



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

食品生物工程机械与设备

(食品生物工艺专业)

主编 蔡功禄



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

食品生物工程机械与设备

(食品生物工艺专业)

主 编	蔡功禄
副 主 编	王俊山
责任主审	杨铭铎
审 稿	姜道年 李元瑞

高等教育出版社

内容简介

本书是根据教育部 2001 年颁发的“中等职业学校食品生物工艺专业课程设置”中主干课程“食品生物工程机械与设备教学基本要求”，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材。

本书主要内容包括：机械传动与机械零件，生物反应容器，通用机械与设备，食品包装机械与设备，锅炉的配套与选型等五章。

本书可作为中等职业学校食品生物工艺专业教材，也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

食品生物工程机械与设备/蔡功禄主编. —北京：高等教育出版社，2002.12
中等职业教育国家规划教材
ISBN 7-04-011720-7

I. 食… II. 蔡… III. 食品工业-生物工程-机械设备-专业学校-教材 IV. TS203

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 099196 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 中国青年出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 16.75
字 数 400 000

版 次 2002 年 12 月第 1 版
印 次 2002 年 12 月第 1 次印刷
定 价 20.40 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

中等职业教育国家规划教材 出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书是根据教育部 2001 年颁发的“中等职业学校食品生物工艺专业课程设置”中主干课程“食品生物工程机械与设备教学基本要求”，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材。

全书分五章，内容包括：机械传动与机械零件，生物反应容器，通用机械与设备，食品包装机械与设备，锅炉的配套与选型。书中排小号字的内容为选学部分。

本书的教学时数共 92 学时，具体安排见下表（供参考）：

序号	教 学 内 容	学 时 数		
		授 课	实 验	合 计
1	平面连杆机构	2		2
2	凸轮机构	2		2
3	带传动	2	4	6
4	链传动	2		2
5	齿轮传动	2		2
6	蜗杆传动	2		2
7	螺纹连接	2		2
8	轴和键连接	2		2
9	滚动轴承	2		2
10	联轴器与离合器	2	4	6
11	减速器	2	2	4
12	生物反应容器概述	2		2
13	生物反应容器材料	2		2
14	生物反应容器	4		4
15	压力容器的壳体结构	2		2
16	压力容器附件	2		2
17	压力容器的安装、使用、维护和管理	2	2	4
18	固体物料输送机械	2	2	2
19	固体物料粉碎机械	2		2
20	搅拌及均质机械设备	2		2

续表

序号	教 学 内 容	学 时 数		
		授 课	实 验	合 计
21	食品包装机械概述	2		2
22	注射机	4		4
23	洗瓶机械	4		4
24	灌装机械	4		4
25	薄膜包装机械设备	2		2
26	封口机械	2		2
27	常用的贴标签机	2		2
28	自动包装线及运行管理	2		2
29	锅炉的配套与选型	6		6
机 动		10		10
总 计		80	14	92

本教材由四川工商职业技术学院、山西省轻工业学校、江苏省食品学校、广西壮族自治区轻工业学校、新疆轻工业学校的有关教师合编。其中第一章由王俊山编写，第二章由蔡功禄编写，第三章由敬思群编写，第四章由胡继强编写，第五章由李善斌编写。全书由四川工商职业技术学院蔡功禄担任主编，山西省轻工业学校王俊山担任副主编。

本书由全国中等职业教育教材审定委员会审定，哈尔滨商业大学杨铭铎教授担任责任主审，西北农林科技大学机电学院姜道年副教授和西北农林科技大学食品科学与工程学院李元瑞教授审阅了此稿，在此表示衷心感谢。

由于编写人员水平有限，教材中如有不妥或错误之处，诚恳地希望读者提出宝贵意见，以便今后不断探索和改进。

编者

2002年7月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》。行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

