

Manufacturing[®] ENGINEERING 中国

面向中国的先进机械加工技术

2021.11

航空航天制造
AEROSPACE MANUFACTURING

刀具及夹具
TOOLING & WORKHOLDING
测量
METROLOGY

售价: ¥10

ISSN 2313-6073

sme 

Mazak

Your Partner for Innovation



微信



网站

山崎马扎克(中国)有限公司
地址:上海市闵行区金都路5131号
销售咨询:021-54832988
总机:021-54832688
网址:www.mazak.com.cn

全国统一免费服务热线

400-888-0266

AMAZING

PRODUCTIVITY



NEOGUN
INDEXABLE GUNDRILL

可换头式枪钻

可换头式枪钻, 无需对刀。
最小化停机时间, 实现高生产率,
获取出色的加工表面质量。

快换刀头,
最小化
停机时间



支撑块



导向块

直径范围为8-12 mm
将刀片安装于钻杆
简便, 易于操作

适用于在所有类型的
机床上, 执行旋转及
非旋转加工作业



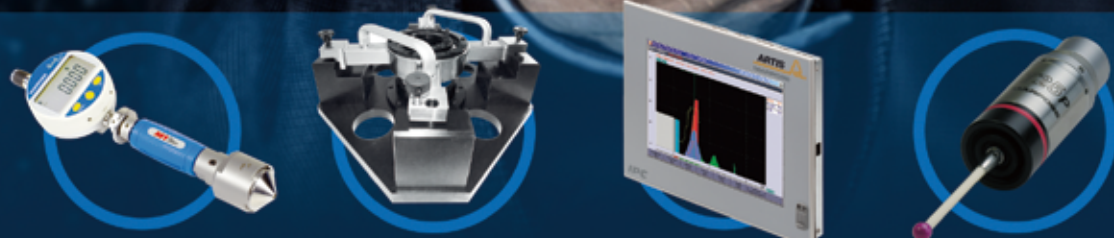
MARPOSS AEROSPACE YOUR WORK IN GOOD HANDS

MRO 工具

机身框架

过程监控系统

检验夹具



一个合同伙伴 · 多种解决方案

马波斯公司为航空业生产用于MRO、飞机发动机零件尺寸检测、装配工具及加工监控系统。在过去的几十年里，马波斯向全世界各大航空企业供应数以千计的量具夹具以及工具。目前马波斯在墨西哥、中国和美国的工厂专业生产航空业用检测工具。



MARPOSS

www.marposs.com



2021.11



关于封面图片：ZAL技术中心占地280,000平方英尺（26,012平方米），足以容纳研发项目中所用的实际飞机机身。



先进制造 Advanced Manufacturing Now

- 4 从旧设备中获取生产数据
- 6 使齿轮加工变得简单：TNC循环研磨
- 7 协作机器人本身是安全的吗？
- 8 紧固件制造商降低了50%的能耗

航空航天制造 Aerospace Manufacturing

- 10 大规模制造的技术路线图
PrecisionPath Consortium 报告详述了计量学未来的挑战和愿景。
- 14 加拿大工厂利用Zimmermann铣床发展壮大
Service Mold + Aerospace公司已成为一个定制零件的合同供应商。
- 16 迎接喷气发动机叶片生产的挑战
- 18 效率和速度使Kencoa Aerospace问鼎世界一流制造水平
高速粗加工刀具路径和CATIA插件有助于缩短编程时间。
- 20 A&D公司将努力关注5G
- 22 激光在航空航天领域的多用途
可用于模板制作、机加工、烧结和AM。

刀具及夹具 Tooling & Workholding

- 26 紧紧夹住
先进的工装夹具系统
- 30 不可替代的可换式刀具（模块化刀具）
与一体化刀具相比，模块化装置通常更具有灵活性和成本效益。

测量 Metrology

- 36 制造业中的结构化视觉
供应商正在提供各种传感器以满足行业用户的需求和预算。
随着价格的下降和生产能力的增长，问题是下一个最佳应用是什么？
- 40 随时随地的测量
计量技术公司正在成为应急计划的大师——服务于户外生产。
- 44 测量的准确性：你需要了解什么
看看测量精度不断变化的含义，以及公布的精度标准如何帮助您评估计量设备——但这只是在一定程度上。

生产解决方案 Shop Solutions

- 50 MTU航空集团实现涡轮叶片生产自动化
- 52 链条制造商改用金属芯焊丝提高了效率和质量

行业之声 View Points

- 56 选择机器人时要牢记人的因素

Manufacturing
ENGINEERING 中国

Industrial Communications Group Ltd.

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

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

订阅期刊 Subscription: subs@icgl.com.hk

广告业务 Advertising:

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

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

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

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

从旧设备中获取生产数据

Acquiring Production Data From Legacy Equipment



Rick Lees
Director of Technical
Operations
Excellerant

制造商通过数字生产数据和分析做出战略和运营的决策，这些数字生产数据和分析包括从零件数和生产速度到机器状况和警报状态等方面的信息。

将生产车间直接与工厂的企业资源规划（ERP）系统和管理团队相连接，可以提高价值的信息。然而，当一个车间在混合使用新的和旧的机器时，同时一起使用这些数据可能是非常困难的。在那些拥有内置传感器和连接的新设备上收集数据通常是一项简单、即插即用的任务，但在旧机器上通常缺乏能够与新设备提供一致且可比较数据的技术。因此，车间往往默认一种并不统一的方法，一方面使用及时的数字信息，而另一方面却使用人工来记录那些往往延迟且不准确的信息。

现代化的分析方式

对制造商来说，处理来自尽可能多的设备数据是至关重要的，包括那些新的和旧的机器。那些来自旧机器的数据可以帮助建立一个完整的生产场面。

一个关键的步骤是要确定一个车间需要什么样的数据。现代机床提供了大量的信息，而传统机床所需要的信息可能少很多，其中重要的数据可能只包括一两个因素。当制造商从传统机床中收集信息时，必须计算投资回报率。

当一个车间确定它需要什么数据时，它就必须检查设备的控制和工程类文件，以了解如何安置访问代表数据的信号的输入和输出设备。

即便如此，一个工厂内设备之间的数据格式和通信差异也会阻碍信息的顺利获取。一个解决方案是采用应用编程接口（API），它可以解码各种数据格式以获取生产数据。

其中一个例子是 Excellerant API。该服务器集中式通信平台可识别 MTConnect、FANUC

Focas、OPC-UA、Haas MNET Q-Code 和其他设备控制的连接协议，它还能与传统的数控机床进行通信。安装在每台机床上的 API 设备都可以接受信号，并将其输送到服务器上。制造商可以连接其所有的数控机床和控制器——无论它的品牌或年龄——并实时监控每台设备的数据，同时将数据传输到其 ERP 系统。因此，可以立即得到简化的机器性能和使用信息。

通常情况下，每个控制器上都有一个图形显示板，系统在创建零件时会对其进行计数。在每个班次结束时，操作员对生产的良好零件的数量进行鉴定。总数会自动输入到车间的 ERP 系统中，无需手动填写表格。操作员有更多的时间为下一个班次的设备做好准备，而更少的文书工作也有助于遵守法规。协调的调度方式保证了工作不会被发送到无法使用的机器上。

"对制造商来说，处理来自尽可能多的设备数据是至关重要的，包括那些新的和旧的机器。那些来自旧机器的数据可以帮助建立一个完整的生产场面。"

整合生产数据

详实的数据很重要，一个综合的系统也有利于管理部门和车间之间的双向沟通。

采用一个自动收集数据的系统需要准备。指定一个项目负责人来指导这项工作是非常重要的。在签署数据管理合同之前，车间应该组建一个团队，包括来自运营、IT 和车间的代表。在实施系统之前，让团队一起工作，可以最大限度地熟悉系统的功能，并有助于确保最终成功发挥 100% 的性能。

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

使齿轮加工变得简单：TNC 循环研磨

Gear Machining Made Easy: TNC Cycles for Skiving



gisbert ledvon

Director Business Development,
Machine Tool Heidenhain Corp.
www.heidenhain.com.cn

许多机床操作人员仍然认为加工齿轮是一个真正的挑战，是专家的专业领域。而 Heidenhain TNC 640 数控系统用于直齿、斜齿和双螺旋的削边和滚齿加工的三种新循环加工方式，现在正在改变这种看法。

这些新的加工循环使高质量的外齿轮和内齿轮的加工变得简单而经济，完全在一次加工设置中完成加工。



在 Heidenhain 的 TNC 640 数控系统上，只需输入几个参数就可以定义齿轮的几何形状。

Heidenhain 的软件允许在铣削和车削模式下进行这两种加工操作。

数以百万计的齿轮在工作

在每辆汽车的内部有数以百万计的内、外齿轮在不断的工作。从自行车到推土机，从电动马达辅助的踏板驱动到重型机械的强大液压驱动，只有当数以百万计的轮毂和变速器中使用的齿轮顺利啮合时，车辆才能正常行驶。

然而，齿轮通常都需要在专用机床上制造，这种做法需要对工件进行长时间的再加工。此外，传统的齿轮制造方法非常耗费时间。因此，用 TNC 控制的机床的动态齿轮加工循环仅需一次设置即可完成加工，大大节省了时间、精力和成本。

对复杂加工过程的支持

TNC 640 数控系统的新型循环式加工 287 " 齿轮削边 " 可以支持用户对削边所需的复杂过程进行编程。唯一需要的参数是

齿轮几何数据和采用的刀具。所有其他参数的计算，包括复杂过程同步运动所需的参数计算，都由 Heidenhain TNC 640 处理。因此，内齿轮的生产变成了一个容易掌握的标准应用程序。

研磨加工是在配备有同步主轴的机床上制造内、外齿轮的一种加工方法。在齿形加工中，零件可以在一次安装中完全加工而成。在这种操作中，不需要特殊的机器，因此也不需要更换加工设备。用户可以从节省时间和提高质量中受益。

此外，与传统的滚齿加工相比，研磨加工目前在制造业中很受欢迎，这是因为它的生产效率要高得多。新的刀具技术和 Heidenhain TNC 640 的动态运动控制在双主轴操作中实现了复杂的削边过程。唯一的要求是机床需具有足够高速的工件主轴，以及通过适当的配置满足主轴同步。

非常适用于复杂齿轮

TNC 640 在齿轮几何形状和刀具定义



通过 TNC 640 数控系统的新循环控制，Heidenhain 可以轻松地对复杂的齿轮进行编程，例如对内齿轮进行削边。(所有图片均由 Heidenhain 公司提供)

的基础上，通过编程实现了与研磨相同效果的加工简便性，支持用户使用 286 " 齿轮滚齿 " 循环加工模式。滚齿加工特别适用于加工外齿轮。刀具主轴和工件主轴所需的同步运动可以通过机械联动实现，也可以通过控制器的联动实现。

铣削的优点是基于该方法的高生产率。此外，可以加工各种各样的齿形，包括复杂的齿形形状。这可以通过一系列的

标准切削刀具来加工那些，以前必须通过专有特殊刀具来制造的工作。

新的齿轮加工循环的基础是 285 " 定义齿轮 " 循环式加工。顾名思义，这个加工循环只用于定义齿轮的几何形状。在这个加工循环中，只需要定义一次几何形状。该定义随后被用于后续生产过程中的所有必要加工步骤，包括粗加工和精加工当中。

保护和可靠性

除了能够降低编程难度意外，新的加工循环在机器、工件和刀具的保护以及工艺可靠性方面都提供了进一步的优势。为了避免在不可预见的程序中断期间（如停电）造成得损坏，286 和 287 循环支持可以优化的剥离。这些循环能够自动确定刀具从工件上收回的方向和路径。

协作机器人本身是安全的吗？ Are Cobots Inherently Safe?



Nigel Smith
Managing Director
TM Robotics Inc.
www.tmrobotics.com

2019 年“全球机器人报告”中称 79% 的自动化经销商认为他们的客户了解安装协作机器人的安全要求。因为协作机器人是机器人市场中增长最快的领域之一，这种知识的缺乏很可能是危险的。

协作机器人在市场上被大力宣传为无需看守，并能够与人类一起工作。然而，尽管协作机器人与传统的工业机器人之间存在着显著的差异，但业界并不认为协作机器人是一个独立的实体。协作机器人与传统机器人变体——如 SCARA、六轴机器人和笛卡尔模型机器人——受到同样安全协议的约束。

用于制造业的机器人必须符合两个不同的标准：ISO 10218-1:2011 机器人和机器人设备——工业机器人的安全要求；以及 ISO 10218-2:2011- 第二部分：机器人系统和集成。目前，还没有专门为协作机器人的使用安全制定全面的标准，但有大量

的指导性文件。

协作机器人的终端用户应遵守 ISO 10218 标准中所包含的最相关的公开指南，这是一份名为“使用协作机器人工作时的碰撞和伤害标准”的报告。此外，2016 年 2 月发布了一项技术规范，即 ISO/TS 15066，该规范为机器人在协作应用中的使用提供了安全指南，并确定了机器人力、最大功率和速度的极限。

关于协作机器人的安全要求有很多文件，但往往被人们所忽视。许多工厂经理错误地认为，所有的协作机器人都能够安全地和他们的员工一起使用。事实上，安全部署协作机器人需要进行风险评估，考虑机器人在运行时以及在任务之间可能发生的风险。

“毫无疑问，协作机器人在工厂里有自己的位置。事实上，报告显示，全球协作机器人市场将从 2016 年的 1.755 亿美元增长到 2021 年的 38.1 亿美元，协作机器人可以成为自动化流程的第一步。”

协作机器人通常重量轻，便于携带，是工厂内各种任务的理想选择。但是，工厂经理必须对安全性影响进行评估，例如，当协作机器人从生产线的的一个区域移动到另一个区域时。此外，还需要

对协作机器人将执行的每项单独活动和任务进行评估。例如，对包装应用的风险评估可能发现，为了全速运行而满足关键绩效指标，需要在机器人周围设置安全围栏。

考虑替代方案

工厂投资于自动化在于提高生产力和产出。因此，通过降低协作机器人的操作速度以消除对安全围栏的需求可能并没有意义。此外，如果单纯地将机器人与工人分开，那么就消除了协作机器人的整个性质，使其不再具有协作性。

在许多这样的情况下，应该考虑的是使用传统机器人。例如，六轴机器人长期以来一直被用于提高包装应用的生产力。对于这种该应用中的许多任务，并不真正需要人类与机器人之间的互动。

毫无疑问，协作机器人在工厂里有自己的位置。事实上，报告显示，全球协作机器人市场将从 2016 年的 1.755 亿美元增长到 2021 年的 38.1 亿美元，协作机器人可以成为自动化流程的第一步。然而，正如在《2019 年全球机器人报告》中的结果那样，对于这些机器及其安全要求的理解是匮乏的。为了避免工厂中出现危险，以及成为终端用户的不良投资——需要更加明确工业应用中协作机器人的安全问题。

注：位于伊利诺伊州 Elk Grove Village 的 TM 机器人公司通过与东芝机械公司合作，提供三类机器人；六轴式、SCARA 式和笛卡尔式。

紧固件制造商降低了 50% 的能耗

Fastener Maker Cuts Energy Usage by 50 Percent



Patrik Lundström Törnquist
Managing Director
BUMAX

在 BUMAX 公司，自 2011 年以来，我们在瑞典 Åshammar 地区的工厂减少了 50% 以上的加热和电力能源消耗，大大减少了碳排放，并进一步简化了我们高强度不锈钢紧固件的生产。

对于一个位处北欧地区的大型设施运营制造商来说，这是一个伟大的成就。我们在 2011 年开始了可持续发展计划，并已看到了出色的效果。通过减少加热和电力能源的使用，我们不仅减少了碳排放，还

实现了财务的节约，提高了我们的竞争力。

通过减少供暖需求，我们还将我们 12,000m² (129,167 ft²) 的设施自 2011 年以来因供暖而产生的碳排放量减少了 62%。那些有助于减少供暖需求的关键性投资包括：升级屋顶的隔热层，安装节能的三层玻璃窗和隔热天窗，以及安装隔热性能更好的大型工业门。这些措施还提供了一个均衡的室内温度和更好的工作环境。

其他减少供暖需求的措施包括更好地控制锅炉供暖系统，优化通风系统，将仓库的温度从 15℃ 降至 10℃ (59 至 50°F)，以及安装热回收通风装置，优化办公室和食堂的加热设施。

百分百的可再生能源

我们的设备使用百分百可再生的水电电能。2019 年，BUMAX 公司使用了约 1,249 MWh 的可再生能源。

同时，在对低能耗照明和照明运动传感器进行投资后，我们的用电量已减少了约 55%。此外，该设施的废水处理厂已被关闭，因为对于该厂产生的少量废水来说，

这并不经济。这使每年的能源使用量减少了 150 MWh 以上。

能源效率工作继续进行

2020 年，能源效率方面的工作正在继续进行，该设施的燃气加热系统将被替换为由可再生电力驱动的电加热系统。改用可再生电力是采用更可持续能源方案取代该设施的整个加热系统项目的第一阶段。

这些持续性措施减少了能源消耗，这不仅减少了工厂对环境的影响和碳排放量，同时大大降低了生产成本，使我们的生产更有效率并具有成本竞争力。

这里描述的许多能源效率措施是在最近几年经过两次能源评估之后才确定的，这两次评估用来强调我们的 Åshammar 工厂要如何使用能源。我们公司还与位于瑞典的 Gävle 大学和 Linköping 大学一起参加了 Energig 项目，该项目帮助各种公司提高能源效率。在这次成功促进能源效率之后，我们的公司被瑞典能源局作为一个好的例子而突出展示。

如图所示，BUMAX 公司在瑞典 Åshammar 的工厂使用百分百可再生的水电电能。(图片由 BUMAX 公司提供)

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



大规模制造的技术路线图

A Technology Roadmap for Large-Scale Manufacturing

PrecisionPath Consortium 报告详述了计量学未来的挑战和愿景。



美国国家航空研究所 (NIAR) 使用一个 25'x6' 的小型商业喷气机机翼，能够将以前需要一整天的扫描过程减少到不到 4 分钟。这项创新涉及了激光跟踪器和高速扫描仪的组合应用。该工艺几乎可以在任何表面上捕获数百万个精确点，从哑光黑到高反射，甚至是碳纤维，无需任何特殊准备。

航空航天和其他大型制造业务的参与者承受着巨大的外部和内部压力，需要逐年提高生产力。因此，这些公司专注于智能工厂计划，在设计、工程和生产过程中建立基本的数据反馈循环，以提高质量、效率和成本。要实现这种向数据驱动的工艺、传感器和先进的计量解决方案的巨大转变，并非易事。必须要解决一些艰难的问题。障碍在哪里？什么是便携式计量仪器，以及它们如何映射到不同的应用程序？今天的技术能跟上工程制造趋势吗？工业能否突破现有的极限，或者是否需要新的制造和生产方法？技术的十年规划是

什么？

这些所有重要的问题导致了大规模制造的 PrecisionPath 联盟 (PPC) 的形成，这是一个由行业伙伴、坐标计量学会 (CMS) 和 UNC Charlotte 组成的工作伙伴关系。此次合作将关键的计量技术用户、计量软件和硬件的管理人员和开发人员联合起来，为该项目服务。该团队致力于确定生产大规模、高精度零件和产品制造商的技术要求。在 6 个月的时间里进行了一次全行业的调查，从计量领域的专业人士那里获得了对当前能力和要求以及预期未来需求的宝贵见解。

CMS AMTech 委员会主席 Ron Hicks 表示：“PrecisionPath 联盟奠定了一个坚实的基础，为确定阻碍大规模制造业发展的障碍。深入细致的路线图制定工艺构成了这份引人注目的报告的框架。工作会议和个人研究锁定了以有意义的方式推动制造业和计量学向前发展所需的实践知识。这个开创性项目的首要目标是建立一个同时解决短期和长期目标的技术路线图。”

报告

经过两年多的协同工作，该联盟制定了大规模制造技术路线图。报

告全文可在 PrecisionPath 联盟的网站上免费获取，并可在 tinyurl.com/roadmapFromPrecisionPath 下载。该项目由美国商务部下属机构国家标准与技术研究所（NIST）提供的先进制造技术联盟（AMTech）资助。

PrecisionPath 技术路线图详细介绍了计量行业的所有方面，因为它与当今大规模制造的挑战有关。该研究涵盖了市场驱动力、技术系列、使用场景、行业标准、数据管理和劳动力发展。基于数据分析和行业调查，该报告概述了贯穿多个三维测量技术系列的各种趋势。这些发现预计将推动硬件和软件解决方案的相应变化，因为制造商正在逐步实现智能工厂计划。

PPC 团队负责人和每个工作组的成员都对技术和驱动程序、使用应用程序和其他关键研究领域进行了大量研究。该路线图指出，由于缺乏充满活力的劳动力、当前的技能组合以及在未来五年内将有近 25% 的计量劳动力流失，该行业存在严重的漏洞。该联盟提供了一份紧急行动清单，以发展未来的可持续劳动力。路线图还抓住了行业专业人士的心态，以及下一代数据驱动工厂的范围和潜力。该报告介绍了支持未来大规模制造业所需的测量技



