

第 2 章 模具机械加工方法

一副完整的模具是由许多零件组成的。根据模具设计图样中的零件结构要素和技术要求,制造一副完整模具,其工艺过程一般可分为毛坯外形加工、工作型面加工、模具零部件的再加工、模具装配和模具检验。

某些模具零件即使采用其他工艺方法(如特种加工),仍然需要采用机械加工方法完成粗加工、半精加工,为进一步加工创造条件。

模具零件的机械加工方法有以下几种情况:

- (1)普通精度模具零件用通用机床加工,加工完成后要进行必要的钳工修配后再装配。
- (2)精度要求较高的模具零件用精密机床加工。
- (3)形状复杂的空间曲面采用数控机床加工。
- (4)对特殊模具零件可考虑其他加工方法,如挤压成型加工、超塑成型加工、快速成型技术等。

2.1 外圆柱面的加工方法

模具中的圆柱形零件非常多,如各种圆柱形型腔件、型芯、型芯镶件、导柱、斜销、推杆、复位杆、拉杆、定位销、拉料杆、支承柱、支承钉、圆柱形冲头等,这些模具零件一般需要采用车削加工和磨削加工。

2.1.1 外圆柱面的车削加工

车床的种类很多,其中,卧式车床的通用性好,应用最为广泛。在模具制造中卧式车床主要用于加工凹模、凸模、导柱、导套、顶杆、型芯和模柄等零件。

工件的加工通常经过粗车、半精车和精车等工序而达到要求。根据模具零件的精度要求,车削一般是外旋转表面加工的中间工序,或作为最终工序。

车削加工是圆柱形零件常用的加工方法。车削加工一般可分为四种,即粗车、半精车、精车和精细车。

1. 粗车

粗车主要用于工件的粗加工,作用是去除工件上大部分加工余量和表层硬皮,为后续加工做准备。粗车去除的加工余量约为 $1.5\sim 2\text{ mm}$,加工后的精度等级可达 $IT13\sim IT11$,表面粗糙度可达 $Ra50\sim 12.5\ \mu\text{m}$ 。

2. 半精车

在粗车的基础上对工件进行半精加工,可进一步减少加工余量,提高表面光洁度。半精车去除的加工余量约为 0.8~1.5 mm,加工后的精度等级可达 IT10~IT8,表面粗糙度可达 $Ra6.3\sim 3.2\ \mu\text{m}$,一般用作中等精度要求零件的最终工序。

3. 精车

在半精车的基础上对工件进行精加工。精车去除的加工余量约为 0.5~0.8 mm,加工后的精度等级可达 IT8~IT7,表面粗糙度可达 $Ra3.2\sim 1.6\ \mu\text{m}$ 。

4. 精细车

精细车主要用于有色金属的精加工。精细车去除的加工余量小于 0.3 mm,加工后的精度等级可达 IT7~IT6,表面粗糙度可达 $Ra1.25\sim 0.32\ \mu\text{m}$ 。

2.1.2 外圆柱面的磨削加工

为了达到模具精度等级和表面粗糙度等要求,许多模具零件必须经过磨削加工。

外圆磨床主要用于各种工件外圆柱面的磨削加工。其加工方式是将高速旋转的砂轮和低速旋转的工件进行磨削,工件相对于砂轮做纵向往复运动。外圆柱面的磨削加工精度等级可达 IT6~IT5,表面粗糙度可达 $Ra0.16\sim 0.08\ \mu\text{m}$ 。若采用高光洁磨削工艺,外圆柱面的表面粗糙度可达 $Ra0.025\ \mu\text{m}$ 。磨削加工可用于工件的粗加工,也可用于工件的精加工,是外圆柱面精加工的主要加工方法,特别适用于淬硬件的粗、精加工。外圆柱面磨削加工的工艺内容和工艺要点见表 2-1。

表 2-1 外圆柱面磨削加工的工艺内容和工艺要点

	工艺内容	工艺要点
砂轮的选用	①磨非淬硬钢。棕刚玉, $46\# \sim 60\#, Z_1 \sim Z_2$; ②磨淬硬钢。HRC>50,棕刚玉、白刚玉、单晶刚玉, $46\# \sim 60\#, ZR_2 \sim Z_2$	①半精磨时,建议采用粒度为 $36\# \sim 46\#$ 的砂轮; ②精磨时,建议采用粒度为 $46\# \sim 60\#$ 的砂轮
外圆柱面的磨削用量	①砂轮圆周速度。陶瓷结合剂砂轮的磨削速度 $\leq 35\ \text{m/s}$,树脂结合剂砂轮的磨削速度 $\leq 50\ \text{m/s}$; ②工件圆周速度。工件圆周速度一般为 $13\sim 20\ \text{m/min}$,磨淬硬钢时为 $26\ \text{m/min}$; ③磨削深度。粗磨时,磨削深度为 $0.02\sim 0.05\ \text{mm}$;精磨时,磨削深度为 $0.005\sim 0.015\ \text{mm}$; ④纵向进给量。粗磨时,纵向进给量为 $0.5\sim 0.8$ 砂轮宽度;精磨时,纵向进给量为 $0.2\sim 0.3$ 砂轮宽度	①当被磨工件刚性差时,应将工件圆周速度降低,以免产生振动,影响磨削质量; ②当要求工件表面粗糙度小和精度高时,精磨后在不进刀情况下再光磨几次
工件装夹方法	①前、后顶尖装夹。前、后顶尖装夹具有装夹方便,加工精度高的特点,适用于装夹长径比大的工件; ②三爪自定心或四爪单动卡盘装夹。三爪自定心或四爪单动卡盘装夹适用于装夹长径比小的工件,如凸模、顶块、型芯等; ③卡盘和顶尖装夹。卡盘和顶尖装夹适用于装夹较长的工件; ④反顶尖装夹。反顶尖装夹适用于磨削细长小尺寸的轴类工件,如小型芯、小凸模等; ⑤配用心轴装夹。配用心轴装夹适用于磨削有内、外圆同轴度要求的薄壁套类工件,如凹模镶件等	①淬硬件的中心孔必须准确研磨,并使用硬质合金顶尖和适当的顶紧力; ②用卡盘装夹的工件,一般采用工艺夹头装夹,能在一次装夹中磨出各段台阶外圆,保证同轴度; ③由于模具制造的单件性,通常采用带工艺夹头的心轴,并按工件孔径配磨,作一次性使用。心轴定位面锥度一般取 $1:7\ 000\sim 1:5\ 000$

续表

	工艺内容	工艺要点
一般外圆柱面的磨削	<p>①纵向磨削法。纵向磨削法是指工件与砂轮同向转动,工件相对砂轮做纵向运动。当进行一次纵向运动后,砂轮横向进给一次磨削深度。该方法磨削深度小,切削力小,容易保证加工精度,适于磨削长而细的工件;</p> <p>②横向磨削法(切入法)。横向磨削法是指工件与砂轮同向转动,并做横向进给运动连续切除加工余量。该方法磨削效率高,但磨削热大,容易烧伤工件,适于磨削较短的外圆柱面和短台阶轴,如凸模、圆型芯等;</p> <p>③阶段磨削法。阶段磨削法是横向磨削法与纵向磨削法的综合应用,先用横向磨削法去除大部分加工余量,留$0.01\sim 0.03\text{ mm}$作为纵向磨削的加工余量。该方法适于磨削余量大、刚度高的工件</p>	<p>①台阶轴如凸模的磨削,在精磨时要减小磨削深度,并多用光磨行程,以提高各段外圆柱面的同轴度;</p> <p>②磨削台阶轴时,可先用横向磨削法沿台阶切入,留$0.03\sim 0.04\text{ mm}$的加工余量,然后用纵向磨削法精磨;</p> <p>③为消除磨削重复痕迹,减小磨削表面粗糙度和提高精度,应在终磨前使工件作短距离手动纵向往复磨削;</p> <p>④在磨削余量大的情况下,可提高磨削效率</p>
台阶端面的磨削	<p>①磨削轴上带退刀槽的台阶端面时,先用纵向磨削法磨削外圆柱面,再将工件靠向砂轮端面;</p> <p>②磨削轴上带圆角的台阶端面时,先用横向磨削法磨削外圆柱面,并留小于0.05 mm的加工余量,再纵向移动工件(工作台)磨削端面</p>	<p>①磨削轴上带退刀槽的台阶端面时,端面应修成内凹形;磨削带圆角的台阶端面时,端面应修成圆弧形;</p> <p>②为保证台阶端面的磨削质量,在磨至无火花后,还需光磨一段时间</p>
外圆锥面的磨削	<p>①转动工作台磨削外圆锥面。受一般外圆磨床工作台的最大转角限制,只能磨削圆锥角小于14°的圆锥体。该方法装夹方便,加工质量好;</p> <p>②转动头架磨削外圆锥面。将工件直接装在工作台卡盘上,找正后磨削,适于短而大锥度的工件;</p> <p>③转动砂轮架磨削外圆锥面。该方法适于磨削长而大锥度的工件。磨削时工件用前后顶尖装夹,工件不做纵向运动,砂轮做横向连续进给运动。若圆锥母线大于砂轮宽度,则采用分段接磨</p>	磨削外圆锥面时,通常采用以内圆锥面为基准,配磨外圆锥面的方法

2.2 平面的加工方法

模具零件中有许多平面需要加工,如一些板类零件。模具的板类零件主要包括塑料模具中的定模型腔板、动模型腔板、定模和动模固定板、支承板、推杆固定板、推板、浇道推板、成型件推板、热流道板、拉板、定距拉板、滑块、导滑块、楔紧块、支承块,以及冲压模具中的凹模板、凸模固定板、凸模垫板、卸料板、导向板等。

板类零件一般由六个平面组成,上面有沟槽和孔,其主要的加工表面为平面。在平面加工中常用的加工方法为铣削加工、刨削加工和磨削加工三种。其相应的加工机床是铣床、刨床和磨床。

2.2.1 平面的铣削加工

铣削加工是由铣刀做圆周旋转运动,工件随工作台做直线进给运动,两者协调配合完成的加工。铣削加工后的精度等级可达 $IT10\sim IT8$,表面粗糙度可达 $Ra12.5\sim 0.8\ \mu\text{m}$,可以用作半精加工和精加工工序,生产率较高。

铣削方法有圆周铣削法和端铣铣削法两种。

1. 圆周铣削法

圆周铣削法有逆铣和顺铣两种。

1) 逆铣

铣削时铣刀旋转切入工件的方向与工件的进给方向相反称为逆铣。

2) 顺铣

铣削时铣刀旋转切入工件的方向与工件的进给方向相同称为顺铣。

顺铣时刀齿的切削厚度从大到小,避免了挤压、滑行,而且垂直分力的方向始终压向工作台,从而使切削过程平稳,提高了铣刀的使用寿命和工件的表面质量。但由于纵向分力只与进给方向相同,致使工作台丝杠与螺母之间产生间隙从而发生窜动,使铣削进给量不均,严重时损坏铣刀。一般情况下,工作台丝杠与螺母之间间隙很小时才采用顺铣加工。

2. 端铣铣削法

端铣有对称端铣、不对称逆铣和不对称顺铣三种。采用端铣铣削法时,铣刀与被加工表面接触的弧长比采用圆周铣削法时的弧长长,参加切削的刀齿数多,故切削平稳,加工质量好。

1) 对称端铣

铣刀位于工件对称中心线处,切入为逆铣,切出为顺铣。该方法切入和切出的厚度相同,有较大的平均切削厚度,故采用端铣铣削法时多用此法。此外,该方法还特别适用于加工淬硬钢。

