



交通中等专业学校统编教材

机械原理及 机械零件



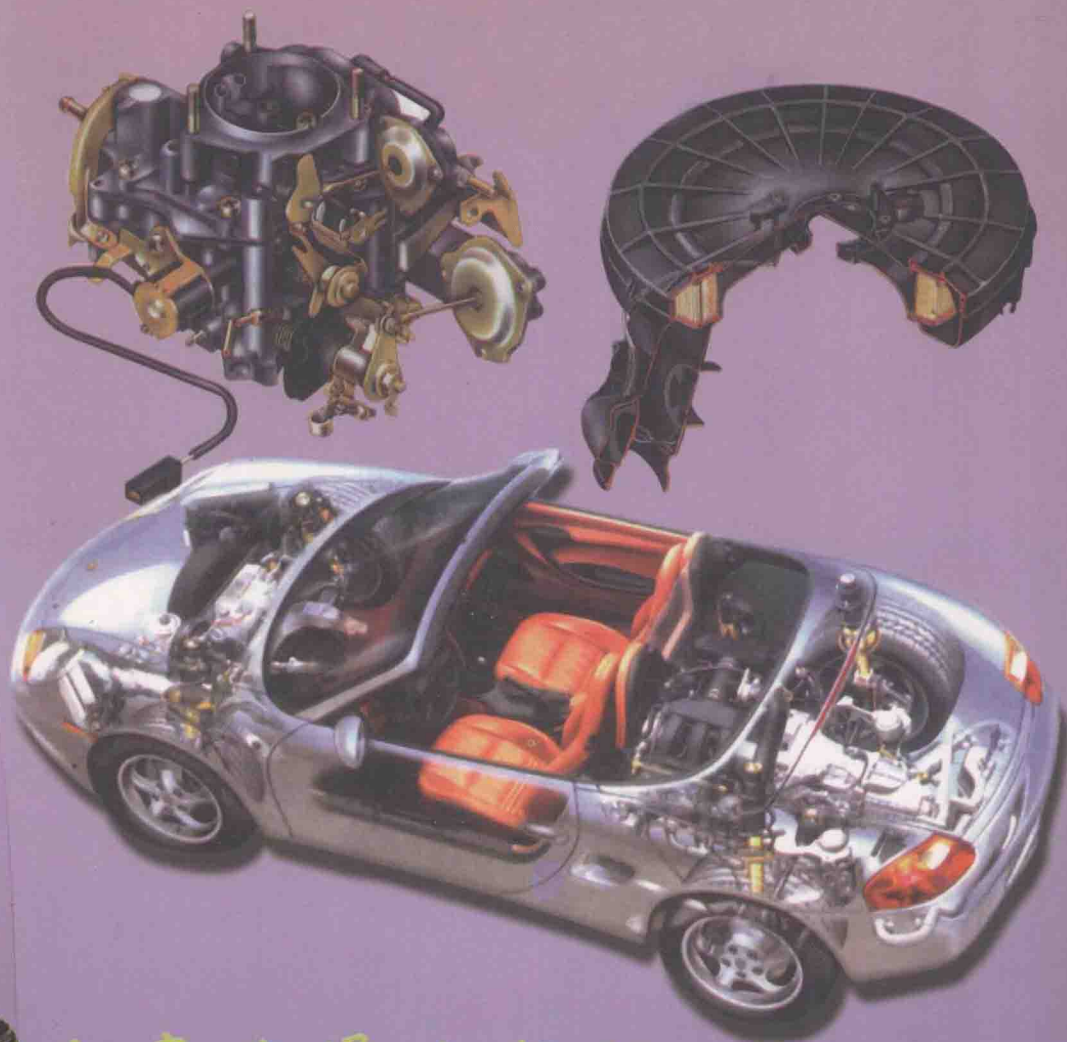
(汽车运用工程专业用)



廖 琨 主编



王富昌 主审



人民交通出版社

交通中等专业学校统编教材

JIXIE YUANLI JI JIXIE LINGJIAN

机械原理及机械零件

(汽车运用工程专业用)

廖 琨	主 编
王富昌	主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分十七章, 主要内容包括: 常用机构的工作原理、运动特点、机构分析及设计方面的基本知识; 通用零件的工作原理、特点、结构、选用与设计方法等。