PrecisionPath 联盟制定了大规模制造技术路线图，这份报告总结了其成员的研究成果。

术的发展。

“技术路线图是一份活的文件，PPC 可以在此基础上发展。在项目的长期运行中，利益相关者保持了对最终产品的质量

的坚定承诺，”北卡罗来纳大学 Charlotte 分校机械工程和工程科学的 Ed Morse 说。“我们共同制定了一个令人兴奋和具有挑

战性的路线，以解决技术障碍并为未来的创新开辟道路。每次会议都是精心策划的，目的是渐进式的，促进了为航空航天业和其他大型部件制造商制定一个有意义的路线图。”

路径

近三年来，PrecisionPath 联盟成员定期召开会议，以确定在先进制造业和计量学领域实现创新和进步的最佳路径。

第一个目标是吸引对研究和项目成果有浓厚兴趣的公司成为专属会员。组织者，协同计量学会和北卡罗来纳大学 Charlotte 分校，对 CMS 成员、计量学专家以及航空航天、汽车、发电和其他大规模生产业务的制造商进行了宣传。在第 31 届协调计量学会年会（CMSC）上召开了一次介绍性会议。

第一次 PPC 会议是一个“规划和展望会议”，专注于细化项目范围和边界，识别工业使用的计量技术系列，通过复杂的会议促进技术捕捉动态组交互。该联盟讨论了使用情况，并收集了关于便携式计量学如何被用于支持不同学科的不同应用的数据。该小组着手确定用于路线图工艺过程的专业知识和数据来源，并确定了



激光跟踪器在 Boeing 公司的 FAUB（机身自动直立制造）项目中捕捉尺寸数据。



摄影测量是 Newport News Shipbuilding 和其他大型零件和组件制造商常用的一种测量技术。



便携式自动摄影测量系统可用于从飞机到发电等行业的非接触、高精度的 3D 坐标测量。

PrecisionPath 路线图项目的框架和愿景。会议最后选举了董事会，并对市场目标进行了概述。

在接下来的两年里，该小组举行了六次工作会议，包括需求和差距分析研讨会、指导委员会会议、焦点小组研讨会、技术创新研讨会、PPC 工作组会议和路线图总结会。

基于密集的小组会议和参与者的反馈，PrecisionPath 团队准备并启动了其首次行业调查。这项研究收集了有关当前性能和需求的信息，以及对支持大规模精密制造的便携式计量系统的预期未来需求。数百名行业用户和管理人员参与了这项调查。

路线图的各个部分的准备工作是费力 and 冗长的。所有的 PI (学科带头人) 将每个部分的负责人的贡献综合成一份供审查

的全面草案。主要组织者进行了最后的编辑和制图工作，使报告中的内容在 2018 年秋季成为了现实。

PPC 的贡献者

为技术路线图项目做出贡献的 PrecisionPath 联盟代表是一些领先的制造公司，如 Lockheed Martin 公司、Newport News Shipbuilding 公司、BMW 公司、Boeing 公司、Caterpillar 公司、Puget Sound Naval Shipyard、Spirit AeroSystems 公司、Brookhaven 国家实验室和 Siemens 公司。参与的原始设备制造商和计量服务供应商包括 Automated Precision (API)、New River Kinematics (NRK)、Hexagon Manufacturing Intelligence、ECM Global Measurement

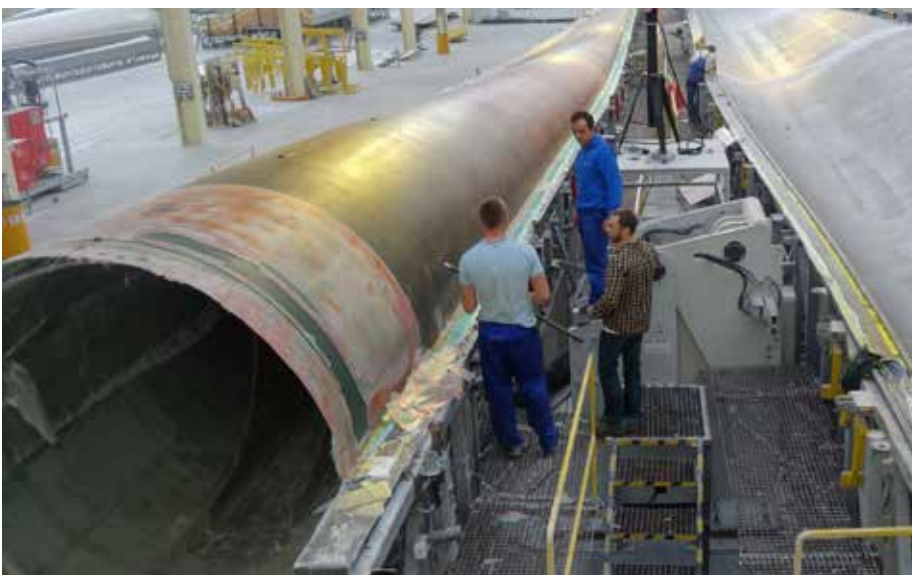
Solutions、Nikon Metrology、FARO Technologies、Brunson Instrument、Verisurf Software 和 Planet Tool and Engineering。联盟组织者是 CMS PrecisionPath 主席 Ron Hicks 和 UNC Charlotte 的代表 Ed Morse，并得到 John Ziegert、Ram Kumar 和 Antonis Stylianou 的支持。NIST 的 Thomas Lettieri 为该联盟担任顾问。

Coordinate Metrology Society 与 UNC Charlotte 的联盟是发展的自然结果，促进了整个行业的 3D 测量发展。这两个组织都致力于解决阻碍制造业和计量学发展的障碍。CMS 将所有涉及大规模制造工作的行业参与者、原始设备制造商、软件开发和服务提供商联系在一起。

自 1984 年以来，该协会一直为使用精密工业坐标测量系统、软件和外围设备的计量专业人士提供服务。

北卡罗来纳大学 Charlotte 分校在该校的能源生产和基础设施中心 (EPIC) 内开设了西门子能源大型制造解决方案实验室。该实验室支持产学合作，研究和开发下一代制造技术。Charlotte 负责机械工程和工程科学系的教师是精密工程、赛车工程、生物工程、计量学、计算方法、力学和材料方面的专家。他们的工程能力是全国公认的。

PPC 目前正在确定一个五年计划和即将开展的研究项目。有兴趣参加 PrecisionPath 技术会议和大会的计量和制造专业人员，请联系 Ron Hicks (ron.hicks@apismetrology.com) 或 Ed Morse (emorse@unc.edu)。



激光跟踪器仍然是大规模制造零件和组件的计量应用的主力军。



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

加拿大工厂利用 Zimmermann 铣床发展壮大 Canadian Shop Grows with Zimmermann Milling Machines

Service Mold + Aerospace 公司已成为一个定制零件的合同供应商。



Service Mold + Aerospace 公司使用一台大型的 Zimmermann 龙门式五轴机床对钢制零件进行精加工。

Service Mold + Aerospace 有限公司不是典型的模具车间。虽然该车间的核心竞争力仍然是汽车行业的注塑、压缩、低压、吹塑、玻璃封装和成型模具的设计和制造工程，但它已成为汽车行业以及北美和欧洲的航空航天和医疗客户的定制零件的合同供应商。

该公司于 1987 年在安大略省 Windsor 市成立，目前由总裁 Martin Schuurman 经营，该公司早年从汽车和消费品的模具生产中获得稳步增长。始终致力于使用最新的 CAD 和 CAM 编程技术，以及最先进的三轴机床，Service Mold 在

优质工作、解决问题和按时交付方面建立了良好的声誉，迅速成为其客户的可靠合作伙伴。

“然后我们的行业发生了变化。” Schuurman 说，“2006 年，我们从 Zimmermann 公司（密歇根州 Wixom 市）购买了我们的第一台五轴机床，带有 2 x 3 米工作台。这次收购使我们有能力和实力探索进入航空航天市场。经过多次电话和报价，我们从一个主要的一级供应商那里获得了一个小订单。销售额开始增长，有些年度增长超过 25%。” Schuurman 说。到 2013 年，车间添置了四台

Zimmermann 机器，现有设施几乎已满载。

2016 年，该公司在其现有的 Windsor 工厂附近购置了房产，并建造了一座新大楼，使公司的面积达到 64,000 平方英尺（5,945 平方米）。购买了三台 Zimmermann FZ33 铣床——两台 X 轴为 394 英寸（10 m），最大的一台 X、Y 和 Z 轴为 630 x 138 x 78 英寸（16 x 3.5 x 2 m）。

这大大提高了车间的产能，并在航空航天市场开辟了更多机会。在某种万事俱备的场景中，复合材料在航空航天业的出现使 Service Mold 能够在更大程度上追求巨大的铺层芯轴市场。



在 Service Mold + Aerospace 公司，用 Zimmermann 五轴加工中心精加工铝制模具。



在 Service Mold + Aerospace 公司，激光跟踪器操作员正在扫描一个粗加工的钢制粘合件。

Schuurman 始终从战略角度思考问题，并一直致力于追求和保持 ISO、AS9100 rev D、CGP 和 ITAR 机构的全面认证或注册，所有这些都今天生效。

“我们很快意识到，要继续证明我们在所有不同行业的价值，我们需要付出很大的努力。”

同样，公司引进了更多的加工功能，包括焊接，今天正在探索内部热处理的优势，以最大限度地实现其垂直整合。Schuurman 指出，这种资本投资是有风险的。有一个双重挑战，即寻找合格的人员，同时需要产生足够的工作量来填补可用的加工时间，如今仅在七台 Zimmermann 机床上，每年的加工时间就达到约 15,000 小时。投资已见成效，该工厂目前 7*24 小时不间断的运行。

然而，Schuurman 从不满足于自己的成就。他说：“我们是一家为客户量身定制的公司。顾名思义，这意味着我们一直在寻找更多业务，除了为我们的客户生产更复杂、更大的模具和夹具之外，我们还大幅扩展了我们的零件加工能力。”他还对自己多年来开发的一项卫星业务感到非常自豪。作为一个艺术人士，Schuurman 设计定制的空气通风口，并制造模具来大量生产。起初只是为了装饰他自己和家人的房屋，现在已经发展成为一项蓬勃发展的业务。它以 SMI 通风产品公司的名义运作，主要由几个主要的分销客户负责网上销售。

Service Mold 公司利用 Zimmermann 公司和其他制造商的加工中心，用各种铝合金、钢、因瓦合金和不锈钢合金生产模

具和部件。Schuurman 特别指出，机器上的线性电机运动和高速主轴是铝材精密加工的关键，具有显著的金属去除率。在这个车间生产的许多不同的零件中，除了每天制造的无数模具外，还有冰箱托盘、洗衣机盖和飞机发动机的 22 英寸（558 毫米）桶形进气口，它开始是一个直径 23 英寸（584 毫米）的铝块，通常有 15-16 英寸（381-406 毫米）高，经过去除材料，将工件减少到 5 磅（2.3 公斤）以下。

两套设施包括带旋转台的镗床、枪钻、数控铣床、三轴高速铣床，以及该公司加工能力的核心——七台 Zimmermann 和两台 Parpas Diamond 五轴高速加工中心。Zimmermann 产品线的高端产品中，有配备了该公司龙门铣头的机器和一台 FZ33 Compact，它可以在不移动工件的情况下加工大型铝和复合材料结构，因为工件停留在一个固定的工作台上，而刚性龙门在 X 方向上移动。机床上的移动桥由刚性门架、十字滑台、Z 型滑台和铣头组成。

Service Mold 公司的其他 Zimmermann 机床包括三台 FZ37 五轴龙门铣床和三台 FZ30 开放式工作台五轴龙门铣床，是车间里经常进行的一次性和短期作业的理想选择。公司内部还有一台具有 30,000 磅（13,607 公斤）负载能力的 CMM 和一台离子激光跟踪仪，用于在车间进行大型工件扫描。可以捕获表面点云数据，并根据 CAD 文件即时分析其准确性和应力点。

Service Mold 公司的另一个新兴市场是骨科行业，Zimmermann 机床的高精

度激发了该公司涉足医疗设备加工领域。Schuurman 说：“我们目前正在与一位骨科医生合作，生产肱骨和股骨部分的连接板，这在几年前是我们从未考虑过的。凭借我们现在生产工作的编程速度和高度灵活性，这不仅成为可能，而且还有利可图。”

航空航天市场占公司销售额的 70% 以上，仍然是 Service Mold 的大本营，其中包括 Schuurman 最骄傲的项目之一。

“我们参与了为国际空间站中的零部件制造，”他说。与该市场上的大多数工件一样，该工件的生产涉及极高的材料去除率，Schuurman 指出，Zimmermann 机床的刚性和高精度移动铣头使这项工作更容易完成，并提高了重复性。

Zimmermann 公司北美区总裁 Cornelius Kiesel 说：“从 2006 年的第一次销售开始，我们就与 Service Mold 公司建立了稳固、真诚的合作关系。今天，Service Mold 是我们全球最大的客户之一。当您可以与客户合作并共同成长时，其满足感无与伦比。这是一种非常稳固的关系，我们对结果非常满意。Martin 一直给我们的团队带来新的挑战，我们也做出了回应。我们的公司和他们各自的人才之间的协同作用使一些非常特别的事情发生了，这令人兴奋。”

Schuurman 指出，Zimmermann 机床的完全可编程功能为其公司提供了无与伦比的灵活性。Service Mold 公司运行各种 CAD 程序，包括 Catia 和 NX CAD，在内部进行后处理，使 Heidenhain CNC 可在每台 Zimmermann 机床上运行。

迎接喷气发动机叶片生产的挑战

Taking on Jet Engine Blade Production Challenges



Bill Malanche
Chief Operating Officer
Mitsui Seiki USA, Inc.
www.mitsuisseiki.com

也许你会觉得这很愚蠢，或者也许会同意：我对喷气发动机百看不厌。那些期待启动的巨大风扇叶片，就像一匹纯种马在门口焦躁不安。这些巨大的风扇是由发动机的燃烧部分带动的，当然除此之外，那里还有许多小型叶片。

各公司以不同的方式命名燃气涡轮发动机燃烧段中转子叶片的组合部件。一些公司将它们称为叶盘，另一些公司称它们为 IBR（内部叶片转子）。

无论它们被称为什么，它们的制造都是一个挑战，每台发动机需要 9 到 13 个这样的部件。这些部件是如此棘手，以至于它们在飞机供应链中形成令人沮丧的瓶颈。仅仅一个供应商就有将近 1600 个 IBR 的积压订单。

喷气发动机叶盘价格昂贵。每一个的成本为 30,000 至 40,000 美元。自然，没有人愿意报废这些东西。

由于其复杂的形状，以及难以切削的钛 (Ti) 或镍基合金 (Ni-alloys)，叶盘加工需要使用具有先进控制和 CNC 软件的重型加工中心，特别还要注意冷却剂，最佳的切削刀具和刀架，以及精密的计量。换句话说，IBR 需要一个专门为其设计的加工系统。

有助于保持这些零件加工过程一致性的趋势之一，是在机床上收集数据，以确定机床的“特征”。

“适当的材料结构和应力因素对于这些特殊的零件至关重要，并且有报道称低于标准的锻件会导致供应链出现问题。”

该特征包括所有方面，例如最佳推力负载、主轴负载、电机的热状况和位置标准。

如果实时数据显示加工过程偏离了特征，则可以在零件超差之前实时作出调整。

目前，许多机床制造商正在通过数据收集和监测来开发更准确的特征配置文件，这有助

于解决熟练机械师的稀缺问题，并与数据驱动的制造业的整体趋势保持一致。

与特征、数据和低技能的趋势相一致，控制系统供应商也在改进他们的系统，以便将传统和复杂的机床“调整”任务转移到先进的数字化系统中。

最佳 IBR 或叶盘生产系统的另一个重要方面是冷却剂及其应用方式。

公司自然希望尽可能节省资金。然而，如果一个车间或工厂为适合这项工作的机床投入了大量资金，使用便宜的冷却液冷却器和廉价喷嘴之类的东西却可能会破坏整个系统。

在这种应用中，为了保持零件的公差并达到所需的良好表面质量，冷却剂温度必须保持在 ± 1 度。如果它上升或下降了 5 到 6 度，那就完蛋了。

此外，如果冷却液没有喷到合适的刀具/工件接口位置，就会出现刀具过早磨损，如果未被及时发现，则可能会损坏零件。如果被检测到刀具磨损，零件可能会被保留下来，但仍然会出现不必要的频繁更换刀具和较低的生产率，那么利润率便无从谈起。

当然，切削刀具，甚至刀架，在整体叶盘加工中都扮演着重要的角色。计量方面也是如此，尤其是在航空航天制造业的严格监管要求下。

此外，适当的材料结构和应力因素对于这些特殊的零件至关重要，并且有报道称低于标准的锻件会导致供应链出现问题。

我们建议在材料进门时就对其进行分析，以免在加工过程中发现问题。

这里的主要内容是航空航天部件的制造很棘手，而 IBR/blisk 是喷气式发动机的关键部件之一，现在也恰好造成了一些头痛的局面和交货延误。

制造商的高级工程主管应该与机床制造商的高级应用管理人员会面，他们在航空航天领域有几十年的经验。能够通过重要的信息交换，以加深对这些零件制造的理解，并提高其加工效率和利润率。

starrag

Engineering precisely what you value

—
Dörries

尽在掌握
值得拥有



20%

更短的加工时间

一次装夹
完成车铣钻
整体加工

www.starrag.com

效率和速度使 Kencoa Aerospace 问鼎世界一流制造水平

Efficiency, Speed Make Kencoa Aerospace Machining Top Notch

高速粗加工刀具路径和 CATIA 插件有助于缩短编程时间。

当 Kencoa Aerospace 公司 20 年前开始运营时，它是一家专注于国防应用的小公司。但是，据该公司美国业务的工程经理 Troy Boston 说，在过去六年中，该公司也涉猎了商业航空航天领域，并且服务于多家业内知名公司，如 Boeing、Lockheed Martin 和 Gulf Stream 公司。

虽然集团总部设在韩国，但设在美国的航空航天业务部是多轴精密加工航空结构、喷气发动机部件以及商用、军用和区域商务飞机主要组件的一级供应商。

“我们加工所有材料，从塑料、不锈钢、钛一直到 Inconel 合金，” Boston 说。他解释说，该公司制造的零件尺寸可以从 1/4 英尺到 20 英尺不等。这些零件中的大部分是飞机的内部结构部件，范围从机翼部件到货舱地板蒙皮。

为了制造这些国防和商业航空航天客户所需的零件，Kencoa 购买了 CNC 软件公司的 Mastercam CAD/CAM 软件，以获得其加工解决方案。

Kencoa 公司位于乔治亚州 Eastman 的 40,000 平方英尺的工厂，雇用了 20 名机械师，其中 5 名是全职程序员。

Boston 解释说，这些程序员通过各种方式接受了培训，使每个人都具有不同的价值。

一些人接受过正式的编程培训和课程，而另一些人以前是他们车间的机械操作员，并通过努力转行为程序员。之前的工作经验对他们来说很有帮助，可以更加了解工作的机加工方面。“我们已经对他们进行成功引导，并为他们提供在职培训和线上线下的 Mastercam 教程。”

该软件使这些编程人员能够处理具有挑战性的任务，包括那些要求保持严格公差的订单，其位置精度要求为 0.001 或直径尺寸公差为 ± 0.0003 到 0.0010。当遇到任何制造挑战时，该软件帮助解决了许多问题，以至于 Boston 很难只强调它提供的一项好处。

“在过去几年中，令我印象深刻的是 OptiRough 刀具路径以及它的发展历史和易用性。您只需设置毛坯的尺寸，即使对于大的毛坯，您也可以在几分钟内生成一个非常好的粗加工程序，无需大量编程时间即可去除大量材料。”

这是一个耗时的过程，需要创建大量的几何图形和许多单独的刀具路径。OptiRough 刀具路径使用动态运动，但方式更精确。切削时使用了刀具的整个刃长，但在第一次切削时只使用了刀具直径的一小部分，随后又连续进行了几次较短的切削，使零件达到了所需的净形状。

“现在，通过 OptiRough 程序，您可以选择零件、库存、刀具，老实说这几乎是作弊，因为它使加工变得如此简单，” Boston 说。

现在，他们的机器能以 400 英寸/分钟以上的速度加工铝。即使是钛合金，他们的机器也能以超过 100 英寸/分钟的速度运行。

不仅仅是刀具路径提高了他们的效率。对于某些特定零件，例如为 Spirit Aerosystems 公司制造的零件，现在制造起来也要快得多。

“模型可以通过 CATIA (Mastercam 转换器的读/写器，MoldPlus SA) 从客户那里导入，并且可以保存并在 Mastercam 中打开。对于一个特定的零件，我们能够



在 Okuma ma-500hb 卧式铣床上进行轨道精加工。

引入锻造模型，并将其用作毛坯，这样可以减少一些粗加工，这主要包括了原先需要的粗加工刀具路径，或者在使用该毛坯模型中所需的运动。”

对于 Spirit Aerosystems 公司的这个零件，该公司使用了 OptiRough 刀具路径、2D 动态刀具路径，然后是传统的精加工轮廓刀具路径。最后用整体硬质合金立铣刀去除大部分的材料。

“进行粗加工和精加工总共需要大约一个半小时，但在几年前，它复杂得多，需要更长的时间才能完成。”

