

刀具

切削刀具影响生产能力

新机床使 CTG 公司削减周期的 75%，但这还是不够的。找到合适的刀具和工序，进一步减少周期，为石油行业生产商的重要新产品提供支持能力。

文 | Peter Zelinski

位于德克萨斯州休斯顿的 CTG 公司在处理周期性业务需求时，有一个简单的策略：公司随时准备并愿意迅速增加其产量。而为增产做好准备则是另外的问题。假如要问：需要为某一特定产品，将生产提升到多快、多么出乎意料的程度，通常并不总是能够真正为生产的激增做好准备。因此，该公司为那些正在开发产品的客户提供了样机研究和短期制造工作，同时保持随时做出回应的姿态，即做好万全准备，以应对可能启动的任何产品。

当然，大多数工业部门都具有周期性，包括机械工厂通常服务的汽车、航

空航天等行业。但是，CTG 所服务的对象可谓最不稳定的部门：石油和天然气工业。与此相关的制造业务容易受到类似过山车般疯狂起伏的影响。就在 2014 年年底，高油价意味着与石油相关的制造需求和以往一样强烈，这对于 CTG 和其他从业者来讲是个利好消息。但在 2015 年，形势则急转直下，与 2014 年大



图 2 由于零件铣削数量的要求，公司关心的是在高速进给铣刀落实到位之前，能够满足客户的需求



图 1 曾经试图生产橡胶垫片的公司现在生产用于改进油井的闸阀不锈钢组件，这里可以看到数十个零件正准备装运

相径庭。由于各种变化中存在着快速性和和严苛性，企业不得不直接面对周期性的挑战，而公司在这方面已经找到的解决方案就是：支持新产品开发。公司优先考虑与从事设计工作（而不仅仅考虑制造层面）的客户开展合作。并不是所有设计产品都会进入市场，但它们当中有一些会，而且速度经常会很快。当这种情况发生时，已经在工序知识方面有所准备的 CTG 就会做出最显而易见的选择，将产品投入满负荷生产。

这个规则甚至可以运筹得更好。客户最近推出的闸阀产品线就属于这种情况。CTG 自 2012 年以来，一直与该客户合作开发产品，但当油价第一次显示出疲

软迹象时，机械工厂突然收到了在设备的核心加工 400 个大型不锈钢部件的订单。在某种程度上，由于铣削该零件需要较长周期，订单似乎需要超出 CTG 可供利用的数控加工能力。

“工厂立即迅速行动起来，使这种能力得以翻倍。”机械加工生产经理 George Parvaneh 如是说。公司购置了 4 台新的数控机床，其中包括两台立式加工中心，能够切削零部件，其速度超过机械工厂现有的立式机床。但即便是这样的扩张规模仍然是不够的，制造的步伐仍处于落后的水平。唯一的解决办法是：以某种方式，进一步减少周期，而要这么做的关键是切削刀具。

机械工厂将高速进给铣刀导入了制造工序。在 Parvaneh 和来自刀具供应商 Tungaloy 的 Elliott Frazier 的共同努力下，CTG 终于迈出了这一步。高速进给铣刀并不是利用每次走刀去移除更多的材料，相反，利用每次走刀去移除更少的材料，同时采用高速进给，在给定的时间跨度之内，取得更高的合格率。这两个人工作了一个星期，为闸阀加工找到了合适的高喂料磨，以及将此刀具用于操作所需的各项生产参数。当所有工作做完时，他们实际操作了一个周期，原先在新型、更具生产力的加工中心上花费了 90 min，但通过采用 Tungaloy 的 DoFeed 高速进给刀具，花费的时间降至 45 min。



图 4 这里看到的是生产经理 George Parvaneh（左）和机械师 Leos Segura。两人为机械工厂的新 VMC 创建了宏指令，这样一来，就可以对不同式样的闸阀进行加工，而无需对每个零件采取单独的编程

据 Parvaneh 称，他从这次的成功中所汲取的经验教训就是：选择合适的刀具将会带来如此之高的生产效率。刀具不是一种商品，也不是加工过程中的次要变量。正如 CTG 所观察到的，切削刀具是决定机械工厂具备何种可用生产能力的一个重要因素。

重复压裂

尽管 CTG 生产与许多石油和天然气工业相关的零部件和产品，但其大部分业务可以这样描述：该公司的业务涉及石油、天然气管道和配件的集成接口。公司

成立于 20 世纪 80 年代，自从在橡胶垫片中实施了当时的新工艺之后，公司开始获得成功并不断成长。垫片通常采用模具进行制造，但 CTG 却运用了制衣业的数控机床，并采用了经过编程的周期，来裁剪这些垫片。公司的业务后来扩大到制造管道凸缘之间所用的聚四氟乙烯垫片，以及采用金属加工工厂认可的数控机床进行零件加工。公司也涉足于金属加工业务，虽然这主要是制造模具，以满足被要求生产的日益复杂的各种橡胶零部件。如今，公司的实力是能够在工厂内同时开展塑料、橡胶和金属加工业务，高效地生产由三种材料构成的装配件。因此，对于公司来讲，制造闸阀实际上有些背离公司所经营的一贯业务内容，因为这项加工业务单纯涉及金属加工。

