

三导丛书

机械设计基础

导教 · 导学 · 导考

主编	郭瑞峰	史丽晨	
编者	郭瑞峰	史丽晨	李团结
	秦彦斌	陆 品	

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书为杨可桢、程光蕴主编《机械设计基础》的配套辅导书,章节顺序和内容体系与教材完全一致,并涵盖了国内同类教材的重点内容。

书中每章内容包括重点内容提要、重点知识结构图、考点及常见题型精解、课后习题详解、学习效果测试题及答案五个部分。旨在帮助读者掌握课程内容重点,学会分析问题的方法,提高解题能力,检查学习效果。

本书可作为近机类、非机类大学生学习机械设计基础课程的参考书,也可供电大、职大、函大、夜大等相关专业的学生学习使用,也可作为考研辅导书,还可供有关教师及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础导教·导学·导考/郭瑞峰,史丽晨主编. —西安:
西北工业大学出版社,2005 .11

(三导丛书)

ISBN 7 - 5612 - 1998 - 9

.机... . 郭... 史... . 机械设计—高等学校—教学
参考资料 . TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 103556 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:029-88493844, 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:14 375

字 数:474 千字

版 次:2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

定 价:20.00 元

前 言

机械设计基础课程是高等工科大学近机类、非机类专业开设的一门技术基础课。杨可桢、程光蕴主编的《机械设计基础》，因其内容精炼、深度适中、重点突出、知识面宽而被众多高等学校作为主要教材在教学中采用。

本书是根据原国家教委颁布的“高等工业学校机械设计基础课程基本要求”，汇集了编者多年来的教学经验，在深刻理解机械设计基础课程内容的基础上编写而成的，是杨可桢、程光蕴主编《机械设计基础》的配套辅导书，章节顺序和内容体系与教材完全一致，并涵盖了国内同类教材的重点内容。

本书特点：

1. 明确每章的教学基本要求和重点教学内容。重点介绍基本概念、基本理论、基本分析方法和设计方法。
2. 建立明晰的知识结构框架。
3. 考点及经典题型精解。介绍考点的具体内容，并详尽剖析，总结解题规律、解题思路、解题技巧。
4. 详细的课后习题解答。
5. 自测试题及答案符合考点精神，便于学习总结和自我检验。

书后附有模拟试题五套。

参加本书编写工作的有：西安电子科技大学李团结（第1，14章）、西安石油大学秦彦斌（第3章）、西安石油大学陆品（第13章）、西安建筑科技大学史丽晨（第2，5，7，8，12章）、西安建筑科技大学郭瑞峰（第4，6，9，10，11，15，16，17，18章及模拟试题）。全书由郭瑞峰、史丽晨主编。

本书可作为近机类、非机类大学生学习《机械设计基础》课程的参考书，也可供电大、职大、函大、夜大等相关专业的学生学习使用，也可作为考研辅导书，还可供有关教师及工程技术人员参考。

由于编者水平有限，书中难免有谬误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2005年8月于西安

目 录

第 1 章	平面机构的自由度和速度分析.....	1
1.1	重点内容提要	1
1.2	重点知识结构图	6
1.3	考点及常见题型精解	6
1.4	课后习题详解.....	11
1.5	学习效果测试题及答案.....	16
第 2 章	平面连杆机构	20
2.1	重点内容提要.....	20
2.2	重点知识结构图.....	26
2.3	考点及常见题型精解.....	27
2.4	课后习题详解.....	32
2.5	学习效果测试题及答案.....	42
第 3 章	凸轮机构	50
3.1	重点内容提要.....	50
3.2	重点知识结构图.....	57
3.3	考点及常见题型精解.....	58
3.4	课后习题详解.....	67

3.5	学习效果测试题及答案.....	79
第4章	齿轮机构	84
4.1	重点内容提要.....	84
4.2	重点知识结构图.....	93
4.3	考点及常见题型精解.....	95
4.4	课后习题详解	101
4.5	学习效果测试题及答案	108
第5章	轮系.....	111
5.1	重点内容提要	111
5.2	重点知识结构图	114
5.3	考点及常见题型精解	115
5.4	课后习题详解	118
5.5	学习效果测试题及答案	131
第6章	间歇运动机构.....	137
6.1	重点内容提要	137
6.2	重点知识结构图	140
6.3	考点及常见题型精解	140
6.4	课后习题详解	142
6.5	学习效果测试题及答案	144
第7章	机械运转速度波动的调节.....	146
7.1	重点内容提要	146
7.2	重点知识结构图	149
7.3	考点及常见题型精解	149
7.4	课后习题详解	153