在使用该软件之前，零件的进给速度大约为 5-10 英寸 / 分钟，而现在的刀具路径可以达到 114 英寸 / 分钟。

这仅仅是该软件为 Kencoa Aerospace 公司节省时间的冰山一角。

当客户送来的锻件是 Inconel 合金零件时，由于锻件实际上比预期的要大，需要修改程序，公司可以在一天半内修改程序并开始加工，有时甚至更短。

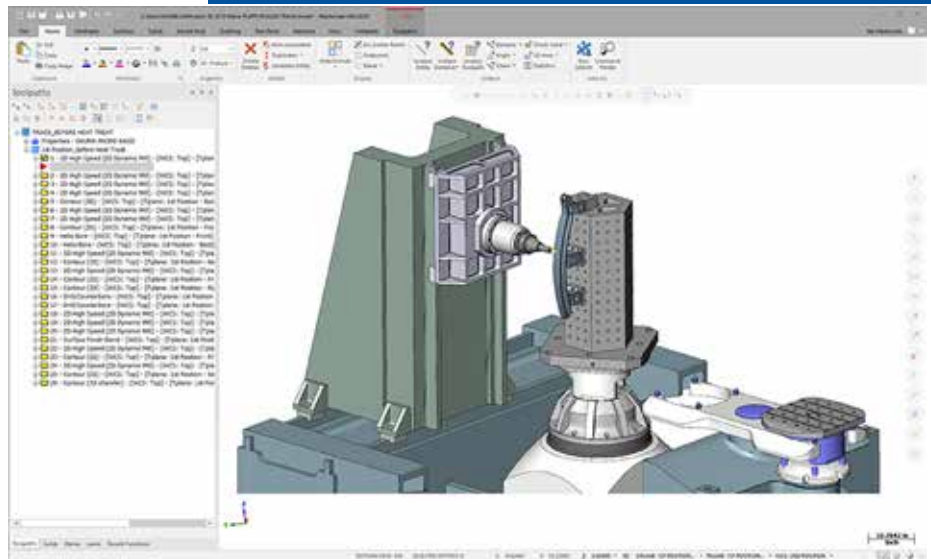
“就在最近，我们收到了三四个新零件，其中一些实际上几天内就可以启动并运行。因此，我们的周转时间从我们收到订单到制造完第一个零件的时间只有几天。”

由于某些客户及其所需零件的复杂性，并非所有交货时间都如此之快。一些飞机零件的交货时间为 4 到 5 周，而 NASA 和国际空间站的零件可能需要 18 到 24 周，具体取决于加工时间。另一个变量是，其中一些零件必须经过严格的清洁过程，并且在离开 Kencoa 工厂时必须放在密闭的容器中。

一些最复杂的零件是薄壁、精密公差



采用 Okuma 五轴铣床加工的 Gulfstream 公司的尾部铝型材结构件。



Mastercam 的 OptiRough 程序使加工变得如此简单。

的零件，需要 5 轴加工才能去除大量材料。几何形状和规格取决于客户的需求，但最近该团队已经能够在一次操作中加工一些零件，使该零件从一个实心材料块变成一个成品零件。

“增加去毛刺通道是我们长期以来对软件的最佳补充之一，因为每个零件在交给客户进行加工之前都必须进行去毛刺处理。对于我们来说，能够在 Mastercam 中对所有的边缘进行 0.007” 到 0.010” 的断边，是一个很大的改进。此外，这对操作人员来说也更容易。他们只需把一个零件从机器上拿下来，就可以了。他们不需要进行二次调整或对准。”

Kencoa 拥有的另一个节省时间的功能是可以直接将从 CATIA 导入的实体模型中工作。有时，一个零件可能缺少几何形状，甚至缺少实体上的一个面。甚至可能是半径混合不干净，或者半径本身甚至可能由于实体的输入方式而丢失。

“现在，通过 Mastercam，我们有能力修复该实体，这在加工方面是一个很大的优势。我们不必重新创建实体，我们只需修复现有实体，然后从那里开始加工，” Boston 说。

工作的多样性和复杂性有时会使机械厂团队感到困惑，有时他们需要向 Mastercam 经销商寻求额外的培训或帮助来解决复杂的情况。

CAD/CAM 解决方案为所有新程序员提供培训，甚至提供帮助，以了解新的刀具路径如何工作或如何最好地应用它。例如，它在帮助 Kencoa 解决几年前购买的新 Mastercam 车床安装的学习问题上发挥

了重要作用。

“我们可以给我们的经销商发电子邮件或打电话，甚至可以使用软件内的 ZIP2GO 功能，以便能够将文件发送给他们。他们可以查看这些文件，查看我们的机器定义，让我们确切地知道刀具运行中的状态。” Boston 说。

他强调说，Kencoa 选择该软件是因为它与车间里所有机器兼容。

程序员依靠其验证功能，可以查看机器上的所有夹具、刀架和其他零件。他们可以虚拟地运行程序，以确保在加工过程中不会发生碰撞或刀具破损。除了生产制造，Kencoa Aerospace 公司还提供原型设计服务，几年前，该公司使用其五轴立式加工中心之一为 Gulf Stream 公司制作了门框。该零件大约有 30 英寸宽，80 英寸长。

在这种规模的项目中使用该软件的好处是，公司不必为它可能永远不会再使用的东西建立额外的刀具。

“我们能够从零件的两侧切入，然后通过留下小标记将零件断开。我们能够使用这种材料作为固定装置，用一块材料制作两个完全不同的零件。”

该软件提供了很多选择，正如 Boston 所说，它不仅适用于 Kencoa 的加工。“我们可以将它用于夹具设计、组装和许多不同的事情。”

由于其 4 轴和 5 轴立式加工中心、CNC 车削中心和 5 轴加工中心有如此多的编程选项，这为加工团队也带来了无限的可能。

www.mastercam.com

A&D 公司将努力关注 5G

A&D Companies Would Do Well to Pay Attention to 5G



Anand Pradhan
Head of Business Innovation
& Transformation, Aerospace
Manufacturing,
Tata Consultancy Services
www.tcs.com

关于 5G 的潜在应用已经有很多文章。但在航空航天和国防工业中存在一个鲜为人知的应用——与制造工艺有关。

商用飞机订单积压严重。而在未来 20 年内，预计还将有 38000 架飞机被制造出来。幸运的是，5G 使飞机制造商能够全面实现车间优化、售后服务和维护，并最大限度地延长现有和新飞机的正常运行时间和生命周期预期。

航空航天制造商一直采用技术来提高效率。5G 的低延迟和高速度的结合，将完善自动化、预测分析和机器人技术。

来自智能传感器和机器控制系统的实时数据收集是必不可少的。与工件模拟相结合，这些数据能让人了解在切削刀具尖端和零件表面之间的接触点的真实情况。

振动数据与模拟数据相结合，提供了一个准确的控制策略。这种策略与实时可靠性和高数据传输率相结合，对于创建无线闭环控制系统和高精度的过程监控至关重要。

预测分析技术将能够在实际问题出现之前很早就预测车间的零件故障。通过 5G 的集成，航空航天公司将能够自信地确保他们的车间机器始终在运行。此外，预测性技术将能够根据需要对车间机器订购备件和日常维护。

随着需求的激增，重要的是对现有的飞机进行维护和保养，以尽可能延长飞机的生命周期。同样重要的是，任何现有或未来的飞机都要提前进行维修，以确保所有现役飞机始终保持飞行。5G 与有利于车间的同类预测分析技术

的结合，将帮助飞机制造商做到这一点。当与边缘计算功能相结合时，5G 将使飞机与车间机器和供应链管理技术进行实时通信并传输数据。这样一来，终端产品飞机的备件库存和日常维护将被简化，同时也为飞机制造商带来了完全自动化的售后服务和维修解决方案。

"5G 使飞机制造商能够全面实现车间优化、售后服务和维护，并最大限度地延长现有和新飞机的正常运行时间和生命周期预期。"

5G 集成对航空航天制造车间和售后服务的影响是深远的，但其影响也延伸到了航空航天的其他方面；5G 技术也将将在城市空中交通、机场运营、飞机内饰以及国防和网络安全方面发挥重要作用。随着时间的推移，电力推进、自主飞行技术和 5G 通信网络的进步将催生空中出租车服务和定期机场班车的推出。旅客出行预计将激增，因此航空公司和机场的内部网络也需要优化。5G 将帮助空中交通管制在日益拥挤的天空中航行，带来更高质量的数据，并简化安全和客户服务流程。航空公司将能够提供更独特的用户体验，使客户旅程的各个方面都更加高效。

这些只是 5G 对航空航天和其他公司如何影响，以发展能够处理最高乘客需求的生态系统的几种方式。





创新
SOLVED!
解决方案!

Goodfellow

全球材料供应商

www.goodfellow.cn | china@goodfellow.com | +86 21 6112 1560

激光在航空航天领域的多用性

A Showcase for Lasers' Versatility in Aerospace

可用于模板制作、机加工、烧结和 AM。



Automated Dynamics 公司的原位固结的动态过程利用挤压流动造成剪切变薄和混合，使聚合物链纠缠在一起，使层与层牢固的结合。

几年前，Scott Blake 在 Baltimore 参加一个贸易展时，来自美国国家航空航天局 Goddard 太空飞行中心的两名研究人员在他公司的展台前驻足。

NASA 的人正在为一个天基观测站制造复合材料部件：美国的广域红外巡天望远镜。他们想了解 LaserGuide 技术，该技术来自 Blake 的 Assembly Guidance 公司（后来更名为 Aligned Vision），用于直接从 Siemens PLM 的 Fibersim 复合材料工程软件中对干织物层（层）进行模板设计。

LaserGuide 使用二极管泵浦、倍频、Nd:YAG 激光器，向复合材料铺层操作人员展示不同尺寸和形状的环氧树脂预浸料

层的位置，以组装一个零件。

制模技术是激光在航空航天工业中用于加工先进复合材料的一种创新应用。激光也被用于 21 世纪材料的加工、烧结和增材制造（AM）。

具体来说，NASA 团队正在寻找一种更好的方法来制作望远镜调焦轮的实验设计模型，这是一个容纳所有光学元件的外壳。这个锥形八边形部件在其最宽处的横截面约为 20 英寸，高约 7 英寸。它的 3/16 英寸厚的壁由 16 至 24 层 Cytec 方形编织碳 / 环氧树脂预浸料组成。

NASA 团队一直在关注一个激光雕刻系统，但不确定其价格是否合理。Blake 最终为 NASA Goddard 制定了一份租赁协

议，并将 LaserGuide 与一名应用工程师一起送到该机构，这名工程师在一天内帮助政府工作人员掌握了该系统的使用。

Blake 说：认为先进的制造技术实施起来成本太高或风险太大，这种想法是不正确的。这种技术的学习曲线并不十分困难或漫长。”

NASA 的元件盒在用 LaserGuide 制造的零件的尺寸范围中属于较小的。LaserGuide 还被用来铺设 800 层的 35 英尺长的直升机旋翼，数百层的 Lockheed Martin 公司的 F-22 猛禽战斗机 7 英尺长的锥形雷达罩，以及其他部件。

近年来，Aligned Vision 公司在其产品线中增加了 LaserVision 检测技术，该



Synova 公司的 Laser MicroJet 工艺使用水流来控制 Nd:YAG 激光器的光束，并使其保持为圆柱形。



Toray Advanced Composites 公司的 Cetex RTL 板材有多种可定制的纤维和树脂组合，适用于快速热成型，以制造内部和外部航空航天部件。

技术使用数码相机和一种算法，在复合材料的每层铺设过程中识别并指出潜在的问题区域。该公司还将 LaserVision 加入到物联网中，因此可以创建每个项目的数字双胞胎。

热多于光

Aligned Vision 公司的技术依赖于激光的可见光，而 Automated Dynamics 公司采用的是以红外波长发射的镜光纤激光。它产生的热量可以固化热塑性复合材料预浸带。

这种热量几乎被完全吸收，效率大于 90%，温度范围为 400-500°C (752-932°F)，可以熔化 0.13 毫米厚的单向连续纤维的预浸带。预浸带在原地加热后，用冷冻辊压实，以帮助巩固它与先前铺设的预浸带，并冷却工作区。

“这是一个动态过程。” Trelleborg 公司自动化动力部门的工程经理 David Hauber 说，“您在辊隙区域（滚筒与表面接触的地方）使用挤压流时，将导致剪切变薄和剪切混合，使聚合物链纠缠在一起，并在各层之间形成牢固的结合。”

目前，Automated Dynamics 公司约 90% 的制造涉及使用原位成型工艺生产热塑性部件，例如货舱底板、尾梁、固定翼机身和水平稳定器，以及许多工业应用，例如滑动轴承。

该公司的工程师还使用该工艺生产了示范部件，包括使用 IM7 碳纤维 / PEEK 复合材料为旋翼直升机生产的抗损坏、高

生存率的驱动轴。在最近的测试中，与传统的铝制设计相比，该传动轴的重量减轻了 35%，弹道损伤后的存活率提高了 150% 以上。因此，该公司的原位成型工艺目前在美国国防部的采购规模中处于 6 级准备状态（总共 9 级）。

TRL 9 仍然是最终目标，并有望为 Automated Dynamics 部门以及军队带来回报。

“用原位固化的复合材料结构实现载人飞行的关键部件的认证将是一个创举，并将为进一步的应用打开大门，” Hauber 说。

该公司的自动纤维铺放技术以 300 毫米 / 秒的速度铺设碳纤维 PEEK 预浸带，是使用传统的过热蒸气技术实现的沉积速度和粘合度的三倍。

“我相信我们可以用优化的预浸带做得更好，我们正在通过与不同的供应商合作来实现这一点，” Hauber 说。

他说，用于激光加工的理想预浸料具有均匀的纤维分布，表面有一层微米厚的树脂层。

与高压固结相比，虽然该工艺产生的层间性能略低，但该方法不仅能耗低，而且价格相对便宜。

混合复合材料能力

虽然 AM 是 Automatic Dynamics 的技术，但 3D Systems 公司为许多人将其视为 AM 的东西制造材料和机器：3D 打印。

3D Systems 公司的 ProX SLS 系列选择性激光烧结打印机使用 CO2 激光器

选择性地熔化和融合玻璃纤维增强尼龙 12 粉末的极薄截面，商品名为 DuraForm HST，用于制造航空航天领域的非结构性部件。这些部件可能包括环境控制管道、电子储存箱以及无人驾驶飞行器和作战无人机的零件。

3D Systems 公司高级应用开发副总裁 Patrick Dunne 表示：“您会发现，使用 HST 时，玻璃纤维在提高拉伸性能方面发挥着重要作用，而玻璃珠在响应压缩力方面发挥着重要作用。因此，您获得了混合复合材料的能力，其中抗压性和抗拉性产生了一种非常高强度、高刚度的材料，而且，作为玻璃和尼龙，它的重量很轻。”

3D 打印工艺是小批量零件的理想选择，但很难证明与用模具制造这些零件的相关成本和努力谁更合理。它在轻量化、减少零件数量和复杂的设计优化机会方面具有优势。

例如，它允许集成内部挡板，不仅减少了组装的必要，而且通过减少音调共振来提高性能。最后一招是通过保持层流来完成的。

另一种在航空航天领域广泛使用的 3D Systems 材料是 Accura HPC，这是一种陶瓷增强的光聚合物环氧树脂，在该公司的 ProX 800 3D 打印机中用紫外线激光固化。Dunne 说，Accura HPC 被用来为空气动力学风洞测试的比例模型制作覆层。

“使用 3D 打印技术为风洞提供动力，通过将密集的压力预浸带网络直接集成到

热塑性塑料的未来

The Future is Thermoplastics

在经典电影“毕业生”中，Dustin Hoffman 饰演的 Benjamin Braddock 从他父亲的商业伙伴那里吸取了一些关于未来的建议——他声称一切都与塑料有关。

先进复合材料学校 Abaris Training 的直接服务经理 Lou Dorworth 说，制造热塑性塑料，用纤维加固它们，这对航空航天来说是正确的。

航空航天工业喜欢热塑性塑料，因为它们：

- 比金属更轻；
- 可快速成型；
- 可焊接；
- 通常具有耐化学性；
- 具有出色的抗损伤性，并且
- 可以包覆成型

Dorworth 在复合材料行业的生产和培训部门工作了近 40 年，他说他注意到自 2010 年初以来，热塑性

塑料的技术发展有所上升。其中一项发展是 Toray Advanced Composites 的 Cetex RTL（在 Toray 公司于 2018 年收购 TenCate 之前，被称为 TenCate Cetex RTL），这是一种扁平的结构 3.6 x 1.2 米（11.8 x 2.9 英尺）多层板。

“你能够用它来制造结构，就像你制造金属一样，” Dorworth 说。

Cetex RTL，又称有机板，有多种可定制的纤维和树脂组合，适合快速热成型，用于制造内部和外部的航空航天部件。这种材料可以被切割成各种形状，最常见的是通过通过锯、铣或水射流，并进行热焊接或感应焊接。

除了可定制的嵌入式纤维规格外，客户还可以指定 1-64 层的层数、纤维和织物方向、嵌入式雷击保护、电蚀层、颜色和表面效果。

PPS 是 Cetex 板材的一种非常常见的基体，它在加热、压缩和冷却的过程中

被固化，这取决于板材的厚度和树脂类型，以及所需的树脂结晶度。Toray 还用 LM PAEK、PEEK、PEKK、PA、PEI 和其他基质生产 Cetex 板材。

Toray 公司的首席技术官 Scott Unger 说：“LM PAEK 在航空工业中正受到高度关注，因为它具有与 PEEK 和 PEKK 类似的属性，但它具有更低的加工温度，更强的加工特性，并且是下一代原位纤维铺设工艺的推动者。事实上，Toray 公司、美国国家航空研究所和 FAA 将很快完成一个公开可用的、关于采用 Toray 公司 T700G 纤维的 LM PAEK 的 NCAMP 数据库。”

Unger 说，国家先进材料性能中心数据库将符合 FAA 和欧洲航空安全局的要求，并允许设计人员利用低成本资格认证途径，在航空航天和国防应用中使 Toray 公司的热塑性材料。

3D 打印过程中，推动了利用率，并实现了更高保真度的数据采集，”他说。

像热刀切黄油一样

陶瓷复合材料是航空航天市场中使用 Synova 公司的激光微喷（LMJ）加工的众多材料之一，但在这种情况下，陶瓷是基体，而不是增强材料。

LMJ 工艺使用一股水流来容纳来自 Nd:YAG 激光器的光束，该激光器像光纤一样保持圆柱形。水流提供了额外的优势，即在激光器工作时冷却工作区域并冲走碎屑。

激光束的圆柱形状使得切口壁几乎完全平行，这一优点让客户都感到惊讶，因为他们在切割的顶部和底部尺寸不同。

Synova 公司的美国业务经理 Jacques Coderre 说：“我通常会问客户，‘你想要哪个尺寸？’因为一般来说，激光或 EDM（电火花加工）的切割是锥形的，所以业界长期以来一直生活在有角度的切割中。

“该特征导致了一种范式转变，现在机



Automated Dynamics 公司的原位固结的动态过程利用挤压流动造成剪切变薄和混合，使聚合物链纠缠在一起，使层与层牢固的结合。

加工特征的顶部和底部尺寸可以是一样的。”

GE 电力公司使用 LMJ 加工陶瓷基复合材料，这是一种旨在取代燃气轮机中金属的材料，加工速度比研磨快 30 倍。使用 CMC 是因为它们的工作温度会软化大多数金属，而且它们非常坚硬。

“微型水刀像热刀切黄油一样切割 CMC，” Kurt Goodwin 说，他在 2018 年之前担任通用电气先进制造工程的总经理，现在是咨询公司 Good Wind 的管理成员和首席工程师。“这种材料已经应用在我们的新型喷气发动机中了。”

LMJ 被用于加工 CFM 国际公司生产的 LEAP 发动机的护罩，CFM 国际公司是 GE Aviation 和 Safran Aircraft Engines 的 50-50 合资企业，也被用于 GE 的 9X 发动机。

Synova 的技术还被用于加工碳纤维增强聚合物（CFRP），以制造飞机的结构件。CFRP 可以用磨削加工，但磨料加工过程会产生热影响区，而 LMJ 则不会。



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

紧紧夹住 Hang On Tight

先进的工装夹具系统

Lang Technik 的 RoboTrex 自动化系统最多可支持 168 个虎钳或夹具。(图片由 Lang 提供)

智能卡盘、零点定位系统、快装虎钳和模块化的夹具都是当今先进夹具的典型。但是你可能会想：“谁需要这些？我只要拥有 6 英寸虎钳，三爪卡盘，趾夹带和 T 型螺母，就可以加工所有人们需要的零件。”虽然这种态度对于现在的多元化加工来说有点乐观，但也很少有人会愿意在夹具上投入太大的资金和精力。这也是为什么他们长期以来大多采用的都是数控车床和铣床的夹持方式，而现在，是什么在促使人们做出改变？

其中一个原因可能是，您需要在生产线中加入机器人，此时就需要用到液压或气动夹具。也许您想以无人值守的方式实现不同规格的车削，这种时候就需要来自动更换卡爪甚至卡盘。也许您现在正在铸造工件，但永远也不明白为什么过会儿夹具就松动了。当然也许是您的产能和质量始终不如友商，想寻求新的方法来提升竞争力。

