

机械加工
工艺手册

第2卷

机械工业出版社

第12章 拉 削

主 编 熊焱昌 (第二汽车制造厂)
编 写 熊焱昌
朱颀榕 (第二汽车制造厂)

主 审 赵芝眉 (东南理工大学)
章 末 (东南理工大学)

责任编辑 李书全



拉削利用只有主运动、没有进给运动等的拉床，依靠拉刀的结构变化，可加工各种形状的通孔、通槽和各种形状的内、外表面。

拉刀同时工作的刀齿多，切削刃长，且一次行程能够完成粗、半精及精加工，生产效率高。

拉削速度较低，切削厚度很小，可获得较高的表面加工质量，拉刀耐用度也较高。

拉削加工方法在成批和大量生产中得到广泛使用。近年来，在小批生产中，具有一定精度的花键孔、键槽等都采用拉削。在现代化的自动线上，拉削工艺也得到了应用。

第1节 拉削分类和拉削方式

1 拉削分类

拉削加工按拉刀和拉床的结构分为内表面拉

削、外表面拉削、连续拉削及特种拉削等。

1.1 内表面拉削

内表面拉削多用于加工工件上贯通的圆孔、多边形孔、花键孔、键槽以及螺旋角较大的内螺纹等。从受力状态来说又可分为拉削和推削。

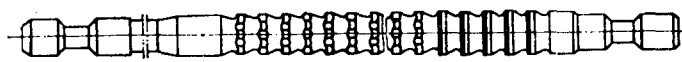





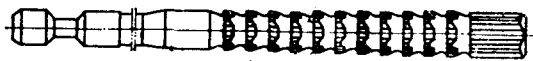





内表面拉削在生产中常用的拉刀（推刀）和可加工的孔形见表12·1-1。

1.2 外表面拉削

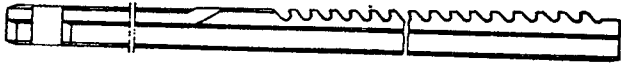

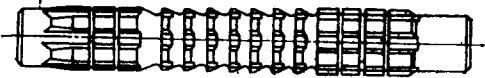

外表面拉削是指用拉刀加工工件外表面。拉刀常制成组合式，外拉削机床可配置固定式、往复式、倾斜式和可回转式工作台，拉削多种型面。

外表面拉削在生产中常用的拉刀和可加工的型面见图12·1-1~图12·1-6。

表12·1-1 内表面拉刀及其加工孔形

拉刀名称	拉 刀 结 构 简 图	工件孔型
圆孔拉刀		
四方孔拉刀		
六方孔拉刀		
矩形齿花键拉刀		
渐开线齿花键拉刀		
三角齿花键拉刀		

(续)

拉刀名称	拉刀结构简图	工件孔型
键槽拉刀		
矩形齿花键推刀		

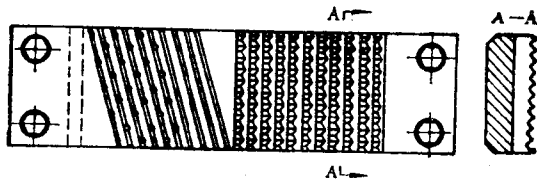


图12-1-1 齿纹表面复合拉刀

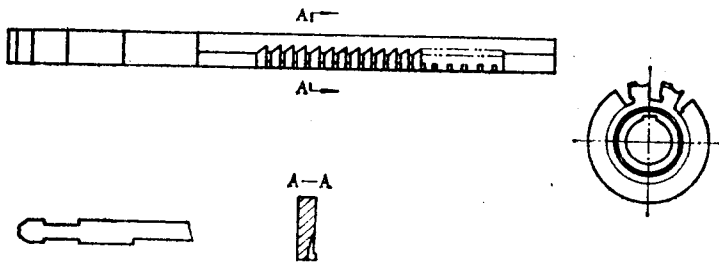


图12-1-2 刀体槽底空刀槽拉刀

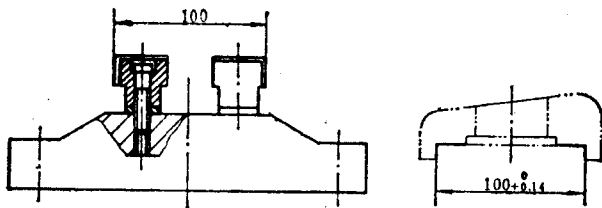


图12-1-3 结合面组合拉刀

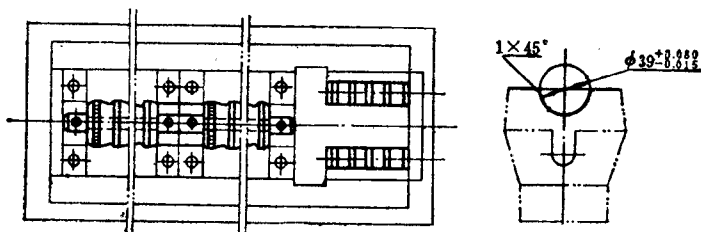


图12-1-4 圆弧平面组合拉刀 (圆弧部分拉刀为整体)

