

高等院校经典教材配套辅导书

机械设计基础

知识要点与习题解析

JIXIE SHEJI JICHU ZHISHI YAODIAN YU XITI JIEXI

◎ 主编 王世刚 古乐 郑德志



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等院校经典教材配套辅导书

机械设计基础 知识要点与习题解析

主编 王世刚 古乐 郑德志

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是与高等教育出版社出版的杨可桢主编的《机械设计基础》(第五版)配套的教学指导书。

编者在长期“机械设计基础”教学的基础上,对该教材各章内容进行了概括和总结;对教材各章习题逐一作了较详尽解答;结合各章的重点和难点,选择典型的、与教材互补的同步训练题进行分析解答,并加以补充。旨在帮助读者更好地理解 and 掌握教材内容。

本书可以作为高等学校机械类和近机类各专业“机械设计基础”课程的教学参考书,同时也可作为工程技术人员的参考用书以及报考研究生的复习资料。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础知识要点与习题解析 / 王世刚, 古乐, 郑德志主编. —北京: 国防工业出版社, 2008. 9

高等院校经典教材配套辅导书

ISBN 978 - 7 - 118 - 05887 - 1

I. 机... II. ①王... ②古... ③郑... III. 机械设计—高等学校—教学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 113638 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 14 字数 323 千字

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 23.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书是与杨可桢主编的高等教育出版社出版的《机械设计基础》(第五版)配套的教学指导书。

《机械设计基础》(第五版)是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是根据教育部有关机械设计基础课程的教学基本要求,结合近几年在各校使用情况的基础上修订的,该书曾荣获全国优秀教材一等奖。

由于本课程内容多、概念性强,对问题分析又常采用图解方法,这给初学者带来很大困难。为帮助读者提高分析问题、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相同,本书各章节内容主要包括以下三部分。

1. 知识要点。指出各章中哪些内容需要重点掌握,哪些内容只需要一般了解。帮助读者有的放矢地进行学习。根据编者多年教学实践工作中的经验和体会,对教材各章内容进行总结、提炼和归纳。通过基本内容学习,帮助读者理清思路、抓住重点,更好地掌握机械设计基础的基本概念、基本原理和基本分析方法。

2. 书后习题解析。为方便学生自学,教材各章后面的习题均有详细分析解答。

3. 同步训练题。选择典型的,与教材互补的同步训练题进行分析解答。通过这部分学习,掌握解题要领,巩固基本概念,做到举一反三,增强分析问题、解决问题的能力。同步训练题来源广泛,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部分习题。

参加本书编写的有王世刚(绪论、第4章~第8章)、王银彪(第1章~第3章)、古乐(第9章~第13章)、郑德志(第14章~第18章)。本书由王世刚、古乐、郑德志主编。哈尔滨工业大学王连明教授细心审阅了书稿并提出了许多宝贵意见,编者对此深表感谢。

对书中存在的错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年6月

目 录

绪论	1
第 1 章 平面机构的自由度和速度分析	2
知识要点	2
书后习题解析	4
同步训练题	9
同步训练题答案	13
第 2 章 平面连杆机构	20
知识要点	20
书后习题解析	21
同步训练题	27
同步训练题答案	30
第 3 章 凸轮机构	33
知识要点	33
书后习题解析	34
同步训练题	38
同步训练题答案	40
第 4 章 齿轮机构	44
知识要点	44
书后习题解析	46
同步训练题	50
同步训练题答案	52
第 5 章 轮系	55
知识要点	55
书后习题解析	56
同步训练题	62
同步训练题答案	64
第 6 章 间歇运动机构	69
知识要点	69

书后习题解析	70
同步训练题	71
同步训练题答案	72
第 7 章 机械运转速度波动的调节	73
知识要点	73
书后习题解析	74
同步训练题	78
同步训练题答案	79
第 8 章 回转件的平衡	81
知识要点	81
书后习题解析	82
同步训练题	89
同步训练题答案	90
第 9 章 机械零件设计概论	92
知识要点	92
书后习题解析	96
同步训练题	104
同步训练题答案	105
第 10 章 连接	108
知识要点	108
书后习题解析	113
同步训练题	121
同步训练题答案	122
第 11 章 齿轮传动	126
知识要点	126
书后习题解析	128
同步训练题	139
同步训练题答案	141
第 12 章 蜗杆传动	146
知识要点	146
书后习题解析	149
同步训练题	153
同步训练题答案	155

