

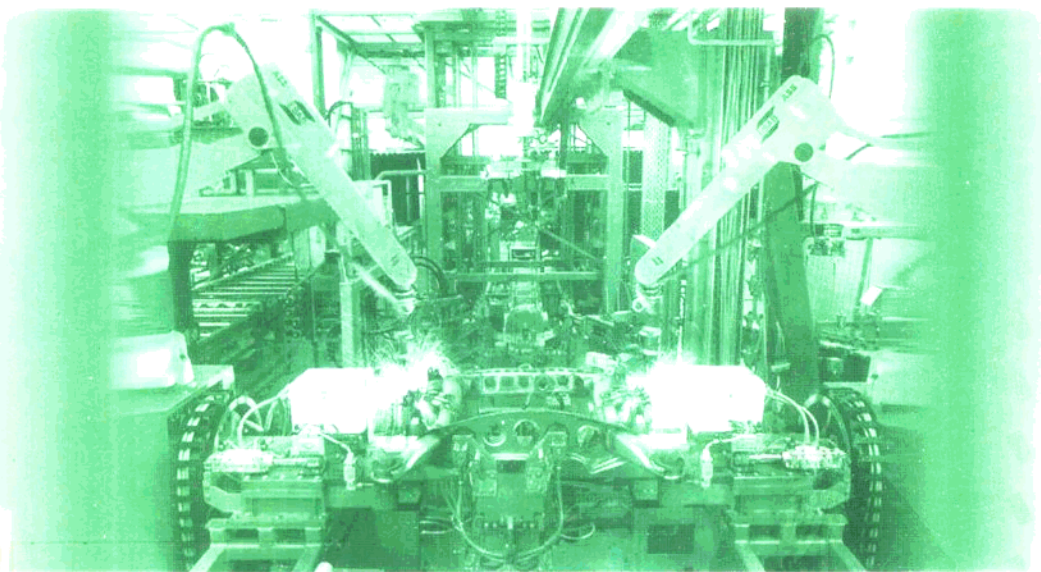
高等学校教材

机械原理作业集

(第二版)

西北工业大学机械原理及机械零件教研室 编

葛文杰 主编



高等教育出版社

高等学校教材

机械原理作业集

(第二版)

西北工业大学机械原理及机械零件教研室 编

葛文杰 主编

高等教育出版社

内容提要

本作业集是西北工业大学机械原理及机械零件教研室编,孙恒、陈作模主编《机械原理》(第六版)的配套教材,也可与其它机械原理教材配套使用。全书收入 123 道题,包括分析、计算、设计和改错等题型。除绪论外,每章都配有题目,书末还附有平面连杆机构的运动分析和凸轮机构设计两个大作业。

本作业集可供普通高等院校机械类专业学生完成机械原理课程作业时使用,也可供普通高等专科学校、高等职业技术学院、电视大学、职工大学或业余夜大学等校学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理作业集/葛文杰主编;西北工业大学机械原理及机械零件教研室编. —2 版.
—北京:高等教育出版社,2001
高等学校教材
ISBN 7-04-009354-5

I. 机… II. ①葛…②西… III. 机构学—高等学校—习题 IV. TH111-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 025983 号

责任编辑 马盛明 封面设计 李卫青 责任绘图 李维平
版式设计 马静如 责任校对 杨雪莲 责任印制 张小强

机械原理作业集(第二版)

西北工业大学机械原理及机械零件教研室编 葛文杰 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京机工印刷厂

版 次 1996 年 2 月第 1 版

2001 年 6 月第 2 版

开 本 787×1092 1/16

印 次 2001 年 6 月第 1 次印刷

印 张 7.25

定 价 6.90 元

字 数 170 000

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前言

机械原理课程是高等工业学校机械类专业普遍开设的一门重要的技术基础课程。学好这门课程，不仅为学习有关的后续课程和掌握专业知识打好基础，而且也将来掌握新的科学技术为祖国建设服务创造条件。为了学好这门课程，掌握有关机械原理的一些基本概念、基本理论和机构分析与综合的基本方法，除了在课堂上一定要悉心听讲，课后必须认真复习之外，课外完成一定数量的作业练习也是必不可少的。

