

高等学校试用教材

机械原理习题集

上海交通大学机械原理教研室 编

高等教育出版社

高等学校试用教材

机械原理习题集

上海交通大学机械原理教研室编

上海人民出版社

内 容 提 要

本书编写的目的是：帮助学生系统地掌握和巩固所学的机械原理的基本内容；加强学生运用理论解决实际问题的能力；同时也帮助成绩优秀的学生深入学习、综合运用机械原理的基本理论。由于内容比较广泛，本书对教师的备课也很有参考价值。

本书包括空间连杆机构共十二章。每章内容分为四个部分，内容提要、例题剖析、习题和复习思考题。全书共有例题 45 道、习题 452 道和复习思考题 273 道。

本书可供高等工业学校机械类及近机械类专业学生学习机械原理课程时参考，也可供教师及工程技术人员参考。

高等学校试用教材

机械原理习题集

上海交通大学机械原理教研室编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

上海中华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 12.125 字数 290,000

1985 年 10 月第 1 版 1985 年 10 月第 1 次印刷

印数 00,001—17,050

书号 15010·0672 定价 2.50 元

前 言

本书的编写目的是：帮助学生系统地掌握和巩固所学的机械原理的基本内容；加强学生运用理论解决实际问题的能力；同时也帮助优秀学生深入学习、综合运用机械原理的基本理论。由于内容比较广泛，本书对教师备课也很有参考价值。

本书是在我教研室 1964 年、1980 年、1982 年三次集体编写的“机械原理习题集”和总结多年来教学经验的基础上，收集了国内外的有关资料，参照 1980 年教学大纲编写的。

本书的每章内容分为四个部分：内容提要、例题剖析、习题和复习思考题。全书共有例题 45 道、习题 452 道和复习思考题 273 道。

参加本书编写工作的有：

- | | |
|-------------|-------------|
| 第一、三章——邹慧君； | 第二章——徐龙平； |
| 第四、七章——马培荪； | 第五章——周明溥； |
| 第六章——曹志奎； | 第八、十章——蒋正渠； |
| 第九章——沈乃勳； | 第十一章——董师予； |
| 第十二章——黄文伟。 | |

全书在编写过程中，经有关教师集体讨论，最后由蒋正渠、邹慧君负责编定。

本书承北京钢铁学院卢得林同志审阅，提出了宝贵意见，对此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，错误和不妥之处在所难免，恳切希望读者批评、指正。

上海交通大学机械原理教研室

一九八四年十二月

目 录

第一章	机构结构分析	1
第二章	平面机构运动分析	32
第三章	平面机构的力分析	58
第四章	机械的摩擦与效率	87
第五章	平面连杆机构	134
第六章	空间连杆机构	166
第七章	凸轮机构	187
第八章	齿轮机构	236
第九章	轮系	272
第十章	其他机构	303
第十一章	机械的运转及调节	322
第十二章	机械平衡	348
主要参考文献		

第一章 机构结构分析

一、提要

1. 构件、运动副、运动链、机构、机器的定义

(1) 构件 机械中每一个运动单元体就称为一个构件（或简称为“杆”）。它可能就是一个零件，也可以由几个零件刚结而成。

(2) 运动副 凡两构件直接接触而又能作一定相对运动的活动联接称为运动副。

例如，轴与轴承的联接、轮齿与轮齿的联接以及滑块与导槽的联接都是运动副。

构件之间的接触不外乎点、线、面三种。两构件通过点、线接触而构成的运动副统称为高副；两构件通过面接触而构成的运动副统称为低副。

两构件上直接接触而构成运动副的部份称为运动副元素。

(3) 运动链 两个以上构件通过运动副的联接而构成的系统。运动链中的构件不能构成首尾封闭的系统称开式链；运动链中构成首尾封闭的系统称闭式链。

(4) 机构 将运动链的一个构件固定为机架，当它的另一个或几个构件相对固定构件作独立运动时，其余构件即随之而作确定的运动，这种运动链便称为机构。

(5) 机器 在生产实践中能用来代替人类的劳动以完成有用的机械功或转换机械能的机构称之为机器。

机械是机构和机器的总称。

2. 机构运动简图的意义和画法

从研究机器和机构的运动特性考虑,为了简化,常常撇开那些与运动特性无关的东西(具体的构造和外形等),采用运动副和构件的符号所组成的简单图形,它称之为机构的运动简图。

