

# 第5章 轮系

## 本章内容

- 轮系的类型
- 定轴轮系及其传动比

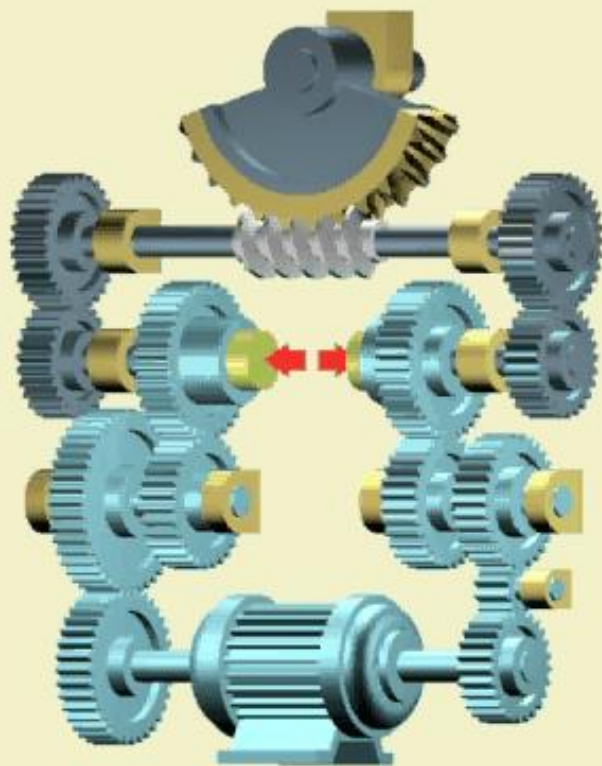
## 本章重点

- ✓ 了解各类轮系的特点，学会判断轮系类型
- ✓ 熟练掌握定轴轮系传动比的计算方法
- ✓ 掌握确定主、从动轮的转向关系

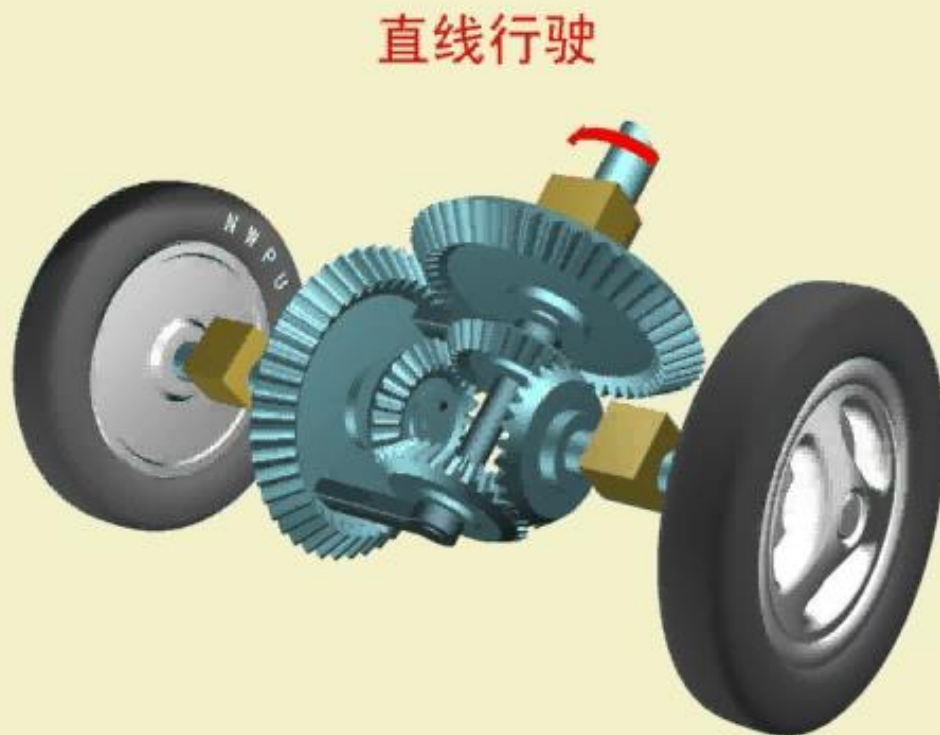
## § 5-1 轮系的类型

### 一. 轮系

**定义：**由一系列齿轮组成的传动系统—简称**轮系**。



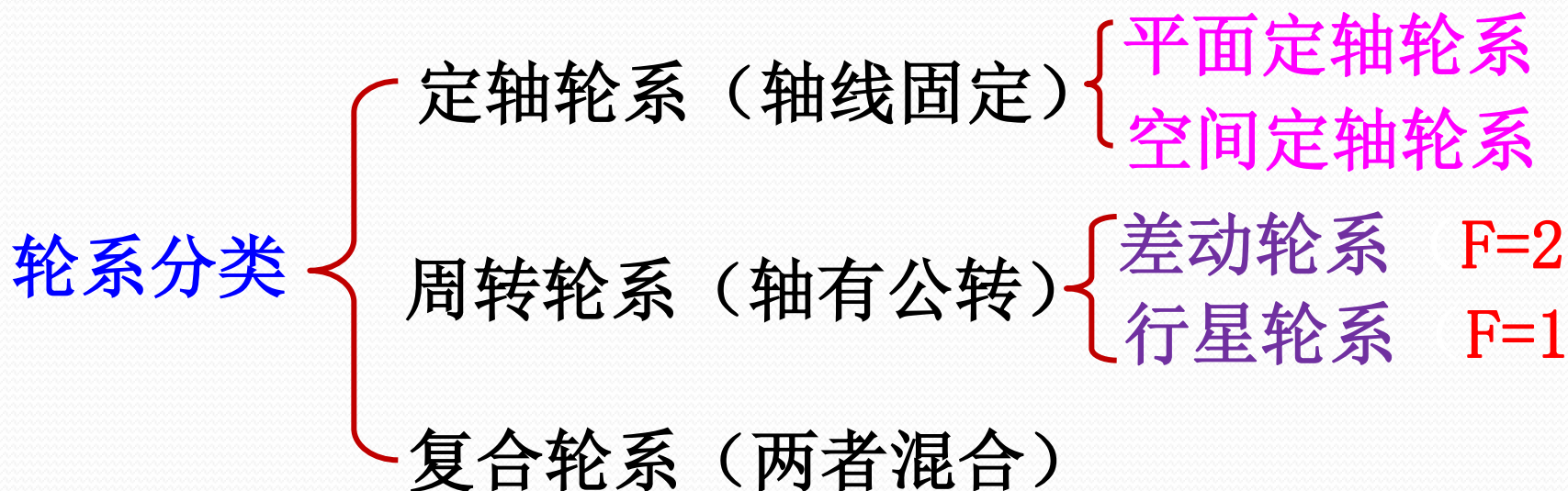
导弹发射快速反应装置



