

高等学校机械基础课程系列教材

# 机械设计基础实验教程

主编 陈亚琴 孟梓琴  
主审 杨梦辰

2-33



北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校机械基础课程系列教材

# 机械设计基础实验教程

陈亚琴 孟梓琴 主编

杨梦辰 主审

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内容简介

全书共分3章。第一章主要介绍机械设计基础实验在教学中的地位与作用、机械设计基础实验体系组成与分类、不同专业的实验项目选择等内容。第二章介绍各实验项目的内容及注意事项等。第三章为各实验项目的实验报告及思考题。

本书适合机械类、机电类专业师生使用,有些实验也可供电子类和控制类等非机械类专业师生选做。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础实验教程/陈亚琴,孟梓琴主编. —北京:北京理工大学出版社,2003.8

ISBN 7-5640-0094-5

I. 机… II. ①陈…②孟… III. 机械设计-实验-高等学校-教材 IV. TH122-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 041688 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68912824(发行部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / [chiefedit@bitpress.com.cn](mailto:chiefedit@bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 7.5

字 数 / 176 千字

版 次 / 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1~5000 册

定 价 / 11.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 母长新

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

# 前 言

北京理工大学在多年的教学改革的探索与实践过程中,机械基础课群逐渐形成以“设计”为主线,培养学生的创新能力、工程实践能力、理论教学和实践教学紧密联系的新体系,并构建了理论教学平台、实践教学平台。其中,理论教学平台由机械工程概论、机械制图、机械 CAD1、几何精度规范学、机械原理、机械设计、机械 CAD2、机械创新设计组成,该平台的系列课程教材正在编写之中。实践教学平台由实验教学和课程课群综合设计组成。《机械设计基础实验教程》就是实验教学平台建设的重要组成部分,是实验教学改革的具体体现。

提高工科大学生的创新意识、培养创新能力、加强动手能力是 21 世纪高等工科大学实践教学改革的组成部分。为适应社会发展的需求和教学改革的进程,我们在机械原理实验室和机械零件实验室的基础上,成立了机械设计实验室。

通过学校的“211”工程建设、评优建设、实验室评估和世行贷款建设,机械设计实验室的面貌发生了很大变化,实验室人员的梯队建设和人员素质有了很大提高。

目前,已形成了从“机械认知实验、机械创新实验、机械性能测试与分析实验到创新产品制作实验”完整的实验体系和工程训练新体系,为培养学生的创新设计能力、动手能力和工程实践能力提供了良好的工程实践基地。

本书共分三章:第一章,绪论;第二章,实验项目及内容;第三章,实验报告。第二章中的实验项目可按学生的不同专业,分为必做实验、选做实验和开放性实验。

本书由陈亚琴和孟梓琴任主编,编写工作的分工为:第一章、第二章的实验一~实验六、实验十四、实验十五由陈亚琴编写;第二章的实验七、实验八、实验十六由汪虹编写;第二章的实验九~实验十三由孟梓琴编写,全书由陈亚琴和孟梓琴负责统稿。杨梦辰仔细审阅了书稿并提出了许多修改意见,为本书的顺利出版给予了许多帮助。张春林、万小利和殷耀华老师也对本书的编写给予很大支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

该实验教程内容可供机械类、机电类专业学生使用,也可以作为电子类、控制类等非机械类学生的选做实验。

多年来,校领导、教务处,机械与车辆工程学院的领导对机械基础课群的改革给予了极大的关心与帮助,在这里一并表示衷心感谢。

本书是在机械原理实验指导书和机械零件实验指导书的基础上,参照“211”工程建设、世行贷款建设引进实验设备和试用的基础上编写而成的。由于作者水平有限,经验不足,漏误之处在所难免,希望广大读者不吝赐教。