机构运动简图的绘制方法:首先是要确定机架位置及活动构件的数目;再确定各构件间的运动副的种类和数目;还要测出各个运动副之间的直线尺寸;最后用运动副和构件的符号用合适的视图和比例尺画出机构运动简图。

3. 机构自由度计算公式

机构能产生的独立运动的数目称为机构的自由度。要使机构具有确定的运动,必需使机构的原动件数目等于机构的自由度数目。

对于平面运动的机构,它们的自由度计算公式为

$$w = 3n - 2p_l - p_h$$

其中 n ——机构活动构件的数目;

p_l ——低副的数目;

p_h ——高副的数目。

计算机构自由度时应注意复合铰链、局部自由度和虚约束等情况。

对于空间机构,它的自由度计算公式为:

$$w = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1$$

其中 n ——活动构件的数目;

p_1 ——I级副的数目;

p_2 ——II级副的数目;

p_3 ——III级副的数目;

p_4 ——IV级副的数目;

p_5 ——V级副的数目。

4. 机构的组成原理和基本杆组

任何机构都包含机架，原动件和从动件系统三个部分。从动件系统的自由度数必然为零。从动件系统又可以被认为是若干个自由度为零的运动链的组合。我们把基本的不可再分的、自由度为零的运动链称为杆组。

机构的组成原理：任何机构一般都可以利用杆组依次联接到一个(或几个)原动件和机架上去的方法来组成。

对于仅含低副的机构，它的最简单的杆组为 $n=2, p_l=3$ ，这种杆组称为II级组。

对于 $n=4, p_l=6$ 的杆组有两类：包含由三个内副(即杆组各杆间联接的运动副)组成的封闭三角的杆组称为III级组；包含由四个内副组成的封闭四边形的杆组称为IV级组。

5. 高副低代法

为了研究机构的结构分类以及便于进行机构的运动分析和力分析起见，将平面机构中的高副用低副所组成的运动链来代替。要求代替前后，机构的自由度和机构的瞬时运动不变。

代替高副的最简单的低副链应为一个具有两个低副的构件。

高副低代后的机构称高副低代机构。

二、例题

例 1-1 图 1-1, *a* 所示为一颚式破碎机。电动机通过带轮 6 驱动偏心轴 1 运动时，带动连杆 2 (即动颚板)摆动，从而将落入动颚板及定颚板 5 工作空间内的矿石轧碎。试绘此破碎机的机构运动简图。

解 根据绘制机构运动简图的步骤，先找出破碎机的原动部分为偏心轴 1，执行部分为动颚板 2。然后循着运动传递的路线可以看出，它是由偏心轴 1，动颚板 2，摇杆 3 和机架 4 四个构件组成的。其中偏心轴 1 和机架 4 在 A 点构成转动副；偏心轴 1 与动颚