不管是什么动机，抛弃几十年前的虎钳和卡盘，改用现代工件夹具解决方案，是提升车间加工质量和效率的绝佳方式。大幅度减少安装时间，提升稳定性、抓取力和安全性，改善人体工程学，只需要在工装夹具上投入少量精力和资金，您就可

以获得上述所有好处。对于那些希望实现 7*24 小时加工，但又无法找到足够的工人来从事倒班工作的工厂来说，自动化是唯一答案。

弥合差距

好消息是，采用先进的工件夹具策略比你想象的要容易（而且可能更省钱）。威斯康星州 Hartland 地区 Lang

Technovation 公司负责运营、技术和内部销售的 Eric Nekich 指出，工具制造商在接口连接标准化方面做得很好，使自动化变得更为容易。

“考虑一下基本的、具有自定心功能的虎钳。”他说，“年来，实际的抓取技术并没有什么变化，但变化的是与机器人协同工作的能力。例如，现在可以直接将虎钳安装到流行的托盘交换系统，如



通过使用零位夹持系统，夹具和托盘的机器人装 / 卸载变得更加简单——图中为安装了 BIG Kaiser 的 UNILOCK 系统。(图片由 BIG Kaiser 提供)

Erowa 或其他模块化工件夹具供应商所生产的产品中。事实上，我们提供的两条虎钳生产线，出厂时就带有自动化接口，甚至于也可用于我们竞争对手的产品。因此，即使客户现在可能还没有准备好实现自动化，他们也可以花几千块钱买一对虎钳和一个安装板，开始时手动使用，然后在预算允许的情况下进一步实现自动化。”

一旦车间决定实现自动化，那么他们就必须面临另一个选择——是用机器人来装卸零件，还是用来交换夹具。对于前者，Nekich 指出，加工中心必须配备液压或气动装置来控制虎钳；而在后者中，机器人本身可以用来机械地激活零点夹紧系统。这就是 Lang 公司 RoboTrex 自动化系统的概念。该系统根据零件的大小，它可以配备多达 168 个虎钳，并提供气动或机械激活。他说：“对于很多高混合，小批量的生产车间，以及可能没有配备自动化设备的旧机器，这都是一个伟大的选择。”

一个称之为家（零位）的地方

对于任何旨在实现工件自动化夹持的人来说，零位托盘都是（或将很快是一个熟悉的术语。这些快装夹具不仅能够大幅度减少设置时间，还为机器人处理零件简化编程提供了一个一致的参考位。此外，它还提供了一种高速、简洁并近似于万能的装夹方法。最后，它还可以用于整个车间内，能够只通过一次装夹完成零件从铣床到车床再到电火花机甚至 3D 打印机的流转。

不过，在这里，您必须对其用途进行早期规划。“当客户想把东西装到托盘上时，他们可以把零点固定旋扭直接安装在虎钳或夹具上，或者把它们安装在托盘的底部，然后用螺栓把所有东西固定在上面。”伊利诺伊州 Hoffman Estates 地区，BIG Kaiser Precision Tooling Inc. 公司的工件夹具产品经理 John Zaya 说。

无论哪种方式，都必须将一系列配套的零点接收器连接到机床工作台上，此时人们最好在车间的所有加工中心采用标准布局。一旦安装到位，转换时间就从几小时缩短到了几分钟，而且可以纯自动化完成。当然如果没有配备相应设备，手动更换也非常简单。

“一个受欢迎的方案是在机架上装满预装工件毛坯的夹具。”Zaya 解释说，“之后将这种夹具和毛坯的组合运送到

UNILOCK 系统（即 BIG Kaiser 零位版）上，该过程可以由机器本身的控制器，也可以由外部的控制器进行操作。同一台机器人也可能配备了多个夹钳，所以假设你有一个液压虎钳或夹具，那么你也可以用它来更换工件。存在各种各样的选择，但它们都以某种类型的零位作为系统原点。”

无需太快

密苏里州 St. Louis 地区 Carr Lane 制造公司的 COO, Colin Frost 警告说，自动化材料处理并不只是加入几个零位卡盘那么简单：“机器人和数控机床一样，精度至关重要。它们要努力分析和调整与工件、机床和工件夹具之间的相对位置，对此，差之毫厘谬以千里。因此，用于机器人上下料的工件夹具是相当复杂的。关键是对这些细小差距之间的容差，在抓取中，需要允许微小错位存在的同时，一样能够保证工件的准确定位和夹紧。”

对于无人值守的加工，还必须有某种方法来验证工件毛坯是否处于正确位置，他说。“这促使 Carr Lane 开发了一种新产品——零件感应按钮，以确保在将机器置于运行模式之前，工件已被正确装载。该公司还开发了一种新式的边钳，可以将手动操作或转换为自动夹持。这是为了应对越来越多的客户在抓取中试图不断地缩小抓取部位，从而在一次操作中加工更多的工件。

“客户还要求收集包括工件夹持在内的各种加工数据。”他说，“例如，我们



如图所示，Carr Lane 的零件位置感应按钮有助于确保工件在启动机床之前就完成了正确的装载。（图片由 Carr Lane Manufacturing 提供）



如图所示应用中，Hainbuch 的 TOPlus IQ 弹簧夹头已完成了与机床控制器的集成，能够为人们提供有价值的工艺信息。（图片由 Hainbuch 提供）

的合作伙伴 Roemheld 已经开发了一系列配备传感器的虎钳，允许用户监测夹紧力。这对自动化环境来说非常有益，如果夹紧力低于某一水平，机器就会停止。或者如果操作者无视安全条例，只在检查的时候才将虎钳拧的足够紧，该功能也可以将其有效地识别出来。这些信息可以用来激活警报或急停按钮。”

智能抓取

威斯康星州 Germantown 地区的 Hainbuch 美国公司也推出了类似的解决方案，即今年 9 月在 EMO 上展出的 TOPlus IQ 弹簧夹头。“TOPlus IQ 是一种智能卡盘，它通过复杂的集成传感器技术不断测量工件上的实际夹紧力。”该公司的市场总监 Michael Larson 解释说，“测量的数据通过远程无线直接传输给控制器，并在那里进行分析。控制器执行目标值比较，如果需要的话，就会显示信息，或者启动修正。”

随着对无人值守加工的需求增长，这种系统也将得到普及。另一个例子来自美国 Röhms Products 公司（Suwanee, 佐治亚州），该公司的 CEO 也认为制造商正在将自动化作为解决工人短缺、质量参差不齐或生产率低下的一种手段。其中的一个例子是，他的团队为一个在龙门式数控车床上通过夹具研发为客户提供了一个交钥匙解决方案。

“这个特殊的客户使用了不同的铸造和锻造供应商，他们担心会产生尺寸误差。”他说，“解决方案是将我们的一个 F-90 数字传感器头安装在液压缸上，以获得 10 μm 的位移精度，这反过来又使我们能够在加工



SMW Autoblok 公司的 E-motion 技术为工装夹具提供了伺服电机控制的驱动装置，消除了对液压和气动装置的依赖。（图片由 SMW Autoblok 提供）

前就精确获得钳口位置，从而得到工件的原始尺寸。然后，我们将该信息发送到 PLC，如果尺寸超出预定范围，它就会停止加工循环，并向操作员发出警报。”

Röhms 的工程师还为车床的主轴和副主轴卡盘配备了空气传感器，以确认工件座位置。由于铸件表面粗糙，他们在主轴上使用了按钮式工作挡板进行工件传感。而在副主轴上，他们则利用了开放式气流传感和一个芯轴来抓取加工表面。Mayer 说：“无论在哪种情况下，传感器都会向机床控制器发送确认信息，如果检测到误装，则会立即停止循环。这对任何无人值守的操作来说都是至关重要的，在这种情况下，即使是一个碎片也会导致轻则工件报废，重则更严重的生产事故。”

彰显你的 E-motion

伊利诺伊州 Wheeling 市 SMW Autoblok 公司的总裁 Larry Robbins 认为，越来越多的客户要求提供自动化友好型产品。与本文采访的其他公司一样，他的公司生产一系列的“更智能的工装夹具”，其中括其 APS 零位和 CSSmatic 卡盘更换系统。

然而，让 Robbins 对工件夹具的未来最感兴趣的是一种全新的技术，不管是自动化还是其他方面。该技术被称为 E-motion，正如他所解释的，它为工件夹具提供了伺服电机控制的驱动力。这不仅消除了对液



Vektek 最新的高级工件夹具泵可以集成到 CNC 中，并直接通过机器控制器来操作夹具。（图片由 Vektek 提供）

压或气动驱动系统及其附属管道的需求，而且为以前不可用的功能打开了大门。他说：“我们已经获得了 3mm 缝隙无线电力传输的专利，其功率最高可达 1.8 千瓦。这使我们能够为旋转卡盘、夹具钳、虎钳或安装在床身上的一系列虎钳提供动力，并且所有这些都来自同一个基础单元。我们所需要的只是一对球状的电感耦合器、一个 AC-MM 控制器和一个电源。”

无可否认，电能的无线传输是一项很酷的技术，但更酷的是它所带领我们进入的新世界。Robbins 指出，该系统还支持数据传输，允许用户（或自动化系统）远程监控和控制夹持压力，并传输工作和机器信息，所有这些都能够在车床或加工中心制造零件时同步进行。此外，没有液压系统意味着没有油，在减少机床结构的同时，减少了危险废物并降低了价格。“这肯定是一项具有变革意义的技术。”他说。

DIY 自动化

对制造商来说这些具有工业 4.0 功能的虎钳和卡盘是一个好消息，但对于那些必须自己制作工装夹具的车间，又该怎么办呢？“我们经常接到设备制造商、工具和模具厂以及其他希望实现自动化装夹的公司的来信。”位于堪萨斯州 Emporia 市，Vektek LLC 公司的客户支持主管和应用专家 Reese Johnson 说，“这些公司可能将其用于直线传输机的工件夹持，也可能是用于机器人加工单元等等，他们有各种各样的设备需要以某种方式固定零件，对于他们来说，定制工件夹持解决方案可能是唯一的选择。但更多的时候，这些设备制造商关心的都是自动化的问题。”

一个可能的解决方案是 Vektek 最新的

高级工件夹具泵，Johnson 说，它的设计旨在集成到 CNC 或 PLC 中，并通过控制器自动控制夹具。此外还有新的 Guardian Pallet 压力监测系统。“例如，在卧式加工中心上，机器内部的托板通常与液压力源是脱钩的。”他解释说，“这个系统安装在床身或夹具上，有一个与外部控制器进行无线通信的压力开关，如果该系统检测到问题，就可以自动向 CNC 发出信号，控制机器停机。”

VAST 解决方案：团队合作

约翰逊说，制造业正在迅速变化，在进入自动化领域时，站在前人的肩膀上非常重要，他说 Vektek 的支持人员有能力帮助他们。位于 Cleveland 的 Jergens 公司也是如此。事实上，这也是该公司成立增值解决方案团队（VAST）的原因。“这是一支由产品和应用专家组成的经验丰富的团队，我们聚集在一起，帮助客户开发定制的工件夹具解决方案，以发挥产品 100% 的性能。”美国西部技术销售经理 Ted Hoyt 说。

他指出，这背后的驱动力之一是，面对积极的加工策略，需要更多的刚性工件夹具。与传统金属加工中“尽可能抓取更多的部位”不同，车间更多的是沿着零件的底边抓取，并以高进给率和轻度径向啮合进行全长的轴向切割。据 Hoyt 说，这需要比传统工件夹持方法更牢靠的夹具。

他说：“我们刚刚于 Okuma 公司在 St. Louis 的 Hartwig 工厂做了一个演示。他们使用了一种高效的钛合金铣削策略，应用人员说他们在更短的时间内加工出了比过去更多的材料。如果没有我们的 ZPS 零点系统，这可能是不可能的。它提供了无与伦比的刚性与精度，而且可以用于自动化。在正在进行几个项目中，我们将发送一个电子信号来激活 ZPS 接收器，或使用机器人进行机床间的托盘卸载与装载。在这一领域仍有大量的开发工作要做，但自动化绝对代表了工件夹具市场的未来。”

www.bigkaiser.com

www.carllane.com

www.hainbuchamerica.com

www.jergensinc.com

www.lang-technovation.com

www.rohm-products.com

www.smwautoblok.com

www.vektek.com

高级集成 (PI) 800 机床: 出色的(P)ECM工艺入门产品

✓ 紧凑

✓ 高性能

✓ 高效

✓ 精确



亮点

- + 紧凑型结构, 集成电解液过滤系统
- + 脉宽范围50 μ s 到DC (直流电)
- + 标配手动或半自动启动系统
- + 快速升级到全自动化
- + 可提供优化工艺和生产效率的选项
- + 振动模块, 行程200mm
- + 沉降模块, 行程400mm
- + 可扩展电源技术/脉冲技术
- + 西门子 S7-1500 机床控制系统



法兰



3D模具



电机轴



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

Sandvik Coromant 于 2012 年推出的 CoroDrill 870 系列钻头，经过多次改进，提高了耐磨性和刚性。（图片由 Sandvik Coromant 提供）

不可替代的可换式刀具（模块化刀具） Replaceable-Tip Tools Get Permanent Spot in Shop Inventories

与一体化刀具相比，模块化装置通常更具有灵活性和成本效益。

当权衡选择模块化铣刀 / 钻头还是硬质合金一体化刀具时，不得不考虑一位行业专家的说法：刀具，就是成本。

“显然，用硬质合金制成的小型模块化刀具成本低于相同直径的整个一体化钻头。” 俄亥俄州 Dover 市 Allied Machine & Engineering Corp. 公司的硬质合金产品经理 Andrew Pisorn 指出。进而，使用一系列模块化刀具，配以数量较少的钢体刀柄，就可以通过减少独特的硬质合金刀具库存，大幅度提升操作和成本效益。“如果在车间中能尽量减少工具箱和抽屉里的一体化硬质合金刀具数量，你就能最大限度地减少库存成本。”

在威斯康星州 Richfield 的 Carmex Precision Tools LLC 公司，其全国销售经理 Jim White 对此表示赞同。他说：“大多数客户选择可转位刀具的原因是通用性——用一个刀架加工多个刀头，当然也不乏成本的考虑。可转位螺纹铣刀在大螺纹直径应用，或不考虑加工周期的小批量加工中更具成本效益。”



Allied 的新型 GEN3SYS XT Pro 钻头具有双钻刃，并有四个冷却液出口，可增加流量。此外还有专门开发的，特定材料的刀片涂层。（图片由 Allied Machine & Engineering 提供）

另一个需要考虑的库存因素。新泽西州 Fair Lawn 地区 Sandvik Coromant 公司的产品经理 Patrick Loughney 说，那些需要经常将修整硬质合金刀具车间必须保持足够的备件，以维持生产不中断。

Loughney 补充说，模块化刀具还能大大减少用户的设置时间，汽车制造业生产线就是一个很好的例子。而且，快速和简单的刀具切换，也将降低人们对于制造业熟练工不断短缺的负担。

并且，对于过多的人工干预，总难免产生意外。例如，他们在更换刀具时必须注意不要把扳手和螺丝掉进机器里。

何时该使用模块化刀具呢？

但性能如何呢？专家断言，最终，使用模块化钻头通常并不意味着牺牲过多的加工效率或刀具寿命。

“例如，我现在知道一体化钻头能够具有 1000 英寸的刀具寿命，那么我当然希望模块化钻头也能如此。当然，即使低一点也能接受。”伊利诺伊州 Vernon Hills 的 YG-1 工具公司的营销总监 Bill Pulvermacher 说。此外，一些用户还表示，超过 0.5 英寸（12.7 毫米）的模块化钻头在车床中往往表现得更好，“因为它们对车床容易出现的错位的容忍度更高。”

目前的模块化铣刀和钻头都有大量的新型基体、几何形状、PVD 涂层和冷却液解决方案，适用于众多行业和材料的一系列应用。像其他



Carmex 公司的 Slim MT 系列具有新的纳米涂层，所承受的加工温度比 TiAlN 刀具高 30%，比通常用于可转位刀具的其他涂层适用硬度高 25%。（图片由 Carmex 公司提供）

加工一样，特定的应用都有特定的工具相匹配。

Pulvermacher 提醒说，在钻不锈钢或钛等难加工材料时，模块化刀具的扭矩可能太大了。由于这个原因，取决于不同直径，制造商也将选用不同的钻头。他说，要改变这种情况，模块化钻头的性能必须在 0.5-0.75 英寸（12.7-19.05 毫米）范围内优于一体化钻头。模块化钻头可能会在更大的直径范围内获得青睐，因为一体化钻头的价格将急剧上涨，可能高达 750 美元。然而，可替换钻头在加工 7/16 英寸（11.11 毫米）的孔时就丧失了优势，因为它们相对于实心钻头来说有些昂贵，而且小工具、螺丝和刀片容易丢失。

专用钻头

Allied 公司的 Pisorn 说，在钻孔方面，要打的孔的数量和类型通常是选择模块化刀具还是一体化刀具的关键决定因素。孔越多（从 1,000 到 50,000 或更多），越浅（最高 13×D），则模块化刀具越适宜。

Pulvermacher 指出，YG-1 表示其 7×D 钻头市场上尚无竞品。“人们非常喜欢它，因为 8×D 的钻头刚性将急剧降低。”

这些钻头被大量用于钢结构加工，如梁和桥塔等领域的支架，Pisorn 说。带法兰盘的行星齿轮可能有 20 到 50 个浅孔，用于风能的轴承环可能有 50-100 个孔，用于造纸业的过滤系统板可能会有成千上万的浅孔，而用于热交换器的管板则是另一种全新的应用。

Allied 的新型 GEN3SYS XT Pro 钻头具有双钻刃，此外还有四个冷却液出口，大幅度增加流量，并为之专门开发的特定材料涂层。Pisorn 说：“独特的连接设计提供了卓越的扭转载荷，同时该产品还能够在位更换刀头。”



YG-1 的 I-One 钻头预计在年中发布。最初发布的产品将针对能源行业中的单一等级，随后将推出通用等级和几何形状。I-One 的多层涂层适用于任何加工速度，其设计旨在耐高温、耐磨损和防止粘连。（图片由 YG-1 提供）

XT Pro 硬质合金刀片具有不同的基体涂层和几何形状组合，旨在经受住高穿透力钻井的磨损。“这本身就会产生大量的热量。控制散热对延长刀具寿命和提高钻孔进给率至关重要。我们已经通过与涂层团队和合作伙伴密切合作，开发了几种新的特定材料和专有的多层涂层，旨在承受更高的热阈值。”

YG-1 公司也预定在 2021 年年中发布了 I-One 钻头。Pulvermacher 指出：“我们正在能源行业进行广泛的测试，取得了非常好的效果。它将与该公司的成熟的 I-Dream 系列钻头并存。目前该公司的钻头有几种几何形状，分别为：Dream Drill General 用于一般用途（碳钢、铁）Inox 个用于不锈钢；Dream Drill Alu 用于铝、High Feed 用于碳钢、铁，以及 High Hard（用于高达 70 HRC 的材料）。”

I-One 的首次发布将以能源行业的单一牌号为特色，随后将推出通用牌号和几何形状。I-One 的多层涂层适用于不同的加工速度，该钻头具有耐高温、耐磨损和防止粘连设计，并且具有冷却液完全穿过其中。

另一款在市场上已经有一段时间的钻头是 Sandvik Coromant 公司的 CoroDrill 870 系列。但自 2012 年推出以来，该产品已经做了许多改进。Loughney 解释说：“我们发现了可能会产生的磨损，所以我们提升了其耐磨性，使其更加坚硬。”

“我们所做出的最大改进是推出了为钢、不锈钢和铸铁优化的新牌号。”他继续说，

Mitsubishi Materials 的 DIAEDGE STAW 可转位钻头与该公司的 DIAEDGE WSTAR 实心碳化物钻头切削刃的几何形状是基本一致的。（图片由 Mitsubishi Materials 美国公司提供）

“我们的 Zertivo 技术采用了 PVD 工艺，能够实现更好地基材——涂层结合，提升了刀刃的安全性，从而进一步提升了刀具的寿命和可预测性。”该产品序列包括用于低合金钢和碳钢的 -PM4334，用于不锈钢的 -MM2334 和用于铸铁的 -KM3334。虽然没有专门针对耐热材料的牌号，但 Loughney 补充说：“我们可以将传统的刀具几何形状沿用至这些领域，从而服务于多个行业。”

刀具装夹稳定性和精度对于模块化钻头精密钻孔加工至关重要，他继续说：“你必须记住，误差是多种因素决定的，您必须先保证刀柄本身，然后才是刀尖。”

位于伊利诺伊州 Schaumburg 的 Mitsubishi Materials 美国公司推出了 DIAEDGE STAW 可转位钻头，“该产品很独特，它切削刃的几何形状与我们 DIAEDGE WSTAR 硬质合金钻头几乎相同。波浪形设计的切削刃和中心点缺口的目的是提高加工孔的精度。”切削工具业务开发经理助理 Barry Griggs 说。

