

中国地质大学(武汉)“十一五”规划教材

# 机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

主编 童志伟 刘银 曾小慧 吴晓光  
主审 江进国



中国地质大学出版社有限责任公司

中国地质大学(武汉)“十一五”规划教材

# 机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

主编:童志伟 刘 银 曾小慧 吴晓光  
主审:江进国



中国地质大学出版社有限责任公司  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

## 内容简介

本书是根据高等院校人才培养目标、教育部制定的机械设计基础课程教学基本要求和最新国家标准,并总结编者多年的教学经验和教改实践经验编写而成。

本书以应用为目的,以理论适度、概念清楚、突出应用为重点,将机械原理与机械零件的内容有机地结合在一起,培养学生的初步机械设计能力。全书共分17章,包括绪论,机构的组成及其具有确定运动的条件,平面连杆机构,凸轮机构,间歇运动机构,齿轮机构,轮系,机械的调速和平衡,机械零件设计概论,连接,带传动和链传动,齿轮传动,蜗轮蜗杆传动,轴,轴承,联轴器、离合器和制动器,弹簧。

本书可作为高等工业学校机械设计基础课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/童志伟等主编. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2012.2

ISBN 978-7-5625-2720-6

I. ①机…

II. ①童…

III. ①机械设计-高等学校-教材

IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 254794 号

## 机械设计基础

童志伟 刘 银 曾小慧 吴晓光 主编  
汪进国 主审

责任编辑:谌福兴 周华

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路388号) 邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:541千字 印张:21.125

版次:2012年2月第1版

印次:2012年2月第1次印刷

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

印数:1-2000册

ISBN 978-7-5625-2720-6

定价:38.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 前 言

随着科学技术的飞速发展和高等教育改革的不断深入,加强基础、拓宽专业,培养适合 21 世纪科学技术发展的高级工程技术人才,是高等工科学校建设的重要任务。具有基础课性质、又具有工程技术性质的机械设计基础教材的建设在工程类专业中显得非常重要。本教材为中国地质大学(武汉)“十一五”教材建设规划资助项目。本教材根据高等教育人才培养目标、结合编者多年的教学经验和教改实践编写而成,可供机电类、近机械类各专业使用,参考学时为 60~80 学时。

根据工程类专业人才培养目标,本教材编写坚持“以应用为目的,以必需、够用为度”的编写原则,结合本课程的教学规律及提高教学效率,对教学内容和体系进行了适当的综合。本教材的主要特点如下。

1. 本教材有机地融合了相关课程的内容,主要体现在以下几个方面。

(1) 弱化了机械原理与机械设计教材的界限。

(2) 对教学内容和体系进行了适当的综合,如将带传动和链传动并为一章,滑动轴承和滚动轴承并为一章,将“机械的润滑与密封”等内容融合到相关章节,不单列成章。

2. 突出工程类专业“理论知识够用,注重能力培养”的特点,精简理论推导,加强基础内容,注重设计公式的应用和结构设计方法,加强学生对图表、手册应用能力的培养。

3. 采用了最新颁布的国家标准和规范。

本书由童志伟、刘银、曾小慧、吴晓光担任主编,汪进国教授对本书进行了全面地校审,在此表示感谢。另外,孙立鹏教授对本书的编写给予了大力的支持,在此表示谢意!

在编写过程中,编者参考了许多文献、资料,在此对这些文献、资料的编著者表示衷心的感谢!

