

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

面向中国的先进机械加工技术

2021.9

**医疗制造**  
**MEDICAL MANUFACTURING**  
**增材制造**  
**ADDITIVE MANUFACTURING**

**数字工厂**  
**DIGITAL FACTORY**

售价: ¥10

ISSN 2313-6073

sme 

# VL 1 TWIN

## 高效同步加工



精密



高性能



高效



结构紧凑

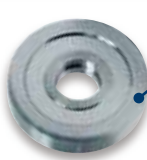


### 亮点

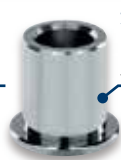
- + **高精度:** 机床床身由MINERALIT®高级矿物浇铸而成以及 45 号线性滚柱导轨具有理想的刚度。
- + **集成工件输送系统:** 两个工作主轴同时上下料, 省时、省钱、省空间。
- + **创新的 TWIN 方案:** 同步加工两个相同的工件, 产量翻倍。
- + **高性能:** 在 X 轴中装有线性驱动装置和位移测量系统。



**行星轮**  
工件直径: 38 mm  
材料: 20CrMoH



**法兰**  
工件直径: 52 mm  
材料: CrNi1810



**轴套**  
工件直径: 51 mm  
材料: 21NiCrMo2



**凸轮**  
工件直径: 42 mm  
材料: 100Cr6

VL 1 TWIN 的技术参数: 工件直径 75 mm | 卡盘直径 140 mm | 回转直径 160 mm | 工件长度 75 mm | 工件重量 1 kg | 行程 X / Z 600 / 200 mm | 主轴功率 40 % / 100 % 9.9 / 9.4 kW | 主轴扭矩 40 % / 100 % 136 / 95 Nm | 主轴转速 6,000 1/min | 快速进给速度 X / Z 60 / 30 m/min | 刀具工位 2 x 4 - VDI30 / BMT 45 | 数控控制器 Fanuc 31i, 带 ManualGuide i



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

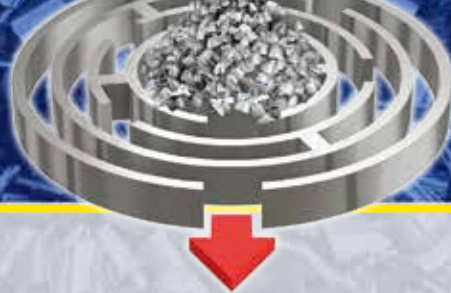


官方微信



AMAZING

PRODUCTIVITY



# MULTI-MASTER

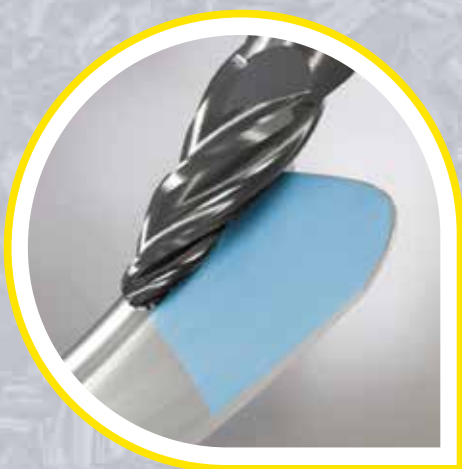
INDEXABLE HEADS

## 采用鼓形铣刀头 铣削进刀路径减少75%

全新鼓形变形金刚立铣刀头，  
用于高精度精铣加工，  
优化宝贵的加工时间。



超快  
铣削  
加工



鼓形刀头  
最高缩短  
75%进刀路径



直径范围 Ø8 mm

Ø16 mm



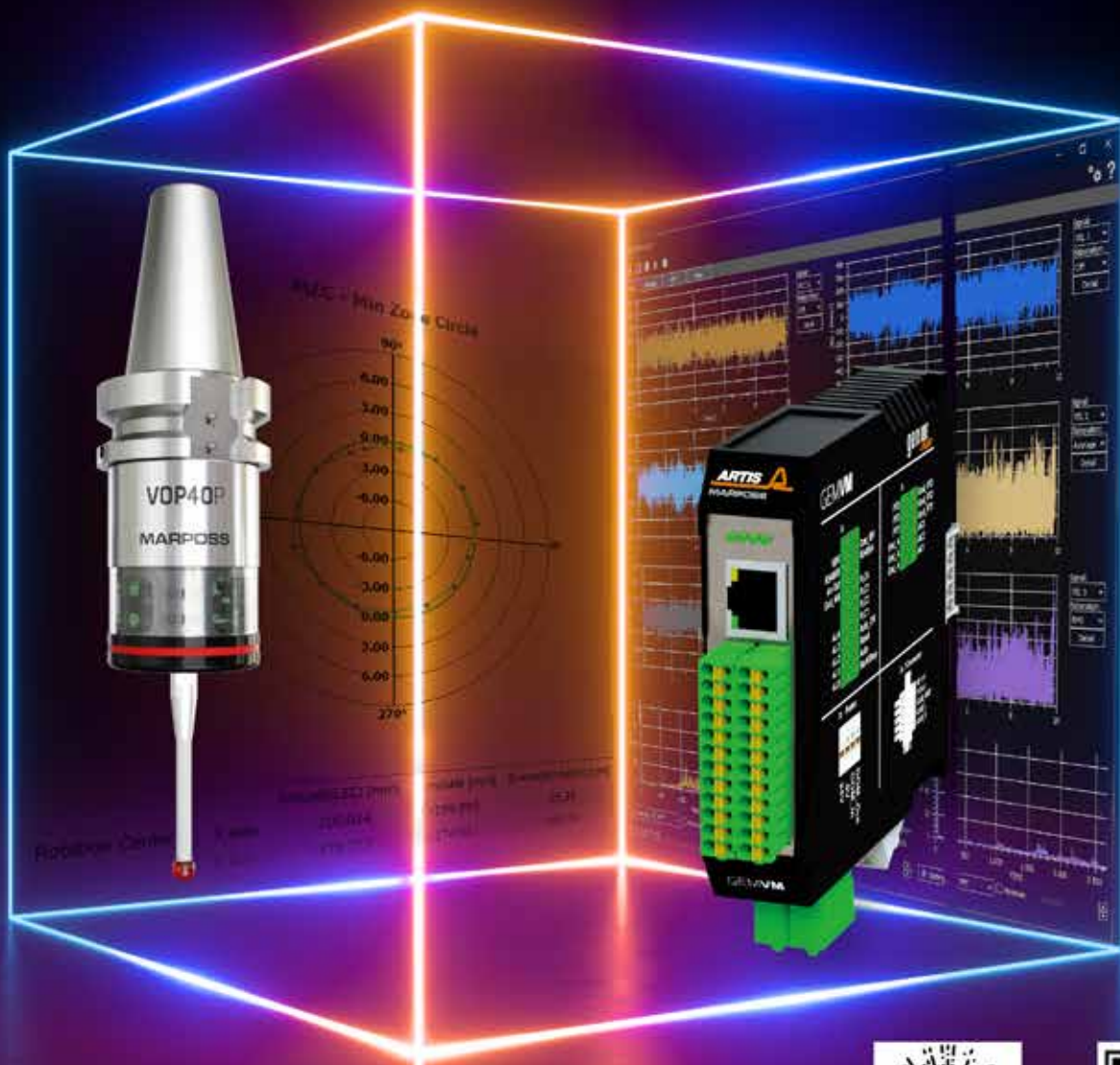
NEOLOGIQ  
MACHINING INTELLIGENTLY





# 协同增效<sup>3</sup>

## 一站式优化您的金属切削加工过程



### 金属切割加工前、中、 后期的质量控制与性能提升



马波斯对刀仪、测头以及专为工业4.0设计的在线加工过程监控方案，协同作业，一站式优化您的金属切削加工过程。

在马波斯先进的数据采集分析软件的支持下，您可以对检测循环进行快速编程，及时识别并避免加工出低质量零件。在保护您的刀具、切削过程和机床的同时，大幅度提高工件质量与加工效率。

工件测量 + 刀具与过程在线监控



MARPOSS

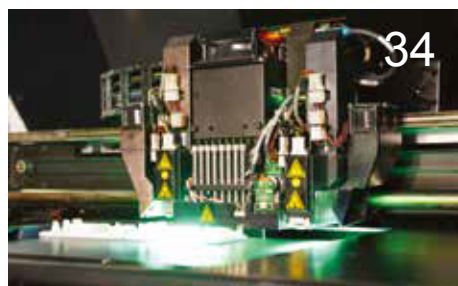
www.marposs.com



2021.9



关于封面图片：一位科学家手持一个在BIO X生物打印机上打印的血管模型。（图片由Cellink 提供）



**先进制造 Advanced Manufacturing Now**

- 4 实现更灵活、更便宜、更快速的供应链
- 7 通过增材制造最大限度地减少停机时间

**医疗制造 Medical Manufacturing**

- 8 生物学领域的3D打印
- 12 用于高精度医疗设备加工的工件夹具  
3D打印对精加工的工件夹持提出了挑战。
- 14 医疗行业助推器  
AM、AI、自动化等技术正在推动医疗制造业的进步。

**增材制造 Additive Manufacturing**

- 18 新型聚合物在增材制造中的应用  
新材料和制造纤维增强塑料的新方法为制造商提供了更多选择。
- 24 Mayo Clinic的增材制造辅助手术  
通过增材技术让医生对肿瘤了如指掌。
- 28 医学3D打印的材料正变得多种多样  
随着3D打印在医疗领域的发展，新材料的标准也在不断提高。
- 32 利用增材制造改善患者的治疗效果  
3D打印意味着个人定制和更好的护理。
- 34 将聚氨酯铸造和3D打印结合的先进医疗制造

**数字工厂 Digital Factory**

- 36 测量正确的数据和背景，以避免昂贵的非计划性维护  
“历史上，人们.....淹没在数据中，却渴望获得洞察力。”
- 38 事半功倍的AR技术  
A&D公司越来越多地在设计、原型制作、生产、维护和现场工作中部署AR技术。
- 42 防泄露的数据系统  
随着制造商发现扩展数字网络的好处，越来越多的网络安全威胁必须得到解决。

**生产解决方案 Shop Solutions**

- 48 远程监测揭示了如何提高激光机的正常运行时间
- 49 在线检测提高了大型AM的效率

**Manufacturing ENGINEERING 中国**

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

艾康商务咨询（上海）有限公司  
上海市静安区武定路555号8楼837室  
电话 Tel: 21 3251-7225

订阅期刊 Subscription: subs@icgl.com.hk

**广告业务 Advertising:**

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

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

2020年版权所有 © Copyright 2020 Manufacturing Engineering. All rights reserved. Society of Manufacturing Engineers及Manufacturing Engineering授权Industrial Communications Group Ltd.独家出版《Manufacturing Engineering中国》杂志。经授权的所有材料都隶属于 Society of Manufacturing Engineers. 未经书面许可，不得进行任何形式的复制和转载。  
国际发行刊号: ISSN 2313-6073

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

# 实现更灵活、更便宜、更快速的供应链

## Enabling A More Flexible, Less Expensive, Faster Supply Chain

随着制造商的目标是在市场上变得越来越灵活，分布式制造——在使用地点或附近制造零件或成品，而不是在中央工厂——正在成为推进更快、更灵活和更便宜的供应链的一种方式。该过程的关键技术是确保数字线程的安全。

Identify3D 公司业务发展副总裁 Fabrizio De Pasquale 说：“制造过程正变得越来越数字化，这意味着在供应链上移动的不是物理零件，而是数据。除了与数据移动相关的灵活性和速度外，还出现了与安全、使用控制和可追溯性相关的新挑战，并需要得到解决。为了实现分布式制造，知识产权所有者需要对这些数据进行控制。”

“我们相信 3D 打印和数字制造将颠覆人类的生产方式，不再需要一定在一个中心地点进行生产，” HP 公司 3D 打印和数字制造总裁 Christoph Schell 于 5 月在底特律的 RAPID 展会上做演讲时说。“每台 HP 打印机本身都是……一个小微型工厂。打印机可以制造零件。它是数字化的。它连接到云端，这意味着我们能够监控打印机，并与打印机通信。”

Siemens Digital Industries Software 公司增材制造 (AM) 网络总监 Robert Meshel 在接受采访时说：“当你谈论分布式制造，制造商想知道他们如何利用其全球供应商网络来交付所需的零件。主要驱



HP 公司的 Christoph Schell 在 RAPID 展会上发表讲话。

动因素是从规模经济到批量生产，从大规模生产到本地制造、快速完成和以灵活方式完成的情况。现实情况是，制造需要遵照市场需求。”

今年推出的 HP 数字制造网络是一个由 HP 生产合作伙伴组成的全球社区，旨在利用 HP 打印技术，帮助设计、生产和大规模交付塑料和金属零件。

HP 公司首席战略官 Philipp Jung 在 RAPID 展会上表示，HP 公司的技术正以多种方式被使用，包括用于研发、原型设计、小批量生产、零部件生产以及只能使用增材制造的零部件生产。

De Pasquale 说，随着制造业，特别是增材制造，向更多的数字化生产转变，数据必须得到严格的保护。

“我们的创始人意识到，你必须开始像对待好莱坞电影一样处理制造数据——控制这些数据被访问和使用的次数，”他说。

“增材行业正在不可避免地将增材生产从实验室转移到工厂车间，在那里增材被嵌入到生产中。当他们经历这种工业化的过程时，他们意识到，‘这是我将与外部供应商或我组织内的其他设施共享的数据。但我不知道到底有什么样的 IT 安全措施，或者什么样的人将会处理我的数据。’这就是公司开始考虑像我们这样的解决方案的时候。”

在工厂里制造产品，然后把它运到消费点的旧模式正在被一种新的模式所取代，即在一个地方设计和定义该产品，然后把计划发送给生产商，在消费点或附近制造。

有时，生产商是母公司的子公司；在其他情况下，生产商是供应商或其他外部实体。

在某些情况下，在一个工厂内使用为分布式制造创建的技术，以确保计划符合规范。

### 减材也是版图的一部分

对 AM 的需求正在帮助推动这种演



Siemens Digital Industries Software 公司增材制造 (AM) 网络总监 Robert Meshel 表示：“当您谈论分布式制造时，制造商想知道他们如何利用其全球供应商网络来交付他们所需的零件。主要驱动因素是从规模经济到批量生产……”

变。但在少数情况下，分布式制造也被用于减材工艺。

例如，对于交付给中国东部的零件，与运输和储存最终产品相比，将数字参数发送给当地供应商并在当地使用 AM 工艺制造，成本可能会更低，Meshel 说。

他说，Siemens 公司正在与 Identify3D 公司合作，开发能够实现分布式制造的技术，目前的重点是汽车和航空航天领域。

“我们非常相信分布式制造、数字制造、按需制造——他们仅仅是名字不同，内核十分相似。” Meshel 说。

### 航空航天、国防和电力行业正在行动

De Pasquale 说，航空航天、国防和电力行业是这项技术的早期采用者。

“所有这些行业都受到了高度监管，需要保护高价值的知识产权，”他说。航



# 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

航空航天和国防领域的挑战是对安全的高度关注。“这些制造商有严格的监管需求，以确保数据不会落入不法分子之手。”

De Pasquale 说，汽车行业也在考虑采用分布式制造来制造备件。例如，汽车制造商可以将工业 3D 打印机放置在经销商处或位于战略位置的中心，生产经销商处或附近所需的零件。

Schell 说，在未来，该技术可用于定制汽车，包括方向盘、仪表板布置和通风管道。

再次，安全是最重要的。

De Pasquale 说，例如，一个不诚实的汽车经销商员工，如果能接触到用于打印额外汽车零件的 3D 打印机，就可以：

- 打印超出协议允许的零件，并出售多余的零件；
- 用价格较低、质量较差的材料替代，以及
- 将规格变更为每小时生产 50 个零件，而不是规定的每小时 10 个零件。

他说，最后这两个改变将导致生产出一个完全不符合规格的零件。不诚实的员工通过出售零件来欺骗汽车制造商，而汽车制造商可能要对这些完全不符合规格的零件所产生的问题负责。

“最终可能会在市场上出现很多不是按照原始配方生产的零件，但你仍然有责任，因为这些零件上有你的名字，” De Pasquale 说。

## 安全便捷的协作是关键

Meshel 说，一个重要的问题是在众多



Identity3D 的 Fabrizio De Pasquale 表示，为了实现分布式制造，IP 所有者需要控制在供应链中传输的数据。

参与者之间存在不同程度的信任和知识的工作区，应该如何通过规划进行安全便捷的协作。

他说，制造商还必须确保只生产约定数量的零件或产品，确保这些零件完全按照规格生产，并确保生产不仓促。

Meshel 补充说，通过与 Identification3D 公司合作，Siemens 公司能够保护 IP 安全，以确保数据不会复制，并确保遵循制造工艺。

“在增材制造中，你可以定义一个特定的零件，以及它的生产方式和外

观。” Meshel 说，“生产需要在特定的机器上完成，使用特定的工艺，并且参数需要使用特定的材料来实现。你不仅要定义零件的外观，还要定义它应该如何生产。完成所有这些操作后，你必须对内容进行加密，这样供应商无法获取你发送的数据并放入一套不同的指令。供应商无法使用这些数据，除非他们使用你的特定设计。任何你能以数字方式定义和控制的东西都可以在这个过程中被强制执行。只要你能证明遵循了正确的流程，你才会对零件进行认证。”

## 分布式制造的三种工作方式

### Three Ways Distributed Manufacturing Can Work

Identity3D 公司的业务开发副总裁 Fabrizio De Pasquale 说，分布式制造模型可以以多种不同的方式工作。

他描绘了三种情况：

产品设计者在其客户的场地上安装了一台增材制造设备。设计公司拥有设计和增材制造设备。客户在设计公司指定的设计、质量和数量参数范围内，根据需要使用增材机器制造零件或产品。客户为他们制造的每个产品付费。

与上述情况相同，只是客户从产品设计者那里租赁了机器。

产品设计者在其客户处或附近增加一个带有 AM 机器的设施。设计公司使用增材制造技术为其客户按需制造零件或产品，并将这些产品第一时间送到客户手中。

## ‘仍有许多工作要做’

Meshel 说，随着分布式制造的成熟，所面临的挑战是如何开发一种技术，将整个行业中不同的、众多的技术集成在一起。

“仍有许多工作要做。”他说，“今天，你仍然需要通过许多不同的解决方案。一个解决方案并不能涵盖全部的工作内容。由于需要大量的集成，维护数字线程的能力可能会受到影响。这在整体技术上创造了一些潜在的突破。这是一个很好的机会。但它是相当复杂的。”

Meshel 说，例如，如果一个制造系统的安全性很好，而第二个系统，无论是在同一个制造商还是在下游的分布式制造商，



都没有得到很好的保护，就会出现这个问题。

他说，用户必须通过一个复杂的过程，从不太安全的系统中加载数据，复制数据，加密数据，然后将数据建立在安全系统中，再解密数据。将数据放在这样一个过程中会削弱数据的功能。

Meshel 说：“你可能会依赖你非常熟悉的供应商，并且经常与他们合作。或者，您可能会去依赖一个大型网络或供应链，在那里，你可能没有详细或亲密的关系。你也可能对 IT 环境没有把握。但你需要能够在这些实体之间协作整个工作区。维护数字主线并确保完全安全非常重要。”

他说，Siemens-Identify3D 系统支持所需的加密，而不影响功能。未来的目标

是支持更多的用例和工作变化，他说。

## 加密可以被定义

De Pasquale 说，Identify3D 的保护即服务应用程序响应了制造平台的增长趋势。客户上传他们的数据，以便在制造商和服务提供商的网络中分发。

他说：“这代表了知识产权所有者组织之外的第一个数据输入点。通过我们的新版本，我们保证了与这个关键的第一个接口相关的数据保护和控制。我们对数据进行加密，并仅根据事先定义的具体制造和业务相关规则授权使用数据。”

De Pasquale 说，制造商定义了他们何时生成数据以及每个用户阅读和编辑数

据的权限。例如，一个单一的 AM 系统可能非常复杂，有 50 到 150 个参数来定义工艺，包括气体的温度、板材的温度等等。

他说：“我们的客户花了大量时间为每个零件开发正确的参数集。企业可以控制获得许可的零件数量、失效日期。根据你对这些参数的调整，最终会得到不同的结果。”

“在我们的系统中，你可以有更多或更少的限制。你可以为参数指定不同的范围。你可以沿供应链实施权限管理。机器可以被锁定，并且可以禁止一个人是否可以访问制造系统。这是一个非常灵活的框架，一旦数据超出你的直接控制范围，你希望如何使用这些数据。”

# 通过增材制造最大限度地减少停机时间

## Minimizing Downtime with Additive Manufacturing



LEE-Bath NELSON

Co-Founder and Vice President

LEO Lane

www.leolane.com

无论是由于刀具或零件的破损、故障，制造商可能会承认，在任何特定时间，一条或多条生产线停工，等待更换产品的情况并不罕见。好消息是，通过增材制造（AM），有办法将这种停工时间降到最低，特别是（但不仅是）当罪魁祸首是刀具时。

闲置生产线的成本非常高。有多高取决于行业。例如，在食品行业，每天的成本可能是数十万美元，而在汽车行业，每条生产线的成本为每分钟 22,000 美元。那就是每小时 130 万美元。

难怪制造经理会不遗余力地让生产线

迅速恢复运行。在极端情况下，他们可能会派人飞过去取一个备件，这需要额外的一张机票的费用。刀具和备件的可靠性、一致性和可预测性是避免这种极端措施的关键。AM 不仅可以提供帮助，而且还比往返的机票更实惠。

## 刀具的快速打印

有了 AM，你可以在你的设备或附近快速且经济高效地按需 3D 打印刀具。并且用 AM 补充，也可以使库存转换更快。这确保了生产线在绝对最短的时间内停机，并在任何时候都有替换刀具，这是其他制造技术根本不可能做到的。

对于刀具的好处是它们是由制造商设计和控制的，所以转向 AM 是一个内部决策。如果刀具以一致的方式生产，这一举措将减少刀具的成本，并降低生产线的停机时间——这是一个双赢的局面。对于那些需要经常更换的刀具，可以更进一步，在手头保留一到两个 3D 打印刀具，当它们被用到时，再 3D 打印一个新刀具。

## 稳定的按需生产

AM 还可以帮助克服其他生产线难题，例如缺少备件，这是导致生产中断的另一

个主要原因。与刀具不同，机械制造商拥有这些零件的设计，他们可以将这些零件的数字资料提供给你，可以在你的生产线附近持续按需生产数量有限的产品。

这种方法可以大大减少停机时间。一些硬件制造商可能看得更远。在某些情况下，AM 可以生产一个替代零件，但这个零件没有以传统方式制造的零件那么坚固。在这种情况下，设备制造商可以提供 3D 打印的紧急备用零件，以保持生产线的正常运行，直到常规零件到达。两次快速的零件更换可以避免数周的停机时间。关键是要在不影响质量的情况下迅速恢复生产线。这就需要有一致的、可重复的刀具和零件（跨时间和跨生产线）。

值得庆幸的是，有软件即服务（SaaS）解决方案，可以保护这些项目不被更改，不在错误的打印机上输出，或被未经授权的一方访问。这确保了刀具或零件生产的正确、可重复和一致性，这是各地制造经理共同目标的必要组成部分：一条始终（或几乎始终）运行的功能性生产线

编者注：LEO Lane 是一家总部位于以色列的企业，该公司通过基于云的 SaaS 解决方案，使工业制造商能够随时随地安全、一致地管理增材制造。

# 生物学领域的 3D 打印

## 3D Printing Comes to Biology



一个生物打印的血管模型。(所有图片均由 Cellink 提供)

如果让患者都排成一排，美国器官移植等候名单上的患者将排成一条超过 70 英里长的队伍。这条队伍将比曼哈顿岛长五倍。病人可以在这条队伍中等待 4 个月到 5 年，而每小时就有一个人到达终点前死亡。尽管已尽最大努力确保匹配，但三分之一的患者会出现器官排斥反应，需要再次排队等候。

在美国，漫长的等待时间主要是由于移植器官的短缺。全国各地正在开展宣传活动，以提高人们的认识，改善选择器官捐赠者的比例。即使如此，每 1000 名死亡者中只有三人提供可移植的器官。

这是我们大多数人所熟悉的现实，也是我们几乎所有人都生活在其中的现实。但是，如果你沿着现代医学的尖端前沿看一看，你会看到研究人员——最近还有病人——正在参与新型疗法，有朝一日有望取消器

官移植等候名单。

生物打印是一个年轻但发展迅速的研究和技术领域，它始于 1983 年，当时立体光刻技术的发明创造了一种 3D 打印人体组织的方法。到 1999 年，维克森林再生医学研究所的研究人员开始使用 3D 打印机制造人体器官的支架。2004 年，波士顿儿童医院的 Anthony Atala 博士使用患者自己的细胞为一名 11 岁的男孩进行了生物打印和膀胱移植。

### 两个领域合二为一

生物打印是生物和 3D 打印的结合。通过利用生物材料工程并采用为典型的 3D 打印机开发的新型制造技术，生物打印研究人员正在开辟一个可以想象到的超越可能性的领域。

原型生物打印机是在 2000 年发明

的，当时 El Paso 大学的研究员 Thomas Boland 教授对他办公室的喷墨打印机进行了自由修改。Boland 教授清空了打印机的墨盒，重新装满了胶原蛋白，并将一张黑色的硅胶放入纸盘。然后，当他使用蛋白质打印他名字的首字母“TB”时，他实际上成为了生物打印的祖父。

2016 年，Cellink 公司成立，以支持生物打印研究人员快速增长的需求。该公司设计和开发生物打印机，目的是使生物打印技术变得友好和可靠，并聘请自己的内部生物材料工程师和科学家团队，为用户提供全天候的客户支持。

