

Manufacturing ENGINEERING 中国

面向中国的先进机械加工技术

2022.3

航空航天制造
AEROSPACE MANUFACTURING

数字工厂
DIGITAL FACTORY
加工中心
MACHINE TOOLS

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

2022.3



关于封面图片：空客公司去年在德国汉堡部署了其A320系列机身结构高度自动化装配线。（图片由空客公司提供）



先进制造 Advanced Manufacturing Now

- 2 自动化中的柔性夹具
- 4 修复箱中最锋利的刀具

航空航天制造 Aerospace manufacturing

- 6 为F-35战斗机机舱盖建造和验证模具
借助先进计量学构建实用精密模具
- 10 专家：提高自动化程度对满足飞机需求至关重要
仅仅是未来20年的商业需求就表明生产速度将会翻倍。
- 16 掌握微型涡轮机
- 18 新的管理和流程为SPM公司带来增长
- 20 SPR公司的黄铜加工能力更上一层楼

数字工厂 Digital Factory

- 24 利用MES获得控制权
还在对制造系统犹豫不决？是时候升级到MES了。
- 26 利用基于模型的定义降低成本，提高速度
除了大型企业以外，转向全数字化描述的零件正在为中小型企业带来机会。

加工中心 Machine tools

- 30 高速机床主轴的时代
新的主轴技术转速更快、更持久，而且越来越智能。
- 34 让HMC足够灵活地完成小批量作业
关于卧式加工中心的旧观念需要重新考虑。
- 38 VMC：您究竟需要多少轴？
从三轴升级到更多轴需要三思而后行。

测量 Metrology

- 42 什么是测量标准？
系统负责准确测量一个零件，并促使人们最好地利用所产生的数据。
- 44 三坐标测量机（CMM）：不仅仅是精度
精度只是现代CMM用户需求的一个起点，他们还需要在多个方面对其进行综合评价。

生产解决方案 Shop Solutions

- 47 模块化夹具帮助船舶推进器制造商全速前进
- 48 长效丝锥可持续加工400个硬质孔，为设备制造商节省50%的费用

行业情报 Field Intelligence

- 50 IMA集团的边缘学习项目
- 51 数字化转型为Honda汽车印度公司带来喜悦

行业之声 View Points

- 52 针对国防部供应商的网络安全任务

Manufacturing ENGINEERING 中国

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

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

订阅期刊 Subscription: subs@icgl.com.hk

广告业务 Advertising:

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

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

2021年版权所有 © Copyright 2021 Manufacturing Engineering. All rights reserved. Society of Manufacturing Engineers及Manufacturing Engineering授权Industrial Communications Group Ltd. 独家出版《Manufacturing Engineering中国》杂志。经授权的所有材料都隶属于 Society of Manufacturing Engineers. 未经书面许可，不得进行任何形式的复制和转载。
国际发行刊号: ISSN 2313-6073

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

自动化中的柔性夹具

Using Spring-Loaded Fixtures in Automation



COLIN FROST
COO, Carr Lane

Manufacturing, www.carrlane.com

夹持装置对于零件的精确装夹和定位至关重要。在大多数夹持装置中，都要用到定位器。无论夹具设计得有多好，除非零件被正确地固定在定位器上，否则每次都会出现装夹误差。自动化只会使这个问题变得更糟，因为与人类不同，机器人通常无法对工件定位进行微调。

弹簧装置是一个可靠且常见的工件定位解决方案。一个关键的特点是，当工件被水平定位时，弹簧装置在夹持前后起到了保留空间余量的额外作用。在自动化系统和托盘库中，这一功能对于防止装夹中的破损至关重要。

市场上有各种各样的弹簧装置，包括弹簧定位销、弹簧止动按钮、球形柱塞和弹簧柱塞。下面是一些关于它们的功能和

最佳应用的介绍。

弹簧定位销将零件推向固定的定位器。这确保了在夹持过程中的正确接触。弹簧定位销通过将零件与定位器正确定位来减少误差。此外，在夹持某些零件时，弹簧定位销也无需“第三只手”的帮助。它们的小尺寸和紧凑设计使其非常适用于较小的零件或狭窄的空间。接触销周围的保护性橡胶密封也有助于隔离切屑和冷却液。

弹簧止动钮是另一种常用的弹簧装置。这些装置的工作原理很像弹簧销，但它们是为需要更多行程或装夹力的部件设计的。弹簧止动钮有三种不同的接触面。第一个是球形按钮触点；另外两个是平面触点。同样可以在平坦面的触头中加入切口。

弹簧柱塞有一个圆柱形的柱塞，末端是圆的。弹簧柱塞非常适用于各种应用，如工件顶出器。它们也可以被集成到其他夹具元件中，以提供任何必要方向的装夹力。

弹簧柱塞有各种长度和端部压力规格，有不锈钢和低碳钢材质。它们也可与 Delrin 柱塞一起使用，用于对磨损敏感的应用。弹簧柱塞的螺纹上带有尼龙型锁紧元件。

工件传感，使用弹簧装置是确保正确装载工件的最有效方法，但应使用闭环验证来防止昂贵的错误。当工件没有被正确

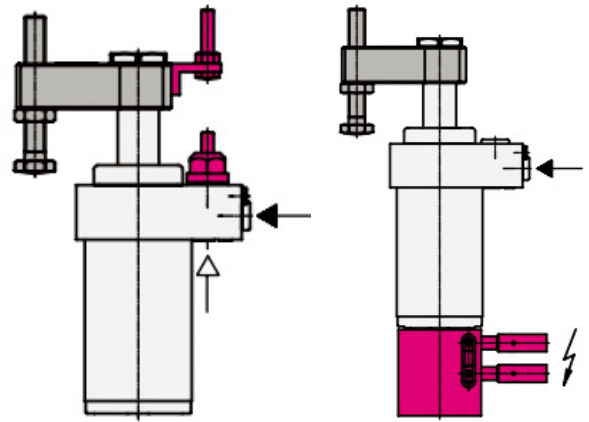
装载，而自动卡箍发出信号执行时，操作卡箍很容易被损坏。这个过程会中断生产，导致停机。有两种类型的工件传感器：物理接触传感器和接近传感器。

空气感应停机装置允许一个或多个停机按钮既同时作为传感器。一个由螺纹体组成的模块单元被安装在一个夹具中，该夹具还可以容纳一个精密的浮动柱塞。该柱塞有一个铰接或攻丝的孔，有三种直径可供选择，可接受任何高度的标准压接式停机按钮。

将工件正确地放置在气垫按钮组件上会使柱塞完全缩进机体。这就封闭了气流，从而增加了系统的整体压力（最大气压可达 30 磅 / 平方英寸）。这个压力值可以用模拟或数字压力传感器来读取，然后将其与 PLC 或控制系统连接起来。

物理接触传感器的主要优点是它很难被“欺骗”或“破坏”。这是减材制造过程中的一个常见问题，它会产生金属或塑料碎屑。而这些碎屑会在传感器周围堆积而造成误报。空气传感的停机按钮通过将传感器置于工件下方，进一步减少了污损的可能性。

在有些应用中，物理传感器并不适用，这就包括轻型工件的应用，高速传感应用，



一种可调节的气动位置监测装置。 电动位置监测装置示意图。



弹簧止动按钮拥有球形接触按钮、平面以及带标签的平面。（所有图片均由 Carr Lane Manufacturing 提供）



工件装载前

安装了停止按钮的浮动柱塞，通常在控制气压的作用下伸出，并准备进行装夹。



工件装载后

在工件装夹完成后，其自重将把柱塞压至底部，通过切断气流来发出控制信号。



UNIVERSAL ROBOTS

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



扫码联系自动化专家



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



以及有复杂几何形状的应用等等。

穿孔式停机按钮是由一个 0.06 英寸 (1.52 毫米) 的穿孔组成的非接触式传感器, 允许空气通过, 并使用气隙测量传感器检测零件是否被装载。这些传感器利用装载零件时产生的背压来测量停机按钮末端与工件之间的距离。与物理接触传感器不同, 非接触式传感器可以用多种方式安装。穿孔式停机按钮还包含一个 #10-32 攻丝孔, 用于安装螺纹接头, 以方便气路安装。

夹具位置监测: 一旦确定工件已经正确

装载, 就可以对工件进行夹紧。在加工开始之前, 最理想的是确定夹具处于适当的位置。通常情况下, 这种位置监测只适用于通过气动、液压或电动方式驱动的夹具。

可调式气动位置监测, 即使用一个小型的气动缸, 通过连接在卡箍臂上的螺栓与之接触, 以压下气缸, 增加系统中的压力, 然后通过一个压力表进行监测。这种系统最常用于工件尺寸在各部分之间略有不同的应用, 如砂型铸件。

气动位置监测使用一个连接到外壳内

的信号套筒的开关杆。信号套筒在气动监测回路中产生背压, 可以使用量具进行监测。这种类型的设备需要在夹具下面留有额外的空间。

电动位置监测使用可调节的电感式接近开关和一个开关杆。与气动版本不同, 它们通常不需要额外的传感器, 也不会增加管道的复杂性。它们通常不适合需要经常断开连接的应用。冷却剂和金属碎片也会对电气元件造成危害。在机床中使用电子元件时, 需要特别小心。

修复箱中最锋利的刀具 The Sharpest Tool in the Box

“修复”这个词可能会引发人们对旧的、过度使用的产品不如新产品的看法。现实情况是, 只要您从信誉良好的供应商那里购买, 经过修复的切削刀具将实现与最初购买时相同的稳定效果。然而, 人们对这些刀具仍有一些误解。

首先, 修复并不等同于维修。在修理一台设备时, 只检查和更换有缺陷的部件。而修复是使产品的各个方面焕然一新, 使零件恢复到原始的制造标准。

与修理过的零件不同, 客户会期望修复的产品与全新的零件一样完美。然而, 刀具的修复与其他工业零件的修复略有不同。

刀具的磨损根据应用的不同而有很大的差异。在汽车或航空航天制造业中, 刀具在一次运行中要钻多个孔, 生产商可能会遭遇更严重的刀具损耗。同样, 在更恶劣的环境中工作的行业, 如航空航天或石油和天然气, 刀具的寿命可能会更短。

而对于硬质合金刀具, 不是是否需要修复, 而是何时修复。因此, 刀具生产商必须从设计阶段就考虑修复问题。通常情



CoroDrill 860-GM 最多可以进行 3 次修复。(图片由 Sandvik Coromant 公司提供)

况下, 刀具的 CAD 数据将被储存起来, 以便修复后的版本能够与刀具的原始几何形状和涂层相匹配。对于定制刀具来说, 满足原始刀具规格至关重要。

多次重复使用一个刀具而不是投资购买多个刀具, 也有助于提高可持续性。整体硬质合金刀具, 例如 Sandvik Coromant 的刀具, 使用有限的材料, 例如钨和钴。钨的储量预计只能再维持 100 年, 因此多次购买是不可持续的。

如果我们要可持续地管理材料, 刀具的使用寿命必须更长。修复在这些努力中发挥着重要作用。Sandvik Coromant 公司提供自己的刀具修复服务, 鼓励客户将其纳入刀具策略。几乎所有 Sandvik Coromant 公司的硬质合金刀具都可以进行修复。客户将刀具装在 Sandvik Coromant 公司提供的修复箱中, 送到当

地中心。磨损的刀具可以被送到 Sandvik Coromant 公司在欧洲、亚洲和美洲的专业中心, 在那里按照原始规格生产相同的几何形状和涂层。

修复过程可以提高刀具的使用寿命, 但制造商希望刀具在其生命周期内可以多次进行修复和部署。考虑到这一点, 刀具制造商应致力于生产可进行多次修复的刀具。

例如, Sandvik Coromant 公司开发了其最新系列的产品, 具有 -GM 几何形状的 CoroDrill 860, 就考虑到了这些因素。与先前版本的 CoroDrill 系列相比, 改进的刀具设计延长了刀具寿命, 并且 CoroDrill 860-GM 可保证最多三个修复周期。

更换硬质合金刀具既是昂贵的, 也是不可持续的。必须摒弃对修复的误解, 这种做法应在运营公司的可持续发展计划中发挥关键作用。



JILL GLYNN

Commercial Services
Manager, Sandvik Coromant

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



飞行员从未通过机舱盖看到外面的世界。他们看到的是它的图像。(图片由美国空军提供)

为 F-35 战斗机机舱盖建造和验证模具

Building and Verifying Tooling for F-35 Fighter Jet Canopy

借助先进计量学构建实用精密模具

位于英国 Halesowen 的 Hockley Pattern & Tool 公司是一家在模具的科学和艺术方面都追求完美的企业。

这篇是关于 Hockley 公司如何建造和验证先进模具的文章。成型模具和夹具作为一个制造概念已经跨越了时代，今天仍然是许多先进部件的基础，包括有史以来最为先进的航空制造平台——F-35 战斗机的驾驶舱盖。

当今复合材料部件的复杂性和精确性可行在很大程度上依赖于使先进成型的铺层模具。这些铺层模具以及那些设计、制造和检查它们的人，是许多依赖高强度、轻质复合材料的部件和成品背后的无名英雄。

与大多数制造应用一样，随着材料和工艺不断改进，使高科技零件的制造变得更快、更便宜，质量也不断提高。在这种不断的演变过程中，有一点是不会变的：铺层模具对零件的功能和质量都是至关重要的。

在复合材料部件的制造和装配过程中，有许多交接环节，通常包括加工、涂层、

精加工和其他附加环节。如果铺层模具不完美，基础部件就会有缺陷。

25 年来，Hockley Pattern & Tool 公司一直是英国模具制造业的核心，它在国内和国际上为主要的航空航天和汽车制造商及其供应链提供高质量的模具。“当谈到设计和制造模具时，它可能既是一个创造性的过程，又是一个包含高度技术性的过程，” Hockley 公司的董事 Neil Williams 说。“通常情况下，我们会收到棱镜 3D CAD 模型，用来设计、建造和检查成品模具。但是，我们经常被要求从工件中创建模具，这可能是一个有机组织形态是或棱柱形零件，这里并没有现成的 CAD 模型或图纸可用。无论任何一项工作如何来到我们的车间，每一个成品模具都会包含一份与三维 CAD 模型相关的质量检验报告。”

Hockley 公司为了履行其承诺，在每件成品模具上提供基于 CAD 模型的质量验证报告，它依靠来自加利福尼亚州阿纳海姆 Verisurf 软件公司的 Verisurf 软件和其兼容性测量设备。由于相关的关键字是

基于在 CAD 上的，所以 Verisurf 公司被选中是基于以下四个引人注目的要点：

- Verisurf 软件是基于模型基础上的，其建立在 CAD 平台上，包括 3D 建模。该软件能够提供灵活的测量、逆向工程（包括 A 级表面处理）、检测、模具制造和装配指导等功能。
 - Verisurf 软件可以无缝地导入和导出智能 CAD 文件和模型，可以编辑现有的智能 GD&T 数据，并可以根据需要添加新的 GD&T 注释。
 - Verisurf 软件支持并运行几乎所有的数字测量设备，从接触式探测仪到非接触式扫描仪，无论它们的年限、控制器类型或专有软件如何，包括数控三坐标测量机、机械臂、跟踪器和所有类型的扫描仪。开放式软件平台和各种测量设备选项的灵活组合使 Hockley 公司能够在每项任务中开发和 / 或保持数字化，或数字工艺的连续性。
- “Verisurf 软件凭借其独特的应用工具集，真正提高了我们的质量控制水平，加

速了我们的模具检测速度，"Hockley 公司的质量经理 Robin Walton 说。"我们还使用 Verisurf 反向集成 CAD 和实体建模器，直接从我们的扫描仪制作出表面模型。其色彩误差映射和误差匹配非常出色，使我们能够实时确认我们工作的准确性"。

F-35 机舱盖： 一个合适的例子

Hockley 公司的任务是为 F-35 联合攻击战斗机的机舱盖建造、检查和交付模具。这项任务有很高的公差，或通常所说的装配准确度要求，这是因为机舱盖包含一个有框架的挡风玻璃和机舱盖，其中机舱盖是由一块拉伸的丙烯酸树脂生产的，并且其外模线没有台阶或缝隙。

F-35 是世界上第二架第五代战术战斗机，旨在满足四个关键目标：杀伤力、生存能力、可支持性和可承受性。根据其设计者的说法，F-35 "闪电 II" 驾驶舱的概念是 "让飞行员回到战术家的角色"。这是通过使用具有最佳的飞行员 / 载具界面 (PVI) 可管理性的单座工作载荷，以及卓越的形势意识来实现让计算机和飞行员本身各司其职。

飞行员从来没有通过机舱盖看到外面的世界，他们看到的是它的图像。因为每一个制造的机舱盖都以一种独特的方式扭曲了外界的视野。通过平视显示器和头盔显示器看到的空中和地面目标可能会因为机舱盖厚度、曲线和材料的难以察觉的偏差而产生失真。换句话说，机舱盖会对武

器的准确性产生直接影响。为了减少这种情况，每个机舱盖都是按照极其严格的公差制造并验证的。然后，作为组装过程的一部分，每个机舱盖都被光学映射并与特定的飞机相匹配，光学偏差数据存储存储在机载系统中，以实时纠正飞行员对外部世界的看法。

构建模块的实时、 直观的界面

作为 F-35 顶棚的工具制造过程的一部分，Hockley 公司使用了 Verisurf 软件的几个关键功能，结合适当的测量硬件设备，以确保准确性和质量验证。

Verisurf Build 也被称为虚拟量具，在 CMM 激光跟踪器或测头移动后能够显示实时偏差，从而检测零件与名义 CAD 模型的关系。在快速对准 CAD 模型后，Build 的界面能够实时、直观的显示零件与模型的偏差。

"Hockley 公司的工程经理 Paul Squire 说："该软件对我们来说是一个游戏规则的改变，它不仅提供了清晰和决定性的工具验证，而且还为我们航空航天部门的先进模具应用提供了实时数字工具设置和定位。

除了尺寸控制外，Hockley 公司还利用 Verisurf Build 的界面实现了一些额外的功能，包括如下几个方面：

- 为加工基准建立的中间设置检查功能，以优化加工过程。
- 在加工过程中对模具装配组件上的辅



Verisurf Build，也被称为虚拟量具，在坐标测量机激光跟踪器或测头移动后可以显示实时偏差，检测与名义 CAD 模型有关的零件。
(图片由 Hockley 公司提供)

助零部件进行定位，并进行实时引导调整。

- 模具点的澄清和位置控制。
- 对尺寸较大的线上制品模具制造项目进行离线核查和检测；
- 以及现场建立逆向工程 CAD 的能力，特别是在工位外进行的时候，在最终加工之前为客户灌输对原始模具数据的信心。

确定模具表面的 " 波纹 "

F-35 的机舱盖既是一个空气动力学部件，也是一个透射和折射光线的透镜。加上飞机的性能能力和驾驶目标，围绕整个透明系统的误差空间很小。识别并尽量减少机舱盖模具表面的波浪，有助于减少光学和空气动力学的偏差而保持表面性能，并减少机载系统所需的光学校正量。

Verisurf 软件的一个特定分析功能被用来确定刀具表面的波纹度，包括在局部轮廓内和相对于整个表面的偏差。这为用户提供了数据，帮助他们在必要时纠正刀具。该功能提供如下功能：

- 全局偏差分析。进行的第一个分析是全领域性的分析，它提供了一个偏差图以显示所有刚体点集。这是为了查看与名义 CAD 模型相比的总偏差而进行的标准分析。
- 区域范围分析。区域范围是执行的第一个局部轮廓分析。它决定了所分析的点集内各点的总范围。在这个例子中，用户定义



Hockley Pattern & Tool 公司是一家在模具的科学和艺术方面都追求完美的企业。(图片由 Hockley 公司提供)



成型模具和夹具有着悠久的历史，仍然是制造许多先进零部件的制造基础，包括有史以来最先进的航空平台——F-35战斗机的驾驶舱盖。(图片由美国空军提供)



机舱盖的构造可以承受 4lb 重的鸟儿以 480 海里的速度撞击加固的挡风玻璃和以 350 海里的速度撞击天幕顶盖而不破裂。特殊的涂层被应用到成品的机舱盖上，以保持低可察觉性或隐身特性。(图片由美国空军提供)

的半径为 10" (25.4 cm) 内的每个点都被分析，以获得该局部剖面中最大的高 / 低范围。

●局部偏差分析。局部轮廓的偏差分析提供了已建立的局部轮廓内各点与 CAD 名义上的总偏差。这被用来识别和修复高点和低点。

●局部轮廓平均分析。局部轮廓分析的平均值提供了对局部轮廓内部平均偏差的数据，以便对零件进行调整，获得更好的结果。

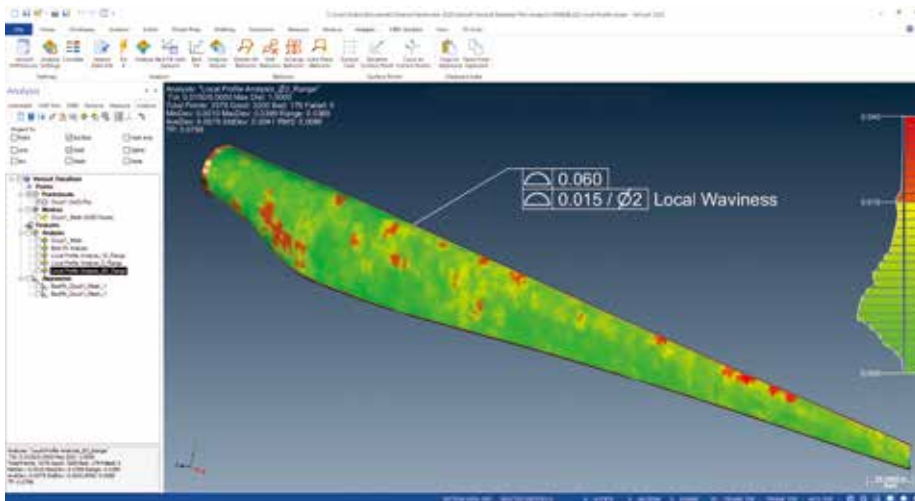
现代计量学，传统制造

Verisurf 软件是将现代计量学与传统制造方法相结合的一个例子，它提

高了可行的标准。Verisurf 建立在一个 CAD 平台上，支持基于模型的设计、工程、制造和质量验证的自然发展。这在设计 / 制造过程的每一步都保持了数字化的连续性。

Verisurf 软件公司总裁兼首席执行官 Ernie Husted 说："在过去的 20 年里，制造业中模具的发展比历史上任何其他时期都要先进，高科技材料是一个关键的贡献者，但如果没有专家级模具制造商的经验和 CAD、逆向工程和计量解决方案的整合，像 F-35 这样的成品平台在今天是不可能的。"

www.neosintl.com



在这个 36' (10.97m) 的风力涡轮机叶片（并不是 F-35 项目）的例子中，Verisurf 被用来识别需要修正的表面轮廓上的“局部”波浪区域。这是在零件的整个轮廓上进行的，提供全局性和局部性的分析和报告。Hockley 公司在 F-35 项目中使用了 Verisurf 的这个功能。(图片由 Verisurf 软件提供)

