

Manufacturing[®] ENGINEERING 中国

面向中国的先进机械加工技术

2022.7

航空航天制造
AEROSPACE MANUFACTURING

数字工厂
DIGITAL FACTORY

加工中心
MACHINE TOOLS

模具制造
MOLDMAKING

售价: ¥10

ISSN 2313-6073

sme 

8月
Aug. 4日 - 7日

山崎马扎克机床（辽宁）有限公司

Mazak

— Go GREEN —

m@nufacture the future

MTF2022
新工厂 新技术 新体验

制造未来展示会

DIGITAL TWIN



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

2022.7



关于封面图片：疫情暴露了供应链的漏洞，即使是最先进的建模和测试应急计划也无法发现这些漏洞。



先进制造 Advanced Manufacturing Now

- 2 需要为复合材料优化刀具装夹
- 6 瑞士式G代码的后处理精度
以增材制造应对下一次供应链危机
- 7 铁路业制造商通过增材制造减少浪费

航空航天制造 Aerospace Manufacturing

- 8 航空航天AM下一步将飞向哪里？
增材制造不断取代或增强传统制造。
- 12 AR带来了极大的投资回报率
- 14 CAM软件对成功实现车间的五轴加工发挥了关键作用
- 18 提高铆接顶铁的产量及安全性
- 19 拥抱数字孪生
- 20 无人机作为僚机
- 24 供应链保障措施
帮助 A&D 制造商渡过危机的三个关键特征。

数字工厂 Digital Factory

- 26 工厂车间的网络安全
随着网络犯罪攻击达到高潮，制造商必须立即采取行动。
- 29 远程控制
互联网和基于云的计算正在改变制造商操作数控机床的方式。你的车间准备好了吗？
- 32 通过一次编程，实现多次加工
CAD/CAM设计和建模的进展既节省了时间，又提高了准确性。

加工中心 Machine Tools

- 34 承担艰巨的任务
更好的砂轮和更强的机器提升了坚硬材料磨削的优势。
- 38 数字化进展推动刀具磨削技术的发展
当然，研磨设备本身正在变得更好，同时围绕它的所有技术也在变得更好。

模具制造 Moldmaking

- 42 提高模具生产效率的新方法
模具制造的技术改进包括从切割器到控制装置再到软件
- 46 模具制造者利用先进的技术增强自身实力
在模具制造中，时间就是金钱——这里有节省时间的方法。

生产解决方案 Shop Solutions

- 50 刀具制造商通过精密磨削向医疗刀具领域发展
- 52 新的数据采集技术确保了速度、准确性、可扩展性和安全性

行业情报 Field Intelligence

- 54 在墨西哥，让人工智能“人尽其才”
解决复合材料自动化的巨大需求
- 55 利用AI和RPA提高企业复原力

行业之声 View Points

- 56 将AI和机器人技术与多种检测系统搭配使用

Manufacturing
ENGINEERING 中国

Industrial Communications Group Ltd.

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

艾康商务咨询（上海）有限公司
上海市静安区武定路555号8楼837室
电话 Tel: 021 3251-7225

订阅期刊 Subscription: subs@icgl.com.hk

广告业务 Advertising:

中国大陆 China: 021 3251-7225, bruno@icgl.com.hk
North America 北美: Dave O'Neil, 313 425-3260, doneil@sme.org
Europe 欧洲: Sven Anacker, +49 (0) 202 373294 11, sa@intermediapro.de

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

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

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

需要为复合材料优化刀具装夹

Composites Call for Optimized Toolholding



DAVID MCHENRY
Engineering &
Technical Manager
www.regousa.com

对于航空航天、能源、汽车和国防领域的制造商来说，有效地加工新材料意味着保持竞争力。那些要求严格的行业往往是第一个在零件设计中使用尖端材料科学的，这些材料能够在恶劣环境下保持优渥的性能，而广受欢迎的特性，使得他们同样难以加工。复合材料尤其如此，现在需要在刀具夹持方面做出全面优化，以应对它们在机械加工厂中越来越广泛的应用。

将材料结合起来以增加其强度的做法历史非常悠久。这包括像混凝土这样的复合材料或像玻璃纤维这样每天都在使用的较新型材料。今天，追求更轻、更坚韧的部件制造商也可以使用碳纤维增强聚合物（CFRP）等材料，和其他由各种金属、陶瓷和塑料制成的先进结合剂和增强纤维的组合。这些材料可以比大多数金属更强大，而重量却只有几分之一，但它们的组成给加工厂却带来了许多困难。

复合材料的高抗拉强度意味着制造商需要坚硬的切割工具，就像他们对超级合金和其他难加工材料一样。对于复合材料来说，这种强度大部分来自于强化纤维，而强化纤维具有难以置信的磨蚀性，除非使用超级坚韧的聚晶金刚石（PCD）工具，否则往往会大幅减少切削刀具的寿命。

虽然这些最先进的、通常很昂贵的 PCD 工

具可以更好地应对复合材料的磨蚀性，但其他挑战仍然存在。例如，CFRP 和类似材料在加工时通常会产生粉尘而不是碎片，在这种情况下使用冷却剂通常只会产生磨蚀性浆液，很快就会损坏机器。此外，在航空航天和医疗等行业，用冷却剂污染复合材料部件的风险导致了对其使用的严格限制。因此，复合材料通常是干式切割，并使用集尘系统来保护操作人员和清除切屑。

复合材料的独特组成使加工操作更加复杂。在许多情况下，如果保守地处理，复合材料会有分层的危险，即未切割或拉出的纤维会污染孔或各种材料层。为了解决这个问题，制造商通常采用更高的速度和进给。建议使用主轴转速超过 20000rpm 的高性能机床，以获得最佳效率和表面质量。

然而，在干燥条件下进行高速加工操作意味着温度成为一个问题。切削复合材料时产生的切屑几乎不能带走刀具的热量，这导致刀具在进入和退出切削时出现快速加热和冷却循环。这在刀具和刀柄上产生了大量的热应力。

刀具一般可以通过创新的涂层和几何设计来处理热循环，但即使是最先进的刀具也无法处理刀柄上的大量热量。某些类型的刀柄在加热过程中会出现振动增加和夹紧力降低的情况，



复合材料的加工，如用于制造涡轮叶片的复合材料，通常是在干燥的情况下进行的，这就会产生热量，导致某些类型的刀柄在加热时发生振动并失去夹紧力。为了解决这些问题，制造商可以采用 Rego-Fix 的 PowRgrip 刀柄。（所有图片均由 Rego-Fix 提供）

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





复合材料的使用为车辆的耐用性和轻量化，例如如图所示的这个摩托车零件。Rego-Fix's PG 等系统提供的刀具工装，确保在主轴转速超过 20,000 转 / 分钟时，仍旧能保持材料切割的最佳性能。

这很快就会导致跳动增加。考虑到 PCD 刀具的费用，不合格的刀柄性能所造成的刀具和刀柄寿命缩短，使得即使是最有效的工艺也变得成本高昂了起来，并且为那些在加工前往往需要大量投资的零件带来了巨大的风险

最佳的复合材料加工

为了实现真正的最佳复合材料加工，制造商需要一个工具夹持解决方案，能够处理这些材料所带来的所有挑战。Rego-Fix 公司的 PowRgrip 刀柄系统就是这样一种解决方案。它是为类似的高速、高性能切削策略而设计的，它的一系列先进功能使其非常适合于复合材料加工。

与需要加热才能夹紧和松开的刀柄不同，PowRgrip 采用了独特的液压压装装配系统，以高达 9 吨的力将刀具通过机械的方式夹紧在夹头内。这产生了 1,100Nm 的夹持扭矩，即使在最高的旋转速度下，也足以实现拉出保护。这种机械接口不受热的影响，因此，无论复合材料加工过程中产生何种热循环，它都能保持极高的夹紧力。

除了处理这些材料常见的热效应外，PowRgrip 还为制造商提供其他优势。这些刀柄的总系统跳动 (TIR) ≤ 0.0001 " (3 微米)，长度调整重复性 < 0.0004 " (10 微米)，提供了极高的精确度。刀柄本身的平衡设计，对于陡峭的锥度刀柄来说，在 20,000 转 / 分钟时达到 G2.5，对于 HSK 刀柄来说，最高转速可达 90,000 转 / 分钟。这确保了刀柄在复合加工操作中即使在极高的速度下也能保持其精度。这

使得在钻孔、铣削和仿形加工时更容易达到高质量的表面光洁度，这是满足能源和航空航天等高要求行业客户需求的关键因素。

这些行业往往需要制造商投资高质量的设备，而保护这些投资至关重要。值得庆幸的是，强大的刀柄 - 刀杆和夹头 - 刀柄的接口不仅能提高精度和夹紧力，还能保证 PowRgrip 极佳的减震效果。因此，也最大限度延长了高性能 PCD 刀具和高速主轴的寿命。

高夹持力、低系统总跳动和减震的结合，使 PowRgrip 确保了工艺安全。对于任何高价值的工件，制造商都不能承受刀具被拉出或变钝而导致的零件报废，而非计划性维修造成的停机时间会使其更难履行对客户的承诺。有了 PowRgrip，工厂可以实现完全安全的工艺流程，并更好地预测其维护需求。

该系统还可以通过选项进行扩展，以提高效率和最终零件的质量。桌面安装单元将夹紧和松开的时间减少到几秒钟，而可选的 secuRgrip 夹紧夹头、刀柄和附件可以为特别困难的应用提供更高的精度和拉出保护。此外，PowRgrip 还提供五年、20000 次的保修服务，用户可以确信他们能够持续实现 0.0001" (0.00254 毫米) 的刀具跳动。

无论是生产高性能滑雪板、风车外壳、直升机旋翼还是赛车车身，复合材料加工车间都会面临独特的挑战。为了克服这些障碍，可以利用高性能机器和 PCD 工具等解决方案来获得更好的结果，而像 PowRgrip 这样的工具夹持解决方案可以保护这些投资，实现高精度、高效率生产、并保证工艺安全。

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

瑞士式 G 代码的后处理精度

Post-Processing Accuracy for Swiss G-Code



CHRIS LECLERC

Swiss Product, Specialist, CNC Software
www.mastercam.com

我们的瑞士 CAD/CAM 团队观察到的一个趋势正在损害着太多工厂的利益：瑞士式机床的 G 代码的后处理准确度太低。准确的瑞士式后置处理可以节省编程和加工时间，这就意味着节约金钱。如果在花两个小时在 CAM 中为一个零件编程后，还需要工作人员花半个小时对这程序进行编译，那纯粹就是在浪费时间。没有人希望在机器上完成 80% 的零件编程后，在运行的时候还要再处理错误。

好消息是，这种情况可以得到解决。每个瑞士式加工车间都应该检查其后处理 G 代码的准确性。随着瑞士式机床及其零件的复杂性增加，代码的准确性变得越来越重要。使用后置处理器来生成代码可以保持编程结构的统一。对已经写好的代码进行手工编辑，有可能出现数字移位或打错的情况，可能会给车间带来不必要的麻烦。准确的后置代码不仅浪费时间，还可能导致刀具损坏，在最坏的情况下，还会使机器崩溃。

例如，我们有一个客户，在购买 Mastercam 的瑞士式解决方案之前，加工一个零件的周期长达 12 分钟以上。在安装了一个成熟的后置处理器后，他们将同

一个工序缩短到了 6 分钟之内。这如果把加工量放大到 10000-20000 个零件，那节约的费用是非常可观的。

培训信息的重要性

为了达到理想的精度，与原始设备制造商 (OEM) 建立牢固的关系和大量的测试是必不可少的。这就说明在与客户和 OEM 应用工程师互动时，从机床制造商那里获得培训信息非常重要。如果他们教给客户一种特定的编程方式，那么客户就可以将其纳入后置处理器。当每个人编写出的流程和 NC 代码格式都保持一致时，所有人都会受益。

第一次使用瑞士式设备的用户有很多东西需要学习：如何对一个特定的零件进行编程，机床如何运行，如何计算最有效的循环时间等等。如果他们对 M 代码和 G 代码有很好的理解，那么他们在为不熟悉的机器制作准确的 G 代码时，也可以减轻一些压力。

另一方面，许多车间对不同品牌的瑞士式机床都有经验。一旦在 A 品牌的机床上完成某个零件的编程之后，通常都可以通过简单地改变刀位号和具体的机器设置

信息，快速将后处理器切换到 B 品牌。

短期和长期获利

准确地对瑞士式 G 代码进行后处理的短期好处是能够对零件进行编程，并提升操作人员的信心，同时节省时间和金钱。长期的好处是程序的连续性，这可以影响到从公司发展到招聘的一切。

在解决员工流动问题时，工厂可以雇用具有不同加工和 CAM 背景的人，而无需重新编程。今天，许多工厂都雇佣了专门的程序员、设置人员和操作员，他们之间的工作几乎没有重叠。有些车间甚至在每个岗位上都有多个人。如果从 CAM 系统中产生的代码是相同的，那无论是谁在操作，都能保证机器的快速和安全。

如果你使用后置处理程序来驱动你的瑞士式机床的 NC 代码，那不要满足于“差不多就行”。与你的机器制造商和后置供应商合作，输出准确的 G 代码。节省的成本会让你大吃一惊。

以增材制造应对下一次供应链危机

Prep for the Next Supply Chain Glitch with AM

在新冠疫情的早期，Ford 汽车、General 汽车和 Siemens 等公司都在采用增材制造技术生产急需的个人防护设备。在意大利，某家呼吸机制造商无法满足对关键输氧阀门的制造需求，当时，另一家工程创业公司帮助其对该部件进行逆向，并且在两天后，就实现了日产 100 个 3D 打印阀门的生产需求。

“这就提出了一个问题：生产呼吸机的公司能否每天或仅在紧急情况下提供 3D 打印部件（或可 3D 打印的数字资产），而不影响其未来销售部件的业务？”以色

列软件工程师、LEO Lane 联合创始人兼业务副总裁 Lee-Bath Nelson 在其公司的博客中写道。

答案当然是肯定的，只要有一定的计划，并在紧急情况下使用 3D 打印，就像 General 汽车那样。General 汽车公司的设计制造运营总监 Steve Hart 在公司网站上说：“3D 打印使我们能够对面罩的需求做出快速反应，并几乎立即将最初的产品送到前线的医护人员手中。”

Nelson 认为精明的公司正在为下一次供应链中断做准备，他们将呼吸机等救生

设备的零部件，以及那些可以快速 3D 打印并在紧急情况下使用的关键生产手段进行数字化。

“想想看，如果你有一条生产线，而其中的一个零件断裂。”她在采访中说，“因此而导致的停工，会带来巨大的额外成本。”

新冠疫情，英国脱欧、贸易战以及美国的白色商品供应短缺，使 Nelson 意识到，供应链的下一次中断一定会存在，它只不过是一个时间问题。当它发生时，“那些已经做好准备的人和那些没有做好准备的

人之间会有巨大的区别。” Nelson 说。

这个想法是为了利用 3D 打印的固有优势。只要你有工件的 CAD 数字模型和一台 3D 打印机，你就没必要准备关键零部件的备件。尽可能地将需要的零件保存为数字形式，并在需要的地方就近打印。在这种分布式制造模式中，有可能减少或消除运输成本。她说：“数字化将使你更强大。”

一些注意事项

Nelson 的想法也随着警告。为什么制造商会分享其数字文件？明明它的生

是依赖于销售零件。如果它把设计图送出去，如何阻止其他人生产这个零件呢？如果他们生产出劣质的零件，并把它说成是来自原始制造商，就会损害该制造商的声誉。他们也可以完全切断客户与原始制造商的联系。

LEO Lane 的软件通过加密和其它方式保护知识产权和 3D 打印数模。出于安全考虑，Nelson 拒绝透露“其它”是什么。该软件还跟踪 CAD 文件的每一次打印，并自动进行与 CAD 文件相关的 3D 打印机设置。如果没有正确的设置，该文件不会以任何方式打印，以确保一致性和可重

复性。

这个想法并不能完全消除对仓库空间的需求。3D 打印机的原料必须存放在某个地方。但原始原料可以被制成许多可能需要的不同的东西。下一次供应链被中断时，已经做好准备的制造商可以切换到他们的应急计划，以确保生产的延续和客户满意度。“在紧急情况下，零件断供所带来的后果要严重得多。能够提供紧急备用件，即使是价格会高一些，对客户和品牌也至关重要。” Nelson 在博客中说。

铁路业制造商通过增材制造减少浪费

Rail Industry Manufacturer Reduces Waste via AM

美国制造商也开始更多地像欧洲人一样关心燃料价格上涨的问题，像“可持续性”这样的词汇在谈话中出现的越来越频繁。

宾夕法尼亚州 Wilmerding 市的货运和交通轨道制造商 Wabtec 公司的 2020 年可持续发展报告就是一个例子。该报告描述了用于公共交通轨道的 Metroflexx 智能制动器，并称，该制动器“在设计时考虑到了可持续性——该系统 95% 的部件在使用寿命结束后可以被回收。”并且他们使用 AM 技术将原来的 30 个工件合为了一体。

报告中的另一个亮点是 FLXdrive，即 Wabtec 的新型电池电动轨道机车，该机车由 2.4 兆瓦的系统驱动。10 月，该机车在加利福尼亚的 BNSF 铁路公司进行了试车。

更重要的是 Wabtec 对 AM 的使用。除了智能刹车和电池电力机车外，该公司生产的其他许多部件中都有 3D 打印的身影。Wabtec 声称，使用 AM 技术可以减



Wabtec 的新型电池电力机车使用了 3D 打印的部件。（图片由 Wabtec 提供）

少高达 80% 的制造浪费。

“尽管过程中的能源消耗有时比传统的制造方法要高，但材料的利用导致了整体资源使用的减少。” AM 技术负责人 Jennifer Coyne 说，“使 AM 更具可持续性的其他一些考虑因素包括：由于材料优化和重复使用而减少浪费，消除专门的工具和夹具，设计自由，以及提升零件的坚固程度，从而降低该工件在生命周期内的更换需求。”

“尽管过程中的能源消耗有时比传统的制造方法要高，但材料的利用导致了整体资源使用的减少。”

Wabtec 已通过 AM 技术生产设计了 42 种不同的零件，并迄今为止生产了 18000 多件。这些零件包括密封件、电缆夹板、热交换器、气动制动板、暖通空调零件以及工具和夹具。该公司的目标是到 2025 年每年生产超过 25000 个 AM 零件。

Coyne 说，该公司正在开发粘合剂喷射技术，以用于金属 3D 打印，该技术尚未成熟，“但我认为它有可用之处，在对简单和小的零件（小于 200-300 毫米），进行中等批量（100-1,000 个）的增材制造时，该技术具有无可替代的成本效益。”



ILENE WOLFF, Contributing Editor

Coyne 提出了一些考量。网格结构是不可能的，它不适合于大型部件，因为构建物必须在它们最脆弱的绿色状态下被处理，而且它不适用于薄厚相邻的特征加工。零件在烧结炉中可能需要支撑，但操作者也可以将绿色状态的部件嵌套起来，因为它们不必焊接在构建板上。“根据我们的经验，烧结就像粘合剂喷射中的黑魔法。” Coyne 开玩笑说。烧结的考虑因素包括 60-70% 的体积收缩，而收缩与构建板的摩擦相结合会导致失败。此外由于材料在炉子里的稠度几乎和油灰一样，重力的影响也会占据主导地位。

Wabtec 公司使用了 Coyne 的前雇主，GE 公司的 H2 型粘合剂喷射打印机。她提醒任何购买粘合剂喷射解决方案的人，必须要考虑整个过程的经济性，这不仅仅只是打印机，还需要购买必须的固化炉和烧结炉。

航空航天 AM 下一步将飞向哪里？

Where is Aerospace AM Flying to Next?

增材制造不断取代或增强传统制造。

如果你在持续关注航空航天部件的增材制造 (AM)，你可能已经听腻了为 GE 的 LEAP 发动机打印燃料喷嘴，或为 GE 9X 打印传感器管——这两种关键的金属打印的应用。那么打印聚合物工件呢？位于明尼苏达州 Eden Prairie 的 Stratasys 公司航空航天业务部的副总裁 Scott Sevcik 说，在最近的一次会议上，当提到这个问题时，大家都笑了，因为它太平常了，以至于他们都忘记了去提起它。但是，最近的进展表明，AM 将继续在更多领域取代或增强传统制造。

Sevcik 表示，尽管我们“在过去的 40 年里把金属飞机变成了复合材料和聚合物飞机，以减轻重量，”但他仍然认为，主要的发展机会是在聚合物和聚合物复合材料打印方面。Sevcik 和其他专家还断言，高温、高压的喷气机和火箭发动机部件，以及一些耐高压的结构零件，将始终由金属制成。“这就是为什么增材金属对航空航天来说如此有吸引力，因为我们没有其他方法来减轻它的重量。我们必须保持它是一个金属零件。”

位于南卡罗来纳州 Rock Hill 的 3D Systems 公司应用创新组主任 Jeph Ruppert 同意，零件轻量化是金属 AM 应用的优势所在。他还提供了一些例子，这些例子不仅仅是简单的减重。他观察到，国防和航空市场将引领潮流——商用航空更重视规避风险。

卫星天线支架是一个很好的案例。Ruppert 解释说，这是一个“大规模定制的应用”。每个支架都需要稍微不同，因为不同的轨道或地面站需要不同的天线方向。但是，支架在进入轨道的前 10 分钟内需要尽可能的轻，同时在上升过程中又要有足够的强度以承受 10G 的力。一旦进入轨道，几乎没有任何外力作用于它，所以它不需要长期承载强度。在这样一个案例中，3D Systems 公司与 Thales Alenia Space 公司合作，设计并打印了“拓扑优化”的支架，该支架比传统机械加工的部件轻 25%，但具有更好的刚重比，而制作这些支架只需一半的时间。

Ruppert 说，波导是另一个非常适合使用增材的重要射频应用，因为这是另一

种情况，在这种情况下，AM 能够建立复杂的内部几何形状，并进行精细的表面处理，具有真正的优势。波导被用于卫星、飞机和地面站的通信设备中，使该领域具有一定的发展潜力。无论是电子设备还是飞机机舱空气处理设备，“热交换器无处不在，”Ruppert 指出，这使它们成为了另一个目标。“如果你不必受制于真空钎焊工艺 [制造热交换器]，你就可以据性能而设计，而不是据制造工艺而设计。”

Ruppert 认为，涡轮泵和外壳，“特别是在推进方面”，将是另一个重要应用。再加上“推进器、燃烧室和航空燃料歧管”。以免你认为太空制造不可能成为一项大生意，Sevcik 指出，以前每年只有大约十几次卫星发射，“现在我们的火箭一次发射 60-70 颗卫星。太空中的规模已经发生了很大的变化”。事实上，他说 Stratasys 公司在金属 AM 方面最显著的发展是在火箭部件方面。

混合材料，扩大包络

当涉及到较大的零件结构或更大体积的零件时，AM 更难与实体加工竞争。但位于新泽西州 Fair Lawn, Sandvik Coromant 公司的航空航天和国防全球工程项目办公室经理 Bill Durow 表示，跨界点正在发生变化。Durow 解释说，其中一个原因是 AM 公司能够选择性地混合材料，或将不同的材料打印到另一种金属上。“以 300M(合金钢)制成的轴为例，这在航空航天中非常典型。如果你想提升安装在轮子上的转向节的刚性，你可能想到要添加钛。也许这个组件将使用在航空母舰上，那它会受到很大的影响。如今，你可以在不同的材料上打印钛来增加强度。”多年来，我们已经看到在涡轮叶片修复中使用了这种选择性打印（尽管使用的是类似的材料），但 Durow 解释说，现在，他看到选择性打印也同样适用于制造业。