随着强大技术的普及，生物打印研究人员已经在彻底改变角膜移植技术。由于老年捐赠者的选择率低，可用性低，角膜捐赠严重缺乏。2018 年，佛罗里达 A&M 大学的一个研究团队开始了一个项



# 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



目，旨在开发世界上第一个高通量的人类角膜生物打印方法。2019年6月，他们的团队成功了。Mandip Sachdeva 教授使用 Cellink 的 BIO X 生物打印机对人类细胞制成的角膜进行生物打印。据 Sachdeva 教授说，他的方法的最大好处之一是速度快。

“我们可以在几分钟内通过实验室中专门设计的支架打印出多个角膜。”他说。

## 对糖尿病患者的帮助

与此同时，世界各地的研究人员正在寻求利用生物打印技术来克服另一组挑战。在波兰，超过 10,000 名糖尿病患者有资格进行胰腺移植，这是已知的唯一能永久治愈糖尿病的治疗方法。然而，每年只有 40 例这样的移植手术，唯一的限制因素是捐赠器官的短缺。

“必须有一种方法来帮助患者，这样他们就不必为移植手术等待多年，” Michał Wszola 博士说。“他们每分钟都在等待电话，同时糖尿病每秒钟都在摧毁他们的身体。”

Wszola 博士知道，用胰腺移植治疗糖尿病患者的长期预后是最好的。他进行了一些动物研究，取得了有希望的结果，但需要找出一种方法来防止细胞凋亡 -- 自动的细胞死亡 -- 这是对移植的胰岛细胞所产生的反应。

“经过大量研究，我了解到一种非常有趣的技术，称为生物打印，它有可能克服所有的这些障碍，”他说。



在 BIO X 生物打印机上的打印头。

在建立一个公司并获得投资后，Wszola 博士开始致力于开发一种利用生物打印技术来治疗糖尿病的方法。

2019年3月14日，他的团队使用 Cellink 的 BIO X，用定制的生物墨水和胰岛样本生物打印了一个仿生胰腺。它对葡萄糖刺激的反应是完美的，他们又进行了四次实验，结果相似。除了为糖尿病患者提供及时的治疗方法外，Wszola 博士的技术有朝一日还可用于药物开发，并有助于筛选新的癌症疗法。

## 烧伤和皮肤

一些生物打印方法已成功走出实验室并进入临床试验。去年，Cellink 与 GE

Healthcare 和 Umeå 大学建立了合作关系，开始使用他们自己的细胞进行皮肤生物打印来治疗烧伤患者。该合作伙伴关系旨在开发可移植的皮肤结构，为烧伤患者提供更高的生活质量。

传统上，严重烧伤的患者接受基于角质细胞的表皮片移植。然而，这些移植不能取代汗腺、神经或血管，使患者远未痊愈。患者需要每天保湿两次，当天气太热时就呆在室内，他们会经历额外的疼痛和瘙痒，除了减少整体活动，没有其他治疗选择。

Cellink 正在结合 Umeå 大学和 GE Healthcare 的专业知识，开发可促进神经再生并从源头减少患者痛苦的替代移植。新的移植将包含皮脂腺，这种细胞可以再生真皮层、神经和脉管系统，旨在为改善患者的生活质量提供创新的解决方案。该项目将通过与挪威、芬兰、丹麦和荷兰的烧伤中心合作进行，研究人员的目标是在 2020 年的某个时候开始治疗患者。

## 崭露头角

很难预测像生物打印这种前所未有的技术会对专业人员治疗病人的方式产生什么影响，但看看研究人员已经取得的一些里程碑式的成果，就会发现影响是深远的。作为生物打印解决方案的领先供应商，Cellink 期待着设计出能够提升和加速能力的技术，寻找新的方法来支持研究人员在该领域的持续成就，为所有人创造一个更好的医学未来。



一位科学家手持生物打印结构。





# CoroDrill<sup>®</sup> DS20

可转位刀片钻头，孔深可达7×DC

创新型钻体和刀片设计孕育出一个具有前所未有的刚度、排屑性能和轻快切削作用的全新钻削概念钻头。

CoroDrill<sup>®</sup> DS20的钻深可达4-7×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。

更多产品详情，请访问：[www.sandvik.coromant.cn/corodrillds20](http://www.sandvik.coromant.cn/corodrillds20)



扫一扫直达  
山特维克可乐满官网

# 用于高精度医疗设备加工的工件夹具

## Workholding for High Accuracy Medical Device Machining

3D 打印对精加工的工件夹持提出了挑战。

金属 3D 打印可以实现新医疗设备的快速、低成本迭代，因为不涉及刀具成本。

所有设备都需要测试，以发现问题并制定解决方案——允许产品形状“免费”改变是增材制造（AM）的一个强大优势。除了能够实现更复杂的几何形状外，AM 带来的其他好处是，由于没有零件公差叠加而提高了精度，并且由于减少了零件数量而简化了供应链。

打印通常不是工艺的终点。几乎总是这样，在打印和任何热处理之后，金属零件需要在一些区域进行一些加工。有时是为了

改善表面光洁度，更多的时候是为了让紧固件锁定零件的位置。例如，脊柱夹具可以用活动铰链进行扩展，或者可以将一个固定的球和窝打印成一体，并用固定螺钉锁定。在这两种情况下，螺纹将被加工而不是打印。如果只需要在一个方向上进行加工，那么有时可以在打印托盘上加工零件。通常情况下，需要从多个方向进行加工，如果在打印托盘上打印多个零件，就不可能访问这些区域。

工件夹持的挑战是如何在将零件从打印托盘上取下后，以最佳方式夹持其进行加工。

### 3D 打印的工件夹具

塑料打印的卡爪通常是一个不错的选择，因为它们的制造成本很低——通常在桌面打印机上只需几个小时，并且可以满足复杂的几何形状（尽管卡爪的设计可能比从塑料中简单的布尔减法去除材料更耗费时间）。当产品测试后设计发生变化时，很容易打印出一套新的卡爪。

塑料卡爪的主要缺点是，当它们被拉紧时，往往会使部件变形。尽管卡爪在加工时牢牢固定住了零件，但当零件从夹具上松开时，所有加工孔都可能不再是完美的圆形，并且当零件松弛回其未加载的形状时，特征的真实位置会略有移动。

最近，Renishaw 公司、Waterloo 大学和 Intellijoint Surgical 的合作项目研究了全髋关节置换术中使用的光学跟踪器的打印替代设计。该跟踪器为外科医生提供了术中测量，使其能够正确确定髋臼杯的位置、平衡腿长、恢复或保持偏移量和关节旋转中心。



位于安大略省 Kitchener 市的 Renishaw 公司加拿大解决方案中心，在进行 CNC 精加工之前，加工托盘上的钛合金髋关节跟踪器原型。（所有图片均由 Renishaw 加拿大公司提供）



使用紫外线将髋关节跟踪器粘合到 Blue Photon 夹具上。该解决方案可以牢固地固定零件，且不会因塑料夹爪的夹紧力而导致变形。



跟踪器主体是用钛合金 Ti6-4 整体打印的，经过应力消除，然后从打印托盘上切割下来，准备对运动学支架和固定光学反射球的四个支柱进行精加工。

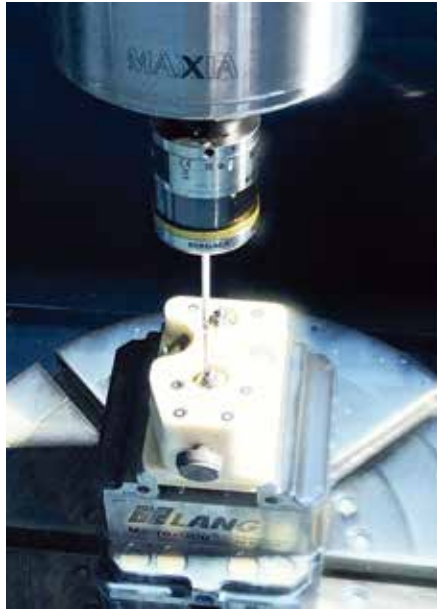
他们设计了一套塑料卡爪来夹住零件，同时使加工区域暴露出来。虽然塑料卡爪能牢固地夹紧零件，但它们不能重复地夹紧零件，因此必须使用机器探头和最佳拟合软件，如 Metrology Software Products 有限公司 (MSP) 的 NC-PerfectPart，找到零件的准确位置。该软件最初是为加工高价值的航空航天和一级方程式赛车的复合结构而开发的，完全适用于精确定位没有明显基准特征的有机形状的 AM 零件的挑战。

在 CAD 环境中选择零件上的点，通过 CNC 机床上的探针测量与标称位置的偏差。然后，NC-PerfectPart 软件创建一个最佳拟合对齐，这是一个 6 轴坐标转换——包括平移和旋转。在执行 CNC 程序之前，这个坐标偏移会自动被调用到机床控制器中。

机床探针还用于通过采用“切割——测量——切割”策略，自动实现极高的公差。特征是半成品、测量和自动应用补偿，以在最后的加工过程中实现严格的图纸规格。这种方法允许各种变量，如刀具/零件在负载下的偏移，以及刀具与编程尺寸的变化。

## 问题和解决方案

不幸的是，当塑料卡爪被夹紧时，髌关节追踪器组件会不知不觉地弯曲，导致加工后的柱子的真实位置误差超过 0.3 毫米。虽然该组件已针对手术期间的负载进行了优化，但它的设计并非旨在抵抗加工力。



塑料保形卡爪和 CNC 探测后由 NC-PerfectPart 软件进行的最佳拟合坐标转换。

为了准确地加工该零件，必须避免机械夹持使其弯曲，但与此同时，增加刚性也同样重要。解决方案是使用 Blue Photon 的紫外线活化胶和夹具。通过将零件粘在四个夹持器的柱子上（在大约 90 秒内发射紫外线使胶水固化），髌部追踪器被牢牢固定住，但仍处于自由状态。

他们加工了一个铝块，将四个夹持柱固定在跟踪器主体的正确位置上。最初的加工在直接与夹持器结合的三个柱子上是成功的，但有一个柱子悬臂在夹持器上方，在加工过程中出现了振动。打印了一个塑料支撑块来固定这个柱子，消除了这个问题。通过支撑部件，支撑块还允许在胶水固化之前对跟踪器进行更准确的定位。胶水的厚度最好在 1 毫米左右，在加工之后，只需将组件在接近沸腾的水中浸泡几

分钟，然后剥离，就可以将零件和夹具分开。

使用胶水夹具的唯一缺点似乎是设计和加工夹具夹持器的额外工作。然而，在随后的一个工业叶轮项目中，Renishaw 使用塑料打印来生产夹具夹持器，而不是机械加工。这证明，制造一个坚固的定制工件夹具解决方案可以简化为高速桌面打印。

## 完善程序：生成设计

生产胶水夹具的一个改进的工作流程是使用生成设计软件，如 Autodesk 的 Fusion 360。它将自动创建夹持器和卡盘之间所需的连接，例如，将夹具固定在 CNC 机床上。

像颅骨板这样的病人专用医疗设备的程序如下。夹具的数量和位置将由制造工程师决定。然后，“保留”区域将在每个夹具周围定义为圆柱形“衬套”，在每个夹具的上方和下方轴向挤出障碍物间隙区域，以允许插入和固定螺母放置。颅骨板也被定义为必须避免的障碍物。一个保护环将被定义和约束，以通过卡盘固定夹具。载荷被添加到夹持器衬套保护区域，以代表必须抵抗的加工力。然后，软件可以解决所有零件的结构连接，以获得最大的刚度。

采用患者特定解决方案的障碍之一，通常是涉及高设计成本。将创成式设计 with 塑料打印相结合是一种创新的解决方案，它在很大程度上实现了 Blue Photon 的粘合剂夹具工作过程的自动化。



自动设计用于颅骨板的 Blue Photon 夹具的工作流程。创成式设计工作区 (Autodesk Fusion 360) 显示绿色保护区和红色障碍几何体。这个过程不需要专业的 CAD 设计时间，并将自动进行优化，以便在应用的加工负荷下实现最大的刚度。

# 医疗行业助推器

## Medical Drivers

AM、AI、自动化等技术正在推动医疗制造业的进步。

进入 21 世纪，医疗行业面临着一系列的挑战，从人口老龄化到越来越多的个性化和家庭化诊断的护理设备，所有这些都是越来越多的病人数据数字化收集、传输和存储的大背景下进行的。

医疗设备制造商们正在迅速适应这种新环境。增材制造，或称 3D 打印，正在逐步提高到制造所有医疗设备零部件的生产水平。越来越多的设备专门为方便患者而设计，通过收集和传输重要信息实现远程诊断和监测。这也导致领先的医疗品牌所有者实施一系列安全措施来设计和管理日益增长的医疗物联网 (MIoT) 中的数据。

一项对医疗制造业专家的调查显示，生产实践和职责范围呈指数增长，最终促进了医疗保健方面的不断创新。

### 把握机遇

当谈到在医疗制造业中把握新机遇时，顾问 Mark Bonifacio 对如何在不断发展的行业中保持正确的产品组合和资格有着第一手资料。围绕基于价值的医疗服务模式与按服务收费的模式之间的争论愈演愈烈，这一点变得更加重要。

Bonifacio 于 1997 年创办了自己的医疗合同制造公司 APEC，并于 2007 年将其出售给加利福尼亚州的 FreudenbergMedical 公司。现在，他位于 Boston 的 Bonifacio 咨询服务公司承接来自于从单一合同制造商，到世界 500 强公司的咨询业务，帮助企业在行业组件商品化（如接骨螺钉）和利润收窄的大背景下，如何提升公司的最大盈利能力提供策略支持。

“在医疗设备中，医疗保健的产品与设计创新方面是完全不同的”，例如在导尿管和人工心瓣等第三类设备中，这类设备在使用过程中面临的风险最高，并受到 FDA 最严格的监管。Bonifacio 建议：“在当前新环境下必须提醒我们的客户，从事高科技领域工作显然会获得更高的利润率。”

他补充道，以新的方式利用自己的核心制造能力是关键，尤其是在医疗设备供应链整合、经批准的供应商名单增加或减少的情况下。收购互补性技术供应商或者医疗品牌周边设备装配供应商可以看成一种越来越可靠的策略。

他说：“我们会建议一些公司，他们

可能需要获取权限，以进入特定领域或市场。OEM 制造商们有时会要求供应商做更多的事情，也许要管理一些次级供应商”，其所关注的领域并不能仅仅是注塑、挤塑或金属加工。

今年，Arcor Laser 公司（位于 Suffield, Conn.）被医疗合同制造商 Cadence 公司（位于 Staunton, Va.）收购，收购后公司可以为客户提供激光焊接、钻孔、切割和打标等加工服务，这进一步证明了提高能力原则是明智的。

“这种交易肯定是卖方市场。” Bonifacio 指出，“并且，如果在医疗技术生态系统中能够生产出独一无二的高端产品，那么你的产品将使你脱颖而出，OEM 制造商会毫不犹豫的将你列入他们的供应商名单中。”

在个性化方面，Bonifacio 提到了 Molex 公司（位于 Illinois 的 Lisle）被 Phillips-Medisize 公司（位于 Wis. 的 Hudson）收购的案例，公司凭借其高端药物输送能力（例如冷链供应，将化学药物运输到制造工厂的设备中）“插上了自己的旗帜”。

另一个新兴领域是用于医疗诊断的人工智能 (AI)，是众多潜在数字护理交付技术之一，与 Intuitive 公司的 da Vinci 手术机器人处于同一领域，外科医生可以借助机器人扩大活动范围进行微创手术操作。AI 已经进入到家庭诊断市场，例如纽约 One Drop 公司的糖尿病管理系统。该系统通过蓝牙血糖仪与传感器和应用程序相结合，在监测用户血糖水平的同时，预测未来 24 小时的血糖水平，并提出建议。

最后，在商业医疗方面，Bonifacio 建议制造商必须意识到“这艘船已经起航了”，“那里没有多少创新，并且利润将会保持当前水平或许减少。”现在，医疗制造商比以往任何时候都更应该开始与内部或外部咨询公司进行对话，他表示，“人



增材制造在医疗器械制造中的作用越来越大。





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



们不但需要考虑当下，还要着眼于未来三到四年。”

## 定制护理

制造商的增长领域包括家庭病人诊断和定制病人护理两个领域，由 3D 打印定制植入物和手术导板；数字化连接的监控设备；更复杂的基因分析等推动。这些领域的发展正在创造新的机遇和伙伴关系。

Clarkston Consulting 咨询公司（位于 N.C. 的 Durham）的医疗器械行业主管 Allyson Hein 指出：“我们看到了医疗设备和制药行业之间的大量整合。”该公司正在处理更多的“组合”产品的请求，并看到制药公司将医疗设备添加到他们的投资组合中。

鉴于对药品或生物技术产品以及医疗设备的监管法规不同，因此完善制造商的质量管理体系变得至关重要。

Clarkston 审查了其客户质量管理体系的“每个角落”，以确定他们是否采取合适的措施，而医疗设备监管的检查员将会关注这些措施，但对于制药行业的人来说也许不会对此优先考虑。Hein 解释说，“如何设计医疗设备与如何营销新药品或生物技术产品是不同的。”

为了满足 ISO、CFR 标准、FDA 纠正/预防措施委员会审查的具体法规，这些不断发展的组合设备将要求制造商扩展其控制系统。因此合理利用企业资源计划(ERP)软件显得非常必要，例如在测量和监控供应链方面，涉及从获取原材料到存储、测试、最终运输。组合设备的制造商还必须协调哪些法规起主导作用，以及在何处标记所需的唯一设备标识符或序列号。

简而言之，从供应商到最终用户，考虑到医疗制造过程的每一步，不仅确保了

患者的安全，还通过对其过程的完整性进行编码来保护制造商。这甚至适用于移动应用程序或其他软件，它们可能起源于娱乐，但最终演变成病人甚至医生可能依赖的软件。Hein 指出说，在这种情况下，“数字化设备将成为事实上的医疗设备。”

她总结说，以消费者为基础的医疗保健将推动更多的个性化设备发展。她说：“作为消费者，对特定产品的需求更大。人们不禁要问，‘既然可以实现远程医疗，为什么我必须去医生的办公室？为什么我不可以在家里安装一个设备，把数据和结果发送给我的医生？’”

## 规模化生产

Owens Design 公司（位于 Calif 的 Fremont）的销售副总裁 Etoili Wolff 表示，对医疗产品的需求正在高速增长，制造商们正在寻求帮助，以便将生产规模从每月 1 万个诊断磁带增加到一百万个。

Wolff 解释说，Owens 设计公司 35 年来的大部分时间专注于高科技制造业，如硬盘驱动器、半导体、清洁能源和新兴技术。但是，由于业务的周期性，公司在大约 5 年前就开始涉足生命科学领域。

Owens 公司的许多客户都在旧金山湾区（Bay Area），专注于现场诊断设备，这些设备需要大量的耗材，主要是用于测试的灌流器。随着对这些设备需求的增长，公司要求 Owens 优化他们不断扩大的生产需求。

“很多时候，我们的客户都没有足够的内部资源来快速掌握并迅速提出解决方案。”Wolff 解释说。一些客户尚未投入生产，需要帮助开始生产，将产品推向市场。

对于成熟的制造商，Owens 公司首先复制他们的精益生产方法来评估如何在

需要 FDA 批准的情况下扩大生产。对于初创公司来说，实验室里的手工装配必须转化为自动化的过程。Owens 设计并构建了一个自动化系统，在装配线交付给客户之前，客户在 Owens 的工厂进行试运行。装配线中使用视觉系统检测零件抓取，插入诊断病原体的化学试剂，然后组装多个注塑零件到最后的灌流器中。这些完全定制的系统可以将生产速度从每分钟一个零件提高到每 10-20 秒一个零件，并且不仅可以制造诊断设备，而且还制造涂胶机之类的设备。

凭借其在半导体受控工艺设计方面的专业知识，Owens 公司成为医疗制造领域的重要合作伙伴，其精密设备能够满足微米和亚微米级别的公差要求。他指出，生物医学技术可能比半导体技术落后约 10 年，但进步神速。

他建议说：“每个客户在一开始就需要定义一个明确的过程。因为如果他们的工艺过程是错误的，自动化并不会解决问题。”最终，医疗市场是“巨大的”，更多的机会将来自亚洲和第三世界。而且，“它的周期性比我在其他行业看到的要短”，这在很大程度上是由于 FDA 法规稳步发展的要求。

## 3D 打印加速发展

在短短六年多的时间里，GE Healthcare 公司的增材制造团队（位于 Waukesha）已经从探索阶段发展到建立 3D 打印流程，精通各种流程的设计师被安排到整个企业的工程团队中。

GE Healthcare 公司的首席增材工程负责人 Jimmie Beacham 负责这项工作，面临着许多挑战，例如，公司“99%”的工程师没有在大学学习过 AM 技术，而且大多数工程师对 AM 的理解依然仅限于简单的快速原型塑料零件。

他解释说：“在功能性打印方面，‘增材’是一个相当新的概念。它要求所打印出来的零件能够满足设备需要的强度和功能方面的要求。”

扩大 3D 打印的应用范围意味着医疗设备制造商必须“放下他们多年来在减法制造中所总结的经验。他们都有过自己所设计的产品被供应商或机加工车间拒绝的经历，车间曾经告诉他们‘不行，这个你做不出来的！’。”



现在，3D 打印不仅已经超越了快速成型和装配原型的初期，而且还可以实现功能打印，从而加速了功能部件的批量生产。

例如，GE Healthcare 公司今年将有几个医疗组件投入生产，这些组件将通过选择性激光烧结 (SLS) 技术每年生产数万个工件。根据零件体积、表面光洁度要求和制造环境的不同，GE 公司将引入适当的自动化技术和其他先进的制造技术。

Beacham 指出：“我们已经在医疗设备领域看到了增材制造技术应用的巨大潜力，”尤其是在诊断设备组件制造中。他预计，到 2020 年底，将有多个零部件从设计阶段进入生产阶段，针对 AM 技术设计的组件超过 100 个。与其他生产方法相比，增材制造技术表现出以下优势：

- 降低成本，通过合并零部件和简化供应链来实现；
- 改进性能，如热管理或图像质量；
- 提高产品质量，通过消除多部件装配从而减少人为错误的机会。

GE Healthcare 公司拥有 40 多个工程团队参与设计零部件，Beacham 指挥着一个交叉学科团队，该团队由三位增材制造项目负责人，一名增材制造供应链策略师和流程专家组成，负责与公司三个业务部门的团队进行交流。增材制造设计理念的培养通过定期的培训研讨会和“增材制造峰会”来建立，在这些研讨会和峰会上，工程师们提出了传统制造无法解决的问题。一支专家团队对此提供支持，他们精通“几乎所有的 3D 成型方法”，例如金属粘合剂喷射，用于不锈钢、钛、铝和钨的直接金属激光熔化，以及用于聚合物的方法，包括熔融沉积成型、SLS、立体光刻和 Polyject 技术。

印刷电子是 GE Healthcare 公司的另一个专业领域，使用直写技术。将溶液中精细控制的纳米金属颗粒气溶胶流被喷到 3D 表面。这些粒子被烧结成符合形状的电线路。这样做的一个好处是在特定的地方打印天线和传感器，并且经济高效。

Beacham 断言：“一般而言，人们对增材制造的普遍看法是只适合于小批量多品类的零件。这一观念正在迅速改变，”尤其是在 3D 打印机原始设备制造商提高了设备的速度之后。他补充说，塑料材质零件的打印速度正在接近注塑成型。在 3D 打印产品的患者安全性方面，“FDA 一直

非常积极地了解其可能存在的额外风险”，相比批量生产的组件来说，对定制的、针对患者的植入物的监控更为严格谨慎。

最后，他总结道：增材制造“就像任何其他工艺一样。我们必须采用正确的设计严谨性和过程控制（如粉末监控和打印过程），才能保证我们生产的任何产品或部件都是安全有效的，符合客户要求和 FDA 的准则。”

## 保证医疗物联网的安全性

当 Steve Abrahamson 成为 GE Healthcare 公司的产品网络安全高级主管时，他是公司唯一一个在这方面拥有三年工作经验的人。如今，Abrahamson 已在 GE 公司工作了 22 年，其中有 9 年时间都在从事这方面工作，他如今是公司超过 100 名产品安全领导人 (PSLs) 和产品安全代表 (PSRs) 中的技术骨干之一，从产品概念到设计再到制造，确保数据安全是一切的首要任务。

他解释说：“我们必须考虑患者安全的风险，因为安全问题可能会影响患者的康复。我们必须考虑数据隐私和设备可用性。”

GE Healthcare 公司的内部安全专家按照公司的隐私和安全设计工程 (DEPS) 流程进行工作，该流程可确保所有 GE 医疗设备符合“合格的安全需求，满足设计规范。”PSL 与指定的工程团队直接交流，而 PSR 在产品工程团队中负责确保执行 DEPS 实践。

DEPS 规定了对医疗设备风险的详细分析，解决了设备是否存储受保护的患者信息、存储多少以及是否有收集这些数据的明确目的等因素。

“基于这些级别的风险评估，我们将



Owens Design 公司的全自动装配线。公司的许多客户专注于医疗诊断设备，设备需要消耗性组件，其中主要是用于测试的灌流器。Owens 公司帮助客户管理他们不断扩大的生产需求。(图由 Owens Design 公司提供)

安全控制集成到设计规范中。”例如，安全控制可以对用户进行身份验证，或确保他们对特定设备功能具有适当级别的访问权限。

除了管理 MIoT 问题之外，还有一系列机构在整个患者护的过程中进行风险监管。FDA 及其在世界各地的类似机构都对患者安全提出管理要求。例如在保护病人信息和数据隐私方面，美国卫生与公众服务部民权办公室就实施了《医疗保险可携性与责任法案》(HIPAA)。

不仅如此，“我们还与国土安全部合作，解决可能与患者安全或数据隐私不直接相关的一般性安全问题，但从国家安全和关键基础设施的角度来看，这些问题可能更具影响力。”

制造商必须善于管理所有这些“风险领域”，并与政府的期望保持一致。

“我们的设计过程非常针对特定设备并且基于风险。当我们进行产品开发时，会考虑所有与设备使用方式相关的所有风险因素，确保我们实施了适当的控制措施。”

数据控制根据设备是在医院、诊所还是在家中使用以及是否将数据流传输到云来实施。计划在给定设备的整个使用寿命期间对其提供支持时，要考虑所使用的软件、其更新能力和潜在的漏洞。制造后，可以在使用过程中监管与安全风险有关的设备性能。

Abrahamson 断言，在医疗设备制造的所有阶段推广 MIoT 安全思想是第一要务。例如，几年前，GE Healthcare 公司在其采购过程中实施了安全要求，以确保供应商有适当的安全程序。“我们不希望带有后门或隐藏恶意软件和软件的组件进入我们的供应链或制造过程。”

他总结道，从更广的范围来看，医疗设备安全在很大程度上需要全行业的努力。

“我们不希望（在与其他品牌所有者的竞争中）在安全性和保障方面展开竞争，所以我们展开高度的合作。我认识其他主要制造商的所有产品网络安全人员。我们共享信息和最佳实践，并且我们与 FDA 一起努力调整他们的指导。我们还与客户建立了良好的合作关系。我们正在朝着更标准的方向发展。”

- [www.bonifacioconsulting.com](http://www.bonifacioconsulting.com)
- [clarkstonconsulting.com](http://clarkstonconsulting.com)
- [www.gehealthcare.com](http://www.gehealthcare.com)
- [www.owensdesign.com](http://www.owensdesign.com)



# 新型聚合物在增材制造中的应用

## New Polymer Applications in Additive Manufacturing

新材料和制造纤维增强塑料的新方法为制造商提供了更多选择。



通过使用 3D Systems 的 Figure 4 Production Black 10 新型感光材料，一个 DLP 引擎在 48 小时内生产了这 1200 个塑料成品工件。（图片由 3D Systems 提供）

聚合物的 3D 打印已经有 30 多年的历史了。正如加利福尼亚州，Berkeley 市 3D Systems Inc. 公司的高级应用程序开发副总裁 Patrick Dunne 所说，该技术在许多不同的行业中大放异彩。“从 Space X Inconel 火箭组件的大型熔模铸造模型到

用于矫正牙齿的 Invisalign Clear Aligner 工具的大规模定制。我们有客户每天需要定制打印 400,000 件独特的塑料件。”即便如此，Dunne 表示，材料的创新还在不断地促进新应用的出现。

一种最新材料的出现，解决了 Dunne

所说的增材制造的“命门”：简单塑料工件的大批量生产。为此，3D Systems 刚刚发布了 Figure 4 Production Black 10 (PRO-BLK 10)，Dunne 称这是第一种“直接”光敏聚合物，可用于生产具有产品级属性的部件。





创新  
SOLVED!  
解决方案!

