

机械加工
工艺手册

第2卷

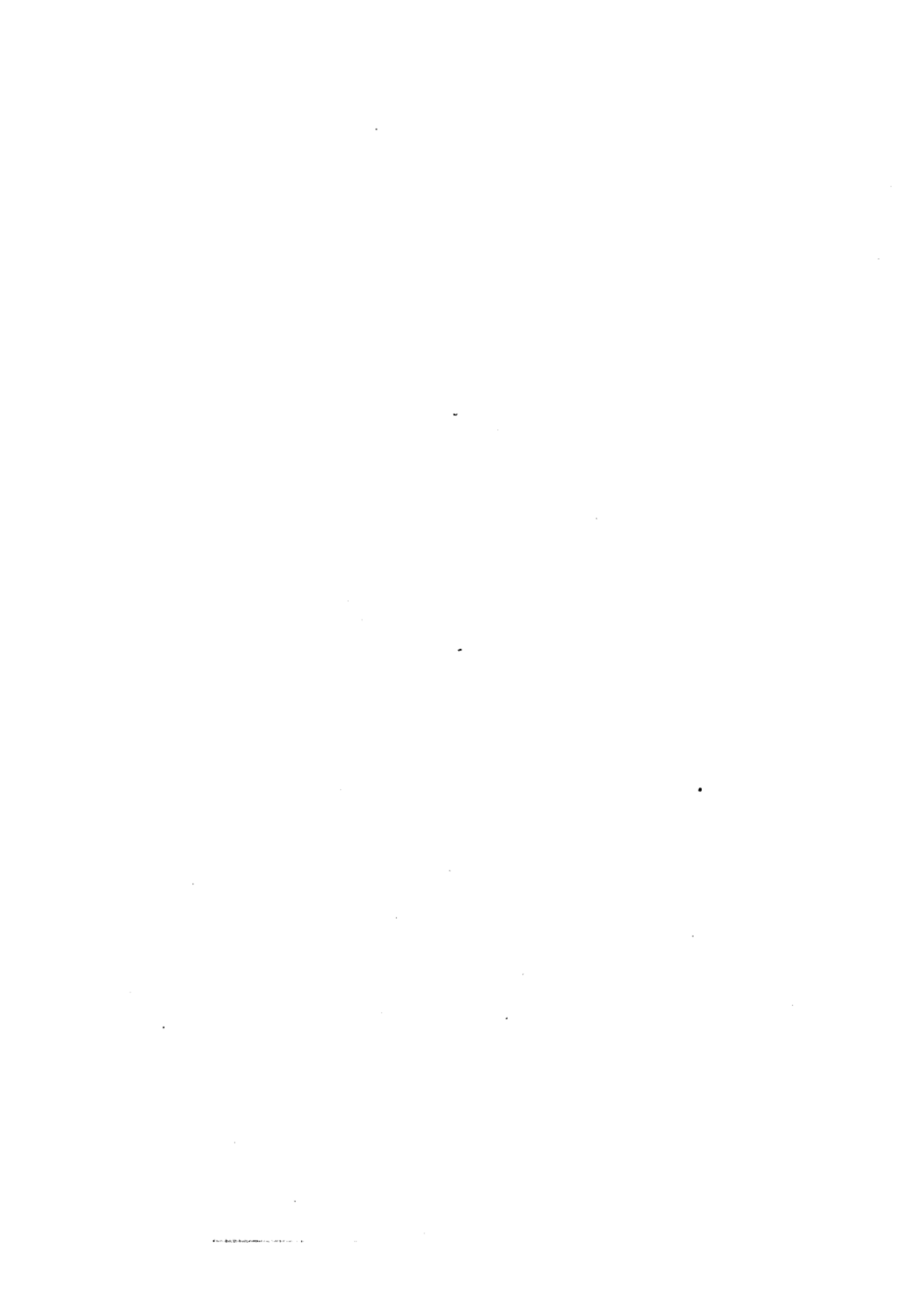
机械工业出版社

第18章 花 键 加 工

主 编 张景仕 (天津大学)
编 写 张景仕

主 审 牟永言 (第一汽车制造厂)

责任编辑 何富源



第1节 概 述

花键联接在机械制造工业中应用很广，它与键联接比较，具有下列特点：

- 1) 定心精度较高，承载能力大，能传递较大的扭矩；
- 2) 导向性好，如齿轮变速箱中，齿轮与轴的同轴度好，移动轻快；
- 3) 当轴径相同时，花键齿侧上挤压应力较小；
- 4) 加工花键有时需用专用设备和量具、刀具，故制造成本高。适用于载荷较大和对定心精度要求较高的静联接或动联接。

1 花键的定心方式

花键的形状有矩形和渐开线齿形两种，其定心方式分为：

(1) 小径定心 小径定心是矩形花键联接最精密的方法，定心精度高。多用于机床行业。这种定心方式见图18-1-1。



图18-1-1 矩形花键联接的小径定心

(2) 大径定心 大径定心的矩形花键联接加工方便，定心精度较高。可用于汽车、拖拉机和机床等行业。其定心方式见图18-1-2。



图18-1-2 矩形花键联接的大径定心

(3) 齿形定心 齿形定心方式用于渐开线花键联接(图18-1-3)。在受载情况下能自动定心，可使多数齿同时接触。齿根有平齿根和圆齿根，圆齿根有利于降低齿根的应力集中。适用于载荷较大的汽车、拖拉机变速箱轴等。