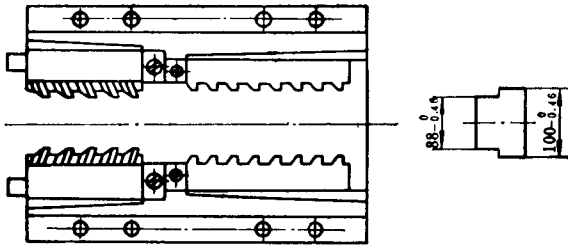


图12-1-5 两侧平面组合拉刀

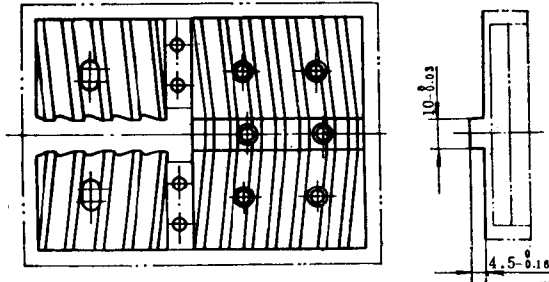


图12-1-6 平面、槽组合拉刀

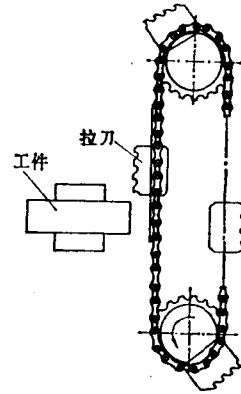


图12-1-7 立式连续拉削

在安装拉刀的装刀巷道内 (见图 12-1-8), 工件装夹在由链条驱动的随行夹具上, 可根据生产量的大小选用随行夹具数, 其加工效率比普通卧式外拉床高 5~6 倍。

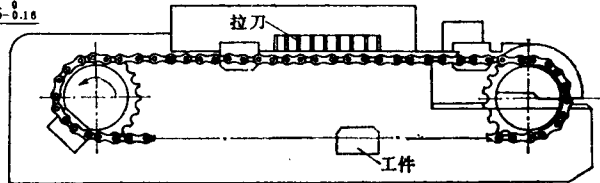


图12-1-8 卧式连续拉削

1.3 连续拉削

连续拉削分立式和卧式两种。立式连续拉削的拉刀分段紧固在驱动链条上的刀夹内 (见图 12-1-7), 工件装夹在工作台上 (有的工作台有自动分度装置)。立式连续拉削与立式外表面拉削相比, 其拉削行程增长 3~4 倍, 适合加工多等分通槽等工件或长行程的拉削。卧式连续拉削的拉刀分段紧固

1.4 特种拉削

特种拉削是利用拉刀结构与专用拉床的特种功能的结合, 完成对特定工件 (如发动机缸体、连杆、成形凸轮、扇形齿轮及内螺纹等) 的拉削。

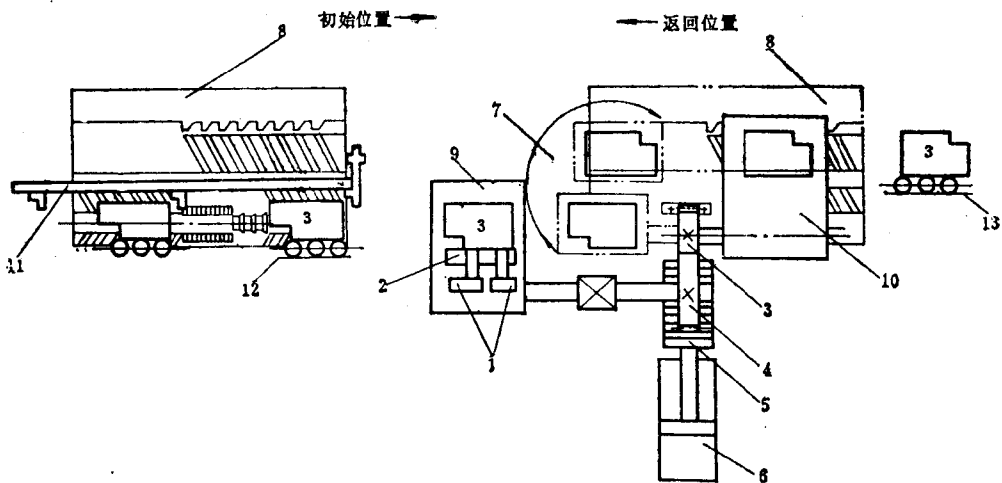


图12-1-9 缸体拉削工位工作示意图

- 1—支撑 2—起落板 3—缸体 4—齿轮 5—齿条 6—液压缸 7—中间翻转机 8—主滑板
9—第一工位夹具 10—第二工位夹具 11—送进推杆 12—前液道 13—后液道

采用专用往复式侧拉床拉削发动机缸体（见图12·1-9）。整套拉刀分上、下两排按正、反两个方向安装在主溜板上（图12·1-10）。拉床分两个工位完成拉削工作，第一工位由拉床的主溜板带着拉刀移动，由下排拉刀拉削缸体的底面、对口面、龙门面及半圆面。然后缸体由翻转机构翻转180°，并提升到第二工位高度，当主溜板作返回行程时，由反向安装在上排的拉刀在第二工位拉削缸体的顶面和侧窗口面。

