

机械原理实验指导书

海南大学机电工程学院

2010 年 2 月

学生实验守则

1. 学生必须遵守实验室各项规章制度，进入实验室，要服从老师的指导和安排，在规定的地点和仪器设备上操作，未经许可不得乱动其它设备。
2. 根据理论课要求，实验前要认真作好预习，并准备好实验用书、文具、纸张及计算器等，不预习不得进实验室做实验。
3. 按时到达实验室，不迟到，不早退，不无故缺课，衣着整洁，不得穿拖鞋进入实验室。
4. 爱护实验设备和器材，要了解清楚有关仪器设备的性能和实验方法，严格按照安全操作规程或听从老师的指导进行操作。
5. 仪器设备发生故障时，要及时报告指导老师和管理人员，保护现场。如因违反实验室制度和操作规程而造成经济损失，除按学校有关规定作出书面检查外，还应根据损失大小予以经济赔偿。
6. 保持实验室安全卫生。室内严禁打闹、吸烟、吐痰、吃食及打游戏，违者给予批评教育或处罚。
7. 实验完毕，仪器设备及物品应恢复原位，整理场地，切断电源，实验结果经指导老师签字确认后方能离开实验室。
8. 认真写好实验报告，并按时上交指导老师评定。不交实验报告者，按不作实验处理，同时不得参加本课程相关考试。

目录

实验一	机构的认知和演示	4
实验二	机构运动简图的测绘和分析	6
实验三	刚性转子的动平衡	10
实验四	平面连杆机构特性分析.....	14
实验五	渐开线直齿圆柱齿轮参数测绘与分析.....	20
实验六	渐开线直齿圆柱齿轮范成原理实验.....	28

实验一 机构的认知和演示

机械原理研究的对象就是机构，研究机构的组成原理、机构运动学及机器动力学以及机器中常用机构的运动及动力性能分析与设计方法和机械传动系统方案设计的问题。它是一门理论性和实践性很强的课程，在学习本课程之前，在实验室对本课程所要研究的各种典型机构，特别是重点要研究的几种常用机构进行认知是非常必要的，这将使同学们增加对本门课程所研究对象的感性认识，提高对机械的认识、增强学习本课程的兴趣。

一、实验目的

1. 增加工程中典型机构，特别是本课程重点研究的几种常用机构的实物和模型的感性认识。
2. 了解各种典型机构的组成原理、运动关系。
3. 初步了解它们的应用。

二、实验设备

SJ-10DA 型动态声控示教柜 1 套，录音机 1 台。

三、实验内容

1. 各种平面连杆机构运动传递情况及其各构件的运动形式；各种连杆机构的应用；构件和零件的区别。
2. 凸轮机构的分类、闭锁方式及从动件与凸轮高副接触的方式。
3. 齿轮机构及其它机构。

在机械原理设计过程中，无论是进行新机构的设计，还是对现有机件进行运动和动力的分析，都需要画出能表明其组成情况和运动情况的机构运动简图。机构运动简图是国家标准规定的简单符号和线条代表运动副和构件，并按一定的比例尺表示机构的运动尺寸，绘制出的表示机构的简明图形。参见机械原理教材（常用运动副的表示方法、常用机构运动简图符号）。如果不按比例绘制的简图称为机构示意图。机构运动简图是机械设计的一种工程语言，所以要求学生要熟练掌握它的绘制方法。

四、实验安排

在机械原理实验室参观机构模型，分两组，每组用时 1 学时。

五、实验要求

在实验室做实验时，请遵守“学生实验守则”，完成“机构现场认知实验报告”。

机械原理实验报告

实验报告	机构现场认知				
学生姓名		学号		班级	
实验日期		成绩		指导教师	

1. 实验室共有____机构展示柜，共展示了____机构，配备____分钟的声控讲解。
2. 根据连架杆相对机架能否作整周转动，平面铰链四杆机构可分为____机构和____机构和____机构。
4. 连杆机构可起运动形式转换的作用，即将主动件的运动形式转换为从动件的另一种运动形式，能将转动变为摆动的有____；能将转动转化为移动的有____。
5. 平面齿轮机构用于两平行轴之间的传动，常见的类型有____、____和____。
6. 空间齿轮机构用于两空间两相交轴或相错轴之间的传动，常见类型有____、____和____。
7. 齿轮机构也可转换运动形式，在平面齿轮机构中将转动转换为移动的齿轮机构是____。
8. 凸轮机构由____、____和____三个基本构件组成。
9. 凸轮机构按凸轮形状分类主要由____、____和____三种。
10. 凸轮机构按推杆形状分主要有____、____和____三种；按推杆运动形式分主要有____、____和____三种。
11. 轮系分为____、____和____三类。

实验二 机构运动简图的测绘和分析

在机械原理设计过程中，无论是进行新机构的设计，还是对现有机械进行运动和动力的分析，都需要画出能表明其组成情况和运动情况的机构运动简图。机构运动简图是国家标准规定的简单符号和线条代表运动副和构件，并按一定的比例尺表示机构的运动尺寸，绘制出的表示机构的简明图形。参见机械原理教材（常用运动副的表示方法、常用机构运动简图符号）。如果不按比例绘制的简图称为机构示意图。机构运动简图是机械设计的一种工程语言，所以要求学生要熟练掌握它的绘制方法。

一、实验目的

1. 掌握机构运动简图测绘的基本方法。
2. 巩固机构自由度的计算并验证机构作确定运动的条件。
3. 通过对机构进行结构分析，了解机构的组成原理，理解机构运动简图的工程意义。

二、实验设备和工具

1. 机构组合实验仪 4 台，机构模型 20 件；
2. 工具：钢尺，卡尺等；
3. 方格纸（16 开）一张，草稿纸，及铅笔、橡皮、三角板、圆规等绘图用具（学生自带）。

三、实验内容

对机构或实物或模型进行机构运动简图的测绘，计算其自由度，验证其运动是否确定，并通过机构运动简图进行机构结构分析。

四、测绘原理和方法

1. 测绘原理

机构是各种机器用来传递运动和力的基本组成部分，它由若干个构件按一定的方式连接而成，并实现确定的运动。从运动的观点来看，机构的运动仅与机构中构件的数目，各构件组成的运动副的类型、数目以及各运动副之间的相对位置有关，而与构件的复杂外形和运动副的具体结构无关。因此，在进行机构分析和机构设计时常常不考虑那些与机构运动无关的因素，而仅用简单线条和规定符号来表示运动副和构件，并按一定比例表示各运动副间的相对位置。这种能正确表达机构运动特性的简单图形称为机构运动简图。

2. 测绘方法

- 1) 摆弄被测机构使其运动, 认清机架、原动件和从动件。
- 2) 判别运动副类型。

一般地, 从原动件开始, 遵循运动传递的顺序, 仔细观察各相邻构件之间的相对运动性质, 由此确定机构中构件的数目和运动副的类型、数目。

- 3) 合理选择视图。

对于平面机构, 一般选择与机构中多数构件的运动平面相平行的平面作为视图基准来绘制机构运动简图。

- 4) 选择适当的比例尺。
- 5) 按一定的顺序绘图。

将原动件运动到某一适当位置, 按确定的比例尺, 遵循运动传递的顺序, 用规定的符号给出各运动副及其相对位置。

五、实验步骤

1. 目测各运动副之间的相对位置, 使实物与图形大致成比例, 在草稿纸上用铅笔徒手绘出机构的示意图。

2. 任选两种机构, 按适当的比例在方格纸上绘制机构运动简图, 从主动件开始, 用数字 (1、2、3……) 依次标注各运动构件, 用字母标注各运动副 (最好是用大写字母 A、B、C……代表高副, 用小写字母 a、b、c……代表低副)。。

