

第五章 轮系

1

5-1 轮系的类型

n 轮系：一系列齿轮组成的传动系统。

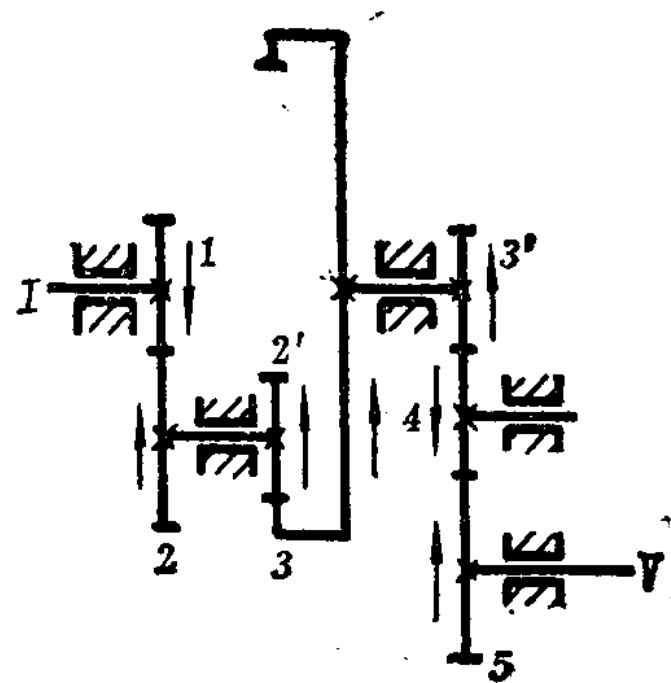
n 功用：

- ✕ 多种转速；
- ✕ 结构紧凑；
- ✕ 传动比大。

分类

2

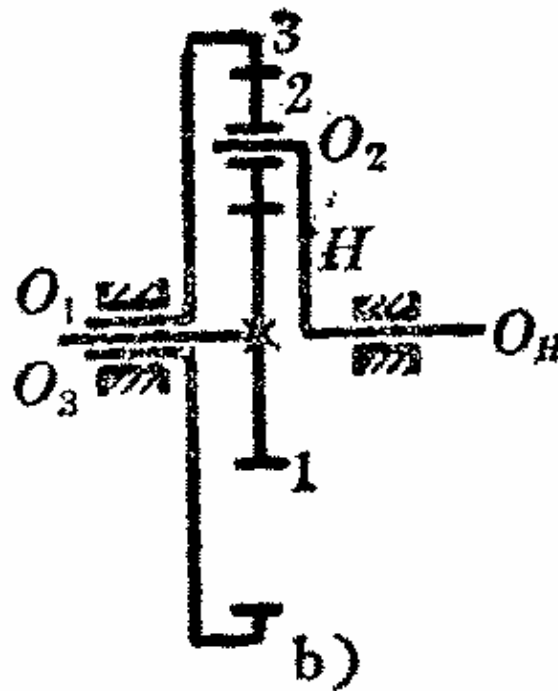
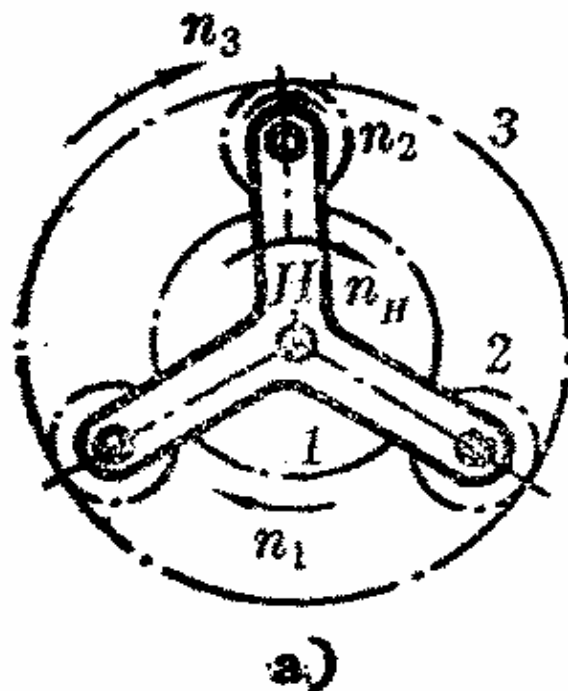
- 定轴轮系——每个齿轮的轴线都是固定的。



分类

3

周转轮系——至少有一个齿轮的几何轴线绕另一个齿轮的几何轴线转动。



5-2 定轴轮系及其传动比

4

· 传动比——输入轴与输出轴转速之比：

$$i_{ab} = \pm \frac{W_a}{W_b} = \pm \frac{n_a}{n_b}$$

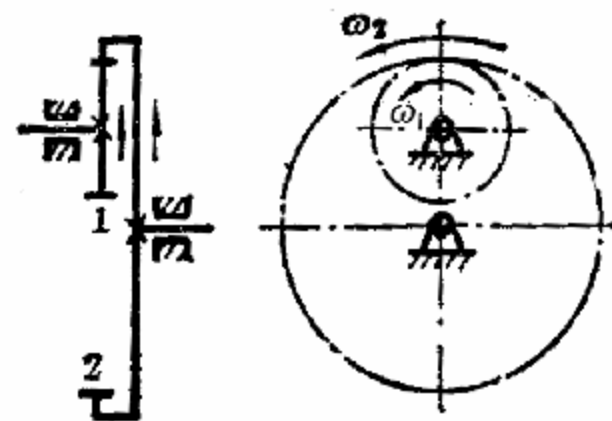
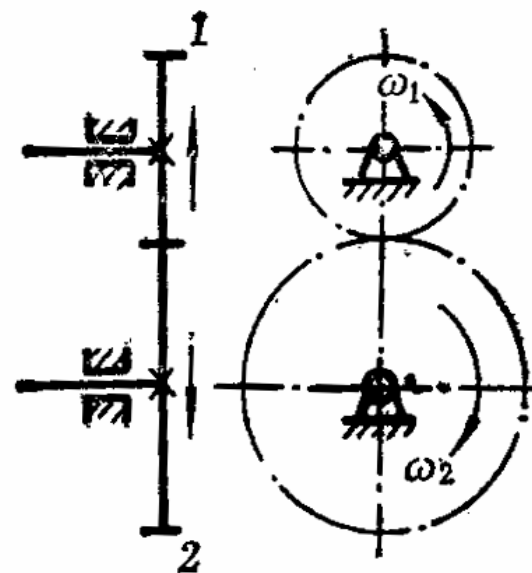
✧ a ——输入轴代号；

