



中山大學

SUN YAT-SEN UNIVERSITY

智能工程学院

SCHOOL OF INTELLIGENT SYSTEMS ENGINEERING

第十四章 轴

14.1 轴的功能和类型

机械设计基础主要研究机械中的**常用机构**和**通用零件**的工作原理、结构特点、基本的设计理论和方法。



中山大學

SUN YAT-SEN UNIVERSITY

智能工程学院

SCHOOL OF INTELLIGENT SYSTEMS ENGINEERING

第十四章 轴

14.1 轴的功能和类型

机械设计基础主要研究机械中的**常用机构**和**通用零件**的工作原理、结构特点、基本的设计理论和方法。

轴的功用和类型

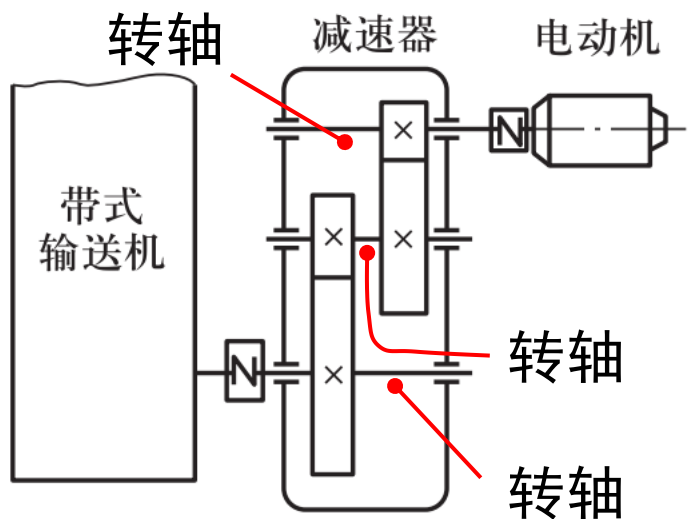
- **轴的功用**：用于安装传动零件(如齿轮、凸轮、带轮等)，使其有确定的工作位置，实现运动和动力的传递，并通过轴承支承在机架或机座上。

- **轴的类型**：

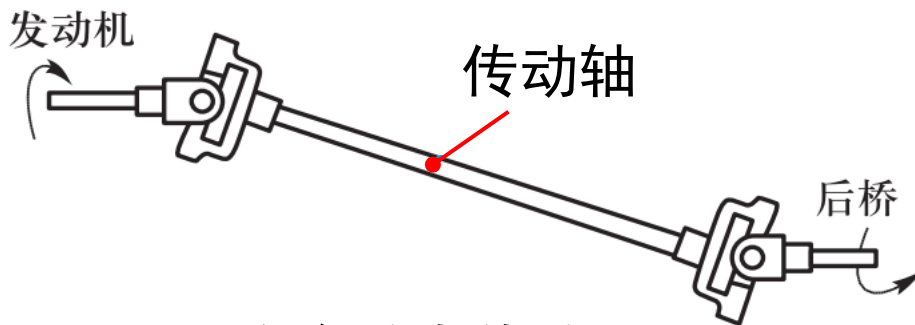
按承受载荷分 { 转轴——转矩 + 弯矩
传动轴——转矩
心轴——弯矩，转动心轴，固定心轴