7.5	学习效果测试题及答案	161
第8章	回转件的平衡.....	165
8.1	重点内容提要	165
8.2	重点知识结构图	168
8.3	考点及常见题型精解	168
8.4	课后习题详解	172
8.5	学习效果测试题及答案	183
第9章	机械零件设计概论.....	187
9.1	重点内容提要	187
9.2	重点知识结构图	194
9.3	考点及常见题型精解	195
9.4	课后习题详解	196
9.5	学习效果测试题及答案	206
第10章	联接	209
10.1	重点内容提要.....	209
10.2	重点知识结构图.....	217
10.3	考点及常见题型精解.....	218
10.4	课后习题详解.....	224
10.5	学习效果测试题及答案.....	240
第11章	齿轮传动	243
11.1	重点内容提要.....	243
11.2	重点知识结构图.....	254
11.3	考点及常见题型精解.....	255
11.4	课后习题详解.....	258

11 5	学习效果测试题及答案.....	274
第 12 章	蜗杆传动	277
12 1	重点内容提要.....	277
12 2	重点知识结构图.....	281
12 3	考点及常见题型精解.....	282
12 4	课后习题详解.....	286
12 5	学习效果测试题及答案.....	293
第 13 章	带传动和链传动	297
13 1	重点内容提要.....	297
13 2	重点知识结构图.....	306
13 3	考点及常见题型精解.....	307
13 4	课后习题详解.....	316
13 5	学习效果测试题及答案.....	324
第 14 章	轴	329
14 1	重点内容提要.....	329
14 2	重点知识结构图.....	333
14 3	考点及常见题型精解.....	334
14 4	课后习题详解.....	338
14 5	学习效果测试题及答案.....	347
第 15 章	滑动轴承	350
15 1	重点内容提要.....	350
15 2	重点知识结构图.....	356
15 3	考点及常见题型精解.....	357
15 4	课后习题详解.....	359

15 5	学习效果测试题及答案.....	361
第 16 章	滚动轴承	363
16 1	重点内容提要.....	363
16 2	重点知识结构图.....	372
16 3	考点及常见题型精解.....	373
16 4	课后习题详解.....	379
16 5	学习效果测试题及答案.....	386
第 17 章	联轴器、离合器和制动器.....	390
17 1	重点内容提要.....	390
17 2	重点知识结构图.....	392
17 3	考点及常见题型精解.....	393
17 4	课后习题详解.....	396
17 5	学习效果测试题及答案.....	400
第 18 章	弹簧	403
18 1	重点内容提要.....	403
18 2	重点知识结构图.....	408
18 3	考点及常见题型精解.....	409
18 4	课后习题详解.....	411
18 5	学习效果测试题及答案.....	418
附录	模拟试题及参考解答.....	420
附录 A	模拟试题	420
附录 B	模拟试题参考解答	439
参考文献	449

第 1 章 平面机构的自由度和速度分析

1.1 重点内容提要

1.1.1 教学基本要求

- (1) 掌握运动副的概念及其分类。
- (2) 掌握绘制机构运动简图的方法。
- (3) 掌握平面机构的自由度计算公式。
- (4) 掌握速度瞬心的概念,能正确计算机构的瞬心数。
- (5) 掌握三心定理并能确定平面机构各瞬心的位置。
- (6) 能用瞬心法对简单高、低副机构进行速度分析。

1.1.2 构件和运动副及其分类

1. 构件

构件是机器中独立的运动单元体,是组成机构的基本要素之一。零件是机器中加工制造的单元体,一个构件可以是一个零件,也可以是由若干个零件刚性联接在一起的一个独立运动的整体。构件在图形表达上是用规定的最简单的线条或几何图形来表示的,但从运动学的角度看,构件又可视为任意大的平面刚体。

机构中的构件可分为三类:

(1) 固定构件(机架)。用来支承活动构件(运动构件)的构件,作为研究机构运动时的参考坐标系。

(2) 原动件(主动件)。又称为输入构件,是运动规律已知的活动构件,即作用有驱动力的构件。

(3) 从动件。其余随主动件的运动而运动的活动构件。

(4) 输出构件。输出预期运动的从动件。其他从动件则起传递运动的作用。

2. 运动副

运动副是由两构件组成的相对可动的联接部分,是组成机构的又一基本要素。由运动副的定义可以看出运动副的基本特征如下:

- (1) 具有一定的接触表面,并把两构件参与接触的表面称为运动副元素。
- (2) 能产生一定的相对运动。

因此,运动副可按下述情况分类:

(1) 根据两构件的接触情况分为高副和低副,其中通过点或线接触的运动副称为高副,以面接触的运动副称为低副。

(2) 按构成运动副两构件之间所能产生相对运动的形式分为转动副(又称为铰链)、移动副、螺旋副和球面副等。

(3) 因为运动副起着限制两构件之间某些相对运动的作用,所以运动副可根据其所引入约束的数目分为 级副、 级副、 级副、 级副和 级副。

在实际机械中,经常出现某一构件与其他构件在多处接触的联接情况,这时应注意分析各处接触所引入的约束情况,并根据所引入独立约束的数目来判断两构件形成运动副的类别及数目。总之,两构件构成的运动副应至少要引入一个约束,也至少要具有一个自由度。因此,平面运动副的最大约束数为 2,最小约束数为 1。至于运动副的图形表达则应按照国家标准规定的符号来绘制。

1.1.3 机构运动简图及其绘制

机构各部分的相对运动只决定于各构件间组成的运动副类型(转动副、移动副及高副等)和各构件的运动尺寸(即确定各运动副相对位置的尺寸),而与构件的形状和外形尺寸等因素无关。所以,描述机构运动原理的图形,可以根据机构的运动尺寸,按一定的比例尺定出各运动副的位置,再用规定的运动副的代表符号和代表构件的简单线条或几何图形将机构的运动情况表示出来,这种与实际机构位置相同或尺寸成比例绘出的简单图形称为机构运动简图。可以看出,机构运动简图是剔除了与运动无关的因素而画出来的简图,最清楚地揭示了机构的运动特性。而设计机构,也就是要确定机构方案和与运动有关的尺寸,即设计机构运动简图。

机构运动简图绘制的步骤如下:

第一步:认清机架、输入构件和输出构件。

第二步:分清构件并编号。首先使主动件运动起来,然后从主动件开始,按

构件是运动单元体的概念分清机构中有几个构件,并将构件(包括机架)按联接顺序编号为 1,2,3,...。

第三步:认清运动副类型并编号。根据两构件间的相对运动形态或运动副元素的形状,认清运动副的类型并依次编号,如 A, B, C, ...。

第四步:恰当地选择作图的投影平面。选择时应以能最简单、清楚地把机构的运动情况表示出来为原则。一般选机构中的多数构件的运动平面为投影面。

第五步:以机架为参考坐标系,将主动件置于一个适当的位置,按比例定出各运动副的位置,并画出各运动副的符号及注出编号。

以机架为参考坐标系,就是可先定出机架上运动副的位置,并以此位置作为基准,画出机构中各构件相对于机架的位置关系,所以机架本身是否水平或倾斜是不必考虑的。

将主动件置于适当位置的目的是使画出的机构运动简图清晰,就是代表构件的线条尽量不交叉、不重叠。

第六步:将同一构件的运动副用简单的线条连起来代表构件,并注出构件编号和原动件的转向箭头,便绘出了机构的运动简图。

1.1.4 平面机构自由度的计算

1. 平面一般机构自由度的计算

其公式为

$$F = 3n - 2p_l - p_h \quad (1.1)$$

式(1.1)中, F 为机构的自由度, n 为机构中活动构件的数目, p_l 为机构中低副的数目, p_h 为机构中高副的数目。

为了使 F 计算正确,必须正确判断机构中 n , p_l 和 p_h 的数目,因此,应特别注意处理好下列三种情况:

(1) 要正确判定机构中构件的数目和运动副的数目。构件是机构中的运动单元体,所以,不论构件的结构如何复杂,只要是同一个运动单元体,它就是一个构件。

对于运动副数目的确定,应注意复合铰链的存在,即当 m ($m > 2$) 个构件同在一处以转动副联接时,则构成复合铰链,其转动副数应为 $(m - 1)$ 个。

(2) 要除去局部自由度。局部自由度是在有些机构中某些构件所产生的不影响机构其他构件运动的局部运动的自由度。在计算机构的自由度时,应将机构中的局部自由度除去不计(例如认为凸轮机构中从动件的滚子与从动件相

