



高职机械类  
精品教材

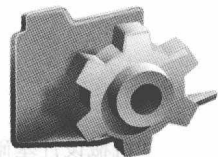
# 机械设计基础

主编 张信群 吕庆洲

JIXIE SHEJI JICHU



中国科学技术大学出版社



高职机械类  
精品教材

# 机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

主 编 张信群 吕庆洲  
副 主 编 许光彬 王 艳  
编写人员 (以姓氏笔画为序)

王 宣 王 艳  
王 磊 吕庆洲  
许光彬 张信群



中国科学技术大学出版社

## 内 容 简 介

“机械设计基础”是高等职业院校机械类、机电类相关专业一门重要的专业基础课程,主要讲授常用机构和零部件的工作原理、特点、适用范围、选型以及有关的基础理论和典型机构、传动、零件的设计计算方法,是相关专业学生在将来的工作中必备的基本知识和基本技能。

本书分13个项目讲述了“机械设计基础”课程中的主要内容,每个项目都有任务目标、任务描述;在讲述中注重实用性;在例题、思考练习题设置方面注重联系工程实际;收录了较多与机械设计有关的图表、标准以及实用图例。全书结构合理,内容详尽,实用性强,适合作为高职高专及成人高校机械类、机电类专业教材使用,亦可供工厂技术管理人员参阅。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/张信群,吕庆洲主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013.2  
ISBN 978-7-312-03140-3

I. 机… II. ①张…②吕… III. 机械设计—高等职业教育—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 013629 号

出版 中国科学技术大学出版社  
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026  
网址:<http://press.ustc.edu.cn>  
印刷 合肥市宏基印刷有限公司  
发行 中国科学技术大学出版社  
经销 全国新华书店  
开本 787 mm×1092 mm 1/16  
印张 21.25  
字数 550 千  
版次 2013 年 2 月第 1 版  
印次 2013 年 2 月第 1 次印刷  
定价 36.00 元





# 前 言

“机械设计基础”是高等职业院校机械类、机电类相关专业一门重要的专业基础课程,主要讲授常用机构和零部件的工作原理、特点、适用范围、选型以及有关的基础理论和典型机构、传动、零件的设计计算方法,是相关专业学生在将来的工作中必备的基本知识和基本技能。

全书共分 13 个项目,主要内容包括机械设计基础概论、平面机构结构分析、平面连杆机构、凸轮机构、其他常用机构、螺纹联接与螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、空间齿轮传动、轮系、圆轴与轴毂联接、轴承,并附有必要的技术标准摘录。

本书主要有以下特点:

(1) 采用项目式编写体例,每个项目都有任务目标、任务描述,旨在使学生明确学习目的,把握知识点,做到有的放矢。

(2) 注重应用性,突出常用机构和机械传动的特点、应用及工作能力分析,突出零部件的失效形式、设计准则、结构设计和强度计算。

(3) 在例题、思考练习题方面,注重联系工程实际,以利于培养学生的工程实践能力。

(4) 收编了较多与机械设计有关的图表、标准以及实用图例,为学生从事机械设计工作提供了便利。

本书由滁州职业技术学院张信群教授、淮南联合大学吕庆洲副教授任主编,阜阳职业技术学院许光彬、滁州职业技术学院王艳任副主编,淮南联合大学王磊、阜阳职业技术学院王宣参加编写。其中,项目 1、5、11 由张信群编写,项目 2、3、4 由吕庆洲编写,项目 6 由王磊编写,项目 7、9 由许光彬编写,项目 8、10 由王宣编写,项目 12、13 由王艳编写。

本书可作为高职高专及成人高校机械类、机电类相关专业的教材,亦可供工厂技术管理人员参阅。

本书在编写过程中,得到许多兄弟院校领导和老师的大力支持,在此谨表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

