

275

机械设计基础

李玉峰 主编

天津大学出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教委审定的《机械设计基础课程教学基本要求》并在多年的教学实践基础上编写的。

全书除绪论外共 14 章, 主要阐述机械中的常用机构和通用零部件的工作原理、结构特点、运动特性、基本的设计理论和计算方法以及机械动力学的基本知识。

本书突出高等学校工程类专业的特点, 精选内容, 做到少而精, 突出应用性, 采用了最新国家标准。

本书可作为高等学校工程类机械设计基础课程的教材, 也可作为高等学校工程类成人教育和自学考试教材, 还可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础/李玉峰主编. —天津: 天津大学出版社
1999. 8
大专教材
ISBN 7-5618-1228-0

I. 机… II. 李… III. 机械学-高等学校: 专业学校-教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 39318 号

出 版 天津大学出版社
出版人 杨风和
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)
电 话 发行部: 022—27403647 邮购部: 022—27402742
印 刷 天津大学印刷厂
发 行 新华书店天津发行所
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 14.75
字 数 375 千
版 次 1999 年 8 月第 1 版
印 次 1999 年 8 月第 1 次
印 数 1—4 600
定 价 17.00 元

前 言

本书是根据国家教委审订的《机械设计基础课程教学基本要求》并结合编者的专科教学实践经验编写的。

本书贯彻教学基本要求的指导原则，内容以培养技术应用型人才为目的，突出实用性；基础理论以必需、够用为度，以掌握基本概念、强化应用，培养技能为重点，尽量减少数理推导论证；各章均编写了联系生产实际、应用性较强的习题。

本书针对专科教学实际和学生的特点，做到精选内容，突出少而精，阐述问题力求深入浅出、层次分明，便于自学。

本书在编写过程中，注意吸收各兄弟学校近年来的教学经验和成果，同时也编入有关拓宽反映学科新成就的内容，但深度适中，篇幅不大。

全书采用最新国家标准。

参加本书编写的有：李玉峰（绪论、第二、四、八、十一、十四章），王燕（第一、三、六、七章），李强（第五、十、十二章），田作奎（第九、十三章），并由李玉峰担任主编。

本书在编写过程中，得到杨剑秋副教授的大力支持，提出了许多宝贵的意见和建议，对体现专科特色和提高全书质量帮助很大，同时也得到聋人工学院领导和老师的关心和帮助，编者对此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1999.5

绪 论

0-1 本课程研究的对象和内容

机器在人们日常生活和生产中是随时可见到的。内燃机、电动机、起重机、缝纫机和金属切削机床等都是机器。机器的类型很多，其用途不同，结构和性能也不同，但它们却有着共同的原理和特征。

如图 0-1 中的单缸四冲程内燃机，它是由汽缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、进气阀顶杆 8（排气阀部分在图中未画出）等组成。燃气在气缸内燃烧产生压力推动活塞进行往复直线移动，再通过连杆 3 使曲轴 4 作连续转动，从而将燃气的热能不断地转换为曲轴的机械能。

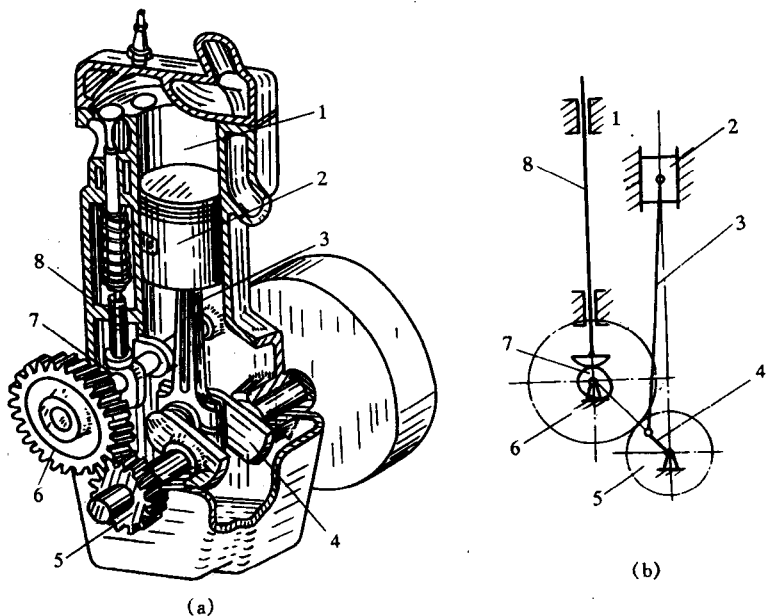


图 0-1 内燃机

图 0-2 的颚式破碎机，主要由机架 1、偏心轴 2、动颚 3、肘板 4 等组成。偏心轴一端与带轮 7 固联，另一端与飞轮 6 固联。当电动机通过 V 形带（图中未画出）驱动带轮 7，使偏心轴随之转动，进而使动颚 3 作平面运动，最终将置于动颚 3 和定颚板 5（与机架固联）之间的物料破碎，完成有效的工作过程。

通过以上两例可知，机器具有以下共同特征：

- ①它们是人为实体的组合；
- ②各实体间具有确定的相对运动；

③它们能代替或减轻人的劳动，来完成有效的机械功或转换机械能。

凡同时具有以上三个特征的称为机器；仅具有前两个特征的则称为机构。由图 0-1 可知，内燃机是机器。它由曲柄滑块机构（活塞 2、连杆 3、曲柄 4 和汽缸体 1 组成）、凸轮机构（凸轮 7、顶杆 8、汽缸体 1 组成）、齿轮机构（齿轮 5 和 6 及汽缸体）等组成。而图 0-2 颚式破碎机也是机器，它由一个带轮传动机构和偏心轮机构组成。由此可知，机器是由机构组成的，所以仅从结构和运动的角度看，机构和机器没有什么区别。在工程上通常将机构和机器总称为机械。

