

# 机械设计基础

(含设计指导书)

主 编 冯建雨 郭术花  
副主编 马素真 亓学芸 杨 眉  
邱军海 侯圣勇  
主 审 刘书峰



机械设计基础  
设计指导书

本书作者采集了众多企业所反馈的机械行业职业岗位对高等职业院校同类课程教学需求的大量信息,全面总结和广泛吸纳了高等院校同类课程教学改革的实践经验,力求符合高等教育教学的特点。本教材无论是在内容体系结构上还是在内容组织编排上都改变了该类教材的一般模式,并融入全新的职业教育教学理念。与现行同类教材相比,本教材主要有以下特点:

(1) 构建全新的教材体系。针对以“机械设计”为主线的现行《机械设计基础》教材,存在不符合高等教育教学特点以及不适应高等院校毕业生就业岗位需要的现状,本教材以机械分析为主线,以实际应用为目的,以现有机械或机械传动系统及其所涉及的常用机构传动和通用零部件为对象,按其运动分析、结构分析、工作能力分析、精度分析的要求,整合“机械原理”“机械设计”“互换性与测量技术基础”及“工程力学”等传统学科的相关内容,其中还包含使用与维护等方面的工程常识,并融入创新思维与方法。

(2) 打破传统学科的界限。本教材虽涉及多门传统学科,但在教材内容的组织编排上紧紧围绕所研究的对象,沿着“机械分析”这一主线,并以解决机械行业职业岗位所面临的实际问题为目的,筛选、整合、处理教材内容。因此,全书在很大程度上摆脱了传统学科界限以及系统化知识体系的束缚,力求形成一本真正符合高等职业教育特点,并有利于毕业生持续发展的机械行业基础教材。

(3) 图文并茂,简明实用。本教材采用大量的实物简图帮助读者理解所述内容,语言叙述和理论分析简明扼要;本教材尽可能采用图表对照法处理一些相关内容,使读者通过对照、比较,对其中共性和个性的问题一目了然;本教材淡化抽象而复杂的理论分析,简化公式的演绎推导,重结论、重应用,力求计算方法简明实用。因此,全书有效地避免了烦琐、累赘的知识罗列和长篇叙述不得要领的问题。

(4) 选用丰富的工程案例。本教材力求以工程案例为载体贯彻教材内容,这使得许多力学问题不再模型化、抽象化、复杂化,也使得有关“受力分析”“精度分析”等的内容适度、够用,这不仅增强了教学内容的工程背景及针对性、实用性,而且使其直观、具体、浅显易懂,并有利于学以致用、学用结合。

(5) 有较强的适应性。在教材内容编排中具有一定的柔性，无论是教材的知识结构，还是教材的章节或例题、思考与习题，均给教师以灵活取舍的空间，因此学时适应范围广。

(6) 凡涉及国家标准之处，一律采用最新标准并提供其代号，以便读者查阅。

(7) 本教材为精品资源共享课建设系列成果之一，书中融入大量微课等信息化教学资源，方便学生自学。

本书由冯建雨、郭术花任主编，马素真、亓学芸、杨眉、邱军海、侯圣勇等任副主编，具体分工是冯建雨编写第一和第六章，亓学芸编写第三章，马素真编写第四章，郭术花编写第七章，杨眉编写第八章，邱军海编写第九章，侯圣勇编写第二和第五章，山东沃克液力传动有限公司陈绍峰工程师、山东联诚集团韩庆诚工程师等为全书提供了典型工程案例。

全书承蒙刘书峰细心指导和审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此谨致以衷心的感谢。由于编者水平所限，书中不妥之处欢迎专家、读者提出宝贵意见。

编者

第一章 认识机械	001
1.1 机械的组成	001
1.2 机械分析的一般程序和基本方法	004
1.3 本课程的性质、任务和学习方法	005
思考与习题	006
第二章 机械传动系统的运动分析	007
2.1 机构的组成和运动简图	007
2.2 机械传动机构	013
2.3 平面机构具有确定运动的条件	020
2.4 传动机构运动方案分析实例	025
思考与习题	027
第三章 平面机构的静力分析	030
3.1 静力分析的基本概念	030
3.2 平面机构中的约束类型及约束反力	041
3.3 平面机构中约束反力的求解	047
3.4 运动副的摩擦与自锁	055
3.5 回转件平衡的动态静力分析	063
思考与习题	066
第四章 机械零件的工作能力分析	069
4.1 零件轴向拉伸或压缩变形时的工作能力分析	069
4.2 零件剪切与挤压变形时的工作能力分析	081

