

东北电力大学

教案封皮

开课单位	工程训练教学中心	课程名称	金工实习-铣工 1
授课教师	周威、孙莹、毛杰伟、杜春风、 杨恭勇、崔天晓	授课对象	2014 级工科本科
选用教材	金属工艺学实习	总学时	2
课次	1	第 7 章	第 1 节
教学目的及要求	1、铣床加工的工艺过程及其特点。 2、常用铣床的名称、型号、规格、性能、结构。 3、铣削生产的安全技术操作规程。		
教学重点处理安排	重点掌握常用铣刀的种类、规格、性能和用途。掌握铣削加工的特点、加工范围、加工精度和表面粗糙度。通过视频和图片进行详细的说明。		
教学难点处理安排	教学难点在于理解铣削加工时顺铣、逆铣、端铣、周铣的特点及应用。刀具的选择和铣削的加工工艺。通过多媒体和实例图片使学生有更贴近实际生产的感官认识。		
教学方式、方法	多媒体教学		
教学内容时间分配	理论部分： 基础知识 50 分钟（教师讲解 40 分钟+学生提问 10 分钟） 实例讲解 40 分钟（视频播放讲解 35 分钟+学生实物感观认识 5 分钟） 实践部分： 基础知识 30 分钟（机床感观认识 15 分钟+零件加工示范 15 分钟） 学生加工 60 分钟		
例题、练习题			
作业、思考题	选择判断： 1.卧式铣床的横梁上附有一吊架，其作用是支撑铣刀刀轴的外端。(√) 2.在卧式铣床上，加工表面有硬皮的毛坯零件，应采用顺铣切削。(X) 3.若要求工作台移动一个正确的尺寸，这个尺寸的正确性则是依靠丝杠的精度和刻度盘来保证的。(√) 4.切削用量中，对切削刀具磨损影响最大的是(C)。 A. 切削深度 B. 进给量 C. 切削速度 5. 周铣平面时，铣刀的耐用度高，加工的表面粗糙度值也较小的铣削方式是(A)。 A. 顺铣 B. 逆铣 C. 对称铣 6. 卧式铣床的主要特征是铣床主轴线与工作台台面(B)。		

A. 垂直 B. 平行 C. 在一个平面内

7. 在铣削铸铁等脆性金属时，一般(C)。

A. 加以冷却为主的切削液 B. 加以润滑为主的切削液 C. 不加切削液

简答:

1. 铣床的铣削范围?

答: 面, 孔, 键槽, 齿轮

2. 铣床的切削三要素是什么?

答: 铣削用量包括铣削速度、进给量、铣削深度, 此三项为铣削三要素

3. 何谓顺铣和逆铣? 在什么情况下采用顺铣? 在什么情况下采用逆铣?

铣刀的旋转方向与工作台的进给方向相同, 称为顺铣。

铣刀的旋转方向与工作台的进给方向相反, 称为逆铣。

顺铣用于加工余量小(精加工)或加工较薄的工件。

逆铣用于加工余量大(粗加工)或带硬皮的工件。

4. 何谓周铣和端铣? 铣削平面时哪种方法优越?

在铣削加工过程中, 利用铣刀圆柱面刃对工件进行切削的过程称为周铣。

而用端面刃对工件进行切削称为端铣。

在铣削平面时采用端铣较为优越。

5. 在铣床上铣直齿圆柱齿轮, 其齿数为 36, 问如何分度? (分度盘的孔圈有 54、57、58、59、62、66)

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{36} = 1\frac{1}{9} = 1\frac{6}{54} \text{ 转}$$

