



交通高职高专院校统编教材

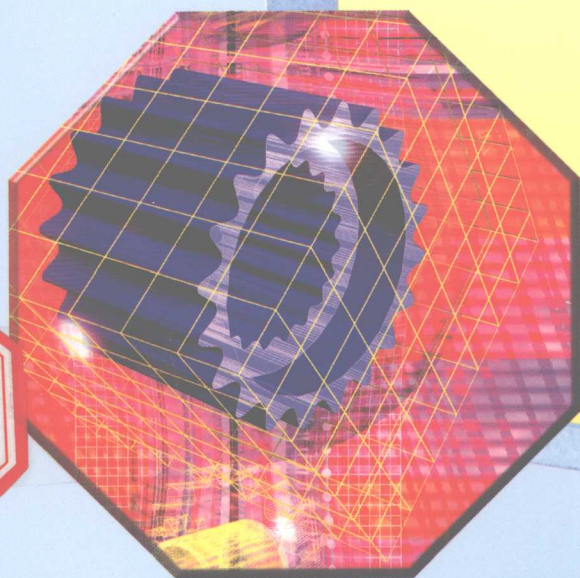
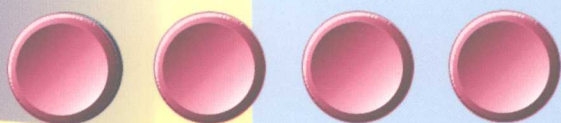
JIAOTONG GAOZHI GAOZHUAN YUANXIAO TONGBIAN JIAOCAI

机械基础 第三分册 机械原理与零件

(汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业用)

廖 琨 主 编

刘 锐 主 审



人民交通出版社

交通高职高专院校统编教材

Jixie Jichu

机械基础

第三分册 机械原理与零件

(汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业用)

廖 琨 主编
刘 锐 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

机械基础(下册)共分十一章,简要介绍了常用机构的工作原理、类型、运动特点、应用等基本知识及通用零件的工作原理、结构、特点和选用等。本书弱化机构与通用零件的具体设计内容,仅介绍普通V带传动及轴的设计方法,作为选学内容。

本书是交通高职高专院校汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业统编教材,也可供汽车维修工程技术人员阅读及用作高职非机械类工科专业同类课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础. 第3分册, 机械原理与零件/廖琨主编.
北京: 人民交通出版社, 2003. 8
ISBN 7-114-04736-3

I. 机… II. 廖… III. ①汽车-机械学②汽车-
零部件 IV. U46

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第053825号

交通高职高专院校统编教材

机 械 基 础

第三分册 机械原理与零件

(汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业用)

廖 琨 主 编

刘 锐 主 审

正文设计: 王静红 责任校对: 李 东 责任印制: 张 恺

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.25 字数: 248千

2003年8月 第1版

2003年8月 第1版 第1次印刷

印数: 0001~5000册 三册定价: 70.00元

ISBN 7-114-04736-3

本书编委会

主任：苗庆贵

副主任：张美田

委员：(以姓氏笔画为序)

王利贤	王怡民	叶 钢	卢晓春	刘 锐
李富仓	李 军	苗庆贵	陈文华	陈瑞晶
汤定国	高进军	姜 勇	郭远辉	唐 好
张尔利	张美田	张琴友	屠卫星	谭文莹
廖 琨	颜培钦			

前 言

为了适应并推动高等职业技术教育的发展,落实交通部科教司《高职高专专业教材建设规划方案意见》(高[1999]171号文件)精神,在交通部科教司领导下,交通高职教育工作委员会组织编写了汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程等相关专业用高职高专统编教材。

《机械基础》这本教材是汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程等相关专业的技术基础课教材之一。这本教材坚持了理论知识够用为度的原则,贯彻了基础为专业服务的指导思想,基本做到了理论与实践、基础与专业的紧密结合,构筑了汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程等相关专业具有高职高专特色的第一套统编教材。

《机械基础》这套教材共分三个分册,第一分册为工程力学部分、第二分册为材料与工艺部分、第三分册为机械原理与机械零件部分。

本书是第三分册,它简明扼要地介绍了常用机构的工作原理、类型、运动特点、应用等基本知识及通用零件的工作原理、结构、特点和选用等。本书主要内容包括二个部分;第一部分为机构原理,第二部分为机械零件。

本书由广西交通职业技术学院廖琨副教授编写,由吉林交通职业技术学院刘锐副教授主审,吉林交通职业技术学院张美田担任责任编委。

本书在编写过程中,得到了吉林交通职业技术学院、浙江交通职业技术学院、四川交通职业技术学院、陕西交通职业技术学院、上海交通职业技术学院、广西交通职业技术学院、广东交通职业技术学院、湖南交通职业技术学院、南京交通职业技术学院、福建交通职业技术学院等院校的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免会有错误或不当之处,诚望读者及有关专家批评指正。

