

机械加工
工艺手册

第2卷

机械工业出版社

第16章 螺 纹 加 工

主 编 郭德让 (第二汽车制造厂)
编 写 黄承修 (第二汽车制造厂)
郭德让
孟伯成 (第二汽车制造厂)
田永金 (第二汽车制造厂)

主 审 曾庆福 (天津大学)

参 审 丁学性 (汉江机床厂)

责任编辑 熊万武

第1节 车 螺 纹

1 车螺纹的进刀方式和螺纹车削方法

1.1 车螺纹的特点

1) 车螺纹是加工螺纹最常用的基本方法。螺纹车刀结构简单, 制造容易, 通用性强, 可在各类车床上车削螺纹。

2) 车螺纹的加工范围十分广泛, 特别适于车大直径、大螺距的螺纹。

3) 不仅可车削外螺纹, 也可车削内螺纹。既可车削三角形螺纹, 又可车削梯形、方牙、锯齿

形、平面等螺纹。

4) 车削的螺纹精度可达GB197—81规定的4~6级精度、螺纹表面粗糙度可达 $Ra0.8\sim3.2\mu\text{m}$ 。

5) 用高速钢螺纹车刀只能车削低于HRC35的材料, 高性能硬质合金螺纹车刀可在硬度高达HRC63~66的材料上车削螺纹。

6) 车螺纹的效率较低, 主要用于单件、小批生产中。若用硬质合金车刀在专用车床上高速车螺纹, 生产率很高, 可用于大批生产。

1.2 车螺纹的进刀方式及其特点与应用(表16·1-1)

表16·1-1 车螺纹的进刀方式及其特点与应用

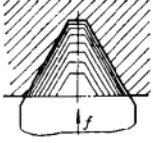
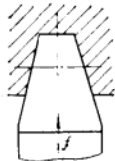
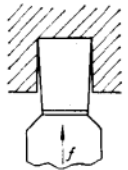
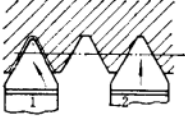
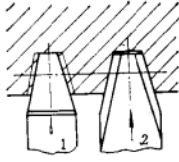
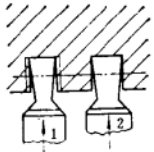
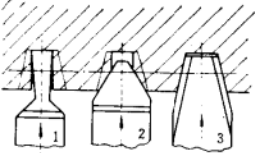
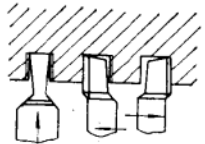
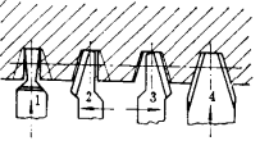
进刀方式	图 形	特 点	应 用
径 向 进 刀		<ol style="list-style-type: none"> 1. 所有刀刃同时工作, 排屑困难, 切削力大, 易扎刀 2. 切削用量低 3. 刀尖易磨损 4. 操作简单 5. 牙形精度较高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高速切削$P < 3\text{mm}$的三角形螺纹 2. $P \geq 3\text{mm}$三角形螺纹的精车 3. $P < 16\text{mm}$梯形、方牙、平面、锯齿形螺纹的粗、精车 4. 脆性材料的螺纹 5. 硬质合金车刀高速切削螺纹
斜 向 进 刀		<ol style="list-style-type: none"> 1. 单刃切削, 排屑顺利, 切削力小, 不易扎刀 2. 牙形精度差, 螺纹表面粗糙度粗 3. 非工作刃磨损大 4. 切削用量较高 	用于 $P \geq 3\text{mm}$ 螺纹与塑性材料螺纹的粗车
轴 向 进 刀		<ol style="list-style-type: none"> 1. 单刃切削, 排屑顺利, 切削力小, 不易扎刀 2. 切削用量较高 3. 螺纹表面粗糙度较细 	<ol style="list-style-type: none"> 1. $P \geq 3\text{mm}$三角形螺纹精车 2. $P \geq 16\text{mm}$梯形、方牙、锯齿螺纹粗精车 3. 刚性较差的螺纹粗、精车

1.3 螺纹车削方法

根据螺纹的类别、尺寸规格、精度与表面粗糙度、材料的切削性能、零件刚性、刀具材料等, 选

用一种或几种进刀方式组合, 并结合刀具廓形的改变, 组成不同的车削方法, 从而得到符合要求的螺纹, 同时又可保证较高的生产率。常见的螺纹车削方法见表16·1-2。

表16-1-2 螺纹车削方法

三角形螺纹		梯形螺纹		方牙螺纹	
P (mm)	车削方法	P (mm)	车削方法	P (mm)	车削方法
$P < 3$	<p>用一把硬质合金车刀, 径向进刀车出螺纹</p> 	$P \leq 3$	<p>用一把车刀, 径向进刀粗、精车成</p> 	$P \leq 4$	<p>用一把车刀, 径向进刀车成。精密螺纹用两把刀, 径向进刀, 粗、精车成</p> 
$P > 3$	<p>首先用粗车刀斜向进刀粗车, 后用精车刀径向进刀精车。若为精密螺纹, 精车时应用轴向进刀分别精车牙形两侧</p> 	$P \leq 8$	<p>首先用比牙型角小2°的粗车刀径向进刀车至底径, 而后用精车刀径向进刀精车</p> 	$P \leq 12$	<p>分别用粗、精车刀径向进刀粗、精车</p> 
		$P < 10$	<p>首先用切槽车刀径向进刀车至底径, 再用刃形角$55^\circ \sim 60^\circ$的粗车刀径向进刀粗车, 最后用开有卷屑槽的精车刀径向进刀精车</p> 	$P > 12$	<p>先用切刀径向进刀车至底径, 后用左、右精车偏刀分别精车牙形两侧(轴向进刀)</p> 
		$P \geq 16$	<p>先用切刀径向进刀粗车至底径, 再用左、右偏刀轴向进刀粗车两侧, 最后用精车刀径向进刀(或轴向进刀)精车</p> 		

