

# 有特殊要求的齿轮数控滚齿加工

数控滚齿机除了加工普通的圆柱齿轮以外，还可以加工有某些特殊要求的零件，如小锥度齿、鼓形齿和台阶齿等。加工以上特殊零件，关键在于如何给数控程序进行编程和其他必要的设置。

在变速器、发动机、泵驱和液压件等齿轮加工领域，数控滚齿机已经相当普及。在滚直齿、斜齿方面，数控滚齿机都发挥了非常大的作用。随着数控技术的日新月异，数控滚齿机不仅在加工精度与加工效益方面显出了强大的优势，而且在有某些特定要求的齿轮加工方面，数控滚齿机也能很方便地予以解决。

## 齿向有特殊台阶要求的齿轮加工

某变速器驱动轴的花键齿向有台阶及圆弧齿的要求如图1所示。

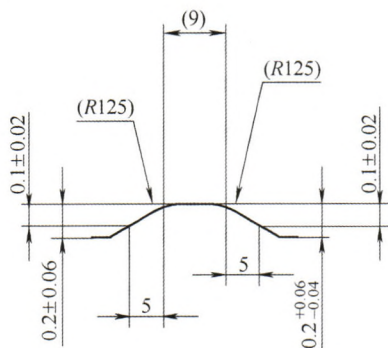


图 1

如需花键的齿向加工出图1所示的形状，需要对齿向曲线进行分析。它是由3段直线和2段斜线组成，其中两段斜线与中间直线之间还有R125mm的圆弧连接。

滚齿齿向的变化与滚刀在Z轴的走刀轨迹配合X轴的径向变化有关。如果滚刀在Z轴走直线，则齿向成直线；如果滚刀走斜线或圆弧，那么齿向也呈斜线和圆弧状，即常说的锥度齿及鼓形齿。而此设计齿向曲线包含了直齿、锥齿和圆弧齿等，需要一一对其进行分析与编程。

实际上滚刀在Z轴方向走刀的轨迹与图1类似，只是齿向的垂直深度方向0.1mm和0.2mm与滚刀的进刀深度有一定的关系，而在齿向的水平方向及R圆弧都与滚刀的走刀轨迹一致。

齿向的垂直深度方向 $\Delta W$ 与滚刀的进刀深度 $\Delta T$ 之间的关系如下：

$$\Delta T = \Delta W / (2 \sin \alpha)$$

其中  $\Delta T$ ——滚刀的进刀深度（mm）；

$\Delta W$ ——齿向的垂直深度方向（mm）；

$\alpha$ ——压力角（°）。

根据公式可计算出对应的滚刀进刀深度也为0.1mm和0.2mm，因其压力角为30°，即滚刀的走刀轨迹和图1所示相同。

本次加工工艺方案如图2所示，某驱动轴滚花键采用两顶尖定位，端面驱动，从上往下滚。采用重庆机床YKS3132A数控滚齿机，数控系统是SINUMERIK840D，因此加工R125mm圆弧时滚刀需走逆时针，采用G03指令，其中R参数不能设定为“R=125”，而需要设定为“CR=+125”，否则数控系统会没有反应。而FANUC-0i数控系统则没有这样的要

求，直接用“G03……R125……”即可。

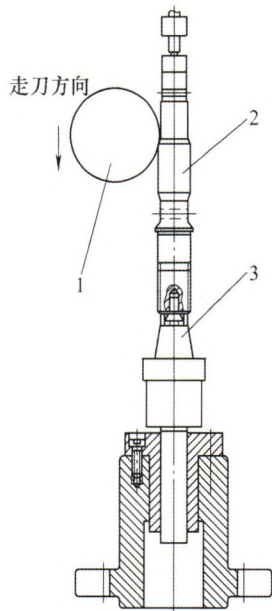


图2 加工工艺示意

1.滚刀 2.加工的零件 3.驱动顶尖

修正齿向

在发动机、泵车总成中，某些零件的花键不只传递转矩，还对总成传动的间隙分布和发动机的容积效率参数有很大的影响，特别是传动轴类产品。某传动轴滚花键参数见附表。

传动轴滚花键参数

|            | 花键（滚）            |
|------------|------------------|
| 模数/mm      | 1.5              |
| 齿数         | 20               |
| 压力角（°）     | 20               |
| 螺旋角        | 直                |
| 精度等级       | JISD2001—1959 a级 |
| 齿圈径向圆跳动/mm | 0.036            |
| 齿距累积误差/mm  | 0.032            |
| 齿形公差/mm    | 0.011            |
| 齿向公差/mm    | 0.011            |

