



第04章

轴承及轴设计

(下1)

宋超阳

南方科技大学

本章要点概述

- 滑动轴承概述
- 滑动轴承的结构形式
- 轴瓦的材料和结构
- 非液体摩擦滑动轴承的设计
- 液体摩擦动压向心滑动轴承的设计
- 其他轴承简介
- 滚动轴承概述
- 滚动轴承的主要类型及其代号
- 滚动轴承的选择
- 滚动轴承的工作情况及设计约束
- 滚动轴承的校核计算
- 新型轴承与滚动导轨简介
- 轴的结构设计
- 轴设计中的物理约束
- 轴的设计
- 轴毂连接计算

新型轴承与 滚动导轨简介

陶瓷轴承简介

- 军事装备及民用高性能设备都向着高速、高精度方向发展
 - 如：航空涡轮发动机和增压器的主轴轴承的 d 值已达到并超过 $3 \times 10^6 \text{ mm} \cdot \text{r/min}$ (d 为轴承内径 mm ; n 为轴承转速, r/min)
 - 普通滚动轴承已适应不了这种工作条件, 因此人们研制出了陶瓷滚动轴承
- 陶瓷滚动轴承的结构与普通滚动轴承相似, 一般只是以陶瓷滚动体代替金属滚动体
 - 以陶瓷滚子或陶瓷球作为滚动体的组合陶瓷轴承, 作为高速、高精度轴承, 不仅在军事装备上可以充分发挥其卓越的性能, 而且可用于数控机床、加工中心和大型发电机组的主传动系统
- 氮化硅陶瓷滚动体的组合陶瓷滚子轴承 (即钢套圈和陶瓷滚子) 的优点

接触中不产生黏着和胶合, 摩擦磨损极小

热膨胀系数较低, 热变形小, 允许采用较小的游隙, 故热稳定性好, 旋转精度高

有自润滑性, 可以采用较为简单的润滑方式

滚动体离心力小, 因此外圈接触应力小, 疲劳寿命高

新型轴承与滚动导轨简介

关节轴承简介

- 工业机器人的手腕位于手臂末端，用来支承末端执行器并调整其姿态
 - 一般手腕由多个同轴回转副或销轴回转副的关节组成
 - 其关节部位的轴承采用关节轴承
- 关节轴承是以滑动接触表面为球面，主要适用于
 - 摆动运动、倾斜运动和旋转运动的球面滑动轴承
- 按受载荷方向不同，可分为
 - 角接触
 - 向心
 - 推力
 - 杆端关节轴承

序号	简图	结构形式代号和名称	承受载荷的方向和相对大小	说明
向心关节轴承		GE...E 型向心关节轴承	径向载荷和任一方较小的轴向载荷	单缝外圈；无润滑油槽
向心关节轴承		GE...ES 型向心关节轴承	径向载荷和任一方较小的轴向载荷	单缝外圈；有润滑油槽
角接触关节轴承		GAC...S 型角接触关节轴承	径向载荷和一方向的轴向（联合）载荷	内、外圈均为淬硬轴承钢；外圈有油槽和油孔
推力关节轴承		GX...S 型推力关节轴承	一方向的轴向载荷或联合载荷（此时，其径向载荷值不得大于轴向载荷的 0.5 倍）	轴圈和座圈均为淬硬轴承钢；座圈有油槽和油孔
杆端关节轴承		SI...E 型杆端关节轴承	径向载荷和任一方小于或等于 0.2 倍径向载荷的轴向载荷	系 GE...E 型轴承与杆端的组装体。杆端有内螺纹，材料为碳素结构钢；无润滑油槽

滚动导轨简介

- 在工业机器人的机械系统中，为消除一般直线运动机构中因使用螺旋传动、齿轮传动等传动副而出现的机械误差，一些移动关节可采用直线电动机导轨结构
 - 在导轨盒内装有电动机，包括滚动导轨与直线电动机

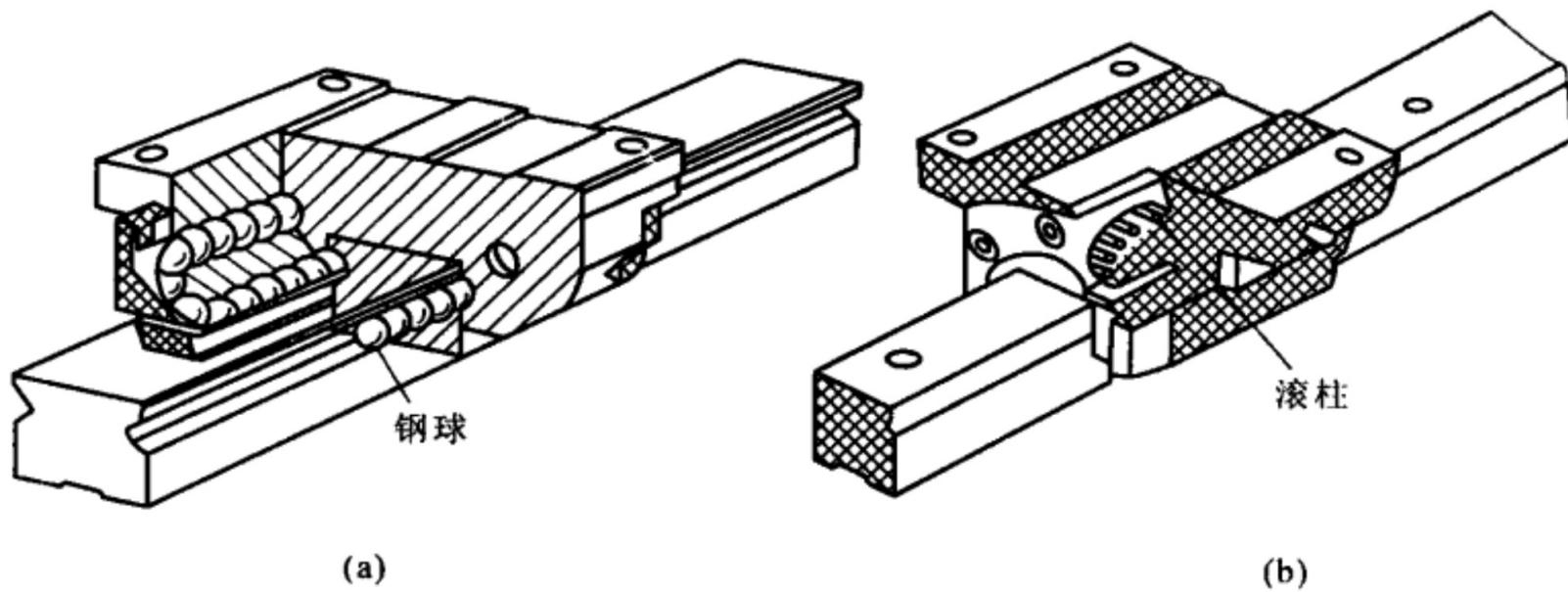
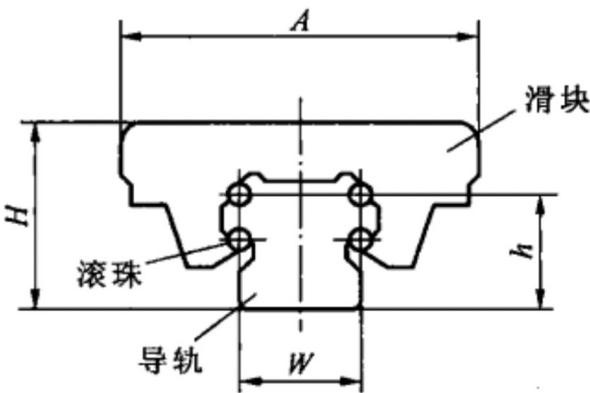
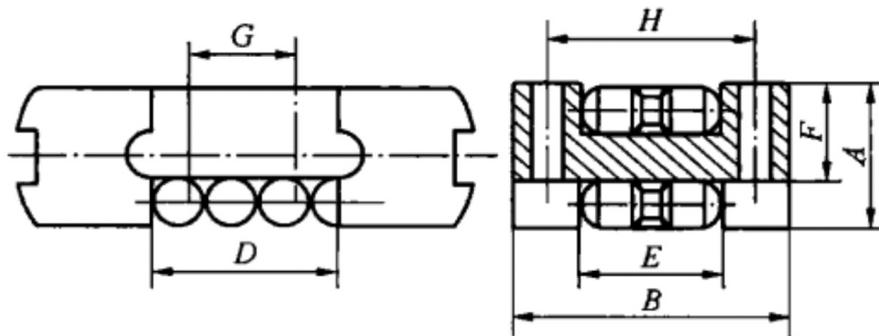


