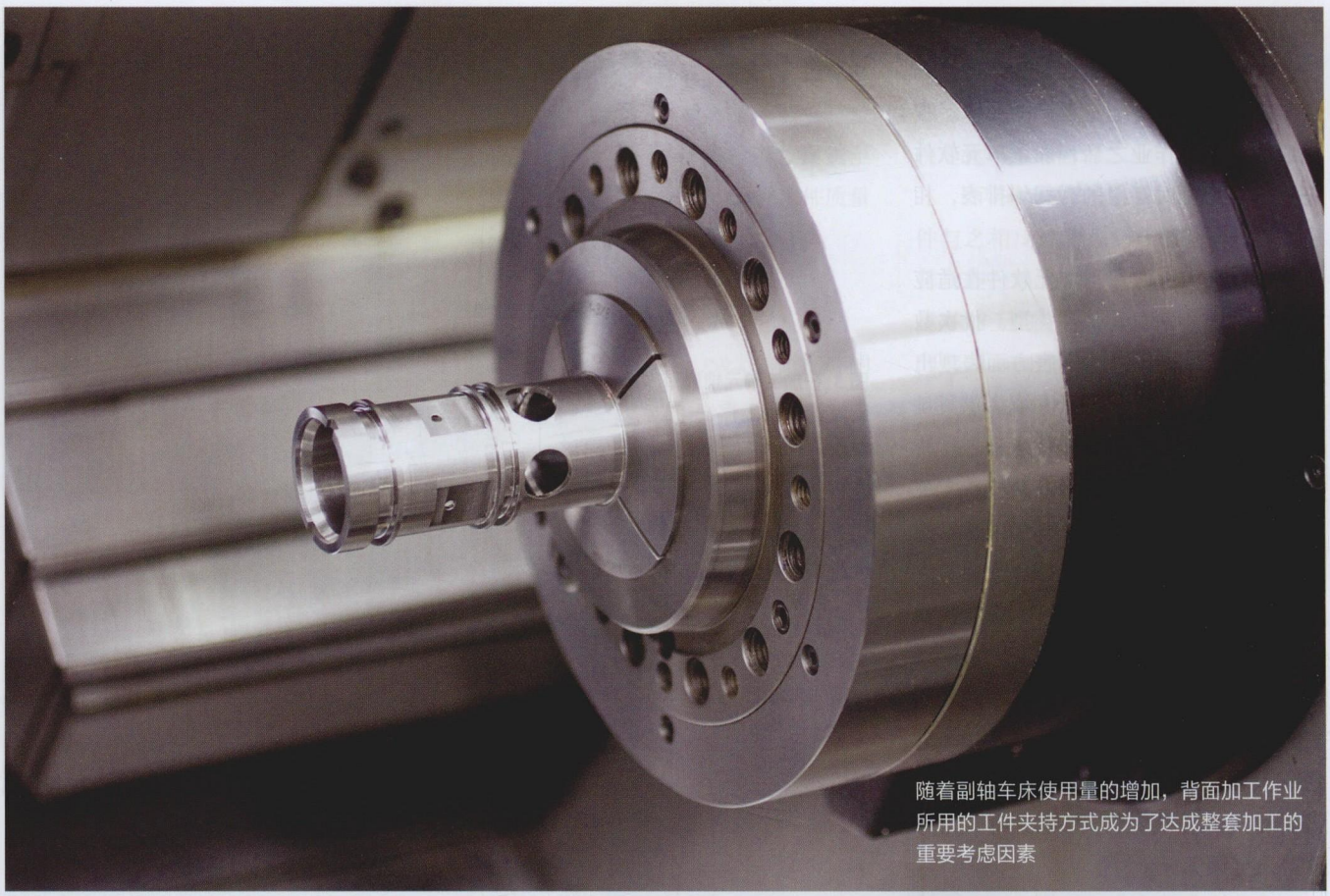

随着副轴车床使用量的增加，背面加工作业所用的工件夹持方式成为了达成整套加工的重要考虑因素

工件夹持

副轴工件夹持方案

副轴车削加工方式的出现对许多加工厂的生产量产生了影响。理解背面加工可选用的工件夹持方案能够帮助加工厂在指定 op.20 工艺工件夹持方法时做出更好决策。

文 | Richard Lewis，Hardinge 公司营销专家

单次装卡完成整个部件的加工，一直以来都是绝大多数大型和小型制造公司所追求的目标。这种方式通常不仅意味着较高的生产量，而且意味着更精确的成品部件。

对于车削作业来说，这种方式要求机床配备一个副轴，用于从主轴处接取部件，并在副轴上完成背侧精加工，即典型的 op.10/op.20 工艺。在这个工艺当中，也许最为关键且经常最容易被忽视的步骤就是选择正确的工件夹持装置。如果想要达到成功的结果，这项因素就会变成一项重要的决策。

