



快乐大本·优秀教材辅导
KUAILE DABEN
YOUXIUJIAOCAIFUDAO

机械原理 习题精解精练

(配郑文纬、吴克坚第七版教材·高教版)

主 编 王银彪 王世刚

- 课后习题 精析 精解
- 同步训练 勤学 勤练

XITI
JINGJIEJINGLIAN

哈尔滨工程大学出版社



机械原理 习题精解精练

(配郑文纬、吴克坚第七版教材·高教版)

主 编 王银彪 王世刚

XITI
JINGJIEJINGLIAN

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是配合郑文纬、吴克坚主编的《机械原理》(第七版)教材而编写的辅导书。本书按教材的章节顺序编排,每章包括书后习题解析和同步训练题及答案两部分内容,旨在帮助学生熟练掌握解题的基本方法和技巧,巩固所学的知识、开阔视野。

本书可作为高等学校学生学习机械原理的辅导书,也可供教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理习题精解精练/王银彪,王世刚主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2007.4

ISBN 978 - 7 - 81073 - 977 - 1

I . 机… II . ①王…②王… III . 机构学 - 高等学校 - 解
题 IV . TH111 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 048077 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 12.25
字 数 255 千字
版 次 2007 年 4 月第 1 版
印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷
定 价 16.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

机械原理是高等工科学校机械类各专业的一门主干技术基础课。本课程内容多、概念性强,对问题分析常采用图解方法,给初学者带来了很大困难,为提高学生分析问题、解决问题的能力,我们编写了这本学习辅导书。

为便于读者学习,本书在章节编排顺序上与教材完全一致,主要包括以下两部分内容。

(1)书后习题解析。对教材各章习题进行详细的分析和解答,帮助学生巩固课上内容或进行自学;

(2)同步训练题。选择典型的、与教材互补的习题进行分析解答。掌握解题要领,巩固基本概念,做到举一反三。题目来源广泛,选自高校试题库、重点院校研究生考试试题和相关参考书目中的习题。

参加本书编写的有王银彪(绪论、第1章、第2章、第3章、第4章、第7章)、王世刚(第5章、第6章、第8章、第9章、第10章)、胡宏佳(第11章、第12章)。本书由王银彪、王世刚统稿并担任主编。哈尔滨工程大学出版社一直关心本书的出版工作,并给编者提供了许多具体指导,为本书出版创造了良好条件,在此表示衷心感谢。

鉴于编者水平有限,对教材的理解尚有不足,书中难免存在错漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年3月

目 录

第1章 平面机构的结构分析	1
书后习题解析	1
同步训练题	5
同步训练题答案	7
第2章 平面机构的运动分析	10
书后习题解析	10
同步训练题	24
同步训练题答案	27
第3章 平面连杆机构及其设计	33
书后习题解析	33
同步训练题	41
同步训练题答案	44
第4章 凸轮机构及其设计	49
书后习题解析	49
同步训练题	59
同步训练题答案	63
第5章 齿轮机构及其设计	68
书后习题解析	68
同步训练题	78
同步训练题答案	80
第6章 轮系及其设计	86
书后习题解析	86
同步训练题	93
同步训练题答案	96
第7章 其他常用机构	100
书后习题解析	100
同步训练题	102
同步训练题答案	103
第8章 机械运动方案的拟定	105
书后习题解析	105
同步训练题	109
同步训练题答案	110
第9章 平面机构的力分析	112
书后习题解析	112
同步训练题	125

同步训练题答案	128
第 10 章 平面机构的平衡	132
书后习题解析	132
同步训练题	143
同步训练题答案	146
第 11 章 机器的机械效率	150
书后习题解析	150
同步训练题	160
同步训练题答案	163
第 12 章 机器的运转及其速度波动的调节	167
书后习题解析	167
同步训练题	180
同步训练题答案	183
参考文献	189

