

大螺旋升角螺旋槽的数控车削

河北太行机械工业有限公司 （石家庄 050000） 李利敏

近期，我公司加工了一批零件，其外圆表面带有大螺距螺旋槽，且螺旋槽截面形状为带 R0.5 mm 圆弧角的直角三角形，加工难度较大。在接到试制图样并初步分析后，我们首先想到的是用四轴加工中心和成形铣刀铣削该大升角螺旋槽，这种工艺方案需要定制或自制带圆弧角的 90° 成形铣刀，再利用四轴机床的 A、X 两轴联动来加工大升角螺旋槽。由于试制进度较紧，考虑到生产效率和后期批量生产的因素，我们否定了原四轴铣加工方案，最终确定采用数控车床车削工艺来加工该槽以提高生产效率。

1. 零件分析

如图 1 所示，零件外圆为 $\phi 25\text{ mm}$ ，螺距 $P = 40\text{ mm}$ ，螺旋槽形状为 90° 三角形，圆弧角为 R0.5 mm。直观来看，零件具有两个特点：①螺旋升角大，普通的槽刀装夹方式车槽时，槽刀的轴向切削力很大，一般车削加工很难保证槽的尺寸精度和表面粗糙度。②螺旋槽形状特殊，不能使用通用槽刀进行直接加工，针对尖角处的 R0.5 mm 圆弧，需要专门制作成形刀具，以保证槽形精度要求。

针对零件的以上两个特点，我们制定了专门的车削工艺方案。

2. 工艺分析

（1）螺旋升角计算：我们取一个螺距长度的螺旋线展开图（见图 2），即可得到螺旋升角与工件直

径及螺距之间的相关计算公式。

由三角函数关系式

$$\tan\theta = P/\pi D$$

可以计算出螺旋升角

$$\theta = \arctan (P/\pi D)$$

式中， θ 为螺旋升角， P 为螺距， D 为直径，把 $P = 40\text{ mm}$ ， $D = 25\text{ mm}$ 代入上述关系式

$$\theta = \arctan (40/\pi \times 25)$$

得 $\theta = 27^\circ$

即零件的螺旋升角为 27° 。由于升角太大，若采用普通槽车削方式，刀尖右侧切削刃会与进给方向产生较大的切削抗力，这样容易出现刀具磨损严重、崩刃现象，而且加工尺寸精度和表面粗糙度很差。因此，车削该螺旋槽时必须选择正确的刀具及刀具装夹方式。

（2）刀具选择：车削螺旋槽的原理与车削螺纹的原理相似，为保证车削正确的螺旋槽形状，必须选择与螺旋槽形状相吻合的成形车刀。①车刀材料的选择：车削大升角螺旋槽时，车刀的材料合理与否，对其加工质量和生产效率有很大的影响。车削螺旋系列工件时通常采用的车刀材料有高速钢和硬质合金两类。其中，高速钢车刀具有韧性好、刀尖不易崩裂，车出的表面粗糙度值较小，但高速钢的耐热温度较低，适合低速车削；而硬质合金车刀韧性差，车削时经不起冲击，适合高速车削。加工大升角螺旋槽是一种低转速、高进给的车削（车刀做高速恒定运动），符合低速车削条件。因此，高速钢材料可作为车削大升角螺旋槽的车刀。②成形车刀几何角度的选择：车削螺旋槽的刀具几何角度如图 3 所示。为使切削顺利和提高表面质量，根据经验，径向前角 γ_p 一般取 $4^\circ \sim 6^\circ$ 。

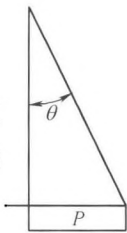


图 2

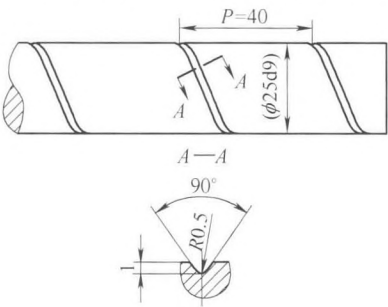


图 1

由于进给运动的影响，车削时车刀左侧切削刃的工作后角变小，右侧切削刃的工作后角变大。车刀两侧的切削抗力不均匀，容易造成车刀崩刃和切削精度降低。但是，由于螺旋升角太大（27°）和形状为90°的原因，车刀的左右两侧工作后角不易过大或过小，则可得 $\alpha_{or} = \alpha_{ol}$ 。工作后角一般取值3°~5°。