在分度盘为 54 的孔圈上, 手柄转过 1 圈后, 再沿孔数为 54 的孔圈上转过 6 个孔间距, 即可铣第二个齿槽。

教 案

内 容	备注
<p style="text-align: center;">铣削加工</p> <p>重点：熟悉铣削平面的加工方法 了解铣削范围及特点 了解顺铣和逆铣的优缺点</p> <p>一、铣削加工的定义 铣削加工就是在铣床上利用铣刀对工件进行切削的过程。 在铣削加工过程中，铣刀与工件之间所产生的相对运动称为铣削运动；铣刀的旋转运动为主运动；工作台带动工件使待加工表面不断送入切削为进给运动，铣削加工是金属切削加工的常用方法之一。</p> <p>二、铣削范围及特点 在铣床上可以加工平面、斜面、台阶面、成形面，可以钻孔、扩孔、镗孔，铣齿轮、凸轮、蜗轮，铣键槽、封闭槽、丁型槽、燕尾槽，如螺旋槽，可以铣内外球面、花键轴、离合器、锯断等。 特点：由于铣刀是一种旋转使用的多齿刀具，在铣削加工中每个刀齿间歇不断的切入切离工件，那么切削力不断的变化，故而机床易产生冲击和振动。另外由于铣刀的刀齿间歇不断的切入切离工件，它不像车刀那样连续不断的切削，因此刀刃的散热条件较好，可以选用较大的切削用量和较高的切削速度，生产效率高于刨床，但铣刀的形状较复杂，制造就相对困难，制造成本较高，价格较昂贵，它远不如刨刀及车刀那样经济。在铣床上，铣削后两平面之间距离尺寸的公差等级可达 IT9~IT8，表面粗糙度可达 Ra3.2~1.6，这些就是铣削加工的主要特点。</p> <p>三、铣刀的种类 常用的铣刀通常可分为带孔的铣刀和带柄的铣刀。 带孔的铣刀一般用在卧式铣床上，带柄的铣刀一般用在立式铣床上。按其形状分直齿圆柱铣刀、斜齿圆柱铣刀、端铣刀、三面刃铣刀、成形铣刀、立铣刀、键槽铣刀、角度铣刀、锯片铣刀等。用直齿圆柱铣刀加工平面时，因铣削力不均匀，震动大，加工较大的平面已很少采用这种铣刀了。用斜齿圆柱铣刀铣削时，每个齿逐渐切入切离工件，铣削力相对较平稳，是常用的一种刀具。端铣刀主要是用来加工平面，它的优点是便于装夹硬质合金刀头，切削时其周面刃承担主要切削任务，而端面刃承担刮削作用，因此工件表面加工质量较高，表面粗糙度较低，可以选用较高的切削速度，生产效率高，适合加工那些余量小的大平面切削。键槽铣刀它有两个切削刃，从端面看切削刃通过中心这种铣刀除能横向切削外还可以垂直进给，故可以加工封闭键槽。成形铣刀只能加工成形表面的工件，如凸半圆，凹半圆等等。</p> <p>四、铣削方式 在铣削加工过程中，利用铣刀的周面刃对工件进行切削称为周铣，而用端面刃进行切削称为端铣。 顺铣：在铣刀与工件已加工表面的切点处，铣刀切削刃的旋转方向与工作台的进</p>	

给方向相同。铣刀切削刃的旋转方向与工作台的进给方向相反称为逆铣。

顺铣：由于铣刀的旋转方向与工作台的进给方向相同，也就是切削力的方向与工作台的进给方向相同，同时由于铣削速度高于工作台的进给速度，所以铣刀就很容易快速将工作台拉动一段距离，这个距离就是工作台传动螺旋副之间的间隙，由于铣刀瞬间将工作台拉动这段距离，铣刀的吃刀量突然加大，使刀齿骤然切入工件产生扎刀现象，刀齿折断，刀杆弯曲，工作台产生窜动，所以比较危险，因此顺铣只能在消除了工作台丝杠间隙的机床上才能使用，另外顺铣不适合加工带硬皮的工件。顺铣的优点是工件的表面粗糙度较低，刀具的耐用度较高。

逆铣：铣刀的旋转方向与工作台的进给方向相反，在逆铣时，由于铣刀的旋转方向与丝母始终保持在紧密的接触状态下工作，不会产生扎刀现象，切削比较稳定，因此铣床上多采用逆铣加工，另外逆铣时刀齿在工件表皮下面工作，从下面向上挑起硬皮，工件的硬皮对刀刃作用很小，但逆铣时由于逐渐切入工件，在切入工件前，刀齿与工件有段相对摩擦，这个摩擦易产生热量影响刀具的耐用度，同时在已加工表面产生切削瘤影响已加工表面的质量，所以铣削加工中常用顺铣做精加工，逆铣做粗加工。