因此，DIAEDGE STAW 表现出“出色的切屑处理能力，并实现了高效率的加工。”Griggs 指出，“在我们的夹持系统中，STAW 模块化硬质合金刀头被设计的极为锋利、精准和坚硬。波浪形刃口设计提供了一个锋利的周边刃口，以提高切削性能，并辅以强大的中心点几何形状，以便在与材料接触时进行初始切削。高螺旋线提供了一个低阻力的钻袋设计，改善了断屑情况，以实现卓越的排屑。”STAW 的夹持系统在刀尖后面加入了更为坚硬的材料，以提升强度和耐久性。

刀片的尺寸为 10-18.1 毫米，涂层牌号为 VP15TF 和 DP5010 PVD，该刀具具有坚硬的硬质合金基体和专有的晶体涂层技术。可以广泛应用于加工从合金钢到各种类型的不锈钢和铸铁等各种材料。其中 VP15TF 牌号的加工范围为 100-400 sfm，Griggs 补充说：“通过使用卓越的高耐热合金和专门应对难加工材料的特殊表面处理方法，我们大幅度提升了钻头的抗腐蚀和抗磨损能力。”

铣削深度加倍

为了使其 Multi-Master 系列立铣刀的切削



质量检测技术驱动 航空航天智能制造 蔡司航空航天 质量解决方案

ZEISS

Seeing beyond



卡尔蔡司(上海)管理有限公司

中国(上海)自贸试验区
美约路60号 电话: (86)21-2082 1188
传真: (86)21-5048 1193

全国售后服务热线: 400-686-9906
全国售后服务E-mail: imthot.zc@zeiss.com
蔡司中国工业质量解决方案官方网站: <http://www.zeiss.com.cn/imt>
蔡司中国工业质量解决方案网上商城: <http://cn.probes.zeiss.com>



深度增加一倍以上：位于德克萨斯州 Arlington 的 Iscar 金属公司推出了可更换刀尖的模块化铣刀，该刀具能够达到 $1.5 \times D$ 的深度，首席技术官 Tom Raun 说。

Is-car 的硬质合金刀具，其直径从 0.312-0.75 英寸（7.92-19.05 毫米）开始，带有多刃刀片，可用于 90° 铣削和快速进给铣削，他解释说。

“与一体化刀具相比，各种牌号的选择具有更好的灵活性和针对性。”该刀具具有专有的 Sumo Tec PVD 后涂层技术，可“提高韧性，改善剥落和抗崩裂性，从而提供高可靠性和重复性。”这些牌号分别为：

- IC810: AlTiCrN+TiN PVD 涂层，用于在中到高速下铣削球墨铸铁；

- IC808: TiAlN PVD 涂层，具有坚硬的亚微米级基体，具有优异的抗崩刃性和高耐磨性，适用于多种材料；

- IC830: AlTiN+TiN PVD 涂层，具有较高的韧性和耐磨性，是钢、不锈钢和高温合金断续切割和重型操作的理想选择。

同样针对难加工材料，Sandvik Coromant 最近推出的 CoroMill 316 可更换铣头对钛和镍基金属进行了优化。Sandvik Coromant 的航空工业专家 Scott Lewis 解释说，对于钛，1745 牌号的切削刃深度可达 $1.5 \times D$ 。“与我们的标准 316 牌号相比，模块化刀头的长度稍长一

些。”Sandvik Coromant 也将在不久的将来推出采用镍合金的 1710 牌号，它也将具有 $1.5 \times D$ 的加工能力。这两个牌号都具有独特的基体和几何形状，目前可用于该公司的硬质合金立铣刀制造。这些可更换刀尖的模块化立铣刀“在加工中，从参数上看相当接近一体化刀具。虽然一体化刀具也许刚度更好一点，但那可能也只是因为一体化刀具更短。同样，我们也有非常短的、坚固的适配器用于我们的 316s 牌号。”Lewis 说。

大直径和小直径

Is-car Metals 公司的美国国家产品专家 Craig Ewing 说，寻求较小直径的制造商可以参考 Is-car 的 SumoCham 系列产品，现在该系列可以提供直径小到 4 毫米，深度可达 $5 \times D$ 的应用。

SumoCham 的直径范围为 4-32.9 毫米，增量为 0.1 毫米，Ewing 解释说。其头部有 10 种几何形状，适用于各种材料和应用，长径比有 $1.5 \times D$ 、 $3 \times D$ 、 $5 \times D$ 、 $8 \times D$ 和 $12 \times D$ ，可用于大部分直径范围。每个刀体都能够匹配一定范围的刀头直径：从 4 到 14.9 毫米，刀体直径以 0.5 毫米递增；从 15 到 32.9 毫米，刀体直径以 1 毫米递增。

“对于一些较小的尺寸，有较小的刀柄直径和较短的 OAL（总长度），有法兰盘，用于瑞士车床和更为灵活的加工。除此外，也有带集成倒角刀刃的钻头。”他补充说。

在大型加工方面，Is-car 公司拥有 LogIQ-3-Cham 三刃模块化钻头，其直径为 14 到 23.9 毫米，增量为 0.1 毫米，钻体为 $1.5 \times D$ 、 $3 \times D$ 和 $5 \times D$ 。“最终，该生产线将拥有包括 12 到 25.9 毫米的所有钻头头部尺寸。三刃设计将提供更长的刀具寿命和 / 或更高的进给率，其主要用于 ISO-P 和 ISO-K 材料。”Ewing 说。

对于更深的大直径应用，Is-car 公司推出了 ModuDrill 模块化——可转位刀片组合钻头，其直径较大，可用于加工超过 $12 \times D$ 的深度。ChamIQ 700 系列的直径范围为 33 到 40 毫米，增量为 0.5 毫米。“该尺寸及增量都较为常见，HFP 硬质合金刀片看起来更像铲形钻头，适合一系列钢制适配器头（MD-DFN），这些适配器头也可以安装在长形钢钻体（MD-BODY）上。两个钻头体和七个适配器头的组合能够覆盖整个直径范围。”他说。

该系统的模块化部分“具有可转位刀头，同时也安装在两个钻头体上。”Ewing 说。它们具有八种公制尺寸（33-40 毫米）和两种英



Kyocera 的螺旋式 MFH 铣刀旨在以较低的切削力，实现高进给和高金属去除率。（图片由 Kyocera Precision Tools 提供）

寸尺寸 (1.375 英寸和 1.5 英寸)，并使用 DR Twist 系列的标准 SOMX 刀片。“同时他们还使用 BTA 深孔钻系列的导向垫。这个系统的钻孔深度范围为 16.5-17 英寸 (419-432 毫米)。”

同时，北卡罗来纳州，Hendersonville 的 Kyocera Precision Tools Inc. 公司也注意到了市场中小型模块化可转位立铣刀需求的增加，技术中心经理 Brian Wilshire 说。

“这些旋入式刀头的直径从 8 毫米到 32 毫米不等，可以安装在各种长度的刀柄上。”他解释说，“在许多情况下，在较小的直径加工中，它们已经取代了一体式刀具。可更换刀尖的钻头 and 模块化的可转位立铣刀具有相似的优点：成本更低，因为只有实际切削的刀头是硬质合金构成的；转位后的位置变化小；在切削不同的工件材料时，能够轻松改变等级或几何形状；以及在更换磨损的刀具时停工时间更短。”然而，他补充说，目前，一体式硬质合金刀具在铣削时仍能提供更好的刚度、钻孔深度和切削力。

选择较小直径、高进给的立铣刀“对较硬的工具钢和模具钢加工来说是一个理想的选择，特别是在航空航天和模具行业。客户倾向于使用可更换刀尖的钻头和可转位的立铣刀，这样可以使他们对新产品做出更快的相应，以缩短周期时间，因为该刀具更换成本更低，转位时间更短。”他说。

PVD 涂层在较小直径的刀具中最为常见，他补充说：“因为与较厚的 CVD 涂层相比，它们更有助于保持更边缘的锋利。Kyocera 在通过研发推出了 Megacoat PVD 涂层。该涂层由于具有高氧化温度和高硬度，是应对于更高速切削的理想选择，从而缩短了加工周期。”

对于大直径加工，螺旋槽是 Carmex 公司 SRH 系列可替换铣刀成功的关键，White 说：“实心螺纹铣刀仍然是直径 1 英寸 (25.4 毫米) 以下螺纹攻丝的最有效选择，因为你可以在切削中获得更多的槽，而且其几何形状能够带来更高的切削速度和更快

的进给率。”但螺旋槽比直槽刀具的自由度更高。他还补充道，SRH 在石油和天然气市场取得了巨大的成功，其成功点主要在大直径的对接螺纹和 Acme 螺纹的加工。

Carmex 最近为其 Slim MT 系列推出了新涂层。“这种纳米涂层在加工时，所承受的温度比 TiAlN 刀具高 30%，比通常用于可转位刀具的其他涂层适用硬度高 25%。这些涂层在高温合金 (如铬镍铁合金和钛合金) 加工中的表现优于其他涂层。”White 说。

成功经验

模块化切削刀具供应商提供了许多例子，说明这些工具是如何超越一体化刀具的。例如：

● 军事行业：一个为 AR 步枪生产铸铝上机匣的客户，从一体式麻花钻换成了 Allied 的 GEN3SYS XT Pro 刀柄 (HXT1024S-100F) 和刀片 (XTN24-25.3)，每孔成本降低了 108%，同时刀具寿命增加了 233%。

● 汽车行业：一家大型汽车制造商最初使用一体式硬质合金钻头在一个碳钢传动部件上加工 8 个直径 12.4 毫米、深 10.7 毫米的孔。在改用 Iscar 的可更换刀尖 DCN 120-036-16R-3D 和 ICP 0488 IC908 刀片和 IC908 牌号后，每个零件的成本降低了 46%，从每个 31 美分降到 17 美分。切屑控制也得到了改善，消除了干扰自动化设备的切屑纠缠。不需要额外停机来清理切屑了。Ewing 说。

● 航空航天业：Iscar 公司的一个客户使用 0.5 英寸 (12.7 毫米) 的四刃硬质合金立铣刀对 Inconel 718 进行开槽 / 穿孔操作，每月加工产品 50 件。通过改用 Iscar 的 HM390 ETPD.50-03-C.50-05C 可更换刀尖立铣刀和 IC808 牌号产品，每批刀具成本下降了 8343 美元，Raun 说。

● 管板加工：一个在双相不锈钢上使用一体式硬质合金钻头的客户，由于板材支撑效率低下，导致板材弯曲，出现了崩裂现象，Griggs 回忆说：“当钻头出孔时，板材会弹起，导致钻头的角部崩裂。通过改用 Mitsubishi 的 STAW，其独特的角半径提升了钻头的边缘强度，使客户的成本相对于一体式钻头，下降了 90% 以上。”

www.alliedmachine.com

www.carmex.com

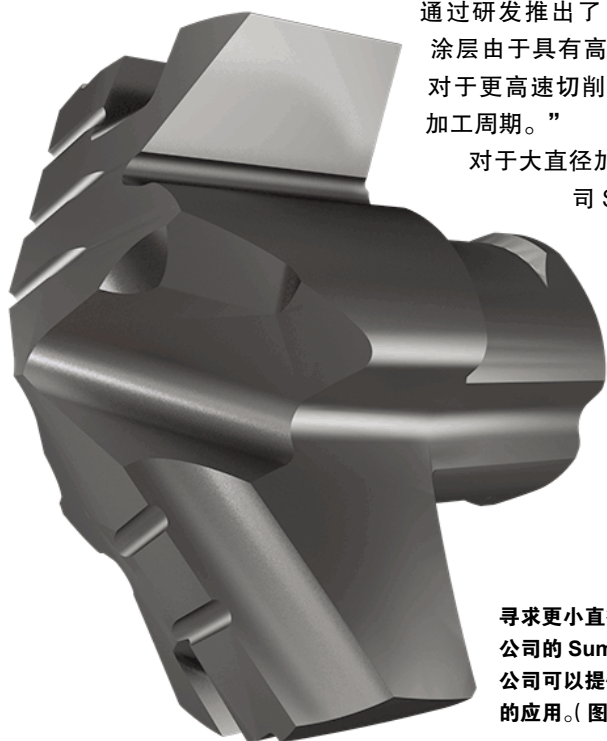
www.iscarmetals.com

www.kyoceraprecisiontools.com

www.mmus-carbide.com

www.sandvik.coromant.com

www.yg1usa.com



寻求更小直径的制造商可以参考 Iscar 公司的 SumoCham 系列产品，现在该公司可以提供小到 4 毫米，深至 5 × D 的应用。(图片由 Iscar Metals 公司提供)

制造业中的结构化视觉

Structured Vision in Manufacturing

供应商正在提供各种传感器以满足行业用户的需求和预算。随着价格的下降和生产能力的增长，问题是下一个最佳应用是什么？



据 GOM 称，ATOS 5X 凭借其更新、更亮的光源，能够在实现自动化应用中的大型零件测量。(图片由 Capture 3D 公司提供)

结构光系统通过投射条纹图案来测量表面，然后使用相机和复杂的软件将其转换成测量数据的点云。在数百万个测量点上，测量精确度可以达到微米级。一些较新设备的捕获率可以以毫秒为计量单位。这些传感器的性价比和可选择性也正在增加。虽然大多数仍然是双摄像头的立体成像装置，但一些人正在使用单摄像头装置，以便更灵活地进行测量设置，特别是在生产线附近。更多测量设备的部署和更多的应用是这个行业的标志。

该领域的先驱之一是 GOM 公司，该公司目前正在扩大其 ATOS 结构光系统系列的用户群。“在过去，每个人都把 ATOS 传感器看作是高端且昂贵的扫描仪。但现在 GOM 公司提供了整个结构光

扫描仪系列的产品。”位于加州 Santa Ana 的 Capture 3D 公司的全国销售工程经理 Frank Stone 说，该公司是 ATOS 传感器的增值经销商。他说：“他们认识到，为了扩大市场，你必须向各种各样的客户提供产品，而并不是每个人都像其他人那样需要严格的测量公差和精度。”

该公司提供多样性的一个很好的例子是其 ATOS Core 产品，一个入门级的测量系统。它的能力可以随着所有者的需求而增加。据 Capture3D 公司称，这是诸如逆向工程或快速成型等入门级应用需要的扫描设备，但没有高级的检测功能。一个完整的“入门级”套件包括将点云数据转换为 STL 格式的多边形网格软件。Core 可以提供从手动操作到半自动操作的升级

路径，包括为了实现更高质量的计量检测而增加接触式探头和摄影测量系统。同一设备也可以最终升级为全自动化，以用于工业质量控制检查。

但 GOM 也没有停止改进其高端系统。它的最新产品是 ATOS 5 和 ATOS 5X，是为工业用途和将测量整合到生产线上而设计的产品。在恶劣环境中使用结构光的关键之一是缩短采集时间，使其对振动和噪音不那么敏感。据该公司称，ATOS 5 以每秒 100 帧的速度在 0.2 秒（200 毫秒）内捕获扫描。通过与 ATOS Scanbox 自动化系统相结合，它可用于测量汽车车身闭合件、仪表盘、发动机涡轮叶片或铸造件的测量。安装在定制化集成机器人上，它可以测量完整的白车身，这在汽车制造中很常见。

投影来源的多样性

为了进一步扩大实用性，更先进的 ATOS 5X 使用了一个更为明亮的光源。"ATOS 5X 使用一个集成的激光光源压缩机来提升亮度，这就扩大了测量范围，"Stone 解释说。"以前我们只能测量 700 毫米，但有了这个新光源，我们现在可以在同一时间内测量 1000 毫米的范围，并且每次扫描只需要 0.2 秒。"从技术上讲，这仍然是结构光，并没有使用激光中的相干性来做干涉测量——它是一个非常明亮但仍然是标准的结构光设备。

位于罗得岛 North Kingstown 的 Hexagon Manufacturing Intelligence 公司近年来也开发了多种结构光扫描设备。它们可以被归纳为两种基本技术，即使用单片投影的技术和使用多条纹投影的技术。单片传感器强调速度以及在恶劣条件下能够使用，产品包括海克斯康的 WLS qFLASH、BLAZE 600 和 WLS 400。

"这些传感器强调快速的图像采集，"海克斯康公司的技术项目经理 Amir Grinboim 说。这些传感器检测速度平均在 0.015 秒，或者说在 15 毫秒内收集数据。采集的速度很重要，这也是它们在工厂车间环境中的理想选择的原因。"Grinboim 说："我们的理念是'想测哪里，就测哪里'。"

另一方面，虽然多条纹投影技术速度较慢，但分辨率更高。这包括海克斯康的 AICON 产品。"当我们拍摄时，图像是由一连串的投影而建立的。而这些投影投射在零件上的线条上，而这些线条随着图像得采集过程移动并改变方向。这是一个相对较长的过程，"Grinboim 解释说，一次采集平均需要 2 秒。"但我们的目标不是速度，而是点云的质量。"

海克斯康公司还在其最新的传感器——AICON StereoScan neo 中使用了红/绿/蓝 (RGB) DLP 投影仪。该传感器的测量范围也很广，从 75 毫米一直到 1,100 毫米。这可以通过改变相机镜头或基座的长度来实现。采集时间约为 2 秒钟，该设备可配备 800 万或 1600 万像素的摄像头。

RGB DLP 投影机最理想的应用是将测量结与 CAD 上的标准尺寸偏差以不同的颜色显示出来。然后将这些信息投射到刚测量的零件上。"对于模具返工中，显示铸件上多余或不足的部分，是设计工作者的理想选择。所有这些都可以让工程师在零件上看到，而无需参考电脑屏幕或 PDF 文件，"Grinboim 解释说。

海克斯康公司称之为"所测即所得"，即

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

SWYM。”这是测量和处理铸件、锻件或注射塑料的理想选择。如果你有一个大型零件，我们的软件将自动地把多个集合拼接在一起，而不需要在零件上设置参考目标进行测量”他说。

工业化和自动化

“结构光广泛应用于逆向工程和航空航天等领域中。这两种应用通常需要更高的精度公差，这与结构光硬件的要求不谋而合，”位于威斯康星州 Brookfield 的 Exact Metrology 公司的部门经理 Greg Groth 解释说。Exact Metrology 公司提供合同测量和扫描服务、计量设备解决方案以及硬件和软件租赁。它提供或使用的计量设备包括从便携式手臂 CMM 到高端 CT 扫描仪。该公司还使用 GOM ATOS 结构光系统。这些系统包括 ATOS II Triple Scan 和 ATOS III Triple Scan，Exact 公司在其测试合同中会使用这些系统。Exact 公司还分销海克斯康制造智能公司的 AICON PrimeScan 系列产品。

自动化正在成为结构光设备的主流用途。”目前，结构光技术以广泛应用于自动化工业中。随着机器人单元变得更加安全，更具成本效益，并且硬件也变得更便宜，在线自动化测量的普及率正在上升，”

Groth 说。”随着采集速度提高到亚秒级，这为生产效率开辟了一个新的世界”。

他还认为当前的工业流行语——如人工智能、物联网和大数据分析——正在对结构光系统的采用产生深远的影响。”一个较大的变化是动态反馈，或一个循环系统。例如，扫描部件，与 CAD 标准数据进行比对，并将这些差异反馈给制造过程，实现对模具进行适应性修改，以制造出正确尺寸的零部件，”他说。

位于密歇根州 Brighton 的卡尔 - 蔡司工业计量有限责任公司的便携式三维扫描产品销售经理 Ian Scribner 在他对这种对自动化转变的观察中，对这一观点表示赞同。他解释说：“自动化是过去几年中最受关注的地方，即加强我们的软件以实现硬件的自动化，”他说。

蔡司提供的结构光系统的历史也可以追溯到该领域的早期创始组织之一——Steinbichler 公司。几年前，蔡司收购了该公司及其技术。蔡司 COMET 系列结构光系统就来自于这一收购，但现在也展现出一些蔡司独有的改进。其中一个例子是用于检测表面缺陷的蔡司 ABIS II 系统。它在测量汽车制造中的 A 级车身表面时特别有用——这同样是为在生产线上或附近使用而设计的。

蔡司的另一个较新产品是 COMET Pro AE。该设备用于该公司的预包装的自动化解决方案、AIBox 和 AIBox flex 系统。它还说明了所有供应商在结构光系统中普遍存在的另一个趋势——结合不同的计量技术来提高自动化程度和测量准确性。

“COMET Pro AE 严格来说是专门用于自动化测量。它有几个额外的功能，包括视觉检测功能，”Scribner 说。”这有助于更快、更准确地捕获较大的零部件。它还有光环功能，使用户能够扫描金属板，在金属板的孔或支架或切口上提供更好的特征细节。”

COMET Pro AE 的采集时间取决于零部件的尺寸。例如，一个汽车车身的金属板，需要几分钟时间。这里的测量结果是数以千万计精度为 25 至 35 微米的点，据 Scribner 说，事实上，近一段时间最大的成功案例也就是钣金件的自动测量。

虽然 COMET Pro AE 是作为“在线”式设备而提出的，对样品批次检查很有用，但蔡司也通过其 AIMax Inline 和 BestFit 产品为在线检测提供了结构光的检测解决方案。该公司宣传说，这些产品适用于质量保证、位置识别和生产控制工作，同时也可用于对机器人的引导工作。

该设备还可以输出 STL 格式的表面扫



Hexagon 制造智能公司在其最新的传感器 AICON StereoScan neo 中使用了红 / 绿 / 蓝 DLP 投影仪。
(图片由海克斯康制造智能公司提供)

