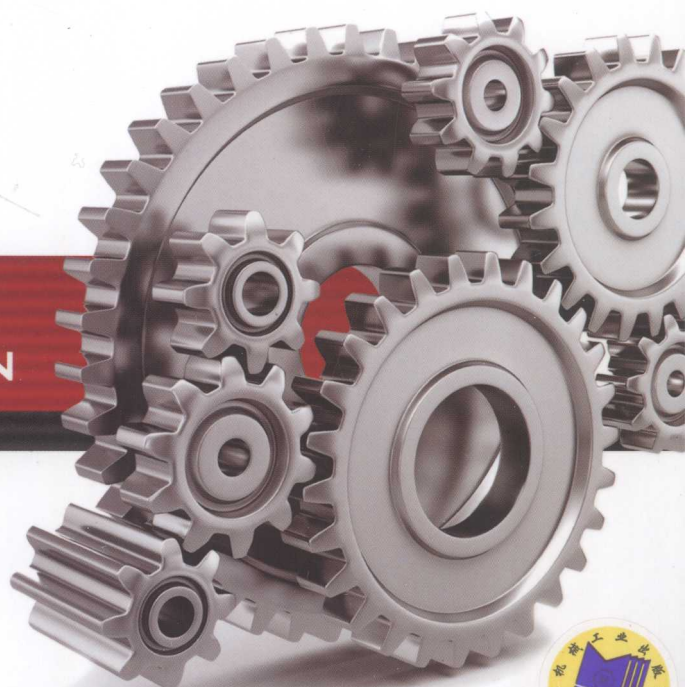


普通高等教育“十二五”规划教材

机械原理 创新实践

◎ 任秀华 张超 张涵 等编著

JIXIE YUANLI
HUANGXIN SHIJIAN



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

机械原理创新实践

任秀华 张 超 张 涵 等编著
孟宪举 主 审



机械工业出版社

《机械原理创新实践》是在机械类基础课程实验教学改革和普通高等学校教学实验示范中心建设的基础上编写而成的。本书力求在培养学生动手能力、机械设计创新能力、综合实践能力等方面有所突破。

《机械原理创新实践》按照机械类基础系列课程实验教学体系进行编写,目的是引导学生在机构认知的基础上,掌握机械原理实验的基本原理、基本技能和实验方法。本书基本上涵盖了目前普通工科院校开设的机械原理主要实验项目,主要包括:机构认知,机构运动简图测绘与分析,凸轮轮廓检测与从动件运动规律分析,渐开线齿廓的展成,渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定,机构运动参数测定,机构测试、仿真及设计,刚性转子的平衡,机构运动创新设计等实验,并在章后附有实验报告。任课教师可根据不同专业的需求对书中所列实验项目进行选择。

《机械原理创新实践》主要作为高等院校机械类及近机类机械原理课程实验专用教材,也可供有关工程技术人员和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理创新实践/任秀华,张超,张涵等编著. —北京:机械工业出版社,2013.8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-43051-3

I. ①机… II. ①任…②张…③张… III. ①机构学—高等学校—教材
IV. ①TH111

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第165983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:舒恬 责任编辑:舒恬 杨茜 冯钺

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.5印张·1插页·219千字

标准书号:ISBN 978-7-111-43051-3

定价:19.80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

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

机械原理是培养学生具有机械基础知识及机械创新能力的一门技术基础课,为机械类和近机类各专业教学计划中的主干课程,在培养合格机械工程设计人才方面起着极其重要的作用。

本书系根据机械原理课程的实验教学基本要求,在总结高校近年来该课程实验教学改革经验的基础上编写而成的,目的是引导学生在巩固所学知识的基础上,掌握机械原理实验的基本原理、基本技能和实验方法,进一步培养学生的机械创新意识、工程实践能力及综合设计与分析能力。

本书包括九个实验项目,内容丰富,涉及面广。不仅介绍了目前高等工科院校普遍开设的基础型实验项目,还介绍了设计应用型、综合提高型和研究创新型等实验项目,以满足不同层次、不同专业实验教学的需求,同时采取必做、选做、开放实验等多种方式开设实验。

本书的主要特点是:

1. 概念准确、层次简明、内容规范,对每个实验的实验目的、设备、原理、内容、方法及步骤等阐述清晰,具有可读性和可操作性。
2. 为保证实验完成效果,在每个实验项目中编写了与该实验内容密切相关的预习作业,要求学生在实验前必须完成,否则不能参加实验。
3. 增加了实验小结,总结实验过程中容易出现的问题、注意事项及解决办法,以便及时发现问题、纠正错误。
4. 为进一步扩大学生的知识面,在每个实验项目中增加了“工程实践”内容,介绍了与实验相关的实际工程背景、典型工程应用实例等。
5. 实验报告格式完整、内容丰富。主要包括以下几点:
 - 1) 实验目的、实验设备及工具或实验方案设计。
 - 2) 实验结果包括实验条件、实验数据采集和处理、实验过程记录和分析、实验现象分析等。
 - 3) 实验引申问题的归纳与总结以及实验心得、建议等。