# 目 录

# Contents

4.3 零件弯曲变形时的工作能力分析 .....	084
4.4 零件扭转变形时的工作能力分析 .....	099
4.5 零件疲劳强度简介 .....	108
思考与习题 .....	111
<b>第五章 常用机构 .....</b>	<b>114</b>
5.1 平面连杆机构 .....	114
5.2 凸轮机构 .....	125
5.3 间歇机构 .....	131
5.4 螺纹连接及螺旋传动 .....	137
5.5 挠性传动 .....	157
思考与习题 .....	181
<b>第六章 齿轮传动 .....</b>	<b>183</b>
6.1 概述 .....	183
6.2 渐开线直齿圆柱齿轮 .....	184
6.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动 .....	190
6.4 渐开线齿轮切齿原理及变位齿轮简介 .....	193
6.5 齿轮传动的失效分析和齿轮材料 .....	197
6.6 标准直齿圆柱齿轮传动的工作能力计算 .....	202
6.7 标准斜齿圆柱齿轮传动及工作能力分析 .....	210
6.8 直齿圆锥齿轮传动简介 .....	217
6.9 蜗杆传动简介 .....	220
6.10 齿轮的结构和齿轮传动的使用与维护 .....	227
6.11 齿轮系 .....	231
思考与习题 .....	239

第七章 轴及轴毂连接·····	241
7.1 轴的功能、类型及材料·····	241
7.2 轴的结构分析·····	244
7.3 轴的工作能力分析·····	249
7.4 轴毂连接·····	253
7.5 轴的使用与维护·····	258
思考与习题·····	262
第八章 轴承·····	264
8.1 滑动轴承·····	264
8.2 滚动轴承·····	270
思考与习题·····	281
第九章 联轴器、离合器·····	282
9.1 联轴器·····	282
9.2 离合器·····	286
9.3 制动器·····	289
思考与习题·····	290
参考文献·····	291

# 第一章 认识机械

在现代的生产过程和日常生活中，机械被广泛地用来代替或减轻人的劳动、提高生产率和产品质量，在那些人类难以生存或接近的场合，更是需要借助机械代替人工。而机械的发展程度和机械工业的生产水平是一个国家现代化程度的重要标志。

本课程研究的对象是机械，它是机器与机构的总称。

## 1.1 机械的组成

### 1.1.1 机器和机构

人们在生产和生活的各个领域广泛地使用着名目繁多的机器，如机床、电动机、内燃机、起重机、汽车、自行车、缝纫机、洗衣机等。尽管这些机器的结构、性能和用途各不相同，但它们具有一些共同的特征。

图 1-1 所示为单缸四冲程内燃机，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、齿轮 9 和 10 等机件所组成。气缸



机械装调设备的认识

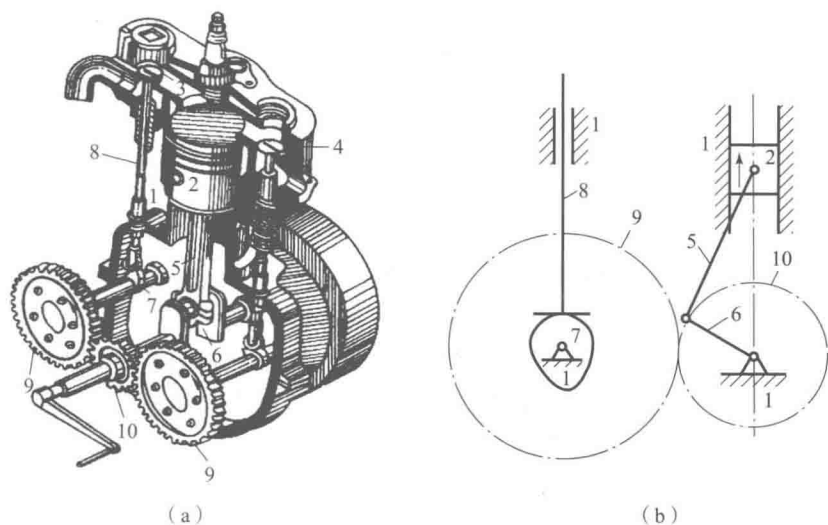


图 1-1 单缸四冲程内燃机

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、10—齿轮

中的活塞2下行，燃气通过进气阀3吸入气缸后，进气阀关闭；活塞上行压缩燃气，点火，燃气在气缸中燃烧产生压力，推动活塞下行，通过连杆5带动曲轴6转动，向外输出机械能。活塞再次上行，排气阀4开启，废气通过排气阀被排出气缸。燃气推动活塞做往复移动，经过连杆使曲轴做连续转动。凸轮7与顶杆8用来启闭进气阀和排气阀。在曲轴和凸轮轴之间安装了齿数比为1:2的齿轮10和9，以保证曲轴每转两周，进、排气阀各启闭一次。这样，各个机件的协调动作，便将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