2) 不对称逆铣

铣刀位置偏于工件对称中心线一侧,切入时切削厚度最小,切出时切削厚度最大,故切入冲击力小,切削过程平稳,适用于加工普通碳钢和高强度低合金钢。该方法具有刀具寿命长、加工表面质量好的特点。

3) 不对称顺铣

铣刀位置偏于工件对称中心线一侧,切入时切削厚度最大,切出时切削厚度最小,故适用于加工不锈钢等中等强度的材料和高塑性材料。

2.2.2 平面的刨削加工

刨削主要用于模具零件表面的加工。其中,经常采用牛头刨床加工中、小型零件,采用龙门刨床加工大型零件。刨削加工后的精度等级可达 IT10,表面粗糙度可达 $Ra1.6 \mu\text{m}$ 。

牛头刨床主要用于加工平面与斜面。加工原理如图 2-1 所示。

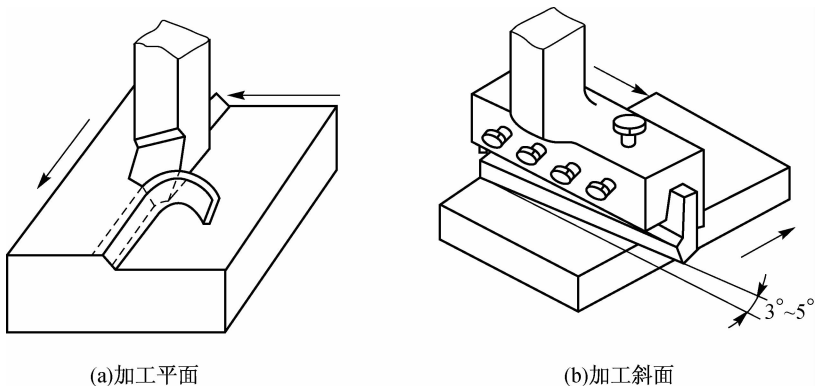


图 2-1 牛头刨床的加工原理

1. 加工平面

尺寸较小的工件,通常采用平口钳装夹;尺寸较大的工件,可直接安装在牛头刨床的工作台上。

2. 加工斜面

刨削斜面时,在工件底部垫入斜垫块使之倾斜,并用支承板夹紧工件,如图 2-2 所示。斜垫块是预先制成的一批角度不同的垫块,可选用两块或两块以上组成其他不同角度的斜垫块。

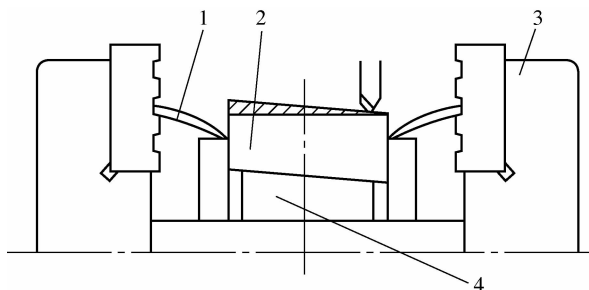


图 2-2 利用斜垫块刨斜面

1—支承板; 2—工件; 3—虎钳; 4—斜垫块

对于工件的内斜面,一般采用倾斜刀架的方法进行刨削。如图 2-3 所示为 V 形槽的刨削加工过程。

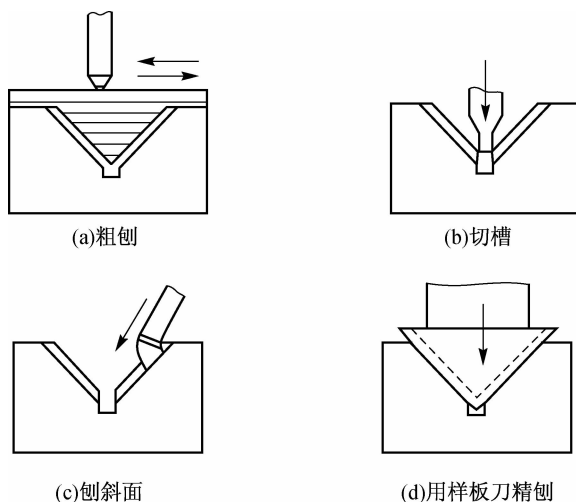


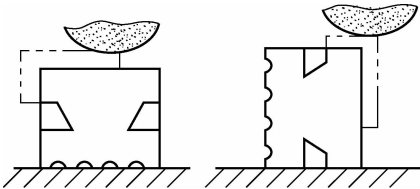
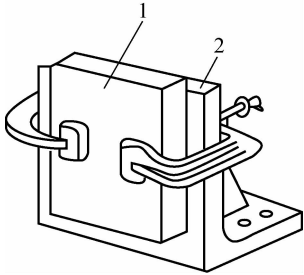
图 2-3 V形槽的刨削加工过程

2.2.3 平面的磨削加工

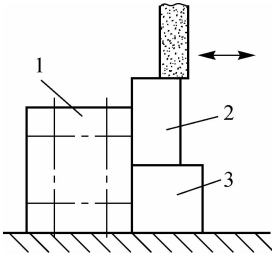
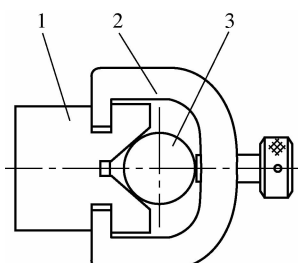
用平面磨床加工模具零件时,要求分型面与模具的上、下面平行,同时,还应保证分型面与相关平面之间的垂直度。加工时,工件通常装夹在电磁吸盘上,用砂轮的圆周表面对工件进行磨削,工件上、下两平面的平行度小于 $0.01 : 100$ 。磨削加工后的精度等级可达 IT6~

IT5,表面粗糙度可达 $Ra0.4 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 。平面磨削加工的工艺内容和工艺要点见表 2-2。

表 2-2 平面磨削加工的工艺内容和工艺要点

	工艺内容	工艺要点
周面磨削用量	①砂轮圆周速度。对于钢件而言,粗磨时,砂轮圆周速度为 $22 \sim 25 \text{ m/s}$;精磨时,砂轮圆周速度为 $25 \sim 30 \text{ m/s}$; ②工件纵向进给量。工件纵向进给量一般为 $1 \sim 12 \text{ m/min}$; ③砂轮垂直进给量。粗磨时,砂轮垂直进给量为 $0.015 \sim 0.05 \text{ mm}$;精磨时,砂轮垂直进给量为 $0.005 \sim 0.01 \text{ mm}$	①磨削时,工件横向进给量与砂轮垂直进给量应相互协调; ②精磨前应修整砂轮; ③精磨后砂轮应在无垂直进给下继续光磨 $1 \sim 2$ 次
平行平面磨削	①一般工件磨削顺序:粗磨去除 $2/3$ 加工余量—修整砂轮—精磨—光磨 $1 \sim 2$ 次—翻转工件粗、精磨削第二面; ②薄工件磨削。在工件与磁力台间垫一层约 0.5 mm 厚的橡皮或海绵,工件吸紧后磨削,并使工件两平面反复交替磨削,最后直接吸在磁力台上磨削; ③垫纸法。在工件间隙内垫入电工纸后,反复交替磨削	①若工件左、右方向平行度有误差,则工件翻转磨削第二面时,应左、右翻;若工件前、后方向有误差,则工件翻转磨削第二面时,应前、后翻; ②在对带孔工件端面进行磨削时,要注意选定定位基面,以保证孔与平面的垂直度。在一般情况下上道工序应对基面做上标记; ③要提高两平面的平行度,须对两平面反复交替磨削
	用精密平口钳装夹工件,磨削垂直平面 	①用磨削平行平面的方法,磨削上、下平面; ②用精密平口钳装夹工件,磨平相邻两垂直平面; ③以相邻两垂直平面为基面,用磨削平行平面的方法磨出其余两相邻垂直平面
垂直平面磨削	用精密角尺圆柱或精密角尺找正,磨削垂直平面。找正时用光隙法,借垫纸调整位置后,在磁力台上磨削。该方法能够获得比精密平口钳装夹更高的垂直度	①用磨削平行平面的方法,磨削上、下平面; ②用光隙法找正,置于磁力台上磨削出相邻两垂直平面; ③以找正后磨削出的相邻两垂直平面为基面,磨削出其余两垂直平面
	用精密角铁 2 和平行夹头装夹工件 1,适用于磨削工件尺寸较大的垂直平面 	①工件装夹在精密角铁上,用百分表找正后磨削出垂直平面; ②以找正后磨削出的垂直平面为基面,在磁力台上磨削对称平行平面; ③需要刨六面,对角尺,磨削上、下平面及两侧面

续表

工艺内容	工艺要点
<p>用导磁角铁 1 和垫铁 3 装夹工件 2, 磨削垂直平面。该方法适用于磨削比较狭长的工件</p> 	<p>①装夹时应将工件上面面积较大的平面作为定位基面, 并使其紧贴于导磁角铁;</p> <p>②磨削顺序。磨削出一平面—用导磁角铁磨削出垂直平面—以相互垂直的两平面作为基面, 磨削出与其对称的平面</p>
<p>用精密 V 形铁 1 和夹紧爪 2 装夹带台肩或不带台肩的圆柱形工件 3, 磨削端面</p> 	<p>在螺钉夹紧工件外圆柱面处垫入铜皮, 保护工件已加工表面</p>

垂直平面磨削

2.3 孔和孔系的加工方法

很多模具中的零件需要进行孔加工, 而孔的类型主要有圆形、方形、矩形、多边形及不规则的异形。

2.3.1 一般孔的加工方法

常用的孔加工方法有钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、磨孔、拉孔、内圆磨削等方法。下面介绍几种常用的孔加工方法。

1. 钻孔

钻孔主要用于在实体材料上加工孔, 是粗加工工序。钻孔加工后的精度等级可达 IT12~IT10, 表面粗糙度可达 $Ra_{50} \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。由于钻孔加工精度不高, 因而主要用于加工精度要求不高的孔或精加工孔的预孔。钻孔常用的刀具为麻花钻。

2. 扩孔

扩孔主要用于对已有的孔进行再加工, 从而扩大孔径。扩孔加工后的精度等级可达 IT10~IT9, 表面粗糙度可达 $Ra_{6.3} \sim 3.2 \mu\text{m}$ 。扩孔是半精加工工序, 通常作为铰孔前的预加工工序或者精度要求不高的孔的最终加工工序。扩孔常用的刀具为扩孔钻。

3. 镗孔

镗孔主要用于在已加工的孔的基础上加工出圆柱形和锥形沉头孔以及端面凸台,如图 2-4 所示。镗孔常用的刀具为镗钻。

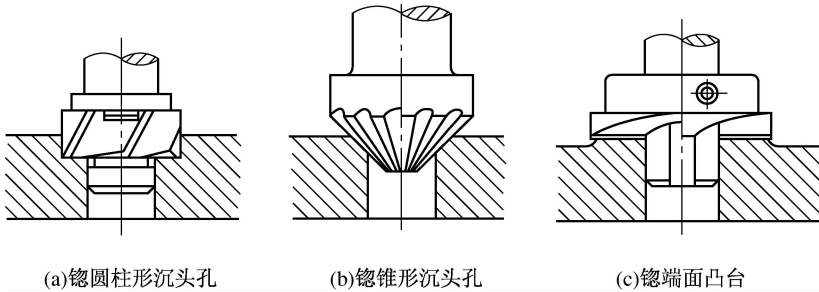


图 2-4 镗孔

4. 铰孔

铰孔主要用于中、小孔的半精加工和精加工。铰孔加工后的精度等级可达 IT9~IT6, 表面粗糙度可达 $Ra3.2\sim0.4\ \mu\text{m}$ 。铰孔的主要加工方法有手铰和机铰两大类。

