

普通高等教育“十二五”规划教材

# 机械设计基础 实验教程

雷辉 李安生 王国欣 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

# 机械设计基础

## 实验教程

主 编 雷 辉 李安生 王国欣  
参 编 张燕燕 尹中伟 肖艳秋  
主 审 吴晓铃

机械工业出版社

# 前 言

“机械设计基础”课程是我国高等工科院校近机类和非机类各专业必修的一门技术基础课。根据《机械设计基础课程教学大纲》的要求，实验是该门课程重要的实践教学环节。通过实验教学使学生加深对课程基本概念、基本理论的理解，为后续专业课程的学习提供必要的知识储备。

近年来，“机械设计基础”课程的实验设备、方法和手段均有很大变化，《机械设计基础课程教学大纲》对实验的要求也较以往有较大改变。根据目前工科院校实验室设备情况，书中选入了机构运动简图测绘、齿轮展成原理、带传动、轴系结构设计与分析、减速器拆装和德国“慧鱼”创意组合6个实验项目。在实验项目编排上努力做到传统实验与创新实验相结合，单一实验与综合实验相结合，力求在培养学生动手能力、创新能力等方面有所突破。书中每章实验项目前均附有说明，简要介绍了实验内容、实验属性、适用范围及建议学时，任课教师可根据不同专业的需求对所列实验项目进行选择。

本书第一章由河南科技大学王国欣编写，第二章、第四章第五至七节由郑州轻工业学院李安生编写，第四章第一至四节由郑州轻工业学院肖艳秋编写，第三章第一至五节由河南科技大学尹中伟编写，第三章第六至八节、第六章由河南工业大学雷辉编写，第五章由黄河科技学院张燕燕编写。全书由李安全统稿。

本书承郑州大学吴晓铃教授精心审阅，提供了很多宝贵意见，在此特致以衷心感谢。

本书在编写过程中，得到了河南工业大学、郑州轻工业学院、河南科技大学、黄河科技学院等院校教务及教材部门的大力支持，上述院校的相关任课老师也对教材提出了很多宝贵意见，在编写中还参阅了多家教学设备生产厂商编制的设备说明书等技术资料，在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促和编者水平所限，书中错误和不当之处在所难免，敬请广大同仁和读者批评指正。

编 者



## 前言

<b>第一章 机构运动简图测绘实验</b> .....	1
一、实验目的 .....	1
二、实验设备与工具 .....	1
三、实验原理 .....	1
四、实验内容及步骤 .....	3
五、实验要求 .....	5
六、思考题 .....	5
七、附录 .....	5
附录 1-1 常用运动副的类型及其代表 符号 (GB/T 4460—1984) .....	5
附录 1-2 机构运动简图测绘实验报告 .....	9
<b>第二章 齿轮展成原理实验</b> .....	13
一、实验目的 .....	13
二、实验内容 .....	13
三、实验设备与工具 .....	13
四、实验原理 .....	15
五、实验步骤 .....	16
六、交流与总结 .....	16
七、思考题 .....	17
八、附录 齿轮加工原理实验报告 .....	19
<b>第三章 带传动实验</b> .....	24
一、实验目的 .....	24
二、实验内容 .....	24
三、实验设备 .....	24
四、工作原理 .....	26
五、实验步骤 .....	28

六、绘制滑动率曲线和效率曲线 .....	30
七、思考题 .....	30
八、附录 带传动实验报告 .....	31
<b>第四章 轴系结构设计与分析实验</b> .....	37
一、实验目的 .....	37
二、预习内容及准备 .....	37
三、实验设备 .....	37
四、实验内容 .....	38
五、实验步骤 .....	39
六、常见轴承固定及轴系配置方法 .....	39
七、附录 轴系结构设计实验报告 .....	45
<b>第五章 减速器拆装实验</b> .....	47
一、实验目的 .....	47
二、实验设备 .....	47
三、实验工具 .....	47
四、实验内容 .....	47
五、实验步骤 .....	48
六、注意事项 .....	49
七、思考题 .....	49
八、附录 .....	49
附录 5-1 实验设备展示 .....	49
附录 5-2 减速器拆装实验报告 .....	53
<b>第六章 “慧鱼”创意组合实验</b> .....	57
一、实验目的 .....	57
二、实验要求 .....	57
三、实验任务和实验安排 .....	58
四、实验设备与工具 .....	58



