品和其他安全威胁的检测能力。

Hever 说：“以前只在我们的一些客户中使用，现在全世界的安全行业客户都可以使用 UV 检查。它为边境口岸、车辆检查站、酒店入口和其他商业场所提供了一个全新的防护水平。”

2016 年推出的 Uveye 底盘威胁检测系统可以扫描那些时速高达 25 mph (40 km/h) 的车辆，即使在极端天气条件下这也有助于改善检查站和边境口岸的交通流量。对于主流车队运营商、车辆租赁机构、卡车公司和经销商来说，该公司的轮胎质量检测系统 Artemis 也是一个特别有用的工具。

与安全有关的问题

Artemis 旨在追踪和识别各种与安全有关的问题，包括轮胎的整体状况以及轮胎压力、划痕和磨损。Artemis 使用两个扫描仪来监测车辆行驶过程中的轮胎质量。在几秒钟内，它可以读取并识别轮胎的品牌、技术规格和各种安全问题。例如，该系统可以将轮胎压力与制造商的规格进行比较，并报告任何不正常情况。

Hever 说，Uveye 正在与一些对 Artemis 技术感兴趣的全球轮胎制造商、商用车队、租车公司和经销商集团进行项目谈判。

“与我们其他产品组合一起，Artemis 是建立未来车辆检查标准的关键因素，不仅在对于那些新车型的装配厂而言，而且对于那些经销商、主流车队和独立性服务车库也是如此，”Hever 解释说。

他补充说，Uveye 公司的技术可以用于车辆的整个生命周期内，根据车辆的历史，提供包括部件磨损等宝贵的信息。

投资者对 Uveye 检测系统技术的前景特别乐观。

“高质量标准是沃尔沃品牌的核心，我们对 Uveye 公司技术所提供的可能性感到好奇，”沃尔沃汽车技术基金的首席执行官 Zaki Fasihuddin 说。“这种先进的扫描技术可以使我们在质量方面迈出新的第一步”。

W. R. Berkley 公司的金融技术投资总监 Mike Nannizzi 说。“当我们对 Uveye 进行初始投资时，我们相信它的系统可以在全球范围内的安全和检查应用中产生改变游戏规则的影响，我们祝贺 Uveye、丰田通商和沃尔沃汽车建立了一个具有巨大潜力并有凝聚力的伙伴关系。

www.uveye.com

G160

双工位高效蜗杆砂轮磨

双工位工件
更换时间
仅需1.5秒！



G 160 是双工位高效蜗杆砂轮磨齿机。适用于大批量齿轮的高精度高效稳定生产，双工位工件更换时间仅需1.5秒！切削速度80m/s

面向工业4.0的机床软硬件配置，全面对机床各轴状态进行24小时监测并做预估性分析

广泛适用于新能源齿轮产品，各种乘用车变速箱齿轮，发动机齿轮和减速器行星轮的高精度，高效，高稳定性加工



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

心与灵

Heart and Soul

铁铸件如何融入一个注重减重的时代？



材料选择是平衡制造业的心与灵的过程。(所有图片由 Grede 公司提供)

一名工人正在处理熔化的金属。

质量、重量、成本，这三个方面都是一个工程产品成功的关键因素。无论是为汽车、重型卡车进行设计，还是在工业/农业领域内的设计，从商业和工程的角度来看，这三个要素仍然是最为优先的。

然而，随着产品开发的开始，平衡这些密切相关的元素是很棘手的。重量低是否一定意味着低成本？高成本是否一定意味着更好的质量？为了产品的成本，甚至质量，人们愿意在多大程度上对重量进行折中？这些问题的答案是制造业中许多部件开发过程中的绝对难题。鉴于此，选择正确的设计和材料是平衡所有三个要素的关键，而最终的目标是推出一个经过优化的产品。

铁铸造的权衡

制造中的心与灵，是一个在系统开发和优化期间平衡工程要求的过程。随着客户继续趋向于积极的、短的开发周期，工程团队往往被迫在早期做出方向性的决定，

即在产品设计中是选择铁还是铝。该行业已经见证了这样的趋势，那就是重量上只有几克的减重，但这些却超出了铁的机械性能和价格上所带来的节约，因此只能在未来的几年里，为了获得单价上的节省和额外的强度性能，而接受重量上的变化。

电动汽车（EV）市场是一个完美的例子，轻质部件对于平衡电池重量以保持驾驶里程的竞争力至关重要。重量、短的开发周期和成本压力给这个已经极其复杂的行业又额外增加了复杂程度。在产品方向上，这个答案也不是那么简单；在许多情况下，终端系统驱动着某个元素将拥有最高的优先权。然而，有一些方法可以将铁的重量影响降到最低，同时从财务上和产品的稳健性方面获益。

材料基础

首先，让我们退一步，回顾一下球墨铸铁材料在机械性能方面的优势。选择最佳材料的关键特性是选择极限拉伸强度、屈服强

度、伸长率和刚度。在现有的各种球墨铸铁牌号中可以找到一个最佳的解决方案。

从单纯的机械角度来看，各种等级的球墨铸铁，其广泛的机械性能，提供了潜在应用需要的灵活性，如图 1 所示。

铁的等级范围涵盖了更大的潜在应用范围。例如，选择高强度的球墨铸铁可以提供一种产品设计，符合或超过铝制设计的机械要求，而对重量的影响却很小。

随着电动车市场的不断发展和扩大，这已经远远超出了豪华轿车和跑车的范围，高强度球墨铸铁成为一种理想的解决方案。以 Rivian 为例。这是一家正在推出新车型的公司，它不仅需要突破行驶里程和成本的界限，而且正在进入一个专注于越野和“坚固”属性的利基市场。高强度球墨铸铁由于其天然的机械性能，不仅提供并超过了这些类型车辆坚固性要求——它可以达到这些电动汽车苛刻规格下的重量目标。与标准球墨铸铁相比，其独特的机械性能可以减少材料和重量。

了解应用要求和驱动设计的主要特性（刚度、强度、疲劳、负载等）对于为产品选择最佳材料至关重要。

对于其他因素，如对于可加工性的材料硬度指标，基准结构在加工前后尺寸完整性指标，以及铸件的可制造性在产品设计方向、产品成本和质量方面发挥着作用。

当然，这些是负责在铁或铝材料之间进行选择工程团队所需的常识。然而，确定最佳材料仍然并不是那么容易。材料知识本身并不是优化产品设计种开发和工程化的唯一关键因素。在今天的制造业中，短暂的开发时间为充分评估材料和设计制造了障碍。鉴于此，在决定铝或铁的早期开发阶段，供应商的参与对于做出最明智的决定至关重要。

早期的关键性设计

在铸造业中，“按图施工”一词经常被理解并实践。然而，通过挑战这一理念，客户最终有机会获益于铁材料的机械强度特性以及其较低的价格，同时最大限度地减少对重量的影响。

Grede 公司作为球墨铸铁行业的主导者，一直专注于创造这种机会。该战略简单而合理：在开发过程的早期与负责系统开发的工程团队接触。工程团队必须继续努力建立伙伴关系，共同优化产品，提供质量、重量和成本的最佳组合。

铸造专家通过与终端客户并肩合作，可以实现哪些好处？这些好处包括：

- 选择最适合应用的材料。
- 对成本和功能的设计进行优化。

与供应商“后期”合作 (球墨铸铁)	与供应商“早期”合作 (高强度球墨铸铁)	铝材料
<ul style="list-style-type: none"> ● 重量: 14.1 LBS ● 成本: “标准线” 	<ul style="list-style-type: none"> ● 重量: 9.7 LBS (-4.4 LBS) ● 成本: “标准线” +4% 	<ul style="list-style-type: none"> ● 重量: 8.8 LBS (-5.3 LBS) ● 成本: “标准线” +119%
		

- 核心
- 产品产量
- 尺寸的完整性

● 供应商和客户之间共享产品工程资源，以实现早期的设计方向。

● 由供应商完成结构效率优化（通过有限元分析（FEA）/ 优化）

● 球墨铸铁更强的机械性能提供了代替其他铝制材料的可能（为系统节省成本）。

下面是这种措施是目前所实施的方案之一。

一个实例 X

上图显示了由 Grede Product Engineering 公司生产的一个汽车应用转向节。这项实践是与客户一起进行的，以确定转向产品是否够用，或者新设计是否有用。从这个实践中，我们可以得出结论，

通过与供应商的前期整合，产品设计和材料都可以得到优化。

关键点：

● 通过早期与供应商（Grede 公司）合作提供了工程洞察力，能够在采用高强度球墨铸铁的同时，大幅度减少重量。

● 尽管铝材料能够提供了类似的减重效果，但对成本的影响十分巨大。

● 总的来说，将供应商融入到早期的工程阶段，可以使质量得以保持，而成本不增不减，重量大幅降低。

质量、重量、成本

为了实现这三个关键要素的优化平衡，现在是时候改变对铸件产品的看法，并继续撼动和挑战行业，推动优化发展。在早期的开发阶段，在设计概念形成之前（在车辆试制开发期间），客户和供应商需要合作来优化这三个关键要素：质量、重量和成本。

当务之急是在开发阶段的早期进行彻底的比较，以避免在车辆投入生产后需要重新设计产品——这是一种资源和成本消耗。供应商必须继续投资于应用和开发的工程团队，在材料配套层面上为客户提供资源以利用铁铸造的优势。对于更轻的铁铸件设计是否可以实现，这是毫无疑问的。无论市场是否是汽车行业，成功的关键是选择适当的材料、适当的工程专业知识，并在早期开发阶段整合客户和供应商。

www.grede.com

基本力学性能		
材料	铝 (Al)	铁 (Fe)
极限抗拉强度(MPa)	108-330	138-689*
屈服强度(MPa)	90-255	138-482**
延伸率 %	1-13	3-25***
弹性模量(GPa)	69+	200+

* 奥氏体化后极限抗拉强度可达1723MPa
 ** 后期处理可提供额外强度
 *** 球墨铸铁可达25%

仅需 16 周的批量生产

——一个 Aptiv 和 Fast Radius 携手的成功案例



Aptiv 是一家全球性科技公司，致力于开发更安全、更环保、更互联的解决方案，以实现未来的移动出行。他们负责设计和生产用于福特 Super Duty 皮卡的拖车牵引连接器帽，以保护电气连接器免受恶劣环境的影响。

挑战

Aptiv 需要在低产量、关键部件的生产中突破极限。该公司的任务是开发一种拖车牵引连接器帽，以尽可能低的成本和快速灵活的生产来实现福特的期望。

拖车牵引连接器帽需要满足汽车行业的标准工程和质量要求——特别是符合 USCAR-2 验证和 ISO 9000 认证——以确保电气连接器免受外部因素的影响，并且能在 105° C 的条件下保持密封。

为了实现这一目标，Aptiv 与 Carbon 和 Fast Radius 密切合作，Carbon 是数字制造技术和增材制造开发的领导者，Fast Radius 是一家先进的数字制造公司，致力于让行业拥抱增材制造。通过此次合作，福特 Super Duty 皮卡拖车连接器帽采用 Carbon Digital Light Synthesis™(DLS™) 技术进行了批量生产。此外，Aptiv 的增材制造策略提供了一种无需工具的方法，与传统成型解决方案相比，

将产品上市时间从 33 周缩短到 16 周。

使之成为可能

● 可靠的车用材料

该项目是 Aptiv 首次在汽车生产中应用聚合物增材制造技术。Carbon 团队与 Aptiv 密切合作，选择合适的材料，以满足产品的 USCAR 和 3 级密封要求。经过仔细评估，Carbon EPX 82 凭借其耐高温性、耐久性和高强度，被选为生产该连接器帽的理想材料。

● 工业级数字化制造技术

Carbon DLS 技术满足了 Aptiv 对快速、可靠和规模化生产的期望。在如此严格的行业要求下，基于预期的产量规模，Carbon DLS 是该项目的最佳方法。技术和材料一经确定，Aptiv 就开始全力投入连接器帽的设计，并与 Fast Radius 和 Carbon 的工程师合作，优化设计以适应制造。

● 生产优化和专业知识

使用增材制造来大规模的重复且可靠地打印数千个零件是一项巨大挑战。为了确保生产的可靠性，Fast Radius 利用其对 Carbon 技术的了解及经验，以及从其专有的数字线程软件中获得的见解，设计了一个构建文件，以最佳地定位构建板上的部

件。这可以解释温度和光线的细微变化。

● 增材生产的质量管理体系

经过广泛的现场审核后，Fast Radius 成为 Aptiv 汽车行业第一家经系列认证的外部增材制造供应商。Fast Radius 依靠其增材制造专业知识和软件支持的数字线程能力来执行和通过生产部件审批流程 (PPAP)。对于 Carbon DLS 技术的生产，Fast Radius 对工艺的每个步骤都制定了特定的标准操作程序，以及严格的控制计划，从而确保稳定的质量。

结论

Carbon 领先的数字化制造技术和可信赖的材料，加上 Fast Radius 的增材制造专业知识和基础设施，实现了 Aptiv 的创新解决方案。最终，福特证实 Aptiv 及其团队成功推出了这款产品。

目前，该产品的数字文件存储在 Fast Radius 的虚拟仓库™ 中，可按需订购和打印。通过与 Fast Radius 和 Carbon 公司的合作，Aptiv 利用数字化制造的优势，降低了加工费用，加快了产品的上市速度，采用增材制造技术为福特拖车连接器帽提供了一种长期精简的解决方案。

www.carbon3d.com

挤塑工艺所需时间 (33周)



Carbon® DLS™所需时间 (16周)



时间缩短了50%
从设计定稿到投产+无需开模

发格自动化

汇聚40年市场与技术积累

为机床自动化提供完整解决方案及全套配置

数控系统

伺服/主轴驱动系统

直线光标尺

角度编码器

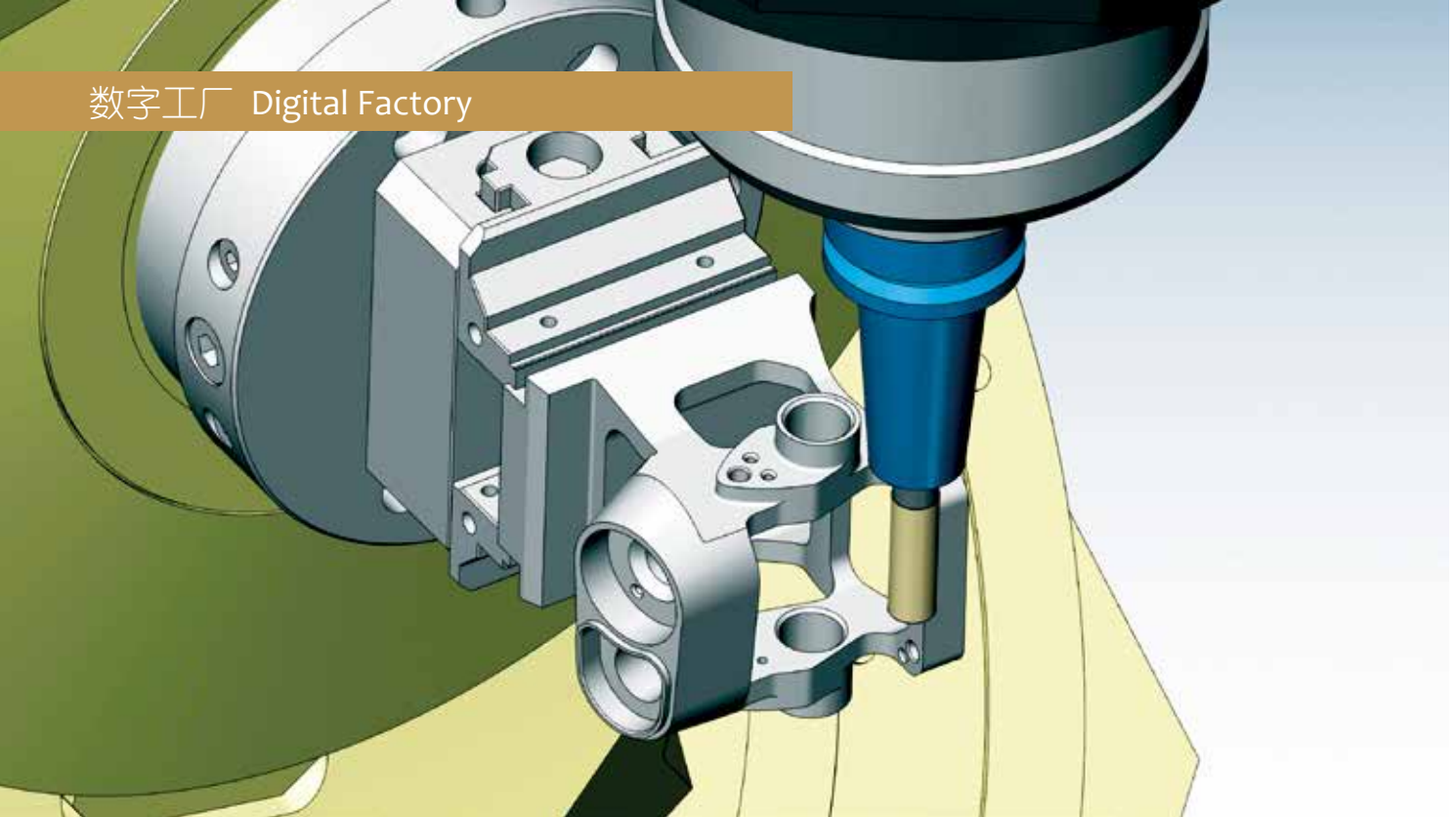


FAGOR 
FAGOR AUTOMATION

Open
to your
world

北京：010-84505858 上海：021-63539007
南京：025-83328259 广州：020-86553124
www.fagorautomation.com.cn





Mastercam 中的仿真显示了一个正在加工的工件模型。(图片由 CNC 软件公司提供)

仿真软件满足了对速度的要求 Simulation Software Meets the Need for Speed

最新添加的 CNC 刀具路径仿真软件增加了更快的程序、更高的精度和数字孪生功能。

刀具路径仿真软件使制造商们确信，他们的机床可以快速精确地切削零件，这在加工钛或铬镍铁合金等昂贵材料时特别重要。今天的 CAM 软件在如何防止会造成严重后果的机床碰撞和其他金属切削错

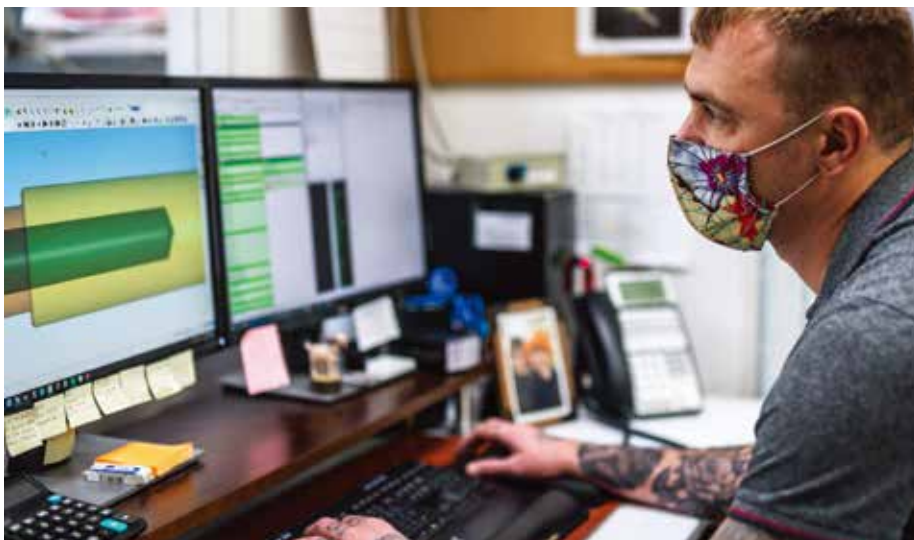
误等方面，为用户提供了越来越多的选择。然而，选择范围从基础到复杂，用户需要知道什么时候使用正确的仿真才能满足你的个人需求。

说到这里，大多数 CAD/CAM 系统都

具有一些基本的仿真功能，这些功能使用的是插件组件模块，而这些模块只需使用刀具的位置 (CL) 数据。需要更高分辨率模拟的 CAM 用户可以求助于第三方 NC 仿真程序，如 CGTech 的 VERICUT 或 Hexagon 的 NCSIMUL。为了避免代价高昂的错误，这些第三方应用程序提供切削过程中使用的所有参数的 G 代码模拟，包括切削工具、机床和加工部件中使用的任何附件。

快速而精确的金属切割

如今的机床环境更多的要求制造商采用数字孪生仿真——将实际的加工过程可视化，以达到最佳精度。位于加州 Camarillo 的 ESPRIT CAM 软件开发商 DP 技术公司的执行副总裁 Chuck Mathews 说：“刀具路径仿真的一个主要趋势是数字孪生仿真，它提供了整个加工环境的精确数字副本，并充分利用了您对机器能力的了解，如轴限制、车削选项或运动链，以最大限度地提高您的生产力。



制造商依靠数字孪生刀具路径仿真将机器设置时间平均减少 65%，使他们在试运行期间运行程序并减少反复次数。(图片由 DP 技术公司提供)



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

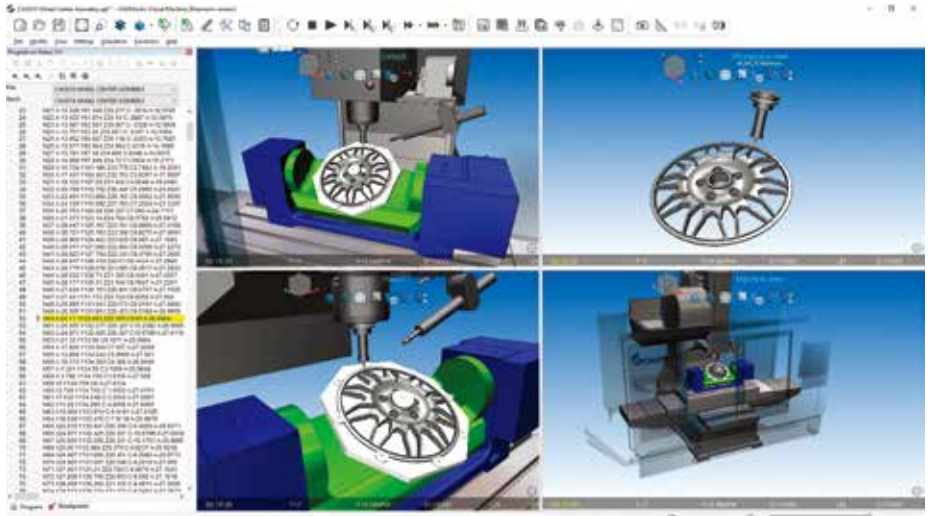
数字孪生仿真也大大减少了制造商的机器设置时间。”

