



高等学校应用基础型人才培养规划教材

实验实训

机械原理实验教程

万殿茂 邓 昱 时连君 郭春芬 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



高等学校应用基础型人才培养规划教材

实验实训

机械原理实验教程

编著 万殿茂 邓 昱 时连君 郭春芬

 中国电力出版社

内 容 提 要

本书为高等学校应用基础型人才培养规划教材。全书中包括了五个实验内容，包括机构认识、机构运动简图测绘、齿轮范成加工原理、渐开线齿轮参数测定、机构运动创新设计及实验报告。

本书可作为高等学校机械类专业或近机械类专业的机械原理课程的实验教程，也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

机械原理实验教程 / 万殿茂等编著. —北京：中国电力出版社，2015.3

高等学校应用基础型人才培养规划教材. 实验实训
ISBN 978-7-5123-7291-7

I. ①机… II. ①万… III. ①机构学—实验—高等学校—教材 IV. ①TH111-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 040452 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 3 月第一版 2015 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 4.25 印张 92 千字

定价 8.50 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编 委 会

主 任 魏绍亮

副主任 韩宝坤 时连君 孙 静

委 员 万殿茂 郭春芬 梁慧斌

陈庆光 李志敏 王京生

邓 昱 刘 梅 高 峰

序

山东特色名校工程,是山东省为解决省内高等学校面临的办学模式单一、同质化倾向明显、学科专业结构不能够适应经济社会发展等问题而实施的教育改革,即在省内地方高校中遴选一批不同类型的人才培养特色名校,进行重点建设。山东特色名校工程被誉为“山东省版 211 工程”或“鲁版 211 工程”。名校工程突出“分类指导、内涵发展、强化特色、提高质量”的主题,推动高校科学发展,建设一批在深化教育教学改革、创新人才培养模式、提高人才培养质量、增强社会服务能力等方面发挥示范带动作用的高校,形成层次类别清晰、具有山东特色的高等教育体系。

山东科技大学作为第一批重点建设的应用基础型特色名校之一,紧紧把握机遇,全面启动名校建设工作。机械设计制造及其自动化、土木工程、采矿工程等专业是特色名校建设的重点专业,学校计划通过 3 年名校工程重点专业建设,将重点建设的专业建设成为在工程领域中专业特色鲜明、办学优势突出,人才培养、科学研究、社会服务、管理水平和毕业生质量均达到国内先进水平,且具有较高知名度的特色专业。要培养具有“宽口径、厚基础、强能力、高素质”特征的具有创新意识的人才。要培养具有创新意识的人才,实践教学所占的地位十分重要。众多发明创造都来自于实验。因此,营造一个较好的实验、实践环境,建立一套完善的实践体系,因此编写一套高质量的实验、实践教材是基本的保证。

按照山东省特色名校建设的要求,学校组织以实验室教师为主,任课教师积极参与,制订了一套具有创新意识的实验、实践教改方案。经过有关专家论证,结合一线实验教师、任课教师的多年实践教学经验,组织编写了这套高等学校应用基础型人才培养规划教材·实验实训系列教材,包括流体力学实验教程、机械原理实验教程、传感器系统实验教程、汇编语言与接口技术实验教程、互换性与测量技术实验教程。

该套教材主要特点如下:

- (1) 注重学生动手能力培养,加强实践、培养兴趣、积极创新的理念。
- (2) 符合教学规律,实现了循序渐进,实验分为验证性实验、综合性实验、创新性实验和设计性实验 4 个层次。
- (3) 实现了内容的优化组合,突出了先进性和实用性。

该套教材可以作为本校或者外校相同、相近专业学生的实验指导教材,也可以作为教师和工程技术人员的设计参考书。

2014 年 12 月

前 言

机械原理是机械类专业主要基础课程之一，其实验教学也是机械原理教学系列中非常重要的组成部分。实验教学是培养学生知识和能力必不可少的环节，使学生的动手能力、工程实践能力和创新能力得到全面提高。通过实验能使更熟练地理解和掌握理论知识，拓宽学生发散思维方式，使学生的工程实践意识和创新意识得到全面的发展。

