

农业机械化丛书

怎样扩大 普通铣床的应用

黄代桑、苗雅田编著

54

机械工业出版社



在通用机床上利用一些标准附件或经过适当的改装，以完成某些在专门机床上加工的工序，这就扩大了通用机床的应用范围，大大提高了通用机床的利用率。

本书介绍了如何扩大普通铣床应用的一些方法，包括加工直齿长齿条、蜗轮、螺旋齿锥齿轮、插键槽、镗座标孔及铣圆球等有关的基本原理、几何计算、调整方法、采用的附件、加工步骤以及注意事项，同时也列举了某些有关的加工实例。

本书供铣工阅读。

农业机械化丛书
怎样扩大普通铣床的应用
黄代荣 苗雅田 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 $1/32$ ·印张 3 $1/8$ ·字数 67 千字

1977 年 9 月北京第一版·1977 年 9 月北京第一次印刷

印数 00,001—40,000 定价 0.24 元

*

统一书号：15033·4424

《农业机械化丛书》出版说明

在全国人民高举毛主席的伟大旗帜，紧跟以华主席为首的党中央抓纲治国的战略决策，团结战斗的大好形势下，为了大力宣传毛主席关于“**农业的根本出路在于机械化**”的教导，普及农业机械化知识，提高农业机械化队伍的思想、技术水平，发挥亿万群众的积极性和创造性，大搞农业技术改革，加快农业机械化的步伐，以适应普及大寨县和一九八〇年基本上实现农业机械化的需要，中央和地方有关出版社联合出版这套《农业机械化丛书》。

《农业机械化丛书》包括耕作机械、农田基本建设机械、排灌机械、植物保护机械、运输机械、收获机械、农副产品加工机械、化肥、农药、塑料薄膜、林业机械、牧业机械、渔业机械、农村小型电站、半机械化农具、农用动力、农机培训、农机管理、农机修理、农机制造等二十类。可供在生产队、公社、县从事农业机械化工作的贫下中农、工人、干部、知识青年和技术人员参考。

本书属于《农业机械化丛书》农机制造类。

前 言

升降台式铣床是应用最广泛的金属切削机床之一。通用的升降台铣床，有卧铣、立铣和万能铣三个基本类型，一般用来加工平面、斜面、沟槽、齿轮（直齿圆柱齿轮和直齿锥齿轮）、平面凸轮等。万能铣床由于工作台可以绕自己的垂直中心转成一定的角度，因而还可以铣切螺旋面（如钻头的螺旋槽、圆柱螺旋齿轮、鼓轮等）。实际生产中，还有诸如直齿长齿条、蜗轮、螺旋齿锥齿轮、键槽和座标孔等需要加工。在成批生产的条件下，这些工序通常都是在专门机床上加工的。但在单件小批生产及机器修理工作中，由于设备不配套或加工费用昂贵，不可能采用专门机床和专用的工、夹、刀具。为了解决这个问题，我国工人阶级在生产斗争的实践中，创造了不少利用通用机床代替专门机床的加工方法，就是说，在通用机床上利用一些标准附件或经过适当的改装，以完成某些在专门机床上加工的工序，扩大了通用机床的应用范围。这样，就大大提高了通用机床的利用率，在某种程度上解决了设备配套问题。

这里，我们介绍了如何扩大普通铣床应用的一些方法，包括加工直齿长齿条、蜗轮、螺旋齿锥齿轮、插键槽、镗座标孔及铣圆球等。这些方法，虽然在精度、效率等方面有一定的局限性，但对技术要求不太高的场合，还是行之有效的。应该指出的是，同一个工序，加工方法可能不止一种，我们这里介绍的也不一定是最好的方法，而且限于我们的技术水平和实践经验，错误之处在所难免，希望同志们在实践中加以批评指正。