交通高职教育工作委员会

2003年7月

目 录

绪论	1
第一章 平面机构的运动简图	3
第一节 运动副及其分类	3
第二节 平面机构运动简图	3
复习思考题	4
第二章 平面连杆机构	5
第一节 铰链四杆机构	5
第二节 滑块四杆机构	7
第三节 平面四杆机构的运动特性	9
复习思考题	12
第三章 凸轮机构	13
第一节 凸轮机构的应用和分类	13
第二节 从动件常用的运动规律	14
复习思考题	16
第四章 间歇运动机构	17
第一节 棘轮机构	17
第二节 槽轮机构	18
复习思考题	19
第五章 联接	20
第一节 螺纹联接	20
第二节 键联接	28
第三节 销联接	32
复习思考题	33
第六章 带、链传动	34
第一节 带传动	34
第二节 链传动	51
复习思考题	58
第七章 齿轮传动	59
第一节 概述	59
第二节 渐开线齿廓及其啮合特性	61
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	63
第四节 标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	67
第五节 标准直齿圆柱齿轮的公法线长度和分度圆弦齿厚	69
第六节 切齿基本原理、根切及避免根切的最少齿数	71

第七节	齿轮传动受力分析、失效形式及设计准则	74
第八节	斜齿圆柱齿轮传动	77
第九节	圆锥齿轮传动	81
第十节	蜗杆传动	86
	复习思考题	90
第八章	轮系及减速器	93
第一节	概述	93
第二节	定轴轮系及其传动比	94
第三节	行星轮系及其传动比	97
第四节	混合轮系及其传动比	100
第五节	蜗速器	101
	复习思考题	103
第九章	轴及轴间连接	106
第一节	轴	106
第二节	联轴器和离合器	116
	复习思考题	120
第十章	轴承	122
第一节	滚动轴承	122
第二节	滑动轴承概述	139
	复习思考题	143
第十一章	弹簧	149
第一节	弹簧的功用及种类	149
第二节	圆柱形螺旋压缩(拉伸)弹簧的结构	150
第三节	弹簧的材料与制造	152
	复习思考题	154
	参考文献	155

绪 论

人类在长期的生活和生产实践中创造和发展了机器。我们经常见到的汽车、拖拉机、火车、内燃机、起重机、金属切削机床以及缝纫机、洗衣机等都是机器。

随着生产的发展,机器的种类、形式、功能将越来越多。就功能来说,一般机器主要由4个基本部分组成,即动力部分、执行部分、传动部分及控制部分。简单的机器主要由前3个基本部分组成,其控制部分很简单。

动力部分是机器工作的动力源。通常,一部机器只用一个原动机,复杂的机器也有采用几个原动机的。现代机器中使用的原动机大多以电动机和热力机(内燃机、汽轮机、燃气机)为主,而电动机的使用最为广泛。

执行部分(或称工作部分)是直接完成机器预定功能的部分。一部机器根据其总功能要求的不同,可以只有一个执行部分,也可以有几个执行部分。

传动部分是了解决动力部分与执行部分之间各种矛盾,将动力部分的动力和运动传给执行部分的中间装置。机器的功能各异,但原动机的运动参数、运动形式和动力参数范围都是有限而确定的,往往解决两者之间的矛盾,就需要通过传动部分把原动机的运动参数、运动形式和动力参数变换为机器执行部分的运动参数、运动形式和动力参数。例如,把高转速变为低转速、小转矩变为大转矩、回转运动变为直线运动等。机器的传动部分大多使用机械传动。

控制部分(或操纵部分)的作用是控制机器的其他基本部分,使操作者能随时实现或终止各种预定的功能。例如,机器的开动停止,改变运动的速度和方向,输出或切断动力等。现代机器的控制部分,一般来说,既包括机械控制系统又包括电子控制系统。

对于一般的汽车来说,其各基本部分中,发动机为动力部分;车轮为执行部分;离合器、变速器、传动轴和驱动桥等为传动部分;转向盘和转向系统、变速杆、制动器及其踏板、离合器踏板及速度控制踏板等组成汽车的控制部分。

在机器的4个基本部分中,动力部分、执行部分和控制部分不属于本课程的研究范围。

机器的种类繁多,其构造、用途和功能也各不相同,但它们都有一些共同的特征。如图0-1所示的单缸四冲程内燃机,它是由气缸体1、活塞2、进气阀3、排气阀4、连杆5、曲轴6、凸轮7、顶杆8和一对齿轮9和10组成的。工作时,燃气推动活塞作往复移动,经连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,在曲轴和凸轮轴上各安装了一个齿轮。当燃气推动活塞运动时,进排气阀有规律地启闭,就把燃气的热能转换为曲轴的机械能。又如发电机主要由转子(电枢)和定子组成。当驱动转子回转时,发电机就把机械能转换为电能。再如汽车由发动机经离合器、变速器、传动轴和驱动桥等带动车轮滚动进行工作。从以上3个例子可以看出,机器具有下列3个共同的特征:

- (1)它们都是人为的实物组合;

(2)它们的各部分之间具有确定的相对运动;