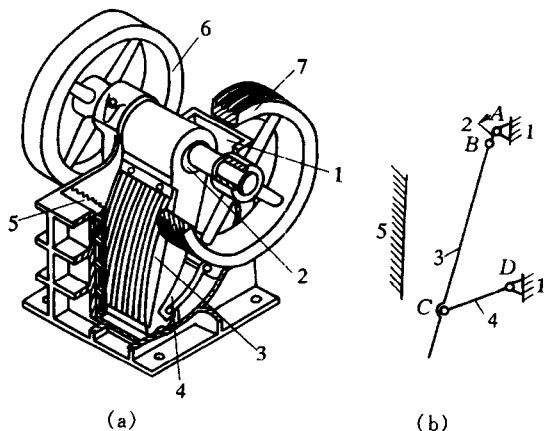


图 0-2 颚式破碎机

从功能上来说，机构和机器的根本区别在于机构的主要功能用来传递运动和动力，而机器的主要功能除能传递运动和动力外，还能转换机械能或完成有效的机械功。因此，一部机器可以包含几个机构，也可以只包含一个机构，如电动机和鼓风机。

机构中各个相对运动部分称为构件（也可称为机构中的运动单元体）。所以构件具有独立的运动特性，它是运动单元。而零件是制造单元。构件可以是单一整体，如图 0-3 所示的内燃机曲轴，也可以是多个相互之间无相对运动的零件所组成。又如图 0-4 中的连杆，它由连杆体 1，连杆 2，轴瓦 3、4 和 5，螺栓 6，螺母 7，开口销 8 等零件组成的。

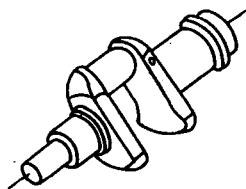


图 0-3 曲轴

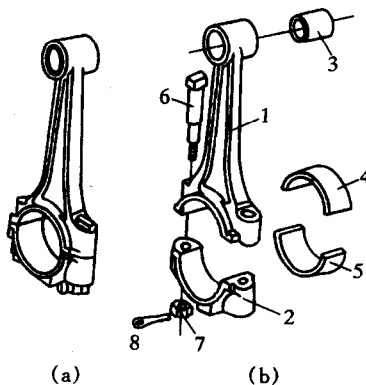


图 0-4 连杆

机器中普遍使用的机构称为常用机构，如齿轮机构、连杆机构、凸轮机构和间歇机构等。

机器中的零件，按其功能和结构特点，可分为通用零件和专用零件。各种机械中普遍使用的零件称为通用零件，如螺栓、齿轮、轴、弹簧等；只在某些专门机械中使用的零件称为专用零件，例如汽轮机中的叶片、内燃机中的活塞等。

一台完整的机器一般由三部分组成的，即原动部分、传动部分和执行部分。原动部分是指机器的动力来源，如机床上的电动机、汽车的内燃机；传动部分是指将原动部分和执行部分连在一起的中间环节，如机床的变速箱、进给箱、溜板箱和汽车的离合器、变速箱、传动

轴、差速器和半轴等。执行部分是指完成机器预想动作的部分，如机床的刀具、汽车的车轮。

机械设计基础（或称机械原理和机械零件）主要是研究机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、运动特点、基本的设计理论和计算方法。

本书第1章～第6章及第14章属机械原理范围，着重研究机械中的常用机构及机器动力学的一些知识；第7章～第13章属于机械零件的范围，着重介绍常用的联接，机械传动，轴系零、部件等，并扼要介绍国家标准和有关规范，某些标准零部件的选用原则与方法，以及通用部件的一般使用维护知识。总之，本课程主要是介绍与常用机构和通用零部件设计有关的问题。

0-2 本课程在教学中的地位

机械设计基础是以高等数学、理论力学、材料力学、机械制图、金属工艺学、金属材料及热处理、公差配合与技术测量、算法语言等先修课程为基础的，它将为学习有关专业课奠定必要的理论基础。本课程科学性、综合性、实践性都比较强，是机械类和近机类专业的主干课之一，在相应各专业教学中占重要地位，是培养机械或机械管理工程师的必修课。

0-3 机械设计的基本要求和一般程序

一、基本要求

在满足预期功能的前提下，要选择性能好、效率高、成本低的零件，使其在预定使用期限内安全可靠，且操作方便、维修简单和造型美观等。

二、机械设计的一般程序

①提出和制定产品设计任务书。

②总体方案设计。

③技术设计（结构设计）：确定机器各部分的结构和尺寸，绘制总装配图、部件装配图和零件图。因而对所有零件（标准件除外）都必须进行结构设计，并对主要零件的工作能力进行计算，即进行机械零件设计。

④样机的试制和鉴定（通过对样机的试制，从技术上、经济上作全面的评价）。

⑤产品定型和投产。

第一章 平面机构结构分析

如前所述，机构是由具有确定的相对运动的构件组合而成的。但是，任意拼凑起来的构件组合不一定产生相对运动，即使能够运动，也不一定具有确定的相对运动。因此，研究构件的组合在什么条件下才能成为机构，对于分析现有机构或设计新机构都是非常重要的。此外，由于实际机构的外形和结构都很复杂，为了分析研究机构，应当学会用简单线条和符号绘制机构的运动简图。这些内容本章都将加以研究。

所有构件都在同平面内或相互平行的平面内运动的机构称为平面机构，否则称为空间机构。工程上常见的机构大多属于平面机构，为此，本章仅讨论平面机构。

第一节 运动副及其分类

一个作平面运动的自由构件，有三个独立运动的可能性。如图 1-1 所示，在 xOy 坐标系中，构件 S ，可随其上任意一点 A 沿 x 轴、 y 轴方向移动和绕 A 点转动。

