



21世纪高等教育规划教材——学习指导与考研系列

Fundamentals of Mechanical Design

机械设计基础

考研 指导书

陆宁○编

答案

- ★ 包含**机械原理和机械设计**考研内容
- ★ **两千余道**精选练习题,帮助熟练掌握考试要求的知识点
- ★ 详尽的解题指导和答案,帮助**扫清**复习中的**障碍**
- ★ **总结**全国重点高校机械设计基础考研试题特点,**深度挖掘**知识点考核方式
- ★ 题目和答案**双册装**使用更方便



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

014047991

TH122
1278
V2

21 世纪高等教育规划教材——学习指导与考研系列

机械设计基础考研指导书 答案

陆宁 编



机械工业出版社



北航

C1735464

TH122
1278

101030310

目 录

第一章 机构的结构分析与运动分析习题解答	1
第二章 连杆机构习题解答	8
第三章 凸轮机构习题解答	15
第四章 齿轮机构习题解答	21
第五章 轮系习题解答	31
第六章 其他常用机构习题解答	39
第七章 速度波动的调节习题解答	42
第八章 平衡习题解答	46
第九章 机械零件设计概论习题解答	48
第十章 连接习题解答	52
第十一章 带传动习题解答	62
第十二章 链传动习题解答	67
第十三章 齿轮传动习题解答	70
第十四章 蜗杆传动习题解答	81
第十五章 滑动轴承习题解答	86
第十六章 滚动轴承习题解答	90
第十七章 轴习题解答	97
第十八章 联轴器和离合器习题解答	102
第十九章 弹簧习题解答	103
模拟试卷1 答案	106
模拟试卷2 答案	110
模拟试卷3 答案	114
模拟试卷4 答案	119
模拟试卷5 答案	123

第一章 机构的结构分析与运动分析习题解答

(一) 问答题

答: 各题答案见考点提要。

(二) 填空题

1. 直接 几何连接
2. 接触
3. 点 线 面
4. 面
5. 点 线
6. 轴心线
7. 给定
8. 运动
9. 确定
10. 容易 小 大
11. 滑动 高副 低
12. 2 1
13. 零 相同
14. 三心

(三) 判断题

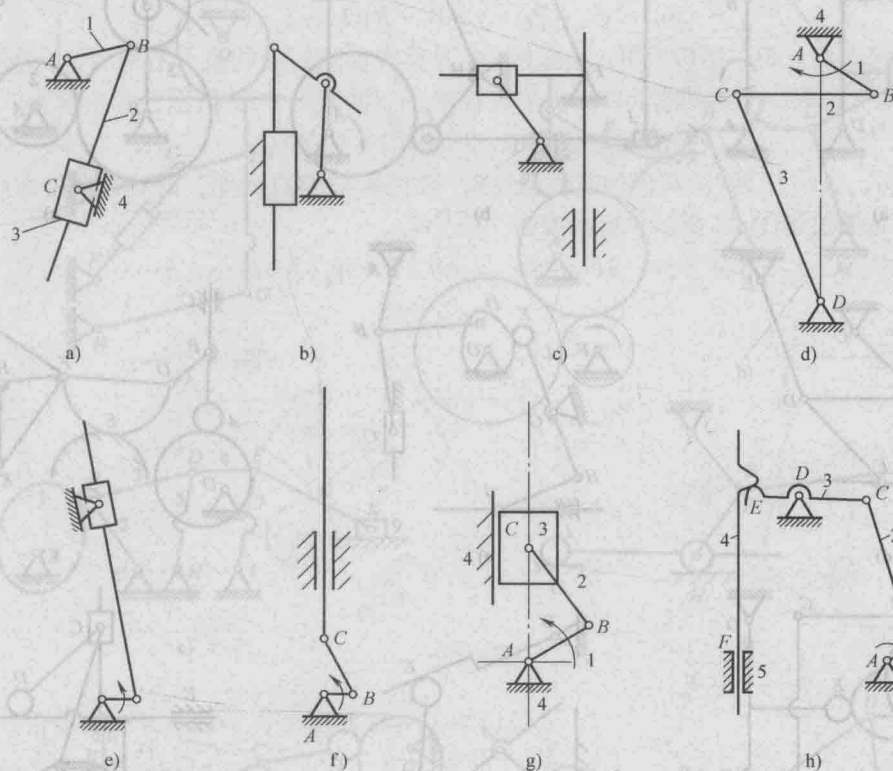
1. T
2. F
3. F
4. T
5. F
6. F
7. T
8. T
9. F
10. F
11. F
12. F
13. F
14. T
15. T
16. T
17. F
18. F
19. F
20. F
21. F

(四) 选择题

1. A
2. C
3. B
4. A
5. B
6. B
7. A
8. B

(五) 计算与作图题

1. 解: 各个机构的运动简图如答案图 1-1 所示。



答案图 1-1

2. 解: 图 1-25 中, 构件 1 和机架 4 在 O_1 点构成固定转动副, 构件 2 在 D 点和构件 1 构成转动副, 构件 3 在 O_2 点和机架构成转动副, 还和构件 2 构成移动副, 构件 3 和 4 在 C 点构成转动副, 构件 4 和构件 5 在 E 点构成转动副, 构件 5 则和机架构成移动副。机构运动简图如答案图 1-2 所示。

3. 解: a) 去除滚子和凸轮所构成的虚约束, 去除 EF 杆构成的平行四边形结构的虚约束, 消除滚子的局部自由度后如答案图 1-3a 所示 (注意铰链 C 是复合铰链, 有两个转动副)。自由度为

b) $EF//DG//CH$, 去除 DG 杆及转动副的虚约束, 滚子 I 处有局部自由度, A 为复合铰链, 有两个转动副。消除虚约束和局部自由度后的机构运动简图如答案图 1-3b 所示。自由度为

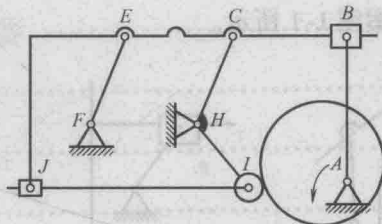
c) 齿轮 1、2、3、4 中转动副 B 是复合铰链, 有两个转动副, 滚子 C 处有局部自由度, 应看做齿轮 4 的一部分, C 点的转动副是系杆 BC 和齿轮 4 的转动副。消除虚约束和局部自由度后的机构运动简图如答案图 1-3c 所示。自由度为

d) B 处有局部自由度和一个转动副, D 是复合铰链, H 是虚约束。消除虚约束和局部自由度后的机构运动简图如答案图 1-3d 所示。自由度为

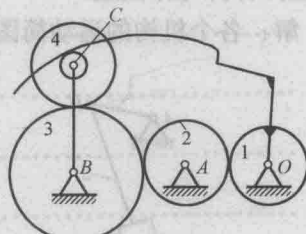
e) E 处有局部自由度, K 处有虚约束 (注意: 同一轴上的凸轮和大齿轮应算同一个构件, 因为是同步转动的)。消除虚约束和局部自由度后的机构运动简图如答案图 1-3e 所示。自由度为

The diagram shows a mechanism with a wheel of radius r rotating clockwise with angular velocity ω . The wheel is in contact with a horizontal surface at point n . A lever arm is pivoted at point H on a wall. The lever has a vertical segment of length h and a horizontal segment of length l . A roller is attached to the end of the horizontal segment at point G , which is in contact with a horizontal surface. The lever is connected to a frame at point C . The frame consists of a vertical member CD of length h pivoted at point D on a horizontal surface, and a horizontal member CE of length l pivoted at point E on a horizontal surface. A curved member EB is pivoted at point B on a horizontal surface and has a clockwise angular velocity ω . The frame is connected to the lever at point C .

