高等职业教育机电类系列教材

机 械 设 计 基 础

郭仁生　主　编
魏宣燕　副主编

清 华 大 学 出 版 社

(京)新登字 **158** 号

内 容 简 介

“机械设计基础”是高等职业教育和高等专科教育机电工程类专业的主干课程,为了适应经济建设和社会发展的需要,努力反映现代科学技术进步,注重学生全面素质的提高和创新意识的培养,积极进行专业教学改革和更新课程内容,探索多样性的教学模式,编写了本书。

全书内容分为5篇:第1篇“机构的组成和机械设计概论”主要讲述平面机构的组成、机械设计概论与现代设计法应用概述,是机械设计的共性基础知识;第2篇“常用机构”主要从传递运动的角度讲述一些常用机构(如连杆机构、凸轮机构、轮系、间歇运动机构、螺旋机构和组合机构等)的工作原理、应用和设计方法;第3篇“机械传动”主要从传递动力的角度讲述一些常见的机械传动(如带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动等)的工作原理、标准规范和设计计算方法;第4篇“轴系零部件”主要讲述轴系(包括滑动轴承、滚动轴承、轴、联轴器、离合器和制动器等主要零部件)的工作原理、组合设计和选用方法;第5篇“联接和弹簧”介绍常用联接和弹簧的工作原理、标准规范和计算方法。各章后面都有实用性较强的习题,书后附有凸轮轮廓和齿轮传动CAD程序设计的实例,以供综合实训参考。

本书可以作为高等职业教育和高等专科教育机电工程类“机械设计基础”课程的教材,也可供有关专业相关课程的读者和工程技术人员参考。

书　名:机械设计基础
作　者:郭仁生　魏宣燕
出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编100084)
http://www.tup.tsinghua.edu.cn
印刷者:北京密云胶印厂
发行者:新华书店总店北京发行所
开　本:787×1092 1/16　印张:19.75　字数:454千字
版　次:2001年7月第1版　2002年3月第2次印刷
书　号:ISBN 7-302-04494-5/TH·92
印　数:5001～9000
定　价:27.00元

前　言

高等职业技术教育和高等专科教育是高等教育的重要组成部分,它的目标是培养生产、服务、技术和管理第一线的高级应用型人才,这是一种以横向扩展能力为主、纵向延伸能力为辅的实用人才。随着科学技术的不断发展,新的产业不断产生,新技术、新工艺、新设备、新材料、新系统和新软件等不断涌现,要把最新的技术成果转换成为生产力,这种高级应用型人才是非常关键的。高等职业技术教育和高等专科教育是职业教育的高等层次,是教育为经济发展服务的一个重要结合点,是把我国的人力优势转化为智力优势,把智力优势转换为生产力的重要桥梁。

高等职业技术教育注重以职业道德为重点的思想品德教育,以能力为本位,建立以职业能力为中心的教学体系。遵照高等职业教育的教学特色和教学开发精神,在构建学生专业知识结构和培养专业技能方面,学生应当具有“必需、够用”和相对宽而浅的知识结构,能够依托专业基本理论和实践技能,具备向相关专业渗透和联接的实践能力,表现在掌握丰富的与相关专业的“接口”能力上。在教学内容上,将课程中以理论教学为主的内容,转变为以实践教学为主的内容;在教学安排上,将课程中以理论体系传授为主的教学,转变为以专业运作能力训练为主的教学。从与 21 世纪我国社会主义现代化建设要求相适应的生产、服务、技术和管理第一线的高级应用型人才的角度出发,加强对学生素质和综合职业能力的培养,特别是注重对学生运用知识、创新意识、合作精神和适应能力的培养。

“机械设计基础”是高等职业教育和高等专科教育机电工程类专业的主干课程,为了推动高职和高专相关专业的教学改革,适应“机械设计基础”教学和实训的需要,编写出有高等职业技术教育和高等专科教育特色、面向 21 世纪、按照课程在专业知识能力结构中的地位和课程教学目标开发的教材,中国高等职业教育研究会和清华大学出版社于 2000 年 4 月中旬在深圳职业技术学院召开了高职和高专机电工程类教学改革与教材建设研讨会,根据参加“机械设计基础”教材编写小组的十多所高等学校的教师在讨论中拟定的编写大纲和达成的共识,进行了通力合作和精心的编写工作。

“机械设计基础”课程的开发强调适当综合化和适当实施化。本书按照课程内容本身的内在规律和模块教学要求,建立“机构的组成和机械设计概论”、“常用机构”、“机械传动”、“轴系零部件”和“机械联接”等五个模块。在内容上力求精选知识点,突出应用,采用新颁布的国家标准规范。在叙述中简明扼要,减少对公式的推演,讲求实用,方便教学。书中的部分加注星号的内容是为了拓宽和延伸与该课程密切相关的知识面,以求做好与

