

高职高专系列教材

机械设计基础 实验指导书

Jixie Sheji Jichu Shiyān Zhīdǎoshū

主 编 朱凤芹
主 审 张景学



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

机械设计基础实验指导书

主 编 朱凤芹

主 审 张景学

江苏工业学院图书馆
藏书章

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是根据高等职业教育机械设计基础课程对实验教学的基本要求而编写的。全书共包括7个基础实验、一个综合实验、两个创新设计实验,共10个实验,分别介绍了各实验的实验目的、设备及工具、实验原理、实验步骤等。

本书可作为高等职业技术学院机械设计基础课程实验教材,也可作为高等专科学校、成人高校机械类专业实验用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础实验指导书/朱凤芹主编. —重庆:重庆大学出版社,2007.1

(高职高专数控技术与应用专业系列教材)

ISBN 978-7-5624-3909-7

I. 机... II. 朱... III. 机械设计—实验—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV. TH122-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 001856 号

机械设计基础实验指导书

主 编 朱凤芹

主 审 张景学

责任编辑:周 立 版式设计:周 立

责任校对:李定群 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:4 字数:94千

2007年1月第1版 2007年1月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-3909-7 定价:9.50 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

机械设计基础课程是一门实践性、设计性很强的技术基础课。本课程实验指导书是根据机械类专业《机械设计基础》课程教学基本要求,在科学总结教学经验的基础上编写的。

实验教学是培养学生创新精神和实践能力的重要教学环节,不仅对增强学生的感性认识、深化课堂教学内容,培养学生实事求是的科学态度和严谨务实的工作作风具有重要的意义,同时对培养学生分析问题和解决实际问题的能力、建立科学的思维方法及提高学生的动手能力亦大有裨益。

本指导书在编写过程中,围绕机械设计基础教学基本要求,结合本校机械类各专业《机械设计基础》教学大纲和机械设计实验室现有设备条件以及高职高专特点,从专业培养目标出发,突出了应用性和实践性。

参加本书编写的有宁煜、白雪宁、王小爱、魏静、张景学、朱凤芹。全书由朱凤芹担任主编、张景学担任主审。

由于编者水平所限,不当之处在所难免,敬请读者批评指正,以便改进。

编 者

2006 年 12 月 20 日

目 录

实验 1 机械原理与机械零件陈列柜展示	1
思考题	5
实验 2 平面机构运动简图测绘	6
平面机构运动简图测绘实验报告	8
实验 3 铰链四杆机构的组装及运动特性验证	10
铰链四杆机构的组装及运动特性验证实验报告	13
实验 4 渐开线齿廓的范成原理	15
渐开线齿廓的范成原理实验报告	18
实验 5 刚性转子的静平衡和动平衡	19
刚性转子的静平衡动平衡实验报告	25
实验 6 机构运动方案创新设计	26
机构运动方案创新设计实验报告	31
实验 7 机械传动性能综合测试	33
机械传动性能综合测试实验报告	39
实验 8 轴系结构分析	41
轴系结构分析实验报告	45
实验 9 轴系结构设计	47
轴系结构设计实验报告	49
实验 10 减速器装拆	51
减速器装拆实验报告	53
参考文献	55

实验 1

机械原理与机械零件陈列柜展示

一、实验目的

- 1) 建立对机械、机器的感性认识,增强空间想象力。
- 2) 了解常用机构的类型、组成、运动特性及应用;了解通用零部件的类型、工作原理及结构特点和计算方法。

二、实验设备

- 1) 机械原理陈列柜,共 10 柜,有近 80 个常用机构。
- 2) JS—18B 机械零件陈列柜,共 18 柜,有 300 多个零部件模型及实物。

三、演示板内容简介

(1) 机械原理陈列柜

第 1 柜 机构的组成

蒸汽机模型 其用途是把蒸汽的热能转换为曲轴转动的机械能。由两组曲柄滑块机构等组成。

单缸内燃机模型 其用途是把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。由曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构等组成。