目 录

《农业机械化丛书》出版说明

前 言

一 直齿长齿条的铣削	1
1 直齿长齿条的基本知识	1
2 铣制长齿条时采用的附件	2
3 直齿长齿条的铣制方法和步骤	7
二 蜗轮的铣削	9
1 蜗轮传动副的基本知识	9
2 怎样在万能铣床上用飞刀铣蜗轮	11
三 螺旋齿锥齿轮的铣削	27
1 螺旋齿锥齿轮的基本知识	27
2 弧齿锥齿轮的几何计算	30
3 弧齿锥齿轮的切齿原理	34
4 在普通立式升降台铣床上切制弧齿锥齿轮的 方法和步骤	36
四 在普通铣床上镗座标孔	50
1 镗刀夹的结构	51
2 座标尺寸的调整	56
3 调整举例	59
五 在万能铣床上铣圆球	60
1 铣制圆球的简单原理	60
2 在万能铣床上铣圆球的方法	61
3 机床的调整方法	63
4 在立式铣床上铣圆球	67

六 在普通铣床上插键槽.....	68
1 插头的构造和工作原理	70
2 平键键槽的插制方法	71
3 花键孔的插制方法	73
4 齿轮的插制方法	76
5 内孔螺旋槽的插制方法	78
附录.....	81
I 简单分度表 (分度头定数 40)	81
II 近似分度表	83
III 角度分度表	84

一 直齿长齿条的铣削

1 直齿长齿条的基本知识

在机械传动中，经常遇到需要把旋转运动改变为直线运动，或者把直线运动改变为旋转运动的情况。例如，车床大溜板的纵向进给运动，就是利用齿轮、齿条把旋转运动改变为直线运动的例子。图 1 是直齿轮与直齿齿条啮合的情形。

直齿齿条可以看成是基圆直径无限大的直齿轮，它的齿顶圆、分度圆、齿根圆都成了三条互相平行的直线，即顶线、节线、根线。

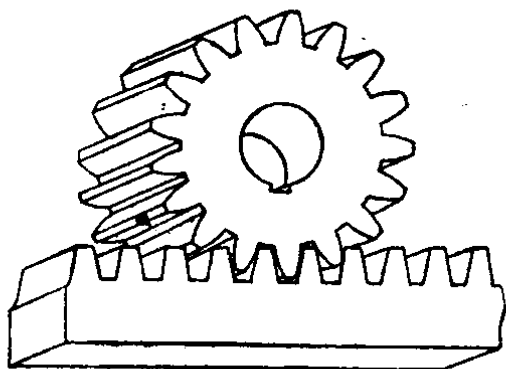


图 1 齿轮和齿条的啮合

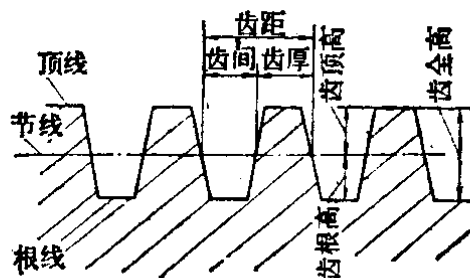


图 2 直齿齿条各部名称

图 2 是直齿齿条各部的名称。

和直齿圆柱齿轮一样，直齿齿条最基本的参数是模数 (m)，因为直齿齿条的所有尺寸都是以模数为基础来计算的。两个模数不同的齿条相比较，模数大的齿形也大，在传动中所能承受的力也较大。在与齿轮相配的传动中，齿轮的

模数和齿条的模数必须完全一样。因此，齿条的模数系列与齿轮的模数系列是相同的，已经标准化了。

直齿齿条的另一个基本参数是压力角 (α)，或者叫齿形角，它是齿轮齿条啮合时啮合点公法线与节线的夹角，也就是齿条齿侧廓线与节线垂线的夹角。我国齿轮标准中规定标准压力角为 20° 。