五、平面铣削的一般步骤

在铣床上用圆柱铣刀铣平面是铣削加工中的基本方法。铣平面时首先要选择合适的铣刀、安装铣刀、安装工件，然而合理的选择切削用量来正确的操作，下面分别进行介绍：

1. 铣刀的选择

我们选择一把斜齿圆柱小直径的铣刀，为什么要选这样的铣刀？由于直齿圆柱铣刀在加工大平面时，切削力不稳定，振动大，不宜选用。用斜齿铣刀铣平面时，刀齿沿着螺旋线方向逐渐切入切离，切削比较平稳，所以选用斜齿圆柱铣刀。在不影响正常切削的情况下选用小直径铣刀理由有三点，第一点是铣刀直径越大，切入工件前的工作台移动距离越长，即辅助时间越长，生产效率低。第二点是刀的直径越大，振动越大，工件表面精度降低，表面粗糙度增高。第三点就是消耗的动力及扭矩加大，往往因扭矩过大，使刀杆弯曲，从而铣刀产生径向跳动，铣刀的直径确定后，那么就应正确的安装铣刀。另外，这种铣刀结构限制了直径，最小也还在 40mm 以上。

2. 铣刀的安装

由于铣削力的影响，在安装铣刀时应注意以下两点：其一是切向力 P_x 和径向力 P_y 的影响，切向力 P_x 是工件阻止铣刀旋转的力，据它来计算机床所消耗的功率，径向力 P_y 是工件极力想推开铣刀的力，这两个力的合力 P_r 作用在铣刀上刀杆上使刀杆弯曲，所以在安装铣刀时，在不影响正常切削的前提下，要使铣刀尽量靠近主轴，同时吊架应尽量靠近铣刀，以增加刀杆的刚性，减少工作中的振动，提高工件的表面加工质量；其二是轴向力的影响，因为我们选用的是斜齿圆柱铣刀，那么螺旋角的大小也直接影响轴向力的大小，轴向力的方向是极力的想把刀杆拨离主轴或是推向主轴，所以我们在安装铣刀时必须注意它的方向，如安装两把铣刀（旋转方向相反）可使作用力相互抵消，安装一把刀作用力应指向主轴，若离向主轴，由于振动，刀杆容易松动。

3. 安装工件

工件的加工精度与安装有直接关系，如安装的不合理就很难加工出合格的零件。在安装时根据零件的大小、形状的不同可选用不同的安装方式，大的工件可直接安在工作台上，小的工件可利用平口钳、分度头，以及专用夹具安装。不管采用哪种安装方法，首先应确定正确的定位基准进行合理定位，必要时对机床及附件进行校正，合

理装夹。

4. 合理的选择铣削用量

铣削用量包括铣削速度、进给量、铣削深度，此三项为铣削三要素。

a. 铣削速度的选择

铣削速度即使铣刀最大直径处的圆周速度，用 V 表示。由于铣削速度与车削速度一样影响它的因素很多，变化范围较大，就高速钢而言，铣削时的速度为 40m/min 左右，那么用硬质合金铣刀速度可提高 4 倍以上，用冷却液与不用冷却液速度相差 20%，逆铣与顺铣相差 50%。在铣床上一般根据铣刀的材料及工件的材料来确定切削速度，计算出铣刀转速。

b. 进给量

进给量指工作台每分钟移动的距离。由于高速钢铣刀的强度较大，粗铣时限制走刀量的因素除机床功率外主要是机床夹具系统的刚度，对端铣刀而言粗铣时限制走刀量的因素主要是硬质合金刀片的强度，走刀量应按被加工工件的硬度和强度而定，一般为 $0.05\sim 0.15/\text{齿}$ ，精铣时受表面质量的影响可适当减小走刀量，增加铣刀转速。