F-35 的一般特征参数

- 驾驶员：1 名
- 长度：51.4' (15.7m)
- 翼展：35' (11m)
- 高度：14.4' (4.4m)
- 机翼面积：460 ft² (43m²)
- 纵横比：2.66
- 空载重量：29,300lb (13,290kg)
- 总重量：49,540lb (22,471kg)
- 最大起飞重量：70,000lb (31,751kg)。
- 燃料容量：内部可含 18,250lb (8,278kg)
- 动力装置：1 × Pratt & Whitney F135-PW-100 后燃式涡扇发动机，净推力 28,000lb (120 kN)，后燃器 43,000lb (190 kN)。
- 最大速度：高空 1.6 马赫；海平面 700 节 (806 mph; 1,296 km/h)。
- 范围：1,500 海里 (1,700 miles, 2,800 km)。
- 战斗范围：使用内部燃料 669 海里 (770 miles, 1,239 km)；使用内部燃料执行拦截任务，用于内部空对空配置 760 海里 (870 miles, 1,410 km)。
- 服务上限：50,000' (15,000 m)
- G 限制：+9.0
- 机翼载荷：毛重量时 107.7lb/ 英尺 (526kg/m²)。
- 推力 / 重量：毛重时为 0.87 (装载重量为 1.07，内部燃料为 50%)。



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

专家：提高自动化程度 对满足飞机需求至关重要

Experts: Increased Automation Critical to Meeting Aircraft Demand

仅仅是未来 20 年的商业需求就表明生产速度将会翻倍。



空客公司去年在德国汉堡部署了其 A320 系列机身结构高度自动化装配线。(图片由空客公司提供)

在新冠病毒大流行扰乱了正常生活并基本上关闭了商业航线之前，航空业预计在未来 20 年内需要 4 万架新飞行器，包括飞机、直升机、空中出租车和无人驾驶飞行器。这个数量包括对平均寿命为 25-30 年的老旧飞机的替换，而且是建立在大约八年的累计积压的基础之上的。

一些行业专家说，如果与新冠疫情有关的限制一旦缓解，对飞行的需求就会恢复到以前的水平，那么满足预计需求的唯一途径就是增加自动化。

与许多其他行业不同，航空业是一个

手工劳动很普遍的行业，因为目前没有可行的替代制造工艺。但考虑到 Statista 记录的 2006-2019 年全球采用空中交通的乘客需求逐年增长（除了大萧条时期的 2009 年，增长幅度在 2.4% 至 8.1% 之间）和其他因素，如果该行业要跟上时代的步伐，提高效率是必经之路。

研究人员正在试图找出如何使一些过程进行自动化，如手工铺放。但目前还有其他的自动化可行措施，包括将装配的指令投射到工作站上，以及自动密封、紧固、标记和材料处理过程。

空军研究实验室结构技术部主任 John D. Russell 说，仅仅是商业航空的需求就需要将生产效率提高一倍。

除商业飞机外，军方也正在探索可量产的模块化飞机。

最后，空中出租车的概念已经从传统的航空公司以及像 Uber 这样的公司那里获得了关注，并且需要更多的生产。

Russell 说：“对于这些案例中的任何一个，我从我的行业联系人那里听说，美国目前没有这个能力，”他提醒说，他的信息是在病毒袭击全球之前的。”如果这

G 500 H

卧式成形磨床



新的G-H系列精密磨齿机用于齿轮、轴齿、蜗杆、转子和丝杠的加工。
一个通用的解决方案能满足您的特殊要求。
工件直径可以增加至600mm



埃马克(中国)机械有限公司
地址:太仓市陈门泾路101号工业园区2号厂房
邮编:215400·电话:0512-53574098·传真:0512-53575399
网址:www.emag.com·邮箱:info@emag-china.com



新浪微博



官方微信



JR 自动化公司在 CNC 控制架构的基础上定制设计了一个六轴龙门式机械手，用于制作发动机罩上的穿孔外壳。(图片由 JR 自动化公司提供)



南加州大学先进制造中心的研究科学家 Brual Shah 博士正在检查由机器人手臂铺设的预浸复合材料部件。(照片由南加州大学先进制造中心提供)

三种情况同时发生，行业将不得不在如何解决问题的能力上有所创新。”

“我听到的最大替代方案是使用自动化来提高生产力和产量，特别是对于商业航空而言更是如此。公司正在研究自动化可以改善从零件制造到装配的任何方式，我听说自动化的资本支出比增加新的生产线要少。”

Russell 说，他不会在空中出租车行业寻求海外生产而感到惊讶，因为飞行器价格可能是他们商业模式的一个重要驱动力。但他怀疑我们是否会看到商业航空的离岸生产，因为由于劳动力的高技能水平，该行业可能会坚持与既定的供应商关系。他指出，显然，对于任何军用车辆来说，离岸外包都不是一种选择。

在 20 年内交付 40,000 架飞机将需要每年生产 2,000 架飞机，这比新冠疫情之前的交付量高得多。

当制造商不能以足够快的制造速度以满足航空运输上升所带来的需求时，就会出现交付的积压。

此外，消费者现在将航空旅行视为一种必需品，而不是奢侈品，并且有能力支付个人旅行。

因此，商业航空公司扩大了他们的服务范围，为那些渴望飞行的消费者提供灵活的起飞时间。

截止到 5 月 1 日，波音公司积压了 5049 架飞机，而截至到 3 月 31 日，空客公司的预备订单已堆积到 7650 架。

在新冠疫情之前，波音和空客之间的竞争已然复苏，预计将使其高度流行的窄

体飞机平台的交付量创下纪录，2019 年的产量将同比增长 9.4%。根据研究和分析公司 Frost & Sullivan 在 2019 年 6 月中旬发布的消息，波音和空客去年预计将生产超过 1750 架飞机，比 2018 年的 1606 架有所增加。

然而，到了 8 月，其他因素正在削减这些数字。

英国《卫报》的一篇文章称，在波音公司的 737 Max 喷气机于 2019 年 3 月发生的两起致命坠机事故后，全球飞机产量已下降了四分之一。英国航空航天行业游说团体 ADS 表示，2019 年 7 月交付了 88 架飞机，比上年同月的交付量下降了 24%，下降的主要原因是 737 等单通道飞机的生产量下滑。

到去年年底，空客和波音公司加起来已经交付了 1243 架飞机。

同时该行业也正在采取行动以促使产量进一步提升。

“两家最大的商用飞机制造商，波音和空客，都在为提高生产速度而投入大量的额外资金，”JR 自动化公司航空航天和国防业务发展部的副总裁 Bill Bigot 说。

去年年底，在德国汉堡，空中客车公司部署了其 A320 系列机身结构高度自动化装配线。

该公司说，新设施有 20 个机器人，采用一种新的物流概念，通过激光测量自动定位，并进行数字数据的自动化采集。

除了使用机器人，空客还在材料和零部件物流方面实施新的方法和技术以优化生产，提高人机工程学，缩短交货时间。

这包括物流和生产级别的区分，以需求为导向的材料补充以及使用自动化引导车。

然而，大约在同一时间，波音公司已经结束了在华盛顿州 Everett 工厂为期四年的全面自动化的努力，目的是使用机器人手臂在 777 喷气客机和 777X 的两个主要机身部分插入紧固件，对熟练机械师的手动操作进行有选择性的替代。

根据已发表的报告，机器人仍然在一个自动化的“柔性轨道”系统上为紧固件钻孔，从而形成了一个人类与机器人相结合的装配过程。

不过，这种努力最终可能会得到回报。

负责 777X 生产的波音公司副总裁 Jason Clark 告诉《洛杉矶时报》，使用机器人技术的失败使波音公司从其“第一次非常深入地研究该类型的技术”中获得了一些宝贵的经验教训。11 月的一篇文章中引用了 Clark 的话：“它教会了我们如何为自动化设计”。

据《泰晤士报》报道，采用 Electroimpact 公司开发的设备来处理机身组装中最耗费体力的任务之一：在金属上钻孔，因此新方法对工人的损害较小。

此外，“我们重新设计了部分结构，以装配难度较低的紧固件形式取代了铆钉，进一步改善了人体工程学。”公司发言人说。

并非所有提高产量的措施都包含新生产线和机器人。

据路透社报道，在南卡罗来纳州的北查尔斯顿工厂，波音公司为机械师配备了外骨骼，旨在减少持续高度作业的劳损；



空军研究实验室的 John Russell 博士说，从现在到 2040 年，在生产力加倍的情况下，才能够满足商业飞机的制造需求。(图片由空军研究实验室提供)

这种外骨骼布置了蓝牙智能扳手，以确保工人拧螺母时使用正确的扭矩，并使用虚拟现实技术为机械师来测试新工具。

机器人能接管手工铺设吗？

在任何机身结构被运到汉堡或波音在

华盛顿州的工厂之前，它们会在自动化复合材料制造 (ACM) 过程中被制造出来，这包括自动纤维铺放和自动铺带。

ACM 适用于中型或大型零部件，如机身、机翼和舱壁，这些零部件也是相对平坦或略带轮廓的结构。

但中小型复合材料部件是通过手工铺层来制造的，这是一个非常低效的过程，浪费了大量的材料。

这是一个大问题，因为这些零件——夹子、支架、工字钢和通道门——可以占到整个结构的一半重量，仅一架飞机就需要数千件。

“复合材料顾问 Les Cohen 说：“而且，这些必须手工铺设的部件必须被切割下来，并进行挤压等步骤。”因此，这意味着你的采购质量与飞行质量比可能是 2 倍：如果你使用的是 40 美元一磅的材料，

它实际上的价格会达到 80 美元一磅。”

南加州大学的一个团队最近完成了一个示范性项目，采用机械臂实现自动铺设。

虽然不是自动化，但仍有改进飞机建造材料的余地。

从业界了解到，在进行中的部件每隔几层都要进行热压操作，同时还要对最终部件进行固化，这需要大量的时间。Cohen 说，快速固化树脂具有热压部件的特性，但不需要热压罐过程，这就是答案，但它们还没有出现。他说，开发新材料的投资平均时间长达 5 年，估计费用为 1000 万美元，而且不能保证它们会被接受，因此，这一挑战没有得到解决是可以理解的。

第四次工业革命在航空航天领域起步缓慢

工业 4.0 承诺提高生产力和质量，也

看，超级聪明的办法！(机械手臂末端工具可自动进行预浸料铺设)

Look, Ma, No Hands! (End-of-Arm Tooling Does Automated Pre-Preg Layup)

Rego-Fix 公司三年前开业的新工厂采用了先进的能源和自然资源保护功能。其中包含一个特殊的空气交换通风系统、木质颗粒加热系统、多程渐进式空调机组、“绿色”屋顶，以及使用自然光并由传感器控制的照明。

空气交换通风系统每小时会在新楼内交换空气七次。它从生产车间抽出废热，这些废热主要由公司的机床所需的大型空气压缩机设备产生。在寒冷的月份，也就是一年中的其余时间，回收的废热被用来加热从楼外吸入的新鲜空气，并循环到生产车间。

此外，封闭系统中的循环水有助于在运行期间保持生产车间空气压缩机的冷却。在冷却过程中，水会变得很热，然后这些被加热的水被储存在一个 1849-gal (7007-l) 的水箱中。这些水将流入地暖中，并为办公大楼提供暖气。

该设施还包括一个 390kw 的加热系统，由燃烧木质颗粒加热，而不是化石燃料。这些颗粒是木材和家具制造行业的副产品，在该地区很常见。该系统可以消耗非常少的颗粒，因为它是作为其他加热源的备用加热部分，只有在外部温度极低时才会使用。

在夏天，一个节能的渐进式三单元空调系统与地板系统和空气交换系统一起工作，从而使新建筑物保持凉爽。空气交换装置将热量从建筑物中抽出，而冷水则通过地板系统进行循环。

如果建筑物内的温度上升到一定水平以上，渐进式空调系统中的一个单元就会开启，以支持地板系统和空气交换单元。空调机组的转速是可调节的，因此如果温度水平继续上升，就会迫使第一台空调机组超过其极限，系统中的第二台空调机组将会被启动。同样，如果第二台机组达到其转速极限，第三台机组也会被启动。一旦建筑物开始冷却，各个空调机组将按相反顺序进行关闭。

与典型的屋顶设计不同，建筑物的外墙是完全绝热的。Rego-Fix 选择的屋顶具有很好的隔热性，这是非常不寻常的。它被称为“绿色”或“种植”屋顶，上面覆盖着有实际草皮生长的土壤。除了它的绝热价值外，屋顶还能收集雨水，并汇集到一个 13,200 加仑 (50,000 升) 的水箱中，用于冲洗大楼洗手间的厕所。

将这些功能结合起来，该建筑的所有加热和冷却功能在生产区域内能够提供稳定和恒定的环境温度。这使一个关键性的



南加州大学的 Satyandra K. Gupta 和他的同事与学生证明了机器人手臂可以完成预浸料复合材料的铺放。

制造优势。恒定的温度有助于保持稳定的机床精度，以保证该公司刀具夹持系统的高制造精度。

为了进一步节约能源，新的生产大楼采用了许多大型的三层绝缘窗，以让充足的自然光进入进来。此外，窗户还安装了自动开合的窗帘。这对保持建筑在夏季的凉爽有很大帮助。虽然窗帘阻挡了大量的热量，但它们是透光的，可以让光线进入。

在需要额外照明的地方，可以使用 LED 型节能灯，并通过运动检测控制来激活光源。大楼里没有墙壁开关，只有在有人的地方才开灯，没有人的时候就关灯。

可能有助于促进航空生产，但该行业在采用第四次工业革命的互联、数字化和数据驱动的世界方面一直进展缓慢。

"我想说的是，这些东西现在刚刚在生产中上线，并取得了成果。Electroimpact 公司复合材料铺层和自动化项目经理 Andrew Purvis 说："我们非常重视这个问题，我们只是到了可以在项目层面上推出这个东西，并真正为工厂提供一些绝对会影响他们效率的东西。"当你开始获得数据并开始计算数字时，你就会开始在那堆数据中发现很多金子，很多时候甚至是钻石，并明确是什么在帮助您真正提高产量。"

Purvis 说，自动化的时机已经成熟，就是在生产质量方面。

Electroimpact 公司将质量监控纳入到系统中，采用检测技术在 AFP 机器制造或打印零件时测量其所有动作。这种自动检查功能使该公司称为 "持续调整" 的工艺成为可能。

"系统实际上是通过观察它正在做什么来保持自己的校准，它不断地自我调整，"他说。"就像一台 AFP 机器或打印机可以用摄像头或传感器来观察输出表现，然后说'嘿，我注意到你开始有点漂移了，所以我要进行补偿'。"

Maher Associates 咨询公司的总裁 Mick Maher 说，在这一点上，采用工业 4.0 更像是一种愿望，而不是一种成就，部分原因是网络安全和数据管理的影响。

"我不认为航空航天业比任何其他行业采纳自动化的速度慢，"他说。"反而，我认为工业 4.0 在这个时节仍然不够成熟。这就是说，自动化是工业 4.0 的一个关键组成部分。但正如自动化中有些部分是成

熟的，如胶带放置、纤维铺放，但仍然需要大量的开发。"

将有大的收获

Randy Rounkles 一直是 JR 自动化公司的航空航天技术总监，他之前在 Spirit Aerosystems 公司工作，是 2019 年初部署的工业 4.0 团队的一员。

Rounkles 说，Spirit 是波音公司在 2005 年剥离的一家工厂，基于其物理场地限制和规模，该厂的传统目标产量是每月 21 架。在他离开之前，该工厂的月产量为 57 架飞机，这得益于更多的加工班次、更多的员工和更多的自动化，特别是在紧固件方面。

"我离开之前的（最后）一个项目是关于设备利用率的工业 4.0 数据收集，这实际上改变了该公司在了解他们的设备正在做什么以及它能够做什么方面的面貌，"Rounkles 说。"它对未来的资本支出产生了重大的影响"。

"涉足数字领域"

AFRL 公司的 Russell 说，全世界都在研究将工业 4.0 应用于航空航天制造，但推广的速度很慢，目前的飞机生产更多的是模拟而不是真正的数字化。

"公司正在涉足数字化，以解决特定的痛点，如资产跟踪，但很少有制造商拥有真正的企业级工业 4.0 环境"，他说。

Russell 说，就工业 4.0 部件的现状而言，增材制造正被用于模具和非结构性部件的制造，一些工艺通过使用机器人实现了自动化，在数据分析方面，已经进行了研发，将无损检测数据与原始模型联系起来，以了解制造缺陷对部件性能的影响。

在 YouTube 上发布的视频中，一个带有臂端滚轴的库卡机械臂将预浸复合材料层平滑地覆盖在前一层上，而两个带有夹持器的机器人将材料绷紧在两边。

有多少手工铺放工艺师希望有这种相当于第三只手的工具，能在智能机器人加工单元的记录中被展示出来？

该加工单元及其背后的所有技术是南加州大学机械工程和计算机科学教授 Satyandra K. Gupta 及其同事和学生所从事的一个示范项目。他们根据波音公司、洛克希德-马丁公司和联合技术公司的建议制作了这个零件，目的是评估自动化的可行性。Gupta 说，用他们的机器人自动化制作出零件的测试结果将被送到了这三家公司。

"现在，每个人在航空航天领域面临的关键挑战都是劳动力的短缺，"他说。

他解释说，通过机器人手臂进行铺放，人类操作员可以同时监督几个加工单元。这不仅可以提高产能，还可以在确保质量的前提下，取消零件制作过程中的拆分步骤。

这是因为，假设对于一个由 100 层预浸料制成的关键部件来说，正在加工的部件必须真空袋压，每隔三层（或五层）就进行一次真空处理，以确保预浸带之间没有空隙，总共要进行 33 次排空操作。

但是有了机器人，与人手不同，机器人铺放工具的压力可以被测量，所以铺放质量得到了保证，而且过程可以更快。

自动化的过程不仅使其质量变得一致并且简化了过程，而手工铺放是一项繁琐的工作，并对体力要求很高。

经过两年半的努力，Gupta 和他的团队将机械臂与臂端工具、计算机视觉、力感应、人工智能算法、先进的控制器和人机界面结合起来。他们的示范部件由多达 15 层的标准环氧树脂基碳纤维预浸层所组成。

他们工作中最具挑战性的部分是整合实时计算机视觉。

"你必须让摄像机看到什么缺陷正在形成，"Gupta 说。"如果机器人现在看到一条皱纹，有时它会将板材拉向这边，然后拉向那边……"

当加工单元遇到它无法解决的问题时，它会用蜂鸣声、电子邮件或短信提醒人类操作员。

但这只是在必要时，大部分时间整个过程都很顺利，"Gupta 说。

	AIRBUS			BOEING		
	交付	订单	积压	交付	订单	积压
2014	629	1456	6386	723	1550	5800**
2015	635	1080	6831	762	878	5800**
2016	688	731	6874	748	847	5715
2017	718	1109	7265	763	1053	5864
2018	800	747	7577	806	1090	5900
2019	863	768	7482	380	246	5406

*所有订单数字均为总额。
**波音公司在公司文件中报告这些数字为 "几乎"。
资料来源：空客、波音网站。

发格自动化

汇聚40年市场与技术积累

为机床自动化提供完整解决方案及全套配置

数控系统

伺服/主轴驱动系统

直线光标尺

角度编码器



FAGOR 
FAGOR AUTOMATION

Open
to your
world

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



掌握微型涡轮机

Mastering Microturbines



Will Hasting -
Director of Aviation and Power Turbine
Solutions, Velo3D

从波音 777x 上的发动机到为最小的无人机提供动力的发动机，各种规模的喷气发动机都有其固有的极端复杂性。虽然无人机显然比喷气机需要的涡轮动力更小，但驱动它们的微型涡轮机对工程师来说仍然是一项繁重的设计和制造挑战，他们必须把所有这些复杂性零件塞进一个小得多的空间里。

设计任何喷气发动机的一般规则是保持它的线性和圆形。

因为无论在发动机的尺寸中引入什么变化，都会弱化它的性能。

直到最近，传统上无人机微型涡轮机都涉及大量的手工制作和许多不同类型的零件。这不仅增加了制造和装配成本，而且使发动机更容易受到性能变化带来的影响。

为解决这些问题而采取的变通办法可能会导致设计上需要做出妥协、或者是重量增加和过多的燃料消耗等问题。因此，无人机的价格也就一直居高不下：一架农业或军事用途的飞机可能需要几十万到几百万美元。

这种状况为先进的金属增材制造设备制造厂商创造了一个机会，他们正经历着对 3D 打印机打印整个小型涡轮机所带来的成本效益而产生兴趣上升的阶段。

无人机制造商正在从商用飞机发动机制造商那里获得的启示，他们已经越来越多地使用增材制造技术进行零部件整合和轻量化（这见证了近年来 3D 打印发动机

部件的进步）。

就像主要的飞机制造商一样，无人机公司的最终目标是更高效、燃烧更少的燃料，允许更大的有效载荷，并能提供更宽广的飞行范围。

尽管目前增材制造行业声称可以打印任何东西，然而，目前的许多增材制造设备仍然不能胜任在复杂的微型涡轮机深处创建精细零件细节的任务。

KW Micro Power 公司的经验就是如此，他们微型涡轮机的设计包括一个由直径 10 英寸、高 4 英寸的钛盘组成的扩散器，内部有如迷宫一般的小角度废气通道。

该公司与几家 3D 打印机制造商接触，但是因为这些内部通道被认为是无法打印的，所以被拒绝了。

为什么呢？因为大多数金属增材制造技术不能制造与水平面相差小于 45 度的特征——如果没有类似如图脚手架的支撑物，就不能在制造过程中保持工件下垂和扭曲。

虽然昂贵且费时，但在建造后通过机器加工或磨掉这些支撑物是公认的行业惯例。

KW Micro Power 公司的设计包含了



这个由 3D 打印制造的扩散器包含小角度的内部通道，这是用 Velo3D 公司的无支撑增材制造技术所制造的。（图片由 KW Micro Power 提供）

不可触及的定子叶片的内部深处部分的制造——这就说明在 3D 打印之后，不可能拆除其支撑结构。

然而，Velo3D 公司新开发的无支撑 AM 技术提供了在完全没有支撑的情况下打印内部近水平面的能力。

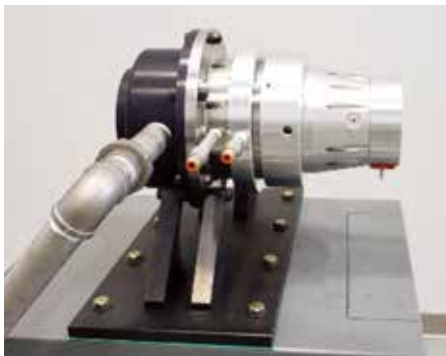
当增材制造构建第一次完成后，最终的零件比原来的设计轻 37%，并且性能显著提高，操作产生应力也降低。

光滑的表面处理也有助于提高性能，因为它无需后期处理就能优化气流：表面粗糙度越低，空气摩擦对发动机效率的侵蚀就越小。精细的特征分辨率使复杂的冷却通道和燃料输送通道成为可能。

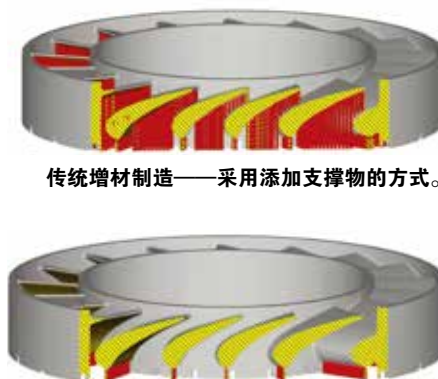
而最新系统的打印设置软件、连续的构建管理和质量保证监测功能则有助于实现所有尺寸的涡轮机所要求的高水平的零件一致性。

