



齐鲁工业大学 (山东省科学院)
QILU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SHANDONG ACADEMY OF SCIENCES

实验指导书

学院名称	机械与汽车工程学院
课程名称	机械设计基础
开课系（教研室）	机械设计系
执笔人	薛云娜
审定人	王宝林
修（制）订日期	2020年

目 录

实验一、机构运动简图测绘及分析实验.....	1
实验二、齿轮范成及齿轮参数测绘实验.....	9
实验三、机械原理认知实验.....	15
实验四、机械零件认知实验.....	17
实验五、轴系结构设计实验.....	25
实验六、减速器拆装与分析实验.....	31

实验一 机构运动简图测绘及分析实验

一、实验目的

熟悉机构运动简图的绘制方法，掌握从实际机构中测绘机构运动简图的技能；巩固机构结构分析原理及自由度计算方法。

二、实验设备及工具

1. 测绘用四种机构实物模型；
2. 测量用尺、分规、铅笔及草稿纸。

三、实验原理

机构运动简图的常用符号如图 1-1 至图 1-4 所示（详见《机械制图》GB4460—84“机构运动简图符号”）。

(1) 转动副，如图 1-1 所示。

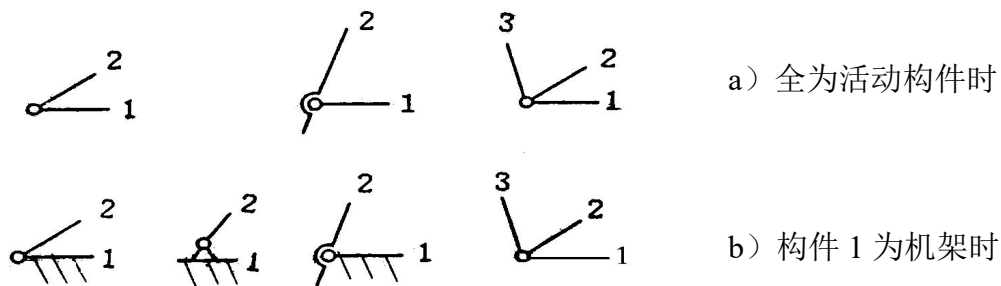


图 1-1 转动副

(2) 移动副，如图 1-2 所示。

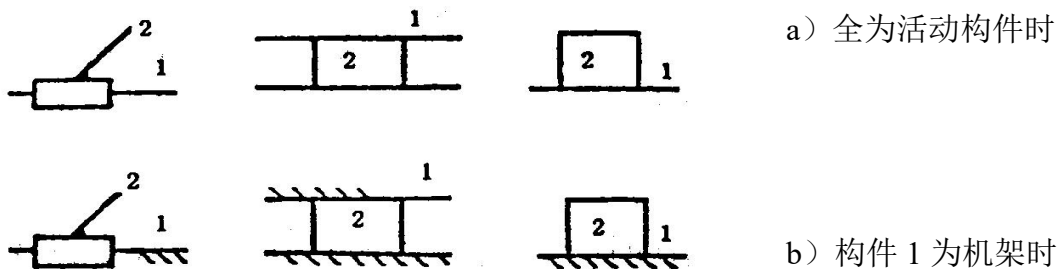


图 1-2 移动副

(3) 高副，如图 1-3 所示。

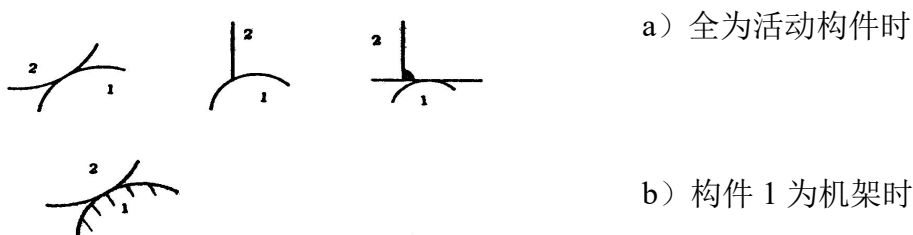


图 1-3 高副

(4) 构件图例，如图 1-4 所示

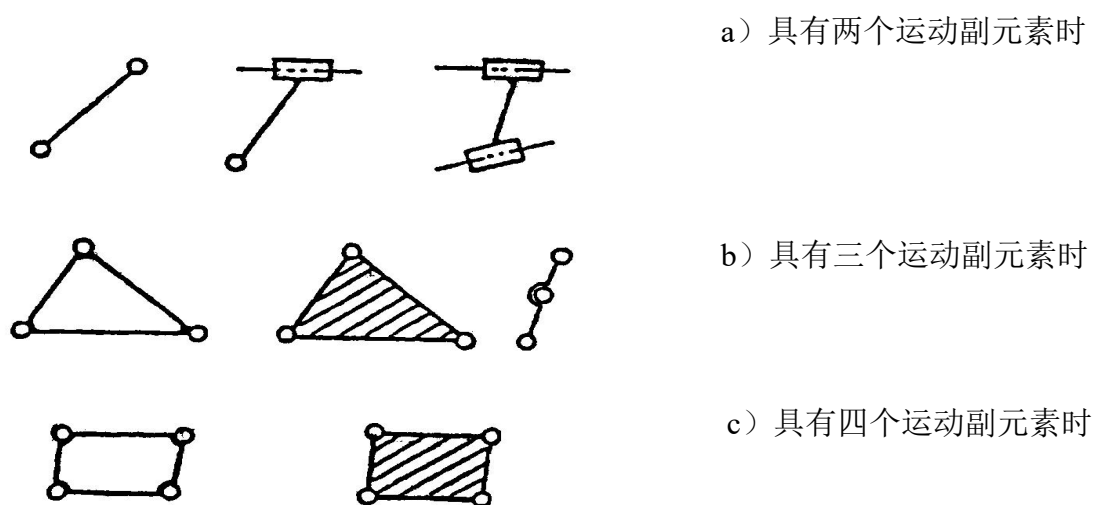


图 1-4 构件图例

2、实验原理

机构各部分的运动，是由其原动件的运动规律、该机构中各运动副的类型（高副、低副，转动副、移动副等）和机构的运动尺寸来决定的，而与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目及固联方式等无关。所以，只要根据机构的运动尺寸，按一定的比例尺定出各运动副的位置，就可以用运动副的代表符号和简单的线条把机构的运动简图作出来。

正确的机构运动简图中各构件的尺寸、运动副的类型和相对位置以及机构组成形式应与原机构保持一致，从而保证机构运动简图与原机构具有完全相同的运动特性，以便根据该图对机构进行运动及动力分析。

所谓机构运动简图就是从运动的观点出发，用规定的符号和简单的线条按一定的尺寸比例来表示实际机构的组成及各构件间相对运动关系。

3、绘制机构运动简图的方法及步骤

(1) 分析机构的实际构造和运动情况

任选原动件并缓慢转动，根据各构件之间有无相对运动，分清机构是由哪些构件组成的；按照机构运动的传递顺序，仔细观察各构件之间相对运动的性质，从而确定运动副的类型和数目。

(2) 合理选择投影面和原动件位置，作机构示意图

选择恰当的投影面，一般选择与大多数构件的运动平面相平行的平面为视图平面；合理选择原动件的一个位置，以便简单清楚地将机构的运动情况正确地表达出来。

撇开各构件的具体结构形状，找出每个构件上的所有运动副，用简单的线条联接该构件上的所有运动副元素来表示每一个构件。即用简单的线条和规定符号来代表构件和运动副，从而在所选投影面上作出机构的示意图。

(3) 计算机构的自由度并检验机构示意图是否正确

a、机构自由度计算公式： $F=3n-2P_L-P_H$

式中： n ——机构活动构件数

P_H ——平面低副个数

P_L ——平面高副个数

b、核对计算结果

机构具有确定运动的条件为：机构的自由度大于零且等于原动件数。因本实验中各机构模型均具有确定的运动，故各机构计算自由度应与其原动件数相同：否则说明所作示意图有误，应对机构重新进行分析、作示意图。

注意：转动副和移动副虽同为低副，但因其运动性质不同，在作示意图时一定不能混淆互换。可单单通过自由度计算，又不能发现转动副与移动副相混淆的错误情况，故应将所作图中的各运动副类型与原机构进行逐一核对检查。

