

刀具

# 复合加工机床的刀具监测

对于能够以单次夹装完成多个部件加工或同时执行多项加工作业  
的机床来说，连续检查切削刀具状况并针对磨损或其他变  
化做出响应的能力具有特别重要的意义。

文 | Mark Albert

在设计某些机床时，将铣削、车削和其他金属加工工序集成起来，这种机床在效率和生产率方面拥有惊人的提升潜力。当采用一台复合加工机床以一道工序完成多个部件的加工时，既可取消多次夹装工序，又可避免部件重新夹装时出现误差，还能同时执行多项加工作业，实现了生产的精简化。复合加工机床还非常适合于执行无人值守作

业或一位操作者监管多台机床的作业。但是，从其本质来看，复合加工机床趋向于复杂化，有时难于掌握其运行状况。复合加工机床的配置方案多种多样，例如，具备车削能力的铣床、具备铣削能力的车床、双轴机加工中心和三转台车床等。而增设的轴运动方式，例如旋转式铣削机头（B 轴运动）和安装在横向滑板上的转台（Y 轴运动）更加剧了这

种复杂度。

图 2 这种特殊设计的拉力计能够有效地监测小型刀具，对于这种尺寸的刀具来说，磨损或断裂现象既难以通过检视观察方式发现，也难以通过其他技术发现



图 1 在针对复合加工应用进行测试时，TMAC-MP 刀具监测系统采用了一台配备副主轴的瑞士型车床作为试验装置。主轴上采用了一个刀库组块，静止刀具在副主轴上执行最终加工，这两个刀具部分可同时作业

复合加工机床针对刀具使用和管理提出了截然不同的挑战。例如，复合加工机床在转台上或自动换刀库内所配备的刀具站数量可能有限，而有些特定的刀具在铣削和车削作业时都需要调用。而磨损或断裂刀具导致复合加工机床作业中极有可能造成与两台以上单用途机床意外停机相同的影响效果。因而，对于复合加工机床来说，设计用于监测刀具状况、针对磨损程度自动做出调整并可采集刀具性能相关信息的系统具备特别高的价值。在复合加工机床上实现刀具监测功能的最大挑战之一就是如何处理同时执行的多个切削作业。Caron 公司生产的 TMAC-MP 系统就是专门设计用于迎接这一挑战的，其名称含义为“多工序机床刀具监测自适应控制系统”。

这套系统包括了安装在机床上的多个传感器以及安装在 CNC 单元上的软件。它能监测刀具性能、检测磨损或断

裂现象、自动调整进刀速度以补偿磨损程度（自适应控制），并能采集与刀具使用寿命相关的数据。这套系统可以同样良好地监测和控制多把同时执行切削加工的刀具，并能够记录所有数据并在中央界面上显示这些数据。TMAC-MP 系统提供的与具体机床相关的数据可以发送给覆盖整个加工厂的机床监测系统，让工厂经理在计算综合设备效率时可以加入具有关键意义的刀具数据。

## 对多工序加工能力的扩展

TMAC-MP 系统对 Caron 公司开创性的 TMAC 刀具监测系统进行了扩展。此系统的工作原理是，随着刀具刀刃的磨损，机床必须加强输出功率才能保持设定的进给速度，也就是说，主轴马力输出需随着刀具磨损的发生而逐渐加大。通过对主轴马力输出值的测量，系统就可以检测到刀具是否发生了磨损或断裂。更重要的是，这套系统可以通过设置对马力读数的变化做出反应。如果功率监测仪检测到过度磨损迹象，则可以给机床控制单元发出信号，启动刀具更换操作，取出全新备用刀具同时停止加工工序。

这种自适应控制选项让控制单元可以随着刀具以正常磨损模式工作时自动调整进给速率以保持恒定的输出功率额定值。其结果是，刀具可在最优功率水平下发挥作用，从而延长刀具的使用寿命，缩短加工周期，并避免给主轴轴承和其他机床部件带来沉重压力。根据这种设计方案，进给速度调整将以小步渐进的方式持续不断地做出调整（典型情况下为编程设定进给速度的 1%），实现流畅过渡，更好地保护刀具和工件表面。就监测和自动调整而言，系统软件可以“学习掌握”任一给定刀具的正常输出功率以及此刀具用于切削作业时的工作方式。以这些信息为基准，用户可以设定限值并确立更加有利的响应方式。

