

您需要了解的信息

多任务机床编程



多任务机床 (MTM)

“多任务机床”或“MTM”一词，宽泛而言是指能够以最基本的水平在车床上执行铣削的一系列机床。此类机床有时称为铣车机床或车铣机床，或具有铣削功能的车削中心。

多任务机床的名称

- MTM
- 铣车机床
- 车铣机床
- 瑞士型车床
- 瑞士型机床
- 多主轴机床

多任务机床的一个专门类别是瑞士型车床，或称瑞士型机床。另一个则是专用于极大批量生产的多主轴机床，此机床具有多个主轴，每个主轴配有一个或两个刀座。无论称呼如何，MTM 的受欢迎程度都在逐渐上升，最重要的原因是，它们具有制造过程中需要具备多种类型加工功能（通常是车削、铣削和钻孔）零件的最高效的机床。当加工零件需要交替进行车削和铣削操作时，与“标准”车床和铣床相比，典型 MTM 机床最为高效。



精密零件、微型零件、长的零件、复杂零件及其他零件

在 MTM 上生产的零件不容易分类，因为它们可以在车床、铣床上加工的零件，也可以是在车床和铣床之间切换多种设置而加工出的零件。既需要车削又需要铣削的零件是 MTM 的首要考虑对象。高度精密零件、复杂零件、多面铣削的棱柱形零件以及在常规铣床上加工需要复杂或昂贵设置的零件，都是 MTM 的加工对象。此外，大批量生产以棒料为制造材料的零件也是 MTM 的加工对象。对于瑞士型机床，其加工能力除了前述零件之外，还可以加工微型零件和长的零件。

优势：MTM 为何更高效、生产效率更高

MTM 加工的优势

- 减少设置时间
- 减少错误
- 降低库存
- 提高精确度
- 提高吞吐量

每个工厂都有自己要应对的挑战，但是谁都不能否认缩短设置时间、减少错误、降低库存、提高准确度、提高吞吐量速度以及在相同或更少时间内制造更多零件所带来的价值。这就是 MTM 相对于其他机床的优势，而所有这些优势，无论是单独一项还是组合起来，都能提高利润。一个简短的讨论就可以解释这些优势是如何形成的。

- **MTM 机床最大的一个优势是缩短了设置时间。**只需设置一次便可以将原材料加工为成品零件，而所花费的时间远远少于在多台机床上需要多次设置才能制造的零件所花费的时间。

只需设置一次即可完成整个生产运行，同时还可以在
整个生产运行过程中分配设置时间。每增加一个零件，
每个零件的平均时间成本都会随之降低。

- **单次设置同时也降低了每次设置可能增加的出错机会。**这就是整个生产运行期间 MTM 在自动化方面的优势。在初始设置后会出错的唯一机会是更换磨损的刀具。减少人为互动也会降低出错机会。
- **单次设置的第三个好处是，不需要在制品库存。**每个零件都在该单次设置后加工完成，可以直接装运和开票。没有零件滚动库存，结算期缩短了，这二者都提高了盈利能力。
- **错误减少使准确度的提高，不仅仅是个别零件，而是整批零件的准确度都得到提高。**准确度提高意味着您获得了可重复性，使最后一个零件与第一个零件一样。准确度提高还意味着，您可以追求 MTM 可以帮助实现的要求更高精度或公差更小的加工作业。
- **由于准确度提高可以实现所有零件品质一样，因此用户的吞吐量通常得到提高。**质量控制方面的工作需求降低。得益于单次设置，您只需要检查首个零件，如果首个零件不合格，则只需调整一个设置或一个程序。
- **吞吐量加快使得 MTM 用户能够生产更多零件，并且在许多情况下所花费的劳动力也更少。**通常，一台 MTM 可以取代至少一台车床和一台铣床，从而可以将这些机床用于执行其他作业。这样便可以承担更多作业。

所有这些优势都证明了 MTM 值得拥有。随着各行业零件复杂度的不断提高，在技艺精湛的机械师和机床操作员匮乏的情况下，MTM 更加值得拥有。一方面，机床可以保持作业水平。另一方面，这些机床可以保留盈利能力。幸运的方面在于，这些机床可以提高工作量并提高利润。