第 1 章 平面机构的结构分析

书后习题解析

题 1-1 至 1-4 试画出图 1-1 至图 1-4 中平面机构的运动简图,并计算其自由度。

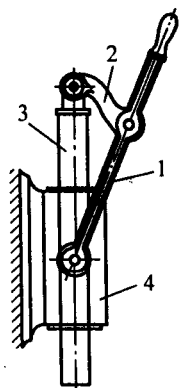


图 1-1 唧筒机构

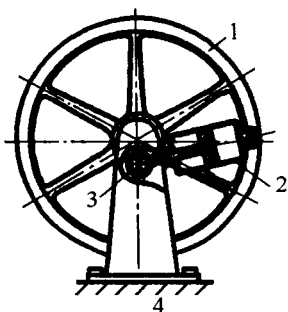


图 1-2 回转柱塞泵机构

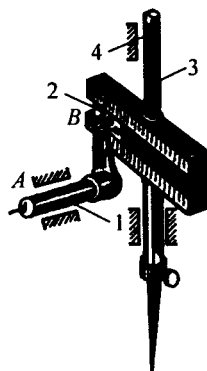


图 1-3 缝纫机针杆机构

解 题 1-1 机构运动简图如图 1-5(a)所示。

由 $n=3, P_L=4, P_H=0$ 得 $F=3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$ 。

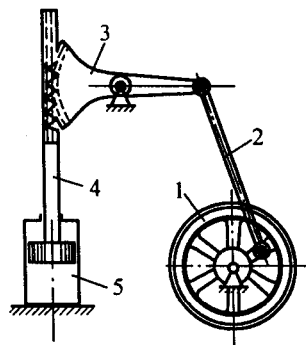


图 1-4 活塞泵机构

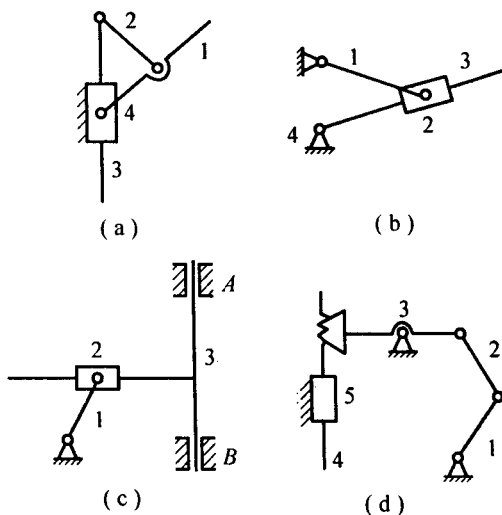


图 1-5

题 1-2 机构运动简图如图 1-5(b)所示。

由 $n=3, P_L=4, P_H=0$ 得 $F=3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$ 。

题 1-3 机构运动简图如图 1-5(c) 所示。

去掉虚约束 A 或 B, 则由 $n=3, P_L=4, P_H=0$ 得 $F=3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$ 。

题 1-4 机构运动简图如图 1-5(d) 所示。

由 $n=4, P_L=5, P_H=1$ 得 $F=3 \times 4 - 2 \times 5 - 1 = 1$ 。

题 1-5 至 1-12 计算图 1-6 至图 1-13 所示平面机构的自由度。将其中的高副化为低副。确定机构所含杆组的数目和级别, 并判定机构的级别。机构中的原动件用箭头表示。

解 题 1-5 如图 1-6 所示。

(1) 由 $n=7, P_L=10, P_H=0$ 得 $F=3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 = 1$ 。

