

机构运动简图测绘与分析实验

一、实验目的

- 1、通过对一些实物机械的测绘，掌握机构运动简图的测绘方法；
- 2、针对实物机械，熟练掌握机构自由度的计算；
- 3、实验验证机构具有确定运动的条件；
- 4、加深对机构组成的理解。

二、实验原理和方法

1、原理：

由于机构的运动仅与机构中构件的数目和构件所组成的运动副的数目、类型、相对位置有关，因此，在绘制机构运动简图时，可以撇开构件的形状和运动副的具体构造，而用一些简略的符号来代表构件和运动副，并按一定的比例尺绘制各运动副的相对位置，以此表示机构的运动特征。

2、方法：

(1) 测绘时使被测绘的机械缓慢运动，从原动件开始仔细观察机构的运动，分清各个运动单元，从而确定组成机构的构件数目。

(2) 根据相互联接的两构件间的接触情况和相对运动的特点，确定各个运动副的类型。

(3) 在草稿纸上徒手按规定的符号及构件的连接顺序，从原动件开始，逐步画出机构运动简图的草图。用数字 1、2、3、... 分别标注各构件，用字母 A、B、C、... 分别标注各运动副。

(4) 仔细测量与机构运动有关的尺寸，即转动副间的中心距和移动副某点导路的方位线等，选定原动件的位置，并按下式选择一定的比例尺画出正式的机构运动简图。

$$\mu_l = \text{实际长度 (m)} / \text{图形长度 (mm)}$$

三、实验设备和工具

- 1、典型实物机械若干台
- 2、量具
- 3、自备绘图工具

四、实验步骤和要求

- 1、对于指定的几种机械或构件，要求其中至少有两种需按比例尺绘制机构运动简图，其余的可凭目测，使简图与实物大致成比例，这种不按比例尺绘制的简图通常称为机构示意图。
- 2、计算机构自由度，并将结果与实际机构的自由度对照，观察计算结果与实际是否相符。
- 3、对上述机构进行结构分析（高副低代、分离杆组和机构级别等）。

五、思考题

- 1、通过本实验，阐述机构运动简图的内涵。机构运动简图应准确反映实际机构中的哪些内容？
- 2、绘制机构运动简图时，原动件的位置如何确定？是否会影响简图的正确性？
- 3、机构自由度的计算对测绘机构运动简图有何帮助？机构具有确定运动的条件是什么？
- 4、对所测绘的机构能否改进和创意新的机构运动简图？

机构指定设计、组装实验

一、实验目的：

利用机构的构成原理，在“机构组合实验台”上组装出所指定的机构（共计 13 种组装方案），培养机构设计中的分析和实际动手能力。

二、实验设备与工具：

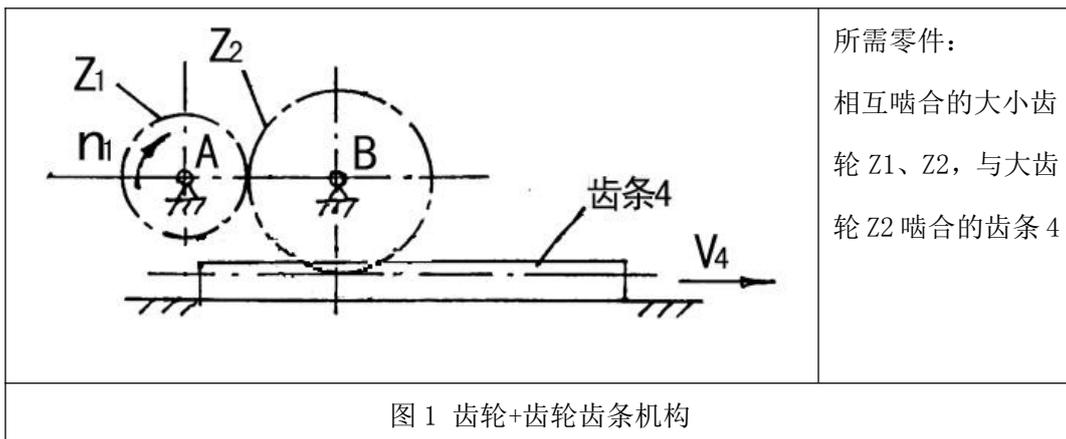
机构组装实验台，拆装工具等。

三、实验步骤和要求：

- 1、选定要组装的机构方案，分析该机构的运动副、运动链、基本杆组、原动件等。
- 2、在所给机构的设计方案中至少选取 2 个方案进行组装。
- 3、对所给的机构的设计方案提出改进意见。写出实验心得、建议和探索。
- 4、组装完成，拍出照片。

