

中等专业学校教学用书

# 机械设计基础实验指导书

杨俊才 张建中 主编

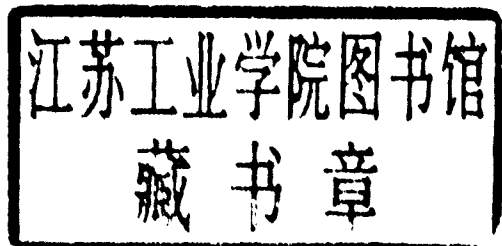
13

中国矿业大学出版社

中等专业学校教学用书

# 机械设计基础实验指导书

杨俊才 张建中 主编



(苏)新登字第 010 号

### 内 容 提 要

全书包括:平面机构运动简图的测绘和分析、带传动实验、渐开线齿轮范成原理实验、渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定、刚性转子的静平衡实验、刚性转子的动平衡实验、减速器拆装实验、计算机辅助设计实验。每个实验指导书均附有实验报告,学生可直接利用本书填写实验报告。

本书是煤炭中等专业学校机械类、机械类少学时及非机类专业《机械设计基础》课程的实验教材,亦可供其它行业中等专业学校使用。

责任编辑 刘永青

技术设计 关湘雯

中等专业学校教学用书  
**机械设计基础实验指导书**  
杨俊才 张建中 主编

---

中国矿业大学出版社出版  
新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷  
开本 787×1092 毫米 1/16 印张 2.75 字数 63 千字  
1992 年 8 月第一版 1992 年 8 月第一次印刷  
印数: 1—10000 册

---

ISBN 7-81021-635-X

---

## 前 言

本书是根据中国统配煤矿总公司教育局 1989 年审订的煤炭中等专业学校煤矿机电专业《机械设计基础教学大纲》编写的,作为煤炭中专机类、近机类和非机类专业机械设计基础实验课程的教学用书,也可供其它行业中专使用。本书系统地阐明了实验原理、实验步骤、实验设备的工作原理和必要的操作方法。

每项实验内容都包括实验目的、实验要求、实验设备与工具、实验原理、实验步骤、思考题和实验报告七个部分,以验证、巩固和加深理论,培养学生动手和分析综合的能力。为了适应现代科学技术的需要,还编写了计算机辅助设计实验。

本书中渐开线齿轮范成原理的计算机动态模拟及计算机辅助设计实验由张建中同志编写,其余实验由杨俊才同志编写。

本书是机械设计基础系列教材的实验教材,与其配套的基本教材是费鸿学、刘凤明、潘广钊、张志杰、张天熙、周乐国和蒙朝华编写的《机械设计基础》,以及张浩、张建中、陈国梁和黄达忠编写的《机械设计基础课程设计》。

本系列教材由抚顺煤炭工业学校刘勤周、北京交通学校刘森、北京煤炭工业学校赵云龙等同志审阅,并提出很多宝贵意见,编者在此表示衷心感谢。

书中不妥之处,恳请广大教师和读者批评指正。

编者

1992 年 1 月

## 目 录

实验一	平面机构运动简图的测绘和分析.....	(1)
实验二	带传动实验.....	(3)
实验三	渐开线齿轮范成原理实验.....	(8)
附:	渐开线齿轮范成原理的计算机动态模拟.....	(11)
实验四	渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定 .....	(19)
实验五	刚性转子的静平衡实验 .....	(22)
实验六	刚性转子的动平衡实验 .....	(25)
实验七	减速器拆装实验 .....	(28)
实验八	计算机辅助设计实验 .....	(32)