图1-2所示为牛头刨床，由电动机1、小齿轮2、大齿轮3、用销轴装在大齿轮侧面的滑块4、导杆5、镶在导杆滑槽中绕定轴转动的滑块6、刨头7、刀架8、工作台9、丝杠10和床身11等机件组成。电动机1通过带传动（图中未画出）使小齿轮2带动大齿轮3转动，导杆5往返摆动，导杆上端用销轴连接的刨头7做往复直线移动，从而产生刨削动作。与此同时，动力还通过其他辅助部分（图中未画出）带动丝杠10做间歇转动，使工作台9横向移动，从而实现工件的进给动作。这样，各个机件的协调动作把电动机的电能最后转换为刨刀往复切削的机械能，来完成工件的切削工作。

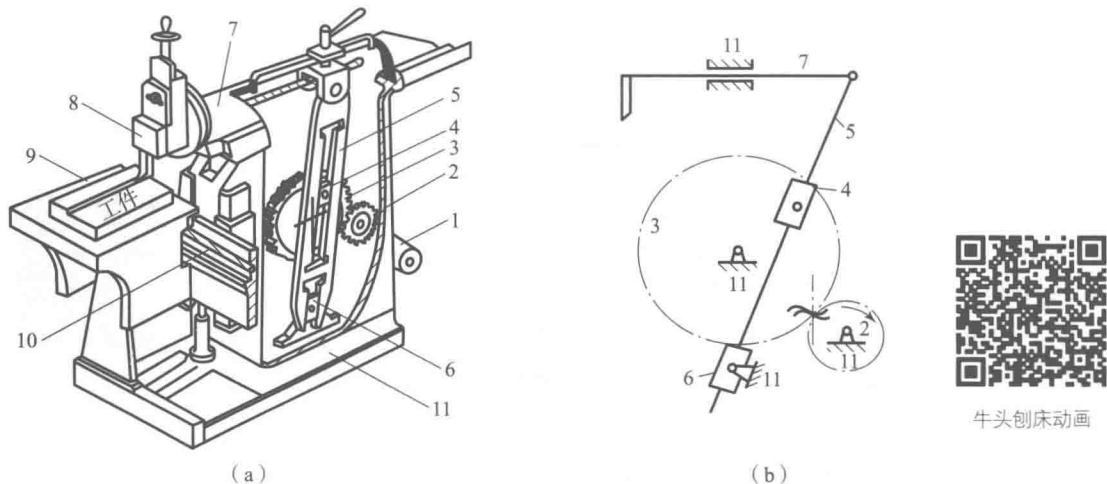


图 1-2 牛头刨床

1—电动机；2，3—齿轮；4，6—滑块；5—导杆；7—刨头；8—刀架；  
9—工作台；10—丝杠；11—床身

以上仅举了两个实例，从对不同机器的分析中可以看到，机器具有以下共同的特点。

- ① 它们都是一种人为的实物（机件）组合体。
- ② 各个运动实物之间具有确定的相对运动。

③ 能变换或传递能量、物料和信息。例如，电动机、内燃机用来变换能量；牛头刨床用来变换物料的状态；起重运输机用来传递物料；计算机用来变换和传递信息等。凡同时具备上述三个特征的实物组合体就称为机器。

从进一步分析上述两个机器可以看到，在机器的各种运动中，有些机件是实现往复移动，有些机件是传递回转运动，有些是利用机件自身的轮廓曲线来实现预期规律的移动或摆动。因此，人们根据实现这些运动形式的机件的外形特点，把相应的一些机件的组合称为机构。例如，如图1-1所示的内燃机中，活塞2、连杆5、曲轴6和气缸体1组成曲柄滑块机

构, 可将活塞的往复移动变为曲轴连续转动; 凸轮 7、顶杆 8、气缸体 1 组成凸轮机构, 将凸轮的连续转动转换为顶杆有规律的往复移动; 凸轮轴上的齿轮 9、曲轴上的齿轮 10 和气缸体 1 组成齿轮传动机构, 使轴之间保持一定的转速比。

