



普通高等专科教育机电类规划教材
机械工业出版社精品教材

机械工程学

● 丁树模 刘跃南 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等专科教育机电类规划教材

机械工业出版社精品教材

机械工程学

主 编 丁树模 刘跃南

副主编 丁问司 黄麓升



机械工业出版社

本书为高职高专机电类规划教材。内容包括机械传动、液压与气压传动、机械制造基础三部分。本书着重叙述了电气类专业所需要的机械工程基础知识,并加强与电气控制联系较为密切内容的介绍。针对高等职业技术教育的特点,通过对内容的精选,注意做到简化理论,突出重点,力求实用;书中多采用简明易懂的插图,如立体图、结构示意图等,便于学生对教材内容的理解。全书严格执行了新的国家标准。本书除具有上述特色外,还在较大程度上介绍与反映了现代机械科学技术的新成果。

本书主要用作高职高专电气类专业教材,也可供大专院校相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程学/丁树模,刘跃南主编. —北京:机械工业出版社,2005.7
普通高等专科学校教育机电类规划教材

ISBN 7-111-17039-3

I. 机... II. ①丁...②刘... III. 机械工程学—高等学校:技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 070173 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李超群 王海峰 责任编辑:王海峰 版式设计:冉晓华

责任校对:樊钟英 封面设计:饶 薇 责任印制:石 冉

北京中兴印刷有限公司印刷

2005 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·19 印张·463 千字

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是高等职业技术学院电气类专业的技术基础课教材,其内容包括三个部分:机械传动、液压与气压传动、机械制造基础。对于“机械工程学”这一门综合性课程来说,还应包括机械制图、工程力学等更为宽广的内容,但鉴于该两方面内容往往另行设课,本书就不再将此编入。

通过本书在教学中的使用,学生可达到如下要求:①了解机械传动中各种常用机构和通用零部件的基本结构原理、特点和应用;②初步掌握液压传动与气压传动中常用元件及典型回路的工作原理、特点和应用,并初步具备阅读一般液压与气动系统图的能力;③了解机械工程材料、金属热加工基础知识,了解金属切削加工的常用工艺方法,熟悉几种典型通用机床的组成、运动和应用特点;④了解几种常用的特种加工技术基本原理及其适用范围;⑤了解机械加工自动化的基本知识,包括组合机床及其自动线、数控机床、计算机辅助设计与制造方面的基本知识。

本书着重电气类专业所需机械工程基础知识的叙述,并加强与电气控制系统较为密切的内容的介绍。针对高等职业技术教育的特点,通过对内容的精选,注意做到简化理论,突出重点,力求实用;书中多采用简明易懂的插图,如立体图、结构示意图等,便于学生对教材内容的理解。全书严格执行了新的国家标准。此外,本书还在较大程度上介绍与反映了现代机械科学技术的新成果。

本书除可作为高职高专工业电气化、数控技术、电子技术、计算机应用等专业的教材外,还适用于电类其他相关专业,工业电气技术人员亦可参阅。

本书的编写工作由广州大学松田学院丁树模(第二、三章)、深圳职业技术学院刘跃南(第十三、十四章)、华南理工大学丁问司(第一、四~七、十二章)、湖南工程学院黄麓升(第十五、十六章)、广州大学松田学院王刚(第八、九章)、刘雁(第十、十一章)共同完成。丁树模、刘跃南任主编,丁问司、黄麓升任副主编。

由于编者水平所限,书中难免存在不少缺点和错误,敬希广大读者批评指正。

编 者

2005年2月

目 录

前言

第一篇 机械传动

第一章 常用机构	3
第一节 基本概念	3
第二节 平面连杆机构	5
第三节 凸轮机构	11
第四节 螺旋机构	14
第五节 间歇运动机构	18
复习题	19
第二章 常用机械传动装置	21
第一节 带传动	21
第二节 链传动	24
第三节 齿轮传动	25
第四节 蜗杆传动	35
复习题	36
第三章 轴、轴承、联轴器、离合器、制动器	37
第一节 轴	37
第二节 轴承	39
第三节 联轴器、离合器、制动器	47
复习题	52

