

深孔梯形内螺纹刀具设计及车削工艺改进

■ 河北太行机械工业有限公司（石家庄 050000） 靳小海

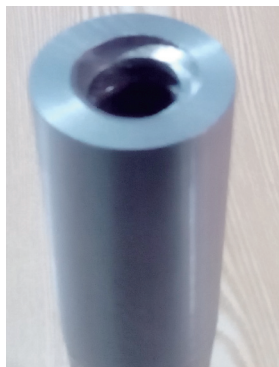
摘要：车床车削加工是中小批量梯形内螺纹加工的通用工艺方案。当加工螺距较大的梯形内螺纹时，普通刀杆由于刚性因素限制，通常只能加工悬伸比小于4倍径深度的螺纹。本文重点介绍一种刀具设计方法，通过最大限度地增加刀杆横截面积增强刀杆强度，同时配合数控宏程序，完成相当于普通刀具悬伸比达1:9的深孔螺纹加工。

1. 问题描述

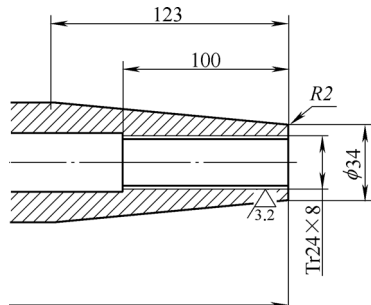
图1所示为某军品关键零件，其加工要素为Tr24×8梯形内螺纹，螺纹深度为90mm，螺纹小径为16.5mm，采用普通圆刀杆加工，刀具悬伸比超过1:9，大大超出钢质刀具1:4的悬伸比，加工难度极大。在前期工艺试制过程中，该螺纹加工成为工艺难题。经过对其进行工艺分析，发现应着重从增加刀具刚性和减小切削抗力两方面进行改进，创新

加工工艺。

增加刀具刚性最有效的办法是改变刀具材质，如硬质合金刀杆，但



(a)



(b)

图 1

从试验情况看，表面处理其粗糙度值可提升2个等级以上，其值可以较为容易的达到 $R_a=1.0\mu m$ ，可以超出磨削达到的表面粗糙度值。

(2) 豪克能加工改变原有零部件的尺寸，可以小幅改善原有车削工件的圆度值。

(3) 加工区域与未加工区域之间存在约 $28\mu m$ 的凸起，是豪克能加工冲击产生的塑性

变形而引起的材料的堆积，这种区域会导致应力集中。

(4) 豪克能能够消除机加工划痕，表面较为光整。

(5) 豪克能处理后表层晶格扭曲、畸变，晶粒产生剪切、滑移，晶粒拉长。

豪克能技术是一门全新的应用技术，要全面应用推广，还需进一步深入研究其表层的物理、力学性能变化。

参考文献：

- [1] 陆剑中，孙家宁. 金属切削原理与刀具[M]. 北京：机械工业出版社，2011.
- [2] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2003.
- [3] 冯冠大. 典型零件机械加工工艺[M]. 北京：机械工业出版社，1986.

MW（收稿日期：20170620）

由于加工该梯形螺纹的刀具属于非标刀具，定制周期长且费用高，不能保证生产进度。因此，从改进刀杆横截面形状的角度出发，设计出一种新型刀杆，通过增加刀杆横截面积，使刀杆刚性提升；同时，采取数控宏编程的方法，减小切削抗力，改善加工质量，提高加工效率。

2. 刀杆设计

刀杆横截面基本为圆形，加工通用性好，可加工范围大，但是刀具的刚性差。因此，设计专用刀具，需通过科学的方法，增加刀具的横截面积，进而增加强度，提高悬伸比。具体设计方法是：以螺纹小径为基准，保证刀具不与工件干涉，选取比螺纹小径小1mm的圆为设计的基圆，再对圆弧进行齿高偏置，使刀杆横截面由圆形变为类似椭圆形。例如，本例中螺纹小径为16.5mm，所以基圆为 $\phi 15.5\text{mm}$ ，根据螺纹齿高，将上半圆弧进行偏置，上、下两半圆弧相交后，形成近似椭圆的图形，就是最佳的刀具横截面。这样就可保证刀具在加工的两个极限位置不与工件干涉，有效提高刀具强度。如图2所示，与普通圆刀杆相比，面积增加近30%（图中小圆为普通刀杆横截面），增加了强度。此方法灵活高效，对刀具材质无苛刻要求，一般合金钢经过调质处理即可使用，取材方便；刀具的加工工艺好，刀具制作方便，利用车床偏心加工的方式即可完成制作，避免了高昂的非标刀具设计成本。刀具实物如图3所示。

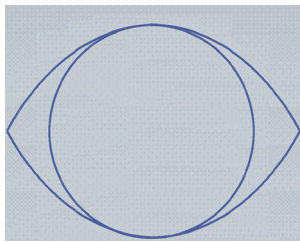


图 2

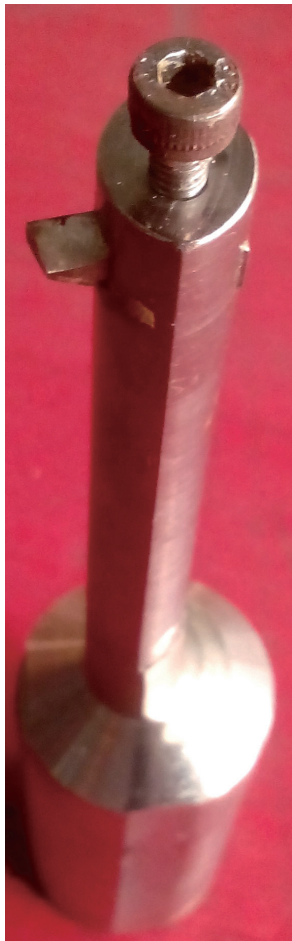


图 3

3. 数控宏程序

数控系统（FANUC系统）所提的螺纹切削指令，无论是直进方式的G92指令，还是斜进式的G76指令，均属于满吃刀加工，切削抗力较大，造成振动，加工表面质量差。针对这种情况，我们尝试采用宏程序嵌套编程的方式，进行分层逐点加工，降低切削抗力。实际加工中，使用G76

指令主轴负荷在10%以上，使用改进后的指令主轴负荷仅2%左右，切削抗力明显降低，顺利完成工件加工。加工程序如下：

```
T0101;
S400M3;
G0X16Z20;
M8;
#1=0; (螺纹深度)
WHILE[#1 LE 8] DO 1; (分层循环)
#3=20-TAN[15]*#1/2; (计算每层
螺纹相对起点)
G0 Z#3;
#2=0; (层宽计数)
#4=5.056-1.8-TAN[15]*#1; (当前
层进刀宽度，1.8是刀具宽度)
WHILE[#2 LE #4] DO 2; (层宽
循环)
G0 Z[#3-#2]; (层过程加工起刀
点)
G92 X[16.5+#1] Z-95 F8;
#2=#2+1; (层宽递进1mm)
END2;
G0 Z[#3-#4]; (层终点)
G92 X[16.5+#1] Z-95 F8;
#1=#1+0.1; (深度递进0.1mm)
END 1;
G0 Z100;
X200;
M30;
```

参考文献：

- [1] 武友德，李先跃. 车刀刃磨技术[M]. 北京：化学工业出版社，2004.
- [2] 杜军. 数控宏程序编程手册[M]. 北京：化学工业出版社，2014.

MW (收稿日期：20170702)