# 多孔零件加工工艺方法及机床设备

■ 湖北神力锻造有限责任公司 （丹江口 442700） 刘国伟

**摘要：**介绍多孔零件的几种加工方式，重点介绍了一种重型商用车转向节法兰面上多孔的加工工艺方法和机床设备，指出机床在设计和使用过程中的注意事项。

## 1. 加工方式分析

随着我国机械行业的发展，多孔零部件如汽车、摩托车的发动机箱体、铝铸件壳体、转向节、制动鼓、轮毂、刹车盘、转向器、差速壳、轴头、后桥壳和半轴等，泵类、阀类、液压元件及太阳能配件等的加工需求日益增长。目前，国内多孔零部件通常采用以下4种方式进行加工。

（1）采用普通台钻摇臂钻床加带钻模板的夹具进行加工。但是存在着一次只能加工一个孔，经过多次加工才能成型，加工效率低、质量不够稳定的局限性。

（2）采用普通台钻加装多轴器进行加工。但是存在着刚性不够、加工覆盖面积小、加工孔范围小、加工行程小、加工精度不够高、可靠性较差、手动操作以及加工效率低等局限性。

（3）采用单面或双面多轴钻床，或称多孔钻床加工。它是一种运用于机械领域钻孔、攻螺纹的机床设备。一次进给同时加工数孔，同单轴钻（攻螺纹）比较，工件加工精度高、工效快，可有效地节约人力、物力和财力。

多轴钻床分为可调式和固定式两种类型。①可调式多轴钻床：本体结构由齿轮箱配合万向节头组成，由于万向节是可活动轴件，故在限定范围内可左右移动。在调整加工孔距时不受齿轮所限制，适合加工多样不定性孔件，使用范围较广。缺点是精度方面控制有所欠缺，长期使用跑位率相对略高。适合单件加工量不大，长年更换加工件的企业。②固定式多轴钻床：根据单件加工件量身定制多轴器，即依照零件的间距、排布，定死动轴，从而达到单品单轴，一件一台的多轴器标准方案。这是使用多轴器最终的模式，是提高生产效率最快的钻床设备。固定式加导孔板多轴器准确耐用，在更换试件时，有很多空间取付方便，不会受到治具的妨碍。所加工出来的产品更精确，多轴钻床也更耐用。

（4）采用数控钻床或加工中心类机床加工。不需要钻模板，更换品种方便，质量稳定可靠，但是由于也是依次加工所有的孔，生产效率较低，设备投入大。

因此，在加工法兰面上多孔时，为了提高加工效率，通常采用多轴钻的方式。但是多轴钻存在受各个主轴轴承大小的限制，当同一工件上多个孔的空间距较小（或同一分布圆直径较小，而孔的数量过多）时，主轴布排不下的问题。

## 2. 零件工艺分析

我公司生产的某重型商用车转向节如图1所示，其法兰面上均布16个M16－6H螺纹孔（其中一个孔不加工，实际

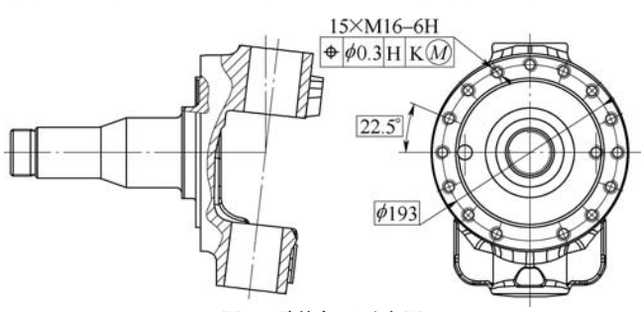



图1 零件加工示意图

加工15个孔），要求钻深最大为35mm，攻深最小为28mm，90°倒角至牙底深。分布圆直径为$\phi$193mm，位置度要求为$\phi$0.3mm。各孔间距较小，一个多轴箱上不能同时布置16个主轴，而且孔的位置度要求较高。对于这么多孔，若一个一个地进行加工，则加工时间很长。若要满足整条生产线的工艺节拍要求，则需要多台设备，投入较大。为此，需要高效率的加工方法和机床，在满足产品质量的同时，提高生产效率，减少成本。