商用客机的座位支架是一个体积相对



Boeing 公司和 Thermwood 公司采用 AM 技术为 777X 项目生产了一个大型的单件工具。Thermwood 公司使用大型增材制造 (LSAM) 设备和垂直层 (VLP) 3D 打印技术，将该工具制作成一个整体，消除了组装多个 3D 打印工具零件所需的额外成本和时间。(图片由 Thermwood 公司提供)

从粉末到性能

通过整体质量检验和 关联来提高产量

ZEISS

Seeing beyond



蔡司增材制造解决方案 ZEISS 3D ManuFACT

精选蔡司产品组合中的一系列产品。这种独特的增材制造整体检测解决方案专注于：

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

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



较大的零件。Durow 说，由于支架所承受的压力，比如“在空中的振动、人们在座椅上的移动以及着陆冲击力等，金属的使用寿命将比许多塑料长得多”。但是，尽管零件的体积没有变化，AM 却开始以“非常有机形状”取代，这与您通常看到的用于固定座椅的支架形状有点不同。很多结构只是为了减轻重量。” Durow 补充说，粉末床机器尺寸的增加有助于促成这一转变。“现在加工区的尺寸大约是 1 米 x 1 米 x 20 英寸深。你可以把这些支架排成一排，然后让设备熄灯生产。”然而，许多金属粉末相当昂贵。因此，即使是熄灯增材制造也不一定比传统加工更具成本效益。但是，如果无法加工出最优设计，增材制造会随着成本的降低变得更具吸引力。

切削刀具？

Sandvik Coromant 公司最近发布了一款名为 CoroMill 390 的新型方肩铣刀，其中整个钛合金刀具主体均采用增材工艺制造。这减轻了重量，有助于减轻振动，尤其是在长距离应用中。AM 还支持对内部冷却液通道进行彻底的重新设计，这是传统钻孔无法生产的设计。Durow 说，优化的设计可确保“当机床高速旋转时，冷却液准确地流向切削刃。”

虽然 CoroMill 390 现在是标准产品，但 Durow 还预测 AM 将在创建定制切削刀具方面发挥关键作用。“每当您处理小批量订单时……我现在在刀具领域看到更多是这样的情况……您通常必须等待设计。然后你必须等待制造。然后你必须创建程

序。这一切都需要时间，在某些情况下需要数周。我认为增材工艺可以提供很大帮助。您可以在生产设备中存储功能列表，然后根据客户的需求添加该刀具所需的功能。我可以预见这将是定制刀具的未来。”

当进入塑料应用时，让我们从 AM 在铸造金属部件中的作用开始。例如，在 3D Systems QuickCast 工艺中，一家工厂用立体光刻 (SLA) 机建立原型，完成后排出剩余的液体，然后将原型覆在一个陶瓷外壳上。外壳硬化后，就在高温下烧制，烧出模具，形成一个铸造金属零件的模具。有了 3D 打印技术，车间可以在一天之内从 CAD 文件变成原型，比加工木质或金属原型的快得多。此外，这个过程提供了更大的几何灵活性。

3D Systems 的 Ruppert 设想了“巨大的发展潜力，因为单晶铸件或超临界铸件耗时且产量低。能做到这一点的人不多。” Ruppert 补充说，另一个因素是能够在陶瓷涂层之前组合多种原型，以创建非常大的模具。“你不受机器尺寸的限制。您可以构建原型的一部分，并将它们连接起来，为真正的大型零件构建大型铸造原型。由于单个分段并不重，因此它们很容易管理。因此，这使得整个工艺对许多不同的应用都很有吸引力。”

Planetary Resources 公司（现在由 ConsenSys 公司所有）让 QuickCast 公司为 Arkyd 100 卫星制造燃料箱。Ruppert 解释说：“那颗卫星上的空间有限，他们需要燃料。他们没有采用标准的燃料箱……焊接在一起的压力容器，而是能够

打印出独特的适合该航天器要求的東西。他们能够利用额外的角落和缝隙……这是一个很好的例子，说明使用 AM 时你有设计自由。”

巨大的铺层工具和固定装置

长期以来，3D 聚合物打印在为航空航天业生产工具方面发挥着作用。对于庞大的设备，如大型复合材料航空结构的铺层工具，可以参考 Thermwood 公司在印第安纳州 Dale 市建造的大型增材制造 (LSAM) 设备。正如美国客户经理 Brent East 所述，LSAM 工作平台有 10 英尺 (3.048 米) 宽，长度可按 10 英尺递增。

“我们已经收到了长达 100 英尺 (30.48 米) 的设备的询价，但目前我们销售和安装的最长的设备尺寸是 40 英尺 (12.19 米) 长。”该设备使用熔融沉积成型 (FDM)，铺设一个 0.83 英寸宽 x 0.2 英寸 (21.08 x 5.08-mm) 厚的大焊珠，然后用一个压轮将各层熔合在一起，确保精确的打印熔覆尺寸。由于该方法产生了一个带棱纹的表面，LSAM 还配备了一个刨槽机，用于加工到最终所需的表面质量。

East 补充说，可以打印的零件的尺寸和打印的速度不受 LSAM 打印头的限制，它每小时可以沉积超过 500 磅 (226.8 公斤) 的材料。限制它的是需要在前一层处于合适的温度时涂敷下一层，以确保最佳的粘合。他解释说：“我们用热成像仪来监测，整个过程可以在设备上直接控制，这很关键。因为，如果你在制造一个零件的过程中，对结果不完全满意，你可以即



AM 可以创建适合应用的热交换器，而不受制造工艺的限制。(图片由 3D Systems 公司提供)



对激光烧结尼龙制成的风管进行最后的处理。(图片由 Stratasys 公司提供)

时调整，而其他软件则迫使你回到办公室，找出问题在程序中的位置，改变设置，重新发布代码，然后试图在零件报废之前回到设备上。”

LSAM 设备可以打印各种材料，这取决于应用。East 叙述道：“室温下，大多数工具及其固定装置或固定夹具都是用 ABS pellets 打印的。我们使用过纤维增强塑料颗粒、聚碳酸酯和尼龙材料进行打印。我们还使用过 PESU（聚醚砜树脂）和 ULTEM。”

Thermwood 公司推出了一个可选的垂直工作台，可以在设备的整个长度上连续打印。在这种配置中，喷嘴被转了 90°（所以它是水平的），伺服控制的垂直工作台按每层焊珠的厚度分度。East 说，这个过程相比水平打印有较小的分段，然后把它们拼接在一起要慢，这对常温零件来说是可以的。但 Thermwood 公司发现，这种分段式零件在高压灭菌器中往往会在接头处分层，因为粘合剂分解了。因此，对于这些应用，垂直打印是一种解决方案。East 补充说，几何因素也可能决定了垂直印刷。

“每种聚合物都有不同的热膨胀系数，而且在 X、Y 和 Z 方向的膨胀也不同；它是各向异性的。根据零件的特定最终用途，你可能希望在某个方向上有最大的增长量，这可能最终决定是水平或垂直打印。”

更多的塑料零件， 从小型到大型

来自 Stratasys 公司的 Sevcik 称风管

是“激光烧结尼龙打印的最佳应用之一”。风管数量很多，很复杂，也很多样，每个管道的弯曲和半径都略有不同。但小风管已经得到了很好的解决，所以他认为没有什么发展潜力。另一方面，他提出，FDM 打印已经推动了“大型部件的巨大发展”。

他指出，一些项目将 3 x 2 x 3' (0.91 x 0.61 x 0.91 米) 的多个构建结合起来，以创建大型管道部件。例如，“United Launch Alliance 在他们的 Atlas V 火箭整流罩周围制造了一圈风道，将冷空气吹到发射台上的电子设备上，以保持发射前的冷却。这是一个 5 米长的环，用 16 个分段管道制成，每段 3 英尺 (0.91 米)。”之前的方法需要组装 144 个铝制零件。“Air Force 有一个混合室，就像一个增压室，风道在这里聚集，需要五次加工，才能为 C5 飞机生产一个大型零件。”

Sevcik 和 Ruppert 都将电子连接器视为另一个发展机会，特别是数字光处理 (DLP) 技术。正如 Sevcik 所说：“DLP 与 FDM 相反，使我们能够以更小的尺寸和更高的分辨率来制作连接器等部件。连接器的可变性是令人难以置信的，就像管道一样。能够用合适的材料缩小规模，为我们在飞机内的发展提供了全新的应用空间。”

材料的发展将激发增长

专家们一致认为，更新的材料将扩大 3D 打印的应用。这些新材料包括 ULTEM、碳纤维增强的 PEKK（聚醚酮）

和 Antero（一种基于 PEKK 的材料）。可以想象，它们可能在某些应用中取代金属。如果是这样，我们将得到 Sevcik 所说的“双重打击：我们获得了 AM 的拓扑优化以减轻重量，同时我们获得了一种低密度的材料”。还可以想象，3D 金属打印可能会做更多“必须是金属”的零件，如涡轮叶片和起落架支柱。虽然这不会像用聚合物替代那样减轻重量，但它仍然会实现改进。

据 Ruppert 称，关键是实现“令人满意的可靠性和可重复性……随着机器学习和现场监测等方面的改进，对于所有的 AM 来说，我们将看到在一个已经被很好地描述的过程窗口内工作的能力提高，而不仅仅是参数。这将使我们能够处理那些可能随着打印不同类型的零件的增加而改变其打印能力的材料。因为 X 层的热差与 Y 层的热差不同，所以能够根据特征化的工艺窗口对参数进行即时改变。”

换句话说，如果一个机械厂能够完全监测和控制其制造过程，并使其具有可重复性，它就可以对该过程进行认证。而如果它已经认证了零件符合所需的标准，它就可以使用其新认证的 AM 来生产它们。Ruppert 认为我们正在朝着这个方向发展，尽管他补充说这样的过程可能还需要五年以上的时间。

www.3dsystems.com

sandvik.coromant.com

www.stratasys.com

www.thermwood.com



Thermwood LSAM 设备的 10 x 40' (3.05 x 12.19 米) 配置，它还具有一个刨槽机，用于加工最终所需的表面质量。(图片由 Thermwood 公司提供)



Sandvik Coromant 公司打印了新型 CoroMill 390 的整个钛合金刀具主体，优化了冷却液通道并减轻了重量，这有助于减轻振动，尤其是在长行程应用中。(图片由 Sandvik Coromant 公司提供)

AR 带来了极大的投资回报率

AR Brings Extreme ROI



David Nedohin
Chief Customer Officer
www.scopear.com

毫无疑问，航空航天和国防工业属于更高层次的制造。为保障运行过程不会出现故障，正在组装的部件和最终产品必须能够承受强大的冲击力和压力，因为即使是极小的错误也会带来极大的安全风险。

为了满足这些特殊的需求，航空航天公司已经开发了高技术 and 复杂的制造工艺，但需要大量的培训。而增强现实（AR）可以从减少任务和培训时间到提高精度和技术员的表现等方面，来改善这些工艺。以得到更快的进程，更少的错误和更低的风险。

在其他行业中相对普通的任务，在航空航天业中可能是非常昂贵的。像扭矩的应用、紧固件连接和钻孔等工艺必须完美执行，否则将需要很大的代价去返工或维修。

为了避免这些成本和延误，需要创建大量的手册，并确定清晰的流程。这些应用正是 AR 的闪光点，也是可能节约成本实现高投资回报率的地方。

虽然仅仅一项任务所产生的投资回报率就很可观，但劳动力和时间成本只是 AR 所能带来的两个好处而已。

该技术的其他好处包括减少或消除返工，提高精度以及降低下游成本和潜在的安全风险。当你把这一切加起来时，AR 的价值就非常明细了。

为了提供一些现实世界的视角，航空飞行器通常包含数千英里的电缆，需要许多紧固件和接线夹子，所有这些都精确的连接点。仅仅标记这些连接点的位置就需要几周时间。

Lockheed Martin 公司正在使用增强现实技术，以便更快、更准确地确定连接点的位置。原本需要八次轮班和两名技术人员的工艺，现在已经减少到只需要 2.5 小时和一名技术人员。

只需较少的培训， AR 使任何人都能成为专家

鉴于成本、安全和时间方面的潜在影响，在航空航天应用中的培训时间可能会很长。

安全在该行业中尤其重要，这增加了正确执行任务的额外压力。这种对“信息开销”的需求进一步增加了对培训的关注，以确保技术人员拥有专业知识和获取信息的能力，从而准确地执行每一项任务。AR 通过随时随地的为技术人员提供他们需要的信息，简化了知识转移。对信息和指示的即时和准确的访问，使技术人员在工作中不需要猜测，也不需要停止工作来参考手册或图纸。通过 AR 进行更快的培训也加速了新技术人员的成长，使他们在更短的时间内投入工作。最后，AR 的过程可追溯性可以为进一步提高效率和准确性提供条件。

Lockheed Martin 公司在“猎户座”飞船的生产过程中首次开始探索 AR 的好处。

使用 Scope AR 公司的 WorkLink 平台为一个钻孔应用创建 AR 工作指令，Lockheed Martin 公司能够减少 35% 的实际工作量，并进一步减少 85% 的技术员培训和提升时间。

在 Lockheed Martin 公司的另一个使用案例中，螺纹紧固件需要精确的扭矩负载，以实现最佳性能，同时避免对紧固材料和紧固件本身的损害。通过 AR 技术，所需的数据被直接放在技术人员的视野中，将扭矩应用的进程从六周减少到两周，最终节省了 50% 实际工作量，培训时间也大大减少。

AR 成为主流

AR 已经在整个航空航天业中产生了真正的价值。大大小小的公司都在转向 AR 以降低成本，同时提高安全性和降低风险。它减少了培训和加工时间，同时提高了精度和质量。虽然一个错误的代价可能是巨大的，但仅仅减少日常培训、任务、返工等方面的成本就可以证明 AR 的好处。



SANDVIK
Coromant

CoroDrill® DS20

真正的创新

可转位刀片钻头，孔深可达 $7 \times DC$

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


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



扫一扫直达
官网了解更多

CAM 软件助力车间成功实现五轴加工

CAM Software Plays Key Role in Shop's 5-Axis Machining Success



为了在当今的制造业中成长，车间需要整合操作、自动化、提高效率、捕获和分析数据以及更多，以便在像航空航天业这样蓬勃发展的行业中充分把握机会。

实现这一目标需要高精度的设备和先进的技术。它还需要一个明确的策略和工艺方法。

正是纽约市一家机械厂 Linda Tool 所走过的路线——即使在经济大衰退的阵痛中也是如此。Linda Tool 公司的 Mike DiMarino 在 2008 年得出了这个结论，当时制造业和其他许多行业一样，严重萎靡不振。

他说：“在经济衰退开始时，当业务已经放缓到涓涓细流时，我们意识到，每台机器一个操作员的旧模式是完全不可持续的。因此，我们对我们的情况进行了长期而认真的审视，并决定如果我们要拥有未来，就需要一个全新的战略。导致这一认识的最初触发因素之一是，在我们获得为一家大型航空航天供应商制造零件的机会后，我们决定追求更先进的加工。”

DiMarino 说：“虽然肯定存在风险，但我们决定全力以赴，成为合格的码头到仓库的航空航天二级供应商，并获得 AS9100 认证。”

像这样一个远大目标需要许多举措，从五轴加工和先进的刀具开始。

对于一个以车削为主，在传统的 VMC 上进行二次铣削加工的车间来说，这是一个重要的步骤。

DiMarino 毫不动摇地获取了必要的技术。在这个过程中，他和 Linda Tool 公司的生产经理 Dave Holmes 了解到，除了五轴加工和创新刀具之外，如果没有正确的 CAM 软件程序来执

出色的表面光洁度对于航空航天零件来说至关重要。一些公司利用 hyperMill CAM 软件和 Circle Segment 立铣刀来实现这一目标。

行加工作业，在航空航天行业同样不可能成功。

打破常规

无论是在纽约市的精密加工，还是获得环保的地位，或是在经济大衰退期间做出改变的决定，Linda Tool 公司都打破了常规。

这家位于 Brooklyn 的 Red Hook 区的工厂成立于 1952 年，现有 28 名员工，该工厂是一栋位于路边安静的、不起眼的建筑。

然而，在里面，车间里挤满了最先进的设备，包括三轴、四轴和五轴加工中心、多任务车床和 CMMs，它们发出了精密制造的嗡嗡声。它们都在处理来自航空航天和国防、工业、医疗、石油和天然气以及通信工作的源源不断的作业。

有些人可能会认为位于车间上方的东西更有趣：整个屋顶由一个花园组成，员工在这里用工程土种植蔬菜和花卉。

Linda Tool 公司努力减少碳的排放。所有机器都配备了除雾器，带有 HEPA 过滤的 HVAC 系统全天候运行，绿色屋顶可以节约供暖和制冷能源，所有废物都被回收利用。

Linda Tool 公司的非常规方法中最重要的因素也许是生产过程本身，它从终点开始，而不是从起点开始。

Holmes 说：“我们在 2008 年部署的新战略的一个关键方面是，首先仔细确定成品零件，

然后规划出整个车间所需的每一个步骤，以确保零件符合或超过规格。当我们决定制造这个零件时，它就开始了，整个车间的每一个步骤都被记录下来，从而节省了时间，最大限度地提高了质量和产量。我们以团队形式工作，运用制造过程方法。”

发现新视角

这种工艺方法是 Linda 公司寻找成功加工 7075 铝制起落架锻件的解决方案的原因。

他说：“当一个巨大的航空航天机会出现在我们面前时——一个马蹄形的平面零件，有紧密的袋状内角，我们试图找出一种方法，通过面铣、切屑铣或使用球头立铣来有效地加工这个零件。我们已经在五轴技术上投资了一台 Hermle C22 加工中心，这是最适合这个零件的设备，但我们不确定如何去攻克它。我们需要一个更实用的解决方案，以获得最大的产量和效率。

Holmes 说：“我们正在评估 Open Mind Technologies 公司的 CAM 软件包 hyperMill，并着重于 hyperMill Maxx 加工功能，了解到其创新的编程功能之一，是能够通过锥形筒状铣刀（也称为圆段式立铣刀）大幅提高材料去除率的能力。

Open Mind 公司开发了锥形筒状铣刀加工的概念，该刀具也有一个大的锥体研磨半径。最终，该软件与立铣刀相结合，比传统的球头刀具加工节省了 90% 的时间。

Emuge Circle Segment 立铣刀的特点是在刀坯上磨出一个圆锥形，并以一个超大半径进一步成形。与材料接触的大半径极大地减少了所需的步进次数，因为在每一刀程中可以做出更宽的路径，在平面、规则表面和内腔上每一刀程可以去除更多材料。

Holmes 说：“我们与 Emuge 公司和 Open Mind 公司密切合作，对零件进行编程并进行测试切割。我们想要一个高效、稳定的工艺，而且它完全有效。我们非常满意。”

从一开始就是‘完美的零件’

测试证实了 Linda Tool 公司所掌握的——领先的五轴技术是航空航天加工成功的关键因素，而没有强大的 CAM 软件解决方案，这些都是不可能的。尽管 Linda Tool 公司有意通过 Hermle 和 hyperMill Maxx 加工软件，在三到六个月内以缓慢的速度实施新的五轴操作，以使车间完全适应这种方法，但当 Holmes 见证了



Linda Tool 公司生产经理 Dave Holmes (右) 与公司机械师一起拿着一个正在加工的铝制起落架零件。

多次成功而没有出现任何问题时，这样的进度并不令人惊讶。

Holmes 说：“我们知道 Open Mind 公司是最早解决五轴加工技术的 CAM 开发商之一，因此我们对 hyperMill 充满信心。从一开始，我们就得到了完美的零件。”

hyperMill CAM 软件套件能够实现各种强大的五轴策略，以最高效率水平加工具有挑战性的几何形状、自由曲面和深腔。

根据几何形状和机床运动学，用户可以选择固定刀具角度的五轴加工、自动分度或真正的同步加工。所有刀具路径都是完全自动生成的，具有碰撞检测和避让功能。

hyperMill Maxx Machining 的性能包提供了用于钻孔、粗加工和精加工的三个强大模块，使其能够实现最高的加工生产率。五轴螺旋钻在粗加工之前，使用标准刀具加工大面积区域，并使用五轴螺旋刀具路径来移除材料和排空切屑。为了实现快速、可靠的加工，粗加工模块包括铣削螺旋形和 trochoidal 刀具路径的循环，以及识别零件内大的内切三角形或圆形的选项，以便用简单的刀具路径对其进行优化加工，通过识别有剩余材料的区域来完成型腔加工。根据实际切削条件动态调整进给率，不断确保以尽可能高的速率进行铣削。这就产生了最佳的铣削路径和最大的材料去除率。支持使用五轴技术对棱柱形和曲面零件表面进行高性能的粗加工。



Open Mind Technologies 的 hyperMill CAM 软件能够实现各种强大的五轴策略，用于加工具有挑战性的几何形状、自由曲面和深腔。

hyperMill CAM 软件中的创新算法确保持续去除恒定的切屑量。这提供了很高的利用率，而不会使刀具承受过大的应力，从而使粗加工速度比传统铣削高出 70%。

通过 hyperMill 创新的五轴切向平面加工，Open Mind 公司开发了一种独特的平面加工功能，当与锥形筒状铣刀一起使用时，周期时间可减少 90%。此外，在使用大半径的锥形筒状铣刀时，可以实现 6 至 8 毫米或更大的步进宽度，从而获得特别光滑的表面质量和更长的刀具寿命。

五轴切面加工和五轴切线加工，应用在 Linda Tool 公司的航空起落架零件上，很适合于可触及和难以触及的平面，也可以实现高度的精度，远远超过用球磨机加工的结果。

测得的粗糙度值通常比用球头铣加工要精细 5 到 10 倍。

使用 hyperMill 软件进行的后处理几乎没有任何瑕疵，可以说是业内最可靠的。

Holmes 说：“hyperMill 软件的发布速度很快，但最让我们印象深刻的是它的可靠性和可重复性。起初，当 Open Mind 公司实施它并给我们开绿灯时，我有点怀疑。但他们是正确的。这个过程非常稳定，并且在我们的车间得到了验证，以至于我们在运行时不需要检查零件。事实上，如果我最初只听从 Open Mind 公司的意见，并相信它会立即发挥作用，我们至少可以节省两个月的时间。”

他说：“该软件运行良好，对我们的产量至关重要，因此我们计划用 hyperMill 整合整个车间。这也有助于建立牢固的关系。与 Open Mind 公司的合作非常成功。他们的技术支持非常出色，而且反应迅速。”

业务量在 10 年内翻了一番

自从大约 10 年前部署新战略以来，Linda Tool 公司发生了很多变化。业务量翻了一番，它现在是一家成熟的航空航天制造商。

然而，车间里的员工人数却一直没有变化。DiMarino 说：“我们四分之三的员工曾经负责运行设备。今天，它不到一半。我们更加灵活，员工变得更加熟练，并且在团队中的定位也更为明确。”

可以肯定的是，技术在这种增长中也发挥了巨大作用。他说：“与 Open Mind 公司这样的领先技术专家合作，也在这一成功中发挥了不可或缺的作用。没有他们，我们不会有今天的成就。”

G160

双工位高效蜗杆砂轮磨

双工位工件
更换时间
仅需1.5秒！



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

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

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



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



新浪微博



官方微信

提高铆接顶铁的产量及安全性

Improved Bucking Bars Speed Production, Increase Safety

在航空航天工业中，为了加快生产速度和提高工人的安全性，主要制造商愿意为高质量的设备付出更高的代价。这一点最适用于飞机铆接，这是一种连接铝板/材料的高冲击性装配工艺，通常需要两个人，并进行重复敲击。

