



21

21世纪大学课程辅导丛书

机械原理

学习指导 典型题解

新版

王晶 主编
赵卫军 陈晓南 姜琪 编



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



21世纪大学课程辅导丛书

机械原理

学习指导—典型题解

新版

王晶 主编

赵卫军 陈晓南 姜琪 编



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书分为 10 章,每章编有“本章解题要点”和“解题思路及过程”,主要帮助学生复习、归纳基本概念和解题方法。全书共计 174 道题解,有一部分题目是一题多解。通常在解题前有解题思路或解题方法的提示,解题后配有注释说明。为了检测学习效果,附录配有三套试题。

本书可作为大学生学习机械原理课程的参考书,也可供报考硕士研究生的考生及有关教师和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理学习指导典型题解/王晶主编;赵卫军,陈晓南,姜琪编. —新版. —西安:西安交通大学出版社, 2009.1

(21 世纪大学课程辅导丛书)

ISBN 978-7-5605-1528-1

I. 机… II. ①王… ②赵… ③陈… ④姜… III. 机构学-高等学校-教学参考资料 IV. TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 127319 号

书 名 机械原理——学习指导 典型题解
主 编 王 晶
责任编辑 李慧娜

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16 印张 13.125 字数 314 千字
版次印次 2009 年 1 月新版 2009 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-1528-1/TH·63
定 价 18.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

丛书总序

“21 世纪大学课程辅导丛书”第一版出版已有十年时间,几经再版,深受广大读者的喜爱。为了满足读者朋友的需要,也为了适应高等教育改革的形势和新的教学要求,我们组织作者对本丛书进行了修订,以全新的面貌奉献给大家。

我们出版这套丛书的目的是为普通高等学校理工类专业的大学生提供一流的学习资源,使大家共享一流教师的教学经验和教学成果,更好地学习、掌握基础课和专业基础课知识,为今后的学习和深造打下良好的基础。

西安交通大学是国内仅有的几所具有百年历史的高等学府,是首批进入国家“211 工程”建设的七所大学之一,1999 年被国家确定为中西部地区惟一所以建设世界知名高水平大学为目标的学校。西安交大历来重视本科生教学,1996 年成为全国首家本科教学评估为优秀的大学。学校拥有国家级、省部级、校级教学名师数十名,具有丰富的、一流的教学资源。

本丛书由西安交通大学长期在教学一线主讲的教授、副教授主编,他们具有丰富的基础课、专业基础课教学和辅导经验。丛书作者们在长期的教学实践中,深深了解学生在学习基础课、专业基础课时的难点和困惑点之所在,对如何使学生更有效地学习、掌握课程的基本知识和解题技巧进行了深入的探索和研究,并将成果体现于书中。

本丛书以普通高等学校的学生为主要对象,不拘泥于某一本教材,而是将特色和用量较大的各种版本的教材加以归纳总结,取其精华,自成一体。书中对课程的基本内容、研究对象、教学要求、学习方法、解题思路等进行了全面、系统的总结和提炼,按基本知识点、重点与难点、典型题解析、自我检测题等环节进行编排;书后附录了自我检测题参考答案和近年来一些院校的期末考试题、考研试题及相应题解。本丛书的指导思想是帮助学生理清学习思路,总结并掌握各章节的要点;通过各类精选题的剖析、求解和示范,分析解题思路,示范解题过程,总结方法要略,展示题型变化;达到扩展知识视野,启迪创新思维,促进能力提高的目的。

本丛书既可以单独使用,也可以与其他教材配合使用;既可以作为课程学习时的同步自学辅导教材,也可以作为考研复习时的主要参考资料。

我们衷心希望本丛书成为您大学基础课和专业基础课学习阶段的良师益友,帮助您克服困难,进入大学学习的自由王国;也希望在考研冲刺时本丛书能助您一臂之力,使您一举成功!

在学习使用过程中,您如果发现书中有不妥之处或有好的建议,敬请批评指正并反馈给我们,我们一定会进一步改进自己的工作,力争使您满意。

真诚感谢您使用西安交大版图书。

西安交大出版社网址: <http://press.xjtu.edu.cn/>

理工医事业部网址: <http://lgny.xjtupress.com/>

理工医事业部信箱: jdlgy@yahoo.cn

西安交通大学出版社

2008年6月

前 言

机械原理课程经过十多年教学改革的洗礼,其课程的性质、内容和在人才培养体系中的地位都已经发生了一定的变化。首先,课程的性质由主干“技术基础课”,开始逐渐向机械设计类专业的核心课程过渡;其次,根据社会经济发展和科技进步的需要,新知识、新理论和新技术逐渐充实到教材和教学内容之中;第三,由于依托行业的以专门机械为核心的机械系统设计课程已逐渐淘汰,机械原理课程正成为更通用的“机械设计系列课程”之重要一环。