按轴线形状分 { 直轴
曲轴
挠性轴

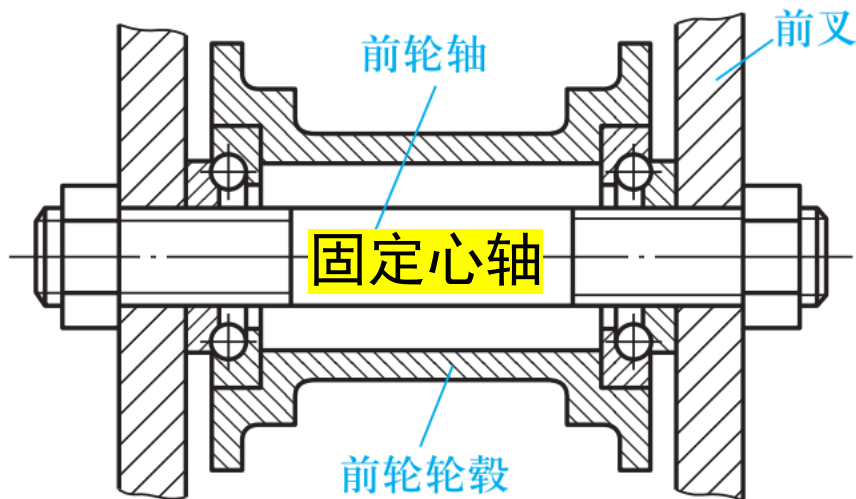
轴的功用和类型



齿轮减速器中的轴



汽车动力传动
双万向联轴节

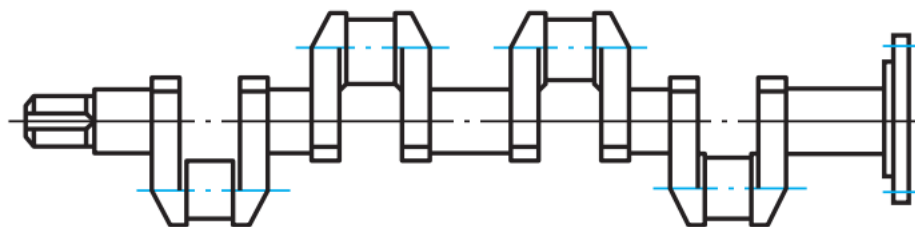


自行车前轮轴

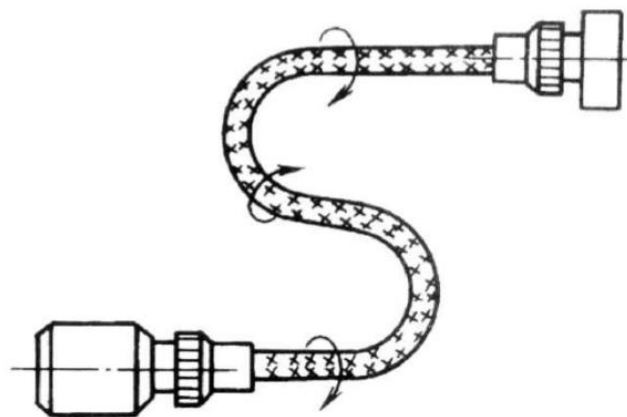
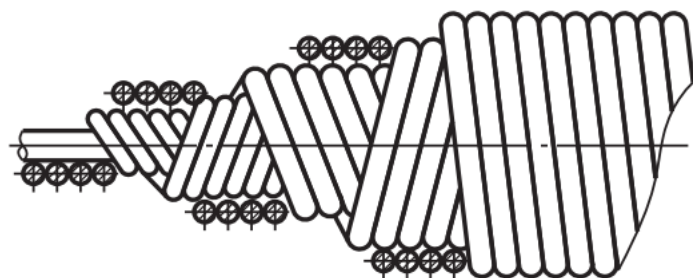
按轴线形状分？

图中均为直轴

轴的功用和类型



曲轴



挠性轴



第十五章 滑动轴承

15.1 摩擦状态

15.2 滑动轴承的结构形式

机械设计基础主要研究机械中的**常用机构**和**通用零件**的工作原理、结构特点、基本的设计理论和方法。

滑动轴承

- **轴承的功用**

- ① 支承轴及轴上零件，并保持轴的旋转精度；
- ② 减少转轴与支承之间的摩擦和磨损。

- **轴承的类型**：按摩擦性质分

- ① 滚动（摩擦）轴承，已标准化，选用、维护方便，应用广泛；
- ② 滑动（摩擦）轴承，适用于高速、高精度、重载、结构上要求剖分等场合。

- **滑动轴承的应用实例**：汽轮发电机，水轮发电机，精密机床，轧钢机，铁路机车，天文望远镜等。



第十五章 滑动轴承

15.1 摩擦状态

15.2 滑动轴承的结构形式

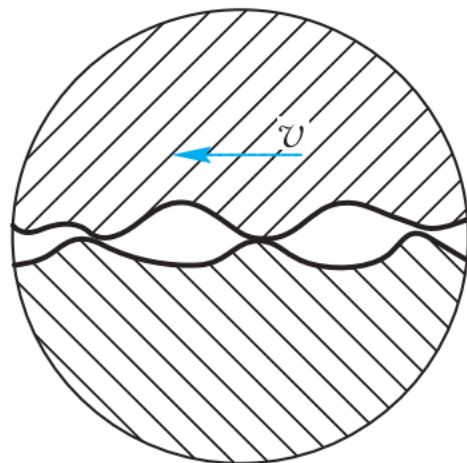
机械设计基础主要研究机械中的**常用机构**和**通用零件**的工作原理、结构特点、基本的设计理论和方法。

