

三轴数控铣加工大模数蜗轮

■ 河北宣化工程机械股份有限公司 （张家口 075100） 郭志达

摘要：蜗轮的加工一般在滚齿机上使用滚刀加工，或在铣床飞刀展成铣蜗轮。经查找资料，结合生产实际，通过画图计算、刀具改制、程序编制及装夹方式设计等，利用现有设备，开发了一种三轴数控铣加工大模数蜗轮的工艺。

我公司综合分厂大修部在维修一滚圆机时，需要加工一个大模数蜗轮（见图1），蜗轮最大直径为436.71mm，分度圆直径为396mm，总厚度为212mm（蜗轮部分厚度为92mm），模数 $m=12$ ，齿数 $z=33$ ，材料为HT200。如果在滚齿机上加工，要求外购12模数的滚刀，价格在5 000~6 000元，而且要制作工装心轴夹具。因为一件工件买把蜗轮滚刀、制作一套夹具不值；如果在铣床飞刀加工，没有合适的设备（现有设备的加工范围不够）。这个蜗轮在使用时，传动速度慢，对齿形的要求低，所以综合考虑各种情况后，笔者提议在BTM 4000数控铣床上用卧铣头加工。

1. 蜗轮结构

蜗轮如图1所示。经画图计算、刀具改制及使用、程序编制及装夹方式等方面综合考虑，除蜗轮齿形槽底部 $R80.88\text{mm}$ 尺寸略大于理论尺寸外（实际使用并不和蜗杆接触），从理论上、工艺性及实际使用等情况看，可以达到图样及使用要求。这种加工方

法既可以开发数控铣床的功能，又可以节约增效。

2. 画图计算

因为加工过程是数控铣床走螺旋线，所以需要进行大量的计算。用二维画图软件来直接作图，就可以把数据直观地计算出来（见图2、图3），大大节约了计算时间。为了更直观地体现出加工过程及蜗轮与蜗杆咬合时