***Goodfellow***

全球材料供应商

[www.goodfellow.cn](http://www.goodfellow.cn) | [china@goodfellow.com](mailto:china@goodfellow.com) | +86 21 6112 1560

3D Systems 将其非接触式薄膜数字光处理 (DLP) 技术与 Figure 4 Production Black 10 相结合。DLP 是一种快速固化技术, 不同于传统光敏聚合物需要在烤箱中长时间放置才能够完全定型的特性, 这种新型的技术非常简单。“只需要清洗、干燥、并用光固化, 您就可以得到具有所需功能性的塑料组件。” Dunne 说。他还补充道, 这种功能需要两个基本的材料特性, 第一个是提高屈服伸长。

“该行业非常关心材料的断裂伸长率。” Dunne 说, “但其实屈服伸长率也是保证材料功能性的一大重要属性。因为一旦(零件受力)超过塑料的屈服点,(它)就会处于永久变形和扭曲状态。几乎所有的聚合物, 包括立体光刻树脂和喷墨树脂, 乃至于市场上历史上使用的所有不同塑料, 屈服伸长率都非常低。以至于它们在使用时基本上都处在永久变形状态。”

相反, Figure 4 Production Black 10 的断裂伸长率就可高达 12%。“它看起来就像塑料一样。” Dunne 说, “它的各项

特性几乎与热性塑料相同。当他弯曲时, 会像塑料一样回弹, 当应力和应变接近断裂点时, 它不会突然或意外断裂, 而是具有屈服韧性破坏模式。它可以满足您对于塑料的各项期望。”

产品技术型的第二个关键要求是环境稳定性, 正如 Dunne 所说, “试想一块非常坚韧的塑料, 这一切都很好。但是如果在阳光下, 或者在暴雨中, 或者在冷热交替的环境下, 如果它变得更脆、变色、或者(如果它本身是透明的)变得不透明或半透明, 那么他就不足以用于制造产品。而只能做原型。” Dunne 说, Figure 4 Production Black 10 能够满足这两个材料要求, 但主要驱动因素还是化学方面的突破。

## 大规模生产

当然, 生产要求不仅限于这两种材料特性。最终工件的尺寸精度和表面光洁度同样不可忽视。而且, Dunne 说, 可扩展性还取决于能够自动快速移除构建过程中所需的支撑结构。这是通过 3D Systems 的 Figure 4 Production 打印机实现的, 它提供“混合微像素和精确支撑结构”。Dunne 表示, 在移除这些结构后, 您将获得“产品级的表面质量”。该机器还能够零件表面实现特定的“数字化”纹理, 例如表盘上的摩擦夹紧装置。而且由于 3D 打印在小批量生产中的经济性, 制造商可以为豪华汽车等精品应用提供定制纹理。或者, 正如 Dunne 所说: “在订购 Lamborghini 时, 您可以选择水牛皮或鸵鸟皮, 因为这些豪华的内部装饰, 根本不受成本限制。”

另一方面, Dunne 指出, 虽然增材制造的复杂性和成本之间几乎没有相关性, 但这对于复杂工件的大规模生产来说, 也不一定是优势。因为今天“99.99%”的塑料部件设计都非常简单。Dunne 说: “你不能完全依赖于设计中对复杂性的需求来推动经济合理性。”该技术目前针对的是能够手持的小型塑料零件, 但他同样表示, 这并不是妥协, 而是其实“超过 80% 的塑料零件, 都是该类小型零件”。

Figure 4 Production Black 10 看起来像 ABS 塑料的哑光、不透明、黑色部件。3D Systems 计划发布该材料的不透明白

色版本, Dunne 表示: “该颜色也将对行业产生颠覆。”

## 通过复合材料开展 FDM

熔融沉积建模 (FDM) 技术是由位于明尼苏达州 Eden Prairie, Stratasys 有限责任公司的联合创始人 S. Scott Crump 于 1988 年最先发明的, 也是现在最常见的 3D 打印技术之一。与 DLP 一样, FDM 的许多最新进展都源于新材料, 特别是复合材料的发展。正如纽约 Brooklyn 地区 MakerBot Industries (Stratasys 的子公司) 的工程副总裁 Dave Veisz 解释的那样, 基础聚合物添加增强剂推动了 FDM 部件在苛刻环境和工夹具制造中的发展。Veisz 解释说, 增强材料“通常是一定比例的碳纤维或玻璃纤维。它结合了基础材料的属性, 无论是耐化学性、抗冲击性、强度还是耐温性都非常优秀。现在人们将这些硬纤维加入传统材料中来提升强度和刚度。”

MakerBot 打印机不会在打印过程中添加纤维。相反, MakerBot 与行业先进的 3D 打印丝公司合作, 将纤维填料添加到了工业螺杆的挤出生产线中, 生产出了直径为 1.75 毫米的长丝, 并将其用于 MakerBot 机器。这些细丝本来是纯塑料的, 但现在, 他们加入了玻璃碳纤维碎屑。MakerBot 还可以提供专门的 LABS 实验性挤出机, 用于打印来自合作伙伴的耗材。挤出机的硬钢喷嘴在制作物体时将长丝的直径压缩到了 0.4 毫米。特别是, Veisz 还强调了一种 Kimya ABS, 他们在其中加入了碳纤维, 既产生了更高的刚度-重量比, 又能防止静电放电 (ESD)。Veisz 解释说, 在制造电子夹具和固定装置时, 消散静电荷的能力非常重要。

马萨诸塞州 Watertown 市 Markforged 公司的材料总监 Joe Roy-Mayhew 也赞同这些想法, 同时补充说, 这些复合材料中的纤维越长, 机械性能越好。Markforged 公司有两台机器, X5 和 X7, 可以通过使用两个不同的喷嘴来加入连续纤维。一个喷嘴喷出熔化的塑料并进行沉积, 然后用第二个喷嘴铺上连续的碳、Kevlar 或玻璃纤维, 通俗的说, 就是一边铺放一边熨烫。

Roy-Mayhew 解释说: “你可以得到这些纤维的真正强度。相比用短的、切碎的



据制造商称, MakerBot 的 Method 3D 打印机起价 4,999 美元, 由于具有密封的材料舱、加热室和其他功能模块, 该设备能够实现  $\pm 200$  微米的尺寸加工精度。(图片由 MakerBot 提供)





HP 的 Jet Fusion 系列设备能够在整个工作区为每一层快速打印熔接剂和细化剂，并将其通过能量融化，再结合。该公司表示，这使得该设备的速度比 FDM 和 SLS 打印机解决方案快 10 倍。（图片由 HP 提供）

纤维填充材料，这种方法的机械性能要好一个数量级。这就是为什么我们能够在塑料复合材料部件中获得或超过铝的性能。”

这种提升是巨大的。使用短纤维的 Markforged X3 所生产的材料比 ABS 强 20%，硬 40%，而 X5 所生产的材料比 ABS 强 20 倍，硬 10 倍。Markforged 的顶级工业机器 X7，生产的材料“比 6061 铝更强，并且轻 40%”。对于弯曲强度，Roy-Mayhew 表示填充尼龙材料时通常为 50-100 兆帕 (MPa)，强于显微碎屑，且比未填充的尼龙提高 50-100%。但在加入玻璃纤维后，这一数字将迅猛提升至 500MPa。

为了解释这一现象，他拿 Lego 积木做了一个比方，用一组短的砖块建造一个梁，它在负载下会很容易破裂。但是增加一块长砖——即使很薄——它也将延伸到整个梁上，并在重压下支撑整个结构起来。在第一种情况下，每个连接点就像 X3 和类似系统中使用的纤维碎屑。每个碎屑之间都可能是断裂点。第二种情况虽然也有类似的缝隙，但同时也有一个连续的“砖头”，使整个结构变的更加坚实。

然而，所有的 FDM 机器都是分层打印的，层与层之间的垂直附着力远小于任何特定层内的附着力。而且连续纤维打印机并不垂直地铺设纤维。因此，FDM 材料不是各向同性的，上面引用的强度数字适用于一个平面，即水平 X-Y 平面。这也意味着，虽然连续纤维打印机在 X-Y 平



据制造商称，MarkForged 的 X7 机器通过铺设连续的加固纤维，在重量降低 40% 的基础上，打印出了比 6061 铝更坚固的零件。（图片由 Markforged 提供）

面可以达到金属的强度水平，但材料在 Z 平面的强度只能与其他塑料打印机一样。Veisz 说，Z 轴附着力的程度取决于材料和机器，通常都为 X-Y 平面强度的 60% 至 70%。尽管如此，还是有办法提高 Z 轴的强度，使其更适合用于功能性部件。Roy-Mayhew 认为，也许更重要的是，大多数应用不需要完全的各向同性。

Veisz 解释说，像 MakerBot 的 Method 和 Method X 机器那样的加热室，可以打印工程级的材料配方，该配方与注塑成型相似，因此工程师可以用与实际生产相同的材料制作原型。与加热床或露天桌面打印机相比，加热室还能在 Z 平面产生更高的粘合力。“我们将 ABS 和 ASA 的构建平面加热到大约 100 摄氏度 (212 °F)，这刚好低于材料的玻璃转化温度。之后让零件融合并慢慢进行冷却，也起到一个退火的作用。”

将该方法与传统的金属淬火相比。这种方法将改变晶粒结构，使零件变脆，容易开裂。相反，淬火却使金属具有不同的机械性能，特别是增加了强度和韧性。

“FDM 打印中的加热室也将产生这种影响。” Veisz 说，“虽然关键功能——如

加热室、优化的 Z 强度、减少翘曲和尺寸精度。传统上只有工业 FDM 打印机才有，但 MakerBot 在兼顾了尺寸、价位和易用性的前提下，也实现了该项技术。”

MakerBot 的 Method 机器起价为 4,999 美元。然而，这也是他们第一台声称所制造出的工件无论形状又多复杂，精度都可达  $\pm 200$  微米的机器。这种说法“前无古人”，Veisz 说，因为之前的设备没有像密封材料舱、加热室、刚性框架和可溶性支架这样的关键部件，就会产生众多的外界干扰，从而难以保证成品零件的尺寸精度。

Roy-Mayhew 观察到，对于大多数应用，零件只会从特定方向而不是每个方向受到应力。“在 3D 打印中，您不必自下而上地构建零件。我们可以进行横向或对角打印，从而以最佳状态面临使用中的应力。我们能够通过尽量减少分层，来降低层间薄弱环节的影响。我们也可以将应力转移到纤维上。这一切都非常重要。” Roy-Mayhew 表示，更重要的是，大多数的工件都不用加固整个零件。该连续纤维 3D 打印机的用户在第一次使用打印机时往往会使用大量纤维进行构建，然

后都会逐渐了解到，选择性加固的成本效益更高，并且也能够提供所需的性能。Roy-Mayhew 说：“我们也有客户通过 3D 打印技术替代了传统的金属部件，从而降低了数吨的重量。”

一个重要的例子是美国军方，他们正在使用这些打印机为站场上的设备替代金属制造备件。他认为，这些部件非常好，以至于对 3D 金属打印的需求主要是由高温下应用所驱动的，而不是“室温”下的强度需求。为了避免歧义，他也补充说，Markforged 同样生产一系列的金属打印机。

## 其他先进的 FDM

除了添加纤维以扩大 FDM 部件的适用性外，Veisz 还盛赞了 BASF、Mitsubishi Chemical、Polymaker、Kimya 和 DSM 等大型塑料公司制定的，可用于

FDM 的打印丝，“其产品能够达到传统注塑成型产品的标准”。

其中一些新材料符合 UL 阻燃性 V-0 标准（V-0 是相对阻燃的）。这使得 FDM 成为了某些终端零件制造的可选工艺，例如飞机内饰部件。

例如，在 Airbus A350 客机中，有超过 1,000 个零件都是在 Stratasys 机器上进行打印的。“Siemens 公司用 FDM 打印机生产了大量的或者零备件。”Veisz 说。

其他改进侧重于降低成本和加快流程，以便提升生产规模和经济性，从而提升 FDM 打印的产量。Veisz 说，其中一项改进是水溶性支撑结构：“在打印完成时，您可以将其放入搅拌罐中，随后无需进行任何手动操作即可冲洗掉支撑物，而只留下所需的几何模型。”

这也消除了以前对于 3D 打印，学习

成本过高的困扰。他补充说，现在，在打印及打印后分离支撑时，没有必要担心零件的方向是否正确。

相比之下，Roy-Mayhew 说，Markforged 更倾向于使用分离式支撑，因为这是一种更快获得成品零件的方法。此外，他说：“对于我们的打印机，在 45° 的角度打印任何东西时都不需要支撑。”对他来说，这也说明了“聚合物打印和金属打印之间的巨大区别”。

所有形式的金属打印都需要大量的后期处理，而 MarkForged 的聚合物和复合材料打印方法“在离开打印机时就能生产出可用的部件”，Roy-Mayhew 说。

HP 声称获得了 10 倍于 FDM 的速度

正当你认为不可能有另一种 3D 打印方法时，加州 Palo Alto 的 HP 公司带着 MultiJet Fusion (MJF) 来到了我们的面前。该工艺类似于粉床融合，即为每一层单独铺设粉末。并且，HP Jet Fusion 设备能够在整个工作区为每一层快速打印熔接剂和细化剂，并将其通过能量融化，再结合。

HP 公司的专有结构能够在熔池的每一英寸上每秒打印 3000 万滴。再加上融合剂和细化剂的综合作用，就能够产生“极高的精确度”，并且在高速下打印出平滑，清晰的边缘。那具体有多快？根据内部测试和模拟，HP 声称比 10 万 -30 万美元价格范围内的 FDM 和选择性激光烧结 (SLS) 打印机快大约 10 倍，并且还能够使每个零件的成本降低 50%。

新的汽车应用包括 EDAG 开发的“动汽车拓扑优化的主动冷却剂分配器”。Adient 是一家为主要汽车制造商服务的全球汽车座椅制造商，该公司“正在制造一种新的座椅头枕，能够在不影响材料强度和灵活性的前提下，优化尺寸并实现轻量化”。Glaze 假肢公司也正在通过 HP 的 3D 打印技术定制假肢，这些假肢更轻、更便宜、更舒适，极大地改善了世界各地病人的生活。而对于本文开头提到的 Invisalign 公司，其 SmileDirectClub 已经拥有了 49 台 HP Jet Fusion 3D 打印系统，每天能够生产超过 5 万个定制化的口腔模型。

[www.3dsystems.com](http://www.3dsystems.com)

[www8.hp.com](http://www8.hp.com)

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

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



Haddington Dynamics 公司通过在 MarkForged 机器上打印大部分零件，将成本降低了 58%，并将其机械臂上的零件数量从 800 个减少到不足 70 个。此外，该公司通过用连续的碳纤维长丝材料进行加固，提升了其刚度。最终，该手臂实现了 50 微米的运动精度。（图片由 Markforged 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](mailto:imthot.zc@zeiss.com)

蔡司中国工业测量官方网站: <http://www.zeiss.com.cn/imt>

蔡司中国工业测量网上商城: <http://cn.probes.zeiss.com/>



# Mayo Clinic 的增材制造辅助手术

## Additive Manufacturing Aids Surgery at Mayo Clinic

通过增材技术让医生对肿瘤了如指掌。

在 Mayo Clinic 的 3D 解剖建模实验室中，有一个装有肺、心脏、充满肿瘤的头骨、大脑、肝脏、肾脏和胸腔的架子。然而，这些器官都不是真正的骨肉。而是由 3D 打印的特定患者的模型，它们都在帮助 Mayo 医生进行有效地医疗保健。

该诊所位于明尼苏达州，Rochester，在其手术室上方的五层实验室里，放射科医生、工程师和影像技术人员与世界上一些最优秀的外科医生和医学专家相互合作，来制作这些 1:1 大小，且可以用于挽救生命的模型。他们所用的材料由大豆和玉米组成，这个方寸大小的实验室，为医疗领域增材制造增长带来了强大的驱动力。

尽管在实验室中采用了众多高科技技术，但他们在完成复杂的工作时，还是始终把客户的要求放在首位。这也是他们始终遵循的行为规范，在 150 年里，这一规范推动着这里的一切。这家非营利性医疗中心认为，想要在那些复杂的医学问题中寻求答案，离不开众多能够接受新兴事务的多学科专家之间的合作。

没有什么比在该机构中看着 3D 打印一点一点从测试阶段转变为几乎每天都在使用的工具，更具有说服力的事儿了。

### 可视化问题

Mayo Clinic 于 2006 年开始使用增材制造技术，最早是用于分离连体双胞胎。外科工作人员联系了放射科医生 Jane Matsumoto 博士和 Jonathan Morris 博士，他们促成了 Mayo Clinic 第一例临床 3D 打印解剖模型的开发。

婴儿出生时腹部和胸部连在一起；其中，他们的融合在一起的肝脏尤其成问题，因为器官是倾斜的并长入了彼此的胸腔中。

Christopher Moir 博士领导的儿科外科医生们希望更好地了解复杂的血管和胆道解剖结构，以规划更为困难的手术。放射学团队与 Mayo Clinic 的工程部合作，提供了一个 1:1 大小的 3D 打印融合肝脏模型。Mayo Clinic 的工作人员发表的一份研究论文表示，他们，“获取了近 6,000 张放射图像，编译了两个详细的体积渲染

可视化研究，开发了三种不同的 3D 立体光刻模型，并根据大量医学图像创建了五个个性化的解剖图。所有的这些一起，培养了一支超过 70 人的护理团队。”

经过几个月的计划，他们在 12 个小时内完成了这项人体分离手术，现在孩子们正过着独立的生活。

现在负责临床 AM 工作的 Jonathan Morris 博士说，在这个解剖建模实验室（Anatomic Modeling Lab）里，已经从这个单一模型中诞生了数千个模型。该机构拥有大量 3D 打印机，这些打印机使用不同的 AM 技术来为患者定制不同的解剖结构模型，从而帮助帮助医生进行诊断、准备手术，并帮助患者了解手术过程。

Morris 指出，与仅使用由 X 射线、CT 扫描和 MRI 生成的二维图像相比，使用这些模型时，外科医生的讨论更为全面。

“外科医生们可以对这些模型进行全面观察。”他说。实体 3D 对象可以为他们提供触觉体验，并帮助他们了解在手术室中可能看到的内容，这在以前查看静态二维图像时是非常困难的。

### 渺小的开始

谁能想到 Rochester 这个小地方拥有世界上最好的医疗机构之一。这座小城市最早是一个马车驿站，但很快迎来了接踵而至的定居者，其中也包括出生于英国的 William Mayo，他也于 1863 年建立起了属于自己的外科诊所。在一场致命的龙卷风过后，Mayo 和他的两个儿子 William 和 Charles 以及圣弗朗西斯修女会于 1889 年建立了一家新医院。其旨在“通过提供最好的医疗服务来激发希望，并为健康和福祉做出贡献。最终通过综合临床实践、教育和研究来造福每一位患者”。

今天，每年有来自 50 个国家的超过 350 万名患者来 Mayo Clinic 问诊。现在的 Mayo Clinic 实际上是由明尼苏达州的两家医院组成，大医院位于佛罗里达州和

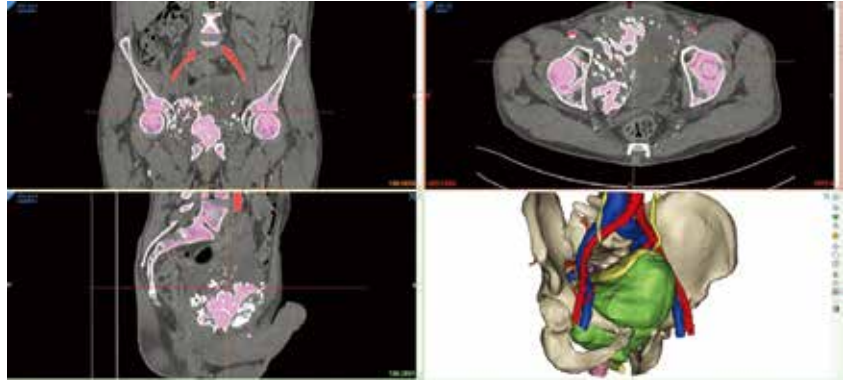


图中为医学博士 Jonathan Morris，他也是放射科医生和 Mayo Clinic 的 3D 解剖建模实验室的负责人。图中陈列着各种器官的 3D 打印模型，通常用于手术计划或培训。（图片由 SME Photo 部门的 Bruce Morey 提供）





图中为嵌入骨盆中的软骨肉瘤癌症的 3D 模型。绿色为是需要切除的恶性肿瘤，一支跨学科的外科医生团队曾用该模型来规划手术。（图片由 Mayo Clinic 提供）



创建用于打印解剖的 CAD 模型的过程对于分割医学图像（例如 X 射线、CT 扫描或 MRI）来说，是劳动密集型工作。（图片由 Mayo Clinic 提供）

亚利桑那州，附属医院遍布明尼苏达州、威斯康星州和爱荷华州。

从一开始，Mayo Clinic 就雇佣了工程师来开发手术器械、工具和先进的医疗程序，这些新发明也在世界各地的医院和医疗机构得到了使用。事实上，在 2014 年，为庆祝其百年诞辰，该医院发布了一份由 Mayo 员工制定的 150 项技术进步清单。

“因为我们在国内地属偏远，因此需要 Mayo 兄弟请人帮助开发和升级护理工具。” Morris 说。从本质上讲，如果出现问题，我们有专门应对的工程师、医生和其他医疗专业人员。

现在的 Mayo 的员工同样有着这样的自信，尤其是在增材制造方面。

## AM 正变得越来越重要

AM 团队制造了各式各样的由粉末、液体和细丝等原材料所构成的模型。这些材料可以是刚性的或柔性的、生物相容的和可消毒的，甚至也可以根据患者需求来进行定制。它们有多种颜色，这些颜色通常代表不同的解剖结构。骨头是白色的，主动脉是红色的，肿瘤是绿色的。此外，该团队还开发了基于 3D 打印技术的特定截骨术切割指南，以提供手术中的帮助。这些工具可以节省手术室的时间，减少麻醉时间，改善结果，并在某些情况下降低成本，所有这些都是为了提升治疗效果并降低患者痛苦。

例如，心脏和血管系统的 3D 模型显示了这些结构之间复杂的空间关系，这些关系因人而异，无法从二维图像直观看出。

“要根据 CT 扫描做出（决策），将其扫描成 0.75 毫米的切片，然后在您的

脑海中对其重建，这需要大量的前期训练。” Morris 说。

他补充说，Mayo 诊所的几乎所有内科和外科专科都在使用 AM 技术，并从中受益。这些专科包括耳鼻喉科、整形外科、肿瘤外科、神经外科、胸外科和心血管外科。已证明 3D 打印解剖模型可用于头颈部手术、复杂的面部或气道重建、心脏手术、肺部手术、关节重建和肿瘤切除。而最新的探索领域之一是子宫内手术。

考虑到缺乏人体标本，这些 3D 模型不仅在手术中发挥着重要作用，而且在教育医学生、住院医师、研究员方面，以及帮助外科医生学习罕见或困难的外科手术方面，也至关重要。

