

# 机械工程基础实验

## 实验报告



姓 名:	刘侃
学 院:	机械工程学院
专 业:	机械工程
学 号:	3220103259
分 组:	组 10

浙江大学机械工程实验教学中心

2024 年 9 月

## 实验三 机械传动综合实验

### 一、实验目的

机械传动包括啮合传动，如齿轮、蜗杆传动、链传动，摩擦传动，例如带传动、摩擦无级变速器，流体传动。这里不介绍流体传动，主要介绍齿轮传动、链传动与带传动的实验分析与研究。齿轮传动、蜗杆传动、链传动与带传动是广泛应用的机械传动形式。在汽车、机床、国防等行业中，上述三种传动的正确设计是非常重要的内容。

通常整套机械传动系统由两级传动或多级传动组成，这样可以充分发挥不同机械传动形式的特点，实现机器设计的功能与价格比最优化；另一方面，机械传动系统的布置设计（总体设计）也是非常重要的，设计者必须对每种机械传动的特点有全面深入的了解。

机械传动的运动学与动力学参数测试原理与方法是机械科学与技术人员必须掌握的基本能力。机械传动综合实验将对上述三方面内容进行探讨，以典型机械传动为对象研究机械传动的组成、结构、运动学与动力学参数测试原理与技术。

### 二、实验原理

带传动、链传动、齿轮传动与蜗杆传动是常用的机械传动形式，如何布置这些传动形式，即如何总体设计传动链是首先要解决的问题。在机械传动系统设计中，为了合理设计传动链，有以下几条原则：（1）传递载荷能力小的（例如带、圆锥齿轮）放在高速级；（2）有动载荷的（例如链传动、连杆传动、凸轮传动）放在低速级；（3）传动平稳的（例如斜齿轮、闭式齿轮传动）放在高速级，传动平稳性较差的（例如直齿轮、开式齿轮传动）放在低速级；（4）传动链中有摩擦传动的（例如、带与摩擦轮传动），制动器应放在工作机前，才能对工作机实现有效制动。

在机器及机械设备设计中，为了实现功能/成本的最大化，或由于机械的功能要求，常常用不止一种的传动设计来完成运动形式、参数、力或力矩的大小的转变。在传动链中可采用不同形式的机械传动来实现要求的功能，每种传动的机械效率是衡量该传动的能量损耗的指标参数，而能量损耗对机械的成本与机器中零件的寿命有决定性的影响。

本实验分为两种，其一是在一定的电机运转速度下实验分析带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动的机械效率；也可试验分析带—齿轮传动、齿轮—链传动、带—链传动等的综合机械效率。其二，是实验研究在不同电机转速下，带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动的机械效率；也可试验分析带—齿轮传动、齿轮—链传动、带—链传动等的综合机械效率，电机转速的调节由 MM420-150/3 变频器来实现。

### 机械传动参数测试原理

试验机中采用 JCO、JC1A 型转矩转速传感器，JX-1A 转矩转速功率测量仪来拾取输入轴的转矩、转速，输出轴的转矩、转速，再在软件部分按下式计算出机械传动当时的效率。

$$\eta = \frac{T_o \omega_o}{T_i \omega_i}$$

本试验系统采用 CZ-5 型磁粉制动器来加载扭矩载荷。磁粉制动（加载）器是根据电磁原理和利用磁粉来传递转矩的，它具有激磁电流和传递转矩基本成线性关系的特性，在同滑差无关的情况下能够传递一定的转矩，响应速度快，结构简单，是一种多用途、性能优越的自动控制元件。它广泛应用于各种机械中不同目的的制动、加载以及卷绕系统中放卷张力控制等。

