



图1 这个骨骼固定螺钉是 HTT 公司采用最新型瑞士式机床，通过一次性装卡调试加工而成的，螺钉后端面上的沉孔需要钻孔和镗孔，以及用公差精度为 0.000 5 in 的六角形拉刀，将这个沉孔加工成六角形的形状

瑞士式机床

瑞士式机床的成功之路

在过去的几十年中，瑞士式车床已从一种小型产品，发展成一种带有平台的用于生产精密小型零件的一体化加工机床。

文 | Matt Danford

对于 Paul Heanue 和 Ron Pelletier 来说，“活动刀具”曾经是由一种用于十字孔钻削加工的 Dremel 刀具组成的，它悬挂在天花板下，然后将其插入到一台老式瑞士式车床上的刀具槽口之中。这是发生在 20 多年以前的事情，那时 Pelletier 刚任职 High Tech Turning 公司（简称 HTT）瑞士部经理不久。虽然使用 Dremel 刀具的经历是一种美好的回忆，但这却足以表明，HTT 公司走过了一段多么漫长的历程。

毕竟，真正活动刀具的出现只是一系列瑞士式机床技术发展

的进程之一。近 30 年来，它帮助促进了 HTT 公司的稳步发展。假如 HTT 公司的演变反映了其所依赖的机床平台之发展，那么看一看该公司所经历的几个里程碑，就可以说明这类发展，对于寻求灵活和一次性装卡调试的小型零件生产车间来说，瑞士式车床将会继续成为一种主要的生产工具。

1985 年，Heanue 先生创建了 HTT 公司，他当时的想法是：新一代的数控纵切车床，可以超越大部分电子行业所使用的凸轮操作式标准机型。开始时，他租用了一个 1000 ft² (1 ft=0.093 m²) 的

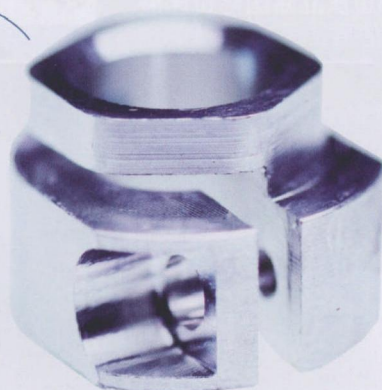
车间，购置了两台机床：一台是来自 Citizen 公司的 G16 型两轴瑞士式机床，另一台是用于二次加工操作的 TC-211 型立式加工中心，该机床上配有一套 4 轴 Haas 分度器。事实证明，瑞士式机床要比以前不太灵活的凸轮操作式机床具有更大的竞争力。

一个新兴的加工车间

目前，这个拥有 24 名员工的加工车间是 Heanue 的第四家金属加工厂，设立在 Watertown，占地面积 15 000 ft²。HTT 公司内的混合设备仍然能反映出其最初的工作重点，即具有双重专业特色的瑞士式车削加工和 4 轴铣削加工。事实上，HTT 公司自创建以来，平均每年至少购置一台机床。现在，该车间的大部分客户来自医疗行业，他们需求的进一步变化促进了设备的升级更新，而不是他们希望拥有最新、最先进的加工技术，Heanue 先生说。然而，正如许多制造商都可以证明的那样，这些需求变化往往涉及到日益复杂的零件几何形状——为了保持竞争能力，需要更严格的公差尺寸、更坚硬的材料，以及更快的加工时间。

图 1 所示的钛合金骨骼固定螺丝，这个零件的生产是从车削加工开始的：首先加工螺钉的尖端部分，为铣削加工同一位置的

图2 这个零件曾经需要在瑞士式机床和 4 轴立式加工中心上进行多次操作加工。而现在却可以在 L20 型机床上，通过一次性装卡调试，完成该零件的全部加工生产



凹口做好准备。然后，在棒料上车削螺纹。在车削加工操作后，其后端形成了一个球形，然后将该零件夹持在副轴上，并使其与棒料分离。最后，采用钻孔、镗孔和拉削操作在后端面上加工出一个六角形的沉孔。该车间生产 7 种不同长度的螺钉，每种螺钉的产量约 80 个。

在不久之前，HTT 公司没有想到能有机会承接这类零件的加工业务。然而今天，该车间可以在一台 Citizen 公司的 L20 型机床上，通过一次性装卡调试，来完成这些加工操作，这是一台加工范围在 20 mm 以内的 7 轴瑞士式加工机床。每个螺钉的加工周期为 150 s。

发展过程中走过的里程碑

HTT 公司的设备代表了瑞士式机床技术几十年的发展历程。虽然不同的车间以不同的方式加工生产，但到目前为止，Heanue 和 Pelletier 所列举的某些进展事实，可看作是该公司发展进程中的几个主要转折点。