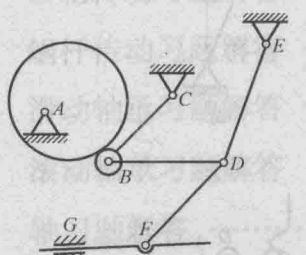
a)



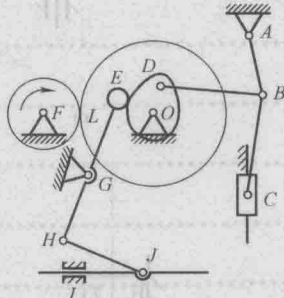
b)



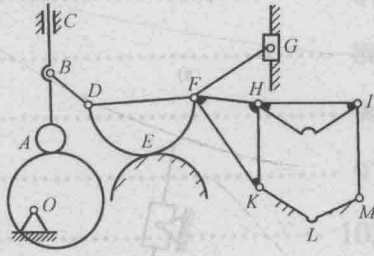
c)



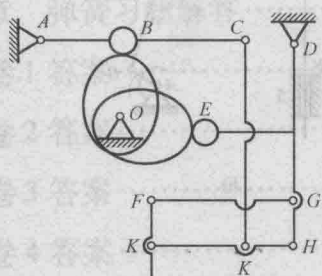
d)



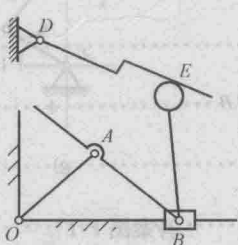
e)



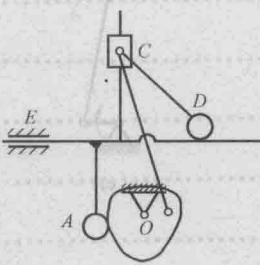
f



g)



h)



i

答案图 1-3

f) A 处有局部自由度, $HK//JL//IM$, 可去除杆 JL 及其转动副, DFE 是同一个构件, $\triangle FHK$ 是同一个构件, F 是复合铰链。消除局部自由度后的机构运动简图如答案图 1-3f 所示。自由度为

$$F=3n-2P_{\text{I}}-P_{\text{H}}=3\times 9-2\times 12-2=1$$

g) 去除两个滚子的局部自由度后的机构运动简图如答案图 1-3g 所示, 两个凸轮在同一轴上同步转动, 是一个构件, O 点不是复合铰链。自由度为

系统有一个局部自由度, $F=3n-2P_L-P_H=3 \times 7-2 \times 9-2=1$

h) E 点滚子有局部自由度, 滚子两侧为公法线平行共线的高副。构件 CAB 为有三个运动副的构件, 去除 C 点滑块和转动副, 构件运动轨迹不变, B 点是复合铰链。消除局部自由度和虚约束后的机构运动简图如答案图 1-3h 所示。自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 6 - 1 = 2$$

i) 凸轮与同一构件上的滚子 A 、 B 都构成高副, 两高副公法线平行且共线, 有一个是虚约束。 E 、 F 的两处移动副有一处是虚约束。 C 是复合铰链。消除局部自由度和虚约束后的机构运动简图如答案图 1-3i 所示。自由度为

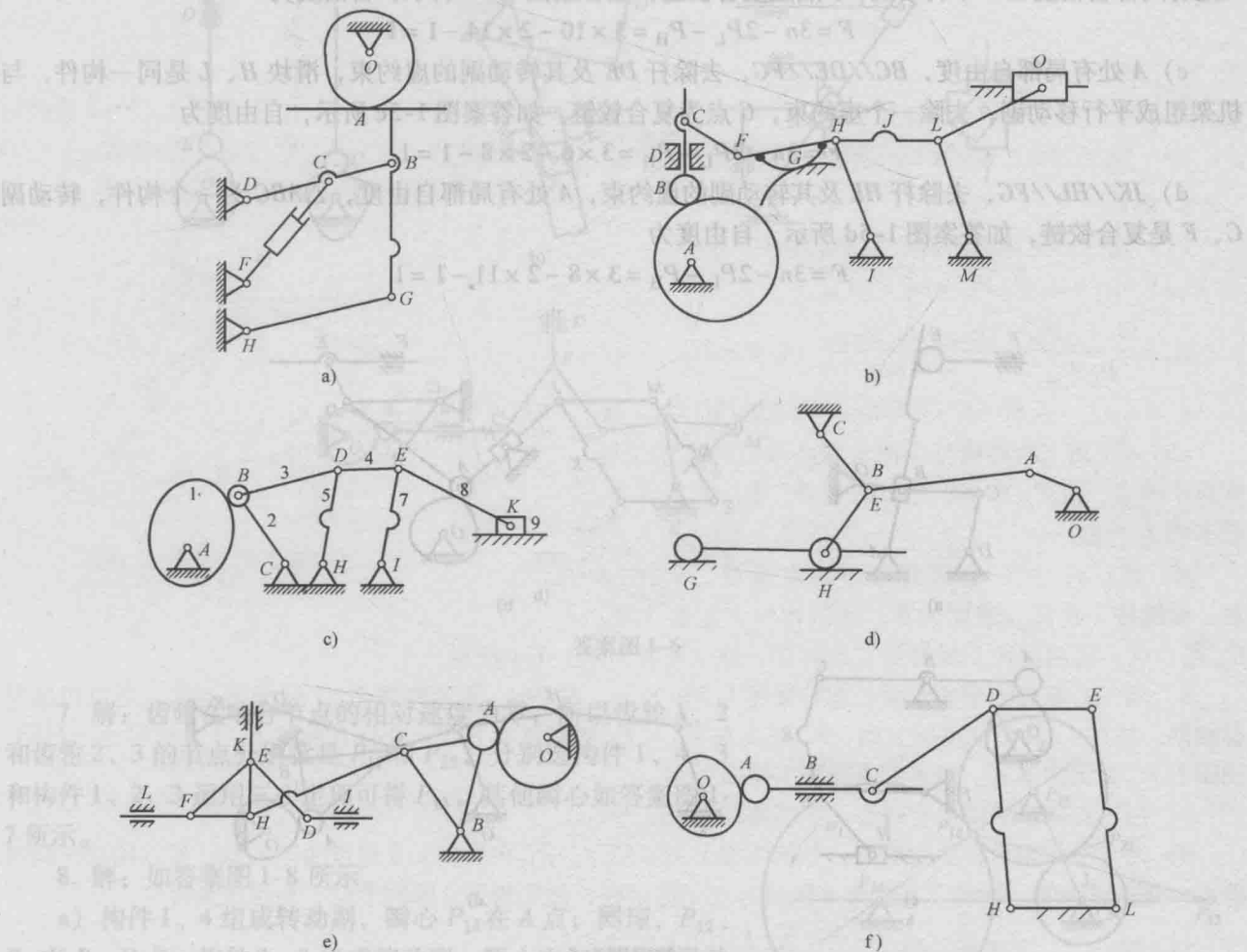
$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 6 - 2 = 1$$

4. 解: 这是复合轮系, 两个中心轮 8 和 5 个齿的行星轮 9 一内齿圈 7 和 9 齿系杆、机架构成三个转动副。机

a) $DB//FE//HG$, 去除虚约束杆 FE 及其转动副, 如答案图 1-4a 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

b) B 处有局部自由度, 由于 $HI//JK//LM$, 去除杆 JK 及其转动副, D 、 E 是平行移动副, 有一处是虚约束, H 、 L 都是复合铰链, 如答案图 1-4b 所示, 自由度为