图 8-16 直线滚动导轨的滚动体

(a) 钢球式; (b) 滚柱式

类型	简图及特点
直线 滚动 导轨 副	 <p>滚动体与圆弧沟槽相接触,与点接触相比,承载能力大,刚性好;</p> <p>摩擦系数小,一般小于 0.005,仅为滑动导轨副的 $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{40}$;</p> <p>节省动力,可以承受上、下、左、右四个方向的载荷;</p> <p>磨损小,寿命长,安装、维修、润滑方便。运动灵活、无冲击,在低速微量进给时,能很好地控制位置尺寸</p>
滚动 导轨 块	 <p>滚动体为圆柱滚子,承载能力大约为球轴承的 10 倍以上;</p> <p>摩擦系数小,且动、静摩擦系数之差较小,对反复启动、停车、反向且频率较高机构,可减少整机重量及动力消耗;</p> <p>灵敏度高,低速微调时控制准确,无爬行。滚动时导向性好,可提高机械随动性及定位精度。润滑系统简单,装拆、调整方便</p>

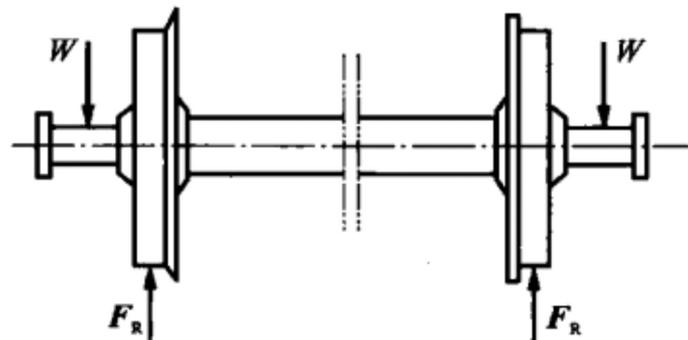
轴

轴是组成机器的重要零件之一，其主要功能是
支承作回转运动的传动零件（如齿轮、蜗轮等），
并传递运动和动力

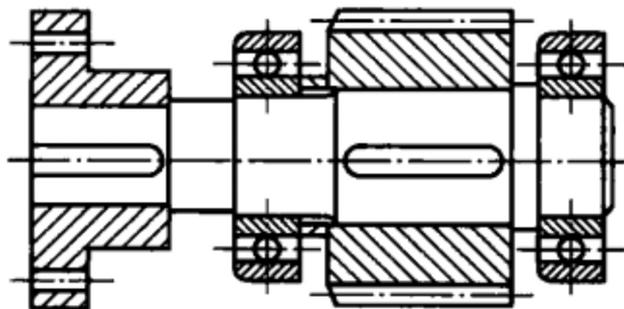
轴的功能及类型

- 根据轴的受载情况的不同，可分为

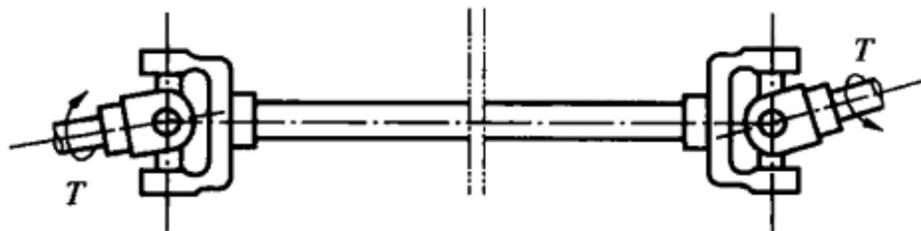
心轴：只受弯矩而不受转矩作用，如机车车辆的轴



转轴：既受弯矩又受转矩作用，如减速器的轴



传动轴：主要受转矩作用，不受弯矩或所受弯矩很小，如汽车的传动轴

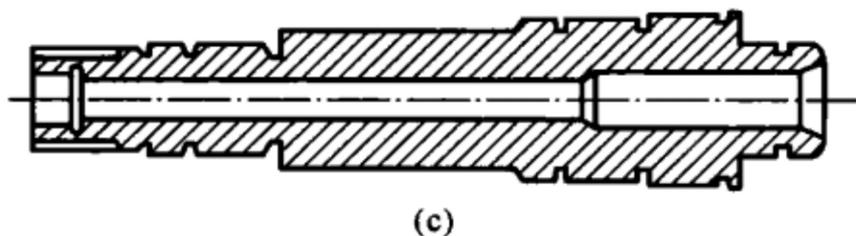


轴的功能及类型

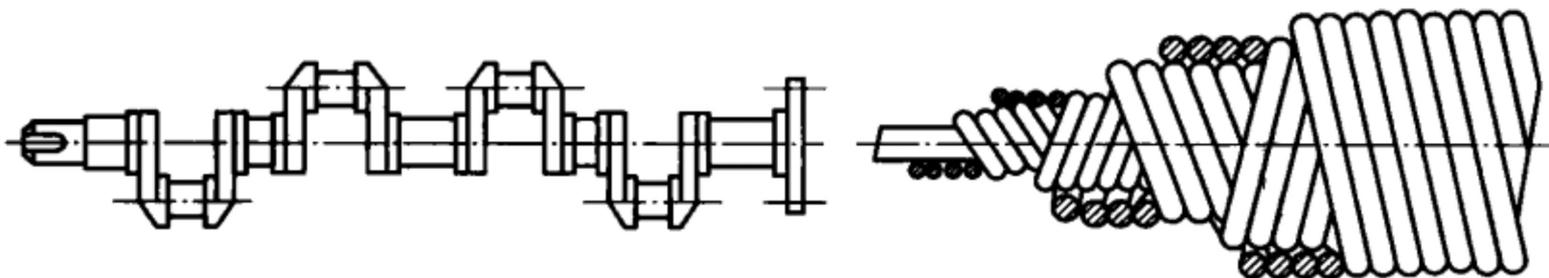
- 根据轴的轴线形状不同，轴又可分为



直轴还可分为光轴和阶梯轴，或实心轴和空心轴



用得最多的是各段轴径不同的阶梯轴，功能特点是支承和定位轴上零件



曲轴是往复机械的专用零件 (d)

(e) 挠性钢丝轴由几层紧贴在一起的钢丝层构成，其轴线可任意弯曲，常用于振捣器等设备中

图 6-2 轴的结构类型

(a) 光轴；(b) 阶梯轴；(c) 空心轴；(d) 曲轴；(e) 钢丝软轴

轴设计的主要任务和约束条件

• 轴设计的主要任务

- 根据工作要求并考虑制造工艺因素，选择合适的材料，进行轴的结构设计，使其满足各种物理约束和几何约束条件

轴的工作能力主要取决于

- 强度、刚度、临界转速等物理约束

轴的形状主要取决于

- 轴上零件的定位、固定、加工需求等几何约束

• 轴设计常用的约束条件

1) 物理约束

- 强度条件: $\sigma \leq [\sigma]$
- 刚度条件: $y \leq [y]$
- 临界转速: $n \leq [n_c]$

2) 几何约束

- 轴上零件的轴向定位与固定
- 轴上零件的周向固定
(轴毂连接)
- 加工工艺和装配工艺等

表 6-1 轴的常用材料机械性能

轴的材料及选择

(1) 轴的强度、刚度及耐磨性要求

(2) 轴的热处理方式及机加工工艺性的要求

(3) 轴的材料来源和经济性等

碳钢和合金钢（常用材料）

- 碳钢比合金钢价格低廉，对应力集中的敏感性低，可通过热处理改善其综合性能，加工工艺性好，故应用最广。一般用途的轴，多用碳含量为0.25%~0.5%的中碳钢，尤其是45钢
- 对不重要或受力较小的轴，也可用Q235A等普通碳素钢