(3)它们能代替或减轻人类的劳动,以完成有用的机械功(如汽车、机床和洗衣机)或转换机械能(如内燃机、发电机)。

机构只具有机器的前两个特征,即机构也是人为的实物组合,并且各实物具有确定的相对运动。在内燃机中,活塞、连杆、曲轴和气缸体组成一个曲柄滑块机构。该机构可将活塞的往复运动转变为曲轴的连续转动。凸轮、顶杆和气缸体组成凸轮机构,将凸轮的连续转动变为顶杆有规律的往复移动。而曲轴及凸轮轴上的齿轮和气缸体则组成齿轮机构,可使两轴保持一定的转速比。由此可见,机器是由若干个机构组成的。也有只包含一个机构的机器,例如电动机等。

若仅从结构和运动的角度来看,而不讨论作功和转换能量方面的问题,机构和机器并无区别,所以,习惯上把机器和机构统称为机械。

如果从制造角度看,机器是由若干个零件组成的。零件是机器组成中不可再拆的最小单元。按使用特点,零件可分为通用零件和专用零件两大类。通用零件是指各种机械中普遍使用的零件,例如轴、齿轮、螺钉和键等;专用零件是指某些特殊的机械上才用到的零件,例如内燃机的曲轴和活塞、汽轮机的叶片等。

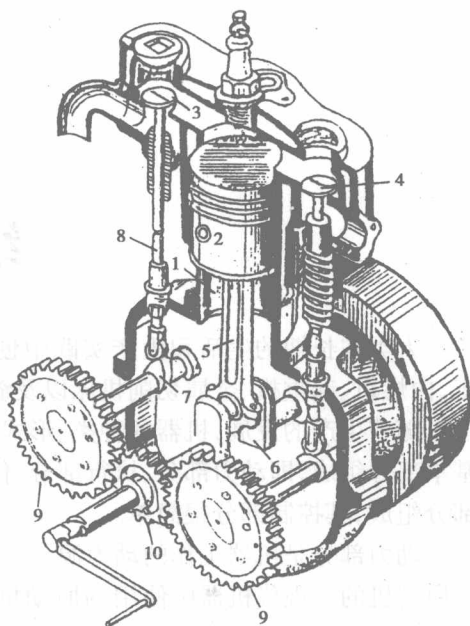


图 0-1 单缸四冲程内燃机

1-气缸;2-活塞;3-进气阀;4-排气阀;5-连杆;6-曲轴;7-凸轮;8-顶杆;9-齿轮;10-齿轮

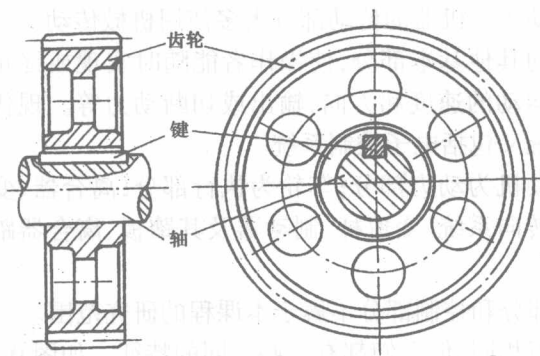


图 0-2 齿轮与键、轴联接的构件

从运动的角度看,机构由构件组成,故可以认为机器是由若干构件组成的。构件之间有确定的相对运动,其形状和尺寸主要取决于运动的性质。构件可能是一个零件,也可能是若干个零件的刚性组合体。如图 0-2 所示就是齿轮用键与轴连成一个整体而成为一个构件,其中的齿轮、键和轴都是零件。可见,构件与零件的区别在于:构件是运动的单元,而零件是制造的单元。

从装配角度看,可以认为较复杂的机器是由若干部件组成的。例如汽车的变速器、前桥和后桥等。部件是机器的装配单元。

本课程是一门专业基础课,其主要任务是讨论几种常用机构(如平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等)和通用零件的结构与类型、工作原理、性能特点、几何参数及尺寸、标准及应用等。学习时,既要注意常用机构和通用零件的性能特点,还应了解它们之间的共性。通过本课程的学习,为学习专业课及今后解决生产实际问题打下一定的基础。

第一章 平面机构的运动简图

所有构件都在同一平面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。工程中应用最多的是平面机构,因此本章只讨论平面机构。

第一节 运动副及其分类

机构是由具有确定相对运动的构件组成的,因此机构中各构件相互之间必定以某一种方式相联接。这种联接既不同于螺栓联接,也不同于铆接和焊接之类的刚性联接,而是在构件之间的联接处保持一定的相对运动。这种构件之间直接接触并且有确定的相对运动的联接称为运动副。运动副将限制构件的一部分运动,使运动具有确定的方式。例如前述内燃机中活塞与气缸体的联接则组成运动副,使活塞只能沿缸体作直线运动。