全书包括了五个实验内容，包括前言、机构认识、机构运动简图测绘、齿轮范成加工原理、渐开线齿轮参数测定、机构运动创新设计，其中有验证性、综合性和创新性实验，验证性实验能使学生进一步加深理论知识内容的理解；综合性实验能使学生掌握的知识由单一性向综合性转变，拓宽知识面；创新性实验能使学生分析能力和创新设计能力步入一个新的台阶。

在每个实验项目中，包括了概述、实验目的、实验设备及工具、实验内容、实验步骤及预习题等内容。

本书由山东科技大学组织编写，由万殿茂、邓昱、时连君、郭春芬编著。

在本书的编写过程中，山东科技大学王全为教授提出了很多宝贵的意见和建议，在此表示感谢。

鉴于编者水平所限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2014.12

实 验 须 知

1. 进入实验室做实验，都要自觉遵守实验室制定的规章制度，并接受指导老师的指导。
2. 实验使用仪器设备时，要严格遵守操作规程，与本次实验无关的仪器设备不得乱动。
3. 实验室内应保持安静有序，并维护室内清洁。
4. 实验中，如损坏仪器设备、桌椅板凳等，应立即向指导教师报告，以便处理。
5. 尊重实验室管理人员的职权，对不遵守操作规程又不听劝告者，实验管理人员有权令其停止实验，对违章操作造成事故要追究责任。
6. 实验室一切物品（如仪器、模型、工具、量具等）不得带离实验室，违者除退回物品外，要批评教育，丢失要赔偿。
7. 实验完毕，必须把电源插头拔下。仪器设备、工具、量具、模型等整理好，经教师允许后方可离开实验室。
8. 学生要求重做实验，或做规定外的实验，应预先报告指导教师，征得同意后方可实验，以免发生事故。

目 录

序	
前言	
实验须知	
实验 1 机构认识	1
1.1 概述	1
1.2 实验目的	1
1.3 实验设备	1
1.4 实验内容	1
实验 2 机构运动简图测绘	14
2.1 概述	14
2.2 实验目的	14
2.3 实验设备及工具	14
2.4 机构运动简图测绘示例	14
2.5 实验步骤	15
2.6 思考题	15
实验 3 齿轮范成加工原理	16
3.1 概述	16
3.2 实验目的	17
3.3 实验设备及工具	18
3.4 实验仪器的结构及工作原理	18
3.5 实验步骤	18
实验 4 渐开线齿轮参数测定	20
4.1 实验目的	20
4.2 实验设备及工具	20
4.3 实验方法	20
4.4 实验步骤	23
4.5 思考题	23
实验 5 机构运动创新设计	24
5.1 实验目的	24

5.2 实验设备及工具.....	24
5.3 实验原理	24
5.4 实验步骤	35
5.5 实验内容	36
附录 机械原理实验报告	39
参考文献	55

实验1 机构认识

1.1 概述

机械原理课程是研究有关机械的基本理论问题的课程。机械原理陈列柜列举了要了解的关于本课程的主要内容和实例展示,通过参观和学习,可以更好地掌握和加深认识机械方面的知识。

1.2 实验目的

通过认识学习理解机器的组成、各种机构的基本结构、特点、工作原理及其在机械中的应用,有助于激发学生对机械原理课程学习的兴趣,提高学生机械创新设计、创新思维和创新意识的能

1.3 实验设备

机械原理陈列柜一套。

1.4 实验内容

1.4.1 机械原理认识(见图1-1)

1. 单缸汽油机

单缸汽油机将燃气的热能通过曲柄滑块机构的上下移动转换成曲轴连续转动的机械能;齿轮机构控制汽缸的点火时间;凸轮机构控制进排气门的开与关。

2. 转子发动机

转子发动机的作用与单缸汽油机相似,但是没有曲柄滑块机构、齿轮机构和连杆机构,通过活塞上下移动驱动圆柱凸轮机构的转动来传递扭矩。

3. 家用缝纫机

缝纫机是由多种机构组合来完成缝纫工作的。由曲柄滑块及几组凸轮机构来完成规定的复杂运动。曲柄滑块机构实现针的上下运动;圆柱凸轮机构实现挑线运动;连杆机构和几组凸轮机构相互配合来实现钩线和送布运动。