方向相垂直的某线上的无穷远处, 究竟存在! 答案图 1-4

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 9 - 2 \times 12 - 2 = 1$$

c) $DE//FG//HI$, 去除虚约束杆 FG 及其转动副, B 处有一转动副和一个局部自由度。 D 、 E 都是复合铰链, 如答案图 1-4c 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$

d) 除去重复传动的虚约束和局部自由度后如答案图 1-4d 所示, 水平运动构件在 G 、 F 、 K 处都构成高副, 各个公法线都平行, 由于要保持水平移动, 高副要保留两个, 只能去除一个。自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 6 - 2 = 1$$

e) 去除 $FEDG$ 平行四边形结构的对称部分虚约束和 A 处局部自由度后如答案图 1-4e 所示, $\triangle FEH$ 是一个构件, E 是复合铰链, F 、 H 不是复合铰链。自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$

f) $DE//FG//HL$, 去除虚约束杆 FG 及其转动副, A 处有局部自由度, D 是复合铰链, 如答案图 1-4f 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

5. 解: a) 滚子 E 处有局部自由度, 滚子的两处高副的公法线平行且共线, 有一处是虚约束。 F 、 G 两个平行移动副中有一处是虚约束, B 是复合铰链, 如答案图 1-5a 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

b) F 、 G 两个平行移动副中有一处是虚约束, $MJ//NK//ZL$, 去除杆 NK 及其转动副的虚约束, 滚子 A 处有局部自由度和一个转动副, J 点是复合铰链, 如答案图 1-5b 所示, 自由度为

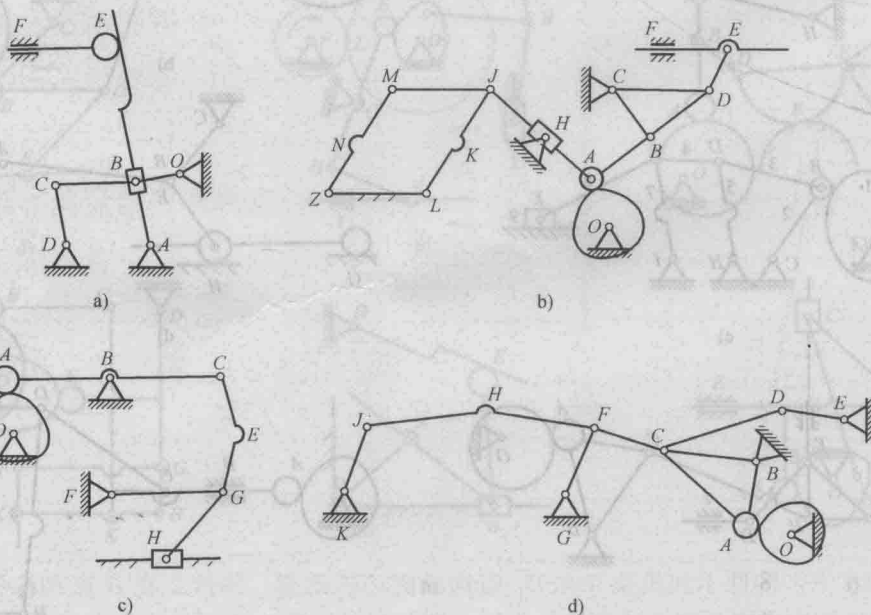
$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 10 - 2 \times 14 - 1 = 1$$

c) A 处有局部自由度, $BC//DE//FG$, 去除杆 DE 及其转动副的虚约束, 滑块 H 、 L 是同一构件, 与机架组成平行移动副, 去除一个虚约束, G 点为复合铰链, 如答案图 1-5c 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

d) $JK//HL//FG$, 去除杆 HL 及其转动副的虚约束, A 处有局部自由度, $\triangle ABC$ 为一个构件, 转动副 C 、 F 是复合铰链, 如答案图 1-5d 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$



答案图 1-5

6. 解: a) 机构中两构件在 E 、 G 处构成平行移动副, 有一个是虚约束, 另外两构件构成移动副且又

都和机架组成同方向平行移动副, 又有一个虚约束。B、C 两处是局部自由度。消除虚约束和局部自由度的机构运动简图如答案图 1-6a 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 4 - 2 \times 4 - 2 = 2$$

b) E 处有一个局部自由度。G、H、I、J 处也都有局部自由度, 要保持两构件移动, 四个滚子可以去掉两个, B 是复合铰链。消除虚约束和局部自由度的机构运动简图如答案图 1-6b 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 6 - 2 \times 7 - 3 = 1$$

c) 三个滑块构成复合铰链, 但水平和垂直方向的两个滑块间不可能相对转动, 所以可以看成是一个十字滑块, 去掉一个转动副, 再以转动副连接斜杆上的滑块。机构运动简图如答案图 1-6c 所示, 自由度为

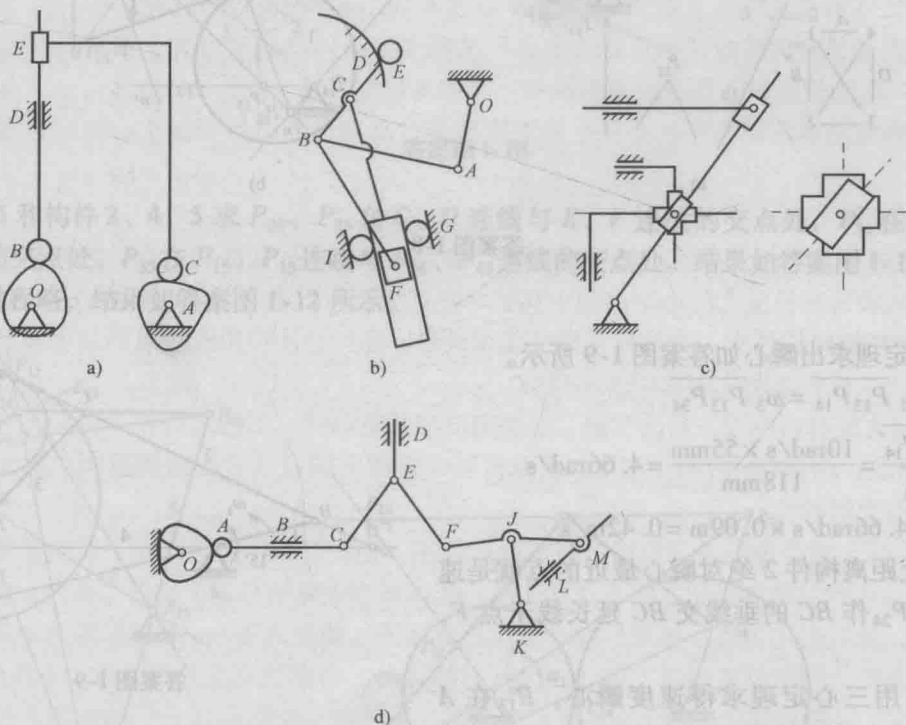
$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 7 - 2 \times 10 = 1$$

d) 去除平行四边形对称结构的虚约束, L、N 两个构件的平行移动副是虚约束。A 处有局部自由度。E 是复合铰链。消除虚约束和局部自由度的机构运动简图如答案图 1-6d 所示, 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$

e) D 处是复合铰链, 两个中心齿轮 (一个内齿轮和一个外齿轮) 和系杆、机架构成三个转动副。机构运动简图如图 1-29e 所示 (见指导书), 自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 6 - 2 \times 7 - 3 = 1$$