编 者  
2003 年 4 月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
第一节 实验教学在教学中的地位与作用.....	( 1 )
第二节 机械设计基础课程实验体系.....	( 1 )
第三节 机械设计基础课程实验内容.....	( 4 )
第四节 机械设计基础实验分类与要求.....	( 6 )
<b>第二章 实验项目及内容</b> .....	( 7 )
实验一 机构测绘实验.....	( 7 )
实验二 渐开线齿轮的范成实验.....	( 9 )
实验三 刚性转子的平衡实验.....	( 13 )
实验四 机械运动参数测量实验.....	( 21 )
实验五 机械动力参数测量实验.....	( 26 )
实验六 机电系统创意组装实验.....	( 30 )
实验七 机构运动方案创新设计实验.....	( 32 )
实验八 平面机构创意设计实验.....	( 37 )
实验九 带传动实验.....	( 40 )
实验十 蜗杆传动效率测定实验.....	( 44 )
实验十一 轴系结构设计实验.....	( 48 )
实验十二 滑动轴承实验.....	( 53 )
实验十三 减速器拆装实验.....	( 60 )
实验十四 机电系统认知实验.....	( 65 )
实验十五 机床搭接与模型制作实验.....	( 68 )
实验十六 机械运动与控制实验.....	( 71 )
<b>第三章 实验报告</b> .....	( 75 )
实验一 机构测绘实验报告.....	( 75 )
实验二 渐开线齿轮的范成实验报告.....	( 79 )
实验三 刚性转子的平衡实验报告.....	( 81 )
实验四 机械运动参数测量实验报告.....	( 85 )
实验五 机械动力参数测量实验报告.....	( 87 )
实验六 机电系统创意组装实验报告.....	( 89 )
实验七 机构运动方案创新设计实验报告.....	( 91 )
实验八 平面机构创意设计实验报告.....	( 93 )
实验九 带传动实验报告.....	( 95 )
实验十 蜗杆传动效率测定实验报告.....	( 97 )
实验十一 轴系结构设计实验报告.....	( 99 )
实验十二 滑动轴承实验报告.....	( 101 )

实验十三	减速器拆装实验报告	(105)
实验十四	机电系统认知实验报告	(107)
实验十五	机床搭接与模型制作实验报告	(109)
实验十六	机械运动与控制实验报告	(111)
参考文献		(113)

# 第一章 绪 论

## 第一节 实验教学在教学中的地位与作用

教育要面向未来,现代教育理念已从知识型教育、智能型教育走向素质教育、创新教育。高等教育在探索如何实施以人的全面发展为价值取向的素质教育的过程中,逐步认识到理论教学和实验教学具有同等重要的地位和作用。实验教学的重要性是让学生自己动手实验,它是认识世界的一个重要源头,学生通过实验牢固地确立实验先于理论,理论源于实验的科学世界观,不仅从理论课上接受知识,还要自己通过实验去学习知识,在实践中运用知识,才能真正掌握好知识,最终在实践中创造知识、发展知识。

实验教学是理论知识与实践活动、间接经验与直接经验、抽象思维与形象思维、传授知识与训练技能相结合的过程。要在实验教学中培养学生的创新能力,就要重视实验教学方法,使实验课程成为学生有效的学习和掌握科学技术与研究科学理论和方法的途径,学生通过一定量的、有水平的实验和有计划的实验操作技能训练,可以达到扩大知识面,增强实验设计能力、实际操作能力,提高分析问题和解决问题的能力,培养科研协作精神,使自身素质得到全面提高。

机械设计实验是机械技术基础课程的重要实践环节,其教学目标是使学生开始认知机械设备与机械装置、掌握绘制实际机构运动简图的技能,掌握对简单机械参数测试的手段,加深对基本理论的理解和验证,培养学生的测试技能,提高学生独立思考问题、分析问题和解决问题的能力,获得实际操作的基本工程训练和对实验结果进行分析的能力。

在实践中培养学生的创新意识和创新能力尤为重要,开设具有创造性的实验对培养学生创新意识和创新素质有很大帮助,在培养学生全局教育中起着重要作用。

在实验教学中强调独立动手能力和运用实验方法研究机械能力的培养,培养学生理论联系实际,独立分析、解决实际问题的能力与实事求是、严谨的工作作风及爱护国家财产的良好品德。

实验中尽量采用先进的测试方法和数据处理方式,逐步创造启发式和开放式实验条件,使学生能自选和自行设计实验项目,提高实验能力,以适应培养跨世纪人才的需要。

## 第二节 机械设计基础课程实验体系

### 一、机械设计实验课程的体系结构

机械设计基础课程的实验体系将遵循“机械认知→机械创新实验→性能测试与分析实验→产品制作”的实践、理论、再实践的认知规律,并按照这四个大组成部分将实验室规划分类,建造机械设计基础实验大平台。其组成框图如图 1-1 所示。