描点。”通常情况下，COMET AIMax 被编程为寻找特定的特征而实施的在线测量方式，”他说。但由于它是可编程的，它可以避免那些难以测量情况下的缺陷，而且价格会变得越来越实惠。

Scribner 说：“每年我们都可以看到结构光的测量设备的价格下调，但同时，在检测能力上却不断提高，并不断开辟出新的应用。BestFit 的紧凑尺寸是由其单相机技术所实现的。此外，由于认识到它们所设计的恶劣环境，这两种传感器通过主动补偿表现出在高温的稳定性。

可承受性和应用性

据位于南卡罗来纳州 Rock Hill 的 3D Systems 公司软件总监 Scott Green 说，视觉系统市场正在发生巨大的变化。”特别是高分辨率结构光系统的市场将发生巨大的变化，”他说。

该公司提供广泛的产品，从 3D 打印机到触觉力反馈设备，包括一系列结构光计量系统。Green 说，结构光系统的转变是由于设备价格的下降，甚至在质量和扫描覆盖面增加的同时也会下降。”这些系统很快就可以用信用卡购买。他说：“今天，甚至有非常低成本、高质量的结构光传感器，售价不到 1 万美元，”这与最初引入市场的 10 多万美元的系统相差甚远。3D Systems 公司提供它所称的工业级扫描仪 Capture 和一个较小的版本 Capture



来自 3D Systems 公司的 Capture 和 Capture Mini 扫描仪提供准确和快速的蓝光 3D 扫描技术。Capture Mini 是一个便携式的轻型设备。(图片由 3D Systems 公司提供)

Mini。另一种手持式设备也使用结构光对小件物品进行快速测量。

这怎么可能呢？这些系统需要高质量和精确的光源以及精确的投影模式。摄像机需要捕捉高达 1600 万像素的清晰图像。有许多复杂的软件和数学模型以用于从这些组件中获取数据。这几十年的不断改进使软件和算法更加复杂。然而，他认为这些系统在本质上是简单的。”他说：“一个

结构光系统基本上是两台摄像机和一台投影仪，还有一台计算机和软件。

普通消费市场正在推动这些零部件的成本和质量曲线。这个级别的计算正在变得几乎免费。大规模生产的智能手机和消费级相机意味着数码相机和光源正在快速发展。

“功能零部件、构建结构光传感器的实际零部件正变得更加便宜，”Green 说。“所以你看那种高质量的结构光设备的价格在不断下降，这主要是因为它里面的组件正变得更加容易获得且更便宜。

他说，一旦硬件的成本下降，配套软件的价格压力就会增加。Green 说，随着总成本的降低，现在廉价的结构光系统就会被用于那些专用用途当中。想想看，测量汽车白车身的间隙断差，或者通过单个传感器对加工单元中的单个特征进行 100% 的检查。

他说：“对于正确的应用，我们将拥有更为智能的传感器，它们更接近于生产场所。这些应用的桌面软件的作用将更像一个信息聚合器。”

www.3dsystems.com

www.capture3d.com

www.zeiss.com/metrology

www.exactmetrology.com

www.HexagonMI.com



蔡司推广用于自动化解决方案的 COMET Pro AE 结构光系统。它也增加了其他技术，如摄影测量以提高实用性。(图片由卡尔·蔡司工业计量公司提供)

Direct Dimensions 公司首席执行官 Michael Raphael (站立者) 说, 他寻找的是适用范围广、能解决广泛问题的计量设备。

随时随地的测量 When Your Ship Comes In and Needs to be Sized Up

计量技术公司正在成为应急计划的大师——服务于户外生产。

当在钻井、清理森林或挖掘建筑工地时, 有经验的操作员依靠他们最棘手的设备来帮助完成工作。

当将激光跟踪仪位于专家们手中时, 不仅可以捕获大型点云, 还可以在可能没有电源插座的地方, 以及在天气扰乱最精心制定的计划的情况下, 可靠地运行, 这对于无法进入计量实验室的大型测量工作来说, 也是如此。

" 我们寻找的第一要素是实用性, "Direct Dimensions 公司 CEO Michael Raphael 说。" 作为一个三维测量服务部门, 我们正在寻找具有广泛适用性并能解决广泛问题的测量仪器和设备 "。

在 Direct Dimensions 公司的储藏室里, 常用的计量设备包括 Leica (Hexagon)、Faro、Surphaser 和 Artec 的激光扫描仪, 因为它们具有 Raphael 和他的团队在扫描巴尔的摩船坞中那些历史性 U.S.S. Constellation 军舰等工作中需要的功能。在这项历史性保护工作中, 该服务局使用了 Faro 焦点激光扫描仪和 Surphaser 三维扫描仪。

Basis 软件公司的 Surphaser 扫描仪是为工业和户外环境而设计的, 并承诺达到亚毫米级的扫描精度。当 Raphael 和他的团队需要在一个大型项目中捕捉准确的细节时, 特别是当扫描用于逆向工程时, 准确、详细的扫描至关重要, 他们就会使用这些扫描仪。

" 如果我们要扫描一架飞机, 或者说出于一些与制造相关的原因, 比如他们

想设计一个需要适合飞机的新部件, 我们需要精确的尺寸精度, " 他说。" 他们要去制造模具, 做一些工程性工作, 他们要制造一些东西, 而且必须要适合。像这样的项目的公差可能决定了我们需要使用 Surphaser。

" 现在, 当您扫描一座宏大的建筑物时, 可能不需要那么高的精度, 并为这种类型的应用场景提供一个完全在所要求公差范围内的检测方式。因此, Faro Focus 或 Leica (Hexagon) RTC360 是专门为 AEC (建筑、工程和施工) 设计的完美工具。"

Greg Groth 是 Exact Metrology 公司在威斯康星州 Brookfield 办事处的部门经理, 该公司是一家合同式测量和扫描业务公司, 同时也销售和出租测量硬件和软件, 他说, 除了数据的精度和质量, 设备的鲁棒性也对他至关重要。

" 这可以以包装 (最常见) 或测量工具本身的形式所体现, " 他说。" 设备将有可能被带往世界各地, 它必须能够适应各种运输方式, 以及可能会存在的野蛮装卸。"

其他可以使计量设备进入 " 首选 " 项的理想功能包括:

- 便携性。
- 可选择电池供电的操作方式。
- 集成的或电脑中的人机界面。
- 能够在不同的方向上安装或使用。
- 在极端条件下的可操作性, 如波动的温度和天气
- 重量。



" 在你必须把这台设备搬来搬去时, 如果它重量超过 30 磅, 那就将对你造成一些麻烦。" Raphael 说。" 但如果是 10 磅, 那就明显好得多。"

Groth 说, 另一个需要增加的功能是像便携式 Romer (Hexagon) 测量臂上的磁性底座。他说, 磁性底座是不同版本的高精度便携式机械臂的标准配置——这其中有 6 轴、7 轴、紧凑型、带和不带集成扫描仪的各种型号——这增加了将其置于精确测量的正确位置的可能性。

计量设备的一个较新的特点是入口保护 (IP) 认证, 这是一个关于电气外壳的国际标准, 规定了防止异物 (如灰尘、污垢和湿气) 侵入的密封效果水平。

"直到几年前,你甚至都不可能做到这一点,但现在,电子技术已经变得更好,这种设备的设计也变得更好,这些制造商能够去申请 IP 认证," Raphael 说。

选择计量设备的操作人员不仅要考虑初始价格,还要考虑长期成本,他说。这里关于总体成本的问题包括:

- 设备是否可靠,以便在我需要时可以使用?

- 维护和修理费用是多少?

- 它是否与第三方软件兼容,或者我需要专用的软件?

- 买家还应该检查一下设备的供应商。Direct Dimensions 和 Exact Metrology 都是计量解决方案的经销商。供应商的历史如何?他们已经存在一段时间了吗?他们支持这台设备吗?他们是否定期推出修订版本,或者产品的开发已经停滞不前?

并不需要博士学位

海克斯康制造智能公司自 1990 年推出其第一台激光跟踪仪 Smart 310 以来,一直将产品研发作为优先事项。

"北美激光跟踪仪产品线经理 Joel Martin 说:"从 20 世纪 90 年代初开始,我们的重点一直是采用这种技术,并将其转移到更有能力、更容易使用这些东西上,这大幅度降低了对操作员的学历和技能要求。

在海克斯康公司工作了 23 年的 Martin 说,他和他的同事们曾经说过,跟



在三维激光扫描在户外进行时,可能需要在黎明或黄昏时分工作,因为有些扫描仪在阳光直射下不能正常工作。

踪仪可以运输,但难以携带——因为你可以把它们从一个地方移到另一个地方,但这需要一辆货车。

它们又大又重,装在巨大的推车上。它们的重量以及电缆和控制器等附件使它们在设置和配置上成为一项挑战的工作。

在 Smart 310 问世后的几十年里,该公司的发展包括:

- T-Probe, 一种无线手持式探头,可替代球面反射器 (SMR)。

- T-Scan, 一种手持式激光扫描仪,

- 以及 PowerLock, 一种激光束技术,可以帮助激光跟踪器的操作员自动连接跟

踪器发出的激光束与反射器。

海克斯康公司还专注于使其技术设备更轻,采用电池操作,配备无线通信和 IP54 认证等改进当中。

"我们的工作重点是,当有人需要在检测、应用或生产过程中使用激光跟踪仪时,他们不必担心技术存在的特殊性," Martin 说。"我们已经做到了,你只需把激光跟踪仪放下来,用探针测量,用扫描仪测量,用反射器测量,用任何一种终端效应器设备来测量,这样就能实现无缝集成,我们真的不必担心技术或它如何测量等技术细节。"

所有这些都为像 Raphael 和 Groth 这样的操作人员提供了便利,他们使用海克斯康的设备或者其他厂家的设备,在全球范围内,在各种天气下进行户外计量。

"即使是在恶劣条件下进行检测,测量结果也不会有太大波动," Martin 说。

他说,操作人员在冬季的冰雪中使用海克斯康的设备可以对开启和关闭船闸的门、调节水位的水道闸段进行检查,以便将船只从一个水道移到另一个水道,也可以在沙漠条件下对政府的测试场进行校准工作。

Martin 说:"要了解我在哪里设置这些设备,我的测量对象是什么,我需要担心什么,这需要大量的预见性。"

安全是最重要的

即使 Groth 和他的团队在为项工作



海克斯康制造智能公司的 Joel Martin (中间者) 说,他的公司的重点一直是操作技术,你不必是博士或经验丰富的操作员才能使用他。

公路计量？了解你的装备。 Metrology road trip? Know your gear.

当 Exact 计量公司威斯康星 Brookfield 办事处的部门经理 Greg Groth 接受委托在公路上进行计量工作时，他可以从六个不同的制造商那里挑选设备。Smart Manufacturing 杂志问他，他喜欢每个厂家的哪些品质。



Leica (Hexagon) AT430
喜欢它的原因：长距离，大体积测量下的高精确度



Leica (Hexagon) AT960
喜欢它的原因：长距离探测 / 扫描



Artec 3D
喜欢它的原因：便携性、测量速度



NDI 光学追踪仪
喜欢它的原因：通过活动的 LED 自动调整运动。



Geomagic Capture (桌面型)
喜欢它的原因：小型的扫描设备



Romer (Hexagon) 测量臂
喜欢它的原因：便携性，标准的磁性底座



Surphaser
喜欢它的原因：“它是我们这里的一个很好的工作主体。”

制定物流计划时做了这样详细的规划，当出现意外情况时，他们也需要准备好即时应对。

“由于我们项目的多样性，我们在现场需要进行必要的调整，”他说。“例如，在降水期间给设备搭帐篷，或者在高度污染的环境中用保护布来包裹硬件”。

马丁说，在炎热、晴朗的日子里，可能也需要给计量设备搭帐篷，以保持温度稳定性。

当有阳光直射在任何东西上，那任何东西就会变得热膨胀，”他说。“因此，如果你有一个跟踪器坐在一个铝制的三脚架上，（经过阳光照射）这个三脚架就会发生移位和偏移。”

每个细节都很重要

有时甚至需要在被测物体上搭帐篷，

或者在黎明或黄昏时分工作，因为有些扫描仪在强光下不能正常工作。(Raphael 说，Direct Dimensions 公司在巴尔的摩扫描军舰时，不得不为设备搭建帐篷)。

由于需要扫描这些细节来满足严格的公差要求，工作人员使用了蔡司 Comet 扫描仪。尽管 Comet 的设计是轻巧便携的，但该技术是仍为室内使用而设计的。Comet 的用处在于它能够捕获大体积的图像，最大可达 4 x 4'。

“这项技术需要均匀的光线，”蔡司公司的区域产品销售经理 Alberto “Al” Griffa 说。“如果外界光强变化太大，就无法实现测量的精确度”。

在这个大型项目中，Comet 扫描仪使用了一种叫做摄影测量的技术。

“它使我们能够以很高的精度扫描大型部件，因为摄影测量使我们能够将所有

的扫描结果结合在一起，”Griffa 说。“该系统是一个高端的 3200 万像素相机，有了摄影测量的套件，可以捕捉不同的图像，然后与 Comet 扫描仪结合，你可以非常准确地将它们拼接在一起。”

在像这艘船这样的大型工作中，Groth 建议操作员注意他们的环境，以保持安全。

他说：“并不是所有的技术都是无线的，或者是可以采用电池操作的，所以注意你的电缆管理是非常重要的。”被电缆绊倒或让叉车压过通信电缆，肯定会毁掉这一天的工作。

“当扫描非常大的环境时，如发电厂或工厂时，会发生设备的几次重新定位。这给现场的应用工程师带来了各种危险，他们很可能不习惯该特定设施中的危险性。这些移动有时会造成人员伤亡，因此良好的团队合作是关键。”

对工业化雕刻和锐化进行优化

Optimize Industrial Engraving And Sharpen

在 CAD-CAM 软件中的一个用于工业化雕刻和锐化的新策略将会简化并加速流程。

在雕刻加工中将使用一个具有恒定铣削深度的刀具在材料上沿着一个轮廓轨迹行走，比如刻写字。工业锐化是对锋利的冲头（凸出）或者模垫（凹陷）进行更复杂且更特殊的加工。在这里将在一个轮廓的尖角处，相当于刀头的锥角，沿 3D 轨迹走刀，使轮廓的上边缘处只剩一个最小的刀头半径，即一个锐角。Pictures by PC CAD-CAM 软件的新版本根据其提供商 Schott 公司称在雕刻和锐化方面做出了改进。

雕刻和锐化加工中还补充了圆柱投影，它使人们可以加工环绕图形和凸面文字，就像在压花辊上出现的圆柱面一样。软件的最新版本还支持在凹圆柱面上的圆柱投影，以便更容易进行产品的雕刻，如

吹塑模型。以同样的方式，铣削轨迹可以用球面投影围绕凹球面和凸球面进行。

除此之外还开发了双投影的新功能。以一个圆形截面的环为例，图像和文字首先围绕圆截面半径做圆柱形的环绕。由此得出的刀具移动路径将第二次围绕环的直径。这样就在一个双曲面上形成了 4 或 5 轴同时铣削的雕刻轨迹。

对于工业化雕刻而言重要的是全面利用矢量图和专业的排版工具。基于矢量的 CAD 软件 Pictures by PC 开启了图形（Bezier 曲线、Nurbs 曲面）、字组和刻字（TrueType、Postscript）以及它们的操作的自由设计。它在此满足了最高的排版要求（字距调整、编辑、Unicode）。外来的图



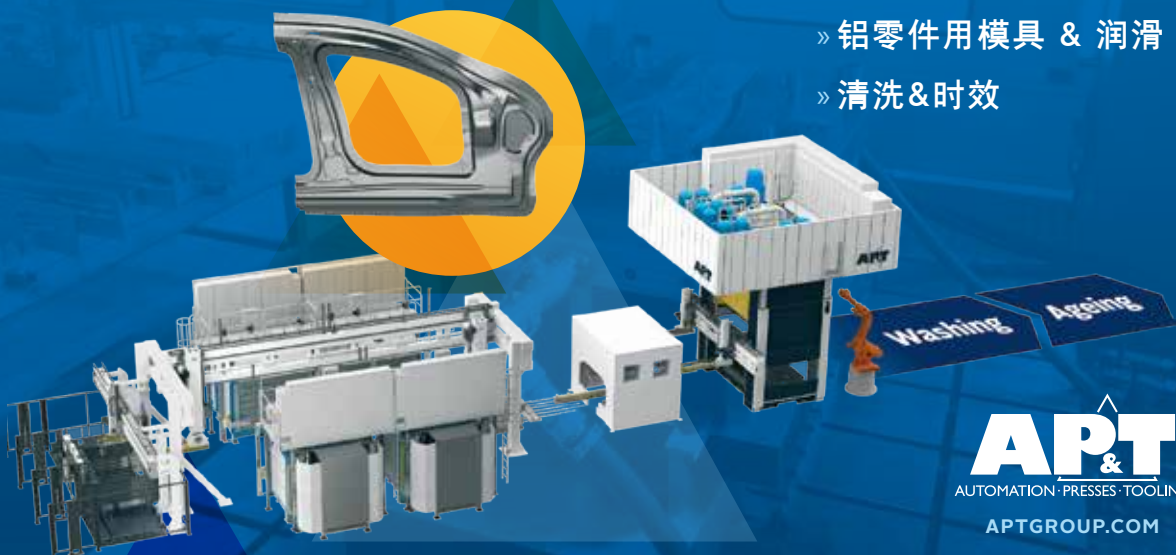
在 CAD-CAM 系统中可对几何形状复杂的表面进行快速高质量的雕刻和锐化。

形和剪贴图等可以以 Adobe Illustrator 格式、Encapsulated Postscript 格式、Window Meta 和 Enhanced Meta 格式输入。黑白点阵图（扫描图）可以进行矢量化。灰度照片可以被转化成 3D 浮雕。

www.schott-systeme.de

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



测量的准确性：你需要了解什么

Measurement Accuracy: What You Need to Know

看看测量精度不断变化的含义，以及公布的精度标准如何帮助您评估计量设备——但这只是在一定程度上。



基于视频的 Starrett AV350 CNC 视觉系统具有 12:1 的变焦光学系统。(图片由 L.S. Starrett 公司提供)

这是一项古老的挑战：当你是一名制造商，你的客户需要你保证为他们订制的零件能够保持在指定的公差范围内。那么，什么是确保零件符合规格的最佳方法？问题不仅在于如何测量——使用 CMM 测头或激光扫描仪——还在于如何评估测量质量。为了找到最准确的方法来测量你的零件，你需要了解任何给定的测量系统中固有的不确定性。

幸运的是，有一些国家和国际组织制定了标准，以帮助编纂测量的不确定性水平。例如，纽约的美国机械工程师学会（ASME）和瑞士日内瓦的国际标准化组织（ISO）提供了各种计

量方法的准确度等级标准。它们是一项重要的资源——但是，正如我们将看到的，仅凭它们并不能告诉你哪种方法最适合某项特定的任务。

那么，制造商该怎么做呢？

准确度和允许公差

如果你是个新手，首先要确保你了解一些基本术语。例如，马萨诸塞州 Athol 的 L.S. Starrett 公司的精密手持工具产品经理 Tim Cucchi 警告说，不要把精度和分辨率混淆。

"在工业仪器中，精度是仪器的测量公差。它定义了仪器在正常工作条件下使用时的误差

极限。分辨率是指测量仪器被设置成多细的读数——不管是十分之一、百分之一、千分之一还是什么。”

这种区别很重要。你会相信一个五金店的尺子可以用来测量和切割栅栏杆，但不会相信它能检查一个精密的航空航天或医疗零部件——即使尺子上有相隔 1 微米的标记也是如此。它的分辨率并不能反映他真正的准确性。

允许公差是指客户的蓝图或规格所规定的零件上允许的尺寸偏差量。Cucchi 指出，允许公差与人们使用什么计量方法来满足它们无关，而只与零件的要求有关。这取决于制造商是否能找到一种可靠的方法来检查零件的准确性。

校准不确定度

“测量专业人士都知道，测量总是有误差的，”伊利诺伊州 Aurora 的三丰美国公司 CMM 产品专家 Gene Hancz 指出。“因此，界定什么是‘足够好的’测量质量是至关重要的”。

Hancz 说，随着时间的推移，工程师们以不同的方式阐述了这一定义。问题是，测量需要多高的精度才能被信任？

“1950 年，美国发布了一项军事标准，即 MIL-STD-120 量具检验标准，其中规定，在测量零件时，测量设备的精度公差不应超过被检零件公差的 10%”，Hancz 说。因此，如果一个零件的允许公差是，比如说，到 1 厘米，那么测量系统需要精确到该公差的十分之一，即 1 毫米。”他补充说：“这条规则通常被称为 10:1 规则，或者叫 Gagemaker 规则。”

那么，你如何确保用于测量该零件的测量系统能够精确到必要的允许公差的十分之一——本例为 1 毫米？根据同一标准，你将其校准到更细的 0.2 毫米。根据 Hancz 所说，MIL-STD-120 规定，用于校准测量设备本身的测量标准的精度不应超过被校准的测量设备公差的 20%，即 5: 1。

