



21世纪 高职高专通用教材

# 机械设计 基础

吕慧瑛 主编

上海交通大学出版社

21 世纪高职高专通用教材

# 机械设计基础

主 编 吕慧瑛

副主编 曹晓明 马贵飞

主 审 周雪梅

上海交通大学出版社

## 内 容 提 要

本书根据《机械设计基础》教学基本要求以及最新国家标准而编写的。全书共分成 18 章,包括:绪论、平面机构的结构分析、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、齿轮传动、蜗杆传动、齿轮系、带传动、链传动、间歇运动机构、螺纹联接与螺旋传动、轴壳联接、轴承、轴、其他常用零部件、机械的平衡与调速以及机械系统设计简介。各章备有一定数量的习题,以便选用。

本书可作为高等工程专科学校或职业大学机械类及近机类学生机械设计(机械原理和机械零件)及机械设计基础教学用书,也可作为职工大学、成人高校等教学用书,还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 / 吕慧瑛主编. - 2 版. - 上海: 上海交通大学出版社, 2001

21 世纪高职高专通用教材

ISBN 7-313-01338-8

I. 机... II. 吕... III. 机械设计 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 043134 号

## 机 械 设 计 基 础

吕慧瑛 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码: 200030)

电话: 64071208 出版人: 张天蔚

太仓市印刷厂有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 19.75 字数 482 千字

2001 年 8 月第 2 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 - 5050

ISBN 7-313-01338-8/TH · 012 定价: 26.00 元

---

版权所有 侵权必究

# 21 世纪高职高专通用教材 编 审 委 员 会

## 主 任 名 单

(以姓氏笔划为序)

### 编审委员会顾问

白同朔 詹平华

### 编审委员会名誉主任

王式正 叶春生

### 编审委员会主任

闵光泰 潘立本

### 编审委员会副主任

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 王永祥 | 王俊堂 | 王继东 | 牛宝林 |
| 东鲁红 | 冯伟国 | 朱家建 | 朱懿心 |
| 吴惠荣 | 房世荣 | 郑桂富 | 赵祥大 |
| 秦士嘉 | 黄 斌 | 黄永刚 | 常立学 |
| 薛志兴 |     |     |     |

## 序

发展高等职业技术教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年青的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和要求的教材却似凤毛麟角。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙州职业工学院、上海交通高等职业技术学校、上海交大技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、江阴职工大学、江南学院、常州职业技术师范学院、苏州职业大学、锡山市职业教育中心、上海商业职业技术学院、福州大学职业技术学院、芜湖职业技术学院、青岛职业技术学院、宁波高等专科学校、上海工程技术大学等70余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高职高专通用教材》,将由上海交通大学出版社陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

叶春生

2000年4月5日

# 前 言

本书根据《机械设计基础》教学基本要求以及目前教学改革发展的需要而编写,针对高职、高专学生工作的现状与未来,突出了以培养应用性技术人材为目标,教材中贯彻了复合性、实用性和先进性,具有较强的针对性。

本书有机融合了机械原理和机械零件课程的内容,可供机械类和近机类专业学生使用。参考学时为 90~110 学时。

参加本书编写的有:苏州职业大学吕慧瑛(第 1,第 3,第 4,第 8,第 18 章),江阴职工大学聂荣兴(第 2,第 5,第 13,第 14 章),镇江高等专科学校马贵飞(第 6,第 9,第 10,第 11,第 15 章),苏州职业大学魏宜燕(第 7,第 17 章),上海应用技术学院曹晓明(第 12,第 16 章)。全书由吕慧瑛担任主编,曹晓明和马贵飞担任副主编,并由吕慧瑛负责全书的统稿,泰州职业技术学院周雪梅副教授担任主审。