本书是交通中等专业学校汽车运用工程专业统编教材, 也可作为工程机械专业和其它中等专业学校同类专业及有关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理及机械零件/廖琨主编. - 北京: 人民交通出版社, 1999
ISBN 7-114-03333-8

I. 机… II. 廖… III. ①机械学②机械元件 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 11923 号

交通中等专业学校统编教材

机械原理及机械零件

(汽车运用工程专业用)

廖 琨 主 编

王富昌 主 审

责任印制: 杨柏力 正文设计: 周 圆 责任校对: 刘素燕

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 16 字数: 392 千

1999 年 7 月第 1 版

1999 年 7 月第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—5000 册 定价: 21.00 元

ISBN 7-114-03333-8

U · 02384

前 言

本书是根据交通部教育司 1996 年 6 月制定的交通普通中等专业学校教学文件中的“机械原理及机械零件”教学大纲，并参照国家教委职教司普通中等专业学校工科机械专业少学时第四轮教学大纲（讨论稿）编写的。

本教材内容包括正文、例题、附表、思考题及习题等内容。各章正文前的文字，简略地叙述本章的主要内容、学习要求及重点，以方便读者学习。书中带※号部分为选学内容。

在编写过程中，编者结合交通中等专业学校的教学特点，联系生产实际，贯彻“少而精”的原则，尽量减少篇幅，文字叙述力求简洁。在基本概念及基本原理阐述清楚的基础上，删略了不必要的公式推导及理论引证，简化了设计公式，突出运用及结构设计。

本书还注意加强学生分析和解决问题能力的培养，在一些内容上对设计公式及设计方法引导性地进行了归纳总结。

本书所附例题、思考题和习题能注意专业知识同生产实际相结合。

本书采用最新颁布的国家标准、规范和设计资料以及我国的法定计量单位。

本书第一、八、九、十一、十三、十四、十五、十七章由安徽交通学校吴同生编写；第二、四、五、六、七章由四川交通学校凤勇编写；其余各章及全书各章的内容提示由广西交通学校廖琨编写。全书由廖琨主编。

本书由陕西交通学校王富昌主审，承蒙他提出了许多宝贵意见和建议，编者在此表示衷心地感谢。

本书的责任编委是广西交通学校张尔利，对编写工作给予了很大的支持和帮助，在此表示衷心地谢意。

由于编者的水平有限，本书的缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1998 年 7 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 机器的组成	1
第二节 课程的内容、性质、任务和基本要求	2
思考题	3
第二章 平面机构运动简图	4
第一节 运动副及其分类	4
第二节 平面机构运动简图	6
思考题	6
习题	6
第三章 平面连杆机构	8
第一节 铰链四杆机构	8
第二节 滑块四杆机构	11
第三节 四杆机构的基本性质	12
*第四节 四杆机构的设计	16
思考题	17
习题	18
第四章 凸轮机构	19
第一节 概述	19
第二节 从动件常用运动规律	21
第三节 凸轮轮廓的图解法设计	24
第四节 凸轮机构设计中的几个问题	26
思考题	27
习题	28
第五章 间歇运动机构简介	29
第一节 棘轮机构	29
第二节 槽轮机构	30
思考题	31
第六章 刚性回转件的平衡	32
第一节 回转件的静平衡	32
第二节 回转件的动平衡	33
思考题	34
第七章 机械零件设计概述	35
第一节 机械零件的设计计算准则及一般设计步骤	35
第二节 机械零件的工艺性和标准化	36

*第三节 计算机在机械设计中的应用	36
第八章 联接 (附螺旋传动)	38
第一节 概述	38
第二节 键联接	38
第三节 螺纹联接	44
第四节 螺旋传动简介	50
思考题	51
习题	51
第九章 挠性件传动	53
第一节 带传动	53
第二节 链传动	71
思考题	82
习题	83
第十章 齿轮传动	84
第一节 概述	84
第二节 渐开线齿廓及其啮合特性	86
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	90
第四节 标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	94
第五节 标准直齿圆柱齿轮的公法线长度和分度圆弦齿厚	96
第六节 渐开线轮齿的切齿原理简介	98
第七节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的根切现象和根切的最少齿数	100
*第八节 变位齿轮传动简介	102
第九节 齿轮传动的失效形式和设计准则	107
第十节 齿轮常用材料及热处理的选择	109
*第十一节 齿轮传动精度简介	110
第十二节 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	112
第十三节 斜齿圆柱齿轮传动	121
第十四节 直齿圆锥齿轮传动	132
第十五节 齿轮的结构设计	138
第十六节 齿轮传动的效率和润滑	140
思考题	141
习题	143
第十一章 蜗杆传动	145
第一节 概述	145
第二节 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	147
第三节 蜗杆传动的失效形式	150
第四节 蜗杆传动的受力分析	150
*第五节 蜗杆传动的强度计算	151
第六节 蜗杆传动的效率及散热	153
第七节 蜗杆与蜗轮的结构	154

