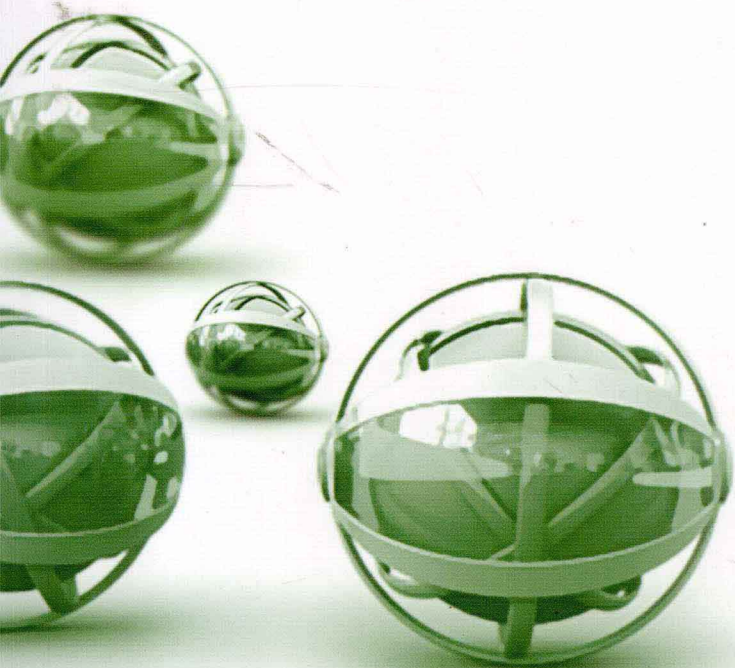


21 世纪中等职业教育“2+1”模式规划教材



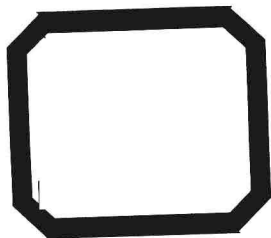
机械基础



主编 祖国庆 向秀梅
主审 郭晋荣



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

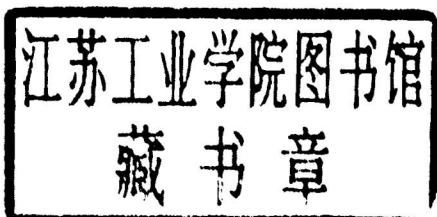


职业教育“2+1”模式规划教材

机 械 基 础

主 编 祖国庆 向秀梅

主 审 郭晋荣



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

机械基础 / 祖国庆, 向秀梅主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2008.5

21 世纪中等职业教育 “2+1” 模式规划教材

ISBN 978-7-81104-856-8

I. 机… II. ①祖…②向… III. 机械学—专业学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 062531 号

21 世纪中等职业教育 “2+1” 模式规划教材

机 械 基 础

主 编 祖国庆 向秀梅

*

责任编辑 孟苏成

封面设计 翼虎书装

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 12.25

字数: 306 千字 印数: 1—3 000 册

2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-856-8

定价: 20.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

《机械基础》是“21 世纪中等职业教育‘2+1’模式规划教材”之一。它可供机械类或机电类各种专业的高职、中专、技工和培训的学生选用。全书共 13 章，主要内容有：平面机构概述、平面连杆机构、其他运动机构、带传动与链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、联接与键联接、螺纹联接与螺旋传动、轴、轴承、联轴器与离合器和实训与社会实践指导

本书删除了繁杂的理论推导，只给出必要的结果。大幅减少了复杂的各种计算，以实用、够用为原则。强调实用理论、基本知识。特别是在实训与社会实践指导章节中凸显出本书的注重技能培养和实践环节的特点。全书叙述简明、概念清晰、内容丰富。每一章后附有类型多样、内涵丰富的习题，以便学生课后练习与思考。

本书由祖国庆、向秀梅担任主编，郭晋荣主审。具体编写分工为：祖国庆（绪论、第一章、第四章、第五章、第十三章）；董艳萍（第六章）；谢文秀（第十二章）；要文丽（第八章）；高伟卫（第九章）；向秀梅（第二章、第三章、第七章、第十章、第十一章）。本书在编写过程中参考了大量的文献资料，在此向文献资料的作者致以诚挚的谢意。由于编者的水平有限，书中难免有错误和不妥之处，希望广大读者给予批评指正。