## 目 录

五、常用件的安装、连接方法 .....	60	附录 6-1 万用组合包零件清单 .....	65
六、实验步骤 .....	64	附录 6-2 典型模型搭建步骤 .....	68
七、注意事项 .....	64	附录 6-3 创意组合实验报告 .....	91
八、附录 .....	65	<b>参考文献</b> .....	<b>95</b>

## 机构运动简图测绘实验

### 说明

\* 本实验介绍了机构运动简图测绘的原理、方法和步骤，对分析研究已有的机构或创新机构设计具有指导意义。本实验属于综合类实验，适合机类、近机类专业以及非机类专业开设有机械设计基础课程的学生使用。

\* 建议实验时间 2 学时。

### 一、实验目的

- 1) 初步掌握测绘机构的技能，培养根据实际机械或机构模型绘制机构运动简图的能力。
- 2) 熟悉并掌握机构自由度的计算方法。
- 3) 了解机构功用、构成及各机构间相互配合关系，加深对机构特性的认识。

### 二、实验设备与工具

- 1) 牛头刨床。
- 2) 液压泵模型。
- 3) 缝纫机头。
- 4) 锯床。
- 5) 插齿机教具。
- 6) 其他机构模型。

学生自带直尺、铅笔、橡皮、白纸（画草图用）。

### 三、实验原理

机构运动简图是用特定的线条和运动副符号表示机构的一种简化示意图，仅着重表示机构运动的特征。而机构的实际运动则仅与机构中运动副的性质（低副或高副等）、运动副的数目及相对位置（转动副中心、移动副的中心线、高副接触点的位置等）、构件的数目等有关。按一定的长度比例尺确定运动副的位置，用长度比例尺画出的机构简图就称为



机构运动简图。机构运动简图保持了实际机构的运动特征，简明地表达了实际机构的运动情况。在实际应用中，有时只需要表明机构运动的传递情况和构造特征，而不要求反映机构的真实运动情况，因此不必严格地按比例确定机构中各运动副的相对位置，这样的图形叫做机构运动示意图。

(1) 机器 从日常生活中我们所接触过的机器可以看出，虽然各种机器的构造、用途和性能各不相同，但是从它们的组成、运动确定性以及功能关系来看，都具有以下几个共同的特征：

- 1) 它们都是一种人为的实物（构件）的组合体。
- 2) 组成它们的各部分之间都具有确定的相对运动。
- 3) 能够完成有用的机械功或转换机械能。

凡同时具备上述三个特征的实物组合体就称为机器。

(2) 机构 在机器的各种运动中，有些构件是传递回转运动的，有些构件是把转动变为往复运动的，有些构件则是利用其本身的轮廓曲线来实现预期规律的移动或摆动。在工程实际中，人们常根据实现这些运动形式的构件的外形特点，把相应的一些构件的组合称为机构。

总之，机器是由各种机构组成的，它可以完成能量的转换或做有用的机械功；而机构仅仅起着运动传递和运动形式转换的作用。也就是说，机构是实现预期的机械运动的实物组合体；而机器则是由各种机构所组成的，能实现预期机械运动，并完成有用机械功或转换机械能的机构系统。

(3) 构件 从制造和加工的角度来看，任何机械都是由若干单独加工制造的单元体——零件组装而成。但是从机械实现预期运动和功能的角度来看，并不是每个零件都能独立起作用。我们把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。但有时为了结构和工艺上的需要，常将几个零件刚性地连接在一起组成构件。

(4) 运动副 机构都是由构件组合而成的，其中每个构件都以一定的方式至少与另一个构件相连接，这种连接既能使两个构件直接接触，又能使两构件能产生一定的相对运动。每两个构件间的这种直接接触所形成的可动连接称为运动副。图 1-1 所示的轴与轴承间的连接，图 1-2 所示凸轮与滚子间的接触，都构成了运动副。