2 专用螺纹车床

2.1 专用螺纹车床的类型与技术参数

丝杠车床的技术参数见表16·1-3, 内螺纹 车床的技术参数见表16·1-4。

表16·1-3 丝杠车床的技术参数

技术参数名称	技 术 参 数						
	SG865	SG8615	SG85110	SG8630	SM8650	SM8680	
中心高(mm)	180	180	250	230	230	230	
工件最大长度(m)	0.5	1.5	0.3	3.0	5.0	8.0	
加工螺纹规格	最大直径(mm)	150	85	110	100	100	100
	最大长度(mm)	400	1250	300	2800	4800	7800
	米制螺纹螺距(mm)	0.45~8 20种	3~12	1~12 10种	3、4、5、6、 8、10、12	3、4、5、6、 8、10、12	3、4、5、6、 8、10、12
	英制螺距(牙/in)	16~4	2、4	8~2	2、4	2、4	2、4
主轴转速(r/min) 无级调速	6~125 (正、反)	4~30 (正、反)	125~250	4~10	4~10	4~10	
加工螺纹可达精度	6	6	6	6	7	7	
功率(kW)	主电动机	1.5	2.2	2.2	3	3	3
	总容量	1.625	2.325	2.75	3.14	3.14	3.14
重量(t)	净重	1.6	3.3	3.3	4.4	5.6	8.8
	毛重	1.9	3.9	3.9	5.4	7.0	11.3
外形尺寸 长×宽×高(mm)	1930×1250× 1380	3000×1290× 1285	3200×1290×1360	4540×880× 1300	6650×800× 1300	9800×800× 1300	
生产厂	青海第二机床厂			沈阳第一机床厂			

表16·1-4 内螺纹车床技术参数

技术参数名称	技术参数			技术参数名称	技术参数		
	QH ₂ -020	QH ₂ -020/1	QH ₂ -020/2		QH ₂ -020	QH ₂ -020/1	QH ₂ -020/2
中心高(mm)	250	250	250	加工螺纹精度	6级		
工件最大长度 (mm)	150			表面粗糙度	R _a 1.6μm		
螺纹规格	长度 (mm)	150		电动机总容量 (kW)	6.3		
	外径 (mm)	250		净重 (t)	3.0		
	普通螺纹螺距(mm)	0.4~12		外形尺寸 长×宽×高 (mm)	1980×1453×1345		
	英制螺距 (牙/in)	32~3		生产厂	青海第二机床厂		
主轴转速 (r/min)	正	11~750, 12级					
	反	16~1080, 12级					

(续)

2.2 螺纹车床的交换齿轮调整

在普通螺纹车床上车标准螺距的螺纹时，不需要进行交换齿轮的计算、调整，只有车削非标准螺距时或精密螺纹时，才进行交换齿轮的计算、调整。由于各种螺纹车床的传动链各异，交换齿轮的计算公式也不同，一般的计算公式为：

$$z_1 z_2 / z_3 z_4 = P_w / k P_s$$

式中 z_1, z_3 ——主动齿轮的齿数

z_2, z_4 ——被动齿轮的齿数

P_w, P_s ——分别为工件螺纹、机床丝杠的螺距 mm

k ——由螺纹车床传动链决定的常数

普通车床直连丝杠时的交换齿轮公式见表 16·1-5。

表 16·1-5 普通车床直连丝杠交换齿轮公式

车床型号	C615、C616 C616A	C618	C620-1、C620-3 CM6140
交换齿轮公式	$\frac{z_1 z_2}{z_3 z_4} = \frac{P_w}{3}$	$\frac{z_1 z_2}{z_3 z_4} = \frac{P_w}{6}$	$\frac{z_1 z_2}{z_3 z_4} = \frac{P_w}{12}$

车削加大螺距的螺纹时，应根据机床传动系统图推导出有关公式。对于模数、径节、英制螺纹应按表 16·1-6 的式子换成毫米，方可代入表 16·1-5 的公式计算交换齿轮。

表 16·1-6 单位换算表

螺 纹	模数螺纹	径节螺纹	英制螺纹
螺距 (mm)	$m\pi$	$25.4/P'$	$25.4/n$

注：m—模数 mm；n—每英寸牙数；P'—径节数。

3 螺纹车刀

3.1 螺纹车刀的结构特点和应用

螺纹车刀的类型繁多，结构各异。各类螺纹车刀的特点和应用见表 16·1-7。

表 16·1-7 螺纹车刀的特点和应用

刀具材料	结 构 特 点	应 用
高 速 钢	单 齿	结构简单，制造容易，刃磨方便。用于单件小批生产中车削 4~6 级的内、外螺纹
	条 形 螺 纹 车 刀	

刀具材料	结 构 特 点	应 用
高 速 钢	多 齿	用于大批生产中车削 6 级精度的单头、多头外螺纹
	条 形 螺 纹 车 刀	
	单 齿	刃磨简单，重磨次数较多。用于成批生产中车削 4~6 级精度的外螺纹
	螺 纹 车 刀	
圆 钢	多 齿	刃磨简单，重磨次数较多。用于成批生产中车削 6 级精度的外螺纹
	单 齿	刃磨简单，重磨次数比梯形车刀还要多。用于大批生产中车削 6 级精度的内、外螺纹
	螺 纹 车 刀	
	多 齿	刃磨简单，重磨次数比梯形车刀还要多。用于大批生产中车削 6 级精度的内、外螺纹
硬 质 合 金	条 形 螺 纹 车 刀	制造简单，刃磨方便。用于高速切削和强力车削普通螺纹、梯形螺纹
	夹 固 式 螺 纹 车 刀	刀片未经加热焊接，寿命长，刀杆可多次使用，可重磨，但不能换位。用于高速车削螺纹
	可 转 位 螺 纹 车 刀	刀具制造复杂，但刀具寿命长，换刃方便，不需对刀，生产率高。用于大批生产中高速车削普通螺纹

3.2 螺纹车刀几何参数

3.2.1 条形螺纹车刀的几何参数 (图16.1-1、表16.1-8、表16.1-9)

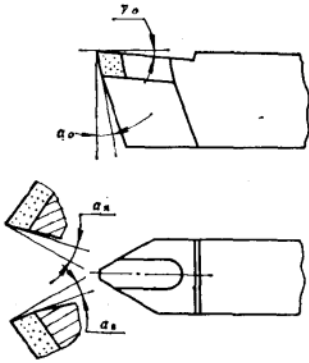


图16.1-1 螺纹车刀的几何参数

表16.1-8 螺纹车刀的径向前角 \$\gamma_o\$。

螺纹精车刀	螺 纹 粗 车 刀		
	车一般结构钢	车有色金属、软钢	车硬材料、高强度材料
\$0^\circ \sim 5^\circ\$	\$10^\circ \sim 15^\circ\$	\$15^\circ \sim 25^\circ\$	\$-5^\circ \sim -10^\circ\$