编 者

2008 年 5 月

目 录

绪 论	1
第一节 机器的组成	1
第二节 本课程的性质、任务和学习方法	3
习 题	4
第一章 平面机构概述	5
第一节 运动副及其分类	5
第二节 平面机构运动简图	7
第三节 平面机构具有确定运动的条件	10
习 题	13
第二章 平面连杆机构	15
第一节 铰链四杆机构	15
第二节 平面四杆机构的其他形式	20
第三节 平面四杆机构的传动特性	22
习 题	24
第三章 其他运动机构	28
第一节 凸轮机构	28
第二节 间歇运动机构	30
习 题	33
第四章 带传动与链传动	35
第一节 带传动概述	35
第二节 带传动工作能力分析	40
第三节 带传动的张紧、安装及维护	45
第四节 链传动简介	47
习 题	52
第五章 齿轮传动	56
第一节 齿轮传动概述	56
第二节 标准渐开线直齿圆柱齿轮	61
第三节 一对渐开线齿轮的啮合	64
第四节 渐开线齿轮加工与根切现象	71
第五节 渐开线变位齿轮简介	75
第六节 斜齿圆柱齿轮传动	78
第七节 直齿圆锥齿轮传动	83
第八节 齿轮失效形式、材料与齿轮的结构	85
习 题	89
第六章 蜗杆传动	94
第一节 蜗杆传动概述	94

第二节	蜗杆传动的基本参数和尺寸计算	95
第三节	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	98
习 题		100
第七章	轮 系	102
第一节	定轴轮系传动比的计算	102
第二节	行星轮系传动比的计算	107
第三节	混合轮系传动比的计算	110
习 题		110
第八章	联接与键联接	113
第一节	联接概述	113
第二节	键联接	114
习 题		118
第九章	螺纹联接与螺旋传动	120
第一节	螺纹概述	120
第二节	螺纹联接	123
第三节	螺旋传动	129
习 题		130
第十章	轴	133
第一节	轴的分类、材料及结构	133
第二节	轴的结构设计	135
习 题		140
第十一章	轴 承	142
第一节	滑动轴承	142
第二节	滚动轴承	148
习 题		160
第十二章	联轴器与离合器	163
第一节	联轴器	163
第二节	离合器	168
习 题		170
第十三章	实训与社会实践指导	172
实训一	绘制平面机构运动简图与平面机构组装	172
实训二	自行车的拆装	175
实训三	渐开线直齿圆柱齿轮参数测定	178
实训四	渐开线齿轮展成原理	181
实训五	减速器的拆装及其轴系的结构分析	183
实践一	机构应用调研报告	186
实践二	联接应用调研报告	187
实践三	常用机械材料应用调研报告	187
实践四	滚动轴承市场调研报告	188
参考文献		190

绪 论

第一节 机器的组成

机械是现代社会进行生产和服务的五大要素（即人、资金、能量、材料和机械）之一。任何现代产业和工程领域都需要应用机械，人类在长期的生产和生活实践中创造和发展了机械，越来越多地应用各种机械，如汽车、自行车、钟表、照相机、洗衣机、冰箱、空调机、吸尘器，等等。其目的是为了减轻或替代人的劳动，提高劳动生产率。

本课程是一门介绍机械基础知识和培养学生认知机械能力的课程，它是以组成机器的常用机构及通用零部件为研究对象的学科。

一、机 器

1. 机器的概念

在人们的生产和生活中广泛地使用着各种类型的机器。常见的如内燃机、各类机床、汽车、火车、发电机以及生活中常用到的洗衣机等。下面以图 0.1 所示的内燃机为例进行分析。

内燃机是由缸体（机架）1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8、齿轮 9 和 10 等组成。活塞、连杆、曲轴和缸体组成主体部分，当燃气推动活塞在汽缸中作往复直线移动时，通过连杆使曲轴作连续转动；凸轮、进排气阀推杆和缸体组成进排气的控制部分，凸轮转动，推动气阀按一定的运动规律启闭阀门，分别控制进气和排气；曲轴上的齿轮和凸轮轴上的齿轮与缸体组成传动部分，曲轴转动，通过齿轮将运动传给凸轮轴。上述三部分共同将燃气的热能转换为曲轴的机械能。

由内燃机实例分析及其他机器可以看出：机器是由构件和运动副组成的，每个构件都具有确定的相对运动，并能够代替人类劳动完成有用功或能量转换的合体。它是人们根据使用要求而设计的一种机械装置，用来变换或传递能量、物料、