构件可能出现的独立运动称为构件的自由度。一个作平面运动的自由构件有三个自由度。

当构件组成机构时，每个构件都以一定的形式与其它构件相互联接，且相互联接的两个构件间可产生一定的相对运动。这种使构件直接接触而又彼此可产生一定的相对运动的联接称为运动副。组成运动副的两构件在相对运动中可能参加接触的点、线、面称为运动副元素。

根据接触情况，将运动副分为低副和高副两大类。

1. 低副

低副是两构件通过面接触形成的运动副。根据它们之间的相对运动是转动还是移动，又分为转动副和移动副。

(1) 转动副（也称回转副）若组成运动副的两构件，只能在一个平面内相对转动，这种运动副叫转动副（或称铰链），如图 1-2 所示。在图 1-2 (a) 中所示轴 1 和轴承 2 组成的回转副中，有一个是固定的，称为固定铰链。图 (b) 所示构件 1 和 2 组成转动副，它的两个构件均未固定，故称为活动铰链。

(2) 移动副 若组成运动副的两构件只能沿某一轴线作相对直线运动，这种运动副称为移动副，如图 1-3 所示。

2. 高副

两构件通过点或线接触组成的运动副称为高副，如图 1-4 所示。图 1-4 (a) 为车轮与钢轨，图 1-4 (b) 为凸轮与从动件，图 1-4 (c) 为轮齿在接触处 A 组成高副。

从上面分析可以知道，构件组成运动副时，构件由于相互联接其独立运动就受到限制，

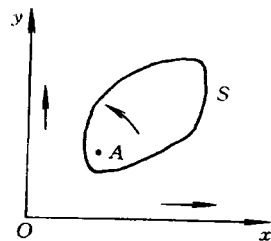


图 1-1 平面运动刚体的自由度

把对物体运动的限制称为约束。在分析低副时，可知平面机构中的低副引入两个约束，而仅保留一个自由度（在图 1-2 和图 1-3 中，只有一个箭头方向的自由度）；而在高副，引入一个约束而保留两个自由度（图 1-4 中的箭头方向的两个自由度）。

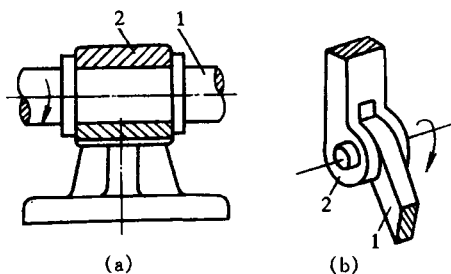


图 1-2 回转副

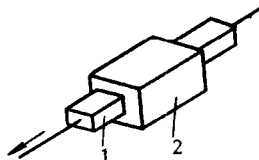


图 1-3 移动副

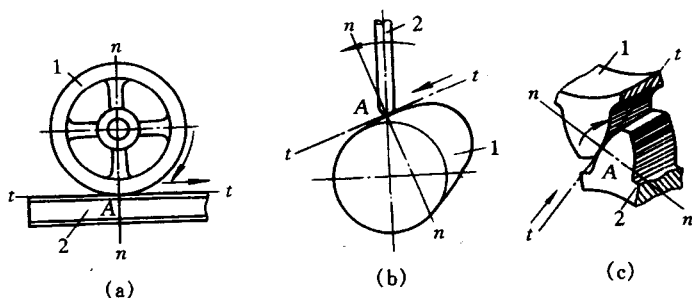


图 1-4 平面高副举例

第二节 平面机构的运动简图

由于机构的运动仅与机构中运动副的类型、运动副数目及相对位置、构件的数目等有关，而与构件的外形、截面尺寸、组成构件的零件数目、运动副的具体构造等因素无关，所以，可按一定的长度比例尺确定运动副的位置，并用特定的构件和运动副的符号和简单的线条绘制出图形。这种表示机构运动特征的简单图形称为机构的运动简图。

机构运动简图表示机构的运动特征，它不仅简明地表达了实际机构的运动情况，而且还可以通过该图进行机构的运动分析和动力分析。

机构运动简图中的运动副表示如下。

图 1-5 中，(a)、(b)、(c) 是两物体组成转动副的表示方法。用圆圈表示转动副，其圆心代表相对转动轴线。若组成转动副的两个构件都是活动件，则用图 (a) 表示；若其中一个为机架（即固定件），则在代表机架的构件上加上斜线，如图 (b)、(c) 所示。

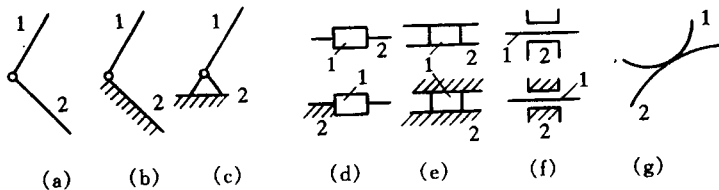


图 1-5 平面运动副的表示方法

两构件组成移动副的表示方法如图 1-5 (d)、(e)、(f) 所示。移动副的导路必须与相对移动方向一致。图中画有斜线的构件表示机架。

两构件组成高副时，在简图中应画出两个构件接触处的曲线轮廓，如图 1-5 (g) 所示。

图 1-6 为构件的表示方法。其中图 (a) 表示具有两个转动副元素的构件，它可与别的构件组成两个转动副。图 (b) 表示具有一个回转副元素和一个移动副元素的构件。具有三个回转副元素的构件可用三角形表示，如图 (c) 所示；如果三个回转副元素的中心在同一条直线上，可用图 (d) 表示。常用零部件的表示方法可参看 GB4460—84《机构运动简图符号》。