c. 铣削深度的选择

铣削深度是指垂直铣刀轴线方向测量的切削层尺寸。在机床夹具、刀具、工件、刚度足够的情况下，且在机床动力足够的情况下铣削深度就等于加工余量，一般毛胚余量为 $3\sim 6\text{mm}$ ，收表面粗糙度的影响可采用两次加工，一次粗铣，一次精铣。精铣余量一般小于 0.5mm ，一切准备工作完成后，就可以进行切削了。

d. 铣削时的操作方法

铣削时在开动机床前，首先将毛胚测量一下，了解实际加工余量的大小，做到心中有数，待工件夹紧后观察铣刀与工件的相对位置，必要时调整一下机床，并让铣刀与工件保持一定的距离，一般为 10mm ，切不可将工件接触铣刀，这样当开动机床时铣刀与工件相撞很容易出现事故。这一点一定要注意，机床调整好后，启动机床对准工件，并刚刚接触工件表面，此时记住升降手柄刻度圈的位置，适当可调零，将铣刀推出工件根据加工尺寸大小上升工作台调整好深度后，开始铣削，铣削时用自动进给，切削中应加注冷却液，待工件加工完毕后下降工作台停车。

e. 铣削时应注意的问题

在切削加工时，注意手和身体不要靠近正在旋转的铣刀和机床的其它传动件，不要用手或者破布去擦工件表面上的铁屑，必要时可用毛刷逆着铣刀的旋转方向清扫，注意人身安全和保证设备的完好。在切削过程中不应停止工作台的进给，而让铣刀空转，就是因为在铣削时，由于铣刀和刀杆受切削力作用而向上抬起一点，但工作台停止进给运动后铣刀和刀杆受力减小，加工面就会被铣出一划痕，这种现象称为“深肯”现象。如果切削中必须停止进给时应先将工作台下降，使工件脱离铣刀后方可停车，在操作时应独立，轮流操作，注意安全。

六、小结

本小结讲解了铣削加工的定义、特点以及加工方法，还有使用时工件安装、刀具选择、刀具安装以及安全操作规程。

东北电力大学

教案封皮

开课单位	工程训练教学中心	课程名称	金工实习-铣工 2
授课教师	周威、孙莹、毛杰伟、杜春风、 杨恭勇、崔天晓	授课对象	2014 级工科本科
选用教材	金属工艺学实习	总学时	2
课次	2	第 7 章	第 1 节
教学目的及要求	1、铣床加工的工艺过程及其特点。 2、铣削加工典型工件的工艺过程。 3、提高学生的实际操作能力。 4、铣削生产的安全技术操作规程。		
教学重点处理安排	重点掌握铣削基本零件的加工流程。掌握铣削加工的特点、加工范围、加工精度和表面粗糙度。利用实例加工过程进行讲解，学生最终完成部分零件的加工。		
教学难点处理安排	教学难点在于如何区分铣削加工中顺铣、逆铣、端铣、周铣的特点及应用。及其分度头的工作原理及计算方法。通过实际零件加工中，实际演示和临场指导，达到最终的教学目的。		
教学方式、方法	实际操作。教师讲解，学生动手操作。		
教学内容时间分配	理论部分： 铣削平面或六面体 30 分钟（教师讲解 20 分钟+学生提问 10 分钟） 自主练习 20 分钟 随堂测试部分： 基础知识 30 分钟 总结和打扫卫生 10 分钟		
例题、练习题			
作业、思考题			