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

现代科学技术和现代科技成果的接口,提供不同专业在教学中酌情取舍。

机械的传统设计方法必须向现代设计法过渡,才有知识经济时代的生命力。现代设计法涉及的内容十分广泛。本书力图从高等职业教育的特色和层次出发,叙述和讨论有关的问题,主要包括计算机辅助设计、优化设计和创新设计等基本知识,使学生对现代设计法在机械设计方面的应用具有初步的概念和思维方法,从而达到整体优化学生的知识、能力和素质,特别是设计思想、设计方法和创新思维能力的培养目的。

参加本书编写的有:佛山职业技术学院郭仁生(第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 6 章、第 10 章和附录)、苏州工业园区职业技术学院魏宣燕(第 12 章、第 13 章、第 14 章和第 15 章)、广东轻工职业技术学院王军(第 5 章和第 7 章)、北京联合大学机械工程学院张京辉(第 8 章、第 9 章和第 11 章)和韶关大学黄晨华(第 16 章和第 17 章)。本书由郭仁生担任主编并对全书统稿,魏宣燕担任副主编。

本书由华南理工大学博士后导师谢存禧教授精心审阅,提出了许多宝贵意见,编者在此表示衷心的感谢。

恳请读者对书中的缺点和不妥之处加以指正。

编　者

2001.01

目　　录

第 1 篇　机构的组成和机械设计概论

第 1 章　机构的组成和运动简图 …… 1
1.1　课程概论 …… 1
1.2　平面机构的组成和运动简图 …… 2
习题 …… 11
第 2 章　机械设计概论 …… 14
2.1　机械设计的一般过程 …… 14
2.2　功能原理设计概述 …… 15
2.3　机械设计约束分析 …… 18
2.4　机械结构设计 …… 21
习题 …… 28
第 3 章　现代设计法应用概述 …… 30
3.1　计算机辅助设计 …… 30
*3.2　优化设计 …… 38
*3.3　创新设计 …… 42
习题 …… 46

第 2 篇　常 用 机 构

第 4 章　平面连杆机构 …… 48
4.1　平面连杆机构的类型和应用 …… 48
4.2　平面连杆机构的基本特性 …… 57
4.3　平面连杆机构的运动设计 …… 61
4.4　多杆机构的应用 …… 64
习题 …… 66
第 5 章　凸轮机构 …… 68
5.1　凸轮机构的类型和应用 …… 68
5.2　从动件基本运动规律 …… 71

5.3 凸轮轮廓设计…… 77
5.4 凸轮机构基本尺寸的确定…… 82
5.5 凸轮机构的结构和材料…… 85
习题 …… 88
第 **6** 章 轮系 …… 90
6.1 定轴轮系…… 90
6.2 行星轮系…… 91
6.3 组合轮系…… 94
6.4 轮系的功用…… 95
习题 …… 96
第 **7** 章 其他常用机构…… 99
7.1 棘轮机构…… 99
7.2 槽轮机构 …… 103
7.3 螺旋机构 …… 106
*7.4 机构的组合与应用 …… 113
习题…… 116

第 **3** 篇 机 械 传 动

第 **8** 章 带传动 …… 119
8.1 带传动的工作原理和应用 …… 119
8.2 带传动的受力分析和应力分析 …… 121
8.3 带传动的弹性滑动与失效形式 …… 123
8.4 V 带规格、带轮结构和带传动张紧装置 …… 125
8.5 V 带传动选用计算 …… 130
习题…… 137
第 **9** 章 链传动 …… 139
9.1 链传动的特点和组件结构与参数 …… 139
9.2 链传动的运动和受力情况分析 …… 142
9.3 链传动的设计计算 …… 145
9.4 链传动的布置、张紧和润滑…… 150
习题…… 152
第 **10** 章 齿轮传动 …… 153
10.1 齿轮传动的特点和类型…… 153
10.2 齿轮齿廓的特性…… 154
10.3 渐开线标准齿轮的基本参数和尺寸…… 157
10.4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动…… 160

10.5　渐开线齿形的加工和尺寸检验…… 163
10.6　变位齿轮传动…… 168
10.7　斜齿圆柱齿轮传动…… 172
10.8　圆锥齿轮传动…… 177
10.9　齿轮传动设计…… 180
10.10　齿轮结构与齿轮传动的润滑 …… 194
习题…… 196
第 11 章　蜗杆传动 …… 199
11.1　蜗杆传动概述…… 199
11.2　蜗杆传动的基本参数和尺寸…… 200
11.3　蜗杆传动的承载能力计算…… 205
11.4　蜗杆传动的效率和热平衡…… 207
11.5　蜗杆和蜗轮的结构…… 211
习题…… 212

第 4 篇　轴系零部件

第 12 章　滑动轴承 …… 213
12.1　滑动轴承的工作原理…… 213
12.2　滑动轴承的分类和结构特点…… 214
12.3　滑动轴承的材料和轴瓦结构…… 216
12.4　滑动轴承的润滑…… 219
12.5　不完全流体润滑滑动轴承的计算…… 221
习题…… 222
第 13 章　滚动轴承 …… 223
13.1　滚动轴承的组成、类型和特点 …… 223
13.2　滚动轴承的代号及类型选择…… 227
13.3　滚动轴承的计算…… 229
13.4　轴承的选用…… 240
习题…… 241
第 14 章　轴及轴系 …… 243
14.1　概述…… 243
14.2　轴的材料与强度计算…… 244
14.3　轴及轴系的结构设计…… 249
习题…… 256
第 15 章　联轴器、离合器与制动器 …… 257
15.1　联轴器…… 257