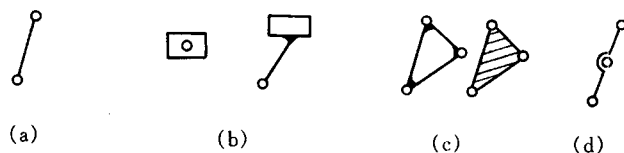


图 1-6 构件表示方法

组成机构的构件，可分为三类。

(1) **固定件或机架** 固定件或机架是用来支承活动构件的构件。如图 0-1 中的汽缸体 1，它支承活塞和曲轴等。研究机构中活动构件运动时，常以固定件作为参考坐标系。

(2) **原动件（或称主动件）** 原动件是机构中运动规律已知的构件。它的运动规律是由外界给定的，所以也称输入件。图 0-1 中的活塞 2 就是原动件。

(3) **从动件** 从动件是机构中除了主动件以外的活动构件。例如图 0-1 中的连杆和曲轴都是从动件。

由此可知，机构是由机架、原动件及从动件系统（除机架与原动件外的所有构件）所组成。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法。

例 1-1 试绘制图 0-2 (a) 所示颚式破碎机的机构运动简图。

解 (1) 分析机构的运动，判别固定件、原动件和从动件，并确定构件的数目。由图可知，机架 1 是固定件，偏心轴 2 是原动件，剩下的动颚 3 和肘板 4 是从动件，即共有 4 个构件。

(2) 确定运动副的种类和数目。在固定件的基础上，从原动件开始，按照运动的传递顺序，分析各个构件之间的相对运动的性质，确定运动副的种类和数目。此机构各构件之间相对运动都是转动，组成了 4 个回转副。

(3) 合理选择视图。通常选择与各构件运动平面相平行的面作为绘制简图的视图平面，如图 0-2 (b) 所示。

(4) 选定适当的比例尺，定出各运动副之间的相对位置，用规定的构件和运动副符号绘制机构运动简图，见图 0-2 (b)。

在机构简图绘制完之后，还需要校对该机构的自由度，以判定它是否具有确定的相对运动并检查所绘制的简图是否正确。

第三节 平面机构的自由度

若要判定由几个构件组合起来（通过运动副相互联接起来）的构件系统是否为机构，就必须探讨机构自由度的计算和机构具有确定运动的条件。

一、平面机构的自由度的计算

平面机构的自由度就是该机构中各构件相对于机架的所能有的独立运动数目。

前面已述及，一个作平面运动的自由构件具有三个自由度，所以，平面机构的每个活动构件，在未用运动副联接之前，都有三个自由度。当两个构件组成运动副之后，它们之间的相对运动受到约束，自由度数目随之减少。同时，已知一个低副引入两个约束，保留一个自由度；一个高副引入一个约束，保留两个自由度。

设平面机构共有 n 个活动构件，在未组成运动副之前，共有 $3n$ 个自由度；当用 P_L 个低副和 P_H 个高副联接成机构之后，全部运动副所引入的约束总数为 $2P_L + P_H$ 个。因此，活动构件自由度总数减去运动副引入的约束总数，即为该机构的自由度，以 F 表示，则有

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

由式 (1-1) 可知，机构自由度 F 取决于活动构件的数目和运动副的性质（低副或高副）和数目。机构自由度必须大于零才能运动，否则就不是机构了。

例 1-2 计算图 0-1 中的内燃机机构的自由度。

解 图中，曲轴 4 与齿轮 5、齿轮 6 和凸轮 7 分别固联，故可分别视为一个构件，故此机构有 5 个活动构件，即 $n=5$ ；组成 4 个回转副和两个移动副， $P_L=6$ ；两个高副， $P_H=2$ 。将 n 、 P_L 、 P_H 的值代入公式 (1-1)，所以，该机构的自由度

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

二、机构具有确定运动的条件

由计算可知，构件组合能否成为机构的必要条件是 $F > 0$ 。若 $F \leq 0$ ，它就成为桁架了。而成为机构的充分条件必须具有确定的相对运动。那么，满足什么条件才能具有确定的相对运动？

由前述可知，机构的自由度是机构中各构件相对机架所具有的独立运动的个数。而从动件是不能独立运动的，只有原动件的运动是外界给定的，才能独立运动。因此，要使各构件之间具有确定的相对运动，必须使原动件数等于机构自由度。所以，构件系统成为机构的必要充分条件为：构件系统的自由度大于零，且原动件数与其自由度相等。

下面，再通过实例给以说明。

①图 1-7 是摆筛机构（六杆机构），这个机构 $F=1$ ，回转件 1 为原动件，参变数 φ 代表构件 1 的独立运动。因此，每给定一个 φ 值，从动件 2、3、4、5 便有一个确定的相应位置。机构自由度与原动件数相等，所以它有确定的相对运动。

如果此机构是两个原动件（如构件 1 和 3），那么既要求构件 2 处于原动件 1 所确定的位置，又要同时随构件 3 的运动规律而运动。这显然是不可能。可见如果机构原动件数大于

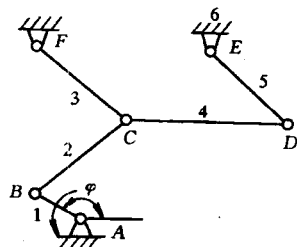


图 1-7 摆筛机构

F , 势必造成机构卡死或薄弱环节破坏, 也就不能成为机构。

②如果机构的原动件数少于 F , 就会出现运动不确定的情况。如图 1-8 的五杆机构, 它的 $F=2$ 。若给定一个原动件如构件 1, 则当它处于 φ_1 时, 构件 2、3、4 既可为实线所示位置, 又可为虚线所示位置, 其运动是不确定的, 同样不能成为机构。如果再给定一个独立运动参数 φ_2 , 若同时给定两个原动件, 这时, 机构的自由度等于原动件数, 其运动就可确定了。