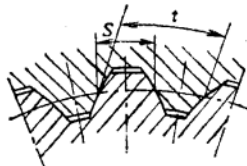


图18-1-3 渐开线花键联接的齿形定心

2 花键的加工方法

花键轴和花键孔采用不同的方法进行加工。常用的方法有普通铣削、磨削、展成法铣削，无屑加工，拉削及刨削等。主要方法见表18-1-1。

2.1 按小径定心方式的花键加工

花键轴加工过程见表18-1-2，花键孔加工过程见表18-1-3。

2.2 按大径定心方式的花键加工

(1) 花键轴的加工 与表18-1-2的加工过程

表18-1-1 花键联接齿面机械加工主要方法

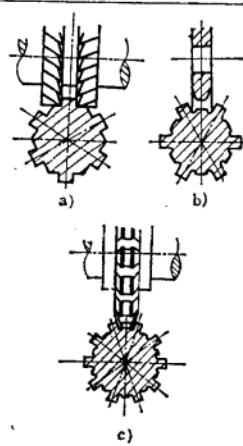
加工过程	加工方法	用于加工			当 ≥ 350 HB加工	设备	刀具	经济精度(等级)			生产类型
		孔	轴	截面				D	d	侧面	
插削	成形法	+	-	任意(主要是矩形)	粗加工	插床	成形插刀	8	—	10(r1)	单件生产
内拉削		+	-	任意		拉床	拉刀	7	6	8(7)	各种生产类型
推孔		+	-			立式拉床或压床	推刀	6	—	8(7)	大量生产或成批生产
插齿	展成法	+	+	渐开线齿形	精加工	插齿机	花键插齿刀	8	10	8(8)	各种类型生产
铣齿		-	+	任意		花键铣床或滚齿机	花键滚刀	—	10	7(8)	
车齿		-	+			花键铣床带自动分度传动链	切刀头	—	10	7(8)	

(续)

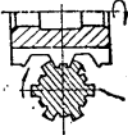
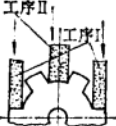
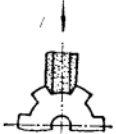
加工过程	加工方法	用于加工		当 ≥ 350 HB加工	设备	刀具	经济精度(等级)			生产类型	
		孔	轴				截面	D	d		侧面
铣削	成形法	-	+	任意	精加工	卧式铣床	成形铣刀	—	8	7(8)	单件生产
		-	+			专用花键铣床	成形铣刀	—	8	7(8)	大量生产
刨削		-	+	矩形, 渐开线	粗加工	专用半自动机	成形刨刀	—	8	7(8)	
外拉削	展成法	-	+	矩形, 渐开线	粗加工	拉床	平面拉刀	—	10	6(7)	成批大量
				齿形		圆拉床	圆拉刀	—	8	7(7)	大量
纵向挤压	成形法	-	+	渐开线, 矩形	粗加工	专用机床	滚压头	—	8	7(8)	
推挤	成形法	+	-	矩形, 渐开线	—	压床	锥形推刀	8	10	8(9)	大量
磨齿	展成法	+	+	渐开线	精加工	齿轮磨床	砂轮(碟形或蜗杆形)	—	—	(7)	
成形磨削	成形法	-	+	矩形, 渐开线		花键磨床	成形砂轮	—	6	6(7)	成批大量
内圆磨削	—	+	-	矩形		内圆磨床	内圆磨砂轮	—	6	—	各种类型生产
外圆磨削	—	-	+	矩形, 渐开线		外圆磨床	外圆磨砂轮	6	—	—	

注: 当 < 350 HB时, 可以精加工。

表18·1-2 按小径定心方式的花键轴加工

加工过程	加工方法及简图	所用机床及附件	刀具及刀具材料	定位及夹具
车削外圆柱面	根据毛坯种类, 加工余量和生产规模, 用一次或二次走刀车削外圆柱面	普通车床	硬质合金外圆车刀	顶尖孔定位, 拨盘, 顶尖
铣制花键	<p>轴径 $D \leq 100$ mm 时用一次走刀, 当 $D > 100$ mm 时, 用二次走刀</p> 	普通卧式铣床和分度头	盘状铣刀和盘状成形铣刀	顶尖孔, 拨盘, 顶尖

(续)

加工过程	加工方法及简图		所用机床及附件	刀具及刀具材料	定位及夹具
铣制花键	大批大量生产	滚切法加工花键 	卧式滚齿机(花键铣床), 插齿机	花键滚刀或插齿刀	顶尖孔, 拨盘, 顶尖
热处理	高频淬火, 渗碳淬火或调质		—	—	—
磨削花键	成批生产	工序 I, 用两个砂轮依次磨削两个齿侧 工序 II, 用成形砂轮磨削小径表面 	平面磨床, 分度夹具	圆盘砂轮	顶尖孔, 拨盘, 顶尖
	大批和大量生产	小径和键侧一次磨成, 单边余量为 0.1~0.2mm 	花键磨床或平面磨床	成形砂轮或外圆砂轮砂轮修整	顶尖孔, 拨盘, 顶尖
去毛刺	—		—	—	—
检验	—		千分卡尺、卡规千分表或花键环规	—	—