其中一个例子是小婴儿的大脑重建。Morris 说：“您基本不可能把婴儿的大脑拿在手中。但是有了成像数据，我们就可以将其打印出来，甚至一个具有 30 个学生的班级中，我们可以做到人手一个。”

## 内部制造

在 Mayo Clinic 中，AM 技术很容易实现，因为它是在内部执行的，不需要外包。外科医生可以直接来实验室说他们的特定需求，并且准确高效的生成模型。讨论模型大概需要数小时，制造大概需要一天，但这仍比外包的数周要快得多。时间争分夺秒，因为患者可在飞抵医院并与医生碰头的三到四天后可能就需要进行手术，Morris 说。

Mayo Clinic 的多学科方法和组织结构使这种级别的协作成为可能。Mayo 的 3D 打印技术是以外科医生工具的性质发展起来的。“在这里，对复杂病例有临床需求

的外科医生都会来要求 3D 打印模型。”他说。

为了满足不断增长的 AM 需求，该机构扩大了空间，雇用了更多员工并购置了新设备。放射科医生负责检测实验室构建的所有模型。不包括在 Mayo Clinic 雇用的 70 名工程师在内，该部门还聘请了两名全职生物医学工程师，并计划于今年在增加一名，还购置了图像分割器来制作 CT 或 MRI 扫描的模型。此外，为保证 3D 打印机正常运转而聘请的医疗技术管理人员也在背后默默地支撑着这一切。

放射学专家在制定协议和获得 3D 打印的数字模型后，由分割器从图像中追踪出各种器官和身体部位，便于后续打印。通常，需要通过手术切除的肿瘤或受损区域都是由确定肿瘤边缘的放射科医生所确定的。

例如，他们曾经为一个计划被切除的大型盆腔肿瘤创建实体模型。在创建这个模型中，技术人员分割了骨骼、动脉和输尿管。“那需要进行五种不同的 CT 扫描，却要共同采集信号。” Morris 说，“分割器居功至伟，此外，放射科医生还必须在分割肿瘤中确保其他部分的准确性。”

为了确保质量，每台 3D 打印机都会定期进行维护。Mayo Clinic 拥有做 CT（计算机断层扫描）的技术，可以确保重复性和准确性，但实验室还是主要依靠取样，模型和标记来分析和调整设备。

## 众多的 AM 技术

Mayo Clinic 使用了多种的 AM 技术，并始终保持着设备的余量，以便在一台或多台设备出现故障时，仍能够维持正常生

产运行。该诊所所采用的技术包括材料挤压、还原光聚合、材料粘合、喷射以及粉末烧结。3D 打印的成本根据可用的材料选择、颜色选择、模型和支持结构的硬度等不同而不同。

建模实验室拥有三台材料挤出机，其中两台是 Ultimaker S5，这是一种熔融丝制造（FFF）设备，也被称为熔融沉积模型（FDM）机，此外还有一台 PRUSA i3 MK3S 挤出机。

这种打印工艺使用固体热塑性材料的长丝，将其推过加热的喷嘴，在此过程中融化。材料沿着预定的路径沉积在构建平台上，在凝固之后形成一个固体模型。

还原光聚合是一种 3D 打印工艺，通过光源择性地固化桶中的光聚合物树脂。两种最常见的还原聚合形式是 SLA（立体光刻）和 DLP（数字光处理）。这些类型的 3D 打印技术之间的根本区别在于它们用于固化树脂的光源不同。SLA 打印机使用激光束来固化构建平台上的单个树脂点，而 DLP 则使用来自紫外线投影，将整个截面投影到桶中，来一次固化一层树脂。

该诊所使用的还原聚合设备包括来自 Formlabs 的四种 SLA 产品，名为 Form2 打印机。Formlabs 的第三台 SLA 机器 Form3L 是 Form2 打印机的升级版，并计划于 2020 年到位。在 DLP 方面，该实验室采用了 NewPro3D 的 NP1 设备，据报道，该设备可以实现光聚合物的超高速 3D 打印。

另一项技术是粉末床融合，Mayo 在



该实验室的部分任务是评估新技术，例如探索如何在手术计划中使用虚拟现实。（图片由 Mayo Clinic 提供）

实验室中使用了 EOS 的 P110 Formiga 设备，通过选择性激光烧结（SLS）技术，将小粉末颗粒通过高功率激光的热量熔化并融合在一起。

EOS 机器通常用于烧结金属，但该公司也已将该技术用于使用 30W 的 CO2 塑料激光烧结中。

该实验室还使用了 Stratasys Objet 500 Connex3 材料喷射技术和 3D Systems 的 ProJet 660 Pro 粘合剂喷射技术，并且还在 2020 年购置了用于材料喷射的 HP 580 打印机。这些设备的作用类

似于喷墨打印机。可以将液滴材料喷射在构建板上，当其暴露在紫外光线下时就会固化，并且一次一层，从而能够同时打印不同的材料和颜色。

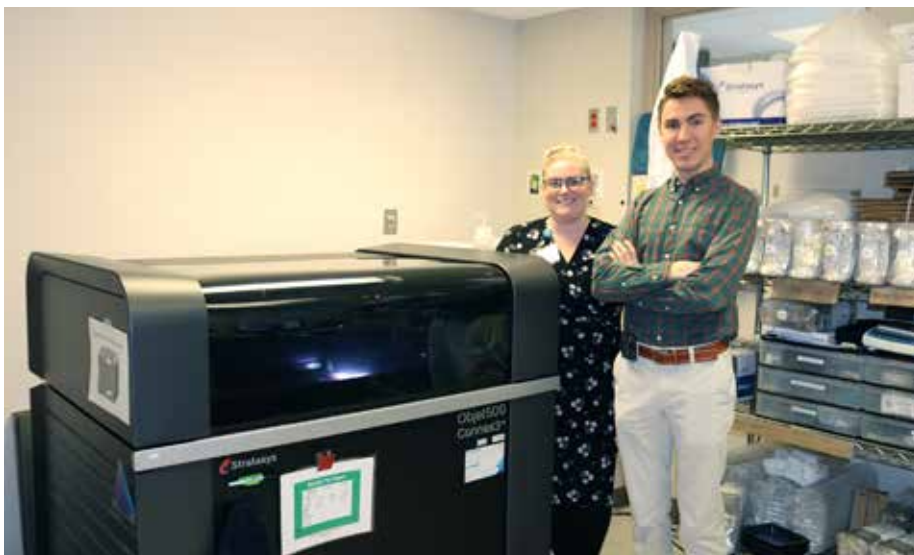
粘合剂喷射工艺使用的是液体粘合剂，用于选择性地粘合粉末床的区域。在粘合剂喷射中，机器将打印头移动到粉末表面上，随后沉积直径通常为 80 μm 的粘合剂液滴。这些液滴将逐层的将粉末颗粒粘合在一起。

## 广泛传播

对于一些不熟悉增材制造环境的实验室来说，所需的机器数量以及类型可能令人望而生畏。为了分享其相关知识，这也是 Mayo 兄弟在一个多世纪前做出的承诺，Morris 正在周游全国，告诉大家“我们在做什么，并帮助人们来建立属于自己的实验室”。

Mayo 还与北美放射学会合作制定了标准。Morris 说，他们成立了一个工作组来处理增材制造中，包括软件、基础设施和 IT 的相关问题。RSNA 3D 打印特别兴趣小组 (SIG) 的成立旨在帮助推动行业向前发展。其使命宣言是：“通过教育、研究和合作，促进医学中最高质量的 3D 打印应用。”

随着 Mayo 诊所中对 AM 技术的不断追求，我们相信在其 200 周年技术进步清单中，一定会出现 3D 打印的名字。



生物医学工程师 Amy Alexander 和 Hunter Dickens 正在使用 Mayo Clinic 3D 解剖建模实验室中的最新型 3D 打印机。（图片由 SME Photo 部门的 Bruce Morey 提供）



**starrag**

Engineering precisely what you value

Heckert

如果您希望从设备  
使用中获得更多收益



**100%**

生产效率的提高

源自创新的自动化  
流程，镗杆的使用  
和辅助时间的减少。

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

# 医学 3D 打印的材料正变得多种多样

## The Palette of Materials Expands for Medical 3D Printing

随着 3D 打印在医疗领域的发展，新材料的标准也在不断提高。

为特定的 3D 打印机设计专门的材料，从而提高产品的重复性和准确性，有助于确保打印工件长期服役中的耐热性、生物相容性和机械性能。

随着增材制造中批量生产的增加，这种材料和机器的兼容性尤其关键，这也刺激了高产量打印平台的创新。例如，3D Systems 公司的 Figure 4 平台，有独立的、模块化的和生产型的配置，也加入了越来越多的，为非接触膜技术所设计的液体聚合材料。在 IMTS 2018 上，HP 公司继大获成功的塑料打印平台 Multi Jet Fusion 之后，又发布了其 Metal Jet 平台。

通过金属和塑料定制髌关节和膝关节植入物、牙科设备、手术导板和手术前医学模型的技术已经得到了世界公认。在意大利外科医生 Guido Grappiolo 博士植入世界上第一个 3D 打印髌关节杯——Delta-TT Cup (TT 代表小梁钛) 10 多年后，GE 公司在 2018 年 3 月 5 日的一篇博文中估计，其最近收购的 Arcam 电子束技术已经制造了 10 万多个髌关节植入物。这还不包括在其他公司的设备上打印的数十万个植入物。

新材料是为整个新型医疗保健模式而设计的，其中可植入和可穿戴设备、远程诊断/护理以及机器人手术占据了重要地位。应用范围包括从抓手或指南到矫形器和假肢，再到保护设备和更复杂的产品和

部件等。

“3D 打印 OEM 商的技术和资源限制了打印材料的发展。” 3D 服务提供商 Shapeways 的物理产品高级产品经理 Thomas Murphy 说，“我们已经看到了材料公司与 OEM 厂商的关系正变得越来越密切，以提供更多的可选材料。由于许多形式的传统制造，如注塑或机械加工，已经存在了几十年，所以我们有更多的时间来研究更多的基础材料工艺。”

“最终，增材制造和材料科学的进步使我们有可能制造出更坚固、更复杂的零件，这将继续推动行业向数字化制造发展。” HP 的 3D 打印和数字制造市场开发总监 Lee Dockstader 说。

### 充满选择的世界

随着时间的推移，3D 打印供应商所提供的材料种类也在不断增加。现在的选项有：A11 和 PA12 尼龙或聚氨酯的变体；钛、不锈钢、镍和铝合金；或以铜和钨为基底的更新奇的产品。设计工程师可以解决各种性能要求，例如刚性或柔性、抗热或抗冲击、透明度和生物相容性等等。

无论是内部开发还是与其他供应商合作，材料一般都是为供应商的机器专门定制的。这种定制能确保零件在同一台打印机内或从一台打印机到另一台打印机之间的加工准确度和重复性。

2019 年，3D Systems 公司为 Figure 4 发布了几种新的液体树脂，其中透氧膜提升了光敏聚合物的聚合作用。Figure 4 中的 MED-AMB 10 (琥珀色) 和 MED-WHT 10 是为高压灭菌和生物相容性而设计的，分别符合 ISO 10993-5 和 -10 的细胞毒性和皮肤敏感性标准。Figure 4 中的 PRO-BLK 10 和 RUBBER-BLK 10 也符合这些标准，但不限于医疗应用，3D 打印工艺技术研究员 Marty Johnson 说。

Johnson 表示，生产应用材料的概念“层出不穷。然而，材料在使用中需要有长期的环境稳定性。如果我制造了一个有效期为两年的医疗设备，那我必须保证设备的机械性能在大于等于 2 年的时间跨度上不会衰退。并且还要保证在连续打印 2 周后，这个设备的机械性能还和新的一样。现在这些材料都具有这种长期稳定能力。”这包括了湿度稳定性和紫外线稳定性。

他继续说，在 Figure 4 上，所有的机械性能都是在打印机的 Z 轴上体现的，这让客户可以根据所需的质量、速度和效率设置零件，并根据材料数据表获得零件的基准性能。这些材料的标准 3D 打印工艺每层厚度是 50 微米，在这一标准下可以实现印刷质量和速度的最佳平衡，但如果客户需求更精细的话，也可以把层厚削减到 10 微米。

Figure 4 的材料打印速度一般为每小时 40 毫米，其中 PRO-BLK 10 允许打印速度较高，可以达到每小时 60 毫米。“当我们在 2007 年开始基于投影的打印时，我们每小时要打印半英寸 (12.5 毫米)。” Johnson 说。而 Figure 4 放弃了热后固化，只需要根据材料不同，进行 60 至 90 分钟的紫外线后固化，并且还提高了精度。

Dockstader 表示，HP 的 Multi Jet Fusion (MJF) 打印机“正在改变矫形器行业”。该公司通过打印每层薄至 80 微米，即厚度仅为一张纸的材料，来制造其



为医疗应用创造的新型塑料粉末。(图片由 EOS 提供)



矫正器。“通过该技术所打印出的产品，能够与每一个病人脚部独特的骨骼、肌腱和肌肉轮廓特征相配合。从而生产出更轻，更耐用的产品。” ActivArmor 公司正在使用 MJF 技术，基于高温热固性塑料来制作肢体和脊柱的外部支撑装置。“这类类似于防水的 Lego 积木。”同样的 Glaze Prosthetics 公司用 MJF 生产定制产品，相比于前代，“更轻、更便宜、更舒适”。

在金属打印方面，HP 公司与 Parmatech 公司进行了深度合作，为包括 OKAY Industrie 和 Primo Medical Group 在内的客户生产低成本、大批量的金属零件。

“它将利用 HP 的 Metal Jet 技术生产外科手术剪刀、内窥镜手术钳等零件，以及传统金属加工技术无法实现的新型复杂几何应用。”

Formlabs 公司于 2016 年进入牙科市场，2017 年进入医疗保健市场，为其 Form 2、Form 3 和 Form 3B 机器制造材料。其产品应用于外科、放射学、兽医、医学教育和医疗设备等行业。

“大多数骨质结构的模型是用白色或刚性树脂打印的；器官、血管和心脏模型则受益于弹性树脂的柔韧性；而医学研究应用经常使用生物兼容的手术导引树脂。”医疗保健部主任 Gaurav Manchanda 说，“基于耐用、坚韧、灰亲、刚性等特性，医疗器械工程师经常使用我们的工程树脂进行设备研发和原型设计，由于有了全新的 Formlabs 光处理装置，预计今年会有更多的产品案例。”

Formlabs 还开发了为快速打印而优化的草案树脂，其层厚可达 300 微米。“草案工件的打印速度比我们的典型材料快三到四倍，这帮助人们在同一天内对大型部件进行多次优化。”

## 定制解决方案

GE Healthcare 公司负责先进制造的执行总工程师 Jimmie Beacham 表示，他们在尝试了一系列的 3D 打印方法和新材料之后，越来越发现需要为新兴的应用量身定做一些独特的材料解决方案。Jimmie Beacham 是威斯康星州 Waukesha 一个特殊的 GE lab 的主任。

Beacham 解释说：“在减材制造方面，几乎有无尽的备选材料。而对于增材制造，则只有很少一部分。这些先进的公司得明白一点，他们究竟是应该等待新材料的出



HEXR 使用由 EOS 的数字泡沫工艺所制作的头盔。(图片由 EOS 提供)

现，还是自己去找寻。”

到 2019 年底 GE Healthcare 已经从大约 100 个零件的目标清单中拿出了十多个，采用 3D 打印技术进行投产。Beacham 预计，今年又将有多达 20 个 3D 打印部件上线。为了实现该目标，GE 需要构建一个包含几十种独特材料配方的材料数据库。

他说：“在我们所推出的产品中，有一半都是在我们的 SLS (选择性激光烧结) 平台上用尼龙制造的生物制药部件。”很多工作都集中在以复杂的冷却通道歧管为特征的高效铝热交换器上。他还表示：“我们的很多项目都与成像的辐射屏蔽和准直有关。图像链中的许多部件正在使用增材制造原理进行重新设计，以控制和屏蔽 X 射线。”

除了采用铝、不锈钢和钨进行直接金属激光熔融，“我们还在研究铜，但这一突破必须在机器层面。在制作特殊合金时，

我们必须面临一些一次性成形的情况。此外，还有一些利基应用，即将微量元素与不锈钢或钨混合，以获得不同的性能。”

通过 SLS，GE 在极小部分产品使用了聚丙烯。“这一打破了聚丙烯使用准则的做法非常重要。其挑战在于，每个 3D 打印设备的 OEM 商都在用特定的粉末或一组粉末来调整他们的机器。聚丙烯的流动或熔化特性与其他粉末不一样，而且没有大型供应商生产可以与现有设备共同使用的聚丙烯粉末。”

对于立体光刻技术，GE 使用了 Somos 公司的紫外线固化粘结剂。GE 与他们合作研发了悬浮着陶瓷颗粒的液体，用于打印注塑工具。其中陶瓷可以提高导热性和工具寿命。

而对于粘结剂喷射，GE 则采用了不锈钢和钨。“在大多数项目中，我们不是将其烧成一块固体，而是用另一种金属渗入其中。通常我们使用铜作为第二种金

属，并在后处理的过程中添加。铜在传热方面的效果很好，而钨则是很好的辐射屏蔽材料，所以这种组合很好。并且还具有优良的可加工性，非常适合后处理。”

为了迎接新型的生物相容性树脂，Formlabs 在 11 月收购了 Spectra Group Photopolymers 公司。自 2012 年以来，Spectra 一直是 Formlabs 专有树脂材料的主要供应商。Manchanda 说，该公司已经产生了手术导板树脂，并且正在开发的其他树脂，最终将实现一系列牙科和医疗应用。

## 新进展

为 Carbon 的数字光合成 (Digital Light Synthesis, DLS) 技术工艺而设计的材料优化了该公司的无分层技术。Carbon 公司通过专有的连续液体界面 (Continuous Liquid Interface, CLIP) 技术在打印过程中保持了材料在固化部分之间的流动。DLS 和 CLIP 技术将打印速度提升了 25-100 倍 (具体取决于共建新工作)，Carbon 公司材料部高级副总裁 Jason Rolland 说。

在 Carbon 即将开展的项目中，有一项是与 Johnson & Johnson 公司合作，探索“生物可承受的弹性材料”的应用，这种材料可作为一种伤口愈合装置，在植入人体后，像缝合线一样随着时间的推移在体内溶解。

Rolland 说：“我们处理材料的方法

是通过一个大的双固化平台，进行紫外线固化和热固化的有机结合。这大幅度提升了用户对于材料和配方的可选范围。并使我们能够在聚氨酯化学、环氧树脂化学和高温热固性化学 (如氰酸酯) 方面做一些真正不可思议的事情。这给了我们两全其美的机会：不仅有非常精细的分辨率，而且还能够获得最终使用部件所需的机械性能和材料性能。”

这与粉末系统形成鲜明对比，粉末系统“让美国食品和药物管理局非常紧张，因为该系统可能会由于不充分烧结在工件中产生夹渣。” Rolland 说。

鉴于 Carbon 在弹性体方面的专长，“我们正在研究大量的可穿戴应用，在这些应用中，你需要弹性体的柔性和耐用性，这些性能在与耳朵、嘴巴或其他需要定制的器官相接触时非常重要。我们的晶格设计在这一领域是令人难以置信的。你或许认为它是弹性泡沫，但是弹性泡沫在整个部件上的特性是一成不变的。但是我们的数字晶格可以在支撑上设计高密度和低密度区，从而控制各个部分的机械特性。”

这种灵活性在 Carbon 与 Riddell 合作研发的橄榄球头盔中发挥了作用。“围绕着球员的需求，我们对头盔垫子内部进行了软硬分区的设计。在运动保护领域有很多令人兴奋的发展，其中许多应用与医学有关。耐用性和皮肤相容性是其中的关键”

对于卫生保健设施，Carbon 可以采

用其医疗级聚氨酯来制作手术工具和抓手、导板、夹子和手柄。“我们在机器人手术领域有一些客户，他们非常喜欢我们的医疗级热塑性塑料，并使用该材料制作各种东西。”

去年年底，随着 EOS 宣布新的 Digital Foam 计划，泡沫打印向前迈进了一大步。通过高度灵活的聚合物材料，如热塑性聚氨酯 (TPU) 或聚醚酰胺嵌段共聚物 (PEBA)，3D 打印泡沫允许对每个体积像素进行微调。该技术是生产安全、高性能和舒适头盔、矫形器和假肢的理想选择。

EOS 全球医疗业务发展经理 Laura Gilmour 说：“医疗领域的有趣之处在于，通常人们很难关注新材料，因为它们必须具有严谨的临床历史，才能进通过相关部门的监管。很多客户仍然在使用有临床历史的材料，来满足 510(k) 的监管要求。”

HP 公司的 Dockstader 指出，全彩打印坚固、精准的医疗器械是人们的一项新需求，而 HP 公司用其 Jet Fusion 300/500 打印机解决了这一问题。“你可以通过微观体素级的控制进行全彩打印，并生产出带有病人 ID 的，可高温灭菌的工件到逼真的，有真实彩色血管结构的心脏模型，从而降低医生与病人之间的沟通难度。”

今年，HP 已经推出了由 BASF 开发的新型认证 TPU——ULTRASINT，以扩大客户在新型 Jet Fusion 5200 系列系统上的应用范围。Kupol，一家设计和开发公司正在使用 ULTRASINT 为一个创新型摩托车概念头盔开发保护衬垫。

## 多重考虑因素

3D Systems 公司的 Johnson 说，除了在寿命方面，需要经受反复消毒以及不向病人释放毒素之外，美学也是医用增材制造至关重要的考虑因素之一。

“曾经人们会对增材制造的服役时间产生质疑。” Johnson 说，“但现在，我们的长期稳定性已经是以来年为单位计算了——通常这一数字是 5 到 7 年。”

他补充说，外观是至关重要的，并且他指出 Figure 4 的侧壁质量很好。“当我在医生办公室看原型的时候，我不想只看到一个被切碎的、分层的、数字化的工件。看到看起来很真实的东西会让我很舒服。MED-WHT 10 有一个非常光滑的表面，而



使用 3D Systems 的材料在其可扩展的 Figure 4 平台中打印的零件，图中为 MED-AMB 10 和 MED-WHT 10 零件。(图片由 3D Systems 公司提供)





用纤维游离皮瓣进行下颌骨重建的病人专用 3D 打印固定盘。(图片由 Formlabs 提供)

无需进行大量的后处理工作。”

GE 公司的 Beacham 指出，要使材料达到所需的性能，可能需要结合打印、编码、后处理甚至是系统层面的设计。供应商和用户的协同测试也很重要，因为“OEM 商无法对所有规格材料的使用情况知根知底”。

他补充说，设备的变化也在起作用：“不同 OEM 商之间的两台机器的操作方式也不尽相同，无论是激光量水平还是内部材料的处理方式。通常情况下，你必须为该设备寻找独特的材料配方。这一般都不是现成的。”

对于塑料粉末，通常都是新鲜粉末和老粉末混合。

Shapeways 的 Murphy 说：“新鲜粉末和老粉末进行正确比例的混合，将在打印中产生最佳的粉末流动性。”

GE 的 Beacham 解释说：“大多数机器都是将粉末加热到低于熔点数度，然后在用激光一下子增加足够的能量，使其超过熔点。当你把材料加热到那么高的温度时，它就不具备与新鲜粉末相同的特性。”OEM 商通常会规定新旧粉末混合的最佳比例。“有些人建议新旧比例为 1:1。在管理得当的情况下，通常不会产生大量的浪费。因此您必须制定粉末处理策略。”

金属粉末的再利用则是另一回事。“在打印过程中，特别是铝或钛，你可以随着时间的推移改变粉末的化学性质。没有被焊接到结构中的粉末会产生漂移。重要的是要弄清楚在粉末失去使其形成良好焊缝的化学成分之前，可以循环使用多少次。”

创建一个健全的粉末管理策略是减少废品的关键。“其难点在于每次都加入新粉后，你怎么区分这个粉末已经用了几次了。即便从统计学上讲，粉末的寿命是无限的，但是在有些行业还是会很保守，他们会声称不会重复使用粉末超过 10 次以上。在我们的实验中已经有超过 30 次的粉末了。在每次打印时，我们都会加入一个测试标记，以进行化学分析和材料特性研究。”并最终为每种材料制定适当的再混合策略。

Murphy 说，粉末管理包括在从交付到装入打印机这一系列过程中的储存和原材料跟踪。“对室内气候进行监测，以确保湿度始终位于 OEM 商的建议范围内。”