本作业集所给出的题目，一般都是紧密结合课堂讲授内容选取的，目的在于使同学们通过完成这些作业，消化巩固所学的知识和方法，培养自己分析问题和解决问题的能力。应用知识的能力常比获取知识的能力更重要、更难养成。为了很好地达到这一目的，题目的选择着重于对机械原理有关基本概念和基本理论的理解，以及对一些基本解题方法的训练，同时还注重对于围绕知识点的掌握和反映现代生活与工程实际内容的新习题，并尽可能减少一些单纯的繁琐的数字运算题，以节省同学们做题和老师改作业的时间。

同学们在做作业之前，必须先对所学的内容进行全面的复习，力求把课堂上讲授的内容真正搞懂，不要在尚未完全搞懂讲课内容的情况下，匆忙完成作业。否则，反而会欲速不达，浪费时间。

在做作业时，首先要仔细审题，把已知条件和要求解决的问题搞清楚，再看一看各个题目所附的思考题“想一想”，把解题的思路搞明确，然后再去做题。这样才会得心应手，更有收获。题目做完后，有些题目的“想一想”中还提出了一些需进一步思考的问题，一定要认真思考，以达到深化理解的目的。

在本作业集所给出的题目中，有一些是要求从头做到底的，有一些是已做好了一部分，要求补充的，还有一些是要改错的，不论是哪一类题目，都希望按上述步骤做。本作业集共有123道题，除个别题可以选择外，多数题应列为必做。另外，本作业集还附有平面连杆机构的运动分析和凸轮机构设计两个大作业，是供在有关章节学完后用的，而且希望运用计算机进行运算，以培养运用计算机解题的能力。但是，这要根据教学进程和客观条件，由任课老师具体安排进行。

参加本作业集编写工作的有葛文杰、李树军、苏华、董海军和张永红，并由葛文杰负责主编，又经陈作模教授审阅。

尽管我们竭尽全力想编好此作业集，但因能力所限，仍可能会存在一些不足和不当之处，敬希不吝指正。

西北工业大学机械原理及机械零件教研室

2001年3月

11/15/01

目 录

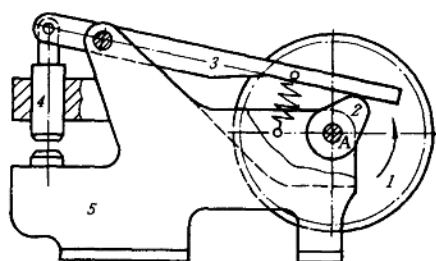
第二章 平面机构的结构分析 (共 11 题)	1
第三章 平面机构的运动分析 (共 15 题)	9
第四章 平面机构的力分析 (共 11 题)	23
第五章 机械的效率和自锁 (共 11 题)	31
第六章 机械的平衡 (共 5 题)	39
第七章 机械的运转及其速度波动的调节 (共 6 题)	43
本单元学习总结	48
第八章 平面连杆机构及其设计 (共 16 题)	49
第九章 凸轮机构及其设计 (共 7 题)	61
第十章 齿轮机构及其设计 (共 14 题)	67
第十一章 齿轮系及其设计 (共 16 题)	79
第十二章 其他常用机构、组合机构及其设计 (共 6 题)	89
第十三章 工业机器人机构及其设计 (共 5 题)	93
本单元学习总结	98
大作业 (一) 平面连杆机构的运动分析	99
大作业 (二) 凸轮机构设计	105

第二章 平面机构的结构分析

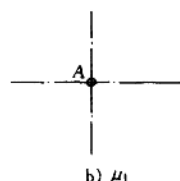
2-1 图 a 所示为一简易冲床的初拟设计方案。设计者的思路是：动力由齿轮 1 输入，使轴 A 连续回转；而固装在轴 A 上的凸轮 2 与杠杆 3 组成的凸轮机构使冲头 4 上下运动，以达到冲压的目的。试绘出其机构运动简图（各尺寸由图上量取），分析是否能实现设计意图，并提出修改方案。

解 1) 取比例尺 $\mu_l = 1 \text{ mm/mm}$ 绘制机构运动简图(图 b)。

2) 分析是否能实现设计意图



a)



b) μ_l

3) 提出修改方案(图 c)

c)

想一想：

1. 通过本题，你对在设计新的机械或分析现有机械时，首先要绘制机构的运动简图有什么体会？
2. 计算机构自由度的目的是什么？
3. 当机构的自由度小于 1 时，可通过哪些途径来增加自由度？本题中还可列出哪些简单而又适用的修改方案？