汽车后轮中的传动机构

## 二. 轮系的分类

根据轮系在运转过程中各齿轮的几何轴线在空间的相对位置关系是否变动，可以将轮系分为：

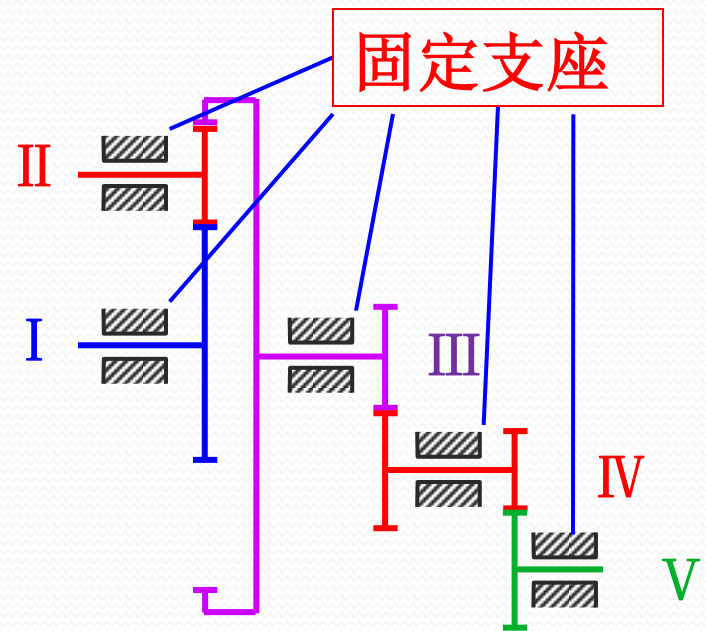
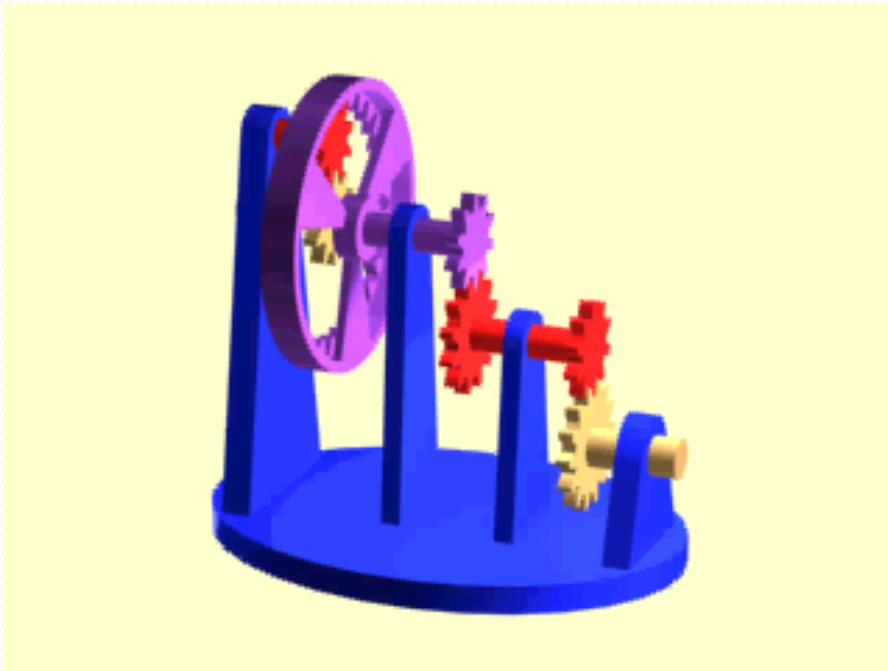


# 1. 定轴轮系

各齿轮轴线位置都相对机架固定不动的齿轮传动系统。

➤ **定轴轮系分类（轴线固定）** { 平面定轴轮系  
空间定轴轮系

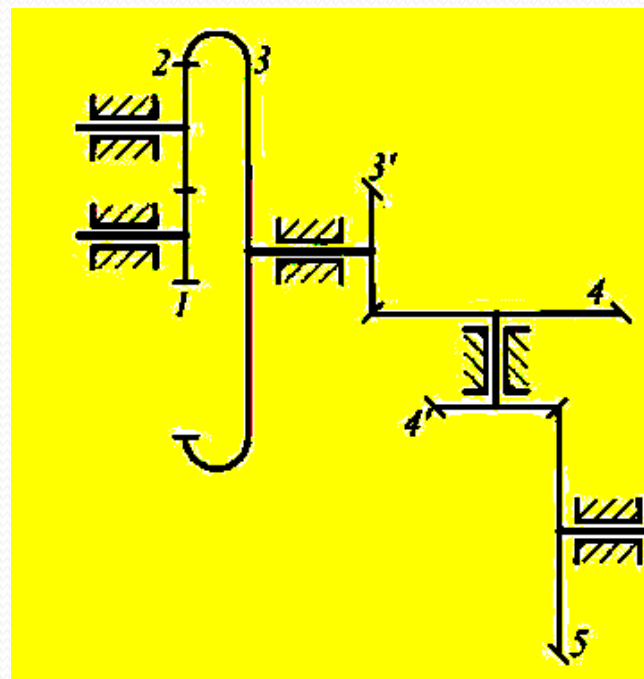
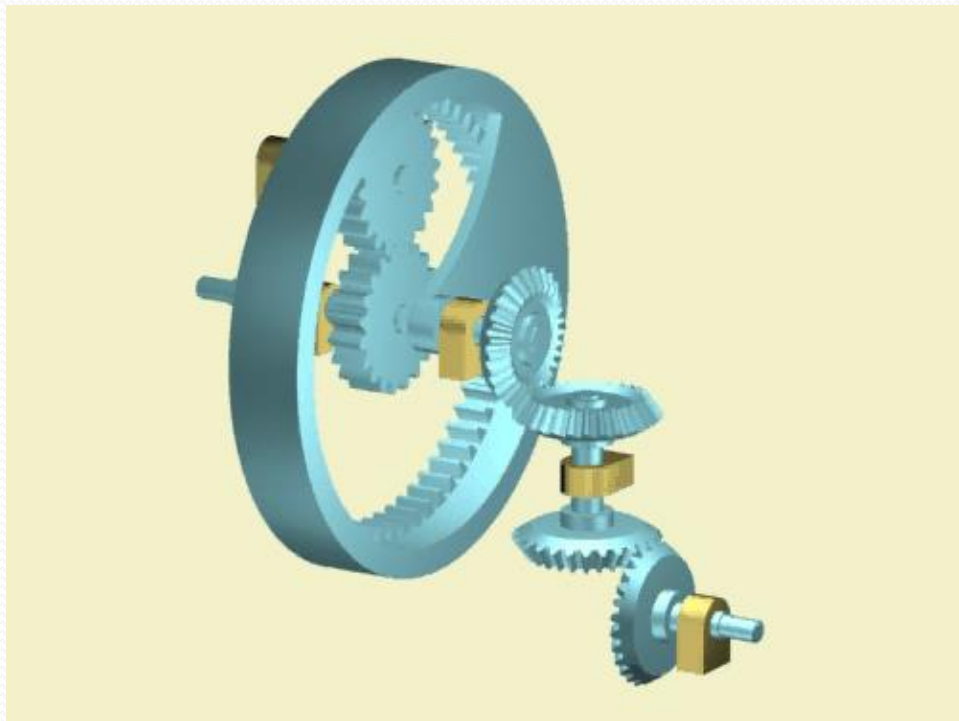
## 平面定轴轮系



