

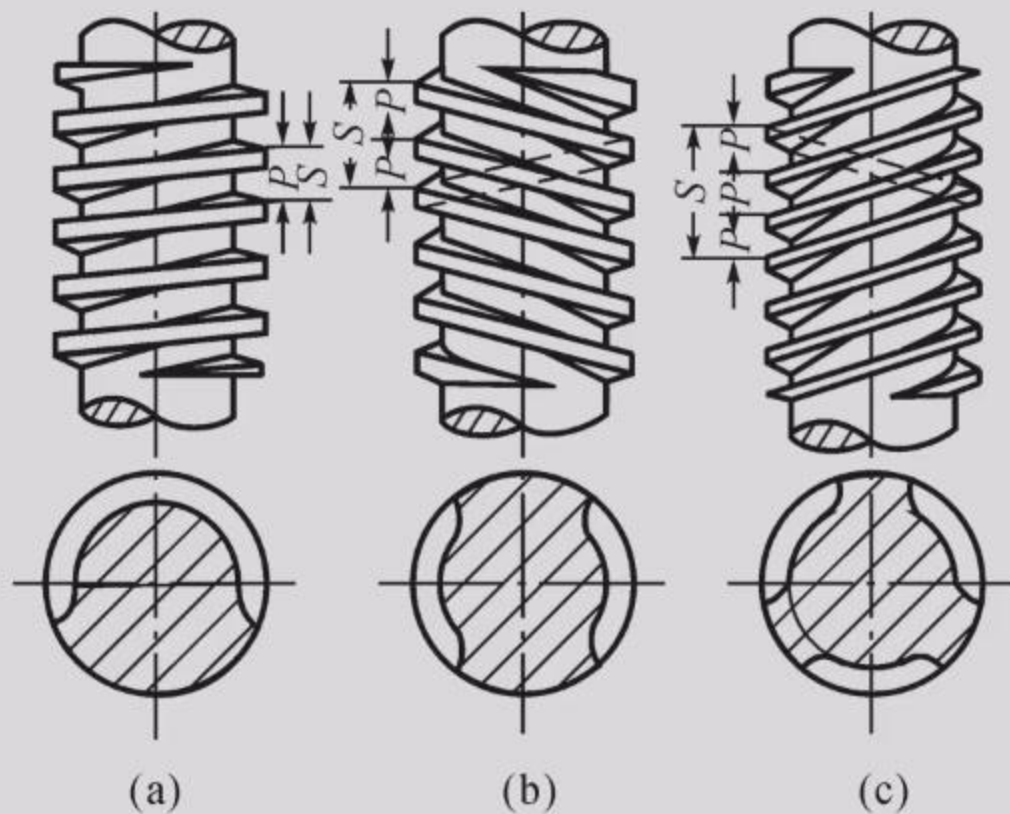
螺旋传动

1. 螺纹的分类

螺纹有外螺纹与内螺纹之分，它们共同组成螺旋副。

根据螺旋线绕行方向可分为：左旋、右旋。

按线数可分为：单线、双线、三线螺纹。



2. 普通螺纹的主要参数

大径 d —即螺纹的公称直径。

小径 d_1 —常用于联接的强度计算。

中径 d_2 —常用于联接的几何计算。

螺距 P —螺纹相邻两个牙型上对应点间的轴向距离。

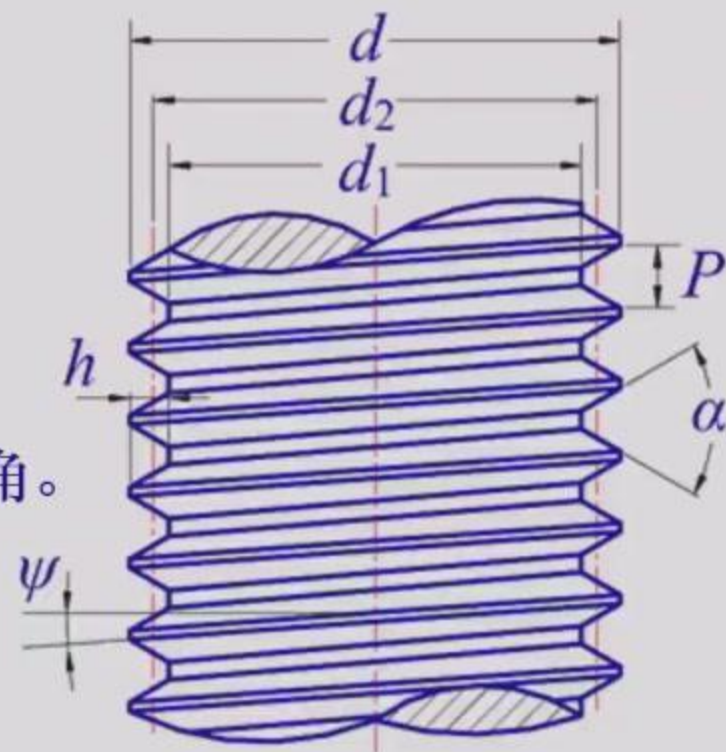
牙型角 α —螺纹轴向截面内，螺纹牙型两侧边的夹角。

升角 ψ —螺旋线的切线与垂直于螺纹轴线的平面间的夹角。

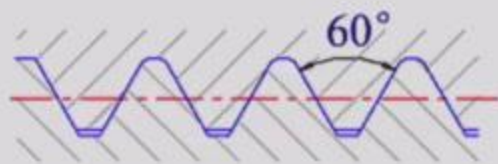
线数 n —螺纹的螺旋线数目。

导程 S —螺纹上任一点沿同一条螺旋线转一周所移动的轴向距离， $S=nP$ 。

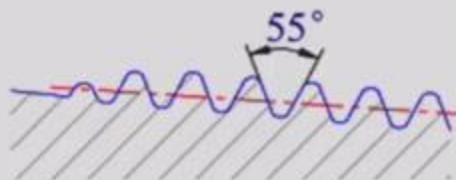
升角 ψ 的计算式为：
$$\psi = \arctan \frac{S}{\pi d_2} = \arctan \frac{nP}{\pi d_2}$$