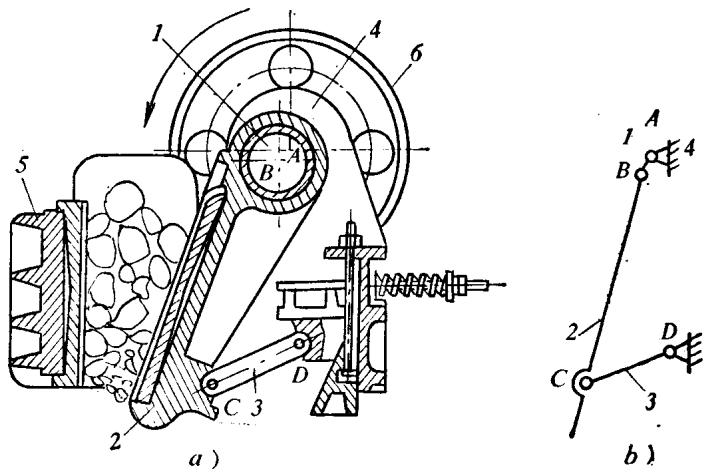


图 1-1

板 2 在 B 点构成转动副, 动颚板 2 与摇杆 3 在 C 点构成转动副, 摇杆 3 与机架 4 在 D 点构成转动副。

将破碎机的组成情况搞清楚后, 再选定投影面和比例尺, 并定出转动副 A、B、C、D 的位置。于是不难绘出其机构运动简图如图 1-1, b 所示。

例 1-2 确定图 1-2 所示穿孔式计算机中升杆和计算卡停止

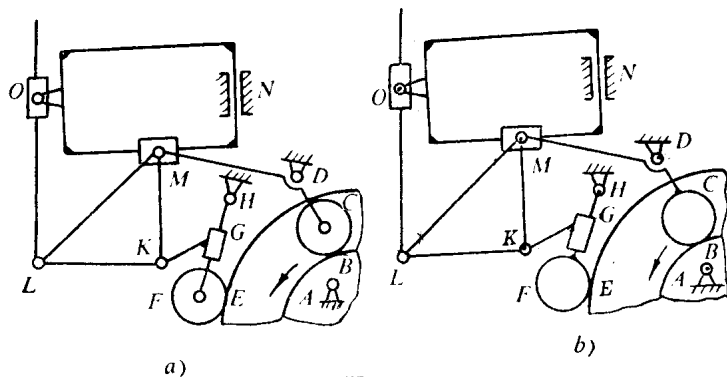


图 1-2

机构的自由度。有箭头标记的为原动件，说明此机构是否具有确定运动。

解 图中两滚子各有一个局部自由度，为了去除这两个局部自由度可将此机构画成图 1-2, *b*。在 *M* 点处有复合铰链，因此 $n=9$, $p_l=12$, $p_h=2$ ，由机构的自由度公式得：

$$w = 3n - 2p_l - p_h = 3 \times 9 - 2 \times 12 - 2 = 1$$

(2) 此机构由于自由度数等于原动件数，因此是具有确定运动的。

例 1-3 确定图 1-3, *a* 所示机构的自由度。并分析原动件分别为构件 1, 3, 5 时，杆组的数目、级别以及机构的级别。

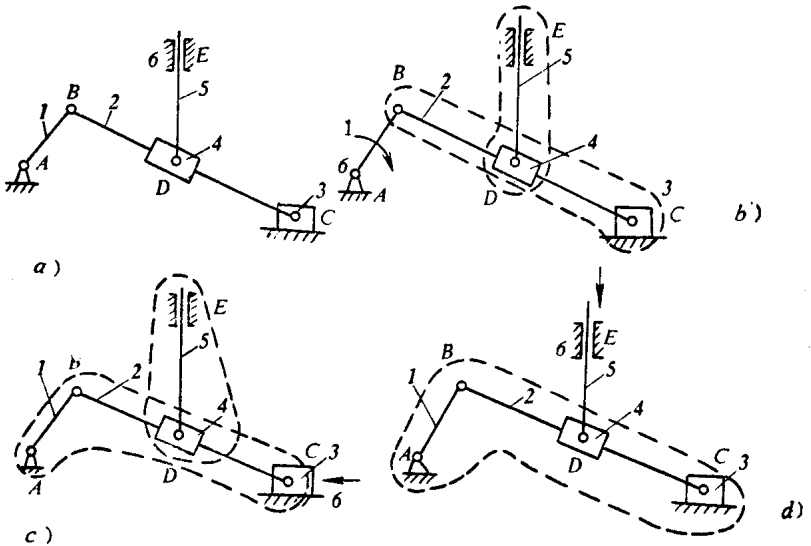


图 1-3

解 1. 确定机构的自由度

因为 $n=5$, $p_l=7$, 所以机构自由度

$$w = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$$

2. 分离杆组和确定机构级别

(1) 若构件 1 为原动件: 如图 1-3, *b* 所示, 可拆下两个 II 级杆组 *BC* 及 *DE*, 可知该机构是由原动件、机架和两个 II 级杆组所组成。故属于 II 级机构。

(2) 若构件 3 为原动件: 如图 1-3, *c* 所示, 可拆下两个 II 级杆组 *ABC* 和 *DE*, 可知该机构是由原动件、机架和两个 II 级杆组所组成。故属于 II 级机构。

(3) 若构件 5 为原动件: 如图 1-3, *d* 所示, 可拆下一个 III 级杆组 *ABCD*, 可知该机构是由原动件、机架和一个 III 级杆组所组成。属于 III 级机构。

