

# 影响细长轴加工精度的因素和加工方法

大连重工集团有限公司 杨鑫\* 杨瑞荣 张勤勤

**摘要** 分析了影响细长轴加工精度的各种因素,并阐述了具体的加工方法,可为机床加工细长轴的生产、工艺提供借鉴和参考。

**关键词** 细长轴 加工精度 加工方法

## Factors and Machining Method Affecting Machining Accuracy of Long & Thin Shaft

Dalian Heavy Industry Group Co.

Yang Xing Yang Ruirong Zhong Qinqin

**Abstract** This paper analyses every kind of factors which will affect the machining accuracy of long & thin shaft, and also provides detailed machining operation which can be taken as reference for the manufacturing process of long & thin shaft.

**Key Words** Long & thin shaft Machining accuracy Machining method

轴是机器上的重要零件之一,用来支承机器中的传动零件(齿轮、皮带轮),使传动零件有确定的工作位置,并且传递运动和转矩。一般情况下,轴的材料多用碳素钢,因其性能稳定价格低廉,对应力集中敏感性较小。如35#、45#钢,经正火调质处理,可作为较好的轴用材料;而对受力较小或不重要的轴也可以用一般的碳素钢,如Q235、Q275、Q255;对于传递大扭矩和对轴颈耐磨性要求高的轴,选用合金结构钢如40Cr、40CrNi等。轴的装配结构要求既要有合理的轴向定位,又要有可靠的径向固定,所以,轴通常设计成阶梯形、光滑的实心或空心轴形,而当直径与长度比大于25时,就形成了细长轴。由于细长

轴的刚度( $j=P_y/Y$ )问题,常常给加工增加了难度。为保证加工后尺寸形状、位置、表面粗糙度要求,从影响这些精度的理论基础入手,适当采取具体的工艺措施就能满足设计要求。

### 1 影响加工精度的因素分析

#### 1.1 原理误差

由于制造上的困难,采用精车宽刃光刀(材质为高速钢或钨钴类硬质合金)并不是理想的直线,所以轴精加工后,必然存在母线直线度误差。

#### 1.2 机床误差的影响

##### 1.2.1 导轨水平面不直度的影响

\* 杨鑫,工程师,大连重工集团有限公司质量管理处,辽宁省大连市,116022

在纵向走刀加工时,刀尖对工件轴线不能保持平行必然出现直线度误差。

a. 向后凸,加工后工件为马鞍形,见图 1(a)。

b. 向前凸,加工后的工件为腰鼓形,见图 1(b)。

c. 不规则的前凸或后凸,视其大小可能出现锥形或曲线形,见图 1(c)、(d)。

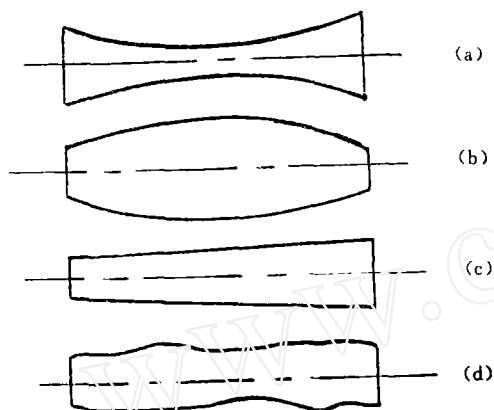


图 1 受机床误差影响的加工件

1.2.2 主轴轴颈为动压轴承,润滑主轴时不圆,将把不圆度误差复制给工件。这是因为主轴轴颈在轴承内旋转,车削时主轴受力方向基本不变,轴颈被压下,靠在轴套表面的一侧,当轴旋转在不同位置时又和轴瓦(没膜忽略)接触,轴圆度误差复制给工件产生径向跳动误差(见图 2)。