(4) 量取运动尺寸

运动尺寸是指与机构运动有关的、能确定各运动副相对位置的尺寸。在原机构上量取机构的运动尺寸，并将这些尺寸标注在机构示意图上。

(5) 绘制机构运动简图

选取适当的长度比例尺，依照机构示意图，按一定顺序进行绘图，并将比例尺标注在图上，即为机构运动简图。

长度比例尺的意义如下：
$$\mu_l = \frac{\text{实际长度(m)}}{\text{图示长度(mm)}}$$

例如：某构件的长度 $L_{AB}=1\text{m}$ ，绘在图上的长度 $AB=1000\text{mm}$ ，则长度比例尺为：

$$\mu_l = \frac{L_{AB}}{AB} = \frac{1}{1000} = 0.001 \frac{\text{m}}{\text{mm}}$$

(6) 标注比例尺和运动尺寸，画斜线表示机架，在原动件上画箭头表示运动方向。

四、例题

绘制出偏心轮机构的运动简图，并计算其自由度。

1、选择手柄作为原动件并缓慢转动，根据各构件之间有无相对运动，分清机构是由哪些构件组成的。在图 1-5 (a) 中，机构由 1—机架，2—手柄（即曲柄，本例中取为原动件），3—连杆，4—滑块（即从动件）组成。

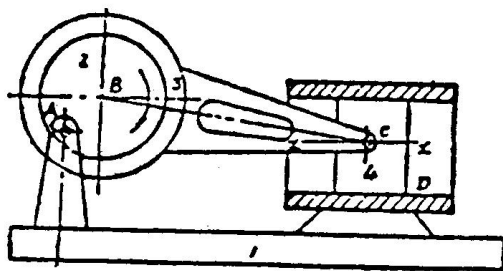


图 1-5 (a)

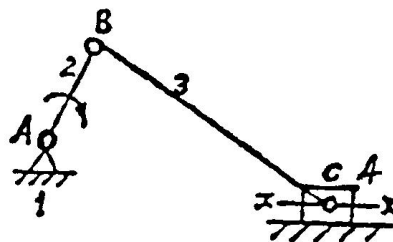


图 1-5 (b)

2、从原动件开始，按照机构运动的传递顺序，仔细观察各构件之间相对运动的性质，确定运动副的类型和数目。在图 1-5 (a) 中，曲柄 2 为原动件，则运动传递顺序为：曲柄 2，连杆 3，滑块 4。回转件的回转中心是相对回转表面的几何中心，而构件 2 可以绕构件 1 的偏心轴 A 作相对转动，故构件 3 与构件 2 在 B 点处也组成转动副；构件 4 与构件 3 在 C 点处又组成转动副；构件 4 沿 X-X 方向在构件 1 上作相对直线运动，组成移动副。

3、合理选择原动件的一个位置，以便简单清楚地将机构的运动情况正确地表达出来，如图 1-5 (b) 所示，用规定的符号和简单的线条画出机构的示意图。

4、计算机构自由度

(1) 机构自由度计算公式： $F=3n-2P_L-P_H$

本例所作示意图中， $n=3$ ， $P_L=4$ ， $P_H=0$ ，代入上式得：

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times 2-2\times 4-0=1$$

(2) 核对计算结果

观察各构件的运动可知该机构的运动是确定的，则机构的自由度应大于零且等于原动件数，计算得： $F=1$ =原动件数，从而验证以上所作机构示意图的正确性。

5、量取运动尺寸

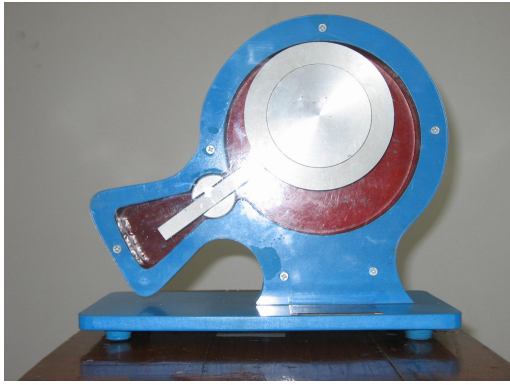
在构件 2、3 上分别量取两相邻转动副中心之间的距离 L_{AB} 、 L_{BC} ；量取转动副 A 到滑块运动轨迹 X-X 之间的距离，并将所量尺寸标注在机构示意图上。

6、作图（略）

五、实验内容

1. 选择六种实际机械模型，顺序测量各运动副间的相对位置，绘制机构运动简图。
2. 计算上述实物或模型的机构自由度，并验证其运动是否确定。
3. 分析并研究现实生活和工业生产中有哪一些机构？在实验报告中罗列出他们的名称、工作原理和功能。
4. 完成实验报告。

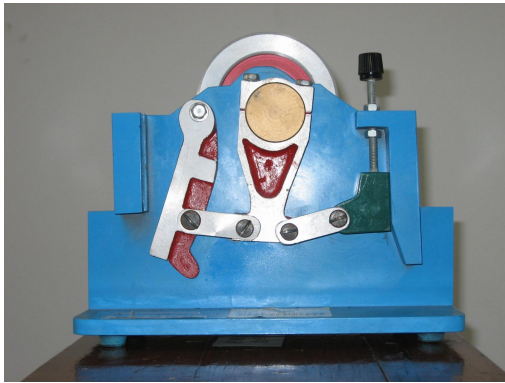
机械模型：



附图 1-1



附图 1-2



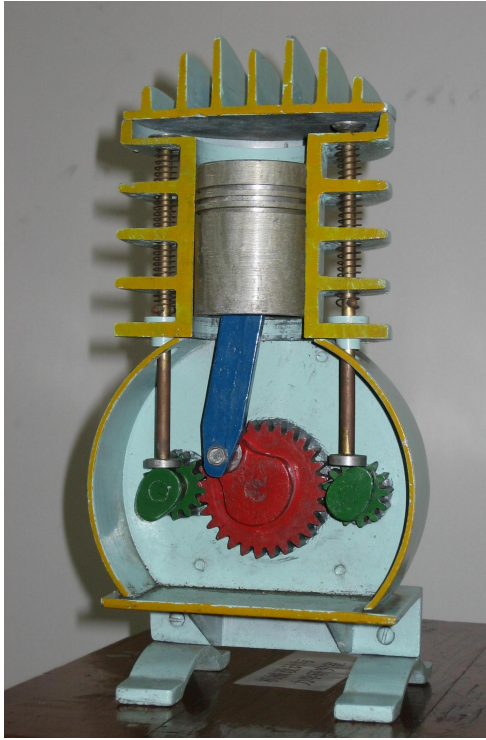
附图 1-3



附图 1-4



附图 1-5



附图 1-6



附图 1-7

实验一 机构运动简图测绘及分析实验报告

姓名：_____ 班级：_____ 学号：_____ 成绩：_____

同组者姓名：_____ 日期：_____

一、实验目的

二、所测绘机构的立体结构图、机构运动简图及自由度计算结果

1、

2、

3、

4、

5、

6、

三、思考题

1、机构运动简图应包括哪些内容？

2、原动件选取不同、原动件位置不同对绘制机构运动简图有什么影响？

3、在绘制机构运动简图时，应标注哪些尺寸？

4、现实生活和工业生产中还有哪些称之为机构？分别对其进行描述。

实验二 齿轮范成和齿轮参数测绘实验

一、实验目的

1. 掌握范成法切制渐开线齿轮的原理，观察齿轮渐开线齿廓及齿根过渡曲线的形成过程。
2. 了解齿轮轮齿的根切现象，产生的原因和发生根切后的齿形。
3. 了解应用变位法避免根切及变位后所范成的齿形。
4. 比较标准齿轮和变位齿轮的异同点。

二、实验设备与工具

1. 齿轮范成仪
2. 学生自备计算器、圆规、三角尺、两支不同颜色的铅笔或圆珠笔；A4 绘图纸一张
3. 剪刀

三、实验原理和实验方法

范成法是利用一对齿轮相互啮合时其共轭齿廓互为包络线的原理加工轮齿的一种方法。加工时，其中一轮为刀具，另一轮为轮坯，二者相对滚时，好像一对齿轮互相啮合传递运动一样；同时刀具还沿轮坯的轴向作切削运动，最后在轮坯上被加工出来的齿廓就是刀具刀刃在各个位置的包络线。为了看清楚齿廓形成的过程，可以用图纸作轮坯。在不考虑切削和让刀运动的情况下，刀具与轮坯相对滚动时，刀刃在图纸上所引出的各个位置的包络线，就是被加工齿轮的曲线。目前生产中大量使用渐开线齿轮，故刀具轮廓必然亦为渐开线。