5. 内圆磨削

利用砂轮的高速回转、行星运动和轴向往复运动,即可完成内圆磨削。进行内圆磨削时,由于砂轮的直径受到孔径大小的限制,因而磨小孔时砂轮直径为孔径的 $3/4$ 左右。砂轮高速回转的线速度一般不超过 $35\ \text{m/s}$,行星运动速度大约是砂轮高速回转的线速度的 15% 。慢的行星运动速度将减小磨削量,但对加工表面的质量有好处。砂轮轴向往复运动的速度与磨削的精度有关,粗磨时,行星每转 1 周,砂轮轴向往复运动的距离略小于砂轮高度的 2 倍;精磨时,行星每转 1 周,砂轮轴向往复运动的距离应小于砂轮高度,尤其在精加工结束时要用很低的行星运动速度。

2.3.2 深孔加工

通常孔的长度 L 与孔的直径 D 之比大于 5 的孔称为深孔。深孔加工同一般的孔加工不同,其加工的难度大,需要采用专用的工装才能完成。

塑料模具中的冷却水道孔、顶杆孔等都需进行深孔加工。一般冷却水道孔的精度要求不高,但顶杆孔的精度要求较高,其孔径的精度等级一般为 IT8,并有垂直度及表面粗糙度的要求。

常用的深孔加工包括以下几种:

(1) 中、小型模具的冷却水道孔,常用普通钻头或加长钻头在立钻、摇臂钻床上加工,加工时要及时排屑、冷却,进刀量要小,防止孔偏斜。

(2) 大、中型模具的孔一般在摇臂钻床、镗床及深孔钻床上加工,较先进的方法是在加工中心机床上与其他孔一起加工。

(3) 过长的低精度孔可采用划线后从两面对钻加工。

(4) 垂直度要求较高的孔应采取工艺措施予以导向,如采用钻模等。

2.3.3 精密孔加工

常用的精密孔加工包括镗削加工和浮动铰孔。

1. 镗削加工

深孔钻削加工后,精度较低,如果要进一步提高精度,可以采用深孔镗削加工,加工后孔的尺寸精度、形状精度、位置精度和表面光洁度都有很大的提高。镗削加工采用的机床为深孔钻床,采用的刀具为在钻杆上安装的深孔镗刀头。在深孔镗刀头前、后端均有导向块,前端有两块,后端有四块,材料为硬质合金,有很好的耐磨性。

2. 浮动铰孔

浮动铰孔是深孔镗削加工后的一种精加工方法,其所用设备与深孔镗削加工一样,只需将深孔镗刀头换成深孔铰刀头即可。刀块可以在刀体的矩形槽内自由滑动,加工过程中借助作用在对称刀刃上的切削力来平衡其位置,从而抵消刀块的制造、安装误差,以及加工中镗杆振动引起的误差,因此,浮动铰孔可以得到很高的尺寸精度和很小的表面粗糙度。

2.3.4 孔系的加工

模具零件如凸模、凹模固定板,推件板,上、下模座等常带有一系列圆孔,这些圆孔称为孔系。加工孔系时,除了要保证孔本身的尺寸精度外,还要保证孔与基准平面、孔与孔的中心距的尺寸精度以及各平行孔的轴线平行度、各同轴孔的同轴度、孔与基准平面的平行度和垂直度等。加工这种孔系时,一般先加工好基准平面,然后再加工所有的孔。

1. 单件孔系加工

同一零件的孔系加工有以下几种:

- (1)划线法加工。
- (2)找正法加工。
- (3)通用机床坐标加工法。
- (4)坐标镗床加工。

2. 相关孔系的加工

相关孔系的加工有以下几种:

- (1)同镗加工法。
- (2)配镗加工法。
- (3)坐标磨削法。

2.4 成型磨削加工

成型磨削加工是成型表面精加工的一种方法,具有高精度、高效率的优点。在模具制造中,成型磨削加工主要用于精加工凸模、凹模拼块及电火花加工用的电极等模具零件。

形状复杂的模具零件一般是由若干平面、斜面和圆柱面等简单形状组成的,其轮廓线为

若干直线和圆弧,如图 2-5 所示。成型磨削加工的原理就是把零件的轮廓分成若干直线与圆弧,然后按照一定的顺序逐段磨削,使之达到图样上的技术要求。

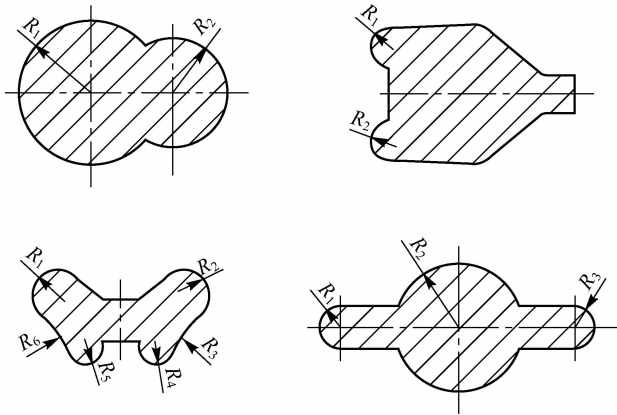


图 2-5 模具轮廓

成型磨削加工包括以下两种：

(1)成形砂轮磨削加工。利用工具将砂轮修整成与工件型面完全吻合的相反型面,然后用此砂轮磨削工件,如图 2-6(a)所示。

(2)夹具磨削加工。将工件按一定的条件装夹在专用的夹具上,在加工过程中通过调节夹具使工件固定或不断改变位置,从而获得所需的形状,如图 2-6(b)所示。

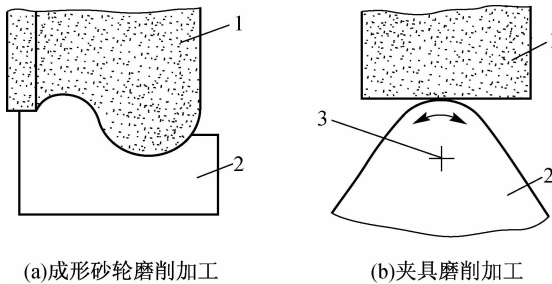


图 2-6 两种成型磨削加工

1—砂轮；2—工件；3—夹具回转中心

上述两种成型磨削加工虽各有特点,但在加工模具零件时,为了保证质量、提高效率、降低成本,常需要联合使用。

2.4.1 成形砂轮磨削加工

1. 成形砂轮的选择

砂轮的磨削性能随组成砂轮的磨料粒度、硬度、组织和结合剂等参数的不同而异。由于成型磨削加工用的砂轮的修整精度将直接影响工件的成型精度,因此,必须选用磨损量小、组织均匀的砂轮。

2. 成形砂轮的修整

采用成形砂轮磨削之前,首先要把砂轮修整成所需的形状,然后用此砂轮磨削工件。按照砂轮的形状,成形砂轮的修整方法有两种,即砂轮角度的修整和圆弧砂轮的修整。

1) 砂轮角度的修整

修整砂轮角度的工具是按照正弦原理设计的。当需要修整的砂轮角度为 $0^\circ \leq \alpha < 45^\circ$ 时,应利用平板垫块规,如图 2-7(a)所示,应垫的块规值为

$$H = l - L \sin \alpha - \frac{d}{2} \quad (2-1)$$

式中, H 为应垫的块规值(mm); l 为砂轮角度修整器的回转中心至块规底面的高度(mm); L 为圆柱中心至砂轮角度修整器回转中心的距离(mm); d 为圆柱直径(mm)。

通常砂轮角度修整器的 $l = 65 \text{ mm}$, $L = 50 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$,此时应垫的块规值为

$$H = 55 - 50 \sin \alpha$$

当需要修整的砂轮角度为 $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ 时,应利用垫板的侧面垫块规,如图 2-7(b)所示,应垫的块规值为

$$H = l' + L \sin(90^\circ - \alpha) - \frac{d}{2} = l' + L \cos \alpha - \frac{d}{2} \quad (2-2)$$

式中, l' 为砂轮角度修整器的回转中心至垫板侧面的距离(mm)。

通常砂轮角度修整器的 $l' = 30 \text{ mm}$, $l = 50 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$,此时应垫的块规值为

$$H = 20 + 50 \cos \alpha$$

当需要修整的砂轮角度为 $90^\circ < \alpha \leq 100^\circ$ 时,应利用垫板的侧面垫块规,如图 2-7(c)所示,应垫的块规值为

$$H = l' - L \sin(\alpha - 90^\circ) - \frac{d}{2} \quad (2-3)$$

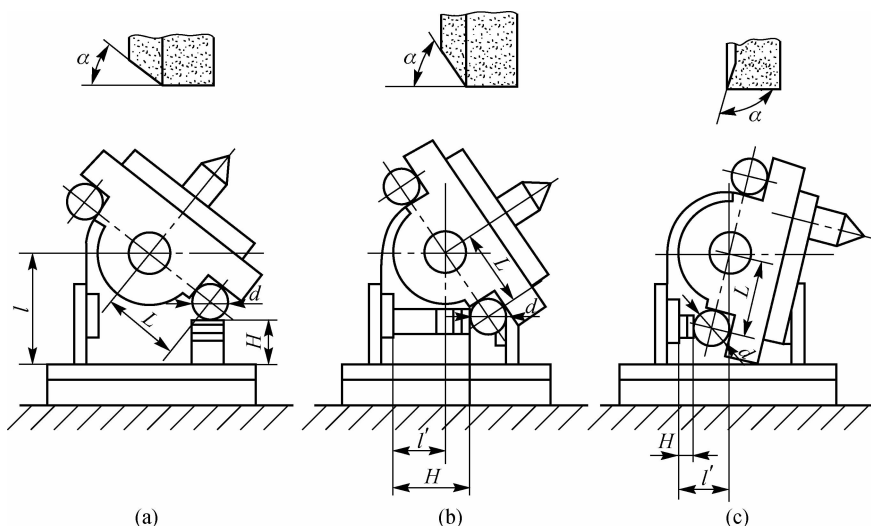


图 2-7 修整砂轮角度时块规的计算

将常用的 l' 、 L 和 d 的值代入式(2-3)得

$$H = 20 - 50 \sin(\alpha - 90^\circ)$$

上述为尺座顺时针旋转,在砂轮角度修整器右边的圆柱下垫块规时的情况。当尺座逆时针方向旋转 $0^{\circ}\sim 100^{\circ}$,在砂轮角度修整器左边的圆柱下垫块规时,可用相应的公式计算应垫的块规值。

2) 圆弧砂轮的修整

修整圆弧砂轮工具的结构虽有多种形式,但其原理都相同。如图 2-8 所示为修整圆弧砂轮的工具。金刚刀 1 固定在摆杆 2 上,通过螺杆 3 使摆杆 2 在滑座 4 上移动,以调节金刚刀尖至工具回转中心的距离,使其适应所修整的凸、凹圆弧半径的需要。当转动手轮 8 时,主轴 7 及滑座 4 等均绕工具回转中心转动,其转动角度用刻度盘 5、角度标 6 和挡块 9 来控制。

