



普通高等教育“十二五”规划教材

Q 汽车机械基础

ICHE JIXIE JICHU

◆主编 何雪

项目教学
任务驱动



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

普通高等教育“十二五”规划教材

汽车机械基础

Qiche Jixie Jichu

主 编 何 雪

副主编 王秀冰 张 莉 王 磊

参 编 高振传 高翠翠 纪建平

赵玉田



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内容简介

本书根据普通高等院校汽车类专业的教学实际,结合汽车领域的职业要求而编写。本书将工程力学、机械原理、液压与气压传动3门课程的内容科学地整合成一体,力争做到学时少、内容精并重视应用,避免出现深奥的原理分析及复杂的公式推导。全书分5个模块进行编写,内容包括:汽车机械基础简介、汽车常用构件力学分析、汽车轴系零部件、汽车传动机构、液压和气压传动。本书打破了教材传统的章节编写体例,以专项能力培养为模块确定模块目标,并同时确定项目目标,使培养过程实现“教、学、做”统一。每个项目课后均附有项目总结和习题,可帮助学生系统全面地掌握各部分所涉及的内容及重点。

本书可作为普通高等院校汽车类专业学生的教材,也可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础 / 何雪主编. —武汉:中国地质大学出版社,2012.6

ISBN 978-7-5625-2780-0

I. ①汽…

II. ①何…

III. ①汽车-机械学-高等职业教育-教材

IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 124464 号

汽车机械基础

何 雪 主 编

责任编辑:谌福兴 刘红娟

选题策划:庞 晏

责任校对:李谷娟

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮政编码:430074

电话:(010)82967039 传真:(010)82967037

E-mail:bxbook88@163.com

经销:全国新华书店

<http://www.zgbook88.com>

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

字数:410千字

印张:16

版次:2012年6月第1版

印次:2012年6月第1次印刷

印刷:北京经大印刷有限公司

印数:1—5 000册

ISBN 978-7-5625-2780-0

定价:35.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

本书为适应普通高等院校“汽车机械基础”课程的教学需要而编写，采取项目化的编写方式，把基础学科与专业学科有机、有序地结合在一起，改变了专业基础学科抽象难懂的状况，提高学生的学习兴趣 and 效率。

“汽车机械基础”是汽车类专业的基础课程。本书打破教材编写传统的章节体例，以专项能力培养为模块来确定模块目标和项目目标，使培养过程实现“教、学、做”统一。在内容上，将“工程力学”、“机械原理”、“液压与气压传动”整合优化为“汽车机械基础”，对相关内容进行知识链接和知识扩展，以满足我国汽车紧缺人才培养对机械基础理论与实际操作训练的需要。本书主要包括力学分析、常用机械和机构、液压和气压传动等知识。全书共分为 5 个模块。第一模块为汽车机械基础简介，主要包括机械及其相关概念、汽车结构、平面机构的自由度计算；第二模块为汽车常用构件力学分析，包括静力学基础知识、平面力系、构件承载能力；第三模块为汽车轴系零件，包括轴承、联轴器、轴；第四模块为汽车传动机构，主要介绍汽车机械中常用机械传动机构的工作原理、类型、运动特点，特性分析、选用原则以及一般维护知识等；第五模块为汽车液压和气压传动，主要介绍液压传动与气压传动的结构、基本回路的工作原理。

本书由何雪任主编，王秀冰、张莉、王磊任副主编。其中，模块一由纪建平编写；模块二由王秀冰、高振传编写；模块四由何雪、高翠翠编写；模块五由张莉、赵玉田编写；图片由王磊绘制。

由于编者水平所限，且编写时间仓促，书中难免存在缺点和不足，恳请使用本书的教师和广大读者批评指正，同时，对给予过帮助的各方领导与同志表示由衷的谢意。

编 者
2012 年 6 月

目 录

模块一 汽车机械基础简介	1
项目一 机械及其相关概念的识别	1
项目二 平面机构的自由度计算	8
模块二 汽车常用构件力学分析	17
项目一 静力学基础	17
项目二 平面力系	26
项目三 构件承载能力分析	42
模块三 汽车轴系零件	95
项目一 轴	95
项目二 轴系常用联接	101
项目三 轴承	109
项目四 联轴器和离合器	130
模块四 汽车传动机构	137
项目一 连杆传动	137
项目二 凸轮机构	148
项目三 带传动机构	152
项目四 齿轮传动	161
项目五 轮系	184
模块五 汽车液压和气压传动	194
项目一 液压传动系统的结构及工作原理	194
项目二 液压控制阀	197
项目三 液压基本回路	205
项目四 气压传动	211
附录 常用液压图形符号	238
参考文献	249