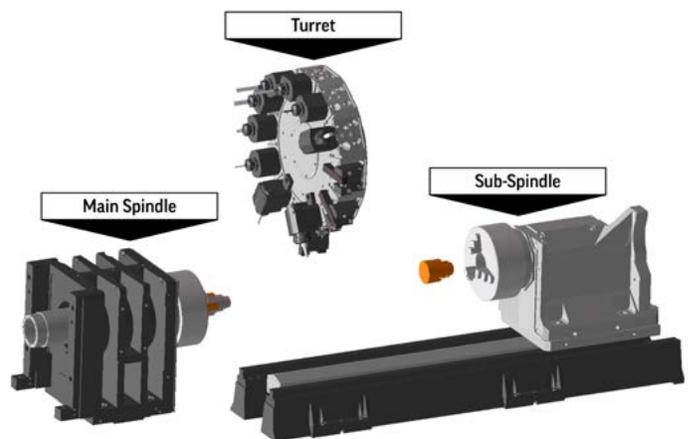
难免遗憾的是，获得 MTM 的所有这些好处的代价超出了机床本身的成本。其中部分涉及操作 MTM 需要具备的知识，大部分涉及编程，并且可以借助旨在提高机床和程序员效率的软件来克服。

术语

常用术语：

- 转塔
- 后刀架
- 副主轴
- 主轴
- 滑台
- 辅助主轴
- 刀架
- 刀具组
- 尾座

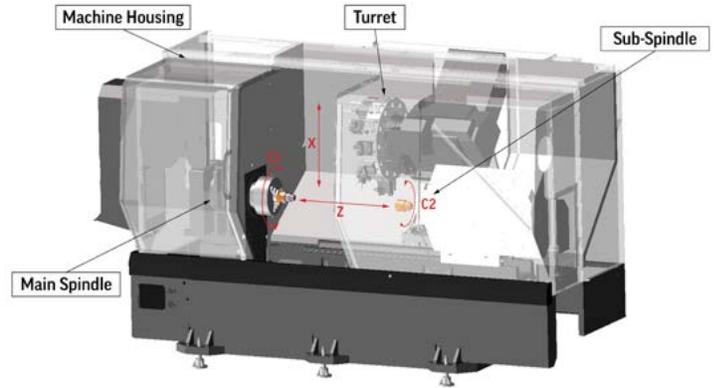
不同的机床制造商使用的术语可能有所不同，在前往“机床配置”前了解部分术语可能有助于您消除混淆。



在 MTM 几乎所有配置中，刀具组都称为“转塔”。瑞士型机床的命名规范不同：第一种名称为转塔；第二种可能称为“排刀”或转塔；具体取决于制造商的命名方式；第三种通常为带有刀架的竖直板，称为“刀架 (Post)”或“后刀架 (Back post)”。多轴机床使用具有一个或几个刀具称为“滑台”的刀架。使用通用的“刀具组”非常方便，因为对于编程 MTM 而言，重要的是每个刀具组在整个程序中运行自己的 CNC 程序，并且刀具组互相不干扰。

如果某一机床另外还有一个主轴，则该主轴通常称为“副主轴”，位于在车床的尾座位置。副主轴有时称为“辅助主轴”。工件被交换到副主轴后，会在此处加工其“背面”并对零件进行精整。拥有两个主轴的机床常常被称为双主轴机床。专业的高产量机床可能具有多个主轴，带有多个排刀但没有与其相对（尾座）的副主轴。

