



图 1：CNC Industries 为其 Haas VF 机床购买了 4 轴和 5 轴旋转工作台，淘汰了 3 轴作业的发展思路。



图 2：这款航空部件很适合采用 4 轴加工，因为其任一表面与其它表面都不成正交关系。

系统优化

# 适应航空行业的变化

航空公司不断变化的需求正在促使加工厂逐步改进自己的工艺和设备以提升竞争力。

文 | Derek Korn

CNC Industries 是一家多年以来一直成功地服务于航空行业客户的公司。但目前航空行业提供服务的挑战度正在越来越高。这些挑战激励 CNC Industries 公司做出了一些根本性的转变，一边尽量压缩自己的生产成本，一边努力思索自己应当采取哪些类型的改变，以在未来保持更强的竞争力。令人越感兴趣的部分不仅在于这家加工厂已经实现的改变，而且在于其正计划做出相关改变，而他们做出的一些能够更高效和

更有效服务航空业客户的措施包括：

- 加入 4 轴和 5 轴加工能力—去年，这家加工厂开始摒弃 3 轴加工方式，开始使用性能优越的 4 轴和 5 轴加工方式。它没有采购新的 5 轴机床，而是添购了 3 台 Haas 旋转工作台，这些工作台可以配合其现有的许多型号的 VF 机床使用。这些旋转式工作台的特色体现在其能与 60 HRC 硬度并磨光的钢制蜗杆相啮合的大直径的铝青铜蜗轮上。据

其制造商表示，由于这种工作台的蜗轮是安装在主轴上切削加工成的，而不是将加工完成的蜗轮再装配到主轴上，所以达到了所要求的分度精度；装配而成的螺杆都逐根在一台 CNC 滚齿机上进行了滚齿加工，直至其径向跳动小于  $2\mu\text{m}$  为止，而且随后蜗轮采取精密切削加工方式，以确保大直径滚珠轴承与蜗轮之间的同心度。

Deam 先生表示，采用这些旋转工作台实施的 4 轴和 5 轴加工作业的首要优势在于极大减少了以前在 3 轴加工作业当中所要求的部件装卸工作量。只为全天在 3 轴机床上执行简单的装夹和卸装操作而支付一名操作员的薪酬已经不再经济合理。如今，这些操作已经能够在一台机床上串连起来完成，这意味着员工接触部

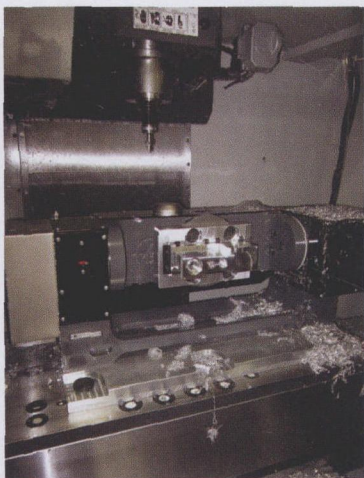


图3：转向5轴加工要求在编程作业上做出思维的转变。例如，编程员会将A轴工作台中心线指定为共用零位置，因为这个零平面并不会随着工作台的旋转而改变位置。

件的次数将更少，且经常能够同时照管多个机床。这样也极大地削减了之前要在机床处存放的原材料和半成品的数量。

而一种相对简单的长方体部件就出色地展示了这家加工厂如何利用多轴加工工艺的优势。这种小型的铝长方体部件只需在全部6个面上加工少数几个孔，并且每面加工用时约为1~2min。之前，会由一位操作者在3轴机床上逐一夹装这种部件，而现在，1台4轴旋转工作台让操作者可以一次夹装8个部件，并让机床在3.5h内完成这些部件的全部加工，然后在机床上重新夹装一批新的部件。

当然，与3轴机加工相比，4轴和5轴加工要求考虑采取不同的编程。工厂经理Dustin Kimbrell表示，编程员必须心中牢记，即使较小的调整，诸如工件换位，都会影响到旋转轴以及直线轴的位置。这就是为什么对于如上所示的部件应用，合理的方式是让编程员将A轴工作台的中心线设置为共用零位，以便在工作台旋

转后这个零位不会改变。

一次装夹完成多轴加工也有助于保持复杂部件的特征精确度。如图2所示的机翼部件就是4轴加工的一个部件，因为其任何表面与其它表面都不成正交关系。通过4轴定位可以让其4个表面在一次装夹内加工完成。但是这个部件挑战度特别大，原因在于这家加工厂之前并没有拿到3D实心模型。反之，客户提供了放样数据（实质上是横截面曲线数据），加工厂必须根据这些数据来创建部件模型。由于其采用了Solidworks软件来创建此类模型，所以就能直接将此模型导入其最近购买的DP Technology公司出品的Esprit CAM（计算机辅助制造）软件包来创建刀具路径。

● 切换至3D CAM—这家加工厂新购的Esprit CAM软件包

配备了4轴和5轴模块，替代了其原有的2D CAM软件。Deam先生表示，除了能够直接导入Solidworks模型以外，Esprit还针对这家加工厂正在执行的复杂作业提供了一系列功能。与老版本CAM软件不同，Esprit利用了这家加工厂4核计算机的优势，极大地缩短了程序计算用时。举例来说，当使用之前的CAM软件进行刀具更换时，程序重新处理有可能需耗时2.5h之久，而利用4核计算能力之后，这类更换程序的重新处理用时只不过几分钟而已。CNC Industries还对Esprit所提供的更强仿真能力表示赞扬，这点对于这家加工厂正在执行的更为复杂的4轴和5轴加工过程中避免碰撞有着特别重要的意义。Deam先生还强调，在这家加工厂继续将现有3轴作