参加本书编写的有:山东建筑大学任秀华、张超、张涵、王旭、李乃根、徐楠,浙江吉利控股集团有限公司万法高。本书由山东建筑大学孟宪举教授精心审阅,并提出了许多宝贵的意见与建议。本书在编写过程中参考了其他同类教材、文献资料,同时也得到了参编单位的领导和老师的大力支持,在此一并深表感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言		二、预习作业	43
第一章 机构认知实验	1	三、实验目的	44
一、概述	1	四、实验设备及工具	44
二、实验目的	1	五、实验原理及方法	44
三、实验设备	1	六、实验步骤	46
四、实验方法	2	七、实验小结	46
五、实验内容及要求	2	八、工程实践	47
六、注意事项	13	实验报告四	51
实验报告一	15	第五章 渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定实验	53
第二章 机构运动简图测绘与分析		一、概述	53
实验	19	二、预习作业	53
一、概述	19	三、实验目的	54
二、预习作业	21	四、实验内容	54
三、实验目的	22	五、实验设备及工作原理	54
四、实验设备和用具	22	六、实验方法及步骤	55
五、实验方法及步骤	22	七、实验小结	58
六、举例	23	八、工程实践	58
七、实验小结	23	实验报告五	61
八、工程实践	24	第六章 机构运动参数测定实验	65
实验报告二	27	一、概述	65
第三章 凸轮轮廓检测与从动件运动规律分析实验	29	二、预习作业	65
一、概述	29	三、实验目的	66
二、预习作业	29	四、电测法进行运动参数测试与分析	66
三、实验目的	30	五、计算机系统进行运动参数测试与分析	70
四、实验设备和用具	30	六、实验小结	73
五、实验原理及方法	30	七、工程实践	73
六、实验内容	31	实验报告六	75
七、实验步骤	32	第七章 机构测试、仿真及设计综合实验	79
八、注意事项	32	一、概述	79
九、工程实践	32	二、预习作业	79
实验报告三	35	三、实验目的	79
第四章 渐开线齿廓的展成实验	41	四、实验仪器及设备	80
一、概述	41		

五、实验原理	81	第九章 机构运动创新设计实验	113
六、实验要求	82	一、概述	113
七、实验方法及步骤	82	二、预习作业	116
八、实验小结	85	三、实验目的	116
九、工程实践	85	四、实验要求	117
实验报告七	87	五、实验设备及工具	117
第八章 刚性转子的平衡实验	93	六、实验原理	122
一、概述	93	七、构件和运动副的拼接	123
二、预习作业	94	八、实验内容	131
三、静平衡实验	94	九、实验方法及步骤	138
四、闪光式动平衡实验	96	十、实验小结	140
五、智能动平衡实验	99	十一、工程实践	140
六、实验小结	105	实验报告九	143
七、工程实践	106	参考文献	145
实验报告八	109		

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。

二、实验目的

- 1) 了解常见机构的类型、结构特点、用途、基本原理以及运动特性,对机构有一个全面的感性认识。
- 2) 了解机构的组成、运动原理和分析方法,使学生对机构总体由感性认识上升为理性认识。
- 3) 激发对机械原理课程学习的兴趣。

三、实验设备

1) 机械原理演示柜。如图 1-1 所示,它由数节展示柜组成,主要展示机构中常见的各种机构,介绍机构的结构形式和用途,演示机构的基本工作原理和运动特性。各柜的名称及内容见表 1-1。

表 1-1 机械原理演示柜名称及内容

名 称	内 容
第 1 柜:总览	内燃机、蒸汽机、柴油机、电动机
第 2 柜:平面连杆机构的基本形式	铰链四杆机构、单移动副机构、双移动副机构
第 3 柜:平面连杆机构的应用	机构运动简图、连杆机构应用
第 4 柜:凸轮机构的形式	盘形、移动、圆锥、等径、圆轮、圆轮与凸轮
第 5 柜:齿轮传动的各种类型	平行轴传动、相交轴传动、交错轴传动
第 6 柜:行星轮系的基本形式	行星轮系的基本形式、行星架、行星轮系形式、行星轮系
第 7 柜:齿轮系的基本形式	定轴轮系、周转轮系、行星轮系应用
第 8 柜:间歇运动机构	棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、凸轮式间歇机构等
第 9 柜:组合机构	串项机构、并联机构、混联机构、组合组合
第 10 柜:空间连杆机构	空间四杆机构、空间五杆机构、空间六杆机构

第一章 机构认知实验

一、概述

机器是由各种各样的机构组成的。机构是机器的运动部分，即剔除了与运动无关的因素而抽象出来的运动模型。机械原理课程就是研究机构的课程，它以高等数学、普通物理、机械制图和理论力学等课程为基础。

机构认知实验将部分基本教学内容转移到实物模型陈列室进行教学，是机械原理的重要教学环节。通过机构认知，使学生了解常用机构的组成及其在实际机械中的应用情况，为后续课程的学习打下坚实的基础；增强学生对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。

二、实验目的

- 1) 了解常见机构的类型、结构特点、用途、基本原理以及运动特性，对机构有一个全面的感性认识。
- 2) 了解机器的组成、运动原理和分析方法，使学生对机器总体由感性认识上升为理性认识。
- 3) 培养对机械原理课程学习的兴趣。

三、实验设备

- 1) 机械原理展示柜。如图 1-1 所示，它由数节展示柜组成，主要展示机器中常见的各类机构，介绍机构的结构形式和用途，演示机构的基本工作原理和运动特性。各柜的名称及内容见表 1-1。

表 1-1 机械原理展示柜各柜名称及内容

名 称	内 容
第 1 柜：前言	内燃机、蒸汽机、缝纫机、运动副
第 2 柜：平面连杆机构的基本形式	铰链四杆机构、单移动副机构、双移动副机构
第 3 柜：平面连杆机构的应用	机构运动简图、连杆机构应用
第 4 柜：凸轮机构的形式	盘形、移动、等宽、等径、圆锥、圆柱等凸轮
第 5 柜：齿轮传动的各种类型	平行轴传动、相交轴传动、交错轴传动
第 6 柜：渐开线齿轮参数	渐开线齿轮各部分名称、参数、渐开线形成、摆线形成
第 7 柜：轮系的基本形式	定轴轮系、周转轮系、周转轮系功用
第 8 柜：间歇运动机构	棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、凸轮式间歇机构等
第 9 柜：组合机构	串联机构、并联机构、反馈机构、叠合组合
第 10 柜：空间连杆机构	空间四杆机构、空间五杆机构、空间六杆机构