由上可见, 同一机构中取不同构件为原动件, 它们的杆组的数目和级别是不同的, 机构的级别也就不同。

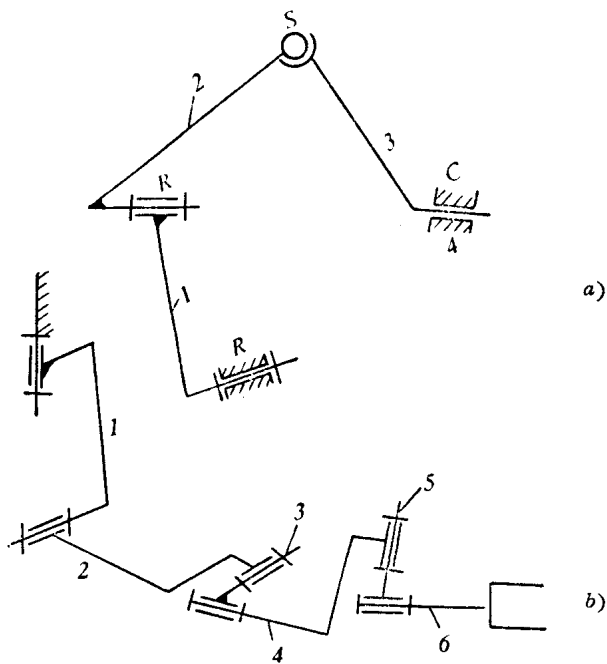


图 1-4

例 1-4 计算图 1-4 所示空间机构的自由度。

解 图 *a* 为 *RRSC* 机构。

$$n=3, p_3=1, p_4=1, p_5=2。$$

$$w=6 \times 3 - 5 \times 2 - 4 \times 1 - 3 \times 1 = 1$$

图 *b* 为 *6R* 型机械手。

$$n=6, p_5=6。$$

$$w=6 \times 6 - 5 \times 6 = 6$$

例 1-5 绘出图 1-5, *a* 所示仪表机构的仅含低副的替代机构。

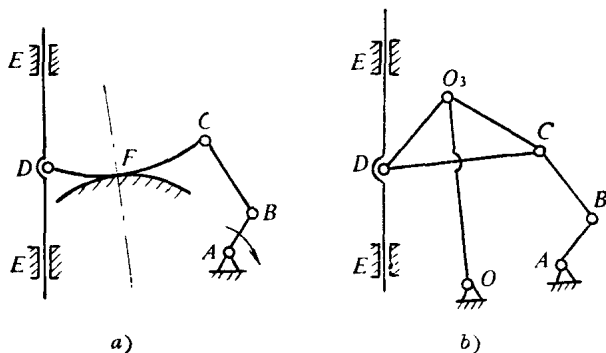
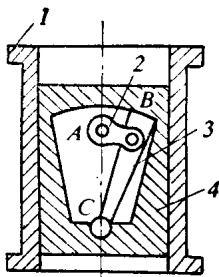


图 1-5

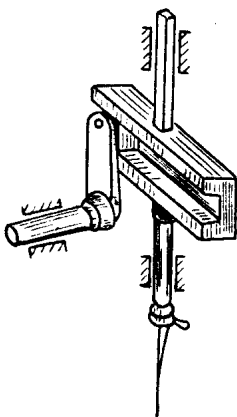
解 以构件 O_3O 代替高副 F , O_3 、 O 点是接触点处两曲面的曲率中心。 O_3 为构件 CD 上一点, 故 $CD O_3$ 成为一体。这样就得到图 *b* 所示的替代机构。

三、习题

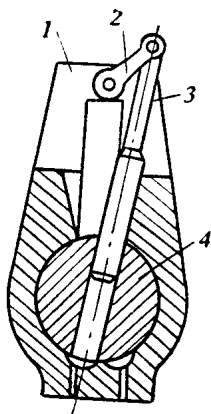
1-1 绘制下列机构的运动简图, 并计算其自由度(其中构件 *I* 均为机架)。