第二篇 液压与气压传动

第四章 液压传动概述	55
第一节 液压传动的原理和组成	55
第二节 液压传动的优缺点	57
第三节 液压传动的两个基本参数——压力、流量	58
第四节 液压传动用油的选择	60
复习题	61

第五章 液压泵、液压马达和液压缸	62
第一节 液压泵	63
第二节 液压马达	68
第三节 液压缸	69
复习题	73
第六章 液压控制阀	74
第一节 方向阀	74
第二节 压力阀	80
第三节 流量阀	85
第四节 比例阀、插装阀和数字阀	87
第五节 液压伺服阀和电液伺服阀	91
复习题	95
第七章 液压辅件	96
第一节 过滤器	96
第二节 蓄能器	97
第三节 压力计和压力计开关	98
第四节 油管和管接头	99
第五节 阀类连接块	100
第六节 油箱	101
复习题	102
第八章 液压基本回路	103
第一节 压力控制回路	103
第二节 速度控制回路	105
第三节 多缸动作回路	111
复习题	113
第九章 典型液压系统	115
第一节 组合机床动力滑台液压系统	115
第二节 数控车床液压系统	118
第三节 液压机液压系统	120
复习题	123
第十章 气压传动	124
第一节 气压传动的工作原理、组成及优缺点	124
第二节 气动元件	126

第三节 气动基本回路及系统实例	136
复习题	142

第三篇 机械制造基础

第十一章 机械工程材料	145
--------------------------	-----

第一节 金属材料的主要性能	145
第二节 常用金属材料	148
第三节 钢的热处理	153
第四节 非金属工程材料	156
复习题	158

第十二章 金属热加工	160
-------------------------	-----

第一节 铸造	160
第二节 锻压	168
第三节 焊接	180
复习题	190

第十三章 金属切削加工概述	191
----------------------------	-----

第一节 切削运动和切削用量	191
第二节 金属切削刀具	193
第三节 切削力、切削热和切削液	199
第四节 机床的分类与型号	200
第五节 机床传动系统的基本概念	203
复习题	205

第十四章 常用切削加工方法与设备	206
-------------------------------	-----

第一节 车床及车削加工	206
第二节 铣床及铣削加工	220
第三节 钻床及钻削加工	225
第四节 镗床及镗削加工	227
第五节 刨床及刨削加工	230
第六节 磨床及磨削加工	233
复习题	238

第十五章 特种加工	239
------------------------	-----

第一节 概述	239
第二节 电火花加工	240
第三节 电解加工	244

第四节	超声波加工	245
第五节	激光加工	246
第六节	电子束和离子束加工	247
第七节	复合加工	249
复习题		250
第十六章	机械加工自动化	251
第一节	组合机床及其自动线	251
第二节	数控机床	261
第三节	现代制造技术	267
复习题		280
附 录		282
附录 A	机构运动简图符号 (摘自 GB/T4460—1984)	282
附录 B	常用液压与气动元件图形符号 (摘自 GB/T786.1—1993)	290
参考文献		295

第 一 篇

机 械 传 动

机械传动是采用机械链接的方式来传递动力和运动的传动。在生产实际中，机械传动是一种最基本的传动方式。因为机械传动总是通过各种机构和零部件的运动来实现的，所以本篇将对一些常用传动机构和零部件的结构原理、性能特点及传动规律作必要的叙述。

第一章

常用机构



本章学习目的

通过本章学习,掌握组成机器和机械的各种单元体的基本概念,熟悉几种常用机构的功用、工作原理、特点及应用。



本章要点

1. 零件、构件、部件的基本概念
2. 机器、机构、机械的基本概念
3. 平面连杆机构、曲柄滑块机构、凸轮机构、螺旋机构、间歇运动机构的功用、工作原理、特点及应用实例

常用机构主要包括平面连杆机构、曲柄滑块机构、凸轮机构、螺旋机构和间歇运动机构等。常用机构的基本功用是变换运动形式,例如,将回转运动变换为往复直线运动,将匀速转动变换为非匀速转动或间歇性运动等。

第一节 基本概念

一、零件、构件、部件

任何机器都是由零件组成的,如齿轮、螺钉等。所谓零件,是指机器中每一个最基本的制造单元体。

但是,当我们分析机器的运动时,可以看到,并不是所有的零件都能单独地影响机器的运动,而常常由于结构上的需要,把几个零件刚性地连接在一起,作为一个整体而运动。例如在图 1-1 所示的单缸内燃机中,运动件连杆 7 就是由连杆体、连杆头、螺栓和螺母等零件刚性连接在一起而构成的(见图 1-2)。在机器中,由一个或几个零件所构成的运动单元体,称为构件。