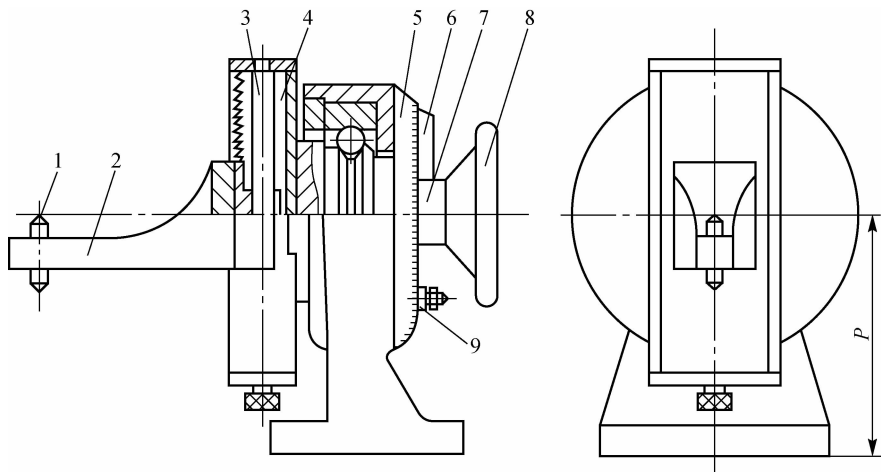


图 2-8 修整圆弧砂轮的工具

- 1—金刚刀; 2—摆杆; 3—螺杆; 4—滑座; 5—刻度盘;
6—角度标; 7—主轴; 8—手轮; 9—挡块

修整圆弧砂轮时,先根据所修砂轮的情况(凸形或凹形)及半径大小计算块规值,并调好金刚刀尖的位置,然后安装工具,使金刚刀尖处于砂轮下面,旋转手轮,使金刚刀绕工具的回转中心来回摆动则可修整出圆弧,如图 2-9 所示。

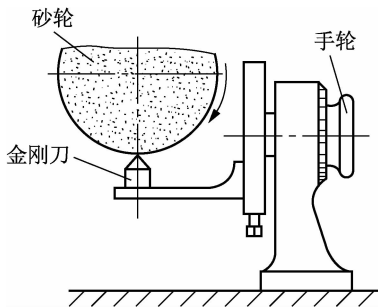


图 2-9 修整圆弧砂轮的工作原理图

金刚刀尖到工具回转中心的距离就是圆弧半径的大小。此值需先用垫块规的方法调整好。

当修整凸形圆弧砂轮时,如图 2-10(a)所示,金刚刀尖高于工具回转中心,此时应垫的块规值为

$$H = P + R \quad (2-4)$$

式中, P 为工具回转中心的高度(mm); R 为修整的砂轮圆弧半径(mm)。

当修整凹形圆弧砂轮时,如图 2-10(b)所示,金刚刀尖低于工具回转中心,此时应垫的块规值为

$$H = P - R \quad (2-5)$$

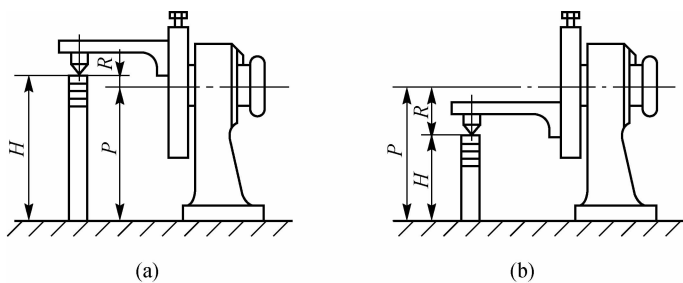


图 2-10 修整圆弧砂轮时块规的计算

2.4.2 夹具磨削加工

用于成型磨削的夹具有正弦精密平口钳、正弦磁力台、正弦分中夹具和万能夹具。

1. 正弦精密平口钳

正弦精密平口钳按正弦原理构成,主要由精密平口钳和底座组成,如图 2-11 所示。工件 3 装夹在精密平口钳 2 上,在正弦圆柱 4 和底座 1 的定位面之间垫块规 5,可使工件 3 倾斜一定的角度。这种夹具用于磨削工件上的斜面,其最大的倾斜角度为 45° 。

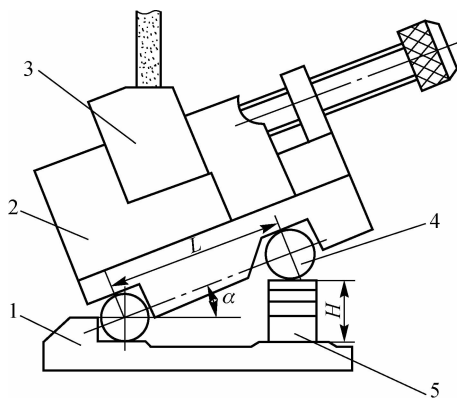


图 2-11 正弦精密平口钳

1—底座; 2—精密平口钳; 3—工件; 4—正弦圆柱; 5—块规

为了使工件倾斜一定角度,可按下列公式计算应垫的块规值

$$H = L \sin \alpha \quad (2-6)$$

式中, L 为两正弦圆柱之间的中心距(mm); α 为工件所需倾斜的角度($^\circ$)。

2. 正弦磁力台

如图 2-12 所示为正弦磁力台。它与正弦精密平口钳的区别在于它是用电磁吸盘代替精密平口钳来装夹工件的。这种夹具也用于磨削工件上的斜面,其最大倾斜角度也为 45° 。

适于磨削扁平工件。

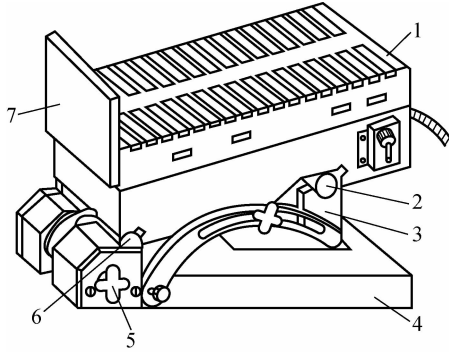


图 2-12 正弦磁力台

1—电磁吸盘；2、6—正弦圆柱；3—块规；4—底座；5—偏心锁紧器；7—挡板

上述两种磨削斜面的夹具配合成形砂轮使用时，还可磨削直线与圆弧组成的复杂几何形状。

3. 正弦分中夹具

正弦分中夹具主要用于磨削具有同一个回转中心的凸圆柱和斜面，如图 2-13 所示。工件装在前顶尖 7 和后顶尖 6 之间，两顶尖分别装在前顶座 1 和支架 4 上，前顶座 1 固定在底座 2 上，而支架 4 是在底座 2 的 T 形槽中移动的。安装工件时，根据工件的长短调好支架 4 的位置，用螺钉 3 将支架 4 锁紧，然后旋转手轮 5 使后顶尖 6 移动，以调节顶尖与工件间的松紧程度。工件的回转是手动的，转动手轮 5，通过蜗杆 13 和蜗轮 9 的传动，使主轴 8 通过鸡心夹头带动工件回转。主轴 8 的后端装有分度盘 11，当磨削精度要求不高时，可直接用分度盘 11 的刻度和零位指标 10 来控制工件的回转角度；当磨削精度要求高时，可利用分度盘 11 上的正弦圆柱 12 下面垫块规的方法控制工件的回转角度。

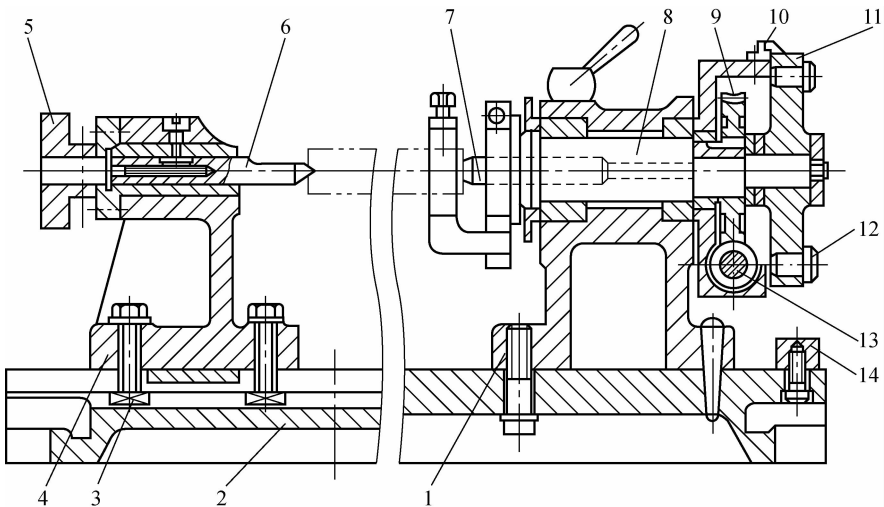


图 2-13 正弦分中夹具

1—前顶座；2—底座；3—螺钉；4—支架；5—手轮；6—后顶尖；7—前顶尖；8—主轴；
9—蜗轮；10—零位指标；11—分度盘；12—正弦圆柱；
13—蜗杆；14—垫板

设正弦圆柱中心至夹具主轴中心的距离为 L ($L = D/2$, D 为正弦圆柱中心所在圆的直径), 当其中一对正弦圆柱处于水平位置时, 在该正弦圆柱下面所垫的块规高度为 H_0 , 如图 2-14(a) 所示。

当垫块规的正弦圆柱在过夹具回转中心的水平线之下时, 如图 2-14(b) 所示, 应垫的块规值为

$$H_1 = H_0 - L \sin \alpha \quad (2-7)$$

式中, α 为工件所需转动的角度($^\circ$)。

当垫块规的正弦圆柱在过夹具回转中心的水平线之上时, 如图 2-14(c) 所示, 应垫的块规值为

$$H_2 = H_0 + L \sin \alpha \quad (2-8)$$

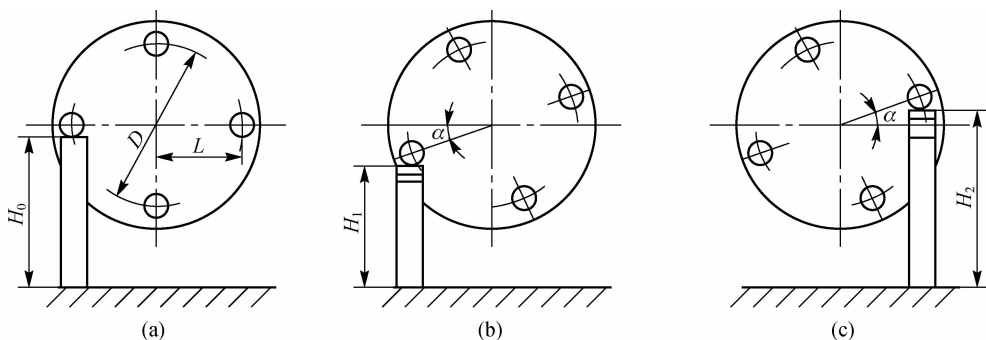


图 2-14 应垫块规值的计算

为了减少磨削时的计算, 可根据式(2-7)和式(2-8)计算出 $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ 时应垫的块规值。

在正弦分中夹具上, 工件的装夹方法通常有心轴装夹法和双顶尖装夹法。

1) 心轴装夹法

如图 2-15 所示为心轴装夹法的示意图。如果工件 2 上有内孔, 当此孔的中心是外成型表面的回转中心时, 可在孔内装入心轴 1。如果工件 2 无内孔, 则可在工件 2 上做出工艺孔, 用来安装心轴 1。利用心轴 1 两端的中心孔将心轴 1 和工件 2 夹持在分中夹具的两顶尖之间。当夹具主轴 5 回转时, 可通过鸡心夹头 4 带动工件 2 一起回转。