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

15 2 离合器…… 260
15 3 制动器…… 263
习题…… 264

第 5 篇 机械联接

第 16 章 联接 …… 266
16 1 键联接…… 266
16 2 销联接…… 271
16 3 螺纹联接…… 272
习题…… 284
第 17 章 弹簧 …… 286
17 1 概述…… 286
17 2 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的几何参数和特性曲线…… 289
17 3 圆柱螺旋弹簧的设计计算…… 291
习题…… 296

附录 凸轮轮廓设计与齿轮传动设计的 QBASIC 程序 …… 297
主要参考文献…… 306

第 1 篇　机构的组成和机械设计概论

本篇叙述平面机构的组成和运动简图,介绍机械设计和现代设计法等方面的基础知识,为深入学习机械的工作原理、结构和工作能力计算方法奠定基础。

第 1 章　机构的组成和运动简图

1.1　课程概论

1.1.1　机械设计的发展概述

机械设计是人类在长期的生产实践中一项重要的创造活动,机械化是社会生产力发展水平的重要标志。在古代人类使用杠杆、楔、滚子、绳轮和凸轮等简单工具,后来逐渐发明了指南车、候风地动仪、纺织机和蒸汽机等许多机械。经过 18 世纪的第一次工业革命,以及当今世界以知识经济为特征的产业革命的推动,人类又发明了电子计算机、数控机床、人造卫星和火星探测仪等高新技术产品。与传统的机械相比,现代机械产品在工作原理、结构、性能和设计方法上,都发生了深刻的变化,其显著特征是以计算机技术为支撑的信息处理、控制手段和设计方法在机械设计中获得了广泛的应用。

机械产品从需求到满足,要经过设计、制造、销售、售后服务和改进设计等许多环节,其中设计是最基本的环节。机械设计是根据使用要求对机械的工作原理、系统组成、运动和力的特性、零部件的材料和结构尺寸、装配和润滑等众多相关因素,在理论、技术、工艺和计算手段等各种限定的条件之下,进行分析、计算、构思、评价和决策,获得满足技术经济指标的设计方案,从而为机械制造提供依据。工厂就是依据产品设计过程中所确定的材料、制造工艺、精度和技术条件,并且根据工厂的现有资源来组织生产的。

机械产品设计的经济意义在于,一方面,它的质量、性能和成本在很大程度上取决于设计阶段的工作,据统计,产品制造成本的三分之一以上是由设计阶段决定的;另一方面,在产品设计阶段的某些错误,会造成产品的制造成本和运行成本的显著增加。

根据机械的功用不同,可以将它们分为作能量变换的动力机械(如内燃机、电动机、发电机、压气机和涡轮机等)、完成机械功的工作机械(如金属切削机床、飞机、汽车、包装机、起重机、运输机和机械手等)、作信息传递和变换的信息机械(如打印机、绘图机、复印机、照相机和放映机等)等三类。

从机械系统的整体来看,根据产业技术的不同,形成了不同的产业机械设计分支学

科,如汽车设计、飞机设计、船舶设计、机车设计、内燃机设计、农业机械设计、纺织机械设计和信息机械设计等。但是,这些专业机械设计中有许多是共性技术,如机械整体方案的拟定,机构的运动分析和综合,零部件的动力性能和承载能力计算,以及它们的材料、结构、润滑、密封、工艺性和标准化的确定等,都是机械设计的基础内容。

由于现代产品对自身的功能、可靠性、效益等提出了更为严格的要求,因此,随着新兴技术对机械产品的渗透和应用,现代机械产品正在朝着机械—电子—信息一体化技术的方向发展。

随着现代科学技术和应用数学的飞跃发展,许多新的设计思想、方法和手段,如设计方法学、计算机辅助设计、优化设计、有限元、可靠性设计、反求工程等,促进了机械设计的革新和发展。

机械设计的水平与整个工业的发展水平是相互制约和相互影响的,没有高水平的机械设计和机械制造技术,就没有高水平的机械工业和相关工业。同样,没有先进的电子工业、微电子工业和材料工业等,新的材料技术、能源技术、信息技术和体现这些技术群体的现代设计法,就不可能在机械设计中得到应用。

1.1.2 本课程的内容、基本要求和学习特点

机械设计基础是机电类专业机械支柱模块中的主干课程,是学生必备的专业技术知识。机械设计基础是以一般机械中的常用机构和通用零件为研究对象,分析它们的工作原理、运动特性、结构形式,以及设计和计算方法。本课程的基本任务是:使学生掌握常用机构和通用机械零件的工作原理、结构特点、应用场合、技术规范、选用和设计等基本知识与基本理论;掌握相应的计算、使用技术资料、计算机辅助设计和绘图等基本技能;初步具有设计通用机械零件和简单机械传动装置,分析生产实际中常用机构的工作特性、通用机械零件的失效以及结构方面问题的能力,为学习后续专业课程、进行技能实训和学习新的科学技术中有关机械的内容打下基础。通过该课程的教学,学生可以掌握常用机构和通用零件的工作原理、结构特点和基本设计计算方法,具有正确运用技术资料设计机械传动装置的能力。同时,能够适当了解现代设计法在有关方面的应用,以体现高等职业技术教育注重使学生有比较强的计算机应用能力,适应以计算机技术的广泛应用为突出特点的现代技术集成化,从而带来知识集成化的趋势。