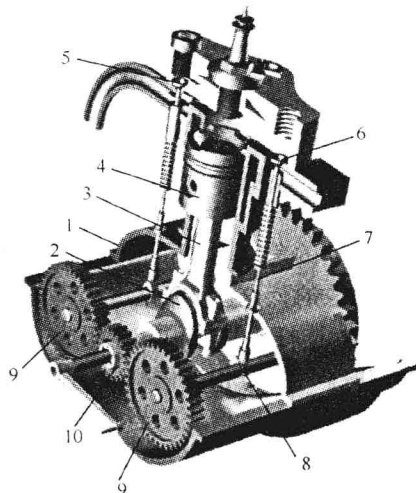


图 0.1 单缸内燃机结构原理图

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

信息，以代替或减轻人们的体力劳动。

机器都具有三个共同的特征：① 是由各种零件组合的实体。② 机械的各部分之间具有确定的相对运动。③ 能代替人们的劳动，以完成一定的能量转换或作出有用的机械功。

2. 机器的组成

机器种类繁多，形状各异，但就其功能而言，机器是由四个部分组成。

原动部分 —— 机器动力与运动来源的部分。它是原动机接受外部能源，通过能量转换，为机器提供动力和运动输入，如电动机将电能转换为机械能、发电机将机械能转换为电能、内燃机将化学能转换为机械能，等等。原动部分最常见的是电动机、内燃机、空气压缩机和液压马达等。

工作部分 —— 机器以确定的运动形式完成有用功的部分。比如，汽车的车轮、起重机的吊钩、机床的刀架、飞机的尾舵和机翼以及轮船的螺旋桨等。

传动部分 —— 把原动部分的动力和运动以一定的运动形式传给工作部分的中间环节。比如：汽车的变速箱、机床的主轴箱、起重机的减速器等。这种中间环节的传动方式主要有机械传动、液压传动、气动传动及电气传动等。

控制部分 —— 控制机器的启动、停止和正常协调动作的部分。比如，汽车的方向盘和转向系统，排挡杆，刹车及其踏板，离合器踏板及油门等就组成了汽车的控制系统。

3. 机器的类型

按照机器的主要用途的不同可分为四种类型：

动力机器 —— 用来实现机械能与其他形式能量之间的转换。如电动机、内燃机、发电机、液压泵、压缩机等。

加工机器 —— 用来改变物料的状态、性质、结构和形状。如金属切削机床、粉碎机、压力机、织布机、轧钢机、包装机等。

运输机器 —— 用来改变人或物料的空间位置。如汽车、机车、缆车、轮船、飞机、电梯、起重机、输送机。

信息机器 —— 用来获取或处理各种信息。如复印机、打印机、绘图机、传真机、数码相机、数码摄像机等。

二、机 构

从运动的角度看，机器可以看成是由若干常用机构通过串联、并联、混联、复合及反馈等方式组成的，这就为机器的运动分析与设计带来了方便。内燃机就是由三种机构组合而成的：活塞、连杆、曲轴和缸体组成的曲柄滑块机构，将活塞的往复移动变成曲轴的连续转动；凸轮、进排气推杆和缸体构成的凸轮机构，可将凸轮的连续转动变为进排气阀推杆的往复移动；由缸体、齿轮构成的齿轮机构，其作用是改变转速的大小和方向。

由构件和运动副组成，每个构件都有确定的相对运动的组合体称为机构。机构只具有机器的前两个特征。

构件是机器的运动单元体。构件是由若干零件组成的刚性整体，组成构件的每个零件之间不能有相对运动。

机构中的各构件之间靠运动副联系起来的。两个构件直接接触，并能产生一定的相对运动的联接部位称为运动副。

机构中的构件分为原动件、从动件和固定件（机架）三类。

固定件 —— 是机构中相对静止的构件，它是其他构件具有确定相对运动的参照物。每个机构都有一个构件，也只有一个构件为机架。如内燃机的缸体。

原动件 —— 是机构中接受外部给定运动规律的可动构件。在机构中只有一个或很少数目的构件为原动件，如内燃机的活塞。

从动件 —— 是机构中在原动件运动的带动下，产生有规律运动的可动构件。如内燃机的连杆、曲轴等。

常用机构有齿轮机构、连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等。从结构和运动的观点看，机构和机器没有任何区别，通常用“机械”一词作为机构与机器的总称。

三、零 件

从制造的角度看，机器是由若干个零件装配而成的。零件是机器制造的基本单元体，是不可再拆的整体。零件是采用合适的材料，以一定的加工方法而制成，将零件通过相应的装配工艺组装就可得到机器。

零件按其是否具有通用性分为两大类：一类是通用零件，它的应用很广泛，几乎在任何一部机器中都能找到它，如齿轮、轴、轴承、螺栓、螺母、销钉等；另一类是专用零件，它仅用于某些机器中，常可表征该机器的特点，如吊钩、活塞、曲轴、叶片等。

在机器中常把由一组协同工作的零件分别装配或制造成一个个相对独立的组合件，称作部件。部件是机器的装配单元体，如减速器、离合器、滚动轴承、自行车的脚蹬子等。

将机器看成是由零部件组成的，不仅有利于装配，也有利于机器的设计、运输、安装和维修等。按零部件的主要功用可以将它们分为联接与紧固件、传动件、支承件等。在机器中，零部件都不是孤立存在的，它们是通过联接、传动、支承等形式按一定的原理和结构联系在一起的，这样才能发挥出机器的整体功能。

