



图1 将 Tech Manufacturing 公司的一台五轴加工中心用于铝制零件的加工。监控机床的目的看似是更高效地发挥机床的能力，但实际的益处是更高效地发挥员工的能力。低效的系统要求员工与低效进行对抗，但在具有良好工程设计的系统中，人们知道该做些什么并且能高效地执行每个任务



更多精彩内容扫描二维码

监控

提升生产效率成为核心目标

因注重周期内机械加工效率而与众不同的厂商，描述其在加工周期以外的时间提高效率的努力，该厂商的主要工具是用简易的图形描述工具，可描述每个机床加工零件和非加工零件过程的时间。

文 | Peter Zelinski

Tech Manufacturing 公司目前的所有者在 2003 年购买了航空工业机械工厂，如果有一种简单的理念构建和引导了 Tech Manufacturing 公司的工艺改进，那么这个简单的理念就是：看似高效的程序以及实际高效的程序在本质上是不同的两个概念，而要分辨两者就必须获得数据。

加工周期是此理念被显著应用的一个方面。Jerry Halley 是位于密苏里州莱特市一家制造企业的共同所有人之一，也是该制造企业的工程副总裁，其在飞机制造公司麦道公司度过了其职业生涯的大部分时间，在这段时间内，麦道公司后来成为了波音公司。在那家公司，他帮助企业率先在铣削加工中使用动态

稳定的主轴速度，Halley 先生证明了飞机结构零件不用先行使用大型刀具进行粗切削之后，再使用更小的刀具进行抛光处理（这个步骤看起来似乎很有效率），而是以可避免颤动的特定且和谐的主轴速度使用小刀具，从而可以足够的深度和速度进行切削，比比传统粗切削更高的效率切削材料。现在，他的公司采用了这种方法，通过在工厂的机床上以稳定的主轴速度进行铣削加工达到了非常高的金属切削率。

Halley 选择加工中心时甚至期望以这种方式运行它们，其公司大部分工件都依靠直径为 0.75 in 和 1 in 的端铣刀进行加工。因此，当该公司准备好使用其首台五轴铝工件仿形铣床时，Halley 打算测量各种机床厂商主轴的动态响应（也称为敲击试验）。通过这些测量，他发现，SNK 机床在使用相应刀具时是动态稳定的，这类刀具是他期望在非常接近主轴峰值速度的频率下使用的，也就是说，他想要的快速、无颤动切削加工在这类机床上才会特别快速。这是他在几年之前发现的，如今他的工厂已经拥有 3 台 15 000 r/min 的 SNK 仿形铣床和两台 16 000 r/min 的 SNK 卧式加工中心，这些机床都能够切削铝材，而更老、转速更低的五轴机床用于切削硬度更高的金属。

然而，该公司为了改进这些机床上的工艺而实施的努力，并不只包括寻找和实现动态稳定的转速，这一时间长达

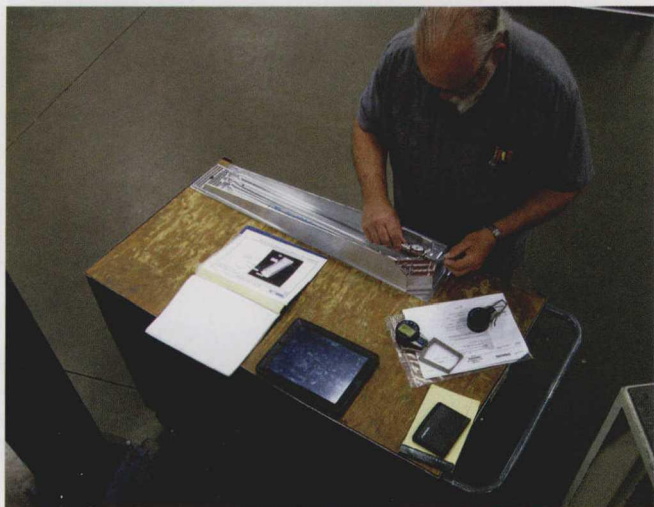


图2 在较早前发现的一个导致意外延迟的来源是花费在将零件输送进检验处和将其从检验处退出的时间，而为了在这方面节约时间，已经在机床附近设置测量站



图3 将编程人员调至工作车间也可节约时间。操作人员需要经常咨询编程人员问题，通过监控机床可发现，在操作人员离开工作车间找编程人员的过程中，损失了具有生产效率的时间

数年，Tech Manufacturing 公司还在继续逐步实施努力，在这一过程中，他们尝试选择各种刀具、刀具轨迹和单元配置，并更改这些选择，以获得周期时间和吞吐量上的重大提升。之后，在约两年前，提升暂停了。至少是在目前的铝材加工上该工厂达到了其目的，加工周期内的效率与其过去将实现的效率一样。

这已经是一种胜利了，但在更多的层面上这又是一个真正的问题，因为这家公司必须继续努力实现效率的提升，确保其能继续节约成本。竞争力不仅要求这样做，OEM 客户正式规定的成本削减目标也要求这样做。

因此，解决方法就是在其他方面节约成本，通过在加工周期以外甚至是在零件 workflow 中的例行步骤之外，努力节省成本来实现这一目的。在每次加工零件时不会发生，但仍然会以足够的频次发生而产生成本的低效事件有哪些？寻找并解决这些问题将能额外地节省成本。

