

机器人

自动化策略助力机床与机器人组线成功

Alexandria 工业公司第一次使用自动加工单元可谓历经磨难。但是，现在这家铝型材组件制造商却有 20 多台机器人，也逐渐发现了自动化策略精简和标准化的优势：无人值守、可处理相对较小的批次。



更多精彩请扫描二维码

文 | DEREK KORN

Rosie 是 Alexandria 工业公司在机床看管机器人方面的首次尝试，但是过程并不顺利。“Rosie”是这家铝型材加工制造公司为其第一台机床看管机器人取的名字。2001 年，Rosie 首次安装到了该公司设于 Minnesota 州，Alexandria 的某个工厂中。机器人所在单元适用于电信行业的各种部件加工。组成部分包括：两台计算机数控机床；两台输送机，将 Rosie 处理后的工件装载到机器上；一台摄像机，确保工件准确防止在输送机上，完成拾取工作，减少人工固定所浪费的时间和成本；此外还有一个单独的区域用于将加工后的部件送至等候区的托盘上。

但是，电信行业进入低迷期，公司丢失了该加工单元原本引入后进行生产的订单。因此，需要投入大量资金，对该单元进行重新部署。

最终，公司作出重大决定，希望能够提高该单元的投资回报。原来，公司发现，输氧系统的铝制挤压外壳所用部件与原来该套加工单元负责处理的部件类似。于是，先选择一台输送机 and 机器进行试验，然后再陆续开始其他工作，确保剩余的输送机 and 机器（以及 Rosie）均进入全力运行状态。



图 1 Alexandria 工业公司在第一次引入机器人负责机床工作时，遇到了不少问题。而现在，该公司已经拥有 20 多台机器人，包括协作机器人，简称“cobots”。协作机器人的引用，省去了围栏部分，提高了机器操作人员的工作安全性

容量和计算机数控机器人经理 Todd Carlson 承认，这种策略优势并不突出。当关闭一台机器进行新作业内容设置、维护或其他操作时，机器人和第二台机器也需要关闭，因为车间员工需进入操作单元内部，安全执行任务。这种配置无法达到

公司预期的生产效率。

“我们以为再也不会尝试进行计算机数控机床加工机器自动化了。” Todd Carlson 先生说。

在经过几年挣扎后，Alexandria 工业公司决定简化该操作单元。拆除了其中一

台机器，将整个操作单元专门用于制造输氧系统外壳系列。执行变更期间，该操作单元内一台机器的主轴正常运行时间和产能提高了30%以上。Todd Carlson先生表示，公司在那时终于认识到自动化途径的简化和标准化确实可以帮助公司提高多台为人值守机器的潜在效益。

之后，Alexandria工业公司将该理念运用到了不同的机器人机加工单元设计中。事实上，公司工厂内现在已拥有20多台机器人，其中某些为协作机器人（也称为“cobots”）。协作机器人采用作用力感应技术，确保旁边的员工能够安全完成组件测量、除毛刺、打包作业。如果一台协作机器人意外触碰到某人或某个物体，机器人自身会感应到并停止移动，以防对其造成任何伤害或损坏（图1）。

所有机器人看管机加工单元设计用于处理不同作业，某些情况下可以达到50种。在设计这些单元时，不得不在生产速度和灵活性方面作出一定牺牲。尽管如此，以传统思维看待机床看管机器人的车间认为Alexandria工业公司设置此类单元的决策适用于高混合/低体量部件加工环境。

简单而不失标准

1966年，Alexandria挤压公司成立，后更名为Alexandria工业公司。同时，以公司名义在该市修建了一处188 000 in²（1 in ≈ 2.54 cm）的工厂，负责各类制造活动，每年可以挤压和加工30 000 000 lb（1 lb ≈ 0.45 kg）6000系列铝材，其中部分材料还经过了额外加工、制造和其他增值操作。

