

专业课强化精讲课程

第2讲

第三章 机械运动设计与分析基础知识（下）

第四章 机械零部件工作能力设计计算基础

第五章 机械零部件结构设计基础

四、平面机构的速度瞬心

机构中瞬心数目

若机构中有 N 个构件（包括机架），则

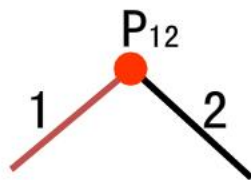
∴每两个构件就有一个瞬心

∴根据排列组合有 $K = C_N^2 = \frac{N!}{2! \times (N-2)!} = \frac{N(N-1)}{2}$

机构中瞬心位置的确定

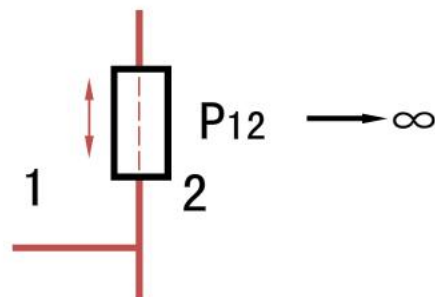
机构中的任意两个构件，它们或组成运动副或不组成运动副，对于前者，其瞬心可用观察法确定，对于后者，用三心定理来求。

观察法：1）以转动副相联的两构件的瞬心
——转动副的中心。



2) 以移动副相联的两构件的瞬心

——移动副导路的垂直方向上的无穷远处。



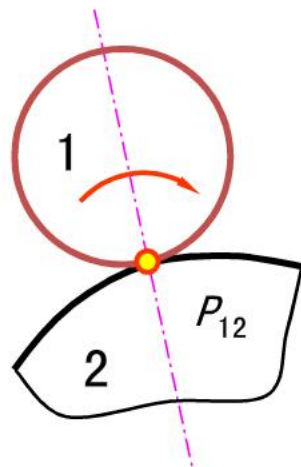
3) 以平面高副相联的两构件的瞬心

✓ 当两高副元素作纯滚动时

——瞬心在接触点上。

✓ 当两高副元素之间既有相对滚动，又有相对滑动时

——瞬心在过接触点的公法线 $n-n$ 上，具体位置需要根据其它条件确定。



不直接相联两构件的瞬心位置确定——三心定理

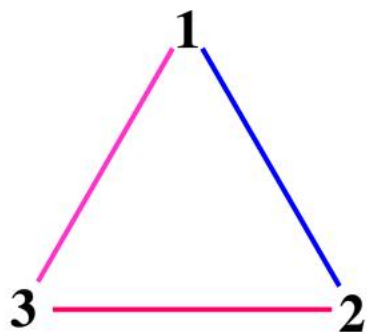
三心定理

三个彼此作平面平行运动的构件的三个瞬心必位于同一直线上。其中一个瞬心将另外两个瞬心的联线分成与各自角速度成反比的两条线段。

用瞬心法进行机构速度分析

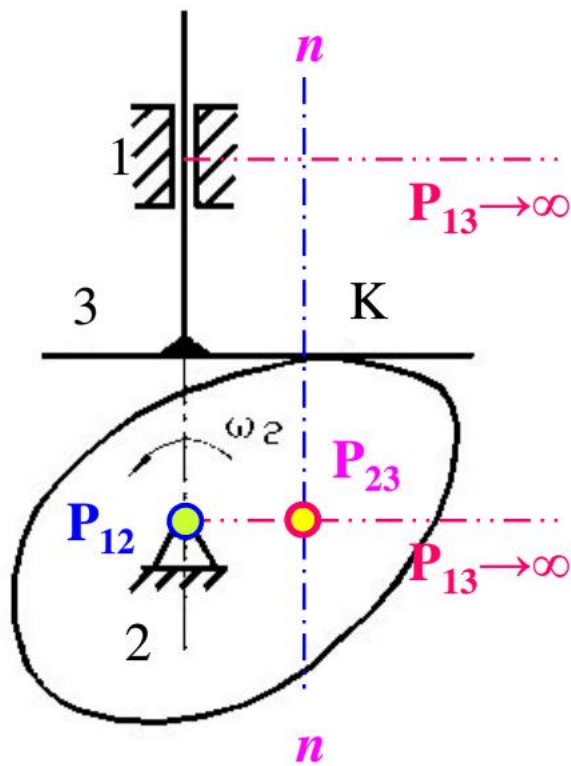
例. 图示为一凸轮机构，设各构件尺寸为已知，又已知原动件2的角速度 ω_2 ，现需确定图示位置时从动件3的移动速度 v_3 。