第 13 章 带传动和链传动	159
知识要点	159
书后习题解析	161
同步训练题	167
同步训练题答案	168
第 14 章 轴	172
知识要点	172
书后习题解析	173
同步训练题	181
同步训练题答案	183
第 15 章 滑动轴承	187
知识要点	187
书后习题解析	188
同步训练题	190
同步训练题答案	191
第 16 章 滚动轴承	193
知识要点	193
书后习题解析	194
同步训练题	200
同步训练题答案	201
第 17 章 联轴器、离合器和制动器	203
知识要点	203
书后习题解析	204
同步训练题	207
同步训练题答案	208
第 18 章 弹簧	210
知识要点	210
书后习题解析	210
同步训练题	215
同步训练题答案	215
参考文献	218

绪 论

学习本章的目的在于使学生弄清机器和机构、构件和零件等基本概念,初步了解本课程的研究对象、内容以及本课程的性质和任务。初步了解机械设计的一般过程。

一、本课程研究的内容

本课程着重研究两个内容:其一是常用机构(如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等)的结构和运动学性能,飞轮设计和回转件平衡等;其二是通用零件的基本结构、工作原理、设计理论和计算方法等。

二、本章的重点

本章重点是机器、机构、构件、零件、通用零件和专用零件等基本概念。

三、本章学习指导

1. 我们知道,机器是由许多零件组成的,但从机器的运动观点来看,并不是所有的零件之间都具有相对运动可能。在设计机器时,由于结构和工艺上的需要,常常将许多零件连接成一个刚体。如教材第3页图0-3所示内燃机连杆是由连杆体1、连杆盖4、螺栓2、螺母3等许多零件组合而成的,在机器工作时,这些零件作为一个刚体运动着,这种刚体称为构件。可见,构件往往是由几个零件刚性连接而成的,当然它也可以是一个单独的零件。必须注意,构件一定是个刚体,但不一定是个零件;构件是运动单元,零件是加工单元。

2. 本课程的许多内容与理论力学和材料力学有密切联系,学习中感到吃力的学生最好在学习本课程的同时,适当复习理论力学和材料力学中有关的内容。此外,本课程是介于基础理论课和专业课之间的一门技术基础课,是为今后学习专业课程的机械部分打基础和为生产实践中使用和维护机械设备提供一定条件。它既有一定的理论性,又有一定的实践性。要求同学们尽可能地多观察各种机器的实物和机构模型,以便增强感性认识。

第 1 章 平面机构的自由度和速度分析

知识要点

一、本章的基本内容

1. 平面机构中运动副及其分类。
2. 平面机构运动简图绘制方法。
3. 平面机构自由度计算。
4. 用速度瞬心法进行机构速度分析。

二、本章学习要求

1. 掌握平面机构中各种运动副的一般表示方法。能较熟练地看懂教材中平面机构运动简图。通过实验课初步掌握将实际机构绘制成机构运动简图的技能。
2. 能够识别平面机构运动简图中的复合铰链、局部自由度和常见的虚约束。会用公式计算平面机构的自由度并判断其运动是否确定。
3. 掌握瞬心的含义和求法,能够利用速度瞬心法分析简单机构的速度。

三、本章的重点

1. 看懂和绘制平面机构的运动简图。
2. 平面机构的自由度计算。
3. 三心定理及其应用。

四、本章的难点

1. 含有移动副的构件在机构运动简图上的表示方法。
2. 计算平面机构的自由度时虚约束的判断。不宜在此问题上花费太多的时间,只求掌握教

五、

1. 关
1,绘制机构运动简图时,代表转动副的小圆圈的圆心必须与相对回转中心重合;代表移动副的滑块的导路方向必须与移动方向一致。

绘制机构运动简图时,首先要分析机器的实际构造和运动情况。然后从原动件开始,循着运动传递的路线,弄清原动件与最末从动构件之间的传动关系,从而弄清机器是由多少构件和用何种运动副连接起来的。这样才能正确地绘出机构运动简图。