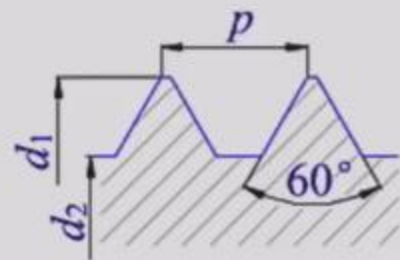
螺纹的分类：按工作性质分为连接用螺纹和传动用螺纹。



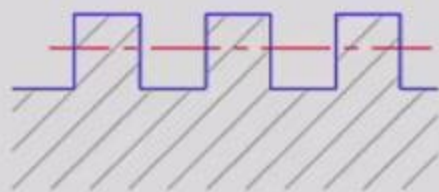
普通螺纹



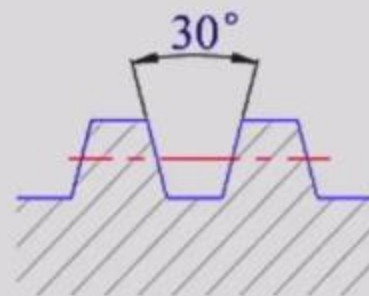
管螺纹



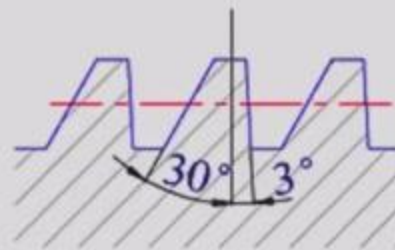
自攻螺钉用螺纹



矩形螺纹



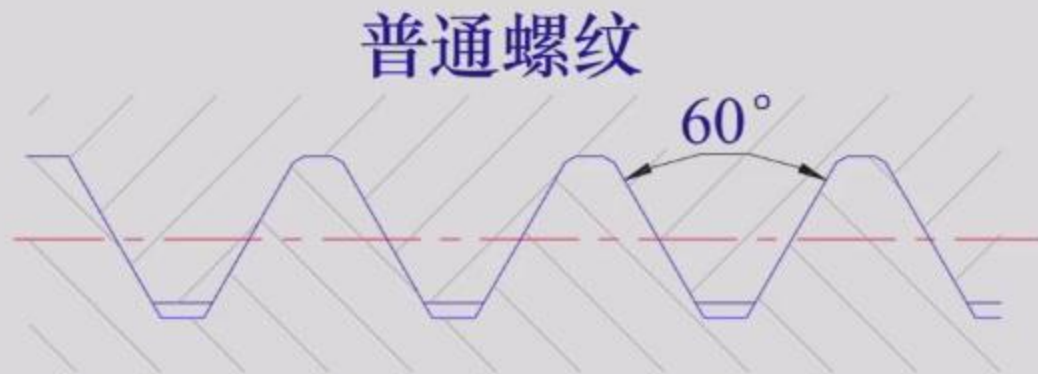
梯形螺纹



锯齿形螺纹

连接用螺纹的当量摩擦角较大，有利于实现可靠联接；
传动用螺纹的当量摩擦角较小，有利于提高传动的效率。

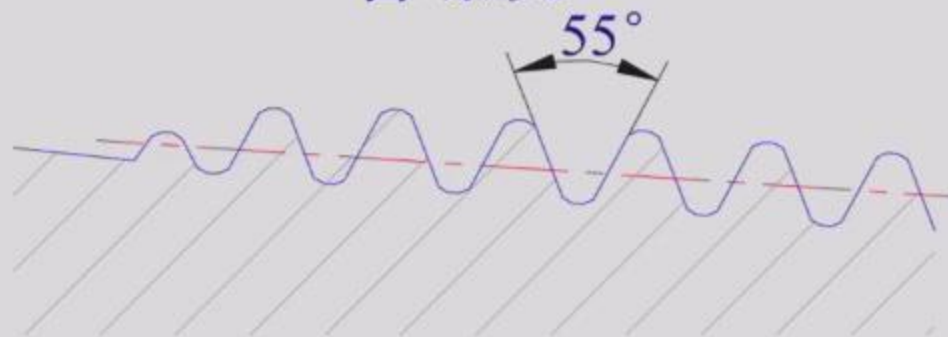
3.螺纹的分类:



牙型为等边三角形，牙型角为 60° 。同一公称直径按螺距大小，分为粗牙和细牙。细牙螺纹的螺距小，升角小，自锁性好，联接强度高，因牙细不耐磨，容易滑扣。

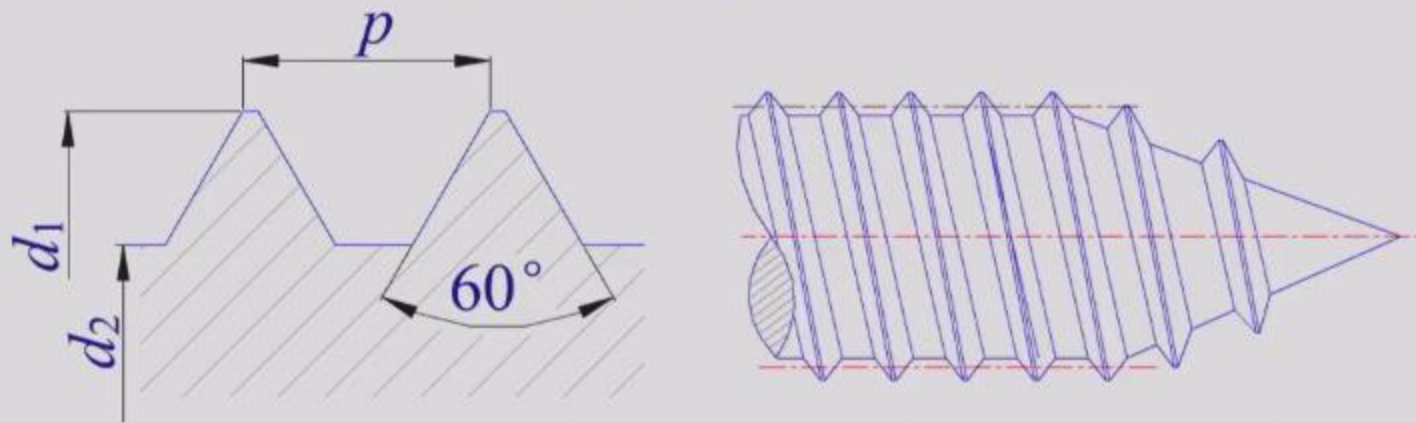
一般联接多用粗牙螺纹。

管螺纹



牙型角 $\alpha=55^\circ$ ，牙顶有较大的圆角，螺纹分布在圆锥管壁上。螺纹旋合后，利用本身的变形就可以保证联接的紧密性，不需要任何填料。适用于管子、管接头、旋塞、阀门和其它螺纹联接的附件。