这个过程可能对工人的身体造成伤害，通常需要一个人使用铆钉枪，另一个人在连接材料的另一侧拿着铆接顶铁（作为一个手持垫铁，形成铆钉的末端，或称墩头）。

由于在铆接过程中铆接顶铁会持续向工人传递重复的冲击和振动，持续安装铆钉的航空航天工人经常有健康或人体工程学方面的抱怨。

平均而言，46%的使用振动电动工具的工人会患上手臂振动综合症（HAVS），这是一种由于振动导致的手指、手掌和手臂的疼痛且可能致残的疾病。

位于北卡罗来纳州 Cherry Point 的国防部（DoD）东部舰队战备中心，负责安全监督的退休工具工程师和人体工程学经理 Richard Borcicky 说：“人们不了解，接受 [铆钉冲击] 的人承受的振动对手的伤害很大。”

据 Borcicky 说，DoD 一直在寻求改善安全性和人体工程学的工具。Borcicky

说，通过实行业最佳实践，东部舰队战备中心能够将腕管综合症病例从每年 50 例减少到 0 例。

然而，Borcicky 说，执行铆钉作业的人，他们的手在一周内会肿胀起来，随着时间的推移，这可能会手指和手造成无法治愈的残疾。他说：“我们无法摆脱铆接顶铁的问题，因为没有解决办法。”

位于俄克拉荷马州 Tulsa 市的 Spirit AeroSystems 公司的首席工程师 Brian Lewis 说：“如果没有一个符合人体工程学的吸收冲击和振动的铆接顶铁，你就必须不断地把工人换下来，因为他们不能整天铆接，但这本身就会造成一些质量问题。” Spirit AeroSystems 公司是飞机结构构件的一级制造商和供应商；是一家价值 70 亿美元的全球性公司，在全球有 18000 多名员工。

然而，铆钉仍然必须可靠、均匀地安装，不伤及飞机蒙皮，否则就必须被钻出、去毛刺、重新安装——而任何此类返工只会增加生产成本。

对于没有经过充分培训的员工或新员工来说，这可能是一个特殊的挑战，因为他们经常被分配诸如铆接这类的任务。

Lewis 说：“由于铆接时的受力和冲击，铆钉和墩头可能会错位，但每次铆接都需要准确无误。因此，拥有正确的人体工程学设备以促进快速、可靠的生产至关重要。”

虽然一些铆接顶铁确实添加了钨材料来吸收和消散振动，但仅此一项改进不足以完全解决与冲击 / 振动有关的重复性伤害或人体工程学问题。

如果钨铆接顶铁发生掉落，会使其开裂甚至断裂，导致无法使用。

幸运的是，为了加快可靠的航空铆接，同时尽量减少重复性冲击和振动造成的伤害，业界已经开发出安全的、符合人体工程学的、吸收冲击的铆接顶铁，在改善工艺的同时，将振动减少 50%。因为这些都是可定制的，所以铆接顶铁也可以进行定制，以方便在航空航天特

定的铆接过程中使用。

更快、更安全的航空铆接

据 Lewis 称，Spirit AeroSystems 公司位于俄克拉荷马州 Tulsa 市的工厂主要为机翼结构制造新零件，如缝翼和襟翼，这需要使用大量的铆钉。

过去，当 Tulsa 工厂使用常规的、现成的钨钢或钢管铆接顶铁时，Lewis 说，从生产或人体工程学角度来看，结果并不令人满意。

他说：“使用传统的铆接顶铁，铆工可能会出现肘部或肩部问题，所以让人们长期从事这一工作是不谨慎的。而且，铆钉墩头的高度有时不一样；铆接顶铁会在金属板表面留下痕迹，这在我们的行业中是不允许的。

为了寻找解决方案，Lewis 接受了附近一家航空公司维修员工的建议，该员工成功地使用了 Honsa 公司生产的名为 ISOVIB Guardian “Torpedo” 先进铆接顶铁，Honsa 公司是一家位于伊利诺伊州 Milan 市的人体工程学铆接顶铁和防振电动工具制造商，该公司的产品可提高生产率并减少航空 / 工业加工的伤害。

这款先进的铆接顶铁是与 Richard Borcicky 公司在安全、人体工程学和减少伤害方面的专业知识合作开发的，它提供了三个级别的振动保护，包括波形弹簧、钨嵌件和缓冲掌垫。

与传统的铆接顶铁相比，这可以减少高达 50% 的振动。

据 Lewis 说，在扣杆制造商来到 Tulsa 的工厂，展了铆接顶铁并让机械师进行测试后，Tulsa 就订购了一批测试产品。

他说：“我们的一名机械师在一次工作之外的受伤后做了肩部手术，因此无法使用典型的铆接顶铁进行铆接。当我们让她尝试使用 Honsa 铆接顶铁时，她能够在没有冲击和振动伤害她的肩膀的情况下进行铆接。她与我们的领导团队进行了交谈，也顺利完成了第一份订单，随后又为工厂的不同区域下了几个订单。”



符合人体工程学的、可定制的、吸收冲击的铆接顶铁改善了铆接过程，同时减少了高达 50% 的振动。模块化铆接顶铁的定制与可互换的末端执行器，可使操作人员能够完成各种困难的铆钉任务。



在 ISOVIB 铆接顶铁的末端，有一个精确的非马氏高度计，有助于消除过度铆接和表面损伤，并确保每个铆钉都有相同高度的墩头。

他说：“我们的工作队伍倾向于重复做同样的铆接任务。因此，只要我们能够帮助他们更好地完成工作，延长他们的职业生涯，这就是双赢。对于任何从事航空铆接的人来说，改用先进的铆接顶铁确实是一个毫无疑问的选择。”

www.honsatools.com

在先进的铆接顶铁中，当需要时，精密的非马氏高度计也有助于消除过度冲击和对金属和 / 或油漆表面的损害。在质量控制方面，这有助于确保即使是经验不足的铆工也能在每个铆钉上产生相同高度的墩头。

据 Lewis 介绍，随着时间的推移，有经验的铆工对正确安装铆钉有了“感觉”。他说：“更先进的铆接顶铁可以让没有经验的人更快地安装铆钉，并且感觉更好。”

由于铆接顶铁可能需要成千上万种不同的形状和尺寸，以适应特定的航空航天应用，因此，模块化铆接顶铁的定制与可互换的末端执行器，可帮助操作人员完成各种困难的铆钉任务。

Lewis 说：“Honsa 公司能够为我们的几乎每一个领域定制解决方案——它不

是为整个工厂提供一种产品，”他指出，制造商能够将工厂车间工人的粗略图纸变成完全的工程图纸。“我们与他们的设计团队反复讨论，以获得一个真正的定制解决方案，而且他们很容易共事。”

据 Lewis 称，使用先进的铆接顶铁，显着提高了 Spirit AeroSystems 公司 Tulsa 工厂的产量和安全性。

他说：“符合人体工程学的铆接顶铁肯定有助于我们的生产工艺，并减少了大约 10% 到 20% 的重复铆接工作。我们能在质量方面有所提高，这对我们和客户来说都是一件好事。”

Lewis 补充说，使用减少冲击和振动的工具也是对工作团队士气的真正鼓舞。因此，他已经向 Spirit AeroSystems 公司的其他部门推荐这些工具。

拥抱数字孪生 Embracing Digital Twins

A&D 领域的数字双胞胎概念诞生于 20 世纪 70 年代，当时美国国家航空航天局 (NASA) 开始使用太空舱的全尺寸虚拟模型来预测机器在外太空的性能。数字孪生方法首先用于远程监控、评估和诊断轨道上的硬件问题，后来扩展为一个具有革命性潜力的工业应用概念，并沿用至制造业。

我们现在将数字孪生定义为物理资产、系统、流程或场所的数字复制品，能够在某产品的整个生命周期内对其进行远程监控和分析。数字孪生能够根据有洞察力的数据来对其进行可靠地预测，有助于通过模拟改善产品、质量控制、规划效率和流程。它们的好处包括节约成本和更有效的建造过程。然而，构建、实施和维护一个数字双胞胎战略可能非常具有挑战性，许多制造商不知道从哪里开始。

一个稳定的过程对数字孪生至关重要，因为只有稳定的前提下，才能获得可靠地数据并创建它。蓝光三维扫描仪可以快速收集高质量的数据，以确定数字孪生体在现实世界中的几何特征，从而节省时间和金钱，提高质量控制。关键的下游

工艺的成功依赖于准确的测量数据，这也是为什么，蓝光三维扫描仪能够成为一个理想的解决方案。这种建成后的数字孪生提供了对设计和制造过程的洞察力，并提升了其在下游工艺中的确定性。数字孪生方法也被用于虚拟装配，即在投资生产和分配物理部件之前，模拟、预测、优化和验证部件的装配和配合。

虚拟装配是一种由 3D 扫描数据驱动的数字孪生应用，该方法允许制造商远程装配零部件，并且在产生之前验证设计并模拟成品。这一发展对于航空航天制造业来说是非常有价值的，因为该行业依靠远程 OEM 和供应商的全球网络来制造各种零部件。这些制造的部件在组装时必须非常适合，以避免返工、延误和浪费生产时间。

关键部件的虚拟装配提高了航空业的制造和装配效率，如机翼和机身的配合。机翼通常是在与机身分开的地方制造的，这提升了装配错误的风险。有了三维扫描仪，在生产各个阶段，可以在不同的供应商那里进行数字建模，然后在虚拟装配中使用，以确保适当的配合并确定其他



Johan Gout, COO
www.capture3d.com

生产细节。这种数字双胞胎应用为工程师提供了所需的洞察力，以节省通常因迭代和趋势分析而花费的时间。

在航空航天制造中应用数字孪生概念，使原始设备制造商能够远程共享和访问来自复杂的物理零件的数据，然后利用这些数据帮助预防生产中后期出现的问题，避免延误并满足装配的配合、功能和质量控制参数。在航空航天应用中，公差特别严格，因此每一次验证工艺精度的机会都有助于防止代价高昂的错误，维护利润、安全和品牌完整性。

随着计算性能和 IIoT 的进步，工业 4.0 得到了持续发展，数字双胞胎的应用也将呈现出更多的形式，并带来更高的复杂性。通过蓝光 3D 扫描仪生成的建成的数字双胞胎，并用其进行虚拟装配，这一技术已被企业所广泛接受。

无人机作为僚机

Drones As Wingmen

2020年5月，波音澳大利亚公司展示了其波音航空动力团队系统（ATS）的首个原型。ATS是根据澳大利亚皇家空军（RAAF）的需求共同开发的，旨在提供一个无人机中队，以支持飞行员执行空中任务。这是澳大利亚自二战以来从未生产过战斗机的历史性项目。



忠诚的僚机是未来空战的一部分。© 波音澳大利亚公司

2019年3月，波音公司提交了ATS项目“忠诚僚机”的第一个3D效果图。在其光滑的曲线背后，是一架由人工智能驾驶、提供战斗空中支援的无人机（UAV），波音公司认为这是空战的未来。该项目在澳大利亚开发，得到了澳大利亚政府和当地空军的支持。与目前市场上的其他解决方案相比，该公司的目标是通过提供价格合理的无人机来提高空军任务的效率。

倍增力

无论是在平时时期还是在冲突时期，空军任务的性质都非常不同。它们可能涉及保护车队和空运货物；情报和侦察；对战略目标和目标进行监视和打击。在这一范围内，传统部队使用的飞机基本上是由机内人员驾驶的，这就带来了多重限制，并且与战斗机的最终成本一样高。核心是

保护飞行员，这是各国政府的一项主要政治任务。为了实现这一点，许多集成系统被添加到飞机的初始重量上，如紧急疏散系统，尤其是机载接口和控制系统。这些都会对能源消耗产生级联效应，这是影响战斗机航程和投送的一个关键因素

考虑到人类飞行员，需要对人体工程学、驾驶舱逃生舱的设计和人机界面进行更多的研究。许多因素严重影响了研制军用飞机的成本。

在这种情况下，波音澳大利亚公司和澳大利亚政府进行了密切接触，以便为澳大利亚空军配备这种新型破坏性武器。“忠诚僚机”计划旨在从头开始，为执行任务的战斗机飞行员配备三架AI控制的无人机作为护卫。因此，飞行员可以完全专注于自己的飞行计划，而不必担心与护航人员的潜在冲突，因为人

工智能特别关注这一方面。这些独立无人机不需要地面控制，事实上消除了传统无人机所涉及的所有微型任务。尽管必要时可以随时收回控制权，但地面人员可以更充分地关注手头任务的总体战术战略。通过这种方式，波音公司开发的无人机与同类其他无人机不同，无人机需要在地面与行动中的无人机协同进行人工干预，例如美国空军（USAF）使用的MQ-9“收割者”。所有这些要素结合在一起，形成了波音澳大利亚公司总结为“实现灵活的第三方自主行为”的概念，因此有了“忠诚僚机”的称号。

一个既雄心勃勃又具有历史意义的项目

“忠诚僚机”是一种11.7米长的无人机，飞行距离3700公里。它的发动机使



关注微信公众号
china@mastercam.com

Mastercam® 2023



铣削



车削



车铣复合



五轴加工



线切割



设计

为现代制造业量身定制的高效编程工具

功能丰富,应用简单直观。

避免错误,节约时间,降低成本,提高生产力。

多种加工过程提供优化解决方案,助力向高端制造业转型。



Swarm 系统预计在今年年底准备就绪。© 波音澳大利亚公司
波音澳大利亚公司于 2020 年 2 月完成第一架忠诚的僚机机身。© 波音澳大利亚公司



它能够达到亚音速巡航速度，这是在执行任务时跟上战斗机的必要条件。该无人机由先进的复合材料制成，拥有波音公司生产的“最大的树脂注入单件”。机翼仅由两个复合材料部件（顶部和底部）组成，这是该集团在波音 787 “Dreamliner”（先进的窑外树脂灌注工艺）的制造过程中取得的进步。这有助于降低生产成本和流程。

忠诚的僚机也可以定制，因为机头部分可以在不到一个小时的时间内在地面上切换（快速启动系统）。该设备的容量为 1500 升，可用空间意味着可以为各种设备配置该装备，波音尚未公布这些设备的详细信息。尽管如此，军事专家和顾问认为，它基本上是用来跟踪和传感器系统或武器。

该项目有 35 家澳大利亚公司作为合作伙伴，如 RUAG Australia、BAE Systems，取得了显著进展。从一张白纸开始，在项目开始 14 个月后，第一份作品就完成了。波音空中联队系统完全在澳大利亚实施，是波音澳大利亚公司与澳大利亚国防部在澳大利亚政府的财政支持（4000 万澳元投资）下雄心勃勃的合作成果。澳大利亚总理 Scott Morrison 表示：“忠诚的僚机计划将使我们深入澳大利亚工业，使我们更加自力更生。”这也是波音公司第一次在美国以外的地方实施如此规模的项目。

该项目对其生产手段也很有野心。这些团队建立了飞行设备的全数字概念，从而创建了一个数字双胞胎。然后，该模型为工程师提供了一个沙盒环境，工程师通过模拟软件使每个元件承受物理应力。然后，他们能够观察到它的反应和行为，节省了物理测试阶段的宝贵时间。不必创建

中间原型所节省的时间和金钱是可观的。因此，从最严格的意义讲，相关团队能够交付更接近于样机而不是原型机的设备。考虑到这一点，在项目推出的早期阶段，考虑在全面升级时实现忠诚僚机的自动化生产线已经实施。通过这种方式，波音澳大利亚公司能够在整个开发过程中测试和验证所选择的概念，从一开始就将自己投射到大规模生产的条件中。

价格合理的新产品

虽然波音公司目前的重点是澳大利亚领土和政府组织，但波音公司的计划是基于一种新需求的定义：在空中作战期间协助现有飞机。由于澳大利亚皇家空军（RAAF）从美国 F-35 飞机项目采购，其机队在技术上可与美国空军飞机相媲美。这不是一个小细节。有了这些飞行器作为“忠诚僚机”无人机团队的先导，该公司确保了向其他全球公司商业化所必需的技术互操作性。这家美国巨头的设计可以轻松适应各种技术限制，尤其是使飞机与护航舰配对所需的软件。这家美国巨头正试图重新定位自己，以对抗其在军用无人机领域已经成熟的竞争对手。在项目的初始阶段向市场开放可以让波音公司弥补在这一领域损失的时间，当人们回忆起波音公司多年来一直是无人机的先驱时，这是令人惊讶的。

为了将“忠诚僚机”与目前军事上可用的其他解决方案进行比较，我们可以以美国空军为例制定一个价值量表。例如，五角大楼设计、Lockheed Martin 公司生产的 F-35 战斗机的成本约为 8000 万美元。在“传统”航空类别中，根据开发的型号，它可以为机组人员和武器库的射程控制在

870-1140 公里范围内。MQ-9 “收割者”估计每架大约 1800 万美元，而“战斧”导弹每枚大约 200 万美元。波音公司的“忠诚僚机”，凭借其特点和新颖的操作方式，将其定位为每架 200 万美元，在价格方面具有不可否认的优势。

即将到来的测试阶段

目前的生产预计，澳大利亚空军订购的三架无人机将于近期交付。在计划于 2020 年进行的下一轮测试中，他们必须证明其在整个概念方面的操作能力：控制接口、传感器模块、维护计划以及数据传输和软件稳定的可靠性。

“这对我们国家和澳大利亚的国防创新来说是一个真正的历史性时刻。” Hon. Scott Morrison 议员、澳大利亚总理。“忠诚的僚机将是探索我们空军未来保护我们国家及其盟友所需的关键能力的关键。”

英国皇家空军司令 Mel Hupfeld 表示，第一架飞机的推出是波音忠诚僚机项目的一个重要里程碑。“这个项目是通过合作实现创新的一个很好的例子，以及通过与国防工业合作可以实现什么。” Hupfeld 空军中将说。“这表明了空军与澳大利亚波音公司以及国防工业之间关系的重要性。我期待着探索这架飞机未来可能为我们现有有机队带来的能力。”第一次试飞还将旨在展示飞机在三架无人机小队陪同下的战术能力，并将经受各种实验操作场景。此次会议的目标是强调波音创新对空战的影响。这些测试飞行的成功将意味着该飞机将在 2025 投产。

www.boeing.com
www.airforce.gov.au

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



供应链保障措施

Supply Chain Safeguards

帮助 A&D 制造商渡过危机的三个关键特征。



疫情暴露了供应链的漏洞，即使是最先进的建模和测试应急计划也无法发现这些漏洞。

在 COVID-19 爆发成为全球危机的两年前，咨询公司 EY 发布的一份报告中，就对航空航天和国防工业供应链的脆弱性提出了警告。在 2018 年 2 月的报告中，EY 警告称，“供应链任何部分的中断都可能导致对整个供应链的级联效应。供应中断和随后的交付失败可能会导致严重的后果。”

EY 预警的中断后果在疫情期间已经在 A&D 企业暴露出来。A&D 厂商在墨西哥的工厂被认为是非必要的，据报道，这些工厂的关闭对美国国防公司的供应链造成了严重破坏。航空业的严重削减使许多

民用飞机装配厂闲置或减少活动，这些削减行为也影响到了下级供应商。

在航空航天和国防制造商中，疫情暴露了供应链的漏洞，即使是最先进的建模和测试应急计划也没有发现这些漏洞，而且许多公司从未设想过他们需要解决的风险。报告还强调了可以通过消除或至少减少这些弱点来帮助保护供应链的三种能力，包括：

1. 智能的工业 4.0 数字骨干。工厂内部正在发生什么？我们的零部件供应商的状况如何？我们所信赖的运输公司的情况如何，以及我们所期待的个别货运情况如

何？原材料方面是否有限制？如果我不能从一个供应商那里得到材料，最有成本效益的替代方案是什么？这些都是紧迫的供应链问题，制造商需要清晰、实时的答案。

在疫情期间，一个连接的、端到端的数字基础设施可以成为虚拟的供应链“控制塔”，使制造商能够找到他们寻求的答案。

通过物联网传感器将核心业务流程的运营数据输入企业内部系统，制造商可以了解他们自己的车间发生了什么。通过人工智能和机器学习驱动的分析工具，他们可以模拟和预测运营性能，并在生产设备发生破坏性问题之前确定其潜在问题。当

应用于整个供应链的数据时，一些相同的工具可以帮助预测供应链行为，并使制造商和他们的供应链合作伙伴能够快速识别潜在的漏洞和分裂点，并做出应对。

在像新冠疫情这样的危机期间，强大的互联数字主干还可以帮助制造商加强对员工健康和工作的指导。

以数据为基础的数字技术可以使制造商设计、实施和跟踪多个地理区域的设施对新程序、工作流程和工人预防措施的遵守情况，并根据每个设施和地区的疫情相关情况和限制进行调整。

Boeing 公司就是这样做的，它计划在 4 月底让 27000 名员工重返工作岗位，并恢复华盛顿州的商业飞机生产。

2. 敏捷性。有效地应对因 COVID-19 危机而导致的 A&D 业务所面临的前所未有的不确定性，需要极大的敏捷性。而敏捷性是指迅速地做出经过深思熟虑的战略决策。

为了给这些决策提供信息，公司需要数字化工具来迅速从企业获取数据。

在这里，前面提到的供应链“控制塔”再次证明了它的价值。制造商可以利用从供应链伙伴和自身运营中流入其系统的数据，迅速转向一个新的零件或原材料供应商，例如，随时启用一个新的运输公司，以避免物流中断的潜在可能性。

当 ERP 和 HR 工具被连接到控制塔时，制造商还可以更加灵活地在危机时



一个连接的、端到端的数字基础设施可以成为虚拟的供应链“控制塔”，使制造商能够找到他们寻求的答案。

刻部署其劳动力以最大限度地提高生产力——同时不影响工人的安全。对于同时涉及 A&D 业务的国防和商业方面的制造商来说，能够快速有效地将商业方面可能不需要的员工转移到国防方面的业务上，对于维持业务的稳定至关重要。

3. 合作。全球健康危机暴露出的供应链弱点之一是，许多公司普遍缺乏对其次级供应商的了解，及影响这些供应商的当地条件。基于“我们都在一起”的商业思维，整个供应链的协作不仅是保持这种可

见性的关键，也是动员支持那些在危机导致的经济压力下面临倒闭风险的供应商的关键。

由于许多 A&D 企业在某些零件和子组件方面依赖独家供应商，这场危机使这些关系——以及独家供应商本身——都面临着风险。

建立一个数字网络，使供应链中的各个参与者能够共享数据、交流、从单一的事实来源获得洞察力，并利用这种洞察力在协调的基础上进行动员，这对于保持供应链的完整非常有价值。

有了这个数字供应网络，供应链的成员可以合作地进行调整，以确保零件和材料到达他们的要求，并且关键供应商不会屈服于危机。

互联、协作的供应链还可以使公司在疫情期间支持公共利益，使他们能够转向制造新的需求产品，就像制造业领域的许多公司所做的那样。

在 COVID-19 危机期间，欧洲的 A&D 公司都在依赖于这些类型的合作。例如，欧洲航空航天集团联盟的成员正在共享信息、数据和最佳实践，以保护其的供应链和其他成员。该组织的目标是：“努力帮助整个航空业度过这个特殊的困难时刻。”

像这样的能力在“正常”业务过程中是很重要的，像航空航天和国防制造商在 2020 年面临的危机一样，它们可以成为生存的生命线。



物联网连接的传感器将核心业务流程的运营数据输入企业内部系统，这样制造商就可以更好地了解他们的车间。

工厂车间的网络安全

Cybersecurity for the Factory Floor

随着网络犯罪攻击达到高潮，制造商必须立即采取行动。

爱达荷国家实验室的 Decapsulation 实验室，被用来检查工业控制系统和其他操作技术中的嵌入式硬件上的固件。（图片由爱达荷国家实验室提供）

网络犯罪有增无减，来自全球各地的有关黑客攻击的最新报道以惊人的速度出现。组织的自满情绪，加上用户意识的缺乏，使一个令人烦恼的问题变得更加复杂。对于这一点，制造商与政府、教育机构、医疗保健机构和发电系统一样。但是，如果制造商注意到这些警告并实施有效的网络安全标准，他们可以保护自己的资产。

