

第十一章 轮系与减速器



10-1 定轴轮系

一、轮系

➤ 定义：由一系列互相啮合的齿轮将主动轴和从动轴连接起来的传动装置。

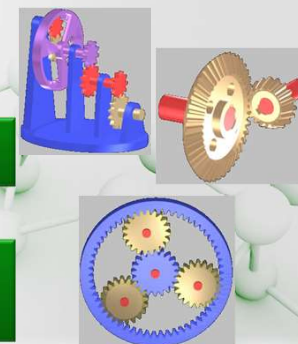
➤ 分类：

(1) 定轴轮系：

当轮系运转时，各个齿轮的几何轴线相对于机架都是固定不动的轮系

(2) 周转轮系：

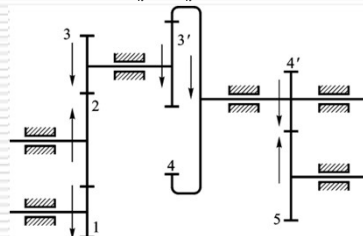
当轮系运转时，组成轮系的齿轮中至少有一个齿轮的几何轴线可绕另一个齿轮的几何轴线转动的轮系



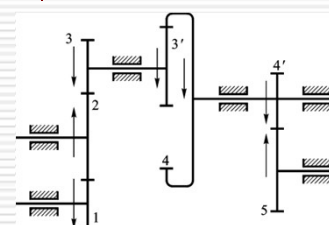
二、定轴轮系的传动比

传动比：输入轴与输出轴的转速（或角速度）之比。
包含大小和方向。

$$i_{1k} = \frac{\omega_1}{\omega_k} = \frac{n_1}{n_k} = ?$$



➤ 传动比的大小



$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad i_{23} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{z_3}{z_2}$$

$$i_{3'4} = \frac{n_{3'}}{n_4} = \frac{z_4}{z_{3'}} \quad i_{4'5} = \frac{n_{4'}}{n_5} = \frac{z_5}{z_{4'}}$$

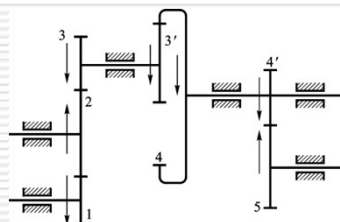
齿轮3与3'、4与4'各分别固定在一根轴上，

$$n_3 = n_{3'}, \quad n_4 = n_{4'}$$

$$i_{12} \cdot i_{23} \cdot i_{3'4} \cdot i_{4'5} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_2} \cdot \frac{z_4}{z_{3'}} \cdot \frac{z_5}{z_{4'}} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2}{n_3} \cdot \frac{n_{3'}}{n_4} \cdot \frac{n_{4'}}{n_5} = \frac{n_1}{n_5} = i_{15}$$

$$i_{1k} = \frac{\omega_1}{\omega_k} = \frac{n_1}{n_k} = \frac{z_2 \cdots z_k}{z_1 \cdots z_{k-1}} = \frac{\text{所有从动轮齿数连乘积}}{\text{所有主动轮齿数连乘积}}$$

➤ 传动比的大小



$$i_{15} = \frac{n_1}{n_5} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot i_{34} \cdot i_{45} = \frac{z_2 z_3 z_4 z_5}{z_1 z_2 z_3 z_4} = \frac{z_3 z_4 z_5}{z_1 z_3 z_4}$$

轮系中仅改变齿轮的转向，而不影响传动比的大小的齿轮——**惰轮**。

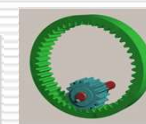
➤ 传动比的方向

(1) 平行轴轮系

齿轮几何轴线平行，输入轮和输出轮的转向相同或相反。在传动比值前加上“+，-”号来表示输入轮、输出轮的转向关系。



转向相反



转向相同

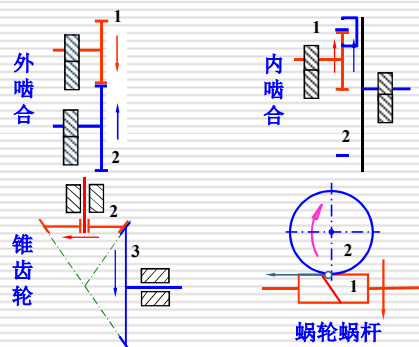
$$i_{1k} = \frac{\omega_1}{\omega_k} = (-1)^m \frac{\text{从动轮齿数连乘积}}{\text{主动轮齿数连乘积}}$$