由此可见, 机器是由各种机构组成的, 机构具有机器的前两个特征, 即机构是实现预期的机械运动的实物组合体; 而机器则是能实现预期的机械运动并完成有用机械功或转换机械能的机构系统。因此, 仅从结构和运动方面来看, 机器和机构两者之间并无区别, 习惯上常将机器和机构统称为机械。

机器包含若干个不同的机构。最简单的机器只含有一个最简单的机构, 如电动机只含有一个由转子和定子组成的双杆回转机构。

就功能而言, 机器主要由以下四部分组成。

① 原动部分, 是机器工作的动力源。最常用的原动机有电动机、内燃机等。

② 工作部分, 是直接完成机器预定功能的部分。例如, 汽车的车轮系统、压路机的压辊系统、机床的刀架系统等。

③ 传动部分, 是机器中将原动机的运动和动力传递给工作部分的中间部分。机器的传动部分大多使用机械传动系统, 有的还包括或单独使用液压、气压和电力传动系统。机械传动是大多数机器必不可缺的组成部分, 常采用连杆机构、凸轮机构、齿轮传动机构、带传动机构等。

④ 控制部分, 其作用是控制机器的开动和停止, 改变运动的速度和方向, 输出或切断动力等。例如, 汽车的转向盘和转向系统、排挡杆、制动车及其踏板、离合器踏板及加速踏板等就组成了汽车的控制系統。有的仅采用电子控制系统, 如电风扇的控制。现代机器的控制部分, 一般来讲, 既包括机械控制系统, 又包括电子控制系统, 并且广泛采用了计算机控制, 使机器的结构简化而性能显著提高。

需要指出的是, 随着近代科学技术的发展, 机构和机器的概念也有所扩展。例如, 组成机构的机件在某些情况下已不再是单纯的刚体, 可以是挠性的或弹性的, 或是液压、气动、电磁件; 有时气体和液体也参与了预期的机械运动; 某些机器还包含了使其内部各机构正常动作的控制系统以及信息处理和传递系统; 在某些方面, 机器不仅可以代替人的体力劳动, 而且可以代替人的脑力劳动, 如电子计算机。

### 1.1.2 构件和零件

组成机械的各个相对运动的机件称为构件, 它是机械的运动单元, 如汽车的车轮、车床的主轴等。零件是机械的制造单元, 如螺钉、螺母、轴等。构件可以是单一的零件, 如内燃机中的曲轴; 也可以是由几个零件装配而成的刚性结构, 如图 1-3 所示的内燃机中的连杆, 其由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3 以及连杆盖 4 等组成。

在机器中普遍使用的零件称为通用零件, 如齿轮、螺钉、轴等; 只在某些机器中使用的零件称为专用零件, 如汽轮机中的叶

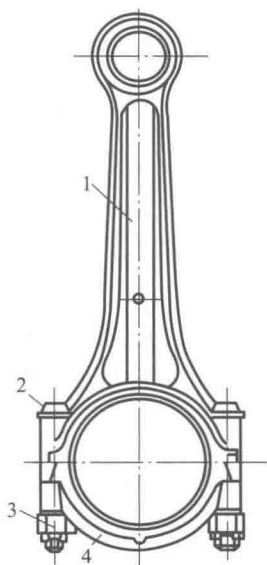


图 1-3 连杆

1—连杆体; 2—螺栓;  
3—螺母; 4—连杆盖

片、内燃机中的活塞、起重机中的吊钩等。另外,把为完成共同任务而结合起来的一组零件称为部件,它是机器装配的单元,如联轴器、滚动轴承和减速器等。

## 1.2 机械分析的一般程序和基本方法

在机器(装备、产品、仪器、装置)的使用保养、维修改善、技术改造、仿制或设计制造,乃至发明创造等过程中,对现有机械设备的分析是这一系列实践活动的前提和重要步骤。虽然机械分析的过程不能脱离工程技术人员的从业经验、感性知识和灵活性,也没有通用和固定的程序,但有其一般规律和方法可循。

### 1.2.1 机械分析的一般程序

#### 1. 准备阶段

对现有机械设备的分析首先应明确机械所具有的功能和预定的任务,并详细调查研究其使用情况,了解其使用对象、使用环境、技术指标以及制造条件等。

#### 2. 方案分析阶段

分析机械的功能和各组成部分,了解机械系统中执行构件的运动形式、原动机的类型及所用传动机构的类型和特点;明确机械的工作原理、运动方案,绘制机械系统运动简图;确定运动和动力参数;综合分析机械传动方案对机械完成预定任务的适应性和合理性。

