

镗削加工用刀具的设计与应用

中捷机床有限公司 (辽宁沈阳 110142) 王秀平

箱体类零件(机床主轴箱体、进给箱体、变速箱等)上的孔加工是整个箱体零件加工过程中最关键的部位,而孔或孔系加工的质量又是决定机床精度和使用性能的主要因素之一。箱体零件上的孔系多采用镗削加工的工艺方法。正确合理地设计与应用镗削加工用的刀具是决定箱体孔加工质量的重要因素。

镗刀是在镗床上对尺寸精度、形状精度、位置精度要求较高的孔和孔系进行镗削加工的主要刀具。下面从以下几个方面详细介绍镗刀的选用与设计。

1. 一般镗刀的选用与设计

(1) 单刃镗刀是刀刃在单方向进行切削的镗刀。装夹式单刃镗刀是利用调整或换镗刀头来加工大小不同的孔,结构如图1所示。装夹式可调镗刀是利用试切法或专用对刀仪来调节尺寸的。镗刀倾斜安装在镗杆中,倾斜角 δ 取 15° 、 30° 、 45° 。使镗刀在镗杆中有足够的安装长度,具有足够的位置安放压紧螺钉及调节钉。镗刀尖安装高于中心,使刀有较大的支承面,一般高于中心的量为孔径 $1/20$,但应

适当加大制造前角(因装刀高,使工作前角变小了)。镗刀悬伸出镗杆的尺寸 $L=(1-1.5)B$ (B 为刀方尺寸)。

镗刀刚性不足时易产生振动,此时宜加大主偏角,

缩小刀尖圆角半径,以减少径向切削力,加大主后角减少摩擦,一般取 $\kappa_r=90^\circ \sim 95^\circ$, $\gamma_o=0.2 \sim 0.3$, $\alpha_o=15^\circ \sim 12^\circ$,刃带宽 $b=0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 。

镗杆直径按下表选取:

	镗杆直径选取表 (单位: mm)					
工件孔径	40~50	51~70	71~85	86~100	101~140	141~200
镗杆直径	32	40	50	60	80	100
刀头直径(边长)	10	12	16	18	20	24

(2) 固定直径的双刃镗刀如图2所示。它的切削刃是互相对称的,其两侧的切削刃的对称度取决于制造精度。刀具磨损后即失去原有的尺寸精度。

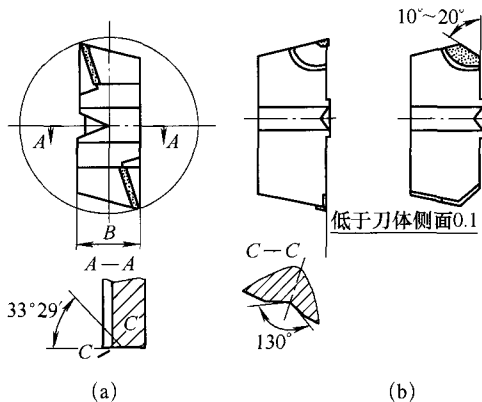


图 2

图2a所示双刃镗刀在加工时,它的两个对称的端面刃参加切削,轴向切削力较大,而径向切削力较小,且受力均匀,致使刀具的振动和镗杆的弯曲变形也较小,因而能较好地保证镗孔的正确孔几何形状。由于采用了硬质合金刀片,故可用较高的切削速度,可使镗孔有较低的表面粗糙度值,主要用来加工通孔、台阶孔的粗镗和半精镗,或者镗端面。其缺点是:刀尖强度较弱,在粗镗和半精镗时,由于孔端面有凸凹不平、砂眼、气孔、硬皮等