解：先求出构件2、3的瞬心 P_{23}



$$\therefore v_{P_{23}} = \omega_2 (\overline{p_{12}p_{23}} \cdot \mu_l)$$

$$\therefore v_3 = v_{P_{23}} = \omega_2 (\overline{p_{12}p_{23}} \cdot \mu_l)$$



第四章 机械零部件工作能力设计计算基础

一、机械零件的失效形式

失效

—— 零件失去其工作能力。

机械零件的主要失效形式

1. 整体断裂：拉，压，弯，扭

2. 过大的残余应力

3. 零件表面的破坏：接触疲劳、磨损、胶合、压溃、腐蚀

4. 破坏正常工作条件引起的失效：
打滑，共振，胶合

二、机械零件的工作能力设计计算准则

设计准则	计算公式	失效形式	典型零部件
强度准则	$\sigma \leq \sigma_{\text{lim}}/S$	断裂、疲劳破坏、残余变形	轴、齿轮、带轮等
刚度准则	$y \leq [y]$	弹性变形	轴、蜗杆等
寿命准则	满足额定寿命	腐蚀、磨损、疲劳	滚动轴承等
振动稳定性	$0.85f > f_p$ 或 $1.15f < f_p$	共振产生的工作失常	滚动轴承、齿轮、滑动轴承
可靠性准则	$R = N/N_0$		

三、机械零件材料的选用原则

(1) 常用材料

1. 铸铁 性脆、不能碾压或锻造；易熔、液态流动性好；减震性、耐磨性好；有的易切削，有的强度高，广泛用作机架等复杂零件。分为灰铁、球铁、蠕铁、可锻铸铁、合金铸铁等。
2. 钢有较好的机械、热处理和切削性能；分为碳钢和合金钢，含碳量有高、中、低之分；一般含碳量 \uparrow 强度、硬度 \uparrow 塑性、韧性 \downarrow ，可通过热处理改善性能；常用中碳钢、中碳合金钢。
3. 铸钢 强度、切削性优于铸铁，易熔性、流动性较铸铁差，适合作大尺寸零件。

4. 有色金属 铝合金强密比高，宜作高速、轻质零件，多用铸铝；铜合金导热、导电性好，减摩、耐磨、抗胶合性能好，宜作电器接插件、轴瓦、蜗轮等；轴承合金专门用来做轴承。

5. 非金属 橡胶宜做密封件、缓冲减震件、传动带等；塑料一般用作减摩材料或复杂轻载件。

（2）材料选用原则

1. 使用要求

有强度和重量要求，选强密比高的；有刚度要求，选弹性模量大的（对碳钢，这种情况下宁肯用较低强度的材料）；有接触强度和耐磨要求，选表面可强化处理的。

2. 工艺要求

毛坯要与生产规模相适应，大批量宜用铸造、模锻，小批量宜用焊接、自由锻。相应的：铸件要求液态流动性好、缩孔和偏析倾向小；焊件要求可焊性好、不易开裂；锻件要求延展性好、热脆性小；切削加工件要便于切削、表面要光整；热处理件要求可淬性、淬透性好，变形倾向小。