2 铣制长齿条时采用的附件

在普通卧式铣床或万能铣床上铣制长齿条，必须用机床的纵向丝杠来控制齿距，所以卧式铣床上刀具的安装方向（即刀杆的方向），就不能满足工件的加工要求了，此时必须

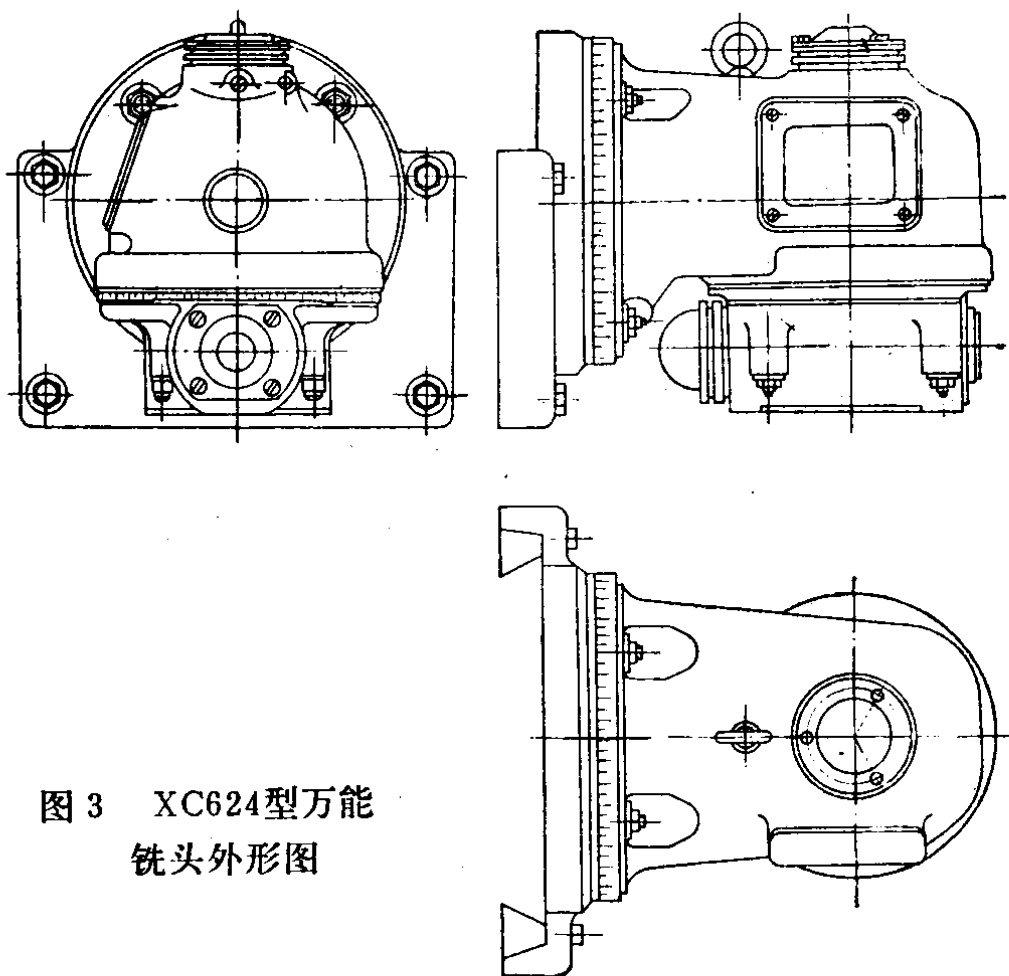


图3 XC624型万能
铣头外形图

转动刀杆的轴线，使它与工作台纵向运动方向平行。这一点可以用万能铣头来实现。图 3 为 XC624 型万能铣头外形图。这个铣头有两个互成 90° 的回转面，铣头主轴可旋转至平行于工作台纵向运动方向。但由于 XC624 型万能铣头主轴前轴承直径为 50 毫米，所以必须加上一个其外形如图 4 所示的专用铣头，以克服因铣头外形大于铣刀直径而影响铣切。

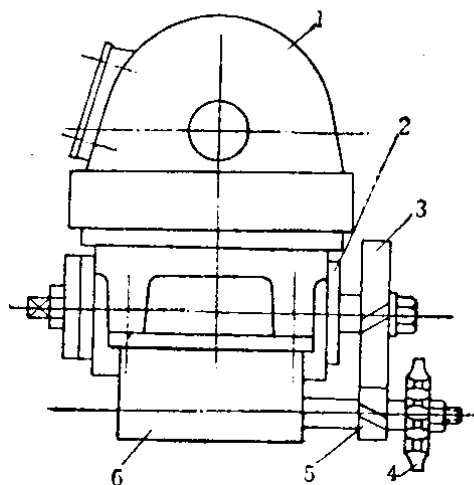


图 4 铣长齿条时的改装

1—万能铣头 2—铣头主轴
3、5—齿轮 4—铣刀
6—专用铣头

如果没有万能铣头，也可以用一个专用的横向托架（图 5）。横向托架通过一对螺旋齿轮使刀轴转过 90° 。工作时，先将一只 45° 螺旋齿轮套在铣床主轴上，再将装好刀轴的托架套在铣床悬梁上，并使两个螺旋齿轮啮合，最后套上支承铣床主轴的支架，并加以固定。这样，铣床主轴的运动通过这套装置使铣刀旋转。