Hardinge 公司工件夹持产品经理 Rick Schonher 说："在将部件从主轴转送至副轴过程中有一系列的问题需要解决。这些问题需要从最开始就处理，以确保得到卓越的结果。无论采用工件的外径或内径部分进行转送，部件表面粗糙度经常都是一项必须予以解决的至关重要的因素。已经加工完成的表面要求得到精心的夹持取送，而副轴工件夹持装置绝对不得以任何方式损坏部件。在这一点上，如果给部件造成了划痕，那么根据所涉及的材料以及部件的复杂度，其代价有可能是非常高昂的，钢材、铸铁或青铜材料都不再是标准材料。今天所使用的材料带来的问题在这些常见材料种类上是前所未有的。许多材料都要求采用独特的工件夹持方式以消除不利

影响。精度是部件转送过程当中的另一项重要因素。随着机加工作业进一步远离夹头表面，总指针读数（TIR）就变得越严格，导致这种精度更难达成。”

Hardinge 公司应用经理 Tom Sheehy 说：“尽管条形部件加工构成了副轴作业的大多数任务，但铸件、近似网状件、粉末金属部件、锻件和其他部件也常见。在配备副轴机床上，卡盘型应用约占所完成作业的 20%，从而要求采用不同类型的工件夹持装置。为了降低成本的需要经常会撤销操作者，让机床通过装载系统或机器人自动化方式进行自动装载。”

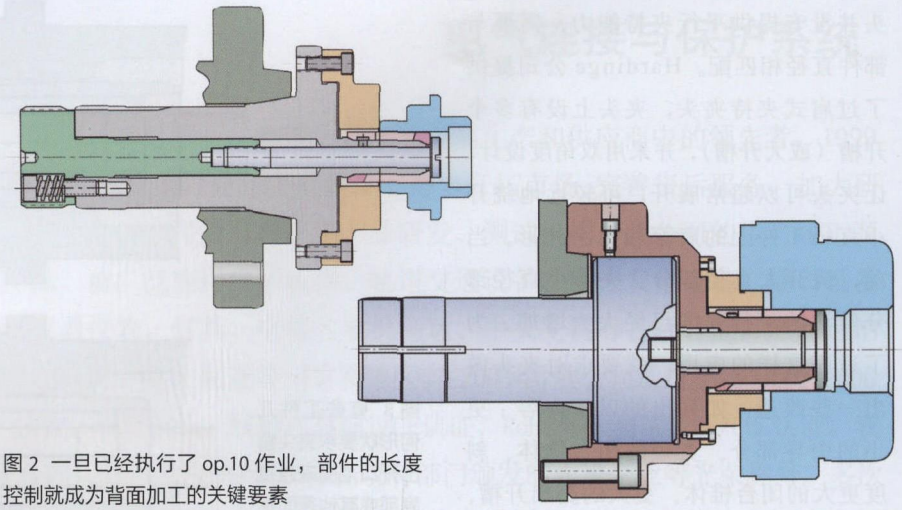

图 2 一旦已经执行了 op.10 作业，部件的长度控制就成为背面加工的关键要素

Hardinge 公司提供了许多类型的工件夹持产品和解决方案，方便了棒材和卡盘作业的转送过程。在紧急生产情况下使用的工件夹持装置，即那些较为柔软并可以在机床原位进行机加工的装置，通常是较偏好使用的方式，因此这些装置能够确保优秀的同心度。针对长期生产要求，则可以使用经过硬化和研磨以及经过 EDM 硬化的装置。以下介绍一些各种类型的现有主轴工具，以及其他一些为了实现成功无人执守和最大效率而可能需要考虑的与机床相关的特色或选项。

● 长鼻夹头：用于延伸部件至足够远的距离以避免工具干扰。尽管这些夹头提供了所急需的刀具间隙，但也会降低夹持强度和精度，特别是在部件夹持距离较短并位于正常闭合的锥体前方时。只要有可能使用，标准长度夹头都是更好的解决方案。当部件夹持在闭合锥体的前面时，长鼻夹头会降低夹持力和 TIR 读数。两者各有利弊。

● 槽宽度和角部断裂：为了尽量消除留在工件表面上的任何痕迹，槽宽度将较窄，而所有锐边均将破开并抛光。这样将有助于消除或尽量减少部件转送过程当中在夹持表面处的部件表面粗糙度的损失。