评语

任课教师

批改日期

2-2 图 a 所示为一小型压力机。图中, 齿轮 1 与偏心轮 1' 为同一构件, 绕固定轴心 O 连续转动。在齿轮 5 上开有凸轮凹槽, 摆杆 4 上的滚子 6 嵌在凹槽中, 从而使摆杆 4 绕 C 轴上下摆动。同时, 又通过偏心轮 1'、连杆 2、滑杆 3 使 C 轴上下移动。最后通过在摆杆 4 的叉槽中的滑块 7 和铰链 G 使冲头 8 实现冲压运动。试绘制其机构运动简图, 并计算自由度。

解 1) 取比例尺 $\mu_l = 1 \text{ mm/mm}$ 作机构运动简图(图 b)。

2) 计算该机构的自由度

$$n =$$

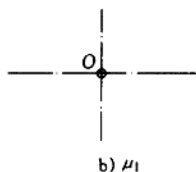
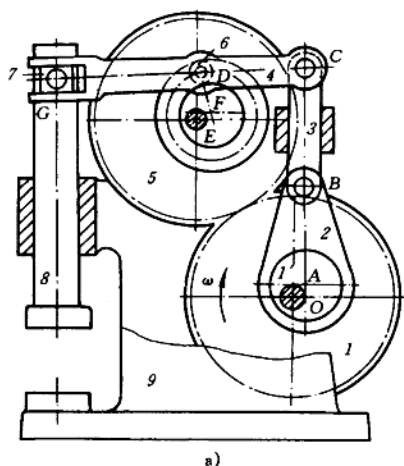
$$p_l =$$

$$p_h =$$

$$p' =$$

$$F' =$$

$$F =$$



想一想:

1. 齿轮 5 上凸轮凹槽的形状对机构的运动有影响吗? 你是怎样画的? 正确的画法应该怎样?
2. 既然偏心轮 1' 与齿轮 1 为同一构件, 那末不用偏心轮 1' 可以吗? 为什么要用偏心轮?

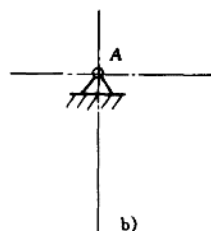
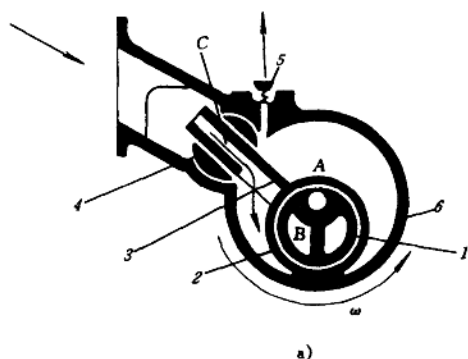
评语

任课教师

批改日期

2-3 如图 a 所示为一新型偏心轮滑阀式真空泵。其偏心轮 1 绕固定轴心 A 转动,与外环 2 固连在一起的滑阀 3 在可绕固定轴心 C 转动的圆柱 4 中滑动。当偏心轮 1 按图示方向连续转动时,可将设备中的空气按图示空气流动方向从阀 5 中排出,从而形成真空。由于外环 2 与泵腔 6 有一小间隙,故可抽含有微小尘埃的气体。试绘制其机构运动简图,并计算其自由度。

解 取比例尺 $\mu_l = 1 \text{ mm/mm}$ 作机构运动简图(图 b),并判断该机构是否具有确定运动。



想一想:

1. 你就真空泵一个图能想象出它的实际结构吗? 偏心轮 1、固连外环 2 的滑阀 3 和转柱 4, 这些构件在机构运动简图中是如何表达的? 形状还一样吗?
2. 通过对本真空泵机构运动简图的绘制, 你对机构运动简图的作用和优点有何进一步的认识?

评语

任课教师

批改日期

2-4 试绘制图 a 所示仿人手机械手的食指机构的机构运动简图(以手掌 8 作为相对固定的机架),并计算自由度。

解 1) 取比例尺 $\mu_l = 1 \text{ mm/mm}$ 作机构运动简图(图 b)。

2) 计算自由度

$$n =$$

$$p_l =$$

$$p_h =$$

$$p' =$$

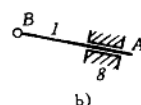
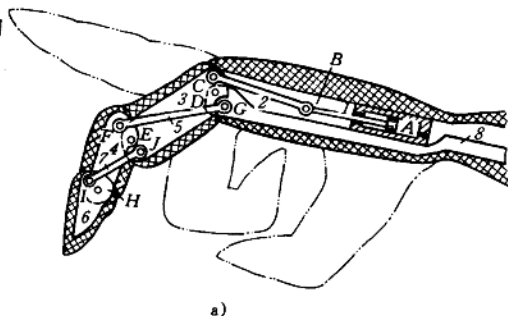
$$F' =$$

$$F =$$

想一想:

1. 你能画出食指伸直时的机构运动简图吗?