由于编者水平和时间,书中错误和不妥之处在所难免,敬请使用本书的广大师生和读者批评指正。

编 者  
2010 年 12 月

# 目 录

第一章 绪 论 .....	(1)
第一节 本课程研究的对象和内容 .....	(1)
第二节 本课程的性质和任务 .....	(2)
第三节 机械设计的基本要求和一般过程 .....	(3)
习题 .....	(3)
第二章 机构的组成及其具有确定运动的条件 .....	(4)
第一节 机构的组成要素及构件类型 .....	(4)
第二节 平面机构的机构运动简图 .....	(8)
第三节 平面机构具有确定运动的条件 .....	(12)
习题 .....	(18)
第三章 平面连杆机构 .....	(21)
第一节 平面连杆机构的概念、类型和特点 .....	(21)
第二节 平面连杆机构的主要特性 .....	(29)
第三节 平面连杆机构的运动分析 .....	(34)
第四节 平面连杆机构的运动设计 .....	(41)
习题 .....	(49)
第四章 凸轮机构 .....	(53)
第一节 凸轮机构的概念、类型和特点 .....	(53)
第二节 从动杆常用的运动规律及选择 .....	(57)
第三节 盘形凸轮轮廓曲线的设计 .....	(62)
第四节 凸轮机构基本尺寸的确定 .....	(68)
习题 .....	(72)
第五章 间歇运动机构 .....	(75)
第一节 棘轮机构 .....	(75)
第二节 槽轮机构 .....	(79)
第三节 不完全齿轮机构 .....	(82)
第四节 凸轮式间歇运动机构 .....	(84)
习题 .....	(85)
第六章 齿轮机构 .....	(87)
第一节 齿轮机构的特点和类型 .....	(87)
第二节 齿廓实现定角速传动比的条件 .....	(88)
第三节 渐开线齿廓 .....	(89)

第四节	齿轮各部分名称及渐开线标准齿轮的基本尺寸 .....	(90)
第五节	渐开线标准齿轮的啮合 .....	(94)
第六节	渐开线齿轮的切齿原理及齿轮精度 .....	(96)
第七节	根切、最少齿数及变位齿轮 .....	(99)
第八节	平行轴斜齿齿轮机构 .....	(101)
第九节	圆锥齿轮机构 .....	(105)
习题	.....	(108)
<b>第七章</b>	<b>轮    系 .....</b>	<b>(109)</b>
第一节	轮系及其分类 .....	(109)
第二节	定轴轮系传动比 .....	(110)
第三节	周转轮系传动比的计算 .....	(111)
第四节	混合轮系及其传动比 .....	(113)
第五节	轮系的功用 .....	(114)
习题	.....	(116)
<b>第八章</b>	<b>机械的调速和平衡 .....</b>	<b>(119)</b>
第一节	机械速度波动的调节 .....	(119)
第二节	回转件的平衡 .....	(124)
习题	.....	(131)
<b>第九章</b>	<b>机械零件设计概论 .....</b>	<b>(133)</b>
第一节	机械零件设计概述 .....	(133)
第二节	机械零件的强度 .....	(135)
第三节	机械制造常用材料及选择 .....	(143)
第四节	互换性与优先数系 .....	(147)
第五节	机械零件的工艺性与标准化 .....	(154)
习题	.....	(156)
<b>第十章</b>	<b>连    接 .....</b>	<b>(157)</b>
第一节	螺纹的形成与参数 .....	(157)
第二节	螺纹副受力分析、效率和自锁 .....	(158)
第三节	机械制造常用螺纹 .....	(161)
第四节	螺纹连接的类型及连接件 .....	(164)
第五节	螺纹连接的预紧与防松 .....	(167)
第六节	连接螺栓的强度计算 .....	(170)
第七节	螺栓材料和许用应力 .....	(173)
第八节	提高螺栓连接强度的措施 .....	(175)
第九节	螺旋传动 .....	(179)
第十节	滚动螺旋传动 .....	(182)
第十一节	键连接和花键连接 .....	(187)
第十二节	销连接 .....	(193)