1.4.2 连杆机构的类型

平面连杆机构是许多构件用低副(回转副和移动副)连接组成的平面机构。平面连杆机构由四个构件组成的,简称平面四杆机构。它的应用非常广泛,是组成多杆机构的基础。



图 1-1 认识机械原理

如图 1-2 所示, 当平面四杆机构中的运动副都是回转副时, 称为铰链四杆机构, 在该机构中, 固定不动的杆 1 称为机架; 被称为连架杆的是杆 2 和杆 4, 与机架用回转副连接; 不与机架直接连接的杆 3 (通常做平面运动) 称为连杆。如果杆 2 或杆 4 能绕其回转副中心 A 或 D 做整周转动 (回转 360°) 称为曲柄, 若仅能在小于 360° 的某一角度内摆动, 称为摇杆。

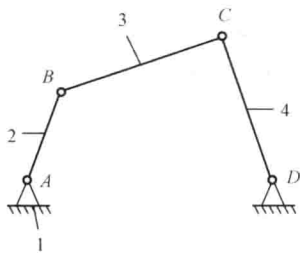


图 1-2 铰链四杆机构

连杆机构类型如图 1-3 所示。

对于铰链四杆机构来说, 机架和连杆总是存在的, 因此可按照连架杆是曲柄还是摇杆, 将铰链四杆机构分为三种基本形式: 曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构。

1. 曲柄摇杆机构

在铰链四杆机构中, 若两个连架杆中, 一个为曲柄, 另一个为摇杆, 则此铰链四杆机构称为曲柄摇杆机构。

当曲柄匀速转动时, 摇杆做变速摆动, 而且往复摆动的平均速度是不同的, 这种现象称为急回运动特性。

2. 双曲柄机构

在铰链四杆机构中, 若两连架杆均为曲柄, 则此四杆机构称为双曲柄机构。在双曲柄机构中, 通常主动曲柄做等速转动, 从动曲柄做变速转动。

在双曲柄机构中, 应用最多的是平行双曲柄机构, 这种机构其对边的两杆长度相等。

在四杆机构中, 四杆形成一个平行四边形, 称为正平行四边形机构。机车车轮联动机构就是正平行四边形机构的应用实例。正平行四边形机构能保持等传动比, 而且连杆做平移运

动，在机械中应用较广。



图 1-3 连杆机构类型

在四杆机构中，虽然对边的杆长相等，但不平行，称为反平行四边形机构。车门启闭机构就是反平行四边形机构的应用实例。

3. 双摇杆机构

在铰链四杆机构中，若两连架杆均为摇杆，则此四杆机构称为双摇杆机构。双摇杆机构中若两杆长度相等，称为等腰梯形机构。汽车前轮的转向机构就是此机构。

4. 正弦机构

该机构的导杆做简谐移动，故称为正弦机构，常用于仪器仪表中。

5. 偏心轮机构

图 1-4 所示为偏心轮机构。杆 2 为圆盘，其几何中心为 B 。因运动时该圆盘绕偏心 A 转动，故称偏心轮。 AB 之间的距离称为偏心距。

偏心轮机构广泛应用在颚式破碎机、内燃机、剪床、冲床等机械中。

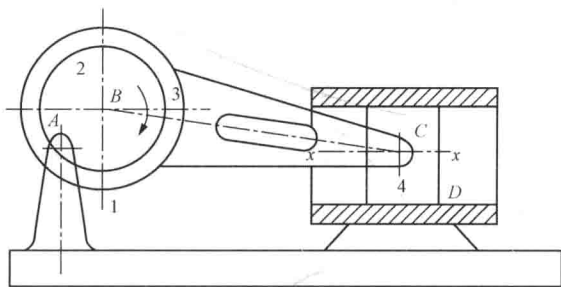


图 1-4 偏心轮机构

6. 摆动导杆机构

如图 1-5 所示，连杆 2 为机架，连杆 1 为曲柄，滑块 3 做摆动运动（称摇块），此机构为曲柄摇块机构，又称摆动导杆机构。摆动导杆机构广泛应用于牛头刨床、平板印刷机等机械中。