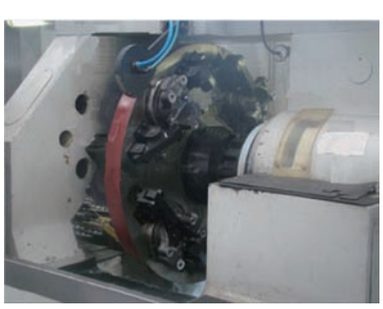
### 3. 加工工艺方法和机床

根据我公司该转向节加工生产线的工艺规划、生产节拍及采用机器人进行上、下料的要求，经和机床制造厂家充分沟通与交流，结合专机特点，我们提出了该零件的加工工艺方法、机床方案、技术要求，由机床厂家设计、制造了用于该15×M16－6H螺纹孔的专用四工位回转盘多轴钻机床（见图2）。

（1）加工工艺方法和要求。①采用两台机床，一台用于钻孔，一台用于攻螺纹。②工艺节拍≤3min/件（含上、下料时间）。③采用机器人进行上、下料。④为保证工艺节拍要求，机床采用卧式四工位回转夹具，四个工位（见图2b，图中的一、二、四是指第一、二、四工位，第三工位被挡着了，故未标识）工步如下。第一工位：装、卸工件；第二工位：对工件钻法兰面8个M16螺纹底孔、倒角（攻螺纹）；第三工位：对工件钻法兰面7个M16螺纹底孔、倒角（攻螺纹）；第四工位：对工件法兰面上15个孔进行切屑清理。其中二、三工位加工的孔错开布置，以解决15个孔分布圆直径偏小、主轴布排不开的问题。⑤为适应机器人进行上、下料，对夹具提出了以下特殊要求：夹具采取液压夹紧、液压退料；夹具具有工件装夹气密检测装置和对夹具定位面自动清理的装置，以确保工件被正确定位；配备钻孔完毕后自动对加工的所有孔的切屑进行清理的装置。

（2）机床的主要组成及说明。该四工位回转盘多轴钻孔机床的主要部件为：八轴动力箱（共2个，其中1个安装7把刀具）、刀具（共15个）、退料装置、工件孔内吹屑机构、伺服滑台（2个）、四工位夹具、夹具定位面清理机构、工件、夹具回转机构。为方便刀具转速的调整，动力箱采用变频电动机驱动，而进给量的调整则由FANUC数控系统控制的两个伺服滑台5实现。

（a）机床右侧图



（b）机床左侧图

图2　四工位回转盘多轴钻机床

机床采用FANUC数控系统，能自动实现以下动作：①滑台快进、工进（工退）、快退、停止。②工件的夹紧、松开。③夹具定位面的自动清理。④工件切屑自动清理。⑤装夹工件的气密检测。⑥退料装置的动作。⑦切削冷却系统和加工过程的联动。⑧回转机构的分度旋转、锁紧。

其中，四工位夹具安装在回转机构上，依靠回转机构实现夹具四个工位的分度、旋转。

（3）机床设计和使用中的注意事项。①为保证钻15个M16螺纹底孔的位置度，同时机床采用四工位结构，每个钻模板上布置了16个钻模套。②由于机床采用的刀具数量高达15把，为减少更换、调整刀具的时间，对于多轴钻床，配备了2套刀柄，可在加工时先将刀具和刀杆调整好，需要更换时，对机床上的刀杆、刀具一同全部更换；对于多轴攻丝机丝锥的更换，我们设计、制造了专用的丝锥卡头，既可以实现丝锥的快速更换，又能将丝锥锁死，满足攻螺纹要求。③为了提高钻孔的表面粗糙度质量和加工时排屑方便，编程时，采用“啄式”钻孔的方法，在钻孔的过程中，退刀两次，使切屑随退刀从孔内排出。④对于多轴钻床，由于加工的为盲孔，且孔口要求进行倒角，便于攻螺纹，故采用的阶梯钻在刃磨时，必须保证所有的阶梯钻前端长度一致。⑤调整更换多轴钻的刀具时，必须保证刀柄的定位面到阶梯钻的阶梯部位的长度全部一致，以保证各孔口倒角深度相同。为此，我们设