应当指出,构件和通常所说的部件(或组件)是有原则区别的。部件是指机器中由若干零件所组成的装配单元体,部件中的各零件之间不一定具有刚性联系。把一台机器划分为若干个部件,其目的是有利于设计、制造、运输、安装和维修。

二、机器、机构、机械

图 1-1 所示的单缸内燃机是由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、推杆 5、凸轮 6、

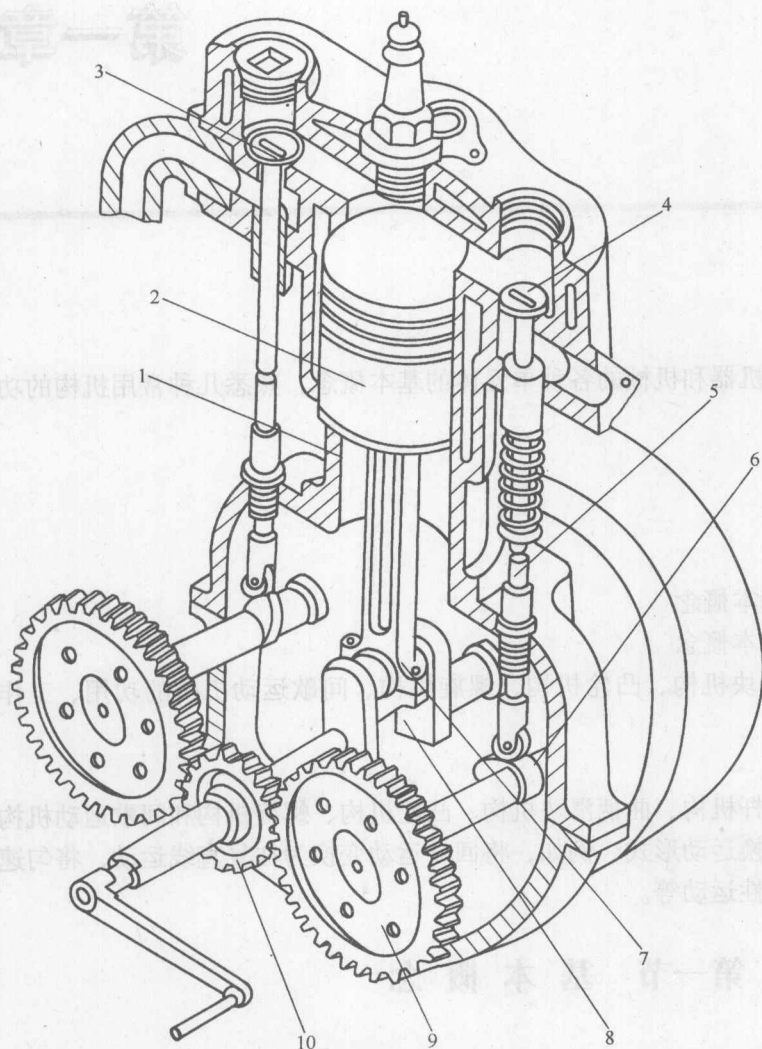


图 1-1 单缸内燃机

1—气缸体 2—活塞 3—进气阀 4—排气阀 5—推杆
6—凸轮 7—连杆 8—曲轴 9—大齿轮 10—小齿轮

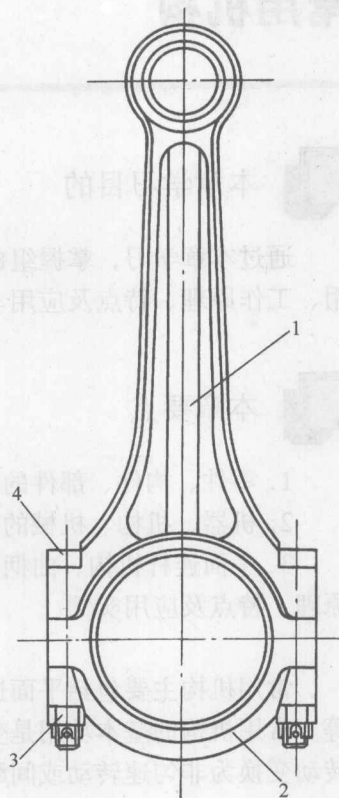


图 1-2 连杆

1—连杆体 2—连杆头
3—螺母 4—螺栓

连杆 7、曲轴 8 和大齿轮 9、小齿轮 10 等构件所组成的。活塞的往复移动通过连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和推杆是用来打开或关闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各开闭一次，在曲轴和凸轮之间安装了齿数比为 1:2 的一对齿轮。这样，当燃气推动活塞运动时，进、排气阀有规律地开闭，就把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

从这个例子可以看出，机器具有以下特征：①它是由许多构件经人工组合而成的；②这些构件之间具有确定的相对运动；③它用来代替人的劳动去转换产生机械能（如内燃机、电动机分别将热能和电能转换为机械能）或完成有用的机械功（如金属切削机床的切削加工）。

具有机器前两个特征的多构件组合体，称为机构。机构能实现一定规律的运动。例如在图 1-1 中，由曲轴、连杆、活塞和气缸体所组成的曲柄滑块机构可以把往复直线移动转变为连续转动；由大、小齿轮和气缸体所组成的齿轮机构可以改变转速的大小和方向；由凸轮、推杆和气缸体所组成的凸轮机构可以将连续转动转变为预定规律的往复移动。

机器是由机构组成的。当一个或几个机构的组合能代替人的劳动来转换机械能，或完成有用的机械功时，就成为机器。