2. 你知道人的手食指有多少个自由度吗? 手指的自由度多少将对其工作性能有何影响? 此仿生手指有何优缺点?



2-5 图 a 所示是为高位截肢的人所设计的一种假肢膝关节机构,该机构能保持人行走的稳定性。若以颈骨 1 为机架,试绘制其机构运动简图和计算其自由度,并作出大腿弯曲 90° 时的机构运动简图。

解 1) 取比例尺 $\mu_l = 1 \text{ mm/mm}$ 作机构运动简图(图 b),在此图上作出大腿弯曲 90° 时的机构运动简图(用虚线表示)。

2) 计算其自由度

$$n =$$

$$p_l =$$

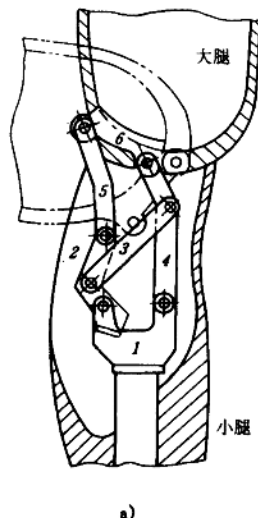
$$p_h =$$

$$p' =$$

$$F' =$$

$$F =$$

$$=$$



试一试:

请你用硬纸板或硬塑料片及大头针等材料按上述图 a 所示仿生手指和膝关节放大后的样子制作成模型进行演示,看一看它们是怎样动作的?

b)

a)

评语

任课教师

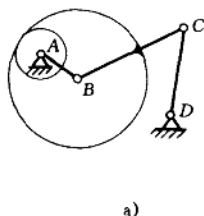
批改日期

2-6 试计算如图所示各机构的自由度。图 a、d 为齿轮-连杆组合机构；图 b 为凸轮-连杆组合机构（图中在 D 处为铰接在一起的两个滑块）；图 c 为一精压机机构。并问在图 d 所示机构中，齿轮 3 与 5 和齿条 7 与齿轮 5 的啮合高副所提供的约束数目是否相同？为什么？

作题要求：在计算下列各机构的自由度时，若机构中存在复合铰链、局部自由度和虚约束，应在机构图中或所计算的各项目中明确指出。

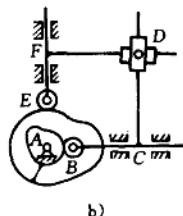
解

$$\begin{aligned} n &= \\ p_l &= \\ p_h &= \\ p' &= \\ F' &= \\ F &= \\ &= \end{aligned}$$



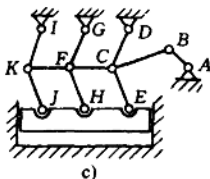
解

$$\begin{aligned} n &= \\ p_l &= \\ p_h &= \\ p' &= \\ F' &= \\ F &= \\ &= \end{aligned}$$



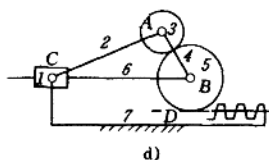
解

$$\begin{aligned} n &= \\ p_l &= \\ p_h &= \\ p' &= \\ F' &= \\ F &= \\ &= \end{aligned}$$



解

$$\begin{aligned} n &= \\ p_l &= \\ p_h &= \\ p' &= \\ F' &= \\ F &= \\ &= \end{aligned}$$



齿轮 3 与 5 的啮合高副提供____个约束；
齿条 7 与 5 的啮合高副提供____个约束。

想一想：

- 你能看懂这些机构运动简图吗？它们是如何传动的？你不妨再另绘出机构的几个位置，以帮助你观察理解。
- 图 b 中在 D 处铰接的两个滑块有相对运动吗？如把它们视为一个构件，你能正确计算该机构的自由度吗？
- 既然机构中某些部分提供的约束为虚约束，那么这些部分在该机构中起什么作用？
- 试总结机构中的虚约束常出现在哪几种情况，确定机构中虚约束数目的多少又有何重要意义？