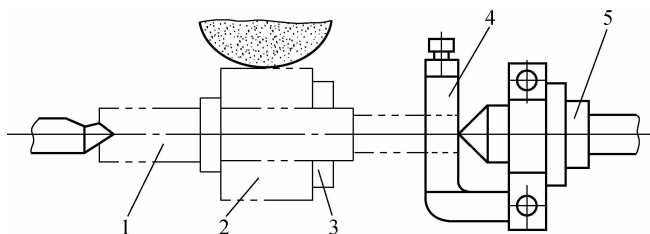


图 2-15 心轴装夹法的示意图

1—心轴; 2—工件; 3—螺母; 4—鸡心夹头; 5—夹具主轴

2) 双顶尖装夹法

当工件没有内孔, 也不允许在工件上做工艺孔时, 可采用双顶尖装夹法。如图 2-16 所示为双顶尖装夹法的示意图。工件除带有一对主中心孔外, 还有一个副中心孔, 用于拨动工

件。加长顶尖 1 装在夹具的主轴孔内。副顶尖 2 可在叉形滑板 4 的槽内上下移动,并能借助螺母 3 调节其所需的长度。若将副顶尖 2 制作成弯的,可增加其使用范围。

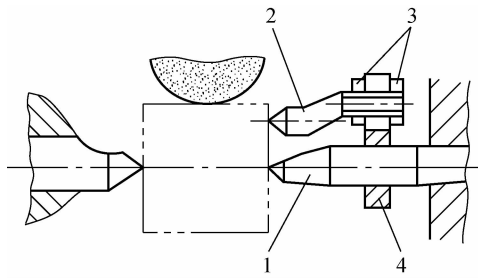


图 2-16 双顶尖装夹法的示意图

1—加长顶尖; 2—副顶尖; 3—螺母; 4—叉形滑板

采用这种方法装夹时,要求加长顶尖、副顶尖与中心孔的锥度密切配合,而且要顶紧才能保证加工精度,但副顶尖对工件的推力不能过大,否则会使工件产生歪扭。

用正弦分中夹具磨削工件时,被磨削表面的尺寸是用测量调整器、块规和百分表进行比较测量的。

测量调整器由三角架与块规座组成,如图 2-17 所示。块规座 2 能沿着三角架 1 斜面上的 V 形槽上、下移动,当移动到所需位置时,可用螺母将它锁紧。为了保证测量精度,测量调整器应制造得很精确,要求块规座 2 沿三角架 1 斜面移到任意位置上,块规座 2 支承面 A、B 分别与测量调整器的安装基准面 D、C 保持平行。

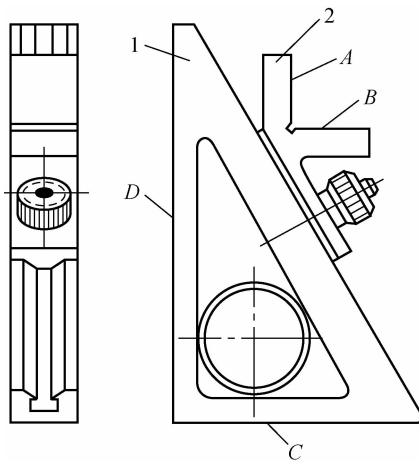


图 2-17 测量调整器

1—三角架; 2—块规座

因此,应首先调整块规座的位置,使它能反映出夹具的中心高。为了便于测量,通常把块规座支承面 B 调节到比夹具中心线低 50 mm 处,如图 2-18 所示。在夹具的双顶尖间装上一根直径为 d 的标准圆柱,并在块规座支承面 B 上安放一只 50 mm 的块规以及尺寸为 $d/2$ 的块规组。调整块规座的位置,使百分表在块规组上表面和圆柱上表面的读数相同。取下块规组,则块规的上表面与夹具中心线等高。

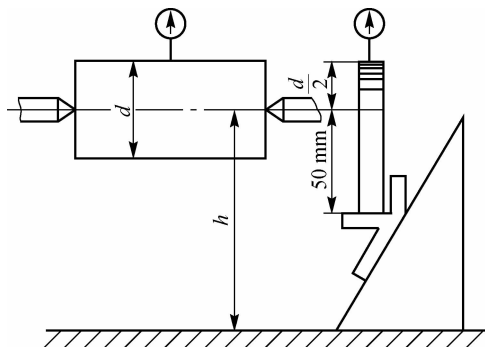


图 2-18 夹具中心高的测量

当被测量表面高于夹具中心线时,可在 50 mm 的块规上加入块规组,使百分表在块规组上表面与被测量表面的读数相同。这样,块规组的高度就等于被测量表面至夹具中心线的距离。设被测量表面至夹具中心线的距离为 s ,则块规组上表面的测量高度为

$$H = h + s \quad (2-9)$$

式中, H 为块规组上表面的测量高度(mm); h 为夹具中心高(mm)。

当被测量表面低于夹具中心时,应将 50 mm 的块规取下,在块规座支承面 B 上安装尺寸为 $(50 - s)$ mm 的块规组即可。此时块规组上表面的测量高度为

$$H = h - s \quad (2-10)$$

例 2-1 如图 2-19 所示的凸模已粗加工外形,各面所留磨削余量为 0.15~0.20 mm,并在圆弧的中心做出 $\phi 10$ mm 的工艺孔(留磨),热处理淬硬后,磨两端面及 $\phi 10$ mm 的工艺孔到图 2-19 标注出的尺寸,然后在平面磨床上,利用正弦分中夹具进行成型磨削。磨削前,用心轴装夹法安装工件,校正工件的方向后紧固鸡心夹头,然后开始磨削。

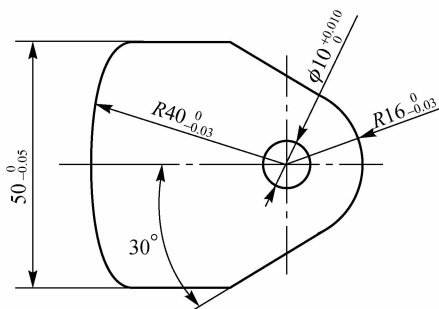
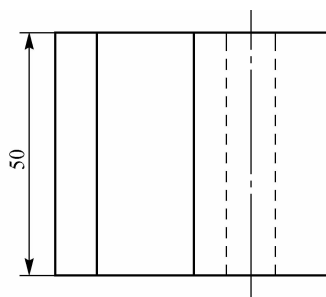


图 2-19 凸模

解 该凸模的磨削次序如下:

(1)磨削平面 1。旋转工件,使平面 1 处于水平位置磨削,如图 2-20(a)所示。其测量高度为

$$H = h + \frac{50_{-0.05}^0}{2} = h + 24.975$$

(2)磨削平面 2。将工件旋转 180° ,使平面 2 呈水平位置磨削,如图 2-20(b)所示。其测量高度为

$$H = h + \frac{50_{-0.05}^0}{2} = h + 24.975$$

(3)磨削 $R40$ mm 的凸圆弧面。如图 2-20(c)所示,当磨削这个凸圆弧面时,转动正弦分

中夹具的手轮,使工件回转,使凸圆弧面的测量高度磨削至 $h+39.985$ 为止。

(4)磨削 $R16\text{ mm}$ 的凸圆弧面和两个 30° 斜面。如图 2-20(d)所示,将工件转动 180° ,使 $R16\text{ mm}$ 的凸圆弧面向上,用回转法磨削凸圆弧面,转至极限位置时,斜面 3 和斜面 4 将处于水平位置,故可在磨削凸圆弧面的同时,利用砂轮的横向进给将斜面 3 和斜面 4 一起磨出。 $R16\text{ mm}$ 的凸圆弧面及斜面 3 和斜面 4 的测量高度均为 $h+15.985$ 。控制工件回转 60° 时,应垫的块规值为

$$H_2 = H_0 + L \cos 60^\circ$$

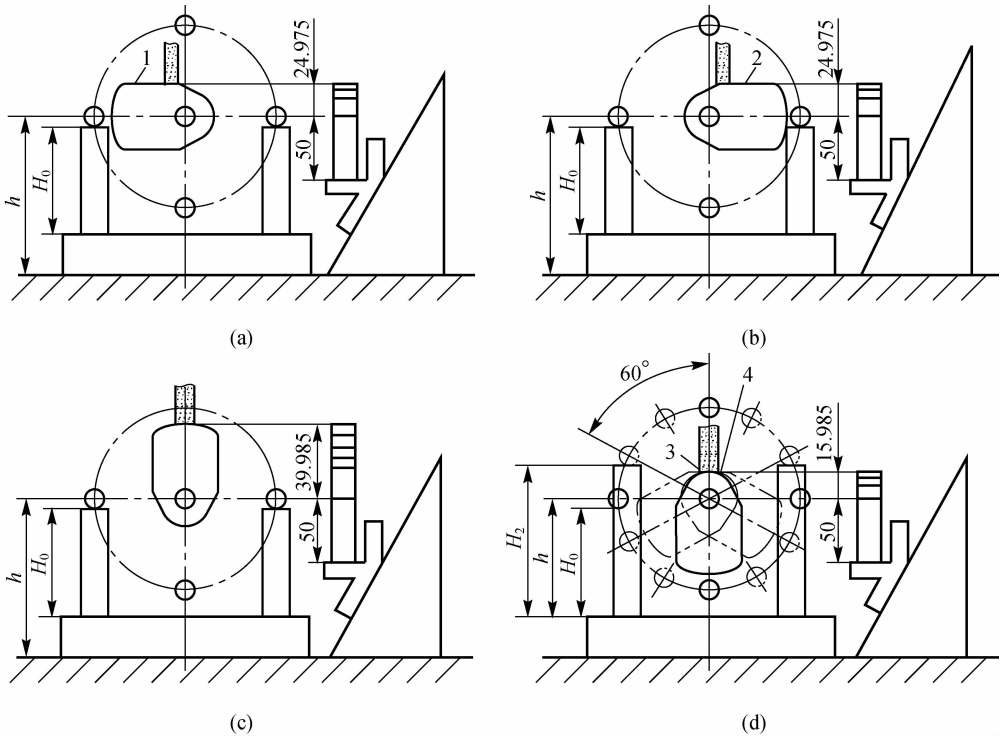


图 2-20 利用正弦分中夹具磨削凸模

若所用的正弦分中夹具的 $L=50\text{ mm}$, $H_0=70\text{ mm}$, 则

$$H_2 = (70 + 50 \sin 30^\circ) \text{ mm} = 95 \text{ mm}$$

正弦分中夹具适于磨削同一个中心的凸圆弧面和多角形,若与成形砂轮配合使用,则可磨削比较复杂的几何线形。对于具有不同中心的凸圆弧面的凸模,需要利用万能夹具进行磨削。

4. 万能夹具

万能夹具是成型磨床的主要部件,也可作为平面磨床的成型磨削夹具。它主要由工件装夹部分、回转部分、十字拖板和分度部分组成,如图 2-21 所示为万能夹具。

工件通过夹具或螺钉 8 与转盘 1 连接在一起。它们的回转运动通过一对蜗轮蜗杆的传动而获得。用手轮旋转蜗杆 10,通过蜗轮 6 带动正弦分度盘 9 及主轴 4 转动,并使工件也绕夹具的轴线回转。松开螺钉 8 后,可用手直接转动主轴 4,以调节工件的位置。