注：硬质合金螺纹车刀刃口上应有 \$0.3 \sim 0.5 \text{ mm}\$ 宽、\$-3^\circ \sim -5^\circ\$ 的圆棱。

表16.1-9 螺纹车刀的后角 \$\alpha_s\$、\$\alpha_a\$。

螺纹车刀材料	顶刃后角 \$\alpha_s\$	侧刃后角 \$\alpha_a\$
高速钢	\$4^\circ \sim 6^\circ\$	\$3^\circ \sim 5^\circ\$
硬质合金	\$3^\circ \sim 5^\circ\$	\$2^\circ \sim 4^\circ\$

注：1. 轴向安装的车刀在车削右螺纹时，\$\alpha_s\$ 应比表中推荐值加大一个螺纹升角。

2. 车削内螺纹的车刀 \$\alpha_s\$ 与 \$\alpha_a\$ 加大 \$2^\circ\$。

3.2.2 棱体、圆体螺纹车刀的几何参数

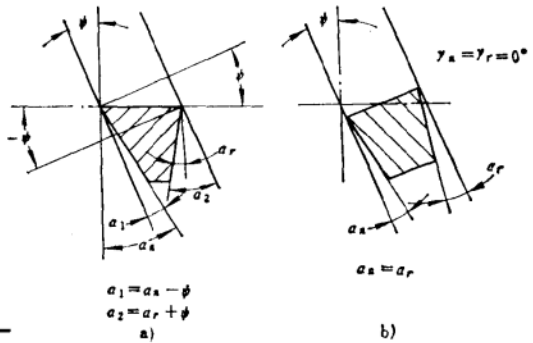
前角按表16.1-8选用。安装后角一般取 \$10^\circ \sim 12^\circ\$。

当被加工螺纹的螺纹升角大于 \$30'\$ 时，多齿圆体螺纹车刀做成和工件螺纹方向相反的螺旋齿。多齿棱体螺纹车刀则应做成和工件螺纹方向相适应的斜齿。

3.3 螺纹车刀的安装

3.3.1 螺纹车刀的安装方法

1) 螺纹车刀有法向安装与轴向安装(图16.1-2)，法向安装螺纹车刀可使两侧刀的工作前、后角相等，切削条件一致，切削顺利。但是，会使牙形产生误差。轴向安装时，车刀两侧刀的工作前、后角不等，一侧刀的工作前角变小，后角增大，而另一侧刀则相反。



$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_a - \phi \\ \alpha_2 &= \alpha_r + \phi \end{aligned}$$

a)

b) $\alpha_a = \alpha_r$

图16.1-2 螺纹车刀的法向与轴向安装

a) 轴向安装 b) 法向安装

法向安装主要用于粗车螺纹升角大于 \$3^\circ\$ 的螺纹以及车削法向直廓的蜗杆。

轴向安装用于各种螺纹的精车、多齿螺纹车刀以及切削轴向齿廓为直线的蜗杆。

用图16.1-3所示的工具可以实现法向安装。图16.1-3 a 所示的工具适用范围广，特别适用于车削各类蜗杆与梯形螺纹。

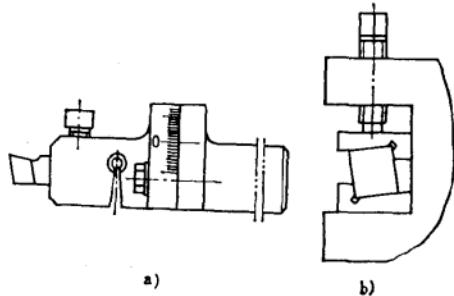


图16.1-3 安装车刀的工具

2) 车刀刀尖安装高度应与工件轴线等高。为防止硬质合金车刀高速切削时扎刀，刀尖允许高于

螺纹轴线百分之一螺纹大径；而低速切削的高速钢螺纹车刀的刀尖则允许稍低于工件轴线。

3) 车刀刃形角的平分角线要垂直螺纹轴线，可用图16·1-4的方法保证。图a的对刀精度低，用于一般螺纹切削；图b的对刀精度较高，图c用指示表找正刃形角的刃磨基面，对刀精度最高，用于车削精密螺纹。

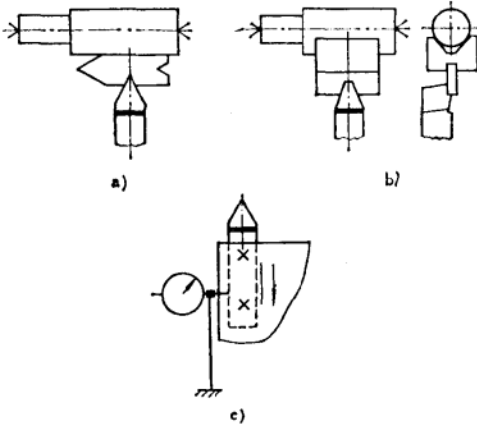


图16-1-4 保证刃形角平分线垂直轴线

4) 条形车刀伸出刀座的长度不超过1.5倍刀杆截面高度。

3.3.2 球头车刀的安装

这种车刀安装于专门刀夹上(图16·1-5)，车刀的后角由刀夹槽的倾斜形成，径向前角则由球头车刀的制造前角减去刀夹槽的倾斜角形成，车刀顶刃

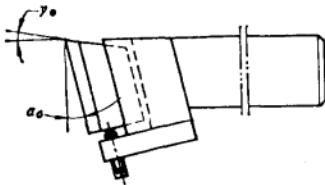


图16-1-5 球头车刀的安装

的高度则由刀夹下面的螺钉调整，使其和螺纹轴线等高。

3.3.3 圆头螺纹车刀的安装

圆头螺纹车刀安装在图16·1-6的刀夹上，通过对刀夹的调整，可使刀尖和工件轴线等高，并获得切削前角和后角，保证螺纹截形精度。

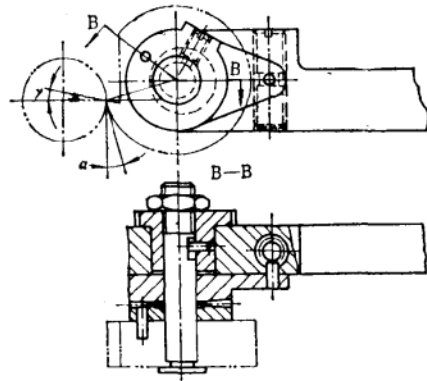


图16-1-6 圆头螺纹车刀的安装

3.4 高速车削螺纹时的快速退刀和停刀

高速车削螺纹时，为了保证螺纹长度、车刀不碰到肩台和防止打刀和撞坏机床，都必需在车刀达到预定的长度时快速地退出车刀，并停止走刀。

在普通车床上可采用机械式装置，在大批大量生产中，可采用具有自动循环功能的专用车床实现上述要求。采用数控车床更能方便地实现上述要求。

4 工艺参数的选择与计算

4.1 切削用量的选择

4.1.1 切削速度的计算 (表16·1-10~表16·1-12)