最近的重大攻击是著名的 SolarWinds 黑客事件。那次黑客攻击，专家们认为是俄罗斯的黑客所为，通过使用 SolarWinds 广泛使用的 Orion IT 管理软件，潜入计算机系统。该黑客将恶意代码传播到约 18000 个政府和私人计算机系统。在 SolarWinds 的新闻报道之后，另一个大规模的黑客攻击涉及普遍应用的 Microsoft Exchange Server。这导致总部位于华盛顿州 Redmond 市的 Microsoft 公司匆忙推出 89 个补丁，以修复受影响的企业服务器上的漏洞。根据《SecurityWeek》的一份报告，Microsoft 公司将这次黑客攻击归咎于一个名为 HAFNIUM 的中国资深运营商。它利用高级持续性威胁（APT）来攻击政府机构和合约商的服务器。

位于爱达荷州 Idaho Falls 市的爱达荷

国家实验室（INL）国家和国土安全局的首席技术官 Wayne Austad 说：“复杂性往往是安全的敌人。鉴于供应商的规模和种类，以及中小型制造商的主导地位和各种商业模式，制造业是最复杂的基础设施部门之一。

Austad 引用位于马里兰州 Hanover 市 Dragos 公司的网络安全专家最近的一份报告，说：“在集成了传统和先进制造方法的复杂集合的生产线上，工艺和设备存在巨大的差异。知识产权（IP）泄露历来是制造类 IT 资产中占比最大的网络入侵问题，但在所有关键基础设施在运营技术方面有一些令人担忧的趋势——威胁性活跃群体增长了三倍，包括在制造业中。”

Austad 还是网络安全制造创新研究所（CyManII）的首席研发官，该研究所于 2020 年 11 月启动了一个价值 1.11 亿美元的公私合营项目。他说，随着数字化转型的加剧，知识产权被盗的风险将持续增长，而数字化转型创造了新的攻击面。CyManII 是美国能源部的一个研究所，由德克萨斯大学圣安东尼奥分校领导，爱达荷国家实验室是该研究所的主要合作伙伴，还有其他两个国家实验室和几十个学

术和私人企业的支持。

Austad 表示：“网络犯罪现在是一种‘犯罪商品’，虚拟工具、技术、信息和匿名货币在这里被交换，产生越来越复杂的攻击。”他说：“将整个公司和资产置于风险之中的勒索软件越来越普遍。最近的一份 CrowdStrike 报告指出，仅在 2020 年，网络犯罪就增加了 124%。在不久的将来，国防工业基地的关键供应商将需要应对不易察觉的物理攻击和网络破坏。不幸的是，所有行业中 90% 的工业控制系统运营商对其运营技术环境的可见性有限，而这些环境正日益成为攻击目标。” CrowdStrike Holdings Inc. 是一家美国网络安全技术公司，总部设在加利福尼亚州的 Sunnyvale 市。

工业网络攻击不断增加

恶意网络活动正越来越多地针对能源、关键制造业和水/污水处理领域的工业控制系统（ICS）漏洞。根据纽约 Claroty 公司去年 8 月发布的一份关于运营技术（OT）安全的研究报告，2020 年上半年披露的 ICS 漏洞中，超过 70% 可以被远程盗用，这突出了保护互联网连接的 ICS 设备和远程访问连接的必要性，

Claroty 是一家由 OT 网络安全专家团队组成的公司。

在 Claroty 的首届半年度 ICS 风险与漏洞报告中，其研究团队评估了国家漏洞数据库 (NVD) 发布的 365 个 ICS 漏洞和工业控制系统网络应急响应小组 (ICS-CERT) 在 2020 年上半年发布的 139 个 ICS 警告，这些漏洞和警告影响了 53 家供应商。Claroty 研究团队发现了该数据集包含的 26 个漏洞。与 2019 年上半年相比，NVD 披露的 ICS 漏洞在 331 个的基础上增加了 10.3%，而 ICS-CERT 的警告在 105 的基础上增加了 32.4%。超过 75% 的漏洞具有较高或临界的通用漏洞评分系统 (CVSS) 得分。

根据 Claroty 在 2 月发布的关于 2020 年下半年的后续报告，随着 COVID-19 疫情带来的广泛停工，ICS 漏洞急剧增加，因为远程工作技术的安全漏洞扩大了攻击面。报告指出，在披露的 ICS 漏洞中，71% 的漏洞可通过网络攻击载体进行远程攻击。Claroty 的报告还显示，与 2019 年相比，所披露的 ICS 漏洞增加了 25%，与 2020 年上半年相比也增加了 33%。

Claroty 首席执行官 Yaniv Vardi 说：“制造业是众多努力应对信息技术 (IT) 和 OT 融合以及随之而来的新安全风险的行业之一。数字化转型计划使曾经孤立的 OT 网络通过 IT 网络与企业的其他部分互联。然而，IT 和 OT 网络的安全状况之间存在着 25 年以上的差距。OT 的设计从来都不是为了抵御它现在面临的基于 IT 的安全威胁。”

Vardi 指出，这是因为大多数 OT 网络运行在传统的设备上，其专有协议与企业 IT 环境中的协议不同。Vardi 解释说：“工业设备的使用寿命通常为数年甚至数十年，而它们背后的 OT 系统也是按照同样的时间尺度设计的。工程站和人机界面 (HMI) 等设备的更新周期通常为 5 到 10 年左右。按照 IT 标准，底层的操作系统是过时的。相比之下，现代软件是持续更新的。将 OT 环境连接到 IT 网络意味着引入一个几乎已经成熟的操作系统，而且没有办法修补其漏洞。”

他继续说道：“由于 COVID-19 的出现，全球迅速转向远程工作，更加加速了 IT-OT 的融合。在制造业，就产生了对能够安全远程访问 OT 网络的解决方案的巨大需求，当然，这涉及到通过 IT 网络建立

安全连接。OT 网络管理员处于第一线。他们需要为那些通常以物理方式访问工业控制系统的用户提供在线连接，同时有信心保持其安全性不受影响。”

网络安全行业尚不成熟

Houston 网络安全专家，NCC 集团北美的技术总监 Damon Small 指出，我们今天所认识的网络安全是一个相对年轻的行业。他说：“[现代]制造业从 Henry Ford 的时代就开始了。在互联网泡沫破灭的时候 [2000 年初]，你看到很多 [网络安全方案得到实施]。我们仅仅有 20 年的经验——我们在很大程度上处于网络安全的起步阶段。”

随着制造业机床的完全互联，如今的网络威胁甚至更加尖锐。任何设备连接到网络上都有一定的风险。目前有据可查的网络威胁可以追溯到 2016 年国家安全局 (NSA) 黑客工具盗窃事件，可能是由一个名为 Shadow Brokers 的组织所为。该组织试图在公开市场上出售这些工具。在 SolarWinds 黑客事件发生后，网络安全专家告诉 CBS 60 Minutes，美国必须做好对其网络对手进行回击的准备，否则网络攻击就会不断出现。

供应链已经成为罪魁祸首，使联网设备很容易将恶意代码转移到工厂车间。专注于工业控制技术的 Small 说：“在制造业中，你通常依赖别人给你配备的东西。

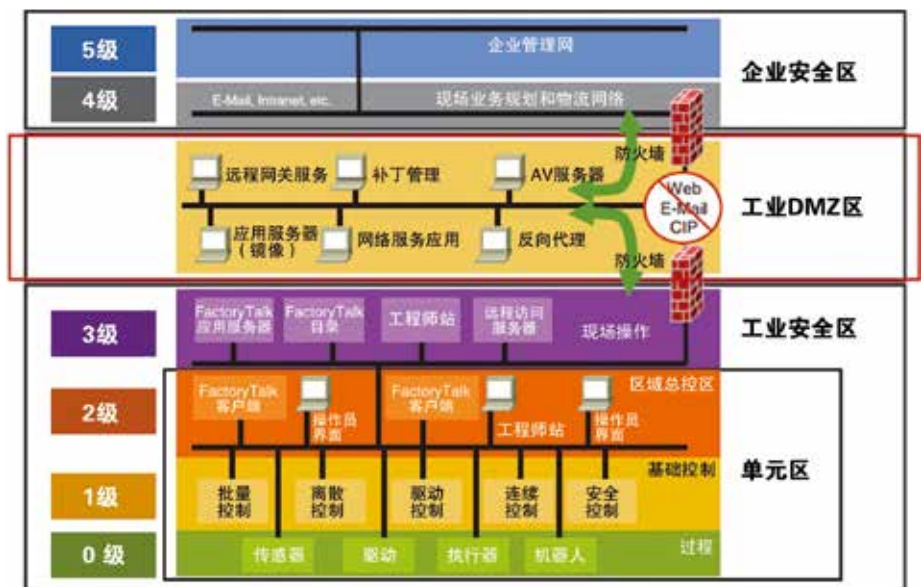
比如十多年前著名的 Stuxnet 蠕虫案例，“可能有人将恶意的东西”注入到网络中。在这个案例中，Stuxnetzero-day 计算机蠕虫被释放到控制伊朗离心机的西门子 Simatic PLC 上。它成功地禁用并破坏了伊朗的核计划。

防火墙和网络监控有助于保护制造商以及家庭网络用户。据 Small 称，关键是工业网络监控，采用网络嗅探器等技术，这些技术也被称为数据包交换器，使用 PLC 来监控和分析哪些属于网络，哪些不属于网络。

他说：“如果你正确地监测你的网络，你就会知道发生了什么，”他补充说，主动监测比补救措施要经济得多。“像 NCC 集团这样的公司可以做漏洞评估。”他说，当攻击者真的进入时，NCC 的计算机事件响应小组会向客户发送小的“弹窗”，并将电话打回家，如果需要的话，NCC 可以远程进行电子取证工作。

他说：“我们可以提供现场指导，”他补充说，在这种情况下，呆在现场是有好处的。“这有可能是一个犯罪现场，我们必须保留证据，以便在法庭上被采纳。犯罪分子会采取极端措施来掩盖他们的踪迹。主要目标是弄清楚入侵是如何发生的，以及如何确保它不会再次发生。”

工业制造商并不总是知道网络上有什么，就像 SolarWinds 黑客潜伏数月未被发现的情况。Small 说，由于他的工作涉



Purdue Enterprise Reference Model (PERA) 创建于 20 世纪 90 年代，使制造商能够确保其运营技术 (OT) 与工厂车间网络的企业 IT 元素保持隔离。



爱达荷国家实验室研究员 Scott McBride 在实时数字模拟器上查看电网模型。(图片由 INL 提供)



MxD 在其芝加哥总部 (MxD 网络测试平台的所在地) 举行了一个工艺制造网络安全演示, 其中包括有关 NIST 网络安全框架的部分。(图片由 MxD 提供)

及大量的能源装置, 他遇到过一些海上石油钻井平台的客户, 他们并不总是知道网络上到底有哪些设备。

利用漏洞评估和攻击数据包服务器的网络 (通过向攻击数据包注入异常情况模拟攻击) 使制造商能够强化工业网络。Small 谈到使用网络嗅探器时说: “我们可以在 OT 中做到这一点。它们有很多种, 而且都是监测 [网络] 通信的计算机。这使得保护它们变得很容易。”

保护制造周边的另一种方法是使用网络安全框架。Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA) 是其中之一, 该模型起源于 20 世纪 90 年代, 旨在隔离网络的 OT 层。Purdue 模型的第 3 级隔离了 OT 端, 让 IT 远离 OT 设备和软件, 只允许授权的设备相互通信。Small 说: “这些无源扫描器会告诉您哪些设备正在相互通信, 以及您的线路上发生了什么。他们可以告诉你网络线路上有什么。”

他继续说: “坏人总是要比我们领先一步。监控是你最好的朋友。”

在《60 分钟》关于 SolarWinds 的报道中, 一位专家表示, 由于网络攻击的范围和规模, 真正修复损害的唯一方法是更换所有受恶意代码影响的 18000 多台计算机。当被问及这是否有必要时, Small 说: “这不是一个太黑暗的观点。这可能是唯一的办法。好消息是 SolarWinds 作为一个产品是成熟和可靠的, 但唯一可靠的方法是摆脱所有这些使用它的系统。”

在制造商可利用的众多网络补救措施中, 评估和实施有效的网络安全框架可以

增强网络防御能力。除了 Purdue 模型, 最著名的是美国国家标准与技术研究所 (NIST) 的 NIST 网络安全框架, 该研究所位于马里兰州 Gaithersburg 市。

“为了保持竞争力, 制造商正在进行数字化、自动化和设备互联,” 总部位于芝加哥的美国 MxD 公司网络安全总监 Jon Powvens 说, 该公司的前身是数字化制造和设计创新研究所。“除了学习工业 4.0 的 ‘新常态’ 之外, 制造商现在还面临着不断变化和增长的网络威胁。今天, 我们谈论的是 SolarWinds 和水处理厂——明天, 威胁将是不同的, 是一种新的级别或未知的攻击。制造商应该关注的威胁不是今天已知的东西。相反, 他们应该考虑其整体网络成熟度, 以及在发生网络攻击时如何恢复。”

Powvens 继续说: “SolarWinds 黑客事件的发生对许多机构来说是一个可怕的时刻。由于许多服务提供商和公司都在使用 SolarWinds, 因此很难说有多少公司受到了影响。事实上, 我们知道该漏洞的唯一途径, 是来自 FireEye 公司 (一家网络安全开发商) 在发现该漏洞后所做的报告。这种信息共享对制造业的成功至关重要。我们不知道下一次攻击会是什么, 也不知道它将如何运作。”

Powvens 补充说, 集成策略是唯一能成功的模式。他说: “虽然一些框架可能难以理解和规划, 但 NIST 框架的识别、保护、检测、响应和恢复的概念完整体现了网络安全的范畴。刚接触网络的制造商可以看看 NIST 系统中的类别, 并迅速了

解他们的功能。每个制造商都应该有一个清单 (识别), 一个保护计划 (保护), 一个检测网络入侵的方法 (检测), 一个如何修复入侵的计划 (响应), 以及一个如何恢复正常运作的详细计划 (恢复)。”

MxD 还参与了一些教育工作, 旨在解决高技术网络安全专业人员短缺的问题。Workforce Development/MxD Learn 的高级主管 Lizabeth Stuck 补充说: “制造业对网络安全专业人员的需求非常大。”

Stuck 说, 在考虑网络安全需求时的一个重大挑战是评估劳动力所需的技能。她说: “MxD 与 ManpowerGroup 集团密切合作, 制定了《制造业网络安全招聘指南》, 确定了工作场所需要的近 250 种角色和技能。‘招聘指南着眼于职业道路、技能培训、业务影响等等,’ 以帮助制造商确定他们需要的技能。”

Stuck 表示, 如果第一步是定义角色和技能, 那么下一步就是为个人提供培训, 以获取和培养这些技能。她接着说: “MxD 目前正在与 Maryland—Baltimore County 大学分校合作, 试行 Cybersecurity for Manufacturing Operational Technology 课程, 以确保那些希望增加其网络知识的现有员工掌握新技能。预计网络安全行业的职位空缺将超过 500,000 个, 制造业的职位空缺预计将达到 240 万个, 因此提供培训和缩小技能差距至关重要。”

www.claroty.com

www.inl.gov

www.mxdusa.org

www.nccgroup.com

远程控制

The Connected Control

互联网和基于云的计算正在改变制造商操作数控机床的方式。你的车间准备好了吗？

20多年前，以太网端口首次开始出现在数控车床和加工中心上。MTConnect 机床通信标准在 2010 年芝加哥 IMTS 展上正式在美国亮相。久之后，制造商开始谈论云计算和工业物联网（IIoT），当德国经济学家 Klaus Schwab 在 2015 年发表论文称世界已经进入第四次工业革命时，这些术语将成为主流。

欢迎来到 2021 年。对于机械厂主、数控程序员和制造工程师来说，现在应该很明显，加工行业在过去 20 年里已经发生了翻天覆地的变化。数控机床比以前聪明多了，对于加工中的一切事情都可以实现数字化。制造软件也变得更加智能，提供了在世纪之交人们梦想得到的互操作性和基于云的功能。

所有这些技术上的梦幻变化是否是一件好事，还有待讨论。有些人可能会说，

车间的生活已经足够具有挑战性了——当一天中几乎没有足够的时间把零件运出门外时，谁还需要大数据和智能机器？其他人则认为工业 4.0 和它所带来的一切是制造商的明确发展方向，任何不拥抱它的人都将很快被淘汰。

获得 FOCAS

事实是介于两者之间。总部位于密歇根州罗切斯特山的发那科美国公司的 F.A. 工程总监 Paul Webster 指出，数控机床在 2000 年之前就已经可以使用网络和互联网了。但是选择脱机运行的工厂现在，并且在未来几年之内也能够正常运转。然而，很少有人会否认，机床的连接性以及由此带来的对加工过程的更大的可视性是一件好事，并且也都认为该技术是可以为制造商带来利润的。

他说：“我们在 90 年代初推出了 FOCAS API（应用编程接口），以及光纤和以太网端口，所以在相当长一段时间内，连接数控系统都非常容易。”困难的部分一直是弄清楚你需要什么数据，以及一旦你有了这些数据你要做什么。

这些数据包括报警历史、进给率和主轴超设置、伺服电机和主轴温度、功耗、宏观变量等等，人们可以连续的从机床上获取这一切。加上操作员提供的各种输入信息——包括工作编号、生产状态、切削刀具消耗量，甚至零件质量信息等等。现在想要获得车间内的完整情况，不会比瞥一眼收集这些数据的监控软件的仪表盘更难。

在 FANUC 的案例中，这就是 MT-LINKi——一个能够同时监控 1000 多台数控机床的品牌分析平台，以及 FASData——



FANUC 提供两种数据分析程序：MT-LINKi 和 FASData（如图所示），两者都能采集大量的机床数据。（图片由 FANUC 美国公司提供）

一个生产监控程序。其他控制装置制造商也提供了类似的解决方案，许多机床制造商、切削工具供应商和第三方软件开发商也是如此。所有这些都采集大量的有效数据，并以对人类有意义的方式呈现出来，使他们有能力在对生产水平产生负面影响之前就对潜在的问题做出反应。

云难题

那么问题来了，哪里才是存储这些数据和用于分析数据的软件的最佳地点？这两样东西都应该放在云端的非现场托管设施中，并由专门的硬件和软件专家管理？或者将其部署于工厂内部，并将其托管于公司中专业的 IT 人才？

Webster 和本文采访的其他人员基本都认为，虽然前者通常是更安全 and 更具成本效益的方法，但许多工厂仍然对零件程序和生产数据离开他们的设施感到不安。总部位于伊利诺伊州 Schaumburg 的 Heidenhain 公司的机床业务发展总监 Gisbert Ledvon 也是如此。他指出，客户可以在任何地方安装该公司的 StateMonitor 软件，但只要有可能他们就建议安装在客户现场。

“我们的理念是，客户应该保护他们的知识产权，对我们来说，这意味着将他们的机床和软件系统连接到一个适当安全的公司内部网络中。”他说，“已经有很多工厂被黑客攻击并被迫支付赎金的例子。当然，这些攻击通常是通过电子邮件而不是通过机床控制完成的，但这仍然是一个令人关切的问题。这就是为什么 NTMA（美国国家工具和加工协会）已经开始提供研讨会，向制造商展示他们如何保护自己免受这些类型的网络犯罪。”

尽管如此，Ledvon 也承认，云计算是一种技术趋势，代表了未来的发展方向。减轻任何相关风险都需要的是良好的 IT 内部务管理。在车间的网络和外部世界之间安装一个强大的防火墙。通过下载外部文件、软件程序和补丁到一个安全的内部服务器，然后在分发前用反病毒软件检查，避免 CNC 与云的直接连接。培训所有计算机用户如何管理密码，发现恶意邮件和网站，并保护公司信息。类似的工作还有很多。

“考虑到控制系统是任何机床的神经网络中枢，我觉得云访问的便利性抵不过暴露在互联网上的风险。”Ledvon 说，“然而，这些都不能阻止制造商实施工业 4.0 战略。通过各种手段，他们都应该将他们的机床联网并开始采集数据进行分析。这样做将为他们提供所需的信息，以更快地设置机器，减少周期时间，最大限度地提高刀具寿命，并获得现代化数控系统和软件系统所提供的的所有其他优势。”

本土人才

工业 4.0 的另一个组成部分是数字孪生，在这里指的是一个虚拟但高度准确和全面的数控机床数字模型。据位于伊利诺伊州 Elk Grove Village 的 Siemens 工业公司数字化机床主管 Vivek Furtado 说，数字双胞胎简化了数控机械的设计和部署，最终提高了制造商的效率。

他说：“我们的 SINUMERIK One 控制器被称为数字原生型，因为它从一开始就是为了支持数字双胞胎和其他使能技术而建立的。它使数控机床制造商有能力创建一个包含所有运动学和操作特性的虚拟车床或加工中心。这大大减少了工程时间和开发成本，并保证了产品将满足最终用

户的需求。”

具有数字孪生能力的控制器还有其他用途。他们缩短了新员工的培训周期，并降低了人为操作损坏机床的可能。该功能使估算师能够更准确地对工作进行报价，使工程师能够开发出更优秀的制造工艺，使数控程序员能够在将工作送到车间之前验证 G 代码和切削刀具的选择。一旦到了车间，它们通过增强的图形和更高的可用性来降低机床操作难度。

任何拥有高端 CAM 系统或 PLM 软件的人可能会说，他们不需要先进的 CNC 控制就能完成大部分工作。虽然这些软件和其他软件平台的功能在最近几年里得到了巨大的发展，但数字化生产线中的机床也能为工厂加强数据交换并关闭互操作性。

适应和克服

即使不谈数字孪生，Furtado 也说，CNC 控制器正变得更加智能和用户友好，其功能和特性越来越像我们日常用的智能手机。他说：“我们大多数人都记得，我们曾经的手机只能打电话。而今天，我们可以用手机监测健康，搜索信息，购物或者干其他事情。新一代的控制器提供类似的功能。它们能够处理信息，并以各种方式准备数据，并使其更有效的被操作人员所使用。”

这种智能也延伸到了加工过程中。Siemens、FANUC 和第三方解决方案供应商（如 Caron Engineering 公司）都提供了自适应控制功能，能够持续监测主轴和轴负载、机器振动以及影响切削刀具寿命和零件质量的类似因素。然后，通过这些智能系统实时调整加工参数，优化材料切除，消除潜在问题。



客户可以将 Heidenhain 的公司的 StateMonitor 软件安装在其内部网络或云端中，但 Heidenhain 公司建议在“内部”安装更安全。（图片由 Heidenhain 公司提供）



实时机器状态和零件质量监测只是 Siemens Industry 的 SINUMERIK One 控制器提供的众多优势功能之一。（图片由 Siemens Industry 公司提供）



法格的 ARFS（自适应实时进给和速度）控制功能提供了自适应控制能力，可持续监测主轴和运动轴的负载、机器振动和其他数值。（图片由 Fagor Automation 公司提供）

伊利诺伊州 Elk Grove Village 的 Fagor Automation 公司是另一家着眼于工业 4.0 的控制供应商。Fagor 公司北美区总经理 Harsh Bibra 解释说，其 ARFS（自适应实时进给和速度）控制可以做到这一切，甚至更多。他也指出，这种基于传感器的技术也可以用于预测性维护。