## 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

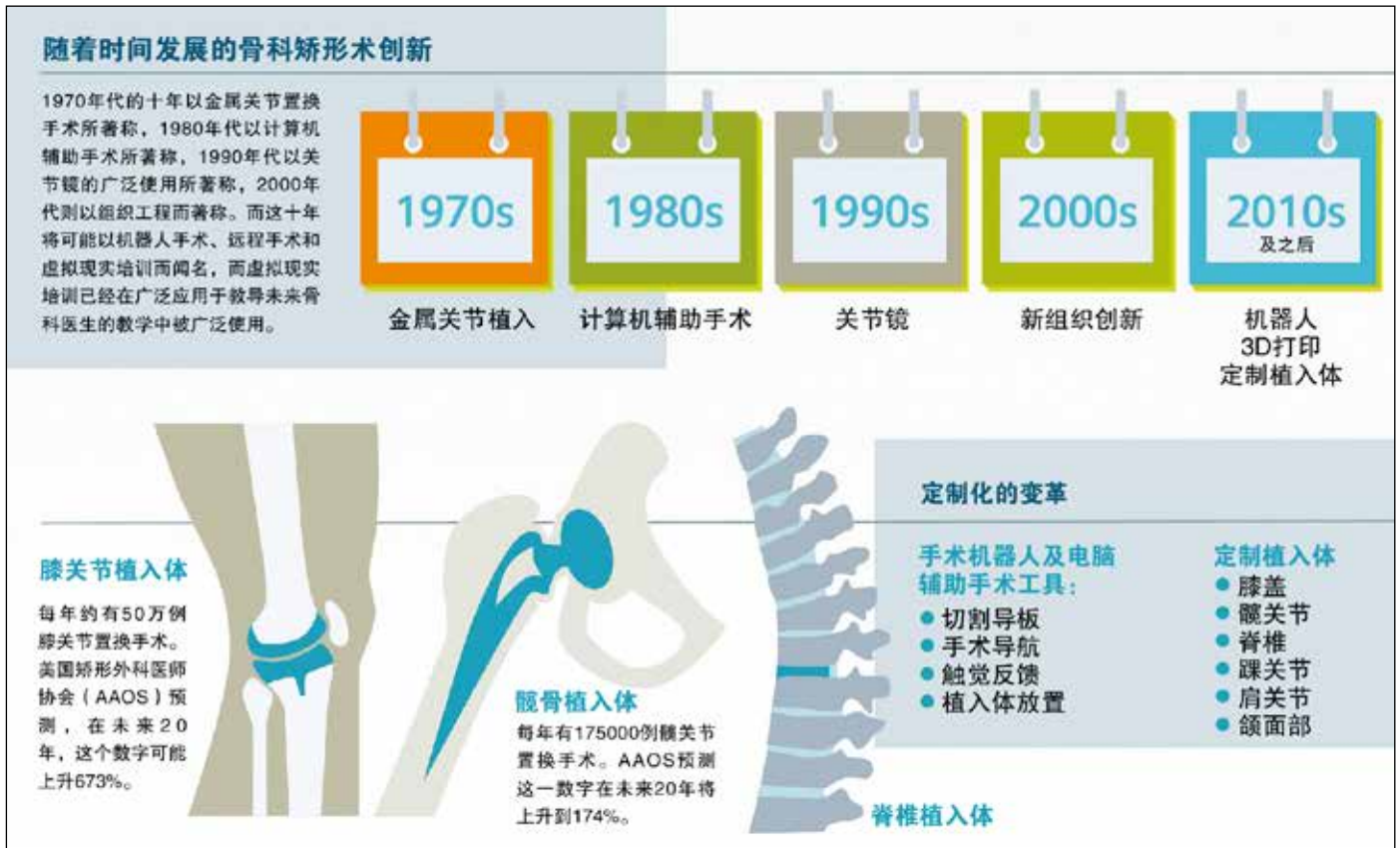
- 姓名 Name
- 职位 Job Title
- 公司名称 Company Name
- 公司地址及邮编 Company Address
- 公司网址 Company Website

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

# 利用增材制造改善患者的治疗效果

## Improving Patient Outcomes with Additive Manufacturing

3D 打印意味着个人定制和更好的护理。



(所有图片均由 Siemens 数字工业软件提供)

国家卫生署 (NHS) 和世界卫生组织 (WHO) 等机构对外科手术的结果进行了越来越多的审查，他们对结果进行审计并公布其结果。随着审查的增加，改善病人治疗效果的压力也在增加。任何手术的目标都是为了限制对病人造成的伤害。对于植入手术来说，无论是膝关节还是髋关节的植入，都不例外。

### 基于准确治疗效果的 外科手术指南定制

大多数植入手术包括使用切割导板，使外科医生在手术过程中能够进行准确、疮口最小的切割。传统上，外科医生有一个工具包，里面有各种尺寸的切口指南，用于正确的植入物尺寸，这是一个繁琐的

过程，需要熟练的外科医生正确放置植入物或部件——这是实现最佳功能和愈合的优先选择。这种一刀切的方法正在通过增材制造的创新方式进行过渡。

外科手术通常要求在手术前对病人的解剖结构进行 CT 扫描，以建立其身体组成的精确数字孪生体。这种病人解剖结构的数字孪生体有助于创建一次性的手术指南，该指南与病人的确切构成相匹配，以便进行最佳的、最小切口和正确的植入物放置。这些指南可以帮助外科医生消除手术过程中的模糊性。

Siemens 目前提供图像到植入物软件，在生产植入物之前协助对图像扫描进行自动过滤和补救，以进一步完善手术规划过程。Siemens 数字工业软件的所有

产品都是 Xcelerator 组合的一部分，在这里，尖端的软件产品被转化为解决问题的方案。

外科植入物的增材制造

制造外科植入物的传统方法需要对多个部件进行铸造和加工。每个铸件都需要一个模具，一个模具的成本从 100 万到 500 万美元不等。数以千计的零件由这一个模具生产，从而降低了每个单独零件的成本，并产生了适当的投资回报。

医疗植入物以往是铸造或机械加工制备的，由于要获得监管部门的批准，因此将增材制造的植入物永久或半永久地在人体内使用是一个漫长而昂贵的过程。然而，这些传统的制造方法并不适用于制造具有特殊晶格结构的植入物。这些结构通常被



添加到植入物中，以鼓励骨质生长，并使其与植入物结合。

## 推进数字材料

除了软件方面的改进，材料方面的新发展也在进一步推动增材制造在医疗应用方面的发展。数字材料涉及采取一种已知的物理材料，如钛，并使打印结构来改变该材料的行为特征。该部件仍然是由纯钛所生产。然而，它的行为方式却不是典型纯金属的行为方式。例如，在未来，膝关节植入物的内部部分可能被打印出一个包括回弹系数的晶格结构，使膝关节能够对植入物和周围骨结构的交界处进行缓冲。

虽然打印植入物还没有普及，但我们看到突破性的技术和研究正在从增材制造的创新中发展。即使是用针来固定断裂的手腕或脚踝的标准做法，也受益于增材制造的定制装配和改善愈合时间和质量的效果。然而，任何新发现都有一个审查过程，这是必要的，但需要时间。一旦越过测试和建立认证的障碍，我们将最终见证这种实验和投资的成果。

## 医疗行业的进步

在美国，每年有超过一百万次的膝关节和髌关节置换手术。整容手术延续了七十年来增材制造采用的趋势。甚至有一天，身体部位或面部特征也可以用生物材料打



根据病人的确切解剖结构定制化打印手术导板。

印出来。

增材制造应用的爆炸性增长正在唤起人们对其技术可能性的热议，特别对于医疗保健行业。然而，要为人打印一个可使用一万次或终生的部件，是一项令人敬畏的任务。医疗行业正在走过一个幻灭期，对 3D 打印在短期内的可能性的期望值进

行了修正，而原来的一些不切实际的期望值则是如此。我们看到，人们对将增材制造用于医疗目的的兴趣逐渐恢复，但全面采用仍还需时间。

## 未来手术

针对病人的具体情况，每个手术都有其独特的要求。因此，即使是定制的手术导板正在采用增材制造，仍然需要外科医生进行大量的干预。手术将永远是一个定制化的过程，对每个病人和不同情况都是独特的，然后在个性化的基础上进行操作。

增材制造使医疗专业人员能够在大规模生产零件成本规模的基础上，每批只以少量溢价的方式生产定制产品。在许多情况下，病人康复的质量和速度很容易证明为定制植入物和手术导板所支付的小额溢价是合理的。这种个性化增材制造方法的小幅增长可以节省大规模生产所需要的资金。

有了增材制造和定制化医疗产品，它不仅仅是制造更好的产品，还能实现更好的患者治疗效果。所有类型的病人都可以成为定制化的受益者，通过增材制造，可以在降低成本的同时，进一步提升治疗效果。



定制化切割导板数字图像显示，以及它将被放置在病人膝盖骨上的位置。

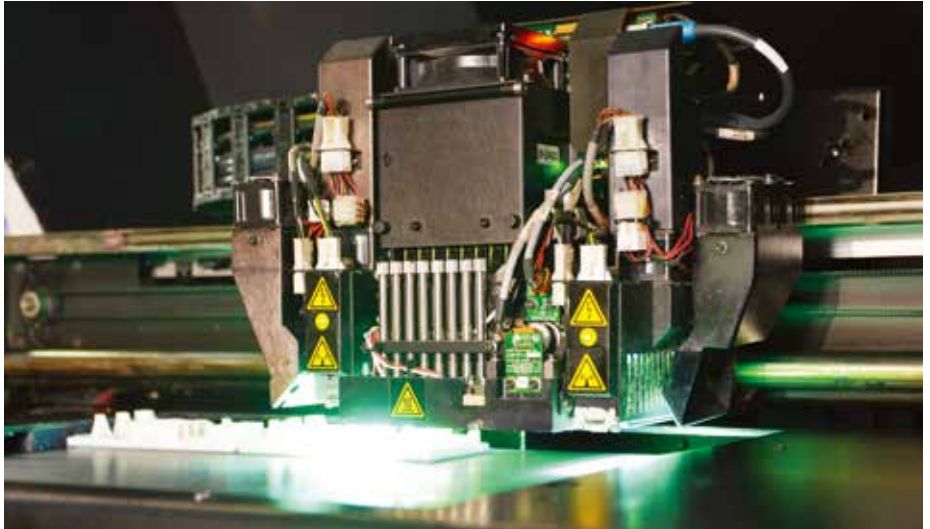
# 将聚氨酯铸造和3D打印结合的先进医疗制造

## Using Cast Urethanes and 3D Printing for Advanced Medical Manufacturing

当注塑成型的成本过高时，医疗设备制造商正在转向两种先进方法的结合——聚氨酯铸造和3D打印。这两种方法可以成功地填补原型设计、中间生产和小批量生产的空白。

聚氨酯铸造是一种小批量的成型制造工艺，其特点是用快速固化的硅胶模具代替硬模具。该工艺从一个母模开始，母模被覆盖在高级硅胶中，固化后取出，形成一个完美的模腔。然后在模腔中注入聚氨酯材料，经过真空、加热和加压等步骤，形成原始模型的铸件。大多数聚氨酯铸模可浇注20-50次。

通过多年使用这项技术的经验，我见证了它被用作产品开发团队进行迭代的完美方式。由于其较短的模具寿命和快速的周转时间，对于那些由于美观或测试营销周期而每年都要重新设计的产品来说，铸造聚氨酯是一个完美的解决方案。聚氨酯铸造是医疗车或设备的聚氨酯壳体和外壳等项目的理想选择。这些产品需要满足高质量的标准，但不需要注塑成型通常需要的高产量。



用于创建聚氨酯铸造模具的 Polyjet 3D 打印工艺。（所有图片均由 Stratasys Direct Manufacturing 公司提供）

Stratasys Direct Manufacturing 公司提供了传统的生产方法和专有技术的改进，包括使用3D打印来生产母模。3D打印使您能够自由地设计带有孔、有机形状和通道的复杂母模。它还还为零件整合打开了大门，多个零件可以组合成一个零件的

设计，可以减少模具的数量。

### 创建复杂的设计

3D打印使复杂铸件的设计自由成为可能。与注塑成型不同，聚氨酯铸件允许不同的壁厚并且不需要拔模。使用3D打印母模进行生产，设计师能够将有机形状、浮雕文字和综合零件设计融入铸件中。

由于采用软硅胶成型工艺，Stratasys Direct可以快速生产大型零件。可以为生产更大型的产品，例如医疗车外壳和大面板。我们还提供铸件的完整精加工和后处理，包括生产喷漆和纹理、EMI/RFI屏蔽和共模嵌件。

### 消除硬模具成本

由于硅胶模具的快速生产，聚氨酯铸造的开模成本很低。在Stratasys Direct，零件可以在短短七天内交付。通常情况下，当工程师需要快速开发较低数量的零件，并且不确定市场的长期数量，因此无法对生产模具进行大量资本投资时，他们会使用铸造聚氨酯。

聚氨酯铸造允许逐季生产零件，并具



一名工人从硬化的硅胶模具中取出零件。



有易于设计变更的额外好处。上市速度仍然是医疗行业的关键，而聚氨酯铸造可能改善的生产时间使其能够尽早获得收益。

## 在医学中的应用

InTouch Health 是一家远程医疗解决方案供应商，它是将 3D 打印和聚氨酯铸造结合起来的一个很好的例子。InTouch Health 与 iRobot 一起创造了 RP-VITA，RP-VITA 是一种远程医疗机器人，可以在医院楼层远程操作。该远程医疗机器人的外壳主要是用聚氨酯铸件制造的，并通过 3D 打印技术制作原型。

InTouch Health 公司的工程师 Danny Sanchez 说：“我们还有五条涉及远程医疗机器人的产品线，而且我们多年来一直使用 Stratasys Direct Manufacturing 公司的铸造聚氨酯。我们开始用 SLA 3D 打印制作原型零件，然后转而使用铸造聚氨酯进行小批量生产。”

一旦产量充足，InTouch 公司就会投资于模具和注塑成型。“对于 RP-VITA，



由聚氨酯铸造工艺制成的最终部件。

我们使用了一种非常好的抗紫外线和耐化学性材料，不需要后处理，” Sanchez 说，“对于我们的其他一些部门，我们使用铸造聚氨酯生产零件已经有五到七年了。”

## 为您的下一个项目考虑

凭借多样化的生产材料目录，包括具有 UL94V-0 阻燃等级和 MR 透明度等特性

的塑料，以及 3D 打印与聚氨酯铸造相结合的优势，我建议您尝试这种独特的制造解决方案。聚氨酯铸件应用在产品开发生命周期的早期生产，同时生产交货期较长的生产工具中，例如化妆品单元和装配线开发单元。在工程师和设计师等待模具生产时，产品组件可以满足行业标准和需求。

[www.stratasys-china.com](http://www.stratasys-china.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®

# 测量正确的数据和背景， 以避免昂贵的非计划性维护

## Measuring the Right Data, and Context, to Ditch Costly Unplanned Maintenance

“历史上，人们 ..... 淹没在数据中，却渴望获得洞察力。”

在 2014 年之前，Delta Airlines 无法在飞机需要停机修理之前获得预警，这将导致航班延误或取消。

GE Digital 公司产品管理高级副总裁 Dan Lohmeyer 说：“这些巨大的消耗是非计划性的维护，你必须把零件和人员带到另一个地方。”

Delta Airlines 预测技术工程总经理 Shawn Gregg 说，当问题出在机身上，我们是百分之百的被动的，我们必须弄清楚问题是什么，需要什么零件来解决这个问题，然后再获得这些零件。”

然后，Delta Airlines 技术服务和工程部经理 Jim Jackson 游说公司为 Delta Airlines 机身结构启动预测性分析 / 维护计划，这种结构通常包括机身、起落架、副翼和机翼，但不包括推进系统。该航空公司已经有一个针对飞机发动机的预测分析项目。

Gregg 说：“我们几乎在项目刚开始就看到了一些结果。”能够预测维护问题，而不是等待问题的发生，是能够提供良好客户体验的主要关键之一。”

作为全公司提高乘客满意度所做努力的一部分，Delta Airlines 在《华尔街日报》的“中间座位记分卡”乘客满意度排名中，从 2014 年的第 3 位上升到 2019 年的第 1 位。他说，虽然其他直接面向乘客的团队发挥了更大的作用，但是，“预测性维护有助于确保飞机可以使用并准备飞行。”

准确的预测意味着 Delta Airlines 现在可以在最有运营价值和地点安排飞机维保。

“我们的维修站有一些独特的能力，有些比其他的更广泛，” Gregg 说，“你想想你所能在一个有这种能力的站点对飞机进行维修。现在，我们可以决定何时对飞机进行维修，而不是由飞机告诉我们何时对飞机进行维修。”



Deloitte 公司的 John Ferraioli 说，公司正朝着基于结果的方法发展。“现在 ..... 我们能够有一个更严格的成功秘诀，而不是“好高骛远”。”

他说，尽管飞机本身通常事先没有显示出问题的迹象，但预测分析已被证明是准确的。

“我们发现，当我们发布预测性维护日志页面时，95% 的情况下都会有一个组件即将失效，” Gregg 说，“预测性分析是与机器无关的。与其说我们有一个充满制造机器的工厂，不如说我们有飞机。我们的工厂就是天空。我们的机器在工厂里移动”。

Delta Airlines 的预测分析之旅是从 777 机型开始的，因为该公司有更多关于这架飞机的数据。他说：“777 飞机当时是我们飞行数据最丰富的飞机，也有最全面的预测性维护工具之一。”

从那时起，Delta Airlines 扩大了其范围，包括其他飞机机型。Gregg 说，其中一个案例是对 737 飞机上的空调。

他说：“我们收到了很多客户关于整个 737 客舱温度不一致的投诉。我们已经制定了一个非常传统的维护计划。例如，

每 100 小时更换一次这个零件，但我们仍然出现了很多误报。”

Gregg 的团队设计了一套传感器，用于测量 737 飞机空调系统的温度和压力。他说，以前 Delta Airlines 利用每架飞机上较长的计划维修停机时间来安装该系统。

Gregg 说：“我们现在能够在故障发生前一到两周预测出故障，”达到了公司的预测性分析目标。

### “渴望洞察力”

在整个制造业中，在数据量增加的同时，人们也改善数据分析，使其更加精准。

Deloitte 供应链和网络运营咨询董事总经理、Deloitte 数字供应网络业务的数据负责人 John Ferraioli 说：“历史上，人们有能力获得大量的数据，但却没有利用这些数据。”他们淹没在数据中，极度渴望提升洞察力。”

现在，公司正朝着基于结果的方向发



展，设定业务目标并分析数据以帮助实现这些目标。

"人们正在意识到他们不必测量，甚至不必获得所有的数据，"他说。"他们测量重要的东西。他们测量正确的数据，在正确的背景下，以获得他们正在寻找的结果。现在，我们能够利用过去的学习经验，并且使数据更具有规范性：'我们想使用这个日期的这个传感器采集点的这个数据'。我们能够有一个更严格的成功策略，而不是'好高骛远'。"

## 对数据价值的认识不断提高

PTC 负责制造战略和解决方案的副总裁 Jean-Philippe Provencher 说，预测分析是 PTC 2019 年 "工业物联网状况报告" 中有 12% 的公司引用的一个新兴工具。

他补充说，PTC 调查公司表示，他们希望在未来增加更多的预测性维护，以改善功能。

Provencher 说："客户越来越意识到他们数据中的隐藏价值，并希望大规模地利用它。"

## 分析需要时间

GE Digital 公司还与 Intel 合作，设计了一个程序，用预测性维护来监测其风扇过滤器单元的健康状况。该公司在 2018 年表示，在早期的试点中，与人工检查相比，Intel 将因风扇过滤器故障导致的非计划停机时间减少了 300%。

但许多公司在运行数据分析后陷入困境，Lohmeyer 说。

"他们了解到某个变量的趋势与以前不同，这表明可能有问题，"他说，"但他们不知道他们应该做什么：是让设备停止使用，还是提前安排服务？"

Lohmeyer 说，下一个关键目标是。"你用这些分析结果做什么？"他说，实现这一关键目标是需要多年的时间。一些公司，如 Delta Airlines，在这条路上走得更远。公司首先必须创建一个数字孪生的蓝图，以建立和跟踪所有可能的不同故障模式。

Lohmeyer 说："一个设备可能有 50 种不同的故障模式——有些严重，有些不太严重。在这些故障模式中，你需要确定故障的后果是什么，以及你可以采取哪些缓解措施来防止故障的发生。"

## 构建模块进行解释

为了建立预测性维护模型，Delta Airlines 将工程师与致力于改善运营的具有丰富经验的机械师进行配对。Gregg 说，在 Delta Airlines 建立目前手册中没有涉及到的新维护警报时，这种经验和机构知识至关重要。

他说："我的团队有责任开出一个非常具体的处方来解决这个问题，包括零件、特殊设备和把飞机送到 Delta Airlines 修理厂的时间。"

数字孪生是这个过程中的另一个重要步骤。

Lohmeyer 说，在开发数字孪生时，许多公司从通用数字蓝图开始。GE 有一个包含 300 多个设备的数字孪生蓝图的目录，包括泵、飞机发动机、变压器和涡轮发动机。

他说，这个过程的第一阶段是建立通用的数字孪生体。然后，公司内有经验的人会对数字孪生体进行定制，以反映该公司如何部署设备、特定故障的后果、对故障的具体缓解方式以及其他问题。

Provencher 说，增强现实也发挥了作用。"尽管数字线程主要作为生成数据的来源和背景功能，但可视化组件——即增强现实——催化了数据的整合，因为它可以进行更多的互动。"

## 检查文化准备情况

公司告诉 PTC，对文化变革的厌恶和缺乏互用性是实施数字线路的障碍之一。Provencher 说，PTC 一直专注于帮助其客户利用其现有的 OT 和 IT 系统，使用物联网平台，并围绕这些系统进行实施，而不是取代它们。

除了技术工作外，Delta Airlines 公司还注重文化转变。

"我们在技术方面有很多工作，但在非技术方面也有很多工作，" Gregg 说，"这其中有很多是基于文化的。我们有世界上最好的机械师，但如果你告诉他们必须更换一个还没有坏的零件，就必须告诉他们为什么要这样做？因为这需要花费大量的工作。说服我们需要开始对飞机进行预测性维护的那位经理 (Jim Jackson) 对如何开始建立信任有自己的想法。他明白障碍是什么。"

为了建立信任和认同，Delta Airlines 不仅仅是向现场的机械师发布更换指令。

"我的团队与零部件车间和我们的外部维修供应商保持着密切联系，" Gregg 说，"很多时候，要更换的部件还没有出现故障。为了确定是否有即将发生的故障，我们必须把零件拆开，进行比其他方式更详细的检查。"

在团队确定该零件是否有故障后，需要将结果告知机械师。

"我们把拆解结果发给机械师，" Gregg 说。"告诉他们，我们把零件拆开后发现这样的问题，所以让你更换这个零件。整个想法是为了闭环，确保他们明白他们也是这种预测性维护理念的一部分。"

## 非常有价值的知识将在未来几年内走出门外 Highly Valuable Knowledge Will be Walking Out the Door in Next Few Years

还没有开始走预测分析之路的制造商需要迅速行动起来。GE 电气数字公司产品管理高级副总裁 Dan Lohmeyer 说，这是因为这一过程的一个关键因素是对大龄劳动力的知识进行编目。

Lohmeyer 说，大多数公司并不完全了解到底需要做什么，以及这项任务需要多年才能完成。

根据美国劳工统计局的数据，2018 年，制造业工人年龄的中位数为 44，高于 2000 年的 40.5。大约四分之一的制造业工人是 55 岁及以上。

"大量的制造业劳动力将在五到十年内退休，"Lohmeyer 说，"一个关键的问题是我们如何走在这之前？我们如何将他们的知识编纂下来？你需要把他们关于设备如何工作、什么原因导致生物故障模式、故障模式的后果，以及采取什么行动来补救故障的知识编纂成册。如果你不这样做，这些人和他们的知识就会离开我们，为你 20 年后的工作埋下隐患。"

# 事半功倍的 AR 技术

## Big Savings, Quick ROI Materialize With the Use of AR

A&D 公司越来越多地在设计、原型制作、生产、维护和现场工作中部署 AR 技术。

Scope AR 公司的客户在 2018 年为猎户座太空舱建造钛板时，使用了增强现实技术，第一天就节省了 100 万美元。当这家总部位于美国的公司发现叠加增强现实的工作说明能够指示出在何处钻孔，当钻孔位置与放置在钛板上的聚酯薄膜所显示的位置不符时，那么该公司就会进行调查。

Scope AR 公司首席执行官 Scott Montgomerie 表示，制造商会意识到聚酯薄膜会被放置在钛面板的后面，如果他们继续下去，钻孔的位置就会出错，他们会浪费一块价值 100 万美元的钛板。从第一天起，采用增强现实的投资回报率就为正。”

在过去的八年里，遍布全球四大洲的十几家飞机制造商发现，Delta Sigma 公司的 AR 系统 ProjectionWorks 可以加快机翼和机身部分上数千个孔位置的测量速度——从每小时 200-300 个孔到每小时 2,000-3,000 个——Delta Sigma 公司首席执行官 Roger Richardson 说。

传统的系统是用缩略图尺度来确定尺寸，然后用手在遮蔽胶带上写出孔的厚度。在一次测试中，Delta Sigma 公司通过无线测厚仪找到孔的正面和背面，记录出尺寸，然后再照亮下一个孔。他说，这个培训只需要几分钟，因为这个过程是基于人类的本能。

“以前，你一个月只能制造出一架小飞机。” Richardson 说。“现在，使用同样的人和同样的加工单元，你可以把 AR 引进来，一个月轻松地制造出两架甚至三架飞机。人们打电话告诉我们，说他们在一架飞机上就收回了全部成本。”

正如这两个例子所显示的，增强现实技术正在成为全世界 A&D 制造商不可或缺的东西。AR 正越来越多地被部署在航空航天和国防领域中，用于设计、原型制作、生产、维护和现场工作，具有快速的投资回报率、减少错误和显著节省时间的优点。

其中最引人注目的是 Lockheed Martin 航天公司正在使用微软 HoloLens 头盔与 Scope AR 公司的 WorkLink 平台来建造猎户座太空舱项目，Montgomerie 在接受本刊采访时说。

“在像航空航天和国防这样的行业中，人们对故障是零容忍，或者在现实中需要尽可能地接近零的。”他在最近的一篇文章中写道，“增强现实是最终实现‘测量两次后一次切割’加工的参考检查方式。”

Montgomerie 和 Richardson 说，在过去的两年里，AR 在 A&D 和其他行业中获得了良好的发展势头。

“我们现在在五大洲 15 个国家的 35 架不同飞机上安装了 436 个系统。” Richardson 说，“我们正在与 60 家不同的公司合作，而 18 个月前，这个数字只有一半多一点。”

### 主要的竞争对手是人类的惯性

“这种投影工作的主要竞争者不是其他的 AR 系统。”他说。“当我们做一个提案而失败时，99% 的时间我们是输给了‘我们一直是这样做的’这种观念上。而当我们赢的时候，是因为装配线上工作人员或直接参与的工作人员看到了价值，并把它提交给管理层以获得资金。”

### AR 技术易于学习

Montgomerie 说，这项技术对于青年和老年人来说都很容易学习。

他说：“它可能比 PowerPoint 更难一点，只是因为用 3D 工作比用文字和图像工作来说更难一点。当你创建一个简单的动画来一步一步地展示如何实施，那么工程师就可以在大约一天内启动并运行这个软件。一些公司已经培训高中生来为他们制作动画。我们已经有 65 岁的人，他

们并不能非常熟练的操作电脑，但也能够使用它。”

那些早期采用的人们很快就看到了好处。

“有了 AR，错误会大大减少，有时甚至是零。” Montgomerie 说，“你实际上看到了你应该所做的事情，而不会出现记错指令或跳过一个步骤的情况。”

Vizworx 公司总裁 Jeff LaFrenz 说，目前和潜在的应用领域包括潜艇和改装直升机。

其他应用领域包括飞机喷漆、驾驶舱装配系统和火灾探测系统，Richardson 说。这些工作指导系统可以在一个人完成一系列任务时，对他或她进行指导。

“他并不是在看书或电脑屏幕，而是在看他正在建造的东西。”他说“他看到的是虚拟的地方。他只是需要让现实与投影相匹配到一起。”

### 2D 只是还不够好

AR 能够给设计、设计审查和原型制作带来明显的好处。

“当我们能将增强现实技术引入设计和审查时，我们就能改变游戏规则。” LaFrenz 说，“我们有能力不只是想象 3D 是什么，而是实际体验 3D。”

“当你设计一种新的交通工具时，例如一架飞机，它有巨大的结构复杂性，以确保所有的东西都能很好地协同工作。”他说，“你必须从不同领域的许多专家那里获得相关的知识和理解，而这些专家并不一定能经常参与到设计中。”

LaFrenz 说，在传统的设计审查中，3D 模型被投射到一个 2D 屏幕上。但是，这种维度的缺失使得不是设计师的人很难想象这种设计在现实世界中是如何运作的。

不幸的是，这些见解在施工过程中往往只能导致返工或变更设计。

“在我们身处这些空间之前，我们无





2018年5月,在 Calgary 举行的创意破坏实验室活动中, Vizworx 总裁 Jeff LaFrenz 戴着微软 HoloLens 对一个工业综合体进行了实地考察——这在综合体建成之前进行的。其目的是发现设施中存在的任何问题,以便及早纠正,从而减少设计和施工的成本和时间。

精确的.

