

第四章 平面机构力分析与机械的效率

本章教学内容

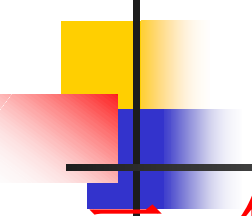
- ◆ 机构力分析的目的和方法
- ◆ 构件惯性力的确定
- ◆ 运动副中的摩擦
- ◆ 不考虑摩擦和考虑摩擦时机构的受力分析
- ◆ 机构的效率和自锁

本章重点：

- 图解法作平面动态静力分析
- 考虑摩擦时机构的力分析
- 机械的效率和自锁现象
- 机构的自锁条件

本章教学目的

- ◆ 了解作用在机构上的力及机构力分析的目的和方法；
- ◆ 掌握构件惯性力的确定方法和机构动态静力分析的方法；
- ◆ 能对几种最常见的运动副中的摩擦力进行分析和计算；
- ◆ 能确定简单机械的机械效率和机构自锁的条件。



§4-1 机构力分析的目的和方法

一、作用在机械上的力

1. 按作用在机械系统的内外分：

1) **外力**：如原动力、生产阻力、介质阻力和重力；

2) **内力**：运动副中的反力（也包括运动副中的摩擦力）

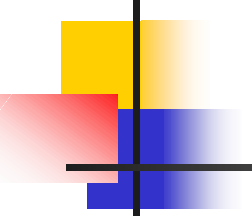
2. 按作功的正负分：

1) **驱动力**：驱使机械产生运动的力。

其特征是该力其作用点速度的方向相同或成锐角，所作的功为正功，称驱动功或输入功。

2) **阻抗力**：阻止机械产生运动的力。

其特征是该力其作用点速度的方向相反或成钝角，所作的功为负值。



❖ 阻抗力又可分为有益阻力和有害阻力。

(1) 有益阻力：是指为了完成有益工作必须克服的生产阻力，故也称有效阻力。

✓有效功（输出功）：克服有效阻力所作的功。

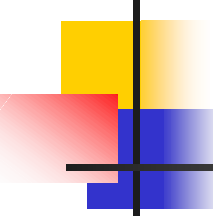
(2) 有害阻力：是指机械在运转过程中所受到的非生产无用阻力，如有害摩擦力、介质阻力等。

✓损耗功（输出功）：克服有害阻力所作的功。



注意

摩擦力和重力既可作为作正功的驱动力，也可成为作负功的阻力。



二、机构力分析的目的和方法

1. 机构力分析的任务

- 1) 确定运动副中的反力（运动副两元素接触处彼此的作用力）；
- 2) 确定为了使机构原动件按给定规律运动时需加于机械上的平衡力。

2. 机构力分析的方法

- 1) 对于低速度机械：采用静力分析方法；
- 2) 对于高速及重型机械：一般采用动态静力分析法。

§4-2

构件惯性力的确定

一、一般力学方法

1. 作平面复合运动的构件：

❖ 构件 BC 上的惯性力系可简化为：

加在质心 S 上的惯性力 $\mathbf{P}_I$ 和惯性力偶 M_I

$$\begin{cases} \mathbf{\ddot{P}}_I = -m\mathbf{\ddot{a}}_S \\ \mathbf{M}_I = -J_S\alpha \end{cases}$$

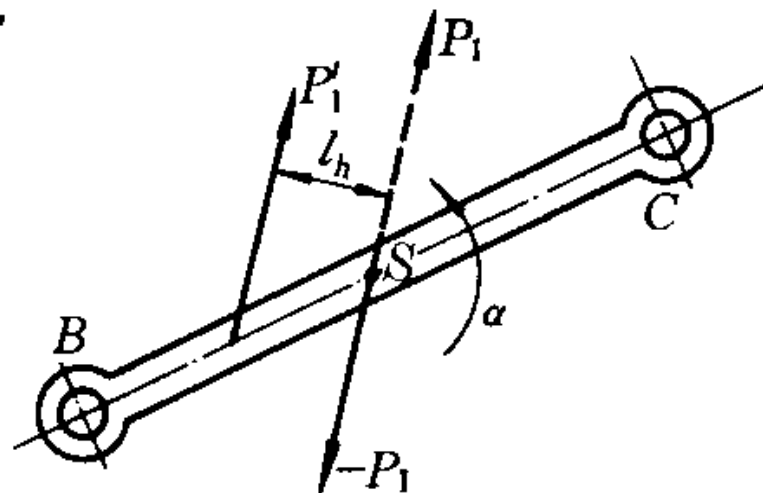
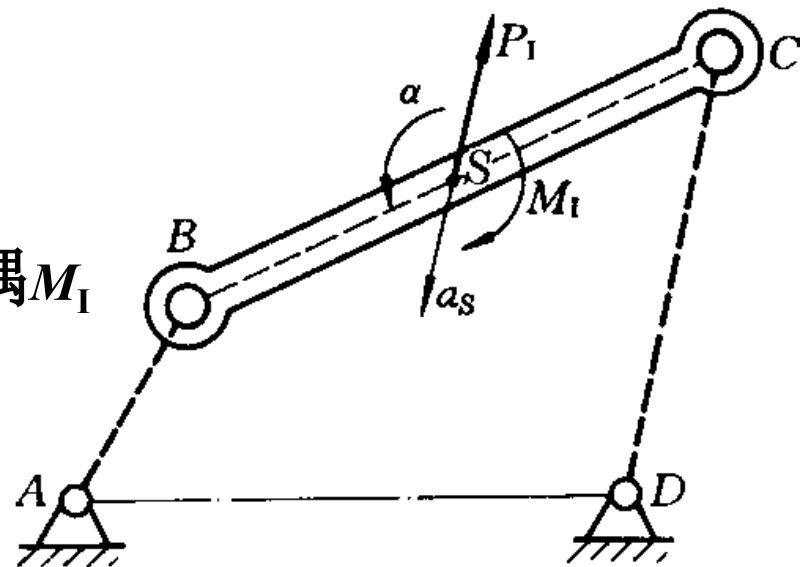
❖ 可以用总惯性力 P_I' 来代替 P_I 和 M_I ，