# 平面定轴轮系——机床



# 空间定轴轮系



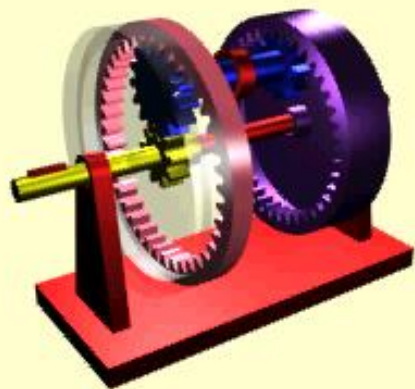
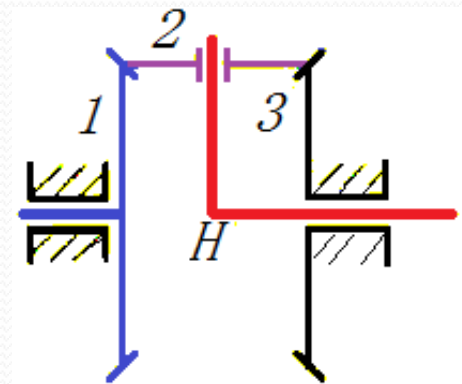
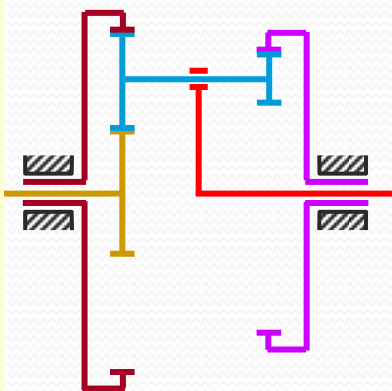
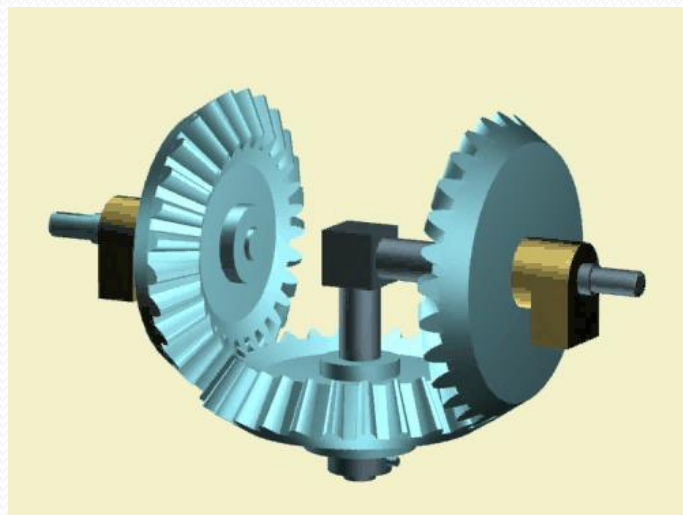
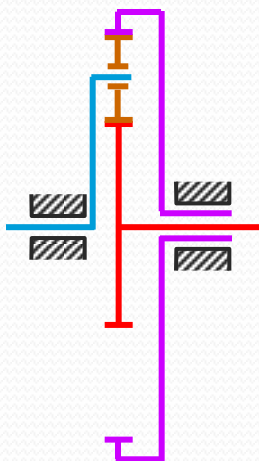
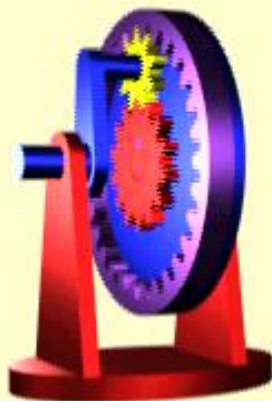
➤ 定轴轮系组成