(2) 机构有三个 II 级杆组, 分别为 2-3, 4-5 和 5-6, 所以此机构为 II 级机构。

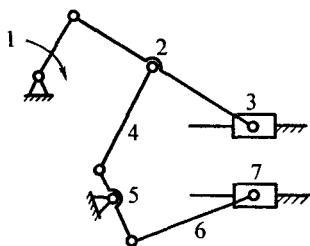


图 1-6 发动机机构

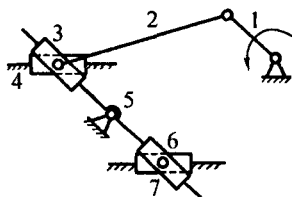


图 1-7 压缩机构

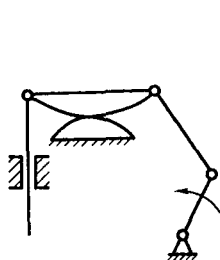


图 1-8 滚动杠杆机构

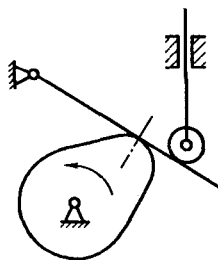


图 1-9 凸轮拨杆机构

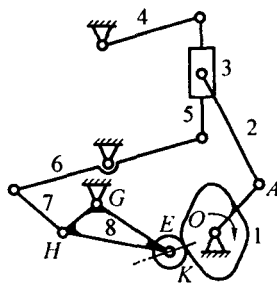


图 1-10 电锯机构

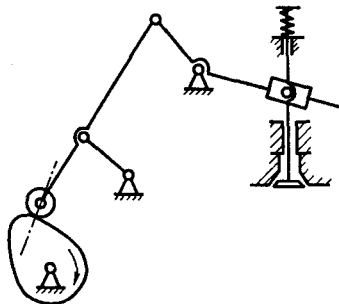


图 1-11 发动机配气机构

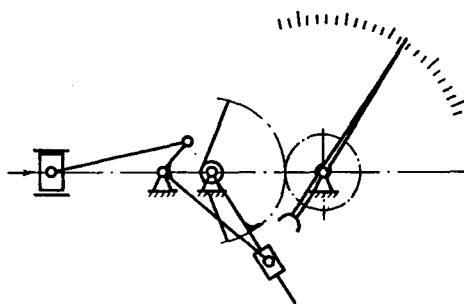


图 1-12 测量仪表机构

题 1-6 如图 1-7 所示。

(1) 由 $n=7, P_L=10, P_H=0$ 得 $F=3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 = 1$ 。

(2) 机构有三个Ⅱ级杆组, 分别为 6-7, 3-5 和 2-4, 所以此机构为Ⅱ级机构。

题 1-7 图 1-8 中机构的低副代替机构如图 1-14 所示。

(1) 由 $n=4, P_L=5, P_H=1$ 得 $F=3 \times 4 - 2 \times 5 - 1 = 1$ 。

(2) 机构有一个Ⅲ级杆组为 $JFDEC B$, 所以此机构为Ⅲ级机构。

题 1-8 如图 1-9 所示, 将局部自由度滚子去掉, 低副代替机构如图 1-15 所示。

(1) 由 $n=3, P_L=3, P_H=2$ 得 $F=3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$ 。

(2) 机构有两个Ⅱ级杆组, 分别为 5-4 和 2-3, 所以此机构为Ⅱ级机构。

题 1-9 图 1-10 中机构的低副代替机构如图 1-16 所示。

(1) 由 $n=8, P_L=11, P_H=1$ 得 $F=3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$ 。

(2) 机构有四个Ⅱ级杆组, 分别为 4-5, 3-2, 6-7, 8-9, 所以此机构为Ⅱ级机构。

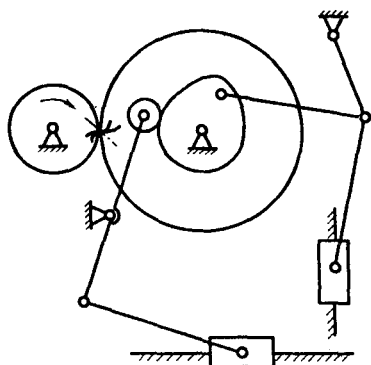


图 1-13 冲压机构

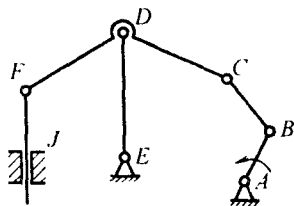


图 1-14

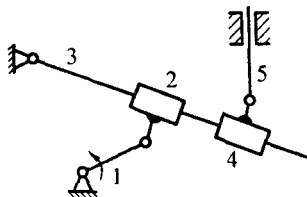


图 1-15

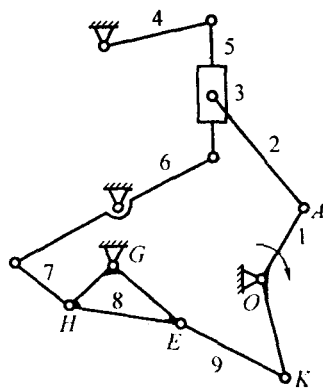


图 1-16

题 1-10 图 1-11 中机构的低副代替机构如图 1-17 所示。

(1) 由 $n=6, P_L=8, P_H=1$ 得 $F=3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$ 。

(2) 机构有Ⅱ级杆组 6-7, Ⅲ级杆组 2-3-4-5, 所以此机构为Ⅲ级机构。

题 1-11 图 1-12 中机构的低副代替机构如图 1-18 所示。

(1) 由 $n=6, P_L=8, P_H=1$ 得 $F=3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$ 。