铸造缺陷, 易将刀尖打坏, 如果修磨后再使用, 则尺寸变小了, 可作他用 (如镗稍小孔或作斜角镗刀)。

图2b所示斜角双刃镗刀, 主偏角为 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。它的切削刃较长, 刀尖角大, 刀尖强度较高, 散热条件好。加工时, 两条切削刃逐渐进给切入, 故切削较平稳, 可减少刀尖崩刃或打坏。斜角双刃镗刀主要用于加工通孔的粗镗或孔端口倒角。切削时, 径向切削力较大, 易使镗杆弯曲变形, 影响孔的精度。

图2中所示的这种双刃镗刀在镗杆上是用定心圆锥螺钉定位压紧的, 如图3所示。在镗刀体侧面中间开有一个 130° 锥度V形槽 (见图2), 将镗刀装入镗刀杆上的矩形槽孔内, 置于中间位置用定心圆锥螺钉的锥面定位, 固定压紧镗刀在 130° 锥度V形槽上。

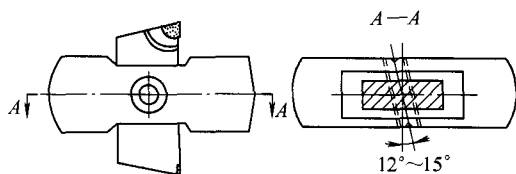


图 3

单边卡式双刃镗刀, 如图4所示, 镗刀体上有一台肩, 此台肩紧靠于镗杆矩形槽孔端面上, 再用螺钉斜压紧镗刀。在镗刀体矩形侧面有倾斜 12° 的压紧面, 而在镗杆矩形槽孔侧面亦有倾斜 12° 的螺纹孔, 以便拧入螺钉将镗刀压紧。

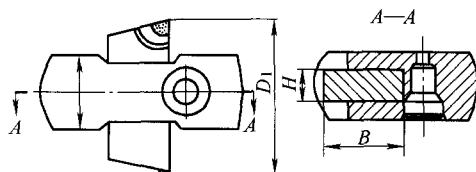


图 4

(3) 可调式双刃镗刀如图5所示。图5a所示结构为小刀块体下面带有直槽齿纹, 直接与镗刀体上直槽齿纹嵌合。拧动调节螺钉, 推动斜块, 调整刀具达所需尺寸, 然后用螺钉固定紧, 则成一个整体双刃镗刀, 再将其置入镗杆

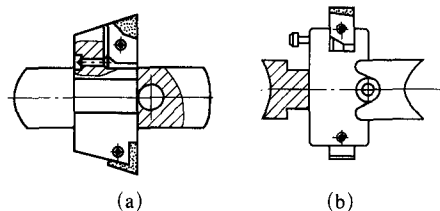


图 5

压紧即可。图5b为类似的可调式双刃镗刀。

(4) 图6所示为两种常用倒角镗刀。图6a为单刃倒角镗刀, 主要用于孔径倒角 45° , 便于浮动镗刀镗孔时, 有良好导向与切削条件, 避免了因孔径端面凹凸不平、硬皮等铸造缺陷而影响导向精度和损坏刀具刃口。

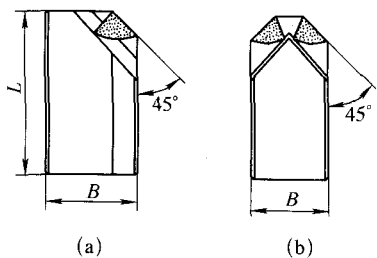


图 6

经倒角后的工件在向孔内装配零件时, 便于

等边孔径, 一般倒角 $1\text{mm} \times 45^{\circ}$ 。图6b所示为双刃单面倒角镗刀, 主要用于加工孔径两端倒角 45° , 特别两孔大小相差较小, 而且距离较近时, 倒角效率较高。

(5) 端面镗刀, 主要用于加工箱体零件上与孔径有垂直度要求的端面和台阶孔端面, 受力均匀, 使刀杆不易弯曲。图7a所示为双刃端面镗刀, 图7b为四刃端面镗刀, 主要用于加工孔径前后都有垂直要求的端面, 特别是两孔径端面大小相差较小, 距离又较近的端面, 效率更高。

