

深孔加工

深孔钻削机具

在工件内侧（和外侧）加工复杂几何形状需要借助恰当的设备、恰当的刀具和充分发挥两者作用的专业知识。

文 | Matt Danford



更多精彩请扫描二维码

想象一下在几分钟的时间内将硬币从高处随意的倒入一个 55 加仑的桶中。这就是机床制造商 Unisig 公司首席执行官 Anthony Fettig 在最近的媒体报道中看到本公司的尺寸最大, 功能最强的深孔钻床工作时的感受。

这台机床的功率超过 300 hp, 即使最难加工的材料也能钻出极大的直径和深度（分别可以达到 20 in 和 32 in），包括铬镍铁合金以及其他镍基合金。自动换刀装置的某些型号可兼容最长 24 in（1 in=2.54 mm）的刀柄，该系列机床可以提供非常大的车床需要不同部分分开装运（各部分长度最长可以达到 25 ft，1 ft=30.48 mm），以便后期准确组装。

Unisig 的深孔钻床系列不仅仅包括以上这些庞然大物。该系列机床的部分产品专门用于加工深度不足 1 in 直径低于 0.04 in 的钻孔。

Fettig 说：“钻孔时最重要的考虑因素并不一定是钻孔的深度或直径，更多的考虑是两者之间的比率。当我们发现机床加工的深度与直径比可以达到 300 : 1 时非常振奋和高兴。我们知道可以解决客户的问题。”

尽管该公司以深孔钻削著称，但是这一术语本身并不能说明该公司机床的能力范围之广以及该公司的工程专业知

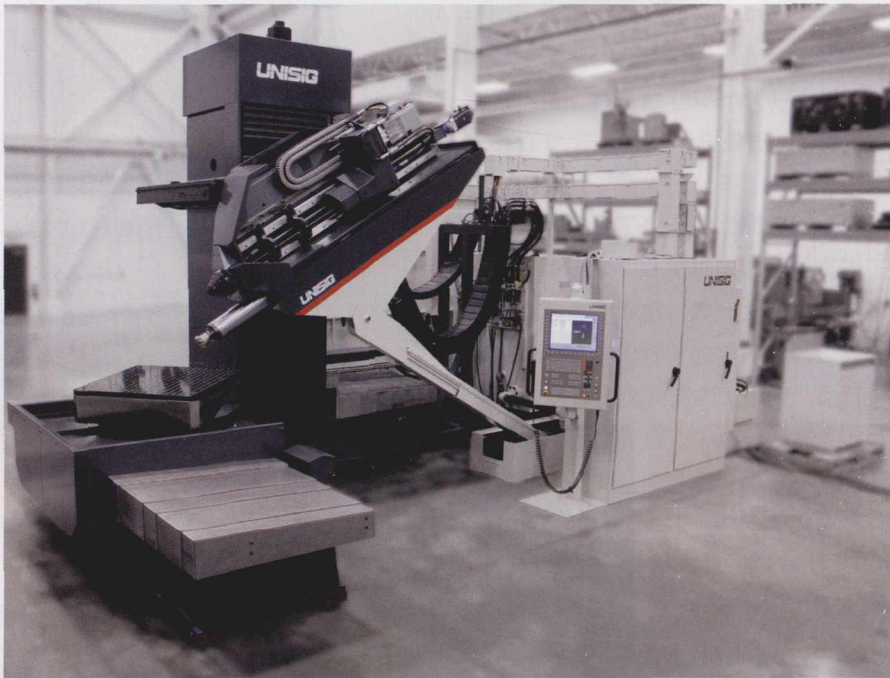


图 1 USC-M 机床系列提供了各种自动化备选方案，特别适用于钻制冷却注塑刀具使用的细长交叉水线

识之丰富。因为典型应用不仅包括高难度的制孔作业，“深孔加工”才是一个更好的表述。

这不仅仅是钻孔

在一个各类带材制造商都在寻求通过更少的设备整合作业的时代，Unisig 公司已经表明了自己的态度，枪钻并不一定仅限于枪钻。实际上，这家制造商

的很多设备注重外部和内部工件形状。

尽管提供料材生产车床，但是大部分 Unisig 机床均采用模块化平台进行定制化生产。USC-M 系列是这种平台的一个例子，该系列将强大的制孔能力同五轴铣床的基本加工功能结合起来。这种机床特别适用于那些无法投入大量时间钻制深孔水冷线的注塑模具制造商。Fettig 称，Unisig 机床可以通过同外部

形状所需的复杂轮廓相同的设置开展此类作业。尽管这些机床通常体形较大，但是工件不需要如此，他解释称，工作台刚性和整体体积精度导致不需要确保小型工件（或者体形较大需要悬置在工作台上的工件）置于特定“最佳位置”。

五轴功能由回转台和一个专用50°锥形斜铣刀轴（平行于机床的钻床主轴）提供。机加工据称可以保证同样的精度，即体积精度相同，无论斜轴在工作区内处于何种角度和位置。Fetting说道：“刚性主轴箱的位置似乎降低了，但是并未影响性能和精度，很容易实现复合角。”

Fetting将这种精度归功于标尺反馈和微调高性能伺服驱动功能，这些功能有助于精确插补。Fetting还高度评价了公司在密尔沃基工厂采用的“从头开始”机床制造策略。甚至数控设计都是在内部完成的，包括运动学和其他相关任务的定义，部件直接从西门子、海德汉和FANUC（发那科）等制造商处采购。