运动副模型 平面副、空间副、高副、低副等。

总结:机器的各机构间相互配合、协调工作,共同实现了机器的预期功能;机构由构件和运动副组成,是具有确定相对运动的构件组合。

第 2 柜 平面连杆机构

铰链四杆机构的基本型式 曲柄摇杆机构、双摇杆机构和双曲柄机构。

铰链四杆机构的演化型式 对心曲柄滑块机构、偏置曲柄滑块机构、正弦机构、定块机构、摇块机构、摆动导杆机构、双滑块机构。

总结:铰链四杆机构是平面连杆机构的基本型式。通过变换机架和改变杆长等方式,可将铰链四杆机构演化成曲柄滑块机构、导杆机构和椭圆机构等其他四杆机构。一些平面四杆机构具有急回特性和存在死点位置,四杆机构是多杆机构的基础。

第3柜 平面连杆机构的应用

颚式破碎机、飞剪 曲柄摇杆机构的应用；

惯性筛 双曲柄机构的应用；

摄影平台升降机构、机车车轮联动机构 平行四边形机构的应用；

鹤式起重机 双摇杆机构的应用；

牛头刨床的主体机构 摆动导杆机构的应用；

插床模型 曲柄滑块机构的应用。

结论：平面连杆机构可以实现运动方式的转换和特殊的轨迹等，广泛应用于机器之中，其中四杆机构最为常用，其次是多杆机构。

第4柜 空间连杆机构

RSSR 空间机构 这是一种常用的空间连杆机构；

4R 万向节 球面机构的应用；

RRSRR 机构 空间五杆机构的应用；

RCCR 联轴节 三连杆机构的应用；

RCRC 揉面机构 球面机构的应用；

SARRUT 机构 空间六杆机构，用于产生平行位移。

总结：空间连杆机构可以实现特殊的运动轨迹和运动规律，常应用于各种机器中。

第5柜 凸轮机构

凸轮机构的类型 按凸轮的形状分有盘形凸轮、移动凸轮、圆柱凸轮、圆锥凸轮、槽状凸轮、等宽凸轮、等径凸轮和主回凸轮等多种形式；按运动形式分有移动和摆动从动件；按端部结构形状有尖顶、滚子和平底从动件等；空间凸轮机构。

结论：凸轮机构由凸轮、从动件和机架三个构件组成，可以将凸轮的连续转动转换成从动件的往复移动或摆动，实现较为复杂的运动规律，广泛应用于自动化机器之中，是典型的常用机构。

第6柜 齿轮机构

平面齿轮机构 外啮合、内啮合、直齿、斜齿、人字齿和齿轮齿条机构。

空间齿轮传动 直齿锥齿轮、斜齿锥齿轮机构、螺旋齿轮机构、蜗轮蜗杆机构。

结论：齿轮机构由两个互相啮合的齿轮和机架组成，可以实现任意两轴之间的运动，工作平稳、可靠、寿命长，应用非常广泛。

第7柜 轮系

平面定轴轮系、空间定轴轮系、行星轮系、差动轮系、3K 型周转轮系。

总结：由一系列相互啮合的齿轮组成的传动系统称为轮系。

第8柜 轮系的功用

可实现大传动比、分路、变速、换向、运动复合、运动分解的轮系；

摆线针轮减速器、谐波传动减速器。

总结：轮系在各种机械中应用十分广泛，可实现较远两轴之间的传动、实现变速传动、获得大的传动比、实现运动的合成和分解。

第9柜 间歇运动机构

间歇运动机构的类型 齿式棘轮机构、摩擦式棘轮机构、超越离合器、外槽轮机构、内槽轮

机构、球面槽轮机构、不完全齿轮机构、凸轮式间歇运动机构。

总结:间歇运动机构可以将原动件的连续运动转换成从动件周期性的间歇运动,以实现机器的特定运动要求,广泛应用于自动化机器中,是机构家族中的重要一员。

第10柜 组合机构

反馈组合机构、叠加组合机构、串联组合机构、并联组合机构、复合组合机构。

总结:机构的组合是发展新机构的重要途径之一。常见的机构组合方式有串联式、并联式、反馈式及复合式等。

(2) 机械零件陈列柜

第1柜 螺纹联接的类型

常用螺纹的类型 粗牙普通螺纹、细牙普通螺纹、圆柱螺纹、圆锥管螺纹和圆锥螺纹、矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹以及左、右旋螺纹;