Mathews 补充说，另一个关键的趋势是在编程阶段尽早加入数字孪生刀具路径模拟，而不是只在验证阶段。他说：“有了完整的机器意识和人工智能算法的帮助，现代 CAM 软件能够以最短的周期时间对刀具路径进行优化（减少空切，尽量减少换刀，轴旋转），并产生干净的、免编辑的 NC 代码。这减少了在编程后使用单独的软件来验证和优化刀具路径的必要性。

HCL 技术有限公司是 CAMWorks 软件的开发商，总部位于印度 Noida，该公司的高级应用专家 Marc Bissell 表示，精确的 G 代码仿真可以避免机器碰撞和刀具破损。他说：“许多 CAM 系统仍然是基于内部 CL 或刀具位置数据进行仿真的，这可能会给最终的 G 代码程序留下出错的可能。此外，CNC 机床根据其配置和参数设置以不同方式运行。使用 CAMWorks 虚拟机，机器模拟将运行物理机相同的 G 代码文件，并且虚拟机被配置成与真实机器完全一样的行为。这有助于确保所见即所得（你所看到的就是你所得到的）。”

快速精确的仿真

刀具路径仿真的主要趋势很简单——提供更丰富的数据，使其立即发挥作用，并提高最终的精度和生产率。这是位于康涅狄格州 Tolland 市的 Mastercam 软件开发商 CNC 软件公司的高级市场分析师



随着仿真的准确性和性能的提高，程序员可以得到近乎即时的反馈，并且可以利用仿真来交互式地创建每个操作。（图片由 CAMWorks/HCL 提供）

Ben Mund 所说的。

Mund 说：“好的刀具路径仿真软件将可靠地跟踪并记录潜在的磕伤、碰撞、轴超程等故障。程序员可以通过查看刀具运动本身，以了解移动的准确位置和其他重要信息。一些仿真解决方案还可以跟踪材料去除率，对峰值发出警告，或跟踪轴的反转。但最终，所有的仿真软件都必须让编程人员看到与所需成品零件相比，剩余材料的准确性。”

Mund 补充说：“如果程序员能够避免在机床上运行一个设置零件或缓慢地进行程序的第一次运行，他们就会节省大量的时间和金钱，并提高他们的生产力。在

机器上有一个可靠的、准确的切削运动表示，让他们知道一个成功的仿真可以保证安全和成功的切削”。

他说，其他考虑因素还包括能够获得有关机床和切削的具体信息，从而有可能改进加工工艺，以及用户能够测试多种设置和策略的一般速度和便利性。

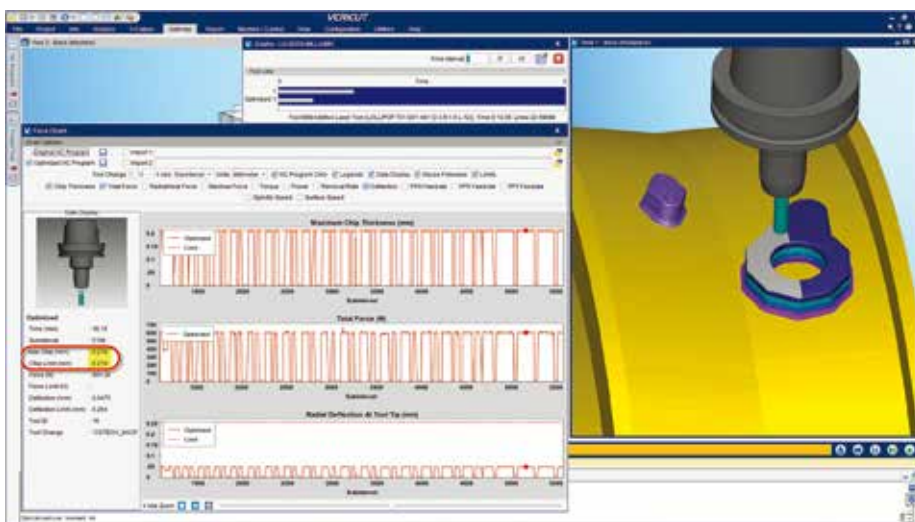
Mund 指出，将组件模块集成到 CAM 系统中并不容易。他说：“将专门的组件嵌入 CAM 系统是将互补的软件工具集成为一个软件包中的一种强大方式。这是整个 CAM 市场上广泛使用的技术。虽然这种方法很普遍，但它并不像简单地插入一个部件那样简单。正确的实现需要改变、完善和新的功能，以充分补充正在模拟的刀具和刀具运动。”

他还指出，除了 CAM 系统提供的集成仿真外，还有完全独立的仿真选项，不与任何 CAM 系统连接。这两种选择都有优缺点，对这两种选择进行评估是有益的。

G 代码模拟

提供真正的 G 代码仿真和验证的第三方应用程序包括位于加州 Irvine 的 CGTech 公司的 VERICUT，以及 Hexagon Manufacturing Intelligence 公司从法国软件开发商那里收购的 NCSIMUL。

NCSIMUL 美国区总经理 Silvere Proisy 说：“刀具路径仿真，更准确地说，是 NCSIMUL 进行的 G 代码验证，始终帮助制造商验证他们的程序，检查 CNC 加



使用 VERICUT 力图进行仿真，显示了一个优化后的铣削操作细节。进给率已被自动调整，以尽可能保持恒定的理想切屑厚度，从而使加工时间减少了 30% 至 70%（如水平条形图所示），同时切削力也被保持在刀具和数控机床的安全水平。（图片由 CGTech 公司提供）

工过程，防止任何类型的碰撞，并确保第一次就能生产出正确的零件。我们的用户体验是围绕这三个步骤进行的，而这三个步骤从一开始就内置在 NCSIMUL 验证中。离线验证数控程序仍然是所有刀具路径仿真软件用户的主要需求，对于多轴加工来说，这一点甚至更为关键。”

他补充说，开发更强的功能来预测金属切削问题是一个重要的新兴趋势。Proisy 说：“虽然主轴在零件周围移动或切削材料时的进给率优化是最明显的解决方案，但模拟主轴扭矩限制和应用于刀具的切削力，为程序员提供了关于切削过程的更好的技术数据，甚至在零件

进入真正的 CNC 机床之前。Hexagon 公司用 Optitool 解决了这些优化需求，用 Optipower 解决了切削的物理学问题。我们甚至可以预测车削刀片的磨损区域。”

同样，VERICUT 的 G 代码验证和优化功能也通过可视化实现了更高的精度。CGTech 公司的 VERICUT 产品经理 Gene Granata 说：“所有的道路都通向‘优化’。公司正在寻找并了解哪些优化产品效果最好，并能带来宣传的效果。最短的优化运行时间并不总是最好的——更多的是‘真正的’恒定切屑厚度和加工条件的一致性，提供最佳的整体效果，增加刀具寿命和延长 CNC 机床的寿命。”

Granata 指出，使用专门的 NC 刀具路径优化软件，如 VERICUT 的 Force optimization，在新的或现有的数控程序上可以实时或批量处理所有这些问题，并适用于任何 NC 机床——这是实现金属切削生产力自动化的关键。他说，关键因素包括收集数据，以做出数据驱动的决策（而不是“猜测”）；更准确的数据有助于公司在利润空间不断缩小的情况下提供更有竞争力的报价；与 CNC 机床连接正变得越来越流行，主要用于监测整体设备效率（OEE）；获得“好的”加工数据（不仅仅是“大数据”）可以使程序员做出更好的决策，改进加工方法，并在第一次就达

仿真优化了 Nikola Motor 的加工工艺 Simulations Optimize Nikola Motor's Machining Processes

十多年来，机床仿真已经成为制造业的一个标准模块。挑战仍然存在，虽然仿真可以判断是否存在碰撞，但它不能做出更多事情来避免碰撞，以克服这一挑战。传统上，仿真是一种通过 / 失败的测试。程序员或制造工程师必须确定需要进行哪些刀具路径调整来避免碰撞，然后在仿真中重复测试，通常要重复几次，直到成功。

对于 Nikola Motor 公司来说，使用 Open Mind Technologies 公司的 hyperMILL Virtual Machine NC Optimizer，仿真不仅可以发现碰撞问题，还可以考虑到更大的范围，以帮助实现公司的制造目标，总部设在

Phoenix 的电动半挂车制造商的技术运营经理 Riley Gillman 指出。“hyperMILL 仿真软件熟悉机床的运动和轴的限制，带来了更高层的软件智能，为我们遇到的任何问题自动提供解决方案。该软件自动解决了碰撞问题，并以我们以前的软件无法实现的方式优化了机床运动。”

其结果是在机床上更快地创建和执行刀具路径和工艺，从而使零件生产效率大大提高。

最近的一个例子是在一个项目中，一个夹具对机床来说太大了。Nikola 公司的 CNC 原型机加工师 Mike Jacobs 说：“我轻轻推动机床，看看我们可以在 Y 轴上移动工作台多远而不使夹具与机床

发生碰撞，并设置了软限制。然后，我能够在仿真环境中设置相同的软限制，hyperMILL Virtual Machine NC Optimizer 在创建 NC 程序时服从这些限制。在使用 hyperMILL 之前，我在计算机上看到的仿真并不总是在机床上发生的，因此碰撞很常见，我不得不浪费时间运行矢量——这是一个耗时而复杂的过程。”

此外，传统的后处理和仿真软件不能识别撤回到安全点的重新接近——刀具离开了安全平面，“你又陷入了黑暗，” Jacobs 补充说。“为了解决这个问题，hyperMILL Virtual Machine NC Optimizer 提供了一种非常高效的作业链接功能。例如，我有一个零件，有 200 个独立的作业，所以在 hyperMILL Virtual Machine NC Optimizer 中拥有自动、多轴的作业连接能力是一个巨大的优点。该软件使刀具从一帧到下一帧逐步靠近零件，而我无需发出任何额外的指令。拥有可靠的软件来管理从刀具路径到刀具路径的多轴运动，并尽可能地减少空间和距离，同时在机床行程限制内对整个零件和夹具进行碰撞检查，这是一个非常重要的事情。而且，我们在获得所有这些功能的同时，还拥有一个出色的、用户友好的界面——只是简单的文字和复选框，很容易理解。”



Nikola Motor 公司使用 Open Mind 的 hyperMILL 仿真软件来优化其制造作业。（图片由 Nikola Motor 公司提供）

到最佳加工结果。他补充说：“在制造过程的早期，在数控编程和仿真层面上这样做，要比在机验证和测试更具成本效益和时间效益。”

CGTech 的 VERICUT 9.2 软件的新增功能包括：

- 提高了速度，加快了碰撞检查、车削和车铣复合操作以及使用复杂刀具的加工，例如那些通常由基于云的刀具库分发的刀具。

- 新的切削数据图，提供了收集加工过程中更多关键信息的手段，突出了刀具过载 / 安全问题，并显示了刀具未被充分利用或加工方法效率低下的情况；以及

- 增强了优化的“学习”模式，以及更多的优化策略，如计算进给率和细分刀具运动，以尽可能实现恒定的理想切屑厚度，同时确保不超过最大允许的刀具偏转、切削力和主轴功率需求。

NCSIMUL 的新功能包括更快的处理速度以及中间库存管理，在新的 G 代码迭代产生不同的结果时，可重启仿真并对其优化，Proisy 说。“这是一个聪明的方法，当用试错法来设置一个新程序时，可以节省数小时的仿真时间。”

Proisy 继续说：“除了传统的进给率和力的优化能力外，我们现在还通过预测用户会出现振动或表面质量问题的代码行来解决五轴奇点问题。仿真可以根据切削策略对五轴可加工性进行评级，并确定切削进给率是否可以实现；最终，如果有必要，

程序员将决定在机器中重新定位零件。在这项新发展之前，五轴质量分析无法在切割零件之前进行，因此不良的表面质量只能在事后观察。五轴加工的切削时间分析对于更好地预测变得非常重要；在决定可用的多种五轴策略时，它是一个关键因素。”

用户想要什么？

DP 技术公司的 Mathews 指出，机械加工是一个复杂的过程，必须快速、准确地进行仿真。他说：“通过 ESPRIT，我们整合了 Binary Spaces 公司的 SimNC，作为我们数字孪生仿真的仿真引擎，用于编程、仿真和优化。仿真引擎只是拼图中的一块；更重要的是市场上各种机型的正确数据量。”

他指出，位于德国 Teltow 的 Binary Spaces 公司已经开发了一种名为 GDML 的新数据格式，以支持机器、夹具和工具的数字孪生体的定义。“通过 ESPRIT 和机床 OEM 合作伙伴之间的广泛合作，大型 GDML 数据库在过去几年中迅速增长，以支持我们终端用户的需求。”

刀具路径仿真软件不断发展，以增加更高的可靠性，从而持续可靠地预测一个制造过程。马萨诸塞州 Needham 的 Open Mind Technologies USA 公司的总经理 Alan Levine 说：“使用‘数字孪生’概念对实际的机器部件和控制器性能进行建模，对计算出的刀具路径进行仿真，以确定碰撞的可能性，并使机床达到高生

产率。虽然第三方模拟软件产品独立于 CAM 引擎对刀具路径进行检测，但目前 CAM 制造商的仿真系统，除了零件、毛坯、刀具和刀具路径的基本信息外，还能够连接详细的编程参数，从而提高仿真的质量。完整的制造环境的可用性避免了对碰撞区域进行单独验证的繁琐和耗时的的工作，并在不损失安全性的情况下实现了自动化。”

Levine 指出，除了传统的仿真任务，hyperMILL 虚拟机数控优化器为制造商提供了新的技术。他说：“不仅可以零件和机床模型检查刀具路径，还可以根据机床运动学和特定的几何元素（如不对称头或偏置头）优化刀具路径。虽然大多数 CAM 系统是以工件、刀具和夹具装置的视图进行计算，但 hyperMILL NC 优化器在计算最佳刀具路径解决方案的同时，还能够考虑到整个加工环境。”

Levine 说，随着 CAM 软件和仿真之间的整合，hyperMILL NC 优化器还可以访问程序设置，并利用它们来确定首选刀具路径。Levine 补充说：“例如，程序员可能想在不改变 CAD 模型的情况下改变一个孔的深度，或者把孔钻得比模型大。在这些情况下，相对于零件模型有碰撞，但相对于与编程余量一起考虑的零件模型没有碰撞。传统上，仿真只是为了检查 CAM 系统的刀具路径是否会产生碰撞，提供一个是否的结果。使用 hyperMILL 数控优化器，仿真环境可以做到这一点，也可以改进刀具路径。”

他说，插件式刀具路径组件对 CAM 供应商提供的仿真系统很重要，他指出 Open Mind 公司使用 MachineWorks 的内核进行机床仿真。总部设在英国的 MachineWorks 公司的插件组件提供材料去除（或添加）和碰撞检查。Levine 说：“CAM 供应商决定如何使用这些工具包，并提升他们自己的分析能力，如 hyperMILL NC 优化器。整体仿真解决方案包括标准的材料显示和碰撞通知，以及来自 hyperMILL 虚拟加工环境的高级功能，如平滑链接、约束的线性分析或旋转轴范围、选择五轴机床变体等。”

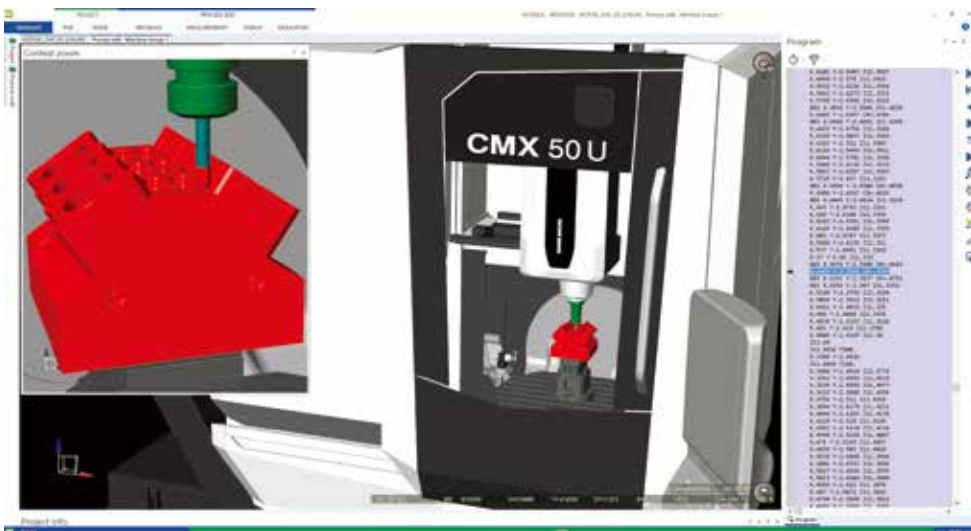
www.mastercam.com

www.espritcham.com

www.ncsimul.com

www.camworks.com

www.openmind-tech.com



在 Hexagon 公司的 NCSIMUL 刀具路径仿真软件中对一个发动机组进行仿真。最新的更新包括速度和功能的改进，以增强用户体验和提高制造质量。（图片由 Hexagon Manufacturing Intelligence 公司提供）

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/>



用 PLM 工具改造制造业

Transforming Manufacturing with PLM Tools

PLM 的虚拟功能，包括数字孪生，有助于利用远程工厂资源。



生产经理在车间使用基于平板电脑的 PTC Windchill PLM 可视化技术进行协作。PLM 已经成为各种规模的企业数字化转型和数字线程计划的基础。（图片由 PTC 公司提供）

通过产品生命周期管理（PLM）软件，制造商拥有强大的工具来管理冲击其行业的巨大变革。PLM 软件包括所有最新的产品数据管理（PDM）和 CAD/CAM/CAE 工具，制造业专业人员需要这些工具来处理广泛分布在世界各地的劳动力和资源。

在制造业中利用 PLM 的数字孪生，可以提高在家工作的员工处理日常生产管理的能力，其资源通常存储在云端。自从 COVID-19 疫情开始以来，制造业务不得不在处理虚拟工厂的运营方面变得更有创意。许多 PLM 专业人士表示，这一趋势将持续下去。

转向下一代 PLM

Autodesk 公司是总部位于加州 San Rafael 市的 Autodesk Fusion Lifecycle PLM 软件开发商，该公司的高级 PLM 业务策略经理 Keri Bender 指出，许多因素

正在影响 PLM 客户的需求。她补充说：“产品正变得越来越智能，因此 PLM 必须能够处理机械、电子和服务设计数据。过程正在数字化，而且这种数字化越来越多地跨越部门之间的界限，扩展到合作伙伴网络和供应链。自动化正在接管工厂，制造商正在重新思考他们的供应链。”

Bender 说，PLM 开发商主要在两个层面上看到挑战。下一代 PLM，或如她所说的“PLM 4.0”，需要比传统的 PLM 更加灵活，并适应不断发展的工艺、数据源和学科。Bender 说：“Autodesk Fusion Lifecycle 就是为了解决这种情况而设计的。PLM 4.0 需要实现跨部门的无缝协作，更关键的是，在保护数据完整性和知识产权的同时，实现不同合作伙伴的生态系统之间的协作。作为基于云的产品，Fusion Lifecycle 是为跨部门和供应链的部署而设计的。”

Windchill PLM 软件开发商、总部位于波士顿的 PTC 公司的营销副总裁 Marc Taber 指出，现代化和数字化转型势在必行。Taber 说：“这促使 PLM 的性质发生了变化，从被看作是一个用于保存和更新 CAD 数据的工程工具，变成了真正的企业 / 多企业合作的产品生命周期管理。PLM 已经成为这些数字化转型或数字线程计划的基础。现有的应用程序基础设施由通过微软 Office 和 / 或自制应用程序的集成组成，不再适用于新的复杂程度。”

Taber 强调了 COVID-19 之前的三个关键驱动因素——客户、价值链和产品——都已发生变化。他说：“政府和客户对公司管理数据的方式提出了很高的操作要求。客户还要求更多的定制解决方案，同时扩大变体的数量。”

他补充说，公司正在寻求将其很大一部分生产外包出去和 / 或组建合资企业，

增加推动建立供应商伙伴关系的机会。Taber 指出，供应链中断的风险推动了对更多标准化组件的需求，以实现效率和规模，而且产品也发生了变化。他说：“产品已经从简单的电动 / 机械设备演变为软件驱动的互联设备。由于 COVID-19 造成的干扰，基于 PLM SaaS 的协作被视为确保全球 24 x 7 远程工作的关键。”

克服信息孤岛

德克萨斯州 Plano 市 Siemens Digital Industries Software 公司生命周期协作软件营销总监 Bill Lewis 说，不断变化的业务和市场需求正在推动制造商采用新的政策，以数字化转变他们的工作方式。“客户正在寻找解决方案，以帮助他们实现数字化转型的目标，而 PLM 是一个关键的推动因素。今天的 PLM 软件必须支持全面的数字孪生，支持产品的所有方面，包括机械、电气和软件组件。它必须允许个性化，以适应所有类型用户的需求，而且它必须是开放和灵活的。”

Lewis 指出，当今许多制造商面临的现实是，他们继续各自为营，几乎没有真正的合作。“这可能会造成相继的、手动的交接，以及大量的数据冗余和不一致。这就有可能造成沟通不畅、质量失控，以及可制造性问题发现太晚。这些问题会增加设计时间、工作量和返工成本。”