模块一 汽车机械基础简介

机械是人类进行生产劳动的工具，也是社会生产力发展水平的重要标志。随着社会经济的发展，汽车制造业和汽车运输业发展迅速，全国汽车保有量大幅增加，汽车机械已经成为机械工业的重要组成部分。

模块目标

1. 了解本课程研究对象，认识机器的组成，掌握机器、机构、构件、零件的基本概念及正确识别。
2. 认识汽车的结构。
3. 初步了解本课程学习内容以及在专业人才培养中的地位及作用，从而明确本课程的学习目标。
4. 掌握计算平面机构的自由度的方法，并判断其是否有确定的方向。

项目一 机械及其相关概念的识别

项目目标

1. 掌握机器、机构、构件、零件的基础概念。
2. 能够区分构件和零件。
3. 了解汽车机械基础课程。

任务一 机械的认识

机械是人类进行生产劳动的主要工具，也是社会生产力发展水平的重要标志。

人类为了适应生产和生活上的需要，远在古代，就已知利用杠杆、滚子、绞盘等简单机械从事建筑和运输。但几千年来，受社会历史条件的限制，机械的发展比较缓慢，直到18世纪英国人瓦特在1782年发明了往复式蒸汽机，促进了产业革命，从此，机械才有了日新月异的迅猛发展。现今，人们在日常生活和生产过程中，广泛使用着各式各样的机械，以减轻劳动强度和提高工作效率，特别是在有些场合，只能借助机械来代替人进行工作。

我国古代人民在机械方面有过许多杰出的创造与发明。东汉科学家张衡发明了测定地震方位的地动仪和测定风向的候风仪。新中国成立后,我国的科技技术和机械工业有了较快的发展。1956年,我国制造出第一架喷气式歼击机“歼-5”,同时制造出第一辆“解放牌”汽车。

汽车是人类重要的交通工具,汽车机械是机械工业的重要组成部分。在一些发达国家汽车工业产值占国民经济总产值的8%,占机械工业产值的30%,其实力足以左右整个国民经济的动向。可见汽车工业是国民经济的支柱产业。

任务二 机器及相关概念的区分

一、机器

(一)机器的特征

机器的种类很多,其外形、结构和用途各不相同,但从机器的组合和运动的特点及功能转换关系来分析,凡是机器都具有以下3个共同的特征。

(1)都是人为的实物组合,如图1-1所示为汽车发动机,它由气缸1、活塞2、连杆5、曲轴6等部分组合而成。

(2)组成机器的各实物之间具有确定的相对运动,如图1-1所示的活塞2在气缸1中作往复运动,曲轴6相对两端的气缸体1作连续转动。

(3)能实现能量转换或完成有用的机械功。例如,汽车的配气机构工作时,把空气和燃料混合燃烧的热能转变为曲轴转动的机械能。

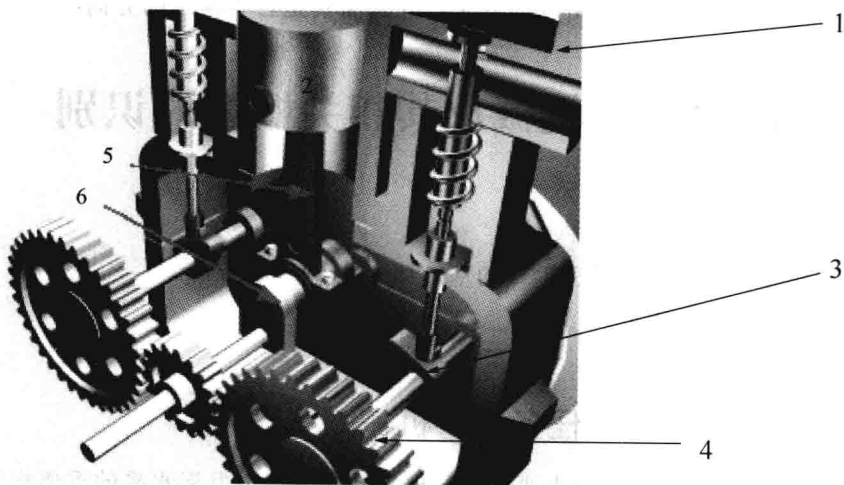


图1-1 汽车发动机(单缸内燃机)