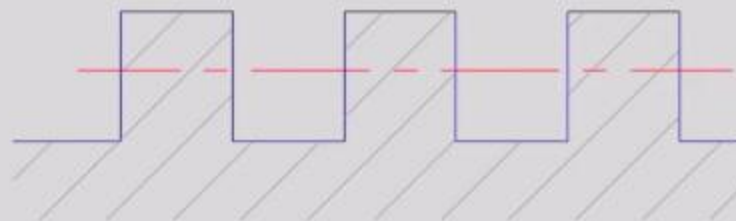
自攻螺钉用螺纹



自攻螺钉用螺纹主要用于金属薄板的联接。

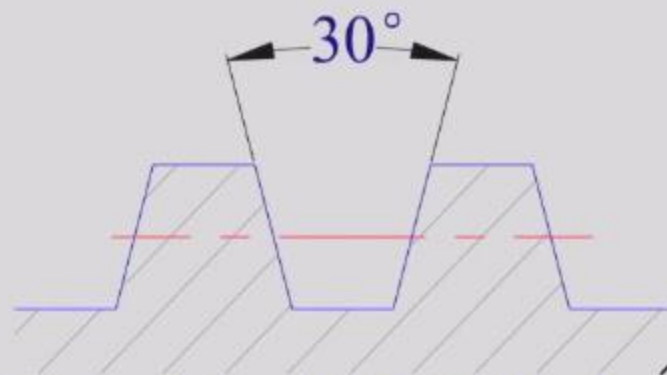
自攻螺钉用螺纹的牙型角为 60° ，与相同规格的普通螺纹相比，其牙顶较窄，螺距较大。

矩形螺纹



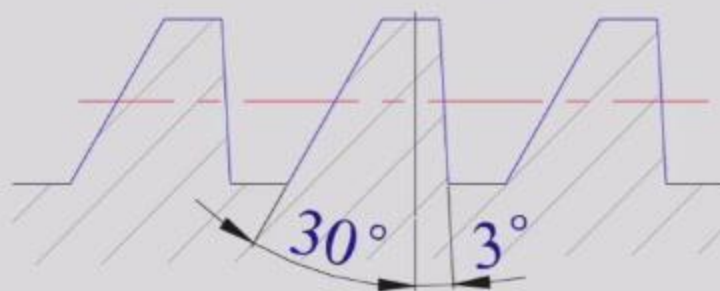
牙型角 $\alpha=0^\circ$ 的正方形，其传动效率较其它螺纹高，但牙根强度弱，螺旋副磨损后，间隙难以修复和补偿，传动精度降低。目前尚未标准化，已逐渐被梯形螺纹所代替。

梯形螺纹



牙型角为 $\alpha=30^\circ$ 的等腰梯形。与矩形螺纹相比，传动效率略低，但工艺性好，牙根强度高，对中性好。如用剖分螺母，还可以调整间隙。梯形螺纹是最常用的传动螺纹。

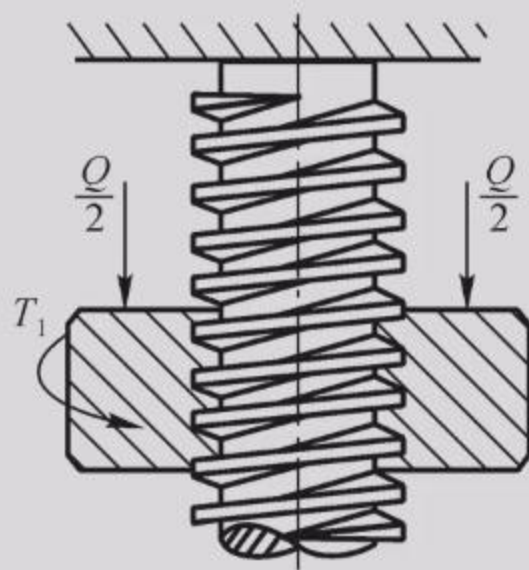
锯齿形螺纹



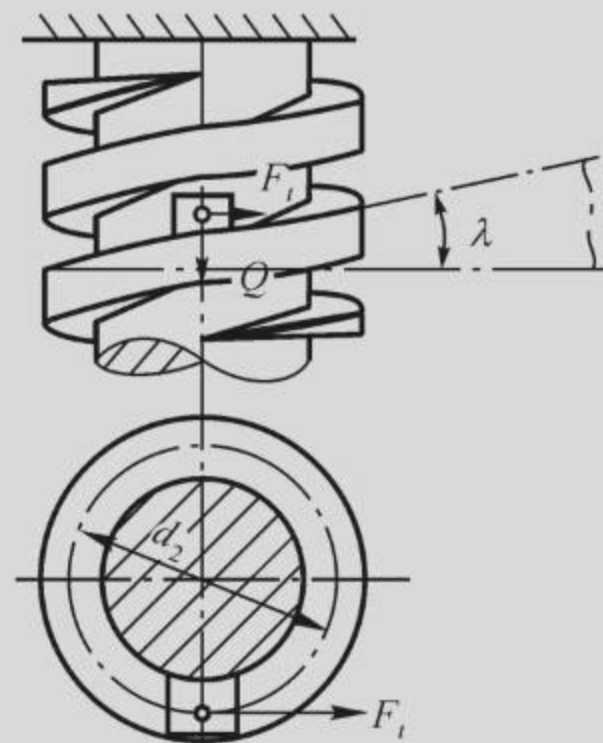
牙型为不等腰梯形，工作面的牙侧角为 3° ，非工作面的牙侧角为 30° 。这种螺纹兼有矩形螺纹传动效率高、梯形螺纹牙根强度高的特点，但只能用于单向受力的螺纹联接或螺旋传动中。

4.螺旋副的受力、效率和自锁

1.矩形螺旋副



(a)



(b)