(2) 机构有 II 级杆组 6-7, III 级杆组 2-3-4-5, 所以此机构为 III 级机构。

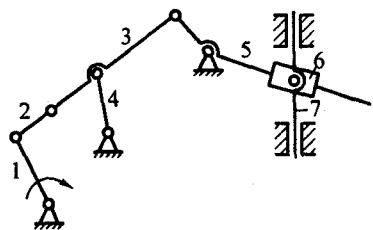


图 1-17

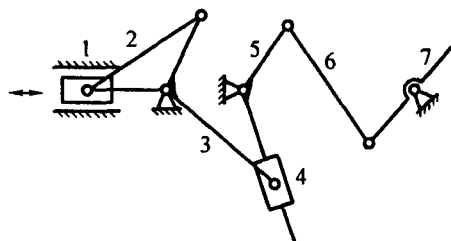


图 1-18

题 1-12 A 是滚子中心, B 是凸轮接点的曲率中心, C 是凸轮转动中心, 低副代替机构如图 1-19 所示。

(1) 由 $n=9, P_L=12, P_H=2$ 得 $F=3 \times 9 - 2 \times 12 - 2 = 1$ 。

(2) 机构有 II 级杆组 6-7, 4-5 和 2-3, 8-9, 10-11, 所以此机构为 II 级机构。

题 1-13、题 1-14 计算图 1-20、图 1-21 所示机构的自由度。

解 题 1-13 由 $n=11, P_L=15, P_H=0$ 得 $F=3 \times 11 - 2 \times 15 - 0 = 3$ 。

题 1-14 由 $n=4, P_L=4, P_H=2$ 得 $F=3 \times 4 - 2 \times 4 - 2 = 2$ 。

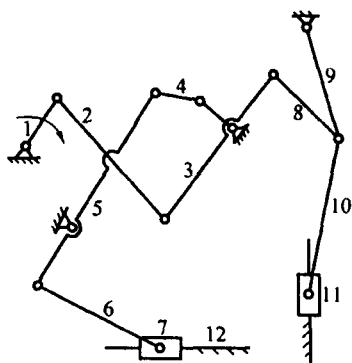


图 1-19

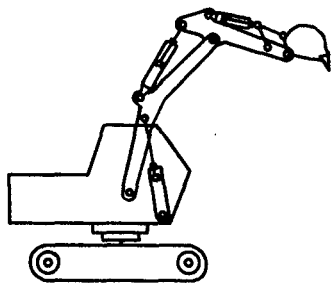


图 1-20 挖掘机机构

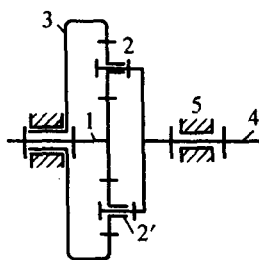


图 1-21 差动轮系

题 1-15 图 1-22 所示为椭圆画器机构, 已知 $\overline{AB} = \overline{BC} = \overline{BD}$ 。试证明滑块 4 对连杆 CD 的约束是虚约束。计算此机构的自由度。

解 去掉滑块 C, 如图 1-23 所示。联结 CA, 得 $\triangle ACD$ 。因已知 $AB = BC = BD$, 故得

$$\angle CAB = \angle ACB = \angle 1, \quad \angle BAD = \angle BDA = \angle 2$$

在 $\triangle CAD$ 中

$$\angle ACD + \angle CAD + \angle ADC = \angle 1 + (\angle 1 + \angle 2) + \angle 2 = 180^\circ$$

$$\angle 1 + \angle 2 = \angle A = 90^\circ$$

说明没有滑块 4 时, C 点仍沿 y 轴运动, 故滑块 4 产生虚约束, 应除去不计。

由题意可得

$$n = 3, P_L = 4, P_H = 0$$

故

$$F = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

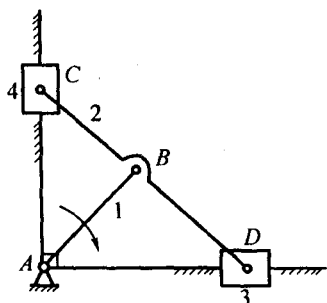


图 1-22 椭圆画器机构

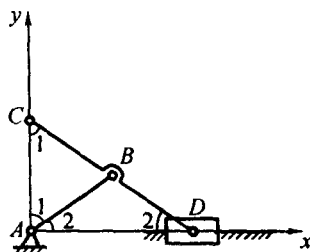


图 1-23

题 1-16 图 1-24 所示为直线运动机构, 已知 $\overline{AB} = \overline{OA}$, 试证明齿轮 2 上点 C 的运动轨迹为一铅垂直线。将铰链 C 改为高副之后计算此机构的自由度。