图4：这家加工厂的2台5c分度器让操作者可以在装夹多个部件的情况下实现长时间加工运行，而无需执行3轴加工所需的连续式装夹和卸装部件操作。



图5：Esprit CAM软件提供了优化仿真能力，而这种能力对于验证5轴加工的程序特别重要。同时也让这家加工厂能够利用其计算机的4核心技术大幅缩短新部件加工程序的计算用时。

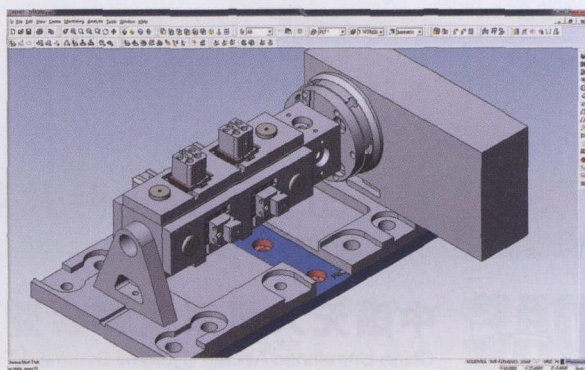




图 6：为每台 CNC 机床配备的计算站让操作者能够访问由这家加工厂自行开发、功能强大的企业资源规划（ERP）系统，获得自己工作所需要的所有信息。这套 ERP 系统所本质具备的灵活性让这家加工厂能够修改系统以满足不断变化的需求。

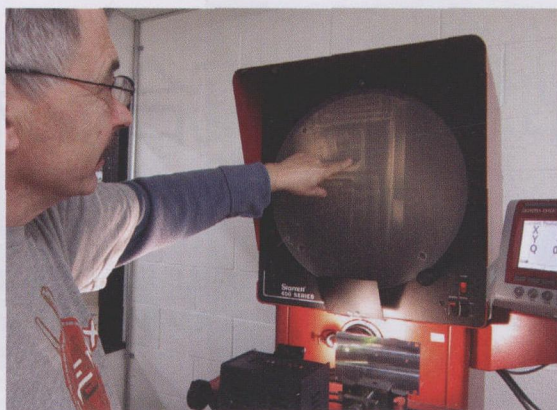


图 7：L.S. Starrett 光学比测仪用于精确地测量部件的轮廓和表面特征，例如利用 CMM 探针所不能接触到的这种薄板特征。

业重新编程为在 4 轴和 5 轴设备上运行的作业时，Esprit 的分销商 Midwest CAM 有效地提供了后处理程序。

● 持续改进其 ERP 系统——Deam 先生本人拥有计算机学士学位，在 1997 年，他开始开发为这家加工厂开发一套名为 JobManager 的定制分布式 ERP 系统。他采用了 Microsoft Visual Basic 编程语言来编制这套基于 SQL 服务器的系统，这套系统可以根据加工厂当前和未来需要进行灵活定制，其界面设计得充分、直观切易懂，让任何计算机经验水平的员工都能简易地在这套系统内浏览查看并快速找到自己所需要的信息。整个加工厂总共设置了 50 台计算机工作站（每台 CNC 机床旁都有一台）。他表示，只需点击一两下鼠标就可以在任何计算站上访问必要的文档或数据。主操作员界面列出了关键性的信息，例如工件编号、图纸编号、批准规模、存货水平和操作次序。操作者可以点击查看任何作业的文档，包括图纸、装夹指导、装夹照片、检验报告和刀具清单。这个界面包括一个电子时

间卡，这个卡保留着用于流通不同时间的标签。过去，每天都要将一大摞的纸质时间卡分发至办公室以便键入系统，如今这些数据在操作者自身班次结束时就会自动上传。

目前其第 2 代版本 JobManager II 能够方便而精确地完成报价、订购、时间编制、工艺流程、纠正措施和检验以及其它数十种功能。这套系统已经按照这家加工厂于 2010 年通过的 AS9100 认证进行了修订，因为这项认证要求提供更多的文档和可靠性。2011 年，这家公司通过了 AS9100 C 版审计，并同时接受了针对 ISO 9001-2008 标准的重新认证。此外，CNC Industries 继续对这套系统进行着改进。例如，公司正在使用 JobManager II 实施深度分析，以更好地掌握加工任意给定部件的实际成本。Deam 先生说，这样将让这家加工厂能够提出更为精确的报价，同时提供良好的记录，准确记录下在每件完成作业期间所发生的一切事情。

● 提供额外培训——CNC Industries 正在逐步升级对于编程人员和车间员工的培训工作。公司

强制要求编程员接受培训，而且会经常请 DP Technology 公司的代表来帮助工程设计员工在 4 轴和 5 轴程序开发过程中变得更为成熟。对于车间员工，CNC Industries 利用与本厂典型开展的加工业务相匹配的 Tooling U 在线培训课程提供培训。过去，这家加工厂会向完成了作业相关培训课程的员工提供报销；如今，员工们可以使用公司的计算机在工作时间以外访问已付费的 Tooling U 培训课程。

## 不断向前发展

CNC Industries 公司考虑添购一些更大型的机床，包括能够加工更大型工件的卧式加工中心。公司最近完成一项 Deam 先生称为冒险扩张的项目——在其现有的 30000ft<sup>2</sup> 的生产设施之外增加了 25000ft<sup>2</sup> 的地面空间。就目前而言，这家加工厂手头并没有需要占用这个地板空间的新机床的合同，所以他将这块区域称为“非常昂贵的库房设施”。但是，这次扩张将灵活添置更大型的新设备，从而最好地进行配置，以满足未来需求。MM