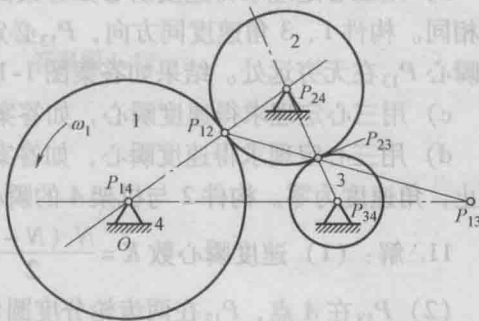


答案图 1-6

7. 解: 齿轮在啮合节点的相对速度为零, 所以齿轮 1、2 和齿轮 2、3 的节点分别就是 P_{12} 和 P_{23} , 分别选构件 1、4、3 和构件 1、2、3 运用三心定理可得 P_{13} , 其他瞬心如答案图 1-7 所示。

8. 解: 如答案图 1-8 所示。

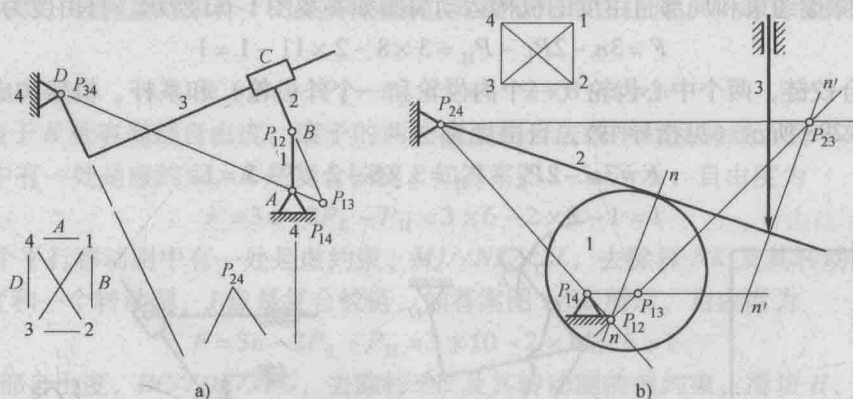
a) 构件 1、4 组成转动副, 瞬心 P_{14} 在 A 点; 同理, P_{12} 、 P_{34} 在 B、D 点; 构件 2、3 组成移动副, 瞬心在与移动副滑动方向相垂直的某线上的无穷远处, 究竟线在哪里要由其他条件确定。对构件 1、4、3 用三心定理, 连接 A、D (P_{14} 、 P_{34})



答案图 1-7

作直线, 则 P_{13} 应在该线上; 对构件 1、2、3 用三心定理, 应连接 P_{12} 、 P_{23} , 但现在 P_{23} 并不是一个具体的点, 而是在垂直于移动副移动方向的无穷远处, 但已知直线经过的一个点和该直线的方向仍可定下这条线, 过 B 点 (P_{12}) 作方向线可定下直线, P_{13} 也应在这条线上; 前述两直线的交点就是 P_{13} 。同理可确定 P_{24} 。

b) 先求构件 1、2、4 的瞬心。由于构件 1、2 组成高副, 瞬心 P_{12} 应在过接触点的法线上, 对构件 1、2、4 用三心定理, 连接 P_{24} 和 P_{14} 作直线, 两线交点就是 P_{12} ; 再求构件 2、3、4 的瞬心, 构件 2、3 组成高副, P_{23} 应在过接触点的法线上, 构件 3 与机架构件 4 组成移动副, P_{34} 应在垂直于移动副移动方向的无穷远处, 对构件 2、3、4 用三心定理, 过 P_{24} 作垂直于移动副移动方向的直线, P_{23} 应在该直线上, 上述两线交点就是 P_{23} 。最后对构件 1、4、3 和构件 1、2、3 分别用三心定理, 作直线 P_{23} 、 P_{12} , 并过 P_{14} 作垂直于移动副移动方向的直线, 两线交点就是 P_{13} 。



答案图 1-8

9. 解:

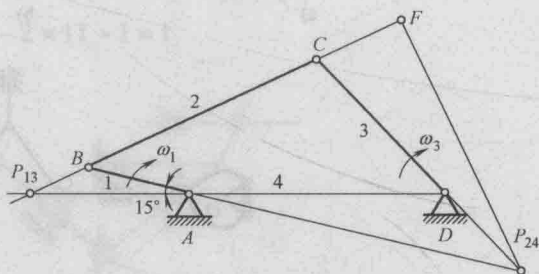
(1) 用三心定理求出瞬心如答案图 1-9 所示。

$$(2) v_{P_{13}} = \omega_1 P_{13}P_{14} = \omega_3 P_{13}P_{34}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_1 P_{13}P_{14}}{P_{13}P_{34}} = \frac{10 \text{ rad/s} \times 55 \text{ mm}}{118 \text{ mm}} = 4.66 \text{ rad/s}$$

$$v_C = \omega_3 l_{CD} = 4.66 \text{ rad/s} \times 0.09 \text{ m} = 0.42 \text{ m/s}$$

(3) BC 线上距离构件 2 绝对瞬心最近的点就是速度最小的点, 过 P_{24} 作 BC 的垂线交 BC 延长线于点 F , 点 F 即为所求。



答案图 1-9

10. 解: a) 用三心定理求得速度瞬心, P_{13} 在 A 点, 而构件 1 在该点速度为零, 所以构件 3 速度为零。

P_{24} 在 C 点, 说明构件 2 瞬时绕 C 点转动。结果如答案图 1-10a 所示。

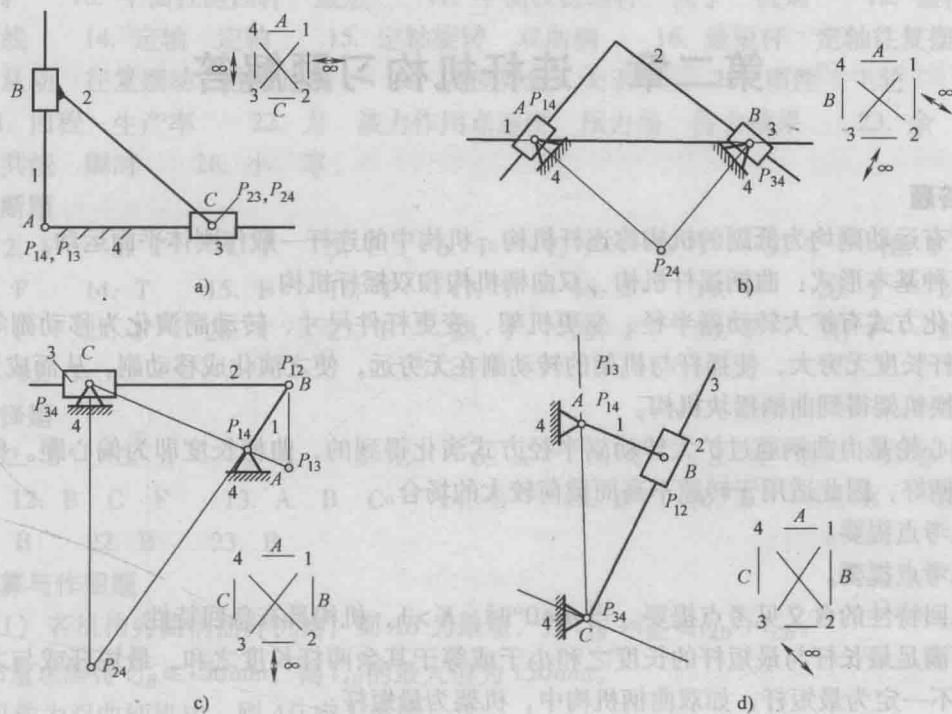
b) 用三心定理求得速度瞬心如答案图 1-10b 所示。构件 1、2 和构件 2、3 组成移动副, 所以角速度都相同。构件 1、3 角速度同方向, P_{13} 必定在 P_{14} 与 P_{34} 连线的延长线上, 而且构件 1、3 角速度大小相同, 则瞬心 P_{13} 在无穷远处。结果如答案图 1-10b 所示。