### 三、实验内容（含设备、步骤）

#### 实验设备

带传动试验台  
 齿轮传动试验台  
 蜗杆传动试验台  
 带—齿轮传动试验台  
 齿轮—链传动试验台  
 带—链传动试验台

#### 实验步骤

- 1、在有带、链的实验装置中，为防止压轴力直接作用于传感器上，影响测试精度，一定要安装本实验台配置的专用轴承座。
- 2、带轮、链轮与轴联接采用新型紧定锥套结构，装拆方便、快捷，安装时应保证固定可靠；拆卸时应用螺钉拧入顶出孔，顶出锥套。
- 3、实验数据测试前，应对测试设备进行调零。调零时，应将传感器负载侧联轴器脱开，启动电动机，调节 JX-1A 效率仪的零点，以保证测量精度。
- 4、在施加试验载荷前，应将用于水冷却的水源打开；试验结束后，应卸去载荷，关闭水源。
- 5、在施加试验载荷时，应平稳旋动 WLY-1A 稳流电源的激磁旋钮，并注意输入传感器的最大转矩，不应超过其额定值 20%。
- 6、无论做何种试验，均应先启动电机，后加载荷。严禁先加载后开机。
- 7、在试验过程中，如遇电机转速突然下降或出现不正常的噪音和振动时，必须卸载或紧急停车，以防电机转速突然过高，烧坏电机、电器及其它意外事故。
- 8、测试时，应按测试系统软件操作。严禁删除计算机内的文件  
 （“一、实验目的、二、实验原理、三、实验内容”合计篇幅限定 2 页以内）

### 四、实验结果

根据实验要求完成实验台传动效率测试，并将传动实验测试数据及效率曲线图附在实验报告上。（见附页）

### 五、思考题

#### 1、机械传动链应如何设计布置？

机械传动链的设计与布置需根据系统的功能需求、传动比、安装空间、效率、运行平稳性以及维护便利性来综合考虑。具体来说，应明确传动链的用途（如速度变换、功率传递或运动方向改变），选择合适的传动形式；根据系统要求计算总传动比，并合理分配给各级传动元件；根据实际安装环境布置传动元件的位置，确保紧凑性与维护便捷性；选用高效的传动方式（如齿轮传动），减少能量损失；同时保证各元件在运转时的可靠性，并添加必要的防护装置；为减少摩擦损耗，还应充分考虑润滑条件及散热措施。

#### 2、本实验系统是几级传动，采用了哪些机械类型的机械传动？

本实验系统为两级传动系统，包含一级传动和二级传动。一级传动采用摆线针轮减速器（齿

轮传动)，用于实现高效的减速与增大输出扭矩；二级传动采用带传动，用于进一步传递运动并适应一定的轴间距需求，同时具有过载保护功能。

### 3、影响机械传动效率的因素有哪些？可以采用哪些措施来提高机械传动的效率？

影响机械传动效率的因素主要包括机械损耗（如齿轮啮合摩擦损耗、带传动滑动损耗等）、润滑状况（润滑不良会增加摩擦损耗）、传动部件加工精度（加工精度不足会导致啮合误差或带轮滑动）、材料性能（传动部件材料强度不足或摩擦系数较高）以及运行条件（如过载运行或不平稳运行）。提高机械传动效率的措施包括优化设计（选择高效的传动形式，如高精度齿轮传动或减少传动级数）、提升加工精度（提高齿轮或带轮的加工质量，减少啮合误差）、改进润滑条件（选用合适的润滑剂，定期检查与维护润滑系统）、选用高性能材料（使用强度高、摩擦系数低的材料，如合金钢或高性能复合材料）、合理运行负载（避免过载或偏载运行，确保运行平稳），以及改进带传动形式（例如采用齿形带传动代替普通平带以减少滑动损失）。通过上述措施，实验系统中的摆线针轮传动和带传动效率均可进一步提升，确保实验效果的稳定性与精准性。

## 实验四 减速箱装拆及结构分析实验

### 一、实验目的

- 1、熟悉减速箱的基本结构，了解常用减速箱的用途及特点。
- 2、了解减速箱各组成零件的结构及功用，并分析其结构工艺性。
- 3、了解减速箱中零件的装配关系及安装、调整过程。
- 4、学习减速箱的基本参数测定方法。

