

高职高专规划教材

# 机械设计与制造基础

主 编 阎秀华 苗淑杰  
副主编 石美玉 安永东  
主 审 孙凤英

机械工业出版社

本书是根据 1996 年教育部审定的高等工程专科学校机械基础系列课程教材的教学基本要求编写的。

本书共十九章。主要内容包括机构的结构分析、常用机构及设计；公差与配合的国家标准及应用；机械加工工艺过程的基础知识；工件在加工过程中的定位、夹紧、典型的机床夹具及设计；通用零部件的结构、类型、特点及设计方法。各章附有内容提要、复习思考题和习题。

本书可作为高等工程专科学校及高等职业技术学校机械类各专业的机械基础、机械设计基础教材（推荐学时 110~130），也可作为成人教育有关专业的教材，还可供其他相近专业及有关专业的工程技术人员参考。

## 图书在版编目（CIP）数据

机械设计与制造基础/阎秀华主编. —北京：机械工业出版社，2002.7

ISBN 7-111-10041-7

. 机... . 阎... . 机械设计 机械制造工  
艺 . TH122 TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 035004 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：杨民强 版式设计：张世琴 责任校对：魏俊云  
王正琼

封面设计：陈沛 责任印制：闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·16.625 印张·649 千字

0 001—4 000 册

定价：42.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换  
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527  
封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本书是在 1996 年编写的《机械设计与制造基础》教材的基础上, 根据教育部关于高等职业技术教育改革文件精神, 结合多年来的教学实践经验编写修订的。

为了适应高等职业技术教育培养应用性人才的需要, 本书在课程内容和课程体系方面进行了大幅度改革。编者通过对高等职业技术教育教学特色的深入研究, 认真理解和贯彻“基础理论教学以应用为目的, 以必须、够用为度”的教学改革原则, 全面总结我校机械类各专业教学改革的成功经验, 在突出应用能力的培养和训练这一宗旨的指导下, 将《机械原理》、《机械设计》、《机械制造工艺》及《互换性与测量技术基础》四门课程的主干内容进行整合, 避免了课程之间的重复, 使相关内容有机结合, 形成了新的课程体系。本书内容包括常用机构及设计、公差与配合的国家标准及应用、机械加工工艺过程及机床夹具的基本知识、通用零部件的设计。

在本书编写过程中, 注意突出教学内容的针对性和实用性, 注意现代技术的应用及新标准的贯彻实施。

参加本书编写的人员有(按章节顺序): 苗淑杰(第一、二、三、四、五章)、陈琦(第六章)、于海波(第七章)、阎秀华(第八、十三、十四、十五章)、石美玉(第九、十章)、安永东(第十一、十二章)、王慧文(第十六章)、耿雪霏(第十七章)、石健滨(第十八章)、戴彤焱(第十九章)。全书由阎秀华、苗淑杰任主编, 石美玉、安永东任副主编。

本书由黑龙江工程学院孙凤英教授主审, 并对本书的教学内容和课程体系提出了许多宝贵的意见和建议, 在此表示谢意。

由于编者水平有限和编写时间仓促, 因而误漏欠妥之处在所难免, 恳请广大读者给予批评指正。

编 者

# 目 录

## 前 言

第一章 绪论 .....	1
第一节 引言 .....	1
第二节 本课程的研究对象 .....	1
第三节 机械设计的基本要求和一般过程 .....	3
第四节 本课程的性质与任务 .....	4
第五节 现代设计方法简介 .....	5
第二章 平面机构的结构分析 .....	7
第一节 机构的组成 .....	7
第二节 平面机构运动简图 .....	10
第三节 机构具有确定运动的条件 .....	14
第四节 平面机构自由度的计算及应注意的问题 .....	16
复习思考题 .....	20
习题 .....	21
第三章 平面连杆机构及其设计 .....	24
第一节 概述 .....	24
第二节 铰链四杆机构的基本类型及其演化 .....	24
第三节 平面四杆机构存在曲柄的条件及工作特性 .....	31
第四节 平面四杆机构的运动设计 .....	35
复习思考题 .....	40
习题 .....	40
第四章 凸轮机构及其设计 .....	43
第一节 凸轮机构及其分类 .....	43
第二节 从动件常用运动规律 .....	46
第三节 图解法设计凸轮轮廓 .....	50
第四节 解析法设计凸轮轮廓 .....	54
第五节 凸轮机构设计中应注意的问题 .....	56
复习思考题 .....	58
习题 .....	59
第五章 极限与配合 .....	61
第一节 概述 .....	61
第二节 基本术语和定义 .....	63
第三节 基准制 .....	71

