

Manufacturing[®] ENGINEERING 中国

面向中国的先进机械加工技术

2022.9

医疗增材制造

MEDICAL ADDITIVE MANUFACTURING

数字工厂

DIGITAL FACTORY

汽车制造

AUTOMOTIVE MANUFACTURING

测量

METROLOGY



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

2022.9



关于封面图片：颅骨模型，采用3D打印的颅骨导向器和个性化植入体设计/原型，并在这些应用领域不断改进和扩展。(图片由FSME Andy Christensen提供)



先进制造 Advanced Manufacturing Now

- 2 用于连接异种材料的激光脉冲整形
- 6 下一个工业4.0的里程碑：数据驱动的安全预防
- 7 3D打印“指纹”打击造假者

医疗增材制造 Medical Additive Manufacturing

- 8 最佳拍档：3D打印和计算机仿真
- 12 微型医疗部件和组件的增材制造具有微米级特征小型零件的AM设备。
- 14 医疗行业的快速响应
增材制造在实现“快速响应制造”方面具有独特的优势。
- 16 雷迪儿童医院的儿童适应性制造
3D打印在儿童医院的潜力巨大。
- 20 通过金属3D打印定制手术工具
3D打印有助于改善十字韧带手术。

数字工厂 Digital Factory

- 22 中小型工厂的工业4.0实施方案
工厂车间如何通过可扩展的工业4.0工具实施来深入了解和改善他们的运作。
- 26 将CAD/CAM与关键性软件合作伙伴整合在一起
在互用性时代，与他人打好关系的重要性。

汽车制造 Automotive Manufacturing

- 30 智能装配帮助汽车零件再制造企业提高竞争力
计算机控制的电动压机实现了性能上的飞跃。
- 32 在竞争中脱颖而出
Don Schumacher车队挑战加工极限。
- 35 商用车之设计前景
- 36 轻松打造独一无二的产品
Kodlin摩托车公司转向数控技术来生产定制摩托车。

测量 Metrology

- 38 易于使用的 CMM 满足特定需求
工业界正在从CMM供应商那里获得定制的应用，以满足生产需求。这种需求未来也会越来越多。
- 41 扫描仪测量
密集扫描数据在计量学上的效用在多种应用中得到了证明。

加工中心 Machine Tools

- 44 利用旋转式机床降低每个零件的成本
- 46 生产一台机床·提供一份感动

生产解决方案 Shop Solutions

- 48 通过模块化工装夹具提高生产力
- 50 冷却液过滤系统如何减负增产

行业情报 Field Intelligence

- 54 Daiwa Steel Tube公司与物联网
- Rolls-Royce公司利用AI、ML将数据变成美金
- 55 通过基于人工智能的数字助理确保操作的弹性

行业之声 View Points

- 56 扫描和数据收集促进焊接质量管理

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.

用于连接异种材料的激光脉冲整形

Laser Pulse Shaping for Joining Dissimilar Materials



MOHAMMED NAEEM
Senior Manager, Applications
Engineering & Technology
Development
Prima Power Laserdyne

异种材料的激光焊接是一个动态过程，它的时代已经到来。在需要这种焊接的地方，如电子、医疗设备、消费品、汽车和航空应用等，光纤激光焊接作为一种卓越的工艺脱颖而出。它可以降低制造成本，同时提供设计灵活性。

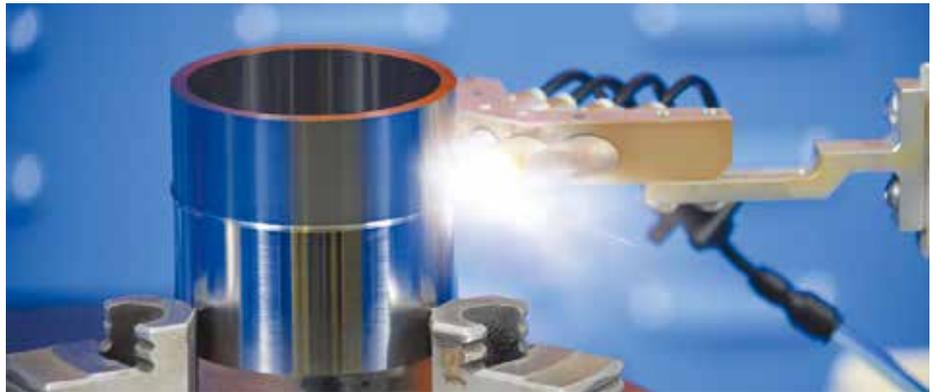
性能的差异影响到结果

从理论上讲，激光可以焊接任何可以用传统工艺连接的材料。然而，由于它们在物理和化学性质上的差异，如熔点和沸点、导热性、密度和膨胀系数，在焊接异种材料时可能会出现一些问题，使所产生的焊缝不合格。

表 1 所示为成对金属的可焊性。当焊接异种金属时，良好的固溶性对于良好的焊接性能至关重要。只有具有兼容的熔化温度范围的金属才能做到这一点。如果一种材料的熔化温度接近另一种材料的汽化温度，就会出现不良的可焊性，并且通常意味着形成脆性金属间化合物结构。

Nd: YAG 激光器是理想的选择

在过去，大多数异种焊接项目是用脉冲 Nd:YAG 激光器进行的。只要占空比



据该公司称，采用 Prima Power 公司的脉冲整形技术，异种材料的激光焊接是一种可靠的工艺。图为使用 LASERDYNE 811 系统将两个不同等级裂纹敏感性的镍基合金的气缸组件自动地焊接在一起。（所有图片由 Prima Power Laserdyne 公司提供）

足够低，灯泵浦激光器就能产生长的、多毫秒的脉冲，其峰值功率是激光器额定平均功率的许多倍。高峰值功率的脉冲、灯泵浦 Nd:YAG 激光器，加上脉冲整形功能，使这些激光器成为焊接异种材料的理想选择。通过调整起始功率和正确的结束功率以适应接头的几何形状和材料特性，可以避免焊接深度过深——这可能导致有缺陷的焊缝，也可能导致焊接深度不足（图 1）。

在 Prima Power Laserdyne，焊接专家已经开发了一系列脉冲形状，通过减少

焊接裂纹和气孔来提高焊接质量。他们的重点是容易出现焊接缺陷的产品应用提供异种材料焊接解决方案，如裂纹、气孔或两者兼有。最常受影响的行业包括汽车、医疗、电子和航空航天。使用带有 S94P 控制器的新型 LASERDYNE 811 系统生成各种脉冲形状，其中包括为脉冲整形而设计的一系列硬件和软件功能。这些项目是用连续波（CW）和准连续波（QCW）光纤激光器完成的。

以下是在异种材料激光焊接过程中使

表1：成对金属的可焊性

	Al	Ag	Au	Cu	Pt	Ni	Fe	Ti	W
Al	-	C	X	C	X	X	X	X	X
Ag	C	-	S	C	S	C	D	C	D
Au	X	S	-	S	S	S	C	X	N
Cu	C	C	S	-	S	S	C	X	D
Pt	X	S	S	S	-	S	S	X	X
Ni	X	C	S	S	S	-	C	X	X
Fe	X	D	C	C	S	C	-	X	X
Ti	X	C	X	X	X	X	X	-	X
W	X	D	N	D	X	X	X	X	-

-：同一金属是可焊接的
C：可能存在复杂结构
X：形成金属间化合物；不良组合
S：所有合金组合中存在固溶度
D：数据不足，无法进行正确的评估
N：无数据可用

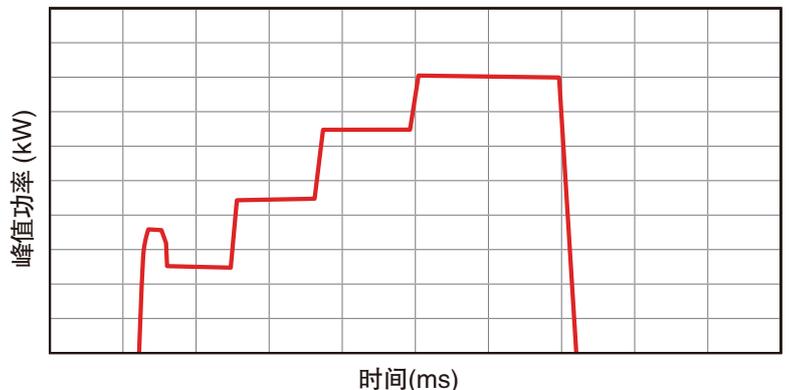


图 1：斜升脉冲波形示例。

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



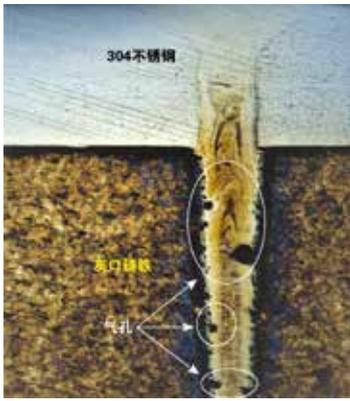


图 2: 2 毫米厚的 304 SS + 4.5 毫米厚的灰铸铁; 搭接接头; N₂ 保护气体。



图 3: 2 毫米厚的 304 SS + 4.5 毫米厚的灰铸铁; 搭接接头; N₂ 保护气; 带脉冲整形。

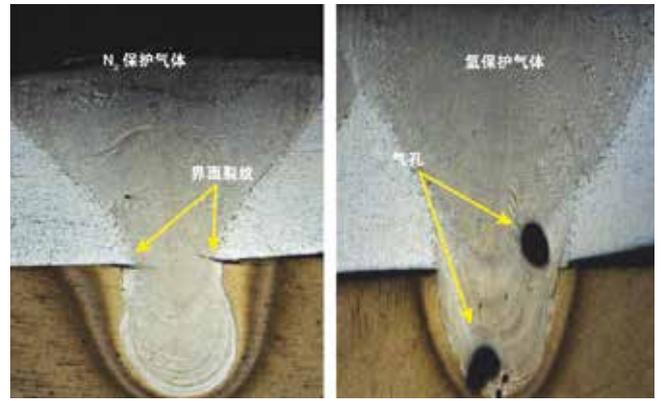
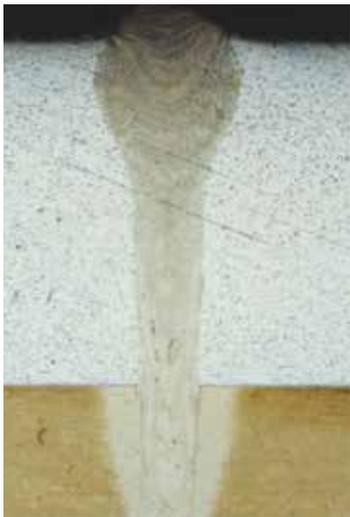


图 4: Haynes 230 + Waspaloy; 搭接接头; CW 输出。



左图 5a: Haynes 230 + Waspaloy; 采用脉冲整形的搭接接头; 焊缝根部没有界面裂纹或气孔。

中图 5b: 工件材料和焊接材料的放大照片。

右图: 带有 S94P 控制器的 LASERDYNE 811 系统。



用脉冲整形提高焊接质量的两个示例。

灰铸铁被广泛用于汽车工业中。一个主要的缺陷是异种材料在铸铁上的可焊性，这是由于石墨和铸造过程缺乏延展性，会导致热裂和形成孔隙。在第一个例子中，汽车部件的一个零件需要将 304 不锈钢与灰铸铁以部分重叠焊缝的形式连接起来。在以前的工艺中，该零件采用电子束焊接 (EBW)，以减少形成过多的孔隙并消除界面裂纹。终端用户非常希望用激光束焊接 (LBW) 取代 EBW，以减少每条焊缝的成本和焊缝坡口加工。最大的区别是 EBW 是在真空中进行的，而激光焊接是在环境空气压力下进行的，并且在这个过程中消除了 X 射线的危险。对激光参数设计进行的开发工作，使其能够产生与 EBW 相同或更好的焊接质量，即没有孔隙或界面裂纹。利用 CW 光纤激光器进行了包括脉冲形状在内的激光参数开发工作。

用标准的 CW 激光输出对焊缝金属进行的显微镜检查显示，在焊缝的铸铁部分有严重的孔隙 (图 2)。在连接界面没有

任何微裂纹的迹象。使用 LASERDYNE S94P 控制器和脉冲整形进行的焊接产生了无孔隙的焊缝 (图 3)。

第二个例子主要是关于航空航天工业的。焊接和连接技术在航空航天领域发挥着重要作用，无论是制造新零件还是维修航空航天结构和部件。大多数航空发动机部件是由镍基高温合金制成的。大多数这些航空发动机材料在激光焊接过程中容易出现气孔、开裂或两者兼有。焊缝开裂和形成气孔的风险取决于焊接条件。在很大程度上，这些焊接缺陷可以通过改变焊接工艺，即优化激光和加工参数来避免。

一个航空部件需要用激光将 Haynes 230 (经溶液处理的镍铬钨钼合金) 与 Waspaloy (可时效硬化的镍铬钴高温合金) 重叠焊接在一起。考虑到这两种合金在单独焊接时都容易出现裂纹，因此对焊接质量的要求是在熔合区没有裂纹或气孔。

图 4 显示了用 CW 输出焊接的两种镍基合金的异种焊缝。焊接时使用了两种不同的保护气体，即分别为氮气和氩气。使

用氮气保护气体的激光焊接导致界面微裂纹，但没有气孔，而使用氩气保护气体的焊缝没有裂纹，但气孔过多。使用氮气保护气体的孔隙率降低是由于熔池的表面张力降低，使气泡更容易从焊接熔池中排出。

对脉冲整形进行了进一步的测试，以提高焊接质量。这些操作仅使用氮气保护气体进行。图 5a 和图 5b 所示的结果表明，在接头界面处没有任何微裂纹的迹象。与使用 CW 输出的焊缝相比，焊缝熔深和界面宽度略有不同；但是，可以通过调整平均功率和焊接速度来控制焊缝形状，而无需更改脉冲形状配置。

Prima Power Laserdyne 在激光脉冲整形方面的开发工作已经实现了异种材料的高质量焊接。这些新的工艺和 LASERDYNE SP94 控制器的功能通过解决微裂纹和微观及宏观孔隙的形成来改善焊接质量。该公司已经开发了更多的脉冲整形工艺来评估和改进光纤激光焊接的许多其他应用。

www.primapowerlaserdyne.com

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

下一个工业 4.0 的里程碑： 数据驱动的安全预防

The Next Industry 4.0 Milestone: Data-Driven Safety

数字化制造正在日益占据主导地位。毕马威 (KPMG) 在其《2020 年全球制造业展望》报告中指出, 在其调查的工业制造商中, 有 48% 的制造商已经在数年内加快了其数字化转型战略。然而, 工业 4.0 计划几乎只关注效率, 并且通常都在围绕着生产、销售、供应链和会计等实际运营改进决策。

同时, 大多数安全管理在很大程度上仍然是手工操作, 即使用 Excel 电子表格或装满纸质记录的文件柜——通过这些流程, 制造商们往往只能对事故做出反应, 而无法防止事故发生。然而, 当涉及到安全问题时, 这一切就太迟了。

根据美国国家安全委员会 (NSC) 的数据, 美国的工伤每年造成 1710 亿美元的损失, 而制造业在可预防的致命工伤的数量上排名第六。不仅仅是提高了人力成本, 工伤也在其他方面伤害了制造商。值得注意的是, 一台发生严重事故的机器通常将停机一周或更长时间, 这不仅会导致减缓生产, 更可能会导致客户更换其他供应商。

工伤还导致了对制造业的负面看法, 从而阻碍了招聘和雇用。这就提升了制造商在与竞争对手抢夺人才时的难度。

这一切都表明, 如果制造商想要有

效地争夺员工和客户, 就需要将预测性、即数据驱动的安全预防作为其下一个工业 4.0 的里程碑。

使用技术来跟踪安全数据

好消息是, 许多制造商至少已经拥有一些用于收集重要安全数据的技术。例如, 许多公司已经部署了实时监控——利用传感器来跟踪一个机器零件是否磨损到不稳定或完全失效的程度。这能够帮助制造商在零件开始影响质量或生产计划之前更换它。

同样, 来自机器传感器的数据可以检测出磨损或对准是否使某个部件, 例如钻头或刀片, 是否可能会对工人产生伤害。这种洞察力使制造商能够在出现问题之前安排维护或修理。

但制造商也必须考虑其他因素。一个员工是否接受过安全培训, 以正确使用某件设备? 这个人的证书是否是最新的? 是否有员工延长工作时间, 可能导致疲劳或事故? 为了分析这些数据, 它需要被结构化和规范化, 以便在所有现有记录中多次查阅。

制造商的自然倾向是利用他们现有的数据。然而, 如果这些信息存储在电子表格、PDF、谷歌文档或文件柜中, 就需要将其输入一个数据库, 使数据结构一致。



RYAN QUIRING
Founder and CEO
SafetyTek Software

www.safetateksoftware.com

这个过程可能需要几个月到几年, 并花费数万或数十万美元来完成。

相比之下, 那些已经使用企业资源规划 (ERP)、环境、健康和安全 (EHS) 和 / 或人力资源 (HR) 等应用程序的制造企业, 已经可以开始捕获和分析与安全有关的数据了。这是因为这些应用程序会自动规范数据并将其存储在数据库中。

没有现代 ERP、EHS 或 HR 解决方案的制造商应该考虑实施这些应用程序之一。我们已经看到采取这种方法的公司开始以数字化的方式采集数据, 并在短短四周内, 就能从他们的安全计划中获得重要的洞察力。

一旦核心应用部署完成, 制造商就应致力于让所有员工合作收集安全相关的数据。工人参与的关键是让他们使用移动电话访问网络应用, 从而自动规范数据。员工贡献的信息可能包括有关培训、休息前的工作时间或其他可能导致安全风险的因素的数据。

最近, 快速响应 (QR) 码等技术为制造商提供了一种通过手机识别个体员工的方法, 并生能够成有效的, 可与其他信息一起进行储存和跟踪的数字签名。这可以帮助工厂追踪暴露在风险之内的工人,



分析和报告功能使制造商能够利用人工智能和机器学习的优势, 更深入地了解并保护工人。(所有图片均由 SafetyTek Software 提供)



快速响应 (QR) 码等技术为制造商提供了一种通过手机识别员工的方法, 并有效地作为数字签名, 可以与其他信息一起存储和跟踪。

例如，某些工人可能会缺乏特定安全措施培训或培训过期

通过正确的数据提供洞察力

除了构建数据库，制造商还需要确保他们正在收集正确的信息。一家公司通过经验模型在数据分析中误入了歧途。该公司通过对过去四年的数据进行分析，发现了6月是事故高发期，但是这一切是他们早已知晓的。

该团队犯了两个错误。首先，他们采集了年龄组而不是个人的年龄。第二，他们没有将在职工人的数据规范化，这是一个重要的因素，因为6月事故高发只是因为6月工作的人最多。因此，他

们没有采集必要的隐藏数据，来分析是否存在某些小变化，会导致工人个体的伤亡率提高。

教训是，最好是收集更多、更详细的数据，而不是在运行报告或分析信息时试图预测公司要如何对数据进行分组。

随着在工厂中越来越多的纳入人工智能(AI)和机器学习功能，现在人们可以采集成千上万中不同的数据，从而发现其中的关联，因此，捕获详细的数据正变得愈发重要。

想象一下，使用人工智能助手来扫描数据库中的1000个危险点，并识别出其中真正的10个，从而有可能帮助人们专注于这一小部分异常情况，并采取补

救措施。

然后，想象一下，走在车间里，当看到一个工人正在使用 Genie lift。主管就可以给人工智能助手发短信，以查看这个工人是否接受过 Genie 的培训。也许回复不仅包括该员工已经接受过培训，还包括他们的证书是否过期，并安排安全机器人对其进行再次培训。这些只是人工智能如何在预防伤害方面发挥强大作用中的两个例子。

有了手头的详细数据，制造商就可以利用应用程序中的分析和报告功能来预防事故，并促进政府和行业的合规性。他们将很好地利用人工智能和机器学习的优势，在未来主动保护工人方面提供更深入的洞察力。

3D 打印 “指纹” 打击造假者

3D Printer ‘Fingerprint’ Fights Counterfeiters

就像每个人都有一套专属的指纹一样，丝材3D打印机的挤出机喷嘴具有独特的温度曲线。这是纽约州立大学(SUNY) Buffalo分校的研究人员在他们最近的论文“ThermoTag: 一个用于指纹和水印的3D打印机的隐藏ID”中提出的假设，发表在IEEE Transactions on Information Forensics and Security杂志上。挤出机喷嘴的热力学特性被研究人员称为“ThermoTag”，在其零件的物理特性上打上了肉眼无法察觉的标记。

如果通过进一步的研究得到证实和公认，这一现象对阻止零件和产品的假冒行为、保护知识产权(IP)和追踪武器的非法制造都有意义。随着3D打印越来越多地用于医疗设备，以及SpaceX公司制造火箭部件、GE公司制造航空发动机和美国海军制造潜艇船体，有缺陷或假冒的部件，或两者都有，对安全和国家安全的影响是巨大的。

目前一些保护知识产权和确保真实性的方法包括：在零件和产品上激光雕刻二维码；将纳米材料注入其中，在设计中形成微小的空隙；以及包括带有数字信息的近场通信(NFC)标签。

不幸的是，有些方法需要昂贵的设备

来扫描零件，或者可能导致零件的物理缺陷。研究人员说，ThermoTag提供了一个更便宜、更安全、更可靠的选择。他们写道：“基于热端的ThermoTag指纹可以通过温度传感轻松获得，并作为3D打印水印使用，比使用外在元素或随机数更安全，比在3D打印产品中引入PUF(物理层防克隆功能，如集成电路中的安全功能)更高效。热端独特的特征是由制造缺陷和系统变化造成的，这很难识别、预测和克隆。”而此技术的一个缺陷是，同一热端的温度曲线可能会随着打印机的使用而改变；融化的丝材开始覆盖在该区域，可能不会被完全清理掉。因此，热端温度曲线将不得不定期校准。

到目前为止，ThermoTag的想法得到了来自45台相同型号的不同挤出机的有限研究数据的支持，根据该论文，这使得正确识别源打印机的准确性达到92%。每台丝材3D打印机都有一个挤出机，可以推动建筑材料。然后，挤出机的热端熔化材料，并将其放在打印床上以构建零件。引领这项研究的纽约州立大学水牛城分校副教授金展鹏说：“这(样本量)绝对不足以使其投入实际的应用。就像100年前人们发现不同的人的指纹可能是不同的，



ILENE WOLFF, Contributing Editor

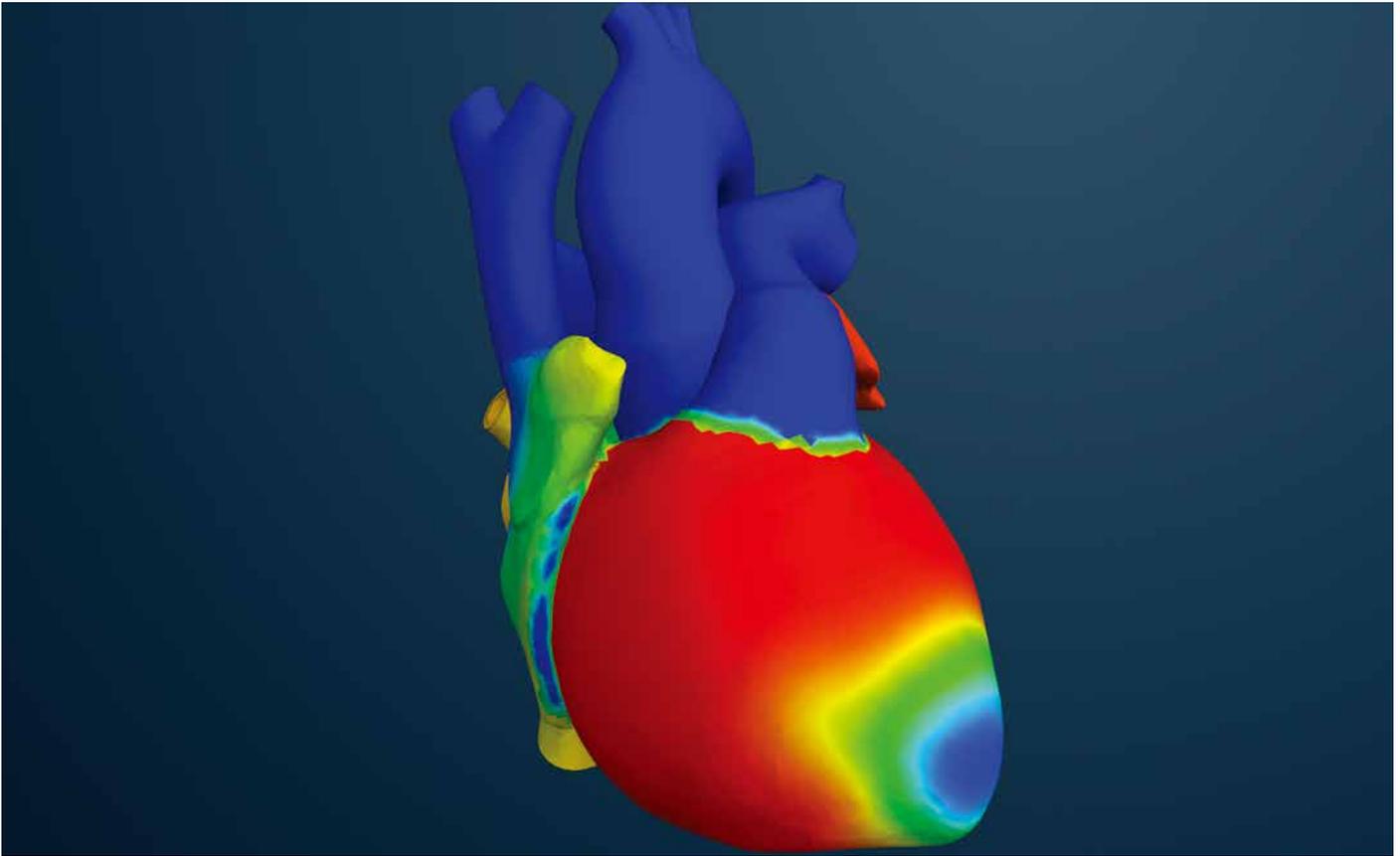
开始时的样本量是100个(例如)，后来他们增加了这个群体以增加可信度。”