摩擦状态

按表面润滑情况，将摩擦分为以下几种状态：

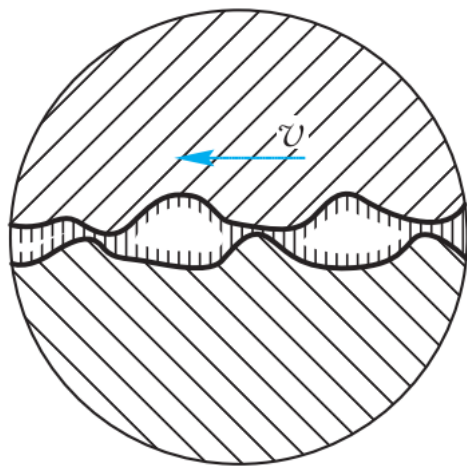
1. 干摩擦

两摩擦表面间无任何润滑剂或保护膜时，固体表面间直接接触。摩擦功损耗大，磨损严重，温升高，使轴与轴瓦产生胶合。滑动轴承中不允许出现干摩擦。



2. 边界摩擦

两摩擦表面间有润滑油，形成极薄的边界油膜，不足以将两表面分隔开，相互运动时，微观高峰部分仍将互相搓削。与干摩擦相比，边界摩擦功耗、磨损减少。



摩擦状态

3. 液体摩擦

两摩擦表面间有充足的润滑油，且在一定条件下两摩擦面间可形成一定厚度的压力油膜，将相对运动表面完全分隔开。摩擦系数很小，摩擦功耗、磨损显著减少。

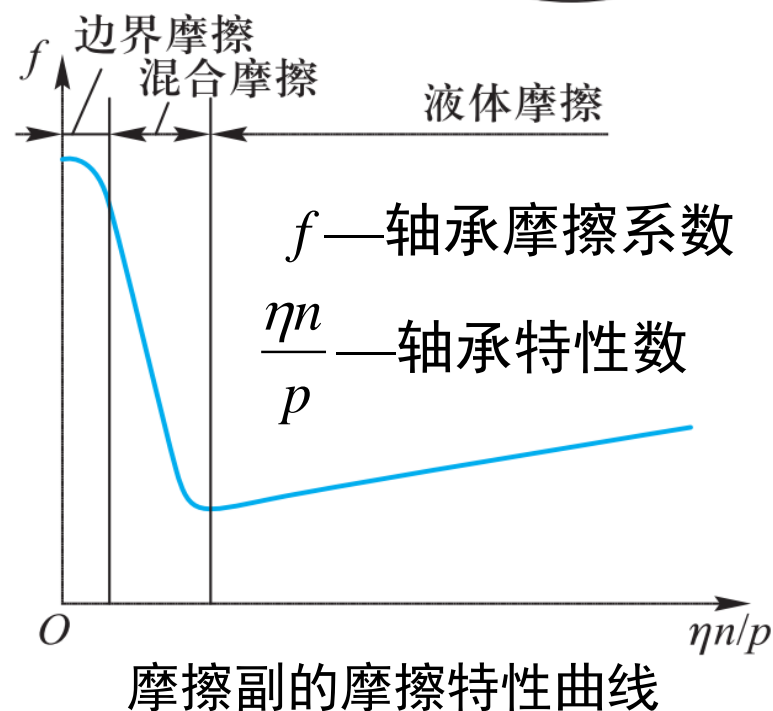
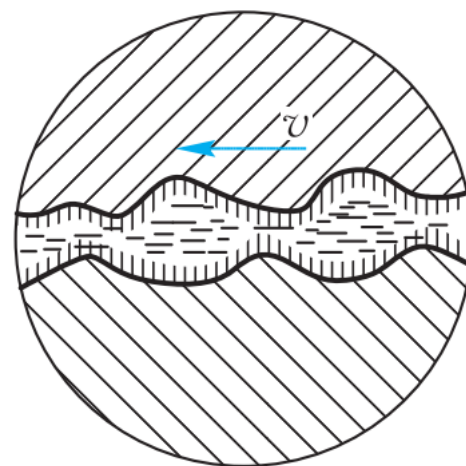
一般机器中，摩擦表面多处于边界摩擦和液体摩擦的混合状态，称为**混合摩擦**，或**非液体摩擦**。

通过实验，可得摩擦特性曲线

η — 润滑油的动力黏度

n — 轴承转速

p — 轴承的压强





中山大學

智能工程学院
SUN YAT-SEN UNIVERSITY SCHOOL OF INTELLIGENT SYSTEMS ENGINEERING

第十五章 滑动轴承

15.1 摩擦状态

15.2 滑动轴承的结构形式

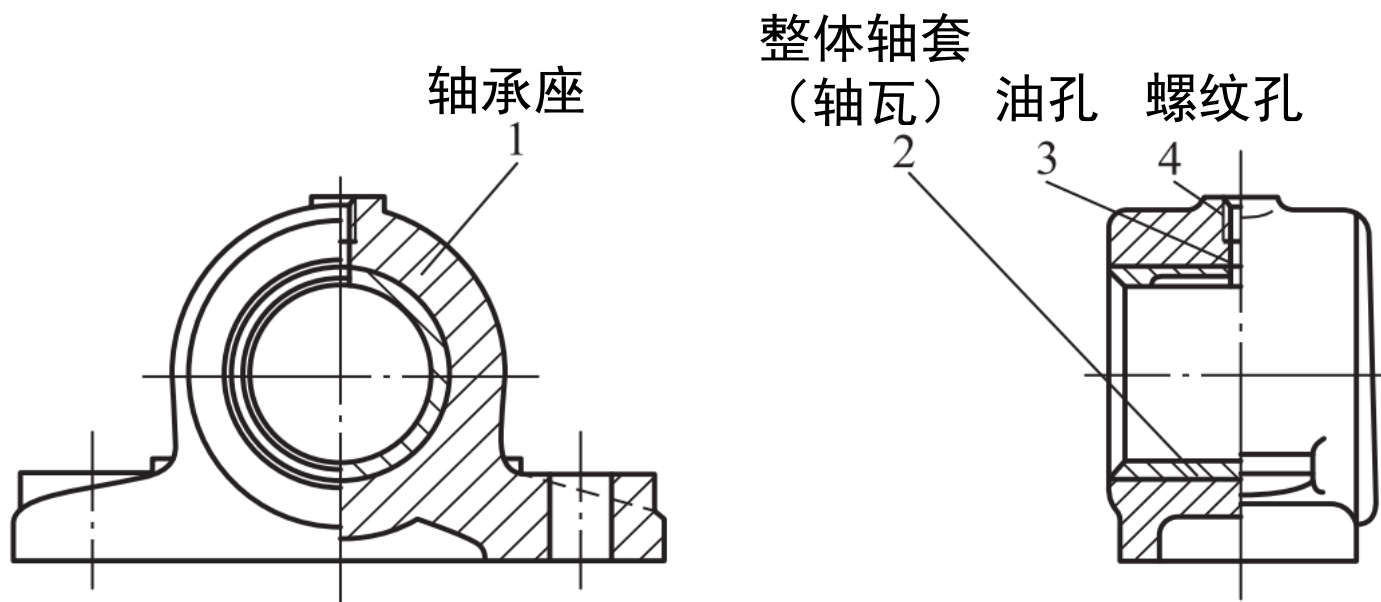
机械设计基础主要研究机械中的**常用机构**和**通用零件**的工作原理、结构特点、基本的设计理论和方法。