微型涡轮机可以很好地适应目前的增材制造建造室的尺寸：即将推出的更大的系统也能够为直升机和公务机制造发动机。

www.velo3d.com



Kw Micro Power 公司的发电机小到可以装进一个手提箱中。



传统增材制造——采用添加支撑物的方式。

Velo3D 公司打印——不再需要支撑材料。

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



新的管理和流程为 SPM 公司带来增长

New Management, Processes Deliver Growth to SPM

拥有长期的客户合同是每个合同制造商的至高目标。在 Shapes Precision Manufacturing (SPM) 公司, 这个目标正由一个强大的新管理团队使用由熟练劳动力发起的新型制造工艺来实现。这包括最新的 Prima Power Laserdyne 系统和 FastTrim 软件。

"我们的团队是一个以解决方案为导向的制造团队, 对航空航天材料有着深刻的理解," SPM 的总经理 Paul Sesta 说, "我们致力于与 希望通过提供单一来源能力来为那些生产复杂组件的客户提供长期服务协议。这需要一个坚实的管理团队, 利用最新的技术以及积极和熟练的工人"。

"无论是在航空航天、能源和军事以及任何其他行业, 赢得多年合同的资格认证过程都是十分艰巨的。" Sesta 说, "SPM 正在完成这个任务, 所积压的合同要持续到 2025 年。" 我们所经营的 Shapes Precision 公司正处于其 30 年历史上的最高销售额时期。这是因为我们重组了管理团队, 并增加了创新技术, 如我们从 Laserdyne 新采购的第二台, 带有 BeamDirector 的 Laserdyne 430 系统。

该公司在设备和人员方面进行了大量的资本投资, 同时在新在制造技术和工艺方面也在继续扩大和培训其员工。

"我们购置了具有多轴、高速、严格公差、大型工件加工能力以及具有光纤激光加工能力的加工中心," Sesta 说, "我们购买了新设备, 以进行 5 轴水刀、TIG/MIG 焊接、电阻焊接、弯曲、轧制、穿孔、冲孔和成型加工。

Sesta 正在引领这些经过扩展的制造和培训能力。他创建了新的管理小组, 并带来了 34 年的管理经验, 利用各种 Prima Power Laserdyne 激光系统, 从早期的 Nd:YAG 发展到目前最先进的光纤激光技术, 为喷气发动机制造热段零件。他的团队包括质量经理 Mike Dozer、运营经理 Joey Sesta、设备经理 Rick McGahee、激光编程和非常规加工负责人 Michael



SPM 总经理 Paul Sesta (站立者) 和 CNC 编程员 Michael Grantham 使用 FastTrim 软件评估离线激光喷嘴的间隙。

Grantham 以及首席激光、电火花和水刀技术员 Rob Kissiday。

这种在航空涡轮发动机零部件和相关技术方面所具有复杂激光加工的背景成为其获得多个一级客户的关键。

通过转型, SPM 公司与世界公认的原始设备制造商以及次级商业航空和国防供应商建立了长期的业务关系, 包括 Parker-Hannifin、SAFRAN、Defense Logistics Agency、Pratt and Whitney、GE aviation 及 Textron。

作为涡轮发动机部件的供应商, 对航空航天材料加工的深入了解是必不可少的。这是 Sesta 为公司设定的关键理念之一, 他认为这对公司的未来发展非常重要。在众多的航空航天材料中, 该公司加工的材料包括 Inconels、hastelloys、钛、不锈钢和铝材料。这些加工过程的关键是公司的 Laserdyne 多轴光纤激光系统, 特别是最近收购的 Laserdyne 430 系统和 BeamDirector 系统。随着该系统的加入,

再加上现有的 Laserdyne 795 系统, 为长期的发动机部件合同打开了大门。

使用 "测试件" 很重要

"凭借我们以前的航空航天工作经验, 精密发动机部件制造的机会就出现了," Sesta 说。"发动机热段工件制造对我们来说是一个自然而然的进步。我们使用新的 Laserdyne 430 系统处理航空航天材料的经验是我们鉴定工艺过程的一个关键部分。这其中具体的工艺审批花了将近一年的时间。我们进行了试制并提交了我们的 "测试件", 以证明我们在修整热端部件截面和在复杂部件上以精确设置的角度来钻制精密冷却孔方面的加工质量。因此基本上, 我们为我们在航空航天 OEM 项目而购买了那台机器, 这也是我们可以长期获得这种类型加工任务的重要原因。"

这台新机器的一个主要特点是具有独特的加工能力, 可以钻圆柱形和异形孔, 以及在各类材料中可以进行斜面切

割，特别是对于那些指定的航空材料如钛和 Inconel 材料。该系统配备了 15,000 瓦的 QCW (准连续波) 光纤激光器和 S94P 控制器，为钻孔应用提供所需的峰值功率，为切割应用提供脉冲或连续输出。结合更高的速度和加速度，第三代 BeamDirector 提供 900 度的 C 轴 (旋转) 运动，以及 300 度的 D 轴 (倾斜) 运动。BeamDirector 的特点是提高了精度和可重复性，更高的辅助气体气流，可调节的镜面使光束对准更容易、更准确，盒式安装的镜头和盖板滑轨可快速、准确地进行更换。同时，稳定的设计和改进的运动控制让 Laserdyne 系统在所有辅助气体压力高达 20bar (300psi) 的情况下仍能保持精度和可重复性。

可靠性 " 无需调整 "

" 我们正在以高转速来进行浅孔钻孔，通过机器的直接操作可以使我们从钻孔转变到切割再到焊接，而不必像 Nd:YAG 激光器那样调整激光器或等待预热，" Sesta 说，" 零件的直径从一英寸到 20 英寸不等，由不锈钢、航空铝材和高强度钢制成。Laserdyne 430 的速度比 YAG 系统快 50%，使我们满足 0.001 英寸以内的尺寸要求，并且热影响区的微裂纹可以达到最小，甚至没有。我们每天操作机器 21 小时，而停机时间不到 1%。

" 他说：" 当 Laserdyne 795 和 Laserdyne 430 一起使用时，真正有效



Robert Kissiday 和 Michael Grantham 在他们旁边的 Laserdyne 795 系统中完成一个大型零件的加工设置。在铣削至所需高度后，光纤激光系统正在修整 0.050 英寸不锈钢航空发动机排气部件的成型法兰。

的是，430 是小型零件的理想选择，而 Laserdyne 795 则是大型零件的理想选择，同时每台机器可以在共享的尺寸范围内处理其他机器的零件，以增加产能和灵活性。" 拥有第二个激光系统可以确保降低风险，减少停产的可能性"。

FastTrim 软件概述

Shapes Precision 激光操作的另一个创新是它使用了 FastTrim 软件，这是一个用于 Laserdyne 430 和 Laserdyne

795 系统的一体化软件。它使 SPD 工程师能够对零件进行建模，定义加工路径、特征位置并构建零件夹具。操作人员可以轻松发布一个完整的程序，用于二维和三维激光焊接、钻孔和切割应用。

" 零件、夹具和机床都能在 FastTrim 软件中建模，" Sesta 说，" 在我们生成刀具路径时，我们可以看到间隙、行程以及横梁撞击问题。在程序进入车间进行离线验证之前，我们可以对工序位置进行必要的调整。我们也可以快速、直观地 ' 引导和延后 ' 激光，并在旋转台或 BeamDirector 之间切换，以预测 5 轴变化或直接访问具有挑战性的几何形状。"

该软件还提供了通过板材偏移、刀具偏移和轴线平移来修改刀具路径的能力，并有碰撞保护功能。

赢得长期客户合同

" 新的 Laserdyne 430 是一个启示，因为它允许提高生产力，" Sesta 说，" 它为今后更多的技术进步提供了更大的机会。这要归功于 Prima Power Laserdyne 在工艺开发、硬件和软件方面的历史积淀，这些都可以提供给现有客户。这些新增的激光加工能力是我们整体能力的一个重要部分，能够增强客户支持，并提高加工性能和业务增长。"



Robert Kissiday 是 Shapes Precision Manufacturing 公司的首席激光技术员，正在观察 Laserdyne 430 系统在航空不锈钢滚针轴承座上的切割槽。

SPR 公司的黄铜加工能力更上一层楼

SPR Machine Discovers New Productivity in Brass



从不锈钢转为黄铜后，由于可以实施真正的高速加工，SPR 能够将一个零件的加工周期从 6 分钟以上缩短到 2 分 20 秒多一点，每班的生产零件数从 76 个上升到 191 个。

2002 年，三位合伙人将他们不同的制造和加工经验以及他们名字的首字母贡献出来，创立了 SPR 机械加工公司。这个位于俄亥俄州汉密尔顿的机械厂已经从 2500 平方英尺发展到 78000 平方英尺，地面上有 14 台铣床，以及车床、焊接和检测设备——所有这些都致力于为主要在航空航天和医疗行业的客户生产从 60”到 0.0005”的高质量产品。

所有这些才能、经验以及创业精神使 SPR 机械公司成为一个思想开放的车间，并以极大的热情对待新的增长挑战。当其中一个挑战是零件材料从钢转变为黄铜时，SPR 抓住了这个机会，同时一些人也想知道 SPR 通过高速加工能节省多少周期时间。

它最终购置了新设备、学习了新知识，并且雇佣了新员工——从而对黄铜的多功能性和加工性能进行了重新认识。

这个机会始于联合创始人 Scott Pater，他是一名越野和无线电遥控汽车爱好者，他将这些激情结合起来，与一个朋友一起参加了越野遥控汽车比赛。

当这位朋友重新设计了一个遥控零件版本并开始向爱好者商店销售时，Pater 向他表明，SPR 将做的比中国供应商更好，特别是考虑到离岸订购通常意味着几个月的零件供货周期。

最初的设计指定使用 12L14 钢，但这种钢会发生腐蚀和膨胀，一旦使用，就很难拆除该部件。

铝虽然解决了腐蚀性的问题，但其缺乏强度和重量，无法保证低重心的小型车辆的稳定性。

黄铜能同时提供这两点，同时其优美的外观还能吸引客户的注意力，还可以加强 SPR 以质量为中心的经营路线。此外，黄铜不会产生 SPR 在其他金属加工上遇到的那种长长的如鸟巢状碎片，特别是在一个有近 4 英寸长钻孔的零件上。

Pater 说：“黄铜的加工速度更快，切屑能顺利从机床中排出，客户喜欢他们在成品零件中看到的東西。”

为了这项工作，Pater 投资了公司的第二台数控车床，这是一台七轴瑞士式的 Ganesh Cyclone GEN TURN 32-CS 机床，

配置了 6000 转双主轴、27 把刀具、线性导轨和 12 英尺的静压棒料进给器。

“最初，我们在一台 SL10 车床上运行这个 RC 零件。我们不得不只运行一侧，然后取出零件翻转过来完成背面的加工，”Pater 说，“而在 Ganesh 上，当零件从机器里出来时，它就完全加工好了。”

有了这台新机器，SPR 需要找到合适的员工来潜心学习它。

David Burton，一位以前在 SPR 去毛刺部门工作的操作员，接受了这项挑战。在几个月的时间里，他学会了双主轴机床的块状编码和 G 代码，并为该零件编制了初始加工程序。

SPR 与位于辛辛那提的 TechSolve（一家提供可加工性评估测试服务的咨询公司）进行合作，使该车间获得了一个独特的机会，能够与铜业发展协会（CDA）一起来优化这个零件，该协会是代表铜、青铜和黄铜生产商和用户的非营利贸易团体。

作为允许 TechSolve 指导 SPR 生产参数的交换条件，车间将获得来自机器人和材料专家的终极优化加工参数。



CoroMill[®] MH20

极佳的高进给型腔加工刀具

以性能极佳的CoroMill[®] MH20提升高进给铣削工序。
这是一款应用范围广的通用刀具，但主要是为ISO S、M和P材料的
型腔加工而设计。

更多详情，请访问：www.sandvik.coromant.cn



扫一扫直达
山特维克可乐满官网



扫一扫关注
山特维克可乐满微信



SPR 机械加工公司的联合创始人 Scott Pater (右) 和机床操作员 David Burton 与铜业发展协会和 TechSolve 咨询公司合作, 优化了航空航天车间中, 黄铜部件的高速加工工艺。



由于黄铜的高速可加工性, SPR 的 7 轴瑞士式机床可以快速地钻深孔, 车间在长时间的轮班中能够保持精度并延长刀具寿命。

除了车削之外, 该零件最初还需要进行球磨, 钻许多深孔, 并在内径上镗出一个轴承表面。

Ganesh 所具有的多主轴和轴线能够节省生产时间, 但 Burton 最初的生产程序设计的周期为 6 分 17 秒, 这意味着每 8 小时的班次仅能生产 76 个单元。

在 SPR 实施 TechSolve 的建议后, 生产周期时间下降到 2 分 20 秒, 每班的零件数上升到 191 个。

为了实现这一优化目标, TechSolve 公司确定了 SPR 可以从几个方面来减少生产周期时间。

SPR 可以用拉刀代替球磨, 把零件挂起来, 这样一次可加工五个槽——当然这种策略在用不锈钢或钢制作零件时很可能并不奏效。

由于采用了硬质合金钻头进行加工, 进给和深度需要采用更加积极的参数, 这样退刀次数更少, 同时增加了粗加工的切削深度, SPR 还可以节省更多的时间。平衡两个主轴之间的工作量意味着任何一个主轴都不需要等待另一个主轴完成加工, 这样就提高了产量。

最后, 黄铜的可加工性意味着该工艺可以在加工定义时以高速度和高进给量进行。

SPR 允许 TechSolve 来优化工艺, 这样车间就能看到其在其他生产部件上使用黄铜所能带来的效益。

Burton 的最初生产计划只代表了一个起点, 而 SPR 自身的优化则进一步减少了周期时间。

但是, 这种从分析到生产优化的整个过程的能力代表了一个独特的机会, 正如使用黄铜本身一样。

正如 SPR 所意识到的那样, 黄铜能提供许多优势, 其中有几个优势在这个项目中尤为突出。

通过高速加工, 黄铜可以快速地钻出深孔, 在长时间的轮班中能够保持精度并延长刀具的使用寿命。

同时, 黄铜的去毛刺也比高速加工中的不锈钢或钢容易得多。

由于黄铜所需的加工力比钢小, 设备的磨损也减少了, 更高的速度产生了更少的偏移。而且, 由于黄铜废料的值高达 90%, SPR 能够通过回收计划兑现这些加工切屑。

正如 Pater 所说, "黄铜提供了一个很大的生产力上升空间。除非你有一个先进的工具, 可以真正处理高速加工, 那么你的设备是你的限制因素。通过升级你的机床, 你可以挖掘出黄铜加工中的真正潜力。"

SPR 的车床部门加工的黄铜比其他任何东西都多, 尽管整个车间也处理铝、不锈钢和其他包括 PEEK 等塑料材料。与 SPR 设计、工程和生产的许多工作一样, 其黄铜部件在太空探索、军事遥测、医疗工具和其他应用中发挥着至关重要的作用, 这些应用往往涉及到那些客户名单中的保密协议, 因此 SPR 不被允许说出其中的许多名字。车间所承接的工作类型意味着根据公差可以划分 SPR 的工作流程, 大约有一半的公差是千分之三, 其余的是

万分之三。

SPR 欢迎 CDA 和 TechSolve 的加入, 双方都受益匪浅。

CDA 的杆件和棒材主管 Adam Estelle 指出: "黄铜的高速加工有助于工厂证明对新设备的投资是合理的, 因为它能产生更多的收入和生产力, 并使新业务成为可能。我们对 SPR 取得的成果感到兴奋, 这应该会激励其他工厂更积极地使用黄铜。"

TechSolve 的高级工程师 George Adinamis 赞扬了 SPR 的开放性, 他说: "SPR 能分享信息并信任我们, 这是一个很大的褒奖, 整个过程是一个完全的合作。"

事实上, SPR 的一些客户在零件开发、零件设计和材料建议方面依靠 Scott Pater 的意见, 因此 SPR 可以在其他项目上为黄铜做文章, 并看到客户能否采纳其建议。

SPR 加工公司的未来看起来很光明。

除了为其他客户设计和制造零件外, 它自己也成了供应商, 创造了一种墓碑式工件夹具, 使四轴车床和铣床能够处理圆形和扁平的棒材和铸件。

"我们的设计为我们提供了更多的生产量, 而且它的重量更轻, 但仍然非常坚硬, 所以一个人就可以把它放在机器上," Pater 说。

SPR 的复杂背景有助于其对项目、合作和成功的创新方法——黄铜在其工作流程中发挥着越来越大的作用。

有了这次采用黄铜突出优势的合作经验, SPR 机械加工公司将寻找其他机会来转换零件, 以提高工作效率和利润率。

从粉末到性能

通过整体质量检验和 关联来提高产量

ZEISS

Seeing beyond



蔡司增材制造解决方案 ZEISS 3D ManuFACT

精选蔡司产品组合中的一系列产品。这种独特的增材制造整体检测解决方案专注于：

- 材料成分分析
- 粉末分析
- 构建后分析，包括热处理、部件去除和清洁
- 金相分析
- 缺陷分析
- 表面计量 - 外部和内部
- 尺寸测量 - 外部和内部

全国售后服务热线：400-686-9906
全国售后服务E-mail: imthot.zc@zeiss.com
蔡司中国工业测量官方网站: <http://www.zeiss.com.cn/imt>
蔡司中国工业测量网上商城: <http://cn.probes.zeiss.com/>



利用 MES 获得控制权

Gaining Control with MES

还在对制造系统犹豫不决？是时候升级到 MES 了。



制造执行系统 (MES) 提供了一系列工具, 使制造过程更有效、更可预测、更有利可图。(图片由 Siemens 数字工业软件提供)



任何制造执行系统 (MES) 的主要功能之一, 都包括在机器出现故障时通知车间人员。(图片由 Epicor 提供)

ERP 软件开发商、经销商、甚至顾问可能都不喜欢听到这个消息, 但无论系统有多强大, 都仍会有一些难以解决的问题。例如, 一个正确实施的企业资源计划 (ERP) 系统可能在收集生产数据方面做得很好, 但是很多数据都需要在仓库已经发出材料, 或工作被标记为完成后, 由通过操作员进手工打卡。类似的漏洞也存在于机器维护活动、文件和质量控制、在产品 (WIP) 跟踪, 以及无尽的企业资源生产规划调度中。

制造商多年来一直在处理这些问题。有些工厂购买了可选的 ERP 模块或螺栓软件解决方案, 以填补差距; 而有些工厂则想省下这部分资金, 依靠经验进行试错, 已弥补和其工厂和 ERP 软件之间的差距。

然而, 这并不是在贬低 ERP, 因为如果没有其强大的功能, 制造商和工厂主将如何应对现有问题? 也就是说, 没有一个软件可以完全取代人类。对于前台, 仓库, 销售, 客户服务和采购团队, ERP 可能是一个优秀的解决方案。但对于车间? 我还无法定论。

德克萨斯州 Plano 市 Siemens 数字工业软件公司负责业务发展和 MOM 的全球副总裁 Raffaello Lepratti 说: “现在, ERP 完全是一个业务驱动的工具。它告诉

你需要购买多少材料, 以及哪些客户订单要发货, 但对于这些材料是如何被消耗的, 或者是否存在会影响产品交付的瓶颈问题, 却很少有人知道。制造执行系统 (MES) 不仅可以回答这些问题, 还能够帮助我们做到更多。”

十一项进步

虽然基于机器的实时数据采集和其他 MES 功能早在 1997 年就开始出现 (最引人注目是 70 年代初 SCADA 系统的发展), 但就在这今年, 制造企业解决方案协会发布了 MESA-11, 一份概述 MES 中 11 项核心功能的文件。这些功能包括。

- 运营管理。
- 调度生产单位。
- 产品跟踪和谱系。
- 工人管理。
- 质量管理。
- 维护管理。
- 数据收集和获取。
- 过程管理。
- 性能分析。
- 文件控制。
- 资源分配和状态。

正如在 2019 年 10 月号的《Manufacturing Engineering》中,《制

造执行系统 (MES): 丢失的链接》这篇文章所讨论的那样, MES 可以被认为是车间的 ERP。它与前辈——制造运营管理 (MOM) 一样, 为制造执行系统提供了大量的工具, 使机械加工、金属板材制造、塑料注射成型、3D 打印以及几乎所有其他制造过程更加高效、更加可预测、更加有利可图。

武装自己

你可能会想“嘿, 我们的 ERP 系统已经做到了这 11 项功能中的大部分甚至全部。为什么我们要投资更多的钱, 花更多的时间来复制一个我们已经拥有的系统呢?”

