

第 1 章 铣 削 原 理

在机床上,由于具有适当几何参数和一定铣削性能的铣削刀具与工件之间的相对运动,使刀具从工件上切除多余的金属,从而使工件的尺寸、形位公差以及表面粗糙度符合技术要求。所谓铣削,就是在铣床上以铣刀旋转做主运动,工件做进给运动的切削加工方法。刀具材料铣削性能的优劣和铣刀角度的合理选择将直接影响切削加工的生产率和加工表面的质量。

1.1 铣 刀 简 介

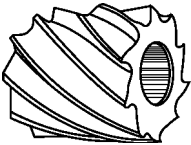
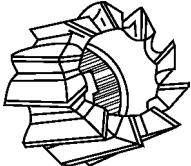
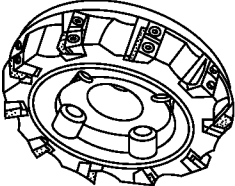
在铣削加工中,应根据铣床的情况和加工需要合理地选择和使用铣刀。

1.1.1 铣刀的种类

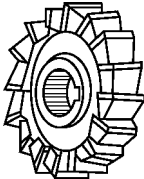
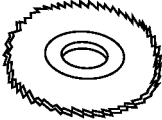
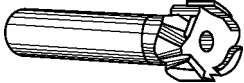
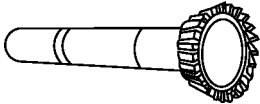
1. 按用途分类

按用途的不同,可将铣刀分为铣削平面用铣刀、铣削直角沟槽用铣刀、铣削特种沟槽用铣刀和铣削特形面用铣刀等,具体内容见表 1-1。

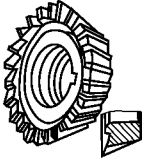
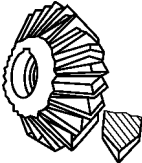
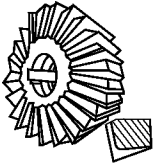
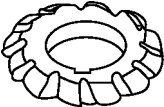
表 1-1 按用途分类的铣刀

类 别		简 图	说 明
铣削平面用铣刀	圆柱铣刀		圆柱铣刀分为粗齿和细齿两种
	套式端铣刀		套式端铣刀包括整体式和镶齿式两种,主要用于铣加工平面、大尺寸沟槽及台阶等
	可转位硬质合金面铣刀		面铣刀有整体式、机械夹固式和可转位式三种,主要用于粗、精铣各种加工平面,可转位硬质合金面铣刀主要用于高速铣削平面

续表

类 别		简 图	说 明
铣削直角沟槽用铣刀	立铣刀		立铣刀可用于铣削沟槽、螺旋槽、孔、台阶、凸轮和内外曲面等
	键槽铣刀		键槽铣刀主要用于铣削键槽
	三面刃铣刀		三面刃铣刀有直齿、错齿和可转位式三种,用于铣削各种槽、台阶及工件的侧平面等
	锯片铣刀		锯片铣刀用于铣削各种窄槽和切断工件
铣削特种沟槽用铣刀	T形槽铣刀		T形槽铣刀用于铣削 T 形槽
	燕尾槽铣刀		燕尾槽铣刀用于铣削燕尾槽和燕尾块

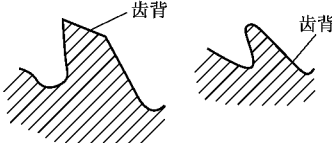
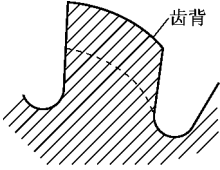
续表

类 别			简 图	说 明
铣削特种沟槽用铣刀	角度铣刀	单角铣刀		角度铣刀分为单角铣刀、不对称双角铣刀和对称双角铣刀三种,用于铣削斜面、V 形槽和尖齿(或锯齿)离合器等
		不对称双角铣刀		
		对称双角铣刀		
铣削特形面用铣刀	凸半圆铣刀			凸半圆铣刀用于铣削半圆槽和凹半圆成形面
	凹半圆铣刀			凹半圆铣刀用于铣削半圆和凸半圆成形面
	正齿轮铣刀			正齿轮铣刀和球头铣刀用于铣削渐开线齿轮的齿形
	球头铣刀			

2. 按刀齿构造分类

按刀齿构造的不同,可将铣刀分为尖齿铣刀和铲齿铣刀两种类型,具体内容见表 1-2。

表 1-2 按刀齿构造分类的铣刀

类 别	简 图	说 明
尖齿铣刀		尖齿铣刀的齿背截形为直线或折线,制造和刃磨均较容易,刃口锋利,铣削性能好。 生产中常用的铣刀大多数是尖齿铣刀,如圆柱铣刀、立铣刀和三面刃铣刀等
铲齿铣刀		铲齿铣刀的齿背截形为阿基米德螺旋线,刃磨时只磨前刀面。在刃磨后,只要前角不变,刀齿的刃口形状也不会改变,但是制造费用较多,铣削性能较差。为了刃磨方便,铲齿铣刀的前角一般为 0°。 铣削特形面的铣刀一般都采用铲齿铣刀,如凸、凹半圆铣刀和正齿轮铣刀等

1.1.2 铣刀的标记

为了便于识别铣刀的材料、尺寸规格和制造厂家等,铣刀上都刻有标记,标记的内容主要有以下几种。

1. 制造厂家商标

我国制造铣刀的厂家很多,如哈尔滨量具刀具厂、上海工具厂有限公司和成都量具刀具厂等,各制造厂都将自己的注册商标标注在其产品上。

2. 铣刀材料

铣刀的材料一般用材料的牌号表示,如 HSS 表示铣刀的材料为高速钢。

3. 铣刀尺寸规格

铣刀的尺寸规格标注因铣刀形状的不同而略有不同。因为铣刀上的标注尺寸均为基本尺寸,在使用和刃磨后会产生变化,所以在使用时应加以注意。

1)带孔铣刀

带孔铣刀包括圆柱铣刀、三面刃铣刀和锯片铣刀等,一般以外圆直径×宽度×内孔直径来表示其尺寸规格。例如,三面刃铣刀上标有 80×12×27,则表示该铣刀的外圆直径为 80 mm,宽度为 12 mm,内孔直径为 27 mm。

2)指状铣刀

指状铣刀包括立铣刀和键槽铣刀等,尺寸规格一般只标注外圆直径。例如,锥柄立铣刀上标有 φ18,则表示该立铣刀的外圆直径为 18 mm。

3)盘形铣刀

角度铣刀和半圆铣刀等盘形铣刀一般以外圆直径×宽度×内孔直径×角度(或圆弧半径)表示。例如,角度铣刀的外圆直径为 80 mm,宽度为 22 mm,内孔直径为 27 mm,角度为 60°,则铣刀的尺寸规格标记为 80×22×27×60°。同理,在半圆铣刀的末尾标有 R8,则表示铣刀圆弧半径为 8 mm。

1.1.3 铣刀的主要参数

铣刀是一种多切削刃的刀具。当需要了解铣刀的组成和几何角度时,可把铣刀看做是

由多把简单的切刀组合而成的,如图 1-1(a)所示。如图 1-1(b)所示为铣刀各部分名称及相关的辅助平面。

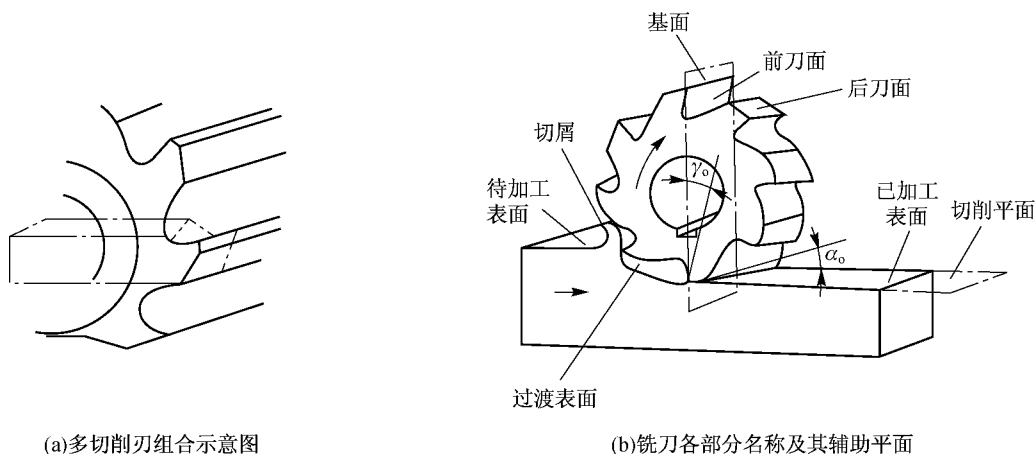


图 1-1 铣刀的结构

1. 待加工表面

待加工表面是指工件上待切除的表面。

2. 已加工表面

已加工表面是指工件上经刀具切削后产生的表面。

3. 过渡表面

过渡表面是指工件上由当前切削刃形成或者由下一切削刃切除的表面,它在刀具或工件的下一转里被切除,又称为加工表面。

4. 前刀面

前刀面是指刀具切屑流过的表面,又称为前面。

5. 后刀面

后刀面是指与已加工表面相对的表面,又称为后面。

6. 前角

前角 γ_o 是指前刀面与基面间的夹角。

7. 后角

后角 α_o 是指后刀面与切削平面间的夹角。

1.1.4 铣刀的材料及选用

目前,铣刀切削部分常用的材料有高速钢和硬质合金两大类。

1. 高速钢

高速钢是一种含钨(W)、钼(Mo)、铬(Cr)及钒(V)等金属元素较多的高合金工具钢。通常其C的质量分数约为1%,W的质量分数为8%~20%,Cr的质量分数为3%~5%。高速钢的抗拉强度 R_m 约为 3 500 MPa,冲击韧度 α_K 约为 0.30 MJ/m²。高速钢具有较高的强度

与良好的韧性,能承受冲击,又易于刃磨,加工性好,价格便宜;但其耐热性、硬度较低,热处理后硬度为 62~65 HRC,耐热温度为 550~600 °C,耐磨性也较低。由于受耐热温度的限制,高速钢刀具不能用于高速铣削。高速钢是国内最常用的机械铣削加工刀具材料。我国常用的高速钢牌号有 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 和 W9Mo3Cr4V 等。W18Cr4V 等 W 的质量分数较高的高速钢价格较贵,其生产量和使用量已经减少。

W2Mo9Cr4V2Co8 是引进的超硬高速钢,它的高温硬度和抗氧化能力比上述高速钢好,可铣削难加工材料,适用于较高速度的铣削。我国生产的超硬高速钢牌号为 W6Mo5Cr4V2Al,它的价格比 W2Mo9Cr4V2Co8 低得多,但其对热处理工艺性要求较高。

目前,常用物理气相沉积法在高速钢刀具的切削表面上沉积 2~5 μm 的 TiN 薄膜(又称为涂层,呈金黄色),高速钢刀具经过物理气相沉积后,寿命可提高 2~5 倍。

2. 硬质合金

硬质合金是利用粉末冶金的方法将高硬度、高熔点的碳化钨(WC)、碳化钛(TiC)、碳化钽(TaC)、碳化铌(NbC)和钴(Co)黏结、压制、烧结而成。它的常温硬度为 88~93 HRA,耐热温度为 800~1 000 °C。与高速钢相比,其硬度、耐磨性、耐热性都要好得多。因此,硬质合金刀具允许的铣削速度是高速钢刀具的 5~10 倍。但它的抗弯强度只是高速钢的 1/4~1/2,冲击韧度仅为高速钢的几十分之一,故硬质合金塑性、韧性差,耐冲击和抗振动性较差。另外,它的工艺性比高速钢差,刃磨时比高速钢难磨削得多,且不易制成整体刀具和成形刀具,一般是制成刀片焊接在刀体上,或用机械方法装夹、固定在刀体上使用。

目前,我国常用的硬质合金有以下三类。

1) 钨钴类硬质合金

钨钴类硬质合金(代号 YG)由 WC 和 Co 组成,主要用于加工铸铁、有色金属等脆性材料和非金属材料。钨钴类硬质合金常用牌号有 YG3、YG6 和 YG8,牌号中的数字表示 Co 的质量分数,其余为 WC 的质量分数。硬质合金中 Co 起黏结作用,Co 的质量分数越大的硬质合金韧性越好,硬度和耐磨性越差。所以,YG8 适于粗加工和断续铣削,YG6 适于半精加工,YG3 适于精加工和连续铣削。

2) 钨钛钴类硬质合金

钨钛钴类硬质合金(代号 YT)由 WC、TiC 和 Co 组成,由于 TiC 比 WC 硬、脆,且耐磨、耐热,因此,YT 类合金的硬度和耐热温度比 YG 类合金高,但耐冲击和抗振动性差。加工钢材时,被加工材料塑性变形很大,切屑与刀具摩擦很剧烈,铣削温度很高。由于其切屑呈带状,铣削过程较平稳,因此,YT 类硬质合金适于加工钢材等塑性材料。钨钛钴类硬质合金常用牌号有 YT30、YT15 和 YT5,牌号中的数字表示 TiC 的质量分数。TiC 质量分数越大的硬质合金韧性越差,硬度和耐磨性越高。所以,YT30 适于精加工和连续铣削,YT15 适于半精加工,YT5 适于粗加工和断续铣削。

3) 钨钛钽(铌)类硬质合金

钨钛钽(铌)类硬质合金(代号 YW)是在 YT 类硬质合金中加入少量的 TaC 或 NbC 而形成的合金。YW 类硬质合金的硬度、耐磨性、耐热温度、抗弯强度和冲击韧度均比 YT 类高一些,其后两项指标与 YG 类相仿。因此,YW 类硬质合金制成的铣刀既可以加工钢,又可以加工铸铁和有色金属,所以又称为通用硬质合金。YW 类硬质合金常用牌号有 YW1 和 YW2,前者用于半精加工和精加工,后者用于粗加工和半精加工。

目前,常用化学气相沉积法在硬质合金刀具表面上沉积 5~10 μm 的 TiC 薄膜(呈银灰

色),也有沉积 TiC 和 TiN 双层薄膜或沉积 TiC、 Al_2O_3 和 TiN 三层薄膜的,复合涂层用得更多。硬质合金刀具经过气相沉积后,寿命可提高 2~10 倍。

1.2 铣削过程的基础知识

1.2.1 铣削过程中的变形

金属切削过程的实质是被切削金属在刀具切削刃和前刀面的挤压作用下,产生剪切滑移的变形过程,如图 1-2 所示。在刀具切削力的作用下,被切割的金属层首先产生压缩弹性变形,当剪应力超过材料屈服极限后,在与受力成 45° 的方向上产生最大剪应力,金属内部晶格发生滑移,即在剪切面上产生塑性变形。刀具继续前进,切削力增大,由于切削刃的刀楔作用,被切削金属产生应力集中,使切削刃附近金属剪应力超过强度极限而被剥离。切削层产生塑性变形的同时,在切削刃附近剥离,形成切削作用。变形后剥离的金属层在刀具前刀面的挤推作用下,沿前刀面流出,即产生切屑。

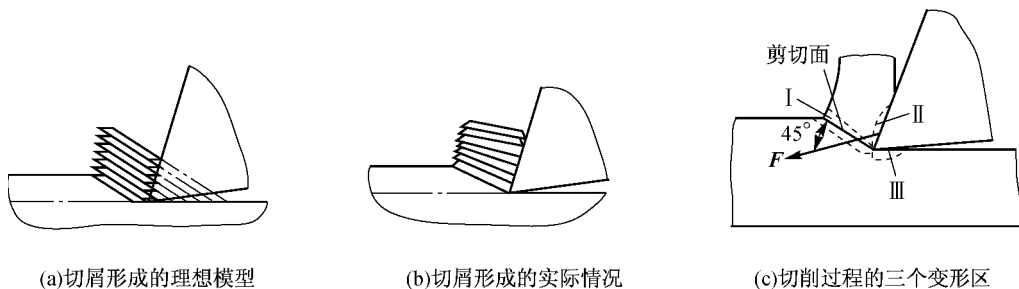


图 1-2 切屑形成过程及切削过程的三个变形区

从图 1-2(c)中可以看出,由于刀具和工件的相互作用,切削层及其附近金属可产生以下三个变形区:

(1)第 I 变形区是切削刃前方工件上的切削层产生塑性变形的滑移变形区。它是切屑形成过程中的主要变形区域,也是三个变形区中变形量最大的区域。

(2)第 II 变形区是切屑底层与刀具前刀面接触的区域。切削层金属经过剪切滑移后,切屑流经前刀面时受前刀面挤压和摩擦的作用,底层金属流动小于切屑上层金属流动,形成滞流层。切屑底层金属晶粒拉长呈纤维状,在一定条件下可形成积屑瘤,滞留在前刀面上。

(3)第 III 变形区是刀具后刀面与工件已加工表面的接触区。由于刀具切削刃和刀具后刀面对加工表面的挤压和摩擦作用,使工件已加工表面产生晶粒纤维化和加工硬化,并伴有一定的残余应力。

三个变形区的滑移面积都集中在切削刃附近,造成切削刃附近的应力状况复杂而又集中。经过塑性变形的金属晶粒在切削刃前被切削刃“劈”为两部分:一部分成为切屑,沿前刀面流出;另一部分流经后刀面,形成已加工表面。它们同时受到前刀面或后刀面的挤压和摩擦,进一步产生变形和加工硬化。

1.2.2 积屑瘤

当刀具对某些塑性金属进行切削加工时,在某切削速度范围内,切屑底层中的一部分金属容易被黏结或冷焊在前刀面,形成硬度很高的楔块,从而代替前刀面和切削刃进行切削,这个小楔块就称为积屑瘤,如图 1-3 所示。一般情况下,积屑瘤的硬度为工件材料硬度的 2~3.5 倍。

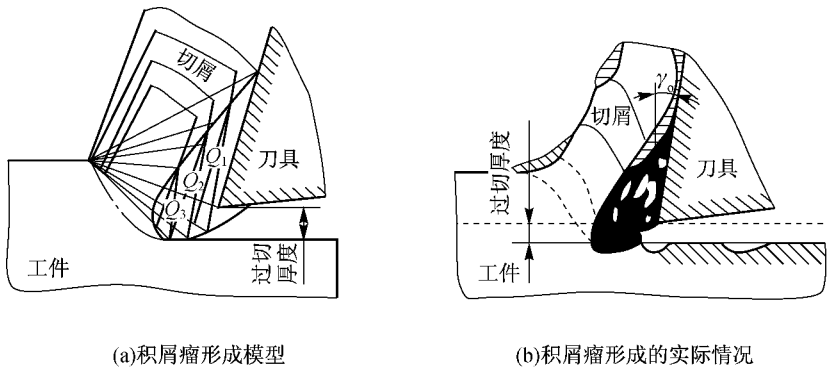


图 1-3 积屑瘤的形成和切削状态的变化

1. 积屑瘤形成

在一定的切削速度范围内,切屑底层金属与前刀面发生强烈的挤压和摩擦,破坏了前刀面上的氧化膜和吸附膜,使其与前刀面的接触面积逐渐增大。同时,在巨大的压力和摩擦力作用下,切屑底层出现滞留现象,切屑底层金属的流动速度较切屑上层金属缓慢得多,并沿前刀面产生较大的变形。在适当的压力和温度作用下,切屑底层金属填满前刀面的微观凹谷,发生冷焊现象而形成冷焊层。冷焊层具有较大的强度和硬度,能抵御切削力的作用,形成第一层积屑瘤 Q_1 。由于切屑还在继续流动,与第一层积屑瘤接触的切屑底层金属又重复上述的变形和冷焊过程,堆积在第一层积屑瘤上面,形成第二层积屑瘤 Q_2 。如此不断堆积,致使积屑瘤不断增大。积屑瘤改变了前刀面和切削刃的实际形状,使切屑与前刀面的接触条件和切屑自身受力情况发生变化。当积屑瘤长到一定高度时便不再继续增大,从而形成一个完整的积屑瘤。