现公布举报电话及通讯地址：

电 话：(010) 84043279 13801081108

传 真：(010) 64033424

E-mail: dd@hep.com.cn

地 址：北京市东城区沙滩后街 55 号

邮 编：100009

责任编辑	刘兴祥
封面设计	刘晓翔
责任绘图	朱 静
版式设计	胡志萍
责任校对	朱惠芳
责任印制	韩 刚



目 录

第一章 机械传动与机械零件	1	第八节 轴和键连接	45
第一节 平面连杆机构	1	一、轴	45
一、概述	1	二、键连接	49
二、铰链四杆机构	4	第九节 滚动轴承	51
三、曲柄滑块机构与偏心轮机构	6	一、概述	51
第二节 凸轮机构	7	二、滚动轴承的构造、类型和代号	52
一、概述	7	三、滚动轴承的选用	54
二、从动件常用的运动规律	9	第十节 联轴器与离合器	55
三、压力角	11	一、联轴器	55
第三节 带传动	11	二、离合器	57
一、概述	11	三、实践教学 联轴器的拆装	59
二、普通 V 带与 V 带轮	13	第十一节 减速器	61
三、普通 V 带传动的使用与维护	15	一、减速器的类型与特点	61
四、实践教学 带传动的安装与调试	17	二、减速器的结构	63
第四节 链传动	19	三、减速器的润滑与密封	64
一、概述	19	四、减速器的使用与维护	64
二、滚子链及其链轮	20	五、实践教学 减速器的拆装	64
三、链传动的使用与维护	21	思考与练习	66
第五节 齿轮传动	22	第二章 生物反应容器	71
一、概述	22	第一节 生物反应容器概述	71
二、直齿圆柱齿轮传动	25	一、容器的结构	71
三、斜齿圆柱齿轮传动	28	二、压力容器的分类	71
四、直齿圆锥齿轮传动	30	三、生物反应对容器的要求	72
五、齿轮的结构和常用材料	32	第二节 生物反应容器材料	74
六、齿轮传动的使用与维护	33	一、生物反应容器常用的金属材料	74
第六节 蜗杆传动	35	二、非金属材料	76
一、概述	35	三、金属设备的腐蚀和防护	79
二、阿基米德蜗杆传动的主要参数及 几何尺寸计算	37	第三节 生物反应容器	80
三、蜗杆传动的使用与维护	39	一、内压容器的有关计算	81
第七节 螺纹连接	40	二、外压容器	91
一、概述	40	第四节 压力容器的壳体结构	96
二、螺纹连接的基本类型与螺纹连接件	42	一、封头计算	96
三、螺纹连接的预紧、防松与拆卸	43	二、人孔、手孔的结构型式、开孔与 补强	99

三、实践教学 压力容器试压	103
第五节 压力容器附件	104
一、压力容器及管道的保温装置	104
二、压力容器加强圈结构	107
三、法兰连接	107
四、压力容器法兰连接密封结构	108
五、压力容器的支座型式和结构	110
第六节 压力容器的安装、使用、	
维护和管理	116
一、压力容器的安装	116
二、压力容器的维护与检修	118
三、压力容器的正确使用	118
四、压力容器的日常管理	118
思考与练习	119
第三章 通用机械与设备	122
第一节 固体物料输送机械	122
一、带式输送机	122
二、斗式提升机	126
三、螺旋输送机	130
四、实践教学 螺旋输送机的操作	133
第二节 固体物料粉碎机械	134
一、概述	134
二、锤式粉碎机	135
三、辊式磨粉机	138
四、新型粉碎机械简介	139
第三节 搅拌及均质机械	140
一、搅拌器	140
二、均质机	144
思考与练习	147
第四章 食品包装机械与设备	149
第一节 食品包装机械概述	149
一、食品包装的基本概念	149
二、常用包装材料和包装容器	150
三、食品包装技术	152
四、包装的机械化和自动化	153
五、包装机械的组成与分类	153
六、包装机的型号编制	155
第二节 注射机	157
一、注射机工作原理与组成	157
二、注射机分类及基本参数	158