# 实验一 平面机构运动简图的测绘和分析

## 一、实验目的

- (1)学会根据实际机械或模型的结构测绘机构运动简图；
- (2)验证和巩固机构自由度的计算。

## 二、实验要求

- (1)正确判别两种运动副及其数量；
- (2)绘制出 2~4 种平面机构的运动简图；
- (3)对照实际机械,理解机构自由度计算的目的。

## 三、实验设备和工具

- (1)各种机械实物；
- (2)各种机构模型；
- (3)钢板尺；
- (4)外卡钳；
- (5)铅笔与橡皮(自备)；
- (6)草稿纸(自备)。

## 四、实验原理

在分析和研究机构运动时,为了使问题简化,便于分析,可以不考虑构件的外形、构件的截面尺寸和运动副的实际构造,只用简单的线条和符号来代表构件和运动副,并按一定的比例尺表示运动副的相对位置,以此来说明实际机构的运动特征。

## 五、测绘步骤和方法

- (1)测绘时使被测的机器或模型缓慢地运动,从原动构件开始仔细观察机构运动,分清各个运动单位,从而确定组成机构的构件数目；
- (2)根据相互联接两构件的接触情况和相对运动的性质,确定各个运动副的种类；
- (3)选取平行于机构运动的平面为视图平面,使其能表示出一个瞬时的机构位置,且要求在此位置时的各构件不相互重叠；
- (4)在草稿纸上徒手按规定的符号和构件联接的次序逐步画出机构运动简图的草图。然后用数字 1、2、3……分别标注各构件,用拉丁字母 A、B、C……分别标注各运动副；
- (5)细心测量机构的运动学尺寸(如回转副的中心距,移动副导路间的夹角等)。任意假设原动构件的位置,并按一定的比例尺将草图画成正规的机构运动简图,简图比例尺用  $\mu$  表示,即

$$\mu = \frac{\text{实际尺寸(m)}}{\text{图示尺寸(mm)}}$$

- (6)计算各机构的自由度数,并将结果与实际相对照,观察是否相符。

## 六、思考题

1—1. 一个正确的平面机构运动简图,应能说明哪些内容?

1—2. 绘制平面机构运动简图时,原动构件的位置为什么可以任意假定?会不会影响简图的正确性?

1—3. 平面机构自由度的计算,对测绘平面机构运动简图有何帮助?

## 平面机构运动简图的测绘和分析

### 实验报告

姓名		班级		成绩	
指导教师		组别		实验日期	

### 实验结果

机构名称	1.	2.
实测尺寸		
自由度计算	$n =$ $P_l =$ $P_H =$	$n =$ $P_l =$ $P_H =$
	$W =$	$W =$
机构运动简图		

### 实验结果分析和讨论

## 实验二 带传动实验

### 一、实验目的

了解带传动中的弹性滑动和打滑现象及其与带传动能力的关系。

### 二、实验要求

- (1)测定弹性滑动系数与有效拉力和传动效率之间的关系,绘制弹性滑动曲线;
- (2)了解带传动试验机结构原理及转矩、转速、转速差的测试方法。

### 三、实验设备及其工作原理

图 2-1 是带传动试验台示意图,调速电动机 1 的转子轴上装有主动带轮 3,通过平型带(或 V 型带)传动从动带轮 4,从动带轮装在直流发电机 2 的转子轴上。改变发电机的负载电阻就可以对带传动施加不同的负载。重锤 14 通过钢丝绳 15、滑轮 16 将滑座 13 拉紧,从而可张紧皮带并保持不变的初拉力。

