# 五轴复合加工机床 B 轴常用结构分析

沈阳机床集团设计研究院有限公司 （辽宁 110142） 乔保中 孔祥志

B 轴是五轴复合加工机床的重要部件，其结构要求：转动平稳、分度精确，但是转速相对较低。

蜗杆传动由于具有降速比大，结构紧凑，工作平稳无噪声等特点，虽然发热大，加工复杂，对装配要求较高，但是在 B 轴结构中依然得到广泛应用。

**1. 常用蜗杆传动方式**

（1）分段式蜗杆消隙 如图 1 所示，两个蜗杆 2、4 同轴组装（轴中段留有一定的间隙量），通过键联接实现同步旋转，蜗杆 4 轴向固定，中空的蜗杆 2 可以轴向窜动，在弹簧 1 的作用下，两个蜗杆被推向相反方向，分别与蜗轮对应的啮合齿面贴合，从而达到消隙的目的。此种调整方式调整精度比较高，理论上可以实现零背隙。如果通过液压力来施加预紧力，则调整更为方便。OTT 分段式蜗杆副实物如图 2 所示。

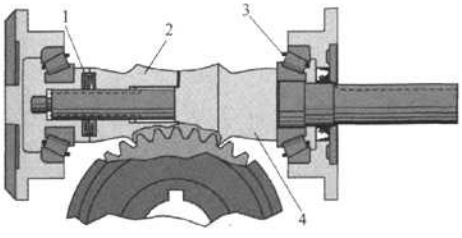



图 1 分段式蜗杆传动结构

1. 弹簧 2、4. 蜗杆 3. 轴承

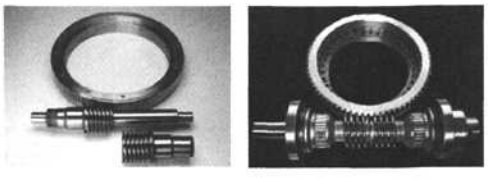


图 2 OTT 分段式蜗杆副实物

此种结构蜗杆加工可以分开进行粗加工，磨削时一起加工即可，不需要特殊的加工设备。

该结构的缺点：增加了啮合面的摩擦力，需要良好润滑措施控制温升；蜗杆只有部分参与啮合，传递动力能力受到限制。

（2）双导程蜗杆消隙 双导程蜗杆（也称变齿厚蜗杆）同一齿左右两侧具有不同的导程 X 和 Y，而同一侧导程相等，所以蜗杆的齿厚沿轴线从一侧到另一侧均匀增加或减少。而与之啮合的蜗轮所有齿齿厚均相等，当蜗杆沿轴向移动时，传动副的啮合间隙发生改变。结构原理如图 3 所示。

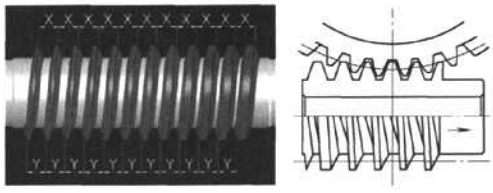


图 3 双导程蜗杆结构原理

通过调整环轴向移动蜗杆就可以将齿侧间隙调整到一定的数值，调整方向为厚齿端向薄齿端，根据经验，双导程蜗杆副的齿侧间隙可以调整到 0.01 ~ 0.015mm。由于双导程蜗杆通过修磨调整环的方式进行侧隙调整，蜗杆仅作轴向移动，因此没有破坏传动副正确的啮合条件。而蜗杆径向调整方式改变了传动结构的中心距，破坏了传动的啮合条件，造成齿面接触情况恶化，而且调整量不易掌握，容易造成轴心歪斜。

图4是一种双导程蜗杆副的调整结构。蜗杆2通

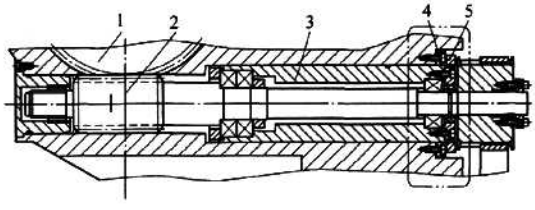



图 4 双导程蜗杆副调整结构

1. 蜗轮 2. 蜗杆 3. 套筒 4、5. 零件

过轴承与套筒3联接在一起，套筒3右端有螺纹与机座联接，旋转套筒3时，该件产生轴向移动，带动蜗杆2一起移动，从而达到调整轴向间隙的目的。零件4、5在用来实现轴向的锁紧。