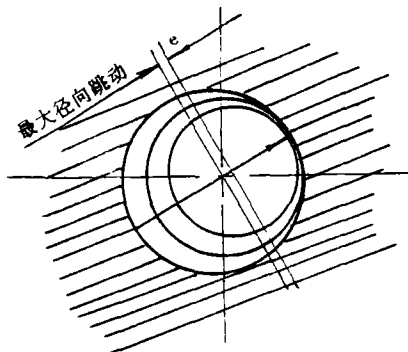


图 2 轴的最大径向跳动误差

### 1.3 机床调整误差

1.3.1 大拖板同导轨把合松紧程度不合适,工作时大拖板前后有倾翻趋势;中拖板塞铁松紧调整程度不合适,加工中出现振动、挖刀和崩纹;同时不利于切削用量、走刀量和切削速度的提高。

1.3.2 跟刀架的正确使用。跟刀架固定在大拖板上,两支卡爪跟在工件的后面,在加工时车刀给工件的  $P_a$  力 ( $P_x, P_y$  的合力)使卡爪紧贴工件(见图 3)。卡爪同工件的初压力不可调得过大,过大产生竹节,因刚开始车削加工时,工件被尾座顶尖顶住很难变形,但车过一段时间后,卡爪压向工件,其反作用力,又压向车刀,吃刀深度加大,车出直径减小。卡爪跟到已车小的外圆时,工件表面同卡爪分离,这时车刀在径向力作用下工件向外让开,吃刀深度减小,车出的工件直径增大。以后卡爪再跟到直径大的外圆上,又把工件压向车刀,这样有规律的变化就会把工件车成“竹节”形。

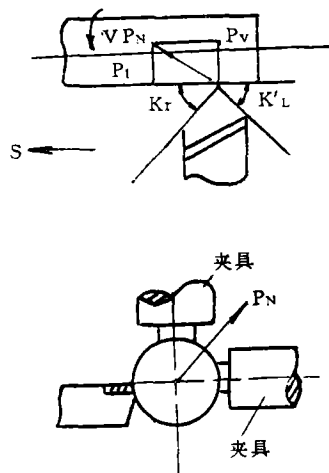


图 3 车刀对工件产生的作用力

### 1.4 切削力的影响

在切削力(主要是径向力)的作用下,工件产生挠度变形,改变了工件相对位置,车出的工件几何形状发生变化。

### 1.5 切削热使工件变形产生的误差

被加工工件在刀具推挤的作用下,产生弹性、塑性变形而且前刀面同切屑磨擦产生切削热,使工件升温,产生轴向弯曲变形。

### 1.6 内应力引起变形

毛坯存在内应力,如冷校直后未经退火;毛坯余量分配不均匀,几何形状又不规则,粗加工后未经退火或粗精加工未分开;加工时表层冷塑性变化引起冷作硬化,使表面层产生残余应力等,这样车轴加工以后其内部微观或宏观发生不均匀的体积变化,内部组织有强烈倾向恢复到稳定状态,直到内应力消失为止,必然产生变形。

## 2 具体加工方法及注意事项

### 2.1 加工前机床作必要的调整

2.1.1 首先检查大拖板同机床导轨配合松紧程度适当;中拖板滑动部分调整的松紧程度适当,手摇觉得不紧不松。

2.1.2 尾座套筒的伸出长度,应以保证刀架使用时在退刀不相碰的前提下,力求伸出的

长度短,使之刚性好。

### 2.2 工件装夹方法

(1)为保证工件设计同工艺定位基准重合,多用两顶尖支承工件的方法,如图4所示。

(2)若轴颈较粗,不能用两顶尖夹顶工件,可一端用卡盘夹,另一端用顶尖顶的办法,尾座可用径跳0.03mm的活顶尖,也可用死顶尖(用二硫化钼润滑最好。)加工中为减少切削热影响,使轴自然伸长方便,卡盘下加圆辊,并前后找正。上述两种类型的装夹方法都要注意顶尖孔的形状和表面粗糙度。

