



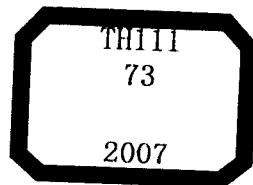
高等学校机械类课程学习辅导丛书

机械原理 学习指导与习题选解

邹慧君 郭为忠 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



高等学校机械类课程学习辅导丛书

机械原理学习指导 与习题选解

邹慧君 郭为忠 主编

向守教育出版社

内容简介

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课程的基本内容;培养学生运用理论解决实际问题的能力;同时也能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。由于内容丰富、选题精良,本书对教师的备课也很有参考价值。

全书包括机构的结构分析和综合、运动分析、力分析、摩擦和效率、平面连杆机构、空间连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、其他机构、运转与调速、平衡、机械运动方案设计等 13 章。每章均包括提要、习题选解、习题精选和复习思考题等四部分。全书共有习题选解 75 道、习题 475 道和复习思考题 249 道;并且有试题精选、计算机辅助解题两个附录,其中精选试题 222 道。

本书可作为工科院校机械类、近机类专业学生自学的辅助教材,报考研究生时复习参考书。同时也可供教师及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理学习指导与习题选解/邹慧君,郭为忠主编.
—北京:高等教育出版社,2007.3
ISBN 978-7-04-020609-8

I. 机… II. ①邹…②郭… 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(2007)第 018513 号

策划编辑 宋 晓 责任编辑 陈大力 封面设计 张 楠 责任绘图 吴文信
版式设计 王艳红 责任校对 刘 莉 责任印制 宋克学

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京人卫印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2007 年 3 月第 1 版
印 张	29	印 次	2007 年 3 月第 1 次印刷
字 数	540 000	定 价	33.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20609-00

前 言

机械原理课程是高等工科大学机械类和近机类各专业开设的一门主干基础技术课程。为了帮助学生系统掌握和巩固所学的机械原理课程的基本内容;培养学生运用理论知识解决实际问题的能力;同时也帮助优秀学生深入学习、综合运用机械原理中的基本概念、基本理论和基本方法。我们在 1985 年编写、出版了《机械原理习题集》,内容共 12 章。各章均包括提要、例题、习题和思考题四个部分,实际上它的内容已超出了单纯的习题集。这本习题集由于内容丰富、针对性强,受到广大学生和教师的欢迎。但是由于此书出版已有 20 多年了。20 年来机械原理课程内容和体系均有很大变化。

上海交通大学的机械原理课程内容和体系,通过 20 年来的教学和改革实践,已有较大变化,已形成了机构设计——机构系统设计——机械动力学的新体系。课程中加强了机构分析和设计的解析法、机构系统设计的内容。新体系将有利于培养学生的创新思维和创新设计能力。

机械原理课程的研究对象是机器和机构,由于课程性质决定了机器和机构的概念具有一定的抽象性、概括性和普遍适用性,这样有利于更深刻地研究机械产品设计中的基本理论和基本方法。这就说明为什么将机械原理学科称之为机械工程的基础。由于它的抽象性和概括性,会使学生在学习机械原理时感到比较困难、不易理解。编写本书的目的,就是为了帮助学生掌握机械原理内容的精髓,理解机械原理的理论和方法。

由于机械原理课程与机械产品设计紧密结合,机械原理课程的实践性十分明显,再加上它的抽象性。因此,学习机械原理过程中应紧紧掌握如下方法:

- 1) 熟悉和掌握机构运动简图的画法,能熟练地应用机构运动简图来分析机器。
- 2) 熟悉和掌握各种典型机构及其运动特点,深刻理解实际机械产品的基本特性。
- 3) 深刻理解基本概念,更好掌握机械原理课程的主要内容。
- 4) 深入理解和全面掌握本课程所采用的基本研究方法,如杆组法、转换机架法、机构演化法、等效法等等。
- 5) 注意在学习过程中进行前后联系、融会贯通、举一反三,掌握基本理论、基本方法和基本技能。

6) 要重点复习有关习题选解,归纳总结解题思路和解题方法,从中得到启示,以达到举一反三的效果。使得做习题、做考题时有事半功倍的效果。

要学好一门主干课程,需要在各个环节上作努力,要有一套系列教学用书。本书与我们在高等教育出版社出版的《机械原理》(普通高等教育“十五”国家级规划教材)、《机械原理课程设计手册》将成为一套机械原理课程系列教材。我们希望这套教材不但有利于学生平时的学习,同时也可以帮助学生进行考研前的复习准备。