注: 加工花键也可采用无屑加工法、拉削和刨削方法。

表18-1-3 花键孔加工过程

加工过程	加工方法	所用机床及附件	刀具及刀具材料	定位及夹具
孔的预加工	钻孔、扩孔及车端面	钻床及车床	钻头及硬质合金车刀	卡盘, 心轴
拉削圆孔和花键	在一次安装时, 拉削出圆孔和花键孔	卧式拉床	同心式小径定心矩形花键拉刀	
精车工件外圆表面和端面	精加工工件的外圆柱面和端面	普通车床	硬质合金车刀	花键孔定位心轴, 顶尖
齿轮的齿形加工	滚齿或插齿	滚齿机或插齿机	滚刀或插齿刀	花键孔定位心轴, 顶尖
热处理	对中碳结构钢, 可采用齿圈高频淬火, 齿面硬度可达到 HRC 62; 对低碳合金钢, 须采用渗碳整体淬火	高频淬火机床或淬火炉	—	—
磨削花键孔小径	磨削花键孔小径表面	内圆磨床	砂轮	齿轮齿面定位(分度圆定位), 卡盘
去毛刺清洗	—	—	—	—
检验	—	—	花键塞规	—

注: 加工以小径定心的齿轮上之花键孔。

表18-1-4 花键加工的经济精度

(1) 花 键 轴					
花键轴外径 (mm)	键数	加 工 方 法			
		花键滚刀滚花键		成形磨削	
		精度(mm)			
		花键宽	小圆直径	花键宽	小圆直径
18~30	6和4	0.025	0.05	0.013	0.027
>30~50		0.040	0.075	0.015	0.032
>50~80		0.050	0.10	0.017	0.042
>80~120	10和6	0.075	0.125	0.019	0.045

(2) 花 键 孔					
花键的最大直径 (mm)	键数	加 工 方 法			
		拉削		推削	
		热处理前的精度(mm)			
		花键宽	小圆直径	花键宽	小圆直径
18~30	10,6或4	0.013	0.018	0.008	0.012
>30~50		0.016	0.026	0.009	0.015
>50~80		0.016	0.030	0.012	0.019
>80~120		0.019	0.035	0.012	0.023

相似，其不同之处只是在普通外圆磨床上磨削花键的大径表面。

(2) 花键孔的加工 在热处理前的加工过程

与表18-1-3相同。在热处理后须用推刀（或压刀）校正热处理后孔的变形，因此工件硬度不应高于HRC45。同时因是自由推削，推刀无定位导向装置，影响工件精度。

2.3 按花键齿形定心方式的花键加工

(1) 花键轴加工 与上述方法基本相同，一般花键轴外圆表面不需磨削，但在个别情况下，为了以后各工序定位方便，有时也要磨削外圆表面。

(2) 花键孔加工 与上述方法一样，孔的外圆表面不需校正，只需沿花键槽侧面进行校正。

3 花键各种加工方法的技术经济性比较

花键各种加工方法的技术经济性比较见表18-1-4。

第2节 花键轴的成形铣削加工

1 成形铣削的种类和方法

当小批或单件生产时，可在卧式铣床上利用分度头来进行铣削。

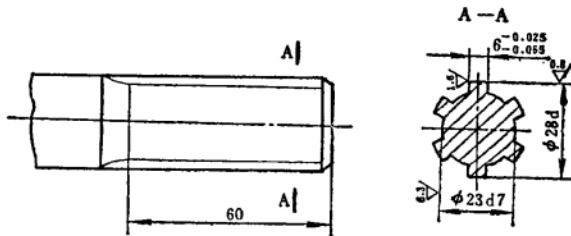
1.1 用三面刃铣刀和锯片铣刀加工花键轴

花键轴的铣削过程列于表18-2-1。

1.2 用组合铣刀铣削花键

(1) 用组合三面刃铣刀铣削花键 用组合三

表18-2-1 单件、小批生产花键轴铣削过程



序号	项 目	简 图	说 明
1	工件安装和校正		把工件装夹在分度头卡盘和顶尖之间，用百分表检查工件两端是否等高，径向跳动是否符合要求，若偏差较大，应调整和修磨中心孔，检查工件侧母线相对于纵向工作台移动方向的平行度

(续)

序号	项目	简 图	说 明
2	分度计算 和调整	—	根据花键齿数 N ，试插分度头手柄转数 $\left(n = \frac{40}{N}\right)$ 以符合要求
3	划线和对 刀①		在工件圆柱面上划出一条与中心等高的中心线，然后升高和降低半个花键齿宽，划出两条键侧线。插动分度头让工件转过 90° ，使划线部分朝上，再用高度尺在工件端面上划出铣切深度线
4	铣花键一 侧		将三面刃铣刀（铣刀宽度要尽量小些，以免在铣削中伤及邻齿齿侧）按划线对刀，进行铣削，依次铣宽各花键齿的一侧
5	铣花键另 一侧		移动横向工作台，移动距离 $S = B + b$ (mm) 式中 b —铣刀宽度(mm)， B —键宽(mm)，依次铣花键另一侧，铣出第一条花键后，须测量键宽尺寸是否符合要求
6	锯片铣刀 对中心		使锯片铣刀（厚度为 $2\sim 3$ mm）对准工件中心，插动铣床升降台使刀刃轻轻擦到或贴在齿顶表面的薄纸为止

(续)

序号	项目	简图	说明
7	铣槽底弧面		摇动分度头, 使工件转过一定角度, 然后将升降台升高一个齿高深度, 再摇动纵向进给进行铣削, 铣完一刀后, 摇动分度头手柄, 转过几个孔距, 使工件稍转一些, 再铣第二刀
8	槽底圆弧铣宽②		按上述方法, 铣完第二刀后, 再铣第三刀, 第四刀, …… , 这样可近似地加工出整个槽底圆弧面
9	花键的检查		键宽和内径可用游标卡尺或千分尺检查 键宽对称性可用高度尺检查, 工件铣完后, 摇动分度头, 使处于水平状态的两键的键侧面 1、3 等高, 用高度尺量出键侧面 1、3 至工作台面高度, 然后将分度头转动 180° , 使此两键的键侧面 2、4 朝上, 再用高度尺量出键侧面 2、4 至工作台面高度, 检查是否相等, 这样可测出键宽对称性的误差
10	用成形单刀头铣槽底圆弧		

