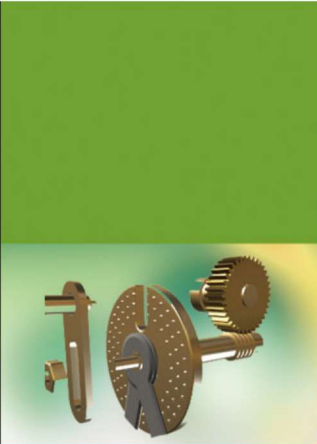




GAODENG JIAOYU SHISANWU
GUIHUA JIAOCAI — JIXIE GONGCHENG

高等教育“十三五”规划教材——机械工程

JIXIE YUANLI SHIYAN ZHIDAO

机械原理 实验指导

JIXIE YUANLI SHIYAN ZHIDAO

主 编 尹怀仙 王正超



西南交通大学出版社

高等教育“十三五”规划教材——机械工程



机械原理实验指导

主 编 尹怀仙 王正超

西南交通大学出版社

· 成都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

机械原理实验指导 / 尹怀仙, 王正超主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2018.7

高等教育“十三五”规划教材. 机械工程

ISBN 978-7-5643-6286-7

I. ①机... II. ①尹... ②王... III. ①机械原理 - 实
验 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH111-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 156476 号

高等教育“十三五”规划教材——机械工程
机械原理实验指导

主 编 / 尹怀仙 王正超 责任编辑 / 李晓辉
助理编辑 / 何明飞
封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行
(四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)
发行部电话: 028-87600564 028-87600533
网址: <http://www.xnjdcbs.com>
印刷: 成都蓉军广告印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm× 260 mm
印张 5.75 字数 128 千
版次 2018 年 7 月第 1 版 印次 2018 年 7 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-6286-7
定价 20.00 元

课件咨询电话: 028-87600533
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

高等学校的实验室是进行教学和科研的重要基地，实验是积累学科优势的基础。没有实验手段就不可能出科研成果，就没有科学的进步和发展，任何新知识、新科技、新发明、新成果都离不开实验验证。实验可以培养学生的动手能力、设计能力、创新能力、分析问题和解决问题的能力，使学生扎实掌握所学的理论知识，适应当前社会新知识、新技术快速发展的需要。

本书按照基本实验、提高型实验、研究创新型实验三种不同类型实验编写。遵循由浅到深、由简到繁的学习过程，使学生能系统地掌握本门课程的理论与实践知识。本书可作为高等工科学学校机械类专业的实验教材，也可供非机械类专业学生参考。

本书中使用计算机进行的实验由青岛财经职业学校王正超负责编写，其余部分由青岛大学尹怀仙负责编写。书中内容的校对和图的绘制由薛文完成，并得到了江启宾、朱磊、李玉浩、任军的协助，在此表示感谢！

限于编者水平和编写的时间仓促，书中的不妥疏漏之处恳请广大读者批评指正，并提出宝贵的意见和建议。

编 者
2018 年 4 月

目 录

1	绪 论	1
1.1	机械原理实验课程的意义	1
1.2	机械原理实验课程目标和内容	2
1.3	如何学好本课程	3
2	机械原理认知实验	4
2.1	概 述	4
2.2	相关理论知识	4
2.3	实验目的	7
2.4	实验设备和工具	7
2.5	实验步骤	8
2.6	思考题	8
2.7	实验报告	9
3	机构运动简图的测绘与分析	10
3.1	概 述	10
3.2	相关理论知识	10
3.3	实验目的	13
3.4	实验设备和工具	13
3.5	实验原理和方法	13
3.6	实验步骤	18
3.7	思考题	20
3.8	实验报告	21
4	齿轮范成实验	23
4.1	概 述	23
4.2	相关理论知识	23
4.3	实验目的	27
4.4	实验设备和工具	27
4.5	实验原理和方法	28
4.6	实验步骤	29
4.7	思考题	30
4.8	实验报告	31
5	渐开线直齿圆柱齿轮参数测定	33