第二节 本课程的性质、任务和学习方法

一、本课程的性质和任务

本课程是一门综合性技术基础课，它主要研究各类机械所具有的共性问题。

本课程的任务是通过分析通用零部件、常见机构和常用机械传动的组成结构、工作原理、基本特点、应用场合等，使学生掌握机械的基本知识、基本理论和基本分析技能。

二、本课程的学习方法

- (1) 着重基本概念的理解和基本分析方法的掌握，不强调系统的理论分析。
- (2) 着重理解公式建立的前提、意义和应用，不强调对理论公式的具体推导。
- (3) 注意密切联系生产实际，努力培养解决工程实际问题的能力。

习 题

一、填空题

1. 机器制造的基本单元体是不可再拆的整体，称为_____。
2. 零件可分为_____和_____两类。
3. 若干个_____刚性组合体称为构件。组成_____的每个零件之间没有相对运动。
4. 两构件直接接触，并能产生一定的_____的联接部位称为运动副。
5. 由构件和运动副组成的，每个构件都有确定_____的组合体称为机构。
6. 机构中的构件分为_____、_____和_____三种类型。
7. 机械是_____与_____的总称。
8. 机器的四个组成部分是_____、_____、_____和_____。
9. 由构件和运动副所组成的，每个构件都具有确定的相对运动，并完成_____功或能量转换的组合体称为机器。
10. 把原动部分的运动和动力以一定的运动形式传给工作部分的中间环节称为机器的_____。

二、判断题

1. 零件是机器的运动单元体。()
2. 若干个零件的组合体称为构件。()
3. 由构件和运动副组成的，并且有一个构件不动，其他构件都在运动的组合体称为机构。()
4. 机构中必有一个构件为机架。()
5. 机器运动和动力的来源部分称为工作部分。()
6. 以一定的运动形式完成有用功的部分是机器的传动部分。()
7. 两构件具有一定的相对运动则它们就构成了运动副。()

三、选择题

1. 机器与机构的主要区别是_____。
A. 机器的运动较复杂
B. 机器的结构较复杂
C. 机器能完成有用的机械功或转换机械能
D. 机器能变换运动形式
2. 下述_____是构件概念的正确表达。
A. 构件是零件的任意组合体
B. 构件是机器的装配单元
C. 构件是机器的制造单元
D. 构件是机器的运动单元

第一章 平面机构概述

机构是用运动副联接起来的构件系统，每个构件都有确定的相对运动，用来传递运动和动力。但是构件的组合体必须具备一定的条件才能称之为机构。

所有构件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，平面机构应用最广泛。分析机构时，通常运用规定的一些简单符号和线条绘制出机构运动简图，将具体的机器抽象成简单的运动模型，来表示机构的运动关系。

第一节 运动副及其分类

一、构件自由度

在空间自由运动的一个物体（构件）可能具有六个独立运动，如图 1.1 (a) 所示，这六个运动分别是绕 x 、 y 、 z 轴的转动运动和沿 x 、 y 、 z 轴的移动运动。而一个在平面运动的物体最多有三个独立运动，如图 1.1 (b) 所示，这三个运动分别是沿 x 、 y 轴的两个方向的移动运动和绕 xOy 平面内任意点的转动运动。物体具有的独立运动数目称为物体运动的自由度。所以，在空间自由运动的物体具有六个自由度，而在平面上自由运动的物体则有三个自由度。

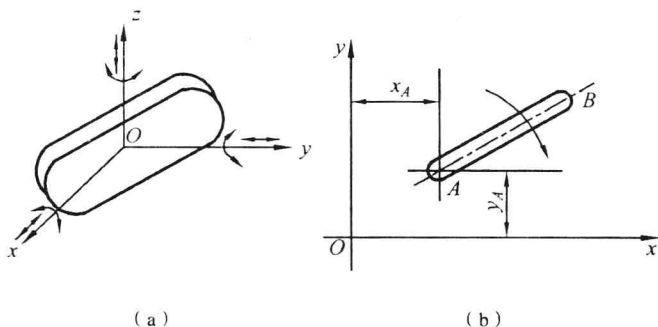


图 1.1 构件自由度

机构中任何一个构件总是以一定的方式与其他构件相互接触，组成运动副。两构件组成运动副后，限制了两构件间的相对运动，这种限制称为约束，使构件的运动自由度减少。机构正是靠构件之间的这种联接约束，使其具有确定的运动形式。

二、平面运动副

如果只允许相互作用的两构件在同一平面或相互平行的平面内作相对运动，这样的运动

副称为平面运动副。运动副不外乎是通过点、线、面接触来实现的。根据组成运动副两构件之间的接触特性，运动副可分为：

1. 低 副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。平面机构中的低副引入两个约束，仅保留一个自由度。平面低副又分为转动副和移动副。