通过设计增强这套系统监测多工序加工的能力，即使多把刀具同时执行

切削作业时，系统也能实现这些功能。最重要的是，软件通过重新编排自身就具备了多任务执行能力。例如，通过这次的开发，系统能够同时监测和控制位于上转台和下转台的 2 把车削刀具以及同时正在副轴上执行最终加工工序的铣刀。

TMAC-MP 最初开发用于配合

Tsugami 公司的瑞士型车床产品，并在 IMTS 2012 展览上推出，如今这套系统在硬件上还做出了显著的创新。最重要的创新是具备了监测非常小型刀具的能力，如 0.1 mm 直径的钻刀。为了实现这一功能，Caron 公司不得不开发了新系列传感器产品，以便将传感器完全内嵌于这种小刀具的固定式刀具夹座之内。公司还开发了用于测量振动的 3 轴和单轴加速度计，这些传感器可安装在主轴或刀具滑板之上，能够感测到主轴轴承、伺服驱动装置和其他机床部件上发生的有可能给切削工况带来不利影响的振动现象。

系统用户界面也已经更换，方便了机床和刀具数据的观看，可用条形图显示出当前处于监测状态的所有刀具状况和剩余使用寿命。此项信息可以在任何结构化查询语言（SQL）数据库内进行存档，本软件还可以设置为通过电子邮件或以文本短信方式发送报警。

## 更广泛的信息交流

尽管对于单台复合加工机床来说，这套系统的刀具监测和自适应控制可能是一种宝贵的能力，但 Caron 公司总裁兼创建人 Rob Caron 先生相信，这套系统能够通过网络输出数据的能力才是采用本系统的厂商有待实现的最具实质意

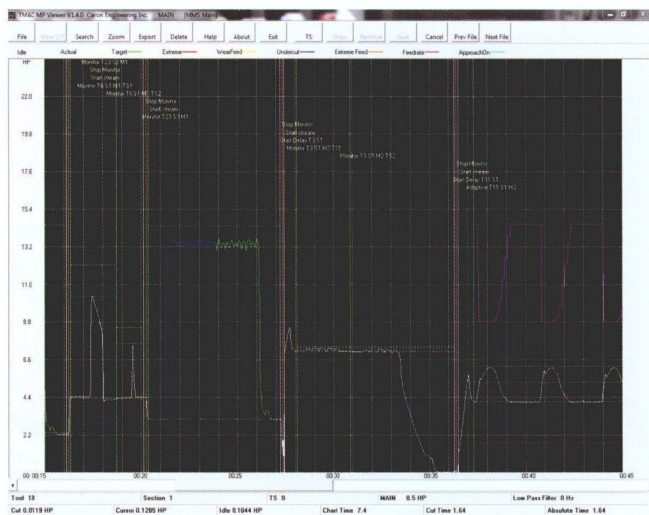


图 3 控制单元上显示的条形图用于指示目前所监测的所有刀具的性能特性

义的回。Caron 先生表示：“这套系统可为第三方应用程序，如车间机床监测程序，提供刀具数据的能力，将提供更多的可能性，例如实现覆盖全厂的数据驱动型决策和自动化方案。”作为朝着这个方向努力的第一步，他的公司正与 Memex 公司展开合作。

Memex 公司的制造执行系统 MERLIN 能够提供设备综合效率（OEE）测量数据，支持开展各种旨在提升性能、生产率和利润率的计划。这套系统能够双向追踪制造作业过程，即 ERP 工作单直至每台机床执行作业过程。MERLIN 可以通过多种通信协议、MTConnect 适配器和 / 或网络连通设备将车间内的所有机床连接起来。Caron 先生表示，TMAC-MP 用户可以利用 MERLIN 系统的接口和联网能力，将机床内部的测量数据从车间发送给相关部门和公司经理，甚至可以发送至移动设备或其他具备 web 功能的系统。

这种联网能力还有益于验证复合加工机床的效率提升，同时可以尽最大程度地检测出从刀具出发的限制条件并防止突破这些限制，更好地确保这些机加工资源的安全利用。Caron 先生总结说：“复合加工机床和刀具监测系统不仅仅是互助互补的两项技术。这两项技术还能相互赋予对方更强的能力。”