石油天然气零部件和飞机起落装置以及各类液压系统的机加工所使用的其他平台采用了相似的配置。各台机床均为定制化生产，尤其是自动化系统，因

为客户需求不同会存在巨大的差异。除了多轴钻床的机器人监管和多机单元外，自动化系统还包括托盘交换装置、复合式传输机、滚轮稳定装置以运行测量乃至额外驱动运动轴（用于简化设置和卸载等工作）所需的其他系统。

刀具先行

Fetting解释了“深孔钻削”不足以说明Unisig在钻孔内部所做的工作同钻孔外部一样多的原因。除了基本的钻孔、扩孔、攻牙等工作外，还可以进行埋孔、开槽和环钻作业。仿形加工也是常见功能，包括阶梯形直径、弧度精准的内径、撑压轮廓和特定表面粗糙度要求。

对于这类内部加工，应首先考虑刀具。大部分深孔刀具和工艺都是围绕着刀具自身贴近切削边缘这一理念。

枪钻刀具

这类刀具主要用于长度与直径比超高的情况，枪钻仅提供单有效几何形状。这意味着，切削作用全部位于一侧，大部分传统钻刀都采用这种形式。这种结构为钻屑和冷却剂提供了必要的空隙。一般而言，外围的耐磨垫有助于将刀具

保持在原位，同时提供磨光作用打磨工件表面。锥尖角度和位置会影响特定参数下作用于刀具的切削推力和径向力。如果刀具和工件一起旋转时会实现最精确的制孔，单独旋转工件时的钻孔结果一般好于单独旋转刀具时的钻孔结果。

硬质合金枪钻特别坚硬。这类刀具的优势是二次磨修，但是这只在直径低于约300 mm时有效。超过这一数值后，刀具会变得昂贵和/或脆弱。对于更大的直径，这类刀具会配备钢制刀夹和硬焊硬质合金刀刃，刀柄上绕有V型凹槽用于出屑。此外，可转位刀刃型号不需要在磨损后废弃整个刀具。也就是说，这些刀具型号可能不如硬焊刀刃刀具精确，因为刀刃刀具连接会出现偏差。

BTA 刀具

枪钻刀具用于内部冷却剂输送和外部碎屑排出，BTA钻孔需要通过刀具中心排出碎屑和冷却液，放在与进给方向相反的方向。因此，在考虑使用这种刀具前，钻孔应至少达到特定尺寸。同枪钻刀具一样，BTA刀具也配有硬焊和可转位刀刃。这类刀具还提供铲尖形状，Fetting认为这种形状对交叉钻孔非常有用。尽管他强调这种差距正在缩小，但是BTA刀具一般而言进给速度更快，刚度更高并且出屑控制更好。

钻削为先

除了上述基本刀具类型外，许多应用还需要定制化的刀具加工更复杂的形状，这些差异巨大的刀具类型很难提取出共通性。总而言之，甚至是外形类似的几何形状也至少需要针对特定钻孔大小进行加工。例如，瓶形镗孔刀具采用数控驱动轴驱动刀刃根据内部形状要求进出刀柄。如果准确测定尺寸，则很难完成这类动作。“鉴于这类刀具需要引导自身，仔细规划就显得非常重要。”Fetting称。这同样适用于那些需要将上述制孔工艺同复杂外侧加工进行整合的应用。[MM]

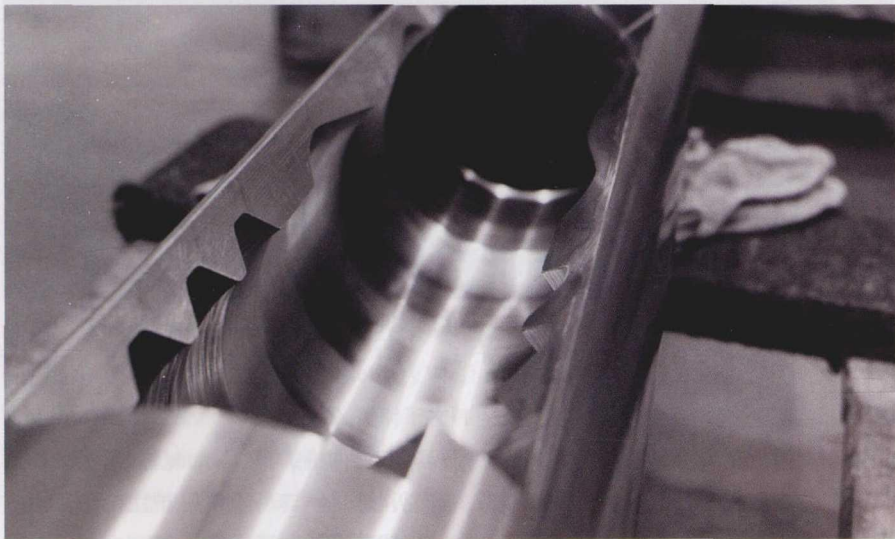


图2 这种内部几何形状非常适合瓶形镗孔刀具，这种刀具使用数控驱动轴推动切削边缘，根据内部形状切削的需要往返刀柄。质量控制对深孔钻削而言是一个特别重要的问题。许多应用要求进行定期的破坏性实验或者更具创意的解决方案，比如通过摄像头监控碎屑形成的改变和趋势以及追踪加工流程