5.1	概 述	33
5.2	相关理论知识	33
5.3	实验目的	38
5.4	实验设备和工具	38
5.5	实验原理和方法	38
5.6	步骤和要求	41
5.7	思考题	41
5.8	实验报告	42
6	回转构件的动平衡实验	44
6.1	概 述	44
6.2	相关理论知识	44
6.3	实验目的	47
6.4	实验设备和工具	47
6.5	实验原理和方法	48
6.6	实验步骤	51
6.7	思考题	52
6.8	实验报告	53
7	机械运动学参数测定与分析	55
7.1	概 述	55
7.2	相关理论知识	55
7.3	实验目的	56
7.4	实验设备及工具	56
7.5	实验原理和方法	58
7.6	实验步骤	59
7.7	思考题	62
7.8	实验报告	63
8	机构运动创新实验	65
8.1	概 述	65
8.2	相关理论知识	65
8.3	实验目的	68
8.4	实验设备及工具	68
8.5	实验原理和方法	78
8.6	实验步骤	80
8.7	思考题	84
8.8	实验报告	85
	参考文献	86

1 绪论

1.1 机械原理实验课程的意义

高等教育教学主要由理论教学、实验教学和其他实践环节构成。课程设置以理论教学为主，实验教学是隶属于理论教学的课程实验，其目的主要是巩固和加深理论教学的内容。与欧美等教育发达国家相比，我国高等教育存在理论学时过多、实验训练相对不足的现状。随着社会需求的提高，高校实践教学现状还不能满足培养高素质人才的需要。目前各高校都在积极推行人才培养改革，而实践教学是培养应用型人才的重要途径，如何加强实践教学环节，提高实践教学质量，对培养高素质应用型人才至关重要。

2015 年教育部深化高等学校创新创业教育改革视频会议提出要修订和完善创新创业教育人才培养方案，强化创新创业实践资源建设和共享，推进协同实践育人机制的形成，建设校园创新创业文化。这对高校实践育人工作提出了新的要求，也为大学生创新创业实践教学指明了方向。

在“大众创业、万众创新”的背景下，高校肩负着为社会发展提供创新创业人才的重任，科学的创新创业实践教学方案的顺利实施，需要有良好的实验实践教学平台做支撑。实验室作为高等学校教学和科研的重要基地，是培养创新型人才的重要基地，实验、实践则是人才培养的重要环节，实验、实践教学是工科学生综合能力培养的重要途径。学生的知识、理论和技能需通过实验和实践来理解、掌握和训练，学生发现问题、分析问题和解决问题能力，创新能力，以及科学精神、协同能力等创新意识需要在实验、实践中培养，这是工科高校开设实验课的主要任务。另一方面，实验室是发现、发明和工程创新的摇篮。大量的发现、发明来自实验室的试验、实验活动，如设在麻省理工学院的林肯实验室、加州理工学院的喷气推进实验室、加州大学的劳伦斯伯克利实验室等，很多诺贝尔奖获得者在这些实验室做出了成果。由此可见，实验室也是衡量学校办学实力和人才培养质量的标志。在新形势下，我们要积极利用先进的实验资源平台，重视实验教学环节，满足教育部实验、实践教学占培养计划学时 25% 以上的规定，主动在创新型人才培养中发挥理论教学不可替代的作用。

“机械原理”具有很强的设计性和实践性，是机械类专业的重要基础课。机械原理实验教学是课程教学的一个重要环节，对实现课程教学的目标起着不可或缺的作用。课程的任务不仅是培养学生系统地掌握实验原理、手段和技能，而且还是学生具备将来独立进行工程研究的能力，包括系统实验方案设计、设备选用和过程操作、实验数据分析

