

五轴加工

平稳过渡到五轴加工

一家专门从事精密薄壁容器模具制造的企业，选择一种综合性的方法创建了有效的“3+2”加工工艺。

文 | Derek Korn

加拿大 Moulexpert 公司的总经理 Steve Nadeau 先生曾被他的一个车间员工警告说，公司的第一个五轴机床要生产出真正的产品可能需要花一些时间。但事实证明，这家位于 Quebec 省 Levis 的注塑模具制造商在其新的五轴机床交付短短两个半星期后就生产出了产品。

Moulexpert 公司经过多年为客户重建模具、生产食品及其他消费品使用的薄壁容器，现在已拥有自

己的五轴加工能力，并制造自己设计的精密薄壁容器模具。有了这台安装在其厂房中的新机床，该公司现在能够用五轴联动替代三轴加工。

Moulexpert 公司于 2001 年开业，是一个中等规模的企业，但 Nadeau 先生认为，小规模企业较易管理，能迅速地对客户的特殊要求作出响应。公司大多数员工都有大量加工和模具制造特别是薄壁容器制造的经验。

当 2012 年决定专注于设计和制造自己的薄壁容器模具时，该公司认为其三轴机床会削弱公司为提高模具生产质量所作出的努力。这主要是由于斜孔的数量，这些模具镶块不仅需要这些孔来冷却，同时也需要这些孔来通风并用做液压回路。孔的数量因型芯和型腔不同而异，其范围可以从简单模具的 30 个孔到较复杂的 100 个孔。

De Grandmont 先生解释说，使用三轴机床时，操作员必须为镶块的每个面分别进行装卡，还必须为不垂直于这些面的每个孔分别进行装卡。这就可能会产生 10~25 个不同的装卡情况。而每次装卡意味着这个镶块需要被松开，用起重机抬起，旋转，然后再夹紧，对齐，在机床上清零，然后才能开始下一次钻削或铣削操作。而五轴加工只需进行两次装卡，便可以完成所有这些加工（图 1）。Moulexpert 公司的第一步是确定哪种类型的五轴机床最合适，因为它们有多种不同的配置。

Moulexpert 公司还希望该机床拥有大的主轴功率和扭矩，能执行钻孔和粗铣削操作。最终，它们选择了 GF 阿奇夏米尔的 HPM 1350U 机床，它有移动式立柱设计。C 轴 360° 的旋转由一个具有 3527 lb (1 lb=0.45 kg) 载荷容量直径的 43.3 in (1 in=25.4 mm) 的圆台提供。A 轴的旋转由主轴头提供，范围为 16°~120°。此外，该机床还配有 15 000 r/min、51 hp (1 hp=0.745 kW) 和 142 lbf·ft (1 lbf·ft=1.36 N·m) 扭矩的 HSK-A63 主轴。

Nadeau 先生说：“这万能机床提供了最好的功能组合，能应对所有它需要完成的工作。”圆台提供了足够大的尺寸且无障碍，主轴有足够的通用性进行钻孔和攻螺纹，



图 1 Moulexpert 公司用 3+2 加工，一次装卡便能完成模具镶块的多个斜孔钻削加工

以及粗加工和半精加工。在粗加工工序中，A 轴和 C 轴被液压锁定到位，可提供重切削所需的刚性并延长刀具寿命（图 2）。

与 Moulexpert 公司使用的三轴机床不同，HPM 1350U 的冷却液输送采用高压贯通主轴，使其能够利用更先进的刀具。这对于用长硬质合金刀具进行钻削加工特别有帮助，因为它便于排屑，并尽量减少了快速缩回的次数。此前，Moulexpert 公司从其刀具供应商 Baron 公司处得到了很好的意见。Baron 公司多年来与 Moulexpert 公司关系密切，因此很了解其对刀具的需求，并提出了用何种刀具才能最好地发挥五轴机床的作用。事实上，这两家公司就在同一个厂房，这大大方便了它们之间的沟通和互动。

软件的选择

在决定购买五轴机床以前，Moulexpert 公司也意识到：仿真软件将是五轴工艺的重要组成部分，因为刀具和圆台运动的编程较复杂。在与 GF 阿奇夏米尔公司讨论时，Moulexpert 公司了解到 Complete 公司的 TruePath 软件，因为 GF 阿奇夏米尔提出用此作为其基于海德汉控制系统的五轴机床的应用软件。TruePath 是机床专用软件平台，可进行后处理仿真和刀具路径的优化。