图 1-1 机械设计基础实验平台

每个实验模块包含的实验内容如下:

#### 1. 机械认知实验模块

- (1) 机械模型展示室:典型机构与零件、机械手与机器人、工业包装机等展示与演示。
- (2) 机械测绘室:机构尺寸测绘,提高认识机械和分析机械的能力。
- (3) 轴系结构分析室:轴系拆装认知,提高轴系结构的设计能力。
- (4) 减速器拆装室:拆装、分析减速器,提高机械设备结构的认知和工程设计能力。
- (5) 齿轮范成实验室:认识齿轮加工的基本原理。
- (6) 机器人室:对空间并联机器人认知。

#### 2. 机械创新设计实验模块

(1) 机械创新设计网络平台:提供创新设计的查询、创新设计方法、途径、资料、创新设计支撑软件,直接服务于创新设计。

(2) 机构创意组装室:直接创造搭接新机构,或将创造的机构进行实物组装。

(3) 机电组合系统创意组装实验室:组装含有气动机构、齿轮机构、杆件机构和微机控制组成的复杂机电系统,进行机电一体化产品的创新设计训练。

(4) 机床搭接组装室:按组件组合成各种加工机床,并能加工简单机械零件,可为创新产品提供必要的制造条件。

(5) 机械运动与控制室:实现机械运动与控制,以机器人机构、 $x-y$ 平台等设备为载体,进行运动与控制的创新基础训练。

(6) 机械系统设计室:以机电一体化包装机械为载体,进行反求设计或创新设计能力培养。

#### 3. 机械性能测试与分析模块

(1) 机械运动参数与动力参数测量室:测量机械的实际位移、速度、加速度、运转不均匀系数、平衡等机械性能参数。

(2) 带传动实验室:测量带传动的效率,滑差率。

(3) 机械效率测量实验室:测量蜗杆传动的机械效率。

(4) 滑动轴承实验室:测试液体动压滑动轴承压力分布状态与摩擦特性。

(5) 气动轴承实验室:气动轴承的压力与转数,提高学生对前沿科学技术的认知能力。

(6) 机械平衡实验室:进行刚性转子的平衡校正,提高学生使用先进设备的综合能力。

(7) 机械系统实验室:对工业包装机械进行测绘,性能分析、机械运动与控制分析,建立完整的机械系统的全局概念。

#### 4. 机械创新设计制作室

由小型加工制作机组成,完成小型创新产品样机的制造与组装,培养学生的动手能力。

## 二、机械设计实验室的组成

机械设计实验室的组成框图如图 1-2 所示。



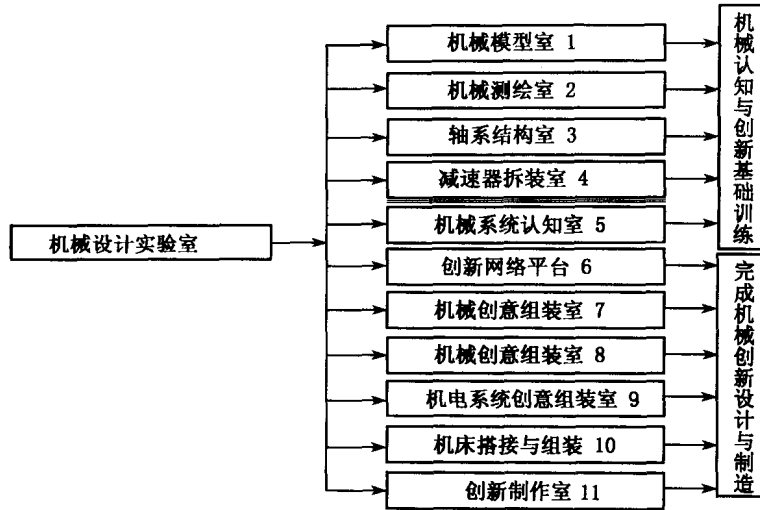


图 1-2 机械设计实验室的组成

各实验室提供的实验内容如下：

(1) 机构模型室：提供各类简单机构模型和机械零件模型，供学生认识机械零件和了解机构类型及运动形式。

(2) 机械测绘室：提供各类机构系统模型和机械实物，供学生认识机械并学习绘制机构运动简图，掌握分析机械的基本方法。

(3) 轴系结构室：提供典型的轴类零件、轮状零件、轴向定位零件、周向定位零件、箱体等零件，了解轴系结构设计的基本知识。

(4) 减速器拆装室：提供多种类型的减速器，供学生进行拆装，了解典型的机械设备的结构、工艺、润滑及密封等知识。

(5) 机械系统认知室：提供工业用的包装机械，供学生了解机械的动力系统、机械传动系统、工作执行系统、电气控制系统、传感系统等完整的机械系统，并能对其进行机构运动简图的测绘。