处理。机械原理实验对后续的机械制造基础、专业课实践环节以及毕业设计都有极为重要的影响和作用。

1.2 机械原理实验课程目标和内容

按照经济建设和社会发展对高素质创新型人才培养的需求,实验内容的设置突出对学生实践动手能力、创新意识与能力的培养。教程坚持实验教学与理论教学相结合、实验教学与科学研究相结合,提高实验教学的质量。

机械原理是机械类专业的一门技术基础课程,而实验课又是与其相配套的极为重要的实践环节。它的主要任务是使学生掌握机构的基础理论、基本知识和基本技能,并初步具有确定机械方案、分析和设计机构的能力。通过实验可以培养学生的动手能力、设计能力、创新能力、分析和解决问题的能力。本课程注重基本实验、提高型实验和创新型实验三种不同类型的实验项目的搭配,以适应当前社会新知识、新技术快速发展的需要。

本书紧密结合机械原理实验教学,全面培养学生的科学作风、实验技能以及综合分析、发现和解决问题的能力。通过实验教学,巩固课程所要求的基本理论知识,加强实践认识,提高实践能力。为体现课程的系统性、实践性和工程性,以“认知、演示、验证实验为基础,以综合创新实验为主线”,设置验证性、综合性、创新性的实验内容,通过“基本技术能力学习→工程实践能力提高→创新实践精神训练”,逐步实现由理论到实践的过渡,以达到巩固专业基础知识的目的,培养学生综合设计及工程实践能力,激发学生的创新意识。

从实验教学层次划分,主要划分为三大类:一是基本型实验。基本性实验教学目标是使学生掌握基本的实验测量技术、实验方法和实验技能,为以后进行更复杂的实验打下基础。通过验证、演示和基本操作等手段,要求学生根据实验指导书的要求,在教师指导下,按照既定的方法和仪器条件完成全部实验过程。但实验过程中不应过分强调验证基础理论知识,而是应以培养基本能力为主,适当地渐进安排设计性和研究性的内容,在巩固和加深课堂教学基本理论知识、培养学生基本实验能力的同时,开拓学生思路,提高学生机械基础方面的分析和设计能力。二是提高型实验。提高型实验教学目标是培养学生的综合设计和实践能力,鼓励学生在实验过程中发挥创新潜力。综合性实验目的是通过实验内容、方法、手段的综合,培养学生进行比较复杂的综合实验的能力和综合分析问题的素养。设计性实验目的在于通过学生对实验的自主设计,培养学生综合应用知识解决问题的能力。在实验过程中,要求学生根据设定的实验目的(实验任务与要求)、给定的实验条件,自行设计实验方案、选择实验方法、选用实验器材、拟订实验程序,自主完成实验任务并对实验结果进行分析处理,从而全面提高学生的素质和创新能力。三是创新型实验。创新性实验教学目标是培养提高学生机械基础工程实践能力和创新能力。创新性实验特点是实验内容的自主性、实验结果的未知性、实验方法与手段的探索性。在实验过程中,要求学生通过查阅资料、设计实验方案、组织实验实施、撰写总结

报告的全过程,获取新的知识和经验,得到全面组织实验的锻炼,培养创造性思维能力、创新实验能力、科技开发能力和科技研究能力,从而提高从事科学研究、工程实践和科学实验的素质和能力。从认知性和验证性实验,到设计性和综合性实验,再到创新性和研究性实验,建立三个层次的实验教学新体系,可以满足机械类专业人才的工程实践能力和创新能力的培养要求。

本教材精选了 7 个相对独立的实验项目,系统地考虑了与理论课内容体系的呼应,兼顾基础性、提高性和创新性,能够满足机械类及近机械类专业学生的需要。

1.3 如何学好本课程

本课程是在理论基础上的实践性环节,学生首先必须做好实验准备,了解实验须知,做好理论知识铺垫,弄清实验原理,注意观察实验过程具体细节。为了保证实验顺利进行,要求在实验前做好准备工作,教师在实验前要进行检查和提问,如发现有不合格者,提出批评,甚至停止实验的进行,实验准备工作包括以下几方面内容:

(1) 预习好实验指导书。明确实验的目的及要求;搞懂实验原理;了解实验进行的步骤及主要事项,做到心中有数。

(2) 准备好实验指导书中规定自带的工具、纸张。

(3) 准备好实验数据记录表格。表格应记录些什么数据需自拟。

实验中,学生必须多动手、多提问、多回答,提高口头表达能力。实验后,要根据实验报告中设计的内容要点,书面描述相关的内容。通过撰写报告,一方面提高书面表达能力,另一方面加深对实验和结果的理解。

此外,对于每一实验后的若干思考题,应在实验中或课后完成。

2 机械原理认知实验

2.1 概 述

机械是机器和机构的统称，机器是由各种机构组成，一部机器由一种或者多种机构组成，如内燃机是由曲柄滑块机构、齿轮机构、凸轮机构等组合而成。机构的运动形式也是多种多样的，但都是由一些常见的基本机构通过各种组合形式来协调实现的。随着自动化以及机械向着高精度、高速度、高效率的趋势发展，要求设计出更多的新机构与之相适应。通过本实验中可动机构的展示，让学生了解机构的组成原理、机构特点和应用场合，以及运动的传递过程。同时对课程相关的知识点进行回顾，加深印象，也为后面进一步进行机构创新实验开阔思路。

2.2 相关理论知识

所谓机械就是机构与机器的总称。

(1) 机构。

机构是用来传递运动和力或运动形式转换的多件实物（机件）的组合体。它可以变换和传递机器之间的运动形式（往复移动变为转动）及速度（高速变低速），如自行车要通过链条传动把脚踏的旋转运动变为后轮的旋转运动，链条就是一种机构；指针手表通过齿轮保持时、分、秒针之间的比例关系，齿轮也是一种机构；折叠式家具及门铰链大多采用的是连杆机构；还有一定功率下电机的输出力矩很小，不能直接使用，通过采用齿轮机构来获得所需的力矩。常见的机构有带传动机构、链传动机构、齿轮机构、凸轮机构、连杆机构、曲柄滑块机构、蜗轮蜗杆传动机构、螺旋机构等。

(2) 机器。

机器是根据某种具体使用要求而设计的多件实物（机件）的组合体。由原动部分、传动部分（机构）、执行部分和控制部分组成的执行机械运动的装置，它可以转换和传递能量、物料和信息。如缝纫机可以缝合衣服，它是机器；汽车可以运送物料，它也是机器；打印机可以把电子信息变为纸上可见的信息，它还是机器。这些机器的共同点就是它们都是由多个机构组成的，且都是通过做功来完成机械运动的。

机器虽然是由多个构件组成的，但就内部结构而言，它又都是通过原动机（如电机）带动常用的传动机构（连杆、凸轮、链、同步带、齿轮或行星齿轮）来执行运动的。因此，所谓机器，主要也是由机构组成的。机械原理研究机械，实际上主要研究的是机构。

(3) 平面连杆机构。

平面连杆机构是许多构件用低副（转动副和移动副）连接组成的平面机构。

低副是面接触，耐磨损。并且转动副和移动副的接触表面是圆柱面和平面，制造简便，易于获得较高的制造精度。因此，平面连杆机构在各种机械和仪器中应用广泛。连杆机构的缺点是：低副中存在间隙，数目较多的低副会引起运动累积误差，而且它的设计比较复杂，不易精确地实现复杂的运动规律。