7. 直动导杆机构

如图 1-6 所示，滑块 3 为机架，连杆 2 做摆动，连杆 4 做平行移动，此机构为直动导杆

机构。应用实例如手摇唧筒等。

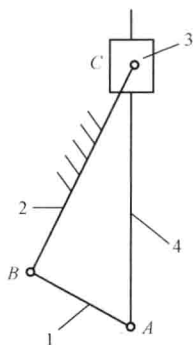


图 1-5 摆动导杆

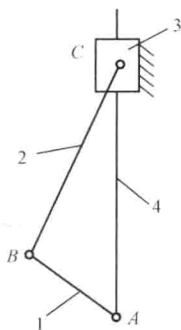


图 1-6 直动导杆

8. 双滑块机构

双滑块机构连杆中点的轨迹为圆，而其他连杆曲线均为椭圆，故此机构又称为椭圆机构。

1.4.3 连杆机构的应用（见图 1-7）



图 1-7 连杆机构应用

1. 颚式破碎机

颚式破碎机用于破碎矿石，是一个平面六杆机构。

2. 飞剪

飞剪采用曲柄摇杆机构。它取连杆上一点的轨迹作为上刃口轨迹，摇杆上一点的轨迹作为下刃口的轨迹。在剪切时，剪切区域内应保证两刃口的水平分速度与带钢运行速度相等。

3. 惯性筛

惯性筛是一个双曲柄机构。在此机构中,当原动曲柄等速转动时,从动曲柄做变速转动,从而使筛子具有较大变化的加速度,而被筛的材料颗粒则将因惯性作用而被筛分。

4. 摄影升降机

摄影升降机是一个平行四边形机构。摄影升降机的工作台就设置在平行四边形机构的连杆上,这样保证了工作台在升降时都处于原来的水平状态。

5. 机车车轮

机车驱动轮联动机构是一个双曲柄机构。它是利用第三个平行曲柄来消除平行四边形机构在这种位置的运动不确定状态。

6. 鹤式起重机

鹤式起重机是一个双摇杆机构。它利用连杆上的某点具有一段近似水平的轨迹,作为起重机吊钩的运动轨迹,这样吊钩移动重物时只做水平移动,避免不必要的升高重物所造成的功能消耗。

7. 牛头刨

牛头刨机构是一个曲柄摇杆机构。当曲柄转动时,导杆绕固定点摆动并具有急回性质,使杆完成往复直线运动,具有工作行程慢、回程快的特点。

8. 插床

插床是一个曲柄滑块机构。

1.4.4 凸轮机构

凸轮机构常用于将主动构件凸轮的连续运动转变为从动构件的往复运动。只要适当设计凸轮的轮廓曲线,便可使从动构件获得任意预定的运动规律,而且机构简单紧凑,因此广泛的应用于各种机械、仪表和操纵控制装置中。

凸轮机构有很多种(见图1-8)。按凸轮的形状不同,可分为盘形凸轮、移动凸轮和圆柱凸轮;按推杆的形状不同,可分为尖端推杆、平底推杆和滚子推杆;按锁合装置,可分为力锁合和结构锁合(常用的形式有沟槽凸轮、等宽凸轮、等径凸轮、共轭凸轮)。

1. 尖端推杆

从动件端部呈尖点或刀刃形。它能和任何凸轮廓线上的各点接触,因此理论上可以实现任何轨迹。这种推杆构造最简单,但易于磨损,所以只适用于作用力不大和速度较低的场合。

2. 平底推杆

不计摩擦时,凸轮作用于从动件上的力,始终垂直于从动件的底平面,故受力比较平稳。而且凸轮与平底的接触面间容易形成油膜,润滑较好,所以常用于高速传动中。

3. 滚子推杆

这种推杆由于滚子与凸轮之间滚动摩擦,所以磨损较小,故可用来传递较大的动力,因而应用较广。

4. 摆动推杆

即推杆做往复摆动。

5. 移动凸轮

移动凸轮机构的凸轮做直线往复移动,它可看成是转轴在无穷远处的盘形凸轮。凸轮的设计和制造都很简单,应用广泛。



图 1-8 凸轮机构

6. 圆柱凸轮

凸轮是圆柱体，当移动从动件时从动件的运动平面与凸轮轴线平行。圆柱凸轮可看成是将移动凸轮卷成圆柱体而得到的。

7. 槽凸轮

槽凸轮机构是在凸轮上制成一个凹槽，将从动件的滚子置于槽中，依靠凹槽两侧的轮廓曲线是从动轮与凸轮始终保持接触。缺点是增大了凸轮的尺寸和重量，并且不能采用平底从动件。