有力的.

生产性的.

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



**KAPP NILES**

precision for motion

法获得围绕这些空间的洞察力，”他说，“这就是 AR 引入洞察力的地方。我们可以通过 AR 让他们了解空间分布，从而大大降低基础设施设计和建设的成本。”

## 可以避免返工

Richardson 说，一个 Delta Sigma 的客户购买了一套价值 100 万美元的系统，立即能避免每年 1000 万美元的返工浪费。而另几个 Delta Sigma 的客户购买该系统是为了获得更快的产量，然后在避免返工方面实现了意想不到的节约。

“他们告诉我，‘我们在返工方面节省了，我们的成本直线下降，根据我们往常在返工方面的花费，你的系统基本上是免费的’。”他说。

LaFrenz 说，使用增强现实技术的审查人员可以在设计周围走动，例如，很容易看到他们可以把扳手拿到某个地方来拆卸泵，或者他们可以从他们的工作站中触及关键控制部件。

他说：“这甚至比虚拟现实更好，增强现实给了我们真正的空间感。我们适应于生活在一个三维世界中，当我们伸手去抓东西时，我们不会错过它。我们越接近



Mechdyne 公司的 Chad Kickbush (左) 和 Dassault Systèmes 公司的 Jeff Smith (右) 在 Mechdyne 公司的客户国家航空研究所的沉浸式环境中审查飞机设计。

于向人们所提供以及我们的身体所看到的世界相适应的信息，大脑就越容易理解和处理数据。并且我们能够实际走动，从而带给我们带来真正的空间感。”

## 减少设计迭代

Mechdyne 软件业务部门的运营经理 Zach Laws 说，在设计和建模过程中使用 AR，为 Mechdyne 公司的一个客户节省了

无数次的迭代。

他说：“我们合作的客户有一个非常耗费时间和人力的设计建模的过程。这对物理模型的迭代是非常昂贵且耗时的。”

Mechdyne 公司开发了一个基于平板电脑的 AR 应用，让建模者在移动平板电脑或走动时也能精确地在模型上叠加 CAD 数据。

CAD 数据与物理特征的匹配精度达到

## AR 不如 VR 成熟，但有明显的优势

### AR is less mature than VR but offers distinct benefits

尽管虚拟现实 (VR) 是一项更为成熟的技术，并能提供稍好的视觉保真度，但 AR “更符合人类的感觉”，Vizworx 公司总裁 Jeff LaFrenz 说。增强现实的用户能够保持他们对空间的运动感；他们可以看到他们的手，可以看到他们周围的其他人。

“当你把自己放在虚拟现实时，你会失去那种对空间的运动感，”他说，“而在增强现实中，你会立即知道那是一个老鼠洞，还是一扇你可以走过的门。”

随着 AR 的发展，它承担了一些以前由虚拟现实完成的任务，并在某些应用中做得更好。

“虽然 Panoptica 同时支持 AR 和 VR 模型审查，但我们所有客户的共识是，VR 虽然有价值，但 AR 在这方面更具优势，”LaFrenz 说，“使用 AR，甚至在任何人把铲子放进地里之前，人们就能从对已建成的设施进行现场考察中获得同样的体验和见解。”

同样，Mechdyne 公司和它的客户也更喜欢以增强现实的方式运行其系统，而不是采用虚拟现实，Mechdyne 公司软件业务部的运营经理 Zach Laws 说。

“理论上，人们可以在没有实物存在的情况下运行该系统（作为一个 VR 应用程序），但我们认为这样做的意义不大，”他说，“我们交付的系统能在实物（位于用户面前）与平板电脑屏幕上的数字模型结合时显现出了价值，产生了 AR 体验。数字模型的透明度可以变化，这就很适合客户在美学设计上的迭代变化的使用案例。”

Laws 说，在 AR 会话之后，用户可以选择通过将整个会话中捕获的静态“快照”导出到数字 CAD 应用程序中进行会话后的分析。

他说，该系统保留了在物理空间中捕获快照时平板电脑所观察窗格的确切坐标位置，并将其转化为数字空间中的 CAD 模型。

“这使得 CAD 专家可以通过由设计师镜头捕获的快照进行查看，当设计师打算向 CAD 专家传达美学设计的更改以进行迭代设计时，这种方式就极具价值，”Laws 说，“虽然这种会话后的分析可以在 VR 系统上进行，但我们不会认为这部分属于 AR 或 VR 过程，然而在发生迭代设计改变的序列中，以数字方式做出的改变结果会成为下一个 AR 会话的关键切入点。”



## 使用 AR 的用户在工作中能够更加投入 Users of AR are more engaged in their work

从设计到建造，增强现实的用户能够更多的参与到他们的工作中。虽然 AR 不要求人们在设计审查时亲自到场，但无论他们的地理位置如何，审查者在精神上都更有存在感。

Vizworx 总裁 Jeff LaFrenz 说，对没有增强现实的典型模型进行审查中，人们的注意力会发生游离。

“在一个典型的模型审查中，有三分之二的人都在玩手机，因为他们并不关心或不理解所展示的内容，”他说，“这是对人们时间的低效利用。但在我们的工业客户中使用 Panoptica AR，我没有看到任何人在一整天中掏出他们的手机。他们是如此投入于如何使用它。当人们浏览他们所热衷的各个部分时，有多个平行的模型审查同时在进行。这完

全改变了团队内部的动态。”

“这是一个重大的心理差异，” LaFrenz 说，“当人们走进它时，设计感觉会更真实。人们已经在参与使用它。”

除了在制造业中注意到的巨大成本节约外，工人——与那些设计阶段的人员一样——也会更加投入。

Delta Sigma 公司的首席执行官 Roger Richardson 说：

“在一天结束时，你的员工虽然完成了更多的工作，但却没有感觉那么累。”

Scope AR 首席执行官 Scott Montgomerie 说，从反馈中看，一些工人已经在寻找新的工作，以确保他们能够继续使用 AR。他说，其他工人已经推迟了退休，因为他们对使用增强现实技术感到非常兴奋。

毫米级。运动追踪相机监控平板电脑的位置和方向，所以平板电脑的视角在任何时候都是已知的。Mechdyne 公司的 TGX 远程桌面软件被用来从远程工作站实时提取 CAD 数据，并绘制 CAD 数据以匹配平板电脑的视角。

他说，建模者不是对物理模型进行修改，而是改变数字设计。他说，数字模型的透明度可以变化，以使设计者能够同时比较物理模型和数字模型。

“用户可以对他们看到的屏幕进行快照，或者冻结快照，然后在快照上画出他们想要的任何变化和标记，” Laws 说，“这是一个迭代的数字过程，而不是一个迭代的物理过程，虽然量化迭代次数的减少将是一个挑战，但考虑到改变物理模型的性质，以及对物理模型进行反复修改的高成本，每次迭代的投资回报率是非常高的。”

### 设计审查的重点转移

LaFrenz 说，随着 AR 的出现，设计

审查会议的性质正在发生改变，从原有设计师向用户推销他们的设计到设计师帮助人们了解他们如何使用设计。

用户可以在房间里移动到那些对他们工作产生影响的特定设计部分。

从设计到建造，AR 加速了生产过程，并提供了更高的生产精度。

“有一个关于如何组装（猎户座）太空舱的连接器，” Montgomerie 说，“技术人员过去必须进入在太空舱外部的连接器，来查找电缆和扭矩调节，然后找到紧固件，再爬进太空舱内，扣上紧固件，再爬出来。随后，质量保证部门的人员必须在安装技术人员后确保安装工作是否完成正确。最后，技术人员必须再次爬进去，进行下一个紧固件的工作。”

“在 AR 的新世界里，技术人员只需在太空舱内戴着耳机进行工作。耳机在三维空间中可以将扭矩值显示在空间上方的位置。然后技术人员可以进行调整，由耳机拍照显示所做一切的结果，这样就消除了质量保证

的工作。随后，技术员无需离开太空舱就可以继续进行下一个紧固件的调整。”

### OOD 部分显著减少

Montgomerie 说，在美国空军中开发的观察、定向、决定、行动（OOD）循环来看，增强现实技术已经帮助 Lockheed Martin 公司在建造太空舱的过程中减少了 95% 以上的 OOD 环节。他说：“总的来说，他们看到技术人员的工作时间减少了 35-50%，整体生产力提高了 42%。”

到目前为止，大型公司具有更高的购买意向。

Richardson 说，在 Delta Sigma 的 60 个客户中，有 50 个客户的月收入超过 10 亿美元。他说，虽然有些系统很昂贵——Delta Sigma 最昂贵的系统是 270 万美元——但小型投影系统只需 3 万美元就可以买到。他补充说，中小型公司可能在三到六个月内就能获得投资回报。

### 定制化系统即将到来

随着用户要求更多的功能，公司正在努力创建可定制化的系统。

Richardson 说，例如，增加插件功能将使创建的自定义功能更容易实现，这可以完成单一制造商或公司内的单一部门可能需要的功能。

他说：“我们正在制作这些定制化的插件，以使接口适应其他种类的设备，同时采取与以前不同的数据类型，从而从不同测量系统中获得数据。”



AR 可以帮助制造商加倍努力，Delta Sigma 公司首席执行官 Roger Richardson 说：“以前，一个月只能制造一家小飞机。现在，使用同样的人和同样的工作单元，你可以引入 AR，那么可以轻松地在一个月内制造两架甚至三架飞机。”



# 防泄露的数据系统

## Leak-Tight Data Systems

随着制造商发现扩展数字网络的好处，越来越多的网络安全威胁必须得到解决。

Siemens 网络安全技术为制造业用户提供了多种选择，以监控工厂车间和发电厂的运作。(图片由美国 Siemens 提供)

制造业运营面临着众多的网络威胁。最近，来自黑客的危险不仅包括盗窃知识产权，还包括可能使关键基础设施瘫痪的恶意攻击，如对能源工厂、公用事业以及大型工厂的攻击。网络攻击的范围很广，从聪明的、通常有效的网络钓鱼到勒索软件和分布式拒绝服务 (DDoS) 攻击，再到恶意软件和 "zero-day" 漏洞，例如，十多年前那次臭名昭著对伊朗离心机的 Stuxnet 蠕虫攻击。

随着新型冠状病毒 (COVID-19) 的大流行，制造商面临的赌注就更大了。最近的网络攻击造成的供应链中断已经影响到制造业和医疗机构的运行。

位于爱达荷州 Falls 的爱达荷国家实验室 (INL) 国家和国土安全局的首席技术官 Wayne Austad 说："一般来说，制造业是需要保护更为复杂的基础设施之一，因为这里混杂了各种中小型制造商。"

幸运的是，随着世界对这一威胁的认识不断提高，有了更多的解决方案。意识本身可能是第一道防线。

### 面对网络攻击

随着工业物联网 (IIoT) 的发展和

制造业全面数字化的推动，黑客们正集中精力研究工厂车间控制和自动化的内部运行情况。" 华盛顿特区 Siemens 美国公司首席网络安全官 Kurt John 指出："需要关注的关键问题是，整个工业界的网络攻击正越来越多地针对操作技术 (OT) 系统，而不是以往的信息技术 (IT) 系统。攻击 OT 的后果更危险，因为这些系统存在任何的潜在漏洞，特别是在这个正从 COVID-19 危机中复苏的关键时间点，任何攻击都可能使国内制造业陷入瘫痪。

"最大的风险是未经授权访问用于管理工业运营的系统 (例如，PLC、分布式系统、嵌入式系统和 IIoT 设备)，" John 指出。"现在的这种访问已经超出了车间的范围，进入了第三方组织中，其中一些可能是在不同的地方。" John 说，风险包括影响工人的健康和安全性、产品质量，以及建筑和生产线的管理系统的操作中断。此外，连接性通过更广泛的攻击面引入了额外的脆弱性，而知识产权的盗窃始终是制造业的一个大问题。

John 指出，制造商都在夜以继日地为关键基础设施制造相关设备，以帮助保护一线工人和病人免受 COVID-19 的影响。"

随着制造商继续投资于自动化和追求数字化转型的过程中，网络安全必须成为其愿景的核心。这包括 IT 和 OT 生态系统的融合 (人员、流程、技术的重叠)，因为常规的 IT 程序 (如病毒定义更新) 会因为停机而影响生产线，" 他说。

### 采用一些网络基础知识

INL 的 Austad 指出，由于缺乏网络安全，制造业经常成为知识产权盗窃的受害者。另一个网络威胁是对控制系统的攻击。Austad 的专长是控制系统的网络安全，他的大部分职业生涯都是在能源、电信以及最近的制造业中度过的。Austad 说："我们更像是一个应用研究实验室，" 他补充说，该实验室为国土安全部 (DHS) 提供了很多经验，使其专注于电力、能源和极端环境下的零件制造。

随着 COVID-19 危机的出现，Austad 说他看到网络威胁正在发生变化，因为更多的黑客将目标放在了制造业供应链上。犯罪分子正在从随机攻击转向自动攻击的方式，Austad 说。"他们的目标是那些可能更愿意付费的行业，如州政府、学校，以及现在的医疗保健行业。"



很多勒索软件或其他网络攻击都可以通过建立网络安全外围防御来预防，或至少可以来缓解。Austad 说：“很多时候，他们可以进入，但你可以减轻损害”。制造商不希望在事后才发现他们的数字资产受到损害。他补充说：“你是否能够恢复，很大程度上取决于你是否正确设计了你的系统。在检测方面，当然我们正在变得更好。如果你是一个“大人物”，你将成为持久性威胁的目标。大制造商面临的挑战是他们严重依赖的小制造商”。他指出，因此要实施适当的安全态势可能很困难。

Austad 说，网络威胁确实没有因为 COVID-19 危机而发生太大的变化，尽管对供应链的压力已经增加。但主要目标是相似的。当我们在试图满足需求时，就会有不同的弱点。”他说，在早期注意到存在的危机时，汽车制造商在快速建造通风设备和个人防护设备（PPE）方面已面临挑战。

他补充说，即使是提前制定了计划，大多数制造商和工程师也还是会有突然需要远程工作的需求，比如使用 VPN。Austad 说：“这实际上是对你的机器进行质量检查。一个 VPN 从远程位置连接到公司的系统。这是一个你是否准备好扩大规模的问题，随着更多的人连接它，你是否在连接这么多人时牺牲了质量？”

Siemens 的 John 补充说，这些风险一直存在，但 COVID-19 大流行病则提高了赌注。“只要有一个设施断电或停止生产关键的个人防护设备，就可能意味着生命的损失。”他补充说，“不幸的是，随着 IT 资源的分散和人们采用远程工作方式，有些人可能把这看作是一个可以利用的机会。这就是为什么我们现在比以往任何时候都需要提高警惕。”

由于 COVID-19 的存在，更多的员工可以接触到连接的 OT 系统，而不仅仅是那些车间里的员工。”这进一步扩展到了与 OT 系统有连接关系的商业伙伴、供应商，”John 说，“访问甚至有可能分布在不同的设备和位置。COVID-19 进一步加剧了这种风险，让更多的人从潜在的不安全地点进行连接，而且时间很长。”

此外，新的以 COVID-19 为主题的钓鱼邮件诱使人们将他们的系统暴露在网络攻击之下，John 指出，“我们看到攻击

路径可以从企业 IT 方面开始，然后进入到 OT 环境中——这将破坏 IT 和 OT 生态系统。”

## 降低损伤阈值

为了打击网络犯罪分子，制造商需要几种选择方式来防止或尽量减少入侵。”有许多这样的技术——如 VPN、公钥基础设施（PKI 卡）、多因素认证、实时设备监控和工厂资产智能化——这些都可以帮助使远程工作更安全，”John 说，“此外，对于 OT 系统，公司需要接受云端的安全性。如果做得好，它可以使他们更加安全。通过允许扩大远程操作和自动化，可以帮助各行业在应对诸如 COVID-19 等问题时更具连通性和弹性。接受这种连通性，可以使各组织能够使用数据分析，而数据分析又使他们能够实时看到数据并增加洞察力。”

John 说，决定哪种软件能满足公司的安全和运营需求很重要。”重要的一块是，他们能接受包括物联网这样的互联性，所以他们可以使用数据分析，使他们能够实时看到数据并提升洞察力。这使他们能够从开始到结束，看到他们运营的虚拟数据，所以我们的客户能真正的从保护运营环境收益”。

他说，VPN、PKI 卡、专注于 OT 环

境的威胁情报解决方案和多因素认证等技术应该被大小公司更广泛地采用，以更好地保护关键基础设施，特别是随着 IT 和 OT 之间的界限不断模糊而获得成效。”但同样，具有正确安全水平的连接是关键。公司需要接受云中的安全概念。我们知道，公司希望知道他们的数据在哪里，而且是安全的。但事实上，如果做得好，数据在云中可以更安全，因为它在专业人士手中，他们有资源提供领先的安全保护，并在面对威胁时不断升级。”

总部设在芝加哥的 MxD 公司（其前身为数字制造和设计创新研究所）网络安全总监 Akin Akinbosoye 指出，今天，制造商很容易受到各种各样的攻击，其中很大一部分是高度集中于对运营的连通性和员工的远程工作的攻击。他说：“一些威胁包括勒索软件、盗窃知识产权和修改设计最终导致成品失败。”

Akinbosoye 指出，这些攻击中有许多是由各种危险分子实施的，包括国家支持的危险分子。他补充说：“目前面临的难度增加是由于免费、低成本的、复杂的黑客工具越来越多，只要有一点技术知识就可以使用。其代表的是网络攻击的民主化或商品化，更多的人以有针对性的目标采用这些攻击工具。在 MxD，我们积极与我们的生态系统成员合作，以提高他们对自



爱达荷国家实验室网络安全研究员 Zach Priest 展示了结构化威胁情报图形软件，该软件利用先进的图示理论将密集威胁分析代码转化为易于理解的可视化信息。（图片由爱达荷国家实验室提供）



MxD 工程总监 Paul Pierson 在 MxD 网络测试平台上演示了 NIST 网络安全框架。(图片由 MxD 提供)



FANUC 美国公司在 2018 年国际机床展览会上展示了其为制造商提供的智能化、互联 ZDT 技术。(图片 FANUC 美国公司提供)。

己的弱点和所导致的风险的认识。”

Akinbosoye 指出，在 COVID-19 大流行期间，网络攻击加速了。“由于制造商对网络安全的关注度降低，这进一步帮助了网络攻击。”他说，“他们强调生产和工作来应对整个供应链的挑战，以支持业务的连通性。制造商正在为制造过程中的关键部件寻找非传统的和新的来源。这进一步使制造商暴露其系统被破坏的机会。这些国家赞助者与供应链中的一些供应商合作，被指控嵌入了用于从制造商和零件使用的最终产品用户那里收集情报的功能。”

Akinbosoye 说，今天市场上的大多数安全工具都是为 IT 安全开发的，并适

应于制造业的使用。他补充说：“随着人们认识到 OT 具有不同于 IT 的特殊属性，这种情况正在开始改变。一个专注于保护 OT 环境的工具的例子来自 MxD 的成员公司之一，Verve 工业保护公司。该公司位于 Chicago，提供了一个管理工厂车间内，包括 OT 和 IT 资产的技术平台。Akinbosoye 说，该技术平台允许企业以适当的细节清点其资产，以实施保护并管理更新，最终解决任何漏洞。”

Akinbosoye 说：“我想指出的是，保护 OT 系统安全并没有良方，就像 IT 资产保护也没有对策一样，但了解威胁所需的信息来有效管理资产的能力是 OT 安全管理的基础。”其他技术和实践可以分层进行，

以实现全面的安全。”

## 确保正确的工厂资产

新设备也是一种安全威胁。”对我来说，当今制造业网络安全的最大威胁是，确保那些人们以往并不知道需要安全保护设备的安全，”密歇根州 Rochester Hills 的美国 FANUC 公司解决方案工程 - 数控部门经理 Michael Erdner 说，“在过去的十年中，对数控机床数据采集的推动，促使越来越多曾是非常安全孤岛的数控机床成为工厂车间网络的一部分。现在，随着工业 4.0 的推进，我们看到更多的这些机器和外围设备成为整个企业网络的一部分。”

对于 COVID-19 所带来的危机，Erdner 说：“我不认为威胁已经改变，但机会已经到来。作为一家公司，你正试图允许访问这些曾经‘孤岛’式机器，同时仍然需要保持整体网络安全。当它只是在你的公司内部，并很少有外部连接时，这是一项困难的任务。”

Erdner 指出，数控机床能够进行远程运行、监控和维修，但大部分是在内部运行的，只是偶尔通过外部进行访问。他说：“在 COVID-19 事件之后，越来越多的员工在家工作，公司网络看到所需的外部访问增加，他们可能还没有准备好。随着这种外部访问和网络流量的增加，网络攻击的机会也在增加。”

当与任何软件解决方案进行通信时，无论是在企业内部还是在基于云的系统中，

## UL 创建供应链网络安全的解决方案

### UL Creates Supply Chain Cyber Security Solution

位于伊利诺伊州 Northbrook 的安全科学组织 UL 推出了供应商网络信任度解决方案，该方案通过关注供应商安全实践的可靠度，帮助企业最大限度地降低供应链网络安全风险。该解决方案分析了供应商在多个信任类别中的安全实践，从而得出一个记录在案的供应商“信任等级”评级，表明供应商在软件和硬件开发生命周期、托管系统、信息管理系统及其第三方管理中的安全实践的可靠度。

UL 表示，其供应商网络信任度评估能够全面了解供应商的安全状况，同时对不同供应商的网络安全状况进行公平、一致性评估。该解决方案利用了来自行业最佳实践、标准和框架的安全控制，包括 NIST、ENISA、NERC 和 ISO。

UL 供应商网络信任等级加入了其他 UL 物联网安全解决方案——包括 UL 物联网安全评级；IEC 62443 和 UL 2900 系列标准的服务；以及安全设计培训、咨询和测试服务——以解决安全产品开发、智能生态系统网络安全和供应链风险管理。



我都建议人们选择一个安全协议，Erdner说，“我看到的可以更好地利用现有技术的两个最大领域可能是改用管理型交换机和使用加密的通信协议。因为多年前工厂车间是一个独立的网络，当时安装的许多旧设备都没有被管理，这可能会造成安全漏洞。另外，CNC和网络设备之间传输的数据主要是纯文本。由于零件程序和参数等数据采用数控系统中制造过程的IP，只要为这种数据传输选择一个安全的加密协议就可以帮助减少网络攻击的威胁。”

他补充说，随着制造商开始接受云计算作为数据分析的一个可行的地方，他们需要意识到他们在那里存储了什么数据。虽然这些数据可能不是具体的知识产权，如员工数据或机器代码，但攻击者仍然可以访问公司信息，如运营业绩。

## 适应远程操作

虽然制造商的风险水平随着COVID-19危机的发生而增加，但对一流的网络安全的需求也变得更加明确。总部设在Milwaukee的Rockwell自动化公司的全球产品安全负责人Tony Baker指出：“随着这么多人在家工作，攻击面和出错的机会更大了。例如，工人们会以以往不同的方式远程访问他们的操作——其中一些方式比其他方式更安全。与任何重大事件一样，攻击者正在利用人性——比如我们在困难时期对信息的需求——来说服人

们点击恶意链接。”

“另一个发展是重新理解什么是真正的关键制造，”他继续说，“直到最近，许多公司甚至不认为自己产品是关键。然而，COVID-19大流行病向我们表明，更多的公司对我们的日常生活来说比我们想象的还要重要。例如，一次性纸巾生产商在大流行之前可能不被认为是关键，但现在他们是我们的无名英雄，当然应该被认为是关键。随着越来越多的公司被披露为关键企业，他们必须接受这种认识，更认真地对待网络安全，并改善他们的网络安全基础知识和防护攻击计划。”