m : 外啮合的次数

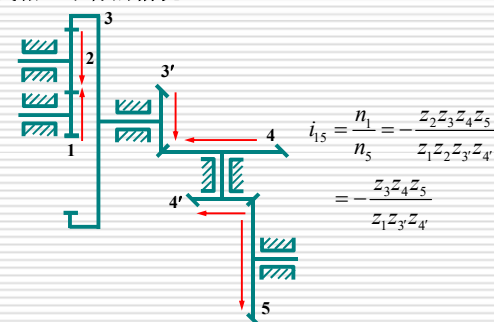
外啮合：两轮转向相反；
内啮合：两轮转向相同。
每经过一次外啮合就改变一次转向。

➤ 传动比的方向

(2) 非平行轴轮系 ➡ 划箭头表示方向



➤ **情况1**：定轴轮系中各轮几何轴线不都平行，但是输入、输出轮的轴线相互平行的情况。

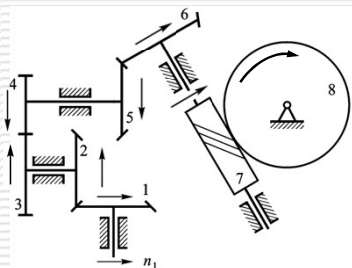


$$i_{15} = \frac{n_1}{n_5} = -\frac{z_2 z_3 z_4 z_5}{z_1 z_2 z_3 z_4} = -\frac{z_3 z_4 z_5}{z_1 z_3 z_4}$$

传动比方向判断：画箭头

表示：在传动比大小前加正负号

➤ 情况2: 输入、输出轮的轴线不平行的情况。



$$i_{18} = \frac{n_1}{n_8} = \frac{z_2 z_4 z_6 z_8}{z_1 z_3 z_5 z_7}$$

传动比方向判断 } 画箭头
表示

➤ 总结: 定轴轮系的传动比

大小: $i_{ik} = \frac{n_i}{n_k} = \frac{\text{从动齿轮齿数连乘积}}{\text{主动齿轮齿数连乘积}}$

转向: 画箭头法 (适合任何定轴轮系)

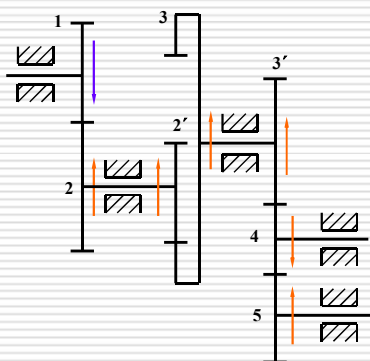
$(-1)^m$ 法 (只适合所有齿轮轴线都平行的情况)

结果表示:

$$i_{ik} = \frac{n_i}{n_k} = \pm \frac{\text{所有从动齿轮齿数连乘积}}{\text{所有主动齿轮齿数连乘积}} \quad (\text{输入、输出轴平行})$$

图中画箭头表示 (其它情况)

➤ 例1: 计算该轮系的传动比。



$$i_{15} = \frac{n_1}{n_5} = (-1)^3 \frac{z_2 z_3 z_5}{z_1 z_2' z_3' z_4} = -\frac{z_2 z_3 z_5}{z_1 z_2' z_3'}$$

4 — 惰轮

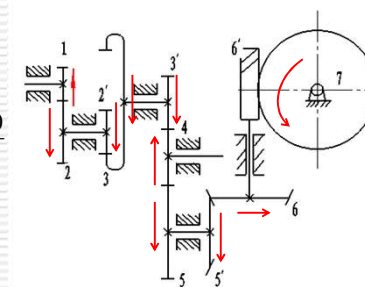
➤ 例2: 已知 $z_1=18$ 、 $z_2=36$ 、 $z_2'=20$ 、 $z_3=80$ 、 $z_3'=20$ 、 $z_4=18$ 、 $z_5=30$ 、 $z_5'=15$ 、 $z_6=30$ 、 $z_6'=2$ 、 $z_7=60$ ， $n_1=1440\text{r/min}$ ，方向如图。求 i_{17} ，蜗轮的转速和转向。