公司的总裁 Cory Jackson 描述了闸阀的重要性。据他称，产品的功能是简单的，在选定的某个现有油井中，阻止油流。更为微妙的重要性在于：它关乎足以影响目前石油生产的经济和技术变革。近年来的高油价对钻新井起到了推波助澜的作用，CTG 和其他行业供应商则制造零部件和产品，为这种钻探提供支持。但是现在油价已经跌下来了，钻探新井是不划算的。对现有的油井进行改进反而具有成本效



图 3 在上面的照片中可以看到不同式样的闸阀零件。采用高速进给铣刀，为每个这样的零件粗制外形，并加工大孔

益。将新型的水力压裂技术应用于现有油井，可以提高油井的产量，而花费的成本仅是钻一个新油井的一小部分。

加工量

据 Parvaneh 称，作为闸阀核心的加工零部件所面临的挑战是要求金属切削量的。虽然零部件大致呈箱形，但通常包括在零件必须被车削的中心线处体现精确的圆柱特征。因此，该部分开始作为一个棒材，接着开始加工，使其特征在加工车床上被车削出来。然后，这个特征在立式加工中心被用作周期的尺寸参考，在此加工中心，大部分的棒材均被铣削。

在该零件投入生产之前，CTG 的金属加工能力并不是面向生产，因为机械工厂的大多数金属加工旨在制造公司自用的模具。最终用途的加工金属零件包括橡胶或聚四氟乙烯零件在内的一些子配件零部件。也就是说，相比于闸阀零部件，金属零件尺寸更小，且所需的加工更少。当 Parvaneh 完成对周期的编程，并在机械工厂以往顶尖的金属切削加工中心，对闸阀零件进行加工时，他所能取得的最短周期为每个工件花费 6 h。

他带着问题去找管理层，原因是如此之长的周期意味着机械工厂正面临着紧急情况。每个工件花费 6 h，对于满足迫在眉睫的需求来讲，简直是太慢了。他

请求工厂提供能够切削 410 不锈钢的更精密机床（具备更高金属切削速度），这也恰是工厂想要得到的机床。公司添置了两台新的韩国斗山数控车床，用于端部车削，同时又购置了一台新的韩国斗山 VMC 和一部二手的夏普 VMC，这两者均可为重度的不锈钢切削提供刚度。这种刚度大大缩短了机械工厂的加工周期，从 6 h 降至 90 min，但即便如此，也不足以跟上业界前进的脚步。

据 Tungaloy 的 Frazier 称，机械工厂在减少周期方面受限的原因在于使用刚度切削得更深，通过采取更大的切削深度，增加金属切削率。那么，如果利用刚度进行更快速的切削会怎么样呢？他建议采用 DoFeed 刀具，他本人以及 Parvaneh 曾经尝试观察能够取得什么样的参数。

高速进给铣刀运转的秘密在于径向薄铣。刀具在切削刀片上采用了一个角度或大半径曲线，以沿着镶嵌的剖面延展薄片和切削，从而散开切削的负荷。由于这种效果，与采用更为典型的切削刃口设计的刀具相比，这种刀具可实现更高的进给率。折衷方案是切削深度，CTG 采用刀具的轴向深度为 1 mm，因为在任何更大深度情况下，薄铣的好处就会消失殆尽。但就车铣某一给定材料数



图 6 高速进给铣刀采用切削刃的剖面，以散开切削的力量

量的净周期而言，进给率的增加足以弥补深度。以往机械工厂车铣闸阀零件时的 ipm (每分钟中断次数的效率) 为 30 次。目前，在同一机床上车铣闸阀零件时的 ipm 为 390 次。对应于每个闸阀的 VMC 周期仅为 45 min。

现在，大进给铣刀成为了 CTG 加工闸阀工件的基础。大进给刀具可对将棒材切削为箱状工件所需的所有坯料进行粗制，同时可进行螺旋插补，以磨铣零件的大孔。公司的机械师 Leos Segura 和 Parvaneh 联手为新的 VMC 创建了宏指令，使对应于尺寸和式样各异闸阀零件的数控程序能够在机床上得以生成，继而通过节省编程步骤而提升了效率。

由于高进给刀具的周期得到节省，CTG 找到了它为满足闸阀加工要求所需的效率。据 Jackson 称，或许从中还可以得到一些其他东西，包括对公司下一步业务发展带来的启示。由于闸阀加工，有关金属加工只是满足公司自用模具的说法，已经成为了陈年往事。现在，大部分的金屬加工业务都是制造和生产零件。由于闸阀项目的成功，数控金属加工已不再是公司的成本中心了，相反已经成为了利润中心。[MM]



图 5 通过车削对圆柱杆进行加工。对此功能的需要解释了为何闸阀在开始时是棒料，尽管它们最初的形状是矩形