c) 用三心定理求得速度瞬心, 如答案图 1-10c 所示。

d) 用三心定理求得速度瞬心, 如答案图 1-10d 所示。 P_{13} 在构件 1 上速度为零的点, 所以构件 3 瞬时静止, 角速度为零。构件 2 与机架 4 的瞬心在无穷远处, 说明构件 2 瞬时平动, 角速度为零。

$$11. \text{解: (1) 速度瞬心数 } K = \frac{N(N-1)}{2} = \frac{5 \times 4}{2} = 10.$$

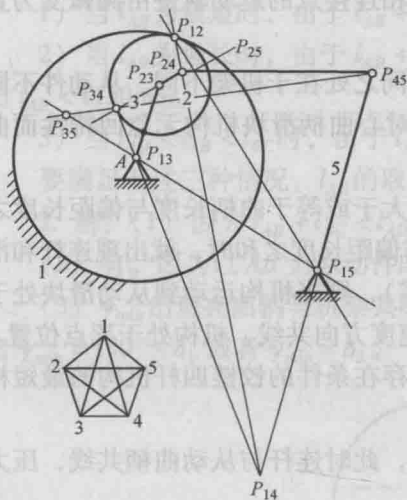
(2) P_{13} 在 A 点, P_{12} 在两齿轮分度圆切点 F , P_{24} 在 C 点, P_{23} 在 B 点, P_{45} 在 D 点, P_{15} 在 E 点。其余瞬心用三心定理求得, 用构件 1、5、4 和构件 1、2、4 求 P_{14} , P_{14} 在 F 、 C 连线与 D 、 E 连线的交点处;



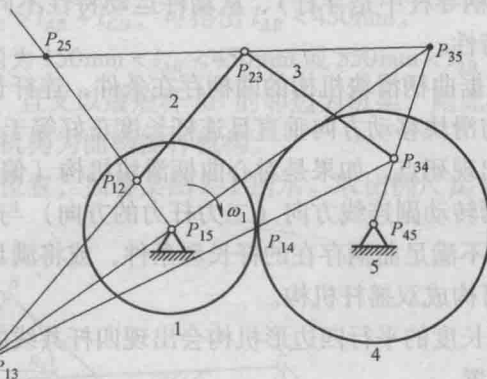
答案图 1-10

用构件 1、2、5 和构件 2、4、5 求 P_{25} , P_{25} 在 C 、 D 连线与 E 、 F 连线的交点处; P_{34} 在 P_{14} 、 P_{13} 连线与 P_{24} 、 P_{23} 连线的交点处, P_{35} 在 P_{15} 、 P_{13} 连线与 P_{34} 、 P_{45} 连线的交点处。结果如答案图 1-11 所示。

12. 解: 过程略, 结果如答案图 1-12 所示。



答案图 1-11



答案图 1-12

第二章 连杆机构习题解答

(一) 问答题

1. 答: 所有运动副均为低副的机构称连杆机构。机构中的连杆一般作刚体平面运动。
2. 答: 三种基本形式: 曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构。
3. 答: 演化方式有扩大转动副半径、变更机架、变更杆件尺寸、转动副演化为移动副等。在曲柄摇杆机构中使摇杆长度无穷大, 使摇杆与机架的转动副在无穷远, 使之演化成移动副, 从而成为曲柄滑块机构, 再通过转换机架得到曲柄摇块机构。
4. 答: 偏心轮是由曲柄通过扩大转动副半径方式演化得到的, 曲柄长度即为偏心距。偏心轮的强度和刚度都比曲柄好, 因此适用于转速不高而载荷较大的场合。
5. 答: 见考点提要。
6. 答: 见考点提要。
7. 答: 急回特性的含义见考点提要。当 $\theta \neq 0^\circ$ 时, $K > 1$, 机构具有急回特性。
8. 答: 要满足最长杆与最短杆的长度之和小于或等于其余两杆长度之和, 最短杆或与之相邻的杆应为机架。曲柄不一定为最短杆, 如双曲柄机构中, 机架为最短杆。
9. 答: 主动件通过连杆作用于从动件上的力恰好通过从动件与机架回转中心时的位置, 称为连杆机构的死点位置。
10. 答: 见考点提要。
11. 答: 能作整周旋转运动的定轴转动构件称为曲柄。作定轴往复摆动的构件称为摇杆。曲柄存在条件是: ①最长杆和最短杆长度之和小于或等于其他两杆长度之和; ②连架杆或机架必有一杆为最短杆。
12. 答: 在曲柄摇杆机构中, 当摇杆长趋于无穷长时, 摇杆与连杆相连接点的运动轨迹由圆弧变为直线, 将摇杆做滑块, 机构就转化为曲柄滑块机构。
13. 答: 相同之处有构件数、自由度、运动副类型及主动件。不同之处在于机架不同、从动件不同(曲柄滑块中是滑块, 曲柄导杆中是导杆)、从动件运动特性不同以及对心曲柄滑块机构无急回特性而曲柄导杆机构导杆有急回特性。
14. 答: 会出现。根据曲柄滑块机构的曲柄存在条件, 连杆长度应大于或等于曲柄长度与偏距长度之和, 当曲柄正好运动到与滑块移动方向垂直且连杆长度正好等于曲柄与偏距长度之和时, 就出现连杆和滑块移动方向垂直, 此时出现死点。如果是对心曲柄滑块机构(偏距为零), 则当机构运动到从动滑块处于两极限位置时, 连杆上两转动副连线方向(二力杆力的方向)与滑块速度方向共线, 机构处于死点位置。
15. 答: 若四杆机构不满足曲柄存在的杆长和条件, 或将满足曲柄存在条件的铰链四杆机构的最短杆的对边杆作为机架, 就可构成双摇杆机构。
16. 答: 不一定。等长度的平行四边形机构会出现四杆共线的位置, 此时连杆与从动曲柄共线, 压力角为 90° , 即出现死点位置。
17. 答: 因为对应从动摇杆的工作行程, 曲柄转动的角度比较大, 而对应摇杆空回行程, 曲柄转动的角度比较小, 从而造成摇杆在工作行程和回程往复摆动的平均速度不同。
18. 答: 曲柄摇杆机构、曲柄导杆机构、曲柄滑块机构分别在摇杆、导杆、滑块为主动件时, 会出现“死点”位置。
19. 答: 设置飞轮、增加对称部件。

(二) 填空题

1. 转动 移动
2. 平面曲线或规律的
3. 转动 基础
4. 旋转 构件
5. 往复摆动 构件
6. 曲柄 摇杆 曲柄 摇杆
7. 曲柄摇杆 双曲柄 双摇杆
8. 小于 等于 机架 曲柄

9. 最短 周转 10. 平面铰链四杆 最短 11. 平面铰链四杆 大于 机架 12. 摇杆 无穷大
13. 旋转 直线 14. 定轴 定轴 15. 定轴旋转 双曲柄 16. 最短杆 定轴往复摆动 双摇杆
17. 主动 从动 往复摆动 连续回转 18. 极位夹角 大于1 19. 惯性 飞轮 20. 传动停止
改变 21. 回程 生产率 22. 力 该力作用点速度 压力角 传力效果 23. 余 24. 死点
25. 连杆 共线 瞬时 26. 小 零