该工厂所需的原材料一般是直径3.5 in或7 in，长20 ft（1 ft ≈ 0.30 m）的铝条。公司称之为“log”（圆木）。该厂配备了两台7 in挤压机和一台3.5 in冲床。（Indianapolis工厂配备的是10 in冲床）。挤压前，先将铝条锯成18~28 in的中小型坯。然后，用刷子除去表面的氧化层，再将材料送入感应加热器中，在约75 s内加热至850 °F。接下来，挤压机将加热



图2 图中是某些公司简化出示单元后新增且已开始发挥作用的加工单元。一个操作人员可同时负责3个单元

软化的铝条推入模具中，形成所需的轮廓。Alexandria工厂可以挤压约3500个组件并拥有约5500个模型（其中某些为复制品）。冷却后，按规定长度锯切挤压材料。某些材料还需其他机加工处理。

完成第一个机器人看管机加工单元转型后，公司决定进行流程标准化，实现另一个单元的自动化操作。2005年，公司新增两个操作单元，分别配备了进料和出料部件运输机、FANUC LR Mate机器人和带四轴旋转分度器的Haas VF2垂直加工中心（VMC）。集成工作由公司的机床经销商Productivity Inc.公司负责。如Rosie相同的是这些单元中的机器人也是通过摄像机准确找到需从进料运输机上拾取的部件。

Alexandria工业公司引入这些单元的目的是混合处理最大长度不超过8 in的各种部件。“我们经常会遇到部件尺寸和形状类似的重复性工作，所以希望能够让机加工工作更为直接。”Todd Carlson先生解释道，“我们希望能够针对每一个操作单元建立一个类似部件系列，而不是一概而论。我们并不指望能够在无人值守模式下完成复杂部件的处理工作。我们所希望的是机器能够独立开展工作，只需一名操作人员站在一旁，负责部件检测、工具磨损监督以及留意整个过程即可（图2）。”

Todd Carlson先生提到，安装后前6

个月，两个操作单元开足马力7×24 h连续运行，最多可处理30种不同部件。公司随后又增购了两个相同的操作单元，并很快将其投入全容量运行。如今，该公司已有6台VF2操作单元，一位操作人员可同时应对3个操作单元。设备和流程标准化进一步提高了操作方便性，操作人员可以在一种很舒适的状态下应对其中任何一个操作单元。

Alexandria工业公司同时也对进机器人看管机加工单元的工件夹紧策略进行了标准化处理。起初认为对于需从多个面进行机加工的部件，只需若干四轴分度器即可。于是，公司拆除了不再使用的分度器，并换成了液压虎钳。然而，公司很快便发现，应该保留机器上的分度器，用于制造只需单侧加工的部件分度器的固定件。于是，公司将分度器放回原位。由于分度器并没有完全准确地安装在原来的位置，公司也无需对机器人程序进行微调，刚好也于分度器固定所造成的额外成本持平，因为这种策略可以加快和简化更换过程。Todd Carlson先生表示重新安装一台分度器和修改机器人程序一般会耗时2 h。

也就是说，公司的操作单元只能处理长度不超过8 in的部件是受制于部件装载到机器上的方式。为了确保操作人员可以进入机器的计算机数控机床和大门，设计人员在机器上开了一个侧窗，

用于部件装载和卸载。因此，机器人无法将长度超过 8 in 的部件递送过窗户并运至固定件位置。

尽管存在以上限制，公司仍希望对长部件的机器加工进行自动化。首先，公司自创了一个搭配了进料和出料运输机的操作单元，运输机中间是一台带五轴耳轴台的较大型 Haas VF6 VMC，用于处理 24 in 部件。最后，公司将 Haas VF6 VMC 更换为了 Haas UMC 750 五轴机床。现在，一个操作单元配备了 3 台 UMC 750s，并通过围栏确保操作人员可以安全进入机床的计算机数控部分。

为了将部件自动加工长度提升至 50 in，亚历山德里亚工业公司又在带四轴旋转分度器的 Haas VF6 VMC 周围设置了 6 个类似操作单元。起初，受部件尺寸以及人工出毛刺和清洗作业限制，一名操作人员一次只能应对一个操作单元。

