



新的机床因其在机械加工复合部件方面的潜力而受到青睐。它将成为 GTC 公司又一款可用于机械加工复合材料或金属关键部件加工的高端机床

复合材料

用于加工复合材料

何种机床特性有利于加工复合材料？从工厂机械加工的关键飞机零件，包括金属和复合材料部件就可以看出加工 CFRP 材料的机床应具备的关键特性。

文 | Peter Zelinski

对于位于俄亥俄州辛辛那提的一个有着 70 年历史的承包制造商而言，通用机床公司（GTC）采用“复合材料机械加工”意味着不同的尝试和更大的挑战，这些远远超出了这个词本身的含义。很多复合材料机械加工包括修剪和数控雕刻机完成的相关工作，这些工作的容差通常较大。与此不同的是，GTC 生产军用车辆，包括 F-35 战斗机生产的碳纤维加强塑料（CFRP）部件和金属制造的关键零件具有相似的容差和质量保证标准。另外，GTC 公司制造这些部件采用的加工机床与制造关键金属零件完全相同。

当然，要证明工具准确加工 CFRP

零件的能力，首先要说明 GTC 最初是如何使用这种材料的。这种材料出现在 20 多年以前，当时一家航天领域的客户在制造复合材料叶片时遇到了困难。GTC 与客户共同开发了一种精确制造叶片根部结构的工艺，该流程中使用了一个安装在卧式加工中心上的金刚石磨制工具，工具配有高扭矩轴，可以切割航天合金。之后许多工作都用到了 CFRP 材料，GTC 在使用金属切割机加工高难度复合材料零件方面的经验也越来越丰富。

当年，GTC 公司做出了一项重大举措，既展现了发展复合材料制造的决心，又在之前的实践基础上迈出了一步。公

司首次关注到复合材料的加工，专门选购了一台大行程精密五轴机床。GTC 察觉到了复合材料制造的稳步增长，同时又希望客户在未来将复合材料用于新部件，由此得出一个结论：GTC 应该增加复合材料的机械加工能力。具体来说，GTC 希望拥有一台新型的切割机床，该机床除能切割金属外，还具备机械加工复合材料的特性。

具体包括哪些特性？GTC 公司认为用于制造复合材料的机床首先应具备行程方面的特性。

导轨位置高

新机床购自 Parpas，是一台金刚石 30 五轴门式机械加工中心设备。机床的旋转轴在轴头内，因此轴可以沿部件移动和绕部件转动，而部件本身不动。

GTC 公司的技术总监 Greg Kramer 表示，复合材料加工通常使用五轴机床。从设计的角度讲，复合材料非常吸引人的一个方面是能够在一整块材料上加工出波纹形状。因此，GTC 加工的零件通常具有严格的容差特性，需要从不同角度进行加工，有时还需要波纹状铣刀配合。以前，某些 CFRP 零件，如大型 F-35 管道即便采用公司的大型五轴机床也需分多次加工，才能确保机床加工能够实现部件的关键特性。然而，2600 ~ 3000 mm 行程的 Parpas 机床足够大，可以满足加工这些部件的所有要求，一次完成全部必要的机械加工工作，提高加工效率。

机床有效加工复合材料的其他特性与其结构有关。基座和框架采用 U 型设计，驱动轴和导轨系统位置远高于工作区域，而靠近机床顶部。Kramer 表示，这一点非常有益，因为机械加工过程中的冷却液会将灰尘从加工的碳纤维复合材料带入切割机下面的机构中。加工复合材料的机床能够过滤掉冷却液中的灰尘，并且采用受保护的轨道系统，尽管如此，机床拆卸进行维护时仍难以避免暴露渗入系统的碳纤维灰尘。Kramer



