

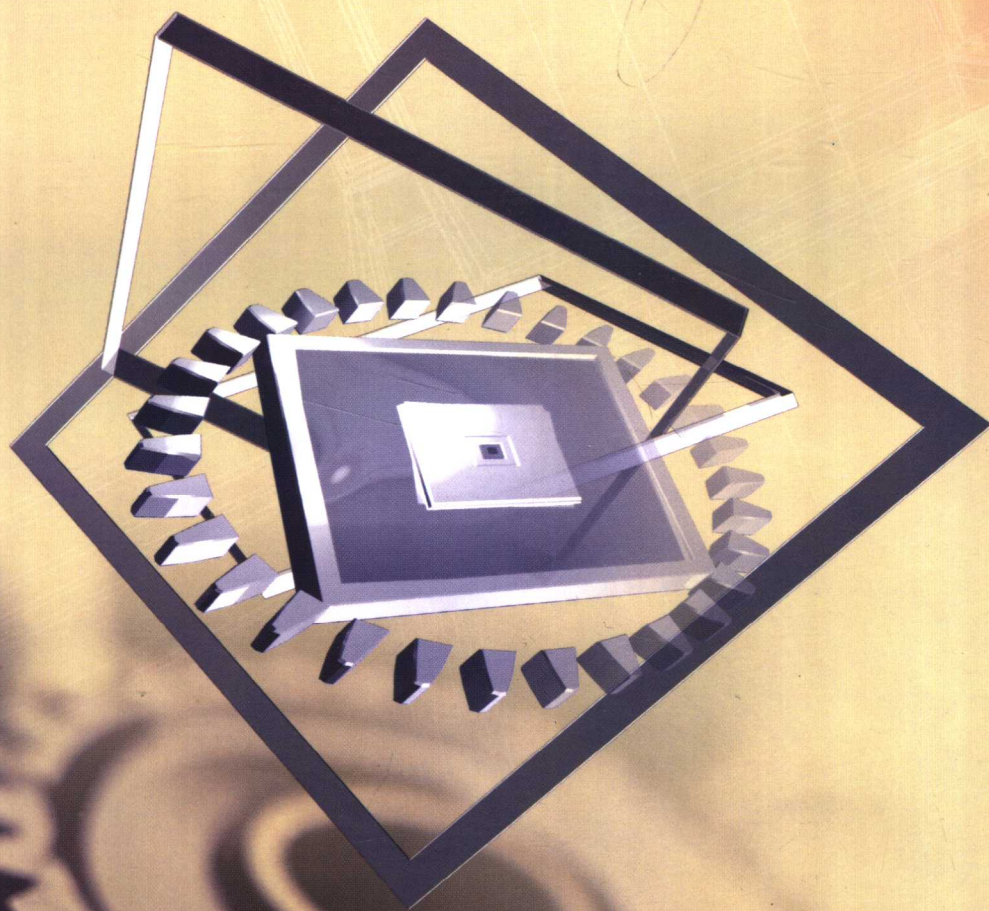


机械设计制造及其自动化专业系列教材辅导书

机械设计基础 知识要点及习题解析

主 编 / 刁彦飞 杨恩霞

副主编 / 孔凡凯 李立全



哈尔滨工程大学出版社

TH122-44
14=2

●机械设计制造及其自动化专业系列教材辅导书

机械设计基础 知识要点及习题解析

(修订版)

主 编 刁彦飞 杨恩霞

副主编 孔凡凯 李立全

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础知识要点及习题解析/刁彦飞,杨恩霞
主编.—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2004
ISBN 7-81073-623-X

I.机… II.①刁…②杨… 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(2004)第 100868 号

内 容 简 介

本书针对“机械设计基础”课程内容,对各相应章节编写了知识要点、思考题、习题和全部习题的解答。书中思考题和习题着重于加强基本训练和加深对概念的理解,并做到理论联系实际。

书中题目共划分为 17 个章节,其中第 1~8 章是结合机构及机器动力学的内容编写的题目,第 9~17 章是结合常用联接、机械传动、轴系零部件的内容编写的题目。

本书可供高等院校机械类及相关专业的学生和业余自学者学习时使用,也可供从事相关专业的教师和科研人员参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈尔滨工程大学11号楼
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新华书店经销
肇东粮食印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 7.5 字数 170 千字