① 也可采用试切法对刀。

② 也可采用凹圆弧形的成形单刀头将槽底一次铣出(见表图序号 10), 应注意对刀精度, 使槽底圆弧中心和工件同心。

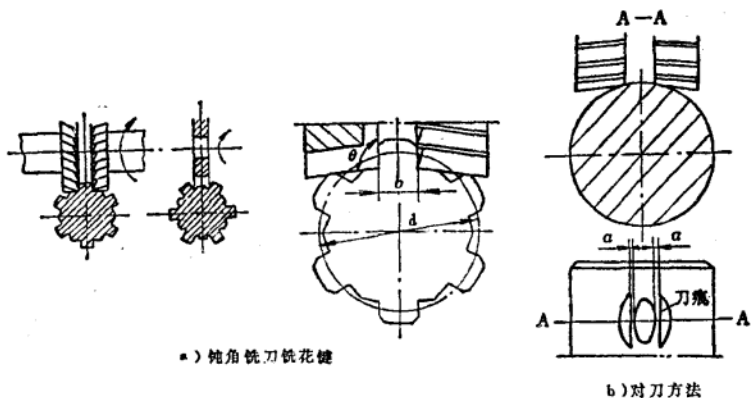


图18-2-1 组合三面刃铣刀铣削花键

面刃铣刀在卧式铣床上用分度法铣削，工件的安装、调整与用单刀铣花键时相同（图18-2-1 a），两把铣刀的直径必须相同，其间距等于花键键宽，可由铣刀间的垫圈或垫片的厚度来保证。如用钝角铣刀加工花键时（图18-2-1 b），铣刀钝角 $\theta = 105^\circ \sim 110^\circ$ ，铣出的小径不是圆弧，而是两段直线，适用于以大径定心的花键轴。用这种方法能同时铣出花键的倒角。一般用于粗铣加工，键宽留精铣余量在0.5mm左右。所用的铣刀直径为100mm，铣刀转速 $n_0 = 190r/min$ ，进给速度 $v_f = 475mm/min$ 。

(2) 用专用铣刀盘铣花键

见图18-2-2，采用两把专用铣刀盘同时铣削花键轴的两条花键槽，铣刀刀刃廓形可按花键槽的截形设计。

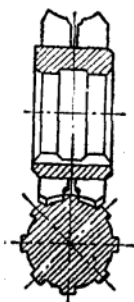


图18-2-2 用专用铣刀盘铣削花键

用高速钢成形铣刀铣完键槽后，在键侧留有少量的精铣余量，然后用硬质合金组合刀盘精铣键侧，其效果较好，见图18-2-3 a，铣刀盘有微调机构，调整精度可达0.01~0.02mm，刀盘应仔细平衡，花键轴精确分度，铣刀直径可取为60mm，铣刀盘转速 $n_0 = 750 \sim 1000r/min$ ，进给速度 $v_f = 750 \sim 1000$

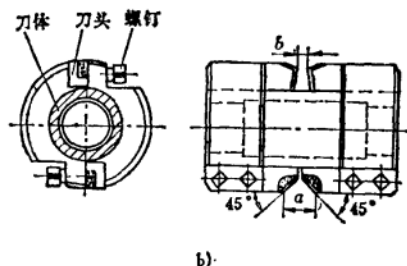
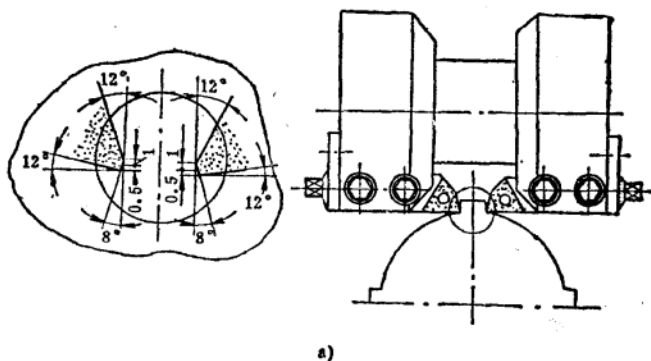


图18-2-3 用硬质合金组合刀盘精铣花键

mm/min。图18-2-3b，刀盘上共有两组刀齿，一组刀齿（两把刀）可铣花键两侧，另一组刀齿加工花键倒角，刀间距离可根据键宽和倒角大小来调整。采用这种刀盘时，花键每侧的精铣余量一般为0.15~0.20mm，铣削速度可达200mm/min以上，进给速度 $v_f=475\sim600\text{mm/min}$ ，花键侧面粗糙度可达 $Ra0.8\sim1.6\mu\text{m}$ 。

