



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

蜗杆传动

蜗杆传动的类型、基本参数

主讲：李杰

一、特点和应用

二、蜗杆传动的类型

三、精度等级的选择

四、蜗杆传动的的基本参数

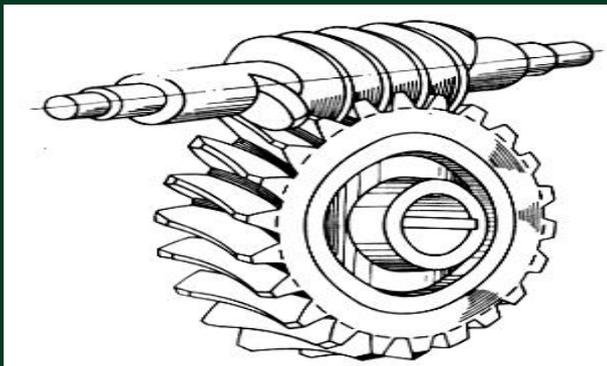
五、小结

# 一、特点和应用

蜗杆传动用于传递交错轴之间的回转运动。在绝大多数情况下，两轴在空间是相互垂直的，轴交角为90度。

最大传动功率可达750kW，通常用在50kW以下；最高滑动速度可达35m/s。

蜗杆传动多用于减速，以蜗杆为原动件。也可用于增速，传动比单级为5~15，但应用很少。



# 一、特点和应用

## 蜗杆传动的特点

- 传动平稳，无噪声，冲击振动小。
- 蜗杆传动的最大特点是结构紧凑、传动比大。但传动比大的时候传动效率很低，只能用在功率小的场合。
- 与多级齿轮传动相比，蜗杆传动零件数目少，结构尺寸小，重量轻。
- 缺点：在制造精度和传动比相同的条件下，效率比齿轮传动低，同时蜗杆一般需用贵重的减磨材料（如青铜）制造。