### 二、实验原理

（一）减速箱的基本结构是由传动零件（齿轮、蜗杆蜗轮等）、轴和轴承、箱体、润滑和密封装置以及减速器附件等组成。

- 1、箱体是支承和固定减速器零件和保证传动件啮合精度的重要机件，其重量约占减速器总重量的一半，对减速器的性能、尺寸、重量和成本均有很大影响。箱体的具体结构与减速器传动件、轴系和轴承部件以及润滑密封等密切相关，同时还应综合考虑使用要求、强度、刚度及铸造、机械加工和装拆工艺等多方面因素。
- 2、齿轮减速箱的特点是效率及可靠性高，工作寿命长，但受外廓尺寸及制造成本的限制，其传动比不能太大。蜗杆减速器的特点是在外廓尺寸不大的情况下。可以获得大的传动比，且工作平稳，噪声较小，但效率较低。
- 3、为使轴和轴上零件在机器中有正确的位置，防止轴系轴向窜动和正常传递轴向力，轴系应予轴向固定。同时为防止轴受热伸长，轴系轴向游隙应有调整。
- 4、减速箱中传动件和轴承在工作时都需要良好的润滑。传动件通常采用浸油润滑，浸油深度与传动速度有关。轴承的润滑方式通常有飞溅润滑、刮油润滑、浸油润滑；轴承室外侧密封形式有皮碗式密封、毡圈式密封、间隙式密封、离心式密封、迷宫式密封、联合式密封等；轴承室内侧密封形式有封油环、挡油环等
- 5、减速箱附件主要有轴承盖、调整垫片、油标、排油孔螺塞、检查孔盖板、通孔气、起吊装置、定位销、起盖螺钉等。

（二）在了解减速箱基本结构、各零部件连接方式的基础上，确定拆卸的次序，进行合理有序的拆卸，并对传动件进行测绘，这是进行机械产品反求设计和创新设计以及产品零部件的改进设计和替代设计的基本技能。

### 三、实验内容（含设备、步骤）

#### 实验设备

减速器，其中本组使用的是单级圆柱齿轮减速器

测量和拆卸工具：游标卡尺、钢皮尺、活络扳手、卡尺等。

#### 实验步骤

- 1、结合挂图等，先了解减速器的使用场合、作用及其主要特点。
  - 2、观察减速器的外貌，用手来回推动减速器的输入输出轴，体会轴向窜动；再用扳手旋开箱盖上
- 的有关螺钉，打开减速器箱盖，详细分析减速箱的各部分结构。

（1）箱体结构：窥视孔，透气孔，油面指示器，放油塞，轴承座的加强筋的位置及结构；定位销孔的位置；螺钉凸台位置（并注意扳手空间是否合理）；吊耳活吊钩的型式；铸造工艺特点（如分型面、底面及壁厚等）以及减速器箱体的加工方法。