✧ b ——输出轴代号。

✧ 输入与输出 转向相同为正，否则为负；确定正负号的方法：

 n 外啮合为负，内啮合为正；

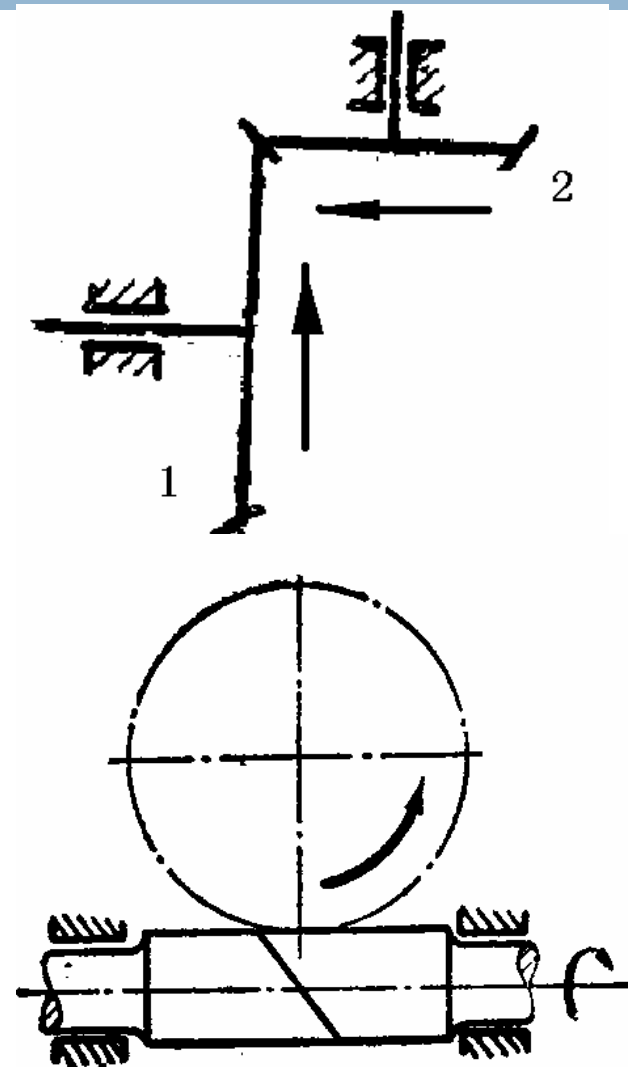
 n 画箭头。



输入与输出转向的判断

5

- 一对圆锥齿轮表示转向的尖头：
 - 或同时指向啮合点；
 - 或同时背离啮合点；
- 蜗轮蜗杆——用“左右手”判断：
 - 左旋用左手，右旋用右手；
 - 拇指伸直，四指弯曲与蜗杆转向一致；
 - 与拇指相反的方向，为蜗轮运动方向。