机器和机构一般总称为机械。

三、运动副

机构是由许多构件组合而成的。在机构中，每个构件都以一定的方式与其他构件相互连接，这些连接都不是刚性的，两构件之间存在着一定的相对运动。这种使两构件直接接触而又能产生一定相对运动的连接称为运动副。

在图 1-1 所示的内燃机中，活塞和连杆、曲轴和气缸体以及曲轴和连杆之间是用销轴与圆孔构成的连接，这类运动副称为转动副；活塞和气缸体之间是用滑块与滑道构成的连接，这类运动副称为移动副；二齿轮间用齿廓构成的连接称为齿轮副；凸轮和推杆（从动杆）之间的连接称为凸轮副。

第二节 平面连杆机构

连杆机构是用转动副和移动副将构件相互连接而成的机构，用以实现运动变换和动力传递。连杆机构中各构件的形状，因实际结构及要求不同，并非都为杆状，但从运动原理来看，可由等效的杆状构件代替，所以通常称为连杆机构。连杆机构按各构件间相对运动性质的不同，可分为空间连杆机构和平面连杆机构两类。平面连杆机构各构件间的相对运动均在同一平面或相互平行的平面内。在各种机械设备和仪器、仪表中，平面连杆机构的应用十分普遍。下面介绍平面连杆机构的两种结构形式：铰链四杆机构和曲柄滑块机构。

一、铰链四杆机构

在平面连杆机构中，有一种由四个构件相互用铰销连接而成的机构，这种机构称为铰链四杆机构，简称四杆机构。

图 1-3 所示破碎机的破碎机构采用了四杆机构。当轮子绕固定轴心 A 转动时，通过轮上的偏心销 B 和连杆 BC ，使动颚板 CD 往复摆动。当动颚板摆向左方时，它与固定颚板间的空间变大，使矿石下落；摆向右方时，矿石在两板之间被轧碎。

如用四个具有等效运动规律的杆件代替图 1-3 中相应的构件，则可绘出如图 1-4 所示的四杆机构图，其中 A 、 B 、 C 、 D 分别为四个铰链。铰链的结构和简化画法如图 1-5 所示。

在分析研究机构的运动时，为了方便起见，并不需要完全画出机构的真实图形，只需用规定符号（见附录 A）画出能表达其运动特性的简化图形，这种简化图形称为机构运动简图（简称机构简图）。图 1-6 所示为铰链四杆机构运动简图，图中箭头表示构件的运动方向。

在上述四杆机构中，构件 AD 固定不动，称为静件或机架。构件 AB 可绕轴 A 作整周转动，称为曲柄。构件 CD 可绕轴 D 作往复摆动，称为摇杆。曲柄和摇杆统称为臂。连接两臂的构件 BC 称为连杆。

