

微机械加工

基于 CNC 的开放式 PC 方案使微加工合理化

瑞士机器制造商在微机械加工中首次充分利用了动力学和三角运动学的刚性。减少运动质量和采用基于 PC 的 CNC 解决方案使之成为可能，而这一做法还显著降低了能源消耗和节省了加工时间。

文 | Philippe Monnin

瑞士 Willemin-Macodel 公司是小型零件加工机器的专业制造厂家。该公司的设备主要用于钟表、医疗技术和航空等行业。该公司的技术总监 Denis Jeannerat 表示：“我们的核心技术能力是提供全加工过程中所需的高精密机器。因为小工件难以固定，机器承担了所有的加工步骤，因此不再按传统区分车、铣和磨削加工。此外还包括零件操作，即谨慎地放入和取出工件。”

一个简单的想法彻底改变了微加工

根据 Denis Jeannerat 的说法，在 2013 年 EMO 展会上推出的 701S 加工中心可谓微机械加工的典型例子。从表面上看，基本原理非常简单，就是在 701S 微加工机器上安装一个旋转的、几乎位于顶部的三脚定位机器人 (Delta-Roboter)，与往常不同，在加工过程中机器人移动的是工件，而不是工具在运动。

新机器的基本概念基于三脚结构的平行运动，其特点是通过三臂连接的工件载体。701S 微加工机器专为加工小工件（直径为 52 mm × 32 mm）而设计，加工策略的核心是计算密集的圆心“圆弧内插法”。特点包括：轨道控制小于 0.2 μm、抗温度波动灵敏度低、精度和重复精度极高。此外，专门开发的高性能电机主轴的最大转速为 80 000 次 / min，且无刀架，确保了静态和动态刚度的提高，同时具有极高的动平衡品质和低同心度误差（刀尖处小于 1 μm）。

基于 PC 的控制技术充分利用了机器运动学

然而，看起来简单的方案实际上需要在结构以及控制技术方面投入大量的开发费用，而且需要专有技术，Denis Jeannerat 解释到：“对于我们来说，这是一个漫长的项目，我们 5 年前就开始着手实施。首先，为了能够提高和掌控动态性能，我们需要在力学和驱动技术方面投入高额的开发费用。”

项目方最初就决定采用基于 PC 的控制技术。他们非常清楚，只有使用基于

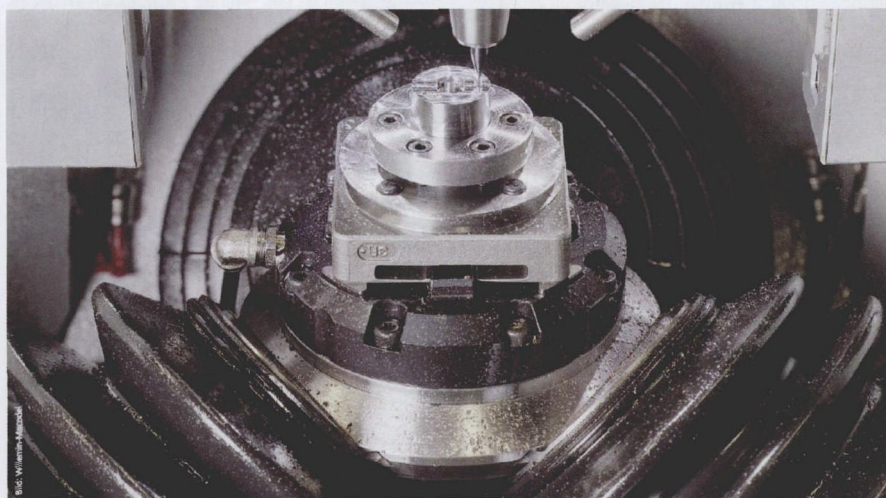


图 1 加工时让小而轻的工件运动，而不是让沉重的刀具运动



图2 微加工中心 701S 所需的地面积仅大约为 1 m²

PC 的控制技术，才能实现高额成本的圆弧内插法，同时使控制回路足够快速。在决定采用基于功能强大的 PC 控制技术之后，项目方很快就找到了合适的供应商。

此外，据 Denis Jeannerat 所说，Willemin-Macodel 公司特别重视机器结构的高度灵活性：“为了能够把机器设计得更加灵活，我们无疑需要一个全面开放的系统，也就是需要各种各样的 I/O 类型、与子系统的通信，以及具有适配能力的软件。”他还指出，如果想要让每台机器都能很好地适应各种应用，几乎离不开一个开放的控制系统。为了能够为机器开发出一个相应的模块化积木式系统，还需要构建一个控制软件，如 Twincat 软件，同时还需提供极大的编程自由度。