“我们还提供 i4.0 连接包。”他说，“这当然允许用户收集加工数据，但也可以做一些事情，如发送基于条件的警报，调整机床，更新固件，以及改变参数等等。所有这都可以在移动设备或远程计算机上直接进行操作。”

最大的瓶颈

Bibra 看到了未来的巨大变化。除了在机床中越来越多地使用具有 IIoT 功能的传感器和加速度计，以及更多的智能控制器之外，工厂本身也将变得更加智能。人工智能（AI）远远超出了刚才提到的适应能力，将变得更普遍，为广泛的无人值守加工打开了必要的自动化大门。

Bibra 表示，考虑到 5G 蜂窝网络的发展和随后的推广，所有这些都真正获得速度。这不仅会增加互联网带宽和减少延迟，而且可能会缓解前面提到的黑客攻击的担忧。他说：“未来的控制装置将配备 5G，然后它们能够以高达每秒 10 吉比特（Gbit/s）的速度将数据发送至边缘设备。我们预计，在几年内，这项技术将从根本上改变制造商从车间采集信息的方式。”

工业 4.0 的缺点是缺乏能够理解和使用先进技术的熟练工人。Bibra 说，随着制造商变得更加精通技术，将需要对原有的工人们进行重新培训。然而，任何对传帮带知识的担忧，以及因员工减员和退休而导致的经验损失都应该成为古老的历史。

监控工厂

位于北卡罗来纳州夏洛特市的 Okuma 美国公司的工程和技术副总裁 Jim Kosmala 认为，今天连接性的提高在很大程度上是由于使用了基于 PC 的控制。他说：“很多人忘记了，Okuma 公司不仅是一家机床制造商，而且还制造自己的伺服系统和控制器。这些系统在 Microsoft 的 Windows 中运行，并使用 Intel 芯片，两者都能提供便捷的互联功能。”

基于 PC 的控制器还可以方便地将各种软件程序安装到控制器上，例如，在新冠疫情初期，Okuma 公司的客户可以使用 Microsoft 的 Teams 软件与他人合作，共享屏幕或根据需要给他人提供远程控制。“这就是贯穿我们应用商店的宗旨。”Kosmala 说，“用户可以直接在 OSP 控制器上下载和安装他们需要的任何东西，不需要单独的 PC。它代表了协作和互联性的全新可能。”

Okuma 公司的 Connect Plan 也是这些应用程序之一，它允许用户监控数控机床并采集操作数据。它适用于大多数品牌或年份



由于 Okuma 公司的 OSP 控制是基于 PC 的，因此很容易从该公司的 App Store 和其他来源下载和安装软件。（图片由 Okuma 公司提供）

的机床，以及机器人和其他形式的自动化。然而，根据 Kosmala 的说法，Connect Plan 使用人工智能算法来查看现有信息，并确定可能会被操作员忽视的趋势。

他们的车削部门经理，在看了几周的数据收集报告和仪表盘后注意到，由于操作员有喝咖啡的习惯，导致，某台车床每天早上总是晚开机 10 分钟，或者离发货部门最近的磨床上的主轴温度在每次开启工厂大门时都会下降。Kosmala 解释说，人工智能比人类更快地捕捉到这些趋势，使主管人员有能力更早地解决这些问题。更重要的是，这些信息被储存在数据库中，所以当主管离开公司时，不会有知识损失。

“Deming 告诉我们，没有数据，就只能靠经验办事。”Kosmala 说，“IIoT 和工业 4.0 能够采集收集这些数据并加以利用，最终将其变成知识。这是任何人在这个旅程中迈出的第一步。我们现在有了虚拟会议，能够从任何地方检查机器状态或生产水平，并且能够获得简化自动化操作的远程工具。如果你能不在进入工厂的情况下做到这一点，那就更好了。这都是为了提高效率和机器的正常运行时间，而现代化数控系统则使这两点更容易实现。”

www.fagorautomation.com.cn

www.shanghai-fanuc.com.cn

www.okuma.com

www.new.siemens.com/cn

通过一次编程，实现多次加工

Program a part once, machine it many times over

CAD/CAM 设计和建模的进展既节省了时间，又提高了准确性。

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

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

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

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

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

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

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

聚合建模具有双重价值。流程链不再是单向的（即从实体模型到表面），设计

师可以从扫描系统中获取点云，即表面数据，并将其用于建模，Paradise 说。

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

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

生成式设计正在兴起

Autodesk 公司的 Kimberly Losey 说，生成式设计，即设计师输入产品的性能参数，软件产生数百或数千种设计方案，自 2018 年推出以来取得了重大进展。

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

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

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

“花时间微调过时模型的日子已经成为过去。”

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

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

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

“现在，生成式设计作为一个标准包

或一个适度的附加产品，能够直接集成到 CAD 系统中。”

同时追求形式和功能

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

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

她说，在过去，通常负责产品外观设计的设计人员和负责功能性的设计人员是分开的，这样就会导致有时候会生产出华丽但却无法满足既定功能的花瓶，或者功能满足，但却相对丑陋的玩意儿。然后在最后，您就得为牺牲一方而做出妥协。

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

提升刀具寿命

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

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

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

“通过新一代的刀具路径，我们可以优化切削过程中施加给刀具的切削力，最大限度地减少刀具磨损，延长刀具寿命。”Paradise 说。

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

就是越好。”

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

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

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

“不久后的某一天。”他预测说，“高精度模式将成为精加工操作的新标准。”

最新版本 hyperMill 包含改进刀具路径和识别错误情况的增强模块，并提供了一个碰撞检查引擎。可以对设计进行自动更新，而免于数小时的额外计算。同时，该软件还可以消除潜在的错误，例如“三个不同的操作员使用了不同的零位。” Levine 说。

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

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

收获高级工人的专业知识

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

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

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



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

度降低了出错的可能。”

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

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

以节省时间为动力

Siemens 的 NX CAM 通过软件快速识别和学习形状和特征，从模型中获得更多数据，使编程过程标准化，Paradise 说。

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

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

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

曲面加工

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

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

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

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

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

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

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

承担艰巨的任务

Taking on the Tough Stuff

更好的砂轮和更强的机器提升了坚硬材料磨削的优势。



新的 DANOBAT CG 研磨电动马达轴。砂轮速度为 80m/s (16,000 sfpm)，该机器可提高 20% 的生产率。(图片由 Danobat 公司提供)

这可能并不如得知 COVID-19 疫苗的有效性超过 90% 那样令人惊叹，但这里同样有一些疫情期间的消息：研磨领域的一些专家利用了这些间断的销售时间，完成了这项令人激动的新技术的开发和测试。让我们从连续修整蠕动进给研磨 (CDCF) 的改进开始，聊一聊它长期以来为取代对硬材料铣削而做出的努力。

正如位于俄亥俄州 Miamisburg 的 United Grinding North America 北美分公司的区域销售经理 Phil Wiss 所解释的那样，CDCF 在为这些难加工材料提供较高的材料去除率 (MRR)，同时几乎不需要去除毛刺。他说：“任何时候，只要你有这些硬化材料，蠕动进给磨削就能击败其他那些

迫使你采用结合加工的方法，”例如，与其铣削软质材料，然后进行热处理，再进行精磨，“你可以直接切入正题，做一个蠕动进给磨削，这样你就不必增加其他不同的操作”。如同 Wiss 所认识的那样，制造商正在昂贵的蠕动进给磨削机和“每小时 15 美元的去毛刺人员”之间进行二选一，但他也表示这种选择现在变得越来越清晰了。“现在越来越难找到那个愿意拿起去毛刺工具并试图清理一个零件的人了。

Wiss 提供了一个也许更明确的 CDCF 能够击败铣削的案例：一个尺寸为 24 × 0.4” (610 × 10.16 mm) 的医疗零件，这个零件加工消耗掉了整个铣刀。这里有两个材料版本，Wiss 解释说。“一种是类似于

镍合金，另一种是钛的衍生物。这两者都非常难加工”。该零件在整个长度上都有严格的公差，如果不限铣刀进行非常轻的切削，铣刀就无法坚持到最后，因此必须进行多次切削和频繁地换刀。然而，废品率还是超过 20%，Wiss 补充说。“这只是一个非常缓慢的过程，而且从刀具的角度来看很昂贵。当所需的零件数量增加时，这种情况变得难以忍受，所以公司改用 CDCF 磨削。现在他们只需一次就能解决零件。

Wiss 说：“蠕动进给磨削的另一个独特之处在于，你确切地知道你的刀具成本是什么。在连续修整的应用中，你以设定的速度将金刚石辊送入砂轮，比方说以每

转七百万分之一的速度。如果你需要切割一个 20" 长 [50.8cm] 的样件，速度为 20ipm，你可以准确地计算出该长度的切割中砂轮的磨损。因此，你可以为这个零件分配一个具体的刀具成本，因为你确切地知道每个轮子会得到多少个零件。这是一个确定性的结果，一个可以计算的过程，你可以把这些成本转嫁给你要卖给产品的任何人。"

用新轮子提升Q-Prime的性能

在位于马萨诸塞州 Worcester 的 Norton | Saint-Gobain 磨料磨具公司，该公司正在帮助应用于 CDCF 应用的新砂轮，以及新的超硬磨具。公司应用工程师 Dave Goetz 解释说，公司的老式陶瓷砂轮，"我们称之为 SG，需要很大的马力、研磨能量和力量来粉碎颗粒。因此，它在某些应用中并不是最佳选择。我们新的 Norton Quantum Prime 是一种易碎的陶瓷颗粒。颗粒本身的微裂纹和自锐性要好得多。但它同时具有 SG 砂轮的切削率和寿命。因此，当你有更高的切削率，你可以在每个轮子上得到更多的零件，而且通常你可以用它来缩短加工周期时间。"

当然，他很高兴这个名字本身就指明了这是 Q-prime，在一次 62 洛氏 100Cr6 材料的外径轴承研磨中，新的 Quantum Prime 能把整个循环时间减少 9.3 秒，并且与上一代陶瓷砂轮相比，将单位时间内修整的零件数量提高了 150%。

Goetz 说，Quantum Prime 的抛光效果也比原来的版本好。"当你试图达到一个特定的 Ra 或 Rz 级粗糙度时，你往往不得不采用更细的砂粒尺寸来获得这种光洁度，同时也相应地损失掉更大的切削率。比方说，80 号砂粒应该能够达到光洁度，但由于砂粒的断裂方式，你不得不采用 100 或 120 号砂粒。Quantum Prime 颗粒的表现就像一个真正的 80 砂粒。因此，现在我们可以得到同样的光洁度和同样的去毛刺率，而不需要调整砂粒大小来实现所有的目标。"

Goetz 补充说，Norton | Saint-Gobain 磨料磨具公司在挤压成型的颗粒方面也取得了成功，产品称之为 TQ 和 TQX。他解释说，在典型的磨料中，晶体是以片状形式生长、断裂，然后用通过筛子网眼按颗粒直径进行分类。"对颗粒的形状没有真正的控制。你唯一能控制的是颗粒大小。但该晶粒的形状是由最初的晶体断裂的方式控制的。"相反，Saint-Gobain 部门提供的 TQ 晶粒可以控制晶体的直径，即，通过它的生长和挤压成所需的形状，并通过将其打碎在一定程度上控制晶粒的长度。

Goetz 将 TQ 描述为 "就像一块蛋糕碎片，或者像一块破碎的意大利面条"，并说这种晶粒能够达到更高的切削率，因为 "当如同像破碎的面条碎片混合在一起时，它们都处于不同的方向。因此，当它们通过你的研磨区时，至少有一个尖锐的切割点。在我所做的测试中，我们发

覆盖海陆空、 能源、电子、医疗 制造的先进培训

免费订阅



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

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

请将以下信息发送给我们。Email us your

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

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

现与其他陶瓷相比，在切削率方面有明显的改善。”

新的超硬材料也是如此

Norton 公司的 Paradigm 金刚石砂轮在磨削硬质合金刀具领域已经是“旧闻”，但联合磨削公司的 Wiss 说，它现在开始在生产其他有色金属零件方面发挥作用，包括在 CMC（陶瓷基复合材料）和硅材料方面展开应用。“我们一直在对用于制造微芯片的硅材料进行一些试磨尝试，”Wiss 回忆说。“这是一种非常难加工的材料，是一种多尘的切屑型材料，也有点难以进行研磨。但是使用 Paradigm 砂轮，我们能够像切割黄油一样切割它。我们能够以深切割、快速度磨削这种材料，而且砂轮的磨损非常小。”

Goetz 解释说，Paradigm 是一种“独特的、可修整的金属粘合剂。因此，如果你的设备有这种能力，你可以使用特殊的 CVD 强化修整辊对其进行在线修整。这使砂轮能够保持轮廓和表面状况。它是非常自由的切割方式。而且，由于它对晶粒的保持时间如此之长，如此之好，它允许你使用完整的钻石晶粒，使其发挥最大效益。然后，当你的晶粒开始变钝时，你已经在分解和去除结合剂，以使下一个切割层到达表面。因此，对于延长砂轮寿命是一个巨大的好处。而且它从开始到结束都非常一致。你不会看到它的直径在磨损时有很大的变化，就像你在一些传统的砂轮上所做的那样”。

对于使用 CBN 刀具在铁金属加工方



连续修整蠕动进给磨削是一个高度可预测的过程，在难以加工的材料上提供高 MRR。（图片由北美联合磨削公司提供）

面的应用，Norton | Saint-Gobain 磨料磨具公司已经为超硬 CBN 砂轮开发了一种新的粘结剂，称为 Vitron 7（以 Norton Winter 品牌销售）。据 Goetz 称，这项新技术促进了从传统磨料到超磨料的转变。

“正如 Goetz 所说，”当你使用价格较高的砂轮，你肯定希望砂轮的使用时间要长得多，去除量要大得多，每次修整的零件要多得多，这样，转换到超硬砂轮的操作成本就超过了砂轮本身的价格。该公司报告说，与现有产品相比，砂轮的寿命延长了 40%，并且说：“Vitron7 砂轮由于具有较低的磨削能量，可以确保最小的残余应力，从而使零件质量更好，并且能够使表面粗糙度下降 30%。”

Wiss 提醒说，这些轮子的修整周期是间歇性的（与 CDCF 不同），而且几乎不可能预测修整盘的磨损速度，所以你需要来监测这一过程。联合磨削公司的首选方法是测量工件，并利用这些数据来解释砂轮和修整盘的变化。这可以通过“在机床上探测工件，或者通过建立一个闭环系统，将工件取出，在机床旁边的三坐标测量仪上测量，然后在磨削下一个工件时将数据反馈给机床，”Wiss 解释说。“我们看到，在客户中——特别是那些大批量制造同一零件的客户——大力推动将三坐标测量仪集成到加工单元中。它可以由机器人装载，也可以由人工装载，但你必须将这些关键特征的反馈信息传回到机器里。”

多任务处理能力的提升

Wiss 报告说，另一个趋势是越来越多

地采用同时可以进行铣削、钻孔和螺纹加工的磨床。他将此种趋势归因于工人、程序员和熟练操作员的普遍流失，这促使制造商“要求机床比过去做得更多”。你在一次设置中能做的事情越多，你就越不希望你的操作员能完美地完成多次设置，在机床之间移动零件的时间也就越少。虽然联合磨削公司在十年前就能够提某种程度上多任务加工，但 Wiss 说，公司在这段时间里学到了很多，目前的机型也从这些经验中受益。这包括像贯穿主轴的冷却剂（这对磨削来说是不必要的）和在后面刀具交换器中的第二种控制，使操作者能够在在不中断正在进行工作的情况下更换砂轮和切削刀具。

Wiss 说，联合磨削公司在增加铣削能力时了解到的另一个情况是，铣削通常比磨削的主轴速度更高。该公司的首要多任务平台是其 Mägerle MFP 30、50、51、100 机床，所有这些都是快速、五轴式、高扭矩的大功率机床（有些情况下超过 100hp）。虽然提高速度需要牺牲一些功率，但 Wiss 说 40 马力在多任务机器中已经足够了。

五轴多任务加工也需要进行 3D 模拟，Wiss 说，“为了确保砂轮适配于机床，我们在夹具周围有足够的间隙来研磨和加工零件”。像大多数五轴工作一样，车间通常希望由熟练的工程师使用良好的 CAD/CAM 软件包进行离线编程。对于联合磨削公司的 Mägerle 和 Blohm 平面和成型磨床，西门子 NX 控制软件是天然的“桥梁”，正如 Wiss 所说。这些机床采用西门子控制，除了利用 NX 系统对铣削操作的进给和速



新的 Norton Quantum Prime 是一种易碎的陶瓷颗粒，这比早期的砂轮更容易产生微裂和自锐性，但同样具有很长的寿命，以提供更高的 MRR 和每个砂轮加工加工的零件量。（图片由 Norton | Saint-Gobain Abrasives 公司提供）



丰田公司的新型 GR7 机床在 4 米长卷筒的整个长度上实现了 $0.15 \mu\text{m Ra}$ 的表面光洁度和每米半微米的圆柱度加工。(图片由美国丰田 JTEKT 公司提供)

度进行编程外，联合磨削公司还为 NX 提供一套磨削宏程序，其中包括了连续修整功能。

新型超精密轧辊磨床

美国丰田 JTEKT 公司最近发生了一个大新闻，退出了一台适用于电动汽车电池的极其精确的轧辊磨床。具体来说，这台新机器研磨的是用于生成铝和铜板的轧辊，这些铝和铜板被用于电池的阴极和阳极。总部位于伊利诺伊州阿灵顿高地的丰田 JTEKT 公司的磨床全国产品经理 Shane Farran 解释说：“轧辊上的任何瑕疵在轧制时都会转化为这些板材，因此我

们在轧辊的整个长度上（可能是四米）实现 $0.15 \mu\text{m Ra}$ 的表面光洁度和每米半微米的圆柱度。

关于丰田如何实现这些数字的细节是保密的，只能说它从其最受欢迎的一台用于高精度磨削的大型设备开始，并在主轴、传输系统和子组件中加入了数控稳定器和丰田的静液压技术。但这台名为 GR7 的新机器是“专门为这些轧辊的磨削而设计的”，Farrant 说。他补充说，该机器的特殊功能也确保了公差可以在较长的时间内保持，此外，还能够通过专有软件减少操作员的设置时间。

除了 GR7 之外，Farrant 说他看到对大型研磨机的要求普遍增加。“我们在切割染料制品制造中认识了它，或者用于印刷或造纸的卷筒。我们看到它用于电动机的轴。对于压缩机和类似性质的东西。”丰田公司为这些应用提供的机器，其中中心距可达 157.4" (4 m)，有近 26" (660 mm) 的摆动。其中一个型号的机器在中心之间的载重能力为 6,600 lb (3,000 kg)。对于像大型印刷卷这样的加工应用，这里没有像电动车电池卷的极端公差，“我们一般会选择像 GE6 这样的设备。”Farrant 说。

生产率更高的圆柱形磨床

Danobat 开发出新一代外径 / 内径磨床，是疫情期间的另一个重要创新成果，该磨床名为 CG 机器，可以使用标准设备，以 80m/s (16,000 sfpm) 的轮速进行传统磨料加工。这在许多应用中可将生产率提高 20%。

这是 Danobat 公司的业务发展总

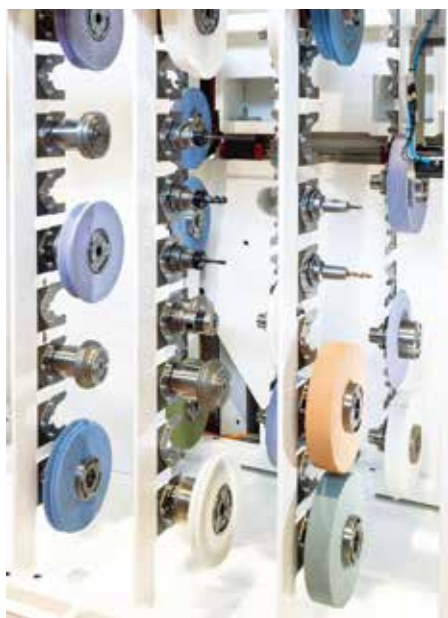
监 Danel Epelde 所说的，公司的总部设在西班牙的 Elgoibar 和德克萨斯州的 Humble。他说，CG 还提供了近 100% 的可用性，这要归功于可以减少组件数量的智能工程、远程诊断、预测性维护，以及 Danobat 在生产大批量生产机器方面的经验。更重要的是，CG 的不寻常的交叉滑道设计和可旋转的 B 轴砂轮头使其能够在紧凑的空间内磨削各种零件尺寸和几何形状（包括非圆形零件）

一些额外的因素有助于 CG 实现这种罕见的优势组合，Epelde 解释说。“我们在所有线性轴上使用线性马达，在所有旋转轴上使用直驱马达。而且 Danobat 还使用天然花岗岩作为机器底座，这种材料在减震、温度稳定性和硬度方面比合成花岗岩或其他材料更好。该机器还可以根据具体需求进行定制。你可以从广泛的砂轮配置中进行选择，并增加测量系统、传统或自定中心的稳定支架、对轴、自动锥度校正、超级精加工、去毛刺系统、激光测量仪等。应用范围也从齿轮和轴到 CV 接头、钻头和螺杆式压缩器。

正如位于伊利诺伊州 St. Charles 的 Rey Technologies 公司的美国经销商 Daniel Rey 所说，“CG 非常适合美国市场，因为这里的大多数客户都想要一个多功能的解决方案，即使他们确定当前的工作将运行很长一段时间。而且每个人都喜欢从这些轮速中获得更高的产量。我们期待在休斯顿附近的演示中心展示这台新机器”。

www.toyoda.com

www.nortonabrasives.com



Mägerle MFP51 中 66 位砂轮 / 刀具更换器的一个细节。刀具更换时间从 12 秒到 1 分 12 秒不等。(图片由北美联合磨削公司提供)

数字化进展推动刀具磨削技术的发展

Digital Advances Boost Tool Grinding Technology

当然，研磨设备本身正在变得更好，同时围绕它的所有技术也在变得更好。

Rollomatic GrindSmart 830XW 的六轴工作头。该机器同时使用静压导轨和直线电机。(图片由 Rollomatic 公司提供)

刀具磨削技术的变化与其他制造技术的变化一样：设备制造商倾听客户不断变化的要求，并与他们合作进行开发改进。我们请刀具磨削系统的开发人员谈谈他们的客户现在对设备的期望，为什么它超出了他们甚至几年前的预期，以及如何满足这些期望。

在 2021 年，人们对自动化、工业 4.0 以及用于将生产的所有方面数字化的技术有很大的兴趣，这并不奇怪。正如密歇根州威 Wixom 市 ANCA 公司的联合总经理 Pat Boland 所说："这很简单。客户追求的是更高的生产率、更高的精度和更高的工艺稳定性"。他说，这些趋势中的每一个都有发展。

"ANCA 的新产品就是我们所说的 AIMS，或 ANCA 集成制造系统。这是一个集成性平台，在这个平台下，我们将在未来几年内发布软件和硬件。其顶部是一套集成性管理软件，下面是研磨、测量和加工切割工具的所有硬件。"

他说，该公司 70% 以上的客户需要具有机器人功能的机器。AIMS 系统连接了切削刀具制造的所有过程——自动化、测量设备和激光打标等后期生产过程，以及磨削设备本身。"他说："相互连接的磨削技术解决方案消除了浪费的手工操作，减少了批次之间的机器停机时间，并消除了让操作员不断监测和调整生产机器的需要。

AIMS 是为模块化功能而设计的，可以适应每个工厂的需求，范围从较小规模、基于数据的选项组建的到一系列机器的完整设置规模。AIMS 提供了一个连接性刀具生产过程，包括。