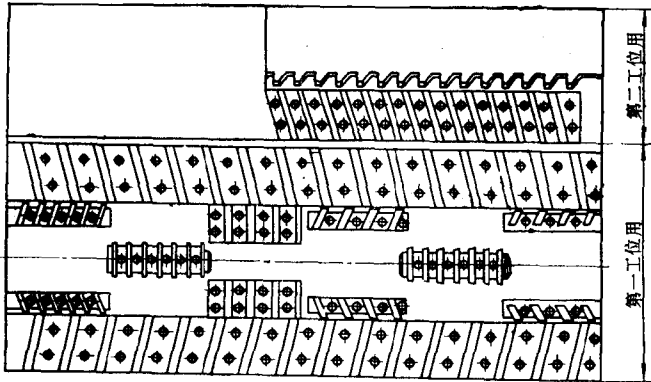


图12·1-10 缸体拉刀排列示意图

拉床溜板的一个往复行程，可以完成上述各加工面的粗加工和半精加工。拉床正、反向拉削速度均为25m/min，拉削一个缸体仅需72s。

2 拉削方式

拉削方式是指把拉削余量按什么方式和顺序从工件表面上切下来，它决定每个刀齿切下的切削层的截面形状，即“拉削图形”。拉削方式选择是否恰当，直接影响刀齿负荷的分配、拉刀的长度、拉削力的大小、拉刀耐用度以及加工表面的质量和生产率。

拉削方式基本上分为分层式和分块式两大类，分层式包括同廓式和渐成式两种，分块式常用的有轮切式。此外，还有将分层拉削和分块拉削结合在一支拉刀上应用的称为综合轮切式。

2·1 分层式

分层拉削是将加工余量分成若干层，每层用一个刀齿切除。实用中又分为同廓式与渐成式。

2·1·1 同廓式

同廓式拉削的拉刀刀齿廓形与加工表面最终廓形相似，按分层式切除加工余量，最后一个切削齿与几个校准齿切出工件的最终尺寸和表面（图12·1-11）。

同廓式拉削常用于加工平面、圆孔和简单的成形表面。其特点是：

1) 每个刀齿全部廓线参加切削，切下的切屑宽度较大。

2) 加工表面的最后廓形是由一个刀齿形成的，切削厚度很小，加工表面质量较高。

3) 每个刀齿的切削厚度较薄，故需较多的刀齿才能把余量全部切除。因而拉刀较长，成本较高，生产率较低，刀具耐用度较低，故不适宜加工带硬皮的工件。

2·1·2 渐成式

渐成式拉削的拉刀切削齿按分层式切除加工余量，工件表面由刀齿的侧刃逐渐形成，加工表面质量较差，拉刀制造比较方便。渐成式拉削常用于加工键槽、花键孔及多边形孔（见图12·1-12）。

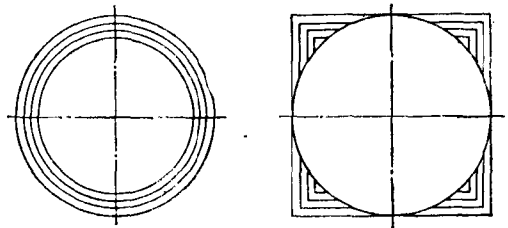


图12·1-11 同廓式拉削图形

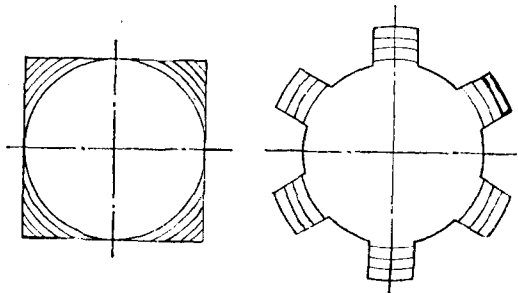


图12·1-12 渐成式拉削图形

2.2 分块式

分块式是加工表面的每层加工余量被间隔地分成多块，由同一尺寸的一组刀齿（通常每组由2~3个刀齿组成，每齿切去几块）切除的。最常用的是轮切式。

轮切式是一组直径或高度基本相同的刀齿在前、后不同的位置上交错开弧形槽，共同切下加工余量中的一层金属，而每个刀齿仅切去一层中的一部分（见图12·1-13）。

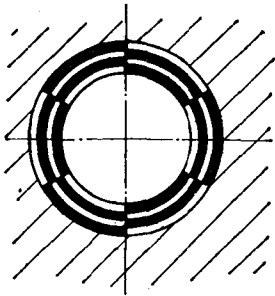


图12·1-13 轮切式拉削图形

轮切式拉刀常用于加工平面、圆孔、宽大的键槽、矩形花键孔等。其特点是，

1) 每一个刀齿上参加工作的切削刃宽度较小，切削厚度较分层拉削大2~10倍，在拉削余量相同的情况下，所需刀齿的总数可少很多，故拉刀

长度较短，降低了拉刀制造成本，生产效率也得到提高。

2) 适宜于加工带硬皮的铸件和锻件。

3) 轮切式拉刀结构较复杂，工件的拉削表面质量不如同廓式拉削的高。

2.3 综合轮切式

综合轮切式是粗切削采用轮切式，且粗切齿的前、后刀齿每齿都有齿升量，精切削采用同廓式，这样，将粗切削的高效率与精切削的高质量结合而成的一种较先进的拉削方式。其拉削图形见图12·1-14。