Baker补充说，今天的许多威胁可以通过有效的网络安全基础知识来解决。“这里面有个人的因素。你应该确保人们，特别是那些远程工作的人，接受识别和避免钓鱼邮件的培训，”他说，“而你的IT团队应该确保密码得到管理，补丁得到实施。”

Baker说，制造网络的设计对安全也至关重要。他说，“例如，确保使用防火墙并对网络进行分段。”许多公司正在利用我们与Cisco开发的融合全厂以太网（CPwE）参考架构等资源，成功创建安全的、为未来准备的网络设计。”事实证明，这些文件中的强大和可扩展的网络，今天对制造商通过快速重新配置他们的生产线来应对流行病大流行非常有用。

“毫无疑问，技术在保护工业系统免受攻击方面发挥着作用，”Baker说，“例如，

帮助你实现生产力、质量和安全目标的同一个控制系统也能解决安全需求。这就是为什么要确保自动化供应商将网络安全作为优先事项并遵守ISA/IEC 62443标准，这是世界上第一个基于共识的自动化和控制系统应用的网络安全标准。”

另一个考虑因素是使用具有CIP安全性的设备来保护关键的工业通信，他说。CIP安全是通用工业协议（CIP）的延伸，它是以太网/IP的应用层协议，有助于保护经过认证的设备之间交换的信息免受干扰和盗窃。Rockwell自动化公司正在推出利用CIP安全的以太网/IP产品，如Allen-Bradley ControlLogix通信模块。

“专门用于工业网络安全的威胁检测软件可以让远程工作人员实时了解他们的网络，”Baker说，“该软件创建了一个工业网络资产清单，监测它们之间的流量，并在最深层次上分析通信情况。任何检测到异常情况都会向工人报告，并提供可操作的见解，以加快调查、响应和恢复工作。”

他说：“同样重要的是要记住——特别是在这种非常时期，当你面临突如其来的新的安全风险或像被解雇人才这样的挑战时，你不需要单独做这些事情。服务供应商可以帮助进行安全评估，提供威胁检测和缓解解决方案，并制定响应和恢复计划。”

“向远程工作的转变可能不是暂时的。”他补充说，“疫情之后，许多公司可能会努力变得更加接受远程工作者。这将带来新的网络安全挑战，需要加以解决。当员工重新回到现场工作时，公司如何处理人的因素也将很重要。例如，急于获得工作信息的员工可能更容易受到网络安全风险的影响，如恶意的网络钓鱼链接。”

当我们从这场疫情中走出来时，Baker主张继续使用最佳安全实践和更好的判断。“如果你的组织正计划保持某种程度的远程工作，请了解你在做什么权衡。”他说，“记住，网络安全不是一个一次性的项目，它是一个持续的过程，必须适应这个不断变化的时代和不断发展的威胁环境。”

[www.shanghai-fanuc.com.cn](http://www.shanghai-fanuc.com.cn)

[www.inl.gov](http://www.inl.gov)

[www.mxdusa.org](http://www.mxdusa.org)

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

[new.siemens.com/cn/zh](http://new.siemens.com/cn/zh)



工程师就制造业运营的网络安全战略提供咨询。Rockwell自动化公司解决整个制造组织的安全威胁，帮助消除了工厂车间的IT和OT系统之间的技术差距。（图片由Rockwell自动化公司提供）

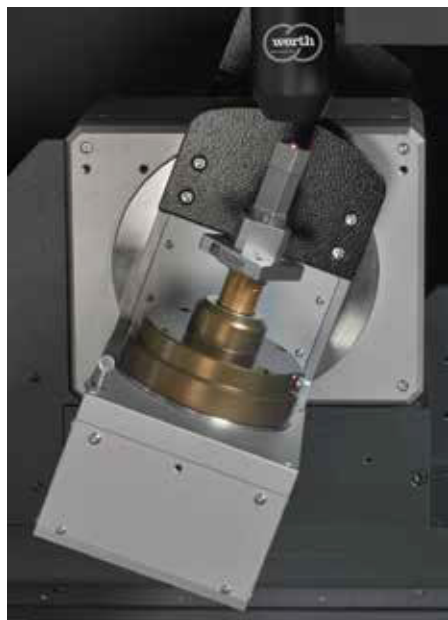
# 适用于光学功能平面生产环节的精密测量技术

光学功能表面和它在生产环节用到的刀具因其表面特性，都对测量技术提出了特殊的挑战。针对不同零件类型，应使用不同的传感器。

光学镜头广泛应用于许多领域，在日常生活中我们经常碰到的是LED透镜(LED发光二极管)、眼镜、隐形眼镜，或是集成在智能手机摄像头、投影仪等。不同透镜类型对测量的要求不一样。例如汽车大灯的LED透镜要求测量复杂的几何形状，该透镜约几厘米大小，中等精度要求。隐形眼镜精度要求也不高，但是它在生产时需要用到注塑模具，注塑模具的生产又需要用到高反射表面的刀具，其公差要求约为 $10\mu\text{m}$ 。智能手机用到的镜头又是不同的测量挑战：这些透镜只有几毫米大小，并经过复杂的组装，公差通常为 $3\mu\text{m}$ 以下。

## 汽车LED透镜：使用CT测量整体几何形状

汽车大灯的LED透镜由光源和反射镜组成。影响光输出效率最主要的因素是不



借助双轴转台可以使不同方向的表面与线色谱传感器对齐

同平面的平面度以及各组件的相对位置。由于同一个几何元素的形状偏差在零件不同区域和短距离内可能变化很大，因此必须以高密度点云测量整个元素。

在计算机断层扫描(CT)中，零件在射线源和探测板之间的锥形射线束中旋转。旋转过程中会拍摄大量射线图片，通过这些图片可以重建出零件完整的体积模型。使用海德专利的亚体素方法计算材料边缘的点云，从而得出几何特征(尺寸)。由于X射线会穿透零件，由此产生的测量点云也会显示零件内部的几何形状。因此，使用CT扫描可以在组装状态下测量整个组件，并评估组件各部分之间的相对位置。由于点云密度高，CT测量也适用于测量形状偏差。

## 生产注塑模具的刀具：光学测量高反射表面

与LED透镜一样，隐形眼镜也是用CT测量的。对于制造注塑模具的金属刀具，也需要进行完整测量。然而，射线很难穿透实心金属的刀具，因此CT测量的精度往往不够。另外，刀具一般都经过抛光，表面非常光滑且反射率高，不同方向上的漫反射很少。光学距离传感器发出的光遇到这种过于倾斜以及高反射的表面，即使光圈较大，也会直接反射错过传感器的物镜，从而丢失表面信息。

刀具通常都是旋转对称的零件，因此可以借助双轴转台将倾斜表面的法线旋转到传感器轴中。通过这种方式，整个零件表面可以通过多次旋转扫描，以不同的角度拍摄到。海德复合式三坐标测量机Werth VideoCheck® FB DZ即可配备双轴转台。该机器是固定桥式设计，结构稳固，可保证精度；两个独立的传感器轴使得多传感器测量少了许多限制，未在使用中的轴可以停在测量范围外的停车位上。由此，光学、接触式或光学接触式传感器可以针对不同的应用组成最佳组合。



使用Werth FiberProbe® 3D测量手机摄像头的塑料镜片

线色谱传感器CFL特别适合测量高反射率表面的刀具。使用CFL，既不存在直接反射、也不存在高反射表面对比度不足的问题。色谱传感器的成像物镜是特殊制造的，它可以使不同颜色的光根据需要的测量范围分开聚焦在不同平面上。如果将白光投射零件表面，则可以借助最高强度的波长到传感器的距离，确定零件表面测量点的位置。

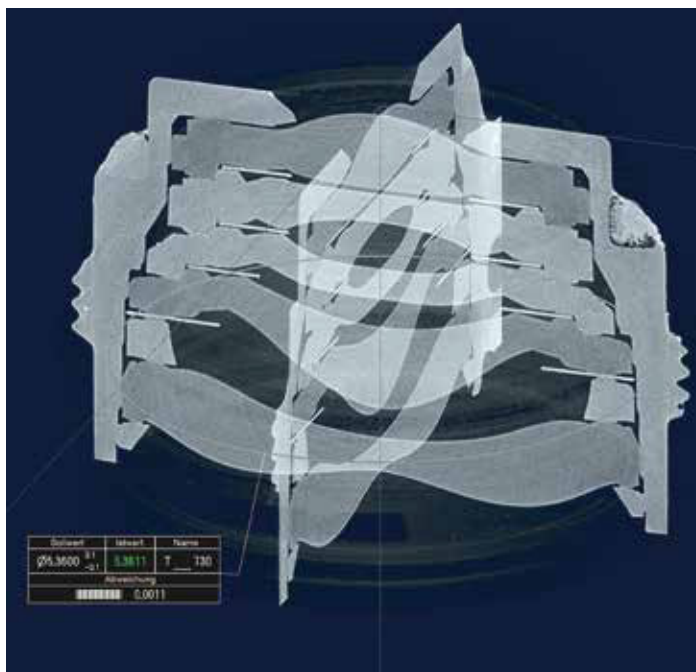
在Werth VideoCheck® FB DZ上将双轴转台和CFL相结合，可以达到非常高的精度，例如可以测量公差为 $10\mu\text{m}$ 的隐形眼镜的注塑模具。CFL还有一个优点是测量速度快，测量对象每秒旋转 $45^\circ$ ，CFL可以捕捉2000条线，每条线约200个点，点密度取决于刀具的直径。最终的扫描结果为整个刀具表面的3D点云，由此可进行尺寸测量或进行数模比对。

## 手机摄像头模组：使用光纤探针测量弯曲表面

除了通讯功能外，如今的智能手机还必须能够为用户做一件事：生成令人印象深刻的图像并捕捉与他人共享的时刻。现在，像素的大小和数量不再是评估手机摄像头的主要标准。为了使用相机芯片成像，光学器件必须满足高要求，比如即使在光线条件较差时，也能拍摄出明亮清晰的照片。

海德在与韩国JiMEAS科技公司多年的合作中，发现智能手机的摄像头作为一种复杂组件，测量面临着较大的挑战。通过专业知识的交流和技术领域的密切合作，海德与JiMEAS共同开发了智能手机镜头模组的测量方案，解决了某全球最大手机制造商之一的客户的需求，并获得了





### 一个手机摄像头模组的CT扫描结果

很高的客户满意度。并且，根据客户不断升级的要求，不断升级开发硬件与软件，确保了客户的技术领先和竞争优势。

在测量镜头模组时，快速精确地测量固定器和外壳对生产控制尤为重要，因为如果无法做到的话，在高速生产过程中会产生过多废料。针对固定器和外壳的测量，惟德变焦镜头（Werth Zoom）因其超高的成像质量是最好的选择。多象限环光（MultiRing）通过将可变距离与多个LED圆环相结合，能够在较大的范围内灵活调整入射光角度，极大地保证了测量的灵活性。

塑料镜片的微型化和精密性是摄像头模组测量的另一个挑战。小巧、弯曲的手机摄像头镜片与生产注塑模具的刀具类似，具有高反射表面。因此，光学传感器在这里的应用由于孔径而受到一定限制，需要寻找其他的解决方案。

惟德VideoCheck®UA的精度高达  $(0.15 + L / 900) \mu m$ ，可能是全世界在售的、精度最高的复合式三坐标测量机，它采用了特殊的气浮技术、集成一体的隔振技术以及温度稳定的、纳米级别的光栅尺。VideoCheck® UA上可配备惟德专利光纤探针（Werth FiberProbe®, WFP）。光线探针用弹性弯曲轴来定位探针球，该探针球最大的尺寸为20μm，其横向的偏差通过光学方法来测量，轴向偏转借助激光距离传感器来确定。通过这种光学接触的测量原理，光学探针的接触力只有数百μN，因此不会对塑料镜片的敏感表面造成损坏。

使用WFP® 3D，可以在一次测量过程中以亚微米级的精度获取塑料镜片的全部参数，包括其表面的整体几何形状。针对手机摄像头模组，WFP® 3D主要测量非球面的复杂形状及其同心度。组装完成的塑料组件可以用CT补充测量，获得各镜片之间的距离、间隙尺寸和同轴度。

[www.werth.com.cn](http://www.werth.com.cn)

**NEW**

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

耐热合金加工用  
航空产业的革命



## SX3 BIDEMICS CERAMATIC



高次元融合的出众耐磨损性和耐崩损性  
——新硅铝氧氮陶瓷SX3面世！！

针对耐热合金的超高速半精/精加工  
——BIDEMICS

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



**NTK**  
CUTTING TOOLS



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

# 远程监测揭示了如何提高激光机的正常运行时间

## Remote Monitoring Reveals How to Boost Uptime on Laser Machines

East Iowa Machine Co. (EIMCo) 位于爱荷华州 Farley 市，是一家提供全方位服务的机械制造厂。它是一家通过 ISO 9001:2015 认证的制造公司，在其独有的 130,000 平方英尺（12,077 立方米）的办公地点，雇用了约 150 名员工，三班倒，使用各种数控设备和最先进的制造工艺，将原始金属加工为成品零部件和组件。

EIMCo 由 Rick 和 Mary Hoffman 于 1992 年创立。公司最初在爱荷华州的 Dyersville 有两名员工：Rick 和他的兄弟 Jamie Hoffman。尽管 EIMCo 正式成立是在 1992 年，但公司的设想在几年前就已成型。Rick 于 1976 年高中毕业后不久就开始在一家机械厂工作。他迅速从机械师发展为领班，再到经理，最后成为自己车间的老板。EIMCo 于 1999 年搬迁至 Farley。

EIMCo 从 21 世纪初开始逐步建立起激光加工能力，大约 15 年前增加了两台 CO2 激光器，2013 年又增加了两台。在去年，他们用一台 8 千瓦的光纤激光器取代了其中一台 CO2 机器。（EIMCo 所有的激光器都是来自 MC Machinery Systems 的 Mitsubishi）。新增的设备极大地丰富了车间可以处理的材料（铝、不锈钢或铜）和加工能力（从精密蚀刻到切

割 1 英寸 [25.4 毫米] 的板材），所有这些都提高了速度。

但是，即使新的光纤激光器开始运行，CEO Rick Hoffman 也意识到有些事情不对劲。他的周日报告一直显示，四台激光器每周大约工作仅 280-320 个小时，达不到每周三次轮班所预期的 400 多个小时。为了达到目标，Hoffman 甚至建议操作员可能必须在星期六加班。

团队可以回忆起偶尔的停工时间，如卡住的塔式装卸，或等待材料的传输，但即使使用了先进的激光器和自动化上下料，仍没达到预期工时。因为无法胜任，车间甚至放弃了订单。

“当客户向你询价时，他们通常希望在一周或更短时间内交货。” Hoffman 说，“如果你告诉他们得 3-4 个星期，那你就别想了。最后，事实证明，我们确实有足够的时间来交付。”

2019 年，当 EIMCo 开始运行其更强大的 8 kW 光纤激光器时，Hoffman 开始意识到这一点。虽然它提供了更快的切割板材的能力，但影响生产力的不仅仅是光纤激光器。最后通过升级，EIMCo 在所有四台机器上都安装了 Mitsubishi 公司的 remote360 监控软件，该软件对公司产生了巨大而直接的影响。



Hoffman 和一名机械师正在检查 EIMCo 的激光切割零件。

“我非常相信实时工作监测。” Hoffman 说，“随着更好的溯源能力，我们希望操作员对机器上任何超过 10 分钟的停机情况做出解释。团队立即变得更加积极地保持机器运转，因为他们不愿报告停工，也不愿周六加班。”

由于 remote360 一直在运行和监测生产，每个星期天，当晚上 10 点的轮班开始时，该软件都可以通过机器跟踪停机时间。从每个班次到下一个班次，Hoffman 和他的操作员可以看到每台机器每天的情况，并为（或解决）某些问题做好准备。以前，这种类型的报告只会每周发布一次。识别和解决问题几乎是不可能的。

在安装 remote360 之前，“团队没有意识到在每个班次结束和每天结束时，30-40 分钟的停机时间是如何算出来的，” Hoffman 说，“有了 remote360 后，可以



EIMCo 使用四个激光加工系统来生产此类零件。



凭借其新型激光切割机，EIMCo 可以更高的速度切割厚度达 1" (25.4-mm) 的板材。



更容易地看到影响；一切都在表面而不是在背后。总的来说，这些停工，在大多数情况下，已经消失了。”

另一个好处是 remote360 使团队更加积极主动。无需等待一个批次的工作结束或为下一个工作装载塔架，材料可以在前一个批次切割时就就位并装载；与其在另一项工作等待时发生气体变换，不如在计划的休息时间进行。

在 EIMCo 公司安装 remote360 后不久，Hoffman 访问了位于芝加哥附近的伊利诺伊州 Elk Grove Village 的 MC Machinery Systems 总部。这次访问为利用 remote360 的另一个重要功能提供了机会。在那里，他看到他最近购买的同一台激光器以 370 ipm 的速度切割 1/4 英寸（6.35 毫米）的 A36 板材；而 EIMCo 的最大速度只有 220 ipm。

Hoffman 问道，这怎么可能呢？回到爱荷华州后，MC Machinery 公司的专家们远程访问了他的 Mitsubishi eX-F 光纤激光切割机，发现切割文件有问题。remote360 团队能够远程登录并上传正确



EIMCo 于 2019 年安装了一台新的 8 kW Mitsubishi 激光器后，还在其所有四台 Mitsubishi 激光器上都安装了 Mitsubishi 的 remote360 监控软件。

的文件。

“我问他们我是否需要停机，他们说，‘不’。” Hoffman 回忆道，“15 或 20 分钟后，他们给我发了一封电子邮件，告诉我已经完成了。这确实立即提高了我们的产量。”

例如，在一周内，EIMCo 在其激光器上运行 500 多个小时。Hoffman 指出，remote360 对其车间的整体盈利能力的直

接影响。他估计“由于激光器，我们的最低产量至少净增加了 20%”。对产能和生产力有了更好的把握，也使他的团队能够更积极地报价，并承接更多的工作，以保持车间的机器运转。

由于详细的跟踪和更主动的管理，远程监测有助于激发 EIMCo 激光部门的全部潜力——包括对其的重大投资和操作它的熟练团队。

## 在线检测提高了大型 AM 的效率

### On-Machine Metrology Drives Efficiencies in Large-Scale AM

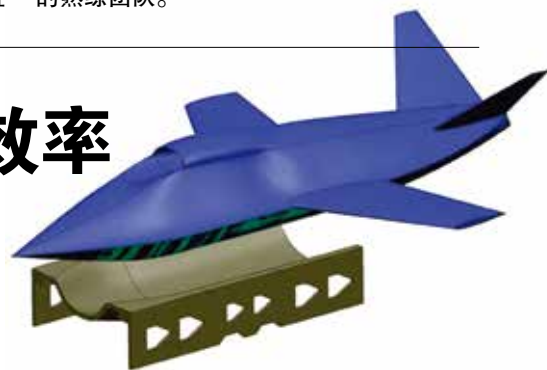
在印第安纳州南部的玉米地里，Thermwood 公司正在制造特殊的大型增材制造（LSAM）设备。LSAM 设备使用增强型热塑性复合材料生产大尺寸到超大尺寸的部件，制造用于航空航天、汽车、铸造和船舶行业的工业设备、母版、模型、模具和生产夹具。

LSAM 工艺是机器设计和材料科学的独特组合。工人们在室温下铺设了一个巨大的热聚合物焊道。该公司称，这本质上是一种控制冷却的练习——聚合物冷却，而不是打印头的输出，决定了打印速度。打印头的输出量决定了在可用的层时间内可以打印多大的零件。LSAM 打印头可以每小时打印超过 500 磅（228 公斤），这使得打印非常大的零件成为可能。Thermwood 公司生产的 LSAM 机器的工

作区尺寸从 10×10'（3.05×3.05 米），到 10×100'（3.05×30.5 米）。这些机器既能打印又能修剪热聚合物部件。

该工艺被称为垂直层打印（VLP）。使用大型打印珠加上 Thermwood 的专利压缩轮，它可以创建坚固、完全融合、几乎无空隙的打印结构。这些结构可以在高温高压釜中维持真空，而无需昂贵的涂层。2019 年，Boeing 公司代表空军研究实验室（AFRL）与位于印第安纳州 Dale 市的 Thermwood 公司联系，评估 LSAM 在减少制造具有高压釜功能的工具的时间和成本方面的能力，以制造复合材料航空部件。最初的演示工具将用于 AFRL 概念的机身蒙皮。

LSAM 对高压釜工具的主要吸引力在于速度——与传统加工所需的数周或数月



空军研究实验室概念的 3D 打印工具可以通过 Thermwood LSAM 设备在几天内完成，传统工艺需要几周或几个月的工作。

相比，它能够在几天内生产出完整的工具。LSAM 设备还可以打印大型部件，从而减少组装时间和成本。

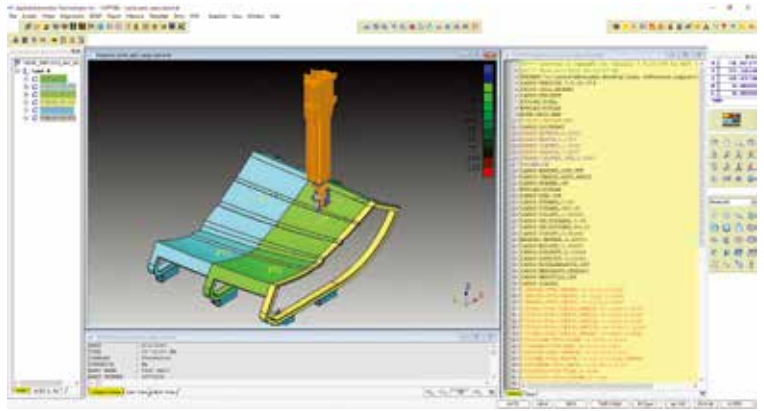
Boeing 公司和 AFRL 3D 打印了一个大型工具的一部分来评估 LSAM 功能。在 Thermwood 的 LSAM 演示机器上使用运行 25% 碳纤维增强聚醚砜（PESU）的 40 mm 打印芯打印中型工具（长度为 4' [1.22 m]，最终工具为 10' [3.05 m]）。

最初的测试工具具有与最终模具相同的宽度、高度和焊缝路径，包含了最终模具的所有主要特征，但在长度上有所压缩。作为第一个使用 VLP 打印的高温工具，这



Thermwood LSAM 机器打印、修剪和检测。CAPPSNC 软件将计量数据反馈给 NC 控制器，并在其变化时调整工作偏移和其他机器参数。测量和机器调整均由自动化完成。（所有图片均由 Thermwood 公司和 Applied Automation Technologies 公司提供）

CAPPSNC 软件的优势之一是能够将其收集的计算机量数据转换为加工参数并直接更新控制器。



个中型工具取得了里程碑式的成就。它需要 5 小时 15 分钟的打印时间，打印重量为 367 磅（166.5 公斤）。在最终加工后，对该工具进行了表面轮廓探测和真空完整性测试。该工具通过了室温真空测试，并达到了表面轮廓的尺寸公差。全尺寸的工具将重达 1400 磅（635.03 千克），需要 18 个小时来打印。Boeing 公司和空军正在仔细记录该项目的全部操作参数，以便将该技术转化为生产计划。

有效地制造此类零件是一项突破，但关键的部分包括对其进行测量，以确认零件是否合格、保持质量控制，并确认是否符合客户和行业（在本例中为政府）标准。像 AFRL 工具这样的大型零件无法从生产设备上取下，转移到坐标测量机（CMM）进行测量，然后再返回到 LSAM 进行调整和精加工。

在 Thermwood 公司的案例中，先进的测量软件，如密歇根州 Rochester 市 Applied Automation Technologies Inc. 的 CAPPSNC，使机床本身能够像 CMM 一样进行测量，并在加工参数（如工件偏移）发生变化时，利用这种实时反馈进行调整。CAPPSNC 提供了快速开发离线测量程序的功能，并以类似于 CMM 的方式在数控机床床上直接运行这些程序。

测量结果用于调整加工过程参数，如计算精确的工件偏置、动态刀具补偿和其他关键的数据反馈，同时提供零件检测和 SPC 报告，而无需将零件从机床上取下。

CAPPSNC 通过以太网线与机床连接，可以读取和写入任何控制器参数。它还与机床控制器有一个实时连接。该软件将其收集的计算机量数据转换为加工参数并更新控制器。它在机床控制器之外运行，但作为加工过程的一部分工作。使用这种闭环反馈为加工过程提供修正，使系统能够对影响加工过程和零件质量的因素进行自我调整。

收集计量数据，将其转换为有意义的参数，并将其分配给可以使用它的系统，从而降低了制造零件的成本。

在零件制造过程的每个阶段实现这种测量方法的好处是：

● 预处理：在开始加工之前，在机器上准备零件的设置可能是具有挑战性的，成本高且耗时长。能够快速测量零件位置的自动化系统可以消除对昂贵的夹具和手动零件设置的需求。需要六自由度坐标设置的零件特别难以用标准工作偏移量来设置。生成最佳匹配坐标系统的零件测量可以自动转换为工作偏移，在三维空间中定位零件并使机器准备好进行加工。

● 加工中：在加工过程中，许多变量都可能影响成品零件的质量。切削刀具的磨损以及切削过程中压力下的实际切削刀具形状，都会影响到零件形状的生成。虽然有其他计算刀具磨损和偏移的方法，但这些都是静态方法，不包括刀具在切削压力下的变形。最终的形状和尺寸测量可以帮助计算出这些变化的动态刀具偏移。