以上 5 个实验室提供认知训练和机械创新设计基础训练。

(6) 创新网络平台：学生可在创新网络平台上查阅国内外文献和创新设计的基本资料，也可在网络上对创新设计进行交流。

(7) 机构创意组装室：学生可以把图纸上的创新设计结果在机构搭接平台上进行组装，验证自己的设计结果，也可以在搭接平台上直接进行创新设计。

(8) 机电系统创意组装室：学生可把组装的机械产品与控制手段结合在一起。学习机电一体化产品的设计。

(9) 创新制作室：为学生提供创新产品样机的加工场所，提高设计能力和动手能力。

上述实验室提供的一系列机械创新认知基础实验、机械创新设计实验、机械性能测试实验和创新作品制作与机械基础课程课堂教学相配合，形成机械基础系列课的理论与实践相结合的大好局面。为实现机械基础系列课的改革目标的实现创建了良好基础。

## 第三节 机械设计基础课程实验内容

### 实验一 机构测绘实验(2学时)

- (1) 通过对实际机械或机构模型的直接测绘,掌握绘制机构运动简图的方法。
- (2) 验证机构自由度的计算。
- (3) 加深对机构组成原理的了解。

### 实验二 渐开线齿轮范成实验(2学时)

- (1) 观察用范成法切制渐开线齿轮的过程。
- (2) 进一步了解渐开线标准齿轮产生根切的原因和变位齿轮的概念。
- (3) 分析比较标准齿轮和变位齿轮在形状、几何尺寸等方面的异同点。

### 实验三 刚性转子平衡实验(2学时)

- (1) 巩固刚性转子动平衡的基本理论与方法。
- (2) 了解闪光测相动平衡机的工作原理及操作方法。

### 实验四 机械运动参数测量实验(2学时)

了解机械的实际位移、速度、加速度等机械性能参数。

### 实验五 机械动力参数测量实验(2学时)

(1) 通过实验了解:位移、速度、加速度的测定方法;角速度、角加速度的测定方法;转速及回转不匀率的测定方法。

(2) 通过实验初步了解“机械动态参数测试仪”及光电脉冲编码器,同步脉冲发生器(或称角度传感器)的基本原理,并掌握它们的使用方法。

(3) 通过比较理论运动线图与实测运动线图的差异,并分析原因,增加对速度、角速度、特别是加速度、角加速度的感性认识。

### 实验六 机电系统创意组装实验(30学时)

利用给定组件进行机械创意搭接,然后对搭接后的机械进行控制。

### 实验七 机构运动方案创新设计实验(2学时)

- (1) 根据所学知识,构思几种实现特定运动的连杆组合机构。
- (2) 在实验台上动手装配这几种组合机构。
- (3) 分析总结这几种组合机构的特点。
- (4) 在实验台上直接创意组装连杆机构,然后对其进行性能分析。

### 实验八 平面机构创意设计实验(2学时)

(1) 进行机构系统的创新设计,然后在利用给定的构件在实验台上进行组装。

(2) 利用给定的构件在实验台直接进行创意组装,然后对其进行性能分析,评估创新机构的优劣。

### **实验九 带传动实验(2学时)**

- (1) 掌握带传动试验台的工作原理及其使用方法。
- (2) 了解带传动的弹性滑动与打滑现象。
- (3) 了解带传动在不同初拉力、不同转速下载荷与滑动率、载荷与效率的关系。