1—气缸体 2—活塞 3—凸轮 4—齿轮 5—连杆 6—曲轴

(二)机器的组成

一部完整的机器,就其功能来讲,由以下4部分组成。

1. 动力部分

其是驱动整个机器完成预定功能的动力源,如汽车的发动机。各种机器广泛使用的动

力源有热力、电力、风力、液力、压缩气体、太阳能等。

2. 执行部分

其是机器中直接完成工作任务的组成部分。例如，汽车的行驶系、内燃机的活塞、机床的刀架等。

3. 传动部分

其介于动力部分和执行部分之间，用来完成运动形式、运动和动力参数转换的组成部分。利用它可以减速、增速、调速、改变转矩以及改变运动形式等，从而满足执行部分的各种要求。例如，汽车的传动系、内燃机的连杆等。

4. 控制部分

其使以上 3 部分彼此协调运作，并准确、安全、可靠地完成整机功能的组成部分，如汽车的转向系、制动系、内燃机的配气机构等。它包括机械控制、电气控制、液压控制和气压控制系统等。

以上 4 部分中，执行部分和传动部分是机器的主体。

(三)常用传动形式

常用的传动形式有以下 4 种。

1. 机械传动

利用传动机构作为工作介质，以实现机器的原动机与工作机构之间的转速(速度)、转矩(力)或运动形式的传递。

2. 液压传动

它采用液压元件，利用液体作为工作介质，以压力和流量实现机器的原动机与工作机构之间的转速(速度)、转矩(力)或运动形式的传递。

3. 气压传动

它采用气压元件，利用气体作为工作介质，以压力和流量实现机器的原动机与工作机构之间的转速(速度)、转矩(力)或运动形式的传递。

4. 电气传动

它采用电气设备和电子元件，利用调整其电压、电流及控制波等实现能量和控制的传递。

二、机构

由若干个具有确定相对运动的构件组合而成，用来传递并转换力和运动，实现运动形式或速度的变化。机构能实现一定规律的运动，是机器中执行机械运动的装置。例如发动机的配气机构和曲柄连杆机构如果仅研究构件的运动和受力情况，机构和机器之间并无区别。因此，机械可以看作机器和机构的总成。

三、构件

机器和机构是由许多具有确定的相对运动的构件组合而成，因此，构件是机构中的运动单元体，也就是相互之间能作为相对运动的物体。一个构件，可以是不能拆开的单一整体，如图 1-1 中的曲轴 6。构件也可以是几个相互之间没有相对运动的物体组合而成的刚形体，如图 1-2 所示的连杆，它由连杆 1、螺栓 2、连杆盖 3、螺母 4 等物体组成。



图 1-2 连杆

1—连杆 2—螺栓 3—连杆盖 4—螺母

四、零件

零件是构件的组成部分。机构运动时,属于同一构件中的零件,相互之间没有相对运动。构件与零件既有联系又有区别,构件可以是单一的零件,如发动机中的曲轴,它既是构件,又是零件;构件也可以由若干个零件组成,如连杆,它由连杆、螺栓、连杆盖、螺母等零件联接而成的。

构件与零件的区别是,构件是运动的单元,零件是机器中最小的制造单元。

构件按其运动状况,可分为固定构件和运动构件两种。固定构件又称机架,是机构中固结于定参考系的构件。固定构件一般用来支撑运动构件,通常就是机器的基体或机座,如发动机的气缸体、各类机床的床身等。运动构件又称为可动构件,是机构中相对于机架运动的构件。运动构件又分成主动件(原动件)和从动件两种。主动件是机构中作用有驱动力或力矩的构件,有时又将运动规律已知的构件称为主动件。形象地说,主动件就是带动其他可动构件的构件,从动件是机构中除了主动件以外的随着主动件运动而运动的构件。