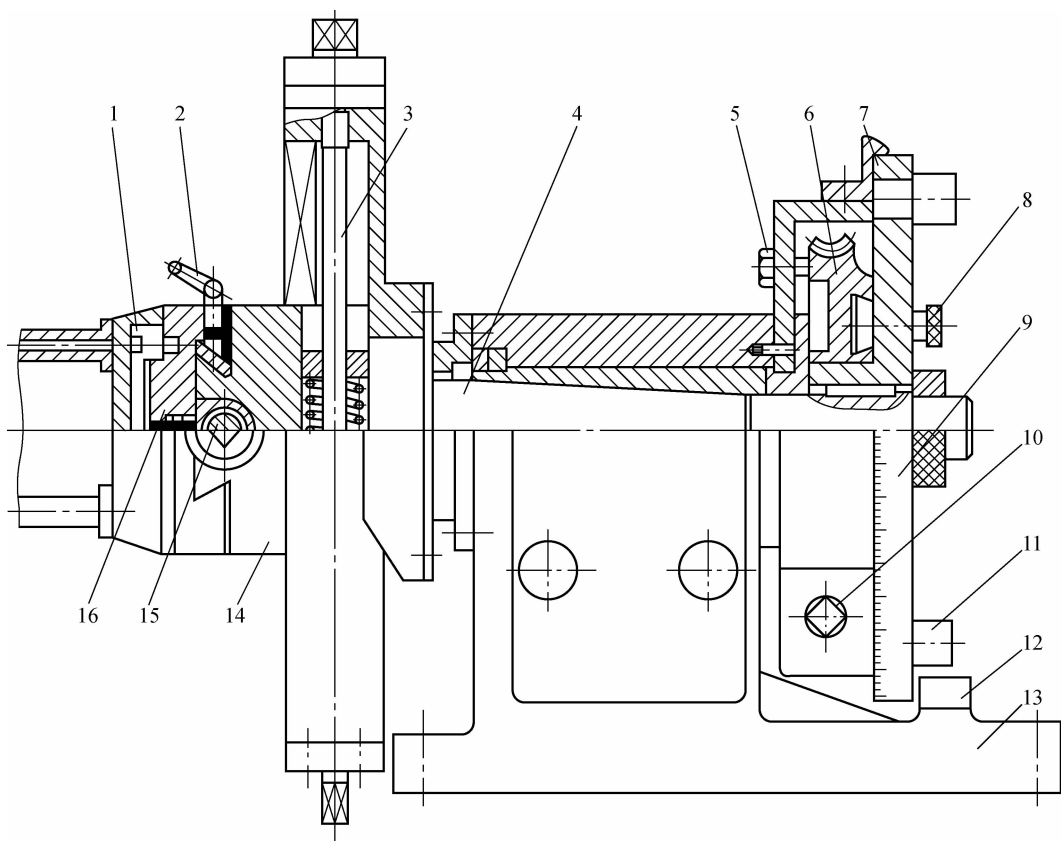


图 2-21 万能夹具

- 1—转盘；2—手柄；3、15—丝杠；4—主轴；5—六角螺钉；6—蜗轮；7—游标；
8—螺钉；9—正弦分度盘；10—蜗杆；11—圆柱；12—垫板；
13—夹具体；14—中滑板；16—横滑板

分度部分用来控制夹具的回转角度。在正弦分度盘 9 上带有刻度，当对工件回转角度要求不高时，可直接从游标 7 所指的刻度读出，其精度为 $3'$ 。当对工件回转角度要求精确时，应采用在正弦分度盘 9 上的圆柱 11 和垫板 12 之间垫块规的方法来控制夹具的回转角度，其精度为 $10''\sim 30''$ 。块规值的计算及分度部分的用法均与正弦分中夹具相同。

万能夹具与正弦分中夹具相比更为完善，它除了能使工件回转外，还可使工件在两个互相垂直的方向上移动，以调整工件的回转中心，使其与夹具主轴的中心重合。工件在两个互相垂直的方向上移动是通过十字拖板实现的。旋转丝杠 3、15 可使工件在两个互相垂直的方向上移动。当工件移动至所需的位置后，转动手柄 2 可将横滑板 16 锁紧。

万能夹具上工件的装夹方法通常有螺钉装夹法、精密平口钳装夹法、磁力平台装夹法、磨回转体的夹具装夹法。

1) 螺钉装夹法

如图 2-22 所示为螺钉装夹法的示意图。在工件 4 上预先做好工艺螺钉孔(直径为 M8~M10)，用螺钉 3 和垫柱 2 将工件 4 紧固在转盘 1 上。螺钉的数目视工件大小而定，较大的工件用 2~4 个，较小的工件只用一个。垫柱的数目与螺钉的数目相同，其长度应适当，要保证砂轮

退出时不致碰坏夹具。此外,为了保证安装精度,要求各垫柱的高度一致。

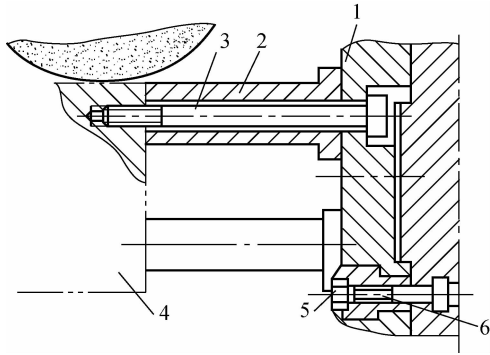


图 2-22 螺钉装夹法的示意图

1—转盘; 2—垫柱; 3、6—螺钉; 4—工件; 5—滚花螺母

用螺钉装夹法装夹工件,只需一次装夹便能把工件的整个轮廓磨削出来。

2) 精密平口钳装夹法

如图 2-23 所示为精密平口钳。它主要由底座、活动钳口和传动螺杆组成。它与一般的虎钳相似,但其制造精度较高。如图 2-24 所示为精密平口钳装夹法的示意图。图中用螺钉和垫柱将精密平口钳安装在转盘上。为了保证安装精度,工件上装夹与定位的面(a 面、b 面、c 面)应事先经过磨削。这种方法装夹方便,但在一次装夹中只能磨削工件上的一部分表面。

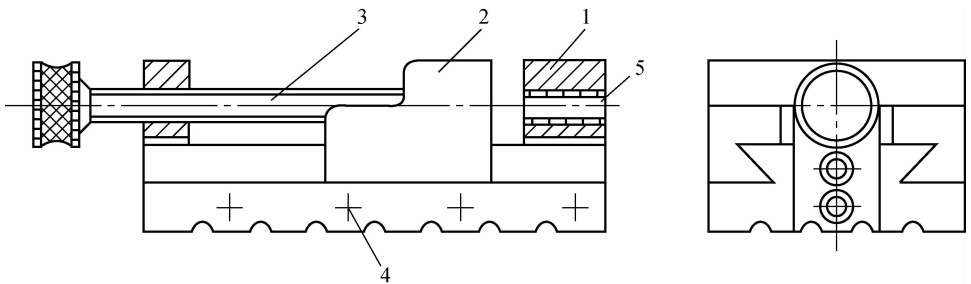


图 2-23 精密平口钳

1—底座; 2—活动钳口; 3—传动螺杆; 4、5—螺孔

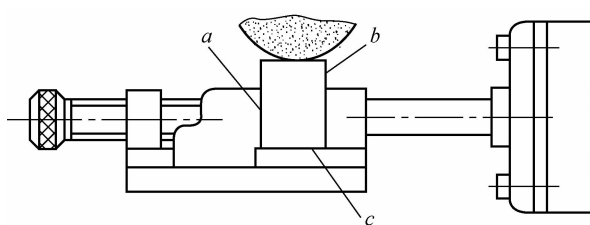


图 2-24 精密平口钳装夹法的示意图

3) 磁力平台装夹法

如图 2-25 所示为磁力平台装夹法的示意图。将磁力平台装在转盘上,利用它来吸牢工

件。这种方法装夹方便、迅速,适于磨削扁平工件。它与精密平口钳装夹法相似,在一次装夹中只能磨削工件上的一部分表面。

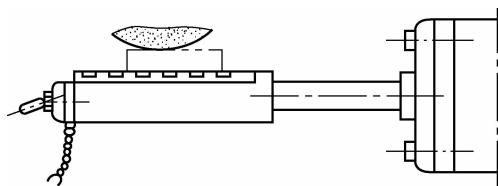


图 2-25 磁力平台装夹的示意图

4) 磨回转体的夹具装夹法

需要磨削圆球面或圆锥面时,可采用磨回转体的夹具装夹法。如图 2-26 所示为磨回转体的夹具。被磨削的工件装在弹簧夹头 1 内,拧紧螺母 2 将工件夹紧,旋转手轮 3 可使弹簧夹头 1 和工件绕夹具中心回转。将此夹具安放在磁力平台上,如图 2-27 所示,利用磁力将它吸牢。磨削时,借助于磨回转体的夹具 2 的回转,可以加工工件上的球面。若使磁力平台 3 倾斜一定的角度,则可利用磨回转体的夹具 2 的回转来磨削工件的锥面。

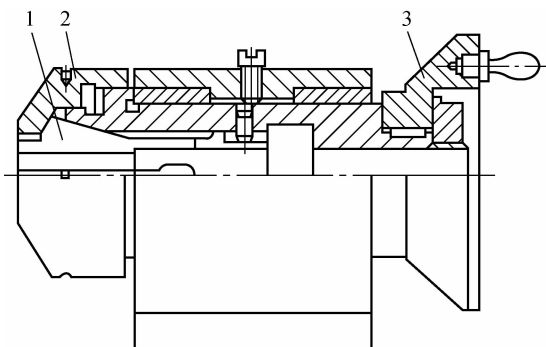


图 2-26 磨回转体的夹具

1—弹簧夹头; 2—螺母; 3—手轮

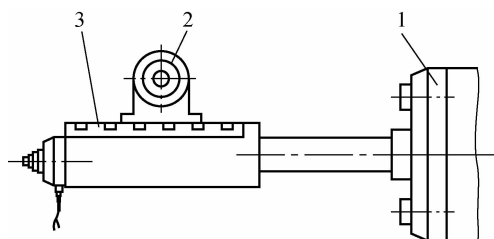


图 2-27 磨回转体的夹具装夹法的示意图

1—转盘; 2—磨回转体的夹具; 3—磁力平台

利用万能夹具磨削圆弧面时,也是采用比较法进行测量的。例如,磨削凸圆弧面时,砂轮处于夹具中心的上方,如图 2-28(a)所示,被加工表面的测量高度为 $H=h+R$;磨削凹圆弧面时,砂轮处于夹具中心的下方,如图 2-28(b)所示,被加工表面的测量高度为 $H=h-R$ 。