由于在实际加工时，看不到刀具刀刃在各个位置形成包络线的过程，故通过齿轮范成仪来实现轮坯与刀具间的传动过程，并用笔将刀具刀刃的各个位置画在图纸上，这样我们就能清楚地观察到齿轮范成的过程。

齿轮范成仪的结构简图如图 2-1 所示，所用刀具为渐开线齿条刀 2，刀具用螺母 7 固定在溜板 3 上，可随溜板 3 一起在导轨内左右移动。圆盘 4 相当于被加工的毛坯，并绕着固定铰链回转，为保持齿条刀和被加工齿轮间的固定速比关系（齿条刀的移动速度 = 被加工齿轮的分度圆线速度），圆盘 4 和溜板 3 之间用二条钢带 6 来传动。

在范成仪中，齿条插刀的已知参数是：压力角 α ；齿顶高系数 h^* ；径向间隙系数 c^* ；模数 m ；被加工齿轮分度圆 $d(mZ)$ 。当切削标准齿轮时，将刀具中心线调节至与被加工齿轮分度圆相切的位置（或使刀具的齿顶与被加工齿轮的齿根圆相切）；当加工正移距修正齿轮时，要重新调节刀具中线的位置，其移距值 x_m 由横拖板端面上的刻度读出（或使刀具的齿顶与变位齿轮的齿根圆相切）。

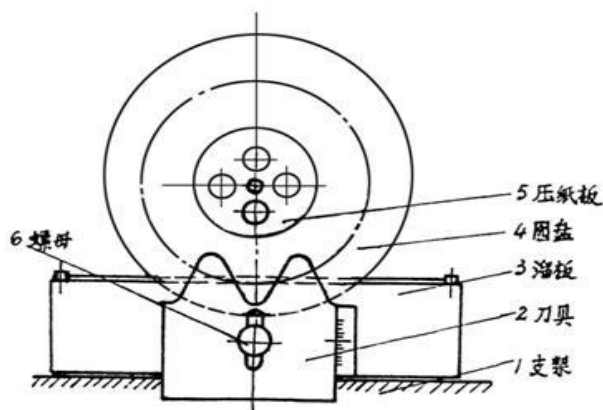


图 2-1 齿轮范成仪的构造

四、实验步骤

1. 根据已知刀具的模数 m 、压力角 α 和被加工齿轮的齿数 Z ，计算被加工的标准齿轮与移距修正齿轮的分度圆、基圆、根圆及顶圆大直径。

2. 将上述各圆分别画在绘图纸上（只画半圆即可），然后将纸剪成比最大的顶圆直径略大 1-2 毫米的半圆形作为轮坯。

3. 把代表轮坯的图纸放在圆盘上，将刀具移至机架的正中位置，使半圆正对刀具，将图纸中心与圆盘中心对准后用压环 7 压住。

4. 对刀：即调节刀具中心线，使在切削标准齿轮时，刀具分度线与被加工齿轮的分度圆相切（或刀具齿顶与轮坯根圆向切）。

5. 切削齿廓时，先将刀具推至范成仪的一端，然后每当向另一端移动一个小的距离时(2-3 毫米)，即在代表轮坯的图纸上用笔画出刀刃的齿廓线(代表已切去)，直到形成 2-3 个完整的轮齿时为止。

在上述过程中应注意轮坯上齿廓形成的过程。

6. 观察标准渐开线齿廓有无根切现象。如有根切则分析其原因。

7. 根据你所确定的移距系数 x 和移距量 x_m ，在同一张标准渐开线齿廓上，重新调节刀具（先外移 x_m ），使在切削正变位齿轮和负变位齿轮时的位置上，重复步骤 4，用另一种颜色的笔画刀具刀刃齿廓线，也形成 2-3 个完整齿为止。

8. 比较所得标准齿轮、正变位齿轮和负变位齿轮的齿厚、齿间距、周节、齿顶厚、根圆、顶圆、分度圆和基圆相对变化的特点。

五、实验要求

(1) 认真预习实验指导书；

(2) 计算好标准、正变位、负变位三种齿形的齿顶圆、齿根圆、分度圆和基圆直径并且把各圆画在图纸上（如图 2-2 缩小图所示三等分）；

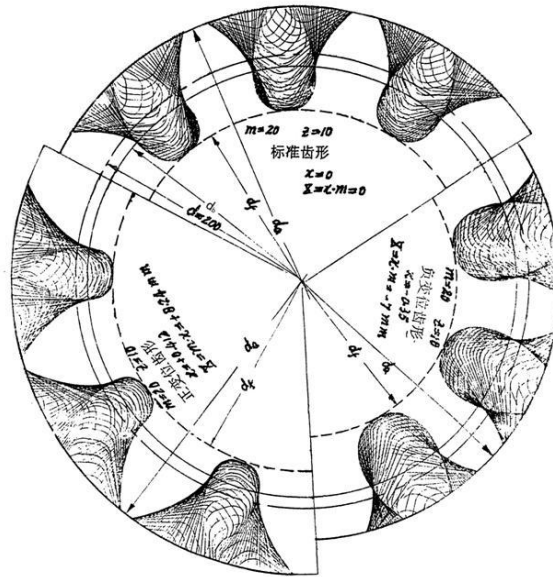


图 2-2 齿形齿 (缩小)

由于 $z=10$ ，标准齿轮产生根切，（图示的黑影部分）故负变位齿形产生更严重的根切现象，工程上不产生此种齿形！

六、思考题

1. 什么叫正变位？什么叫负变位？
2. 正变位、负变位过大的齿轮会出现哪些不良现象？
3. 为什么齿条刀具能切出齿轮的渐开线齿廓？

4. 通过实验说明观察到的根切现象是怎样的？是由于什么原因？根切现象发生在基圆内还是发生在基圆之外？避免根切的方法有哪些？

实验二 齿轮范成和齿轮参数测绘实验报告

姓名：_____ 班级：_____ 学号：_____ 成绩：_____

同组者姓名：_____ 日期：_____

一、原始数据

组别	齿条刀具基本参数				被加工齿轮的参数	
	m	α	h_a^*	c^*	齿数	分度圆直径 d (mm)
A	20	20°	1	0.25	10	

二、齿轮几何参数计算

序号	项目名称	计算公式	计算结果			结果比较	
			标准齿轮	正变位	负变位	正变位	负变位
1	最小变位系数	$x_{\min} = h_a^* \frac{z_{\min} - z}{z_{\min}}$					
2	实取变位系数	x					
3	分度圆半径	$r = mz / 2$					
4	基圆半径	$r = mz \cos \alpha / 2$					
5	齿顶高	$h_a = (h_a^* + x)m$					
6	齿根高	$h_f = (h_a^* + c^* - x)m$					
7	全齿高	$h = h_a + h_f$					
8	齿顶圆半径	$r_a = r + h_a$					
9	齿根圆半径	$r_f = r - h_f$					
10	分度圆齿距	$p = \pi m$					
11	分度圆齿厚	$s = \frac{1}{2} \pi m + 2xm \tan \alpha$					
12	分度圆齿槽宽	$e = p - s$					
13	齿顶圆齿厚	$s_a = r_a s / r$					
14	基圆齿厚	$s_b = s \cos \alpha + d_b \text{inv} \alpha$					

注：在结果比较栏，尺寸比标准齿轮大的填入“+”号，小的填入“-”号，一样的填入“0”

三、附绘制的齿廓图（注上有关的尺寸）

四、思考题

实验三、机械原理认知实验

一、实验目的

1. 了解《机械设计基础》课程所研究的各种常用机构的类型、特点及应用。
2. 了解各种机构中的构件和运动副。
3. 了解各种机构的特点及应用。
4. 增强对各种机构的组成及机构应用的感性认识。

二、实验方法

学生通过对实验指导书的学习及“机构展示陈列柜”中的各种机构的展示，实验教学人员的介绍、答疑及同学的观察去认识常见机构及其组成，使理论与实际对应起来，从而增强同学对各种不同机构的感性认识，并通过展示的机构、机器模型等，使学生清楚知道机构的基本组成要素—构件和运动副。

三、实验内容

- 1、观察 10 个“机构展示陈列柜”；
- 2、分析陈列柜中所展示机构的类型和特点；
- 3、分析陈列柜中各大类机构的名称、功能、工作原理及构件组成；
- 4、记录展示陈列柜中的机构名称、特点和应用，并记录在实验报告上。