## 二、蜗杆传动的类型

按蜗杆形状  
不同分类

圆柱蜗杆传动

**阿基米德蜗杆 (ZA型)** 其螺旋面的形成与螺纹的形成相同。通常在无需磨削加工的情况下广泛采用,需要时要采用特制截面形状的砂轮。

**渐开线蜗杆 (ZI型)** 端面齿廓为渐开线,与蜗杆基圆柱相切的截面上齿廓是直线,所以使用专用机床可以用平面砂轮磨削,容易得到高精度。

**法向直廓蜗杆 (ZN型)** 螺线的导程角很大。加工时刀具的切削平面在垂至于齿槽(或齿厚)中点螺旋线的法平面内。

**圆弧圆柱蜗杆传动 (ZC型)** 用具有圆弧形刀刃的刀具切出具有凹圆弧齿廓的螺旋线。在基本条件相同时,比普通圆柱蜗杆传动承载能力约大50%,效率约高8~15%。传动比大、速度高时效果更为明显。

锥蜗杆传动

同时啮合齿数多,重合度大;传动比范围大(10~360);承载能力和效率较高;可节约有色金属。

环面蜗杆传动

同时啮合齿数多,传动平稳;齿面利于润滑油膜形成,传动效率较高。

## 二、蜗杆传动的类型

按蜗杆螺旋线不同分类:左旋和右旋

一般采用右旋。两者原理相同,计算方法也相同,只是作用力的方向不同(径向力除外)。

按蜗杆头数不同分类

单头 主要用于传动比较大的场合,要求自锁的传动必须采用单头。

多头 主要用于传动比不大和要求效率较高的场合。

# 一、蜗杆传动的类型

## 1. 圆柱蜗杆传动

### (1) 普通圆柱蜗杆传动

#### a. 阿基米德蜗杆(ZA) 最常用

蜗杆齿廓

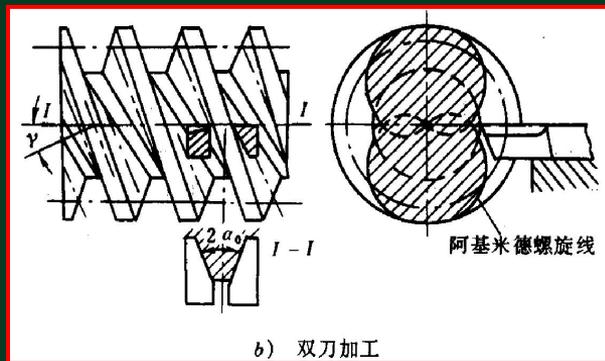
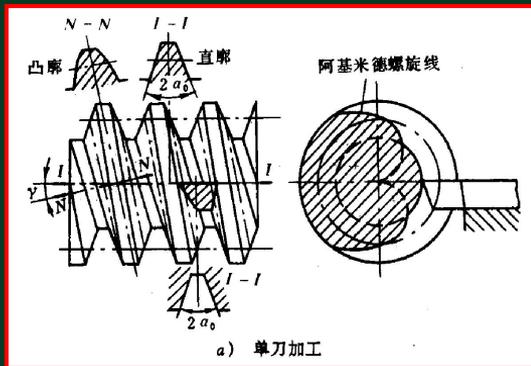
横截面：阿基米德螺旋线  
纵截面：直齿齿条