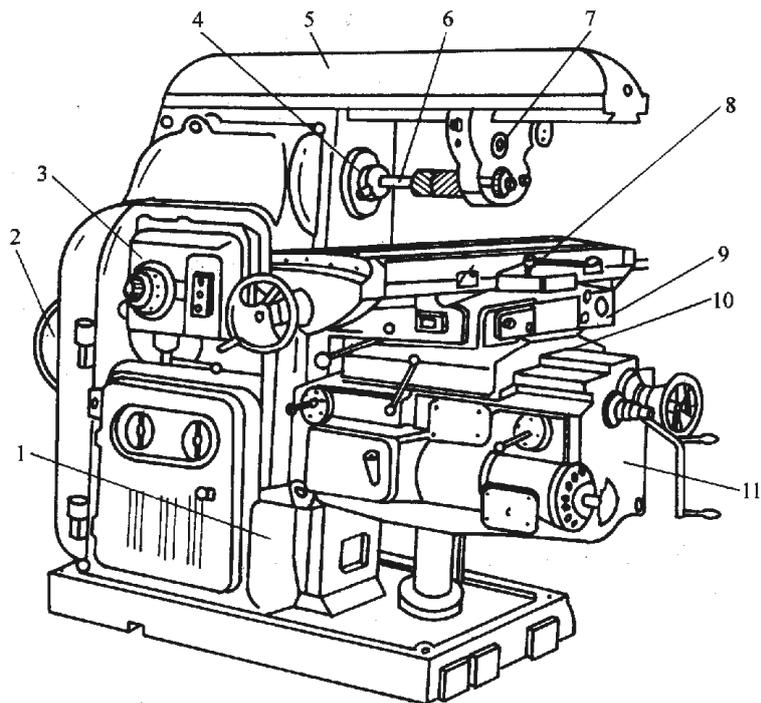


图1 X6132 卧式万能升降台铣床

1-床身 2-电动机 3-主轴变速机构 4-主轴 5-横梁 6-刀杆
7-吊架 8-纵向工作台 9-转台 10-横向工作台 11-升降台

床身 床身用来支撑和固定铣床上所有部件。其内部装有电动机、主轴及主轴变速机构。

横梁 横梁安装在床身上部的燕尾导轨中，它可安装吊架，用来支撑刀杆，以增强其刚性。横梁可根据工作要求沿燕尾导轨移动，以调整其伸出长度。

主轴 主轴用来带动铣刀旋转。其前端有 7: 24 的精密锥孔，用以安装刀杆或直接安装带柄铣刀。

升降台 升降台可沿床身的垂直导轨上下移动，以调整工件到铣刀的垂直距离，并可作垂直进给运动。

纵向工作台 纵向工作台用以安装工件或夹具，可沿转台的导轨作纵向进给运动。

横向工作台 横向工作台可带动纵向工作台沿升降台水平导轨作横向进给运动。

转台 转台可随横向工作台移动，并可使纵向工作台在水平面内按顺时针或逆时针方向扳转一定角度(最大角度为 $\pm 45^\circ$)，以便铣削螺旋槽等。具有转台的卧式铣床称为万能卧式铣床。

2、工件装夹

工件的加工精度与安装有直接关系，如安装的不合理就很难加工出合格的零件。在安装时根据零件大小、形状不同可选用不同的安装方式，大的工件可直接安在工作台上，小的工件可利用平口钳、分度头，以及专用夹具安装。不管采用哪种安装方法，首先应确定正确的定位基准进行合理定位，必要时对机床及附件进行校正，合理装夹。

3、刀具选择及其装夹

立式铣床使用带柄刀具，卧式铣床使用带孔刀具。

4、如何对刀

首先对 X 方向，让铣刀和工件之间有一定的重合度，不要过大容易对工件的表面造成

划伤, 过小又不方便观察, 然后对 Y 方向, 让刀具置于工件的正上方, 最后是 Z 方向, 缓慢使工作台升起, 使得与刀具和工件之间有接触, 听到轻微的摩擦声停止。移动 X 方向进行退刀, 每次 Z 方向的进给量为 0.5mm。

5、加工零件

首先, 主轴正转, 然后调整确定加工深度, 随后确定自动进给方向, 推动横向操作手柄使工作台自动移动, 直至整个工件平面加工完成。

6、小结

本节介绍了加工平面的一般方法, 使用铣床的基本方法和工件的安装方式。

三、分度头使用

铣床常用的装夹方式即工件在铣床上的安装方法主要有: 通用夹具装夹(如用平口钳、分度头、V 形架等装夹)。用压板螺栓装夹。用专用夹具或组合夹具装夹。

铣床的主要附件有万能分度头、万能立铣头、回转工作台、平口钳等。

分度头的构造如图 7-5 所示。其主轴可随同回转体在垂直平面内转动 $-6^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 而且能固定在所需位置上; 主轴前端锥孔用于装顶尖, 外部有定位体可装三爪自定心卡盘; 回转体侧面有分度盘, 分度盘两面都有许多圈数目不同的等分小孔(即孔圈数); 松开蜗轮脱落手柄, 可直接扳动主