3. 计算机构自由度:

$$F = 3n - 2P_l - P_h$$

式中: F ——机构自由度

n ——活动构件数

P_l ——低副运动副数

P_h ——高副运动副数

并检验与机构主动件数目是否一致。

4. 对所测绘的机构进行结构分析。

- 1) 检查并去除机构中的局部自由度和虚约束。
- 2) 用低副代替机构中的高副。
- 3) 从机构中分离杆组。

任何机构都包括机架、原动件和从动件系统三个部分。分离杆组是将该从动件系统分

解为若干个不可再分的、自由度为零的构件组。

4) 确定机构的级别

平面机构的级别是按其中最高级杆组的级别确定。

六、思考题

1. 机构运动简图能反映实际机构的哪些内容？

2. 绘制机构运动简图时，原动件为什么可以停留在任意位置？为什么最好不要选择特殊位置来绘制机构运动简图？

3) 机构运动简图与机构示意图的区别？

4) 扩展思考：所分析的机构还可以适用于其它什么机器？

机械原理实验报告

实验报告	机构运动简图的测绘和分析				
学生姓名		学号		班级	
实验日期		成绩		指导教师	

一、机构运动简图测绘

机构名称：		机构编号：	
机构运动简图：		比例尺： $\mu =$ 运动学尺寸： 该机构____确定的运动。	
自由度： $F =$			
结构分析：		该机构为____级机构。	

二、思考题讨论

三、小结及心得体会

实验三 刚性转子的动平衡

一、实验目的

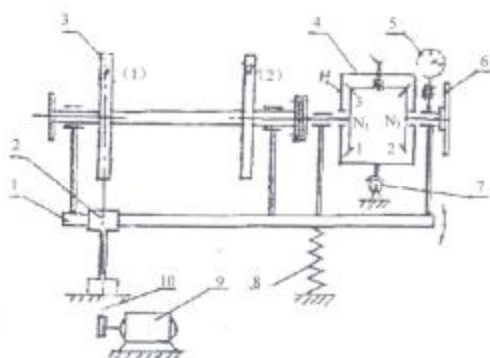
1. 通过实验了解刚性转子动平衡的原理和方法
2. 巩固动平衡的理论知识。

二、实验设备与用具

1. 平衡实验机
2. 校验转子
3. 天平、钢尺、橡皮泥、平衡块。

三、实验原理

1. 动平衡机的结构（图 1）



- 1、摆架 2、工字形板簧座 3、转子试件 4、差速器 5、百分表
6、补偿盘 7、蜗杆 8、弹簧 9、电机 10、皮带

图 1

2. 转子动平衡的力学条件

由于转子材料的不均匀、制造的误差、结构的不对称等诸因素保存转子存在不平衡质量。因此当转子旋转后就会产生离心惯性力组成一个空间力系，使转子动不平衡。要使转子达到动平衡，则必须满足空间力系的平衡条件

$$\begin{cases} \sum \bar{F} = 0 \\ \sum \bar{M} = 0 \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} \sum \bar{M}_A = 0 \\ \sum \bar{M}_B = 0 \end{cases} \quad (1)$$

这就是转子动平衡的力学条件。

3. 动平衡机的工作原理

当试件上有不平衡质量存在时（图 2），试件转动后则产生离心惯性力 $F = \omega^2 mr$ ，要分解成垂直分力 F_y 和水平分力 F_x ，由于平衡机和摆架在垂直方向抗弯刚度很大，所以垂直分

力 F_y 对摆架的振动影响很小可忽略不计。而在水平方向的抗弯刚度小，因此水平分力产生的力矩 $M = F_x \cdot L = w^2 m r \cos j \cdot L$ 的作用下，使摆架产生周期性的左右振动（摆架振幅大小）的惯性力矩为

$$M_1 = 0, M_2 = w^2 m_2 r_2 l_2 \cos j_2 \quad (2)$$

要使摆架不振动必须要平衡力矩 M_2 。在试件上选择圆盘作为平衡平面，加平衡质量 m_p 。则绕 x 轴的惯性力矩 $M_p = w^2 m_p r_p l_p \cos j_p$ ；要使这些力矩得到平衡可根据公式 (2) 来解决。

$$\sum \overline{M}_A = 0 \quad M_2 + M_p = 0 \quad (3)$$

$$w^2 m_2 r_2 l_2 \cos j_2 + w^2 m_p r_p l_p \cos j_p = 0 \quad (4)$$

(4) 式消去 w^2 得

$$m_2 r_2 l_2 \cos j_2 + m_p r_p l_p \cos j_p = 0 \quad (5)$$

要使 (5) 式为零必须满足

$$\begin{cases} m_2 r_2 l_2 = m_p r_p l_p \\ \cos j_2 = -\cos j_p = \cos(180^\circ + j_p) \end{cases} \quad (6)$$

满足上式 (6) 的条件摆架就不振动了。式中 m (质量) 和 r (矢径) 之积称为质径积， $m r L$ 称为质径矩， j 称为相位角。

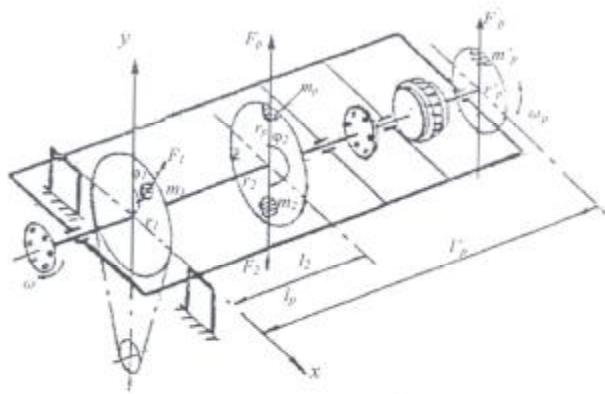


图 2

四、实验方法和步骤

1. 将平衡试件装到摆架的滚轮上，把试件右端的联轴器盘与差速器轴端的联轴器盘，用弹性柱销柔性联成一体。装上传动皮带。
2. 松开摆架最右端的两对锁紧螺母，用手转动试件和摇动蜗杆上的手柄，检查动平衡机各部分转动是否正常。调节摆架上面的安放在支承杆上的百分表，使之与摆架有一定的接触，并随时注意振幅大小。
3. 开启电源，转动调速旋钮。实验时的转速定在 320—420 转之间。转动蜗杆，观察百分表的振幅，找到最佳的平衡位置。
4. 打破平衡将试件右端圆盘上装上适当的待平衡质量（四块平衡块），接上电源起动机，待摆架振动稳定后，记录下振幅大小 y_0 。
5. 找平衡，在补偿盘的槽内距轴心最远处加上一个适当的平衡质量（二块平衡块）。开机后摇动手柄观察百分表振幅变化，手柄摇到振幅最小时手柄停止摇动。记录下振幅大小 y_1 和蜗轮位置角 β_1 (差速器外壳上有刻度指示)，停机。（摇动手柄要讲究方法：蜗杆安装在机架上，蜗轮安装在摆架上两者之间有很大间隙。蜗杆转动到适当位置可与蜗轮不接触，这样才能使摆架自由地振动，这时观察的振幅才是正确的。摇动手柄蜗杆接触蜗轮使蜗轮转动，这时摆动振动受阻，反摇手柄使蜗杆脱离与蜗轮接触，使摆架自由地振动，再观察振幅，这样间歇性地使蜗轮向前转动和观察振幅变化，最终找到振幅最小值的位置）。在不改变蜗轮位置情况下，停机后，按试件转动方向用手转动试件使补偿盘上的平衡块转到最高位置。取下平衡块安装到试件的平衡面（圆盘 2）中相应的最高位置槽内。
6. 在补偿盘内再加一点平衡量（1~2 平衡块）。按上述方法再进行一次测试。测得的振幅 y_2 蜗轮位置 β_2 ，若 $y_2 < y_1 < y_0$ ； β_1 与 β_2 相同或略有改变，则表示实验进行正确。若 y_2 已很小可视为已达到平衡。停机、按步骤 4 方法将补偿盘上的平衡块移到试件圆盘 2 上。解开联轴器开机让试件自由转动若振幅依然很小则第一步平衡工作结束。若还存在一些振幅，可适当地调节一下平衡块的相位，即在圆周方向左右移动一个平衡块进行微调相位和大小。
7. 将试件两端 180° 对调，即这时圆盘 2 为驱动盘，圆盘 1 为平衡面。再按上述方法找出圆盘 1 上应加的平衡量。这样就完成了试件的全部平衡工作。