常用螺纹联接的基本类型 螺栓联接、双头螺柱联接、螺钉联接和紧定螺钉联接;

螺纹联接件 螺栓、双头螺柱、螺钉、螺母、垫圈等。

总结:螺纹联接是利用螺纹零件构成的一种可拆卸联接,是机械制造和工程结构中应用最广泛的一种联接。

第2柜 螺纹联接与应用

螺纹联接防松、螺纹联接预紧、螺纹联接应用及提高螺栓联接强度的措施。

总结:为了保证螺纹联接的可靠性,增加联接的刚性和紧密性提高防松能力,对于重要的螺纹联接,装配时必须控制其预紧力并采取防松措施。

第3柜 键、花键和无键联接

键联接的主要类型 普通平键、导向平键、滑键、半圆键、楔键、切向键;

花键联接类型 矩形花键、渐开线花键、三角形花键;

无键连接 型面联接;

销联接 圆柱销、圆锥销、槽销、开口销。

总结:键联接主要用于轴与轴上零件之间的周向固定,用于传递转矩,有的键联接也兼有轴向固定或轴向移动的作用。销联接通常用来固定零件间的相互位置,它是组合加工和装配时的重要辅助零件,也可用于轴与轴上零件的联接传递不大的载荷或作为安全装置。

第4柜 铆、焊、胶接和过盈配合联接

铆接、焊接、胶接的典型结构。

总结:铆接、焊接、胶接是一种不可拆卸联接。

第5柜 带传动

带传动的类型 平带传动、V带传动、同步带传动;

带轮的结构 实心轮、腹板式、孔板式、轮辐式;

带张紧装置 滑道式定期张紧装置、摆架式定期张紧装置、自动张紧装置、张紧轮装置。

总结:带传动是利用具有弹性的挠性带与带轮间的摩擦力来传递运动和动力的,传动平稳、结构简单、成本低廉,具有过载保护作用,但传动比不恒定、效率低,广泛应用于各种机械中。

第6柜 链传动

链传动的组成 主动链轮、链条、从动链轮;

链轮结构 整体式、孔板式、齿圈焊接式、齿圈螺栓联接式；

传动链的类型 套筒滚子链、双列滚子链、起重链条和接头；

链传动布置与张紧装置 张紧轮定期张紧、张紧轮自动张紧、压板定期张紧。

总结：链传动属于带有中间挠性件的啮合传动，工作时靠链与链轮的啮合来传递运动和动力。具有平均传动比准确、传动效率较高、轴上受力小等优点，以及能在高温、低速、油污和有腐蚀等环境下工作。用于两轴中心距较大，要求平均传动比不变，而不宜采用其他传动机构的场合。

第7 柜 齿轮传动

齿轮传动的类型 直齿圆柱齿轮传动、斜齿圆柱齿轮传动、人字齿轮传动、齿轮齿条传动、直齿圆锥齿轮传动、曲齿锥齿轮传动；

齿轮失效形式 轮齿折断、齿面磨损、点蚀、胶合及塑性变形；

轮齿受力分析 直齿轮的受力的分析、斜齿轮的受力的分析、锥齿轮的受力的分析；

齿轮的结构形式 齿轮轴、实心轮、腹板式、轮辐式。

总结：齿轮传动可以用来传递任意两轴间的运动和动力。具有传动比恒定、效率高、寿命长、工作可靠性高、结构紧凑、适用圆周速度广和功率范围大等优点，是机械传动中最重要、应用最广泛的一种传动形式。