1.3 用成形铣刀铣削花键

图18-2-4是用成形铣刀铣削花键，可使生产率大大地提高，适用于大批量的生产。

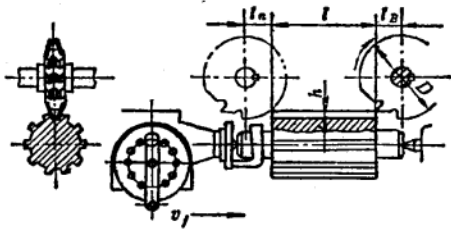


图18-2-4 用成形铣刀铣削花键

各种结构的成形铣刀见图18-2-5。图18-2-5a为铲齿成形铣刀，沿刀齿前刀面重磨后，刀齿刃形不变。图18-2-5b为尖齿成形铣刀，它可由三面刃铣刀改磨。图18-2-5c为焊接式硬质合金花键铣刀。图18-2-5d为机夹式硬质合金花键铣刀。

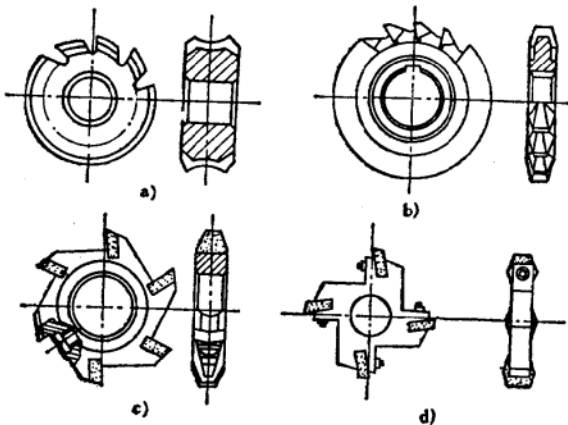


图18-2-5 花键成形铣刀

用成形铣刀铣削花键的对刀方法见图18-2-6，其对刀步骤如下：

1) 先用目测法使铣刀对准工件中心，开动机床，升高工作台，使成形铣刀的两尖角同时接触工件外圆表面，见图18-2-6a。

2) 按花键深度的四分之三铣削一刀，退出工件，检查花键的对称性（图18-2-6b）。

3) 工件沿顺时针方向转动 θ 角（图18-2-6c）， θ 角按下式计算：

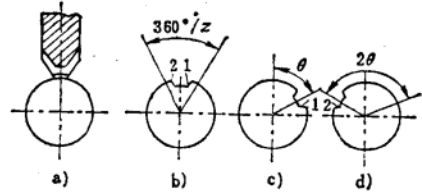


图18-2-6 成形铣刀铣削花键的对刀步骤

$$\theta = 90^\circ - \frac{180^\circ}{N}$$

式中 N ——花键轴键数

用杠杆百分表测量键侧1的高度。

4) 沿逆时针方向将工件转过 2θ 角，用杠杆百分表测量键侧2的高度（图18-2-6d）。若键侧1、2的高度相等，则说明花键的对称性很好，如高度不等时，应做微量调整。当键侧1比键侧2高 Δx 时，应将横向工作台移动距离 s ，键侧1靠向铣刀， s 可用下式计算：

$$s = \frac{\Delta x}{2\cos\frac{180^\circ}{N}} \text{ mm}$$

或写成 $s = k\Delta x \text{ mm}$

式中 k ——系数， $k = \frac{1}{2\cos\frac{180^\circ}{N}}$

5) 按花键深度调整好机床，即可铣削花键。

1.4 花键轴拉削

花键轴拉削是在卧式拉床上采用专用夹具拉削花键齿槽。对拉削通键可采用镶有刀齿的专用拉刀，刀齿

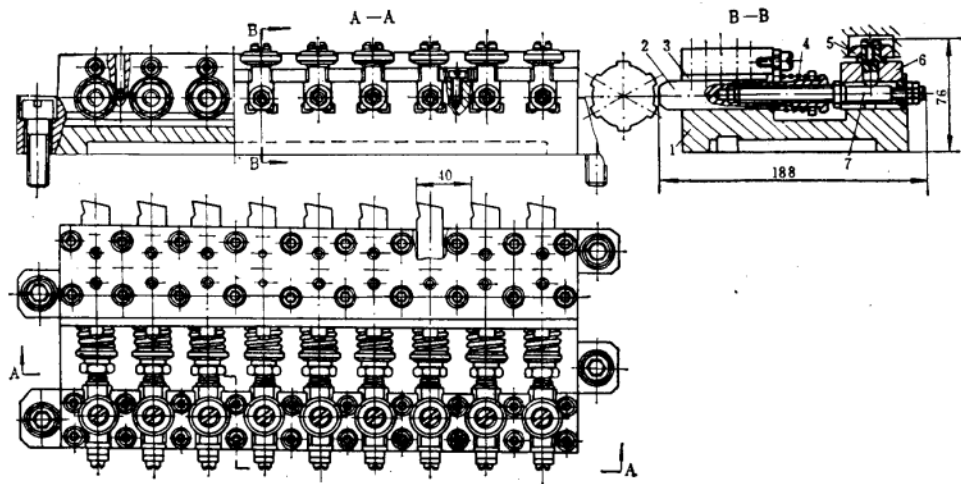


图18-2-7 拉削非通键的滑块拉刀

1—底座 2—刀头 3—压板 4—弹簧 5—滚柱 6—导板 7—拉杆

切削刃的廓形与花键齿槽相适应，借助于分度装置依次拉削每条花键。当拉削非通键时，可利用滑块拉刀，它的每个刀齿在半径方向上都可单独的移动。

图18-2-7为滑块拉刀在卧式拉床上拉制花键。在底座1上按滑配合装有花键截面的刀头2，每个刀头都可沿滑块槽单独地移动，压板3可调节刀头在滑块槽中滑动时所需的间隙，导板6通过拉杆7与刀头相连，滚柱5紧靠在导板6上，弹簧4通过拉杆7将滚柱压向靠模面上。在每个刀头工作行程结束时，靠模带动滚柱，并将刀头从零件上导出。刀头是在专用夹具上进行整体刃磨。