2006 年 1 月第 2 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:3 001—6 000 册

定价:10.00 元

前 言

为满足“机械设计基础”课程教学的需要,我们编写了这本《机械设计基础知识要点及习题解析》辅导书。参加该书编写的人员均是课程的任课教师。编写中以国家课程指导委员会所发布的教学基本要求和课程相应的教学大纲为准则,结合了教师们教学中的经验体会,并参阅了相关的教材和资料。

书中内容为知识要点、思考题、习题和习题解析。给出习题解析是为了便于读者进行自我考核与评价。在编写题目时,我们着重于加强基础训练和加深对概念的理解,同时注意做到理论联系实际。对于过偏过难的题目没有编入。

本书可供高等院校机械类及相关专业的学生和业余自学者学习时使用,也可供从事相应专业的教学和科研人员参考。

值得强调的是,使用本书时,应做到先独立解题,在充分思考、分析、求解的基础上,再对照习题答案。这样才能更好地发挥本书作用,并取得最佳学习效果。

参加本书编写的有:刁彦飞(第1、4、5、6、7、8章),杨恩霞(第13、14、15、16章),孔凡凯(第10、11、12章),李立全(第2、3、9、17章)。

我们诚恳希望读者对本书的错误及欠妥之处提出宝贵意见,对此,我们表示深深的谢意。

编 者

2004年6月

再版前言

本书是在 2004 年 9 月出版的《机械设计基础知识要点与习题解析》(第一版)基础上,进行修订而成的。从第一版发行时至今,虽然时间不长,但书的发行量还是很大的,表明该书有较强的实用性。在使用过程中,也发现了书中的一些差错,以及在内容上的不足。为了满足对本书的需求,同时对书中差错及时改正,并做相应内容的补充,决定对本书进行再版修订。

与第一版相比,第二版除了对书中差错进行修改外,主要是扩充了各章节中知识要点的相关内容。在扩充中,既注意到内容的全面性,又避免与教材雷同,同时还密切结合编者在教学实践中的体会。尽量以简明提纲形式表述,做到纲举目张。本书以高教出版社出版,杨可桢、程光蕴主编的《机械设计基础》(第四版)一书为参考教材。本书采用的参数、符号、概念、公式等均与参考教材一致。

本书的体系与第一版相同,参编人员及编写章节也与一版相同。

欢迎大家在使用本书中,继续提出宝贵意见。对此我们表示衷心的感谢。

编 者

2005 年 11 月

目 录

第1章 平面机构自由度和速度分析	1
1.1 知识要点	1
1.2 思考题	2
1.3 习 题	2
1.4 习题解析	4
第2章 平面连杆机构	6
2.1 知识要点	6
2.2 思考题	7
2.3 习 题	7
2.4 习题解析	9
第3章 凸轮机构	12
3.1 知识要点	12
3.2 思考题	12
3.3 习 题	13
3.4 习题解析	15
第4章 齿轮机构	20
4.1 知识要点	20
4.2 思考题	23
4.3 习 题	24
4.4 习题解析	25
第5章 轮 系	29
5.1 知识要点	29
5.2 思考题	31
5.3 习 题	31
5.4 习题解析	34
第6章 间歇运动机构	39
6.1 知识要点	39
6.2 思考题	40
6.3 习 题	40
6.4 习题解析	40
第7章 机械运转速度波动的调节	42
7.1 知识要点	42
7.2 思考题	43
7.3 习 题	43
7.4 习题解析	44