合金钢

- 具有比碳钢更好的机械性能和淬火性能，但对应力集中比较敏感，且价格较贵，多用于对强度和耐磨性有特殊要求的轴。如：20Cr、20 CrMnTi等低碳合金钢，经渗碳处理后可提高耐磨性；20 CrMoV、38 CrMoA1等合金钢，有良好的高温机械性能，常用于在高温、高速和重载条件下工作的轴
- 值得注意的是：由于常温下合金钢与碳素钢的弹性模量相差不多，因此当其他条件相同时，要通过选用合金钢来提高轴的刚度难以实现

低碳钢和低碳合金钢

- 经渗碳淬火，可提高其耐磨性，常用于韧性要求较高或在转速较高场合下工作的轴

球墨铸铁和高强度铸铁

- 因具有良好的工艺性，不需要锻压设备，吸振性好，对应力集中的敏感性低，故近年来被广泛应用于制造结构形状复杂的曲轴等，只是铸件的质量难以控制

轧制的圆钢或锻钢

- 多用于轴的毛坯，锻钢内部组织均匀，强度较好，因此，重要的大尺寸的轴，常用锻造毛坯

材 料	热处理	毛坯直径 $d, D/\text{mm}$	硬 度 HBS	抗拉强度 σ_b/MPa	屈服点 σ_s/MPa	弯曲疲劳 极限 σ_{-1}/MPa	剪切疲劳 极限 τ_{-1}/MPa	备 注
Q235A				440	235	200	105	用于不重要或 载荷不大的轴
45	正火	25	≤ 241	600	360	260	150	应用最广泛
	正火 回火	≤ 100	170~217	600	300	275	140	
		$> 100 \sim 300$	162~217	580	290	270	135	
调质	≤ 200	217~255	650	360	300	155		
40Cr	调质	25	241~266	1 000	800	500	280	用于载荷较大 而无很大冲击的 重要轴
		≤ 100	241~266	750	550	350	200	
		$> 100 \sim 300$		700	550	340	185	

材 料	热处理	毛坯直径 $d, D/\text{mm}$	硬 度 HBS	抗拉强度 σ_b/MPa	屈服点 σ_s/MPa	弯曲疲劳 极限 σ_{-1}/MPa	剪切疲劳 极限 τ_{-1}/MPa	备 注
40MnB	调质	25	241~286	1 000	800	485	280	性能接近 40Cr, 用于重 要的轴
		200		750	550	335	195	
35CrMo	调质	25	207~269	1 000	850	510	285	—
		≤ 100		750	550	390	200	
		$> 100 \sim 300$	207~269	700	500	350	185	
20Cr	渗碳淬 火回火	15	表面 HRC	850	550	375	215	用于要求强 度和韧度均较 高的轴
		30	50~60	650	400	280	160	
		≤ 60		650	400	280	160	
20CrMnTi	渗碳淬 火回火	15	表面 HRC 50~62	1 100	850	525	300	—
1Cr18Ni9Ti	淬火	≤ 60		550	200	205	120	用于在高、 低温及强腐蚀 状况下工作的 轴
		$> 60 \sim 100$	192	540	200	195	115	
		$> 100 \sim 200$		500	200	185	105	
球墨 铸铁	QT400 -15		156~197	400	300	145	125	—
	QT600 -3		197~269	600	420	215	185	—

注：① 剪切屈服极限 $\tau_s = (0.55 \sim 0.62)\sigma_s$, $\sigma_0 \approx 1.4\sigma_{-1}$, $\tau_0 = 1.5\tau_{-1}$;

② 等效系数 ψ , 碳素钢 $\psi_b = 0.1 \sim 0.2$, $\psi_s = 0.05 \sim 0.1$, 合金钢 $\psi_b = 0.2 \sim 0.3$, $\psi_s = 0.1 \sim 0.15$ 。

轴的结构设计

轴结构设计的目的是合理地定出轴的几何形状和尺寸

由于影响轴结构设计的因素很多，故轴不可能有标准的结构形式

通常，轴的结构设计应力求受力合理，有利于提高轴的工作能力，有利于节约材料和减轻质量；应力求轴上零件的定位和固定可靠，并有利于装拆、调整和具有良好的工艺性

轴上零件的布置

- 合理布置轴上零件可改善轴的受力状况，提高轴的强度和刚度

(1) 使弯矩分布合理

- 合理改进轴上零件的结构，可减少轴上载荷和改善其应力特征，提高轴的强度和刚度
- 对于图所示的轮轴，如把轴毂配合面分为两段，则可减少轴的弯矩，使载荷分布更趋合理

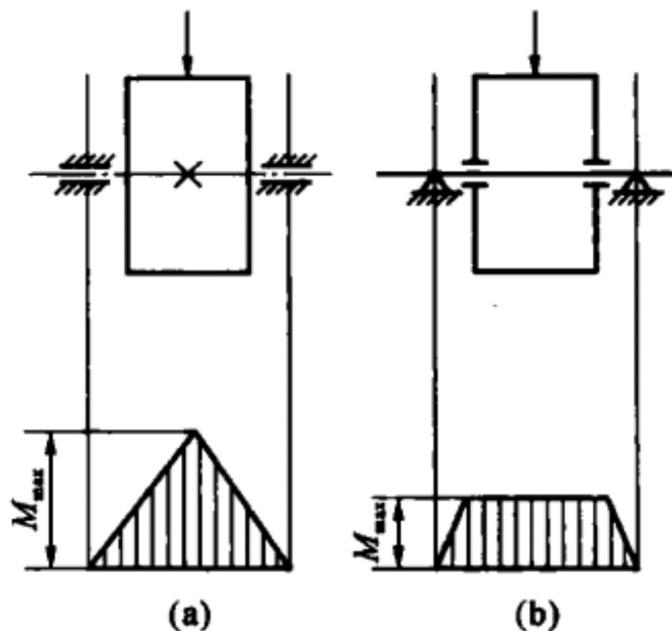


图 6-3 改善轴上弯矩的分布

(2) 使转矩分配合理

(3) 改变应力状态

轴上零件的布置

- 合理布置轴上零件可改善轴的受力状况，提高轴的强度和刚度

(1) 使弯矩分布合理

(2) 使转矩分配合理

- 如图中轴上装有三个传动轮，如将输入轮布置在轴的一端，当只考虑轴受转矩时，输入转矩为 $T_1 + T_2$ ，则此时轴上受的最大转矩为 $T_1 + T_2$
- 如将输入轮布置在两个输出轮之间，则轴上的最大转矩为 T_1

