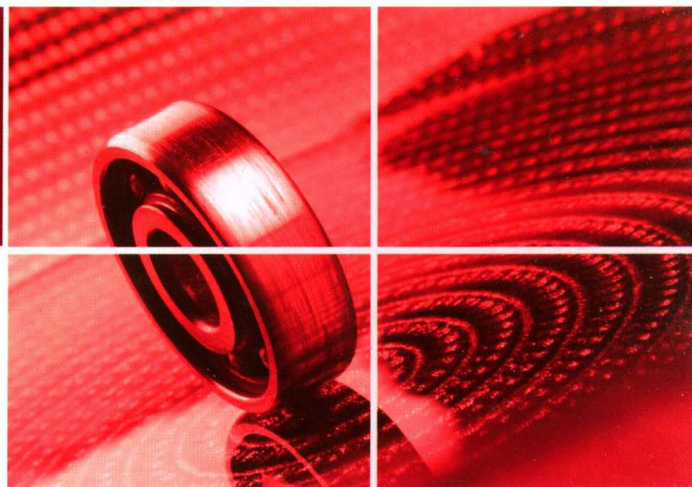


普通高等教育“十三五”规划教材



# 机械原理与 设计实验指导书

何涛 主编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十三五”规划教材

# 机械原理与设计实验指导书

主 编 何 涛

参 编 张 超 沙 玲 赖磊捷

霍元明 张立强 陈守双

任晓庆



机械工业出版社

本书涵盖了机构、零部件认知实验,机构运动简图测绘实验,连杆组合机构设计与分析实验,渐开线圆柱齿轮齿廓展成原理实验, JM 型渐开线齿轮参数测定实验,回转构件动平衡实验,带传动特性实验,动压滑动轴承实验,齿轮传动效率实验,轴系结构设计实验,减速器拆装与结构分析实验等 11 个机械原理与设计课程的演示性及验证性实验项目。读者可根据需要选择合适的实验项目进行实验。

本书可作为高等院校机械类及近机械类专业机械设计基础实验课程的教材,也可供相关专业工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械原理与设计实验指导书/何涛主编. —北京:机械工业出版社, 2017. 12

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-58377-6

I. ①机… II. ①何… III. ①机构学-高等学校-教材②机械设计-高等学校-教材 IV. ①TH111②TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 263139 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:余 皞 责任编辑:余 皞 王 良 责任校对:王 延

封面设计:张 静 责任印制:常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·4.75 印张·112 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-58377-6

定价: 16.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前 言

本书是为了适应高等院校机械类课程教学改革与人才培养的需要，在现有机械设计基础、机械原理、机械设计实验的基础上，结合相关专业教学，经过多年的改革和实践，针对实验教学体系的新要求编写而成的。

本书涵盖了机构、零部件认知实验，机构运动简图测绘实验，连杆组合机构设计与分析实验，渐开线圆柱齿轮齿廓展成原理实验，JM 型渐开线齿轮参数测定实验，回转构件动平衡实验，带传动特性实验，动压滑动轴承实验，齿轮传动效率实验，轴系结构设计实验，减速器拆装与结构分析实验等 11 个机械原理与设计课程的演示性及验证性实验项目。通过这些实验教学环节，力求提高学生独立思考问题、分析问题和解决问题的能力，培养学生的测试技能、创新意识和创新能力。本书中的各个实验项目都是相对独立、结构完整的项目，读者可根据需要选择合适的实验项目进行实验。

本书分上下两篇。上篇突出阐述了 11 个实验的实验目的、实验内容、实验原理、实验方法、实验步骤、思考题等，下篇给出各个实验对应的实验报告模板。通过这些实验，力求进一步培养、锻炼学生的实际动手能力和分析、归纳实验结果的能力，并能写出完整的实验报告，为学习后续课程和毕业后从事工程技术和科学研究工作打下基础，进而全面提高学生的创新能力和综合素质。

本书由上海工程技术大学何涛、张超、沙玲、赖磊捷、张立强、霍元明、中国工程院陈守双以及青岛黄海学院任晓庆编写。特别感谢实验室李迎华老师提供了大量实验设备资料，同时感谢上海工程技术大学机械设计教研室全体老师的帮助，他们的精辟理论、创新思想和丰富的经验使本书增色不少。