是否过切，采用三维软件把蜗轮和蜗杆的实体也画了出来（见图4）。经过实体咬合验证，在保证蜗轮、蜗杆中心距的前提下，接触面积可以达到设计要求。

3. 刀具改制及使用

刀具设计使用直径36mm的键槽铣刀改制而成，形状及尺寸如图5所示。因为蜗轮的咬合像齿轮一样，需要齿形两侧为渐开

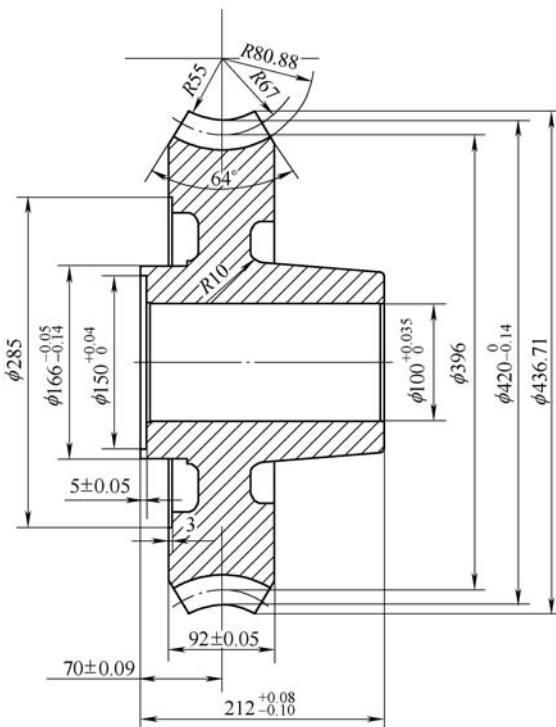


图1 蜗轮简图

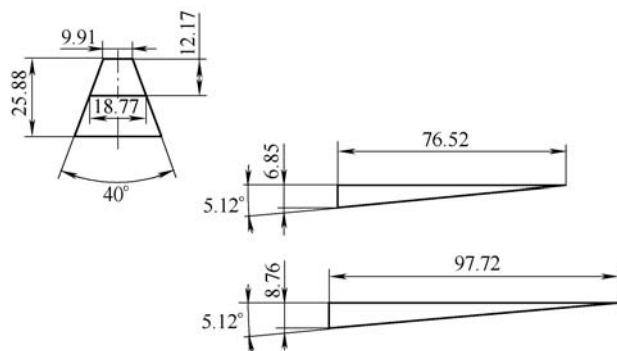


图 2

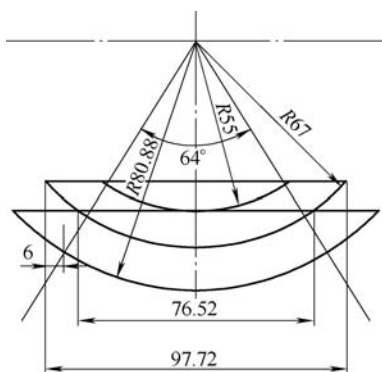


图 3

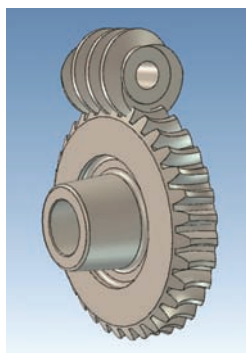


图 4

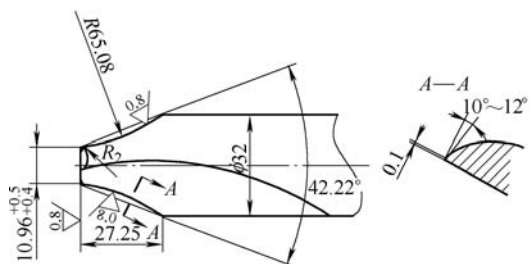


图 5

线式的曲线，经过计算相同模数、齿数齿轮的渐开线形状，确定蜗轮齿形两侧为R65.08mm的圆弧形，与渐开线最大误差为0.12mm，完全在合理误差范围内，确定了刀具设计图样。设计样板两块（见图6、图7），用来磨制刀具及检测蜗轮齿形形状。

4. 程序编制

因为铣刀走的路径为螺旋

线，是空间曲线，无法用普通程序编制，所以采用宏程序（发那科系统，见图8）编制，走刀路径要按蜗杆节径编制，就是按R67编制，并且使用仿真软件检查了程序的对错（见图9）。为了节约加工时间，编制了粗、精两套程序。BTM 4000仿形铣是西门子系统，所以又改写成西门子系统程序（见图10）。为了万无一

失（担心系统和仿真有区别），又把宏程序用软件转换成普通程序，用U盘备份好，也可以直接传输。

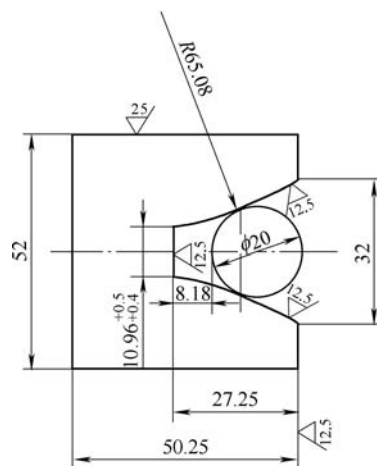


图 6

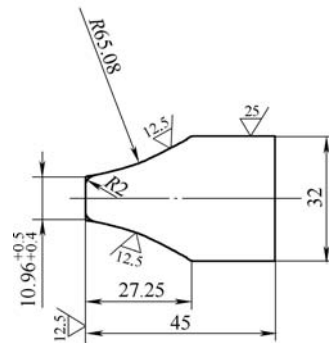


图 7

```
1 O8888
2 G90
3 M3S500
4 G00X0Y0Z0
5 #1=48.86
6 N1#2=-SQRT[67*67-#1*#1]
7 #3=-[TAN[8.76]]*#1
8 G01X#3Y#2Z#1F300
9 #1=#1-0.2
10 IF[#1GE-48.86]GOTO1
11 G00X0Y0Z0
12 M05
13 M30
```