四、机构组装方案（共 13 种）

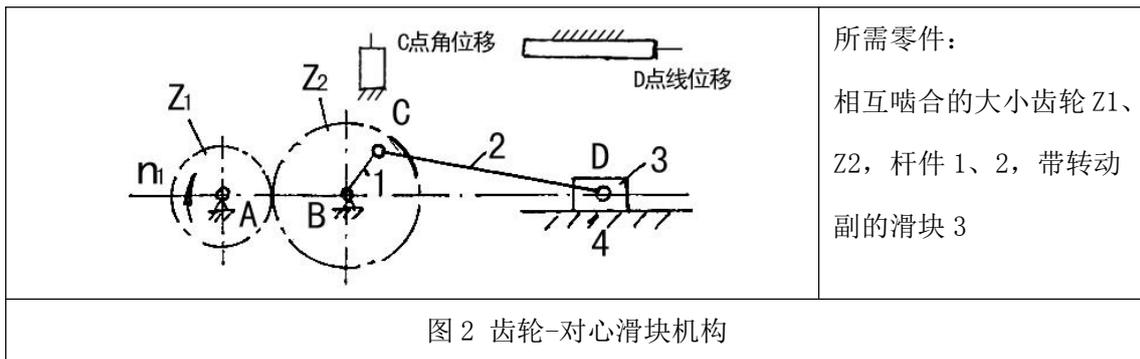
1、齿轮+齿轮齿条机构：



齿轮 Z_1 为主动件，速度为 n_1 ；

$$\left\{ \begin{array}{l} v_4 = \frac{m \cdot \pi}{60} \times \frac{z_1}{z_2} \cdot n_1 \text{ (齿条速度)} \\ \theta_2 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \theta_1 \text{ (单位为弧度)} \\ s_4 = \frac{d_2}{2} \cdot \theta_2 = \frac{m \cdot z_2}{2} \cdot \theta_2 \text{ (齿条位移)} \end{array} \right.$$

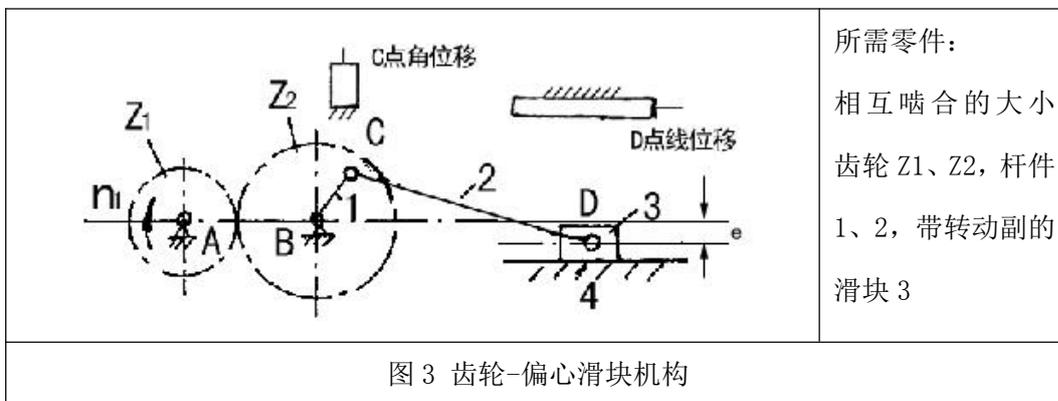
2、齿轮-对心滑块机构：



齿轮 Z_1 为主动件，速度 n_1 ；曲柄 1 与齿轮 2 固联（铰链 C 可直接在齿轮上的不在回转轴线上的圆孔处拼接形成）。滑块导路延长线通过齿轮 2 的回转轴线。

曲柄 1 的尺寸可有两种（即：更换不同的齿轮 2），而连杆 2 的长度则可选择不同长度的连杆形成。

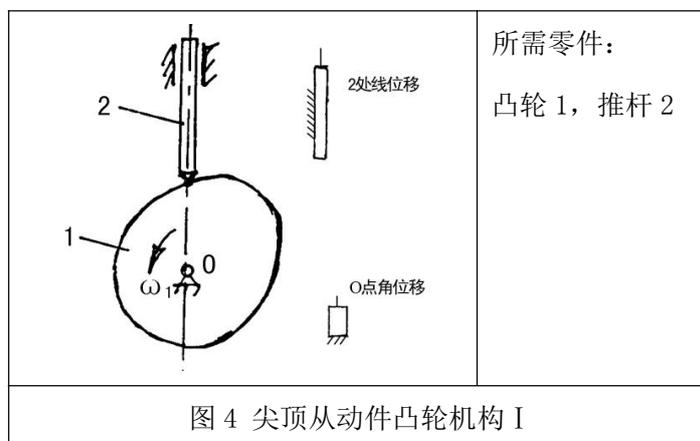
3、齿轮-偏心滑块机构（注意与 2 的区别）



齿轮 Z_1 为主动件，速度为 n_1 ；

结构特点：杆件 L1 与齿轮 Z_2 固联，铰链 C 可直接由齿轮 Z_2 不在圆心上的孔拼接形成；滑块导路延长线与齿轮 2 回转中心偏心距为 e 。曲柄 L1 可用两个不同的尺寸齿轮形成两个尺寸不等的曲柄，连杆 L2 的长度则可选择不同长度的连杆形成。

