

《机械设计》

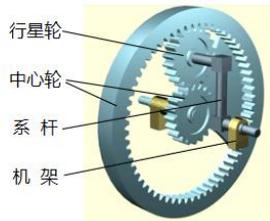
——周转轮系

教
学
设
计
案
例

课程名称	机械设计	学 时	1 学时/45 分钟
课程类别	专业基础课		
教学背景	<p>本节课主要介绍周转轮系。周转轮系是一种重要的传递运动及动力机构，在各种工程领域，如汽车、航空、工业机械等中有着广泛的应用，这要求学生必须理解其工作原理和设计方法。周转轮系因其结构复杂性，学生在学习时可能会遇到理解上的难点，特别是在传动比的计算和转向判断方面。它是轮系机构传动比计算的第二种类型，为即将学习的复合轮系传动比计算奠定理论基础。周转轮系特点突出，在工程实际中有这重要的应用价值。</p>		
教学内容	<p>教学重点： 反转法计算周转轮系传动比。 教学难点： 周转轮系传动比计算方法的运用。 对 策： 通过目标导向，引导学生关注周转轮系传动比的计算，结合周转轮系模型通过课堂分组讨论，发散思维。采用案例探究教学方法，通过实际工程案例分析具体的工程案例风力发电机组中增速器的设计，理解周转轮系在实际应用中的工作情况，将理论与实践相结合，引导学生“认识问题、分析问题、解决问题”。</p>		
教学目标	<p>知识目标： 1. 学生了解周转轮系的类型、特点和应用； 2. 学生能列出转化轮系的传动比计算公式。 能力目标： 学生通过具体应用，学会分析周转轮系。 情感目标： 1. 培养学生胆大心细、敢于实践。 2. 培养学生创新意识、创新精神。 3. 激发学生的自豪感和文化自信。</p>		
教学方法	<p>1. 讲授法：通过比较总结周转轮系的定义和分类，引导学生主动思考学习； 2. 案例式教学法：通过具体的工程应用案例，帮助学生掌握传动比计算，并理解周转轮系的特点； 3. 探究式教学法：在课前和课后，引导学生预习和拓展阅读，了解周转轮系的定义和在我国古代的实际应用案例，拓展深化课程内容。</p>		

	教学内容、步骤	教学活动
教学实施 过程	<p style="text-align: center;">教学内容、步骤</p> <p>I. 课程导入</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>风 叶</p> <p>叶轮轴</p> <p>增速器</p> <p>输出轴</p> <p>发电机</p> </div>  </div> <p>【展示】 播放风力发电场的视频和机组内部结构图片。</p> <p>【提问】</p> <p>问题 1: 为什么叶轮转这么慢能发电？</p> <p>问题 2: 采用什么机构实现增速传动？</p> <p>【思政元素】 国家“双碳”目标、绿色可再生能源。</p> <p>II. 基本概念</p> <p>1. 周转轮系的定义</p> <p>【课前任务】 通过前测，了解学生预习后对周转轮系的认识。</p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">周转轮系 课程导入 基本概念 传动比计算 特点及应用 课后小结</p> <p>◆ 周转轮系的定义:</p> <p style="padding-left: 20px;">至少有一个齿轮的轴线（位置不固定）绕另一齿轮的轴线转动的齿轮传动系统。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>周转轮系</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>定轴轮系</p> </div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">机械设计基础 4</p> </div> <p>【教学内容】 结合学生的答案，引出周转轮系的定义。</p> <p>2. 周转轮系的组成</p>	<p style="text-align: center;">教学活动</p> <p>【创设情境】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 利用视频和图片，引出本节主题； 2. 利用问题激活学生对周转轮系在风力发电机组中应用的认识，了解未知，铺垫关键信息； 3. 通过创设情境，提出问题，吸引学生融入课堂。 <p>【探究式教学】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 结合课前发布任务，通过问题引导学生分析和练习，总结周转轮系和定轴轮系的区别。