本书共有 13 章,各章内容均包括提要、习题选解、习题精选和复习思考题 4 个部分,能够充分满足学习本课程的需要。全书共有习题选解 75 道、习题 475 道、复习思考题 249 道,力争做到精、全、优。书中还有两个附录,其中精选试题 222 道。

本书由邹慧君、郭为忠担任主编。邹慧君编写了第 1、10、12、13 章,沈乃勋编写了第 2、8、9 章及附录 A,张青编写了第 3、4、5 章,郭为忠编写了第 6、7、11 章及附录 B。最后由邹慧君、郭为忠负责统稿和定稿。

由于编者水平所限,书中疏漏和欠妥之处在所难免,恳请读者不吝指正。

编 者

于上海交通大学徐汇校区

2005 年 6 月

目 录

第一章 机构结构分析与综合	1
一、提要	1
二、习题选解	3
三、习题精选	7
四、复习思考题	26
第二章 平面机构的运动分析	29
一、提要	29
二、习题选解	34
三、习题精选	46
四、复习思考题	51
第三章 平面机构的力分析	53
一、提要	53
二、习题选解	55
三、习题精选	66
四、复习思考题	81
第四章 机械的摩擦与效率	82
一、提要	82
二、习题选解	87
三、习题精选	107
四、复习思考题	129
第五章 平面连杆机构	132
一、提要	132
二、习题选解	137
三、习题精选	149
四、复习思考题	161
第六章 空间连杆机构	164
一、提要	164
二、习题选解	168

三、习题精选	173
四、复习思考题	180
第七章 凸轮机构	181
一、提要	181
二、习题选解	190
三、习题精选	200
四、复习思考题	216
第八章 齿轮机构	220
一、提要	220
二、习题选解	228
三、习题精选	239
四、复习思考题	243
第九章 轮系	247
一、提要	247
二、习题选解	257
三、习题精选	263
四、复习思考题	270
第十章 其他机构	272
一、提要	272
二、习题选解	276
三、习题精选	278
四、复习思考题	286
第十一章 机械的运转及调节	288
一、提要	288
二、习题选解	292
三、习题精选	296
四、复习思考题	306
第十二章 机械平衡	308
一、提要	308
二、习题选解	314
三、习题精选	322
四、复习思考题	334
第十三章 机械运动方案设计	336
一、提要	336

二、习题选解	342
三、习题精选	355
四、复习思考题	370
附录 A 试题精选	371
附录 B 计算机辅助解题	424
参考文献	451

第一章

机构结构与综合

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连接称为运动副。

例如,轴与轴承的连接、轮齿与轮齿的连接以及滑块与导槽的连接都是运动副。

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分称为运动副元素。

(3) 运动链 两个以上构件通过运动副的连接而构成的系统。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或机构系统称之为机器。

机械是机构和机器的总称。

(6) 机械系统 若干机构组成的系统称机械系统。

这种机械系统就是机器。若干机器组成的系统也称机械系统。这种机械系统也可称为生产线。

(7) 机电一体化系统 将计算机信息处理和控制技术与可控机构融合在一起的现代机构系统称为机电一体化系统。其实质还是机械系统。

(8) 机械运动方案 按一定工艺动作过程要求设计的机器运动简图称之为机械运动方案。它是机器方案最关键的部分。

机械运动方案实际上就是一系列执行机构所组成的机构系统。

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,必须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

$$F = 3n - 2p_1 - p_h$$

其中 n ——机构活动构件的数目;

p_1 ——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

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

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连接到一个(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 $n=2, p_1=3$, 这种杆组称为Ⅱ级组。按转动副、移动副组合不同共有 5 种不同类型。

对于 $n=4, p_1=6$ 的杆组有两类:包含由三个内副(即杆组各杆间连接的运动副)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、习题选解