评语

任课教师

批改日期

2-7 试绘制图 a 所示凸轮驱动式四缸活塞空气压缩机的机构运动简图,并计算其机构的自由度(图中凸轮 1 为原动件,当其转动时,分别推动装于四个活塞上 A、B、C、D 处的滚子,使活塞在相应的气缸内往复运动。图中 $\overline{AB} = \overline{BC} = \overline{CD} = \overline{AD}$)。

作题要求:在计算机构自由度时,若机构中存在复合铰链、局部自由度和虚约束,则应在各计算项中明确指出。

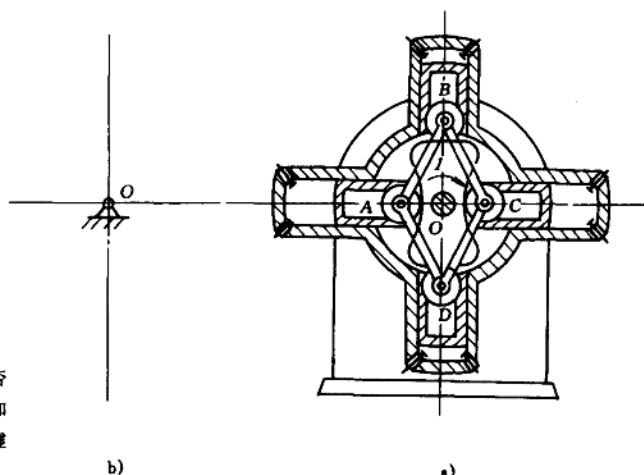
解 1) 取比例尺 $\mu_l = 1 \text{ mm/mm}$ 作机构运动简图(图 b)。

2) 计算其自由度

$$\begin{aligned} n &= \\ p_l &= \\ p_h &= \\ p' &= \\ F' &= \\ F &= \\ &= \end{aligned}$$

想一想:

通过对题 2-6 和本题的演练,你能否总结出一般平面机构自由度计算的方法和应注意的事项,并进一步总结机构中的虚约束常出现的几种情况。



2-8 图示为一刹车机构。刹车时,操作杆 1 向右拉,通过构件 2、3、4、5、6 使两闸瓦刹住车轮。试计算机构的自由度,并就刹车过程说明此机构自由度的变化情况。(注:车轮不属于刹车机构中的构件。)

解 1) 未刹车时,刹车机构的自由度

$$F =$$

2) 闸瓦 G、J 之一刹紧车轮时,刹车机构的自由度

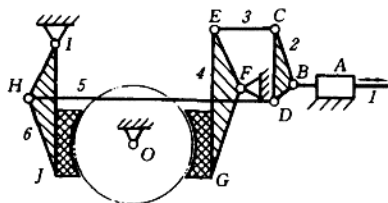
$$F =$$

3) 闸瓦 G、J 同时刹紧车轮时,刹车机构的自由度

$$F =$$

想一想:

1. 当机构的自由度为 2,而原动件数为 1 时,机构能有确定的运动吗? 它的运动将是怎样的?
2. 为什么刹车机构一般为多自由度机构?

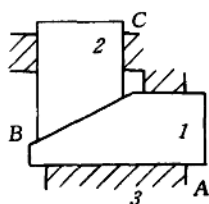


评语

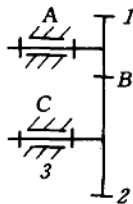
任课教师

批改日期

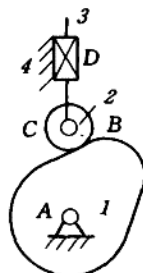
2-9 试确定图示各机构的公共约束 m 和族别虚约束 p'' , 并说明如何来消除或减少其族别虚约束。



a)



b)



c)

解

$$m =$$

$$p'' = F - F_0$$

$$=$$

消除 p'' 的方法:

想一想:

何谓公共约束? 何谓族别虚约束? 族别虚约束与机构中存在的虚约束有何区别? 消除和减少族别虚约束的工程意义是什么? 能不能完全消除机构中的虚约束? 为什么?

$$m =$$

$$p'' = F - F_0$$

$$=$$

消除 p'' 的方法:

$$m =$$

$$p'' = F - F_0$$

$$=$$

消除 p'' 的方法:

2-10 图示为一内燃机的机构运动简图, 试计算自由度, 并分析组成此机构的基本杆组。如在该机构中改选 EG 为原动件, 试问组成此机构的基本杆组是否与前者有所不同。

解 1) 计算此机构的自由度

$$F =$$

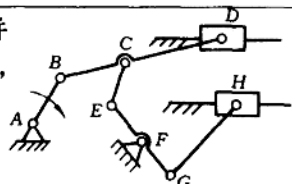
2) 取构件 AB 为原动件时机构的基本杆组图为

此机构为 _____ 级机构。

想一想:

1. 设已知机构各构件尺寸及原动件的位置, 当分别以 AB 为原动件和以 EG 为原动件时, 机构运动简图的作图过程有何不同?