任务三 汽车机械基础的课程分析

一、课程的内容

本课程的内容以理论教学为主。这本教材从 3 个方面进行课程内容分类。

- (1)以实际应用选取知识点。
- (2)围绕实际项目选取知识点。
- (3)以产品设计选取知识点。

将课程的学科体系进行解构和重构,通过若干学习情境的设计,以方法(对象)、现象、机构、零部件为载体,将知识点的学习溶入到学习情境中,从具体到抽象、从现象到本质,从局部到总体、从简单到复杂有序安排符合学生成长规律的教学内容。

二、课程的性质

“汽车机械基础”这门课是汽车专业的一门必修课,旨在培养学生具有汽车常用零部件设计计算和一般汽车零件的测绘能力。汽车常用机械传动机构的工作分析,为今后在产品 设计、产品加工、检验和设备维护等岗位群所需要的职业资格打下良好的基础。同时也需要通过本课程的学习获得必要的方法能力和社会能力,使学生具有职业发展和迁移的能力,即具有持续发展和终身学习的能力。它为本专业学生学习专业课程提供了基础理论,所以在授课中要准确地把握它在各学科中承上启下的纽带作用,以及对生产实践的指导作用。

三、课程的任务

- (1)了解常用机构的工作原理,运动特性及机械设计的基本理论和方法。
- (2)掌握通用零件的工作原理、选用和维护等方面的知识。
- (3)培养学生初步具有运用标准手册,查阅相关技术资料能力,具有通用零件的参数选择和简单机械传动装置的设计计算能力。
- (4)获得本学科实验技能的初步训练。
- (5)通过本课程的学习为后续专业课程打好基础。

知识扩展

汽车结构分析

汽车是由上万个零件组成的、结构复杂的机动交通工具。根据其动力装置、运送对象和使用条件的不同,汽车总体构造可以有很大差异,但基本结构都由发动机、底盘、车身、电器设备四大部分组成,如图1-3所示。

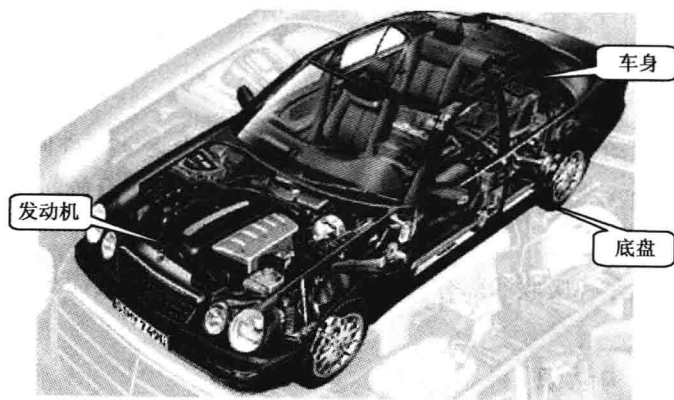


图 1-3 汽车总体构造

一、发动机的结构认识

发动机由曲柄连杆机构、配气机构、燃料系、点火系、润滑系和冷却系组成。如图1-4(a)所示为直列发动机,图1-4(b)所示为V型发动机。

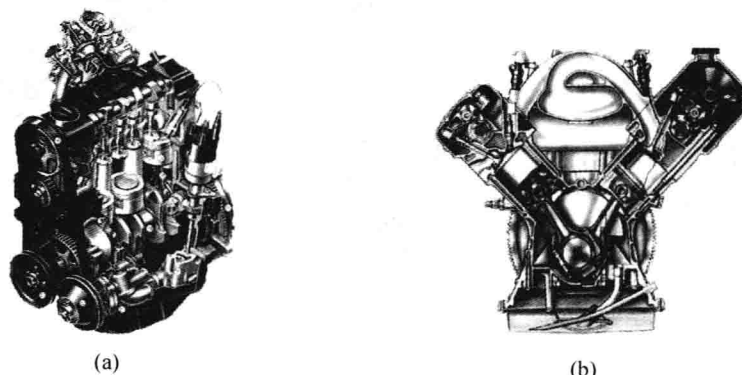


图 1-4 发动机

（一）曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是将热能转换为机械能，并将活塞的往复直线运动经连杆变为曲轴的旋转运动，通过飞轮向外输出动力。