第四节	极限与配合的国家标准 .....	73
第五节	极限与配合的选用 .....	82
复习思考题	.....	89
习题	.....	90
第六章	形状与位置公差 .....	91
第一节	基本概念 .....	91
第二节	形位公差的特征项目、符号、标注及公差带 .....	93
第三节	公差原则与公差要求 .....	107
第四节	形位公差的选用 .....	114
复习思考题	.....	119
习题	.....	119
第七章	表面粗糙度 .....	122
第一节	表面粗糙度及对零件使用性能的影响 .....	122
第二节	表面粗糙度的评定 .....	123
第三节	表面粗糙度的参数值及其选用 .....	126
第四节	表面粗糙度符号、代号及其注法 .....	131
复习思考题	.....	135
习题	.....	135
第八章	机械中的摩擦和机械效率 .....	136
第一节	概述 .....	136
第二节	运动副中的摩擦 .....	137
第三节	机械的效率 .....	144
第四节	机械的自锁 .....	147
复习思考题	.....	153
习题	.....	154
第九章	机械加工工艺过程概述 .....	157
第一节	生产过程和工艺过程 .....	157
第二节	生产类型及工艺特征 .....	159
第三节	机械加工工艺规程 .....	161
第四节	工艺路线的拟定 .....	167
第五节	工序具体内容的确定 .....	178
复习思考题	.....	184
习题	.....	184
第十章	工件的安装及机床夹具设计 .....	187
第一节	概述 .....	187
第二节	工件在夹具中的定位 .....	191
第三节	定位误差的分析与计算 .....	204
第四节	工件的夹紧及夹紧机构 .....	211

第五节 夹具的其他装置 .....	219
第六节 专用夹具设计方法和步骤 .....	223
复习思考题 .....	227
习题 .....	228
<b>第十一章 齿轮传动</b> .....	<b>232</b>
第一节 齿轮传动的特点和分类 .....	232
第二节 齿廓啮合基本定律 .....	234
第三节 渐开线及渐开线齿廓 .....	235
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分的名称和尺寸 .....	238
第五节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动 .....	242
第六节 渐开线齿轮的加工 .....	245
第七节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的根切现象及不根切的最少齿数 .....	248
第八节 变位齿轮概述 .....	249
第九节 齿轮传动的失效形式及设计准则 .....	253
第十节 齿轮的材料和热处理 .....	255
第十一节 齿轮公差与检测 .....	258
第十二节 齿轮传动的载荷计算 .....	276
第十三节 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	281
第十四节 平行轴斜齿圆柱齿轮机构 .....	292
第十五节 平行轴标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	295
第十六节 直齿圆锥齿轮传动 .....	300
第十七节 齿轮结构 .....	305
第十八节 蜗杆传动 .....	306
第十九节 轮系 .....	317
复习思考题 .....	326
习题 .....	327
<b>第十二章 带传动与链传动</b> .....	<b>330</b>
第一节 带传动的类型及应用 .....	330
第二节 带传动的工作能力分析 .....	332
第三节 V 带及带轮 .....	336
第四节 普通 V 带传动的设计计算 .....	341
第五节 带传动的张紧装置 .....	349
第六节 链传动的特点及应用 .....	352
第七节 链条与链轮 .....	352
第八节 链传动的运动特性与受力分析 .....	358
第九节 滚子链传动的设计计算 .....	361
复习思考题 .....	368
习题 .....	368

<b>第十三章 螺纹联接和螺旋传动</b> .....	369
第一节 螺纹联接的基本知识 .....	369
第二节 螺栓组的结构设计与受力分析 .....	377
第三节 单个螺栓的强度计算 .....	382
第四节 提高螺栓联接强度的措施 .....	388
第五节 螺旋传动 .....	393
复习思考题 .....	398
习题 .....	399
<b>第十四章 轴及轴毂联接</b> .....	401
第一节 概述 .....	401
第二节 轴的设计 .....	404
第三节 轴毂联接 .....	420
复习思考题 .....	431
习题 .....	431
<b>第十五章 轴承</b> .....	433
第一节 摩擦、磨损与润滑的基本知识 .....	433
第二节 滑动轴承的结构和材料 .....	440
第三节 液体动压润滑轴承的基本原理 .....	446
第四节 不完全油膜滑动轴承的设计 .....	448
第五节 滚动轴承的结构、类型、代号和选择 .....	450
第六节 滚动轴承的失效形式及选择计算 .....	458
第七节 滚动轴承的组合设计 .....	469
复习思考题 .....	477
习题 .....	478
<b>第十六章 联轴器和离合器</b> .....	479
第一节 联轴器 .....	479
第二节 离合器 .....	483
复习思考题 .....	486
<b>第十七章 机械的平衡</b> .....	487
第一节 机械平衡的目的和分类 .....	487
第二节 回转构件的平衡 .....	488
第三节 平面机构的静平衡 .....	492
复习思考题 .....	493
习题 .....	494
<b>第十八章 其他常用机构</b> .....	495
第一节 棘轮机构 .....	495
第二节 槽轮机构 .....	500
第三节 其他间歇运动机构 .....	503

