

专业课习题解析课程

第1讲

第一章 绪论

第二章 机械设计概述

第三章 机械运动设计与分析基础知识

机器（三个特征）：

- ①人为的实物组合（不是天然形成的）；
- ②各运动单元具有确定的相对运动；
- ③能用来代替人们的劳动去实现机械能与其他形式能之间的转换或做有用的机械功。

机器与机构的区别在于：机器具有运动和能量的转换，而机构只有运动的变换。

机械设计概述

2-1 什么是失效？机械零部件工作能力的含义是什么？

解(1) 失效——零件丧失正常工作能力或达不到设计要求的性能。

(2) 机械零部件工作能力——零件不发生失效时的强度,表现在强度、刚度、耐磨性、振动稳定性、可靠性等几个方面。

2-2 什么是机械设计? 功能分析在机械设计中的作用是什么?

(1) 机械设计是根据市场需求对机械产品的功能、原理方案、技术参数等进行规划和决策,并将结果以一定形式(如图纸、计算说明书、计算机软件等)加以描述和表达的过程。

(2) 功能是机器的核心和本质,是机器为满足用户需求所必须具有的“行为”或必须完成的任务。因此机械设计应先做功能分析。是原理设计的核心部分。

机械运动设计与分析基础知识

3-1 组成机构的要素是什么? 运动副在机构中起何作用?

(1) 组成要素: 构件、运动副。

(2) 作用：保证机构中所有构件之间都具有确定的

3-2 平面高副与平面低副有何区别？约束一个相对转动而保留两个相对移动的平面移动副是否存在？

(1) 平面自由构件具有三个自由度，平面低副限制了两个自由度，保留了一个自由度；而平面高副限制了一个自由度，保留了两个自由度。

(2) 不存在。

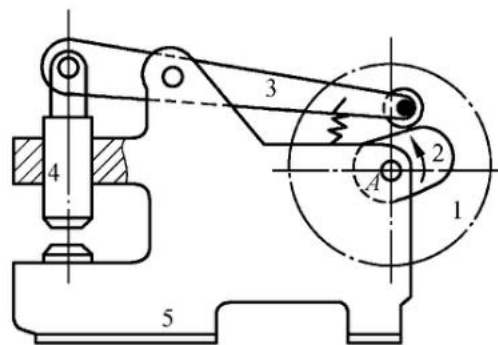
3-4 算得机构自由度为零是否意味着组成该“机构”的每一构件的自由度为零？

是的，因为如果此时有一个构件的自由度不为零，那么就有一个构件可动，则机构可动，因而机构自由度不为零，显然与已知不否。

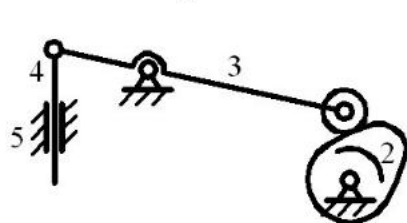
3-5 图3-37所示为一冲床传动机构的设计方案。设计希望通过齿轮1带动凸轮2旋转后，经过摆杆3带动导杆4来完成上下冲压的动作。试分析此方案有无结构组成原理上的错误。若有，应如何修改？

解 画出该方案的机动示意图如习题3-5解图(a)，其自由度为：

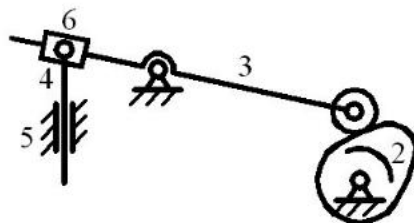
$$\begin{aligned}
 F &= 3n - 2P_5 - P_4 \\
 &= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 1 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



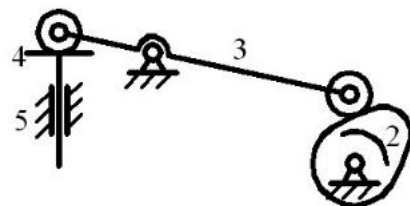
习题3-5图



习题3-5解图(a)



习题3-5解图(b)



习题3-5解图(c)

其中：滚子为局部自由度

计算可知：自由度为零，故该方案无法实现所要求的运动，即结构组成原理上有错误。

解决方法：

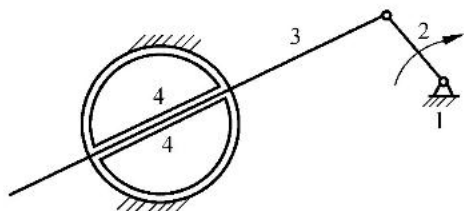
①增加一个构件和一个低副，如习题3-5解图(b)所示。其自由度为：

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_5 - P_4 \\ &= 3 \times 4 - 2 \times 5 - 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