（二）配气机构

配气机构是根据发动机的工作顺序和各缸工作循环的要求，及时地开启和关闭进、排气门，使可燃混合气（汽油发动机）或新鲜空气（柴油发动机）进入气缸，并将废气排入大气。

（三）汽油发动机燃料系

汽油发动机燃料系是根据发动机不同工作情况的需要，将纯净的空气和汽油配制成适当比例的可燃混合气，并将其送入各个气缸，进行燃烧后所产生的废气排入大气中。

（四）点火系

点火系是将蓄电池或发电机输出的低压电流，经点火线圈变为高压电流，再由分电器按照发动机的工作顺序，在一定时间内，轮流分配给各缸火花塞产生电火花，点燃混合气。

（五）润滑系

润滑系是润滑发动机中运动机件的接触表面，以减少运动机件间的摩擦阻力和磨损，并通过润滑油的循环，驱走热量，降低温度，延长机件的使用寿命。

（六）冷却系

冷却系是把受热零件吸收的部分热量及时散发出去，保证发动机在最适宜的温度状态下工作。

二、底盘的结构认识

底盘是由传动系、行驶系、转向系和制动系 4 部分组成。如图 1-5 所示。



图 1-5 底盘

(一)传动系

传动系主要是由离合器、变速器、万向传动装置、主减速器、差速器和半轴等组成。汽车传动系的作用是将发动机发出的动力,平稳、可靠地传给驱动车轮,并将发动机使出的扭力增大,以克服汽车行驶时所遇到的阻力,推动汽车行驶。

(二)行驶系

行驶系主要由汽车的车架、车桥、减震器、车轮等组成。汽车行驶系的作用是支撑全车质量,并保证汽车的平稳行驶。

(三)转向系

转向系主要由转向盘、安全转向轴、转向节、转向轮、转向节臂、转向横拉杆、转向减振器、机械转向器等组成。汽车转向系的作用是在驾驶员的操作下改变或保持汽车的行驶方向。

(四)制动系

制动系主要是由供能装置、控制装置、传动装置和制动器等组成。汽车制动器的作用是使行驶中的汽车按照驾驶员的要求进行强制减速甚至停车;使已停驶的汽车在各种道路条件下(包括在坡道上)稳定驻车;使下坡行驶的汽车速度保持稳定。

底盘作用是支承、安装汽车发动机及其各部件、总成形成汽车的整体造型,并接受发动机的动力,使汽车产生运动,保证正常行驶。

三、车身的认识

车身用来安置驾驶员、乘客和货物。轿车一般采用整体承载式车身,不需再安装车架,它本身就起着承受汽车载荷的作用,并能传递和承受路面作用于车轮的各种力和力矩。因此承载式车身也可归于行驶系,发生碰撞时可能会影响车轮定位。如图1-6所示。

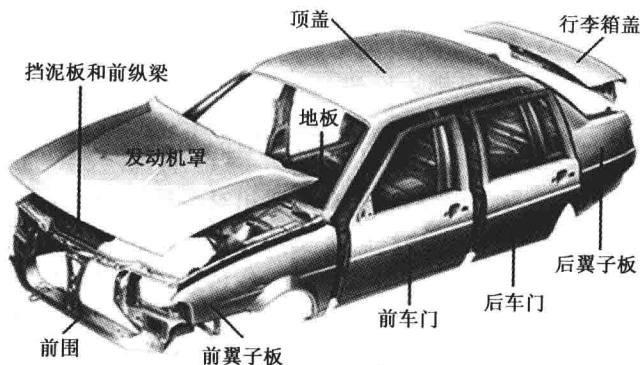


图 1-6 车身

四、电器设备的认识

电器设备由充电系统、起动系统、点火系统、照明信号系统、仪表系统和其他辅助电器组成。其中,充电系统有发电机、调节器、蓄电池等汽车用电设备的电源;起动系统主

要是起动机，其任务是起动发动机；照明信号设备包括各种照明和信号灯以及喇叭、蜂鸣器等。其任务是保证各种运行条件行车人的人身安全。

项目总结

1. 机械的概念

机械是人类在利用和转变机械能进行生产时所使用的工具。

2. 机器的特征

机器都具有以下 3 个特征。

- (1)都是由人为实体组成。
- (2)组成机器的各实体间具有确定的相对运动。
- (3)能实现能量转换或完成有用的机械功。

3. 机器的各组成部分

一部完整的机器，就其功能来讲，由动力部分、执行部分、传动部分和控制部分 4 部分组成。

4. 构件的概念

一个构件，可以是不能拆开的单一整体，也可以是几个相互之间没有相对运动的物体组合而成的刚形体。

5. 汽车的各组成部分

汽车由发动机、底盘、车身、电器设备几大部分组成。

项目二 平面机构的自由度计算

项目目标

- 1. 认识运动副。
- 2. 能够判断平面机构是否具有确定运动。

任务一 运动副的认识

在机构中，组成机构的各种构件都应具有确定相对运动。为此，各构件之间必须以某种方式联接起来。若两构件之间既直接接触，又具有一定的相对运动，形成一种可动的联接，称为运动副。机构中各个构件之间的运动和力的传递，都是通过运动副实现的。