第 8 章 回转件的平衡	46
8.1 知识要点	46
8.2 思考题	47
8.3 习 题	47
9.4 习题解析	49
第 9 章 机械零件设计概论	50
9.1 知识要点	50
9.2 思考题	51
第 10 章 联 接	52
10.1 知识要点	52
10.2 思考题	55
10.3 习 题	56
10.4 习题解析	58
第 11 章 齿轮传动	62
11.1 知识要点	62
11.2 思考题	64
11.3 习 题	65
11.4 习题解析	67
第 12 章 蜗杆传动	72
12.1 知识要点	72
12.2 思考题	73
12.3 习 题	74
12.4 习题解析	76
第 13 章 带传动与链传动	80
13.1 知识要点	80
13.2 思考题	83
13.3 习 题	83
13.4 习题解析	84
第 14 章 轴	91
14.1 知识要点	91
14.2 思考题	92
14.3 习 题	92
14.4 习题解析	93
第 15 章 滑动轴承	98
15.1 知识要点	98
15.2 思考题	99
15.3 习 题	99
15.4 习题解析	99
第 16 章 滚动轴承	101
16.1 知识要点	101

16.2 思考题	103
16.3 习 题	103
16.4 习题解析	104
第 17 章 联轴器、离合器和制动器	109
17.1 知识要点	109
17.2 思考题	109

第1章 平面机构自由度和速度分析

1.1 知识要点

1.1.1 本章小结

1. 机构组成

具有确定运动的运动链称为机构。运动链由构件和运动副组成。

2. 运动副及类型

(1) 运动副: 保证两构件直接接触, 且又允许有一定相对运动的联接称为运动副。

(2) 类型: 空间运动副

平面运动副 $\left\{ \begin{array}{l} \text{转动副} \\ \text{移动副} \end{array} \right\}$ 平面低副
点线副——平面高副

3. 运动简图

用规定的符号及最简单的线条代表构件及运动副, 依据一定的尺寸比例所绘制的、表示机构运动状况的图形称为运动简图。

4. 机构具有确定运动的条件

机构具有确定运动的条件是: 原动件数 = 机构自由度数(必要条件)。

5. 机构自由度的计算

基本公式为

$$F = 3n - 2P_L - P_H$$

注意: i) 复合铰链; ii) 局部自由度; iii) 虚约束。

6. 速度瞬心及其在机构速度分析上的应用

(1) 瞬心

做平面运动的刚体, 每一瞬时其上都有一点速度为零, 称该点为刚体该瞬时速度中心, 简称瞬心。

(2) 瞬心数目

有 n 个构件的机构中, 其瞬心数为 k , 则

$$k = C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$$

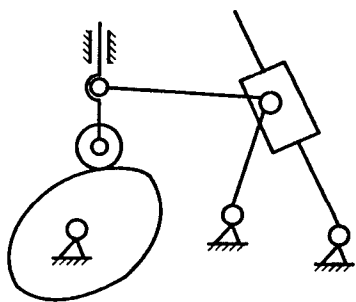
(3) 瞬心求法

瞬心的求法一般采用观察法, 瞬心一般存在于: i) 移动副的中心点; ii) 移动副的导路垂线无穷远处; iii) 点线副接触点的公法线上。

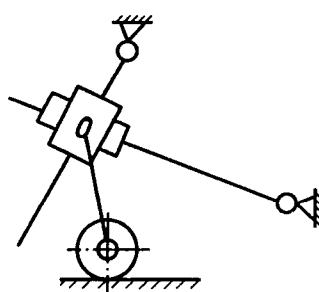
(4) 瞬心的应用

求连架杆传动比, 例如(见图):

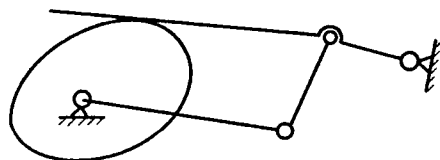
(1)



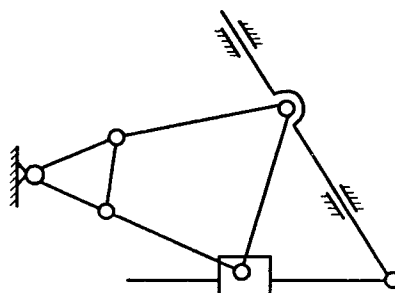
(2)



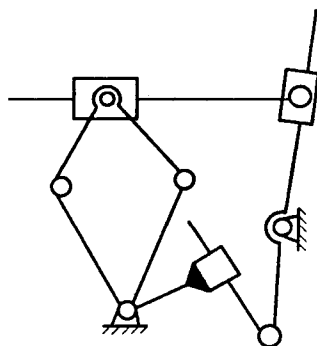
(3)