定轴轮系的传动比

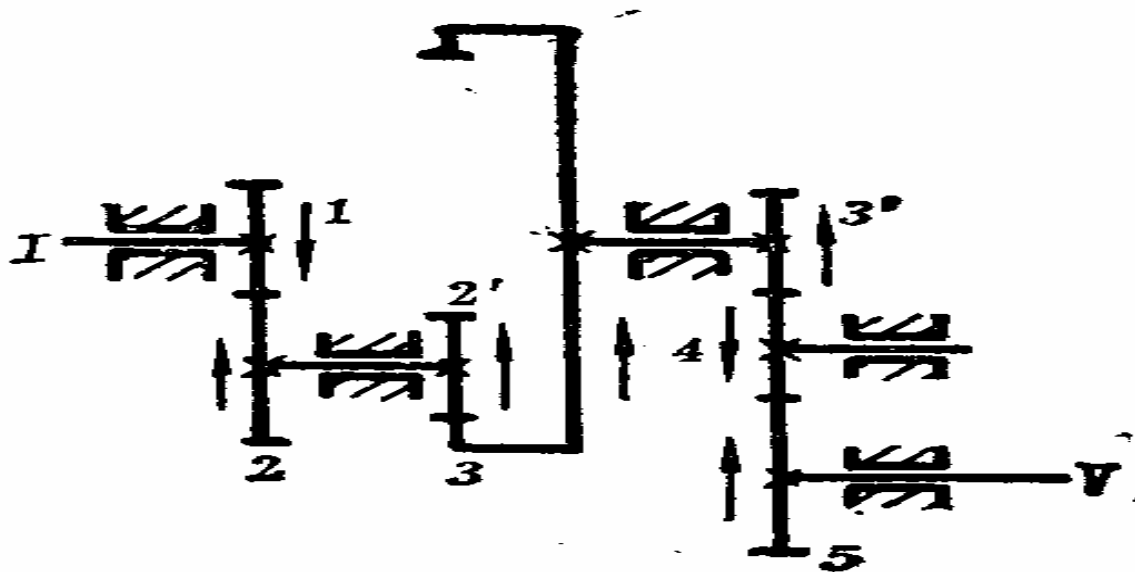
6

.. I 轴：输入轴； V 轴：输出轴。

.. 各齿轮齿数： $z_1, z_2, z_{2'}, z_3, z_{3'}, z_4, z_5$

.. 各齿轮转速：

$$n_1, n_2, n_{2'} (= n_2), n_3, n_{3'} (= n_3), z_4, z_5$$



定轴轮系的传动比

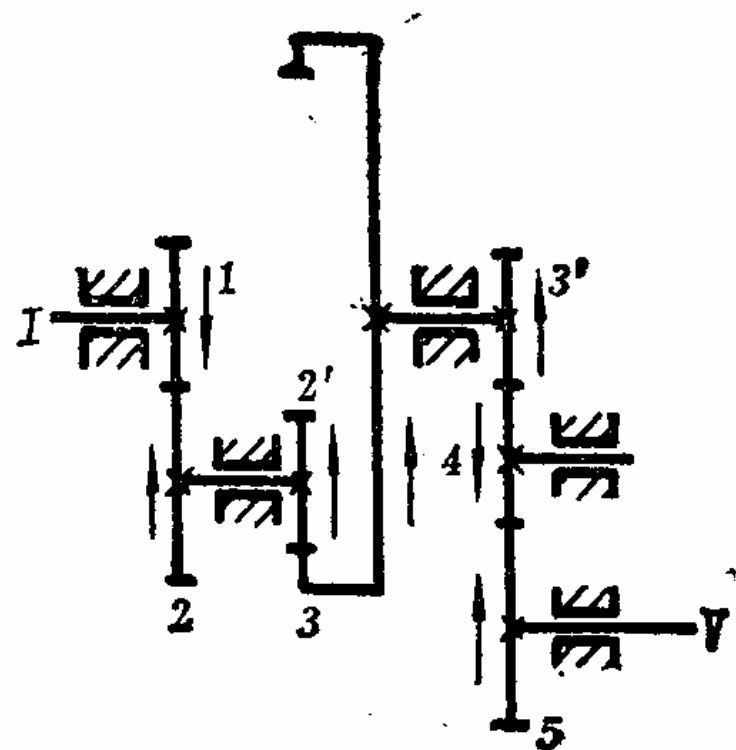
7

.. 该轮系的传动比:

$$i_{12} = -\frac{z_2}{z_1} \quad i_{23} = \frac{n'_2}{n_3} = \frac{z_3}{z'_2} \quad i_{34} = \frac{n'_3}{n_4} = -\frac{z_4}{z'_3} \quad i_{45} = -\frac{z_5}{z_4}$$

$$i_{15} = \frac{n_1}{n_5} = \frac{n_1}{n_2} \frac{n_2}{n_3} \frac{n_3}{n_4} \frac{n_4}{n_5} = i_{12} i_{23} i_{34} i_{45}$$

$$i_{15} = \frac{n_1}{n_5} = (-1)^3 \frac{z_2 z_3 z_4 z_5}{z_1 z'_2 z'_3 z_4}$$



定轴轮系的传动比

8

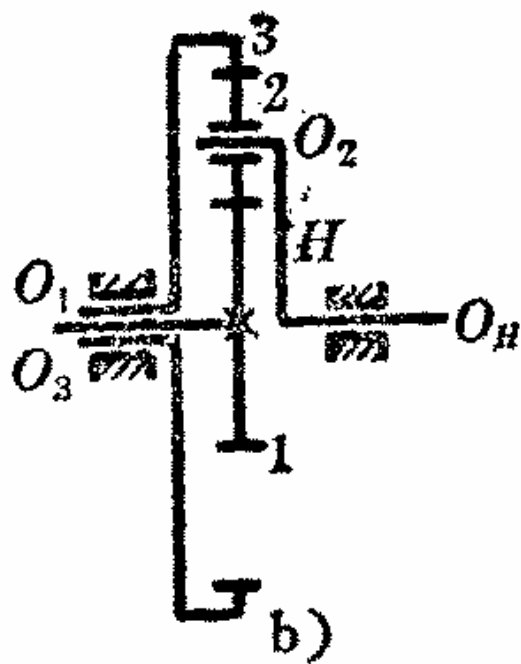
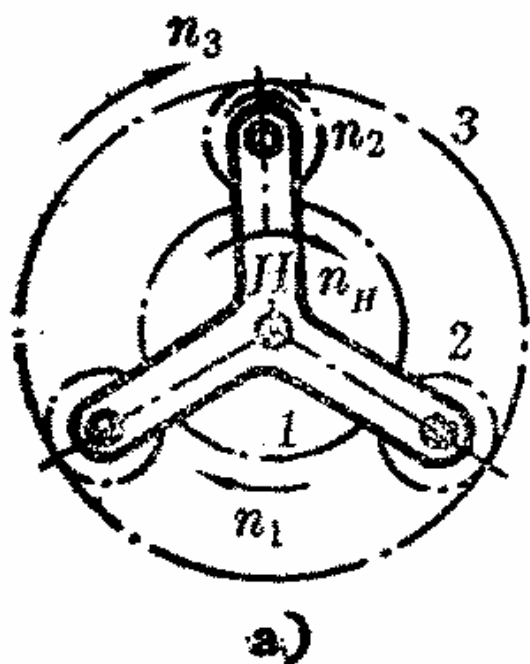
$$i_{1N} = \frac{n_1}{n_N} = (-1)^m \frac{\text{所有从动轮齿数的积}}{\text{所有主动轮齿数的积}}$$

- .. 此式中的方向只适于各轴互相平行的定轴轮系；
- .. 符号取决于外啮合的次数（m）；
- .. 传动比的符号也可由画箭头的方法确定；
- .. 注意：区别主、从动轮