运动副是两构件直接接触组成的可动联接，它限制了两构件之间的某些相对运动，又允许有另一些相对运动。两构件组成运动副时，构件上能参与接触的点、线、面称为运动副元素。

一、低副

低副是指两构件以面接触的运动副。按构件的相对运动形式，可分为以下几种。

(一)转动副

组成运动副的两构件只能绕某一轴线作相对转动的运动副称为转动副。图 1-7 所示

的铰链联接就是转动副的一种形式，即由圆柱销和销孔及其两端面组成的转动副。铰链联接的两构件只能绕 Z 轴自由转动，沿 X 轴和 Y 轴的自由移动则被限制(约束)掉了。

(二)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称为移动副，如图 1-8 所示。图 1-8(a)为燕尾滑板，图 1-8(b)为滑块与导轨。

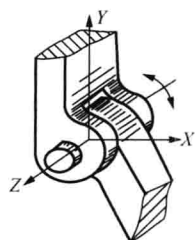
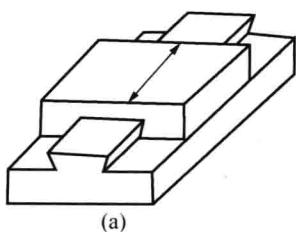


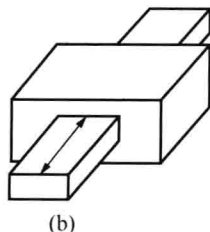
图 1-7 铰链联接

(三)螺旋副

组成运动副的两构件只能沿轴线作相对螺旋运动的运动副称为螺旋副，如图 1-9 所示。



(a)



(b)

图 1-8 移动副

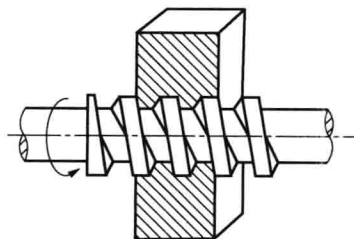
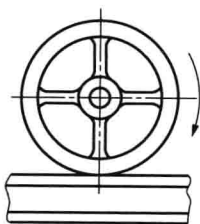


图 1-9 螺旋副

二、高副

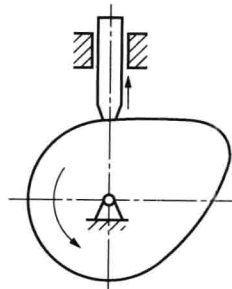
高副是指两构件以点或线接触的运动副。如图 1-10 所示为常见的几种高副接触形式。图 1-10(a)是车轮与钢轨的接触，图 1-10(b)是齿轮的啮合，都是属于线接触的高副；图 1-10(c)是凸轮与从动的接触，是属于点接触的高副。



(a)



(b)



(c)

图 1-10 高副

低副和高副由于两构件直接接触部分的几何特征不同，因此在使用上也具有不同的特点。

低副是面接触的运动副，其接触表面一般为平面或圆柱面，容易制造和维修，承受载荷时单位面积压力较低(故称低副)，因而低副比高副的承载能力大。低副属滑动摩擦，摩擦损失大，因而效率较低；此外，低副不能传递较复杂的运动。高副是点或线接触的运动副，承受载荷时单位面积压力较高(故称高副)，两构件接触处容易磨损，寿命短，制造和

