

第10章 轴及轴毂连接

- 10.1 轴的功用和类型
- 10.2 轴的材料选择
- 10.3 轴的结构设计
- 10.4 轴的强度及刚度计算
- 10.5 轴毂连接

10.1 轴的功用和类型

功用

支承轴上零件

传递转速和扭矩

分类

按受力

传动轴：只受转矩

心轴：只受弯矩

转轴：既受转矩又受弯矩

分类

按轴线形状

挠性

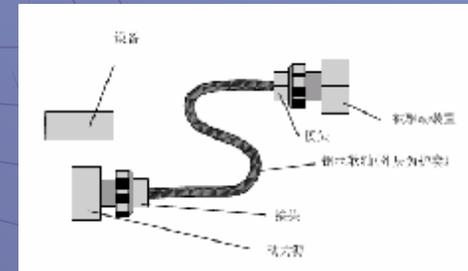
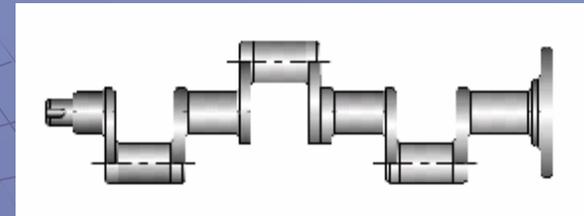
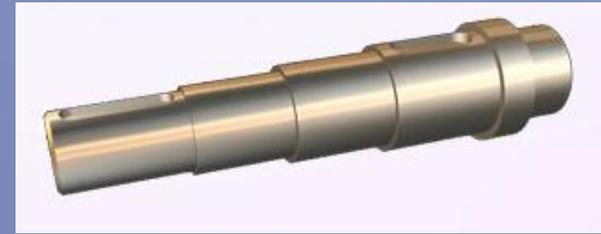
刚性

曲轴

直轴

阶梯轴

光轴



分类

毛坯加工方法：

1. 模锻：曲轴，阶梯大的轴；
2. 自由锻：阶梯小的轴；
3. 轧材：阶梯小、直径小的轴；
4. 铸造：曲轴，阶梯大的轴；
5. 焊接：直径特大而件数很少的轴。

10.2 轴的材料选择

要求：

足够的强度、刚度，一定的韧性；

热处理性能好，加工性能好；

对应力集中敏感性低；

耐磨性、耐腐蚀性及良好的加工性；

合适的价格。

10.2 轴的材料选择

常用材料(P214表10-1)