5-3 周转轮系及其传动比

9

一、周转轮系的组成

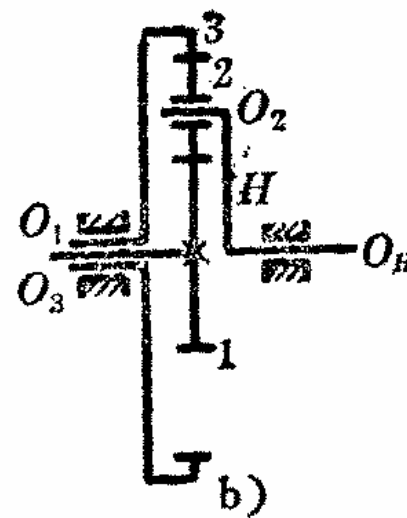
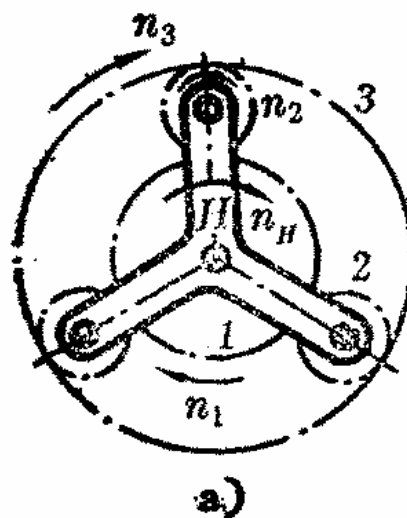


- 行星轮**2**——轴线位置变化的齿轮，既有公转又有自转；
- 系杆(转臂、行星架)**H**——支持行星轮的构件；
- 中心轮**1、3**（太阳轮）——轴线位置不动的齿轮。

周转轮系

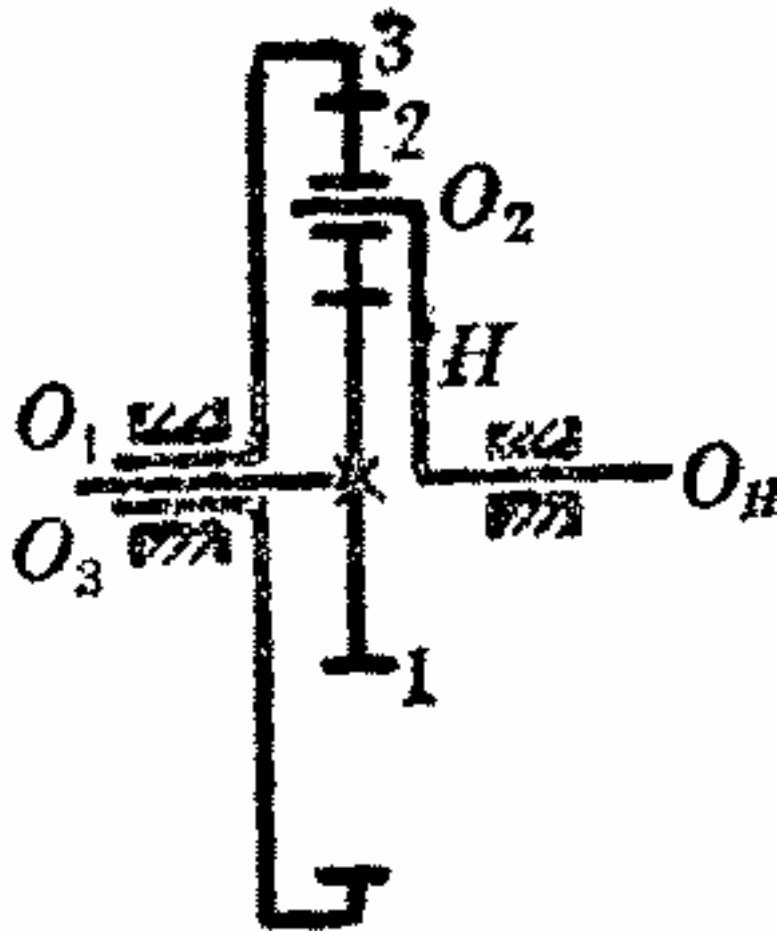
10

- 每个单一的周转轮系中：
 - 有一个转臂；
 - 不多于两个的中心轮；
 - 转臂和两个的中心轮的中心线必须重合。
- 有时为了受力平衡，采用多个行星轮——虚约束。