Complete 公司的销售副总裁 Jeff Fritsch 说，机床制造商会向他们提供各项标准和可选购的机械部件的 3D 模型，Complete 是唯一能获得这些机床专用的 3D 模型的软件公司。这使 TruePath 的用户能够进行非常准确和详细的实时仿真，检测和避免碰撞，查看材料的切削情况，比较编程五轴刀具路径与实际路径之间的差别，识别超行程刀

具的位置等。

TruePath 还能生成后处理器，对各种主要的 CAM 系统提供支持。正如 Fritsch 先生所指出的，后处理器是车间的 CAM 系统和机床之间的直接联系。然而，许多五轴机床的后处理器并不考虑各类型机床所独有的复杂及非线性的运动。这样，不可预测的刀具运动和切削条件变化可能会导致零件表面质量和切削质量差并加剧刀具磨损。他指出，TruePath 还可生成成为机床量身定做的无错代码。

Nadeau 先生选购了 TruePath 软件包，因为他欣赏这种仿真、后处理和机床的紧密集成。“这看起来像是一个即插即用的解决方案。”在实践中，CAM 程序员首先使用 Delcam 公司的 PowerMill 开发一个“工件程序”。一旦程序完成，TruePath 便打开一个包含所有正确运行仿真所需数据的 PowerMill 所生成的 .XML 程序文件。它包括刀具路径文件、工具数据库、工件型号及参照机床坐标系全部数据的位置等。程序员可以在后处理之前进行仿真以验证程序。

操作员也可以从计算机访问 TruePath，查看仿真并关注加工步骤的顺序（图 3）。该软件的一个重要优点是能改变加工步骤的顺序以适应生产需要。虽然 CAM 编程器生成了一个完善的、无碰撞的程序，但照看多台机床的操作员会发现，重新排序的加工步骤会提高主轴利用率。在五轴机床跳过一些较短的加工步骤可能是有意义的，因为这些步骤要求操作员干预并进入一个耗时更多的步骤。这样操作员便能够去照看其他机床。运行另一个仿真将确保所提出的五轴机床上操作顺序的修改不会导致碰撞。最关键的是，这些修改会自动更新刀具路径和 G 代码，且不必重新输入程序。

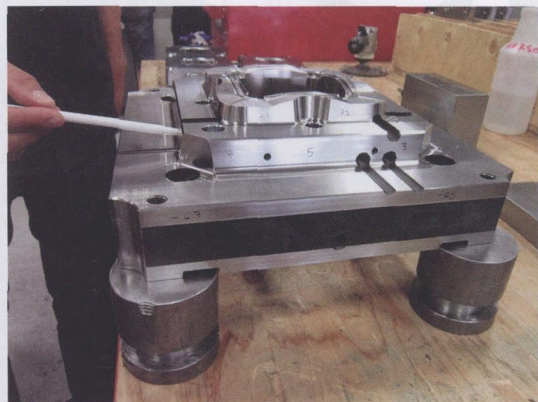


图 2 这样精确的斜孔对于薄壁容器模具注射成型过程中实施有效冷却是至关重要的

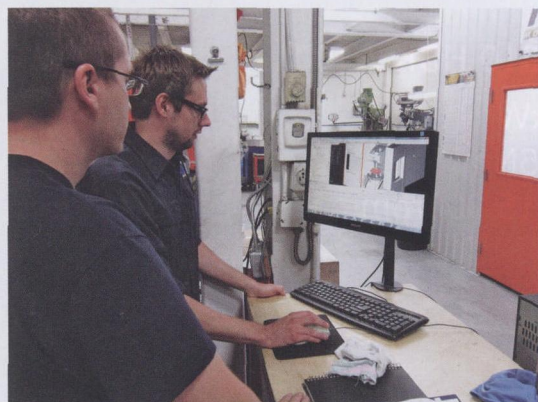


图 3 Complete 公司的 TruePath 软件是进行后处理、仿真和刀具路径优化的机床专用软件，操作员可以计算机终端访问 TruePath



图 4 Moulexpert 公司认为，3+2 加工将有助于该公司生产这种六型腔模具

超越 3+2

Nadeau 先生还设想采用五轴进行轮廓加工。不过现在，Moulexpert 公司首先考虑的是采用 3+2 加工实现所有它想得到的好处（图 4）。Nadeau 先生对于公司那么顺利就过渡到五轴加工仍然印象深刻。员工们也是一样，而他们当初也确实表达过自己的顾虑。MM