$P_I' = P_I$ ，作用线由质心 S 偏移 $l_h = \frac{M_I}{P_I}$

2. 作平面移动的构件

❖ 等速运动： $P_I=0$ ， $M_I=0$

❖ 变速运动： $\mathbf{\ddot{P}}_I = -m\mathbf{\ddot{a}}_S$



3. 绕定轴转动的构件

1) 绕通过质心的定轴转动的构件

❖ 等速转动: $P_I=0$, $M_I=0$;

❖ 变速运动: 只有惯性力偶 $M_I = -J_S \alpha_s$

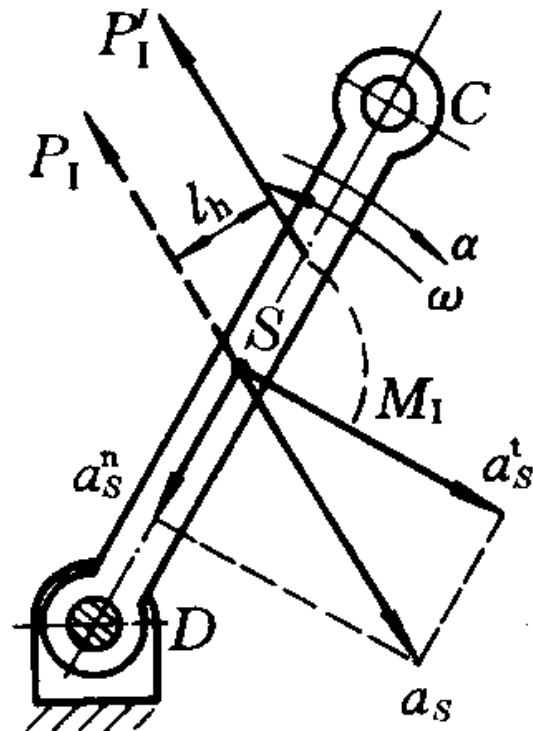
2) 绕不通过质心的定轴转动,

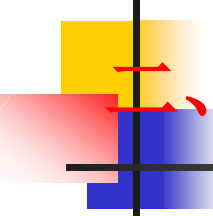
❖ 等速转动: 产生离心惯性力 $\vec{P}_I = -m \vec{a}_S^n$

❖ 变速转动: $\vec{P}_I = -m \vec{a}_S$, $M_I = -J_S \alpha$

✓ 可以用总惯性力 P_I' 来代替 P_I 和 M_I , $P_I' = P_I$, 作用线由质心 S 偏移 l_h

$$l_h = \frac{M_I}{P_I}$$





二、质量代换法

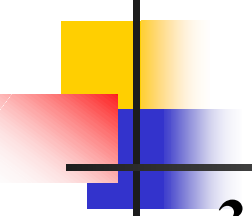
1. 质量代换法

按一定条件，把构件的质量假想地用集中于某几个选定的点上的集中质量来代替的方法。

2. 代换点和代换质量

❖ 代换点：上述的选定点。

❖ 代换质量：集中于代换点上的假想质量。



3. 质量代换时必须满足的三个条件:

1) 代换前后构件的质量不变; $\sum_{i=1}^n m_i = m$

2) 代换前后构件的质心位置不变;

❖ 以原构件的质心为坐标原点时, 应满足:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n m_i x_i &= 0 \\ \sum_{i=1}^n m_i y_i &= 0 \end{aligned} \right\}$$