四、注意事项

不要用力拉扯构件与构件之间的连接运动副，以免损坏连接甚至机构。

实验三、机械原理认知实验报告

姓名：_____ 班级：_____ 学号：_____ 成绩：_____

同组者姓名：_____ 日期：_____

一、实验目的

二、实验内容

三、实验结果

- 1、什么是机器、机构？
- 2、什么是运动副？
- 3、铰链四杆机构有哪些基本形式及特性？
- 4、铰链四杆机构的曲柄存在条件是什么？
- 5、何谓机构运动简图？
- 6、凸轮机构有哪些基本形式及主要组成部分？
- 7、齿轮机构有哪些类型和各自有什么特点？
- 8、齿轮的基本参数有哪些？
- 9、什么是定轴轮系、周转轮系？
- 10、间歇机构有哪些基本类型？

实验四 机械零件认知实验

一、实验目的

1. 了解《机械设计》课程所研究的各种常用零件的结构、类型、特点及应用。
2. 了解各种标准件的结构形式及相关的国家标准。
3. 了解各种传动的特点及应用。
4. 增强对各种零部件的结构及机器的感性认识。

二、实验方法

学生通过对实验指导书的学习及“机械零件陈列柜”中的各种零件的展示，实验教学人员的介绍、答疑及同学的观察去认识机器常用的基本零件，使理论与实际对应起来，从而增强同学对机械零件的感性认识。并通过展示的机械设备、机器模型等，使学生清楚知道机器的基本组成要素—机械零件。

三、实验内容

（一）螺纹联接

螺纹联接是利用螺纹零件工作的，主要用作紧固零件。基本要求是保证联接强度及联接可靠性，同学们应了解如下内容：

1. 螺纹的种类：常用的螺纹主要有普通螺纹、梯形螺纹、矩形螺纹和锯齿螺纹。前者主要用于联接，后三种主要用于传动。除矩形螺纹外，都已标准化。除管螺纹保留英制外，其余都采用米制螺纹。

2. 螺纹联接的基本类型：常用的有普通螺栓联接，双头螺柱联接、螺钉联接及紧定螺钉联接。除此之外，还有一些特殊结构联接。如专门用于将机座或机架固定在地基上的地脚螺栓联接，装在大型零部件的顶盖或机器外壳上便于起吊用的吊环螺钉联接及应用在设备中的 T 型槽螺栓联接等。

3. 螺纹联接的防松：防松的根本问题在于防止螺旋副在受载时发生相对转动。防松的方法，按其工作原理可分为摩擦防松、机械防松及铆冲防松等。摩擦防松简单、方便，但没有机械防松可靠。对重要联接，特别是在机器内部的不易检查的联接，应采用机械防松。常见的摩擦防松方法有对顶螺母，弹簧垫圈及自锁螺母等；机械防松方法有开口销与六角开槽螺母、止动垫圈及串联钢丝等；铆冲防松主要是将螺母拧紧后把螺栓末端伸出部分铆死，或利用冲头在螺栓末端与螺母的旋合处打冲，利用冲点防松。

4. 提高螺纹联接强度的措施

通过参观螺纹联接展柜，同学应区分出：①什么是普通螺纹、管螺纹、梯形螺纹和锯齿螺纹；②能认识什么是普通螺纹、双头螺纹、螺钉及紧定螺钉联接；③能认识摩擦防松与机械防松的零件。

（二）标准联接零件

标准联接零件一般是由专业企业按国标（GB）成批生产，供应市场的零件。这类零件的结构形式和尺寸都已标准化，设计时可根据有关标准选用。通过实验学生们要能区分螺栓与螺钉；能了解各种标准化零件的结构特点，使用情况；了解各类零件有哪些标准代号，以提高学生们对标准化意识。

1. 螺栓：一般是与螺母配合使用以联接被联接零件，无需在被联接的零件上加工螺纹，其联接结构简单，装拆方便，种类较多，应用最广泛。

2. 螺钉：螺钉联接不用螺母，而是紧定在被联接件之一的螺纹孔中，其结构与螺栓相同，但头部形状较多以适应不同装配要求。常用于结构紧凑场合。

3. 螺母：螺母形式很多，按形状可分为六角螺母、四方螺母及圆螺母；按联接用途可分为普通螺母，锁紧螺母及悬置螺母等。应用最广泛的是六角螺母及普通螺母。

4. 垫圈：垫圈种类有平垫、弹簧垫圈及锁紧垫圈等。平垫圈主要用于保护被联接件的支承面，弹簧垫圈及锁紧垫圈主要用于摩擦和机械防松场合，国家标准可参考有关设计手册或教科书。

5. 挡圈：常用于轴端零件固定之用。

以上零件的国家标准可参考有关设计手册或教科书。

（三） 键、花键及销联接

1. 键联接：键是一种标准零件，通常用来实现轴与轮毂之间的周向固定以传递转矩，有的还能实现轴上零件的轴向固定或轴向滑动的导向。其主要类型有：平键联接、楔键联接和切向键联接。各类键使用的场合不同，键槽的加工工艺也不同。可根据键联接的结构特点，使用要求和工作条件来选择，键的尺寸则应符合标准规格和强度要求。国家标准可参考有关设计手册或教科书。

2. 花键联接：花键联接是由外花键和内花键组成，可用于静联接或动联接。适用于定心精度要求高、载荷大或经常滑移的联接。花键联接的齿数、尺寸，配合等均按标准选取。按其齿形可分为矩形花键（GB1144）和渐开线形花键（GB3478.1），前一种由于多齿工作，承载能力高、对中性好、导向性好、齿根较浅、应力集中较小、轴与毂强度削弱小等优点，广泛应用在飞机、汽车、拖拉机、机床及农业机械传动装置中；渐开线花键联接，受载时齿上有径向力，能起到定心作用，使各齿受力均匀，有承载强度大、寿命长等特点，主要用于载荷较大、定心精度要求较高以及尺寸较大的联接。

3. 销联接：销主要用来固定零件之间的相对位置时，称为定位销，它是组合加工和装配时的重要辅助零件；用于接接时，称为联接销，可传递不大的载荷；作为安全装置中的过载剪断元件时，称为安全销。

销有多种类型，如圆锥销、槽销、销轴和开口销等，这些均已标准化。

各种销都有各自的特点，如：圆柱销多次拆装会降低定位精度和可靠性；锥销在受横向力时可以自锁，安装方便，定位精度高，多次拆装不影响定位精度等。

参观展柜时，同学们要仔细观察以上几种联接的结构，使用场合，并能分清和认识以上各类零件。

（四）机械传动

机械传动有螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动及蜗杆传动等。各种传动都有不同的特点和使用范围，这些传动知识同学们在学习“机械设计”课程中都有详细讲授。在这里主要通过实物观察，增加同学们对各种机械传动知识的感性认识，为今后理论学习及课程设计打下良好基础。

1. 螺旋传动

螺旋传动是利用螺纹零件工作的，作为传动件要求保证螺旋副的传动精度，效率和磨损寿命等。其螺纹种类有矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿螺纹等。按其用途可分传力螺旋、传导螺旋及调整螺旋三种；按摩擦性质不同可分为滑动螺旋、滚动螺旋及静压螺旋等。

滑动螺旋常为半干摩擦，摩擦阻力大、传动效率低（一般为 30~60%）；但其结构简单，加工方便，易于自锁，运转平稳，但在低速时可能出现爬行；其螺纹有侧向间隙，反向时有空行程，定位精度和轴向刚度较差，要提高精度必须采用消除机构。

滚动螺旋因螺旋中含有滚珠或滚子，在传动时摩擦阻力小，传动效率高（一般在 90% 以上）；具有起动力矩小，传动灵活、工作寿命长等优点，但结构复杂制造较难；滚动螺旋具有传动可逆性（可以把旋转运动变为直线运动，也可把直线运动变成旋转运动）。

静压螺旋是为了降低螺旋传动的摩擦，提高传动效率，并增强螺旋传动的刚性的抗振性能，将静压原理应用于螺旋传动中，制成静压螺旋。因为静压螺旋是液体摩擦，摩擦阻力小，传动效率高（可达 99%），但螺母结构复杂。

2. 带传动

带传动是带被张紧（预紧力）而压在两个带轮上，主动轮带轮通过摩擦带动带以后，再通过摩擦带动从动带轮转动。它具有传动中心距大、结构简单、超载打滑（减速）等特点。常有平带传动、V 型带传动，多楔带及同步带传动等。