其中对齿向的要求为0.011mm，为此采用重庆机床数控滚齿机YKS3132A，端面驱动顶尖定位驱动，上下顶尖均校在0.01mm内。结果滚出来产品的齿向0.015~0.022mm。超出了工艺要求，产品齿向倾斜，相当于是螺旋角很小的左旋齿轮。

小螺旋角的计算参考公式：

$$\tan \alpha = \Delta \beta / L$$

其中  $\alpha$ ——螺旋角（°）；

$\Delta \beta$ ——平均齿向倾斜误差（mm）；

$L$ ——齿向检测有效长度（mm）。

根据计算可知，小螺旋角为0.025°，左旋。因此根据实际螺旋角的大小与方向进行反向纠正，即花键按右旋产品加工，螺旋角0.025°。

图3为按普通方式调出产品的齿向检测结果，图4为按右旋小螺旋角进行反向纠正后零件的齿向检测结果。可以看到，按右旋小螺旋角进行反向纠正零件后，齿向由倾斜变为直线。需要说明的是：在使用反向纠正前要先检查好夹具顶尖、尾架顶尖的精度及滚刀刀杆的跳动等，当这些因素排除后且齿向呈现稳定的往一边倾斜，才能用此方法进行纠正。

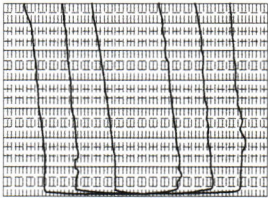


图 3

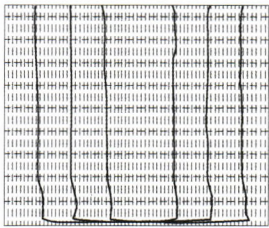


图 4

有对齿要求的齿轮加工

某些零件有双联齿或多联齿，或有内外齿。其中某部分齿相对于另一部分齿存在着某种关系。比如某种太阳轮，它的内花键的某个齿槽的中心线与运转齿的某个齿槽的中心线要求在同一条直线上，对称度要求0.05mm（见图5）。

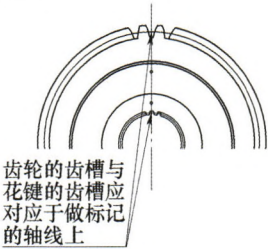


图 5

首先要设计一个以内花键定位的滚齿夹具，产品

安装到夹具上以后，内花键相对于夹具有一个位置要求。即内花键的某个齿槽的中心线与夹具定位平面的对称度在0.01mm之内。在加工产品前，先将夹具的平面校正在X轴方向0.01mm内，可保证内花键的某个齿槽A刚好通过机床的水平中心线，记下此时C轴的数值。以图5太阳轮为例，此时C轴坐标值为201.98mm，然后将滚刀靠近齿轮进行滚齿，此时滚的第一个齿槽即会与内花键齿槽A形成对中关系。滚完后，将滚出产品的进行对称度的检测。再根据滚出的结果对C轴的数值进行适当的修改，直到对称度达到合格的范围内。本方案调整后的C轴坐标值为202.19mm，具体调整方法是根据三角函数的关系，在这里不再赘述。

在编写程序时有三段程序值得关注：

- 1) SPF1 解除刀具与工件之间的同步关系。
- 2) M19 刀具归0。
- 3) G01G90C0f3600 工作台归0。

这三段程序要插在建直齿同步功能SPF2或建斜齿同步功能SPF3之前。

以C0为例，根据加工及检测状况可适时地调整，

如要偏5°，则调整程序为G01G90C5f3600，如要偏-5°，则调整程序为G01G90C355f3600。以此类推。

我公司是在南京二机床有限责任公司出厂的YS3132CNC上加工这种太阳轮的。根据调整的实际情况，编写的程序如下：

```
.....  
N20 R11=1 R12=42 R13=3  
N21 SPF1  
N22 M19  
N23 G01G90C202.19F3600  
N30 SPF2  
.....
```

## 结语

以上是在数控滚齿机上加工出有一定代表性的特殊要求的产品的加工方案。随着行业对零部件的要求越来越高，数控滚齿机的优越性会更加凸显。

关键词：

数控滚齿机 滚圆弧齿 对齿

(收稿日期20140615)

# 关注微信，杂志精彩早知道！

投稿、查稿更方便；有奖活动、有奖调查，有趣活动常参加。



微信号：mw1950pub

“金属加工”由创刊于1950年的《金属加工》杂志（包括冷加工和热加工两个半月刊，原名《机械工人》）和金属加工在线（mw1950.com）共同运营，汇聚新闻、技术、产品、市场等内容，纸媒、网媒、活动与服务四位一体，是该领域一流的信息服务平台和推广服务平台。

金属加工® 冷加工

金属加工® 热加工

MW1950.COM  
金属加工在线