图 8

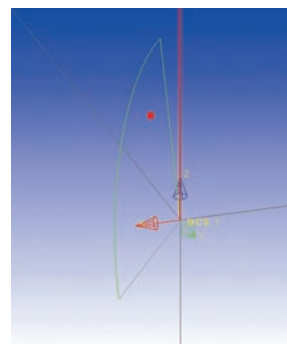


图 9

```
1 G321
2 N00 G90
3 N05 M3 S500
4 N10 G0 X0 Y0 Z0
5 N15 R1 = 38.26 R2 = 67 R3 = 6.85
6 N20 MA1:
7 N25 G1 Z=R1 X=(TAN(R3)) * R1 Y=-SQRT(R2 * R2 - R1 * R1) F300
8 N30 R1 = R1 - 0.2
9 N35 IF R1 > -38.26 GOTOB MA1
10 N40 G00 X0 Y0 Z0
11 N45 M05
12 N50 M30
```

图 10

5. 装卡方式

因为蜗轮的齿数为33个，普通圆盘无法分度准确，所以使用带分度盘的圆盘装卡（见图11）。现有圆盘直径只有315mm，所以在蜗轮的合适位置钻了4个工艺孔，中心用心轴定位，把蜗轮压装在了圆盘上。由于圆盘的锁紧机构不给力，蜗轮高度、直径较大等原因，在铣削时要用一个压板压住，减少振动，分度时松开。圆盘的分度为：圆盘摇把摇一圈是4°，圆盘转一圈是360°，360°/4等于90°（圆盘里的蜗轮、蜗杆传动比是1:90），分度板上有33°一圈的分度孔，所以90°/33°为 $2\frac{24}{33}$ ，就是摇把转2圈再转过24个孔。



图11 装卡图

6. 加工过程

由于程序是空间点组成的，所以在程序运行时发现不连贯现

象，于是在程序开头加上了G64（连续路径运行），程序运行不连贯现象消除，运行平稳。蜗轮的齿全高为25.88mm，无法直接铣成，所以要分开粗、精铣削，用直径20mm的合金球铣刀粗开，再用改制的直径32mm的键槽铣刀精加工。图12所示为正在粗加工的蜗轮，图13所示为正在精加工的蜗轮。



图12 粗加工蜗轮



图13 精加工蜗轮

在加工过程中还遇到很多小问题，比如铸铁的加工颗粒很小，很容易钻到摇把的间隙里，一定要做好防护，否则摇把会在分度时出现拔插费力现象，影响加工。

7. 结语

因为前期准备工作做得很充分，经过2个班的加工，蜗轮加工完毕。中心距测量：在没有把蜗轮从圆盘上卸下前，先测量蜗轮齿形中心到工作台的实际尺寸，然后把蜗杆的中心垫到与蜗轮的

中心等高，使蜗轮、蜗杆咬合，测量蜗轮内孔壁到蜗杆外圆的实际尺寸，可以计算出蜗轮、蜗杆的中心距，测量结果是264.7mm（图样要求中心距为265mm）；接触面积情况：在蜗轮的齿部用白粉笔涂抹均匀，用手使蜗杆缓慢转动，看接触情况，接触均匀；齿形情况：用事先准备好的样板检查；齿厚：用齿厚卡尺检查，在公差范围内。主要参数都符合图样要求。

通过试装、滚圆机整机试运行，一切正常，运动平稳，现已恢复生产，项修完毕。这次加工蜗轮的过程，积累了很多有意义的资料，对以后加工大模数蜗轮提供了新的加工方法和丰富的经验。MW

（收稿日期：20150127）

专家点评



文章介绍得很详细，也很具体，作者通过画图计算、刀具改制、程序编制及装夹方式设计等步骤，完成大模数蜗轮的铣削加工。这种加工方法既可以拓宽数控铣床的加工范围，又可以节约增效。