思考题	157
习题	158
第十二章 齿轮系及减速器简介	159
第一节 概述	159
第二节 定轴轮系的传动比	160
第三节 行星轮系的传动比	162
第四节 混合轮系的传动比	165
※第五节 减速器简介	166
思考题	167
习题	167
第十三章 轴	169
第一节 概述	169
第二节 初定轴的最小直径	171
第三节 轴的结构设计	171
第四节 轴的强度验算	176
思考题	180
习题	180
第十四章 滑动轴承	182
第一节 概述	182
第二节 滑动轴承的类型和结构	182
※第三节 轴瓦与轴承衬	184
※第四节 非液体摩擦滑动轴承的计算	186
※第五节 滑动轴承的润滑	188
第六节 液体摩擦滑动轴承简介	191
思考题	193
习题	193
第十五章 滚动轴承	194
第一节 概述	194
第二节 滚动轴承的失效形式及计算准则	200
第三节 滚动轴承尺寸的选择计算	201
第四节 滚动轴承的组合设计	209
第五节 滚动轴承与滑动轴承的比较	214
思考题	215
习题	215
第十六章 联轴器和离合器	221
第一节 联轴器	221
第二节 离合器	226
第三节 安全联轴器和定向离合器简介	227
思考题	228
习题	228

第十七章 弹簧	233
第一节 概述.....	233
*第二节 圆柱形压缩、拉伸螺旋弹簧的设计计算	239
思考题.....	244
习题.....	244
参考文献	245

第一章 绪 论

绪论简要地叙述机器的组成以及本课程的内容、性质、任务 and 基本要求。

学习绪论，应着重了解本课程的内容、任务、基本要求及机器、机构、构件和零件等概念。

第一节 机器的组成

人类为了适应生活和生产中的需要，创造和发展了各种各样的机器。我们经常见到的汽车、拖拉机、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。

就其功能来说，一般机器主要由四个基本部分组成，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三个基本部分组成，其控制部分很简单。动力部分是机器工作的动力源。现代机器大多以电动机和内燃机为主，而电动机的使用较广泛；执行部分又称工作部分，它直接完成机器预定的功能；传动部分是为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；控制部分的作用是控制机器的其它基本部分，使操作者能随时实现或终止各种预定的功能。例如汽车的各基本部分中，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、制动及其踏板、离合器踏板及加速踏板等组成汽车的控制系统。在机器的四个基本部分中，动力部分、执行部分和控制部分不属于本课程的研究范围。

一、机器与机构的特征

机器的种类繁多，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 1-1 所示的单缸四冲程内燃机，它是由气缸体、活塞、进气阀、排气阀、连杆、曲轴、凸轮、顶杆和一对齿轮组成的。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转动的机械能。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。从以上三个例子可以看出，机器具有下列三个共同的特征：

- 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）转换机械能（如内燃机、发电机）。

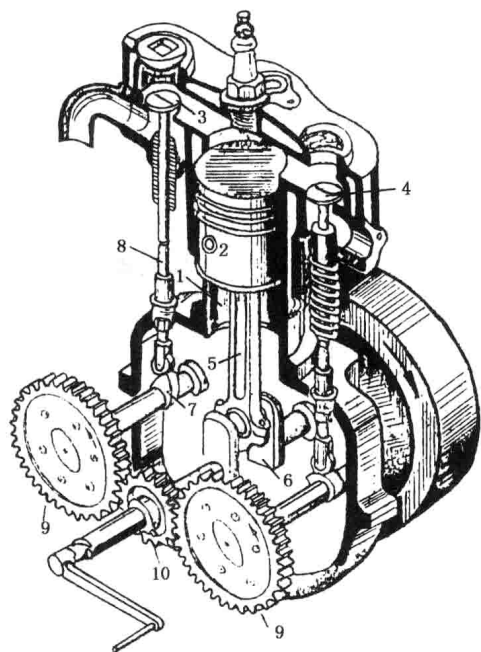


图 1-1 单缸四冲程内燃机

1-气缸体；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

两大类。通用零件是指各种机械中普遍使用的零件，如螺钉、键、齿轮和轴等；专用零件是指某些特殊的机械上才用到的零件，如内燃机的活塞和曲轴、汽轮机的叶片等。

从运动角度看，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性质。所以，构件是机器的运动单元。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 1-2 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。