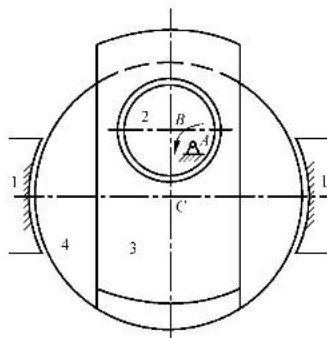
②将一个低副改为高副，如习题3-5解图(c)所示。其自由度为：

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_5 - P_4 \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 \\ &= 1 \end{aligned}$$

3-6 画出图3-38所示机构的运动简图（运动尺寸由图上
并计算其自由度。



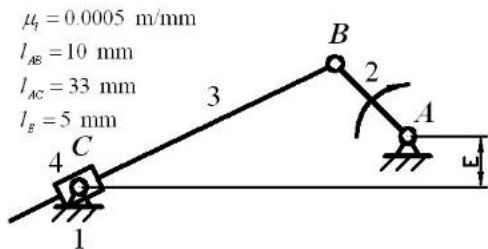
习题3-6(a)图



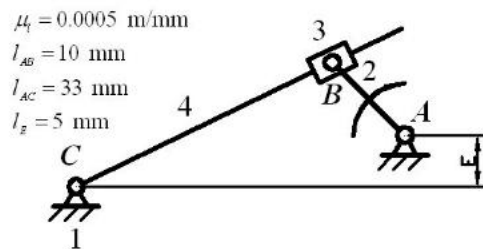
习题3-6(d)图

解 (a)习题3-6(a)图所示机构的运动简图可画成习题3-6(a)解图(a)或习题3-6(a)解图(b)的两种形式。

$$\text{自由度计算: } F = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$



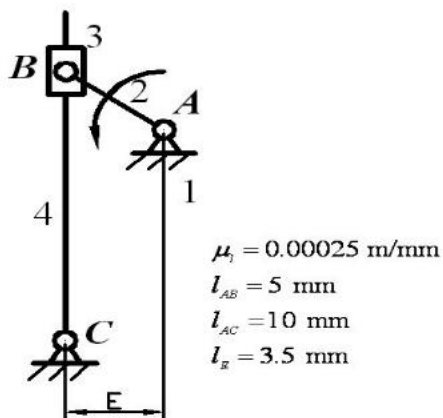
习题3-6(a)解图(a)



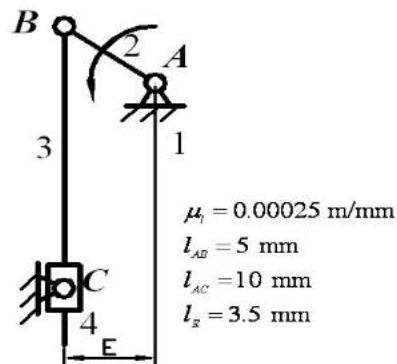
习题3-6(a)解图(b)

解(d) 习题3-6(d)图所示机构的运动简图可画成习题3-6(d)解图(a)或习题3-6(d)解图(b)的两种形式。

自由度计算： $F = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$

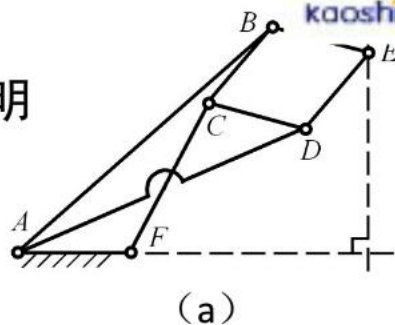


习题3-6(d)解图(a)



习题3-6(d)解图(b)

3-7 计算图3-39所示机构的自由度，并说明各机构应有的原动件数目。



$$\text{解(a)} \quad F = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 = 1$$

A、B、C、D为复合铰链

原动件数目应为1

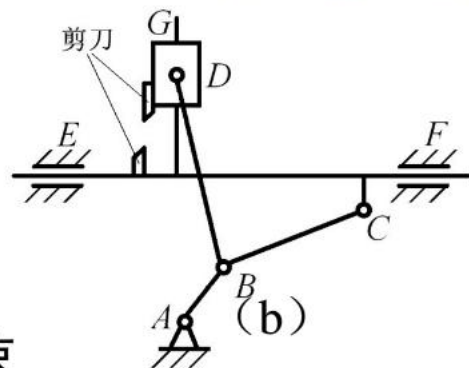
说明：该机构为精确直线机构。当满足 $BE=BC=CD=DE$ ， $AB=AD$ ， $AF=CF$ 条件时，E点轨迹是精确直线，其轨迹垂直于机架连心线AF

