

上海市本科教育高地建设
机械制造及其自动化系列教材

机械设计基础实验指导

沙玲 陆宁 主编

清华大学出版社

上海市本科教育高地建设
机械制造及其自动化系列教材

机械设计基础实验指导

沙玲 陆宁 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是为了适应高等院校机械类课程教学改革的需求,加强和培养学生的动手实践能力和创新能力,在现有的机械设计基础、机械原理、机械设计实验的基础上,结合相关专业教学,经过多年的改革与实践,编写修订而成的。

本书针对《机械设计基础》(张永宇、陆宁主编,清华大学出版社,2009)各章内容而编写,共有12个实验,可根据教学需要选做。

本书可作为高等院校或成人高校机械类及其相关专业机械设计基础、机械原理、机械设计课程的实验教材,也可作为有关人员进行教学、科研和工程实践的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础实验指导/沙玲,陆宁主编. —北京:清华大学出版社,2009.8

(上海市本科教育高地建设机械制造及其自动化系列教材)

ISBN 978-7-302-20471-8

I. 机… II. ①沙… ②陆… 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(2009)第 107779 号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:7.25

字 数:149千字

版 次:2009年8月第1版

印 次:2009年8月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:17.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:033483-01

上海市本科教育高地建设 机械制造及其自动化系列教材编写委员会

顾 问 陈关龙

主 任 程武山

副主任 何法江

编 委 王明红 蔡颖玲 陆 宁 陆 文

秘 书 周玉凤

序言



进入 21 世纪以来,我国制造业得到了飞速发展。中国已成为世界制造业大国,正面临从制造业大国向制造业强国转型的关键时期。培养大批适应中国机械工业发展的优秀工程技术人才,是实现这一重大转变的关键。

遵循高等教育、人才培养和社会主义市场经济的规律,围绕《上海优先发展先进制造业行动方案》,紧贴区域经济和社会需求的发展,上海工程技术大学机械工程学院抓住“上海市机械制造及其自动化本科教育高地建设”这一机遇,把握先进制造业和现代服务业互补、融合的趋势,把打造工程本位的复合应用型人才培养基地作为高地建设的核心,把培养具有深厚的科学理论基础和一定的工程实践能力及创新能力的优秀的复合应用型人才——生产一线工程师,作为高地建设的战略发展目标。

正是基于上述考虑,本编写委员会联合清华大学出版社推出“上海市本科教育高地建设机械制造及其自动化系列教材”,希望根据“以生为本,以师为重,以教为基,以训为媒,突出工程实践”的教育思想理念和当前的科技水平和社会发展的需求,精心策划和编写本系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的工程技术人才。

本系列教材的编写,注重文字通顺,深入浅出,图文并茂,表格清晰,符合国家与部门标准。在编写时,作者重视基础性知识,精选传统内容,使传统内容与新知识之间建立起良好的知识构架;重视处理好教材各章节间的内部逻辑关系,力求符合学生的认识规律,使学习过程变得顺理成章;重视工程实践与教学实验,改变原教材过于偏重理论知识的倾向,力图引导学生通过实践训练,发展自己的工程实践能力;倡导创新实践训练,引导学生发现问题、提出问题、分析问题和解决问题,培养创新思维能力和团队协作能力。

本系列教材的编写和出版,是上海市本科教育高地建设课程和教材改革中的一种尝试,教材中一定会存在不足之处,希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材能更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

陈关龙

2008 年 12 月

前言



“机械设计基础实验”是高等院校普遍开设的实验课程,对于培养学生的工程实践能力、综合设计与分析能力、科学研究能力以及创新能力起着重要的作用。我们针对“机械设计基础”课程的教学学时以及实验条件,编撰了与课程内容相关的 12 个实验,各校可根据自己的实验教学要求、实验学时和实验条件,灵活选用。

