



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套参考书

机械原理

作业集

第三版

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

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套参考书

机械原理作业集

Jixie Yuanli Zuoyeji

第三版

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·北京

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,孙桓、陈作模、葛文杰主编《机械原理》(第八版)的配套教材,也可与其他机械原理教材配套使用。全书收入99道题,包括分析、计算、设计和改错等题型。除绪论和第14章机械系统的方案设计外,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,也可供高等专科学校、高等职业学校、电视大学、职工大学等类学校的学生参考。

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. -- 3版. -- 北京:高等教育出版社,2014.4

ISBN 978 - 7 - 04 - 035941 - 1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 058418 号

策划编辑 卢广
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 卢广
责任校对 孟玲

封面设计 于文燕
责任印制 田甜

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京铭成印刷有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 6
字 数 140千字
购书热线 010 - 58581118
咨询电话 400 - 810 - 0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

版 次 1996年2月第1版
2014年4月第3版
印 次 2014年4月第1次印刷
定 价 9.70元

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
物 料 号 35941 - 00

前 言

机械原理课程是高等院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,不仅为学习后续有关的课程和掌握专业知识打好基础,而且为将来掌握新的科学技术创造条件。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,除了课堂上认真听讲,课后认真复习之外,课外完成一定数量的作业练习也是必不可少的。

本版作业集保持了前两版紧密结合课堂讲授内容、加强基本内容训练及突出分析问题与解决问题能力培养的选题特点,编排时注意引导学生独立思考与提高学生作业练习效果、效率,并方便教师批改作业。在此基础上,为了适应高等工程教育向素质与创新教育发展的要求,达到加强基础、拓宽知识面、开阔视野及思维和强化能力,尤其是创新能力培养训练的目的。在习题精选和编排上,本作业集紧密结合《机械原理课程教学基本要求》和《机械原理》(第八版)教材的练习,按本课程知识点内容的掌握和能力培养的要求,进一步选编和加强了基本内容及系统练习题,并增添了一些拓展练习题、综合练习题和应用或应用创新练习题(均标有*号);在习题练习方法指导上,进一步引导学生独立思考和认真完成基本练习题目,并鼓励学生采取讨论式、协作式和探究式的学习方式来完成这些拓展、综合及应用性的练习题以及教材中其余的练习题。

本版作业集较上一版的习题数量有所减少,共有 99 道题,但部分习题的内容信息量及练习强度有所加大。除个别题可以选作外,多数题应列为必作题。另外,本作业集仍附有平面连杆机构的运动分析和凸轮机构设计两个用解析法与计算机进行求解的大型作业题目,以培养学生运用计算机解题的能力。

参加本作业集编写工作的有西北工业大学葛文杰、张永红、苏华、董海军和王三民,由葛文杰主编。本书由陈作模教授审阅。

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

2014 年 3 月

目 录

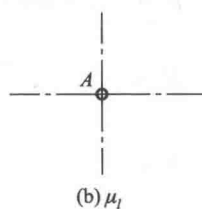
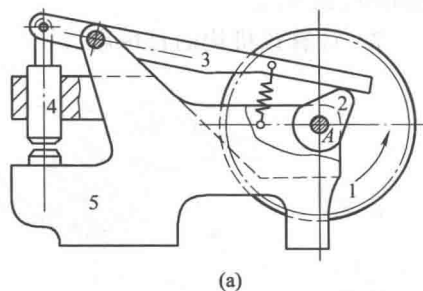
第二章 平面机构的结构分析(共 11 题)	1
第三章 平面机构的运动分析(共 10 题)	9
第四章 平面机构的力分析(共 10 题)	17
第五章 机械的效率和自锁(共 7 题)	25
第六章 机械的平衡(共 6 题)	29
第七章 机械的运转及其速度波动的调节(共 6 题)	33
第八章 平面连杆机构及其设计(共 14 题)	37
第九章 凸轮机构及其设计(共 7 题)	48
第十章 齿轮机构及其设计(共 11 题)	55
第十一章 齿轮系及其设计(共 10 题)	65
第十二章 其他常用机构、组合机构及其设计(共 4 题)	71
第十三章 机器人机构及其设计(共 3 题)	73
大作业(一) 平面连杆机构的运动分析	77
大作业(二) 凸轮机构设计	83