滑动轴承的结构形式

一、向心滑动轴承

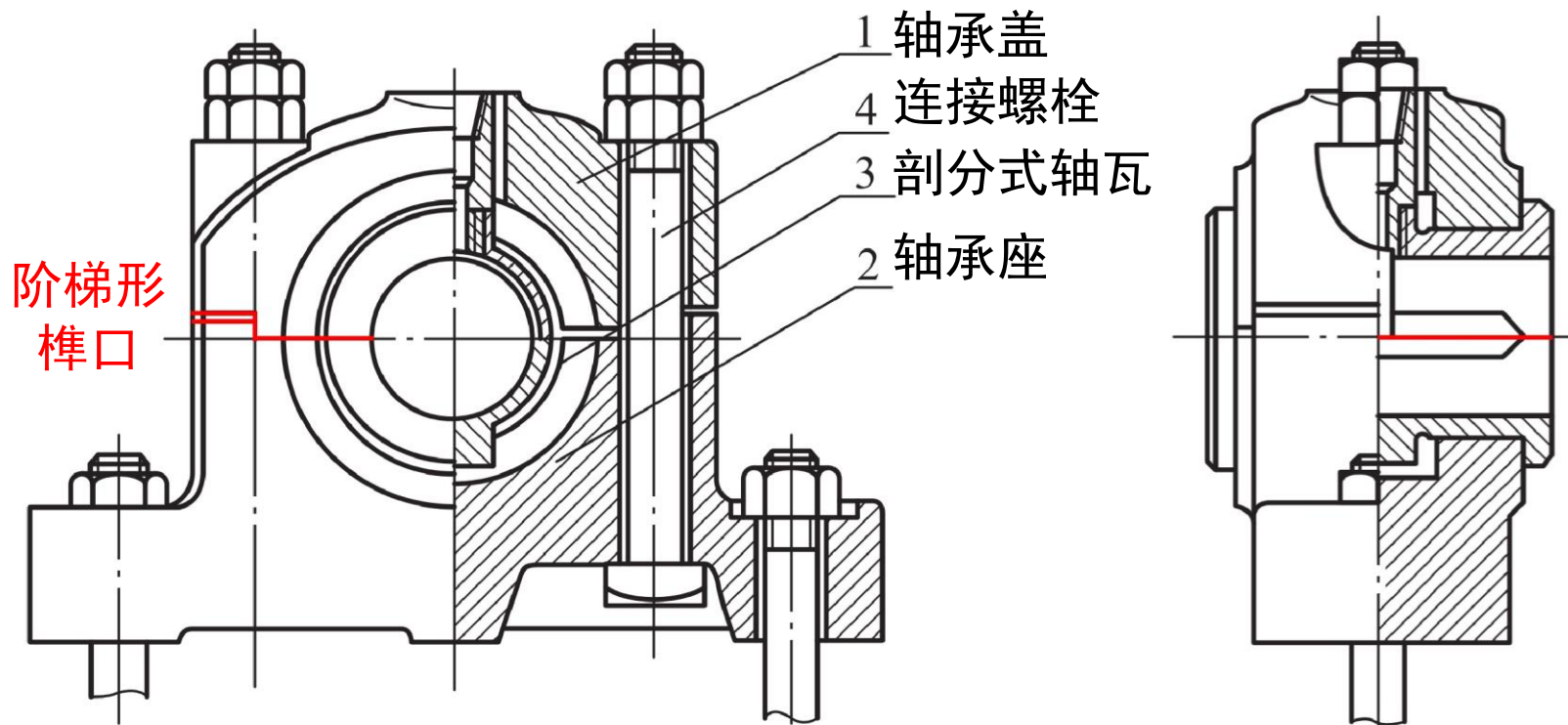
主要承受径向载荷，也称径向滑动轴承。

1. 整体式向心滑动轴承



滑动轴承的结构形式

2. 剖分式向心滑动轴承



宽径比：轴瓦宽度 B 与轴颈直径 d 之比， B/d ，是向心滑动轴承的重要参数之一。

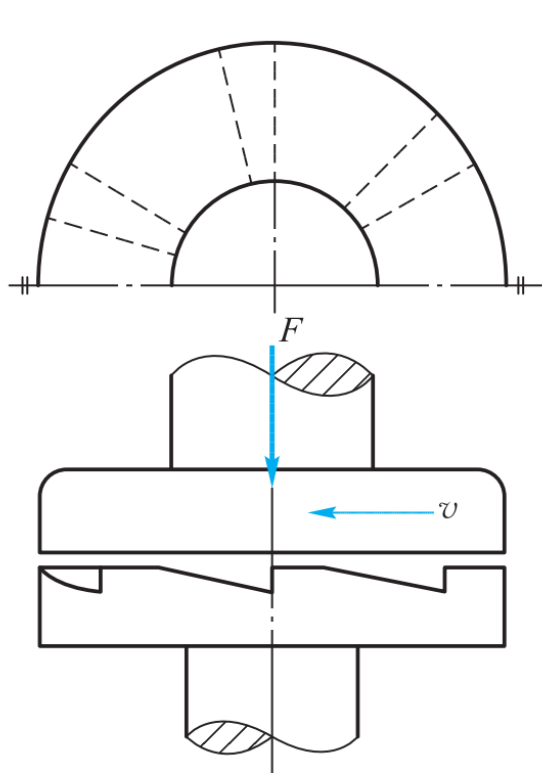
对于液体摩擦滑动轴承，常取 $B/d = 0.5 \sim 1$ ；

对于非液体摩擦滑动轴承，常取 $B/d = 0.8 \sim 1.5$ 。

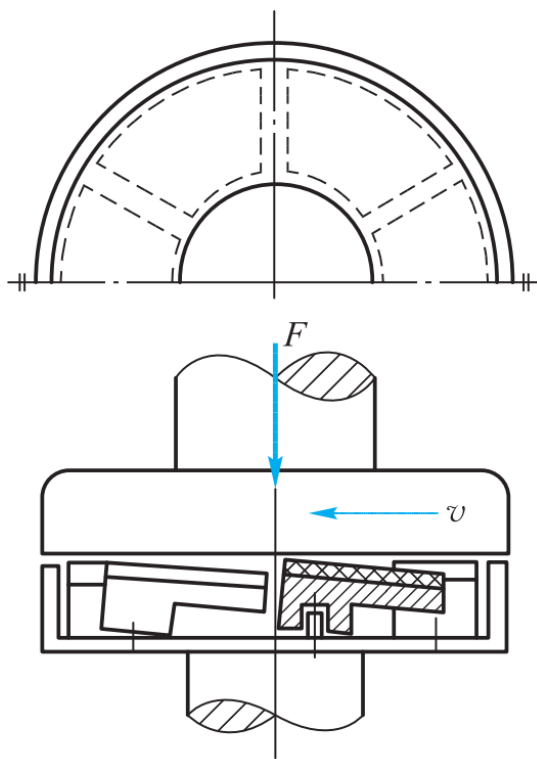
滑动轴承的结构形式

二、止推滑动轴承

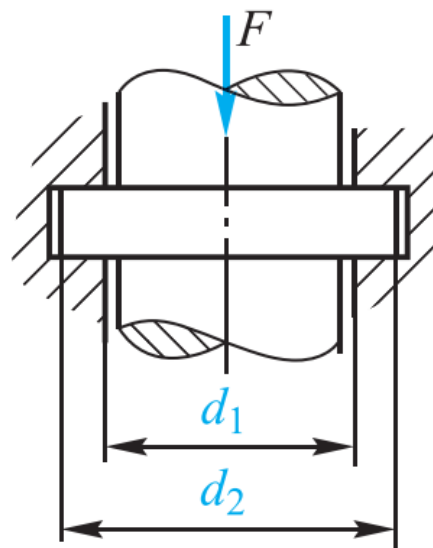
承受轴向载荷，利用轴的端面或在轴的中段做出凸肩承载。



固定式



可倾式



轴环承载



中山大學

SUN YAT-SEN UNIVERSITY

智能工程学院

SCHOOL OF INTELLIGENT SYSTEMS ENGINEERING

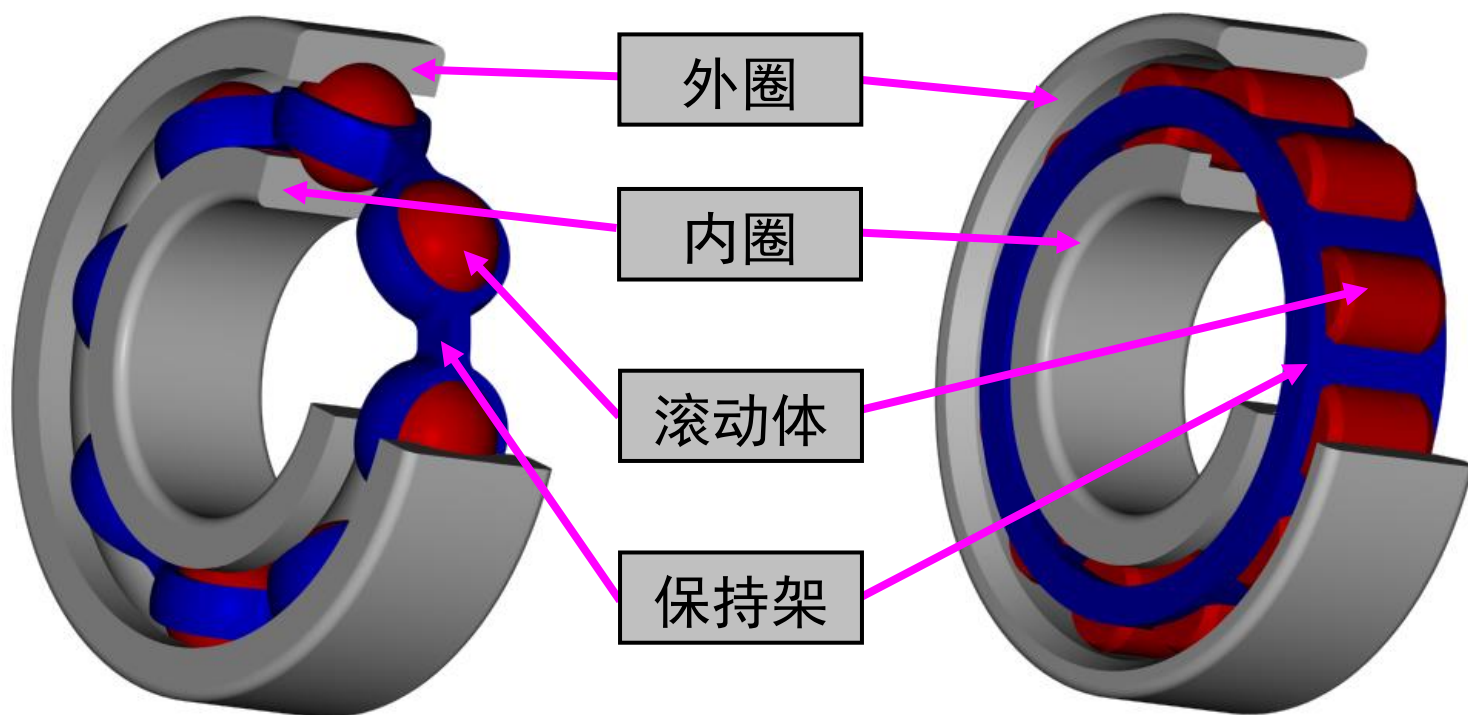
第十六章 滚动轴承

16.1 滚动轴承的基本类型和特点