固结)。

(3) 要除去虚约束。虚约束是机构中某些对机构的运动实际上不起约束作用的约束。在大多数情况下,虚约束用来改善机构的受力状况,但虚约束的存在总是使机构自由度的名义数目降低,因此,在计算机机构的自由度时,应将引入虚约束的运动副和构件除去不计,以达到正确计算机机构自由度的目的。

虚约束常出现在下列场合:

(1) 当两构件在几处接触而构成移动副,且各接触处两构件相对移动的方向彼此平行,或者两构件在几处配合而构成转动副,且转动轴线重合时,则应视为一个低副(其余低副处的约束可以认为是虚约束)。

(2) 当两构件在几处接触而构成平面高副时,若各接触点处的公法线重合,应视为一个高副;若各接触点处的公法线不相重合,这时各接触点处提供的约束已不再是同一约束。例如若两构件在两处接触而形成平面高副,两个接触点处公法线方向并不彼此重合,而是相交或平行,则应视为两个平面高副或相当于一个平面低副。

(3) 机构中传递运动不起独立作用的对称部分。

总之,在计算机机构的自由度时,先要正确分析并明确指出机构中存在的复合铰链、局部自由度和虚约束,并将局部自由度和虚约束除去不计,再利用式(1.1)来计算机机构的自由度。最后还应检验计算得到的自由度是否与机构中原动件的数目相等。

2. 移动副平面机构自由度的计算

对于仅有移动副组成的平面机构,由于每一个构件不存在转动的运动,只有移动运动,所以每一个没有装配起来的构件的自由度为2,因此,纯移动副平面机构自由度的计算不能用式(1.1),可用下面的公式计算全移动副平面机构的自由度,即

$$F = 2n - p_1 \quad (1.2)$$

式(1.2)中, n 为机构中活动构件的数目, p_1 为机构中移动副的数目。

1.1.5 速度瞬心及其应用

1. 速度瞬心

速度瞬心是作相对平面运动的两构件上瞬时相对速度为零(即绝对速度相等)的重合点,即同速点。在机构中,如果这两个构件都是运动的,即其同速点处

的绝对速度不等于零,则其瞬心称为相对瞬心。如果这两个构件之一是静止的,即其同速点处的绝对速度为零,则其瞬心称为绝对瞬心。

2. 瞬心总数

每两个构件有一个瞬心,因此由 N 个构件(含机架)组成的机构,其瞬心数目按组合关系可得

$$K = N(N - 1)/2 \quad (1.3)$$

3. 瞬心位置的确定

机构中直接以运动副联接的两构件,其瞬心位置的确定方法如下:

- (1) 若两构件组成转动副,则转动副中心即是它们的瞬心。
- (2) 若两构件组成移动副,则其瞬心位于移动方向的垂线的无穷远处。
- (3) 若两构件形成纯滚动的高副时,则其高副接触点就是它们的瞬心。
- (4) 若两构件组成滚动兼滑动的高副时,其瞬心应位于过接触点的公法线上。

上述前三种直接形成低副或纯滚动高副的两构件瞬心,其位置可以直接观察出来,至于滚动兼滑动的高副和那些不直接形成运动副的两构件瞬心,则要利用三心定理来确定其具体位置。