2. 积屑瘤对切削加工影响

积屑瘤冷焊在刀具切削刃和前刀面的前端,其形成后便可代替切削刃和前刀面进行切削,从而保护了切削刃和前刀面。但是,积屑瘤的稳定性较差,当积屑瘤达到一定厚度时,常因冷焊结的破裂而脱落(部分或全部),这样就有可能带走刀具前刀面靠近刀尖的一部分表面金属,反而容易加剧刀具的磨损。

由于积屑瘤在切削过程中的产生和脱落,积屑瘤碎片常常黏结在已加工表面上,从而增大了已加工表面的粗糙度。另外,积屑瘤表面粗糙会使已加工表面产生误差复映。

随着积屑瘤的增大,实际工作前角 γ_{oc} 有所增大,导致切削变形减小,切削力降低。当积屑瘤达到最高时,实际工作前角 γ_{oc} 约为 30° 。

如图 1-4 所示,积屑瘤前端伸出切削刃之外,伸长量为 Δa_c ,这种过切厚度改变了加工尺寸。同时,积屑瘤的不断产生和脱落导致加工尺寸不稳定,影响了加工零件的尺寸

精度。

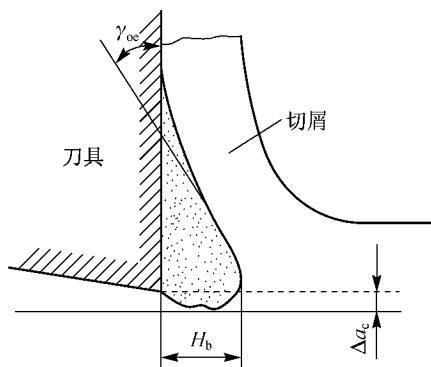


图 1-4 积屑瘤前角 γ_{oc} 和伸长量 Δa_c

综上所述,积屑瘤的形成有利于粗加工而不利精加工。

3. 影响积屑瘤形成因素及其防止措施

1) 影响积屑瘤形成的主要因素

影响积屑瘤形成的主要因素有以下几点:

(1)硬度和塑性。当工件材料硬度低、塑性大时,切削过程中金属变形大,切屑与前刀面间的摩擦系数和接触长度都较大,故容易产生积屑瘤;当切削塑性较小而硬度较高的材料时,产生积屑瘤的可能性较小;当切削脆性材料时,一般不会产生积屑瘤。

(2)切削速度。切削速度主要是通过切削温度和摩擦系数来影响积屑瘤的。当切削速度小于 5 m/min 时,切屑流动慢,切削温度很低,切屑与前刀面不会产生黏结现象,即不会形成积屑瘤;当切削速度在 $5 \sim 80 \text{ m/min}$ 的范围内时,切屑流动较快,切削温度较高,切屑与前刀面摩擦系数较大,容易产生黏结而形成积屑瘤;当切削速度大于 80 m/min 时,切削温度很高,工件材料的剪切强度 ζ 降低,切屑底层金属呈微熔状态,摩擦系数明显减小,不会形成积屑瘤。对于一般钢材,切削速度为 20 m/min 左右时,最大摩擦系数在 $300 \sim 380 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时出现,此时积屑瘤最大。

(3)进给量。进给量增加时,切削厚度增大,切削温度上升。切削厚度越大,刀具与切屑的接触长度越长,积屑瘤的高度越高。

(4)前角。刀具前角增大时,切削力减小,切削温度降低,切削变形减小,刀具与切屑的接触长度 l_t 变短,从而减小积屑瘤的形成基础。

2) 防止积屑瘤形成的措施

防止积屑瘤形成的具体措施如下:

(1)降低或提高切削速度。降低或提高切削速度可以使切削温度低于或高于积屑瘤产生的相对温度区域,控制积屑瘤的产生。由实验可知,切削一般钢材时,切削速度 $v_c > 120 \text{ m/min}$ 或 $v_c < 5 \text{ m/min}$ 时,已加工表面粗糙度低,说明刀具上积屑瘤很小或没有。

(2)采用润滑性能好的切削液。当切削易产生积屑瘤的工件材料时,采用润滑性能好的极压切削油或植物油,可使切屑和刀具间形成润滑剂的吸附膜,大大减小它们之间的摩擦,在刀具上也不易产生积屑瘤。

(3)增大刀具前角。积屑瘤是在比较高的压力和适宜的温度下产生的。当前角增大后,

就可以减小切屑与刀具前刀面接触区的压力,使切削力减小,切削温度降低,积屑瘤生成的机会就会减小。

(4)适当提高工件材料的硬度。对钢材来说,可采用正火、调质等方法,提高材料的硬度。因为材料软、塑性大,就容易产生积屑瘤。当工件材料的硬度达到 50 HRC 以上时,不论在什么切削速度下切削,均不会有积屑瘤产生。

(5)降低前刀面的表面粗糙度。降低前刀面的表面粗糙度可以减小切屑与前刀面的摩擦,使积屑瘤不易生成。

1.2.3 切削热与切削温度

1. 切削热的来源

在刀具的作用下,被切削的金属发生弹、塑性变形,金属切削层发生错移和分离形成切屑,在此过程中消耗功且产生热量。此外,切屑与前刀面、工件与后刀面之间的摩擦也要消耗功,从而产生大量的热量。因此,切削时共有切削层剪切面、切屑与刀具前刀面的接触区、后刀面与工件加工表面的接触区这三个发热区域(即三个变形区)。其中,切削变形是切削热的主要来源。

2. 切削热的传出

切削热传给工件,将会造成工件的温度升高。切削热可使切削区的温度达 $700\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$,甚至高达 $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。一方面,由于热胀冷缩会使工件产生变形,影响工件的尺寸与形状精度。粗加工时,切削热对工件的尺寸与形状一般影响不大,但精加工时却会有较大的影响,特别是铣削细长件或薄壁件时影响更为严重。另一方面,切削热传给工件,在较高的温度下,工件材料的金相组织会发生变化,使加工表面产生残余应力,以及烧伤、退火,影响其使用性能。

切削热传给铣刀,使铣刀温度升高。一方面,铣刀将产生热变形,影响加工精度,特别是对于精密复杂的铣刀更应该控制切削温度。另一方面,铣刀温度的升高会引起铣刀的热磨损或铣刀材料的力学性能变化。所以,使用高速钢铣刀时,切削温度应控制在 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下;使用硬质合金铣刀时,切削温度应控制在 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。

3. 减少切削热的措施

为了减少切削热对切削加工的影响,在加工中可采取以下措施:

(1)在保证切削刃强度的条件下,适当增大前角,减小切削层金属的塑性变形,以减少切削热的产生。

(2)当采用端面铣削且工艺系统(铣床—夹具—刀具—工件)刚度较好时,可适当减小主偏角 κ_r ,以改善刀具的散热条件,使切削区平均温度下降。

(3)当工件余量较大且机床刚度较好时,可降低切削速度,增大进给量和背吃刀量或侧吃刀量。实践证明,在保证相同金属切除率的情况下,这是降低切削温度的较有效的措施。

(4)采用大流量的切削液冲洗,从而将切削热带走,同时,也减小了刀具与切屑及工件的摩擦,减少了切削热的产生。

(5)提高铣刀的刃磨质量,减小前刀面与后刀面的粗糙度值,减小切屑与前刀面及工件与后刀面的摩擦,从而使切削温度下降。

4. 影响切削温度的因素

1) 切削用量的影响

切削速度越高,单位时间内切除金属的量越多,消耗于金属变形与摩擦的功越多,产生的切削热越多,则切削温度上升越快。同时,切削速度提高,使切屑流动速度加快,切削变形产生的热来不及传给工件与刀具,从而使大量的切削热被切屑带走,切削温度降低。

进给量增加,单位时间内金属切除量增加,切削热增加,切削温度升高。但同时,变形系数减小,单位体积切削量的切削功降低;随着进给量增加,切屑所带走的切削热也增多;此外,进给量增加,刀具与切屑接触长度增大,增大了热量的传出面积,从而使切削温度降低。

背吃刀量增加,切削变形和摩擦消耗功也增加,切削热增加。但由于切削刃工作长度也增加,改善了散热条件,因此,背吃刀量对切削温度的影响较小。当背吃刀量提高一倍时,切削温度只升高3%左右。

2) 刀具几何参数的影响

切削温度随前角的增大而降低,这是因为前角增大时,切削变形、切屑与前刀面的摩擦都减小,单位切削力下降,产生的切削热减少。前角的变化对切削温度影响较大,一般地,当切削强度、硬度较低的塑性材料或对工件精加工时,应选用较大的前角,以减少切削热的产生;当切削强度、硬度较高的材料或对工件粗加工时,应选用较小的前角,以保证切削刃强度和较好的散热条件。

主偏角减小时,使切削宽度增大,切削厚度减小,切削变形减小;同时,主偏角减小使切削刃工作长度增加,散热条件得以改善,故切削温度下降。

3) 工件材料的影响

工件材料的强度、硬度和热导率对切削温度的影响很大。工件材料的强度和硬度直接决定了单位切削力,而单位切削力是影响切削温度的重要因素,所以,工件材料的强度和硬度高时,产生的切削热多,切削温度升高。工件材料的热导率则直接影响切削热的导出。工件材料的热导率越低,通过工件和切屑传出的热量越少,而通过刀具传出的热量越多,这样切削产生的热量不易传出,使切削温度升高,刀具容易产生磨损。反之,工件材料的热导率越高,切削温度越低。因为有色金属的热导率高,所以一般可以采用高速钢刀具切削。

4) 刀具磨损的影响

刀具磨损使切削刃变钝,切削过程中的推挤力增大,导致切削变形增大,从而导致切削热增加;同时,后刀面磨损越大,刀具后刀面与工件的摩擦越大,产生的切削热越多,故切削温度越高。这时,如果提高切削速度,刀具磨损对切削温度的影响将更为严重,极易造成刀具损坏。

1.2.4 刀具磨损

铣刀过快磨损,必然会影响加工质量,增加刀具消耗,使生产率降低,增大加工成本。为了提高经济效益,保证加工质量,应该合理使用刀具。为此,应了解刀具磨损的原因,掌握合理使用刀具的方法。

1. 铣刀磨损的原因

铣刀磨损的原因主要有机械磨损和热磨损两类。

1)机械磨损

所谓机械磨损,即由于机械摩擦而造成的磨损。铣削时,工件材料的硬质点在铣刀表面上刻划出沟纹而造成的磨损称为机械磨损,又称为磨料磨损。工件材料硬质点的硬度越高,数量越多,铣刀越容易磨损。高速钢铣刀容易产生机械磨损,而硬质合金铣刀只有在铣削冷硬铸铁、夹砂铸铁时才容易产生机械磨损。

2)热磨损

热磨损包括以下几种情况:

- (1)在铣削温度很高的状况下,由于高速钢铣刀硬度下降而造成的磨损。
- (2)在高温状态下,硬质合金中的一些元素会扩散到工件材料与切屑中,使硬质合金硬度下降而产生磨损,这种磨损称为扩散磨损。
- (3)在高温与足够大的切削力作用下,刀具的前、后刀面在与切屑、工件的相对运动中发生黏结,而被工件和切屑带走产生的黏结磨损。
- (4)在铣削过程中,切削区的周围介质与铣刀材料发生化学反应产生氧化物,使刀齿硬度下降而造成磨损,这种磨损称为化学磨损。

2. 铣刀的磨钝标准

铣刀磨损到一定限度就不应再继续使用,这个磨损限度称为磨钝标准。

在粗加工中,铣刀是否已经磨钝可以从加工表面是否出现亮带,切屑颜色、形状是否发生变化,以及是否出现振动或噪声等不良现象来判断;在精加工中,可以从加工表面粗糙度的变化来判断。在评定刀具材料的切削性能和研究试验时,ISO 规定以测量后刀面上的磨损带的宽度 VB 作为铣刀的磨钝标准,如图 1-5 所示。

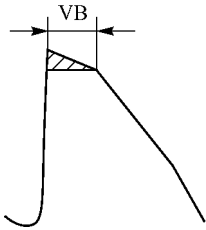


图 1-5 铣刀磨损带宽度

1.2.5 铣刀耐用度

铣刀刃磨后,从开始切削到其磨损量达到磨钝标准的总切削时间,称为铣刀的耐用度,用 T 表示,它不包括对刀、测量及调整等非切削时间。在相同的切削用量与磨钝标准下,铣刀的耐用度越高,其切削性能就越好。

铣刀寿命是指铣刀从第一次投入切削使用直到报废所经历的总切削时间。

$$\text{铣刀寿命} = \text{铣刀耐用度} \times \text{铣刀刃磨次数}$$

铣刀合理耐用度可保证加工的质量要求、较高的生产率以及最低的加工成本。铣刀合理耐用度的选择见表 1-3。

表 1-3 各种铣刀的合理耐用度

单位: min

刀具材料	铣刀名称	铣刀直径 d /mm								
		20	50	75	100	150	200	300	400	500
高 速 钢	面铣刀	—	100	120	130	170	250	300	400	500
	立铣刀	60	80	100	—	—	—	—	—	—
	三面刃盘形铣刀、锯片铣刀	—	100	120	130	170	250	—	—	—
	键槽铣刀		80	90	100	110	120	—	—	—
	圆柱铣刀	100	170	280	400	—	—	—	—	—
	角度铣刀	—	100	150	170	—	—	—	—	—
	燕尾槽铣刀	—	120	180	200	—	—	—	—	—
硬 质 合 金	面铣刀	—	90	100	120	200	300	500	600	800
	立铣刀	75	90	—	—	—	—	—	—	—
	三面刃盘形铣刀、锯片铣刀	—	—	130	160	200	300	400	—	—
	键槽铣刀	—	—	120	150	180	—	—	—	—
	圆柱铣刀	—	—	—	150	180	200	—	—	—
	角度铣刀	—	—	150	180	—	—	—	—	—
	燕尾槽铣刀	—	—	150	180	—	—	—	—	—

- 提高铣刀耐用度的措施主要有：
- (1)采用合理的切削用量(主要是切削速度与进给量)。
 - (2)选择合理的铣刀几何角度。
 - (3)提高铣刀的刃磨质量,保证前、后刀面的粗糙度要求。
 - (4)采用合理的切削液。
 - (5)采取相应的工艺措施,改善工件材料的加工性能。

1.2.6 加工硬化

金属材料在低于再结晶温度下塑性变形时,由于晶粒发生滑移,出现位错的缠结,使晶粒拉长、破碎和纤维化,从而使金属的强度和硬度升高,塑性和韧性降低,这种现象称为加工硬化或冷作硬化。加工硬化的程度通常用加工后与加工前表面层显微硬度的比值或硬化层深度来表示。

加工硬化给金属件的进一步加工带来困难。如钢板在冷轧的过程中会愈轧愈硬,以致轧不动,因而需要在加工过程中安排中间退火,通过加热消除其加工硬化。又如在切削加工中,加工硬化使工件表层脆而硬,从而加速刀具磨损,增大切削力。但加工硬化可提高金属的强度、硬度和耐磨性,特别是对于那些不能以热处理方法提高强度的纯金属和某些合金尤为重要,如冷拉高强度钢丝和冷卷弹簧等,就是利用加工硬化来提高其强度和弹性极限的。

1.3 铣刀几何参数的合理选择

1.3.1 铣刀直径和齿数的选择

1. 铣刀直径的选择

铣刀直径 D 在铣削加工中有重要的意义。铣刀直径越大,散热效果越好。在安装铣刀时,需要选用直径较大的铣刀柄,以减小切削中的振动。但铣刀直径增大,铣削力矩也相应增加,这对切削是不利的。

总之,只要铣刀能够把加工面铣出即可,直径不宜过大。铣刀直径的合理选择见表 1-4、表 1-5 和表 1-6。

表 1-4 圆柱铣刀直径的选择 单位:mm

背吃刀量 a_p	5	8	10
侧吃刀量 a_c	70	90	100
铣刀直径 D	$\phi 60 \sim \phi 75$	$\phi 90 \sim \phi 110$	$\phi 110 \sim \phi 130$

表 1-5 套式面铣刀直径的选择 单位:mm

背吃刀量 a_p	≤ 4	≤ 4	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 8	≤ 10
侧吃刀量 a_c	≤ 40	≤ 60	≤ 90	≤ 120	≤ 180	≤ 250	≤ 350
铣刀直径 D	$\phi 50 \sim \phi 75$	$\phi 75 \sim \phi 90$	$\phi 110 \sim \phi 130$	$\phi 150 \sim \phi 175$	$\phi 200 \sim \phi 250$	$\phi 300 \sim \phi 350$	$\phi 400 \sim \phi 450$

表 1-6 三面刃铣刀和盘形槽铣刀直径的选择 单位:mm

背吃刀量 a_p	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 50
侧吃刀量 a_c	≤ 20	≤ 25	≤ 35	≤ 50
铣刀直径 D	$\phi 60 \sim \phi 75$	$\phi 90 \sim \phi 110$	$\phi 110 \sim \phi 150$	$\phi 175 \sim \phi 200$

2. 铣刀齿数的选择

根据齿数 z 的不同,可将铣刀分为粗齿铣刀和细齿铣刀。如图 1-6(a)所示为粗齿铣刀,粗齿铣刀在刀体上的刀齿稀,刀齿强度高,齿槽角大,容屑空间大,排屑方便,但由于参加切削的齿数少,工作平稳性较差,适于在粗铣和加工塑性材料时使用;如图 1-6(b)所示为细齿铣刀,细齿铣刀的刀齿密,铣刀上的几个刀齿可同时切削,从而减小振动,适用于半精加工和加工脆性材料。

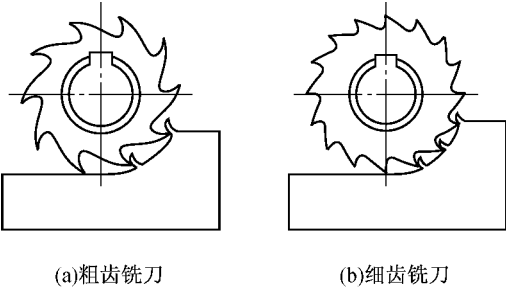


图 1-6 粗齿铣刀和细齿铣刀

1.3.2 前角的选择

- 前角 γ_0 的选择原则如下：
- (1) 根据不同的工件材料, 选择合理的前角。
 - (2) 用不同的铣刀加工相同材料的工件时, 铣刀的前角不应该相同。高速钢铣刀应取较大前角, 硬质合金铣刀应取较小前角。
 - (3) 粗铣时一般取较小前角, 精铣时取较大前角。
 - (4) 工艺系统刚度较差和铣床功率较低时, 宜采用较大前角, 以减小切削力和铣削功率, 并减小铣削振动。
 - (5) 数控机床、自动机床和自动生产线用铣刀切削时, 为保证铣刀工作的稳定性(不发生崩刀及主切削刃破损), 应选用较小的前角。
- 铣刀前角的选择见表 1-7。

表 1-7 铣刀前角选择的参考数值

工件材料 铣刀材料	钢 料			铸 铁		铝 镁 合 金
	$R_m < 560 \text{ MPa}$	$R_m = 560 \sim 980 \text{ MPa}$	$R_m = 980 \text{ MPa}$	硬度 $\leq 150 \text{ HBS}$	硬度 $> 150 \text{ HBS}$	
高速钢	20°	15°	10°~12°	5°~15°	5°~15°	15°~35°
硬质合金	15°	-5°~5°	-15°~-10°	5°	5°	20°~30°

1.3.3 后角的选择

- 后角 α_0 的选择原则如下：
- (1) 工件材料的硬度、强度较高时, 为了保证切削刃的强度, 应采用较小的后角; 工件材料塑性大或弹性大极易产生加工硬化时, 应采用较大的后角; 加工脆性材料时, 铣削力集中在主切削刃附近, 为增强主切削刃强度, 应选用较小的后角。
 - (2) 工艺系统刚度差、容易产生振动时, 应采用较小的后角。
 - (3) 粗加工时, 铣刀承受的铣削力较大, 为了保证刃口的强度, 可选用较小的后角; 精加工时, 切削力较小, 为了减小摩擦, 提高工件表面质量, 可选用较大的后角; 当已采用副前角时, 刃口的强度已得到加强, 为提高表面质量, 也可采用较大的后角。
 - (4) 高速钢铣刀的后角应比硬质合金铣刀的后角大 2°~3°。
 - (5) 若尺寸精度要求较高, 应选用后角较小的铣刀。
- 铣刀后角的选择见表 1-8。