3. 经济性

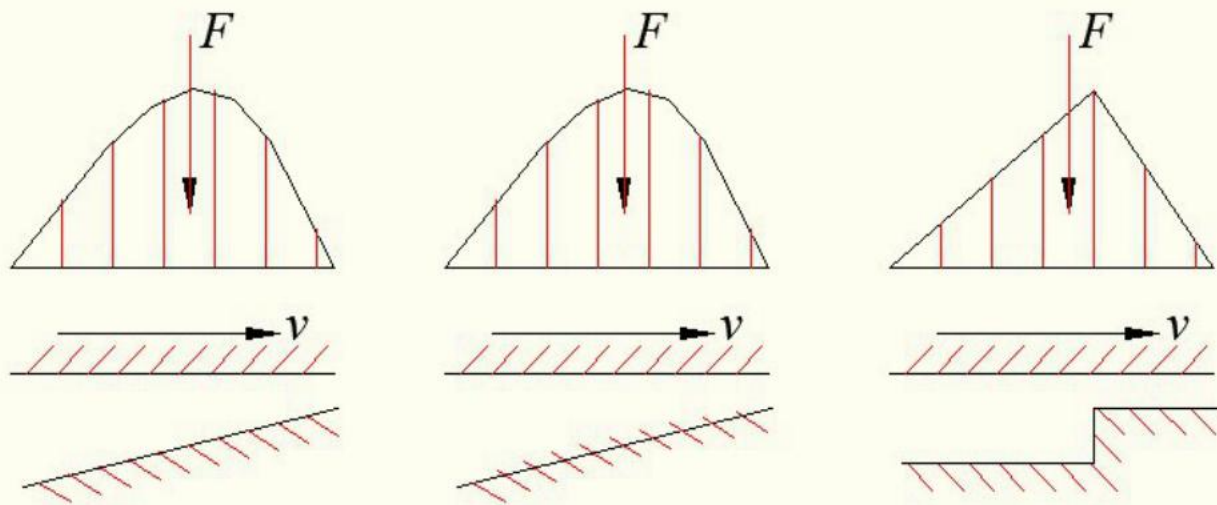
相对价格要低、材料利用率要高、加工费用要少，最终要与生产规模相适应。

四、流体动力润滑

实现条件：1) 两相对运动表面必须形成楔形空间

2) 两表面必须有一定的相对滑动速度，能使油从楔形空间的大口流向小口；

3) 润滑油必须有一定的粘度，且供油要充分



雷诺方程

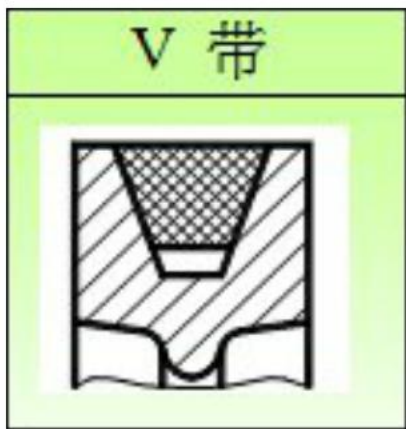
第五章 机械零部件结构设计基础

一、结构设计方法

结构设计时，应在保证功能要求的前提下尽可能构思多的方案，从中进行比较和选优。

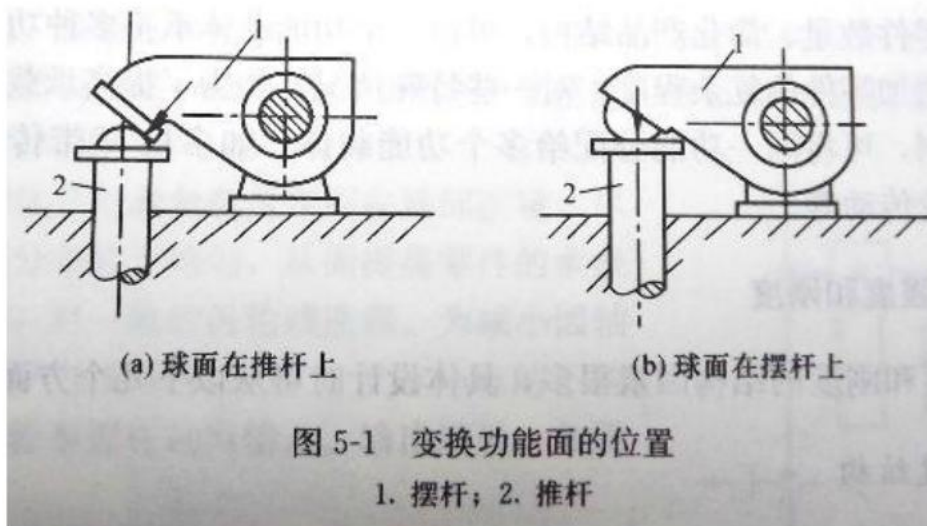
1) 变换结构本身形态

(1) 形状变换

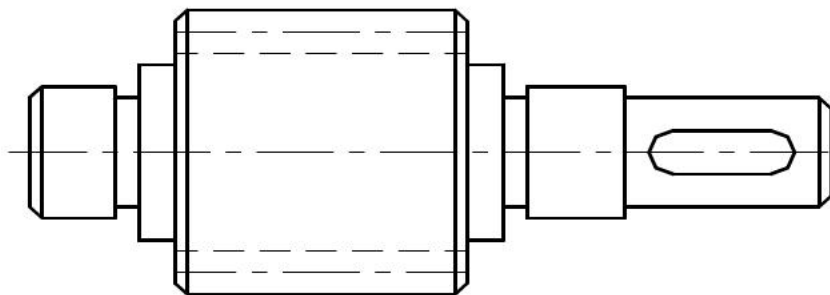




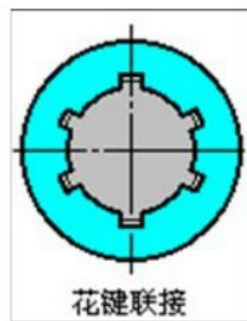
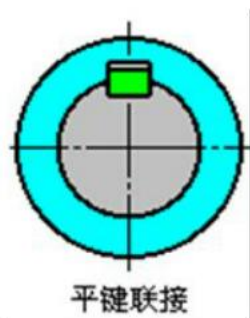
(2) 位置变换 改变零件或零件功能面间的相对位置