三、注射机的控制	159
第三节 洗瓶机械	160
一、概述	160
二、常用洗瓶设备	160
第四节 灌装机械	168
一、概述	168
二、灌装机的主体结构及工作原理	169
第五节 薄膜包装机械设备	179
一、概述	179
二、裹包机	179
三、真空与充气包装机械	182
四、贴体热成型包装机	183
第六节 封口机械	184
一、概述	184
二、典型刚性容器封口机械	185
三、封口装置	191
第七节 常用的贴标签机	197
一、直线式贴标机	197
二、回转式贴标机	201
三、压敏胶标签贴标机	203
第八节 自动包装线及运行管理	204
一、自动包装线	204
二、工作循环图的概念	209
三、包装生产设备管理	210
四、实践教学 灌装封口机组的操作	214
思考与练习	214
第五章 锅炉的配套和选型	217
第一节 锅炉的工作过程	217
一、燃料的燃烧过程	217
二、烟气向水（汽等工质）的传热过程	217
三、水的受热和汽化过程	218
第二节 蒸汽锅炉的分类	218
一、按用途分类	218
二、按蒸汽量分类	218
三、按蒸汽参数分类	219
四、我国工业锅炉产品类型	219
第三节 锅炉结构	221
一、立式烟管锅炉	221
二、单锅筒纵置式水管锅炉	223
三、双锅筒横置式水管锅炉	224
四、燃油炉与燃气炉	225

第四节 锅炉型号及台数选择	242	二、锅炉的升火与升压	247
一、锅炉型号	242	三、锅炉的停炉和停炉保养	251
二、锅炉型号及台数选择原则	244	四、运行锅炉的日常维护保养	253
第五节 锅炉的操作规程与维护	244	思考与练习	256
一、锅炉升火前的检查和准备工作	245	主要参考文献	257

第一章 机械传动与机械零件

任何一部机器，按其各部分的功能来说，一般可以看成由动力部分（是机器的动力源，常用的有电动机、内燃机）、传动部分（进行运动和动力的传递与转换）和工作部分（直接完成工作任务）组成。动力部分的运动参数、动力参数和运动形式是有限的，如电动机的转速与转矩是一定的，运动形式一般为转动，而工作部分所要求的运动参数、动力参数、运动形式以及它们的变化，则是多种多样的。传动部分就是为解决这一矛盾而加入的中间传动装置（也称传动）。传动可分为机械传动、液压传动、气压传动和电气传动等。其中，机械传动是目前应用最多、也是最普遍的一种，它是利用带轮、轴、齿轮等机械零件组成的传动装置。本章主要就机械传动的常见类型及其常用的机械零件作一介绍。

第一节 平面连杆机构

一、概述

（一）运动副

机器正常工作时，组成机器的各部分之间均具有一定形式的相对运动，这种相对运动都是采用一定的连接方式而构成的。凡使两构件直接接触并能产生一定形式的相对运动的连接称为运动副。由于两构件接触的形式不外乎于点、线、面三种，故通常把通过面接触的方式构成的运动副称为低副，把通过点、线接触的方式构成的运动副称为高副。