(三) 判断题

1. T 2. F 3. T 4. T 5. F 6. T 7. F 8. T 9. T 10. F 11. F
12. T 13. F 14. T 15. F 16. T 17. T 18. F 19. F 20. T 21. F 22. T
23. T 24. F 25. F 26. T 27. F 28. T 29. F 30. F 31. F 32. F 33. T
34. F 35. T

(四) 选择题

1. D 2. B 3. A 4. B 5. C 6. A 7. C 8. A E 9. D 10. B
11. D C 12. B C F 13. A B C 14. C 15. D 16. D 17. B 18. B 19. A
20. B 21. B 22. B 23. B

(五) 计算与作图题

1. 解: (1) 若机构为曲柄摇杆机构, 则 AB 为最短, 且 $l_{AB} + l_{BC} \leq l_{AD} + l_{CD}$ 。

代入已知量求得 $l_{AB} \leq 150\text{mm}$, 则 l_{AB} 的最大值为 150mm 。

(2) 若机构为双曲柄机构, 则 AD 应为最短, 且:

1) 当 AB 为最长时, 由于 $l_{AD} + l_{AB} \leq l_{BC} + l_{CD}$, 可得出 $l_{AB} \leq 550\text{mm}$ 。

2) 当 AB 不是最长时, 由于 $l_{AD} + l_{BC} \leq l_{AB} + l_{CD}$, 可得出 $l_{AB} \geq 450\text{mm}$ 。

要满足上述两种情况, l_{AB} 的最小值应为 450mm 。

(3) 若机构为双摇杆机构, 则机构不满足杆长之和的条件, 即最短杆与最长杆长度之和大于其他两杆长度之和。

1) 当 l_{AB} 为最短时, 由于 $l_{AB} + l_{BC} > l_{AD} + l_{CD}$, 可得出 $l_{AB} > 150\text{mm}$ 。

2) 当 l_{AB} 为最长时, 由于 $l_{AB} + l_{BC} > l_{AD} + l_{CD}$, 可得出 $l_{AB} > 150\text{mm}$ 。又由于 $l_{AB} < l_{BC} + l_{CD} + l_{AD}$, 可得出 $l_{AB} < 1150\text{mm}$ 。

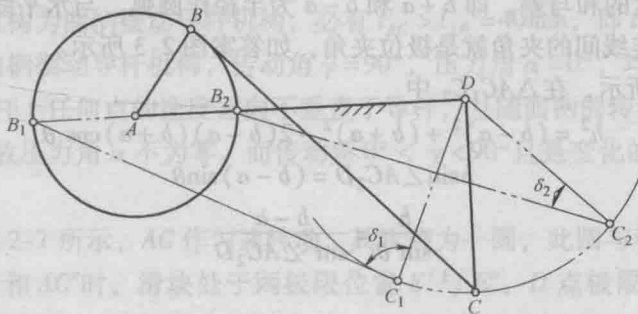
3) 当 $l_{AD} < l_{AB} < l_{BC}$ 时, 由于 $l_{AD} + l_{BC} > l_{AB} + l_{CD}$, 可得出 $l_{AB} < 450\text{mm}$ 。

要满足上述三种情况, l_{AB} 的取值范围为 $150\text{mm} < l_{AB} < 450\text{mm}$ 或 $550\text{mm} < l_{AB} < 1150\text{mm}$ 。

2. 解: (1) 因为 $l_{AB} + l_{BC} < l_{AD} + l_{CD}$, 且又以最短杆 AB 的邻边为机架, 则此机构为曲柄摇杆机构。

(2) 有。因为以 AB 为原动件时, 此机构为曲柄摇杆机构。

(3) $\gamma_{\min}$ 出现在曲柄与机架共线时的位置, 如答案图 2-1 所示。取比例尺 $\mu_l = 0.001\text{m/mm}$, 由图可得出 $\gamma_{\min} = 180^\circ - \delta_1$ 或者 $\gamma_{\min} = \delta_2$ 。



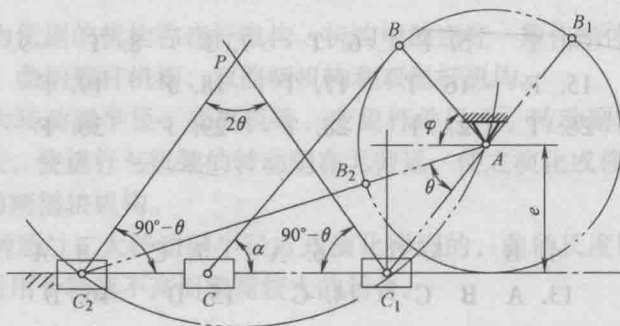
答案图 2-1

3. 解: (1) 极位夹角

$$\theta = 180^\circ \times \frac{K-1}{K+1} = 36^\circ$$

根据已知条件 $h = 50\text{mm}$, $e = 20\text{mm}$, 取 $\mu_l = 1\text{mm/mm}$, 作图如答案图 2-2 所示, 可得 $l_{AC_1} = 27\text{mm}$, $l_{AC_2} = 70\text{mm}$ 。

又 $l_{AB} + l_{BC} = l_{AC_2}$, $l_{BC} - l_{AB} = l_{AC_1}$, 代入 l_{AC_1} 与 l_{AC_2} 值后, 联立求得: $l_{AB} = 21.5\text{mm}$, $l_{BC} = 48.5\text{mm}$ 。



答案图 2-2

(2) 由答案图 2-2 可知 $\alpha = \arcsin \frac{e + l_{AB} \sin \varphi}{l_{BC}}$, 则

当 $\varphi = 90^\circ$ 时, α 为最大值, 即

$$\alpha_{\max} = \arcsin \frac{e + l_{AB} \sin 90^\circ}{l_{BC}} = \arcsin \frac{20 + 21.5}{48.5} = 58.8^\circ$$

当 $\varphi = 270^\circ$ 时, α 为最小值, 即

$$\alpha_{\min} = \arcsin \frac{e + l_{AB} \sin 270^\circ}{l_{BC}} = \arcsin \frac{|20 - 21.5|}{48.5} = 1.77^\circ$$

$$\gamma_{\max} = 90^\circ - \alpha_{\min} = 90^\circ - 1.77^\circ = 88.23^\circ$$

(3) 滑块为原动件时, 机构的死点位置为 AB_1C_1 和 AB_2C_2 。

4. 解: 曲柄与滑块导路垂直时压力角达到最大, 由答案图 2-3 得连杆长度 $l_{BC} = b = \frac{a+e}{\sin \alpha_{\max}} = 70\text{mm}$ 。

$$(1) h = \sqrt{(a+b)^2 - e^2} - \sqrt{(b-a)^2 - e^2} = 50.6\text{mm}$$

$$(2) \theta = \arcsin \frac{e}{b-a} - \arcsin \frac{e}{a+b} = 6.7973^\circ, K = 1.08$$

本题也可用图解法求解。任选一点 A, 作垂线并截取 $AB = 25\text{mm}$, 向下截取 10mm 并作水平线, 自 B 作与 AB 夹角 $90^\circ - \alpha_{\max} = 60^\circ$ 的射线, 交水平线于 C, 得该机构, 从图上量出连杆 BC 的长度。以点 A 为圆心, 分别以连杆和曲柄长度的和与差, 即 $b+a$ 和 $b-a$ 为半径作圆弧, 与水平线两交点之间的线段就是滑块行程, 而两交点与点 A 连线间的夹角就是极位夹角, 如答案图 2-3 所示。