(1) 转动副：组成运动副的两构件之间只能绕某一轴线作相对转动的运动副。也叫做铰链。平面机构中的转动副将产生两个方向的移动约束，保留一个转动自由度。

如图 1.2 所示各构件的联接就是转动副。如果转动副的两构件之一是固定不动的，则该转动副称为固定铰链，其中画有斜线的构件代表固定构件（机架），代表符号如图 1.2 (b) 所示。若组成转动副的两构件都是运动的，则该转动副称为活动铰链，其代表符号如图 1.2 (c) 所示。图 1.2 (d) 表示转动副位于两构件之一的中部。以上都是绘制机构运动简图的基本符号。

(2) 移动副：组成运动副的两构件只能作相对直线移动的运动副。平面机构中的移动副将产生一个方向的移动约束和转动约束，保留一个方向的移动自由度。如图 1.3 所示两构件组成的运动副就是移动副，其代表符号如图 1.3 (b)、(c) 所示，其中图 (b) 的构件之一是固定不动的。以上也都是绘制机构运动简图的基本符号。

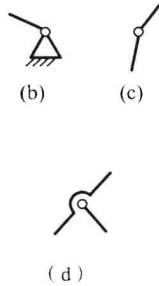
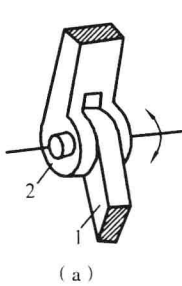


图 1.2 转动副

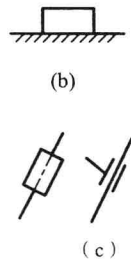
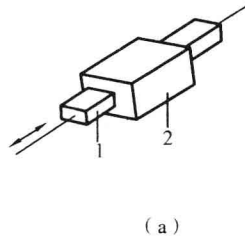


图 1.3 移动副

2. 高 副

两构件通过曲面或曲线相切而接触，形成的运动副称为高副。高副是点或线接触。构成平面机构中的高副将产生一个方向的移动约束，保留了另一个方向的移动自由度和转动自由度。图 1.4 所示的火车车轮与钢轨、凸轮与从动杆、轮齿与轮齿组成的都是高副。其代表符号可参看图 1.10。

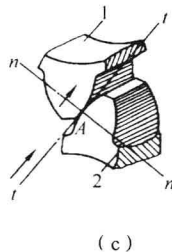
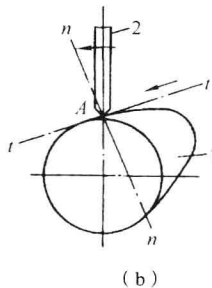
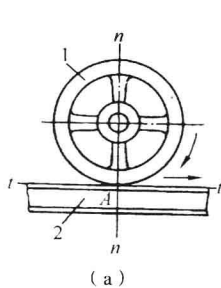


图 1.4 高 副

若运动副能允许两构件作空间相对运动，则该运动副称为空间运动副。

常用空间运动副有螺旋副（见图 1.5）和球面副（见图 1.6）。其中，（a）图中箭头表示的是构件的相对运动自由度，（b）图为运动副的代表符号。

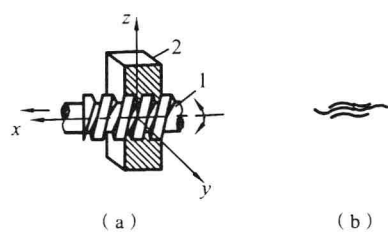


图 1.5 螺旋副

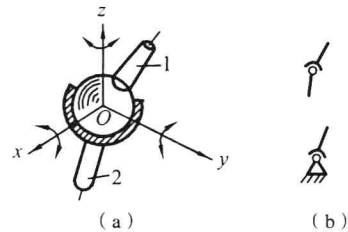


图 1.6 球面副

第二节 平面机构运动简图

一、机构运动简图

1. 机构运动简图概念

在研究机构运动传递情况和结构特征时，不考虑构件和运动副的实际形状结构和尺寸大小，只考虑与运动有关的运动副的数目、类型及相对位置，用简单线条和符号表示构件和运动副，并按一定的比例确定运动副的相对位置以及与运动有关的尺寸。这种用来表示机构组成和实际机构运动情况的简单图形，称为机构运动简图。

2. 构件和运动副表示方法

（1）构件表示方法。可用一条线段或一个三角形表示一个构件，如图 1.7（a）、（b）所示；可用矩形表示一个构件，这样的构件通常称为滑块，如图 1.7（c）所示；用一条带半圆弧线线段表示一个构件，半圆弧处和另一个构件组成转动副，如图 1.7（d）所示；可用一个圆表示一个构件，常表示齿轮或凸轮，如图 1.7（e）所示；可用一个圆弧表示一个构件，如图 1.7（f）所示；在图 1.7（g）中，两条线段由焊点（涂黑处）连成一个整体，表示一个构件。