- 使用 AutoFetch 机器人在操作之间转移刀具。

- 利用 AutoComp 软件模块实现刀具测量和过程补偿的完全自动化，

- 以及用 AutoSet 集线器管理数据。

AIMS 服务器管理该系统各要素与已建立的 IT 平台（如 ERP 系统）之间的数据流。用户可以从一套解决方案中选择，

以降低生产成本，并整合适合改善其特定流程和产品质量的系统。

据 Boland 称，ANCA 的解决方案不仅包括研磨工艺本身，还包括生产中的其他部分，这一点在该公司最新发布设备中得以证明。

"他说："我们最新的产品实际上是一个激光打标系统，它与软件套件相配合，也可以直接从磨床上取走托盘中的刀具。AutoMarkX 能够自动装载托盘，并负责刀具的激光打标，使操作人员能够执行更多的增值任务。他指出 AutoMarkX 是为与 AIMS 整合而设计的，能够自动接收和发送来自 AutoFetch 的托盘，而与 AIMS 服务器的连接提供了要在刀具进行打标的信息细节。

"在我们的一些加工单元中，每个机器都有一个集成激光标记器，而这是为了进行溯源。"他解释说，这种标记不仅在刀具生产过程中使用，而且还在重磨操作中使用。

在这种情况下，机器会读取现有的激光标记，并根据该标记来加工刀具。而一旦刀具被重新磨削，激光标记就会被更新。例如，“在一个结构化的环境中，一个切割工具可以被重磨三次，”他说。在刀具被重磨之前，“系统会读取激光标记，它可以显示一个特定的刀具已经被重新磨削，比如说，已经被重磨了两次。而在它再次被磨削后，标记会再次更新，以显示这是它最后一次被磨削。”

棘手的刀具几何形状

据 Rollomatic 公司总裁 Eric Schwarzenbach 说，刀具的几何形状正变得越来越复杂以及更具挑战性。总裁 Eric Schwarzenbach 说：“因此，持续保持精确精度的能力是最重要的。除了灵活性和精确性，设备还需要在生产环境中保持高水平的稳定性，”他说。

伊利诺伊州 Mundelein 公司的六轴 GrindSmart 830XW 采用静压技术和直线

电机，可生产直径为 1 至 32 mm、槽长达 200 mm 的刀具。830XW 是“第一台也是唯一一台结合了液压导轨和直线运动技术的刀具磨床，”Schwarzenbach 说。静压导轨实际上消除了摩擦，即使是重载，因为与传统的导轨不同，“没有机械接触，重量在高度加压的油膜上运行，”他解释说。这种方法“提供了非常高的刚性，并抑制了磨削过程中自然发生的振动”，增加了砂轮的寿命，并使表面光洁度和切削刃锋利度保持不变。

Schwarzenbach 指出，沉重的三点式机床底座有助于保持稳定，机床的冷却剂外壳也是如此，它与底座不相连以防止其将振动传递给后者。通过在静压滑块、磨削主轴的冷却以及磨削过程中部署的冷却剂中使用单一油，热稳定性可以获得最大化。

通过集成的 15 砂轮位，将其换刀时间缩短到了 5 秒，并辅以喷嘴更换器，实现了产量的最大化。砂轮更换器由两个独

立的 FANUC 电机操作，并配备了一个高速 FANUC 机器人以扩大装载机的能力。

倍增的微型刀具

另一个趋势是对微型刀具的需求比前几年更高，Schwarzenbach 指出。“他说：“医疗、电子和模具制造行业都在使用比以往更多的小尺寸硬质合金和 HSS（高速钢）刀具。”

而这也使得该公司的六轴 GrindSmart Nano6 机床一直受到追捧。该系统设计旨在生产高性能硬质合金或高速钢制成的微型刀具，直径范围在 0.03 - 2.0mm 之间。立铣刀和钻头的磨削范围覆盖了 35 μ m 到 0.125" (3.18 mm)。静压轴的线性反馈是通过分辨率为 50nm 的线性玻璃标尺采集的。

它的特点是具有专利性、可自动调整的刀柄导向系统和浮动的工作头轴承组件，使同心度公差低于 1 μ m，同时也加快和简化了加工设置。

“在设置过程中，刀柄导向器不需要



实现3D打印最初的承诺

掀起数字牙科的革命

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

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

Carbon[®] 恺奔科技（上海）有限公司
上海市长宁区仙霞路99号尚嘉中心18层 | chinasales@carbon3d.com | www.Carbon3D.com



ANCA 的 AIMS 系统连接了一系列刀具制造过程，以管理生产和数据。(图片由 ANCA 公司提供)

指示坯料，"他说。"机床将探测第一块坯料，软件会控制将其研磨到与工作头中心偏离，但与工具轴一致的几何形状"。

Nano6 是为生产而设计的，它的标准配置是一个集成式机器人装载机，可以容纳 1000 个刀具。据 Schwarzenbach 说，该公司的取放器准确、可靠、快速，能够在 8 秒内完成刀具的装载 / 卸载。

该机器有一个集成在电脑中的 FANUC 数控系统，15" (38.1-mm) 的触摸

屏和符合人体工程学的控制面板。此外，还标配了 VirtualGrind Pro 编程软件。

自动化解决技术工人稀缺的问题

位于匹兹堡的美国 Vollmer 公司刀具和刀具磨床应用工程师 Derrick Bailey 也强调了微型刀具使用量的增加；该公司的五轴 VGrind 340S 磨床可以加工直径在 0.3 至 12.7 mm 之间的硬质合金刀具，

他说。340S 具有两个垂直主轴，用于不同的砂轮组，这使得减少非生产时间成为可能。线性轴为非接触式，可以直接驱动。

Bailey 说，VGrind 340S 的选择说明了一个主要的客户趋势——对集成自动化的持续需求。

他说："由于缺乏熟练工人，我们的许多客户不得不寻求自动化，让每个操作员负责更大的工作量，并实现熄灯式生产。"这并不是一个新的趋势，但 COVID-19 所带来得停产挑战则更加凸显了它的重要性。

虽然熟练工人越来越少，但工作本身却变得更加复杂。

他说："十年前，我在一个完全没有自动化的车间工作，但现在许多切削刀具的制造则更为复杂——它们需要使用更多的砂轮，在这个过程中有更多的步骤。他说："为了更换砂轮而让工人等在一边，这大幅降低了时间利用率，即使对于自动化生产，也是如此。"

VGrind 340S 的自动化选项包括 HP 160 托盘库和 HPR 250 自由臂机器人，它们可以控制多达 900 把不同刀柄直径的刀具进行全天候无人值守的加工。VGrind 340S 具有可更换的砂轮修整装置，以实现砂轮组的最佳同心度以及最佳轴向跳动。一个可选择性的探头可以在机器中校准砂轮，并提供了重新校准处理机制所需的选项。其带有的粘着装



一台配备 HPR 250 机器人的 VGrind 340S 机床，可以在无人看管的情况下管理多达 900 把刀具。(图片由 Vollmer 公司提供)



GrindSmart Nano6 是为生产由硬质合金或高速钢制成的高性能微型刀具而设计的。(图片由 Rollomatic 提供)

置能够在生产过程中打开磨料涂层。此外，不仅能够自动更换砂轮冷却剂喷嘴，也可以更换砂轮组本身。

带有视觉支持系统的远程服务

Bailey 指出，刀具制造商需要不断地用更少的熟练工人做更多的事情，这给他们带来了压力，要尽量减少机器的停机时间。他说：“特别是对于那些正在建立符合工业 4.0 标准设施的客户来说，最大限度地提高质量和产量是至关重要的。”他们要求更快的设备维修速度，以减少停机时间。”

作为响应，Vollmer 公司正在利用技术为其设备提供视觉支持，通过加密的视频和音频通道实时连接客户和技术人员。实时流媒体意味着服务台和现场团队能够同时观察机器的机械和电气区域。通过实时流媒体，Vollmer 专家可以远程到达车间，查看和聆听，并提供有针对性的指导。该通信基于第三方 oculavis SHARE 服务的解决方案，可用于智能手机、平板甚至智能眼镜等移动设备。

“对双方来说，可以透明地跟踪这一过程，必要时可以让多个参与者参与。由于所有参与者都能看到同样的东西，沟通中的误解就会减少，错误就会很快被发现，问题就会得到更有效的回答，” Bailey 说。”而且与技术工人短缺有关，它也可用于个人在线培训课程。

www.machines.anca.com

www.vollmer-group.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

提高模具生产效率的新方法

New Takes on Enhancing Moldmaking Productivity

模具制造的技术改进包括从切割器到控制装置再到软件。



SINUMERIK ONE 数控平台能够在控制上直接调整高速和轮廓公差_{的设置}，而不会激发不利的机械振动，这些振动将不可避免地显示在工件的抛光表面上。(图片由西门子公司提供)

模具车间在刀具、软件和机器方面的最新技术中茁壮成长。工艺的成功往往取决于使用过去的最佳解决方案以及当今的最新研究进展，而通过新方法使用旧技术则往往取决于技术的进步。

一个典型的例子是用于全五轴轮廓加工的鼓形锥度立铣刀技术的出现。目前，任何切削刀具供应商提供的鼓形锥度切削刀具必须配合全五轴加工技术以及由 Mastercam 和 Open Mind Technologies 等软件供应商进行 CAM 编程后才能使用。

"鼓形锥度立铣刀是典型的球头立铣刀的有效替代品，用于半精加工和精加工模具，"位于德克萨斯州阿灵顿的美国 Iscar 公司铣削部全国产品经理 Bryan Stusak 说。鼓形锥度立铣刀的特点是切削刃是一个大直径的鼓形锥度，可以减少模

具加工中的进刀次数和尖顶高度。Stusak 说，其结果是表面光洁度更高，并且能够将加工周期缩短 50% 到 90%。

Is-car 的鼓形锥度立铣刀版本 NEO Barrel 设计用于精加工和半精加工，可应用于 Multi-Master 和 固体刀具配置当中，其有两种不同的牌号，直径为分别 5/16、3/8 和 1/2" (7.94、9.53 和 12.7mm) 。"他说："除了模芯和模腔外，其应用还包括航空航天和发电叶盘、涡轮叶片、医疗整形、假肢装置和植入物。"

针对模具加工中的粗加工，Is-car 公司扩展了其小直径快速进给铣削系列 LOGIQ4FEED，增加了大直径刀具。两年前推出的 1/2 到 2" (12.7 to 50.8 mm) 尺寸的 LOGIQ4FEED 系列小直径进给铣刀已经得到扩展，增加了 2 到 5" (50.8 to 127

mm) 直径的刀具。

LOGIQ4FEED 刀具具有一个狭窄的、骨状的、具有四个切削刃的双面刀片。这种设计很适合于粗加工较深的模具型腔。Stusak 说："狭窄的矩形刀片的刀体质量更大，可以在刀体的外围配备更多的刀片以提高生产率。在生产力是关键模具制造中，在周边获得更多的刀片可以提高每转的进给率，最大限度地减少 Z 轴上的步进和精加工中必须去除的材料数量。"

"骨形为疏通切屑提供了侧面间隙，避免了在刀片侧面和壁腔之间夹住切屑，"他继续说，"这是一个有效的刀具几何形状，几乎就像一个螺旋形的切削刃可以有效地切入工件，提升了它的切削自由度。"

LOGIQ4FEED 有几种切削刃的几何形状。T-Land 刀片用于通用材料，高正

几何形状用于难以加工的不锈钢和高温合金。以下是 T-Land 的加强型角半径的几何形状：HP（高正）；T-Land RM；以及 HP RM（加强型切削刃），以缓解较小的角半径的压力，使加工更为平滑，刀片更坚固。

模具组件的复杂性需要新的解决方案

伊利诺伊州 Elk Grove Village 的西门子工业公司应用工程师 Lars Faller 说，模具组件的复杂性正在全面提高。“控制装置正变得更先进、更可靠，甚至更快、更坚固，这提高了客户操作的效率。此外，越来越多的客户正在寻找他们操作的透明度，以努力使他们的利润最大化，”他说。“例如，在加工过程中的工件探测，使他们能够在零件离开机器之前充分验证各种加工过程和刀具的状态。

“我们知道，当我们在数字环境中设计东西时，例如计算机上的 CAD 程序，一切都是无懈可击的，”Faller 继续说道。“线条、角度和弧线享有完美的几何过渡，但我们也知道，一旦我们进入普通的制造车间，我们很少能沉浸在一个完美的世界里。机器的尺寸往往会随着温度的变化而增大或缩小，刀具也会磨损而不得不更换。”

历史上，三轴 VMC（立式加工中心）主要用于模具工作，因为这提供了一个稳定的平台，有助于确保准确的表面光洁度，尽管这是以速度为代价的。”随着最近 SINUMERIK ONE 数控平台的推出，我们有能力在控制上直接调整高速和轮廓公差设置，而不会产生不利的机械振动——这将不可避免地显示在工件的表面光洁度



英格索尔为粗加工和精加工提供了小至 4mm 的 IC 刀片，通过更高密度的刀具实现了更高的生产率，降低了刀具成本，并由于减少切削力而提高产品性能。（由英格索尔切削刀具公司提供）

上，”Faller 说。”与旧的方式相比，这使得加工时间更快，以及达到真正的同形自由曲面，而不需要制造工程师重新发布数控代码。”

他补充说，模具制作程序以其极长和复杂而著称，如果没有编程程序，这种操作在机床控制器上是没办法手动完成并进行验证的。”我们内置的 Moldmaker 功能允许操作员打开程序，以获得刀具路径线框的三维显示。有了这个视图，控制装置可以帮助操作员快速分析整个程序，看看点云分布是否有任何不规则的地方。把这个验证过程再向前推进一步，我们可以模拟整个制造过程，包括三维材料去除，而不需要第三方验证软件”。

在新冠疫情中，西门子公司开发了一种方法，利用最初为培训而开发的工具来

支持其客户。SINUTRAIN 软件工具允许机床制造商、经销商或客户创建机床的数字孪生体来分析潜在的问题，并在机床进行第一次切割之前排除故障或制定解决方案。同样，西门子提供了一个虚拟产品专家计划，可以设置 60 分钟的时间段，在此期间，他们可以帮助客户解决与操作和编程有关的问题或难题，以及对新的西门子控制装置进行远程培训。

迎接客户的挑战

伊利诺伊州罗克福德的英格索尔切削工具公司（ICTC）是 IMC 家族的成员，该公司一直在寻求改进以满足其客户在模具工作中面临的更大的生产力和更高的质量挑战，据模具产品经理 William Fiorenza 说。他补充说，通过刀片的几何形状、座圈设计、涂层、等级和边缘预处理来延长切削刃的寿命，都是为了延长刀具寿命和提高材料去除率。

英格索尔为模具行业提供了一系列的铣削选择，包括含有可转位硬质合金刀片的可转位刀具以及固体圆形切削刀具技术。”英格索尔公司目前最关键的技术推动力是为客户提供更小的用于粗加工和精加工的 IC 尺寸刀片品。新的和选定的现有产品系列已经扩大到包含更小的刀片尺寸。Fiorenza 说：“4 和 5mm 的 IC 尺寸刀片允许可转位刀具设计，可以实现小至 0.25” [6.35 mm] 的刀具直径，。

较小的可转位刀片尺寸的好处包括通



Iscar 的 NEO Barrel 鼓形锥度立铣刀，如图所示，有多种尺寸以及两种不同等级的 Multi-Master 和实体刀具配置。（图片由美国 Iscar 公司提供）

以一敌三

One Operator, Three Big Machines

汽车和航空航天工业的模具加工的趋势是由持续促进提高加工效率所决定的，特别是着眼于限制甚至消除二次加工。

"例如，在汽车领域，我们看到越来越多的机器自主操作，我们的客户



紧凑的 FZ40 机器很适合汽车应用，其工作包络面大小适合车门或车顶部分加工。

(图片由 Zimmermann 公司提供)

在运行机器时不需要操作员或只需要最少的操作员，"位于密歇根州威克索姆的机器制造商 Zimmermann 北美公司总裁 Cornelius Kiesel 说。

"为了实现他们的定价目标，我们的客户需要重型、可靠的机器，在精加工时要有高的精度和速度。他们说，要保持尽可能高的定价效率和竞争力，唯一的办法就是让一个操作员控制三台机器。我们投资机器的客户希望看到机器使用时间的改善，通常需要在 20-30% 之间，"Kiesel 说。

Zimmermann 公司提供各种标准和定制机床，包括龙门铣床、五轴和六轴龙门铣床、卧式加工中心和加工头。"我们的大型龙门加工中心的特点是为汽车行业提供大的工作包络面，工作包络面尺寸为 2.5×3m、2.5×1.5m 或 5×3.15m (扩展版)，我们 98% 的机器在出厂时都配有海

德汉或西门子数控系统，" Kiesel 说。

对于模具加工，Zimmermann 公司提供紧凑型 FZ40 或 FZ42 机器。这类机器适用于汽车行业，其工作包络面大小适合于门或车顶部分。"我们适应客户的要求。我们可以将机器集成到穿梭系统或自动装载/卸载系统中，"他说。

当涉及到航空航天应用和更难加工的材料时，车间可以采用相同的机床类型。"我们刚刚在温哥华安装了一台机床，它是一个 5×3.15m 的设备，用于 F-35 的结构部件中钛和铝材料加工，"Kiesel 说。

对于航空航天业的应用，Zimmermann 公司的机器可以被整合到检测流程中，就其 5m 级机器而言，由于其准确性，可以作为一个测量设备来检测和测量零件，并在现场进行认证。

过更高密度的刀具提高生产率，降低刀具成本，以及由于减少切削力而提高性能，他说，与硬质合金立铣刀解决方案相比，它们还具有成本效益。"Fiorenza 说："在许多应用中，这些较小直径的刀具提供了更高的材料去除率，与硬质合金刀具相比更有优势，如果考虑到带有四个较小 IC 刀片和刀体本身的成本与硬质合金刀具相比，其成本仅为同类硬质合金刀具的三分之一。

英格索尔的 DiPosFeed、DiPosDuo、GoldSFeed 和 HiPosSFeedV 系列铣刀中都有较小的 IC 刀片。小型 IC 铣刀有 4mm 和 5mm 的刀片尺寸，具有强大的刀片几何形状和夹紧能力以及高进给设计特征，从而可以加快铣削过程并减少加工周期时间。

"今天，高进给刀具的进步利用了这种较轻的切削深度，这比以前刀具进一步提高了生产率，"Fiorenza 说。"新的较小的 IC 尺寸的 DOC 范围为 0.020 至 0.190" (0.5 to 4.8 mm)。这些较小直径的刀具是小型高速加工中心的理想选择，但在大型机床上运行同样良好。较小的 IC 刀片和精密加工的座套是由英格索尔先进的冲压技术和精密加工而实现的"。

Fiorenza 指出，在新冠疫情爆发之后，在允许的情况下，工厂更愿意提供有关其具体加工应用的切割详细信息。根据他的经验，由于新冠疫情期间相关规定，客户变得更容易接受虚拟会议，因为他们有使用 Zoom、Microsoft Team 或其他虚拟通信的经验，在同一会议中，不同的团队成员可以与其他主要人员进行一对一地交谈。

"这种类型的沟通和切削刀具技术支持过程正被我们的客户越来越广泛地接受，他们需要以更清晰的方式传达和接收信息。能够实时进行虚拟(远程)互动，我们可以快速消化和更好地理解应用，并推荐解决方案。他说："这些虚拟会议也将有助于为随后的面对面会议奠定基础。

例如，英格索尔正在与一家大型制造商合作，该制造商多年来一直外包其模具加工。由于各种原因，该公司正在将工作带回内部，并通过其分销商联系到英格索尔，要求提供技术支持和培训。最初的电子邮件沟通建立了一个富有成效的虚拟会议时间，使其对所需的产品支持和培训类型有了清晰的认识。据 Fiorenza 说，结果是提供了有效的刀具选择，以及目前正在

进行为期一天的虚拟客户培训计划。

连接同类最佳产品

软件是建立更先进的模具制造工艺的关键工具，据位于旧金山的 Autodesk 公司产品管理 - 数字制造部主任 AI Whatmough 说。"在设计方面，我们有模拟类产品，如 Moldflow，也有制造类产品，如 FeatureCAM、PowerMill 和 PowerInspect。我把这些称为同类最佳的点解决方案。然后我们有一些产品，我称之为连接组织产品，如 Vault 和 PLM 以连接数据和流程，"Whatmough 说。

Autodesk 开发了 Fusion 360 平台，将其点解决方案中的技术集成到一起，使其能够在连接性工作流程中服务。"Whatmough 说："Fusion 360 可以配置在整个产品生态系统中进行无缝地协作。"这包括 PowerMill 的高级铣削功能，FeatureCAM 的自动加工功能，Moldflow 的模具模拟功能或 PowerInspect 的检测工作流程。这是一个将最好的设计、模拟和制造结合起来的平台。"

他指出，工程和设计之间总是存在着

一种健康的紧张关系。"如果不考虑如何制造它,你就无法真正设计出东西。同样重要的是,在制造产品时要理解为什么要以某种方式而设计它,"Whatmough说。"我们所做的很多事情是试图更好地促进这些学科之间的合作,以促进更紧密的工作关系。"

根据 Whatmough 的说法,使用 CAM 软件进行模具加工,如果没有一些几何形状的创建元素,你就无法进行编程,而这些几何形状是通过 CAD 的一个子程序而产生的。这可能是用于驱动刀具路径的曲面或制造过程的数字孪生模型的过程,能够确保安全和无碰撞的输出。他说,为了支持这项工作,制造专家应该有机会使用一套完整的建模工具。

"对于模具应用,我们的 PowerMill 客户希望在零件从机器上取下来之前就能确定它是一个好零件。他们希望拥有像 PowerInspect 这样的工具,"Whatmough 说。

如果一个零件有缺陷,必须在几何形状被锁定和刀具准备加工之前发现这个缺陷。Autodesk 公司表示,前期的模具模拟能够在加工过程中更早地发现问题,并进行制造可行性设计,因此需要成型的零件第一次就能正常工作,以避免产生昂贵的返工问题。

成型模拟帮助模具制造者和其他成型专业人员在设计过程的早期了解风险。它有助于在完全投入设计之前解决这些问题,为他们提供准确的数字原型解决方案,并将更好的产品更快地推向市场。Moldflow 仿真可以与其他仿真工具进行配对,包括机械应力、振动、运动、计算流体力学(CFD)和多物理学。

据 Whatmough 说,在机器上进行在线测量可能不能完全代替最终检测过程。然而,该检测设备确实有助于在加工过程的早期验证零件并节省了时间,否则,如果错误直到后来才被发现,就会造成彻底的浪费。

虽然更快、更好和更持久的机床代表了一种明显的改进,但"更有趣的趋势是多任务加工,"Whatmough 说。"对于模具制造,我们谈论的是这样一种情况:购买不包括探测功能的磨削机床变得不寻常。同样重要的是,如果今天购买一台车床而不带有一些实时工具,这似乎难以置信。鉴于此,如果不是完全的 B 轴铣削,而去购买没有探测功能的铣床似乎也很疯狂。"

他说,不久以前,这些都是工厂可能会猜测的选择。"这在很大程度上与技术的结合有关.....而这目前正成为一种常态。更不用说,似乎全国的每个车间都有五轴设备。"

进一步展望未来,结合增材制造和减材制造工艺的设备正变得越来越普遍。"这些和新兴的工艺使生成设计能够为冷却模具创建出之前只能用增材制造工艺来制造出的几何形状。"Whatmough 说。

www.autodesk.com

www.ingersoll-imc.com

www.iscar.com

www.siemens.com

精确的。

有力的。

生产性的。

kapp-niles.com



KAPP NILES

precision for motion



模座制造商使用靠模铣床和靠模磨床来完成精密孔加工，其圆度、垂直度和直线度的公差可小于 5 μ m。(图片由三井精机提供)