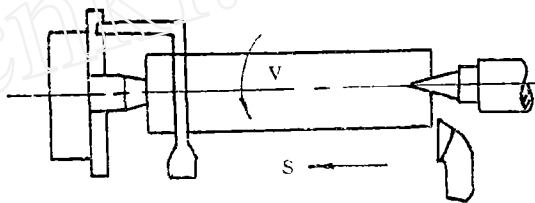


图4 两顶尖支承工件

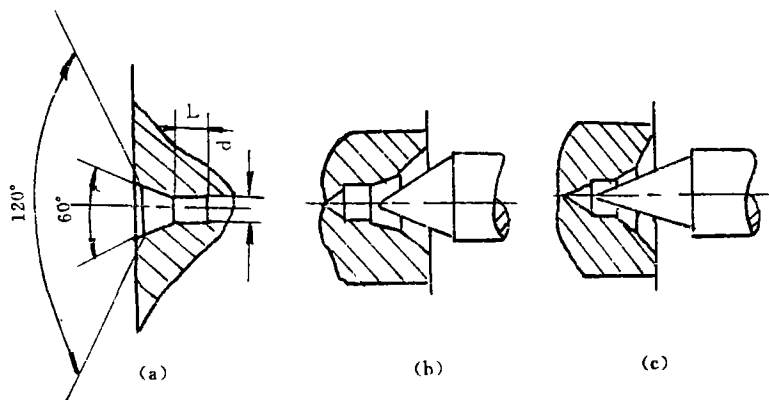


图5 顶尖孔的类型

### 2.3 顶尖孔的类型

2.3.1 对于多工序的轴用B型顶尖孔,见图5(a)(对于重型机床顶尖有75°和90°两种,即60°改为75°或90°)。

2.3.2 “d”钻过深,“L”过大,60°锥面和顶尖锥面不接触,见图5(b)。

2.3.3 “d”钻过浅,“L”过小,顶尖和中心孔相碰,锥面不接触,见图5(c)。

2.3.4 中心孔钻偏, 顶尖与锥孔接触不良。

2.3.5 锥孔不圆将直接影响被加工圆柱面的圆度误差, 同时也必须注意表面粗糙度不低于 Ra3.2。

## 2.4 加工方法

2.4.1 走刀方向要从床头向床尾进行, 这样做的目的是轴向分力  $P_x$  对工件产生的拉力和加工中产生切削热使工件伸长, 达到随时调整顶尖与轴的轴向位置和松紧程度。实践证明, 通常三个手指稍加制动力矩, 即能将活动顶尖止动, 顶尖板的松紧程度是最佳状态。走刀方向若从床尾向床头进行, 相当在一个柱子上施加一个偏置压力, 产生弯曲变形, 再以一定速度旋转, 由于向心力的作用, 便加剧了轴弯曲变形, 产生振动。

2.4.2 在加工中尽量不在工件的中间上刀, 避免因径向力的作用使工件产生弯曲变形。

## 2.5 跟刀架的使用

先在工件靠床头的一侧车出 50~80mm 一段长, 装上跟刀架, 见图 6, 其卡爪支承位置在离刀尖 2~3mm, 松紧程度要适中, 避免产生“竹节”。精车时卡爪支承位置在刀尖前 2~3mm, 并在开车时对刀, 见图 7。