#### 3. 技术分析阶段

首先,针对机械装置的总体布局和构造,进行总体结构分析和零件及其组合结构分析。绘制装配示意图,测绘各零件草图和装配草图。通过测绘和分析,确定各零部件的功能、结构形状、基本尺寸及材料;确定各零部件的相对位置、连接方式;确定外购的标准件、元器件规格和技术要求;分析机械零部件结构的加工工艺和装配工艺的合理性。然后,分析机械零部件的工作能力,即分析零部件的载荷、受力、失效及对策,核算承载能力,并分析提高工作能力的措施;分析机械零部件的精度,即根据整机及其零部件的功能要求,分析其尺寸精度、配合精度、形状位置精度、表面粗糙度以及制造安装的技术条件。

### 1.2.2 机械分析的基本方法

#### 1. 理论与实际紧密结合

将机械分析的基本理论和方法与分析实际机构和机器时的具体应用密切联系起来,并注意各种理论与方法的适应范围和条件,以及在实际机械的观察和分析中正确而灵活地应用。

## 2. 抓住分析对象的共性

各种机构和机器具有许多共性的问题，在机械分析过程中，不仅应掌握它们的特性，也要抓住它们之间的共性，掌握其中的一些规律和经验，从而可收到举一反三的效果。

## 3. 采用综合分析的方法

工程问题都是涉及多方面因素的综合性问题。解决工程实际问题时往往可以采用多种方法，其结果也不是唯一的，这就涉及分析、对比、判断和决策的问题，要求养成综合分析、全面考虑问题的习惯，以及科学的、一丝不苟的工作作风。

# 1.3 本课程的性质、任务和学习方法

## 1.3.1 本课程的性质和任务

机械设计是多学科知识的综合应用。“机械设计基础”课程是以机械设计为主线，有机地整合“机械原理”“机械设计”“互换性与测量技术基础”及“工程力学”等传统学科而成，是一门介绍机械设计的基本知识、基本理论、基本方法，并培养一定机械设计能力的技术基础课。本课程作为高职机械类、近机械类各专业的一门技术基础平台课程，起着对相关专业课程不可缺少的支撑作用和从理论性课程学习过渡到结合工程实际应用的承前启后的桥梁作用。本课程不仅可为有关专业的学生学习相关专业课程提供必要的理论和技术基础，而且在培养学生综合分析和解决工程实际问题的能力、动手能力、合作能力和创新能力，以及对择业的适应能力等方面都有着重要的影响和作用。

通过本课程的学习使学生具有下列能力。

① 掌握常用机械传动机构和通用零部件的工作原理、结构特点、应用场合、技术规范、选择使用等的基本知识和基本理论以及对其进行分析的基本方法，并了解有关现代技术的应用。

② 具有计算、绘图、实操、使用技术资料和基本工具（如计算机、基本测量仪器等）的基本技能。

③ 具有对一般机械传动装置的运动分析、结构分析、工作能力分析、精度分析等的基本能力，并初步具备综合分析和解决实际生产中现有机械设备或产品在使用、维护、维修、仿制和改造等过程中相关技术问题的能力。

④ 培养创新意识和综合素质，树立创新和敬业精神及团队合作精神。

## 1.3.2 本课程的学习方法

本课程不仅是多学科的整合课程，而且需要综合应用许多先修课程的知识，如数学、机械制图、工程材料、机械制造技术基础等，涉及的知识面较广、理论性较强，属于实践性很

强的应用型课程。学习本课程的一般方法如下。

### 1. 着重应用能力的培养

学习知识与培养应用能力紧密结合，但后者比前者更为重要。在学习的过程中，应注意把一般原理和方法与分析实际机构和机器时的具体运用密切联系起来，并随时注意观察与分析日常生活与生产中所遇到的各种机构和机器。善于观察、勤于思考与勇于实践是培养实际应用能力的关键和要领。

### 2. 加强概念的深化和理论的应用

本课程虽涉及的知识不乏理论基础，但在学习的过程中应着重弄清基本概念、理解基本原理，掌握机械分析的基本方法，着重理解重要结论或理论公式建立的前提、意义和应用，淡化系统的理论分析以及公式的推导过程。

### 3. 注重知识的融会贯通

本课程是以机器或机械传动系统所涉及的常用传动机构和通用零部件为研究对象，以培养学生能用整体的、系统的观点分析实际的机械传动装置，并综合运用所学的知识和所掌握的技能来解决工程实际问题为目的。因此，本课程内容自成体系并有其规律性，各部分内容有其特性和共性，而且各种理论和方法与工程实际密切相关。在学习的过程中，应避免把各章节内容分割开来孤立地学习，避免脱离实际地生搬硬套书本知识；应注重所学知识的内在联系，并将其与工程实际紧密联系起来，融会贯通、灵活运用，以收到举一反三的效果。与本课程相关的实验、实训、综合大作业、课程综合实践以及课外科技活动等环节，均有助于学生将知识融会贯通并提高应用能力。