除了机架和连杆外，四杆机构中其余两杆可能分别为曲柄和摇杆，也可能都为曲柄或都为摇杆，因而构成具有不同运动特点的四杆机构，其基本形式有以下三种：

1. 曲柄摇杆机构

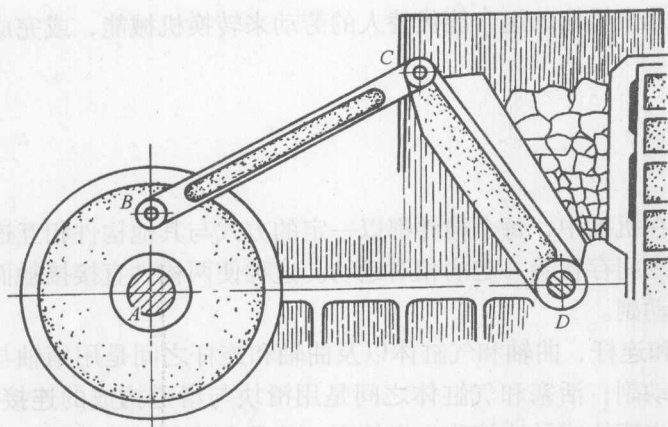


图 1-3 破碎机的破碎机构

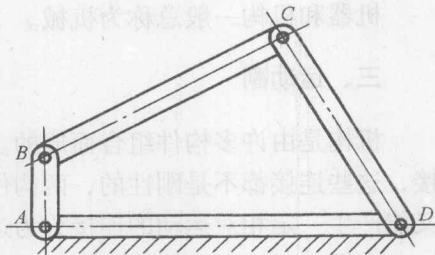


图 1-4 铰链四杆机构

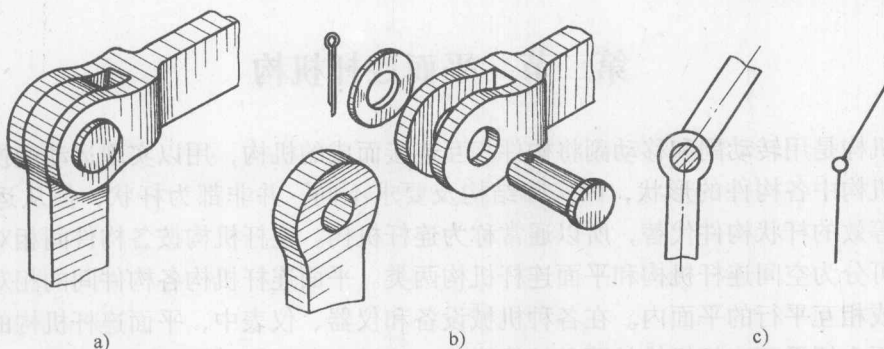


图 1-5 铰链的结构和简化画法

a) 外观 b) 组成 c) 简化画法

在四杆机构中，如果一个臂为曲柄，另一个臂为摇杆，则此机构称为曲柄摇杆机构。

在曲柄摇杆机构中，当曲柄为主动件时，可将曲柄的整周连续转动转变为摇杆的往复摆动（见图 1-3 所示破碎机的破碎机构）；当摇杆为主动件时，可将摇杆的往复摆动转变为曲柄的整周连续转动。在缝纫机的驱动机构（见图 1-7）中，踏板即为摇杆，曲轴即为曲柄，当踏板作往复摆动时，通过连杆能使曲轴作整周的连续转动。