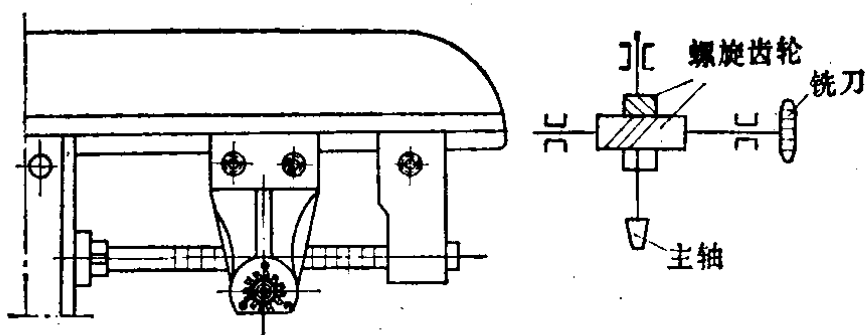


图 5 铣长齿条用的托架及传动

另一种横向托架的结构如图 6 所示，它是通过锥齿轮副

使刀轴转过 90° 的。这种结构装卸方便，由于有辅助支架，因而刚性也比较好。

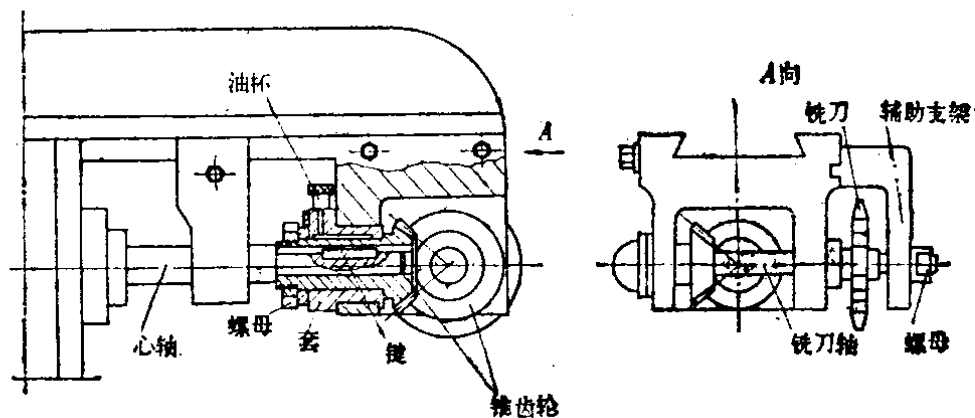


图6 锥齿轮传动的铣齿条专用托架

此外，也可以在立式铣床上用指状铣刀加工长齿条，而不需要对铣头做任何改装。但指状铣刀的刃形必须与被加工齿条的齿间相同。为了提高生产率、加工精度和光洁度，应该用粗精两把刀加工。

为了控制齿距，工作台纵向移动时应该采用分度附件。图7为SH208型分度附件结构图。

这个附件结构简单，使用方便，在使用过程中不需要挂轮，也不需要计算。分度手柄通过一对锥齿轮和一对直齿轮把分度运动传给纵向丝杠。锥齿轮传动比为 $1:1$ ，直齿轮传动比为 $22:42$ 。假定工作台纵向移动一个齿距时，分度手柄需要转 n 转。根据传动关系，我们可以得出：