按构成运动副的两构件之间的相对运动为平面运动或空间运动,将运动副分为平面运动副和空间运动副。本章只讨论平面机构,所以也只介绍平面运动副。

运动副中,构件间的接触有点、线、面 3 种形式。按照构件间的接触特性,一般运动副可分为低副和高副两类。

1. 低副

两构件间以面接触组成的运动副称为低副。根据构件间的相对运动是转动或移动,低副又可以分为转动副和移动副。

(1)转动副 若组成运动副的两构件之间只能绕同一轴线作相对转动,则该运动副称为转动副(或称铰链)。如图 0-1 所示,内燃机中的连杆大头与曲轴轴颈、连杆小头与活塞销之间的联接均为转动副。

(2)移动副 若组成运动副的两构件之间只能沿某一轴线方向作相对移动,则该运动副称为移动副。如图 0-1 所示,内燃机中的活塞与气缸体、顶杆与气缸体之间均组成移动副。

2. 高副

两构件之间以点或线相接触所组成的运动副称为高副。常见的高副有齿轮副和凸轮副。如图 0-1 所示,内燃机中的齿轮 9 和齿轮 10 组成齿轮副,凸轮 7 和顶杆 8 组成凸轮副。

第二节 平面机构运动简图

为了便于对机构进行分析,通常不考虑构件的外形、截面尺寸和运动副的实际构造,而用规定的简单线条和符号表示构件的运动副,并按一定的比例画出机构的图形,称为机构运动简图。表 1-1 列出了一些机构运动简图的常用符号。

运动副类别	代表符号	运动副类别	代表符号
两运动构件组成转动副		与固定支座组成转动副	
两运动构件组成移动副		与固定支座组成移动副	
齿轮高副		凸轮高副	

绘制平面机构运动简图时,首先应分析机构的组成及运动情况,找出机架、主动件和从动件,然后从主动件开始,按照运动传递的先后顺序,确定构件的数目、运动副的类型和数目。画图时,通常选择平面机构的运动平面作为投影面,对主动件任意给定在某一位置。选定比例后,按几何作图方法,用规定的符号,画出全部构件和运动副。

下面举例说明绘制机构运动简图的方法和步骤。

例 1-1 绘制图 1-1 所示单缸四冲程内燃机的机构运动简图。

【解】 1)分析机构的组成及运动情况,找出机架、原动件和从动件

图 1-1 所示内燃机是由气缸体 1、活塞 2、连杆 5 和曲轴 6 组成的曲柄滑块机构;由齿轮 10 (与曲轴 6 固联)、齿轮 9 和气缸体 1 组成的齿轮机构;由凸轮 7(与齿轮 9 固联)、进气阀推杆 8 和气缸体 1 组成的凸轮机构共同组成的。气缸体 1 是固定件(机架),在燃气推动下的活塞 2 是原动件,其余均为从动件。

2)根据各构件之间的相对运动性质,确定运动副的类型和数目

构件 2 和 1、8 和 1 组成移动副;构件 10 和 9、7 和 8 组成高副;

构件 2 和 5、5 和 6(10)、6 和 1、9(7)和 1 之间均组成转动副。

3)选择视图平面

一般选择与多数构件的运动平面相平行的平面作为视图平面。视图平面选定后,为避免一些构件在简图上相互重叠,应使机构停稳在一般位置(而不要停在特殊位置)来绘制机构运动简图。

该机构为平面机构,故选与各机构的运动平面相平行的平面(即与两齿轮轴线相垂直的平面)为视图平面。

4)测出各运动副之间的位置,并选取适当的长度比例尺 $\mu_1(\text{m}/\text{mm})$,用构件和运动副的规定符号绘出机构运动简图如图 1-1 所示。长度比例尺 μ_1 ,表示构件的实际长度 m 与图中长度 mm 之比。

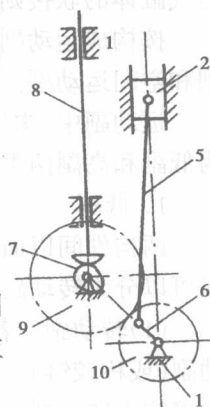


图 1-1 内燃机主体机构运动简图

复习思考题

- 1-1 什么叫运动副? 运动副具有哪些特征?
- 1-2 平面运动副如何分类? 试举出生活中、工程上运用转动副和移动副的 3 个实例。
- 1-3 什么叫平面机构运动简图? 如何绘制机构运动简图?

第二章 平面连杆机构

平面连杆机构又称平面低副机构,是由若干机构以平面低副联接而成。连杆机构中的构件大多都可以表示为杆状,故亦常称其为杆。由于低副为圆柱面或平面接触,使平面连杆机构具有制造容易,运动副中压强小、磨损小、方便润滑等优点。因此广泛用于各种机器设备、仪器仪表及人们的日常生活中。其缺点是机构设计比较复杂,而且低副中存在间隙,会引起运动误差且难以精确实现较复杂的运动规律。最基本应用最广的平面连杆机构是平面四杆机构。在平面四杆机构中,又以铰链四杆机构为基本类型,其他类型均可以由铰链四杆机构演化得到。