解(b)

$$F = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 5 - 2 \times 7 - 0 = 1$$

B 为复合铰链，移动副 E 、 F 中有一个是虚约束
原动件数目应为1

说明：该机构为飞剪机构，即在物体的运动过程中将其剪切。剪切时剪刀的水平运动速度与被剪物体的水平运动速度相等，以防止较厚的被剪物体的压缩或拉伸。



解(c) 方法一：将 $\triangle FHI$ 看作一个构件

$$F = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 10 - 2 \times 14 - 0 = 2$$

B、C为复合铰链

原动件数目应为2

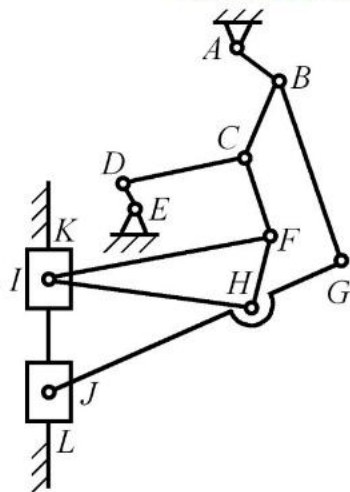
方法二：将FI、FH、HI看作为三个独立的构件

$$F = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 12 - 2 \times 17 - 0 = 2$$

B、C、F、H、I为复合铰链

原动件数目应为2

说明：该机构为剪板机机构，两个剪刀刀口安装在两个滑块上，主动件分别为构件AB和DE。剪切时仅有一个主动件运动，用于控制两滑块的剪切运动。而另一个主动件则用于控制剪刀的开口度，以适应不同厚度的物体。



(c)

解(d)

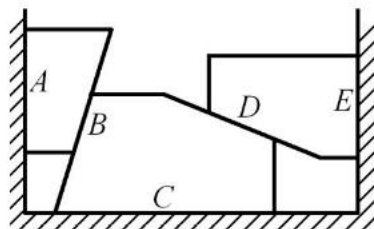
$$F = (3-1)n - (2-1)P_5 = (3-1) \times 3 - (2-1) \times 5 = 1$$

原动件数目应为1

说明：该机构为全移动副机构（楔块机构），

其公共约束数为1，

即所有构件均受到不能绕垂直于图面轴线转动的约束。



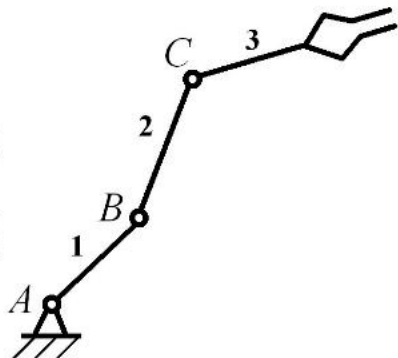
(d)

解(e) $F = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 0 = 3$

原动件数目应为3

说明：该机构为机械手机构，机械手头部装有弹簧夹手，以便夹取物体。三个构件分别由三个独立的电动机驱动，以满足弹簧夹手的位姿要求。

弹簧夹手与构件3在机构运动时无相对运动，故应为同一构件。

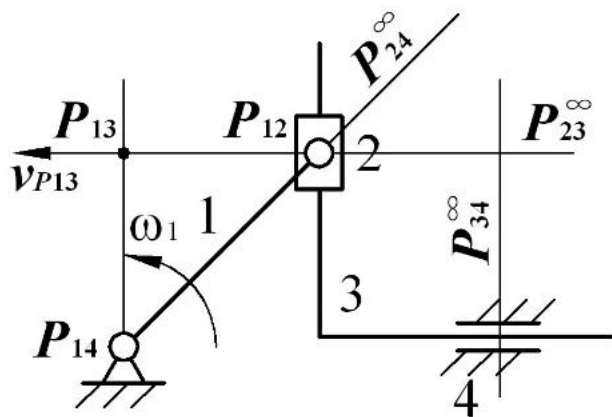


(e)