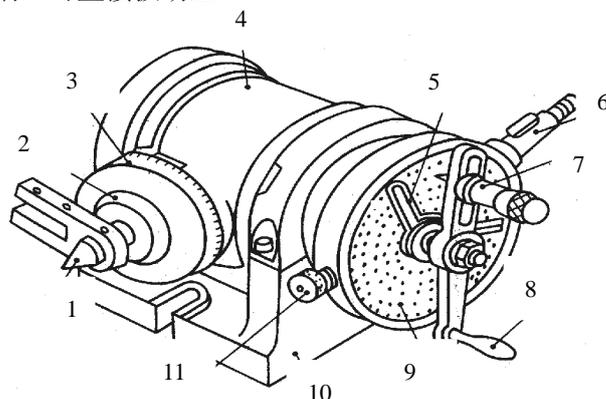


图 7-5 万能分度头构造

1-顶尖 2-分度头主轴 3-刻度盘 4-壳体 5-分度叉

6-分度头外伸轴 7-定位销 8-手柄 9-分度盘 10-底盘 11-缩紧螺钉

分度头是铣床的重要附件, 有卧式和立式两种。铣削四方、六方、键槽和花键键槽等工件时, 需要利用分度头对工件进行分度。万能分度头的主要功用: 能够将工件作任意的圆周等分或直线移距分度。可把工件轴线装置成水平、垂直或倾斜的位置。通过交换齿轮, 可使分度头主轴随纵向工作台的进给运动作连续旋转, 以铣削螺旋面和等速凸轮的型面。

1、万能分度头的结构和安装。

分度头主轴前端锥孔内可安装顶尖, 用来支承轴套类工件; 主轴外部有螺纹以便旋装卡盘、拨盘来装夹工件。分度头转动体可使主轴在垂直平面内转动一定角度, 以便铣斜面或垂直面。分度头侧面有分度盘。工作时, 将分度头的底座用螺栓紧固在铣床工作台上, 并利用导向键与工作台中间的那条 T 形槽相配合, 使分度头主轴方向与工作台纵向进给方向平行。

2、分度原理

分度前将蜗轮和蜗杆啮合, 用紧固螺钉将分度盘固定, 拨出定位插销, 旋转手柄, 通过一对直齿圆柱齿轮和蜗杆、蜗轮传动使分度头主轴带动工件转动。锥齿轮和圆柱

齿轮的传动比均为 1:1 蜗杆是单线的, 蜗轮齿数为 40, 显然, 欲使主轴带动工件转 1 转, 手柄须摇 40 转。“40”称为分度头的定数。如果要将工件的圆周等分为 z 等分, 则手柄转数 $n=40/z$ 。图 7-6 所示分度头的传动关系。

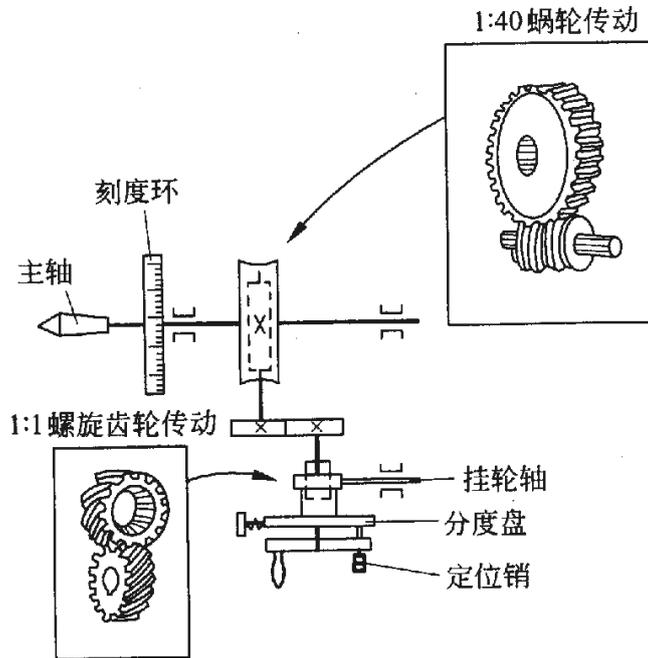


图 7-6 分度头传动关系

如果某一孔圈的孔数与 n 的乘积为整数, 即可用该孔圈直接分度; 如果乘积为小数, 则应选择适当孔数的孔圈进行计算, 其方法是把分子和分母同时扩大或缩小某一倍数。