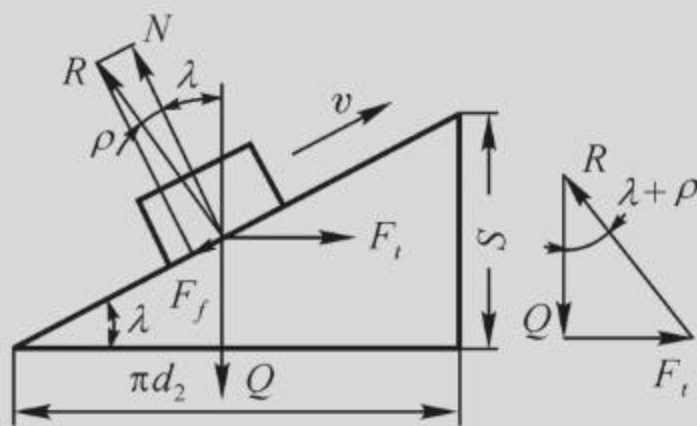
当滑块沿斜面等速上滑时

$$\tan \rho = F_f / N = fN / N = f \quad \rho = \arctan f$$

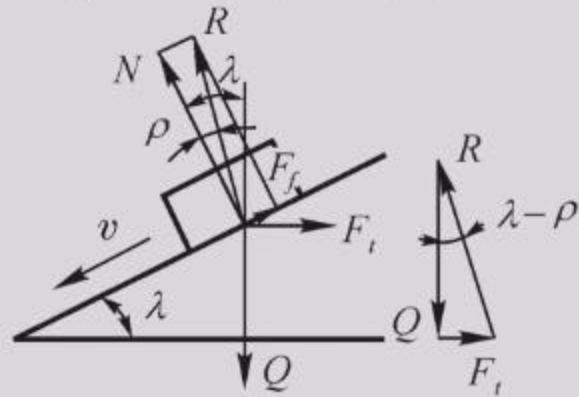
ρ 称为摩擦角。根据作用在其上的三个力 F_t 、 Q 、 R 的平衡条件，作出封闭力三角形得： $F_t = Q \tan(\lambda + \rho)$

螺旋副效率为：

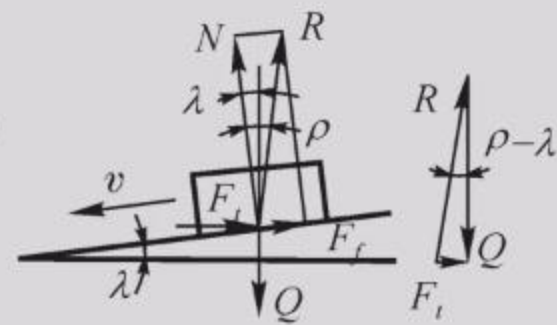
$$\eta = \frac{Q \cdot S}{F_t \pi d_2} = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho)}$$



(a)



(b)



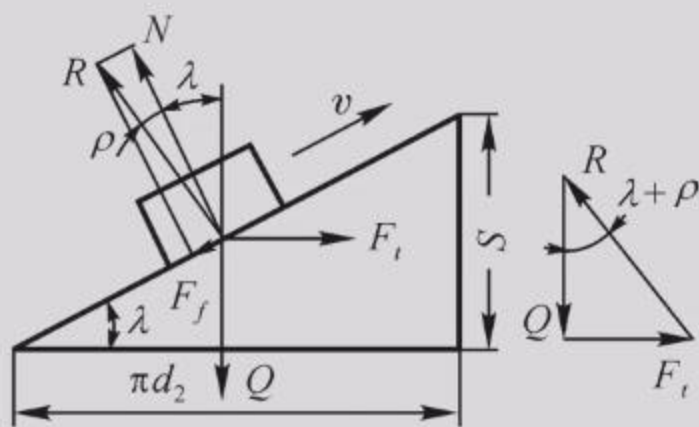
(c)

当滑块沿斜面等速下滑时

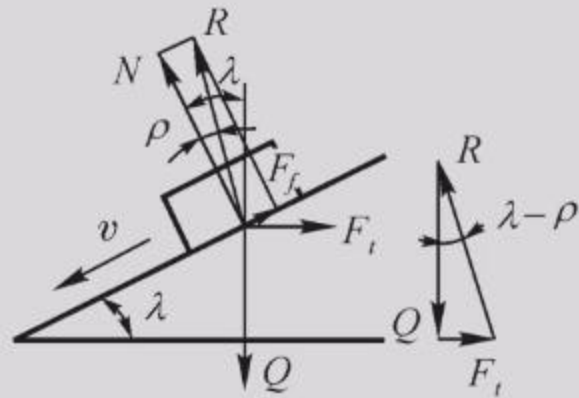
根据作用在其上的三个力 F_t 、 Q 、 R 的平衡条件，作出封闭力

三角形得：
$$F_t = Q \tan(\lambda - \rho)$$

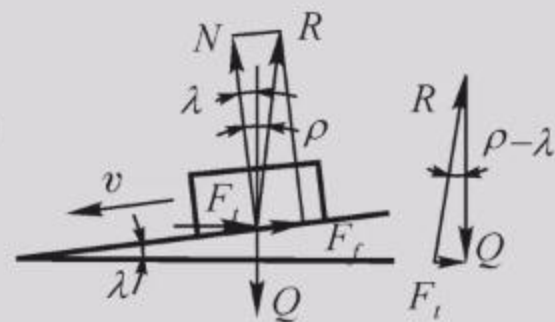
螺旋副的自锁条件：
$$\lambda < \rho$$



(a)



(b)



(c)

矩形螺旋副 $F_f = f \times Q$

非矩形螺旋副 $F'_f = f \times N = f \times Q \cos \gamma = \frac{f}{\cos \gamma} \times Q$

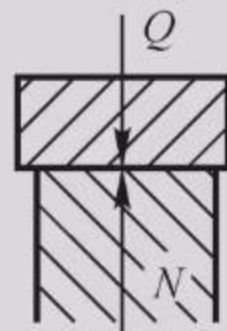
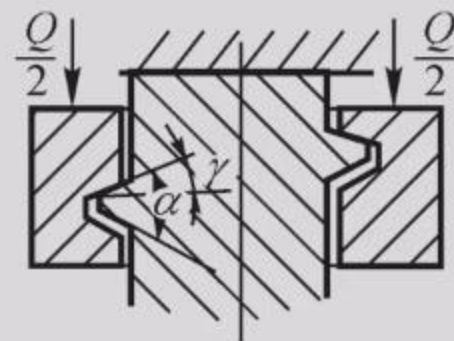
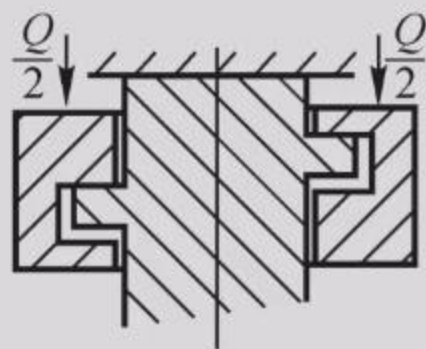
$$f_v = \frac{f}{\cos \gamma} \quad \text{当量摩擦因数}$$