第四节 组合机构及机构选型概要 .....	505
复习思考题 .....	510
习题 .....	510
<b>第十九章 机器的运转及其速度波动的调节 .....</b>	<b>511</b>
第一节 研究机器运转及其速度波动调节的目的 .....	511
第二节 机械系统的等效动力学模型 .....	512
第三节 机器速度波动的调节 .....	518
复习思考题 .....	522
习题 .....	522
<b>参考文献 .....</b>	<b>523</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 引 言

人类在长期的生产实践中，创造和发展了机械。机械是机器与机构的总称。机器是人类进行生产以提高劳动生产率，改善劳动条件，提高产品质量的主要工具。在现代生产活动和日常生活中，经常见到的如汽车、各种机床、电动机、洗衣机、缝纫机、机器人、计算机等都是机器。

早在远古时期，杠杆、楔和滚子等工具和简单机械就用于建筑和运输行业中；东汉张衡将杆机构巧妙地使用在人类第一台地震仪候风地动仪上；元朝发明了利用曲柄、滑块和飞轮的纺织机等。在现代，机械工业更加得到飞速的发展。目前，我国不但能自行设计制造大型、精密、成套和高新技术设备，而且在不少技术门类中，接近和赶上先进国家水平，有的已处于领先地位。

机械的发展程度是国家工业水平、社会生产力发展水平的重要标志之一，为了加速工业、农业、国防和科学技术的现代化进程，要求机械工业不断提供更新、更好的现代化成套机械设备，以求最大限度地提高劳动生产率。所以，对于现代工程技术人员，学习和掌握一定的机械设计基础知识是极为必要的。

## 第二节 本课程的研究对象

### 一、机器的组成

一台完整的机器具有四个组成部分，即原动机、传动机构、执行机构和控制系统。

机器的种类繁多，它们的构造、用途和性能也各不相同，但它们都有一些共同特征。如图 1-1 所示为单缸内燃机，它是由气缸体 1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气门 5、排气门 6、推杆 7、凸轮 8 及齿轮 9、10 所组成。气缸内燃气燃烧形成的气体推动活塞作往复移动，经连杆转化为曲轴的连续转动。凸轮和推杆是用来启动进气门和排气门，控制燃气的进入量和废气的排出量。为保证曲轴每转两周（一个工作循环）进、排气门各启闭一次，在曲轴和凸轮轴之间安装了齿轮，齿数比为 1 : 2。这样燃烧的气体推动活塞运动时，进、排气门有规律的启闭，把燃气的热能转变为曲轴转动的机械能。

又如洗衣机是由电动机经普通 V 带传动使洗衣机叶轮旋转，搅动洗衣液达到洗衣的目的。

从以上两例可以看出，机器具有下列三个共同特征：

- (1) 它们都是人为的实物组合；
- (2) 各个实物之间具有确定的相对运动；
- (3) 它们用来代替或减轻人类的劳动，去完成有用的机械功（如车床、汽车等）或转换机械能（如内燃机、电动机、发电机等）。

凡同时具有以上三个特征的称为机器。

机构也是人为的实物组合，其组成的各个实物之间有确定的相对运动，所以，机构具有机器的前两个特征，但不具有第三个特征。上述的内燃机为机器，而在内燃机中，活塞、连杆、曲轴和气缸体组成了一个曲柄滑块机构，将活塞（相当滑块）的往复移动通过连杆变成曲轴（相当曲柄）的旋转运动；凸轮、推杆和气缸体组成凸轮机构，将凸轮的旋转运动变为推杆有规律的往复移动，以控制进、排气门的启闭；而曲轴、凸轮轴上的齿轮和气缸体组成齿轮机构，使两轴保持一定的传动比。由此可见，机器是由机构所组成的。但从构成和运动的观点看，机器和机构并无区别。所以，在工程上，通常以“机械”一词作为机器和机构的总称。从功能上看，机构与机器的根本区别在于机构的主要功能是传递运动和力，而机器的主要功能除能传递运动和力外，还能变换机械能或完成有用的机械功。因此，一部机器可以只有一种机构，如电动机、鼓风机等，也可以是几种机构的组合。