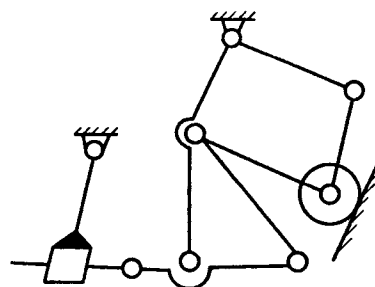
(4)



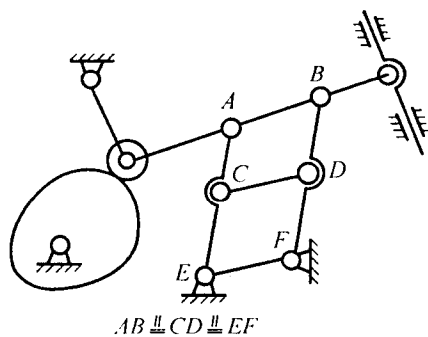
(5)



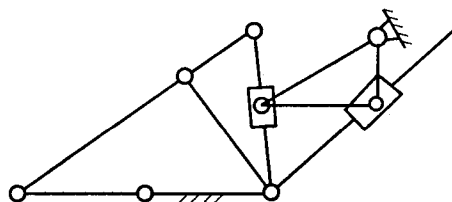
(6)



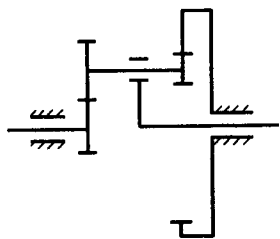
(7)



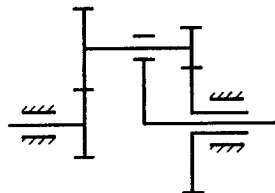
(8)



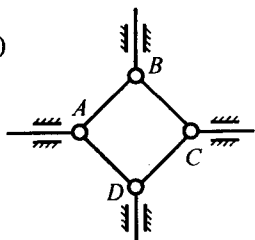
(9)



(10)

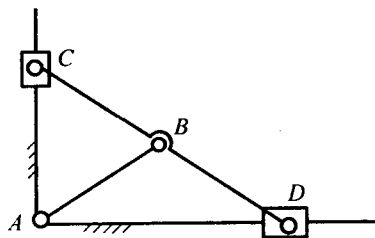


(11)



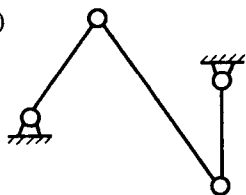
ABCD 菱形

(12)

 $AD \perp AC$ $AB = BC = BD$

1-2 求下列各小题中机构的全部瞬心。

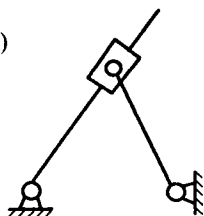
(1)



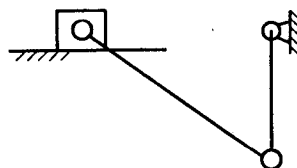
(2)



(3)



(4)



1.4 习题解析

1-1 解

$$(1) 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1;$$

$$(2) 3 \times 5 - 2 \times 6 - 1 = 2;$$

$$(3) 3 \times 4 - 2 \times 5 - 1 = 1;$$

$$(4) 3 \times 7 - 2 \times 10 = 1;$$

$$(5) 3 \times 7 - 2 \times 9 = 3;$$

$$(6) 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1;$$

$$(7) 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1;$$

$$(8) 3 \times 7 - 2 \times 10 = 1;$$

$$(9) 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 \times 1 = 1;$$

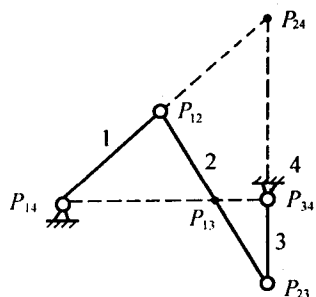
$$(10) 3 \times 4 - 2 \times 4 - 2 \times 1 = 2;$$

$$(11) 3 \times 7 - 2 \times 10 = 1;$$

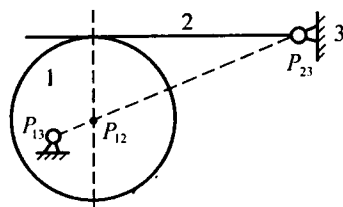
$$(12) 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1.$$