在绘制机构运动简图时,要注意可能组成一个转动副和一个移动副的构件的表示方法。在图1-1中,图1-1(a)是这种构件的一般表示法。因移动副只要求导路方向与移动方向一致,而导路的位置是不受限制的,如令导路通过转动副的回转中心,即得图1-1(b)。它是这类构件最常见的表现形式。学生应当学会分析由这类构件构成的复杂图形。例如图1-2所示压缩机机构在铰链C处各构件间的关系如下:构件2-3,3-4间组成转动副,构件3-8,4-5间组成移动副。

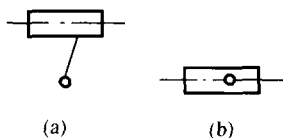


图 1-1

2. 请仔细阅读教材中机构运动简图的绘制方法。

3. 对复合铰链,应当注意复合铰链是指两个以上回转副中心重合为一,而不应仅仅根据若干构件汇交来判断。例如图1-2铰链E处虽有5,6,7,8四个构件汇交,但它们构成两个移动副和一个转动副,故不存在复合铰链。在图1-3所示周转轮系中,1,2,3是活动构件,4是机架,构件1,3和4在O点形成复合铰链。由于齿轮、凸轮等构件习惯于用外形来表示,简图上看不出构件汇交,故这种复合铰链易被忽略。

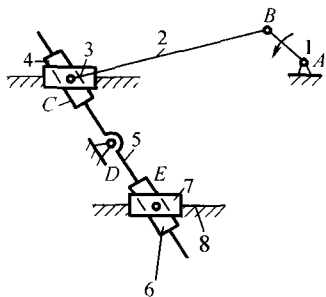


图 1-2

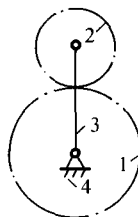


图 1-3

4. 局部自由度在平面机构中主要出现在有滚子的场合。在计算自由度时,为了防止错算构件数和运动副数,建议将图1-4(a)所示的滚子及其安装件固连为一个整体,如图1-4(b)所示。

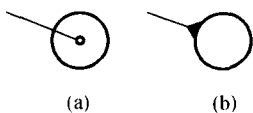


图 1-4

5. 虚约束比较复杂,不要求深入研究,只要求理解和熟悉以下几个实例:

1) 由两构件组成多个导路平行的移动副而产生的虚约束。

2) 构件间组成多个轴线重合的转动副,这类虚约束通常出现在轮系的侧视图中。在运动平面内绘制的机构运动简图不会出现这类虚约束。

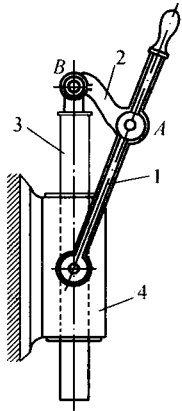
3) 在平行四边形机构中加入一个与某边平行且相等的构件。造成轨迹重叠而产生的虚约束(其他类型的轨迹重叠往往需要复杂的数学证明,可不深究)。

4) 轮系中的对称部分产生的虚约束。

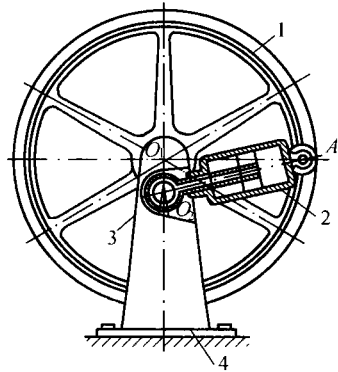
6. 速度瞬心的含义以及如何利用速度瞬心求某一构件的速度已在理论力学中阐述清楚。本节新增内容是构成运动副的两构件之间的相对速度瞬心的位置和三心定理,利用三心定理可以求出不直接由运动副连接的两构件之间的相对速度瞬心,从而达到利用速度瞬心进行机构运动分析的目的。