双主轴机床的每个主轴可能会配置一个卡盘或筒夹。高产量机床和瑞士型机床都使用筒夹，因为这样可使操作更快、占据空间更小。

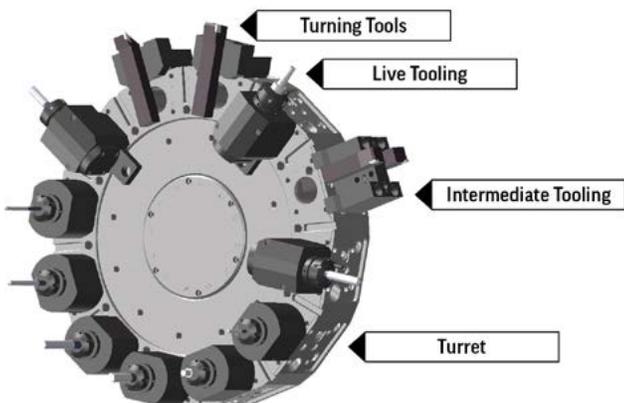


被称为车削中心的前提条件之一是“动力刀具”。很明显，这意味着至少一个刀具组上具有用于铣削和钻孔的旋转切削刀具，或这类刀具作为一个单独的刀具组。

平衡车削。平衡车削是一种两个转塔在零件完全相对的面上加工，两组刀具的加工深度相同且加工不会停顿。第二组刀具还可以在加工长零件时用作移动中心架。

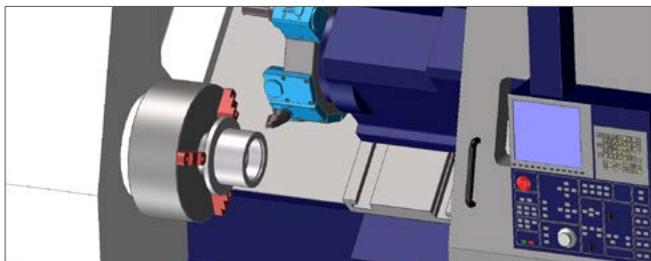
同步车削。同步车削是两个转塔在零件完全相对的面上切削，第二个刀具组只在第一个刀具组后面以更深深度切削。当第二个刀具组与第一个刀具组正好相对时，其也充当长工件的支撑物。

非切削运动。机床上的非切削运动被称为“公用操作”或“公用流程”。棒料供给器和副主轴移动转换零件是最常见的非切削运动，但非切削运动还包括尾座移动到原点或安全位置，以及对接零件、零件移动、零件装载和卸载、固定中心架定位的所有控制及任何其他非切削运动。

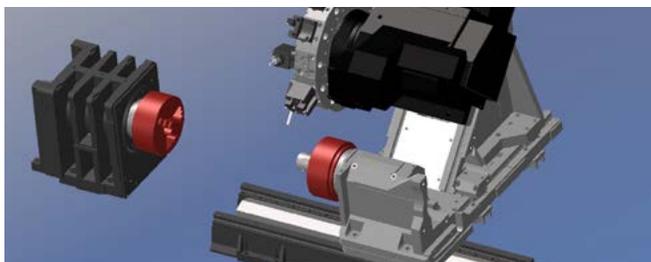


机床配置

稍微说明一下在使用 MTM 时可能遇到的复杂性，需要谈谈较为常见的 MTM 配置。



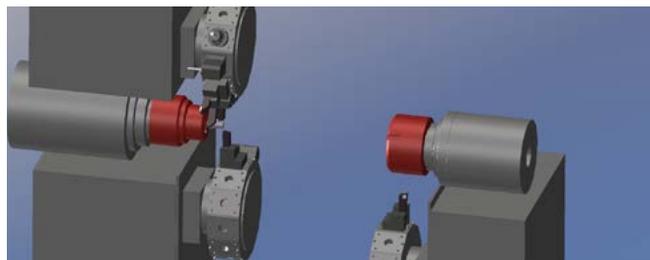
单转塔，单主轴：最简单的 MTM 配置是单个主轴、单刀具组加动力刀具，此类 MTM 可以执行车削作业和一些基本的铣削，其中可能涉及 C 轴旋转以铣削平面或进行横向钻孔。此类机床最多出现 4 个轴的运动：X、Y、Z 轴在转塔上呈线性运动，C 轴旋转运动。