前言 .....	( 1 )
<b>项目 1 机械设计基础概论</b> .....	( 1 )
任务 1 认识机器 .....	( 1 )
任务 2 了解课程性质、内容、任务 .....	( 4 )
任务 3 了解机械设计的要求、方法和程序 .....	( 5 )
<b>项目 2 平面机构结构分析</b> .....	( 8 )
任务 1 认识运动副 .....	( 8 )
任务 2 绘制平面机构运动简图 .....	( 11 )
任务 3 计算平面机构的自由度 .....	( 17 )
<b>项目 3 平面连杆机构</b> .....	( 23 )
任务 1 了解平面四杆机构的基本形式及其演化机构 .....	( 23 )
子任务 1 了解铰链四杆机构的类型、特点和应用 .....	( 23 )
子任务 2 认识平面四杆机构的演化机构 .....	( 28 )
任务 2 分析平面四杆机构的基本特性 .....	( 33 )
子任务 1 分析平面四杆机构有曲柄的条件 .....	( 33 )
子任务 2 分析平面四杆机构的急回特性 .....	( 38 )
子任务 3 分析机构传力特性 .....	( 40 )
任务 3 设计平面四杆机构 .....	( 46 )
子任务 1 按给定的连杆位置设计四杆机构 .....	( 47 )
子任务 2 按给定的行程速度变化系数 $K$ 设计四杆机构 .....	( 49 )
<b>项目 4 凸轮机构</b> .....	( 52 )
任务 1 认识凸轮机构 .....	( 52 )
任务 2 分析从动件常用运动规律 .....	( 57 )
任务 3 设计盘形凸轮轮廓 .....	( 65 )
子任务 1 用图解法设计对心直动尖顶从动件盘形凸轮轮廓 .....	( 65 )
子任务 2 用图解法设计对心直动滚子从动件盘形凸轮轮廓 .....	( 67 )
子任务 3 用图解法设计偏置直动从动件盘形凸轮轮廓 .....	( 69 )
任务 4 确定凸轮机构的基本尺寸 .....	( 71 )
子任务 1 用反转法标注凸轮机构压力角 .....	( 71 )
子任务 2 认识压力角与基圆半径的关系 .....	( 73 )
子任务 3 确定滚子半径 .....	( 76 )

任务 5 认识凸轮加工方法 .....	( 78 )
<b>项目 5 其他常用机构 .....</b>	<b>( 81 )</b>
任务 1 认识间歇运动机构 .....	( 81 )
子任务 1 认识棘轮机构 .....	( 81 )
子任务 2 认识槽轮机构 .....	( 87 )
拓展任务 不完全齿轮机构和凸轮式间歇运动机构 .....	( 91 )
任务 2 认识联轴器 .....	( 93 )
任务 3 认识离合器 .....	( 100 )
<b>项目 6 螺纹联接与螺旋传动 .....</b>	<b>( 105 )</b>
任务 1 认识螺纹联接 .....	( 105 )
子任务 1 了解螺纹的主要参数及分类 .....	( 105 )
子任务 2 掌握螺纹联接的基本类型及螺纹联接的预紧和防松 .....	( 111 )
子任务 3 螺栓联接的结构设计和强度计算 .....	( 115 )
任务 2 认识螺旋传动与螺旋机构的应用 .....	( 119 )
子任务 分析螺旋传动的特点、类型与原理 .....	( 119 )
<b>项目 7 带传动 .....</b>	<b>( 129 )</b>
任务 1 认识各类带传动 .....	( 129 )
子任务 1 带传动的类型、应用、特点 .....	( 129 )
子任务 2 了解 V 带和带轮 .....	( 132 )
任务 2 分析带传动工作能力 .....	( 137 )
子任务 1 分析带传动受力 .....	( 137 )
子任务 2 应力分析 .....	( 139 )
子任务 3 带传动的弹性滑动和传动比 .....	( 141 )
任务 3 设计计算普通 V 带传动 .....	( 143 )
任务 4 了解 V 带传动的使用和维护 .....	( 151 )
<b>项目 8 链传动 .....</b>	<b>( 155 )</b>
任务 1 认识链传动 .....	( 155 )
子任务 1 分析链传动的组成、类型、特点和应用 .....	( 155 )
子任务 2 分析滚子链和链轮的结构特点 .....	( 157 )
任务 2 设计计算滚子链传动 .....	( 161 )
子任务 1 了解链传动失效形式 .....	( 161 )
子任务 2 掌握滚子链设计计算的方法及步骤 .....	( 162 )
任务 3 了解链传动的布置、张紧与润滑 .....	( 167 )
<b>项目 9 齿轮传动 .....</b>	<b>( 171 )</b>
任务 1 掌握齿轮传动基本知识 .....	( 171 )
子任务 1 了解齿廓啮合基本定律及渐开线齿廓啮合特点 .....	( 171 )
子任务 2 计算渐开线标准直齿圆柱齿轮的尺寸 .....	( 175 )
子任务 3 分析渐开线标准直齿圆柱齿轮啮合传动 .....	( 179 )
子任务 4 认识齿轮加工原理和根切现象 .....	( 181 )