表 1-8 铣刀后角选择的参考数值

铣刀类型	高速钢铣刀		硬质合金铣刀		高速钢锯片铣刀		键槽铣刀	
	粗齿	细齿	粗齿	细齿	粗齿	细齿	粗齿	细齿
后角 α_0	12°	16°	6°~8°	12°~15°	20°		8°	

1.3.4 主偏角的选择

- 主偏角 κ_r 的选择原则如下：

- (1)当工艺系统刚度足够时,应尽可能选用较小的主偏角,以提高铣刀的寿命;当工艺系统刚度不足时,为避免铣削振动过大,应选用较大的主偏角。
- (2)加工高强度、高硬度的材料时,应选用较小的主偏角,以提高刀尖部分的强度和散热条件;加工一般材料时,主偏角可选用稍大一些的。
- (3)为增强刀尖强度,提高刀具寿命,面铣刀常磨出过渡刃,使主偏角变大,如图 1-7 所示。

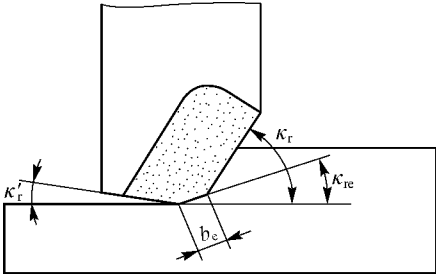


图 1-7 面铣刀的过渡刃

1.3.5 副偏角的选择

副偏角 κ'_r 的选择原则如下:

- (1)精铣时,副偏角应取小一些,以使表面粗糙度值较小。
- (2)铣削高强度、高硬度的材料时,应取较小的副偏角,以提高刀尖的强度。
- (3)为了保证刀尖强度和重磨后铣刀宽度的变化较小,锯片铣刀和键槽铣刀等只能取 $0.5^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 的副偏角。
- (4)为避免铣削振动,可适当加大副偏角。

1.3.6 刃倾角和螺旋角的选择

刃倾角 λ_s 和螺旋角 β 的选择原则如下:

- (1)铣削硬度较高的工件时,对刀尖强度和散热条件要求较高,可选取绝对值较大的负刃倾角。
- (2)粗加工时,为增强刀尖的抗冲击能力,宜取负刃倾角;精加工时,切屑较薄,可取正刃倾角。
- (3)当工艺系统刚度不足时,不宜取负刃倾角,以免增大纵向铣削力而引起铣削振动。
- (4)为了使圆柱铣刀和立铣刀铣削平稳轻快,切屑容易从铣刀容屑槽中排出,提高铣刀寿命和生产率,减小已加工表面的粗糙度值,可选取较大的螺旋角或正刃倾角。

铣刀刃倾角和螺旋角的选择分别见表 1-9 和表 1-10。

表 1-9 铣刀刃倾角选择的参考数值

面铣刀(包括铣削条件)		刃倾角 λ_s
铣削钢料等	工艺系统刚度中等	$4^{\circ}\sim 6^{\circ}$
	工艺系统刚度较好	$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$
粗铣铸铁等		-7°
铣削高温合金		45°

表 1-10 铣刀螺旋角选择的参考数值

铣刀类型		螺旋角 β
带螺旋角的圆柱铣刀	细齿	$25^{\circ}\sim 30^{\circ}$
	粗齿	$45^{\circ}\sim 60^{\circ}$
立铣刀		$30^{\circ}\sim 45^{\circ}$
盘形铣刀		$25^{\circ}\sim 30^{\circ}$

1.4 铣削用量的选择

1.4.1 铣削用量的选择原则

选择铣削用量时应充分发挥刀具的铣削性能和铣床的潜力,合理的铣削用量可以保证零件的质量,提高生产效率和降低加工成本。在铣削过程中,如果能在一定时间内切除较多的金属,就有较高的生产率。提高铣削速度 v_c 、增大背吃刀量 a_p 和侧吃刀量 a_c 及增大进给量 f 都可以增加金属切除量。铣削用量提高,则铣削温度相应升高,热效应明显。由于热效应作用导致刀具磨损加快,刀具寿命降低,因此, v_c 、 a_p 、 a_c 和 f 对刀具寿命的影响也是不同的,即铣削速度对刀具寿命影响最大,其次是进给量,而背吃刀量和侧吃刀量影响最小。

一般来说,粗加工时应尽可能发挥刀具与铣床的潜力,且保证合理的刀具耐用度,减少铣削工艺时间,提高生产率;精加工时,则要先保证加工精度和表面粗糙度的要求,然后兼顾合理的刀具耐用度和生产率。

1.4.2 背吃刀量的选择

背吃刀量的选择取决于工件的加工余量和所要求的加工精度。

(1)工件精度要求不高或表面粗糙度要求为 $Ra50\sim 12.5\ \mu\text{m}$ 时,一般尽量一次走刀去除全部加工余量。当加工余量大于 8 mm 或工艺系统刚度较差时,可分两次或多次走刀铣削,此时,第一刀的背吃刀量应尽可能大一些,以使刀尖避开工件表面的铸、锻硬皮。通常,中型铣床用端铣刀铣削钢材料时,背吃刀量为 3~5 mm,铣削铸铁时,背吃刀量为 5~7 mm。(对于圆柱铣刀,背吃刀量 a_p 应小于铣刀长度,侧吃刀量 a_c 的选择原则与上述原则相同,圆柱铣刀的侧吃刀量相当于端铣刀的背吃刀量。)

(2)工件精度要求较高或表面粗糙度要求为 $Ra6.3\sim 3.2\ \mu\text{m}$ 时,可分为粗铣和半精铣两步进行铣削,粗铣后留 0.5~1 mm 余量,再由半精铣完成。

(3)工件精度要求较高或表面粗糙度要求为 $Ra3.2\sim 1.6\ \mu\text{m}$ 时,可分为粗铣、半精铣和精铣三步进行铣削,半精铣前预留背吃刀量为 1.5~2 mm,精铣前预留的背吃刀量为 0.5 mm 左右。

1.4.3 进给量的选择

铣削进给量是指每齿进给量 f_z ,每齿进给量是衡量铣削加工水平的重要指标。进给量的选择受到一些条件的限制,如粗铣时进给量受切削力的限制,在工艺系统强度、刚度允许的条件下,粗铣时的进给量应尽量选大些;精铣和半精铣时,进给量受表面粗糙度的限制,为

了保证零件精度和表面粗糙度的要求,一般采用较小的进给量;对不同的铣刀材料也要考虑限制条件,如高速钢铣刀进给量受刀柄刚度和刀体强度的限制,硬质合金铣刀进给量受刀片强度的限制。

1.4.4 铣削速度的选择

在吃刀量和进给量确定之后,则可在保证合理刀具耐用度的前提下确定合理的铣削速度。

粗铣时,铣削速度的选择主要考虑铣床的许用功率和工艺系统刚度,在允许的情况下选择较大值,以提高生产率。

精铣时,一般背吃刀量(或侧吃刀量)和进给量较小,铣削速度的选择不会超过铣床的功率。为了抑制积屑瘤的产生,提高表面质量,硬质合金铣刀采用较高铣削速度,高速钢铣刀则采用较低的铣削速度。

1.5 难铣削材料的铣削

当被铣削加工材料的硬度和强度很大,特别是高温硬度和高温强度很大,材料内部含有硬质点且塑性特别好,加工硬化严重或者材料导热性很差时,这些材料都属于难铣削材料。生产中常用的难铣削材料有高强度合金钢、高锰钢、不锈钢、高温合金、钛合金、冷硬铸铁以及玻璃钢和陶瓷等。

解决难铣削材料铣削加工问题的途径有以下几种:

(1)合理选择刀具材料。目前,常用的刀具材料有高温硬度高、强度大、抗磨损能力强和加工工艺性好的超硬高速钢和硬质合金,必要时可采用立方氮化硼和陶瓷刀具。

(2)对工件材料进行相应的热处理,调整材料的强度和硬度,以改善材料的可加工性,尽可能使材料在最适宜的组织状态下进行铣削。

(3)提高工艺系统的强度和刚度,提高铣床的功率,并要求工件的安装(定位和夹紧)可靠,在铣削过程中要求均匀的机械进给,切忌手动进给和中途停顿。

(4)刀具表面应该仔细研磨,达到尽可能小的粗糙度,以减小摩擦和黏结,减小因冲击造成的崩刀。

(5)合理选择刀具几何参数和铣削用量,提高刀齿强度和散热条件。

(6)对断屑、卷屑、排屑和容屑给予足够的重视,以提高刀具寿命和加工质量。

(7)合理选择切削液,切削液供给要充足,不能中断。

(8)采用特种加工。

1.6 技能训练

课题 1 安全操作规程

(1)上班前穿好工作服、工作鞋,女工戴好工作帽。

(2)不准穿背心、拖鞋、凉鞋和裙子进入车间。

- (3) 严禁戴手套操作。
- (4) 高速铣削或刃磨刀具时应戴防护镜。
- (5) 装卸工具、更换铣刀及擦拭铣床时必须停机,并注意防止被铣刀切削刃割伤,防止工件、铣刀跌落损坏和碰伤工作台。
- (6) 不得在铣床运转时变换主轴转速和进给量,以免损坏传动零件及变速零件。
- (7) 在铣削加工进给中不准触摸工件加工表面,自动进给完毕后,应先停止进给,再停止铣刀旋转。
- (8) 主轴未停止时不准测量工件。
- (9) 铣削时,背吃刀量不能过大,毛坯工件应从最高部分逐步铣削。
- (10) 要用专用工具清除切屑,不准用嘴吹或用手抓。
- (11) 工作时要思想集中,专心操作,不得擅自离开铣床,离开铣床时要关闭电源。
- (12) 操作中如发生事故,应立即停机并切断电源,保持现场秩序。
- (13) 工作台台面和各导轨面上不能直接摆放工具或量具。
- (14) 工作结束时,应擦净铣床并按规定加注润滑油。
- (15) 电气部分不准随意拆开和摆弄,发现电气故障应停机后请电工修理。

课题2 文明实习要求

文明生产是操作工人科学操作的基本内容,反映了操作工人的技术水平和管理水平。文明实习包括以下几个方面:

- (1) 铣床保养。铣床每天都应进行擦拭,每周要进行彻底清理,使用一段时间后,还应定期进行一级保养。铣床应保持整齐、清洁的状态。
- (2) 作业场地。操作者应保持作业场地清洁、无油垢,踏板牢固清洁、高低适当,放置刀、量具和工件的架子要可靠安放,位置要便于操作。高速铣削或冲注切削液时,应加放挡板,以防止切屑飞出及切削液外溢。
- (3) 工具、夹具和量具保养。操作者应有安放整齐的工具箱,工具齐备,并定期进行检查。夹具和铣床附件应有固定的位置,安放整齐,取用方便,不用时应擦净上面的油污,以防生锈。量具应有专人保管,定期检查,每天使用后擦净放入盒内。
- (4) 工艺文件保管。图样、工艺过程卡片等工艺文件是生产的依据,使用时必须保持清洁、完好,用后应妥善保管。

课题3 设备维护保养常识

被加工工件的精度与铣床精度有一定的关系,保持铣床的精度有助于保证工件的加工质量,提高生产效率。所以,不仅要掌握铣床的操作技能,而且要经常对铣床进行维护保养,须做到以下几点:

- (1) 工作前,先检查各部手柄位置和油泵的工作情况,并开空车运转一下,判断声音是否正常。
- (2) 认真做好润滑工作,按规定加油,并定期更换润滑油,清洗主轴变速箱、进给箱的机油过滤网。
- (3) 铣削中,不要长期使用工作台和丝杠的某一端,要尽量使用全长。若工件尺寸小,工作台的行程较短,使用一两个月后,应更换丝杠的传动位置,以免引起工作台、丝杠及导轨磨

损不均匀,影响工件的加工精度,甚至在进给时发生“卡住”现象。

(4)控制铣床工作台行程的挡铁不应去掉,以防止进给中工作台超越行程而损坏进给机构。

(5)铣床底座上(工作台下面)不要放工具或工件等物件,以防止工作台下降时被顶住而损坏机件。

(6)擦除铣床上的油污和积垢时可使用煤油,不要用酸性物质。

(7)对铣床上的重要部件(如安全离合器)不要轻易拆卸,必须调整时,应认真按规定执行。

(8)装卸大的工件或使用大的工具、夹具及模具时可能碰撞床面,这时应先垫好木板,装夹工件要牢固,防止工件松脱摔下损伤床面。

(9)工具、夹具和量具不能放在工作台或导轨等具有一定精度的表面上,以免损伤导轨等表面的精度。不能在工作台台面上敲打任何物件。

(10)发现铣床有任何不正常情况时,如声音异常,轴承或齿轮箱发热、振动,工作台爬行等,应立即停车排除故障。

(11)建立定期检查铣床的制度,按计划维修,并按铣床精度检验标准定期复查。

本章小结

本章介绍了铣刀的种类、标记、主要参数、材料及其选用原则,铣削过程中的变形,积屑瘤的形成,积屑瘤对加工的影响,积屑瘤的影响因素和防止措施,切削热及切削温度,刀具磨损,耐用度以及加工硬化,铣刀几何参数和铣削用量的选择,以及难铣削材料的铣削等内容。要求了解铣削过程中积屑瘤的形成和对加工的影响,铣刀的几何参数和铣削用量的选择;掌握铣刀的标记和几何参数等。

习 题 1

1-1 举例说明铣刀的种类。

1-2 简述铣刀的标记内容。

1-3 简述铣刀的主要参数。

1-4 简述积屑瘤的形成过程。如何消除和利用积屑瘤?

1-5 简述刀具磨损的原因。

1-6 前角的选择原则是什么?

1-7 刃倾角和螺旋角的选择原则是什么?

1-8 简述解决难铣削材料的铣削加工问题的途径。

第 2 章 铣削的基础知识

机械零件一般都是通过各种不同的加工方法将毛坯加工到所需的形状和尺寸的,铣削加工是最常用的切削加工方法之一。铣削的主要特点是:用多切削刃的铣刀来进行切削,效率较高;加工范围广,可以加工形状较复杂的零件;加工精度也较高,其经济精度一般为 IT9~IT7,表面粗糙度值为 $Ra12.5\sim1.6\ \mu\text{m}$ 。铣削的基本内容如图 2-1 所示。

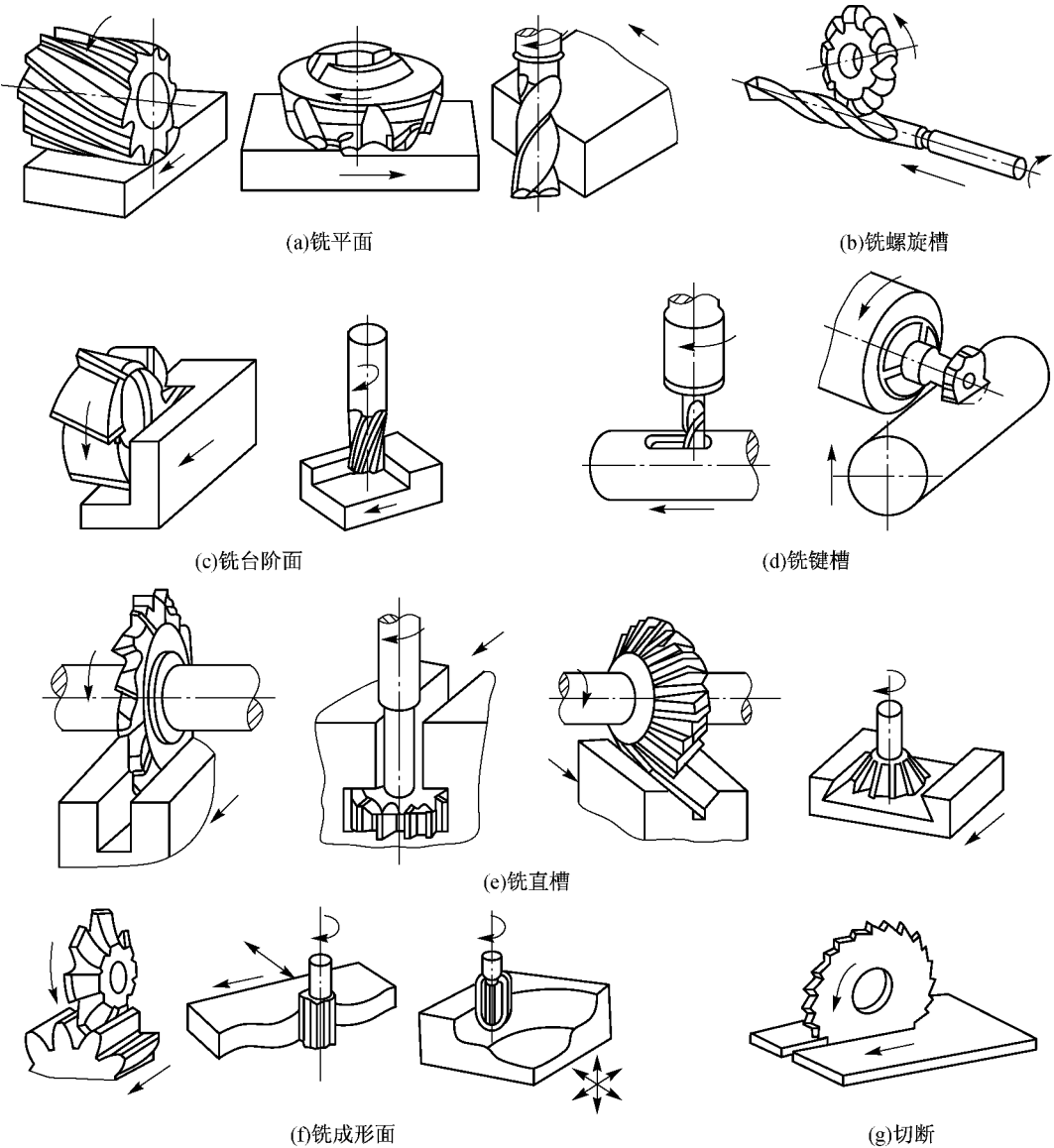


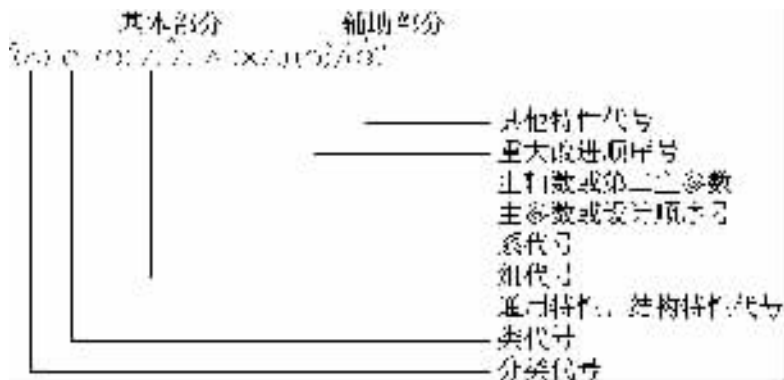
图 2-1 铣削的基本内容

2.1 铣 床 概 述

铣床是继车床之后发展起来的一种新型工作母机,逐渐形成了完整的机床体系。铣床生产效率高,又能加工各种形状和一定精度的零件,在结构上日趋完整,因此,在机器制造中得到了普遍应用。随着新技术的发展,铣床也在不断地发展。铣床的工作范围广,类型较多,常用的铣床按功能可以分为四大基本类型,即升降台式铣床、多功能铣床、龙门铣床和数控铣床。

2.1.1 铣床的型号

铣床的型号是铣床的代号,根据型号可知道铣床的种类和主要参数。
铣床的型号由基本部分和辅助部分组成,两者中间用“/”隔开,以示区别。基本部分包括类别、通用特性、组、系、主参数及重大改进顺序号等,辅助部分包括其他特性代号和企业代号等。铣床型号的具体组成如下:



有“()”的代号或数字,当无内容时,则不表示;若有内容,则不带括号。有“○”符号者,为大写汉语拼音字母。有“△”符号者,为阿拉伯数字。有“⊙”符号者,为大写汉语拼音字母或阿拉伯数字,或两者兼有之。

铣床型号的编制方法见表 2-1。

表 2-1 铣床型号的编制方法

型号构成	包含内容	编制方法	说 明
基 本 部 分	类代号	在我国现行金属切削机床型号的编制方法中,机床按其工作原理分为 11 类。机床的类代号用大写汉语拼音字母表示。铣床的类代号用“X”表示,读作“铣”	由国家统一管理
	通用特性代号	每类机床除普通形式外,若还具有其他通用特性,就在类代号之后用大写汉语拼音字母表示。若无此内容,则不表示。机床的通用特性代号见表 2-2	

续表

型号构成	包含内容	编制方法	说 明
基本部分	组代号、系代号	每类机床划分为 10 个组,每个组又划分为 10 个系(系列)。机床的组用一位阿拉伯数字表示,位于类代号或通用特性代号、结构特性代号之后。铣床 10 个组的代号分别为 0~9,其名称分别是仪表铣床、悬臂及滑枕铣床、龙门铣床、平面铣床、仿形铣床、立式升降台铣床、卧式升降台铣床、床身铣床、工具铣床和其他铣床。常用铣床的名称、组、系划分见表 2-3	由国家统一管理
	主参数代号	铣床型号中的主参数大多数是工作台台面宽度,用折算值表示,位于系代号之后。当折算值大于 1 时,则取整数,前面不加“0”;当折算值小于 1 时,则取小数点后第一位数,前面加“0”	
	重大改进顺序号	当机床结构、性能有重大改进和提高时,按其设计改进的次序,分别用大写英文字母 A、B、C、D 等表示,位于主参数代号之后。若无此内容,则表示	
辅助部分	其他特性代号	若有此内容,则用大写汉语拼音字母或阿拉伯数字表示;若无此内容,则表示	由企业自行确定

表 2-2 机床的通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心 (自动换刀)	仿形	轻型	加重型	柔性加工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	柔	显	速

表 2-3 铣床的统一名称和组、系划分表(摘录)

组		系		主 参 数	
代 号	名 称	代 号	名 称	折算系数	名 称
2	龙 门 铣 床	0	龙门铣床	1/100	工作台台面宽度
		1	龙门镗铣床	1/100	工作台台面宽度
		2	龙门磨铣床	1/100	工作台台面宽度
		3	定梁龙门铣床	1/100	工作台台面宽度
		4	定梁龙门镗铣床	1/100	工作台台面宽度
		5	高架式横梁移动龙门镗铣床	1/100	工作台台面宽度
		6	龙门移动铣床	1/100	工作台台面宽度
		7	定梁龙门移动铣床	1/100	工作台台面宽度
		8	龙门移动镗铣床	1/100	工作台台面宽度
		9			

续表

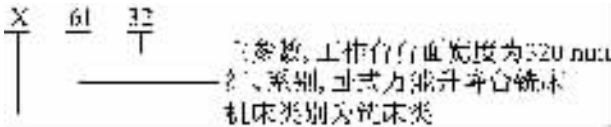
组		系		主 参 数	
代 号	名 称	代 号	名 称	折算系数	名 称
4	仿形铣床	0			
		1	平面刻模铣床	1/10	缩放仪中心距
		2	立体刻模铣床	1/10	缩放仪中心距
		3	平面仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		4	立体仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		5	立式立体仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		6	叶片仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		7	立式叶片仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		8			
		9			
5	立式升降台铣床	0	立式升降台铣床	1/10	工作台台面宽度
		1	立式升降台镗铣床	1/10	工作台台面宽度
		2	摇臂铣床	1/10	工作台台面宽度
		3	万能摇臂铣床	1/10	工作台台面宽度
		4	摇臂镗铣床	1/10	工作台台面宽度
		5	转塔升降台铣床	1/10	工作台台面宽度
		6	立式滑枕升降台铣床	1/10	工作台台面宽度
		7	万能滑枕升降台铣床	1/10	工作台台面宽度
		8	圆弧铣床	1/10	工作台台面宽度
		9			
6	卧式升降台铣床	0	卧式升降台铣床	1/10	工作台台面宽度
		1	万能升降台铣床	1/10	工作台台面宽度
		2	万能回转头铣床	1/10	工作台台面宽度
		3	万能摇臂铣床	1/10	工作台台面宽度
		4	卧式回转头铣床	1/10	工作台台面宽度
		5			
		6	卧式滑枕升降台铣床	1/10	工作台台面宽度
		7			
		8			
		9			

续表

组		系		主 参 数	
代 号	名 称	代 号	名 称	折算系数	名 称
8	工 具 铣 床	0			
		1	万能工具铣床	1/10	工作台台面宽度
		2			
		3	钻头铣床	1	最大钻头直径
		4			
		5	立铣刀槽铣床	1	最大铣刀直径
		6			
		7			
		8			
		9			

注：空白处表示还未使用。

例如，某铣床型号的表示方法为 X6132，其具体含义如下：



2.1.2 典型铣床

1. 卧式升降台铣床

卧式升降台铣床的典型机床型号为 X6132。

1) X6132 型铣床的结构与特点

如图 2-2 所示为 X6132 型铣床，它是国产铣床中最典型、应用最广泛的一种卧式万能升降台铣床。X6132 型铣床的主要特征是铣床主轴轴线与工作台台面平行。

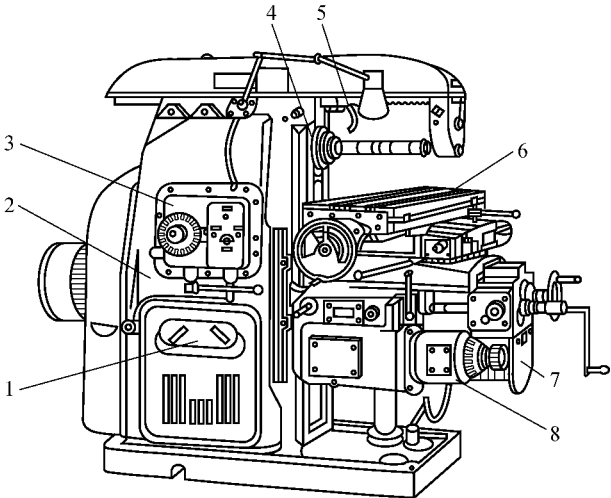


图 2-2 X6132 型铣床的外形及各系统名称

- 1—机床电气系统；2—床身系统；3—变速操作系统；4—主轴及传动系统；
5—冷却系统；6—工作台系统；7—升降台系统；8—进给变速系统

X6132 型铣床的结构具有以下特点:

(1) 铣床工作台的自动进给操纵手柄操作时所指示的方向,就是工作台进给运动的方向,操作时不易产生错误。

(2) 铣床的前面和左侧各有一组含按钮和操纵手柄的复式操作装置,便于操作者在不同位置上进行操作。

(3) 铣床采用速度预选机构来改变主轴转速和工作台的进给速度,操作简便明确。

(4) 铣床工作台的纵向传动丝杠上有双螺母间隙调整机构,因此,机床既可以逆铣又能顺铣。

(5) 铣床工作台可以在水平面内的 $-45^{\circ} \sim +45^{\circ}$ 范围内偏转,可进行各种螺旋槽的铣削。

(6) 铣床采用转速控制继电器进行制动,能使主轴迅速停止转动。

(7) 铣床工作台有快速进给运动装置,用按钮操纵,方便省时。

X6132 型铣床具有功率大、转速高、变速范围宽、结构可靠、性能良好、加工质量稳定、操作灵活轻便、行程大、精度高、刚度好及通用性强等特点。若配置相应附件,还可以扩大机床的加工范围。例如,安装万能立铣头可以使铣刀回转任意角度,完成立式铣床的工作。X6132 型铣床能加工中小型平面、特形沟槽、齿轮、螺旋槽和小型箱体上的孔等。X6132 型铣床还适用于高速、高强度铣削,并具有良好的安全装置和完善的润滑系统。

2) X6132 型铣床传动系统

由主轴旋转运动和进给运动组成的 X6132 型铣床传动系统如图 2-3 所示。主轴旋转运动从 7.5 kW、1 450 r/min 的主电动机开始,由 $\phi 150$ mm 和 $\phi 290$ mm 的 V 带轮将轴 I 的旋转运动传至轴 II,轴 II 上有一个可沿轴向移动用来变速的三联滑移齿轮变速组,通过与轴 III 上相应齿轮的啮合而带动轴 III 转动,轴 IV 上也有一个三联滑移齿轮变速组与轴 III 上相应齿轮啮合,轴 IV 的右方还设置一个双联滑移齿轮变速组,当它与轴 V 上的相应齿轮啮合时,使主轴获得 30~1 500 r/min 的 18 种旋转速度。主轴的旋转方向随电动机正、反转向的改变而改变。主轴的制动由安装在轴 II 的电磁制动器 M 来进行控制。

X6132 型铣床的进给运动由功率为 1.5 kW 的电动机单独驱动,与主轴旋转系统没有直接关系。电动机的运动经锥齿轮副 17/32 传至轴 VI,然后分两条路线:一条经齿轮副 20/44 传至轴 VII—IX 轴间的曲回机构,经离合器 M_2 将运动传至轴 X,这就是进给传动路线;另一条由齿轮副 46/26、44/42 经离合器 M_1 将运动传至轴 X,这就是快速移动传动路线。轴 X 的运动经电磁离合器 M_3 、 M_4 以及端面齿离合器 M_5 的不同接合,便可使工作台分别获得垂直、横向和纵向三个方向的进给运动或快速移动。

M_3 接合时, M_2 脱离,所以,工作台进给运动和快速移动是互锁的,不能同时传动。

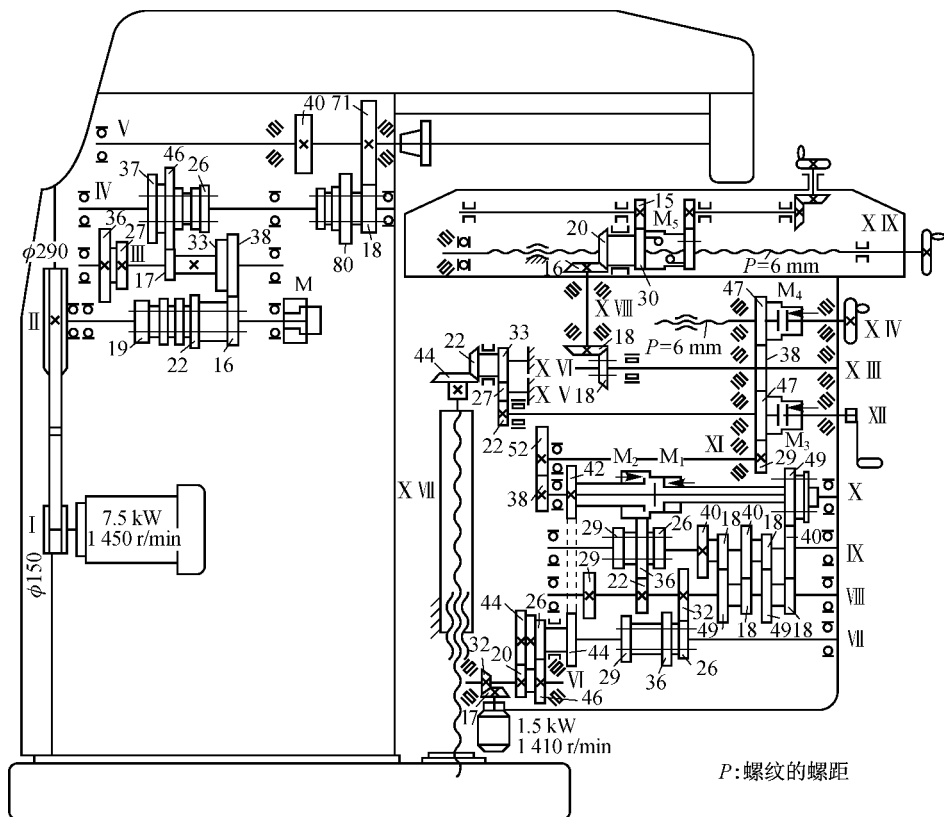


图 2-3 X6132 型铣床的传动系统

2. 立式升降台铣床

立式升降台铣床的典型机床型号为 X5032。

1) X5032 型铣床的结构

X5032 型铣床的外形及各系统名称如图 2-4 所示。X5032 型铣床的规格、操纵机构、传动变速情况等与 X6132 型铣床基本相同。不同之处主要有以下两点：

- (1) X5032 型铣床的主轴与工作台台面垂直, 安装在可以偏转的铣头壳体内。
- (2) X5032 型铣床的工作台与横向溜板连接处没有回转盘, 所以工作台在水平面内不能扳转角度。

2) X5032 型铣床的传动系统

X5032 型铣床的传动系统如图 2-5 所示。它的主轴系统自电动机至轴 V 的传动方式和结构与 X6132 型铣床相同。从轴 V 经过一对齿数相同 ($z=29$) 的锥齿轮将运动传至轴 VI, 再经过一对齿数相同 ($z=55$) 的圆柱齿轮带动立铣床主轴 VII 转动, 主轴 VII 同样可获得 30~1 500 r/min 的 18 种旋转速度。

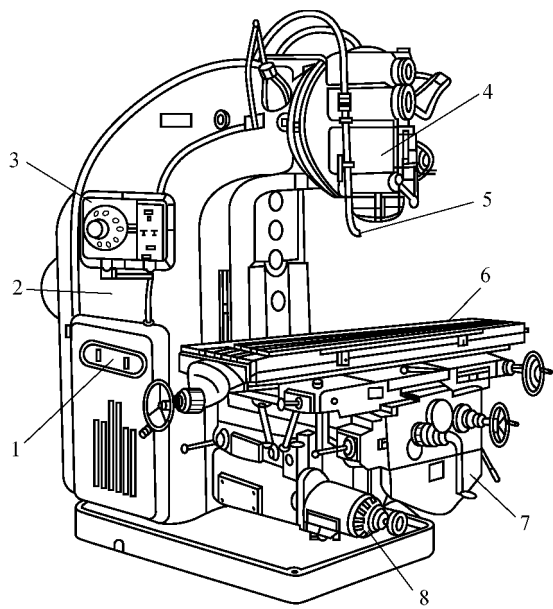


图 2-4 X5032 型铣床的外形及各系统名称

- 1—机床电气系统；2—床身系统；3—变速操作系统；4—主轴及传动系统；
5—冷却系统；6—工作台系统；7—升降台系统；8—进给变速系统

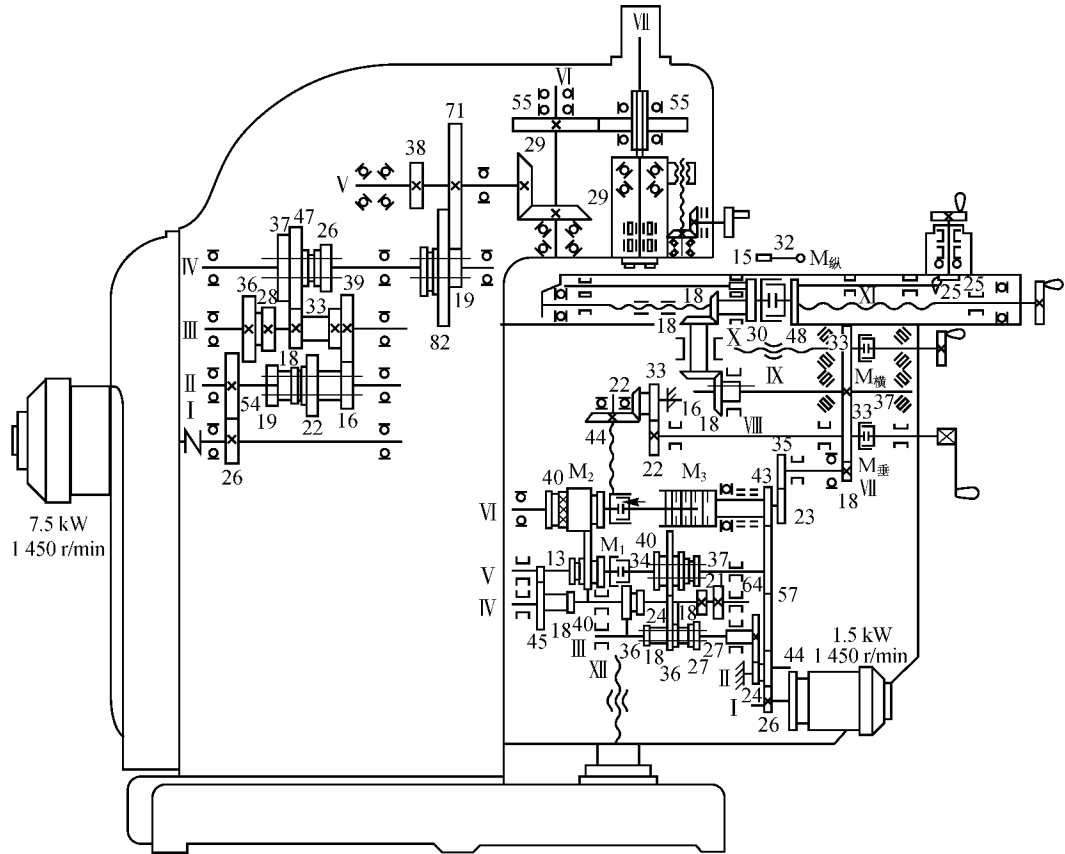


图 2-5 X5032 型铣床的传动系统

X5032 型铣床的进给系统与 X6132 型铣床相同,不再重复叙述。

2.2 常用装夹工具

在铣床上,工件必须用夹具装夹紧固后才能铣削。最常用的夹具有机用虎钳、压板、万能分度头和回转工作台等。对于中小型工件,一般采用机用虎钳装夹;对于大中型工件,则多用压板来装夹;对于成批大量生产的工件,为提高生产效率和保证加工质量,应采用专用夹具来装夹。

2.2.1 机用虎钳

1. 机用虎钳的结构

机用虎钳是铣床上常用的附件。常用的机用虎钳主要有回转式和非回转式两种类型,其结构基本相同,主要由虎钳体、固定钳口、活动钳口、丝杠、螺母和底座等组成,如图 2-6 所示。回转式机用虎钳底座设有转盘,可以扳转任意角度,适应范围广;非回转式机用虎钳底座没有转盘,钳体不能回转,但刚度较好。

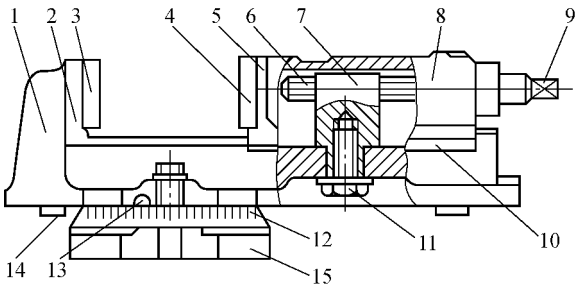


图 2-6 机用虎钳的结构

1—虎钳体; 2—固定钳口; 3、4—钳口铁; 5—活动钳口; 6—丝杠; 7—螺母; 8—活动座; 9—方头;
10—压板; 11—紧固螺钉; 12—转盘; 13—钳体零线; 14—定位键; 15—底座

2. 机用虎钳的规格

机用虎钳有多种规格,其规格和主要参数见表 2-4。

表 2-4 机用虎钳的规格和参数

单位:mm

参 数		规 格							
钳口宽度 B		63	80	100	125	160	200	250	315(320) 400
钳口高度 $H\geq$		20	25	32	40	50	63	63	80 80
钳 口 最 大 张 开 度 $L\geq$	型式 I	50	65	80	100	125	160	200	— —
	型式 II	—	—	—	140	180	220	280	360 450
定位键槽 宽度 A	型式 I	12		14		18		22	— —
	型式 II	—	—	—	14(12)	14	18		22
紧固螺栓 直径 d	型式 I	M10		M12		M16		M20	— —
	型式 II	—	—	—	M12(M10)	M12	M16		M20
型式 II 紧固 螺栓螺距 P		—	—	—	—	160 (180)	200 (240)	250 (240)	160 (180)