三心定理:作平面运动的三个构件之间共有三个瞬心,它们位于同一直线上。

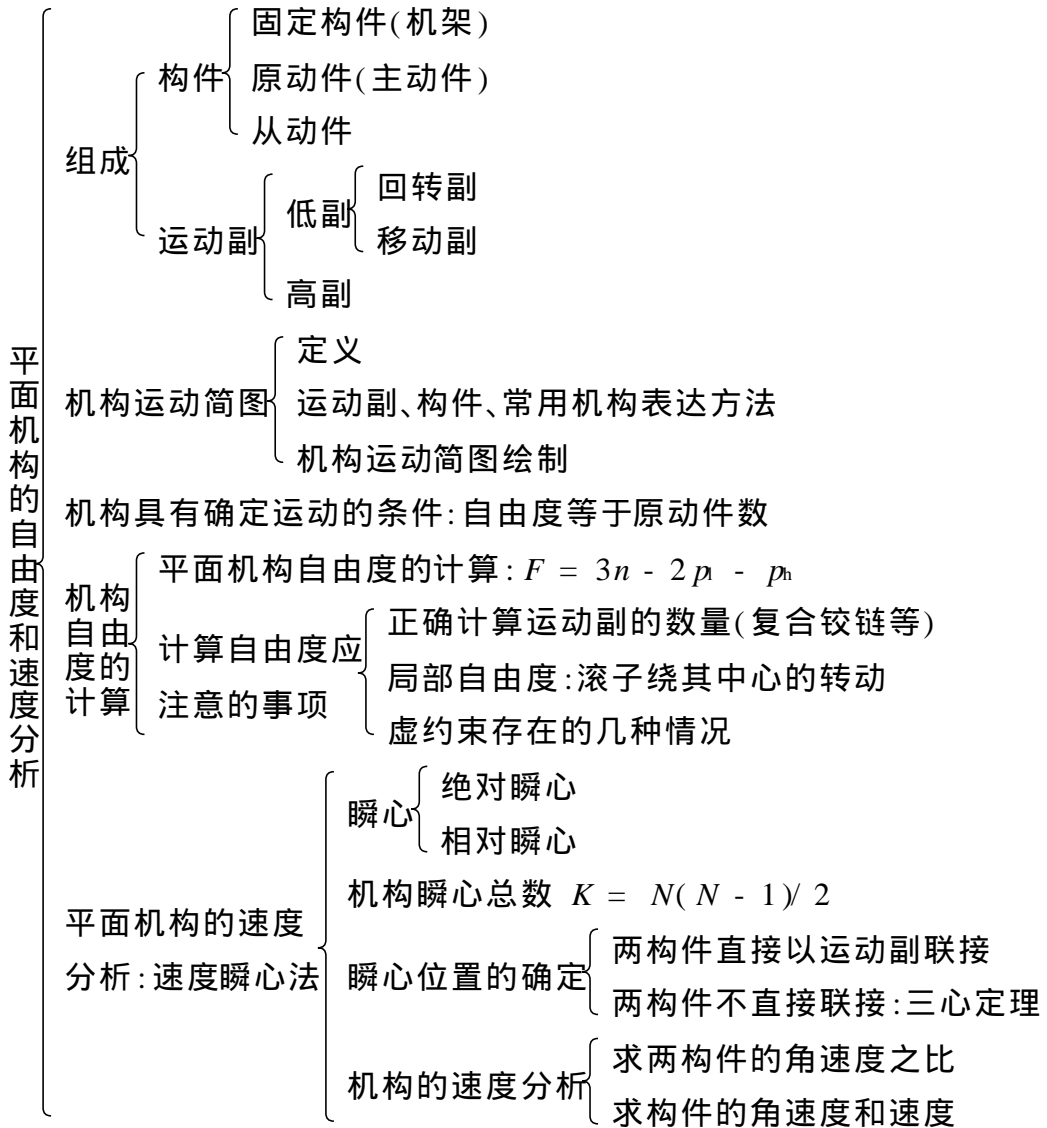
4. 瞬心在速度分析上的应用

应用速度瞬心法作机构的速度分析,其任务是确定其中某两个构件的角速比(或速比),或者已知一构件的角速度(或速度),需求另一构件的角速度(或速度)及其上点的速度。应用速度瞬心法解决上述问题的关键在于确定这两个构件与机架之间的三个速度瞬心。

在用速度瞬心法作机构的速度分析时,应掌握构件扩大的概念,能够设想以线条表示的两构件,向它们的同速点扩大,实现重合之后来求解。

速度瞬心法可以跳跃式地由主动件立即求出最后从动件上任何点的线速度和它的角速度,且不受机构级别的限制;但瞬心法只能用来求速度而不能用来求加速度,且当机构复杂时,某些必要的瞬心位置可能超出图纸之外。

1.2 重点知识结构图



1.3 考点及常见题型精解

1.3.1 本章考点

本章考点有以下几个方面:

(1) 机构中的构件、运动副、复合铰链、局部自由度和虚约束等基本概念。

- (2) 运用规定的符号, 绘制常用机构的机构运动简图。
- (3) 平面机构自由度的正确计算。
- (4) 速度瞬心的概念和三心定理的正确运用。
- (5) 用速度瞬心法作机构的速度分析。