### **实验十 蜗杆传动效率测定实验(2学时)**

- (1) 掌握蜗杆传动效率的测试方法。
- (2) 测试蜗杆传动在不同载荷下的效率变化。
- (3) 测试蜗杆传动在不同转速下的效率变化。
- (4) 了解机械传动开式加载的实验方法。
- (5) 了解转矩-转速传感器和测量仪的使用方法。

### **实验十一 轴系结构实验(2学时)**

对轴的结构、轴上零件的周向定位、轴向定位、轴承类型、润滑与密封等进行全面工程训练。

### **实验十二 滑动轴承实验(2学时)**

- (1) 观察径向滑动轴承的液体摩擦现象。
- (2) 了解液体动压轴承试验台性能及其使用方法。
- (3) 熟悉液体动压轴承的油压分布。

### **实验十三 减速器拆装实验(2学时)**

了解直齿圆柱齿轮减速器、斜齿圆柱齿轮减速器、圆锥齿轮减速器、蜗杆传动减速器的构造与装配方式,进行实际拆装,培养工程设计能力。

### **实验十四 机电系统认知实验(4学时)**

工业包装机由动力机、传动装置、工作执行装置、传感系统和控制系统组成,运动多样化,是非常典型的现代机电系统。对其进行实际操作,了解其各部分工作原理,分析工作特点,研究他们的改型设计或创新设计,这是典型的综合实验。

### **实验十五 机床搭接与模型制作实验(30学时)**

利用给定组件,搭接成车床、齿轮加工机床等,然后进行简单机械零件的加工。

### **实验十六 机械运动与控制实验(30学时)**

了解机械手和  $x-y$  平台的组成与结构、工作原理,对机械手和  $x-y$  平台的运动进行控制,实现给定的运动轨迹或动作要求。该实验是典型的综合实验。

## 实验十七 机械认知实验(2学时)

参观机械模型室,观看各类机械零件、典型机构、机械手与机器人、包装机械,使学生对机械有一个综合认知的基础教育,为进入专业课程学习打基础。

# 第四节 机械设计基础实验分类与要求

## 一、机械设计基础实验分类的基本原则

全书共十七个实验,将这些实验分为必做实验、选做实验、开放实验和演示性实验。划分原则既考虑到学生所在的专业和实验内容的复杂程度,又考虑到课程实验的单一性和实验内容的综合性。其中,机构测绘实验、渐开线齿轮范成实验、机构运动方案创新设计实验、平面机构创意设计实验、运动参数与动力参数测量实验、机械平衡实验是配合机械原理教学开设的课程实验;带传动实验、轴系结构实验、滑动轴承实验、机械效率测试与分析实验、减速器拆装实验是配合机械设计课程开设的实验;机械认知实验、机电系统创意组装实验、机械运动与控制实验、机电系统认知实验、机床搭接与模型制作实验是跨课程的为课群服务的综合实验。因而按照学时多少将它们划分为选做实验或开放性实验。

该实验教程可满足机械原理、机械设计、机械设计基础的课程实验教学,也适合机械设计基础课群的综合实验教学。由于实验项目较多,而各门课程的课内实验学时数受到教学大纲的限制,因而对课程的必作实验做较少的限制,给选作实验留有较大的空间,并提倡开放性实验,弥补课内实验学时的不足。

## 二、机械设计基础课程实验的分类

根据具体教学情况和专业布局,提出以下建议供教师参考。

### 1. 机械原理课程(实验6学时)

- (1) 必做实验:机构测绘实验、机构运动方案创新设计实验。
- (2) 选做实验:齿轮范成实验、运动参数与动力参数测量实验、机械平衡实验。
- (3) 开放性实验:机电系统认知实验、机电系统创意组装实验。

### 2. 机械设计课程(实验6学时)

- (1) 必做实验:轴系结构设计实验、带传动实验。
- (2) 选做实验:机械效率测试实验、滑动轴承实验。
- (3) 开放性实验:减速器拆装实验。

### 3. 机械设计基础课程(实验8学时)

- (1) 必做实验:机构测绘实验、轴系结构设计实验。
- (2) 选做实验:齿轮范成实验、机械平衡实验、机械效率测试实验、带传动实验、滑动轴承实验。
- (3) 开放性实验:减速器拆装实验、机电系统认知实验、机电系统创意组装实验。