机械设计基础课程的开发要强调适当综合化和适当实施化。本书按照课程内容本身的内在规律和模块教学要求,分成“机构的组成和机械设计概论”、“常用机构”、“机械传动”、“轴系零部件”以及“机械联接”等五个部分。在教学内容上,将课程中以理论教学为主的内容,转变为以实践教学为主的内容;在教学安排上,将课程中以理论体系传授为主的教学,转变为以专业运作能力训练为主的教学。学生应当具有“必需、够用”和相对宽而浅的知识结构,能够依托专业基本理论和实践技能,具备向相关专业渗透和连接的实践能力,表现在掌握丰富的与相关专业的“接口”能力上。

1.2 平面机构的组成和运动简图

机器是由各种机构组成的机械系统,无论是分析一个现有的机构还是设计一个新的

机构,都需要判断该机构的结构和运动与哪些因素有关,以及它是否具有确定的相对运动,这就是对机构进行结构分析的基本任务。

1.2.1　机构的组成

1.构件和零件

机构是由构件组成的,构件在机构中具有独立运动的特性,它是机构的运动单元。若干构件通过彼此之间既具有一定约束又具有一定相对运动的联接,组成了机构。

为了结构和工艺的需要,构件可以由若干个零件刚性联结成一个整体,也可以是独立运动的零件。零件是机器中基本的制造单元。

例如,图 1-1(a)所示的内燃机曲柄滑块机构中包含有活塞(滑块)、连杆、曲轴(曲柄)和汽缸等构件,原动件活塞 3 的直线往复移动,通过连杆 2 带动曲轴 1 作连续转动。其中,连杆构件是由连杆体 5、连杆盖 7、螺栓 6 和螺母 8 等零件刚性联结所组成的,如图 1-1(b)所示。

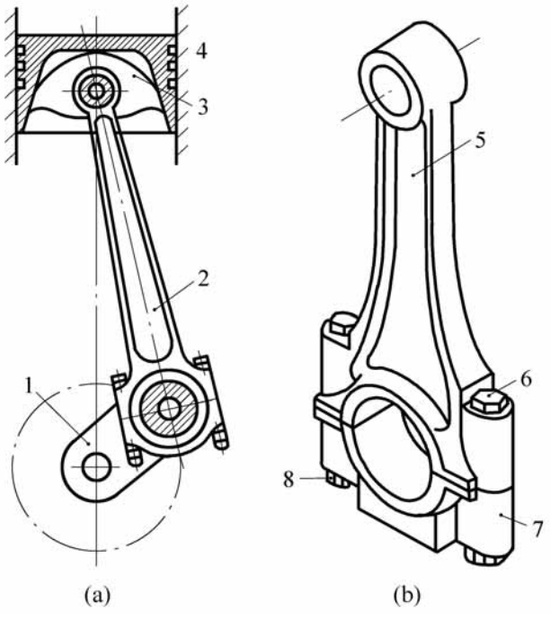


图 1-1　内燃机中的曲柄滑块机构和连杆

(a) 曲柄滑块机构　　(b) 连杆 2 的组成

1—曲柄;2—连杆;3—滑块;4—机架;5—连杆体;6—螺栓;7—连杆盖;8—螺母

在组成机构的所有构件之中,必须以一个相对固定的构件作为支持和安装其他活动构件的机架(如图 1-1 中的汽缸 4)。一般取机架作为研究机构运动的静参考系。在活动构件中,输入已知运动规律的构件称为原动件,其他的活动构件称为从动件。

2.运动副

在机构中,两个构件之间既具有一定约束又具有一定相对运动的联接称为运动副。机构各个构件之间的运动和力的传递,都是通过运动副来进行的。

两个构件所构成的运动副的接触元素——点、线和面,称为运动副元素。凡是通过面接触而构成的运动副称为低副,根据组成平面低副的两个构件之间相对运动的性质,低副又可分为转动副(图 1-2(a))和移动副(图 1-2(b))。凡是通过点或线接触而构成的运动