任务 2 设计直齿圆柱齿轮传动 .....	(184)
子任务 1 认识齿轮常用材料及许用应力 .....	(184)
子任务 2 确定轮齿失效形式及设计准则 .....	(188)
子任务 3 设计计算直齿圆柱齿轮传动 .....	(192)
任务 3 斜齿圆柱齿轮传动 .....	(198)
子任务 1 认识斜齿圆柱齿轮传动 .....	(198)
子任务 2 计算斜齿圆柱齿轮的强度 .....	(202)
任务 4 齿轮的结构设计方法 .....	(205)
<b>项目 10 空间齿轮传动 .....</b>	<b>(208)</b>
任务 1 认识直齿锥齿轮传动 .....	(208)
任务 2 认识蜗杆传动 .....	(212)
子任务 1 分析蜗杆的传动、尺寸、结构 .....	(212)
子任务 2 计算蜗杆传动的强度 .....	(221)
<b>项目 11 轮系 .....</b>	<b>(227)</b>
任务 1 认识轮系的类型和功用 .....	(227)
任务 2 计算定轴轮系的传动比 .....	(231)
任务 3 计算周转轮系的传动比 .....	(235)
任务 4 计算混合轮系的传动比 .....	(238)
任务 5 认识各类减速器 .....	(241)
<b>项目 12 圆轴与轴毂联接 .....</b>	<b>(247)</b>
任务 1 认识轴的类型及材料 .....	(247)
任务 2 设计轴 .....	(251)
子任务 1 设计轴的结构 .....	(251)
子任务 2 校核轴的强度 .....	(259)
子任务 3 设计减速器中的轴 .....	(263)
任务 3 认识轴毂联接 .....	(271)
子任务 1 认识平键联接 .....	(272)
子任务 2 认识其他键联接和销联接 .....	(276)
<b>项目 13 轴承 .....</b>	<b>(282)</b>
任务 1 认识滑动轴承 .....	(282)
任务 2 认识滚动轴承 .....	(288)
子任务 1 选择滚动轴承的代号及类型 .....	(288)
子任务 2 计算滚动轴承的寿命和静强度 .....	(298)
子任务 3 滚动轴承的组合设计 .....	(308)
任务 3 认识润滑 .....	(314)
子任务 1 选择润滑剂 .....	(314)
子任务 2 认识润滑方法和润滑装置 .....	(321)
任务 4 认识密封装置 .....	(325)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(329)</b>

# 项目 1 机械设计基础概论

随着机械化生产规模的日益扩大,机械工业或其他工业部门的工程技术人员会经常接触到各种类型的通用和专用机械,要求他们应当对机械具备一定的基础知识。“机械设计基础”课程主要研究机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本设计理论和计算方法。

## 任务 1 认识机器

### 任务目标

- 通过了解单缸四冲程内燃机的工作过程掌握机器的特征;
- 掌握机器和机构的区别;
- 掌握构件和零件的区别。

### 任务描述

观察、使用单缸四冲程内燃机,了解机器的工作原理并掌握机器的组成特征。

### 知识与技能

#### 一、机器的工作原理

首先我们通过如图 1-1 所示的单缸四冲程内燃机来了解机器的工作原理。单缸四冲程内燃机由齿轮 1 和 2、凸轮 3、排气阀 4、进气阀 5、汽缸体 6、活塞 7、连杆 8、曲轴 9 组成。当热能转化的机械能推动活塞做直线往复运动时,经连杆使曲轴做连续转动。凸轮和气门驱动组件是用来开启和关闭进气阀和排气阀的。在曲轴和凸轮轴之间两个齿轮的齿数比为 1:2,使曲轴转两周时,进气阀、排气阀各启闭一次。这样就把活塞的运动转变为曲轴的转动,将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