例 1-1 图 1-1a 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。

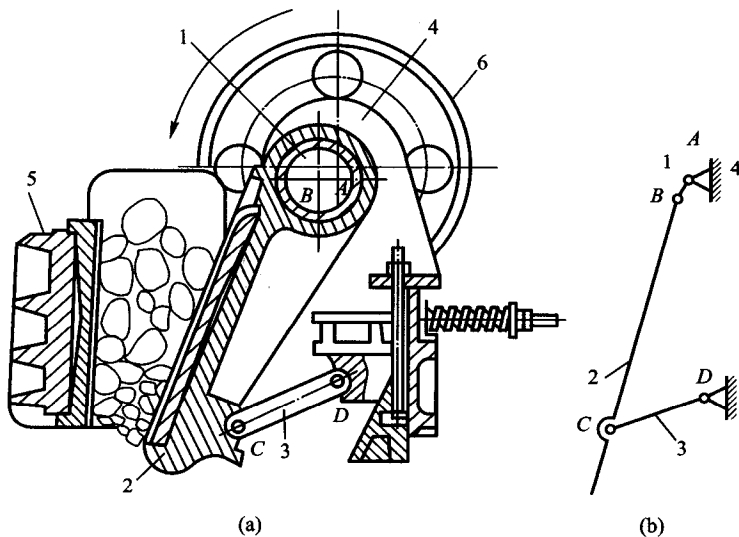


图 1-1

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 1-1b 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。

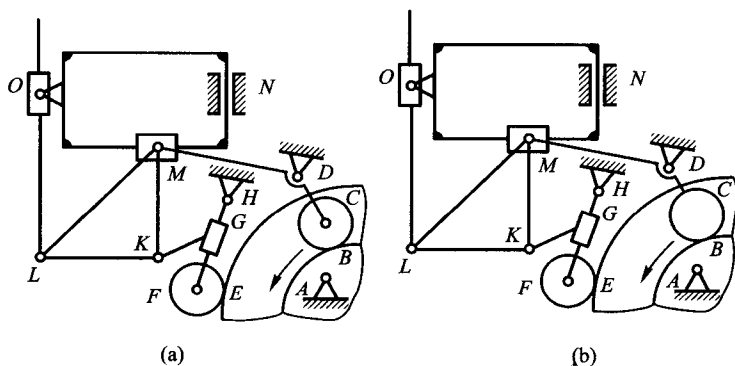


图 1-2

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 1-2b。在 M 点处有复合铰链,因此 $n=9$, $p_1=12$, $p_h=2$, 由机构的自由度公式得

$$F = 3n - 2p_1 - p_h = 3 \times 9 - 2 \times 12 - 2 = 1$$

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 1-3a 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。

解 1. 确定机构的自由度

因为 $n=5$, $p_1=7$, 所以机构自由度

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

2. 分离杆组和确定机构级别

(1) 若构件 1 为原动件:如图 1-3b 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 1-3c 所示,可拆下两个 II 级杆组 ABC 及 DE,

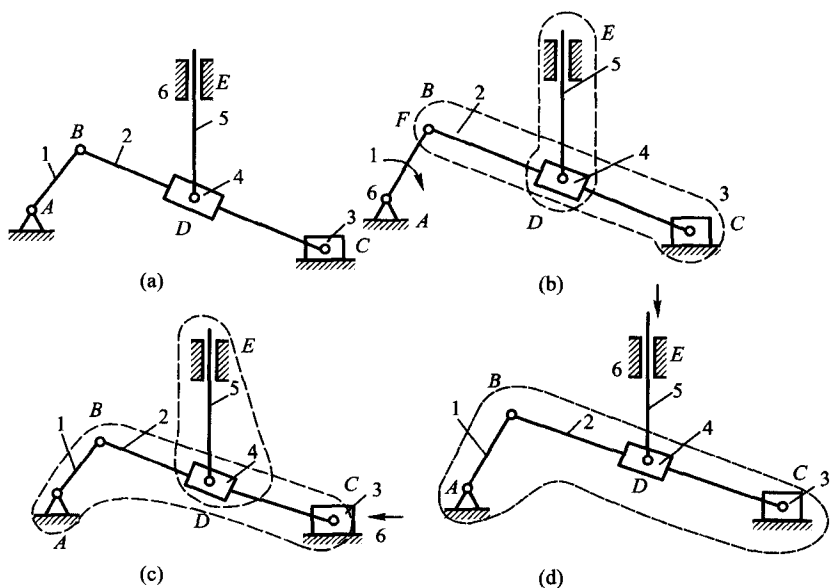


图 1-3

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 1-3d 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。

由此可见,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。

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。

$$n = 3, p_3 = 1, p_4 = 1, p_5 = 2$$

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

图 b 为 6R 型机械手。

$$n = 6, p_5 = 6。$$

$$F = 6 \times 6 - 5 \times 6 = 6$$

例 1-5 绘出图 1-5a 所示仪表机构的仅含低副的替代机构。

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 CDO_3 成为一体。这样就得到图 b 所示的替代机构。