“这两条规则多年来已经转变为通常所说的 TAR，即测试准确率，过去的 10:1 或 5:1 的要求现在通常被表述为 4:1 的要求，或 25% 的公差。”

“测量不确定程度的评估在 20 世纪 90 年代末涌入商业校准的实践当中，”Hancz 继续说。“随着越来越多的校准实验室开始计算和记录不确定度，包括在认证范围和校准证书中，使用 TAR 计算的做法开始被测试不确定度比率（TUR）所取代”。

这有什么区别？”测量不确定度包括所有的变化来源，而不仅仅是测量设备的指定精度，

精确的。

有力的。

生产性的。

kapp-niles.com



KAPP NILES

precision for motion

"Hancz 说。TUR 的计算方法是将被检测的正 / 负公差除以正 / 负测量不确定度。

制造商有时会相对容易：客户不仅会给他们一个允许公差，而且还会告诉他们，按照内部或公布的标准，测量设备必须满足某种精度规格。供应商的工作是确保他们的测量系统符合这些要求。

但其他时候，供应商几乎没有来自客户的指导，他们必须自己决定需要多少精确度。明尼苏达州 Maple Grove 的卡尔蔡司工业质量解决方案公司的产品管理经理 David Wick 说，"无论是 4 倍、5 倍还是 10 倍，你所选择的标准都会受到你对测量所需的信心程度的影响。"

例如，假设你正在测量一个汽车发动机组上最关键的公差，而这个公差关系着发动机的性能。"在这种情况下，你最好非常确定你的测量是在你能负担得起的情况下进行的，"Wick 说。

换句话说，不要吝啬——即使这意味着使用一个比你所希望更慢、更昂贵的测量系统。你必须这样做。

另一方面，Wick 指出，计量学从来不是一个放之四海而皆准的过程。你很可能对公差要求不高的零件使用一种更快、更便宜的方法。

"在喷气式发动机的涡轮机中，你可能需要很高的公差，以确保叶片有正确的扭曲和气流，但对于飞机机翼上的金属板来说，那就不那么重要了，即使它有 1 微米的偏差也是允许的。"

标准测试

一旦制造商了解了它需要满足的公差水平，

它的追求就是找到一个能提供所需精度的测量系统。好消息是，几乎每个值得信赖的计量设备制造商会确保其设备符合 ASME 的 B89 标准或 ISO 的 10360 标准所规定的精度要求。

还有其他的测量标准，包括 CMMA、VDI/VDE2617 和 JIS，但它们并不像 ASME 和 ISO 标准那样被广泛使用。而在这两个标准中，国际上 ISO 标准是使用最广泛的。事实上，ASME 一直在采取措施，使其标准 B89 系列标准能够与 10360 系列保持一致。例如，它对其 B89.4.10360.2 - 2008 评估 CMM 线性测量的标准的描述指出，"它是通过将整个 10360.2 文件导入其中，这使得 B89.4.1 标准与 ISO 10360.2 协调一致"。

ASME B89 和 ISO 10360 都是一系列标准，用于各种坐标测量系统的精度测试和性能验证。当坐标测量机制造商记录他们的系统符合这些标准时，客户可以直接比较每个系统的精度。

这些标准是在政府、学术界和工业界的计量专家的参与下决定的，当然也包括计量 OEM 本身也参与其中。随着技术和使用情况的变化，标准会不断地被审查和更新。随着新的测量方法的出现，新的子类别被创建以指导用户的期望，蔡司的 Wick 指出。

他说："我们生产各种测量设备，每一种都是为了符合特定的 10360 子类别标准。"例如，在该公司的传统 CMM 上，长度测量和重复性范围符合 10360-2:2009 标准；扫描误差符合 10360-4:2000 标准；多轨形式、尺寸和位置探测符合 10360-5:2010 标准；而其多传感器 CMM、光学比较仪和结构光系统也符合其他子类别的标准。

Wick 说，即使是相对较新的计算机断层扫描和 X 射线扫描技术在工业计量方面的应用也被覆盖了。"只有少数公司能够在 CT 机上进行计量级的测量。蔡司公司就是其中之一。而且，我们再次使用相同的 ISO 10360 标准来表达你从 CT 机上得到的结果的测量不确定性。"

标准限制

诸如 ISO 10360 这样的标准，对于寻求增加或升级计量能力的制造商来说，似乎是一块 Rosetta 石碑，因为他们正在考虑可用的各种设备。他们只需将他们的选择限制在符合该标准的系统上，然后再考虑价格、测量速度等等，这样对吗？

不够迅速。

Edward Morse 是北卡罗来纳大学夏洛特分校 (UNCC) 精密计量中心的副主任，他也是



在北卡罗来纳大学夏洛特分校的精密计量中心，一名学生操纵 CMM 控制器，移动一个触摸式测头。(图片由 UNCC 提供)



海克斯康公司 RS-SQUARED 三维白光扫描仪使用一个铰接式的七轴测量臂来定位大型方形“瓦片”的三维扫描数据。每秒钟最多可以采集四块“瓦片”。(图片由海克斯康公司提供)

PrecisionPath 联盟的联合主席和美国坐标计量学会的长期成员。此外，他还是 ASME 标准委员会 (B89) 尺寸计量的主席。

"在一个标准下，计量设备制造商将以一种一致的方式制造他们的仪器，"Morse 说。"用户可以选择适合他们所需求的仪器。"因此，人们可以依此来验证一些设备，比如说，单探针三坐标测量仪，至少可以部分地根据它对标准的符合程度来进行评价。

他说："变得棘手的是，当你试图评估不同类型的仪器对一项特定任务执行的准确性时。换句话说，这些标准对苹果与苹果之间的比较更有用，但对苹果与香蕉之间的比较则有问题。

"一方面，想象一下，你有一台 CMM，每秒取一个点，或者，如果是扫描的方式，可能每秒取很多个点，但与光学系统可能获得的几十万个点的数量相比，这种比较没有任何意义。你如何公平地比较这些仪器，"Morse 反问道。

例如，制造商可以花大量的时间用于光学系统来收集零件表面的数百万个点，但仍然无法测量一些孔内的情况——但这对一个接触式探头来说是微不足道的，他指出。"而这种差异并没有在标准中得到解决"。

一个相关的问题：标准的价值在于它们如何表达和设定测量不确定度的值，但测量本身是非常狭窄和具体的。一个特定的坐标测量机必须能够测量一个特定的量具块以达到一定的精度水平，才能符合要求。

"在现实世界中，制造商要做的不仅仅是测量量具块，"Morse 说。"光学系统的一个典型例子是，有些系统无法检测光滑的零件表面。但让它们测量漂亮的哑光表面时，它们则能获得很好的测试效果。因为在你测量光滑表面时，这个零件因为有太高的反射率，系统甚至无法能看到它。而与之相反，触觉式坐标测量机则不太适合测量柔软或脆弱的零件。"

那么结果是，"测量系统对标准的符合性虽然是有用的，但它只适用于标准所描述的特定测试的执行情况，无论是 10360 还是其他测试都是如此，"他说。"而这其中可能与它能多好地测量你的部件并没有直接的关系。"

另一个需要注意的问题是，新的测量技术标准需要多长时间才能制定和发布，位于罗得岛 North Kingstown 的海克斯康制造智能公司激光跟踪器和光学扫描器产品经理 Joel Martin 说。

他说："例如，激光跟踪仪的 ISO 标准 10360-10 现在才被批准——这是在该技术推出 30 多年之后。Martin 说，之所以花了这么长时间，是因为该标准必须纳入该技术的独立开发者的使用案例中。

"海克斯康公司拥有 30 多年开发和测试激光跟踪器的经验，并没有准备好对 ASME B89.4.19-2006 标准初稿的支持，这一标准是 10360-10 标准以前产生的。因为它没有反映出我们在自己的实验室里确定激光跟踪器必须能够做到的事情，"他说。这些系统的其他制造商

对标准的内容也有自己的看法。

"将一套商定的功能纳入标准需要时间," Martin 说。"这就是为什么 CMM 标准像今天这样详细——它花了 50 年的时间来建立标准,使每个制造商都能看到它并说,'是的,我们可以用这个'。"

最后,像 ISO 10360 和 ASME B89 这样的标准只规定了一件事:精度。它们并不是为了告诉你关于一个特定的测量系统的任何有用的信息。如果制造商有兴趣了解一个系统的速度、灵活性、可追溯性、对工业 4.0 的准备程度,或者它如何有助于最大限度地降低制造的总成本,这些在标准里都是没有的。

探索式计量学

对于试图了解这个现代计量学的制造商来说,所有这些听起来可能有点严峻。然而,这也是也有好消息。值得指出的是,总的来说,计量系统从未像现在这样强大,同时也更容易理解和使用——即使对于新手来说也是如此。

Starrett 公司计量部总经理 Mark Arenal 说,这部分反映了计量学从独立的质量控制实验室向生产线的转移。

"在以前,当一个零件从机床上下来时,操作员会把它送到质量控制实验室,说'我需要进行首次产品检查'。质量控制实验室的专家会说,'把它放在那个架子上,过几天再来查看——因为我们的工作量很大'。然后生产过程就会停滞。

为了尽量减少这一过程的时间长度,一些检查设备现在就在车间里,"他说。

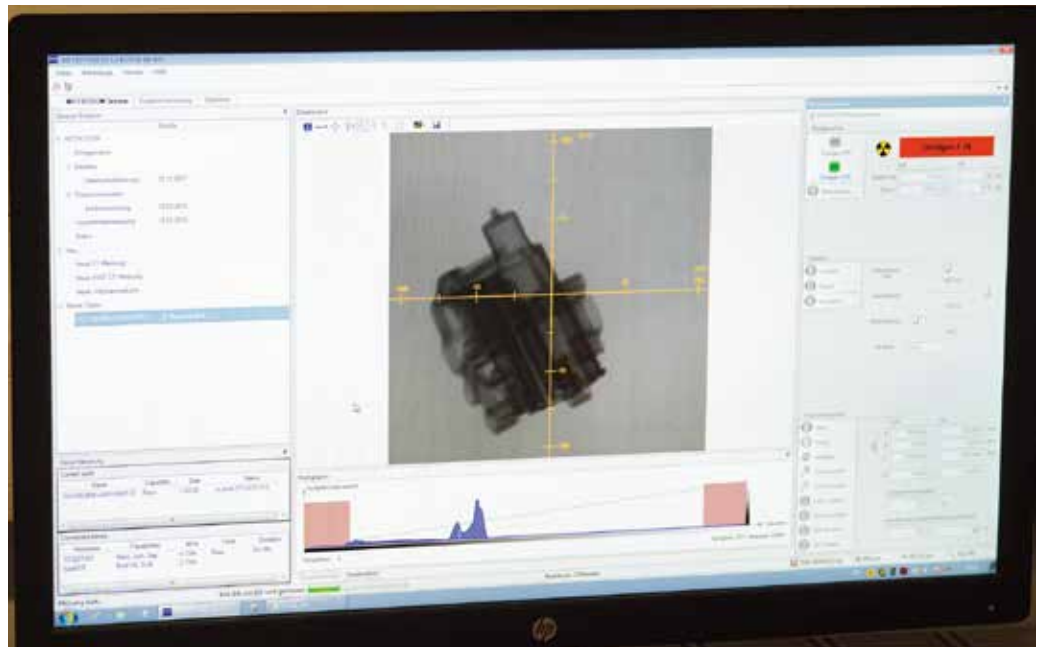
但是计量设备需要为在这种环境中使用而进行优化。这意味着不仅要使其更加坚固且具有防尘功能,而且还要让现场的工人使用,而不是只让有经验的全职计量师使用。他说:"在 Starrett 公司,我们使用的术语是'向上走式计量'。"

"测量仪器制造商正受到挑战,要使我们的系统更容易使用,"他说,"我们正在制作的用户界面软件是可探索的——容易以人们习惯使用的手机和平板电脑的方式进行导航。它需要支持触摸屏,以图标为导向,有弹出式帮助屏幕。在计量领域没有经验的人应该能够迅速学会如何进行简单、准确的测量。"

但是, Arenal 说,不一定要为了使用方便而牺牲功能。"这些系统背后仍然有真正的力量,因此,如果用户需要对一个有一百个特征的零件做一个完全自动化的检测程序,他们也能这样做。"

与专家合作

还有更多的好消息。对于计量学新手有很多资源。其中包括——正如 UNCC 的 Morse 所指出的那样——由坐标计量学会提供的资源,其中包括在线视频培训、认证项目、年度会议和在线技术文库。当然,许多社区学院、职业学校和大学都有不同程度的计量学课程。



奥地利 TCG Unitech 公司用于检查压铸和注塑部件的蔡司 METROTOM 1500 CT 扫描仪的扫描显示结果。(图片由蔡司公司提供)



Starrett HDV300 是一款水平式数字视频比较仪，结合了水平式光学比较仪和视觉计量系统的特点。（图片由 L.S. Starrett 公司提供）

但是，当制造商需要为一项具体的新任务找到最佳的测量方法和系统时——而且要快——他们就需要与专家进行交流。他们会发现，信誉良好的计量设备制造商会帮助他们找到最佳的解决方案——这样做符合后者的利益，即使该解决方案并不意味着销售。

"我们与客户建立了一种合作咨询关系，"海克斯康公司的 Martin 说。"我们问，'你正在制造的小型零部件是什么样子的？你的生产流程是什么？你的产量要求是什么？与他们一起工作，我们能够找出最佳的检测解决方案。"

提供广泛测量方法和解决方案的计量设备开发商通常不会为了去库存而向潜在客户推荐一种对他们来说并不理想的方法。但 Martin 认为，有信誉的计量设备制造商，即使只专注于一种方法，也会向询问的潜在客户做出正确的推荐。他说，向客户出售错误的系统并不符合任何人的长期利益。

"在我们的世界里，如果有人将测量比作一把锤子，而你却给他们一个螺丝钉，他们会解释说'虽然我们可以卖给你一些东西，可以把螺丝钉入板子，但你真正需要的是一把螺丝刀。去和其他人谈谈吧，" Martin 说。

www.zeiss.com/metrology

www.cpm.uncc.edu

www.cmasc.org

www.hexagonmi.com

www.mitutoyo.com

www.starrett.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



特殊陶瓷业（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

MTU 航空集团实现涡轮叶片生产自动化

MTU Aero Automates Turbine Blade Production



图中为 Munich 市区 MTU 航空发动机公司的涡轮机装配线。（所有图片均由 Liebherr 提供）

今天的飞机推进系统是技术的奇迹。飞机工业供应商正在使生产技术现代化，以应对全球航空旅行需求日益增长挑战。对于发动机叶片来说，也必须在工作中承受更长时间的负荷，这就带来了更大的不可控性。

为了应对这一挑战，MTU Aero 发动机公司求助于包括 Liebherr、Blohm、AMT 和 SOFLEX 在内的一个供应商团队，以实现“涡轮叶片加工时的精度极限。”德国 Munich，MTU 航空发动机公司柔性生产系统高级经理 Marc Weiss 说。该公司能够生产所有性能等级的军、民用航空

航天推进系统以及固定式燃气轮机。

涡轮机叶片是铸造件，通常由镍基合金制成，难以切削，并且其具有极为复杂的几何形状。在运行中，叶片也必须面对恶劣的工况，包括巨大的离心力，接近熔点的高温以及剧烈的振动。而破损及断裂均有可能导致严重的后果。出于上述原因，人们对叶片制造过程必须层层严格把关。

为了开发高度自动化的新型系统，MTU Aero 只会考虑那些最高水平最高可靠性的合作伙伴。Liebherr-Verzahntechnik GmbH 德国 Kempten 自动化系统区域销售经理 Michael Appel 说：

“MTU 的要求很广泛，需要将员工的生产力提高 10 倍以上。为了满足不断增长的需求，必须大幅提高生产力。”例如，在过去，一个员工只需要手动操作单工位中的 1-2 台设备。但现在，在我们全新的解决方案中，仅依靠一名员工就能控制四个平行的全自动研磨单元，实现极高的加工效率。

上述的加工单元均由德国 Hamburg 市 Blohm Jung 公司的 PROKOS XT 六轴磨削加工中心和德国 Aalen 的 AMT Alfing Montagetechnik GmbH 的机器人组成。机器人从 Liebherr 的全自动托盘处理系统

(PHS)接收工件、夹紧夹具、修整刀具和夹钳。PHS配备了250个托盘槽,可以为加工中心提供至少66个小时的无人值守服务,即不但能够横跨整个周末,还能够进行弹性工作。在制造单元的另一侧配备了一个同样来自Liebherr的装载站,能够为机器加载刀具和磨盘。

该设备的“大脑”是来自德国罗腾堡SOFLEX Fertigungssteuerungs-GmbH公司的控制系统。该系统将工厂中所有的单元连接在一起,实现了自动化组织生产。这个新型的灵活生产系统可以进行约15种不同类型的组件的混合加工。此外,机器操作员的工作场所也带有残疾人友好型设计。

Blohm Jung GmbH是United Grinding Group的一部分,该公司服务于飞机涡轮机行业。MTU所使用的设备中配备了带有零点夹持转台的六轴加工系统,带有用于研磨体的精钢石修整器以及用于研磨轮、钻头、滚齿刀和测头的换刀器。该系统所使用的软件是由MTU专门开发的。

AMT公司的机器人服务于生产的各个单元,并完成了一项艰巨的任务。AMT是一家横跨了汽车与飞机制造行业,并拥有丰富经验的装配公司。在生产中机器人必须从框架上拆下各个叶片,将它们精确地放在一个特殊的夹紧夹具中,然后用一个配件将它们夹紧。随后机器人将抓住夹具并将其运送到加工中心,并在那里使用零点夹持系统进行



工人正在为四个平行操作的六轴全自动研磨加工单元准备砂轮。

固定。在运送和装配操作方面需要大量的知识和经验。在这里对待涡轮机必须向水晶一样小心翼翼,因为该产品无法接受任何,哪怕是细小的表面损伤。

接下来介绍一下SOFLEX的控制系统。该系统能够将人员、机器、系统、物流和产品直接数字化、网络化和组织化,从而优化整个价值链,直至完全实现自动化生产。其中软件具有计划和组织订单处理功能,能够控制工件吞吐量和监控刀具、NC、夹具和其他模块的实时状态,并最终将所需的制造信息传输给加工机器或操作工。同时,该系统通过ERP、CAD/CAM和PDM系统与企业规划中的其他IT结构

自动交换信息,充当了制造和更高管理水平之间的桥梁。

“Liebherr面临的实际挑战是如何选择我们的模块化自动化组件,并将其与其他系统联系起来,以促进顺的组成生产/装配线。”Appel解释说。Liebherr还承担了整个系统的CE认证的责任。其工程团队的由MTU协调合作。合作伙伴们均在平等的基础上工作。他们交换了意见并开发了系统的决定性特征。这也包括一些细节,例如通过激光指示器指示下一个要分拣的零件的位置来为操作员提供引导等辅助功能。

Marc Weiss说:“我们共同创建的系統很复杂,当然也比迄今为止采用的技术更先进。”整个系统的研发在井然有序的进行着,到目前为止都非常符合规划预期。有了这个新系统,MTU认为自己已经为未来的要求和预期的技术工人短缺做好了应对准备。

Liebherr Automation Systems部门是Liebherr的一部分,是自动化解决方案的专家。其项目范围广泛,可以实施与制造和装配的各个领域,如线性门架、托盘处理系统和输送系统。通过与著名的机器制造商合作,Automation Systems部门实现了生产线互联、加工中心自动化和机床系统集成。

www.liebherr.com

www.grinding.com

www.alfing.com

www.soflex.de



MTU航空发动机公司求助于一个具有创新精神的供应商团队,为加工高精度叶片开发了一套完整的自动化解决方案,以满足飞机涡轮机日益增长的需求。



链条制造商改用金属芯焊丝提高了效率和质量

Switch to Metal-Cored Wire Improves Efficiency, Quality for Chain Manufacturer

Webster Industries 公司在其机器人、固定自动化和半自动焊接操作中，已从实心焊丝升级为了 Hobart 的 FabCOR 86R 金属芯焊丝。这一改变使 Webster 公司提高了效率，降低了成本，并缩短了客户交付时间。（所有图片均由 Hobart 提供）

作为持续改进和创新的一部分，Webster Industries 公司最近在其机器人、固定自动化和半自动焊接操作中，将实心焊丝替换为了金属芯焊丝。这一改变提高了效率，降低了成本，缩短了交货时间。

Webster Industries 公司成立于 1876 年，140 多年来一直专注于用美国材料和劳动力制造产品。过去的一个世纪里，公司的产品已经从电梯轿厢发展到现在的工程类链条、链轮、振动输送机和特种铸件，也成为了该类工程产品的龙头制造商。公司总部设在俄亥俄州 Tiffin 市，目前在全国拥有约 300 名员工，在密西西比州和俄勒冈州也有工厂。

对生产过程自始至终的控制，是 Webster Industries 公司保持其高质量产品和优良服务声誉的不二法门。Webster 最大的两个客户是森林产品和谷物处理行业，但它也为回收、水泥、建筑、沥青、食品加工和钢铁行业服务。“我们确实有多样化的产品，这需要大量的技术储备。我们是一个基于订单生产的工厂。这也一直是我们的利基。”总裁兼 CEO，Andrew Felter 说。