Jin提议将挤出机的温度曲线数据编码在CAD文件中，作为“水印”。包含在CAD文件中的水印是可见的、可移动的，但基于Jin小组设计的标识符会使水印更加安全。如果水印中的挤出机数据与用于合法制造该零件的打印机不一致，那么它就是一个假的。打印机制造商将保留一个与他们产品上的挤出机温度曲线有关的数据库，并提供给买家。

在一个联想到的双重身份验证的方案中，Jin建议在水印中加入第二个独特的数据。设计师的签名也可以在文件中编码，以使安全性更强。另外，在未来，基于3D网格模型的盲水印技术可以提供更安全的指纹。

最佳拍档：3D 打印和计算机仿真

Perfect Partners: 3D Printing and Computer Simulation



通过多物理模拟显示了人类心脏中，机械、电气和流体特性的相互作用。
(所有图片均由 Dassault Systèmes 公司提供)

人们觉得手术是件可怕的事情。在咨询期间，复杂的医学术语使人们对手术室里的未知感到恐惧，这些未知会为病人及其家属带来巨大的不确定性。幸运的是，外科医生，如波士顿儿童医院（Boston Children's Hospital）的 David Hoganson 博士，现在可以消除这一过程的神秘感，他用病人自己身体的模型为病人展现即将发生的手术过程。通过结合虚拟现实和 3D 打印的器官复制品，这，同时相当于病人和手术团队的定心丸。

改善手术体验只是 3D 打印如何从根本上改善医学的一个例子。另一个例子是制造轻量级的、低成本的、通常是个性化的假肢。一次雪地摩托事故中失去一条腿后，残奥会运动员 Mike Schultz 利用 3D

打印技术开发了 Moto Knee, Alpine Foot 和其他高性能运动假体。从头骨到心脏瓣膜的定制打印植体正在使个性化医疗成为现实。产品设计师和医学研究人员认识到这种相对较新的制造技术在改善生活方面的力量，也将带来无数个 3D 打印的成功故事。

不只是打印

然而，3D 打印是革命性的催化剂。一旦摆脱了传统制造技术的束缚，就需要先进的仿真功能来指导这些全新的设计。这一点在 COVID-19 疫情期间变得非常明显，当时性能上的微小变化可能意味着生和死的区别。例如，当制造商想知道 3D 打印的个人防护设备（PPE）是否对空气传播

的病原体有效。研发人员通过 Dassault Systèmes 公司的 SIMULIA PowerFLOW 仿真软件创建喷嚏场景的计算模拟，以测试他们的设计是否合理，而不是进行费力和风险极高的试错。

这种模拟能力并不新鲜。例如，航空工业已经使用计算流体力学（CFD）和有限元分析（FEA）软件几十年了。然而，当 3D 打印开始在飞机和卫星部件上获得青睐时，设计师们再次转向仿真软件，以获得一系列新问题的答案。这带动了生成设计和具有 AM 软件的发展，例如 Dassault Systèmes 公司的 3DEXPERIENCE 平台，它可以适配从概念到成品部件的整个 3D 打印制造过程的独特需求。

我们都将是这项工作的受益者。医学



关注微信公众号
china@mastercam.com

Mastercam® 2023



铣削



车削



车铣复合



五轴加工



线切割



设计

为现代制造业量身定制的高效编程工具

功能丰富,应用简单直观。

避免错误,节约时间,降低成本,提高生产力。

多种加工过程提供优化解决方案,助力向高端制造业转型。

界不具备使用这种软件的传统工程知识，但他们显然有参与使用的需求。设计师和研究人员现在可以获得创建几何模型的工具和关键数据，如人体的材料模型和操作负荷。在高度可靠的情况下，他们可以模拟血管支架、心脏起搏器、牙科和骨科植入物以及数百个其他器官在人体中的表现。有了这些工具的帮助，可以在深入了解人体力学的基础上优化设计，甚至在投入实践之前通过 3D 打印产品进行加速老化研究。

虚拟孪生

这些模拟工具已经变得如此强大，以至于出现了一个新的术语：虚拟孪生。作为物理对象的高度精确的虚拟代表，虚拟孪生可用于从互联汽车设计和智能城市发展到了工厂楼层布局和相关制造工艺的优化。正如“活体心脏项目”所展示的那样，虚拟孪生在仿真技术方面的极具革命性。

作为 Dassault Systèmes 公司、美国食品和药物管理局（FDA）以及几十所大学和医疗机构之间的合作努力结果，活体心脏项目将以前散落在世界各地的一个世纪的心血管知识收集了起来，并首次将其体现在了人类心脏的虚拟孪生模型中。现在，这为研究人员、开发人员和医生提

供了在硅技术中分析患者心血管系统的机会。更重要的是，它提供了医学中最关键的过程，可视化、比较和协作。通过模拟，他们可以更好地理解问题，设计和测试新的药物和医疗设备，并与其他专家分享想法。他们可以预测外科手术过程中会发生什么，更好地应对心脏对不同情况的反应。成本降低了，医疗设备的开发、测试和批准变得更快，最重要的是，对病情的改善起到了巨大的帮助。

像 Biomodex 这样的公司正在将数字孪生的概念向前推进一步。自 2015 年以来，作为 Dassault Systèmes 公司 3DEXPERIENCE 实验室项目的参与者，Biomodex 公司利用先进的仿真软件和 3D 成像技术，开发出了针对患者的人类心脏、瓣膜和血管的虚拟双胞胎。他们利用模拟行为预测来生产与真实器官反应相同的打印件。它们既可以用于该公司内的一个“彩排”设备中，还可以类似活体心脏的方式运行，使从业者有机会在不依赖动物组织、尸体或机械模型的情况下进行研究和学习。

划时代的成果

器官和类似的复杂结构的 3D 打印需要设计、模拟和优化软件，以应对这种几

何形状所固有的变化。尽管不是新技术，但在器官打印中，它们必须被统一到一个单一的、易于使用的环境中。如果操作得当，一旦优化设计被仿真和批准，就可以立即开始打印。

挑战在于，3D 打印过程会产生独特的未知数。不同点在于，在减材制造中，材料是从坯料或铸件中取出的，而 AM 则是从头零始制造零件。就像自然界本身一样，这种“生长”的方式可能导致构建过程中的变形、残余应力和微观结构缺陷，人们应该在打印开始之前对所有这些充分考虑。幸运的是，为稳健的产品设计而开发的软件工具可以应用于构建过程，从而在开始之前消除了潜在的问题。这对医疗设备公司，或者其他使用 3D 打印技术进行设计和制造公司来说，都是好消息。

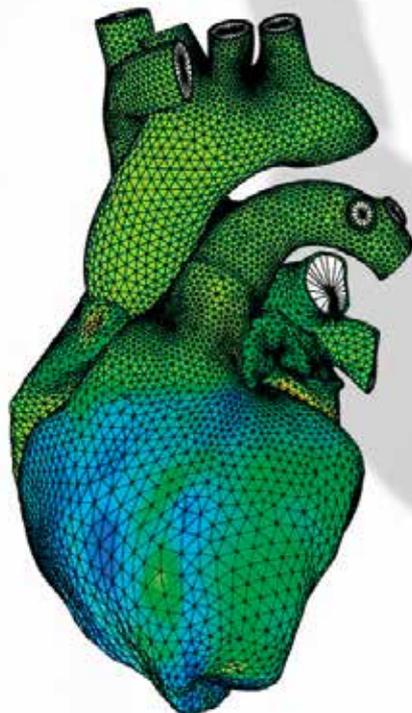
聊了这么多尖端技术，那考虑一下“生命科学该走向何方”似乎非常合情合理。既然我们可以扫描人体器官、肌肉和骨骼，模拟它们的行为并 3D 打印出解剖学上的精确复制品，那么我们是否可以使用同样的技术来制造替代器官，甚至是由活体组织制成的器官？我们能不能用我们的虚拟孪生来创造一个真实的孪生？或者至少是它的一部分？

这是一个令人兴奋的概念，许多业内人士认为它将在未来十年左右成为现实。例如，生物技术初创公司 Cellink 是 Dassault Systèmes 的客户，也是 3DEXPERIENCE 实验室项目的参与者，它已经开发了用于打印肝脏、软骨和皮肤组织的生物墨水，甚至正在开发人类的心脏的打印技术和材料。正是这里讨论的模拟软件，使他们能够预测这些材料在打印后的表现，并相应地调整他们的三维模型和制造工艺。

所有这些计划和举措表明，医疗保健行业刚刚开始了那些能够解除位于人类和机器之间的物理隔阂，以改善生活质量的技术所具有潜力。随着这些鸿沟的消除，赢家将是那些现在正在开发其能力以拥抱这一现实并引领潮流的人。在 Dassault Systèmes 公司，我们很高兴能够提供平台技术来创建必要的生态系统。每当畅享这些技术能用来做什么时，我都会变得迫不及待起来。



活体心脏再现了人类心脏在休息或运动时的自然跳动，不仅可用于模拟血流和疾病，还能够确定药物将如何影响心律失常等重要状况。



活体心脏仿真的有限元网格模型。

蔡司自动化 质量解决方案



ZEISS CMM Solution

欢迎莅临第24届中国国际光电博览会

蔡司展位: 13B55

时间: 2022年9月7-9日

地点: 深圳国际会展中心·宝安新馆

深圳市宝安区福海街道展城路1号



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>



Seeing beyond



由 Nanofabrica 的 Tera 250 AM 系统制作而成的医疗用微型过滤器。
(所有图片均由 Nanofabrica 提供)

微型医疗部件和组件的增材制 Additive Manufacturing for Micro Medical Parts and Component

制造具有微米级特征小型零件的 AM 设备。

现在，医疗行业中有许多问题，需要 OEM 厂商不断地对其产品进行改进。

首先，那些需要不断地进行重复生产创新的，通常是几何形状复杂且公差要求严格的零部件。第二，微创手术所需的零部件越来越小，这不但能提高疗效，还能尽可能的缩短恢复时间。第三，目前人们正从数百万个相同零件的大规模生产转向个性化定制。

在上述问题影响下，OEM 商在非常认真的考虑转向增材制造（AM）技术。增材制造与零件的复杂性无关，不需要昂贵和耗时的工具，可以适应新的设计迭代，而不会产生惩罚性的时间和成本影响，此外还能够进行大规模定制。

然而，直到最近，AM 在生产微型零部件，以及达到许多医疗设备所需的微米级公差方面都很困难。直到 Nanofabrica 公司推出微型 AM 技术，该技术能够直接生产零件或直接快速软模具（DRST），

为医疗应用提供了一个可行的替代工艺。

Nanofabrica 的 Tera 250 AM 系统实现了单微米的分辨率，并且完全针对医疗、生命科学、光学、半导体、微电子、MEMS 和微流控领域。这些行业要求精度和复杂性，在该技术面市之前，他们唯一的选择是昂贵的，限制性极高的传统制造技术。

是什么推动了微型 AM ？

Nanofabrica Tera 250 AM 系统通过一系列的创新实现了真正的单微米分辨率，适用于原型和大规模生产的零件。

在硬件方面，Tera 250 AM 系统使用了数字光处理器（DLP）引擎，但关键还是在其中加入了它独特的自适应光学系统。在 Tera 250 中，一旦图像通过 Micro-DLP 单元投射，光线就会通过一个自适应光学模块，该模块以电子方式控制各种关键的光学参数，如聚焦、倾斜和散光。

Micro-DLP 单元还被放置在一个光学机械装置上，该装置有助于实时纠正其他工作参数，如 X-Y 平面内的位置和精度。此外，该装置还可以纠正自由度，如摆动，以提升零件的表面处理结果。

Tera 250 既能制造小型零件，也能制造具有复杂微观细节的大型零件，此外，还能通过所谓的“多分辨率”策略，进行高速制造。这意味着在需要精细细节的地方，打印速度会相对较慢，但在细节不那么严格的地方，就可以将零件的打印速度提升 10-100 倍。

在软件方面，Tera 250 使用算法来控制和优化生产中的硬件。在 Tera 250 内，采用了闭环反馈算法，以提高生产的准确性和可重复性。特别重要的是，该设备使用激光测距来补偿定位误差。另一个算法系列专注于定制化的文件准备，包括优化打印角度、构建板方向和支撑物等等，所有这些都是为了确保进行最准确、最及时、

最经济的零件生产。

在材料方面，通过研发和学习专业的材料知识，Nanofabrica 基于最常用的工业聚合物，如 ABS 和 PP，开发了自己的专有材料。这些材料通过对聚合半径、粘度、表面张力和光谱（光穿透深度）的修改，为零件制造带来了超高的分辨率。Nanofabrica 的材料研发还集中在提升 DRST 的坚固度，以开辟中量级运行的可能性，这为灵敏相应客户要求和提升成本效益带来了巨大的潜力。

凭借其硬件、软件和材料的创新，Tera 250 现在可用于公差严格的微型医疗制造应用。

关键——高体素容量

Nanofabrica 微型 AM 技术的名称就是对其独一无二特点的赞许，它以微米级的分辨率生产微型产品。该 AM 系统在打印机的构建体积中具有 250 兆像素，因此被命名为 Tera 250。两百五十兆意味着 250 万亿（250 乘以 10^{12} ）个体素。Nanofabrica 的技术将大量的数据应用到一个零件上，这也意味着将带来精确到微米级的精度。这种能力是处理小型化和微型制造时所必须的。

体素容量意味着在一个构建体积中可以容纳大量的最终使用的零件。例如，Tera 250 可以在一次构建中制造超过 10,000 个 $1 \times 1 \times 1$ 毫米的零件。现在，可以通过 AM 技术实现真正的大规模制造了。

对于医疗设备制造商来说，当把 AM 作为一种生产技术时，这就是目标。它为他们带来了无需模具，也可大规模生产 AM 零件的能力，而且 AM 技术提供了灵敏性和几何复杂性，这是传统生产技术无法实现的。

使用 AM 技术制造医用过滤器

过滤器在医疗行业中被广泛使用，因为它们可以保护病人和免受可能有害的污染物的影响。然而，医疗设备制造商在制造用于预过滤、生物负荷控制或消毒的过滤器等设备时，如果使用传统的成型工艺，将会在制造中收到较大的限制。

首先，成型的经济性和硬钢模具的成本意味着它适合大规模制造，但当需要小到中等规模的运行时均摊成本就会提升不少。虽然 Tera 250 AM 系统对大批量应用（即



Nanofabrica 的 Tera 250 AM 系统可提供单微米的分辨率，这对医疗设备尤其重要。

即使是成千上万个小型零件，也很容易装入机器的加工室中）有效，但为微型制造商引入 AM 解决方案也意味着其将降低对规模制造的依赖，因为在该技术中，您可以完全消除由模具制造而带来的额外成本。

此外，通常令人望而却步的不仅仅是模具的成本。制造和调整钢制模具所需的时间，通常也会增加好几个月的产品开发周期。

此外，设计工程师在使用传统成型技术时也会受到诸多限制。很多时候不得不在过滤器的形状设计上进行妥协，因为某些形状难以采用传统制造方法进行加工。

在制造微型过滤器或具有微型特征的过滤器时，所有这些问题都变得更加严重。在通过 Tera 250 的 AM 技术生产微型零件之前，制造商们依靠的都是微型成形技术，这就需要复杂，费时和昂贵的微型刀具和模具。而 Tera 250 则不需要模具。Tera 250 为生产具有严格微观公差和特征的高复杂度零件提供了可能性。它还能够极具经济性地生产中小型过滤器，并促进大规模定制。如果需要的话，使用 3D 打印技术生产微型过滤器还可以实现快速设计迭代。

图中所示的微型过滤器可用于医疗设备，更具体地说，是一个药物输送系统。它的尺寸为 $6\text{mm} \times 6\text{mm} \times 9\text{mm}$ (X-Y-Z)。这个微型过滤器可以通过 Tera 250 系统被

3D 打印成一个零件。传统的制造工艺需要生产三个子系统来制造过滤器，而这些子系统必须在生产后进行手工组装，增加了时间和成本。

这个微型过滤器还彰显了在 Tera 250 的复杂功能，这些功能在优化过滤和流动时增强了零件的性能。该过滤器还包含了精细的细节和精确复杂的内部几何形状，包括 580 个孔——每个孔的直径都是完美的 50 微米。

产品创新

医疗设备 OEM 商要在价格压力下保持盈利能力，在数十年的发展中，人们发现需要不断地产品创新，才能够满足终端用户日益严苛的需求。现在人们对多功能设备的需求将不断增长，这些设备将接受“大数据”扩散所带来的“智能”诊断和治疗的潜力，并将成为之前昂贵治疗设备的廉价平替。

Tera 250 非常适合于众多医疗应用，因为传统工艺具有难以实现设计意图，成本效益低以及制造效率差等缺点。此外，该设备还能够制造非常复杂的结构，例如空心、小孔或具有非典型形状的内部细节。现在，Nanofabrica 的微型 AM 技术正在促进创新，在未来，也将大展宏图。

www.nano-di.com

医疗行业的快速响应

Rapid Response Manufacturing in the Medical Industry

增材制造在实现“快速响应制造”方面具有独特的优势。

1918年流感大流行期间的报纸头条与2020年的报纸头条可能看起来很相似。那个时代的文章讨论了全球供应链因世界性的疫情而变得低迷。1918年，头条新闻提到秘鲁的矿场停止了铜和煤的生产，矿工成为流感大流行的牺牲品，铜和煤向瑞士日内瓦的交付也被停止。

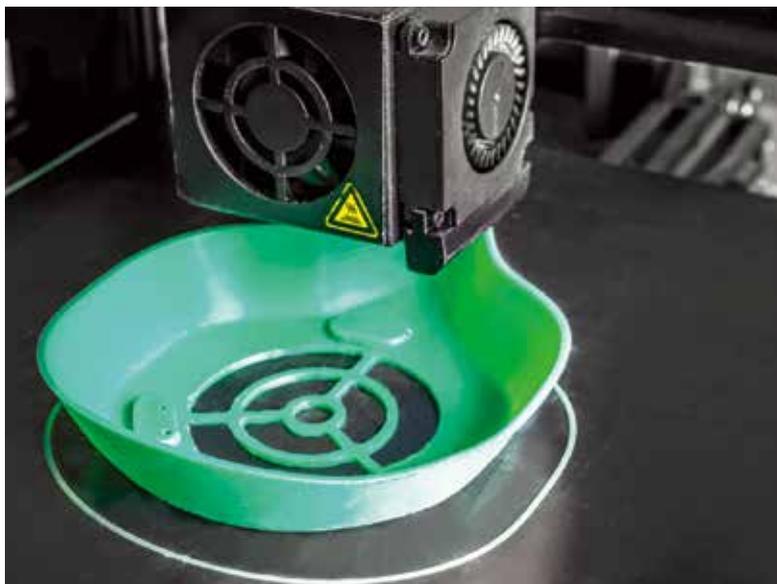
同样，2020年的情况也暴露了全球供应链的弱点，因为产品无法从其制造点运输到其使用点。这不仅导致了日常必需品的短缺，也导致了个人防护设备和其他健康相关产品的短缺，因为商店的货架很快就被一扫而空了。

而疫情中的一个亮点，则是快速响应制造业的崛起。

快速满足需求——就地取材

快速响应制造需要收集制造资源以在短时间内满足即时和紧迫的需求。这使得公司必须通过本地制造来应对不断变化的全球市场。例如，曾经生产汽车零部件的公司可以将业务转向生产医疗用品。

这种类型的快速制造转变并不总是可能的。例如，医疗设备的许多部件，如呼吸机，传统上是由高分子材料注射成型的。要制造这些零件，



防范冠状病毒所需的面罩对于3D打印制造易如反掌。

首先必须生产高质量的模具。而这些模具通常有几个月的准备时间，这在紧急情况下是不可接受的。使问题更加复杂的是，模具通常要花费数万美元，这是大多数公司不愿意为满足短期需求而承担的费用。这样一来，模具就成了前期的必需品，阻碍了人们在这种紧急但短期需要的情况下，对必要部件进行注塑的热情。

这就是增材制造（AM）等新技术发挥作用的地方。增材制造，也被称为3D打印，在生产零件时不需要对模具或工具进行前期准备。由于摒除了这些前置条件，AM可以在全球各地的分布点快速且相对便宜地生产医疗设备的零件，从而避免了供应链中断的风险。

数字孪生的作用

像呼吸机这样的现代医疗产品是用多种方法制造的，包括注射成型、机械加工和金属板成型。无论它们是如何制造的，单个零件都是在软件中开始设计的，工程师在制造“物理”零件之前定义了“数字”零件的形状和功能。这种软件中的零件版本有时被称为“数字孪生”。

数字孪生的好处是，零件数据可以非常迅速地在全球范围内传送。因此，生产呼吸机的计划，以及构成呼吸机的每一个零件的形状，可以在一瞬间被发送到需要的地方进行生产。如果在世界的另一端爆发了流行病，导致呼吸机的短缺，就可以将呼吸机的数字孪生模型发送到当地的制造商，并开始制造所需的零件。这种快速的本地制造可以帮助避免航运和供应链中断等问题。

当数字孪生与增材制造搭配时，这变得更加容易，因为增材制造可以生产聚合物和金属的零件。AM可以有效地生产现代产品的大部分零件，而不需要前期的工具或模具，也不需要像传统方法那样依赖全球预制件的供应。这在紧急情况下尤其如此，在这种情况下，产品完成度远不如产品的可用性重要。

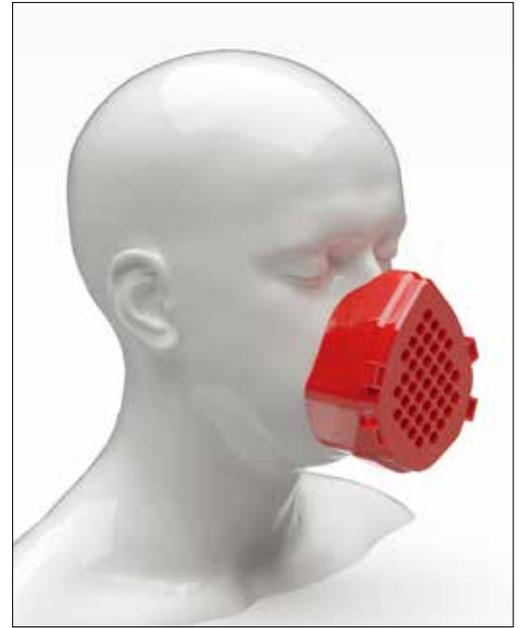
医疗保健服务中的增材制造

2020年的主要教训之一是认识到，快速相

应制造在满足紧急需求方面具有独特的优势。我们可以设想多种情况，在这些情况下，供应链的中断可能会影响当地人民的医护能力。自然灾害、经济混乱、政治混乱，当然还有疫情，这些都会导致供应链经常中断，但是医疗护理，却无法中断。

2010年，一场7.0级的地震袭击了海地，夷平了首都Port-au-Prince和周边地区。该地区的医院和治疗中心的医疗系统被破坏得面目全非。一些人估计，地震后该地区能够正常工作并被用于目的的医疗设备的比例不到30%。在这场灾难中，人们为支援当地的医疗，向前线排除专家和医护人员，付出了巨大的努力。然而，在地震期间，Toussaint Louverture国际机场的无线电和照明系统被损坏，阻碍了向该岛运送物资。在当地建设快速响应制造就是一种可能的方式，可以在这样的灾难发生后立即在当地解决医疗用品的需求。

总的来说，随着世界各地的医疗保健公司对世界人口不断变化的需求做出回应，减少对实体供应链和外部行为者的依赖变得更加重要。在经济和政治混乱期间，世界已经多次看到来自外部的医疗援助往往被当地“截胡”，并在黑市上出售以获取利润。在需要的地方制造医疗产品有可能减少所需物资的运输。通过在靠近需求点的地方生产必要的设备，可以减少对脆弱的运输渠道的依赖。这肯定不会消除产品运输和供应链问题，但每一个积极的影响都是朝着正确方向迈出的的一大步。