五思考题:

1. 何为动平衡? 哪些构件需要进行动平衡? 平衡基面如何选择?
2. 在动平衡过程中, 平衡质量及其相位是如何逐步调整的?
3. 回转件动平衡的条件是什么?
4. 测量精度与转速、转子重量的关系是什么?
5. 对同一转子, 若改变平衡平面位置, 测量结果又有何变化?

动平衡实验报告

专业_____班级_____ 姓名_____ 日期_____

同组人_____ 指导老师_____ 成绩_____

实验数据记录表

序号	实验内容	转速	框架振幅
1	试件测试		
2	在试件右端圆盘(2)上装4块平衡块		
3	在补偿盘上配2块平衡块		
4	在补偿盘上再配2块平衡块		
5	将试件掉头, 试件测试		
6	在试件右端圆盘(1)上装4块平衡块		
7	在补偿盘上配1块平衡块		
8	在补偿盘上配3块平衡块		

实验四 平面连杆机构特性分析

平面连杆机构在工程和日常生活中被广泛应用，特别在很多机械（例如装载机械、压力机、自卸汽车、医疗床等）利用平面连杆机构作为主体机构，因此连杆机构在机械设计中占有重要的地位。本实验以连杆机构的基础类型——平面四杆机构为研究对象，利用组合式可调平面连杆机构模型，通过学生自己设计、试凑选型、组装机构，学习分析连杆机构的特性，为机械创新设计打下基础，提高机械原理课程的设计水平。

一、实验目的

1. 掌握以不同构件为机架进行变异机构设计的方法和加深对机构具有确定运动条件的理解。
2. 通过独立设计连杆机构，增强同学们的实际操作能力和分析能力。
3. 通过观察平面铰链四杆机构，认清机构发生死点的位置、极限位置，区别极位夹角、摆角、传动角、压力角，观察当其四个杆轮流做机架时的运动状态，加深理解铰链平面四杆机构有曲柄存在的充分必要条件。
4. 通过观察曲柄摇杆机构的运动，研究其传动角 θ 达到其最小值的条件和产生急回运动的原因。

二、实验设备和工具

1. 组合式可调平面连杆机构模型。
2. 钢板尺、半圆仪、圆规。

三、实验模型

组合式可调平面连杆机构模型（简称“实验仪”）适用于平面连杆机构的设计，是采用实验法设计平面连杆机构的仪器。该实验仪由一套多功能零件组成，供使用者组装，具有任意选择平面连杆机构类型、无级调整机构全部尺寸和描绘连杆上任意点轨迹曲线的功能。实验仪的多功能零

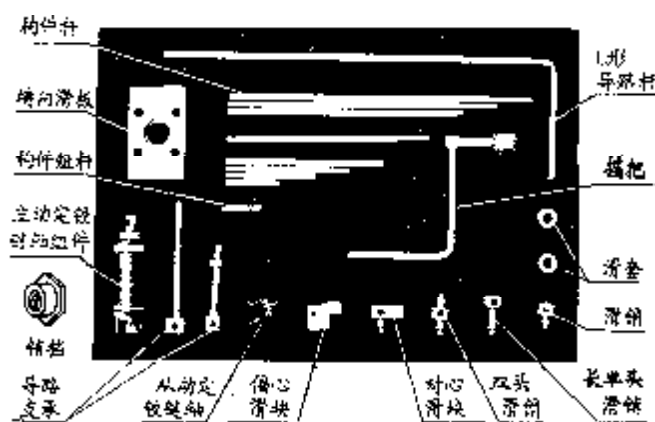


图3 实验仪的多功能零件名称

件名称如图 3 所示。

四、实验内容

实验的主要思路是：学生自主设计一个较典型的曲柄摇杆机构，在此基础上进行平面四杆机构的运动特性分析。步骤可以参考以下步骤：

1. 设计一组四个杆长数据，使最短杆 1 与最长杆长度之和小于或等于其它两杆长度之和。如图 4 所示。填写实验报告第 1、2 项。（为使实验效果明显，每两杆长度之差至少为 10mm。以最短杆 1 的 A 端为主动杆驱动点。）

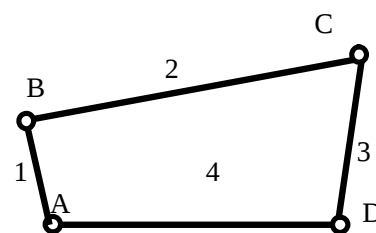


图 4 机构简图简台

2. 以最短杆 1 的邻杆 4 为机架，试凑和组装平面四杆机构，如图 5 所示。为防止杆件干扰，各杆件须在不同层平面①②。以 A 点为驱动源。

3. 调整各杆，使其长度等于设计数据。

4. 转动最短杆 1，使其作定轴转动，带动铰链四杆机构运动，观察两连架杆 1 和 3 的连动情况，特别要观察机构的极限位置、急回特征、机构出现最小传动角的位置。测量极位夹角、摆角、传动角、压力角，填写实验报告的第 3、4 项。

5. 再分别以 1、2、3 杆为机架，观察机构的运动，填写实验报告第 5 项。

6. 自选设计另一组四个杆长数据，使最短杆与最长杆长度之和大于其它两杆长度之和，最长杆长度小于其它三杆长度之和。

7. 重复步骤 3、4、5、（不包括填写对应的实验报告），即重新组装铰链四杆机构，观察两连架杆的转动情况，比较与第一组机构的不同，填写实验报告第 6 项。

8. 将实验仪零件拆卸，恢复初始状态，将零部件整理装盒，接受指导教师的检查，认可后再离开。

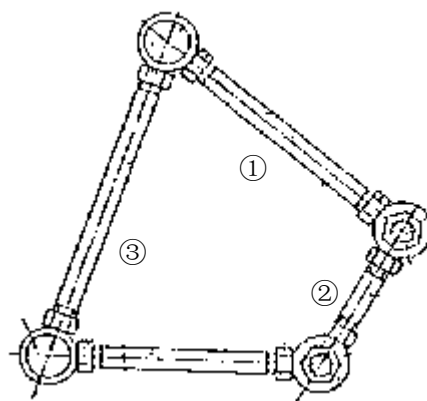


图 5 装配图

五、实验注意事项

1. 设计的难点是要考虑机构运动平面的相互干扰问题。
2. 角度测量时注意半圆仪的使用方法的可靠性。
3. 实验零件的应用要注意灵活运用，各种搭接方式需要自己动手设计，不是唯一的方式。