蜗轮齿廓

中间截面：渐开线

结论

中间平面，蜗杆传动如同直齿齿条与渐开线齿轮啮合

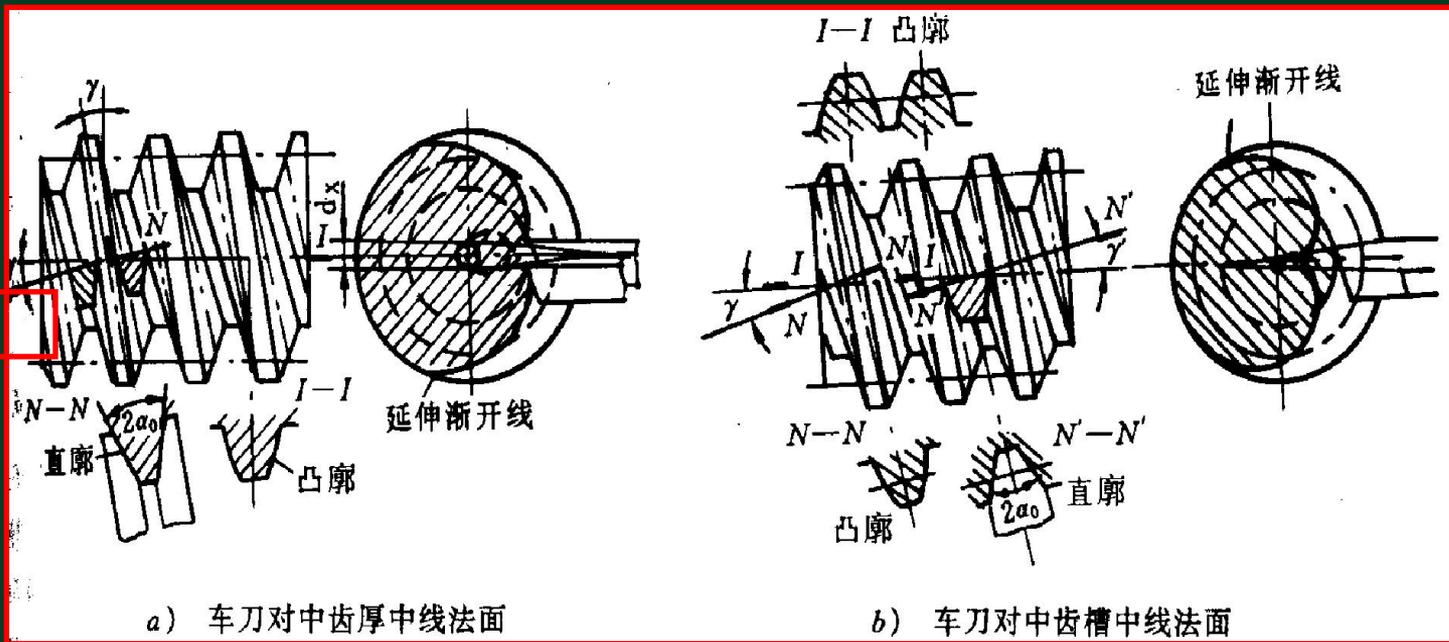


# 二、蜗杆传动的类型

## b. 法向直廓蜗杆(ZN)

蜗杆齿廓

横截面：延伸渐开线  
法截面：直廓