解 如图 1-25 所示, 脱开铰链 C, 观察轮 2 上 C 点的运动。联结 OC 及 CB。因点 B 为轮 2 的绝对瞬心, 故 $v_C \perp BC$; 又, 在半圆内, $\angle OCB = 90^\circ$, $OC \perp BC$ 。所以 $v_C \parallel OC$, C 点将始终沿 OC 方向作直线运动, 该处用转动副相连将因轨迹重合而产生一个虚约束。为了除去这个虚约束, 可以将 C 点铰链改为高副。由 $n = 3, P_L = 3, P_H = 2$ 可得

$$F = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$

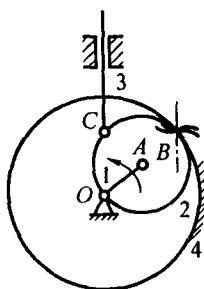


图 1-24 直线运动机构

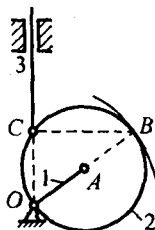


图 1-25

同步训练题

1. 构件与零件的含义是否相同? 试简述之。
2. 机构运动简图与机构示意图有何不同? 试简述之。
3. 试画出图 1-26 所示高副机构的低副替代机构。
4. 什么是杆组? 什么是 II 级杆组? 画出五种 II 级杆组简图。
5. 什么是 III 级杆组? 画出两种 III 级杆组的形式。
6. 试画出图 1-27 所示机构的运动简图, 并计算其自由度。

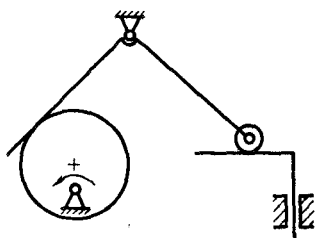


图 1-26

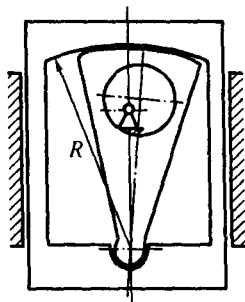


图 1-27

7. 画出图 1-28 所示机构的运动简图。

8. 图 1-29 中 1 是偏心安置的圆柱, 半径为 R ; 2 是月牙形柱体, 其外圆柱半径为 r ; 3 与 2、2 与 1 的表面由零件外形保证其紧密接触, 图示比例尺为 $\mu_l = 0.002 \text{ m/mm}$, 试绘出其机构运动简图, 并注出构件长度 l (长度尺寸从图上量出)。

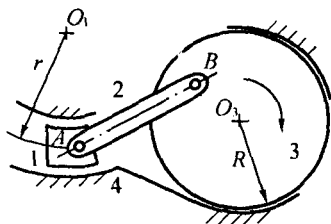


图 1-28

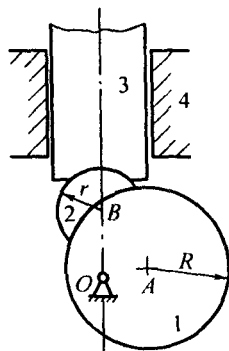
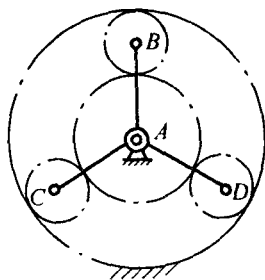
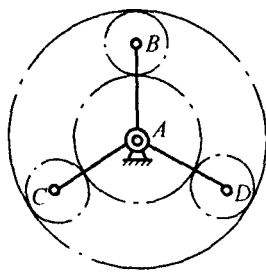


图 1-29

9. 分别计算图 1-30(a)、(b) 所示机构的自由度, 如有复合铰链, 局部自由度或虚约束, 必须指明。



(a)

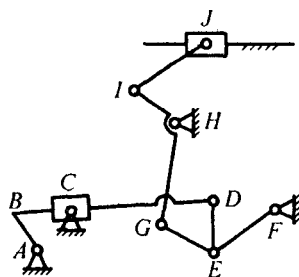
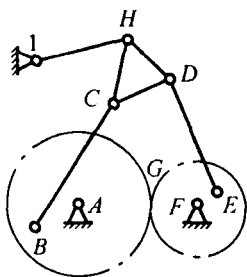


(b)