平面连杆机构中最常用的是四杆机构，它的构件数目少，且能转换运动。多于四杆的平面连杆机构称多杆机构，它能实现一些复杂的运动，但结构复杂且稳定性差。

(4) 空间连杆机构。

空间连杆机构是由若干刚性构件通过低副（转动副、移动副）连接，而各构件上各点的运动平面相互不平行的机构，又称空间低副机构。在空间连杆机构中，与机架相连的构件常相对固定的轴线转动、移动，或既做转动又做移动，也可绕某定点做复杂转动；其余不与机架相连的连杆则一般做复杂的空间运动。利用空间连杆机构可将一轴的转动转变为任意轴的转动或任意方向的移动，也可将某方向的移动转变为任意轴的转动，还可实现刚体的某种空间移位或使连杆上某点轨迹近似于某空间曲线。与平面连杆机构相比，空间连杆机构有结构紧凑、运动多样、工作灵活可靠等特点，但设计困难，制造较复杂。空间连杆机构常用于农业机械、轻工机械、纺织机械、交通运输机械、机床、工业机器人、假肢和飞机起落架等。

(5) 凸轮机构。

凸轮机构是由凸轮、从动件和机架三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。从动件与凸轮轮廓接触，是传递动力和实现预定运动规律的构件，一般做往复直线运动或摆动。从动件能获得较复杂的运动规律，因为从动件的运动规律取决于凸轮轮廓曲线，所以在应用时，只要根据从动件的运动规律来设计凸轮的轮廓曲线就可以了。

凸轮是回转运动或往复运动推动从动件做规定往复移动或摆动的机构。凸轮具有曲线轮廓或凹槽，有盘形凸轮、圆柱凸轮和移动凸轮等，其中圆柱凸轮的凹槽曲线是空间曲线，属于空间凸轮。从动件与凸轮做点接触或线接触，有滚子从动件、平底从动件和尖端从动件等。尖端从动件能与任意复杂的凸轮轮廓保持接触，可实现任意运动，但尖端容易磨损，适用于传力较小的低速机构。为了使从动件与凸轮始终保持接触，可采用弹簧或施加重力。具有凹槽的凸轮可使从动件传递确定的运动，为确定凸轮的一种。一般情况下凸轮是主动的，但也有从动或固定的凸轮。多数凸轮是单自由度的，但也有双自由度的劈锥凸轮。凸轮机构结构简单、紧凑，最适用于要求从动件做间歇运动的场合，广泛应用于各种自动机械、仪器和操纵控制装置。它与液压和气动类似机构比较，运动可靠，因此在自动机床、内燃机、印刷机和纺织机中得到广泛应用。但凸轮机构易磨损，有噪声，高速凸轮的设计比较复杂，制造要求较高。

(6) 齿轮机构。

齿轮机构是现代机械中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。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。齿轮机构广泛用于机械传动中,但是其制造安装费用高、低精度齿轮传动噪声大。

按照一对齿轮传动的传动比是否恒定,齿轮机构可以分为两大类:一是定传动比齿轮机构。其齿轮是圆形的,又称为圆形齿轮机构,是目前应用最广泛的一种。二是变传动比齿轮机构。其齿轮一般是非圆形的,又称为非圆形齿轮机构,仅在某些特殊机械中使用。按照一对齿轮在传动时的相对运动是平面运动还是空间运动,圆形齿轮机构又可以分为平面齿轮机构和空间齿轮机构两类。

在齿轮传动机构的研究、设计和生产中,一般要满足以下两个基本要求:传动平稳,在传动中保持瞬时传动比不变,冲击、振动及噪声尽量小;承载能力大,在尺寸小、重量轻的前提下,要求轮齿的强度高、耐磨性好及寿命长。

(7) 周转轮系。

若轮系中至少有一个齿轮的几何轴线不固定,而绕其他齿轮的固定几何轴线回转,则称为周转轮系。通常将具有一个自由度的周转轮系称为行星轮系;将具有两个自由度的行星轮系称为差动轮系。