由于编者水平有限,缺点错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2000 年 12 月

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....          | 1  |
| 1.1 机械设计研究的对象 .....            | 1  |
| 1.2 机械设计的内容与步骤 .....           | 2  |
| 1.3 本课程的内容、性质和任务.....          | 4  |
| <b>第 2 章 平面机构的结构分析</b> .....   | 5  |
| 2.1 机构结构分析的目的与内容 .....         | 5  |
| 2.2 平面机构的组成 .....              | 5  |
| 2.3 平面机构运动简图 .....             | 9  |
| 2.4 平面机构的自由度.....              | 11 |
| 思考题与习题 .....                   | 17 |
| <b>第 3 章 平面连杆机构</b> .....      | 19 |
| 3.1 概述.....                    | 19 |
| 3.2 平面连杆机构的基本型式及其演化.....       | 19 |
| 3.3 平面连杆机构的基本特性.....           | 25 |
| 3.4 平面四杆机构的运动设计.....           | 29 |
| 思考题与习题 .....                   | 36 |
| <b>第 4 章 凸轮机构</b> .....        | 39 |
| 4.1 凸轮机构的应用和分类.....            | 39 |
| 4.2 从动件常用运动规律.....             | 41 |
| 4.3 凸轮轮廓曲线的设计.....             | 44 |
| 4.4 凸轮机构基本尺寸的确定.....           | 48 |
| 思考题与习题 .....                   | 50 |
| <b>第 5 章 齿轮机构</b> .....        | 53 |
| 5.1 概述.....                    | 53 |
| 5.2 渐开线齿廓及其啮合特性.....           | 55 |
| 5.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸..... | 59 |
| 5.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动.....      | 64 |
| 5.5 渐开线齿廓的切削加工及根切现象.....       | 71 |
| 5.6 变位齿轮和变位齿轮传动.....           | 74 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 5.7 平行轴斜齿圆柱齿轮机构.....         | 77         |
| 5.8 直齿圆锥齿轮机构.....            | 84         |
| 思考题与习题 .....                 | 88         |
| <b>第 6 章 齿轮传动 .....</b>      | <b>90</b>  |
| 6.1 齿轮传动的失效形式和常用齿轮材料.....    | 90         |
| 6.2 齿轮传动的精度.....             | 97         |
| 6.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算.....  | 98         |
| 6.4 平行轴标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 ..... | 105        |
| 6.5 标准直齿圆锥齿轮传动的强度计算 .....    | 110        |
| 6.6 齿轮的结构和齿轮传动润滑 .....       | 112        |
| 思考题与习题.....                  | 115        |
| <b>第 7 章 蜗杆传动.....</b>       | <b>117</b> |
| 7.1 蜗杆传动的特点和类型 .....         | 117        |
| 7.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸 .....     | 118        |
| 7.3 蜗杆传动的失效形式和常用材料 .....     | 122        |
| 7.4 蜗杆传动的承载能力计算 .....        | 123        |
| 7.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算.....    | 126        |
| 7.6 蜗杆和蜗轮的结构 .....           | 129        |
| 思考题与习题.....                  | 130        |
| <b>第 8 章 齿轮系.....</b>        | <b>131</b> |
| 8.1 齿轮系及其分类 .....            | 131        |
| 8.2 定轴齿轮系传动比的计算 .....        | 132        |