一个为用户定制的3D打印PPE过滤面罩。
(图片由 Siemens 提供)

波动的需求和不断的创新

同样，在风平浪静的时候，快速制造仍然可以帮助人们向市场交付医疗产品。一个产品的正常生命周期是，在产品推出时，最初的需求量很小。需求随着产品的采用而增长，然后随着市场的饱和或产品的过期而放缓。相比于传统制造方法，增材制造能更好的应对这些在产品生命周期中逐渐发生的需求变化。

随着新产品的开发周期的缩短，许多公司正在使用快速制造技术来帮助产品的开发和交付。在设计阶段，能够以低廉的价格打印像手柄和握把这样的人机界面点，以测试人体工程学和有效性。然后，当产品进入生产阶段时，可以利用快速制造技术来创建全面生产所需的模具和工具。最后，当一个产品成熟并开始被淘汰时，快速制造可以用来支持传统模型的维护，按需生产替换件，从而避免昂贵的长期库存。

在一个不断变化的世界中进行快速响应

在2020年，我们亲眼看到，快速制造等工具能够在确保护理的连续性方面证明其重大价值。同时，这些工具正被用于整个生产生命周期，无论是在危机时期还是在平静时期。迅速变化的世界事件和迅速缩小的产品开发周期意味着，像增材制造这样的快速反应制造技术正在成为向全世界有需要的人群提供医疗产品的必要手段。



可以在一个国家为病人进行助听器的定制设计，而在另一个国家将其打印出来。(图片由 Siemens 提供)

雷迪儿童医院的儿童适应性制造

Child-Adaptable Manufacturing at Rady Children's

3D 打印在儿童医院的潜力巨大。

与普通医院或成人医院相比，儿童医院需要面临独特的挑战。儿童比较小，所以需要为他们专门设计手术工具和骨科设备。并且儿童成长迅速，所以植入物也需要经常更换。

加州 San Diego 雷迪儿童医院海伦和威尔-韦伯斯特基金会 3D 创新实验室主任 Justin Ryan 说：“仅仅从人口/数量的角度来看，孩子比成人少，因此对于患者数量，孩子也比成人少。这本身就影响了成本。手术工具和设备的提供者，像任何制造商一样，都需要依靠大规模生产来降低成本。”通常在儿童医院，我们得到的是等比缩小的，或者是只适用于成人的医疗器械版本，而我们只能试图找出如何将其更好地应用于儿科。

而 3D 打印技术，则有能力制造儿童或儿童医院可能需要的任何产品。

Ryan 在 2018 年来到雷迪儿童医院时，面临的挑战是打造一个 3D 打印工厂，并

简化其运作，以满足医务人员和病人的需求。首先是手术建模，接下来就是制造能力的扩展。雷迪儿童医院本身是独特的，因为它是一个区域性医疗机构，其地理范围延伸到了偏远的太平洋岛屿之中。“我们相信，3D 建模、3D 打印和增强现实技术能够帮助尽可能多的孩子。”他说，“如果我们能用这些新兴技术去更好地规划一台手术，那我们一定会这么做。”

外科建模

外科建模（通常被称为解剖学建模）是雷迪儿童医院的第一个也是最成功的 3D 打印的应用案例之一。这个基本概念在整个外科医学中越来越普遍，就是在外科医生可以处理和触摸到在解剖学上建立器官模型，甚至有时还可以连带其周围的身体结构。

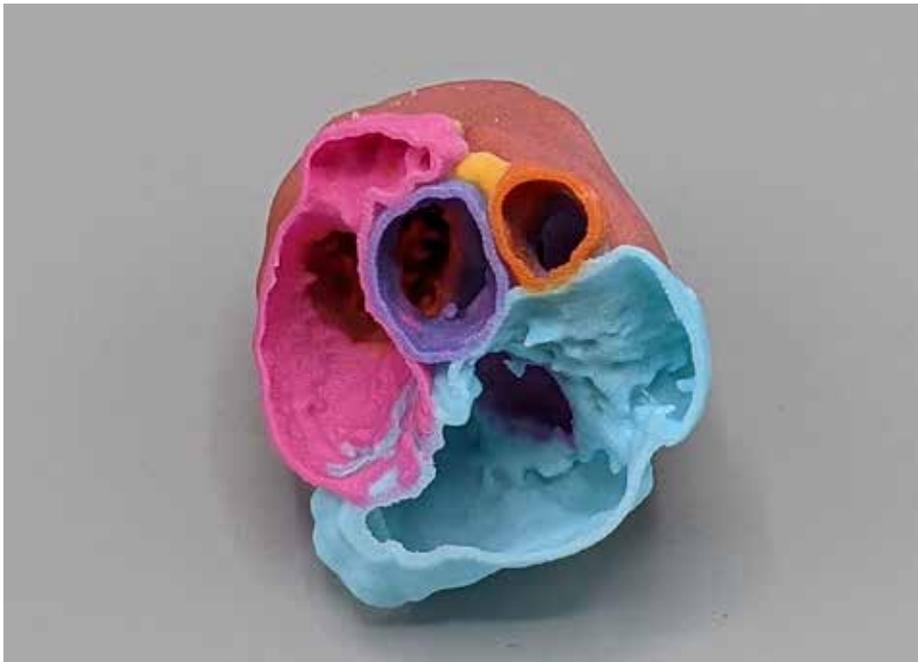
这种建模首先是用 CT 和 MRI 扫描等放射设备对病人进行彻底扫描，并通过分

割专家将扫描数据转换成三维 CAD 模型。然后，将这些数字模型转化为 3D 打印外科医生可以处理的模型，以及病人家属可以看到的模型。“在我们的帮助下，外科医生可以在手术前查看解剖结构，他们可以看到之前从未见过的东西，这非常令人兴奋。”Ryan 说。通过 3D 模型，父母可能第一次完全了解他们的孩子正在面临的问题，以及外科医生将如何修复它。

外科医生的反应也同样重要。他们第一次看到模型时，通常会感到惊讶。有时，模型是由模仿组织和骨骼的材料制成的，因此外科医生有机会在接触活体肉体之前练习极具挑战的手术。他说：“有时，外科医生在手术进行过程中，才会发现与他们最初想象完全不同的问题或挑战。”

心脏病或外伤病例的复杂性可能会让人不知所措。“我所做的大部分工作都是为非常、非常年轻的孩子，即三岁以下的孩子制作模型。”Ryan 解释说，“去告知孩子和其家属，使他们了解手术都是非常大的挑战。这些模型是一个令人难以置信的工具。普通家庭是没有医学背景的，甚至事实上，我们的患者中，很多的家庭都没有受过高等教育。他们已经被孩子的诊断和即将进行的手术搞得情绪紧张，压力很大，我们如何将复杂的医疗诊断和信息传达给这些家庭？这些模型为此提供了一个有力的工具。”

通过一个可以拿在手里的 3D 模型，外科医生可以展示他们孩子的哪个部位要做手术，哪里要切开，哪些静脉、动脉或韧带要移动，甚至手术后的结果可能是什么样子。从 Ryan 的角度来看，在心胸外科、肺科、骨科和耳鼻喉科等专业服务部门中，手术模型特别有帮助。“我看到该技术旨在解决外科手术中的问题。医生们会立即喜欢上这项技术，并想不断地改进它。其他外科医生开始时可能有点冷淡，但当他们开始看到一些更先进的模型时，我们通



按照病人的原生心脏瓣膜打印的专用心脏模型。（所有图片均由雷迪儿童医院提供）

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

常都会赢得他们的支持。” Ryan 说。

更好的设备带来更好的流程

在雷迪儿童医院，3D 打印不仅仅用于为特定病人的模型制作。这些专业的设备不仅可用于临床和实验室实践，还可以在 hospital 旁边或院内进行生产制造。“护士在工作中可能会想要改善她的工作，比方说优化现有设备的连接器。或者，药房可能会想更好地跟踪出院后病人的服药情况。” Ryan 解释说。他的 3D 创新实验室将创建夹具、部件、连接器或其他零部件，以提高工作人员的效率。

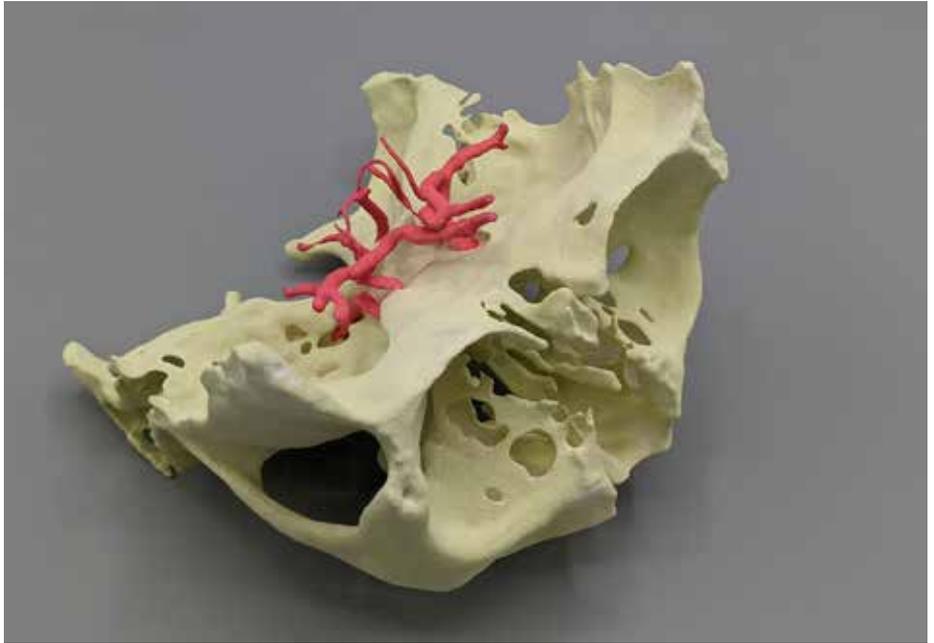
类似于 3D 打印在工厂中的应用方式，人们首先对想法进行评估，创建 CAD 模型并迅速打印出第一个原型。“这些技术帮助我们通过一个构思过程来寻找没有商业价值的解决方案，或者直接打印出少量的商业化产品。” Ryan 解释说，“我们现在已经这么做了好几次，而且频率也有着越来越高的趋势，这在很大程度上归功于 COVID-19。”例如，满足某一位工作人员想要几个可以容纳临床样本的简单夹具的愿望。“我们针对需求 3D 打印了一个特定的解决方案。如果一家医院只需要三到四个同类产品，那商业公司是不会去制造这些的，因为市场太小了。”

另一方面，他还说，雷迪儿童医院的工作人员也在发明一些令人兴奋的想法，这些想法具有“巨大的商业化潜力”。他说：“3D 打印不仅为我们改进了质量，还降低了医院的成本。”

COVID-19 的应对

就像我们经济的许多其他方面，特别是制造业，COVID 疫情为医院内部的 3D 打印创造了一个独特的增长点。“COVID 确实提高了我们对这项技术的认识。”Ryan 说，“更多的护士，更多的工作人员正在接触他们想要创造的东西，以帮助他们完成日常工作。”

例如，因为 COVID，外科医生和家属之间有了更多的电话会议，以减少当面接触的风险。他说：“以前，外科医生可以在一张纸上画出他们要做的事情，但视频会议提升了沟通的难度。在视频会议中，我会在屏幕上像家属展示三维结构。而外科医生会在屏幕上画出手术中将要发



脑血管（大脑周围的血管）以红色突出显示。血管会穿过截断的头骨（淡白色）底部。

生的事情。”通过在 3D 模型上显示，甚至画出外科医生将对病人进行的手术，即使在这个充满挑战的时代，该技术也有助于保持高水平的沟通很容易让人联想到，如果证明有效，这些类型的流程可能会在 COVID-19 之后继续下去。特别是当患者离医院很远时，这种远程诊疗能为他省下大笔的看病旅费。

在创新实验室内

雷迪儿童医院海伦和威尔 - 韦伯斯特基金会 3D 创新实验室最有趣的基础之一是 Justin Ryan 本人，他的学术生涯开始于艺术，而非 3D 打印。“我就读于 Arizona State University，在那里我接受了教艺术家 Dan Collins 教授 / 博士在中间艺术领域的指导，这是一种鼓励不同艺术学科之间合作的艺术形式。同时我也得到了生物医学工程教授 David Frakes 博士的指导。我和我的同事们从创建解剖模型中获得了新的艺术灵感，其目的是使工程项目成功实施并为其提供相关信息。” Ryan 在雷迪儿童医院的网站上说。为了帮助更多的人，瑞安首先获得了艺术学位，然后继续获得了生物医学工程博士学位。

实验室本身配备了 Formlabs 的设备，包括一台 Form 2 和一台 Form 3B 打印机。“Form 3B 将帮助我们在不久的将来提供

可消毒的 3D 打印。”其他设备包括一台来自 3D Systems 的 660 ProJet 和一台用于全色尼龙打印的 HP MJF 580。他说“这些 [来自 MJF 580 的] 打印件可以进行高压灭菌消毒，这对我们的 COVID 项目有重大意义。最后，实验室有一台 Stratasys F370 和 Stratasys J750 数字解剖学打印机。[J750] 帮助我们做复杂的模型，其材料属性旨在与不同类型的组织相似。因此，我们不仅可以切割和缝合的柔性模型，还可以复制骨头的刚性模型，并对其加工，将其放置在植入物中。”

他还指出，该实验室拥有一台 Artec Eva 三维扫描仪，用于创建扫描模型。“重要的是要认识到，3D 打印不一定需要泡沫。”他说。同样可以使用虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR) 等扩展现实技术，他说更多的医院开始利用这些技术。“我们这里正在做一点 VR。但我对一些 AR 应用更感兴趣，我认为要完全发挥这些独特的能力，路还很长。”

未来的其他方向？“我们去年做的一件令人兴奋的事情是雇用了 Parham Gholami，一个有视频游戏经验的程序员，来扩展我们的增强和虚拟现实应用。”Ryan 说。他强调说，视频游戏给予团队的启发是在 3D 打印之外的。“我们希望利用视频游戏提供的资源和直观性，为手术建立 3D 模型。”他说。

极具竞争优势的解决方案， 实现出色铝合金加工



可靠且可持续发展的加工



生产率高，
单个零件成本低

若要降低汽车业排放，减轻重量是成功的关键之一。因此，铝材质凭借其出色的比强度正获得越来越广泛的应用。其中包括了几种电动汽车零部件。

我们的铝合金加工刀具解决方案能够帮助您实现高生产率、高水平质量以及完全无毛刺的成品零件。各种危急和常见问题都可以得到处理，例如生产周期长和刮痕等。

很多原本为常规汽车铝合金加工而开发的刀具解决方案也可用于加工电动汽车零件。这适用于铣削、钻削、攻丝以及非标解决方案。

通过金属 3D 打印定制手术工具

Metal 3D Printing for Custom Surgical Tools

3D 打印有助于改善十字韧带手术。



X 光视图中的前十字韧带 (ACL) 撕裂。修复后的十字韧带重新断裂的危险。

DanaMedInc. 公司的 Pathfinder ACL Guide 是一种生物兼容的手术设备，能够帮助外科医生能够更好地重建部分或完全撕裂的前交叉韧带 (ACL)，并减少重新撕裂的风险。为了制造与膝关节解剖结构相匹配的复杂设计，Dana Piasecki 博士已经开始在金属 3D 打印技术中寻求帮助。

前交叉韧带是连接胫骨 (小腿骨) 和股骨 (大腿骨) 的最重要韧带之一。在美国，每年约有 20 万人发生部分或全部前十字韧带撕裂，在那些被修复的人中，许多人可能会二次撕裂，并导致膝盖功能衰退。这对跑步者和专业运动员来说是一个巨大的影响，因为他们的膝盖经常要承受巨大的生物力学压力。位于北卡罗来纳州 Charlotte 市 OrthoCarolina 公司的杰出骨科医生 Piasecki 博士，通过使用 3D 打印的金属手术工具修改标准手术技术，来提高十字韧带重建的成功率。

新方法

当前交叉韧带撕裂时，必须通过手术切除，并使用从病人或尸体上移植的韧带进行重建。不幸的是，由于手术技术的限制，在大多数情况下，移植的韧带不能像天然的前交叉韧带那样承受同样的压力。在美国，每年进行的大多数前交叉韧带修复手术都是采用一种被称为经胫骨技术的手术技术。经胫骨技术的优点是它相对简单，大多数外科医生接过培训后都可以熟练上手。然而，这种技术有问题，因为从胫骨前部进入膝关节往往导致移植体与股骨的连接点距离天然前交叉韧带连接点会偏离多达 5-10 毫米。

另一种方法，即 AM 门技术，可以在一定程度上改善移植的位置，但执行起来要困难得多，并可能产生并发症。Piasecki 医生开始尝试寻找一种新的技术，将相对容易的经胫骨技术的原理与 AM 门技术的优势——改进的植体定位结合起来，最

终改善前交叉韧带重建的难度和结果。

“我意识到我需要一种手术，在这种手术中，钻头是灵活的，可以弯曲，以遵循韧带的正常路径，从而在解剖学上模仿原生十字韧带的位置和角度去冲击股骨。” Piasecki 博士说。

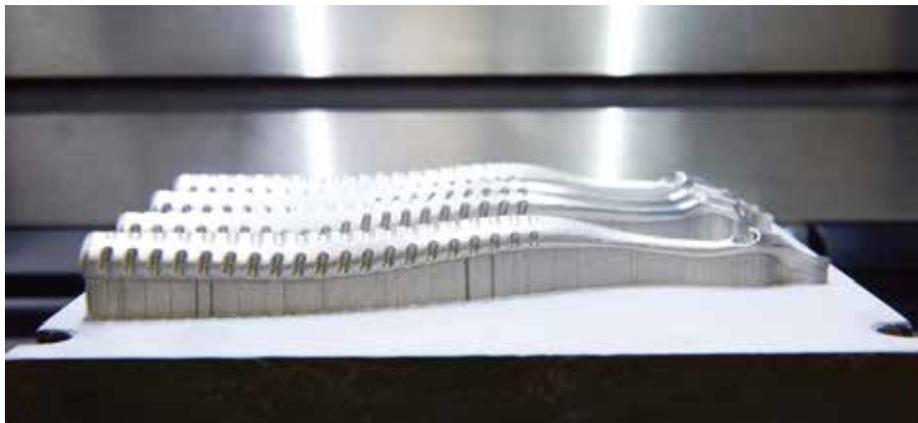
此外，该工具的设计需要在一个小腔内以非线性方式移动，不但要有足够的强度来承受非线性力；要足够小，保证外科医生在手术时，处于膝关节内部空间的视线不被遮挡；要有紧紧抓住钻头的方法，以便在高速旋转时弯曲和夹紧；要有在钻孔完成后将钻头从工具上分离的机构；还要符合人体工程学，便于外科医生在整个手术中握持。

以相对较低的成本制造这种复杂的手术器械也是一个挑战。“我们是一家全新的、自筹资金的公司。按需生产小批量零件的能力是至关重要的。我们需要自由地进行设计变更，并以较低的成本即时生产新部件。” Piasecki 博士的商业伙伴、DanaMed 公司的 CEO，Jim Duncan 说。

同时，该工具将与人体内部接触，因此要求它是可消毒和生物相容的。在骨骼周围的操作和钻孔也需要一种坚固耐用的材料，需要在重复使用中，仍旧能够保持原有的形状。

工具制造

Pathfinder 的特点是具有与膝关节解剖学相匹配的有机形状，包括一个细长的主体部分，一个用于夹持的直径为 2.2 毫米的柔性钻头槽，并且只需简单地扭转就能轻松脱离，一个弯曲的头部分，使外科医生能够参考膝关节内表面，在有限的



Pathfinder 的特点是其形状能够改变，以配合膝关节的解剖结构。
(图片由 Stratasys Direct Manufacturing 提供)

空间内轻松转动和操作，并对弯曲和钻孔力进行刚性固定。此外还有镍钛合金的强度和生物相容性，以及一个符合人体工学的手柄。

不仅如此，还需要一些设计上的变化，因为即使膝关节的解剖结构在人与人之间是一致的，但左膝和右膝是不同的，而且儿童的膝关节要小得多。在对 FDM (熔融沉积成型) 3D 打印的零件进行鉴定后，DanaMed 通过 Stratasys 的直接制造技术 (Direct Manufacturing) 术，基于镍合金 718 直接金属激光熔化 (DMLM) 制造生产零件。DMLM 是唯一能够以合理的价格在金属中制造出复杂的几何形状的技术，该技术适用于小批量生产，并且能够满足必要的表面光洁度、耐油性和机械要求的制造工艺。

该工具的市场反响

DanaMed 在美国食品和药物管理局注册了 Pathfinder ACL Guide，使其有资

格成为第一类医疗器械，并证明了该工具的生物相容性。DanaMed 致力于通过实施问世期间医生的反馈来持续改进，进一步提高工具的性能。

“能够在几天内进行设计修改和 3D 打印新工具，对帮助我们完善设计极为重要。” DanaMed 的 Duncan 说，“我们可以在一周内得到医生的反馈，进行设计调整并发送更新的 Pathfinder——这是我们在铸造或注塑成型中无法想象的。除了以零成本立即实施设计调整的优势外，与投资铸造所需数量的工具相比，3D 打印使每个零件的成本降低了 97%。”

一篇讨论 Pathfinder ACL Guide 临床结果的论文已被接受并将于今年发表。该论文表明，使用 Pathfinder 的 AM 门户技术能够帮助外科医生在更换韧带时，实现 98% 的股骨重合率。该论文比较了另一种方法，即经胫骨技术。这种方法的存活率为 60-80%，其解剖中放置位置偏差更大。论文表明，Pathfinder 可以大幅提高准确度。医生们已经发现新技术比传统方法更容易操作，并且在将移植物固定在原生十字韧带上时，位置准确率提高了 95% 以上。

Duncan 说：“这至关重要。我们本来可以使用石膏产品。在最早以前，我们甚至从来没有探讨过这个问题，因为作为一家新初创公司，这对我们来说非常昂贵。在早期阶段，我们需要对设计进行一些轻微的修改，这对 3D 打印项目来说是小菜一碟。3D 打印技术作为唯一的可选之路，帮助我们出色的完成了任务。”

www.stratasysdirect.com



DanaMed Inc. 公司的 Pathfinder ACL Guide 是一种生物相容性手术设备，能够帮助外科医生更好地重建部分或完全撕裂的前交叉韧带 (ACL) (图片由 Stratasys Direct Manufacturing 提供)

中小型工厂的工业 4.0 实施方案

Industry 4.0 Implementation for Small and Medium-Sized Shops

工厂车间如何通过可扩展的工业 4.0 工具实施来深入了解和改善他们的运作。

以下是经过编辑和浓缩后的 SME 智能车间圆桌讨论的内容，该讨论是由 AMT- 制造技术协会主办的 IMTS Spark 在线学习系列的一部分，主题是工厂车间实施工业 4.0。小组讨论由《制造工程》杂志主编 Alan Rooks 主持。圆桌会议的参与者有

- 西门子工业公司虚拟技术应用中心经理 Chris Pollack。
- 山特维克可乐满美洲销售区数字加工总监 Jeff Rizzie
- Tony Del Sesto, technical fellow, MxD
- MxD 技术研究员 Tony Del Sesto
- 西门子工业公司机床数字化经理 Vivek Furtado

要获得完整圆桌会议的视频，请访问：
<https://tinyurl.com/SMEJobShop>

Rooks: 你如何以工厂车间工人能够理解和接受的方式来定义工业 4.0 的要素和目标？

Rizzie: 工业 4.0 的复杂性，或者说复杂性的表象，是阻碍大多数人实施它的原因。在山特维克可乐满，我们不认为这是一个工业 4.0 的问题，而是将其称为互联的加工车间。关键是要有大思维，但要从小处着手，并迅速行动。如果你担心技术会改变，别担心，它肯定会改变！但是，你可以做一些事情，比如说，你可以把你的机器放在你的办公室里。但今天你可以做一些事情，沿着这条道路前进。所有这些都是为了减少加工工厂中的浪费。

Del Sesto: 从制造业的基本原理开始。制造业的基础是持续改进，数字技术不会取代这一基础，而是建立在这一基础之上。第一步是需要测量、获取信息并将其转化为数字。这就是传感器的作用。传感器可以帮助自动收集数字信息。之后，你需要沟通这些信息并对其进行分析。然后，问题是你能从中发现什么？现在你进入了机器学习领域，或人工智能领域。现

在你有了所有的数字信息，而用它来驱动这些信息回到你的控制系统中。工业 4.0 和数字制造的一大好处是，它们允许你将你的持续改进过程实现自动化。

Pollack: 工业 4.0 的根本目的是利用现代技术实现传统制造和工业实践的自动化。以 100,000- 英尺的视角来看，我们正试图把降低那些影响制造效率和机器运行时间的加工流程，看看其中哪些可以过渡到数字化。对于小型制造商来说，加工设置时间是一个大问题。我们可以删除该流程中的哪一部分，以保持机器的效率和运行？仅仅通过采用数字孪生和第三方仿真验证这样的东西，我们就可以开始进行这种过渡。

Furtado: 20 年前，人们希望有更多的正常运行时间和更好的性能。但今天，根据真实的数据，更容易做出实现这些目标的决定。挑战在于加工场所面临着巨大的物联网愿景，它可能会让人不知所措。但是，如果你了解你的加工流程，你就知道该去哪里找。保持简单，试着找出三个痛点。了解你的生产情况，使用你的领域知识，并尝试从低垂的果实中获取。

Rooks: 为了实施工业 4.0，加工车间和其他中小型企业需要哪些关键性工具？

Rizzie: 它始于一种持续改进的文化。没有这一点，这些工具就真的毫无价值。我们做的第一件事是派一队人到车间，拿着写字板和秒表，收集所有这些信息。这本身就不太像精益的做法，但这正是数字化开始解决浪费的地方。当你从手工记录到数字化数据采集，它有助于以更有效和

更准确的方式收集这些基准信息。我们需要让我们的机器工具连接起来。我们需要从这些机床上获得信息。它们不能再是岛屿。我们必须能够访问这些数据和信息，这样我们才能对我们的车间有一个真实的了解。

Del Sesto: MxD 是数字制造研究所，我们当然致力于技术应用。但另一个关键领域是劳动力发展。头号问题是人。如果你在这个旅程中，你必须考虑谁来安装所有这些东西，运行它，维护它，并在它坏了时修理它。问问自己“从培训的角度我需要做什么？”“我的技能组合将如何改变？”“我的工作描述将如何改变？”“我在车间的人将如何对此作出反应？”“从变革管理的角度我将如何做？在你了解人的方面之前，不要一头扎进技术中。

Pollack: 在 Tony 所说的基础上，显然有各种各样的服务和工具你可以购买。是的，尝试实施这些服务和让人员加快利用这些软件和设备来开始获得可靠的分析结果可能是令人生畏的。但是，第一步始终是了解你的过程，知道你想优化的地方。今天，机床经销商已经意识到，把一切都交给最终用户，包括连接和维护这些客户端连接和许可证的费用，可能这是相当昂贵的。因此，更多的机床经销商正在为他们的客户提供一个基于服务的解决方案，这样他们就不必掌握这些知识。他们不必担心自己培训员工的问题。他们可以依靠那些为更广泛的细分市场提供服务的人，他们已经有了这方面的知识。特别是对于较小的工厂来说，这是在没有巨大投资的



“工业 4.0 的关键是要有大思维，但从小处着手，并迅速行动。” Sandvik Coromant 公司的 Jeff Rizzie 说

情况下获得一些基础分析的好方法。

Furtado: 如果你不知道你想了解的领域或你想关注的痛点, 你肯定需要某种监控工具, 以获得更好的运营透明度。是哪台机器造成的问题? 是机器还是正在生成的零件程序? 有一些工具可以告诉你, 你的生产力在哪里受到了影响。然而, 大多数工厂车间的业主已经知道他们可以在哪些方面进行改进。你不需要关注整个车间的发展。你可以专注于特定的领域。车间不希望面对不可预测的设备停机时间。有一些工具可以提前告诉你机器什么时候会发生故障, 这样你就可以做预防性维护。你也可以有一些工具告诉你什么时候机器要提高精度了, 否则会影响零件质量。西门子提供了一套数字工具, 机床厂可以实施这些工具来提高制造性能。

Rooks: 实施的第一年和之后五年的目标应该是什么?

