

机械设计基础实验指导书

(含机械原理、机械设计两部分)

北 京 农 学 院

食品科学系工程教研室

二 00 九年二月

目 录

实验须知	1
实验一 机械原理现场教学实验	3
实验二 机械运动简图绘制实验	4
实验三 齿轮几何参数测定的实验	6
实验四 机械零件现场教学实验	9
实验五 轴系结构创意搭接实验	10

实 验 须 知

为了培养学生严肃认真和一丝不苟的工作作风，保证教学实验顺利进行，达到实验教学的要求和目的，每个学生应做到如下几点：

一、做好实验前的准备工作：

- 1、认真预习实验指导书，并复习教材中的有关内容，明确本次实验的目的、方法和步骤。
- 2、根据实验所要求的内容结合所学有关理论知识，弄清楚与本次实验有关的基本原理。
- 3、对实验中所用到的仪器、设备和工具有一定的了解，规定学生自备的物品一定要准备齐。

二、遵守实验室的规章制度：

- 1、实验时应严肃认真，保持安静和整洁，不准乱抛纸屑，不准随地吐痰，严禁吸烟。
- 2、爱护仪器和设备，严格遵守操作规程，如发现故障应及时报告。
- 3、凡与本次实验无关的仪器与设备切勿任意动用。
- 4、实验完毕，应将设备及仪器擦拭干净，并恢复到原来正常状态。

三、认真做好实验：

- 1、认真听好指导老师对本次实验的讲解，实验时，应有严格科学作风，认真细致地按照实验指导书中所要求的实验方法和步骤进行。
- 2、实验是培养学生动手操作技能的重要环节，因此每个学生都必须自己动手，完成所有的实验环节

四、实验报告的一般内容与要求：

实验报告是实验的总结，通过书写实验报告，可以提高学生的分析能力，因此每个学生必须独立完成实验报告，并要求学生对每个实验应该做到原理清楚，方法正确，数据准备可靠，实验报告要求书写工整。

一般实验报告应具有下列基本内容：

- 1、实验名称、实验日期、实验者及同组人员。
- 2、实验所用的仪器和设备的名称、型号（及编号），精度及量程等。
- 3、实验目的、原理、方法及步骤简述。

4、实验数据及其处理：实验数据应包括全部的测量原始数据，并注明测量单位，最好以表格形式，列出数据的运算过程，进行数据处理和误差分析。

五、实验成绩

1、根据学生参加实验的态度和表现，在老师审阅报告的基础上，按优秀、良好、中等、及格、不及格五级评定实验成绩。

2、未完成所规定的实验或实验成绩不及格者，应补做或重做实验，否则不准参加本课程的期终考试。

3、本课程的实验成绩，按比例计入本课程的总评成绩。

实验一 机械原理现场教学实验

一、实验目的

本实验是通过现场陈列的各种电动典型机构，典型机械零件的观察，结合文字注释及同步录音讲解等方式，对照回答思考题，主要达到增加对所研究对象的感性认识的目的，同时加深对所研究问题的理解。

二、实验内容

机械原理现场教学实验内容及电动典型机械控制的方法：

机械原理陈列柜，实际上是一部直观、活动的教育，所陈列的机构，采用微电机驱动，点动开关控制运行，并配有录音讲解与机械同步运行，陈列内容主要有：

第一柜：机械的组成 两种机器及各种运动

第二柜：齿轮机构的类型 平面和空间的齿轮机构的常见类型

第三柜：齿轮的基本参数 渐开线形成、齿轮各部分名称及五个基本参数

第四柜：轮系的类型 平面和空间轴轮系，周转轮系的类型

第五柜：轮系的功能 轮系的六种功能，摆线针轮潜波减速器等

第六柜：凸轮机构 凸轮机构类型、推杆形状、凸轮机构封闭方式

第七柜：平面连杆机构类型 铰链四连杆机构的基本类型及其演化方式

第八柜：平面连杆机构应用 平面连杆机构在八种机构上的应用示例

第九柜：间歇运动机构 棘轮机构、槽轮机构、不完全有轮机构

第十柜：联动凸轮、凸轮齿轮、凸轮连杆齿轮连杆机构

实验二 机构运动简图绘制

一、实验目的

- 1、掌握根据实际机械或模型绘制机构运动简图的技能和正确标注运动尺寸。
- 2、进一步加深理解机构的组成原理和机构自由度的含义，掌握机构自由度的计算方法及其具有确定运动的条件。
- 3、了解机械运动简图与实际机械结构的区别。

二、实验设备和工具

- 1、各种机器（牛头刨床、插齿机、内燃机等）或机构实物，模型。
- 2、测量工具：钢尺、内外卡规。
- 3、绘图工具（学生自备）：三角板、直尺、圆规、铅笔、橡皮擦、草稿纸（供测绘、画草图用）。

三、实验原理

由于机构的运动仅机械中所有的构件数和构件所组成的运动副的数目、种类、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复杂外形和运动副的具体构造，而用简略的符号来代表构件和运动副，并按一定的比例尺绘出各运动副的相对位置和机构结构，以此表明实际机构的运动特殊，从而便于进行机构的运动分析和动力分析。