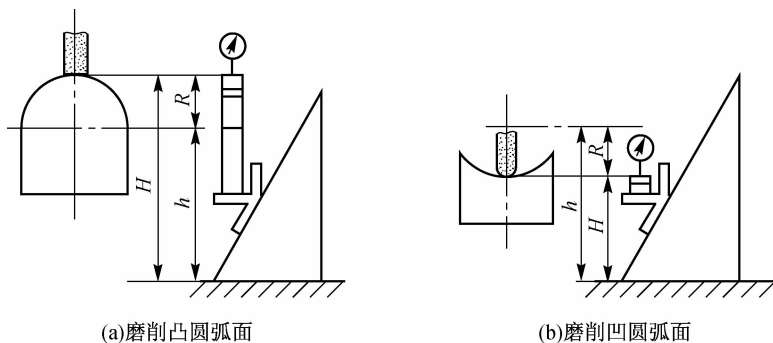


图 2-28 圆弧面的磨削

磨削凸圆弧面时,应采用平砂轮,如图 2-29(a)所示,这种砂轮可磨削的凸圆弧面最小半径为 0.5 mm;磨削凹圆弧面时,应采用圆弧形或较小接触面的砂轮,如图 2-29(b)所示,这种砂轮可磨削的凹圆弧面最小半径由砂轮的宽度而定。对于半径过小的凹圆弧面,最好采用成形砂轮进行磨削。

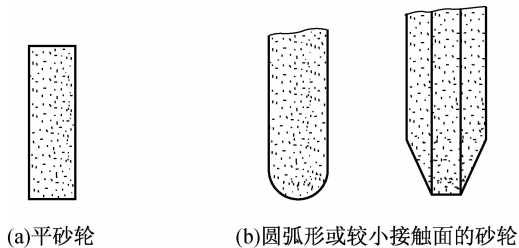


图 2-29 磨削圆弧面用的砂轮

2.4.3 成型磨削工艺尺寸的换算

模具零件由于结构的特殊性,用于加工的工艺基准常与设计基准不一致。因此,在成型磨削前,必须根据设计尺寸换算出所需的工艺尺寸,并绘制出成型磨削工艺(尺寸)图,以备磨削时使用。

根据磨削和测量的需要,在万能夹具上用回转法磨削由多个圆弧面组成的工件外型面时,首先要确定工件有几个工艺中心。通常,工件有几段圆弧面就有几个工艺中心。在成型磨削工艺图中建立平面坐标系,确定出各工艺中心的坐标和圆弧面的包角(又称为回转角),以便于用十字拖板准确移位和确定主轴的回转角度。

用万能夹具磨削工件时,其工艺尺寸的换算包括以下内容:

- (1) 确定各圆弧中心的相对坐标。
- (2) 确定回转中心至各斜面或平面的垂直距离。
- (3) 确定各斜面对坐标轴的倾斜角度。
- (4) 确定各圆弧面的包角。如果在磨削时工件可以自由回转而不伤及相邻表面,此角度可以不计算。

在正弦分中夹具上磨削工件时,工件只有一个回转中心,故在进行工艺尺寸换算时不必计算各圆弧中心的相对坐标,其余各项要求与万能夹具相同。

工艺尺寸可用代数、几何的方法进行换算。为了减少换算过程的积累误差,一般数值均取到小数点后六位,最终所得的数值取小数点后两位或三位。角度值采用六位三角函数表或电子计算器换算到 $10''$ 。当工件尺寸有公差时,为了减少工艺基准与设计基准之间的误差,最好根据其中间尺寸进行计算。

例 2-2 在万能夹具上磨削凸模。磨削前,先根据如图 2-30 所示的凸模零件图进行工艺尺寸换算,换算结果如图 2-31 所示,然后再对工件进行磨削。

解 凸模磨削顺序和操作要点见表 2-3。

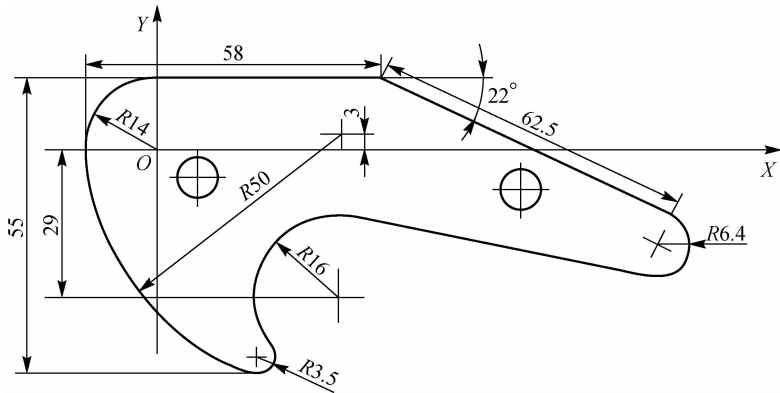


图 2-30 凸模零件图

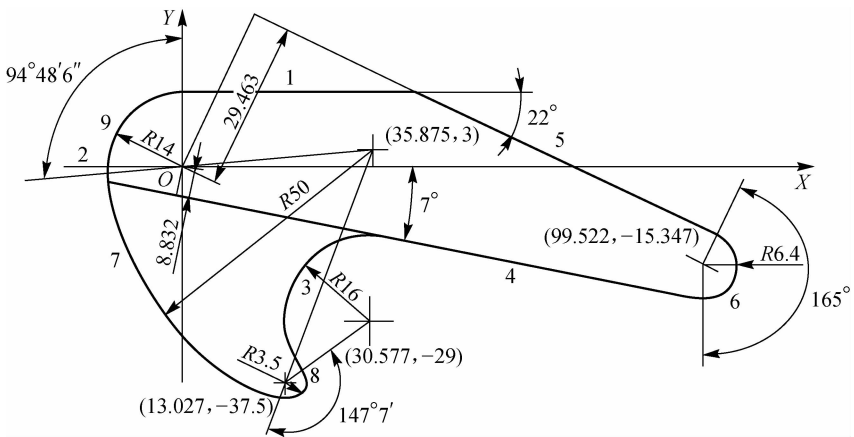


图 2-31 凸模工艺尺寸草图

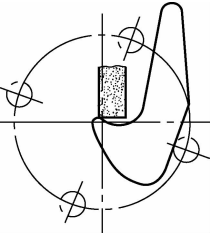
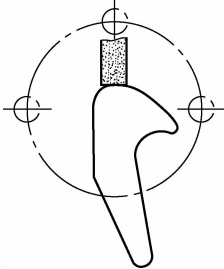
表 2-3 凸模磨削顺序和操作要点

序 号	工序名称	简 图	操作说明
1	装夹找正		<p>①用螺钉、等高垫柱将凸模装在夹具上；</p> <p>②按简图所示位置找正凸模轮廓最长的平面作为基准面，转动夹具圆盘，使基准面与万能夹具十字拖板某一运动方向相平行；</p> <p>③检查 R50 mm、R6.4 mm 和 R3.5 mm 处加工余量的均匀性，一般取单边余量为 0.15 ~ 0.35 mm</p>
2	磨削基准面		<p>磨削基准平面 1，将凸模逆时针转过 90°，磨削基准平面 2。磨削过程中都用测量调整器、块规和百分表进行比较来控制磨削尺寸</p>

续表

序 号	工序名称	简 图	操作说明
3	磨削 R16 mm 凹圆弧面		<p>①将 R16 mm 凹圆弧面的圆心调至万能夹具中心；</p> <p>②调整夹具位置,使夹具回转中心在砂轮的对称平面内后,才能开始磨削</p>
4	磨削斜面 4		<p>把斜面 4 调到水平位置后磨削,在与 R16 mm 凹圆弧面相接处,要注意圆滑过渡</p>
5	磨削斜面 5		<p>类似序号 4</p>
6	磨削 R6.4 mm 凸圆弧面		<p>①将 R6.4 mm 凸圆弧面的圆心调至万能夹具中心；</p> <p>②在正弦圆柱下垫块规或控制夹具回转角度,达到控制 R6.4 mm 凸圆弧面包角的目的。磨削时在与斜面 4 和斜面 5 相接处,要注意圆滑过渡</p>
7	磨削 R50 mm 凸圆弧面		<p>将 R50 mm 凸圆弧面的圆心调至万能夹具中心,由于磨削时砂轮可以自由越出,不需控制 R50 mm 凸圆弧面的包角</p>

续表

序 号	工序名称	简 图	操作说明
8	磨削 R3.5 mm 凸圆弧面		将 R3.5 mm 凸圆弧面的圆心调至夹具中心, 控制 R3.5 mm 凸圆弧面的包角进行磨削。在 R3.5 mm 凸圆弧面与 R16 mm 凹圆弧面相接触处, 要在成形砂轮上修磨
9	磨削 R14 mm 凸圆弧面		类似序号 6

2.4.4 在光学曲线磨床上和数控磨床上进行成型磨削加工

1. 在光学曲线磨床上进行成型磨削加工

光学曲线磨床用于磨削平面、圆弧面和非圆弧形的复杂曲面,特别适合于单件或小批生产中各种复杂曲面的磨削工作。磨床所使用的砂轮为薄片砂轮,其厚度为 0.5~0.8 mm,直径在 125 mm 以内,磨削精度为 ± 0.01 mm。

2. 在数控磨床上进行成型磨削加工

在成型磨床或平面磨床上利用夹具或成形砂轮进行磨削,一般都采用手动操作,因此,加工精度在一定程度上依赖于工人的操作技巧。为了提高加工精度,便于采用电子计算机辅助设计制造模具,使模具制造朝着高质量、高效率、低成本和自动化的方向发展,目前,国外已研制出数控磨床,而且在实际应用中收到了良好的效果。

如图 2-32 所示为数控磨床。它以平面磨床为基体,其中工作台做纵向往复直线运动和前、后(横向)进给运动,砂轮除了做旋转运动外,还可做垂直进给运动。其特点对于砂轮的垂直进给运动和工作台的横向进给运动采用了数控装置。所谓数控是指用数字指令来控制机器的动作。在加工工件时,首先根据图样编出程序,并按一定的格式将程序打成穿孔纸带,然后把穿孔纸带输入数控装置,使机器按预定的要求自动实现工件的加工。

在数控磨床上进行成型磨削的方法主要有成形砂轮磨削法、仿型磨削法和复合磨削法。

1) 成形砂轮磨削法

采用成形砂轮磨削法时,首先利用数控装置控制安装在工作台上的砂轮修整装置,使它与砂轮架做相对运动而得到所需的成形砂轮,如图 2-33(a)所示。然后用此成形砂轮磨削工

件,磨削时,工件做纵向往复直线运动,砂轮做垂直进给运动,如图 2-33(b)所示。这种方法适于加工面窄且批量大的工件。

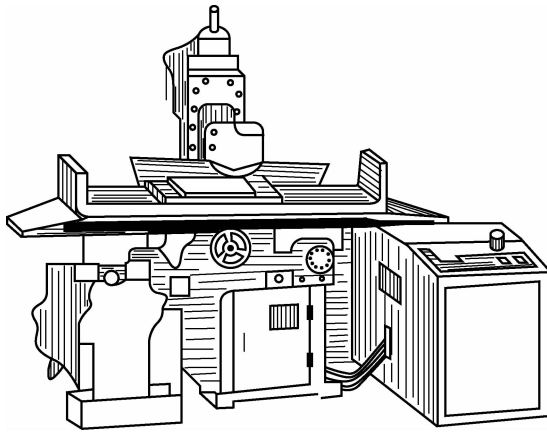


图 2-32 数控磨床

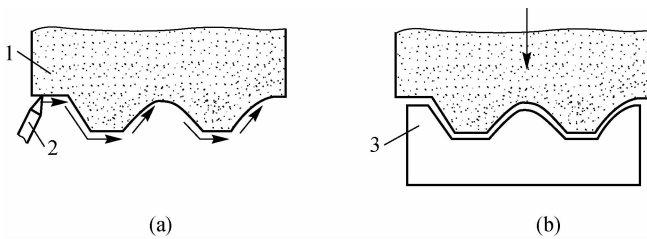


图 2-33 成形砂轮磨削法的示意图

1—砂轮; 2—金刚石; 3—工件

2) 仿型磨削法

采用仿型磨削法时,首先利用数控装置把砂轮修整成圆形或 V 形,如图 2-34(a)所示,然后由数控装置控制砂轮架的垂直进给运动和工作台的横向进给运动,使砂轮的切削刃沿着工件的轮廓进行仿型加工,如图 2-34(b)所示。这种方法适于加工面宽的工件。