## 第二章 实验项目及内容

### 实验一 机构测绘实验

#### 一、概述

在设计新的机械或对现有机械进行分析研究时,需要画出能表明其组成情况和运动情况的机构运动简图,而机构各部分的运动情况,是由其原动件的运动规律、该机构中各运动副的类型(例如,是高副还是低副,是转动副还是移动副等)和机构的运动尺寸(确定各运动相对位置的尺寸)来决定的。而与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目及固联方式、运动副的具体结构无关。所以,只要根据机构的运动尺寸,按一定的比例尺定出各运动副的位置,就可以用运动副的代表符号和简单的线条把机构的运动情况表示出来,这种表示机构运动情况的简单图形,就是所谓的机构运动简图。机构运动简图应与原机械具有完全相同的运动特性,它不仅简明地表示出机构运动情况,而且还可以根据该图对机构进行运动及动力分析。有时,如果是为了表明机构的运动情况,而不需求出其运动参数的数值,也可以不要求严格地按比例来绘制简图,而通常把这样的机构运动简图称为机构的示意图。

#### 二、实验目的

- (1) 进行机构和简单机械的认知能力的培养。
- (2) 通过对实际机械或机构模型的直接测绘掌握绘制机构运动简图的方法。
- (3) 验证机构自由度的计算。
- (4) 加深对机构组成原理的了解。

#### 三、实验原理

机构的运动与组成,与机构的运动副类型和数目以及各运动副相对位置的尺寸有关。因此,在绘制机构运动简图时,可以撇开构件的具体形状和运动副的具体构造,而用一些简单的线条来代表构件,用规定的符号代表运动副,并按一定的比例来表示运动副的相对位置,以此表明机构的运动特征。常用运动副符号见表 2-1。

#### 四、实验设备与工具

- (1) 各种机器实物和机构模型。
- (2) 钢板尺、内外卡钳等测量工具(根据需要选用)。
- (3) 铅笔、三角板、圆规、橡皮、草稿纸(学生自备)。

#### 五、实验步骤

- (1) 找出机构主动件和从动件,驱动主动件使机构缓慢运动,观察机构的组成情况和运动

表 2-1 常用运动副符号

名称	代表符号	名称	代表符号
两活动构件组成转动副		外啮合圆柱齿轮机构	
一个活动构件与机架组成转动副		内啮合圆柱齿轮机构	
三个转动副在同一构件之上		齿轮齿条传动	
三个转动副的中心处于一条直线上		圆锥齿轮机构	
两活动构件组成移动副		蜗杆蜗轮传动	
一个活动构件与机架组成移动副		棘轮机构	
凸轮机构		传动螺杆和螺母	

情况。

(2) 从主动件开始,确认活动构件及其数目,以及固定构件(机架)。

(3) 从主动件开始,按照运动的传递顺序,仔细观察两连接构件之间的接触性质及相对运动,以确认运动副的类型。最后找出各运动副的数目。

(4) 合理选择视图平面,一般选择与绝大多数构件的运动平面相平行的平面作为视图平面。按所选的视图平面,在草稿纸上徒手画出机构示意图。并从主动件开始,依次用数字表示各构件,用字母表示各运动副。

(5) 计算机构自由度,并检验与机构主动件数目是否一致。

(6) 仔细测量机构的运动学尺寸,以确定机构位置。

(7) 选取适当的比例尺:

$$\text{长度比例尺 } \mu_l = \text{实际长度(mm)} / \text{图示长度(mm)}$$

(8) 绘制机构运动简图,按一定比例尺,用制图仪器画出机构运动简图。

(9) 举例:如图 2-1(a)为某泵模型的模型,(b)测绘其运动简图。

1) 确定构件数目:该泵由机架 4、偏心轮 1 (原动件)、连杆 2、和摇块 3 共四个构件组成。

2) 确定运动副类型:偏心轮 1 相对机架 4 绕 A 点作回转运动,故构件 1 和构件 4 组成转动副,其转动中心为 A。连杆 2 相对偏心轮 1 绕 B 点作回转运动,故也组成转动副,其转动中心为 B。连杆 2 相对于摇块 3 沿导路 B-C 移动,故连杆 2 与摇块 3 组成移动副。摇块 3 相对于机架 4 绕圆心 C 点作回转运动,故摇块 3 与机架 4 组成转动副,其转动中心为 C。