第8 柜 蜗杆传动

蜗杆传动类型 普通圆柱蜗杆传动、圆弧面蜗杆传动、多头蜗杆传动、锥蜗杆传动；

蜗轮的结构形式 齿圈式、螺栓联接式、整体浇铸式、拼铸式；

蜗杆的结构 有退刀槽的蜗杆、无退刀槽的蜗杆；

蜗杆传动的受力分析。

总结：蜗杆传动是用来传递空间相互垂直而不相交的两轴间的运动和动力的传动机构，具有结构紧凑、传动比大等优点，应用较广泛。

第9 柜 滑动轴承

推力滑动轴承、向心滑动轴承、轴承的结构。

总结：轴承是用来支撑轴及轴上零件，保证轴的旋转精度，减少转轴与支撑间的摩擦和磨损。滑动轴承主要用于转速特高或特低、对回转精度要求特别高、承受特大载荷、冲击、振动较大等特殊工作条件下的轴承。

第10 柜 滚动轴承

滚动轴承的结构、滚动轴承的类型、滚动轴承的代号。

总结：滚动轴承是现代机器中应用最广泛的部件之一，具有启动力矩小、效率高、运转精度高、轴向尺寸小、某些轴能同时承受径向和轴向载荷，润滑方便、简单、易于密封和维护和互换性好等优点。

第11 柜 滚动轴承装置设计

轴承装置典型结构、滚动轴承的安装、紧固、调整、润滑、密封。

总结：要保证轴承顺利工作，必须解决轴承的安装、紧固、调整、润滑、密封等问题。

第12 柜 联轴器

联轴器的类型及应用 刚性联轴器、无弹性元件的挠性联轴器、非金属弹性元件的挠性联轴器。

总结:联轴器是用来联接两轴以传递运动和转矩的部件。

第13柜 离合器

离合器的类型及应用 牙嵌离合器、摩擦离合器、特殊结构离合器。

总结:离合器是用来联接轴与轴以传递运动和转矩的,但它能在机器运转中将传动系统随时分离或结合。

第14柜 轴的分析与设计

轴的类型、轴上零件的定位、轴的结构设计。

总结:轴主要用来支撑旋转运动零件,传递运动和动力。所有回转零件都需要用轴支撑才能工作,因此轴是机械中不可缺少的重要零件。

第15柜 弹簧

弹簧的类型及应用、圆柱螺旋弹簧、其他类型弹簧。

总结:弹簧是一种常用的弹性元件,广泛用于各种机械设备、仪器、仪表和车辆中。

第16柜 减速器

减速器的类型与结构、减速器附件。

总结:减速器是位于原动机和工作机之间的机械传动装置,是机器中广泛应用的一种典型部件。

第17柜 润滑与密封

润滑用油杯、标准密封件、接触式密封、非接触式密封。

总结:润滑和密封对机器的寿命、效率和工作质量具有重要的意义。润滑的目的是减少摩擦与磨损,吸收振动,降低工作温度和噪音以及清洗、防锈等作用;密封的目的是防止灰尘、水分等进入机器内部,并阻止润滑剂的流失。

第18柜 小型机械结构设计实例

家用压面机、电刨、粉碎机、电动剪刀、角磨机、榨汁机、手电钻、雕刻机。

总结:各种小型机械都是由动力装置、传动装置、工作构件和机座等部分组成的。设计巧妙、制作精细、使用方便,在人们的日常生活和工作中发挥着巨大的作用。

思考题

1. 通过观察内燃机、蒸汽机和缝纫机三部机器模型的组成和运动,归纳一下,机器和机构的关系是什么?

2. 机构是由什么组成的? 常用机构有哪几类?

3. 为什么说机械零件是组成机器的基本要素? 有哪几大类?