1. 低副

常见的低副有：

（1）回转副 两构件在接触处只允许作相对转动，如图 1-1a 所示的铰链即为回转副的实例。

（2）移动副 两构件在接触处只允许作相对移动，如图 1-1b 所示即为由滑块 1 和导杆 2 组成的移动副。

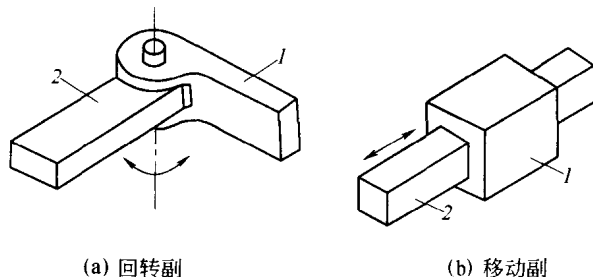


图 1-1 低副

2. 高副

常见的高副主要有：如图 1-2a 所示的凸轮 1 和尖顶从动件 2 所组成的凸轮副（点接触），如图 1-2b 所示的齿轮轮齿所组成的齿轮副（线接触）。

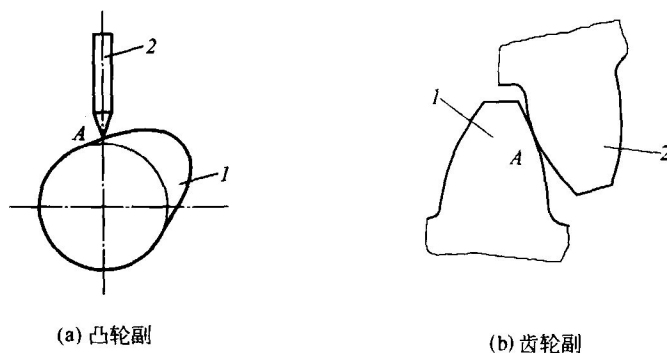


图 1-2 高副

以上所列举的运动副的实例中，各构件的相对运动均在一个平面或相互平行的平面内运动，故这类运动副又称为平面运动副。

（二）机构运动简图的概念

机构的类型很多，构件的外形也很复杂。但机构的运动与构件的外形、截面尺寸、运动副的具体结构并无关系。为了便于分析，人们通常用简单的线条和符号（见表 1-1）表示构件和运动副，并按一定的比例画出运动副的相对位置和构件尺寸，这种表示机构相对运动关系的简单图形称为机构运动简图（不按比例画出的简图称为示意图）。

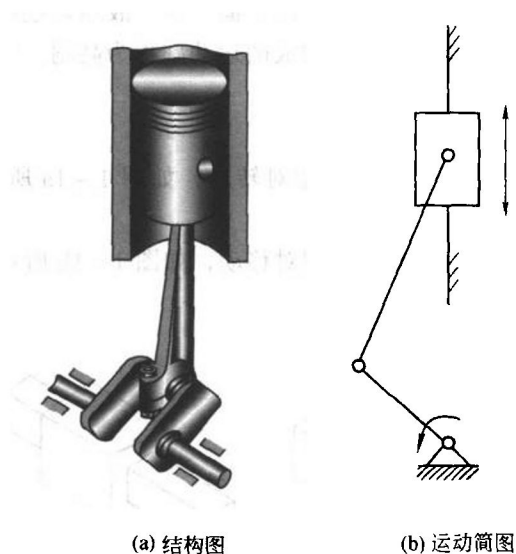


图 1-3 单缸内燃机

在机构运动简图中，标有箭头（直线箭头或曲线箭头）的构件为主动件，构件上画有斜线的为机架。

单缸内燃机（图 1-3a）的机构运动简图如图 1-3b 所示。

表 1-1 机械简略符号

名 称		符	号
低副	回转副		
	移动副		
	螺旋副		
高副	凸轮副		
	齿轮副		
构件	带有运动副的活动构件		
	机架		

（三）平面连杆机构的概念

若机构中的各构件均在同一个平面或相互平行的平面内运动，则这种机构称为平面机构。在平面机构中，若各构件均用低副连接，则这种平面机构称为平面连杆机构。

由于低副是面接触（圆柱面和平面），故制造成本低，且使用寿命长，所以平面连杆机构

在各种机械中获得了广泛应用。

最简单的平面连杆机构通常是由四个构件组成的，故又称为平面四杆机构，它的应用非常广泛，且是组成复杂机构的基础。因此，本节主要就平面四杆机构的常见类型、应用和特性作一介绍。

二、铰链四杆机构

(一) 铰链四杆机构的组成

在平面四杆机构中，若四个构件均采用回转副连接，则该机构称为铰链四杆机构。在图 1-4 所示的铰链四杆机构中，固定不动的杆 4 称为机架，与机架相连的杆 1 和杆 3 称为连架杆，不与机架直接相连的杆 2 称为连杆。在连架杆中，凡能绕回转副中心 A 或 D 作整周转动的杆称为曲柄，否则称为摇杆。