4、尖顶从动件凸轮机构 I：



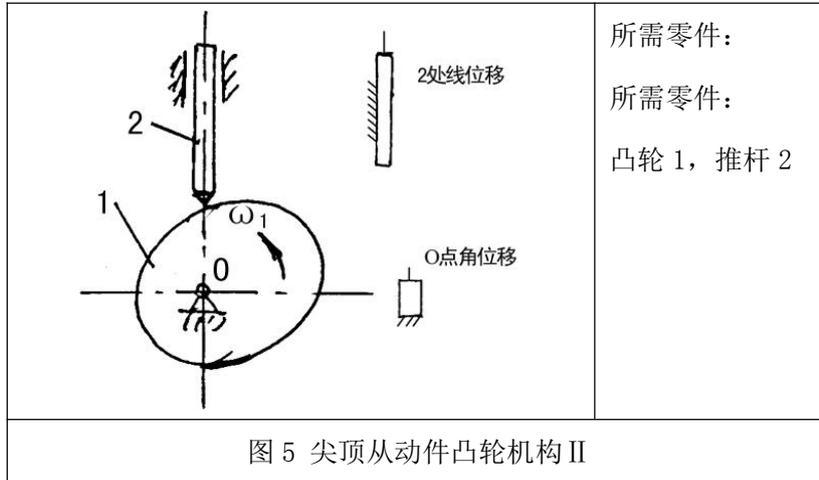
凸轮 1 为主动件，以 ω_1 匀速转动。结构特点：对心移动从动件凸轮机构。凸轮推程为等速运动规律，回程为等加速等减速运动规律，试绘出从动件 2 的位移-凸轮转角曲线，求

出基圆的大小，并绘出外形轮廓。

5、尖顶从动件凸轮机构 II：

凸轮 1 为主动件，以 ω_1 匀速转动。

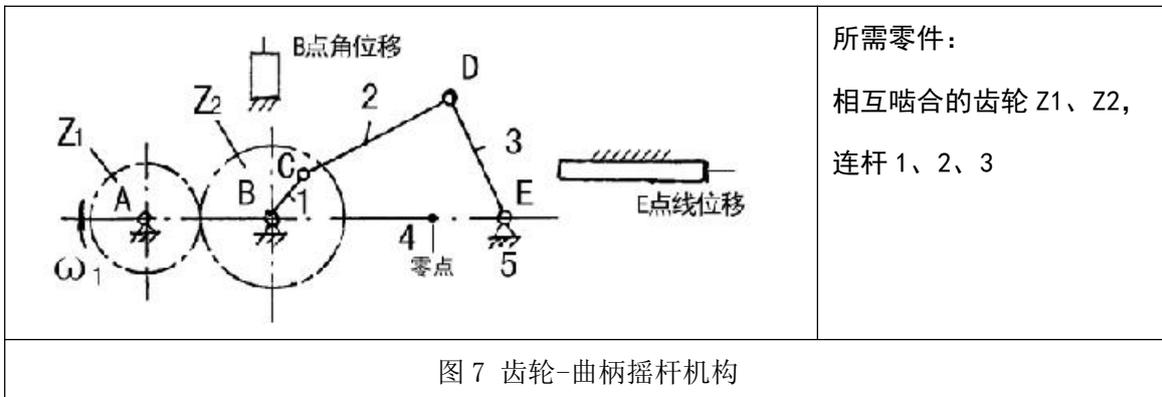
结构特点：对心移动从动件凸轮机构。凸轮推程回程均为简谐运动规律。



* 6、齿轮-曲柄摇杆机构：

摇杆 3 在左极限位为零位。齿轮 1 为主动件，以 ω_1 角速度匀速转动。也可只测试曲柄摇杆机构，以曲柄 1 为主动件。

结构特点：由一级齿轮机构与曲柄摇杆机构构成，其中曲柄 1 与齿轮 Z2 固联，构件 1 可有两种不同尺寸（由两个不同齿轮构成），杆件 2、3、4 均可在构件允许范围内调整长度。



8、摆块机构

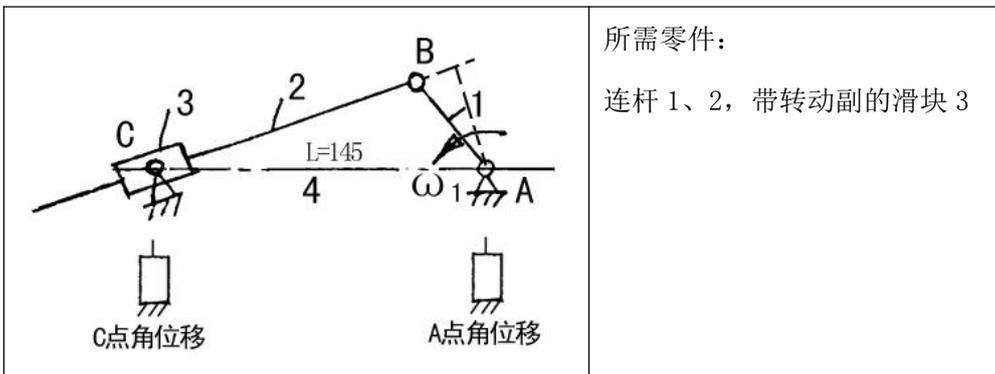
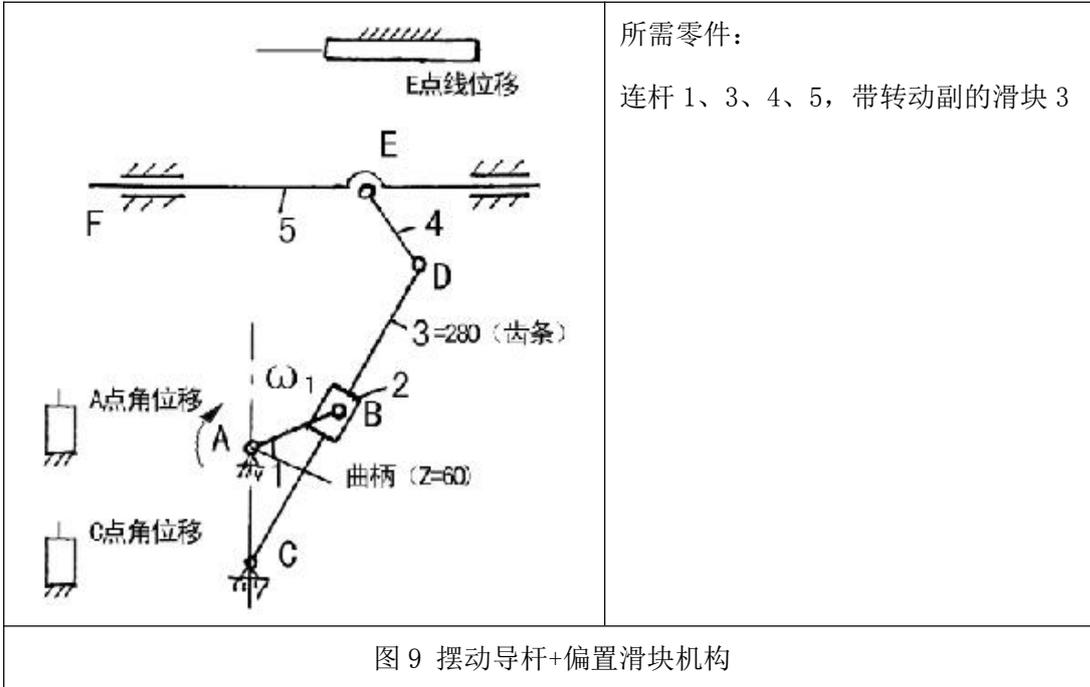