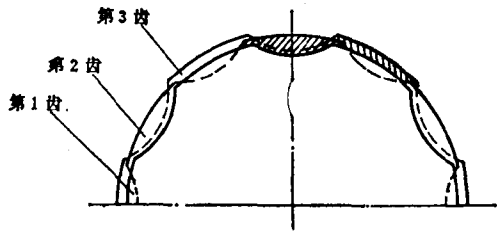


图12·1-14 综合轮切式拉削图形

第2节 拉 床

1 立式拉床

立式拉床型号及其技术参数见表12·2-1~表12·2-3。

表12·2-1 常用立式内拉床

机床型号	L 515 A	L 5110 A	L 5120	L 5240
额定拉力 (kN)	50	100	200	400
最大行程 (mm)	800	1000	1250	1600
拉削速度(无级调速) (m/min)	2.5~10	2~7	3~11	2~8
拉刀返回速度(无级调速) (m/min)	7~16	13~20	10~20	6~14
工作台平面尺寸 长×宽 (mm)	320×310	450×450	520×600	465×700
工作台孔径 (mm)	125	150	130	150
花盘孔径 (mm)	80	100		
工作台平面至床身基面的距离 (mm)	1320	1670	1920	2466.6
辅助刀夹座端面至工作台的距离 (mm)	722~1126	725~1415		
主传动用径向柱塞泵流量 (L/min)	100	30~200		
主传动最大工作压力 (MPa)	10	10		

(续)

技术参数	机床型号			
	L 515 A	L 5110 A	L 5120	L 5240
主电动机功率 (kW)	10	17	22	40
电动机总容量 (kW)	10.15	17.12		
拉刀中心线至滑板平面间距离 (mm)			250	315
辅助滑板最大行程 (mm)			500	500
试件拉削后孔中心线对基面垂直度 (mm)	0.04/200	0.06/200		
试件拉削表面粗糙度 R_a (μm)	6.3~1.6	6.3~1.6		

注：长沙机床厂另有 L 8810 型立式内螺纹拉床：

额定扭矩	1000	N·m
最大行程	740	mm
拉削速度	0.35~1.05	m/min

可拉削各种齿形的左旋或右旋内螺纹。

表 12-2-2 立式双缸内拉床

技术参数	机床型号	
	L 5520 A	L 5540 A
额定拉力 (kN)	200	400
最大行程 (mm)	1600	2000
拉削速度(无级调速) (m/min)	2~8	2~6
拉刀返回速度(无级调速) (m/min)	7~20	7~17
工作台平面尺寸 长×宽 (mm)	500×340	650×440
工作台孔径(3个工位) (mm)	$\phi 130 \times \phi 160 \times \phi 130$	$\phi 160 \times \phi 200 \times \phi 160$
相邻两工位间的中心距离 (mm)	125	170
花盘孔径(3个工位) (mm)	$\phi 90 \times \phi 120 \times \phi 90$	$\phi 120 \times \phi 150 \times \phi 120$
主传动径向柱塞泵流量 (L/min)	300	400
主传动最大工作压力 (MPa)	10	8
主电动机功率 (kW)	22	40
试件拉削后孔中心线对基面的垂直度 (mm)	0.06/200	0.06/200
试件拉削后表面粗糙度 R_a (μm)	3.2~1.6	3.2~1.6

表 12-2-3 立式外拉床

技术参数	机床型号			
	L 710 B	L 720 B	L 5310	L 5320
额定拉力 (kN)	100	200	100	200
最大行程 (mm)	1000	1250	1250	1600
拉削速度(无级调速) (m/min)	2~11	1.5~11	2~13	1.5~11

(续)

技术参数	机床型号	L710B	L720B	L5310	L5320
拉刀返回速度(无级调速)	(m/min)	7~20	7~20	7~20	7~20
工作台面尺寸	(mm)	450×450	550×630	400×1500	500×1900
工作台面至床身基面的距离	(mm)	1510	1620	1310	1370
主传动径向柱塞泵流量	(L/min)	200	300		
最大工作压力	(MPa)	10	10		
主电动机功率	(kW)	17	22	17	22
试件拉削面对基面的垂直度	(mm)	0.04/300	0.04/300		
试件拉削表面粗糙度Ra	(μm)	6.3~3.2	6.3~3.2		

注：长沙机床厂另有L7120型高速立式外拉床

额定拉力	200	kN
最大行程	2500	mm
拉削速度(无级调速)	1.1~36	m/min
L7220A型立式双溜板外拉床		
额定拉力	200	kN
最大行程	1600	mm
拉削速度(无级调速)	1.5~11	m/min

2 卧式拉床

卧式拉床型号及其技术参数见表12-2-4、表12-2-5。

表12-2-4 常用卧式内拉床

技术参数	机床型号		
	L6110	L6120	L6140A
额定拉力 (kN)	98	196	392
最大行程 (mm)	1250	1600	2000
拉削速度(无级调速) (m/min)	2~11	1.5~11	1.5~7
拉刀返回速度(无级调速) (m/min)	14~25	7~20	12~20
工作台孔径 (mm)	φ150	φ200	φ250
花盘孔径 (mm)	φ100	φ130	φ150
机床底面至支撑板孔轴线距离 (mm)	900	900	850
液压传动电动机功率 (kW)	17	22	40

表12-2-5 较新的卧式内拉床

技术参数		机床型号		
		L6110A	L6120C	L6140B
额定拉力 (kN)		98	196	392
最大行程 (mm)		1250	1600	2000
拉削速度(无级调速) (m/min)		2~11	1.5~11	1.5~7
拉刀返回速度(无级调速) (m/min)		14~25	7~20	12~20
花盘孔径 (mm)		φ100	φ130	φ150
主传动径向柱塞泵	流量 (L/min)	30~200	30~300	60~400
	最大工作压力 (MPa)	10	10	10
	主电动机功率 (kW)	15	22	37
电动机总容量 (kW)		15.12	22.12	37.12
试件拉削后孔轴线对基面的垂直度 (mm)		0.08/200	0.08/200	0.08/200
试件拉削表面粗糙度Ra (μm)		6.3~1.6	6.3~1.6	6.3~1.6