这是一个公平的问题。但是, 正如《Reader's Digest》版本的《War and Remembrance》可能只会让读者对 Herman Wouk 的畅销小说中的人物有一个粗略的感觉一样, 只有未删节的版本才能解释战争的恐怖及其对那些经历过战争的人的影响。诚然, 车间并内应不可能产生世界大战 (尽管有时会有这种感觉), 但这正是 MES 为制造业带来的: 对生产过程的全面了解, 以及提供及时和详细的信息。

这种可见性在近几年, 甚至近几个月都变得更加关键。鉴于制造业对 IIoT (工



Accuride 公司是一家为全球商用车生产商生产车轮(如右图所示)和轮端部件的制造商,它利用 Plex 智能制造平台实时记录制造生产流程。(图片由 Plex 提供)

业物联网)的依赖,显然现在人们需要对生产过程有更深入的了解。正如德克萨斯州 Austin 市 Epicor 软件公司的高级产品经理 Andrew Robling 所解释的那样,COVID-19 危机只是加剧了人们对 MES 能力扩展的需求。

“在疫情之前,如果有人对某个零件或工艺有疑问,他们可以直接在车间询问。”Robling 说,“现在,我们有大量的人在远程工作,他们需要保持对生产活动的快速了解。而且正如 IIoT 向我们展示的那样,制造商对机器数据、更好的可视化以及尽可能的自动化越来越感兴趣。MES 在所有这些方面都发挥着作用。”

Mike Hart 也表示同意。密歇根州 Troy 市 Plex 系统公司的制造和工业物联网产品战略总监 Hart 指出,三个相对较新的发展使 MES 更容易实施,对制造商来说也比以前更重要。其中第一项正如 Robling 所解释的:对 IIoT 友好的 MES 软件能够为加工和制造过程的全部流程,以及那些非离散的、基于过程的制造商提供背景洞察力。

云技术

还有就是基于云的计算和数据存储。云技术不仅在内部软件系统的基础上,降低了用户协作和信息共享的难度,而且与 SaaS(软件即服务)的部署一起,它们也变得更有成本效益。最后,还有工业 4.0,其实施部分取决于 MES 所提供的数字信息类型。Hart 说:“云、IIoT 和 MES 都是很好的技术,制造商可以利用它们及其扩展技术开展数字化转型。”

他补充说,这样做有一个很好的理由,“每个制造商都是不同的,但大多数制造商在投资 MES 后,在各项车间指标方面都有明显的改善。”印第安纳波利斯的 MPI 公司就是一个例子,该公司的业务涉及平卷材料服务和分配、金属冲压、热处理和其他精加工工艺。Hart 说:“MPI 多年来一直在收集机器数据,现在他们看到非计划停机时间减少了 30%,同时计划维修、工作转换时间和质量总成本也减少了 10%。”

Raffaello Lepratti 提出了类似 MES 和 IIoT 的成功经验,但在工业 4.0 的话题上,他的看法有些不同。他认为,制造业界仍有很长的路要走。“工业 4.0 仍然是一个愿景。”他说,“是的,我们有大量技术先进的硬件,并且还在不断地进行更新换代,变得更加智能,但大多数硬件还没有去中心化,不能够独立思考和自我组织。这正是实现第四次工业革命所必不可少的。”

他想消除的另一个观念是,一旦 IIoT 变得更加先进,MES 将被替代。“在这一点上,市场上有很多混乱和噪音,重要的是要认识到这两者是互补的,而不是矛盾的。”他说,“我也不觉得云是实施 MES 的必备条件。并非每个行业都做好了消化云计算的准备,出于各种原因,他们将继续致力于内部计算。也就是说,大多数人,即使他们不一定在云端执行,也开始意识到了在云计算的好处。”

满足需求

Epicor 的 Robling 也分享了他 在制造业内的成功经验,其中离不开

COVID-19 肆虐的大背景。他说:“由于 MES 的实施越来越容易,功能也越来越强大,在过去一年多的时间里,我们肯定看到有越来越多的车间走上了这条道路。事实上,其中一家位于威斯康星州 Lake Geneva 的注塑制造商,Plasti-Coil / Tri-Tec Corp.,在疫情之前就完成了他们的 MES 部署。他们的首席财务官 Patrick Austin 指出,这为公司带来了巨大的帮助。他表示,“我们的医疗客户需要提升订单交付速度,并准确掌握我们的交货周期。”通过 Epicor Advanced MES,我们就能把订单放到调度器中,并准确地预知交付时间。”

无论是否流行,Robling 和本文采访的其他人都认为当今由 IIoT 驱动的大数据和配备传感器的机床是 MES 解决方案的完美部署环境。制造商可以快速地从生产车间采集他们想要的数 据,并将其反馈给他们的 ERP 系统或以其他方式进行应用,包括高级分析、用户可配置的仪表板和远程监控。尤其是最后一种应用,与其息息相关。

不管是什么系统,也不管它是如何实施的,本文的所有采访者都强烈建议,不管车间规模大小如何,人们都应该在当下就认真研究一下 MES。鉴于其先进的有限调度能力、闭环质量管理、实时库存跟踪,以及与数控机械和其他类型生产设备的潜在整合功能,MES 为工艺流程改进和控制提供了前所未有的可能性。

www.epicor.com

www.plex.com

www.siemens.com/plm

利用基于模型的定义降低成本，提高速度

Reduce Cost, Increase Speed with Model-Based Definition

除了大型企业以外，转向全数字化描述的零件正在为中小型企业带来机会。

因为生产批量越来越小，制造商需要进行更多的生产设置。由于熟练的劳动力仍然难以雇用和保留，因此不仅在材料处理方面，而且在制造、加工、装配和检查方面也更高水平的自动化要求。这些加工任务从描述零件的数据包开始，通常包含一个三维 CAD 模型。在许多情况下，这些模型只伴随着一叠描述所有产品制造信息 (PMI) 的纸张。以这种传统的指定产品的方式——用 CAD 和纸张的混合方式来实现流程自动化是很困难的。它很耗时，需要熟练的技术(稀缺的)，而且容易出错。

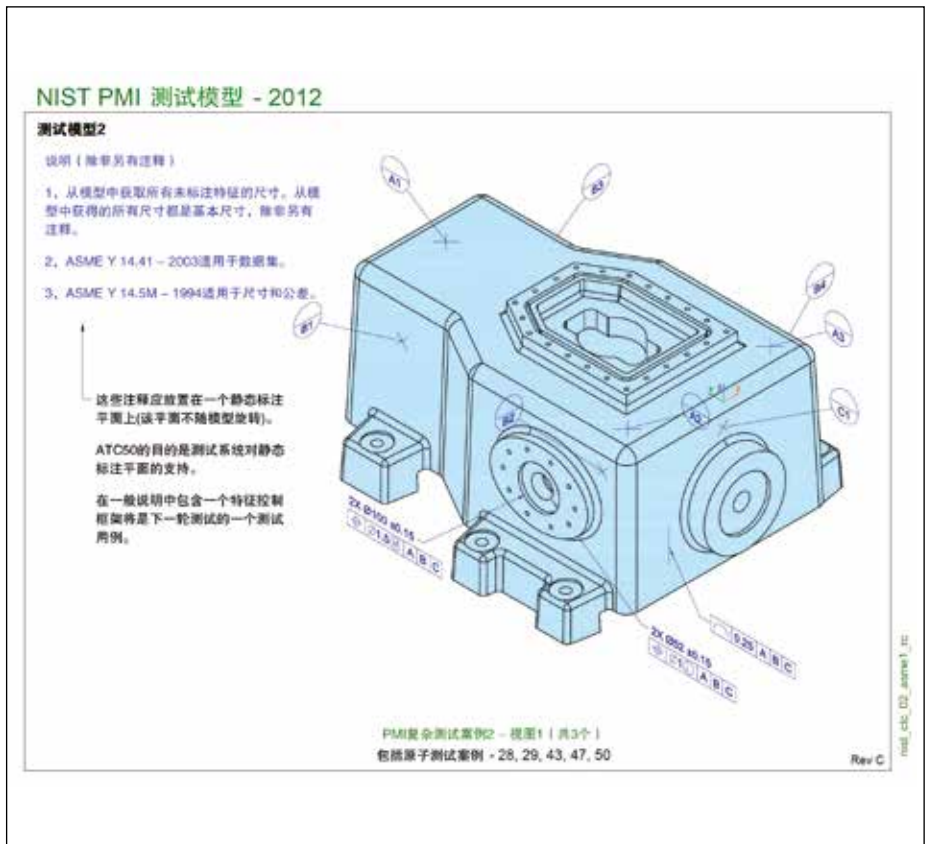
进入基于模型的工程定义 (MBD)，它的使用正在增长。

"位于马里兰州 Gaithersburg 的美国国家标准与技术研究所 (NIST) 系统工程组组长 Allison Barnard Feeney 说："从长远来看，采用基于模型定义的企业将使你的公司更具竞争力。30 年以来，她的任务是帮助国家的制造基地创建和采用 MBD、数字孪生和数字线程。

MBD 是对 20 世纪发明的 CAD 模型，在 21 世纪的新改进。在一个单一的数字文件中，MBD 在 CAD 几何描述的基础上增加了其他产品细节，如 GD&T、材料描述、表面处理要求，甚至油漆规格，所有这些都是 PMI 信息。

为什么 MBD 很重要？它包含了制造和检测产品所需的所有信息，而不需要借助于辅助的纸质记录，因为这些记录可能是错误的，而且容易被人误解。有了 MBD 模型，就有可能实现 CMM 上的检测程序或数控机床上的刀具路径的自动化。它还应该减少熟练工人的工作量，加快生产设置。此外，易于运输和储存在数据库中，以便于以后查找。

法国 Velizy 的 Dassault Systèmes 公司的 SOLIDWORKS 产品经理 Oboe Wu 说，这可以节省时间，并提升人们对结果的信心。他指出，Dassault 在其网站上有



美国国家标准与技术研究所 (NIST) 为软件供应商和制造商提供测试模型，以测试他们导入 STEP 模型的能力。(图片由 NIST 提供)

一个案例研究，当时荷兰的 Veco B.V. 实施了 SOLIDWORKS MBD，这是供应商自己的应用程序，用于将 MBD 信息与 CAD 模型联系起来。根据该案例研究，生产零部件的时间减少了一半，同时解释错误的次数也减少了。这一改进归功于取消了二维图纸以及细化、检查、更新和管理它们所需的时间。用 SOLIDWORKS MBD 创建的 3D PDF 发布 3D 模型和注释的时间从一天降至 10 分钟。主要的优势在于三个 "I"，即直观、集成和智能"，Wu 说。

尽管小型企业有机会，但他指出，由于大多数零件设计是从 OEM 开始的，"大

公司正在推动一级、二级和三级供应商的行为，而这些供应商正是小型企业，"Wu 说。特别是在航空航天和汽车供应链行业中，公司可能有必要使用 MBD。

标准格式，有竞争力的公司

MBD 也是创建有效的数字生产线基石。然而，大多数 CAD 供应商以专有格式提供 MBD。这是个问题。我们的目标是制造零件的下游操作提供一个单一的真实数据来源，但不能保证这种格式可以在另一个程序中读取。

有一些变通的办法。许多程序，如 Verisurf 软件公司 (Anaheim, Calif.) 的

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

Verisurf 计量软件，有能力读取多种 CAD 格式和附加 MBD 信息。据销售和营销总监 David Olson 说，VeriSurf 可以导入在 Dassault 系统 CATIA、西门子 NX 或 PTC Creo 中创建的文件——这可以被称为 CAD 的三大支柱。他说：“我们的产品允许人们要么完全导入，要么取其在于图纸中的部分，并将其应用于三维模型中。”

此外，CAD 供应商和格式的种类很多，远远超出了这三巨头的范围。因此，一个通用的格式将是理想的。幸运的是，有这样一种格式。用于 CAD 的 ISO STEP 格式，及其附带的 AP 242 扩展，包括这个重要的 MBD 信息。另外，幸运的是，大多数 CAD 供应商也输出这种格式。Verisurf，像其他公司一样，用 AP 242 导入 STEP。Olson 说：“如果我只想对你的读者，从最大的 OEM 到最小的层级的所有制造商说一件事，那就是推动你们的 CAD 供应商尽可能为下游制造输出 STEP AP 242 格式文件”。

提高效率的机会对中小型企业也是开放的。”他说：“MBD 不仅能让大公司实现自动化，它也能帮助小车间实现自动化。”虽然 MBD 帮助 OEMs 通过公差分析和模拟装配来消除零件的问题，但对小型下游车间来讲，其优势在于选择数控机床工具和编程策略方面。

它可以帮助决定使用 VMC 还是 HMC，使用什么样的精加工来满足零件表面规格，并帮助选择所需的检测方法，例如采用 CMM 还是 3D 扫描。“CAM 供应商也正在研究这些东西。他们正在熬夜，试图找出他们可以从 CAD 模型中提取的

PMI 和 GD&T 的逻辑，并使刀具路径规划实现自动化。这包括机器设备的选择、刀具的选择、加工策略和生成程序，”Olson 说。业内人士也在研究制造方法，如弯曲、冲压和焊接，以及复合材料部件的加工和装配。

关于通用模型的开发仍在继续。”我在 NIST 的小组多年来一直致力于建立一个标准化数字线，”Feeney 说。“STEP 产品模型现在正被 PMI 甚至更多信息而丰富起来。”她同意，这对所有行业的健康至关重要，而不仅仅是大公司。”这使小公司更具竞争力。她说：“大公司有能力购买多个 CAD 系统，但像 STEP 和 AP 242 这样的标准使竞争环境更加公平。它使小公司能够获得 MBD 的所有优势。

采用策略

对于任何新技术，都有一个接受的途径和不同的阶段。第一个阶段是了解有一个优势，并看到其好处。随着公司在使用一项技术方面的成熟，随后的阶段会相互建立。”我们所看到的是，在采用基于模型的企业方面，客户通常属于四个不同的成熟度之间，”位于德克萨斯州 Plano 的西门子数字工业软件公司基于模型的定义产品经理 Dave Wingrave 说。

第一阶段，正如他所描述的，是以图纸为中心，公司只关注图纸，二维图纸显示的就是主宰，是真实数据的来源。第二阶段是向以模型为中心的过渡——人们仍然使用图纸作为真理的来源，但也会利用三维 CAD 模型的一些特征的关联性。”第三阶段是完全态的基于模型的定义，第四

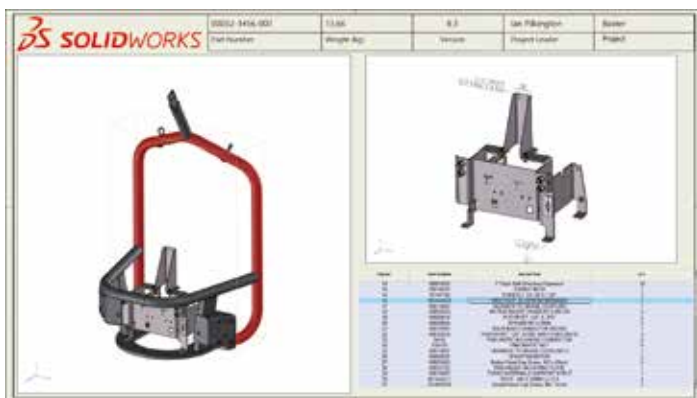
阶段是基于模型的企业，”他说。后两个阶段的区别是什么？”基于模型的定义能够在三维模型中实现产品的完整数字定义，并专注于使模型成为单一真理来源。基于模型的企业则是由整个企业的下游消费者重复使用基于模型定义的过程。”

Wingrave 还指出，第三阶段，即 MBD，已经被更广泛地采用，航空航天领域的大公司在这方面处于领先地位（比如波音公司）。许多较小的公司则刚刚开始采用 MBD，但也有很多公司仍然遵循更为传统的方式。但真正的目标应该是在整个企业范围内采用，这将导致更短的设计周期和更低的效率。它还可以做其他的事情，比如更容易地将 CAE 模拟用于设计和验证。

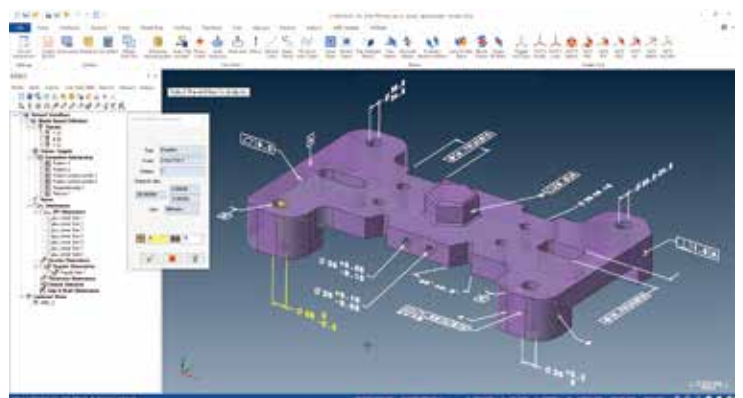
采用 MBE 的公司有哪些挑战？”我认为文化是一个大问题。只是让人们不再依赖图纸，并且能够以不同的方式思考如何在 CAD 中为你的产品建模，”来自 NIST 的 Feeney 说。她指出，由于 MBD 模型现在使 CAD 模型具有丰富的语义信息，它不再只是一个客观的图片。”她说：“这需要一种完全不同的思维方式。

现有的公司政策是另一个问题。她解释说：“一个制造商可以说，我们的政策是拿着一张图纸，把所有的信息重新输入我们的制造系统，因为我们不想冒着采用别人的文件而使我们的系统崩溃的风险，”。改变政策是一个官僚主义的问题，而不是一个技术问题。

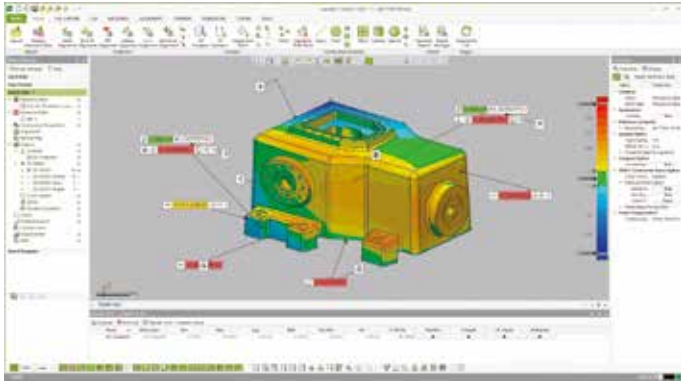
西门子进行了一项研究，发现许多正在采用 MBD 的公司确实倾向于在 3D 背景下复制基于图纸的工作流程。”这影响了



3D PDF 是嵌入 3D 内容（如 3D 模型、附加注释、视图和交互式表格）的常用 PDF 格式。它可以在广为使用的 AdobePDF Reader 中查看。（图片由达索公司提供）



Verisurf 公司支持 STEP AP 242 基于模型的定义和相关的 GD&T，如 NIST 测试模型所示，该模型可以在减少转录错误的同时自动化检查计划和报告。（图片由 Verisurf 软件公司提供）



将 STEP AP 242 格式的 NIST 测试模型 #2 导入 Geomagic Control X, 在彩色图中显示与公差偏差。(图片由 3D Systems 提供)



NX PMI Advisor 是一个完全集成的 PMI 验证解决方案, 提供验证 PMI 是否符合行业和公司标准的解决方案。NX PMI Advisor 消除了对 GD&T 专家的依赖, 并在更短的时间内生产出更高质量的零部件。(图片由 Siemens 公司提供)

他们的实施和成功, "Wingrave 说。西门子的研究人员还发现, 人们希望有更多的工具能够捕捉和验证用于驱动制造过程的商业情报, 而这可能会影响 MBE 的采用。他说: "有相当多的过程可以从消费性的 PMI 中受益"。

验证新工具的正确性

人们可能需要新的工具。MBE 在技术上不断发展。12 月, Siemens 公司将为其高端 NX CAD 系统发布了一套名为 NX Model Based Definition 的新工具。该工具集致力于解决集成制造过程中的新问题。Wingrave 说: "该工具集中的新工具包括快速定义和编写 PMI, 重点是捕捉公司特定的业务逻辑, 还有我们所说的 PMI 顾问, 这是一个解决方案, 可在创建 PMI 时对其进行验证, 并向用户提供即时反馈以及纠正方案的指导。"

验证 MBD 模型能否被广泛接受是至关重要的, 本文的所有受访者都讨论了这个问题。例如, 如果附加的 GD&T 不一致, 如何创建一致的计量程序? 如果没有指定材料, 如何选择合适的刀具?

"我们的解决方案还允许用户访问预加载的规则并定义自己的规则, 尤其是为了满足业务需求," Wingrave 说, "制造业可以制定规则, 以确保 PMI 下游的有效消耗。" 虽然编码可能很复杂, 但 Siemens 公司为工程师提供了一种简单的界面, 以实现 PMI 数据规则和逻辑的操作。简单的下拉菜单和框图使其易于访问。Siemens 公司表示, 过度约束的模型或不一致的基准点会被检查和剔除, 确保所有

的 MBD 模型都值得信任。

未来制造——3D 打印

随着制造业的发展, 控制信息流的标准也必须不断发展。例如, 在采用 MBD 的同时, 增材制造也在不断发展。

来自 3D Systems 有限责任公司的 Scott Green 说: "今天, 使用 STEP AP 242 接口可以轻松倒入高质量的标准产品文件。" 这家公司位于南卡罗来纳州 Rock Hill, 不仅提供检测和计量的软件, 而且还提供 3D 打印相关软件。"CAD 系统不断发展, 曾经有许多交互性软件公司的产品将支持 STEP AP 242 等文件格式导入作为卖点。在过去的三年里, 情况发生了变化, 软件公司的产品可以读取该格式而不要求用户做大量工作来修复, 仅仅是使用即可, 这与过去不同。"

过去, 像 STEP 或 IGES 这样的交互性文件一旦导入往往需要做一些额外的处理 -- 它们从来都无法直接使用。"如果在你的软件环境中无法对导入部件的 PMI 或其他部分的 MBD 进行解码, 就很难在你的制造过程中, 随意控制 MBD," Green 说。

他还指出, 由于用于设计和 MBD 的 CAD 系统发生了变化, 更多的内容被添加到更全面的格式中, 如质量信息框架 (QIF)。"例如, 围绕 QIF 的企业协会可以定义包含比标准 STEP 文件更多的元数据和信息。" 在 Green 看来, 世界正在加速超越传统交互文件格式和 MBD 的定义, 并朝着包含更多背景的方向前进。

他说: "增材制造正在帮助这一点, 因为你需要对大量的信息进行编码。增材制造不仅仅是一个按钮过程。在模型周围有很多可以添加的内容, 包括功能方面和制造方面。你可以定义几层 MBD, 当某人在设计一个零件时, 特别是当他们不知道它将在什么确切的机器上打印或与什么其他零件一起打印时, 这些 MBD 实际上是相当关键的, 而且众所周知, 即使是类似的增材制造设备也有可能表现出不同的性能。"

这种新兴的针对增材制造的 MBD 标准正在整个增材制造行业中出现, 特别是在金属增材制造中表现明显。减材加工是一个成熟的行业, 围绕它已有一套连贯的 MBD 流程, 即将信息需求与工艺相匹配。在增材制造中, 工艺本身正在发生变化, 速度越来越快, 构建方式的定义越来越灵活, 增加了更多的材料, 并增加了构建包络。Green 说: "现在的 3D 打印供应商比三年前多得多, 尤其是金属增材设备方面。" 下游制造商在收到带有所有背景的零件描述时, 可能仍然需要进行一些调整或复杂的构建模拟。需要设计或重新设计支撑。需要指定后处理加工。考虑到格状结构或完全非棱柱结构的复杂性, 以及与其匹配的检查程序需要开发和标准化, 才能使人们从它们中获得有意义的信息。他说: "这就是我们在增材制造中真正需要推动的东西。"

www.3dsystems.com

www.3ds.com

www.nist.gov

www.sw.siemens.com

高速机床主轴的时代

Fast Times for Machine Spindles

新的主轴技术转速更快、更持久，而且越来越智能。

从动主轴是机床的技术核心，它为切削刀具提供动力，以塑造我们的产品和世界。将一个主轴连接到一个五轴运动上，就形成了一个先进的 CNC 机床。将一个主轴连接到一个关节臂机器人上，就能创造出一台精密的钻孔机。在现有机器上安装一个改进的主轴，新的应用就会出现。在各种用途中，客户希望主轴具有更高的耐用性、速度和智能性，以便进行熄灯操作。

主轴的创造性只受限于当今主轴的速度、耐用性和智能化程度。

小型刀具需要速度和精度

伊利诺伊州 Hoffman Estates 市的 NSK 美国公司高级产品经理 Greg Nottoli 表示，客户的要求首先是提高速度和精度。NSK 的特色之一是为微型刀具提供电动和气动主轴。微型刀具是指所有直径为 1/8 英寸 (3.18 毫米) 或更小，甚至小至 0.001 英寸 (0.025 毫米) 的铣刀或钻孔圆形刀具。“小直径的刀具基本上就像一根湿面条，非常容易断裂。在车削钻头或铣刀时，刀具的直径越小，它需要旋转得越快才能有

效，” Nottoli 说，同时保持刚性以确保精度。许多 CNC 机床在 8,000 至 15,000 转 / 分的情况下就能很好地车削标准刀具。根据 Nottoli 的说法，微型刀具通常需要达到 42,000 转 / 分。“将主轴转速控制为 8,000 转 / 分并不是微型刀具的最佳选择，因为您不能正确排出切屑，不能获得正确的表面尺寸，而且会破坏刀具。这正是我们填补这一专业市场空白的地方，” 他说。