◆ 周转轮系的组成:



- 行星轮: 轴线不固定的齿轮
- 中心轮(太阳轮): 轴线固定的齿轮
- 系杆H(行星架): 支撑行星轮的构件
- 机架

【教学内容】由典型周转轮系，讲解周转轮系的组成。

【思政元素】强调行星轮是周转轮系的特征，在分析问题时抓主要矛盾。

3. 周转轮系的分类

【课堂活动】由学生辨别不同周转轮系中的组成，引出由机构组成进行分类。

◆ 周转轮系的分类

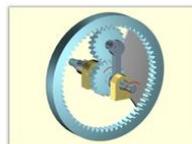
- (1) 按照机构组成分类
- 2K-H型——2个中心轮、1个系杆
 - 3K型——3个中心轮



【课堂活动】由学生计算不同周转轮系中的自由度，引出由机构自由度数目进行分类。

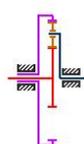
◆ 周转轮系的分类

- (2) 根据其自由度的数目分:
- 差动轮系——自由度为2的周转轮系
 - 行星轮系——自由度为1的周转轮系



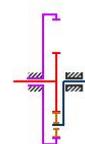
$$F = 3n - 2P_L - P_H$$

$$= 3 \times 4 - 2 \times 4 - 2 = 2$$



$$F = 3n - 2P_L - P_H$$

$$= 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$



2. 课堂练习，让学生参与到教学过程中，加深对机构组成的理解，回顾机构自由度计算的旧知。

III. 传动比计算

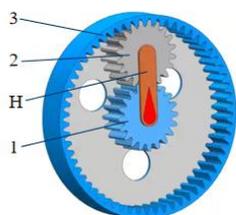
周转轮系

课程导入 | 基本概念 | **传动比计算** | 特点及应用 | 课后小结

课堂活动：分组讨论

重视实践、敢于实践

在行星轮系中, $Z_1=20, Z_2=20,$
 $Z_3=60,$ 试求 i_{1H} 的值。



结合模型

第一组、第二组：实验法

结合前期知识

第三组、第四组：算法

机械设计基础

8

【分组讨论】 给出周转轮系的 3D 打印模型，学生分组确定传动比：两组同学实验法；两组同学算法。进一步采用计算机

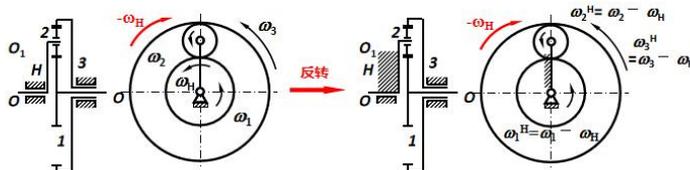
【思政元素】 实践：学生打破既有知识（定轴轮系）的束缚，采用实践解决问题，积极探索新方法。

周转轮系

课程导入 | 基本概念 | **传动比计算** | 特点及应用 | 课后小结

反转法

活学活用、举一反三



原因：在周转轮系中，行星轮2既有自转又有公转，复杂运动状态。

反转原理：给周转轮系施以附加的公共转动 $-\omega_H$ 后，不改变轮系中各构件之间的相对运动，但原轮系将转化成为一新的定轴轮系，称为周转轮系转化机构（转化轮系）。

机械设计基础

10

【教学内容】 先回顾平面四杆机构设计、凸轮轮廓曲线设计所采用的反转法，引导学生梳理共性问题，然后应用于周转轮系。将行星轮系按 $-\omega_H$ 反转后，各构件的角速度的变化让学生列出表格，进行比较，转化后所得的轮系为定轴轮系，可直接套用定轴轮系传动比的计算公式，引导学生进一步分析公式中各符号的含义。