3 连续拉床

常用连续拉床型号与技术参数见表12-2-6。

表12-2-6 常用连续拉床型号与技术参数

技术参数	机床型号		
	L4305A	L4320	L4320A
额定拉力 (kN)	50	200	200
最大行程 (mm)	2000	4500	4500
拉削速度 (m/min)	4、5、6	4、5、6	4、5、6
主传动电动机 (kW)		30	30
冷却泵电动机 (kW)		4	4

4 专用拉床

表12-2-7和表12-2-8列出了汽缸体拉床和轴瓦拉床的型号与技术参数。

表12-2-7 汽缸体拉床的型号与技术参数

技术参数	机床型号	
	J _x -035	专用汽缸体拉床
额定拉力 (kN)	4410	200
最大行程 (mm)	9500	2500
拉削速度 (m/min)	25	1.5~8
生产节奏 (min/件)	1.9	
交流电动机功率 (kW)	125/335.4	22
直流电动机功率 (kW)	65/263.8	
生产厂	济南第二机床厂	长沙机床厂

表12-2-8 轴瓦拉床的型号与技术参数

技术参数	机床型号		
	EQ0159E-00 轴瓦拉床	LM832 轴瓦拉床	CS-301B 轴瓦接缝拉床
额定拉力 (kN)	24.5	17.5	17.5
最大行程 (mm)	535	400	400
拉刀中心线至机床底面高度 (mm)	830		
溜板工作行程速度 (m/min)	12	3~12	3~12
溜板返回行程速度 (m/min)	16		
生产厂	第二汽车制造厂 设备制造厂	长沙机床厂	长沙机床厂

第3节 拉 刀

1 拉刀类型和拉刀的结构

1.1 拉刀类型

拉刀按工作时受力方向可分为拉刀、推刀和旋转拉刀；按结构可分为整体拉刀、焊齿拉刀、装配拉刀和镶齿拉刀；按拉削表面可分为内拉刀和外拉刀。

1.2 拉刀结构

拉刀通常由柄部、颈部、过渡锥、前导部、切削齿、校准齿、后导部及后柄等八个部分组成(图12-3-1)。

- 1) 柄部夹持拉刀、传递动力。有些拉刀安装有圆周位置要求时，还具有定位的功能。
- 2) 颈部是柄部和过渡锥之间的连接部分。有一定的长度要求。也是拉刀标记的地方。
- 3) 过渡锥是拉刀颈部与前导部之间的连接部

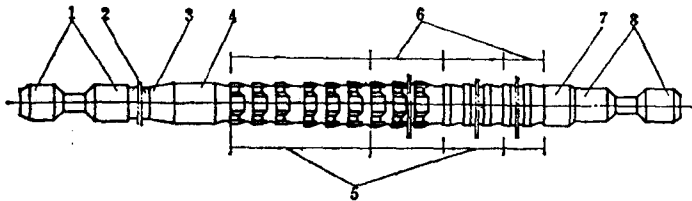


图12-3-1 内拉刀结构

1—柄部 2—颈部 3—过渡锥 4—前导部 5—切削齿 6—校准齿 7—后导部 8—后柄

分；引导拉刀前导部进入工件孔中，并具有对中作用。

4) 前导部引导拉刀切削齿正确地进入工件。通常前导部的截形与工件的预制孔（或槽）的截形一致。

5) 切削齿担负着拉刀的切削工作，切除工件上的全部加工余量。根据切除余量的不同，分为粗切齿和精切齿。

6) 校准齿由形状尺寸全同的几个刀齿组成，起校准和修光已加工表面的作用，也是拉刀的后备切削齿。

7) 后导部是校准齿后面的部分，当拉削将完成时，它能保持拉刀最后几个刀齿与工件相互间的正确位置。后导部的截形可与工件已加工表面截形相同，或为已加工表面截形的内接圆形。

8) 后柄对长或重的拉刀或用于双行程液压缸工作的拉床起支撑拉刀或实现工作行程和返回行程的自动循环时夹持拉刀之用。

由于拉刀（推刀）的工作条件不同，上述八个部分不一定在一根（或一组）拉刀中全部具备。如键槽拉刀就不需要过渡锥和后导部，固定在刀夹内的平面拉刀可以不设前、后导部，推刀不需柄部和

颈部。

此外，为了提高某些拉刀的使用寿命和拉削表面质量，或者为了在制造拉刀时便于测量，在拉刀后导部的后面，增设一个由齿环和相应的装卡部分组成的尾轴部分（见表12·3-18）。

2 常用拉刀设计资料

高速钢W6Mo5Cr4V2广泛用于制造各种拉刀。硬质合金YG8、YG6、YG6X、YW1、YW2等各牌号用于制造镶齿拉刀的刀片。

2·1 拉刀齿升量

同廓式拉削的齿升量是指前、后相邻两个刀齿半径之差；轮切式拉削的齿升量是指相邻前、后两组刀齿半径之差，综合轮切式拉削的齿升量是逐齿分布的，且它每一刀齿的单边实际齿升量，相当同廓式拉削齿升量的两倍。