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



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

班级

姓名

编号

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 (各尺寸均由图上量取), 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

$n =$

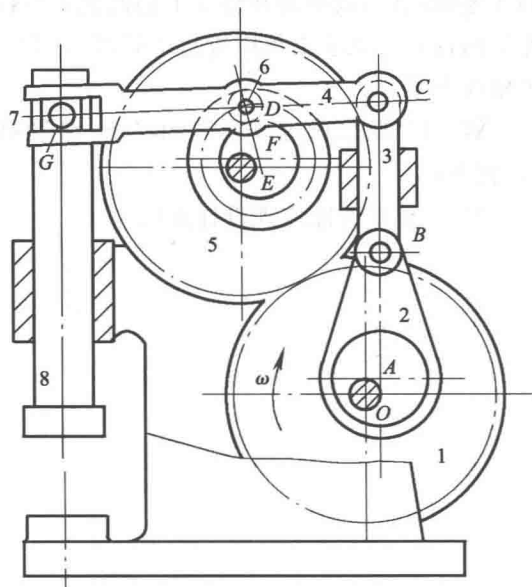
$p_l =$

$p_h =$

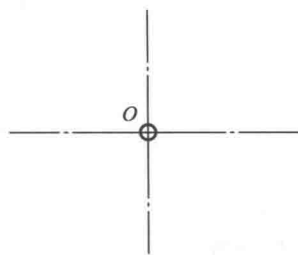
$p' =$

$F' =$

$F =$



(a)



(b) μ_l

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, 那么不用偏心轮 1' 可以吗? 为什么要用偏心轮?

评语

任课教师

批改日期

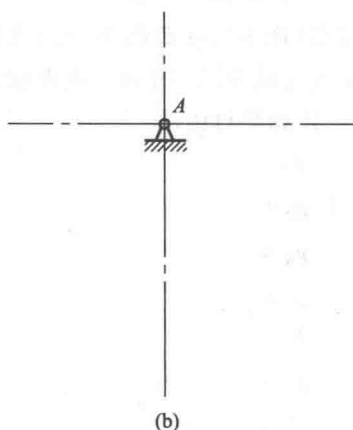
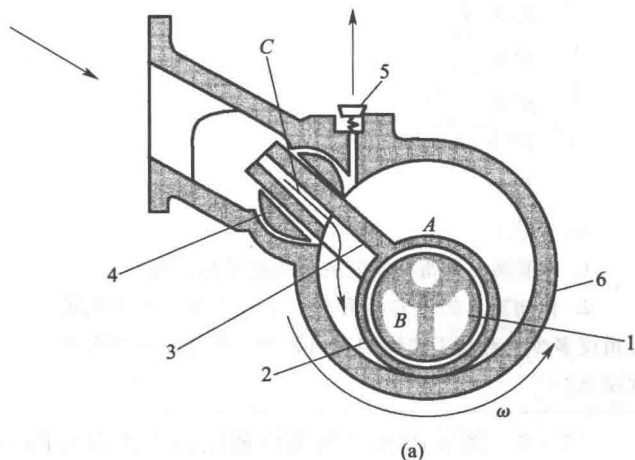
班级

姓名

编号

2-3 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 与泵壳 6 点接触或留有一微小间隙,故可抽含有微小尘埃的气体。试绘制其机构运动简图(各尺寸均由图上量取),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 和圆柱 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

班级

姓名

编号

*2-4 试绘制图 a 所示仿人手型机械手的食指机构的机构运动简图(各尺寸均由图上量取)(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

$$n =$$

$$p_1 =$$

$$p_h =$$

$$p' =$$

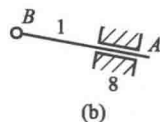
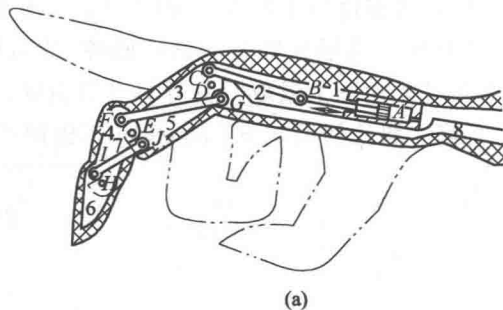
$$F' =$$

$$F =$$

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。若以胫骨 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(各尺寸均由图上量取)。