为配合机械原理课程改革和发展,一方面,应继承本课程之经典内容,这是本课程立命之本;另一方面,应加强组合机械设计,增加新机械、新型传动、机械器等现代内容,特别是机械运动方案创新设计。新机构的发明,包括光、磁、液、电等驱动和控制的广义机构的发明,也包括微型机械、柔性机构、含柔索机构等新型机构的发明。国内许多学者认为:打好基础还是要靠经典内容,现代内容的介绍则是使学生了解科技的发展趋向。

机械原理课程的主要任务是使学生掌握各种基本机构及由它们组成的机械系统的基础理论和基本知识,分析和设计方法,并初步具备按照任务要求进行简单机械系统运动方案设计的能力。本课程应在培养学生的机构分析和设计能力、机械系统运动方案设计能力,启迪创造性思维,以及提高工程实践能力等方面发挥作用。

使学生掌握基本理论和基本知识,分析和设计方法,培养学生机构分析和设计能力、机械系统运动方案设计能力的途径只能通过“实践”。而做习题就是“实践”的方法之一。

本书在内容安排上,既保留了经典的部分,采用经典的方法进行求解,以体现传统机构设计之真谛;又增加了机构组合设计、系统方案设计、广义机构设计等类型习题,为学生提供可“实践”题目;解题过程又体现了引导作用。学生在求解时,应注意以下几点。

(1) 仔细审题。首先明确题意,也就是明确本题是做分析还是设计,分析什么问题,设计什么东西。其次,了解该题给出了哪些已知条件和限定条件。然后,根据题意,搜索与该题有关的要素,与给出的条件比对,确定缺少哪些条件,而其中哪些是可自行决定的,哪些是可以通过什么办法确定的,哪些是多余的,哪些是不足的。这也就确定了解题思路,是关键的一步。

(2) 认真解题。由于本课程研究的问题,多数是运动几何学的问题,所以(主要)采用图解法解题,它有直观、简便、易于校验和发现问题等优点,而精度一般也能满足工程技术的要求。所以,从工程观点看,采用图解法辅助学习利大于弊。

做图解题时要准确、细心。铅笔要削尖,尺寸要准确,特别角度要量准,必要时可通过 $\tan\varphi$ 的关系量取边长来获得角度 φ ,以免产生“失之毫厘,差之千里”的结果。

解题要完整。图解法要标出做图的比例尺,画出某一位置的机构运动简图、标出各杆长度,以及必要的论述。特别是机构设计题,尽可能核验设计结果的正确性(即能满足设计要求)。

(3) 小结归纳,扩展知识和思路。每做完一题,应归纳一下,如该题的已知条件、设计要求、设计命题、采用方法,弄清概念。思考一下可否用另外的命题或方法求解,若已知条件有改

动后,能否求解等等。这样,通过自己的归纳和思考,不仅明确了概念、原理、原则、掌握了解决问题的方法,深入、扩展了知识和思路,还能从中悟出些规律性的东西,这时学过的知识、技能和方法就属于自己了。

本书配合机械原理课程教学使用,提供对本课程研修时的参考与比较。而对于一般的自修者,则有启发与提示的作用,希望能借此书的帮助,在学习过程中有更上一层楼的成就。

本书第1章、第9章、第10章由赵卫军编写,第2章由陈晓南编写,第3章由姜琪、陈晓南编写,第4章由姜琪、赵卫军编写,第5章、第6章、第7章由王晶编写,第8章由姜琪、王晶编写,附录由王晶编写,最后由王晶统稿。

限于作者的水平,本书难免有疏漏与欠妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2009年1月

目 录

前言

第 1 章	机构分析与设计中的几个基本概念	(1)
第 2 章	常用基本机构的特性和应用	(31)
第 3 章	基本机构的变异和组合	(47)
第 4 章	机械运动系统方案设计	(65)
第 5 章	平面连杆机构设计	(81)
第 6 章	凸轮机构设计	(105)
第 7 章	齿轮啮合原理及机构设计	(119)
第 8 章	机构组合系统的尺寸设计	(134)
第 9 章	机构运动学性能分析	(149)
第 10 章	机构动力学性能分析	(165)
附录	三套试题及参考答案	(184)
参考文献		(201)

第1章 机构分析与设计中的几个基本概念

本章解题要点

本章习题所涉及的内容为:机构运动简图的绘制、平面机构自由度的计算、求解机构的速度瞬心和利用瞬心法分析机构的运动、平面机构的拆分、运动副中的摩擦和自锁以及机构力分析等。在分析习题之前,首先应掌握本章所学的基本概念和定理,并了解解题的一般方法和步骤。

基本概念和定理:构件、零件、运动副、转动副、移动副、平面滚滑副、运动链、开式链、闭式链、机构、机构具有确定运动的条件、机构运动简图、机构简图(机动示意图)、机构自由度、复合铰链、局部自由度、虚约束、公共约束、多环机构、速度瞬心、绝对瞬心、相对瞬心、三心定理、杆组、Ⅱ级杆组、Ⅲ级杆组、高副低代、摩擦圆、摩擦角、压力角、传动角、运动副的自锁、机械效率等。

解题的一般方法和步骤:

1. 绘制机构运动简图的步骤:(1) 确定机架和主动件,按运动传递路线逐个分清各从动构件,并依次标上数字编号;(2) 认清相邻两构件所组成的运动副(可根据运动的几何特征和运动特征来判断),并标上字母;(3) 合理的选择视图和主动件的位置,使所画的机构运动简图上代表构件的线条尽可能避免重叠和相交现象;(4) 按比例及规定的符号绘制机构运动简图;(5) 标上与运动有关的参数。

2. 机构自由度计算的步骤:(1) 注意复合铰链,刚化局部自由度,剔除虚约束,确定公共约束数;(2) 对多环机构,若出现各环公共约束数不同或存在某环的自由度小于等于零的情况时,应分环计算其自由度,然后根据各环的连接情况来确定机构的自由度。否则无需分环计算;(3) 分别确定构件数、低副数和高副数;(4) 用平面机构自由度计算公式 $W = 3n - 2P_5 - P_4$ 计算机构的自由度。

3. 确定速度瞬心位置的方法:(1) 若两构件直接组成运动副时,可用观察法确定。即两构件组成转动副时,速度瞬心位于转动中心;组成移动副时,速度瞬心位于垂直于移动方位的无穷远处;组成平面滚滑副时,速度瞬心位于过接触点的公法线上。(2) 若两构件不直接组成运动副时,可借助于三心定理来确定速度瞬心的位置。三心定理:互作平面平行运动的三个构件,共有三个瞬心,且位于同一直线上。即三个构件的三个速度瞬心中,若已知两个瞬心的位置,则第三个瞬心一定位于该两瞬心的连线上。(3) 绝对瞬心与相对瞬心的判定:凡与机架组成的瞬心为绝对瞬心,否则为相对瞬心。(4) 另外,也可由速度瞬心的定义来确定速度瞬心的位置。

4. 利用瞬心法求速度的步骤:(1) 确定已知运动构件与待求运动构件之间以及两者与中介构件(一般取机架为中介构件)之间的三个速度瞬心;(2) 根据瞬心点速度相等原则,列出已知运动构件与待求运动构件之间的速度方程;(3) 求解速度方程。

5. 平面机构的拆分步骤:(1) 首先剔除机构中的虚约束和局部自由度。(2) 若机构中存

在高副(平面滚滑副),则应采用高副低代的方法,使其成为低副机构。(3) 根据机构具有确定运动的条件,设定主动件。(4) 从远离主动件处开始拆分杆组(先试拆Ⅱ级杆组,如不能,再试拆Ⅲ级杆组、Ⅳ级杆组等)。(5) 接着在剩余机构中试拆第2个杆组、第3个杆组等,直到剩下机架和主动件为止。(6) 机构级别的判定:在所拆杆组级别中,取最高级杆组的级别为机构级别,如最高级别的杆组为Ⅲ级杆组,则机构为Ⅲ级机构。

6. 运动副中摩擦和自锁的分析步骤:(1) 对于转动副,应先确定摩擦圆半径,再画出摩擦圆。然后分析外力作用线与摩擦圆之间的关系:若外力作用线与摩擦圆相交,则驱动力矩小于摩擦阻力矩;若外力作用线与摩擦圆相切,则驱动力矩等于摩擦阻力矩;若外力作用线与摩擦圆相离,则驱动力矩大于摩擦阻力矩。(2) 对于移动副,首先要分析移动副属于单面接触状态还是双面接触状态。然后根据接触状态的不同,具体分析驱动力与摩擦力之间的关系。如单面接触状态时:若传动角小于摩擦角,则驱动力小于摩擦力;若传动角等于摩擦角,则驱动力等于摩擦力;若传动角大于摩擦角,则驱动力大于摩擦力。(3) 当运动副处于静止状态时,若驱动力(力矩)小于等于摩擦阻力(力矩),则运动副自锁。

7. 机构力分析的步骤:(1) 确定各运动副中总反力的作用线和方向;(2) 列出各构件的力平衡方程;(3) 作力多边形解出未知量。

8. 运动副中总反力的确定方法:(1) 确定组成运动副的两构件间的相对运动关系及相对速度方向。(2) 在不计摩擦力时,由力平衡条件确定正压力的方向。(3) 在考虑摩擦力的情况下,确定总反力的方向。方法如下:对于移动副,总反力 R_{21} 的方向与相对速度 v_{12} 方向之间的夹角应为 $90^\circ + \varphi$;对于转动副,总反力 R_{21} 应与摩擦圆相切,且与正压力方向基本相同,并保持对轴颈中心之矩的方向与相对角速度 ω_{12} 的方向相反。

1.1 如题 1.1 图所示,圆盘 A 绕轴心 O 转动,试画出该机构的运动简图,并用作图法观察该机构中的圆盘 A 能否绕 O 作整周转动?