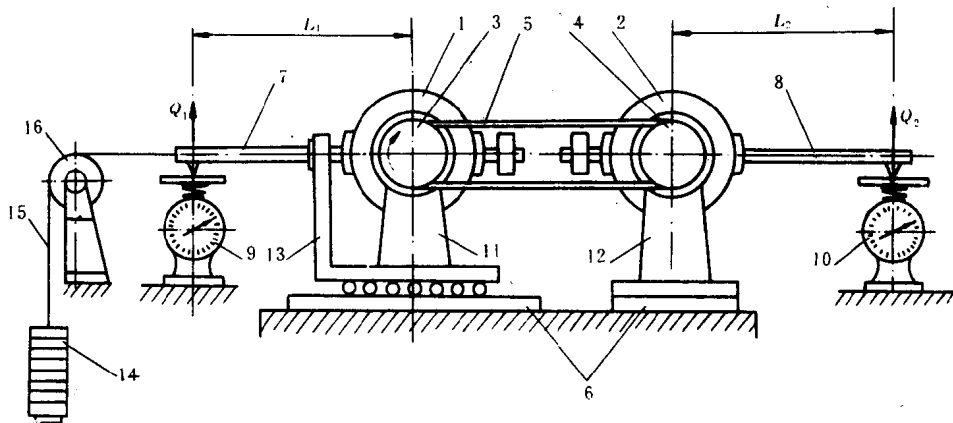


图 2-1 带传动试验台示意图

- 1—调速电动机;2—直流发电机;3—主动带轮;4—从动带轮;  
5—传动带;6—底座;7、8—测力杆;9、10—测力计;11、12—支座;  
13—滑座;14—重锤;15—钢丝绳;16—滑轮

#### 1. 转矩的测量

电动机输出转矩  $T_1$  (主动轮转矩) 和发电机输入转矩  $T_2$  (从动轮转矩) 采用平衡式电动机外壳来测定, 如图 2-1 所示。电动机和发电机的定子外壳是支承在支座 11 和 12 的滚动轴承上, 并可绕与转子相重合的轴线任意摆动。当电动机启动和发电机负载后, 由于定子磁场与转子磁场相互作用, 电动机外壳将向转子旋转的相反方向倾倒, 发电机外壳将向转子旋转的相同方向倾倒, 它们的倾倒力矩分别通过固定在定子外壳上的测力杆 7、8 由测力计 9、10 所产生的力来平衡。所以主动轮上的转矩

$$T_1 = Q_1 L_1, \text{ N} \cdot \text{mm}$$



从动轮上的转矩

$$T_2 = Q_2 L_2, \text{ N} \cdot \text{mm}$$

式中  $Q_1, Q_2$ ——测力计 9、10 的力的读数；

$L_1, L_2$ ——测力杆力臂距离。

传动的有效拉力

$$F = \frac{2T_1}{D_1}, \text{ N}$$

式中  $D_1$ ——主动轮直径。

根据两带轮上的功率，可以求出它们的传动效率

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2 n_2}{T_1 n_1}$$

式中  $P_1, P_2$ ——主动、从动轮功率，同 kW；

$n_1, n_2$ ——主动、从动轮转速，r/min。

## 2. 滑动系数的测量

主动轮转速  $n_1$  和从动轮转速  $n_2$  是通过装在它们前面的光电传感器由数字转数记录仪测出的，或用手持式转速表测量。因为带传动存在着弹性滑动，所以  $n_2 < n_1$ 。

滑动系数为

$$\varepsilon = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = 1 - \frac{D_2 n_2}{D_1 n_1}$$

当主动轮和从动轮直径相同时，即  $D_1 = D_2$  则

$$\varepsilon = 1 - \frac{n_2}{n_1}$$

滑动系数  $\varepsilon$  与负载转矩（或有效拉力）的关系曲线如图 2-2 所示。一般给出的许用功率对应的滑动系数  $\varepsilon = 1 \sim 2\%$ 。