他补充说，用于制造的 PLM 软件可以发挥关键作用。Lewis 说：“企业可以在产品生命周期的早期调整生产计划活动。在变化成本仍然合理的情况下，早期协作实现了解决问题和优化加工计划的可见性。”

Lewis 说，通过 PLM 解决方案，用户创建了一个制造物料清单 (mBOM)，用于工程物料清单 (eBOM) 的特定视图和扩展，并与设计要求完全挂钩。它允许用户：

- 在产品生命周期的早期，与所有利益相关者合作，定义并验证生产工艺清单 (BOP)。

- 编写详细的电子工作指令，通过 BOP 与所需的零件和工具直接联系起来。

- 使用经批准的时间标准来进行时间分析；以及

- 捕捉、分享和重用制造知识，以传播最佳实践，提高数据质量，并尽量减少数据冗余。

Dassault Systèmes 公司总部位于法国 Vélizy-Villacoublay 和 马萨诸塞州 Waltham 市，其 Enovia 营销副总裁 Garth Coleman 指出：“工业不断转型，现在人们需要更快地将复杂产品推向市场。”该公司开发了 3DExperience PLM 平台。Coleman 补充说：“制造业已经超越了公司的四面墙，扩展到一个全球网络。数字化和自动化使企业能够虚拟地反映他们的

制造，快速体验和创造新概念。但新的解决方案超越了数字化，既提供了一个运营系统，以掌控一个企业，又提供了一个商业模式，以改造一个企业。”

虚拟世界对于交付日益创新的产品至关重要，Coleman 补充说。“当我们审视 PLM 的发展趋势时，很容易发现，如何构建未来取决于几个关键因素。”这些因素包括：

- 利用虚拟孪生，

- 在整个价值链中使用产品数据分析，通过虚拟样机改善设计，了解产品在物理世界中的表现，

- 通过预测分析优化生产操作，

- 无缝连接到其他公司的增值服务，

- 利用虚拟世界重塑业务，促进可持续发展，

- 具有能够实现增材制造和分布式制造的技术未来企业，以及

- 为制造业劳动力提供最佳的工具和解决方案，以实现创新和协作。

目前，部署 PLM 的最大障碍仍然是孤岛式工具。这些孤岛阻碍了团队有效地将工程信息统一到一个单一的事实来源，Coleman 说。其他障碍包括：阻碍数字线程建立的不同数据源、组织变革管理、技术安装 / 升级、数据迁移和工具迁移。另一个关键障碍是尝试使用不同的设计系统进行跨学科创新。

PTC 公司的 Taber 表示，制造商已经意识到，需要进行数字化转型，以提高开发速度和灵活性，改善质量，并减少数百万美元的成本。然而，他指出：“在正常时期，这种规模的转变并不容易，而现在不是正常时期。制造商们正在努力解决如何在他们的系统不能相互沟通的情况下将他们的组织整合起来。他们生活在一个纸质范式中，他们的组织的关键被锁在 PDF 文件中。如何维护对数百万个变更对象的配置控制，每个变更对象都与文档和模型有关系？你如何在数百个项目和数千人中管理所有这些不同的零件？他们要遇到多少个发布过程？更复杂的是，还有无数 COVID-19 的挑战，以及没有为远程工作人员设置或设计的 IT 系统。数字化转型似乎势不可挡。”

虚拟时代的新工具

去年 6 月，Siemens 公司在其虚拟分



Autodesk Fusion Lifecycle 用户可以在 Moldflow 和 Netfabb 中的金属增材制造应用程序中集成仿真，以及在 Fusion 360 中添加新的机床模拟。(图片由 Autodesk 公司提供)

析师会议上宣布了 Teamcenter X，这是其首次进入 SaaS PLM 市场。该公司在其网站上为潜在客户提供了该软件的 30 天免费试用。Siemens 公司的 Lewis 说：“通过 SaaS 交付，Siemens 完成了在云上管理 Teamcenter X 部署的所有工作。客户可以随用随付，并关注其产品的创新。”

“Teamcenter X 就是 Teamcenter，”这意味着 SaaS Teamcenter X 的客户获得了广泛使用的 Teamcenter 的所有好处。”

Dassault 公司的 Coleman 指出，该公司全面扩展了其 PLM 产品，仅 Enovia 就在最近发布的 R2021x 3DEXperience 平台版本中增加了 100 多项新功能和增强功能。Coleman 说：“新的 Collaborative Designer for Solid Edge 角色将 3DEXperience 平台的功能扩展到更多传统的、基于文件的机械 CAD 用户。此外，在 R2021x 中，Collaborative Designer for CATIA V5、Solidworks、AutoCAD 和 Altium Designer 角色有许多增强功能。这些增强功能使 multi-CAD designers 能够通过访问平台功能来推进协作和数据管理。”

Coleman 补充说，Enovia R2021x 还包括一些增强功能，通过改善用户管

理复杂产品定义的方式，推进产品的整体 3DEXperience Twin。他说：“例如，Product Release Engineer 角色支持替代项，以简化为主要工程项提供的选项。在 R2021x 中，跨 3DEXperience 应用程序的工作也更加高效。一个新的 ‘Open With’ 命令允许用户直接从 Product Release Engineer 表视图中打开支持的应用程序中的产品定义。此外，当从 Issue 3D Review 移动到 3D Markup、3D Compose、3D Annotation Insight 和 Interference Check 应用程序时，3D 内容和支持信息会自动加载。”

PTC 公司的 Taber 指出，在当前的 COVID-19 风波中，人们重新关注劳动力的流动性和弹性。PTC PLM 的开发包括“通过 SaaS 产品更快地提供更多的创新产品，客户不受 IT（永恒的创新）的限制”，Taber 说。其他可交付的产品包括“Plant Specific Manufacturing BOMs、Process Plans、Work Instructions、Single BOM / 不同的视图，以及创建关联的（而不是复制的）可追溯的、可视化的（包括 GD&T）内容和对配置的理解；将 AI 应用于每个工艺——提供更多的指导；模拟驱动的设计；并通过增强现实，为数字原生

代提供正确的数字技术。”

更好的仿真提升了虚拟体验

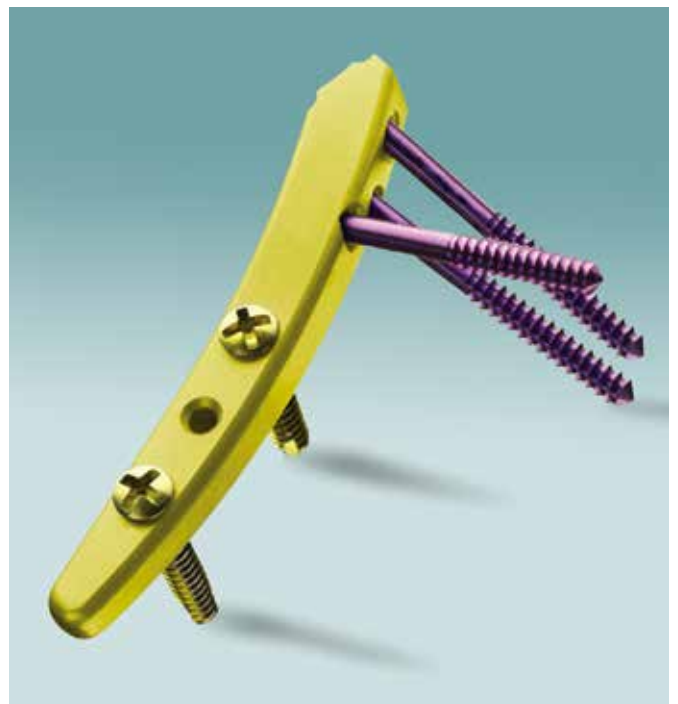
所有主要的 PLM 软件开发商都推出了新的仿真方法，这有助于改善客户的虚拟世界，使其更好地匹配在工厂车间或可视化产品的开发中遇到的情况。Autodesk 公司的 Bender 说：“无论是预测可制造性、生成可制造设计，还是评估已制造产品的性能，仿真比以往任何时候都更善于说明制造问题。从 Moldflow 的注塑成型到 Netfabb 的金属增材制造，再到 TruComposite 的复合材料，可以评估可制造性的工艺清单在不断增加。而且，我们在 Fusion 360 中增加了机床模拟。”

Bender 指出，生成设计最初侧重于为增材制造设计。她说：“现在，技术中的新约束，使生成 2.5 轴、3 轴和 5 轴加工、两轴切削和压铸的优化设计成为可能，甚至未来更多的优化设计。制造对性能的影响，特别是复合材料，需要加以考虑。集合 Moldflow、Helius PFA 和 Autodesk Nastran 等技术，意味着可以对制造的产品进行性能分析。”

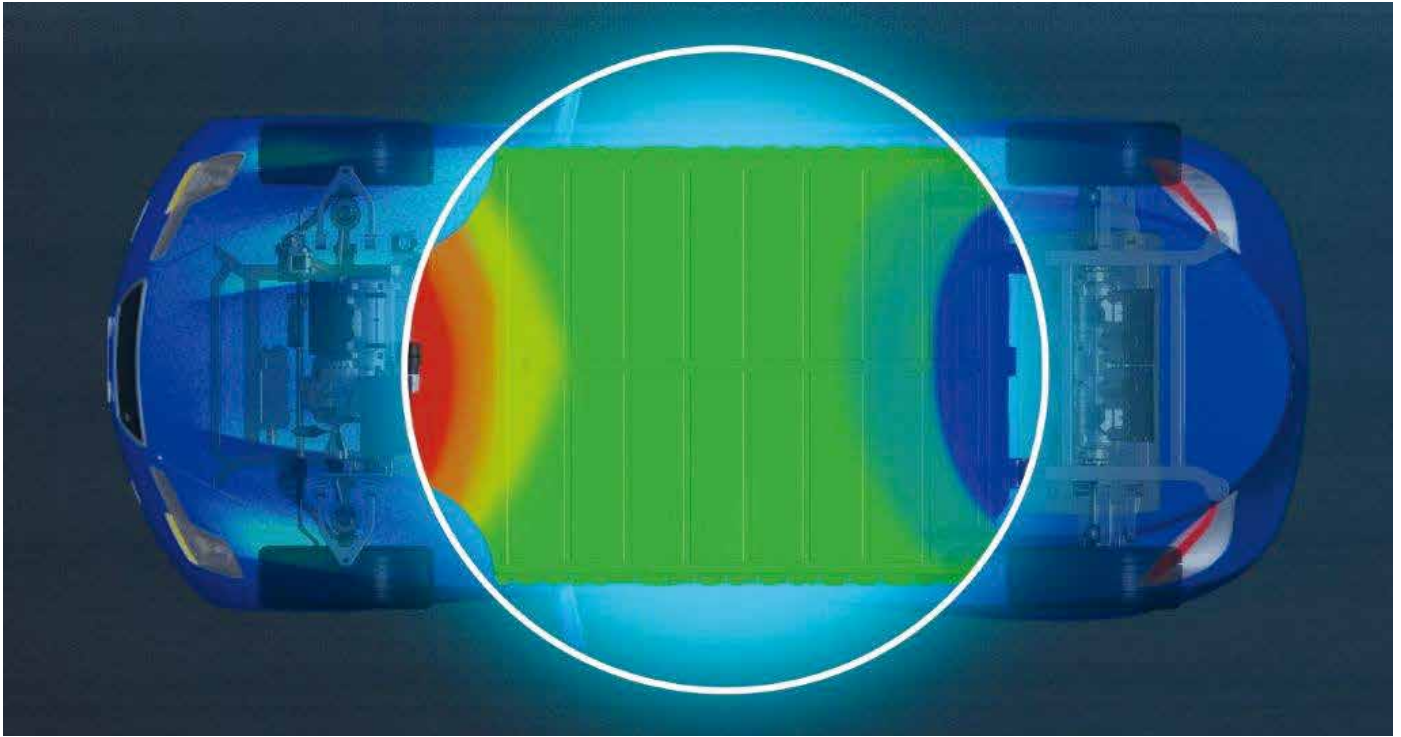
Siemens 公司的 Lewis 指出，随着产品变得越来越复杂，仿真是管理它的核心。



通过 Dassault Systèmes 公司最新的 3DEXperience PLM 平台，用户可以获得基于模型的功能，来定义、模拟、验证、优化和可视化与工厂作业孪生的虚拟体验。（图片由 Dassault Systèmes 公司提供）



Siemens 的客户 Wright Medical 公司，为骨折修复手术和其他医疗程序来制造复杂的植入物。这张照片显示了用于修补一个人手腕上的严重骨折的植入物和接骨螺钉。（图片由 Siemens Digital Industries Software 公司提供）



Simulia 多物理场仿真可以帮助设计师和工程师获得关于产品开发的结构、流体、注塑成型、声学 and 结构属性的可视化和数据。(图片由 Dassault Systèmes 公司提供)

Lewis 说：“因为这些数据不是孤立的，所以仿真方法提供了更强的洞察力。它与数字孪生联系在一起，每条信息都有依赖性。所有的数据都是可检索的，并且理解其背景。如果不加以管理，这种大量的仿真数据就很难搜索。工作的可追溯性和变更管理既关键又困难。在大多数公司，时间被浪费在搜索数据或研究一个过时的设计版本上。”

他提出的理由是，Teamcenter Simulation 有助于加快产品开发的速度。“通过自动化和重用大量的仿真任务，以及组织相关数据的可追溯性，可以减少效率低下的情况。这使它容易和快速地被找到。在 PLM 系统中采集数据时，连接多个软件应用的 CAE 工艺可以被编排成自动运行。结果的可视化有助于非专业人士理解仿真，从而将其应用扩展到更广泛的用户。”

Coleman 指出，Dassault 公司的 Simulia 仿真软件在不同的工业应用领域为用户提供服务。设计师和工程师可以在他们的日常产品设计活动中使用仿真。他说：“仿真技术覆盖结构、流体、注塑成型、声学、电磁学和结构应用等方面。在应用背景下提供正确的功能。对于临时用户的

访问也有指导性。”

用户能够在一个与 PLM 和 CAD 完全集成的设计环境中，使用设计几何图形进行仿真。由于仿真任务和属性与设计相关联，当底层设计发生变化时，仿真很容易执行，Coleman 说。

他说：“Simulia 还可以模拟与产品数据直接相关的复杂装配。建模、仿真和可视化技术在 3DEXPERIENCE 平台上完全集成，包括过程的捕捉、发布和重用。通过将仿真数据、结果和 IP 连接到平台上，客户在仿真方面的现有投资价值得到了最大化。”

他认为，计算机辅助设计软件和现实的多物理场仿真技术加速了可持续的产品设计，验证了其性能并帮助生产。“由于产品的最终构成有如此多的变量，利用强大的多物理场仿真能力，使企业能够及时进行优化，同时对产品的关键指标保持清晰的认识，包括安全、重量、强度、振动甚至电子信号的保真度。”

Coleman 补充说，有了 Simulia，Dassault 公司已经有了一个统一的、基于模型的仿真生命周期管理方法。现在它可以在公共云上使用。3DEXPERIENCE 的 R2021x 版本拥有按行业和工作流程特定

角色排列的应用程序，提供了以前版本中没有的新功能。

Coleman 继续说道：“除了制造过程的模拟，作为 COVID 疫情带来的‘新常态’的一部分，仿真也在我们返回工作和学校的过程中发挥着不可或缺的作用。例如，为了帮助促进学生和工作人员的安全返回，Dassault Systèmes 公司已经展示了长期以来用于优化工业设计的仿真，如何能够创造更安全和更健康的教室。”

Coleman 说，随着冠状病毒在空气中的传播，了解气流的物理特性以及潜在污染的空气飞沫的传播路径，有助于减少其影响。“为此，Dassault Systèmes 公司使用由 3DEXPERIENCE 平台支持的 Simulia 应用程序，展示了教室内有效的通风扇位置，以及最大限度减少传染的最佳教室座位。

Coleman 说，除了使教室更加安全之外，Simulia 应用程序和服务还被用来帮助建筑工程师和设施管理人员在疫情期间重新评估医院、机场、工厂、办公室等空间和生活空间。

www.autodesk.com

www.3ds.com

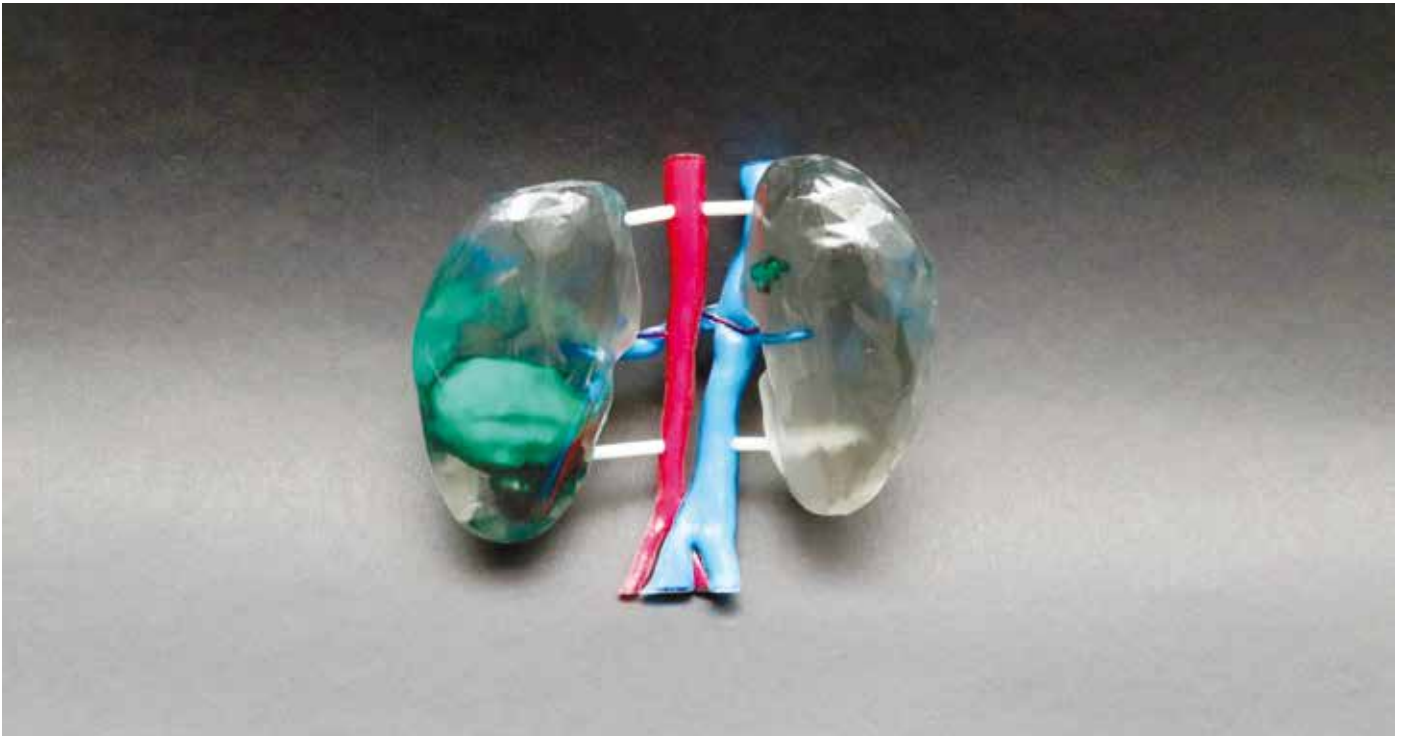
www.ptc.com

www.plm.automation.siemens.com

3D 打印创造了医疗奇迹

3D Printing Builds Medical Miracles at the Point of Care

为诊所和医院里的每个人量身定做。



3D 打印的成人左、右肾，肾实体为透明材料，肿瘤为绿色。该产品是在 Stratasys J55 材料喷射 3D 打印机上打印的。（图片由 Mayo Clinic 提供）

3D 打印的按需应变优势继续让医疗机构在针对病人的护理方面达到新的高度。手术模型、指南和大流行病相关的个人防护设备正在提升打印对于速度的需求，甚至于需要在医院之中完成整个流程。

Mayo Clinic 所实行的大批量护理点生产正在 Montefiore Medical Center 的新 3D 打印实验室等项目中得到响应。去年 11 月该公司宣布了 3D 系统公司和退伍军人健康管理局之间的合作，将把医院内的制造模式带到全国范围内的几十个组织中。

在院制造

明尼苏达州的 Mayo Clinic 最近将其位于市中心的生产场地扩大到 7000 平方英尺，继续提高其将制造业引入医疗保健环境的行业这一领先模式的标准。

医疗总监 Jonathan Morris 博士说：“自

从我们创立了使用增材制造进行病人护理的临床服务以来，产量已经从之前的每年约 20 个解剖模型爆炸式增长到每年 3000 个模型，这些模型可用于 Rochester 主院区的每个外科亚专业中。平均每个亚专业中约有 850 个病人。这些专业包括胸科、结直肠科、神经科、儿科、泌尿科、骨科和心血管科。Morris 实验室最擅长应对的是癌症或良性面部重建，所有骨科，以及先天性心脏病同时，在过去两年中，手术指南的产出增加了 500%。”

由于该实验室靠近诊所，因此它也成为了最有活力的科室之一。外科医生经常来实验室进行手术规划，并对模型进行“即时”咨询。

Mayo 为了能够让医生更为容易的预定 3D 解剖模型，进一步的使预定 3D 解剖模型成为护理的标准。“我们继续建立

IT 工作流程，使医生们能够在电子医疗记录或 EMR 系统中预定模型。” Morris 说，“我们已经在 Epic（梅奥诊所的 EMR 平台）中建立了增材制造所需的基础设施，可服务于特定的病人，并生成模型和指南。”这使得预定手术模型就像预约血液检查、CT 扫描或其他诊断一样简单。“我们的外科医生很忙。” Morris 说，“如果（3D 打印模型或指南）是护理标准，他们必须能够像其他东西一样进行简单预约。”