【思政元素】 认识：学生利用既有知识（反转法），解决问题，做到举一反三。

3.通过分组确定周转轮系模型的传动比，引导学生在遇到问题时，先实践，再分析总结。

4. 借助回顾旧知，引入借助反转法求解，一步步探究周转轮系传动比的计算方法。

【提问】

问题 1: 汽车转弯时左右两侧的车轮转速是否相同？

问题 2: 差速器如何保障汽车转弯时不发生侧翻？

周转轮系	课程导入 基本概念	传动比计算	特点及应用	课后小结
反转法		活学活用、举一反三		
<p>图示为汽车的差速器，已知：$z_1 = z_2 = z_2' = z_3 = 33$，若$\omega_1 = \omega_H = 1 \text{ rad/s}$，但转向相反，求$i_{12}^H$。</p>				
<p>解：$i_{12}^H = \frac{\omega_1^H}{\omega_2^H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_2 - \omega_H}$ 不成立！</p>				
<p>特别注意：</p> <p>$i_{GK}^H = \frac{\omega_G^H}{\omega_K^H} = \frac{\omega_G - \omega_H}{\omega_K - \omega_H} = (-1)^m$ 转化轮系中由G至K各从动轮的连乘积 转化轮系中由G至K各主动轮的连乘积</p> <p>转化轮系中齿轮G、K轴线与系杆H轴线必须平行或重合！</p>				
机械设计基础		12		



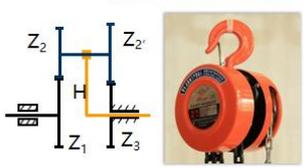
【课堂练习】学生计算转化轮系中齿轮 1 和齿轮 2 的传动比，列出计算公式。在此过程中，遇到问题。老师引导学生发现出现问题的原因。提出在列出通用表达式时，需要注意的事项。

【思政元素】再实践、再认识：在实践中发现现有认识的问题，提出修正。

【提问】

问题：为什么手动葫芦能让人抬起 1 吨以上的重物？

周转轮系	课程导入 基本概念	传动比计算	特点及应用	课后小结
反转法		活学活用、举一反三		
<p>图示手动葫芦的减速机构，已知 $z_1=100$，$z_2=101$，$z_2'=100$，$z_3=99$，试求传动比 i_{H1}。</p>				
<p>解：$i_{13}^H = \frac{\omega_1^H}{\omega_3^H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{0 - \omega_H}$</p> <p>$= 1 - \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 - i_{H1} = \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2}$</p> <p>$i_{H1} = 1 - i_{13}^H = 1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2} = 1 - \frac{101 \times 99}{100 \times 100}$</p> <p>$= \frac{1}{10000} = \frac{\omega_1}{\omega_H}$</p> <p>$i_{H1} = \frac{\omega_H}{\omega_1} = 10000$</p>				
机械设计基础		13		



【课堂练习】学生计算手动葫芦中周转轮系的传动比，大传动比实现设计要求。

5. 由应用实例，是学生对周转轮系有直观的认识。同时，通过习题演练促使学生在计算中发现问题，认识到方法是有条件的，让认识螺旋式的上升。

6. 通过例题，检查学生对本节重点知识的掌握情况。若发现问题，现场解决。

IV. 特点及应用

周转轮系

课程导入 | 基本概念 | 传动比计算 | **特点及应用** | 课后小结

◆ 周转轮系的特点

- 传动比大
合理选型和确定各齿轮齿数。
- 结构紧凑
均有内齿轮，且输入轴与输出轴同轴，有效利用空间。
- 可靠性高
均布的多个行星轮，平衡各啮合处的径向力和各轮的离心惯性力，增加平衡性。