据 Nottoli 说，NSK 提供的主轴可以与任何带有现有刀柄的机床相匹配，如 CAT 40、50 或 BT。他说：“这使最终用户能够获得更高的速度，” 他补充说，这些是真正的主轴，而不是将现有主轴的速度转换为更高转速的倍速器。倍速器是“一个带齿轮的盒子”，他说。虽然它能以最小的功率损失为标准刀具提供所需的速度和精度，但它也会引入振动和热量。这些都是微加工面临的难题，因为微加工的精度是以亚微米为单位的。

“我们有用于车削中心和磨床或特制机器人设备的主轴，” Nottoli 说，“如果是加工中心，我们的主轴会嵌入机床主轴 [空间]，并能够实现自我旋转。” 加工中

心提供轴定位，NSK 的主轴提供动力。

虽然气动和电动都有各自的应用，但 Nottoli 也指出了电动的优势。“性价比最高的是电动。我们的电动机是无刷直流电机，采用闭环控制器。有了我们的控制器，一旦速度被调到千转 / 分，一旦切削刀具啮合，它就会将主轴保持在这个速度。气动附件主轴则不然，因为一旦它与零件啮合，转速通常会下降，” 他解释说。“我们可以尝试用一个调节器来控制它。但实际上并没有主动反馈来控制它。”

NSK 最新推出的 iSpeed5 电动主轴，转速高达 80,000 转 / 分，最大输出功率为 350W，拥有一个完全可更换刀具的系统，由电动主轴、挡块、气压开关和控制单元组成。当与连接到机床主轴的机电止动块啮合时，向主轴提供动力、冷却空气和控制信号。陶瓷轴承可实现这些高转速。

精确性、多功能性和控制

伊利诺伊州 Elk Grove 地区 MC Machinery Systems 公司的国家产品经理和应用经理 William Gillcrist 也认为，更高的速度和功率在新主轴中很重要，同时强调了精度。他说：“在高精度应用中，您必须确保刀具的旋转绝对准确，因此轴承技术也很重要。使用高科技的轴承，关键是实现主轴跳动和增长的最小化。” 这意味着当转速达到 20,000 以上时，需采用陶瓷或空气轴承。同样重要的是延长主轴的使用寿命。主轴可能是机床中最昂贵的部件，将其视为消耗品会影响利润。

但并不是所有的新主轴技术都能实现高转速、低跳动和低振动、更小的轴承和更长的使用寿命。仍然需要在较低转速下实现高扭矩和高金属去除率的主轴。这给轴承和部件带来了很大的压力。理想情况下，单个主轴可以同时实现高扭矩 / 低转速和低扭矩 / 高转速。“我们所看到的是更好的主轴，它们具有更大的扭矩和速度，在较低的速度下提供扭矩，但仍然能够达



NSK 的 iSpeed5 系统是一种完全可更换刀具的电主轴，可将 CNC 机床转变为高速加工中心。(图片由 NSK 美国公司提供)



MC Machinery 公司表示，控制热膨胀的系统，无论是在径向还是在轴向，都是至关重要的。(由 MC Machinery 公司提供)

到远高于 30,000 的更高转速。高扭矩与最高转速相结合的长寿命主轴是大多数人想要的，” Gillcrist 说。他还提供了一个实用的建议——高扭矩限制了主轴的寿命。

另一个需要补偿的重要因素是热引起的膨胀。控制径向跳动很重要，但主轴在轴向的增长也很重要。Gillcrist 解释说：“在我们销售的机床中，我们看重的主要事情之一是控制或适应任何主轴增长的能力。如果我试图在一个模具上保持一个绝对严格的 Z 深度，我就不能让我的主轴波动。” 他的答案是收集数据并通过机床控制进行补偿。

根据 Gillcrist 的说法，调整主轴增长的两种最常见的方法是算法方法，即根据温度和时间与实验室收集的曲线进行数学推断主轴增长，以及直接间隙感应方法。

由于传感器的改进，直接方法变得更加实用。“我们在一些机床上安装了实时间隙感应装置，如果有任何增长或变化，如果刀具磨损或刀具根本没有啮合，它们可以进行实时调整 [位置]。[今天] 算法方法似乎不那么受欢迎。但我们也有一家制造商在五轴环境中同时使用这两种方法，这样他们就可以捕捉到热 / 时间预测和实际间隙方面的所有信息，” Gillcrist 说。

智能主轴，智能钻头

从闭环加工过程到将数据输入智能工厂数据池，数据变得如此重要有多种原因。但是，为了使其发挥作用，数据必须被传输。PCI-SCEMM 公司位于法国 Saint-Etienne 和俄亥俄州 Mason，并与俄亥俄州 Lorain 市的 Absolute Machine Tools 公司是合作伙伴，PCI-SCEMM 公司北美业务开发经理 Max Paulet 说：“连接性对于主轴技术的发展非常重要。我认为每个人都在努力通过收集非常接近切削刀具和它正在切削的零件的数据，使机床更智能、更自主。”

PCI-SCEMM 现在推出的电主轴，即 e-SPINDLE，为机床制造商提供这些选择。Absolute Machine Tools 公司在北美有售。据 Paulet 称，e-SPINDLE 系统将传感器集成在切削刀具或刀架上，而不是在主轴上。他说：“因此，传感器靠近切削区域或指定的测

覆盖海陆空、 能源、电子、医疗 制造的先进培训

免费订阅



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

经审核的高层人员可免费订阅本刊。
Subscriptions in China are **FREE** to qualified engineering managers.

请将以下信息发送给我们。Email us your

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

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

现代世界中的车床和活动刀具 Lathes and Live Tooling in the Modern World

这似乎违背常理，但在车床操作中，车刀的能力是很重要的。车床，顾名思义，转动工件并使用静态刀具在工件上切削圆柱形特征。然而，要在简单的车床上钻孔或切削平面，机械师必须将工件从车床上移开，并在 CNC 铣床上重新设置。

伊利诺伊州 Prospect Heights 的 Platinum Tooling 公司



越来越多地制造商要求车床配备活动刀具，包括用于数据监测的传感器，以及配备如图所示的多个主轴。（图片由 Platinum Tooling 公司提供）

总裁 Preben Hansen 说：“活动刀具使用机床的转塔驱动。”在配备活动刀具的机床上，工件被停止，转动的切削刀具被啮合，钻孔或铣削平面。它们是由机床的转塔驱动的，你可以称之为主轴。把我们提供的东西看作是一个传动装置，或一组齿轮，利用车床转塔中的电机来转动活动刀具。这些活动刀具可以调整齿轮比，提高或降低，这取决于应用是否需要速度和扭矩。Platinum Tooling 公司提供来自 Heimtec 公司的活动刀具。

客户的需求是什么？“速度是最关键的特征。他们希望能更快地转动他们的刀具，”Hansen 说。速度意味着金钱，所以这是有道理的，但这并不是他们想要的全部。“现在变得同样重要的是带有传感器的活动刀具，以便他们可以使用数据进行监测。这是目前要解决的一个巨大问题。”有必要为活动刀具提供主轴，以监测操作时间、速度、湿度和温度。Hansen 说：“热量对轴承不利，所以监测和控制温度意味着轴承和主轴的寿命会更长。湿度也对设备不利。湿度传感器可以发出警报，立即将其关闭，不会出现任何灾难性的故障。”

这些基于传感器的系统的最终目标是什么？“更快的操作，实时监控切削操作，并最终实现无人值守，”他说。

量区域，确保高质量的数据收集和处理。”有灵活性，如果使用标准刀具，主轴将作为一个标准的、非连接的主轴。几乎任何种类的传感器，如加速度计、测力计、热电偶，或运动产生装置，如压电执行器、电驱动或热驱动，都可以使用。

哪种传感器对终端用户最有用？根据 Paulet 的说法，振动、扭矩以及——在钻孔或铣削孔时——测量孔直径的传感器。他说：“我们从振动测量开始，它非常强大；通过振动，你可以测量和控制许多效果。”通过在测量过程控制中的基线振动模式，任何偏离该振动目标的变化都意味着问题。如果零件与刀具之间的接触不正确，如果刀具损坏、不平衡或颤动，振动模式都将提醒控

制器进行调整，或者在最坏的情况下，关闭进程并提醒操作员。

“第二个最常见的传感器是扭矩，”Paulet 说。扭矩的变化再次提供了有关进程出错的有用信息。其模式的突然变化可以检测到颤动或刀具损坏，以及材料的预期变化。他说：“通过将扭矩与振动相结合，可以对工艺有更深入的实时了解。”他指出，这在连接不同材料的钻孔中很有用，比如航空航天中常见的铝和碳纤维增强塑料 (CFRP)。该控件非常智能，可以在切削铝材、CFRP 和堆叠材料的铝材时调整钻头。

Paulet 指出，第三个最常见的传感器是测量进程中的直径。该公司使用激光测量仪，在切削刀具位于气缸孔内时进行连续测量，然后将数据发送到控制器，获得那一刻的实际直径是多少。Paulet 解释说：“通过测量加工过程中的直径，您可以实时调整该进程，并知道要去除多少材料或对主轴进行补偿。这使得钻孔和铣削的精度在微米以内。”

更好的机床，更好的主轴

位于北卡罗来纳州 Charlotte 市的 Okuma 美洲公司产品专家销售经理 Wade Anderson 还提出了，人们对更好的机床性能、可靠性和机床运行时间的需求。Okuma 公司不仅制造机床，而且还制造用于机床的主轴。Anderson 说：“随着 [改进] 性能的提高，我看到转速和马力在增加，这意味着扭矩也在增加。不久前，我还在使用装有 10 马力 (7.46 千瓦) 主轴电机的机床。现在我们已经有了运行 30、40、60、甚至 75 马力主轴电机的机床。”这相当于 22 至 56 千瓦的范围。这不仅仅是主轴变得更好。这些提升正与机床和刀具技术的提升相匹配。同时，这使得制造商能



Okuma 公司生产用于其机床的主轴，例如图中所显示的一台该公司的 CNC 加工中心的主轴。（图片由 Okuma 美洲公司提供）

够准确地切削更困难的材料。

提升主轴的动力虽然带来了巨大的好处，但随之而来所产生的热量却也带来了一些麻烦。“任何机床的最大发热源之一是主轴电机。这通常是机床上最大的电机之一，” Anderson 解释道。

Okuma 公司是如何控制这种热量的？他说：“我们把大量的时间和焦点放在机床的热动力学和实时测量上。我们测量主轴温度，通过热映射，我们可以根据需要进行抵消机床运动学。我们将该系统称为 TAS（热主动稳定器），再加上我们专有的主轴冷却技术，它为我们提供了必要的工具，以 [创造] 最热稳定的机器平台之一。”

可靠性和机床正常运行时间如何？Anderson 提醒说，虽然计算理论操作的周期时间是好的，但应该关注整个过程的效率，尤其是在识别和消除意外停机时间方面。“如果我能以极快的速度制造一个零件，这可能会使机床运转过快，并过早地使主轴损坏，”他说。请记住，高扭矩应用会产生影响主轴的寿命。“如果机床

突然因为它或主轴损坏而停机，那我的损失比较慢的循环时间要大得多。”

然而，太慢的循环也会造成损失。如何最好地优化周期时间？这需要数据、知识和判断。Okuma 公司提供了利用来自传感器的数据，结合人工智能（AI）的知识和判断来优化金属切削过程的能力。Anderson 说，根据振动、马力和扭矩等基本测量指标，为新机床制定过程基线（创建指纹）是个不错的主意。基于指纹，控制器可以检测到进程何时偏离基线。

因此，机械师可以在运行快速循环时更有把握，当机器触及红线时就会发出警报，并自动进行干预，防止灾难性的停机。并通过工艺优化，来控制成本。他说：“在故障发生前进行预测，提高了制造工艺的标准。

absolutemachine.com

www.mcmachinery.com

www.nskamericacorp.com

www.okuma.com

www.platinumtooling.com



PCI-SCEMM 公司的新型电主轴在北美由 Absolute Machines Tools 公司提供，它集成了传感器和执行器，以监测切削过程并调整参数，从而优化刀具寿命和工件质量。

（图片由 PCI-SCEMM 公司和 Absolute Machine Tools 公司提供）

——“3D 打印机为阿迪达斯生产了超过百万的 FutureCraft 4D 跑鞋中底”

——“以两倍速为闪电公司完成一款创新自行车坐垫的设计和生，大大改善了车手的骑行舒适度。”

——“为 Riddell Speedflex 精密钻头定制的 3D 打印衬垫”

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

实现3D打印最初的承诺

更快更好的消费品

- 使用工业级的量产树脂材料
- 可实现快速的迭代、可靠的设计和无数设计约束的几何结构

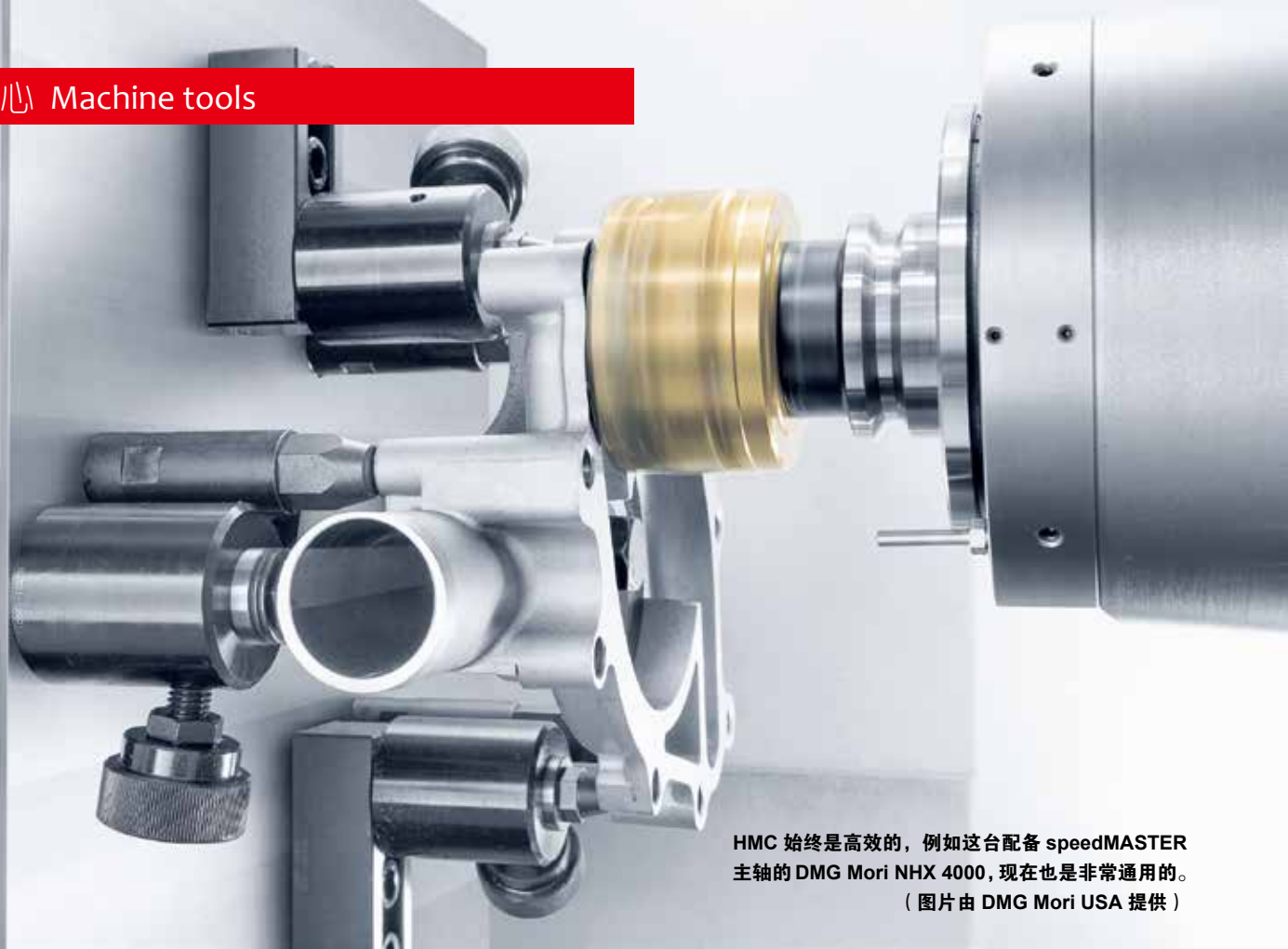
加速推向市场

- 快速打印功能样件
- 用最好的工业材料实现您的设计

让生产充满信心

- 值得信赖的量产3D打印方案





HMC 始终是高效的，例如这台配备 speedMASTER 主轴的 DMG Mori NHX 4000，现在也是非常通用的。
(图片由 DMG Mori USA 提供)

让 HMC 足够灵活地完成小批量作业 Making HMCs Nimble Enough for Small Jobs

关于卧式加工中心的旧观念需要重新考虑。

卧式机床 (HMC) 通常用于较长周期的生产作业。但是，随着批量的减少，机床制造商和他们的合作伙伴引入了新的技术，以加快设置速度，并普遍使 HMC 更加灵活。以至于人们可能应该重新思考 HMC 的作用。

重要的新技术包括从友好编程到刀具选择的多样性，以及其他更多。

卧式机床和操作

使用 HMC 有效处理短期作业的关键新功能之一是一个简单而又多功能的人机界面 (HMI)，这样操作员就可以在现场快速编程。快速编程意味着快速转换。

伊利诺伊州 Hoffman 庄园的 DMG Mori USA 国家工程总经理 Jeff Wallace 表示，CELOS 是其公司提供界面一致性的

有效手段。CELOS 独立于底层控制，无论是“FANUC、Mitsubishi、Siemens，还是我们决定的任何东西，尽管 FANUC 是我们卧式机床的首要控制选择”。Wallace 将 CELOS 界面描述为“非常适合用于车间，但它也很适合”在工程办公室进行离线编程。

位于新泽西州 Pine Brook 的 Doosan Machine Tools 美国公司对友好型 HMC 采取了不同的做法。正如销售总监 Andy McNamara 所解释的那样，Doosan 集团一直使用 FANUC 控制系统，但他们也为更多的卧式机床配备了其定制的用户友好型灵活操作解决方案 (CUFOS)，该解决方案将控制权开放给第三方软件。这使得机床能够处理全新的应用，如渐开线齿轮加工，以及实施高级探测软件。

McNamara 说：“我们正在加工齿轮，然后探测轮廓并将修正结果直接输出到机床上。”他补充说，第三方的 CMM 型软件还可以对齿轮以外的复杂表面进行连续的路径探测和验证，包括对所有错误进行自动调整和补偿。

Doosan 集团还创建了自己的专用 CAM 循环，称为“形状模块”。McNamara 解释说，用户“只需以图形方式定义他们想要使用的刀具参数。他们定义了形状，比如说一个齿轮，以及他们是想对它进行车削、滚刀还是进行多边形车削。然后它就在机器上生成代码。要想出一些形状是很容易的。”

这与 DMG Mori 的“技术循环”相呼应，42 个预制程序补充了用户的 CAM 软件，或以其他方式提高了机器的生产效率。

ME 在 1 月份的五轴加工文章中介绍了一些，但出现的另一套程序则更适用于卧式加工。

Wallace 同意，客户正在寻找无需专用机床就能制造齿轮的方法，并表示 DMG Mori 的 gearMILL 技术循环使 HMC 能够生产市场上的大部分齿轮形式。这包括“大型渐开线、花键齿轮和圆弧齿轮。…我们的 gearMILL 技术周期适用于更复杂的齿轮，需要用 G 代码来驱动一把或几把铣刀来生成齿轮轮廓。”他补充说，DMG Mori 提供了在同一台机器上铣削毛坯，然后精磨的能力。“你可以生产圆弧齿轮，而不必花一百五十万美元购买一台定制的机器。我们现在就有机器按照那些经典的弧形研磨机规格生产圆弧齿轮。卧式机床非常适用于这种情况”。

循环自动化的帮助

DMG Mori 美国公司位于加州 Davis 的开发中心的执行副总裁 John McDonald 指出，机床振动控制 (MVC) 是另一种提供更快的 HMC 设置的技术循环。“比方说，在一个刀具上有一个长的悬空，会出现颤动。老式的方法是加快或减慢主轴速度，以找到消除颤振的最佳位置。MVC 在设置中自动做到这一点，然后有一个友好的用户界面来更新程序中的进给和速度。它能让你更快地进行生产”。它通过从主轴头的加速器中获取反馈，然后利用稳定性负载来计算什么主轴速度能达到稳定的切削区。但操作员不必担心数学问题。一旦他运行了 MVC，G 代码就会被更新，用于该次运行中的后续零件，或者当该零件返回时。

McDonald 表示 DMG Mori 的机器保护循环 (MPC) 是 HMC 用户中最受欢迎和最有价值的技术循环。MPC 使用主轴头前端的加速器来感应任何可能表明发生碰撞的颤动或加速度变化。“如果超过设定的阈值，它会在 10 毫秒内停止并反转轴，最大限度地减少或消除损坏。”仅此一点就使该选项非常值得，但它也有一个刀具负载极限。“您可以为不同的刀具设置负载极限，所以如果超过了这个值，机器就会安全地自动停止，防止损坏，”McDonald 说。

McNamara 补充说，Sandvik Coromant 和 Kennametal 公司提供的切削刀具库是任何人都可以使用的优秀资

源，但却很少有人这样做。他说，在新的 FANUC iHMI 上，它们的功能尤其强大。

“您可以选择切削刀具本身和刀柄，并在刀具供应商的网站上构建组件。…您可以将这些形状导入 iHMI。…您可以上传某个刀具系列，或一组刀具。您可以在机床上创建简单的东西，或者在 CAD/CAM 软件端创建，然后把它上传到你想要的任何地方。”

北卡罗来纳州 Charlotte 市 Okuma 美国公司的机床中心产品专家 Errol Burrell，对他的公司与缅因州 Wells 市的 Caron 工程公司及其 TMAC 产品的长期合作大加赞赏。TMAC (刀具监测和自适应控制) 自动监测和检测刀具磨损和破损，最大限度地延长正常运行时间。此外，它还可以学习每把刀具的最佳功率，并通过实时自动调整进给率，来持续保持刀具负载恒定。这缩短了周期时间，延长了刀具寿命。Burrell 说，Caron 公司 15 年来一直在改进这种产品，并保持“领先的地位”。