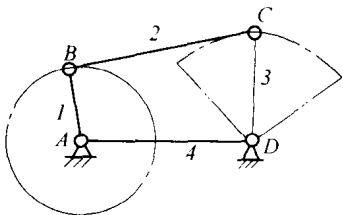


图 1-4 铰链四杆机构的组成

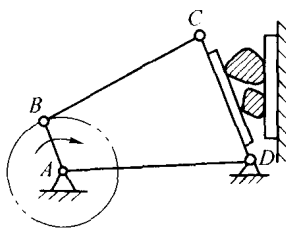
(二) 铰链四杆机构的基本类型及应用

铰链四杆机构中，根据连架杆中曲柄的数目，可分为三种基本类型。

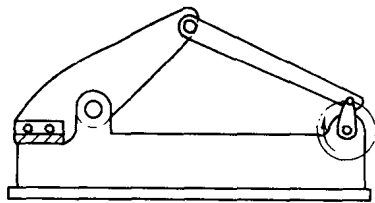
1. 曲柄摇杆机构

在铰链四杆机构中，一个连架杆为曲柄，另一个连架杆为摇杆时，则该机构称为曲柄摇杆机构。

曲柄摇杆机构的应用十分广泛。通常曲柄为主动件，当曲柄等速回转时，摇杆作变速的往复摆动。如图 1-5a 所示为鄂式碎石机机构，当曲柄 AB 等速转动时，靠摇杆 CD 的往复摆动达到破碎石料的目的。如图 1-5b 所示的剪刀机机构，也是利用摇杆延长部分的往复摆动将金属材料等剪切分离的。



(a) 碎石机



(b) 剪刀机

图 1-5 曲柄摇杆机构应用实例

在曲柄摇杆机构中，摇杆也可作主动件，此时可将摇杆的往复摆动变为曲柄的回转运动。如图 1-6 所示的缝纫机的踏板机构，就是利用踏板（摇杆 CD）的往复摆动，达到曲柄的回转运动的。

在曲柄摇杆机构中，由于连杆上各点的运动轨迹十分复杂。因此，在一些机构中，常利用连杆上某些点的复杂运动轨迹来完成某些动作。如图 1-7 所示的搅拌机机构，就是利用连杆上延长部分的 E 点的运动轨迹来完成搅拌工作的，因为 E 点的轨迹正好与容器底部的形状相吻合。

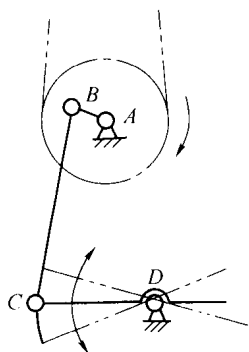


图 1-6 缝纫机踏板机构图

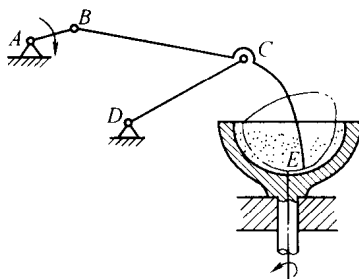


图 1-7 搅拌机机构

2. 双曲柄机构

铰链四杆机构中，若两个连架杆均为曲柄时，则该机构称为双曲柄机构。

在双曲柄机构中，当两曲柄长度相等且平行时，则连杆与机架的长度也相等平行，这种机构又称为平行四边形机构。该机构中主动曲柄与从动曲柄的运动完全一样，而且机构的对边无论处于什么位置，始终相互平行。如图 1-8 所示的机车车轮联动机构，就是利用各曲柄运动完全相同的特点，使各个车轮等速滚动的。