机械设计基础主要研究机械中的**常用机构**和**通用零件**的工作原理、结构特点、基本的设计理论和方法。

滚动轴承

- 滚动轴承的组成与结构：由外圈、滚动体、内圈和保持架组成。内圈装在轴上，外圈装在机座或零件的轴承孔内。内、外圈上有滚道，当内、外圈相对旋转时，滚动体将沿着滚道滚动。保持架将滚动体均匀地隔开。



滚动轴承

- **滚动轴承的优点：**与滑动轴承相比，滚动轴承具有摩擦阻力小、起动灵敏、效率高、润滑简便和易于互换等优点，应用广泛。
- **滚动轴承的缺点：**抗冲击能力较差，高速时出现噪声，寿命不及液体摩擦的滑动轴承，径向尺寸较大。
- **滚动轴承是标准件，由专门企业按国标进行批量生产。**
- **设计人员的任务：**熟悉标准，根据工作条件合理选用滚动轴承的类型和型号，并进行组合结构设计。



中山大學

SUN YAT-SEN UNIVERSITY

智能工程学院

SCHOOL OF INTELLIGENT SYSTEMS ENGINEERING

第十六章 滚动轴承

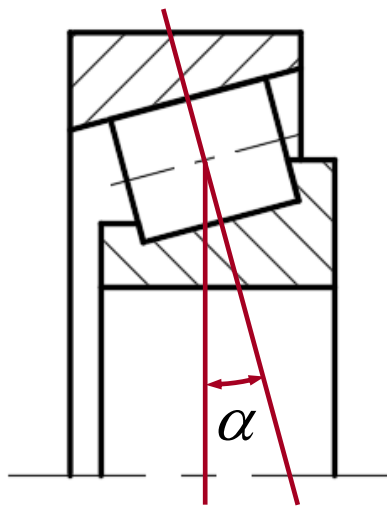
16.1 滚动轴承的基本类型和特点

机械设计基础主要研究机械中的**常用机构**和**通用零件**的工作原理、结构特点、基本的设计理论和方法。