| 8.3 行星齿轮系传动比的计算 .....        | 133        |
| 8.4 组合行星齿轮系传动比的计算 .....      | 136        |
| 8.5 齿轮系的应用 .....             | 137        |
| 思考题与习题.....                  | 140        |
| <b>第 9 章 带传动.....</b>        | <b>143</b> |
| 9.1 概述 .....                 | 143        |
| 9.2 V 带和带轮 .....             | 144        |
| 9.3 带传动的工作情况分析 .....         | 149        |
| 9.4 普通 V 带传动的设计计算 .....      | 153        |
| 9.5 带传动的张紧与维护 .....          | 162        |
| 思考题与习题.....                  | 163        |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第 10 章 链传动</b>       | 165 |
| 10.1 概述                 | 165 |
| 10.2 链传动的失效形式及主要参数的选择   | 168 |
| 10.3 链传动的布置、张紧和润滑       | 172 |
| 思考题与习题                  | 173 |
| <b>第 11 章 间歇运动机构</b>    | 174 |
| 11.1 棘轮机构               | 174 |
| 11.2 槽轮机构               | 177 |
| 11.3 不完全齿轮机构            | 179 |
| 思考题与习题                  | 180 |
| <b>第 12 章 螺纹联接与螺旋传动</b> | 181 |
| 12.1 螺纹                 | 181 |
| 12.2 螺旋副的受力分析、自锁与效率     | 183 |
| 12.3 螺纹联接的主要类型和标准螺纹联接件  | 186 |
| 12.4 螺纹联接的预紧与防松         | 188 |
| 12.5 螺栓组联接的结构设计与受力分析    | 191 |
| 12.6 螺栓联接的强度计算          | 196 |
| 12.7 提高螺栓联接强度的措施        | 201 |
| 12.8 螺旋传动               | 203 |
| 思考题与习题                  | 206 |
| <b>第 13 章 轴-毂联接</b>     | 209 |
| 13.1 键联接                | 209 |
| 13.2 花键联接               | 214 |
| 13.3 销联接                | 215 |
| 思考题与习题                  | 215 |
| <b>第 14 章 轴承</b>        | 217 |
| 14.1 轴承的功用与类型           | 217 |
| 14.2 滚动轴承的组成、类型及代号      | 217 |
| 14.3 滚动轴承类型的选择          | 221 |
| 14.4 滚动轴承工作情况分析及寿命计算    | 222 |
| 14.5 滚动轴承的尺寸选择          | 230 |
| 14.6 滚动轴承的组合设计          | 233 |
| 14.7 滑动轴承               | 241 |
| 思考题与习题                  | 247 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>第 15 章 轴</b>        | 249 |
| 15.1 概述                | 249 |
| 15.2 轴的结构设计            | 252 |
| 15.3 轴的强度计算            | 259 |
| 思考题与习题                 | 264 |
| <b>第 16 章 其他常用零、部件</b> | 267 |
| 16.1 联轴器               | 267 |
| 16.2 离合器               | 274 |
| 16.3 制动器               | 278 |
| 16.4 弹簧                | 281 |
| <b>第 17 章 机械的平衡与调速</b> | 286 |
| 17.1 机械平衡的目的与分类        | 286 |
| 17.2 刚性回转件的平衡          | 286 |
| 17.3 机械运转速度波动的调节       | 290 |
| 思考题与习题                 | 292 |
| <b>第 18 章 机械系统设计简介</b> | 293 |
| 18.1 常用执行机构、传动机构性能比较   | 293 |
| 18.2 执行机构的协调设计和运动循环图   | 296 |
| 18.3 机械设计实例            | 298 |
| 思考题与习题                 | 300 |
| <b>参考文献</b>            | 301 |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 机械设计研究的对象

