

### 案例6 铣削蜗杆的技巧。

图3-58所示为一轴向直廓蜗杆轴，材料为45钢，齿部表面淬硬至52HRC。蜗杆头数 $z_1=2$ ，轴向模数 $m_x=4\text{mm}$ ，导程角 $\gamma=9^\circ27'44''$ ，右旋，精度等级为6级。各项尺寸公差、形位公差与表面粗糙度及蜗杆精度要求均见图样标注。现已车削完成，各道外圆均留 $0.5\text{mm}\sim0.7\text{mm}$ 磨削余量，表面粗糙度均为 $R_a3.2\mu\text{m}$ ，蜗杆外圆对两端轴颈轴线的圆跳动误差不大于 $0.02\text{mm}$ 。现要求铣削蜗杆，齿面每面留磨削余量 $0.5\text{mm}\sim0.6\text{mm}$ ，齿面表面粗糙度为 $R_a3.2\mu\text{m}$ 。

#### (1) 零件加工工艺方案分析。

① 采用横挂架铣头铣削蜗杆轴。铣削蜗杆可视为铣加工的一种特殊斜齿轮。但由于蜗杆螺旋线与轴线的夹角较大，工作台必须回转 $90^\circ-\gamma$ 的角度。其值远远大于万能卧式铣床所能回转的 $\pm45^\circ$ ，所以铣削蜗杆只能采用横挂架铣头（横铣头或称横刀架），使铣刀的平面与工作台横向进给的方向相同，即在原有的位置上转过 $90^\circ$ ，再回转纵向工作台，即可使铣刀的旋转平面与蜗杆的齿槽一致（见图3-59）。

② 合理选用铣刀。蜗杆铣刀应根据蜗杆截形来选择，本例工件是轴向直廓，法向齿形并非直线，要铣削精确需用成型铣刀。但由于铣削是磨削前粗加工，所以可选用普通的齿轮盘铣刀。铣刀的模数和压力角严格地讲，应根据蜗杆的法向模数和法向压力角来确定。而该蜗杆螺旋导程角 $\gamma$ 仅为 $9^\circ27'44''$ ，两者的模

#### 技术要求

1. 蜗杆齿部淬硬至 52HRC。
2. 两端不完整齿切去。
3. 蜗杆精度要求
  - (1) 轴向齿距偏差  $\pm 0.06$ 。
  - (2) 轴向齿距累积误差 0.012。
  - (3) 蜗杆齿面径向圆跳动公差 0.008。

| 蜗杆类型 | 轴向直齿               |
|------|--------------------|
| 模数   | 4                  |
| 头数   | 2                  |
| 导程角  | $9^{\circ}27'44''$ |
| 螺旋方向 | 右旋                 |
| 精度等级 | 6D                 |

③ 划分粗、精加工阶段。虽然铣削蜗杆是作为磨削之前的粗加工，但对于铣削的质量，工艺仍有一定要求，最主要的是保证齿面余量均匀，齿距和齿厚误差不能太大，以免磨削蜗杆时无法修正，故安排了粗、精加工阶段。粗铣时切去大部分余量，保证齿距基本正确，齿厚余量均匀；精铣时，则达到工艺的技术要求，齿面每面保留  $0.5\text{mm}\sim 0.6\text{mm}$  的余量，且表面粗糙度达到  $R_a3.2\mu\text{m}$ 。

④ 交换齿轮计算。铣蜗杆时需配置交换齿轮，导程切勿按

单头计算；否则计算出的传动比*i*值就大了一倍，交换齿轮的齿数也随之改变，配置后无法铣出双头蜗杆来。本例正确的

计算为 $i = \frac{40P}{P_z} = \frac{40 \times 6\text{mm}}{2 \times 52\text{mm} \times \cos 9^\circ 27' 44''} = \frac{240}{102.585} = \frac{100}{55} \times \frac{90}{70}$ ，即 $z_1 = 100$ ， $z_2 = 55$ ， $z_3 = 90$ ， $z_4 = 70$ 。交换齿轮安装后，可摇动纵向工作台，观察工件前进距离和旋转方向是否符合要求。

⑤ 工件装夹方法。工件用两顶尖装夹，定位必须准确可靠。若蜗杆外圆径向圆跳动误差太大，铣削后会造成齿厚尺寸偏差，齿形误差增大，影响加工精度。造成工件外圆径向圆跳动误差大的主要原因有两种，一是工件本身前道工序遗留的误差，如两端中心孔不准确，车削时未达到加工要求；二是工件装夹时未调整好尾座顶尖的顶紧力，工件有晃动。为此，加工前必须检查工件两端中心孔的质量，必要时进行修研。装夹工件时，注意调整尾座顶尖的顶紧力，使工件转动灵活自如，不晃动，也不阻滞，以保证工件定位的正确性。

⑥ 铣削用量选择。由于铣削蜗杆时切削条件较差，尤其在粗铣螺旋槽时，背吃刀量较大，铣刀需3面进行切削，会产生较大的切削力。若铣削用量采用不当，铣削速度过高或纵向进给量过快，则易使切削力加大，铣刀易于折损，齿形难以保证。为此，粗铣时，铣削速度不宜过高，纵向进给量也不宜太快，背吃刀量 $a_p = 7\text{mm}$ ；精铣时，背吃刀量 $a_p$ 约 $1\text{mm}$ ，由于背吃刀量较小，为降低表面粗糙度值，可采用稍大一些的铣削速度和纵向进给量。