例如，在颌骨肿瘤的情况下，外科医生可以在 CT 扫描的同时看到病人并预定解剖模型和手术指南。这触发了放射科使用为 3D 打印解剖模型设计的特定协议。“有这些都会自动转移到我们的临床部门，该部门集中在放射科。我们在临床护理中建立了一个制造工作流程解决方案。”

通过与增材制造软件供应商 Link3D

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

合作，“我们为 Mayo Clinic 建立定制解决方案。” Morris 说，“一旦我们开始进行成像，通过虚拟世界开始了手术规划和引导，那我们就想生活在 Link3D 系统中一样，并且还能够在相关的制造数据直接嵌入电子医疗记录中。当涉及到为病人定制特定的植体时，制造过程的每一步都将与该病人的医疗记录相联系。”

质量、技术和效用

Morris 补充说，与任何其他制造过程一样，质量控制也是建立在每一个步骤中的。“我们可以查看仪表盘，了解我们有多少个模型，用于多少人，以及手术日期是何时。我们可以通过这种类型的打印机对我们每年做了多少次颌骨切除手术进行追踪。”

当外科医生在医学模型或指南上签字时，它就会被送到 36 台打印机中的一台。还原光聚合是该诊所的主要技术，其内部有 27 台 Formlabs 打印机。这些设备还包括一台 NewPro3D 数字光处理 (DLP) 还原光聚合打印机；Stratasys 材料喷射打印机，包括 Objet500 和 J55；2 台 Ultimaker S5 和一台用于材料挤出的五丝输入 PRUSA；一台用于尼龙 12 的 EOS P110 Formiga SLS (选择性激光烧结) 打印机；一台用于全逼真彩色尼龙打印的

HP 多喷射融合打印机；以及一台来自 3D Systems 的 ProJet 660Pro 粘合剂喷射打印机。“我们有全彩和逼真的色彩能力，可以生产多材料模型和可消毒的、生物兼容的模型、指南和拭子。有了 DLP 打印机，我们可以在两个小时内打印出一个头骨，这非常有助于创伤病例的治疗。”

因为 Mayo 的增材制造中心配备了相关专业的放射科医生，他们可以在把模型给骨科、肿瘤外科医生的同时，指出肿瘤的边缘在哪里，这些也是外部 3D 打印公司所无法做到的。

在材料方面，Mayo 也已经与供应商签订了批量合同，以确保设备的一致性，“因为这些东西都是要植入人体的，所以在原材料方面，不能有半点差池。”

Mayo 的制造模式意味着其专家可以在整个企业范围内进行咨询、设计和打印。例如，一个植体既可以在佛罗里达州 Jacksonville 校区进行打印，也可以将其在各州之间传送。

这是一个很大的范式转变。

“现在我们已经摒弃了传统医疗设备公司的制造方式，取而代之的是外科医生可能通过符合 HIPAA 标准的云计算上传影像，与一家公司的工程师安排时间，然后对计划进行两次审查计划，最后设备在某个地方制造将其并运送到医院。这是一种

真正颠覆性的制造医疗设备和解剖学模型的新方式。尽管全国各地的其他中心正在增加对 3D 打印的使用，但 Mayo 一直走在前列。我们已经在空间、设备和人员方面建立了监管、IT 和医院内部的基础设施，使之成为现实。”

最终，“我们正在使用工业制造设备来从根本上改变我们治疗病人的方式。我们正在以分布式的方式在护理点做这件事；传统的制造商已经变成了医院。” Morris 说。

Montefiore 也加入了

纽约市 Montefiore 医疗中心的 Nicole Wake 博士带着美国医学会 (American Medical Association, AMA) 的路线图和她所掌握的多种模式，自 2019 年 1 月在放射科创建 3D 成像实验室以来，一直 3D 打印领域不断耕耘。

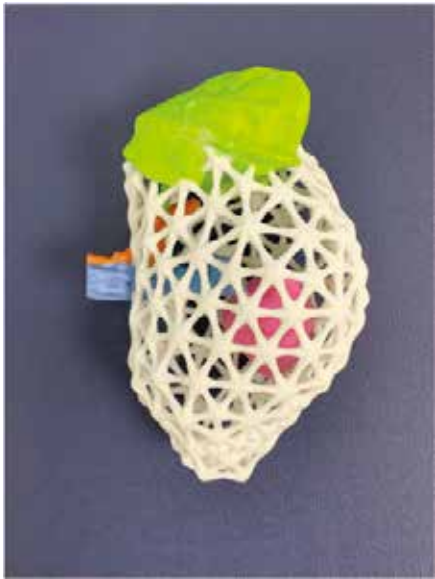
“结合 2019 年 7 月发布的新型 AMA 第三类 CPT 编码的 3D 打印，我们已经建立了一个正确的工作流程和与之匹配记录方法，以及新型的 3D 打印解剖模型和指南。” 3D 成像主任和放射学助理教授 Wake 说，“首先，临床医生被要求在我们的病人医疗记录系统中下订单。一旦订购了模型，它就会进入 3D 实验室的工作清单，我们就能与医生协商并决定采取哪种打印方法。在模型打印完成后，我们通过图片来记录，并有一个口述模板，其中包括有关打印技术、材料类型、打印时间和医生工作的信息。在模型交付给医生之前，所有这些都会被输出到病人的医疗记录中。”

Montefiore 使用多种增材制造工艺，包括还原光聚合、材料挤压、材料喷射和粘合剂喷射。“我们考虑的事情包括：模型是否需要消毒并带入手术室，或者是否需要足够的灵活性，以便在模型上进行术前模拟。粘结剂喷射能够帮助我们实现漂亮的多色彩打印，因此我们能够在模型中正确描绘所有感兴趣的解剖区域。我们甚至可以创建晶格结构，以便在器官内突出内部结构，而且这些结构都可以通过全彩显示。” Wake 说。

骨科、泌尿科、整形外科和放射肿瘤科的专家是 Montefiore 公司 3D 打印模型的主要用户。这些模型“对医学生的教育以及病人的沟通也特别有用，使病人能够更好地了解自己的疾病，并帮助他们在治



Mayo Clinic 的技术员 Grant Call 在 Formlabs 3B 型还原光聚合打印机上进行光学测试。Mayo 在其团队中增加了 20 台 3B 打印机，用于 3D 打印可进行 COVID-19 测试的手足口中拭子。(图片由 Mayo Clinic 提供)



New York 市 Montefiore 医疗中心的 Nicole Wake 博士最近制作的格子结构的肾脏肿瘤模型的前后视图。一个肿瘤为绿色，另一个肿瘤为粉红色；动脉为红色，静脉为蓝色。（图片由 Nicole Wake 博士提供）

疗选择方面做出更明智的决定。”

Wake 最近为一个复杂的肾脏肿块病例创建了一个 3D 打印的肾脏肿瘤模型，她解释说：“这个模型是通过我们的粘合剂喷射打印机（Projet CJP 600, 3D Systems）进行多色打印的，并且，我们在其中创建了一个晶格结构，这样我们就可以透过肾脏看到一个内生性肿瘤和第二个部分内生性肿瘤的内部组件。该模型通常用于术前和术中，对手术过程有着极大地帮助。”

关注教育

Cleveland Clinic 为医院的 3D 打印提供了一种独特的方式，它结合了增强现实（AR）、新颖的应用和对病人教育的重视。除了 3D 打印的手术模型和工具，Cleveland Clinic 还为一位遭遇气管和支气管异常狭窄的癌症幸存者打印了固化硅气道支架的注射模具。

Karl West 是 Cleveland Clinic 医疗设备解决方案的主管，也是其 Lerner 研究所（Lerner Research Institute, LRI）的工作人员，18 年前他将自己的生物医学工程背景带到该机构，开始研究主动脉瘤的支架移植术。在 2003 年诊所购买了的第一台 3D 打印机后，他现在负责监督 LRI 的 3D 打印专业团队，他们在六台打印机阵列上加工柔性、刚性和彩色材料，包括碳纤维和 ABS，其中包括一台 Stratasys J750

polyjet 和一台 Ultimaker 熔融沉积打印机。

“我们有大量的材料可供选择，因为我们永远不知道我们会被要求打印什么。”在心脏瓣膜畸形的情况下，瓣膜和瓣环可以用柔性材料打印，而钙化则要用硬质材料打印。

LRI 与诊所的临床医生和病人直接互动，以制定最佳的治疗方案，West 说。他还补充道，打印 3D 手术模型需要仔细阅读医学影像，以准确打印出正确的解剖结构，这项工作可能需要几个小时或几天。

但这项关键工作可能会导致专家完全改变手术方法——比如有些人可能会有先天性心脏畸形。在最近的一个案例中，West 和他的团队将 AR 和 3D 打印结合起来进行面部移植。“我们能够研究不同的情况，以至于清楚地确定有多大的脸部需要被手术替换。”

虚拟 3D 模型

West 说，HoloLens AR 全息计算机头盔可以为人们提供下一层次的解剖学确定性。例如，通过头盔观察心脏的 3D 打印模型，专家可以直观地看到血液的流动，或心脏瓣膜如何打开和关闭。

除了在医院里推动 3D 打印的界限，LRI 正在努力创建一个玻璃墙后的 3D 打印中心，让病人和访客看到正在打印的模型，以及以前展示的模型。这将有助于公众了解更多的解剖学知识，包括器官的功能和它们的大小。

例如，“我们已经打印了患病和健康肝脏的模型。”West 说，“我们把它们做成透明的，这样你就可以看到血管，因为你在患病的肝脏中可以发现血管的缺乏。”一位医生保留了 West 团队打印的所有肝脏模型，以教育患者了解疾病和程序。

展望未来，West 设想在医院打印病人特定的植入物。对于军队来说，士兵的铭牌可能包含护理人员打印受损骨骼的替代品所需的所有数据。在术前培训方面，



Cleveland Clinic 面部移植手术团队成员 Kihyun Cho 医生，使用 HoloLens 为 Katie Stubblefield 的面部移植手术进行术前规划。（图片由 Cleveland Clinic 博士提供）

外科医生可以在他们的办公室里来打印解剖模型进行练习。这也将继续促进微创护理的进步。

West 说：“我真的没有想到我们能够不开胸的情况下更换主动脉瓣。”他补充说，现在这已经成为现实，下一个就是二尖瓣置换。“3D 打印机和相关的仿真建模技术给了我们巨大的帮助。”

退伍军人健康管理局 (VA) 大展拳脚

在一项有望为联邦监管机构提供大量关于使用 3D 打印技术在现场制造医疗设备的数据的合作中，退伍军人健康管理局 (Veterans Health Administration, VA) 于 11 月与 3D Systems 公司签订了一份合同，拟在退伍军人医院内建立符合 FDA 要求的制造设施。

这项合作源于 VA 在 COVID-19 疫情早期对口罩的需求。当 3D Systems 公司帮助其搭建完一条临时口罩生产线后，VA 又要求提供可打印的测试拭子。现在，该公司将开始安装 ProX SLS 6100 打印机和材料，并在 VA 庞大的医院网络的多个设施中启用其 VSP 手术规划解决方案，3D Systems 公司医疗保健产品开发总监 Ben Johnson 说。

他指出：“我们对建立符合 FDA 标准的医疗设备制造能力非常感兴趣。”许多医院网络都在使用 3D 打印设备来制造

3D PRINTING Direct Print Retainers/Occlusal Guards Requires Design Software



RetainerMaker 软件展示了一个直接可用于终端保持器的 .stl 设计文件。(图片由 Perry Jones 博士提供)

低风险设备，并开发受控的工作流程，但这项工作提高了美国护理点制造，质量管理体系和相关的 FDA 注册的标准。

在 VA 的几个地点建立质量管理体系并满足制造能力将需要大约一年时间。

Johnson 说：“在短期内，我们正在考虑在美国各地的少数几家医院建立并运营。一旦建立起来，其他工具和制造能力的推出就会快得多，这取决于产品的风险等级。”低风险 (1 级) 设备可以在几个

月内开发出来；像手术指南这样的高风险设备仍然需要一年左右的时间来开发、验证才能转入生产。符合 GMP 要求的系统可以确保设备材料、设计和测试的可控，尤其是在从小批量生产过渡到数以万计的设备时，如个人防护设备。

由于设施空间是一个问题，医院可能会寻求在附近的空间容纳 3D 打印设施，创建一个作为管理服务运行的设备制造本地化中心，“对于像我们这样拥有技术专长的公司来说，如何将设备部署在空间有限的制造环境中，非常有趣。”

在过去的 15 年中，3D Systems 公司在科罗拉多州 Littleton 经营着一家拥有约 80 台塑料和金属打印机的医疗设备工厂，生产模型、手术器械和植入物。“现在我们可以教 VA 自己去做这些事情。”

虽然 VA 下属的医院网络“在 3D 打印的能力和技术方面相当成熟，而这次合作是他们在提高外科手术规划能力、病人仪器匹配能力和植入物制造能力过程中的一次演变。”

此外，VA 与美国食品和药物管理局 (FDA) 的合作承诺，将为正在起草医疗点医疗设备制造指南的监管者提供增材制造数据和指标的健康通道。



Cleveland Clinic 的一个团队使用 3D 建模来重建病人的下巴。(图片由 Cleveland Clinic 博士提供)

在牙科中的明显优势

虽然 3D 打印假牙和种植体等牙科固

定装置已经很普遍，但弗吉尼亚州 Richmond 的牙医 Perry Jones 还是看到了一个新机会，那就是通过数字扫描和建模来简化矫正装置的直接制造。这在生产类似隐适美矫正器的透明矫正装置中，可用于消除多余的物理模型，以适应患者不同阶段的病情。

他的最终目标有三个方面。

- 消除直接在患者口中使用的混乱的、不准确的弹性材料的印模。

- 消除模型，直接制造最终使用的器具，如保持器、咬合保护器和护齿器。

- 消除修复数字文件表面和修剪数字模型所用的繁琐、耗时的软件操作。

“我的主要重点是帮助简化日常牙科的流程。” Jones 说，“3D 打印 至今还没有很好地融入到日常的牙科实践中。数字扫描技术并不新鲜，但它在实践中的推进非常缓慢。我在 2005 年将第一台 iTero 扫描仪投入美国使用，然而，口内数字扫描的世界市场渗透率仅在 10% 左右。六年多的时间里，我摒弃了石膏，在我的全科医生实践中完全整合了 3D 打印。”

他说，大多数牙科诊所都自己制作器具，如咬合防护器和保持器。他还说：“制作热塑性器具最常用的技术需要一个印模，通常使用弹性材料，如 PVS 或海藻酸盐进行印模。在传统工艺中，需要使用石膏材料浇注模型。”数字扫描让牙医避免了弹性印模和石膏浇注石料模型的“混乱和不准确”。

他补充说，可以用虚拟模型来创建物理模型，即用增材制造来创建一个物理聚合物 / 树脂模型。“然后，该 3D 打印模型可通过真空成型或压制的热塑性材料来创建实际的器具。”

在制作透明的隐适美式矫正器时，需要另一种软件——分割软件。“即从病人的数字扫描中创建一个虚拟模型。然后，该软件可以创建虚拟‘模具’，之后进行虚拟的移动，利用既定的正畸和物理学原理创建虚拟运动。该软件允许操作者查看并创建每个运动阶段的虚拟模型。该虚拟模型可以被发送到一台机器上，如 3D 打印机，以创建一个物理树脂 / 聚合物模型。”

Jones 的软件、工艺和直接制造最终使用产品原型的专利正在审查中。该技术被称为电流计引导的材料蚀蚀。

“来自分割软件的 .stl 设计文件将被发送到我的软件。” Jones 解释说，“用户将使用简单的步骤来设计和创建一个虚拟对准器，而不需要物理模型。设计文件被发送到 3D 打印机或数控铣床，直接进行制造。无需物理模型，是因为用于制造对准器的材料并不是热塑性材料。”

他一直在与材料供应商合作，“开发一种壁厚足够薄的聚合物，以复制热成型的对准器。到目前为止，我们还没有找到一种可用于 3D 打印机，并生产出具有足够性能的终端对准器，以直接打印终端对准器的液体树脂 / 聚合物。在模型上使用的热成型材料，以创建一个对准器设备，通常需要 0.040 的空白材料厚度。在热成型后，根据加热系统和应用技术的不同，厚度大概会减少 1/4 到 1/2。”

与他的工艺相比，“我不知道有哪家公司有使用 3D 打印的直接制造工艺，能生产出壁厚为 0.5 毫米的对准器产品。” Jones 说。

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—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

医疗材料——不同以往的钛合金

Medical Materials: Not Your Father's Titanium

用于 3D 打印的新材料正在迅速发展。

在过去的一年里，增材制造给医疗界及其病人带来的种种便利说明了这一点。在 COVID-19 爆发的几周内，3D 打印爱好者、服务局和大大小小的工厂都开始打印口罩和其他关键的个人防护设备（PPE）。增材制造厂家在这些工作中经常发挥主导作用，为创客空间提供零件设计和分销协助。

他们还将大量资源用于医疗紧急情况。浏览一下本文受访者的相关新闻，你会看到无数在 COVID-19 中的成功故事，从鼻咽拭子到空气净化呼吸器（PAPR）罩到生产呼吸器所需的工具和部件，应有尽有。所有这些公司和个人都值得我们衷心感谢，因为我们正朝着结束这一全球疫情的方向不断前进。

令人骄傲的 3D 打印奇迹

然而，几十年来，3D 打印一直是医疗保健行业的一个积极参与者。并且在未来的几年里，它还将变得更加活跃。“使用医疗级材料的增材制造提供了个性化、生物相容性和可消毒的部件。”位于加州 Palo Alto，HP 公司 3D 金属的全球负责人 Tim Weber 说，“它还使医生能够通过为

每个病人设计的定制工具和模型更有效地完成他们的工作。”

他补充说，增材制造支持一系列广泛的应用，包括假肢、植入物、正畸等等。例如，HP 最近与 CGX 合作，设计和制造脑电图（EEG）耳机。该公司还与其他尖端医疗公司合作，如 Glaze Prosthetics，这是一家使用 HP Multi Jet Fusion 技术提供定制的 3D 打印假体设备的初创公司。

还有 San Diego 的 Rady 儿童医院，一个儿科医疗和研究中心，将 HP 的 Multi Jet Fusion 技术引入内部，以减少周转时间，实现医疗创新。（见本年鉴第 82 页 Rady 儿童医院的儿童适应性制造）

保证安全

在这里，大多数 3D 打印机制造商都可以举出他们与医疗界合作的类似例子，而且他们都说，像这样的项目只会越来越普遍。他们也会建议，这些植入物和假肢所需的原材料与用于 3D 打印的技术同样重要。Webber 说：“鉴于这些部件中有许多是要在人体中使用的，所以它们必须具有各种特性，其中生物相容性是最主要的。”

说到生物相容性，它是医疗部件的一个重要属性，不管是 3D 打印的还是其他。但是，生物相容性实际上意味着什么，制造商如何确保用于制造 3D 打印部件的树脂和粉末对人类是安全的？幸运的是，国际标准化组织（ISO）标准 10993-1:2018 解决了任何此类问题，该标准列出了生物相容性的五个定义，涵盖了从隐形眼镜和牙科植入物到支架、关节置换物、手术网和心脏瓣膜等的一切。

总部位于明尼苏达州 Eden Prairie 的 Stratasys 有限公司 PJ 材料业务负责人 Oren Zoran 说，该公司目前有七种材料通过了一种或多种生物相容性测试。这些测试包括对细胞毒性、致敏性和致癌性的评估，其中大部分决定了某种聚合物或金属能与人体保持多长时间的接触，以及它能在哪里使用。

Zoran 说：“想想换牙这样常规的事情。当然，牙齿和与之相连的金属柱必须具有生物相容性，因为它们有望在其中停留多年。但是，用于为金属柱钻孔的 3D 打印导板也必须具有生物相容性，尽管它只在手术期间与病人接触。还值得注意的是，这些材料还需要能够承受蒸汽或伽马射线的消毒，这一特性对病人的安全至关重要”

保持清洁

Stratasys 公司全球医疗保健营销和市场开发主管 Jessica Coughlin 将这一概念又向前推进了一步。她指出，用于医疗产品的包装材料经常被要求具有生物相容性，加工这些部件所需的夹具也是如此。她说：“在有些情况下，车间会用生物相容性材料 3D 打印这种工具，这能够确保他们在制造过程中避免污染。”

这种要求意味着数控机床甚至 3D 打印机本身必须达到一定的清洁度，如果它们要与生物相容性材料接触的话。这有助于解释 Coughlin 的建议，即医疗设备制造



总部位于田纳西州 Nashville 的 SmileDirectClub 已经部署了几十套 HPJet Fusion 3D 打印系统，每天能够生产超过 50,000 个独特的口部移行。（图片由 HP 公司提供）



这个心脏模型是用Stratasys的J750数字解剖学3D打印机制作的。要到什么时候，医疗设备制造商才会打印出真正的东西？（图片由Stratasys公司提供）

商应遵循经批准的设备操作和维护程序，特别是当他们在生物相容性材料和非医疗用途的材料之间进行转换时。

她说：“当按照我们的既定准则使用我们的原材料时，我们会对其生物相容性进行认证，就像其他供应商对他们的原材料进行认证一样。然而，实现和保持最终产品的认证则完全是医疗设备制造商的责任。”

Kyle Babbitt也持同样的立场。他是马萨诸塞州萨默维尔市Formlabs公司的一名医疗销售工程师，他说任何医疗材料供应商都应该能够向其客户提供证明，保证他们的产品达到美国药典公约（USP）和ISO标准。但在用这些材料打印之前，Babbitt说，最好是了解它们的机械和化学特性。“确保核实一下安全数据表（SDS）和技术数据表（TDS），检查可能发生的任何有害的相互作用。另外，一定要核实该材料是否可以消毒，如果可以，哪种消毒技术最合适。”

追根溯源

可追溯性在任何关键任务应用的另一个重要话题，无论是医疗还是其他方面。Babbitt在这方面列举了一系列潜在的问题，这些问题将随着医疗机构及其供应商的3D打印机机群的普及而变得越来越多。哪个打印机制造了这个零件？制作时我们使用的是哪个版本的软件？它来自哪个批次的材料？在打印工作中是否需要额外的