1) 平带传动结构最简单，带轮容易制造。在传动中心距较大的情况下应用较多；

2) V 型带为一整圈，无接缝，故质量均匀，在同样张紧力下，V 型带较平带传动能产生更大的摩擦力，再加上传动比较大、结构紧凑，并标准化生产，因而应用广泛；

3) 多楔带传动兼有平带和 V 型带传动的优点，柔性好、摩擦力大、能传递的功率大，并能解决多根 V 型带长短不一使各带受力不均匀的问题。主要用于传递功率较大而结构要求紧凑的场合，传动比可达 10，带速可达 40m/s。

4) 同步带是沿纵向制有很多齿，带轮轮面也制有相应齿，它是靠齿的啮合进行传动，具有带与轮轮的速度一致等特点。

3. 链传动

链传动是由主动链轮带动链以后，又通过链带动从动链轮，属于带有中间挠性件的

啮合传动。与属于摩擦传动的带传动相比，链传动无弹性滑动和打滑现象，能保持准确的平均传动比，传动效率高。按用途不同可分为传动链传动、输送链传动和起重链传动。输送链和起重链主要用在运输和起重机械中，而在一般机械传动中，常用的传动链。

传动链有短节距精密滚子链（简称滚子链）、套筒滚子链、齿形链等。

齿形链又称无声链，齿形链传动平稳、无噪声、承受冲击性能好、工作可靠。

链轮是链传动的主要零件，链轮齿形已标准化(GB1244、GB10855)链轮设计主要是确定其结构尺寸，选择材料及热处理方法等。

4. 齿轮传动

齿轮传动是机械传动中最重要的传动之一，型式多、应用广泛。其主要特点是：效率高、结构紧凑、工作可靠、传动稳定等。可做成开式、半开式及封闭式传动。

常用的渐开线齿轮有直齿圆柱齿轮传动、斜齿圆柱齿轮传动、标准锥齿齿轮传动、圆弧齿圆柱齿传动等。齿轮传动啮合方式有内啮合、外啮合、齿轮与齿条啮合等。参观时一定要了解各种齿轮特征，主要参数的名称及几种失效形式的主要特征，使实验在真正意义上的与理论教学产生互补作用。

5. 蜗杆传动

蜗杆传动是在空间交错的两轴间传递运动和动力的一种传动机构，两轴线交错的夹角可为任意角，常用的为 90° 。

蜗杆传动有下述特点：当使用单头蜗杆（相当于单线螺纹）时，蜗杆旋转一周，蜗轮只转过一个齿距，因此能实现大传动比。在动力传动中，一般传动比 $i=5\sim 80$ ；在分度机构或手动机构的传动中，传动比可达 300；若只传递运动，传动比可达 1000。由于传动比大，零件数目又少，因而结构很紧凑。在传动中，蜗杆齿是连续不断的螺旋齿，与蜗轮啮合是逐渐进入与逐渐退出，故冲击载荷小，传动平衡，噪声低。

根据蜗杆形状不同，分为圆柱蜗杆传动，环面蜗杆传动和锥面蜗杆传动。通过实验同学应了解蜗杆传动结构及蜗杆减速器种类和形式。

(五) 轴系零、部件

1. 轴承

轴承是现代机器中广泛应用的部件之一。根据摩擦性质不同轴承分为滚动轴承和滑动轴承两大类。滚动轴承由于摩擦系数小，起动阻力小，而且它已标准化，选用，润滑、维护都很方便，因此在一般机器应用较广。滑动轴承按其承受载荷方向的不同分为径向滑动轴承和止推轴承；按润滑表面状态不同又可分为液体润滑轴承、不完全液体润滑轴承及无润滑轴承(指工作时不加润滑剂)；根据液体润滑承载机理不同，又可分为液体动力润滑轴承(简称液体动压轴承)和液体静压润滑轴承(简称液体静压轴承)。

轴承理论课程，将详细讲授机理、结构、材料等，并且还有实验与之相配合，这次实验主要了解各类轴承的结构及特征，扩大眼界。

2. 轴

轴是组成机器的主要零件之一。一切作回转运动的传动零件(如齿轮、蜗轮等),都必须安装在轴上才能进行运动及动力的传递。轴的主要功用是支承回转零件及传递运动和动力。

按承受载荷的不同,可分为转轴、心轴和传动轴三类;按轴线形状不同,可分为曲轴和直轴两大类,直轴又可分为光轴和阶梯轴。光轴形状简单,加工容易,应力集中源少,但轴上的零件不易装配及定位;阶梯轴正好与光轴相反。所以光轴主要用于心轴和传动轴,阶梯轴则常用于转轴;此外,还有一种钢丝软轴(挠性轴),它可以把回转运动灵活地传到不开敞的空间位置。

(六) 弹簧

弹簧是一种弹性元件,它可以在载荷作用产生较大的弹性变形。在各类机械中应用十分广泛。主要应用于:

1. 控制机构的运动,如制动器、离合器中的控制弹簧,内燃机气缸的阀门弹簧等。
2. 减振和缓冲,如汽车、火车车厢下的减振弹簧及各种缓冲器用的弹簧等。
3. 储存及输出能量,如钟表弹簧,枪内弹簧等。
4. 测量力的大小,如测力器和弹簧秤中的弹簧等。

弹簧的种类比较多,按承受的载荷不同可分为拉伸弹簧、压缩弹簧、扭转弹簧及弯曲弹簧四种;按形状不同又可分为螺旋弹簧、环形弹簧、碟形弹簧、板簧和平面盘簧等。观看时要注意各种弹簧的结构、材料,并能与名称对应起来。

(七) 密封

机器在运转过程中及气动、液压传动中需要润滑剂、气、油润滑、冷却、传力保压等,在零件的接合面、轴的伸出端等处容易产生油、脂、水、气等渗漏。为了防止这些渗漏,在这些地方常要采用一些密封的措施。但密封方法和类型很多,如填料密封,机械密封、O形圈密封,迷宫式密封、离心密封、螺旋密封等。这些密封广泛应用在泵、水轮机、阀、压气机、轴承、活塞等部件的密封中。学生们在参观时应认清各类密封零件及应用场合。

四、实验步骤

1. 按照机械零件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,指导教师做简要讲解;
2. 在听取指导教师讲解的基础上,分组(每2人1组)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。

五、实验要求

课内完成实验内容,课后进行分析比较,写出心得体会,完成实验报告。

实验四 机械零件认知实验报告

姓名：_____ 班级：_____ 学号：_____ 成绩：_____

同组者姓名：_____ 日期：_____

一、实验目的:

二、实验的收获和体会

三、分析或设计熟悉的一个机械部件（复杂程度相当于双级齿轮减速器中的转轴，可以考察现有的各行业的各种机械、查找专业课程教材、机械专业科技期刊、机械设计工程手册，或从网络上下载）。

1. 画出它的装配结构图。
2. 说明机械部件的工作原理或过程。
3. 有哪些联接件、传动件、轴系零部件？分析主要零件的作用和功能。
4. 作用在轴上的力有哪些？是通过哪些零件传递到支承座上的？
5. 轴的支承方式如何选择，轴承内外圈采用什么固定方式？

6. 轴承如何安装和选择？轴承间隙如何调整？

7. 分析轴的结构、工艺性。

8. 轴上零件的、定位、固定方法。

9. 分析机械部件是如何润滑与密封的。

实验五 轴系结构设计实验

一、实验目的

1. 熟悉并掌握轴、轴上零件的结构形式及功用、工艺要求和装配关系；
2. 熟悉并掌握轴及轴上零件的定位与固定方法；
3. 了解轴承的类型、布置、安装和调整方法，以及润滑和密封方式。
4. 培养锻炼学生综合运用所学知识的能力。

二、实验设备

1. 轴系结构设计与分析实验箱。箱内提供可组成圆柱齿轮轴系、小圆锥齿轮轴系和蜗杆轴系三类轴系结构模型的成套零件。
2. 测量及绘图工具。如 300mm 钢板尺、游标卡、内外卡钳、铅笔、三角板等。