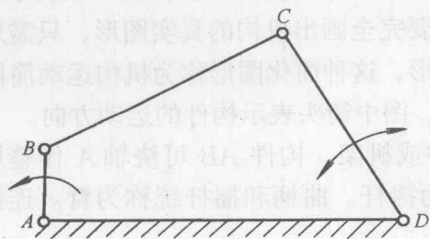


图 1-6 铰链四杆机构运动简图

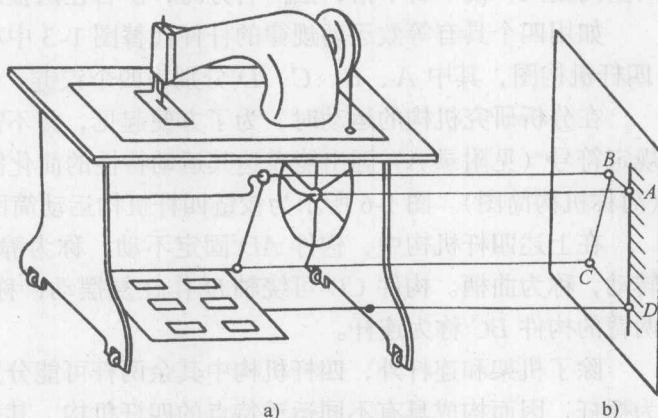


图 1-7 缝纫机的驱动机构

a) 外观 b) 驱动机构简图

分析曲柄摇杆机构还须注意以下两个特点：

(1) 具有急回特性 如图 1-8 所示，当曲柄 AB 为主动件并作等速回转时，摇杆 CD 为从动件作变速往复摆动。由图可见，曲柄 AB 在回转一周的过程中，有两次与连杆 BC 共线，此时摇杆 CD 分别位于两极限位置 C_1D 和 C_2D ，摇杆两极限位置的夹角 φ 称为最大摆角。摇杆沿两个方向摆过这一 φ 角时，对应着曲柄的转角分别为 α_1 和 α_2 。因为曲柄是以等速回转的，所以 α_1 与 α_2 之比就代表了摇杆往复运动所需时间之比。图中 $\alpha_1 > \alpha_2$ ，显然摇杆往复摆动同样的角度 φ 所需时间不等。这种从动件往复运动所需时间不等的性质称为急回特性。在生产中，利用机构的急回特性，将慢行程作为工作行程，快行程作为空回行程，则既能保证工作质量，又能提高生产效率。

(2) 存在死点位置 如以图 1-8 中的摇杆为主动件、曲柄为从动件，则当摇杆 CD 到达两极限位置 C_1D 和 C_2D 时，连杆和曲柄在一条直线上，连杆加于曲柄的力将通过铰链 A 的中心，作用力矩等于零，因此，不论加力多大，都不能推动曲柄。机构中的这两个极限位置称为死点位置。对传动来说，机构存在死点位置是一个缺陷，这个缺陷常利用构件的惯性力加以克服，如缝纫机的驱动机构在运动中就是依靠飞轮的惯性通过死点的。

曲柄摇杆机构应用相当广泛，如前所述的颚式破碎机的破碎机构、缝纫机的驱动机构以及搅拌机构（见图 1-9）、牛头刨床的进给机构（见图 1-10）等都是应用的实例。

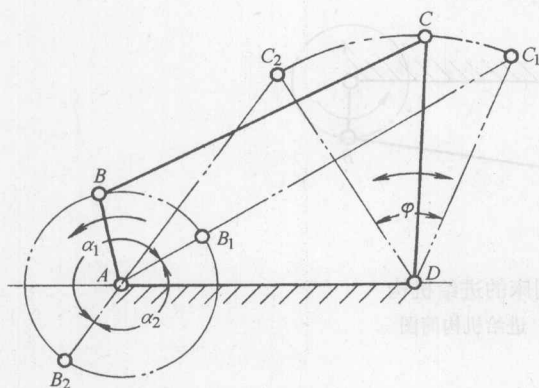


图 1-8 摇杆的最大摆角和死点位置

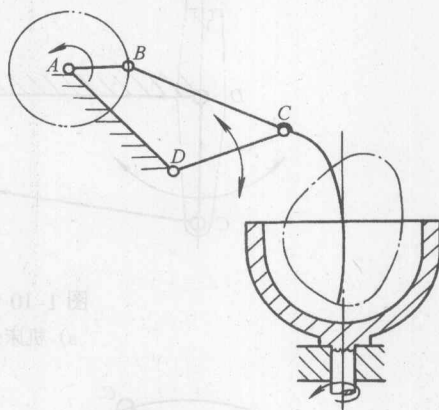


图 1-9 搅拌机的搅拌机构

牛头刨床的进给运动是间歇运动，每当刨刀返回后，工作台带动工件进给一次。当轮子绕轴 A 转动时（见图 1-10），通过轮子上的偏心销 B 和杆 BC ，使带有棘爪的杆 CD 左右摆动。棘爪推动固定在丝杠上的棘轮，使丝杠产生间歇转动，再通过固定在工作台内的螺母，使工作台实现断续进给运动。