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

副称为高副(图 1-2(c)与(d))。

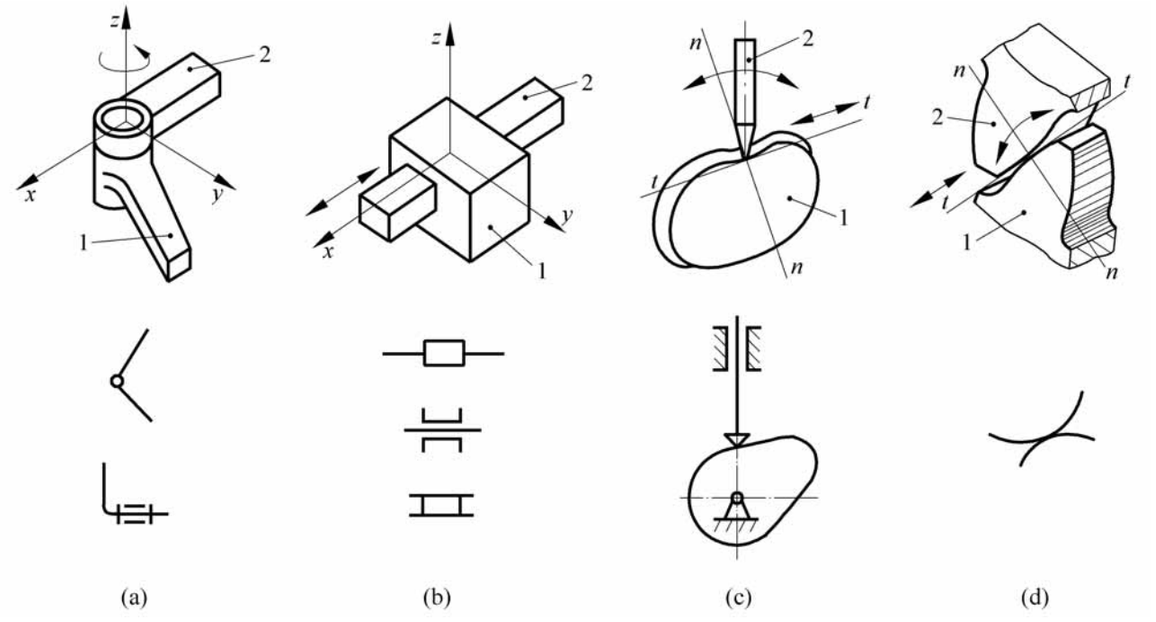


图 1-2 平面运动副示例

转动副的常见结构如图 1-3(b)和(c),移动副的常见结构如图 1-4(b),(c)和(d)所示。

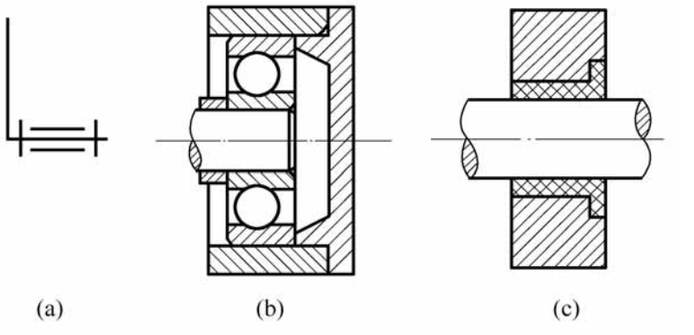


图 1-3 转动副的符号和常见结构

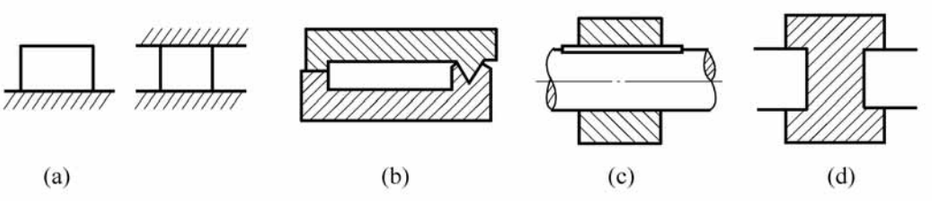


图 1-4 移动副的符号和常见结构

根据组成运动副的两个构件之间作相对平面运动或空间运动,可以将运动副分为平面运动副和空间运动副两类。图 1-5(a)所示的由圆球和球窝组成的球面副,图 1-5(b)所示的由带销圆球和带槽球窝组成的球销副,图 1-5(c)所示的由螺杆和螺母组成的螺旋副等,都是空间运动副。

机构运动简图中常用构件和运动副的表示方法见表 1-1。

3 . 自由度与约束

一个构件的空间运动可以分解为沿 x 轴、y 轴和 z 轴的移动以及绕 x 轴、y 轴和 z 轴的转动,共计 6 个独立运动。

一个构件的平面运动可以分解为沿 x轴、y轴的移动和绕一根垂直于平面的轴的转

表 **1-1**　部分常用机构运动简图符号(摘自 GB 4460—84)

名称	代表符号	名称	代表符号
杆与零件的固定联接		链传动	
轴的固定			
轴承 向心轴承	普通轴承　滚动轴承	外啮合圆柱齿轮机构	
轴承 推力轴承	单向推力　双向推力　推力滚动轴承	内啮合圆柱齿轮机构	
轴承 向心推力轴承	单向向心推力　双向向心推力　向心推力滚动轴承	齿条传动 齿轮齿	
联轴器	可移式联轴器　弹性联轴器	圆锥齿轮机构	
离合器	啮合式　摩擦式	蜗杆蜗轮传动	
制动器		棘轮机构	（外啮合）
在支架上的电动机		槽轮机构	（外啮合）
带传动			