模具制造者利用先进的技术增强自身实力 Moldmakers Power Up With Advanced Tech

在模具制造中，时间就是金钱——这里有节省时间的方法。

含有型芯和型腔的复杂模具，在注塑、吹塑、玻璃成型或吹塑零件方面有精细的细节和苛刻的表面光洁度要求，在汽车、医疗、航空航天或消费产品中使用时需要高精度加工。为了有效地制造精确的模具，模具制造者对机器、切削刀具、CAM 编程和扫描检测方面的新技术有着更高的需求，以减少宝贵的时间。有时，这个时间尺度可能是数天。

下面的文章重点介绍当今简化模具制造的新技术。

所有模具都是不平等制造的

对于像加拿大魁北克省 Saint-

Romuald 的 Moulexpert 这样的工厂来说，满足客户对更快周转时间要求带来的压力尤其具有挑战性。该公司专门为食品包装行业生产薄壁、多腔注塑模具。为了扩大规模，该公司寻找精确、可重复和多功能的机床。

据该公司首席执行官 Steve Nadeau 称，将塑料注入薄型模具型腔比较困难，因为流道只有 0.0155" (0.38 mm) 宽。在塑料注射过程中，薄流道会在工具内产生巨大的压力。即使有一个好的模具设计，任何不均匀的壁厚都会影响模具。机床必须生产公差在 5 μ m 范围内的模具部件，Nadeau 说。

随着车间的进一步发展，Moulexpert 选择了伊利诺伊州林肯郡 GF 加工方案有限责任公司的高速、五轴 Mikron MILL P 800 U ST 机床。Mikron MILL P 800 U ST 机床的设计旨在圆形和其他具有挑战性的模腔部件上实现高去除率和高精度加工，它具有 800 公斤的零件工作台加工能力，在最小的空间里可以提供 Moulexpert 所需要的生产能力。

Mikron MILL P 800 U ST 机床铣削和车削的主轴转速为 20,000 转，液压系统可将其锁定在原地进行车削。这台新机器使该车间能够缩短交货时间并提高生产率，特别是用于圆形容器的薄壁模具加工。

"Nadeau 说："这台机器的紧凑型设计以及用于加工圆形容器的车削加工功能很重要。"此外，我们喜欢这台机器的多功能主轴，它允许我们可以在模具腔内进行钻孔和攻丝，然后进行粗车和精车加工，加工的公差在 5 μ m 以内。如果我们只购买了一台车床，我们就没有五轴能力，我们将不得不购买另外两台机器。"

此外，获得专利性的机器和主轴保护 (MSP) 系统在发生碰撞时能保护机器的主轴。该机器还具有自动托盘处理功能，而不限制其进入工作区中。

为了优化零件生产，机床的智能主轴监控系统 (ISM) 通过延长机床的工作寿命、提高零件质量和减少加工周期时间来帮助节省刀具成本。ISM 能够显示 X、Y 和 Z 方向的铣削振动，以实现工艺的优化。

靠模铣床完善了模具制造技术

当涉及到用于模具制造的机床时，"一刀切"是不行的。"三井精机美国公司 (位于新泽西州富兰克林湖) 副总裁 Tom Dolan 说："模具制造商不应该被迫购买封闭式加工解决方案，"他说，"我们的方法是为客户提供主轴技术、机床配置和轴驱动的选择。"

"[模具制造者]只有一次机会来制造完美的东西。[生产模具]的模腔数量现在开始成倍增加，有些甚至超过了 36、72

和 144。模腔的数量越多，制造过程的重复性要求就越强，因为所有的模腔都必须相同的，"Dolan 说。

"这些模具的最终用户，也就是我们客户的客户，在生产中遇到磨损时，都希望能加快维修或更换这些型腔的周转时间。因此，模具制造商需要能够提供准确的模具部件以作为备件。"

三井精机已经扩大了其靠模铣床生产线。"我们将模具视为一个系统，并特别迎合大中型模座、热流道板和大型部件加工，"Dolan 说，"镗床和铣床之间的差别是很大的。靠模铣床使模具制造商能够从单一的机床和单一的工件夹具系统中获得更多的东西，并能够设置和进行精密的镗孔工作，通过准确的定位和在精确的位置上生产圆形的直孔。此外，利用靠模铣床，模具制造商可以在同一部件上进行一般的铣削、攻丝、钻孔和其他操作，而无需更换机床或设置。"

三井精机靠模铣床的基础型号为 J1220，其 Y 轴和 X 轴的行程为 1,200 × 2,000mm。另外，行程为 1,200 × 3,000mm 的 J1230 可以处理更长的部件，而更大行程 1,600 × 2,500mm 的 J1625 设备可以容纳更大的板材和重量达 15,000-16,000 lb (6,804-7,257 kg) 的工件。

三井精机公司最近为中型模具领域推出了行程为 800 × 1200mm 的新型 PJ812

靠模铣床。小型底座和热流道板现在可以在同样的基本机器平台上进行制造，该平台将能够进行高速轮廓加工。据 Dolan 说，用于塑料注射成型、压铸成型、玻璃加工或硅加工这些类型部件的制造，也越来越多地留在了北美。三井精机靠模铣床的主轴转速为 10,000-25,000 rpm，或采用 HSK 100/50 锥度或 HSK 63/40 锥度的主轴锥度为 30,000 rpm。

"先进的主轴技术允许使用更大的立铣刀和面铣刀以用刀具的侧面进行加工，而不是像传统的镗床那样只是轴向加工刀具。靠模铣床还拥有各种大容量的换刀装置和明显更多设备内部工艺自动化，以进一步提高模具制造商的生产率，"Dolan 说

用于粗加工的快速进给铣刀

位于德克萨斯州阿灵顿的 Iscar Metals 公司继续扩充其适合模具制造的切削刀具系列。例如，LOGIQ4FEED 是一个小直径、快速进给的铣削刀具系列，其具有狭窄的、骨状的以及具有四个切削刃的双侧刀片。该系列是为粗加工而设计的，特别是在加工深腔时，比如通常在模具制造中出现的那些深腔。

骨型刀片有四个可转位切削刃。每个刃口包括两个刃口部分：一个主切削刃和一个次切削刃，这改善了斜面下铣的切削动作。刀具具有 17° 的切削刃角，采用渐



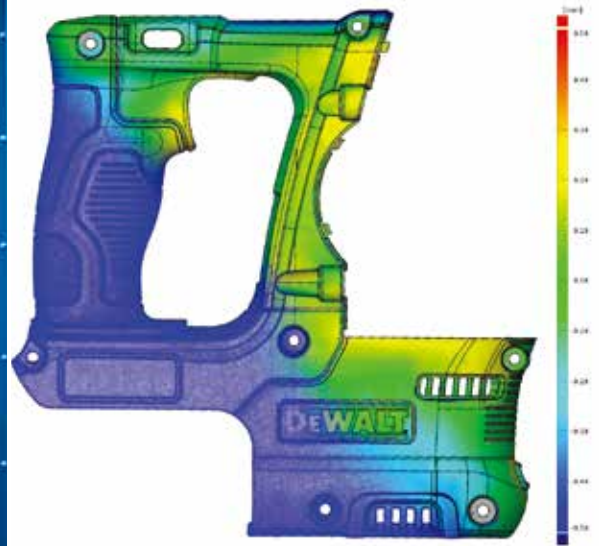
模具制造商 Moulexpert 选择了 Mikron MILL P 800 U ST 机床来实现 5 μ m 范围内的公差加工，这是对于加工包装行业的薄壁模具至关重要。(图片由 Moulexpert 和 GF 加工方案公司提供)



Iscar 公司的 LOGIQ4FEED 系列小直径快速进给铣刀具有狭窄的骨状双面刀片，其有四个切削刃，可以用于粗加工，特别是加工模具等深腔。(图片由美国 Iscar 公司提供)



用 ATOS 扫描仪自动扫描塑料部件。(图片由 Capture 3D 提供)



将零件的数字 3D 测量结果与 CAD 进行比较，并通过不同的颜色变化，显示出处于和超出公差区域。(图片由 Capture 3D 提供)

进式的切削几何形状，可减少切削力，实现平稳切削。

刀具直径范围从 0.500 " 到 2.00" (12.7- 50.8mm) 不等。刀片上的内置间隙可以允许所有四个刃口的使用，在靠近直壁、大型腔体或螺旋插补孔工作时，也不必担心刀具寿命降低。由于其 0.031" (0.79-mm) 的最大 Ap，具有最佳的转角半径和直壁能力，该刀片有时可以省去半精加工操作。它有四种切削刃的几何形状以及六个尺寸等级，为其应用带来了最大的多样性。

LOGIQ4FEED 狭窄的刀片设计带来了更高的齿密度，而刀体上较大的核心直径增加了额外的强度和刚性。刀体上都有直接对准切削刃的针孔，这些针孔通有冷剂剂，并且有抛光涂层，以提高其耐磨性和卓越的切屑流动性。Iscar 还在扩大其硬质合金立铣刀和 MULTI-MASTER 系列的应用范围，增加用于五轴轮廓铣加工的管状和透镜式刀具。

这些新形状刀具构成了一种新的切削刀具类别（混合型），在刀具的切削区中加入了更大的截断半径。这就减少了给定操作所需的切削和加工次数，从而减少了加工时间，并使加工表面比在类似切削条件下使用传统球头立铣刀时更加光滑。

据该公司称，这种新的刀具适合加工一系列包括钛、Inconel 和不锈钢等特殊材

料。这些新轮廓五轴刀具能够完美适配航空航天行业和能源行业部件（如叶盘、叶轮叶片和涡轮叶片）、医疗行业部件（如植入物、假肢和骨科）以及模具和模具制造部件（如模底、模芯和模腔铣削）。

当与能够识别混合切削刀具的现代 CAM 系统（如 Mastercam 和 hyperMILL）和五轴机床相结合时，这些新立铣刀有可能将半精加工和精加工应用的周期时间减少 50%，Iscar 说。

数据是质量和时间节约的关键

据位于密歇根州法明顿山的 Capture 3D 公司全国销售经理 Frank Stone 说，生产一个可接受的注塑或吹塑零件取决于模具的质量。"他说："使用计量级三维扫描仪的一大优势是模具制造商在设计和制造过程中获得大量的信息和反馈信息。"首先，你先对模具进行三维扫描，然后分析数据，对模具进行修正，这就是所谓的调校。公司的一个重要目标是减少调整循环或迭代的次数，以加快上市时间，同时减少浪费成本。下一个阶段是模具试加工，以确保刀具能正确地制造零件，"Stone 说。

3D 扫描技术有不同的名称，如光学测量机、白光或蓝光 3D 扫描仪、结构光 3D 扫描仪、非接触式 3D 扫描仪等。Capture 3D 的 ATOS 系列工业结构光蓝光 3D 扫描仪采用非接触式光学技术，通过

蓝色 LED 灯在一次快速扫描中捕获数百万个点。ATOS 系列被用于各个行业，用来测量不同的物体尺寸、表面处理和形状的复杂性。

"非接触式光学采集数据点与触觉采集的优势实际上是一个点的数量和密度问题，以及整个测量过程所需的时间，"Stone 说。ATOS 对一个体积区域进行全场扫描，每次扫描收集数百万个点，一次扫描可以快到 0.2 秒。使用接触式测量，在试模和修正过程中会涉及更多的步骤和编程时间。有了结构光技术，就不用担心是否有足够的数据来做出正确的决定。

公司正在将这项技术应用于从模具制造、模具流体模拟、试模到测量最终零件的各个过程中。"Stone 说："使用一个精确的、计量级的工业三维扫描仪，可以大大加快从模具设计到生产好零件的过程。

扫描一个工件所需的时间取决于其尺寸和复杂性。"我们扫描技术的一个优点是便携，可以带到车间的模具区。我们的结构光扫描仪可以在几分钟内从一个零件上捕捉到数百万个精确的数据点，"Stone 说。"而且，将这项技术自动化已经成为一种趋势，可以进一步提高产量、可重复性和生产率"。

基于三角测量的原理，ATOS 在零件表面投射出一个干涉图案，当图案在每次扫描过程中快速移动时，两台摄像机捕捉

到位移以计算出三维坐标测量。ATOS 的设置是最小的，因为它不需要专门的编程技能或高度精确的夹具。ATOS 通过快速扫描其点云中的整个物体，发现了偏离的、有问题的区域，而传统方法通常很难察觉这些问题。

然后，将这个物体几何形状的数字模型与 CAD 图纸进行比较，三维检测颜色图显示了一系列的颜色，并标记出超差位置。高质量数据的另一个优势是“模具指纹”的能力。通过三维扫描，用户可以在返工后实际扫描最终的模具，将数据进行数字存档，以便复制或修改用于未来加工的项目。Stone 说，这可以通过在 CAM 程序中运行扫描数据来实现。

CAM 软件创造了一个数字孪生

你可能会想到新冠疫情会对制造业的整个部分造成破坏，而且它确实如此。然而，一些公司，特别是那些具有强大数字影响力的公司，已经能够继续为其客户提

供高水平的支持。加利福尼亚州卡马里洛的 DP 技术公司是 ESPRIT CAM 软件的开发商，它能够调整其数字网络，继续向全国各地的客户提供直接支持，无论是机器编程、优化还是模拟。

据副总裁 Don Davies 介绍，ESPRIT CAM 软件可以创建所有类型机床的数字孪生，包括双主轴、双转塔、五轴车铣复合机、增材制造 / 减材制造混合机和瑞士式车床等，其中包括了用于模具制造的机器。ESPRIT 使用数控机床的数字孪生提供免编辑的 G 代码，包括零件设置、刀具组件和自动化。

“数字孪生能够在计算机中建立了一个机床的精确表示。我们的解决方案是让用户按一个按钮来创建代码，就像在电脑上按一个按钮来打印东西一样。这是一个很强大的节省时间的方法。没有必要来回编辑和重新编辑代码以获得正确的编程，”Davies 说。“机床制造商总是在不断推出新的机床。好的机床通常

可以使用 20 年，这就创造了一个时间窗口，在此期间，我们将通过控制和后处理来对其支持。”

DP 科技公司提供了临时许可证，使其客户能够在家和远离其生产设施的地方进行工作。“我们的数字支持网络使我们相当容易转移到在线培训和咨询当中，”Davies 说。“不难想象，向一家公司的提供多人培训，或者多家公司在同一时区参与培训。我们不认为面对面的会议在未来会被取代，但就目前而言，像 IMTS 和智能制造公司这样的旅行以及培训活动肯定会被错过，因为它们是我们整体业务动态的一个重要组成部分。”

Davies 认为，随着我们进入 CAM 的未来，它将被数字和虚拟所主导——CAM 将与机床融为“一体”。

- www.capture3d.com
- www.espritle.com
- www.iscarmetals.com
- www.mitsuiiseiki.com

铝热成形的可扩展生产解决方案

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



APT
AUTOMATION · PRESSES · TOOLING
APTGROUP.COM

刀具制造商通过精密磨削 向医疗刀具领域发展

Tool Manufacturer Grows Into Medical Tools via Precision Grinding

公司往往会因为专业化而获得成功。康涅狄格州 Berlin 市的 Alden Tool 公司也是如此。这家有 74 年历史的公司在外科医疗市场上找到了自己的位置。30 多年来，该公司通过对专业技术的精研，满足了市场对整形外科、脊柱外科、颌面外科和颅骨外科专业中，手术切削工具、器械和部件的独特要求。

与其他合同制造商一样，Alden Tool 公司的生产是小批量、高混合、工程化、定制化的骨科手术钻头、丝锥和铰刀。Alden 公司不提供产品价格目录，每件刀具都是定制设计的。“我们可能为某一特定类型的新手术提供 50 个独特的钻头。” 合伙人兼首席执行官 John Killeen 说，“按照客户的设计图生产。通常这些医疗设备

公司在设计植体方面非常出色，但他们在切削工具方面却没有太多的经验。”

这是，Alden 会与客户会面，并通过设计制造过程，以有竞争力的价格提供最好的工具。Killeen 说：“钻头不只是简单的钻头，每个客户都有自己不同的偏向，这就会使他们的产品与众不同。”

他指出，他的客户主要是设备 OEM 商。一旦与某一特定的 OEM 商建立合作关系，这些终端客户往往会坚持与其合作很长时间，从而也推动了这些 OEM 商与 Alden 合作。精度和配合是关键。它必须保证 100% 的正确。

Alden 的解决方案还必须具备成本效益。根据设计图进行加工的一个重大挑战是，像今天大多数数控加工一样，Alden 将收到所需刀具的 CAD 模型。然而，“大多数的 CAD 软件都不是为切削工具行业量身定做的。” Killeen 说。他还表示，再加上大多数工程和技术学校没有数控机床和刀具磨削方面的培训，制造切削刀具的挑战就更大了。现在市场上，设计工具和专业知识都非常缺乏。

这也就是 Alden 的工具磨床供应商、位于伊利诺伊州 Mundelein 的 Rollomatic 公司所看见的市场切入点。Alden 有六台用于制造这些刀具的磨床，分别源自 Rollomatic 六轴磨床中的三个型号——GrindSmart 628XS、629XS 和 630XS。“在许多方面，数控刀具磨床是一种商品。许多供应商都可以提供一个可用的设备，但 Rollomatic 在专门从事医疗设备领域使用的小型产品方面做得很好。” Killeen 说。也许有更大范围或更大马力的磨床，但 Rollomatic 的精密机器，加上专家的服务，在市场上找到了一个准确的切入点，Alden 从中受益颇丰，对 Alden 来说，Rollomatic 提供的不仅仅是磨床。

例如，Rollomatic 提供的软件有助于解决将 CAD 模型转换为精密刀具磨削程序的难题。VirtualGrind Pro 是所有 Rollomatic GrindSmart 五轴和六轴数控磨床的配套软件。Killeen 说：“当他们对软件进行修改时，对客户是非常透明的。



在 Alden Tool 公司使用 Rollomatic GrindSmart 630XS 对医用钻头进行刃磨。（图片由 Alden Tool 公司提供）



一些在 Rollomatic 刀具磨床上生产的医疗设备。（图片由 Rollomatic 公司提供）



Alden Tool 的一台 Rollomatic GrindSmart 630XS 机器的装载区的侧视图。（图片由 Alden Tool 公司提供）

他们可以让你了解其中的改进，并使你的机器始终保持最新。” Rollomatic 表示，所有的软件更新在机器的生命周期内都是免费的。

有一些功能值得注意，包括软件附带的 70 个实例库，该功能能够帮助 Alden 这样的用户创建现有模型的变体。作业管理器功能帮助从空白生成一系列具有不同几何形状的刀具。路径和操作可作为函数进行编辑。同样重要的是，该软件集成了自动补偿功能，能够在加工过程中进行测量，实现生产过程的无人值守。

由于编程是离线的，所以当 Alden 公司的工程师在设置下一项工作时，实际的磨床可以继续制造零件，并产生价值。Killeen 说：“我们发现，该设备有一个非常实用的功能，能够模拟实际的最终产品是什么样子，并将其展示给我们的客户。当你模拟它时，你经常会发现它看起来不太对，或者有些地方不对劲。而我们能够在零件进入机器之前提供这种反馈，所以我们消除了大量的停机时间。脱机编程的能力使我们在开始之前就能接近净形状，消除了直接在机器上编程所需的时间。”他还表示，该功能帮助我们在进行试加工阶段就更接近于最终产品，通常在加工时，我们只需要进行一些简单地调整。

并不是运气使 Rollomatic 成为 Alden 的首选刀具磨床。Rollomatic 公司总裁 Eric Schwarzenbach 说：“90 年代初，医疗公司找到我们，希望我们帮助研磨外科刀具。”骨科手术中的钻头往往又长又细，而且是由不锈钢制成。这与其他工业应用中用硬质合金或钨合金制成的相对“短而胖”的钻头有很大的不同。

Schwarzenbach 说：“这给工件夹具和我们的刀具所使用的磨削类型带来了挑战。有时它们在磨削过程中的跳动比你在工业钻头中看到的还要大。医学界需要找到一种解决方案，以便首先将这些又长又薄的部件固定在工件夹具上进行磨削，并获得一致的结果。同时还需要一种自动化解决方案，以便在任何操作人员干预的情况下，通过无人值守的方式对这些部件进行装载和卸载。”由于细长不锈钢刀具往往很脆弱，因此在磨削过程中的任何偏移都会导致尺寸的不一致。光洁度也非常关键，糟糕的光洁度会产生额外的热量，Schwarzenbach 说：“在骨科手术中，任何超过 10° C (50° F) 的工具都会对骨的结构产生负面影响。”

Schwarzenbach 说，Rollomatic 开发的解决方案集中在工件装夹方面，使用精心选择的夹头来驱动刀具到 V 型块，以保持稳定的同心度，并在磨削过程中牢牢地抓住零件。他说“当 Alden 来找我们时，我们有一个现成的解决方案，Alden 就利用了这个方案。”

不过，Alden 公司在选择工具磨床供应商时，不仅仅只看技术和现成的解决方案，还要考虑其他的因素。“我们决定选择 Rollomatic 的真正原因之一是该公司的员工。” Killeen 说。有许多有能力的精密刀具磨床供应商，他还指出：“在我们看来，Rollomatic 与其他一些制造商的区别在于他们的员工。我们觉得，Eric Schwarzenbach 和他的团队，在真正致力于帮助他们的客户获得成功。”

www.aldentool.com

新的数据采集技术确保了速度、准确性、可扩展性和安全性

New Data Collection Technology Ensures Speed, Accuracy, Scalability and Security

在赛车领域，时间和准确性是紧密相连的，其计时单位通常是秒。北卡罗来纳州 Mooresville 的 Roush Yates Engines (RYE) 及其制造部门 Roush Yates Manufacturing Solutions (RYMS) 以这一信条为基础，反过来又影响了它如何以最佳方式评估和使用技术，最终实现其世界级的制造水准。因此，当 RYE 探索如何提高其测量数据的准确性、完整性和产量时，该公司决定部署 DataSure 4.0 (一种由马萨诸塞州阿托尔的 L.S. Starrett 公司开发的数据采集解决方案)。究其原因，请参考下文分析。

RYE 是 Ford Performance 公司在 NASCAR 顶级赛事中的独家发动机制造商，包括 NASCAR 杯、Xfinity 系列赛，以及 IMSA 米其林飞行员挑战赛。此外，RYMS 还是一家数控零件制造机构，该公司非常擅长于用多轴机床加工复杂的金属和塑料零部件。RYMS 生产的零部件不仅囊括了 Ford FR9 V8 NASCAR 计划、Ford Mustang 5.2L V8 和其他赛车，还广泛应用于航空航天、国防和其他行业中。

RYMS 的质量管理体系通过了 AS9100 Rev D 和 ISO 9001 认证，并符合国际军火交易 (International Traffic in Arms, ITAR) 和网络安全成熟度模型认证 (Cybersecurity Maturity Model Certification, CMMC)。

为了帮助实现其业绩和公司目标，RYE 选择了 Starrett 测量工具和计量系统，以确保其设计的产品能够达到工程预期和要求的水平。赛车运动、国防、航空航天和医疗制造需要严格的标准，以实现稳定的质量。再加上对高性能和可靠部件的复杂要求，也提升了人们对测试和测量技术的依赖。