机械设计研究的对象是机械,这里的机械是机器和机构的总称。

人们在生产、生活中广泛使用着各类机器。如图 1-1 所示的单缸四冲程内燃机,它由曲轴 1、连杆 3、活塞 4、气缸体 5 和阀杆 9、凸轮 10、齿轮 12,13 以及气阀 7、机座 14 等组成。燃气在缸内通过进气—压缩—爆发—排气的过程,使燃气燃烧产生的热能转变成曲轴转动的机械能。又如图 1-2 所示的单轴六角自动车床,装在分配轴 z 上的凸轮 1,2,3 分别推动摆杆 4,5,6 在一定范围内摆动,摆杆又通过齿轮-齿条 7~10 或通过连杆 12 再带动齿轮-齿条 11 传动,从而驱动前(A)、后(B)、立(C)三个刀架协调动作完成切削功能。

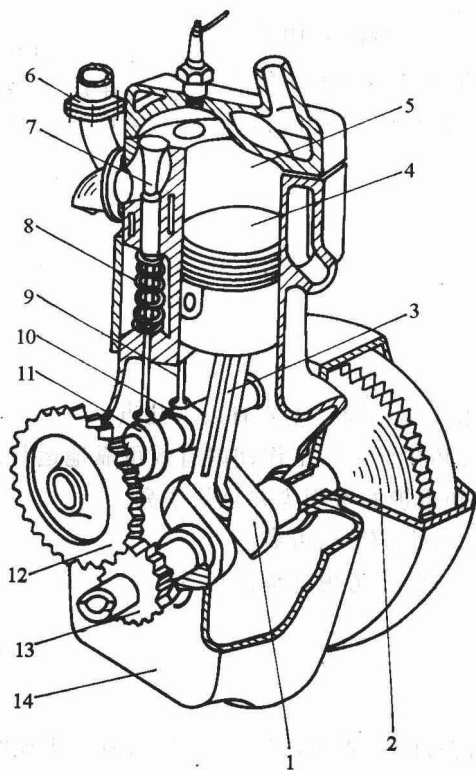


图 1-1 单缸四冲程内燃机

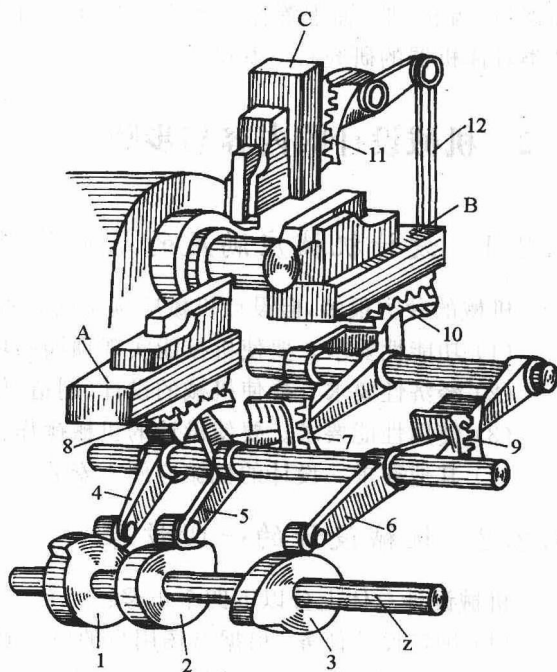


图 1-2 单轴六角自动车床

内燃机和车床都叫机器,机器的种类多种多样,它们的结构、用途各不相同,但它们都是由各种机构组合而成的。

机构是能够实现运动的传递或变换的系统,如内燃机中的齿轮 12 和 13 组成的齿轮机构将

曲轴的转动传给凸轮轴并可改变转速的大小和方向;由缸体、活塞、连杆、曲轴组成的连杆机构将活塞的移动转换成曲轴的转动;由凸轮、阀杆组成的凸轮机构将凸轮的转动转换成阀杆的移动,由此控制进、排气阀的开闭。而由若干个机构组成的机器不仅能变换运动,还能变换机械能(如内燃机)或完成有用的功(如自动车床)。但从结构和运动观点来看,机器和机构并无差别,工程上统称为“机械”。

随着科学技术的发展,机械的含义已突破了传统的概念,它不仅能传递运动和动力,而且能传递信息,不仅能代替人的体力劳动,还能代替人的脑力劳动,如记账机、电子计算机等。机构也不仅仅由刚体组成,气体或液体也可参预运动的传递或变化。

机械中不可拆卸的基本单元称为零件,如齿轮、轴、凸轮等,它是制造的单元体。机械中的运动单元称为构件,它可以是一个零件,也可以由几个无相对运动的零件组成,如连杆由连杆头、连杆体、螺栓和螺母等组成,如图1-3所示。机械中由若干个零件装配而成能完成特定任务的一个独立组成部分叫部件,它可以是一个构件如连杆,也可以是多个构件组成,如轴承、联轴器等。若干个部件根据功能又可组成机器的原动部分、传动部分、执行部分及控制部分,从而组成一台完整的机器。

机器的种类异常繁多,但组成机器的机构种类却是有限的,因此以各种机械中的常用机构如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构等以及通用零部件如螺钉、齿轮、带、轴承等作为研究对象建立分析及设计的一般方法,可为各类具体机器的研究打下基础。

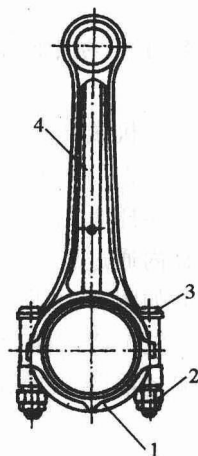


图1-3 连杆

1—连杆头 2—螺母  
3—螺栓 4—连杆体

## 1.2 机械设计的内容与步骤

### 1.2.1 设计机械应满足的基本要求

机械的种类很多,但设计机械应满足的基本要求大致相同。主要有以下几点:

- (1) 功能性要求。要使机械能实现预期的功能,并在预定的工作期内有效可靠地运行。
- (2) 经济性要求。要使机械的设计、制造、使用和维护的费用少并且效率高。
- (3) 使用性能要求。要使设计的机械操作方便、省力、安全、可靠。
- (4) 其他要求。设计的机械应便于安装、运输、拆卸,要考虑环境保护等。

### 1.2.2 机械设计的一般步骤

机械设计总体上分以下四个步骤:

(1) 确定设计任务。根据市场用户的要求确定机械的功能和各项性能指标,研究实现的可能性,最后确定设计目标,编制设计任务书。

(2) 方案设计。根据设计目标确定机械的工作原理、传动路线,拟定合理的运动方案,完成机械运动简图设计。

(3) 结构设计。根据机械运动简图,通过分析、计算、确定机械的总体结构,并进一步设计出相应的零部件,绘制零件工作图,编制必需的技术文件。

(4) 改进设计。设计的结果能否达到预期的目标必须经过试制与鉴定,并进行必要的修改和完善以至使产品达到设计要求,提高它的生命力。

### 1.2.3 机械设计方法的新发展

随着科学技术迅猛发展,计算机技术渗透各个领域,机械设计方法也从传统设计方法向现代设计方法进展。传统设计方法是静态的、经验的、手工式的;而现代设计方法是动态的、科学的、计算机化的。现代设计方法是科学方法论在设计中的应用,它包含许多方面,如信息论方法,它是现代设计的依据;系统论方法,它是现代设计的前提;动态分析法,它是现代设计的深化;最优化,它是现代设计的目标;相似模拟法,它是现代设计的捷径;智能论方法,它是现代设计的核心;模糊论方法,它是现代设计的发展;创造性设计法,它是现代设计的基础等等。在具体的设计阶段中,又采用了各种相应的现代设计技术,下面简单介绍几种近几十年来发展较快、应用较广的机械设计新方法。

#### A 优化设计

优化设计是使某项设计在规定的限制条件下,优选设计参数,使某项或某几项设计指标获得最优值。它的具体做法是将设计问题的物理模型转变成数学模型,将设计中要确定的参数选为设计变量,将设计中必须要满足的条件作为约束条件,将设计所要求的指标列为目标函数,写出目标函数、约束条件与设计变量之间的函数关系,然后选用适当的最优化方法,在计算机上求解数学模型。它可以在众多的设计方案中自动探优,从而获得理想的结果。

#### B 有限单元法

有限单元法是假想把连续结构分割成有限个形状规则的在节点处连接的单元,结构原来承受的外载或约束也移置到节点,然后建立节点力与节点位移之间的关系,用计算机来求解该联立方程组。它也可以进一步求得应力、应变等物理参数。有限单元法已被公认为结构分析等数值计算的有效工具,目前国际上较大的结构分析有限元程序已有几百种,我国也正处在蓬勃发展的新时期。

#### C 可靠性设计

可靠性设计是可靠性工程学的重要组成部分,它把随机方法应用于工程设计中,能有效提高产品的设计水平和质量,降低产品的成本。在可靠性设计中,将载荷、材料性能与强度、零部件的尺寸等都看成属于某种概率分布的统计量,应用概率统计理论及强度理论,求出在给定条件下零部件不产生破坏的概率公式,进而设计出满足可靠性指标的零部件的尺寸。

可靠性预测也是可靠性设计的重要内容之一,它在设计阶段即从所得的失效率数据预报零部件和系统实际可能达到的可靠度,预报这些零部件和系统在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的概率。

可靠性设计的另一重要内容是可靠性的分配,它将系统规定的容许失效概率合理地分配给该系统的零部件,以期获得合理的系统设计。

## D 计算机辅助设计

计算机辅助设计是利用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计的一种方法和技术。它是一门多学科综合应用的新技术,它包括:图形处理技术、工程分析技术、数据管理与数据交换技术、图文档处理技术、软件设计技术等。它可以有效地与产品开发的下游工作(CAM,CAPP,CAE,CAT 等)结合形成计算机集成制造系统。

## 1.3 本课程的内容、性质和任务

机械在国民经济建设和发展中起着十分重要的作用。本课程研究的对象就是机械中的常用机构和通用零部件,研究它们的工作原理、结构特点、运动和动力性能、基本设计理论、计算方法以及一些零部件的选用和维护。它是一门技术基础课,它综合运用高等数学、工程力学、工程材料、机械制图、机械基础等基础知识,解决常用机构和通用零部件的分析和设计问题。通过本课程的学习,要求学生掌握机构的结构分析、运动特性,具有设计常用机构的能力;掌握通用零件的设计方法,初步具备设计简单机械传动装置的能力;具有查阅及运用资料手册的能力,并获得实验技能的初步训练。总之,本课程是一门理论性和实践性都很强的机械类及近机类专业的主干课之一,具有承上启下的作用,是机械工程师和机械管理工程师的必修课程。