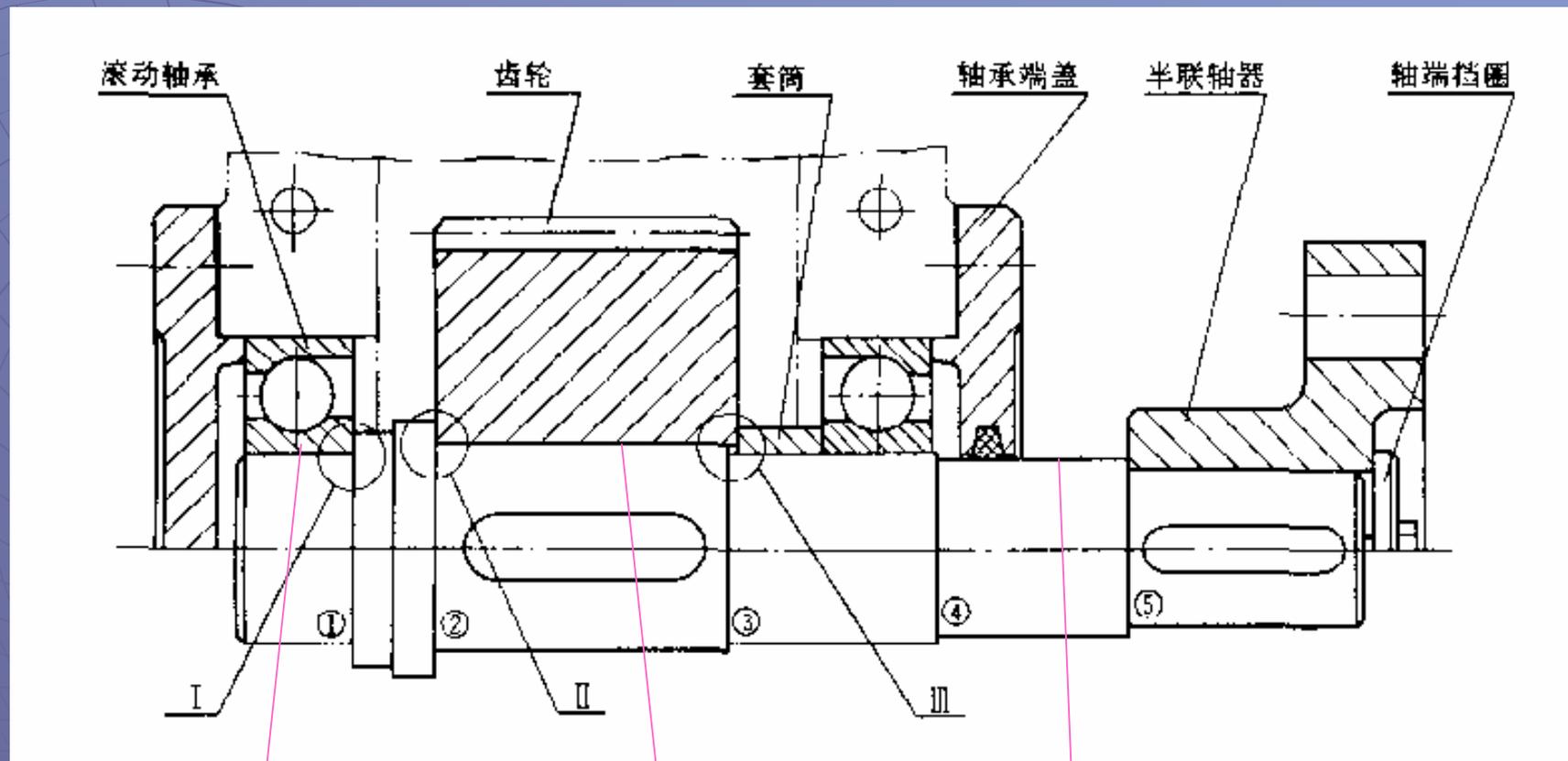
碳钢：机械性能好，价格便宜，对应力集中敏感性低；

合金钢：机械性能好，价格较高，对应力集中敏感性高；

球墨铸铁、高强度铸铁：价格便宜，对应力集中敏感性低，
一些场合可代替碳钢。

10.3 轴的结构设计

轴的结构设计的任务，就是在满足强度、刚度和振动稳定性的基础上，根据轴上零件的定位要求及轴的加工、装配工艺性要求，合理地定出轴的结构形状和全部尺寸。



滚动轴承

齿轮

套筒

轴承端盖

半联轴器

轴端挡圈

轴颈

轴头

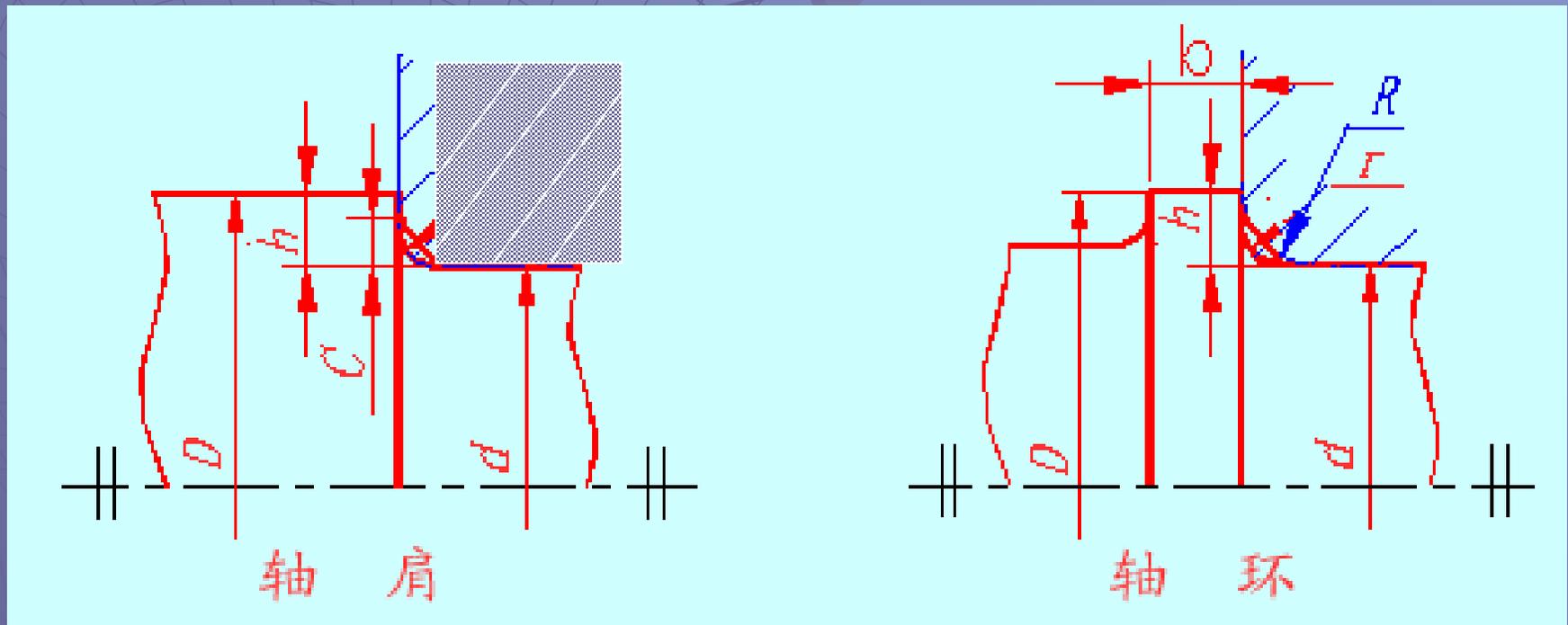
轴身

结构设计主要内容

- 1、轴上零件的轴向定位、固定
- 2、轴上零件的周向定位、固定
- 3、加工、装拆工艺性
- 4、轴的受力状况合理，应力集中小，有利于提高轴的强度和刚度等。

轴肩和轴环

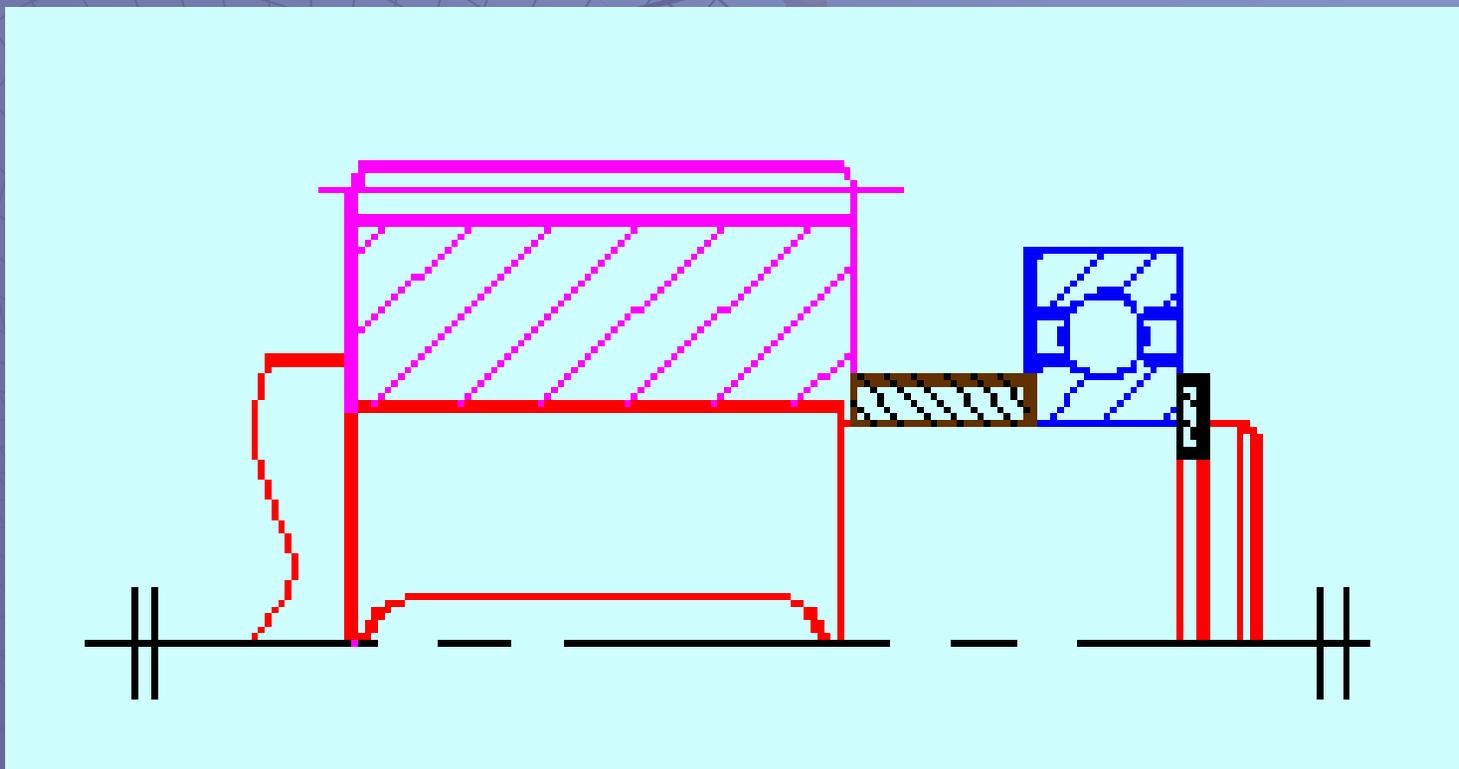
结构简单，定位可靠，可承受较大的轴向力，
但会引起较大的应力集中。



$$C(R) > r \quad h > C(R)$$

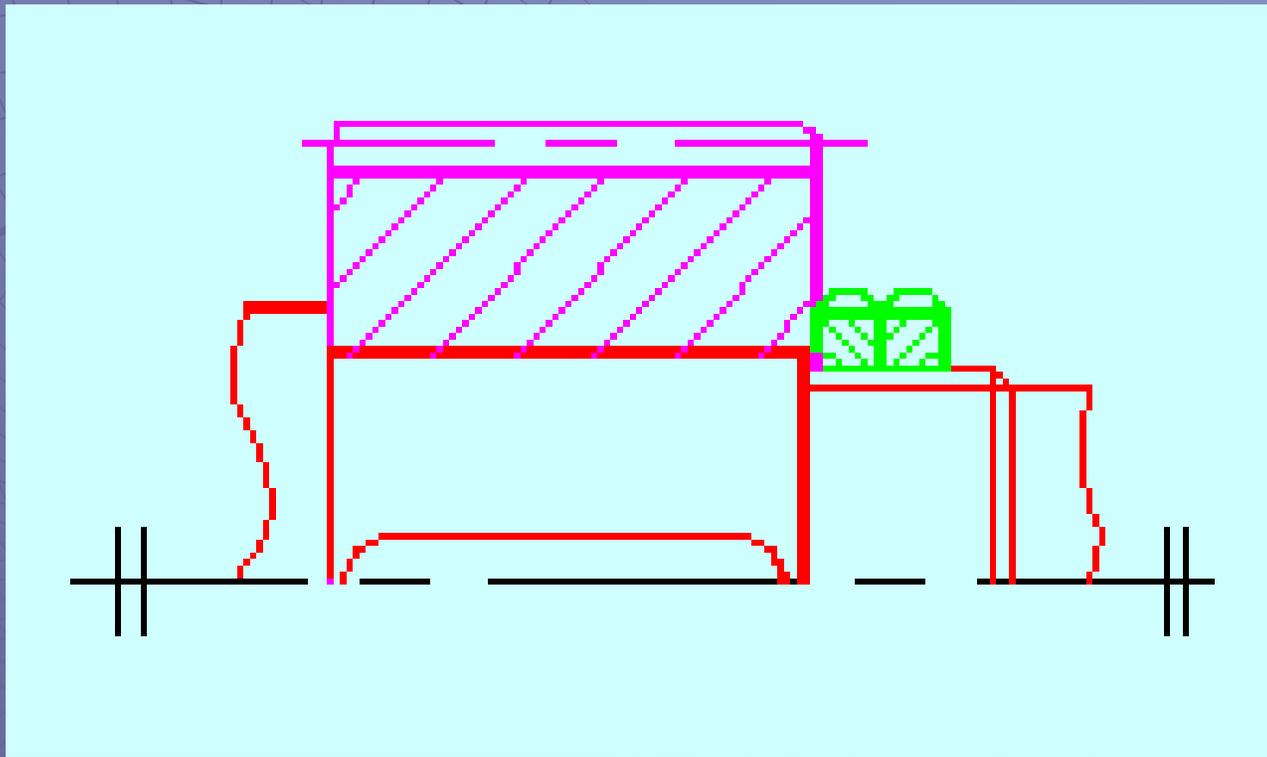
套 筒

用于轴上两零件间相对位置的轴向固定，套筒固定可使轴的结构简化，但不宜太长。



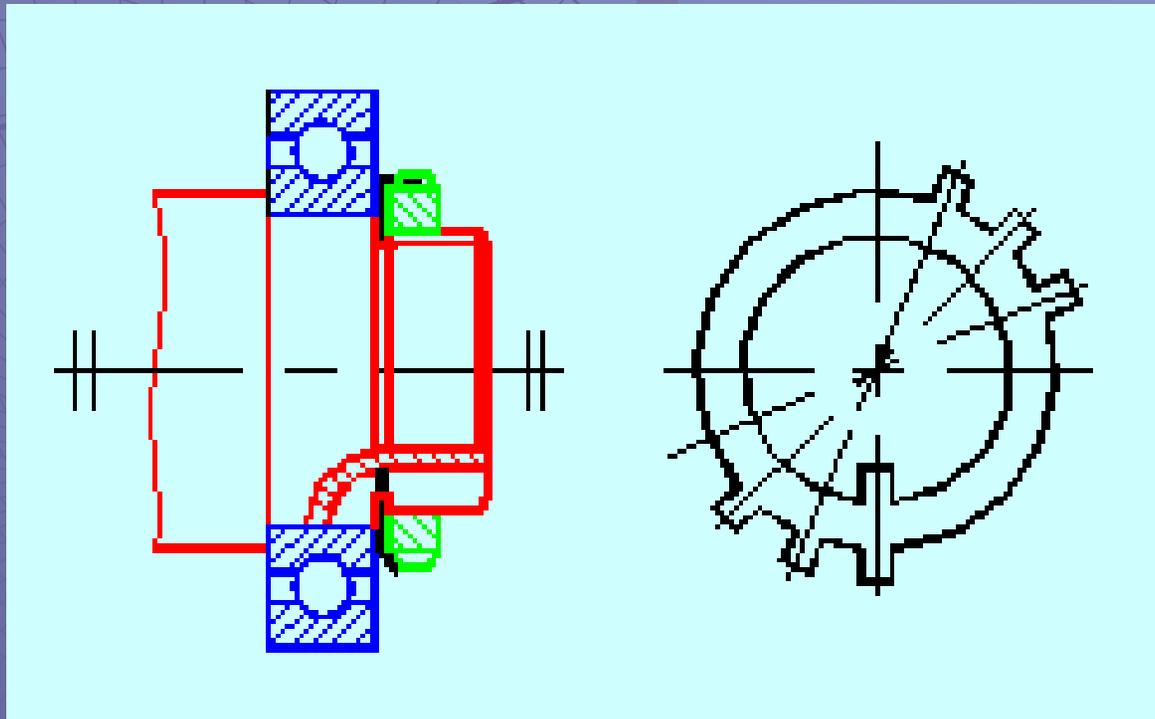
双螺母

用于轴端零件的轴向固定。当轴上零件间距较大不宜用套筒时，也常用圆螺母固定。



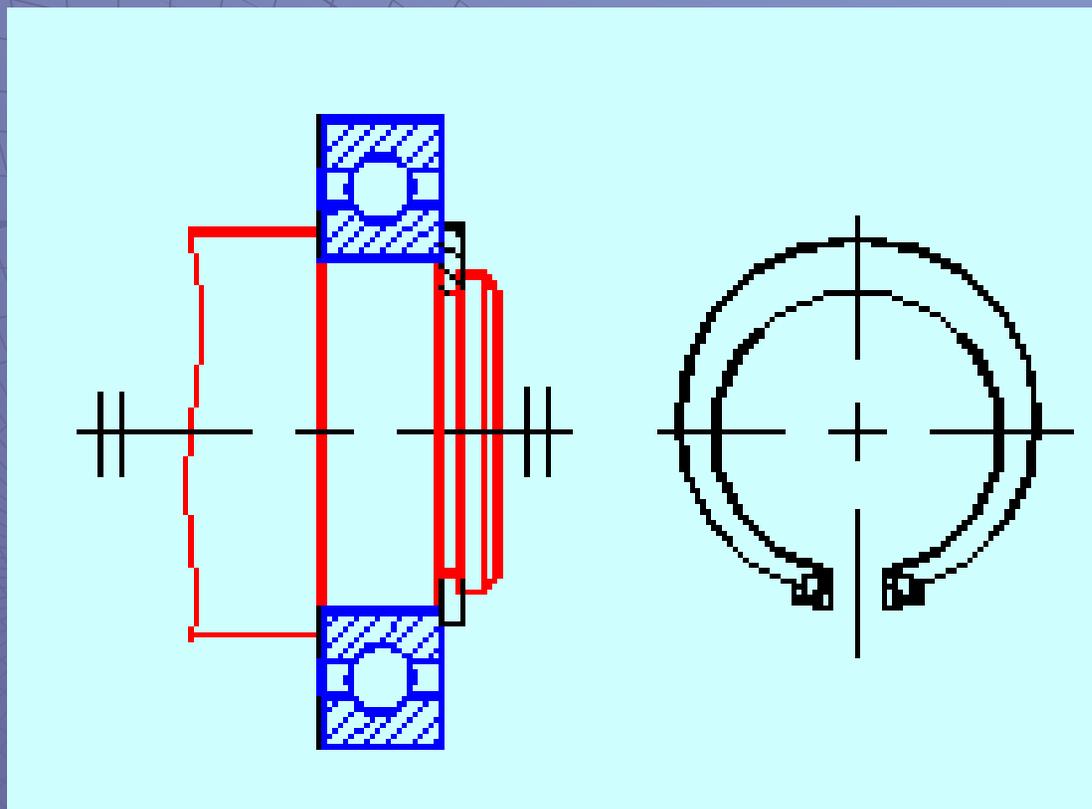
圆螺母加止动垫圈

用于轴端零件的轴向固定。当轴上零件间距较大不宜用套筒时，也常用圆螺母固定。



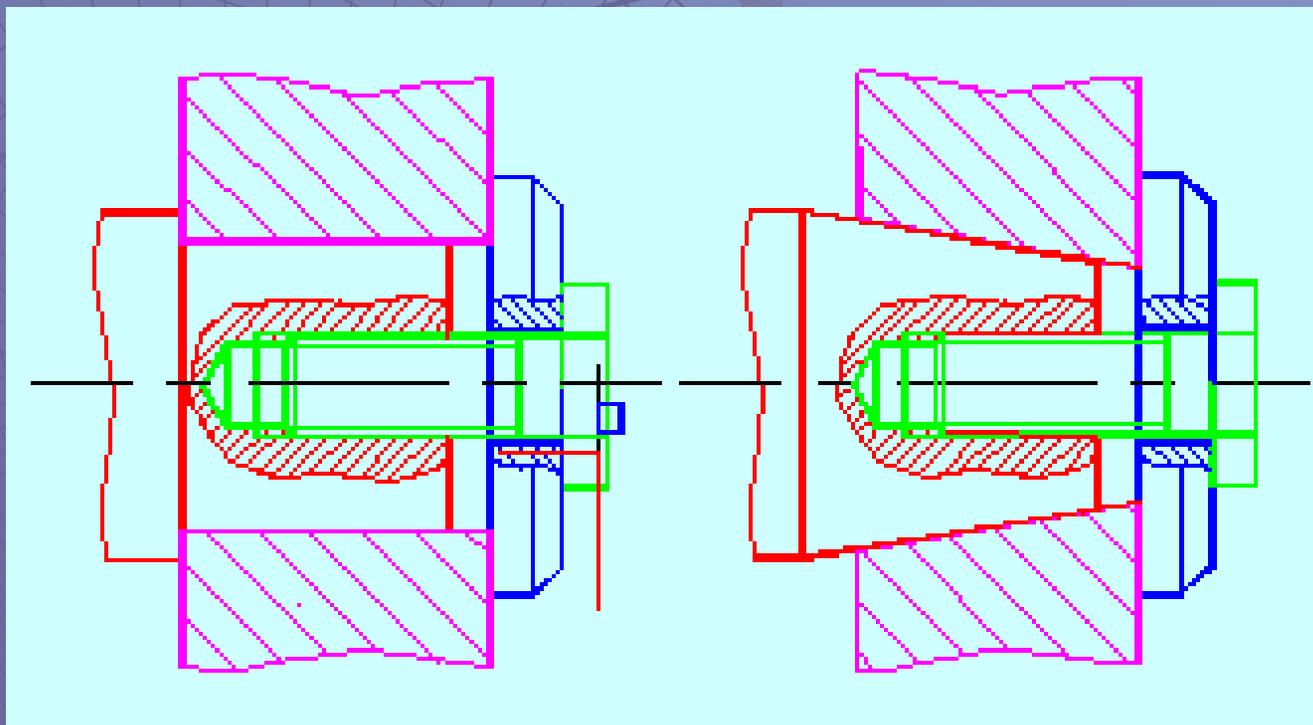
弹性卡环

只适用于零件所受轴向载荷不大的场合。



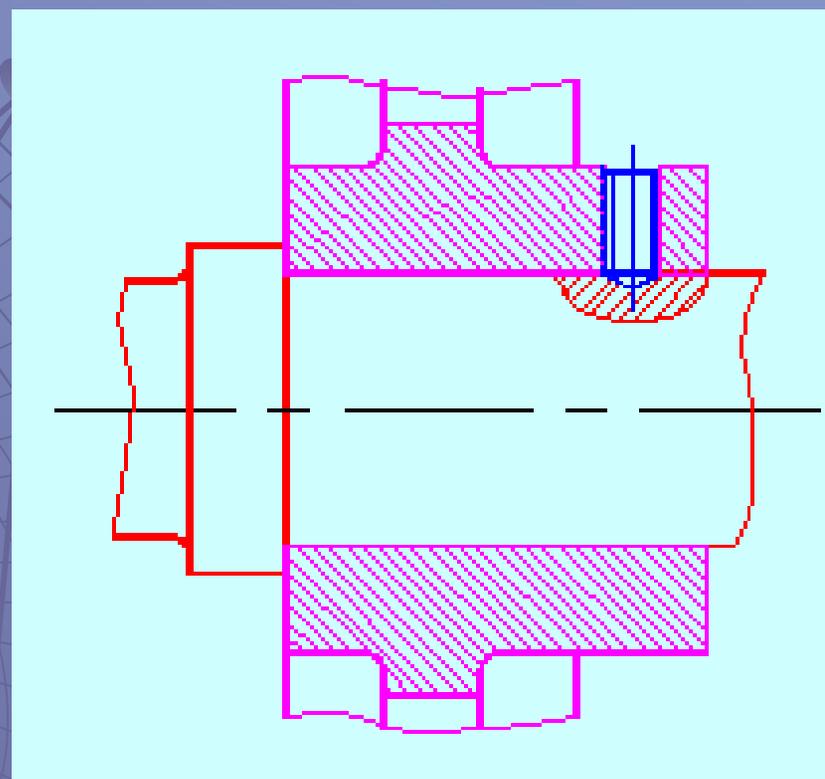
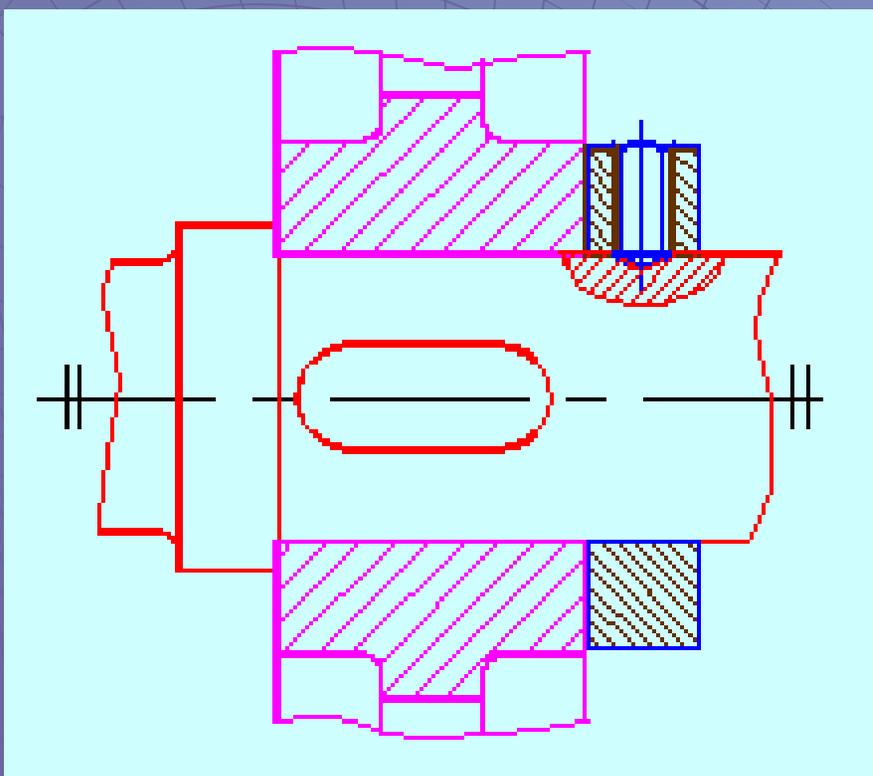
圆锥面加轴端挡圈

用于要求被定位零件的对中性好或承受冲击载荷时。



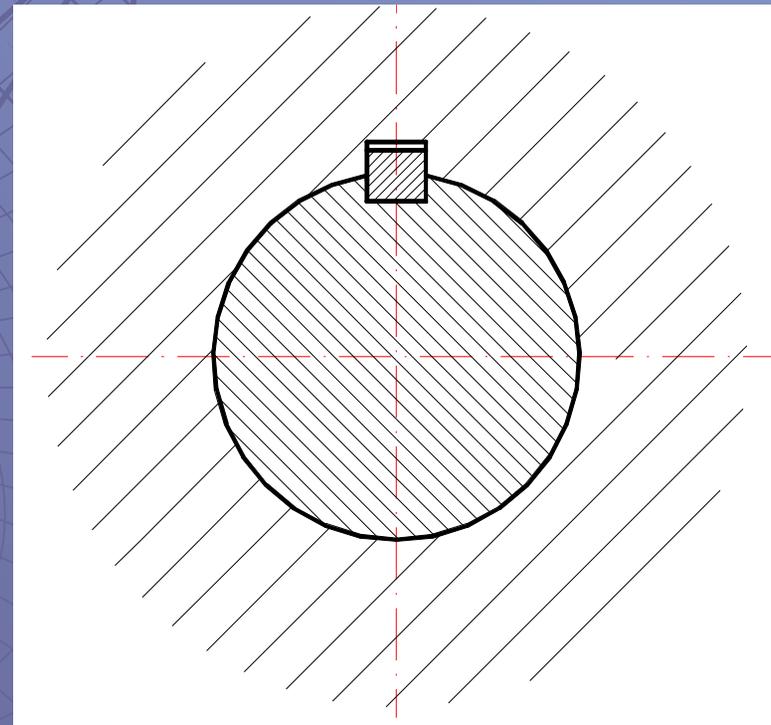
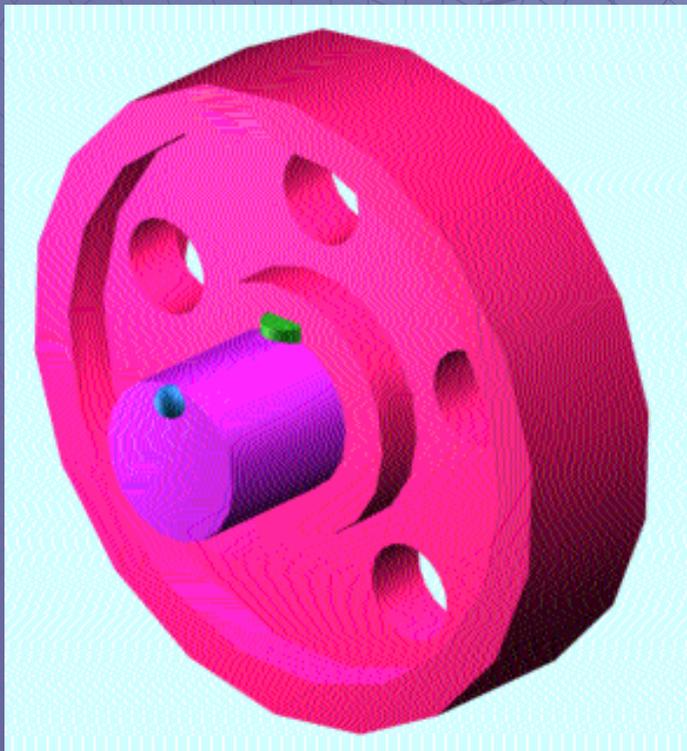
紧定螺钉