一个自动化的、切割—测量—切割的、闭环的、计量控制的工艺，可以实现零件始终在公差范围内，无论其形状有多复杂。

● 后处理：许多加工中心收集的数据可以被可视化，以了解整个工厂的实际制造是如何进行的。能够与数据一起工作的智能算法可以计算出最佳的制造参数，最终形成一个全厂的人工智能（AI）系统。

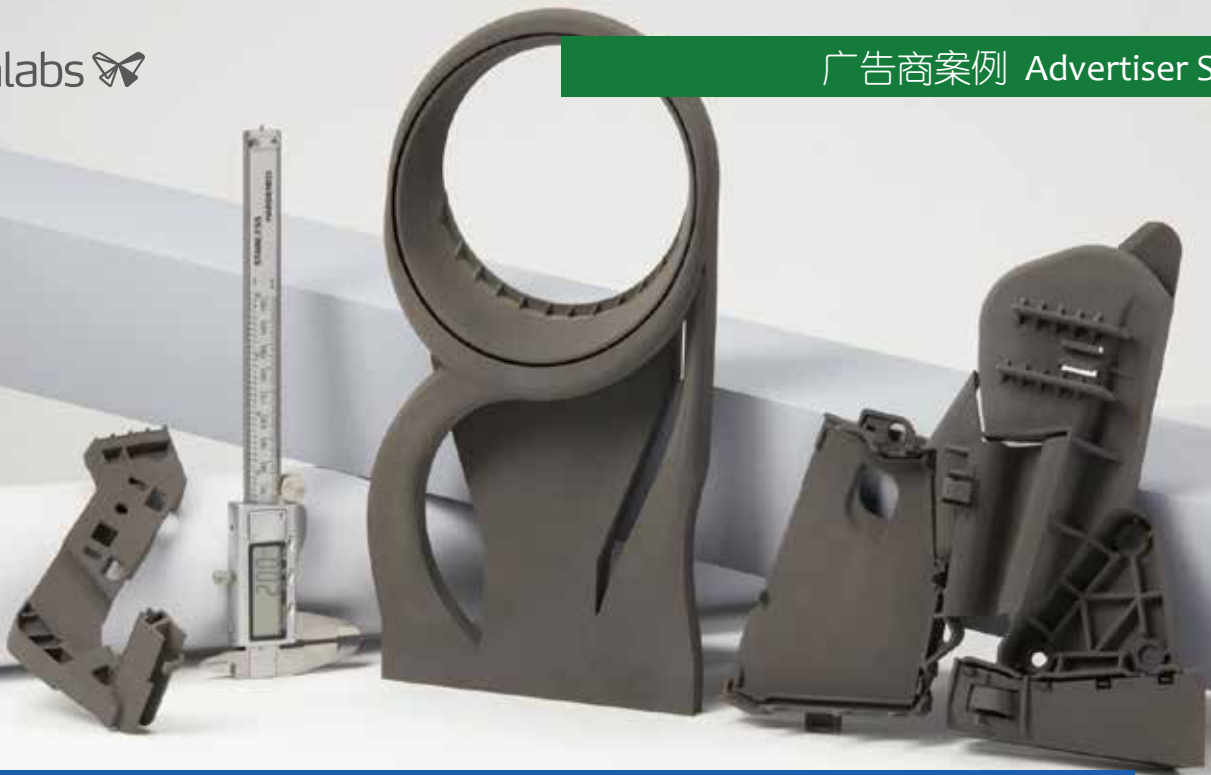
Applied Automation Technologies 公司高级应用工程师 Chris Affer 表示：“通过在同一台机器上打印大型部件并对其进行修整，Thermwood 公司取得了令人振奋的成果。许多工艺参数会影响最终零件。CAPPSNC 有助于实时调整生产并改进空间中的零件，从而生产出更多优质零件。”

Thermwood 公司营销副总裁 Duane Marrett 补充说：“我们有一些客户需要在他们的部件上准确定位点，并进行在位测量。CAPPSNC 可与我们的机器控制相媲美，我们自己提供和编程，它产生的 G 代码使我们能够在生产中增加自动测量过程和过程调整。”

数据驱动的制造是一个相对现代的术语，它强调一个基本真理：数据是制造的命脉，是工艺改进的源泉。自适应加工是指收集机床上生成的计量数据，并将其反馈给 NC 控制，以实时自动优化机床工艺的过程。对于新的生产系统，如 LSAM，自适应加工是高质量零件和工艺改进的推动者。

[www.thermwood.com](http://www.thermwood.com)  
[www.aat3d.com](http://www.aat3d.com)





# 全球汽车供应商Brose采用 SLS 3D打印来生产终端汽车零件 Global Automotive Supplier Brose Turns to SLS 3D Printing to Produce End-Use Car Parts

了解全球最大一级汽车供应商之一的家族企业——Brose是如何规划采用Fuse 1和SLS 3D打印来进行连续制造的。

您在生活中一定接触过Brose的某个产品。该家族企业在24个国家拥有25,000名员工，是全球最大的一级汽车供应商之一，与80个汽车品牌、40多家供应商和50家电动自行车制造商合作。

全球每辆新车都配备至少一款Brose产品，包括各类机电元件和系统，如座椅结构、车门组件、各种电机和驱动。作为德国最具创新能力的公司之一，Brose正在积极将增材制造（AM）技术应用于他们的产品和制造流程中。他们采用各种AM技术来制作原型、工具和夹具，下一个目标是进入批量生产。Fuse 1作为Brose打印设备的最新成员，是Formlabs的第一个台式工业选择性激光烧结（SLS）3D打印机，是Brose在3D打印技术批量化生产道路上的坚实后盾之一。

本文将由Brose增材制造聚合物产品

制造技术专家Christian Kleylein分享其在新设备方面的经验，以及他们如何计划使用3D打印来进行批量生产的。

## 在工业环境中使用Fuse 1

增材制造是Brose新的核心竞争力之一。他们在德国的增材制造中心是一个集原型制作、工艺开发、材料开发和验证于一体的一站式车间，为全球市场提供零件。

Brose在十年前首次使用熔融沉积（FDM）3D打印机，此后迅速将3D打印技术扩展至几乎市面上所有的增材制造工艺，包括光固化（SLA）、选择性激光烧结（SLS）以及金属3D打印。

Brose的打印机组合中配备了各种SLS打印系统，从小型台式机到最大的传统工业打印机。他们在SLS打印技术有丰富的经验，同时也是欧洲最早接触到Fuse 1的

公司之一。

虽然可能需要花费一周的时间来安装和运行一台稍大的机器，但Kleylein发现Fuse 1的安装过程很简单。

“安装非常简单。如果你有一个带空调的封闭房间，就基本可以安装好了。很棒的是它对空间需求不大，且不需要校准，只需要确保机器水平即可。插上电源，设置好程序，你就可以在送货当天开始打印了。”

Kleylein说，“我们对Fuse进行了非常严格的测试。我们已经用Fuse 1打印了很多很薄的零件，也有非常细、长的零件设计。通过测试，我们发现即使零件的尺寸不同，它们的偏离方式却总是相同的。所以一旦完成优化，你就能获得尺寸非常精确的零件。”

该团队对Fuse 1进行了多次打印，以



**Brose的增材制造中心几乎配备了市面上所有的3D打印设备，包括最新增加的Fuse 1。**



**SLS无需支撑结构，因为在打印过程中，未烧结的粉末围绕在零件周围。在打印期间，多个零件可紧密排列，以最大化可利用的构建空间。**

测试其极限，从大约12小时的短时间整夜打印到用4天时间完成包含1000多个小零件的满缸（成型室）打印。

“表面光洁度非常好，非常光滑，只有很少的几层，所以这些零件一旦打印完成即可使用，甚至最后一点残余的粉末也被清理干净了。你可以实现很多非常精致的细节。例如，如果打印齿轮，就会得到非常漂亮的圆形零件。” Kleylein说。

Formlabs通过Fuse 1提供了高质量、占地面积小和完整简化的工作流程，而成本仅为传统工业SLS系统的一小部分，缩短了传统工业SLS打印机和低成本小型打印机之间的差距。

“它更像是工业打印机，而不是台式机。因为有了光纤激光器，Formlabs开发了自己的光学扫描系统，激光束可以以正确的方式运作。” Kleylein说。

有人也许会认为大型打印机更适合汽车零部件，但Kleylein发现Fuse 1的产量完全以满足他们的大多数设计。

“我们打印的零件80%都是拳头大小，这就是最大的了。所以我们完全可以用Fuse 1来打印它们。还有一些介于两者之间，其他的就太大了。”

“打印速度很快，优化后可能会更快。作为基本要求，Fuse 1有良好的打印速度，以及合适的构建空间，” Kleylein说。

“在过去，对于某些3D打印机，后处理设备是第三方的。这是用户自己设计的东西，甚至不那么匹配。Fuse Sift 是一个很好的集成系统。配备风扇来吸走灰尘，

限制性的安全设计可将用户危险最小化。Fuse Sift 会对粉末进行过筛，较大的粉末可以单独收集起来并回收。精细的粉末在Fuse Sift 进行混合。同时，你也可以自由选择粉末的刷新率，你可以用100%的新粉末或100%的旧粉末来打印，以应对不同的需求。把粉仓放在混合器上，Fuse Sift 也会让你的粉末均匀分布，” Kleylein说。

Kleylein发现，在Fuse 1上生产SLS零件基本都无需人工照看，只需花费较少的时间和精力来做准备工作、维护打印机以及零件的后处理。

“你可以把它放置在一个小型车间，只需安排一个员工用四分之一的时间来实际运行该车间。免费的配套软件也很好

用，打印过程可以与大型打印机相媲美，所以实际操作起来很快。”

“这是一台打印能力超强的设备，它的设计令它极具计划性。我们可以让它连续运作，24/7的打印作业是一个很大的优势。在这里没有停机时间，唯一的停机时间就是当没有足够的订单时，周末它才会休息。” Kleylein说。

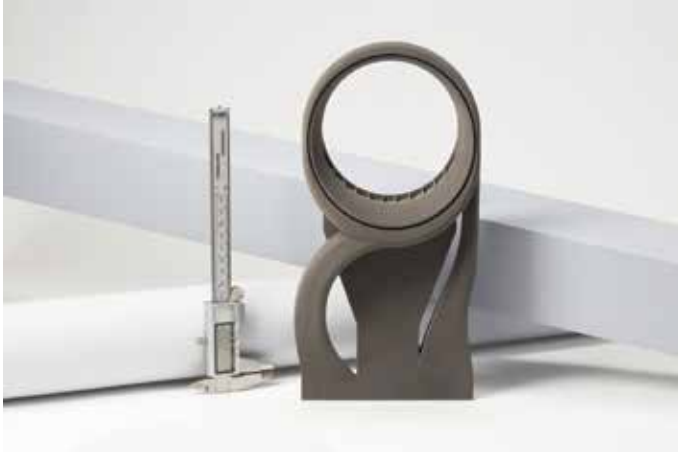
### SLS的终端应用： 备用件和替换件

最初，Brose考虑到Fuse 1的时效性及其使用的材料——Nylon 12，与其目前的生产材料属性相似，计划将其用来生产功能性原型。但Kleylein的团队通过测试



**Fuse 1还配备了Fuse Sift，这是一个后处理站，在一个独立的设备中集合了零件提取、粉末回收、存储和混合。**





一个3D打印的在组装过程中用于Brose机器的线尾测试装置。



一个3D打印的门把手模块备件，之前一直采用传统注塑成型。

已验证通过了第一批终端应用的零件和构建案例，Fuse 1 将主要生产备用件和报废零件的替代品。

在一个车型退役后，汽车供应商仍有义务提供备件。过去供应商都是先估算一下大概需要多少备件，然后注塑生产，再将其都放入库存。

“这是一种巨大的资源、空间和金钱的浪费。如果我们有3D打印，就不需要在接下来的15年里储存注塑模具和零件。对备件和替换件的需求确实很大，因为产品总是会用完，所以我们确实有很多注塑成型的零件。如果我们能很好地存放它们，并让增材制造的零件有更高的占比，就能

达到理想的成本效益，” Kleylein说。

从很多方面来说SLS都是一种理想的生产技术：

- 它可以制造高质量的零件，性能类似于注塑零件。
- 它可以在生产设置中实现。
- 这是最不浪费、最可持续循环的增材制造工艺之一，对制造业来说正变得越来越重要。

“你可以构建复杂、具有技术性的零件，而不必担心需要支撑。后期处理也非常干净，在取下之前大部分粉末就已经被处理掉了。”

“Brose的一些客户确实喜欢这个技

术，也非常愿意采纳，因为这种打印方法几乎没有浪费。我们可以重复使用粉末，而不必扔掉它。你也没有其他需要回收的化学物质。到明年年底，我们所有的SLS打印机都有望实现零浪费。” Kleylein说。

## SLS在批量生产中的应用前景

当然，最终目标是使用SLS来制造下一代汽车的各类零部件，Christian相信在不久的将来就能实现。

为了达到这一目标，需要实现两大改变：在产品开发过程中，从设计阶段开始就要考虑增材制造，以及进一步降低材料和机器成本。

“最大的障碍是让产品设计师真正知道他们可以用3D打印做到什么，并决定使用3D打印零件。你永远不可能用那些为注塑而设计的组件来节省成本，你需要专门为3D打印设计。” Kleylein说。

“这取决于你计划打印多少件产品，以及传统制造工艺的效率。一旦确定了生产计划，我们将采用一种最有效的生产系统来生产零件。我们不会强迫使用3D打印来生产所有产品，但如果这是制造的最佳方式，我们将毫不犹豫的应用它。” Kleylein说。

通过降低SLS 3D打印的进入门槛，Fuse 1将在零部件生产向增材制造转变的过程中发挥关键作用。Brose已计划继续快速扩展其3D打印能力。他们的第二个塑料增材制造车间正在美国建设，也即将收到他们的第一台Fuse 1。

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



# 高速摆线铣

## A High Speed Trochoidal Slicer

本文由伊斯卡技术经理Andrei Petrilin撰写

几十年前，机床转速与切削速度的显著提高成功实现了多种高效高速加工（HSM）方式。剥铣，就是其中之一。剥铣的主要法则是采用大的轴向切深（通常不超过刀具直径的5xD倍径）与小的径向切深（最大为0.2xD倍径）相结合。这种组合具有显著优点。

减小径向切宽不仅可以减少切削刃上的热载荷，而且可以提高切削速度。与传统铣削方法相比，剥铣的切削速度更快。较低的径向切宽显著降低了径向切削力，避免了铣刀的弯曲和振动；确保了更好的切削加工稳定性，有助于提高切削深度。

径向切屑减薄可以实现更高的进给量，以保持所需的精确切屑厚度。因此，在高切削速度和进给率下进行小径向切宽和大轴向切深的铣削是提高加工效率的一种很好方式。此外，这种加工方法使得整

个切削刃的磨损逐渐递增，呈均匀分布态势，从而增加了刀具寿命。

剥铣法非常适合应用于深肩铣和宽槽加工。该技术已成功应用于清根铣削——采用小直径刀具来铣削各种难以触达的区域的方法，如型腔拐角。

计算机数字化控制(CNC)和计算机辅助制造(CAM)系统的发展推动了进一步的改进：用可实现复杂刀具路径的摆线铣削取代了直线进给运动，这非常适用于剥铣。从数学角度来说，一个圆沿一直线无滑动地滚动，则圆上一固定点所经过的轨迹称为摆线。在摆线铣削中，刀具沿曲线路径移动，逐层逐片地执行轻薄切削。通常，曲线路径为一段圆弧（类似于半圆），刀具沿弧弦路径返回到初始点，然后以小的吃刀继续重复加工路径。在本例中，刀具路径看起来像

字母“D”。沿着曲线轨迹铣削有利于切削刃载荷恒定，并且避免了切入材料瞬间刀具载荷急剧上升。

除了目前被视为是“经典”的D型路径外，如今大多数配置高端控制系统的先进机床都能实现比这个复杂得多的路径。摆线刀具轨迹不止可最小化非切削时间，还能优化机床单元运动。

摆线铣削是一种非常有效的加工深槽、凹槽和型腔的方法，也是针对淬硬钢材和难加工材料的一种非常有前途的方法，特别是钛和高温超级合金(HTSA)。此外，摆线铣削对于不稳定条件下提高切削性能非常有效，如刚性差的工件、加工薄壁区域、工件夹持刚性差等。更重要的是，均匀和大幅度减少的刀具载荷使摆线铣削还能有效适用于微型铣削加工。

摆线铣削的主要挑战是机床控制和智



图1：CHATTERFREE多刃整体硬质合金立铣刀具有成系列的不同的切削长径比。



图2：带分屑槽切削刃刃口的设计能显著改善排屑，并收获出色的表面光洁度。





**图3：伊斯卡用于摆线铣削的可换头式变形金刚立铣刀（MULTI-MASTER）可加工难加工材料钛合金。**



**图4：安装在热缩夹头中的多刃整体硬质合金立铣刀对一个整体叶盘进行摆线粗铣。**

能路径编程。然而，在解决这些挑战时，另一个重要因素——切削工具——往往受到忽视。如果没有合适的刀具，那么即便做过所有的刀路轨迹设计和保持切削刃载荷分布均匀的工作，其加工结果终将低于预期效果。这就向刀具制造商提出了新的挑战，如何提供最优化的刀具以满足摆线铣削要求。

## 高性能摆线铣刀有些什么特征？

首先，摆线铣刀必须适合高速加工。这涉及到适当的精度参数、动平衡、超高转速下操作的安全性等。大切削深度的铣削加大了刀具的悬伸量，而刀具的动态性能是确保加工稳定可靠性的关键。当采用小径向切宽铣削时，在任何给定的时间中仅有一个刀齿参与加工作业。优化沿齿的接触区域是实现稳定铣削的重要因素，而倾角最佳的刀具则是找到最优解决方案的关键。摆线铣削时产生的薄切屑可有效排出，无需在刀具上设计容积大的排屑槽。

上述简单测试表明多齿整体硬质合金立铣刀(SCEM)或装配有可换式硬质合金

刀头的铣刀是满足需求的最佳方式。事实上，SCEM确实代表了当今大多数摆线铣刀。

可以理解的是，这些立铣刀在设计方面各有千秋，能从伊斯卡最新款创新系列产品中轻松辨识出。这些产品有以下几大特点：

- a) 不等螺旋角及不等齿距的独特设计使立铣刀具有出色的防振降噪特性，提高了刀具大悬伸的情况下高速加工的稳定性。
- b) 特定形状设计的排屑槽，不单具有足够的排屑空间以使得排屑流畅，而且提高了铣刀芯部实体部分直径，从而提高了铣刀的动态加工强度。
- c) 这些铣刀在加工绝大多数工程材料时都能保持高精度，并最大化金属去除率。

伊斯卡用于摆线铣削的整体硬质合金立铣刀(SCEM)的直径范围是2-25mm。

CHATTERFREE EC-E7/H7-CF整体硬质合金立铣刀带有7个螺旋切削刃及多种刀尖圆角半径。伊斯卡提供2xD、3xD、4xD和6xD倍径的铣刀(图1)。立铣刀均采用PVD涂层的IC902牌号制成。

7刃立铣刀ECP-H7-CF(图2)的主要特点是切削刃刃口设计有分屑槽。引入这

一几何设计可提高大悬伸加工的性能，并显著改善独具特色的深槽切削加工及型腔加工中的排屑。更重要的是该几何形状可确保为绝大多数加工需求提供令其满意的加工表面质量。

Ti-TURBO 7刃及9刃整体硬质合金立铣刀ECK-H7/9-CFR，是专为高速加工钛合金而设计的，切削长度约为2xD倍径。凭借非凡的防振降噪特性和优化的刃口几何形状，这些整体硬质合金立铣刀在各种飞机部件的摆线铣削加工中表现优秀，包括加工钛合金叶片转子(叶盘)的曲线槽。

如果需要钛合金零件的浅槽或转角进行摆线铣削，那么最近推出的可换头式6刃变形金刚立铣刀(MULTI-MASTER)则是更为合适的解决方案(图3)。伊斯卡在该领域具备足够的能力和丰富的经验，其设计的可换式刀头可高效加工难加工材料钛合金，如Ti-10V-2Fe-3Al和Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr等。

合适的刀柄也是影响摆线铣削成功与否的重要因素。加工实践表明，当铣刀安装在液压刀柄或热缩夹头(图4)时，摆线铣可以达成最佳效果。

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

# 硬车削和测量的目标 只有一个：小于1 $\mu$ m

## 需求

在自动连续操作进行工件生产的同时，保证工件公差保持在微米以下，还需保证生产质量以及零件的可记录性和可追溯性。具体来说，测量的任务是在两点和相应平面上测量刀柄的直径。对于相同的锥度和测量值，允许公差范围为 $\pm 2\mu\text{m}$ 。此外，测量孔的直径、刀柄的内测槽位置及深度。零点需在测量前进行设定。

## 应用

Alsto Präzisionsspannwerkzeuge GmbH位于Burladingen附近的Tübingen，14年来一直为客户定制高精度的刀柄。除了HSK和SK刀柄，铣削连杆，收缩卡盘和焊接夹具，产品范围还包括夹紧螺母和拧紧螺栓。Alsto采用硬车削作为刀柄的最终加工，因此，对加工精度要求很高。从一开始，使用的就是Hardinge硬车削机。在最新的采购中，选择的是T65SP MSY，该公司生产的公差等级为IT4，这也是Hardinge几年来高精度硬车削的标准。

除了高精度生产，Alsto的新机器还必须提供各种特定工件的测量数据和文件。对于这类任务，Hardinge使用了马波斯的测量技术。VOP40p测头是多种机床的标

配，目前也用于Alsto。此外，两家公司都为客户特定的测量任务开发联合解决方案。由于双方的良好合作，Alsto的总经理Alber对新机器的高期望已经实现。系统所要求的超高重复精度只有在所有组件都得到最佳匹配以及接口被明确定义的情况下才能实现。由于Alsto、Hardinge和Marposs之间不断的联系和交流，终于可以对整个系统验证一个非常小的可重复性。这里说的“非常小”在这个案例中指的是重复性 $0.7\mu\text{m}$ 。

## 用硬车削代替磨削

Hardinge的产品和销售经理Markus Günschmann，解释道：“我们的机器达到了一个标准的精度，允许我们的客户使用硬车削代替磨削。这包括所有的几何公差以及形状和位置公差以及所需的表面质量。这在加工速度方面带来了优势，并且由于加工步骤更少，导致生产周期显著减少。刀具和冷却剂管理方面的优势也很明显，尤其是在降低成本方面。”Hardinge T系列数控车床适用于高精度硬加工。一次装夹就可以生产复杂工件的各种工艺。Alsto使用的T65SP MSY的主动冷却主轴转速可达4,000rpm，主轴运行的同心度小于 $0.7\mu\text{m}$ ，轴的重复性为 $0.76\mu\text{m}$ 。



高精度光学传输VOP40p接触式测头。（所有图片均由Marposs公司提供）



数控测头记录软件记录机床上所有的测量值，并以图表方式显示。

## 解决方案

### 测量技术解决方案

由于工艺要求高，Alsto采用高精度光学传输的VOP40p接触式测头。自动检测机床轴线位置，支持加工工件精确定位与加工后工件尺寸精确测量。相关软件可以立即纠正刀具磨损造成的偏差。利用数控测头记录软件使生产过程更可靠‘数控测头记录’软件记录所有机床中所有的测量值。它通过以太网接口连接到数控系统，并根据定义的工艺分配测量值，包括上、下公差限制。有了工件ID，所有数据都被分配到各自的工件。此外，还可以在通过运行过程中使用记录软件对关键数据CpK和PpK进行评估。确定的数据为每个工件的报告、测量类型和统计过程提供依据。

## 优势

由于使用了压电技术，VOP40p实现了在测量速度高达3000mm每分钟的情况下达到 $0.25\mu\text{m}$ 的重复精度。光学信号传输不受光干扰。在许多系统被安装在一个很小的空间里的情况下，多通道通信是理想的选择。对于可插拔式刀具测量臂，马波斯的Mida Tool Eye完善了机床上的此测量技术。在日常生产中，相关数据的清晰显示是非常重要的。因此，‘数控测头记录’软件以图形的形式提供统计数据，并以颜色标记好坏零件。

## 结论

在生产过程中，测量技术及测量结果的记录就如自动上下料系统成功地绘制出Alsto的整个生产流程并使系统按照预期自动连续运行，整个系统的重复精度小于 $1\mu\text{m}$ 。这得益于Alsto、Hardinge以及Marposs三者之间成功配合。

[www.marposs.com](http://www.marposs.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

香港主板上市  
1651.HK

# 高性能复合加工机 TMA8J



## 最适合复杂形状部件的全加工，超高性价比

- 工序集成，减少机器台数
- 缩短准备时间，减少人工

项目		规格
能力	最大加工直径(盘类)	220mm
	最大加工直径(棒材)*	65mm*
	最大加工长度	580mm
主轴	最高转速	5,000min <sup>-1</sup>
	最小分度角度	0.001°
	卡盘尺寸	8英寸
	电机输出功率(连续/短时间)	11/15kW
背轴	最高转速	5,000min <sup>-1</sup>
	最小分度角度	0.001°
	卡盘尺寸	6英寸
	电机输出功率(连续/短时间)	5.5/11kW
刀具主轴	电机输出功率(连续/短时间)	5.5/11kW
	B轴分度范围	-15°~195°
	B轴最小分度角度	0.001°(定位)
	刀具分度角度/位置	90°/4位置
	最高转速	20,000min <sup>-1</sup>
自动换刀装置	刀柄形状	CAPTO C4
	刀具收纳支数	60支



壳体(医疗行业)  
尺寸: 38×38×93mm  
材质: 铝合金



机壳(机电行业)  
尺寸: φ90×34mm  
材质: 铝合金



底座(光学行业)  
尺寸: φ90×105mm  
材质: 铝合金



阳极(医疗行业)  
尺寸: 107×114×150mm  
材质: 铝合金

\*: 棒材的加工能力根据使用卡盘等的不同而受限制。



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