8. 等径凸轮

无论凸轮在任何位置，从动件两滚子中心到凸轮转动中心的距离之和始终等于一个常数（等径）。设计方法与等宽凸轮相似，从动件运动规律的选择也受到限制。

1.4.5 齿轮机构

齿轮机构是在各种机构中应用最为广泛的一种传动机构。它可用于传递空间任意两轴间的运动和动力，并且具有功率范围大、传动效率高、传动比准确、使用寿命长、工作安全可靠等特点。

根据一对齿轮在啮合过程中传动比 ($i_{12}=\omega_1/\omega_2$) 是否恒定，可将齿轮机构分为定传动比和变传动比。

按照两轴间相对位置的不同可分类如下：两轴线平行的圆柱齿轮机构，包括外啮合齿轮机构、内啮合齿轮机构、齿轮与齿条机构、斜齿圆柱齿轮机构、人字齿轮机构；相交轴间传动的齿轮机构，用于相交轴间的锥齿轮机构包括直齿、斜齿、曲线齿；交错轴间传动的齿轮机构，包括交错轴斜齿轮机构、准双曲面齿轮机构、蜗杆蜗轮机构，如图 1-9 所示。



图 1-9 齿轮机构

1. 直齿轮传动

直齿轮传动是齿轮机构中应用最广，结构最简单、最基本的一种类型。在学习上一般以外啮合直齿圆柱齿轮机构为重点，从中找出齿轮传动的基本规律，并以此为指导去研究其他类型的齿轮传动。

2. 内啮合直齿轮传动

内啮合直齿轮传动的传动特点与外啮合直齿圆柱齿轮机构相似。但是两轴之间传动的旋转方向相同，在相同传动比的情况下所占的空间较小。

3. 斜齿轮传动

斜齿轮传动中，轮齿沿螺旋方向排列在圆柱体上。螺旋线方向有左旋和右旋，故有左旋和右旋圆柱齿轮之分。斜齿圆柱齿轮传动的特点是传动平稳、承载能力高、噪声小等。但是由于齿轮倾斜，使轴承承受附加的轴向力。

4. 人字齿轮传动

人字齿轮由左右两排对称形状的斜齿轮组成。因齿轮左右侧完全对称，故两侧所产生的轴向力互相抵消。人字齿轮传动常用于冶金、矿山设备中的大功率传动。

5. 齿轮齿条传动

齿轮齿条传动能将螺旋运动变为直线运动，或能将移动变为转动。轮齿的形式可以是直齿也可以是斜齿。

6. 圆锥齿轮传动

圆锥齿轮传动的轴向力比曲线圆锥齿轮小，支承可用滑动轴承，比曲线锥齿轮制造容易，

可制造成鼓形齿，故应用较广。

7. 螺旋齿轮传动

选择一定的螺旋角两斜齿轮可用来传递交错轴之间的运动，这时称其为螺旋齿轮机构。螺旋齿轮传动具有以下特点：

- (1) 在传动比不变的情况下，可通过改变螺旋角来改变齿轮直径来达到调整中心距的目的。
- (2) 可以借改变轮齿螺旋角的方向来改变从动轮的转向。
- (3) 当两轴的相错角越大时，轮齿磨损越快、效率越低，故不宜用于大功率和高速的传动。

8. 蜗杆蜗轮传动

蜗杆蜗轮机构也是用来传递相错轴之间的运动，其交错角通常为 90° 。它的传动特点是传动平稳、噪声小、传动比大，一般单级传动比为 $8\sim 100$ ，因而结构紧凑。一般传动效率低 ($\eta=0.7\sim 0.8$)，轮齿之间相对滑动速度大，故磨损也大。

1.4.6 轮系的类型

由一系列齿轮所组成的齿轮传动系统称为齿轮轮系，简称轮系。轮系可分为定轴轮系、周转轮系和复合轮系，如图 1-10 所示。



图 1-10 轮系的类型

定轴轮系：轮系在运转时，各个齿轮的轴线相对于机架的位置都是固定的。

周转轮系：周转轮系中有一个或几个齿轮的几何轴线，是绕着固定轴线回转。分类时用符号 K 表示中心轮，符号 H 表示系杆。

复合轮系：由定轴轮系和周转轮系组成或由几个基本周转轮系组成的复杂轮系。