只适用于零件所受轴向载荷不大，转速不高的场合。



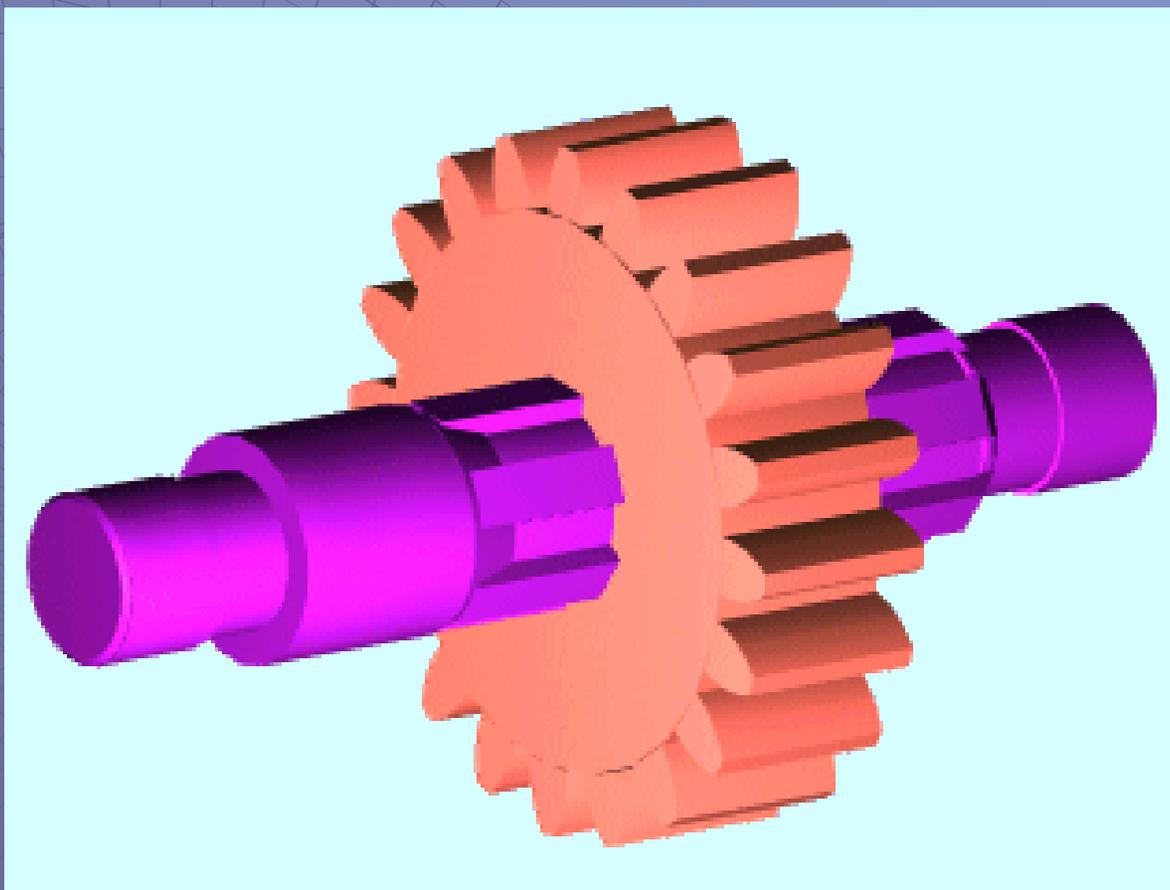
键 联 接

结构简单，加工方便，应用广泛。



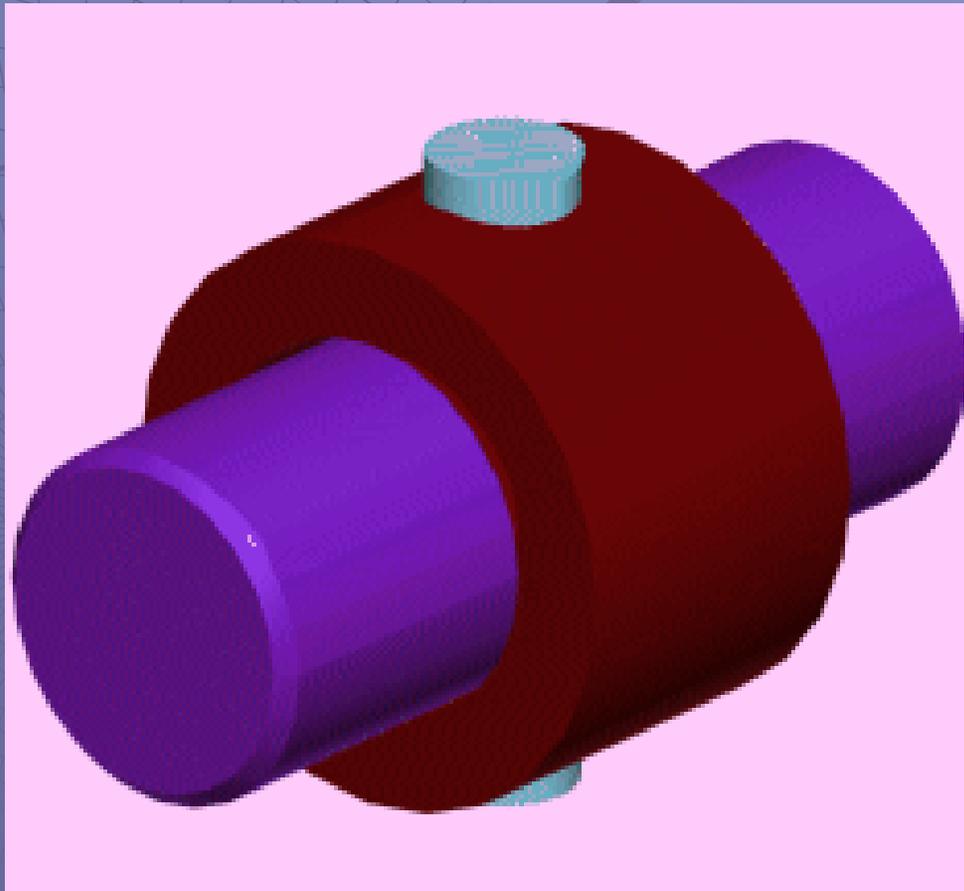
花键联接

承载能力大，可起导向作用。



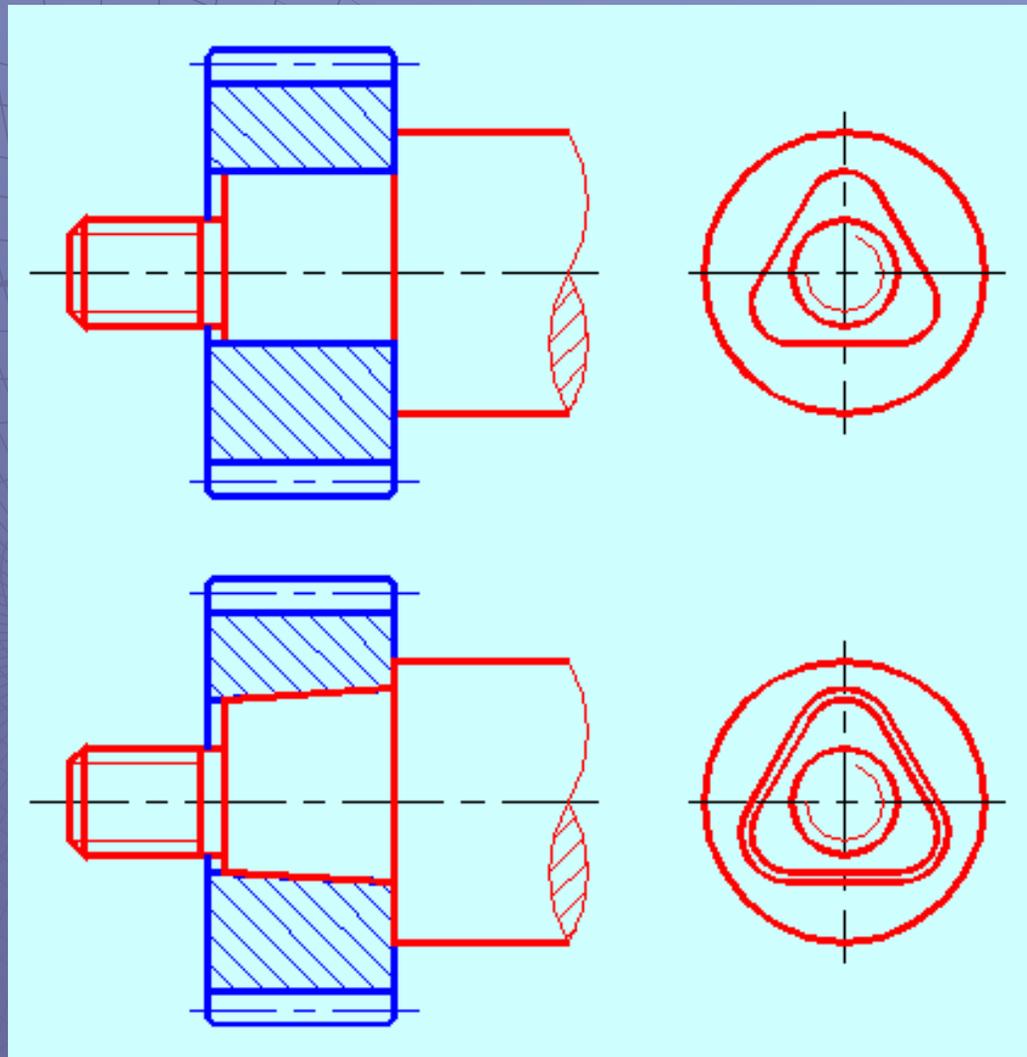
销 钉

只适用于零件所受轴向载荷不大，转速不高的场合。



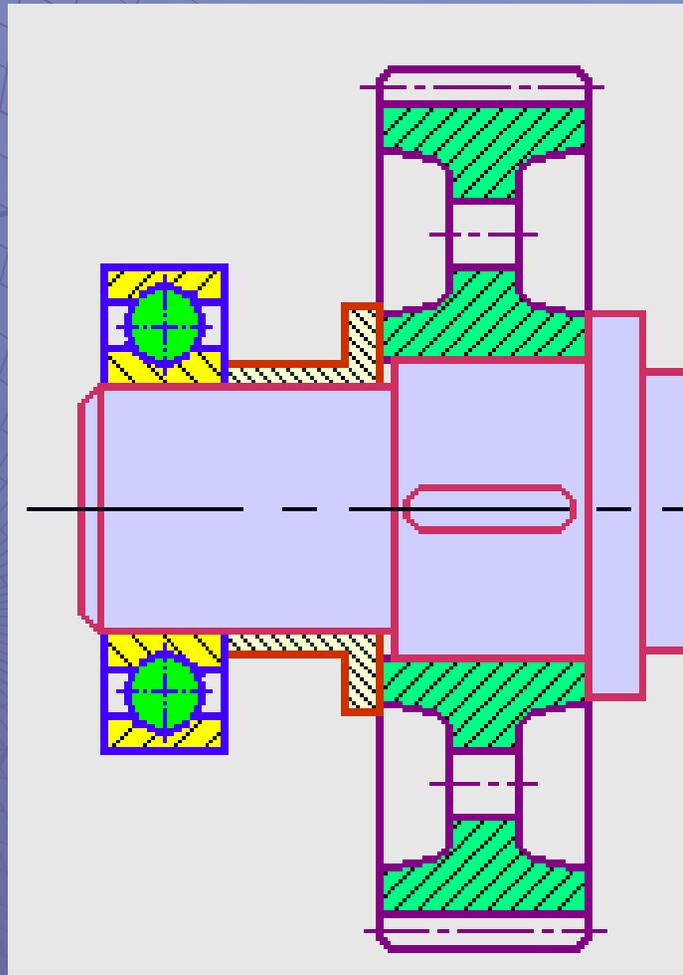
成形联接

承载能力大，但加工精度较低。



过盈配合

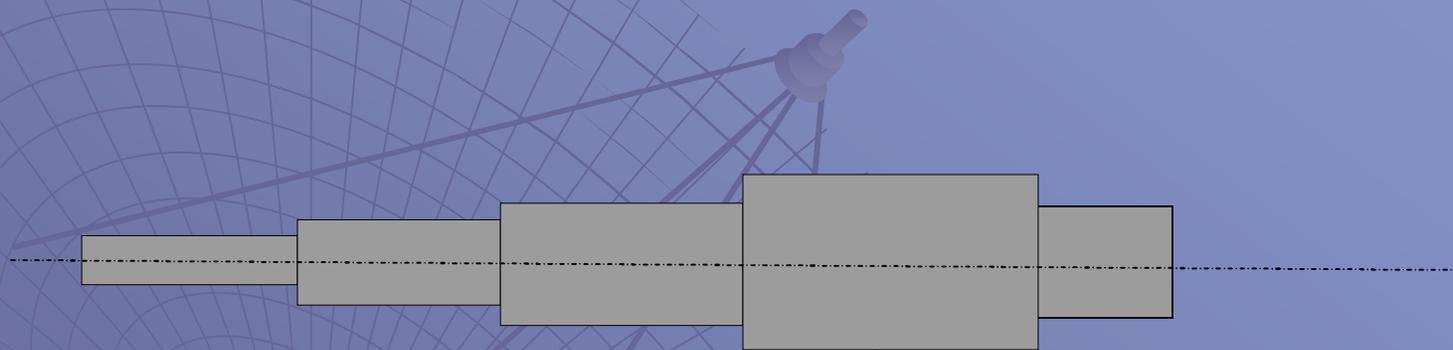
结构简单，大过盈量时装拆较难。



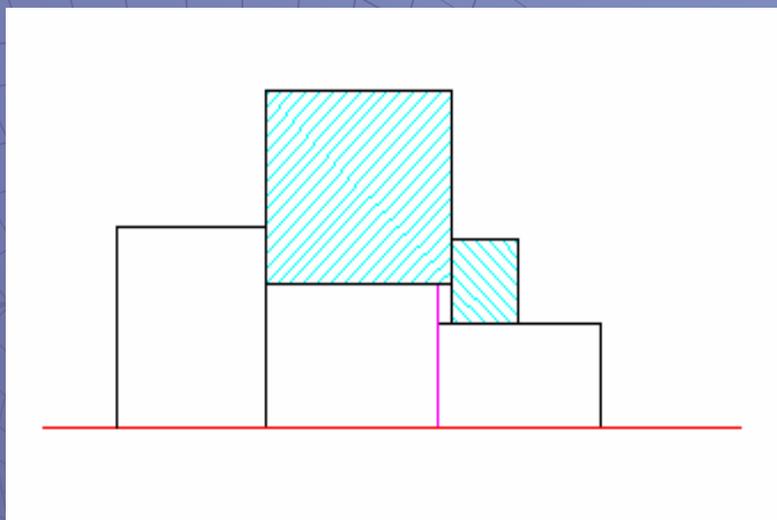
加工、装拆工艺性

- 1、一根轴应中间粗，两头细；
- 2、应避免三面接触；
- 3、要求同一根轴上所有的键槽应布置在轴的同一母线上；
- 4、轴上需要磨削的轴段，靠轴肩处应有砂轮越程槽；
- 5、螺纹的轴段，应有螺纹退刀槽；
- 6、轴上的倒角、圆角尺寸应尽可能一致，以减少刀具种类，提高生产率。