4. 实验完毕, 请将零件从框假上拆卸下来, 整理齐备实验工具, 为后面的实验同学准备好, 同时也是提倡良好的实验习惯。

机械原理实验报告

实验报告	平面连杆机构特性分析				
学生姓名		学号		班级	
实验日期		成绩		指导教师	

一、实验记录

1. 第一组杆长数据:

杆件编号	1 (最短杆)	2	3	4
杆件长度(mm)				

2. 验算杆长条件:

最短杆长度 + 最长杆长度 = + = (mm) ,

其它两杆长度之和 = + = (mm)

验证: 最短杆长度 + 最长杆长度 其它两杆长度之和。

3. 绘制以最短杆的邻杆 4 为机架时的机构简图, 图一 (标出比例尺 $\mu_L =$ m/mm) ,
并在同一图上画出机构的两个极限位置, 测量出: 当摇杆的摆角 $\psi =$, 极位夹角
 $\theta =$, 计算行程速比系数 $K =$ 。

根据实际机构测量: $\psi' =$, $\theta' =$

误差: $\Delta \psi =$, $\Delta \theta =$

图一

图二

4. 转动曲柄，观察连杆 BC 与连架杆 CD 的夹角变化。当最短杆 AB 的转角 $\phi =$ _____ 时，铰链 C 处的夹角 β 最小，量出 $\beta_{\min} =$ _____；当最短杆 AB 的转角 $\phi =$ _____ 时，铰链 C 处的夹角 β 最大，量出 $\beta_{\max} =$ _____；画出对应的机构运动简图，图二。

5. 分别以 1、2、3 为机架，观察机构的运动情况。

当以杆 1 为机架时，得到 _____ 机构；连架杆 2 作 _____ 动，连架杆 4 作 _____ 动。
 当以杆 2 为机架时，得到 _____ 机构；最短杆 1 作 _____ 动，连架杆 3 作 _____ 动。当
 以杆 3 为机架时，得到 _____ 机构；连架杆 2 作 _____ 动，连架杆 4 作 _____ 动。画出
 相应的机构运动简图：（比例： $\mu_L =$ _____ m/mm）

① _____ 机构 ② _____ 机构 ③ _____ 机构

上述三种机构分别以不同连架杆做原动件，观察哪种机构有死点位置，在什么条件下出现死点位置。

*6. 第二组杆长数据：（选做题）

杆件编号	1（最短杆）	2	3	4
杆件长度(mm)				

第二组杆长条件：_____

最短杆长度+最长杆度= _____ + _____ = _____

其它两杆长度之和 = _____ + _____ = _____

是否满足条件？ _____

画机构简图（比例： $\mu_L =$ _____ m/mm）

观察连架杆的转动情况：

机构简图

机架	连架杆转动情况	
4	杆 1	杆 3
2	杆 1	杆 3
1	杆 2	杆 4
3	杆 2	杆 4

二、思考题讨论

1. 通过观察平面铰链四杆机构，当其四个杆轮流做机架时，说明平面铰链四杆机构有曲柄的充分必要条件。

2. 通过观察曲柄摇杆机构的运动，说明机构中的 β 角是不是传动角，计算最小传动角 $\gamma_{\min}$ 。并说明其传动角 γ 达到其最小值的条件和产生急回运动的原因。

三、小结及心得体会

实验五 渐开线直齿圆柱齿轮参数测绘与分析

齿轮传动的精度与齿轮、轴、箱体和轴承等零部件有关，尤其是齿轮本身的精度对保证齿轮传动性能起着重要的作用。对齿轮传动性能的要求包括传动运动的准确性（运动精度）、传动的平稳性（平稳性精度）、载荷分布的均匀性（接触精度）以及合理的齿轮副侧隙，这些精度的保障都基于设计和制造的精度。本实验从设计的角度出发，从齿轮参数的测绘入手使学生通过对齿轮参数的测量，理解和掌握齿轮设计的过程，增强工程意识。

一、实验目的

1. 掌握用机械通用量具测定齿轮参数的过程。
2. 掌握和理解渐开线齿轮的若干重要概念和计算公式。
3. 掌握齿轮的设计方法，并培养运用所学知识解决实际生产问题的能力和实际操作技能。
4. 理解测定齿轮参数的方法在工程上有重要的实用价值。

二、实验设备和工具

1. 待测齿轮：模数制正常齿渐开线直齿圆柱齿轮($ha^*=1$ 、 $c^*=0.25$)两个(奇数齿和偶数齿的齿轮各一个)，最好是有齿顶降低($\Delta y > 0$)的变位齿轮，条件不具备，亦可用标准齿轮代替。

2. 量具：游标卡尺、千分尺。

三、实验内容

1. 测量齿轮的齿顶圆直径 d_a 、齿根圆直径 d_f 和跨齿数 k 及 $(k+1)$ 个齿的公法线长度 W'_k 和 W'_{k+1} 。
2. 根据测得的数据，运用所学的知识推算出被测齿轮的参数 m 、 α 、 ha^* 、 c^* 、 x 、 X 和 Δy 。
3. 判断所测齿轮是标准齿轮还是变位齿轮。
4. 分析测量误差。

四、实验要求

1. 学生在实验课前应预习教材中的有关内容。
2. 实验课中应掌握正确的测量方法，记录好实验数据。
3. 实验课后将数据加以整理，计算出实验结果，自己设计表格型式，写出实验报告。

五、实验步骤和参数设计过程

1. 确定齿数 z

齿数 z 可直接从待测齿轮上数出。为避免失误，至少应数三遍。

2. 测量齿顶圆直径 d_a 和齿根圆直径 d_f

用游标卡尺测量 d_a 和 d_f ，为减少测量误差，同一数据应在不同位置上测量三次，然后取其算术平均值。

测量方法：

(1) 当齿数 z 为偶数时， d_a 和 d_f 可用游标卡尺在待测齿轮上直接测出。如图 6 所示。

(2) 当齿数 z 为奇数时，不能通过直接测量得到 d_a 和 d_f 的准确值，而须采用间接测量方法，如图 7 所示。先量出齿轮轴孔的直径 D ，再分别量出孔壁到某一齿顶的距离 H_1 和孔壁到某一齿根的距离 H_2 。则 d_a 和 d_f 可按下式计算出来

$$d_a = D + 2H_1 \quad (\text{mm}) \quad d_f = D + 2H_2 \quad (\text{mm})$$

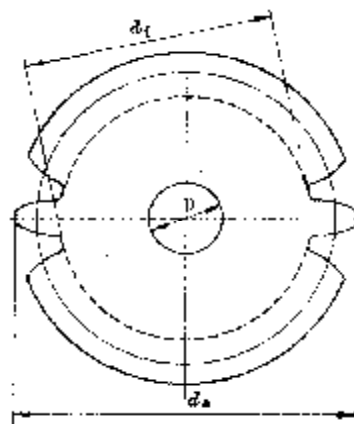


图 6 齿轮齿数为偶

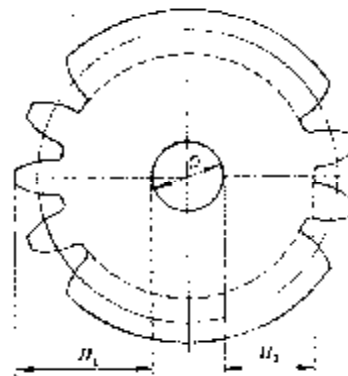


图 7 齿轮齿数为奇

3. 计算全齿高 h

对于偶数齿： $h = \frac{1}{2}(d_a - d_f)$ (mm)