图 1-30

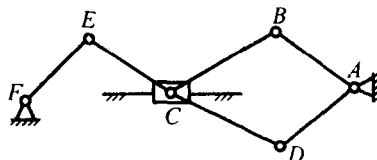
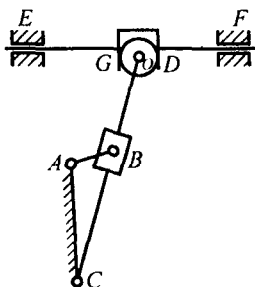
10. 试计算图 1-31 所示机构的自由度, 若有复合铰链、局部自由度、虚约束, 必须指明。

11. 计算图 1-32 所示机构的自由度, 若有复合铰链、局部自由度或虚约束, 需明确指出。



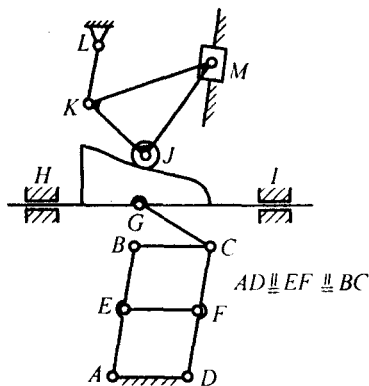
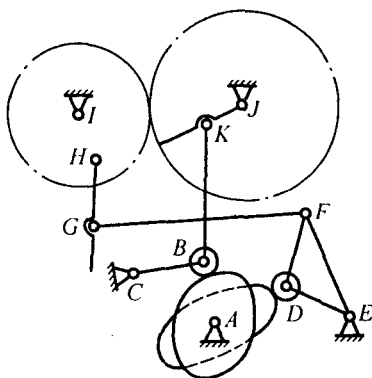
12. 试计算图 1-33 所示机构的自由度。

13. 计算图 1-34 所示机构自由度, 如有复合铰链、局部自由度、虚约束, 需明确指出。



14. 计算图 1-35 所示机构的自由度,并在图上指出其中的复合铰链、局部自由度和虚约束。图中绕 I 、 J 转动的构件为齿轮。

15. 计算图 1-36 所示机构的自由度, 并指出其中的复合铰链、局部自由度和虚约束。



同步训练题答案

1. 答 不相同。构件是机构中的独立运动的单元体,而零件则是制造的单元体。

2. 答 机构运动简图是用简单的线条和符号代表构件和运动副,并按一定的比例来绘制

各运动副之间的相对位置,因而能准确地说明机构中各构件间的相对运动关系的简单图形。机构示意图虽然也是用简单的线条和符号来代表构件和运动副,但不要求严格地按比例来绘制各运动副间的相对位置,而只是为了表明机构结构状况的简单图形。

3. 解 如图 1-37 所示。

4. 解 (1) 杆组是不可再分的、自由度为零的运动链。II 级组是具有两个杆和三个低副的杆组。

(2) 五种 II 级组形式如图 1-38 所示。

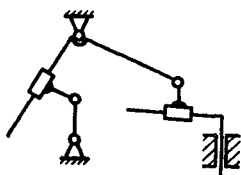


图 1-37

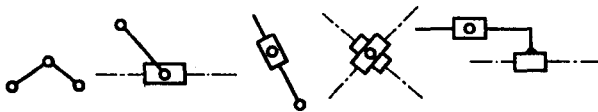


图 1-38

5. 解 (1) 杆组是不可再分的、自由度为零的运动链。III 级组是在杆组中至少有一个构件由三个低副形成的杆组,最简单的 III 级组是具有四个杆和六个低副且具有三个外接运动副的杆组。

(2) 两种形式见图 1-39 (其他类型正确也可)。

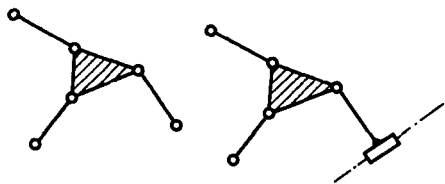


图 1-39

6. 解 (1) 机构的运动简图如图 1-40 所示。

(2) $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$ 。

7. 解 机构运动简图见图 1-41。

8. 解 (1) 机构运动简图如图 1-42 所示。

(2) 比例尺 $\mu_l = 0.002 \text{ m/mm}$, 则 $l_{OA} = \mu_l \cdot OA = 0.002 \text{ m/mm} \times 6 \text{ mm} = 0.012 \text{ m}$, $l_{AB} = \mu_l \cdot AB = 0.002 \text{ m/mm} \times 10 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$ 。