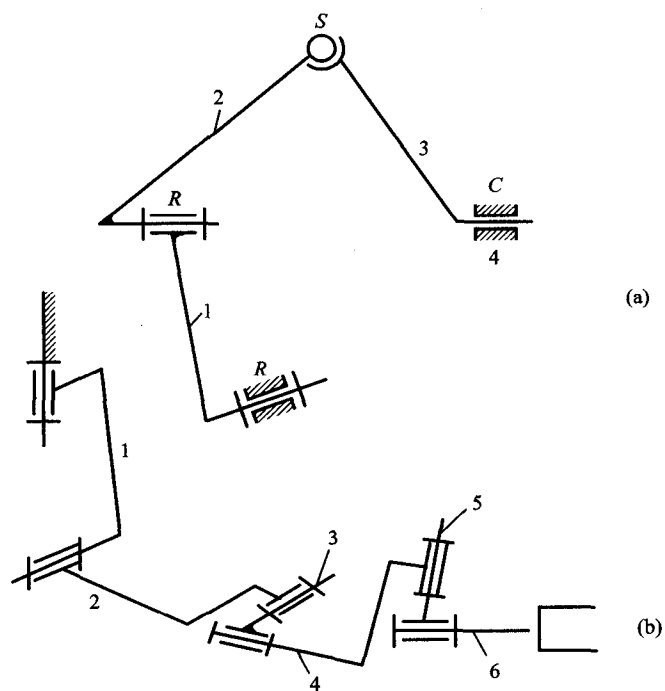


图 1-4

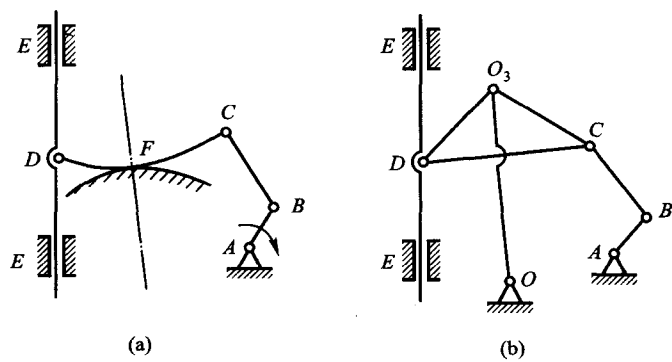
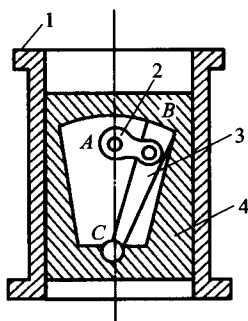