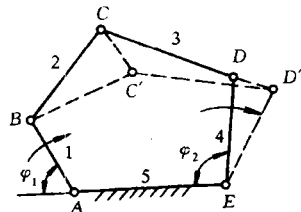


图 1-8 五杆机构

三、计算机构自由度应注意的事项

应用式 (1-1) 计算机构自由度时, 应注意以下几项。

1. 复合铰链

两个以上构件在一处组成多个转动副, 称为复合铰链。复合铰链处的转动副数, 等于汇集在该处的构件数减 1。采用复合铰链, 可以使机构结构紧凑。

在图 1-9 (a) 所示的机构中, 有三个构件在 D 处组合成复合铰链。在图 1-9 (b) 中, 构件 3 与 4、2 与 4 分别组成两个转动副。

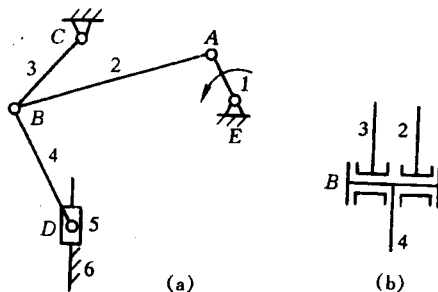


图 1-9 复合铰链

2. 局部自由度

机构中出现的与输出构件运动无关的自由度, 称为局部自由度 (或多余自由度)。图 1-10 (a) 中, 凸轮 2 是主动件, 滚子 3 绕自身轴线 A 是否转动或转动快慢, 都丝毫不影响输出件 4 的运动。因此, 滚子绕其轴线的转动是一个局部自由度。为了

在计算机构自由度时去掉这个自由度, 可设想把滚子和从动件看成固联在一起 (绕自身轴线的回转副消失), 变成图 1-10 (b) 的形式, 这时机构自由度

$$F = 3n - 2P_C - P_H = 3 \times 2 - 2 \times 2 - 1 = 1$$

即凸轮机构 $F=1$, 是符合实际情况。采用滚子结构的目的是改善高副间的摩擦。

3. 虚约束

在机构中与其它约束重复, 而不起独立限制作用的约束称为虚约束 (或消极约束)。它常常出现在以下情况。

①两个构件之间组成多个导路平行的移动副时, 只有一个移动副起约束作用, 其余的移动副都是虚约束。例如图 0-1 (b) 顶杆 8 和气缸体 1 之间的两个移动副之一为虚约束。

②两个构件组成多个回转副, 其轴线互相重合时, 只有一个回转副起约束作用, 其余都是虚约束。例如在不同位置的两个轴承支承一根轴, 认为是一个回转副。

③机构中对传递运动不起独立作用的对称部分, 有一个是虚约束。如图 1-11 所示的轮系, 中心轮 1 经过两个对称布置的小齿轮 2 和 2' 驱动内齿轮 3, 其中有一个小齿轮引入的约束对传动 (运动) 不起作用, 因而, 使机构增加了一个虚约束。

在计算机构 F 时, 虚约束应去掉。在此应注意虚约束是构件间的几何尺寸满足某些特殊条件而产生的。

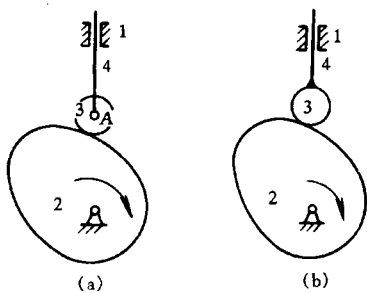


图 1-10 局部自由度

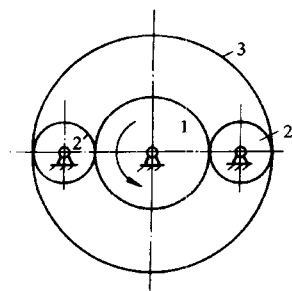
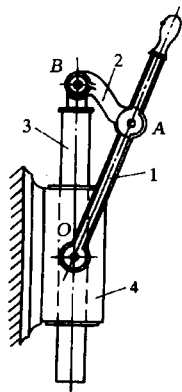