材料？当时哪位操作员在工作，是否有任何制造问题？

随着医疗材料数量的增加，这些问题只会成倍增加。Babbitt说：“我们不断收到我们的用户为他们的独特应用增加新型树脂材料的请求。这些材料必须由材料团队进行可打印性测试，而软件组则要磨合出完美的设置。这是一个漫长的过程，涉及许多部门，从可行性开始，到用户测试结束。”

他补充说，现有的材料也会定期更新，通过更有效的打印设置和略微改变的配方，为客户提供他们所需要的东西。“这

些不应该成为用户的担忧，因为打印机和材料制造商在推出他们的产品之前会对其进行测试和验证。”

材料的魔力

那么，这些材料是什么？答案完全取决于供应商和3D打印工艺的类型。如前所述，Stratasys公司提供七个等级的生物相容性聚合物，其MED系列的Polyjet材料就是其中之一。而Babbitt说，Formlabs有超过25种树脂可供选择，所有这些都适用于其专注于医疗行业的3D打印机Form 3B。它还提供尼龙PA-12，这是一种与SLS（选择性激光烧结）兼容的粉末，用于生产轻质和耐用的医疗模型。

HP也是如此。其高可重复使用性PA-12拥有生物相容性认证，符合美国药典I-VI级和美国食品和药物管理局对皮肤表面完整设备的指导。除此以外，该公司还与材料供应商BASF、Evonik和Lubrizol合作，提供新材料，包括“首创”的PP（聚丙烯）、Ultrasint TPU01（热塑性聚氨酯），以及新等级的TPA（热塑性酰胺）。

加利福尼亚州Redwood市Carbon公司的全球市场开发工程师Jason Lopes又列举了几个像大多数3D打印材料一样的材料，它们是该公司专有的，但他们也打算将其用于任何3D打印机制造商提供的设备中。

他说：“用我们的技术所制造的产品我在这里不能透漏太多。不过，从广义上



生物兼容材料和3D打印为医疗卫生工作者提供了针对病人的人体及其各种器官的复制品。（图片由Formlabs公司提供）

讲，我们使设备的制造成为可能，在这种情况下，快速生产复杂的几何形状对那些无法承担创建注塑模具所需时间或投资的公司来说至关重要，至少对于最初的产品可行性研究来说是如此。也就是说，我知道有几个处于监管审查过程中的设备使用了我们的 MPU 100、RPU 70 或 SIL 30，它们都是医疗级的生物兼容材料。”

尽管前两种材料提供了与 ABS 类似的性能，而 SIL 30 被宣传为有机硅聚氨酯，但增材制造的材料商应该意识到，这些和其他传统的 3D 打印聚合物截然不同——它们可以被视为类似于它们的杆、板和颗粒的对应物，但却不是完全的替代物。

金属魔术

“用聚合物材料 3D 打印实现所需要的机械性能，可能需要工程师以不同于注塑聚合物的方式设计零件，但这往往被 3D 打印更大的设计自由度所抵消。”位于南卡罗来纳州 Rock Hill 的 3D Systems Inc. 材料工程和开发高级副总裁 Ed Hortelano 说，“尽管如此，AM 用户可用的聚合物材料类型继续增加，所以传统加工中的聚合物和增材制造中使用的聚合物之间的差距越来越小。”

Hortelano 补充说，这种说法在金属方面不太正确，因为金属增材材料和传统原料之间没有什么区别。例如，增材钛具有与机加工钛相当的性能，这一因素有助于解释为什么这种著名的超级合金已成为



这些鼻咽拭子是用 Carbon 公司的数字光合成 (DLS) 技术开发的，该产品使用了柔软的柔性材料，使病人感到舒适。(图片由 Carbon 公司提供)



Sandvik 在 Sandviken 新建的价值 2000 万美元的工厂，有望成为全球医疗级钛合金供应的主要贡献者。(图片由 Sandvik AB 公司提供)

生产骨科植入物时最广泛使用的材料。

他说，使用增材制造工艺而不是减材制造工艺来制造这些部件，制造商可以降低成本，同时提高设备的质量和性能。此外，当你 3D 打印脊柱笼或类似的骨科植入物时，有可能在部件中设计出骨传导功能，极大地促进骨整合。

最后这部分对于未来几年面临膝关节或髌关节植入的人来说是个大问题。“增材制造非常适合医疗用途，因为它拥有传统技术所没有的设计自由。”Hortelano 说，“有了增材制造，我们喜欢说复杂性是免费的；它允许我们制造出具有更强功能的产品，并且可对植入物的机械性能进行调整，如格子状的骨生长表面。此外，增材制造是一种非常有效的、具有成本效益的技术，可以制造小批量的生产零件，这对于特定病人来说是非常理想的。”

审批之路

然而，他说，医疗保健领域新 3D 打印材料的鉴定过程在多个层面上都存在挑战。材料必须对其生物相容性和机械性能进行评估，根据不同的应用，一些材料还必须在 FDA 建立主文件，以提供有关医疗设备和药物应用中的设施、工艺和各种材



这个脊柱笼插入器是与 3D Systems 公司合作，用 17-4 不锈钢快速设计和 3D 打印的。(图片由 3D Systems 公司提供)



尽管钛被广泛用于医疗植入物，但高性能聚合物聚醚酮 (PEKK) 往往被证明更适合一系列 3D 打印部件。(图片由 Oxford Performance Materials 公司提供)

料的详细机密信息。

这种资格认证的监管和财务负担以及相关的时间要求可能会带来巨大的麻烦，让人望而却步。Hortelano 说：“尽管从物流和技术的角度来看，这仍然是一项具有挑战性的任务，但对 17-4 PH 不锈钢等已经证实的材料进行鉴定，并为新的 3D 打印应用验证这些材料，是更快、更容易、更省钱的。”

然而，这些障碍都没有阻止甚至减缓 3D 打印材料和设备的采用。作为证明，Sandvik AB 最近在瑞典 Sandviken 开设了一家金属雾化器工厂，专门生产用于 3D 打印的钛粉，这表明制造业正在为医疗、航空航天和能源领域的暴涨需求做好准备。

取用粉末

“Sandvik 提供广泛的金属粉末组合，如工具钢、铝、不锈钢和双相钢，以及镍基超合金。”其全球销售主管 Keith Murray 说，“其中 5 级和 23 级钛铝合金 (Ti-6Al-4V 和 Ti-6Al-4V ELI) 用于永久性身体植入物代表了一个关键的目标市场，这就是为什么我们投资 2000 万美元建立了一个新工厂，并与监管机构密切合作，认证我们的材料符合 ISO 13485 标准。”

Sandvik 的认证过程并没有就此结束。医疗设备制造商通常要与他们的材料供应商建立伙伴关系，那些制造 3D 打印设备的供应商也是如此。所有人都必须紧密合作，以确定将微小的金属粉末可靠和可预测地融合在一起所需的正确工艺参数。

Sandvik 增材制造业务部经理 Mikael Schuisky 说：“在制造过程中，原材料本身必须受到严格控制，但当你真正开始将其重新熔化时，更是如此。与我们的客户

合作，使我们能够更好地了解我们的材料在 3D 打印过程中的表现，并为每个参与者提供进一步优化其产品的机会。”

他们才刚刚开始。Schuisky 指出，Sandvik 和其他公司正在研究新的钛合金，旨在进一步促进骨骼生长。有些人甚至在研究添加镁，这是一种高度易燃的金属，在基于激光的打印技术方面有一些令人担忧的可能性。

他说：“钛和铝可能是相当活跃的，但镁更是如此。我们没有直接参与其中，但也许有可能在真空室中烧结镁，或使用不同的、能量较小的技术进行打印。无论怎样，该行业还在继续为 3D 打印应用开发新的材料，其中大部分都带来了一些非常令人兴奋的机会。”

Scott 最喜欢的分子

Tony DeCarmine 对此表示同意。作为康涅狄格州 South Windsor, Oxford Performance Materials 公司 (OPM) 的 CTO，他提供了许多来自这家公司的见解。这家公司也是率先使用聚醚酮 (PEKK)

的用户之一，这种高性能聚合物非常适合 3D 打印医疗部件（据说是创始人 Scott Defelice 最喜欢的分子）。他说：“为了在像医疗设备生产这样的高度管制空间中制造物品，人们必须对最终产品有足够的信心。然而，通过 3D 打印实现这一点，需要我们采取不同的方法。”

例如，众所周知，3D 打印物品，即使使用与数控加工和注塑成型中使用的相同材料，也无法享有与传统同类物品相同的性能。更糟糕的是，不同的增材制造技术，甚至是这些技术中的特定机器，在处理相同的原料时往往会产生不同的结果。“由于这个原因，我们不能像对待传统工艺那样，将材料、方法和机器分开处理。即对于 3D 打印，它们代表了一个共生的生态系统，必须作为一个整体来考虑。”

正因为如此，DeCarmine 肯定了这里其他人的建议，即流程管理和一致性是 3D 打印零件质量的组成部分。必须采用经过审查的方法来跟踪和追查项目的各个方面——包括材料批次、操作参数集、机器状态和任何其他细节。他补充说：“采用

临时操作员进行简单工艺的日子，不多了。”

3D 打印的未来

使问题进一步复杂化的是，现有的可供使用的聚合物耗材种类成千上万，无论是光固化树脂、粉末状 (PBF) 或条状 (FDM) 的热塑性树脂，还是任何其他高分子材料。然而，由于特定的 3D 打印机通常只能使用一个狭窄的材料集，一个通常由机器供应商提供的材料集，因此很难确定哪些材料可能对特定的应用最有用。

他说：“当最终用户被赋予自由，可以自由探索他们购买的机器的真正能力，加工自由选择的树脂时，我们就将看到增材制造中可用的材料领域的进一步快速扩张。未开发的潜力是巨大的。展望未来，有大量的化学物理过程可以被利用，也可以通过添加材料来创造更多形状。也许像珊瑚礁那样的生物生长装置？或者通过反应性挤压在原地创建化学固化系统？也可能是像 Drexler 一样的分子装配器？我不知道，但我已经迫不及待想看到它们了。”

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



用于医疗增材制造的新一代金属粉末

Next-Generation Metal Powders for Medical Additive Manufacturing

用于医疗快速成型制造的先进材料。



通过具有形状记忆特性的增材制造材料制造的镍钛合金骨钉。(所有图片均由 Carpenter Technologies 提供)

增材制造 (AM) 已经在医疗器械行业得到了广泛的应用。它具有固有的设计优势, 包括容易制造几何形状复杂的植入物, 以及使用传统的减材制造不可能实现的, 如创建多孔功能, 以及允许增加细胞渗透, 以提高骨整合和植入物的稳定性等功能。因此, AM 已作为常规工具, 被用于骨科器械的大规模生产, 如髌臼杯、胫骨底板和增强物, 以及脊柱椎间架等。此外, AM 提供了使植入物与患者解剖结构相匹配的机会, 并有可能减少无菌性松动的倾向。作为一个受到严格监管的行业, 在材料选择过程中存在严格的规定, 因此也带来了较多的限制, 特别是在涉及到植入物时。随着对最常见材料需求的增加, 监管要求的改变, 现在需要新的机械性能来满足医疗设备生产商不断进步的设计。

制造商开始重新关注增材工艺开始的地方——金属粉末的创新。

用于医疗AM的先进材料: 钛

在现有的金属植入材料选择中, 钛-6 铝-4 钒超低间隙材料 (Ti6Al4V ELI) 占据了 90% 以上的份额, 成为医疗应用的首选材料。对粉末需求的增加使人们重新关注钛粉的价格、性能和生产过程。

● EIGA 与等离子体雾化金属粉末

不同尺寸分布的 Ti6Al4V ELI 粉末被用于整个增材制造, 包括定向能沉积 (DED)、激光粉末床熔融 (L-PBF) 和电子束粉末床熔融 (EB-PBF)。由于难熔夹杂物对疲劳和韧性的有害影响, 并非所有的粉末雾化方法都适用于钛合金。这使得无坩埚等离子体雾化 (PA) 和电极惰性气体雾化 (EIGA) 成为生产增材制造粉末的首选方法。在等离子体雾化中, 人们将预合金丝送入等离子体火炬, 产生熔融液滴, 并迅速固化为高度球形的粉末颗粒。EIGA 将一个旋转的高纯度预合金棒连续

送入一个感应线圈, 形成一个熔融流, 直接自由落体到高速惰性气体中, 产生高度球形的粉末颗粒。尽管线控等离子雾化粉末具有先发优势, 但最近, EIGA 生产的粉末已被证明在各种物理和化学特性方面都与 PA 粉末相当。

氧气、氮气和氢气是 Ti6Al4V 合金中的间隙元素, 对最终零件的机械性能有很大影响, 控制不当会导致零件的性能不足。氧含量对于旨在实现高材料重复利用的增材制造生产策略也特别重要。EIGA 生产的粉末在原料 (棒材) 现有的氧含量基础上获得了低至 100ppm 的氧气。EIGA 炉没有使用耐火材料, 因此没有引入任何高密度夹杂物的风险。Carpenter Additive 公司发表的一份白皮书比较了 PA 和 EIGA 雾化的 Ti6Al4V ELI 粉末, 结论是 EIGA 粉末为用户提供了一个经济的选择, 该方法能够降低成本和钛中的氧气含量, 同时确保没有微量污染物存在。此外, 一份补

充白皮书探讨了用每种粉末变体打印成品部件的机械性能，结论是用 EIGA 粉末打印的部件是一种可行的选择，可以降低成本，同时保持或提高打印部件的质量。

●一种新的钛: Ti6Al4V ELI Grade 23+

钛合金具有高强度和出色的耐腐蚀性，以及良好的生物相容性，使其适用于各种生物医学应用。大多数激光 3D 打印的植入式医疗设备使用 Ti6Al4V ELI，其标准名称为 Grade 23 (ASTM F3001) 的超低间隙变体。在打印和热等静压 (HIP) 条件下，这种合金表现出非常好的抗拉强度，其机械强度超过 130 ksi (890 MPa)，伸长率大于 10%。

然而，制造商在使用 Ti6Al4V ELI 进行粉末床熔融时面临两个关键挑战。首先，Ti6Al4V 粉末在高温 AM 过程中容易氧化，导致脆性和开裂，特别是在加工薄壁或分辨率较为精细的零件特征时。其次，这种固有的氧化过程限制了 Ti6Al4V Grade 23+ 粉末的可重复使用性，因为建成后的部件必须含有低于 0.13 wt% 的氧气才能符合规范。

Carpenter 增材制造公司开发了一种专有的钛解决方案，能够 3D 打印复杂、高质量的医疗设备，同时提高机械强度和延展性。Ti6Al4V Grade 23+ 将受控的粉末化学与较低的氧气含量和优化的打印参数结合起来，以提供一致的、高质量的结果。再加上拓扑优化、晶格结构和其他先进的几何形状，所显示的机械性能的改善

Ti64 GRADE 23+ / ASTM F2924

材料	成形方式	0.2%屈服强度	极限抗拉强度	延伸率	减重率
		ksi	ksi	%	%
Carpenter Grade 23+	As-Printed	175	196	10	21
	As-HIP	138	150	17	35
ASTM F2924		120	130	10	25

Grade 23+ 超过了 ASTM 关于 Ti6Al4V ELI 的标准。

为下一代的医疗设备创新提供了自由。

用于医疗 AM 的先进材料: Biodur 108

随着病人对材料敏感度的上升和监管审查的加强，医疗设计界正在为新的医疗器械寻找普通不锈钢或钴铬钼的合金替代品。美国设备和放射卫生中心 (CDRH) 估计，美国人对镍的敏感度为 12%，暴露在医疗植入物正常磨损所释放的镍离子中，会导致局部炎症、无菌性松动和设备故障等不良副作用。此外，欧盟 MDR 监管部门将钴提升为第二类 RMR 物质，现在对钴含量高于合金成分 0.10% 的医疗设备需要进行贴标签警告。Carpenter 增材制造公司开发了 Biodur 108 粉末，以应对钴的升级分类，并为对金属敏感的患者提供不含镍的选择，可有效用于增材制造生产。

Biodur 108 是美国食品和药物管理局批准的医疗应用中基本不含镍和钴的替代品，它具有非磁性的奥氏体相结构，由锰 (Mn) 和相对较高的氮含量 (约 1%) 维持。

除了奥氏体稳定性外，高氮含量还能提高耐腐蚀性和强度，与传统不锈钢相比具有明显的优势。初步结果显示，在不进行物理冷加工 (CW) 的情况下，增材制造部件实现了部分的性能。3D 打印的 Biodur 108 的强度性能可以达到锻造 Biodur 108 冷作性能的 20%，相当于冷作 316L 性能的 48%，远远超过 ASTM F3184 AM 的最低要求。

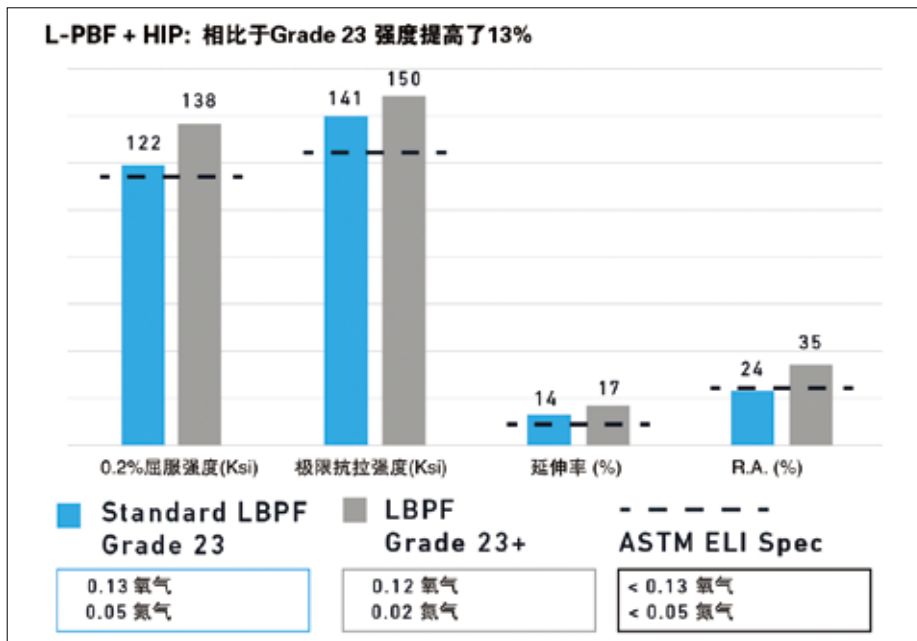
用于医疗 AM 的先进材料: 镍钛合金

镍钛合金 (NiTi) 因其卓越的超弹性、形状记忆效应、低硬度、阻尼、生物相容性和耐腐蚀性而被广泛用于医疗设备。由于镍钛合金在传统的制造过程中会发生工作硬化，因此增材制造在生产骨科植入物方面提供了独特的机会。然而，AM 镍钛合金部件的主要挑战是如何将这些独特的性能从锻造转化为增材制造，这主要是由于合金化学的影响，对大规模 3D 生产造成了障碍。因此，了解雾化过程和打印参数对镍钛合金材料在增材制造时所产生的相互作用至关重要。

硝化甘油医疗设备成品的性能对生产中的化学成分和热梯度极为敏感。化学和热处理的细微变化会导致成品部件的奥氏体成品 (Af) 温度变化巨大。Carpenter 增材制造公司创建了一个系统化的框架，用于生产镍诺尔粉末，以便在雾化过程中根据应用的目标特性保持高镍含量。通过优化激光功率、速度和舱口间距的打印参数，已经证明了 99.9% 的致密部件具有高达 6% 的形状记忆应变恢复。具有形状记忆效果的 3D 打印骨钉已经被生产出来，人们正在探索其如何用于新型骨科医疗中。

随着增材制造因其独特的设计和生产能力而不断的获得青睐，材料创新将使医疗设备制造商通过下一代产品进一步改善病人的治疗效果。

www.carpentertechnology.com



相比于标准 Grade 23 钛，Ti6Al4V Grade 23+ 的机械性能有所改善。



自适应控制允许 TMAC (刀具监控自适应控制) 用户为切削刀具设定一个恒定的功率值。(图片由 Caron Engineering 公司提供)

监控刀具情况 Checking Up on Tool Monitoring

评估使用中的刀具可以带来巨大的回报。

机械工厂使用各种技术来跟踪其切削刀具的状况，从简单到复杂不等。无论使用哪种监测方法，它都可以在防止灾难性的刀具故障方面发挥关键作用。最好的情况下，监测还能显著提高刀具的寿命并削减刀具成本。

监测刀具的较简单方法之一，是将信息输入由机床控制提供的刀具寿命表。例如，在这个表格中，操作员可以注意到某一特定刀具通常可以制造多少数量的零件或使用多长的时间。

新泽西州 Fair Lawn 市 Sandvik Coromant 公司的美洲区数字加工总监 Jeff Rizzie 说：“你可以输入的信息通常是一把刀具可以加工 20 个零件，或者它能用 30 分钟。这就是刀具监测的主要形式。你

没有检查刀具上的任何东西，只是使用一些历史数据。”

伊利诺伊州 Rockford 市的 Ingersoll Cutting Tools 美国公司的产品经理 Michael Dieken 说，其他监测方法也可以确定刀具的状态。最常见的方法是简单地观察它——把它从主轴上取出或打开机器的门，之后采用视觉方法对它进行评估。据 Dieken 说，也可以用视觉方法检测零件的外观——例如，操作员可以观察到毛刺或较低的精加工质量，或者刀具对工件的反应。

他说：“我们通常鼓励客户用眼睛观察 [刀具]，大多数人都是这样做的，或者使用显微镜等某种视觉设备来检查刀具边缘，”他补充道，磨损范围在 0.010 至

0.015 英寸 (0.254 至 0.381 毫米) 之间，通常表明是时候对刀头进行修复或更换刀具了。

德克萨斯州 Arlington 市的 Iscar 美国公司的首席技术官 Thomas Raun 指出，除了显微镜外，USB 插件成像设备也很有效，它能将切削刃图像放大 100 倍或更多，这样用户就能看到磨损情况。