图 1-1 机械原理展示柜

2) 典型机构模型, 如图 1-2 所示。

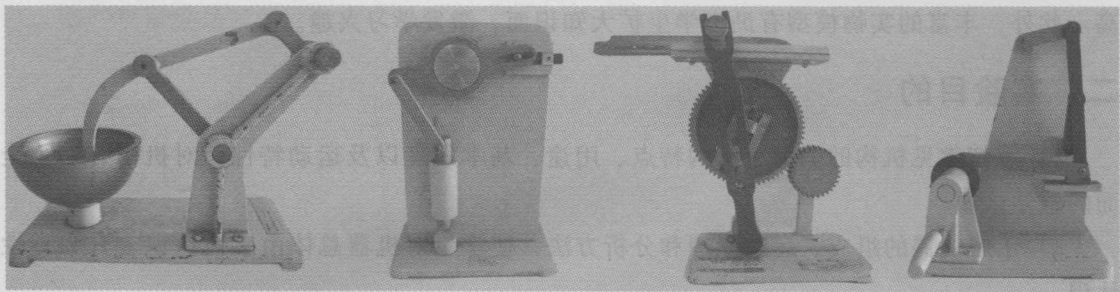


图 1-2 典型机构模型

四、实验方法

实验方法分为看(听)、议、答三个步骤。

1) 看(听)。参观“机械原理展示柜”中的各种机器、机构, 并听录音讲解。逐一仔细观察各展示柜内容, 特别注意观察同一展柜中各个机构间有何异同。

2) 议。对照内容要求及思考题分组进行讨论, 某些问题可请老师答疑。

3) 答。逐一回答思考题中的提问。

“机械原理展示柜”内容是按教材章节独立组柜的, 实验中三个步骤也应按独立章节内容分别进行。

五、实验内容及要求

1. 了解机器、机构的组成及机构运动简图的表达

根据展示柜前言部分(见图 1-3), 了解各种机器、机构的组成和运动, 掌握机构的组成、基本工作原理及运动关系的表达方式。

如内燃机模型, 通过曲柄滑块机构将燃气热能所控制的滑块的往复移动转换成曲柄转动

的机械能；采用四组曲柄滑块机构配合工作，以增加输出功率和运转平稳性；通过齿轮机构控制气缸的点火时间；通过凸轮机构控制气门的开启与关闭。又如家用缝纫机模型，通过曲柄滑块机构实现机针的上下运动；通过连杆机构和几组凸轮机构的组合实现钩线、挑线和送布动作，各个机构相互配合和协调，从而完成缝纫工作。

通过观察和分析各种机器、机构模型的运动情况，从而明确机器是由一个或多个机构按照一定的运动要求组合而成的。而机构是构件及运动副构成的。在表达机构的运动关系时，需要抛开构件的连接方式、复杂外形、截面尺寸等与运动无关的因素，从中抽象出其组成构件和构件间的运动副关系。熟悉和掌握各种机构的分析研究及表达方法，为机器的分析奠定基础。

2. 了解平面连杆机构的基本知识

根据展示柜平面连杆机构部分（见图 1-4），了解平面连杆机构的常见类型及运动形式，熟悉其在实践中的应用情况。



图 1-3 展示柜——前言

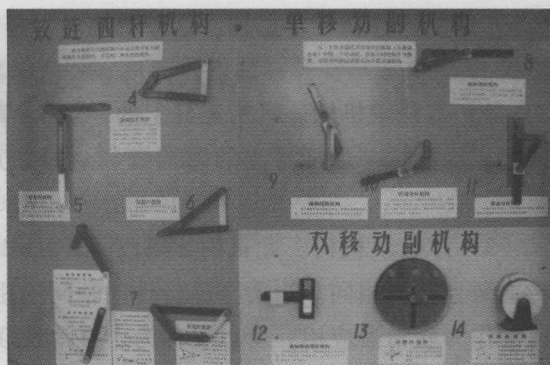


图 1-4 展示柜——平面连杆机构

平面连杆机构是由若干个刚性构件用低副连接而成的，各构件均在相互平行的平面内运动。其主要特点是构件之间以面接触，故单位面积上压力小，结构简单，制造方便，寿命长，磨损小，便于润滑，属于低副机构。而四杆机构是由四个构件组成的平面连杆机构。四杆机构是平面连杆机构的基础，且应用最为广泛，故机械原理课程中主要介绍四杆机构。

（1）铰链四杆机构 运动副均为转动副的四杆机构称为铰链四杆机构。其中，固定构件称为机架，与机架相连的两构件称为连架杆，不与机架相连的构件称为连杆。若连架杆相对机架能旋转 360° ，则称其为曲柄，否则称为摇杆。连杆相对于机架一般做平面复杂运动，其上各点走出的轨迹各不相同。铰链四杆机构按连架杆的运动形式可分为以下几种：

1）曲柄摇杆机构。两连架杆中一个为曲柄，一个为摇杆的铰链四杆机构。在曲柄摇杆机构中，当曲柄以匀角速度转动时，从动摇杆做变速摆动；若四杆机构中，原动件匀速转动，而从动件往复运动的平均速度也不相同时，这种现象称为急回运动特性。