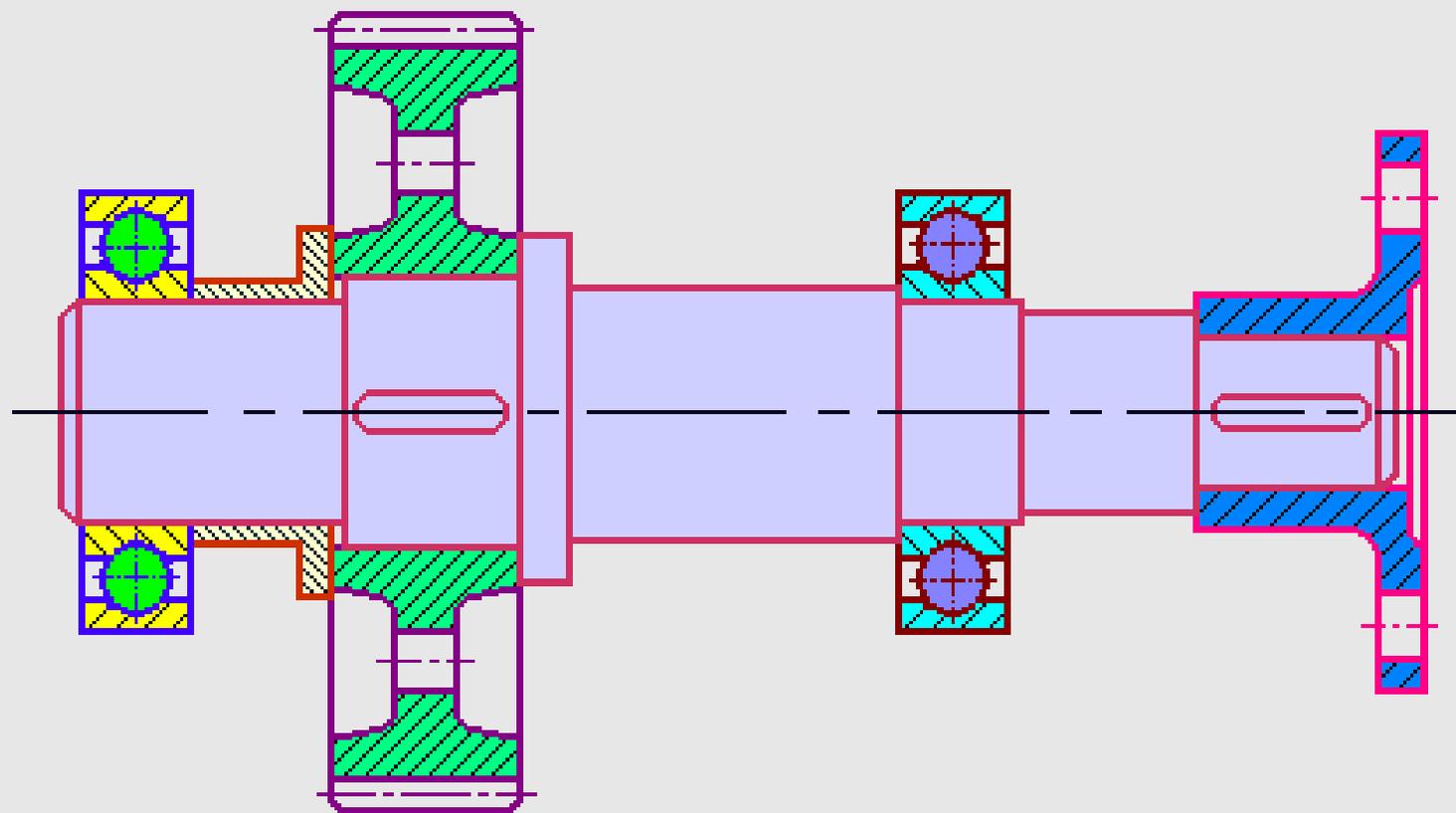
中间粗、两头细



避免三面接触

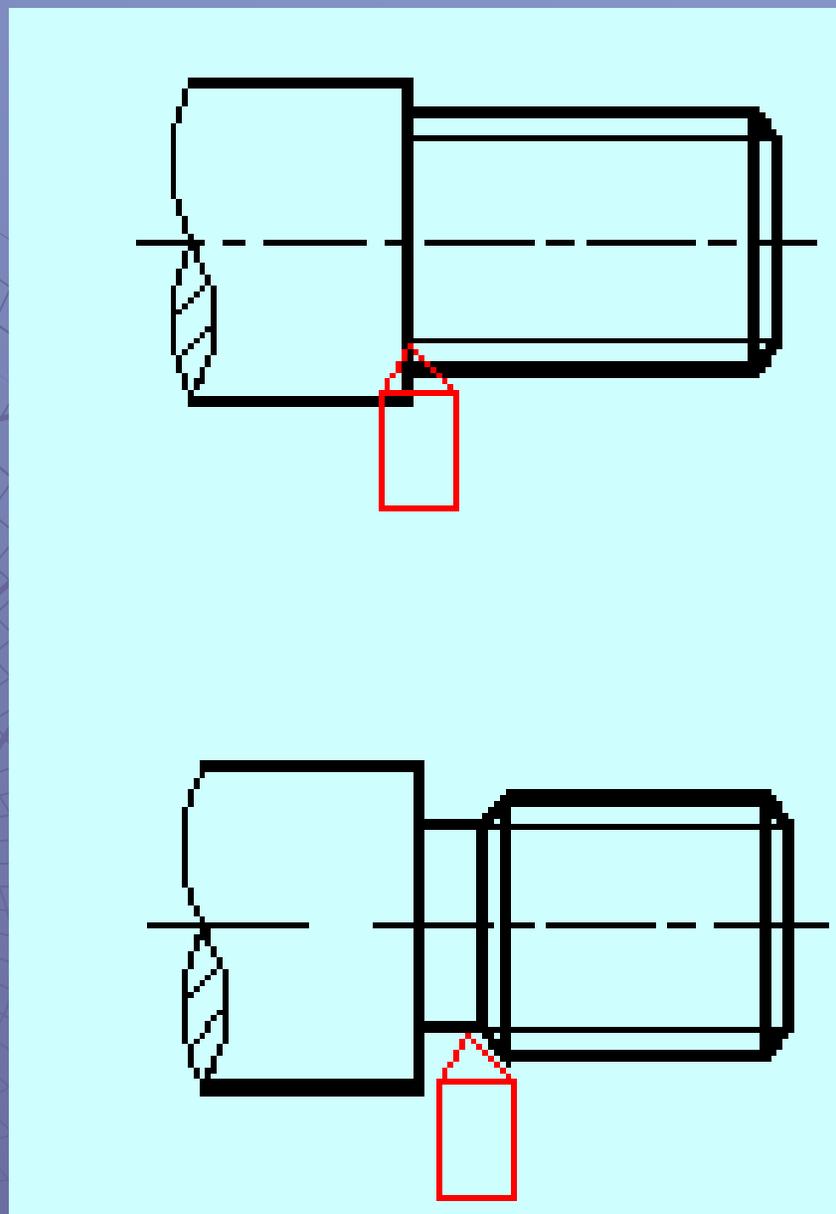


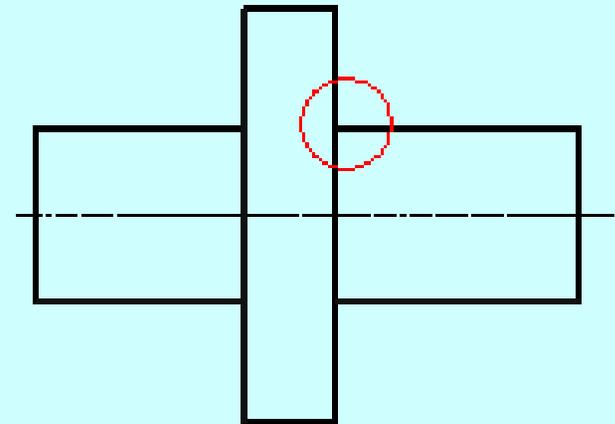
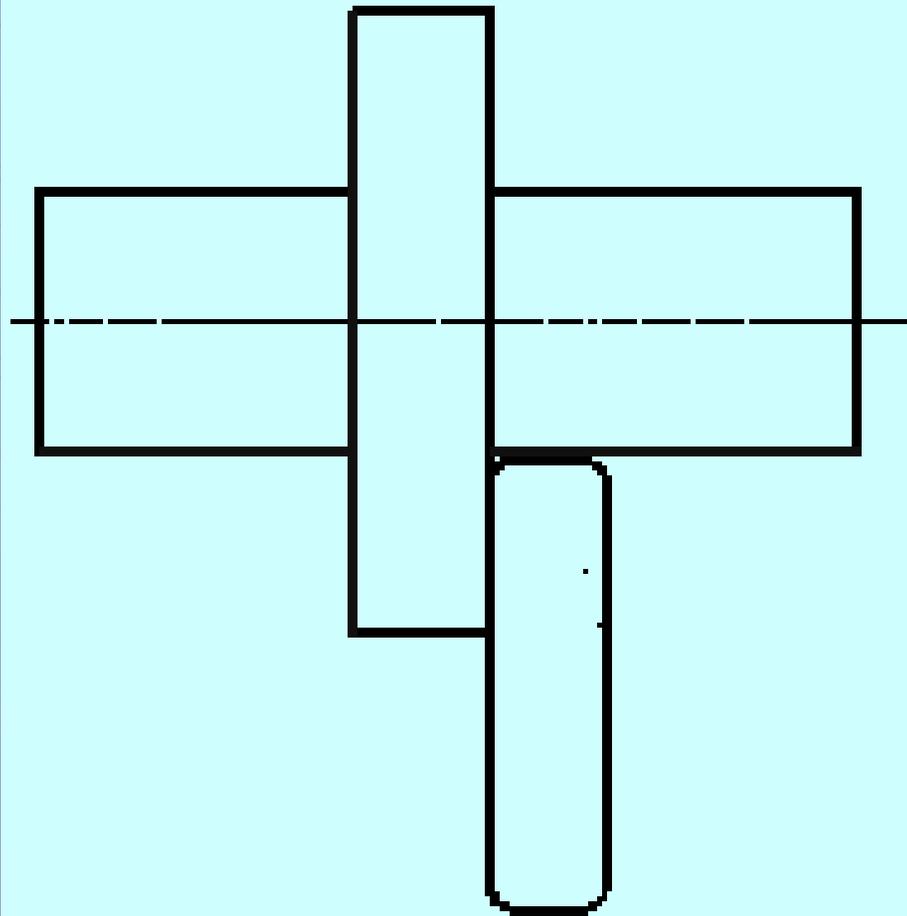
设计时应使轮毂宽度
大于轴段长度



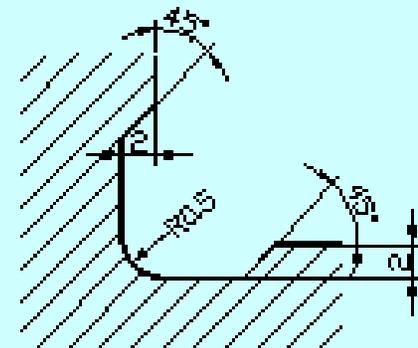
轴上的倒角、圆角尺寸应尽可能一致，以减少刀具种类，提高生产率。

螺纹的轴段，应有螺纹退刀槽



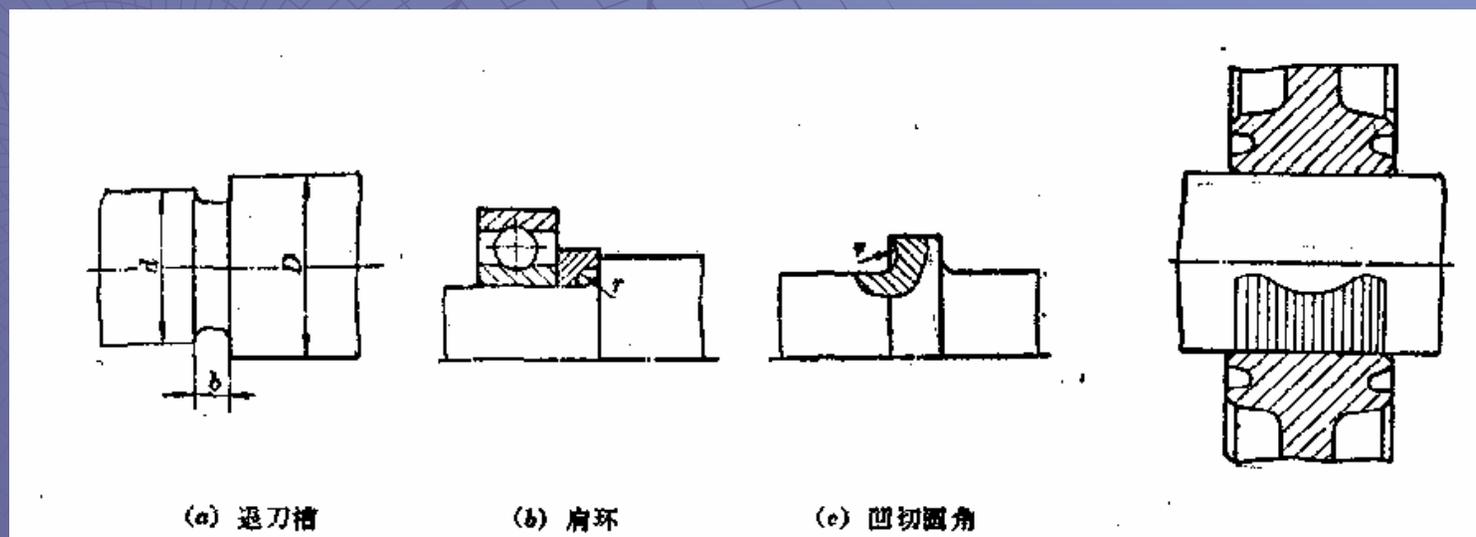
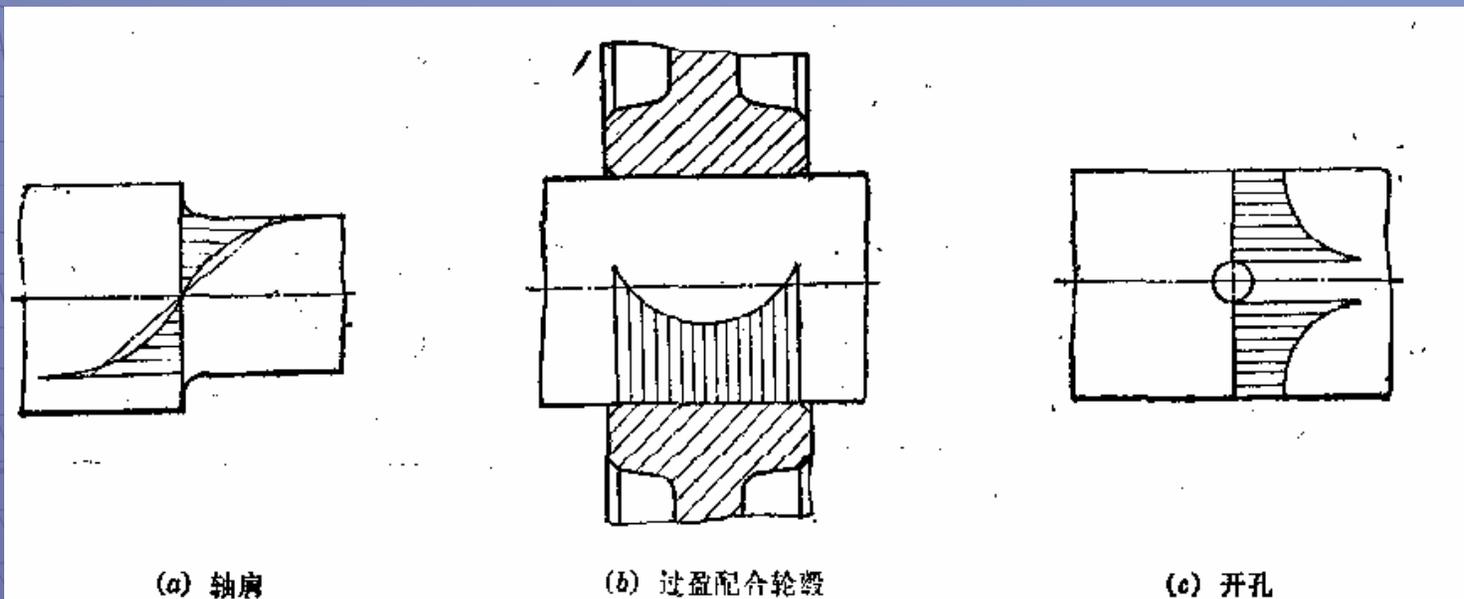


5:1

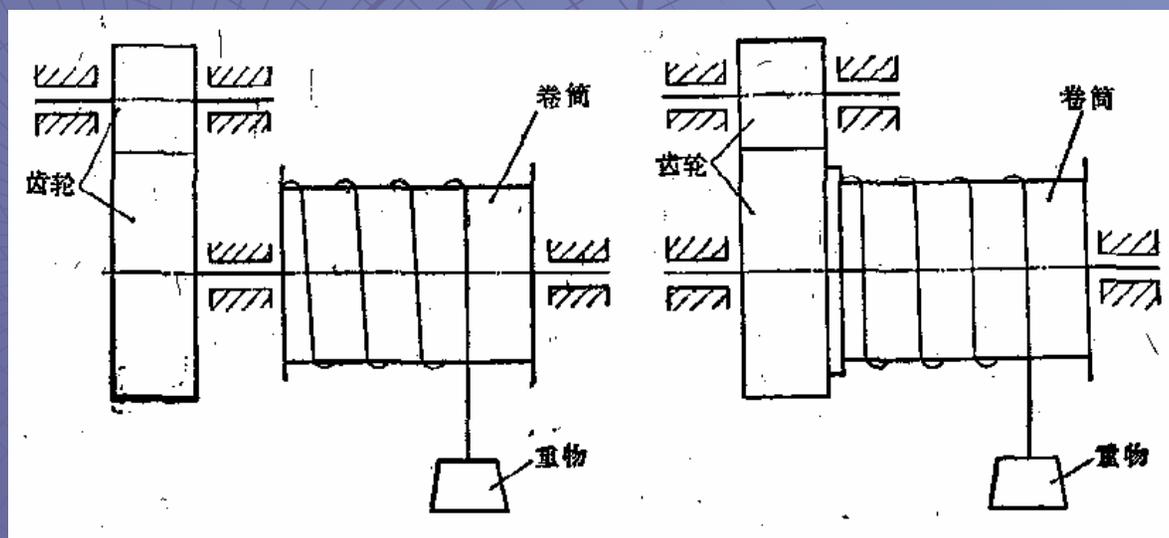
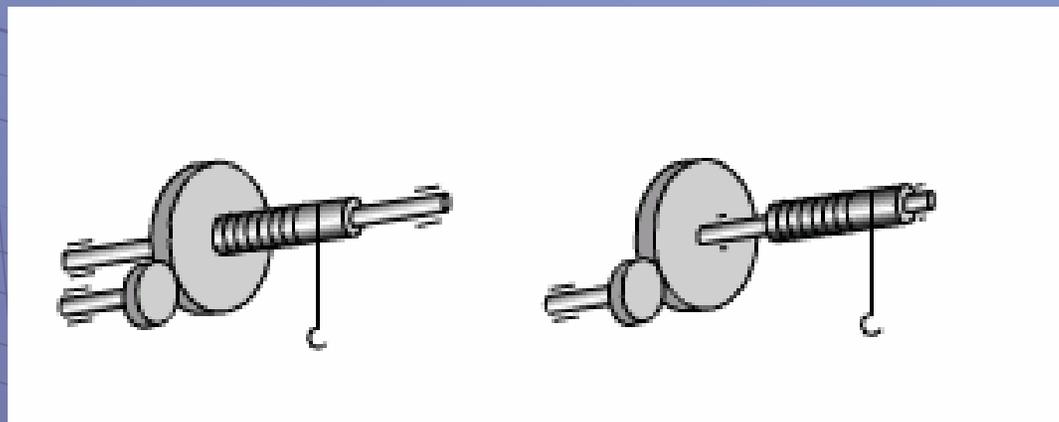


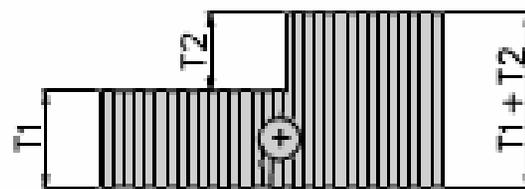
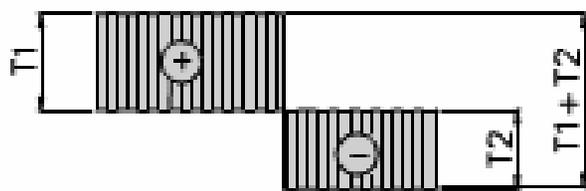
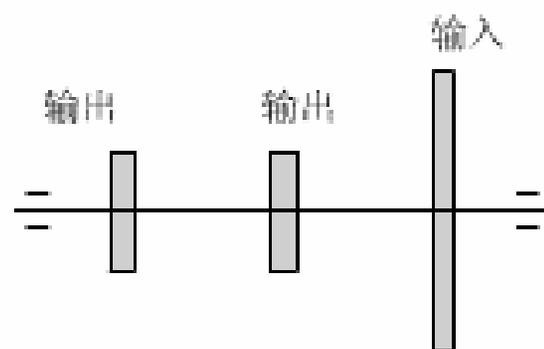
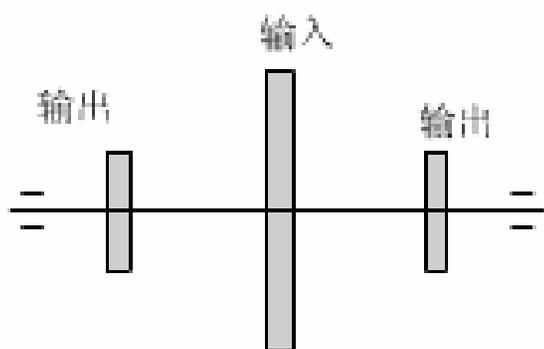
轴上需要磨削的轴段，靠轴肩处应有砂轮越程槽；