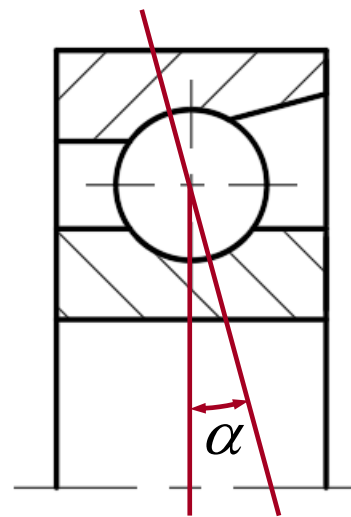
滚动轴承的基本类型和特点

一、滚动轴承的类型

- **公称接触角 α** ：滚动体与内、外圈接触处的合力作用线和垂直于轴承轴线的平面之间的夹角，简称接触角。接触角是滚动轴承的一个主要参数，轴承的受力和承载能力等都与接触角有关。



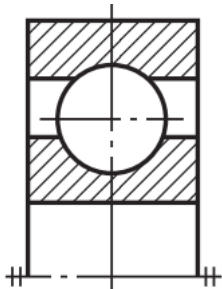
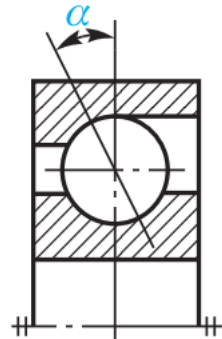
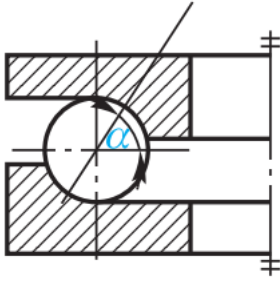
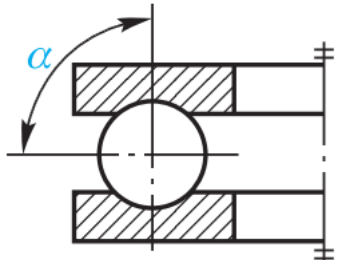
3类—圆锥滚子轴承



7类—角接触球轴承

滚动轴承的基本类型和特点

滚动轴承基于公称接触角的分类【GB/T 271—2017 滚动轴承 分类】

类型	向心轴承		推力轴承	
	径向接触轴承	角接触向心轴承	角接触推力轴承	轴向接触轴承
公称接触角	$\alpha = 0^\circ$	$0^\circ < \alpha \leq 45^\circ$	$45^\circ < \alpha < 90^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
图例 (以球轴承为例)				