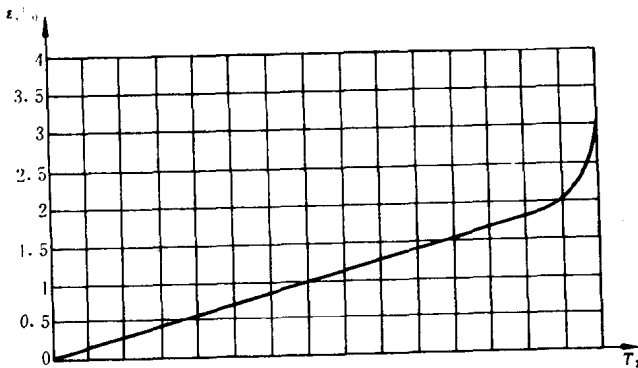


图 2-2 带传动弹性滑动曲线图

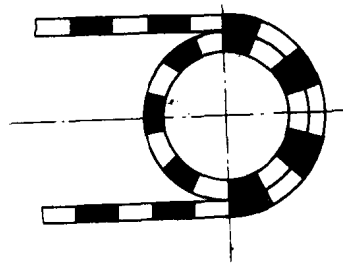


图 2-3 观察弹性滑动现象示意图

## 四、实验步骤

(1) 观察带传动的弹性滑动和打滑现象。先启动电动机，并将电动机转速调到一定值（如 800r/min），然后由发电机逐级加负载，并依次观察带传动的弹性滑动变化情况，一直至完全打滑为止。观察的方法是采用闪光测速仪或闪光灯，闪光频率应与主动轮同步，然后照亮从动轮上黑白标志（如图 2-3 所示），根据频闪效应，黑白标志向旋转方向的反向移动，根据不

同的移动速度来判断弹性滑动情况。或由数字转数记录仪测出  $n_1$ 、 $n_2$  的值,来判断弹性滑动情况。

建议第一次观察带传动的弹性滑动和打滑现象由指导教师演示。

(2)学生动手试验时,首先要对带传动施加规定的初拉力  $F_0$ (推荐  $2F_0=200\text{N}$ )。按操作规程启动电动机后,将转速调至一定值(推荐  $1000\text{r/min}$ ),并要保持转速稳定。对发电机逐级增加负载,记录各级负载下的  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $Q_1$ 、 $Q_2$  值,依次做至带在带轮上完全打滑时为止。然后按上述程序重复做一次,取其平均值。

(3)计算  $\epsilon$  和  $T_2$ (或  $F$ ) 的值并绘出曲线。

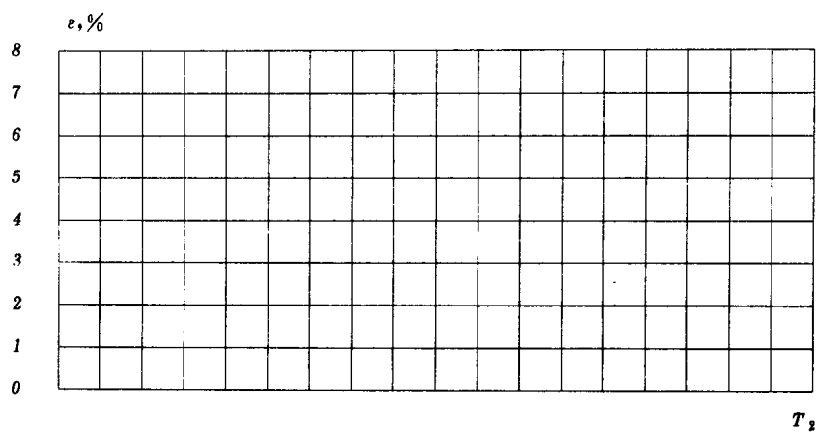
(4)改变初拉力或主动轮转速(推荐  $800\text{r/min}$ )重复上述步骤,并分析初拉力或传动速度对带的传动能力的影响。

### 五、思考题

- 2-1. 带传动中的弹性滑动和打滑现象有何区别?产生这两种现象的原因是什么?
- 2-2. 当从动轮和主动轮的直径不同时,打滑现象发生在哪个带轮上?
- 2-3. 影响带传动弹性滑动和传动能力的因素有哪些?