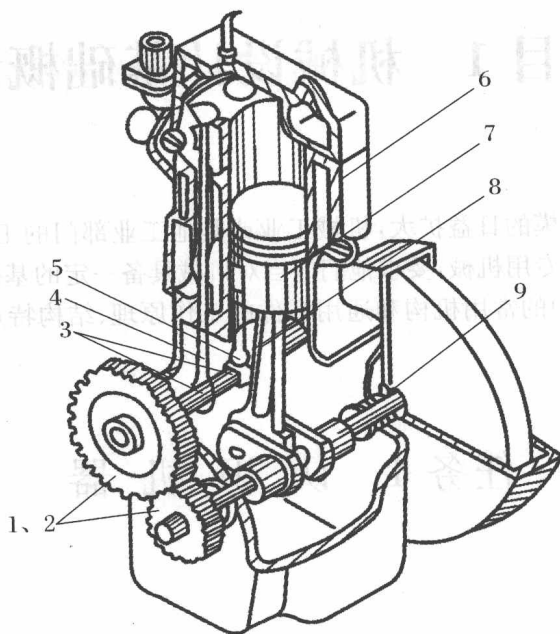
#### 二、机构与机器

##### 1. 机构

机构是多个具有确定相对运动构件的组合物,它在机器中起到改变运动规律或形式、改变速度大小和方向的作用,能实现各种预期的机械运动。在上述单缸四冲程内燃机中,汽缸、活塞、连杆、曲轴组成了曲柄滑块机构,凸轮、机架以及气门驱动组件组成凸轮机构,齿轮



和机架组成齿轮机构。



1、2—齿轮；3—凸轮；4—排气阀；5—进气阀；6—汽缸体；7—活塞；8—连杆；9—曲轴

图 1-1 单缸四冲程内燃机

## 2. 机器

机器是由一个或几个机构组成的,各种机器尽管有着不同的构造、形式和用途,然而都具有下列三个共同特征:

- (1) 机器是人为的多种实体的组合。
- (2) 各部分之间具有确定的相对运动。
- (3) 能完成有效的机械做功或实现能量的转换。

## 3. 机构与机器的区别

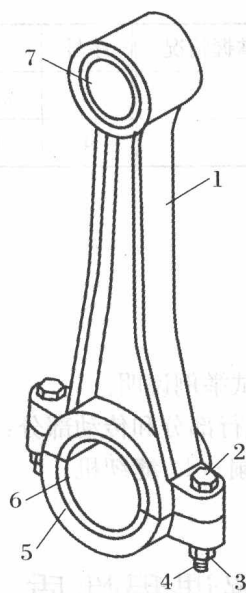
从功能上讲,机器能完成有用的机械做功或实现能量形式的转换,而机构主要用于传递和转换运动,即机构仅具备机器的前两个特征。如果单从运动观点来看,机器和机构并无区别。

## 三、构件和零件

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件是运动的单元体,可以是单一的整体,如图 1-1 中所示的凸轮、齿轮、活塞等;也可以是多个零件组成的刚性结构,如图 1-2 中所示的内燃机连杆构件,由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3、开口销 4、连杆盖 5、轴瓦 6 和轴套 7 刚性联接在一起组成,组成构件的各元件之间没有相对运动,而是形成一个整体,与其他构件之间有相对运动。组成构件的元件即为零件。

零件是制造的单元体,机器是由若干零件组装而成的,零件是构成机器的基本要素。机器中的零件分为两类:一类是通用零件——在各类机器中普遍使用的零件,如螺钉、螺栓、螺母、轴、齿轮、轴承、弹簧等;另一类是专用零件——只在特定的机器中使用的零件,如内燃机

的曲轴、连杆、活塞,汽轮机的叶片,起重机的吊钩等。



1—连杆体; 2—螺栓; 3—螺母; 4—开口销; 5—连杆盖; 6—轴瓦; 7—轴套

图 1-2 内燃机连杆

#### 四、机械的组成

机械是工程中对机器与机构的统称。

一个现代的机械系统一般主要包括以下四个部分:

(1) 动力部分。是机械的动力来源。其作用是把其他形式的能量转变为机械能,以驱动机械运动,并对外(或对内)做功,如电动机、内燃机等。

(2) 执行部分。是直接完成机械预定功能的部分,也就是工作部分。如机床的主轴和刀架、起重机的吊钩、挖掘机的挖斗机构等。

(3) 传动部分。是将运动和动力传递给执行部分的中间环节。它可以改变运动速度,转换运动形式,以满足工作部分的各种需求,如减速器将高速转动转换为低速转动,螺旋机构将旋转运动转换成直线运动,等等。