表16·1-10 车削和旋风铣削切削速度计算

硬质合金车刀车削普通螺纹	高速钢车刀车削普通螺纹、梯形螺纹	硬质合金刀头旋风铣削普通螺纹、梯形螺纹
$v = \frac{c_v i^{x_0}}{T^{a_1} P^{y_0}} k_v \text{ m/min}$	$v = \frac{c_v}{T^{a_1} P^{y_0}} k_v \text{ m/min}$	$v = \frac{c_v}{T^{a_1} P^{y_0}} k_v \text{ m/min}$

(续)

公式中的系数和指数

工件材料	加工型式	刀具材料	进给量		系数与指数				刀具耐用度 T (min)
					c_v	x_v	y_v	m	
碳素结构钢 $\sigma_s = 650 \text{ MPa}$	车普通螺纹	高速钢 (用切削液)	粗车	$P \leq 2$	11.8	0.7	0.3	0.11	80
				$P > 2$	24	0.6	0.25	0.08	
			精车	33.4	0.45	0.3	0.13		
		YT15(干切)	—	169	0.23	0.3	0.20	70	
	车梯形螺纹	高速钢 (用切削液)	粗车	26	0.6	0.2	0.14		
			精车	38	0.5	0	0.18		
	旋风铣	YT15(干切)	—	1614	0.5	0.5	0.5	80	
灰铸铁190HB	车普通螺纹	YG6(干切)	—	66.4	0.45	0	0.33	70	

注：表中 i ——走刀次数； P ——螺纹螺距 mm； a_f ——每齿进给量(表16·1-21) mm/z； a_p ——每次走刀的切削深度，粗车普通螺纹 $a_p = 0.4 \sim 0.8 \text{ mm}$ ；精车 $a_p = 0.2 \sim 0.4 \text{ mm}$ ； k_v ——切削速度修正系数。

$$k_v = k_{M_v} k_{f_v} k_{k_v}$$

式中 k_{M_v} ——工件材料改变时的修正系数，见表8·4-13

k_{f_v} ——刀具材料改变时的修正系数，见表8·4-13

k_{k_v} ——与车削方法有关的修正系数。粗精车同用一把车刀 $k_{k_v} = 0.75$ ；用粗、精车刀分别粗、精车时 $k_{k_v} = 1.0$

表16·1-11 硬质合金车刀车削普通、梯形外螺纹走刀次数

螺 距 P (mm)	碳素、合金结构钢				铸 铁			
	螺 纹 类 型							
	普通外螺纹		梯形外螺纹		普通外螺纹		梯形外螺纹	
	走 刀 次 数 i							
	粗 车	精 车	粗 车	精 车	粗 车	精 车	粗 车	精 车
1.5	3	2	—	—	—	—	—	—
2			2	2	—	—	—	
3	5	2	5	3	3	2	4	3
4			6				4	
5			7	4	6		7	
6			8		5		8	
8	—	—	10	5	—	—	9	4
10			12				10	
12			14	6			12	
16			18				14	

注：1.表中走刀次数适用于车削7级精度普通螺纹，车削6级螺纹时，需增加1~2次精走刀，车削5级螺纹时，应增加2~3次精走刀。

2.车削普通内螺纹时，应增加1次粗走刀。

3.在不锈钢1Cr18Ni9Ti上车削普通螺纹时，走刀次数要增加30%；加工淬硬钢螺纹时，则要增加1~2倍。

表16-1-12 高速钢车刀车削普通及梯形螺纹的走刀次数

螺 距 P (mm)	碳素结构钢		合金结构钢、铸钢		铸铁、青铜及黄铜	
	走 刀 次 数 i					
	粗 车	精 车	粗 车	精 车	粗 车	精 车
单 头 普 通 外 螺 纹						
1.25~1.5	4	2	5	3	4	2
1.75	5	3	6	4	5	3
2~3	6	3	7	4	6	3
3.5~4.5	7	4	9	5	6	3
5~5.5	8	4	10	5	6	4
6	9	4	12	5	6	4
单 头 梯 形 螺 纹						
4	10	7	12	8	8	6
6	12	9	14	10	9	7
8	14	9	17	10	11	7
10	18	10	22	12	14	8
12	21	10	25	12	17	8
16	28	10	33	12	22	8
20	35	10	42	12	28	8

注：1.上述走刀次数适用于车削7级普通螺纹及中等精度梯形螺纹。车削6级普通螺纹及精确梯形螺纹时，在切削速度为4m/min时，增加2~3次精走刀。

2.在车削多头螺纹时，每一头增加1~2次走刀。

3.车削内螺纹时，粗车增加走刀次数20~25%；车削普通螺纹需增加1次精走刀，加工梯形螺纹，需增加1次精走刀（当螺距 ≤ 8 mm）或2次精走刀（当螺距 > 8 mm）。

4-1-2 高速钢及硬质合金车刀车削不同材料的切削用量（表16-1-13）

表16-1-13 高速钢及硬质合金车刀车削不同材料螺纹的切削用量

加工材料	硬 度 HB	螺 纹 直 径 (mm)	每走刀的横向进给量 (mm)		切削速度 (m/min)		备 注
			第一次走刀	最后一次走刀	高速钢车刀	硬质合金车刀	
易切碳钢 碳钢、碳钢铸件	100~225	≤ 25	0.50	0.013	12~15	18~60	高速钢车刀使用 W12Cr4V5Co5及 W2Mo9Cr4VCo8 等含钴高速钢
		> 25	0.50	0.013	12~15	60~90	
合金钢、合金钢铸件 高强度钢	225~375	≤ 25	0.40	0.025	9~12	15~46	
		> 25	0.40	0.025	12~15	30~60	
马氏体时效钢 工具钢、工具钢铸件	375~535	≤ 25	0.25	0.05	1.5~4.5	12~30	
		> 25	0.25	0.05	4.5~7.5	24~40	
易切不锈钢 不锈钢、不锈钢铸件	135~440	≤ 25	0.40	0.025	2~6	20~30	
		> 25	0.40	0.025	3~8	24~37	
灰铸铁	100~320	≤ 25	0.40	0.013	8~15	26~43	
		> 25	0.40	0.013	10~18	49~73	
可锻铸铁	100~400	≤ 25	0.40	0.013	8~15	26~43	
		> 25	0.40	0.013	10~18	49~73	