1-2 解

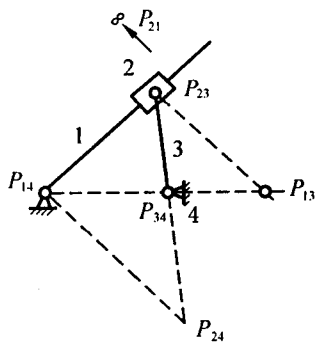
(1)



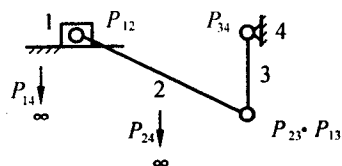
(2)



(3)



(4)



第2章 平面连杆机构

2.1 知识要点

2.1.1 本章小结

1. 铰链四杆机构的基本形式和主要特性

(1) 基本形式

铰链四杆机构的基本形式有:曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构。

(2) 主要特性

曲柄摇杆机构的一些主要特性是:

①急回运动特性, $K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$;

②死点位置;

③压力角 α 和传动角 γ 。

2. 铰链四杆机构中曲柄存在的条件

(1)铰链四杆机构有整转副的条件是:最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和。

(2)曲柄存在的条件是:整转副处于机架上。

3. 铰链四杆机构的演化

通过用移动副取代转动副、变更杆件长度、变更机架和扩大转动副等途径,可以得到铰链四杆机构的其他演化形式——曲柄滑块机构、导杆机构、摇块机构和定块机构、双滑块机构、偏心轮机构。

4. 简单四杆机构设计

(1) 两类问题

①按照给定从动件的运动规律(位置、速度、加速度)设计四杆机构;

②按照给定点的运动轨迹设计四杆机构。

(2) 设计方法

设计方法有:解析法、几何作图法和实验法。

2.1.2 本章重点

本章重点是铰链四杆机构的曲柄存在条件和曲柄摇杆机构的三个特性。

2.1.3 本章难点

本章难点是曲柄存在条件的应用和四杆机构的设计。

2.2 思考题

1. 铰链四杆机构的类型有哪几种?
2. 铰链四杆机构、曲柄滑块机构和摆动导杆机构中有曲柄的条件是什么?
3. 何谓“整转副”? 铰链四杆机构中, 整转副存在的条件是什么?
4. 何谓“曲柄”? 铰链四杆机构中, 曲柄存在的条件是什么?
5. 平面四杆机构的 K 值和 θ 角是怎样定义的? 它们之间有何关系? 如何用几何作图法求出四杆机构的极位夹角 θ ?
6. 什么是曲柄摇杆机构的急回特性?
7. 对于具有急回特性的平面四杆机构, 当改变其曲柄的回转方向时, 其急回特性有无改变?
8. 曲柄滑块机构是否具有急回特性? 又在何种情况下出现死点位置?
9. 机构的压力角 α 和传动角 γ 是如何定义的? 它们之间有何关系?
10. 如何求出曲柄摇杆机构和曲柄滑块机构的最大压力角 $\alpha_{\max}$ 或最小传动角 $\gamma_{\min}$?
11. 何谓机构的死点位置? 如何求机构的死点位置?
12. 曲柄滑块机构主要用于什么场合? 试举出一些应用例子。
13. 以曲柄为原动件, 摆动导杆机构有无死点位置, 为什么?
14. 铰链四杆机构具有双曲柄的条件是什么? 双曲柄铰链四杆机构有无急回特性, 为什么?
15. 曲柄摇杆机构在何位置上压力角最大, 在何位置上传动角最大? (分别以曲柄或以摇杆为原动件等两种情况讨论)

2.3 习题

2-1 图 2-1 所示为铰链四杆机构, 其中, $l_1 = 100 \text{ mm}$, $l_2 = 200 \text{ mm}$, $l_3 = 300 \text{ mm}$ 。若要获得曲柄摇杆机构, 试问机架长度 l_4 的范围是多少?