动,共计 3 个独立运动。构件在任一时刻的位置,可以由构件上任意一点 A 的坐标(x, y)以及过 A 点的直线与 x 轴的夹角 φ 等 3 个独立的运动参数来描述,构件的这种独立运动称为自由度。因此一个不受约束构件的平面运动有三个自由度。

当一个构件与其他构件组成运动副后,构件的某些独立运动就要受到限制,自由度减少,这种对构件独立运动的限制称为约束。两个构件之间相对约束的数目和性质取决于运动副的型式。

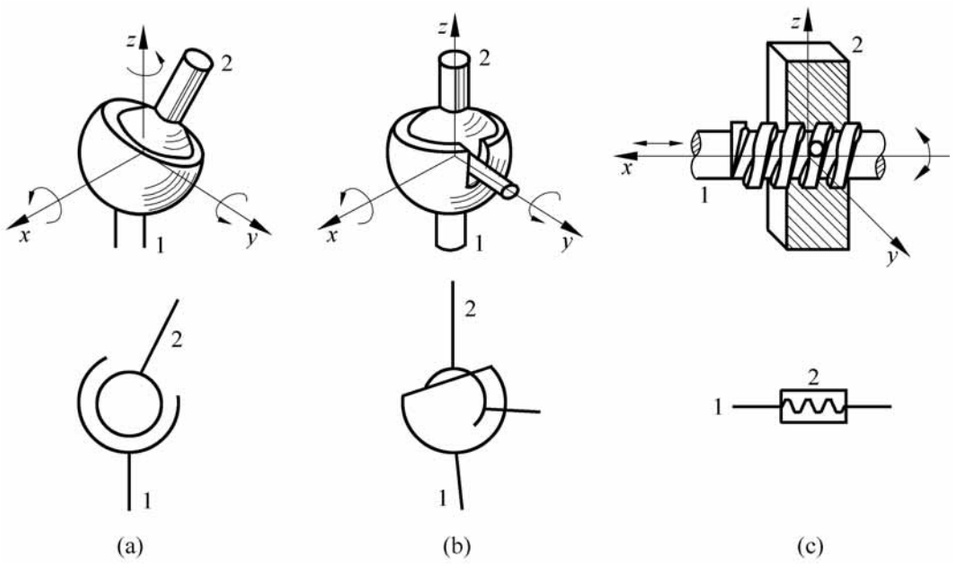


图 1-5 空间运动副及其符号

两构件组成转动副时(图 1-2(a)),构件 2 沿着 x 轴和 y 轴两个方向的移动受到限制,但是可以绕与 xoy 平面垂直的 z 轴转动。因此,转动副的约束数是 2,相对自由度为 1。

两构件组成移动副时(图 1-2(b)),构件 2 沿着 y 轴方向的移动和绕与 xoy 平面垂直的 z 轴的转动受到限制,但是可以沿着 x 轴方向移动。因此,移动副的约束数是 2,相对自由度为 1。

两构件组成平面高副时(图 1-2(c),(d)),构件 2 沿着接触点公法线 $n—n$ 方向的移动受到限制,但是可以沿着接触点公切线 $t—t$ 方向移动和绕接触点转动。因此,平面高副的约束数是 1,相对自由度为 2。

顺便指出,对于空间运动副中的球面副(图 1-5(a)),构件 2 沿着 x 轴、y 轴和 z 轴三个方向的移动受到限制,但是可以绕 x 轴、y 轴和 z 轴转动。因此,它的约束数是 3,相对自由度为 3。球销副与球面副相比,增加了构件 2 绕某轴转动的限制(如图 1-5(b)中的 z 轴),它的约束数是 4,相对自由度为 2。螺旋副中的构件 2 虽然可以沿轴线方向(如图 1-5(c)中的 x 轴)移动和绕该轴转动,但是这两种运动不是相互独立的,它的约束数是 5,相对自由度为 1。

1.2.2 平面机构运动简图

机构中各从动件的运动是由原动件的运动规律及其各运动副的类型、数目和机构的运动学尺寸(如转动副的中心位置、转动副的中心到移动副导路的中心线的距离、移动副导路中心线之间的夹角、高副接触点的位置等)决定的,与构件的外形、断面形状和尺寸、组成构件的零件数目、运动副的具体结构等因素无关。在对机构进行运动和动力分析,或者对机构的结构进行分析时,不考虑与机构运动无关的因素,而是采用规定的运动副符号和代表构件的线条,按照运动学尺寸的比例,画出表示机构运动特性的简单图形,我们称这种图形为机构运动简图,它是对机构进行分析和设计的几何模型。

例 **1-1** 画出冲床(图 1-6(a))的机构运动简图。

解:(1) 冲床机构的运动分析

当冲床的偏心轮 2 在驱动电机的带动下按顺时针方向等速转动时,通过构件 3、4 和 5 带动冲头 6 作上下往复移动,完成冲压工艺动作。其中,运动规律已知的偏心轮 2 是原动件,机床床身 1 是相对地面静止不动的机架,其余构件 3、4、5 和冲头 6 是从动件。