5. 解: 如答案图 2-4 所示, 在 $\triangle AC_1C_2$ 中

$$h^2 = (b-a)^2 + (b+a)^2 - 2(b-a)(b+a) \cos \theta \quad (a)$$

$$h \sin \angle AC_2D = (b-a) \sin \theta$$

$$\frac{h}{\sin \theta} = \frac{b-a}{\sin \angle AC_2D}$$

在 $\triangle ADC_2$ 中有

$$\sin \angle AC_2D = e/(b+a)$$

从而有

$$h = [(b+a)(b-a)/e] \sin \theta \quad (b)$$

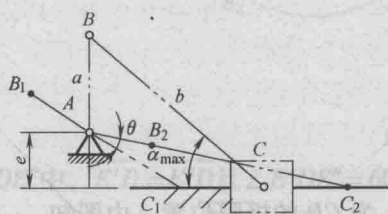
联立方程 (a) 与方程 (b) 有

$$a = \frac{1}{2} \sqrt{h^2 - (2eh/\sin\theta)(1 - \cos\theta)}$$

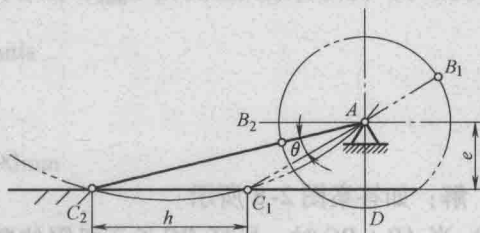
$$b = \frac{1}{2} \sqrt{h^2 + (2eh/\sin\theta)(1 + \cos\theta)}$$

$$\theta = 180^\circ \times \frac{K-1}{K+1}$$

对于本题, 由已知条件可解出: $a = 21.5\text{mm}$, $b = 46.5\text{mm}$ (本题也可用图解法求解)。



答案图 2-3



答案图 2-4

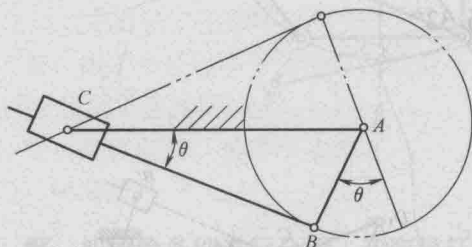
6. 解: 作该机构的极位夹角, 如答案图 2-5 所示。由 $BC \perp AB$, 并根据 $\triangle ABC$ 中 $l_{AB} = l_{AC}/2$ 可知 $\angle ACB = 30^\circ$, $\angle CAB = 60^\circ$, 因此可知回程角为 120° , 而工作行程角应为 240° 。所以 $K=2$ 。

7. 解: 如答案图 2-6 所示, 根据 $K=1$ 可知极位夹角 $\theta=0^\circ$, 表明 A、B 点一定在 C_1 、 C_2 连线上, 且 $\triangle ADC_2$ 为直角三角形, 从几何条件知

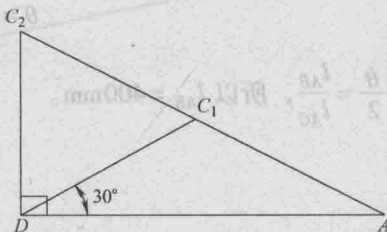
$$AC_1 = l_{BC} - l_{AB}$$

$$AC_2 = l_{BC} + l_{AB}$$

测量 AC_1 与 AC_2 长度并代入方程得 $l_{AB} = 75\text{mm}$, $l_{BC} = 225\text{mm}$, $l_{AD} = 259.8\text{mm}$ 。其中 AB 为曲柄、BC 为连杆。



答案图 2-5



答案图 2-6

8. 解: (1) $l_{AC} \geq l_{AB} + e = (40 + 10)\text{mm} = 50\text{mm}$, 即 l_{AC} 的最小值为 50mm 。

(2) 当 $e=0$ 时, 该机构为曲柄摆动导杆机构, 必有 $l_{AC} > l_{AB} = 40\text{mm}$, 即 l_{AC} 的最小值为 40mm 。

(3) 对于 $e=0$ 时的曲柄摆动导杆机构, 传动角 $\gamma=90^\circ$, 压力角 $\alpha=0^\circ$, 均为—常量。对于 $e>0$ 时的曲柄摆动导杆机构, 其导杆上任何点的速度方向不垂直于导杆, 且随曲柄的转动而变化, 而滑块作用于导杆的力总是垂直于导杆, 故压力角 α 不为零, 而传动角 $0^\circ < \gamma < 90^\circ$ 且是变化的。从传力效果看, $e=0$ 的方案好。

9. 解: (1) 如答案图 2-7 所示, AC 作匀速转动, 其轨迹为一圆, 此圆与移动导轨的交点为 C' 与 C'' , 显然, 当 AC 分别位于 AC' 和 AC'' 时, 滑块处于两极限位置 E' 与 E'' , D 点极限位置在 D' 和 D'' , 则 AC' 与 AC'' 所夹锐角 θ 为极位夹角 θ 。

由

$$K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} = 2 \text{ 得 } \theta = 60^\circ。$$

在 $\triangle ABC'$ 中, $\angle C'AB = 60^\circ$, 故 $l_{AC} = 2l_{AB} = 200\text{mm}$ 。

(2) 当 AC 位于 AC' 时, 滑块在左极限位置 E' 处, 此时, BD 与 DE 重叠共线, 且

$$\overline{E'B} = \overline{ED} - \overline{BD} = 170\text{mm} \quad (\text{a})$$

当 AC 位于 AC'' 时, 滑块处于右极限位置 E'' 处, 此时 BD 与 DE 拉直共线, 且

$$\overline{E''B} = \overline{ED} + \overline{BD} = \overline{E'E'} + \overline{E'B} = (660 + 170)\text{mm} = 830\text{mm} \quad (\text{b})$$

联立式 (a) 与式 (b) 求解得 $l_{ED} = 500\text{mm}$, $l_{BD} = 330\text{mm}$ 。

(3) ED 为二力杆, 作用力沿 ED 方向, 而滑块的速度始终保持水平方向, 故 $\angle BED$ 为压力角。当 BD 垂直于导路时, 机构有最大压力角 $\alpha_{\max}$, 如答案图 2-7 所示。由图知

$$\sin \alpha_{\max} = \frac{\overline{BD}}{\overline{ED}} = \frac{33}{50}$$

解得

$$\alpha_{\max} = 41^\circ 18'$$

10. 解: 如答案图 2-8 所示

(1) 当 $AB \perp BC$ 时, 导杆 BC 处于极限位置, 相应 CD_1 、 CD_2 为 CD 的极限位置。由图知

$$\theta = 2 \arcsin \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} = 40^\circ$$

故

$$K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} = 1.57$$

(2) CD_1 与 CD_2 相对 AC 是对称的, 故

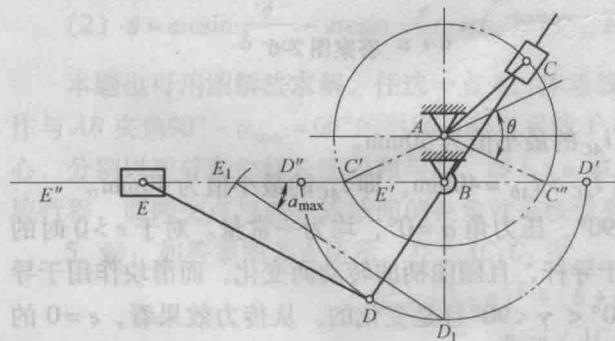
$$h = \overline{E_1E_2} = l_{D_1D_2} = 2l_{CD} \sin \frac{\theta}{2} = 205.21\text{mm}$$