习题 .....	(194)
<b>第十一章 带传动和链传动 .....</b>	<b>(196)</b>
第一节 带传动的类型和应用 .....	(196)
第二节 带传动工作情况的分析 .....	(198)
第三节 V 带传动的结构和传动计算 .....	(202)
第四节 V 带轮的结构 .....	(210)
第五节 同步带传动 .....	(211)
第六节 链传动的特点和应用 .....	(212)
第七节 滚子链和链轮 .....	(213)
第八节 链传动的主要参数及其选择 .....	(218)
第九节 滚子链传动的计算 .....	(220)
第十节 链传动的润滑和布置 .....	(224)
<b>第十二章 齿轮传动 .....</b>	<b>(227)</b>
第一节 轮齿的失效形式及计算准则 .....	(227)
第二节 齿轮的材料及热处理 .....	(228)
第三节 直齿圆柱齿轮传动 .....	(231)
第四节 斜齿圆柱齿轮传动 .....	(240)
第五节 直齿锥齿轮传动 .....	(244)
第六节 齿轮的结构 .....	(248)
第七节 齿轮传动的润滑和效率 .....	(250)
习题 .....	(251)
<b>第十三章 蜗轮蜗杆传动 .....</b>	<b>(253)</b>
第一节 概 述 .....	(253)
第二节 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算 .....	(254)
第三节 蜗杆传动的材料和失效形式 .....	(259)
第四节 蜗杆传动的强度计算 .....	(260)
第五节 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算 .....	(263)
<b>第十四章 轴 .....</b>	<b>(269)</b>
第一节 轴的功用和类型 .....	(269)
第二节 轴的材料 .....	(270)
第三节 轴的结构设计 .....	(271)
习题 .....	(280)
<b>第十五章 轴 承 .....</b>	<b>(281)</b>
第一节 滑动轴承的摩擦状态 .....	(282)
第二节 滑动轴承的结构形式 .....	(283)
第二节 轴瓦及轴承衬材料 .....	(284)
第四节 润滑剂和润滑装置 .....	(285)

第五节	非液体摩擦滑动轴承的计算 .....	(289)
第六节	动压润滑的基本原理 .....	(290)
第七节	滚动轴承的结构和主要类型 .....	(292)
第八节	滚动轴承的代号 .....	(296)
第九节	滚动轴承的选择计算 .....	(297)
第十节	滚动轴承的组合设计 .....	(303)
	习题 .....	(307)
<b>第十六章</b>	<b>联轴器、离合器和制动器 .....</b>	<b>(309)</b>
第一节	联轴器、离合器的类型和应用 .....	(309)
第二节	联轴器 .....	(310)
第三节	离合器 .....	(315)
第四节	制动器 .....	(317)
	习题 .....	(319)
<b>第十七章</b>	<b>弹    簧 .....</b>	<b>(320)</b>
第一节	弹簧的功能与类型 .....	(320)
第二节	弹簧的材料和许用应力 .....	(321)
	习题 .....	(330)
<b>参考文献</b>	.....	<b>(332)</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 本课程研究的对象和内容

在人们的生产和日常生活中,广泛地使用着各种机器,如缝纫机、洗衣机、复印机、各种机床、汽车、拖拉机以及起重机等。

图 1-1 为单缸内燃机,它由机架(汽缸体)1、曲柄2、连杆3、活塞4、进气阀5、排气阀6、推杆7、凸轮8 和齿轮9、10 组成。当燃气推动活塞4 作往复移动时,通过连杆3 使曲柄2 作连续转动,从而将燃气燃烧的热能转换为曲柄转动的机械能,齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律按时开闭阀门以吸入燃气和排出废气。

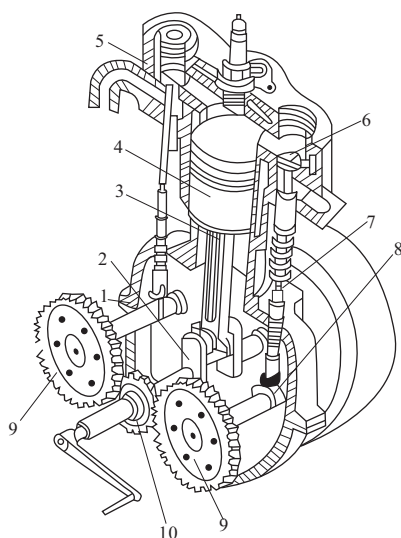


图 1-1 单缸内燃机

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

从以上例子可以看出,各种机器的具体结构型式和用途虽然不同,但它们却存在着共同的特征:

- (1) 都是一种实物的人为组合体;
- (2) 各部分之间具有确切的相对运动;
- (3) 可用来转换或传递物料、能量和信息等。

同时具备上述 3 个特征的称为机器,仅具备前两个特征的则称为机构。因此,所谓的机构

就是多个实物的人为组合体,用来传递运动和动力,实现预期的机械运动。机器中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等。图 1-1 所示单缸内燃机可视下列 3 种机构的组合:①曲柄滑块机构,由活塞 4、连杆 3、曲柄 2 和机架 1 构成,作用是将活塞的往复移动转换为曲柄的连续转动;②齿轮机构,由齿轮 9、10 和机架 1 构成,作用是改变转速的大小和转动的方向;③凸轮机构,由凸轮 8、推杆 7 和机架 1 构成,作用是将凸轮的连续转动转变为推杆的往复移动。

就功能而言,一般机器包含 4 个基本组成部分:动力部分、传动部分、控制部分、执行部分。动力部分可采用人力、蓄力、风力、液力、电力、热力等作动力源,其中利用电力和热力的原动机(电动机和内燃机)使用最广。传动部分和执行部分由各种机构组成,是机器的主体。控制部分包括各种控制机构、电气装置、计算机和液压系统、气压系统等。

机器是由一个或多个机构组成,机构与机器的区别在于:机构只是一个构件系统,而机器除构件系统外还包含电气、液压等其他装置;机构只用于传递运动和力,机器除传递运动和力之外,还应当具有变换或传递能量、物料、信息的功能。但从运动的观点看,二者并无差别,工程上统称为“机械”。

机械中不可拆的制造单元体称为“零件”,如内燃机中的曲轴、齿轮、活塞等。机械中的零件分为两类:一类称为通用零件,是在各类机械中经常可以遇到,具有同一功用及性能的零件,如螺纹螺栓、键、齿轮、蜗杆、蜗轮、链轮、轴、弹簧等;另一类为专用零件,它只在特定型式机械上出现,如内燃机的活塞、汽轮机的叶片、农业机械中的犁铧等。

本课程名为“机械设计基础”,顾名思义,其研究的对象为“机械”,其研究的内容则是有关机械设计的基础知识。本课程实际上是将机械专业的两大专业基础课程,即机械原理和机械零件中的基本知识加以有机地组合。在机械原理部分,主要研究机构的结构分析、几种最常用的机构(平面连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、间歇运动机构)的组成形式、运动特性和选用原则以及机械动力学的基本知识;在机械零件部分,主要研究各通用机械零件的特点、结构及工作原理、选用原则、使用及维护、设计和计算方法,并介绍有关的国家标准和规范。

## 第二节 本课程的性质和任务

### 一、本课程的性质

随着现代生产的飞速发展,除机械制造部门外,各种工业部门,如土建、电力、石油、化工、矿山、冶金、纺织、食品加工、包装等,都会接触到各种类型的通用机械和专用机械,这些工业部门的技术人员应当具备一定的机械基础知识。因此,机械设计基础如同工程制图、电工学、工程力学等一样重要,是高等学校工科有关专业的一门技术基础课。

机械设计基础是许多理论和实际知识的综合应用,是一门理论性和实践性很强的课程。机械设计基础的先修课程主要是机械制图、工程材料及机械制造基础、金工实习、工程力学等。除此以外,考虑到许多近代机械设备中包含的动力系统和控制系统,因此,各专业的工程技术人员还应当了解液压传动、气动传动、电子技术和计算机等有关知识。