四、测绘方法与步骤

- 1、使被测绘的机构或模型缓慢地运动，从原动件开始仔细观察机构的运动，分清各个运动构件，从而确定组成机构的数目。对于两个构件的相对运动非常微小而不易察觉到的地方应特别加以注意，切不可误认为刚性联接。
- 2、根据相联接的两构件间的接触情况及相对运动的性质，确定各个运动副的类型。
- 3、选择恰当的视图，并在草稿纸上徒手按规定的符号及构件的联接次序逐步画出机构运动简图的草图，用数字 1, 2, 3……分别标出各构件，用字母 A、B、C……分别标出各运动副，然后用箭头标出原动件。
- 4、计算机构的自由度并以此检查所绘机构运动简图的草图是否正确。应当注意，在计算自由度时应除去局部自由度及虚约束。

5、自由度检查无误后，仔细测量机构各运动副间相对位置（即运动尺寸），最后按一定比例尺将草图绘成正式的机构运动简图。

$$\text{比例尺} = \frac{\text{实际长度（米）}}{\text{图上尺寸（毫米）}}$$

计算平面机构自由度公式 $F=3n-2P_1-P_h$

式中：n——活动构件；

P_1 ——低副数目；

P_h ——高副数目。

五、实验安排

- 1、先由指导老师对测绘过程讲解示范，然后分组进行测验。
- 2、每个同学应测绘四个机构，对指定必须按比例尺做正规的机构运动简图的机构，应认真测量其有关尺寸，其他不按比例绘制的机构结构简图可用目测法使构件大致成比例，以便分析。

六、实验报告及基本要求

- 1、实验后，学生应将实验数据，计算结果等直接填入实验报告内，绘制好机构结构图和机构运动简图，然后沿裁剪线将其裁下，交老师批阅。
- 2、思考题
 - (1) 机构运动简图有什么用途？一个正确的机构运动简图应能说明哪些内容？
 - (2) 机构自由度的计算对测绘机构运动简图有何帮助？
 - (3) 绘制机构运动简图，原动件的位置是否可以任意确定？若任意确定会不会影响简图的正确性？
 - (4) 怎样选择机构运动的平面才是合理的？
- 3、收获与建议。

实验三 齿轮几何参数测定的实验

一、实验目的

- 1、掌握用普通量具测定齿轮基本参数的基本技能。
- 2、进一步巩固并熟悉齿轮各部分名称和各部分尺寸与基本参数之间的关系及渐开线齿轮的几何性质。

二、实验工具

本实验使用一套（8个）8级精度 $m=5$ 的标准圆柱齿轮作为测量对象，利用精度为 0.02mm 的游标卡尺和齿厚游标卡尺各一把作为测量工作。

三、实验原理

本实验要求用游标卡尺测量出齿廓公法线长度 W_k ， W_{k+1} ，齿顶圆直径 d_a ，齿根圆直径 d_f ，用齿厚游标卡尺测量固定弦齿厚 S_c 。

根据上述测量参数计算并导出齿轮模数 m 分度圆压力角 α ，齿顶高系数 h_a^* ，径向间隙系数 c^* 移距系数 x 。

实验原理：如图 1 所示

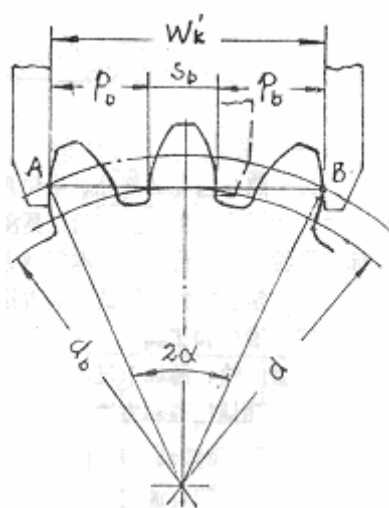


图 1

由于渐开线齿廓上任意点的法线必切于基础圆，如同一个基圆上生成的任意两条反向的渐开线间的公法线长度处处相等。基于这一性质，只要用卡尺测得跨 K 个齿的公法线 W_k ，及跨 $K+1$ 的公法线 W_{k+1} ，即可计算推得其它齿轮参数。

四、实验步骤

1、用游标卡尺测公法线长度及齿顶圆直径 d_a 。

跨齿数 K 的确定。

当 $a=20^{\circ}$ 时

Z	9—18	19—27	28—36	37—45	46—54	55—63
K	2	3	4	5	6	7

测量方法：

先将游标卡尺跨 K 个齿测量，使其两足与齿廓相切，取不同的三组 K 个齿，可得三组不同的 W_k 值，即平均值即可。以同样方法测量 W_{k+1} 。

当齿数为偶数时，齿顶圆直径用卡尺直接量是，当齿数为奇数时，由以下公式修正：

$$d_a = da' \sec \frac{90^{\circ}}{Z}, \quad da' \text{ 为实测齿顶圆直径}$$

2、用齿厚游标卡尺测量弦齿厚及齿高，如用齿厚游标卡尺测量时，可松开螺钉 11 并拧紧螺钉 10，再调整微调螺母 8 使高度游标尺的示值为 h ；然后固紧螺 11 测量时将支承 5 置于被测齿顶，并使齿厚游标卡尺的量爪 2 垂直于齿轮的轴线，再用同样的方法调整水平游标卡尺的微调螺母，使可动量爪与固定量爪与齿面对称接触，这时水平游标尺示值即为实际弦齿厚 S_c 。