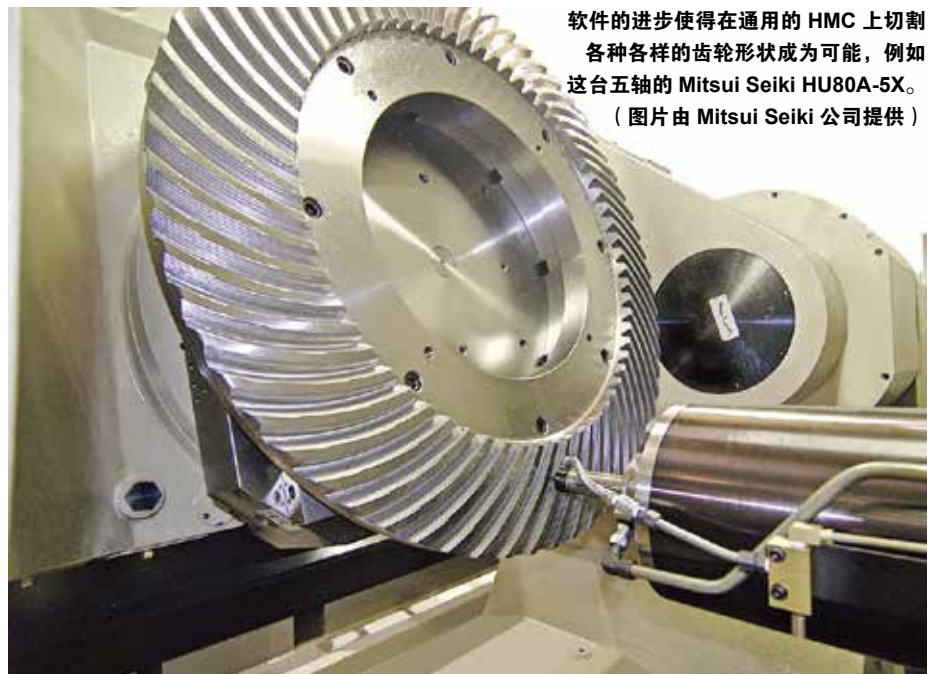
自动装载不同的零件

位于新泽西州 Franklin 湖的 Mitsui Seiki (美国) 公司的首席运营官 Bill Malanche 发现，使 HMC 比立式机床更适合大批量生产的一些优点，也有助于提高它们处理小批量作业的能力。例如，“我看到的大多数立式机床平均有 60 把刀具。但在卧式机中，120 把刀具可能是平均值。

一些 HMC 配备了多个刀具转换器，在一次设置中可以有 360 或 480 把刀具。如果你的机床有这种能力，你就有能力制造很多很多不同的零件。虽然你可能最初是为高产量而设置的，使用备用刀具进行刀具寿命管理等等，但现在你可以更有创意一点，使用这些相同的机床来做短期作业。”

他补充说，HMC 通常至少有一个双托盘交换器，如果不是更多的话，因此操作员可以在一项工作运行时设置另一项工作。例如，当另一个由墓碑式夹具夹持的零件正在加工时，操作员可以在外部托盘上设置一个具有完全不同作业要求的四面墓碑式夹具。他解释说，面临的挑战是在变化倍增时保持平衡。Malanche 提供了几个解决方案，包括调度软件和使用主轴探针来识别零件。“现在每个人都会在他们的机床上购买一个主轴测头，他们会用它来调整 XYZ 的偏移量，因为锻件有一点不同，它在夹具中略有移动。这很好，这就是它的设计目的。但是零件探针也可以用于零件或夹具识别”。

他说，一个简单的方法是在每个托盘的右上角，为 A 部分放置一个 1/2 英寸 (12.7 毫米) 的衬套，为 B 部分放置一个 1/4 英寸 (6.35 毫米) 的衬套。“然后，在一个给定的点，探针进入并检查衬套的尺寸。一个简单的 if-then 语句决定运行哪个程序。如果探针测量到半英寸的衬套，机床就会运行程序 A……这就减轻了操作员的压力。”



软件的进步使得在通用的 HMC 上切割各种各样的齿轮形状成为可能，例如这台五轴的 Mitsui Seiki HU80A-5X。
(图片由 Mitsui Seiki 公司提供)



Doosan 集团的新型 DHF 8000 ST 五轴 HMC 配备直接驱动旋转台，旋转速度可达 600 rpm，适用于车削操作。（图片由 Doosan 集团美国公司提供）

从长远来看，Malanche 认为视觉系统将替代这一功能。“基本上就是说，用相机拍摄零件的快照，并将其与资料库进行比较，以确定它是哪一个零件。”

Mitsui Seiki 公司和其他制造商正越来越多地创建自己的托盘系统，并编写自己的自动化管理软件。Malanche 说，Mitsui Seiki 公司还决定对所有机床进行储备，以便以后可以增加自动化。因此，举例来说，一台简单的双托盘 Mitsui Seiki 机床以后可以与柔性制造系统（FMS）相结合。或者，正如 Malanche 所说，“任何一个人现在看一台设备时，如果没有考虑到它可能要扩展成其他东西，或者蜕变成其他东西，那他要么就是会变戏法，要么就是对收入足够有信心到可以在最后随意扔掉他的机床。”

围绕单机末端的半圆形布置是所有 OEM 厂商的主导配置。Burrell 说，Okuma 公司的六托盘系统一直是最受欢迎的，但越来越多的客户想要更多的东西，所以它有一个 12 托盘系统，只需增加一个层面。“与其占用更多的地面空间，不如往上走。如果他们在空中有大量的空间，那是很多人更愿意去的地方。他们宁愿用节省下来的地面空间再建一个转轴。这更有意义”。McDonald 说，DMG Mori 提供有 5 个、14 个或 21 个托盘的旋转配置，这两个极端的配置是最常见的。

Burrell 说，这些系统中的托盘可以装载“液压装置、墓碑式夹具、任何你想要

的东西”，他和其他接受采访的制造商注意到了零点装置的价值。“即使是墓碑式夹具也可以有一个零点位置，所以它们一直留在托盘交换器中。你可以事先在你的管理系统或控制中为每个夹具分配所有的偏移量。操作员只需要调用该托盘。或者，您可以在办公室里对所有内容进行编程，甚至不需要去机床上。客户现在一直在这样做，很多人都在做高混合、小批量的作业。”他补充说，有了 200-300 把刀的刀库，他们就拥有了足够的冗余度，而且很少接触机床。

McNamara 解释说，需要智能软件才

能使这些系统易于管理。“在您告诉它要运行某个零件编号之前，它能否检查您是否有足够的冗余刀具来执行此操作？如果没有，它能否选择一个不同的作业，直到这种情况改变？你能为工作的优先次序设置规则吗？是先进先出，还是准时制？我们提供了几个这样的选择。……假设，您要运行整个周末。您可以告诉软件去想办法解决这个问题，根据可用刀具和您的总体优先级以最佳方式安排作业。因为计算机可以比你和我更好地思考复杂的组合。”

McDonald 表示，DMG Mori 的单机 Pallet Manager 软件提供了同样的调度功



除了检查工件位置和设定偏移量外，主轴测头（例如 Okuma 机床上的 Renishaw RMP60）还可用于识别来自托盘系统的不同工件，减轻了操作员在规划方面的负担。（图片由美国 Okuma 公司提供）

能，还有一个“最受欢迎”的特点，即与 CELOS 控制器完全集成。正如 McDonald 所说，在无人值守的情况下运行，会带来问题发生而不被发现的风险。“比方说，一个小钻头坏了。也许它早上在洞里钻了个孔。也许没有。买了这个零件的客户肯定会发现那个坏掉的钻头！”因此 Pallet Manager 与刀具破损检测程序进行沟通，并对任何可能出现问题的零件进行标记。他说：“它会停止加工那个特定的零件，然后继续加工队列中的下一个零件。它有效地将有问题的零件隔离在托盘池单元中，而不是自动将其带到卸载区。当操作员去卸载时，他们无法接触到出错的托盘，除非他们去控制室，查看标记的托盘，并在 CELOS 屏幕上将其物理拖到卸载区。”

对于大型线性托盘库，DMG Mori 提供了“作业基地”软件，能够合理地安排装配中所有部件的生产。以制造汽车为例，McDonald 说，软件会知道生产线需要制造四个车轮、两个车轴、一个发动机，等等。“我会把这称为一项工作。如果我调用这个特定的工作并想制造五件，我将得到两个车轮乘以五，两个车轴乘以五，等等。”

机器速度和设计的改进

当今 HMC 被人们称之为“内脏”的结构也得到了改进。Burrell 讲述了 Okuma 公司是如何“加快一切速度”的，其中一部分是通过改用伺服电机，然后利用其精度来同步运动，以减少非切削时间。例如，链条驱动的刀具转盘已被伺服驱动的转盘所取代。换刀臂和通道门也同样是伺服驱动的，这样在门打开的同时换刀臂也在移动，并在第一时间冲过去。冷却剂的流动和排屑也得到了改进。他们甚至“增加了机器内部的工作区域，但使其占地面积更小，”Burrell 说，“因此，这对小型工作车间来说是完美的。”

Mitsui Seiki 的 Malanche 提供了一种使 HMC 更加灵活的解决方案，这也许既明显又大胆：采用五轴加工。如果您需要从一项工作快速转移到下一项工作，五轴为您带来的最大好处是不需要复杂的夹具——即使使用四轴也无法获得的巨大好处。许多作业只需两个操作就可以完成，而且你可以在两步操作中完成任何零件的所有六个面。这增加了很多功能。”Malanche 估计，Mitsui Seiki 公司 90% 以上的销售额都是五轴机床。McNamara 报道说，Doosan 集团目前正在发布 DHF 8000 ST，这是一种新型水平五轴加工中心，带有直接驱动的旋转工作台，转速可达 600 转 / 分钟。这使其适用于车削，这是在原本只能安装在工作台上的大型零件上加工某些特征的绝佳方法。DMG Mori 等公司提供了类似的方法。

Wallace 这样总结了 HMC 的情况：“它们是一种经济的解决方案，可以获得一个多功能的加工平台。没有什么什么是卧式机床不能做的。”

www.doosanmachinetools.us

www.mitsuiiseiki.com

www.okuma.com

精确的。

有力的。

生产性的。

kapp-niles.com



大厅 N1
展位 A201



KAPP NILES

precision for motion



五轴加工中心，例如这款 Okuma MU-5000V-L 五轴 VMC，允许车间在一次操作中加工高度复杂的工件，减少在制品，同时提高零件质量和盈利能力。（图片由 Okuma 美国公司提供）

VMC：您究竟需要多少轴？

VMCs: How Many Axes Do You Really Need?

从三轴升级到更多轴需要三思而后行。

三轴立式加工中心 (VMC) 长期以来一直是许多中小型工厂的首选机床。它们的用途是众所周知的。与更复杂的机床相比，三轴机床更容易雇佣到操作员。编程、设置和维护也更容易。对于资金紧张的工厂来说，最好的情况是质量好、价格相对实惠的三轴 VMC 铣床数量众多，远远超过它们的卧式和五轴机床数量。

然而，鉴于五轴加工中心的日益普及，它们似乎很快将成为许多工厂的新主力。毕竟，当五轴允许制造商加工除了底部定位表面之外的所有表面时，谁愿意满足于仅对工件顶部进行铣削和钻孔呢？为什么

不尽可能的避免多次操作以及在这些操作中产生的对工件夹持的投资呢？为什么不提高盈利能力的同时减少交货时间和在制品 (WIP)？

这些都是很好的问题。算一算，再加上五轴机床更高的可用性和更低的成本，制造商还有另一个问题：三轴 VMC 是否会重蹈机械自动车床和手磨刀头的覆辙？这不太可能。

五轴的力量

即使是最狂热的五轴机床粉丝也会承认，三轴数控铣床有自己的地位，虽然

两者可能需要共享同一个宝座，但两者都不会很快被推翻。总部位于印第安纳波利斯的 Hurco 公司的产品技术专家 Michael Cope 就是这样一位粉丝，他甚至就这个话题写了一本书。他说：“五轴加工中心的优点非常明显，在任何车间增加一台都是一个不错的决定，但三轴加工中心也有很多优点，”他说。

Cope 指出，许多五轴机床配置的工作台都较小，通常是圆形的“盘子”，限制了工件的尺寸以及一个加工周期内可生产的数量。这也使得大多数铣削部门的宠儿——6 英寸的钳工虎钳——不受欢迎，

更不用说在典型的 20 x 40 英寸 (508 x 1,016-mm) VMC 上配置的两个或多个虎钳了。而从另一面看待这种情况，五轴工件夹具现在很容易实现，摆脱钳工虎钳的心态迫使车间评估新的工件固定方式，激发了工件夹具的创新。

五轴也激发了加工这些工件的更多创意和生产方式。Cope 说，这对模具制造来说尤其如此，在铣削深腔时能够倾斜主轴，从而可以使用较短的刀具和圆弧段铣刀，又称桶形铣刀。相反的，对于更快的进给率、更深的切削、更长的刀具寿命、更少的颤振以及更好的表面光洁度和零件精度问题，对于三轴 CNC 铣床所需的长而细的刀具来说，需要更严格的设置。

模具之外

类似的好处也适用于从事非制模工作的人。科普说：“传统的加工厂开始放弃三轴机床，并不是因为零件的复杂性，而是因为他们需要提高车间效率和产量。他们已经开始意识到，五轴机床可以让他们减少设置，并有可能提高零件的精度，因为在一次操作中可以加工多个面。他们可以对客户不断变化的需求做出更快的反

应，而且由于拥有一台五轴机床，他们可以寻找和报价其他机床无法生产的作业，这增加了他们车间的增长潜力。”

然而，Cope 认为，五轴 VMC 的初始成本较高，这对许多小型工厂或那些刚刚起步的工厂来说是一个阻碍。再加上有些零件根本不适合在五轴机床的较小工作台上加工，或者使用五轴机床进行简单的“钻孔”和二次加工没有意义，这就导致了一个不可避免的结论：传统的三轴 VMC 不会很快消失。

肯塔基州 Florence 市的 Mazak 公司的技术和应用专家 Mike Kerscher 对此表示赞同。他说：“三轴立式机床仍然是大多数制造商的面包和黄油，特别是对于加工车间和那些加工各种零件的工厂。即使是大批量的应用，在蜂窝式或自动化配置中包含一台，往往更有意义。这就是为什么五轴机床虽然越来越受欢迎，但在机床销量中仍然是少数。”

这是一个形象化的事情

Kerscher 补充说，这在很大程度上是由于业界对三轴铣床更加熟悉。对于我们这些在手动膝型铣床上摇动手柄开始其加工生涯的人来说，跃升为 CNC 数控机床

是一件很容易的事。他说：“它们更容易编程和操作，鉴于目前技术工人的短缺，这一点非常重要。你可以查看图纸，并想象出零件将如何放置在工作台上，Z 轴上下移动，刀具在工件上来回穿梭。仅仅这一因素就使在 [三轴机床] 上工作变得更加容易。”

将这种情况与五轴加工相比较，在五轴加工中，操作者要面对两个旋转轴和三个线性轴。在这里，两个相交的孔之间的不匹配、一个稍有偏差的真实位置，以及两个不甚方正的垂直面，都可能成为令人头疼的事件，只有熟练的机械师、程序员或服务技术人员才能解决这些问题。

Kerscher 说：“设置三轴立式机床的人可能会使用摆动器或寻边器来确定工件位置。在五轴机床上，他们很可能需要一个触发式测头，而且很可能需要 Renishaw 或其他供应商的球形装置来确定旋转轴。这并不是说这非常困难，但这绝对是一种技能的提升，在投资新机床或雇用操作员时应考虑到这一点。”

寻找加工中心

好消息是，五轴加工中心的操作正



自动调谐只是将专用五轴加工中心与三轴加工中心区分开来的机床选项之一。
(图片由 Okuma 美国提供)



Methods Machine Tools 公司的许多客户在一年内投资购买了三轴 RoboDrill，并在下一年增加了四轴或五轴工作台。(图片由 Methods Machine Tools 公司提供)



Hurco 公司的 MAX5 控制台的开发依赖于对不同技能水平的客户的测试，从而实现了人机工程学和可用性的结合。(图片由 Hurco 公司提供)



Mazak 最近推出的 VC-Ez 20 三轴 VMC 由该公司的新型 MAZATROL SmoothEz CNC 驱动，承诺以合理的价格提供良好性能和操作便利。(图片由 Mazak 公司提供)



YCM 公司的 DCV 系列三轴和五轴加工中心采用双立柱设计，适用于加工非常大的工件。(图片由 YCM Technology 公司提供)

变得越来越容易。这是位于北卡罗来纳州 Charlotte 市的 Okuma 美国公司的机床中心产品专家 Errol Burrell 所说的，他拥有 25 年的五轴机床使用经验。他说，不仅 CAM 系统变得比以前更加“五轴友好”，而且机床制造商还推出了自动校准系统，消除了前面所述的许多猜测。

他说：“当我第一次接触五轴机床时，你几乎需要一个麻省理工学院的学位才能对它进行设置。你必须熟悉旋转枢轴点和恒定表面（即您的工作台）的位置，以及主轴测量线、刀具长度，所有这些数值都必须在你生成程序时考虑进去。现在有了 Okuma 公司所谓的刀具中心点控制，即 TCPC，情况就不一样了。”

Burrell 解释说，每个机床制造商都有自己的 TCPC 版本，但都做着同样的事情——使零件旋转中心的确定变得更容易。大多数还提供类似于 Okuma 公司的动态夹具偏移、五轴自动调整、姿势控制等功能，所有这些都是为了消除五轴加工带来的麻烦。“我们不再关心我们必须处理的所有事情，因为它们都是在后台自动计算的，无论是在机床控制中，还是在 CAM 系统中。这都比以前简单多了。”

附加的蓝调

投资一台新的机床并不是五轴加工的先决条件。Burrell 和本文采访的其他几个人指出，许多车间通过首先购买用于四轴加工的旋转工作台，或用于 3+2 和五轴联动加工的耳轴式倾斜旋转工作台，来作为他们的首次尝试。虽然这对某些应用来说

是一个很好的解决方案，但它确实存在一些注意事项。

首先是刚才提到的所有五轴的好处在三轴 VMC 上是不存在的。虽然没有这些好处就不需要操作者提前具备像 Burrell 一样的麻省理工学院学历，但没有它们将使设置和故障排除更具挑战性，以至于不太可能与真正的五轴车间竞争。

第二是刀具长度。鉴于典型的耳轴工作台的高度可以达到 14 英寸（35.56 厘米）或更高，许多立式铣床常见的 20 英寸（50.8 厘米）左右的 Z 轴行程很快就被消耗掉了。简单地说，在大多数立式铣床上安装倾斜旋转工作台，就像在一艘老式 Crestliner 上安装探鱼器和拖钩电机一样，你可能会钓到一些鲈鱼，但它永远不会成为你所希望的 Bass Cat。“旋转工作台和耳轴是有局限性的，但如果你没有资金或你的需求很小，它仍然是缓解四轴和五轴加工的一个好方法。”

正确投资

马萨诸塞州 Sudbury 市 Methods Machine Tools 公司的 FANUC 美国产品副总裁 Thomas Saur 认为，从三轴加工到四轴或五轴加工的转变就像涨潮一样，他补充说，他的许多客户在一年内投资了 FANUC 的三轴 RoboDrill 加工中心，下一年又增加了四轴或五轴工作台。因为这些机床是为这种过渡而设计的，所以刚才提到的局限并不适用。此外，这些客户经常同时增加公司的一个自动化解决方案。

然而，无论机床的品牌或型号如何，Saur 都同意，五轴加工需要在技术和人

员等方面进行更大的投资。他说：“你绝对需要对有技术的人。你需要正确的编程系统，正确的工件夹具和机床附件，而且你可能应该有某种刀具路径模拟软件，因为五轴具有更大的碰撞可能性。但是，如果你把所有这些事情都做对了，它是减少 WIP、提高零件质量和打开新机遇之门的好方法。”

Saur 讲述了马里兰州的一家工厂 Command Technology 的故事，该工厂进行了这样的投资。通过安装一个能够更换托盘和刀架的机器人，该车间现在可以在无人看管的情况下加工多达 60 个独特的零件编号，甚至是那些对公司来说，完全新型的零件。他说：“这些工厂是行业中最好的，但它展示了什么是可能的。他们信任机器，他们信任编程系统，他们信任人。这使他们能够在星期五下午把坯料装上去，星期一回来时就能得到成品零件。这是许多车间应该效仿的榜样。”

为什么是五轴？

总部位于加利福尼亚州 Carson 市的 YCM Technology（美国）公司总裁 Tony Pekalski 表示，任何五轴 VMC 的成功都取决于几个因素，其中许多因素已经列出。这些因素包括操作员技能水平、机床的工作量和类型、精度要求等。然而，在这个清单最上面的某个地方，列出是必须从工件上去除的材料数量。

他说：“对于重型切削，三轴立式通常是更好的选择，因为您通常无法在耳轴上运行相同的进给率和切削深度。另一方面，如果你能在一次操作中尽可能多地进

行加工，那么从精度的角度来看，效果总是会更好，而这显然是五轴机械更擅长的。这些变量就是为什么所有车间在投资机床之前，都需要与熟悉所有类型机床的人合作的重要原因。”

Pekalski 详细阐述了这一说法，认为一个好的供应商不仅应该了解三轴、四轴或五轴机床的不同应用，而且还应该了解每种机床的不同设计。例如，YCM 提供五种不同风格的五轴机床。其中包括 C 型框架、桥式、柱塞式和龙门式铣床，每一种都配备了耳轴，以及带有双轴头的双柱和龙门立式铣床。卧式耳轴式加工中心也即将问世。

这重要吗？是的，Pekalski 说。“航空航天、汽车、医疗、能源、重型设备——有这么多不同的细分市场，每个市场都有各种各样的零件和材料，因此不可能有一种机器可以很好地完成每一个零件。这就是为什么我们提供如此多样化的产品，以便在每个市场中保持竞争力。”

现在怎么办？

值得注意的是，其他制造商也拥有类似的机床多样性，原因也类似。购买这类设备的买家需要通过没完没了的规格说明、时间研究、切削演示和销售人员的明智建议来决定哪台机器最适合他们的需求。Pekalski 和他的同事一致认为：大多数车间需要多种款式甚至品牌的机床来保持竞争力。

“无论你是谁，都没有一个放之四海而皆准的解决方案，”他说。“由于我前面提出的原因，一些商店将在大型、重型、五轴机床上进行粗加工，在较小的机床上进行精加工。他们中的许多人使用五轴进行 3+2 工作，这意味着如果需要的话，他们可以把同样的工作放在三轴铣床上。其他人则完全满足于完全依赖于三轴机床，而大多数人可能会同时使用这两种机床，尽管他们还没有做出这个决定。作为机床制造商，我们的工作培养我们的客户，为他们提供高质量的设备和自动化选择，然后在他们需要我们的时候，为他们提供支持。”

www.methodsmachine.com

www.mazak.com.cn

www.okuma.com

www.ycmcnc.com

NEW

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

耐热合金加工用
航空产业的革命

**SX3
BIDEMICS
CERAMATIC**

高次元融合的出众耐磨损性和耐崩损性
——新硅铝氧氮陶瓷 SX3 面世！！

针对耐热合金的超高速半精/精加工
——BIDEMICS

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



NTK
CUTTING TOOLS



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

什么是测量标准？

What Measures The Measurements?