(3) 数目变换 包括零件数目或有关几何形状数目的变换。



把蜗杆和轴做成一体



普通平键改为花键

(4) 尺寸变换

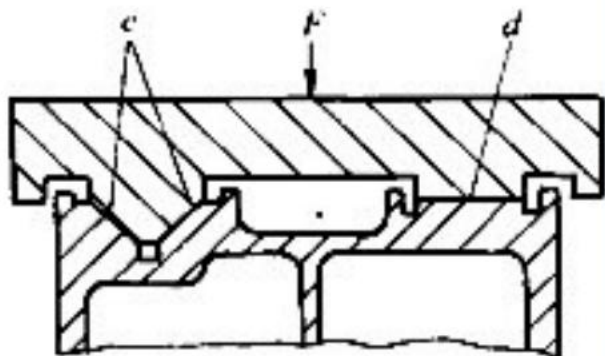
改变零件或其工作表面的尺寸，从而使结构形态发生变换

比如扩大铰链机构中转动副的尺寸可得到偏心轮形状的曲柄。

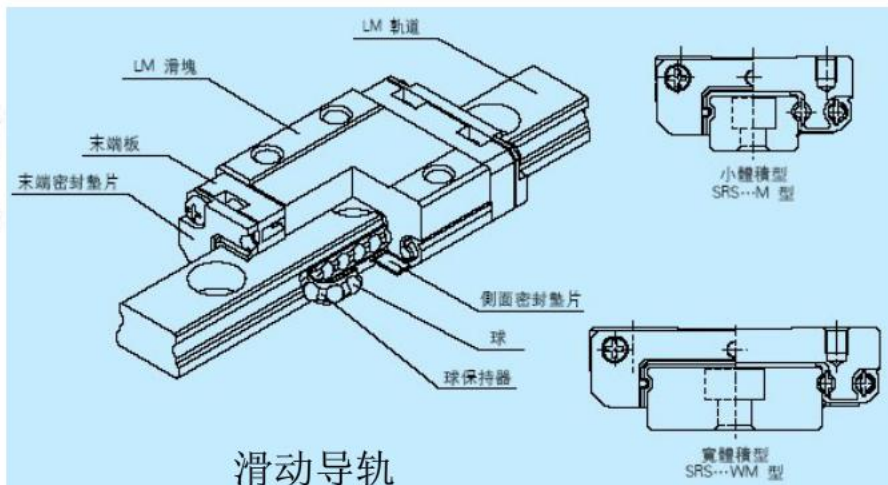
1) 变换零件之间的相互关系

(1) 运动形式的变换

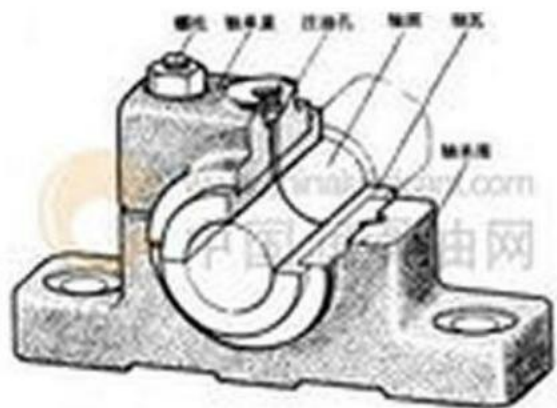
对于同一工作要求，采用不同的运动形式可以得到不同的结构方案



滚动导轨

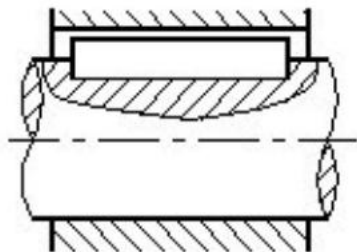
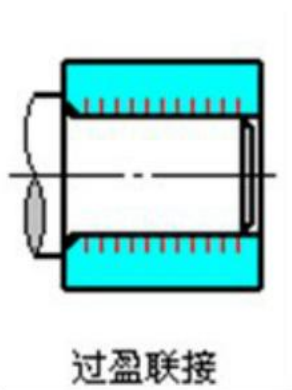
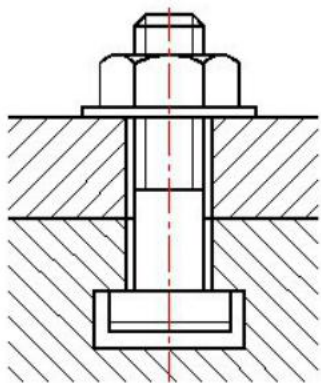