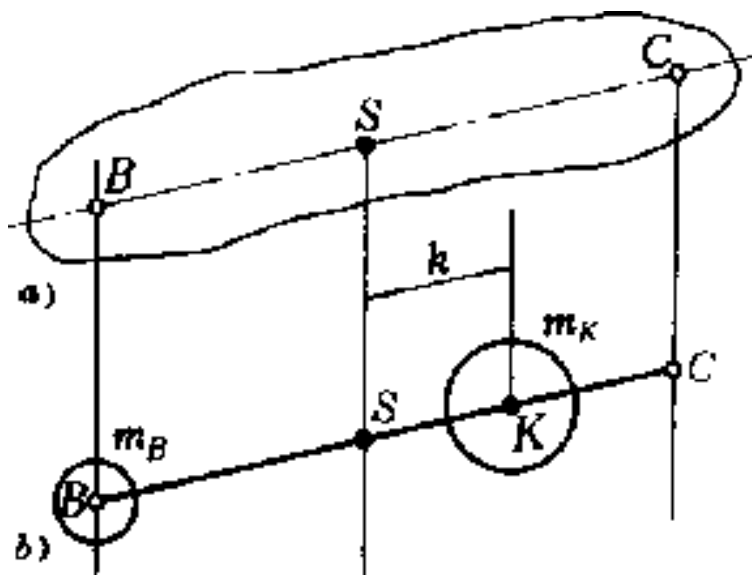
3) 代换前后构件对质心的转动惯量不变。

$$\sum_{i=1}^n m_i (x_i^2 + y_i^2) = J_s$$

4. 两个代换质量的代换法

用集中在通过构件质心 S 的直线上的 B 、 K 两点的代换质量 m_B 和 m_K 来代换作平面运动的构件的质量的代换法。

$$\left. \begin{aligned} m_B + m_K &= m \\ m_B b &= m_K k \\ m_B b^2 + m_K k^2 &= J_s \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} m_B &= \frac{mk}{b+k} \\ m_K &= \frac{mb}{b+k} \\ k &= \frac{J_s}{mb} \end{aligned} \right.$$



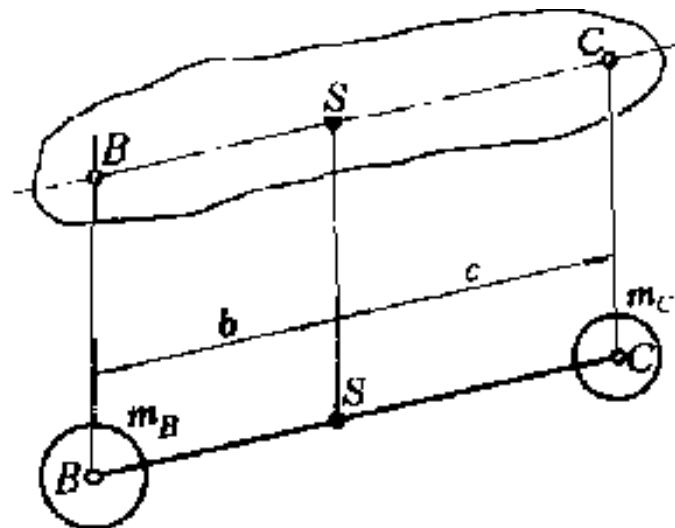
5. 静代换和动代换

1) 动代换：要求同时满足三个代换条件的代换方法。

2) 静代换：在一般工程计算中，为方便计算而进行的仅满足前两个代换条件的质量代换方法。

❖ 取通过构件质心 S 的直线上的两点 B 、 C 为代换点，有：

$$\left. \begin{aligned} m_B + m_C &= m \\ m_B b &= m_C c \end{aligned} \right\} \longrightarrow \left\{ \begin{aligned} m_B &= m \frac{c}{b+c} \\ m_C &= m \frac{b}{b+c} \end{aligned} \right.$$



❖ B 及 C 可同时任意选择，为工程计算提供了方便和条件；

❖ 代换前后转动惯量 J_s 有误差，将产生惯性力偶矩的误差：

$$\Delta M_I = -[(m_B b^2 + m_C c^2) - J_s] \alpha = -(mbc - J_s) \alpha$$

一、研究摩擦的目的

1. 摩擦对机器的不利影响

- 1) 造成机器运转时的动力浪费⇒ 机械效率↓
- 2) 使运动副元素受到磨损⇒ 零件的强度↓、机器的精度和工作可靠性↓⇒ 机器的使用寿命↓
- 3) 使运动副元素发热膨胀⇒ 导致运动副咬紧卡死⇒ 机器运转不灵活；
- 4) 使机器的润滑情况恶化⇒ 机器的磨损↑⇒ 机器毁坏。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/498040072113006116>