解 先分清构件,并标上数字编号,如题 1.1 图所示;

其次是分析各相邻构件间所形成的运动副类型,如构件 1 与构件 2 之间为圆柱面接触,故两构件间形成转动副,转动中心为 A。最终分析结果见题 1.1 解图(b);

然后再按选定的比例尺在适当的位置画上运动副符号,并将同一构件上的运动副用简单的线条相连,以代表该构件,如题 1.1 解图(a);

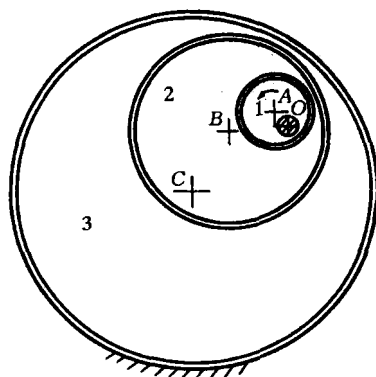
最后再标上与运动有关的尺寸。

构件杆长尺寸如下:

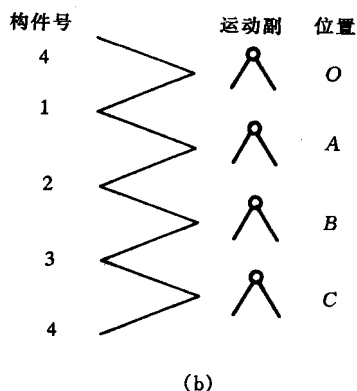
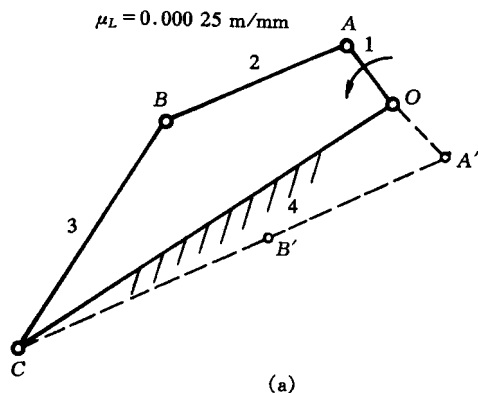
$$l_{OA} = 2.5 \text{ mm} \quad l_{AB} = 6.5 \text{ mm} \quad l_{BC} = 9 \text{ mm}$$

$$l_{OC} = 15 \text{ mm}$$

由于构件 1 上 A 点转至 A' 位置时, A'B' 与 B'C 拉成一条直线,见题 1.1 解图(a)中虚线所示,所以圆盘 A 不能绕 O 作整周转动。



题 1.1 图

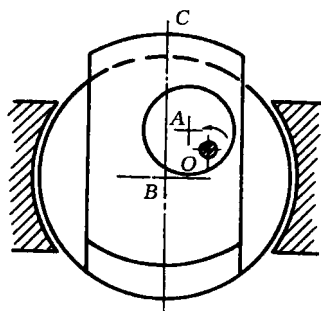


题 1.1 解图(a),(b)

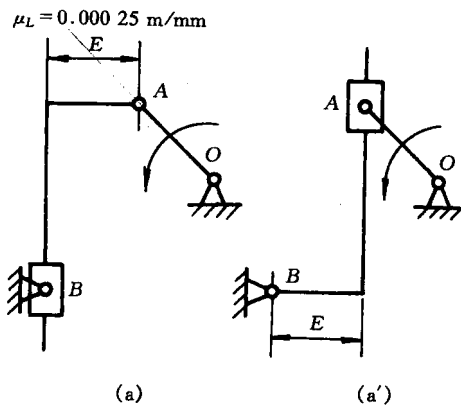
1.2 圆盘 A 绕轴心 O 转动,试画出题 1.2 图(a),(b)两图所示机构的运动简图,并比较两简图在什么条件下是两个同类的机构(或说是相同的机构)。

解 题 1.2 图(a)所示机构运动简图可画成题 1.2 解图(a),(a')的两种形式。机构杆长尺寸为:

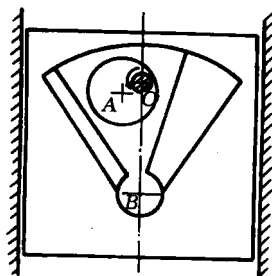
$$l_{OA} = 3.5 \text{ mm} \quad l_{OB} = 6.5 \text{ mm} \quad l_E = 3 \text{ mm}$$



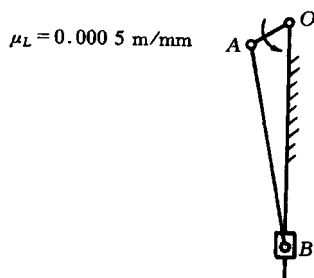
题 1.2 图(a)



题 1.2 解图(a),(a')



题 1.2 图(b)