VF2 操作单元的引用促使操作人员可以一次抓取若干部件，并将其放入振动滚筒，进行除毛刺处理，然后冲洗干净后再行包装。这就是一名操作人员可以同时应对多个机床的原因所在。较长部件穿过 VF6 操作单元后，操作人员一次只能手动清除一个部件上的毛刺并将其清洗干净，也就是说一个操作人员只能跟上一个操作单元的进度。因此，公司在每个 VF6 操作单元中加入了自动除毛刺和部件清洗功能，确保一名操作人员可以同时应对两个操作单元（图 3）。

后来，Alexandria 工业公司将注意力转移到了协作机器人技术，确保每台 VF2 VMC 都能够加工长度从 8 in~24 in 的部件。这些机器人是协作机器人，基于适当的风险评估，为缓解风险，公司将协作机器人安置在了机床的正前方，负责将部件放入机器的大门（而不是相较更小的侧窗），而操作人员可以在附近进行其他作业。

机器人和员工配合工作

4 年前，公司从通用机器人公司购买了第一台协作机器人 UR5。UR5 按照编



图 3 现在，Alexandria 工业公司的第一台机器人 Meet Rosie 已经退役。FANUC S-430iF 机器人所在单元有两套光幕分隔成两个安全区域。部件托盘装满后需切换至新的托盘时，操作人员进入单元，破坏外层的光幕。之后，单元继续运行（除非操作人员将里面那层光幕一并打开）。但是，机器人的工作并非是将加工后的部件放在托盘上，而是将其放在某个平台区域。切换托盘后，操作人员重置外层光幕，机器人之后将放在平台区域的部件移动到新的托盘中，继续正常运行

程路线移动期间，会通过传感器检测是否会意外触碰到任何物体（或任何人）。亚历山德里亚工业公司现已拥有 4 台 VF2 协作机器人单元。一名操作人员可以同时应对 4 台操作单元，还可以处理其他工作，例如过程检测以及包装。

Todd Carlson 先生表示，该项机器人技术完美解决了加工车间在决定哪种机器人单元最适合其业务时的所有担忧。例如，UR5 的最大有效负载能力（包括末端执行器）可以达到 11 lb。普通工业机器人的有效负载能力更高，但是这并不会造成任何限制，因为 Alexandria 工业公司的协作机器人搬运的都是相对较轻的铝制工件。出于安全考虑，协作机器人的移动速度远低于工业机器人，原因是，协作机器人所在工作环境中还有其他工作人员存在，无法保证 100% 安全。

但是，相比之下，协作机器人价格更低。公司的制造工程师自行完成了协作机器人的集成操作，省去了专门聘请集成工程师的费用。操作人员发现，通过触屏控制挂件进行协作机器人变成相对直观简单。此外，也可以对协作机器人进行重新部署，用于其他机床或其他工作。事实上，协作机器人的底部包括叉槽，

确保协作机器人能够在车间内自由移动。也就是说，公司每增加一个协作机器人单元，这个单元便可以很快达到最高产能，所以，无需对其他协作机器人进行重新部署。但是，公司最新购入的协作机器人目前还尚未安排到任何机加工单元。该协作机器人的底部也有叉槽和轮子，确保能够在车间内移动。同时，公司也在探索这款协作机器人的非机床应用，例如除毛刺、铆接、装配和简单的攻丝。

自动化的影响

Todd Carlson 先生表示，生产部的员工一开始对机器人有所忌惮。害怕机器人抢走自己的工作。事实上，机床装载和卸载任务十分重复而繁琐。自动化后可以提高员工的技术，将其注意力集中在解决问题上。他认为，机器人的引入可以帮助公司挽留部分人才。其实，机器自动化能够帮助公司吸收更多希望无需整天从事基本劳动的新鲜血液。

“机器人确实帮助提高了公司的销售额。” Todd Carlson 先生说道，“销售额增长后，我们开始增购机器，员工也越来越多。”虽然 Rosie 已经退役，但是其他机器人将从它手中接过这一棒，继续与公司的 625 名员工并肩作战。MM