⑦ 加工路线：粗铣蜗杆第一条螺旋槽→粗铣第二条螺旋槽→精铣第二条螺旋槽→精铣第一条螺旋槽。

根据以上分析，拟定工艺方案如下。

① 机床的选择：选用X6132型万能卧式铣床，并采用横挂

架铣头（横铣头）装夹铣刀进行加工（见图 3-59）。

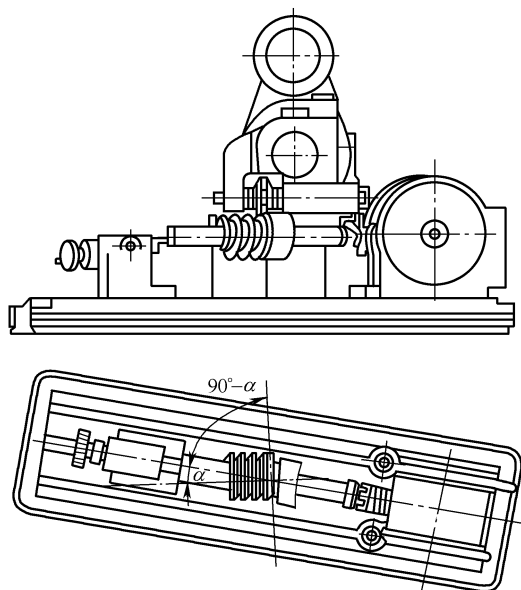


图 3-59 用横刀架铣削蜗杆

② 刀具的选择：选用  $m=4\text{mm}$ ，压力角  $\alpha=20^\circ$  的 8 号标准齿轮盘铣刀。

③ 装夹方法：将蜗杆两端中心孔安装在分度头和尾座的两顶尖之间，找正工件外圆径向圆跳动误差不大于  $0.02\text{mm}$  后，用鸡心夹头夹紧，拨盘带动转动。

④ 铣削方法：铣刀对中后，将纵向工作台顺时针方向转动一个  $\gamma$  角，配置经计算的交换齿轮。试切合格后，将工作台升高一个背吃刀量（ $a_p=7\text{mm}$  左右）粗铣蜗杆螺旋槽。再分度粗铣第二条螺旋槽，检查符合要求后，再增加背吃刀量（ $a_p$  约为  $1\text{mm}$ ）精铣该螺旋槽。然后分度精铣出第一条螺旋槽。保证法向齿厚为  $7.18^{+0.20}_{+0.10}\text{mm}$ ，齿面表面粗糙度为  $R_a3.2\mu\text{m}$ 。

## （2）加工步骤。

① 操作前检查、准备。清理工作台、清理分度头、尾座；清理工件毛刺，检查工件尺寸，检查中心孔；安装铣床横挂架铣头，

安装齿轮盘铣刀；安装分度头、尾架。

② 装夹工件。将工件以两中心孔定位安装在分度头和尾座两顶端之间，用千分表找正蜗杆外圆径向圆跳动，其误差不大于  $0.02\text{mm}$ ，用鸡心夹头夹紧，拨盘转动。

③ 对中心。将铣刀的对称中心面，对正工件外圆的垂直中心线。

④ 回转纵向工作台。将工作台顺时针方向转动一个  $\gamma$  角 ( $\gamma=9^{\circ}24'44''$ )，回转后固紧。

⑤ 安装交换齿轮： $z_1=100$ ， $z_2=55$ ， $z_3=90$ ， $z_4=70$ 。

⑥ 试切。用切痕法再次对中心。移动纵向工作台，在工件上铣出一条较浅的刀痕，用游标卡尺检查轴向齿距是否正确。

⑦ 粗铣蜗杆螺旋槽。提升工作台，取背吃刀量  $a_p=7\text{mm}$ ，纵向进给粗铣蜗杆第一条螺旋槽。

⑧ 粗铣第二条螺旋槽。降低工作台、分度，铣刀退回原处，用同样的背吃刀量粗铣第二条螺旋槽。

⑨ 精铣第二条螺旋槽。增加背吃刀量  $a_p$  约  $1\text{mm}$ ，精铣螺旋槽，保证轴向齿距为  $12.10_{-0.20}^{+0.10}\text{mm}$ ，表面粗糙度为  $R_a3.2\mu\text{m}$ 。

⑩ 精铣第一条螺旋槽。分度，精铣第一条螺旋槽，保证轴向齿距为  $12.6\pm0.10\text{mm}$ ，法向齿厚  $s_{n1}=7.18_{+0.10}^{+0.20}\text{mm}$ ，表面粗糙度为  $R_a3.2\mu\text{m}$ 。

### (3) 加工注意事项。

首先做好检测工作。为保证加工要求，加工过程中每一个步骤都要检测。铣刀对中心后，可用试切法来检测对中心情况，用游标卡尺测量切痕的轴向齿距正确与否；粗铣第一条蜗杆螺旋槽后，应检查两倍的轴向齿距实际值；粗铣第二条螺旋槽后，可测量法向齿厚与轴向齿距，齿厚应留余量，而轴向齿距应为图样所示的公称尺寸（因齿侧所留余量相同）。精铣后可用齿厚卡尺在法向测量蜗杆的齿厚，测量高度为图样所示的  $4\text{mm}$ ，齿厚应控制在  $7.18_{+0.10}^{+0.20}\text{mm}$  范围，即保证两侧每面留出  $0.5\text{mm}\sim0.6\text{mm}$  的磨削余量。