2 成形铣削机床、夹具与辅具

这方面内容可参阅第9章，第1节和第3节。

3 刀具及其刃磨

加工花键轴时，经常使用各种圆盘铣刀（GB 1117—85，GB1118—85，GB1119—85，GB1128—85，GB5341—85）和锯片铣刀（GB1120—85，GB 1121—85，GB6120—85），其规格尺寸及结构可参阅第9章，第2节。

3-1 成形铣刀

用于加工具有成形表面的工件。图18-2-8为加工花键轴铣刀的齿形。一般顶刃前角为 0° ，铣刀刀齿轴向截形与工件横截面截形是一致的，所以其齿

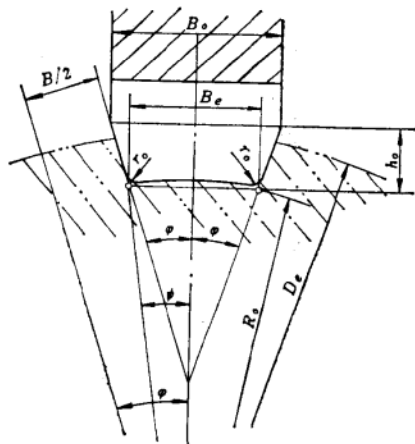


图18-2-8 花键轴铣刀齿形

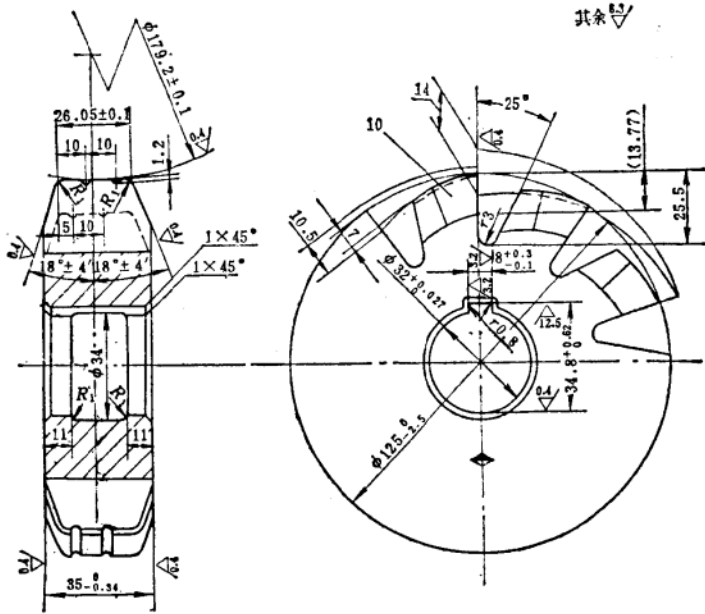


图18-2-9 花键轴铲齿成形铣刀

形可按工件横截面截形计算。

图18-2-9为加工矩形花键轴的铲齿成形铣刀。

3.2 刀具的磨损

3.2.1 铣刀的允许磨损值

一般情况下铣刀在切削时，磨损部分是刀尖、前刀面和后刀面，其中以后刀面的磨损最为严重，见图18-2-10。所以铣刀的磨钝标准是根据刀齿后

刀面的磨损量来制订，铣刀在使用过程中不应超过此值。铣刀刀齿后刀面的磨钝标准VB列于表18-2-2。

表18-2-2 铣刀刀齿后刀面的

磨钝标准 VB mm

铣刀类型	被加工材料	铣刀切削部分材料	加工性质	VB
盘状铣刀 (耐热钢除外)	钢	硬质合金	粗 铣 精 铣	1.0~1.2 0.8~1.0
		高速钢	粗 铣 精 铣	0.4~0.6 0.15~0.25
铲齿成形 铣刀	钢 (耐热钢除外)	高速钢	粗 铣 精 铣	0.3~0.4 0.2
不铲齿成 形铣刀	钢 (耐热钢除外)	高速钢	粗 铣 精 铣	0.6~0.7 0.2~0.3
花键槽及 锯片铣刀 (齿角后刀 面)	钢 (耐热钢除外)	高速钢	粗 铣	0.2~0.3

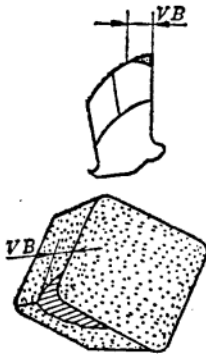


图18-2-10 铣刀刀齿的磨损

3.2.2 铣刀的耐用度

刀具耐用度的高低直接影响工件的加工精度和表面粗糙度，它与铣刀种类有关，加工花键轴用的

铣刀平均耐用度列于表18·2-3。

表18·2-3 铣刀耐用度的平均值 T min

铣刀类型	铣刀直径 (mm)	硬质合金铣刀 加工钢材	高速钢铣刀 加工钢材
盘状铣刀	50~63	—	120
	80~100	—	120
	125~150	180	150
	200~250	240	180
花键槽铣刀及 锯片铣刀	63~100	—	60
	125~150	—	90
	200~250	—	120
	315	—	180

3·2·3 提高刀具耐用度的措施

提高铣刀耐用度的措施除合理选用铣削用量和铣刀的切削角度外，铣刀的刃磨质量对铣刀耐用度影响也很大。铣刀刃磨后，再用金刚石砂轮或立方氮化硼砂轮进行精磨，这样可使刀具耐用度提高。精磨