维修也较困难。高副的特点是能传递较复杂的运动。

三、常见的运动副简图

如图 1-11~图 1-15 所示。

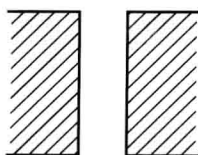


图 1-11 机架

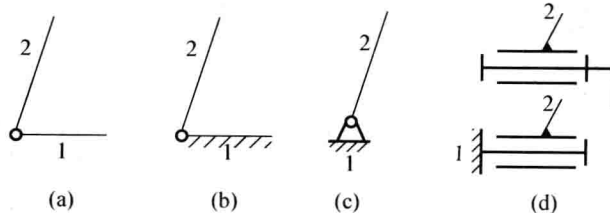


图 1-12 转动副

1—构件 1 2—构件 2

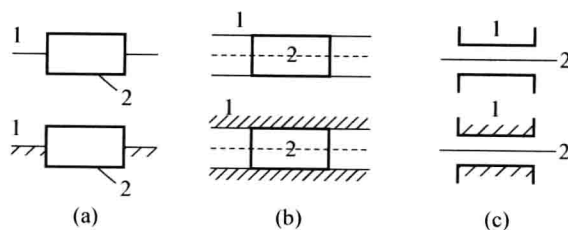


图 1-13 移动副

1—构件 1 2—构件 2

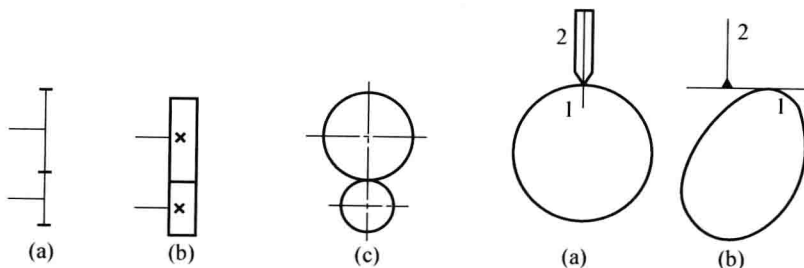


图 1-14 齿轮副

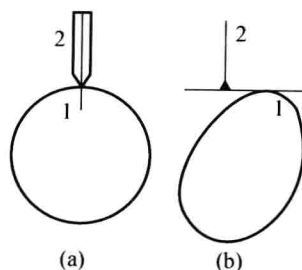


图 1-15 凸轮副

1—凸轮 2—从动件

任务二 平面机构的自由度计算

所有运动构件都在同一平面或平行平面内运动的机构称为平面机构。它是工程中最常见的机构。

一、平面机构的自由度

自由度是机构中各构件相对于机架所能有的独立运动的数目。一个作平面运动的自由度构件有 3 个独立运动的可能性。如图 1-16 所示，在直角坐标系中，构件 A 可随其上任一点沿 x 轴、 y 轴方向移动和绕这点转动。当两个构件组成运动副后，它们之间的某些相对运动受到限制，对于这种限制称为约束。

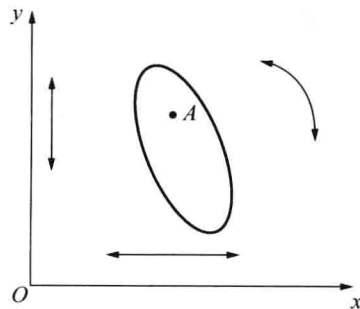


图 1-16 平面运动刚体的自由度

当两个构件组成运动副之后，它们之间的相对运动受到约束，相应的自由度数随之减少。运动副的类型不同，引入的约束也不同，保留的自由度也不同。如图 1-17(a)所示转动副约束了运动构件沿 x 、 y 轴线移动的两个自由度，只保留绕 z 轴转动的一个自由度；图 1-17(b)所示移动副约束了构件沿一个方向的移动和在平面内转动两个自由度，只保留一个方向的运动；图 1-17(c)和图 1-17(d)所示，1、2 构件组成高副后，沿公法线 nn 的移动被限制，但保留了沿切线 tt 的移动和绕接触点的移动。所以，低副引入两个约束，仅保留一个自由度；高副引入一个约束，仅保留两个自由度。