(4) 控制部分。是用来控制机械的其他部分,使操作者能随时实现或停止各项功能。如机器的起动、运动速度和方向的改变、机器的停止和监测等,通常包括机械和电子控制系统等。

并不是所有的机械系统都具有上述四个部分,有的只有动力部分和执行部分,如水泵、砂轮机;而有些复杂的机械系统,除具有上述四个部分外,还有润滑、照明装置等。

#### 任务实施

- 操作使用单缸四冲程内燃机,掌握机器的特征;
- 熟悉单缸四冲程内燃机的工作过程;
- 观察并指出单缸四冲程内燃机的组成部分。

## 任务评价

序号	能力点	掌握情况	序号	能力点	掌握情况
1	操作能力		3	辨别构件和零件能力	
2	理解机器特征		4	理解机械组成部分	

## 思考与练习

1. 机械通常由哪几部分组成?
2. 机械、机构和机器有何异同?
3. 什么是构件? 什么是零件? 试举例说明。
4. 指出下列机器的动力部分、执行部分和传动部分:  
(1) 汽车;(2) 自行车;(3) 电风扇;(4) 缝纫机。

## 任务 2 了解课程性质、内容、任务

### 任务目标

- 了解“机械设计基础”课程的性质和内容;
- 明确“机械设计基础”课程的任务。

### 知识与技能

#### 一、“机械设计基础”课程的性质和内容

本课程是一门理论性和实践性都很强的专业技术基础课,是后续专业课程学习的重要基础,是机械类和近机类专业的主干基础课程。本课程研究的对象为机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件。主要研究这些对象的工作原理、结构特点、基本设计理论、设计计算方法和选用及维护方法。目的是通过对本课程的学习,解决常用机构及通用零部件的分析和设计问题。

#### 二、“机械设计基础”课程的任务

本课程的主要任务是:

- (1) 为后续课程中机械部分的学习打好基础。
- (2) 了解机器传动原理、使用、维护、事故分析等方面的基础知识。
- (3) 掌握常用机构、通用零件的工作原理、特点、选用及设计计算。
- (4) 培养学生利用手册设计简单机器的能力。
- (5) 了解机械设计的最新发展状况及现代设计方法在机械设计中的应用。

## 任务评价

序号	能力点	掌握情况	序号	能力点	掌握情况
1	了解“机械设计基础”课程的性质和内容		2	明确“机械设计基础”课程的任务	

## 思考与练习

1. “机械设计基础”课程的任务是什么？
2. 谈谈学习“机械设计基础”课程的计划和设想。

## 任务3 了解机械设计的要求、方法和程序

### 任务目标

- 了解机械设计的基本要求；
- 了解机械零件的设计准则；
- 了解机械设计的一般程序。

### 知识与技能

#### 一、机械设计的基本要求

机械设计是机械产品开发研制的一个重要环节,虽然不同的机械其功能和外形都不相同,但是它们的基本设计要求大体相同。机械设计时,应满足的基本要求可以归纳为以下几个方面:

(1) 功能性要求。设计的机械应在规定条件下、规定的寿命期限内,有效地实现预期的全部工作职能。如机器工作部分的运动形式、速度、运动精度和平稳性、需要传递的功率,以及某些使用上的要求(如高温、防潮等)。

(2) 安全性要求。保证机器正常工作而不发生断裂、过度变形、过度磨损、丧失稳定性,确保设备安全;设置完善可靠的防护装置,确保人身安全;还要对周围环境和人 not 造成污染和危害。

(3) 经济性要求。在市场经济环境下,经济性要求必须贯穿于机械设计全过程,应当合理选用原材料,确定适当的精度要求,缩短设计和制造的周期。

(4) 结构工艺性要求。指在一定的生产条件下,采用合理的结构,以便于制造、装配和维护,并尽可能采用标准零部件。

(5) 其他方面的要求。如机器的外形应美观,便于操作和维修。有些机械由于工作环境不同,还可能对其设计提出某些特殊要求,如食品卫生条件、耐腐蚀、高精度等要求。



## 二、机械零件的设计准则

机械零件的常见失效形式有断裂、塑性变形过大、弹性变形过大、表面磨损过大、疲劳点蚀、表面压溃、表面胶合、振动过大等。

零件产生失效的形式取决于零件的材料、受力情况、结构特点和工作条件。例如，轴可能发生疲劳断裂，可能发生过大弹性变形，也可能发生共振等。对于一般载荷稳定的转轴，疲劳断裂是其主要的失效形式；对于精密主轴，过大的弹性变形是其主要的失效形式；对于高速转动的轴，发生共振、失去稳定性是其主要的失效形式。