2. 双曲柄机构

在四杆机构中，如果两臂均为曲柄，则此机构称为双曲柄机构。在双曲柄机构中，两曲柄可分别作为主动件。如图 1-11 所示，若以曲柄 AB 为主动件，则当曲柄 AB 转过 180° 至 AB' 时，从动曲柄 CD 则转至 $C'D$ ，转角为 α_1 。当主动曲柄连续再转 180° 由 AB' 转回至 AB 时，则从动曲柄也由 $C'D$ 转回至 CD ，转角为 α_2 ，显然 $\alpha_1 > \alpha_2$ 。故这种双曲柄运动特点是：主动曲柄等速回转一周时，从动曲柄变速回转一周，从动曲柄的角速度在一周中有时小于主动曲柄的角速度，有时大于主动曲柄的角速度。图 1-12 所示的惯性筛就是利用了双曲柄机

构的运动特点,使筛子作急回运动。

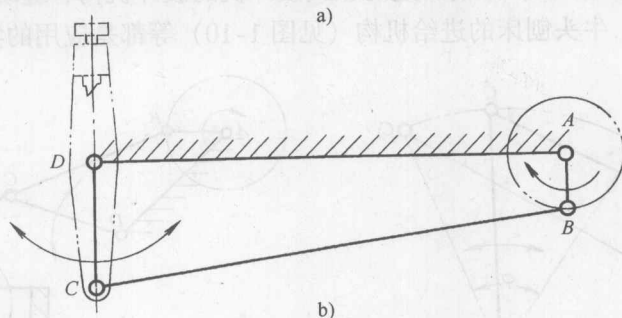
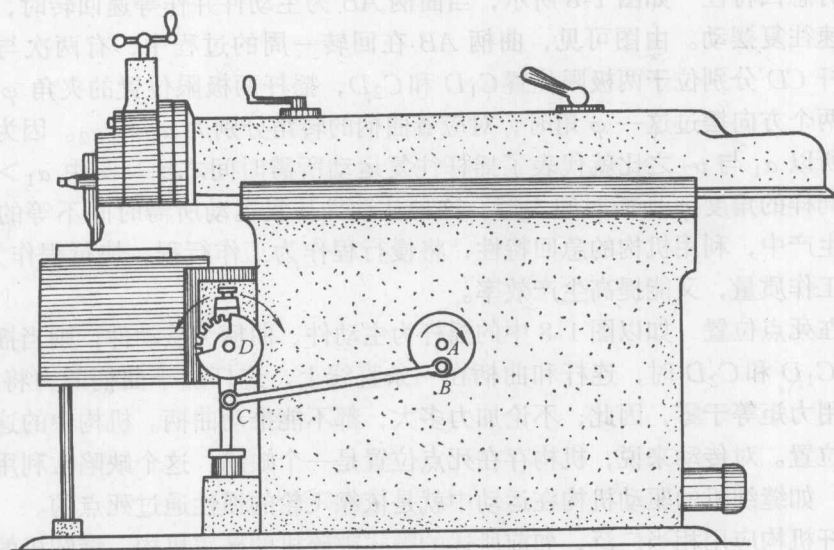