对于奇数齿： $h = H_1 - H_2$ (mm)

4. 测定公法线长度 W'_k 和 W'_{k+1}

公法线 W_k^* 的长度是在基圆柱切平面（公法线平面）上跨 k 个齿（对外齿轮）或跨 k 个齿槽（对内齿轮）在接触到一个齿的右齿面和另一个齿的左齿面的两个平行平面之间测得的距离。这个距离在两个齿廓间沿所有法线都是常数。

用 W_k' 表示实际测量得公法线。

用公法线千分尺(或游标卡尺)按图 8 所示的方法测量：

首先，根据被测齿轮的齿数 z ，从直齿圆柱标准齿轮的跨测齿数和公法线长度表(附表 1)中查出相应的标准齿轮的跨测齿数 k ，然后，按图 8 所示的方法测量出跨测 k 个齿时的公法线长度 W_k' 。为减少测量误差， W_k' 值应在齿轮一周的三个均分部位上测量三次，并取其算术平均值。

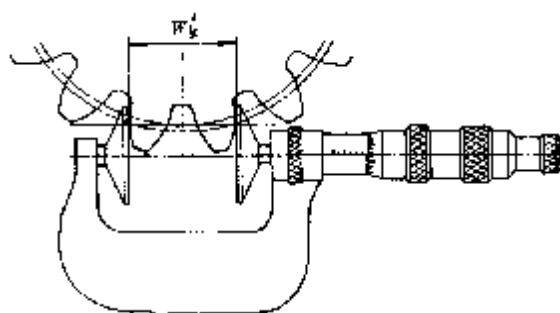


图 8 公法线测量图

按同样的方法再测量出跨测 $(k+1)$ 个齿时的公法线长度 W_{k+1}' 。为避免公法线长度变动量的影响，应在齿轮一周的三个相同部位上分别测出 W_k' 和 W_{k+1}' 值。

5. 推算被测齿轮的参数

(1) 确定模数 m 和压力角 α

由测量得出的 W_k' 和 W_{k+1}' 值计算出被测齿轮的齿距 P_b

$$P_b = W_{k+1}' - W_k' = \pi m \cos \alpha \text{ (mm)}$$

在基圆齿距表(附表 2)中查出与计算出的 P_b 相近的值，视为 P_b 的准确值，同时查出与之对应的模数 m 和压力角 α 。(注意：由于被测齿轮为模数制齿轮，故计算出的 P_b 值不可能与表中的径节制齿轮的 P_b 值相近，若出现这种情况，则是由测量误差过大所致，应重新检查测量数据。)

(2) 求变位系数 x 和移距量（变位量） X

先求标准齿轮的公法线长度 W_k 值：

若被测齿轮的压力角 $\alpha = 20^\circ$ ，则可查附表 1 中对应于 $m = 1$ 时的 z 和 k 的公法线长度值，再乘以被测齿轮的模数值 m ，即得 W_k 。

若被测齿轮的压力角 $\alpha \neq 20^\circ$ ，又无相应的公法线长度表可查，则 W_k 值应按下式计算出来

$$W_k = m \cos \alpha [(k - 0.5)p + z \sin \alpha]$$

式中 $inv\alpha = a - tga$

根据求出的 W_k 值和测量得出 W'_k 值, 即可按下式推算出被测齿轮的变位系数 x

$$x = \frac{W'_k - W_k}{2m \sin \alpha}$$

移距量 X $X = xm$

(3) 求齿顶高系数 h_a^* , 和齿顶降低系数 Δy :

1) 先在不考虑齿顶降低(即认为 $\Delta y = 0$)的情况下, 由公式 $r_a = m \left(\frac{z}{2} + h_a^* + x \right)$ 试算

齿顶高系数

$$h_a^* = \frac{r_a}{m} - \frac{z}{2} - x$$

若按此式求出的 h_a^* 恰等于标准值(1 或 0.8), 则表明被测齿轮不存在齿顶降低, 即 $\Delta y = 0$ 。

若按上式算出的 h_a^* 值略小于 1(或略小于 0.8), 则表明存在齿顶降低($\Delta y > 0$)。这时, 应按下述方法求出 h_a^* 和 Δy

2) 根据上述算出的结果, 取 $h_a^* = 1$ (或取 $h_a^* = 0.8$), 然后由公式 $r_a = m \left(\frac{z}{2} + h_a^* + x - \Delta y \right)$ 计

算其齿顶降低系数

$$\Delta y = \frac{z}{2} + h_a^* + x - \frac{r_a}{m}$$

(4) 求顶隙系数 c^*

由公式 $r_f = m \left(\frac{z}{2} - h_a^* - c^* + x \right)$ 即可推算出被测齿轮的顶隙系数

$$c^* = \frac{z}{2} + x - h_a^* - \frac{r_f}{m}$$

若按此式算出的 c^* 不等于 0.25(或 0.3 及其它标准值), 亦应将它圆整为标准值(偏差是由 r_f 的测量误差造成的)。

六、实验报告及要求

1. 提交原始测量数据。
2. 提交设计报告: 根据实验步骤和测量结果, 自己设计记录表格和实验报告。
3. 要求实验数据完整, 表达清楚。
4. 要对实验结果进行数值误差分析。
5. 实验报告要具有一定得工程设计参考价值。

机械原理实验报告

实验报告	渐开线直齿圆柱齿轮参数测绘与分析				
学生姓名		学号		班级	
实验日期		成绩		指导教师	

一、实验记录

测量项目 齿轮分类号	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
齿数 z								
齿顶圆 d_a (mm)								
齿根圆 d_f (mm)								
跨齿数 z								
公法线 W_k'								
公法线 W_{k+1}'								
全齿高 h								
实测齿距 P_b'								
查 附 表	齿距 P_b							
	模数 m							
	压力角 α							
标准齿轮 W_k								
变位系数 x								

二、结果分析

三、小结及心得体会

附表 1

附表 1 直齿圆柱标准齿轮的跨测齿数和公法线长度 (用于 $m=1\text{mm}, \alpha=20^\circ$)