2）双曲柄机构。两连架杆均为曲柄的铰链四杆机构。在双曲柄机构中，当一个曲柄以匀角速度转动时，一般另一个曲柄为变速转动。双曲柄机构中，当相对两杆平行且长度相等时称为平行四边形机构，此时两曲柄同速同向转动，连杆做平动，连杆上任一点的轨迹均为圆，轨迹圆的半径与曲柄等长。当相对两杆长度相等但不平行时称为反平行四边形机构，此

时两曲柄的转动方向相反。

3) 双摇杆机构。两连架杆均为摇杆的铰链四杆机构。

(2) 单移动副四杆机构 含移动副的四杆机构可以认为是由铰链四杆机构演化而来的。其中含一个移动副的四杆机构称为单移动副四杆机构。

1) 曲柄滑块机构。以移动副中导杆为机架的单移动副四杆机构。当曲柄匀速转动时, 滑块可做变速的往复移动。滑块移动行程的大小由曲柄长度决定。

2) 导杆机构。以与导杆铰接的构件为机架的单移动副四杆机构。若导杆能作整周转动, 称为转动导杆机构; 若导杆仅能在某一角度范围内摆动, 称为摆动导杆机构。

3) 曲柄摇块机构。曲柄摇块机构是以与滑块铰接的构件为机架的单移动副四杆机构。

4) 定块机构。定块机构是以滑块为机架的单移动副四杆机构。

(3) 双移动副四杆机构 这类机构的基本形式是带有两个移动副的四连杆机构, 简称双移动副机构。把它们倒置, 可得到三种形式的四连杆机构:

1) 曲柄移动导杆机构。这种机构的导杆做简谐移动, 所以又叫做正弦机构, 常用于仪器仪表。

2) 双滑块机构。机构连杆上的一点, 其轨迹为一椭圆, 所以叫做画椭圆机构。在此机构上, 除滑块与连杆相连的两铰链和连杆中点的轨迹为圆以外, 其余所有点的轨迹均为椭圆。

3) 双转块机构。此机构如果以一转块作为等速回转的原动件, 则从动转块也做等速回转, 而且转向相同。当两个平行传动轴间的距离很小时, 可采用这种机构。因此, 这种机构通常作为联轴器应用, 所以又称为十字滑块联轴器。

(4) 平面连杆机构的应用 (见图 1-5)

应用主要是指观察实际机构模型的运动, 分析其机构组成及工作原理和运动情况。如颚式破碎机, 它由平面六杆机构组成, 当原动曲柄匀速转动时, 通过动颚板的往复摆动, 实现矿石的压轧破碎。又如摄影平台升降机, 它由平行四边形机构组成, 摄影机工作台设在连杆上, 从而保证工作台升降过程中始终保持水平位置。

诸如此类的平面连杆机构在人类丰富多彩的实践活动中到处可找到其应用的地方。做到学以致用, 就必须抓住两点。一是“学”, 就是要熟悉此类机构的类型和特点。二是“用”, 就是要勤于观察周围各种实践活动中应用的机器、设备和装置, 分析完成这些实践活动应具备的运动和传力特点, 然后将两者结合在一起, 就可不断熟悉和掌握这些机构的应用和特性。

3. 了解凸轮机构的基本知识

根据展示柜凸轮机构部分 (见图 1-6), 了解凸轮机构的组成、常见类型及在实践中的应用。



图 1-5 展示柜——平面连杆机构的应用

凸轮机构是由凸轮、从动件、机架等三个基本构件组成的平面运动机构。它常用来将原动件凸轮的连续回转运动转变为从动件的往复运动。它的主要特点是：由于凸轮是一个具有曲线轮廓的构件，只要适当地设计凸轮的轮廓线，该机构便可以实现从动件任意的运动规律。凸轮的廓形与从动件端部廓形间形成滚滑副，从动件在凸轮廓形的控制下运动，故凸轮属于高副机构。由于凸轮机构结构简单而紧凑，因此它广泛应用于各种机械、仪器和控制装置中。

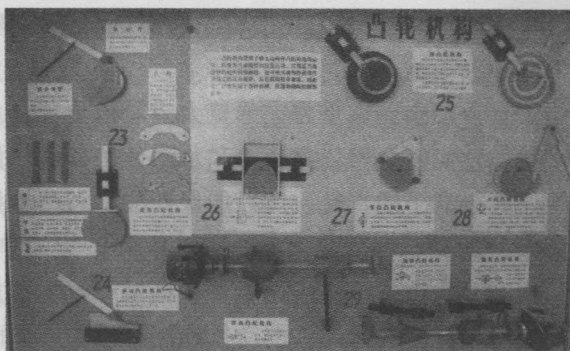


图 1-6 展示柜——凸轮机构

(1) 凸轮机构的类型 凸轮机构的类型很多，常用的分类方法有以下几种：

1) 按凸轮的形状分。

① 盘形凸轮。凸轮形状如盘，具有变化的向径。当它绕固定轴转动时，可推动从动件在垂直于凸轮转轴的平面内运动，它是凸轮最基本的形式。

② 移动凸轮。这种凸轮形状如板，可看成是回转轴心位于无穷远处的盘形凸轮。当移动凸轮相对于机架做直线运动时，可推动从动件在同一运动平面内运动。

③ 圆柱凸轮。这种凸轮形状如圆柱，凸轮的轮廓曲线做在圆柱体上，可看作是将移动凸轮卷成圆柱体而成的。在这种凸轮机构中，凸轮与从动件之间的运动不在同一平面内，所以属于空间凸轮机构。

2) 按从动件与凸轮接触处的结构形式分。

① 尖端从动件。尖端能与任意复杂的凸轮轮廓保持接触，使从动件实现任意预期的运动。但尖端从动件与凸轮轮廓的接触是点接触，接触应力很大，易产生磨损，所以很少使用，只适用于传力不大的低速凸轮机构。