● 内径夹持转送：平行夹持方式提供了二次机加工所需的最佳夹持力和刚性。盲孔和短夹持会带来一些障碍，但这些障碍可以克服。小直径工件夹持的难度会大大增加，而且对于可以夹持的最小直径有着清楚的限制。大直径工件也有可能遇到困难，但其难度与部件尺寸和重量的关系比工件夹持更大。

● 截止长度夹头：二次加工或精加工要求进行长度控制。在副轴加工当中主要使用的是静止式夹头。所有抽入式夹头在执行二次加工时都存在一个直径长度比。在使用 10 度头夹角的夹头时，此比率为 1 ： 3。相对于卡盘直径每 0.001 in（1 in = 25.4 mm）的变化，部件将从夹持装置上回缩 0.003 in 或伸出 0.003 in。这就有可能意味着卡盘直径变化 0.003 in 时出现 0.009 in 的总长度变化。如果图纸要求长度公差小于 0.002 in，则不能使用标准夹头，这就是截止长度夹头的用武之地。如果原料直径变化了 0.003 in，则成品部件长度的变化不会超过 0.0002 ~ 0.0005 in。

● 夹持力：许多机床都具备有限的调整能力，可以尽量减少闭合压力。薄壁部件有可能在过高的夹持力下压扁或变形。Hardinge 公司提供了具有内置夹持力控制功能的夹头，能够安全地夹持精巧或薄壁工件，不会压扁或致使工件变形，同时保持内径和外径的同心度。

● 过夹持的夹持范围：在许多精密机加工部件制造商所服务的行业当中，转送直径正在变得越来越小。这些部件类型必须夹持得更紧。绝大多数夹

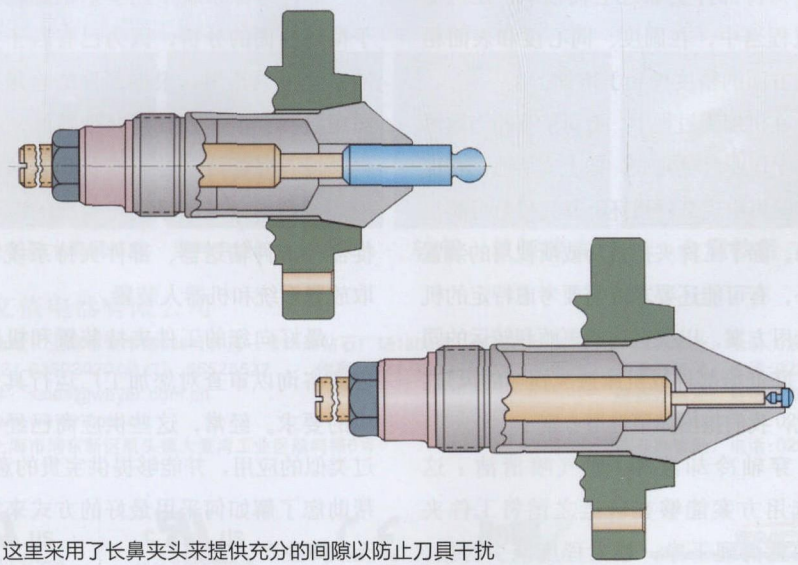

图 1 这里采用了长鼻夹头来提供充分的间隙以防止刀具干扰

头并没有提供平行夹持能力，需要与部件直径相匹配。Hardinge 公司提供了过肩式夹持夹头，夹头上设有多个开槽（或大开槽），并采用双角度设计，让夹头可以超常展开，可较远地绕开小直径工件上的肩部和把手外形。当前，绕开大直径部分、夹持小直径部分做法的流行程度已经大为增加。为了适应这样的应用，就要求对夹头做出一些改造，如列出的以下内容：更小的引导部分、更短的闭合锥体、斜度更大的闭合锥体、更大的露出开槽、超长的展开度、更小的本体直径、特定的反钻孔、更短的夹持表面。