图 8 摆块机构（曲柄在上极限位为角位移零位）

以构件 1 为主动件，角速度 ω_1 匀速转动。

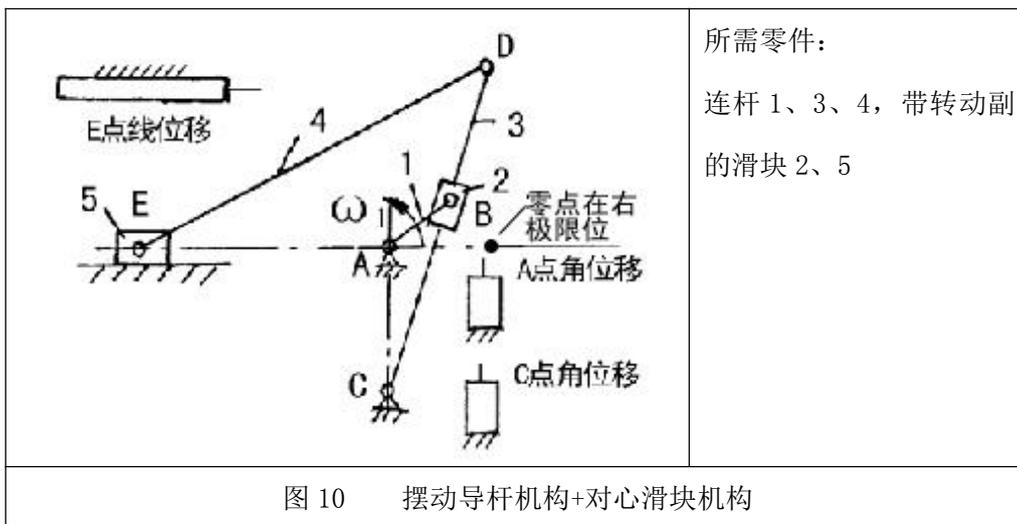
9、摆动导杆+偏置滑块机构



杆件 1 为主动件，以角速度 ω 匀速转动。

结构特点：该机构由摆动导杆机构和摆杆滑块机构构成；杆件 1 可由齿轮取代（齿轮上不在其回转中心的孔为铰链 B 的位置）。杆件 1、3、4 和 AC 尺寸可在允许范围内调整。滑块 5 导路延长线不通过铰链 A 也不通过铰链 C，导路延长线距铰链 C 位置可调整。