## 二、本课程的任务

现代世界各国之间的竞争非常激烈,而且主要表现在综合国力的竞争。要提高我国的综合国力,就要在一切生产部门实现生产的机械化和自动化,这就需要创造出大量的、种类繁多的、新颖优良的机械来装备各行各业,为各行各业的高速发展创造有利条件。任何新技术、新成果的获得,莫不有赖于机械工业的支持,机械工业是一个国家综合国力发展的基石。因此,本课程就是为培养横向人才创造有利条件,其具体任务表现在如下几点。

(1)使学生了解常用机构及通用零部件的工作原理、类型、特点及应用等基本知识。

(2)使学生掌握常用机构的基本理论和设计方法,掌握通用零部件的失效形式、设计准则与设计方法。

(3)使学生具备机械设计实验技能和选用、分析、设计简单机械及传动装置的基本技能。

## 第三节 机械设计的基本要求和一般过程

设计是把各种先进技术成果转化为生产力的一种手段和方法,是和人类的生产生活紧密相关的。机械设计是创造性地实现具有预期功能的新设备,或改进现有设备,使其具有新的性能。

设计机械应满足的基本要求是:在满足预期功能的前提下,做到性能好、效率高、成本低、造型美观;在预定的使用期限内做到安全可靠,操作简单,维修方便等。

机械设计的过程是一个复杂的过程,因而很难给出一个严格统一的模式。然而,作为一个产品的设计,从系统论的角度上,大体上可分为4个步骤进行,即产品规划、方案设计、技术设计和施工设计。产品规划阶段的主要任务是市场调查、预测,提出可行性报告,制订产品开发计划书;方案设计阶段的主要任务是拟定若干可行的原理方案,并进行相应的论证,最后提出一个最佳的方案;技术设计阶段的目标是产生零件工作图、部件装配图及总体装配图;施工设计阶段的任务是虚拟装配(必要时包括样机的试制等),编制技术文件、机器设计说明书、使用说明、标准件明细表等。

### 习题

1. 试说明机械、机构的特征,并各举一例。
2. 说明专用零件和通用零件的区别,并指出缝纫机中哪些是通用零件和专用零件。
3. 试说明构件与零件的关系。

## 第二章 机构的组成及其具有确定运动的条件

机构是由构件组成的构件系统,而构件系统要成为机构,则构件间应具有确定的相对运动。换句话说,做无规则运动或不能产生运动的构件系统均不能称为机构。虽然机构有许多种类,但它们的基本组成要素和具有确定运动的条件是相同的。了解机构的组成和形成条件,对分析和认识机械有着重要的指导意义。因为实际机械中平面机构为多,所以本章将主要研究平面机构的相应内容。

### 第一节 机构的组成要素及构件类型

由于机构是由构件组成的、各构件间具有确定相对运动的构件系统,所以组成机构的基本要素是构件和运动副。这样的构件系统中的构件有着不同的含义,并因此而分类。

#### 一、构件

任何机械都是由许多零件组合而成的,而零件是单独加工制造的单元体。例如图 1-1 所示的内燃机,就是由汽缸、曲轴、齿轮、凸轮等一系列零件组成的。

但是,从机械实现预期运动和功能的角度看,并不是每个零件都独立起作用,这里将每一个独立影响机械功能并能独立运动的单元体称为构件。构件可以是一个独立运动的零件,如凸轮、齿轮等;构件也可以是由若干个零件固接在一起的组合体,如图 1-1 所示的内燃机中连接活塞与曲轴的连杆 3,就是由图 2-1 所示的单独加工的连杆体、连杆头、轴瓦、螺栓、螺母、轴套等零件装配而成的组合体。这些零件之间不产生相对运动,是一个不可分割的运动单元。

#### 二、运动副

##### 1. 运动副及构件自由度概念

构件是组成机构的一个基本要素,但并非唯一的要素,因为机构中的每一个构件都是以一定方式与其他构件相连接,这种连接不是刚性的,被连接的两个构件虽然直接接触但仍能产生一定的相对运动。这里将这种由两个构件直接接触所形成的可动连接称为运动副,如图 2-2 所示轴与轴承的配合[图 2-2(a)]、滑块与导轨的接触[图 2-2(b)]、