其相应的摩擦角 ρ_v 称为当量摩擦角

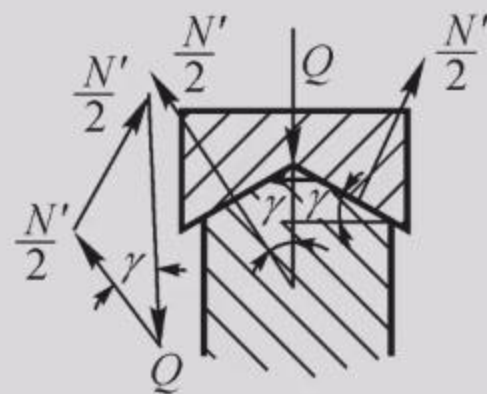
$$\rho_v = \arctan f_v = \arctan \frac{f}{\cos \gamma}$$

非矩形螺旋副的自锁条件:

$$\lambda < \rho_v$$



(a)



(b)

螺旋传动的类型和应用

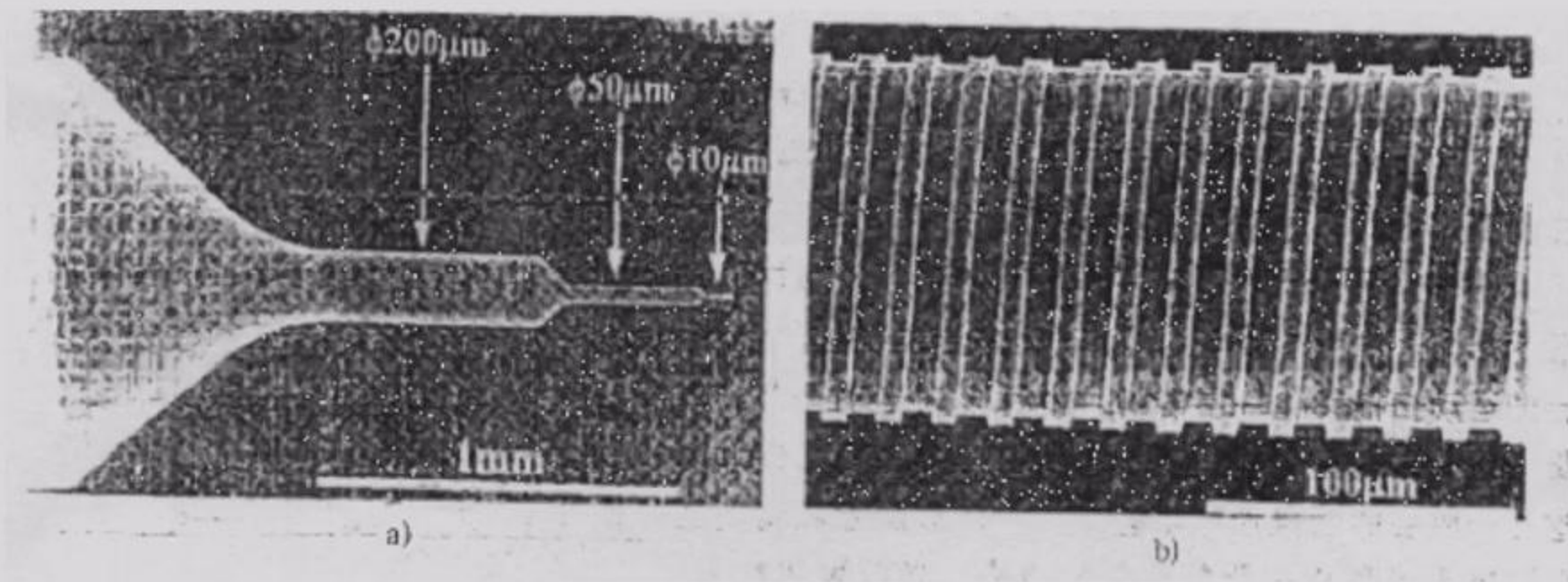
螺旋传动是应用螺旋(或称螺杆)和螺母来实现将旋转运动转变成直线运动的，螺杆和螺母间的相对位移量 l 和相对转角 $\varphi(\text{rad})$ 有以下关系：

$$l = \frac{S}{2\pi} \varphi = \frac{nP}{2\pi} \varphi$$

式中：S 为导程；P 为螺矩；n 为螺纹线数。

螺旋传动按其机械中的作用可分为：

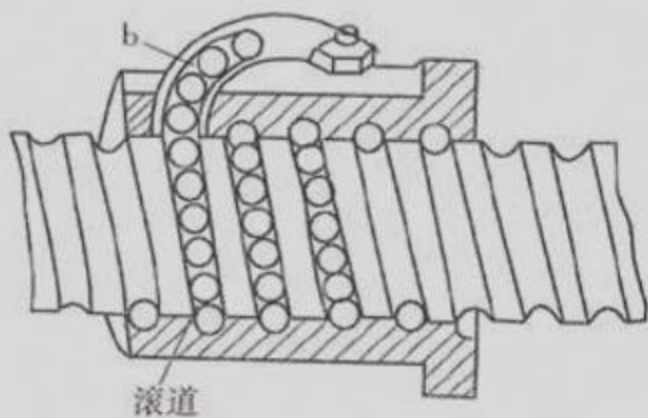
- 1) 传力螺旋传动
- 2) 传导螺旋传动
- 3) 调整螺旋传动



螺旋传动按其螺旋副摩擦性质的不同，又可分为：

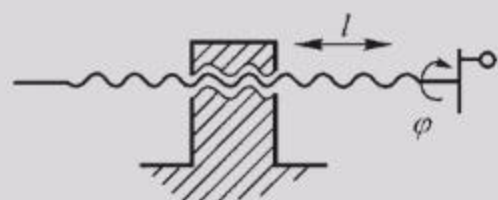
- ✓ 滑动螺旋
- ✓ 滚动螺旋
- ✓ 静压螺旋

滚珠螺旋传动

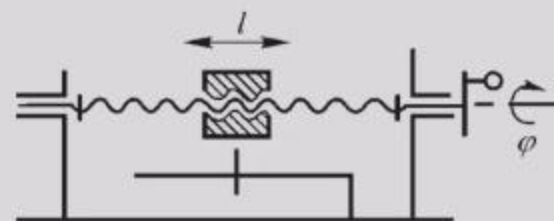


螺旋传动根据螺杆与螺母相对运动的组合情况，有四种基本的传动形式：

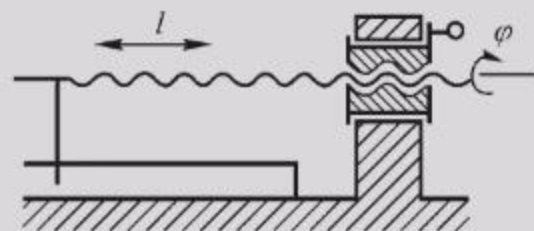
- 1) 螺母固定，螺杆转动并移动(图a)。
- 2) 螺杆转动，螺母移动(图b)。
- 3) 螺母转动，螺杆移动(图c)。
- 4) 螺杆固定，螺母转动并移动(图d)。