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(用细虚线表示)。

2) 计算其自由度

$$n =$$

$$p_1 =$$

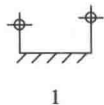
$$p_h =$$

$$p' =$$

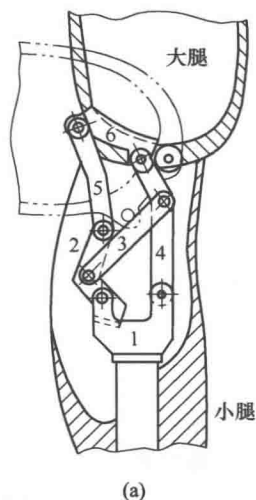
$$F' =$$

$$F =$$

$$=$$



(b)



(a)

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。

评语

任课教师

批改日期

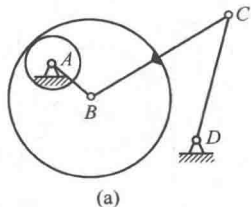
班级

姓名

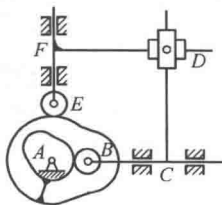
编号

2-6 试计算下图所示各机构的自由度,其中图 a、d 为齿轮-连杆组合机构,图 b 为凸轮机构(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,图 e 为一楔块机构,图 f 为一齿轮系机构。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?

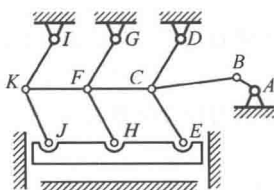
作题要求:在计算下列各机构的自由度时,若机构中存在复合铰链、局部自由度、虚约束及公共约束,应在机构图中或所计算的各项中明确指出。



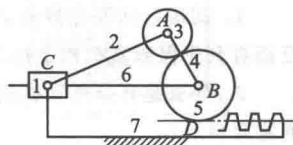
(a)



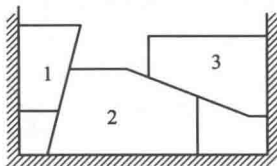
(b)



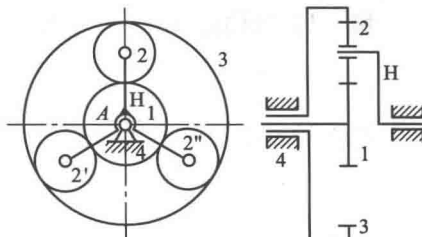
(c)



(d)



(e)



(f)

想一想:

- 你能看懂这些机构运动简图吗?它们是如何传动的?
- 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,该机构的自由度又如何计算?
- 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实际起什么作用?机构中的虚约束数如何确定,其意义又何在?
- 试结合计算教材题 2-16 所示机构的自由度,总结一下平面机构自由度计算时应注意哪些具体事项和虚约束常出现的几种情况。

评语

任课教师

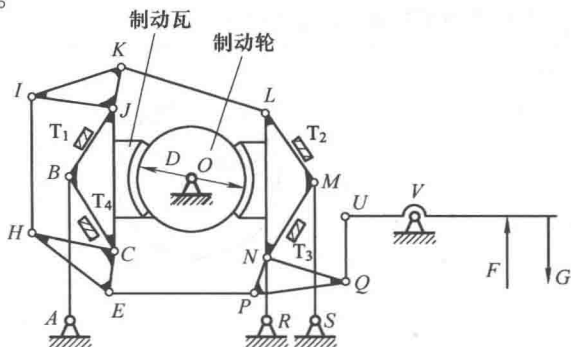
批改日期

班级

姓名

编号

2-7 图示为某水库升船机的大型安全制动器,其制动轮直径 $D = 5\,600\text{ mm}$,制动力矩 $M_t = 5\,000\text{ kN} \cdot \text{m}$ 。该机构是一个常闭式(在重力 G 的作用下)多自由度机构,在外力 F 的作用下解除制动。为使两制动瓦均能可靠地离开制动轮,设置了四个限位挡块 $T_1 \sim T_4$ 。试计算该机构的自由度(计算时不考虑制动轮),并说明为什么该机构要用多自由度机构,其目的何在。该制动器是否为欠驱动机构或变胞机构。

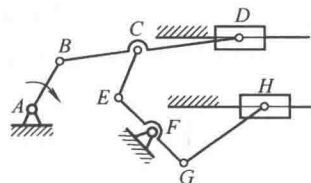


议一议:

1. 试结合计算分析该制动器机构在制动解除过程中的自由度变化情况,讨论并说明为什么欠驱动机构反而有利于保障其机构工作的可靠性。
2. 什么是冗余驱动机构? 欠驱和冗驱在工程实践中各有何重要意义,对你学习和应用机械原理知识有何重要启迪?