第一节 铰链四杆机构

全部用转动副连接的平面四杆机构称为铰链四连杆机构,如图 2-1 所示。在铰链四杆机构中,固定不动的构件称为机架;与机架相连的构件称为连架杆,其中能作整周转动的连架杆称为曲柄,不能作整周回转的连架杆称为摇杆;不与机架直接连接的构件称为连杆,连杆作复杂的平面运动。在图 2-1 中,构件 4 为机架,构件 1 和 3 均为连架杆,构件 2 为连杆。

一、铰链四杆机构的类型及应用

在铰链四杆机构中,机架和连杆总是存在的。因此,可以根据曲柄和摇杆的数目,将其分为 3 种基本类型,即曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构。

1. 曲柄摇杆机构

两连架杆中,一个为曲柄,另一个为摇杆的铰链四杆机构称为曲柄摇杆机构,如图 2-1 所示。图 2-2 所示汽车前窗刮水器控制机构、图 2-3 所示脚踏砂轮机机构等都是曲柄摇杆机构应用的实例。前者以曲柄 AB 为原动件,后者以摇杆 CD 为原动件。

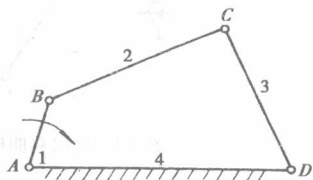


图 2-1 铰链四杆机构

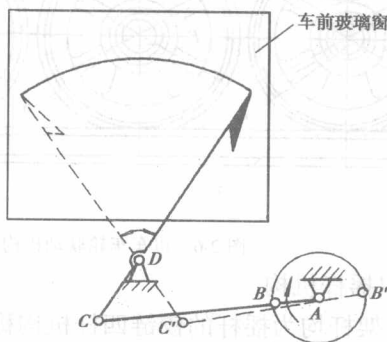


图 2-2 汽车前窗刮水器

曲柄摇杆机构在使用中,若取曲柄为原动件(如图 2-2 中 AB 构件),可将曲柄的连续整周转动转变为摇杆的往复摆动。若取摇杆为原动件(如图 2-3 中 CD 构件),则可将其往复摆动转变为曲柄的整周转动。

2. 双曲柄机构

两连架杆均为曲柄的铰链四杆机构称为双曲柄机构。通常取其中一个曲柄为原动件且作等速转动,另一曲柄为从动件,一般作变速转动(也可作等速转动)。

图 2-4 所示的惯性筛即为双曲柄机构的应用实例。当从动曲柄 CD 作变速转动时,使筛子 6 具有所要求的加速度,筛中的物料靠惯性而达到筛分的目的。

在双曲柄机构中,如连杆与机架的长度相等,两个曲柄的长度也相等,并组成平行四边形,则称为平行双曲柄机构或平行四边形机构,如图 2-5 所示。其特点为两曲柄 AB 与 CD 长度相等,始终作等速、同向转动。连杆也始终作平动。图 2-6 所示机车车轮联动机构为其应用实例。

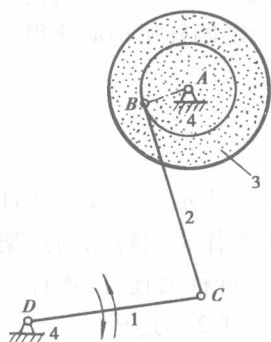


图 2-3 脚踏砂轮机构

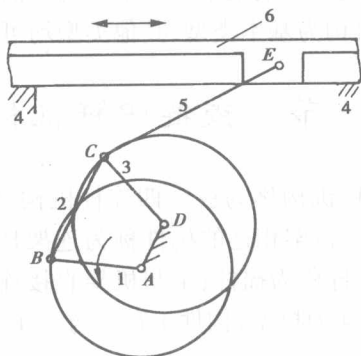


图 2-4 惯性筛机构

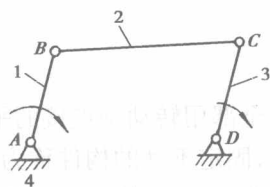


图 2-5 平行双曲柄机构

如果双曲柄机构的对边构件长度相等而不平行,则称为反向双曲柄机构,如图 2-7 所示。其特点为原动曲柄 AB 等速转动时,从动曲柄 CD 作反向变速转动。图 2-8 所示的公共汽车的车门启闭机构就是这种机构的应用实例。

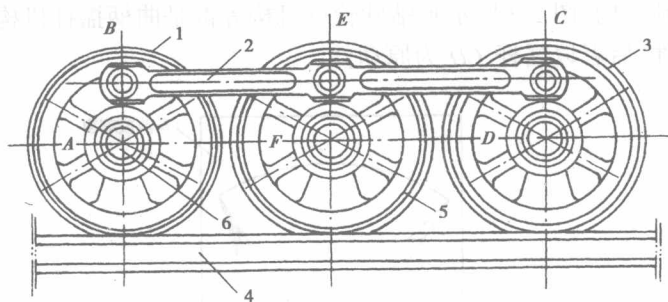


图 2-6 机车车轮联动机构

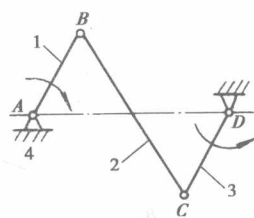


图 2-7 反向双曲柄机构

3. 双摇杆机构

两连架杆均为摇杆的铰链四杆机构称为双摇杆机构。

如图 2-9 所示为飞机起落架的机构运动简图,其中 AB 与 CD 均为摇杆。当飞机将要着陆时,需将胶轮 5 放下(图中实线位置);而当飞机飞离地面时,则需将胶轮 5 收起(图中点画线位置)。