{ 圆柱齿轮  
圆锥齿轮  
蜗轮蜗杆



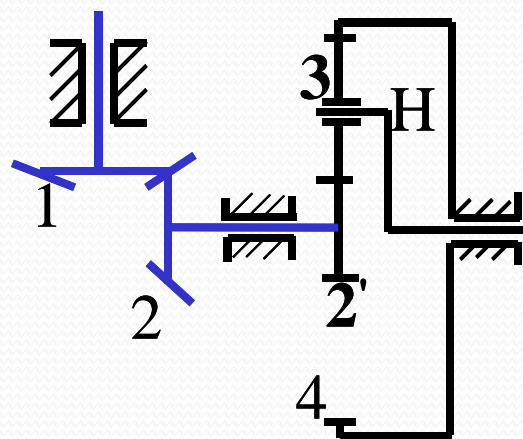
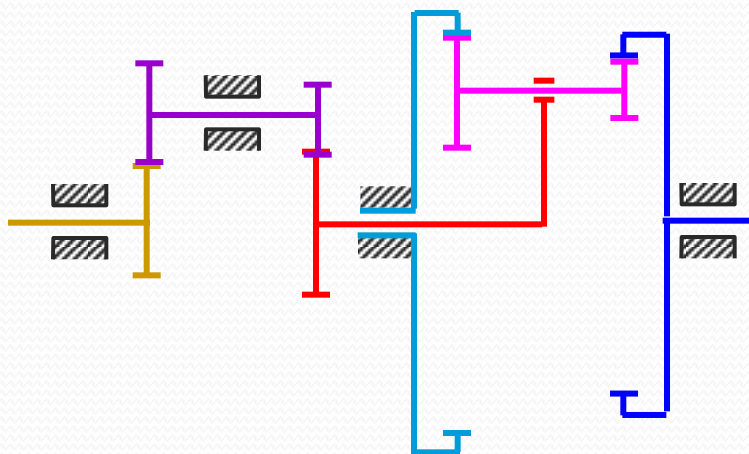
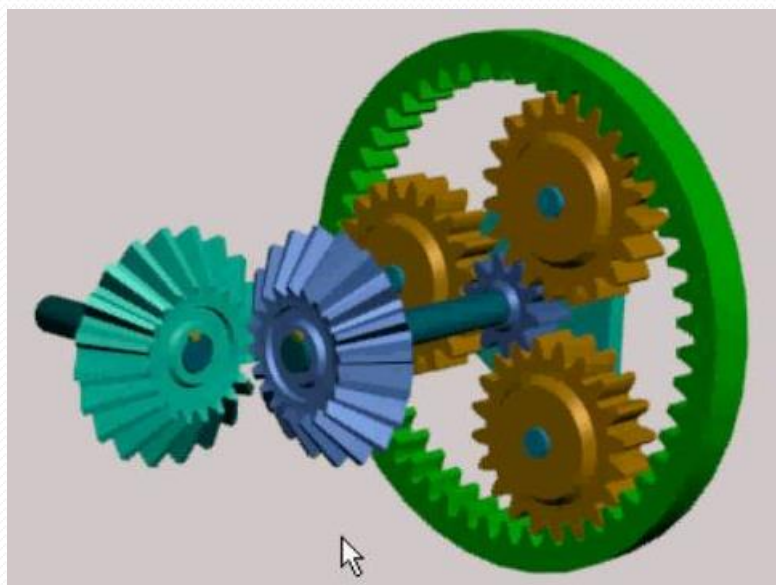
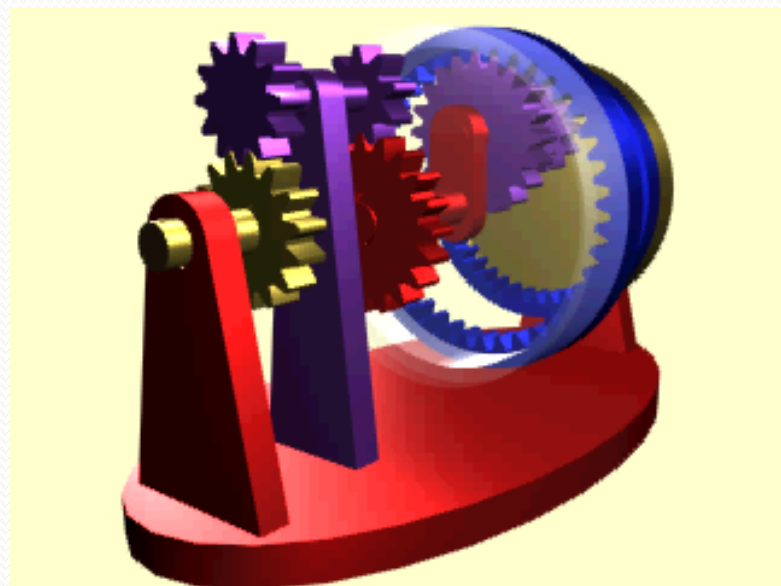
## 2. 周转轮系

轮系运转时，至少有一个齿轮轴线的位置不固定，而是绕某一固定轴线回转，则称该轮系为周转轮系。



### 3. 复合轮系

——由定轴一周转或多个周转轮系组成的轮系。





## § 5-2 定轴轮系及其传动比

轮系的传动比——输入轴与输出轴的角速度（或转速）之比，即：

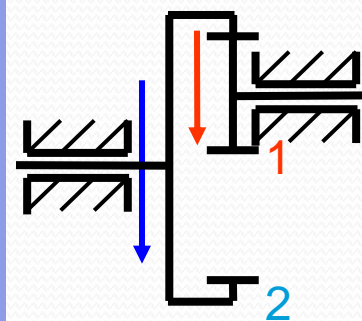
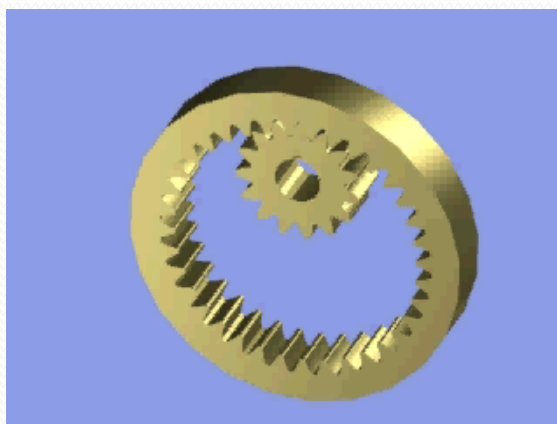
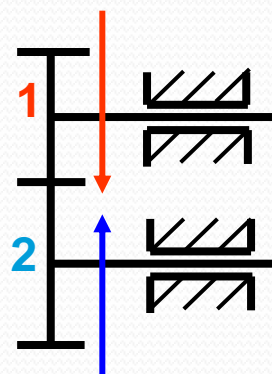
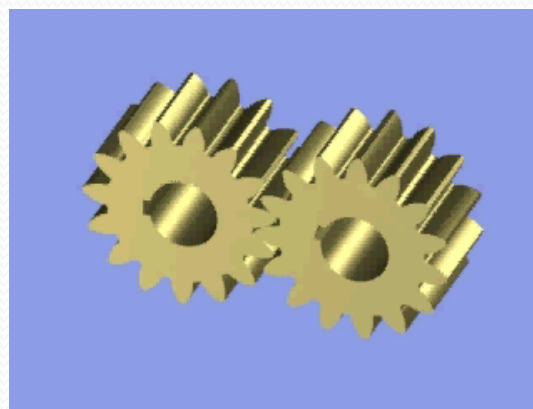
$$i_{AB} = \frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_A}{n_B} \begin{cases} \text{大小} \\ \text{转向} \end{cases}$$

### 一. 一对齿轮的传动比

1. 大小  $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{z_2}{z_1}$

2. 转向

- |   |          |   |          |
|---|----------|---|----------|
| { | 圆柱<br>齿轮 | { | 外啮合——“-” |
|   |          |   | 内啮合——“+” |
| { | 空间<br>齿轮 | { | 圆锥齿轮传动   |
|   |          |   | 蜗杆蜗轮传动   |