由于知识与能力的不足，书中纰漏在所难免，恳请广大师生、读者不吝赐教！

编 者

# 目 录

前言	
绪论	1
上篇	3
实验 1 机构、零部件认知实验	3
实验 2 机构运动简图测绘实验	8
实验 3 连杆组合机构设计与分析实验	12
实验 4 渐开线圆柱齿轮齿廓展成原理实验	15
实验 5 JM 型渐开线齿轮参数测定实验	18
实验 6 回转构件动平衡实验	22
实验 7 带传动特性实验	29
实验 8 动压滑动轴承实验	34
实验 9 齿轮传动效率实验	39
实验 10 轴系结构设计实验	43
实验 11 减速器拆装与结构分析实验	45
下篇	48
实验 1 机构、零部件认知实验报告	48
实验 2 机构运动简图测绘实验报告	52
实验 3 连杆组合机构设计与分析实验报告	54
实验 4 渐开线圆柱齿轮齿廓展成原理实验报告	56
实验 5 JM 型渐开线齿轮参数测定实验报告	58
实验 6 回转构件动平衡实验报告	60
实验 7 带传动特性实验报告	62
实验 8 动压滑动轴承实验报告	64
实验 9 齿轮传动效率实验报告	66
实验 10 轴系结构设计实验报告	68
实验 11 减速器拆装与结构分析实验报告	70
参考文献	72

# 绪 论

## 1. 机械原理与设计实验指导的目的和任务

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，逐步认识到实验教学和理论教学具有同等重要的地位和作用。

21世纪是信息时代，经济发展及社会要求高校培养出更多的高素质、有开拓进取精神的创新型人才，以及对实践素质和能力要求更高的工科学生，实验成为必不可少的重要教学手段。实验是科学研究的重要方法之一，是人们正确认识客观世界、评价理论科学性与真理性的标准，同时对于提高社会生产力水平起着巨大的推动作用。

实验教学的重点在于让学生自己动手。通过实验让学生树立实验先于理论、理论源于实验的科学方法论，通过做实验的过程学习理论知识，在实践中运用知识，真正掌握知识，最终在实践中创造和发展知识。

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。做实验不仅能够使学生对理论课上学到的知识有更深层次的认识，巩固学到的知识，而且对于培养学生的学风、实际工作能力、科研能力和创新能力都具有十分重要的作用。通过指导学生做实验，其初级目的是让学生掌握基本的实验手段，最终目标是锻炼学生在以后的工作和学习中应用实验中学到的这些方法独立的完成各项任务的能力，培养科研协作精神，使自身素质得到全面提高。

机械原理与设计实验指导课程是为学生掌握机械原理与设计的基本理论而设置的课程，它包括上下两篇，上篇是机械原理与设计实验，下篇是机械原理与设计实验报告。通过实验使学生更深刻的理解课堂讲授的理论，巩固概念，了解机械运动的一般规律，学习掌握各种实验手段，掌握测定零部件参数的方法，培养学生的测试技能，提高学生独立思考、分析和解决问题的能力。

作为机械类各专业的一门主干技术基础课，本课程所开设的实验，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，让学生能够自由的选择实验项目和自行设计实验项目，提高学生的实际动手能力和创新能力，以适应培养跨世纪人才的需要。

## 2. 机械原理与设计实验的学习方法

通过对机械原理与设计实验的学习和实践，学生应学会基本的实验方法与实验技术，具备一定的科学实验能力。

### (1) 实验学习的方法。

1) 有正确的科学理论指导。正确的科学理论指导是成功地完成一个实验的根本保证，只有掌握实验内容涉及的专业理论知识和实验仪器有关的测试技术，才能顺利、成功地完成实验，满足实验要求，达到实验目的。

2) 要观察与思考相结合。在实验过程中，要注意认真观察和积极的思考，要及时地发

现实验过程中出现的各种现象，从而有效地获取可靠的实验数据和结果。不论是认知、基本实验，还是设计性、研究性和创新性实验，对观察到的实验现象和获取的实验数据都要认真地进行反复思考和探究，寻求根本。对于实验过程中出现的不理想或者意外的数据和结果，也需要寻根问底，直到找到问题的所在，解决出现的问题。实验学习过程中，要敢于问为什么，要培养善于思考、严谨求实的科学作风。

3) 要提高动手实践能力。实验作为实践教学的一个重要环节，旨在通过实验巩固、加深和拓展所学理论知识的同时，提高学生的动手实践能力，包括实验仪器和设备的操作能力、实验数据的分析与处理能力、实验报告的撰写能力等。通过研究性、创新性实验，培养科学研究的基本素质和能力，培养创新意识、创新思维、创新技法和创新能力。

4) 要培养团队协作精神。机械原理与设计实验与机械工程实际相联系，有一定的复杂程度，因此在实验过程中往往需要多人的协同合作。本课程的很多实验都需要以小组的形式组织完成，不仅需要每个组员独立完成部分实验工作，而且还需要成员间具有相互沟通、交流和配合的能力，从而在实验过程中培养团队协作精神和合作能力。