本书分上、下两篇。上篇介绍了 12 个实验,内容包括:机构、零部件认知实验;机构运动简图测绘实验;渐开线齿廓范成实验;齿轮参数测定实验;机械运动参数测定实验;回转构件动平衡实验;带传动的弹性滑动与效率实验;滑动轴承实验;单列角接触球轴承外圈负荷分布实验;齿轮传动效率实验;轴系结构实验;减速器拆装实验。每个实验中基本包含实验目的、实验内容、实验装备、实验原理、实验步骤、实验报告及思考题讨论。下篇给出了各实验对应的实验报告模板。书后还附有机械原理、机械设计课程设计相关资料,供参考。

本书可供机械类、机电类以及近机械类各专业学生使用。

本书由沙玲、陆宁主编,参加本书编写的还有韩丽华、滕兵、许勇,特别感谢实验室的李迎华老师,提供了很多实验设备资料。全书承蒙上海工程技术大学机械设计教研室各位教师的帮助,他们提出了很多宝贵意见,在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

目录

绪论	1
上篇 机械设计基础实验	3
实验 1 机构、零部件认知实验	5
实验 2 机构运动简图测绘实验	10
实验 3 渐开线齿廓范成实验	13
实验 4 齿轮参数测定实验	16
实验 5 机械运动参数测定实验	20
实验 6 回转构件动平衡实验	25
实验 7 带传动的弹性滑动与效率实验	31
实验 8 滑动轴承实验	37
实验 9 单列角接触球轴承外圈负荷分布实验	42
实验 10 齿轮传动效率实验	49
实验 11 轴系结构实验	55
实验 12 减速器拆装实验	57
下篇 机械设计基础实验报告	63
附录 A 《机械原理》课程设计	91
附录 B 《机械设计》课程设计	95
参考文献	105

绪 论

1. 实验教学在教学中的地位和作用

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,同时对提高生产力水平起到巨大的推动作用。实验技术在工程实践中得到了广泛的应用,对于培养学生掌握科学实验的基本方法和技能具有十分重要的意义。

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。实验教学的重要性是让学生自己动手实验,实验过程中涉及实验仪器设备的使用、实验现象的观察、实验数据的采集与处理、实验报告的撰写等一系列实践性教学环节,有利于培养学生的动手操作技能、独立工作能力、科学研究能力、创新精神和创新能力等,有效地培养学生严肃认真、一丝不苟、实事求是的科学工作风格和团结协作的精神与能力,使自身素质得到全面提高,对于今后工作具有深远意义。

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、传授知识与训练才能相结合的过程。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地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,培养科研协作精神及爱护国家财产的良好品德,使自身素质得到全面提高。

机械设计基础实验是机械设计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。

2. 机械设计基础实验的学习方法

通过对机械设计基础实验的学习和实践,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) 要有正确的科学理论指导 正确的科学理论指导是成功完成一个实验的根本保证,只有掌握涉及实验内容的专业理论知识和与实验仪器有关的测试技术,才能顺利、成功

地完成实验内容,满足实验要求,达到实验目的。

(2) 要观察与思考相结合 在实验观察的同时还要积极地思维,要及时发现实验过程中出现的各种现象,从而有效地获得可靠的实验数据和结果。不管是认知、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得的实验数据都要认真地进行反思和探究,寻其根本。对于实验过程中出现的不理想或者意外的数据和结果,都要寻根问底,直到找到问题的症结所在。在实验过程中,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和创新能力 实验作为实践教学中的一个重要环节,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 机械设计基础实验与机械工程实际相联系,存在一定规模和复杂程度,因此在实验过程中往往需要多人协同合作。本课程中的很多实验都需要以小组的形式组织完成,不仅需要每个组员能独立完成部分实验工作,而且还需要成员之间具有相互沟通、交流和配合的能力,从而在实验过程中要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。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。预习工作主要包括认真阅读实验项目的相关章节、有关教科书及参考资料,做到明确目的,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,合理安排实验时间,同时认真做好预习笔记。

(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,或由实验指导教师操作示范,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说,以达到共同提高的目的。