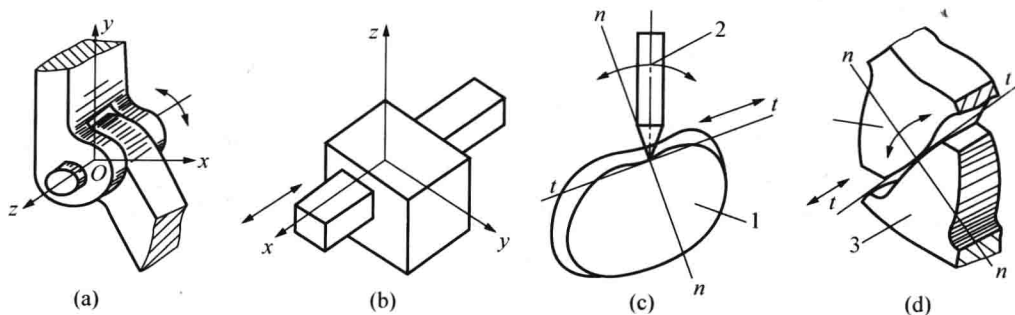


图 1-17 常见的运动副

1—凸轮 2—从动件 3—轮齿

二、平面机构的自由度的计算

设平面机构共有 k 个构件。除去固定件，则机构中的活动构件数为 $n = k - 1$ 。在未用

运动副联接之前, 这些活动构件的自由度总数为 $3n$ 。当用运动副将构件联接起来组成机构之后, 机构中各构件的自由度数就减少了。若机构中低副的数目为 P_L 个, 高副的数目为 P_H 个, 则机构中全部运动副所引入的约束总数为 $2P_L + P_H$ 。因此活动构件的自由度总数减去运动副引入的约束总数就是该机构的自由度, 以 F 表示, 即:

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

[例 1-1] 计算图 1-18 中机构的自由度。

解: 如图 1-18 所示, 此机构有 3 个活动机构, 含有 4 个转动副, 没有高副。则此机构的自由度是:

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

三、计算平面机构自由度的注意事项

(一) 复合铰链

$K(K \geq 2)$ 个构件在同一条轴线上形成的转动副。由 K 个构件组成的复合铰链包含的转动副数目应为 $K-1$ 个。计算自由度时应注意找出复合铰链。

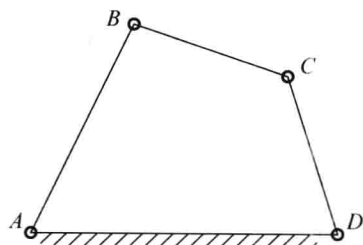
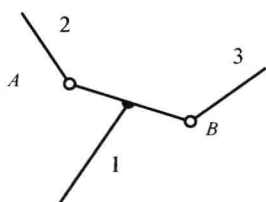
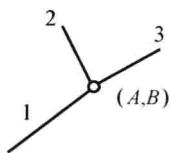


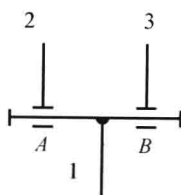
图 1-18 四杆机构



(a)



(b)



(c)

图 1-19 复合铰链

1—构件 1 2—构件 2 3—构件 3

如图 1-19(a) 表示构件 1、2、3 相互组成两个转动副。当转动副轴线间的距离缩小到零时, 两轴线复合在一起, 得到图 1-19(b) 所示的复合铰链。图 1-19(c) 为复合铰链的侧视图。

(二) 局部自由度

与输出构件运动无关的自由度, 称为局部自由度。

图 1-20(a) 所示为凸轮机构, 当主动凸轮 1 转动时, 通过滚轮 3 驱使杆件 2 在机架 4 中往复移动。不难看出, 在这个机构中, 无论滚轮 3 是否转动或转动快慢, 滚轮中心 C 的运动规律 (即杆件 2 的运动规律) 都不会受到影响。因此滚轮绕其中心的转动是一个局部自由度, 计算自由度时应排除这个局部自由度。可设想将滚轮 3 与杆件 2 焊成一体 (转动副 C 也随之消失), 变成图 1-20(b) 所示的形式。

局部自由度虽不影响整个机构的运动, 但可使高副接触处的滑动摩擦变成滚动摩擦, 减少磨损, 所以实际机械中常有局部自由度出现。

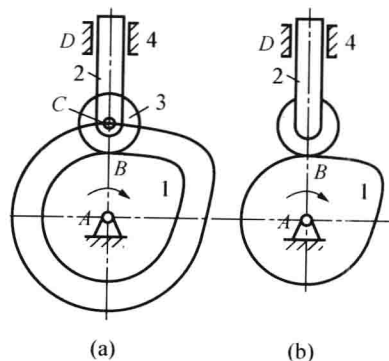


图 1-20 局部自由度

1—凸轮 2—杆件 3—滚轮 4—机架