② 滚子从动件。为克服尖端从动件的缺点，在从动件的尖端处安装一个滚子，即成滚子从动件。由于滚子与凸轮轮廓之间为滚动摩擦，摩擦磨损小，可以承受较大的载荷，所以是从动件中最常见的一种形式。但头部结构复杂，质量较大，不易润滑，故不宜用于高速。

③ 平底从动件。这种从动件与凸轮轮廓表面接触的端面为一平面，不能与凹陷的凸轮轮廓相接触。这种从动件的优点是：凸轮对从动件的作用力始终垂直于从动件的底边，受力平稳。凸轮与平底的接触面间易于形成油膜，利于润滑，传动效率较高，常用于高速凸轮机构中。

以上三种从动件都可以相对机架做往复直线运动，滚子从动件还可做往复摆动。

3) 按从动件运动的形式分。

① 直动从动件。从动件做往复直线运动。若从动件导路通过盘形凸轮中心移动，称为对心直动从动件。若从动件导路不通过盘形凸轮回转中心，称为偏置直动从动件。从动件导路与凸轮回转中心的距离称为偏距，用 e 表示。

② 摆动从动件。从动件做往复摆动。

4) 按锁合方式分。使凸轮轮廓与从动件始终保持接触,即为锁合。锁合的方式主要有以下两种:

① 力锁合。靠重力、弹簧力或其他力锁合。

② 几何锁合。依靠凸轮和从动件的特殊几何形状锁合。圆柱凸轮的凹槽两侧面间的距离处处等于滚子的直径,所以能保证滚子与凸轮始终接触,实现锁合。

(2) 凸轮机构的应用 凸轮机构的结构简单,运动可靠,且能实现任意给定的运动规律和轨迹,故被广泛地应用于各种机械中,特别是在自动机械和自动控制装置中应用更广,主要应用于控制执行构件的动作和控制构件做平面运动时的轨迹和姿态。常在以下几种场合中应用:

1) 用于控制执行构件动作。例如自动机床的进给机构应用的圆柱凸轮机构。当具有凹槽的圆柱凸轮回转时,通过嵌于凹槽中的滚子迫使从动件做往复摆动,从而控制刀架的进给和退刀。

2) 用于实现点的轨迹。例如用靠模法车削手柄所用的移动凸轮机构。靠模凸轮轮廓形状的变化可推动滚子从动件移动,从而控制与滚子固结的车刀切削出复杂形状的手柄。

3) 用于实现从动件的平面运动。例如平板印刷机上吸纸机构中应用的两个摆动凸轮机构。两凸轮固结在同一转轴上,与连杆机构组合可实现工作时吸纸盘要求的特定平面运动。

4) 实现行程增大的凸轮机构。例如摆动从动件圆柱凸轮机构。可将不大的凸轮行程通过摆杆的杠杆作用进行扩大,从而减小凸轮机构尺寸。

4. 了解齿轮机构的基本知识

根据展示柜齿轮机构部分(见图1-7),了解齿轮机构的组成、常见类型和特点及运动形式,熟悉渐开线齿形的特点及主要参数。

(1) 齿轮机构的组成 齿轮机构一般是由机架、主动齿轮和从动齿轮组成。两齿轮之间能形成多对滚滑副接触,从而能按接力的方式实现连续运动的传递。齿轮机构属于高副机构,用于两轴间运动和动力传递。

齿轮机构具有传动功率范围大、传动效率高、传动比恒定、承载能力大、精度高、寿命长、工作平稳可靠等优点,广泛应用于各种机械中。

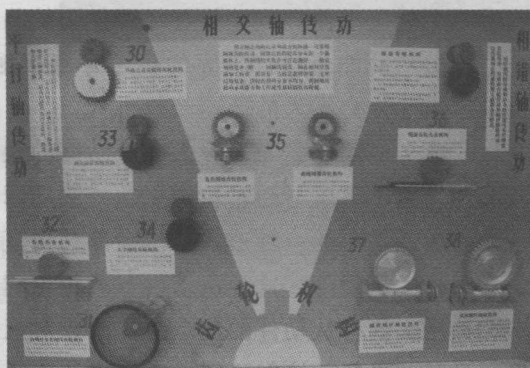


图 1-7 展示柜——齿轮机构

(2) 齿轮机构的分类 齿轮机构类型很多,按照两传动轴线的相对位置不同分类如下:

1) 平行轴齿轮传动。轴线平行的两齿轮传动时,其两齿轮做平面平行运动,属于平面齿轮机构。

按照轮齿形状的不同又可分为下述三种类型:

① 直齿圆柱齿轮机构。该机构的两个齿轮均为直齿圆柱齿轮。直齿轮轮齿的齿向与其轴线平行,按其啮合类型可分为:外啮合齿轮传动、内啮合齿轮传动、齿轮齿条啮合传动。

直齿圆柱齿轮机构是最简单、最基本的一种齿轮机构类型，研究齿轮机构时一般作为研究重点，找出齿轮传动的基本理论和规律，并以此作为研究其他类型齿轮机构的理论依据。

② 斜齿圆柱齿轮机构。它的轮齿沿螺旋线方向排列在圆柱体上，螺旋线方向有左旋和右旋之分。该机构的两个齿轮为相同大小螺旋角的斜齿圆柱齿轮。斜齿轮轮齿的齿向相对其轴线倾斜了一个角度（称为螺旋角），按其啮合类型斜齿轮机构也可分为：外啮合齿轮传动、内啮合齿轮传动、齿轮齿条啮合传动。斜齿圆柱齿轮机构比直齿圆柱齿轮机构传动平稳性好、承载能力高、噪声小，但是因轮齿倾斜会产生轴向力。