3. 机用虎钳的校正

铣床上用机用虎钳装夹工件铣平面时,对钳口与主轴的平行度和垂直度要求不高,一般目测即可。但当铣削沟槽等有较高相对位置精度的工件时,钳口与主轴的平行度和垂直度要求较高,这时应对固定钳口进行校正。机用虎钳固定钳口的校正有三种方法。

1) 划针校正

用划针校正固定钳口与铣床主轴轴心线垂直的方法如图 2-7 所示。将划针夹持在铣刀柄垫圈间,调整工作台的位置,使划针靠近左面钳口铁平面,然后移动工作台,观察并调整钳口铁平面与划针针尖的距离,使之在钳口全长范围内一致。此方法的校正精度较低。

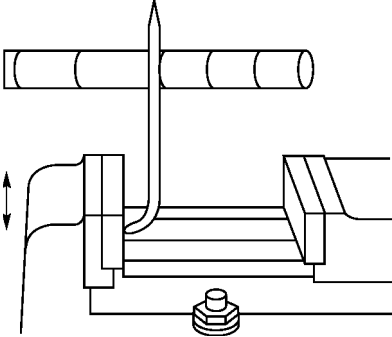


图 2-7 划针校正

2) 角尺校正

用角尺校正固定钳口与铣床主轴轴心线平行的方法如图 2-8 所示。在校正时,先松开底座紧固螺钉,使固定钳口铁平面与主轴轴线大致平行,再将角尺的尺座底面紧靠在床身的垂直导轨面上,调整钳体,使固定钳口铁平面与角尺的外测量面密合,然后紧固钳体。为避免紧固钳体时钳口发生偏转,紧固钳体后须再复检一次。

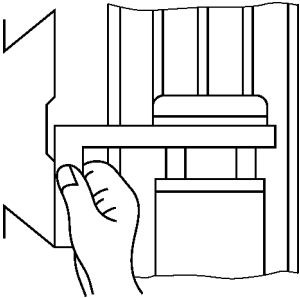


图 2-8 角尺校正

3) 百分表校正

用百分表校正固定钳口与铣床主轴轴心线垂直或平行的方法如图 2-9 所示。校正时将磁性表座吸附在铣床横梁导轨面上,安装百分表,使测量杆与固定钳口平面大致垂直,再使测量头接触到钳口铁平面,将测量杆压缩量调整到 1 mm 左右。然后移动工作台,在钳口平面全长范围内,百分表的读数差值在规定的范围内即可。此方法的校正精度较高。

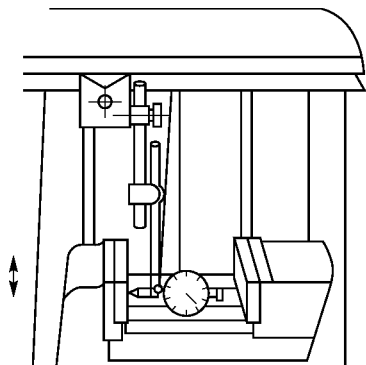


图 2-9 百分表校正

4. 机用虎钳的装夹

用机用虎钳装夹工件具有稳固简单、操作方便等优点,但如果装夹方法不正确,会造成工件的变形等问题,为避免此问题的出现,可以采用以下几种方法。

1) 加垫铜皮

用加垫铜皮的机用虎钳装夹毛坯工件的方法如图 2-10 所示。装夹毛坯件时,应选择大而平整的面与钳口铁平面贴合。为防止损伤钳口和装夹不牢,最好在钳口铁和工件之间垫放铜皮。毛坯件的上面要用划针进行校正,使之与工作台台面尽量平行。校正时,工件不宜夹得太紧。

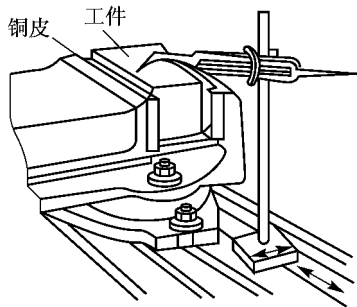


图 2-10 加垫铜皮装夹毛坯工件

2) 加垫圆棒

为使工件的基准面与固定钳口铁平面密合,保证加工质量,在装夹时,应在活动钳口与工件之间放置一根圆棒,如图 2-11 所示。圆棒要与钳口的上平面平行,其位置应在工件被夹持部分高度的中间偏上。

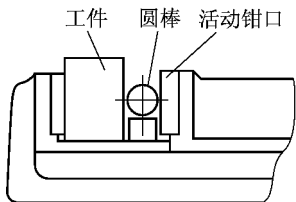


图 2-11 加垫圆棒装夹工件

3)加垫平行垫铁

为使工件的基准面与水平导轨面密合,保证加工质量,在工件与水平导轨面之间通常要放置平行垫铁,如图 2-12 所示。工件夹紧后,可用铝棒或铜锤轻敲工件上平面,同时用手试着移动平行垫铁,当垫铁不能移动时,表明垫铁与工件及水平导轨面密合。敲击工件时,用力要适当且逐渐减小,用力过大会因产生较大的反作用力而影响装夹效果。

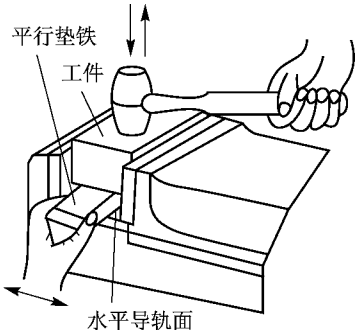


图 2-12 加垫平行垫铁装夹工件

2.2.2 压板

对于形状尺寸较大或不便于用机用虎钳装夹的工件,常用压板将其安装在铣床工作台台面上进行加工。当卧式铣床上用端铣刀铣削时,普遍采用压板装夹工件进行铣削加工。

1. 压板的结构和装夹

压板的结构如图 2-13 所示。

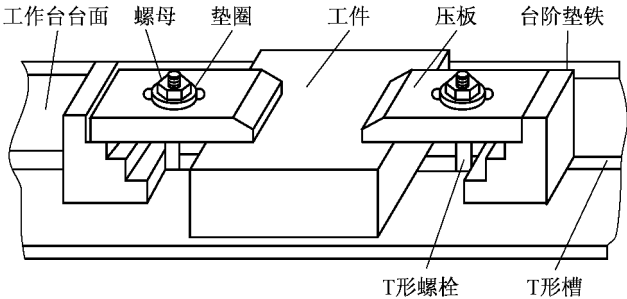


图 2-13 压板的结构

压板通过 T 形螺栓、螺母和台阶垫铁将工件压紧在工作台台面上,螺母和压板之间应垫有垫圈。压紧工件时,压板应至少选用两块,将压板的一端压在工件上,另一端压在台阶垫铁上。压板位置要适当,以免压紧力不当而影响铣削质量或造成事故。

2. 用压板装夹工件时的注意事项

用压板装夹工件时,应注意以下几点:

- (1)如图 2-14(a)所示,压板螺栓应尽量靠近工件,使螺栓到工件的距离小于螺栓到垫铁的距离,这样会增大夹紧力。
- (2)如图 2-14(b)所示,垫铁的选择要正确,高度要与工件相同或高于工件,否则会影响夹紧效果。
- (3)如图 2-14(c)所示,压板夹紧工件时,应在工件和压板之间垫放铜皮,以避免损伤工

件的已加工表面。

(4) 压板的夹紧位置要适当,应尽量靠近加工区域和工件刚度较好的位置。若夹紧位置有悬空,应将工件垫实,如图 2-14(d)所示。

(5) 如图 2-14(e)所示,每个压板的夹紧力大小应均匀,以防止压板夹紧力的偏移而使压板倾斜。

(6) 夹紧力的大小应适当,过大时会使工件变形,过小时达不到夹紧效果,夹紧力大小严重不当时会造成事故。

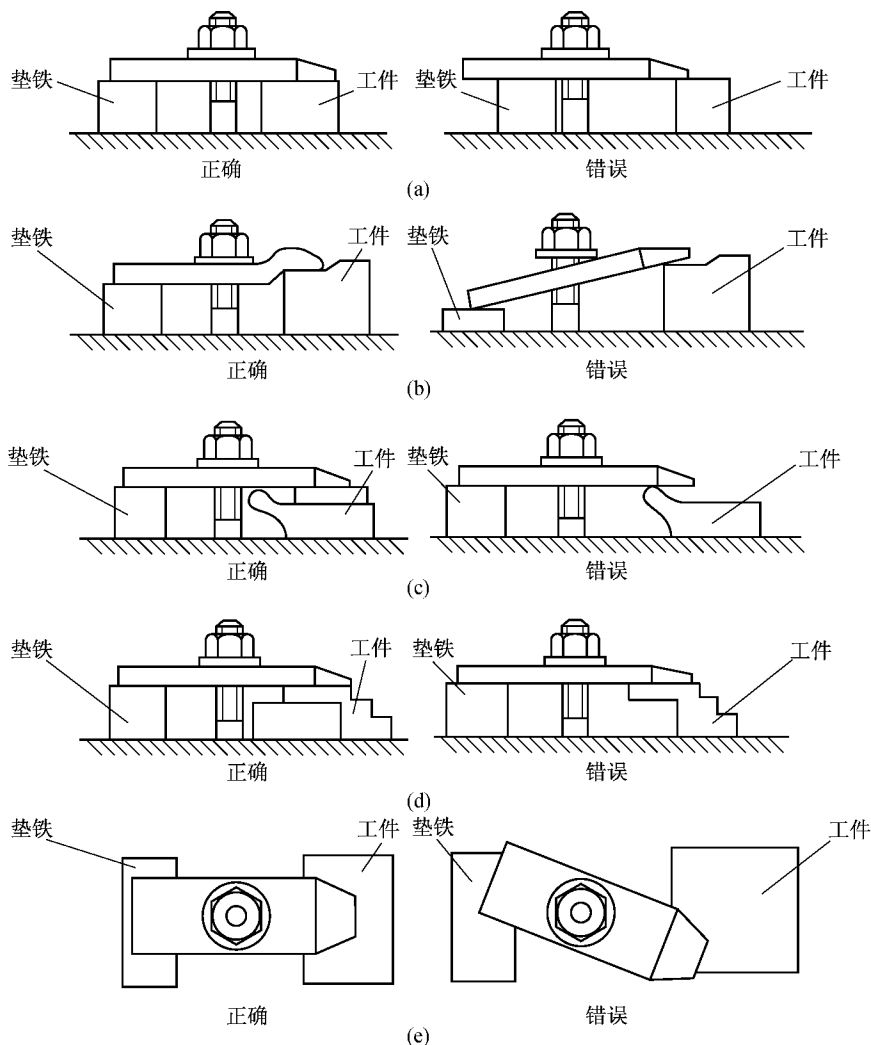


图 2-14 装夹注意事项

2.3 一般量具及其使用

2.3.1 游标量具

游标量具是利用游标读数原理制成的一种常用量具,它具有结构简单、使用方便、测量范围大等特点。下面以游标卡尺为例来介绍游标量具的结构、用法及读数。

1. 游标卡尺的结构和用法

游标卡尺的结构如图 2-15 所示,主要由尺身和游标尺等组成。使用时,松开紧固螺钉即可。外测量爪用来测量工件的外径和长度,内测量爪用来测量孔径和槽宽,测深尺用来测量工件的深度和台阶的长度。如图 2-16 所示为游标卡尺的用法。

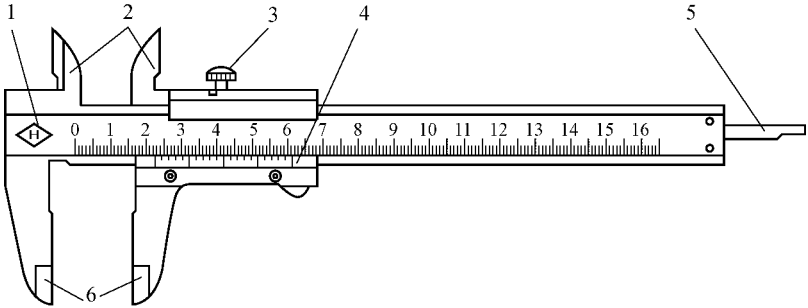


图 2-15 精度为 0.02 mm 的游标卡尺

1—尺身; 2—内测量爪; 3—紧固螺钉; 4—游标尺; 5—测深尺; 6—外测量爪

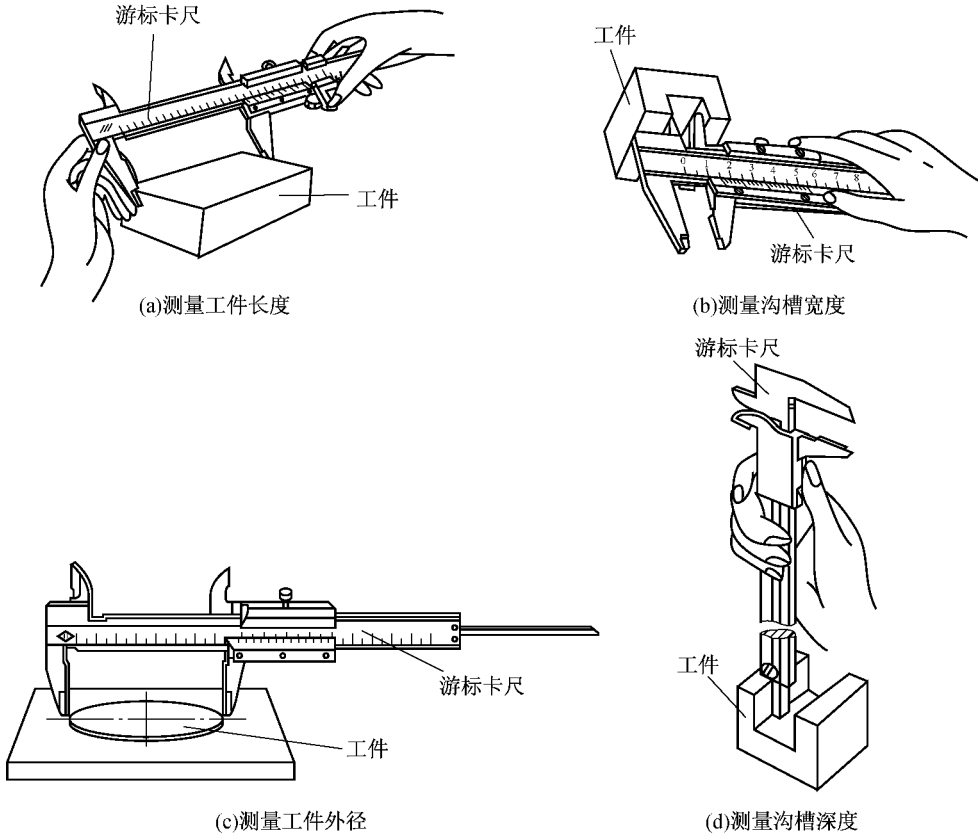


图 2-16 游标卡尺的用法

2. 游标卡尺的刻线原理和读数

游标卡尺的刻度精度代表测量精度,它的最小刻度值有 0.1 mm、0.05 mm 和 0.02 mm 三种,游标卡尺是以游标尺的零线为基准进行读数的。游标卡尺各种刻度值的读数方法均相同,只是刻度精度有所区别。

下面以精度为 0.02 mm 的游标卡尺为例,介绍其刻线原理及读数方法。

主尺上每小格为 1 mm ,当两量爪合拢时,主尺上 49 mm 处刚好等于游标尺上的 50 格。因此,游标尺上每小格为 $(49 \div 50)\text{ mm} = 0.98\text{ mm}$ 。主尺与游标尺每格相差为 $(1 - 0.98)\text{ mm} = 0.02\text{ mm}$ 。

游标卡尺的读数步骤如下:

(1)确定游标卡尺精度。

(2)将内(外)测量爪与工件被测表面接触,读出主尺零线与游标尺零线之间的数值(以整毫米数计)。

(3)在游标上找到三根刻线,中间的一根与主尺的某一刻线对齐,而两旁的刻线偏向中间线。将游标尺上对齐的刻线序号乘以卡尺精度值,即为工件尺寸的小数部分。

(4)将整数和小数部分相加,即为被测工件的尺寸。

例 2-1 如图 2-17 所示为用精度为 0.02 mm 的游标卡尺测出的尺寸,读出该尺寸的数值。

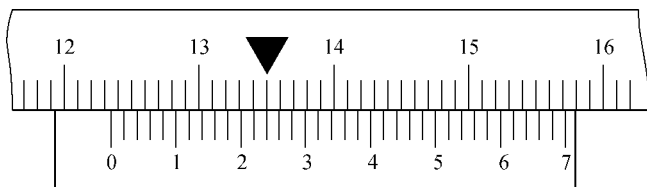


图 2-17 精度为 0.02 mm 的游标卡尺的读数实例

解 观察主尺和游标尺零线之间的整数为 123 mm ,在图 2-17 中已用三角形标出了主尺与游标尺刻线重合的位置,即对齐的刻线序号为 12 ,即 $12 \times 0.02\text{ mm} = 0.24\text{ mm}$,最后读数为 $(123 + 0.24)\text{ mm} = 123.24\text{ mm}$ 。

3. 注意事项

正确使用游标卡尺是为了维护和保证量具本身的精度,使用时应注意以下几点:

(1)使用前要检查游标卡尺量爪和量爪刃口是否平直无损,两量爪贴合时是否有漏光现象,主尺和游标尺的零线是否对齐。

(2)测量外尺寸时,外测量爪开度应略大于被测尺寸,以固定量爪贴住工件,用轻微压力把活动量爪推向工件,如图 2-18(a)所示。卡尺测量面的连线应垂直于被测量表面,不能偏斜,如图 2-18(b)、(c)所示。