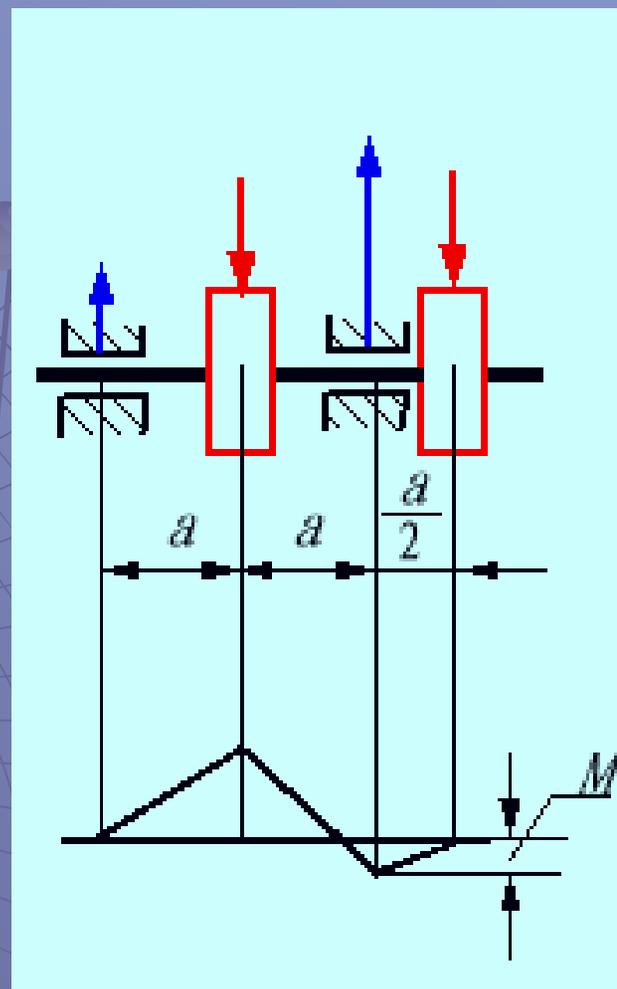
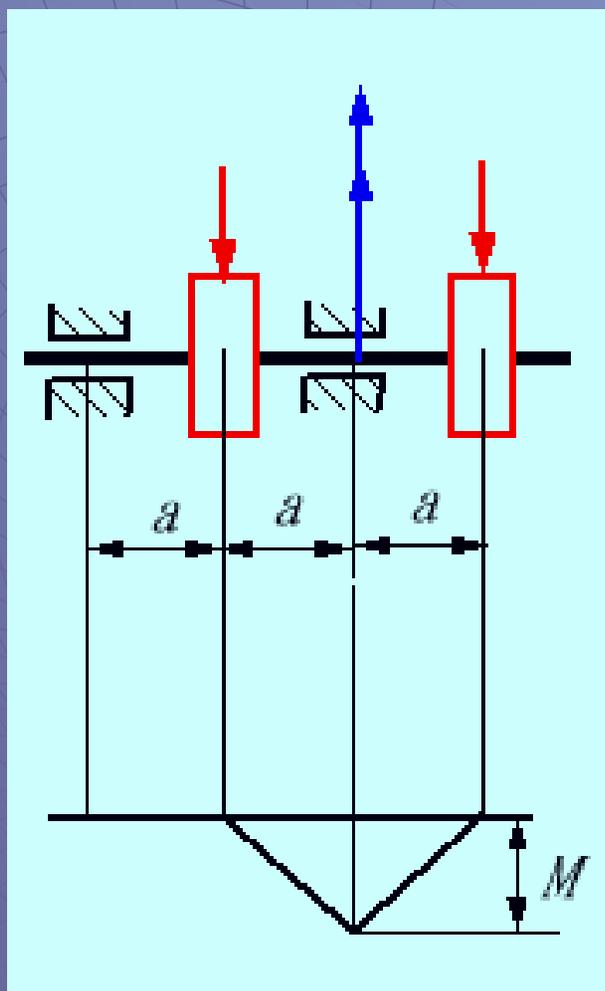
减少应力集中



改善受力





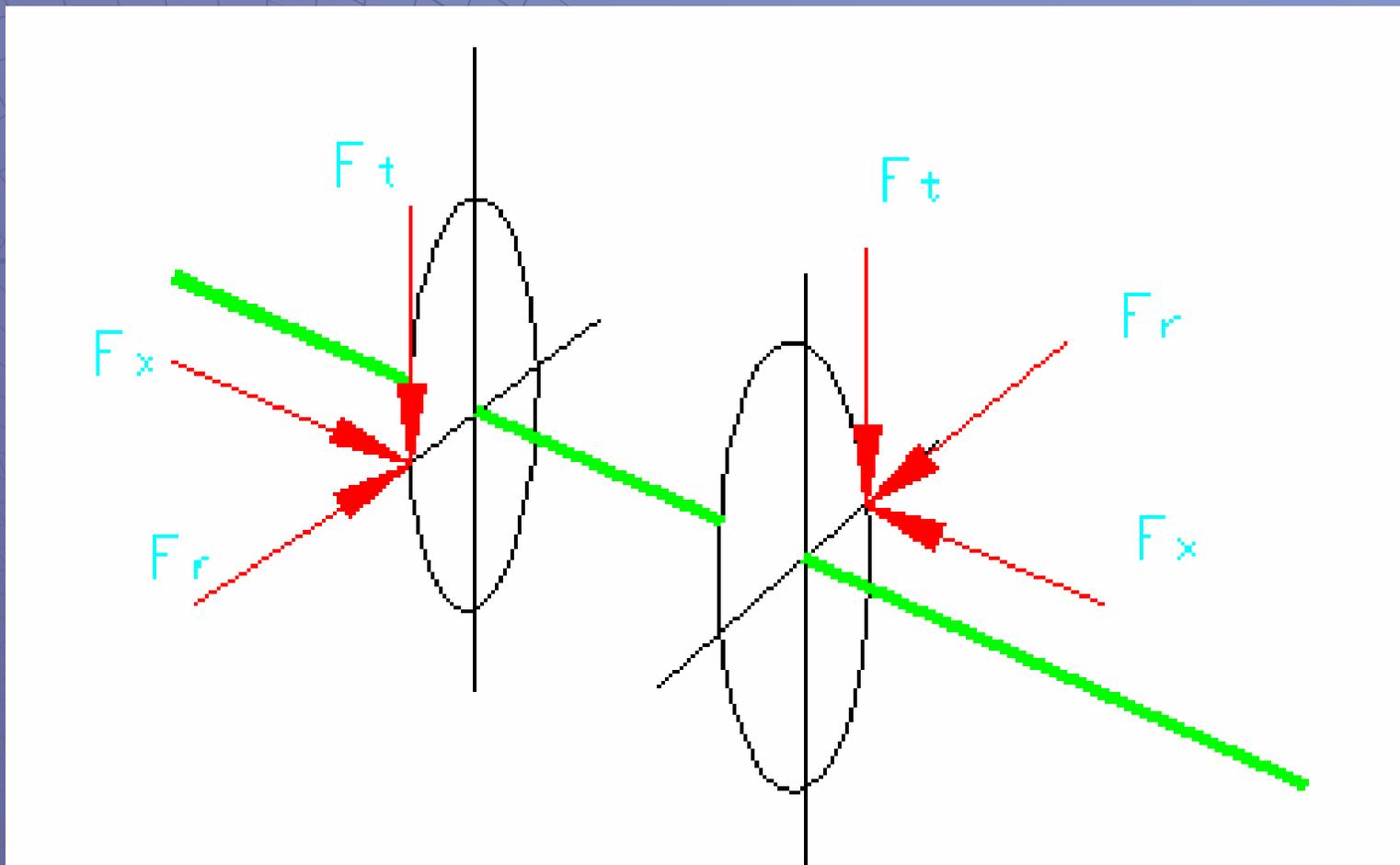


10.4 轴的强度及刚度计算

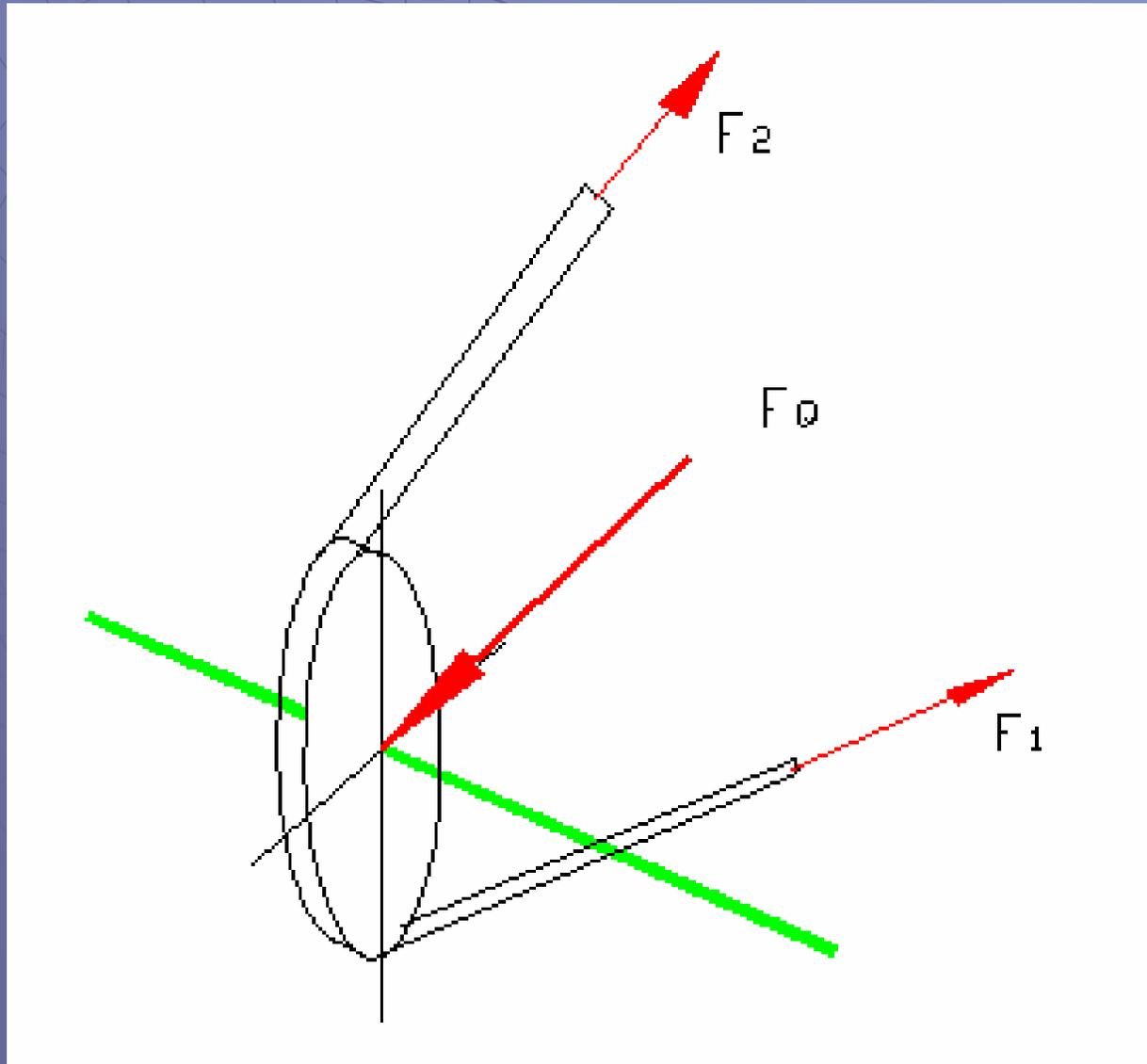
- 一. 受力分析
- 二. 失效分析, 计算准则
- 三. 强度计算
- 四. 刚度计算

齿轮受力分析

u 齿轮受力分析



带、链轮受力分析



大小:

由带传动得

方向:

连心线方向

失效分析 计算准则

1、失效

疲劳折断

弹性变形过大

高速时产生共振

2、计算准则

足够的强度刚度及震动稳定性

合理的结构及加工工艺性

强度计算

按扭转强度计算

按当量弯矩计算

按扭转强度计算

用于传动轴及弯矩很小的轴的验算，对转轴可用于设计时的初步估算。

验算式
$$t = \frac{T}{W_T} = \frac{9.55 \cdot 10^6 P}{\frac{p}{16} d^3 n} \gg \frac{9.55 \cdot 10^6 P}{0.2 d^3 n} \text{ } \xi [t]$$

设计式
$$d^3 \sqrt[3]{\frac{9.55 \cdot 10^6}{0.2 [t]}} \times \sqrt[3]{\frac{P}{n}} = C \sqrt[3]{\frac{P}{n}}$$

C——与材料有关的系数。表10-3。

按当量弯矩计算

用于转轴的验算及已知弯矩时的设计。

$$s_e = \sqrt{s_b^2 + 4t^2} \text{ } \text{f} [s_b]$$

$$s_b = \frac{M}{W} = \frac{M}{0.1d^3}$$

$$t = \frac{T}{W_T} = \frac{T}{0.2d^3} = \frac{T}{2W}$$

$$s_e = \sqrt{\frac{\alpha M \ddot{\sigma}}{c_e W} + 4 \frac{\alpha T \ddot{\sigma}}{c_e 2W}} = \frac{\sqrt{M^2 + T^2}}{W} \text{ } \text{f} [s_b]$$

考虑弯矩和扭矩循环特征不同，在扭矩上乘折算系数 α ，当量弯矩变为：

$$M_e = \sqrt{M^2 + (\alpha T)^2} \quad \alpha \text{ 取值见P221。}$$

验算式

$$S_e = \frac{M_e}{W} = \frac{\sqrt{M^2 + (aT)^2}}{W} \leq [s_{-1b}]$$

设计式

$$d^3 \geq \sqrt[3]{\frac{M_e}{0.1[s_{-1b}]}}$$

- 注意：**
- 1) 轴直径尺寸有系列值，可查手册。
 - 2) 设计出的直径如有键槽，应增大键槽尺寸。
一个键槽增大5%，两个增大10%。
 - 3) 危险断面位置：可能有多个，也可能不在最大弯矩处；
 - 4) 计算步骤见P221。

10.5 轴毂连接

键联接

花键连接

销连接

成型连接

键联接种类

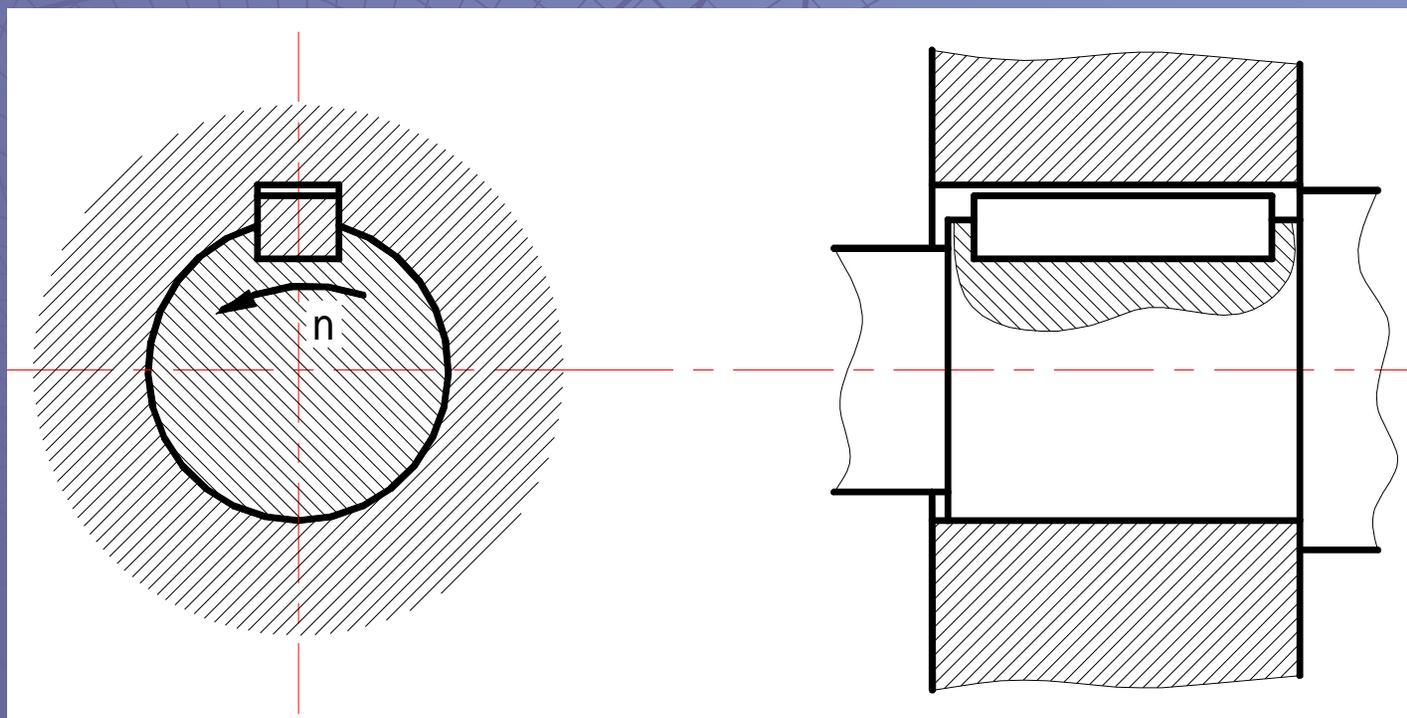
- 1、平键联接
- 2、半圆键联接
- 3、楔键联接
- 4、切向键联接

普通平键联接

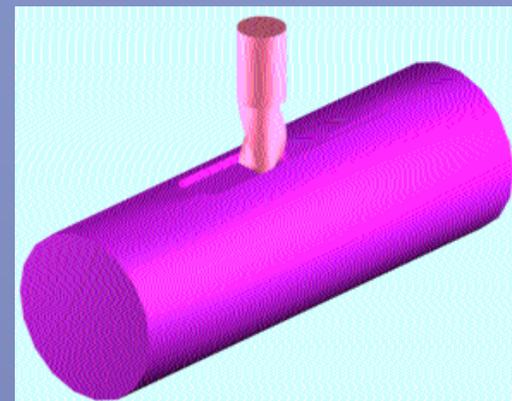
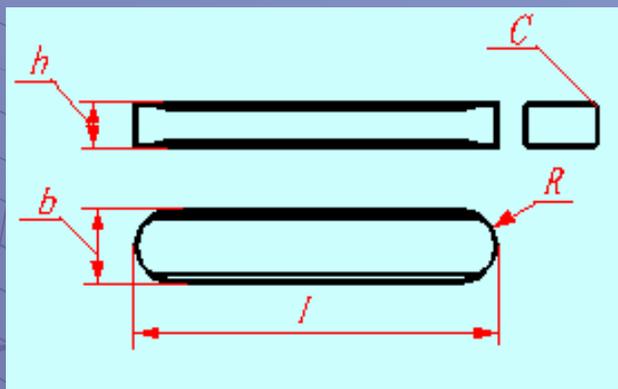
工作面为两侧面；