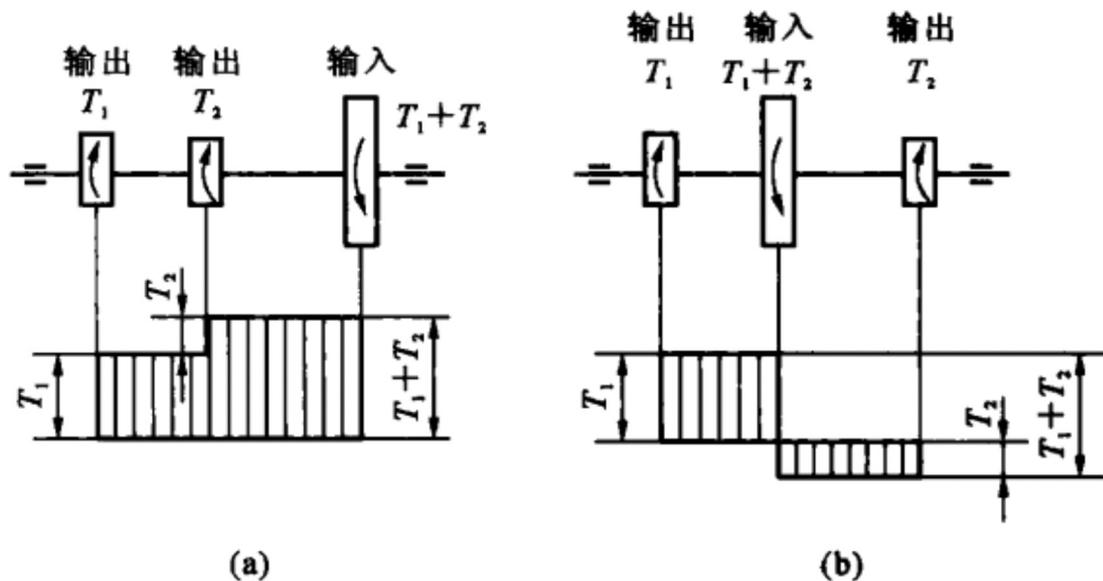


图 6-4 轴上零件的合理布置

(a) 输入轮在一端的轴；(b) 输入轮在中间的轴

(3) 改变应力状态

轴上零件的布置

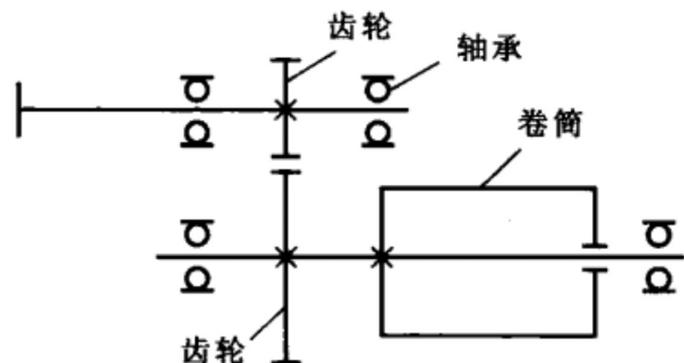
- 合理布置轴上零件可改善轴的受力状况，提高轴的强度和刚度

(1) 使弯矩分布合理

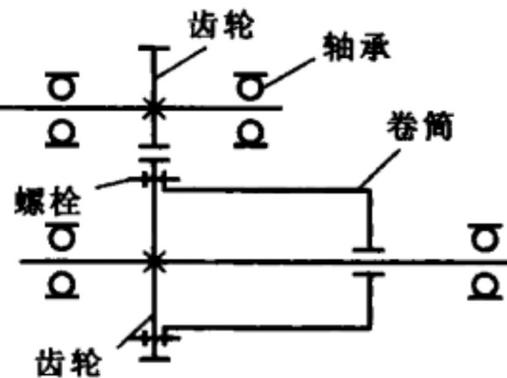
(2) 使转矩分配合理

(3) 改变应力状态

- 如图所示的卷筒轴工作时，既受弯矩又受转矩作用
- 当卷筒的安装结构改为图(b)所示形式时，则卷筒轴只受弯矩作用，因此改变了轴的应力状态



(a)

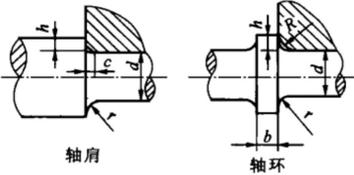
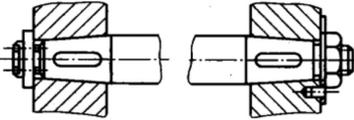
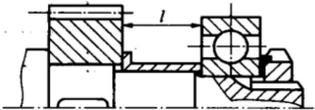
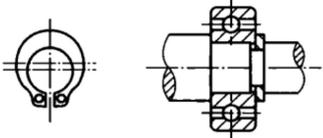
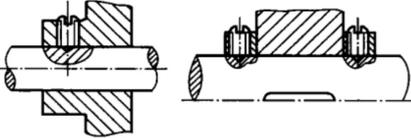


(b)

轴的结构设计

轴上零件的轴向固定

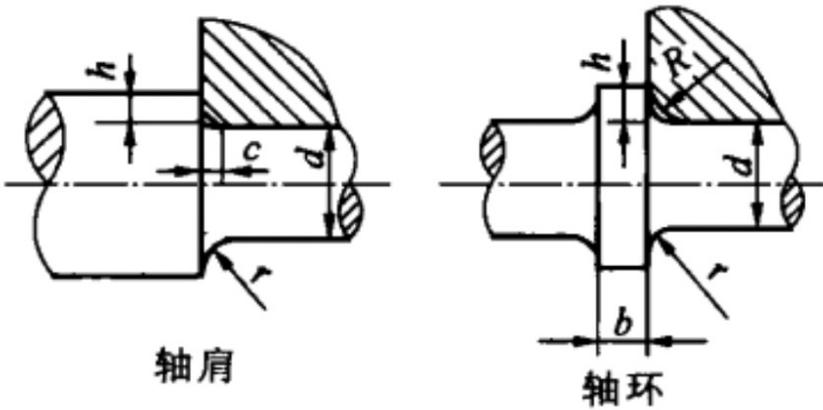
- 零件安装在轴上，要有准确的定位
 - 各轴段长度的确定，应尽可能使其结构紧凑
 - 对于不允许轴向滑动的零件，零件受力后不要改变其准确的位置，即定位要准确，固定要可靠
 - 与轮毂相配装的轴段长度，一般应略小于轮毂宽 2~3 mm
 - 对轴向滑动的零件，轴上应留出相应的滑移距离

零件	轴向固定形式	特 点
轴肩与轴环	 <p style="text-align: center;">轴肩 轴环</p>	<p>简单可靠，能承受较大的载荷，常用于齿轮、链轮、带轮、联轴器和轴承的定位。但应注意：① 为了保证轴上零件与轴的定位端面靠紧，轴的过渡圆角半径 r 应小于相配零件的倒角尺寸 c 或圆角半径 R；② 轴肩高度 h 既不能太大，也不能太小，一般 $h = (0.07 \sim 0.1)d$；③ 轴环高度与轴肩相同，轴环宽度 $b \approx 1.4h$。与滚动轴承配合处的 h 与 r 见轴承标准</p>
轴端挡圈与锥面		<p>锥面定心精度高，拆卸容易，能承受冲击及振动载荷；常用于轴端零件的固定，与轴端压板或螺母联合使用，使零件获得双向轴向固定</p>
圆螺母和套筒		<p>圆螺母能承受较大的轴向力，固定可靠，常用于轴端零件的固定。但轴上须切制螺纹，有应力集中，一般用细牙螺纹。 套筒用于两个零件相隔距离不大时的轴向固定，结构简单，可减少轴的阶梯数，对应力集中也有所改善</p>
	轴向固定形式	特 点
弹性挡圈		<p>结构紧凑、简单，常用于滚动轴承的轴向固定，但不能承受轴向力。当位于受载轴段时，轴的强度削弱较大</p>
紧定螺钉和锁紧挡圈		<p>轴结构简单，零件位置可调整并兼做周向固定用，多用于光轴上零件的固定。但能承受的载荷较小，不宜用于转速较高的轴</p>