2-2 图 2-2 所示为缝纫机脚踏板的驱动机构。设两固定铰链间距离 $l_{AD} = 350 \text{ mm}$, 踏板长度 $l_{CD} = 175 \text{ mm}$, 驱动时踏板做水平位置上下 15° 的摆动, 求曲柄 AB 和连杆 BC 的长度。

2-3 在图 2-3 所示的铰链四杆机构中, 各构件的长度为: $l_1 = 250 \text{ mm}$, $l_2 = 590 \text{ mm}$, $l_3 = 340 \text{ mm}$, $l_4 = 510 \text{ mm}$ 。试问:

- (1) 当取杆 4 为机架时, 是否有曲柄存在?
- (2) 若各杆长度不变, 能否以不同杆为机架而获得双曲柄和双摇杆机构, 如何获得?

2-4 根据图 2-4 中标明的尺寸, 试问:

- (1) 该铰链四杆机构中, 哪几个铰链可整周回转?
- (2) 利用该铰链四杆机构如何获得曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构? 用图形表

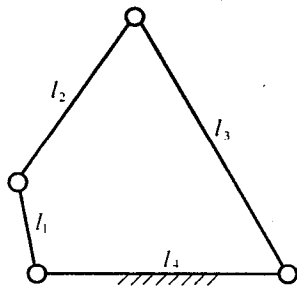


图 2-1

示,并说明理由。

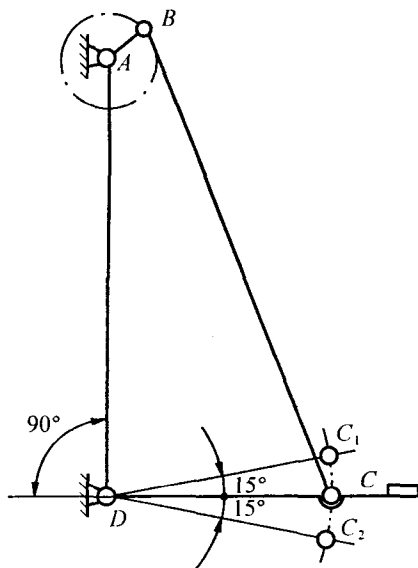


图 2-2

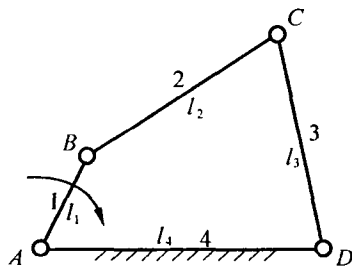


图 2-3

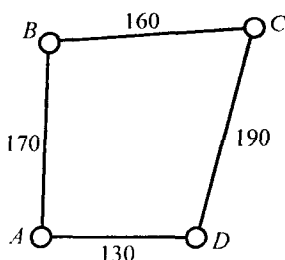


图 2-4

2-5 在图 2-5 所示的铰链四杆机构中,已知各杆的长度为: $l_{AB} = 25 \text{ mm}$, $l_{BC} = 55 \text{ mm}$, $l_{CD} = 40 \text{ mm}$, 以及 A, D 间的距离 $l_{AD} = 50 \text{ mm}$ 。