(2) 实验学习的步骤。实验不仅需要学生有一个正确的学习态度，而且需要有一个正确的学习方法。现将实验的学习步骤归纳如下：

1) 预习。预习是做好实验的前提和保证，要认真阅读实验项目的有关章节、有关教材及参考资料，做到明确实验目的、了解实验原理，熟悉实验内容、主要操作步骤及数据的处理方法，提出注意事项、合理的安排实验时间。通过查阅有关手册，列出实验所需要的数据，除此之外还要认真地做好预习笔记。

2) 讨论。实验前以提问的形式，师生共同讨论，以掌握实验原理、操作要点和注意事项。观看操作录像或由教师操作示范，使基本操作规范化。

实验后组织课堂讨论，对实验现象、结果进行分析，对实验操作和实验结论进行评论，以达到共同提高的目的。

3) 实验。按拟定的实验方案和实验步骤操作，既要胆大，又要心细，仔细观察实验现象，认真测定实验数据，并做到边实验、边思考、边记录。

观察到的现象和测定的数据，要如实记录在报告本上，不用铅笔记录，不记载在草稿纸、小纸片上，不能凭主观意愿删去自己认为不对的数据，不杜撰原始数据，原始数据不得涂改或用橡皮擦拭，若有记错可在原始数据上划一道横线，再在旁边写上正确值。

实验中要勤于思考，仔细分析，力争自己解决问题。碰到疑难问题可查资料，亦可与同学或指导教师讨论。如果对实验现象有所怀疑，在分析和查找原因的同时，可以进行对照实验或自行设计实验进行核对，必要时应多次实验，从中得到有益的结论。如果实验失败，要检查原因，经指导教师同意后重做实验。

4) 实验分析。做实验仅是完成实验课程的一半，更为重要的是分析实验现象、整理实验数据，把直接的感性认识提升到理性思维阶段。要认真、独立地完成实验报告，对实验现象进行解释，对实验数据进行处理（包括计算、作图、误差分析），得出结论。

分析误差产生的原因，对实验现象及出现的一些问题进行讨论，敢于提出自己的见解。对实验提出改进的意见或建议，回答问题。

5) 实验报告。要求按学校实验报告的格式完成，叙述简明扼要，实验记录、数据处理采用统一的格式，作图准确清楚。

# 上 篇

## 实验 1 机构、零部件认知实验

机构、零部件认知实验是将部分基本教学内容转移到实物模型陈列室进行教学，是机械设计基础、机械原理和机械设计课程的重要教学环节。通过机械基础模型、机构运动方案及典型机械系统结构功能的展示，使学生了解机械零部件的结构组成，认识机构方案，加深学生对机械系统结构的感性认识，弥补空间想象力和形象思维能力的不足，并培养学生分析问题以及从具体结构抽象出机械的本质特征的能力。此外，丰富的实物模型有助于学生扩大知识面、激发学习兴趣。

### 1. 基本概念

(1) 零件。零件是机械制造过程中的基本单元。如轴套、轴瓦、螺母、曲轴、叶片、齿轮、凸轮、连杆体、连杆头等。

(2) 构件。构件是机器中一个独立的运动单元体。如曲柄滑块机构中的曲柄、连杆、滑块和机架，凸轮机构中的凸轮、从动杆和机架。

(3) 机构。由两个或两个以上构件通过可动连接形成的构件系统，且该系统具有固定构件，如图 1-1 所示。

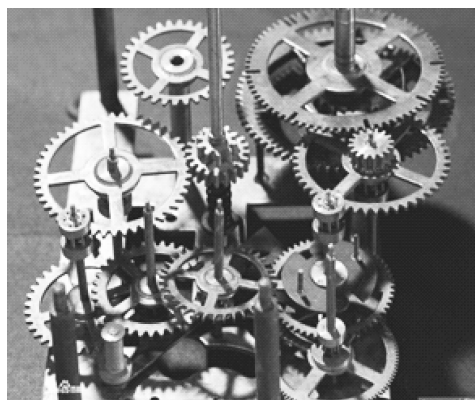


图 1-1 齿轮组成的机构

### 2. 实验目的和要求

(1) 了解机构的组成原理，加深对机构的总体认识。

(2) 了解区分零件、构件、自由度等相关机械术语的区别与联系。

(3) 了解常用机构的组成、类型、特点、用途、基本原理及运动特性。

(4) 通过对机械零部件、机械结构及机械装配的展示与分析，增加直观认识，培养对机械设计学习的兴趣。

### 3. 实验内容

(1) 观察陈列室中各种机器、机构，了解机构的类型、特点、组成、基本原理及其运动特性。

(2) 观察各种机构的实际应用实例，思考各种机构还有哪些用途。

(3) 参观机械设计陈列室，观察各种常用零部件的模型和实物，对其有初步认识。

(4) 了解机械零部件的组成、应用情况。

#### 4. 实验装备

- (1) 机构、机械零件陈列柜（见图 1-2）和各种零部件模型、实物。
- (2) 铅笔、钢笔、稿纸（学生自备）。



图 1-2 机械结构设计陈列柜

#### 5. 实验原理与方法

在指导老师的带领下，通过所学的相关知识和观察到的机构模型，增强同学们对机械的认知，并结合老师讲解，提出问题，供同学们体会、感受、学习。

(1) 机器。机器一般是由零件、部件组成的一个整体，或者由几个独立机构构成的联合体，如图 1-3 所示。由两台或两台以上机器机械地连接在一起的机械设备称为机组。掌握各种机构的运动特性，有利于研究各种机器的特性。