(3) 机构最大压力角的位置发生在 CD 垂直于导路时。

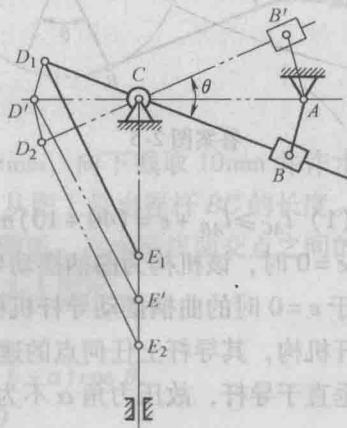
(4) 为使行程增加一倍, 即 $\overline{E_1E_2} = 410.42\text{mm}$, 摆角需增加到

$$\theta = 2 \arcsin \frac{\overline{E_1E_2}/2}{l_{CD}} = 86.32^\circ$$

而 $\sin \frac{\theta}{2} = \frac{l_{AB}}{l_{AC}}$, 所以 $l_{AB} = 400\text{mm}$ 。



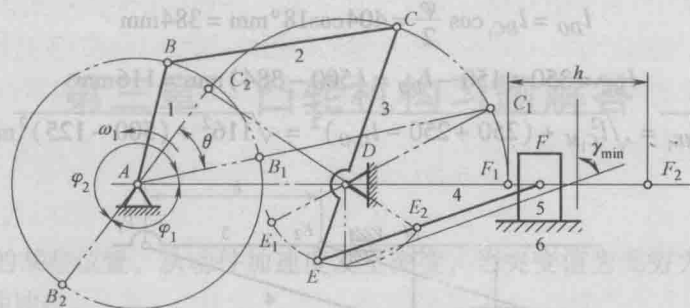
答案图 2-7



答案图 2-8

11. 解: 求出曲柄摇杆机构的极位夹角后, 可得到行程速度变化系数和摇杆的两个极限位置 C_1D 和 C_2D , 从而也可求得 ED 的两个极限位置 E_1D 和 E_2D , 因 EF 长度已知, 可求得滑块两极限位置和行程 $\overline{F_1F_2}$ 。当 ED 垂直于滑块导路时得最小传动角。结果如答案图 2-9 所示。

12. 解: 取比例尺 $\mu_l = 10\text{mm/mm}$, 因 DE 杆对称于铅垂位置摇摆, 且 $\beta = 30^\circ$, 显然 $E'E''F''F'$ 为平行四边形, 故有



答案图 2-9

$$\overline{E'E''} = \overline{F'F''} = h = 400\text{mm}$$

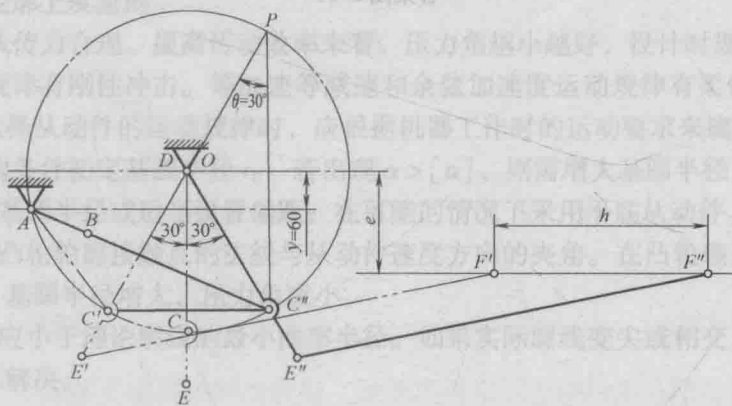
在 $\triangle E'DE''$ 中, $\overline{E'D} = \overline{E''D}$ 且 $\angle E'DE'' = 60^\circ$, 解得

$$l_{DE} = \overline{E'E''} = 400\text{mm}, l_{CD} = (3/4)l_{DE} = 300\text{mm}, l_{EF} = 2l_{DE} = 800\text{mm}$$

按给定 K 设计曲柄摇杆机构 $ABCD$ 所作的图如答案图 2-10 所示, 其中极位夹角

$$\theta = 180^\circ(K-1)/(K+1) = 30^\circ$$

$$l_{AB} = (1/2)(\overline{AC''} - \overline{AC'}) = 120\text{mm}, l_{BC} = \overline{AC''} - l_{AB} = 360\text{mm}$$



答案图 2-10

13. 解: 按所给条件进行分析, 选取导杆机构为基本机构。

(1) 计算极位夹角 θ

$$\theta = \varphi = \frac{K-1}{K+1} \times 180^\circ = \frac{1.5-1}{1.5+1} \times 180^\circ = 36^\circ$$

过 A 点作地基线垂线, 垂足为 D 点, 以 D 点为顶点, 作 $\angle ADC_1 = \frac{\theta}{2}$ 。

导杆长度为

$$l_{C_1O} = \frac{l_{E_1E_2}}{2} = l_{DC_1} \sin \frac{\varphi}{2}$$

$$l_{DC_1} = \frac{l_{E_1E_2}}{2 \sin(\varphi/2)} = \frac{250}{2 \sin 18^\circ} \text{mm} = 404\text{mm}$$

过 A 点作 AB_1 垂直于 C_1D , 垂足为 B_1 点, 在摆杆上点 B_1 处装一滑块, 再连接 C_1E_1 得一导杆机构, 平面连杆机构的运动简图如答案图 2-11 所示。

(2) 机构的几何尺寸为

$$l_{AB} = l_{AD} \sin \frac{\varphi}{2} = 150 \sin 18^\circ \text{mm} = 46.35\text{mm}$$

(2) 当 AC 位于 AC_1 时, 滑块 D 位于 DO 位置, 滑块 D 与 C_1 重合, 且

$$l_{DO} = l_{DC_1} \cos \frac{\varphi}{2} = 404 \cos 18^\circ \text{ mm} = 384 \text{ mm}$$

当 AC 位于 AC_2 时, 滑块 D 位于 MC 位置, 滑块 D 与 C_2 重合, 且

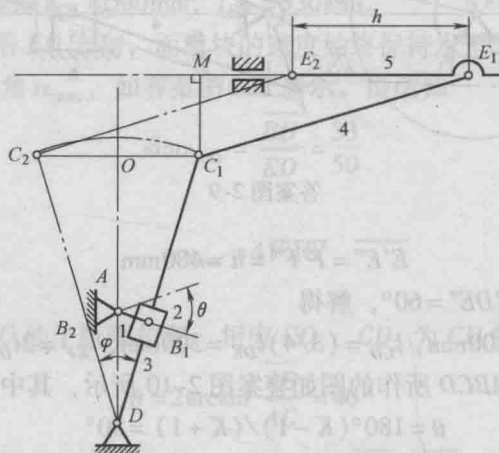
$$l_{MC} = 350 + 150 - l_{DO} = (500 - 384) \text{ mm} = 116 \text{ mm}$$

$$l_{C_1E_1} = \sqrt{l_{C_1M}^2 + l_{ME_1}^2} = \sqrt{l_{C_1M}^2 + (250 + 250 - l_{C_1O})^2} = \sqrt{116^2 + (500 - 125)^2} \text{ mm} = 392.53 \text{ mm}$$

联立式 (a) 与式 (b) 可求得

(3) ED 为二力杆, 作用力 F_1 与 F_2 大小相等, 方向相反, 沿 ED 连线, 且 $\angle BED$ 为压力角, 当 ED

垂直于导轨时, 机构有最大压力角, 此时



答案图 2-11

(2) CD_1 与 CD_2 重合, 滑块 D 位于 DO 位置, 滑块 D 与 C_1 重合, 且

(3) 机构最大压力角的位置发生在 ED 垂直于导轨时, 此时

(4) 为便于行程增加一倍, 可将 AC 长度增加一倍, 即 $AC = 808 \text{ mm}$, 此时