### 绘制弹性滑动曲线



### 实验结果分析和讨论

## 实验三 渐开线齿轮范成原理实验

### 一、实验目的

- (1)掌握用范成法制造渐开线齿轮的基本原理;
- (2)掌握渐开线齿轮产生切齿干涉的原因和克服切齿干涉的方法;
- (3)分析比较标准齿轮与变位齿轮的异同点。

### 二、实验要求

- (1)绘制渐开线标准齿轮、正变位齿轮和负变位齿轮的齿廓图各 2~3 个完整齿;
- (2)比较上述 3 种齿廓的异同点;
- (3)指出变位齿轮的优缺点。

### 三、实验设备和工具

- (1)齿轮范成仪(包括渐开线标准齿形样板);
- (2)圆规(自备);
- (3)铅笔(自备);
- (4)剪刀(自备);
- (5)三角板(自备);
- (6)绘图纸(自备)。

### 四、实验原理

范成仪上所用的刀具模型为齿条插刀。范成仪的构造如图 3-1 所示:圆盘 1 绕其固定的轴心  $O$  转动,在圆盘的周缘有凹槽,槽内绕有尼龙绳 2,尼龙绳绕在槽内以后,其中心线所形成的圆应该等于被加工齿轮的分度圆。尼龙绳的一端固定在横拖板 3 的  $a$  处,另一端固定在横拖板的  $b$  处。横拖板可以在机架 4 上沿水平方向移动,通过尼龙绳的作用,使圆盘相对于横拖板的运动等于被加工齿轮相对齿条的运动(新的范成仪根据此原理已采用齿轮与齿条传动)。在横拖板上另一个带有刀具 6 的纵拖板 5,转动螺旋 8 时,可使纵拖板相对于横拖板沿垂直方向移动,以调节刀具中线到轮坯中心的距离。

#### 原始数据和教师指定的变位系数

模数	压力角	齿顶高系数	顶隙系数	分度圆直径	齿数	变位系数
$m =$	$\alpha =$	$h_a^*$	$c^*$	$d =$	$z =$	$x_1 =$ / $x_2 =$

### 五、实验步骤

- (1)切制标准齿轮时,将刀具中线调节至与被加工齿轮分度圆相切(或刀具的齿顶与被加工齿轮的齿根圆相切)的位置;
- (2)切制变位齿轮时,将刀具中线调节至离开被加工齿轮分度圆的切线一段距离  $xm$  (变位值),此值可由横拖板端面上的刻度读出;

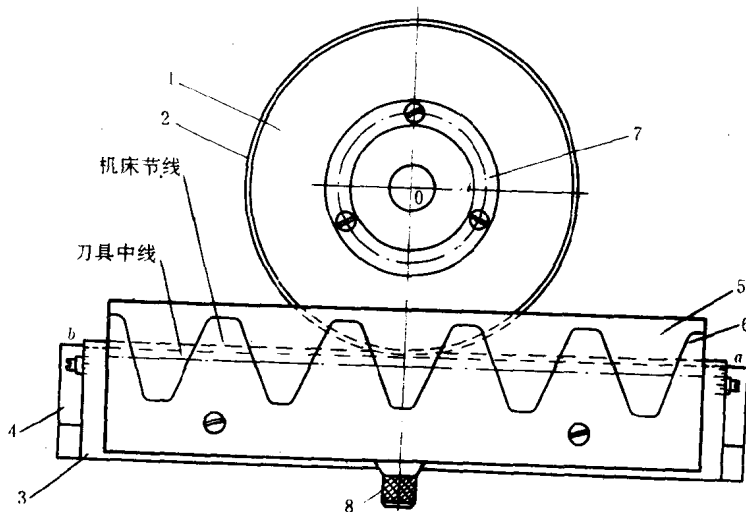


图 3-1 齿轮范成仪

(3) 根据刀具的原始参数和被加工齿轮分度圆直径, 计算出被加工的标准齿轮和变位齿轮的基圆、根圆以及顶圆的直径, 并将上述四个圆画在图纸上。然后将纸剪成比顶圆直径大出 1~2mm 的圆形作为轮坯(见图 3-2), (变位齿轮顶圆直径以高度变位传动计算);

(4) 把代表轮坯的图纸放在圆盘 1 上, 对准中心后用压环 7 压紧;

(5) 开始“切削”齿廓时, 可移动横拖板, 将刀具推到范成仪的一端, 然后每次向另一端移动一个不大的距离, 这时就在代表轮坯的图纸上用铅笔描下刀具刀刃的位置, 直到形成 2~3 个完整的轮齿时为止。在上述过程中, 应注意轮坯上的齿廓是怎样被包络线逐渐包络出来的;