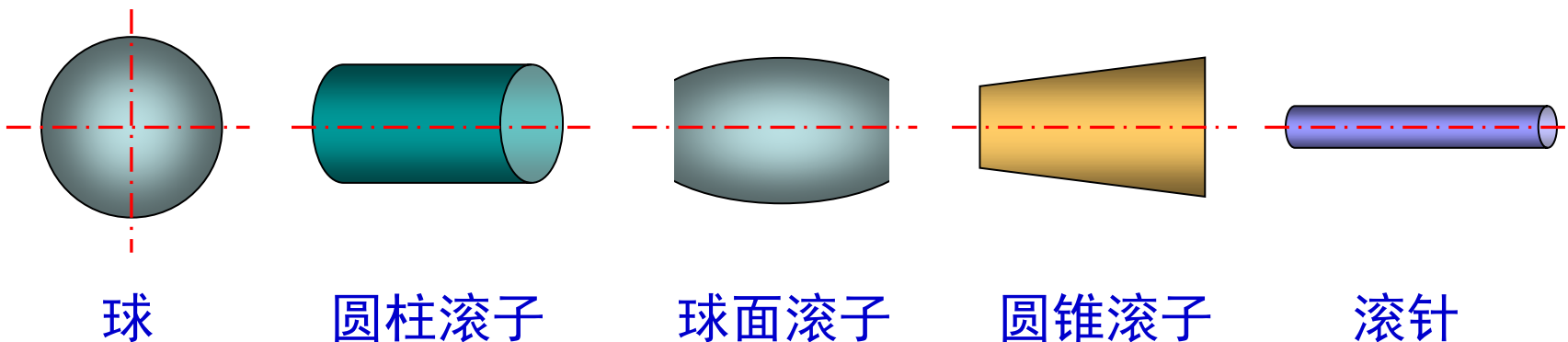
向心轴承： $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ ，主要用于承受径向载荷；

推力轴承： $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ ，主要用于承受轴向载荷。

对于角接触向心轴承和角接触推力轴承， α 越大，则承受轴向载荷的能力越高，但对于 $\alpha = 0^\circ$ 的径向接触轴承，其能否承受轴向载荷以及承受轴向载荷的能力，则与轴承的具体结构有关。

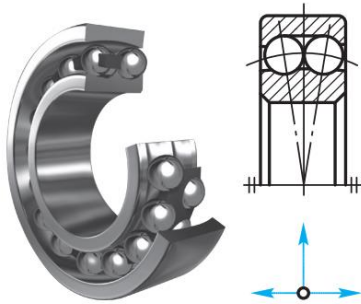
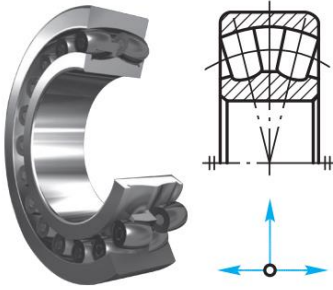
滚动轴承的基本类型和特点

- 滚动体的类型：

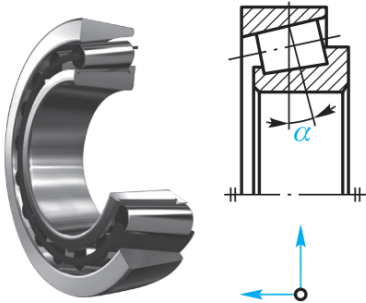


滚动轴承的基本类型和特点

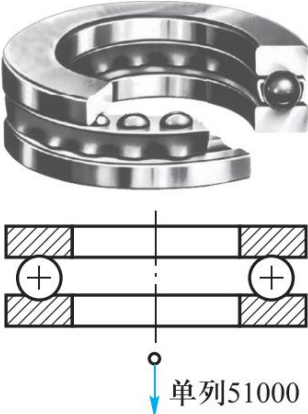
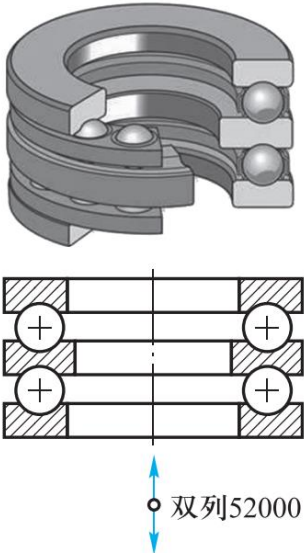
二、常用滚动轴承的性能特点

名称	类型 代号	轴承结构、承载方向及 结构简图	极限 转速	允许角 偏差	性能特点与应用场合
调心球轴承	1		中	$2^{\circ} \sim 3^{\circ}$	其结构特点为双列球，外圈滚道是以轴承中心为中心的球面。故能自动调心,适用于多支点和弯曲刚度不足的轴
调心滚子轴承	2		中	$1.5^{\circ} \sim 2.5^{\circ}$	其结构特点是滚动体为双列鼓形滚子,外圈滚道是以轴承中心为中心的球面。故能自动调心,能承受很大的径向载荷和少量的轴向载荷,抗振动、冲击