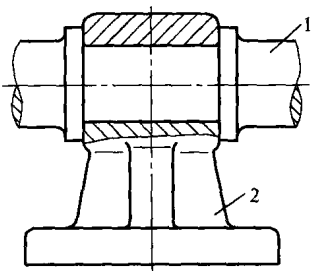


图 1-1 运动副  
1—轴 2—轴承座

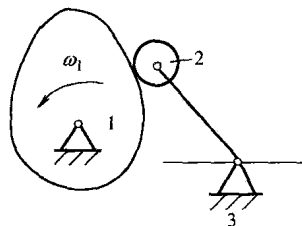


图 1-2 机构简图  
1—凸轮 2—滚子 3—机架



(5) 运动副的分类 按接触形式分类,以面接触的运动副称为低副,以点、线接触的运动副称为高副。高副比低副易磨损。按相对运动的形式分类,相对运动若为平面运动则称为平面运动副,若为空间运动则称为空间运动副。两构件之间只作相对转动的运动副称为转动副或回转副,两构件之间只作相对移动的运动副,则称为移动副。按运动副引入的约束数分类,引入1个约束的运动副称为1级副,引入2个约束的运动副称为2级副,依此类推,还有3级副、4级副、5级副。按接触部分的几何形状分类,根据组成运动副的两构件在接触部分的几何形状,可分为圆柱副、平面与平面副、球面副、螺旋副、球面与平面副、圆柱与平面副等。附录1-1中列举了国家标准中规定的常用运动副的类型及其代表符号。

#### 四、实验内容及步骤

##### 1. 机构运动简图绘制

1) 测绘时,使被测绘的机器或模型缓慢地运动,分析机械的动作原理、组成情况和运动情况,确定其组成的各构件哪个为原动件、机架、执行部分和传动部分。

2) 沿着运动传递路线,根据相连接两构件的接触情况及相对运动情况,逐一分析每两个构件间相对运动的性质,以确定运动副的类型和数目。

3) 恰当地选择运动简图的视图平面。通常可选择机械中多数构件的运动平面为视图平面,必要时也可选择两个或两个以上的视图平面,然后将其展开到同一图面上。

4) 选择适当的比例尺 $\mu_1$  [ $\mu_1 = \text{实际尺寸 (m)}/\text{图示长度 (mm)}$ ],定出各运动副的相对位置。

5) 按规定的运动副的代表符号、常用机构运动简图符号和简单线条及构件的连接次序,从原动件开始在图中依次引序号1、2、3……;标出原动件;在回转副中心、移动副导路上或高副接触处引出A、B、C……。画出机构运动简图的草图(通用的运动符号见本章附表1-1、附表1-2、附表1-3)。

6) 绘制时应撇开与运动无关的构件的复杂外形和运动副的具体构造。同时应注意,选择恰当的原动件位置进行绘制,尽量避免构件相互重叠或交叉。

##### 2. 计算机构的自由度

(1) 自由度计算 将以上确定的参数代入平面机构的自由度计算公式进行自由度计算

$$F = 3n - 2P_L - P_H$$

式中  $n$ ——活动构件数;

$P_L$ ——低副数;

$P_H$ ——高副数。

(2) 检验正误 根据计算所得的自由度值,判定机构运动的确定性,并用机构的实际运动情况检验,如发生矛盾,说明简图或计算有错,须做如下检查:

1) 自由度计算检查。检查是否考虑了复合铰链、局部自由度、虚约束等情况。

2) 运动简图检查。检查所绘制的机构运动简图的构件数、运动副类型、数目是否与实际机构一致,是否有漏画或重复的现象。



### 3. 举例

下面以图 1-3 所示的颚式破碎机、图 1-4 所示的内燃机为例，具体说明机构运动简图的绘制方法。

(1) 颚式破碎机运动简图的绘制 首先，分析机构的组成、动作原理和运动情况。该机构是由电动机驱动带和带轮，通过偏心轴使动颚上、下运动的。

步骤 1：在适当位置画出固定铰链 A。

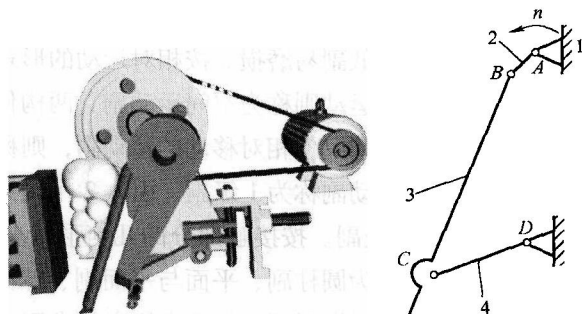


图 1-3 颚式破碎机及其机构运动简图

1—机架 2—曲柄 3—连杆 4—摇杆

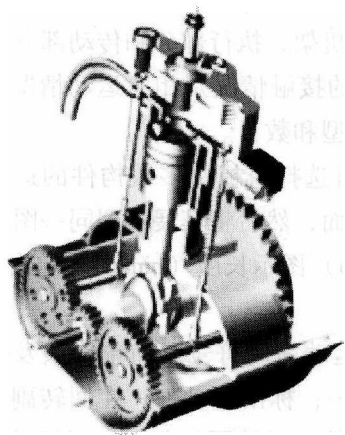


图 1-4 内燃机及其机构运动简图

1—机架 2—曲柄 3—连杆 4—活塞 5—进气阀启、闭凸轮 6—进气阀启、闭顶杆

7—排气阀启、闭顶杆 8—排气阀启、闭凸轮 9、10—齿轮

步骤 2：选取适当的比例尺，按规定的符号画出其他运动副 B、C、D。

步骤 3：用规定的线条和符号连接各运动副。

步骤 4：进行必要的标注。

(2) 内燃机运动简图的绘制 从主动件（输入构件）开始，顺着运动传递路线，仔细分析各构件之间的相对运动情况，从而确定组成该机构的构件数、运动副数及性质。在此基础上，按一定的比例及特定的构件和运动副符号，正确绘制出机构运动简图。

步骤 1：选择视图平面，画出活塞 4 与连杆 3 构成的转动副 A。

步骤 2：选取适当的比例尺，按规定的符号画出其他运动副 B、C、D、E、F、G、H、I、J、L、M。

步骤 3：用规定的线条和符号连接各运动副。

步骤 4：进行必要的标注。



## 五、实验要求

### 1. 实验内容要求

1) 每人要在实验报告纸上绘出不少于4个测得的机构运动简图。其中至少有一个机构须测量组成该机构的各构件的实际尺寸,并按比例绘制其机构运动简图。其他机构可不进行测量,但应凭目测使运动简图与实物大致成比例,并注意各构件的相对位置关系。

2) 实验完成后将草稿交指导教师审阅。如发现错误,应及时修改。

### 2. 实验报告内容要求

1) 计算上述机构的自由度。

2) 判定运动的确定性。

3) 指出每一个机构中存在的复合铰链、局部自由度和虚约束。

4) 根据草稿完成实验报告,简图用绘图仪器完成并标注尺寸。

5) 根据日常所见,在实验报告上画出一个机构的运动简图。

## 六、思考题

1) 何谓机构运动简图?


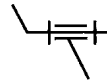
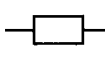




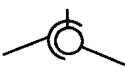
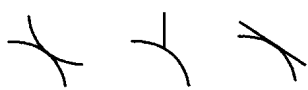
2) 如何才能正确地绘出机构运动简图?

3) 什么是机构的自由度?使机构具有确定运动的条件是什么?

## 七、附录

附录 1-1 常用运动副的类型及其代表符号 (GB/T 4460—1984)

附表 1-1 运动副及机架的简图符号

运动副级别	运动副名称	符 号	
V级副	转动副		
	移动副		
	螺旋副		
IV级副	圆柱副		
	球销副		
	平面高副		



(续)

运动副级别	运动副名称	符 号
Ⅲ级副	球面副	
	平面副	
Ⅱ级副	球与圆柱副	
Ⅰ级副	球与平面副	
机架		

附表 1-2 一些高副机构的表示方法

机构名称	机构简图
平面凸轮机构	移动从动件 
	摆动从动件 
空间凸轮机构	移动从动件 
	摆动从动件 



(续)

机构名称		机构简图
平面齿轮机构	圆柱齿轮	
	齿轮齿条	
空间齿轮机构	锥齿轮	
	蜗杆蜗轮	

附表 1-3 带有平面运动副元素的构件

构件类型	简图符号
带有两个运动副元素	
带有三个运动副元素	





附录 1-2 机构运动简图测绘实验报告

班 级 \_\_\_\_\_ 学 号 \_\_\_\_\_ 姓 名 \_\_\_\_\_  
 同组者 \_\_\_\_\_ 日 期 \_\_\_\_\_ 成 绩 \_\_\_\_\_

1. 实验目的

2. 实验原理

3. 思考题解答

4. 机构运动简图或示意图

名 称	机构运动简图	自 由 度
	比例尺 $\mu_1 =$	活动构件数 $n =$ 低副数 $P_L =$ 高副数 $P_H =$ 自由度 $F =$







(续)

名称	机构运动简图	自由度
比例尺 $\mu_1 =$		活动构件数 $n =$ 低副数 $P_L =$ 高副数 $P_H =$ 自由度 $F =$
比例尺 $\mu_1 =$		活动构件数 $n =$ 低副数 $P_L =$ 高副数 $P_H =$ 自由度 $F =$
比例尺 $\mu_1 =$		活动构件数 $n =$ 低副数 $P_L =$ 高副数 $P_H =$ 自由度 $F =$