解:

$$i_{17} = \frac{n_1}{n_7} = \frac{z_2 z_3 z_4 z_5 z_6 z_7}{z_1 z_2' z_3' z_4' z_5' z_6'} = \frac{36 \times 80 \times 18 \times 30 \times 30 \times 60}{18 \times 20 \times 20 \times 18 \times 15 \times 2} = 720$$

$$n_7 = \frac{n_1}{i_{17}} = \frac{1440}{720} = 2\text{r/min}$$

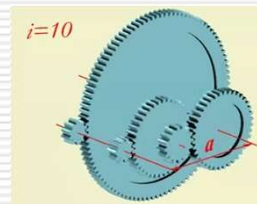
方向如图。



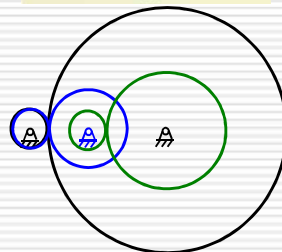
三、定轴轮系的作用

1、实现大传动比传动

若仅用一对齿轮实现较大的传动比，必将使两轮的尺寸相差悬殊，外廓尺寸庞大，同时使小齿轮极易磨损，故一对齿轮的传动比一般不大于8。

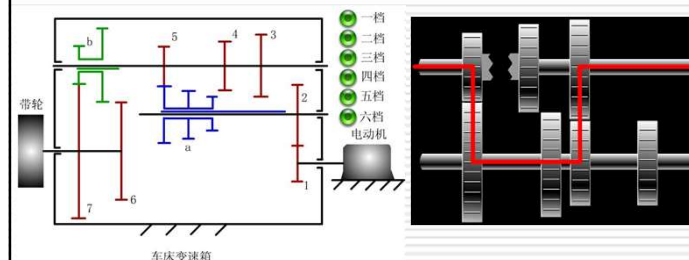


2、实现较远距离的传动



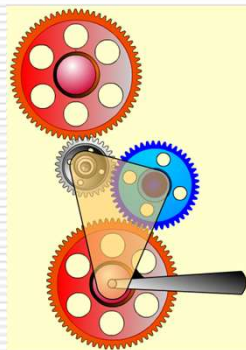
3、实现变速传动

换档变速传动机构，在主动轴转速不变的条件下，通过换档可使从动轴得到不同的转速。



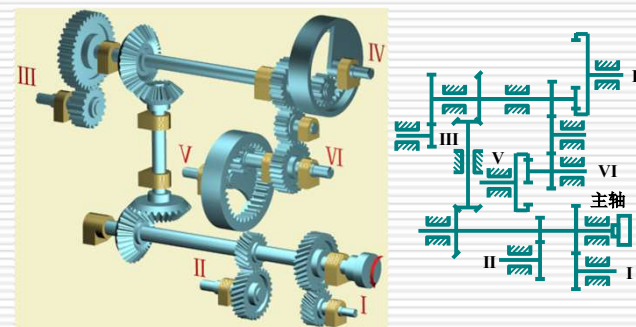
4、实现换向运动

在主动轴转向不变的条件下，可改变从动轴的转向。



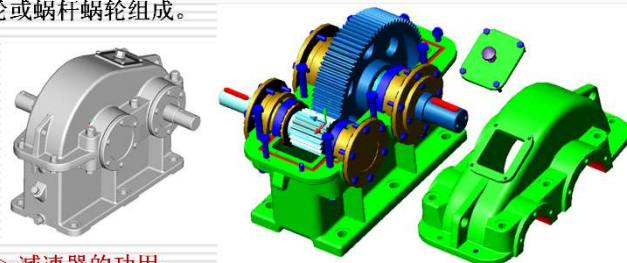
5、实现分路传动

将主动轴的运动分解成多路传出，带动各附件同时工作。



10-3 减速器

➤ **减速器**：置于刚性的封闭箱体中的一对或几对相啮合的齿轮或蜗杆蜗轮组成。



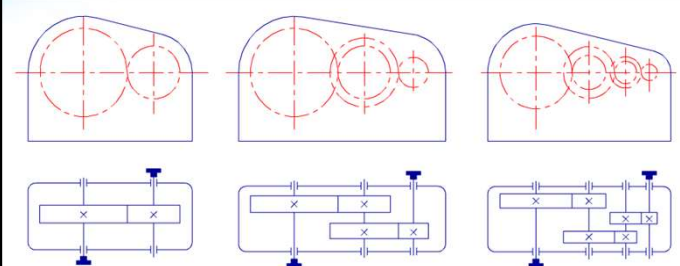
➤ **减速器的功用**：

用来降低转速和增大转矩，以满足工作要求。在某些个别场合也用来增速，称为增速装置。

应用广泛，主要参数已标准化。

➤ **减速器的型式**：

按齿轮的对数—单级、两级、三级减速器等。



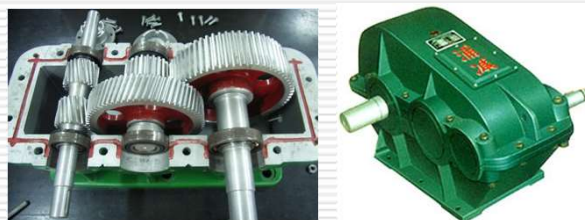
单级圆柱齿轮减速器

展开式双级圆柱齿轮减速器

展开式三级圆柱齿轮减速器

➤ **减速器的型式**：

按齿轮的类型—圆柱齿轮减速器、圆锥齿轮减速器、蜗杆减速器、圆锥-圆柱齿轮减速器、蜗杆-圆柱齿轮减速器等。



圆柱齿轮减速器：应用广泛，结构简单，精度容易保证。

轮齿可做成直齿、斜齿和人字齿。



圆锥齿轮减速器