设计机械零件时，保证零件在规定期限内不产生失效所依据的原则，称为设计准则。主要有强度准则、刚度准则、寿命准则、振动稳定性准则和可靠性准则。其中强度准则是设计机械零件首先要满足的一个基本要求。为保证零件工作时有足够的强度，设计计算时应使其危险截面或工作表面的工作应力  $\sigma$  或  $\tau$  不超过零件的许用应力  $[\sigma]$  或  $[\tau]$ ，即

$$\begin{aligned}\sigma &\leq [\sigma] \\ \tau &\leq [\tau]\end{aligned}$$

## 三、机械设计的一般程序

机械设计是一项复杂而细致的工作，必须有一套科学的工作程序。机械设计的过程一般按照以下程序进行：

### 1. 明确设计任务

设计任务通常是根据生产需要或经市场调查发现某种机器有较大需求时提出的，并最终形成任务书。详细的任务书应包括机器的用途、主要性能参数范围、环境条件及有关特殊要求、生产量、承制单位、预期的总成本范围以及完成日期等。

接到任务书后，应组织有关人员就设计任务书提出的各项要求进行全面分析和调查研究，深刻地理解设计任务的技术要求、重点难点、需攻关的方向、完成任务的主要途径和关键的技术实验等。

### 2. 总体设计

机械系统总体设计是指根据机器要求进行功能性设计研究。总体设计包括确定工作部分的运动和阻力，选择原动机的种类和功率，选择传动系统，机械系统的运动和动力计算，确定各级传动比和各轴的转速、转矩及功率。总体设计时还要确定机器各个部分之间的运动关系、动力关系以及各机构主要零件在机器中的大体位置。通常要做出几个方案加以分析、比较，通过优化求解得出最佳方案。

### 3. 技术设计

技术设计的具体任务是根据总体设计的要求，考虑并确定各个零件、部件的相对位置及联接方法，主要零件的具体形状、关键尺寸、材料、制造、安装、配合等一系列问题，并进行必要的计算、类比和选择，有时还要做强度、刚度、可靠性校核。

技术设计阶段要完成总装配图、部件装配图，编制设计说明书。

### 4. 样机试制

样机试制阶段是通过样机制造、样机试验检查机械系统的功能及整机、零部件的强度、刚度、运转精度、振动稳定性、噪声等方面的性能，随时检查及修正设计图样，以更好地满足设计要求。

### 5. 批量正式生产

批量正式生产阶段是根据样机试验、使用、测试、鉴定中所暴露出的问题,进一步修正设计,以保证完成系统功能,同时验证各工艺的正确性,以提高生产率、降低成本、提高经济效益。

机械设计的一般过程如图 1-3 所示。

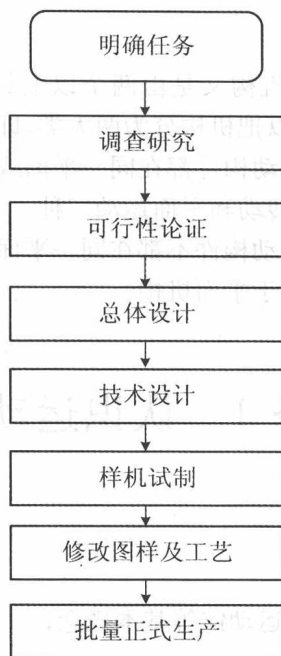


图 1-3 机械设计的一般过程

### 任务评价

序号	能力点	掌握情况	序号	能力点	掌握情况
1	了解机械设计基本要求		3	了解机械设计一般程序	
2	了解机械零件设计准则				

### 思考与练习

1. 机械设计的基本要求是什么?
2. 机械零件的设计准则是什么?
3. 机械设计的一般程序是什么?
4. 对照普通车床 CA6140,讨论该机床是如何达到机械设计基本要求的。