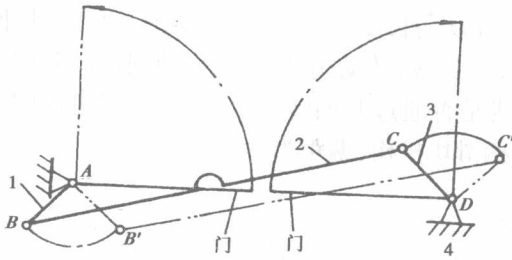


图 2-8 车门启闭机构

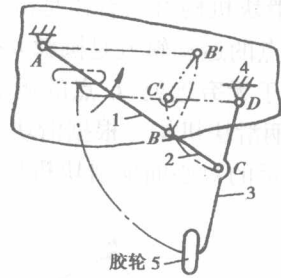


图 2-9 飞机起落架机构

在双摇杆机构中,若两摇杆长度相等,则称为等腰梯形机构。图 2-10 所示的汽车、拖拉机前轮转向机构就是其应用实例。摇杆 AB 和 CD 分别与两前轮轴固连在一起,当车辆转弯时(图中为向右转弯),左右两前轮摆动的角度 β 和 δ 不相等,四构件的相对长度保证两前轮轴线的延长线与后轮轴线的延长线相交于一点 O ,从而使车辆绕 O 点转动时,4 个车轮都在地面上作纯滚动,减少了转弯时轮胎相对地面滑动时的磨损。

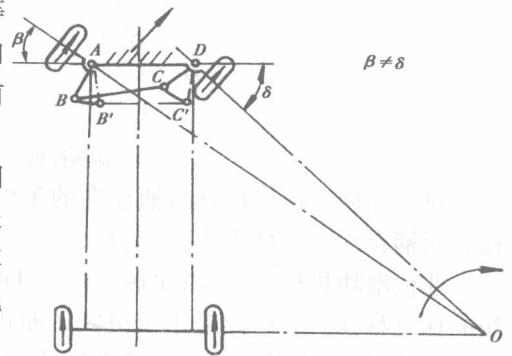


图 2-10 汽车前轮转向机构

二、铰链四杆机构类型的判别

通过对铰链四杆机构运动的分析(略)可知,铰链四杆机构有曲柄存在的条件是:

- ①最短杆与最长杆长度之和 \leq 其余两杆长度之和;
- ②最短杆为机架或连架杆。

铰链四杆机构的类型与组成机构的各杆长度有关,也与机架的选取有关。根据四杆机构有曲柄存在的条件,一般可按下述方法判定其类型:

若最短杆与最长杆的长度之和 \leq 其余两杆长度之和,则

- ①当最短杆为连架杆时,该机构为曲柄摇杆机构;
- ②当最短杆为机架时,该机构为双曲柄机构;
- ③当最短杆为连杆时,该机构为双摇杆机构。

若最短杆与最长杆的长度之和 $>$ 其余两杆长度之和,则不论取哪一构件为机架,均无曲柄存在,该机构都是双摇杆机构。

第二节 滑块四杆机构

在实际应用的机械中,有各式各样带有移动副的平面四杆机构,称为滑块四杆机构,简称滑块机构,如图 2-11c)所示。滑块四杆机构都可以看成是由铰链四杆机构演化而来的。下面介绍几种常用的滑块四杆机构。

1. 曲柄滑块机构

曲柄滑块机构可以看作是由曲柄摇杆机构演变而来。如图 2-11a) 所示的曲柄摇杆机构，摇杆上 C 点的运动轨迹是圆弧 mm 。若摇杆 CD 的长度趋于无穷大(如图 2-11b)时，回转副中心 D 将位于无穷远处， C 点的运动轨迹变成了直线，转动副 D 变成移动副(如图 2-11c)，即演变成了曲柄滑块机构。根据滑块导路中心线是否通过曲柄转动中心 A ，可分为如图 2-11c) 和图 2-12 所示的对心曲柄滑块机构和偏置曲柄滑块机构(偏距为 e)。