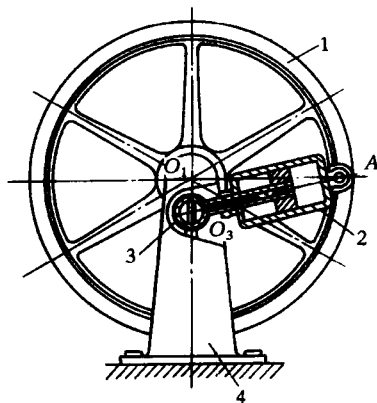
图 1-11 对称结构的虚约束

习 题

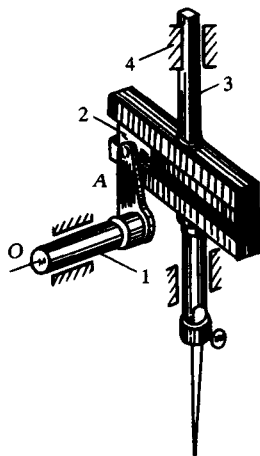
1-1 至 1-4 绘出图示机构的运动简图。



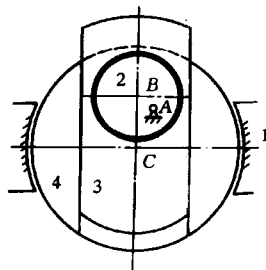
题 1-1 图 唧筒机构



题 1-2 图 回转柱塞泵

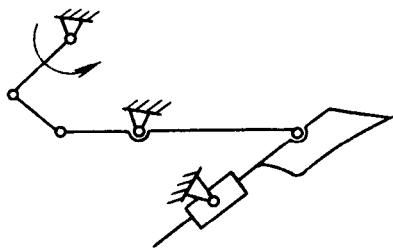


题 1-3 图 缝纫机下针机构

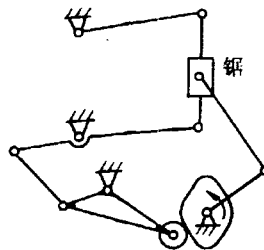


题 1-4 图 机构模型

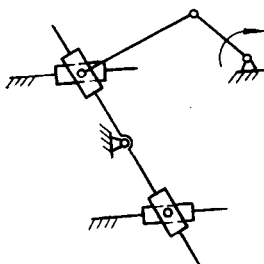
1-5 至 1-10 指出下列机构运动简图中的复合铰链、局部自由度和虚约束，计算其机构自由度。检查该机构是否具有确定的相对运动。



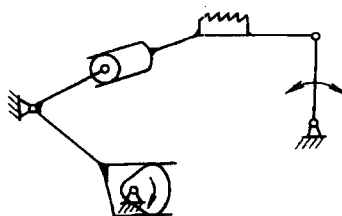
题 1-5 图 推土机机构



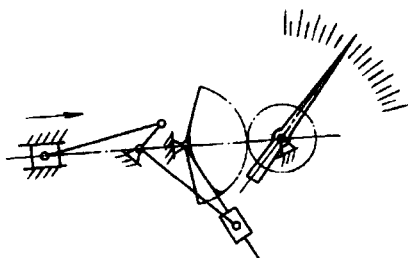
题 1-6 图 锯木机构



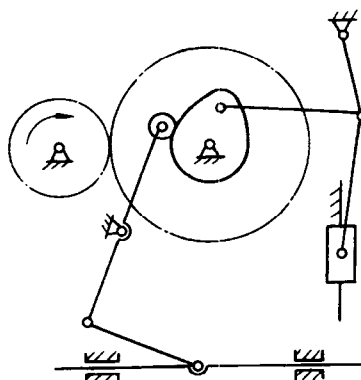
题 1-7 图 压缩机的压气机构



题 1-8 图 缝纫机的送布机构



题 1-9 图 测量仪表机构



题 1-10 图 冲压机构

第二章 平面连杆机构

平面连杆机构是由许多构件用低副连接组成的平面机构。最简单的平面连杆机构是由四个构件组成的，简称平面四杆机构。它的应用十分广泛，而且是组成多杆机构的基础。本章重点介绍平面四杆机构的基本形式、特性和常用的设计方法。

第一节 铰链四杆机构的基本形式、特性、应用和演化

一、铰链四杆机构的基本形式

全部用回转副联接组成的平面四杆机构称为铰链四杆机构，如图 2-1 所示。构件 1 是机架；与机架用回转副相连接的杆 2 和杆 4 称为连架杆；不与机架直接连接的杆 3 称为连杆；能做整周转动的连架杆称为曲柄；只能在一定角度范围内摆动的连架杆称为摇杆。

对于铰链四杆机构，按照连架杆的运动的不同形式，铰链四杆机构又分为曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构三种基本形式。

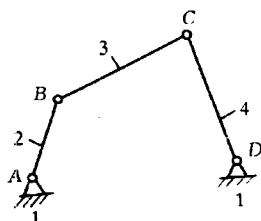


图 2-1 铰链四杆机构

1. 曲柄摇杆机构

在铰链四杆机构中，具有一个曲柄、一个摇杆的机构，称曲柄摇杆机构。通常曲柄为原动件，并作匀速转动；摇杆为从动件，作变速往复摆动。

图 2-2 (a) 所示为一牛头刨床横向自动进给机构。当齿轮 1 转动时，驱动齿轮 2 (曲柄) 转动，再通过连杆 3 使摇杆 4 往复摆动，摇杆另一端的棘爪便拨动棘轮 5，带动送进丝杆 6 单向间歇运动。图 2-2 (b) 是其机构的运动简图。

图 2-3 为调整雷达天线俯仰角的曲柄摇杆机构。曲柄 1 缓慢地匀速转动，通过连杆 2，使摇杆 3 在一定角度内摆动，从而调整了天线俯仰角的大小。

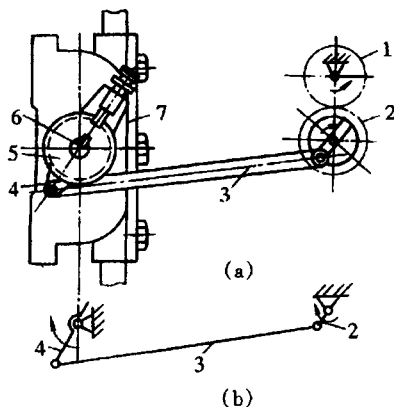


图 2-2 牛头刨床进给机构

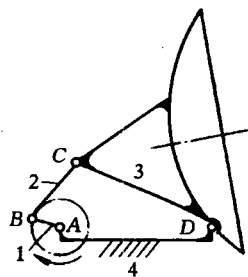


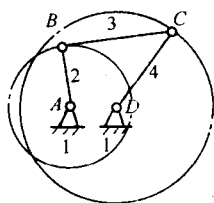
图 2-3 雷达天线俯仰角调整机构

2. 双曲柄机构

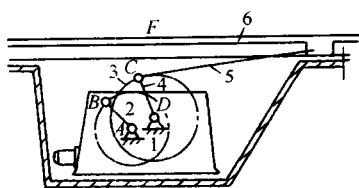
两个连架杆均为曲柄的铰链四杆机构称为双曲柄机构，如图 2-4 (a) 所示。图 2-4