## 思考与习题

1. 机器与机构的共同特征有哪些？它们的区别是什么？
2. 家用缝纫机、洗衣机和机械式手表是机器还是机构？
3. 按机器的功能，分析一种机械装置（如机床、洗衣机、自行车、建筑用起重机等）由哪些部分组成。
4. 以自行车为例，列举一两个构件，说明其主要由哪几个零件组装而成。
5. 观察和了解公共汽车车门的启闭是如何实现的。

## 第二章 机械传动系统的运动分析

机械传动系统的运动分析是通过分析机构运动的可能性及其具有确定运动的条件,了解常用机构及其传动系统的运动特性、传动形式及基本功用。

### 2.1 机构的组成和运动简图



机构运动简图

如第一章所述,机构是具有确定相对运动的构件组合,做无规则运动或不能产生运动的机件组合都不能成为机构。了解机构的组成,并判断机构在什么条件下才具有确定的相对运动,对于分析现有机构或是开发新机构都是非常重要的。

若机构中所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动,则该机构称为平面机构,否则称为空间机构。工程中常见的是平面机构,因此本章主要讨论平面机构。

#### 2.1.1 构件的运动及运动副

##### 1. 构件的运动形式

###### (1) 构件的平动

构件运动时,若其上任一直线始终与初始位置保持平行,则这种运动称为构件的平动或移动。例如,内燃机气缸中活塞的运动(图2-1)和摆式送料料机料槽的运动(图2-2)。构件平动,其上各点的运动轨迹为直线时,称为直线平动,如活塞的平动;其上各点的运动轨迹为曲线时,称为曲线平动,如料槽的平动。

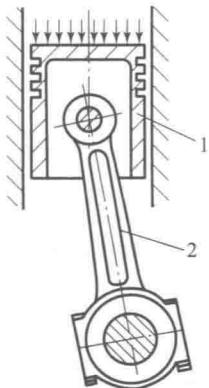


图 2-1 活塞的运动

1—活塞; 2—连杆

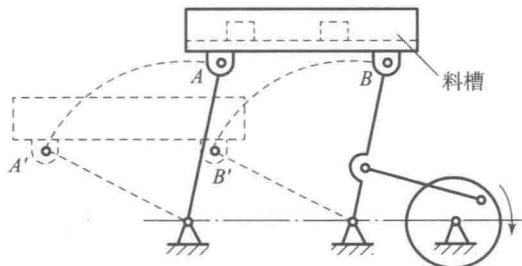


图 2-2 斜槽的平动

构件平动时的特征是其上各点的轨迹形状相同, 且在同一瞬时其上各点的速度和加速度相同。例如, 在图 2-2 中, 料槽上  $A$ 、 $B$  两点的轨迹  $AA'$ 、 $BB'$  均为圆弧形;  $A$  点的速度  $v_A$ 、加速度  $a_A$  分别等于  $B$  点的速度  $v_B$  和加速度  $a_B$ , 即  $v_A = v_B$ ,  $a_A = a_B$ 。可见, 构件的平动问题可归结为其上任一点的运动问题。

### (2) 构件的定轴转动

构件运动时, 其上 (或其延伸部分) 有唯一的一条直线固定不动。构件的这种运动称为定轴转动或转动, 这一固定不动的直线称为轴或转轴。在工程实际中, 定轴转动的构件应用非常广泛, 如齿轮、凸轮、带轮、电动机转子和机床主轴等。

构件定轴转动时的特征是除转轴上的点不动以外, 其余各点都在垂直于转轴的平面内做圆周运动, 圆心在转轴上, 圆周的半径为点到转轴的距离。

### (3) 构件的平面运动

平动和定轴转动是构件最简单的运动形式, 在工程中常会遇到构件的运动既不是平动, 也不是定轴转动, 而是复杂的平面运动。例如, 车辆的车轮沿直线轨道的滚动 (图 2-3) 和内燃机连杆的运动 (图 2-1)。这类构件的运动特征是构件运动时, 其上任一点始终在某一平面内运动, 该平面平行于空间某一个固定平面, 构件的这种运动称为平面运动。