同样有用的是激光测量设备，操作者可以将其指向切削刃来测量磨损。激光测量是确定是否达到磨损基准的一种更准确的方法，而不是简单地用眼睛看。Ingersoll 公司的 Dieken 说，这也是一个不断增长的趋势。

他说：“我认为你会在大型制造公司看到大量的激光测量设备，这些公司的经

营理念是雇用低技能的工人，并依靠设备的高度智能化。”

一些车间不再猜测何时需要担心刀具磨损，而是密切关注机器的功率消耗。Dieken 指出，在切削过程中，功率的上升是一个可靠的信号，表明刀具已经磨损，应该进行检查。

最佳监测方法

据位于宾夕法尼亚州 Latrobe 的 Kennametal 公司产品工程高级经理 Steve George 说，为了更好地了解功率消耗与特定刀具磨损之间的关系，车间应在使用该刀具加工之前进行一些实验。在这些实验中，George 建议跟踪在试切过程中刀具上的负载以及磨损情况。随着功率的增加，车间应定期检查刀具，并在表上记下磨损量，在开始生产时，这将是评估刀具寿命的重要参考数据。

Iscar 公司的 Raun 还建议车间做一些生产前的工作，以帮助他们衡量刀具的寿命。他建议使用刀具进行基准测试切削，使用刀具在生产中遇到的切削参数（进给率、切削深度和宽度等）的最大值，并记下主轴的功率。

他说：“比方说，测试切削使用了 30% 的主轴功率。然后设定一个 10% 的磨损值。只要你的主轴负荷达到 33%，你就可以说，你已经达到了刀具寿命的终点。”

他指出，10% 的磨损值“是一个相当安全的基准，适用于所有行业，”尽管他补充说，他已经看到车间将其提高到 15% 或 20%，这取决于他们对某一特定刀具的使用情况。

George 建议的另一个预生产步骤是，考虑为生产所需的零件质量和尺寸而采用的切削工艺，以及在此过程中，你的主要刀具应该是什么。

他说：“比如一个有转角半径的立铣刀，你是否更有可能因为某个区域的磨损而不得不更换刀具，而不是断裂？在这种情况下，通常是这样的。所以要围绕该刀具的半径如何变化来计划你的监测。”

另一方面，对于强力粗加工，主要关注的可能是刀具破损或刀片失效。George 说，在这种情况下，车间应该主要关注功率的变化，以避免刀具破损或故障带来的昂贵后果，这包括可能报废一个零件或者机器和刀架的损坏。

在工作的计划阶段应该考虑的另一个因素是，工件材料对刀具监测策略的影响。例如，George 指出，铸铁通常具有很强的磨蚀性，因此切削这种材料的车间通常更关心刀具的磨损而不是破损。他补充说，在切削钛或高温合金时，

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

刀具磨损也应该引起关注，但像边缘堆积这样的问题可能会导致力的峰值，在达到磨损极限之前就可能造成刀具破损。

培训是有意义的

Raun 说，在刀具监测程序不完善和/或几乎不存在的车间里，其结果可能是对他们购买的刀具“极度缺乏利用价值”。“我无法告诉你有多少次人们在 [更换] 可转位刀片时，上面的切削刃还没有被使用过。”

当 Sandvik Coromant 公司的 Rizzie 和他的同事分析客户的旧刀片时，他们有时会发现这些刀片仍有高达 50-60% 的未使用寿命。这是他们利用显示不同刀具磨损机制的图表，对这些客户培训刀具磨损的知识之前的情况。

我们向他们展示 [诸如] 侧面磨损、化学沉积和塑性变形的情况，Rizzie 说。

“然后我们让操作员或工程师监测它。每运行一个零件，他们就看一下刀片并作出判断。” 受训人员通常开始用肉眼监测，然后改用环形放大镜等视觉辅助工具。

Rizzie 报告说，其结果通常是客户工厂的刀具寿命和使用率大幅提高。他说，在一个案例中，一个客户在培训后的六个月内，每月的刀片采购量从 6000 个下降到 2000 个。

过程自动化

为了获得比通常情况下由人主导的更精确的刀具监测，一些车间将视线转向了自动化系统。Rizzie 估计，与以操作者为



显微镜可用于放大切削刃图像，让用户更好地了解刀刃磨损等问题。
(图片由 Ingersoll Cutting Tools 美国公司提供)

中心的工艺相比，一个好的自动监控系统可以将刀具寿命提高 25-30%。

在密歇根州 Auburn Hills，Marposs 公司的自动化系统通常与机床中的数字和 / 或模拟传感器一起工作，以获得有关刀具状况和性能的信息。该公司 Artis 部门的产品经理 Jorge Pena 指出，这些系统使用特殊的软件策略评估传感器数据。Artis 刀具和过程监控系统的设计是为了在整个加工过程中捕捉刀具状态信息。

制造商根据刀具类型、机械设计、工件特性和切削工艺，来选择合适的 Marposs 监控系统。该公司提供的系统可

以监测驱动切削刀具的电机功率，以及刀具振动和应变。Pena 说，综合评估不同传感器的信号可以获得最佳效果。

与 Marposs 系统一样，Sandvik Coromant 的 CoroPlus Process Control 从机器上提取数据，以监测刀具状况。该系统还在机床上增加了一个自己的传感器，通常是一个加速度计，例如，当连接到铣床的主轴上时，它可以提供振动信息。

该系统直接连接到机器的 PLC 上，使用边缘分析来寻找模型和异常情况。Rizzie 说：“当刀具断裂时，你会在传感器数据中看到某种峰值。它还监测振动和刀具上的力 [以确定] 它何时被磨损并需要更换。

当达到设定的极限时，系统可以自动发出需要更新刀具的信号。它还可以关闭机器并触发警报，以便操作员知道需要做什么。

即使车间人员已经接受了监测刀具磨损的培训，Rizzie 仍然认为 CoroPlus Process Control 值得投资。他说，除了比培训操作员能节约更多的刀具成本外，该系统可以检测并对刀具破损作出几乎即时的响应，在事件发生后 5 毫秒内关闭机器，以减少或防止对零件、刀架和机床的损害。



Sandvik Coromant 的 CoroPlus 过程控制对加工进行实时监控，必要时可停止机器或更换磨损的切削刀具。(图片由 Sandvik Coromant 公司提供)

监测 + 自适应控制

对自动化刀具监控感兴趣的车间

来说，另一个选择是缅因州 Wells 市的 Caron Engineering 公司的 TMAC 3.0。该公司总裁 Rob Caron 指出，TMAC（刀具监测自适应控制的简称）实时监测“关于刀具的一切”并保存数据。

TMAC 检查的参数包括功率、振动和应变。Caron 解释说，“特别是在 Swiss 机床上，刀具可能非常小，以至于功率不能真正反映”刀具状况。对这么小的刀具来说，从振动数据中得出必要的结论也是一种挑战。因此，TMAC 在刀架上使用了一个传感器来监测应变，即切削刀具上的力所导致的变形。他说，这样可以被测量到“极小的量”。

操作员可以在屏幕上查看实时数据。除此之外，TMAC 还提供刀具退化百分比，这是刀具在整个生命周期内退化状况的数字表示。当用户决定一个刀具不再以其应有的方式进行切削时，所有相关参数的值都会被记录下来，这样用户就有了这些准确的值供将来参考。当刀具状况达到需要采取行动的程度时，TMAC 可以通知操作员需要更换刀具，或者在刀库中有备用刀具的情况下，触发自动更换为冗余刀具。

顾名思义，TMAC 还包括一个自适应控制功能，其目的是在被加工材料不一致



可以远程查看由 TMAC 采集的刀具监测数据。（图片由 Caron Engineering 公司提供）

或难以切削的情况下，减少周期时间。在这些情况下，用户可以为切削过程设定一个理想的功率水平，系统将自动操控刀具切过材料的进给率，以保持该功率水平。

据 Caron 说，自适应控制在铸造和锻造应用中特别有用，“在这些应用中，材料一直在变化，几乎不可能以编程方式来修改进给率，因为你不知道厚点和薄点在哪里。有了自适应控制，你只需为该特定

刀具预设功率，当它碰到较薄和较厚的材料时，系统将自动操控进给率。”

是否是正确的投资？

工厂如何断定像 TMAC 这样的自动化刀具监控系统是否是一项好的投资？Kennametal 公司的 George 认为，答案可以从车间的整体自动化水平和车间希望在其进程中拥有的“操作员目录”的数量中找到。他说：“如果你正在投资其他自动化领域，我则更 [倾向于] 自动化系统。”

另外，Caron 指出，机器人装载的制造系统需要自动化刀具监控，以实现无人值守或熄灯操作，这一点越来越受欢迎。

对于那些选择自动监控系统的人，Caron 建议他们不要急于将其直接投入生产。他说：“在你开始应用系统和试图优化刀具之前，先让系统向你展示切削数据是什么样的，并习惯于以图形格式看数据，而不是看和听切削的结果。”

Caron 还认为，安装自动化系统的车间应确保车间内有人对该系统有所了解。他说：“这些系统中没有一个是开箱即用，完全无人看管的，所以至少要有一人，一个专家或熟练的人，来确保系统的正确应用。”

www.ingersoll-imc.com

www.sandvik.coromant.com

www.kennametal.com

www.iscarmetals.com

www.caroneng.com



这种 DDU-转子和 DDU-定子传感器系统，可对旋转和刚性刀架进行无接触监测。测量是通过应变片技术完成的。（图片由 Marposs 公司提供）

超大的大型零件和工件夹具

Livin' Large with Outsize Parts and Workholding

需要对稀有材料和超大尺寸零件额外关注。

大型零件的工件夹具可能会让人想起1975年电影《Jaws》中的经典台词：“你需要一艘更大的船。”

这是因为，在为航空航天和国防、农业、能源、船、铁路以及公路和非公路运输等行业，加工卡车变速箱外壳、风力涡轮机叶片、火箭机身等工件时，所有零件的尺寸都是超大型的。

位于堪萨斯州 Emporia 的 Vektek 公司动力工件夹具专家 Lowell Martin 说：“由于种种原因，前往制造地点的 Vektek 员工注意到，与以前相比，人们更偏向于用在 CNC 机床加工大型零件。如果需要更大的机床，就需要更多的空间，因为放置机床需要铺设更厚的混凝土（地板），以及为零件装载设备（如龙门和装载辅助设备）搭建更高的天花板。”

一旦 Martin 描述的基础设施到位，制造商就必须处理可能还不太理想的毛坯。

位于伊利诺伊州 Wheeling 市的 SMW Autoblok 公司商业部总裁 Larry Robbins 说：“大型工件夹具有一些固有的问题。首先，基础产品不是很圆，因为它是铸造或锻造的。”

Robbins 说，很少有直径超过 30-40 英寸（762-1016 毫米）的零件是用实心毛坯加工出来的。铸件和锻件已经成为常态，而且质量并不总是最好的，所以工件夹具必须适应这种情况。

他在谈到他所看到的一些工件时说：“火车车轮运至车间，看起来几乎就像常人用手敲打出来的。

不仅零件大而重。工作夹具也是如此。SMW 制造的火车轮卡盘直径为 1450 毫米。该公司 1,000 毫米卡盘上的主爪重达 45 磅（20.4 公斤）。Hainbuch 的 12 英寸（304.8 毫米）三爪卡盘，是许多车间的常见尺寸，无论哪个制造商，都重达 146 磅（66 公斤）。

“所以，你必须让一个健美运动员站在你的卡盘前，” Robbins 说。

位于加拿大 Ontario 省 Kitchener 市的 J.Winkel & Associates 公司，能够代表 Hainbuch America 和其他工件夹具制造商，其注册制造技术销售工程师 Dean Winkel 说，除非有一个年轻的 Arnold Schwarzenegger 在车间工作，否则“大型工件通常需要用起重工具或起重机来处

理。由于工件的尺寸和重量，装载、卸载和准确定位都很困难。”

由于较大的工件也需要相应较大的工件夹具系统来适应加工它们所需的重量、惯性和切削力，因此更换工件夹具也是非常费事和费时的，Winkel 说。

位于密苏里州 St. Louis 市 Carr Lane Manufacturing 公司的首席运营官 Colin Frost 说，Winkel 所描述的正确夹紧大型工件的额外工作和时间常常被忽视。

Frost 说：“对于大型工件和许多夹具来说，仅仅是夹紧它们就需要花费很长时间。由于需要遵循特定的夹紧顺序或协议，以防止零件变形，这可能会使情况更加糟糕。”

位于伊利诺伊州 Naperville 市的 Bluco 公司高级工程师 Garrett Gordon 说：

“大型零件和工件夹具组件的尺寸和重量确实影响了制造夹具的总体时间。因此，在加工过程中找到可以节省时间而又不牺牲质量的地方是很重要的。无论是在现场使用 CAD 模型来构建，还是使用能更快连接的系统，你在夹具上节省的每一分钟，都会使机器多一分钟的运行时间。”

通用夹具还是专门定制？

工件夹持的一个长期存在的选择是，在运行中固定夹具，还是投资于专为这种情况设计的解决方案。在做出决定时，有许多因素需要考虑。

Gordon 说，如果没有一个完整的、现成的解决方案所提供的优势，车间在大型零件的工件夹持方面通常面临的困难是，如果试图建立一个自制的夹具，或者用不完全兼容的零件建立一个夹具，就会失去效率和精度。如果一个车间使用的部件尺寸不符合工作要求，而且夹具设计也不适合他们加工的零件，那么车间就无法利用其机床完成加工任务。Gordon 说，精度就不存在了。

Winkel 说，由于更换所需的时间和精



Bluco 公司的客户参观了其 Validation Center，他们可以带上自己的零件并在现场用推荐的夹具加工。在这里，Bluco 公司的一名机械师在一块 2000 磅（907.18 公斤）的圆盘上测试新的特大型系统的夹具。（图片由 Bluco 公司提供）

力，以及特定零件工件夹具的成本，车间更倾向于多功能性，而不是拥有单一的工件夹具。但这样的后果往往是降低了刚性和支撑力。

Winkel 说：“然后用较慢的加工参数来补偿降低的刚度。”

降低加工参数是一种变通方法，但它可能导致不必要的影响，特别是在航空航天中使用的一些更特殊的材料。SMW Autoblok 公司的 Robbins 说：“如果你放慢加工速度，就会带来加工硬化。高镍、高钨含量的工件非常容易硬化。如果你正确地固定零件，使用正确的切削刀具，并使用正确的冷却剂，你就不会有这个问题。”

当现成的工件夹具无法完成工作时，定制的工件夹具是一项额外的开支，必须从多个方面考虑预算。

Carr Lane 公司的 Frost 说：“由于‘机会成本’，定制的工件夹具非常昂贵。如果不做专门的工件夹具，你的加工中心还能做什么？除此之外，还有时间和材料的实际成本。”

技术的大发展

据 Bluco 公司的 Gordon 说，当人们想到制造技术时，他们会想到探测、自动化、新软件“以及诸如此类的东西”。然而，制造商应该在他们的工艺中添加的最重要的技术，是在操作员打开机器之前就开始发挥其作用，他说。

Gordon 说，不久前，模块化夹具公司发现了一个需要解决的突出问题。他说：“事实上，专门为最大的零件制造的完整的模块化刀具解决方案并不存在。”

为了弥补这一缺陷，该公司设计并制造了一整套专门用于超大型零件的模块化工具。这种夹具的设计可以在 20 英尺（6.10 米）以上的底座上承载重达数吨的零件。新的生产线预计将在 2021 年第三季度投入商业使用。

以这些新的超大型模块化组件的巨大规模来举例，Bluco 的标准尺寸控制台块重达 12 磅（5.44 公斤）。零件也一样，当趋近于特大型零件尺寸界限时，重量会超过 100 磅（45.36 公斤）。

Gordon 说：“这是一个与地面固定在一起的系统，以确保保持水平。通过使用一个规模合适的精密模块化系统，可以避免以前很多需要耗费时间的临时措施。”

除了超大尺寸的新工件夹具外，制造商最近开始推出智能型的夹具。Vektek 公司的 Martin 说：“通常，这类应用程序需要来自 PLC 的输出信号来创建一个运动，然后确认输入信号，证明它发生了。这对较大的零件和难

精确的。

有力的。

生产性的。

kapp-niles.com



大厅 N1
展位 A201



KAPP NILES

precision for motion



SMW Autoblok 公司为大型工件制造夹具，包括 2,500 毫米的超大 IR-C 卡盘，图示是平衡装置及其“小兄弟”，800 毫米的 IN-C。（图片由 SMW Autoblok 公司提供）



Carr Lane Manufacturing 公司的新型 Pivoting Edge Clamps，可同时向前和向下施加夹持力。钳口有一个可更换的锯齿状夹子，由硬化工具钢制成，具有大力以及耐用性强的特点。（图片由 Carr Lane Manufacturing 公司提供）

以加工的材料很有帮助，因为这两种材料通常都是由昂贵的铸件加工而成的，而废料是不可接受的。”

在工件夹具应用中，使用的 Vektek 摆动夹具产品通常会转换验证反馈信号，使其成为 PLC 的有用输入。最初，调节到低压和低流量的压缩空气，被送到一个共同的确认电路中的单个或多个执行器。该公司的 Air Sensing Control Kit 有一个数字压力开关，可以调整为在预期压差时改变状态。来自开关的信号是 PLC 可以识别的有用信号。

Vektek 公司开发了五种尺寸和几种主体样式的摆动夹具，其夹紧力高达 7500 磅（33 千牛），可有或无位置反馈选项。Martin 说，这些都是产品目录中的标准产品，在需要的时候就可以投入工作。

最近，该公司新发布的高容量产品线，改进了其液压推进工件支架系列。这些产品目前有四种规格：1,000、2,000、4,000 和 8,000 磅（4.45、8.90、17.79 和 35.59 千牛）的承载。除 1,000 型外，所有其他型号都提供位置感应功能，与空气感应控制套件配合使用，可以向 PLC 提供输入信号。Martin 解释说，这就保证了所有的工件支架已经完全推进，并在初始操作中与铸件的所有表面和二次操作中的加工表面相吻合。

Hainbuch 公司的代表 Winkel 说：“过去，工件夹具的转换需要用吊索或吊环螺栓将卡盘吊入机床。然后将卡盘的螺栓孔与主轴上的螺栓孔对齐，并小心翼翼将螺栓插入正确位置。至此表明卡盘被安装到位。”

这个过程可能需要几个小时，这取决于卡盘的尺寸和重量以及所需的精度水平。

更快、更容易、更安全的更换

Winkel 说，作为一种解决方案，几年前，Hainbuch 公司开始推出其 CentroteX 系统，该系统是企业自动更换生产线的一部分，使工件夹具的更换更快、更容易、更安全。所有的工件夹持装置都配备了一个通用接口。

Winkel 说：“卡盘使用一个提升装置进行定位，使工件夹具在水平方向上保持平衡，并在导轨上进行径向定位。接口连接显微镜的镜筒，将工件夹具对准到微米级的精度，并使用速动螺栓将其固定到主轴上。整个过程只需几分钟。”

SMW Autoblok 公司一直以来都有大量的大直径工件夹具可供选择。而该公司的新产品是 MM e-motion electro-mechanica 通用四爪卡盘，其最大尺寸为 1250 毫米。五种卡盘尺寸中的四种都有轻量化版本。减少的卡盘重量支持工件重量增加。较低

的卡盘轮廓支持更多可用的 Z 行程。

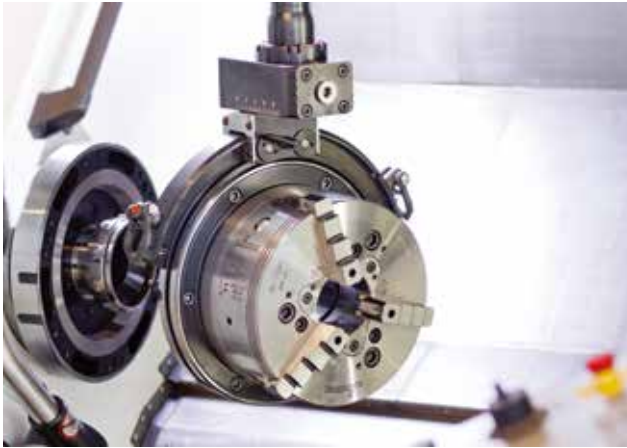
由于 SMW Autoblok 公司开始生产技术更先进的卡盘，SMW-Electronics 创建了一家新公司，该公司生产的小型机电驱动和控制装置可在 4 毫米的间隙内传输高达 1.5 千瓦的功率，使操作员能够通过电气控制卡盘。然后，他可以单独控制每个卡爪，实现无气缸的高低可调夹持。

Robbins 说：“如果我得到一个糟糕的铸件，它偏心 4 毫米，只要在卡盘的机械行程范围内，它就允许我将该零件偏移到中心位置，或真正的机械式偏移零件，旋转偏心，以完成零件的不同特征。这在过去是不可能的，除非有一个非常专业的工件夹具设置和非常低的转速。这些电子装置不仅让你有能力移动零件，还能让你测量夹持压力、扭矩旋转值和卡爪位置。”

他补充说：“因此，现在我有一个实时反馈，我可以给你所有的信息，从做一个直径 30 英寸 [762 毫米] 的零件到一个 8 英寸 [203.2 毫米] 的零件——可能是在同一个卡盘上，只是使用系统的不同功能。”

并非所有改进后的产品都有很大的变化，但新的产品可以为客户带来不同的影响。

位于威斯康星州 Hartland 的 Lang Technovation 公司，最近为其 Makro-Grip Ultra 工件夹具生产线增加了一个新的大型零件解决方案，该生产线是为五轴



CentroteX 系统是 Hainbuch America 公司的自动更换生产线的一部分。该生产线的所有部件都有一个共同的接口。(图片由 Hainbuch America 公司提供)



Lang Technovation 公司的封闭技术 Makro-Grip 系列，允许高达 20 吨的液压在工件上冲压出高达 45 HRC 的压痕，以配合夹钳的抓取锯齿。(图片由 Lang Technovation 公司提供)