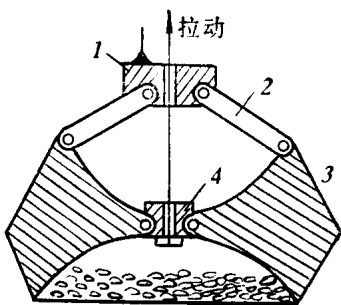
题 1-1, a
冲床机构



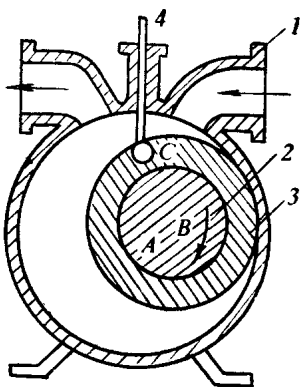
题 1-1, b
缝纫机引线机构



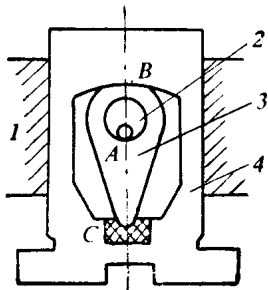
题 1-1, c
油泵机构



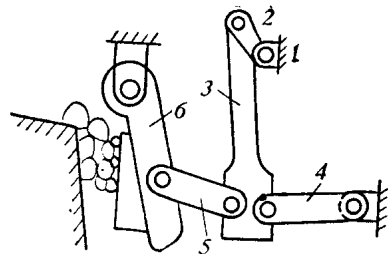
题 1-1, d
抓斗机构



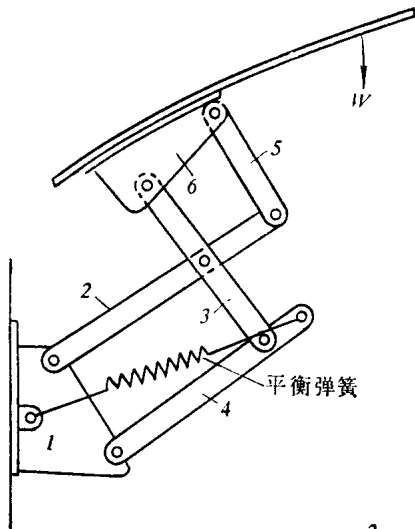
题 1-1, e
油泵机构



题 1-1, f
冲床刀架机构

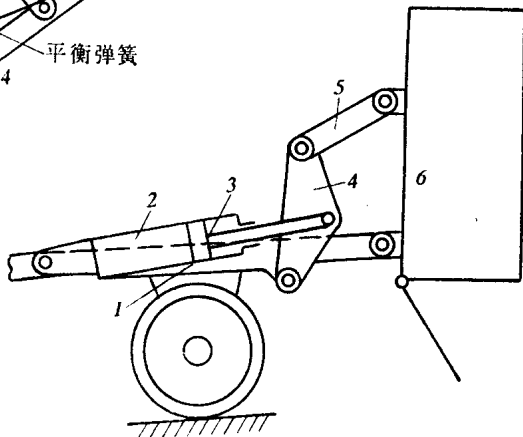


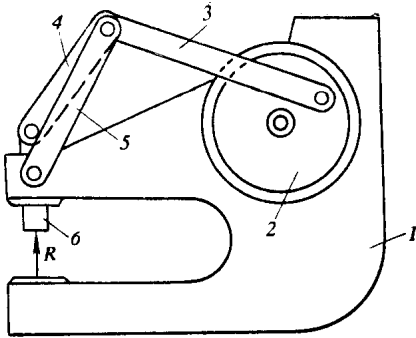
题 1-1, g
碎石机



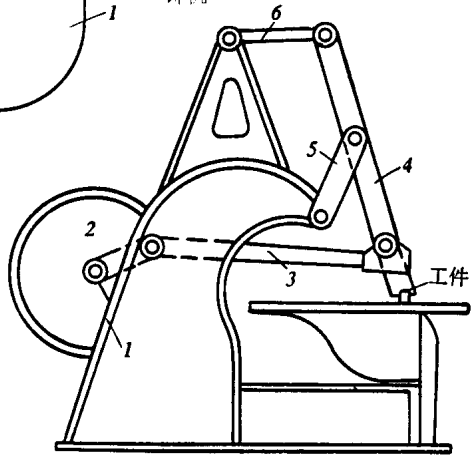
题 1-1, h
汽车发动机罩机构

题 1-1, i
自动倾卸机构

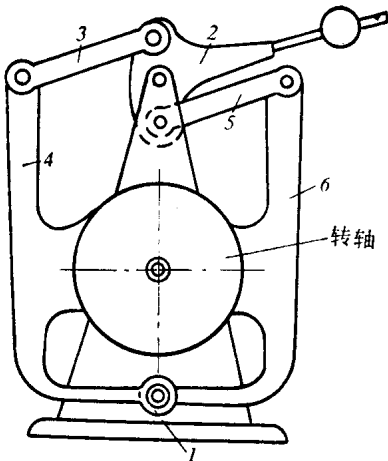




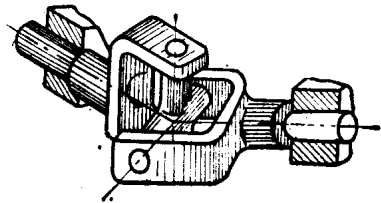
题 1-1, j
铲机



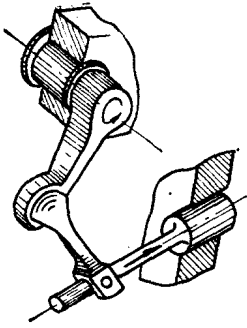
题 1-1, k
抛光机