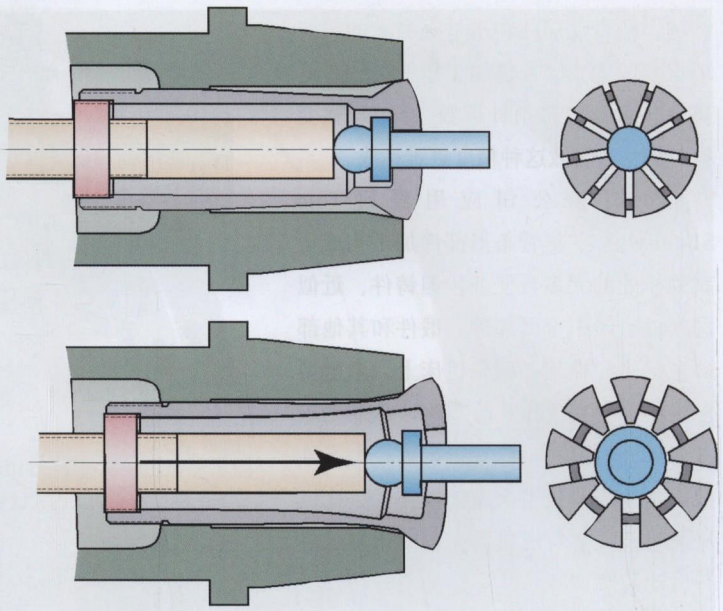

图 3 有些工件几何形状要求夹头留出开口范围来越过肩部或其他表面形状，以便能够在较小直径处得到夹持

● 交货：精益生产、JIT 和更小的生产批量都使得生产调度的余地越来越小。客户需要更快得到产品以满足自己的需求，同时还期望以合理的价格获得高质量的产品。这里所讨论的许多工件夹持装置都可以按紧急生产的形式供应。

● 偏心度：偏心度的数值最大程度减少了在夹头能力范围内可以转运的部件尺寸。主轴方向要求与夹持着部件的副轴夹头对齐。主轴键和夹头键槽尺寸需要夹持得很紧以达到高精度的对齐。夹头开槽有可能需要改造以确保均匀的夹持力。

● 特殊形状夹头：包括挤压成形件和任何非圆形部件，诸如六角形、正方形或其他形状，这些都要求予以特殊考虑，甚至需要专用软件来方便转运过程。

● 快速更换：主要通过转接头来达成。这种转接头的尺寸需要进行密切的评估以确保不会造成干扰。相应夹头类型需要与将要转运的最大部件相匹配以确保转换头较小。截止长度转接头在夹持较长部件时属于必备品。在转接头内活动部件的数量会降低 TIR 读数。

● 部件弹出器：通过尽可能地减少人工干预，才能最有效地实现大产量、长时间的作业。部件弹出器和部件捕捉器 / 滑槽有助于这个要求的满足。

● 切屑 / 冷却液污染：推荐使用密封夹头。高压冷却液正在变得越来越盛行。但是，高压冷却液会导致一些特定类型的开槽密封件快速老化。

● 阶梯式卡盘：阶梯式卡盘是一种超容量式夹头，它通过一个外部安装的闭合器与主轴转接。这些夹头存在各种各样的配置和深度，适用于那些对于标准来说过大的部件。这些夹头能够非常好地适用于近网状锻件、铸件、粉末金属和其他卡盘型应用。这些夹头可以按紧急生产型供应，也可以按硬化和打磨型供应。阶梯式卡盘的主要优点是部件得到 360° 全封闭，并且相对于 3 爪式卡盘，与主轴轴承之间的距离要近得多。通过保持部件更靠近主轴轴承，在机加工过程当中，在圆度、同心度和表面粗糙度方面的精度得到了增加。

在机加工过程中，有可能有相当数量的加工作业已经完成，如上文所述，在这个阶段再出现部件损坏，其代价有可能很高昂。除了工件夹持技巧或所使用的装置以外，有可能还要求或需要考虑特定的机床选用方案，以便在达成更顺利转运的同时，降低给部件或机床造成损坏的风险。在此，我们指出如下选用方案：

穿轴冷却液和 / 或气喷清洁：这些选用方案能够在转运之前将工件夹持装置清理干净，最大程度减少污染，允许实现良好的部件配合，并帮助确保工件夹持装置上不会存在切屑。这样会导致减少从主轴转至副轴作业时的部件跑偏现象或偏心度，并有助于确保用卡盘安装副轴上的部件表面粗糙度不会受到损害。

部件在位检测或其他类型部件移除确认系统：这些系统用于确保部件已经完全从副轴弹出或移除，然后才让新部件转送过来。如果这些过程没有以一定方式进行确认和控制，就有可能损坏部件或更严重地损坏机床。由于部件堆叠所造成的长时间机床停运就可因此尽量减少或消除。

部件移除系统：这些系统也应当给予彻底全面的分析，因为已有若干类型的系统可供选用，根据部件的重量、表面粗糙度、形状和任何其他特性，某一种系统有可能比其他系统更为合适。其中一些最为常见的系统是传统的部件捕捉器、部件输送器、部件夹持系统、拾取放置系统和机器人装置。

最好向您的工件夹持装置和机床供应商咨询以审查对您加工厂运行具体对应的要求。经常，这些供应商已经看到过类似的应用，并能够提供宝贵的意见，帮助您了解如何采用最好的方式来实现无故障生产。MM