书后习题解析

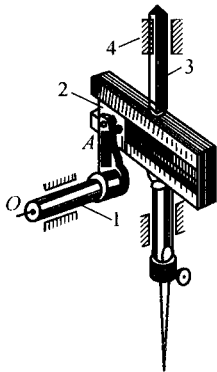
1-1 至 1-4 绘出图示(题 1-1 图~题 1-4 图)机构的机构运动简图。



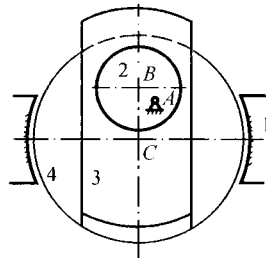
题 1-1 图 唧筒机构



题 1-2 图 回转柱塞泵

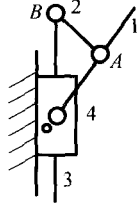


题 1-3 图 缝纫机下针机构

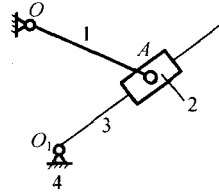


题 1-4 图 偏心轮机构

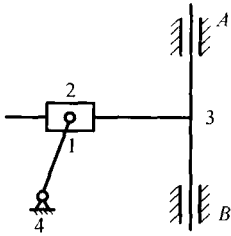
解



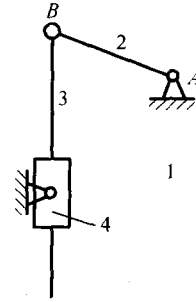
题 1-1 解图



题 1-2 解图

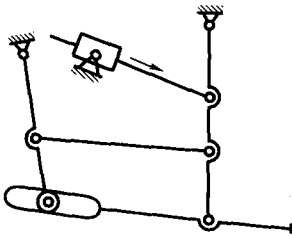


题 1-3 解图

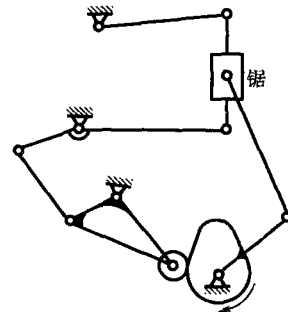


题 1-4 解图

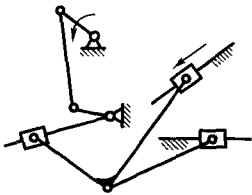
1-5 至 1-12 指出(题 1-5 图~题 1-12 图)机构运动简图中的复合铰链、局部自由度和虚约束,计算各机构的自由度。