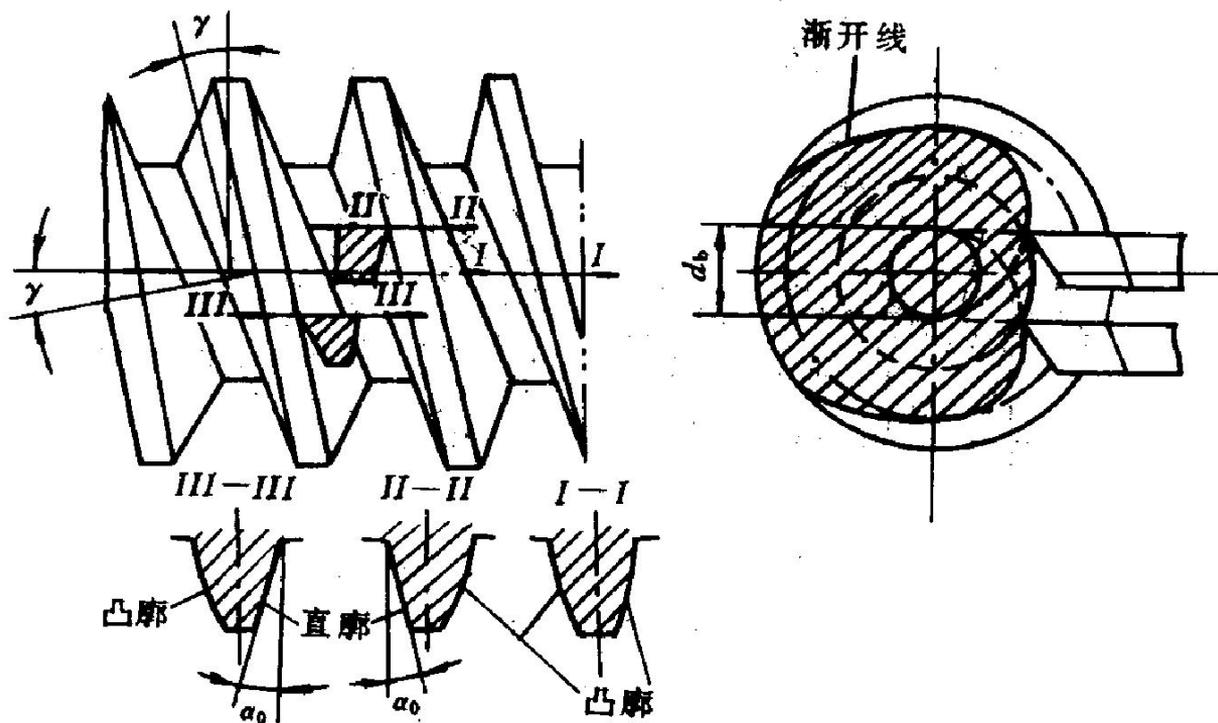


## 二、蜗杆传动的类型

### c. 渐开线蜗杆(ZI)

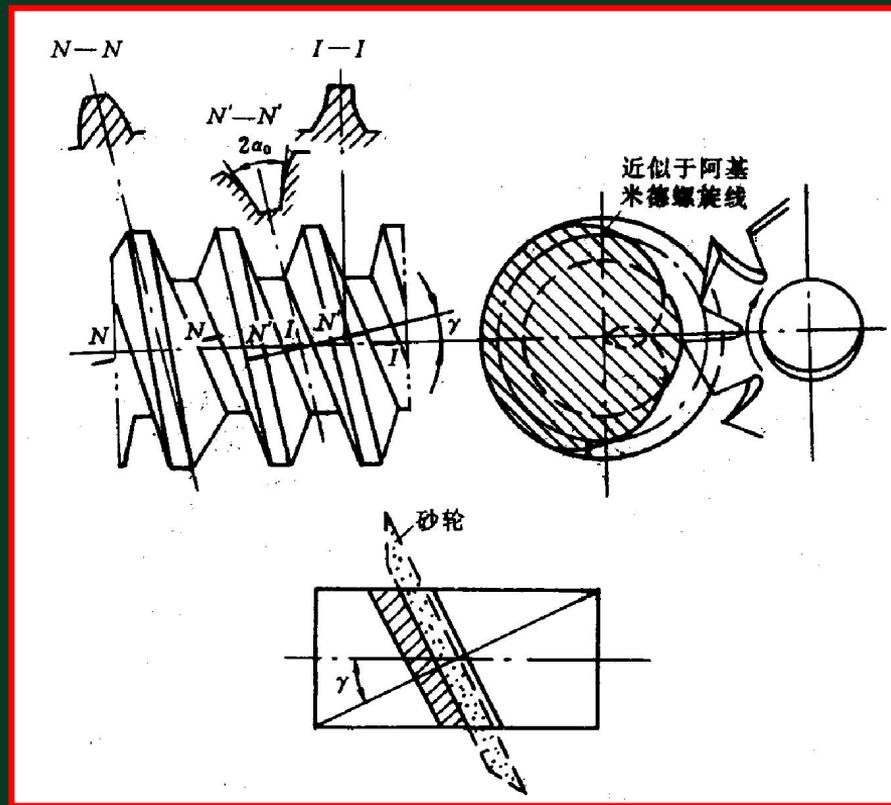
蜗杆齿廓：横截面：渐开线  $\beta=8^\circ\sim 45^\circ$