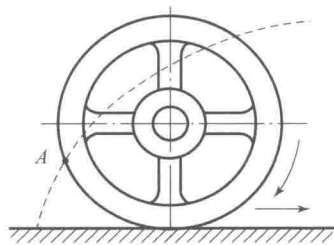


图 2-3 车轮的平面运动

理论分析表明, 平动和定轴转动是平面运动的特殊情形。在一般情况下, 平面运动可视为平动和转动的合成。

## 2.1.2 运动副及其分类

如图 2-4 所示, 一个做平面运动的自由构件  $S$  可有三个独立运动, 即随其上任一点  $A$  沿  $x$  轴和  $y$  轴方向的移动以及绕  $A$  点的转动。构件所具有的独立运动数目称为构件的自由度。显然, 一个做平面运动的自由构件有 3 个自由度。如图 2-4 所示。

如前所述, 组成机构的所有构件都应具有确定的相对运动。为此, 机构中每一构件都以一定方式与其他构件相互连接, 这种使两构件直接接触并能产生一定相对运动的连接称为运动副。各种运动副实例如图 2-5 所示。构件组成运动副后, 使构件的某些独立运动受到限制, 构件的自由度便随之减少, 这种对构件独立运动的限制称为约束。显然, 做平面运动的构件其约束不能超过 2 个, 否则构件就不可能产生相对运动。

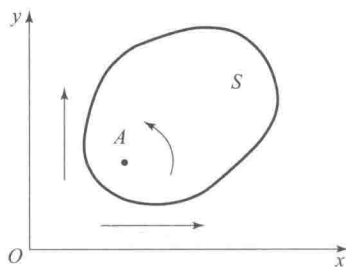


图 2-4 平面运动构件的自由度

不同的运动副对构件自由度的约束是不同的, 按两构件的接触情况, 通常把运动副分为低副和高副。

### 1. 低副

两构件以面接触构成的运动副称为低副。平面机构中的低副有转动副和移动副两种。

### (1) 转动副

构成运动副的两构件只能绕某一轴线做相对转动，这种运动副称为转动副，如图 2-5 (a) 和图 2-5 (b) 所示。由圆柱销和销孔构成的转动副常称为铰链，如图 2-5 (b) 所示。