③ 人字齿轮机构。该机构的两个齿轮均为人字齿轮。人字齿轮可视为由左右两排完全对称的斜齿轮组合而成，其目的是使其轴向力相互抵消。人字齿轮传动常用于矿山、冶金等设备中的大功率传动。

2) 相交轴齿轮传动。传递两相交轴之间的锥齿轮机构，属于空间齿轮机构。该机构的两个齿轮均为锥齿轮，锥齿轮的轮齿分布在一个截锥体上，两轴线的夹角 θ 可任意选择，分为直齿、斜齿和曲线齿三种类型。其中两轴垂直相交的直齿锥齿轮机构应用最广，斜齿锥齿轮机构很少应用，曲线齿锥齿轮机构适用于高度重载的场合。因轴线相交，两轴孔难以达到很高的相对位置精度，且其中一个齿轮需为悬臂安装，故锥齿轮机构的承载能力和传动精度都较圆柱齿轮机构低。

3) 交错轴齿轮传动。传递交错轴运动和动力的齿轮机构，有以下几种形式：

① 螺旋齿轮机构。该机构实际上是由两个斜齿圆柱齿轮配对组成，在接触处两轮轮齿的斜向一致，两齿轮轮齿为点接触，且相对滑动速度较大，所以轮齿易磨损，效率低，不宜用作大功率和高速的传动。

② 螺旋齿轮齿条机构。它的特点与螺旋齿轮机构相似。

③ 圆柱蜗杆蜗轮机构。该机构多用于两轴的交错角为 90° 的场合。其特点是传动平稳，噪声小，传动比大，一般单级传动比为 $8 \sim 100$ ，结构紧凑。

④ 弧面蜗杆蜗轮机构。弧面蜗杆的外形是圆弧回转体。蜗杆与蜗轮的接触齿数较多，降低了齿面的接触应力，其承载能力为普通圆柱蜗杆传动的 $1.4 \sim 4$ 倍。但是制造复杂，装配条件要求较高。

(3) 渐开线齿轮的参数及齿形（见图 1-8）

1) 渐开线的形成。一条动直线沿一个圆周做纯滚动时，动直线上任一点 K 的轨迹，称为该圆的渐开线。这条动直线称为渐开线的发生线，这个圆称为渐开线的基圆。观察发生线、基圆、渐开线这三者的关系，从而可得到渐开线的一些性质：

① 发生线沿基圆滚过的线段长度等于基圆上被滚过的相应圆弧长度。



图 1-8 展示柜——渐开线齿轮参数

② 渐开线上任意一点的法线恒与基圆相切。

③ 发生线与基圆的切点是渐开线上该点的曲率中心，而线段是渐开线在该点的曲率半径。

④ 渐开线上任一点的法线与该点速度方向之间所夹的锐角，称为该点的压力角。渐开线上不同点的压力角不等，越接近基圆部分压力角越小，在基圆上的压力角等于零。

⑤ 渐开线的形状取决于基圆的大小。基圆半径越大，其渐开线曲率半径也越大；当基圆半径为无穷大时，其渐开线就变成一条近似直线。

⑥ 基圆内无渐开线。

2) 渐开线齿轮的基本参数。为定量地确定齿轮各部分的尺寸，需要规定若干个基本参数。对于标准齿轮，其基本参数有齿数、模数、压力角、齿顶高系数和顶隙系数。

① 齿数。以两条反向渐开线形成一个轮齿，沿齿轮整个圆周均匀分布的轮齿总数称为齿数，用 z 表示。若保持齿轮传动的中心距不变，增加齿数能增大重合度，改善传动的平稳性，减小模数，降低齿高，故可减少金属切削量，节约制造成本。齿高小还能减小滑动速变，从而减小磨损及胶合的危险性。但在这种情况下，轮齿弯曲强度变小。同时为防止根切，齿数应大于根切时的齿数，因而一般小齿轮齿数约为 20。

② 模数。为便于齿轮的设计、计算和检验，国家标准规定，作为基准的分度圆上齿距与 π 的比值应为标准值，称为齿轮的模数，用 m 表示。它是确定轮齿的周向尺寸、径向尺寸以及齿轮大小的一个参数，它又是齿轮强度计算的一个重要参数。模数的数列已标准化。

③ 压力角。在不计运动副中摩擦和构件质量的情况下，渐开线齿廓啮合点处所受正压力方向应为该点的法线方向，它与运动方向间所夹的锐角称为渐开线在该点的压力角，用 α 表示。同一渐开线齿廓上各点的压力角不同，越接近基圆压力角越小，基圆上的压力角为零。国家标准规定，渐开线齿廓分度圆上的压力角为标准值， $\alpha = 20^\circ$ ，并以此代表齿轮压力角。

④ 齿顶高系数。齿轮各部分尺寸均以模数为基数，齿顶高的尺寸也应与模数成正比，即 $h_a = h_a^* m$ ，式中 h_a^* 称为齿顶高系数。我国规定，正常齿制时， $h_a^* = 1$ ；短齿制时， $h_a^* = 0.8$ 。

⑤ 顶隙系数。为保证一对齿轮的正常啮合传动，一轮的齿顶与另一轮的齿根之间应有一定的径向间隙，称为顶隙，用 c 表示。规定 $c = c^* m$ ，式中 c^* 称为顶隙系数。我国规定，正常齿制时， $c^* = 0.25$ ；短齿制时， $c^* = 0.3$ 。由顶隙系数和齿顶高系数可确定齿根高 h_f ，即 $h_f = (h_a^* + c^*) m$ 。