机械设计基础

14

【教学内容】由电动葫芦中周转轮系的传动比，得到周转轮系的大传动比的特点。结合周转轮系实物，讲解其结构紧凑、可靠性高的特点。

周转轮系

课程导入 | 基本概念 | 传动比计算 | **特点及应用** | 课后小结

◆ 周转轮系的应用



海上风力发电机组

增速器要求：

- 大增速比发电
- 机舱空间狭长
- 风机运行震动

机械设计基础

15

【教学内容】周转轮系的特点很好地满足风力发电机组对于增速器的要求。

周转轮系

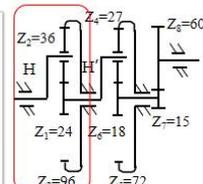
课程导入 | 基本概念 | 传动比计算 | **特点及应用** | 课后小结

◆ 周转轮系的应用

某2.5MW风电增速器，增速比为100，设计了三级传动。



二级周转+一级平行轴



增速器机构运动简图

$$i_{13}^H = \frac{\omega_1^H}{\omega_3} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H}$$

$$= -\frac{z_2}{z_1} = -\frac{96}{24} = -4$$

$$\omega_3 = 0$$

联立以上两式得：

$$i_{1H} = \frac{\omega_1}{\omega_H} = 5$$

机械设计基础

15

【教学内容】分析增速器实物的机构组成和设计思路。

【提问】1. 为什么增速器设计了三级传动？

2. 提出你的设计思路。

【案例式教学】

1. 由实际案例总结周转轮系的特点。

2. 结合风力发电机组增速器，帮助学生更好理解周转轮系的特点。

3. 提出问题，引导学生发现解决问题的方法有很多，该如何选择，激发学生继续探寻的欲望。

【思政元素】实现同一目标，有不同的解决方案，如何选择最优、最合适的方案。在分析问题和解决问题的过程中，让学生体会创新，体会知识的融合，培养创新意识。

周转轮系 课程导入 | 基本概念 | 传动比计算 | 特点及应用 | 课后小结

◆ 周转轮系的应用

某蜗轮螺旋桨发动机主减速器—封闭式行星轮系



飞机涡轮发动机转子

行星轮系

$i_{1H}=11.45$

机械设计基础

16

【教学内容】周转轮系在飞机涡轮发动机中的应用，实现结构紧凑、大功率、大传动比的传动。

【思政元素】促进学生对本课程价值的认同，激发学生对机械设计的热情和专业自信心。

V. 课后小结

周转轮系 课程导入 | 基本概念 | 传动比计算 | 特点及应用 | 课后小结

- 小结**
 - > 周转轮系的基本知识
 - > 传动比计算和工程应用
- 启示**
 - > 胆大心细 敢于实践
 - > 活学活用 举一反三
- 作业**
 - > 探寻我国古代“指南车”的奥秘



机械设计基础

17

【教学内容】

小结：周转轮系的基本知识、传动比计算、特点和应用。

启示：周转轮系传动比计算和应用中的感悟。

作业：探寻我国古代“指南车”的奥妙。

【思政元素】在课后拓展过程中感受我国古人的伟大智慧，激发学生的文化自信和民族自豪感。

4. 由大国重器的案例，拓宽学生知识视野。

<p>板书设计</p>	<p>8.3 周转轮系的传动比</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 概念 2. 传动比计算 3. 特点及应用
<p>教学反思</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 周转轮系传动比计算很抽象，课堂上采用了实验法和反转法来解决问题，再通过问题引导，加深对计算公式注意事项的理解，最后讲解两个案例强化。采用讲练结合的方式，调动学生的学习主动性，学生参与练习计算讨论过程中，加深对知识的理解。 2. 课后作业，让学生探寻周转轮系最早的工程应用案例“指南车”的奥妙，并作运动分析，，引导学生回顾历史，去感受我国古代劳动人民的伟大智慧，激发他们的文化自信和民族自豪感。
<p>使用到的教学资源</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 教材：《机械设计》，该教材较全面的覆盖了机构和机械零部件的知识，作为使用教材； 2. 多媒体课件 3. 课程思政大纲 4. 课堂练习平台：超星学习通 5. 自主学习平台：超星学习通线上资源。包括：课后拓展设备视频动画、实例分析引用的专利、论文、虚拟仿真建模源文件等。