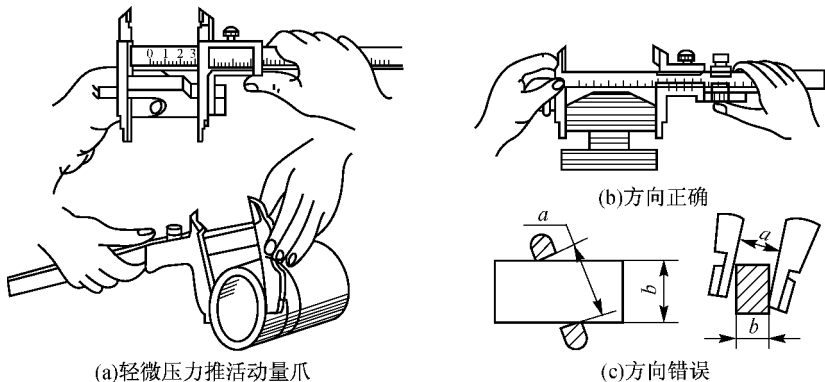


图 2-18 测量外尺寸的方法

(3)测量内尺寸时,内测量爪开度应略小于被测尺寸。测量时,两量爪应在孔的直径上,不得倾斜,如图 2-19 所示。

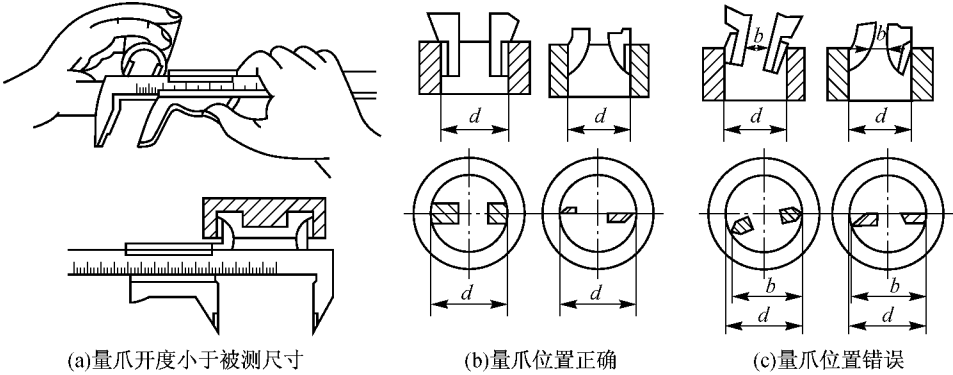


图 2-19 测量内尺寸的方法

(4)测量孔深时,应使深度尺的测量面紧贴孔底,游标卡尺的端面与被测量工件的表面接触,且深度尺要与孔底平面垂直,不可倾斜,如图 2-20 所示。

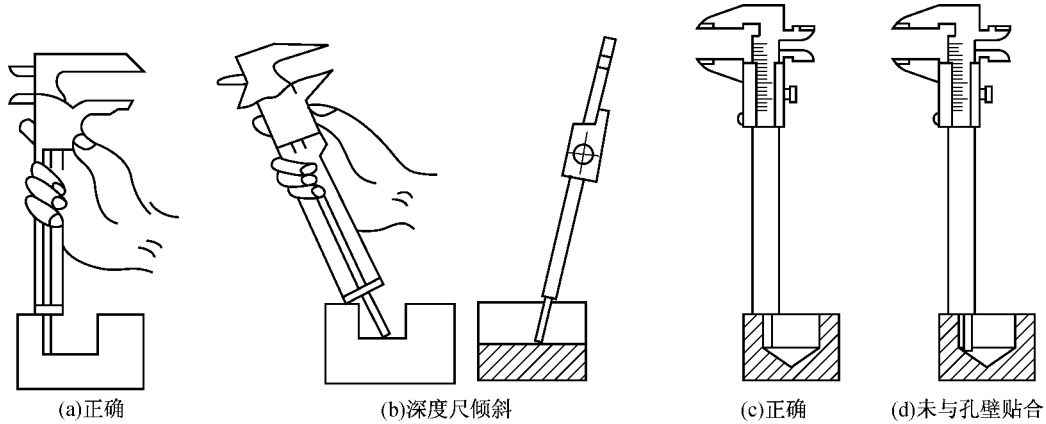


图 2-20 测量深度尺寸的方法

(5)读数时,游标卡尺应置于水平位置,视线垂直于刻线表面,避免因视线歪斜而造成读数误差。

(6)测量结束后,应把游标卡尺平放,防止尺身产生弯曲变形,尤其是大尺寸的游标卡尺更应该注意。使用完毕后,要擦净游标卡尺上的油污并涂上防锈油,放入专用盒内保存。

2.3.2 千分尺

千分尺主要包括外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺和内测千分尺等。外径千分尺用于测量精密工件的外径、长度、厚度和形状偏差等,如图 2-21 所示。内径千分尺用于测量精密工件的内径和沟槽宽度,如图 2-22 所示。深度千分尺用于测量孔、槽和台阶及精密工件的深度和高度等,如图 2-23 所示。内测千分尺主要用于测量沟槽的宽度等,如图 2-24 所示。下面以外径千分尺为例来介绍千分尺的结构、用途和读数。

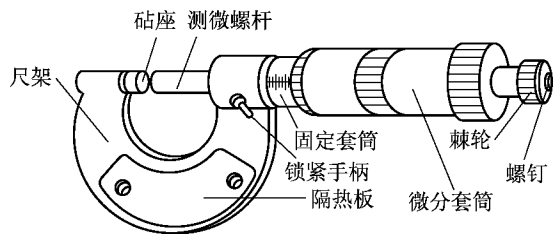


图 2-21 外径千分尺

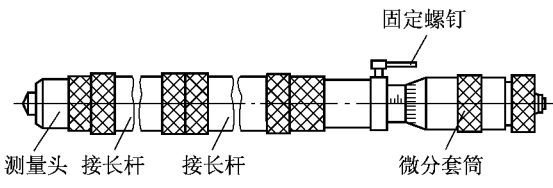


图 2-22 两点式内径千分尺

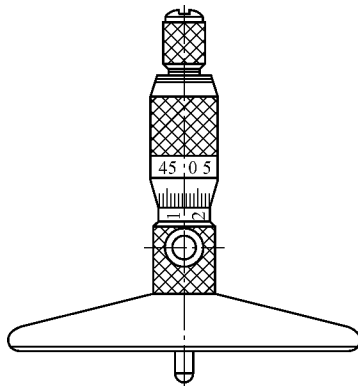


图 2-23 深度千分尺

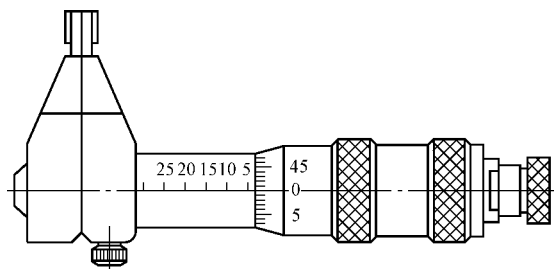


图 2-24 内测千分尺

1. 外径千分尺的结构与用途

外径千分尺主要由尺架、测微螺杆、测力装置(固定套筒和微分套筒)和锁紧装置(棘轮和螺钉)等组成,其测量精度较高,见图 2-21。

每种千分尺都有一个测量范围,它的测量范围是根据自身结构来确定的,如外径千分尺的测量范围有 0~25 mm、25~50 mm、50~75 mm 及 75~100 mm 等规格。

2. 外径千分尺的刻线原理与读数

外径千分尺测微螺杆的螺距为 0.5 mm,当微分套筒转动 1 周时,测微螺杆就会推进或退出 0.5 mm。微分套筒圆周上刻有 50 等份的小格,因此,当它转过 1 格(1/50 周)时,测微螺杆推进或退出的数值为 $0.5\text{ mm} \times 1/50 = 0.01\text{ mm}$,这就是外径千分尺能读出 0.01 mm 的原理。由此总结出千分尺读数的方法,具体可分为以下几个步骤:

(1) 读出固定套筒上的尺寸,即固定套筒上露出刻线的尺寸(注意:不可漏读 0.5 mm 的刻线值)。

(2) 读出微分套筒上的尺寸。要看清微分套筒圆周上哪一格与固定套筒的水平基准线对齐,将格数乘以 0.01 mm 即得出微分套筒上的读数。

(3)将固定套筒与微分套筒上的读数相加,即为外径千分尺上测得的尺寸。

例 2-2 如图 2-25 所示为外径千分尺所测的尺寸,请读出该尺寸的数值。

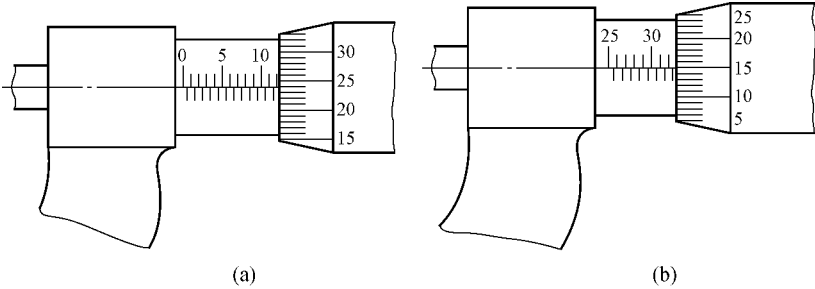


图 2-25 外径千分尺的读数实例

解 图 2-25(a)中固定套筒上的尺寸为 12 mm,微分套筒上的尺寸为 $24 \times 0.01 \text{ mm} = 0.24 \text{ mm}$,最后读数为 $(12 + 0.24) \text{ mm} = 12.24 \text{ mm}$ 。

图 2-25(b)的读数过程与图(a)相同,最后读数为 $(32.5 + 0.15) \text{ mm} = 32.65 \text{ mm}$ 。

3. 注意事项

使用外径千分尺时,应注意以下几点:

- (1)根据工件公差等级的要求,正确、合理地选用外径千分尺。
- (2)外径千分尺的测量面应保持洁净,使用前应校验零位,如图 2-26 所示。

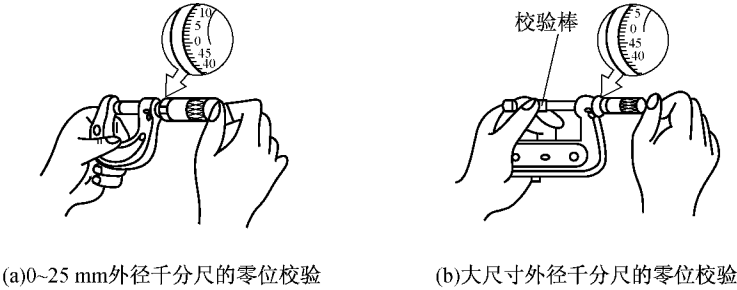


图 2-26 外径千分尺的零位校验

(3)测量时,先转动微分套筒,使测微螺杆端面逐渐接近工件被测表面;再转动棘轮,直到棘轮打滑并发出“咔嚓”声,表明两测量面与工件刚好贴合或相切,此时读出测量尺寸值,如图 2-27 所示。

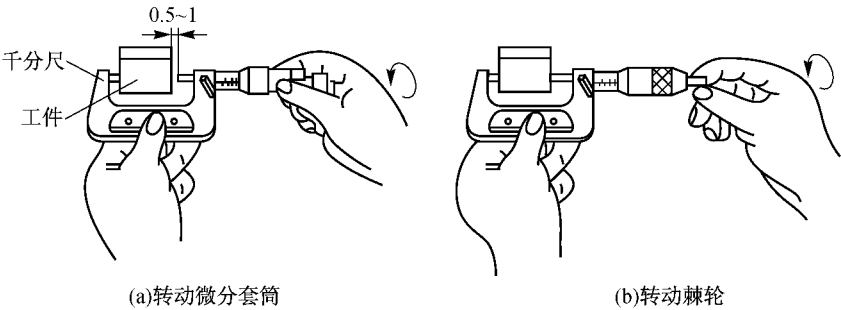


图 2-27 外径千分尺的测量过程

- (4)测量前,要去除被测零件的毛刺,并将零件擦拭干净。不可用外径千分尺去测量粗糙的表面,以免划伤外径千分尺的表面,降低测量精度。
 - (5)测量时,外径千分尺要放正,并应使用测力装置控制测量的压力。
 - (6)测量后,如暂时需要保留尺寸,应用外径千分尺的锁紧装置锁紧后再将外径千分尺从被测工件上轻轻取下,以防止数据变动。
- 内径千分尺、深度千分尺和内测千分尺的读数原理和测量方法与外径千分尺基本相同,需注意的是,内测千分尺的刻线方向与外径千分尺相反。

2.3.3 百分表

百分表又称为丝表,是在零件加工或机器装配时用来检验尺寸精度和形状精度的一种量具。百分表的测量精度为 0.01 mm,测量范围有 0~3 mm、0~5 mm 和 0~10 mm 等规格。

1. 结构和用途

百分表的结构如图 2-28 所示,主要由测量头、测量杆、表针、表盘和表杆等组成。常用百分表有钟表式和杠杆式两种。

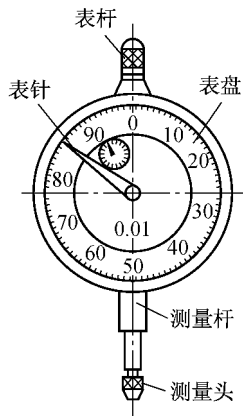


图 2-28 百分表的结构

百分表用于测量工件的形状误差、位置误差以及位移量,也可用比较法测量工件的长度。

2. 刻线原理与读数

如图 2-29 所示,百分表测量杆上齿条的齿距为 0.625 mm,当测量杆上升 1 mm 时(即上升 $1/0.625=1.6$ 齿),16 个齿的小齿轮 1 正好转过 1/10 周,与其同轴的 100 个齿的大齿轮 1 也转过 1/10 周,与大齿轮 1 啮合的 10 个齿的小齿轮 2 连同大指针就转过了 1 周。由此可知,测量杆上升 1 mm,大指针转过了 1 周。由于表盘上共刻有 100 个小格的圆周刻线,因此,大指针每转 1 个小格,表示测量杆移动了 0.01 mm,故百分表的测量精度为 0.01 mm。

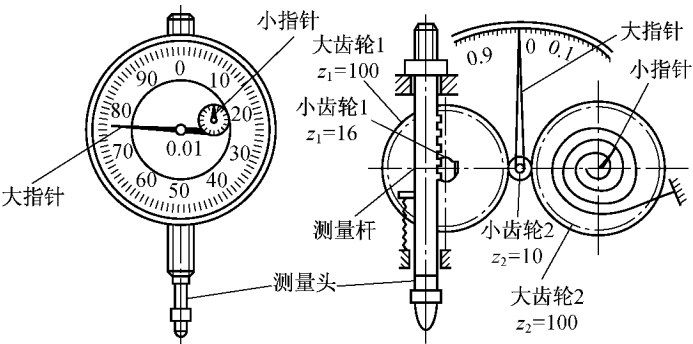


图 2-29 百分表的工作原理

测量时,测量杆被推向管内,测量杆移动的距离等于小指针的读数与大指针的读数之和。

3. 注意事项

使用百分表时应注意以下事项:

(1)百分表要装夹在万能表架或磁性表架上使用,如图 2-30 所示。磁性表架上的接头即伸缩杆,可以调节百分表的上下、前后和左右位置。

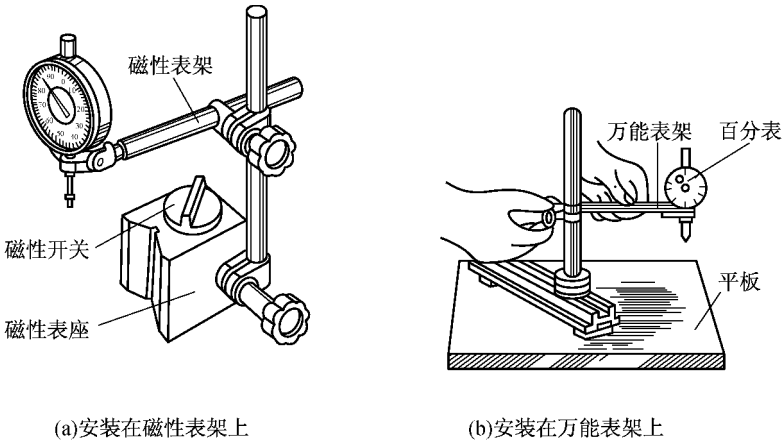


图 2-30 百分表的安装方法

(2)测量平面或圆形工件时,百分表的测量头应与平面或圆柱形工件中心线垂直,否则,百分表测量杆移动不灵活,致使测量的结果不准确。

(3)测量杆的升降范围不宜过大,以减小由于存在间隙而产生的误差。

2.3.4 游标万能角度尺

游标万能角度尺用来测量工件和样板内的内、外角度及角度划线。

1. 结构和规格

游标万能角度尺的结构如图 2-31 所示,其主要由主尺、90°角尺、游标尺、基尺、紧固螺钉、刀口形直尺和连接块等组成。

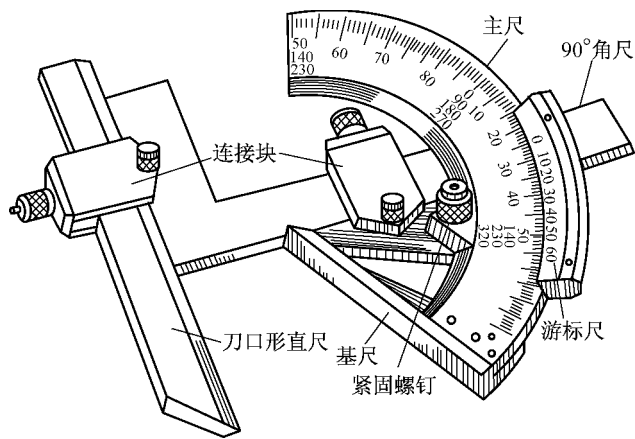


图 2-31 游标万能角度尺的结构

游标万能角度尺的规格见表 2-5。

表 2-5 游标万能角度尺的规格

型 式	测量精度	测量范围	公称长度		
			直尺测量面	附加直尺测量面	其他测量面
I 型	2′, 5′	0°~320°	≥150 mm	—	≥50 mm
II 型	5′	0°~360°	200 mm 或 300 mm	不规定	

2. 刻线原理与读数方法

游标万能角度尺的测量精度有 2′和 5′两种。下面以精度为 2′的游标万能角度尺为例来介绍其刻线原理。

如图 2-32 所示，主尺刻线每格为 1°，游标刻线将主尺上 29°所占的弧长等分为 30 格，每格所对应的角度为 $(29/30)^\circ$ ，因此，游标 1 格与主尺 1 格相差为 $1^\circ - (29/30)^\circ = (1/30)^\circ = 2'$ ，即游标万能角度尺的测量精度为 2′。

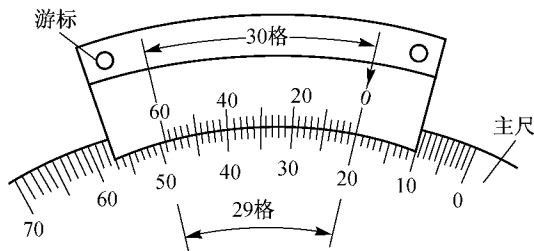


图 2-32 游标万能角度尺的刻线原理

游标万能角度尺的读数方法与游标卡尺的读数方法相似，即先在主尺上读出游标尺零线右边的刻度整数，然后在游标上读出分数的数值（格数×2′），两者相加就是被测量工件的角度值。

3. 测量范围

I 型游标万能角度尺的测量范围为 0°~320°，其共分为四段，即 0°~50°、50°~140°、

140°~230°、230°~320°。各测量段的 90°角尺、直角位置配置和测量方法如图 2-33 所示。

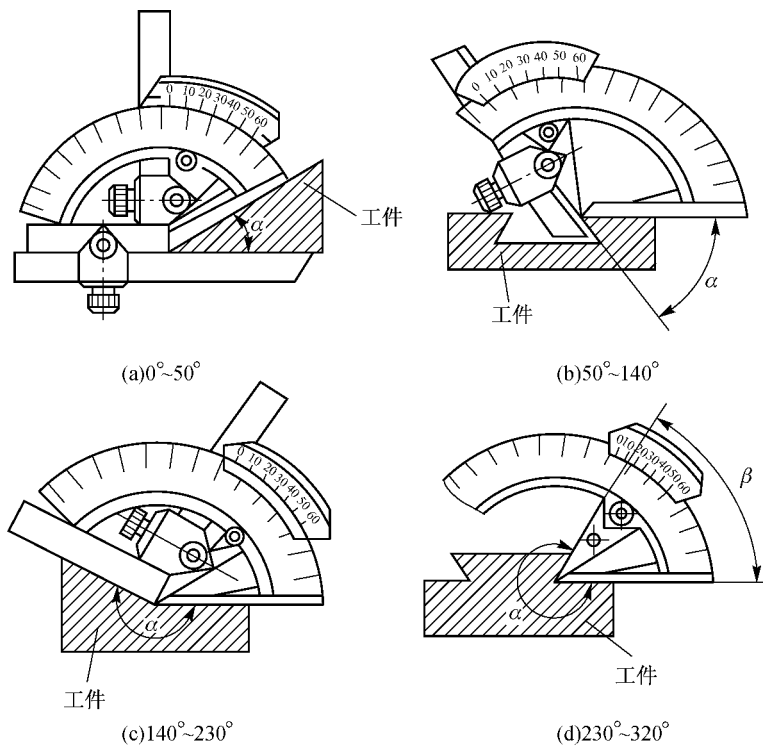


图 2-33 I 型游标万能角度尺测量工件

4. 注意事项

使用游标万能角度尺时应注意以下几点：

- (1) 根据被测量工件的不同角度，正确选用直尺和 90°角尺。
- (2) 使用前要检查主尺和游标尺的零线是否对齐，基尺和直尺是否漏光。
- (3) 测量时，工件应与 90°角尺的两个测量面全长接触良好，以减小误差。