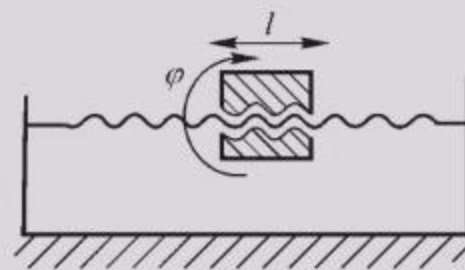
(a)



(b)

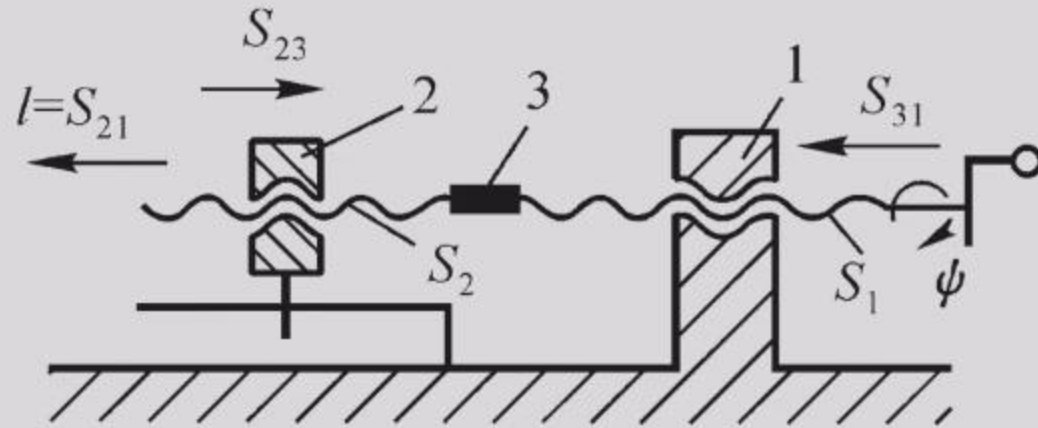


(c)



(d)

差动螺旋



旋向相同:
$$l = (S_1 - S_2) \frac{\varphi}{2\pi}$$

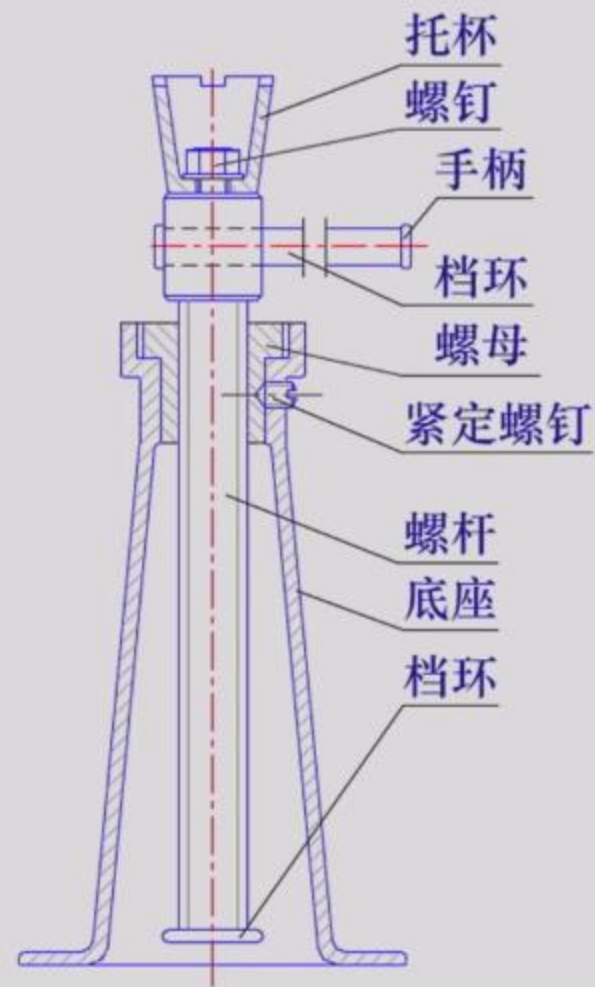
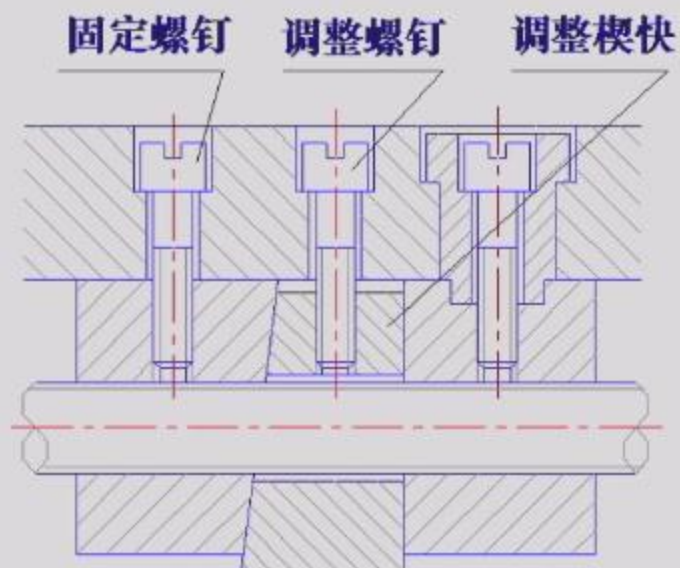
旋向相反:
$$l = (S_1 + S_2) \frac{\varphi}{2\pi}$$