Rizzie: 这是举手之劳的果实。Vivek, 你提到大多数工作场所都知道他们有问题, 他们知道那些明显的问题。而这正是技术能够真正开始解决一些举手之劳的地方。当我们谈论使用数字技术来消除浪费时, 它是贯穿整个价值流的。它不仅是在加工应用中; 它一直追溯到设计、



“更多的机床经销商正在为他们的客户提供基于服务的工业 4.0 解决方案。” 西门子的 Christopher Pollack 说

规划、零件加工和 CAM 编程当中。问题是, 我们没有很好地在这些部门之间进行沟通。在机械厂种有很多孤岛。例如, 在一个车间, 他们认为在过去的五年里, 他们测量的整体设备效率 (OEE) 一直在 72% 到 76% 之间。当我们用实际的数字数据测量时, 它是 42%。这个谜题的答案是, 该车间以前没有使用正确的信息。数据是不对的。有了这些信息, 车间了解到, 也许它不需要新的机器来提高产能; 它需要从已有的机器中获得更多。对我来说, 长期愿景是要从对部落知识的依赖转向为系统知识。它是随着时间的推移收集数据。而 Tony, 你提到了机器学习。这只有在收集数据时才会出现。你不可能在第一年就进行机器学习, 那将是在第二年、第三年、第四年的事情, 然后你把这些知识反馈给产生编程或流程的系统。

Furtado: 对于第一年, 它可能是监测。它可能是从无纸化到数字化的任何形式。但最终, 必须要有结果。在第一年, 应该有一个目标, 比如说更好的质量或更好的生产力。它不一定是一个巨大的突破。你可以向前迈出一小步。而这可能只是发现问题。但我认为, 未来几年的下一步采取的措施是解决这个问题, 然后转向其他问题和主题, 以提高生产力, 提高质量, 并减少停机时间。正如 Jeff 所说, 你可以通过数据带来的透明度, 开始打破组织中的孤岛。

Del Sesto: 正如我的同事已经提到的, 确保你理解持续改进, 并对你的问题所在进行评估。了解你要解决的问题。我看到许多公司只是跑去投资技术, 因为他们的竞争对手正在这样做, 结果他们如同用锤子寻找钉子。了解问题是第一步。从那里开始, 从小处着手。投资回报率对于

确保 QC 测量数据收集、传输的完整

Ensuring Integrity of QC Measurement Data Collection, Transmission

拥有一个完整的、可扩展的、安全的和强大的工业 4.0 测量数据采集解决方案对所有公司都很重要, 从小型工厂车间到大型企业级公司。在整个组织中收集和传输准确、最新的数据——包括直接从生产车间和质量实验室收集的测量和测试数据——是提高整体设备效率 (OEE) 的关键。



Starrett 的 DataSure 4.0 无线数据收集系统的工作距离超过一英里。(图片由 The L.S. Starrett 公司提供)

提高测量和检测数据收集的速度、数量和准确性至关重要, 因为它提供了强大的洞察力, 对提高效率和持续制造高质量零件至关重要。在获取 / 收集用于质量控制的精密测量数据方面, 实现这些优势的最清晰的途径来自无线和移动性的检索技术。

先进的无线数据采集系统, 如马萨诸塞州 Athol 的 L.S. Starrett 公司的新的 DataSure 4.0 系统, 具有移动性以及强大的加密和安全性, 适合于多种需求, 从不受限制的距离和量具兼容性到易于使用和实际整合到自动化制造操作。据 Starrett 称, DataSure 4.0 可以提高生产率, 消除潜在的错误, 提供完整的文件, 并使数据采集过程自动化。

它采用最新的无线网络技术, 利用短波无线电频率将手机、电脑和无线电子设

备互连起来, 实现了更快的速度、更大的带宽和更远的距离, 从而提高了数据吞吐量。数据从内置无线电发射器的量具或外部安装的终端节点传输到网关中, 可在安卓或 iOS 移动平台和基于 Windows 的电脑上, 包括笔记本电脑、台式电脑、客户端电脑和服务器操作数据。中继器和桥接器组件还可以直接连接到 PLC 和其他高速串行自动化设备, 进行实时数据采集或远程机器操作。

Starrett 称, 从短距离的一个或几个测量工具, 到大型工厂中相隔数百码的许多测量工具, 亦或是分布在一英里之外的多个设施中的配置, 随着测量数据收集要求的发展和增长, 扩大距离和增加应用要求都可以得到满足。

欲了解更多信息, 请访问: www.starrett.com/datasure4

一个小企业来说是非常重要的。从小处着手，但这是一个很大的问题，从小处着手有一个危险，那就是你最终得到的东西是不可扩展的，或者当你进入五年计划时，你有一堆不同的系统，不能很好地一起工作，这违背了工业 4.0 的整个目的。在第一年，你可以做的最重要的事情之一是制定一个计划，一个路线图。当你进入下一个五年时，当你考虑网络、通信和数据结构等事情时，你必须确保，当你进行这些投资时，它们都将长期合作。在未来五年，你能做的最好的事情是继续衡量投资回报率。确定你是否在正确的轨道上。然后，在此基础上，随着时间的推移继续完善该计划。

Pollack: 我同意，这肯定会因工厂而异，但在所有情况下，我都非常提倡小规模地进行。从几台机器或在几个过程中开始。看看那些从事大部分重体力劳动的机器，或者你刚刚上线的新技术或工艺。但正如 Jeff 所说，不要失去对整个制造流程链的关注，这一点非常重要。因此，我们经常陷入“我只需要看分析”或“我需要提取数据”的困境中。而从设计环节到编程环节，有大量的东西可以通过数字化进行优化。你如何管理你的零件程序？你如何管理你的工具数据？这些问题的答案将细化流程。而且你不一定要担心连接机床来完成这个任务。从整体上看你的整个过程，找出最适合你的方法。但要注意，你不要把自己放进笼子里。在某些情况下，一个车间做了很大的投资，得到的软件在 A 品牌的机器上很好用，但在该车间的 B 品牌机器上却无法沟通。你需要一个尽可能通用的解决方案。

Rooks: 今天，有哪些工厂车间和其他中小企业利用工业 4.0 战略的真实案例？

Pollack: 我们已经与 Naugatuck Valley Community 学院等机构和其他学校成功合作，来实施数字孪生概念，使他们能够培训更多的人。而这是一个开始实施的好方法。另外，我有幸去德国



“你必须考虑谁来安装所有这些工业 4.0 的东西，并运行它，维护它，在它坏了的时候修理它。” MxD 公司的 Tony Del Sesto 说

Mindelheim 的 Grob 机床制造厂进行参观学习。他们有一个系统，该系统中带有一个集中的刀具室，正在设置所有要运行的零件。他们还有一个托盘库系统，就像一列小型火车头一样，整个轨道系统运行着这一长条的机床单元，而且该系统完全是无人值守的状态。

Rizzie: 我们有一个叫 Machining Insights 的解决方案，一个机器监测解决方案。它取得了不同程度的成功。同样，这也要归功于客户的持续改进文化理念。在一个项目中，它涉及到他们每周的生产信息电子表格，每个员工都会收到一封邮件，他们必须填写他们区域的所有信息。第一步，我们没有教大家如何进入新解决方案的所有不同网页端口，而是将该解决方案连接到他们的电子表格上。现在，电子表格是活的，它从机器上自动更新。这为他们节省了以前花在收集信息上的几个小时的时间。这是一个巨大的成本节约。在我们自己的工厂里，我们曾遇到过这样的情况：维修人员没有把维修作为优先事项，因为他们认为这不是一个大问题。一旦我们把机器连接起来，数据告诉我们，因为这个问题，我们每周损失了 20 小时的机器时间。问题只是一个 84 美元的机器传感器故障。突然间，这就成了一个优先事项。

Furtado: 我们的西门子数字化团队与一个拥有十台设备的小型加工厂合作，帮助他们开启了类似的机器监测之路，并发现了瓶颈所在。他们找到了一台运行缓慢并阻碍其他生产的机器。在西门子，我们有不同层次的软件应用程序；有些在机器

上运行，有些在控制器上。我们也有基于工厂和云的应用程序。在这种情况下，监测是在基于工厂的解决方案上进行的。在发现问题后，我们实施了一个自适应控制和监测解决方案，这基本上是一个控制中的数据优化系统，它检查加工负荷并优化进给率。这让机器运行得更快，我们能够每个零件的制造周期时间平均减少 10-12%。这使得该系统在 6 个月内就实现了 100% 的投资回报率。

Del Sesto: 在 MxD，我们在芝加哥有一个 22,000 平方英尺的研究工厂。我们所做的很多工作和项目都是关于在旧的传统机器上改造数字系统的。没有制造商会为了数字化而拆掉他们所有的投资设备。作为一个例子，我们专注于我们自己的 Bridgeport 型膝式铣床之一。其中一些从 20 世纪 30 年代起就存在了，它们是你所要得到的非数字设备。它们是老式的手动铣床，但仍用于很多工作车间中。老实说，这可能是我们工厂中使用最多的设备之一。我们花了 100 美元买了一个工业电流传感器，并把它放在主轴电机的电源线上，然后我们把它输入到我们在亚马逊上花 18 美元买的一个支持 Wi-Fi 的微控制器中，我们让我们的一个高中实习生为它编程。因此，花了 150 美元，我们把我们的自制系统放在这个膝式铣床上。现在，我们知道了主轴电机是什么时候打开的。而且，因为它是一个模拟传感器，我们也知道它是否在切割，是否在负载下。而且，因为它是支持 Wi-Fi 的，它现在可以传输这些信息。因此，使用这种简单的系统，如果你的工作车间中，有 10 或 20 台机器，你可以打开笔记本电脑，立即看到这些机器是否在切割。而且你可以随着时间的推移历史性地记录这些信息。你可以开始查看利用率。你可以开始查看 OEE。即使你可能有一堆旧的、非数字的机器，这又打开了世界的可能性。很多工厂说，“我们不能采用数字技术，因为它很昂贵”。但正如我们的例子所显示的，它不一定是昂贵的。



“对于第一年，应该设定一个目标，如更好的质量或更好的生产力。” 西门子工业的 Vivek Furtado 说

发格自动化



角度编码器



直线光标尺



伺服/主轴驱动系统



数控系统



提供完整解决方案
助力中国智能制造

将CAD/CAM与关键性软件合作伙伴整合在一起

Integrating CAD/CAM with Key Software Partners

在互用性时代，与他人打好关系的重要性。

今天的 CAD/CAM 软件不仅要构建最好的刀具路径和加工计划，而且还必须能够与合作伙伴公司和其他第三方供应商的软件实现相互操作。

在不久以前，机械工程师还在用手对数控车床和铣床进行编程，而现在有些人仍然这样做。然而，今天大多数制造商都会同意将资金用于现代化 CAD/CAM 系统——由知识渊博、训练有素的编程人员进行操作，尽管有一些员工的手工编程能力还不强，但这仍会给加工车间带来许多好处。其中最主要的是准确、高效的刀具路径，从而提高刀具寿命，增加设备正常运行时间，减少人和机器的损耗。

超越 CAD/CAM

也许最重要的是，一个运转良好的 CAD/CAM 系统可以大大增加车间的效率，提供更短的周期时间和更少的机器在设置过程中出现昂贵错误的概率。然而，在这个互用性的时代，有效的刀具路径只是机械车间最佳实践故事的一部分。

刀具路径模拟和优化、机床监控、电子工作指令、离线预设和刀具管理系统（TMS）、基于云的刀具库、在线探测和计量、制造执行系统（MES）——各地公司已经实施或正在实施这些和其他制造系统，这为那些愿意处理这种转型项目的公司带来了无数改进的机会。

那么，面临的挑战是如何让这些不同的软件系统相互交流。工厂现在必须雇用一到两个软件开发人员来加强他们的 CAD/CAM 程序员团队吗？一旦这些系统开始进行对话，应该让它们共享哪些信息？哪一个将作为主系统，或者是记录性系统？当其中一个或多个系统需要常规更新时，将会发生什么？

再见，纸张

这些都是相关的问题。Hexagon 制造智能部门下属的 ESPRIT CAM 公司（位于加利福尼亚州 Camarillo）的执行副总裁



Hexagon 公司制造智能部门的 Designer CAD for CAM 软件，通过确保可制造性是工作流程的核心，简化了从设计到制造的过渡。（图片由 DP Technology/Hexagon Manufacturing Intelligence 提供）

Chuck Mathews 对所有这些问题都有自己的看法。他首先说，制造商最有可能在他们的互用性旅程中取得成功的方式，首先采用以 CAM 为中心的工作流程，一个以数字双胞胎为基础的工作流程。

"过去，在加工环境中，数字孪生的应用主要限于后处理的 G 代码模拟。现在，我们能够在加工过程中更早地利用它，使用数字双胞胎数据来生成零件程序，提供更短的周期时间和更长的刀具寿命。"

Mathews 指出，这些数据的一个关键因素是产品制造信息（PMI）。正如他和其他人为这篇文章所解释的那样，PMI 指的是所有与设计、质量和制造相关的数据或元数据，可以而且应该伴随着三维 CAD 模型而生成。它包括几何尺寸和公差（GD&T）信息、材料规格、设计的注释、表面处理要求、工程变更单，以及与零件或组件相关的任何其他数字数据。

当与三维 CAD 模型进行联姻时，PMI 消除了对二维零件图的需求。这个概念被称为基于模型的定义（MBD），是工业 4.0 拼图的一个重要部分。由于通过 MBD 及其子集 PMI 传达的信息是机器可读的，因此互用性变得更加容易。例如，CAM 系统可以收集其中的数据，以生成更为智能的

刀具路径，就像 CAI（计算机辅助检测）可用于生成第一件检测计划。

PMI 在 ASME Y14.41-2019 协议中，数字产品定义数据实践中有所描述。不过，要广泛采用它还有一个很大的障碍：教育设计工程团队正确和全面地记录工件的几何形状。"Mathews 说："如果你想消除车间里的纸张，并真正简化制造过程，就从这里开始，从 PMI 数据开始。"

伙伴关系的重要性

他补充说，随着这一代工人的退休，PMI 将变得尤为重要，这表明下一代人将不愿意使用当今经典 CAM 产品中常见的那样手动数据输入以及低水平细节处理。人工智能（AI）和机器学习（ML）将带来更强大的自动化，并改善软件系统和制造设备之间的数据流，使那些具有最低专业知识的人有可能成功地编程并操作机床。

Ben Mund 同意 Mathews 关于无缝数据流重要性的观点。他是康涅狄格州 Tolland 市 CNC 软件公司的高级市场分析师，也是 Mastercam 的开发商，他说行业在互用性方面已经做得很好，但仍有改进的余地。"目前还没有通用的解决方案。我们仍然有标准问题。我们仍然有通信问

题。但是，总的来说，我们中的大多数人都有足够开放的平台来分享来自外部的信息，而且许多人已经与愿意为这一目标进行合作的公司建立了直接的伙伴关系。”

没有人能够提供所有的东西，他补充说，这就是为什么 CAD/CAM 供应商及其合作伙伴继续推动解决方案，使制造商能够接受“扔给他们的任何文件，然后使用这些文件加工”，Mund 说。这可能意味着纠正实体模型中的表层错误，或临时填补孔和槽，以便为相邻的零件特征编制刀具路径。”即使传入的 CAD 文件是完全完美的，程序员仍然可能采取某些步骤，而设计师永远不会想到这些。

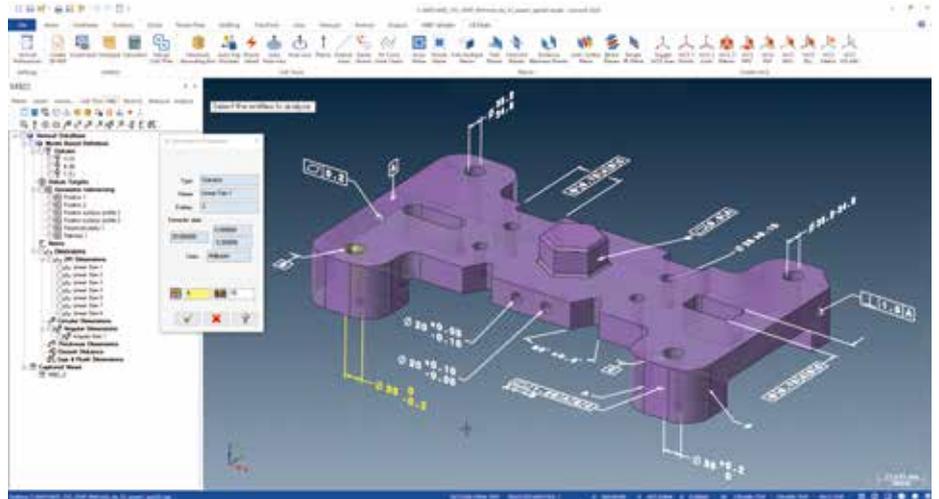
其中一个步骤是导入切削刀具和刀柄信息。与其他 CAD/CAM 系统一样，Mastercam 与 MachiningCloud 和山特维克可乐满的 CoroPlus 刀具库等服务具有互通性。据 Mund 称，近年来，这些和类似的基于云的信息源的使用已显著扩大。虽然最初的道路对一些人来说可能有点坎坷，但在线工具库和像 Mastercam 这样的 CAD/CAM 系统现在相处得很好。

基于模型的检查 and 测量软件也是如此。除了前面提到的从 PMI 数据中自动生成检测计划外，这些系统可以创建数据以用于 CAD/CAM 软件中。Mund 说：“比方说，你需要加工一个飞机螺旋桨的替代品，但由于没有原始的 CAD 文件，或者你想修复一个已经损坏的发动机组。在这里，可以用激光或 CMM 扫描物体，生成点云，然后将其纳入现有的 CAD 模型中，这是一个相当简单的工作。这是一些第三方公司如何真正发光的一个例子，因为他们专注于特定的行业需求，然后开发互用性所需的工具。”

缺少的环节

本例中的工具来自于加利福尼亚州 Anaheim 的 Verisurf 软件公司，它是 CNC 软件公司里历史最悠久、最完整的合作伙伴之一。Verisurf 公司的销售和市场总监 David Olson 解释说，计量学的互用性差距正在缩小，但仍有许多公司和用户被困在数字鸿沟里，试图将这些点连接起来。

“CAD/CAM/CAE 多年来一直被认为是一个整体性术语和现实。”他说，“维持数字连续性和所有重要的数字线索的关键缺失环节是计算机辅助检测。一旦你把

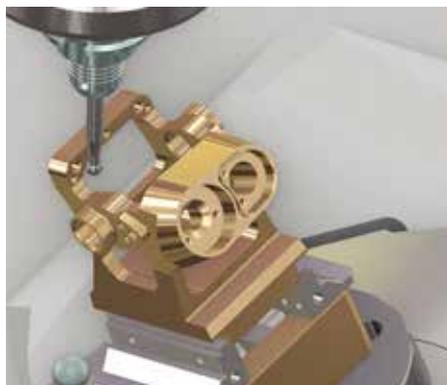


Verisurf 支持 STEP AP 242 基于模型的定义与关联的 GD&T，如同这个 NIST 测试模型所示，它可以自动检测计划和报告，同时减少转录的错误。（图片由 Verisurf 软件提供）

CAI 添加到你的数字工作流程中，你就处在真正的基于模型的定义的门口，它从一个智能的三维 CAD 模型开始，延伸到逆向工程、自动检测和报告、装配指导、产品生命周期管理（PLM）、统计过程控制（SPC）等等过程中。”

Olson 指出，数字线程的概念很大，对一些原始设备制造商和加工厂来说，这可能会让他们不知所措。数字线程实施始于对智能 CAD 模型和保持数字连续性的承诺，之后他们可能会处理基于模型的测量，以用于反向工程和自动检测。两者都是车间开始的好地方，都将帮助他们在真正的 CAD/CAM/CAE/CAI 整合之间架起桥梁，并符合新兴 OEM 对数字连续性的要求。

“为客户的工作流程带来效率，从最初的设计到制造产品的首次检验，是大多数数技术平台的实际目标，”Olson 说。“你



在 CAM 软件中准确地表示机器和刀具是互用性的一大好处是，这不仅带来了精度，而且在加工过程进入到机器之前就能进行完善和改进。（图片由 CNC 软件提供）

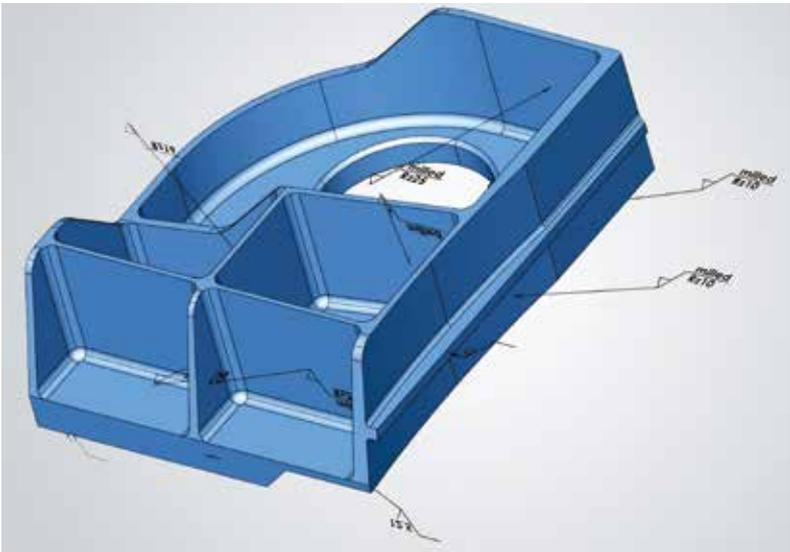
在这个过程中越是无缝衔接，你就能更快地输出高质量的零件，也就越快获得报酬。这种互用性的关键部分是一个开放的平台，以及快速沟通、连接和驱动流程所需的工具。这就是为什么 Verisurf 提供 SDK（软件开发工具包）的原因，因为它允许用户快速整合不同的软件和硬件以扩展自动化。”