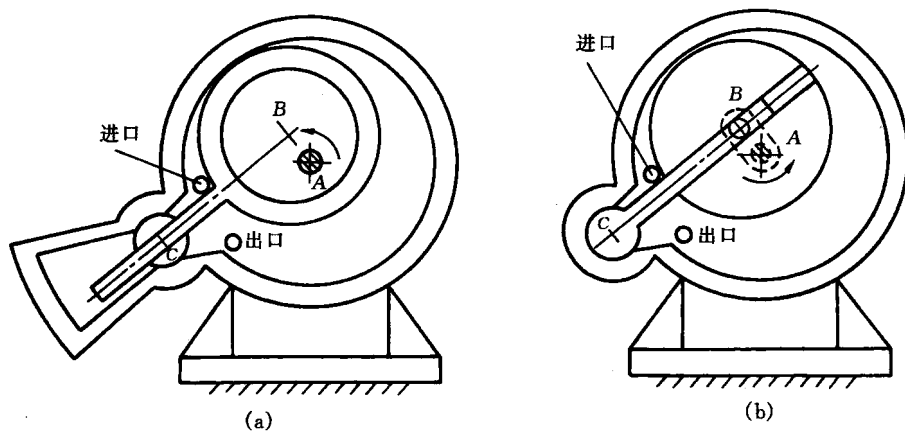
题 1.2 解图(b)

题 1.2 图(b)所示机构运动简图见题 1.2 解图(b)。机构杆长尺寸为:

$$l_{OA} = 3 \text{ mm} \quad l_{AB} = 14 \text{ mm}$$

比较两简图:若题 1.2 解图(a),(a')中机构的偏距 $l_E = 0$,再通过取不同构件作机架的方法(如取导杆 AB 为机架),这两个机构便成为同类机构。

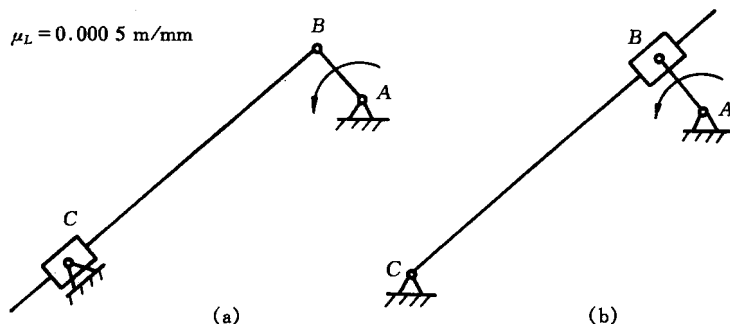
1.3 如题 1.3 图(a)(b)所示为油泵或压缩机主机构,要求分隔成的两腔之间有良好的密封效果,试画出下列两机构的运动简图,并比较两图是否相同,为什么用图(a)的结构为好?



题 1.3 图(a),(b)

解 题 1.3 图(a),(b)所示机构的运动简图均可画成题 1.3 解图(a),(b)的两种形式。机构尺寸如下:

$$l_{AB} = 4.5 \text{ mm} \quad l_{AC} = 22.5 \text{ mm}$$



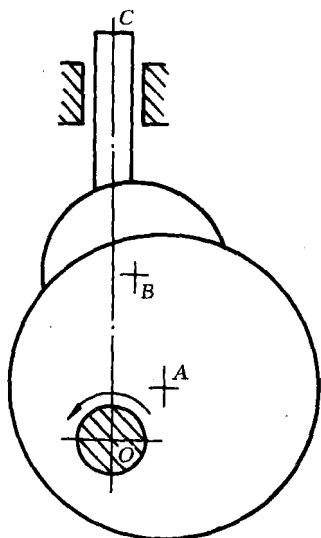
题 1.3 解图(a),(b)

用图(a)的结构为好的原因是:图(a)结构容易实现进口腔与出口腔之间的密封,而图(b)的结构不易实现两腔之间的密封。其原因是图(b)中 AB 杆在结构上必须位于密封腔内,所以不利于进口腔与出口腔之间的密封。

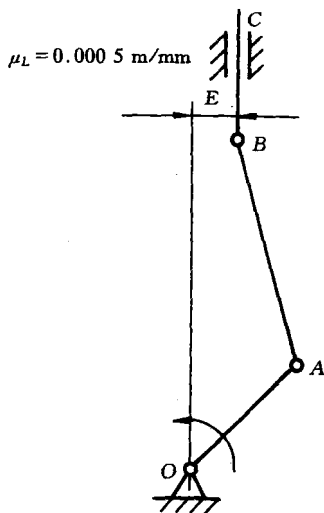
1.4 绘制图示机构的运动简图(如题 1.4 图)。

解 机构运动简图见题 1.4 解图,机构杆长尺寸为:

$$l_{OA} = 10 \text{ mm} \quad l_{AB} = 15.5 \text{ mm} \quad l_E = 3 \text{ mm}$$