在线开放课程



## 二、蜗杆传动的类型

### d. 锥面包络圆柱蜗杆(ZK)



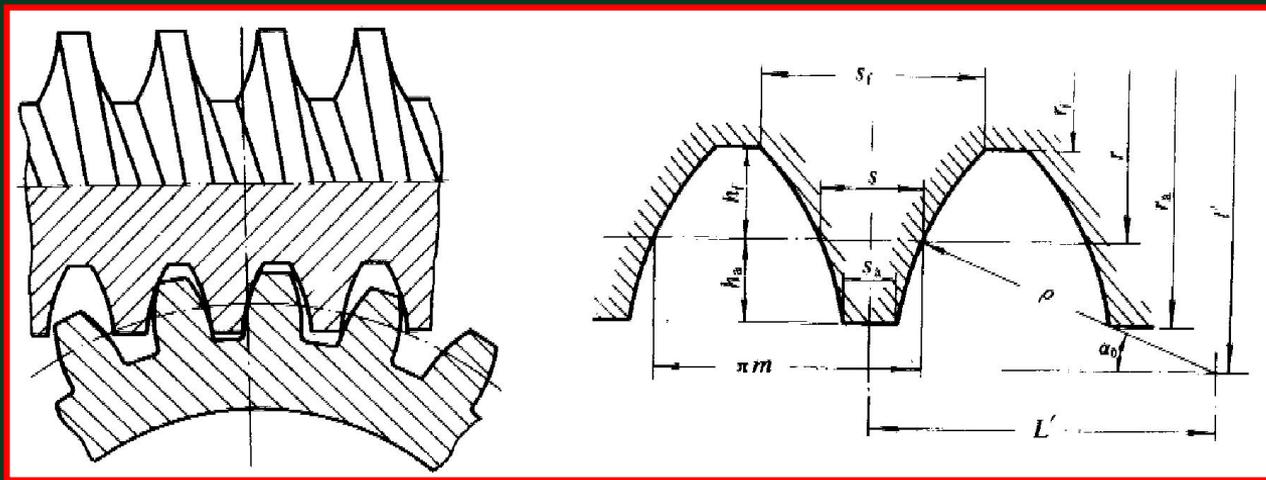
## 二、蜗杆传动的类型

### (2) 圆弧圆柱蜗杆传动(ZC)

中间平面中

蜗杆齿廓：凹圆弧

蜗轮齿廓：凸圆弧

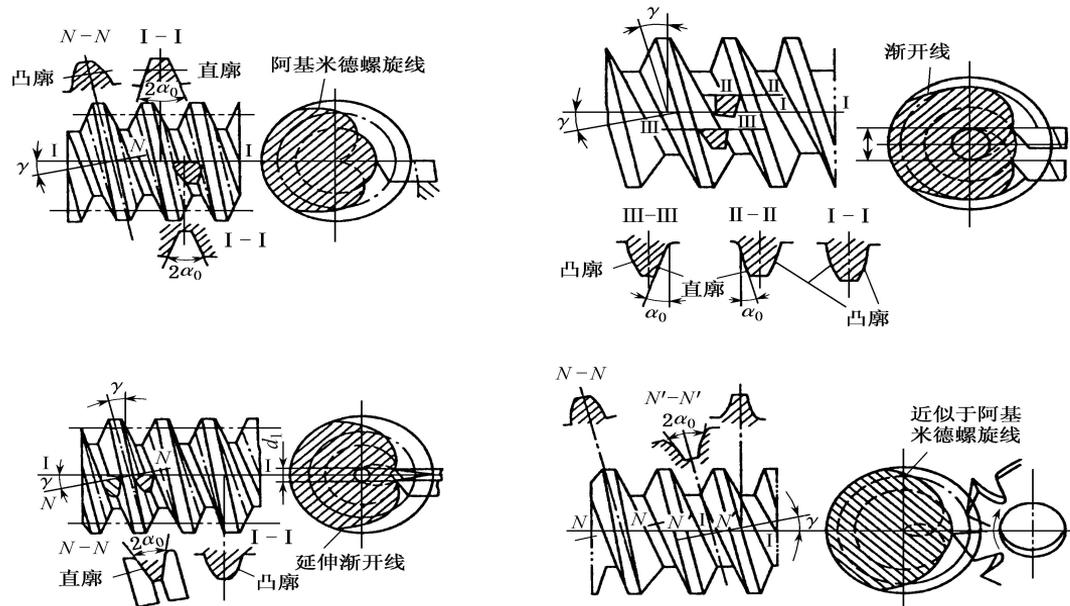


### 2. 环面蜗杆传动

中间平面中：蜗杆、蜗轮为直线齿廓

## 二、蜗杆传动的类型

★主要是刀具的加工时的位置、装夹角度、刀具形状、刀具的种类等不同而形成了不同类型的蜗杆传动。



### 三、精度等级的选择



在线开放课程

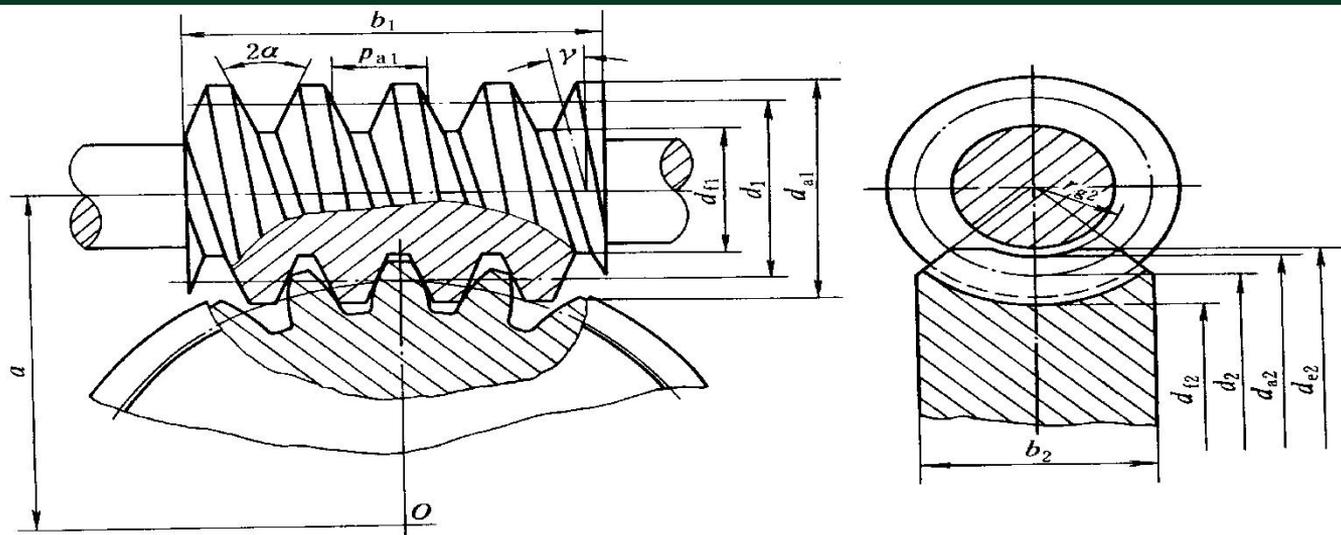
蜗杆的制造：蜗杆可以在车床上切制，也可在特种铣床上用圆盘铣刀或指形铣刀铣制。为了保证正确的啮合，蜗轮要用与蜗杆同样大小的滚刀来切制。