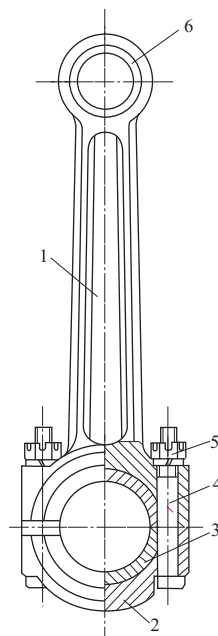


图 2-1 内燃机连杆结构  
1. 连杆体;2. 连杆头;3. 轴瓦;  
4. 螺栓;5. 螺母;6. 轴套

轮齿与轮齿的啮合[图 2-2(c)]、凸轮与推杆的接触[图 2-2(d)]都构成了运动副。

构件之间的接触不外乎点、线、面 3 种,例如图 2-2 中,轴与轴承之间、滑块与导轨之间为面接触,轮齿与轮齿之间为线接触,凸轮与尖顶从动杆之间为点接触。这里将构件上这些直接参与接触而构成运动副的点、线、面称为运动副元素。

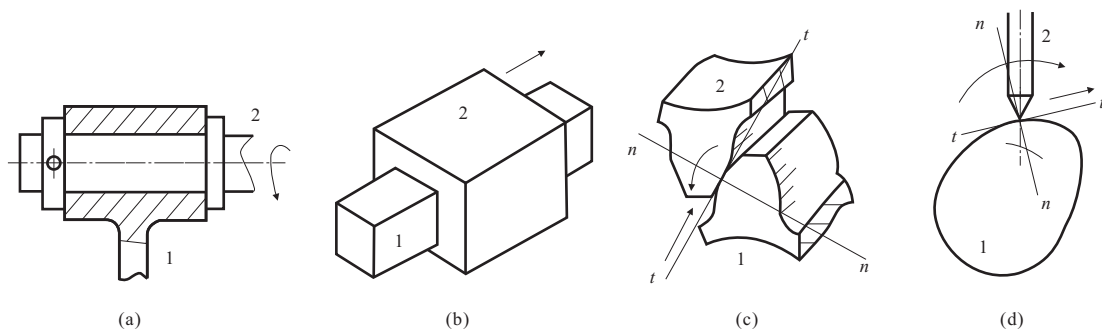


图 2-2 运动副

(a) 轴与轴承接触;(b) 滑块与导轨接触;(c) 轮齿与轮齿接触;(d) 凸轮与推杆接触

构件的自由度是指构件所具有的独立运动数目,或是确定构件位置所需要的独立参变量的数目。一个构件若没有与其他构件连接,则作平面运动时有 3 个独立运动(两个移动、一个转动),而作空间运动时有 6 个独立运动(3 个移动和 3 个转动)。显然前者有 3 个自由度,后者有 6 个自由度。

当一构件与另一构件直接接触构成运动副后,构件的某些独立运动将受到限制,构件自由度便随之减少。这里将运动副对构件的独立运动所加的限制称为约束,运动副每引入一个约束,构件便失去一个自由度。而运动副引入约束的多少,则取决于运动副的类型。显然,作平面运动的两构件构成运动副后,所受到的约束数最少为 1,但不能超过 2,因为约束数超过 2 时构件将不能作相对运动。

## 2. 运动副分类

运动副有多种分类方法,主要如下几种。

(1)按运动副引入的约束数分类。引入一个约束的运动副称为 I 级副,引入两个约束的运动副称为 II 级副,以此类推还有 III 级副、IV 级副和 V 级副。

(2)按运动副的接触情况分类。凡两构件通过点或线接触而构成的运动副称为高副,如图 2-2(c)、图 2-2(d)所示的运动副;凡两构件通过面接触而构成的运动副称为低副,如图 2-2(a)、图 2-2(b)所示的运动副。显然高副与低副相比,其接触处的压强较高,因此高副比低副易磨损。