1.3.2 常见题型精解

例 1.1 试绘制图 1.1(a) 所示偏心回转油泵机构的运动简图(其各部分尺寸可由图中直接量取), 并判断该机构是否具有确定的运动。图中偏心轮 1 绕固定轴心 A 转动, 外环 2 上的叶片 a 在可绕轴心 C 转动的圆柱 3 中滑动。当偏心轮 1 按图示方向连续回转时, 可将低压油由右端吸入, 高压油从左端排出。

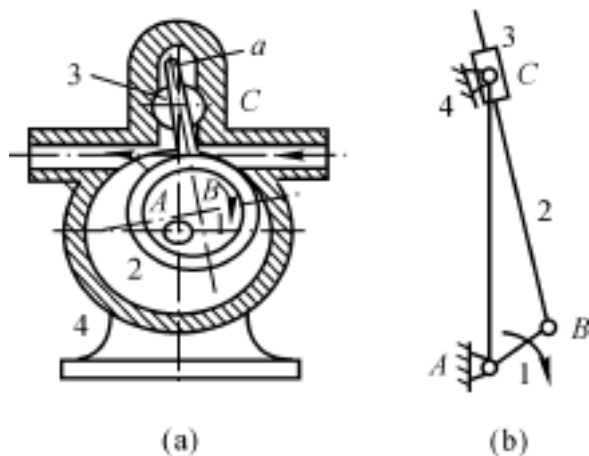


图 1.1

解 (1) 选取合适的长度比例尺(μ_l) 绘制此机构的运动简图, 如图 1.1(b) 所示。

(2) 计算机构的自由度。

此机构为曲柄摇块机构。由图 1.1(b) 可知 $n = 3$, $p_l = 4$, $p_h = 0$, 由式(1.1) 计算该机构的自由度为

$$F = 3n - 2p_l - p_h = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

由于该机构有一个原动件, 所以此机构具有确定的运动。

【评注】 绘制机构运动简图时, 关键是分析相连两个构件的约束关系, 确定运动副的类型, 然后再用规定的符号表示出来。

例 1.2 试计算图 1.2 所示凸轮—连杆组合机构的自由度。

解 在图 1.2 中, B, E 两处的滚子转动为局部自由度, C, F 虽各有两处与

机架接触构成移动副,但都可视为一个移动副,该机构在 D 处虽存在轨迹重合的问题,但由于 D 处相铰接的双滑块为一个自由度为零的二级杆组,即 D 处未引入约束,故机构中不存在虚约束。

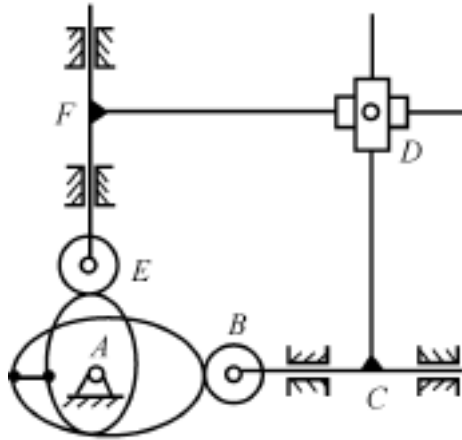


图 1.2

将机构中的局部自由度除去不计,则有 $n = 5$, $p_1 = 6$, $p_h = 2$,于是可得该机构的自由度为

$$F = 3n - 2p_1 - p_h = 3 \times 5 - 2 \times 6 - 2 = 1$$

【评注】 如果将该机构中 D 处相铰接的双滑块改为相固联的十字滑块时,则机构中就存在一个虚约束。在机构中,两构件构成运动副所引入的约束起着限制两构件之间某些相对运动、使相对运动或自由度减少的作用。但在机构中,某些运动副和构件带入的约束可能与机构所受的其他约束相重复,因而对机构的运动实际上不起约束作用,这种约束就是虚约束。

例 1.3 试计算图 1.3 所示的精压机构的自由度。

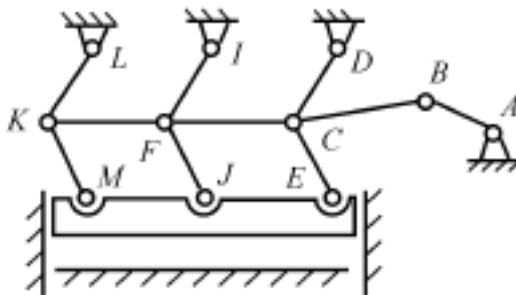


图 1.3

解 由图 1.3 可以看出,该机构中存在结构对称部分,从传递运动的独立