轴上零件的轴向固定

- 零件安装在轴上，要有准确的定位

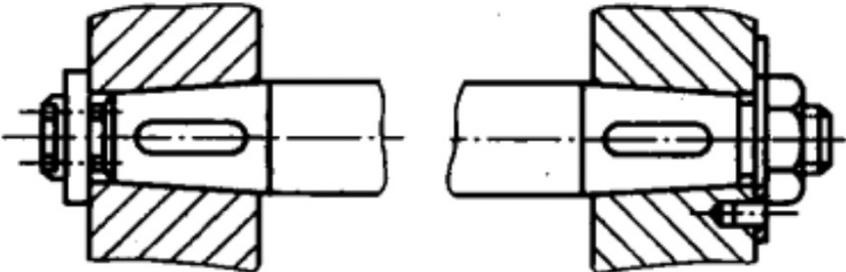
表 6-2 轴上零件轴向定位和固定的常用方式

零件	轴向固定形式	特 点
轴肩与轴环	 <p>The diagram shows two methods of axial fixation. The left drawing, labeled '轴肩' (shaft shoulder), shows a shaft with a shoulder of height h and diameter d. A part with a chamfered end of diameter d and chamfer width c is seated on the shoulder. The transition radius of the shaft is r. The right drawing, labeled '轴环' (shaft collar), shows a shaft with a collar of height h and width b and diameter d. A part with a chamfered end of diameter d and chamfer width c is seated on the collar. The transition radius of the shaft is r, and the chamfer radius of the part is R.</p>	<p>简单可靠，能承受较大的载荷，常用于齿轮、链轮、带轮、联轴器和轴承的定位。但应注意：① 为了保证轴上零件与轴的定位端面靠紧，轴的过渡圆角半径 r 应小于相配零件的倒角尺寸 c 或圆角半径 R；② 轴肩高度 h 既不能太大，也不能太小，一般 $h = (0.07 \sim 0.1)d$；③ 轴环高度与轴肩相同，轴环宽度 $b \approx 1.4h$。与滚动轴承配合处的 h 与 r 见轴承标准</p>

轴上零件的轴向固定

- 零件安装在轴上，要有准确的定位

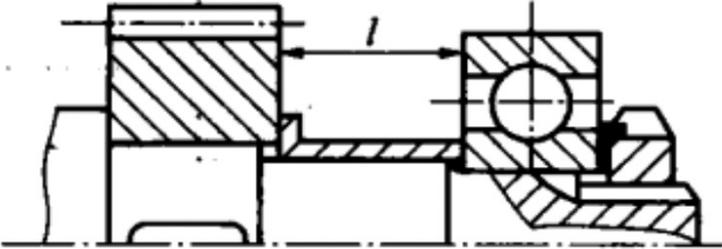
表 6-2 轴上零件轴向定位和固定的常用方式

零件	轴向固定形式	特 点
轴端挡圈与锥面		锥面定心精度高,拆卸容易,能承受冲击及振动载荷;常用于轴端零件的固定,与轴端压板或螺母联合使用,使零件获得双向轴向固定

轴上零件的轴向固定

- 零件安装在轴上，要有准确的定位

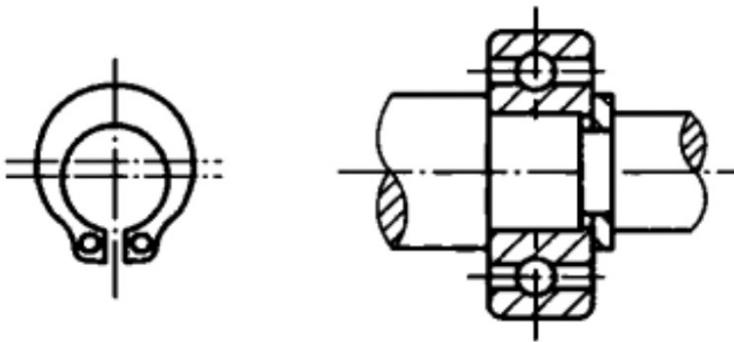
表 6-2 轴上零件轴向定位和固定的常用方式

零件	轴向固定形式	特 点
圆螺母和套筒		<p>圆螺母能承受较大的轴向力，固定可靠，常用于轴端零件的固定。但轴上须切制螺纹，有应力集中，一般用细牙螺纹。</p> <p>套筒用于两个零件相隔距离不大时的轴向固定，结构简单，可减少轴的阶梯数，对应力集中也有所改善</p>

轴上零件的轴向固定

- 零件安装在轴上，要有准确的定位

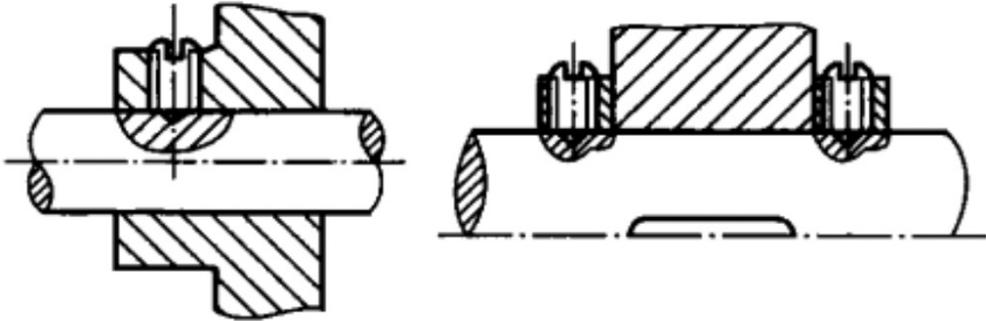
表 6-2 轴上零件轴向定位和固定的常用方式

	轴向固定形式	特 点
弹性挡圈		结构紧凑、简单，常用于滚动轴承的轴向固定，但不能承受轴向力。当位于受载轴段时，轴的强度削弱较大

轴上零件的轴向固定

- 零件安装在轴上，要有准确的定位

表 6-2 轴上零件轴向定位和固定的常用方式

	轴向固定形式	特 点
紧定螺钉和锁紧挡圈		轴结构简单,零件位置可调整并兼做周向固定用,多用于光轴上零件的固定。但能承受的载荷较小,不宜用于转速较高的轴

轴上零件的周向固定

- 轴毂连接：轴上零件与轴的周向固定件所形成的连接

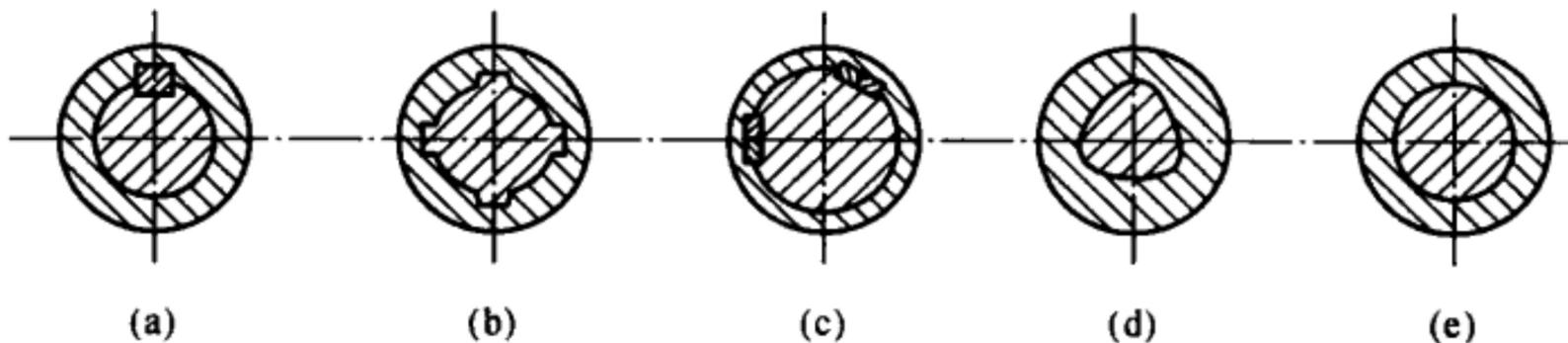


图 6-6 轴毂连接的形式

(a) 平键连接；(b) 花键连接；(c) 切向键连接；(d) 成形连接；(e) 过盈连接

键连接

花键连接

成形连接

过盈连接

键连接之平键连接

- 键是标准件，其连接种类很多
 - 平键连接、半圆键连接、斜键连接

普通平键

应用最为广泛，用于静连接

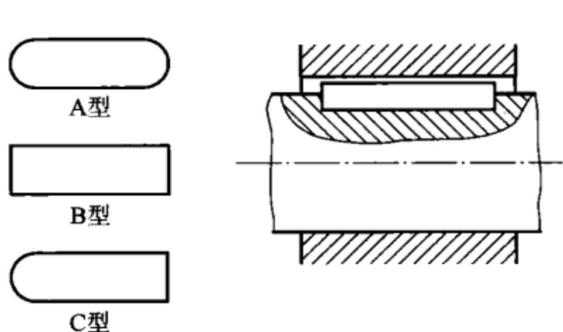


图 6-7 普通平键连接

导向键和滑动键

用于动连接，传动零件可在轴上作轴向移动
(如变速箱中的滑移齿轮)

