

机床

瑞士机床与五轴铣床

采用旋转式 *B* 轴的瑞士机床使这家工厂能够在无人值守的情况下完成所有部件的加工作业，也让原本空置的五轴加工中心重新发挥作用。

文 | Derek Korn



更多精彩请扫描二维码

图 1 所示的复杂医疗部件是 Challenge Machine 公司考虑购买一款带可编程旋转 *B* 轴和活动刀塔的瑞士机床的原因。这家位于明尼苏达州布萊恩的车间通过了 ISO 13485 认证，能够使用两台 CNC 机床生产出膝关节置换手术所需的可植入医用级聚醚酮 (PEEK) 部件。其中一台五轴机床负责部件铣削，加工时间为 45 min；另一台是三轴机床，负责完成剩余工作，加工时间为 15 min。而如今，在 Marubeni Citizen-Cincom L220 瑞士机床上完成整个加工过程只需要 15 min（图 2）。

2015 年，Challenge Machine 购买了第一台 L220，随后又增加了两台。PEEK 组件是在 *B* 轴瑞士机床上加工完成的众多部件中的一个。过去，大部分此类组件都需要经过多次铣削加工。这些瑞士机床首先担任的是车削中心的角色，而 *B* 轴活动刀塔的加入将其改造成了带棒材进给器的五轴机床，实现了在无人值守模式下完成较长材料的加工作业（图 3）。在最近一次参观期间，我了解到了这项技术为车间所带来的好处，以及车间在应用该技术时遇到的一些挑战和积累的经验。

从瑞士开始

1999 年，Jim Betland 在自家的地下



图 1 最近，Challenge Machine 公司正在进行大量的不锈钢加工，如图中所示的 17-4 不锈钢医疗部件，就是该公司为某客户的导管泵所加工的 7 种不同组件中的一个

室成立了 Challenge Machine 公司，该车间的大部分业务是为半导体行业提供部件微加工服务。这家车间位于明尼阿波利斯，占地面积 16 000 ft²。除了服务于半导体行业外，也与其他行业有所接触，包括汽车、医疗和国防领域。公司近期新增了一台主轴转速高达 60 000 转并且带托盘更换器的 Sodick UH430L CNC 铣床，确保可以在无人值守模式下完成较长材

料的微加工。

微加工并非该车间的全部工作，但是大部分时候加工的部件都比较复杂。这也是车间购买前两台瑞士机床的原因。虽然这些床都没有 *B* 轴，但是活动刀塔的加入使得这些机床可以进行铣削加工。其中一台机床自带副主轴，能够拾取主轴上的部分加工部件，进行辅助作业。

这两台 L220 是车间购买的第一款 *B*

轴瑞士机床。Betland 说道：“从未使用过此类瑞士机床的车间，需要一定的时间才能充分发掘 B 轴的潜力。”车间安排机械师 Eric Grue 学习使用第一台 L220 机床，这是他第一次接触 B 轴机床。“我们用了一年的时间才真正做到充分利用 B 轴的优势。”他说道，“曾几何时，我们只能用它来完成棒料的常规交叉作业或者简单的辅助工作。”

现如今，车间能够从与棒料中心没有相切的角度进行钻孔和铣削（B 轴旋转范围为 135° ）。Grue 先生曾意外发现可以使用端铣刀代替定中心刀具来加工定向孔，完成角钻。该刀具的一端为扁平状，防止在以非常规角度与材料接触时发生偏移。此外，他还提醒到，在使用 B 轴进行微加工时，例如使用直径小于 1 mm 的刀具时，需要控制切割的深度和进给速度，不能过高和过快。原因是线性轴会同步移动，对刀具产生大量应力。例如，车间最近使用了一款 0.5 mm 的钻头进行作业，切割深度设置为 5%，进给速度为每分钟 60 mm。

Grue 还发现，在针对这类机床制定刀具策略时，需要独出心裁，与具备高性能刀具更换器的 CNC 铣床不同，瑞士机床的刀具站数量有限。两台 L220 共有 5 个车削站、3 个主轴交叉工作站、6 个相对而设、8 个设在辅助工位上和 4 个设在 B 轴刀具工位上。“这并不是说简单地利用各种特殊刀具，比如铣床上的定制成形刀，”Grue 说道，“我们必须在使用球磨机、镗杆、切槽刀等时别出心裁，才能满足复杂特征部件的要求。”