3) 绘制机构运动简图:首先选定视图平面,绘制机构示意图(草图)  $F = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$ ,计算自由度与实际相符,测量机构运动尺寸,确定比例尺  $\mu_l$ 。而后绘制机构运动简图,如图 2-1(b)所示。

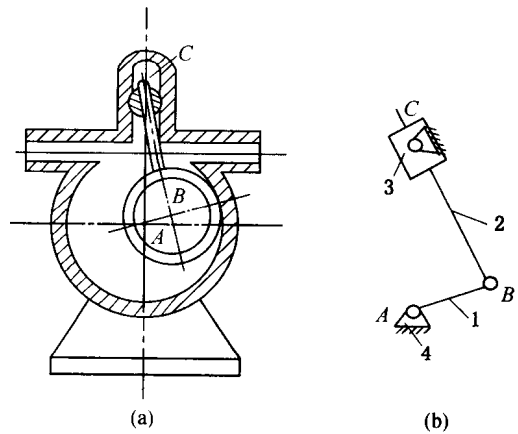


图 2-1 泵机构运动图  
(a) 泵模型; (b) 泵机构运动简图  
1—曲柄; 2—连杆; 3—滑块; 4—机架

## 实验二 渐开线齿轮的范成实验

齿轮实验包括渐开线齿轮的范成实验和齿轮范成的 CAT 两个实验,其中渐开线齿轮的范成实验为必做实验;齿轮范成的 CAT 为选做实验。

### 一、概述

在多种机械中,直齿圆柱齿轮机构是用来传递两轴平行间的运动和动力的,并且传动平稳可靠,效率也高,是一种广泛应用的机构。通过渐开线齿轮的范成实验,有助于加深对齿轮加工和啮合原理的理解。

## 二、实验目的

- (1) 模拟用范成法切制渐开线齿轮的过程。
- (2) 进一步了解渐开线标准齿轮产生根切的原因和变位齿轮的概念。
- (3) 分析比较标准齿轮和变位齿轮在形状和几何尺寸等方面的异同点。

## 三、实验仪器结构及工作原理

加工齿轮的方法很多,范成法是以齿轮啮合原理进行加工齿轮的常用方法。范成法加工

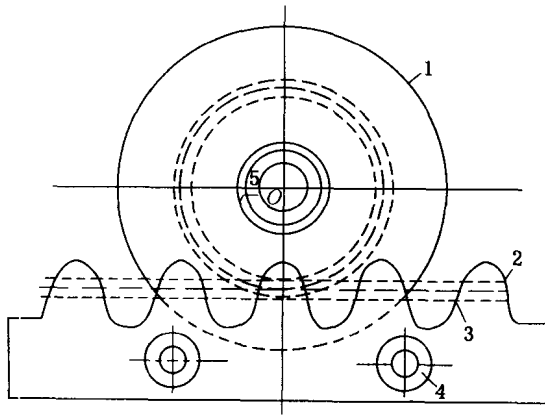


图 2-2 齿轮范成仪  
1—圆盘;2—刀具;3—拖板;4、5—圆螺母

齿轮是利用一对齿轮互相啮合时,齿廓曲线互为包络线的原理。齿轮轮坯的瞬心线(加工节圆)和齿条刀的瞬心线(加工节线)对滚,刀具齿廓即可包络出被加工齿轮的齿廓。范成法加工齿轮时,需将刀刃形成包络线的各个位置记录下来,才能看清轮齿的范成过程,做本实验时,用图纸做轮坯,用齿轮范成仪来实现刀具与轮坯的对滚,再用笔将刀刃的各个位置画在轮坯上,就清楚地显示出轮齿的范成过程。齿轮范成仪的构造如图 2-2 所示。