(b) 所示的惯性筛机构即为一应用实例。其原动曲柄 AB 等速转动时, 从动曲柄 CD 作变速转动, 从而使筛子 6 获得很大的加速度, 以提高生产率。

在双曲柄机构中, 若其相对两杆平行且相等 (如图 2-5 所示), 则成为平行四边形机构, 或称平行双曲柄机构。其特点是两个曲柄以相同的角速度运动, 而连杆始终作平动。如挖土机构、摄影平台升降机构和图 2-7 所示机车车轮的联动机构等都是它的应用实例。但须指出, 平行四边形机构中, 当两柄与连杆及机架共线时, 在原曲柄转向不变条件下, 从动曲柄会出现转动方向不定的现象, 如图 2-6 所示。即为当原曲柄由 AB_1 到 AB_2 时, 从动曲柄可能转到 DC_2 , 也可能转到 DC'_2 。为此, 实际机构中, 可利用从动曲柄自身的或附加质量的惯性来导向, 也可像机车车轮联动机构 (图 2-7) 那样, 利用加虚约束来保证机构始终保持平行四边形。



(a)



(b)

图 2-4 双曲柄机构

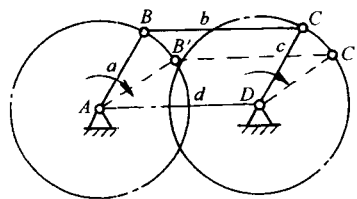


图 2-5 平行四边形机构

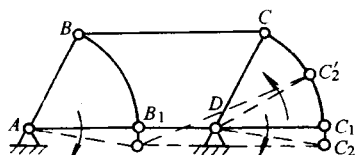
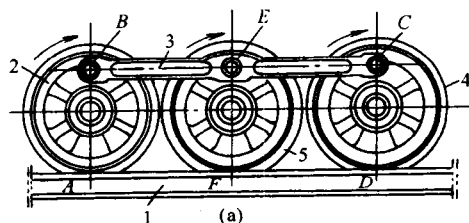
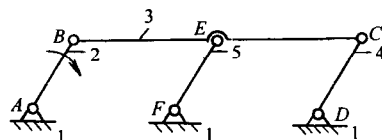


图 2-6 平行四边形机构的运动不确定位置



(a)



(b)

图 2-7 机车车轮联动机构

双曲柄机构, 用的最多是平行双曲柄机构 (对边长度分别相等且平行)。机车车轮联动装置就是该机构的实例。而反平行四边形机构 (对边相等但不平行) 的应用, 如车门的启闭机构。图 2-8 所示为用反平行四边形机构设计的一种车门启闭机构。当主动曲柄 1 转动时, 通过连杆 2 使从动曲柄 3 朝相反方向转动, 从而保证两扇车门能同时开启和关闭, 并分别位于预定的两个工作位置。

3. 双摇杆机构

具有两个摇杆的铰链四杆机构称为双摇杆机构。它常用于操纵机构、仪表机构。如飞机起落架机构、汽车和拖拉机前轮转向机构, 就应用了双摇杆机构。图 2-9 为汽车前轮转向机构 (应用两拉杆长度相等的等腰梯形机构)。车在转弯时, 由于和两前轮固连的两摇杆的摆角的角度 β 和 δ 不相等, 就有可能实现在任意位置都能使两前轮轴线交点 O 落于后轮轴线的延长线上, 从而使车轮绕 O 点转动时, 四个车轮都在地面作纯滚动, 避免轮胎因滑动而引起磨损。等腰梯形机构, 能近似地满足这一要求。

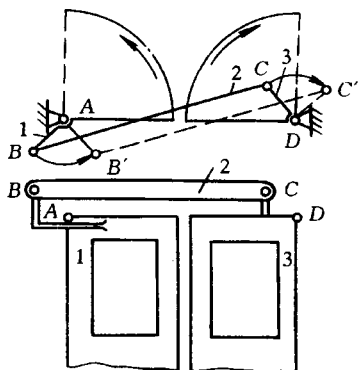


图 2-8 车门启闭机构

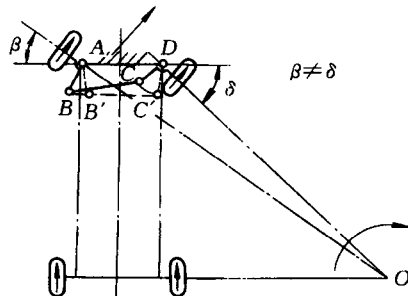


图 2-9 汽车前轮转向机构

二、铰链四杆机构的演化

通过改变铰链四杆机构中各杆的长度、用移动副取代回转副、扩大回转副和取不同构件为机架，可以获得其它演化机构。

1. 曲柄滑块机构

曲柄摇杆（如图 2-10 (a)）的铰链中心 C 的轨迹是以 D 为圆心、 CD_3 为半径的圆弧 mm 。若 CD 增至无穷大，则 C 点的轨迹变成直线，如图 2-10 (b) 所示。这时，杆 3 演化为直线运动滑块。回转副就演化成移动副，这样原机构就变成图 2-10 (c) 所示的曲柄滑块机构。