齿数	跨齿数	$m=1$ 的 公法线长	齿数	跨齿数	$m=1$ 的 公法线长	齿数	跨齿数	$m=1$ 的 公法线长	齿数	跨齿数	$m=1$ 的 公法线长
4	2	4.4842	54	7	19.9452	104	12	35.4961	152	17	50.8590
5	2	4.4983	55	7	19.9602	105	12	35.5111	153	18	51.8792
6	2	4.5123	56	7	19.9752	106	12	35.5261	154	18	52.8993
7	2	4.5262	57	7	19.9902	107	12	35.5411	155	18	53.9194
8	2	4.5403	58	7	20.0052	108	13	36.5612	156	18	54.9395
9	2	4.5542	59	7	20.0202	109	13	36.5762	157	18	55.9596
10	2	4.5683	60	7	20.0352	110	13	36.5912	158	18	56.9797
11	2	4.5823	61	7	20.0502	111	13	36.6062	159	18	57.9998
12	2	4.5963	62	7	20.0652	112	13	36.6212	160	18	59.0199
13	2	4.6103	63	8	21.0853	113	13	36.6362	161	18	60.0399
14	2	4.6243	64	8	21.1003	114	13	36.6512	162	19	61.0600
15	2	4.6383	65	8	21.1153	115	13	36.6662	163	19	62.0801
16	2	4.6523	66	8	21.1303	116	13	36.6812	164	19	63.1002
17	2	4.6663	67	8	21.1453	117	14	41.4924	165	19	64.1203
18	3	7.6324	68	8	21.1603	118	14	41.5074	166	19	65.1404
19	3	7.6464	69	8	21.1753	119	14	41.5224	167	19	66.1605
20	3	7.6604	70	8	21.1903	120	14	41.5374	168	19	67.1806
21	3	7.6744	71	8	21.2053	121	14	41.5524	169	19	68.2007
22	3	7.6885	72	9	26.1015	122	14	41.5674	170	19	69.2208
23	3	7.7025	73	9	26.1165	123	14	41.5824	171	20	69.2409
24	3	7.7165	74	9	26.1315	124	14	41.5974	172	20	70.2610
25	3	7.7305	75	9	26.1465	125	14	41.6124	173	20	71.2811
26	3	7.7445	76	9	26.1615	126	15	44.5706	174	20	72.3012
27	4	10.7106	77	9	26.1765	127	15	44.5856	175	20	73.3213
28	4	10.7246	78	9	26.1915	128	15	44.6006	176	20	74.3414
29	4	10.7386	79	9	26.2065	129	15	44.6156	177	20	75.3615
30	4	10.7526	80	9	26.2215	130	15	44.6306	178	20	76.3816
31	4	10.7666	81	10	29.1797	131	15	44.6456	179	20	77.4017
32	4	10.7806	82	10	29.1947	132	15	44.6606	180	21	78.4218
33	4	10.7946	83	10	29.2097	133	15	44.6756	181	21	79.4419
34	4	10.8086	84	10	29.2247	134	15	44.6906	182	21	80.4620
35	4	10.8226	85	10	29.2397	135	15	44.7056	183	21	81.4821
36	5	13.7898	86	10	29.2547	136	15	44.7206	184	21	82.5022
37	5	13.8038	87	10	29.2697	137	15	44.7356	185	21	83.5223
38	5	13.8178	88	10	29.2847	138	15	44.7506	186	21	84.5424
39	5	13.8318	89	10	29.2997	139	16	47.6438	187	21	85.5625
40	5	13.8458	90	11	32.2579	140	16	47.6588	188	21	86.5826
41	5	13.8598	91	11	32.2729	141	16	47.6738	189	22	87.6027
42	5	13.8738	92	11	32.2879	142	16	47.6888	190	22	88.6228
43	5	13.8878	93	11	32.3029	143	16	47.7038	191	22	89.6429
44	5	13.9018	94	11	32.3179	144	17	50.7270	192	22	90.6630
45	6	16.8670	95	11	32.3329	145	17	50.7420	193	22	91.6831
46	6	16.8810	96	11	32.3479	146	17	50.7570	194	22	92.7032
47	6	16.8950	97	11	32.3629	147	17	50.7720	195	22	93.7233
48	6	16.9090	98	11	32.3779	148	17	50.7870	196	22	94.7434
49	6	16.9230	99	12	35.3301	149	17	50.8020	197	22	95.7635
50	6	16.9370	100	12	35.3451	150	17	50.8170	198	22	96.7836
51	6	16.9510	101	12	35.3601	151	17	50.8320	199	22	97.8037
52	6	16.9650	102	12	35.3751	152	17	50.8470	200	22	98.8238
53	6	16.9790									

附表 2

附表 2 基圆齿距表: $p_b = \pi m \cos \alpha$

模 数 m	径节 DP	30°	27°	25°	22½°	20°	17½°	15°	14½°
0.25		0.680	0.700	0.712	0.726	0.738	0.749	0.758	0.760
0.3		0.815	0.840	0.854	0.871	0.886	0.899	0.910	0.912
0.35		0.952	0.980	0.996	1.018	1.033	0.049	1.062	1.064
0.4		1.088	1.120	1.139	1.161	1.181	1.199	1.214	1.217
0.45		1.244	1.260	1.281	1.305	1.328	1.348	1.365	1.369
0.5		1.380	1.400	1.424	1.451	1.476	1.498	1.517	1.521
0.55		1.486	1.498	1.566	1.596	1.624	1.648	1.669	1.673
0.6		1.632	1.680	1.708	1.741	1.771	1.798	1.821	1.825
0.65		1.768	1.819	1.851	1.887	1.919	1.947	1.972	1.977
0.7		1.904	1.950	1.993	2.032	2.060	2.097	2.124	2.129
0.75		2.040	2.088	2.135	2.177	2.204	2.247	2.276	2.281
0.8		2.176	2.239	2.278	2.322	2.362	2.397	2.425	2.433
0.8465	30	2.358	2.424	2.462	2.498	2.506	2.538	2.570	2.576
0.9		2.449	2.519	2.589	2.612	2.657	2.667	2.731	2.737
0.9071	28	2.468	2.539	2.468	2.633	2.678	2.717	2.753	2.759
0.9769	26	2.658	2.734	2.781	2.836	2.884	2.927	2.955	2.972
1		2.721	2.789	2.847	2.902	2.952	2.996	3.034	3.041
1.0683	24	2.879	2.962	3.018	3.071	3.124	3.170	3.212	3.218
1.1545	22	3.141	3.232	3.287	3.352	3.408	3.461	3.504	3.513
1.25		3.401	3.499	3.559	3.628	3.690	3.745	3.793	3.817
1.270	20	3.455	3.555	3.616	3.685	3.749	3.805	3.854	3.863
1.4111	18	3.839	3.950	4.018	4.095	4.166	4.228	4.282	4.292
1.5		4.081	4.199	4.271	4.354	4.428	4.494	4.563	4.562
1.5275	16	4.319	4.444	4.520	4.609	4.687	4.756	4.817	4.830
1.75		4.761	4.896	4.983	5.079	5.166	5.243	5.310	5.323
1.8143	14	4.936	5.078	5.166	5.265	5.356	5.435	5.503	5.517
2		5.441	5.598	5.694	5.805	5.904	5.992	6.060	6.080
2.1167	12	5.759	5.928	6.027	6.144	6.249	6.343	6.423	6.449
2.25		6.121	6.298	6.406	6.530	6.643	6.741	6.826	6.843
2.3091	11	6.282	6.464	6.575	6.702	6.817	6.918	7.007	7.023
2.5		6.801	6.988	7.116	7.256	7.380	7.490	7.586	7.604
2.540	10	6.910	7.110	7.232	7.312	7.400	7.470	7.546	7.573
2.75		7.482	7.698	7.830	7.962	8.110	8.239	8.345	8.364
2.8222	9	7.678	7.900	8.035	8.191	8.332	8.455	8.564	8.583
3		8.162	8.397	8.542	8.707	8.856	8.989	9.104	9.125
3.175	8	8.538	8.887	9.040	9.215	9.373	9.513	9.635	9.657
3.25		8.842	9.097	9.253	9.433	9.594	9.738	9.862	9.885
3.5		9.522	9.797	9.965	10.150	10.332	10.487	10.621	10.646
3.6286	7	9.872	10.157	10.332	10.533	10.712	10.873	11.011	11.038
3.75		10.202	10.497	10.677	10.884	11.070	11.236	11.379	11.406
4		10.883	11.197	11.389	11.610	11.809	11.986	12.130	12.166
4.2353	6	11.517	11.850	12.053	12.280	12.497	12.683	12.845	12.876
4.5		12.243	12.598	12.813	13.081	13.285	13.483	13.655	13.687
5		13.603	13.996	14.236	14.512	14.781	14.981	15.173	15.208
5.080	5	13.821	14.220	14.464	14.744	14.997	15.221	15.415	15.451
5.5		14.964	15.385	15.660	15.963	16.237	16.479	16.690	16.728
5.6444	4.5	15.085	15.500	15.771	16.081	16.363	16.610	16.828	16.866
6		16.324	16.765	17.083	17.415	17.713	17.977	18.207	18.249
6.350	4	17.276	17.725	18.080	18.431	18.746	19.028	19.285	19.314
6.5		17.684	18.155	18.507	18.866	19.189	19.475	19.754	19.779
7		19.045	19.584	19.931	20.317	20.665	20.973	21.242	21.261
7.2571	3.5	19.744	20.314	20.655	21.063	21.424	21.743	22.022	22.072
8		21.766	22.333	22.778	23.220	23.617	23.989	24.276	24.332
8.4657	3	23.035	23.700	24.107	24.595	24.895	25.219	25.553	25.713
9		24.465	25.193	25.625	26.122	26.569	26.966	27.317	27.374