3) 渐开线齿轮的齿形比较。当渐开线齿轮的齿数 z 不同，而其他参数相同时，其轮齿形状不同。齿数 z 越少，齿廓越弯曲；齿数 z 越多，齿廓越平直。当齿数 z 为无穷多时，齿廓变成直线，齿轮变成齿条。

当渐开线齿轮的模数 m 不同，而其他参数相同时，其轮齿大小不同。模数是确定齿轮所有周向尺寸和径向尺寸的基数，由轮齿的大小可以确定其模数的数值。

当渐开线齿轮的齿顶高系数不同，而其他参数相同时，其轮齿长短不同。国家标准规定

了两种齿高制,即正常齿和短齿,其中正常齿高应用更广泛。

5. 了解轮系的基本知识

根据展示柜轮系部分(见图1-9),了解轮系的类型、运动关系及在实际机械中的功用。

实际机械中常采用一系列互相啮合的齿轮将主动轴和从动轴连接起来,这种多个齿轮组成的传动系统称为轮系。

(1) 轮系的类型 根据轮系运动时其各轮轴线的位置是否固定,可将轮系分为以下三大类:

1) 定轴轮系。当轮系运动时,其各轮轴线的位置相对于机架固定不动,这种轮系称为定轴轮系或普通轮系。

2) 周转轮系。当轮系运动时,至少有一个齿轮的轴线绕另一齿轮的轴线转动,这种轮系称为周转轮系。周转轮系按其自由度的数目不同又分为两种类型:

① 差动轮系。具有两个自由度的周转轮系。

② 行星轮系。具有一个自由度的周转轮系。

3) 复合轮系。若轮系中既含有定轴轮系、又含有基本周转轮系,或者含有几个基本周转轮系时,则称该轮系为复合轮系。

(2) 轮系的功用 轮系在实际机械设备中应用非常广泛,它的主要功用有以下几点:

1) 实现大传动比传动。当两轴间需要较大的传动比时,可采用定轴轮系来实现。但多级齿轮传动会导致结构复杂。若采用行星轮系,则可以在使用较少齿轮的情况下,得到很大的传动比。

2) 实现变速传动。在主动轴转速不变的情况下,利用轮系可使从动轴得到多种转速。利用定轴轮系中滑移齿轮控制不同齿轮对啮合,利用摩擦制动周转轮系中不同的太阳轮,均可实现输出轴运动速度的变化。轮系的这种功用广泛用于汽车、工程机械等各类变速器中。

3) 实现换向传动。在主动轴转向不变的情况下,利用轮系可使从动轴转向改变。利用定轴轮系中的惰轮就可方便地改变从动轴运动方向。车床上进给丝杠的三星轮换向机构即是应用此原理进行换向的实例。

4) 实现运动的合成。利用差动轮系可实现当给定两个基本构件运动的情况下,第三个基本构件的运动为另两个基本构件运动的合成。在机床、计算机机构、补偿调节装置中广泛应用这种做合差运算的轮系。

5) 实现运动的分解。利用差动轮系可实现将一个主动转动按可变的比例分解为两个从动转动。例如,汽车后桥差速器,可实现当汽车沿直线行驶时,左右两轮转速相等;当汽车转弯时,根据转弯半径的大小,实现左右两轮不同的转速。

6) 实现结构紧凑的大功率传动。利用含多个均匀分布行星轮的周转轮系传输动力,可极大地提高承载能力,增加运动的平稳性,但齿轮的尺寸却较小,同时行星轮公转产生的惯

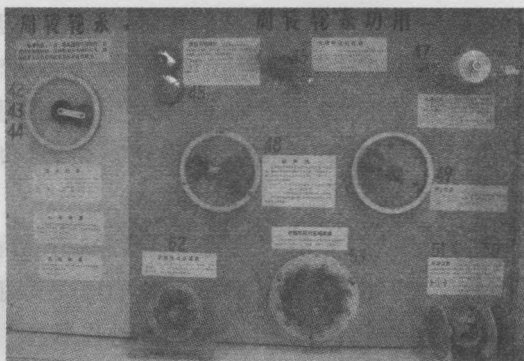


图1-9 展示柜——轮系

性力也得到了相应的平衡。该轮系广泛应用于各种航空发动机主减速器中。

7) 实现相距较远的两轴间传动。当输入轴与输出轴相距较远而需用齿轮传动时, 如果只用一对齿轮传动, 则两轮尺寸会很大; 若采用轮系传动, 可以使结构紧凑, 从而达到节约材料、减轻机器质量等目的。

6. 了解间歇运动机构的基本知识

根据展示柜间歇运动机构部分 (见图 1-10), 了解常用间歇运动机构的类型、工作原理及特点。当主动件做连续运动时, 从动件间产生单向的、时动时停的间歇运动, 这样的机构称为间歇运动机构。间歇运动机构很多, 常见的有以下几种:

(1) 棘轮机构 棘轮机构是由棘轮、棘爪及机架等组成。按照结构特点, 常用的棘轮机构有下列两大类:

1) 轮齿式棘轮机构。轮齿式棘轮机构有外啮合、内啮合两种形式。当棘轮的直径为无穷大时, 变为棘条机构。根据棘轮的运动又可分为: 单向式棘轮机构和双向式棘轮机构。前者采用的是不对称齿形, 常用的有锯齿形齿、直线形三角齿及圆弧形齿; 后者一般采用矩形齿。轮齿式棘轮机构在回程时, 棘轮的步进转角较小, 若要调节, 需改变棘爪的摆角或改变拨过棘轮齿数的多少, 从而改变棘轮转角的大小。