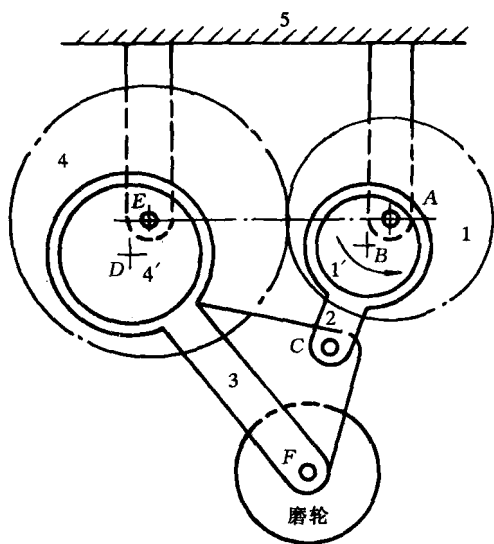


题 1.4 图

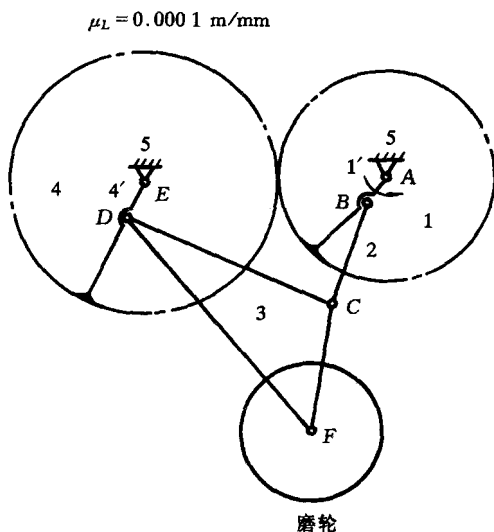


题 1.4 解图

1.5 绘制图示机构的运动简图,图中两个相切的点划线圆表示一对相互啮合的齿轮(滚滑副),齿轮分别与同轴的偏心轮固联为一个构件(如题 1.5 图)。



题 1.5 图



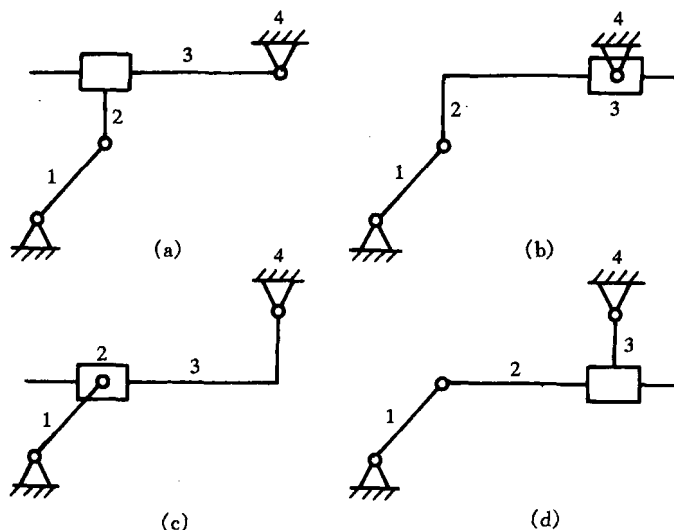
题 1.5 解图

解 机构运动简图见题 1.5 解图,机构杆长尺寸为:

$$l_{AB} = 4.5 \text{ mm} \quad l_{BC} = 14.5 \text{ mm} \quad l_{CD} = 29.5 \text{ mm} \quad l_{DE} = 5 \text{ mm} \quad l_{AE} = 31.5 \text{ mm}$$

1.6 试比较如题 1.6 图所示(a),(b),(c),(d)4 个机构是否相同,或哪几个是相同的?为什么?

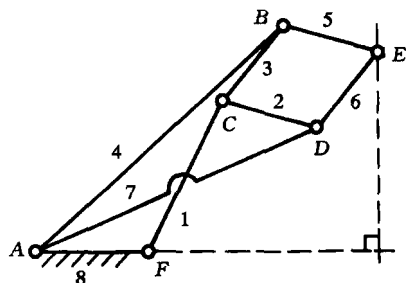
答 图示(a),(b),(c),(d)4 个机构是相同机构。因为 4 个机构中相邻构件组成的运动副类型相同,且转动副位置相同,相对机架移动副导轨方位一致。



题 1.6 图(a), (b), (c)(d)

1.7 计算下列机构的自由度: (1) 精确直线机构, E 点走直线轨迹; (2) 飞剪机构, 钢卷料在展开、匀速输送过程中剪成定长的钢板; (3) 剪板机机构, 两滑块相向移动完成剪切动作; (4) 间歇运动机构, 齿轮 2、杆 5 和机架 1 铰接在 A , 滚子 4 和齿轮 3 铰接, 弹簧的一端装在 5 上, 另一端装在 3 上, 使滚子 4 始终压紧在固定凸轮 1 上, 5 主动, 2 间歇运动; (5) 楔块机构, 相邻构件间均形成移动副; (6) 机械手机构。

解 对于计算自由度的题目, 主要是要确定构件数、低副数和高副数, 然后将其代入自由度计算公式进行计算。在计算前要注意复合铰链、局部自由度、虚约束、公共约束等情况, 尤其是对多环机构要特别注意, 只有在各环公共约束数不同或某个环中自由度小于等于零时才需分环计算, 否则分环计算与不分环计算的结果是一致的。



题 1.7 图(a) 精确直线机构

(1) 精确直线机构(如题 1.7 图(a))