加工设计的。该公司的设施管理员 David Pynakker 说，该生产线的新的最大标准尺寸是 810 毫米 (31.89 英寸)，比以前的最大尺寸 355 毫米 (13.98 英寸) 大一倍多。

大型零件和特殊材料

尤其是航空航天和国防领域的制造商，制造的零件不仅大，而且是由特殊材料制成。这些材料包括铬镍铁合金、17-4PH 不锈钢和各种高铬合金，等等。虽然巨大的工件本身就带来了挑战，但如果再加上像航空航天中使用的那些特殊材料，只会增加加工这些材料所需的参数。

Hainbuch 公司代表 Winkel 说：“航空航天材料需要更高的切削力，因此工件夹具的刚度始终是一个问题。航空航天部件也是在消除应力期间分多步加工的。”

当金属在精密加工前被制造成棒材、板材、锻件或铸件时，最初的成形会在材料中形成拉力和压力，导致其产生应变。当材料在加工过程中被移除时，剩余的材料往往会以不良的方式释放应变或应力，从而改变金属的形状。Winkel 解释说，无论采用何种方法来消除材料中的应力，在再次加工出更接近其最终尺寸的工件之前，必须将其从机器上移走。

一些制造商在应力缓解时让工件在机床中静置，但更多的情况是，更换时允许机床在此期间对其他部件进行加工。

Lang 公司提供了一种解决方案，不仅提供了燕尾型夹具的替代方案，而且还减少了夹具的磨损。据 Lang 公司介绍，作为 Makro-Grip 系列的一部分，Form

closure 技术包括在工件上冲压凹痕，以配合卡爪的抓取锯齿。这样就可以在很低的夹持压力下获得最高的夹持力和最大的工艺可靠性。

Pynakker 说：“许多 Lang 公司的客户都知道冲压工艺。这包括工件准备，不仅可以在几秒钟内准备好你的零件，而不需要燕尾夹具那样的典型安装准备时间，它还可以限制你的材料浪费 (与燕尾夹具相比)。这是通过只夹住 3 或 5 毫米的材料来实现的，使我们的 Makro-Grip 或 Mark-Grip-Ultra 虎钳能够夹住那些冲压件，以实现全齿插入，从而提高抓力。”

Lang 公司的 Makro-Grip 技术是为毛坯的五面加工以及自动化生产而设计的。

冲压过程允许高达 20 吨的液压来为操作 1 的工件做准备，材料硬度最高可达 45HRC，其中包括钛和铬镍铁合金等材料。这实际上消除了所有的零件变形，这对平面和变形敏感的材料装夹至关重要，也是实现理想铣削质量的关键因素。

Carr Lane Manufacturing 公司的 Frost 说：“在面对这些材料时，甚至需要更大的力。”该公司拥有一整套能够提供巨大夹持力的大边缘手动夹钳，包括其新的 Pivoting Edge Clamps，该夹钳有标准版和低配版，每个夹钳可以施加超过 4000 磅 (17.79 千牛) 的力。

大型边缘夹钳上的旋转鼻翼有一个锯齿状的钳口，可以同时向前和向下夹持。它可以用来夹住一个固定的定位器，也可以夹住一个匹配的下推力逆止器。其开槽的底座是可调节的。

此外，为了支持大型工件的长时间夹持，Pivoting Edge Clamps 可以很轻松地转换为液压操作。

Frost 说：“要转换 Pivoting Edge Clamp，只需卸下推力螺钉，用 Roemheld 液压缸和送料器盖取代。然后将一条液压管线连接到送料器盖上。虽然夹钳一般不大于其手动版的，但有一条液压管线需要处理 (在机床的工作区内)。”

Roemheld 液压缸适用于自动化操作。缸的作用力最高可达 35,000 磅 (155.69 千牛)。

据 Bluco 公司的 Gordon 说，为了不使嵌件断裂，刚性很重要。他说：“如果你的基准面不能承受零件本身带来的伤害，它就不能准确定位该零件。你需要硬化的、坚硬的定位部件，以便在加工过程中最大限度地提高精度和质量。”

对于更脆弱的材料，可以进行特殊的调整。他说：“这里的问题是，你得到的成品零件的表面不能被破坏。你可能要处理一个巨大的零件，它需要被牢牢地固定住，但在这个过程中不能被刮伤或划伤，因为它已经完成或经过研磨。这就需要比你所使用的工件夹具系统更软的材料，比如铝衬垫或软爪和定位器。这些将保护成品零件表面不受损害。”

www.bluco.com

www.carrlane.com

www.hainbuchamerica.com

www.lang-technovation.com

www.smwautoblok.com

www.vektek.com



让所有人都 能使用焊接

Making Welding Accessible to All

自动化重复性焊接工作使焊工能够专注于更高价值的工作。

随着技术工人的持续短缺和经济的回升，焊接设备的供应商正在寻找方法，使从事制造业的人更容易进行焊接。自动化技术是众多技术中的佼佼者。

一个常见的经验法则是，基于不同的应用环境，机器人焊工的生产力通常是人的三倍。但是，位于伊利诺伊州 Carol Stream 的 Miller Electric Mfg. 公司焊接自动化集团的市场经理 Ross Fleischmann 补充说，“我们发现，在证明向机器人自动化发展的合理性方面，提高质量可能比生产力更重要。”Fleischmann 甚至说，如果应用适合于自动化，你可能会在降低质量成本方面实现另一个倍数的回报。此外，Fleischmann 还提到了美国劳工统计局关于工作场所事故和伤害的信息，该信息显示自动化焊接与人工焊接相比，事故发生的更少。

他说：“人工焊接是一个重复性动作伤害程度非常高的行业，这导致了人员流失和相关其他费用。”OSHA 提供了一组统计数字，说任何对安全的投资都会产生大约六倍的回报。因此，机器人焊接是对安全的投资，也是对生产力和质量的投资。考虑到所有这些因素，你会得到一个相当大的投资回报数字。”

协作机器人焊接机提供了直观的编程辅助工具，如智能手机界面和通过物理拖动焊头进行位置教学的能力。（图片由 Universal Robots 公司提供）

如果自动化看起来是合适的，问题就变成了如何最好地实施它。Fleischmann 观察到，整个工业界的具有许多老式机器人系统，即使是让有经验的人类焊工操作它们，在编程方面也相对令人生畏。但现在，机器人焊接正以一种令人兴奋的自动化新方式出现。正如密歇根州安阿伯市 Universal Robots USA 公司应用开发高级经理 Joe Campbell 所解释的那样，Hirebotics、Vectis 和 THG 等公司正在将协作机器人与 Miller 和其他公司的焊接技术相结合，创造出灵活的解决方案。

对 Fleischmann 来说，重要的并不是机器人在人身边工作的能力，重要的是这些公司在用户界面和编程方面可以以“一张白纸”进入市场。用户界面有更多的现代工具和技术。而且，焊工在编程时可以手动将机器人移动并定位到零件上的物理位置。这对焊工来说是一件直观的事情。他们不会因为把焊枪放在零件上，

按下下一个按钮，然后创建一个程序而感到害怕。

Campbell 说，编程方法有一些不同。例如，“Hirebotics 认为焊工通过智能手机进行设置比通过任何示教器进行设置更舒服。Vectis 的另一种方法是，示教器可以以更大的图形提供更集中的信息，而更容易看到。无论采用何种方法，集成商都是建立在通用机器人的开放式软件架构上，该架构允许第三方创建专门的应用程序。

你对速度的需求是什么？

Miller 焊接自动化系统的产品经理 David Savage 称赞了协作机器人编程的另一个方面。“在这些机器人上实施的一些软件，会根据材料类型和厚度以及焊接类型，提示用户默认的焊接参数。我们已经得到了很多反馈，这对可能在焊接自动化方面有所突破的用户来说是一个巨大的收获”。Savage 说，Miller 公司在使用松下电源的传统机器人焊接机上提供了类似的

功能，但他还没有在更多产品上看到。他的解释是，“对协作机器人感兴趣的客户类型与汽车或大规格工件生产客户——如冲压车间并不同，后者的焊接可能只占其制造工艺的 20% 或更少。

同样，Savage 说，很难看到在传统焊接机器人应用中使用协作机器人的好处。他解释说，机器人的定位速度较低（如果你愿意的话，它们可称为“空气流动”），这使得它们的生产力较低。Campbell 同意。“我们告诉客户，如果你每年要生产一百万个零件，而且必须以高速生产，这并不适合我们。我们永远不会在速度上与一些最高速度的传统产品进行竞争。”但这就是为什么机器人焊接正在爆炸，他继续说。“市场的大部分并不是在超高速运行。大部分市场一直在以协作机器人方式的速度运行，并且仍将继续进行下去。”

适合于较小的工厂

“美国有大约 250,000 家制造企业，

实现3D打印最初的承诺

广泛应用于汽车行业

- 符合快速增长的趋势
- 替代昂贵、复杂的模具
- 缩短开发时间
- 通过严格的检验标准
- 增加不同车型间的邻接机会

——“针对中国市场F150猛禽上的辅助插头，采用3D打印技术福特可在19天内完成14轮设计迭代。”





名牌与标记
音响喇叭盖
减震装置
空气和液体
复杂的支架
功能性表面材质
安全装置



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



"Campbell 继续说。" 这些机构中约有 90% 的员工少于 100 人。这些都是中小型企业。他们没有一个要数百万美元的高速生产线。他们可能是高混合式、低产量型企业。他们可能是以小批量为导向的企业，因此，在这些地方，自动化仍有巨大的市场。"

因此，编程的简易性和多功能性是比较速度更重要的因素。" 中小型企业对传统自动化的采用程度是非常非常低的。这是因为对传统机器人进行编程、设置和重新部署所需的成本、复杂性、时间和精力相结合使它变得令人望而却步。" 相反，Campbell 说，" 今天你可以买一台协作机器人式弧焊机，配上电源、送丝、工作台和焊枪，就可以在几个小时内准备好进行焊接，价格仅为 85,000 美元。这比你付给一个熟练的焊工的钱还要少，并且特别是如果你能找到一个愿意为你工作的焊工的情况下更是如此。"

Campbell 观察到，许多中小型工厂将机器人用于 "更简单、更大量、更高重复性" 的部件生产。这使他们能够把他们的高技能工人放在高价值的零件上。这是一个三赢的结果，因为它降低了成本，增加了工厂的利润，而且对焊工来说也更有成就感。焊工就像艺术家。他们不会因为每周制作 1000 个小部件而感到兴奋。他们希望在一个大型、复杂性焊接件上工作。"

Campbell 还将话题回到了质量问题上。



Miller 公司的 LiveArc AR 培训系统在实际焊接过程中 (如图所示) 和模拟模式下都能为手工焊接者提供准确、实时的工作角度、移动角度、接触点到工作点的距离、移动速度和目标反馈。(图片由 Miller Electric Mfg 公司提供)

要求人类整天制造大量相同的零件，是一种无聊、低质量和重复性运动伤害工作邀请。" 有不止一个工厂所有者告诉我，你可以看到在一个长班结束时质量下降了。"

复杂的离线编程

虽然机器人使更多的公司更容易实现焊接自动化，但也有一些重大改进，

使传统机器人的实施更加容易。Savage 指出 Miller DeskTop Programming and Simulation (DTPS) 系统，它与协作机器人一样，对 "高混合、低产量工作车间类型的客户特别有帮助。他们可以减轻前期的风险。无论是对机器人的潜在工作进行报价，还是对其车间某些部分的自动化或潜在客户的潜在收益进行估计，他们都可以在 DTPS 中提前完成。它非常准确，他们可以利用这个工具做出更好的商业决策，而且他们限制了机器人退出原有生产以进行新产品生产的时间。"

对于非常大的产品——无论你需要激光混合焊、TIG、MIG 或气体金属电弧焊——请看像俄亥俄州梅森市的 Pemamek 公司。正如北美总监 Michael Bell 所解释的那样，Pemamek 公司已经投资了 21 年开发出 "让焊工成为操作员" 的软件。反过来，他被赋予了向下一代传授知识的工具。它真正实现了行业知识在老一辈人与新一代人之间的传递。" Bell 解释说，如果车间已经创建了其焊接程序规范 (WPS)，它将保存在 Pemamek 软件数据库中。

" 这将给新进来的一代人注入信心。但是，假设你是新开始的，从来没有见过



Pemamek 公司的软件和视觉系统可以从远处对焊接进行编程，例如这个非常大的零件，该系统包括对焊接体积的实时激光扫描，以便对整个过程进行监控。(图片由 Pemamek 公司提供)



Bosch Rexroth 公司推出的 PRC700 控制器可在电阻焊中扩大可用的热块数量，因此编程人员可以为每条焊缝完全定制电流和波形。(图片由 Bosch Rexroth 公司提供)



协作机器人很适合做一些比较简单、重复性的工作，这些工作会让人类焊工感到厌烦，而且它们可以在靠近人的地方工作。(图片由 Universal Robots 公司提供)

Pemamek 系统或机器人焊接。我们导入你现有的 3D 图纸，并将其转换成机器人程序语言的文件。然后你所要做的就是像玩电子游戏一样，用鼠标定位进行焊缝。我们使用一个视觉系统去仔细检查你的编程，以确保这些元素的存在。然后你按下去，就可以进行焊接了。”

Pemamek 的图形用户界面可以将绘图与系统扫描的照片叠加在一起，这样将程序上的数据点，再加上当前的操作在显示一个屏幕上。“你可以让所有东西同时进行，如果你愿意，也可以让屏幕上只有相机。”此外，Pemamek 的系统还包括对焊缝体积的实时激光扫描，以便监测和控制焊接过程。Bell 说，该系统非常好，可以从几千英里外的办公室对焊接进行编程，除了开始工作外，现场操作人员不需要任何输入。Bell 解释说，该系统仅限于大型部件，因为在狭小空间焊接复杂的部件时，很难将视觉设备放在机器人的末端，同时又要保持其不受影响。

自适应电弧技术

Miller Electric 公司的 Fleischmann 说，使手工和机器人焊接更容易的一个重要进展是你称之为“自适应电弧技术”。所有形式的电弧焊接的一个挑战是“保持适当的粘接、移动速度和工作角度的任务，”他解释说。Miller 公司提供的解决方案被称为调节金属沉积 (RMD)、Accu-Pulse 和 Versa-Pulse，它们通过“监测焊缝和电弧，然后对电源和正在输送的功率进行

一些复杂的处理，使焊接更加容易。因此，如果他们错过了或者其中一个角度这只会发生了一点变化，或是因为他们的手动灵活性出现了一时疏忽而使伸出的距离也只会发生一点变化，这使他们更容易执行焊接，焊接过程更顺畅、更加宽容”。他补充说，这些技术也适用于机器人焊接——这不是因为机器人不连贯，而是因为工件可能存在的几何变化。

采用“锅中煎培根”的方式进行培训

视觉系统和计算能力的改进也使增强现实的有效培训成为可能。Miller 公司的产品被称为 LiveArc，它涵盖了手工 MIG 和焊条焊接。它使用了一个带 LED 灯群的工作焊枪，该灯群与高空摄像机一起跟踪，因此系统可以计算出学员的工作角度、移动角度、接触点到工作点的距离、移动速度和目标，甚至在模拟模式下也可以如此。正如 Savage 所解释的，“当学员扣动扳机，他们沿着工件进行焊接时，系统能够看着焊枪并计算出所有这些数字。它可以给出焊枪如何走向或推动角度的实时反馈。然后，当学员觉得准备好并进行真实操作时，他们可以打开电弧，扣动扳机，系统就开始跟踪他们所进行的一切操作。

Fleischmann 补充说，几十年来，焊接工人一直使用声音作为关键的反馈，一个好的焊接效果常常被比作是锅里煎熏肉时的“声音”。”这些虚拟现实系统也在对

声音进行建模。因此，当你在练习时，你可以看看你的焊枪在哪里，而不必看其他指标，而我们会给出真实的音频反馈”。

电阻点焊

位于密歇根州 Bosch Rexroth 公司焊接部全国销售经理 John Slayton 说：“电阻焊的高速自适应控制的引入极大地提高了焊接质量，有助于提高产量，并通过减少焊缝的排出而大大改善了安全性。最新的技术使其更容易纳入最高质量的高速自动焊接，作为电阻焊接过程的一部分，能够捕获每条焊缝的质量数据。”

Bosch Rexroth 公司在这一领域的最新进展是其 PRC700 焊接控制器，Slayton 说：“它极大地扩展了可用的热块数量，使焊接系统程序员和技术人员可以完全定制每条焊缝的电流波形。通过用户友好的编程工具，可以为每条焊缝单独配置电流和处理时间，以作为处理每条焊缝的具体条件。”

他补充说，“PRC7000 具有比上一代产品更先进的自适应焊接功能，允许更快的实时处理以确保物理焊缝更紧密地代表所需的焊接曲线。这极大地提高了焊接质量，而且由于铝材料在行业中的应用越来越广泛，这对我们的客户来说正成为一个非常重要的功能。”

www.boschrexroth.com

www.millerwelds.com

www.pemamek.com

www.universal-robots.com

FMS 为小批量、高混合生产车间提供稳定、可预测的流程

FMS for Low-Volume, High-Mix Shop Provides Stable, Predictable Process

从名字里可以看出什么？在某些情况下，可以看出很多。位于俄克拉荷马州 Owasso 的 Advanced Machining & Fabricating 和 Advanced Plastics 公司的首席执行官 Scott Shortess 说：“我们的名字就代表了我们所传承的 DNA。” 然而，他们只是以 “Advanced” 这个名字而闻名。Shortess 的父亲 Steve Shortess 于 1979 年在他的车库里创办了这家公司，为石油和天然气行业生产零部件，当时只有一辆卡车和价值 5,000 美元的资产。他选择 Advanced（先进）这个名字有一个特殊的原因：A 开头能够帮助他们在电话本或黄页中位于竞争对手之前。不过，经过 40 年的努力，“Advanced（先进）”这个名字真正成为了一种理念和目标，交织在公司 DNA 的每一条线上。

例如，Advanced 公司一直在努力跟上制造技术快速发展的步伐，其结果是公司从一个小的原材料供应商爆发式增长，成为航空航天、国防、能源、石油和天然气领域 OEM 的一级供应链合作伙伴。

“我父亲喜欢新技术。他总是第一个拥有汽车电话、雷达探测仪或便携式电脑的



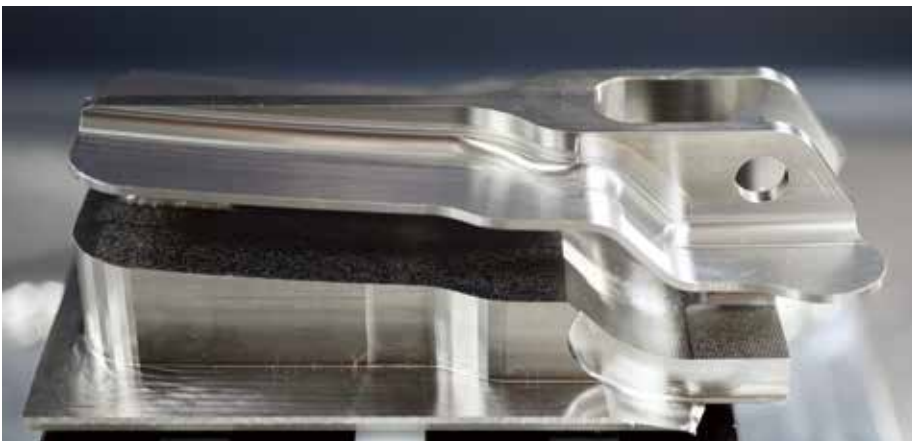
Advanced 使用 Fastems ROBO-One 柔性制造系统（FMS）。通过 MMS7 控制器的调度、预测、数据收集和文件控制等功能，在前端将新系统益处运用的淋漓尽致。（所有图片均由 Advanced 和 Fastems 提供）

人。” Shortess 说，“他一直在关注新技术。”

这种对进步的奉献精神，加上航空航天和石油天然气行业的蓬勃发展，使

Advanced 公司成为西南地区的一只领头羊。他的客户对零部件的要求也越来越复杂。很快，这个小型的车库车间需要并购买了更多的精密机器，以便填补其手工设备的不足。并且 Shortess 为了满足客户需求，也雇用了更多的人。今天，Advanced 公司即使在冠状病毒大流行期间进行了重新配置，略微减少了劳动力，仍然还是拥有 35 名员工。

目前，Advanced 车间的骄傲是它的五轴加工区，它的拳头设备是一个 Fastems 柔性制造系统（FMS），该设备有 36 个托盘连接到两个 Okuma MU 5000 机床中。在该区域，还有三台独立的 Okuma M460-5AX 机床。整个区域专门用于五轴硬金属加工，主要是加工航空零件。大多数时候，该区域都在加工航空级别的钛，如 6AL4V，以制造诸如机舱和推力反向器组件等零件。



在 Advanced 安装 FMS 之前，该支架仅机器和工装的设置时间就需要两个小时。今天，这个时间已经减少到几乎为零。



Advanced 的 36 个托盘系统连接到两个 Okuma MU 5000 上，并由 Fastems ROBO-One 柔性制造系统 (FMS) 进行操作。



Advanced 通过标准化的工件夹具解决方案，减少了开始加工钛合金航空支架所需的负载转换时间，在信任 Fastems 自动化后，人们立刻看到了主轴利用率的提高。

Scott Shortess 坚定地致力于提高效率，并与其父亲一样欣赏先进技术。这就是为什么他决定进一步推进自动化的原因。在过去十年中，他和他的团队开始测量主轴的利用率。他解释说：“我们从一种非常初级的测量方法开始，有人会用智能手机拍下每台设备的诊断结果，然后他们会回到自己的办公桌上，根据这些图表计算时间和生产率。” 车间团队分析了每台机器在循环中的时间，以及每台机器的空闲时间。“我们开始看到这些数字后，就意识到了我们的主轴是多么的不够用。” 于是 Shortess 联系了自动化解决方案开发商 Fastems 公司的业务领域主管 Risto Niemi。