(2) 平面连杆机构。平面连杆机构是将各构件用转动副或移动副连接而成的平面机构。最简单的平面连杆机构是由四个构件组成的，简称平面四杆机构，如图 1-4 所示。四杆机构分为 3 大类：即铰链四杆机构、单移动副机构、双移动副机构。



图 1-3 机器机构和模型

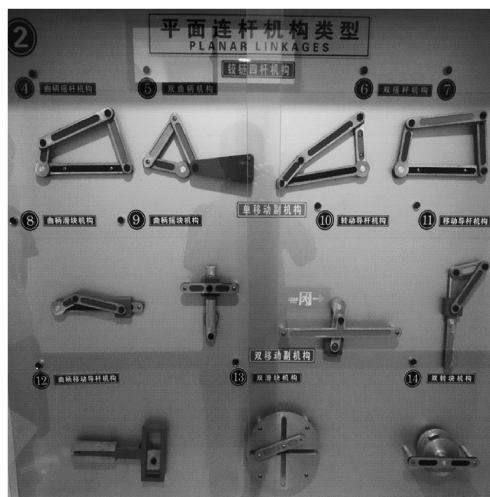


图 1-4 四杆机构

1) 铰链四杆机构是全部用转动副组成的平面四杆机构，根据两连架杆为曲柄或摇杆可划分为曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构。

2) 单移动副机构是指只含有一个移动副的四杆机构，如曲柄滑块机构、转动导杆机构及摆动导杆机构等。

3) 双移动副机构是指带有两个移动副的四杆机构，如曲柄移动导杆机构、双滑块机构及双转块机构就是通过倒置双移动副机构演变而来的。

(3) 凸轮机构。凸轮机构（见图 1-5）广泛应用于各种自动机械、仪器和操纵控制装置。凸轮机构是由凸轮、从动件和机架 3 个基本构件组成的高副机构。凸轮是一个具有曲线轮廓或凹槽的构件，一般为主动件，做等速回转运动或往复直线运动。凸轮机构之所以得到如此广泛的应用，主要是由于凸轮机构可以实现各种复杂的运动要求，而且结构简单、紧凑。

(4) 齿轮机构。齿轮机构（见图 1-6）是现阶段应用最广泛的一种传动机构，它可以用来传递空间任意两轴间的运动和动力。与其他传动机构相比，齿轮机构的优点是：结构紧凑、工作可靠、传动平稳、效率高、寿命长、能保证恒定的传动比，而且其传递的功率和适用的速度范围大，故齿轮机构广泛用于机械传动中。但是齿轮机构的制造安装费用高、低精度齿轮传动的噪声大。

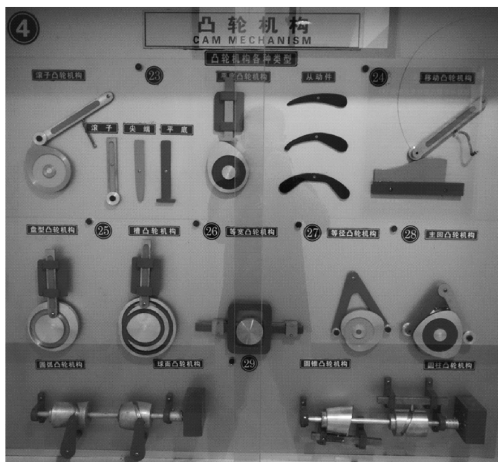


图 1-5 凸轮机构

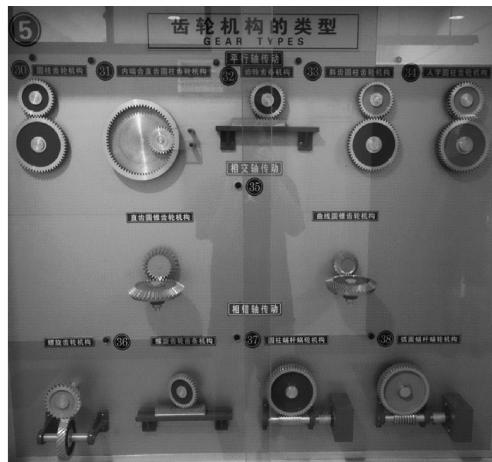


图 1-6 齿轮机构

齿轮基本参数（见图 1-7）包括：齿数  $z$ 、模数  $m$ 、压力角  $\alpha$ 、齿顶高系数  $h_a^*$ 、顶隙系数  $c^*$  等。齿轮机构根据齿轮的轴线是否固定分为平行轴齿轮传动、相交轴齿轮传动和交错轴齿轮传动 3 种类型。