(3) 实验 按拟订的实验方案和实验步骤操作,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,不能凭主观意愿删去自己认为不对的数据,不能杜撰原始数据。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。如对实验现象有怀疑,在分析和查找原因的同时,可以做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高到理性思维阶段。要认真、独立完成实验报告,对实验现象进行解释,对实验数据进行处理(包括计算、作图、误差分析等),得出结论。分析误差产生的原因,对实验现象以及出现的一些问题进行讨论,敢于提出自己的见解,对实验提出改进意见或建议,回答实验问题。

(5) 实验报告 要求按照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

机械设计基础实验



实验 1

机构、零部件认知实验

认知实验的目的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。通过认知实验,可增强学生对机械零部件和机构运动形式的感性认识,弥补空间想象力和形象思维能力的不足;加深对教学基本内容的理解;促进学生自学能力和独立思考能力的提高。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,获得创新思维的启迪。

1. 实验目的

- (1) 了解机器的组成原理,加深对机器的总体感性认识。
- (2) 了解机器中常用机构的结构、类型、特点及应用。
- (3) 了解机器的运动原理和分析方法,使学生对机器总体感性认识上升为理性认识。
- (4) 了解常见零件的结构、类型、特点、用途、基本原理及其运动特性。
- (5) 通过对机械零部件、机械结构及装配的展示与分析,增加直观认识,培养对机械设计课程学习的兴趣。

2. 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) 通过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) 通过观察,了解机械零部件的组成、应用情况。

3. 实验装备

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

4. 实验原理与方法

通过观察机构、机械零件陈列室展示的各种常用机构模型、零部件实物和模型,增强学生对机构与机器的感性认识。实验教师作一简单介绍,提出问题,供学生思考。学生通过观察,对机器的组成,常用机构,零部件的结构、类型、特点有一定的了解。

1) 机器

观察如图 1-2 所示的机器机构和模型,使学生认识到机器是由一个机构或几个机构按



图 1-1 机械结构设计陈列柜图

照一定运动要求组合而成的。因此掌握各种机构的运动特性,有利于研究各种机器的特性。在机械原理中,运动副是以两构件的直接接触形式的可动连接及运动特征来命名的,如高副、低副、转动副、移动副等。

2) 平面四杆机构

四杆机构(如图 1-3 所示)在平面连杆机构中结构最简单,应用最广泛。四杆机构分成 3 大类,即铰链四杆机构、单移动副机构、双移动副机构。

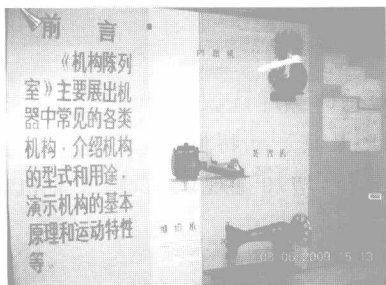


图 1-2 机器机构和模型



图 1-3 四杆机构

(1) 铰链四杆机构分为曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构,根据两连架杆为曲柄或摇杆来确定。

(2) 单移动副机构是以一个移动副代替铰链四杆机构中的一个转动副演化而成的,分为曲柄滑块机构、曲柄摇块机构、转动导杆机构及摆动导杆机构等。

(3) 双移动副机构是带有两个移动副的四杆机构,将其倒置也可得到曲柄移动导杆机构、双滑块机构及双转块机构。

3) 凸轮机构

凸轮机构(如图 1-4 所示)主要用于把主动构件的连续运动转变为从动件按照预定规律的运动。通过设计凸轮廓线可以使从动件获得任意的运动规律。凸轮机构主要由 3 部分组成,即凸轮、从动件及机架。凸轮有特定的廓线,从动件由凸轮廓线控制。凸轮机构结构简单、紧凑,因此广泛应用于各种机械。

4) 齿轮机构

齿轮机构(如图 1-5 所示)是现代机械中应用最广泛的一种传动机构。根据轮齿的形状,齿轮分为直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮、圆锥齿轮及蜗杆、蜗轮。根据主、从动轮的两轴线相对位置,齿轮传动分为平行轴传动、相交轴传动、交错轴传动 3 大类。