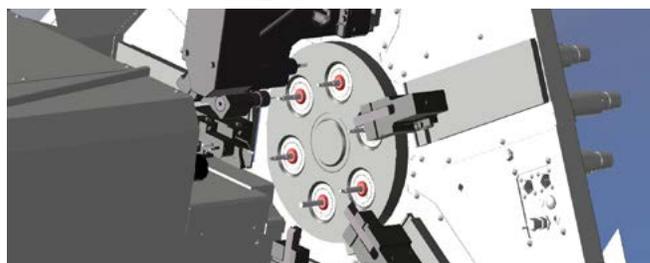
单转塔，双主轴：这种机床配置是能够完成加工并交付零件的基本款机床。此机床最多可以 6 轴联动：X、Y、Z 轴在转塔上做线性运动，另一 Z（或 A 或 W）轴在副主轴上运动（移至主轴交接零件），C 轴则在每个主轴上绕轴线做旋转运动。



双转塔，双主轴：这种机床通常配置上下转塔，可以实现同步车削，因此能够将粗加工时间缩至一半。此类机床最多可以 8 轴联动：X、Y、Z 轴在上转塔上运动，X 和 Z 轴在下转塔上运动，另有 Z（或 A 或 W）轴在副主轴上传送零件，C 轴则在每个主轴上做旋转运动。



三转塔，双主轴：这种机床配置的一个明显好处是能够进行同步车削，同时第三个转塔在副主轴上工作。此类机床通常可以 12 轴联动：X、Y、Z 轴分别在每个转塔上运动，每个主轴上分别有一个 C 轴运动，而 Z（或 A 或 W）轴在副主轴上运动。



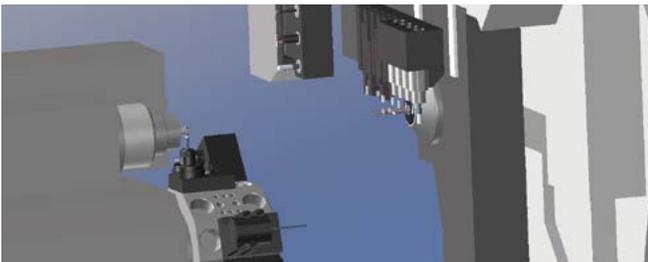
四转塔，双主轴：此类机床通常配置有每个主轴专用的上下转塔，并且常用于大批量生产。由于每对转塔只能在其自己的主轴上工作，因此这种机床就像在一个封闭的加工单元中将两台双转塔、单主轴机床组合在一起一样。例外的是，副主轴会移动转换零件，然后第一个转塔会将零件切断。此机床最多可以 13 轴联动：X、Y、Z 轴分别在每个转塔上运动，X 和 Z 轴在各个下转塔上运动，C 轴在各个主轴上旋转运动，Z（或 A 或 W）轴在副主轴上运动。



B 轴机床：任何机床都可以有 B 轴，从而能够加工倾斜平面，或以不平行于或垂直于零件中心线的倾斜角钻孔和攻丝。至少有一个转塔被替换为带有刀具座、B 轴和刀具库的旋转铣削主轴。最低限度下，双主轴机床具有一个 B 轴刀具主轴，而非转塔。可以通过增加一个或两个转塔来提升配置。

只有配置有 B 轴的机床才能执行 5 轴联动加工。如不具有 B 轴，则最多只能执行 4 轴联动加工：X、Y、Z 轴线性运动，C 轴旋转运动。在 5 轴联动作业中，X、Y、Z 和 B 轴的运动加上任意主轴上的 C 轴运动共同形成 5 轴联动。

瑞士型（瑞士型车床） 或滑动式主轴箱机床



瑞士型机床起源于瑞士，用于制造微小、高精密度的手表零件，是 MTM 家族中准确度最高的机床。通过使用导套来支撑零件，最大程度提高工件刚度使其尽可能接近切削刀具，来实现这一点。铣削和车削刀具以线性配置固定在刀具转塔中，使车削刀具在 X 轴方向上下移动，与此同时，零件在 Z 轴方向移动，从导套中移出。

最简单的瑞士型机床拥有单个主轴以及具备零件平面铣削和钻孔能力。可以通过增加一个用于主轴的下部排刀或转塔来增强机床功能。还可以增加一个与另一个刀具组相结合能够加工完成零件的副主轴，来提高机床的复杂性。随着刀具组的增加，作业范围变得很小，从而增加了编程难度。瑞士型机床的占地面积通常很小，并配备有棒料供给器和接件器。当坯料的直径较小时，机床可以 10,000 RPM 执行车削作业。最大直径为 32 毫米或刚好超过 1.25 英寸。最常见的主轴尺寸范围在 8 毫米至 25 毫米（约 5/16 英寸至 1 英寸）。