$$n \times 1 \times \frac{22}{42} \times T = \pi \times m$$

式中 m ——被铣齿条模数；

T ——纵向丝杠螺距，对于 X62W 及 X63W 万能铣，

$T = 6$ 毫米。

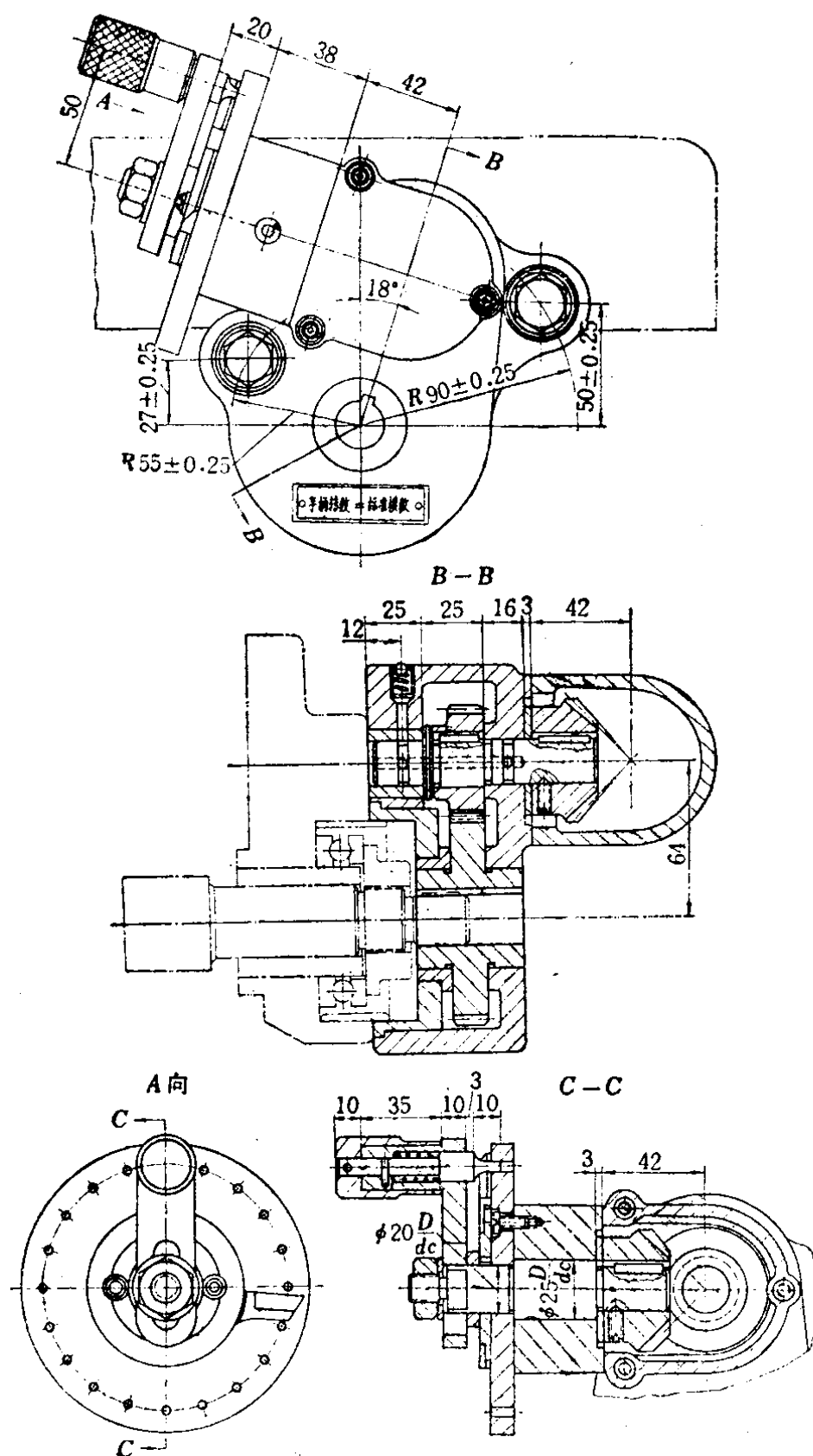


图7 SH208 型分度附件结构图

$$\text{因此 } n \times 1 \times \frac{22}{42} \times 6 = \pi \times m$$

$$n \times \frac{22}{7} = \pi \times m$$

$$\text{因为 } \pi = \frac{22}{7}, \text{ 所以 } n = m$$

就是说, 当纵向丝杠螺距 $T = 6$ 毫米时, 要工作台移动一个齿距, 分度手柄的转数正好等于标准模数值。由此可见, 此附件使用时非常简便, 不需要进行挂轮或其他计算。