实验 2

平面机构运动简图测绘

一、实验目的

1. 掌握平面机构运动简图测绘及其运动尺寸正确标注的方法。
2. 掌握平面机构自由度的计算和机构运动确定性的判别方法。

二、实验设备及工具

1. 各种典型机械的实物或模型。
2. 钢直尺、钢卷尺、内卡钳、外卡钳、量角器。
3. 铅笔、橡皮、稿纸(自备)。

三、实验原理

任何机器和机构都是由若干构件和运动副组合而成的。从运动学的观点看,机构运动特性仅与机构中构件的数目、运动副的数目、种类、相对位置及原动件数目有关。因此,可以撇开构件的实际外形和运动副的具体构造,而用规定的符号(参阅 GB 4460—84)表示构件和运动副,按一定的比例尺表示运动副的相对位置,绘制出机构运动简图。

四、实验步骤

- 1) 使被测绘的机器或机构模型缓慢地运动,从原动件开始,循着运动传递的路线仔细观察机构的运动,分清各运动单元,确定构件的数目。
- 2) 根据相联两构件的接触情况及相对运动的特点,确定各运动副的种类和数目。
- 3) 选定最能清楚地表达各构件相互关系的面为投影面,选定原动件的位置,按构件连接的顺序,用规定的符号在草稿纸上以目测的比例画出机构示意图。在构件旁标注数字 1, 2, 3, …, 在运动副旁标注字母 A, B, C, …。
- 4) 仔细测量与机构运动有关的尺寸(如转动副间的中心距,移动副导路的位置或角度等),选定适当的比例尺将示意图绘制成机构运动简图。原动件要画上表示运动方向的箭头并把测出的尺寸标注在图上。

$$\text{长度比例尺 } \mu_L = \frac{L_{AB}}{AB}$$

式中 μ_L ——比例尺；

L_{AB} ——构件实际尺寸(mm 或 m)；

AB ——简图中构件的尺寸(mm)。

5) 分析机构运动的确定性, 即计算机构的自由度并与实际机构的自由度相对照, 若与实际情况不符, 要找出原因及时改正。

平面机构运动简图测绘实验报告

1. 绘制机构运动简图

机 构 名 称		比例尺 $\mu_L =$
机 构 运 动 简 图		
原动件数目:		
机构自由度计算:		
该机构是否具有确定的运动规律?		

机 构 名 称		比例尺 $\mu_L =$
机 构 运 动 简 图		
原动件数目:		
机构自由度计算:		
该机构是否具有确定的运动规律?		

机构名称		比例尺 $\mu_L =$
机构 运动 简图		
原动件数目:		
机构自由度计算:		
该机构是否具有确定的运动规律?		

以上各机构中若存在局部自由度、虚约束、复合铰链的须明确指出。

2. 思考题

1) 机构运动简图应包括哪些内容?

2) 自由度大于或小于原动件数目时,会产生什么结果?

实验 3

铰链四杆机构的组装及运动特性验证

一、实验目的

1. 验证铰链四杆机构存在整转副和曲柄的条件、急回特性、压力角和传动角、止点位置等运动特性。
2. 认识平面机构组装中构件间的运动干涉问题及解决办法,培养学生的空间想象力和动手能力。

二、实验设备及工具

1. ZBS-C 机构运动创新设计方案实验台及零件柜;
2. 工具:一字起子、十字起子、扳手、内六角扳手、钢板尺、卷尺;
3. 自备铅笔、稿纸、三角板、圆规等文具。

三、铰链四杆机构运动特性分析的结论

1) 在铰链四杆机构中,整转副存在条件及判别方法是:

①若最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和,则机构存在整转副。其中,最短杆两端的两个转动副同为整转副,其余两个转动副为摆转副。

②若最短杆与最长杆长度之和大于其余两杆长度之和,则该机构不存在整转副,四个转动副均为摆转副。

2) 在铰链四杆机构中,曲柄存在条件及机构类型判别方法是:

①若最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和,且最短杆或其邻杆为机架时,则机构存在曲柄。其中,最短杆为机架时,为双曲柄机构;最短杆的邻杆为机架时,为曲柄摇杆机构。

②若最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和,但最短杆的对杆为机架时,则机构不存在曲柄,其为双摇杆机构。