差动轮系

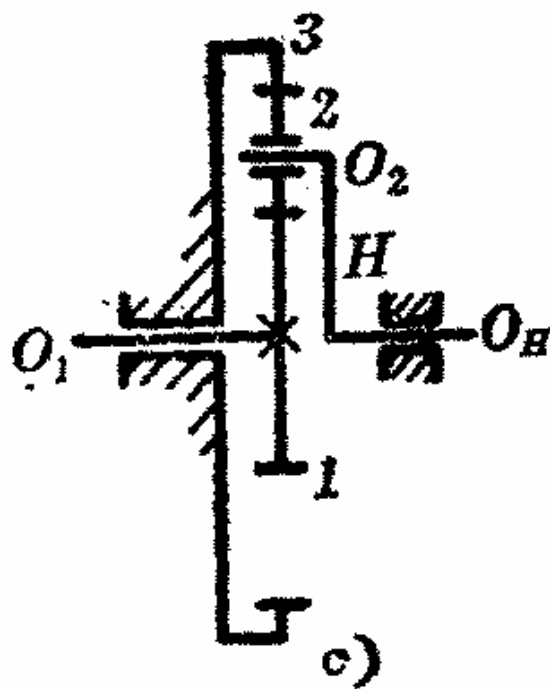
11



- .. 机构自由度大于1的周转轮系。
- .. $n=4$
- .. $P_H=2$
- .. $P_L=4$
- .. $F=2$

行星轮系

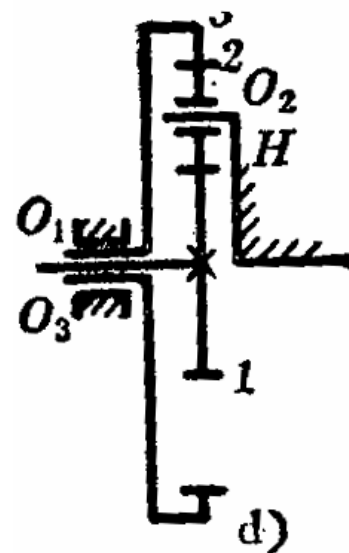
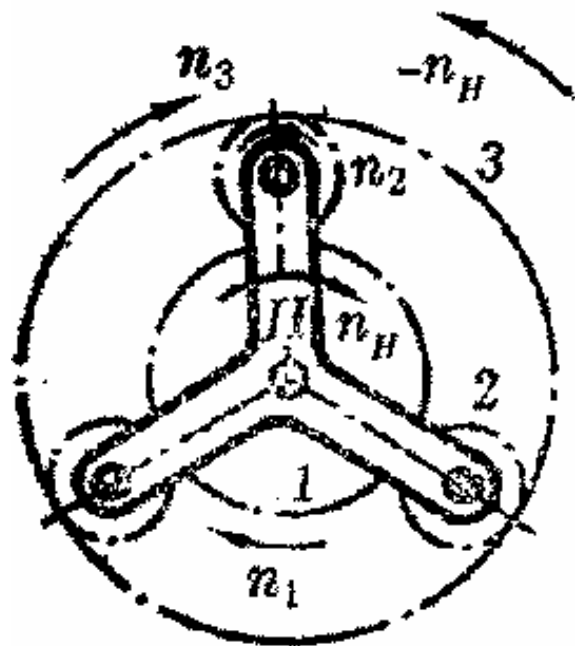
12



- .. 机构自由度等于1的周转轮系
- .. $n=3$
- .. $P_H=2$
- .. $P_L=3$
- .. $F=1$

二、周转轮系传动比的计算

13

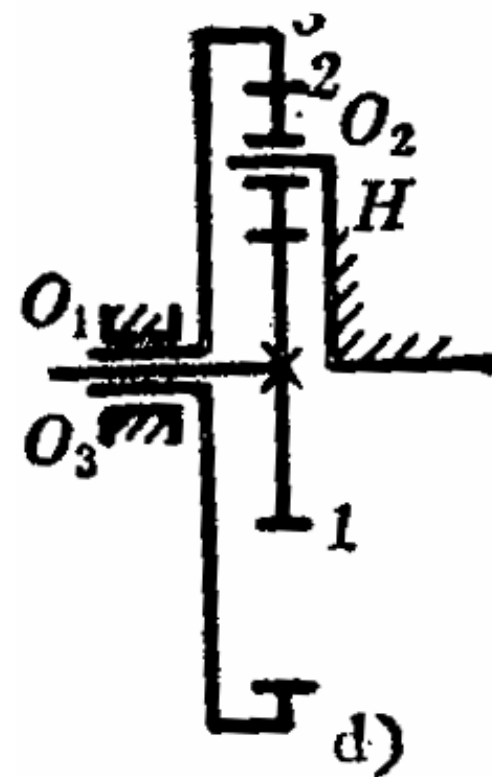


- 不能直接用定轴轮系传动比的计算公式计算。
- 计算方法——反转法。各构件间相对运动关系不变。
- 周转轮系——转化为——定轴轮系（转化轮系）。

转化轮系

14

构件	周转轮系的转速	转化轮系的转速
1	n_1	$n_1^H = n_1 - n_H$
2	n_2	$n_2^H = n_2 - n_H$
3	n_3	$n_3^H = n_3 - n_H$
H	n_H	$n_H^H = n_H - n_H$



传动比计算公式

15

.. 转化轮系中的传动比:

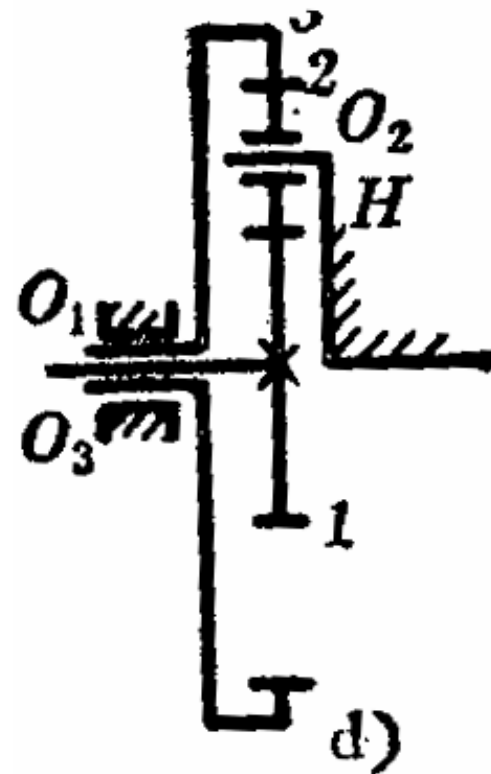
$$i_{13}^H = \frac{n_1^H}{n_3^H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H}$$

.. 根据定轴轮系传动比公式得:

$$i_{13}^H = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = (-1)^1 \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2} = -\frac{z_3}{z_1}$$

.. 由上式可解出:

$$i_{13} = \frac{n_1}{n_3}$$



注意

16

$$i_{13}^H = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = (-1)^1 \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2} = -\frac{z_3}{z_1}$$

- .. i_{13}^H 转化轮系的传动比是加了反转后机构的传动比。
- .. 实际轮系传动比 i_{13} 是没有加反转时的传动比，二者不等。
- .. 转化轮系的传动比符号是按定轴轮系确定的。
- .. 实际轮系传动比的符号要通过计算得到。