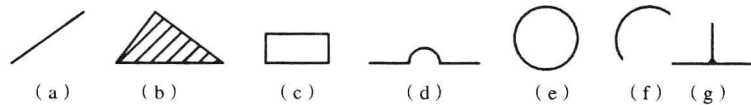


图 1.7 构件表示方法

（2）转动副表示方法。转动副表示方法如图 1.8 所示，其中图 1.8（a）、（b）、（c）表示两个构件组成的一般转动副，图 1.8（d）、（e）、（f）、（g）表示一个构件与机架组成转动副的表示方法。

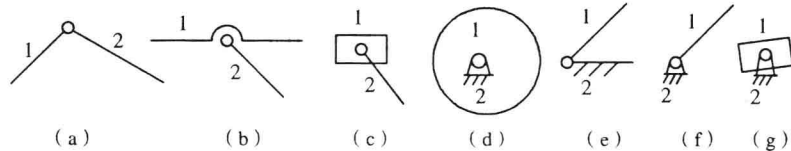


图 1.8 转动副表示方法

(3) 移动副表示方法。移动副表示方法如图 1.9 所示，其中图 1.9 (a)、(c)、(e) 表示两个构件组成的一般移动副，图 1.9 (b)、(d)、(f) 表示一个构件与机架组成移动副的表示方法。

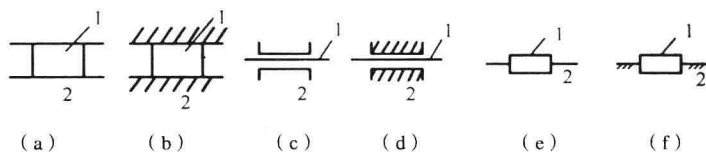


图 1.9 移动副表示方法

(4) 高副表示方法。高副表示方法如图 1.10 所示，其中图 1.10 (a)、(b) 表示凸轮机构，图 1.10 (d) 表示齿轮机构，图 1.10 (c)、(e) 是一个构件与机架组成高副的表示方法。

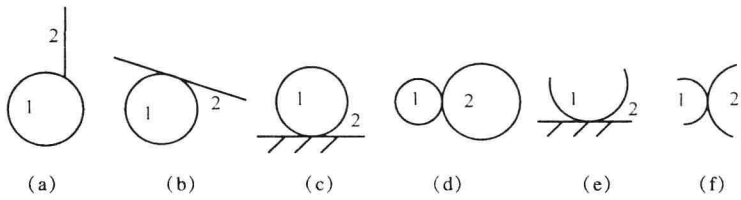


图 1.10 高副的表示方法

二、认识机构运动简图

能够正确知道一个机构运动简图的构件数目、转动副数目、移动副数目和高副数目，能够知道该机构大概的运动状况，就是所谓认识机构运动简图。确定机构运动简图构件数目时，一般都是由原动件开始逐一确定构件数目，并加以编号，防止重数和漏数，最后落在机架上。转动副的特征就是两个构件组成的小圆圈；移动副的特点是有滑块或机架上开有槽；高副的特征是两个构件以轮廓曲线或直线相切。下面举例说明机构运动简图的认知方法。

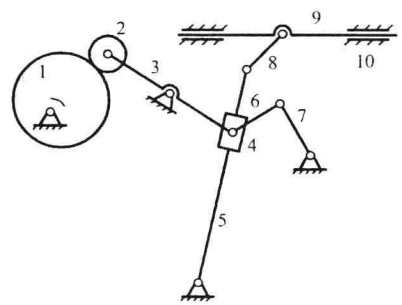


图 1.11 机构运动简图

图 1.11 为一个机构运动简图，该机构的圆形构件（凸轮表示方法）是原动件，该构件上的箭头就是原动件的标志；机构多处画有斜线的构件代表固定构件（机架），机架只有一个。凸轮构件为构件 1；小轮子为构件 2；带有半圆弧的线段为构件 3；矩形构件称为滑块，为构件 4；与滑块组成移动副的长杆（也常称为导杆）为构件 5，这个穿过滑块由两段线段表示的却是一个构件；顺序的可以数出构件 6、7、8、9；最后，机架是构件 10。构件 1 与 10、2 与 3、3 与 10、3 与 4、4 与 6、6 与 7、7 与 10、5 与 10、5 与 8、8 与 9 等组成 10 个转动副；构件 4 与 5、9 与 10 组成 2 个移动副；构件 1 与 2 组成 1 个高副。