多年来，Webster Industries 公司已成为一个灵活的加工机构，高度专注于客户定制化服务，并能够在较短的交货时间内迅速满足客户需求。为了实现这一目标，公司是垂直整合的，有能力同时完成从制造和焊接到加工和铸造等一系列许多不同的工作。“一个不知道自己在做什么的企业是无法支撑 140 年的。我们有一大堆不同的制造工艺，随着时间的推移，也将不断推动技术革新。我们始终致力于质量和创新。”Felter 说。

Webster Industries 公司之前在其焊接作业中使用的都是实心焊丝。一个焊接经销商被邀请来做一些测试，并帮助他们寻找潜在的工艺改进。

生产主管 Tony Secoy 说：“我们的焊接部门在使用实心焊丝时面临的一些挑战是质量、焊缝渗透和焊缝的整体清洁度。”

该焊接制造商请来了俄亥俄州 Troy 市 Hobart Brothers LLC 公司和威斯康星州 Appleton 市 Miller Electric Mfg LLC 公司的代表。在研究了该公司的生产和基线后，他们建议 Webster Industries 考虑改用金属芯焊丝。Hobart Brothers LLC 公司对原来的实心焊丝和使用霍巴特 FabCOR

86R 金属芯焊丝完成的焊缝进行了抽样测试，发现了焊缝质量和生产率方面的潜在好处。

Webster Industries 的运营经理 Mark Kuenzli 说：“我认为对我们来说，最大的事情是他们如何与我们合作，成为我们员工的一部分，帮助我们解决焊接部门遇到的实际问题。”

该公司进行了工艺升级，开始在其焊接钢制拖链的生产过程中使用金属芯线。这种链条是为崎岖不平的环境中的传输机设计的。独特的两片式焊接筒提供了更好的刮擦作用以及磨损点的双倍厚度。此外，坚固的焊接结构能够不断提升速度、降低对润滑的需求，还具有模块化功能，易于修改特定的应用附件。

Webster 公司还在其钣金加工部门将金属芯线用于焊接振动输送机、链轮生产线和其他部件。

“现在有一种线材可以满足我们的各种应用需求——只需要单一的材料和尺寸。这非常有助于减少库存和工作时的负重。”Kuenzli 说。

在改用 FabCOR 86R 焊丝后，Webster Industries 公司的焊接作业效率



Webster Industries 公司能够生产工程类链条和链轮、振动输送机 and 特种铸件。该公司拥有广泛的加工能力，能够完成从制造和焊接到加工和铸造等一系列工作。



改用金属芯焊丝后，Webster Industries 公司的焊接作业效率提高了 18-20%。

提高了 18-20%。这些生产率的提高是由许多因素造成的：更快的沉积率和移动速度，减少返工，以及由于产生的飞溅较少而降低了在焊后清洁时花费的时间。

所有这些效率的提高，再加上返工和报废零件所花费的时间和金钱的减少，帮助 Webster 降低了总体成本。与实心焊丝相比，金属芯焊丝还具有更好的穿透性，消除了该公司在这一方面的问题。Kuenzli 说：“我们不但看到了生产线中废品率的降低。而且当我们进行质量测试时，发现结果也比原来要好很多。”

该公司的焊工更喜欢金属芯焊丝，因为它们燃烧得更干净，可以很容易地烧穿基体材料上的油、磨屑或灰尘。这有助于减少他们在焊接前清理材料和焊接后清理飞溅物的时间。焊工 Tyler Crapo 说：“我现在不需要在每个零件上花 15 分钟来清理飞溅物了。”

更高的沉积率和更低的焊丝速度意味着在相同的焊丝尺寸下，焊工使用的焊丝更少，并且能够更快地进行焊接。Crapo 说：“我们已经注意到了生产率的显著提高，



Miller Electric 公司的 Deltaweld 350 MIG 焊机使 Webster 公司的焊接操作员能够在普通 MIG 和脉冲 MIG 焊接之间轻松切换。

无论是焊丝用量更少，焊桶的持续时间更长，还是因为燃烧温度更高而造成的焊接效率和渗透性增加，都能够帮助我们降低焊接时间。”

虽然与实心焊丝相比，金属芯焊丝的前期成本较高，但由于效率的提高和废品的减少，它为 Webster Industries 公司提供了快速的投资回报。

Kuenzli 说：“尽管 FabCOR 86R 焊丝的成本比我们以前的产品略高，但我们发现，随着效率的提高，产量的增加，以及链条产品质量的提升，实际上使用金属芯焊丝的成本是低于我们之前的。”

FabCOR 86R 焊丝还具有更宽的操作窗口，对焊接操作人员的调整和技术熟练度的宽容度更高。这不仅有助于有经验的焊工加工出高质量的焊缝，而且还有助于 Webster Industries 公司培训新的焊工。Kuenzli 说：“这就是我们使用 FabCOR 86R 的真正好处，也许我们招聘不到熟练焊工，但一般工人进来之后，也可以很快的上手进行焊接。”

除了从实心焊丝转换为金属芯焊丝外，Webster Industries 公司还投资了一套新的焊接系统，该系统在焊接过程中提供了更多的易用性和多样性。

Miller 公司的 Deltaweld 350 MIG 焊机和 Intelx Pro 送料器使 Webster Industries 公司的焊接操作员能够在普通 MIG 和脉冲 MIG 焊接之间轻松切换。

与传统 MIG 相比，该系统的脉冲 MIG 焊接能力提供了更清洁的焊缝、更大的沉积率和更快的焊接速度。该系统还允许操作人员为不同的应用预设气体、焊丝和速度，这样他们在工作之间切换时就可

以轻松地进行调用。

Crapo 说：“它给了你很多选择，甚至能够在同一工作中运行不同的焊接计划。同时，它的焊缝更干净，运行更平稳。”

Webster Industries 公司还在其自动化焊接应用中使用了带有 Insight 智能焊接技术的 Miller Auto-Continuum 动力源。它可以收集诸如正常运行时间、产量和电弧接通时间等数据，以帮助工厂做出改进。“Insight Core 软件通过对每台机器的生产力监控来帮助我们提高效率。然后我们就可以有针对性的解决问题并完成排故。” Secoy 说。

改用 FabCOR 86R 金属芯焊丝后，Webster Industries 公司大大减少了焊缝渗透性差的问题。更快的沉积率、更少的飞溅和更干净的焊缝也帮助该公司节省了返工、废料和焊后清理所需的时间和金钱。

“我们希望将 FabCOR 86R 焊丝的使用扩大到我们所有的碳钢焊接应用和整个工厂之中。实际上，该技术帮助我们提升了产品价值，并将其传递给了客户。我们现在已不必担心之前在焊接生产线所处理的日常琐碎问题了。” Kuenzli 说。

与 Hobart 和 Miller 的合作关系帮助 Webster 工业公司顺利过渡到新的焊丝，并在操作找到了额外的改进。

“他们不遗余力地给我们提供培训、和专业技术支持。” Secoy 说，“这使我们更及时地提供更优质的产品，从而更成功地满足客户的需求。”

www.websterchain.com

www.hobartbrothers.com

www.millerwelds.com

航空航天—刀具改变工艺

Tool Craft for Aircraft

本文由伊斯卡技术经理Andrei Petrilin撰写



前言

在航空航天零件的加工中，主要的挑战与零件材料相关。钛合金、高温超级合金(HTSA)和耐蠕变钢的切削加工困难，是整个飞机供应链的加工瓶颈。这些材料的机械加工性能差，导致切削速度低，大大降低了生产率，缩短了刀具寿命。而这些因素都与刀具直接相关。事实上，当处理难以加工的典型航空航天材料时，刀具的功能性决定了现有生产力的水平。实际情况是，切削刀具的发展滞后于机床，而这种差距限制了高端机床在制造航空部件时性能的发挥。

现代飞机，特别是无人机(UAV)，复合材料的应用比例显著增加。复合材料的高效加工需要特殊刀具，这是航空航天工业技术飞跃的焦点所在。

航空级铝材仍是机身部件广泛使用的材料。铝—的加工看似简单，但选择合适的刀具是成功地高效加工铝所需的密钥。

复杂的零件形状是涡轮发动机技术的一大特征。大多数几何形状复杂的航空发动机部件都是在腐蚀性极强的环境下工作，并由难以切削的材料制成，如钛合金和高温超级合金(HTSA)，以确保所需的寿

命周期。复杂的形状、机械加工性能差和高精度的需求相结合是生产制造这些零件的主要困难。先进的多轴加工中心可实现各种去除余量的策略，从而更有效地加工复杂轮廓。但是刀具是直接与零件接触的，对加工的成败有很大的影响。过度的刀具磨损会影响零件表面精度，而不可预测的刀具断裂则可能导致整个零件报废。

先进的多任务加工机床、瑞士型车床和安装动力刀座的车床深刻改变了小型零部件的制造工艺，如飞机上各种液压和气动系统、致动器和附件。因此，航空航天工业需要越来越多针对这些先进机床而设计的特殊刀具，以达成加工效率最大化。

切削工具——制造系统中最小的元素——成为显著提高性能的关键支撑。因此，航空航天零件制造商们和机床制造商们亟需刀具制造商提供技术创新的解决方案，使切屑去除率达到新水平。解决方案的目标很明确：提高生产率和延长刀具寿命。加工具有复杂形状的特殊航空零件和大型机身部件需要一个可预测的刀具寿命周期，以进行可靠的工艺规划，并及时更换失效的刀具或可更换的切削部件（如刀片）。

刀具制造商在寻找理想解决方案方面的选择有限，也许只能从刀具材料、刃口形状和靠谱的鲁棒性设计这些方面考量。尽管选择有限，刀具制造商仍全力以赴提供新一代刀具，以满足航空航天业不断增长的需求。虽然新冠病毒严重阻碍了产业的发展，但这并不意味着产业需求的减少。最新的刀具设计充分证明了刀具制造商对航空零部件生产需求的响应。

冷却射流

在加工钛合金和高温超级合金(HTSA)和耐蠕变钢时，高压冷却(HPC)是提高性能和加工效率的有效工具。精准直达的高压冷却射流(HPC)可以显著降低切削区域的温度，确保形成小的片状切屑。与传统冷却方式相比，这有助于获得更高的切削参数和更长的刀具寿命。精准直达的高压冷却HPC越来越多地应用于难切削材料的加工，是航空航天零部件制造的一个明确趋势。因此，刀具制造商们认为高压冷却HPC刀具是一个重要研发方向。

伊斯卡，刀具制造领域的领军企业之一，拥有丰富多样的高压冷却刀具品种。2020年，伊斯卡通过引入“经典”HELI2000和HELI-MILL可转位刀片的新设计双刃铣刀扩展了其产品范围(图1)。这一步是伊斯卡开发该产品系列的又一里程碑式产品系列。

上世纪九十年代，由伊斯卡首推的可转位铣刀HELI-MILL系列，夹持螺旋刃铣刀片。新设计使得刀片装夹于刀体后形成的刀片前角及后角保持恒定，进而使得切削轻快平顺，显著降低机床功率消耗。HELI-MILL铣刀的设计理念成为90°主偏角可转位铣刀设计中被大家广为熟知并认可的概念。

通过对HELI-MILL铣刀的逐步修正与



图1



图2

改进，伊斯卡增添了相同理念下额外的铣削产品系列和具有更多切削刃的刀片。优异的性能及丰富的刀具周边产品使其在机加工行业应用广泛。因此，在经过验证的HELMILL系列中添加现代高压冷却HPC刀具设计是对客户需求的径直响应，也是下一步需要开发的刀具系列。

在车削方面，伊斯卡大大扩展了其组装模块化刀具产品系列，其中包括带有可转位刀片的刀杆及可换式刀头。通过使用锯齿接触面连接，这些刀具可适用于搭载不同形状刀片的各种刀头，包括螺纹车削和标准ISO车削刀片，针对不同应用均更具灵活性。

伊斯卡提供沿袭传统设计和抗振设计的刀杆，并根据应用进行区别：圆柱柄或多边形锥柄。圆柱头铣刀的一个共同特点是内冷却射流直接输送到所需的刀片切削刃(图2)。根据圆柱柄刀具直径的不同，冷却射流最大压力从30-70bars不等。而带有多边形锥柄的刀具可实现300 bars的超高压冷却。通过降低切削区域温度和改善切屑控制及排屑，冷却射流的充分供给提高了刀具寿命。在航空航天业中应大幅增加这一产品系列的应用。

钻孔解决方案

复合材料加工充满了各种陷阱与缺陷。复合材料的高耐磨性加快了刀具磨损，这缩短了刀具寿命，影响了刀具性能。钻孔是复合材料加工中最常见的切削操作，因此即使是钻孔刀具在功能上的微小改进也是至关重要的。

伊斯卡开发了一系列专门针对复合材料加工的新型钻头。为了提高耐磨性，这些钻头的切削刃部分通常都由超硬聚晶金刚石(PCD)或金刚石涂层制成。根据钻头直径的不同，钻尖可以使用整体PCD刀头或PCD焊片，在这两种情况下都可以重新修磨5次。CVD金刚石涂层整体硬质合金钻头另一个独特的设计点是：主切削刃呈折线状。在加工复合材料时，更容易产生加工振动。切削刃的折线形设计大大减少了分层和毛刺，特别是在加工碳纤维增强塑料(CFRP)和碳纤维层压板时。

除复合材料，金刚石涂层钻头也适用于加工其他耐磨的工程材料。如有必要，也可提供带内冷却通孔的选项。

小直径深孔的钻削是制造航空航天零

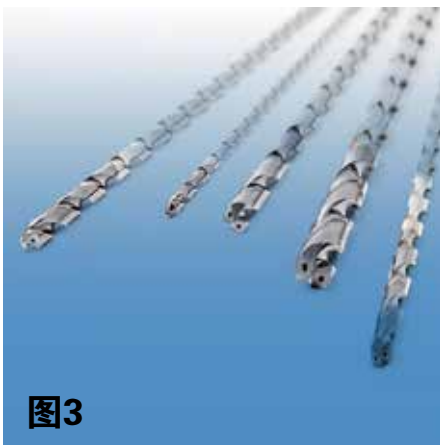


图3

件的一种常见作业。伊斯卡的新型整体硬质合金钻头直径范围为3-10mm(0.125"-0.391")(图3)，专门用于这类作业。该钻头系列结合了钻尖形状、双导向条设计、抛光的排屑槽、复合涂层和内冷却通孔，在难加工的奥氏体不锈钢及耐蠕变钢和铁基合金加工中，可实现一次进刀达成50xD钻深比。

无惧任何复杂加工应用

因空气动力学的定义，航空发动机涡轮、压气机、叶轮和整体叶片转子(IBR)需要具备复杂形状。旨在提高航空发动机效率的新发展又进一步增加了这种复杂性。技术的进步带来了生产成型零件的新方法，特别是3D打印，这大大减少了工件材料的余量。然而，在制造形状复杂的航空航天零件的最终成形方法中，机加工仍然是最常见的方法。五轴加工和CAD/CAM系统的进步丰富了制造商的解决方案，以克服零件生产中的困难。

在具有复杂形状表面航空航天零件的五轴加工中，鼓形铣刀具有良好的应用前



图5



图4

景。伊斯卡已开发了一系列直径范围8-16mm(.312"-.500")的鼓形铣刀，有两种设计结构：整体硬质合金立铣刀及带有变形金刚螺纹接口的可换头式刀具。将这些刀具应用于加工中可有效优化叶片的生产制造。

可靠的多任务处理

在紧凑型多任务机床和瑞士型车床上进行加工时，能否有效排屑很大程度上取决于刀具的正确选择。为了提高生产率，需要最大限度地保持刀具的刚度和最小化刀具的悬伸以在受限空间加工作业。

最近，伊斯卡推出了NEOCOLLET卡簧夹头，新款刀夹系列，提供了一种替代ER卡簧用于夹紧刀具的方案。该系列适配的典型刀柄之一是锥柄，可直接内置于弹簧夹头刀柄中(图4)，确保刚性和可靠的连接，以提高刀具性能。新系列可夹持伊斯卡硬质合金T型可换槽面铣刀头的夹具。

如前所述，采用高压冷却可以极大地改善加工结果，特别是在加工钛、高温超合金(HTSA)和难加工的不锈钢时，这些材料是飞机液压和气动系统以及小型配件的主要材料。新型车刀系列具有方柄和螺丝夹紧的55°菱形刀片，采用HPC技术，便于在小直径零件上进行纵向车削、端面车削和仿形车削(图5)。

所有案例都说明了刀具制造商正试图寻找更为有效的解决方案，以满足航空航天工业的新要求。由于新冠病毒的影响，工业增长放缓，飞机产量减少，但刀具制造商对合作伙伴需求的关注并未减弱。相反，伊斯卡已经开发了新的先进切削刀具，并努力将其成功升级应用于即将恢复的飞机生产中。www.iscar.com.cn

选择机器人时要牢记人的因素

Keep the Human Element in Mind When Choosing Robots



David Troeter
Vice President, Yaskawa
Support Services at
Yaskawa America, Inc. –
Motoman Robotics Division
www.motoman.com

随着先进的自动化和数字化渗透到工业领域，精通技术的公司正在努力创造增值产品，以促进客户的增长。这导致了独特的发展，包括将智能技术与人类元素交织在一起的三维解决方案，以最大限度地提高生产力，实现下一代工厂自动化。

随后，制造商正在采用自动化策略来实施分析、增材制造、人工智能和机器人技术。

虽然对适用技术的投资是帮助公司优化产量、抵御市场压力和取得实际成果的理想选择，但现有工人的技能无法满足操作日益增多的相互连接的机器人、输送机、传感器等设备的所需知识。

作为现实的机器人自动化战略的一部分，制造商应该依靠多样化的支持服务来提供全面的技术援助，以支持人为因素。通常被设备成本和占地面积等因素所掩盖，在选择机器人供应商时预先考虑售后维护是至关重要的。多元化支持服务的关键组成部分包括：

- 通过在线视频和 24/7 的专家热线提供技术支持。
- 现场服务，由经过工厂培训的技术人员提供 24/7 调度，以最大限度地减少停机时间。分布各地的技术人员是提供快速现场支持的理想选择，包括编程维护、维修和系统审计。
- 紧急情况下的零件供应。24/7 的紧急零件供应和较高的“首次通过率”是减少停机时间

的最佳选择。所有部件的 12 个月保修期，以及备件包和批量支持包也很有帮助。

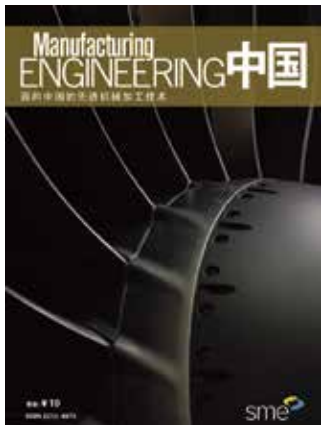
● 来自机器人供应商的培训，该供应商在特定应用教室的实践设施中提供 IACET（国际继续教育和培训协会）认证课程。获得远程现场培训也是有益的。无论哪种方式，都需要达到 95-100% 的客户满意度。

● 维修和改造的现代化选择，使老化的机器人和技术达到当前标准。这些应该包括系统升级、机器人重建、维修、改造、核心交换计划和经过认证的二手机器人。

● 生命周期管理，使用工厂自动化监控平台，通过集成的方法，轻松地监控、积累和可视化地实时交付数据，提供同步所有工厂和运营知识的能力，以实现数据驱动优化规划。

这为公司提供了监督网络化生产环境的健康、状态和性能所需的灵活性。理想情况下，这种性质的系统应该允许通过附加功能纳入非机器人设备，它们还应该允许将过程数据转发到外部资源，以利用基于人工智能的大数据分析，使用标准开放平台通信统一架构（OPC-UA）接口。

无论制造商是想购买一个机器人还是数百个机器人，都建议与一个力求在项目生命周期的每个阶段培养长期客户关系的机器人公司合作。提供多样化的支持服务对于实现预期的生产力提升很有帮助。



“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。



CNC精密外圆磨床 G300

- 搭载人机对话界面，方便调机
- 配置丰富，可对应多品种的高效加工

项目	规格			
	G300S-300	G300A-300	G300S-500	G300A-500
砂轮台	直进型	斜进型	直进型	斜进型
中心距	300mm		500mm	
回转直径	300mm			
砂轮外径×最大宽度	510×100mm(选配:Max.130mm)			
最大加工直径	280mm			
砂轮线速度	2,700m/min(选配:3,600m/min)			
快速移动速度	X轴16m/min Z轴20m/min			
工作台回转角度	±5°			
主轴台标准类型	固定			
主轴台顶尖规格	MT.No4			
尾座轴行程	50mm(液压)			
尾座台顶尖规格	MT.No4			
砂轮轴电机	7.5kW(选配:11kW)			
主轴电机	1.6kW			
冷却液箱	360L			
长×宽×高(L×W×H)	2,460×3,740×1,800mm		2,825×3,740×1,800mm	
机器重量	4,700kg		5,000kg	



涡轮轴（汽车行业）
用途：涡轮增压器
材质：42CrMo



三销壳（汽车行业）
用途：汽车转向
材质：S55C



主动齿轮轴（液压行业）
用途：齿轮泵应用
材质：20CrMnTi



阀杆（液压行业）
用途：液压系统
材质：SCM415



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