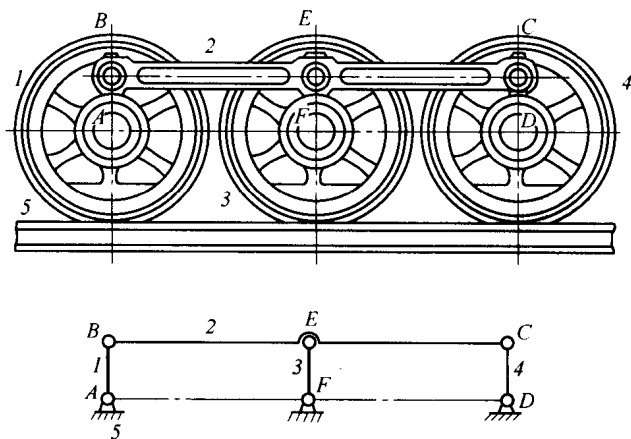


图 1-8 机车车轮的联动机构

在双曲柄机构中，当两曲柄不等长或等长不平时，主动曲柄等速回转时可变为从动曲柄的变速回转。如图 1-9 所示的惯性筛机构，就是利用从动曲柄的变速转动，使筛面的往复移动速度发生变化，筛内的物料在惯性力的作用下，与筛面发生相对运动，从而达到筛分物料的目的。

3. 双摇杆机构

在铰链四杆机构中，若两连架杆均为摇杆，则此机构称为双摇杆机构。

双摇杆机构的应用也很广泛。如图 1-10a 所示的门座式起重机机构便是双摇杆机构的应用实例，当摇杆 1 摆动时，摇杆 3 也随之摆动，连杆 2 上 E 的轨迹近似为一条水平直线，这

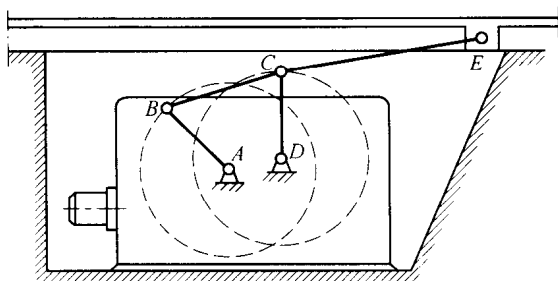


图 1-9 惯性筛机构

样重物平移时可节省动力消耗。如图 1-10b 所示的飞机起落架机构，也是利用双摇杆机构控制着陆轮的。当飞机起飞或着落时，依靠主动摇杆 AB 的摆动，使其收起或放下。

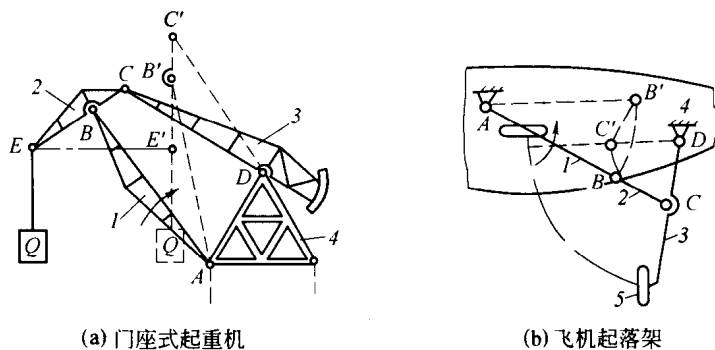


图 1-10 双摇杆机构应用实例

三、曲柄滑块机构与偏心轮机构

(一) 曲柄滑块机构

曲柄滑块机构由曲柄 1、连杆 2、滑块 3 和机架 4 组成的，如图 1-11 所示。在该机构中，滑块 3 相对于机架作往复移动。根据滑块与连杆构成的回转副中心 C 的移动方位线 mm （也称导路中心线）是否通过曲柄的转动中心 A ，可将曲柄滑块机构分为对心曲柄滑块机构（图 1-11a）和偏置曲柄滑块机构（图 1-11b）。