(续)

加工材料	硬 度 HB	螺纹直径 (mm)	每一走刀的横向进给量 (mm)		切削速度 (m/min)		备 注
			第一次走刀	最后一次走刀	高速钢车刀	硬质合金车刀	
铝合金及其铸件 镁合金及其铸件	30~150	≤25 >25	0.50 0.50	0.025 0.025	25~45 45~60	30~60 60~90	
钛合金及其铸件	110~440	≤25 >25	0.50 0.50	0.013 0.013	1.8~3 2~3.5	12~20 17~26	使用 W12Cr4- V5Co5及W2Mo9- Cr4VCo8等高速钢
铜合金及其铸件	40~200	≤25 >25	0.25 0.25	0.025 0.025	9~30 15~45	30~60 60~90	
镍合金及其铸件	80~360	≤25 >25	0.40 0.40	0.025 0.025	6~8 7~9	12~30 14~52	使用 W12Cr4- V5Co5及W2Mo9- Cr4VCo8等含钴高 速钢
高温合金及其铸件	140~230	≤25 >25	0.25 0.25	0.025 0.025	1~4 1~6	20~26 24~29	
	230~400	≤25 >25	0.25 0.25	0.025 0.025	0.5~2 1~3.5	14~21 15~23	

4.2 车削螺纹的机动工时、切削力与切削功率的计算

机动工时 T_j 的计算,

$$T_j = \frac{L_w + 3 - 5}{nP} i \text{ min}$$

式中 L_w ——螺纹长度 mm

i ——走刀次数

n ——工件转速 r/min

P ——螺距 mm

车螺纹切削力 F_s 的计算,

$$F_s = \frac{9.81c_{F_s} P^2 \gamma_{F_s}}{i^{n_{F_s}}} k_{M_P} \text{ N}$$

式中 P ——螺距 mm

i ——走刀次数

c_{F_s} ——切削力系数 (表16-1-14)

γ_{F_s} 、 n_{F_s} ——指数 (表16-1-14)

k_{M_P} ——与材料硬度、强度有关的修正系数, 见表16-1-15

车削螺纹时切削功率的计算见表16-1-16。

表16-1-14 用硬质合金车刀加工时的 c_{F_s} 、 γ_{F_s} 与 n_{F_s}

碳素结构钢与铸钢 $\sigma_s = 650 \text{ MPa}$			灰 铸 铁 190HB		
c_{F_s}	γ_{F_s}	n_{F_s}	c_{F_s}	γ_{F_s}	n_{F_s}
133	1.7	0.71	103	1.8	0.82

表16-1-15 切削力修正系数 k_{M_P}

螺纹材料	碳素结构钢、铸钢	灰 铸 铁
k_{M_P}	$\left[\frac{\sigma_s}{650} \right]^{0.75}$	$\left[\frac{HB}{190} \right]^{0.4}$

注: 表中系数适用于硬质合金螺纹车刀。

表16-1-16 硬质合金车刀车螺纹时功率计算公式

钢 $\sigma_s = 650 \text{ MPa}$	$P_m = 0.022 P^{1.7} v / i^{0.71} \text{ kW}$
灰铸铁 190HB	$P_m = 0.017 P^{1.8} v / i^{0.82} \text{ kW}$

注: 1. P ——螺距 mm; v ——切削速度 m/min;

i ——走刀次数, 见表16-1-11。

2. 车削螺纹材料改变时, 则应按表8-4-13系数修正。

4.3 车螺纹切削液选用

用高速钢车刀车螺纹时, 需要使用切削液。切削液可按表16-1-17选用。

表16-1-17 高速钢车刀车螺纹时常用切削液

加工性质	工件材料	碳素结构钢	合金结构钢	不锈钢、耐热钢	铸铁、黄铜	紫铜、铝及其合金
	粗车	3~5%乳 化液	1.3~5%乳 化液	1.3~5%乳 化液	2.5~10%极压乳 化液	一般不加
精车	10%极压乳 化液	2.5~10%极压乳 化液	3.含硫、磷、氮的切削油			2.煤油 3.煤油和矿物油的混 合油

(续)

加工性质	工件材料		不锈钢、耐热钢	铸铁、黄铜	紫铜、铝及其合金
	碳素结构钢	合金结构钢			
精	1. 10~20%乳化液	1. 10~25%乳化液		铸铁通常不加切削液，必要时加煤油，但不可加乳化液	铝及其合金一般不加切削液，必要时加煤油，但不可加乳化液
	2. 10~15%极压乳化液	2. 15~20%极压乳化液			
	3. 硫化切削油	3. 煤油			
	4. 75~90% 2号或3号锭子油	4. 食醋			
	5. 70~80% 加25~10%菜油	5. 60%煤油加20%松节油			
车	5. 70~80% 加25~10%菜油	5. 70~80% 加20%油酸		黄铜常不加切削液，必要时加菜油	
	压器油加氟化石蜡30~20%				

4.4 车削螺纹实例

工件：EQ140汽车半轴套管螺纹
 $M72 \times 1.75-6h$ ，螺纹长度 $L_m = 35mm$
 材料：45Mn2，240~270HB
 机床：SB8918半自动短螺距车床
 切削方式：半自动循环，用一把硬质合金车刀干切，采用径向切入方式
 刀具：YW1焊接式条形车刀，刀尖角 $59^\circ \begin{smallmatrix} +0' \\ +0' \end{smallmatrix}$ ；
 径向前角 2° ；侧刃后角 4° ；各面粗糙度 $Ra0.4\mu m$
 切削用量：切削速度 $v = 80m/min$ ；走刀次数 $i = 6$ 次，刀具耐用度 $T = 20min$
 机动工时：0.38min/件