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。部件是机器的装配单元，如汽车的变速器、驱动桥等。

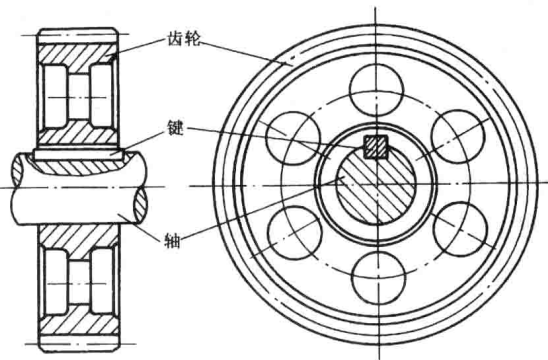


图 1-2 齿轮与键、轴联接的构件

第二节 课程的内容、性质、任务和基本要求

本课程的主要内容为常用机构（如平面连杆机构、凸轮机构和间歇运动机构等）和通用零件的工作原理、结构特点、基本理论及设计计算方法。

《机械原理及机械零件》是一门主要技术基础课，同时也是一门综合性的、能直接用于生产实践的设计性课程，其先修课有数学、物理、机械制图、机械工程材料、互换性与技术

测量、机械制造基础和工程力学等。

本课程的任务是：使学生初步具备设计机器零、部件的能力，为今后学习专业课和解决生产实际问题及技术改造工作打下基础。

学习本课程应达到下列基本要求：

- 1) 熟悉常用机构的工作原理、特点及其设计方法；
- 2) 基本掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用、维护及设计方法；
- 3) 初步具备运用设计资料进行简单机械传动装置设计的能力；
- 4) 树立正确的设计思想和严谨的工作作风。

思 考 题

- 1-1 解释名词：零件、构件、机器、机构、机械，并举例说明。
- 1-2 试述机器通常由哪几个部分组成？各部分各起什么作用？
- 1-3 学习本课程应达到哪些要求？

第二章 平面机构运动简图

本章主要介绍平面运动副的分类及平面机构运动简图的画法。绘制平面机构运动简图时必须仔细认真,否则容易发生错误。

通过对本章内容的学习,要求搞清运动副这一重要概念,能绘制简单平面机构的运动简图,能看懂教材中的平面机构运动简图,并能作初步分析。

第一节 运动副及其分类

所有构件均在同一平面或平行平面内运动的机构称为平面机构。本章只讨论工程中常见的平面机构。

如前所述,机构是由两个以上的构件以一定的方式联接而成。这种联接既不同于螺栓联接,也不同于铆接、焊接之类的刚性联接,而是在联接处保持一定的相对运动。这种由两构件直接接触并产生一定相对运动的联接,称为运动副。例如前述内燃机中的气缸体与活塞、活塞与连杆、连杆与曲轴、轴颈与轴承、凸轮与进气阀推杆以及相啮合的两齿轮轮齿之间的联接等都构成运动副。

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。因本书只研究平面的机构,所以也相应只介绍平面运动副。

两构件构成的运动副,其接触形式不外乎点、线、面三种。按照接触的特性,一般将运动副分为低副和高副两类。

1. 低副

两构件通过面接触所构成的运动副称为低副。根据它们之间的相对运动是转动或移动。又可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。如图 2-1 所示,构件 1 相对于构件 2 只能绕垂直于 xoy 平面的轴转动,而不能沿 x 轴或 y 轴移动。内燃机中的连杆小头与活塞销、连杆大头与曲轴轴颈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 2-2 所示,1 和 2 两构件间的相对运动只能沿 x 轴方向移动,而不能沿 y 轴移动或绕任何轴转动。

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。组成高副的两构件间的相对运动为转动兼移动。如图 2-3 所示,图 a) 中的车轮 1 与钢轨 2、图 b) 中的凸轮 1 与从动件 2 以及图 c) 中的两轮齿 1 和 2 之间,分别在 A 点处组成高副。它们之间的相对运动只能沿接触