机械中的常用机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等。

组成机构的相互间作确定运动的各个实物，称为构件，它是机械的运动单元，构件又由零件所组成，具体见第二章第一节。

机械中的零件可分为两大类。一类是在各种机械中都经常遇到和普遍使用的零件，称为通用零件，如齿轮、螺栓、带轮等。另一类是仅在某些机械中才能用到的零件，称为专用零件，如汽车发动机中的曲轴、凸轮轴，汽轮机中的叶片等。

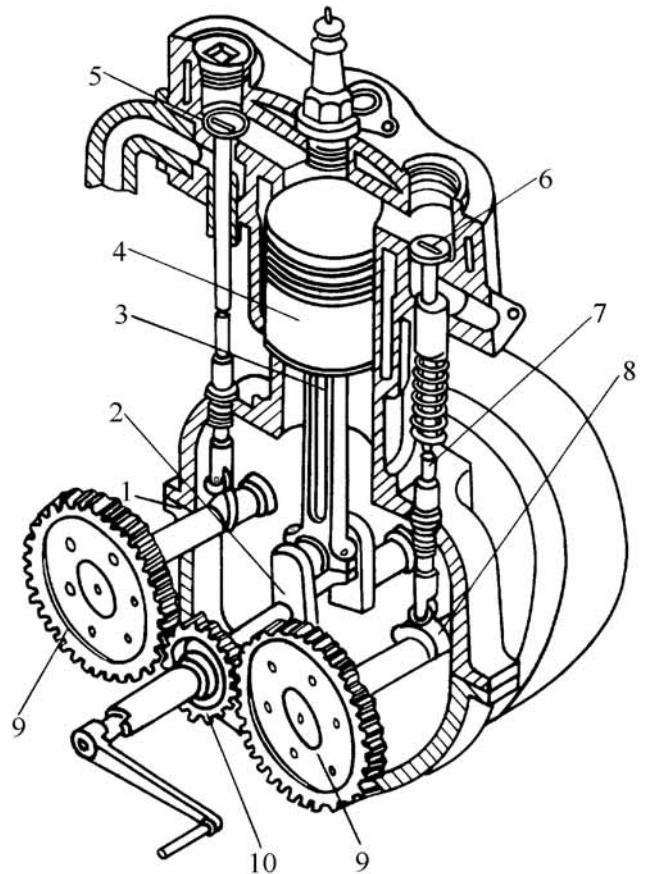


图 1-1 单缸内燃机

- 1—气缸体 2—曲轴 3—连杆 4—活塞  
5—进气门 6—排气门 7—推杆  
8—凸轮 9、10—齿轮

## 二、本课程的研究对象

本课程的研究对象包括:

(1) 机械中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本设计理论和设计方法。

(2) 机械零件精度设计的国家标准及典型零件的精度设计。

(3) 机械零件加工过程中, 定位和夹紧的基本知识及典型的夹紧机构。

## 第三节 机械设计的基本要求和一般过程

### 一、机械设计的基本要求

机械设计是指规划和设计实现预期功能要求的新机械或改进原有机械的性能。

机械产品的功能、成本, 在很大程度上取决于设计工作的质量。因此, 不论是设计新产品, 还是对现有设备进行技术改造, 设计人员都必须满腔热情, 以认真负责的态度对待设计过程的每一个细节, 作周密、细致的思考。

用户希望得到物美价廉的产品。物美价廉是产品获得市场竞争能力、创造经济效益和社会效益的先决条件, 也是设计机械产品的基本要求。

尽管机械的类型很多, 但设计的基本要求大致相同, 主要有以下几个方面:

#### 1. 运动与动力性能

为使设计的机械满足使用要求, 必须按照给定的运动和动力参数, 确定机械的工作原理, 并选择或设计合适的机械或机械传动方案。

#### 2. 工作可靠

为使机械在预期的工作期间内可靠地工作, 防止因零件失效而影响正常工作, 零件应满足强度、刚度、耐磨性、耐热性、振动稳定性和寿命等要求。

#### 3. 经济性

对于机械设计应最大程度的考虑其经济性, 使之降低成本, 提高市场竞争力。考虑经济性的要求有: 合理选择零件的材料; 合理设计零件的结构, 使之具有良好的工艺性和适当的精度; 加工时的装夹设备简单实用; 机械在使用过程中便于维护和保养等。还应指出: 在机械设计中采用标准件, 不仅可以简化设计、保证互换性、便于修配, 而且有利于保证零件的质量及降低成本。

#### 4. 安全性和使用性

在设计机械产品时, 必须考虑操作方便, 力求改善使用条件和减轻劳动强度。同时注意安全, 加强劳动保护。

另外, 设计机械产品还要考虑美观, 便于搬运和拆卸, 保持清洁不污染环境等。

## 二、机械设计的一般过程

机械设计的过程无一定模式，要根据具体情况而定。但一般设计过程可归纳如下：

### 1. 明确设计任务

设计任务通常是为实现某种功能（如满足生产要求）而提出的。提出任务时，首先分析利用机械实现功能要求的可能性，然后根据所设计机械的工作要求确定功能范围及各项技术性能指标等，以明确设计任务。