模 数 m	齿 节 DP	α							
		30°	27°	25°	$22\frac{1}{2}^\circ$	20°	$17\frac{1}{2}^\circ$	15°	$14\frac{1}{2}^\circ$
8.2364	$2\frac{1}{4}$	25.129	25.454	26.298	26.807	27.267	26.673	28.028	28.082
10		27.207	27.992	28.472	29.324	29.521	29.962	30.345	30.415
10.160	2.5	27.642	28.440	28.928	29.488	29.994	30.441	30.831	30.902
11		29.928	30.791	31.320	31.927	32.473	32.958	33.380	33.457
11.2889	$2\frac{1}{2}$	30.714	31.600	32.142	32.766	33.326	33.824	34.259	34.336
12		32.648	33.590	34.567	34.829	35.426	35.954	36.414	36.498
12.700	2	34.553	35.546	36.160	36.861	37.492	38.052	38.539	38.627
13		35.359	36.389	37.014	37.732	38.378	38.950	39.449	39.540
14		38.080	39.188	39.861	40.634	41.330	41.947	42.484	42.581
14.5143	$1\frac{3}{4}$	38.689	40.628	41.326	42.186	42.848	43.487	44.044	44.145
15		40.819	41.988	42.709	43.537	44.282	44.943	45.518	45.623
16		43.531	44.787	45.556	46.439	47.234	47.939	48.553	48.665
16.9333	1.5	46.070	47.389	48.213	49.147	49.959	50.734	51.385	51.562
18		49.572	50.985	51.850	52.744	53.138	53.931	54.622	54.748
20		54.414	55.983	56.945	58.049	58.643	59.324	60.091	60.231
20.320	$1\frac{1}{4}$	55.284	56.879	57.856	58.978	59.987	60.883	61.662	61.804
22		59.855	61.582	62.639	63.854	64.947	65.916	66.760	66.914
25		68.017	69.879	71.181	72.553	73.603	74.905	75.864	76.038
25.4	1	69.106	71.099	72.320	73.722	74.984	76.103	77.077	77.255

实验六 渐开线直齿圆柱齿轮范成原理实验

在多种机械中，齿轮机构可以用来传递任意两轴之间的运动，传动准确、效率高，是现代机械中应用最为广泛的一种传动机构。在实际工程中常用的齿轮有不同的齿廓，有渐开线齿廓、摆线齿廓和圆弧齿廓。本实验通过对渐开线直齿圆柱齿轮的范成加工过程的了解，加深对设计齿轮参数的理解。

一、实验目的

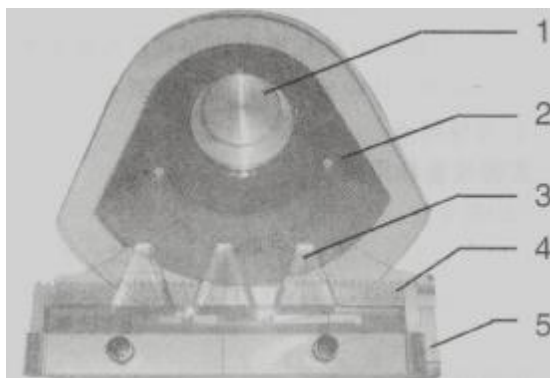
1. 掌握用范成法加工渐开线齿的切齿原理，观察齿廓的渐开线及过渡曲线的形成过程。
2. 了解齿轮的根切现象、齿顶变尖现象的原因及用变位修正来避免根切的方法。
3. 分析比较变位齿轮与标准齿轮的异同点。
4. 分析、比较分度圆直径相同、模数不同的两种标准渐开线齿轮齿形的异同点。

二、实验设备和工具

1. 齿轮范成仪(CJDJ-B)，图 9 所示。

2. 剪刀、圆规、三角板、HB 铅笔、计算器。

3. 自备： $\phi 220\text{mm}$ 圆形绘图纸一张（圆心要标记清楚，挖去中间圆心孔 $\phi = 36\text{mm}$ ）或 4 号图纸（制作待加工齿轮毛坯用）。



1、压板 2、圆盘 3、齿条刀 4、滑板 5、机架

图 9 CJDJ-B 齿轮范成仪

三、实验内容

1、要求完成切制 $m=20\text{mm}$ 、 $z=8$ 的标准、正变位 ($x_1=0.5$) 和负变位 ($x_2=-0.5$) 渐开线齿廓，三种齿廓每种都须画出两个完整的齿形，比较这三种齿廓。

2、(选作)要求完成切制 $m_1=20\text{mm}$ 、 $z_1=8$ 和 $m_2=8\text{mm}$ 、 $z_2=20$ 的标准渐开线齿廓，两种齿廓每种都须画出两个完整的齿形，比较这两种齿廓。

四、实验原理

范成法加工齿轮的原理是一对齿轮啮合时，齿廓曲线互为包络线。刀具刃廓为渐开线齿轮(齿条)的齿形，它与被切削齿轮轮坯的相对运动，完全与相互啮合的一对齿轮(或齿条

与齿轮)的啮合传动一样,显然这样切制得到的轮齿齿廓就是刀具的刃廓在各个位置的包络线。

范成仪中的刀具为齿条刀具。齿条刀具节线与齿轮分度圆的相切对滚是靠齿轮齿条啮合来保证的。每移动齿条刀具一个小距离 S , 齿轮则转过一个小角度 Φ , 连续进行传动, 则齿条刀具廓线将包络出齿轮轮齿廓线(图 10 所示)。当然, 为切出全齿宽, 刀具还必须要有纵向进刀, 但这种进给运动不影响齿轮轮齿廓线的几何形状, 故本实验中不涉及到进刀运动。

CJDJ-B 齿轮范成仪所用的两把刀具模型为齿条型插齿刀, 其参数为 $m_1=20$ 和 $m_2=8$, $\alpha=20^\circ$, $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ 。仪器构造简图如图 9 所示。圆盘 2 代表齿轮加工机床的工作台; 固定在它上面的圆形纸代表被加工齿轮的轮坯, 它们可以绕机架 5 上的轴线 O 转动, 齿条 3 代表切齿刀具, 安装在滑板 4 上, 移动