（2）轴及轴系零件的结构：分析传动零件所受的径向力和轴向力向机体基础传递的过程，

分析轴上零件的轴向和轴向定位的方法，分析由于轴的热胀冷缩时轴承预紧力的调整方法。

(3) 润滑与密封结构：分析齿轮与轴承的调整方法；油槽位置、形状及加工方法；加油方式、放油塞，油面指示器的位置和结构。

(4) 分析传动零件的结构及其材料，毛坯种类。

3、利用钢皮尺、卡尺等简单工具，测量减速箱各主要部分参数与尺寸。

(1) 测出各齿轮的齿数，求出各级分传动比及总传动比。

(2) 测出中心距，并根据公式计算出齿轮的模数，斜齿轮螺旋角的大小。

(3) 测量各齿轮的齿宽，算出齿宽系数；观察并考虑大、小齿轮的齿宽是否应完全一样。

(4) 齿轮与箱壁间的间隙，油池深度，滚动轴承型号等。

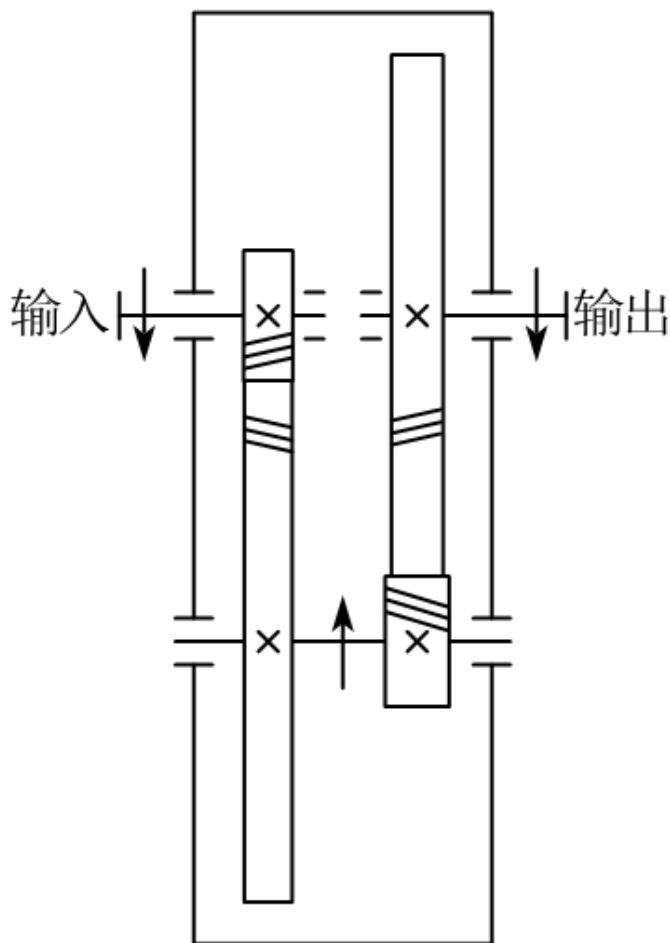
(5) 齿轮的接触斑点试验(省略)：先擦净一对相互啮合齿轮的齿面，然后在—齿轮的2~3各齿面上涂上一层薄的红丹粉，在转动齿轮；由于齿轮轮齿的相互啮合，在另一齿轮的齿面上可观察到红丹粉的斑点。观察接触斑点的大小，画下简图，并分别求出齿面实际接触面积在齿宽及齿长方向的百分数。

4、确定装配顺序，仔细装配复原。

(“一、实验目的、二、实验原理、三、实验内容”合计篇幅限定2页以内)

#### 四、实验结果

1、画出你所装拆的减速箱的机构运动简图，并标出输入、输出轴的转向。



2、分析减速器的润滑方式及轴承室的密封形式，试述其是否合理。

润滑方式：油润滑；密封形式：毡圈密封。  
较为合理，因为油润滑能够有效降低齿轮和轴承等零部件的摩擦损耗，减少热量的产生，同时延长零件的使用寿命；毡圈密封具有良好的防尘和防漏性能，能够阻止外界杂质进入减速器内部并防止润滑油泄漏。整体来看，能够满足减速器的运行需求，同时在安装和维护上也较为简单，适合中小型减速器的使用场景。

3、试述减速器中哪些地方在安装时需要调整？用什么方法调整？

减速器在安装时需要调整的地方主要包括齿轮啮合间隙、轴承预紧力以及传动轴的同心度。齿轮啮合间隙的调整可以通过调整轴承端盖或更换垫片实现，以确保齿轮啮合位置正确并减少磨损；轴承预紧力可通过调整轴向垫片厚度或使用扭矩扳手施加合适的预紧力来调整，以确保轴承在运行中的稳定性；传动轴的同心度调整可以通过调整机座的安装基准面或增加垫片来实现，以确保传动系统的平稳运行。这些调整直接关系到减速器的效率和使用寿命，应在安装过程中仔细进行并严格按照工艺规范操作。

4、分析减速器主要传动零件的作用。

减速器的主要传动零件包括齿轮、轴和轴承等。齿轮是减速器的核心零件，用于实现运动的传递与减速，通过啮合改变输入与输出的速度和扭矩；轴用来支撑齿轮并传递扭矩，是连接传动系统各部分的关键部件；轴承用于支撑旋转部件，减少摩擦并维持轴的稳定运转。这些零件在减速器的运行中相互协作，共同完成传动和减速任务，每个零件的性能和装配质量都会对减速器的整体性能产生重要影响。