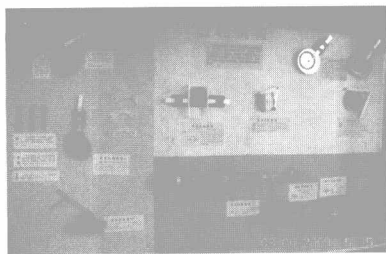


图 1-4 凸轮机构

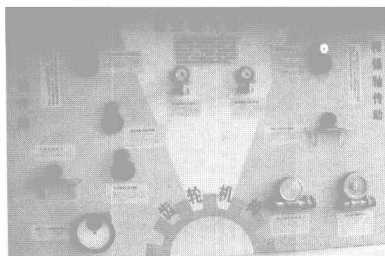


图 1-5 齿轮机构

(1) 平行轴传动的类型有外、内啮合直齿轮机构,斜齿圆柱齿轮机构,人字齿轮机构,齿轮齿条机构等。

(2) 相交轴传动的类型有圆锥齿轮机构(两轴线夹角常为 90°)。

(3) 交错轴传动的类型有螺旋齿轮机构、圆柱蜗轮蜗杆机构、弧面蜗轮蜗杆机构等。

齿轮机构具有传动准确、可靠、运转平稳、承载能力大、体积小、效率高等优点,广泛应用于各种机器中。

齿轮基本参数(如图 1-6 所示)有齿数 z 、模数 m 、分度圆压力角 α 、齿顶高系数 h_a^* 、顶隙系数 c^* 等。仔细观察这一部分,掌握渐开线的概念及渐开线的形成、基圆和渐开线发生线的概念及渐开线的性质。同时注意总结齿数、模数、压力角等参数变化对齿形的影响。

5) 周转轮系

通过观察各种周转轮系(如图 1-7 所示)的动态模型演示,了解定轴轮系及周转轮系的含义。周转轮系又分为行星轮系和差动轮系,要注意区分它们的异同点。差动轮系可以将一个运动分解为两个运动或将两个运动合成为一个运动。



图 1-6 齿轮基本参数

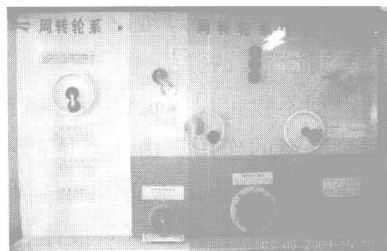


图 1-7 周转轮系

6) 其他常用机构

其他常用机构(如图 1-8 所示)常见的有棘轮机构、槽轮机构、摩擦式棘轮机构、不完全齿轮机构、万向联轴器及非圆齿轮机构等。通过这些机构的动态演示了解各种机构的运动特点及应用范围。

7) 螺纹连接及各种标准连接零件

螺纹连接利用螺纹零件,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。标准连接零件一般是由专业企业按国家标准(GB)成批生产,供应市场的零件。这类零件的结构形式和尺寸都已标准化,设计时可根据有关标准选用。通过实验学生们要能区分螺栓与螺钉;能了解各种标准化零件的结构特点和使用情况;了解各类零件有哪些标准代

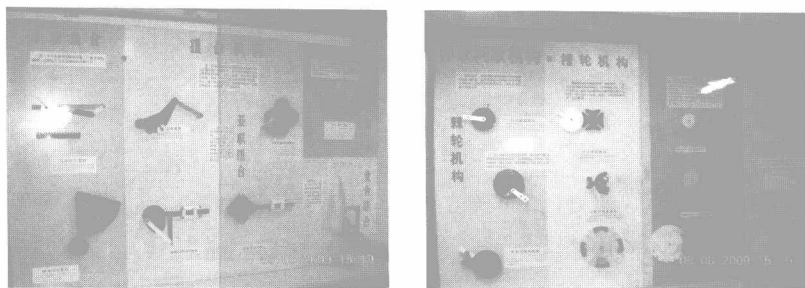


图 1-8 其他常用机构

号,以提高学生们对标准化的认识。

通过展柜的参观,同学们要仔细观察其结构,了解其使用场合,并能分清和认识以上零件。

8) 机械传动

机械传动有螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动及蜗杆传动等。各种传动都有不同的特点和使用范围,这些传动知识同学们在学习“机械设计基础”、“机械设计”课程中都有详细讲授。在这里主要通过实物观察,增加同学们对各种机械传动知识的感性认识,为今后理论学习及课程设计打下良好基础。