(5) 周转轮系。周转轮系（见图 1-8）传动时，轮系中至少有一个齿轮的几何轴线位置不固定，并绕太阳轮的固定轴线回转。周转轮系分行星轮系与差动轮系两种，要注意区分它们的相同点和不同点，有一个太阳轮的转速为零的周转轮系称为行星轮系。

(6) 其他常用机构。其他常用机构（见图 1-9）有螺旋机构、棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、凸轮式间歇运动机构、万向联轴器及非圆齿轮机构等。通过观察这些机构的运动特性，了解常用机构的运动规律和应用场合。

(7) 螺纹连接及各种标准连接零件。螺纹连接是一种广泛使用的可拆卸的固定连接，具有结构简单、连接可靠、装拆方便等优点，它是利用螺纹零件工作的，主要用作紧固零件，其基本要求是保证连接强度及连接的可靠性。



图 1-7 齿轮基本参数

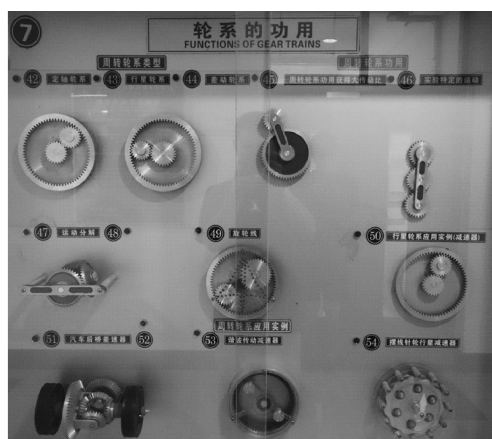


图 1-8 周转轮系

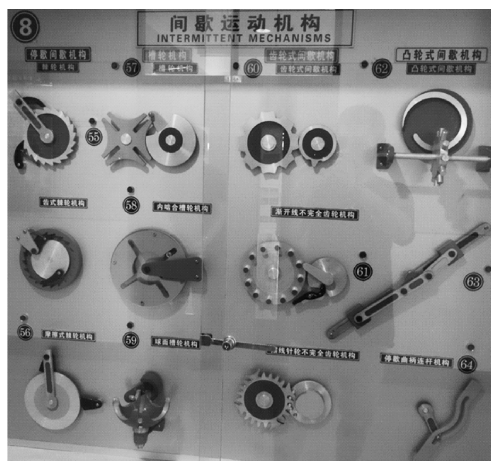
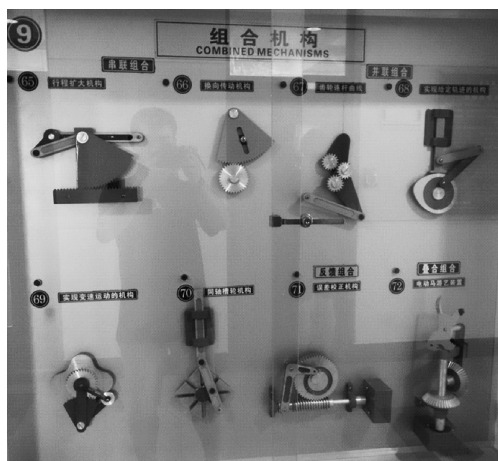


图 1-9 其他常用机构

通过此实验，使学生了解螺纹与其他各种标准连接零件及其结构特点和使用情况，了解各类零件的标准代号，以提高学生对于标准化的认识。

(8) 机械传动。机械传动在机械工程中应用非常广泛，主要是指利用机械方式传递动力和运动的传动。常见的机械传动主要有螺旋传动、带传动、链传动、联轴器传动、齿轮传动、花键传动及蜗轮蜗杆传动等。机械传动机构可以将动力所提供的运动的方式、方向或速度加以改变，供人们利用。通过对实物运动机理及运动轨迹的研究，增强同学们对各种机械传动知识的认识，为今后更深层次的学习奠定良好的基础。