后，可使刃口表面粗糙度参数值降低，直线性变好。铣刀表面粗糙度以不超过表18·2-4所列数值为好。

表18·2-4 精磨后铣刀表面粗糙度 μm

刀具材料	前刀面和后刀面	齿背和容屑槽 表面
高速钢铣刀	$Rz6.3$	$Ra2.5$
硬质合金铣刀	$Ra0.32$ (距刃口2~3mm处) $Ra0.63$ (副前、后刀面)	$Ra2.5$

对标准铣刀刃磨精度的要求列于表18·2-5，对径向跳动和端面跳动公差分为相邻齿和一转的公差。

3·3 刀具的刃磨

刀具刃磨后应达到下列基本要求：

- 1) 切削部分应具有正确的几何形状和锋利的切削刃；
- 2) 铣刀切削刃的径向和端面跳动应不超过规

表18·2-5 铣刀的刃磨精度要求

mm

铣刀名称	刃磨部位	铣刀直径	端刃对内孔轴线的 端面圆跳动				圆周刃对内孔轴线的 径向圆跳动				外径锥度允差
			一转		相邻齿		一转		相邻齿		
			一转	相邻齿	一转	相邻齿	一转	相邻齿	一转	相邻齿	
直齿三面刃铣刀 槽齿三面刃铣刀	周齿及端齿后刀面	$D \leq 80$	0.05	0.025	0.03	0.015	0.03				
		$80 < D \leq 125$	0.06	0.03	0.04	0.02					
		$D > 125$	0.07	0.035	0.05	0.025					
尖齿槽铣刀	周齿后刀面	$D \leq 80$	0.04	0.02	0.03	0.015	0.03				
		$D > 80$	0.05	0.025	0.04	0.02					
槽齿三面刃铣刀	周齿及端齿后刀面	$D \leq 100$	0.08	0.04	0.04	0.025	—				
		$D > 100 \sim 160$	0.10	0.05	0.05	0.035					
		$D > 160 \sim 315$	0.12	0.06	0.06	0.035					
可转位三面刃铣刀		$D \leq 100$	0.05	0.03	0.03	0.03	—				
		$D > 100 \sim 160$	0.06	0.04	0.04	0.04					
		$D > 160$	0.08	0.05	0.05	0.05					
锯片铣刀	周齿后刀面	$D > 80$	0.06	0.03	—	—	—	—			
		$80 \leq D \leq 125$	0.10	0.05							
		$D > 160$	0.12	0.06							
成形铣刀	周齿后刀面 (尖齿铣刀) 前刀面 (铲齿铣刀)	$D < 100$	0.03	0.06	—	—	—	—			
		$D \geq 100$	0.04	0.08							

定的公差 (表18·2-5);

3) 前、后刀面应具有所需的表面粗糙度 (表18·2-4);

4) 铣刀表面不允许产生烧伤和裂纹。

砂轮机如装上方刀架, 纵横拖板及夹具等, 也可以刃磨三面刃铣刀和锯片铣刀。砂轮的选择列于表18·2-6。

3·3·2 刃磨机床

3·3·1 刃磨设备及砂轮的选择

万能工具磨床可刃磨各种铣刀、齿轮滚刀、插齿

刀等, 刀磨一般是在万能工具磨床上进行。普通刀等各种刀具, 其技术规格和参数列于表18·2-7。

表18·2-6 铣刀刃磨时砂轮的选择

铣刀名称	刃磨部位	刀具材料	砂轮特性	
三面刃铣刀	磨周齿前刀面	高速钢	WA60~80 H~JV	碟形砂轮 D1
		硬质合金	GC100 H~JV	
	磨端齿和周齿后刀面	高速钢	WA60~80 J~KV	平行砂轮 P
		硬质合金	GC100 H~JV	
镶硬质合金三面刃铣刀	磨周齿、端齿及过渡切削刃后刀面	硬质合金	GC46 H~JV	平行砂轮P和碟形D1 φ150
锯片铣刀	磨前、后刀面	高速钢	WA46~8 KV	碗形 (BW)
		硬质合金	GC100~120 HV	
角度铣刀	磨前、后刀面	高速钢	WA60~80 K~LV	杯形 (B)
齿轮铣刀	磨前刀面	高速钢	WA80 KV	φ75~125
			WA46~70 H~JV	

注: 刃磨高钒高速钢刀具时, 可选择用单晶刚玉(SA), 或微晶刚玉(MA)的砂轮

表18·2-7 万能工具磨床的技术规格和参数

技术规格		M6025A	M6025C	MQ6025	MQA6025	MY6025	M612K	MW6020	MW6027
磨削工件最大直径	(mm)	250	250	250	250	250	200	200	270
磨削工件最大长度	(mm)	400	400	320	450	650	400	320	400
前后顶尖距	(mm)	630	630	580	630	650	630	530	600
后顶尖与万能夹头顶尖距	(mm)	480							
头架中心高	(mm)	125	125	126			105	105	135
顶尖中心线至砂轮中心线距离	(mm)	70~300	45~285	200	40~300				
主轴顶尖孔锥度		1:5	1:5	1:10		莫氏5号	莫氏2号	莫氏2号	莫氏2号
主轴转速	(r/min)					110、180、295	128~385 (4级)	132~258 (4级)	139、206、274、353 90(逆时针)
头架最大回转角度	(°)						-30 +90	±90	
卡盘直径								130	
砂轮架最大垂直移动量	(mm)			250			200	200	200
顶尖中心线以上	(mm)	130	150	190	180				
顶尖中心线以下	(mm)	55	55	60	60				
刻度盘每转一格砂轮架垂直移动量	(mm)	0.02	0.01	0.005			0.01	0.01	0.01
纵向	(mm)		0.01	0.02			0.01	0.0025	0.01/0.05