自动化

美国 Open Mind Technologies 公司的总经理 Alan Levine 指出了 CAD/CAM 互用性变得至关重要的另一个领域在增材制造当中。总部位于马萨诸塞州 Needham 的 hyperMILL 开发商正在为其广泛应用的产品套件添加用于 DED（直接能量沉积）的机器人编程软件，这是一种经常与传统加工操作相结合的增材制造（AM）工艺。

在这里，零件模型通常以 STL 格式进行交付，这是大多数 3D 打印的标准，或者通过前面提到的 3D 扫描点云形成的数据。然后，这些数据集无论是以手动还是自动方式被导入 CAM 系统中，用于生成连接到七轴机器人上打印头所需的“刀具路径”。一旦打印出多层金属，并且零件已经充分建立起来，通常会使用铣刀来加工掉多余的材料，形成最终的零件形状。

“这是 CAM 供应商现在参与的利基技术的一个很好的例子，使得我们有必要讨论我们将如何与这些数据互动，”Levine 说。“直到最近，我们的工作是在做出好的路径，但这已经不够了。目前的愿景已经变得更加宏大。我们的客户现在希望与刀具管理



PMI 数据，也可用于驱动加工参数，可直接从集成的 hyperCAD-S CAD 软件高效、准确地导入到 hyperMILL CAM 软件中。(图片由 Open Mind Technologies 公司提供)



这里显示的是 Mastercam CAM 软件与 CGTech 公司的 VERICUT 刀具路径仿真和优化软件的互用性。(图片由 CGTech 公司提供)

系统 (TMS) 和离线预置器、第三方仿真软件、3D 打印机等交换信息。这就要求我们开发各种读写接口，以及 API (应用编程接口)，其中可能需要更深层次的整合。

Levine 赞同准确的 PMI 数据的价值，因为它减少了人为错误的机会，并使 CAD 文件的交互更加有效。然而，他也表示，相当多的机械厂及其业主还没有加入所有这些工业 4.0 的功能，而是倾向于坚持使用他们的传统软件。“这个信息并不总是能引起共鸣，特别是如果他们有成千上万的 CAM 文件，他们将需要以某种方式进行转换。也就是说，我们发现那些愿意做出改变并保持技术领先的车间表现得相当好。”

准备好，设置好，开始

Open Mind 及其 CAD/CAM 竞争对手需要与之共享信息的第三方之一是刀具管理和离线预设系统供应商 Zoller 公司 (密歇根州安阿伯)。正如全国销售和合作经理 Cedric Hasenfratz 所指出的，该公司目前支持 30 种不同的 CAM 系统，还有更多的系统正在开发中。“随着合作伙伴的数量和数据量的增加，我们保持这些不同系统的集成和相互沟通变得至关重要。

这是一项具有挑战性的工作。为了跟上需求，Zoller 公司发现有必要雇用同为 CAM 专家的软件程序员，他们要了解数控机床车间的内部运作情况。但更具挑战性的是当今不同的工具标准。作为一个国际供应商，Zoller 公司必须接受按照 DIN 和 ISO 标准制造的刀具数据，而正如

Hasenfratz 所解释的，它们并不完全相同。

“互用性正变得越来越复杂，”他说。“我们发现，这两个标准化的几何标准并不像我们大家想象的那样容易地进行沟通。而且有这么多的机床和刀具系统，造成每个参与者都很难协同。也就是说，我们作为一个行业继续这样做是至关重要的。”

尽管困难重重，Zoller 公司看到制造业对将离线预设和刀具管理软件与他们的 CAD/CAM 系统整合在一起的兴趣依然很大。由于 Zoller 公司增加了库存和量具管理功能，以及倡导 RFID 工具标签，使得 TMS 系统最近得到了部分扩展，这一技术提高了互用性的标准。

封闭循环

VERICUT 刀具路径仿真和验证软件开发商、位于加利福尼亚州 Irvine 市的 CGTech 公司的产品专家 Ely Wahbeh 也有许多同样的担忧，并在工作中遇到了同样的挑战。与 Zoller 一样，CGTech 公司必须与其客户和合作伙伴网络密切合作，以确保其系统与他们的系统之间的互用性。”他说：“开发接口的最大挑战之一是学习每个 CAM 供应商的 API 是如何工作的，看看我们能从那里提取什么信息。

正如 Zoller 公司的 Hasenfratz 所暗示的那样，这种努力大部分是花在准确交换刀具数据基础上的。“过去的模拟要简单得多，”Wahbeh 指出。“当时有钻头、立铣刀和车刀，以及支持两到三轴运动的 CAM 系统。现在有各种类型的可转位刀具，

每一种都有独特的三维几何形状和加工信息，这些必须要融入到我们的软件中，更不用说有五轴或更多轴的机床了，还有现场刀具等等，而且这种变化的速度只会越来越快”。

他所说的一些“加工信息”是指大多数切削刀具制造商在其网站上公布的进给量、速度、切削深度和其他应用参数，或者作为前面描述的基于云的刀具库的一部分。如果需要的话，这些参数可以用来填充 VERICUT 数据库，以达到优化刀具路径的目的。Wahbeh 很快就指出，这些数值也可能来自该公司的 Force 系统，这是一个基于物理学的优化包，可以为给定的材料、刀具和加工条件提供最有效的数控程序”。

除了优化方法，CGTech 正在积极寻找“闭环”的方法，Wahbeh 说。“我们目前收集了用户需要的所有信息，让他们提前看到车间里会发生什么，让他们发现任何错误并解决任何潜在问题。但是，无论模拟有多精确，都会出现没有人预料到的变数——这可能是使用了不同的切割刀具或夹具在最后一分钟发生的变化。我们正在寻找快速模拟的方法，以验证一切是否正常，尽管这可能需要比目前更高水平的互用性。

www.cgtech.com

www.mastercam.com

www.espritcham.com

www.openmind-tech.com

www.verisurf.com

www.zoller.info/us

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

智能装配帮助汽车零部件再制造企业提高竞争力

Intelligent Assembly Helps Auto Part Remanufacturer Compete

计算机控制的电动压机实现了性能上的飞跃。

当一个汽车需要更换启动装置时，通常有些价格昂贵的工件，例如电枢、换向器或齿轮，仍然还有效，或者他们可以被低成本地修复。俄克拉荷马城的精密零部件和再制造公司（PPR）在过去 45 年多的时间里一直在做这样的工作，将过去可能已经报废的精密部件变成 OEM 质量的替代部件，可以在保修期内重新投入使用。

"我们的客户为许多主要的汽车 OEM 商提供再造的启动装置和交流发电机，"PPR 产品工程师 Daniel Anderson 说，"他们依靠我们提供的产品在质量和性能上达到或超过 OEM 标准。近五十年前，我们从一个'锤子和凿子'的加工开始，现在已经发展成为一个越来越高科技的企业，通过有效的计算机监控加工流程，可以让

我们跟踪和记录数据，直至达到个人手工操作层面。"

PPR 取代手工操作的一个很好的例子是它使用了伺服控制的电动压力机。这些压力机实现了支持起动机轴的油浸衬套的自动装配。传统工艺使用手板式压力机来安装衬套，而衬套则由手工进行放置、定位和压制。

Anderson 说："这种方式以前一直是有用的，而且没有办法进行判断，直到由于一个坏的装配衍变成一桩保修索赔案件。我们的客户不喜欢保修索赔，我们也不喜欢，所以我们开始寻找一种更好的方法来组装衬套。"

这种要求也很简单——实现可重复的过程，为每个零件生成可跟踪数据。最初

的解决方案是一台外国制造的电动螺旋式压力机。虽然该压力机比手板式先进，但它不能提供 PPR 所寻找的数据采集。

"我们在芝加哥的一个贸易展上看到了 Promess 机电装配压机（EMAP），它看起来是满足我们需求的答案，"Anderson 说，"它比我们正在使用的外国压机要贵，但它的性能和数据生成能力也大大增强。经过一些努力，我们最终说服了管理层对此进行投资"。

伺服驱动的滚珠丝杠滑块

Promess EMAP 使用一个伺服驱动的精密切滚珠丝杠滑块。它配备了力和位置传感器，能够向控制器提供反馈。该反馈提供了每个操作的完整"签名"信息，反过来，它可用于对过程控制。反馈数据也可以被储存起来，用于过程验证和质量的记录。

PPR 以标准化、50 个单位的批次加工汽车启动装置。当 EMAP 被安装到新的工作站时，Anderson 的团队在他们编写的控制软件中加入了条形码扫描功能。这样一来，除了每个零件的操作签名外，还可以捕捉到关于批次、数量、员工和日期的数据。一旦 EMAP 安装完毕，反馈数据允许团队确定最大和最小的力，以及每种类型的衬套的正确接触高度。

该软件还验证是否使用了正确的衬套，正确的模具是否到位，以及衬套是否在正确的位置。当所有要求都得到满足时，压力机就会移动模具，使其与衬套接触，并在进行最后的参数检查之前施加一个额定的力，然后就开始进行压制操作。

一旦衬套安装完毕，就会用一个气流量规来测量内径，作为对成功操作后的验证。该数据被添加到先前存储的单个零件的信息中。

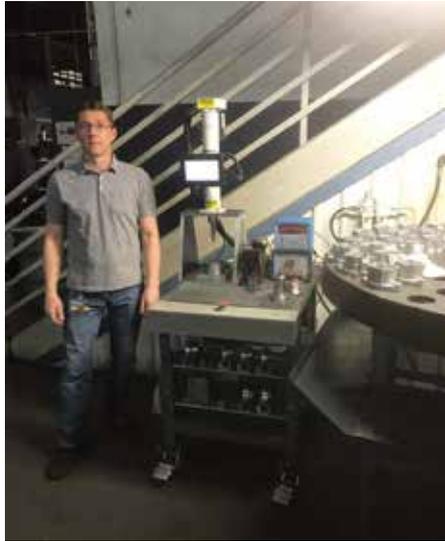
"如果客户打电话询问一个特定的启动装置，我们可以告诉他们对衬套施加了多少压力，它的确切位置以及在加工结束



Daniel Anderson 在操作 PPR 的机电装配压机（EMAP）。EMAP 使用一个伺服驱动的精密切滚珠丝杠滑块，并拥有力和位置传感器向控制器提供反馈。
(所有图片由 Precision Parts & Remanufacturing 公司提供)



操作员将驱动零件安装到旋转缓冲台的框架中，这是在两个 EMAP 冲压站之间的生产步骤。



Daniel Anderson 指出，Promess EMAP "比我们使用的外国压机更为昂贵，但它的性能和数据生成能力也大大增强"。



用于换向器端架的衬套压机将衬套以指定的力安装到指定的深度上，并使用所示的扫描仪记录员工编号、日期和批号。空气量则在安装后测量内径，并记录力、深度和内径测量值。

时的内径是多少," Anderson 指出," 不过, 这种情况几乎没有发生过, 因为系统根本不会处理一个坏的零件。如果有任何东西不符合规格, 它就会停止并通知操作员。

PPR 现在有三套用于衬套安装的 Promess EMAP 系统, 并且它正在建造第四套, 用于在驱动主体上安装端盖。驱动主体包含单向离合器, 当发动机启动时, 它将脱离启动装置。端盖曾用滚压成型工艺连接, 但这有时会使端盖旋转, 并不符合客户的要求。

" 压制端盖比滚压成型更为稳定," Anderson 说, " 而且它根本不会旋转。我们用老方法证明了这一过程, 用的是手板压力机, 但我们将使用 EMAP 进行生产操作。"

PPR 的营销目标之一是开发更多来自需要大批量分散在许多小批量起动装置的客户业务中。Anderson 指出, 为一个有 100 个零件编号但每月只有 10 或 15 批 50 个零件的客户提供服务, 而采用手工操作是不现实的。然而, 在自动化过程中就不是这样了。一个自动化过程只需要 PPR 为每个批次更换模具和寄存器, 并将正确的程序加载到 EMAP 中就可以了。

" 证明过程是一个大问题," Anderson 说。" 这是小批量生产在手工操作中并不实际的原因之一。但有了 EMAP 的反馈数据, 我可以在 10 分钟内为一个典型的 30 件样品批次生成一份工艺能力报告。不管是潜在的客户还是那些想改变某些东西的

现有客户, 这都会产生不同的效果。"

从手工操作到自动操作

从手工操作到自动化操作对 PPR 业务的影响已经超出了质量和生产力的提高。它对员工的保留和满意度也有直接影响。

" 很难找到并留住那些愿意以 40 年前的方式从事体力劳动的人," Anderson 指出。" 这导致了高用工和高培训成本, 而损害了盈利能力。EMAP 加工有助于解决这个问题, 因为它们更为干净并易于使用, 而且比手工站需要更少的操作员培训。

" 操作员真正需要知道的是, 绿灯意味着把零件放在一个地方, 红灯意味着把它放在另一个地方," 他继续说。" 软件和 EMAP 能做其余的工作, 并确保每次都有高质量的结果"。

由于其自动化装配站是如此高效, PPR 现在正将员工从车间的个体工位上转移到生产 "套件" 中来, 为他们提供服务。套装生产被安置在单独的房间里, 环境控制旨在保持零件的清洁。

" 一些零件在安装前必须涂上油脂," Anderson 解释说。" 配套区的工作环境变得更干净, 并有助于防止污染。这对在那里工作的人来说也是一个更好的环境, 这有助于留住员工。"

取代车间的个体工位

PPR 还在安装装配线, 以取代一些

零件的个体工位。而这也影响了员工的满意度。

Anderson 说: " 我们不是让操作员每天在同一个零件上做同样的工作 50 次, 而是让他们每天在装配线上轮流工作。" 这样一来, 他们就不会感到厌烦, 而且每个操作员都能学到工艺的每一个方面, 这使他们更快乐, 更有价值。"

像所有企业一样, PPR 也受到了 COVID-19 大流行病的影响, 它大大减少了客户的需求。然而, PPR 没有裁员, 而是选择保留员工, 并为经济复苏时需要的生产建立库存。

Anderson 说: " 除了 10 或 12 名员工, 我们基本保留了所有正式员工。"

在成功引进 EMAP 装配的基础上, PPR 希望扩大其产品范围, 包括扩大交流发电机和电动窗、挡风玻璃雨刷器和电动座椅的电机系列。然而, 在这期间, 汽车的启动装置将继续成为其业务的支柱。

Anderson 说: " 我们销售的是质量, 而我们的许多竞争对手已经将生产转移到墨西哥, 这样他们就可以在数量和价格上取得利益。" 当客户购买了他们的一个启动装置后出现故障, 他们只是用另一个替换。而当客户购买了我们的产品, 它就能正常工作, 这是一个很大的区别。

" 像 EMAP 加工和装配线这样的现代系统与此有很大关系, 我们将来会更多地使用这些系统," 他总结说

www.promessinc.com

在竞争中脱颖而出

Lapping the Competition

Don Schumacher 车队挑战加工极限。



在 Don Schumacher 赛车公司展出的一辆 funny 车。机械厂团队面临的巨大挑战之一是制造既轻又耐用的零件，以承受高速赛车的严酷考验，包括发动机高温和碰撞。（图片均由 CNC 软件公司提供）。

Don Schumacher 对成功从来都不感到陌生。在他作为赛车手和领队以及 Funny 车赛营销者的职业生涯中，Schumacher 个人赢得了五次全国赛车协会（NHRA）的冠军活动。1998 年，当他作为车队老板回到这项运动中时，他的威望仍在继续。位于印第安纳州 Brownsburg 的 Don Schumacher 车队（DSR）现在有 7 支专业车队，是 NHRA 赛车历史上最成功的车队，拥有超过 325 个全国赛事冠军和 17 个世界冠军。

DSR 取得胜利的秘诀在于其高性能的汽车制造车间。DSR 对 NHRA 赛车手遇到的具体问题有着更为实际的了解，并且拥有顶级机

械厂的所有制造能力；没有必要相信其他制造商能制造出他们 DSR 汽车所需那样耐用且尺寸精确的零件。"DSM/DSR 的高级制造工程师 Scott Cutler 说："我们制造发动机部件、底盘部件、排气管小部件等所有的东西，甚至包含螺母和螺栓。

Cutler 在 DSR 工作了两年，但在五轴加工领域工作了 20 多年。他的经验对于保持设备齐全的车间顺利运行至关重要。目前，DSR 车间有 22 台数控机床，其中 15 台是 Okuma 公司的。其中包括卧式四轴铣削中心、五轴铣削中心、七轴车铣复合机、三轴车床、立式铣削中心和

一台瑞士式车床。包括 Cutler 在内，DSR 有 7 名机械师和 4 名程序员，他们都致力于提高质量的汽车零部件的质量。

让零件更轻

Cutler 说，制造这些零件有一定的挑战。“我们需要使零件更轻，但同时我们也需要使零件更为坚固耐用。从外观上看，它们必须是漂亮的。我们必须确保所有的机械特征都符合公差要求，因为我们始终要考虑到的不仅仅是配合，还有安全，”他解释说，“你知道，这些车的速度很快，很多事情都在发生，所以安全是一个大问题。在顶级赛事中，我们处于最极端的条件下。在任何形式的比赛中，我们的马力最大，我们运行的时间最短；我们基本上是在制造一个受控的炸弹。”一般车间的公差是正负千分之二点五，而许多零件需要更严格的公差。DSR 依靠康涅狄格州托兰市 CNC 软件公司的 Mastercam CAD/CAM 软件来满足其精度和安全标准。

在所有需要考虑的问题中，重量与耐用性的问题会引起一些最激烈的争论。“质量总是能帮助你提高耐久性，但它不能帮助你提高速度或减少整体重量。这是最难做到的事情之一，因为我们不能像我们本来那样使用重金属，所以我们必须使用较轻的金属，但我们必须以某种方式使其保持最大的功率，”Cutler 说。

DSR 主要使用铝、6000 和 7000 系列铝、5 级钛、镁和低碳钢。为了平衡这些金属的弱点，同时最大限度地提高重量和耐用性，DSR 采取了有针对性的方法来加工每个零件。Cutler 说，“我们不做什么平面零件。我们所有的零件都必须有轮廓，所以我们可以关键的地方增加筋肋，而在其他地方把材料削薄。”

该车间生产的零件重量在 0.25-140 磅（0.11-63.5 公斤）之间。有时，这个过程包括把一个 800 磅（362.9 公斤）的原始坯料制造成一个零件，而快速安全地去除材料是最重要的。“为了以良好的速度去除零件上的大量材料，我们利用软件的动态运动 OptiRoughing 功能，”Cutler 说，“通过该软件和 Sandvik 刀具系列，再加上 Okuma 加工中心，我们能够以 300 ipm（7.62 m/min）的进给率去除材料，全切深度平均约为 3/8”（9.5 mm）。”

成果的专有算法

动态运动技术使用专有算法来计算安全加工所需的最佳进给率和刀具路径运动，以确保

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



操作员 Frank Cervelli 正在 Okuma MU6300V 上加工发动机组。在这里，他把 Hemi heads 安装到机器上。



在 Don Schumacher 车队中制造的一个发动机组。它起初是一个 800 磅的铝制品，通过使用高速动态加工和 Opti-Rough 刀具路径来粗加工复杂的几何形状，将其加工到 140 磅。

没有空切，而延长刀具寿命，并尽量减少周期时间。Cutler 说，“这确实是最大的优势。动态运动技术、高质量和大胆的切削角度使我们能够以这种速度去除材料而不用担心。”动态铣削中的 OptiRough 刀具路径使用深的、积极的切削，然后是小的向上切削，以更高的速度去除材料。这种双向切削策略的结果是在创纪录的时间内完成高质量的表面处理。

不过，在 Cutler 和他的团队开始切割之前，他们使用了该软件的一些其他功能。“我们基本上为每一类设备建立了一个刀具库。我们不断导入 Sandvik 的刀具模型。这有助于我们进行模拟，我们可以查看实际的刀架，寻找那里是否出现干涉，而不仅仅是刀具上的干涉。”然后，Cutler 求助于仿真刀具中的比较功能，以比较实体模型，直观地看到切割的准确性，并检查是否有任何碰撞。“当我们进入很多复杂的零件时，它给了我们更多的灵活性来处理实体，因为所有的东西都是三维的。我们现在可以通过软件写入并操纵它来获得我们需要的结果。

伊利诺伊州 Elgin 市的 ShopWare 公司是 Mastercam 的经销商，它使 DSR 能够保持最新的功能，并帮助其程序员解决使用该软件的七个机位出现的任何问题。“他们是一个重要的资产，”Cutler 说，“他们不仅仅是为我们提供产品，产品背后的人也真正起到了作用”。只需一个电话或电子邮件，ShopWare 团队随时准备提供帮助。Cutler 还与 CNC 软件公司的机械师和工程师合作。“Chris Kozell 和 Chad Chmura，他们都很棒。Chris 帮助我们解决位点问题以及机器上的新选项错误。Chad 帮助我们进行培训，告

诉我们如何正确地使用它们，并实际帮助我们在 Mastercam 提供的许多不同的刀具路径之间进行选择——有时超快和超激进加工策略并不是正确的路径。这是一个巨大的帮助。”

支持一个关键的价值主张

来自 Mastercam 经销商和开发者的支持对 DSR 来说是非常宝贵的，因为它计划在一个不断发展的行业中能够保持现状以及相关性和相关性。“如果没有我们得到的支持，很多事情都会变得很困难，”Cutler 说，“如果我们有一个非常困难、复杂的零件，也许世界上从来没有人做过，如果我们遇到困难，我们有许多人可以联系，可以获得支持而继续前进。”

使 DSR 在竞争中脱颖而出的是，它不仅致力于按时交付零件，而且还致力于推动汽车加工的极限。“有时我们会接到一个紧急订单或更新一个零件的订单，我们必须在下个周末前把它送到赛道上，这将有通宵的工作，”Cutler 说，“但我们不会牺牲质量。我们必须知道，我们会想把这个零件放在我们的车上，而不仅仅是卖掉它。”他的团队为了满足他们的最后期限并提供最高质量的零件，不惜付出任何必要的时间，但不知为何，他们也找到时间来探索他们的能力。”

Cutler 说，DSR 的真正优势在于其研究和开发。“我们确实为自己拥有自己的东西并真正追求‘我们真的想试试这个’的想法而感到自豪。我们不只是修复失败，我们还在寻找改进。”DSR 在赛场内外的声誉是创新和开拓性的。而且，这家赛车公司不会放慢脚步。

本文根据 CNC 软件公司提供的信息编辑而成。

商用车之设计前景

Road Ahead for Commercial Vehicle Design

汽车设计的趋势受多种因素影响，其中一些是地域因素。在欧美国家，向数字平台生态系统的转变已颠覆了该行业，而物流格局的变化将影响现有客户结构，并促使大型车队的预期增长。

在全球范围内，两大趋势将继续推动商用车领域的变化。具体来说，需要更清洁和更安全的出行。为了实现这些重要目标，技术将发挥主导作用。设计工程师已经为商用车开发了许多创新的设计概念。然而，Pailton Engineering 预测，有三个关键趋势将在近年产生影响：数字化、车辆电气化和自动驾驶技术。

数字和互联汽车

据《2020年联网卡车市场报告》，预计全球联网卡车市场在2020-2022年期间将继续以29.7%的复合年增长率(CAGR)增长。最新的物联网(IoT)车队管理系统可以提高运营效率、维护成本、燃油消耗和

法规遵从性。再加上高质量的卡车零部件，物联网技术将在近年继续提供设计优势。

车辆电气化

电动汽车正在为更清洁、更绿色的交通网做出贡献。城市电动公交车是增长最快的电动汽车市场之一，商用车领域在城市环境中也在效仿这个例子。

低排放或零排放的城市配送车辆必须符合适用于重型车辆的欧VI标准。2013年1月，欧盟第6轮排放标准开始强制执行，但最近出台了更严格的新标准。对于商用车来说，天然气是目前长途货运中唯一真正能替代柴油的燃料。然而，电力肯定会在短途货物运输中占有一席之地，在某些路段运输中实现零排放。

这种转变将推动汽车OEM制造商们投资于电动和混合动力系统。这些技术包括电池，以及可以提高车辆运行效率的减重技术和减少空气阻力的技术。

自动驾驶

自动驾驶会显著降低车辆成本。虽然还未实现完全自动化，但我们看到部分有条件的自动化技术正在被采用。SAE International已经建立了一套关于无人驾驶汽车的指导方针，范围从0(无自动化)到5(完全自动化)。例如，驾驶辅助技术可以通过提供变道辅助来提高道路安全。这项技术使用传感器来警告驾驶员即将发生的碰撞。通过人工智能(AI)为驾驶员提供更深入的道路和车辆信息，有助于提高运营效率，从而减少不必要的资源浪费。