由于瑞士型机床的导套能够防止零件偏离尺寸，因此是加工两种类型零件的理想之选：极小或甚至微型零件，以及又长又薄的零件（长度直径比为 4:1 或更高）。



例如，采用 8 毫米坯料加工的手表零件。

中等尺寸范围的应用包括牙科植入物。利用 25 毫米的较大坯料，我们可以加工医疗零件以及用于骨科植入物和修复体的螺钉。在此尺寸范围内，主要是细长零件以及用于各种行业的各种螺钉。

最值得一提的一种常见的专业瑞士型机床应用情形是旋风铣切螺纹。在应用中，此方法的优势是其相比于传统螺纹铣削的生产效率要高。螺旋铣削附件安装在主轴

上，C 轴能够慢速旋转。多个嵌入式螺纹切削刀具安装在环刀内，环刀随工件一起旋转，但旋转速度不同。棒料通过导套直接送进刀具内，这使得旋风切螺钉成为加工长螺钉的理想方式。与单点刀具在切削时需要在刀口下松开相反的是，在这种切削方式中，工作负荷分摊到多个嵌入式刀具上。旋风切主轴的旋转在刀具侧提供了空隙。由于刀具与导套密切配合，棒料得到良好支撑，因此通常单次加工即可实现带有深螺纹和多头螺纹的长螺钉。这些特征是骨科接骨螺钉的共同特征。



此类机床的目的是消除刀具更换需求，并最大程度减少 X 和 Y 轴运动。各个主轴都有自己的棒料供给器，棒料供给器通过筒夹或导套将材料拉出。每个刀座上完成有限操作，然后筒旋转使零件移动至下一刀具组（分度至下一工位），直到零件加工完成、切断并在第 6 个刀座落下为止

理想情况下，每个刀具组执行的作业的占比相同。如果每个主轴都执行作业的 1/6，则零件的周期时间是在单轴机床上加工该零件所用时间的 1/6。

例如，如果在单轴机床上加工完某一零件用时 3 分钟（180 秒），则在六轴机床上每 30 秒就会加工完一个该零件。还有主轴和刀具组数量更多的机床，原理相同，但机床复杂度更高，运动的刀具也更多。



多轴机床

还有一种用于特定目的非常专业的机床，此机床用于多月连续生产同一个零件的极大批量生产。

这便是多轴机床。多轴机床的典型配备是圆筒中安装有六个主轴（如同加特林机枪一样），并具有相同数量的固定式刀具组，通常是只有一个或两个刀具（有时更多）的刀具滑台。采用这种配置的机床也称为分度车床。

人员注意事项

一般而言，编程及操作 MTM 所需的知识水平高于立式车床或铣床所需的知识水平。零件复杂度和机床运动表明，优秀的 MTM 编程人员是那些拥有丰富车床和铣床编程经验，尤其是针对多轴机床进行铣床编程的人员。经验不足的编程人员在编程不太熟悉的功能时应该格外仔细，避免对控制器的“思考”或校正功能进行猜测。

对配备有棒料供给器的 MTM 进行设置后，生产运行期间几乎不需要监控。事实上，它们自身能够很好地执行无人值守作业。但是，对于需要人工装载或卸载工件的设置和作业，应该对操作员或机械师开展一些与机床相关的培训。具备某一品牌车床或铣床控制器的专业知识并不能保证自动了解了铣床或 MTM 的相关知识。

编程挑战

从所讨论的几种配置可以看出，机床的复杂性是一大挑战，因为可能存在两个或两个以上刀具同时在一个或多个主轴上作业的情况。此外，MTM 普遍存在的较小作业范围，使得这一问题更加复杂。刀具组的数量和运动以及单个刀具的长度对于避免干扰和碰撞十分重要。在大批量生产需要从每次操作中节省几秒钟的同时，对程序的优化需要最大化同时作业的刀具的数量，同时避免刀具等待。优化成为一项实现平衡的任务。