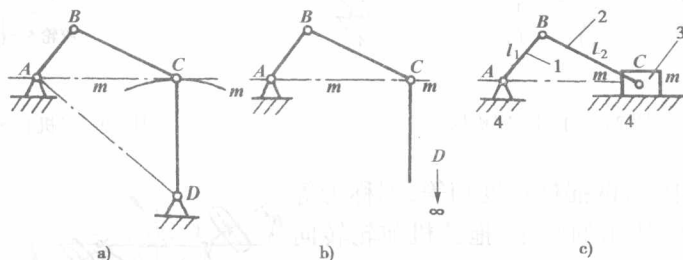


图 2-11 曲柄滑块机构的形成

a) 曲柄摇杆机构; b) 加长摇杆; c) 曲柄滑块机构

对心曲柄滑块机构有曲柄存在的条件为 $l_1 \leq l_2$ ，偏置曲柄滑块机构有曲柄存在的条件为 $l_1 + e \leq l_2$ 。

曲柄滑块机构中，当以曲柄为原动件时，可将曲柄的转动转化为滑块的往复移动。它广泛应用于空气压缩机、冲床等机械中。当以滑块为原动件时，可将滑块的往复移动转化为曲柄的转动。它广泛应用于蒸气机、内燃机等机械中。

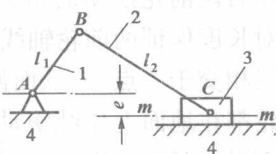


图 2-12 偏置曲柄滑块机构

2. 导杆机构

当取图 2-11c) 所示曲柄滑块机构中的构件 AB 为机架时，可得到如图 2-13 所示的导杆机构。构件 2 为原动件，构件 4 称为导杆，滑块 3 相对导杆 4 滑动并随其一起绕 A 点转动。当 $l_1 \leq l_2$ 时，构件 2 和 4 均可作整周转动，称为转动导杆机构；当 $l_1 > l_2$ 时，导杆 4 只能作往复摆动，称为摆动导杆机构。

导杆机构常用作牛头刨床和插床等工作机构。

3. 摇块机构

在图 2-11c) 所示的曲柄滑块机构中，若取构件 2 为机架，构件 1 可作整周转动，而滑块 3 则成了只能绕机架上 C 点作往复摆动的摇块，故称为摇块机构，如图 2-14 所示。图 2-15 所示载货汽车自动翻转卸料机构就是这种机构的应用实例。

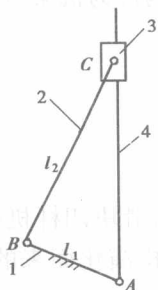


图 2-13 导杆机构

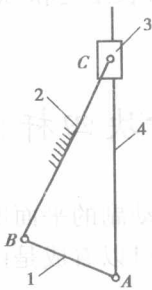


图 2-14 摇块机构

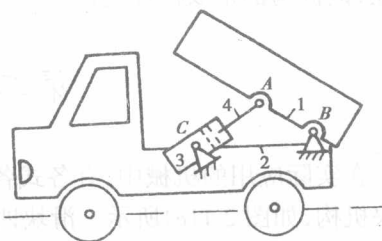


图 2-15 载货汽车自动翻转卸料机构

4. 定块机构

在上述的曲柄滑块机构中,若取滑块3为机架,便得到如图2-16所示的定块机构。图2-17所示的手动式抽水机就是定块机构的应用实例。

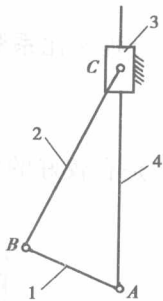


图 2-16 定块机构

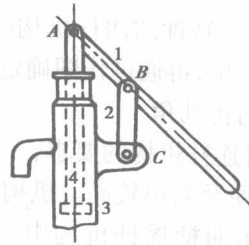


图 2-17 手动式抽水机

第三节 平面四杆机构的运动特性

一、曲柄摇杆机构的运动特性

1. 急回特性

如图2-18所示的曲柄摇杆机构,设曲柄 AB 为原动件,摇杆 CD 为从动件。在曲柄回转一周的过程中,曲柄 AB 与连杆 BC 有两次共线,此时摇杆 CD 分别处于左、右两个极限位置 C_1D 和 C_2D ,摆角为 φ 。

当摇杆处于两极限位置时,曲柄在两相应位置所夹的锐角 θ 称为极位夹角。由图2-18可知,当曲柄以角速度 ω 等速转过 $\varphi_1 = 180^\circ + \theta$ 时,摇杆由 C_1D 摆至 C_2D ,称为工作行程或正行程,所需时间为 t_1 , C 点的平均速度为 v_1 ;当曲柄再转过 $\varphi_2 = 180^\circ - \theta$ 时,摇杆由 C_2D 摆回至 C_1D ,称为空回行程或反行程,所需时间为 t_2 , C 点的平均速度为 v_2 。不难看出,由于 $\varphi_1 > \varphi_2$,所以 $t_1 > t_2$ 。又由于摇杆上之 C 点从 C_1 到 C_2 和从 C_2 到 C_1 之摆角相同,而所用时间却不相同,所以往返的平均速度也不同,即 $v_2 > v_1$ 。这种空回行程比工作行程的平均速度较大的运动特性称为曲柄摇杆机构的急回特性。