双导程蜗杆加工时需要根据两侧导程计算交换齿轮（车削、磨削），这两种齿距（不是标准模数）往往是繁琐的小数，精确配算交换齿轮很费时；加工蜗轮则需要和蜗杆参数一致的滚刀，滚刀安装必须与蜗杆装配实际符合。其缺点是不能完全消除间隙，齿侧必须留有一定的间隙，考虑到热膨胀时不致使齿面胶合；加工比较复杂。

以上两种方案解决了传动中的反向间隙问题，由于齿面之间的滑动摩擦，传动中的摩擦热是个不容忽视的问题。

为了克服蜗杆传动副中的摩擦热问题，基于蜗杆传动的基本原理，蜗轮齿变形为滚子，蜗杆副结合面的滑动摩擦转变为滚动摩擦，就产生了新的传动结构，即滚子齿轮结构。为了提高机构的承载能力，此结构的蜗杆设计为类似环面蜗杆的形式。

**2. 滚子齿轮（滚子凸轮）结构**

图5是滚子柱齿轮的实物以及调整示意。如上所述，蜗轮齿被滚子轴承代替，原蜗轮和蜗杆接触面的滑动摩擦变为滚动摩擦，加上适当的润滑，摩擦热大为减少。通过轴向和径向的调整，蜗杆齿和滚子之间实现无间隙接触，并产生一定的预紧力，传动精度大大提高；蜗杆则采用环面蜗杆的形式，增加了接触齿数，提高结构的动力传递能力。和双导程蜗杆副的间隙调整类似，通过蜗杆轴的轴向移动进行轴向间隙的调整，而径向间隙的调整则通过偏心轴套实现。

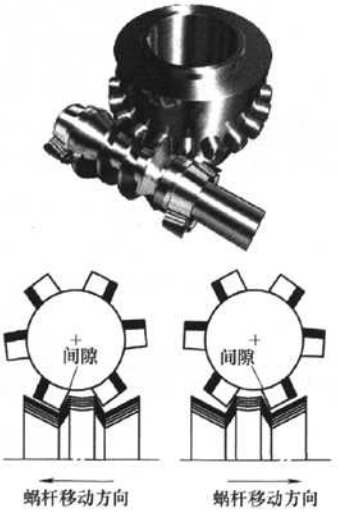



图5 滚子齿轮实例及调整方式

由于滚子齿轮（滚子凸轮）的上述特点，目前该结构已经应用到Mazak、Okuma、Mori Seiki、Nakamuri－Tomi等厂商的产品中。

该结构对生产厂商的制造水平要求较高，国内还不具备提供此部件的能力，需要从国外进口，对机床制造商而言，制造成本相对较高。

**3. 直驱电动机的机构**

为了进一步提高*B*轴结构的性能，可以采用直驱电动机的方案，如图6所示。驱动系统中没有了中间传递环节，动力通过转子直接输出，减少了传统结构中传动部件引起的弹性变形、传动间隙、滞后等现象，而且可以直接进行位置测量，因此此种方案具有结构简单、精度高、动态性能好等优点。

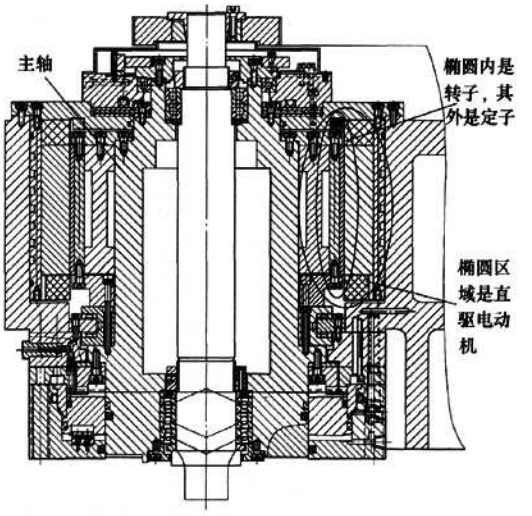



图6 直驱电动机方案

**4. 结语**

综上所述，*B*轴结构有多种结构可以选择，每种结构各具优缺点。设计人员应根据产品设计参数、工厂生产制造水平、成本控制要求等整体考虑，选取合理的结构形式。**MW**

（收稿日期：20101119）