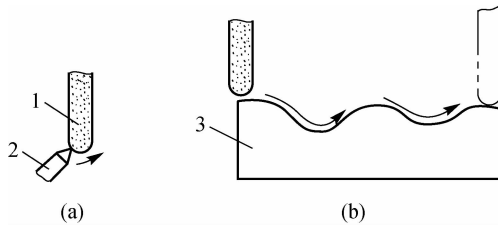


图 2-34 仿型磨削法的示意图

1—砂轮; 2—金刚石; 3—工件

3) 复合磨削法

复合磨削法是将成形砂轮磨削法和仿型磨削法两种方法结合在一起,用来磨削具有多个相同型面(如齿条形和梳形等)的工件。磨削前先利用数控装置修整砂轮(只是工件形状的一部分),如图 2-35(a)所示,然后用修整后的成形砂轮依次磨削工件,如图 2-35(b)所示。

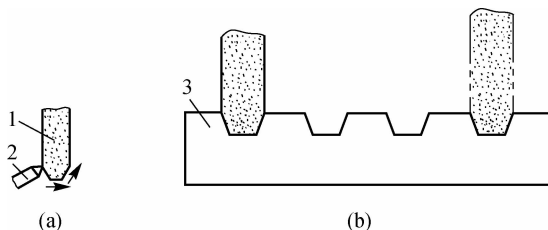


图 2-35 复合磨削法的示意图

1—砂轮；2—金刚刀；3—工件

2.5 模具数控加工

数控机床在模具加工中占有重要的位置。数控车床、数控铣床、数控磨床等设备在形状复杂和高精度的成型表面加工中,在保证加工质量和提高生产效率等方面发挥了重要的作用。例如,数控铣床及其加工中心不仅适合于加工模具型腔,还适合于加工型芯以及模板等零件,加工精度高于仿型铣床。

2.5.1 数控机床简介

数控机床通过数字和符号表示的指令来控制机床的各种运动。一般的数控机床加工时,首先将工件的形状、尺寸、加工工艺条件等信息按规定格式和指令记录在输入介质上,或通过键盘输入机床的数控装置内,通过数控装置中的计算机,对输入的各种信息进行处理和计算,将计算结果向伺服系统的各个坐标分配进给脉冲,并发出动作信号。伺服系统接到进给脉冲和动作信号后进行转换与放大,驱动数控机床的工作台或刀架进行定位或按某种轨迹移动,并配以其他必要的机械动作,按照预先要求的形状和尺寸对模具的成型表面进行加工。

一般的数控机床加工系统由四部分组成,它们分别是输入介质、数控装置、伺服系统和机床本体。

1. 输入介质

输入介质包括磁盘、穿孔带等。目前穿孔带已很少使用,而是采用手动数据输入方式,通过键盘将编程信息送入数控系统。

2. 数控装置

数控装置接收输入介质传来的信息,经处理、计算后送到伺服系统。根据对数控机床的控制方式不同,数控装置有以下两种基本形式:

(1) 点位控制系统。点位控制系统控制数控机床移动部件的终点位置,即控制刀具对工件的定位,而对运动轨迹没有严格要求,在定位过程中不进行切削。如数控钻床、数控镗床等。

(2) 连续控制系统。连续控制系统能对两个或两个以上的坐标方向的运动同时进行连续控制,以控制坐标方向的行程位置和运动速度。能加工复杂的成型表面,也称为轮廓控制

系统。如数控车床、数控铣床、连续轨迹数控坐标磨床和加工中心。

3. 伺服系统

伺服系统包括伺服驱动机构和机床的移动部件。它将数控装置的指令信息放大后,通过传动部件带动移动部件做精密定位,或按规定轨迹和速度运动。

伺服系统按控制原理不同分为开环伺服系统、闭环伺服系统和半闭环伺服系统三种形式。

1) 开环伺服系统

开环伺服系统将数控装置发出的脉冲信号送到伺服驱动机构(如步进电动机或伺服电动机),使伺服驱动机构转过相应的角度,再经传动齿轮、丝杠和螺母,带动工作台移动。开环伺服系统没有位置检测装置和反馈装置,不能将实际位移进行测量并反馈回来与指令值进行比较。因此,其定位精度不高,只有 ± 0.02 mm,主要用于精度要求不高的中、小型数控铣床、数控车床、数控电火花线切割机床。

2) 闭环伺服系统

闭环伺服系统采用直线位移测量零件或机床的移动部件(如工作台)的位置,将测量值与指令值相比较,用差值进行控制,直到差值等于零为止。这种伺服系统控制精度较高,一般定位精度可达 ± 0.01 mm,除了测量零件的精度要求高以外,对数控机床的结构与传动装置也有相应要求。这种伺服系统较为复杂,调试和维修较为困难,成本较高。目前,精密加工的数控机床多采用这种伺服系统。

3) 半闭环伺服系统

半闭环伺服系统将角位移测量零件装在丝杠上,通过测量丝杠的转动间接地测量工作台的移动,由丝杠转动变换为工作台的移动。半闭环伺服系统的控制精度低于闭环伺服系统,其控制精度是由丝杠—螺母的传动精度保证的。这种伺服系统稳定性好,调试比较容易。另外由于角位移测量零件比直线位移测量零件简单、廉价,再配以传动误差小的滚珠丝杠与精密齿轮,因而半闭环伺服系统较闭环伺服系统应用普遍。

4. 机床本体

数控机床是高精度和高生产率的自动化机床,其机床本体与普通机床相比应有更好的刚性、抗振性、精度,且传动副中相对运动面的摩擦系数小。

2.5.2 数控加工的特点和经济性

1. 数控加工的特点

1) 提高加工质量

数控机床本身的精度和刚性较好,而且按照程序加工,可避免操作者的人为误差对加工过程的影响,大大提高了加工质量,尤其在复杂成型表面的模具加工中显示出优越性。

2) 提高加工效率

采用数控加工时,零件的尺寸精度和位置精度由数控机床自动实现,省去了划线工作和对零件的多次测量和检测的时间。

3) 便于实现生产管理和加工的现代化

用数控机床加工能准确计划零件加工工时,简化检验工作。数控机床加工使用数字信

号和标准代码输入,最易与计算机连接。因此,数控加工是实现计算机控制与管理的基础,也是实现模具 CAD/CAM 不可缺少的重要环节。

2. 数控加工的经济性

1) 缩短模具生产周期,加快新产品开发

用传统方法加工模具,因其加工精度低,所以在模具装配中会耗费较多的时间反复进行修正和调整。数控加工提高了零件的加工质量,不仅大大缩短了模具生产周期及试模后的调整时间,还可以省去或减少样板和模型的制作,在加工中又可实现自动化,节省了辅助生产时间,这些都有利于模具生产和新产品的开发。

2) 为生产高质量的模具奠定了基础

数控机床为加工精密、复杂、大型、高效、长寿命的模具提供了物质保证,同时减少了对手工加工的依赖性,大大改善了我国模具工业的现状。

2.5.3 模具数控加工简介

1. 数控加工条件

数控加工需要设计程序。首先由操作人员根据图样判断加工尺寸、加工顺序、工具移动量和进给速度等,按一定的规定变成信号,然后编程。程序编制过程主要包括工艺处理、数据处理和编写数控程序单三个阶段。

1) 工艺处理

根据图样对工件进行工艺分析,选择加工方案及工件、刀具的装夹方式,确定走刀路线及切削用量等参数。

2) 数据处理

一般零件图的尺寸标注不是按数控加工要求的数据来标注的,所以必须用符合指令信息的书写方法改画图样,即在图样上确定坐标系,将铣削加工零件的轮廓分割成若干直线段和圆弧段,或近似直线段和圆弧段,用直线段计算始点和终点及圆弧中心点的位置。在数控图上表示轮廓各点的坐标值。

3) 编写数控程序单

数控程序的编制有两种方法,即手工编程和利用计算机及相应软件编程。一般加工形状比较简单的零件,如一般点位控制加工零件由直线和圆弧构成的轮廓表面时,用手工编程。加工非圆弧曲线或立体型面时用计算机自动编程。

2. 数控铣床加工模具成型表面

在模具制造中,常用三坐标数控铣床加工复杂空间曲面。这种数控铣床的刀具可以沿 X、Y、Z 三个坐标按输入的指令运动。三坐标数控铣床又分为两坐标联动的数控铣床(也称为两轴半数控铣床)和三坐标联动的数控铣床。两轴半数控铣床只能同时控制两个轴,Z 轴则自动一点一点地进给。在 XY 平面上连续加工出由直线和圆弧组成的一系列轮廓构成的立体型腔。三坐标联动数控铣床能同时控制 X、Y、Z 三轴,实现三坐标空间的直线插补或螺旋插补。在模具制造中,常用这类铣床加工复杂空间曲面。

3. 加工中心

加工中心实际上就是将数控铣床、数控镗床、数控钻床的功能组合起来,再附上一个刀

具库和一个自动换刀装置。它有多个坐标控制系统,可实现点位控制的钻削、镗削、铰削或连续控制的铣削。工件一次装夹后能自动完成结构复杂的模具零件的大部分或全部加工,包括钻刀、扩刀、铰刀、镗刀、铣削和螺纹孔的加工。模具生产中常用立式加工中心。

采用加工中心加工的优点有以下几点:

(1)只要有自动编程装置和 CAD/CAM 提供的三维形状信息,即可对模具型腔等零件进行三维曲面加工。

(2)可自动完成多孔模具零件的孔系加工。

(3)加工速度快。

(4)可进行无人自动操作。

4. 数控雕刻机

数控雕刻机是用于加工塑料模型腔表面或型芯表面上的文字、数字、刻度及各种凹凸花纹图案的专用数控机床,能实现三轴、四轴、五轴的联动加工,有的还有刀库和自动换刀装置。刻刀常用高速钢或硬质合金制造,为了使刻出的花纹图案精致而又平滑,要求刻刀刃口尖细、锋利。

本章小结

机械加工是模具零件加工最基本的方法,也是必不可少的方法,从模具零件的外形到内孔,从型芯到型腔的加工都需要采用机械加工。本章重点介绍了常规机械加工的基本内容及工艺要点,并通过实例分析了它们各自的加工特点和应用。对模具零件中的孔、孔系的加工,成型磨削加工进行了详细的介绍,同时简单介绍了模具数控加工。

通过本章的学习,希望学生掌握模具机械加工的方法,具备合理选择加工方案的能力。

习 题 2

2-1 模具加工时,车削加工一般分为哪几种?

2-2 简述平面磨削加工的工艺要点。

2-3 孔系加工的基本方法有哪些?

2-4 成型磨削加工的方法有哪几种?

2-5 试述砂轮角度的修整方法。

2-6 试述圆弧砂轮的修整方法。

2-7 正弦精密平口钳与正弦磁力台分别用于什么场合?

2-8 工件在正弦分中夹具中有哪几种装夹方法?

2-9 万能夹具的分度部分起什么作用?

2-10 用万能夹具磨削工件时,其工艺尺寸的换算内容有哪些?