2.3.5 正弦规

1. 结构与用途

正弦规是利用三角法测量角度的一种精密量具，一般用来测量带锥度或角度的零件。正弦规由一个钢制长方体和两个精密圆柱体组成，如图 2-34(a)所示。两个圆柱体的直径相同，它们的中心距要求很精确，一般有 100 mm 和 200 mm 两种。两个圆柱体的中心连线要与长方体平面严格平行。

2. 使用方法

用正弦规测量工件时，应在平板上进行，圆柱的一端用量块垫高，直到零件被测表面与平板平行为止，如图 2-34(b)所示。这时，根据所垫量块高度尺寸和正弦规中心距计算工件的锥度，计算公式为

$$\sin 2\alpha = \frac{h}{L} \tag{2-1}$$

式中, 2α 为被测零件的锥度; h 为所垫量块高度(mm); L 为正弦规两个圆柱体的中心距(mm)。

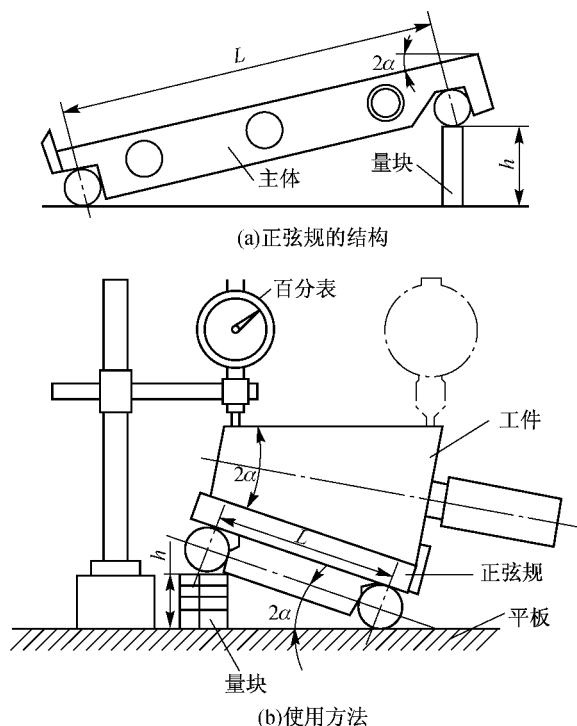


图 2-34 正弦规的结构及使用方法

3. 注意事项

使用正弦规时应注意以下几点:

- (1) 不得用正弦规测量表面不清洁、粗糙、硬度高和带磁性的工件。
- (2) 正弦规不准在平板上滑行, 必须移动时, 将其拿起后放在适合的位置, 避免磨损圆柱。
- (3) 使用正弦规时应轻取轻放, 防止磕碰及擦伤。
- (4) 使用正弦规后, 需用航空汽油洗净, 再用清洁干布擦干, 并涂防护油装入盒内保存。清洁和涂油时, 正弦规不得与手直接接触, 以防手上汗液腐蚀。
- (5) 正弦规应存放在无腐蚀性气体、干燥且通风良好的地方。
- (6) 为了保持正弦规的精度, 应进行定期检查。长期存放的正弦规应每三个月做一次定期检查, 并更换防护油, 以免生锈。

2.3.6 量块

量块是机械制造中长度尺寸的标准。量块可用于对量具和量仪进行校正, 也可以用于精密划线和精密机床的调整。

量块是用不易变形且耐磨性好的材料(如铬锰钢)制成的六面体, 它有两个工作面和四个非工作面, 如图 2-35 所示。量块工作面是一对平行且平面度误差极小的平面, 又称为测量面。

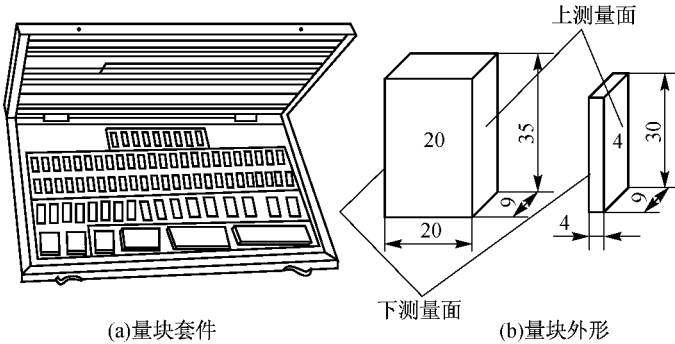


图 2-35 量块

量块一般都成套制造,装在特制的木盒内。常用的有 83 块一套、46 块一套、10 块一套和 5 块一套等多种组合。由于其工作面具有很高的研合性,使用时只要将两块量块测量面互相贴近就能牢固地贴合在一起。为了减小累计误差,应尽量选取最少的块数,即使用 83 块一套的量块,一般也不超过 5 块。选取的方法是:第一块应根据组合尺寸最后一位数字选取,每选一块应使尺寸数字的位数减少一位,以此类推,直至组成所要求的组合尺寸。为了长期保持量块的精度,延长它的使用寿命,一般不允许直接用它测量工件。

成套量块的规格见表 2-6。

表 2-6 常用成套量块的规格				单位:mm
总 块 数	级 别	尺寸系列	间 隔	块 数
83	0,1,2	0.5	—	1
		1	—	1
		1.005	—	1
		1.01,1.02,⋯,1.49	0.01	49
		1.5,1.6,⋯,1.9	0.1	5
		2.0,2.5,⋯,9.5	0.5	16
		10,20,⋯,100	10	10
46	0,1,2	1	—	1
		1.001,1.002,⋯,1.009	0.001	9
		1.01,1.02,⋯,1.09	0.01	9
		1.1,1.2,⋯,1.9	0.1	9
		2,3,⋯,9	1	8
		10,20,⋯,100	10	10
38	0,1,2	1	—	1
		1.005	—	1
		1.01,1.02,⋯,1.09	0.01	9
		1.1,1.2,⋯,1.9	0.1	9
		2,3,⋯,9	1	8
		10,20,⋯,100	10	10

量块为精确长度的计量标准,使用时除不得发生磕碰、跌伤和擦伤外,还应注意以下几点:

- (1)使用量块前,工作人员应预先将手洗干净,擦干后才可接触量块,禁止用潮湿或带有汗液、沾有污物的手去拿量块。
- (2)在工作位置附近铺上软布或木板,以免量块在使用时散开或跌落而损坏。
- (3)量块不可放在磁场附近,以免磁化。磁化后的量块在使用过程中容易吸附铁屑,从而划伤其测量面。
- (4)涂在量块上的防护油必须经过化验,确定其无任何腐蚀作用后方可使用。
- (5)量块应存放在没有腐蚀性气体、通风良好、干燥且无灰尘的地方。

2.3.7 90°角尺、塞尺、刀口形直尺

1. 90°角尺

如图 2-36 所示为 90°角尺示意图。90°角尺主要用来测量工件相邻表面的垂直度。如图 2-37(a)所示为 90°角尺的正确使用方法,使用时,90°角尺底座的一边与被测量面的基准贴合,观察 90°角尺另一边与被测量面是否贴合。如果接触严密、不透光或透光细而均匀,说明垂直度符合要求,否则表明有一定的误差。使用 90°角尺时要放正、放好,如图 2-37(b)、(c)、(d)所示为 90°角尺不正确的使用方法。

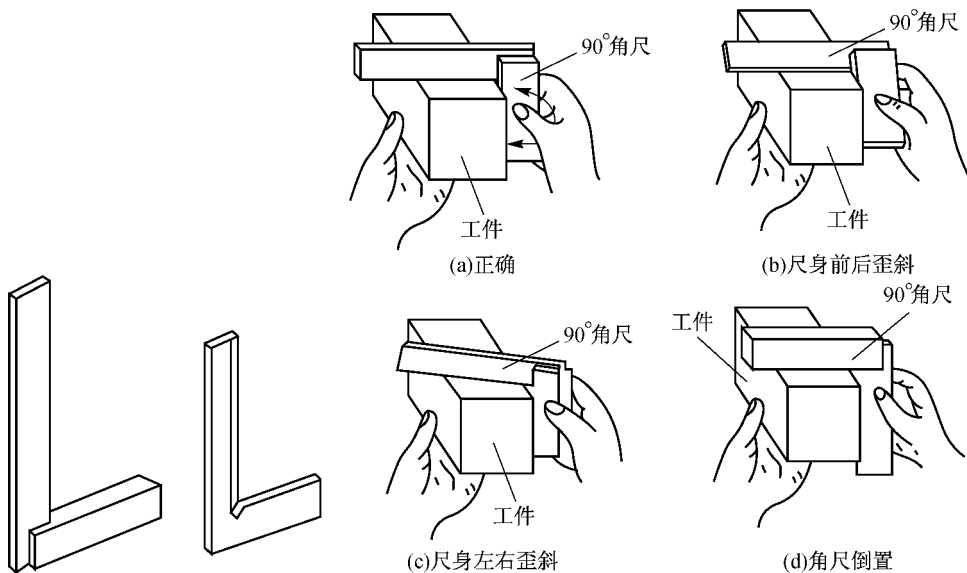


图 2-36 90°角尺

图 2-37 90°角尺的使用方法

如图 2-38(a)所示,当被测量工件较大时,可将工件放在标准平板上。以平板为基准,90°角尺与被测量表面接触后,若上部有缝隙,则 $\beta < 90^\circ$,如图 2-38(b)所示;若下部有缝隙,则 $\beta > 90^\circ$,如图 2-38(c)所示。

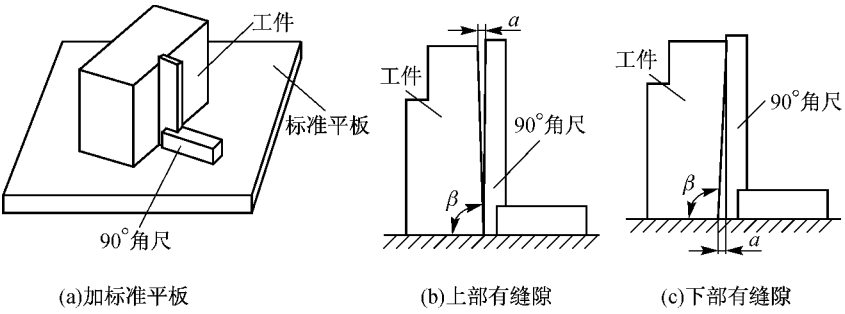


图 2-38 使用 90°角尺测量大工件

2. 塞尺

塞尺又称为厚薄规或测微片,是测量或检验两个结合面之间间隙大小的片状量规。如图 2-39(a)所示为塞尺的外形结构,它有两个平行的测量平面,其长度有 50 mm、100 mm 和 200 mm 等多种。塞尺有若干个不同厚度的片,可叠合起来装夹在夹板里。

使用塞尺时,应根据间隙的大小选择塞尺的片数,可用一片或数片重叠在一起插入缝隙内,如图 2-39(b)所示。厚度小的塞尺片很薄,容易弯曲和折断,插入时用力不能过大。塞尺使用完后要擦拭干净并及时合到夹板中去。

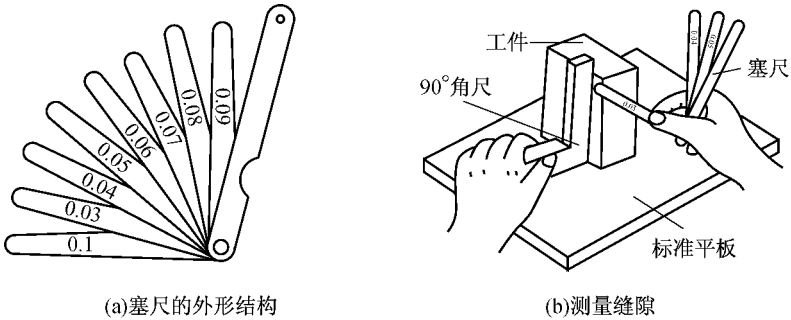


图 2-39 塞尺的外形结构与用法

3. 刀口形直尺

刀口形直尺是采用透光法来检测工件平面直线度和平面度的量具。如图 2-40(a)所示,使用时,将刀口形直尺与被测量表面贴紧,并朝与刀口垂直的方向轻微摆动直尺,其摆动角度约为 15°,如图 2-40(b)所示。在摆动过程中,细致观察两者之间的透光缝隙大小,透过的缝隙即是被测表面的平面度误差。若透光细而均匀,则平面度较好。用刀口形直尺测量平面的平面度或直线度时,除沿工件的纵向和横向检查外,还应沿对角线方向进行检查。

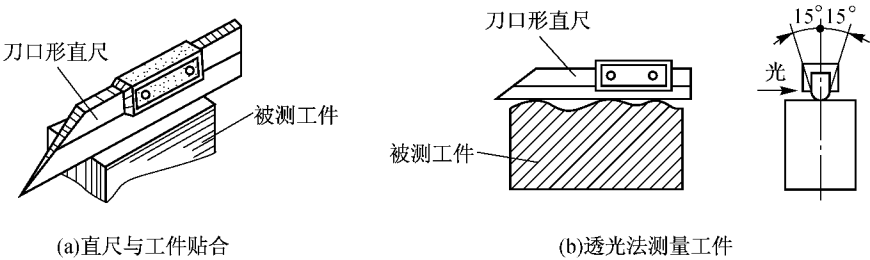


图 2-40 刀口形直尺的使用方法

2.3.8 极限量规

极限量规是按被测工件的极限尺寸设计制造的具有固定尺寸的专用量具。极限量规不能测得工件实际尺寸的大小,而只能确定被测工件尺寸是否在规定的极限尺寸范围内,以此来判定工件尺寸是否合格。极限量规结构简单,使用便捷,适于在成批和大量生产中使用。

极限量规分为孔用极限量规(又称为塞规)和轴用极限量规(又称为卡规)两种类型。塞规用来检验工件内径和槽宽等内尺寸,卡规用来检验工件外径、长度、宽度和高度等外尺寸。

1. 塞规

常用塞规如图 2-41 所示。每个塞规上都制作有两个测量面,即通端和止端。塞规的通端是按照被测工件尺寸的最小极限尺寸制造的,而止端是按照最大极限尺寸制造的,所以,工件的合格尺寸介于通端和止端之间。在测量中,若通端在被测量处能通过,而止端不能通过,则被测量零件合格;若通端不能通过,说明被测量处还有加工余量;如果止端能顺利通过,则说明加工过量,被加工工件已成为废品。

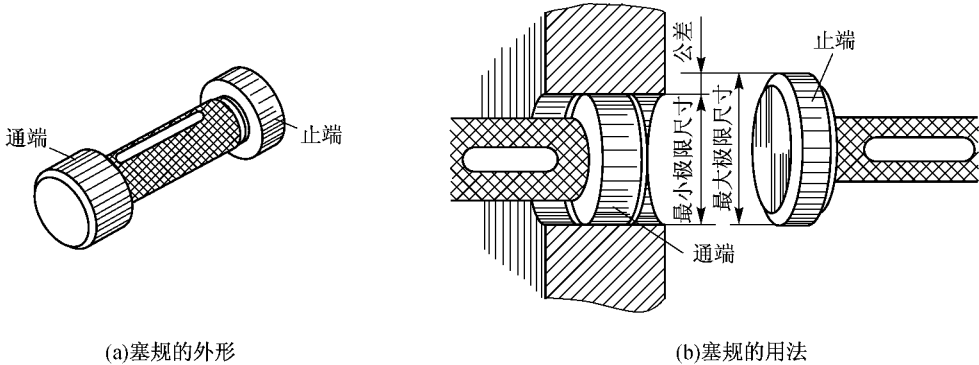


图 2-41 常用塞规

2. 卡规

常用卡规如图 2-42 所示,卡规同样制作有通端和止端两个测量面。卡规的通端是按照被测量工件的最大极限尺寸制造的,止端是按照工件的最小极限尺寸制造的。因此,工件的合格尺寸介于通端与止端之间。当通端在被测量处能通过而止端不能通过时,则被测量工件合格;若在测量中都不能通过,说明工件还有一定的加工余量;若都能通过,说明工件尺寸过小,此时工件成为废品。

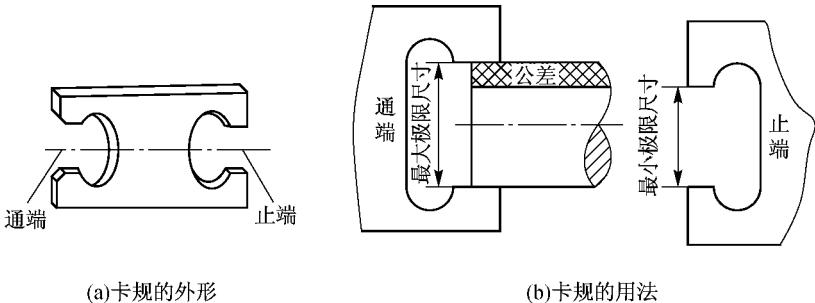


图 2-42 常用卡规

除了图 2-42 所示的常用卡规外,卡规还有单面的形式。如图 2-43 所示为用单面卡规测量工件的宽度,此时,通端已通过被测量处,而止端不能通过,则表示加工面是合格的。

如图 2-44 所示为用单面卡规测量台阶的高度,将卡规的内面 1 放在工件端面上,这时,通端从工件加工面处通过,而止端不能通过,则表示加工尺寸合格。

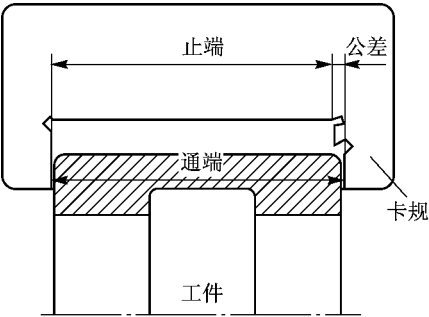


图 2-43 用单面卡规测量工件的宽度

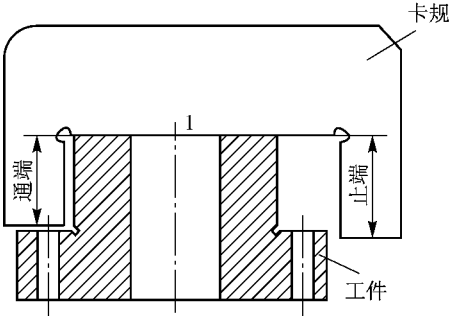


图 2-44 用单面卡规测量台阶的高度

3. 极限量规的合理使用原则

使用极限量规时,应凭量规本身的质量让其滑入。在水平位置测量时,要顺着工件的轴线把量规轻轻地送入,切不可用力推置或加力旋转。

2.4 切 削 液

切削时会产生切削热,使刀具和工件被切处温度升高,刀具磨损加快。使用切削液能显著地延长刀具的寿命和提高加工质量,并能减小切削力及提高生产率。

2.4.1 切削液的作用

1. 冷却作用

采用切削液可以从两方面降低切削温度:一方面减小刀具与工件、切屑之间的摩擦,从而减少摩擦热;另一方面能将已产生的切削热从切削区迅速带走。

2. 润滑作用

切削液可以减小切削过程中的摩擦,减小切削阻力,显著提高表面质量和刀具耐用度。

3. 防锈作用

切削液能起到防锈作用,使机床、工件和刀具不受周围介质(如空气、水分、手汗等)的腐蚀。

4. 冲洗作用

在浇注切削液时,铣刀齿槽和工件上的切屑可以被冲去。尤其在铣削沟槽时,由于切屑不易流出,较大流量的切削液能把切屑冲出来,使铣削不因切屑阻塞而影响表面质量。

2.4.2 切削液的种类及选用

1. 切削液的种类

1)水溶液

水溶液的主要成分是水,故冷却性能很好。使用水溶液时一般加入一定量的水溶性防锈添加剂。由于水溶液流动性大,价格低廉,因此应用较广泛。

2)乳化液

乳化液是用乳化油加水稀释而成的。这种切削液具有良好的冷却性能,但润滑、防锈性能较差。使用乳化液时常加入一定量的防锈添加剂和极压添加剂。

3)切削油

切削油的主要成分是矿物油(柴油和机油等),也可选用植物油(菜油和豆油等)、硫化油和其他混合油等。这类切削液的比热容低,流动性差,是一种以润滑为主的切削液。使用切削油时也可加入油性防锈添加剂,以提高其防锈和润滑性能。