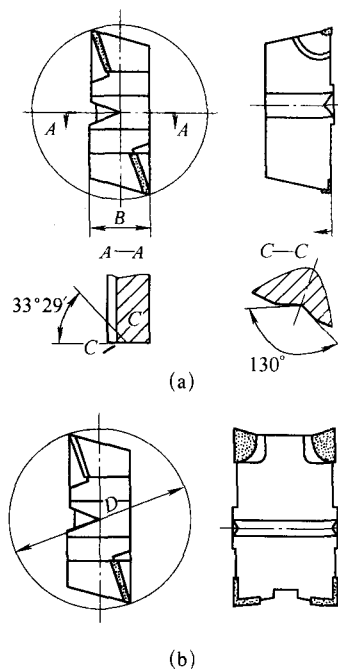


图 7

镗刀切削部分的几何参数的选择:

前角 γ 。大时, 切削容易, 但刀具刃部磨损快, 外径变小, 刀尖强度降低, 刀具容易引起振动, 降低镗孔精度和表面质量。若前角 γ 为零或圆前角, 虽然能提高刀尖强度或者保护刃口, 但是切削阻力增大, 切削温度增高。因此应根据工件材料和刀具结构, 选取合理前角。一般取 $\gamma = 6^{\circ} \sim 8^{\circ}$, 工件材料较硬时, 可取 $\gamma = 0^{\circ}$, 或增加 -2° 倒棱, 宽度

1~1.5mm。在粗加工时，特别是断续切削，承受冲击载荷，或对有硬度的铸锻件粗加工时，为保证切削刀有足够的强度，应取较小的前角和圆倒棱。

后角 α_o 小时，切削刃口强度较高，寿命也较高，在粗加工或工件材料较硬时，宜选取较小的后角。但如果过小，在切削时会引起振动和孔壁产生剧烈的摩擦、挤压、甚至崩刀。但后角过大时，刀具散热差，切削强度降低，易磨损。所以，一般半精镗时取 $\gamma_o=6^\circ\sim8^\circ$ ，粗镗时取 $\gamma_o=4^\circ$ 。

主偏角 κ_r ，它的大小直接影响进给方向的切削分力 F_x 和径向分力 F_y 的分配比例。当 κ_r 减小时，径向切削分力 F_y 将增大，容易使镗杆弯曲，引起镗杆振动，影响孔精度和表面质量。在镗铸件或精镗孔时，常取 $\kappa_r=90^\circ$ ，镗钢件或粗镗孔时，取 $\kappa_r=60^\circ$ 或 75° 。

刀尖圆角 R_o ，它的作用是提高刀具寿命和镗孔表面质量。 R_o 愈大，表面粗糙度值就愈小。但 R_o 增大，会使主切削力 F_z 和径向切削分力 F_y 增大，而 F_x 减小，易使镗杆弯曲变形，刀具产生振动，影响镗孔精度和表面质量。若 R_o 过小，会使刀尖强度降低，散热条件变差。一般镗刀刀尖圆角 $R_o=0.1\sim1\text{mm}$ 。

2. 浮动镗刀的选用与设计

图8所示为双刃浮动镗刀。工作时装在镗杆的矩形槽孔中，不用夹紧，依靠作用在两侧切削刃上的切削力自动平衡其切削位置即自动定心。因此能自动消除由于刀具安装误差和机床主轴偏差造成的工件孔径加工误差，能加工公差为IT6~IT7级的孔，加工铸铁时，表面粗糙度值为 $R_a=0.2\sim0.8\mu\text{m}$ ，钢件为 $R_a=0.4\sim1.6\mu\text{m}$ 。浮动镗刀的制造精度，各侧面平行度，修光刃与止推面的垂直度、