——在图上以箭头表示

空间齿轮 { 圆锥齿轮传动  
蜗杆蜗轮传动

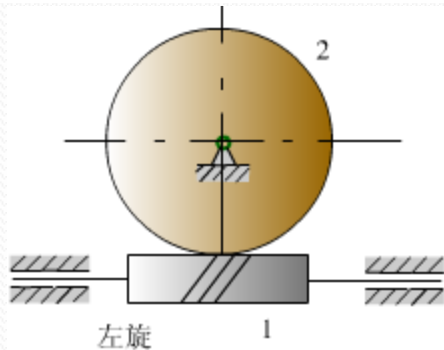
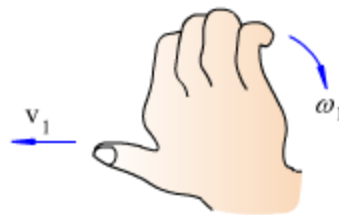
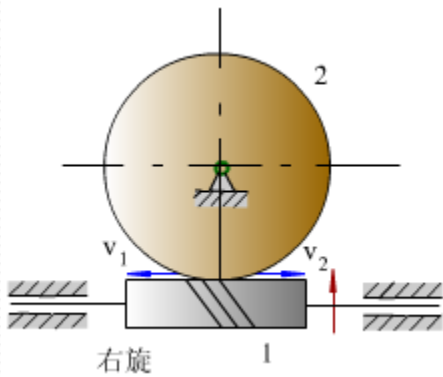
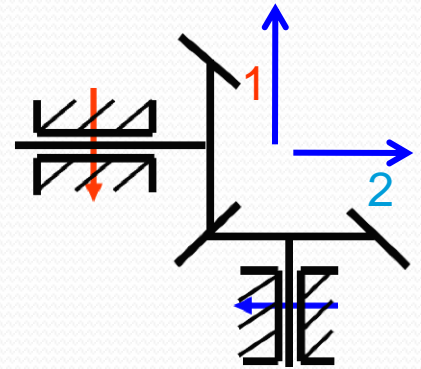
——在图上以箭头表示

➤圆锥齿轮传动

箭头表示：**头对头，尾对尾**  
两箭头同时指向（或远离）啮合点。

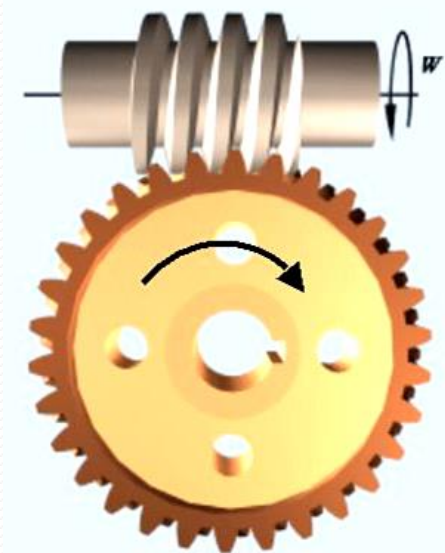
➤蜗杆蜗轮传动

箭头表示：**左右手法则**

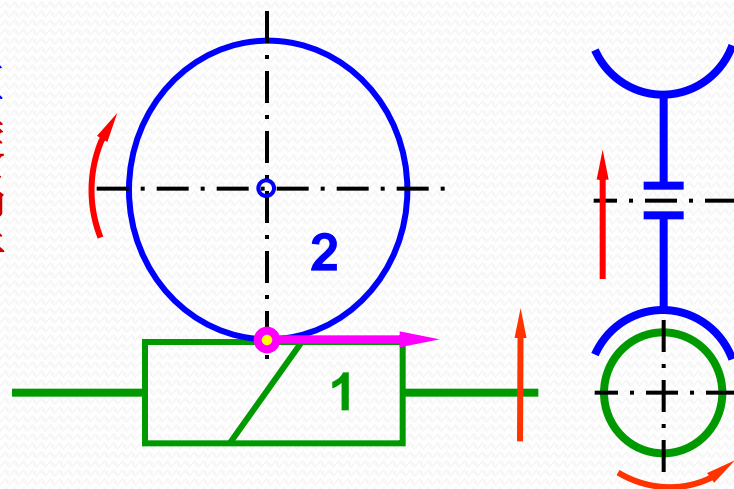


★右旋（蜗杆）右手，左旋（蜗杆）左手；  
四指转向，拇指进向（蜗杆轴线），  
不进则退，由退定向（蜗轮转向）。

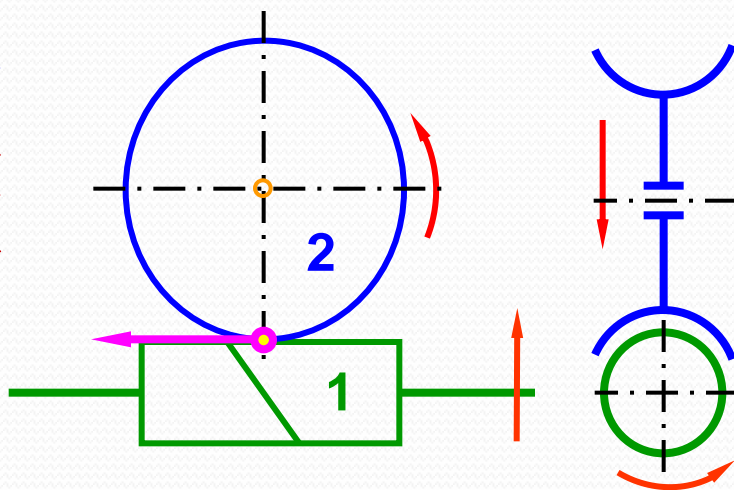
## ➤ 蜗杆蜗轮传动



左旋蜗杆

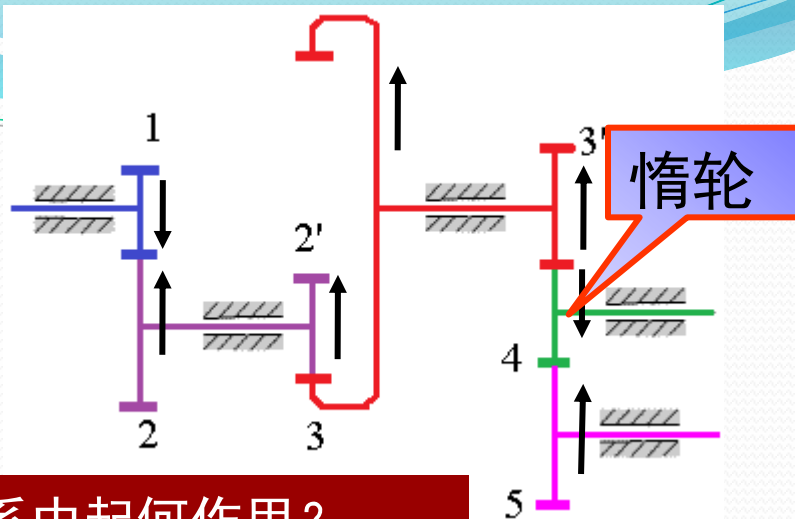


右旋蜗杆



## 二. 平面定轴轮系的传动比

——由圆柱齿轮所组成，其各轮的轴线互相平行，传动比有正负之分。



$$i_{15} = \frac{\omega_1}{\omega_5} = ?$$

问题：惰轮在轮系中起何作用？  
如何判断哪个齿轮为惰轮？

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{z_2}{z_1}$$

$$i_{23} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{z_3}{z_2'}$$

$$i_{34} = \frac{\omega_3}{\omega_4} = -\frac{z_4}{z_3'}$$

$$i_{45} = \frac{\omega_4}{\omega_5} = -\frac{z_5}{z_4}$$



结论

$$i_{15} = \frac{\omega_1}{\omega_5} = \frac{\omega_1 \cdot \omega_2 \cdot \omega_3 \cdot \omega_4}{\omega_2 \cdot \omega_3 \cdot \omega_4 \cdot \omega_5} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot i_{34} \cdot i_{45}$$

$$= (-1)^3 \frac{z_2}{z_1} \frac{z_3}{z_2'} \frac{z_4}{z_3'} \frac{z_5}{z_4} = -\frac{z_2 z_3 z_5}{z_1 z_2' z_3'}$$