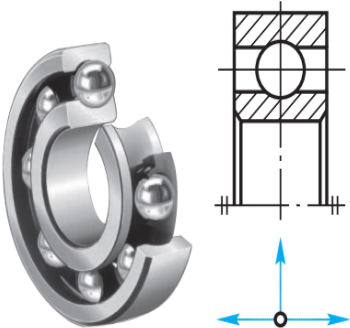
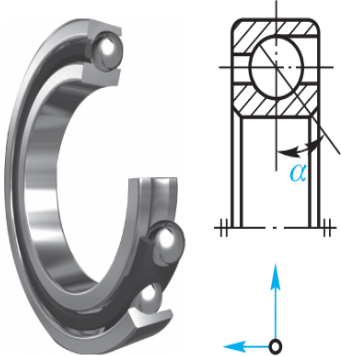
滚动轴承的基本类型和特点

名称	类型 代号	轴承结构、承载方向及 结构简图	极限 转速	允许角 偏差	性能特点与应用场合
圆锥滚子 轴承	3		中	2'	能同时承受较大的径向载荷和轴向载荷。公称接触角有 $\alpha = 10^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 和 $\alpha = 27^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 两种。外圈可分离,游隙可调,装拆方便,适用于刚性较大的轴,一般成对使用,对称安装

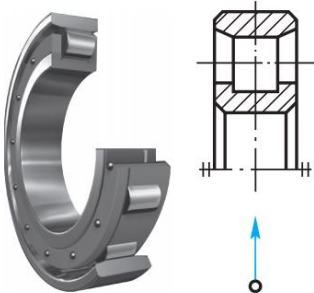
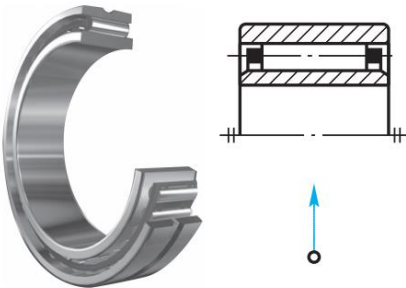
滚动轴承的基本类型和特点

推力球轴承	5	 <p>单列51000</p>	低	不允许	<p>只能承受轴向载荷,且载荷作用线必须与轴线重合。</p> <p>推力轴承的套圈有轴圈与座圈。轴圈与轴过盈配合并一起旋转,座圈的内径与轴保持一定间隙,置于机座中。</p> <p>因滚动体离心力大,滚动体与保持架摩擦发热严重,故用于轴向载荷大但转速不高的场合。</p> <p>单列球轴承仅承受单向轴向载荷;双列球轴承可承受双向轴向载荷</p>
		 <p>双列52000</p>			

滚动轴承的基本类型和特点

深沟球轴承	6		高	$8' \sim 16'$	<p>主要承受径向载荷, 同时也可承受一定量的轴向载荷。当转速很高而轴向载荷不太大时, 可代替推力球轴承承受纯轴向载荷。</p> <p>当承受纯径向载荷时, $\alpha = 0^\circ$</p>
角接触球轴承	7		高	$2' \sim 10'$	<p>能同时承受径向、轴向联合载荷, 公称接触角越大, 轴向承载能力也越大。公称接触角 α 有 15°、25°、40° 三种。通常成对使用, 对称安装</p>

滚动轴承的基本类型和特点

圆柱滚子轴承	N		高	2' ~ 4'	<p>能承受较大的径向载荷,不能承受轴向载荷。因系线接触,内、外圈只允许有极小的相对偏转。</p> <p>除图示外圈无挡边(N)结构外,还有内圈无挡边(NU)、外圈单挡边(NF)等结构形式</p>
滚针轴承	NA		低	不允许	<p>只能承受径向载荷,承载能力大,径向尺寸特小,带内圈或不带内圈。一般无保持架,因而滚针间有摩擦,轴承极限转速低。这类轴承不允许有角偏差</p>

滚动轴承的基本类型和特点

三、滚动轴承的使用性能

1. 承载能力

- 同样外形尺寸下，滚子轴承的承载能力为球轴承的 1.5~3 倍。所以，在载荷较大或有冲击载荷时宜采用滚子轴承。
- 当轴承内径 $d \leq 20\text{mm}$ 时，滚子轴承和球轴承的承载能力已相差不多，而球轴承的价格一般低于滚子轴承，故可优先选用球轴承。
- 角接触轴承可以同时承受径向载荷和轴向载荷。轴向接触推力轴承只能承受轴向载荷。深沟球轴承结构简单，价格较低，应用最广泛。

滚动轴承的基本类型和特点

2. 极限转速

- 滚动轴承转速过高会使摩擦面间产生高温，润滑失效，从而导致滚动体回火或胶合破坏。滚动轴承在一定载荷和润滑条件下，允许的最高转速称为**极限转速**，其具体数值见有关手册。
- 如果滚动轴承极限转速不能满足要求，可采取提高轴承精度、适当加大间隙、改善润滑和冷却条件等措施来提高极限转速。

滚动轴承的基本类型和特点

3. 角偏差

- 轴承由于安装误差或轴的变形等都会引起内、外圈中心线发生相对倾斜。其倾斜角 θ 称为角偏差。
- 角偏差较大时会影响轴承正常运转，故在这种场合应采用调心轴承。调心轴承的外圈滚道表面是球面，能自动补偿两滚道轴心线的角偏差，从而保证轴承正常工作。
- 滚针轴承对轴线偏斜最为敏感，应尽可能避免在轴线有偏斜的情况下使用。常用轴承的允许角偏差见表16-2。