图 1-40

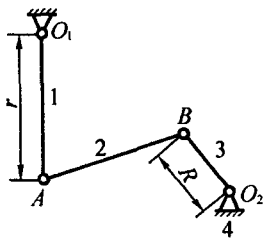


图 1-41

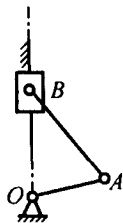


图 1-42

9. 解 (1) 图 1-30(a): C、D 两轮为虚约束, A 为复合铰链, $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$ 。

(2)图 1-30(b): C 、 D 两轮为虚约束, A 为复合铰链, $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 4 - 2 \times 4 - 2 = 2$ 。

10. 解 $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$ 。

11. 解 $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 9 - 2 \times 13 - 0 = 1$, E 处为复合铰链。

12. 解 D 处滚子有局部自由度, F (或 E)处和高副 D (或 G)处有虚约束。 $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 4 - 2 \times 5 - 1 = 1$ 。

13. 解 A 、 C 为复合铰链, $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 = 1$ 。

14. 解 B 、 D 处有局部自由度, $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 8 - 2 \times 10 - 1 \times 3 = 1$ 。

15. 解 EF 、 H (或 I)为虚约束, C 处为复合铰链, J 处为局部自由度。 $F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 \times 1 = 1$ 。

第 2 章 平面机构的运动分析

书后习题解析

题 2-1 试求图 2-1 机构中的所有速度瞬心。

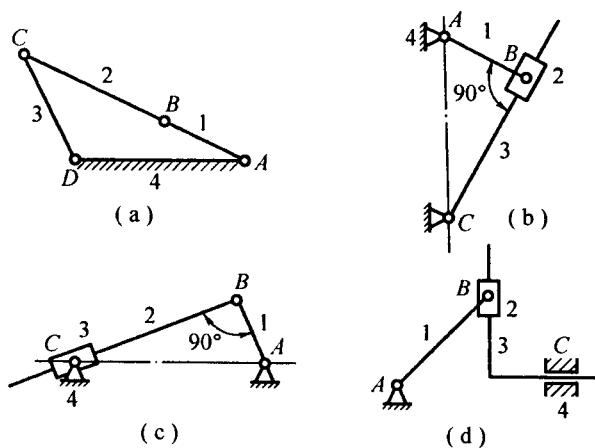


图 2-1

解 如图 2-2 所示。

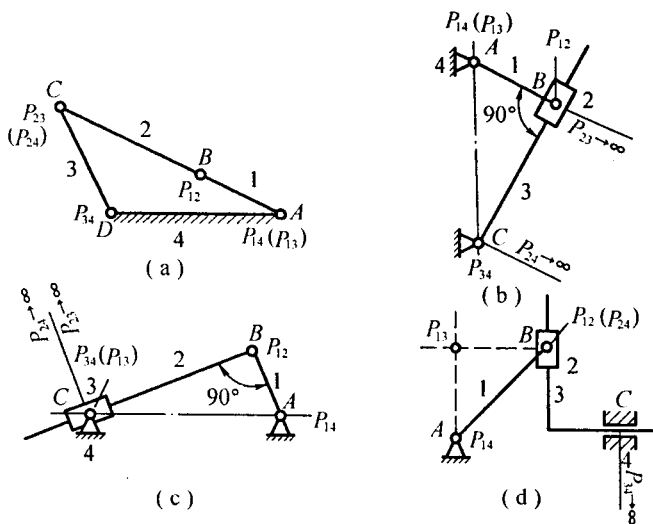


图 2-2

题 2-2 在图 2-3 所示凸轮机构中, 已知 $r = 50 \text{ mm}$, $l_{OA} = 22 \text{ mm}$, $l_{AC} = 80 \text{ mm}$, $\varphi_1 = 90^\circ$,

凸轮 1 的等角速度 $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$, 逆时针方向转动。试用瞬心法求从动件 2 的角速度 ω_2 。

解 选取尺寸比例尺 $\mu_l = 0.002 \text{ m/mm}$ 。

由 $\omega_1 \overline{P_{12}P_{13}} = \omega_2 \overline{P_{12}P_{23}}$ 得

$$\omega_2 = \frac{\overline{P_{12}P_{13}}}{\overline{P_{12}P_{23}}} \omega_1 = \frac{30}{110} \omega_1 = 2.73 \text{ rad/s}$$