蜗杆的等级选择：由于蜗杆传动啮合轮齿的刚度较齿轮传动大，所以制造等级对它的影响比齿轮传动的更显著。

蜗杆传动规定了12个精度等级，对于动力传动要按照6~9级精度制造。对于测量、分度等要求运动精度高的传动要按照5级或5级以上的精度制造。

# 四、蜗杆传动的基本参数

## 基本齿廓



垂直于蜗轮轴线且通过蜗杆轴线的平面，称为中间平面。在中间平面内蜗杆与蜗轮的啮合就相当于渐开线齿条与齿轮的啮合，只是顶隙 $c=0.2m$ （必要时 $0.15m < c \leq 0.35m$ ），齿根圆半径 $\rho_f$ 等于 $0.3m$ （必要时 $0.2m \leq \rho_f \leq 0.4m$ ）。

## 四、蜗杆传动的基本参数

模数 $m$

因为蜗杆的轴向齿距 $p_a$ 应与蜗轮端面齿距 $p_t$ 相等，

故蜗杆的轴向模数 $m_a$ 应与蜗轮的端面模数 $m_t$ 相等。

$$m_{a1} = m_{t2} = m \quad (\text{标准值})$$

一般模数取 $m = 1 \sim 25\text{mm}$ 的模数值。

## 四、蜗杆传动的基本参数



在线开放课程

### 压力角 $\alpha$

通常刀具基准齿形的压力角  $\alpha = 20^\circ$ 。阿基米德蜗杆在过蜗杆轴线的平面上，渐开线蜗杆在切于基圆柱且与蜗杆轴线平行的平面上，轴向压力角  $\alpha_{a1} = \alpha = 20^\circ$ ；对于法向直廓蜗杆，法向齿形角  $\alpha_{n1} = \alpha = 20^\circ$ 。

$$\alpha_{a1} = \alpha_{t2} = \alpha \quad (\text{标准值 } 20^\circ)$$

## 四、蜗杆传动的基本参数

### 2. 蜗杆分度圆直径 $d_1$ 和直径系数 $q$

$$d_1 = m q$$



注意： $d_1 \neq m z_1$

引入直径系数 $q$ 的目的？限制滚刀数目及便于滚刀的标准。化。

## 四、蜗杆传动的基本参数



在线开放课程

### 蜗杆直径系数 $q$

$$q = d_1 / m$$

因 $d_1$ 和 $m$ 均为标准值，故 $q$ 为导出值，不一定是整数。对于动力蜗杆传动， $q$ 值均为7~18；对于分度蜗杆传动， $q$ 值约为16~30。

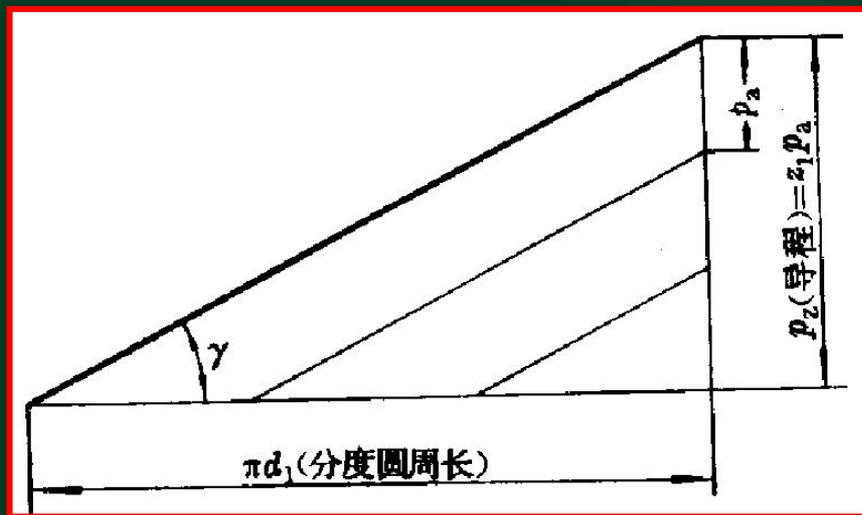
## 四、蜗杆传动的基本参数

蜗杆导程角  $\gamma$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{p_a z_1}{\pi d_1} = \frac{z_1 \pi m}{\pi d_1} = \frac{z_1}{q}$$

式中， $p_a$ ——蜗杆轴向齿距； $z_1$ ——蜗杆系数。

$\gamma$ 角的范围为 $3.5 \sim 35$ 度，其越大传动效率越高。一般认为，当 $\gamma$ 小于或等于 $3$ 度 $40$ 秒时，蜗杆传动具有自锁性。但实际工作中，蜗杆传动的自锁性还和蜗杆支承轴承有关。要求传动效率较高时，常取导程角为 $15 \sim 30$ 度，此时常采用非阿基米德蜗杆。