周转轮系传动比的计算公式

17

$$i_{GK}^H = \frac{n_G - n_H}{n_K - n_H} = (-1)^m \frac{\text{齿轮 } G-K \text{ 的所有从动轮齿数积}}{\text{齿轮 } G-K \text{ 的所有主动轮齿数积}}$$

m 为外啮合次数

- .. $(-1)^m$ 只适于 G 、 H 、 K 轴线相互平行的场合；对于锥齿轮组成的单一周转轮系，传动比的符号必须由画箭头的方法确定。
- .. 若已知转速，必须连同符号一起代入；假定一个方向为正，另一方向必须为负号代入。

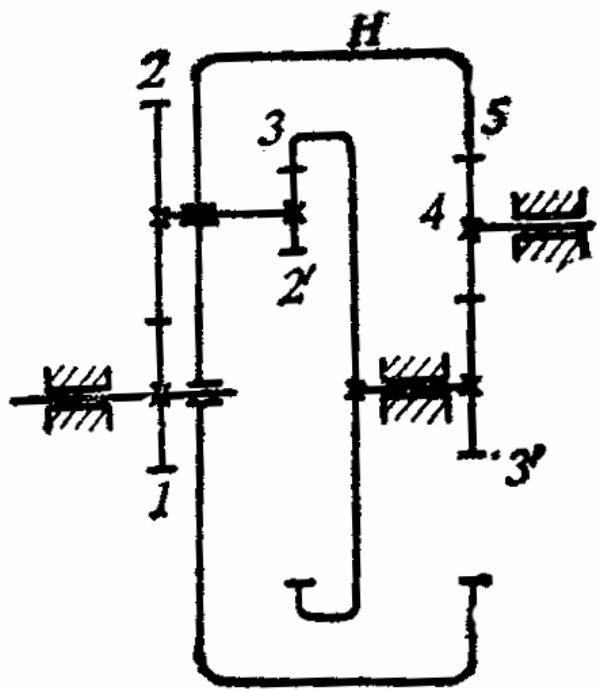
5-4 混合轮系的传动比

18

- .. 由定轴轮系和一个或几个单一的周转轮系组成的混合轮系。
- .. 混合轮系的传动比既不能直接用定轴轮系的公式计算，也不能直接用周转轮系的计算。

传动比的计算方法

19



- 找出其中的定轴轮系和各单一的周转轮系：
 - 找行星轮——转臂——中心轮
(1~2个)；
 - 各周转轮系之外的部分为定轴轮系。
- 分别计算定轴轮系和各单一的周转轮系的传动比；
- 联立求解。

例

20

- .. 行星轮2-2'
- .. 找出转臂——H (5)
- .. 中心轮1、3
- .. 1-2-2'-3-H组成差动轮系

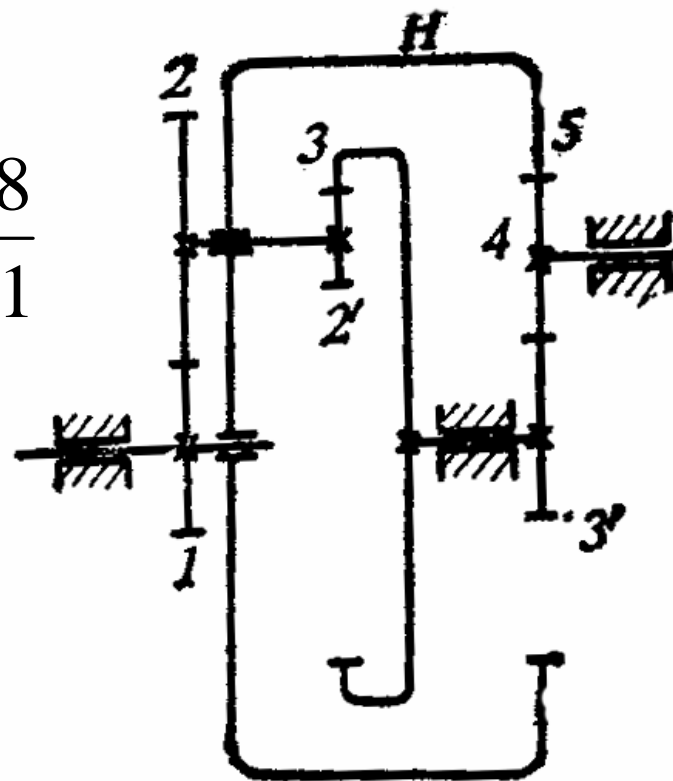
$$i_{13}^H = \frac{n_1^H}{n_3^H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = -\frac{z_2 z_3}{z_1 z_2'} = -\frac{52 \times 78}{24 \times 21}$$

- .. 其余为定轴轮系

$$i_{35} = \frac{n_3}{n_5} = -\frac{z_5}{z_3'} = -\frac{78}{18}$$

- .. 联立可求得:

$$i_{1H} = \frac{n_1}{n_H} = 43.9$$



注意

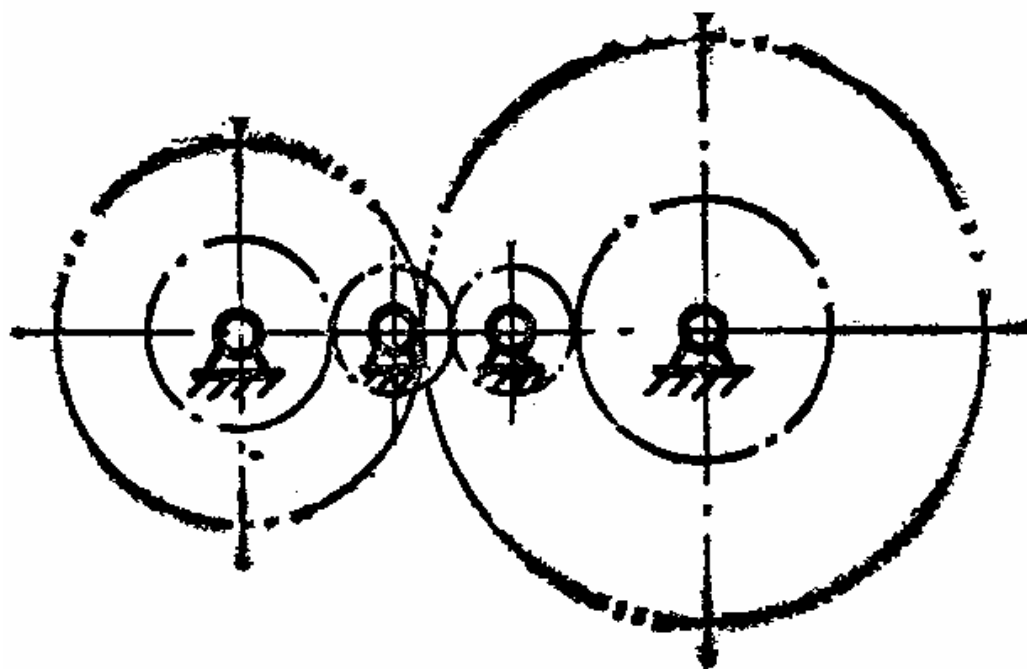
21

- .. 正确区分轮系，找出各单一的周转轮系。
- .. 分别计算各单一周转轮系和定轴轮系的传动比。
- .. 注意正负号。
- .. 找各单一轮系间的联系。
- .. 加反转仅限于单一的周转轮系。

5—5 轮系的应用

22

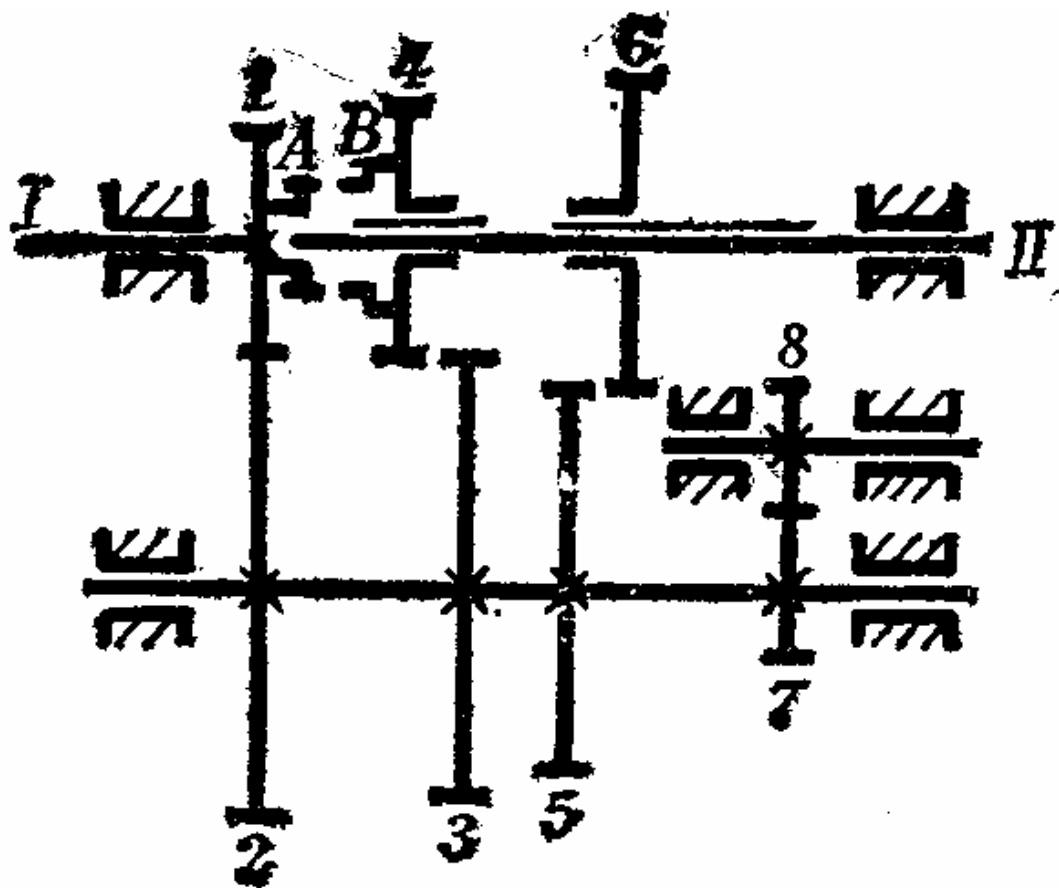
一、远距离轴间的传动



- .. 缩小空间尺寸;
- .. 制造安装方便;
- .. 省材料。

二、实现变速传动

23



汽车变速箱

- 一档：5、6啮合，A、B和3、4脱离；
- 二档：3、4啮合，A、B和5、6脱离；
- 三档：A、B嵌合，5、6和3、4脱离；
- 倒档：6、8啮合，A、B和3、4及5、6脱离；

机床变速箱等

三、获得大传动比

24

.. 多级定轴轮系

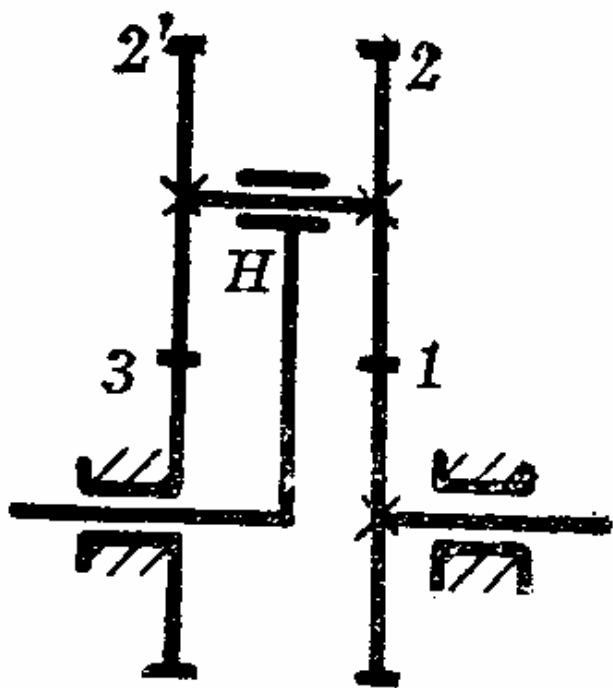
- ✧ 效率高
- ✧ 结构紧凑

.. 周转轮系

- ✧ 比多级定轴轮系结构更紧凑
- ✧ 用于减速时：
 - n** 传动比越大；
 - n** 传动效率越低；
 - n** 一般只用于辅助传动。
- ✧ 用于增速时，可能发生自锁。