(9) 轴系零部件。轴承在现代机器中得到了广泛的应用，它是在机械传动过程中起固定和减小载荷摩擦的部件。也可以说，当其他机件在轴上彼此产生相对运动时，用来降低动力传递过程中的摩擦和保持轴中心位置固定的机件。轴承是当代机械设备中一种举足轻重的零部件。它的主要功能是支撑机械旋转体，用以降低设备在传动过程中的机械摩擦。按运动元件摩擦性质的不同，轴承可分为滚动轴承和滑动轴承两类。滚动轴承由于摩擦因数小、起动阻力小，而且已标准化，选用、润滑、维护都很方便，因此在一般机器中应用较广。轴承

理论课程将详细讲授轴承的机理、结构、材料等。

轴是组成机器的重要零件。一切做回转运动的传动零件（如齿轮、蜗轮等）都必须安装在轴上才能进行运动及动力的传递。轴的主要功用是支承回转零件并传递运动和动力。

(10) 弹簧。弹簧是一种弹性元件，它可以在载荷作用下产生较大的弹性变形，在各类机械中应用十分广泛。弹簧的种类比较多，可以按承受的载荷不同、形状的不同等进行分类。观看时要看清各种弹簧的结构、材料，并能与名称对应起来。

(11) 润滑剂。润滑剂是用以降低摩擦副的摩擦阻力、减缓其磨损的润滑介质。润滑剂对摩擦副还能起冷却、清洗和防止污染等作用。为了改善润滑性能，在某些润滑剂中可加入合适的添加剂。选用润滑剂时，一般须考虑摩擦副的运动情况、材料、表面粗糙度、工作环境和条件，以及润滑剂的性能等多方面因素。在机械设备中，润滑剂大多通过润滑系统输配给各需要润滑的部位。

(12) 密封。密封，指用外包装把另一件东西或者物品封装起来。由于被密封的介质不同，以及设备的工作条件不同，要求密封材料具有不同的适用性。密封是防止工作介质从机器（或设备）中泄漏或外界杂质侵入其内部的一种措施。被密封的工作介质可以是气体、液体或粉状固体。密封不良会降低机器效率、造成浪费和污染环境。易燃、易爆或有毒性质的工作介质泄漏会危及人身和设备安全。气、水或粉尘侵入设备会污染工作介质，影响产品质量，增加零件磨损，缩短机器寿命。密封分为静密封和动密封。机械（或设备中）相对静止件间的密封称为静密封，相对运动件间的密封称为动密封。

## 6. 实验步骤

- (1) 参观陈列柜中各种机器、机构的组成，了解工作原理。
- (2) 认真阅读和掌握相关的理论知识，仔细聆听教师的讲解并思考其提出的问题。
- (3) 观察机械零件工作的基本原理及自身的运动特性，回答教师提出的问题。
- (4) 观察和思考常见机械零件的失效形式及其特征。

## 7. 实验报告

按要求独立完成实验报告（附后）。

## 8. 思考题

- (1) 通过课前预习及本次实验，写一篇有关机械、机构的心得体会（可附图）。
- (2) 在本次试验中看过或者做过的，你最感兴趣的有哪些？请予以简单介绍。
- (3) 以一个机器为例，说明该机器由哪些机构组成，其基本工作原理是怎样的？
- (4) 平面铰链四杆机构是如何分类的？举例说明其基本类型的应用。
- (5) 凸轮机构有哪几部分组成？属于低副机构还是高副机构？
- (6) 轮系是如何分类的？根据你所看到的、听到的轮系介绍，试举例说明轮系在生产实践中的应用。
- (7) 传动带按截面形状分有哪几种类型？常用的是哪种？
- (8) 齿轮传动的优点和缺点是什么？适用于哪种场合？
- (9) 轴按照承载情况不同有哪些类型？通过本次实验，观察生活中一些机械实物都是由哪些简单机械、机构组成，可举例说明。

## 实验2 机构运动简图测绘实验

机构运动简图反映了与原机械完全相同的运动特性，不仅可以简明地表示出机构的组成情况，而且还可以根据该图对机构进行运动及动力分析。在机构运动简图上还应标出与运动有关的尺寸，如构件上两铰链中心之间的距离（即两转动副之间的距离）、移动构件上铰链中心运动线的位置（导向）、各固定铰链的位置等。通过机构运动简图测绘实验，学生可按照一定比例测绘实物，提高学生对机构运动机理的认识。

### 1. 基本概念

机构运动简图：是一种用简单的线条和符号来表示工程图形的语言，要求能够表明机构的种类，描述出各机构相互传动的路线、运动副的种类和数目、构件的数目等。如果仅为了表明机构的运动情况，而不需求出其运动参数的数值，也可以不要求严格按照比例来绘制简图，通常把这样的机构运动简图称为机构示意图。

运动副：机构都是由构件组合而形成的，其中每个构件都以一定的方式与另一个构件相连接，这种连接不仅使两个构件直接接触，又使两个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。