10、摆动导杆机构+对心滑块机构：

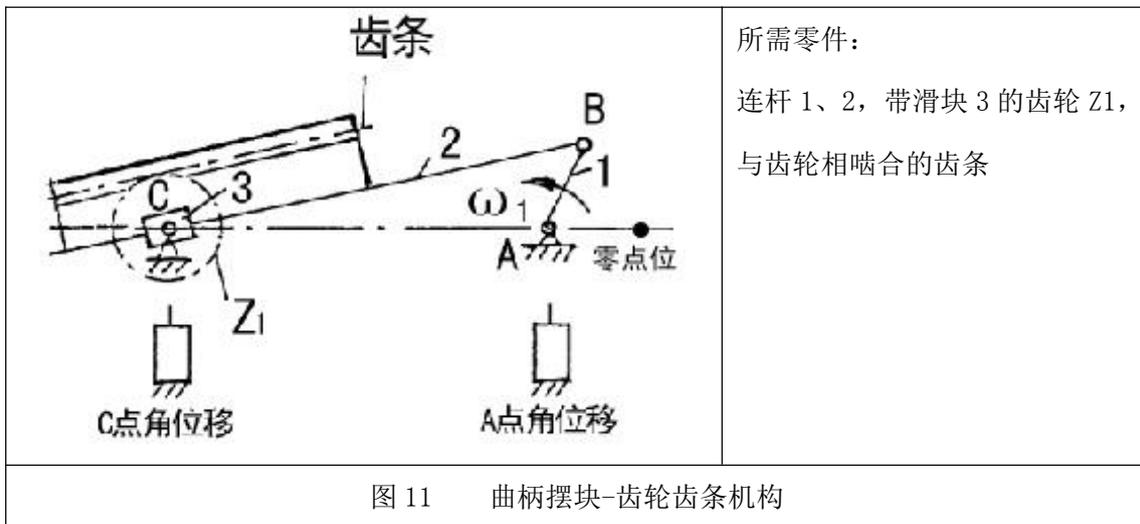


构件 1 为主动件，以角速度 ω_1 匀速转动。

结构特点：该机构由摆动导杆机构和摆杆滑块机构构成；滑块 5 导路延长线通过铰链 A。

构件 1 可由齿轮取代（齿轮上不在其回转中心的孔为铰链 B 的位置）。杆件 1、3、4 和 AC 尺寸可在允许范围内调整。

11、曲柄摆块-齿轮齿条机构：

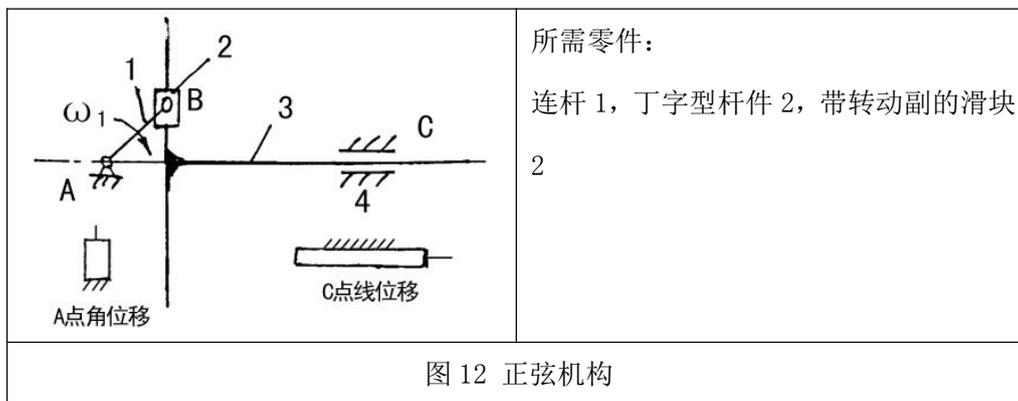


构件 1 为主动件，以角速度 ω_1 匀速转动。

结构特点：该机构由曲柄摆块机构和齿条齿轮机构组成；齿条中线平行于导杆 2，齿轮 Z₁ 空套在滑块 3 的轴上，即：齿轮 Z₁ 和滑块 3 可相对转动。导杆 2 在滑块 3 中移动并随滑块 3 摆动时带动齿条运动，并使齿轮 Z₁ 转动。

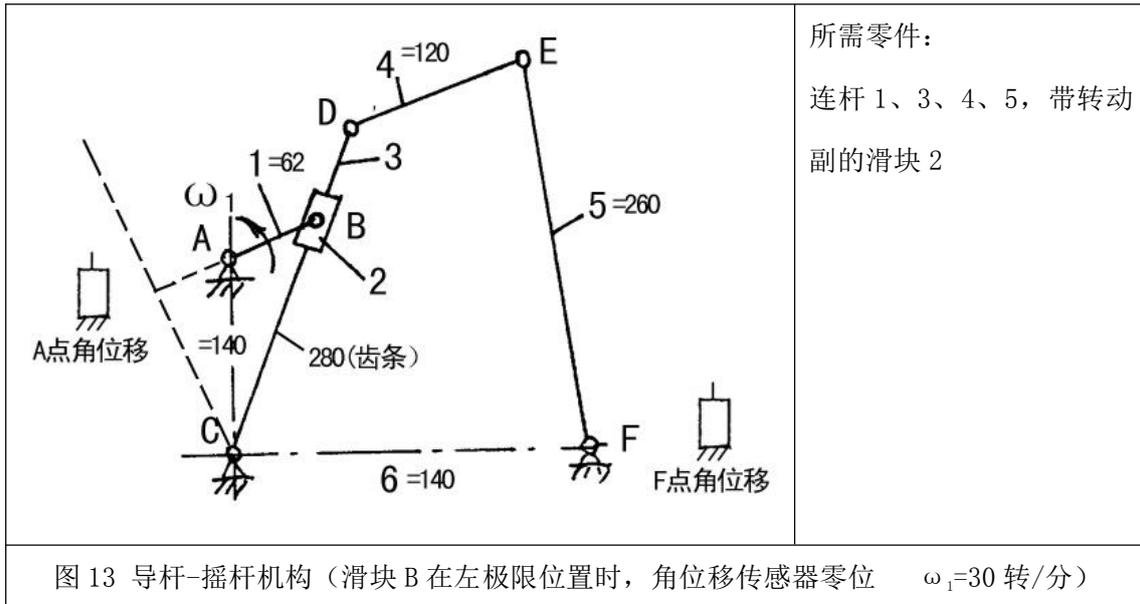
构件 1 可由齿轮取代，构件 1 和 AC 尺寸均可在允许范围内调整。

12、正弦机构：



杆件 1 为主动件，以角速度 ω_1 匀速转动。结构特点：该机构为双滑块机构构成，滑块 3 和滑块 2 导路互相垂直，且滑块 3 导路延长线通过铰链 A。曲柄 1 可由齿轮构成，齿轮上不在回转轴线上的孔作为转动滑块 2 的铰链。