滑动螺旋的结构和材料

1. 滑动螺旋的结构

滑动螺旋的结构主要是指螺杆、螺母的固定和支承的结构形式。螺旋传动的工作刚度与精度等和支承结构有直接关系。

螺母结构: 整体螺母 组合螺母 剖分螺母



2. 滑动螺旋的材料

螺杆的材料要有足够的强度和耐磨性。螺母的材料除了要有足够的强度外，还要求在与螺杆材料相配合时摩擦系数小和耐磨。

螺杆：常用的材料为45、50号钢；对于重要传动，要求耐磨性高，需经热处理获得硬表面时，可选用T12、65Mn、40Cr、40WMn或18CrMnTi等。

螺母：常用的材料为青铜和铸铁。要求较高的情况下，可采用ZCuSn10P1和ZCuSn5Pb5Zn5；重载低速的情况下，可用无锡青铜ZCuAl9Mn2；轻载低速的情况下可用耐磨铸铁或铸铁。

滑动螺旋传动的设计计算

主要失效形式：螺牙的磨损

设计准则：按抗磨损确定直径，选择螺距；

校核螺杆、螺母强度等。

1. 耐磨性计算

滑动螺旋的耐磨性计算，主要是限制螺纹工作面上的压力，其强度条件：

$$p = \frac{Q}{\pi d_2 h Z} = \frac{QP}{\pi d_2 h H} \leq [p]$$

设计公式：令 $\phi = \frac{H}{d_2}$ 则得： $d_2 = \sqrt{\frac{QP}{\pi h \phi [p]}}$

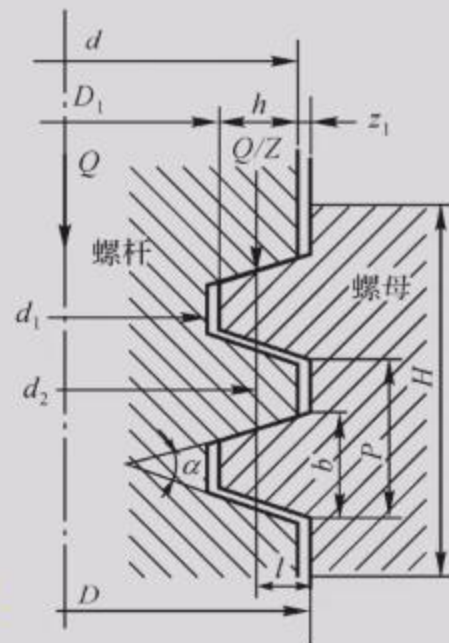
H为螺母高度（旋合长度） $Z = H/P$

式中：螺纹工作高度 $\begin{cases} h = 0.5P & \text{矩形和梯形螺纹} \\ h = 0.75P & \text{30°锯齿形螺纹} \end{cases}$

一般 $\phi = 1.2 \sim 3.5$ 。 ϕ 值越大，螺母越厚，螺纹工作圈数越多。

依据计算出的螺纹中径，按螺纹标准选择合适的直径和螺距。

验算工作圈数： $Z = \frac{H}{P} \leq 10$ 若不满足要求，则增大螺距。



2. 螺杆的强度计算

对于受力比较大的螺杆，需根据第四强度理论求出危险截面的计算应力：

$$\sigma_{ca} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \frac{4}{\pi d_1^2} \sqrt{Q^2 + 3\left(\frac{4T}{d_1}\right)^2}$$

式中， Q 为螺杆所受的轴向压力（或拉力）， T 为螺杆所受的扭矩，

$$T = Q \tan(\lambda + \rho_v) \frac{d_2}{2}$$

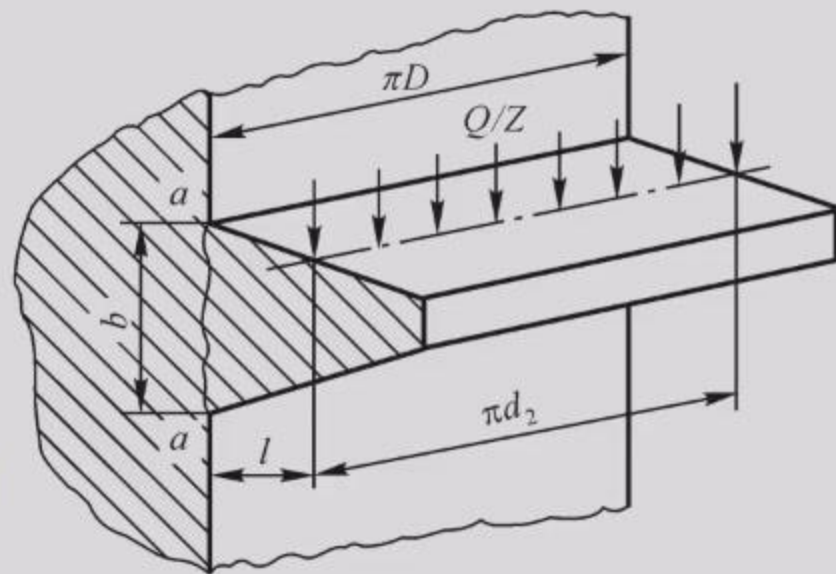
螺杆的强度条件： $\sigma_{ca} \leq [\sigma]$

3. 螺母螺牙的强度计算

螺牙上的平均压力为： Q/Z

其危险截面 $a-a$ 的剪切强度条件和弯曲强度条件分别为：

$$\tau = \frac{Q}{\pi D b Z} \leq [\tau] , \quad \sigma_b = \frac{6Ql}{\pi D b^2 Z} \leq [\sigma_b]$$



4. 螺杆的稳定性计算

对于长径比较大的受压螺杆，需要校核压杆的稳定性，要求螺杆的工作压力 Q 要小于临界载荷 Q_c

$$S_{sc} = \frac{Q_c}{Q} \geq S_s \quad S_s = \begin{cases} 3.5 \sim 5 & \text{传力螺旋} \\ 2.5 \sim 4 & \text{传导螺旋} \\ > 4 & \text{精密螺杆或水平安装} \end{cases}$$