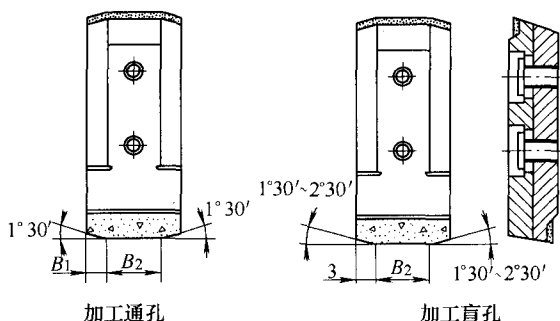


图 8

厚度 H 、宽度 B 的尺寸精度，都有很高要求。刀体凸肩与凹槽的配合间隙均不大于0.015mm。刀体材料用40Cr，刀片采用YG6(YT14)，刀具切削部分几何参数 $\kappa_r=1^\circ30'\sim2^\circ30'$ ， $\alpha_o=0^\circ\sim2^\circ$ ， $\gamma_o=6^\circ\sim18^\circ$ （加工钢）， $\gamma_o=0^\circ$ （加工铸铁）。

浮动镗刀使用时，通常将直径调到孔径下极限尺寸，镗削后孔径经扩大便能达到中间差。浮动镗刀不能校准孔轴线歪斜与位置偏差，故要求预加工孔的直线度要高，表面粗糙度值不低 $R_a=3.2\mu\text{m}$ 。镗削用 $v=5\sim8\text{m/min}$ ， $f=0.5\sim1\text{mm/r}$ ， $a_p=0.03\sim0.006\text{mm}$ （直径上）。

加工钢件采用乳化液或机油，加工铸铁采用煤油或柴油。

硬质合金可转位式浮动镗刀，图9所示是一种较为先进的装可转位硬质合金刀片的浮动镗刀。由于采用了可转位硬质合金刀片，利用率较高，而且镗刀直径能方便地调节。

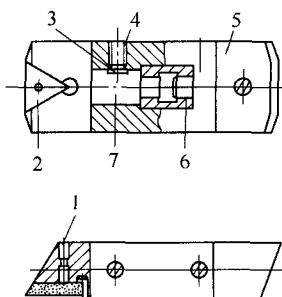


图 9

1. 偏心销 2. 刀片 3. 导向键
4. 拧紧螺钉 5. 刀体
6. 调节螺母 7. 螺杆

调节螺母6在刀体5的凹槽中，螺母两端内螺纹旋向相反，与两端的刀体5上的螺杆7接合，在刀体5上，装有三边形可转位硬质合金刀片2，刀片2由偏心销1偏心夹紧。拧动调节螺母6，可使刀体5移动，调节镗刀直径尺寸，刀体移动时由导向键3控制。移动到所需直径尺寸后，拧紧螺钉4，将刀体5固定位。

3. 加工中心用镗刀的选用与设计

数控机床和加工中心适合加工几何形状复杂的零件，特别是有多个平面和孔系的箱体零件。

(1) 可转位硬质合金双刃镗刀。装硬质合金转位刀片的双刃镗刀结构如图10所示。两个刀块上分别装有可转位硬质合金刀片，将刀块组合安装在刀座上，通过微调获得所需直径尺寸后，用压块压紧刀块。其柄部可根据机床的不同有多种

形式。按使用要求,刀具主偏角可装成 90° 或 80° 两种,主要用于扩孔、粗镗孔。

(2) 图11所示为用于加工中心的镗刀杆和镗刀头。

镗刀头装在镗刀杆上紧固后,按工艺程序放于加工中心刀库中,通过机械手按指令可实现自动换刀。图11a是装镗刀头的镗刀杆,主要用于粗加工,图11b是装有微调镗刀头的镗刀杆,主要用于半精加工和精加工。