整车厂必须了解不断变化的竞争环境，以便做出明智的战略决策。整车厂还应重视合作伙伴关系，以便及时获取数字化、电气化和自动驾驶等方面的最新设计技术。从长远来看，关键在于制造商在追求更安全、更环保的工程概念时是否能做出微小的改变。



实现3D打印最初的承诺

掀起数字牙科的革命

- 先进的牙科材料
- 经过验证的优化工作流程
- 无与伦比的速度和可靠的质量
- 实现时间和成本的双赢

——“用数字化工作流程帮助美国Derby Dental实验室提高了60%的生产效率。”

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

轻松打造独一无二的产品

Easily Creating One-Offs

Kodlin 摩托车公司转向数控技术来生产定制摩托车。



Kodlin 摩托车公司基于美国哈雷戴维森来定制化摩托车。(所有图片由西门子股份公司提供)

不可否认的是：Kodlin 家族流淌着摩托车的血液。铁匠大师 Fred Kodlin 在他儿子 Len 5 岁生日时送给他的礼物是一辆越野摩托车。对于 Len 长大后会有什么，从来没有任何疑问。今天，这对父子在德国黑森州的博肯小镇上经营着 Fred Kodlin 摩托车工厂，该工厂由 Fred Kodlin 于 1984 年创建。

该公司高度定制化：父亲、儿子以及 10 名员工一起定制化哈雷戴维森摩托车。每年有多达 50 辆摩托车离开他们的车间，并交付到它们兴奋地新主人受众。许多客

户只是想将他们的系列生产的摩托车调整得更适合他们，或看起来更有个性。其他客户来公司寻求更大的改装，如安装一个大的前轮，这具有非常醒目的效果，在哈雷戴维森的粉丝中很受欢迎。

然而，最热衷于骑摩托车的人希望他们的摩托车是完全个性化的。

" 这些独特的摩托车在独特性方面是无法被击败的。当涉及到设计和技术时，我们将几乎不可能的事情成为可能，" 初级经理 Len Kodlin 说。在其中一些车型中，唯一剩下的是发动机，它具有无可比拟的

哈雷 - 戴维森的声音：摩托车的其余部分是由完全由 Kodlin 开发和生产的零件组成的。客户的预算是限制其想象力的唯一因素。发烧友们为这些独特的摩托车支付高达 13 万美元的费用。当然，还有技术允许的限制。

避免模仿

在满足客户拥有一辆个性化摩托车的梦想时，Kodlin 摩托车的定制师们不仅改制零件，还亲自制造许多独有的零件。各种样式的脚板、脚踏板、转向灯装饰、空



Len Kodlin 在一个外部 CAD/CAM 工作站为许多自行设计的部件创建数控程序。图中是一个由铝制成的装饰性部件



使用 MMD Werkzeugmaschinen 公司的 PreMill VL 1000 数控加工中心加工一个零件，配备 Sinumerik 828D 数控系统。一个 10kW 级的铣削主轴能够快速而精确地加工零件。

气滤清器、发动机盖、手把和后视镜支架都是单独或以非常小批量进行生产的。在许多情况下，外包生产可能更便宜，但对 Kodlin 来说，这不是一个选项。

Len Kodlin 解释了这一决定背后的原因。“独有的作品是我们整个公司的基础。复制品出现的风险实在是太大了。我们的客户为独有的东西买单，这就是我们给他们的东西。这就是为什么我们自己做所有的事情，从钣金工作和焊接到铣削、车削、喷漆和装配都是我们自己完成。”Kodlin 说。

Kodlin 拥有极其庞大的制造能力，以防止模仿和竞争对手的产品，从而保障了其竞争优势。该公司在生产专业知识和机械方面进行了大量的投资。Kodlin 甚至有一个世界制造商标识。这一官方指定标志着 Kodlin 正式成为一个可以制造和核准摩托车的制造商。

综合流程

任何想在竞争中生存的小型独立定制商都需要顶级的数控机床。这就是为什么 Kodlin 的生产过程的核心是来自 MMD Werkzeugmaschinen 公司的 PreMill VL 1000 数控加工中心和西门子的 Sinumerik 828D 数控系统。Len Kodlin 本人是一名训练有素的精密机械师，他解释了对他和他父亲来说重要的事情。“MMD 公司非常合作，通过 PreMill VL 1000，给我们提供了一台完全满足我们需求的设备。该设备

性价比很高，而且通过 Sinumerik 828D 系统控制——包括直观的 Sinumerik Operate 图形用户界面——这是我们的核心要求，即操作简便，又能得到最大程度的满足。

零件加工对机床和控制系统的要求很高，而且多种多样。许多简单的零件是直接安装在机床上编程的。对于这种类型的应用，车间的编程既要简单，又要可靠和高效。Kodlin 团队的机械师 Jan Rosenkranz 直奔主题：“ShopMill 基于菜单的导航使一切都非常快速和简单”。他也很欣赏这种便捷的设置功能。

定制零件的生产与传统生产并不一样，它往往涉及极其复杂的轮廓加工。初级经理在外部 CAD/CAM 工作站上单独创建这些零件的程序，然后使用 U 盘将其传输到加工设备上。这意味着机器可以保持运行，而初级经理可以离开而去为他的作品设计零件，远离加工生产噪音环境，回到安安静静的办公环境中。一旦毛坯就位，整个加工过程本身就会非常迅速。在各种 Sinumerik 数控循环的帮助下，能够快速设置工件和刀具，并在 PreMill VL 1000 上开始加工。

Len Kodlin 特别提到了 Sinumerik Operate 中组织清晰的文件夹结构，其设计方式与传统 PC 上的类似。有意义的名字——如 “Handlebar1-Customer3”——可以为程序分配多达 28 个字符。这提高了保持概览的能力，已经制作好的产品

可以被清楚地识别，并在以后再次访问。

涵盖了整个生产范围

在生产技术方面，PreMill VL 1000 提供了摩托车零件所需的一切。该机器因其框架结构而获得额外的分数，这使得它非常稳定且容易使用。大多数部件的长度都小于 500 毫米。当然也有例外，如较长的前叉管。拥有 X=1020mm、Y=510mm 和 Z=560mm 的走刀路径长度，加上 1200 x 500mm 的夹紧工作台，该设备全面覆盖了各个领域的加工。10kW 级的铣削主轴提供了快速和精确加工零件所需的动力，这些零件通常由铝或钢制成。换刀装置可配备多达 30 把刀具，所有三个轴上的线性导轨确保了最大的精度。据 MMD 公司的销售顾问 Jens Bubenheim 说，PreMill VL 1000 的重复精度为 $\pm 3 \mu\text{m}$ ，定位精度为 $\pm 5 \mu\text{m}$ ，这意味着始终能保证所需的质量。

Sinumerik 828D 数控系统的一个特殊功能为高质量加分，即集成了高级表面运动控制的 Sinumerik MDynamics 技术包。程序序列可以随时进行设置或调整，以确保机器生产速度、精度和表面质量的最佳比例。以转向灯修饰为例。在这种情况下，生产精度的意义不大。因此，MDynamics 中的相应设置和激活的高级表面确保机器在工作时既注重表面质量又注重生产速度。

本文根据西门子公司提供的材料编辑而成。

易于使用的 CMM 满足特定需求

Easy-to-Use CMMs Fit Specific Needs

工业界正在从 CMM 供应商那里获得定制的应用，以满足生产需求。这种需求未来也会越来越多。

随着供应商推出更多的传感器、先进的自动测头更换器和更好的软件，三坐标测量机 (CMM) 的用途越来越广泛。可供选择的传感器包括触发式测头、扫描模拟测头以及各种类型的光学和干涉测量传感器。拥有多个传感器意味着灵活性更好，这在需要进行全面评估时往往很有用，如新品首件检查 (FAI)。

但不是所有的应用都需要这种灵活性。

随着制造商被迫在生产中进行更多的计量检查，使用功能强大、配备多传感器的 CMM 可能会成为瓶颈。使用多个传感器进行测量可能会很慢，而且对创建测量程序是个挑战。简单和速度是当今工业用户所需要的。

进入这个阶段的是量身定制的 CMM，这种系统旨在满足这些需求，减少使制造工程师头痛的问题。虽然已经开始推出完整的产品包，但定制的系统也

会不断展示其价值。

集成解决方案

据位于 R.I. 省 North Kingstown 市的 Hexagon Manufacturing Intelligence 自动测量系统的北美产品经理 Ryan Toole 表示，涡轮机中使用的精密部件在航空航天业的测量瓶颈尤为明显，涡轮机叶片的公差很严格，需要 100% 的检测。更重要的是，对航空发动机的需求预计将急剧增加，这意味着需要更快、更准确的检测。

在一个示例中，Hexagon 公司通过建立一个单一的传感器来集成一个自定义解决方案，包括软件。Toole 说：“我们 [为客户做了这件事]，使用我们的 HP-O 传感器开发了一个高产能和高精确度，或 HTA 的系统。这是一个用于坐标测量机 (CMM) 的非接触式扫描传感器。” HP-O 基于调频干涉光学距离的测量，光斑尺

寸为 $11\mu\text{m}$ 。该公司为标准的 Hexagon Global S CMM 配备了这种 HP-O 传感器，并增加了一个旋转工作台，以获得真正的五轴扫描，实现高产能解决方案。（自 2021 年 8 月起推出的另一款 Hexagon 传感器是 HP-L 10.10。该传感器可在选定的 Hexagon Global S CMMs 上使用 DC241 或 DC800 控制器，并可用于叶片和其他航空航天应用。）

“产品化”解决方案

另一种方法是提供一个标准的、现成的产品。在集成方法的基础上，Hexagon 将涡轮机应用“产品化”为 Leitz Reference HP HTA 解决方案，建立在 Leitz Reference CMM 之上。这台 CMM 提供比 Global S 更高的精度，并且有一个集成的旋转工作台。据 Hexagon 称，与传统方法相比，这种解决方案将整体叶片检测的速度提高了 50%。为了帮助该程序产品化，Hexagon 在其 QUINDOS 软件中创建了一个叶片转子测量 (BRM) 模块。

Toole 认为这个解决方案的最大好处可能是它能减少编程时间。通过 HP HTA 解决方案中的 BRM 模块，用户创建测量程序的速度比传统方法快 70%。他解释说：“当我们采访客户时，我们发现平均需要几个月的时间来创建一个测量叶片和叶盘的程序。这些程序非常复杂，编码中的小错误也会导致大的故障排除问题”。

他将 BRM 描述为一个下拉菜单，可指导用户逐步创建程序。据 Toole 介绍，该模块利用 AI 技术优化检测路径。可视化提供了即时反馈，因此用户无需单步执行 i++ 兼容的 QUINDOS 代码。

调整解决方案

对简单编程的需求是基于编程人员的变化。“我们看到很多客户为车间购买



一排 Zeiss 多传感器 CONTURA 三坐标测量机。用户以一个套餐价格获得软件、附件、计算机和安装。（图片由 Zeiss 工业质量解决方案提供）



TEMPO 是 Hexagon 公司的自动零件装载系统，可提高 CMM 的产量。TEMPO 可实现不受干扰的自主测量。（图片由 Hexagon 制造智能提供）

CMM，因为他们需要满足客户提出的新公差要求，”伊利诺伊州 Aurora 市 Mitutoyo 美国公司的高级 CMM 应用工程师 Peter Rau 说。这似乎是全行业的，在汽车、航空航天和医疗领域都是如此。“我们看到的手动工具越来越少，而 CMM 越来越多。”

这种向车间的转移也意味着技能基础正在改变和发展。Rau 解释说：“熟悉 CNC 机床编程的车间专业人员和制造工程师，现在被要求为这些车间的 CMM 编程。”鉴于编程 CMM 是他们被要求完成的众多任务之一，他们需要比专业且经验丰富的 CMM 程序员更多的“开箱即用”的辅助工具。

明尼苏达州 Maple Grove 的 Zeiss Industrial Quality Solutions 的产品经理 David Wick 表示，随着 CMM 在生产中使用的增加，不仅是生产用户，而且首次使用的用户也越来越多。他说：“这是全面的，在小型机械厂、大型航空航天应用和工业应用中都是如此。”

长期以来，Zeiss 通过其 DuraMax 和 CenterMax 系列设备来满足车间的需求，该公司经常将这些设备称为柔性量具（而不是车间适用的 CMM）。为什么成套的解决方案变得如此受欢迎？他说：“用户获得软件、附件、计算机和安装，所有这些只需一个套餐价格。而这些都是针对首次使用 CMM 的用户，他们可能不知道自己到底需要什么。”一旦他们使用并发现自己的需求，就可以用其他传感器和编程来升级 CMM。Wick 说：“几乎 Zeiss 提供的每一台 CMM 都有一个完整的解决方案包。”

零件的机器人移动也是一个重要的因素。Rau 说：“我们看到了越来越多将自动化纳入 CMM 的要求，如 Apex V 系列。我们也看到了更多关于整体交钥匙系统的要求，尽管对我们来说，这仍然是一个例外。这更多的是针对运行数千个零件的应用，这些零件只在两三个不同的零件编号之间变化。”

精确的。

有力的。

生产性的。

kapp-niles.com

AMB

Hall 5 | Booth 5B1

IMTS

North Building, Level 3
Booth 237024



KAPP NILES

precision for motion



为了满足车间的需求，三丰公司最近推出了其 Crysta-Apex V 系列坐标测量机，具有高精度（在 1.7 微米范围内）和近线检测功能，如实时温度补偿。（图片由 Mitutoyo 美国公司提供）

自动化通常是智能工厂或智能加工单元的必要组成部分。在使用机床实现单元自动化时，测量结果通常直接反馈给 CNC 控制器，以实现闭环、熄灯操作。

智能工厂和工业 4.0

但是，即使对于接入多个传感器的 CMM，易于编程也是最重要的。随后，拥有一个“开箱即用”的系统的最好的办法是让 CMM 的编程程序随零件的 CAD 描述自动出现。随着对基于模型的定义（MBD）的接受程度不断提高，GD&T 信息被附加到 CAD 模型上。当这种 CAD 模型在车间被加载到编程软件（如 Mitutoyo 公司的 MiCAT Planner）中时，就可以自动生成一个程序。Rau 说：“借助 CAD 模型和 CMM 的规格，在生成程序时，所有的探头角度、测量空间和探头系统的类型都被考虑在内。”

不仅仅是输入变得普遍；各行业的输出也有一些共同点。Zeiss 公司的 Wick 说：“几乎每个人都需要以自己或客户可用的格式总结和报告测量结果。例如，医疗设备公司必须保留和制作可以通过 FDA 审计的记录，”而航空航天公司则需要用于首件检查的文件。汽车供应商必须提供 PPAP 文件。

他说：“另一个问题是，几乎每个人都想远程监控机器状态并记录机器事件。而你必须有合适的软件，才能让他们远程操作。”他还指出，闭环加工正变得越来越流行，CMM 与控制器共享测量结果，以进行调整。“最后，许多人希望将机器人装卸零件的工作集成到 CMM 中，这样 CMM 的生产力就更高了，每小时的零件数更多，每天的零件数更多。”

CMM 的长期趋势

这些问题如何影响 CMM 产品的技术趋势？根据 Wick 的说法，有两件事很突出。第一件事是通过在 CMM 上配备一个以上的传感器来提高生产力，但让 CMM “智能”选择使用哪个传感器，而无需人工干预。他说：“第二件事是对远程监控或远程健康服务的需求增加，以使客户了解机器状态。”这可能只是一个简单的智能手机仪表盘，通过云界面查看机器状态，也可能是一种服务，可以远程查看机器并提供某种类型的预测性健康维护或预测性健康评估。寻求 CMM 继续变得更智能、连接更紧密。

要实现这一目标的最终形式，意味着需要更成熟的围绕智能工厂概念的支持技术，特别是 MBD，并将有效和完整的制造和质量信息附加到 CAD 模型。这将迫使上游设计师（和设计软件）不仅要更善于附加这些信息，而且要养成首先这样做的习惯。

www.zeiss.com/metrology

www.HexagonMI.com

www.mitutoyo.com

扫描仪测量

Scanners Measure Up

密集扫描数据在计量学上的效用在多种应用中得到了证明。

用于计量的激光扫描仪和结构化白光扫描仪的发展正沿着两条平行的轨道进行。这些设备的制造商提出了先进的技术。同时，客户也在寻求改进。这两条轨道有时会交汇在一起。

位于罗德岛 North Kingstown 市的 Hexagon 公司制造智能部门的北美便携式计量学总监 Joel Martin 说：“这就是为什么我们在开发新的扫描技术方面投入了如此多的工作。”他说，扫描仪现在可以执行“激光扫描仪永远无法做到的任务，更何况是两三年前，更不用说五、六、七年前了”。扫描仪“需要一定程度的专业知识才能使用。那是因为你需要了解激光器的功率以及相机芯片上的曝光量。”

加拿大 Québec 省 Lévis 市的 Creaform 美国公司产品经理 Guillaume Bull 说，现在，“在 3D 扫描的自动化方面有了巨大的改进。这包括像 Cube-R 这样的交钥匙自动化解决方案的开发，同时也包括软件方面的改进，开发了数字孪生环境软件模块。”

改进的一个领域是扫描反射表面。

ZEISS 集团旗下位于北卡罗来纳州 Charlotte 市的 GOM Americas 公司的业务开发工程师 Toon Peeters 说：“激光技术在处理反射表面方面天生就比投射光系统更好。”GOM 同时生产结构化白光扫描仪和激光扫描仪。“将其与强大的软件相结合，使其能够扫描光滑的反射表面，并将噪音影响降到最低。”

扫描仪也在应对新材料。密歇根州 Brighton 市的 Nikon Metrology 公司销售应用工程师经理 Matthew Gibbons 表示：“该技术的最大改进在于处理具有挑战性的材料。尼康光学技术和最新算法的结合帮助我们在各种难以扫描的表面上产生低噪音 / 高分辨率的扫描。我们能够生产出高质量的激光线，过滤掉通常从黑暗、光



RS6 激光扫描仪采用 SHINE (系统性高智能噪声消除) 技术, 允许用户始终以最大速度以全激光宽度扫描所有零件。(图片由 Hexagon 制造智能提供)

滑或机加工表面收集的扰流数据。”

技术改进

扫描技术的改进包括速度和一次可扫描的数量。大约五年前, Hexagon 公司的 Martin 说, “它很慢”。他说: “也许有时每秒 10、12、15、30 行是一些非常早期的扫描仪的最大速度。今天, 我们已经达到了每秒 300 行的速度。扫描仪本身的原始速度是巨大的。”

他说, 另一个方面, “是视角, 或者说扫描仪的可扩展范围。我尝试使用的一个比喻是, 这就像粉刷房子。你用来刷墙的漆刷 [的大小] 相当于你的扫描线有多宽, 也就相当于它的速度有多快。一些早期的扫描仪有一条扫描线, 约两英寸。这就像用一英寸的漆刷来刷你的房子。”

还有其他的改进。GOM 公司的 Peeters 说: “如果是手持式扫描仪, 那么我们能够到零件或作业现场进行测量, 而不是把零件移动到计量室去 [这很重要]。”他说, 扫描正在被用于铸件, 包括“大型和小型零件以及模具、砂眼数和装配”。

扫描仪还有助于提高生产力。Creaform 公司的 Bull 说: “当今全球制造业面临的挑战是, 它必须处理比以往任何时候都更复杂的零件和装配设计。”使用传统的 CMM 往往会在制造过程中造成瓶颈, 公司必须经常在缺乏技术资源和有限工作时间的情况下运营。

Bull 补充说, 3D 扫描仪“可以在很短的时间内获取大量数据。”“与传统的探测方法相比, 使我们能够更好地了解复杂形状的零件。”当试图了解一个零件的



Nikon L100 3D 激光扫描仪，图中显示 XC65x 多激光扫描仪和背景为 LC15Dx。Nikon 表示，其 CMM 3D 激光扫描仪系列是自动化生产环境的理想选择。（图片由 Nikon Metrology 公司提供）



在 GOM 的自动测量机中，ATOS 传感器可以与 Plus Box 一起操作，Plus Box 是一种摄影测量的附加传感器，可以直接连接到 ATOS 系统上。（图片由 GOM 美洲公司提供）

问题时，这确实有帮助。3D 扫描解决方案简化并加快了分析过程。

Bull 继续说：“与传统的 CMM 相比，3D 扫描仪的速度非常快，即使在它们不那么精确的地方，它们也有助于减少 CMM 的工作量，执行大部分测量，只把关键的测量留给 CMM。这就减少了 CMM 的瓶颈，而价格却只有 CMM 的几分之一。”

客户的需求

扫描技术的许多改进源于客户的需求。Hexagon 公司的 Martin 说：“这一直是由市场推动的。”市场说：“我们想扫描，我们不想探测所有这些孔。我们想扫描这个 [拥有所有这些孔的零件]。它更快，更容易，更有效。

Martin 继续说道：“但五年前，扫描仪的技术水平是限制因素。今天，扫描仪实际上已经赶上了，在某些情况下甚至超过了市场对能够实施该技术的要

求。问题不在于‘我们现在终于可以做点什么了’，而在于‘扫描仪终于可以做点什么了，而市场在过去五年里一直在推动它们做什么？’”

Martin 将客户的需求比作三大支柱——速度和数量；数据的分辨率或质量；和易用性。他说：“这就是人们一直在推动我们实现的目标。如果我必须把它带到最狭窄的范围，我会说最大的一个优点是易用性。”例如，Martin 说，如果一个车间只有一个人可以操作扫描仪，那么当这个人去度假时，“你就不再有用的设备了”。

“我们在产品的易用性方面投入了大量的开发和精力，真正做到了，如果你的车间里有五个操作员，他们五个人都可以拿起扫描仪。”

客户还寻求速度和精度的结合。

Nikon Metrology 公司的 Gibbons 说：“客户寻求的主要功能是速度和精度。客户希望尽快获得最精确、最完整的结果。

传统上，只进行探测可能是一种耗时的测量方法。每增加一个要检查的项目都会增加周期时间。激光扫描仪一次就能覆盖更广的区域，并有可能为多次测量提供数据。增加要提取的特征数量通常不会增加检测时间的长度。”

据 Creaform 公司的 Bull 称，CMM 是精确的工具，因此客户期望其他 3D 技术能够达到类似的精度。“尽管今天的 3D 扫描仪没有标准桥式 CMM 那么精确，但随着新一代扫描仪的出现，它们也越来越接近了。”扫描仪“已经达到了足够的精度，可用于质量控制和质量保证的计量。”GOM 公司的 Peeters 表示，客户的其他考虑因素包括扫描仪是否是便携式的，是否可以处理“大大小小的零件。”

未来的改进

那么，用于计量的扫描将走向何方？GOM 公司的 Peeters 预计，结构光系统

Capture 3D 公司向美国市场供应 ATOS 5 和其他 GOM 扫描仪。 Capture 3D Supplies ATOS 5, Other GOM Scanners to U.S. Market

加利福尼亚州 Santa Ana 市的 Capture 3D 公司是 GOM 在美国的主要合作伙伴，它发现越来越多的行业需要精确的计量级 3D 扫描解决方案。Capture 3D 公司工程总监 Josh Old 说：“在过去十年中，我们看到我们的解决方案和服务在产品开发、质量控制以及近线和在线生产应用中得到广泛采用。”

ATOS 3D 扫描仪使用 GOM 标志性的蓝光条纹投影技术来生成高质量、

精确的物理对象数字双胞胎。GOM 软件提供尺寸检测和数据可视化功能，以便进行深入的分析。Old 说：“看到我们的技术改变人们的生活是令人激动的。他们不再花费资源来确定问题，而是通过合作来解决和改进未来的工艺，变得主动而不是被动。这有助于公司更快地推出产品，并帮助节省资金。”

根据 Capture 3D 公司的说法，其最热门的技术是 ATOS 5 结构式蓝光 LED 3D 扫描仪，每次扫描可在 0.2 秒内测量

数百万个精确的 X-Y-Z 点。它还配有 ATOS Airfoil 模型，用于分析关键的航空航天和发电发动机部件。ATOS 5X 型号使用结构式蓝光技术来测量大型零件。ATOS 5X 在汽车行业很受欢迎，主要用于汽车车身和冲压件的自动尺寸分析。ATOS Q 是 GOM 公司最新的紧凑型结构式蓝光 LED 3D 扫描仪，专为中小型零件而设计，于 2020 年 5 月推出。

所需的参考点将减少，“甚至数据采集更快”。此外，他预测扫描将“由平板电脑或远程操作”。

Creaform 的 Bull 说，扫描仪将变得更快、更准确。Bull 说：“这将直接随着计算机速度和光学元件的改进而发展。但我认为下一个重大改进之处在于如何使用扫描仪的数据。现在，制造公司使用 3D 扫描仪和 CMM 来获取所加工零件的特征。他们测量零件并检查它们是否符合设计要求。我看到的未来是，3D 扫描仪将直接用在装配线上，在制造零件时对其进行测量。”这将意味着分析信息“并立即在装配线上做出调整。”

Nikon Metrology 公司的 Gibbons 也有类似的期望。他说：“扫描仪将继续变得更快，更接近生产。大多数制造商的目标是在制造过程的早期嵌入质量要求。等待一个零件到达高质量的要求过程中，在对可能出现的问题做出反应时，就会导致浪费时间。缩短获得结果的时间可能意味着节省大量时间和金钱。”

使扫描仪更易于使用是另一个重点。Hexagon 公司的 Martin 表示，他的公司在其扫描仪中使用了一种叫做 SHINE 的技术，即系统性高智能噪声消除的技术，“这让我们只需扣动扳机，便可收集数据。不管它是黑色的零件，白色的零件，[或者]是铬合金的零件。”

他说，SHINE “允许您直接扫描多种材料。我希望越来越多地看到这种情况。”更重要的是，他说，扫描仪将被要求处理更多的材料，并不断变得更好。他补充道：“现在，激光扫描仪无法扫描玻璃，因为它们会穿透。希望我们能想出一个解决方案。五六年前的精度已不再是今天的精度。衡量标准在不断变化。我们将拥有更易于使用、更好的数据质量和更高的精度。而且，正如我所说的，可能会出现新的材料类型，人们也会希望获得关于它们的扫描数据。”

Martin 说，客户将继续期待更多。他说，公司必须“绝对与客户的声音保持一致，绝对了解我们的客户想要做什么。甚



Leica Absolute Tracker ATS600 可以轻松扫描超大型零件，具有计量级的精度。

(图片由 Hexagon 制造智能提供)

至不仅仅是今天——看看他们的问题五年后会是什么样子。”

www.creaform3d.com

www.gom.com

www.hexagonmi.com

www.nikonmetrology.com

卓勒 — 让生产线智能化!