(1) 问该机构是否有曲柄? 如有, 指明哪个构件是曲柄。

(2) 该机构是否有摇杆? 如有, 用作图法求出摇杆的摆动范围。

(3) 以 AB 为主动件时, 该机构有无急回特性? 用作图法求出其极位夹角 θ , 并计算行程速比系数 K 。

(4) 以 AB 为原动件, 确定机构的 $\gamma_{\min} = ?$ $\alpha_{\max} = ?$

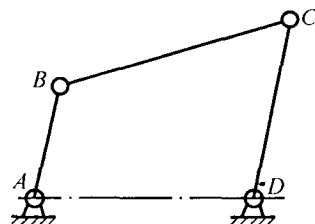


图 2-5

2-6 试设计一偏置曲柄滑动机构。如图 2-6 所示, 已知滑动的行程速比系数 $K =$

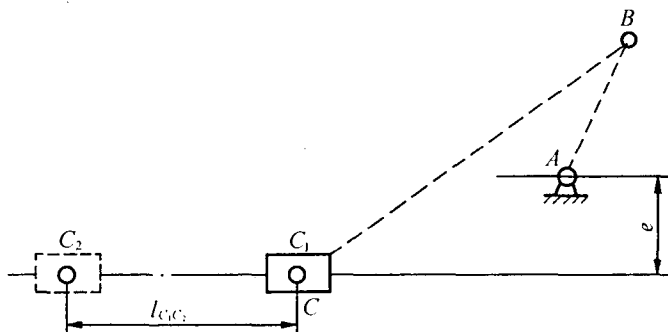


图 2-6

1.4, 滑块的行程 $l_{c_1c_2} = 60 \text{ mm}$, 导路的偏距 $e = 20 \text{ mm}$, 试用图解法求 AB 和连杆 BC 的长度。

2-7 已知一颚式破碎机如图 2-7 所示, 行程速比系数 $K = 1.4$, 颚板长度 $l_{CD} = 220 \text{ mm}$, 颚板摆角 $\psi = 35^\circ$, 曲柄长度 $l_{AB} = 60 \text{ mm}$, 求连杆长。

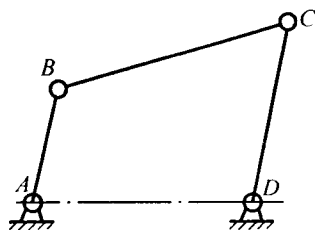


图 2-7

2.4 习题解析

2-1 解

(1) $l_4 \geq l_1 = 100 \text{ mm}$;

(2) $l_1 + l_4 \leq l_2 + l_3$ 或 $l_1 + l_3 \leq l_2 + l_4$, 则 $200 \text{ mm} \leq l_4 \leq 400 \text{ mm}$ 。所以

$$200 \text{ mm} \leq l_4 \leq 400 \text{ mm}$$

2-2 解

在踏板 CD 处于两个极限位置 C_1D 和 C_2D 时, 可知曲柄 AB 和连杆 BC 重合。根据三角形三边关系可得

$$(l_{BC} + l_{AB})^2 = l_{AD}^2 + l_{CD}^2 - 2l_{AD}l_{CD}\cos(90^\circ + 15^\circ)$$

$$(l_{BC} - l_{AB})^2 = l_{AD}^2 + l_{CD}^2 - 2l_{AD}l_{CD}\cos(90^\circ - 15^\circ)$$

则 l_{BC} 和 l_{AB} 可求, 即 $l_{BC} \approx 389 \text{ mm}$, $l_{AB} \approx 41 \text{ mm}$ 。

2-3 解

(1) 因为 $l_1 = 250 \text{ mm}$ 最短, $l_1 + l_2 = 840 \text{ mm} < l_3 + l_4 = 850 \text{ mm}$, 所以取杆 4 为机架时有曲柄且为杆 1。

(2) 可以。以杆 1 为机架可获得双曲柄机构, 以杆 3 为机架可获得双摇杆机构。

2-4 解

(1) $AD + DC = 320 < AB + BC = 330$, 所以 A, D 铰链可整周回转。

(2) 以 AB 或 DC 为机架可获得曲柄机构; 以 AD 为机架可获得双曲柄机构; 以 BC 为机架可获得双摇杆机构。

2-5 解

(1) 有曲柄, AB 为曲柄。

(2) 有摇杆, CD 为摇杆。摇杆摆角为 ψ 。

(3) 有急回特性。极位夹角的求法见图 2-8 所示; $K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$ 。

(4) 如图 2-8 所示, 当曲柄 AB 和机架 AD 重合的时候, 即曲柄 AB 和机架 AD 的夹角为 0° 或者 180° 时, 有两个传动角 $\angle B_3C_3D$ 和 $\angle B_4C_4D$, 那么机构的最小传动角 $\gamma_{\min}$ 就为 $\angle B_3C_3D$ 和 $180^\circ - \angle B_4C_4D$ 中的最小者; 而 $\alpha_{\max} = 90^\circ - \gamma_{\min}$ 。

2-6 解

(1) $\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1} = 30^\circ$ 。