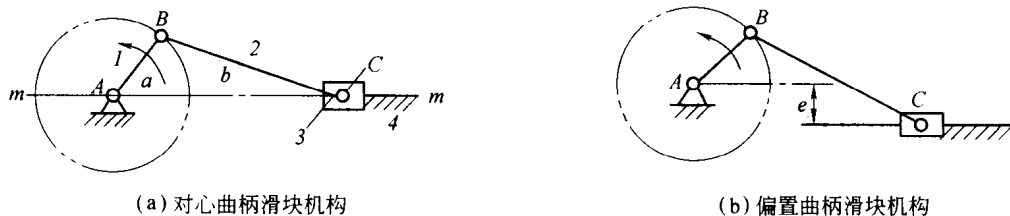


图 1-11 曲柄滑块机构

在曲柄滑块机构中，当曲柄等速回转时，可变为滑块的往复移动。如图 1-12 所示的输送

器机构，就是利用滑块的往复移动进行工件的推送工作的。此外，当滑块往复移动时，也可转换为曲柄的等速转动，如图 1-3 所示的单缸内燃机即为该机构应用的实例。

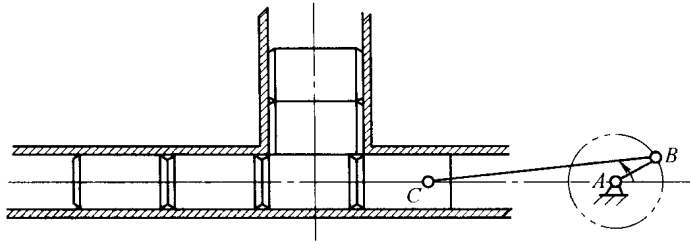
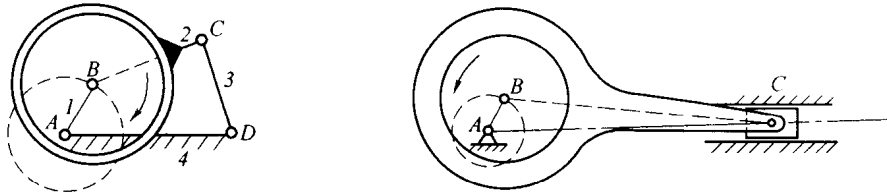


图 1-12 输送机机构

(二) 偏心轮机构

在有曲柄的机构中，当曲柄较短时，由于结构、制造和强度方面的要求，常将曲柄做成圆盘，因其几何中心与回转中心不重合，故称为偏心轮。含有偏心轮的机构就称为偏心轮机构，如图 1-13 所示。



(a) 含有偏心轮的曲柄摇杆机构

(b) 含有偏心轮的曲柄滑块机构

图 1-13 偏心轮机构

第二节 凸轮机构

一、概述

(一) 凸轮机构的组成、特点和应用

凸轮机构是由具有曲线轮廓或曲线沟槽的凸轮、与凸轮直接接触的从动件以及机架三个基本构件组成的高副机构。其高副接触通常靠弹簧力、重力或沟槽来保证。凸轮机构可将凸轮的连续回转运动转变为从动件的连续或间歇往复移动或摆动，或者将凸轮的往复移动变成从动件的往复移动或摆动。

如图 1-14a 所示为一内燃机的配气机构。当凸轮 1（具有曲线外廓）连续回转时，其轮廓将推动从动件 2 作断续的往复移动，从而使气门有规律地开启和关闭（关闭是靠弹簧 3 的作用力），以控制可燃气体进入气缸或使废气排出。图 1-14b 所示为缝纫机上紧线钩摆动的凸轮机构。当凸轮 1（具有曲线凹槽）连续转动时，其凹槽的侧面迫使紧线钩（从动件）2 绕 O 点作往复摆动。

从以上两个实例可以看出，凸轮机构不仅结构简单、紧凑，而且只要设计出适当的凸轮轮廓曲线，就可使从动件获得预期的运动规律。因此，在各种机械、仪器的操纵、控制装置中得