对正好，易装拆，可用于高速。

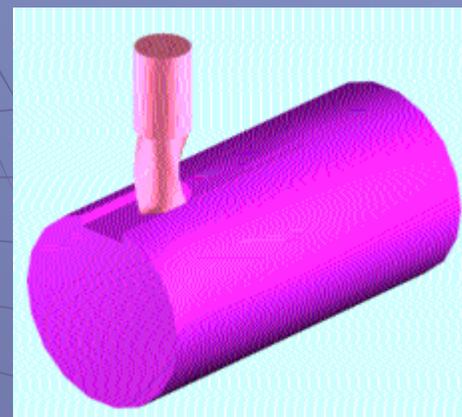
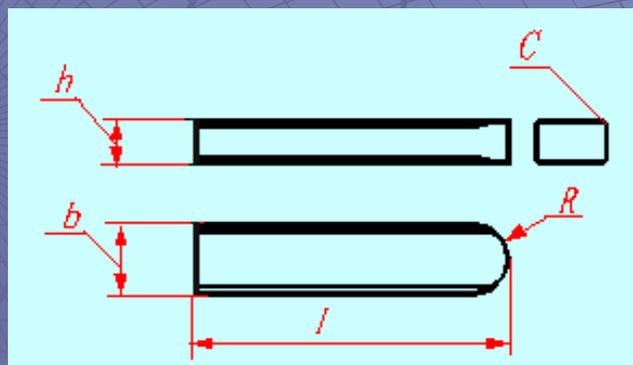
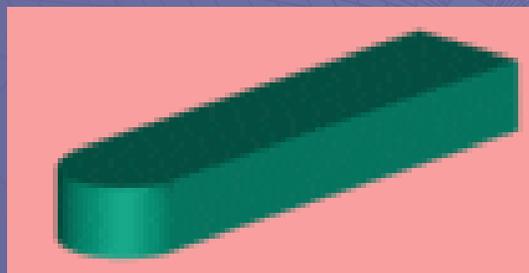
双键时相隔 180° 安装。



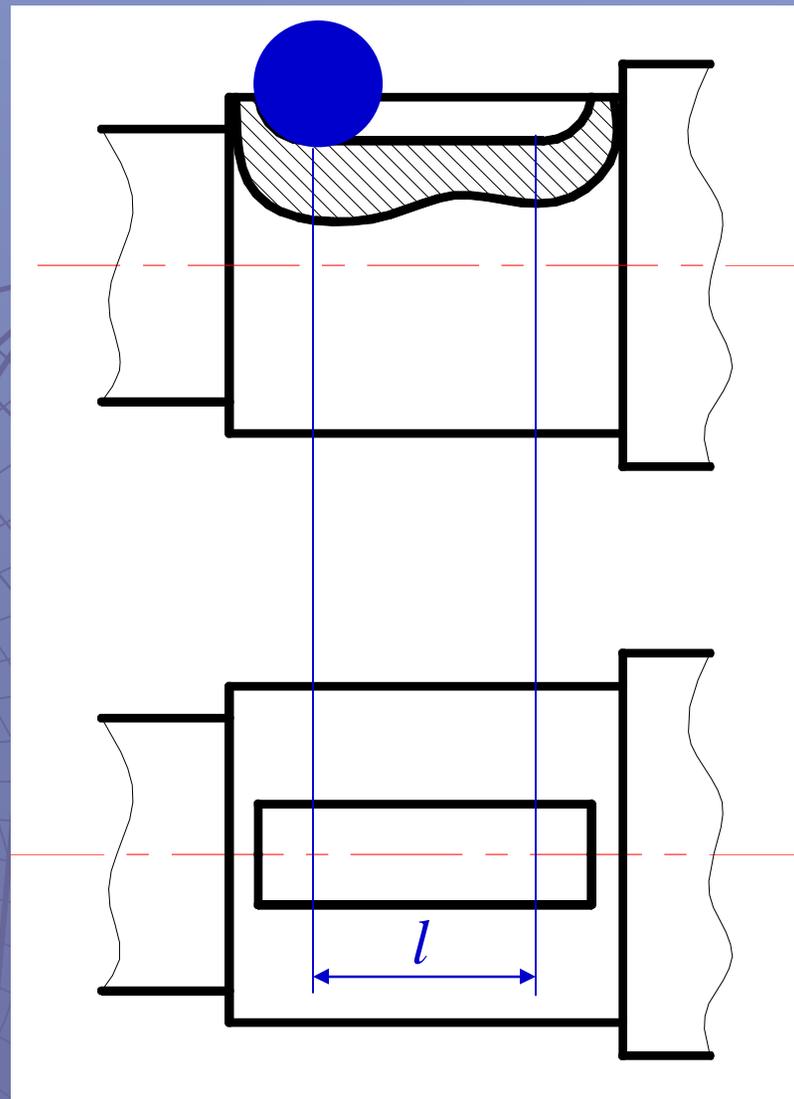
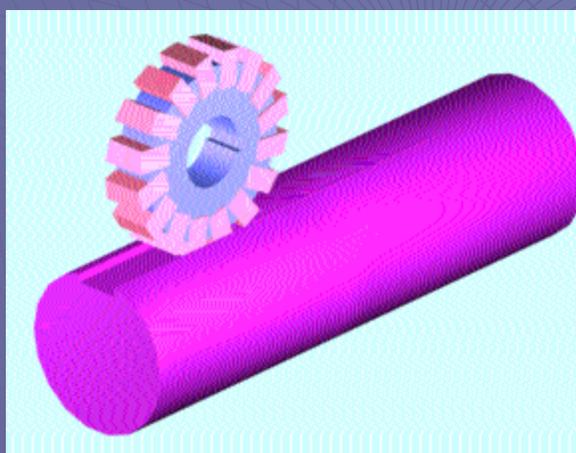
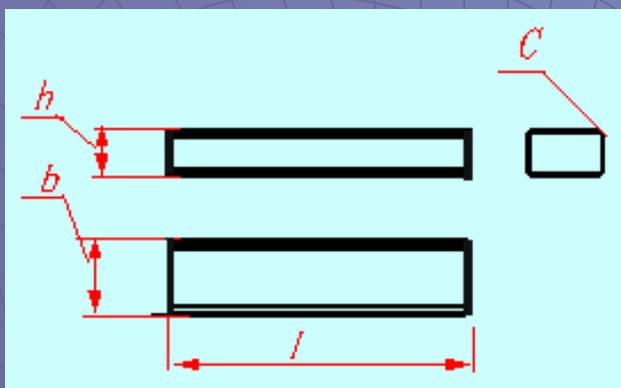
A型普通平键



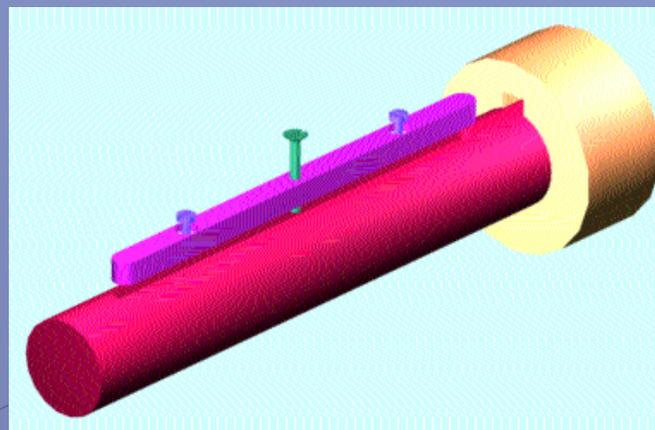
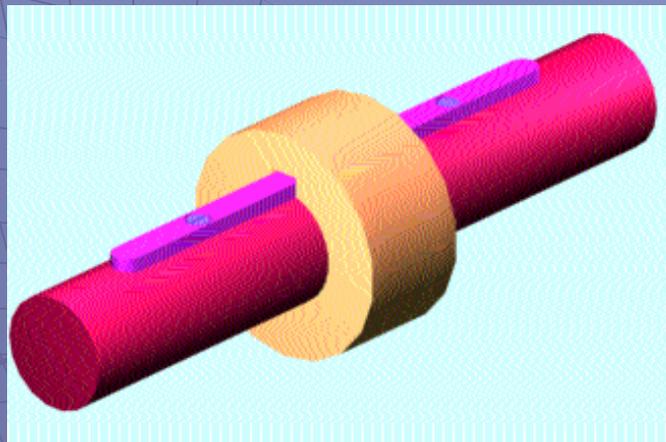
C型普通平键



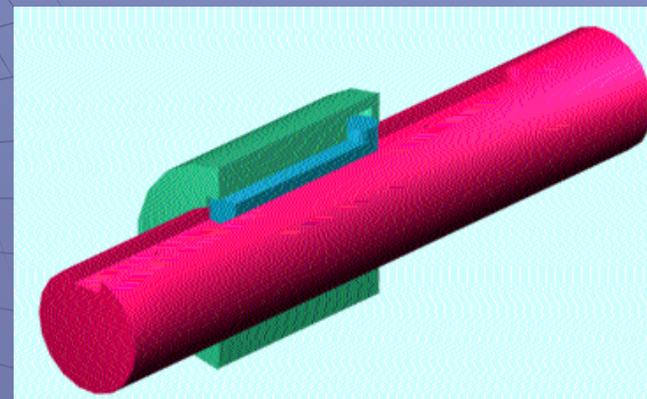
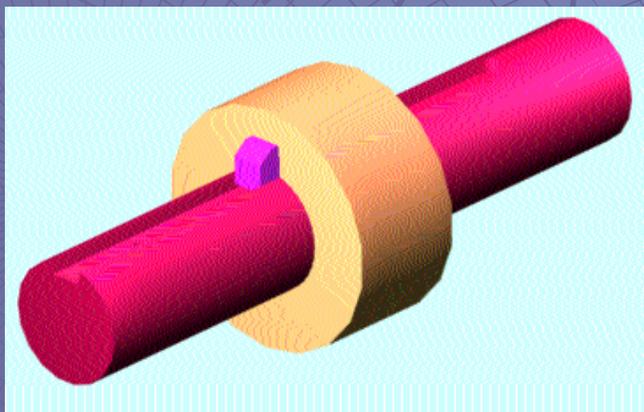
B型普通平键



导向平
键联接

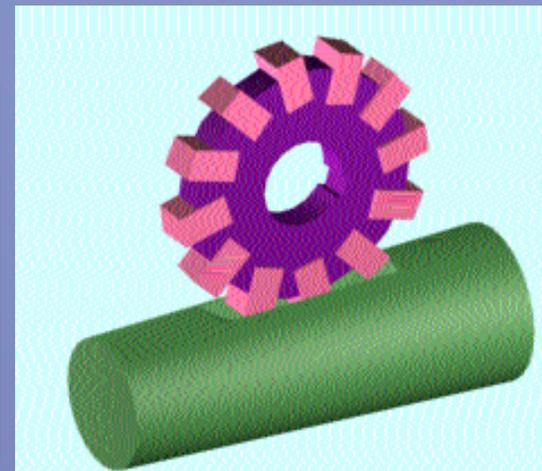
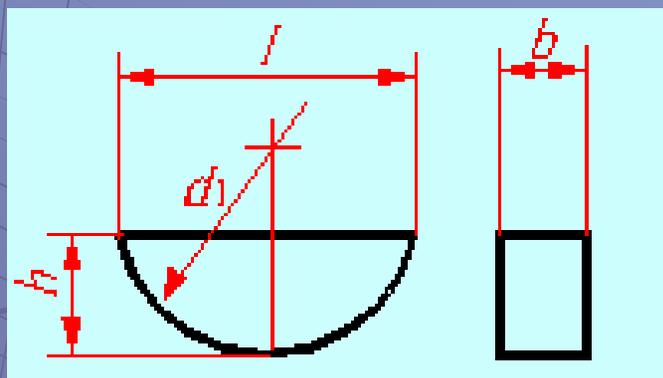


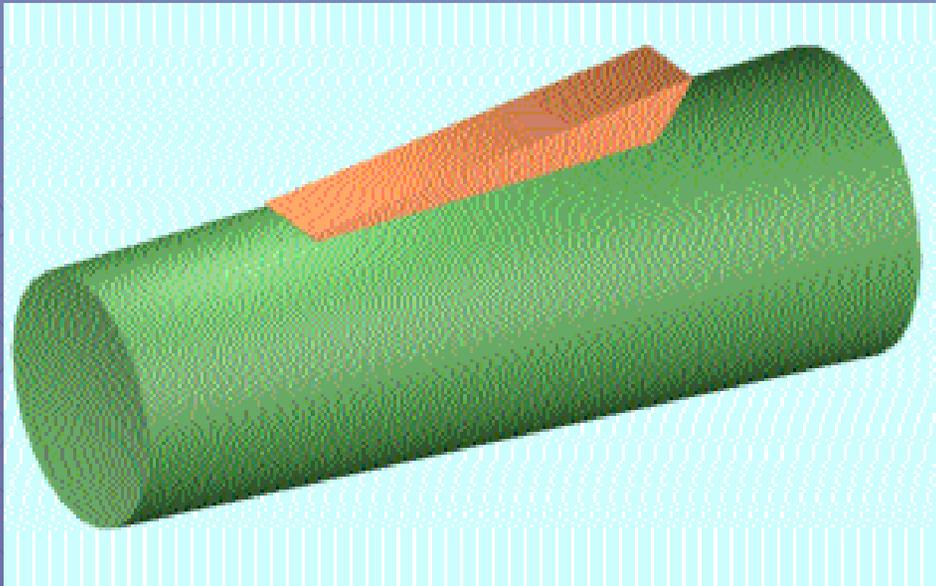
滑键
联接



滑键用于轴上零件移动较大处

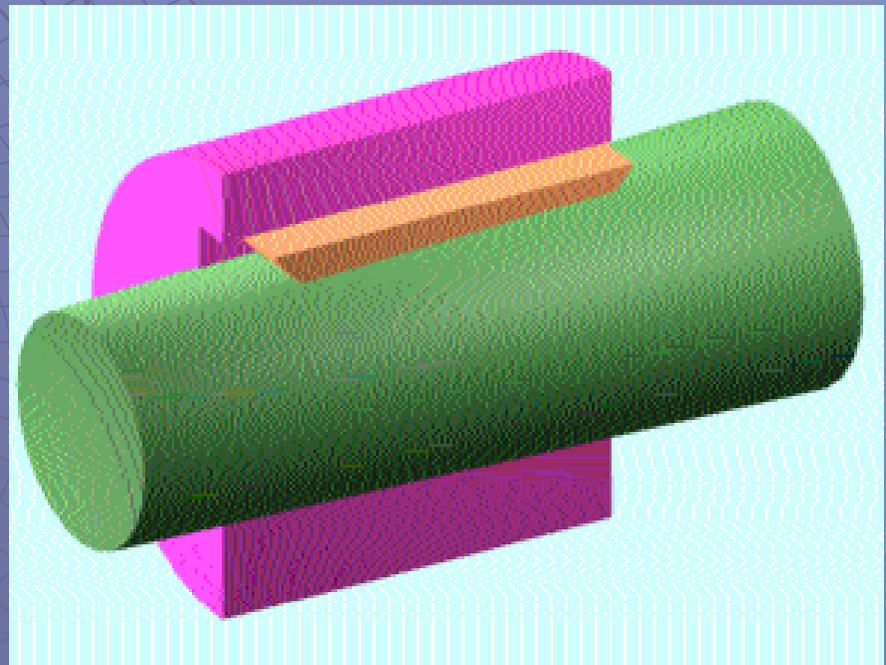
2、半圆键联接





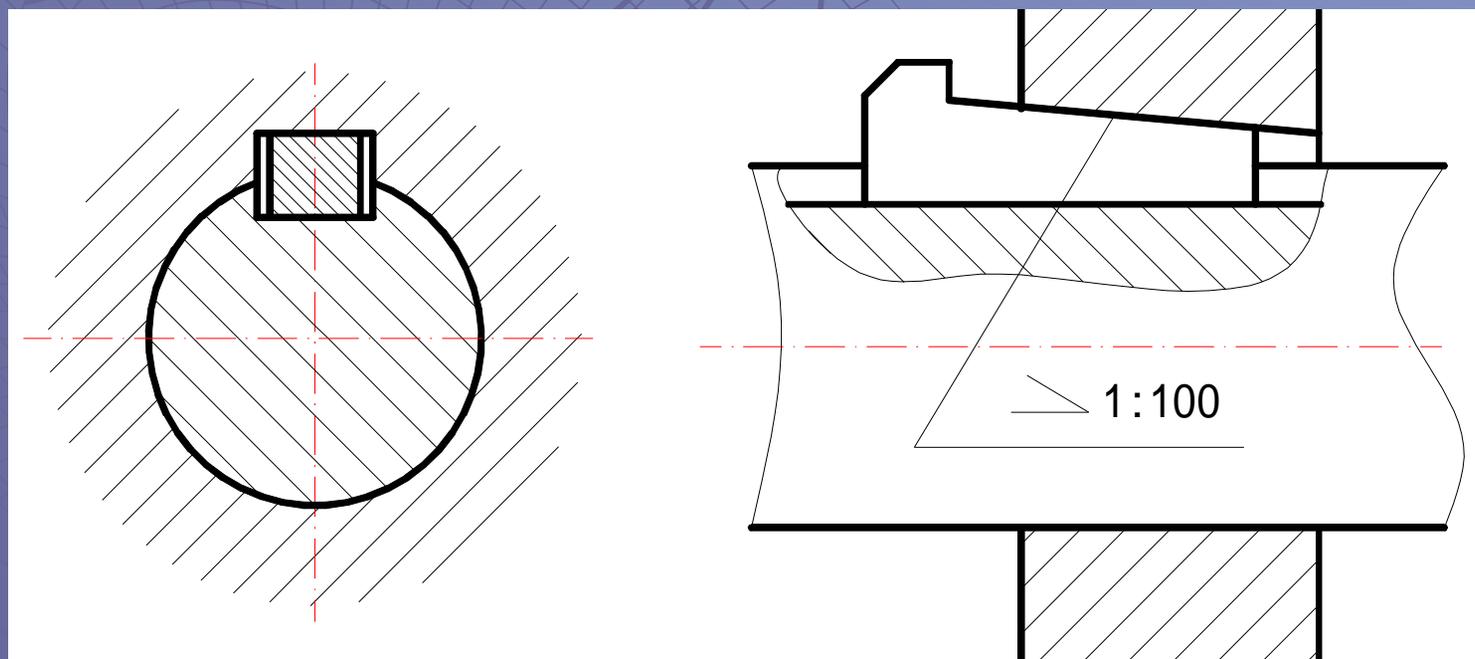
工作面为两侧面；
对中好，易装拆，可
用于高速；

可补偿轴的变形；
键槽较深对轴削弱大，
双键时沿轴向排列

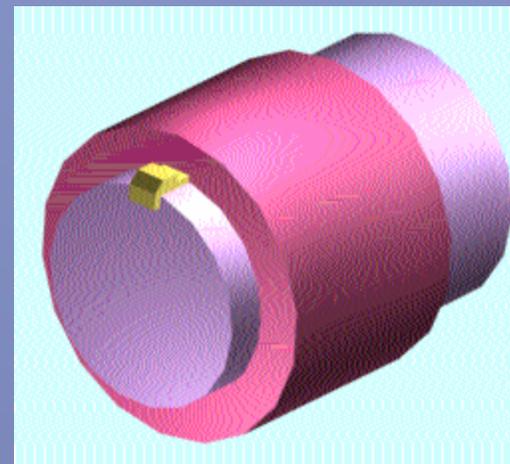
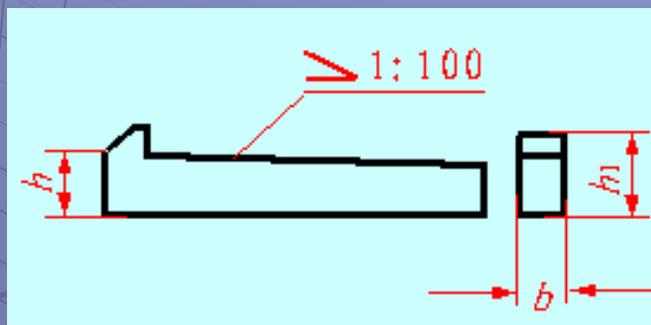