2. 由解题结果可以看到, 同一机构如取不同的构件为原动件, 有可能成为不同级别的机构。这就是说, 一个高一级的机构, 如取合适的构件为原动件, 则有可能降低为低一级的机构, 是这样吗? 这在机构运动分析方面有什么意义?



3) 取构件 EG 为原动件时机构的基本杆组图为

此机构为 _____ 级机构。

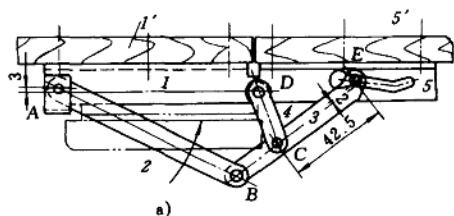
评语

任课教师

批改日期

2-11 图 a 所示为一收放式折叠支架机构。该支架中的件 1 和 5 分别用木螺钉联接于固定台板 1' 和活动台板 5' 上, 两者在 D 处铰接, 使活动台板能相对于固定台板转动。又通过件 1、2、3、4 组成的铰链四杆机构及连杆 3 上 E 点处的销子与件 5 上的连杆曲线槽组成的销槽联接使活动台板实现收放动作。在图示位置时, 虽在活动台板上放有较重的重物, 活动台板也不会自动收起, 必须沿箭头方向推动件 2, 使铰链 B、D 重合时, 活动台板才可收起(如图中双点划线所示)。现已知机构尺寸 $l_{AB} = l_{AD} = 90 \text{ mm}$, $l_{BC} = l_{CD} = 25 \text{ mm}$, 试绘制该机构的运动简图, 并计算其自由度。

解 1) 取比例尺 $\mu_l = 3 \text{ mm/mm}$ 作机构运动简图(图 b)。并计算其自由度。



$$n =$$

$$p_l =$$

$$p_h =$$

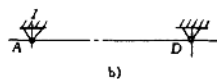
$$p' =$$

$$F' =$$

$$F =$$

$$=$$

2) 用作图法在图 b 上求出杆 3 上 E 点的连杆曲线。



3) 受力分析(暂不做, 学完第四章后, 根据题 4-8 来做。并将该机构的受力情况示于图 b 上)

想一想:

结合第八章内容学习, 请回答图 a 所示的四杆机构 ABCD 中, 哪些运动副为周转副? 当 AB 与 AD 重合时, 该机构在运动上有何特点?