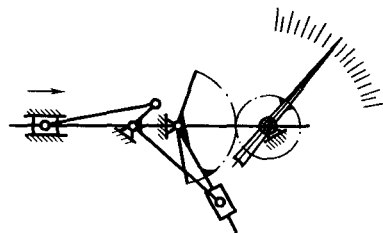
题 1-5 图 平炉渣口堵塞机构



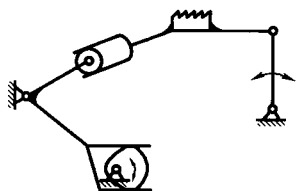
题 1-6 图 锯木机机构



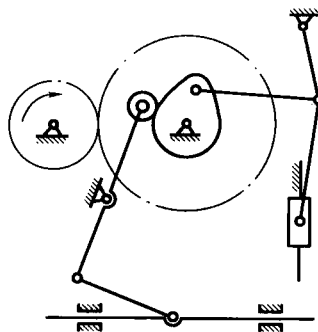
题 1-7 图 加药泵加药机构



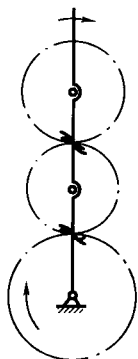
题 1-8 图 测量仪表机构



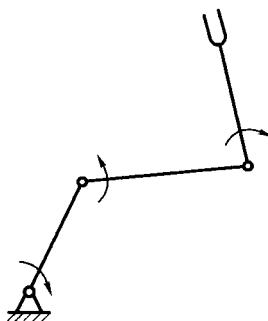
题 1-9 图 缝纫机送布机构



题 1-10 图 冲压机构



题 1-11 图 差动轮系



题 1-12 图

1-5 解 滚子是局部自由度, 去掉

$$n = 6, p_l = 8, p_h = 1$$

$$F = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

1-6 解 滚子是局部自由度, 去掉

$$n = 8, p_l = 11, p_h = 1$$

$$F = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$

1-7 解 $n = 8, p_l = 11, p_h = 0$

$$F = 3 \times 8 - 2 \times 11 = 2$$

1-8 解 $n = 6, n = 8, n = 1$

$$F = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

1-9 解 滚子是局部自由度, 去掉

$$n = 4, p_l = 4, p_h = 2$$

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

1-10 解 滚子是局部自由度, 去掉右端三杆组成转动副; 复合铰链下端两构件组成移动副, 去掉一个。

$$n = 9, p_l = 12, p_h = 2$$

$$F = 3 \times 9 - 2 \times 12 - 2 = 1$$

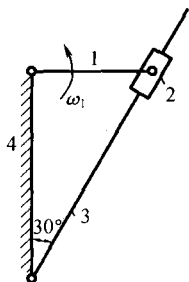
1-11 解 最下面齿轮、系杆和机架组成复合铰链。

$$n = 4, p_l = 4, p_h = 2$$

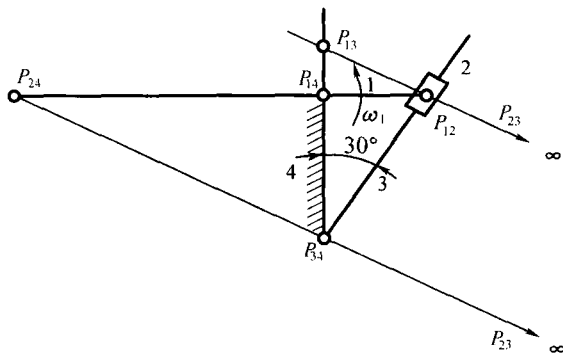
$$F = 3 \times 4 - 2 \times 4 - 2 = 2$$

1-12 解 $n = 3, p_l = 3, p_h = 0, F = 3 \times 3 - 2 \times 3 = 3$

1-13 求出题 1-13 图示导杆机构的全部瞬心和构件 1, 3 的角速比 ω_1/ω_3 。



题 1-13 图



题 1-13 解图

解

$$\omega_1 L_{P_{14}P_{13}} = \omega_3 L_{P_{34}P_{13}}, \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{L_{P_{34}P_{13}}}{L_{P_{14}P_{13}}}$$

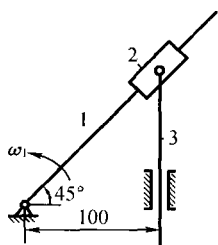
1-14 求出题 1-14 图正切机构的全部瞬心。设 $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$, 求构件 3 的速度 v_3 。

解

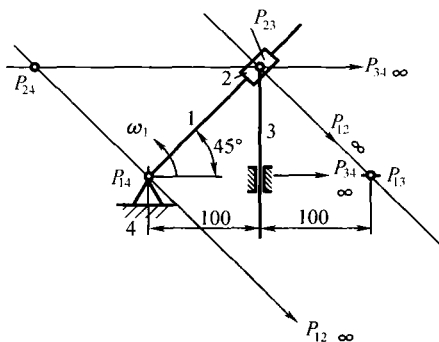
$$\omega_1 \cdot L_{P_{14}P_{13}} = v_3$$

所以

$$v_3 = 10 \times 200 = 2000$$



题 1-14 图



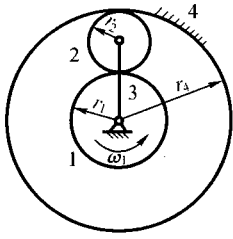
题 1-14 解图

1-15 题 1-15 图所示为摩擦行星传动机构, 设行星轮 2 与构件 1、构件 4 保持纯滚动接触, 试用瞬心法求轮 1 与轮 2 的角速比 ω_1/ω_2 。