系统负责准确测量一个零件，并促使人们最好地利用所产生的数据。

Hexagon 的 Q-DAS IMC 软件将过去由用户判断的大部分工作自动化。使用测量数据来补偿刀具的磨损。

在制造业的大部分历史中，测量都是各大公司在计量学领域的主要争夺点。从竞争角度讲，各公司都在宣传自己在准确度、速度和可靠性方面的优势。但测量设备与探头的结合处就像橡胶跑道与水泥路面的结合一样，通常都不那么可靠，但现在这一现象已得到了改观。

首先，为了追求精益生产和考虑生产的总成本，有一个新的重点是将零件测量与零件生产紧密结合。而且，最近，新的重点已经放在如何有效地编纂、共享测量数据和如何将其正确用于整个企业中。

换句话说，计量技术公司不得不大大拓宽他们的专业领域，以便提升在工业 4.0 时代的竞争力。许多人已经在这个较新的领域工作了数十年。但随着网络技术的改进和传播，他们也需要不断学习。

例如，有两家公司最近发布了其智能制造系统的新版本。在每个案例中，这些系统与其说是简单地测量零件，不如说是利用这些测量来改善工艺流程。

用 DataSure 4.0 共享测量数据

12 月，Starrett 发布了 DataSure 4.0，这是该公司于 2005 年首次发布的系统的最新版本。这是一个用于获取精密测量数据的无线数据采集系统。该系统在一个无

线网络平台上运行，该平台使用短波无线电频率将手机、电脑和无线电子设备进行互连。

“DataSure 4.0 的基本原则是使制造商能够准确和不间断地获取大量的测量数据，以满足工业 4.0 的要求。” Starrett 的研发总监 Jeff Wilkinson 说。

Wilkinson 指出了该方法相比于人工输入数据的优势。“在员工不得不反复停止工作来记录一个测量结果时，生产力一定会受到影响。”他说，“而且，人工数据采集，即用手打入数据这一操作，远非完美。人们会犯错误——最终会在下游造成一系列麻烦。有了 DataSure 程序，只需按一下按钮就可以传输测量数据，这不但节省了时间，还提高了准确性”

该系统实现了质量控制中，测量数据采集过程的大体自动化，提高了过程效率和测量的准确性。他说，自动时间戳等功能提供了关于每个数据点的关键背景，这对追溯性和质量控制 / 生产规范来说是必需的。DataSure 还带有闭环反馈功能，能够在向测量工具发送消息的同时，确认其正确的接收。

改进的可扩展性和安全性

Wilkinson 说，4.0 版本的一个主要特点是其可扩展性。新的网络拓扑结构可以

配置到许多简单或复杂的工况中，并且可以使用远程网关来控制分配。

“早在 2005 年我们的原始系统推出后，随着时间的推移，我们从客户那里了解到，它不可能是一个一劳永逸的解决方案。”他说，“因此，我们最新的解决方案是可扩展的。它还允许更多的便携式操作，使系统能够与消费者的设备（如智能手机和平板电脑）进行通信，并且能够将数据保存在这些设备中。”

他说，数据从量具内置无线电发射器或外部安装的终端节点传输到网关，可在安卓或 iOS 移动平台和基于 Windows 的电脑上进行操作，其包括笔记本电脑、台式电脑、瘦客户机和服务器。通过模块化的结构，无需购置新的数据收集系统，并且还简化了扩展或收缩测量数据采集的过程。

Wilkinson：“我们并不试图规定制造商如何设置他们的网络。我们正试图尽可能地灵活，以考虑到尽可能多的可能性，因为这些都是有真实案例的。”

这些情况可以是配置短距离的一个或几个测量工具，也可以是在一个大工厂里相隔几百码的许多成套测量工具，甚至或者是在分布在一英里之外的多个设施中。

“其数据传输范围可达数百码，对于较大的制造业务或分布式设施来说是一

个理想选择。”他说，DataSure 4.0 的传输范围是“市场上其他数据采集系统的10-20倍”。

该系统建立在一个高度安全的专有无线路径上。数据传输采用多层加密方法，绝对防止外界对数据进行任何访问，无论是被动的还是主动的。

Starrett 产品经理 Tim Cucchi 说：“对于与我们合作的制造商来说，安全是一个日益严重的问题。任何一种与计算机传输的无线通讯方式，都是 IT 专业人士和质量保证人员的潜在担忧。虽然没有哪个系统能免受攻击，但我们还是不遗余力地投入了专有的多层安全方法，其中包括加密和其他功能。”

DataSure 兼容所有 Starrett 电子数字量具，以及其他工具制造商的电子量具，包括 Mitutoyo、Sylvac、Fowler、Bowers 和 CDI 的工具。

Q-DAS IMC 第二版的“SPC 兴奋剂”

去年秋天，Hexagon 发布了其 Q-DAS IMC 智能机器控制软件的第二版，其中包含了基于前期用户反馈意见的改进。

Q-DAS IMC 实现了机床和 Q-DAS 数据库之间的通信。它可以管理不同的机床、测量项目和特征信息。

SPC (统计过程控制) 软件“用于收集从测量系统采集的数据，并对其进行分析，帮助用户对制造过程做出判断。”Hexagon 的 Scott Mahrle 说。

他还补充说：“它还能够生成包含统计结果的报告，帮助工程师对制造结果做出正确决策。”

该软件是改善制造过程中数据应用的基础，使制造商能够详细了解数据并通过分析历史，以改善未来的工艺。

Mahrle 提供了一个如何从工件测量精度计算出刀具磨损，并对其进行补偿的例子。IMC 软件并没有对加工的零件进行测量。相反，它却能够分析这些测量量。

“以往，工程师看着图纸上或电脑屏幕上的测量结果说：‘好吧，我可以看到机器精度似乎有朝这个方向发展的趋势，因此我的零件很快就会超出公差。’对吗？这些往往是人类工程师的直觉判断，而使用 IMC 软件，则是根据统计数据自动做出判断。”他说，“这是一种更具一致性的方法，因为每次所使用的算法都是完全一致的。”

由于刀具磨损补偿是基于统计数字，而不是仅仅基于人的决定，其一致性一定更好，从而能够做到提升刀具数量及降低废品率。

“用户降低了对数据进行判断和调整机床的时间，因为现在，统计数字可以告诉我们一切答案。”

提升易用性和灵活性

该程序的第二个版本进行了改进，旨在提高易用性和它可以适配的机床类型。

操作员无需直接在机床上进行手动修正。随着“手动修正”模式的引入，机床操作员可以在 Mahrle 所说的用户友好型软件环境中轻松修正刀具。机床操作员可以在软件中选择要修正的刀具，并输入每把刀具的修正值。在后台，Q-DAS IMC 会



Starrett 的 DataSure 4.0 能够在一个易于扩展的无线网络中采集和共享测量数据。

检查输入的条目是否有错误。输入的修正值也会与补偿极限进行核对，从而识别出不正确的输入。

他说：“以前，这种输入是直接控制器的刀具表中进行的，没有这种检查，增加了刀具撞击或破损的风险。因此，这项新功能提高了生产安全性。此外，操作员可以存储手动修正程序，以便记录修正情况。这确保了快速和简单的可追溯性。跟踪功能可以帮助新人操作员向有经验的员工进行学习，并帮助他们理解为什么要进行修正，此外，还能为每个工人建立一个单独的知识数据库。”

另一项改进是使该系统能够与更多的机床兼容使用。Q-DAS IMC 的第二个版本可用于 Siemens、FANUC 或 Heidenhain 的机床控制器中。提升该系统兼容性符合整个公司的要求，能够帮助客户更轻易的实现智能制造。

“这真的很重要，因为我们的目标是帮助客户利用他们已有的设备和技术。我们不是进来说，‘哦，你必须改造一切，抛弃你所有的旧设备，以部署这个新系统’。我们希望使我们的技术能够适应现有的系统。”

他说：“在很多情况下，这意味着让它适应传统的设备，因为制造设备通常寿命很长。我们认为应该让软件适应设备，而不是设备适应软件。这也就是 IMC 第二版的意义所在。”

cn.starrett.com

www.hexagonmi.com.cn



Starrett 的最新量具内置发射器，可通过网络无线传输测量数据。同样该公司推出的外置终端节点发射器也可用于老式量具。

三坐标测量机 (CMM) : 不仅仅是精度

CMMs: More Than Precision

精度只是现代 CMM 用户需求的一个起点，他们还需要在多个方面对其进行综合评价。



新一代 CONTURA 保持了老版本的测量精度，但增加了更多的新功能。（图片由 Carl Zeiss 工业计量公司提供）

CMM 的制造商们在精度这条赛道上竞争了很长时间，已实现最高水平的可重复精度。这曾经是终点线，而竞争对手之间的距离可以微米为单位。然而现在，对于他们的客户来说，测量精度不是终点，而是起点。

这并不是说测量精度不重要，相反它是最重要的。但是，一旦“它是否足够精确？”这个首要问题得到满意的回答，用户就会想到一系列其他问题——速度、多功能性、易用性、与生产的整合等等。答案将直接影响到他们的投资回报。而如何最好地回答这些问题，已经成为了 CMM 制造商现在的主战场。

多功能性

例如，位于明尼苏达州 Maple Grove 的 Carl Zeiss 工业计量有限公司发布了新一代 CONTURA CMM。Zeiss 工业质量解决方案部产品管理经理 David Wick 称，该系列一直是该公司最受欢迎的桥式坐标测

量机，尽管它的测量不确定度是该公司高端坐标测量机 Prismo（其测量不确定度低至 $0.9+L/350 \mu\text{m}$ ）的两倍，

为了跟上不断变化的用户需求，新一代 CONTURA 的测量不确定度……与以往完全相同。

“客户告诉我们，他们对 CONTURA 的测量精度很满意，所以他们不想花钱买一台比它更好的 CMM。” Wick 说，“但那些高端机器也有与测量不确定度无关的功能。用户告诉我们，他们希望能够在 CONTURA 中加入高端机器上的各种探头和传感器。”

他说，作为回应，新的 CONTURA 配备了公司的多应用传感器系统（Mass）技术，可以在多种类型的传感器之间进行切换。该公司喜欢把它想象成相当于一把瑞士军刀，也就是说，可以胜任一系列以前需要多台机器配合才能完成的任务。

“利用 Mass 技术，Zeiss 能够把大量的传感器集成在同一台测量仪上，进

行高精度的操作和快速更换。其中包括带有铰接式探头支架或固定式探头配置的传感器，光学或接触式，无源或有源传感器等等，所有这些都可以根据需求被调用。” Wick 说。

它可以帮助用户灵活切换包含接触式测头、白光测头、激光三角测头等一系列传感器。每个传感器都配备了一个 ID 芯片，当它在公司的 Calypso 测量软件中被选中时，机器会进行自动识别。

“现在在车间内需要在保证质量的基础上，制造比以往更多样化的零件。” Wick 说，“同时，每一寸空间也都非常宝贵。越来越多的工厂提出了灵活性的需求，例如，用 Dotscan 白光扫描仪采集一个零件的表面形貌，然后用 Rotos 测头检查另一个零件的粗糙度，随后用 LineScan 采集整个形状的表面，用点云与 CAD 数据进行比对——他们要把所有的这些集成在同一台坐标测量机上。”

CONTURA 的功能还可以通过选配进

一步扩展，例如根据需要，搭配转台行程四轴测量系统；HTG（温度梯度补偿），使用浮动的玻璃陶瓷标尺，在更大的温度范围内保持测量稳定性；以及 ProMax E 自动测头更换库，可移动到测量范围内，安全、准确地更换测头系统。

可选的 Zeiss 智能服务系列数字服务能够帮助用户在工作中实时监控设备的性能，Wick 说。

易用性

位于罗德岛 North Kingstown 的 Hexagon 智能制造公司也同样以客户的要求为首位，即远离精度竞赛，转向其他优先事项，例如“如何使客户的生活更轻松”，该公司的自动化测量解决方案产品经理 Ryan Toole 说，“我们已经将我们的重点从‘试图再将精度提升 0.1 微米’转移到‘如何改善整体用户体验’上了。”

Toole 指出，CMM 在生产设施中的地位与车床、铣床或其他生产设备不同。“CMM 不是利润创造者——它是企业成功地金钥匙，虽然不能像生产设备那样为

企业创造实实在在的财富。”如果把车间比作一直乐队，有光鲜亮丽的主场和吉他手，那么 CMM 的地位就有点类似于贝斯手，非常必要，但却容易被人们所忽视。

还有一个动力是制造商们通常们都在持续面临压力，即如何用更少的，更缺乏经验的工人来做更多的，更好的工作。

考虑到了这一点，Hexagon 已经开发了专门的设备来简化测量过程。Toole 说：“我们希望确保测量任务尽可能不受影响。”

例如，TEMPO 是该公司用于自动化零件装载、排队和卸载的成套系统。该系统由一个通过 Universal Robots ISO 10218-1 认证的协作机器人组成，它可以从最多六个装满零件的抽屉中取出零件。其中每个抽屉的大小为 3.2 平方英尺（0.3 平方米），载重量可达 220 磅（100 公斤）。通过该机器人，可以帮助 CMM 在无需人工干预的前提下，连续测量数小时至数天。

第二个简化流程的例子是 Eye-D 摄像系统，它可以安装在坐标测量机的移动桥上，用于识别零件以及零件的位置。“有了 Eye-D，操作员只需将工件放入坐标测

量机的工作区中，然后在控制屏幕上点击‘检测’即可。操作员无需进一步输入，系统将首先识别工件，然后计算出工件在空间的方向。”Toole 说。原先，对于这一项任务需要操作员进入 CMM 的控制软件，在工作区域中输入正确的工件位置，这项工作非常耗时。一旦 Eye-D 系统确定了工件及其位置，系统就会调用该工件的检测程序并执行。

它具有两重好处。Toole 说。首先，它为操作人员腾出了时间，他们可以在放置零件，并按下一两个按钮后，就转身离开去进行其他工作。第二，对于该项工作，现在并不需要具有编程或计量学专业知识的人员即可胜任。

“您可以随便在工厂中找一个人，并在几秒钟之内学会如何操作。”Toole 说，“几乎无需任何培训。”

第三项功能提升了操作员对于无人值守工作的信心。CMM 上安装有脉冲传感器，可以监测任何可能影响数据完整性的环境事件或探头碰撞。能够在仪表盘上显示振动、温度、湿度、气压、亮度和碰撞

灵活的坐标测量机需要灵活的测头系统 Flexible CMMs Call for Flexible Probe Systems

随着坐标测量机变得更加灵活，以满足不断变化的用户需求，它们所控制和搭配的测头也必须同步发展。位于伊利诺伊州 West Dundee，Renishaw PLC 公司的 CMM 和对比产品部市场经理 Andy Holding 说。

Holding 以 REVO 五轴多传感器系统的新产品，该公司的 RFP 光学条纹测头为例进行了说明。

RFP 以高捕获率提供高密度数据，对表面拓扑结构进行高度精确测量。测头在工件表面投射出条纹图案，测头的相机捕捉条纹图案的变化，建立高密度的三维表面点云。

他承认，“RFP 离成为第一个在 CMM 上使用的基于三维条纹的测量系统还有一段距离。然而，它是第一个可以随时与接触式测头、扫描探头以及表面粗糙度传感器互换的系统。”它们可以使用同一个多功能定位座。

“这意味着可以为每个特征，而不是每个部件选择最匹配的传感器。”他说，“而且所有的数据都能够收集在一个共同的零件坐标参考系统中。因为是在 CMM 上，所以对零件尺寸的限制非常小。对于已经选择 REVO 系统的制造商来说，RFP 边缘探头可以简单地添加到传感器系列中，以提供非接触式的三维测量能力。”

通过 RFP，可以在零件或 CMM 坐标框架内采集所有表



Renishaw REVO 五轴多传感器系统的新成员——RFP 边缘测头，正在扫描一个航空航天零件。（图片由 Renishaw 提供）

面数据，所以无需重叠区域拼接，也无需参考标记。另外，不需要单独的检测站、三脚架或转台，“这就减少了整个检测过程的占地面积和人员需求。”他说

自动曝光控制功能可以对不同的表面材料、颜色和纹理进行补偿，确保在无需哑光涂层的情况下，获得最佳的数据结果。

通过为 CMM 带来多传感器能力，能够将原先需要专用设备的测量工作，转移到该 CMM 上。Holding 指出：“考虑到每台设备的保养成本，以及设备的物理空间成本，这一点的意义不应被低估。”

信息，此外还可以通过 PC、智能手机或平板设备在本地或远程访问这些数据。

Toole 指出，Pulse 系统本身已有四年历史，但他们最近也推出了一个无线版本。这使得它更容易安装——不需要预先布线——并且可以将更大量、更多样化的传感器放在更多的位置，以更好地了解环境变化。“它虽然界面非常简单，但可以帮助人们全面了解 CMM 的检测活动，和优化测量效率所需的可操作信息。”

智能工厂中的集成化

据位于伊利诺伊州 Aurora 市，Mitutoyo 美国公司的产品专家 Gene Hancz 说，他的公司在开发 CMM 技术时有两个注重点。首先是传统的以最佳速度提供高精度的测量。为此，该公司推出了两台新的、功能略有不同的通用型坐标测量机。第二个优先事项则是它们的共同点：完全为工业 4.0 做好准备。

其中一台 CMM（2019 年推出）是设计用于车间的 MiSTAR 555。“555 结构紧凑，采用开放式设计，用户可以从其前面、后面和右边放置工件。” Hancz 说，“这一结构使得其易于接近和放置工件。”

模块化控制单元和 PC 装载于主体结构底部，使 MiSTAR 更加紧凑，他说。它的设计足够坚固，能够在不同的条件下稳定的工作，甚至在 50 至 100 华氏度（10-40 摄氏度）的温度范围内都能保证精度。它还采用了一个对空气中的污染物有很强抵抗力的刻度检测系统，无需昂贵的环境保护罩。

另一台 CMM 于 2021 年发布，是该公司 CRYSTA-Apex 系列的新型 V 系列。其出发点是精度和速度，Hancz 说：“我们相信 CRYSTA-Apex V 的精度是以往任何通用测量机都无法比拟的。”其最大允许的长度测量误差为 E0 级，mpe 为（1.7 + 3L/1000）微米。他还说，该机器的实时温度补偿系统也极大地提升了测量精度。

测量速度通过几种方式实现了最大化。CRYSTA-Apex V 系列的最大驱动速度为 20.4ips，最大加速度可达 2,309G。不仅如此，用户可以沿 3D 形式自由设置测量路径，可以沿着复杂工件的弯曲表面和轮廓进行检测。该系列还能够实时纠正由工件和设计值之间的差异造成的路径误差。所有的这一切功能都能够帮人们提高

产量，Hancz 说。

他还表示：“它的高驱动速度和加速度，使其测量速度——即接触式测头在工件上的移动速度，最高可达 0.3ips（7.6 mm/s），大大减少了总的测量时间。他指出，该设备并不局限于接触式测头，还能够使用该公司的扫描式和其他非接触式探头。”

MiSTAR 555 和 CRYSTA-Apex V 有不同的侧重点，但他们的共同点是都已经准备好了在智能工厂中大展拳脚。两者都具有若干工业 4.0 集成功能，包括公司的智能测量系统（SMS）。该系统能够按照智能工厂的环境要求监测运行状态。SMS 状态监控器使用 MTConnect 协议检索当前 CMM 的状态特征。SMS 状态监控器提供了一整套系统，能够收集和评估不同的操作信息，如测量、运动长度、机器误差、测头功能等，可以用于长期预防性维护和机器的使用统计。

“机器监测可与汽车中使用的 OBD（车载诊断）系统相媲美。”Hancz 说，“OBD 检测系统对汽车非常重要，可以通过对汽车的性能监测提醒司机潜在的系统故障或失效，并保持汽车的最佳性能。此外它还能提醒驾驶员进行日常维护，如更换机油、空气过滤器和座舱过滤器等。”他说，在智能工厂环境中，确保 CMM 能够准确应对相关的数据有效地监测、共享和处理，是 Mitutoyo 公司的首要任务。

为小型工厂供货

位于密歇根州 New Hudson 的 LK Metrology Inc. 在开始时规模很小，或者说是很紧凑。直到 2018 年，该公司一直都在 Nikon 计量业务中负责 CMM 开发。当它在那一年被拆分出来时，它的工程师发现自己处于一个有趣的位置，即拥有数十年来之不易的经验，但却没有任何的知名度。在此后的两年里，该公司不得不努力向 CMM 用户介绍——或者说重新介绍——他们自己。

公司负责销售和营销的副总裁 Joseph Szymanski 说，新公司也明白他们不可能立即就推出满足各种测量需求的 CMM——在两年之内都比较困难。它必须先攻克其中一个领域。经过与制造商的多次讨论，该公司选择开发一台用于 10-50 名员工的，小型加工车间的机器。

Szymanski 说：“我看到了他们对



经过车间优化的三丰 MiStar 555 具有多个工业 4.0 集成功能，包括该公司的智能测量系统。（图片由 Mitutoyo 美国公司提供）

CMM 的渴求，他们在精度上要求其足以媲美无尘室中的设备，而在设计上又要求紧凑和坚固，以至于可以直接放于车间中。”

该公司最初的产品是 Altera（这个名字在 2016 年被首次被 Nikon 首次）这一系列 CMM 产品，在节省空间的设计中努力平衡质量和小型车间所需的经济性。

“我们意识到，在小型加工车间，一个很大的限制因素是物理空间。”Szymanski 说。为了最大限度地减少机器的占地面积，“我们把控制器集成在机器的实际框架内”，而不是把它放在一个独立的电脑桌上。控制器接口直接连接到一个可旋转的键盘和显示器臂上，便于在拥挤的地板上移动。

Szymanski 说，Altera 并没有为了降低价位而在质量上吝啬。“现在有一些经济型机器使用铝制结构，以节省一些前期成本。而我们选择不这样做。”该公司的 CMM 具有超稳定的陶瓷桥和主轴导轨，并配有分辨率可达 0.05 微米的高精度光栅，他说。根据公司的资料，其全量程精度可达 0.7 μm+L/600。

该机器还具有花岗岩燕尾形工作台导轨，配有单孔、开槽、预载空气轴承，用于精确的运动控制。并具有自调平隔振功能，在低频振动大的区域也可获得最佳性能。其导轨受到保护，不受车间污染物的影响，如果需要，还可以提供完整的机器外壳。

- www.zeiss.com/metrology
- www.hexagonmi.com
- www.lkmetrology.com
- www.mitutoyo.com
- www.renishaw.com

模块化夹具帮助船舶推进器制造商全速前进

Modular Fixturing Helps Marine Propulsion Manufacturer Go Full Speed Ahead



图为企业号航空母舰（USS Enterprise）。Fairbanks 为包括 USS Enterprise 在内的两艘核动力航空母舰，提供了应急柴油发电机。



Fairbanks Morse 公司生产的船用推进系统能够为从拖船到货船的所有类型的船舶提供动力。

从纸面上看，造船应当是一帆风顺的。Fairbanks Morse 公司在其威斯康星州 Beloit 总部安装了一个机器人焊接单元，其目的是为了提升他们制造大型船舶推进系统的产量。因此，当机器人工程师 Steve Hill 发现这家有 125 年历史公司的生产力已经停滞不前时，他需要找出阻碍自动化速度提升的原因。

“我们面临什么挑战？”Hill 说，“我认为更好的问题是我们没有面临什么挑战。我们有一个非常多样化的零件组合。重复性和工艺标准化是巨大的挑战，因为我们的许多制造方法都是基于经验知识。我们也有很多过时的加工和制造方法。”最终的结果是，机器人焊接单元在进行子组件的粘焊和焊件较大的固定

件时，工作很吃力。

Hill 知道，模块化是唯一答案。他曾在以前的工厂使用过伊利诺伊州内珀维尔的 Bluco 公司的模块化固定装置，所以他知道它是完全适用的。“Bluco 是模块化的代名词。此外，我知道它还有工程技术支持，所以这一选择毫无问题。”