齿升量的选择应考虑加工材料、拉刀类型、拉刀与工件的刚性等因素。

齿升量一般可按表12·3-1选取，选后要进行拉刀强度、容屑系数和拉床功率等验算，必要时再进行修正。

表12·3-1 拉刀的齿升量

(1) 同廓式、新成式拉刀粗切齿齿升量 mm					
拉刀类型	工 件 材 料				
	碳 钢	合 金 钢	铸 铁	铝 合 金	铜 合 金
圆拉刀	0.015~0.03	0.01~0.025	0.03~0.10	0.02~0.05	0.05~0.12
矩形花键拉刀	0.03~0.08	0.025~0.06	0.04~0.10	0.02~0.10	0.05~0.12
锯齿和渐开线花键拉刀	0.03~0.05	0.03~0.05	0.04~0.08	—	—
槽拉刀和键槽拉刀	0.05~0.20	0.05~0.12	0.06~0.20	0.05~0.08	0.08~0.20
平面拉刀	0.03~0.15	0.03~0.10	0.03~0.15	0.05~0.08	0.06~0.15
成形拉刀	0.02~0.06	0.02~0.05	0.03~0.10	0.02~0.05	0.05~0.15
方拉刀和六边拉刀	0.015~0.12	0.015~0.08	0.03~0.15	0.02~0.10	0.05~0.20

(2) 轮切式拉刀粗切齿齿升量 mm					
圆 拉 刀					
拉刀直径	<10	10~25	25~50	50~100	>100
刀齿每组齿升量	0.03~0.08	0.05~0.12	0.08~0.16	0.10~0.20	0.15~0.25

花键拉刀花键齿与倒角齿的齿升量

刀齿直径	花 键 键 数				刀齿直径	花 键 键 数			
	6	8	10	16		6	8	10	16
	刀齿每组齿升量(最大)					刀齿每组齿升量(最大)			
13~18	0.16	—	—	—	40~55	0.3	0.3	0.25	0.2
16~25	0.16	—	0.16	—	49~65	0.3	0.3	0.25	0.2
22~30	0.2	—	0.2	—	57~62	—	0.3	0.3	—
26~38	0.25	0.2	0.2	0.13	65~80	—	—	0.3	—
34~45	0.3	0.2	0.2	0.16	73~90	—	—	0.3	—

(3) 拉刀过渡齿、精切齿的齿升量

粗切齿	过渡齿		精 切 齿							
	齿升量 f_z (mm)	齿升量 f_z (mm)	齿数 或 齿组数	每齿或每组 齿的齿升量 (mm)	圆 拉 刀		各种花键拉刀		键槽拉刀、平面 拉刀、成形拉刀	
					齿组数	不成齿组 的刀齿数	齿组数	不成齿组 的刀齿数	齿组数	不成齿组 的刀齿数
≤ 0.05	取为粗切 齿齿升量 的 (0.4~0.6)	1~2	0.02~0.03	1	1~2	1	1~2	1	1~2	
$> 0.05 \sim 0.1$			0.035~0.07	1~2	3	1~2	2~3	1~2	2~3	
$> 0.1 \sim 0.2$			0.07~0.1	2	3~5	2~3	2~3	2~3	2~3	
$> 0.2 \sim 0.3$			0.1~0.16	2~3	3~5	2~3	2~3	2~3	2~3	

注：综合轮切式圆拉刀的粗切齿，每齿齿升量常取为0.03~0.06mm。

表12-3-2 刀齿主要几何参数

(1) 常用材料的拉刀几何参数表

拉刀型式	工件材料			前角 γ_o (度)		后角 α_o (度)		刃带宽 b_{a1} (mm)		
				粗切齿	精切齿 校准齿	切削齿	校准齿	粗切齿	精切齿	校准齿
圆 拉 刀	钢	硬度 HB	≤ 229	15	15	2.5~4	0.5~1	0~0.05	0.1~0.15	0.3~0.5
			> 229	10~12	10~12					
	铸铁	硬度 HB	≤ 180	8~10	8~10	2.5~4	0.5~1	0~0.05	0.1~0.15	0.3~0.5
			> 180	5	5					
	可锻、球墨、蠕墨铸铁			10	10	2~3	0.5~1.5	0~0.05	0.1~0.15	0.3~0.5
铝合金、巴氏合金			20~25	20~25	2.5~4	0.5~1.5	0~0.05	0.1~0.15	0.3~0.5	
			铜合金	5~10	5~10	2~3	0.5~1.5	0~0.05	0.1~0.15	0.3~0.5
各种花键拉刀	钢	硬度 HB	≤ 229	15	15	2.5~4	0.5~1.5	0~0.05	0.1~0.15	0.3~0.6
			> 229	10~12	10~12					
	铸铁	硬度 HB	≤ 180	8~10	8~10	2.5~4	0.5~1.5	0~0.05	0.1~0.15	0.3~0.6
			> 180	5	5					
			铜合金	5	5	2~3	0.5~1.5	0~0.05	0.1~0.15	0.3~0.6

(续)