5、测量减速箱主要参数，并记录实测数据。

参数见下表

6、绘制输入和输出轴轴上零件的结构示意图，并标注装配尺寸和配合符号。（省略）

7、写出装拆减速器实验的体会，对所装拆的减速器设计提出改进意见。

（1） 传动零件，轴系与箱体结构是否合理？

上端盖内壁过厚导致甩油无法进入油槽润滑滚动轴承；出油口位置过高，不易排油。

（2） 对轴承选择、安装调整，固定拆卸、润滑与密封等方面是否合理？

轴承内部不应该放置挡圈，这样反而不利于轴承的润滑。

（3）其它方面的体会和改进意见。

表 4—1 减速器的组成

箱体	加强筋、观察口、油槽、出油孔、油标
齿轮及键	斜齿轮，A 型（圆头）普通平键
轴承	圆锥滚子轴承
润滑	油润滑
密封	毡圈密封

表 4—2 减速器的主要参数

齿数			小齿轮	大齿轮
		高速级	$Z_1=22$	$Z_2=82$
		低速级	$Z_3=26$	$Z_4=78$
转动比 $i=i_f i_s$		高速级 $i_f$	低速级 $i_s$	总传动比 $i$
		3.73	3.00	11.18
中心距 $a$	高速级	162.8mm		
	低速级	162.8mm		
分度圆螺旋角 $\beta$	高速级	$28^\circ$		
	低速级	$28^\circ$		
模数	$m_t$	高速级	3.25	
		低速级	3.25	
	$m_n$	高速级	2.87	
		低速级	2.87	
齿宽及齿宽系数 $B, \phi_a$		高速级	$B_1=26.30\text{mm}, \phi 1=0.37, B_2=25.70\text{mm}, \phi 2=0.10$	
		低速级	$B_3=34.32\text{mm}, \phi 3=0.41, B_4=27.74\text{mm}, \phi 4=0.11$	
输入和输出轴的位置		输入轴、输出轴同轴		
轴承型号、套数		轴 I	$2\times$ 圆锥滚子轴承 30206	
		轴 II	$2\times$ 圆锥滚子轴承 30207	
		轴III	$2\times$ 圆锥滚子轴承 30208	

## 五、思考题

1、啮合传动的减速器的箱体可用哪几种机械制造方法制造？在设计减速器时，其结构有何差别？

啮合传动减速器的箱体可以通过铸造、焊接和机械加工等方法制造。铸造方法适用于大批量生产的箱体，其优点是能够实现复杂的形状，适应高强度需求；焊接方法适合中小批量生产，具有灵活性高、成本较低的特点，但焊接部位可能存在残余应力；机械加工通常用于少量或特殊需求的减速器箱体，可以保证较高的加工精度。在设计时，采用铸造的箱体通常需要设计足够的加强筋以提高强度；焊接箱体需要考虑焊缝布局和应力分布以减少变形；机械加工箱体则需关注结构的简化以降低加工难度和成本。

2、为什么一般对一根轴上的滚动轴承，选用的两套轴承外径大小要一样？



对同一根轴上的滚动轴承选用外径相同的两套轴承,主要是为了简化设计、制造和安装过程。相同外径可以使轴承座的结构设计更加统一,减少加工和装配中的误差。此外,外径相同的轴承可以均匀分布载荷,避免因尺寸差异引起的受力不均,进而提高轴承的使用寿命和运行稳定性。同时,这样的选择也有利于备件管理,降低备件种类和库存成本,提高维修效率。

### 3、在何种场合采用滚动轴承?在哪些场合又要选用滑动轴承?

滚动轴承适用于高转速、轻载荷和需要快速启动或停止的场合,如电机、机床主轴、汽车轮毂等。其优点是摩擦系数小、传动效率高、维护方便,但承载能力有限,且在高冲击载荷或极端环境下性能可能受到影响。滑动轴承适用于低速、重载荷或冲击载荷较大的场合,如大型机械设备、船舶推进器 and 高温环境中。滑动轴承具有良好的减振能力和耐冲击性能,能够适应复杂工况,但摩擦力较大,润滑条件对其性能影响显著,需要良好的润滑系统支持。根据具体的使用需求,可以合理选择滚动轴承或滑动轴承,以满足设备性能和经济性的要求。