周转轮系的作用:获得大的传动比,结构紧凑可以实现变速和运动的合成。

(8) 其他常用机构。常见的有棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构等。

① 棘轮机构的类型很多,从工作原理上可分为轮齿啮合式和摩擦式;从结构上可分为外啮合式和内啮合式;从传动方向上分为单向(单动和双动)式和双向式。棘轮机构是把摇杆的摆动转变为棘轮的间歇回转运动。其优点是轮齿式棘轮机构运动可靠,棘轮转角容易实现有级调节,但在工作过程中棘爪在齿面上滑行,齿尖易磨损并伴有噪声。同时为使棘爪能顺利落入棘轮槽,摇杆摆角应略大于棘轮转角,这样就不可避免地存在空程和冲击,在高速时尤其严重,所以常用在低速、轻载下实现间歇运动。摩擦式棘轮机构传递运动平稳、无噪声,棘轮转角可做无级调节。但由于运动准确性差,不宜用于运动精度要求高的场合。在工程实践中,棘轮机构常用于实现间歇送进(如牛头刨床)止动(如起重和牵引设备中)和超越(如钻床中以滚子楔块式棘轮机构作为传动中的超越离合器,实现自动进给和快速进给功能)等场合。

② 槽轮机构又称马耳他机构或日内瓦机构,也是常用的间歇运动机构之一。普通平面槽轮机构有外接式槽轮机构和内接式槽轮机构两种类型,它主要是由带有均布的径向开口槽的槽轮、带有圆柱销的拨盘以及机架组成。

需要注意的是,为了使槽轮在开始转动和停止转动时运动平稳、避免冲击,圆销在进槽和出槽的瞬时,其线速度方向均应沿径向向槽的中心线方向,以使槽轮在启动和停止的瞬时角速度为零。槽轮机构的特点是结构简单、易加工、效率高,能准确控制转角,运动较平稳,因此在各种自动半自动机械、轻工机械中得到广泛的应用。

③ 不完全齿轮机构也是最常用的一种间歇运动机构。它是由普通齿轮机构演化而来,主动轮为一不完整的齿轮,其上只作出一个或一部分正常齿,而从动轮则是由正常齿和带有内凹锁止弧的厚齿彼此相间地组成的特殊齿轮。当主动轮上的齿与从动轮上的

正常齿啮合时，从动轮转动；当主动轮的无齿圆弧部分（凸锁止弧）与从动轮上的内凹锁止弧接合时，相互配合锁止，从动轮停歇在预定位置上。所以当主动轮做连续转动时，从动轮获得时转时停的间歇运动。外啮合不完全齿轮机构的主、从动轮转向相反；内啮合不完全齿轮机构的主、从动轮转向相同。

不完全齿轮机构与其他间歇运动机构相比，它的结构简单，制造方便，从动轮的运动时间和静止时间的比例不受机构结构的限制。当主动轮匀速转动时，从动轮在其运动期间做匀速转动。但是当从动轮由停歇到突然转动，或由转动到突然停止时，都会产生刚性冲击。因此它不宜用于转速很高的场合。因从动轮在一周转动中可做多次停歇，所以常用于多工位、多工序的自动机械或生产线上，实现工作台的间歇转位和进给运动。

2.3 实验目的

- （1）了解各种常用零件的结构、类型、特点及应用，以及机构的组成和运动传递过程。
- （2）了解各种典型机械的工作原理、特点、功能及应用。
- （3）了解机器的组成，增强对各种零部件的结构及机器的感性认识。
- （4）培养学生对机械装置的运动特点及结构分析的能力。

2.4 实验设备和工具

本实验用到的主要设备是配有同步讲解的“机械原理语音多功能控制陈列柜”。本套陈列柜是根据机械原理课程教学内容而设计，借助电脑控制系统形象地演示和解说机器与机构的组成、平面连杆机构、空间连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇运动机构以及组合机构等常见机构的基本类型、结构形态和实际应用。它可以加强学生对机构的感性认识，提高机构设计与应用能力。陈列柜中的模型动作和讲解由大容量语言芯片的微电脑程序控制，用遥控器能使全柜模型按顺序播音，电动模型能自动演示运动。每个柜可以单独演示，也可以手动控制柜内电动模型运动，以适应重点讲解需要，也具有只动作不播音的功能。