- 附加轴和刀具。HTT 公司第一次采用的副轴是“革命性”的创新发展，因为它具有背面钻孔和车削加工的能力，零件切断后无需打毛刺，Heanue 说。后来又增加了活动刀具工位，能够钻削加工十字交叉孔，与副轴联合工作时，可执行背面加工操作。但是，凡是在各端面上进行偏心加工的任何零件或超越最简单铣削加工范围的任何工件，仍然需要传送到另一台机床上进行加工。

2006 年，在添置一台 Citizen 公司的 L20 型机床后，情况发生了改变（图 3）。这是 HTT 公司第一台配有前后活动刀具架的机

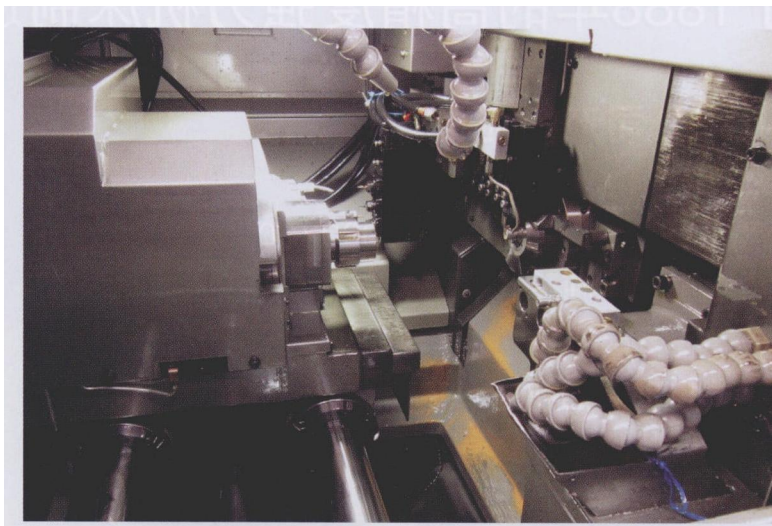


图 3 图中所示为 L20 机床的内部结构。这些都是 HTT 公司第一批购置的瑞士式机床，Heanue 先生将其称之为“成套”活动工具；它可与其他各种刀具附件相匹配；具有精密的 C 轴分度功能和先进的数控特点；还配有高压冷却液；雾气搜集器；灭火机和全封闭式外罩

床，用于偏心铣削加工以及在零件两面上的钻削加工。此外，L20 型机床是该车间第一台配有 C 轴轮廓加工的机床。以前的机床采用定位销锁紧，只能提供 5° 的分度能力，而 L20 型机床能通过主轴传动电机，对 C 轴进行 0.001° 增量级的全面控制。这可以使编程缓慢、精确地旋转主轴，使其与其他的轴联动，以便进行更复杂的铣削加工。如图 2 所示的曲面槽口，曾需要在该车间的其中一台 4 轴立式加工中心上加工，Pelletier 说。现在，整个零件的加工可以在 L20 型机床上完成。

- 速度更快、功能更强大的数控系统。除了进行以上所述的 C 轴插补类复杂运动外，最新的数控系统还能够比以前速度快得多，简便地处理代码。为了说明其为什么对 HTT 公司这样的车间十分重要，Pelletier 列举了一个例子：该零件需要通过主轴，在轴肩与未加工棒料的凸出部分之间的狭窄区域内加工外径螺纹。为了正确地加工这些螺纹，其刀具需要以适当的速度和进给率，立

即直接进入轴肩的后面。“如果数控系统工作的速度比较缓慢，你将会得到一个不完整或不正确的螺纹，因为你的参数是不正确的，除非你的三条螺纹同时进入加工。”他解释说，“然后，当你停下来时，可能就可以在你完工前将其拉出。”

- 改进了上料方式。HTT 公司的第一台瑞士式机床采用重力式棒料进给方式。这些劳动力密集型进给装置，采用了一套电缆和重力系统，将一根 12 ft (1 ft=0.305 m) 长的棒料送入到加工机床之中。最后，重力进料模式让位给了液体动力棒料进给装置，该装置将棒料全部密封于润滑油之中，通过定心和润滑，由推杆将其推入到机床之中进行加工。虽然这消除了重力进料模式常见的振动并解决了相关的精度和磨损问题，但这些系统仍需要采用手工方式逐地将棒料装载到机床上。相反，最近安装于该车间更先进机床上的液压箱式进料装置，实现了棒材的自动化上料。

● 高压冷却液。促进 HTT 公司生产率明显提高的最重要推动力之一,也是最新出现的技术之一,高压冷却液。与淹没式冷却液相比,压力高达 2000 psi (1 psi=6.895 Pa) 的切削液,可直接针对目标喷射,大大提高了润滑性、排屑功能和刀具的使用寿命, Pelletier 说。

事实上,采用高压冷却液是 HTT 公司购置其第一台 L20 型机床的主要原因(图 4)。该车间为一个 1 ft 长的牙科零件加工业务做了报价,该零件需要通过最通常的方式在表面上钻削一个盲孔。在加工钛合金这一点上,该公司没有太多的经验,但他们知道对这种材料的加工可能会碰到很多问题。“这种材料的升温将非常迅速。我们还碰到了切屑控制问题,我们刀具的左右部分都被烧坏了。” Pelletier 回忆说。