(3)按两构件间的相对运动形式分类。两构件之间的相对运动为转动的运动副称为转动副或回转副,也称铰链,如图 2-2(a)所示;相对运动为移动的运动副称为移动副,如图 2-2(b)所示;相对运动为螺旋运动的运动副称为螺旋副,如图 2-3(a)所示。

此外,还可将构成运动副的两构件之间的相对运动为平面运动的运动副统称为平面运动副(图 2-2),而两构件间相对运动为空间运动的运动副统称为空间运动副(图 2-3)。

(4)按两构件接触处的几何形状分类。根据构成运动副的两构件接触处的几何形状,可将运动副分为球面副[图 2-3(b)]、球销副、圆柱副等。

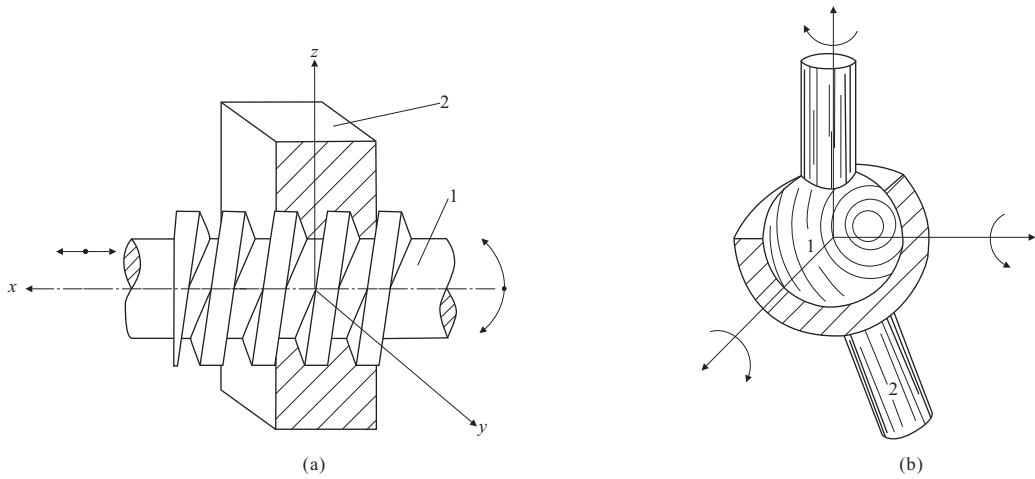


图 2-3 螺旋副和球面副

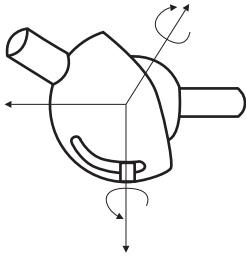

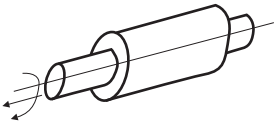
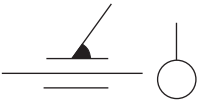
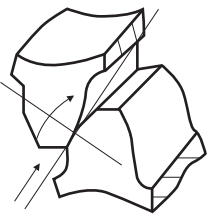

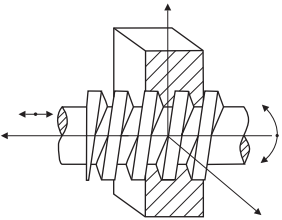
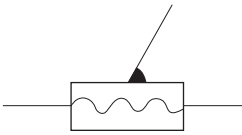
(a) 螺旋副; (b) 球面副

为了简化的需要,运动副可用简单的符号表示,常用的一些运动副所对应的基本符号及其类型见表 2-1。更多的运动副的代表符号可以查阅 GB4460-84。

表 2-1 常用运动副的符号及类型

名称	示例图形	符号	运动副类型	引入约束数	
				转动	移动
移动副			平面 V 级低副	3	2
转动副			平面 V 级低副	2	3
球面副			空间 III 级低副	0	3

