

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。它与液压和气动的类似机构比较，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作多次停歇，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。

机械原理实验指导

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。

机械原理实验指导

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					