更多精彩请扫描二维码

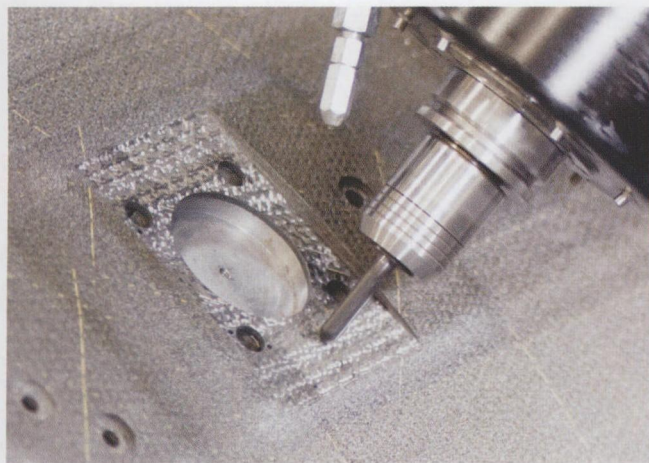


图 1 GTC 制造的 CFRP 材料安防部件的公差可以比肩关键金属零件



图 2 新机床具备的优良特性使其适合加工复合材料，其行程较大，五轴部件可以一次性加工完成，同时采用恰当的设计将部件抬升到工作区以上，以保护相关道路

认为，让导轨系统远离加工区域（可以这么说）可能是解决问题的最佳办法。

另外，Parpas 机床使用温度传感器对该结构进行监测，将数据提供给数控，并在运行期间使用冷空气对结构进行冷却。Kramer 期望的结果是机床尺寸保持稳定，而稳定性之于复合材料比金属更为重要。只要金属工件都发生相似的热膨胀，则该膨胀可能不足为虑。然而，CFRP 膨胀系数较低，膨胀的意义也有所不同。机床采取保护措施避免温度过高，则更有可能将这些复合材料零件的容差控制在合理范围。

另外，有一个常见的机床特性也很重要，Kramer 说：“固定在轴上的探头。有了探头，钻石 30 机床就可以在加工过程中自行完成一些测量工作。当然，机床配备了很多加工中心，用于探头测量，被现代机床所取代的老旧机床则不具备这项能力。”由于复合材料零件是一种特殊工件，在工厂接收之前就已涉及大量数据，所以该类部件的机械加工流程所面临的财务风险比使用一块金属方坯开始加工要高得多。CFRP 零件的机械加工工序与 GTC 生产其他零件的工序同等重要，加工过程中需要进行检查，以确定加工准确度，并且加工人员应习惯于手动检查。探头可以提高效率，因为其实现了零件

保护流程的自动化，可以防止出错。

机床的机遇

新的机床可能还会引领其他工艺的进步。具体来说，有些情况下，新的机床可以作为一种更经济、有效的切割工具。

经过多年的发展，GTC 公司已经对机床加工 CFRP 进行了广泛的实验。实验结果让公司更加倾向于使用钻石磨制机床完成工作，同时在整个机床上采用高压冷却液。GTC 铣床专家 Scott Brown 和程序员 Chuck Shannon 负责监督新型机床的启动和第一批复合材料部件的生产。与之前一样，这些人又为金刚石机床创造了轻便、快速的切割轨迹工具。然而，Brown 认为该工具仍面临着挑战。因为碳化物灰尘可能会进入到铁粒内，导致机床切割到中间时停止工作。

GTC 机械师 Eric Leder 可以证实这一点。Brown 提及这个问题时，机床正在加工 CFRP 零件（使用的不是新型 Parpas 机床，而是一款更老的加工中心设备），Leder 一直距离机床很近，以便听到灰尘进入的声音。这种故障不是很常见，但发生频率足以引起一位机械师的警惕。

Leder 表示这个问题对于他所使用的部件影响较大，事实证明单孔类型零

件易吸收过多的机床的灰尘，最终只得放弃使用钻石磨制机床来加工相应部件。因此，改用更为传统的碳化物钻床来加工，并辅以特殊几何形状磨制装置。

这种改变似乎很简单。然而，对于飞机部件，做出这样的改变并非易事。已经证明可以使用之前的机床，采用该工艺制造飞机部件，所以改变机床后必须重新进行验证。这种情况下，进行重新验证还是值得的，因为钻床性能更好，持续工作时间比之前的机床也要长很多。基于以上经验，GTC 发现最新的标准切割机床的耐磨性已经取得长足进步，现在的某些金属切割机比过去的碳化物机床更适合 CFRP。

这是 GTC 公司在安装 CFRP 加工用新型机床之前的一项很有价值的发现。由于机床是新的，在机床上完成每个零件的全部加工工序也都是新的。交给机床加工的现有零件将采用相应的程序和工艺来加工，而这些程序和工艺也需要按照新部件的标准进行认证。因此，每种零件切割机床的选择范围就广泛了很多。GTC 可以自行使用新的切割机床进行复合材料实验，这在以前是做不到的。更关键的是，GTC 可以自由研究钻石磨制机床的各种替代设备，如今已能在很大程度上优化加工效果，进而提高使用复合材料机床实现的加工效率。[MM]