图 1-10 牛头刨床的进给机构

a) 机床外观 b) 进给机构简图

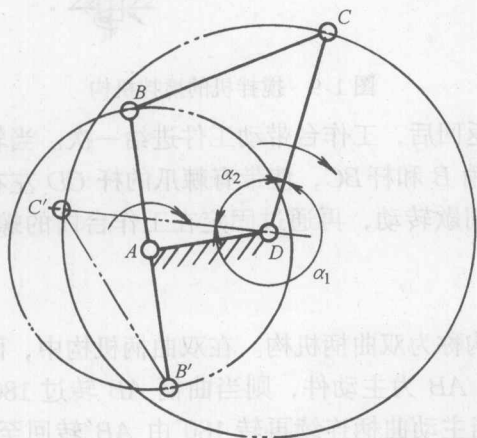


图 1-11 双曲柄机构

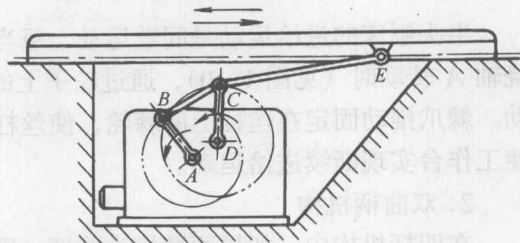


图 1-12 惯性筛

在双曲柄机构中,若两曲柄等长,连杆与静件也等长,则根据曲柄相对位置的不同,可得到平行双曲柄机构(见图 1-13a)和反向双曲柄机构(见图 1-13b)。前者两曲柄的回转方

向相同，且角速度时时相等；而后者两曲柄的回转方向相反，且角速度不等。由于平行双曲柄机构具有等比传动的特点，故在传动机械中常常采用。图 1-14 所示的机车主动轮联动装置就应用了平行双曲柄机构。为防止这种机构在运动过程中变成反向双曲柄机构，这里装了一个辅助曲柄 EF 。

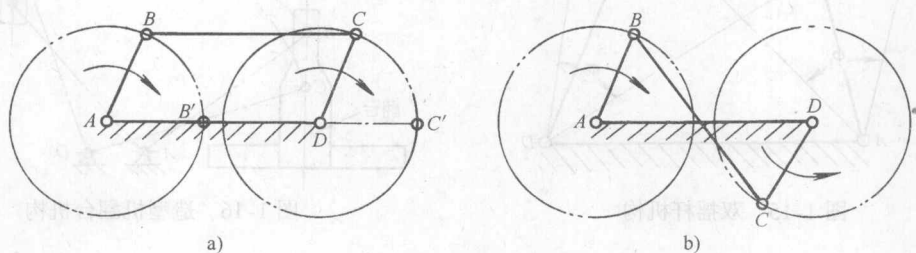


图 1-13 平行双曲柄机构和反向双曲柄机构

a) 平行双曲柄机构 b) 反向双曲柄机构

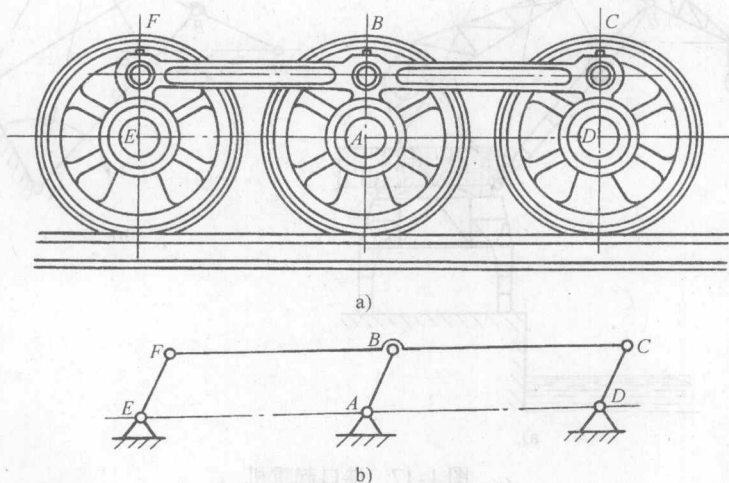


图 1-14 机车主动轮联动装置

a) 结构示意 b) 机构简图

3. 双摇杆机构

在四杆机构中，如果两个臂均为摇杆，则此机构称为双摇杆机构，如图 1-15 所示。在双摇杆机构中，两摇杆可以分别作为主动件。当连杆与从动摇杆成一直线时，机构处于死点位置。

图 1-16 所示的造型机翻台机构即采用了双摇杆机构。当摇杆摆动时, 翻台处于合模和脱模两个工作位置。

图 1-17 所示的港口起重机也采用了双摇杆机构, 该机构利用连杆上的特殊点 M 来实现货物的水平吊运。

以上我们讨论了三种不同形式的四杆机构。为什么有不同形式之分呢？这是因为机构形式与各杆间的相对长度和机架的选取有关。在四杆机构中，当最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和时，一般可以有以下三种情况：

- 1) 取与最短杆相邻的任一杆为静件, 并取最短杆为曲柄, 则此机构为曲柄摇杆机构;