3、楔键联接

工作面为上下面，靠摩擦传动；
对中差，有偏心，不适用于高速；
可承受单向轴向力。

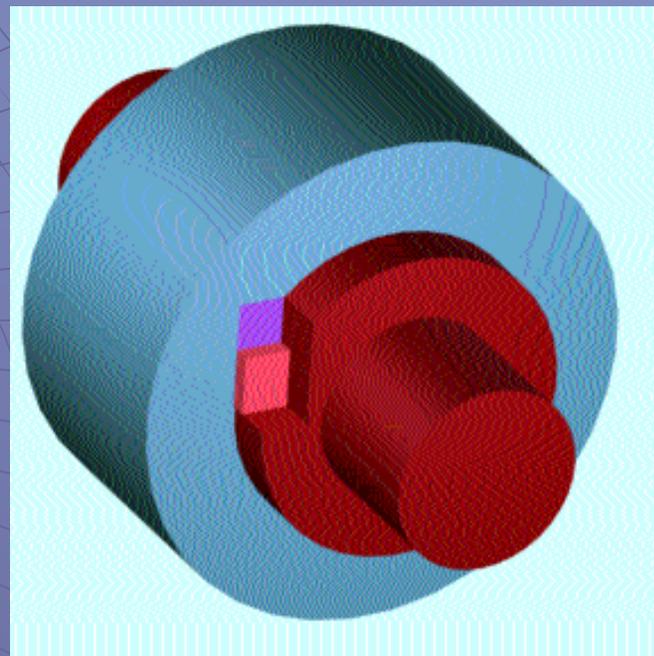
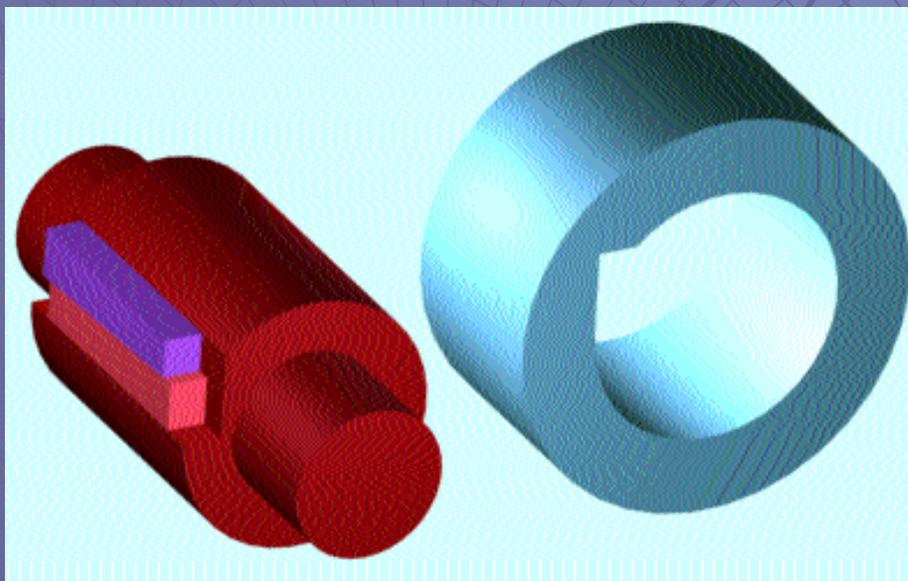


3、楔键联接

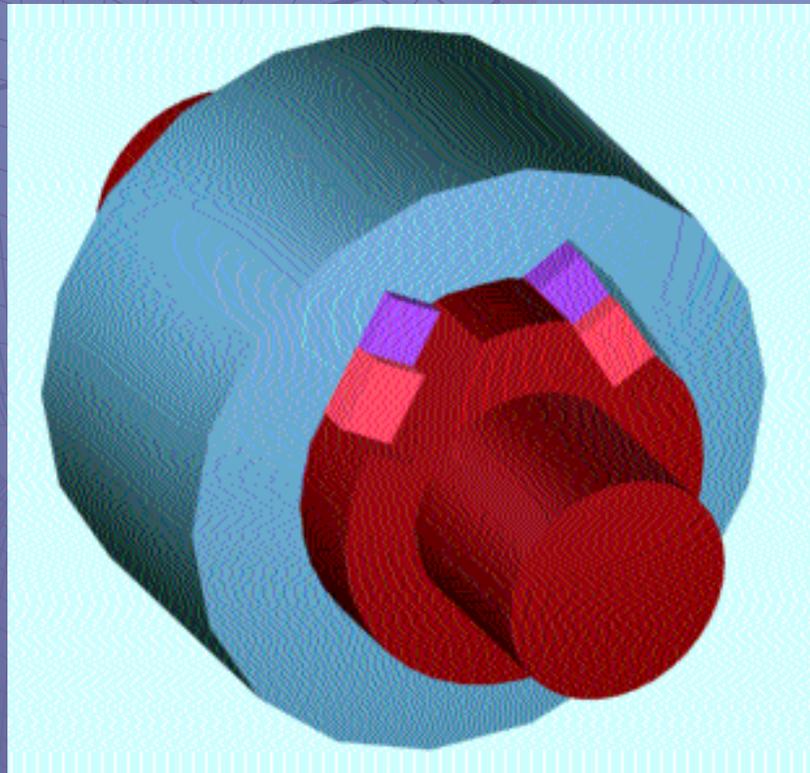


4、切向键联接

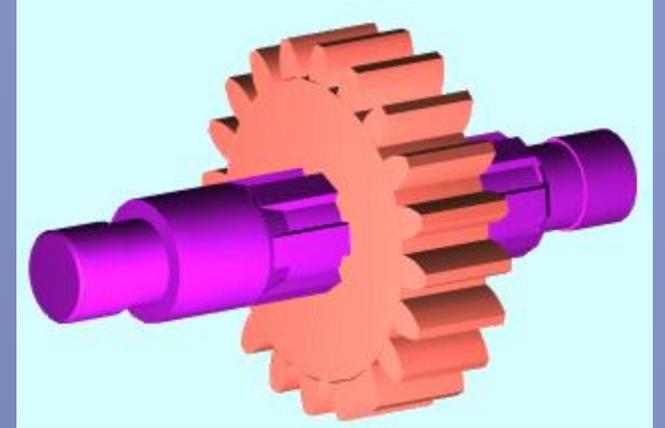
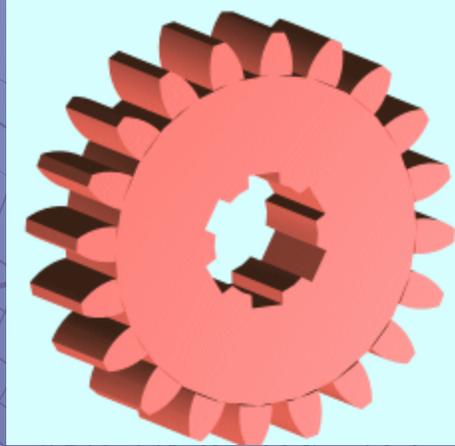
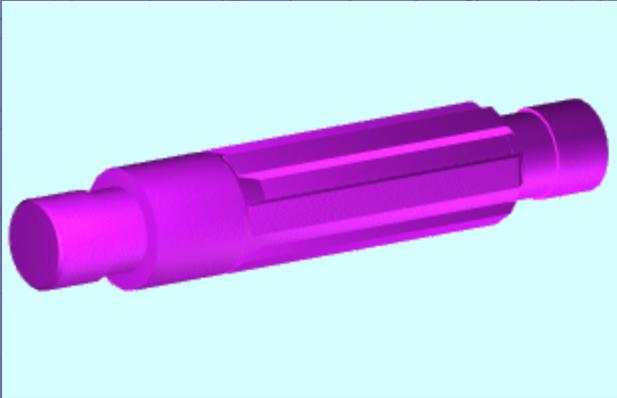
由两个楔键组合而成，靠挤压传递扭矩，只能单向传递扭矩。