自由度：构件所具有的独立运动的数目。一个构件在未与其他构件连接前，可产生6个独立运动，也就是说具有6个自由度。

低副：面与面接触的运动副，如移动副、转动副（回转副）。

高副：点与线接触的运动副，如凸轮副、滚动副、齿轮副（见图2-1）。

转动副：两构件之间只作相对转动的运动副。

移动副：两构件之间只作相对移动的运动副。

平面运动副：两构件之间的相对运动为平面运动的运动副。

空间运动副：两构件之间的相对运动为空间运动的运动副。

运动链：两个以上构件通过运动副连接而构成的系统。

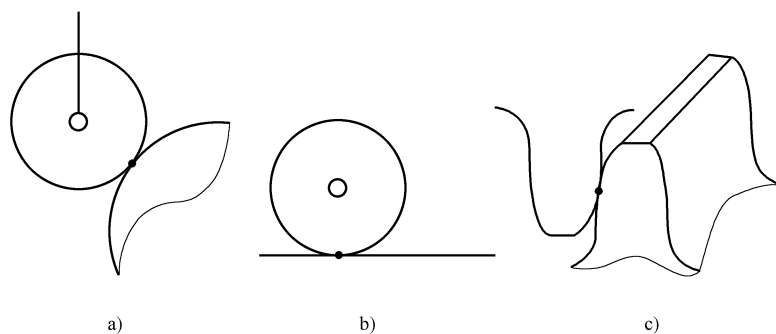


图2-1 高副

a) 凸轮副 b) 滚动副 c) 齿轮副

### 2. 实验目的

(1) 分析机构的组成、动作原理、运动情况及各连接构件之间相对运动性质，确定各

运动副的类型，进行机构和简单机械的认知能力培养。

(2) 掌握用机构运动简图的规定符号正确绘制机构运动简图的方法。

(3) 掌握机构自由度（亦称机构活动度）的计算方法，并由理论计算和机器的实际运动情况判断机构运动的确定性。

(4) 了解机构运动简图在生产实际中的广泛应用，加深对机构组成原理的了解。

(5) 培养学生抽象思维能力。

### 3. 实验装备

各种机构与实物模型，直尺、内外卡钳等测量工具，铅笔、三角板、圆规、橡皮、草稿纸（学生自备）。

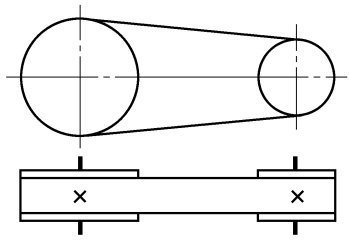
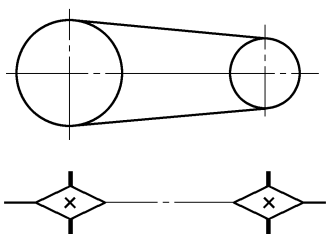
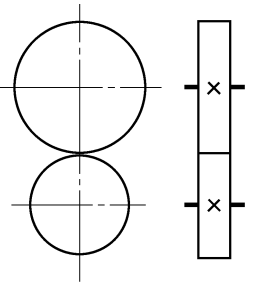
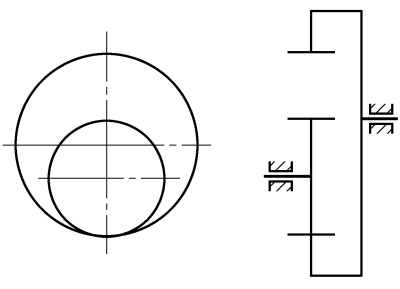
### 4. 实验原理

机构各部分的运动是由其原动件的运动规律、机构中各运动副的数目及类型、运动副相对位置和构件的数目来确定的，而与构件的具体构造等无关。所以，根据各相邻构件的相对运动性质及其接触情况，按一定的比例尺定出各运动副的位置及与运动有关的一切尺寸，就可以把机构的运动简图画出来。运动副和构件的代表符号，见表 2-1。

表 2-1 运动副和构件的代表符号

	两运动构件形成的运动副		两构件之一为机架时的运动副	
转动副				
移动副				
构件	二副元素构件	三副元素构件	多副元素构件	
传动机构	凸轮机构		棘轮机构	

(续)

	两运动构件形成的运动副	两构件之一为机架时的运动副
传动机构	带传动	链传动
		
	外啮合	内啮合
		

### 5. 实验步骤

(1) 观察机构的组成, 了解机构所要实现的运动变换; 从原动件开始按运动传递顺序观察, 找出主动件和从动件; 驱动被测机构的主动件使机构缓慢运动, 观察整个机构的运动情况。