## 第 2 章 平面机构的结构分析

### 2.1 机构结构分析的目的与内容

#### 2.1.1 机构结构分析的目的

对机构进行结构分析,其目的在于探讨机构运动的可能性及其具有确定运动的条件;将各式各样的机构按结构加以分类,以便按这种分类建立分析和研究的一般方法;通过结构分析掌握正确绘制运动简图的方法。除此之外,研究机构的结构还可以指出合理设计机构和创造新机构的途径。

#### 2.1.2 机构结构分析的内容

从结构分析的目的出发,结构分析的内容包含以下三个方面。

##### A 研究机构的组成及其具有确定运动的条件

机构作为传递运动和动力或改变运动形式的机械装置,是由具有确定相对运动的构件组合而成的。因此,在进行机构设计时,我们必须首先判定机构是否能够运动,并且在什么条件下才具有确定的运动。

##### B 根据结构特点进行机构的结构分类

现代技术的发展使机构形式繁多,逐个进行分析已不可能。但可以对成千上万的机构按结构特点进行分类。对同一类的机构,采用同一方法进行分析 and 研究,最终使问题简化。

##### C 正确绘制机构运动简图

组成机构的构件,其外形和构造一般比较复杂,但这些外形和具体构造并不影响机构的相对运动。因此,在研究机构的运动时,可忽略与运动无关的外形和具体结构,只要根据构件间联接的特点及有关运动尺寸,用简单的线条、符号绘制机构运动简图,以作为机构分析时使用。

### 2.2 平面机构的组成

#### 2.2.1 运动副

因为机构是由若干个具有确定相对运动的构件组成,所以在机构中,每个构件都需以一定的方式与其他构件相互联接,且这种联接能使两构件间产生一定的相对运动。通常我们把使两构件直接接触而又能产生一定相对运动的联接称作运动副。如图 2-1 所示轴颈和轴承之间的联接(图 2-1

(a)、滑块和导槽之间的联接(图 2-1(b))以及齿轮和齿轮的联接(图 2-1(c))都构成运动副。

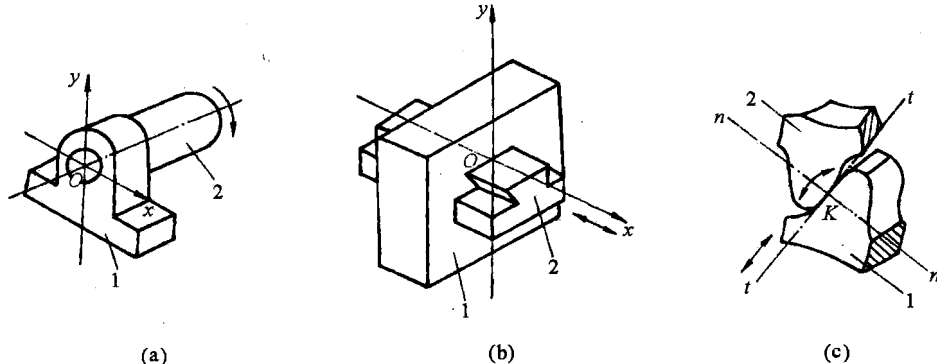


图 2-1 平面运动副

两构件上直接接触而构成运动副的点、线、面称为运动副元素。按运动副元素不同可以把运动副分为低副和高副两类。凡以面接触形成的运动副称为低副,如图 2-1(a),(b)所示;以点或线接触形成的运动副称为高副,如图 2-1(c)所示。

按形成运动副的两构件之间产生的相对运动是平面运动还是空间运动,可以把运动副分为平面运动副和空间运动副两大类。图 2-1 所示为平面运动副,图 2-2 所示为空间运动副。本章主要讨论平面运动副。