该机构的运动状况为：凸轮转动；构件 3、构件 5、构件 7 等往复摆动；构件 9 往复移动；其他构件做复杂的周期性运动。

三、绘制机构运动简图

绘制机构运动简图时，首先去掉与运动无关的结构部分，把运动部分抽象为刚性杆件，然后弄清机构的实际构造和运动状况，找出机构的原动件，从动件和机架；并沿着传动路线弄清其他构件的作用和各运动副的性质。在此基础上选择能够表达构件运动关系的视图平面，用运动副的符号和表示构件的线条，以适当的比例尺绘出机构运动简图。为了使图形简单清晰，绘图时应当注意，只绘制与运动有关的结构。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法。

例 1.1 绘制图 1.12 (a) 所示翻斗车的机构运动简图。

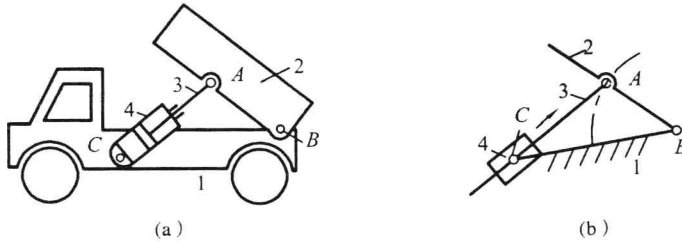


图 1.12 翻斗车及其机构运动简图

解：图示的翻斗车的自动卸料机构由车身 1、翻斗 2、活塞杆 3 和液压缸 4 组成各构件之间都是低副，有一个移动副和三个转动副。机构运动简图如图 1.12 (b) 所示。