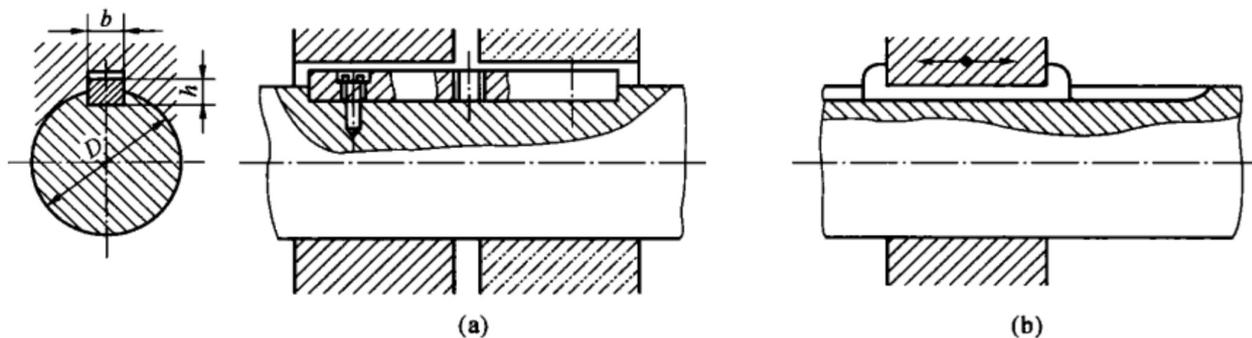


图 6-8 导向键和滑动键

(a) 导向键; (b) 滑动键

普通平键：靠其两侧面传递扭矩
键的上表面和轮毂槽底之间留有间隙

优点：定心性较好，装拆方便
缺点：不能实现轴上零件的轴向固定

导向键：用螺钉固定在轴上，而轮毂可沿导向键移动，常用于轮毂移动距离不大的场合

滑动键：通常固定在轮毂上，与轮毂一同沿轴上的键槽移动，当轮毂移动距离较大时，可避免使用很长的导向键

键连接之半圆键连接

- 与普通平键相同，靠两侧面工作，用于静连接，轴上键槽用尺寸与半圆键相同的盘形铣刀铣出，因而半圆键能在槽中绕其几何中心摆动，以适应轮毂槽底面的斜度
- 优点是工艺性好，装配方便
- 缺点是键槽较深，对轴削弱较大，一般只用于轻载场合

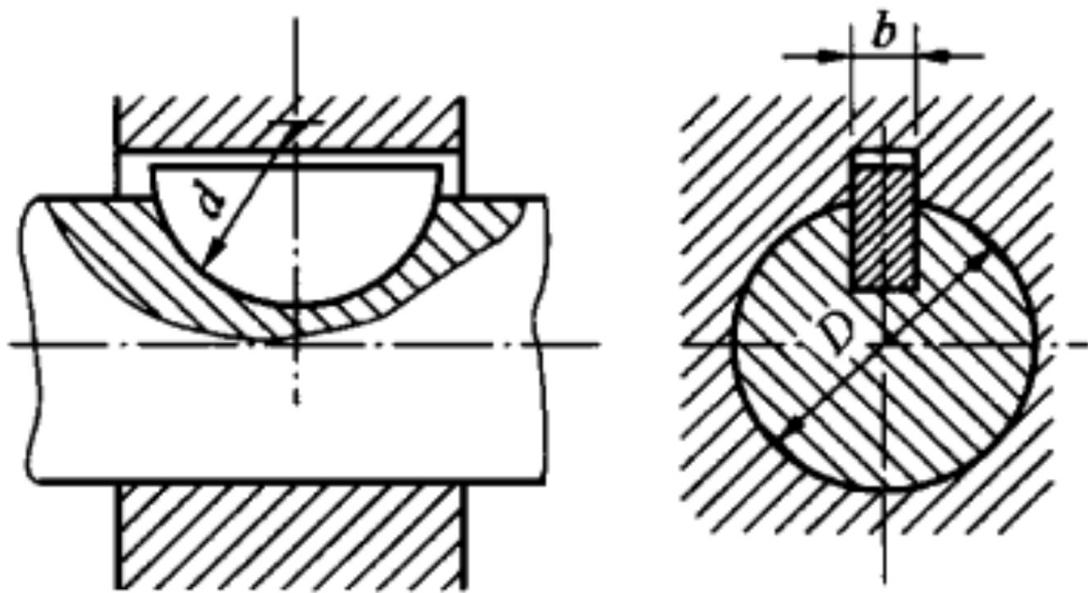


图 6-9 半圆键连接

键连接之斜键连接

楔键

• 适用场景

- 由于楔键连接装配后容易产生轴上零件的偏心或倾斜，因此多用于对中要求不严、不受冲击或变载的低速轴的轴毂连接

• 工作原理

- 上、下两面为工作面，与轮毂和轴上的键槽的底面贴合，键的上表面和轮毂的底面各有 1:100 的斜度
- 装配打紧后，键楔紧在轴毂之间，工作时主要靠键上、下表面与毂间的摩擦力来传递转矩
- 还能实现轴上零件的轴向固定并承受单向的轴向力

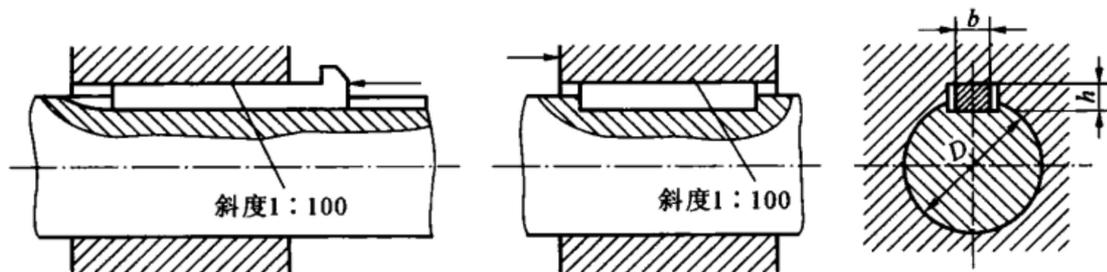


图 6-10 楔键连接

切向键

• 适用场景

- 切向键的键槽对轴的削弱较大，常用于轴径大于 100mm、对中性要求不高而载荷较大的重型机械中

• 工作原理

- 切向键由两个具有 1:100 斜度的楔键组成。装配时，一对楔键分别从毂的两端打入，使其两斜面相互贴合，上、下相互平行的两面构成切向键的工作面；装配后，其中工作面通过轴心线所在的平面，这样，工作时工作面上的挤压力将沿轴的切线方向作用，从而能最大限度地传递转矩
- 单个切向键只能传递一个方向的扭矩，若要传递双向扭矩，则须用两个切向键，相隔 $120^\circ \sim 130^\circ$ 布置