硬件与软件合理配合的解决方案，让刀具数据处理更高效!

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

卓勒(上海)精密检测仪器有限公司

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

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

ZOLLER
expect great measures®

利用旋转式机床降低每个零件的成本

Cutting Costs Per Part with Rotary Transfer Machines



BRUCE MOREY
Senior Technical, Editor

一直以来，在固定自动化和灵活自动化之间一直存在选择的难题。固定自动化是大批量工作的理想选择，可以分批生产数千到数百万的产品。固定自动化的问题是，它是固定的。转换到新产品的成本很高。通常，这是因为制造产品的尺寸是镶铸在固定装置和传输机构中的。任何用于零件钻孔、铣削或攻螺纹的刀具也是如此。

这导致了灵活自动化的兴起，尤其是单臂机器人。当需要制造新产品时，这些可编程的设备很容易被重新利用。而且，小批量的生产运行正成为现代制造业的常态，使任何一种灵活自动化都成为显而易见的选择。

这就引出了一个问题：是否还有一个不是由单臂机器人构建的自动化领域？是的，在很多情况下。旋转式机床的特殊情况就是一个例子。

旋转式机床的悠久历史

当考虑到它们的效用时，旋转式机床经常被与传统的生产方法相比较。传统车间有固定数量的机器，可以进行许多操作。零件在机器之间移动，有多种设置。在这样的传统车间里，一个零件可能从车床开始，然后转到铣床，也许最后用钻头完成。旋转机床由一台机器中的

许多刀具组成。一个固定有待加工部件的中央工作台，将工件从一个工位转移到另一个工位进行连续加工。一个原件只需固定一次，完成后即可解除固定。

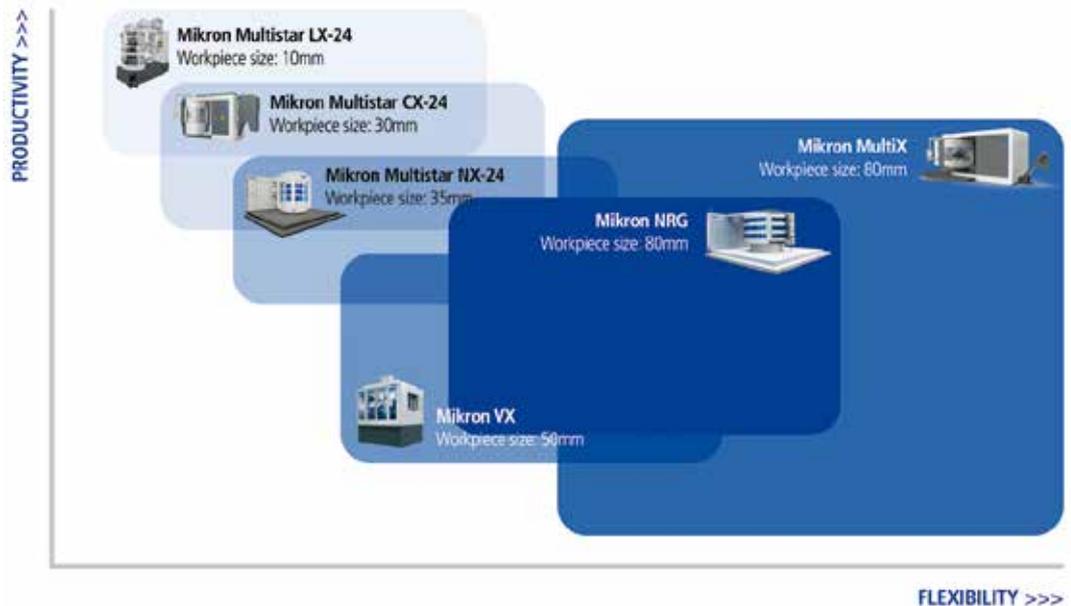
Mikron 加工部门的营销和业务发展主管 Axel Warth 说：“例如，Mikron Multistar CX-24 有 24 个工位，其加工单元可以从上面、下面和侧面同时工作。总的来说，这台机器支持多达 44 个同时工作的单元。旋转机床通常用于大批量生产复杂且数量众多的金属零件。”这包括金属零件的大批量生产。

Mikron 公司的加工系统和解决方案通过降低单位成本、空间需求和人员成本，以及提高制造质量，为各个领域的工业生产公司提供支持——例如汽车、医疗技术、消费品、书写工具和钟表制造。Mikron 公司的最终目标是使其客户能够改善其生产过程、产品质量和盈利能力。根据加工工具的布局，零件的加工范围可以从简单到复杂。

Warth 进一步解释了旋转机床的优势。他说：“我们考虑降低每个零件的成本，与传统的生产方案相比，最多可降低 10-20 倍”。这是为什么呢？他列出了与传统生产方法相比的一些优势，包括占地面积更小，员工更少，机器更少等。一个关键点是，由于零件在生产过



Mikron 公司推出的 MultiX 平台，为 50 至 500 万个零件的生产提供了专用但易于重新配置的加工解决方案。（所有图片均由 Mikron Machining 提供。）



Mikron 公司的旋转机床组合。该公司表示，其 LX-24 可生产高达 600 个零件 / 分钟。

程中只有一次装夹，因此通过一次装夹可以降低成本，从而提高质量。

案例研究显示了实用性

Warth 列举了一个替代传统解决方案的案例，该解决方案用于制造无排气孔模具的空气弹簧阀。所面临的挑战是制造 3000 万个零件，包括凸模和凹模。制造这些零件需要进行车削、钻孔和铣削操作，公差为 $\pm 10 \mu\text{m}$ 。总体生产成本降低了 45%，同时减少了三分之二的地面空间，使用的劳动时间也减少了六倍多。

虽然旋转机床通常是制造单一零件或系列零件而定制的，但 Mikron 认识到，在当今世界，灵活性和快速转换非常重要。为了提高旋转机床的灵活性，Mikron 推出了 MultiX，该产品在德国 Hannover 市举办的 EMO 2019 上首次亮相。他解释说：“它非常容易转换，并为 50 至 500 万个零件的生产提供了独特的加工解决方案。”新平台包括“为新的应用进行简单的重新配置：一旦不再需要最初配置系统的应用……系统可以通过一个专利技术轻松而快速地重新配置”，以切换加工工位。

该公司利用其 MultiX 生产线的 C-8 配置，为在应用作业车间灵活操作提供了案例研究。每个工位都可以根据所呈现的零件进行不同的操作编程。Warth 指出，它可以进行棒材（车削或铣削）加工，每个工位上有三个加工单元同时工作。在这台机器上还可以提供额外的多轴车床和传输功能。他说：“有一套完整的加

工单元供客户使用。这些加工单元在尺寸、轴数、兼容主轴的尺寸、冲程、刚度方面各不相同，可以在平台内交换，并以各种不同的配置重新使用。”

为了使其易于操作，Mikron 将该机器进行了模块化。他说：“模块化的软件包和 Mikron HMI 接口的设计是为了便于使用和快速适应任何机器配置。这使得所需加工解决方案的操作、配置和重新配置变得简单而高效。”可扩展性提供了更大的灵活性：客户可以从周期 Mikron MultiX 配置开始生产，并根据产量增长情况添加补充周期。

未来是灵活和固定的

未来是否会像一些人预测的那样，只发展成灵活的旋转机床？不一定。Warth 说：“我们认为我们会看到两者都有。在不需要灵活性和模块化的情况下，会有专门的单一应用的高效自动工作机床——一个完美的例子是 Mikron Multistar LX-24，用于最大批量生产的应用，如书写工具。”他说，Mikron LX-24 的生产速度高达 600 件 / 分钟，全世界 95% 的圆珠笔尖都是在 Mikron LX-24 机器上生产的。另一方面，如上所述，Mikron 开发的 MultiX 是一种模块化概念。

在不放弃传统的前提下，像 Mikron 这样的公司正在寻求创新——更加灵活和模块化的自动化。

www.mikron.com

生产一台机床 · 提供一份感动

津上精密机床(浙江)有限公司, 于2003年9月在中国平湖成立, 并于2017年9月在香港主板成功上市(股票代码1651.HK), 是一家综合性高端精密数控机床生产厂家。

其母公司日本株式会社津上成立于1937年, 是一家在东京证券交易所上市的, 拥有悠久历史的日本著名机床厂家,

在精密机床领域享有盛誉。

秉承日本津上“TSUGAMI”品牌“高精度、高速度、高刚性”的技术和品质, 公司专业研发、生产、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。产品广泛应用于汽车零部件、智能手机、5G通讯设施、自动化、医疗器

械、工程机械等行业, 除在中国国内热销外, 还畅销日本、欧美、东南亚等国家和地区。

公司始终坚持“以客户为本”的宗旨, 以“让全中国的客户, 用上全世界最先进的机床; 让全世界的客户, 用上中国制造性价比最高的机床”为经营目标, 让更多客户受益。

S206A

2系统6轴机

专攻不锈钢、大直径、重铣削
正背面同时加工, 缩短加工时间



- 2系统同时控制, 背面搭载Y2轴, 方便复杂形状工件的变种变量加工
- 高刚性门架式钻孔座和一体式排刀座, 提高加工刚性
- 丰富的动力头搭配(后刀台6支、背面刀台4支), 可根据工件需要自由选择
- 根据工件可选配导套、无导套装置和加大型背轴
- 搭载热变位补偿功能, 可进行长时间稳定加工

动力头类型

近年来，随着产品复杂性的增加，市场对数控机床的加工能力、范围、精度及刚性提出了更高的要求。同时，客户追求加工效率的提升，对自动化和省人化的需求也不断增长。

“TSUGAMI”品牌，基于其强大的自动车床研发能力和大量的市场成熟应用案例，在2020年推出了高刚性2系统6轴数控自动车床S206A，更好地满足了市场对高精度、高速度、高刚性机床的渴求。S206A创新的加工方式使其具备卓越的加工性能，其优势具体表现的以下方面：

1、提高工件的加工精度

2系统多轴同时加工，将工序、配置集成化，不仅提高了工艺的有效性，还能实现工件的一次装夹，使加工精度更容易保证，产品一致性更好。

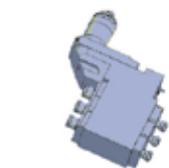
2、减少投入成本、省人化

综合多种工序，减少设备数量、工装夹具数量、车间占地面积和设备维护费用，配套送料机或单件自动化和下料传输装置，使原材料上料和产品下料均采用自动化实现，进一步节省人力，大幅降低了成本。

3、缩短研发周期，简化生产过程

在汽车零部件、医疗及工程液压等加工领域企业，新产品零件相对较复杂，精度要求也较高。这需要设备具备高精度、高柔性和高集成性的加工能力，S206A可搭载丰富的配置选项，有效缩短产品研发周期，使生产过程管理得到有效的简化，利于降低生产运作和管理成本，提升客户产品的竞争力。

www.tsugami.com.cn



双向3轴动力头



斜孔动力头



旋风铣



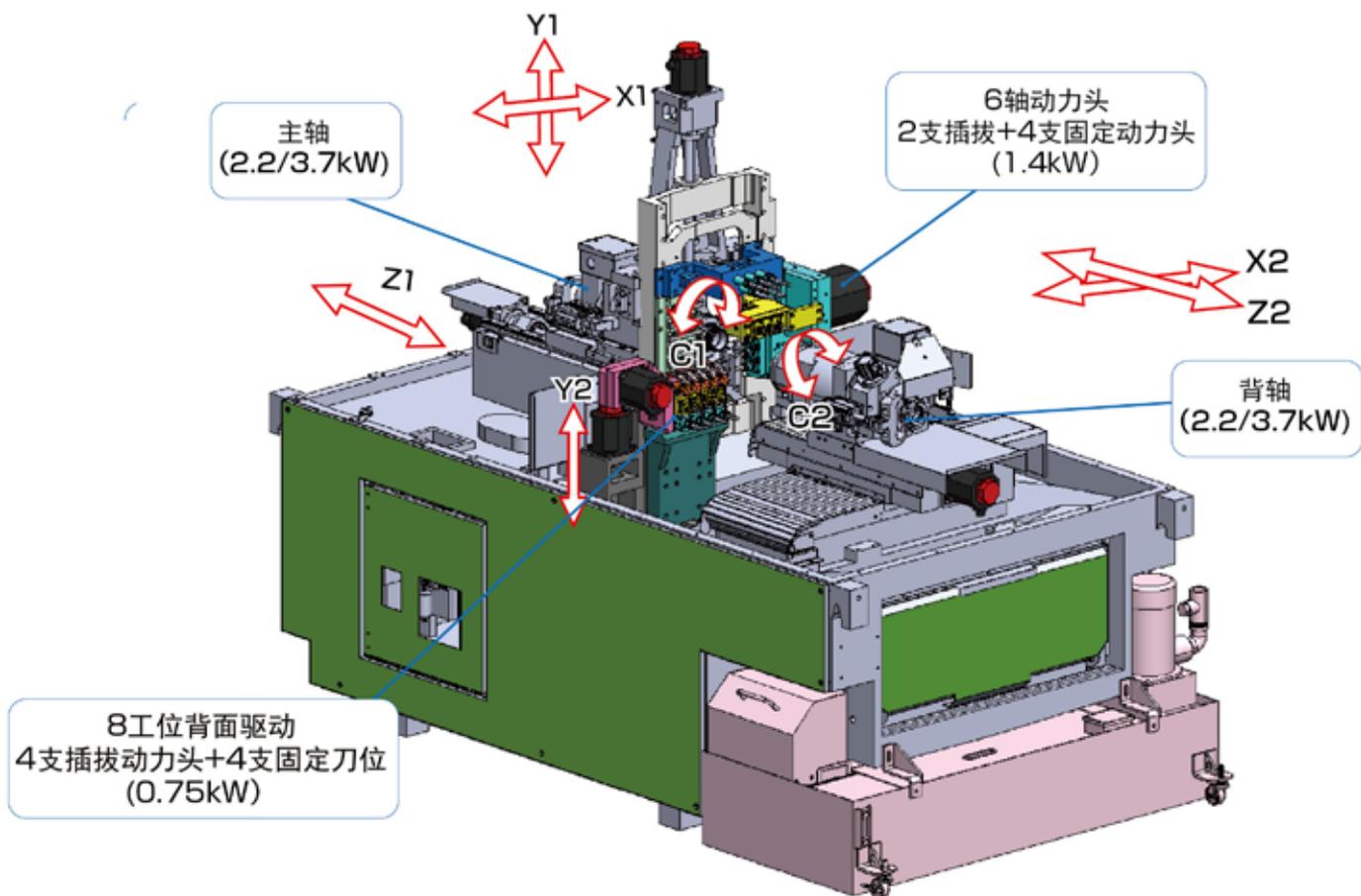
一拖二横向动力头



横向动力头



背面横向动力头



通过模块化工装夹具提高生产力

Modular Building Unit Maker Boosts Productivity with Modular Workholding

当总部位于芝加哥的 Zekelman 工业公司宣布，2019 年在亚利桑那州 Chandler 市启动其 Z 模块化 (Z Mod) 工厂时，它有一个很少有人能够成功实现的目标。它将以高达 50% 的速度交付钢结构、容积式模块化建筑单元，不存在成本超支问题，并按照 1/16 英寸 (1.59-mm) 的公差建造。简而言之，它的目标是向建筑业提供黄金三要素：快速、实惠和非常、非常好的质量。它拥有完成这一目标所需的大部分要素。

Chandler 工厂将是 Z Mod 的第三个工厂，所以它有丰富的经验。它将生产建筑所需的 90% 的原材料，包括钢材 (Zekelman 的专长)，因此时间安排基本在其控制之下。而且它有一个知识渊博的团队。计划是最终依靠自动化来实现它所需要的速度。但 Z Mod 的 Chandler 工厂经理 Matt Miller 希望在自动化上线之前就建立起这种速度。

Miller 说：“不仅如此，还有一些常见的因素，这些因素只是模块化建筑的一部分，包括对满足各种尺寸变化的夹具的

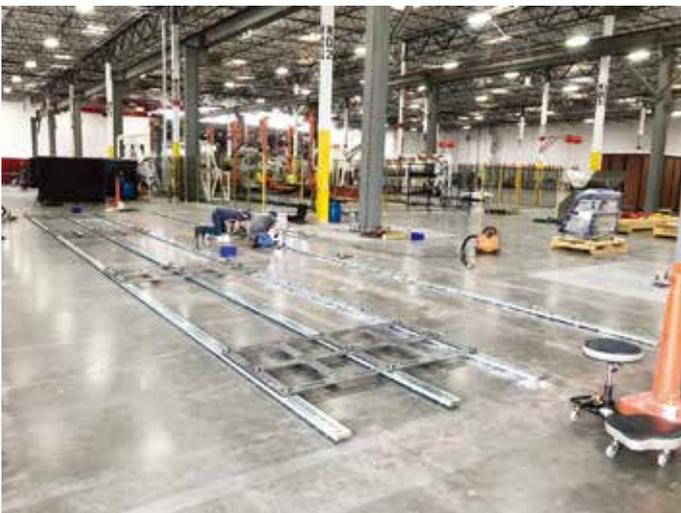


这些完成的模块单元是第 33 页所示的多户住宅楼的一部分，由 Z Mod 公司用模块化金属框架建造，并以 95% 的完成度交付给工地，每个单元的误差都在 1/16 英寸以内。(所有图片由 Z Mod 和 Bluco 提供)

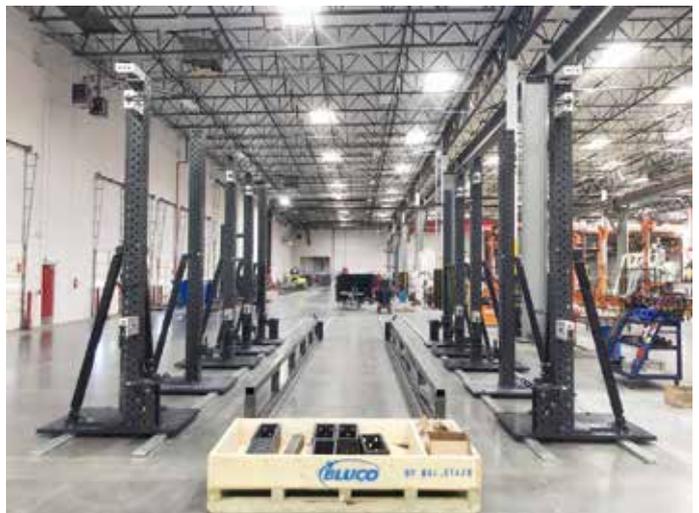
需求。”对于这一切，在 Miller 的心目中，只有一个解决方案。作为一家模块化公司，模块化夹具解决方案对 Z Mod 和它的高混合、低产量生产来说是非常有意义的。Miller 说：“我知道我们需要一个模块化系统，因为我们制造了许多不同尺寸的组

件，我们需要一些灵活的东西，这样我们就可以快速、轻松地移动工具。”他还需要一个有经验的人，来确定他所认为的一个非常专业的解决方案。

Miller 联系了 Bluco 高级应用工程师 Todd Bennett，他告诉了 Miller 一些



Bluco 在一周内为 Z Mod 安装了其工件夹具解决方案，从地板导轨开始。



最终的 3D 工件夹具解决方案，带有 13.5 英尺 (4.11 米) 的立柱。



需要定制部件来支撑 U 型结构。控制台块是一个临时的解决方案，允许系统立即投入使用。



在 Z Mod 公司组装的模块化框架。Bluco 公司的模块化解决方案使 Z Mod 公司可以更快地生产更多的这种模块化框架。

他希望听到的话。事实上，Bluco 公司拥有 30 多年的模块化夹具经验，就模块化建筑而言，Bluco 公司不仅为 Z Mod 的德克萨斯工厂安装了夹具，还为位于伊利诺伊州 Naperville 市的 Bluco 总部附近的另一家模块化建筑设施安装了夹具。Miller 参观了 Bluco 的现场验证中心和附近的模块化建筑设施，在那里他能够看到类似的解决方案在运行。Miller 说：

“看到 Bluco 已经实现的工作使我想象到什么是可能的。从那以后，我开始思考 Bluco 如何能将其提升到一个新的水平。”

在了解了使用模块化夹具所能达到的效果后，Miller 开始编制一份愿望清单。虽然他最初想要一个用于屋顶装配的夹

具和另一个用于地板装配的夹具，但他要求 Bluco 采用这个想法并使之变得更好。Bennett 说：“他问我们是否可以设计一个可以同时容纳两种组件的单一夹具。” Bennett 与 Miller 和他的生产团队一起工作，设计开始成形。

最终，该解决方案将是一个 60 英尺（18.29 米）长的地板轨道系统，带有 13.5 英尺（4.11 米）的垂直模块式 U 型架。从设计到安装，该解决方案在 45 天内完成并运行。实现这一目标需要一个星期的现场安装（由 Bluco 团队完成），需要打破常规的思维，并着眼于解决未来的挑战。Bennett 说：“我们不仅仅是为本周，甚至是今年发生的事情进行设计。”

Miller 对结果感到满意。他说：“没有人能够做到像 Bluco 公司那样的水平，包括他们的服务。在整个过程中，Todd 一直很出色。他不是那种典型的销售人员。他有更多的技术知识，我很欣赏他从这个角度出发。”

就 Miller 而言，他现在能够在原计划下进行一次组装的时间完成两次组装。这使他在游戏中领先一步。他说：“即使自动化系统上线后，我们仍然会使用 Bluco 系统。它只会帮助我们建造更多的东西。”除此之外，他还在节省空间。他补充道：“如果我们使用固定的定位系统，我们移动工具的能力就会受到限制，而且会占用更多的地面空间。”

这个项目的另一个目标是让 Z Mod 公司的团队有能力自己处理更多的夹具设计。为此，Bluco 提供了关于如何在 CAD 中操作模块化部件的培训。但这并不是 Bluco 参与项目的终点。Miller 说：“尽管一切从一开始就完全按照我们的要求运作，但我们仍在寻找方法使它变得更好。我们已经进行了多次讨论，‘是的，我们拥有它，而且运行良好，但有没有更好的方法来做到这一点？’”

Bennett 补充道：“这就是 Bluco 的宗旨。我们将永远不会停止努力为我们的客户提供更好的服务。”

www.zekelman.com
www.bluco.com



Z Mod 公司使用 Bluco 公司提供的工件夹具解决方案制造的模块框架，来建造的模块化多户住宅。

冷却液过滤系统如何减负增产

Coolant Filtration System Cuts Cleanup, Boosts Part Production



在卸下四个蝶形螺母后，Micro-Mechanics 公司的制造技术部门经理 David Vaca 展示了从净化装置中卸下脏过滤袋的过程。

(图片由 Micro-Mechanics 公司提供)

如果你发现自己清理冷却液箱的频率超出了您的预期，而且讨厌其中的每一分钟，那么你有许多同伴……和一个解决方案。位于康涅狄格州 East Granby 市的 MP 系统公司设计了一种紧凑型装置，据该公司介绍，该装置几乎可以连接到任何标准冷却液箱，过滤掉细小的颗粒和切屑，并以最少的维护工作将大量清洁冷却液返回机器。从使用水基冷却剂的大型卧式加工中心（HMC）的车间到使用油的瑞士机床的车间，客户都报告了出色的效果。

Micro-Mechanics 是一个很好的例子。这是一家为半导体行业制造高精度零件的跨国公司，其在美国的业务位于首席执行官 Chris Borch 所说的世界上最昂贵的地区——硅谷。该公司的目标是保持 9 台 Makino a61 四轴 HMC 每周运行 160 小时，其中大部分时间是“无人值守”。在 Borch 看来，这是在这种环境下竞争的唯一途径。他说：“考虑成本的正确方式不是机器花了多少钱，而是它们每小时的运行成本。”Borch 指出，即使是价值数百万美元的机器，如果昼夜不停地运行，每小时的运行成本也低得惊人。