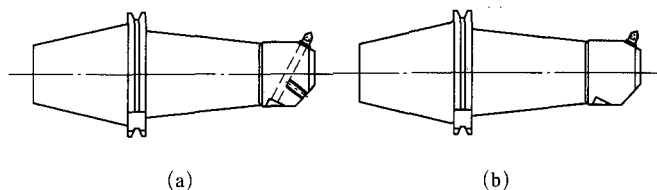


图 11

微调镗刀头在镗刀杆上的安装形式有两种,如图12所示。图12a为直角型,交角为 90° ,用于加工通孔。图12b为倾斜型,交角为 $53^\circ 08'$,用于镗盲孔。因为 $53^\circ 08'$ 的正弦为0.8,刻度盘上分布40条刻线,镗刀头上螺杆螺距为0.5mm,则刻度盘每格值为0.01mm,即 $0.5/40 \times \sin 53^\circ 08' = 0.01\text{mm}$,刻度盘每转一小格,镗刀头沿镗杆径向移动0.01mm。直角型微调镗刀,刻度盘上分布50条刻线,故每转一格镗刀头沿镗杆径向移动0.01mm。

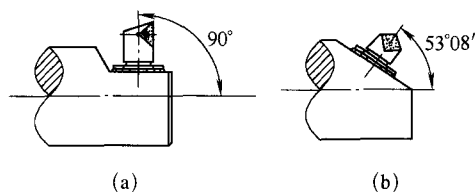


图 12

(3) 在加工中心或数控机床上用镗刀对箱体零件孔系进行粗、半精加工、精加工能较好地保证孔的加工精度,但由于加工中心或数控中心多为悬臂式加工,此时镗刀切削时是单向受力,镗削时易引起振动,尤其是精镗孔显得更为严重。对长径比较大的镗刀杆,精加工应避免使用,这时可使用加工中心浮动镗刀,如图13所示。使用

前,根据所加工孔尺寸及公差大小调节浮动镗刀的直径尺寸。

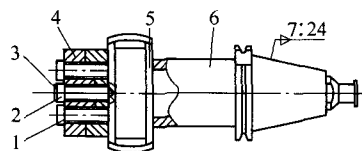


图 13

1.螺钉 2.螺母 3.圆锥螺钉 4.定位块 5.浮动镗刀 6.刀柄

将浮动镗刀5插入刀柄6的长方孔中,在对刀仪上找正,两切削刃对刀柄轴线的对称度控制在 $0.02 \sim 0.004\text{mm}$ 以内。然后移动定位块4,使圆锥螺钉3的锥端对准浮动镗刀体侧面定位锥坑。拧紧螺钉1后再调整圆锥螺钉3,使浮动镗刀有 $0.04 \sim 0.06\text{mm}$ 的浮动量,调好后拧紧螺母2,这时浮动镗刀即可上加工中心使用了。由于该浮动镗刀两对称切削刃产生的切削力能自动平衡,因此,镗削过程中可自动补偿因刀具安装误差或由于刀杆径向圆跳动而引起的加工误差,由于切削作用和挤压作用的结果,加工孔的精度稳定且消除了振源。这种浮动镗刀切削刃可采用平刃和圆弧刃两种。平刃刀适合于加工铸件,圆弧刃刀适合于加工钢件和有色金属。

在使用浮动镗刀前应安排孔口倒角工步,以保证镗刀两切削刃同时进入切削,免得因毛坯缺陷使镗刀单向受力而破坏镗孔精度。如果通孔后面有毛坯料单向肥大或有缺陷时,应事先安排反镗孔倒角工步,或使铰刀切削刃不进入单向肥大或有缺陷区,以免影响孔的母线直线度。

4. 结语

随着各种行业零件加工精度要求的不断提高,采用先进的加工手段,提供合理的加工刀具是实现高精度加工要求的前提,了解和掌握刀具的性能和合理的运用刀具,是提高加工效率和提高加工质量的保证,所以需要我们投入精力去研究和使用的刀具,只要我们共同努力,不断地研究和探讨,深入学习先进的加工工艺,采取最佳的加工方案,加工出高质量的零件是完全可以实现的。让我们共同努力,为实现高质、高效加工尽心尽力。MW

(收稿日期:20111125)