13、导杆-摇杆机构：



杆件 1 为主动件，以角速度 ω_1 匀速转动。

结构特点：该机构由曲柄导杆机构和双摇杆机构构成。曲柄 1 可由齿轮构成，滑块 2 的铰链拼装在齿轮上不在回转轴线的孔中。构件 1、AC、CF、构件 4、5 尺寸均可在允许范围内调整。

轴与轴承的组合设计实验

一、实验目的

熟悉并掌握轴系结构设计中有关轴的结构设计、滚动轴承组合设计的基本方法。

二、实验设备

1、组合式轴系结构设计分析实验箱。

实验箱提供能进行减速器圆柱齿轮轴系、小圆锥齿轮轴系及蜗杆轴系结构设计实验的全套零件。

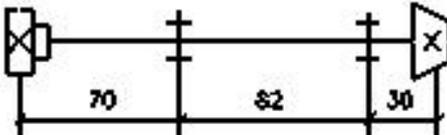
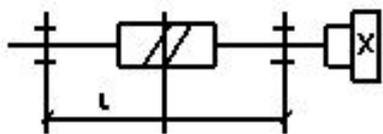
2、测量及绘图工具

300mm 钢板尺、游标卡尺、内外卡钳、铅笔、三角板等。

三、实验内容与要求

1、根据下表选择每组的实验内容（实验题号）

实验题号	已知条件				示意图
	齿轮类型	载荷	转速	其它条件	
1	小直齿 轮	轻	低		
2		中	高		
3	大直齿 轮	中	低		
4		重	中		
5	小斜齿	轻	中		

6	轮	中	高		
7	大斜齿	中	中		
8	轮	重	低		
9	小锥齿	轻	低	锥齿轮轴	
10		中	高	锥齿轮与轴分开	
11	蜗杆	轻	低	发热量小	
12		重	中	发热量大	

2、进行轴的结构设计与滚动轴承组合设计

根据实验题号的要求，进行轴系结构设计，解决轴承类型选择，轴上零件定位固定轴承安装与调节、润滑及密封等问题。

3、绘制轴系结构装配图。

4、每人编写实验报告一份。

四、实验步骤

1、明确实验内容，理解设计要求。

2、复习有关轴的结构设计与轴承组合设计的内容与方法（参看教材有关章节）。

3、构思轴系结构方案。

- (1) 根据齿轮类型选择滚动轴承型号；
- (2) 确定支承轴向固定方式（两端固定、一端固定、一端游动）；
- (3) 根据齿轮圆周速度（高、中、低）确定轴承润滑方式（脂润滑、油润滑）；
- (4) 选择端盖形式（凸缘式、嵌入式）并考虑透盖处密封方式（毡圈、皮碗、油沟）；
- (5) 考虑轴上零件的定位与固定，轴承间隙调整等问题；
- (6) 绘制轴系结构方案示意图。

4、组装轴系部件。

根据轴系结构方案，从实验箱中选取合适零件并组装成轴系部件、检查所设计组装的轴系结构是否正确。

5、绘制轴系结构草图。

6、测量零件结构尺寸（支座不用测量），并作好记录。

7、将所有零件放入实验箱内的规定位置，交还所借工具。

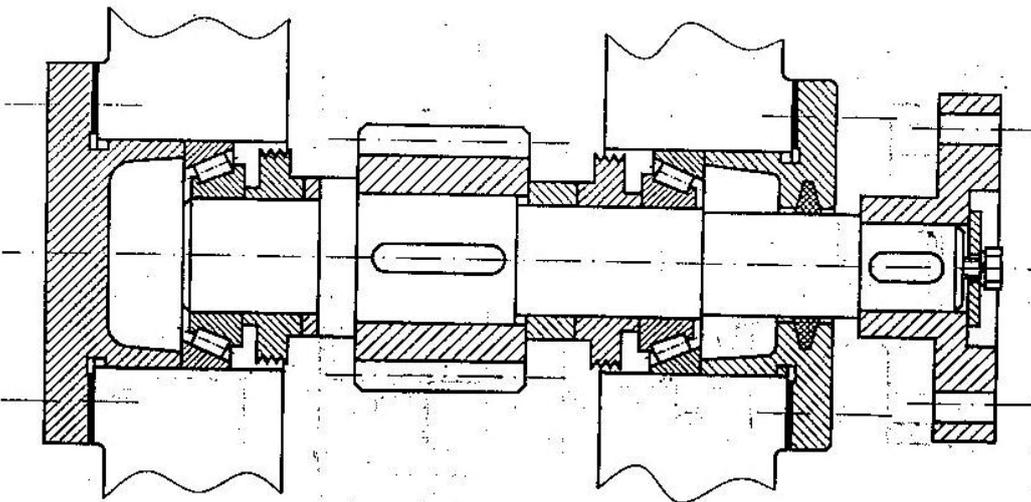
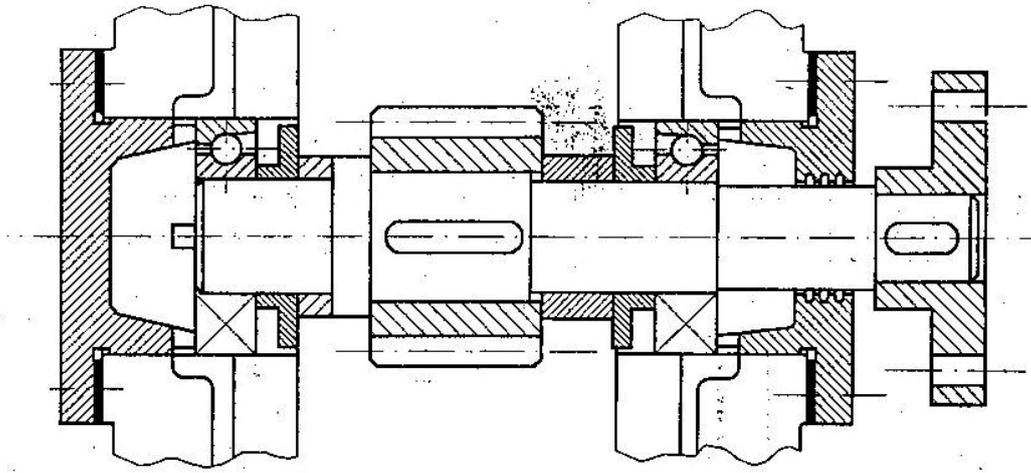
8、根据结构草图及测量数据，在 3 号图纸上用 1: 1 比例绘制轴系结构装配图，要求装配关系表达正确，注明必要尺寸（如轴承跨距、齿轮直径与宽度、主要配合尺寸），填写标题栏和明细表。