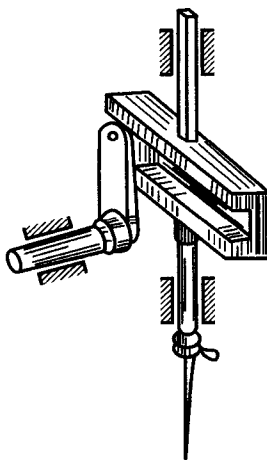
图 1-5

三、习题精选

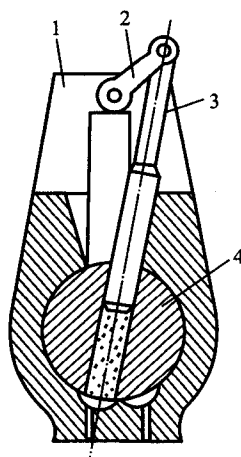
1-1 绘制下列机构的运动简图,并计算其自由度(其中构件1均为机架)。



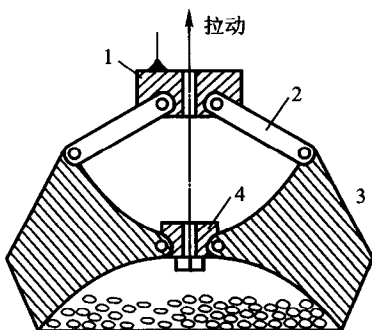
题 1-1a
冲床机构



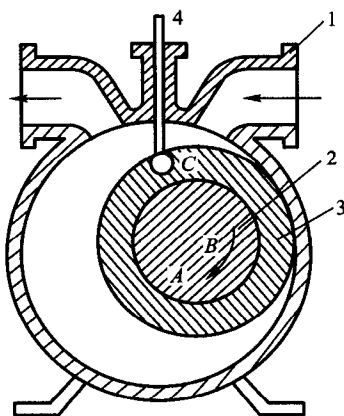
题 1-1b
缝纫机引线机构



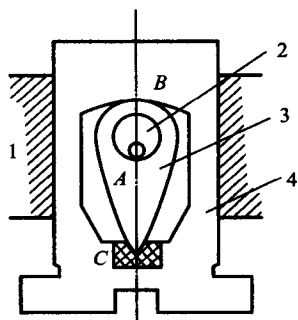
题 1-1c
油泵机构



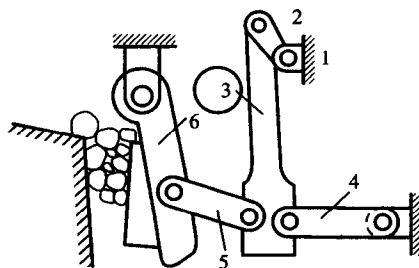
题 1-1d
抓斗机构



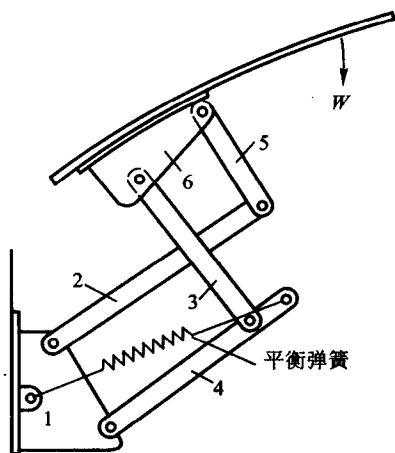
题 1-1e
油泵机构



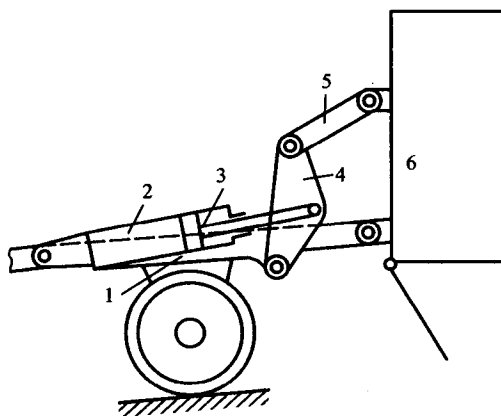
题 1-1f
冲床刀架机构



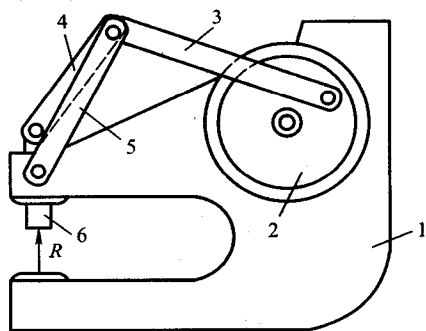
题 1-1g
碎石机



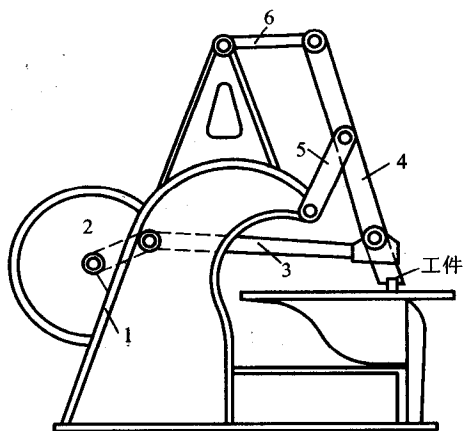
题 1-1h
汽车发动机罩机构



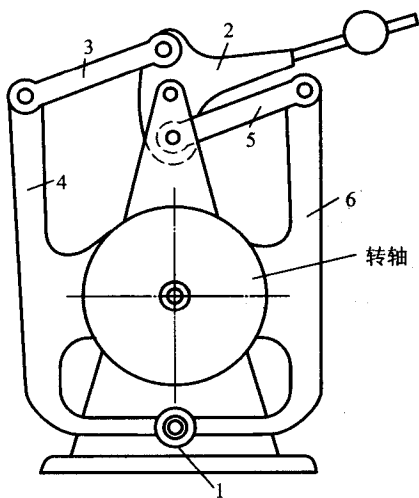
题 1-1i
自动倾卸机构



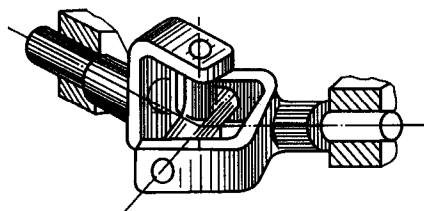
题 1-1j
铆机



题 1-1k
抛光机



题 1-1l
制动机构



题 1-1m
万向联轴器