Niemi 访问了 Advanced，介绍了制造管理软件 (MMS)、自动化系统、生命周期服务和数字制造等解决方案。Shortess 说：“他真的拓展了我们的思路，让我们了解到自动化的所有可能性。我们已经在差旅和沟通上花了数万美元，去参展，去看新技术，但我们从未如此茅塞顿开。直到那次会议，Fastems 和他的团队为我们提供了前所未有的知识。”

Advanced 于 2019 年 6 月安装了法斯腾 RoboFMS ONE (FMS- 柔性制造系统)。RoboFMS ONE 与 MMS 一起处理生产调度和执行，实现了五轴 Okuma 机床的自动化，缩短了设置时间。Shortess

说，RoboFMS ONE 和 MMS 对“效率产生了巨大的影响，如首件产量、主轴利用率和增加产能，同时在公司的产品和服务两方面，都提高了声誉。”

他解释说，预测性 MMS 和托盘自动化系统对于像 Advanced 这样的公司来说是最有效的解决方案，因为他们是一个高混合、低产量的车间。Advanced 的客户通常一次只需要一到五个零件，而不是成千上万。“该系统的灵活性是它对我们最有益的属性之一。因为我们是一家合同制造商。我们按需求生产，而不是按库存生产。我们可以上传 ERP 数据，让它安排一切，它会告诉我们需要什么资源。” Shortess 说。

在一个有许多混批的车间里，节省时间和金钱的最简单方法是减少设置时间。Shortess 回忆起一个复杂的钛合金航空铰链组件零件，以前是在传统的独立机器上运行。这个特殊的零件仅设置时间就需要花两个小时，甚至超过了该零件 1 小时 40 分钟的加工周期。Shortess 说：“我们用新系统重新进行新产品开发，我们的设置时间从两个小时变成了真正的零，因为它一直在 Fastems 系统中。我们额外获得了零件之间的转换时间，这也非常有助于提高主轴的利用率。” Advanced 公司目前正在进行半熄灯生产，而完全熄灯生产则是最终目标。

新系统有助于在工作开始之前就在前端开发流程。Advanced 用它来跟踪刀具磨损，并利用所有可以记录的东西。“我们在自动模式下运行它，将手动取而代之。这就是我们花费的意义所在。” Shortess 解释说：“我们不能像 MMS 那样处理大量的数据。该系统能够查看工具数据、周期时间、以及其他所有游泳的东西来预测它需要什么。现在我们谈论的是稳定、可预测的过程。在我看来，如果人们不在制造业中投资这种类型的技术，他们就会越来越落后”

Advanced 计划在未来几年内扩大到新的厂房中。这个新工厂将有一个额外的 Fastems FMS，具有更多的工艺，如 Fastems 龙门工具存储 (Gantry Tool Storage, GTS)、机器人去毛刺和先进的计量学设备。GTS 系统使用移动式龙门机器人来存储并将多达 4,000 把切割刀具到运送各个机器上，在设置过程中最大限度地减少了对操作员的需求。“我认为如果没有 GTS，我们不可能达到世界领先的主轴利用率。这是它的核心。你把 FMS 系统和 GTS 系统结合起来，你就能真正生产出一些零件。有了我们新的自动化技术和方向，我们必将做到先进 (Advanced) 的名副其实。”

www.advcosinc.com
www.fastems.com

Sig Sauer 利用先进的 3D 扫描技术优化枪支制造

Sig Sauer Optimizes Gun Manufacturing with Advanced 3D Scanning Technology

2017 年，枪械制造商 Sig Sauer 赢得了美国陆军主办的 XM17 模块化手枪系统（MHS）竞标，从而获得了 5.8 亿美元的合同，为陆军生产新型 M17/M18 手枪。

新的手枪将取代自 20 世纪 80 年代末以来一直在使用的 M9 手枪。设计规格包括耐用性、更高的准确性、改进的模块化、增强的人体工程学以减少后坐力、更精准的瞄准和可靠性标准，以及与战术灯、激光器和声音抑制器等配件的兼容性。

这些都存在着巨大的挑战。

具有严格公差要求的手枪通常由 30-60 个零件组成，尺寸和形状各不相同。每个部件都必须满足设计、配合、形状和功能要求，以保证可靠性。精度对于确保系统的性能至关重要，这使得质量部门变得不可或缺。

美国陆军协议中的严格要求导致零件包括整体轮廓在内，有 50 到 1000 多个尺寸需要测量。剖面图和 GD&T 图纸上的一些尺寸过于复杂，无法严格使用手工测量工具、坐标测量机（CMM）或比较仪进行完整的检测。用这

些方法进行的数据分析过于主观，无法得出一个最佳的检测结果。完成复杂部件的首件检验（FAI）需要三周时间，而小部件则需要一天时间。另一个挑战是在检测伴随着计算机辅助设计（CAD）模型的成型零件的一般轮廓公差时，需要符合特定的方法。

但一些金属注射成型（MIM）和塑料成型的零件经常多个腔体中生产，总部位于美国新罕布什尔州 Newington 的 Sig Sauer 公司需要一种更好的方法来识别错误和不一致的地方，并高效地进行沟通。为了满足设计要求和应对挑战，该公司需要寻求一种比现有 CMM 更先进的 3D 测量解决方案。

2019 年，Sig Sauer 公司从加州 Santa Ana 的 Capture 3D 公司购买了一台 ATOS Core 80 蓝光三维扫描仪，以便在进行必要的机械检查之前从 MHS 零件中采集信息。在体验了 3D 扫描仪的能力后，质量部门意识到它在检测 P365 等流行商业手枪中，小零件方面的潜力。许多这些零件小到拇指甲，大到几英寸长，具有多个平均长度略长于 3 毫米的表面。有些零件太小，无法用 Sig Sauer 现有的方法完成测量，但该公司仍然需要这些数据。

“我们没有办法及时完成这项工作，即检查每一个没有列在印刷品上的角落和缝隙，这些地方现在都被整体公差所覆盖了。” Sig Sauer 公司 Newington 工厂的质量控制检查员 Krista Desrosiers 说，“这就是我们寻找结构光三维扫描仪的原因。它能够在几分钟内扫描一个零件的全部内容，并找出该整体轮廓的所有特征。一旦我们有了这种额外的分析能力，似乎世界都变得更加开阔了。”

一个关键的结果是大大节省了时间。以前，Sig Sauer 公司的质量检查员经常要做一个硬尺，以获得检查小面积零件所需的尺寸。由于 ATOS 采集了全场数据，Sig Sauer 在 FAI 上立即节省了时间。如果不考虑 CMM 的编程时间和分析，现在完成相同的任务，相比之前的 CMM，时间缩短了 70%。



为美国陆军制作的 M17 和 M18 手枪成品。



军事人员测试新的 Sig Sauer 手枪。

公司还能够从每次检测中获得更多信息。三坐标测量机的探针尺寸与工件的小表面尺寸相比太大了，影响了对所需尺寸数据点的收集，这也将导致信息丢失。利用非接触式 ATOS 技术，Sig Sauer 公司克服了探针尺寸的限制，可采集 CMM 所遗漏区域的数据，并在零件继续进行下一道工序之前提前暴露出问题。

ATOS 专业软件存储了以前的项目、数据和检测结果，确保了一致性，促进了工程师和质检员之间的合作。他们一起调整立体光刻 (STL) 网格内的基准结构，自由评估设计变化。他们在开发过程中测试计算和可能性，并在进行物理变化之前评估决议。归档 STL 文件还允许其他部门对检验报告进行审查。

另一个关键点是，三维彩图能够快速解释和分析可见的数据，识别轮廓特征，暴露出空腔的不一致、线性尺寸的差异和设计的差异，例如某些不需要的波纹。三维扫描数据允许质量部门向工程师展示错误和不一致的地方，而不仅仅是生硬的呈现在文字中。

“当人们在寻找一个特定的问题时，它会帮助人们更容易的找到。” Desrosiers 说，“人们看到问题就在他们面前，而不是仅仅是拿着数字，这能帮助他们理解更多。”

工程师们现在利用质量部门作为一种资源来帮助解决问题。Desrosiers 描述了这样一个例子：一位工程师来找她，说有零件在车间里造成了问题。他说，这位工程师无法确定问题的来源，并希望她看看 ATOS Core 80 是否能提供帮助。

“我拿起零件，测量了一下，然后说，‘看看这个，这个问题会不会是这样的？’当时我甚至不知道这个问题是什么。我可以很容易地

在零件之间看到它，一些东西就这样突然出现在我面前，他们说，‘是的，这正是会导致这个问题的原因’。” Desrosiers 说。

ATOS 扫描仪提供了一种沟通方式，鼓励跨团队合作进行质量检查、工程校准，最终解决问题。Desrosiers 回忆说，校准部门要求她用 ATOS 来验证一些它因量具宽度限制而无法验证的东西。在她用 ATOS Core 80 扫描该零件后，得出的数字与校准相关，即使公差特别小。

Sig Sauer 公司还使用 ATOS 专业软件来启动可重复性和再现性 (R&R) 流程。检测员将软件的评估结果与传统重复性和再现性方法的测量结果进行比较，并进行相应的调整。三种不同的测量方法在零件上的重复性一直在 0.0001 英寸 (0.00254 毫米) 以内。

ATOS 提高了 Sig Sauer 公司中最复杂零件的检测效率，如 P365 模块。该模块是包括主流 P365 手枪的内部零件中的主要构件。该构件大致 4 英寸 (101.6 毫米) 长，表面有大有小，P365 模块包含带有空腔的零件，需要在 FAI 期间进行测量。Sig Sauer 现在几乎所有的零件都依赖 ATOS 的效率，包括 P320、P365 的撞针和 SIG716 步枪的螺栓等零件。ATOS 使 Sig Sauer 满足了军方需求，同时扩大了其商业和军事产品的研发能力。

Desrosiers 说：“ATOS 向我们展示了在正常检查中不容易发现的问题，以帮助获得有关零件的信息，并在问题出现之前纠正。”

有了易于解读和分享的可视化数据，Sig Sauer 公司可以及时发现和解决问题，从而做出快速、明智的决定。Sig Sauer 现在已经使用 ATOS 制造了 20 多万支 MHS 手枪。

除了满足 MHS 合同的要求，克服检测能力和效率方面的挑战，以及加强各部门之间的合作之外，这种测量技术还使 Sig Sauer 公司提高了其行业内的质量标准，并推动其全球客户群的技术发展。因此，Sig Sauer 现在获得了多个美国军方的枪支、弹药和光学器件合同。

Capture 3D 的解决方案为 Sig Sauer 的团队提供了保证，即每个零件在进入下一个流程之前都进行充分的检查，以防止无论是在车间还是在现场，都有可能出现的后续问题。现在，检验产品质量更容易、更快捷，这有助于满足对高可靠性产品的需求。产品质量是 Sig Sauer 公司制造工艺的核心，ATOS Core 80 蓝光三维扫描仪在其许多新的民用和军用产品的开发中，变得越来越受青睐。

www.capture3d.com

Braskem 对数字孪生的应用是社会化 5.0 的典范

Braskem's Use of Digital Twin Exemplifies Society 5.0



Shuji Mori
CEO

Yokogawa Corporation of
America
www.yokogawa.com

为了实现一个更美好的世界，我们选择了社会 5.0 作为我们的主要驱动力。在工业 4.0 和工业 5.0 的背景下，自动化技术的发展是非常棒的，但重点应该是能够造福社会、人类和地球——并认识到技术作为一个推动者的巨大价值。

通过 4.0 达到工业革命对社会产生了巨大的影响。从历史中不难看出，社会是如何变得依赖技术的。技术发展推动了这种变化，但不幸的是，社会一直在接受这种变化——无论好坏。

社会 5.0 说明，社会转型现在终于推动了工业转型。新的工业革命，即工业 5.0，有人认为现在正在进行，与社会 5.0 有许多共同的愿景。

有一个关于社会 5.0 的定义可以提供了一个很好的注脚：“一个以人为本的社会，通过一个高度整合网络空间和物理空间的系统来平衡经济进步和解决社会问题”。在这里，我们可以清楚地看到工业 4.0 和它的继任者工业 5.0 所要发挥的作用。

我们很高兴地看到，在自动化行业中，许多公司都与 Yokogawa 公司一样，具有相似的愿景——以人类体验为中心，并使人类、利润和环境达到平衡。Universal Robots 公司前总裁 Jürgen von Hollen 于 2019 年在本杂志中写道，人们希望技术能够接管那些枯

燥、肮脏和危险的工作，以便他们能够从事更有意义的工作。

该公司的机器人技术组合针对的是“肮脏和危险”工作，例如，通过使用机器人冒险进入危险的工业区，消除对人类的风险。

纵观当今市场上巨大的工业自动化组合，很容易忽视对人类所带来的好处。例如，一个看似平凡的概念，如模块化程序自动化 (MPA)，可以对流程制造的人性化方面产生强烈的影响。

“制造商在追求减少其 CO₂ 排放的同时，也在部署采用数字孪生技术进行能源管理。除了减少排放外，此举还大大降低了运营成本。”

依照 ISA-TR106 协议，MPA 提供数字化、可追踪的标准操作程序。用户可以用单一的最佳做法取代一系列不同的程序。

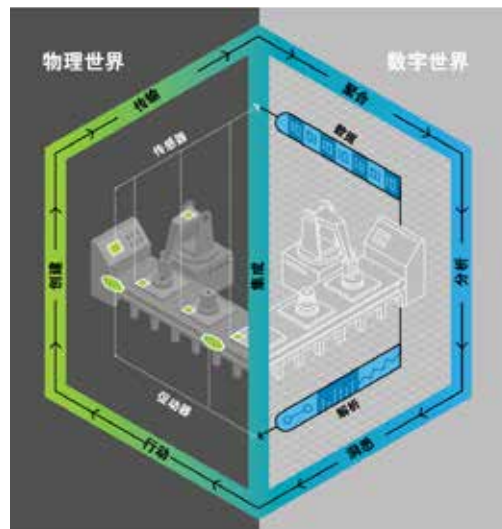
以数字方式记录该程序，使新的操作员能够在有经验的操作员退休后迅速上岗。用户通常还能通过大幅减少操作人员的行动次数和处理的报警次数来实现生产率和安全性的提高。我们正在用数字孪生技术加强 MPA，为这种改进增加可持续性。

随着公司追求减少其 CO₂ 排放，他们正在部署数字孪生技术进行能源管理。世界上最大的生物聚合物生产商和美国最大的聚丙烯和热塑性树脂生产商 Braskem 公司使用实时能源管理系统，在他们的一个设施中减少了 2.1% 的能源使用。除了减少排放外，此举还降低了运营成本。

数字孪生技术是提升人类进程和能源优化的众多例子中的一个，说明应该大力追求数字化和技术进步，但要有明确的目的来造福社会。

技术越能接管“3D 任务”，就会越好。这使我们更多的人能够利用我们的共同努力，找到其他方法来改善我们周围的世界——今天部署技术，明天共同创新。

www.yokogawa.com



勇敢地让机器人探索未知领域

Let's Boldly Go Where No Robot has Gone Before



Glenn S. Daehn
Mars G. Fontana Professor of Metallurgical Engineering,
Department of Materials Science and Engineering,
The Ohio State University

COVID-19 使人们注意到美国制造业供应链的脆性。为了应对多种类型的危机，至少需要有快速修复或重建能力的设备作为我们经济基础。

具备多技能的工人、工具和模具制造商代表了我们的未来潜在的理想。

工具和模具制造商可以获得许多工艺（加工、成型、焊接、热处理等），并可以根据现有材料和不可避免的意外情况进行随机应变处理。

人类工人的缺点是，他们远不如机器那样可复制、精确或强大。他们也不可能全天候工作。

许多合作者和我一直在形成一个未来的愿景，即自主系统基本上可以像熟练的工人那样，使用新的刀具进行减材、增材、焊接和钣金加工，制造和检测，以得到质量有保证的部件。

要达到这个未来，需要两件事：一个关于混合自主制造途径的共同愿景和实现这种方法的新工具。

愿景部分

受 SAE J3016 关于驾驶自主性级别定义的标准启发，提出了制造自主性的级别。

其中 0 级代表没有自动化，1 级包括 CNC 路径跟踪，2 级包括闭环纠错，3 级包括工业 4.0 元素，捕捉系统范围内的数据以做出决定。

第 4 级和第 5 级包括综合框架中的多个过程（加、减、连接、铸造等）。在第 4 级，系统可以自动夹持，并将部件从一个过程转移到另一个加工过程。

最高级别——5 级——可以模仿与熟练工匠的对话，可以讨论成本、性能和交付时间之间的权衡，一旦选择，无需人工干预即可执行，同时记录关键数据，确保部件质量，并与其他制造单元分享经验。

新的工具和流程

这一愿景使我们摆脱了经常设定交货时间和资本支出所需的大型工具、模具和压力机。

相反，我们可以想象多个小型刀具同时在一个零件上进行用于增加、成形和切割工作——就像多个机器蚂蚁做不同的工作那样，但有精确的尺寸控制。

虽然工程学术界一直专注于分析高生产力的制造过程，但在较小规模、高度控制的过程中也有很多机会。

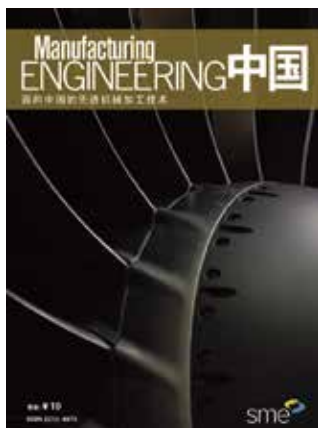
在这种模式下，许多基于简单和轻型工具的制造过程可能是相当强大的。

例如，我的团队正在开发局部、高速、固态、基于冲击的焊接工艺，并在这些工艺中使用非常轻量化的设备。

因为他们不需加热材料，所以没有热变形或材料退化问题，他们可以坚固的连接属性完全不同的金属。

这些以及基于轻型和敏捷工具的类似工艺将成为这个全新自动化车间的核心。

随着传感器、计算、机器人和工艺的快速发展，这些工艺创新似乎不可避免地会补充我们现有非常有效的大规模生产，以便在需要的时候和地点创造复杂的高质量产品。



“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

智能制造被认为是成功的关键

Smart Manufacturing Seen as Key to Success

位于美国密歇根州 Troy 的 Plex 系统公司是一家提供云计算智能制造解决方案的开发商，它宣布了其第六年度“智能制造现状”的研究结果。

今年的研究是与 Hanover Research 公司合作进行的，其强调了制造商如何使用智能技术来应对今天的挑战和推动可以衡量的投资回报率，并为可利用的未来机会而做好准备。

调查结果表明，需要用智能制造技术来应对当前的挑战，包括那些因 COVID-19 疫情而加剧的挑战。事实上，83% 的制造商表示，这次疫情大流行使得采纳智能制造技术和制造工艺成为优先需要考虑的事项。

Plex 系统公司 CEO Bill Berutti 在一份声明中说：“这项调查验证了智能制造技术不再是一个‘不错的东西’，也不是一个奢侈品，它是企业生存的必需品。

“智能制造是强大的，并且具有变革性的技术，但根据个人业务需求和工作文化，可以有多种方式来采用这些技术。通过灵活的平台和联网的工厂车间解决方案，制造商可以针对他们最迫切的需求，部署能为他们的机构带来真正和即时性价值的技术。”

去年的调查显示，智能制造仍处于早期应用阶段，23% 的受访者表示他们没有计划在其机构中部署智能技术。

今年的这份调查讲述了一个不同的故事。大多数受访者已经看到了智能制造的价值和需求，而在那些计划采用智能制造的企业中，超过 60% 的企业打算在未来 12 个月内开始实施。Plex 系统公司表示，这证明了智能制造并不是三到五年后才会发生的事情，它现在就在发生。

根据 IDC 最近的一份 MarketScape 报告显示，“数字世界已经构建了一个新的现实。拥有正确的人才和软件工具组合的公司将最有能力在这些变化的条件下进行恢复和发展。”

这份报告强调了位于密歇根州 Dowagiac 的 Creative Foam 公司，作为汽车行业里泡沫、无纺布和粘合剂制造专家，他们是如何将其生产线从生产汽车泡沫转向生产通风器的泡沫零部件。因为它已经有了一个基于云的智能制造解决方案，Creative Foam 团队能够将生产转向为通风器制造需求量更大的泡沫零部件，同时许多团队成员都可以在远程工作。从那时起，Creative Foam 公司已经转回到其在 COVID 之前的产品重点。

“基于云的系统对我们来说是一个巨大的优势，”Creative Foam 公司 IT/IS 副总裁 Tareq Falah 说。“我们不必担心在建筑物内必需有人员来保护这些内部硬件，以确保冗余电力系统可用，或者确保这些基础设施的安全。”

该调查还发现：

- 由于 COVID-19 疫情大流行，对智能制造技术的三大需求是提高效率、提高供应链的灵活性和支持远程工作，以及

- 近四分之三的调查对象开始使用该技术来更好地连接业务，实现流程自动化，并获得有价值的业务洞察力。

www.plex.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精密刀塔车床

MO8SY-II

搭载背轴·Y轴的复合加工机
拥有超强车铣加工能力

项目	规格
最大加工长度	380mm
最大加工径	φ280/φ65(棒材)mm
卡盘尺寸	8 inch
主轴最高转速	4,500min ⁻¹
背轴最高转速	4,500min ⁻¹
动力头最高转速	5,000min ⁻¹
主轴电机功率	7.5/11kW
背轴电机功率	5.5/7.5kW
电源容量	30kVA
机器重量	5,800kg
长×宽×高	2,470mm×1,850mm×1,930mm



手轮轴右段(汽车行业)
尺寸: φ31.5×218 mm
材质: 45Cr



医用髌臼假体(医疗行业)
尺寸: φ44×21.5 mm
材质: TC4



缸套(机械制造业)
尺寸: φ47×148 mm
材质: SNCM220



加水口(工程液压行业)
尺寸: φ57×25 mm
材质: 6061T6



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