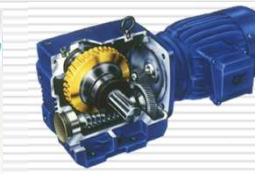


蜗杆减速器

结构紧凑，传动比大，工作平稳，噪声小，但效率较低。



圆锥-圆柱齿轮减速器

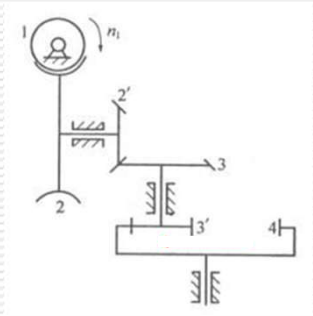


蜗杆-圆柱齿轮减速器

有齿轮传动在高速级和蜗杆传动在高速级两种型式。前者结构紧凑，而后者传动效率高。

10-4 各种机械传动的比较		
	优点	缺点
齿轮传动	1、能在空间任意两轴（平行轴、相交轴、交叉轴）间传递运动和动力； 2、传动比精确； 3、结构紧凑，适用于近距离传动； 4、传动效率高（0.92-0.99）； 5、传递的功率和速度范围大（传递功率可达10000Kw，线速度可达300m/s）； 6、工作可靠，使用寿命长。	1、制造齿轮需要专用的机床和设备，成本较高； 2、加工、安装、调整的精度要求高，否则，工作噪声和振动大； 3、不适用于远距离传动。
蜗杆传动	1、实现大传动比 2、传动平稳、噪声低 3、可实现自锁 4、结构紧凑	1、齿面滑动速度大 2、传动效率低（一般在0.7-0.9） 3、发热量大，容易使齿面磨损 4、为了减磨，蜗轮齿圈需要用青铜制造，成本高 5、轴向力大
带传动	1、适合传动中心距较大的场合。 2、带具有弹性，可减缓吸振，传动平稳。 3、过载打滑，起过载保护作用。 4、结构简单、成本低廉。	1、有弹性滑动，传动比不恒定。 2、不宜高温、易蚀环境，带的寿命较低，传动效率较低。 3、传动的外廓尺寸较大；需要张紧装置对轴压力比较大； 4、由于带的滑动，不能保证固定不变的传动比
链传动	1、没有弹性滑动，平均传动比准确 2、需要的张紧力小，作用在轴上的载荷较小，可以减少轴承的摩擦损失 3、传动效率较高 4、能适应温度较高、有油污、湿度较大及低速的工作环境	1、瞬时链速和瞬时传动比不恒定，传动平稳性较差 2、工作有一定的冲击和噪声 3、不宜在载荷变化很大和急速反向的传动中应用

课堂练习：在图示轮系中，已知：主动轮蜗杆为单头且右旋，转速 $n_1=1440\text{r/min}$ ，转动方向如图，其余各轮齿数为： $z_2=40$ ， $z_2'=20$ ， $z_3=30$ ， $z_3'=18$ ， $z_4=54$ 。试：（1）计算齿轮4的转速 n_4 ；（2）在图中标出齿轮4的转动方向。



作业

补充：如图所示轮系，已知蜗杆1转速 $n_1=972\text{r/min}$ (顺时针)， $z_1=2$ ， $z_2=60$ ， $z_2'=20$ ， $z_3=24$ ， $z_3'=20$ ， $z_4=24$ ， $z_4'=30$ ， $z_5=35$ ， $z_5'=28$ ， $z_6=135$ ，求齿轮6的转速和方向。