三、实验内容

1. 指导教师根据教学要求给每组指定实验内容（圆柱齿轮轴系、小圆锥齿轮轴系和蜗杆分析）；
2. 分析并测绘轴系部件，画出轴系部件；
3. 每人编写出实验报告。

四、实验步骤

1. 明确实验内容，复习轴的结构设计及轴承组合设计等内容；
2. 安装轴系部件；
3. 观察与分析轴系的结构特点；
4. 绘制轴系装配示意图或结构草图；
5. 测量一套轴系的主要装配尺寸（如支承跨距）和零件主要结构尺寸（支座不用测量）；
6. 拆散轴系部件恢复原状，整理工具，实验结束；
7. 根据装配草图和测量数据，绘制轴系部件装配图；
9. 编写实验报告。

五、轴系图

要求尽可能参看教材中有关轴系结构设计方案与分析。图 5-1 至图 5-7 给出了不同轴系结构设计方案。

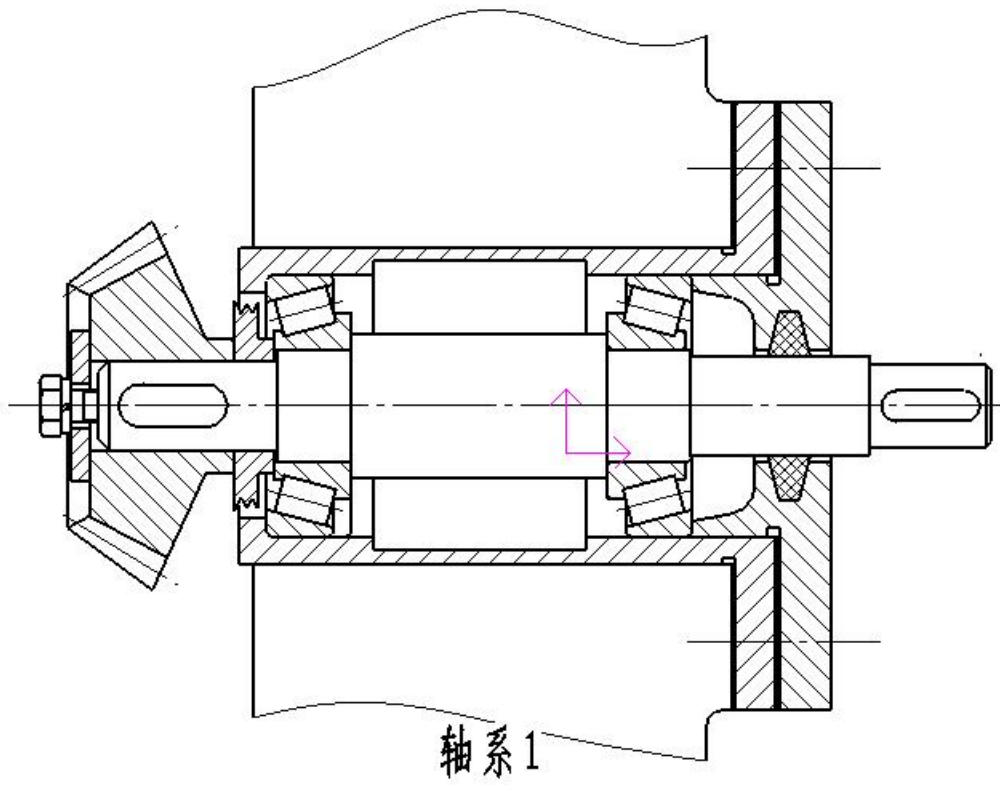


图 5-1 轴系 1

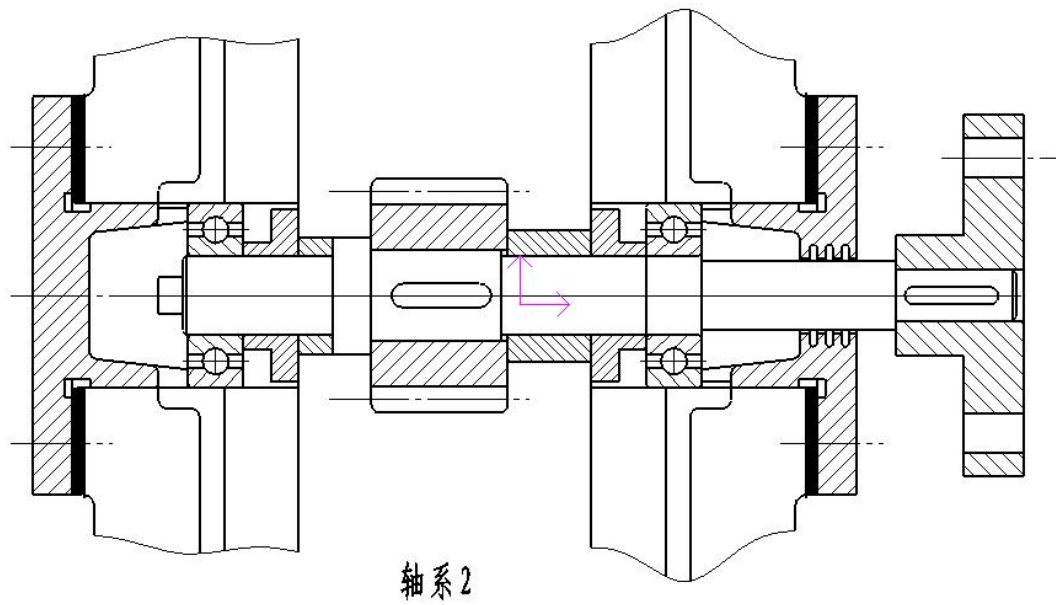


图 5-2 轴系 2

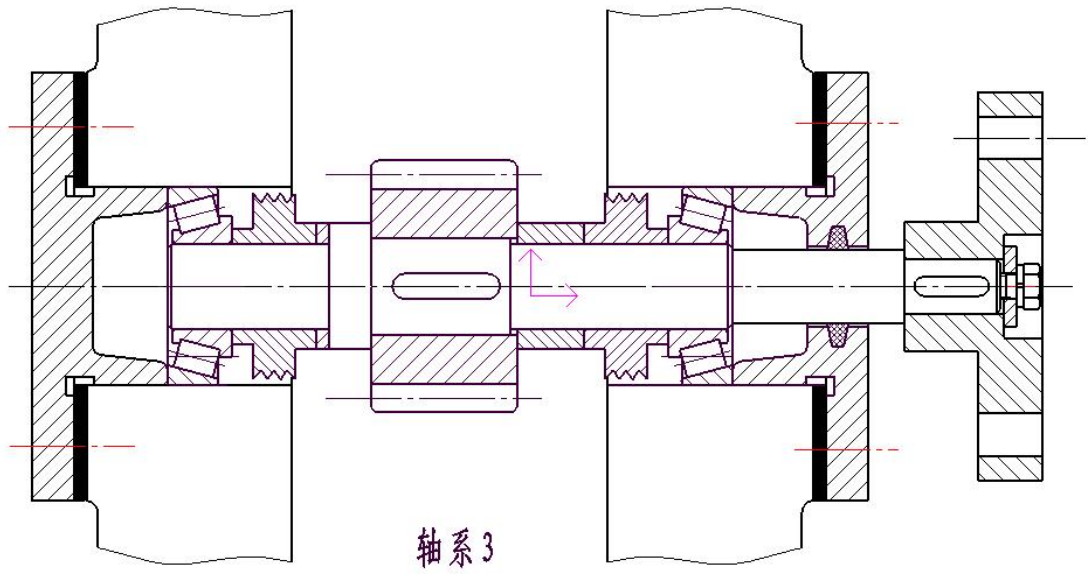


图 5-3 轴系 3