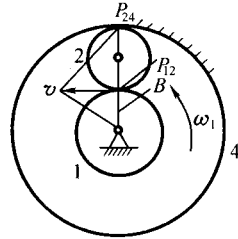
解 在 P_{12} 处, 有 $v_1 = v_2$

因为 $\omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot 2r_2$, 所以

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{2r_2}{r_1}$$



题 1-15 图



题 1-15 解图

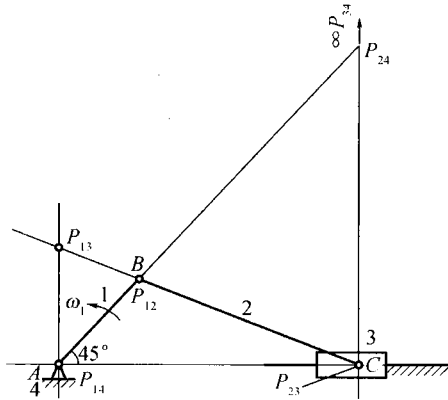
1-16 题 1-16 图所示曲柄滑块机构, 已知 $l_{AB} = 100\text{mm}$, $l_{BC} = 250\text{mm}$, $\omega_1 = 10\text{rad/s}$, 求机构全部瞬心、滑块速度 v_3 和连杆角速度 ω_2 。

解 取比例尺 $\mu_l = 9\text{mm/mm}$

$$(1) \quad v_3 = \omega_1 \cdot \overline{P_{13}P_{14}} \cdot \mu_l = 10 \times 10 \times 9 = 0.9\text{m/s}$$

$$(2) \quad \omega_2 \cdot \overline{P_{24}P_{12}} = \omega_1 \cdot \overline{P_{14}P_{12}}$$

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{P_{14}P_{12}}{P_{24}P_{12}} \mu_l = 10 \times \frac{11.1}{120.7} \times 9 = 8.28\text{rad/s}$$



题 1-16 解图

1-17 题 1-17 图所示平底摆动从动件凸轮机构, 已知凸轮 1 为半径 $r = 20$ 的圆盘, 圆盘中心 C 与凸轮回转中心的距离 $l_{AC} = 15\text{mm}$, $l_{AB} = 90\text{mm}$, $\omega_1 = 10\text{rad/s}$, 求 $\theta = 0^\circ$ 和 $\theta = 180^\circ$ 时, 从动件角速度 ω_2 的数值和方向。

解 取比例尺 $\mu_l = 1\text{mm/mm}$

(1) 当 $\theta = 0^\circ$ 时

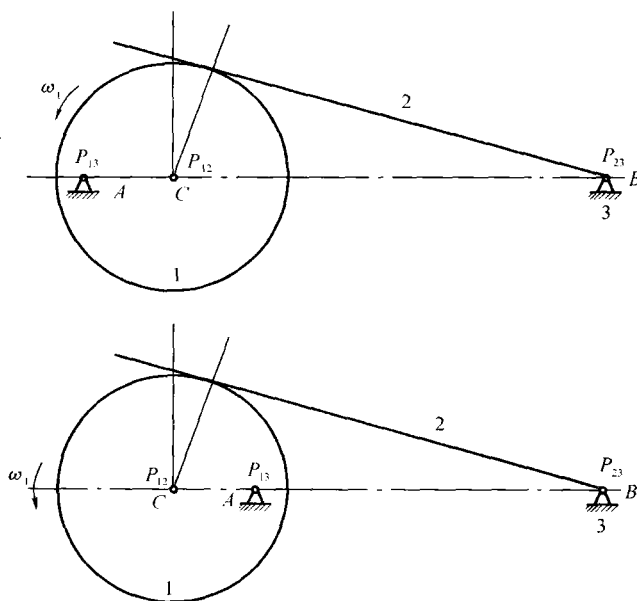
$$\omega_1 \cdot \overline{P_{13}P_{12}} = \omega_2 \cdot \overline{P_{12}P_{23}}$$

$$\omega_2 = \frac{P_{13}P_{12}}{P_{12}P_{23}} \cdot \omega_1 = 2\text{rad/s} \quad \text{顺时针方向}$$