周转轮系获得大传动比

25



∴ 已知: $z_1=100, z_2=101,$
 $z_2'=100, z_3=99。$

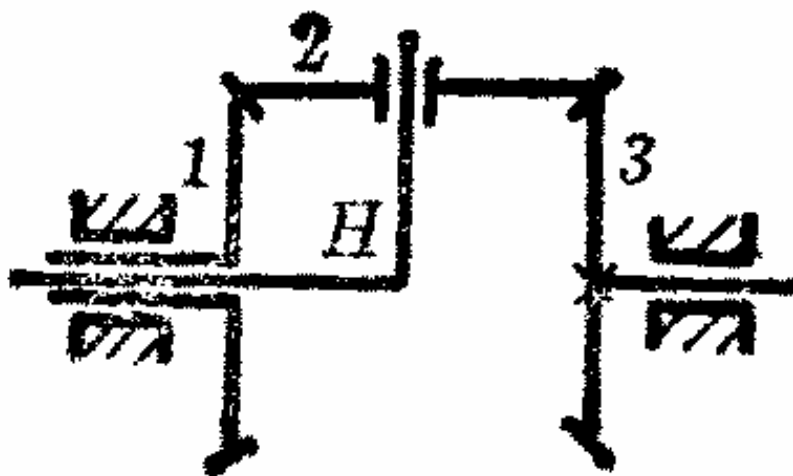
∴ 求: i_{1H}

$$\frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2'} = -\frac{101 \times 99}{100 \times 100}$$

$$n_3 = 0, \quad i_{1H} = \frac{1}{10000}$$

四、合成运动和分解运动

26



.. 加法机构:

⊗ 当: $z_1 = z_3$, 则:

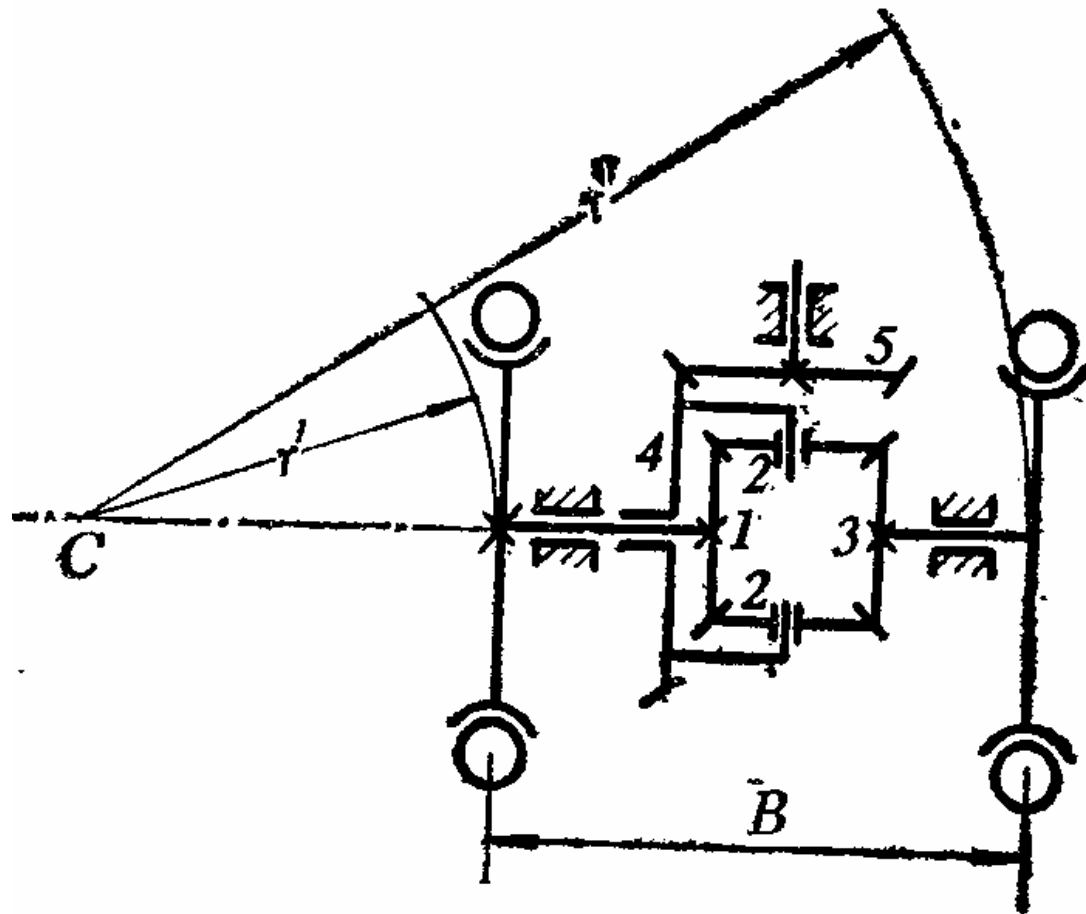
$$2n_H = n_1 + n_3$$

.. 可用于:

- ⊗ 机床
- ⊗ 计算机构
- ⊗ 补偿机构等

差动轮系分解运动

27



如：

- 汽车差速器

$$2n_4 = n_1 + n_3$$

- 避免轮胎滑动造成的磨损