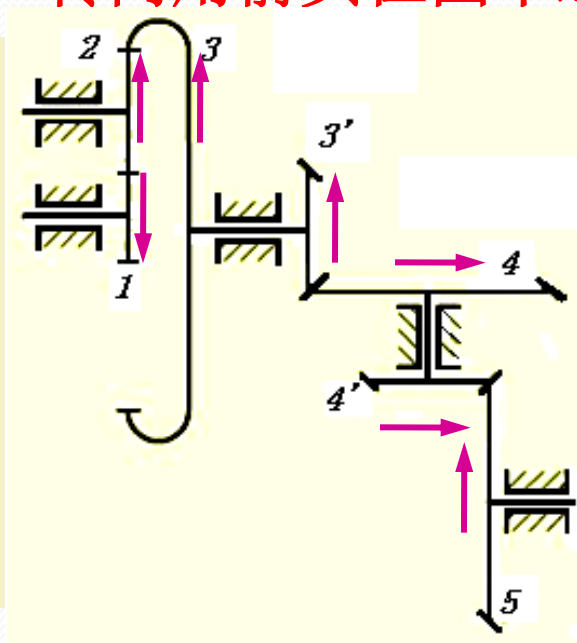
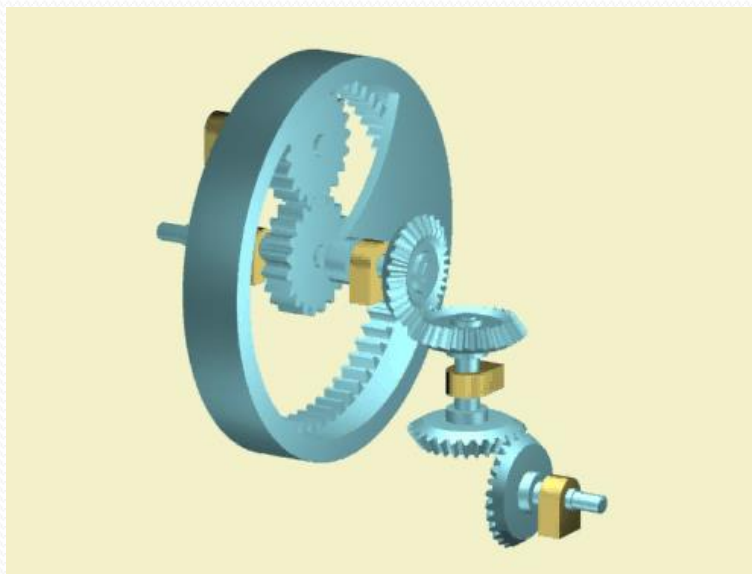
平面定轴轮系传动比

$$i_{AB} = \frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{\omega_{\text{主}}}{\omega_{\text{从}}} = (-1)^m \frac{\text{所有各对齿轮从动轮齿数的乘积}}{\text{所有各对齿轮主动轮齿数的乘积}}$$

$m$ ——外啮合齿轮对数

### 三. 空间定轴轮系的传动比

——轮系中包含了圆柱齿轮、圆锥齿轮、蜗轮蜗杆等空间齿轮，空间齿轮的轴线不互平行，转向用箭头在图中示出。



$$\left\{ \begin{array}{l} i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} \\ i_{23} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{z_3}{z_2} \\ i_{3'4} = \frac{\omega_{3'}}{\omega_4} = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{z_4}{z_{3'}} \\ i_{4'5} = \frac{\omega_{4'}}{\omega_5} = \frac{\omega_4}{\omega_5} = \frac{z_5}{z_{4'}} \end{array} \right.$$



$$i_{15} = \frac{\omega_1}{\omega_5} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \frac{\omega_2}{\omega_3} \frac{\omega_3}{\omega_4} \frac{\omega_4}{\omega_5} = i_{12} i_{23} i_{3'4} i_{4'5} = -\frac{z_2 z_3 z_4 z_5}{z_1 z_2 z_{3'} z_{4'}} = -\frac{z_3 z_4 z_5}{z_1 z_{3'} z_{4'}}$$

注：负号表示轮1和轮5转向相反；轮2称为中介轮(惰轮、过轮)



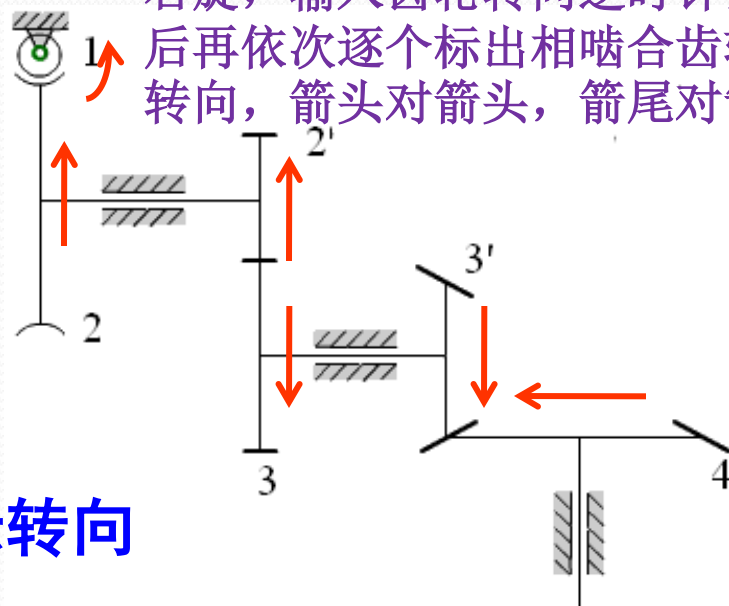
## 空间定轴轮系

空间定轴轮系中有一对蜗杆蜗轮和一对圆锥齿轮，如何确定该轮系的传动比 $i_{14}$ ？

✓大小：

$$i_{14} = \frac{\omega_1}{\omega_4} = -\frac{z_2 z_3 z_4}{z_1 z_2' z_3'}$$

✓方向：图中箭头标出



右旋，输入齿轮转向逆时针，然后再依次逐个标出相啮合齿轮的转向，箭头对箭头，箭尾对箭尾

**结论**

➤大小： ➤方向： 箭头表示转向

$$\text{空间定轴轮系 } i_{1K} = \frac{\omega_1}{\omega_K} = \frac{\omega_{\text{主}}}{\omega_{\text{从}}} = \frac{\text{所有各对齿轮从动轮齿数的乘积}}{\text{所有各对齿轮主动轮齿数的乘积}}$$