# 细长轴磨削加工工艺

■ 中航工业金城南京机电液压工程研究中心十三分厂 （江苏 211106） 唐玉洁

**摘要：**分析细长轴零件磨削加工中出现的问题及其加工工艺方案，从控制零件变形、定位基准修复、检查调整机床、砂轮及磨削参数选择等方面阐述了细长轴零件加工问题的具体解决方法和提高零件加工质量的措施，保证了零件的加工精度，提高了零件的加工质量。

细长轴是指长度与直径之比$L/D \geqslant 20$的轴类零件。这类零件在航空产品中应用广泛，零件的加工质量直接影响到整台产品的性能。该类零件刚性差，加工时易出现弯曲、锥度、椭圆等质量问题。现以我分厂加工的轴为例，介绍细长轴零件的磨削加工工艺以及提高其加工质量的一些措施。

## 1. 零件工艺性分析

我分厂加工的某产品零件轴的结构形式如图1所示，零件各配合表面尺寸精度、形位公差精度要求高，表面粗糙度值$R_a$=0.4μm。要满足零件技术要求，只有采取磨削加工。

零件材料为3Cr13马氏体不锈钢，这种材料韧性大、导热性差，其伸长率、断面收缩率比一般的碳钢、合金钢高。因此，不锈钢细长轴零件的磨削加工具有以下特点与困难：

（1）磨削细长轴时，由于其刚性差，产生的径向切削力和工件自重会使工件弯曲，磨出的工件呈现腰鼓形状。同时，磨削时易产生振动，出现纵向振痕，影响加工精度和质量。

（2）不锈钢的膨胀系数大，在磨削热的作用下，工件尺寸不易控制，会在圆周方向产生较大的变形，而且变形量是不均匀的。工件的形位公差很难达到要求。

（3）磨削不锈钢时的塑性变

---

计制造了专用的调刀仪。

（4）工艺方法和机床验证。经过对该机床的调试和工艺验证，该机床达到了设计要求，工艺验证结果如附表所示。其中15个M16螺纹孔的位置度$\phi$0.3mm，

**工艺验证结果**

| 检查项目 | | 工艺要求 | 实际 | 测量工具 |
|---|---|---|---|---|
| 工艺节拍 | 多轴钻床 | 3min/件 | 2min59s/件 | |
| | 多轴攻丝机 | 3min/件 | 1min38s/件 | |
| 15个M16螺纹孔位置度/mm | | $\phi$0.3 | 合格 | CMM |
| 螺纹孔 | | M16－6H | 合格 | 螺纹塞规 |
| 孔深误差/mm | | 0～0.5 | 合格 | 深度尺 |

以螺纹底孔进行检查，共验证10件，CMM检测全部合格。

## 4. 结语

针对该零件的加工工艺方法设计制造的四工位回转盘多轴钻孔机床由于具有四个工位，且采用2个8轴钻孔动力箱（其中1个安装7把刀具），可以在四个工位上同时进行工件的上下料、15个孔的加工、加工孔内的切屑的清理，并可自动进行快进、工进（工退）、快退、停止，大大缩短了作业时间，单台机床的生产节拍≤3min/件，满足了产品质量要求，达到了设计要求。

同单轴钻（攻螺纹）比较，工件加工精度高、工效快，可有效地节约人力、物力和财力。尤其是机床的自动化大大减轻了作业者的劳动强度。

当然该工艺方法和设备也存在着通用性不好的问题，若更换品种，多轴动力箱各主轴的间距不可调，需更换2个多轴箱，同时需更换钻模板，且每个品种需要4个钻模板，投入较大。MW

（收稿日期：20141015）