

# 浙江大学

## 本科实验报告

课程名称：	机械工程基础实验
实验名称：	复合轮系运动分析及应用模拟虚拟实验
姓 名：	徐屹寒
学 号：	3230103743
专 业：	机械工程
报告日期：	2025 年 10 月

# 实验目的

1. 通过对典型轮系虚拟装配加深对轮系的结构认知，理解机械原理中“构件”的含义。
2. 通过固定行星架来观察相应转换轮系的运动方式，加深对转换轮系的认识。
3. 由转换轮系中的定轴轮系得到相应的速比关系，进而推出原轮系的速比关系。

# 实验原理

## 一、复合轮系的基本概念

复合轮系是指在同一传动系统中包含多个行星轮及行星架的轮系。复合轮系的运动分析因为存在行星架而变得复杂。理解和分析复合轮系的运动，最有效的方法是将行星架逐个视为相对静止得到相应的转换轮系，再在转换轮系中找出定轴轮系，这种方法称为机构倒置。

## 二、机构倒置法原理

传统的教学方法中，机构倒置后的情形只能通过想象去理解，难以快速学习掌握。在虚拟仿真平台中，可以通过指定行星架不动的方法，直观地模拟出转换轮系的运动，从而发现其中的定轴轮系，列出相应的传动比公式，最终算出复合轮系的传动比。

## 三、知识点概述

本实验涉及的主要知识点共 5 个：

1. 行星架：支撑行星齿轮的机构，可随行星齿轮一起旋转。
2. 行星齿轮：装在行星架上，与固定齿轮和太阳齿轮相啮合的齿轮。
3. 转换机构：通过固定行星架得到的定轴轮系。
4. 定轴轮系速比：定轴轮系中的速比计算基于齿轮的齿数比。
5. 复合轮系速比：通过机构倒置法得到的复合轮系的整体传动比。

# 实验步骤

实验中包括平面复合轮系、空间复合轮系、差动轮系、汽车后桥箱、谐波减速器、RV 减速器等 6 个典型的复合轮系结构，需要依次学习每种轮系结构的组成，观察轮系及转换机构的运动，计算轮系速比。

## 一、平面复合轮系分析

在平面复合轮系实验中：

1. 学习结构组成：通过虚拟仿真，观察平面复合轮系的结构特点，了解各个齿轮的位置关系和啮合方式。
2. 观察轮系运动：鼠标左键按住输入轴并上下滑动，即可模拟轮系运动；单击界面左上角轮系结构简图时，轮系模型相应位置着色，并切换为转换轮系运动。
3. 计算轮系速比：按提示分别计算①②③项的速比，答案使用整数或者最简分数表示(例如-1/6)，单击“确定”保存。

## 二、其他轮系类型学习

依次学习完成以下轮系类型的分析：

1. 空间复合轮系：了解三维空间中的齿轮啮合关系
2. 差动轮系：分析差动轮系的特殊运动特性
3. 汽车后桥箱：学习实际工程应用中的复合轮系
4. 谐波减速器：理解特殊的减速机制
5. RV 减速器：分析机器人用减速器的工作原理

## 三、计算结果查看与提交

1. 单击实验主界面“计算结果”模块可以查看速比计算的结果并返回修改
2. 完成 6 类轮系结构的速比计算后，单击右上角的“上传成绩”按钮，将最终成绩提交至实验系统
3. 保存计算结果截图，后续贴至实验报告中

# 实验数据与结果

### 实验结果

下表为各轮系类型的速比计算结果：

**计算结果：**

1. 平面复合轮系：	$\begin{cases} i_{13}^4 = (n_1 - n_4) / (n_3 - n_4) = -Z_3 / Z_1 = -3 \\ i_{46}^7 = (n_4 - n_7) / (n_6 - n_7) = -Z_6 / Z_4 = -3 \\ i_{17} = 16 \end{cases}$
2. 空间复合轮系：	$\begin{cases} i_{79} = n_7 / n_9 = Z_9 / Z_8 = 45 / 26 \\ i_{24}^1 = (n_2 - n_1) / (n_4 - n_1) = -Z_4 / Z_2 = -3 \\ i_{76}^2 = (n_7 - n_2) / (n_6 - n_2) = -Z_6 / Z_7 = -3 \\ i_{19} = 45 / 416 \end{cases}$
3. 差动轮系：	$\begin{cases} i_{24}^1 = (n_2 - n_1) / (n_4 - n_1) = -Z_4 / Z_2 = -1 \\ i_{14} = 1/3 \end{cases}$
4. 汽车后桥箱：	$\begin{cases} i_{12} = n_1 / n_2 = Z_2 / Z_1 = 4/3 \\ i_{36}^2 = (n_3 - n_2) / (n_6 - n_2) = -Z_6 / Z_3 = -1 \\ i_{16} = 1 \end{cases}$

## 思考题与分析

思考题：轮系的作用及应用实例

### 一、 轮系的作用

轮系是用于传递和转换动力、运动和力矩的重要机械传动元件。其主要作用包括：

1. 传递动力：通过齿轮啮合将动力从驱动轴传递到从动轴
2. 改变转速：通过不同的齿数比改变齿轮的转速，实现速度的升高或降低
3. 改变转矩：根据能量守恒原理，降低转速的同时会提高转矩
4. 改变旋转方向：通过齿轮的啮合方式改变旋转方向
5. 实现多轴传动：可以实现一个驱动轴同时驱动多个从动轴

### 二、 应用实例

#### 2.1. 汽车变速箱

汽车变速箱采用复合轮系结构，通过不同的齿轮组合，实现多个挡位。驾驶员可以根据行驶需要选择不同的齿轮比例，在起步时选择大速比实现快速加速，在高速行驶时选择小速比降低油耗。

#### 2.2. 机械钟表

机械手表中的轮系将摆锤的摆动转换为指针的转动。通过精心设计的齿轮比例，1小时内秒针转 600 圈，分针转 10 圈，时针转 0.833 圈，实现时间的精确测量。

### **2.3. 自行车**

自行车的前后齿轮盘构成一个简单的轮系。通过选择不同大小的齿轮组合,骑行者可以在不同的路况下(平路、上坡、下坡)获得最佳的动力输出和蹬踏速度。