(2) 当 $\theta = 180^\circ$ 时

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

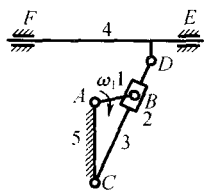
$$\omega_2 = \frac{P_{12}P_{13}}{P_{12}P_{23}} \cdot \omega_1 = 1.43 \text{ rad/s} \quad \text{逆时针方向}$$



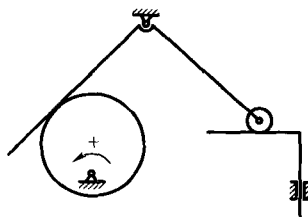
题1-17解图

同步训练题

1. 初拟机构运动方案如题1图所示。欲将构件1的连续转动转变为构件4的往复移动,试求:(1)计算其自由度,分析该设计方案是否合理?(2)如不合理,可如何改进?提出修改措施并用简图表示。
2. 试画出题2图所示高副机构的低副替代机构。

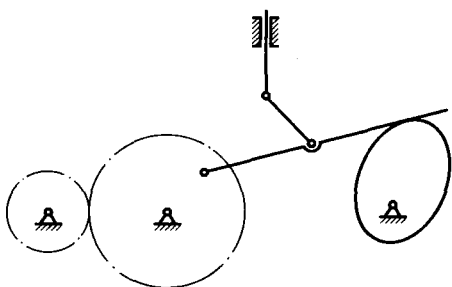


题1图

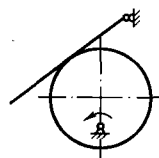


题2图

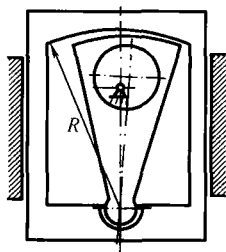
3. 计算题3图所示机构的自由度,将高副用低副代替,并选择原动件。
4. 题4图所示为一平底摆动从动件盘型凸轮机构,试画出机构在高副低代后瞬时替代机构,并计算代换前和代换后的机构自由度。
5. 试画出题5图所示机构的运动简图,并计算其自由度。
6. 画出题6图所示机构的运动简图。



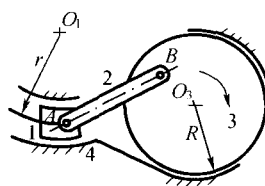
题3图



题4图



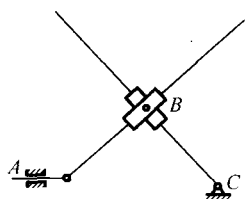
题5图



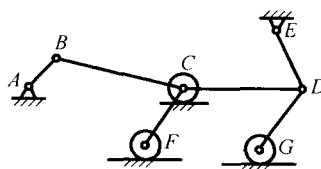
题6图

7. 试求题7图所示机构的自由度。

8. 试计算题8图所示机构的自由度(若含有复合铰链、局部自由度和虚约束应指出)。



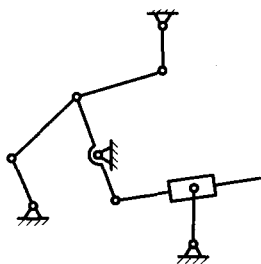
题7图



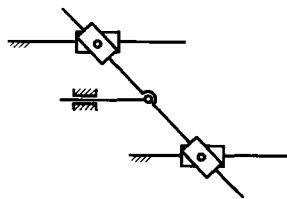
题8图

9. 试计算题9图所示机构的自由度。

10. 试计算题10图所示机构的自由度。



题9图



题10图

11. 题11图所示机构中尺寸已知($\mu_l = 0.05\text{m/mm}$), 机构1沿构件4作纯滚动, 其上S点的速度为 $v_s (\mu_v = 0.6(\text{m/s})/\text{mm})$ 。(1)在图上作出所有瞬心;(2)用瞬心法求出K点