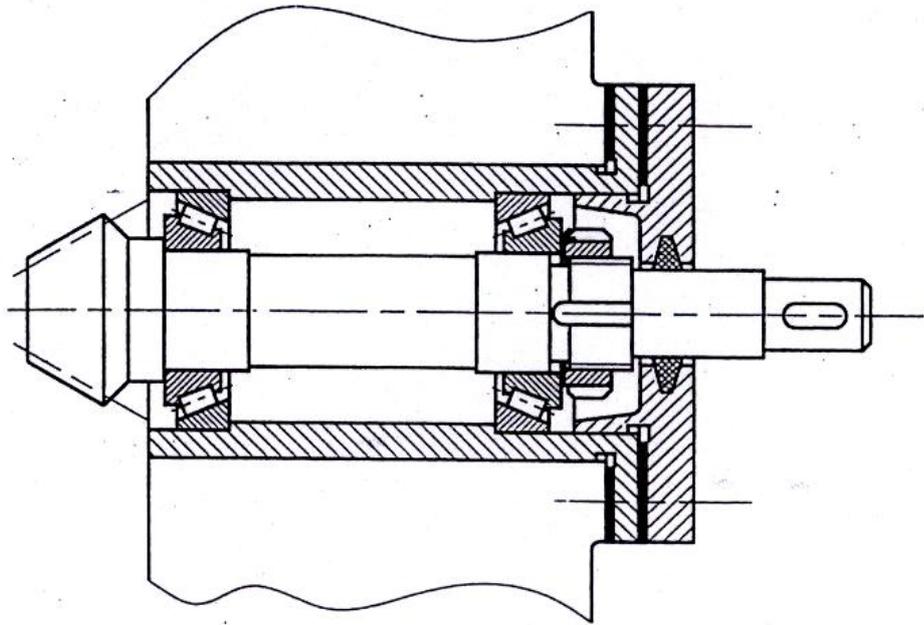
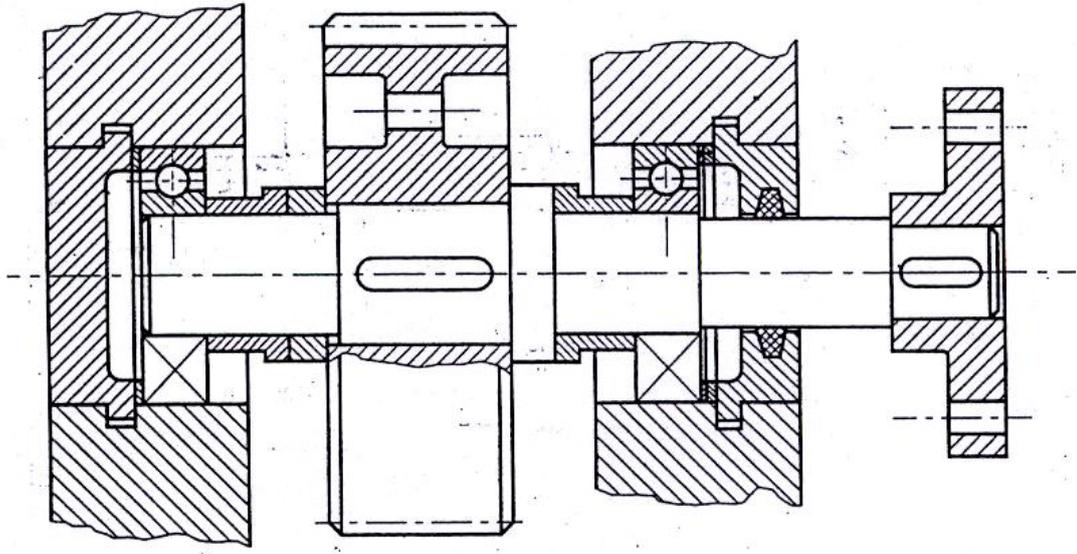
9、写出实验报告。