滑动导轨



(2) 连接方式的变换

零件之间的连接可利用力、材料及几何形状的特性来实现。



二、结构设计应考虑的因素

1) 合理分配功能

将所要实现的功能合理地分配给相应的功能载体。

一个功能载体承担一种功能可使零件功能明确、结构简单，但这样会增加零件数；

为减少零件数，可以使一个功能载体承担多种功能，但应结合实际情况而定。

2) 提高强度和刚度

(1) 等强度结构 使零件各截面的强度接近相等

比如：常见的阶梯轴，其中间粗（弯矩大）、两头细（弯矩小），就是一种等强度结构。

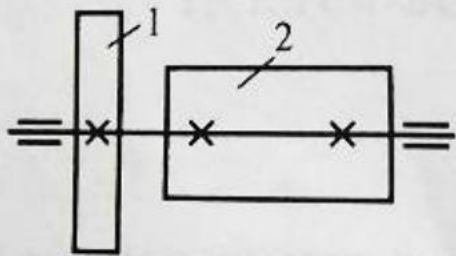
(2) 合理确定截面形状

设计合理的截面形状可以显著提高零件的强度和刚度

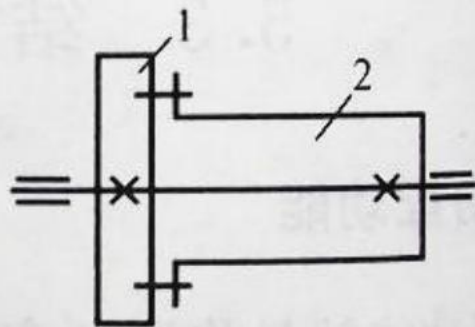
在截面积相等的情况下，空心轴、“工”字形及“T”字形梁由于其截面惯性矩较大，故其强度和刚度也较大。