用它还可测得全齿高 h ，则齿根圆直径为： $d_f = d - 2h$ (1)

五、有关齿轮基本参数的计算

1、模数 m ，压力角 a

由图 1 知：

$$W_k = (K-1) P_b + S_b \quad (2)$$

$$W_{k+1} = K P_b + S_b \quad (3)$$

$$\text{基节 } P_b \text{ 为 } P_b = P_b = W_{k+1} - W_k \quad (4)$$

而 $P_b = \pi m \cos a$

$$\text{所以 } m = \frac{P_b}{\pi \cos a} \quad (5)$$

将 $a=15^{\circ}$ ， $a=20^{\circ}$ 分别代入 (5) 式，将 m 计算值与标准值比较，数值最接近标准值的一级 m 、 a 值即为所示。(可参照有关手册)

当 $a=20^{\circ}$ 时，还可有照下表：

Pb	5.0904	7.380	8.856	11.808	13.284	14.760	17.712	20.664
M	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0

2、变值系数 X

当被测齿轮为变位齿轮时，设其公法线长度 W_k' ， W_k 为其相应的标准齿轮的公法线长。

则由公式 $W_k' = W_k + 2xmsina$

$$\rightarrow X = \frac{W_k' - W_k}{2msina}$$

W_k 用式 (12) 求得：

3、齿顶高降低系数 Δy

$$\Delta y = \frac{da - da'}{2m}$$

da 为计算值， da' 为实测值

Δy 还可由一对已知 m 、 a 、 x 的啮合齿轮的有关参数来确定齿顶高系数 ha^* 径向间隙系数 C^* 。本实验用齿轮配对如参数表。

标准齿轮：

$$ha^* = \frac{1}{2} \left(\frac{da}{m} - Z \right) \quad (8)$$

$$C^* = \frac{da - df}{2m} - 2ha^* \quad (9)$$

变位齿轮：

$$ha^* = \frac{1}{2} \left(\frac{da}{m} - Z \right) - X + \Delta y \quad (10)$$

$$C^* = \frac{da - df}{2m} - 2ha^* + \Delta y \quad (11)$$

六、思考题

1. 决定齿廓形状的基本参数有哪些？
2. 测量公法线长度时，卡尺的卡脚若放在渐开线齿廓的不同位置上，对所测定的公法线长度 W_k' 和 W_{k+1}' 有无影响？为什么？
1. 在测量顶圆直径 d_a 和根圆直径 d_f 时，对偶数齿和奇数齿的齿数的齿轮在测量方法上有什么不同？

七、实验报告

实验四 机械零件现场教学实验

一、实验目的

本实验是通过现场陈列的各种电动典型机构，典型机械零件的观察，结合文字注释及同步录音讲解等方式，对照回答思考题，主要达到增加对所研究对象的感性认识的目的，同时加深对所研究问题的理解。

二、实验内容

机械零件现场教学实验内容：

机械零件陈列室内，展出十柜各种典型机械零件，实际上是一部实的教材，所陈列典型零件为了观察方便有的进行了剖切，并配有文字，图表说明，主要内容有：

第一柜：螺纹联接与应用

第二柜：键、花键、无键、销、铆、焊、胶接

第三柜：带传动

第四柜：链传动

第五柜：齿轮传动

第六柜：蜗杆传动

第七柜：滑动轴承与润滑密封

第八柜：滚动轴承与装置设计

第九柜：轴的分析与设计

第十柜：联轴器与离合器

实验五 轴系结构创意搭接实验

一、实验目的

- 1、熟悉并掌握轴、轴上零件的结构形状及功用、工艺要求和装配关系；
- 2、熟悉并掌握轴及轴上零件的定位及固定方法；
- 3、了解轴承的类型、布置、安装及调整方法，以及润滑和密封方式。

二、实验设备

- 1、轴系结构设计与分析试验箱。箱内提供可组成圆柱齿轮轴系、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 的钢板尺、游标卡尺、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试验内容（圆柱齿轮轴系、小圆锥齿轮轴系或蜗杆轴系分析）；
- 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、明确试验内容，复习轴的结构设计及轴承组合设计等内容；
- 2、观察分析轴承的结构特点；
- 3、绘制轴系装配示意图或结构草图；
- 4、测量轴系主要装配尺寸（如支承跨距）和零件主要结构尺寸；
- 5、装配轴系部件恢复原状，整理工具，结束实验；
- 6、根据装配草图和测量数据，绘制轴系部件装配图。

五、实验报告