Hill 首先将 CAD 文件上传到 Bluco 的安全网站。然后他与 Bluco 销售工程师 Josh Hill（非亲属）开始了合作。“我解释了我需要如何向管理层推介它。他基本上帮我建立了整个案例规划。仅仅这一点就使我百分之百地认定了他们。”Steve Hill 说，“Josh 花时间来参观，并了解这里的环境。然后他设计了我们领导层需要看到的東西。他并没有像竞争对手那样只

给我一份简单的目录。Josh 和我们团队之间的人际互动是催化剂，推动了这个项目的最终落地。”

Bluco 的解决方案由 5 张带滚动腿的桌子组成，其位于 12 米长的轨道之上，具有专门的组件套件，能够固定 9 个不同的零件。该解决方案还包括 Bluco 为 Fairbanks Morse 专门制作的一批定制数字模板。Steve Hill 说，他的六名操作员在两周内就熟练掌握了整个系统。除此之外，其在节约时间方面的效果也是立竿见影。“我们需要加工 18 英尺（5.49 米）长的油盘，过去从开始到完成需要一个多月。而现在，只需要 2 天。这对我们来说简直像在做梦。”他说。

他们是如何节省这些时间的？“工

易于操作的 Bluco 即节省了时间，又提高了投资回报率

Bluco Fixturing Provides Time Savings, Ease of Use, and Strong ROI

由 Bluco 提供的 Fairbanks Morse 模块化夹具项目的结果超出了这家船舶推进系统制造商的预期。

主要成果包括：

- 可用于 9 个零件的模块化套件；
- 零件的精确加工；
- 装配时间减少了一半；
- 6 个月内实现了 100% 的投资回报率；

- 高度可重复性，新焊工可在 1 周内胜任工作；
- 节省了足够的时间和金钱来进行其他工作。

“现在我们都是 Bluco 的粉丝了。”Fairbanks Morse 的 Steve Hill 说，“这不是开玩笑，我们现在正在部署更多的 Bluco 工作台，并通过增加更多的模块化组件来扩大一些现有工作台的功能。领导层们希望能够在 Bluco 的工作台上完成这里的一切工作。”



Fairbanks 的团队用 Bluco 的肘杆式夹具进行实验，该夹具可产生高达 400 磅（181.44 公斤）的夹持力。（图片由 Fairbanks Morse 和 Bluco 提供）



新的 Bluco 解决方案是在 Bluco 工程师的帮助下使用 CAD 模型组装的。它包括五张桌子和 12 米长的地板导轨。（图片由 Fairbanks Morse 和 Bluco 提供）



Bluco 公司为 Fairbanks Morse 公司提供的五个工作台解决方案具有专门的组件套件，能够固定九个不同的零件。（图片由 Fairbanks Morse 和 Bluco 提供）

人必须在之前就使用粉笔线和卷尺把它布置好，整个车间里只有两个人知道它们是如何搭建的。” Steve Hill 说，“开始搭建这些东西的人，甚至不是已经知道如何从经验知识中建造它们的操作员。这些人是精加工焊工，而不是装配焊工，相对于以前经验丰富的操作员，他们仅用三分之一的时间就完成了这一工件加工。而且尺寸满足需求。这震惊了这里的所有人。我甚至无法描述它，只能说它让每个人都大吃一惊，包括 Fairbanks 的领导层。”

Bluco 的解决方案不仅仅包含新的硬件，它还包含定制设计服务，同样解决了费尔班克斯一些最棘手的夹具难题。

“我们确实有一些极难制造的特殊部件，但这正是 Bluco 工程师们发挥作用的地方。” Steve Hill 说，“他们提出了令人难以置信的解决方案，提供了定制模板，以建造我们所应对的，一些最具挑战性的零件。”

由于 Fairbanks 的团队可以从车间的一个工作站访问这些数字夹具模板，因此生产力飙升。“我们不只是得到了一个轨道系统，我们得到了一个全新的工艺流程。” Steve Hill 说，“在这一次采购中，我们仅仅是通过这种数字设计，就能够在一开始就制定出 80% 的 SOP。”

不仅是时间的节省和使用的方便给 Fairbanks 的团队留下了深刻的印象，

Bluco 系统的投资回报率也让人眼前一亮。

“我们的投资回报率非常高，我实际上无法计算。但我可以说的是，Bluco 的桌子都是包含在系统在内的。它超过了我们对投资回报率的预期。我们能够在六个月内获得全部的投资回报。”他说。

回顾过去，Steve Hill 完全清楚地看到了 Fairbanks Morse 公司所克服的挑战。

“我们购买了一个大型的自动化系统，对提高产量抱有很大的期望。但我们没有可重复性来引导自动化。这一能力至关重要。Bluco 的解决方案可称之为点睛之笔。它稳定了一切，并提供了所需的重复性，使我们获得了全面的胜利”

www.fairbanksmorse.com

长效丝锥可持续加工 400 个硬质孔，为设备制造商节省 50% 的费用

Long-Lasting Taps Deliver 400 Hard Holes, 50 Percent Savings for Equipment Manufacturer

乔治亚州，Cordele 地区的回收设备制造商 Harris Equipment Co. 通过改用马萨诸塞州，West Boylston 地区，Emuge 公司的丝锥，在 Hardox 450 钢制耐磨板攻丝加工中，每孔成本降低了约 50%。45 HRC 耐磨板则被用作其回收产品（例如纸板打包机）的内部衬垫。

越来越发达的物流就意味着需要越来越多的箱子，也随之进一步提升了对于纸板、纸张、塑料和金属的回收需求。因此，回

收行业对 Harris Equipment 公司的回收产品，包括小型纸张打包机、巨型碎纸机和剪切机有着强烈的需求。

Harris Equipment 在制造废品回收和处理设备方面已经有 100 多年的历史，该公司在佐治亚州的两个最先进的制造和服务设施中配备了专业的工厂技术人员、训练有素的客户服务代表和知识渊博的员工。Harris 的回收设备在业界具有极高的评价。Harris 的工程小组拥有多年的经验，

并采用最前沿的技术来设计安全、经济的设备。

“我们的客户要求最高质量的设备，其性能要超过我们的所有竞争对手。” Harris Equipment 公司工业工程师 / 程序员 Heath Parks 说，“我们生产了行业内 55% 的回收和废物处理设备，所以我们需要不断地确保我们只使用最好的刀具、动力系统 and 结构件。”

为了承受其回收设备必须承受的巨

大的磨损和摩擦，Harris 公司使用硬化和耐磨的材料来建造可靠、持久的产品。这些材料对机械加工具有挑战性，其硬度在 35-46HRC 之间。

制造过程中的一个重要部分是加工工具硬质螺纹孔，Harris 一直在卧式和立式数控铣床上生产这些螺纹。由于希望提高丝锥寿命以及稳定性，Harris 找到了 Emuge 公司，以寻求在螺纹制造过程中的改进。

“我们使用了预算内最好的丝锥，但却还是经常发生损坏，并且还不得不因为丝锥问题而修理零件。”Parks 说，“Emuge 公司建议用它的丝锥与目前在用的丝锥同时进行有挑战性的对比测试，其结果超出了我们的预期。”

数控立式加工中心（VMC）的参数揭示了对 45-HRC HARDOX 450 材料的测试将是多么具有挑战性。其进给率为 6.6 ipm (0.16 m/min)，进给量为 0.1000 ipr (2.54 mm/rev)，切削深度为 1.5 英寸 (38.1 mm)，钻孔直径为 0.656 英寸 (16.7 mm)，名义直径为 0.7500 英寸 (19.0 mm)，切削速度为 13 sfm (3.9 m/min)，主轴转速为 66 rpm。在测试中，换刀时间为 5 分钟，每个孔的循环时间为 27.2 秒。

通过使用 Emuge 3/4" (19 mm) - 10 3BX C-Ti 型丝锥，Harris 现在能够在巨大的 Hardox 450 钢 (45 HRC) 耐磨板上连续加工 300-400 个孔。Parks 说：“在使用 Emuge 丝锥之前，我们最多只能在保证丝锥不出故障的前提下，连续加工 67 个孔。并且事实上，Emuge 丝锥在 400 加工个孔之后仍然表现良好。”他说。



Harris Equipment 在生产回收产品，如这个纸板打包机时，需要在 Hardox 450 钢（硬度 45 HRC）制成的极其耐用的耐磨板衬里上进行攻丝。



Harris Equipment 公司与 Emuge 公司合作，以寻求螺纹制造的工艺改进。经过性能测试，一个 Emuge C-Ti 丝锥可以在 Hardox 450 钢的耐磨板上连续打出 300-400 个孔，而目前所使用的丝锥，在失效前只能打 67 个。

Emuge 的 C-Ti HSSE (高速钢) 丝锥有 15° 的左旋槽，设计用于攻包含钛合金在内的，高抗拉强度材料的通孔。在丝锥上覆盖有 TiCN 涂层以增加耐磨性。该丝锥可产生 3B 公差螺纹形状，其 D 型倒角长度为 4-5P。

现在，通过 Emuge 丝锥的部署，Harris 每个螺纹孔的生产效率提升了 20% 以上，并且其综合加工成本降低了 50%。Harris 公司生产的衬垫尺寸范围很广，从 6 × 10 英寸 (152 × 254 毫米) 到 32 × 84 英寸 (813 × 2134 毫米)，通过使用 Emuge 丝锥后，预计每年可节省近 6000 美元的成本。

“Emuge 丝锥的使用寿命很长，最大限度地减少了进行工具更换的需求。现在我们每周至少能多出一个小时的生产时

间，来加工更多的零件。你确实看到了投资回报。”Parks 说。尽管 Emuge 丝锥的价格比现有丝锥高 50 美元，但它的使用寿命更长，因此每年生产衬垫只需要 17 个 Emuge 丝锥，而使用其他厂商的丝锥则需要 75 个。Parks 继续说：“我们还没有用坏过一个 Emuge 丝锥。”Harris Equipment 公司现在正在测试更多的 Emuge 丝锥，包括直径更大的 1 英寸 (25.4 毫米) - 8 C-Ti 型，以了解在哪些方面可以做出更多的改进，其加工对象包含度高达 50HRC 的特种材料。

Parks 对 Emuge 全国客户经理 Scott Lowe、MSC 工业供应公司 (Harris 设备公司的 Emuge 经销商) 的金属加工专家 Gene Cone 和 Emuge 技术支持部门的 Dylan Bowles 提供的帮助感到非常满意。除了确定丝锥选型外，Emuge 团队还就适当的速度和进给提出了重要建议。

“Emuge 丝锥提高了我们加工的质量和性能。”Parks 说，“手动攻丝和丝锥断裂已成为了历史。”

Emuge 是高性能丝锥、螺纹铣刀、钻头、立铣刀和其他旋转工具的领先制造商。Emuge 在马萨诸塞州 West Boylston 的工厂有能力生产标准和定制立铣刀，以及翻新硬质合金钻头和立铣刀、铰刀和 Emuge HSS-E 丝锥。在 West Boylston 工厂中，Emuge 切削工具和配件的库存超过 10,000 种。

harrisequip.com
www.emuge.com

IMA 集团的边缘学习项目

IMA Group Gets With the Edge Learning Program



Massimiliano Versace
CEO
Neurala
www.neurala.com

AI 的学习能力正在向边缘计算转移。而制造商将是一个主要的受益者。

我在 2010 年与 NASA 合作时，意识到了能够在小型计算机上运行人工智能的用处。我和波士顿大学的同事们创造了一个小型的大脑模拟，用人工智能控制一个类似火星车的设备，该设备需要边缘运行并学习新事物，并且同时不受地球上任何计算机处理能力的影响。数据瓶颈和延迟等问题使得探索不同种类的人工智能变得至关重要。传统的深度神经网络 (DNNs) 在没有大量的处理能力、数据和时间的情况下是无法进行学习的 (现在也是如此)。

我们创造了一个新的人工智能品种：终身深度神经网络 (Lifelong-DNN)。它可以在整个生命周期中学习，而不仅仅是在部署之前。当时，我们还不知道这种人工智能在地球上、在制造业中会变得比在火星上更有用。

大自然给了我们“可移动的大脑”，使我们能够快速和持续地学习。因此，随着更多的设备、传感器和数据进入我们的生活，这种人工智能范式自然会在机器人技术之外变得尤其重要。

这在制造业尤其如此。例如，IMA 集团的工厂布满了摄像头、物联网设备和传感器，帮助设计和制造用于加工和包装药品、化妆品、食品和饮料的自动化设备。随着这些设备的出现，大量的数据流也随之而来。

工业 4.0 运动的前提是像 IMA 这样的制造商能够利用和挖掘现代工业环境中产生的大量数据——这一过程利用了边缘学习和最初为火星探索设计的技术。

以质量控制相机为例。IMA 的机器配备了几十台摄像机，以每秒 60 帧的速度进行图像采集，每小时可处理数千件产品。就像不可能将所有的火星车原始数据运送到地球上进行处理一样，IMA 的相机将成吨的无用帧运送到中央云端进行 AI 处理也是没有意义的。只有在边缘处理后，高度重要的帧才需要传输至中央端进行进一步处理。

让人工智能算法在小型边缘计算机上运行有一个重要的微妙之处。其中至少有几个过程在起作用：推理，即由边缘产生的“预测”和边缘学习，即使用获得的信息来改变、改进、纠正和完善边缘人工智能。

采用智能工厂的一个障碍是 AI 的不灵活和低适应性。如果事先在训练过程中采集了所有的数据，那么人工智能算法可以很强大。但这不是工业世界的运作方式。训练传统的 DNN 需要大量的数据、大量的计算机功率和时间，这导致他们不适合快速学习和匹配。通过像 Lifelong-DNN 这样的方法，能够让人工智能驱动边缘计算机，在设备旁边理解数据，并进行匹配处理。

对于像 IMA 这样的制造商来说，边缘学习让它的摄像机在现实世界中学习新的产品类型和缺陷，在这种情况下，可以不断引入新项目，并学习从未在车间出现过的缺陷。没有必要从头开始对人工智能进行“重新编程”。

通过边缘学习将使人工智能真正的达到其目的：将智能转移到需要它的地方，并大幅度的提高速度，降低延迟和成本。此外，它有助于像 IMA 这样的制造商在全球舞台上保持竞争力。

	neurala VIA	传统深度学习	机器视觉
配置时间	易于与现有硬件集成；少量数据的快速培训	需要大量的培训时间及数据	为每个应用程序定制开发，经常需要精确的产品定位
数据需求	仅需 50 张好产品的图片即可开始	需要大量好坏产品的图像才能开始	一般来说，每种可能性的例子都需要
硬件需求	在专用的智能摄像头和 CPU/GPU 上运行	培训 AI 模型需要 GPU，在 GPU/CPU 上推理运行	在智能摄像头和 CPU 上运行
易于修改	初始构建或修改不需要人工智能专家	需要人工智能专家来建立或修改模型	任何改变都会导致 MV 专家重新编程
所需总费用	灵活的硬件选择和自助服务模式的开发/集成	特定的硬件，昂贵的软件，专业的工程	大型应用工程投资
唯一合格的解决方案	有限缺陷数据的主观质量评估	使用平衡/大数据集进行主观质量评估	基于问题及测量的规则

数字化转型为 Honda 汽车印度公司带来喜悦

Honda Car India delivers Joy with Digital Transformation



Jasmeet Singh
Executive VP
and Global Head
of Manufacturing, Infosys
www.infosys.com

在“三个喜悦——购买的喜悦、销售的喜悦、创造的喜悦”这一持久理念的驱动下，Honda 公司拥有了悠久而卓越的历史。这家汽车制造商一直对解决方案进行投资，以确保它永远不必在质量、合规和安全方面做出妥协。它认为这有助于公司将其工作扩展到制造汽车之外，为其利益相关者提升生活价值。

Honda 在 2008 年开始与 Infosys 合作，当时它想重塑其销售规划流程。这种合作推动了几个创新项目，这些项目跨越了不同的职能，如营销分析、采购和物流。因此，当 Honda 在 2013 年开始探索数字技术和智能制造，在印度打造第二个生产工厂时，也延续了与 Infosys 的合作。

Global Honda 团队的成员 Masahiro Honda 说：“在第二家工厂中，我们决定致力于利用数字技术进行智能制造。伴随着 Honda 在数字化转型之路上的发展，Infosys 始终是一个值得信赖的合作伙伴。”

Infosys 与本田合作，通过设计和实施帮助其提升系统体验的乐趣。我们围绕优化出口流程、零部件可追溯性和生产计划的解决方案，有助于在创造过程中实现和谐。而我们的经销商管理系统则同样为 Honda 经销商带来了销售的喜悦。

以 Honda 在印度的出口功能为例，它向其在其他国际地区的厂商供应各种汽车零部件。该功能需要信息的整合和流程的自动化，并按

照客户的要求及时包装和运送所有的零件。Honda 出口管理系统的建立是为了提供一个多型号、多订单、多目的地的解决方案，帮助该公司为其客户提高交货速度。

另外，每辆车在通过装配线时都由不同的部门处理。随着生产量和制造能力的增长，继续保持预期的质量基准和标准操作流程非常重要。Honda 实施了一个质量控制信息系统，以实时识别缺陷，并确保向客户交付高质量的车辆。

一辆汽车可能有多达 20,000 个不同的零件。追踪每一个零件以确保符合行业法规和标准至关重要。Infosys 为黑色金属车间打造了一个支持物联网的零件追踪系统，从而大大减少了人工。

Infosys 还帮助 Honda 公司建立了一个专注于按时交付汽车的经销商规划系统。

“最大的变化是这些平台将数字技术带到了车间。” Honda 汽车印度公司副总裁 Hilal Isar Khan 说，“从管理层到实际组装汽车的员工，这些系统已经改变了 Honda 员工与技术互动和响应的方式。”

汽车制造业的数字化只会越来越多。公司将采用区块链技术进行零件追踪，建立完全自动化的制造工厂，并投资于制造执行系统。

显然，在后 COVID 时代，Honda 将继续在其数字化转型的道路上前行，以确保高质量的汽车生产，并为其所有利益相关者带来喜悦。

www.infosys.com



针对国防部供应商的网络安全任务

DoD Cybersecurity Mandate Targets Suppliers



PAUL VAN METRE
Founder
ProShop ERP

国防部 (DoD) 供应链中的高层人员完全了解该部门的网络安全成熟度模型认证 (CMMC)。其供应商从 2021 年开始要求进行认证, 并在未来几年内提出滚动截止日期。CMMC 是其他具有额外要求的网络安全控制的集合——即 NIST SP 800-171; ISO 27001; ISO 27032; 和 NIST SP 800-53。关键的区别是这些标准只要求自我验证。一个公司可以说它是符合要求的, 但不需要接受审计和认证。随着黑客攻击达到历史最高水平, 国防部认为“适可而止”, 并制定了新的、全面的 CMMC 标准, 必须由经过认可的第三方实体进行审计和认证。

CMMC 的合规性有五个级别。供应商提供什么, 或者它在供应链中的位置, 决定了国防部要求的安全程度。例如, 军用飞机发动机 OEM 可能需要达到 5 级, 但是为该发动机提供紧固件的加工车间可能只需要达到 3 级。(本文末尾列出了有关 CMMC 及其要求的更多信息)。当然, OEMs 和一级供应商正在朝着 CMMC 合规迈进, 但他们的分包商必须迎头赶上。今年早些时候, 我在我们的追随者中进行了一项非正式调查, 发现几乎一半的受访者不了解 CMMC。

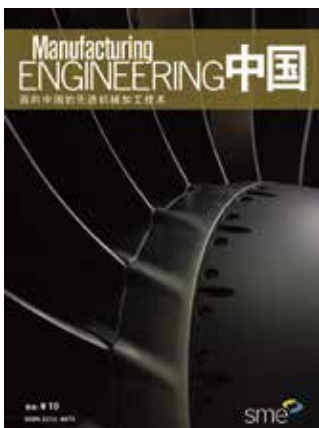
国防零件供应商需要采取的第一步是指派一名工作人员了解 CMMC 的范围, 因为它与他们的业务有关, 并开始努力确保合规性。作为综合 ERP 平台或“数字生态系统”的开发商,

我们正在与客户合作进行这项工作。我们的系统为 CMMC 合规性勾选了几个复选框, 如要求复杂的密码、两步身份验证、审计工具、用户追踪以及其他符合标准的文件。事实上, 我们已经创建了一个名为“网络安全飞行启动包”的捆绑框架, 以帮助我们的客户走上这条路, 因为准备 CMMC 就像准备 ISO 或 AS9100 一样。它是相当费力和资源密集的。公司必须准备好投入时间和可能的数万美元, 这取决于与政府工作相关的业务性质。

国防工作继续进行

这项投资必须与国防部多年来的潜在收入进行权衡。虽然商用飞机产量在下降, 但国防飞机却仍具规模, 而且这一领域的预测仍然是积极的。虽然一些较低层次的供应商可能还需要几年时间才能获得 CMMC 认证, 但对于一家公司来说, 获得整个 CMMC 认证可能需要花费大量的时间。

从更广泛的角度来看, 我的估计是, CMMC 可能很快就会成为所有关键、敏感组件 OEM 的要求, 这使得努力是值得的——不仅是为了锁定任何企业的漏洞, 也是为了使该公司超越其竞争对手。俗话说, “黑客永不眠”, 对于任何关键行业的任何客户来说, 知道供应商拥有强大的物理和数字安全措施, 都将是一针强心剂。



“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

香港主板上市
1651.HK

CNC精密自动车床

BW209ZJ-I

3系统9轴高端机型 可实现多轴同步加工



抵钉座（医疗行业）
尺寸： $\phi 13 \times 101 \text{mm}$
材质：钛合金



外导体（电子行业）
尺寸： $\phi 14 \times 15 \text{mm}$
材质：SUS304



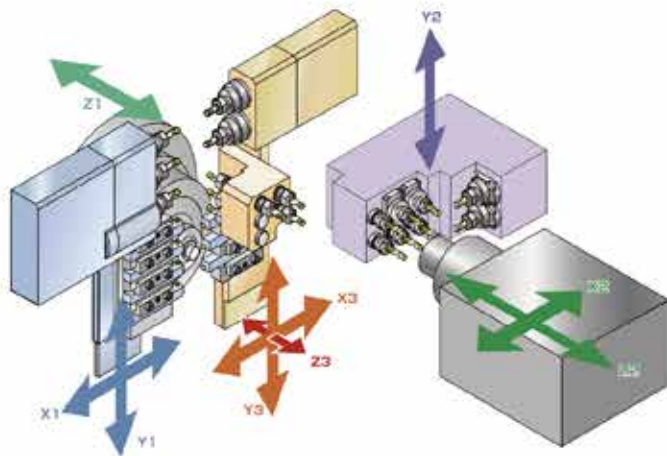
轴套（汽车行业）
尺寸： $\phi 18 \times 58 \text{mm}$
材质：易切削钢



阀芯（液压行业）
尺寸： $\phi 19 \times 180 \text{mm}$
材质：碳钢

项目	规格
夹持棒材直径	$\phi 3 \sim \phi 20 \text{mm}$
最大加工长度	210mm(固定导套)、80mm(旋转导套)、170mm(电导套)、45mm(无导套)
主轴转速	200~10,000min ⁻¹
背轴转速	200~12,000min ⁻¹
横向动力头转速	200~8,000min ⁻¹ *1
总刀具数	28支
机器重量	3,000kg
长×宽×高	2,010mm×1,505mm×1,750mm

*1: 常用转速：7,000min⁻¹ 以下



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