5 其他螺纹的车削特点

5.1 车削多线螺纹的特点

车削多线螺纹时，交换齿轮计算应以导程代入公式，每车一条线后都要进行分线，再车下一条螺纹。在数控车床上可以实现自动分线，而在普通车床上可用下面的方法分线。

1) 沿螺纹轴线移动车刀法，车刀相对工件在其轴向移动一个螺距 P 。 P 的度量可以借助车床小刀架手柄的刻度，或用块规、指示表读取。也可转动（相对交换齿轮 z_1 ）最后一个交换齿轮 z_4 的方法， z_4 相对 z_1 转动的齿数 z 按下式计算：

$$z = \frac{P}{P_s} \times z_4$$

式中 P_s ——机床丝杠的螺距（和 P 的单位相同）

2) 圆周分线法：工件相对车刀转动 $1/n$ 周（ n 为螺纹线数）。可以用装在车床主轴上的分度辅具、三爪卡盘（分3线螺纹）、四爪卡盘（分2线、4线螺纹）分线。也可使交换齿轮 z_1 相对 z_2 转动 z_1/n 个齿进行分线。

利用交换齿轮分线时， $z_1(z_2)$ 转过的齿数必需为整数，所以计算交换齿轮时必须选取合适的 $z_1(z_2)$ 。

车削多线螺纹时，无论粗车或精车，每进一次刀（径向或轴向）都必须把 n 个线车完，并且要严格地保持车刀的位置一致，否则将出现大小牙现象。

5.2 平面螺纹的车削特点

平面螺纹（如三爪卡盘的端面螺纹）是一阿基米德螺旋线，车平面螺纹的车刀几何角度和形状要充分考虑曲线的曲率与螺纹升角的影响。车削螺纹凸面的刀刃的后角刃磨值应加大，加大的数值为该螺纹的最大螺纹升角 ψ_{max} ，其值近似地按下式计算：

$$\psi_{max} = \arctan \frac{P}{\pi d}$$

式中 P ——螺纹的螺距 mm；
 d ——平面螺纹最小直径 mm

车削平面螺纹凹面的刀刃的后刀面应根据平面螺纹最小的曲率半径磨成相适应的曲面，以防车刀和螺纹相碰，保证顺利切削（图16-1-7）。

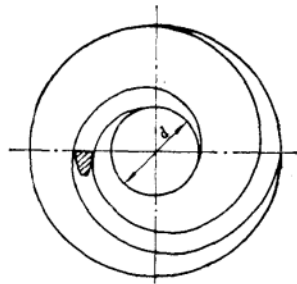


图16-1-7 车刀侧刃后面形状

车刀的顶刃安装高度应使其和车床主轴轴线等高。

平面螺纹一般在专用车床上车削，一般车床横向走刀的传动链不准确，车出的平面螺纹齿距精度很低，故不宜于车削平面螺纹。

5.3 机床丝杠螺纹的车削特点

5.3.1 车削丝杠螺纹的工艺要求

(1) 根据JB2886-81, 加工7级丝杠对丝杠车床的要求如下:

1) 主轴和丝杠的轴向圆跳动 $1 \sim 2 \mu\text{m}$; 径向圆跳动 0.01mm 。

2) 交换齿轮轴轴颈径向圆跳动 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 。

3) 交换齿轮的精度不低于6级。

4) 车床导轨在垂直平面内的直线度为 $1000:0.01$ 。

5) 机床丝杠对车床导轨的平行度不大于 0.03mm 。

(2) 被切削丝杠的毛坯半成品应充分消除内应力, 保证内部组织稳定, 毛坯球化退火, 硬度为 $180 \sim 210\text{HB}$ 。

(3) 被车削的丝杠两端中心孔大小合适, 要在一条直线上, 中心孔在精车螺纹前必须磨光或研光, 和标准顶尖研配时, 接触面不小于 85% , 而且大头要硬, 表面粗糙度 $Ra < 0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$; 精车螺纹时, 被加工丝杠必须精磨外圆, 保证外圆的圆柱度不大于 0.01mm , 和跟刀架孔径配合间隙不大于 0.01mm 。

(4) 粗车螺纹时必须大量浇注乳化液, 精车螺纹时浇注有极压添加剂的切削液, 如 20% 氯化石蜡 + 80% 变压器油, 或 30% 豆油 + 20% 煤油 + 50% 高速机油。

(5) 精车螺纹的车刀要用高性能高速钢 (如 W6Mo5Cr4V2Al , $\text{HRC}68 \sim 69$) 或细颗粒的硬质合金 (如 YG6X 、 YA6) 制造, 而且刃磨质量要很高, 不允许烧伤, 刃口不得有缺口、毛刺, 刀刃钝圆半径不大于 $5 \mu\text{m}$, 刀刃粗糙度 $Ra 0.1 \mu\text{m}$ 。

(6) 加工环境要清洁, 室温应恒定, 对于7级精度、长 1000mm 的丝杠, 温度变化范围不大于 $\pm 1^\circ\text{C}$, 若长度超过 1000mm , 不应大于 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

5.3.2 车削机床丝杠的一般工艺

(1) 车削机床丝杠的工艺路线 其基本工艺路线为:

1) 毛坯球化退火, 硬度 $180 \sim 210\text{HB}$ 。

2) 粗车外圆与螺纹。

3) 550°C 时效 7h 。

4) 精车外圆与半精车螺纹。

5) 160°C 时效 36h 。

6) 精磨外圆。

7) 精车螺纹。

工艺过程的基本目的是要有效地消除加工中产生的机械应力、热应力和组织应力引起的变形, 使组织处于十分稳定的状态。精车、半精车一般不进行人工校直。

(2) 车削丝杠的切削用量 用硬质合金车刀粗车, 切削速度 $30 \sim 50\text{m}/\text{min}$; 用高速钢车刀粗车螺纹, 切削速度 $10\text{m}/\text{min}$; 半精车螺纹时, 切削速度 $8 \sim 10\text{m}/\text{min}$; 精车螺纹, 切削速度不大于 $1\text{m}/\text{min}$ 。

粗车螺纹时, 每行程的切削深度 $0.4 \sim 0.6\text{mm}$, 精车螺纹时, 每行程切削深度 $0.02 \sim 0.06\text{mm}$, 逐渐减少, 精走刀一般只须 $2 \sim 3$ 个行程。

(3) 刀具几何参数 精车刀前角为 0° , 侧刃后角 $10^\circ \sim 12^\circ$, 刀具刃形角的公差取丝杠牙型角公差的 $1/3 \sim 1/4$ 。