2. 切削液的合理选用

切削液的选用主要应根据工件的材料、刀具的材料和加工性质来确定。选用时,应根据不同情况有所侧重,常用切削液的选用见表 2-7。

表 2-7 常用切削液的选用

加工材料	切削种类	
	粗 加 工	精 加 工
碳钢	乳化液、苏打水	乳化液(低速时的浓度为 10%~15%,高速时的浓度为 5%)、极压乳化液、混合油、硫化油、肥皂水溶液等
合金钢	乳化液、极压乳化液	
不锈钢及耐热钢	乳化液、极压切削油、硫化乳化油、极压乳化液	氯化煤油、煤油加 25%植物油、煤油加 25%松节油和 20%油酸、极压乳化液、硫化油(柴油加 25%脂肪和 5%硫磺)、极压切削油
铸钢	乳化液、极压乳化液、苏打水	乳化液、极压切削油、混合油
青铜及黄铜	一般不用,必要时用乳化液	乳化液、含硫极压乳化液
铝	一般不用,必要时用乳化液、混合油	菜油、混合油、煤油、松节油
铸铁	一般不用,必要时用压缩空气或乳化液	一般不用,必要时用压缩空气、乳化液或极压乳化液

使用切削液时应注意以下几点：

- (1)使用硬质合金铣刀作高速切削,若必须使用切削液时,则应该在开始切削之前就连续充分地浇注,以免刀片因骤冷而碎裂。
- (2)使用切削液时,切削液用量要充分,使铣刀得到充分冷却,并使工件的温度与室温接近,以减小热胀冷缩的影响。
- (3)铣削镁合金时,禁止使用水溶液,以防起火,只能使用燃点高的油类切削液或者不用切削液。

- (4)当铣削方式不同时,应及时改变切削液浇注的位置和方向,以保证其发挥最好的效果。
- (5)应注意检查切削液的质量,尤其是乳化液,使用变质的切削液往往不能达到预期效果。用水配置的切削液应注意配置比例,以免影响切削液的使用效果。

2.5 铣削运动和铣削用量

2.5.1 铣削的基本运动

铣削是以铣刀的旋转运动为主运动,以工件的直线或旋转运动或铣刀直线运动为进给运动的切削加工方法。铣削时,工件与铣刀的相对运动称为铣削运动,它包括主运动和进给运动。

1. 主运动

主运动是形成机床切削速度或消耗主要动力的运动。铣削运动中,铣刀的旋转运动是主运动。

2. 进给运动

进给运动是使工件切削层材料相继得到切削,从而加工出完整表面所需要的运动。铣削运动中,工件的移动或转动、铣刀的移动等都是进给运动。另外,进给运动按运动方向可分为纵向进给、横向进给和垂直进给三种。

2.5.2 铣削用量及其选择

铣削用量是指在铣削过程中所选用的切削用量。铣削用量包括四个要素,即铣削速度 v_c 、进给量 f 、铣削深度 a_p 和铣削宽度 a_c ,如图 2-45 所示。在保证被加工工件能获得所要求加工精度和表面粗糙度的情况下,根据铣床、刀具、夹具的刚度和使用条件,应选择合适的铣削速度、进给量、铣削深度和铣削宽度。

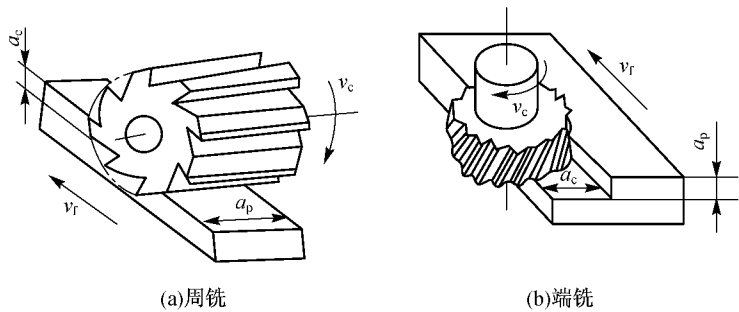


图 2-45 铣削用量

1. 铣削用量及其计算

1) 铣削速度

主运动的线速度即为铣削速度,也就是铣刀切削刃上离中心最远的一点于 1 min 内在

被加工表面上所走过的长度,用符号 v_c 表示,单位为 m/min 。在实际工作中,应先选好合适的铣削速度,然后根据铣刀直径计算出铣床主轴的转速。它们的相互关系为

$$n = \frac{1\,000 v_c}{\pi d} \quad (2-2)$$

式中, n 为铣床主轴的转速(r/min); v_c 为铣削速度(m/min); d 为铣刀直径(mm)。

如果在铣床主轴转速盘上找不到所计算出的转速时,应根据选低不选高的原则近似确定。

例 2-3 在 X6132 型铣床上,使用直径 $d=100\text{ mm}$ 的圆柱铣刀,所选定铣削速度 $v_c=30\text{ m/min}$,求铣床主轴的转速。

解 按式(2-2)进行计算,即

$$n = \frac{1\,000 v_c}{\pi d} = \frac{1\,000 \times 30}{3.14 \times 100} \text{ r/min} = 95.54 \text{ r/min}$$

实际加工中,可选用 95 r/min 的主轴转速。

2) 进给量

进给量是指刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量。根据具体情况的需要,在铣削过程中进给量有三种表示方法和度量方式。

(1) 每齿进给量 f_z 。铣刀转过一个刀齿的时间内,在进给运动方向上工件相对于铣刀所移动的距离为每齿进给量,单位为 mm/z 。

(2) 每转进给量 f 。铣刀转过一整周的时间内,在进给运动方向上工件相对于铣刀所移动的距离为每转进给量,单位为 mm/r 。

(3) 进给速度 v_f 。铣刀转过 1 min 的时间内,在进给运动方向上工件相对于铣刀所移动的距离为进给速度,单位为 mm/min 。

三种进给量之间的关系为

$$v_f = f n = f_z z n \quad (2-3)$$

例 2-4 在 X6132 型卧式万能铣床上,铣刀齿数 $z=16$,主轴转速 $n=75\text{ r/min}$,每齿进给量 $f_z=0.08\text{ mm/z}$ 。求铣床的进给速度。

解 按式(2-3)进行计算,即

$$v_f = f_z z n = 0.08 \times 16 \times 75 \text{ mm/min} = 96 \text{ mm/min}$$

所得数值 96 mm/min 与 95 mm/min 接近,所以应把进给速度调到 95 mm/min 。

3) 铣削深度

铣削深度是指在通过切削刃基点并平行于铣刀轴线的方向上测量的吃刀量,又称为背吃刀量,用符号 a_p 表示。对于铣削而言,铣削深度为沿铣刀轴线方向测量的刀具切入工件的深度。在图 2-45 中,采用圆柱铣刀铣削时,铣刀轴线处于水平位置,背吃刀量沿水平轴线方向测量;采用端面铣刀铣削时,铣刀轴线处于垂直位置,则背吃刀量应沿垂直于轴线的方向测量。

4) 铣削宽度

铣削宽度是指在平行于工件平面并垂直于通过切削刃基点的进给运动方向上测量的吃刀量,又称为侧吃刀量,用符号 a_e 表示。对于铣削而言,侧吃刀量是沿垂直于铣刀轴线方向测量的工件被切削部分的尺寸。在图 2-45 中,侧吃刀量应沿垂直于铣刀轴线方向测量。

如图 2-46 所示,由于铣刀的轴线所处的位置不同,背吃刀量和侧吃刀量的测量方法是不同的。

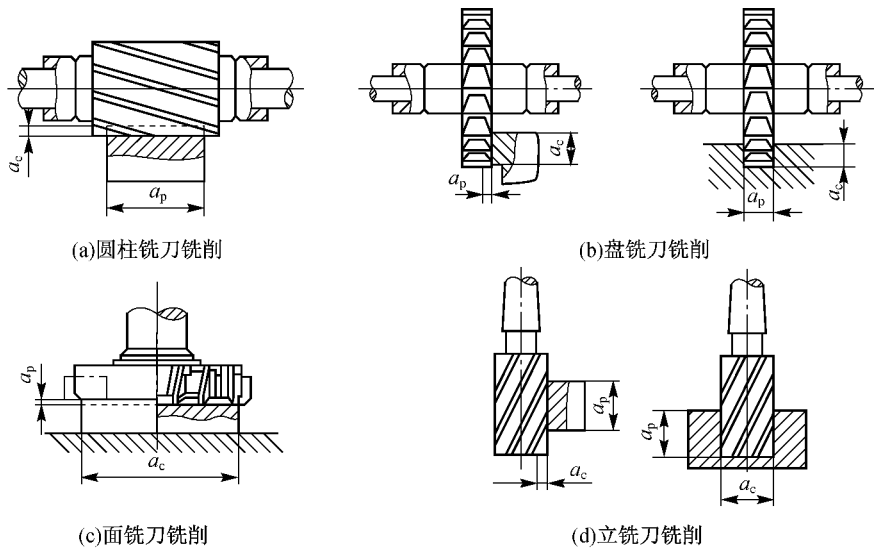


图 2-46 背吃刀量和侧吃刀量的测量方法

2. 铣削用量的选择

1) 选择铣削用量的基本要求

铣削用量的选择是否合理直接关系到铣削效果的好坏,即能否达到高效、低耗及优质的加工效果。选择铣削用量应满足以下基本要求:

- (1)保证铣刀有合理的使用寿命,能够提高生产率和降低生产成本。
- (2)保证铣削加工质量,主要是保证铣削加工表面的精度和表面粗糙度达到设计要求。
- (3)不超过铣床允许的动力和转矩,不超过铣削加工工艺系统的刚度和强度,同时又可以充分发挥它们的潜力。

2) 选择铣削用量的基本方法

在铣削过程中,如果能在一定的时间内切除较多的金属,就有较高的生产率。显然,增大背吃刀量、铣削速度和进给量,都能增加金属切除量。但是,影响刀具寿命最显著的因素是铣削速度,其次是进给量,而背吃刀量对刀具影响最小。为了保证合理的刀具寿命,应当优先采用较大的背吃刀量,其次选择较大的进给量,最后才是根据刀具的寿命要求选择合适的铣削速度。

(1)选择背吃刀量。在铣削加工中,一般根据工件切削层的尺寸来选择铣刀。例如,用面铣刀铣削平面时,铣刀直径一般应大于切削层宽度。若用圆柱铣刀铣削平面时,铣刀长度一般应大于切削层宽度。当加工余量不大时,应尽量一次进给铣去全部加工余量。只有当工件的加工精度要求较高时,才分粗铣和精铣两步进行。铣削加工背吃刀量的选取见表 2-8。

表 2-8 铣削加工背吃刀量的选取

单位:mm

工件材料	高速钢铣刀		硬质合金铣刀	
	粗 铣	精 铣	粗 铣	精 铣
铸铁	5~7	0.5~1	10~18	1~2
软钢	<5	0.5~1	<12	1~2
中碳钢	<4	0.5~1	<7	1~2
硬钢	<3	0.5~1	<4	1~2

(2)选择进给量。应视粗、精加工要求分别选择进给量。

粗加工时,影响进给量的主要因素是切削力。进给量主要根据铣床进给机构的强度、刀柄刚度、刀齿强度以及机床—夹具—工件系统的刚度来确定。在强度和刚度许可的情况下,进给量应尽量选取得大一些。

精加工时,影响进给量的主要因素是表面粗糙度。为了减小工艺系统的振动,降低已加工表面的残留面积的高度,一般应选择较小的进给量。其中,每齿进给量数值的选取见表 2-9。

表 2-9 每齿进给量 f_z 值的选取

单位:mm/z

刀具名称	高速钢铣刀		硬质合金铣刀	
	铸 铁	钢 件	铸 铁	钢 件
圆柱铣刀	0.12~0.2	0.1~0.15	0.2~0.5	0.08~0.2
立铣刀	0.08~0.15	0.03~0.06	0.2~0.5	0.08~0.2
套式面铣刀	0.15~0.2	0.06~0.1	0.2~0.5	0.08~0.2
三面刃铣刀	0.15~0.25	0.06~0.08	0.2~0.5	0.08~0.2

(3)选择铣削速度。在背吃刀量 a_p 与进给量 f 确定后,可在保证合理的铣刀寿命的前提下确定铣削速度 v_c 。

①粗铣时,确定铣削速度必须考虑到机床的允许功率。如果超过允许功率,则应适当降低铣削速度。

②精铣时,一方面应考虑合理的铣削速度,以抑制积屑瘤的产生,提高加工表面的质量;另一方面,由于刀尖磨损往往会影响到加工精度,因此,应选择耐磨性较好的刀具材料,并应尽可能使之在最佳的铣削速度范围内。

铣削速度 v_c 值的选取见表 2-10,并根据实际情况进行调整。

表 2-10 铣削速度 v_c 值的选取

单位:m/min

工件材料	高速钢铣刀	硬质合金铣刀	说 明
20 钢	20~45	150~190	1. 粗铣时取小值,精铣时取大值; 2. 工件材料强度和硬度较高时取大值,反之取小值; 3. 刀具材料耐热性好时取大值,反之取小值
45 钢	20~35	120~150	
40Cr	15~25	60~90	
HT150	14~22	70~100	
黄铜	30~60	120~200	
铝合金	112~300	400~600	
不锈钢	16~25	50~100	

2.6 技能训练

课题 1 游标量具测量练习

1. 实训目的

- (1)了解游标量具的读数原理及结构。
- (2)掌握游标量具的使用方法。

2. 实训设备

精度为 0.02 mm 和 0.05 mm 的游标卡尺,工件。

3. 实训操作步骤

- (1)首先选择游标卡尺的精度。
- (2)擦拭量爪后,校验游标零线是否重合,并且进行透光检查。
- (3)在游标尺上读数时,尽量避免视线误差。

4. 实训测量数据

量 具	游标卡尺精度/mm	测量结果		
		工件 1 尺寸	工件 2 尺寸	工件 3 尺寸
游标卡尺	0.1			
	0.05			
	0.02			

课题 2 千分尺的应用

1. 实训目的

- (1)了解千分尺的结构及读数原理。
- (2)掌握千分尺的使用方法。

2. 实训设备

外径千分尺,工件。

3. 实训操作步骤

- (1)测量前,转动千分尺的测力装置,使两侧砧座贴合,并检查是否密合,同时,检查微分套筒与固定套筒的零线是否对齐,如有偏差,应调整固定套筒,或记下数据,以便在测量结果中除去。
- (2)测量时,用手转动测力装置,控制测力的大小,不允许用力或快速转动微分套筒。
- (3)读数时,最好不要取下千分尺进行读数,如需取下读数,应先锁紧测微螺杆,然后轻轻取下千分尺,防止尺寸变动。读数要细心,看清楚刻度,不要漏读 0.5 mm 的刻

度值。

4. 实训测量数据

量 具	外径千分尺精度/mm	测量结果		
		工件 1 尺寸	工件 2 尺寸	工件 3 尺寸
外径千分尺	0.01			

课题 3 百分表的应用

1. 实训目的

- (1)了解百分表的结构及原理。
- (2)掌握百分表的使用方法。

2. 实训设备

百分表、磁性表座、工件及数控(普通)机床。

3. 实训操作步骤

- (1)测量前,检查表盘和指针有无松动现象,检查指针的稳定性。
- (2)测量时,测量杆应垂直零件表面;测圆柱时,测量杆应对准圆柱轴中心。测量头与被测表面接触时,测量杆应预先留有 0.3~1 mm 的压缩量,保持一定的初始测力,以保证可测出负偏差值。

4. 实训训练

如图 2-47 所示为利用百分表测量工件的实训项目。

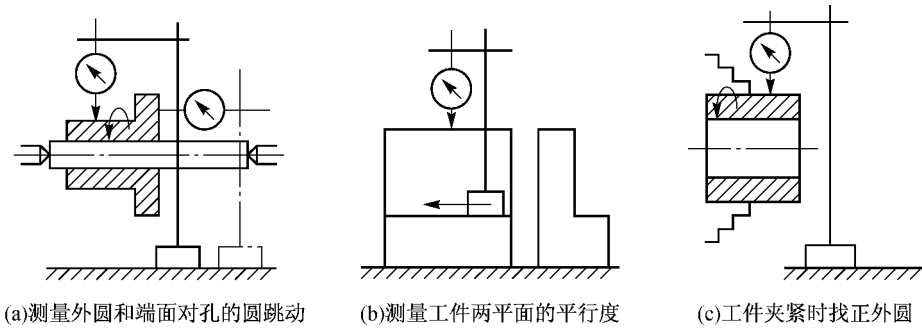


图 2-47 百分表的测量

以测量外圆对孔的圆跳动为例,介绍具体操作方法:

- (1)将百分表装夹到表架上后,固定在刀架上。
- (2)将百分表靠近被测工件外圆后,转动主轴。
- (3)移动刀架,观察百分表指针摆动的数值。当数值为 0.02 mm 时,说明外圆对孔的圆跳动为0.02 mm。
- (4)测量端面对孔的圆跳动方法同上。

课题 4 正弦规的应用

1. 实训目的

- (1)了解正弦规的结构。
- (2)了解正弦规的应用。

2. 实训设备

正弦规、量块、百分表及表座。

3. 实训训练

在图 2-34 中,已知 L 为 200 mm, h 为 10 mm,根据工件的高度和正弦规的中心距先算出角度,然后用百分表检查工件表面与平板平行度的误差。根据式(2-1)可知, $\sin 2\alpha = h/L = 10/200 = 0.05$,查三角函数表知, $2\alpha = 2^{\circ}52'$, $\alpha = 1^{\circ}26'$ 。

课题 5 量块的应用

1. 实训目的

- (1)了解量块的形状及组成。
- (2)了解量块的使用数量。

2. 实训设备

量块。

3. 实训训练

采用 83 块套装量块组成 38.935 mm 的尺寸,选取方法如下:

38.935	组合尺寸
<u>-1.005</u>	第一块量块尺寸
37.93	
<u>-1.43</u>	第二块量块尺寸
36.5	
<u>-6.5</u>	第三块量块尺寸
30	
<u>-30</u>	第四块量块尺寸
0	

本 章 小 结

本章讲述了铣床的型号及典型铣床的结构与传动系统,工件常用的装夹工具,常用量具的使用和注意事项,切削液的选用,铣削的基本运动和铣削用量的计算等内容。主要应掌握工件常用的装夹工具,常用量具的使用方法和注意事项,如何正确认读量具等。了解铣床的结构和型号、铣削的基本运动、铣削用量的计算方法、切削液的选用等。

习 题 2

2-1 常用的铣床有哪几种？

2-2 简述机用虎钳的结构。

2-3 如何用角尺校正固定钳口铁平面与铣床主轴轴线平行？

2-4 机用虎钳有几种装夹方法？

2-5 精度为 0.02 mm 的游标卡尺的刻线原理是什么？使用游标卡尺应注意哪些事项？

2-6 简述外径千分尺的刻线原理。如何正确使用外径千分尺？

2-7 简述游标万能角度尺的刻线原理。如何正确使用游标万能角度尺？

2-8 简述游标万能角度尺的读数方法。

2-9 如何正确使用 90°角尺和刀口形直尺？

2-10 什么是极限量规？极限量规有什么特点？如何使用极限量规来判断被测工件的合格性？

2-11 铣削中为什么要使用切削液？如何选用合适的切削液？

2-12 什么是铣削用量？

2-13 如何计算铣削速度？

2-14 铣削中的进给量有哪三种表示方法？它们之间的关系是什么？

2-15 在 X6132 型铣床上使用直径 $d=80$ mm 的圆柱铣刀，所选定的铣削速度 $v_c=45$ m/min，求铣床主轴转速。

2-16 在 X6132 型铣床上，铣刀齿数 $z=18$ ，转速 $n=90$ r/min，每齿进给量 $f_z=0.06$ mm/z。求铣床的进给速度。