# 项目 2 平面机构结构分析

机械是由若干机构组成的,而机构又是由两个以上具有确定相对运动的构件组成的。按照机构中各构件的运动范围,可以把机构分为两大类,即平面机构和空间机构。

平面机构是指组成机构的各运动构件都在同一平面或相互平行的平面内运动。构件的相对运动形式包括直线移动、定轴转动和平面运动三种。

空间机构是指组成机构的各运动构件不都在同一平面或相互平行的平面内运动。

目前工程上常见的机构大多属于平面机构。

## 任务 1 认识运动副

### 任务目标

- 理解运动副、自由度、约束、运动链等基本概念;
- 熟悉运动副的类型和特点。

### 任务描述

通过观察常用机构或常用机构的模型,理解运动副、自由度、约束、运动链等基本概念,熟悉运动副的类型和特点。

### 知识与技能

#### 一、运动副

##### 1. 构件及其自由度和约束

构件的运动是指构件的位置、速度和加速度等参数的变化。如图 2-1 所示,在  $xOy$  坐标系中,构件  $S$  有三个独立运动的可能性,即沿  $x$  轴、 $y$  轴方向移动和绕其上任意一点  $A$  转动。我们把构件可能出现的独立运动的数目称为自由度。一个做平面运动的自由构件有三个自由度。

当一个构件与其他构件相互联接时,某些独立运动将受到限制,这种对构件独立运动所加的限制称为约束。约束增多,构件的自由度将减少。约束的数目与构件的联接形式有关,构件每增加一个约束,便失去一个自由度。

##### 2. 运动副的概念

使两个或两个以上的构件直接接触并能产生一定的相对运动的联接,称为运动副。如

轴与轴承、活塞与气缸、车轮与钢轨以及一对齿轮啮合形成的联接,都构成了运动副。

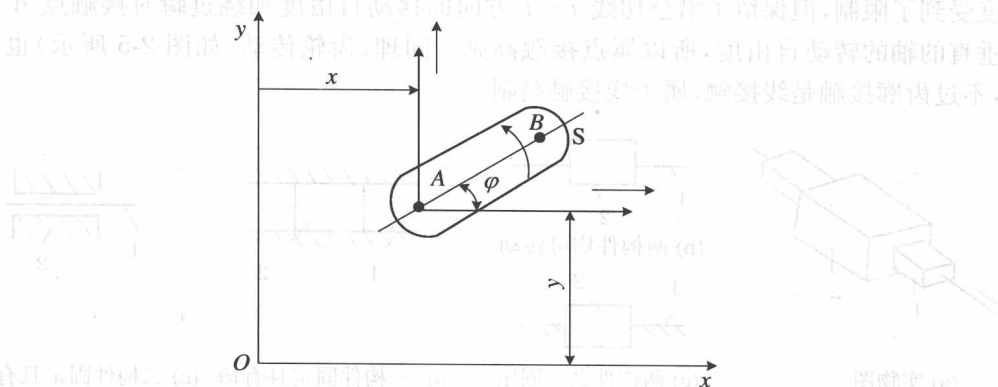


图 2-1 构件的自由度

## 二、运动副的分类

两构件之间的接触形式,包括点接触、线接触和面接触三种情况。按照接触形式,通常把运动副分为低副和高副两大类。

### 1. 低副

两构件之间通过面与面接触所组成的运动副,因其在承受载荷时,接触部分的压强比点或线相接触的情况要低得多,所以称为低副。低副根据所保留的运动副构件之间的相对运动的种类,又可以分为转动副和移动副两类。

#### (1) 转动副

如果两个构件组成运动副后,保留的相对运动为转动,就称为转动副,又称为铰链联接。如图 2-2 所示,构件 1 和构件 2 通过铰链销轴联接,在平面内只能做相对转动,构成转动副。构件 1 和 2 可以固定其一,也可以均不固定。