解 1 $n=7$ $P_5=10$ $P_4=0$

$$W=3n-2P_5-P_4=3\times 7-2\times 10-0=1$$

其中 A, B, C, D 为复合铰链。

解 2 该机构是多环机构, 可分为 3 个环

链

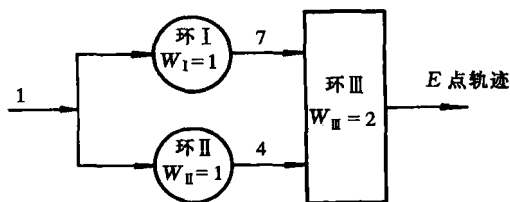
环 I $8-1-2-7-8$

环 II $8-1-3-4-8$

环 III $8-4-5-6-7-8$

各环链的自由度如下:

$$W_I=3n-2P_5-P_4=3\times 3-2\times 4-0=1$$



题 1.7 解图(a) 各环连接图

$$W_{II} = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

$$W_{III} = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 = 2$$

由题 1.7 解图(a)各环连接图可知:环Ⅲ自由度为 2, 需要 2 个输入构件, 运动才能确定。而环Ⅰ、环Ⅱ的自由度均为 1, 当以构件 1 为主动件时, 构件 4, 7 的运动是确定的, 此两构件可作为环Ⅲ的输入构件, 故其机构的自由度 $W = 1$ 。

注释 由以上两种解法可知:分环计算与不分环计算其结果是一样的, 其原因是三环中没有出现公共约束数不同和自由度小于等于零的两种情况。

(2) 飞剪机构(如题 1.7 图(b))

$$\text{解 } n = 5 \quad P_5 = 7 \quad P_4 = 0$$

$$\begin{aligned} W &= 3n - 2P_5 - P_4 \\ &= 3 \times 5 - 2 \times 7 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

其中: A、B 两移动副中有一个是虚约束, C 为复合铰链。

(3) 剪板机机构(如题 1.7 图(c))

$$\text{解 1 } n = 10 \quad P_5 = 14 \quad P_4 = 0$$

$$\begin{aligned} W &= 3n - 2P_5 - P_4 \\ &= 3 \times 10 - 2 \times 14 - 0 \\ &= 2 \end{aligned}$$

其中: A、B 为复合铰链, CDE 看作一个构件。

$$\text{解 2 } n = 12 \quad P_5 = 17 \quad P_4 = 0$$

$$\begin{aligned} W &= 3n - 2P_5 - P_4 \\ &= 3 \times 12 - 2 \times 17 - 0 \\ &= 2 \end{aligned}$$

其中: A、B、C、D、E 为复合铰链。

(4) 间歇运动机构(如题 1.7 图(d))

$$\text{解 } n = 3 \quad P_5 = 3 \quad P_4 = 2$$

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

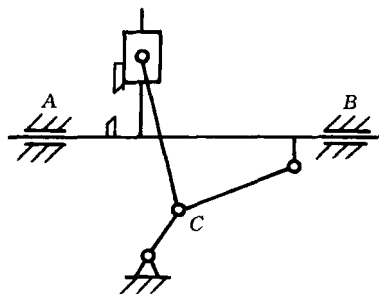
其中: 滚子 4 为局部自由度, A 为复合铰链。

(5) 楔块机构(如题 1.7 图(e))

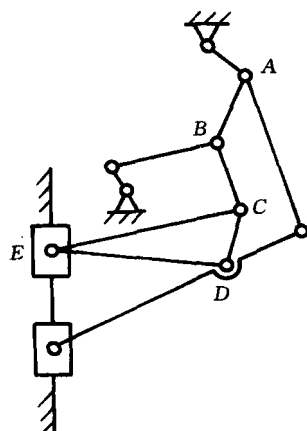
解 此机构具有的公共约束数为 1, 即所有构件均受到不能绕垂直与图面轴线转动的约束。

$$n = 3 \quad P_5 = 5$$

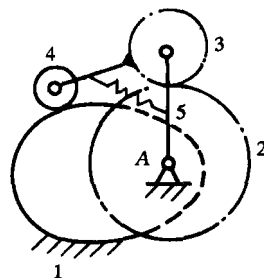
$$W = (3-1)n - (2-1)P_5 = (3-1) \times 3 - (2-1) \times 5 = 1$$



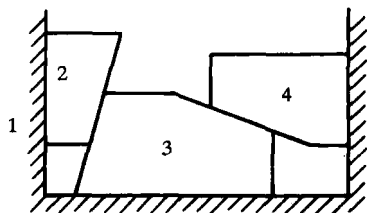
题 1.7 图(b) 飞剪机构



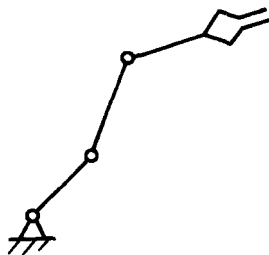
题 1.7 图(c) 剪板机机构



题 1.7 图(d) 间歇运动机构



题 1.7 图(e) 楔块机构



题 1.7 图(f) 机械手机构

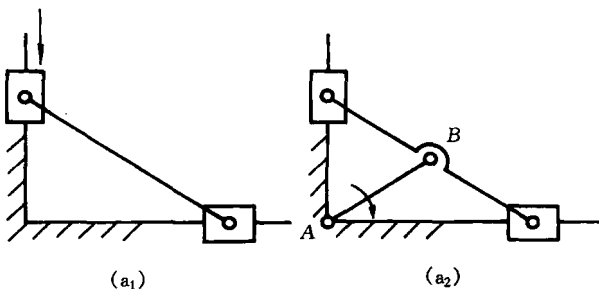
(6) 机械手机构(如题 1.7 图(f))