### (2) 移动副

构成运动副的两构件只能沿一个方向做相对移动，这种运动副称为移动副，如图 2-5 (c) 和图 2-5 (d) 所示。

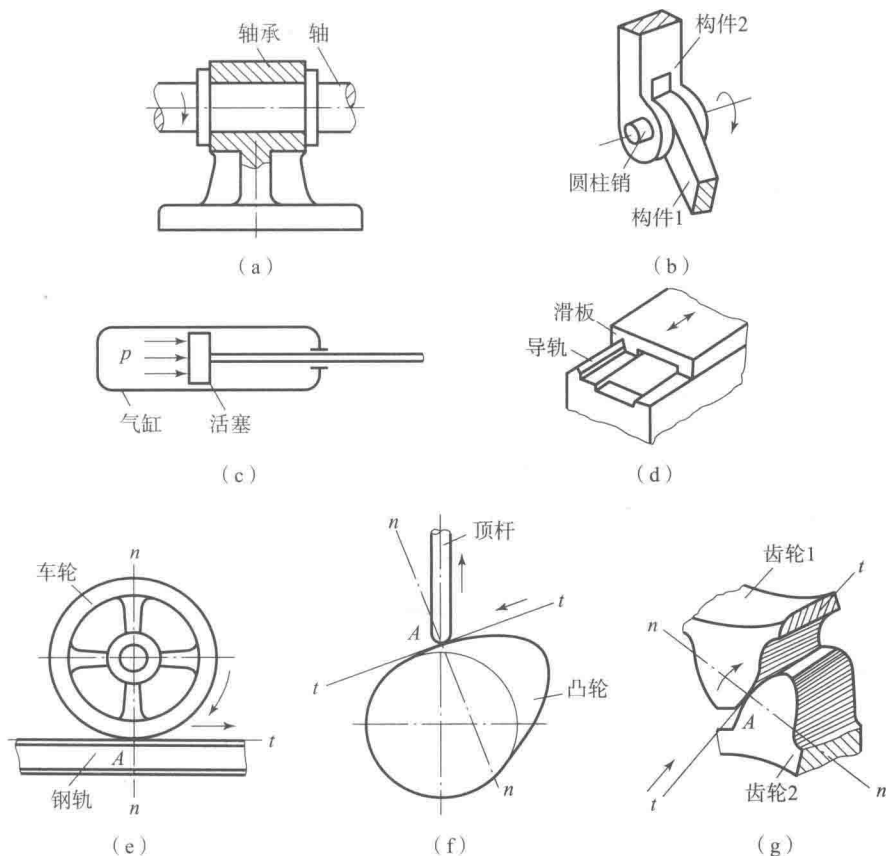


图 2-5 运动副实例

(a) 轴与轴承；(b) 圆柱销与销孔；(c) 活塞与气缸；(d) 滑板与导轨；  
(e) 车轮与钢轨；(f) 凸轮与顶杆；(g) 两轮齿间

## 2. 高副

两构件以点或线接触构成的运动副称为高副，如图 2-5 (e) ~ 图 2-5 (g) 所示。组成平面高副两构件间的相对运动是沿接触处切线  $t-t$  方向的相对移动和绕  $A$  点的相对转动。

上述各类运动副两构件均在同一平面内相对运动，属于平面运动副。除此以外，机械中常会见到螺旋副 (图 2-6) 和球副 (图 2-7)。这类运动副两构件间的相对运动是空间运动，故属于空间运动副，本章将不再赘述。

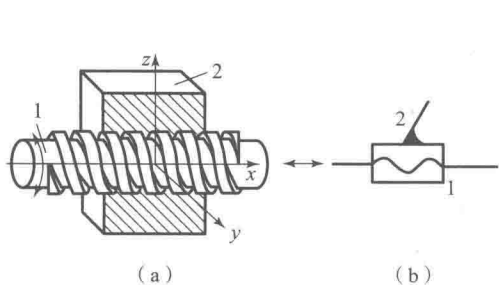


图 2-6 螺旋副

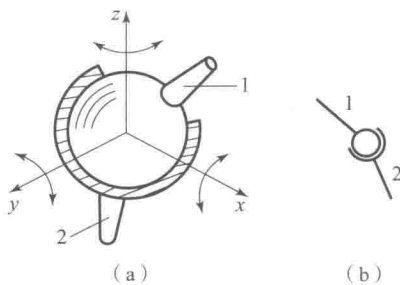


图 2-7 球副  
1, 2—构件

### 2.1.3 运动链与机构

#### 1. 运动链

两个或两个以上的构件通过运动副连接而成的系统称为运动链。在运动链中,若各构件构成首末封闭的系统,则称为闭式运动链,如图 2-8 (a) 所示。若各构件未构成首末封闭的系统,则称为开式运动链,如图 2-8 (b) 所示。传统的机械中多采用闭式运动链,但随着生产线中机械手和机器人的应用日趋普遍,机械中开式运动链也逐渐增多。

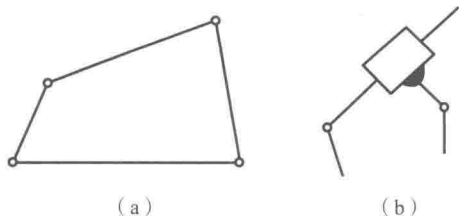


图 2-8 运动链  
(a) 闭式运动链; (b) 开式运动链

#### 2. 机构

在运动链中,固定某一构件,并让另一个(或几个)构件按给定运动规律相对于固定构件运动,若其余构件能随之做确定的相对运动,则此运动链就称为机构。其中,固定的构件称为机架;按给定运动规律做独立运动的构件称为原动件(或主动件),而其余的活动构件则称为从动件。因此,也可以讲机构是由机架、原动件和从动件组成的传递机械运动和力的构件系统。

### 2.1.4 平面机构运动简图

无论是分析现有机械还是构成构件的零件数目或运动副的具体结构,仅用简单的线条与符号来表示构件和运动副,并按一定比例确定各运动副的相对位置,这种表示机构中各构件间相对运动关系的简化图形称为机构运动简图。

在机构运动简图中,运动副的表示方法见表 2-1,一般构件的表示方法见表 2-2。

在某些情况下,只是为了反映机构组成情况及其运动的传递方式,也可以不要求严格地按照比例绘图,这种简图称为机构示意图,例如图 1-1 (b) 中的单缸四冲程内燃机的示意图及图 1-2 (b) 中的牛头刨床的示意图。常用机构示意图符号见表 2-3。



机构运动简图的绘制过程

表 2-1 常用运动副的符号

运动副名称		运动副符号	
		两构件均不固定	一构件固定、一构件运动
低副	转动副		
	移动副		
高副			

表 2-2 一般构件的表示符号

名称	符 号	名称	符 号
固定构件		两副构件	
			三副构件
杆、轴类构件			

表 2-3 常用机构符号

名称	符 号	名称	符 号
支架上的电动机		圆锥齿轮机构	