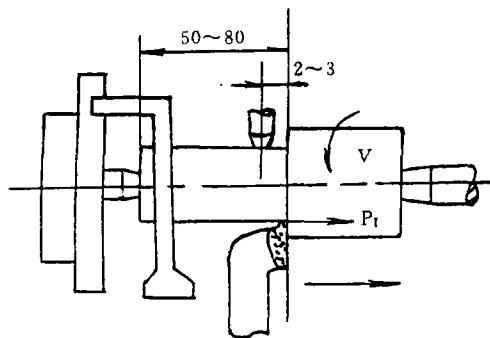


图6 跟刀架示意图

## 2.6 切削用量的选择

在尽量用大的走刀量的前提下, 尽可能地提高切削速度和吃刀深度, 这是因为大的

走刀量, 相当于车削细牙螺纹, 走刀方向一侧的后角减小一个螺旋升角, 前角增大一个螺旋升角。小的后角减小崩刀, 大的前角减小切削力并对切削变形有利。

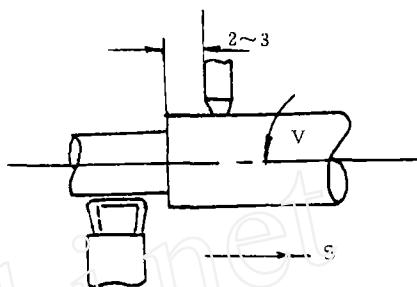


图7 精车时卡爪的位置

## 2.7 刀具的几个主要角度

2.7.1 主偏角  $K_r = 75^\circ \sim 90^\circ$  (见图8), 大的主偏角, 径向力  $P_y$  小, 工件不易顶弯, 轴向力  $P_x$  较大使工件受拉伸, 可减轻径向振动, 副偏角  $K'_r$  取  $3^\circ \sim 5^\circ$ , 过小易引起振动, 刀尖半径  $R < 0.3\text{mm}$ , 过大易崩刀, 过小刀易磨损。

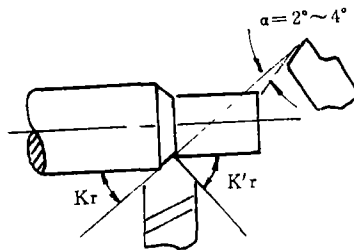


图8 刀具的后角

2.7.2 小的后角  $\alpha = 2^\circ \sim 4^\circ$  (见图8), 车削细长轴一般采用大的走刀量, 它又是强力切削, 切削热较高, 为增加刀具的耐用度, 所以选用小的后角。同时, 还减轻工件的上下跳动。如果加工中出现崩刀, 也可以把刀尖装的位置略高于工件的回转中心, 使后角减小或后角

(下转第50页)

度.对不同的时间段内逾期帐款采取不同的对策。它可以使财务部门了解每一笔拖欠应收帐款的逾期情况,便于及时催收;具体分析企业的应收帐款回收情况,便于采取对策;按应收帐款帐龄的长短不同分别制定不同比率计提坏帐准备金,加速企业的资金周转。

应收账款跟踪管理是从应收账款产生之日起,与客户建立经常性的联系,监督其支付情况,直到账款全部收回。采用应收款跟踪管理方法能及时发现双方可能在日后付款问题

上产生的纠纷,并尽快解决,以保证客户正常付款,维护与客户良好的合作关系。

总之,只要企业领导重视,逐步建立科学、规范的内部风险控制制度,就能使经营风险控制能力和产品销售能力有所提高,在未来激烈的市场竞争中立于不败之地。

(收稿日期:2000-4-11)

编辑 董新民

(上接第43页)

取 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ (见图9)。

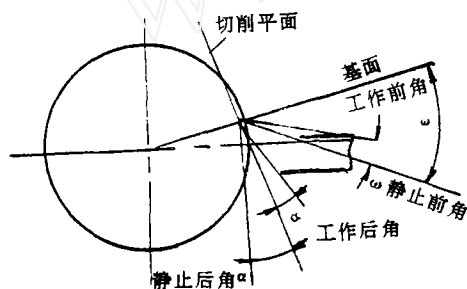


图9 出现崩刀时的后角选择

2.7.3 采用正刀倾角 $\lambda=0^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ,切削排向待加工面,同时刀具易切入工件,减小切削力,防止崩刀。

2.7.4 断屑槽的形式选择。断屑槽磨成内斜式,前窄后宽,加工时形成螺旋形切屑,切削力稳定,排屑方便,这种断屑槽采用的是大走刀量,较小的吃刀深度,切屑卷成一定的长度,靠自重断开。

2.7.5 前角 $\gamma$ 的选择。 $\gamma=15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ,大的前角加工时切屑变形小,切屑力小。刀具角度适当,切削用量吃刀深度“p”,走刀量“f”,切削速度“v”选择的合理,切屑是银白色的。

### 2.8 冷却液的选择

为了保证刀具的耐用性和轴加工后的表面粗糙度,采用植物油豆油最好,粗加工、半精加工可选用一般冷却润滑液冷却。

## 3 结论

车削细长轴只要做到机床的正确调整;合理的装夹方法和加工方法;正确地选择刀具几何角度以及切削用量;恰当的冷却润滑,同时根据轴的材质和长度不同,在粗加工后安排一次退火处理,对防止变形,起着不可忽视的作用。充分注意到上述问题,加工后细长轴的精度就能良好。

(收稿日期:2000-04-08)

编辑 王丽娟