2-8 图示为一内燃机的机构运动简图,试计算其自由度,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) 当构件 AB 为原动件时,该机构的自由度和组成结构:



2) 当取构件 EG 为原动件时,该机构的自由度及组成结构:

想一想:

由图解结果可以看到,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? 高级别机构的这种变换原动件的降级特性在机构的分析方面将有何用处?

评语

任课教师

批改日期

班级

姓名

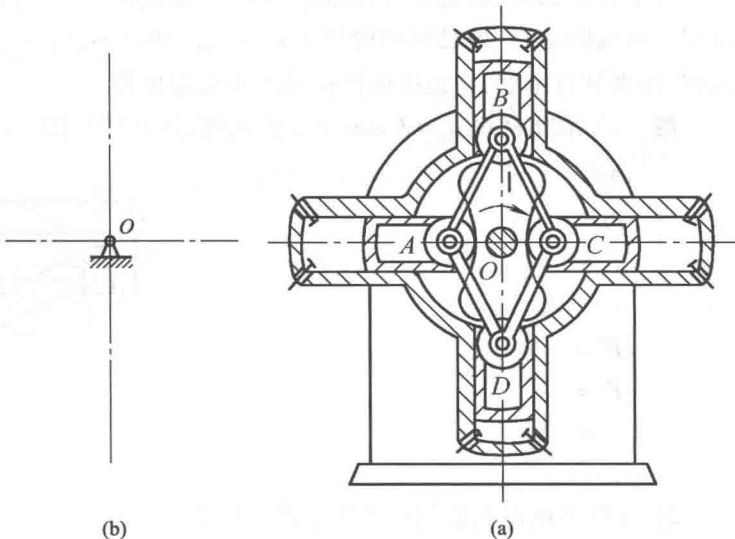
编号

*2-9 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。图中四个连杆的长度相等,即 $\overline{AB} = \overline{BC} = \overline{CD} = \overline{AD}$)。

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

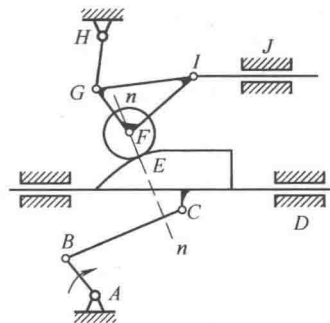
2) 计算其机构的自由度。



议一议:

1. 结合题 2-6 和本题的演练,试讨论:在计算平面机构的自由度时,如何确定机构中存在的复合铰链、局部自由度和虚约束及其数目?
2. 本机构的优缺点可贯穿在整个机械原理课程的学习过程中来逐渐加深认识。

*2-10 试计算如图所示平面高副机构的自由度,并在高副低代后分析组成该机构的基本杆组。



想一想:

为什么要对平面高副机构进行“高副低代”?“高副低代”的应满足什么条件?该机构的替代机构是原机构的完全替代机构还是瞬时替代机构?

评语

任课教师

批改日期

班级

姓名

编号

2-11 图 a 所示为一收放式折叠支架机构。该支架中的构件 1 和 5 分别用木螺钉连接于固定台板 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。构件 1、2、3、4 组成的铰链四杆机构及连杆 3 上 E 处的销子与构件 5 上的曲线槽组成的销槽连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构件 2,使铰链 B、D 重合时,活动台板才可收起(如图中细双点画线所示)。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,计算其自由度,并说明该机构是否为变胞机构。

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。

$n =$

$p_1 =$

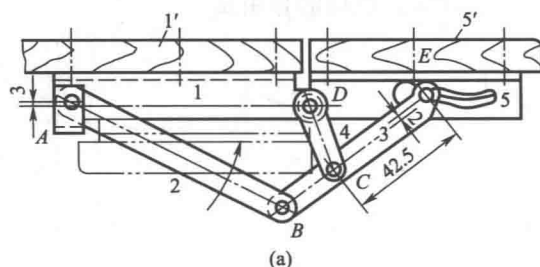
$p_h =$

$p' =$

$F' =$

$F =$

$=$



(b)

2) 分析该机构在收起或放开过程中的变胞特性。

议一议:

试讨论:此收放式折叠支架机构为何种机构? 其结构有何变胞和运动特点? 它使活动台板 5' 能承重而不翻转的工作原理是什么?