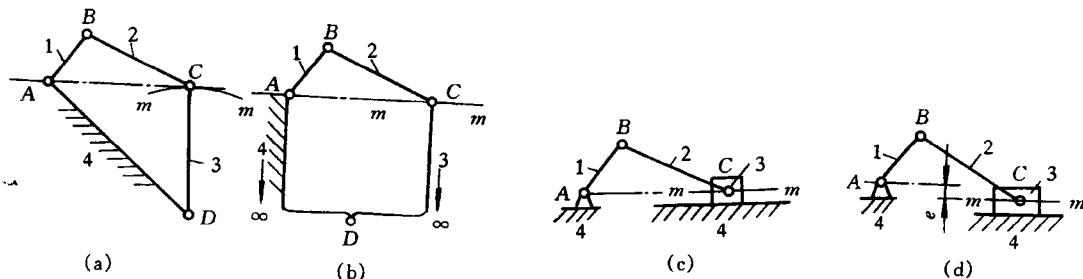


图 2-10 曲柄滑块机构

根据滑块的导路中心线 mm 是否通过曲柄转动中心 A ，可分为对心曲柄滑块机构和偏置曲柄滑块机构 (e 为偏心距)，如图 2-10 (c) 和图 2-10 (d) 所示。

曲柄滑块机构广泛应用在活塞式内燃机、空气压缩机、冲床等许多机械中。

2. 导杆机构

通过改变曲柄滑块机构中的机架（固定件），可以将其演化成导杆机构。对于图 2-11 (a) 所示的曲柄滑块机构，若取杆 1 为机架，则演化成导杆机构，如图 2-11 (b) 所示。在这一机构中，杆 4 为导杆，滑块 3 相对导杆滑动并一起绕 A 点转动。通常取杆 2 为原动件。但应注意尺寸，如 $l_1 < l_2$ ，杆 2 和杆 4 均可整周回转，则称其为转动导杆机构；如 $l_1 > l_2$ ，杆 4 只能往复摆动，故称为摆动导杆机构。导杆机构常用于回转式油泵、插床和牛头刨床。

3. 摇块机构和定块机构

若图 2-11 (a) 中的杆 2 为机架，即得图 2-11 (c) 所示的摆动滑块机构或称摇块机构。这种机构通常用于摆缸内燃机和液压驱动装置中。例如图 2-12 所示的卡车车厢自动翻

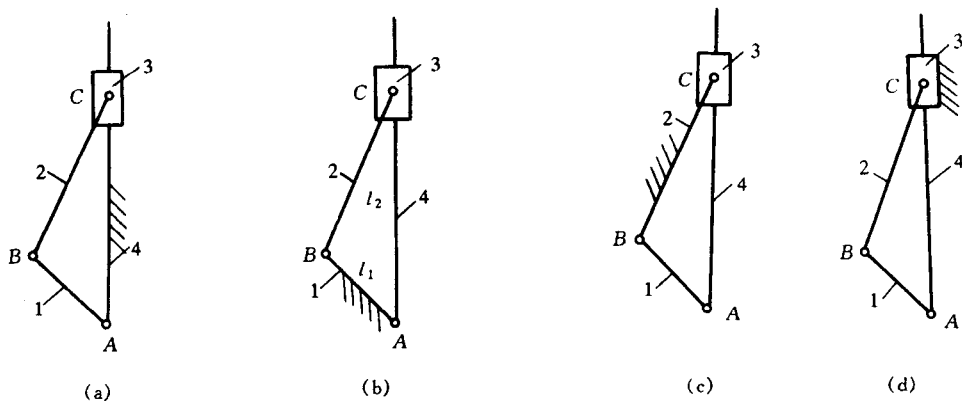


图 2-11 曲柄滑块机构的演化

转卸料机构，就是该机构应用实例。杆 2（车厢），可绕车架 1 上的 B 点摆动，杆 4 是活塞杆，杆 3（摇块）是可绕车架上 C 点摆动的油缸。当杆 4 运动时，迫使杆 2 绕 B 点倾转，达到一定角度时，物料自动卸下。

若图 2-11 (a) 中的杆 3 为机架，可得图 2-11 (d) 中所示的定块机构（或称固定滑块机构）。这种机构常用于抽水机和抽油泵中。图 2-13 所示为抽水机构，当杆 1 往复摆动时，杆 4 作往复移动使水从杆 3（固定件）中抽出。

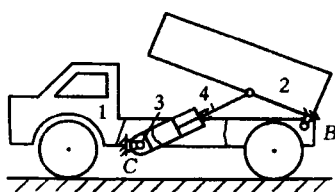


图 2-12 自动翻转卸料机构

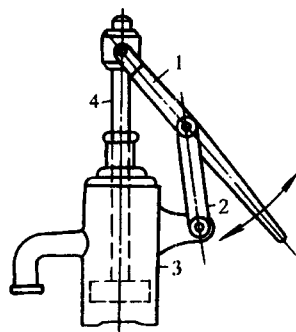


图 2-13 抽水机构

4. 偏心轮机构

图 2-14 (a) 所示的偏心轮机构，可视为由图 2-14 (b) 的曲柄摇杆机构演化而来的。

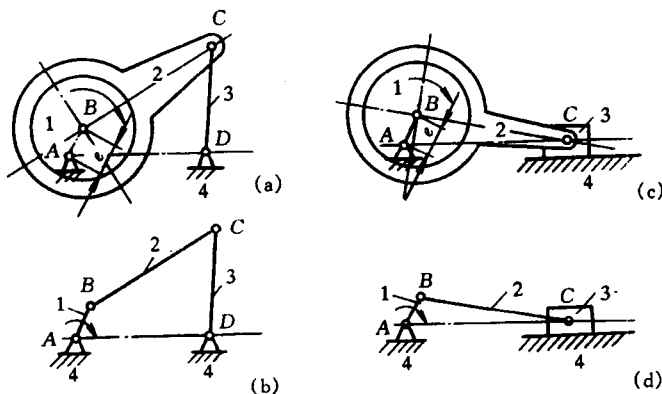


图 2-14 偏心轮机构