③若最短杆与最长杆长度之和大于其余两杆长度之和,无论哪个构件为机架,机构均不存在曲柄,恒为双摇杆机构。

3) 在曲柄摇杆机构中,当曲柄主动且匀速转动时,摇杆做变速往复摆动,具有急回运动特

性。曲柄与连杆两次共线时,摇杆运动到极限位置。机构的急回程度取决于各构件的长度。

4)在曲柄摇杆机构中,当曲柄主动且匀速转动时,摇杆的压力角和传动角是变化的,当曲柄与机架两次共线时,传动角在其中一个位置取得最小值。机构的最小传动角大小取决于各构件的长度。传动角愈大,则机构传动省力、灵活,传力性能愈好。

5)在曲柄摇杆机构中,当摇杆主动、往复摆动时,曲柄做连续转动,但当连杆与曲柄两次共线时,机构可能发生卡住或运动不确定(反转)现象,该两位置称为机构的死点位置。通过安装飞轮等办法可克服死点位置的影响,保障机构正常工作。

四、实验内容

- 1)验证铰链四杆机构存在整转副的条件。
- 2)验证铰链四杆机构存在曲柄的条件。
- 3)验证曲柄摇杆机构的急回特性。
- 4)验证曲柄摇杆机构传动角对传力性能的影响。
- 5)验证曲柄摇杆机构的死点位置。

五、实验方法与步骤

- 1)熟悉实验设备及各零部件和拆卸工具的功用、使用方法(见安装说明书)。
- 2)从零件柜中任选四个杆,使最短杆与最长杆长度之和小于其余两杆长度之和,用销和螺钉将其连成封闭运动链。轮流选择4个构件为机架,观察其周转副及曲柄存在情况,并按实验报告要求填写结果。
- 3)更换或调整杆长,使最短杆与最长杆长度之和等于其余两杆长度之和,重复以上过程。
- 4)更换或调整杆长,使最短杆与最长杆长度之和大于其余两杆长度之和,重复以上过程。
- 5)选择四个杆,在实验台架上组装成一个曲柄摇杆机构。
 - ①在曲柄转轴上安装一皮带轮,用手连续转动曲柄,观察摇杆运动的极限位置、急回特性、最小传动角位置,感受用力大小及运动的灵活性。
 - ②在保持曲柄摇杆机构不变的前提下,调整机架或其他杆的长度,直至曲柄转动非常灵活为止,观察体会构件长度对摇杆摆角、急回程度、最小传动角及传力性能的影响,并按实验报告要求填写结果。
 - ③当摇杆主动往复摆动时,在摇杆上装一手柄(轮),用手连续摆动摇杆,观察曲柄运动的卡死和不确定(反转)现象。之后,在曲柄转轴上安装一飞轮后,重复以上操作,观察其能否克服死点和运动不确定现象,并按实验报告要求填写结果。
 - ④通过皮带传动,用电动机驱动曲柄摇杆机构转动。
- 6)拆卸机构,用棉纱和润滑油擦拭实验台和构件,清点、整理构件及工具,将零件柜复原,待指导老师检查后方可离开。

六、注意事项

1)组装时,为了避免发生运动干涉,构件应进行分层安装,且各层构件的运动平面应保持平行。为此,应采用合适长度的转动副销轴和间隔套。本实验中的铰链四杆机构最多可分四层,最少两层,最常用三层。在保证运动不干涉的情况下,分层越少越好。拼装时应以机架铅

垂面为参考平面,由里向外组装。

2) 组装时,根据连接要求,要正确选用紧固螺钉。两面平的螺钉用来锁紧被连接件,顶面带有一字槽且底面有凸台的螺钉,用做轴向限位,拧紧后被连接件间仍可相对运动。组装中,应拧紧螺钉,但不可太紧,以便拆装。

3) 在用电机驱动机构之前,应先进行手动试验,等确认机构能灵活运转且所有同学的手均离开实验架之后,方可启动电机,且手不要离开开关。另外,为安全起见,皮带不要张的太紧,以便起到过载保护作用。