为了发现这些可以额外节省成本的来源，Tech Manufacturing 公司开始对其整个工艺进行参数测量，该公司不仅开始测量各个零件的加工周期，而且还随时测量其数控机床的整体性能。通过运行 Scytec 公司的机床监控软件，该公司开始测量 11 台数控机床的周期内时间和

周期外时间。目前，该公司在办公室内与加工车间的领导层人员都在研究分析每日的图形报告，分析每台机床在前一工作日内加工时间有多长。Halley 说到：“这样做的第一个成果，是立即将测量性能几乎提高了 5%，而这种性能提升仅仅是首次关注此性能所能尽早带来的回报，这种性能提升也意味着公司将继续利用此数据寻找进一步的性能提升，也就是说，即使在表象上看起来是高效的工厂内部，也仍然有大量的低效工作等着我们去解决。”

机床的每日报告

Scytec 软件比 Tech Manufacturing 公司评估的其他机床监控系统更为简单，Scytec 的模块化设计确保能随着时间的推进赢得额外的功能。但是目前，Halley 相信仅仅通过测量机床的加工和不加工零件的时间就可赢得明显的工艺提升。

实际上，并不仅仅只有这两个状态被测量。在被监测的机床性能的每日报告中，红色表示计划的中断（如检查或计划维护），黑色表示机床计划下线的时段，绿色表示周期内时间，而正是在这些时间内机床才生产零件并创造利润。对于每日的报告，人们期望能看到绿色

区域越来越大，但如果出现黄色（即表示意外或非加工状态的颜色），则代表机床产生了故障，黄色表示可潜在避免的延迟以及让公司花费了本可以赚到的成本的延迟。每次公司领导看到图表上出现明显的黄色中断时，他们不会寻找某个人的责任，而是会问在这段时间内发生了什么事情。在这种情况下，目的是制定或传达程序，确保员工能采取措施应对，以便在未来发生同样情况时，能将黄色状态尽可能减少。

工厂经理 Rich Vaughan 每个早晨都会查看一份只有一页的报告。工厂的五轴加工中心部门的每名领导也会查看这份报告，并且他们都知道 Halley 和公司其他人也会看同样的文件，由于响应并没有采取个人回应的方式，因此结果是在全公司范围内将注意力集中在公司已经选择采用的指标上，这种对这一指标的重视是有价值的。

在开始时，只需花费很少精力就可实现的目标。例如，通过快速观察绿色和黄色时间，能发现员工在工艺过程中，即检验之前将零件搬运到测量仪器处所浪费的时间。移动测量仪器的位置或安装更多的测量仪器以减少这种走动，从而能够削减此后每个工作日中的黄色时间。

即便如此，公司领导也认为仍然需



图4 Tech Manufacturing 公司最擅长加工的零件为飞机零件，其大量利用 3/4 in 或 1 in 刀具



图5 “我并不想让他们工作得太辛苦。” Jerry Halley 在谈到 Tech Manufacturing 公司的员工时表示。努力工作去解决系统中的问题会让员工感觉非常有价值，但这样的努力最终反而会低效，更好的应对方式是退一步，并寻求问题的补救方法

要作出较大的改正。在数据中仍然存在有待发现的趋势，即消息。例如，在观察第一年的数据后，团队发现计划外的维护中断首要原因是主轴故障。由于工厂在接近主轴峰值转速的情况下进行负荷非常大的铣削加工，因此主轴承受了非常大的磨损。观察到这种情况后，工厂开始对主轴进行频繁的敲击试验，并测量拉杆作用力和温度，目的是判断其是否能发现预警指示信号，判断主轴断裂的时间。

已经证明温度就是这种指示信号，在铣削加工后，主轴锥孔内的温度一般约为 120 ℃，但通过测量发现在主轴寿命下降时温度开始上升。实际上，操作人员非常熟悉这种警告信号，在各个任务之间更换刀具时，可通过感觉刀具夹具的温度来发现主轴寿命已降低，因此这种数字温度测量方法已经变得多余。

现在，在必须进行更换时发出警告，能让工厂有机会提前获得新的主轴并安排合理的时间进行更换，这样就将计划外的维护转变为计划内，这就是有意义的改变。

对“辛苦工作”的质疑

支撑整个工艺改进方法的基础是值得注意的一种假设，即 Tech Manufacturing 公司已经对其员工做出的假设。简言之，该公司假设所有员工都是认真尽责的，Tech Manufacturing 公司已经实施到位的这种工艺改进方法认为员工都想做出好的表现，并且如果获得机会就会这样做。相反，尝试督促员工“更努力工作”来提高绩效反而会产生反效果。首先，并不确定员工会持续地响应这种督促，其次也是更为重要的，他不想让员工工作得非常辛苦。

在制造过程中，员工们会将很多精力放在努力解决系统的故障或摩擦上，这样就使他们非常辛苦，以致无法持续保持积极性，工厂也无法获得高的生产率。相反，具有效率的工作反而花在故障修复或摩擦清除上。制造厂商的管理层应将精力集中在准确完成这些工作上，Tech Manufacturing 公司的领导也认为应如此。

实际上，在 Tech Manufacturing 公司推广机床监控习惯之时，其中一部分是改变员工们自己对高效工作的看法，Halley 说到：“我不想在员工同时进行两个任务时，使得任何一台机床在等待的情况下让员工这样做，为此我们正在尝试训练员工寻求帮助的能力。”他强调，“这样做的目的不是让他们辛苦工作。”最终目的是控制黄色时间段的出现，这家工厂中整个制造团队的目的是实现绿色时间的持续出现并延长绿色时间的决策。[MM]