续表 2-1

名称	示例图形	符号	运动副类型	引入约束数	
				转动	移动
球销副			空间IV级低副	1	3
圆柱副			空间IV级低副	2	2
平面高副			平面IV级高副	2	2
螺旋副			空间V级低副	2 或 3	3 或 2

### 三、机构及其构件类型和机构的自由度

在由若干个构件通过运动副所构成的构件系统中,若将一个构件固定,则如果当一个或几个构件按给定的运动规律独立运动时,其余构件便随之作确定的运动(即机构有确定的运动),那么这个构件系统就成为了机构,可以用来传递运动和力。这里,固定的构件称为机架,作独立运动的构件称为原动件,而其余的活动构件则称为从动件,机构中的原动件上常常标有表示运动方向的箭头。例如,在图 2-4 所示的某连杆机构的运动简图(简图的概念见第二节)中,构件 4 为机架,构件 1 为原动件,构件 2、3 为从动件。

显然,机构中的构件有机架、原动件和从动件 3 类,其中机架仅有一个,而原动件和从动件可以有多个。从这个角度看,机构是由机架、原动件和从动件所组成的构件系统。

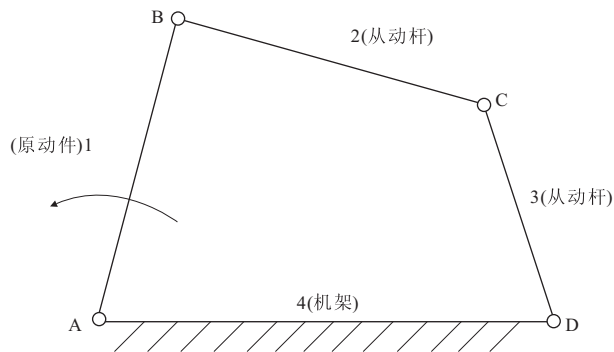


图 2-4 机构及其构件类型

机构有平面机构和空间机构之分。如果机构中各构件的相对运动均在同一平面内或相互平行的平面内,则称该机构为平面机构;若机构中各构件的相对运动不在同一平面内或相互平行的平面内,则称该机构为空间机构。图 2-4 所示的机构就是一平面机构。

我们已经知道,构件的自由度是指构件具有的独立运动的数目,那么我们把机构中各构件相对于机架的所能有的独立运动的数目称为机构的自由度。观察图 2-4 所示的机构,它有 3 个活动构件,容易看出,每给构件 1 的角位移一个定值  $\varphi_1$ ,则构件 2、3 便随之有一个确定的对应位置。这说明这时该机构 3 个活动构件中仅有构件 1 相对于机架有一个独立的运动,因此该机构的自由度为 1。

## 第二节 平面机构的机构运动简图

### 一、机构运动简图的定义

在研究机构的运动时,为便于分析,可以不考虑那些与运动无关的因素,如构件的外形和断面尺寸、组成构件的零件数目及其连接方式、运动副的具体构造等,而仅仅用简单的线条和规定的符号来代表构件和运动副,并按一定比例确定各运动副的相对位置。这种能完全表达机构运动特性的简单图形称为机构运动简图。用机构运动简图对机械进行运动及动力分析十分简明和方便,因此它是分析现有机械、设计新机械的重要工具。

如果仅仅是为了表示机械的组成及结构状况,也可以不严格按比例来绘制简图,通常把这样的简图称为机构示意图。

机构运动简图中,常用的一些运动副的符号见表 2-1,一般构件的表达方法见表 2-2,一些常用机构和原动机的简图符号见表 2-3。更多的常用机构符号可以查阅 GB4460-84。

表 2-2 一般构件的常用表示方法

名称	示例图形符号				
杆、轴类构件					
固定构件 (机架)					
同一构件					
两副构件					
三副构件					

表 2-3 常见机构及原动机的简图符号

名称	示例图形	基本符号	可用符号
平面凸轮机 盘形凸轮			
平面凸轮机 移动凸轮			