陈列柜展示的主要内容如下：

- （1）机器与机构的组成。

蒸汽机、内燃机。运动副：转动副、移动副、螺旋副、球面副、曲面副。

- （2）平面连杆机构。

铰链机构的形式：曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构。

平面四杆机构的演化形式：偏置曲柄滑块机构、对心曲柄滑块机构、正弦机构、双重偏心机构、偏心轮机构、直动滑杆机构、摆动导杆机构、摇块机构、双滑块机构。

- （3）平面连杆机构的应用。

颚式碎石机、飞剪、惯性筛、摄影机平台、机车车轮联动机构、鹤式起重机、牛头刨床、插床。

(4) 空间连杆机构。

RSSR 空间机构、4R 万向节、RRSRR 角度传动机构、RCCR 联轴节、RCRC 揉面机构 (R、P、C、S、H 分别表示转动副、移动副、圆柱副、球面副、螺旋副)。

(5) 凸轮机构。

尖端推杆盘形凸轮、平底推杆盘形凸轮、滚子推杆盘形凸轮、摆动推杆盘形凸轮、槽形凸轮、等宽凸轮、端面圆锥凸轮机构、圆柱凸轮机构、反凸轮机构、主回凸轮机构。

(6) 齿轮机构。

平面齿轮机构：外啮合直齿轮、内啮合直齿轮、齿轮齿条、斜齿轮、人字齿轮。

空间齿轮机构：直齿圆锥齿轮、斜齿圆锥齿轮、螺旋齿轮、蜗杆蜗轮。

(7) 轮系的类型。

定轴轮系：平面定轴轮系和空间定轴轮系。

周转轮系：行星轮系、差动轮系、3K 周转轮系、K-H-V 行星轮系、复合轮系 (K、H、V 分别表示中心轮、行星架、输出轴)。

(8) 轮系的功用。

较大传动比、分路传动、变速传动、换向传动、运动合成、运动分解、摆线针轮减速器、谐波传动减速器。

(9) 间歇运动机构。

棘轮机构：齿式棘轮机构、摩擦式棘轮机构、超越离合器。

槽轮机构：外槽轮机构、内槽轮机构、球面槽轮机构。

其他间歇运动机构：不完全齿轮机构 1、不完全齿轮机构 2、凸轮式间歇机构。

(10) 组合机构。

串联机构：联动凸轮组合机构。

并联机构：扇形机构、凸轮-齿轮组合机构。

复合机构：凸轮-连杆组合机构、齿轮-连杆组合机构。

其他组合机构：反馈机构、叠加机构。

2.5 实验步骤

(1) 按照机械原理陈列柜所展示的零部件顺序，由浅入深、由简单到复杂进行参观认知，听取讲解员的简要讲解。

(2) 边听取讲解，边仔细观察和讨论各种机械零部件的结构、类型、特点及应用范围。

注意事项：实验过程中以观察和思考为主，只允许移动实验台上的机构模型，不要动手拨动陈列柜中的机械零部件。

2.6 思考题

什么是机器？什么是机构？两者有何区别？

2.7 实验报告

机构原理认知实验报告

学生姓名		学 号		组 别	
实验日期		成 绩		指导教师	
1. 写出实验中所观察的机构的名称					
2. 思考题答案					
3. 心得体会					

3 机构运动简图的测绘与分析

3.1 概 述

机构运动简图是用规定的符号按比例画出机械中只与运动有关的构件和运动副的相对位置及其几何尺寸的图形。它相当于机构的运动模型,与原机构有完全相当的运动,可以简明地表达一部机器的传动原理,用于以图解法求机构上任意点的运动和力,以及运动设计方案的比较。机构运动简图能反映各个构件之间的连接关系、运动关系。

该实验属于验证性实验。要了解机器或模型的用途、工作原理、运动传递过程、机构组成情况和机构的结构分类,绘制 5 个机构的运动简图,验算机构自由度,进一步了解机构具有确定运动的条件和有关机构结构分析的知识。