尽管做了最大的努力,但该车间每天却还是只能生产出约 100 个零件。鉴于生产速度没有竞争能力,而且 HTT 公司也知道今后客户对这种钛金属零件会有更大的需求,因此管理层认为是决定升级的时候了。在安装这台配有高压冷却液泵的 L20 型机床之后,该车间的牙科零件的产量迅速提升到了每天 600 个,而且刀具的使用寿命也大幅提高。

HTT 公司不只是将高压冷却液的优点归功于一台液压泵。因为通过刀具和刀柄的冷却液,确保了液体对切削点的直接影响。而且,也不像以前的机型那样,车间内的 L20 型、A32 型和其他较新的机床都配有全密封外罩。再加上由机床制造商配置的 Cool Blaster 喷雾控制系统,均可防止高压冷却液产生的雾气弥漫到车间之中。

● 刀具和附件。HTT 公司的

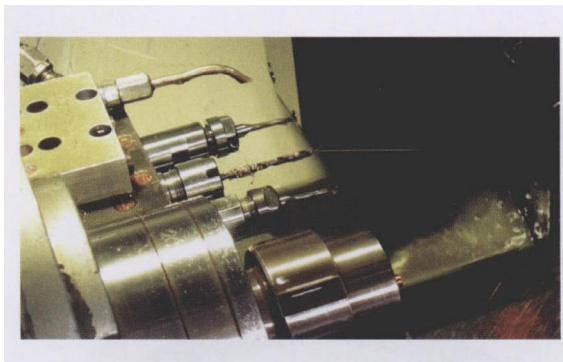


图 4 在 HTT 公司的瑞士式机床设备中,采用高压冷却液泵和冷却液通孔刀具是该公司最新和最重要的进步

一个重大转变是:其以前使用的刀具具有一个主要的缺点,即必须在车间内以适当的角度进行研磨。更换使用镶刀片很昂贵,Heanue 说:“我们的供应商可以在第二天早上 9:30,提供我们所需的一切东西。但情况并非总是如此。”作为一个附加的优点,镶刀片刀具常用的涂层,对加工钛金属和其他难以加工的材料提供了很大的帮助。

同样,适用于瑞士式机床使用的镶刀片供应量也在不断增加,围绕各种刀具附件的整个二级市场有了很大的发展。比如提供能够使更多活动刀具适合于一个工位的附件,适合于拉削加工和攻螺纹操作类的附件,该车间通常将这两种工艺使用于医疗行业的工件加工。多年来,这样的附件,为瑞士式机床加工部门生产零件时减少二次加工操作,作出了重大的贡献。

一个成熟的生产程序

在一定程度上,上述的所有发展,对该车间生产加工骨骼固定螺钉类零件起到了很大的作用。首先,尽可能均衡地将生产周期时间分配到主轴与副轴之间,对保持 150 s 的加工周期是至关重要的。虽然一个螺钉的车削、铣削和攻螺纹加工是在主轴上完成的,但接着的钻孔、镗孔和拉削操作则是在副轴上完成的。

同样,没有一套多镶刀片的旋转附件,是不可能加工螺纹的。

对于特定形状和长度的螺纹,采用单点车削加工是不可能的,因为它需要多次走刀的过程, Pelletier 说。然而,多次走刀则必须通过导套,将零件带回,这可能会使零件卡住或造成其他问题。旋转附件上的 12 个不同的镶刀片,也特别容易使切屑堵塞。这一点,以及钛金属加工操作时通常所产生的高热,使其有必要采用高压冷却液冷却。Pelletier 还指出,没有 L20 型机床精密的 C 轴分度能力,要想达到所需的螺距-进给比将是不可能的。最后,用于加工螺钉后端面六角形沉孔的拉刀,其公差尺寸精度为 0.000 5 in (1 in=25.4 mm)。该车间只有很少的其他加工手段可以达到这个等级的加工水平。“我们也可以使用放电加工机床,但其费用相当昂贵。”

前进道路上的经验教训

如果没有正确的加工技术,HTT 公司永远也不会取得成功,但 Heanue 说还有另一个更重要的因素,那就是人。这听起来好像是陈词滥调,但在这种情况下,Heanue 坚持认为,具有特定原则的管理理念,在大多数情况下,可帮助 HTT 公司的工作人员,确保他们的高生产效率和良好的精神状态。如促进业务的培训学习,还有让员工选择适合自己的岗位,以及正确地找出工作中错误的原因并进行分析。

对于 HTT 公司来说,未来的航程将毫无疑问地面临着新的挑战。但是,如果过去的只是一种表象,那么继续发展瑞士式机床加工技术和以人为本的管理理念,将毫无疑问地证明,它将以更大的精力,使该车间保持不断地向前发展。MM