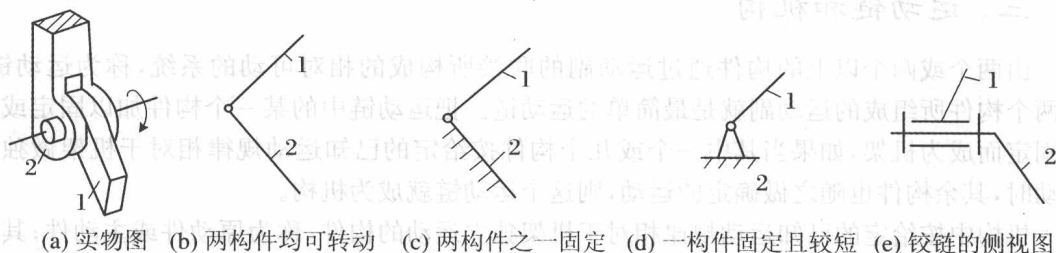


图 2-2 转动副及其表示符号

#### (2) 移动副

如果两个构件组成运动副后,保留的相对运动为移动,就称为移动副。如图 2-3 所示,构件 1 通过构件 2 的方槽联接,两者只能保持相对移动,构成移动副。构件 1 和 2 可以固定其一,也可以均不固定。

### 2. 高副

两构件之间通过点或线(实际构件是具有厚度的)接触所组成的运动副,因其在承受载荷时接触部分的压强较高,所以称为高副。如图 2-4 所示为平面凸轮机构,凸轮 1 和从动件



2 所组成的运动副属点接触,是高副。从动件 2 相对于凸轮 1 沿公法线  $n-n$  方向的移动自由度受到了限制,但保留了沿公切线  $t-t$  方向的移动自由度和绕过瞬时接触点  $A$  且与纸面垂直的轴的转动自由度,所以属点接触高副。同理,齿轮传动(如图 2-5 所示)也属于高副,不过齿廓接触是线接触,属于线接触高副。

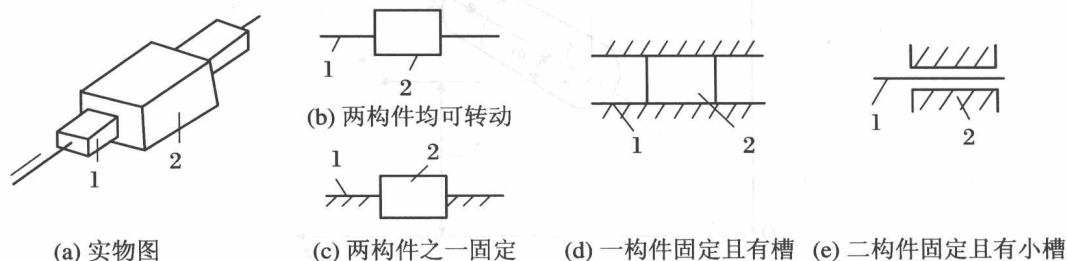


图 2-3 移动副及其表示

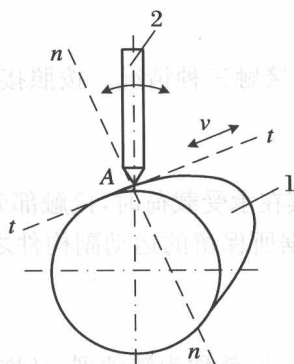


图 2-4 点接触高副

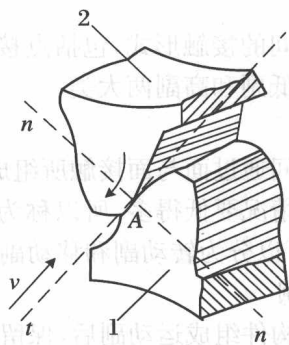


图 2-5 线接触高副

### 三、运动链和机构

由两个或两个以上的构件通过运动副的联接所构成的相对可动的系统,称为运动链。由两个构件所组成的运动副就是最简单的运动链。把运动链中的某一个构件加以固定或相对固定而成为机架,如果当其中一个或几个构件按给定的已知运动规律相对于机架做独立运动时,其余构件也随之做确定的运动,则这个运动链就成为机构。

机构中按给定的已知运动规律相对于机架独立运动的构件,称为原动件或主动件;其余的运动构件,称为从动件。显然,机构是由机架、原动件和从动件组成的,从动件的运动规律取决于原动件的运动规律、机构的结构以及构件的尺寸。

如果运动链的各构件构成首尾封闭的系统,则称为闭式运动链,或简称为闭链,如图 2-6 (a)、(b)所示。如果运动链的各构件没有构成首尾封闭的系统,则称为开式运动链,或简称为开链,如图 2-6(c)所示。在各种机构中,一般多采用闭链,开链多用于机械手或机器人的传动中。

#### 任务实施

观察常用机构或机构模型,分析各种机构中构件联接的运动副类型,并说明各类运动副