解 $n=3$ $P_5=3$ $P_4=0$

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 0 = 3$$

1.8 试说明题 1.8 图(a₁), (a₂), (b₁), (b₂), (c₁), (c₂), (d₁), (d₂)各组对应机构的自由度是否相同,为什么? 又为什么要用(a₂), (b₂), (c₂), (d₂)所示结构?

解 题 1.8 图(a)



题 1.8 图(a₁), (a₂)

$n=3$ $P_5=4$ $P_4=0$

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

其中 图(a₂)中 B 为连杆的中点,其轨迹是圆弧,而 AB 杆上 B 点的轨迹也是圆弧,故属于轨迹重合式虚约束。所以 AB 杆为虚约束构件,计算自由度时去元。

用(a₂)机构且以 AB 杆为主动件时,可保证机构不会出现死点位置;用滑块作主动件时,可容易度过死点。

解 题 1.8 图(b)

图(b₁) $n=5$ $P_5=7$ $P_4=0$

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

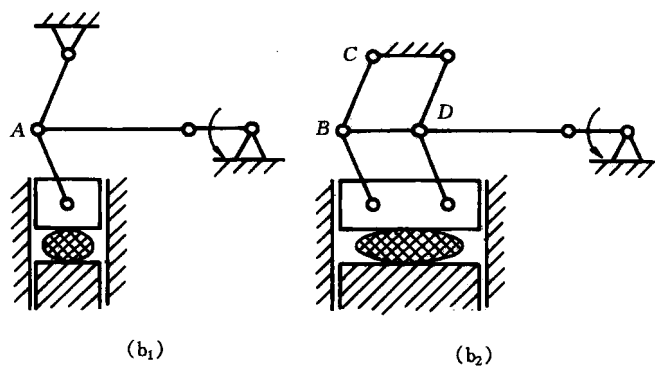
其中 A 为复合铰链

图(b₂) $n=7$ $P_5=10$ $P_4=0$

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 = 1$$

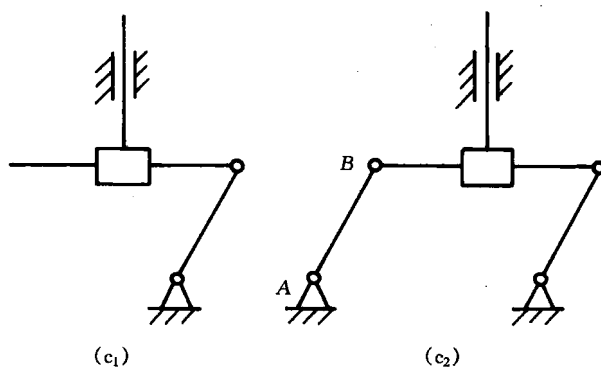
其中 BD 杆为虚约束杆, D 为复合铰链。

用(b₂)机构是为保证主动力由 B, D 传入,使冲头平移运动,且 B, D 处有均衡作用力。



题 1.8 图(b₁), (b₂)

解 题 1.8 图(c)



题 1.8 图(c₁), (c₂)

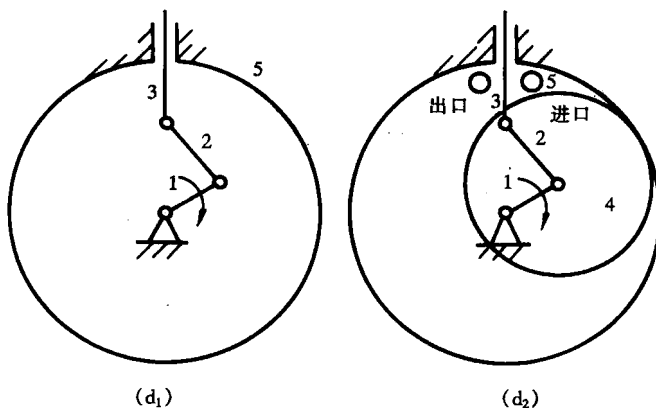
$$n=3 \quad P_5=4 \quad P_4=0$$

$$W=3n-2P_5-P_4=3\times 3-2\times 4-0=1$$

其中 图(c₂)中 AB 杆为虚约束杆。

用(c₂)机构是为保证连杆始终处于水平状态,使移动副中减少倾侧力矩。

解 题 1.8 图(d)



题 1.8 图(d₁), (d₂)