例 1.2 绘制图 1.13 (a) 所示牛头刨床的主体机构运动简图。

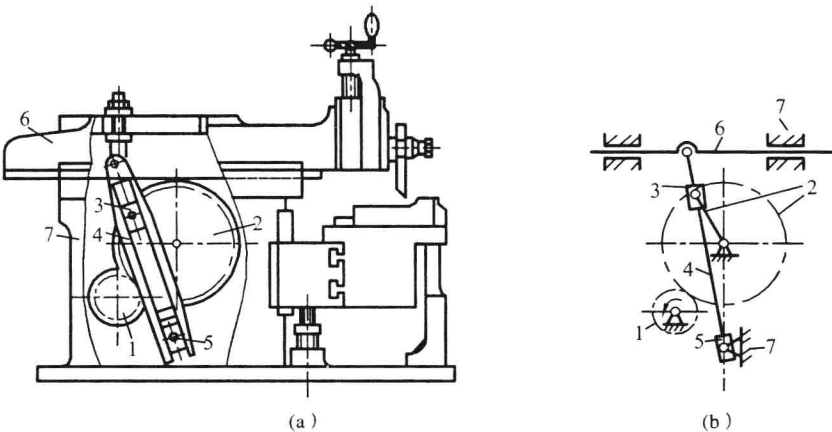


图 1.13 牛头刨床及其机构运动简图

解：牛头刨床主体机构由齿轮机构和平面六杆机构两个机构组成。

齿轮机构：齿轮 1、齿轮 2 和床身 7。齿轮与床身组成转动副，齿轮啮合组成高副。

平面六杆机构：齿轮 2、滑块 3、摇杆 4、滑块 5、滑枕 6 和床身 7 等构件，共有四个转动副和三个移动副。机构运动简图如图 1.13 (b) 所示。

例 1.3 绘制图 1.14 (a) 所示的单缸内燃机机构运动简图。

解：单缸内燃机机构由连杆机构、齿轮机构和凸轮机构三个机构组成。

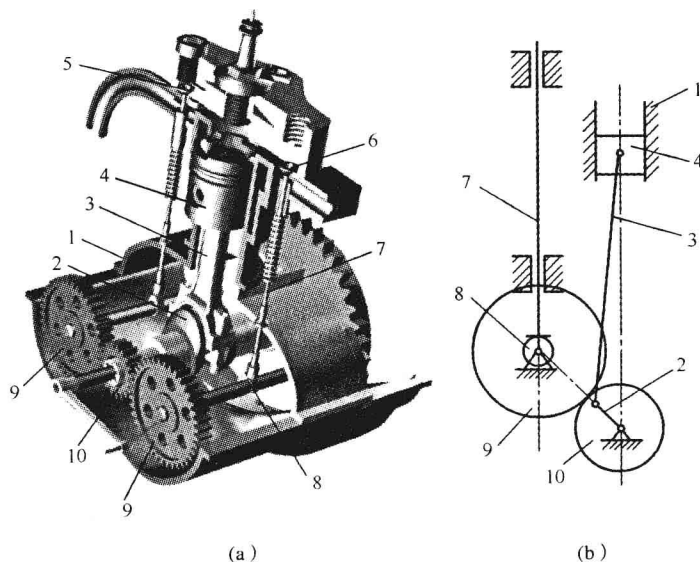


图 1.14 单缸内燃机

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

齿轮机构：齿轮 9、齿轮 10、机架 1 三个构件组成齿轮机构。

平面四杆机构：活塞 4、连杆 3、曲轴 2（齿轮 10）、机架 1 四个构件组成平面四杆机构。

凸轮机构：凸轮 8（齿轮 9）、进排气阀推杆 7、机架 1 三个构件组成凸轮机构。机构运动简图如图 1.14（b）所示。

第三节 平面机构具有确定运动的条件

一、机构的自由度概念

机构的自由度是机构中的构件相对于机架所具有独立运动可能性的数目总和。构件通过运动副联成的构件系统，其每个构件不一定具有确定的相对运动，构件系统每个构件的运动都有确定相对运动时才能称为机构，系统的运动是否确定和其自由度的数目有关。

二、平面机构自由度的计算

平面机构的每个构件，在没有与其他构件组成运动副联接之前，都有三个自由度。而在联接之后，由于运动副的约束，机构将失去某些自由度。设某个机构由 N 个构件组成，其中必定有一个构件为机架（相对静止），其活动件数目有 $n=N-1$ 个。构件在联接之前，全部活动件共有 $3n$ 个自由度。设在机构中有 P_L 个低副，每个低副限制两个自由度；有 P_H 个高副，每个高副限制一个自由度。则该机构全部运动副的约束数目共有 $2P_H+P_L$ 个。如果用 F 表示

机构的自由度，也就是机构具有的独立运动数目，那么平面机构自由度的计算公式是：

$$F=3n-2P_L-P_H$$

三、机构自由度计算存在问题

计算机构自由度时，应该注意以下三种情况。

1. 复合铰链

若三个或三个以上构件在同一处构成共轴线转动副，则该联接称为复合铰链，如图 1.15 所示。显然，若复合铰链由 m 个构件组成，则联接处有 $m-1$ 个转动副。计算自由度时要注意复合铰链所含有的转动副数目。

例 1.4 试计算图 1.16 所示惯性筛机构的自由度。

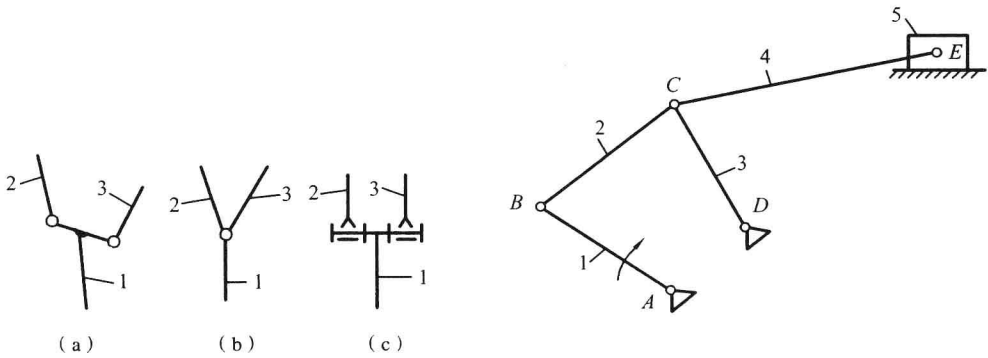


图 1.15 复合铰链

图 1.16 惯性筛机构运动简图

解：机构中构件 2、3、4 三个构件在 C 点构成复合铰链，该处是两个转动副，有： $N=6$ ， $P_L=7$ ， $P_H=0$ ，该机构的自由度为

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times5-2\times7-0=1$$

2. 局部自由度

机构中某些构件具有局部的、不影响其他构件运动的自由度，称为局部自由度。对于含有局部自由度的机构，在计算自由度时不考虑局部自由度。设想把产生局部自由度的构件与和它组成转动副的构件相互固定使之成为一个构件（除去它们之间的转动副），再进行自由度计算。

例 1.5 试计算图 1.17 (a) 所示凸轮机构的自由度。

解： $N=4$ ， $P_L=3$ ， $P_H=1$ ，该机构的自由度为

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times3-2\times3-1=2$$

计算结果与实际情况不符，其原因就是计入了局部自由度。局部自由度产生于滚子 2，它的转动对凸轮 1 和从动杆 3 的运动规律没有任何影响，它的转动就是局部自由度。计算自由度时应将滚子 2 和从动杆 3 焊接成一体，如图 1.17 (b) 所示，使滚子 2 与从动杆 3 变成一个构件（除掉滚子 2 和从动杆 3 组成的转动副）。这时， $N=3$ ， $P_L=2$ ， $P_H=1$ ，该机构的实际自由度为

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times2-2\times2-1=1$$