这个附件在工作时, 可直接装在工作台纵向丝杠的右托架上。

如果没有分度附件, 也可以用普通万能分度头代替, 装置方法如图 8 所示。这种方法的缺点是, 为避免铣头与分度头相碰, 因而影响了被铣齿条的长度。另外, 这种方法需要计算挂轮。

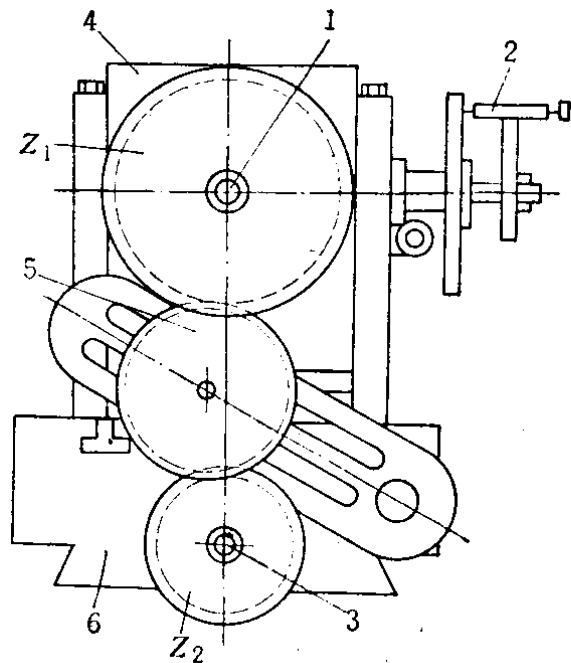


图 8 用分度头铣齿条

- 1—分度头主轴 2—分度头手柄
3—工作台纵向丝杠 4—分度头
5—中间轮 6—工作台

挂轮的计算方法如下:

$$\text{挂轮比 } i = \frac{40 \times \pi \times m}{T \times n} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

式中 i ——挂轮比;
40 ——分度头定数;
 m ——齿条模数;

T ——铣床工作台纵向丝杠螺距；

Z_1 、 Z_2 ——挂轮齿数；

n ——铣完一齿后分度头手柄转数。

应该注意，主动轮（ Z_1 ）应挂在分度头主轴上，被动轮（ Z_2 ）挂在机床丝杠上。

〔例1〕在X62W万能铣床上，用FW250分度头铣齿条， $m=4$ ，求挂轮齿数和分度头手柄转数。

〔解〕X62W万能铣床纵向丝杠螺距 $T=6$ 毫米，FW250分度头定数为40。我们假定选分度头手柄转数 $n=10\pi$ 转（选 n 等于 π 的倍数，主要是便于和公式中的 π 相约），代入挂轮公式中：

$$i = \frac{40 \times \pi \times m}{T \times n} = \frac{40 \times \pi \times 4}{6 \times 10 \times \pi} = \frac{4 \times 4}{6} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

所以

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{80}{30}$$

亦即：铣制该齿条时，采用一对挂轮 $Z_1=80$ 以及 $Z_2=30$ ，每铣一齿后，分度头手柄要转 $n=10 \times \pi = 10 \times 3.14 = 31\frac{12}{30}$ 转。

3 直齿长齿条的铣制方法和步骤

在了解了附件的结构与使用方法以后，可以按下述步骤铣制直齿长齿条：

1. 按照规定的模数，选用第8号齿轮铣刀。
2. 将铣头的刀杆轴线旋转至与工作台纵向运动方向平行，并用百分表找正，然后装上铣刀。铣刀悬伸长度应尽可能短。
3. 工件可以用两个平口钳夹固在工作台上。但是，当工

件比较长和比较薄时, 为了避免铣削时的振动和变形, 应该自制一个专用夹具。装夹时, 用百分表找正, 使工件上表面与工作台平行, 其一个侧面与工作台纵向运动方向平行。