### 2. 总体方案设计

根据设计任务，进行同类产品的研究、市场调查、征求用户意见和要求等。在此基础上，确定实现预定功能的机器的工作原理，拟定出总体设计方案。必要时可拿出几套设计方案进行比较，择优选用。

### 3. 技术设计

根据所设计的总体方案，进行运动学、动力学分析和强度计算，以确定机构和零件的主要参数和尺寸。然后，考虑生产批量、材料供应情况、毛坯类型、加工和装配工艺、精度要求、有关标准和规范等因素，绘制总装配图、部件装配图、零件图和编写技术文件。

### 4. 样机的试制和鉴定

设计的机器是否能满足预定功能要求，则需要进行样机试制和鉴定。在试制和鉴定过程中，发现不合理之处应及时修改，使设计达到比较合理的状态。

### 5. 评价

对设计的机器要从技术方面、经济方面和可靠性等方面进行综合评价。

### 6. 提供设计方案

经过经济和技术评价均优后，即可向承制单位提供设计方案，包括图样和各种技术文件。

上述设计过程不能截然分开，而是互相联系、互相影响、互相制约的。因此，设计各阶段常常应交叉进行。

## 第四节 本课程的性质与任务

本课程是一门培养学生形成一定的机械设计能力及工艺知识的技术基础课。

在社会主义现代化建设中，随着机械生产规模的日益扩大，需要对现有设备进行维护和改造，以充分挖掘企业潜力，所以要求将来从事机械工程方面工作的学生，应当具有机械传动原理、工艺过程、设备的正常使用和维护以及进行故障分析等方面所必需的基本知识，本门课程正是为这一需要而设置的。

通过本门课程的学习，主要完成下列任务：

(1) 掌握机构的结构分析及受力分析的有关基本知识，初步形成分析与设计常用机构的能力，并对机构的运动方案的确定有所了解。

(2) 掌握通用零件的工作原理、结构特点、设计计算和维护保养等基本知识，使之具有设计机械传动装置和简单机械的能力。

(3) 掌握公差与配合国家标准，初步形成机械零件精度设计的能力。

(4) 掌握机械零件加工时定位与夹紧、典型夹具的工作原理和结构等基本知识。通过工艺实习等实践环节，了解典型零件的加工工艺过程及机器与部件的装配工艺过程。

(5) 具有应用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

《机械设计与制造基础》课程是一门科学性、综合性、实践性都很强的课程，它综合运用高等数学、机械制图、工程材料、金属工艺学、理论力学、材料力学等课程的基本知识，并为学习后续专业课程和以后解决生产实际问题建立基础。

## 第五节 现代设计方法简介

机械设计方法通常可分为传统设计方法和现代设计方法两种。传统设计方法是把已有产品的设计经验总结成有关的设计理论、设计步骤、设计方法和设计手册，形成大量成熟和宝贵的设计资料，以供设计者在设计过程中使用。传统的设计过程如图 1-2 左图所示。

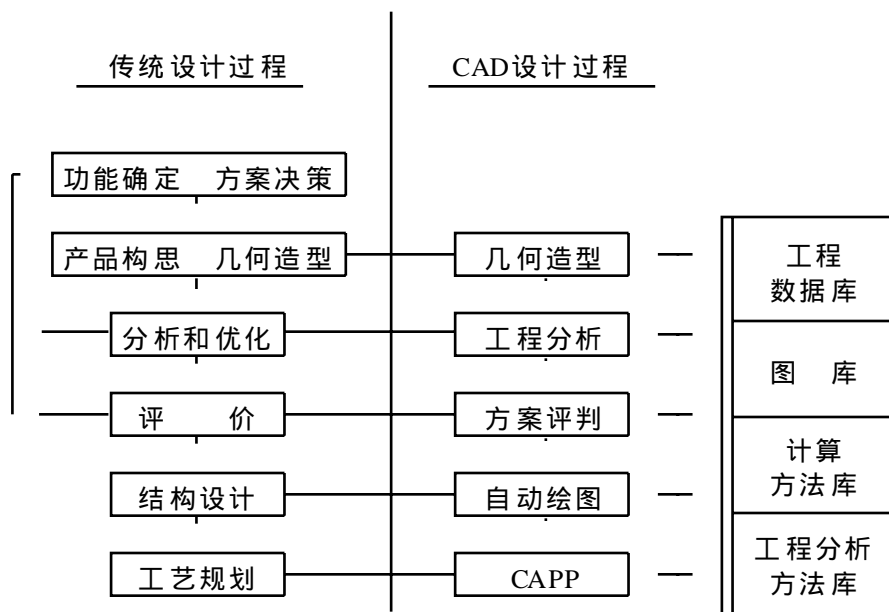


图 1-2 CAD 系统设计与传统设计的比较

近几十年来，随着科学技术的发展及新产品设计的需要，特别是电子计算机的日益广泛应用，机械设计方法也在不断地发展和更新，现代设计方法已日益为人们所重视。现代设计方法主要有计算机辅助设计、优化设计和可靠性设计等。