3-10 找出图3-42所示机构在图示位置时的所有瞬心。若已知构件1的角速度 ω_1 ，试求图中机构所示位置时构件3的速度或角速度（用表达式表示）。

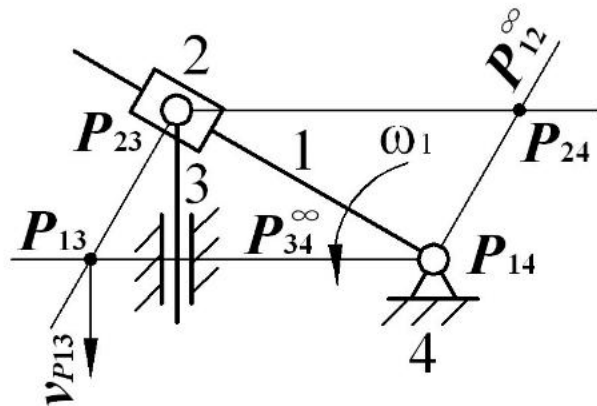
解(a)

$$v_3 = v_{P13} = \omega_1 l_{P13P14} \quad (\leftarrow)$$



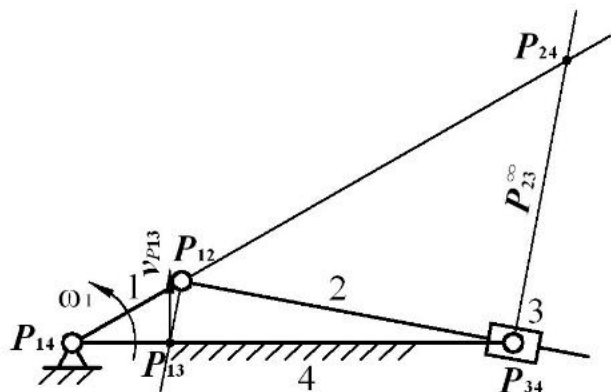
解(b)

$$v_3 = v_{P13} = \omega_1 l_{P13P14} \quad (\downarrow)$$



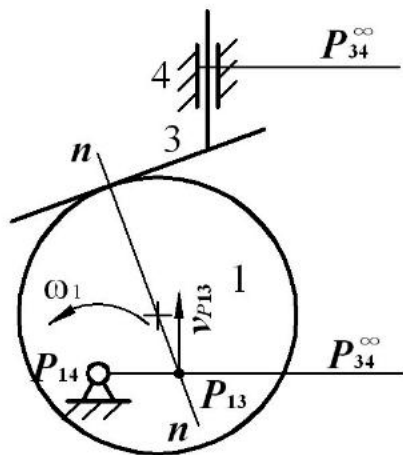
解(c) $\because v_{P13} = \omega_1 l_{P13P14} = \omega_3 l_{P13P34} (\uparrow)$

$\therefore v_3 = v_{P13} = \omega_1 l_{P13P14} (\curvearrowright)$



解(d)

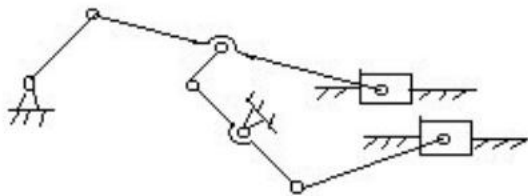
$\omega_3 = \frac{l_{P13P14}}{l_{P13P34}} \omega_1 (\uparrow)$



互做平面平行运动的三个构件共有3个瞬心，这3个瞬心必位于同一直线上。

本章内容在本科试题中的考察形式：

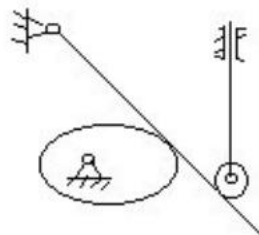
1. 计算下列运动链的自由度（若有复合铰链、局部自由度或虚约束，须明确指出）。（16分）



(a)

$$(a) \ n = 7 \quad PL = 10 \quad PH = 0$$

$$F = 3n - 2PL - PH = 3 \times 7 - 2 \times 10 = 1$$



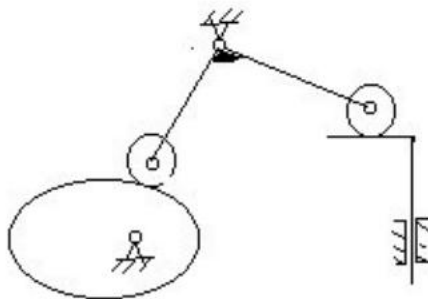
(b)

$$(b) \ n = 3 \quad PL = 3 \quad PH = 2$$

$$F = 3n - 2PL - PH = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$

滚子处为局部自由度。

2. 计算下列机构的自由度（若有复合铰链、局部自由度须明确指出）。（共12分）



左图 $n = 3$ $P_L = 3$ $P_H = 2$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 =$$

两个滚子处均为局部自由度。

右图 $n = 5$ $P_L = 7$ $P_H = 0$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$$

B处为复合铰链。C或D处为虚约束。