RYE 有两个质量实验室，用于一系列的零件测量，以及为客户提供汽车发动机的相关技术支持。

数据的完整性是保证制造准确的必要因素。如果从量具中获取的测量数据传输或记录不正确，就可能会发生一些问题。例如说零件报废，产品性能降低，人员受伤，设备运行中断，而且会需要花更多的时间来手动记录数据，这也会进一步增加出错的可能性。此外，如果没有一个可靠的自动化系统，任何数据都不能被正式记录或验证为 SPC，也不能根据客户的要求进行追踪——该系统可以记录测量数据以满足工业 4.0 水平的制造，并使其可与其他工厂数据进行整合。

了解到了这一点以后，并处于对数据完整性的需要，RYE 与 Starrett 一起审查了其检测和数据采集过程，Starrett 是一家为质量控制测量应用提供数据采集系统的开发商。Starrett 分析了传统的 RYE 数据采集过程，并确定 RYE 将受益于最新的数据采集技术，即该公司的其 DataSure

4.0 (DS4) 系统。

“我们一直在寻找改进和加快数据采集过程的方法。” RYE 公司的质量控制技术员 / 程序员和自动化负责人 Alex Marothy 说，“机械员和操作员手动记录数据，并人为的将其录入电子表格，这不仅要花大量的时间，还有可能产生错误，因为人工操作具有误读或者误记的可能。”

为了向可靠、无缝的数字自动化迁移，并在整个设施中更有效地利用其数据，RYE 向 Starrett 伸出了橄榄枝，表示将在 2020 年中期启动 DS4。RYE 选择循序渐进地实施 DS4，第一项应用是为发动机检查夹具中的多种数字指示器。

RYE 公司战略合作与营销副总裁 Todd English 说：“DataSure 4.0 (DS4) 无线系统能够帮助我们在生产车间通过过程检测收集数据，因此我们想从小处着手，验证结果，并在我们的团队中树立信心。”

RYE 在 Mooresville 有两个 80,000 平方英尺 (7,432 平方米) 的生产车间，DS4 则应用在一个 40,000 平方英尺 (3,716



来自固定式数字指示器支架的摇臂轴测量数据被传送到笔记本电脑 (左) 或在工厂对面 200 英尺 (61 米) 处的检查员 (右) 手中。



在 RYE 的两个 80,000 平方英尺 (7,432 平方米) 的世界级生产车间中，有一个 200 英尺长的数控加工区，其中部署了 Starrett DataSure 4.0。

平方米) 的数控加工区中，数据传输距离约为 200 英尺 (61 米)。在这个区域，至少有 15 台数控机床，所以噪音和信号无处不在，但尽管距离很远，而且可能存在环境干扰，DS4 仍旧能够通过远程网关和天线进行信号传输。

Marothy 描述了在发动机夹具系统上部署 DS4 的计划的发展史。“以前，工程师们使用的是一个带有 8 个拨号的指示器夹具系统。新的计划是利用八个 Starrett W2900-01 电子数字指示器以及 DS4，以便将这两个数值归属并组织到该特定的指示器上，以简化数据输入和审查。”

将 DS4 应用于发动机夹具的结果令人印象深刻。“与我们以前的方法相比，我们大幅提高了数据采集的准确性和效率，更重要的是，数据是以数字方式传输的。” Marothy 说，“DS4 系统有效地消除了手写量具读数和将数值转录到电子表格中的步骤。”

RYE 还通过确定每次测量可节省多少秒来评估 DS4 节约了多少劳动力。Marothy 说：“我们发现，DS4 每次测量可节省 8 至 10 秒，而我们每天要进行几千次测量，因此每天可节省 7 个多小时的劳动力。” RYMS 的生产经理 Jennifer LaFever 还指出了其他与系统有关的好处：“我们在 RYE 通过 Kaizen 计划进行持续改进，而在 DS4 的帮助下，我们在改进中

变得更快、更准确、更有效。”

DS4 采用最新的无线网络技术，该技术利用短波无线电频率将手机、电脑和无线电子设备互连起来，实现了更快的速度、更大的带宽、更远的距离，和更高的数据吞吐量。据 Starrett 称，DS4 的传输范围能够达到几百码到一英里，是市场上任何数据采集系统的 10 到 20 倍，这对于大型生产作业或多设施协同工作都是非常理想的选择。

DS4 具有更高的比特率和高速连接，数据传输时间不到 50 毫秒，并且具有超低延迟的网络，即使在满负荷工作的情况下，也能无延迟地处理大量数据。DS4 的用户可以使用多个远程网关和中继器，作为数据采集的中心点或分布点，而传统系统则只有一个网关。

DS4 建立在一个安全、专有的无线平台上。传输的数据采用多层方法进行加密，无论是被动还是主动，均能防止外界对数据的访问。“我们将我们网络中的物理部分数据置于严格的安全之下，以满足 CMMC 和 ITAR 的要求，我们完全相信 DS4 符合标准。” LaFever 说。

通过 DS4，可以根据简单或复杂的情况配置新的网络拓扑结构，也可以利用分布式远程网关。数据从内置无线电发射器或外部安装的终端节点的量具传输到网关，并可在安卓、iOS 移动平台

和基于 Windows 的电脑上对其进行处理，其中包括笔记本电脑、台式电脑、瘦客户机和服务器。DS4 中继器和桥接器组件可直接连接到 PLC 和其他高速串行自动化设备，用于实时数据采集或远程机器操作。

DS4 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，并可与具有无线功能的量具一起使用，如 Starrett W798 卡尺、W733.1 千分尺和 W2900 指示器。如果您在量具上安装了 Starrett DataSure 外部终端节点，它还可以通过 Starrett 和其他工具制造商的电子量具兼容。

在意识到 DS4 对其生产运营的积极影响后，RYE 对数据采集有了更宏大的计划。English 说：“最终，我们希望进一步利用 DS4，将其整合到我们的 ERP 系统中，形成一个完整的端到端数据解决方案，帮助我们的组织更积极地走向工业 4.0 数字工厂”。RYMS 还将把 DS4 扩展到其他行业的应用中，特别是航空航天、医疗和国防领域，在他们数控加工的所有操作中，均能够看到 DS4 系统的身影。

RYE 如何知道 DS4 何时在企业中发挥其最大潜力？Marothy 说：“这一切都体现在了赛道内和赛道外的胜利当中。”

www.roushyatesmfg.com

www.starrett.com

在墨西哥，让人工智能“人尽其才”

Using AI to Bring Out the Best in People, in Mexico

制造业有很多炒的热火朝天的概念——机器人、协作机器人、增材制造、智能设备、传感器，等等。而传统的投资回报率模型总是围绕着这样的想法，即降低人工等于节约费用。

直接用自动化代替劳工已经成为了共识，因为大多数制造商都认为这是提高生产力的主要途径。人类已经无法被优化，我们已经从人类身上榨干了一切，无法获得更高的效率，也无法进行进一步改进了。

我保证，这一观点不仅过时，而且还会使制造商处于严重的竞争劣势中。

那么，你如何从装配线上的人类那里获得更多的效率？与人合作的人工智能可以帮你实现这一切。

在制造业中，公司使用人工智能来强化劳工，该技术能够在正确的时间向正确的人提供分析和洞察力，以改善决策。

想象一下，你在生产线上工作，错过了散热器盖上的第二个螺丝，平板电脑显示了一个提醒，提醒你仔细检查你的工作。或者说，你是一名质量工程师，试图确定在数以千计的批次中哪些设备需要报废。如果你能进行即时的、基于视频的、根本原因的分析，并通过序列号缩小有缺陷的确切单位，那会怎样？

人工智能在行动： 墨西哥的一个案例

为了更好地说明这一点，我想分享我们的一个客户，一家一级汽车供应商在墨西哥 Guadalajara 工厂的经验。作为一家精益制造商，该客户非常重视标准化。但是，每个班长都必须监控两到四条生产线，而且他们要花很多时间走来走去。即使是最勤奋的人，他们也一定在标准化工作中产生偏差。

他们部署了流媒体直播，并从每个站点记录视频。因此，他们能够更快、更准确地发现不遵守规定的情况。这种专注于推动标准化的做法将这些生产线的缺陷率降低了 30%，并在 12 周内为每个缺陷平均节省了 10,000 美元。

该公司还进行了一次优化。但由于它有人工智能自动生成的周期时间数据，使得它能够在不干扰工厂车间活动或需要工业工程师专门的数据收集时间的情况下，进行超过 1000 个周期的数据采集。

该团队利用这些数据确定了将效率提高了 11%，废品率降低了 15%，并通过这一方法提高了效率标准。最重要的是，这次优化相比于传统优化，时间缩短了 50%。



Prasad Akella, Founder and CEO
www.drishti.com

真正激励我的是客户团队的反馈。当人工智能首次部署时，生产线上的员工会对此感到紧张，因为他们觉得这是在被监视下进行工作。

一旦他们看到 Drishti 在运行，并且能够使用所提供的分析和洞察力来改善他们自己的工作，并帮助他们改进整个系统的流程时，他们立即看到了人工智能所带来的新的可能性，并开始对该系统进行创新。

从领导团队到工厂经理，再到生产线上的员工，很快就明白了，工厂里的人工智能是一个神奇的解决方案，可以帮助人类工人取得更大的成功；在人加机器的情况下，人工智能增强了人类工人的能力，而不是取代了他们。

解决复合材料自动化的巨大需求

Addressing Great Need for Automation of Composites

在不久的将来，航空航天业正在为其生产能力的巨大需求做准备。在新冠肺炎爆发之前，波音和空客估计，未来 20 年将需要 4 万架商用飞机（相比之下，目前约有 2.5 万架在役）。美国军方也在研究寿命有限、成本极低的无人机蜂群概念。最后，第一批空中出租车预计将于 2023 年投入使用。所有这些概念都需要大量使用复合材料来满足其范围和速度的要求，这

将挑战当今的工业基础。

如今，复合材料工业的基础是手工铺层或现有的自动化铺层机器，机器利用率只有 20% - 50%。它仍然是模拟多于数字。许多公司都在尝试数字技术来解决特定的痛点，比如资产追踪，但很少有制造商拥有真正的企业级工业 4.0 环境。

为了实现未来飞机的产量，航空工业必须进行状态变化。首先，复合材料的

自动化必须是实现即将到来的生产高潮的主要组成部分。如果操作得当，自动化将减轻对大量资本投资的需求，并减少制造飞机所需的新技术工人数量。其次，复合材料行业需要引入工业 4.0 概念，从制造和组装过程产生的数据中获得可操作的见解。为实现航空航天复合材料生产自动化和工业 4.0 未来研究的关键点包括：

- 生产科学化工具

未来状态：制造大众化工具的整套设计，可以根据制造生命周期中的某个点，连贯地评估贸易空间。

潜在解决方案：集成 AI/ 机器学习、自动化、数据、分析、制造和产品。使用一个集成的、基于计算机的系统，包括仿真、3D 可视化、分析和协作工具，开发整个制造过程的虚拟表现形式。

• 低成本且灵活的制造加工

未来状态：对低成本制造工艺能力的全面理解。设计受确定的过程所限，减少 50% 的设计周期时间。可以快速重新配置的生产线，以满足激增的需求和各种产品组合。

潜在的解决方案：下一代自动化。改

进使用自动化纤维铺设 / 自动化丝束铺设设备。用于复杂形状零件（热固性和热塑性）的手工铺层和成形的机器人解决方案。协作机器人。能够重新编程或重新使用以集成到另一个系统中的灵活的机器人系统。

• 检测

未来状态：我们希望无干扰的在线传感器，以及适用于生产和使用条件的检测替代方案。

潜在解决方案：从检查转向测量。这就要求制造仿真和在线测量，以及在役结构仿真和测量水平足以满足监管要求。使用工业 4.0 工具来提供对零件或装配状态的理解，而不仅仅是跟踪它们。

SME 已经启动了复合材料自动化技术



John D. Russell
Chief, Structures Technology Branch,
Aerospace, Systems Directorate
Air Force Research Laboratory

社区来解决这些需求。我是技术社区的一员，非常欢迎大家就此提供意见。

利用 AI 和 RPA 提高企业复原力 Spirit AeroSystems Getting More Resilient With AI, RPA

工艺和通信方面的技术进步已经重塑了制造业。现在，该行业发展最快的公司正在利用新的人工智能（AI）、区块链和物联网（IoT）解决方案来改造供应链、运输和物流。消除对纸质表格的依赖提高了整个供应链的透明度，并降低了潜在错误和延误的发生概率。

传统上，全球公司的供应链设计都是基于材料自由流动的假设，能够让他们在全球最低成本的地方采购、生产和分销产品。但是，延迟交付发生了。而且，由于 COVID-19 的出现，我们自二战以来第一次看到了对供应和需求的冲击。

为了应对这种破坏，企业正在拥抱人工智能和业务平台，新的智能工作流程在规模上提供了特殊的结果。包括制造和执行在内的整个价值链都存在变革的机会。这项技术越来越多地被应用于制造业，以应对跟踪产品物流和从许多供应商处采购的挑战。

Spirit AeroSystems 就是一个很好的例子。该公司通过许多试点项目，改造了其制造和供应链运营，以削减成本，提升影响力和用户体验。该公司决定将人工智能和机器学习应用于其工厂车间中，通过 IBM 的 Watson IoT、Watson 供应链洞察力、动态库存优化解决方案、RFID 和供

应链控制塔（所有这些都上在 IBM 云上），优化其供应链。

新的数字跟踪系统用基于计算机的跟踪、监控和警报取代了依赖电话、电子邮件和当面讨论的过时方案。

总部设在 Kansas 州的 Spirit 公司提高了对其数千家供应商的零件生产、状态和库存的可视性，并期望以此大幅提高业绩和工厂健康状况。

IBM 能够帮助 Spirit 公司提高生产效率、质量和安全。本公司还注意到，由于创建了智能工作流程，释放了员工的时间，因此提高了员工的生产力。由于增加了灵活的劳动力，该制造商又进一步提高了业务的连续性。

快速评估能够帮助公司规划分析供应链的近期、中期和长期能力，从而缓解眼前的压力，并积极主动地驾驭全球和地方的干扰。通过人工智能能够对此迅速做出应对，从而为环节巨大的供应链压力提供即时价值。

大量的外部数据现在可以在几秒钟内被处理，以提供前所未有的洞察力。例如，天气预报就是一个很好的例子，它展示了人工智能解决方案如何在基于人类的分析不足的地方提供洞察力。当与其他行业、位置和新闻数据相结合时，



Jonathan Wright, Managing Partner and
Service Line Leader, IBM Services
www.ibm.com/services

人们就可以对物流做出分析，即供应商可以直观地看到从一个零件的原产地到目的地的可能路径，为任何可能的延误提供评估。基于人工智能的预测分析在更短的时间内提供更好的准确性和功能，基于人工智能的平台在整个交付周期内审查数以千计的天气和物流途经点，从而在推荐解决方案之前自动检查库存、合作伙伴库存和其他供应商，最终减少延误。

对供应链的全面可视性需要数月的数据收集，每个公司都有自己的学习曲线。但是，随着技术改进的加快和更多的合作伙伴进入这个系统，这条路会变得更加容易，而且会更快开花结果。

将 AI 和机器人技术与多种检测系统搭配使用

Pairing AI and Robotics with Multiple Inspection Systems



Ramy Harik
Mechanical engineering
professor,
University of South
Carolina
www.cec.sc.edu

人工纠错的日子早已过去。作为今天的工程师，我们有机会获得其他任何一代人都无法想象的智能技术。

如果配置和应用得当，我们有能力利用人工智能（AI）和机器人技术，与多个检测系统相结合，高效地创造出无瑕疵的产品。

现在的工厂中，必须得具有多个配备人工智能和机器人技术的检测系统，因为这样才能实现高质量的生产，并通过使用检测数据，在未来实现更智能的制造过程。

几个检测系统可以从各种来源收集足够的检测数据，并捕获准确度达到 99.99% 的检测数据。

检测和返工往往都会为生产系统带来最高的成本。

因此，通过拥有这样一个创新性的系统，我们将大大增加产量并减少停机时间。

在多重检测系中，包含了一条先进的机器人手，该机器人手除了常规的机器人数据指标外，还增加了跟踪滑移、温度和视觉的传感器。

制造商还可以在外围配备集成了视觉系统的无人机，该无人机还可选装基于常规和热图的多跟踪相机系统。

这三种类型的检测形成了一个综合的智能检查系统，可以分析制造事件，类似于自动驾驶汽车分析路况的方式，以告知制造系统需要的反应，确保不受影响和不间断的生产。

然后，通过融合这些所采集的数据，使用基于知识 / 语义的人工智能技术来标记异常情况，提出潜在的修正方案，并从以前获得的数据修正方案的档案中进行检索。

然后，这些数据也被用来增强学习数据库，以支持未来的修正方案。

我们可以想象，根据给定的传感指标，可以对无人机发号动态命令，使其检查某些程序。

机器人 / 无人机和人工智能 / 机器学习的融合是成功的关键，这能够利用创新系统来提高生产力和降低成本。

这种多重检测系统的概念已经在 University of South Carolina 的未来工厂（Future Factories）实验室中得到应用和实施。

“如果配置和应用得当，我们有能力利用人工智能（AI）和机器人技术，与多个检测系统相结合，高效地创造出无瑕疵的产品。”

该实验室模拟了一个未来制造业的环境。该系统被用来模拟火箭部件的自动装配（这也代表我们在下个世纪建造火箭的方式）。

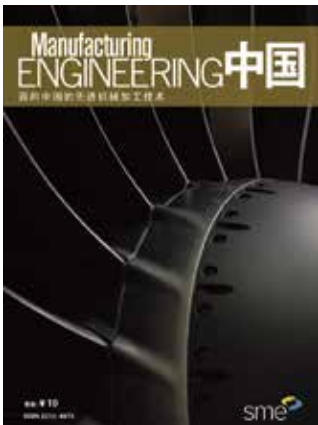
它配备了大量的传感器，这些传感器与算法集成在一起，可以实时为制造系统提供克服当前故障的方案。

这样一个综合检测系统可以用来促进离散和连续制造环境中的生产。

我们目前正在评估这个系统在汽车和药品制造业中的实施情况。

目前实验室中的研究将我们引向一个更全面的检测系统，该系统与人工智能技术无缝集成，以预测、监测、评估和控制生产系统。

这项工作正在为未来的工厂奠定基础。



“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。



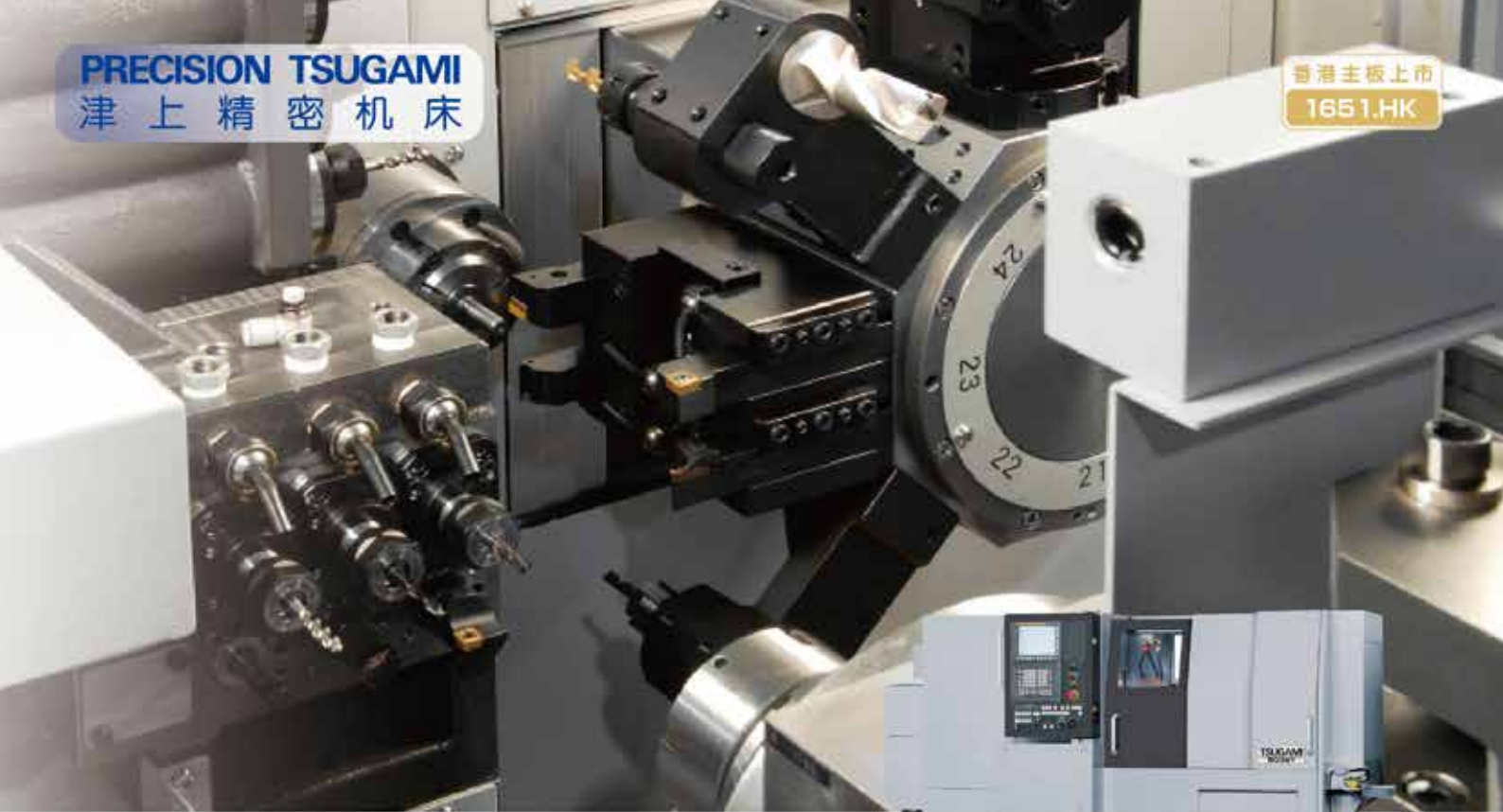
性能与可靠性 —— 二者兼顾，与众不同。

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



带刀塔走心机 3系统控制、粗精车同步加工



CNC精密自动车床
B038T

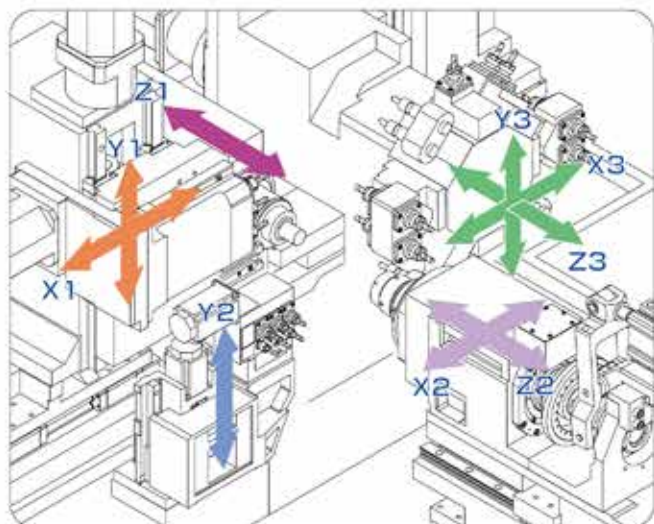


液压阀座（液压行业）
尺寸：φ30×L60mm
材质：SUS316L



偏心转轴（气动行业）
尺寸：φ30×L45mm
材质：40CrWMOA

项目		规格
夹持棒材直径		φ8~φ38mm
最大加工长度		250mm
主轴转速		200~5,000min ⁻¹
背轴转速		200~7,000min ⁻¹
刀具尺寸	刀塔	20mm×20mm×125mm
	前刀台	16mm×16mm×125mm
主轴电机		7.5/11kW
机器重量		6,200kg
长×宽×高		3,427×1,875×1,790mm



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