例: 在铣床上铣直齿圆柱齿轮, 其齿数为 36, 问如何分度? (分度盘的孔圈有 46、47、49、51、53、54、57、58、59、62、66)

代入公式, 手柄转数

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{36} = 1\frac{1}{9} = 1\frac{6}{54} \text{ 转}$$

即在孔圈数为 54 的孔圈上, 手柄转过 1 圈后, 再沿孔数为 54 的孔圈上转过 6 个孔间距, 即可铣第二个齿槽。

3、分度盘和分度叉的使用

分度盘用于解决分度手柄不是整数转时的分度。常用分度头备有两块分度盘, 正、反面都有孔距均布的孔圈, 常用分度盘的孔数见表 7-1 所示。为了避免每次分度要数一次孔数的麻烦, 也为了防止转错, 在分度盘上附设一对分度叉, 两叉间的夹角可用螺钉调节, 使两叉间的孔数比每次需转的孔数多一孔(因为第一个孔是作零来计数的)。图 7-7 所示是每次分度转 5 个孔距的情况, 而分度叉两叉间的孔数是 6 个孔。分度叉受弹簧压力紧贴在分度盘上不致走动。在第二次转分度手柄前, 拔出定位销转动分度手柄, 并使定位销落入紧靠分度叉 2 一侧的孔内, 然后将分度叉 1 的内侧拔到紧靠定位销即可。

表 7-1 分度盘孔数

分度头型式	分度盘的孔数	
带一块分度盘	正面: 24、25、28、30、34、37、38、39、41、42、43 反面: 46、47、49、51、53、54、57、58、59、62、66	
带两块分度盘	第一块 正面: 24、25、28、30、34、37 反面: 38、39、41、42、43	43
	第二块 正面: 46、47、49、51、53、54 反面: 57、58、59、62、66	66

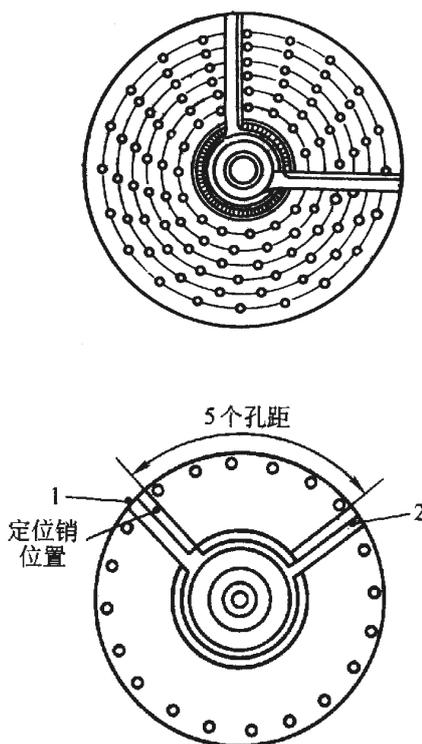


图 7-7 分度盘

4、分度头使用注意事项

(1) 分度时摇手柄的速度要均匀,朝一个方向摇。如果摇过了头,则应将分度手柄退回半圈以上,然后再按原来方向摇到规定的位置,以避免传动系统的空回误差。

(2) 分度时要事先松开主轴紧锁手柄,分度结束后再重新锁紧(但在加工螺旋面工件时,由于分度头主轴要在加工过程中连续旋转,所以不能锁紧)。

(3) 分度时手柄上的定位销应慢慢地插入分度盘的孔内,切勿突然撒手导致定位销自动弹人,损坏分度盘的孔眼精度。

5、小结

本节介绍了分度头的使用方法和分度头的基本结构,如何利用分度头进行分度和分度时要注意的事项。