9) 轴系零部件

轴承是现代机器中广泛应用的部件之一。轴承理论课程将详细讲授轴承的机理、结构、材料等,并且还有实验与之相配合。在这次实验中,同学们要了解各种轴承的结构及特征,扩大自己的眼界。

轴是组成机器的主要零件之一。轴看似简单,但其知识和内容都比较丰富,完全掌握是很不容易的。只能通过理论学习及实践知识的积累(多看、多观察)逐步掌握。

10) 润滑剂及密封

润滑剂不仅可以降低摩擦,减轻磨损,保护零件不被锈蚀,而且在采用循环润滑时还能起到散热降温的作用。由于液体的不可压缩性,润滑油膜还具有缓冲、吸振的能力。使用膏状润滑脂,既可防止内部润滑剂外泄,又可阻止外部杂质侵入,避免加剧零件的磨损,起到密封作用。润滑剂可分为气体、液体、半固体和固体 4 种基本类型。各类润滑剂的润滑原理和性能授课中都会讲解,学生们不但要了解展柜中展示的各种油剂、脂剂实物,润滑方法与润滑装置,还应了解其相关国家标准。

机器在运转过程中及气动、液压传动中需润滑剂、气、油润滑、冷却、传力保压等,在零件的接合面、轴的伸出端等处容易产生油、脂、水、气等渗漏。为了防止这些渗漏,在这些地方常采用一些密封措施。但密封方法和类型很多,如填料密封、机械密封、O 形圈密封、迷宫式密封、离心密封、螺旋密封等。这些密封广泛应用在泵、水轮机、阀、气压机、轴承、活塞等部件的密封中。学生们在参观时应认清各类密封零件及应用场合。

5. 实验步骤

- (1) 参观陈列柜中各种机器、机构的组成、工作原理等;
- (2) 听取指导教师的讲解或观看实物以及思考提出的问题;

- (3) 观察常见机械的类型、组成、用途、基本原理及运动特性,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。

6. 实验报告

按要求独立完成实验报告(附后),并回答思考题讨论中的问题。

7. 思考题讨论

- (1) 在本次实验中看过或做过的,你最感兴趣的有哪些? 请予以简单介绍。
- (2) 本次实验后,你感觉对学习“机械设计基础”课有帮助吗?
- (3) 根据你所看到、听到的关于轮系的介绍,举例说明轮系在生产实践中的应用。
- (4) 传动带按截面形状分有哪几种类型? 常用的是哪种?
- (5) 蜗杆传动的主要类型有哪些?
- (6) 轴按照承载情况有哪些类型?
- (7) 轴承根据工作时的摩擦性质有哪几种类型?
- (8) 可拆连接和不可拆连接的主要类型有哪些?

实验 2

机构运动简图测绘实验

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(确定各运动副相对位置的尺寸)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,它不仅可以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的示意图。机构测绘实验提供给学生机器实物和机构模型,学生通过测绘实物,按比例画出该机构的运动简图,锻炼学生对机构的分析研究能力。

1. 实验目的

(1) 学会根据实际机械模型的结构测绘机构运动简图的技能,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。

(2) 掌握机构自由度(亦称机构活动度)的计算方法,掌握判断机构具有确定运动的条件,进一步巩固对机构结构分析的了解。

(3) 了解机构运动简图在机械设计及生产实际中的应用。

(4) 培养学生抽象思维能力。

2. 实验内容

(1) 了解机器或模型的功用,确定原动件,测绘并完成机构运动简图及机构简图。

(2) 计算各机构的自由度,并将结果与被测机构对照。

3. 实验装备

(1) 各种机构模型或实物(牛头刨、水泵、号码机、插齿机等)若干。

(2) 钢直尺、圆规、铅笔与橡皮(学生自备)、草稿纸(学生自备)。

4. 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运动副相对位置的尺寸有关。因