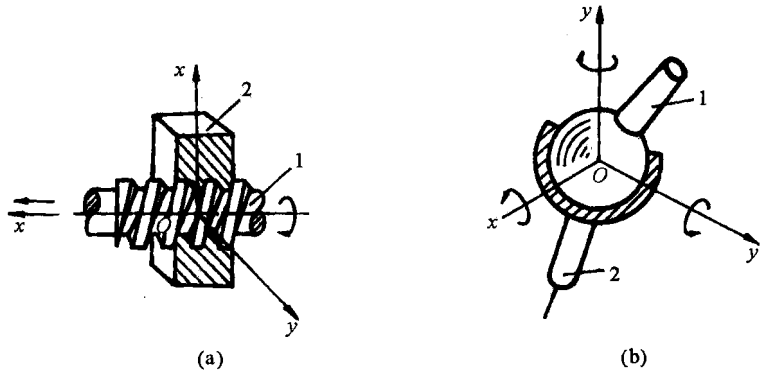


图 2-2 空间运动副

### 2.2.2 平面构件的自由度和运动副的约束

由理论力学可知,作平面运动的刚体具有三个独立运动参数,即沿  $x$  方向的移动、沿  $y$  方向的移动和绕垂直于  $xOy$  平面的轴的转动,如图 2-3 所示。构件所具有的独立运动参数的数目称为构件的自由度。因此,一个作平面运动的构件具有三个自由度。

一个构件与另一个构件通过运动副联接以后,每个构件的运动便受到限制。运动副对构件运动的这种限制作用称为约束。运动副的约束使机构中每个构件的自由度相应地减少,减少的数目就等于运动副引入的约束数目。不同的运动副产生的约束数目也

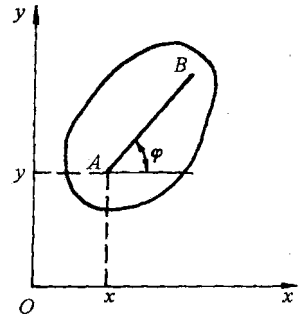


图 2-3 构件在平面中的自由度

不尽相同。

### 2.2.3 常见的平面运动副

常见的平面运动副有以下几种。

#### A 转动副

图 2-4 所示的运动副,是由轴颈 2 与轴承 1 的两个圆柱面接触而成的,它限制了轴颈 2 沿  $x$  轴和  $y$  轴的两个相对移动,故约束数为 2。它允许轴颈绕垂直于  $xOy$  平面的  $O$  轴作相对转动。这种允许构件作相对转动的运动副称为转动副,也称回转副或铰链。

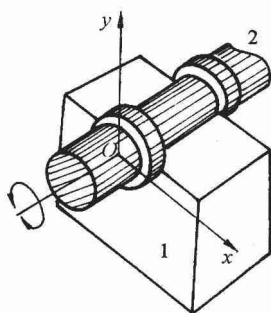


图 2-4 转动副

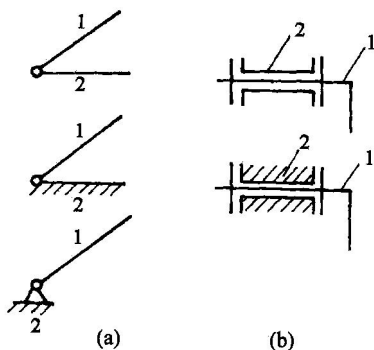


图 2-5 转动副的符号

转动副可用图 2-5 所示符号表示。其中图 2-5(a)所示符号为转动轴线垂直于纸面,轴线位于小圆圈的中心。图 2-5(b)表示轴线位于纸平面内。图中有剖面线的构件表示固定构件,也即机架。

#### B 移动副

图 2-6 所示的运动副,是由滑块 2 与导轨 1 的两个平面接触而形成的。导轨 1 限制了滑块 2 沿  $y$  轴的移动和绕垂直于  $xOy$  平面的轴线的转动,故约束数为 2。允许滑块 2 沿  $x$  轴作相对移动。这种允许构件作相对移动的运动副,称为移动副。

移动副可用图 2-7 所示的符号表示,图中有剖面线的构件表示固定构件。

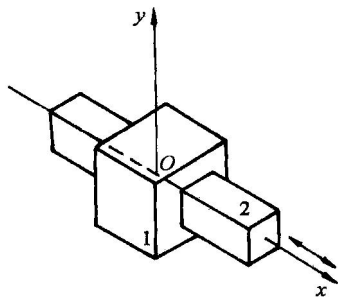


图 2-6 移动副

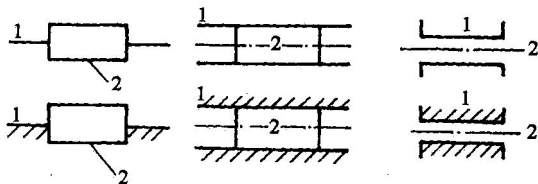


图 2-7 移动副的符号

转动副和移动副都是低副,它们的约束数均为 2。