点 A 的切线方向移动($t-t$ 方向)和绕 A 点在 tAn 平面内转动,而不能沿 $n-n$ 方向移动。

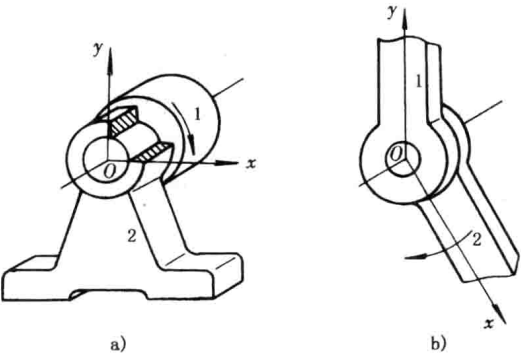


图 2-1 转动副

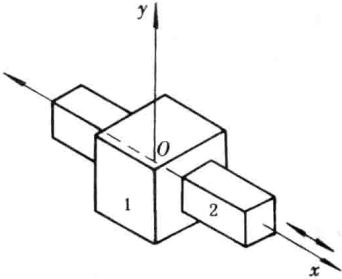


图 2-2 移动副

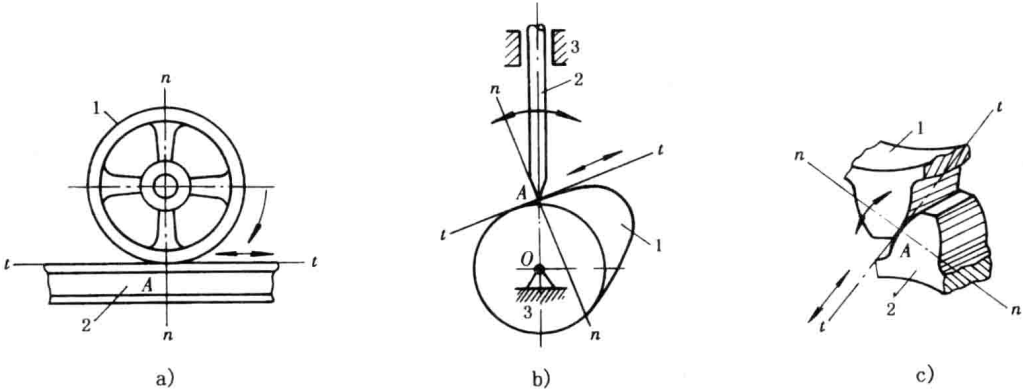


图 2-3 高副

图 2-4 表示运动副和构件的代表符号。图 2-4a) 表示由两个构件组成的转动副；图 2-4b) 表示两个构件组成的移动副；图 2-4c) 表示两个构件组成的高副；图 2-4d) 表示带有两个或三个运动副的构件；图 2-4e) 表示画有阴影线的构件，称为固定件或机架。

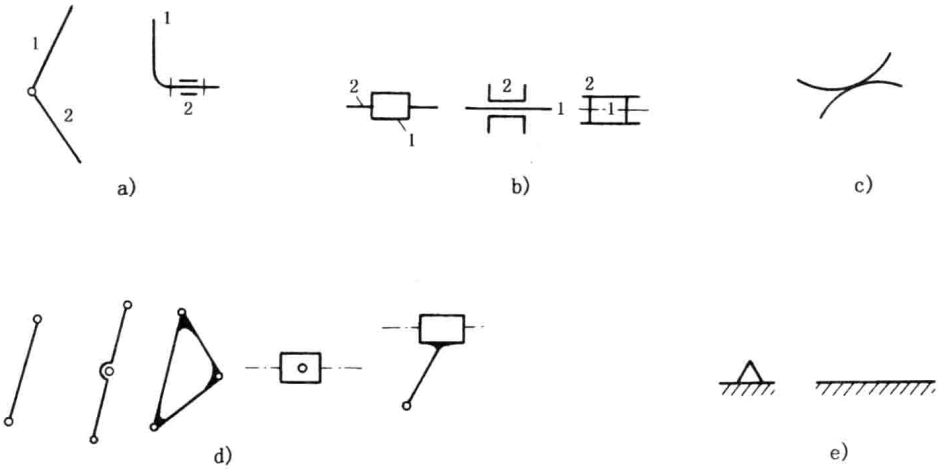


图 2-4 运动副和构件的代表符号

第二节 平面机构运动简图

在分析现有机构或设计新机构时,为使问题简单化,常常略去机构中构件的复杂外形和运动副的具体结构,仅用简单的线条和符号表示构件和运动副,并按一定的比例定出各运动副的相对位置,而绘制出能表示机构运动特征的简单图形,称为机构运动简图。