## 四、蜗杆传动的基本参数

### 蜗杆头数 $z_1$ 、蜗轮齿数 $z_2$

蜗杆头数少，易于得到大传动比，但导程角小，效率低，发热多，故重载不宜采用单头蜗杆。要求反向自锁时头数取1。蜗杆头数多，效率高，但导程角大，制造困难。

常用的蜗杆头为 $Z_1=1、2、4、6$ 。

蜗轮齿数： $z_2 = uz_1$ 。传递动力时，为增加传动平稳性，蜗轮齿数宜取多些，不少于28。齿数越多，蜗轮尺寸越大，蜗杆轴越长且刚度越小，故齿数不宜多于100，一般取 $32\sim 80$ 齿。 $z_2$ 和 $z_1$ 间最好避免有公因数，以利于均匀磨损。当蜗轮齿数大于30时，至少要有两对齿同时啮合，有利于传动趋于稳定。

## 四、蜗杆传动的基本参数

传动比*i*、齿数比*u*

$$\left. \begin{aligned} i &= \frac{n_1}{n_2} \\ u &= \frac{z_2}{z_1} \end{aligned} \right\}$$

式中， $n_1$ 、 $n_2$ ——蜗杆、蜗轮的转速，r/min。上式用于减速传动比，蜗杆主动；下式可用于减速或增速，齿数比不变。应当指出：蜗杆传动的传动比不等于蜗轮、蜗杆的直径比。

蜗杆传动减速装置，传动比的公称值为：5 7.5 10 12.5 15 20 25 30 40 50 60 70 80。其中，10、20、40、80为基本传动比，应优先选用。

## 四、蜗杆传动的基本参数

中心距  $a$

$$a = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) = \frac{1}{2}m(q + z_2)$$

**注意**

$$a = \frac{1}{2}m(q + z_2) \neq \frac{1}{2}m(z_1 + z_2)$$

圆柱蜗杆传动装置的中心距 $a$  (单位 $mm$ ) 一般按下列数值选取:

40    50    63    80    100    125    160    (180)    200  
(225)   250    (280)   315    (355)   400    (450)    500

宜优先选用未带括号的数字。大于500mm时,可按R20优先数系选用(R20)为公比 $\sqrt[20]{10}$ 的级数。

# 四、蜗杆传动的基本参数

## 变位系数

蜗杆传动的变位方式和齿轮传动相同，也是在切削时把刀具移位。但在蜗杆传动中，蜗杆相当于齿条，蜗轮相当于齿轮，所以被变位的只是蜗轮尺寸，蜗杆尺寸保持不变。

变位目的	配凑中心距 配凑传动比 提高传动能力或效率
变位特点	蜗杆尺寸不变，只对蜗轮变位
原因	避免滚刀尺寸变化

## 四、蜗杆传动的的基本参数

变位前

$$d_1 = mq \quad : \quad d_2 = mz_2$$

$$a = \frac{1}{2} m (q + z_2)$$

变位后

$$d'_1 = m(q + 2x_2) \quad : \quad d'_2 = mz'_2$$

$$a' = \frac{1}{2} m (q + z'_2) + x_2 m$$

变位后蜗轮的分度圆与节圆仍旧重合 $d_2 = d'_2 = m * z_2$ 或 $d_2 = d'_2 = m * z'_2$ ，  
但蜗杆在中间平面上的节线有所改变，不再与分度线重合 $d'_1 = m * (q + 2x_2)$ （及当 $x_2 \neq 0$ 时 $d_1 \neq d'_1$ ）。

## 四、蜗杆传动的基本参数

(1)若凑中心距：变位前后齿数不变，即  $z'_2 = z_2$

$$a' = \frac{1}{2}m(q + z_2) + x_2m = a + x_2m \quad : \quad x_2 = \frac{a' - a}{m}$$

(2)若凑传动比：变位前后中心距不变，即  $a' = a$

$$a' = \frac{1}{2}m(q + z'_2) + x_2m = \frac{1}{2}m(q + z_2) \quad : \quad x_2 = \frac{z_2 - z'_2}{2}$$

几何尺寸计算(见课本p246表11-3)

- 1、特点和应用
- 2、蜗杆传动的类型
- 3、蜗杆传动的精度等级
- 4、蜗杆传动的的基本参数