(3) 改善零件的受力状况

载荷分担



(a) 卷筒与齿轮分开布置

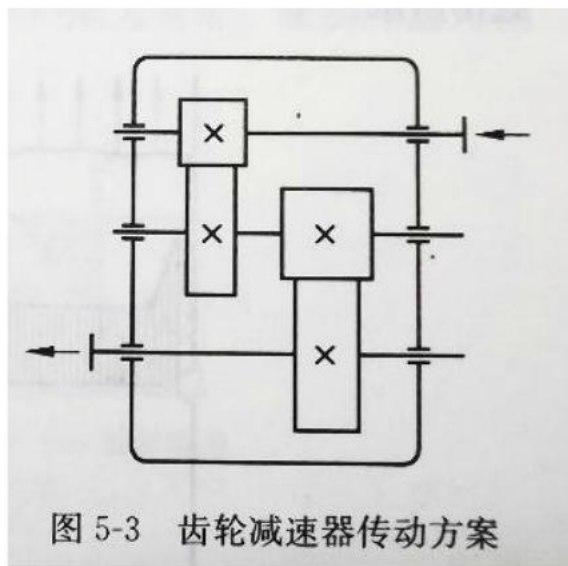


(b) 卷筒与齿轮连成一体

载荷均化

载荷均化是指避免载荷作用在局部区域，尽可能使载荷分布趋于均匀，从而提高零件的承载能力。

右图是为了减小因轴弯曲变形而产生的载荷沿齿宽方向分布的不均匀。

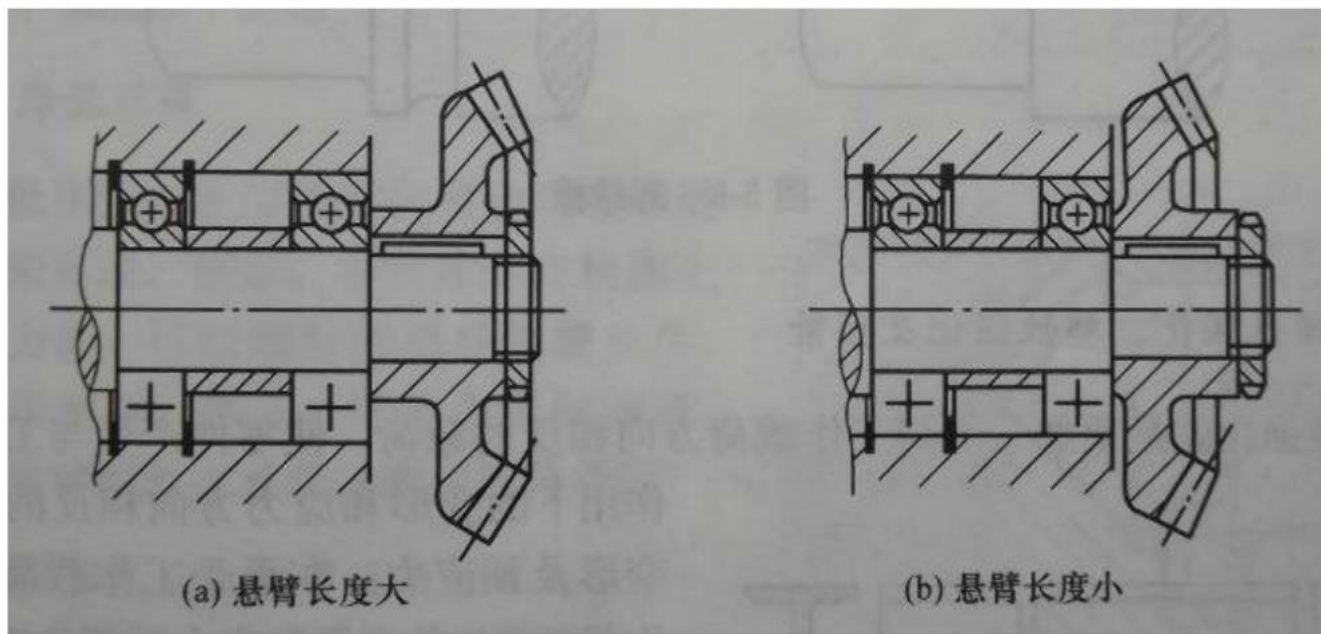


载荷相互抵消

载荷抵消是使零件所受的载荷全部或部分相互抵消。

比如在同一根轴上的两个斜齿轮，通过合理确定两齿轮轮齿的旋向，可使两齿轮所受轴向力方向相反，进而减小轴承轴向载荷。

合理确定支承方式



(4) 减小应力集中，提高疲劳强度

应力集中是影响零件疲劳强度的重要因素。

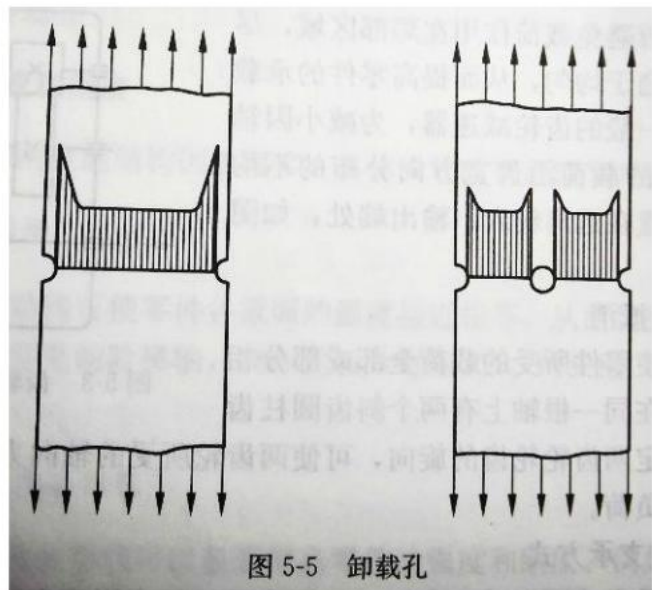


图 5-5 卸载孔

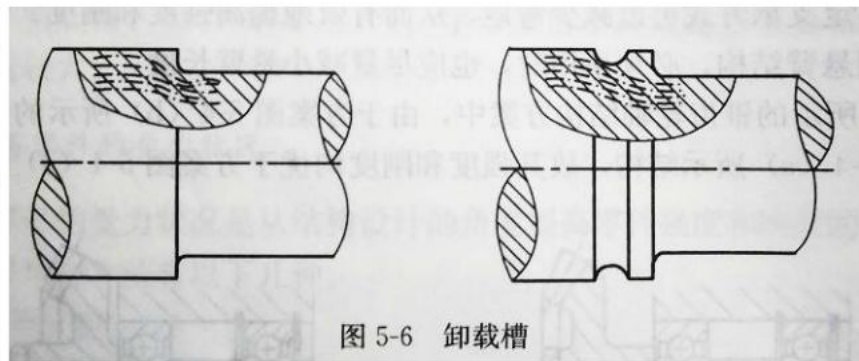


图 5-6 卸载槽

加卸荷孔和卸荷槽都能有效地减小应力集中。

(5) 弹性强化、塑性强化及预紧

弹性强化就是预加一个与工作载荷方向相反的载荷，使零件产生与工作载荷作用下的变形和应力方向相反的弹性预变形及预应力。

塑性强化是使零件在工作状态下应力最大的那部分材料预先经塑性变形，产生与工作应力相反的残余应力，以此来部分抵消工作应力。