一个柔性制造系统（FMS）为 6 台机器提供 500 毫米的托盘，而另一个 FMS 为另外三台机器提供服务，每台 HMC 的换刀装置有 300 多个刀具。它们被设置为制造大量的零件，这导致冷却系统需要处理大量的材料。事实上，Borch 认为冷却液问题是该公司“损失工时的首要原因。一个泵堵塞了，或者出现故障，或者你不得不拆掉冷却液箱，把传送带拆下来，清理该区域，因为这些淤渣会越积越多。”

这是因为 Micro Mechanics 公司的 HMCs，像其大多数机器一样，配备的切屑输送机，只带走较大的切屑。正如 Borch 所解释的，“小的切屑和细粉不会通过输送系统排空。它们只是沉淀到液箱中。该行业传统上处理这个问题的方法是排空水箱，进入那里，然后把它们舀出来。但这是一项非常混乱和肮脏的工作。这需要时间，当然，你的机器也会停机。”

Borch 说，除了因泵堵塞而导致的意外停机的频繁刺激外，Micro-Mechanics 公司通常每三个月就需要清理每台机器上的冷却液箱。他计算了清洗液箱并使其恢复生产所需的时间，每台机器共需 12 至 24 小时。有九台机器，这意味着每月平均损失 54 个小时的生产时间，再加上两个操作员被繁重的、不增值的工作所束缚。在忍受了几个月后，Borch 决定尝试使用 MP 系统的 Purge 过滤系统。有了 Purge 装置，维护周期立即转变为每三周更换一次廉价的过滤袋，只需 5 分钟。Borch 说，为了确定这一点，操作员在三个月后从水箱中抽出了所有的冷却液，看了一下。他说：“冷却液箱非常干净，看起来就像被打磨过一样。这是一个巨大的好处，因为它消除了手动清理废水箱的麻烦。这个产品是一个全垒打。”

净化系统与标准冷却液箱一起工作，只需要几平方英尺的额外空间。首先，碎屑泵将脏冷却剂从靠近输送机出口（或“水箱脏侧”）的机器水箱中抽出，流速通常为 30-60 gpm。MP 系统公司的产品开发经理 Kyle Quintin 报告说，该泵的设计是为了处理小颗粒和切屑而不产生明显磨损。

从那里，脏冷却液在压力下通过附近净化罐中的过滤罐。过滤介质是行业标准的 7 英寸深 × 32 英寸（17.78 × 81.28 厘米）长的袋子，



据 MP 系统公司称，Purge 单元可以收集最小的细小颗粒。（图片由 Micro-Mechanics 公司提供）

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

Quintin 报告说，绝大多数的应用都可以用 5 微米的袋子来满足。典型的 Purge 有四个这样的袋子。流体通过过滤袋后，现在清洁的冷却液从 Purge 以与输入相同的速率（例如 60 gpm）向下流入冷却液箱的清洁侧。

从那里，机器的冷却液泵为机器提供清洁的冷却液，其流速低于清洗的流速（例如，40 gpm）。Quintin 解释说，这种布置保持清洁冷却液的正向流动，而网状结构将冷却液箱的清洁与肮脏液体分开。正因为如此，水箱中的碎屑总是被引导流向清洗入口，这样它就可以被过滤并输送回冷却液箱的清洁部分，也就是冷却液泵最需要的地方。

Quintin 还解释说，Purge 会监测进水压力，当过滤器变脏时，压力会增加。“根据这个压力，我们可以计算出过滤器的寿命还剩多少，或者系统离不再能够维持足够的流量还有多远。”当滤袋快满时，蓝灯会闪烁，屏幕会告诉操作员更换滤袋，如果滤袋完全满了，碎屑泵会自动关闭。更换袋子很简单，只需松开每个罐子顶部的四个蝶形螺母，取出装满的袋子，放入干净的袋子，然后拧紧螺母，整个过程不到五分钟。

Quintin 说：“最重要的是，你在执行此操作时不必关闭机器，因为它是一个辅助系统，位于旁边。Purge 装置的美妙之处在于它是一个完整的、随时可用的、易于安装的软件包。而且它很紧凑。车间的空间是很宝贵的，而且在你的区域配置好之后，很难在你的机器上增加外围设备。所以对人们来说，找到一个小尺寸、

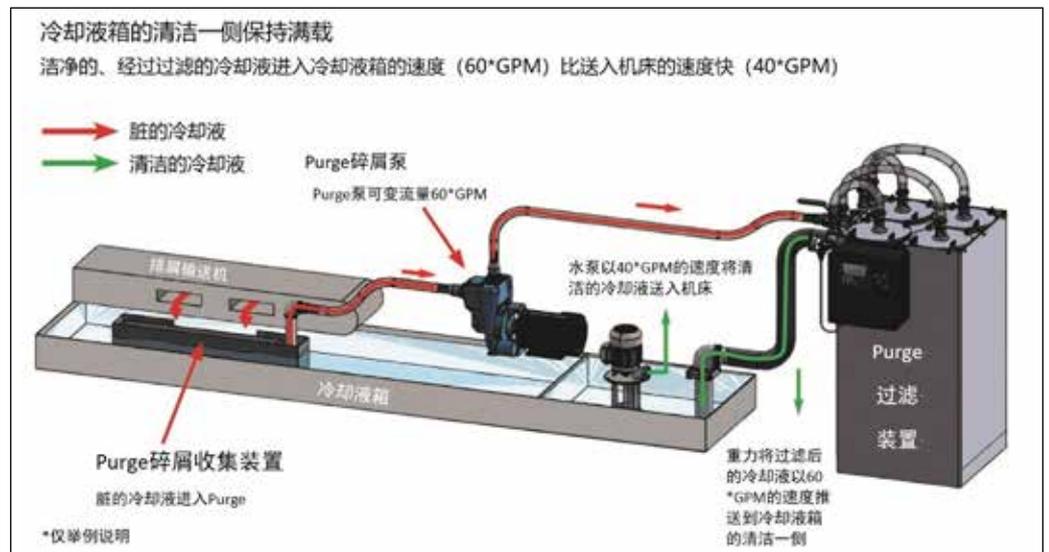
易于安装的系统，并且在几个小时内就能启动和运行，没有任何问题，是非常令人兴奋的。”据 MP 系统公司称，Purge 系统可以在一年左右的时间里通过增加机器时间来收回成本，同时将操作员解放出来从事更多的工作。

FACT 收集玻璃纤维碎片

位于堪萨斯州 Wichita 市的 Fiberglass and Composites Technologies 公司 (FACT)，在 CNC 车床上加工玻璃纤维管道和配件时，能够在标准输送机中轻松收集产生的切屑。但工厂经理 Rick Davis 报告说，它也产生了大量的粉尘，这是不可避免的。Davis 解释说，FACT 用冷却液冲刷切削区不是为了保持刀具寿命，而是为了“冲洗所有东西，防止灰尘到处飞扬。”Davis 说，问题在于“在两个月内，四分之三的冷却液箱中都充满了沉积物。”

那时，FACT 将遇到流动问题，并且机器喷嘴处压力不足，因为泵缺少冷却液。Davis 还担心由于流动的玻璃纤维而导致泵过早磨损。起初，唯一的解决办法是把冷却液箱拉出来，把所有东西都清理干净，这个过程花了一整天的时间。这不是 Davis 可以接受的维护周期，因此 FACT 投资了一个四袋 Purge 系统。

现在，常规做法是在周五下班时将袋子拉出约 3/4，让它们在周末使用。Davis 解释说：“这样一来，你就可以将 99% 的冷却液通过袋子过滤。然后在星期一，我们把旧袋子扔到垃圾箱里，再放进新袋子。这对我们来说是一个非常简单的过程。”他说，如果 FACT 正在加工的产品



Purge 系统与标准冷却液箱协作，只需要几平方英尺的额外空间。（图片由 MP Systems 公司提供）



在 Swissline Precision 公司，加工钛合金超声波手术刀（如图）对冷却液提出了挑战，但在安装了 Purge 系统后，该公司每个周末获得了额外 42 小时的无人操作。（图片由 Swissline Precision 公司提供）

的尺寸导致袋子装满得更快，那也不是问题，因为“报警系统工作得很好”。只需比平时早一点更换袋子。

Swissline Precision 公司收集钛金属碎片

正是加工用于脑部和脊柱手术的钛合金超声刀的挑战，致使位于罗德岛州 Cumberland 市的 Swissline Precision 有限责任公司选择了 Purge。该公司作为北美最大的 Tsugami Swiss-turn 用户，拥有超过 56 台机床，Swissline 公司在维持高产量和严格的零件公差方面经验丰富。然而，它在该系列刀片上使用的夹铣工艺产生了

细小的切屑，使机器无法达到预期的产量。正如总裁 Mike Chenevert 所回忆的那样，“现有机床的油箱里有通常的挡板，分层排列以收集切屑。但是，我们在加工钛时产生的少量细粉只是漂浮在油中，然后随润滑油通过所有油道。”

Chenevert 补充说，该应用需要高压冷却液以充分排屑（以防止损坏零件表面），而这需要相对高的冷却剂量。此外，加工钛时的火灾风险使我们必须确保切口始终浸在油中。但过滤问题非常严重，以至于 Swissline 公司几乎每周都要把油箱拉出来，把所有东西清理干净。更重要的是，在拉出油箱之前的几天里，需要经常处理冷却液警报和机器内部的积屑，这使得 Swissline 公司无法设置任何无人值守的操作。

安装 Purge 装置扭转了这种局面。现在，按照维护计划每周或有时每两周需要更换过滤袋，Chenevert 证实“这实际上需要五分钟。我们已经提高了产量。我们已经最大限度地减少了机器的停机时间。油更干净了。刀具的使用寿命更长一些，因为油中没有那么多残留的钛。我们发现刀具的磨损减少了，能够持续运行。我们每个刀片多加工了五到十个额外的零件，从长远来看，这一切都会增加。”

最重要的是，Chenevert 解释说，Swissline 公司在周末获得了额外的 42 小时的无人操作。

“星期六，操作员在中午离开时将机器设置为运行状态，直到星期一早上他上班时，机器才会停止运行。”据 Chenevert 称，仅此一项就可以在大约两周内抵消该设备的费用。



在 Swissline Precision 公司，一个 Purge 过滤装置安装在 Tsugami Swiss-turn 机床后面。（图片由 Swissline Precision 公司提供）

www.micro-mechanics.com

www.mp-systems.net

www.swisslineprecision.com

Daiwa Steel Tube 公司与物联网

Daiwa Steel Tube's Lesson in Internet of Things Adoption

中小型企业往往因为没有人员或资源在其工厂中采用工业 4.0 解决方案，这就意味着难以进行创新。部分原因是，小型企业对先进技术的想象力也很有限。因此，他们也不是工业物联网的传统客户。

最近，人们发现新的数据解决方案成本明显超过了投资回报，所以这些新技术往往只有百强企业和大型公司才会采用。

截至 2020 年，美国 90% 的小型制造商甚至没有一个物联网实施计划。没有这样的战略，没有经过充分培训的人员或进行数据采集的基础设施，制造商就无法利用该技术。因此，即使在预算紧张的情况下，要看到潜在的利润率改善也极具挑战性。

一年半之前，我们开始了与日本 Tochigi 的 Daiwa Steel Tube 公司的合作。该公司已经是日本最大的镀锌钢管生产商，但其总裁 Shin Nakamura 看到了提高效率的机会，以及弥补因工人即将退休而造成人力短缺的迫切需要。

然而，当涉及到实施软件时，Daiwa 并没有一个庞大的 IT 部门，它也没有雇用数据科学家，公司内数学基础最好的人是制造工程师。Shin 想让我们提供智能工厂

工具和具体的分析方法，以弥补这一资源差距。

Daiwa 是世界各地许多小型制造商的代表。制造商亟需人手来填补因为婴儿潮一代退休造成人工短缺。到 2030 年，日本的用工缺口就将高达 644 万人。

利用先进的分析技术，并让新工人习惯于此，对小型企业的发展至关重要。

它将有助于增加整个员工队伍的知识，在生产车间发生问题时改善沟通，并提高关键指标的可见度。

从一开始，很明显，Daiwa 没有收集足够多样的数据，以至于我们难以提供有效的间接。

例如，我们只能访问传感器数据的小样本，如电机是否超出负荷，但我们无法确定这对他们生产的钢材会产生什么影响。

我们通过搭建架构来解决这个问题，将传感器、企业 IT 和流媒体视频全部整合到一个地方。

此外，为了使用其他 IIoT 平台收集数据，Daiwa 需要升级到具有开放通信标准（如 OPC 统一架构）的新一代硬件。

这样做会带来额外的操作风险、停机



Arjun Chandar
Founder and Chairman, IndustrialML
www.industrialml.com

时间和安装新硬件的成本。

作为一个解决方案，我们建立了自己的驱动程序，以弥补与旧设备之间的差距，并将其纳入一个现代化的后台。

Daiwa 的操作员现在可以与 IndustrialML 的实时仪表盘、实时警报互动，并有能力生成任何时间段的报告。

我们已经纳入了五种不同类型的数据源，以在发生时进行警报，并且还在积极地跟踪每周的指标。

这能够帮助该公司提升 10% 的产量，同时还能节约超过 100 万美元。

Rolls-Royce 公司利用 AI、ML 将数据变成美金

Using AI, ML to Turn Data into Greenbacks at Rolls-Royce

Rolls-Royce Power Systems 公司的人工智能之旅始于 2019 年，该公司在 South Carolina 州的一家工厂生产用于发电机组、海军和海洋应用以及军用车辆的大型柴油发动机。

在装配后，每台发动机都要接受严格的测试。在这个测试过程中，即使是最有经验的操作员也可能会忽视问题的细微迹象，但该问题却有可能导致在测试期间或发动机投入使用后出现灾难性的故障。

这些故障会造成报废、返工、延迟

发货、积压和保修索赔，每年使 Rolls-Royce 公司损失数百万美元。

问题不在于缺乏数据，该工厂多年来一直在收集工艺数据。但工厂只在发生故障后将这些数据用于后续的根本原因分析。

该工厂从多个系统中采集了 500 多亿个数据，用于进行故障分析。

通过 Delta Bravo 的技术，Rolls-Royce 能够在 48 小时内将数据集精简到 20 亿个。该公司在数据采样频率方面发现了一个问题，并在一个关键的工艺中，将

频率从 0.5Hz 提升到了 10Hz，从而开发出了一个精确的机器学习（ML）模型。

详细的相关性分析确定了对故障影响最大的因素，并为每个因素建立了基线。

随着对异常数据的观察，可以从新调整和训练 ML 模型。在几周内，该模型按序列号确定了一组有风险的发动机。这些发动机在工厂质量控制的过程中，遇到问题的概率显著高于平均水平。

通过将测试数据与实际的产品故障联系起来，该报告在几年的时间里准确地确

定了 80% 以上的发动机问题。

下一步是将新的预测能力融入现有的实时操作工艺中。我们通过 API 与 Rolls-Royce 现有的测试单元软件集成，使模型具有了自动停止测试功能，并在操作员已经习惯的系统中给予他们实时反馈。操作员在恢复测试前收到了关于需要调整的详细反馈，这一切都无需对操作员进行额外培训。

在 45 天内，该模型能够提前 30 分钟预测故障，假阳性率为零。在 90 天内，人工智能解决方案挽救了多台发动机，产生了 10 倍的项目投资回报率。

该模型从测试单元扩展到现场，预测了未来数小时内的现场故障，减少了

相关的保修索赔，并保持了客户对品牌的忠诚度。

为了表彰该项目使用人工智能来预测和解决质量问题，该制造商被南卡罗来纳州制造业扩展伙伴关系协会（South Carolina Manufacturing Extension Partnership）评为年度创新者。

Rolls-Royce 公司所设想的未来是围绕每个流程、运营和管理层面的更好决策而建立的。

他们对数据采集过程中所需要的设备和系统进行了大量投资。

来自运营、财务和 IT 的跨职能资源一起工作，以确定问题，量化解决问题的影响，并以安全和合规的方式访问数据。这



Rick Oppedisano, CEO

Delta Bravo

www.deltabravo.ai

种共同的愿景和优先权能让人简单的待在办公室里，就发现问题，而且还能进一步对其进行验证、整合和提出解决方案。

通过基于人工智能的 数字助理确保操作的弹性

Ai-Based Digital Assistants Ensure Operational Resilience

智能工厂的发展势不可挡，先进的制造业公司越来越多地转向端到端的数字化，确保在“新的时代”仍具有可行性和可持续性。此外，新冠疫情带来了一系列新的挑战，包括全面和部分停工、生产车间的社交疏离、员工缺勤、远程工作、供应链中断和需求不稳定。

McKinsey 2020 年的离散制造业云计算调查显示，到 2025 年，云计算解决方案对该行业的潜在总价值为 7000 亿美元，其中 30%（2100 亿美元）在制造业内，另外 10%（700 亿美元）在供应链内。此外，麦肯锡全球研究所（McKinsey Global Institute）的分析也显示了早期采用云计算的重要性，其结论是，人工智能的“领跑者”——那些在头七年内采用新的人工智能技术的人——可以“预计提升 122% 的现金流”。

相比之下，较晚的入场者只能提升 10%。

在新冠疫情之前采用工业物联网（IIoT）技术的制造商已经通过他们所获得的全球停工预决策能力获得了回报。

虽然数字化本身是积极的，但数据工作流程，包括收集和存储数据，只是解决

方案的一部分，因为信息本身的作用有限。

重要的是你用信息做什么，因此，人工智能可以用自动决策工作流程来补充数据工作流程，以创造重要的商业价值。

在基于 IIoT 的智能工厂设置中，支持 AI 的数字助理不断与所有资产和所有数据相联结。正是这种智能使 IIoT 超越了数据收集的范围，能够帮助人们进行预测和决策。因为 AI 软件可以对正在发生的事情做出反应，或者自主采取行动，又或者向员工发出提示，让他们知道需要做什么。

例如，生产调度软件可以考虑到所有的工厂变量和关键绩效指标，以自动创建可行的最佳生产计划。

一旦生产计划付诸实施，基于人工智能的技术可以与车间系统完全整合，以实时关注生产中的每个要素，使人工智能软件和人类管理者都能确保生产按照计划进行。

计划还可以根据需要进行调整，以应对或预测突发事件，如放错工具或坏掉的机器。

效益并不局限于计划和跟踪操作。例如，通过使用传感器驱动的可用原材料数据，人工智能可以预测材料故障或缺缺，并通过确保工人始终为手头的工作选择最



Avner Ben-Bassat, CEO, Plataine

www.plataine.com

佳材料来最大限度地减少材料浪费，因为动态生产和库存环境固中具有非常多的变量和制约因素。

Plataine 是一家为先进制造商提供人工智能的解决方案的公司，总部设在以色列，该国正迅速成为工业 4.0 创新的国际中心。

以色列科技生态系统对人工智能的深入关注，以及其公司对 COVID-19 危机的敏捷反应，使该国众多工业公司近期吸引了前所未有的投资，其中涵盖了制造过程优化、提升机器正常运行时间、减少库存和供应链管理等各项技术。

当初，McKinsey 所预测的巨大潜力现在已经成为许多制造商的现实。

扫描和数据收集促进焊接质量管理

Scanning and Data Collection Boost Weld QA



MICHAEL BELL
North American
Director
Pemamek LLC

在自动机器人焊接系统中，通过新型先进的计算机控制的激光扫描功能，能够提出一种可行的解决方案，用于收集每一个焊接点在焊接前、焊接中（实时）和焊接材料后的准确、可用的数据。

该功能可以搜索的数据库格式提供的良好数据，可以帮助焊接和质量（QA）技术人员更好地完成他们的工作，并可能给他们带来一些安心的感觉。想象一下，如果不能确切地知道核电冷却塔、风车或军舰船体上的焊缝的失效风险。这种顾虑就无法使人们睡个好觉。

焊缝坡口的几何形状

在这种新的激光扫描方案中，自动焊接系统的操作员基本上可以在显示屏上看到焊缝中任何给定点的焊缝坡口几何形状的图形表示。它可以通过几种不同的方式来表达，例如坡口填充图。它显示并保存每条数据，包括速度、填充量、温度、电流强度等。

当公司从手工焊接过渡到自动焊接时，他们通常会满意地看到速度、进给、温度和体积的一致性，并且所有设定的参数都在工艺中的正确时间和地点得到实现。这是自动焊接相对于手工焊接的主要优势。当我们的客户是顶级供应商或原始设备制造商的分包商时，公司有更好的向客户的质量管理部门提供这些数据的能力。根据零件的关键性质，可靠、准确和及时的数据交付可能是赢得合同的必要条件。

使用新的激光扫描和自动焊接系统，焊接

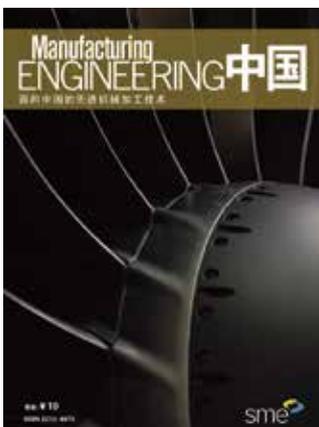
数据对连接处的每一个点都是有效的，而不仅仅是要测试的部分。操作员或 QA 技术人员可以查看整个数据记录文件，可以查看每一次填充，从第一次引弧，到每一次停止清除焊剂，再到每一次重新启动继续焊接。在发生罕见的焊接故障时，可以搜索该数据以获取信息，以帮助避免更多的灾难性事件。

激光扫描的主要优势

最理想的情况是在问题发生之前发现问题。这是激光扫描的最大好处之一。该技术从两个不同的角度“读取”焊前和焊后的坡口，在机器人焊机沿焊缝行进时获取几何形状、速度和填充数据，从而创造出焊工多年来一直想要的可追溯性功能。当焊缝超出预先建立的任何参数范围的公差时，警报会设置为声音或消息来进行提示。焊接操作员可以返回并解决这个问题，让客户知道维修是在准确的地点和时间进行的，并提供焊接应用参数。这种信息交换和服务水平对于零件完整性和巩固客户关系都是非常宝贵的。

这项新技术的另一个好处是可以远程访问风电场、发电厂或任何安装地点的焊接数据。例如，数据可以安全地存储在云中。有关风塔或船体的所有者会得到一个与焊接相关的二维码，可以用智能手机上的二维码阅读器扫描，从而可以查看具体数据。

鉴于供应链中所有功能（包括焊接）的数据驱动制造的强劲趋势，在未来，客户对有效数据流的需求只会增加。



“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。

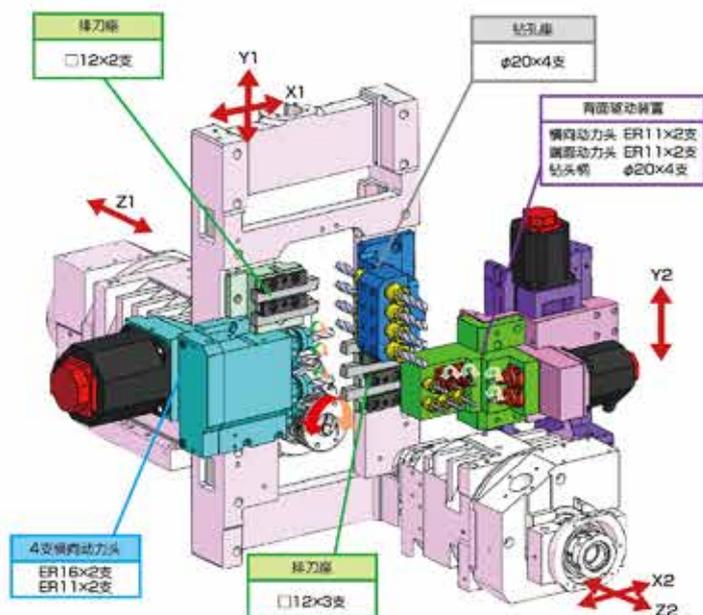
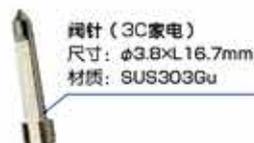
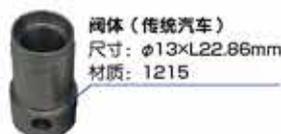
PRECISION TSUGAMI
津上精密机床

港主板上市
1651.HK

CNC精密自动车床 B0206TF-III

畅销6轴走心机 加工效率再提升

配备背面Y2轴刀台
提高产品的背面复合加工能力



项目	规格
夹持棒材直径	$\phi 3 \sim \phi 20\text{mm}$
最大加工长度	旋转导轨: 135mm (标配) 电导轨: 170mm (选配) 无导轨: 45mm (标配) 固定导轨: 210mm (选配)
主轴转速	200~10,000min ⁻¹
背轴转速	200~12,000min ⁻¹
总刀具数	25支
主轴电机	2.2/3.7kW
机器重量	2,150kg
长 \times 宽 \times 高	2,125 \times 1,135 \times 1,700mm



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康路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