评语

任课教师

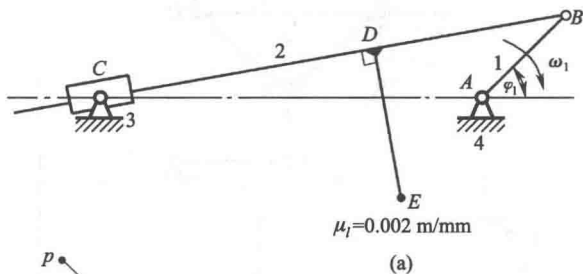
批改日期

第三章 平面机构的运动分析

3-1 在图示的摇块机构中,已知 $l_{AB} = 30 \text{ mm}$, $l_{AC} = 100 \text{ mm}$, $l_{BD} = 50 \text{ mm}$, $l_{DE} = 40 \text{ mm}$, 曲柄以等角速度 $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$ 回转,试用图解法求机构在 $\varphi_1 = 45^\circ$ 位置时,点 D 和点 E 的速度和加速度,以及构件 2 的角速度和角加速度。

解 1) 以 μ_l 作机构运动简图(图 a)。

2) 速度分析



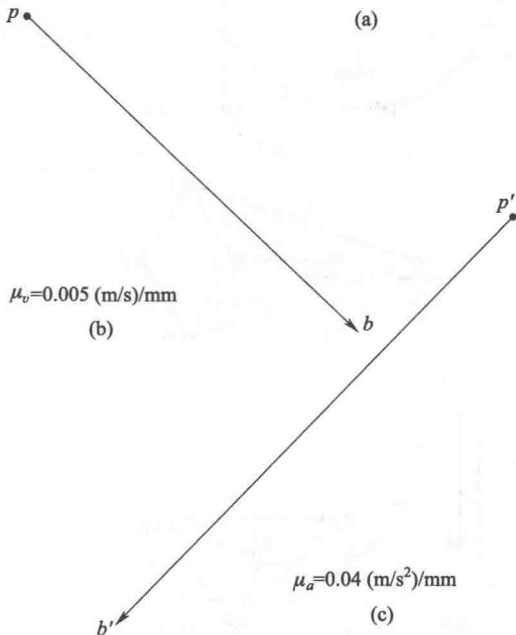
$$v_D =$$

$$v_E =$$

$$\omega_2 =$$

= (时针)

3) 加速度分析



$$a_D =$$

$$a_E =$$

$$\alpha_2 =$$

= (时针)

$$\mu_a = 0.04 \text{ (m/s}^2\text{)/mm}$$

(c)

想一想:

1. 在此题求解时,选择构件 2、3 上哪一点 [$C(C_2, C_3)$ 或点 $B(B_2, B_3)$] 为重合点较有利,为什么?
2. 在求构件 2 上的点 E 的速度及加速度时,你是否应用了速度影像及加速度影像原理进行求解?