(续)

技 术 规 格	M6025 A	M6025 C	MQ6025	MQA6025	MY6025	M612 K	MW6020	MW6027
砂轮架回转角度 (°)						(±90)	360	
在水平面上 (°)		360	360	360	360	360		360
在垂直面上 (°)		±15	±15		±15	±12		360
刻度盘每转砂轮架移动量								
垂直 (mm)		2.5	2.5			1	1	1
横向 (mm)		3	2			1	2.5/0.5	1/5
砂轮架最大横向移动量 (mm)			200			200		200
顶尖中心线以上 (mm)		185						
顶尖中心线以下 (mm)		45						
磨削螺旋角调整角度 (°)					±60			
头架最大伸出量 (mm)								150
砂轮轴转速 (r/min)	2800~5600	300600	4237	4000	1500、 3000、 6000	2500、 3650	3200	3600
砂轮规格(外径×宽度×内径)								
碗形砂轮 (mm)	125×35 ×32					125×35 ×32		125×35×32
平行砂轮 (mm)	150×13 ×32	150×19	150×13 ~50	φ200		200×13 ×32		150~200×13 ×32
碟形砂轮 (mm)	125×13 ×32					150×16 ×32		150×16×32
特形的 (mm)		200×60						
外圆 (mm)							200×75 ×20	
平面 (mm)							150×32 ×16	
工作台尺寸(宽×长) (mm)	135×920	135×940	135×900		110× 1375			
工作台最大移动量								
纵向 (mm)	400	400	320		650	500	460	500
横向 (mm)	230				270			
垂直升降 (mm)					300			
工作台最大回转角度 (°)	120	±60	±45			±45	±7	±45
工作台横向进给量								
刻度盘每转工作台移动量 (mm)	2				3			
刻度盘每转一格工作台移动量 (mm)	0.02				0.05			
工作台垂直进给量								
刻度盘每转工作台升降量 (mm)					0.5			
刻度盘每转一格工作台升降量 (mm)					0.01			
工作台移动速度 m/min						0.33~ 2.2	0.05~6	0~8
手轮每转工作台移动量 (mm)						12.7/ 15.9	70.6/ 16.5	25
电机总容量 (kW)	0.65/0.85	0.85						
主电动机 (kW)	0.4/0.6	0.6	0.75	0.75	1.1	0.75	0.8	0.4(或0.6)
磨外圆附件电动机 (kW)	0.25	0.25		0.06				

(续)

技术规格	M6025 A	M6025 C	MQ6025	MQA6025	MY6025	M612 K	MW6020	MW6027
外形尺寸(长×宽×高) (mm)	1350×1300 ×1250	1375× 1336× 1393	1250× 1310× 1270	1380×1070 ×1170	1900× 1200× 1650	1570× 1292× 1600	1640× 1145× 1285	1750×1130× 1358
重量 (kg)	1000	1000	810	1000	1100	1440	1200	1800

1) 选择每齿进给量 a_f , 进给量 a_f 可按表18·2-9~表18·2-13进行选取。在钢制工件上精铣或半精铣键槽时, 应选 $a_f < 0.06 \text{ mm/z}$ 。

4 工艺参数的选择和计算

4.1 切削用量的选择

铣削花键轴时, 切削用量选择得是否合理, 会影响到加工质量和生产率, 刀具和切削用量选择步骤见表18·2-8。

2) 选择切削速度 v , 根据表18·2-14~表18·2-17选择切削速度 v (m/min), 它是由高速钢和硬质合金铣刀逆铣碳素结构钢的数据组成。为了确定实用的切削速度, 当与表中的加工条件不同时,

表18·2-8 刀具和切削用量选择的步骤

次序	确定切削用量的步骤	原始资料	表号和计算方式
1	选取铣刀类型和参数(直径 D 、宽度 L 和齿数)	1.被加工零件的图纸 2.被加工表面的形状 3.铣削深度 a_p 和厚度 a_e 4.加工性质	—
2	选取铣刀的刀具材料牌号	1.被加工材料及其硬度 2.加工性质 3.加工条件	—
3	铣刀几何参数的制订, 铣刀结构尺寸的选择	1.刀具材料牌号 2.铣刀直径 3.被加工材料 4.铣刀的结构参数	—
4	选取每齿进给量 a_f	1.被加工材料 2.铣刀型式和刀具材料 3.铣削表面的类型 4.被加工表面粗糙度 5.切削深度 6.加工性质 7.铣刀的安装	表18·2-9~表18·2-13
5	确定铣刀耐用度	1.铣刀直径 D (mm) 2.铣刀材料	表18·2-3
6	确定切削速度 v_1 (m/min)	1.被加工材料及其硬度 2.切削宽度 a_e (mm) 3.进给量 a_f (mm/z) 4.耐用度 T (min) 5.加工条件和性质	表18·2-14~表18·2-17
7	计算推荐的铣刀转速(机床主轴)和根据机床说明书修正(如果不超过计算值的10%则选取较大的转数, 反之, 选取较小转数)	1.切削速度 v_1 (m/min) 2.铣刀直径 D (mm) 3.机床说明书	$n = \frac{1000v_1}{\pi D}$