4. 如果采用分度头来分齿, 要按上述方法计算挂轮, 并验算分齿误差。如误差太大, 应该重新计算分度。验算方法如下:

$$\text{齿条的齿距 } t = m \times \pi$$

$$\text{工作台移动的齿距 } t_1 = n \times \frac{1}{40} \times i \times T$$

$$\text{分齿误差 } \delta = t - t_1$$

式中 δ —— 误差值;

40 —— 分度头定数;

n —— 分度手柄的转数;

i —— 挂轮传动比;

T —— 工作台纵向丝杠螺距。

以上述例子来验算其误差:

$$t = m \times \pi = 4 \times 3.1416 = 12.5664$$

$$t_1 = n \times \frac{1}{40} \times i \times T = 31 \frac{12}{30} \times \frac{1}{40} \times \frac{80}{30} \times 6 = 12.56$$

$$\text{所以, } \delta = 12.5664 - 12.56 = 0.0064$$

检查结果, 误差为 0.0064, 在允差范围内, 故挂轮可以使用。

5. 按上述调整好机床、工件、刀具后, 即可开始铣制。每铣完一齿, 用分度手柄使工作台纵向移动一个齿距。当铣完第一齿, 应检查一下其齿厚及齿距是否符合要求, 证明合格后, 方可继续加工。

二 蜗轮的铣削

1 蜗轮传动副的基本知识

蜗杆-蜗轮传动副由于其降速比很大，结构紧凑，因而在机器中应用很广。例如在分度头中，手柄转 40 圈，分度头主轴才转一圈。这样大的降速比，如果用齿轮传动来降速，就需要用几对齿轮和几根轴才能实现，就会使分度头的结构很庞大。而采用蜗杆-蜗轮传动，只需要一对传动副就可以了。因此，在降速比较大的机器传动中，往往都采用蜗轮传动副。