零件验证则是另一项挑战。您肯定绝不会想要在机床上验证零件，因为一个微小的错误都可能会造成数千美元的损失，因此您在验证刀具路径和模拟所有机床刀具运动（包括非切削运动）时需要可靠、准确。最后一个挑战是实现高效、准确且完整的后处理，以便精确地将机床、控制器和工厂流程融合在一起。强调完整性的原因是许多工厂习惯于对后处理程序进行编辑，这不仅花时间，还会引入错误。

MTM 加工的挑战

- 机床复杂性
- 较小的作业范围
- 避免干涉和碰撞
- 优化
- 避免等待
- 零件验证
- 刀具路径验证
- 机床刀具运动模拟
- 高效、准确完成后处理

实际编程

在谈及 MTM 编程时，“谨慎操作”可能只是一个委婉说法。数控编程人员有时会误以为 MTM 编程“就像车床和铣床编程一样”。如果 CAM 软件供应商没有能够同时执行车削和铣削加工的单一界面，或这两个功能之间的关联不强，他们的编程人员很可能就会这样想。从实际操作上讲（对于一家运行实际作业的工厂），上述说法非常不准确。以下探讨内容旨在为您提供一些信息，以及帮助您成功使用机床和软件及早获利。

刀具组和工作流程

对于机床的每个刀具组，MTM 控制器都需要并运行一个单独的子程序或作业“流程”，无论是转塔、排刀、立柱或滑台。每个刀具组都有一个流程。具有两个转塔的机床有两个流程；三个转塔则为三个流程，以此类推。在部分控制器中，流程被称为通道、路径或甚至“美元”，因为控制器使用“\$”符号表示流程。

由于每个流程由控制器执行，因此理想的情况是，每个刀具组一直不断作业，而不是在其他刀具组作业时有一个刀具组处于闲置状态。同时，您也不希望在一个刀具组移动到工位时，正好有另一个刀具组在该工位作业。

这些流程必须同步进行，才能实现所完成同时作业数量的最大化，而又不发生冲突或碰撞。此外，还有不能忽略的非切削运动。副主轴可能向主轴移动以转换零件，在进行这一实用作业时不能有任何刀具作业。相关的冲突和碰撞可通过使用及管理等待代码，或对每个流程的“同步”（由不同软件以不同方式完成的流程）来避免。某些CAM软件可能需要编程人员手动干预，而其他软件可能在对用户进行指导下自动执行。

出色的软件会在优化的同时管理同步。它会向编程人员显示，当某个刀具组在作业时，另一个刀具组处于闲置状态。它也会显示每个流程中作业之间的差距，以便编程人员调整各个刀具组的作业，并在更短时间内加工更多零件。

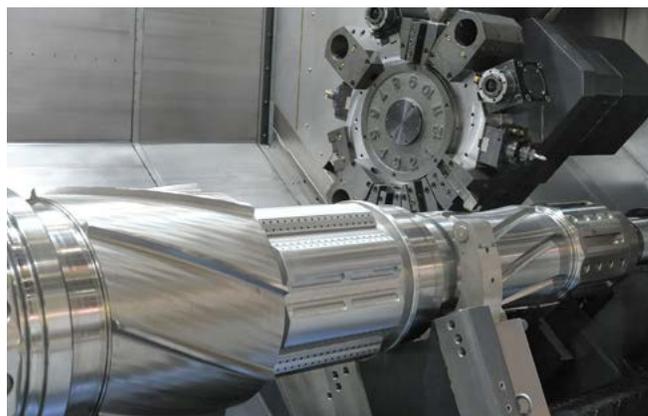
尽管不可能总是尽善尽美，但目标是使所有刀具组的作业时间达到相同，差异控制在几分之一秒内。所有刀具不必等到其他刀具完成作业，零件就可以尽快加工完成。

想象使用两个或三个刀具组进行加工很简单。现在，请回顾上述部分机床配置，然后想象一下使每个主轴具有两个刀具滑台的六轴机床达到同步的情况。在此案例中，您有12个流程要管理。Traub Index制造了一台配备6个主轴和6个副主轴的机床，每个主轴和副主轴都带有两个刀架滑台，移动需要同步24个流程。