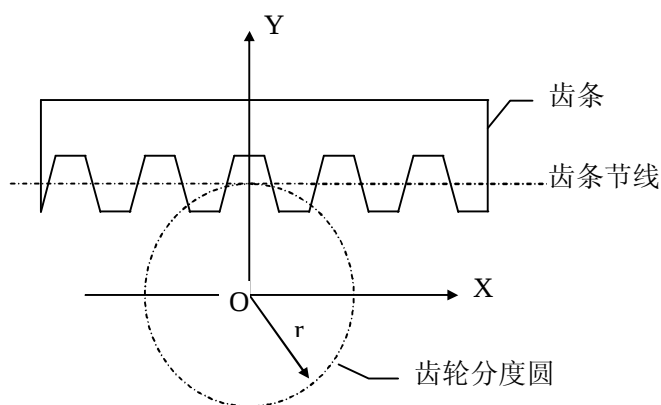


图 10 范成原理图

滑板时, 齿轮齿条使圆盘 2 与滑板 4 作纯滚动, 用铅笔依次描下齿条刃廓各瞬时位置, 即可包络出渐开线齿廓。齿条刀具 3 可以相对于圆盘作径向移动, 当齿条刀具中线与轮坯分度圆之间移动为 xm 时(由滑板 4 上的刻度指示), 被切齿轮分度圆由跟与刀具中线相平行的节线相切并作纯滚动, 可切制出标准齿轮($xm=0$)或正变位($xm>0$)、负变位($xm<0$)的齿轮齿廓。

五、实验任务及要求

1. 本实验基本要求: 每个学生画出 $m=20$ 、 $\alpha=20^\circ$ 、 $Z=8$ 、 $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ 时, 标准齿轮轮齿廓线和不发生根切时的变位齿轮轮齿廓线。毛坯纸形状如图 11 所示。在所范成齿轮上标出 d_b 、 d 、 d_a 、 d_f 、 p 、 s 、 e 、 p_b 、 p_n 。

2. 提交实验报告和 1 中标注有 d_b 、 d 、 d_a 、 d_f 、 p 、 s 、 e 、 p_b 、 p_n 的范成齿轮。

六、实验步骤

1. 实验前, 按实验报告中的要求, 制作 $m=20$ 、 $\alpha=20^\circ$ 、 $Z=8$ 、 $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ 、 $x_1=0.5$ $x_2=-0.5$ 的轮坯, 并分别算出标准、正变位和负变位三种渐开线齿廓的分度圆直径 d 、齿顶圆直径 d_a 、齿根圆直径 d_f 、基圆直径 d_b 和标准齿轮的周节 P 、分度圆齿厚 S 、齿间距 e 。将

作为轮坯的圆形图纸均分为三个扇区，分别在三个扇区内画出三种齿廓的上述四个圆 d 、 d_a 、 d_f 、 d_b (图 11 所示)。

2. 绘制标准齿轮齿廓

(1)将轮坯圆纸安装在范成仪上，使标准齿扇形区正对齿条位置，旋紧螺母用压板 1 压紧圆纸；

(2)调整齿条刀 3 位置，使其中线与轮坯分度圆相切，并将齿条刀 3 与滑板 4 固紧；

(3)将齿条推至一边(左边)极限位置，依次移动齿条刀(单向移动，每次不超过 1mm)，并依次用铅笔描出刀具刃廓各瞬时位置，要求给出两个以上完整齿形。

(4)测量分度圆齿厚 S 、齿间距 e ，并观察根切现象。

3. 绘制正变位齿轮齿廓

(1)松动压紧螺母，转动轮坯圆纸，将正变位扇形区正对齿条位置，并压紧圆纸；

(2)将齿条刀 3 中线调整到远离齿坯分度圆 $x_1m=0.5 \times 20=10\text{mm}$ 处，并将齿条刀 3 与滑板 4 固紧；

(3)绘制出两个以上完整齿形(重复 2(3)步)；

(4)观察此齿形与标准齿形的区别(齿根、齿根及分度圆 S 、 e)。

4. 绘制负变位齿轮齿廓

(1)松动压紧螺母，转动轮坯圆纸，将负变位扇形区正对齿条位置，并压紧圆纸；

(2)将齿条刀 3 中线调整到靠近齿坯圆中心，距分度圆处 $x_2m=-0.5 \times 20=-10\text{mm}$ 处，并将齿条刀 3 与滑板 4 固紧；

(3)绘制出两个以上完整齿形(重复 2(3)步)；

(4)观察此齿形与标准、正变位齿形的区别和根切现象。

5. 选作部分

(1)按 $m_1=20\text{mm}$ 、 $z_1=8$ 、 $\alpha=20^\circ$ ， $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ 和 $m_2=8$ 、 $\alpha=20^\circ$ ， $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ 制作轮坯分别计算并画出上述两种廓标准齿轮的分度圆 d 、齿顶圆 d_a 、齿顶圆 d_f 、基圆 d_b ；

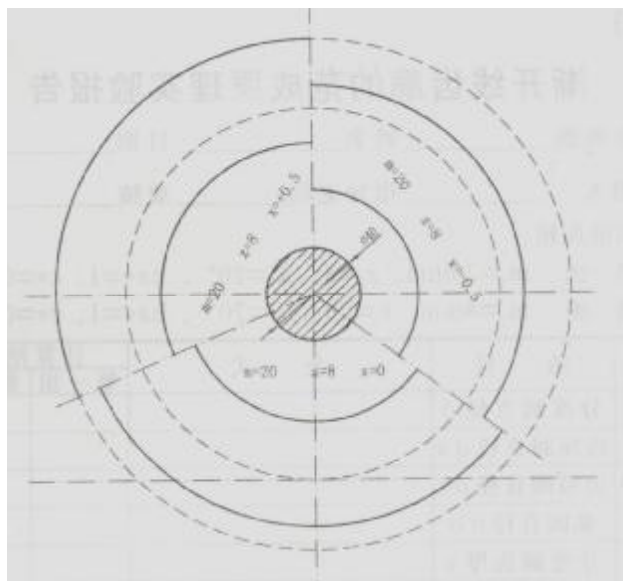


图 11 范成齿廓的轮坯图样

- (2) 绘制 $m_1=20\text{mm}$ 、 $z_1=8$ 、 $\alpha=20^\circ$ 、 $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ 的标准齿轮齿廓；
- (3) 绘制 $m_2=8$ 、 $z_1=8$ 、 $\alpha=20^\circ$ 、 $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ 的标准齿轮齿廓；
- (4) 比较上述两种标准齿轮齿廓的异同点。

机械原理实验报告

实验报告	渐开线直齿圆柱齿轮范成原理实验				
学生姓名		学号		班级	
实验日期		成绩		指导教师	

一、实验记录

1. 齿条刀具基本参数: $m=20$, $\alpha=20^\circ$, $h^*=1$, $c^*=0.25$, $d=160\text{mm}$

2. 绘制标准齿轮的齿形

1) 计算齿轮参数

项 目	计算公式	计算结果 (mm)
齿 数 Z	$Z=8$	
分度圆半径 r		
基圆半径 r_b		
顶圆半径 r_a		
根圆半径 r_f		

2) 绘制齿轮 (另附制作的模型)

3 绘制不发生根切的变位齿形

1) 计算变位齿轮参数

项 目	计算公式	计算结果 (mm)	
最小变位系数 $X_{\min}$	$\frac{17-z}{17}$		
变位量 X	xm	10	-10
齿根圆半径 r_f	$r - (h_a^* + c^* - x)m$		
齿顶圆半径 r_a	$r + (h_a^* + x)m$		
分度圆半径 r			
基圆半径 r_b			
分度圆齿厚 S			

注: 顶圆半径按 $r_a = r + (h_a^* + x)m$ 计算, 不考虑削顶量。

2) 绘制齿轮: (另附制作的模型)

二、思考题讨论

1. 齿条型刀具的齿顶高和齿根高为什么都等于 $(h_a^* + c^*)m$?

2. 通过实验, 你所看到的根切现象发生在何处? 并说明根切的原因以及避免根切的

的方法。

3. 变位齿轮与标准齿轮相比，有哪些参数发生了变化？变化的趋势如何？

三、小结及心得体会