为了仅表明机构的结构状况,也可不按严格比例绘制简图,通常把这种图形称为机构示意图。

下面举例说明绘制机构运动简图的方法和步骤。

例 2-1 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,其余构件均为从动件。

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,故选与各构件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相对位置,并选取适当的长度比例尺 μ_l (m/mm),用构件和运动副的规定符号绘出机构运动简图,如图 2-5 所示。长度比例尺 μ_l ,表示构件的实际长度 m (米)与图中长度 mm (毫米)之比。

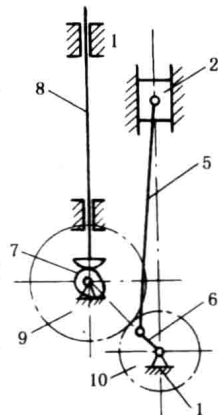


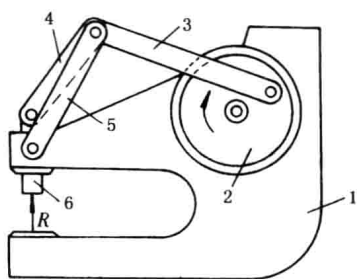
图 2-5 内燃机主体
机构运动简图

思考题

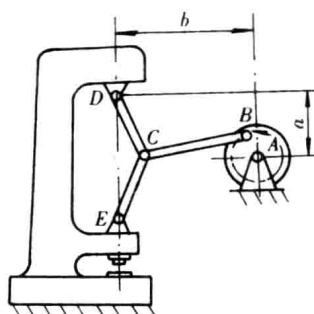
- 2-1 什么叫运动副? 运动副具有哪些特征?
- 2-2 平面运动副如何分类? 试举出生活中、工程上运用转动副和移动副的三个实例。
- 2-3 机构运动简图与机构示意图有何区别? 如何绘制机构运动简图?

习题

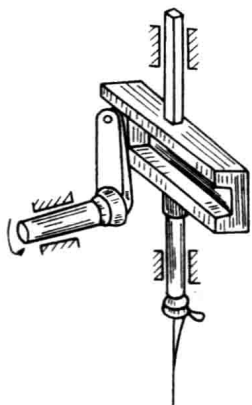
- 2-1 试绘制下列图示机构的运动简图,并分析各构件之间的相对运动关系。



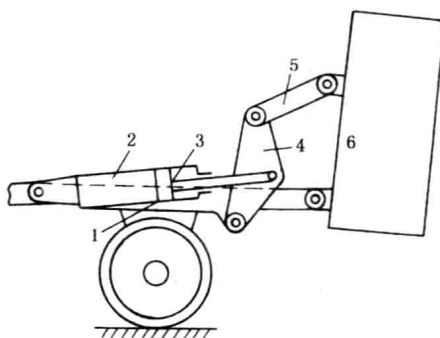
a)



b)



c)



d)

习题 2-1 图

a) 铆机; b) 压力机; c) 缝纫机引线机构; d) 自动倾卸机构

第三章 平面连杆机构

本章主要介绍铰链四杆机构的基本类型、应用、类型判别；滑块四杆机构；铰链四杆机构的基本性质；铰链四杆机构的图解法设计等。

通过对本章的学习，应着重掌握铰链四杆机构的类型和判别方法以及急回特性、压力角、传动角、死点位置等概念。其它问题仅作一般了解。

平面连杆机构是由若干个刚性构件用低副联接而成，故又称为低副机构。这种机构不但能进行多种运动形式的转换，实现一些较为复杂的运动规律，而且由于低副为面接触，压强小，便于润滑，所以磨损较小，寿命长。又由于低副联接的接触面为圆柱面或平面，故制造简单，易于获得较高的精度。因此，广泛用于各种机器设备、仪器仪表及人们的日常生活当中，但因低副中存在间隙，会引起运动误差且难以精确实现较复杂的运动规律。