### 一、计算机辅助设计

计算机辅助设计, 简称 CAD, 是设计人员依靠计算机的协助, 自动完成包括设计计算、结构设计和自动绘图工作在内的一种设计方法。利用 CAD 设计产品的过程如图 1-2 右图所示。

CAD 设计将人和计算机各自的特长结合起来, 构成一个工作组合, 它提供一整套可供设计者参考的设计思想方法、设计进程模式、设计各阶段任务分解及实施方法。为了满足集成环境下设计过程的需求, 计算机系统不是以若干孤立部分去支持实际过程, 而是形成了 CAD 系统, 并充分考虑 CAPP (计算机辅助工艺设计) 及 CAM (计算机辅助制造) 等各方面的要求, 充分发挥计算机高速运算、严格逻辑判断和推理、存储大量信息的能力和设计人员的经验及智慧, 以求得工程系统的最优设计。

### 二、优化设计

在用传统设计方法设计机械零件时, 设计结果虽然也能满足强度、刚度等要求, 但由于选择参数时带有经验性和盲目性, 因而难以达到最优的设计结果。优化设计则可在一定程度上弥补这一缺陷。

所谓优化设计是在给定的设计指标下达到最优值, 例如要求设计出的零件或部件达到外廓尺寸最小、重量最轻、成本最低、可靠性最高等指标中的一个或几个。同时还必须满足一系列给定的限制条件, 如强度、刚度条件, 某些尺寸界线、某些参数范围以及某些标准值的限制条件等。机械优化设计就是在符合一系列限制条件的前提下, 求出满足最优效果的设计参数。

### 三、可靠性设计

在传统设计中, 用安全系数考虑设计中遇到的不确定因素, 这在很大程度上带有经验性。

可靠性设计是将可靠性作为设计目标, 应用概率论与数理统计等数学工具, 将设计中的一些基本因素 (例如材料的强度、载荷、寿命、几何尺寸等), 用统计规律进行处理, 在此基础上进行设计计算的一种设计方法。

现代设计方法无一不和计算机相联系。计算机已日益广泛地应用于机械设计的各领域中, 使传统的设计方法受到很大冲击, 现代设计方法的应用已势在必行。

## 第二章 平面机构的结构分析

### 内容提要

本章主要介绍机构的组成，平面机构运动简图的绘制方法，机构具有确定运动的条件及平面机构自由度的计算方法。

### 第一节 机构的组成

由前面分析可知，各种机器虽然它们的形式、结构和用途各不相同，但它们都是由机构所组成的。为实现机器的预期运动要求，这些机构的运动必须是确定的。那么，怎样才能使它们具有确定的运动呢？为了解决这个问题，首先需对机构的组成进行研究。

#### 一、构件与零件

任何机械都是由若干零件所组成的。但是，从机械运动的观点来看，并不是所有零件都在独立地影响着机械的运动，而往往是由于结构上和工艺上的需要，把几个零件刚性地联接在一起，使它们作为一个整体而运动，构成了一个运动单元，这个运动单元称为构件。一个构件，可以是不能拆开的单一整体，也可能是由若干个不同零件装配而成的刚性体。因此，构件与零件的区别在于：构件是运动的单元，零件是制造的单元。如图 2-1 所示为内燃机的连杆，在内燃机中作为一个整体而运动，所以它是一个构件。但从制造角度看，它却是由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3、开口销 4、连杆盖 5、轴瓦 6、轴套 7 等许多零件所组成的。

#### 二、运动副

机械中的所有构件都应具有确定的运动，而不能随意乱动。为了满足这个要求，必须对各构件的运动加以约束，这种约束是通过各构件的相互联接实现的。把构件通过一定形式联接起来，并使其具有相对运动的可能。这两个构件直接接触，同时能产生一定相对运动的联接称为运动副。两构件上参与接触并构成运动副的表面称为运