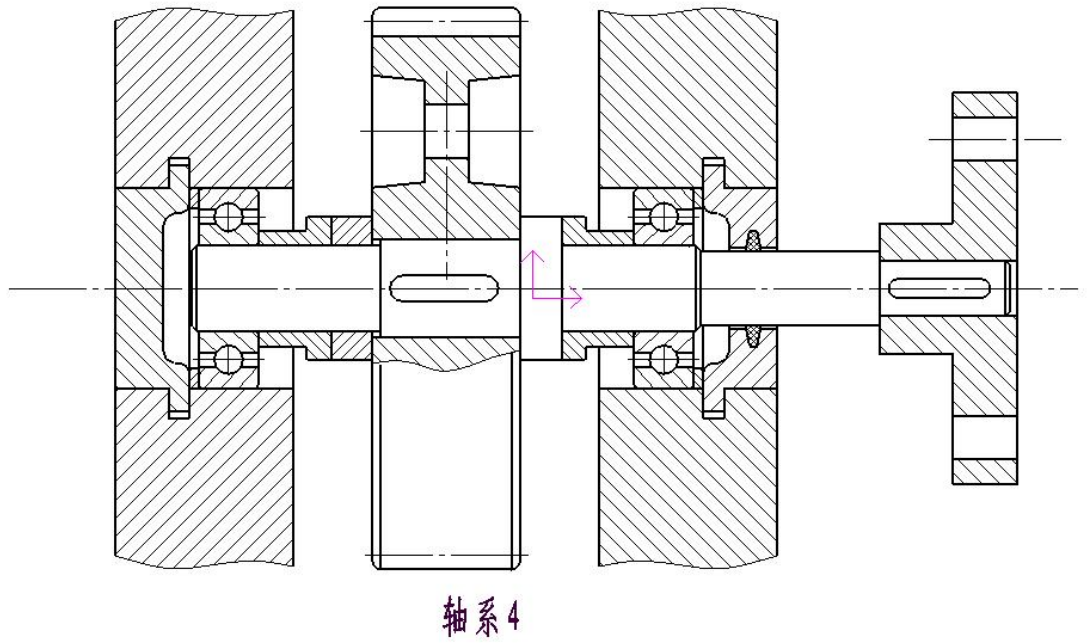
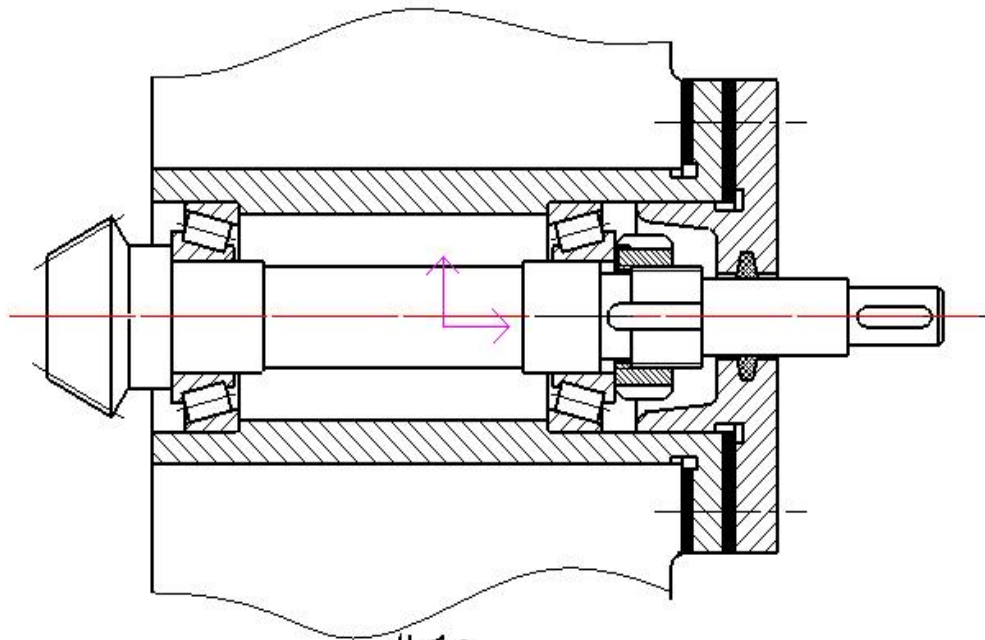
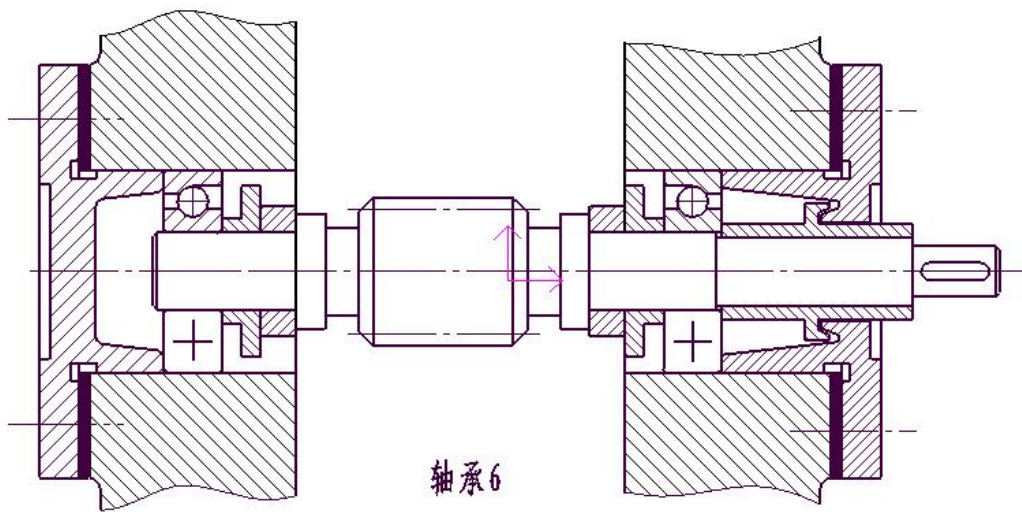


图 5-4 轴系 4



轴系5

图 5-5 轴系 5



轴承6

图 5-6 轴系 6

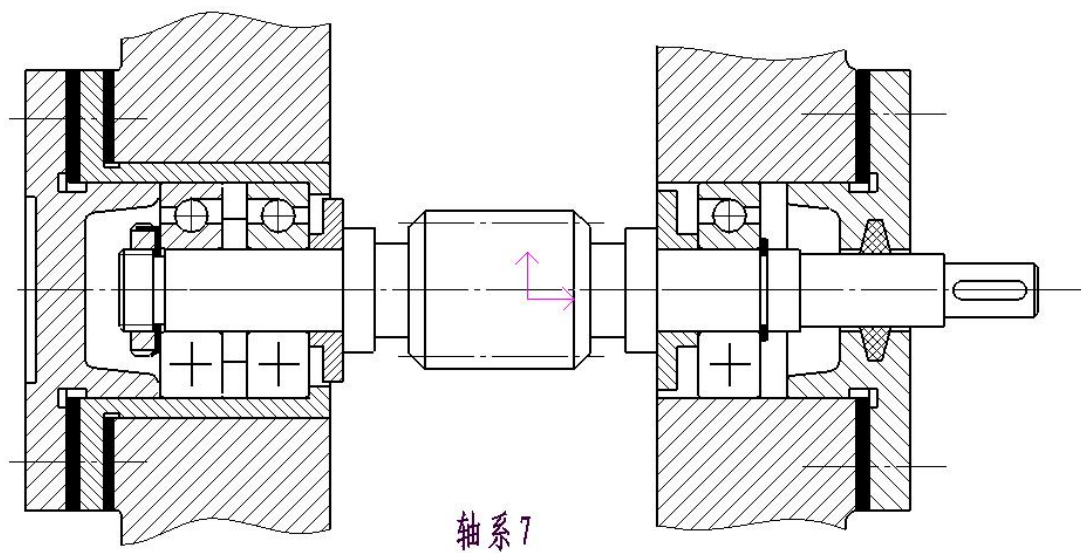


图 5-7 轴系 7

实验五 轴系结构设计实验报告

姓名：_____ 班级：_____ 学号：_____ 成绩：_____

同组者姓名：_____ 日期：_____

一、实验目的

二、实验内容

轴系类型

模型编号

三、实验结果

1 轴系装配图（另附）

2 轴系结构分析（简要说明轴上零件定位固定、滚动轴承安装、调整、润滑与密封等问题）

实验六 减速器拆装与分析实验

一、实验目的

1. 要求了解减速器铸造箱体的结构以及轴和齿轮的结构；
2. 了解轴上零件的定位和固定、齿轮和轴承的润滑、密封以及减速器附属零件的作用、构造和安装位置；
3. 熟悉减速器的拆装和调整过程；
4. 了解拆装工具和结构设计的关系。