(2) 根据各个构件之间的相对运动性质,确定机构的运动副类型和数目

机架 1 —转动副 O_1— 偏心轮 2 —转动副 A— 连杆 3 —转动副 B— 连架杆 4 —转动副 O_2— 机架 1

连杆 3 —转动副 C— 连杆 5 —转动副 D— 滑块 6 —移动副— 机架 1

可见,冲床机构共含有 6 个转动副和 1 个移动副。

(3) 选择与机构运动平面相平行的平面,作为绘制机构运动简图的视图平面。

(4) 选择适当的长度比例尺,确定机构的有关运动学尺寸,按照规定的运动副和构件符号,绘制出机构的运动简图(图 1-6(b))。

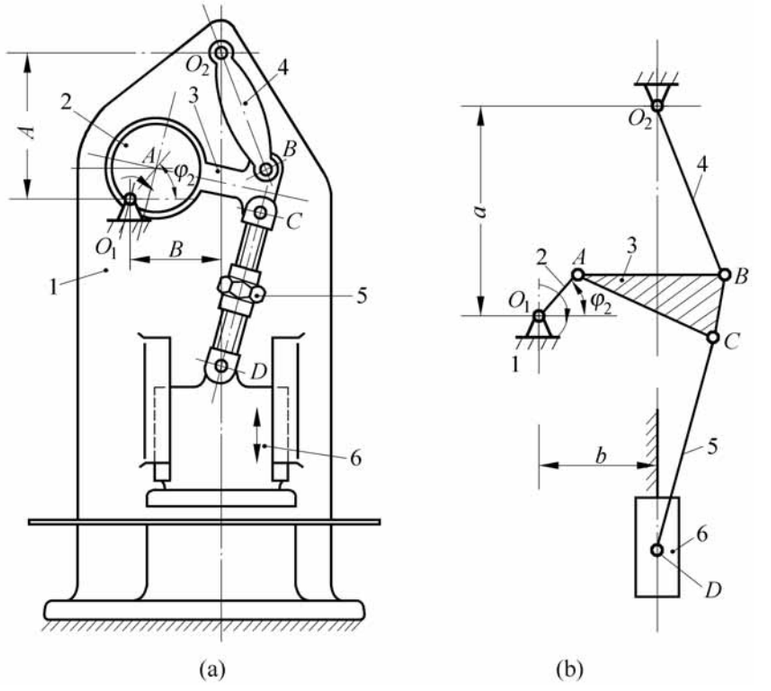


图 1-6　冲床机构及其运动简图

本例中偏心轮 2 与连杆 3 是用转动副连接的,其转动中心就是偏心轮的几何中心 A。因此,两个构件组成转动副时,在画机构的运动简图时不用考虑转动副圆柱实际直径的大小,只需在它的转动中心处用小圆圈表示即可。

1.2.3　平面机构具有确定运动的条件

1. 平面机构的自由度

机构的自由度是指机构中各个构件相对于机架所具有的独立运动参数的数量,它取决于组成机构的活动构件的数目、运动副的类型和数目。

假设某平面机构由 n 个活动构件、P_L 个低副和 P_H 个高副所组成,由于一个不受约束构件的平面运动有三个自由度,一个低副有两个约束条件,一个高副有一个约束条件,因此,平面机构自由度的计算公式是

$$F = 3n - 2P_L - P_H \tag{1-1}$$

该式称为平面机构的结构公式。它表明了一个机构的自由度 F 与该机构所包含的活动构件数 n 以及运动副的类型和数目之间的关系。

例 **1-2** 试计算图 1-6(b)所示的冲床机构的自由度。

解：由于 $n=5$、$P_L=7$ 和 $P_H=0$，代入式(1-1)有

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

2．机构自由度计算中的特殊情况处理

在计算平面机构自由度的时候，有些特殊情况需要进行处理。

(1) 复合铰链

复合铰链是指有 $m(m\geq2)$ 个构件在同一处构成共轴线的转动副。复合铰链处的转动副数目应为 $m-1$。如图 1-7 所示，三个构件在 C 处构成复合铰链，其转动副的数目为 2。

(2) 局部自由度

局部自由度是指机构中某些构件的局部独立运动，它并不影响其他构件的运动。因此计算机构自由度时不考虑其局部自由度，处理方法是将滚子 2 与构件 3 固联，如图 1-8(b)所示。

在图 1-8 所示的滚子从动件凸轮机构中，滚子相对于从动件的转动，从机构运动学的角度来看是局部自由度，它并不影响其他构件的运动，因此，计算机构自由度时不予考虑。但是，它却能将从动件与凸轮轮廓之间的滑动摩擦变成滚动摩擦，起到减少凸轮轮廓与从动件之间高副元素摩擦的作用。