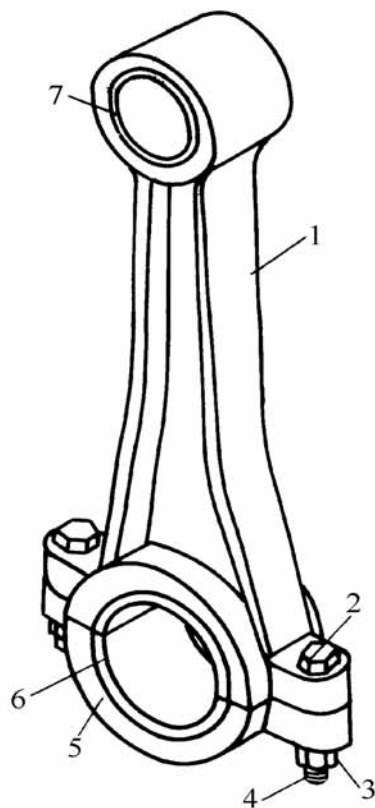


图 2-1 内燃机连杆  
1—连杆体 2—螺栓 3—螺母 4—开口销 5—连杆盖  
6—轴瓦 7—轴套

运动副元素。例如杆件 1 与杆件 2 的铰接(图 2-2), 滑块 2 与导轨 1 的接触(图 2-3), 以及齿轮 1 的轮齿与齿轮 2 的轮齿的啮合(图 2-4)等都是运动副的具体结构形式。而它们的运动副元素分别为圆柱面和圆孔面, 棱柱面和棱孔面及两个齿廓曲面。

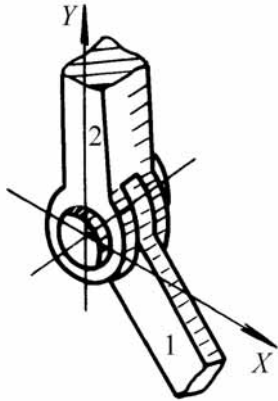


图 2-2 转动副

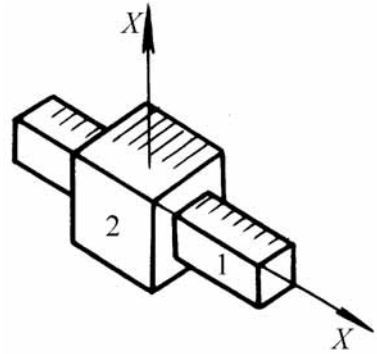


图 2-3 移动副

1—导轨 2—滑块

两个构件构成运动副后, 它们之间的相对运动将受到约束, 从而使它们之间只能产生某些相对运动。至于两个构件构成运动副后能产生哪些相对运动, 则与运动副的性质有关。如图 2-5, 构件 1 在尚未与其它构件构成运动副之前为空间自由运动的构件, 可产生六个独立的运动(即: 沿着  $x$  轴、 $y$  轴及  $z$  轴三个方向的移动和绕着  $x$  轴、 $y$  轴及  $z$  轴三个轴的转动), 每个独立的运动, 称为一个自由度, 共具有六个自由度。要确定这个构件在空间的位置, 就需要六个独立的运动参数。当该构件与其他构件构成运动副后, 由于两构件互相接触, 将使某些独立运动受到运动副的约束而消失, 因此自由度将减少, 自由度减少的数目恰好等于约束的数目。如图 2-6 所示, 一个球和平面接触构成运动副后,  $z$  方向的移动受到约束, 使自由度减少了一个, 即约束增加一个, 球剩下五个自由度, 即沿着  $x$  轴、 $y$  轴的移动和绕着  $x$  轴、 $y$  轴和  $z$  轴的转动。