5.4 不等距螺纹的车削特点

在化学工业中常用“两不等”螺杆菌将松散的物料压缩成体积小、物料。“两不等”是指螺距不等 (呈等差级数)、牙型高度不等 (图16-1-8)。

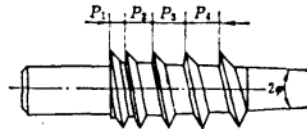


图16-1-8 “两不等”螺杆菌

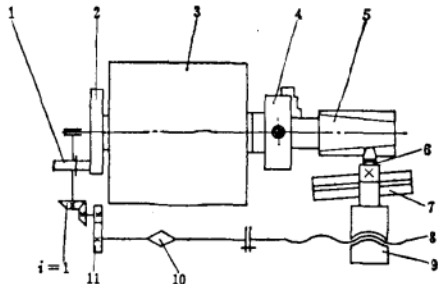


图16-1-9 普通车床车削“两不等”螺纹原理图
1—滚轮 2—阿基米德螺旋线盘子 3—主轴箱 4—卡盘 5—“两不等”螺杆菌 6—车刀 7—锥度靠模 8—丝杠 9—滑板箱 10—进给箱 11—交换齿轮

此种螺纹在数控车床上车削是很方便的，而在普通车床上车此种螺纹则需使用如图16·1-9所示的系统。

5.5 锥度螺纹车削的特点

车削锥度螺纹可以用数控车床，也可以在普通车床上借助锥度靠模形成锥度。

螺纹车刀的刃形角的角平分线应垂直工件轴线；由于锥度螺纹要求车刀刀尖比普通螺纹尖得多，为防止车刀刀尖过早磨损，保证牙型有效高度，故切削速度比普通螺纹要降低20~30%，而走刀次数则应增2~3次。

为了保证锥度螺纹圆锥母线的直线性，要求车刀刀刃应在通过工件轴线的平面上。

6 旋风铣削螺纹

旋风铣削螺纹实质是高速铣削螺纹，一般在普通车床上安装如图16·1-10所示的旋风铣削装置铣削螺纹。

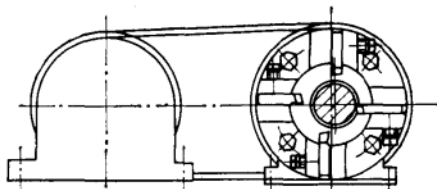


图16-1-10 旋风铣削装置

图16·1-10中的电动机也可置于切削头的上方。

旋风铣削可以加工直径20~200mm的外螺纹及直径大于32mm的内螺纹。

此法加工螺距 $P \leq 2\text{mm}$ 的螺纹可达5~6级，加工 $P > 2\text{mm}$ 的螺纹精度可达6~7级，加工丝杠可达7~8级。螺纹表面的粗糙度可达 $Ra 1.6 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 。

旋风铣削特别适于铣削梯形螺纹和蜗杆螺纹，生产率比车削高得多。

6.1 旋风铣削螺纹的方式 (表16·1-18)

表16·1-18 旋风铣削螺纹的方式

切削方式		加工简图	特点	适用范围
旋 风 铣 削 外 螺 纹	内 铣 法		1. 切削平稳 2. 螺纹表面粗糙度参数值较小 3. 刀具耐用度较长 4. 排屑较困难 5. 工件直径受机床和切头结构限制	1. 适于铣削螺纹升角 $\leq 5^\circ$ 的螺纹 2. 螺纹直径小于100mm
	外 铣 法		1. 切削振动较内切法大 2. 螺纹表面粗糙度参数值较内切法大 3. 刀具耐用度低	1. 螺纹直径大于100mm 2. 螺纹升角 $> 5^\circ$ 的螺纹
旋风铣削内螺纹			1. 切削平稳 2. 螺径比为0.6~0.7	直径 $\geq 32\text{mm}$ 的内螺纹

注：图中实线所示的工件旋转方向为顺切削，虚线所示方向为逆切削。要求尽量采用顺切削，但应设法消除传动间隙。

(2) 刀头耐用度的选择 按表 16·1-22 选择。

6·2 旋风切头的安装

旋风切头以孔和端面作为安装基准，用四个螺钉将其紧固在装置的主轴前端的轴颈上，装置底部有角度垫铁，其角度值等于被切螺纹的螺纹升角；切头的旋转轴线和被加工螺纹的轴线等高。

根据螺纹直径大小，切头中安装的刀头数在 1~4 个范围的选择，用对刀规安装刀头，各刀头切削刃的径向跳动不大于 0.03mm，轴向跳动不大于 0.02mm。

6·3 刀头的几何参数与材料

1) 刀头数量：旋风切削内螺纹一般安装 1 把刀头；内切外螺纹时刀头数 ≤ 4；外切外螺纹时刀头数可以多于 4 把。但是，无论内切还是外切外螺纹都不允许有两把刀头同时参与切削，否则，刀头就会迅速损坏。这是决定刀头数的基本原则。

2) 刀头的几何参数 (表 16·1-19)。

3) 刀头切削部分材料 (表 16·1-20)。

表 16·1-19 刀头的几何参数

工件材料	前角	顶刃后角	侧刃后角	备注
中碳钢	8°	10°~12°	5°~8°	切内螺纹时，后角加大 1°~2°
合金钢、高碳钢	4°	8°~10°	5°~8°	

表 16·1-20 刀头切削部分材料

被加工材料	钢 件	灰 铸 铁	球 墨 铸 铁
刀头切削部分材料	YT15 YT793	YG6 YG6X	YW2

6·4 切削用量、切削力及切削功率的计算

(1) 圆周进给量的选择 旋风铣削螺纹一般在一个行程中切出合格螺纹。若工件刚性太差时，也可分两次行程切出螺纹。切头的每齿圆周进给量按表 16·1-21 选择。工件刚性差时，取表中小值；工件刚性好时，取大值。切内螺纹时 a_f 取 0.6~0.7mm/z。

表 16·1-21 YT15 刀头旋风铣钢件螺纹进给量

工件材料的机械性能	σ_s (MPa)	550	650	750	850
	硬度 (HB)	153~161	179~192	210~220	235~250
每齿进给量 a_f (mm/z)		1~1.2	0.8~1	0.6~0.8	0.4~0.6