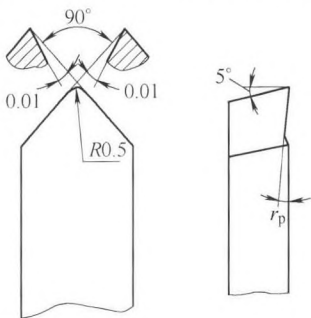


图 3

(3) 刀具装夹：装夹车刀时有轴向装夹和法向装夹两种方法。①车刀的轴向安装：当轴向安装车刀车削时，车刀刀尖的位置调整对准工件轴线，刀尖角对分线与工件轴线垂直，工件每旋转一周，车刀进给一个螺距。车削大升角螺旋槽时，左侧刀刃切削抗力远远大于右侧刀刃的切削抗力，造成了左侧刀刃磨损严重，而且加工出的螺旋槽面精度不够，形状不符合加工要求。因此，车削大升角螺旋槽时不适合采用轴向安装车刀。②车刀的法向安装：法向安装车刀时，车刀刀尖的位置调整对准工件轴线，刀尖角对分线与螺旋槽的中心线垂直，如图4所示。

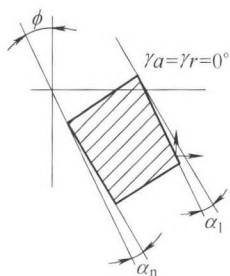


图 4

法向安装成形车刀可以使得两侧刃的工作前 $\gamma_a = \gamma_r$ ，同时两侧刃的工作后角 $\alpha_a = \alpha_r$ ，切削条件一致。车螺旋槽时两侧刃产生的抗力比较均匀，车削顺利。 ϕ 为螺旋升角。

经过对比，我们拟采用法向安装成形车刀进行该大升角螺旋槽的加工。

3. 工艺实施及验证

(1) 自制成形刀头：试制期间，我们选用白钢条（即高速钢）来做刀头部分，利用线切割机床把刀头部分切成与螺旋槽相吻合一致的形状，然后手工磨出刀尖的前角、后角及其他刀面的刃角。

(2) 刀杆的改制：根据计算得知加工零件的螺旋升角为27°，专用车刀刀杆在普通的车刀刀杆基础

上把装刀头部位的上下平面改成与水平面的角度为一个螺旋升角，即27°。

(3) 刀头与刀杆的组装：如图5所示，刀头与刀杆的相对位置在车削螺旋槽时必须使得刀尖的角对分线与螺旋中心线一致。刀头与刀杆用螺钉紧固，这样便于更换刀头部分。

(4) 螺旋槽的车削试制：我们在加工螺旋槽时，经过粗加工→半精加工→精加工三次车削完成该槽的加工。粗加工时分多层车削，这样可以避免引起工件振动和崩刃，造成加工面的表面粗糙度较差、精度

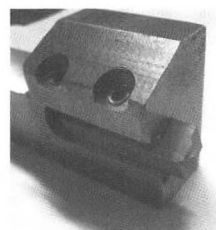


图 5

不高，有时因吃刀量大引起产品变形等问题。加工时可以用小于槽宽的切槽刀去除大量，然后再用成形车刀半精加工、精加工完成，这样既能保证螺旋槽的精度和表面粗糙度，又限制了轴在加工过程中的变形。

4. 结语

数控车削技术不仅解决了螺旋升角大的难题，同时解决了螺旋系列产品批量大、加工精度高等特点难题。通过举一反三，我们还可以把车削90°三角形带圆弧螺旋槽的方法推广应用到各种角度大升角螺旋槽的加工中，比如梯形、三角形等。并且还可根据相关资料，设计制造出角度可调的旋转调节刀杆（见图6）。在使用中刀头刀杆可相对刀杆体转动一螺旋升角，然后用紧固螺钉锁紧。这种刀杆调节方便，而且刀杆有弹性，能消除振动，提高工件的加工精度和降低表面粗糙度值，还可延长刀具寿命。适合加工各种螺旋升角的刀具装夹。

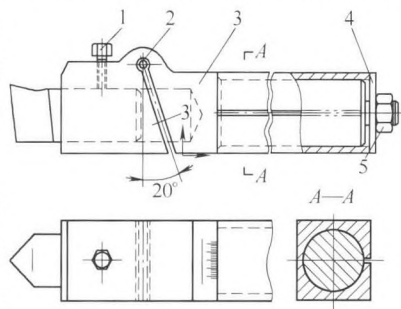


图 6

目前，大升角螺旋槽数控车削加工方法在实践中已成功应用，并进行了大批量的生产。生产效率大幅提高，经济效益明显。MW

（收稿日期：20140204）