五、实验结果处理

请画出轴系结构装配图（附 3 号图）

六、附图（可选的 4 种轴系结构）





硬度实验

一、根据被测金属硬度不同，可分别选用各种压头和规定的载荷，可参考下表：

材料种类	试样的大约布氏硬度值	压头种类	负荷 kgf(N)	洛氏硬度符号	测量硬度允许的范围
45 # 铸铁、20 #	60—230	直径 1.588 毫米钢球	100 (981)	HRB	25—100
淬火钢	230 — 700	金刚石圆锥压头	150 (1471.5)	HRC	20—100
合金等	700 以上	金刚石圆锥压头	60 (588.6)	HRA	70 以上

二、洛氏硬度计（本仪器压头为钢球压头，只需要测量 HRB,砝码重 100kg）进行硬度试验时可按下列步骤：

- 1、根据金属试样的大约硬度，选用载荷和压头，摇动操纵手柄至卸荷位置。
- 2、试样放在支承台上，使光面向上。
- 3、转动手轮 3 升起支承台，使压头压入试样。指示表的指针开始沿顺时针方向转。使压头压入试样，直到短针指到红点，长针基本向上垂直位置，（左右偏移不超过五格）此时表示压头已在 10kgf (98.1N) 的预载荷下压入试样。
- 4、后转动指示表的外环，使长针对准红色数字 30（即 B）。读红色数字。
- 5、摇动手柄至加荷位置，主载荷便通过杠杆加于压头上，使压头压入试样，长指针则按逆时针方向回转，直至指针停止为止。
- 6、加荷后在试样上保持载荷时间约 10 秒，然后缓缓摇动手柄卸除主载荷（在 2—3 秒钟内卸除完毕），而预载荷仍然作用在试样上。此时长指针则沿顺时针方向转动，静止位置所指的数字即表示所测的洛氏硬度值。
- 7、转动手轮卸除预载荷，取出试样。
- 8、测量硬度时，在同一试样须进行三点以上试验。若计算硬度时应取平均值，但第一点的试验结果不应取用。

三、布洛维硬度计进行洛氏硬度试验时可按下列步骤：

- 1、根据金属试样的大约硬度，选用载荷和压头，摇动操纵手柄至卸荷位置；
- 2、把试样放在支承台上，使光面向上；
- 3、转动手轮升起支承台，使压头压入试样。指示表的红色指针开始向下移动。使压头压入试样，直到红色指针指到最下端的刻度线，即指示表的左半部分的刻度为 100 的地方，（上下偏移不超过五格）此时表示压头已在 10kgf (98.1N) 的预载荷下压入试样；
- 4、转动指示表的外环，使红色指针对准指示表的左半部分的刻度为 100 的地方。（在测 HRA 和 HRC 时只读指示表的左半部分的数字）
- 5、摇动手柄至加荷位置，主载荷便通过杠杆加于压头上，使压头压入试样，红

色指针则向上移动，直至指针停止为止（图 3c）。

6、加荷后在试样上保持载荷时间约 10 秒，然后缓缓摇动手柄卸除主载荷（在 2—3 秒钟内卸除完毕），而预载荷仍然作用在试样上。此时红色指针则向下移动，静止位置所指的数字即表示所测的洛氏硬度值。

7、转动手轮卸除预载荷，取出试样。

8、测量硬度时，在同一试样须进行三点以上试验。若计算硬度时应取平均值，但第一点的试验结果不应取用。

四、实验报告内容及要求

实验数据记录及结果处理：

所用设备	项目 试验材料	试 验 规 范		实 验 结 果			
		压头	总载荷 P Kgf(N)	第一 次	第二 次	第三 次	平均硬 度值

减速器装拆实验

一、实验目的

- (1) 熟悉和了解减速器结构，了解减速器中各零件的作用、结构形状及装配关系，为顺利进行课程设计打下基础。
- (2) 加深对轴系部件结构的理解，了解减速器装配的基本要求。

二、实验仪器设备

各种型号的减速器以及装拆用的工具如扳手，起子，钢尺，卡尺等。

三、实验步骤及数据记录

(1) 开盖前先观察减速器外部形状、判断传动方式、级数、输入/输出轴，观察有哪些箱体附件。

(2) 打开箱盖，仔细观察并分析箱体形状、轴系定位固定、润滑密封方式、箱体附件（如通气器、油标、放油塞、起盖螺钉、定位销等）的结构作用及位置要求等内容。

(3) 画传动示意图，测定减速器的主要参数，记录测得的参数或计算得出的参

数。

(4) 总结减速器结构设计中如何考虑拆装的要求及拆装过程中应注意的问题。

(5) 将减速器复原。缓慢地转动被测机构，由原动件开始观察其运动过程，按相对运动情况分清各个构件，注意哪些构件是活动的，哪些是固定的，从而确定组成该机构的构件数目。

四、实验报告内容及要求

(1) 画出减速器传动示意图，并注明减速级数、齿轮类别。

(2) 测定减速器有关传动参数(包括所有齿轮的齿数 z 、传动比 i ，中心距 a 等)。

(3) 写出所观察的减速器在箱体形状、轴系定位固定、润滑密封方式、箱体附件等方面的特点。

(4) 做出下列思考题：

①为什么要安装启盖螺钉？

②定位销的作用是什么？其位置如何确定？

③轴承座的联接螺栓应尽量靠近轴承座孔，且在轴承座孔附近做出凸台，为什么？

④为什么要安装通气器？

⑤输入轴端和输出轴端的转矩不同，哪一端的转矩大？为什么？