双向运转时，用双键，相
隔 120° 反向安装。

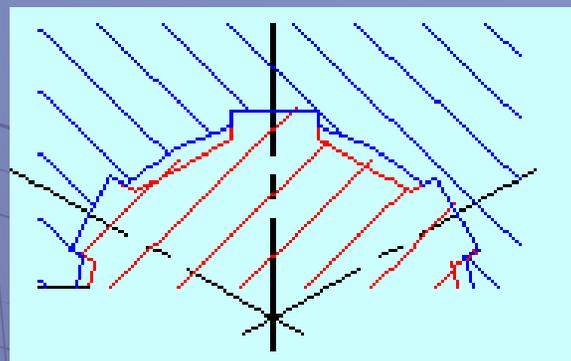


花键联接

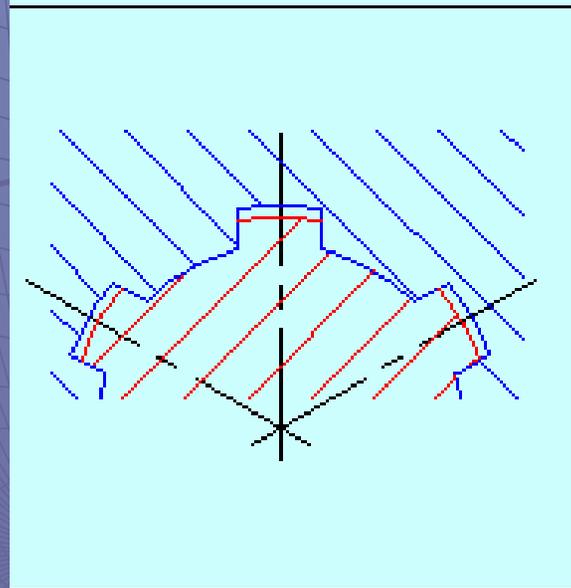


键齿较多，承载能力较大；
键槽较浅，对轴削弱较小；
对中性好，适于高速；
导向性、装拆性较好，适于动联接。

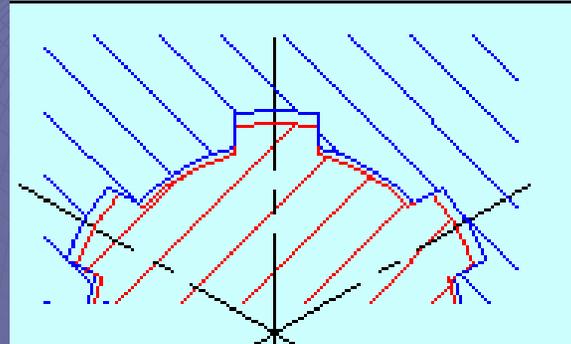
矩形花键



外径定心

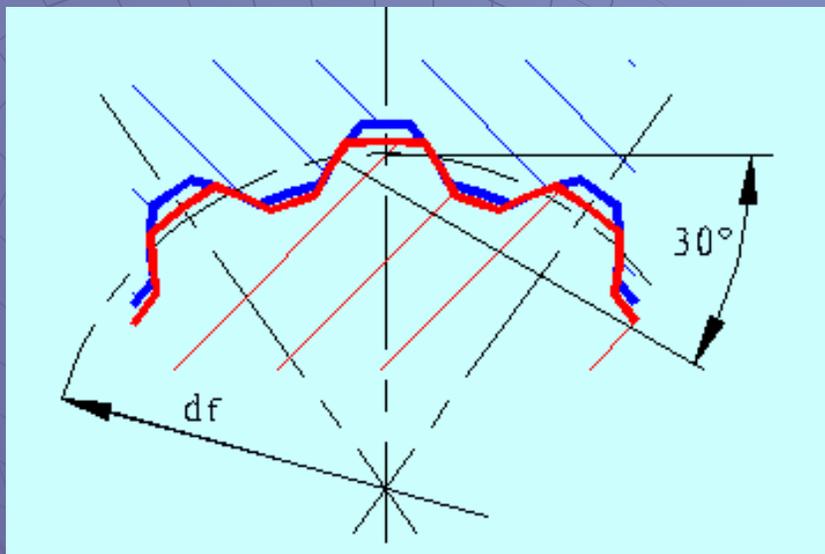


内径定心

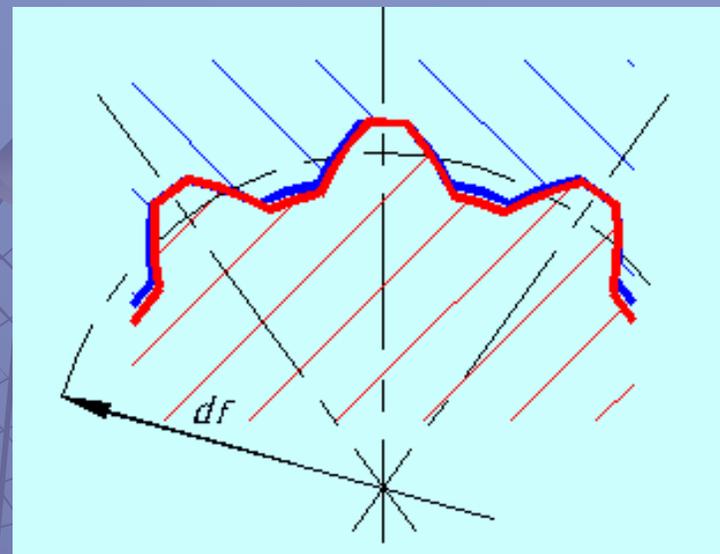


齿侧定心

渐开线花键

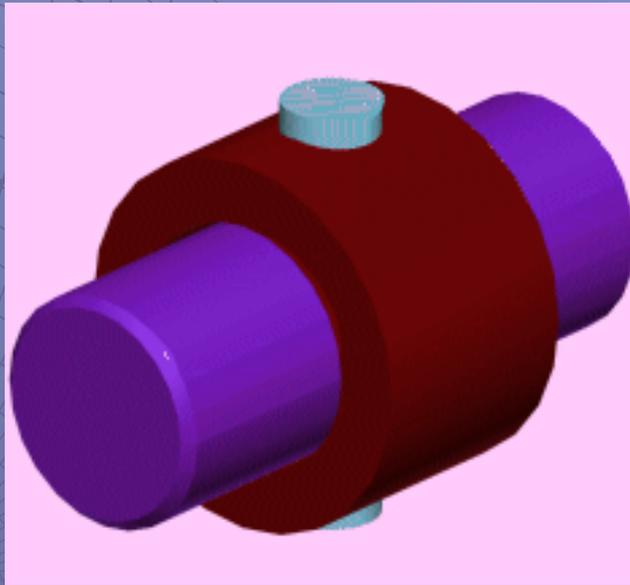


齿形定心



外径定心

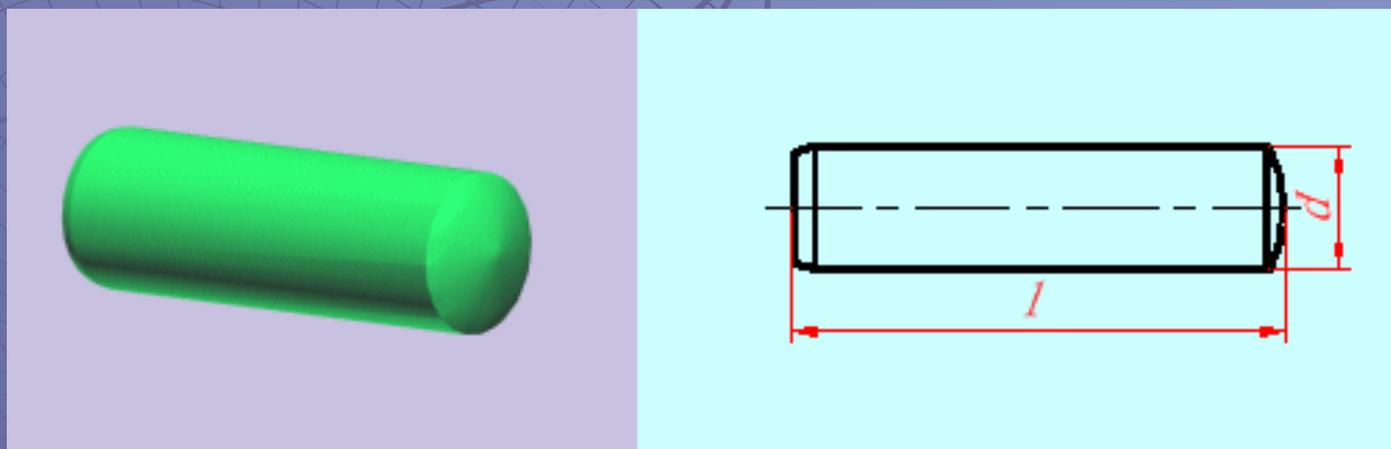
销 联 接



起定位、锁紧、联接作用。
为标准件。

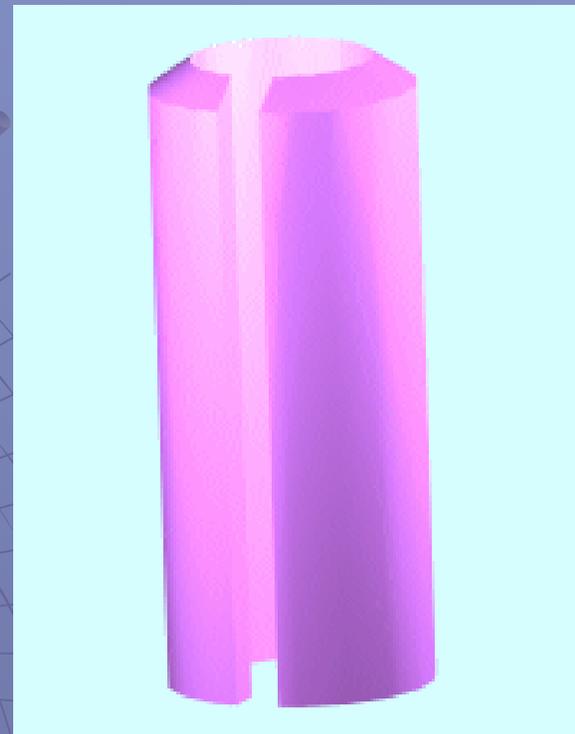
1、圆柱销

结构简单，用于不经常装拆处。



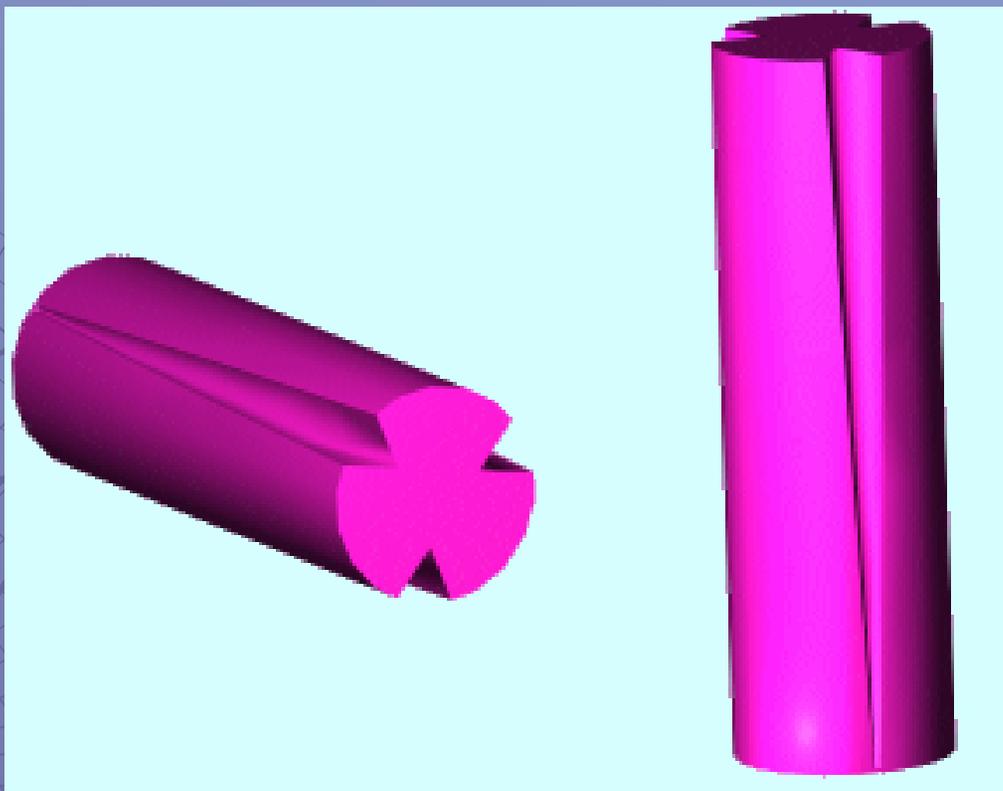
2、弹性圆柱销

不易松脱，
可多次装拆。



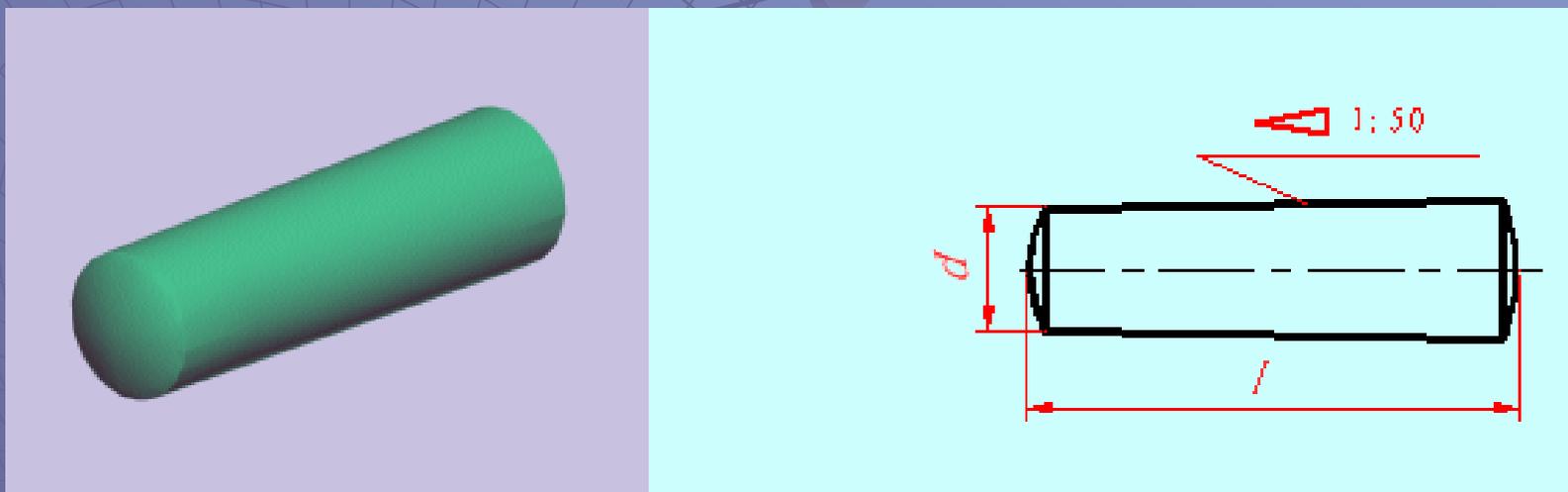
3、开口圆柱销

不易松脱，
可多次装拆。



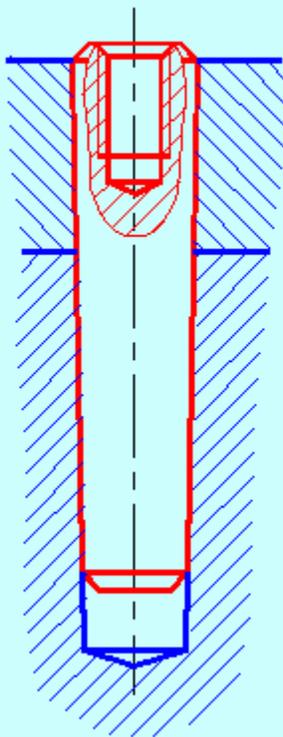
4、圆锥销

定位精度高，可经常装拆。



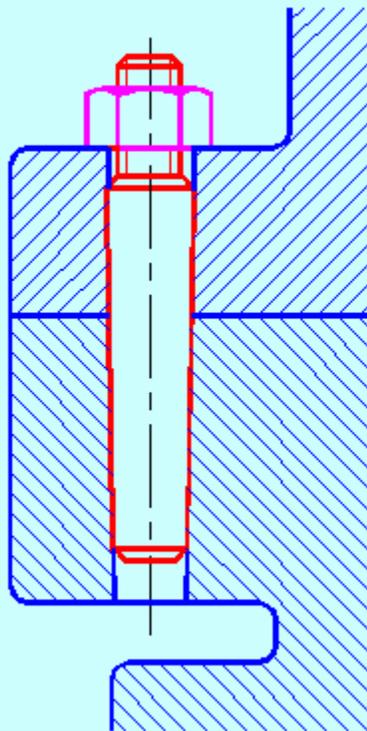
5、特殊结构圆锥销

内螺纹圆锥销



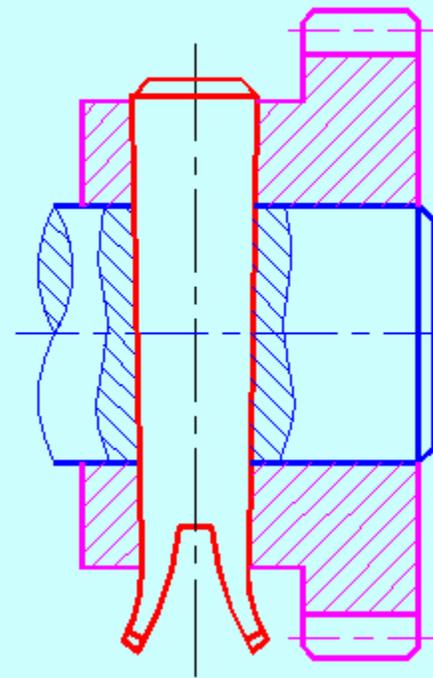
内螺纹
圆锥销

螺尾锥销



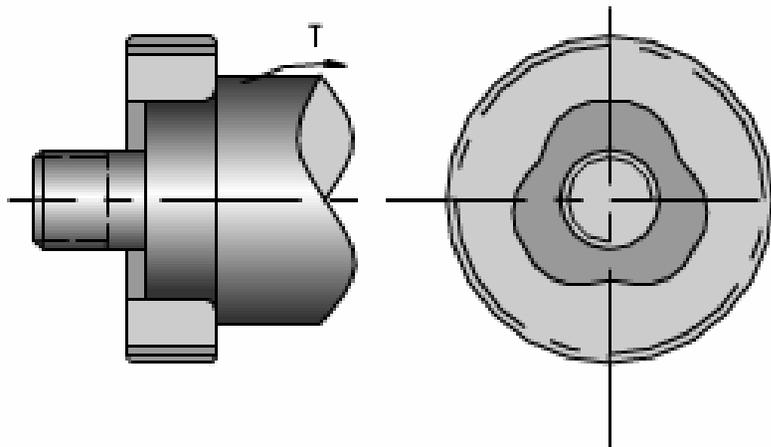
螺尾
圆锥销

开尾锥销

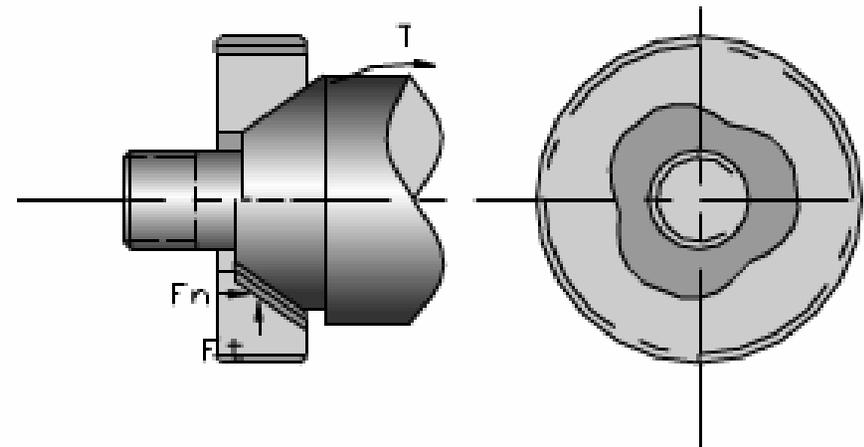


开尾
圆锥销

成型连接

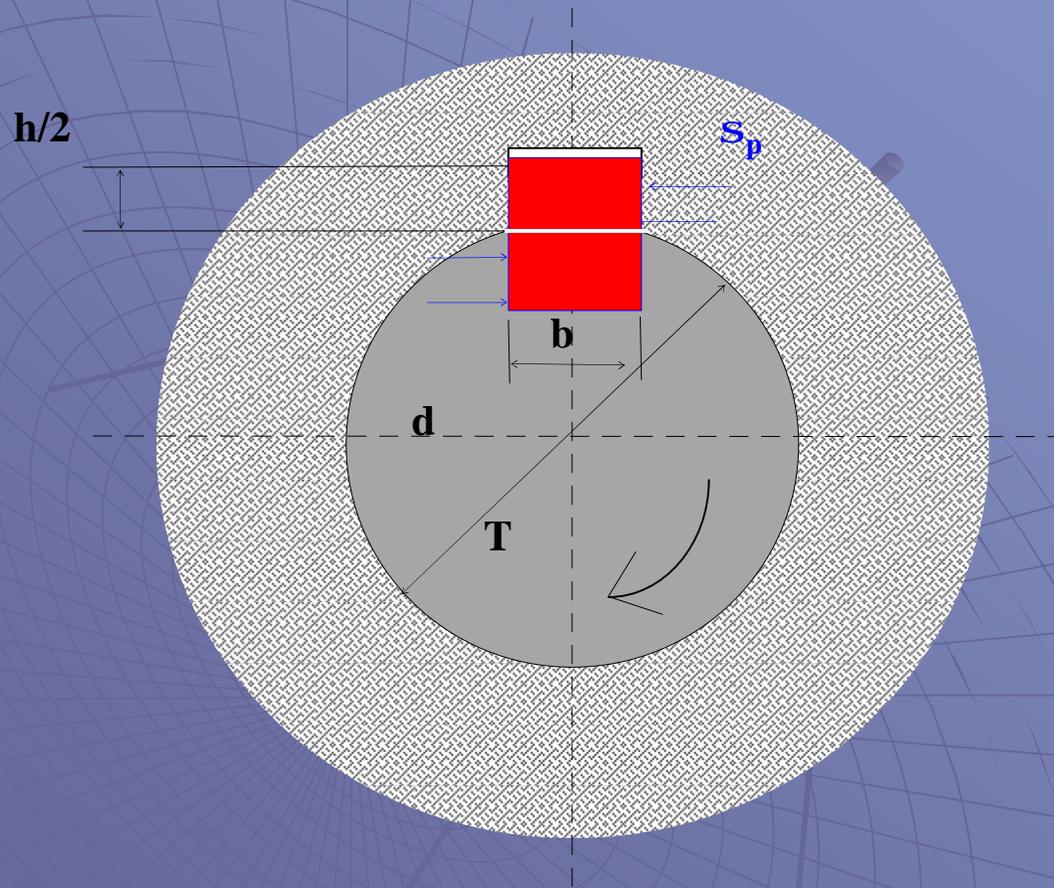


a) 柱形的轴和毂孔

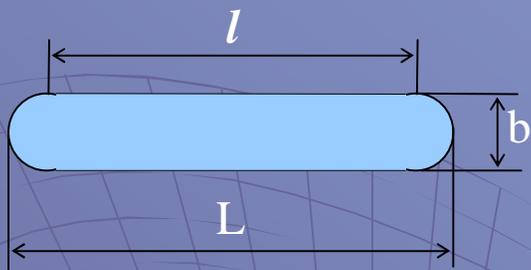


b) 锥形的轴和毂孔

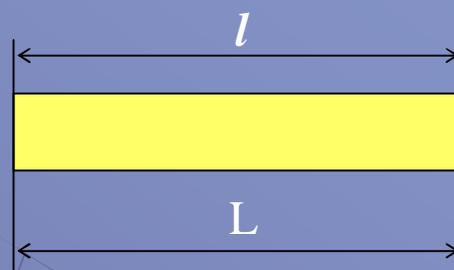
普通平键强度计算



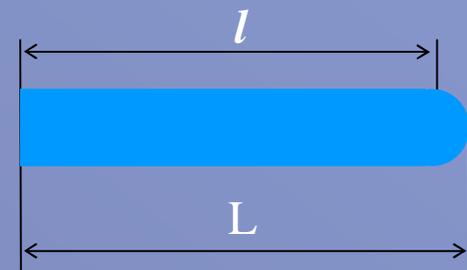
- 1、受力分析
- 2、应力分析
- 3、失效分析
- 4、计算准则



$$l=L-b$$



$$l=L$$



$$l=L-b/2$$

式中， $b \times h$ ——截面尺寸；

L ——长度尺寸；

h ——键高；

b ——键宽；

l ——键的有效长度；

$$S_p = \frac{4T}{dhl} \leq [S_p]$$

$t \leq [t]$ 不必计算（标准件等强度）

标准件设计的特点：选择、验算

1、类型的选择

T——花键、切向键、平键（双键、单键）；

对中——花键、平键、最差是楔键；

轴向固定——楔键（单向）；

滑动——导向键（d小）、滑键（d大）、花键；

位置——端部C型平键、中部A型或B型；

本章重点

- 1、轴的作用、类型；
- 2、轴的结构设计
- 3、键联接的类型特点；
- 4、轴的强度设计；
- 5、普通平键联接的设计。

习题 P232题10-5