预紧就是预加一个与工作载荷方向相同的载荷，使零件产生一定的与工作载荷作用下的变形同方向的弹性变形。

3) 提高耐磨性

(1) 降低压强

降低压强可以采用液压卸荷和机械卸荷的方法来实现。
在机床导轨上通入压力油，可以部分抵消导轨的载荷
右图用滚动轴承来承受导轨的部分载荷。

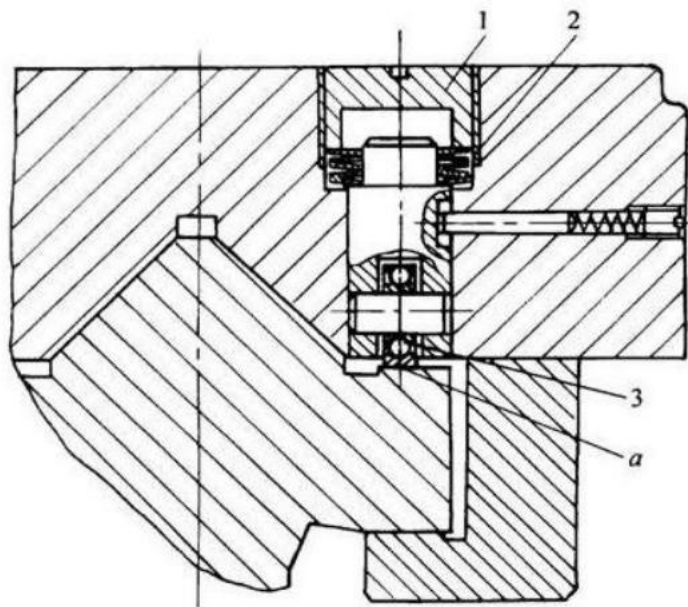


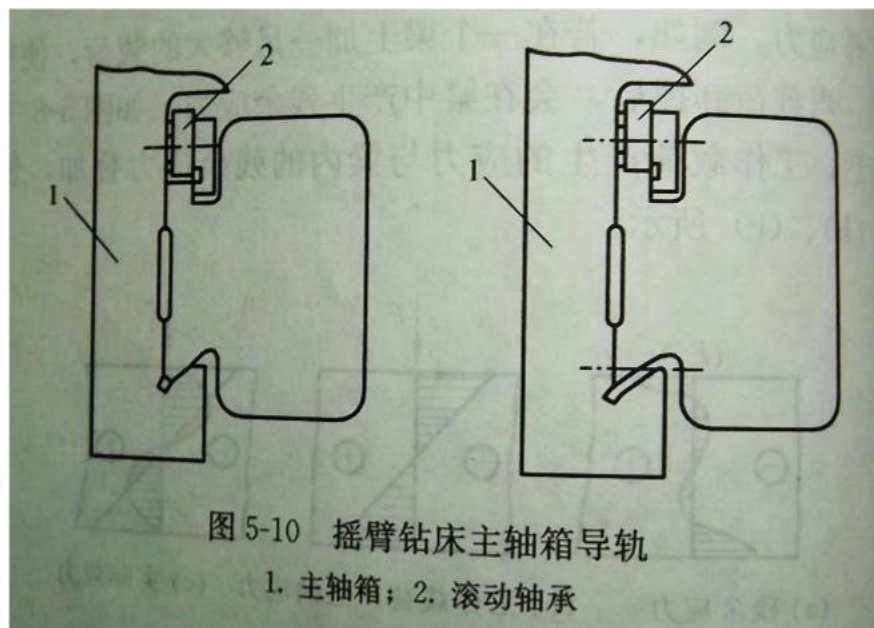
图 3-115 机械卸荷导轨

1—螺钉 2—碟形弹簧 3—滚动轴承

(2) 摩擦表面在相对运动时脱离接触

为使摩擦表面在运动时脱离接触，可以用流体动压、静压或磁悬浮技术，如流体动压、静压轴承及电磁轴承。利用一些特定机构也可避免摩擦表面在相对运动时直接接触。

当主轴箱移动时，放松加紧机构，使主轴箱略向下移，箱的重量靠滚动轴承承担。



(3) 减少磨损的不均匀性

局部磨损的危害程度往往比均匀磨损大，故应尽可能使磨损均匀。

右下图，由于止推面外边部位的线速度远高于中心部位，故外边磨损剧烈，去除中间部位后，可使磨损趋于均匀。

(4) 由不同材料形成组合结构

为了提高零件耐磨性的同时降低其成本，机械零件可以采用组合结构，即零件易受磨损处采用耐磨材料。其他部位采用普通材料。

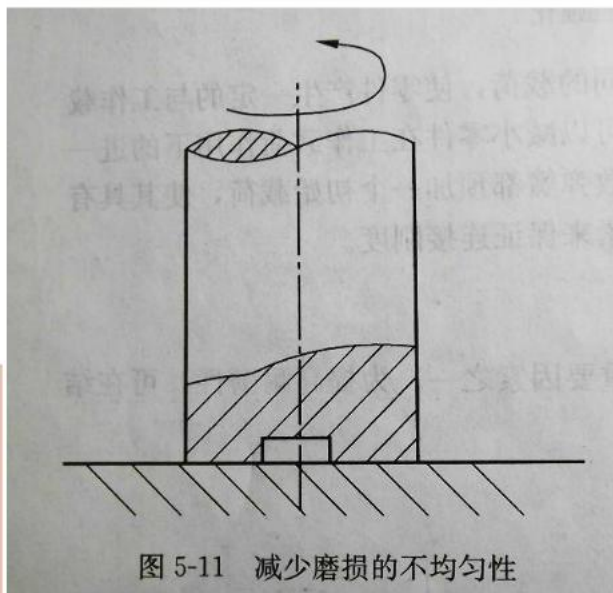
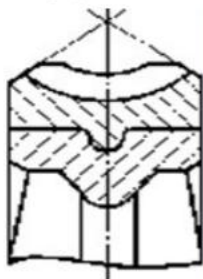