5. 自锁条件计算：

对有自锁性要求的螺旋传动，应校核自锁条件：

$$\lambda \leq \rho_v$$

$$\rho_v = \arctan \frac{f}{\cos \gamma} = \arctan f_v$$

6. 螺母外径与凸缘的强度计算

对于支撑螺母，需要校核螺母本体的强度。

- 1) 考虑螺旋副摩擦力矩的作用，螺母悬置部分危险截面b—b的拉伸强度条件：

$$\sigma = \frac{(1.2 \sim 1.3)F}{\frac{\pi}{4}(D_3^2 - D^2)} \leq [\sigma] \quad \text{其中: } [\sigma] = 0.83[\sigma_b]$$

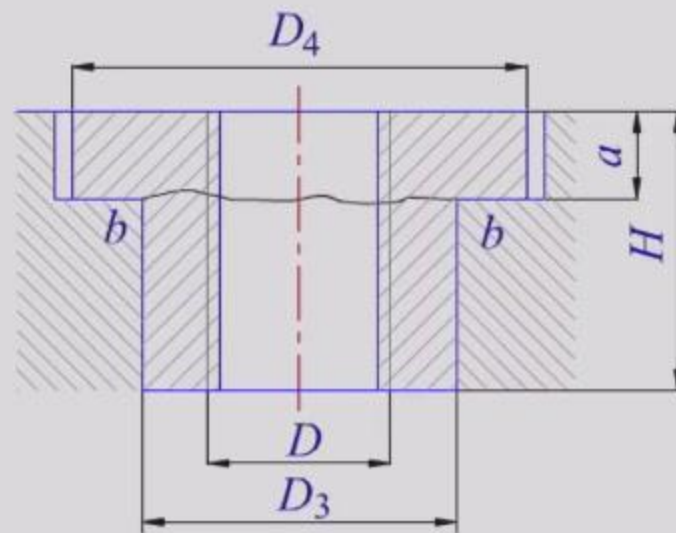
- 2) 凸缘与底座接触表面的挤压强度条件：

$$\sigma_p = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(D_4^2 - D_3^2)} \leq [\sigma_p]$$

$$\text{其中: } [\sigma_p] = (1.5 \sim 1.3)[\sigma_b]$$

- 3) 凸缘根部的弯曲强度条件：

$$\sigma_b = \frac{F(D_4 - D_3)/4}{\pi D_3 a^2 / 6} = \frac{1.5F(D_4 - D_3)}{\pi D_3 a^2} \leq [\sigma_b]$$

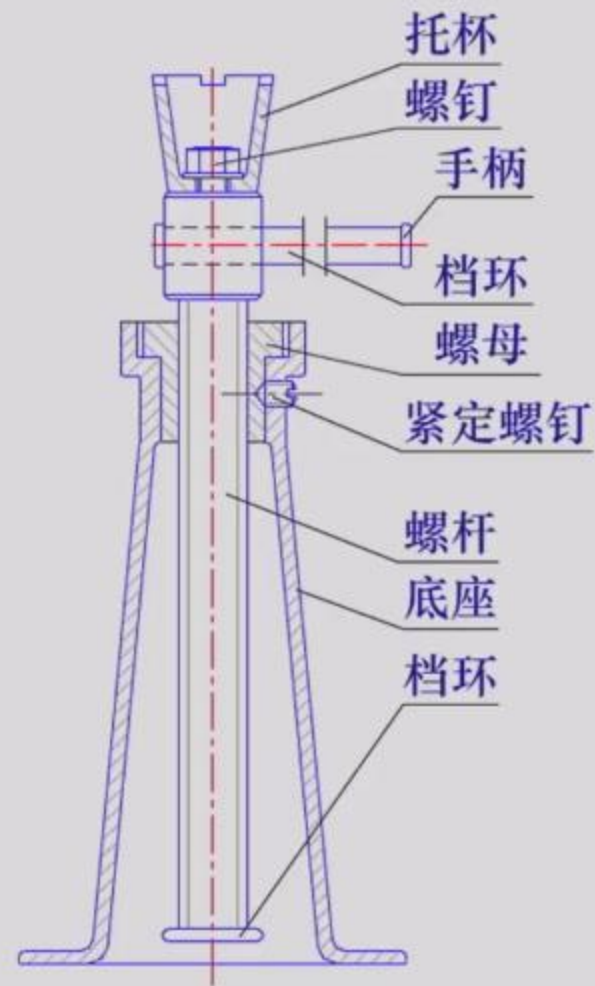
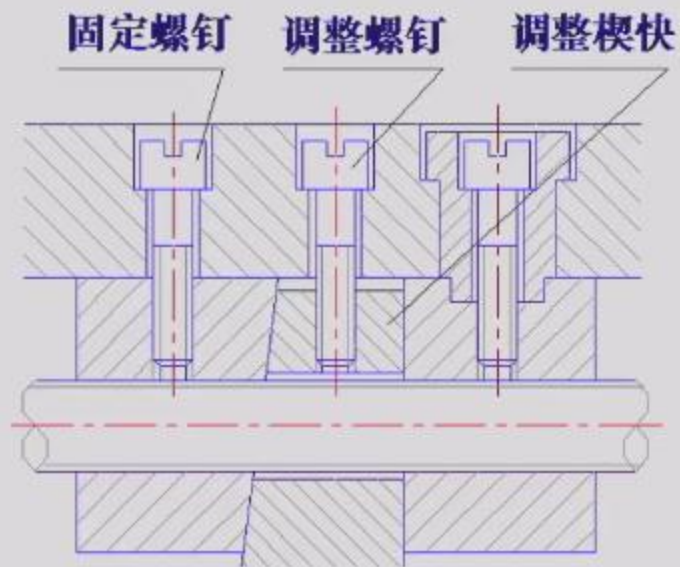


滑动螺旋的结构和材料

1. 滑动螺旋的结构

滑动螺旋的结构主要是指螺杆、螺母的固定和支承的结构形式。螺旋传动的工作刚度与精度等和支承结构有直接关系。

螺母结构: 整体螺母 组合螺母 剖分螺母



题目：螺旋起重器设计

一、设计参数：最大起重量 $Q=20\text{kN}$ 最大升举高度 $L=150\text{mm}$

采用梯形螺纹、单线 GB5796-86

螺杆材料：Q235或45 #；螺母材料：铸铁或青铜

二、设计计算（编写设计说明书）

- 1) 目录
- 2) 题目
- 3) 设计计算
- 4) 参考文献

三、结构设计（装配图）及注意事项

- 1) 螺母内孔端部应有倒角，以便润滑；
- 2) 螺杆螺纹部分应有退刀槽；
- 3) 铸件壁厚大于或等于8mm。

四、提交形式：装配图1张，设计说明书1份。