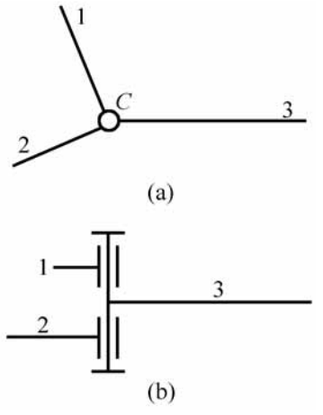


图 1-7 复合铰链

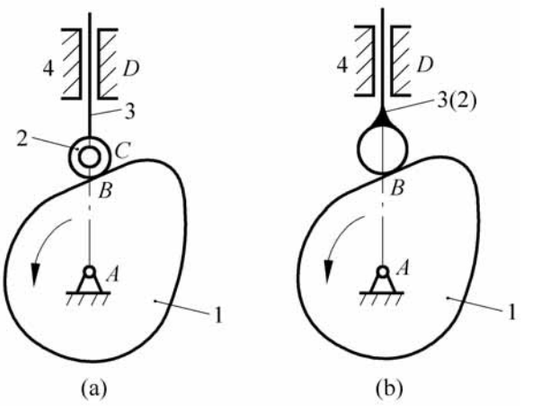


图 1-8 局部自由度

(3) 虚约束

虚约束是指在机构运动分析中不产生实际约束效果的重复约束。常见虚约束的识别和处理如表 1-2 所示。

应当指出，虚约束是在特定的几何条件下形成的，它的存在虽然对机构的运动没有影响，但是它可以改善机构的受力状况，增强机构工作的稳定性。如果这些特定的几何条件不能满足，则虚约束将会变成实际约束，使机构不能运动。因此，在采用虚约束的机构中，对它的制造和装配精度都有严格的要求。

3．机构具有确定运动的条件

根据平面机构的结构公式，当机构的自由度 $F>0$ 时，机构相对于机架是可以运动的。

表 **1-2**　对虚约束的识别和处理

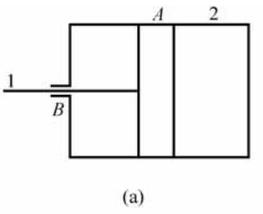
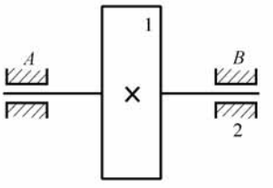
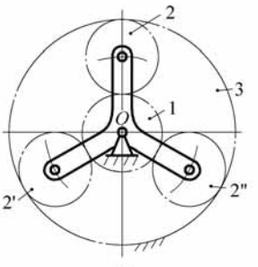
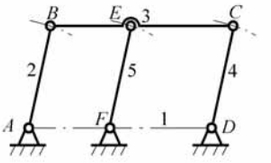
序号	识　别	处　理	图　例
1	重复移动副(两个构件构成导路平行的多个移动副)	只有一个移动副起约束作用,其余的移动副是虚约束	 (a)  (b)  (c)  (d)
2	重复转动副(两个构件构成轴线重合的多个转动副)	只有一个转动副起约束作用,其余的转动副是虚约束	
3	重复结构(机构中不起独立传递运动的结构相同的对称部分)	只有一个构件参与运动的传递,其余的对称结构不计(如图(c)中行星轮 2′与 2″)	
4	重复轨迹(机构中某构件联接点的轨迹与另一构件被联接点的轨迹重合)	除去重复的构件及其引入的运动副(如图(d)中构件 5 及转动副 E 与 F)	

图 1-9 所示铰链四杆机构的自由度 $F=3n-2P_L-P_H=3\times3-2\times4-0=1$,因此,机构相对于机架的独立运动数目为 1。构件 1 与机架用转动副联接,相对于机架的独立运动数目为 1,可以用运动参数 φ 表示。假设给它输入一个独立运动参数 φ 的值,则从动件 2 和 3 都有确定的对应位置 φ 和 φ。

图 1-10 所示铰链五杆机构的自由度 $F=3n-2P_L-P_H=3\times4-2\times5-0=2$,因此,机构相对于机架的独立运动数目为 2。假设给构件 1 输入一个独立运动参数 φ 的值,从动件 2、3 和 4 没有确定的对应位置(可能是图 1-10 中的实线位置、双点划线位置或其他位置);假设分别给构件 1 和 4 输入一组独立运动参数 φ 和 φ 的值,这时从动件 2 和 3 就有确定的对应位置 φ 和 φ。

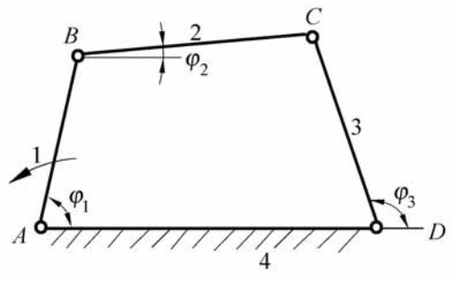


图 1-9　铰链四杆机构

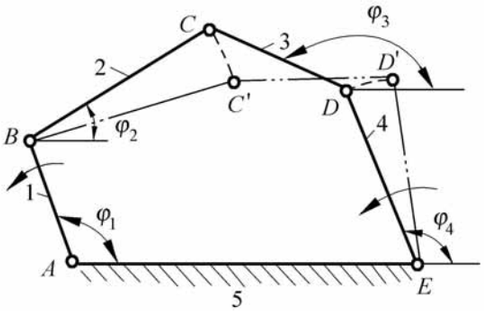


图 1-10　铰链五杆机构

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com