CAM 软件注意事项

选择和使用数控编程软件有时会阻碍将新机床刀具投入生产。这本不应该发生。经常出现的一种情况是，一种非常适用于车床或三轴铣削作业的软件突然需要用于编程一款新机床，但宣告失败。



在寻找合适的CAM软件时，不该认为软件本身的操作必须复杂才能编程出复杂的功能。出色的软件能够简化复杂任务，而不是增加复杂性。其应该协助编程人员，而不是对编程人员形成阻碍，或迫使编程人员遵守软件的限制。

当一家工厂为多个客户作业时，其应具备能够从任何主要CAD系统接收CAD文件的CAM软件，而不是仅仅适配单个CAD包。此外，CAM软件应无需将文件转换为某些CAD包就能将文件打开。

理想的是，CAM软件应该让编程人员能够按照他想象的零件加工方式来工作。他可能需要通过车削来去除一些材料，然后铣削，然后再车削等等。如果编程人员能够以这种方式加工，同时不需要切换工作场景，那么整个过程就会更具逻辑性、不易出错并且花费时间更少。所以，如果软件的工作方式与机械师的想象一致，这就达到了理想结果。



就 MTM 而言，需要寻找具有统一或集成车削及铣削界面的软件。当用户在车削和铣削之间切换时，其应该无需启动一项单独的程序，或在工作流程之间来回切换。设计 MTM 机床的整体思路是，避免在一台机床上车削，然后在另一台机床上铣削，以及在不同机床之间来回加工。CAM 软件也应该同样做到这一点，且不需要在软件程序之间切换。

您还需要能够控制所有机床组件的运动，在适当的时间移动组件，让组件待在安全的原位，以及防止两个或以上刀具执行互相冲突的运动。部分 CAM 软件无法控制所有移动组件，只能控制切削运动。机床可以具备副主轴、棒料供给器、接件器、零件装载器和卸载器，以及需要通过实用操作来控制的其他附件。软件应该具有应用于这些实用操作的规则，这样切削刀具才能在非切削运动开始之前停止作业，比如为传送零件而进行的副主轴移动。

所有实用操作、刀具运动、等待码和优化，都可以通过具有同步控制管理器的软件来处理，这样编程人员就能够直观地看到是否有浪费的闲置时间、正确的等待码、有关冲突或禁止运动的警告，以及是否优化了刀具利用率来提高效率。

借助同步管理器来实施优化是验证零件的第一步。另一个值得拥有的实用功能是刀具路径渲染，其目的是可视化查看该刀具路径加工的零件。此外，根据零件或机床的复杂程度以及编程人员的经验，可能需要开展机床仿真，来了解刀具、刀架和其他移动组件之间是否存在干扰。

有时应该考虑的一个重要注意事项是适当的后处理程序，用于将 CAM 文件转化为特定于机床的代码。所谓的“通用型后处理程序”不适用于多任务机床。最低要求下，它们需要针对特定的机床和控制器，但最好也能适用于工厂的标准。在您不想手动编辑的所有数控代码中，MTM 位于榜首。

请记住，让后处理程序有效工作并非编程人员的职责。许多软件供应商因无法为自身的软件提供支持而误导工厂，让他们认为这是工厂人员的责任。要使用合适的 MTM 软件测试 CAM 软件开发商，只需了解他们维护的客户定制后处理程序的数量。优秀的供应商仅仅在 MTM 方面就拥有数以百计的定制后处理程序。

有关 GibbsCAM 解决方案的信息，请访问：www.3dsystems.com/gibbscam 或 www.3dsystems-china/softwares/gibbscam

3D Systems Software & Healthcare

思美创（北京）科技有限公司

www.3dsystems.com www.3dsystems-china.com

担保/免责声明：上述产品的性能特征可能因产品应用、操作条件或最终用途而异。3D Systems 不进行任何形式的明示或暗示的担保，包括（但不限于）对特定用途的适销性或适用性的担保。

© 2020 3D Systems, Inc. 保留所有权利。规格随时会进行更改，恕不另行通知。
3D Systems 以及 3D Systems 徽标是 3D Systems, Inc. 的注册商标。