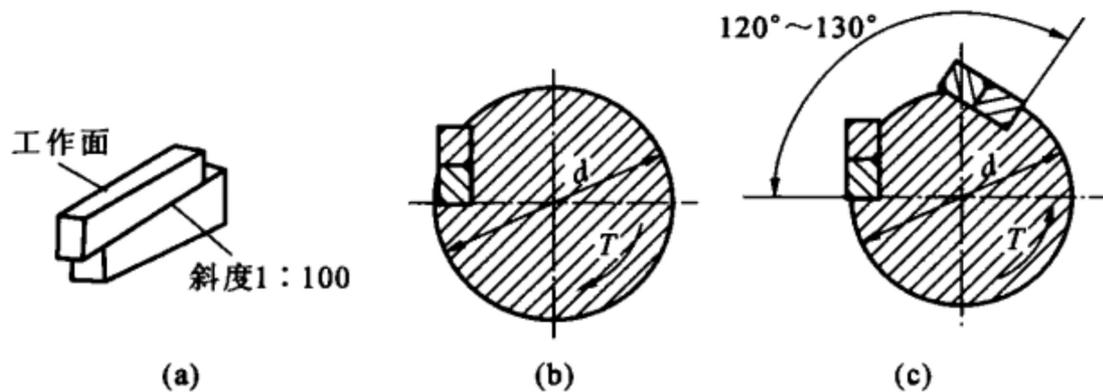


图 6-11 切向键连接

(a) 两个楔键；(b) 单向转动；(c) 双向转动

花键连接

由带有多个键齿的轴和毂孔组成，齿侧面为工作面，可用于静连接或动连接

比键连接有更高的承载能力，较好的定心性和导向性

对轴的削弱也较小，适用于载荷较大或变载及定心要求较高的静连接、动连接

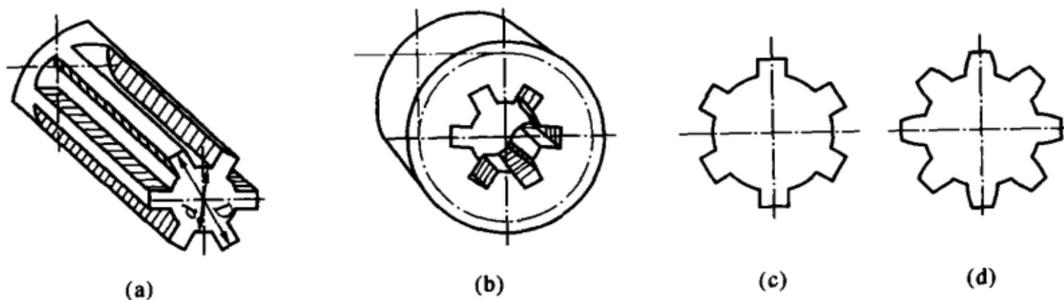


图 6-12 花键连接及花键种类

(a) 花键轴; (b) 毂孔; (c) 矩形花键; (d) 渐开线花键

矩形花键

- 轻、中、重三种系列，分别适用于轻载、中载、重载的连接
- 矩形花键在连接中按内径定心，轴和毂的定心表面在热处理后均需磨削，定心精度较高

渐开线花键

- 齿根较厚，应力集中较小，连接强度高
- 齿廓定心时，因齿面受载后齿面上有径向分力，故它有一定的自动定心能力，一般优先选用齿廓定心

齿廓为渐开线，其定心方式可分为外径定心和齿廓定心两种

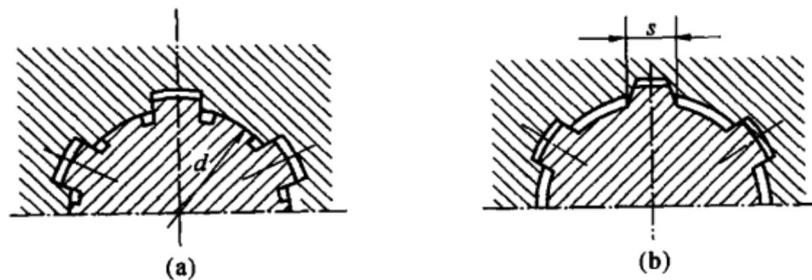


图 6-13 花键的定心方法

(a) 矩形花键内径定心; (b) 渐开线花键齿廓定心

成形连接

- 利用非圆剖面的轴和相应的轮毂构成的轴毂连接，它是无键连接的一种形式，轴和毂孔可做成柱形或锥形的
 - 柱形设计：可传递转矩，并可用于没有载荷作用下的轴向移动的动连接
 - 锥形设计：除传递转矩外，还可承受单向的轴向力