轮齿式棘轮机构运动可靠、结构简单, 从动棘轮的转角容易实现有级调节。但在工作过程中有噪声和冲击, 易磨损, 在高速时尤其严重, 所以常用在低速、轻载下实现间歇运动的场合。棘轮机构常用于实现转位运动、快速超越运动及在起重、绞盘等机械装置中用于使提升的重物能停止在任何位置上, 以防止由于停电等原因造成事故。

2) 摩擦式棘轮机构。摩擦式棘轮机构与轮齿式棘轮机构的工作原理相同, 只不过用偏心扇形块代替棘爪, 用摩擦轮代替棘轮。摩擦式棘轮机构传递运动比较平稳, 无噪声, 从动构件的转角可作无级调节, 常用来做超越离合器, 在各种机构中实现进给或传递运动。但运动准确性差, 不宜用于运动精度要求高的场合。

(2) 槽轮机构 槽轮机构是由具有径向槽的槽轮和具有圆销的构件以及机架所组成。平面槽轮机构有两种形式: 一种是外啮合槽轮机构, 其槽轮上径向槽的开口是自圆心向外的, 主动构件与槽轮转向相反, 是应用最广泛的一种间歇机构; 另一种是内啮合槽轮机构, 其槽轮上径向槽的开口是向着圆心的, 主动构件与槽轮转向相同。这两种槽轮机构都用于传递平行轴的运动。

槽轮机构结构简单、制造容易、工作可靠、机械效率高, 在进入和脱离啮合时运动较平稳, 能准确地控制转动的角度。但槽轮的转角大小不能调节, 而且在槽轮转动的始、末位置加速度变化较大, 所以有冲击。槽轮机构一般应用在转速不高和要求间歇转动的装置中。

(3) 不完全齿轮机构 不完全齿轮机构是由齿轮机构演变而成的。主动轮上有一个或

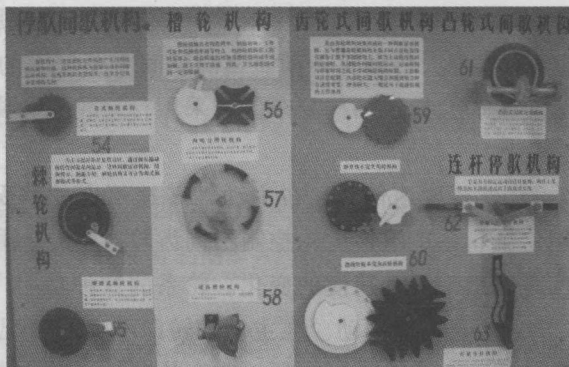


图 1-10 展示柜——间歇运动机构

一部分齿,从动轮上有均匀分布的一组组与主动轮齿相对应的齿槽。齿轮上轮齿数的不同可实现不同的运动时间和停歇时间。

不完全齿轮机构结构简单,制造容易,工作可靠,运动时间与停歇时间之比可在较大范围内变化。但从动件在进入啮合和脱离啮合时有速度突变,冲击较大。一般适用于低速、轻载的工作条件。

(4) 凸轮式间歇机构 凸轮式间歇运动机构由主动凸轮、从动盘及机架组成。利用凸轮与转位拨销的相互作用,可实现将凸轮连续转动转换为从动盘的间歇运动。

凸轮式间歇机构工作平稳、结构简单、运转可靠,无刚性冲击和柔性冲击,适用于高速间歇传动。同时可获得较高的走位精度。但是对装配、调整要求高,加工成本高。

(5) 具有间歇运动的平面连杆机构

1) 具有间歇运动的曲柄连杆机构。它是利用主动连杆上某点所描绘的一段圆弧轨迹,然后将从动连杆与此点相连,取其长度等于圆弧半径的曲柄连杆机构,这样,当每一循环主动连杆运动到此段圆弧时,从动滑块就停歇。

2) 具有间歇运动的导杆机构。这是一种在导杆槽中线的某一部分用圆弧做成的导杆机构,其圆弧半径等于曲柄的长度。

7. 了解组合机构的基本知识

根据展示柜组合机构部分(见图 1-11),了解组合机构的组合方式、运动特点及功用。

组合机构是由几个基本机构组合而成的。基本机构所能实现的运动规律或轨迹,都具有一定的局限性,无法满足多方面的要求。因此通过变异可以期望得到更多的运动特性,扩大了应用范围。但有限的构件和运动副组成的机构,毕竟只能满足有限的运动要求,对于更复杂的运动要求则可以通过基本机构及其变异机构适当的组合来实现。

组合机构的组合方式有很多,下面介绍常见的几种机构。

(1) 行程扩大机构 它由连杆机构与齿轮机构串联组合而成,此机构中滑块与扇形齿轮相连,通过扇形齿轮的往复摆动扩大了滑块的行程。机构中扇形齿轮上的指针行程大于滑块行程。

(2) 换向传动机构 它由凸轮机构和齿轮机构串联而成。在此采用了逆凸轮,只要设计不同的凸轮轮廓线,就可得到不同的输出运动规律。而且从动件还有急回特征。

(3) 齿轮连杆曲线机构 这是由齿轮和连杆组成的齿轮连杆曲线机构,可实现较复杂的运动规律。其轨迹的形状取决于连杆机构的尺寸和齿轮的传动比。这种轨迹不是单纯的连杆曲线,也不是单纯的摆线,因此称它为齿轮连杆曲线。它比连杆曲线更复杂更多样化。

(4) 实现给定运动轨迹的机构 它由凸轮机构和连杆机构并联而成,选取一个二自由度的五连杆机构,然后根据给定的轨迹设计凸轮廓线。这种组合机构设计方法比较容易,因



图 1-11 展示柜——组合机构