连接到基于影像的刀具测量系统

PC 控制的开放性在 701S 加工中心与一个基于视觉的刀具测量系统的简单连接中得到充分的展现。在 PC 控制系统的帮助下，刀具可以在全速运转和在有同心度误差时进行测量。不必花费太多的投入，就可将这一测量系统通过相应的 PCI 插卡集成到 Beckhoff 控制计算机中，从而直接而快速地提供大量可供使用的数据。

此外，该机器采用的装有 1.9 GHz 英特尔赛扬处理器的 IPC C6920 机柜除了能够提供高计算能力外，还提供了另外的重

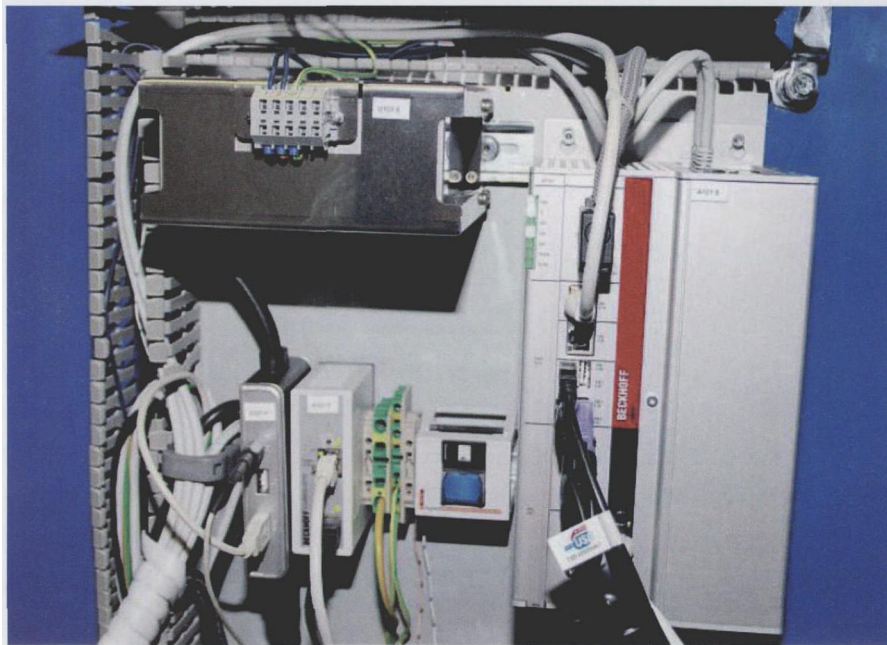


图3 配有双核 1.9 GHz 英特尔赛扬处理器的工业计算机 PC C6920 开关柜为要求苛刻的圆弧内插计算提供了充足的计算能力

要优势。PC 控制功能除了包括复杂的轨道计算，还包括高功率主轴的速度和位置调节。因此，它超高速地控制着 4 个轴，而三脚机器人和主机轴作为附加轴。

以工业 PC 机为基础的整套 CNC 功能

因此，甚至可以在主轴上进行特殊的加工，如刨光或去毛刺。这是因为使用了 Twincat-CNC，即利用基于 PC 的整套数控功能的纯软件解决方案可实现这一功能。Twincat-CNC 可使用高达 64 个轴或者受控主轴进行工作，这些轴可分配到 12 个 CNC 通道上。一个 CNC 通道可同时内插多达 32 个轴，因此可以解决最棘手的运动任务。

利用 Twincat-CNC 程序也可以从传统的 CNC 中获利。各种 I/O 模块可以通过所有通用的现场总线系统连接在一起。驱动系统可以根据需要通过模拟接口 / 编码器接口以及直接用数字驱动接口与 CNC 连接。

作为 CNC 操作单元，701S 配有定制的采用 15 英寸触摸屏的“经济型”控制面板 CP7912，拥有集成的 DVI/USB

扩展技术，该技术用于可在 50 m 远距离进行遥控的外置 PC 远程面板。它拥有一个坚固耐用的铝合金机壳，符合 IP65 防护等级，机壳内设有一个键盘托盘支撑臂板，共带有 12 个功能键和 10 个 LED 背光 SPS 专用键。此外，它还拥有一个带急停开关的扩展按钮、6 个发光按键、格雷码开关（23 位）和增量式编码器。

用于高效微加工的机械

采用智能化的设计并结合强大的自动化技术，所生产的机器不仅结构非常紧凑，而且效率非常高，该机器占地面积仅大约为 1 m²。特别是加工小零件时，由于新机器减少了运动质量，能耗仅为 2 kW，而使用传统的机器则大约需要 20 kW，甚至更多的能量。针对这一情况，Denis Jeannerat 补充道：“与传统的加工中心相比，以小于 0.2 μm 超高轨迹精度，即使在全速情况下，701S 的精度值也高出 10 倍。另一个优势是，加工零件所用的时间大幅下降。依据工件的复杂程度不同，加工时间可缩短 3 ~ 10 倍。例如，加工铜电极，目前所需时间不超过 1 h，只需要 8 min。” **MM**