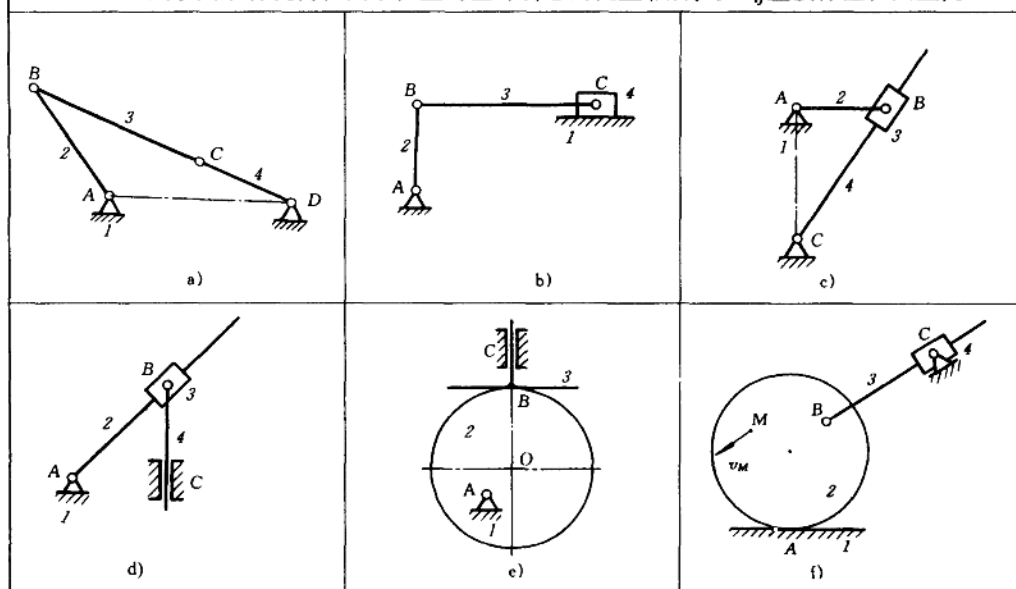
评语

任课教师

批改日期

第三章 平面机构的运动分析

3-1 试求图示各机构在图示位置时全部瞬心的位置(用符号 P_{ij} 直接标注在图上)。



想一想:

1. 在图 e 及 f 所示的机构中, 两高副元素之间是否为纯滚动? 它们的瞬心应位于何处?
2. 利用“三心定理”确定待求瞬心的位置时, 三个瞬心代表符号的下角标有何关系? 从这种关系中能找出一种确定待求瞬心位置的简明方法?

3-2 在图示的齿轮-连杆组合机构中, 试用瞬心法求齿轮 1 与齿轮 3 的传动比 ω_1/ω_3 。

解 1) 计算此机构所有瞬心的数目

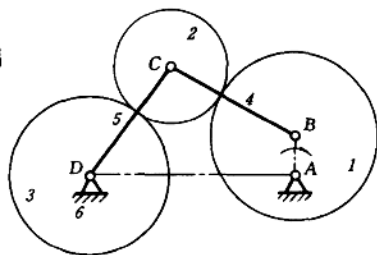
$$K =$$

- 2) 为了求传动比 ω_1/ω_3 需求出如下三个瞬心(填出下角标)

$$P_{\quad}, P_{\quad}, P_{\quad}。$$

- 3) 传动比 ω_1/ω_3 计算公式是

$$\frac{\omega_1}{\omega_3} =$$



想一想:

1. 为了满足此题的解题要求, 是否需要把此机构的所有瞬心都求出来?
2. 如何建立两构件间的角速度关系? 如何确定两构件角速度方向的关系(如齿轮 1、3 的转向关系)?

评语

任课教师

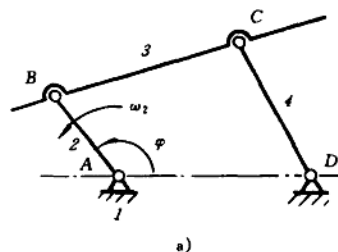
批改日期

3-3 在图 a 所示的四杆机构中, $l_{AB} = 60 \text{ mm}$, $l_{CD} = 90 \text{ mm}$, $l_{AD} = l_{BC} = 120 \text{ mm}$, $\omega_2 = 10 \text{ rad/s}$, 试用瞬心法求:

- 1) 当 $\varphi = 165^\circ$ 时, 点 C 的速度 v_C ;
- 2) 当 $\varphi = 165^\circ$ 时, 构件 3 的 BC 线上速度最小的一点 E 的位置及速度的大小;
- 3) 当 $v_C = 0$ 时, φ 角之值(有两个解)。

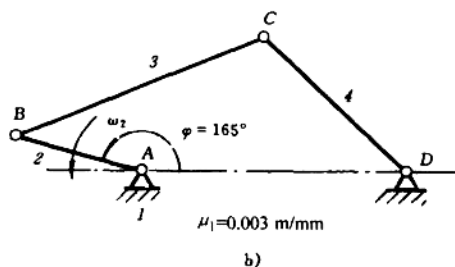
解 1) 以选定的比例尺 μ_1 作机构运动简图(图 b)。

- 2) 求 v_C , 定出瞬心 P_{13} 的位置(图 b)



$$v_C =$$

- 3) 定出构件 3 的 BC 线上速度最小的点 E 的位置

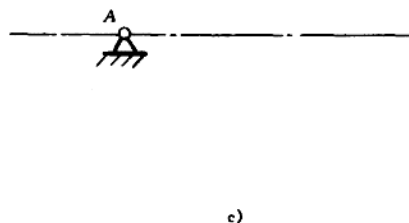


$$v_E =$$

- 4) 定出 $v_C = 0$ 时机构的两个位置(作于图 c), 量出

$$\varphi_1 =$$

$$\varphi_2 =$$



想一想:

1. 要用瞬心法求解某构件(如构件 3)上点的速度, 首先需要定出该构件的何种瞬心?
2. 构件(如构件 3)上某点的速度为零, 则该点一定就是它的什么瞬心?