★ 注意：

- 1) 若轮系中部分为平面定轴轮系，该部分可以用 $(-1)^m$ 的方法确定方向；
- 2) 若轮系的输入轴与输出轴互相平行，则传动比应有正负号之分；需要用“±”表示出相同或相反；
- 3) 若轮系的输入轴与输出轴不平行，则传动比的符号没有意义，在计算式中不再加正、负号。



- 例1: 已知各齿轮的齿数, 求轮系的传动比。

解:

(a) 大小

$$i_{1k} = \frac{\cancel{z_2} \cancel{z_3} \cancel{z_4} \dots \cancel{z_k}}{z_1 \cancel{z_2} \cancel{z_3} \dots \cancel{z_{k-1}}} = \frac{z_k}{z_1}$$

(b) 方向

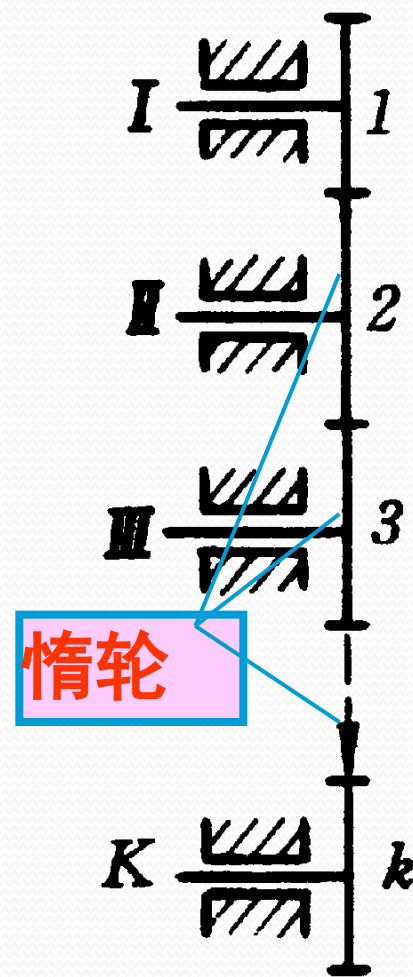
画箭头或者  $(-1)^m$

$m \rightarrow$  外啮合次数

惰轮(过桥轮  $\rightarrow$  既是主动轮又作从动轮)

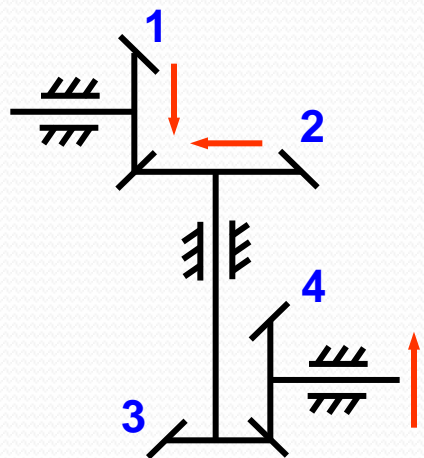
$\rightarrow$  其齿数对传动比无影响

作用: ①控制转向 ②中心距较大时可使机构紧凑

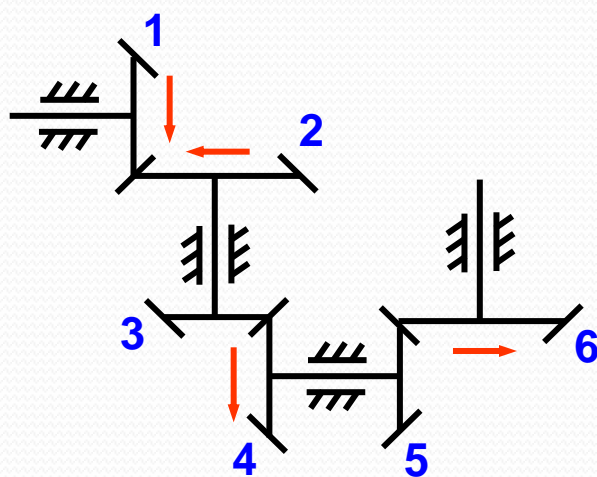


## 说明:

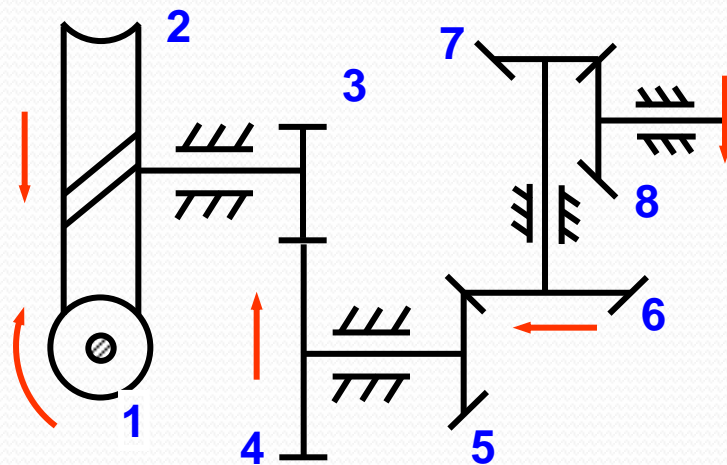
1. 定轴轮系的传动比=各对齿轮传动比的连乘积  
=所有从动轮齿数的连乘积/所有主动轮齿数的连乘积
2. 首末两轮的转向相同取“+”号、转向相异取“-”号。  
(注意: 若首末两轮轴线不平行只能用箭头表示)
3. 中介轮(惰轮)不影响传动比的大小,但改变了从动轮的转向。



$$i_{14} = - \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3}$$



$$i_{16} = \frac{Z_2 Z_4 Z_6}{Z_1 Z_3 Z_5}$$



$$i_{18} = \frac{Z_2 Z_4 Z_6 Z_8}{Z_1 Z_3 Z_5 Z_7}$$

例2: 已知 $Z_1=16$  ,  $Z_2=32$ ,  $Z_2'=20$ ,  $Z_3=40$ ,  $Z_3'=2$ (右),  
 $Z_4=40$ ,若 $n_1=800r/min$ , 求蜗轮的转速 $n_4$ 及各轮的转向。