(2) 从主动件开始, 确认机架和活动构件, 要特别仔细观察具有微小运动的构件, 从而确定组成机构的构件数目。

(3) 根据相连接的两构件之间的接触情况及相对运动性质, 确定各个运动副的类型, 并找出各运动副的数目。注意复合铰链、局部自由度和虚约束。

(4) 判别所画机构中各个构件运动所在的平面, 选择合理的视图投影平面, 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。必要时也可以根据机械的不同部分选择两个或多个投影面, 然后展开到同一平面上。

(5) 目测各构件的相对尺寸, 在草稿纸上按比例画出机构运动简图的草图。

(6) 按实际机器的运动轨迹仔细核对机构运动简图的草图, 确认无误后计算机构自由度, 判断被测机构的运动是否确定。

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (2-1)$$

式中  $n$ ——机构中活动构件的数目;

$P_L$ ——机构中低副的数目;

$P_H$ ——机构中高副的数目。

(7) 选取适当的比例尺, 绘制较规整的机构运动简图。其中, 长度比例尺  $L =$  构件的实际长度 (m) / 图上距离 (mm)

## 6. 实验报告

按要求独立完成实验报告（附后）。

## 7. 思考题

- (1) 一张正确的机构运动简图应包括哪些必要的内容？
- (2) 机构运动简图的功用是什么？
- (3) 绘制机构运动简图时，原动件位置能否任意选定？会不会影响机构运动简图的正确性？
- (4) 机构自由度的计算对绘制机构运动简图有何帮助？机构自由度大于或小于原动件数目会产生什么后果？

## 实验3 连杆组合机构设计与分析实验

连杆机构是由若干刚性构件通过低副连接所组成的机构。连杆机构的运动形式多样，可实现转动、移动和平面运动，从而可用于实现已知运动规律和已知轨迹。连杆机构是典型的低副机构，低副面接触使平面连杆机构具有以下一些优点：运动副单位面积所受压力较小；且面接触便于润滑，故磨损减小；制造方便，易获得较高的精度；不需要借助其他构件来保持接触，因此，平面连杆机构广泛应用于各种机械、仪表和机电一体化产品中。平面连杆机构的缺点是：一般情况下只能近似的实现给定的运动规律或运动轨迹，且设计较为复杂；当给定的运动要求较多或较复杂时，需要的构件数和运动副数较多，机构结构复杂，工作效率降低，易发生自锁，在高速时引起较大的振动和动载荷，故连杆机构常用于速度较低の場合。

本实验提供给学生连杆组合机构的实验箱，学生通过使用该实验箱，按照组合设计法，利用较少的零件组合出3类连杆机构，从而锻炼学生的动手能力。

### 1. 基本概念

**铰链四杆机构：**所有运动副均为转动副的平面四杆机构。它是平面四杆机构最基本的型式，其他型式的平面四杆机构都可看作是在它的基础上通过演化而形成的。

**连架杆：**与机架组成运动副的构件。

**连杆：**不与机架组成运动副的构件。

**整转副：**组成转动副的两构件作整周相对转动的运动副，反之则称为摆动副。

**曲柄：**与机架组成整转副的连架杆。

**摇杆：**与机架组成摆动副的连架杆。

**曲柄摇杆机构：**两连架杆之一为曲柄，另一个为摇杆的机构（见图3-1）。

**双曲柄机构：**两连架杆均为曲柄的机构。

**双摇杆机构：**两连架杆均为摇杆的机构。

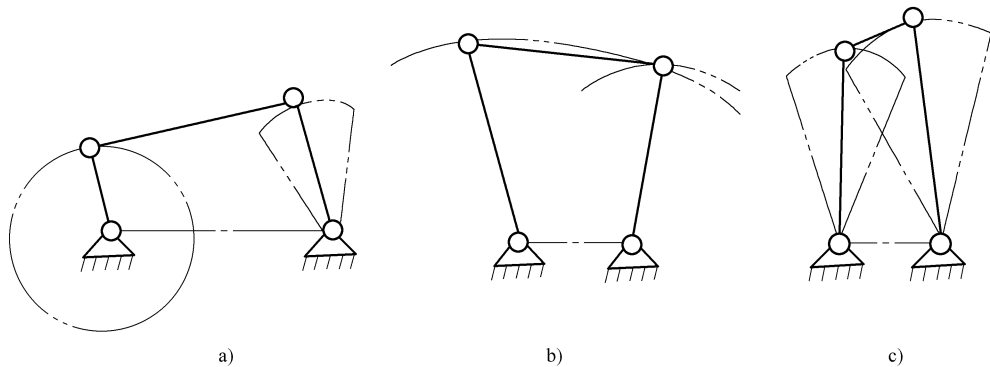


图3-1 平面四杆机构

a) 曲柄摇杆机构 b) 双曲柄机构 c) 双摇杆机构