评语

任课教师

批改日期

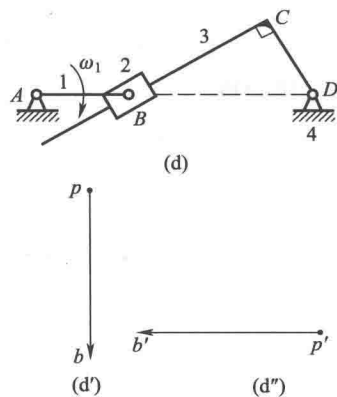
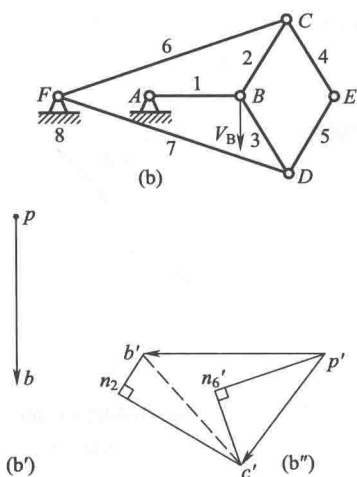
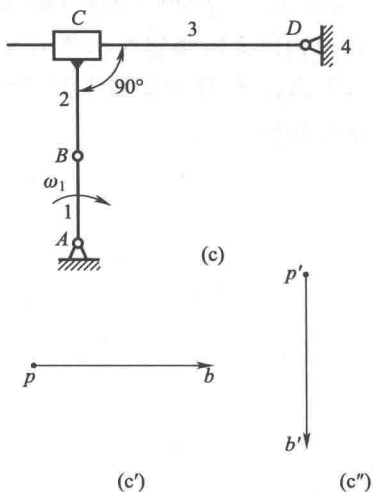
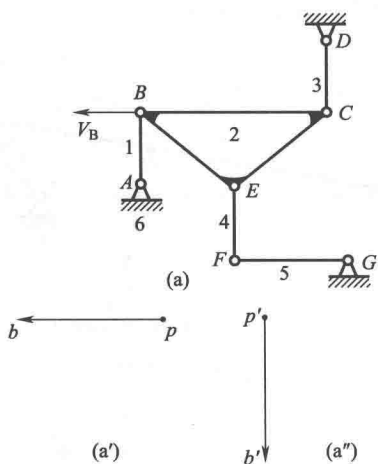
班级

姓名

编号

3-2 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 转动,其转动方向(或其上B点的速度方向)如图所示。试求作各机构在图示位置时的速度及加速度多边形。

作题要求:需写出各有关的速度及加速度矢量方程,完成各机构的速度及加速度多边形,并标出全部速度及加速度影像点。



想一想:

1. 试分析和总结上述机构在特殊位置时速度及加速度多边形和构件的速度及加速度影像的特点,哪些机构中可能有科氏加速度?哪些位置的科氏加速度为零?为什么?

2. 与题3-1机构一般位置的运动图解分析对比,试问上述机构特殊位置的运动图解的分析方法及步骤有何异同点?

评语

任课教师

批改日期

班级

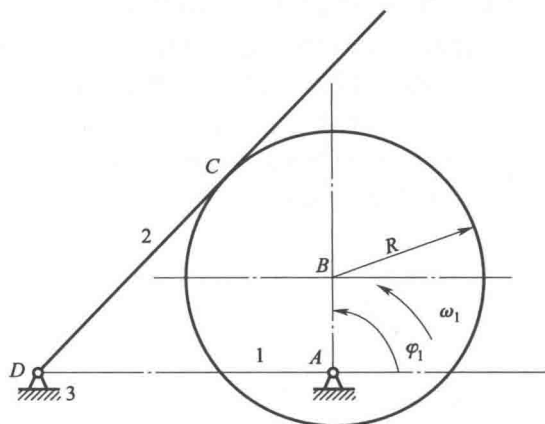
姓名

编号

3-3 在图示的凸轮机构中,已知凸轮 1 以等角速度 $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$ 转动,凸轮为一偏心圆,其半径 $R = 25 \text{ mm}$, $l_{AB} = 15 \text{ mm}$, $l_{AD} = 50 \text{ mm}$, $\varphi_1 = 90^\circ$,试用图解法求构件 2 的角速度 ω_2 与角加速度 α_2 。

解 1) 以 μ_l 作机构运动简图(图 a)。

2) 作机构的速度分析



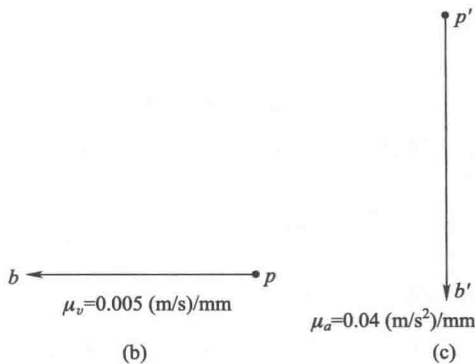
求得 $\omega_2 =$

= (时针)

$\mu_l = 0.001 25 \text{ m/mm}$

(a)

3) 作机构的加速度分析(图 c)



求得 $\alpha_2 =$

= (时针)

想一想:

1. 此题所给机构为高副机构,在进行运动分析时,你是否采用了高副低代的办法? 如果不进行高副低代能直接进行运动分析吗?