拉刀型式	工件材料		前角 γ_0 (度)		后角 α_0 (度)		刃带宽 b_{a1} (mm)			
			粗切齿	精切齿 校准齿	切削齿	校准齿	粗切齿	精切齿	校准齿	
键槽拉刀 平面拉刀	钢	硬度 HB	≤ 229	15	15	2.5~4	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8
			> 229	10~12	10~12					
	铸铁	硬度 HB	≤ 180	8~10	8~10	2.5~4	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8
			> 180	5	5					
铜合金			5	5	2~3	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8	
成形拉刀	钢	硬度 HB	≤ 229	15	15	0.5~4	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8
			> 229	10~12	10~12					
	铸铁	硬度 HB	≤ 180	8~10	8~10	2.5~4	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8
			> 180	5	5					
铜合金			5	5	2~3	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8	
螺旋齿拉刀	钢	硬度 HB	≤ 229	15	15	2.5~4	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8
			> 229	10~12	10~12					
	铸铁	硬度 HB	≤ 180	8~10	8~10	2.5~4	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8
			> 180	5	5					
铜合金			5	5	2~3	0.5~1.5	0.1~0.15	0.2~0.3	0.5~0.8	

(2) 加工特种合金钢时拉刀的前角与后角

(°)

拉刀类型	耐热合金钢			钛合金钢		
	前角 γ_0	切削齿 后角 α_0	校准齿 后角 α_0	前角 γ_0	切削齿 后角 α_0	校准齿 后角 α_0
内拉刀	15	3~5	2~3	3~5	5~7	2~3
外拉刀		10~12	5~7		10~12	8~10

2.2 刀齿主要几何参数

拉刀刀齿的主要几何参数是指前角 γ_0 、后角 α_0 和刃带宽 b_{a1} 。它们的数值大小，主要取决于工件材料与拉刀的结构形式（见表12.3-2）。

2.3 拉刀容屑槽、齿距与同时工作齿数

2.3.1 容屑槽

容屑槽是形成刀齿的前刀面和容纳切屑的环状或螺旋状沟槽。环形齿拉刀的拉削是属于封闭容屑槽形式；螺旋齿拉刀的拉削是属于半封闭容屑槽形式。切屑容纳在拉刀的容屑槽中，如果容屑空间不够大，切屑会在槽内挤塞，影响加工表面的质量，严重的还会使刀齿崩刃或拉断拉刀。因此，选择拉

刀的容屑槽尺寸是重要的一环，常供设计选择的容屑槽有三种类型（见图12.3-2）。

1) 直线齿背型由一段直线、一段圆弧和前刀面组成，适用于拉削脆性材料（如铸铁、黄铜、青铜等）和普通钢材用同廓式拉削方式的拉刀。容屑槽尺寸见表12.3-3。其参数间的关系为：

$$h = (0.35 \sim 0.25) P$$

$$g = (0.3 \sim 0.4) P$$

$$r = (0.20 \sim 0.25) P$$

$$\theta = 45^\circ \sim 50^\circ$$

2) 曲线齿背型由两段圆弧和前刀面组成，其容屑槽较大，有利于切屑的卷曲和清除，适用于拉削韧性材料的大齿升量的拉刀。轮切式拉刀大都采用这种形式。

容屑槽尺寸见表12.3-4，其参数间的关系为：

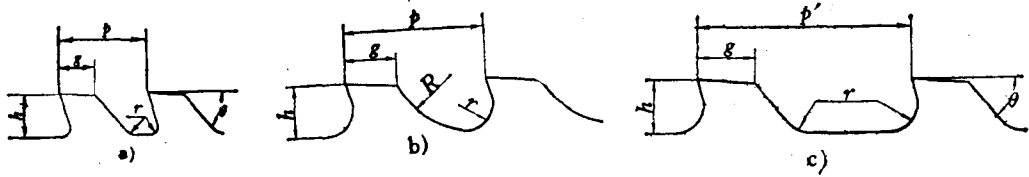


图12-3-2 拉刀容屑槽槽形
a) 直线齿背型 b) 曲线齿背型 c) 加长齿距型

表12-3-3 直线齿背容屑槽尺寸

mm

P	g	I型(深槽)		II型(基本槽)		III型(浅槽)	
		h	r	h	r	h	r
5	2	—	—	2	1	1.6	0.8
6	2	—	—	2.2	1.1	1.8	0.9
7	2.5	3	1.5	2.5	1.2	2.2	1.1
8	2.5	3.5	1.7	3.2	1.5	2.5	1.2
9	3	4	2	3.5	1.8	2.8	1.4
10	3.2	4.5	2.2	4	2	3.2	1.6
11	3.6	5	2.5	4.5	2.2	3.5	1.8
12	4	5	2.5	4.5	2.2	3.5	1.8
13	4	5.5	2.8	5	2.5	4	2
14	4.5	6	3	5.5	2.8	4.5	2.2
15	5	6	3	5.5	2.8	4.5	2.2
16	5	7	3.5	6	3	5	2.5
17	5	7	3.5	6	3	5	2.5
18	6	8	4	7	3.5	5.5	2.8
19	6	8	4	7	3.5	5.5	2.8
20	6	9	4.5	8	4	6	3
21	7	9	4.5	8	4	6	3
22	7	10	5	9	4.5	7	3.5
23	7	10	5	9	4.5	7	3.5
24	7	11	5.5	10	5	8	4
25	8	11	5.5	10	5	8	4
26	8	11	5.5	10	5	8	4
28	9	12	6	11	5.5	9	4.5
30	9	12	6	11	5.5	9	4.5
32	10	12	6	11	5.5	9	4.5
36	11	12	6	11	5.5	9	4.5