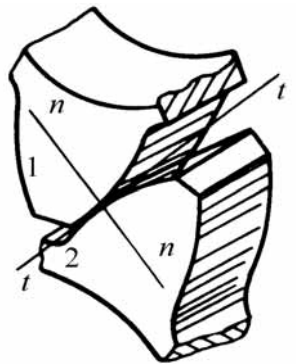


图 2-4 平面高副

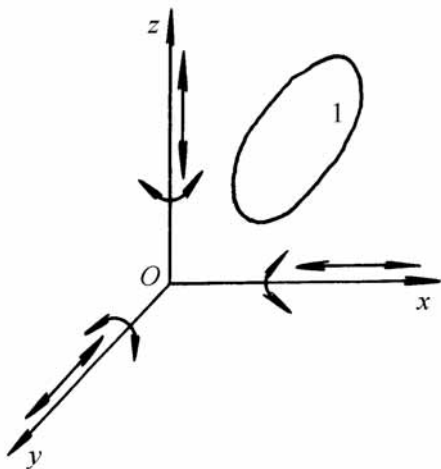


图 2-5 空间构件的自由度

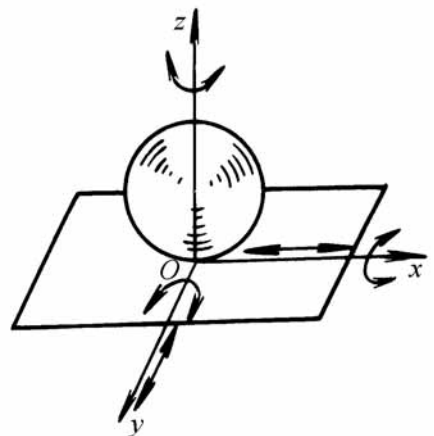


图 2-6 球体的自由度

根据构成运动副的两个构件之间的相对运动是平面运动还是空间运动，可将运动副分为平面运动副和空间运动副两大类。本章主要讨论平面运动副。图 2-7 所示为平面自由运动的构件，它具有三个自由度，即沿着  $x$  轴及  $y$  轴方向的移动和在  $xOy$  平面内的转动。要确定这个构件在平面的位置，就需要三个独立运动参数。当该构件与其他构件组成运动副后，由于两个构件的相互接触，将使某一方面的运动受到运动副的约束而消失，即自由度减少。如图 2-2，构件 1 与构件 2 构成运动副，两个移动的自由度受约束，只剩下一个转动的自由度。

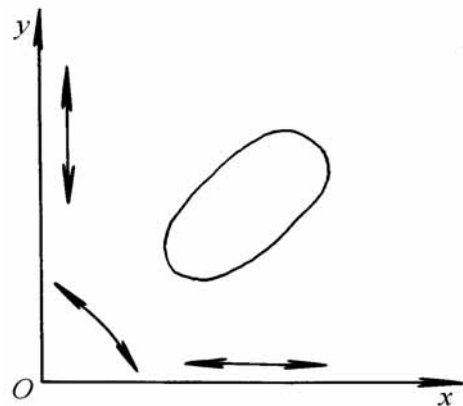


图 2-7 平面构件的自由度

平面运动副根据构成运动副的两构件的接触情况不同，可分为两大类。凡通过点或线接触而构成的运动副称为高副，如图 2-4 所示两个齿轮轮齿所构成的运动副；而通过面接触所构成的运动副称为低副，如图 2-2 和图 2-3 所示的两种运动副。低副又根据两个构件接触后产生的相对运动不同，分为转动副（相对运动为转动，如图 2-2 所示）和移动副（相对运动为移动，如图 2-3 所示）。

### 三、运动链

由两个或两个以上构件通过运动副相联而构成的可动系统，称为运动链，如图 2-8 所示。若运动链中各构件构成了首尾相接的封闭系统，该运动链称为闭式运动链，如图 2-8a、b 所示；若各构件未构成首尾相接的系统，则称为开式运动链，如图 2-8c、d 所示。在机械中，大多数机构为闭式运动链，少数机构如机械手，采用开式运动链。

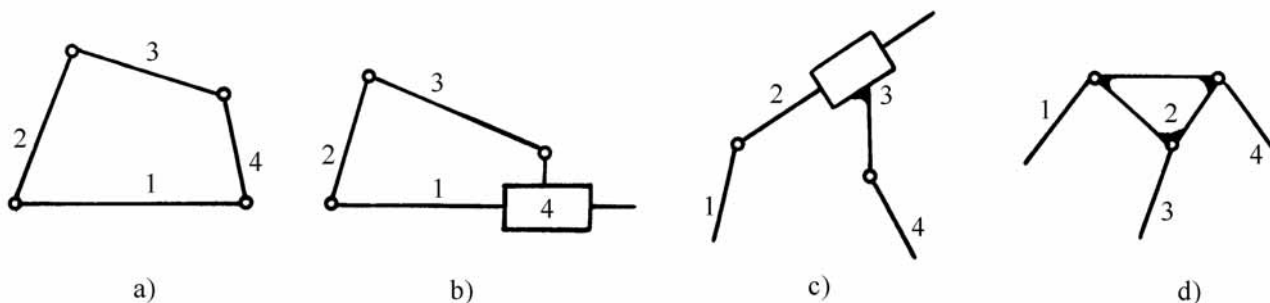


图 2-8 运动链

a)、b) 闭式运动链 c)、d) 开式运动链

### 四、机构

在运动链中，如果将某一个构件加以固定，另一个或几个构件按给定的运动规律运动，其余构件的运动完全确定，则这个运动链称为机构，如图 2-9 所示，机构中被固定的构件称为机架（构件 1）。所谓固定是相对的。一般情况下，机器安装在地面上，那么机架相对于地面是固定的；如果机器是运动的，如汽车、飞机