2. 如要对此机构进行高副低代,那么其替代机构就成了前面哪个题目所给的机构?

评语

任课教师

批改日期

班级

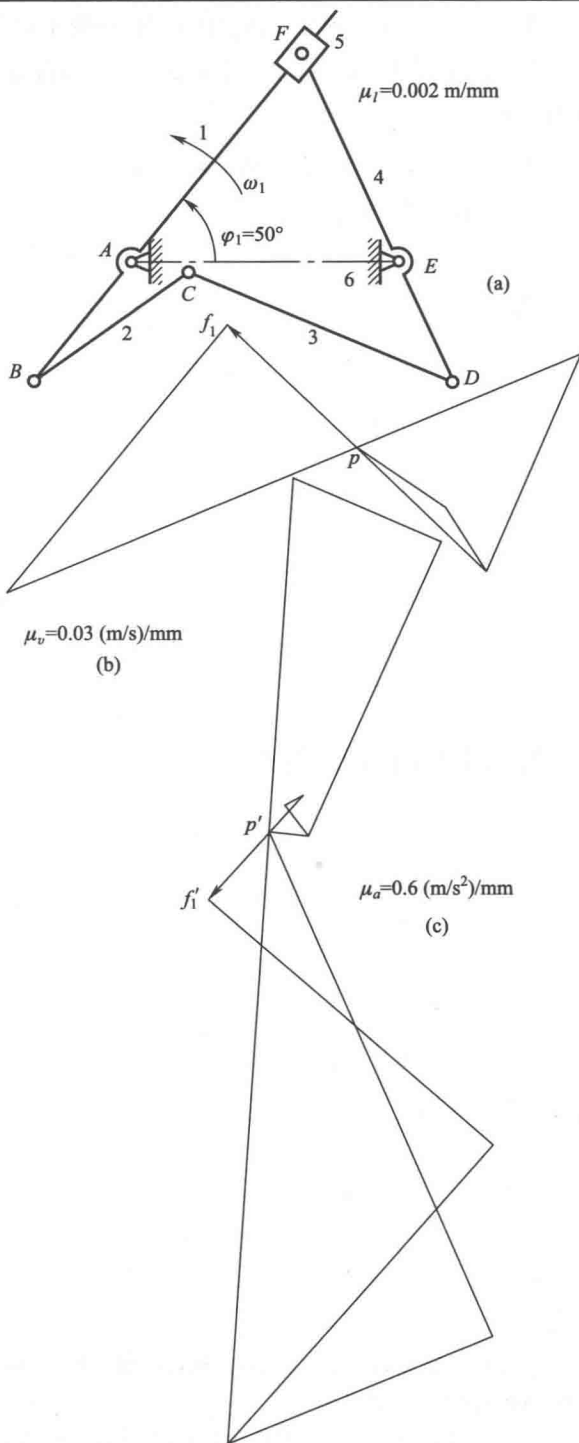
姓名

编号

3-4 在图示的机构中,已知 $l_{AE} = 70$ mm, $l_{AB} = 40$ mm, $l_{EF} = 60$ mm, $l_{DE} = 35$ mm, $l_{CD} = 75$ mm, $l_{BC} = 50$ mm, 原动件 I 以等角速度 $\omega_1 = 10$ rad/s 回转, 试以图解法求点 C 在 $\varphi_1 = 50^\circ$ 时的速度 v_C 和加速度 a_C 。

作题要求: 本题已按比例尺作出机构运动简图(图 a)、速度图(图 b)及加速度图(图 c), 现要求: ① 写出解题思路及有关速度、加速度矢量方程; ② 在速度图及加速度图中标出各矢量的方向; ③ 给出 v_C 及 a_C 的结果。

解



$v_C =$

$a_C =$

想一想:

1. 此题中科氏加速度写为 $a_{F5F1}^k = 2\omega_1 v_{F5F1}$ 或 $a_{F5F1}^k = 2\omega_5 v_{F5F1}$ 对吗? 也可以写成 $a_{F5F1}^k = 2\omega_4 v_{F1F5}$ 吗? 为什么?

2. 在求得点 B 和点 D 的速度后, 能否用影像原理求点 C 的速度? 为什么?

3. 在机构的速度多边形和加速度多边形中, 你能否找出机构的每个构件的速度影像及加速度影像?

评语

任课教师

批改日期