表12·3-4 曲线齿背容屑槽尺寸

mm

P	g	R	I型(深槽)		II型(基本槽)		III型(浅槽)	
			h	r	h	r	h	r
4.0 4.5	1.5 2.0	2.5	1.6	0.8	1.2	0.6	—	—
5.0 5.5	1.5 2.0	3.5	2.0	1.0	1.6	0.8	—	—
6.0 6.5	2.0 2.5	4.0	2.5	1.25	2.0	1.0	—	—
7.0 7.5	2.5 3.0	4.5	3.0	1.5	2.0	1.0	—	—
8.0 8.5	3.0 3.5	5.0	3.0	1.5	2.5	1.25	—	—
9.0 9.5	3.0 3.5	6.0	3.5	1.75	3.0	1.5	2.5	1.25
10.0 11.0	3.0 4.0	7.0	4.0	2.0	3.5	1.75	3.0	1.5
12.0 13.0	4.0 5.0	8.0	5.0	2.5	4.0	2.0	3.0	1.5
14.0 15.0	4.0 5.0	10.0	6.0	3.0	5.0	2.5	4.0	2.0
16.0 17.0 18.0	4.0 5.0 6.0	12.0	7.0	3.5	6.0	3.0	5.0	2.5
19.0 20.0 21.0	5.0 6.0 7.0	14.0	9.0	4.5	7.0	3.5	5.0	2.5
22.0 23.0 24.0 25.0	6.0 7.0 8.0 9.0	16.0	10.0	5.0	8.0	4.0	6.0	3.0
26.0 27.0 28.0 29.0 30.0	8.0 9.0 10.0 11.0 12.0	18.0	12.0	6.0	10.0	5.0	8.0	4.0
31.0 32.0 33.0 34.0	9.0 10.0 11.0 12.0	22.0	14.0	7.0	12.0	6.0	10.0	5.0

$$h = (0.3 \sim 0.4) P$$

$$g = (0.3 \sim 0.35) P$$

$$R = (0.65 \sim 0.7) P$$

$$r = (0.15 \sim 0.2) P$$

3) 加长齿距型由两段圆弧和一段直线组成, 其齿距较大有足够的容屑空间, 适用于拉削深孔或

内孔有空刀槽的工件。加长齿距容屑槽的齿距 P' 一般按表12·3-4中齿距 P 的1.5~2倍计,其余尺寸按 P 相应选取。

2·3·2 齿距与同时工作齿数

齿距 P 是两个相邻刀齿间的轴向距离。齿距大,拉刀长,生产率低;齿距小,同时工作齿数多、拉刀工作平稳,加工表面质量高。但若齿距过小,就会使同时工作齿数增多,拉削力增加。此外,还会使容屑空间减小,造成切屑堵塞而导致刀齿崩刃或拉刀拉断。

拉刀齿距 P 的选取可用经验公式计算:

同廓式、渐成式拉刀,

$$P = (1.25 \sim 1.5) \sqrt{l_0}$$

轮切式拉刀,

$$P = (1.45 \sim 1.9) \sqrt{l_0}$$

式中 l_0 ——拉削长度

拉刀同时工作齿数 z 可按下式计算:

$$z = \frac{l_0}{P} + 1 \quad (\text{取整数})$$

计算所得的齿距 P 值,在进行容屑系数、拉刀强度和拉床功率的验算时,还有可能要适当修正,最后取接近的标准值。齿距与同时工作齿数见表12·3-5。

表12·3-5 拉刀的齿距与同时工作齿数

拉削长度 l (mm)	齿 距 P (mm)	同时工作 齿数 z
10~12	5	3
>12~14	5.5	3
>14~16	6	3
>16~19	6.5	3
>19~20	6.5	4
>20~25	7	4
>25~31	8	4
>31~33	8.5	4
>33~36	8.5	4
>36~40	9	5
>40~45	9.5	5
>45~49	10	5
>49~54	11	6

(续)

拉削长度 l (mm)	齿 距 P (mm)	同时工作 齿数 z
>54~60	11	6
>60~70	12	6
>70~77	13	6
>77~83	13	7
>83~90	14	7
>90~100	15	7
>100~111	16	7
>111~125	16	8
>125~145	18	8

2·3·3 容屑系数

容屑系数 k 是在法截内容屑槽的有效面积 A_1 与切屑的面积 A_2 的比值。拉刀容屑槽的有效截面积 A_1 可近似地取半径 $r = 0.5h$ 的圆面积,即 $A_1 = \pi h^2 / 4$ 。拉刀切下的切屑截面积 A_2 可近似地取切削层的截面积,即 $A_2 = f_s l_0$ 。

拉刀设计时必须满足以下条件

$$\frac{\pi h^2}{4 f_s l_0} \geq k$$

式中 k ——容屑系数,见表12·3-6

容屑系数与切屑的类别和卷曲程度有密切关系,对于不同的材料和加工情况,容屑系数也不同,通常由实验确定。

选定齿升量 f_s 后,也可用公式验算拉刀容屑槽深

$$h \geq 1.13 \sqrt{k f_s l_0}$$

如能满足上式,则可保证容屑槽有足够的容屑空间。允许容屑槽深见表12·3-7。

当槽深 h 按标准选定后,可用下式校验容屑槽允许的齿升量 f_s :

表12·3-6 拉刀容屑槽的容屑系数

齿升量 f_s (mm)	钢 σ_s (Pa)			铸铁、铝 青铜、黄 铜	铜、铝、 黄铜巴氏 合金
	<400	400~700	>700		
≤0.03	3	2.5	3	2.5	2.5
>0.03~0.07	4	3	3.5	2.5	3
>0.07	4.5	3.5	4	2	3.5