3.2 相关理论知识

(1) 零件与构件。

零件:从制造的观点分析机械时,零件是组成机械的最小单元体。任何机械都由许多零件组合而成。

构件:从运动的观点分析机械时,构件是参加运动的最小单元体。构件可以是一个零件,也可以是由多个零件组成的刚性系统。

(2) 运动副及其分类。

运动副:由两个构件直接接触而组成的可动的连接。构成运动副的要素:① 两构件要直接接触;② 失去某些相对运动的自由度,并至少保留一个以上相对运动的自由度。运动副中两构件间接触形式:点、线、面(运动副元素)。

运动副的分类:

① 按运动副的接触形式分。

低副:两构件构成面接触的运动副,分为转动副、移动副等。

高副:两构件构成点、线接触的运动副,分为凸轮副、齿轮副、球面副、螺旋副等。

根据一定的条件对平面机构中的高副虚拟地用低副来替代,这种以低副代替高副的方法称为高副低代。高副低代的条件:代替前后机构的自由度不变,代替前后机构的瞬时速度和加速度不变。

② 按相对运动的形式分。

平面运动副:两构件之间的相对运动为平面运动。

空间运动副:两构件之间的相对运动为空间运动。

③ 按运动副引入的约束数分类。

引入 1 个约束的运动副称为 I 级副, 引入 2 个约束的运动副称为 II 级副, 引入 3 个约束的运动副称为 III 级副, 引入 4 个约束的运动副称为 IV 级副, 引入 5 个约束的运动副称为 V 级副。

运动副元素: 两构件直接接触而构成运动副的点、线、面部分。

运动链: 构件通过运动副的连接而构成可相对运动的系统。

运动链 → 机构: 将运动链中的一个构件固定, 并且它的一个或几个构件做给定的独立运动时, 其余构件便随之做确定的运动, 这样运动链就成了机构。

(3) 机构的自由度。

机构的自由度: 构件的独立运动数目。空间自由运动有 6 个自由度, 平面运动的构件有 3 个自由度。

约束: 运动副对构件的独立运动所加的限制。运动副每引入一个约束, 构件就失去一个自由度。

约束和自由度的关系: 增加一个约束, 构件就失去一个自由度。

平面运动副的最大约束数为 2, 最小约束数为 1; 引入一个约束的运动副为高副, 引入两个约束的运动副为低副。

平面机构自由度的计算: 机构的自由度取决于活动构件的数目、连接各构件的运动副的类型和数目。

设一个平面机构中共有 n 个活动构件, 在用运动副将所有构件连接起来前, 这些活动构件具有 $3n$ 个自由度。当 p_h 个高副、 p_l 个低副连接成运动链后, 这些运动副共引入了 $2p_h + p_l$ 个约束。由于每引入一个约束构件就失去了一个自由度, 故整个机构相对于机架的自由度数

$$F = 3n - 2p_h - p_l \quad (3.1)$$

机构具有确定运动的条件: 机构自由度等于机构的原动件数。

计算平面机构自由度的注意事项:

① 复合铰链。

定义: 两个以上构件在同一处以转动副相连接, 所构成的运动副称为复合铰链。

解决问题的方法: 若有 k 个构件在同一处组成复合铰链, 则其构成的转动副数目应为 $k - 1$ 个。

② 局部自由度。

定义: 若机构中某些构件所具有的自由度仅与其自身的局部运动有关, 并不影响其他构件的运动, 则称这种自由度为局部自由度。

局部自由度经常发生的场合: 滑动摩擦变为滚动摩擦时添加的滚子; 轴承中的滚珠。

解决的方法: 计算机构自由度时, 设想将滚子与安装滚子的构件固结在一起, 视为一个构件。

③ 虚约束。

在特定几何条件或结构条件下, 某些运动副所引入的约束可能与其他运动副所起的