此外，蜗轮传动副还有一个特点，就是自锁性，即只能用蜗杆带动蜗轮转动，不能用蜗轮带动蜗杆转动。起重吊车就是应用了蜗轮传动自锁的特点，所以提起重物后不会自动落下。

如将啮合的蜗杆蜗轮沿垂直于蜗轮轴心的中心平面切开，它们的切面形状如图 9 所示。

从图上可以看出，它们的啮合情形与齿轮和齿条的啮合很相似，所以其各部

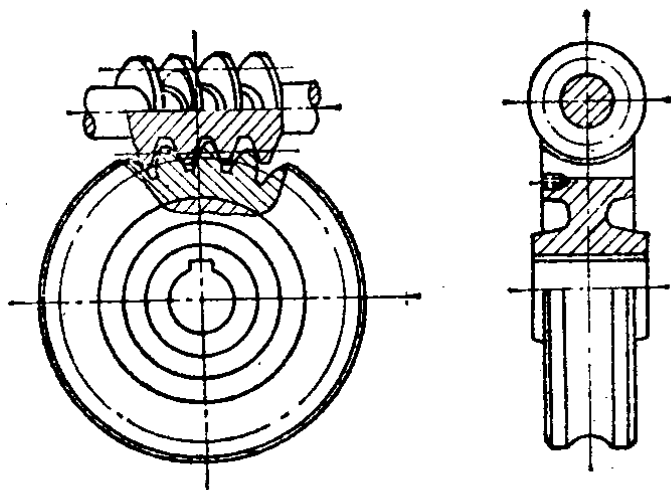


图 9 蜗轮与蜗杆啮合的情况

尺寸的计算方法也类似于直齿轮。蜗轮的计算以中心平面为基准，端面模数为标准模数。蜗杆是以轴向切面为准，轴向模数为标准模数。所以，蜗轮的端面模数应该等于蜗杆的轴

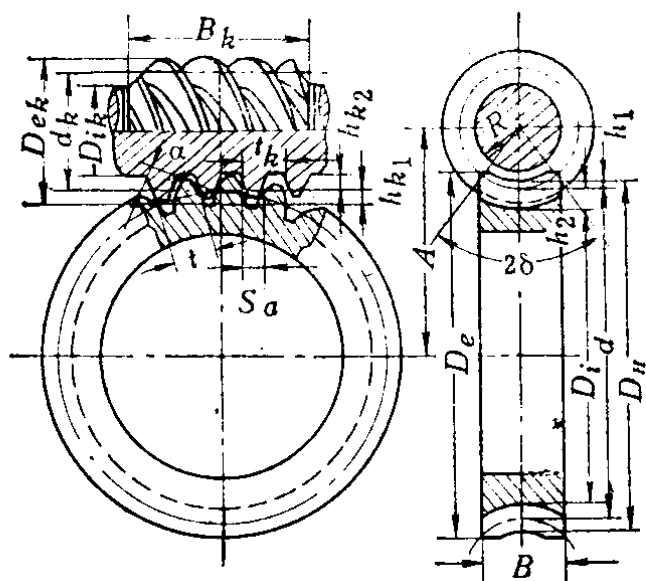


图10 蜗轮蜗杆各部分名称及代号

蜗 杆		蜗 轮	
m_s —轴向模数	h_{k2} —齿根高	m_s —端面模数	h_1 —齿顶高
t_k —周节	h_k —齿全高	t —周节	h_2 —齿根高
K —头数	B_k —蜗杆面宽	Z —齿数	h —齿全高
d_k —节径	α —压力角	d —节径	B —齿面宽度
D_{ek} —外径	A —中心距	D_e —外径	2δ —中心包角
D_{ik} —根径	β_k —导程角	D_i —根径	R —轮面半径
h_{k1} —齿顶高	L —蜗杆导程	D_H —喉径	β —螺旋角
q —蜗杆特性系数			

向模数。图 10 所示为蜗轮蜗杆的各部分名称及代号。

蜗杆特性系数 q 是决定蜗杆分度圆直径与模数关系的一个系数，它的大小与蜗轮副的工作条件及结构特点有关。套装式蜗杆的 q 值可以选大些，整体式蜗杆则选小些；用来分度或低速传动的蜗杆，其 q 值可以选大些，用于强力或快速传动的蜗杆则选小些。

蜗轮的螺旋角 β 等于蜗杆的导程角 β_k ，而 β_k 决定于蜗杆分度圆的大小和蜗杆头数，就是说，在既定的模数下， β_k 由蜗杆特性系数 q 及蜗杆头数 K 决定。

2 怎样在万能铣床上用飞刀铣蜗轮

蜗轮齿形的加工，一般都是用展成法。所谓展成法，就是在加工过程中，刀具和工件按照蜗轮与蜗杆啮合时的相互关系作强制运动，换句话说，就是刀具的刃口在加工运动的过程中，必须形成与该蜗轮啮合的蜗杆的齿形表面。例如，用蜗轮滚刀在滚齿机上加工蜗轮，就是展成法的例子。但是，在修理车间或加工数量很少时，制造一把专用的蜗轮滚刀是很不经济的。在这种情况下，我们可以根据展成法的原理，在万能铣床上用飞刀加工。这种方法简单易行，适于加工头数较少、8级精度以下的传动蜗轮。

1. 飞刀法的工作原理

前面已经说过，蜗轮蜗杆啮合时，沿中心平面的切面内，相当于齿轮和齿条的啮合。蜗杆转动一圈，相当于齿条沿轴向移动一个齿距（单头蜗杆）或几个齿距（多头蜗杆），蜗轮相应转过一个齿或几个齿。蜗杆继续转动，蜗轮也继续转过相应的齿数。这里，飞刀就相当于蜗杆上的一个齿，用它来展成蜗轮时，必须符合上述运动关系。也就是说，飞刀刀刃沿轴向移动一个齿距时，蜗轮相应转过一个齿，这个运动称为展成运动。为了切出蜗轮所有的齿，除了展成运动以外，蜗轮相对于飞刀还必须作分齿运动。分齿运动可以是间断的，也可以是连续的。当连续分齿时，应该符合飞刀转一圈蜗轮转过一个齿（单头）或几个齿（多头）的传动关系。

根据飞刀法的工作原理，下面介绍在万能铣床上用飞刀切蜗轮的两种方法。

2. 在万能铣床上用飞刀铣制蜗轮的两种方法

第一种：飞刀装在万能铣头上。