图 5-11 减少磨损的不均匀性

(5) 调节与补偿

当磨损无法避免时，应考虑如何调节和补偿因磨损造成的尺寸变化，延长零件的使用寿命。

例如：在剖分式径向滑动轴承中，可利用调整垫片来调节因磨损造成的轴颈与轴承孔之间的间隙。

4) 改善零件的结构工艺性

(1) 零件结构必须与生产条件和批量相适应

零件结构与生产条件、生产批量密切相关。比如：直径小于500mm的齿轮通常采用锻造结构，而直径大于500mm时，由于锻造设备的限制，一般采用铸造结构。单件生产的减速器箱体宜采用焊接结构，而中、小批量生产特别是大批量生产时就应该采用铸造结构。

(2) 零件结构应力求简单

零件越复杂，加工、装配、维修等越复杂，成本越高。

(3) 零件结构应易于装配

装配式机器生产过程中的一个重要环节，零件结构的装配性能直接影响到产品的质量和成本。

结构工艺性实例

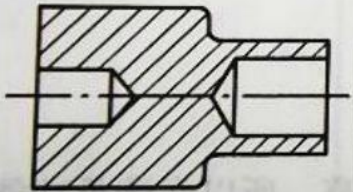
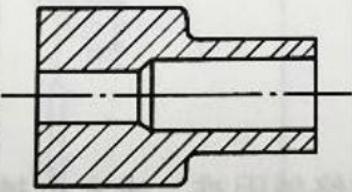
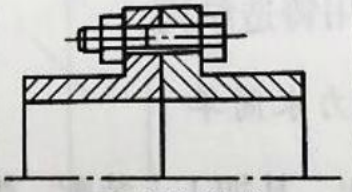
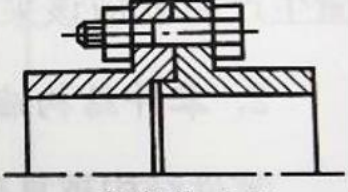
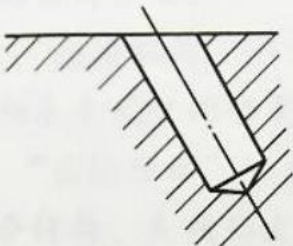
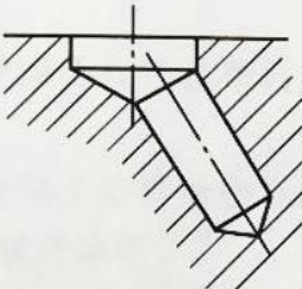
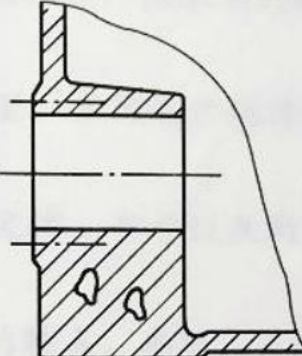
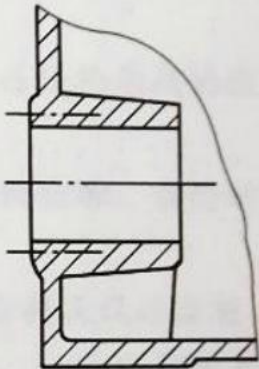
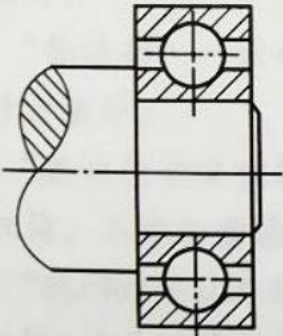
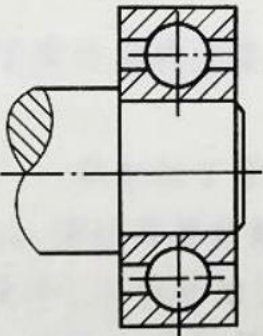
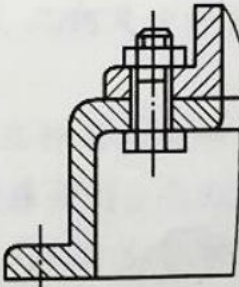
不合理结构	合理结构	不合理结构	合理结构
			
需要两次装卡	一次装卡，易保证孔的同轴度	无定位基准，难以满足同轴度	有定位止口，同轴度易保证

表 5-1 结构工艺性实例

不合理结构	合理结构	不合理结构	合理结构
 <p data-bbox="209 549 416 623">在平面上钻斜孔，钻头易偏斜</p>		 <p data-bbox="887 611 1174 678">铸件厚薄变化大，易出现充填不满及缩孔</p>	
 <p data-bbox="212 1048 424 1116">轴肩过高，拆卸困难</p>	 <p data-bbox="531 1048 823 1116">轴肩高度应小于轴承内圈厚度，便于拆卸</p>	 <p data-bbox="927 1048 1110 1079">螺栓装拆困难</p>	