二、实验设备

1. 单级圆柱齿轮减速器；
2. 两级三轴线圆柱齿轮减速器；
3. 两级圆锥——圆柱齿轮减速器；
4. 单级蜗杆减速器。

三、拆装工具和测量工具（每组）

1. 活扳手二把；
2. 呆扳手二把；
3. 拉马一只；
4. 银头一把；
5. 内外卡钳各一把；
6. 游标卡尺一把；
7. 钢皮尺一把。

四、实验内容

1. 了解铸造箱体的结构，如图 6-1 所示的单级圆柱齿轮减速器；
2. 观察、了解减速器附属零件的用途、结构和安装位置的要求；
3. 测量减速器的中心距、中心高、箱座上、下凸缘的宽度和厚度、筋板厚度、齿轮端面（蜗轮轮毂）与箱体内壁的距离、大齿轮顶圆（蜗轮外圆）与箱内壁之间的距离、轴承内端面至箱内壁之间的距离等。
4. 观察、了解蜗杆减速器箱体侧面（蜗轮轴向）宽度与蜗杆的轴承盖外圆之间的关系。为提高蜗杆轴的刚度，仔细观察蜗杆轴承座的结构特点。
5. 了解轴承的润滑方式和密封装置，包括外密封的型式。轴承内侧挡油环、封油环的作用原理及其结构和安装位置。
6. 了解轴承的组合结构以及轴承的拆、装、固定和轴向游隙的调整，测绘高速轴及轴承部件的结构图。

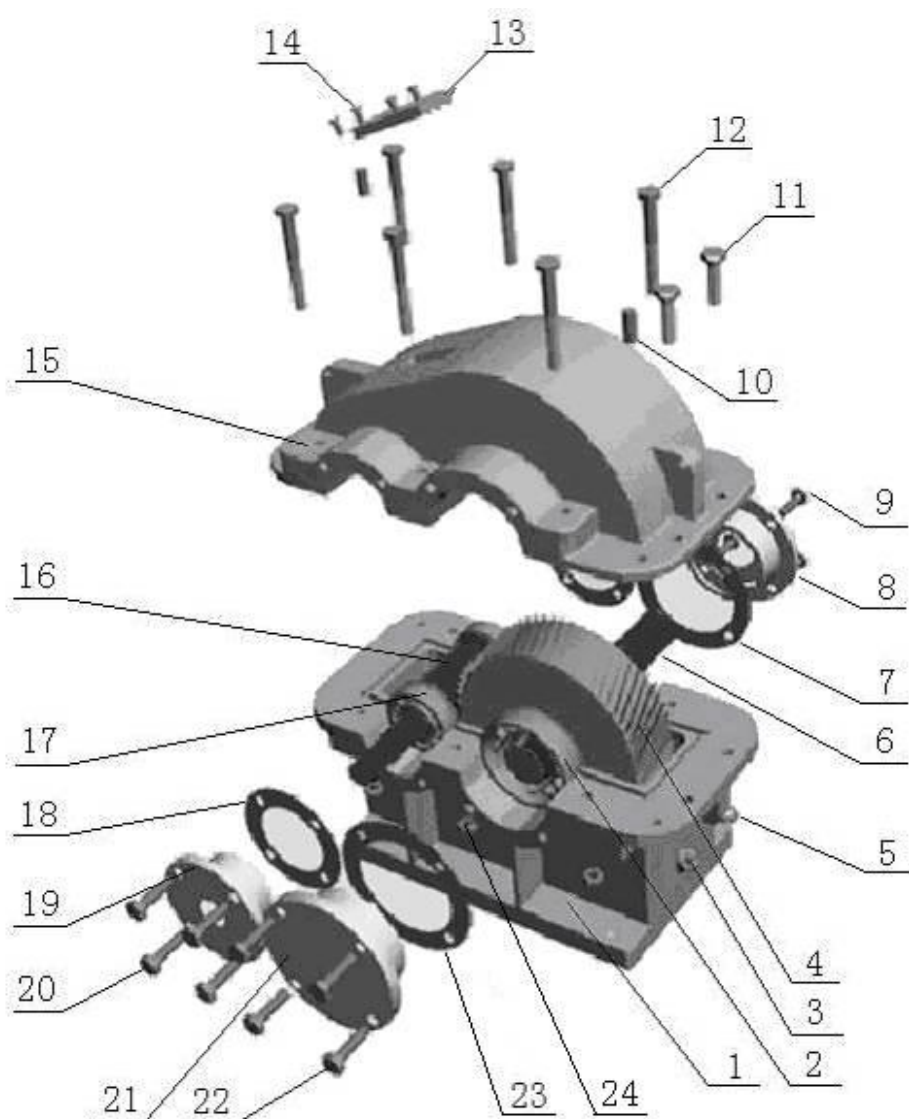


图 6-1 单级圆柱齿轮减速器

- 1.箱体； 2.轴承； 3.放油螺塞； 4.齿轮； 5.油标； 6.轴； 7.垫片；
 8.端盖； 9.螺钉； 10.定位销； 11、12.螺栓； 13.观察孔盖； 14.螺钉； 15.
 箱盖； 16.齿轮轴 17.轴承； 18. 垫片； 19.端盖； 20.螺钉 21. 端盖；
 22. 螺钉； 23. 垫片； 24.螺帽。

五、实验步骤

1. 拆卸

(1) 仔细观察减速器外面各部分的结构，从观察中思考以下问题：如何保证箱体交承具有足够的刚度？轴承座两侧的上下箱体联接螺栓应如何布置？交承该螺栓的凸台高度应如何确定？如何减轻箱体的重量和减少箱体的加工面积？减速器的附件如吊钩、定位销钉、启盖螺钉、油标、油塞、观察孔和通气等各起何作用？其结构如何？应如何合理布置？

(2) 用扳手拆下观察孔盖板，考虑观察孔位置是否恰当，大小是否合适。

(3) 拆卸箱盖。

- a) 用扳手拆下轴承端盖的紧固螺钉。
- b) 用扳手（或套筒扳手）拆卸上、下箱体之间的联接螺栓；拆下定位销钉。将螺钉、螺栓、垫圈、螺母和销钉等放在塑料盘中，以免丢失。然后拧动启盖螺钉卸下箱盖。
- c) 仔细观察箱体内各零部件的结构及位置。对轴向游隙可调的轴承应如何进行调整？轴的热膨胀如何进行补偿？轴承是如何进行润滑的？如箱座的接合面上有油沟，则箱盖应采取怎样的相应结构才能使箱盖上的油进入油沟？油沟有几种加工方法？加工方法不同时，油沟的形状有何异同？为了使润滑油经油沟后进入轴承，轴承盖的结构应如何设计？在何种条件下滚动轴承的内侧要用挡油环或封油环？其作用原理、构造和安装位置如何？
- d) 测量实验内容之 3 所列的有关尺寸。
- e) 卸下轴承盖；将轴和轴上零件随轴一起从箱座取出，按合理的顺序拆卸轴上零件。
- f) 测绘高速轴及其支承部件的结构草图。

2. 装配

按原样将减速器装配好。装配时按先内部后外部的合理顺序进行；装配轴套和滚动轴承时，应注意方向；应注意滚动轴承的合理装拆方法。经指导教师检查后才能合上箱盖。装配上、下箱之间的联接螺栓前应先安装好定位销钉。

六、注意事项

1. 实验前必须预习实验指导书，初步了解有关减速器装配图。
2. 切忌盲目拆装，拆卸前要仔细观察零、部件的结构及位置，考虑好合理的拆装顺序，拆下的零、部件要妥善安放好，避免丢失和损坏。
3. 爱护工具及设备，仔细拆装使箱体外的油漆少受损坏。
4. 认真完成实验报告。

实验六 减速器拆装与设计实验报告

姓名：_____ 班级：_____ 学号：_____ 成绩：_____

同组者姓名：_____ 日期：_____

一、将测得的数据填入下表：

名 称	符 号	数 据(mm)
中心距	a_1	
	a_2	
传动比	i	
模数	m	
中心高	H	
箱座凸缘厚度	b	
箱盖凸缘厚度	b_1	
箱座底凸缘厚度	b_2	
外箱壁至轴承座端面距离	l_1	
地脚螺钉直径	d_f	
轴承旁联接螺栓直径	d_1	
盖与座联接螺栓直径	d_2	
轴承端盖螺钉直径	d_3	
窥视孔盖螺钉直径	d_4	
起盖螺钉直径	d_5	
凸台高度	h	
大齿轮顶圆（蜗轮外圆）与内基壁 距离	Δ_1	
齿轮端面与内箱壁距离	Δ_2	
箱盖、箱座肋厚	$m_1、m_2$	
箱座壁厚	δ	
箱盖壁厚	δ_1	

二、测绘减速器中任一轴及其轴承部件，箱体（轴承座孔）的结构草图，并标注装配图必需的尺寸，如总体尺寸、配合尺寸等，具体可查看装配图的要求。（可另附 A4 号图纸）

三、对拆装的减速器，指出哪些地方不合理并提出改进意见。