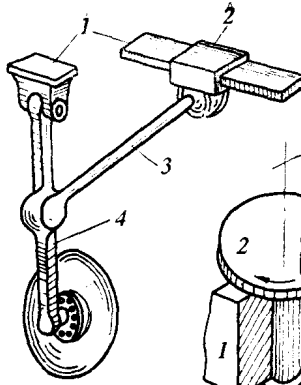
题 1-1, l
制动机构



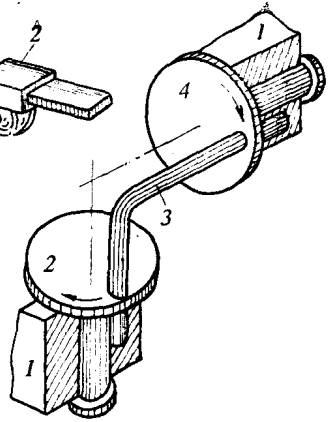
题 1-1, m
万向联轴器



题 1-1, n
操舵机构

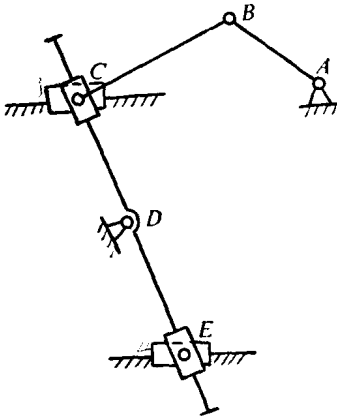


题 1-1, o
飞机起落架

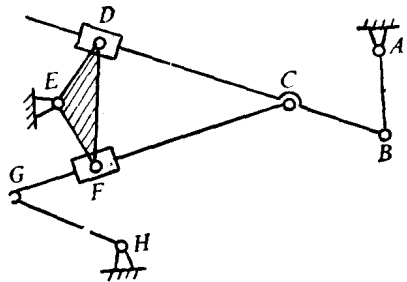


题 1-1, p
角度传动机构

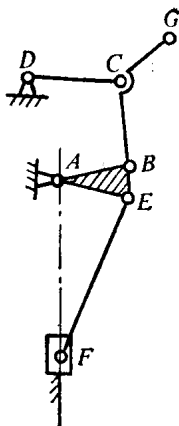
1-2 计算下列机构的自由度, 注意的事项应说明



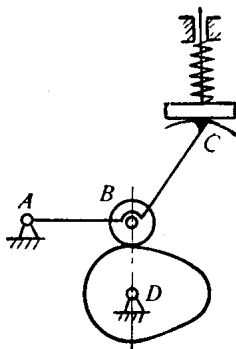
题 1-2, a
压缩机机构



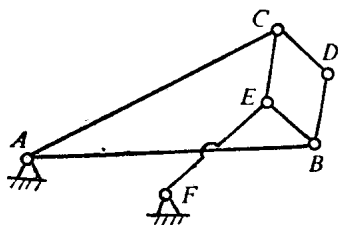
题 1-2, b
缝纫机送布机构



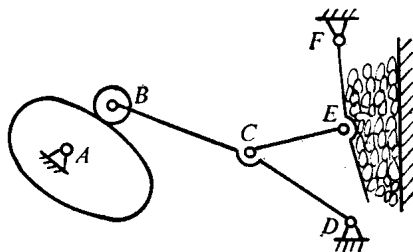
题 1-2,c
缝纫机刺布和挑线机构



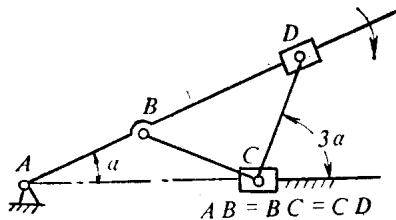
题 1-2,d
内燃机配气凸轮机构



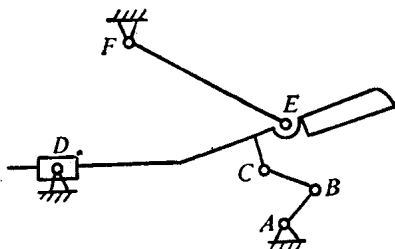
题 1-2,e
锯床进给机构



题 1-2,f
破碎机



题 1-2,g
角度三等分机构



题 1-2,h
刨刀机构