材料问题

三台 L220 均可以使用液压油或压缩空气进行部件冷却，给 Challenge Machine 公司带来了一定优势。油冷剂常用于金属加工。事实上，最新款 L220 采用高压润滑剂输送系统，提高了 17-4 和 304 不锈钢深孔钻孔时的排屑率。

压缩空气适用于塑料，如果以油为润滑剂，会造成塑料污染。在车间，按照



图 2 为了加工图中所示 PEEK 医疗部件，Challenge Machine 公司购买了第一台带旋转 B 轴的瑞士机床，加工这样一个零件只需 15 min，而如果换成五轴或三轴铣床，则需要一个小时

秩序清洗筒夹和导套，擦干净刀具以及润滑剂和压缩空气管线上的冷却剂，便可轻松完成从金属部件到塑料部件的更换。在这个过程中，无需过度重视细节。关键要确保不会有残留的润滑油滴到塑料上。分批规划医疗和塑料产品作业可以减少更换过程。Challenge Machine 公司也使用压缩空气将精细的塑料部件切屑从副主轴中吹出来，防止机器的喷射销在部件上留下痕迹。

专门为 PEEK 部件提出的一项技术可以缩短剩余棒材的长度。所谓剩余棒材是指因瑞士机床主筒夹与标准导套之间的距离而无法加工的棒材残端。剩余长度一般是 7~12 in（1 in=2.54 cm），对于提供材料的客户而言这个是不小的损失：一根 36 in 的棒材成本约为 1800 美元。将加工后的钢制延长件拧入棒材的一端，可以将棒材剩余长度缩短至 2 in。

回头看 往前走

事后看来，车间应该考虑将机床的棒材处理能力从 20 mm 提升到 32 mm，进而满足大型部件的加工需求，Betland 说到。这样的话，就不需要像前两台 L220：一台的活动刀具转速为 6000 转，

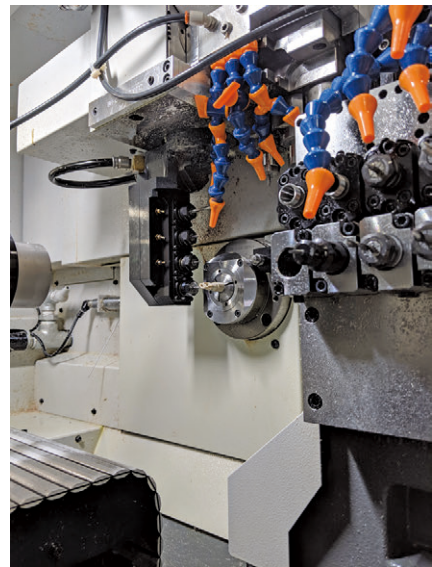


图 3 Challenge Machine 公司近期新购买了三台采用可编程旋转 B 轴的瑞士机床，用于加工更复杂的部件。该公司的棒材进给装置为无人值守模式下的加工作业提供了保证

另一台是 9000 转，那样购买多根转速高达 80 000 转的高速电动主轴了。“使用小型刀具进行加工时，不要求转速太高，”Grue 解释道，“我们车间里有两台 L220 的转速已经达到了 9000 转，足以满足这项要求。此外，电动主轴的转矩很小，无法在金属上切出令人满意的深度。”

Challenge Machine 公司正在考虑使用其他冷却方法，比如压缩二氧化碳或干冰喷射，降低部件上出现倒刺的概率。Grue 解释到，在加工塑料时，热量被刀具和底部的部件材料带走，而不是被切屑带走。底部部件材料温度越高，切割出来的材料越容易磨损并与部件粘在一起。使用空气冷却，再加上锋利的无涂层切刀，可以降低这种事件发生的概率。

此外，该设备也可以快速从瑞士机床程序切换至 CNC 铣床目前正在使用的 GibbsCAM CAD/CAM 软件。车间对这款软件的模拟功能和 MultiBlade 刀具路径策略很是满意。目前，车间正在使用 MultiBlade 在五轴机床上进行塑料叶轮加工。之后，应该会该项作业转移到 L220 上完成，充分发挥无人值守机加工的优势。MM