圆盘 1 绕固定在机架上的轴心  $O$  转动,刀具 2 利用圆螺母 4 和拖板 3 固联,圆盘 1 的背面固联一齿轮与拖板 3 上的齿条相啮合。

当拖板 3 在机架导轨上水平移动时,圆盘 1 相对与拖板 3 转动,完成范成运动。松开圆螺母 4 后,刀刃 2 相对于被加工齿轮 3 可径向移动,用以调整齿条刀具中线和齿轮分度圆之间的径向距离,则切制出标准齿轮或变位齿轮。圆螺母 5 用来把作为轮坯的图纸固定在圆盘 1 上。

## 四、实验设备

- (1) 齿轮范成仪一台。
- (2) 直径 200 mm 白纸一张。
- (3) 普通测量尺及圆规、铅笔、量角器(学生自备)。

## 五、实验步骤

- (1) 测量确定范成仪上齿条刀具的模数,齿形角,齿顶高系数和顶隙系数。
- (2) 确定被加工齿轮的齿数并计算被加工齿轮的几何尺寸。
- (3) 在图纸上画出被加工齿轮的分度圆、基圆、齿顶圆和齿根圆(只画  $180^\circ$ )。
- (4) 把作为轮坯的图纸放在圆盘 1 上,用圆螺母 5 将其压紧。
- (5) 切制标准齿轮。
  - ① 调制刀具 2 的位置,使刀具中线与被加工齿轮的分度圆相切。
  - ② 把刀具移向左端,使刀具的齿廓退出齿顶圆,用铅笔描下刀具在此位置的齿廓,然后每



当刀具向右端移动 2~3 mm 时,重复描下齿廓,一直到包络出两个完整的轮齿为止。

(6) 观察切制出来的标准齿轮齿廓有无根切。

(7) 切制变位齿轮。

① 根据被切齿轮的齿数计算出不产生根切的最小变位系数。调整齿条刀的径向位置,将其向远离轮坯中心的方向移动一段距离(等于它的变位量)。

② 拧松圆螺母 5,将图纸转过 180°,再拧紧圆螺母 5。

③ 按范成标准齿轮同样的方法,形成两个完整的轮齿。

(8) 观察切制出来的变位齿轮齿廓有无根切。

(9) 松开圆螺母 5,取下图纸,在切制出的两个齿轮上分别标明分度圆半径  $r$ 、齿顶圆半径  $r_a$ 、基圆半径  $r_b$ 、齿根圆半径  $r_f$ 、分度圆齿厚  $s$ 、分度圆齿槽宽  $e$  的值。

## 齿轮范成的 CAT

### 一、实验目的

(1) 进一步了解渐开线齿廓的范成原理。

(2) 了解计算机绘图知识。

### 二、实验设备

计算机一台。

绘图仪一台。

### 三、实验原理

用齿条刀具范成标准渐开线直齿圆柱齿轮时,齿条中线与齿轮分度圆相切并作纯滚动,设想齿轮固定不动,则齿条刀具一方面以  $\omega$  绕轮坯中心转动,另一方面又有沿切线方向移动,这种复合运动的连续同样可范成出渐开线齿轮。利用计算机画出一系列齿条刀具廓线后,即可包络出齿轮齿廓曲线。齿条刀具上各点坐标求法如图 2-3

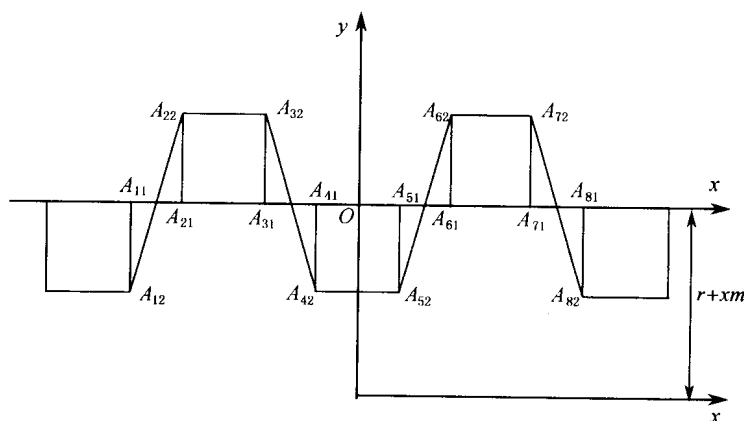


图 2-3 坐标图