最常见的平面连杆机构是由四个构件组成，又称平面四杆机构或简称四杆机构。它不仅应用非常广泛，而且是组成多杆机构的基础。因此，本章着重讨论四杆机构的有关问题。

根据是否含有移动副，可将四杆机构分为铰链四杆机构和滑块四杆机构两大类。

第一节 铰链四杆机构

一、铰链四杆机构的基本型式

构件间全部用转动副组成的四杆机构称为铰链四杆机构，如图 3-1 所示。图中固定不动的构件 4 称为机架；用转动副与机架相联接的构件 1 和 3 称为连架杆；不与机架直接联接的构件 2 称为连杆（一般作平面运动）。其中相对机架能作整周转动的连架杆称为曲柄；仅能在小于 180° 范围内往复摆动的连架杆称为摇杆。

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不同数目，将其分为三种基本型式，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 3-1 所示。图 3-2 所示汽车前窗刮水器控制机构、图 3-3 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。

曲柄摇杆机构在使用中，若取曲柄为原动件（如图 3-2 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 3-3 中 CD 构件），则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）。

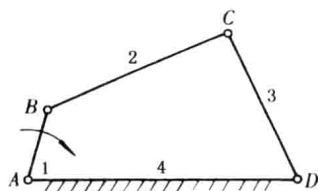


图 3-1 铰链四杆机构

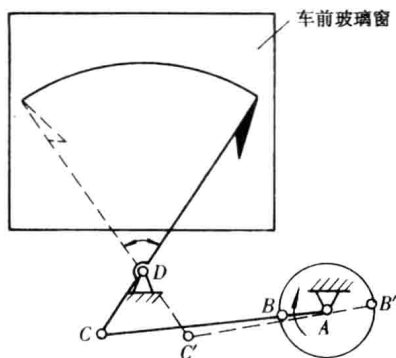


图 3-2 汽车前窗刮水器

图 3-4 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，如果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 3-5 所示。其特点为两曲柄 AB 与

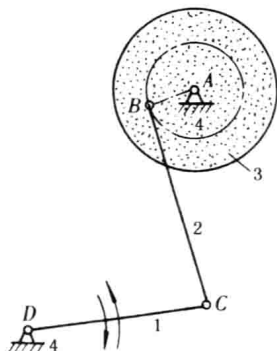


图 3-3 脚踏砂轮机机构

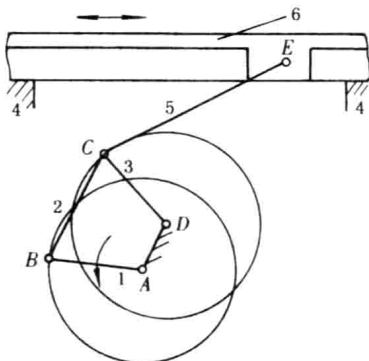


图 3-4 惯性筛机构

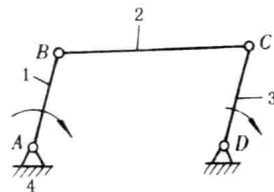


图 3-5 平行双曲柄机构

CD 长度相等，始终作等速、同向转动。连杆也始终作平动。图 3-6 所示机车车轮联动机构为其应用实例。

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 3-7 所示

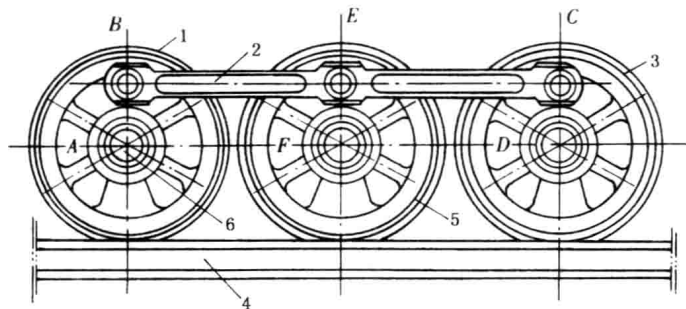


图 3-6 机车车轮联动机构

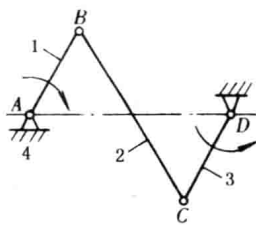


图 3-7 反向双曲柄机构

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 3-8 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。

3. 双摇杆机构