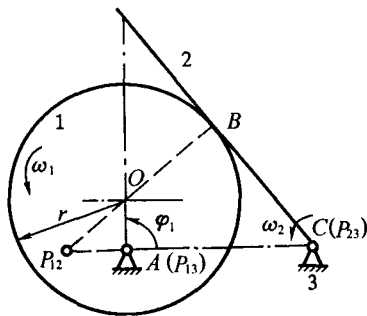


图 2-3

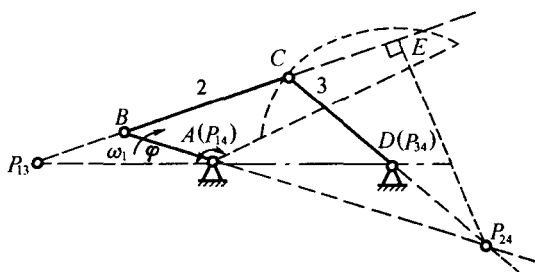


图 2-4

题 2-3 在图 2-4 的四杆机构中, 已知 $l_{AB} = 65 \text{ mm}$, $l_{CD} = 90 \text{ mm}$, $l_{AD} = l_{BC} = 125 \text{ mm}$, $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$, 顺时针转动, 试用瞬心法求:

(1) 当 $\varphi = 15^\circ$ 时, 点 C 的速度 v_C ;

(2) 当 $\varphi = 15^\circ$ 时, 构件 BC 上 (即 BC 线上或其延长线上) 速度最小的一点 E 的位置及其速度值;

(3) 当 $v_C = 0$ 时角 φ 的值。

解 选定尺寸比例尺 $\mu_l = 0.005 \text{ m/mm}$ 。

(1) 由 $\omega_3 = \omega_1 \frac{\overline{P_{13}P_{14}}}{\overline{P_{13}P_{24}}} \mu_l$ 得 $\omega_3 = 4.58 \text{ rad/s}$, $v_C = \omega_3 l_{CD} = 4.58 \times 90 = 0.41 \text{ m/s}$ 。

(2) 由 $v_E = \omega_2 \cdot \overline{EP_{24}} \cdot \mu_l$, $\omega_2 = v_C / \overline{CP_{24}} \cdot \mu_l = 2.36 \text{ rad/s}$ 得 $v_E = 0.36 \text{ m/s}$ 。

(3) 当 $v_C = 0$ 时, 点 A、B、C 在一条直线上, 如图中虚线所示, 量取 $\varphi = 150^\circ$ 。

题 2-4 已知铰链四杆机构如图 2-5(a) 所示, 其尺寸为 $l_{AB} = 30 \text{ mm}$, $l_{BC} = 78 \text{ mm}$, $l_{CD} = 32 \text{ mm}$, $l_{AD} = 80 \text{ mm}$, 构件 1 以顺时针等角速度 $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$ 转动, 现已作出其速度多边形 (图 (b)) 和加速度多边形 (图 (c))。试求:

(1) 构件 1、2 和 3 上速度为 v_x 的点 X_1 、 X_2 和 X_3 的位置;

(2) 构件 2 上加速度为零的点 Q 的位置, 并求出该点的速度 v_Q ;

(3) 构件 2 上速度为零的点 I 的位置, 并求出该点的加速度 a_I 。

解 选取比例尺 $\mu_l = 0.00125 \text{ m/mm}$, $\mu_v = \frac{0.0075 \text{ m/s}}{\text{mm}}$, $\mu_a = \frac{0.1 \text{ m/s}^2}{\text{mm}}$ 。

根据影像求出 X_1 、 X_2 、 X_3 及 Q、I 点, 则 $v_Q = \overline{PQ} \cdot \mu_v = 0.34 \text{ m/s}$ 。

加速度影像图尺寸大, 画不出, 故图略。可列矢量方程式

$$\mathbf{a}_I = \mathbf{a}_B + \mathbf{a}_{IB}^n + \mathbf{a}_{IB}^t = \mathbf{a}_C + \mathbf{a}_{IC}^n + \mathbf{a}_{IC}^t$$

$$\text{方向: } A \rightarrow B \quad B \rightarrow I \quad \perp BI \quad c' \rightarrow \pi \quad C \rightarrow I \quad \perp CI$$

$$\text{大小: } 3 \text{ m/s}^2 \quad 0.78 \text{ m/s}^2 \quad ? \quad 0.375 \text{ m/s}^2 \quad 0.97 \text{ m/s}^2 \quad ?$$