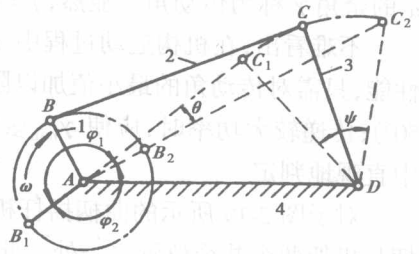


图 2-18 曲柄摇杆机构的急回特性分析

机构的急回特性常用行程速比系数 K 表示,即

$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} \quad (2-1)$$

由上式可见, K 值大小取决于极位夹角 θ ,当 $\theta = 0^\circ$ 时, $K = 1$,机构没有急回特性。当 $\theta \neq 0^\circ$, $K > 1$,则机构具有急回特性。 K 值的大小反映了机构的急回程度, K 值愈大,机构的急回特性愈明显。

由上述分析可知,四杆机构有无急回特性,一方面取决于从动件是否存在正、反行程的极限位置,另一方面取决于极位夹角 θ 。当机构从动件存在正、反行程的极限位置,且极位夹角

$\theta \neq 0^\circ$ 时,机构才具有急回特性。

在工程实际中,通常利用机构的急回特性来缩短非生产时间,提高劳动生产效率。

由式(2-1)可得到

$$\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1} \quad (2-2)$$

设计具有急回特性的四杆机构时,通常根据工作要求先选定行程速比系数 K ,然后由式(2-2)算出极位夹角,再通过作图确定各构件尺寸。

2. 压力角与传动角

实际生产对连杆机构的要求,一是能实现预定的运动规律,二是有较好的传力性能,使机构运转灵活、轻便及效率较高。机构的传力性能与其压力角有关。

图 2-19 所示曲柄摇杆机构中,取曲柄 AB 为原动件,摇杆 CD 为从动件。若忽略各构件质量和运动副中的摩擦,则曲柄通过连杆作用于摇杆上 C 点的力 F 是沿 BC 方向,它与受力点 C 的绝对速度 v_c 之间所夹的锐角 α 称为压力角。力 F 沿 v_c 方向的分力 $F_t = F \cos \alpha$,是推动从动件运动的有效分力;而沿摇杆轴线方向的分力 $F_n = F \sin \alpha$,会增大运动副中的摩擦和磨损,对机构传动不利,故称为有害分力。显然,压力角 α 的大小是判别机构传力性能好坏的一个重要参数。

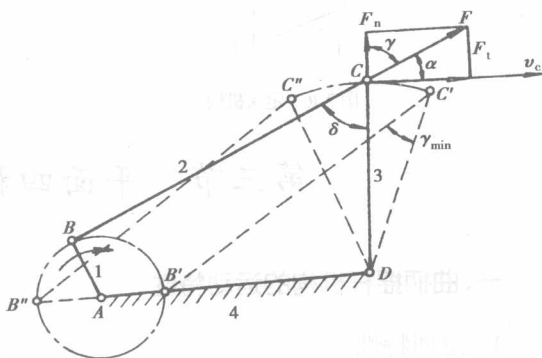


图 2-19 曲柄摇杆机构的压力角与传动角

为了便于在机构运动简图中直接观察和进行测量,特引入传动角的概念。我们将压力角 α 的余角 γ 称为传动角。显然, $\gamma = 90^\circ - \alpha$,故 γ 愈大, α 角愈小,机构的传力性能愈好。

不难看出,在机构运动过程中,传动角 γ 是不断变化的。为了保证机构具有良好的传力性能,只需对传动角的最小值加以限制。一般情况下,机构的最小传动角 $\gamma_{\min} \geq 40^\circ$ (即 $\alpha_{\max} \leq 50^\circ$);传递较大功率时,应使 $\gamma_{\min} \geq 50^\circ$ 。出现最小传动角 γ_{\min} 的机构位置,可由机构运动简图中直观地判定。

对于图 2-19 所示的曲柄摇杆机构,当以曲柄为原动件时,最小传动角 γ_{\min} 必定出现在曲柄与机架两个共线位置之一处。此时,传动角将出现极值,通过比较,其中 γ 值较小者即为最小传动角 γ_{\min} 。

3. 死点位置

如图 2-18 所示的曲柄摇杆机构中,如以摇杆 3 为主动件,曲柄 1 为从动件,则机构把摇杆 3 的往复摆动变为曲柄 1 的整周转动。当摇杆 3 摆到两个极限位置 C_1D 和 C_2D 时,曲柄 1 与连杆 2 共线,若忽略各杆的质量、惯性力和运动副中的摩擦力,则连杆 2 成为二力杆。摇杆 3 通过连杆 2 作用在曲柄 1 上的力正好通过曲柄的转动中心 A ,该力对曲柄产生的转矩为 0,故不能使曲柄 1 转动。曲柄摇杆机构的这种位置,称为死点位置,机构有无死点位置,决定于从动件与连杆能否共线。

当机构处于死点位置时,从动件将出现不能转动或运动方向不确定的现象。为使机构能通过死点位置继续运动,需对从动曲柄施加外力或采用安装飞轮以增大从动件惯性力的方法,使机构顺利通过死点位置。例如缝纫机的踏板机构在运动过程中,就是依靠具有较大质量的