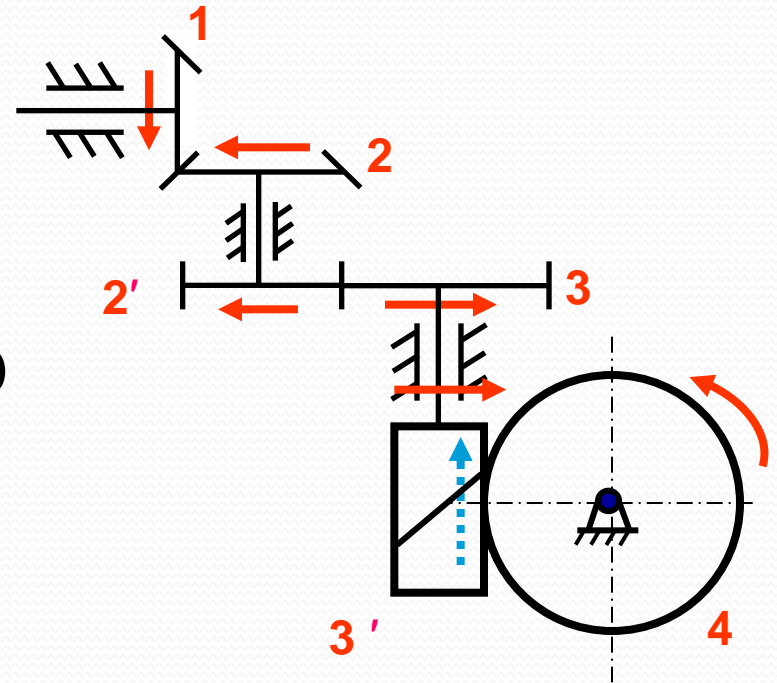
解: 求轮系传动比:

①大小:

$$i_{14} = \frac{Z_2 Z_3 Z_4}{Z_1 Z_2' Z_3'} = \frac{32 \times 40 \times 40}{16 \times 20 \times 2} = 80$$

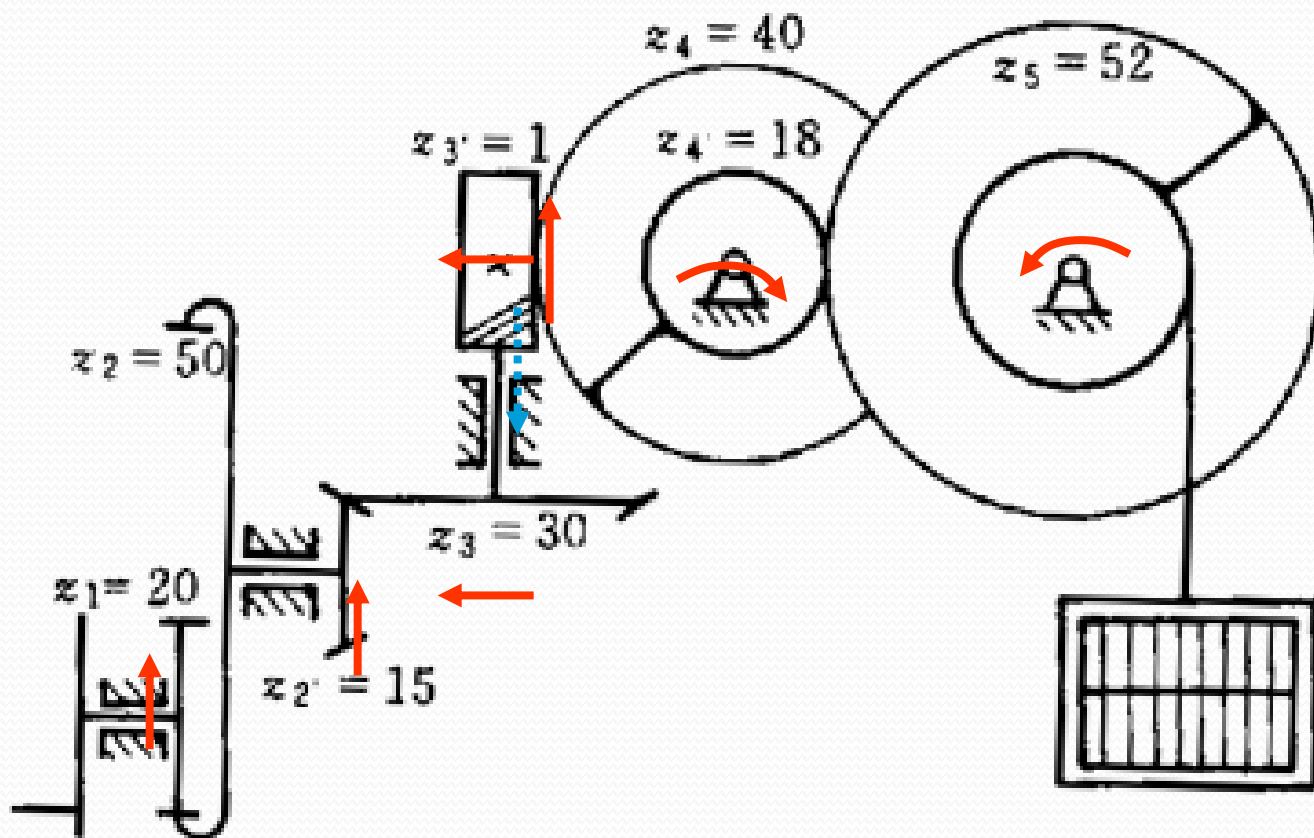
$$n_4 = n_1 / i_{14} = 800 / 80 = 10 r/min$$

②方向: 画箭头



例3: 求 $i_{15}$ 和提升重物时手柄的转动方向

解: 
$$i_{15} = \frac{Z_2 \cdot Z_3 \cdot Z_4 \cdot Z_5}{Z_1 \cdot Z_2' \cdot Z_3' \cdot Z_4'} = \frac{50 \times 30 \times 40 \times 52}{20 \times 15 \times 1 \times 18} = 577.8$$



# 结 论

(a) 定轴轮系传动比的大小

$$i_{1k} = \frac{n_1}{n_k} = \frac{(1 \rightarrow k \text{从动轮齿数积})}{(1 \rightarrow k \text{主动轮齿数积})} = \text{各级传动比的连乘积}$$

(b) 定轴轮系传动比的方向

1. 若首末两轮轴线平行，转向相同取“+”号、转向相反取“-”号或者用箭头
2. 若首末两轮轴线不平行只能用箭头