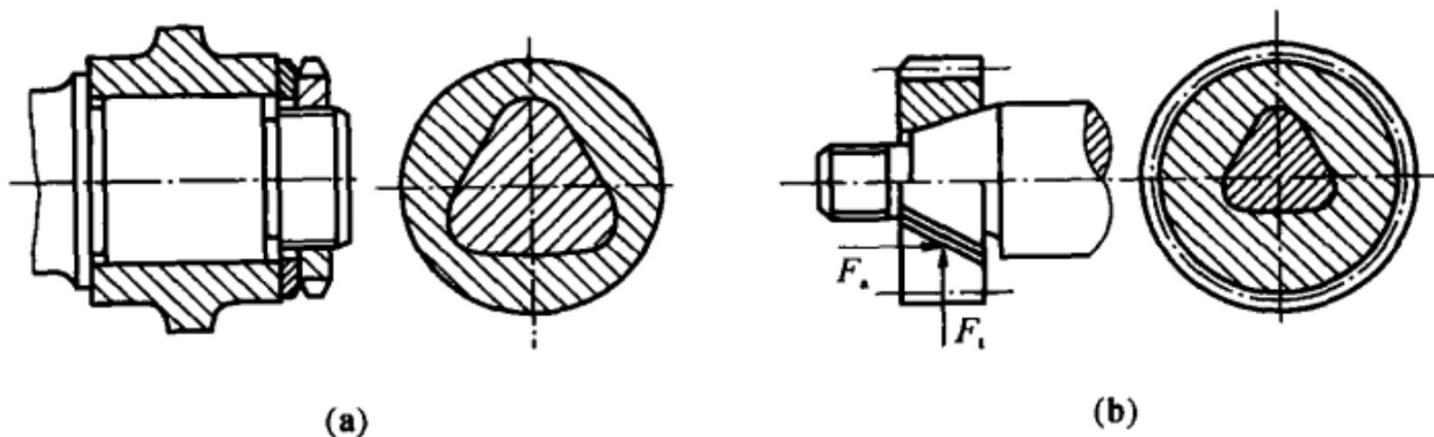


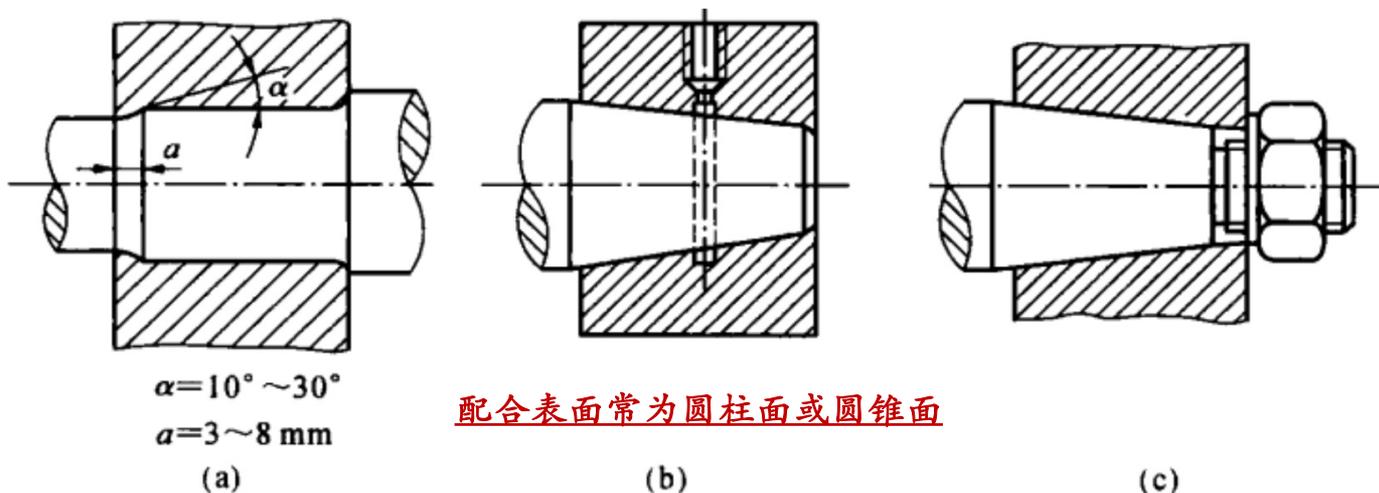
图 6-14 成形连接

(a) 轴和毂孔是柱形的；(b) 轴和毂孔是锥形的

- 成形连接无应力集中源，定心性好，承载能力高
 - 但加工比较复杂，特别是为了保证配合精度，最后一道工序多要在专用机床上进行磨削，故目前应用还不广泛

过盈连接

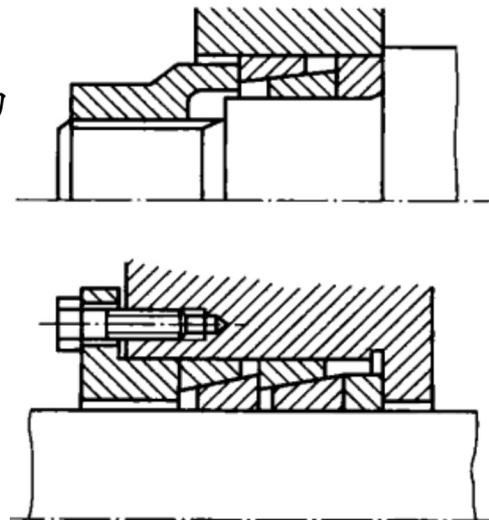
- 利用零件间的过盈量来实现连接的
 - 轴和轮毂孔之间因过盈配合而相互压紧，在配合表面上产生正压力工作时依靠此正压力产生的摩擦力（也称为固持力）来传递载荷



配合表面常为圆柱面或圆锥面

图 6-15 过盈连接

(a) 圆柱面压入端的结构；(b) 用液压装配；(c) 用螺母压紧



弹性环连接：由弹性连接所构成的过盈连接，它利用一对或多对内、外锥面贴合的弹性环，当螺母（或螺栓）锁紧时，内环和外环相互压紧，从而形成过盈连接

- 过盈连接既能实现周向固定传递转矩，又能实现轴向固定传递轴向力
 - 优点：结构简单，定心性能好，承载能力大，受变载和冲击载荷的能力好，常用于某些齿轮、车轮、飞轮等的轴毂连接
 - 缺点：承载能力取决于过盈量的大小，对配合面的加工精度要求较高，装拆也不方便

过盈连接

配合表面常为圆柱面时的装配方法

- **压入法**：常用于当过盈量或尺寸较小时
- **温差法**：常用于过盈量或尺寸较大时，或对连接质量要求较高时

配合表面常为圆锥面时的装配方法

- **螺纹连接**：使配合面间产生相对的轴向位移和压紧，常用于轴端
- **液压装拆法**：用高压油泵将高压油通过油孔和油沟压入连接的配合面，使轮毂孔径胀大而轴径缩小，同时施加一定的轴向力使之相互压紧，当压至预定的位置时，排除高压油即可。这种装配对配合面的接触精度要求较高，需要高压油泵等专用设备

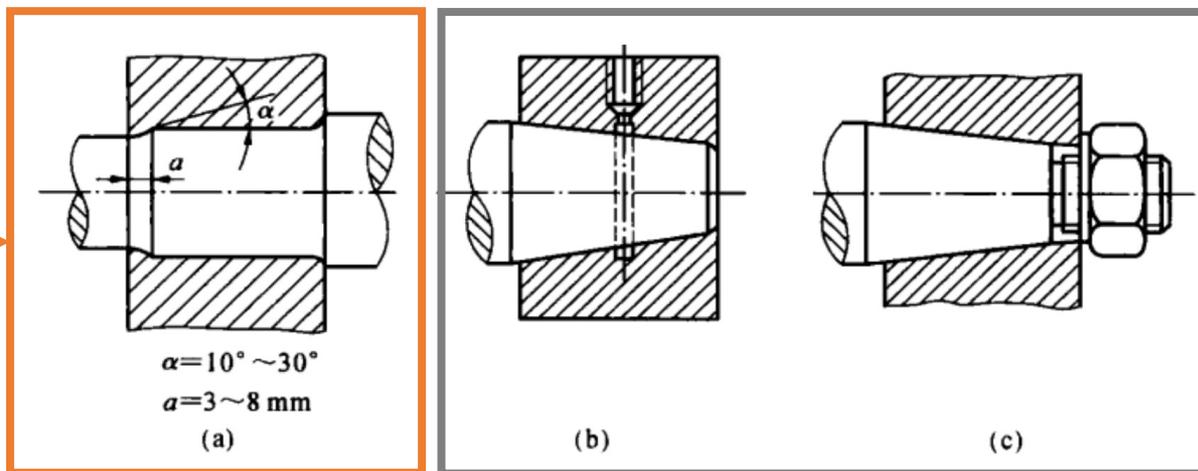


图 6-15 过盈连接

(a) 圆柱面压入端的结构；(b) 用液压装配；(c) 用螺母压紧

减轻轴的应力集中与轴结构工艺性约束

• 应尽量避免形状的突然变化

- 直径过渡处应尽可能用轴肩圆角来代替环形槽
- 尽可能采用较大的圆角半径

为了便于装配

- 轴的配合直径应圆整为标准值
- 轴端应加工出倒角（一般为 45° ）
- 过盈配合零件轴端应加工出导向锥面

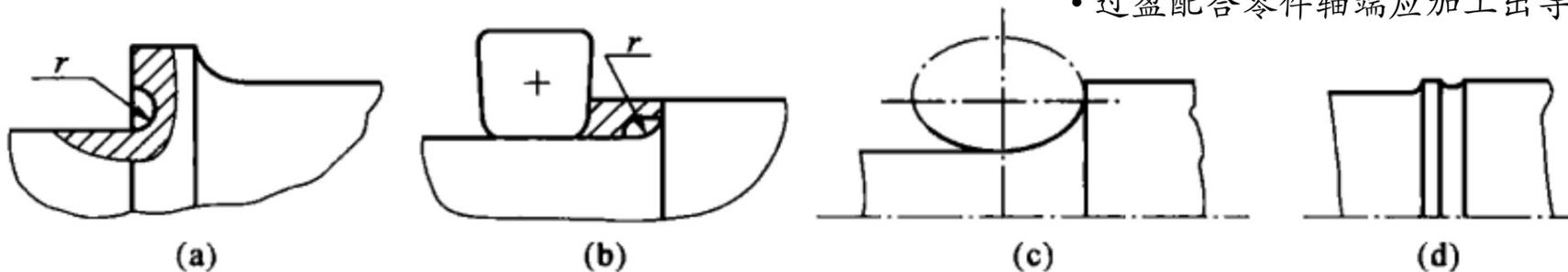


图 6-17 减轻应力集中的结构

(a) 凹切圆角; (b) 中间环; (c) 椭圆形圆角; (d) 减载槽

要使轴的结构便于加工、测量、装拆和维修，力求减轻劳动量，提高劳动生产率

- 应使同一轴上的圆角半径、键槽、越程槽、退刀槽的尺寸尽量相同，以便于加工，减少加工工具的种类
- 一根轴上的各个键槽应开在轴的同一直母线上
- 当有几个花键轴段时，花键尺寸最好也统一



ME303: 机械设计

2022年秋季

谢谢~

宋超阳
南方科技大学