评语

任课教师

批改日期

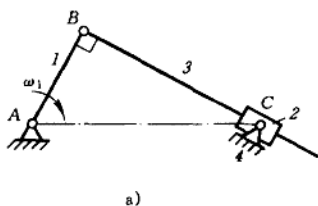
班级

姓名

编号

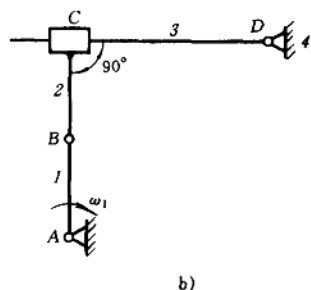
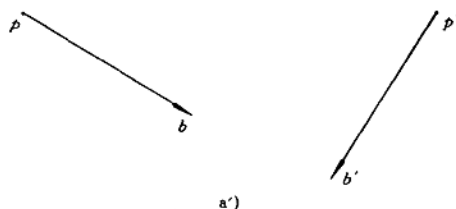
3-4 在图示的各机构中,设已知各构件的尺寸,原动件 1 以等角速度 ω_1 顺时针方向转动。试用图解法求机构在图示位置时构件 3 上 C 点的速度及加速度。

作题要求:写出各机构与解题有关的速度及加速度矢量方程;作出各机构的速度及加速度多边形,并在图中标出全部速度及加速度影像点。



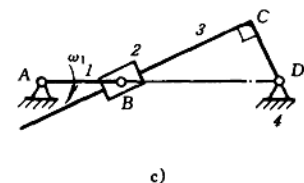
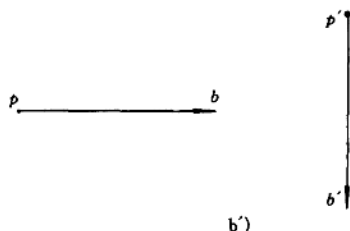
速度方程:

加速度方程:



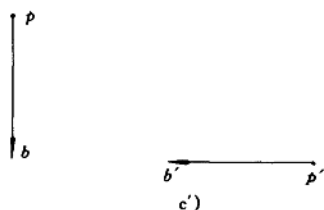
速度方程:

加速度方程:



速度方程:

加速度方程:



想一想:

1. 在给出的这些机构中,哪些机构中有哥氏加速度?为什么?
2. 在你作出的加速度多边形中,有代表哥氏加速度的矢量吗?如果没有,那末原因何在?

评语

任课教师

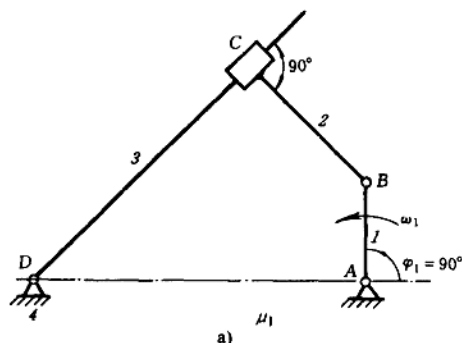
批改日期

3-5 在图示机构中,已知各构件的尺寸及原动件 1 的角速度 ω_1 (为常数),试以图解法求 $\varphi_1 = 90^\circ$ 时,构件 3 的角速度 ω_3 及角加速度 α_3 (比例尺如图)。(应先写出有关的速度、加速度矢量方程,再作图求解。)

提示:在求得 $v_{B2} = v_{B1}$, $a_{B2} = a_{B1}$ 后,下一步可利用 B_2 与 B_3 重合点,或 D_2 与 D_3 重合点,或 C_2 与 C_3 重合点继续求解。

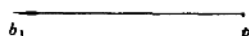
解 1) 速度分析(图 b)

取重合点 B_2 与 B_3 ,有



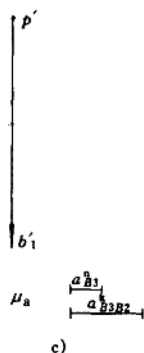
$\omega_3 =$ (时针)

2) 加速度分析(图 c)



μ_v

b)



$\alpha_3 =$ (时针)

想一想:

在解题中选择重合点的原则是什么?若不采用提示中所推荐的三个重合点,会出现什么问题?

评语

任课教师

批改日期