表 16·1-22 刀头耐用度

刀头数(不含倒角刀)	1	2	3	4
耐用度 T (min)	20	40	60	80

表 16·1-23 YT15 硬质合金旋风切头切削钢件螺纹的切削速度

螺纹螺距 P (mm)	每齿圆周进给量 a_f (mm/z)	钢材的机械性能 σ_s (MPa)			
		HB			
		153~161	179~192	210~220	235~250
		550	650	750	850
		切削速度 v (m/min)			
3	0.4	—	—	—	144
	0.6	—	—	134	118
	0.8	—	133	116	—
	1.0	140	119	—	—
	1.2	127	—	—	—
3.5	0.4	—	—	—	133
	0.6	—	—	124	109
	0.8	—	123	107	—
	1.0	129	110	—	—
	1.2	118	—	—	—
4	0.4	—	—	—	125
	0.6	—	—	116	102
	0.8	—	115	100	—
	1.0	121	103	—	—
	1.2	111	—	—	—
4.5	0.4	—	—	—	118
	0.6	—	—	109	97
	0.8	—	109	95	—
	1.0	114	98	—	—
	1.2	104	—	—	—
5	0.4	—	—	—	111
	0.6	—	—	103	91
	0.8	—	103	90	—
	1.0	108	92	—	—
	1.2	99	—	—	—
6	0.4	—	—	—	102
	0.6	—	—	95	83
	0.8	—	95	82	—
	1.0	99	85	—	—
	1.2	91	—	—	—
8	0.4	—	—	—	89
	0.6	—	—	82	72
	0.8	—	82	71	—
	1.0	86	73	—	—
	1.2	79	—	—	—
10	0.4	—	—	—	79
	0.6	—	—	74	65
	0.8	—	73	64	—
	1.0	77	65	—	—
	1.2	70	—	—	—

注：1. 不用切削液。

2. 在 170~230HB 的铸铁上切削螺纹时，切削速度与加工 179~192HB 的钢相同。

3. 刀具耐用度 $T = 60$ min，当 $T = 30$ min 时， $k_{TV} = 1.4$ ；当 $T = 90$ min 时， $k_{TV} = 0.8$ 。

(3) 旋风铣削螺纹切削速度计算 切削速度按表 16-1-10 计算, 为了方便可按表 16-1-23 查取。

(4) 切头转速 n_1 与工件转速 n_2 计算 按下式计算:

$$n_1 = 1000v/\pi D \quad r/min$$

$$n_2 = a_f n_1 z / \pi d \quad r/min \quad (\text{切外螺纹时})$$

$$n_2 = a_f n_1 z / \pi d_1 \quad r/min \quad (\text{切内螺纹时})$$

式中 D ——切头刀尖旋转直径 mm

z ——刀头数 (不含倒角刀)

d, d_1 ——分别为螺纹的大径与小径 mm

(5) 旋风铣削螺纹切削功率计算公式 计算公式列于表 16-1-24。

表 16-1-24 一次行程旋风铣削螺纹切削功率计算公式

螺纹类型	计算公式
普通螺纹	$P_m = \frac{0.1 P^{0.5} a_f^{0.4} z^{0.5} v^{0.8}}{d^{0.7}} \quad kW$
梯形螺纹	$P_m = \frac{0.028 P^{1.2} a_f^{0.2} z^{0.5} v^{0.8}}{d^{0.7}} \quad kW$

注: P ——螺距 mm; z ——刀头数 (不含倒角齿)
 a_f ——每齿周进给量 mm/z, 见表 16-1-21;
 v ——切削速度 m/min; d ——螺纹公称大径 mm。

6.5 旋风铣削螺纹实例

工件: EQ140 载重汽车的刹车调整臂蜗杆

工件材料: 45 钢

螺纹参数: 模数 $m = 2$; 压力角 $\alpha = 14.5^\circ$;

头数 $z = 1$; 右旋、螺纹升角 $\psi = 4^\circ 40'$;

外径 $d = 28.58 \text{ mm}$; 全齿高 $H = 4.4 \text{ mm}$;

齿顶高 $h_1 = 2.2 \text{ mm}$; 螺纹长度 $L_m = 30 \text{ mm}$

(一次加工 2 件); 齿面粗糙度 $R_a 6.3 \mu\text{m}$

工作方式及工作条件: 外螺纹内切法, 旋径比

1.22; 刀尖转动直径 $D = 35 \text{ mm}$; $z = 2$;

刀头材料 YT15; 不加切削液; 切削装置的

安装角 $4^\circ 40'$

刀头几何参数: 顶刃后角 8° ; 前角 8° ; 侧刃后

角 4° ; 前刀面上刃形角 $28^\circ 40'$

切削用量: 切削速度 $v = 132 \text{ m/min}$; $n_2 = 9 \text{ r/}$

min ; 切头转速 $n_1 = 1200 \text{ r/min}$; $a_f = 0.34$

mm/z ; 刀具耐用度, 铣 140 件换刀。

7 车削螺纹常见问题、产生原因与解决方法 (表 16-1-25)

表 16-1-25 车螺纹常见问题、产生原因与解决方法

常见问题	产生原因	解决方法
螺纹牙型角超差	1. 刀具刃形角刃磨不准确 2. 车刀安装不正确 3. 车刀磨损严重	1. 重新刃磨车刀 2. 车刀刀尖对准工件轴线, 校正车刀刃形平分角线使其与工件轴线垂直, 正确选用法向或轴向安装车刀 3. 及时换刀, 用耐磨材料制造车刀, 提高刃磨质量, 降低切削用量
螺距超差	1. 机床调整手柄扳错 2. 交换齿轮挂错、或计算错误	逐项检查, 改正错误
螺距周期性误差超差	1. 机床主轴或机床丝杠轴向窜动太大 2. 交换齿轮间隙不当 3. 交换齿轮磨损, 齿形有毛刺 4. 主轴、丝杠或挂轮轴颈径向跳动太大 5. 中心孔圆度超差、孔深太浅或与顶尖接触不良 6. 工件弯曲变形	1. 调整机床主轴和丝杠, 消除轴向窜动 2. 调整交换齿轮啮合间隙, 其值在 $0.1 \sim 0.15 \text{ mm}$ 范围内 3. 妥善保管交换齿轮, 用前检查、清洗、去毛刺 4. 按技术要求调主轴、丝杠和交换齿轮轴颈跳动 5. 中心孔锥面和标准顶尖接触面不少于 85%, 且大头硬, 机床顶尖不要太尖, 以免和中心孔底部相碰; 两端中心孔要研磨, 使其同轴 6. 合理安排工艺路线, 降低切削用量, 充分冷却
螺距积累误差超差	1. 机床导轨对工件轴线的平行度超差、或导轨的直线度超差 2. 工件轴线对机床丝杠轴线的平行度超差 3. 丝杠副磨损超差 4. 环境温度变化太大	1. 调整尾座使工件轴线和导轨平行、或刮研机床导轨, 使其直线度合格 2. 调整丝杠或机床尾座使工件和丝杠平行 3. 更换新的丝杠副 4. 工作地要保持温度在规范范围内变化