(6) 用渐开线标准齿形样板检验齿轮的渐开线齿廓, 观察有无切齿干涉现象。如有切齿干涉现象, 则分析其原因, 并计算出最小变位系数  $x_{\min}$ ;

(7) 按教师指定的变位系数  $x$  和第二条所说的方法, 重新调节刀具的位置, 使其处于切削变位齿轮的位置进行“切削”齿轮。然后进行变位齿轮的齿廓检验;

(8) 比较“切削”出的标准齿轮和变位齿轮的齿厚、齿槽宽、齿距、齿顶厚、基圆齿厚、根圆、顶圆、分度圆和基圆的相对变化情况。

## 六、思考题

3-1. 用齿轮刀具加工标准齿轮时, 刀具和轮坯之间的相对位置和相对运动有何要求? 为什么要有这样的要求?

3-2. 齿条刀具的齿顶高为什么等于  $(h_a^* + c^*)m$ ?

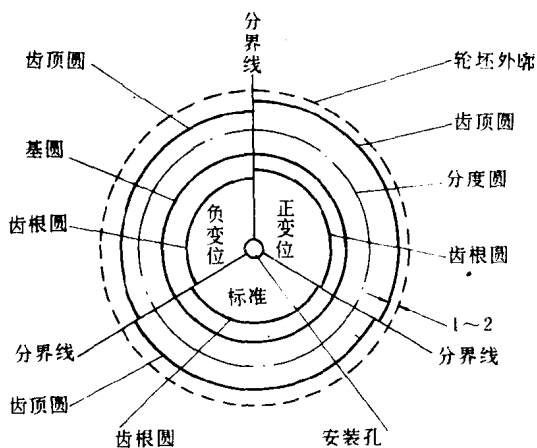


图 3-2 轮坯图样

3-3. 通过实验,你认为切齿干涉现象产生的原因是什么? 避免切齿干涉的方法有哪些?

## 渐开线齿轮范成原理

### 实验报告

姓名		班级		成绩	
指导教师		组别		实验日期	

### 原始数据

模数	压力角	齿顶高系数	顶隙系数	分度圆直径	齿数	变位系数
$m =$	$\alpha =$	$h_a^* =$	$c^* =$	$d =$	$z =$	$x_1 = / x_2 =$

### 实验结果 1

齿廓图	标准	正变位	负变位

### 实验结果 2

项目	相对标准齿轮结果比较定性说明	
	正变位齿轮	负变位齿轮
齿距 $p$		
齿槽宽 $e$		
齿厚 $s$		
齿顶圆直径 $d_a$		
齿根圆直径 $d_f$		

### 实验结果分析和讨论

## 附：渐开线齿轮范成原理的计算机动态模拟

齿轮范成实验一般用齿轮范成仪来进行,实验时需用铅笔逐步描绘,画出许多密集的铅笔线,故速度较慢,一次实验课,学生只能“切削”出一两种参数的齿轮,观看一两种齿轮的齿廓形状,且由于仪器的限制,不能任意改变齿数、模数、压力角、变位系数等参数,因此就不能较全面地了解各个参数对齿廓形状的影响。齿轮范成实验用计算机进行动态模拟,能任意改变齿数、模数、压力角和变位系数,并很快地从荧光屏上动态地显示齿轮范成实验的全过程,也可将图形打印出来,具有形象直观、占用时间少的优点。

### 一、基本原理

用范成法加工齿轮时,轮坯转动,齿条刀具按确定的传动比平移。在计算机演示实验中,让轮坯不动,而让齿条刀具的节线始终在轮坯的节圆上作纯滚动,依此,可以画出一系列的刀具位置投影,相当于刀具逐步占有这些位置,只要刀具位置投影足够密,就可清楚地看出其包络线的形状,如图 3-3 所示。

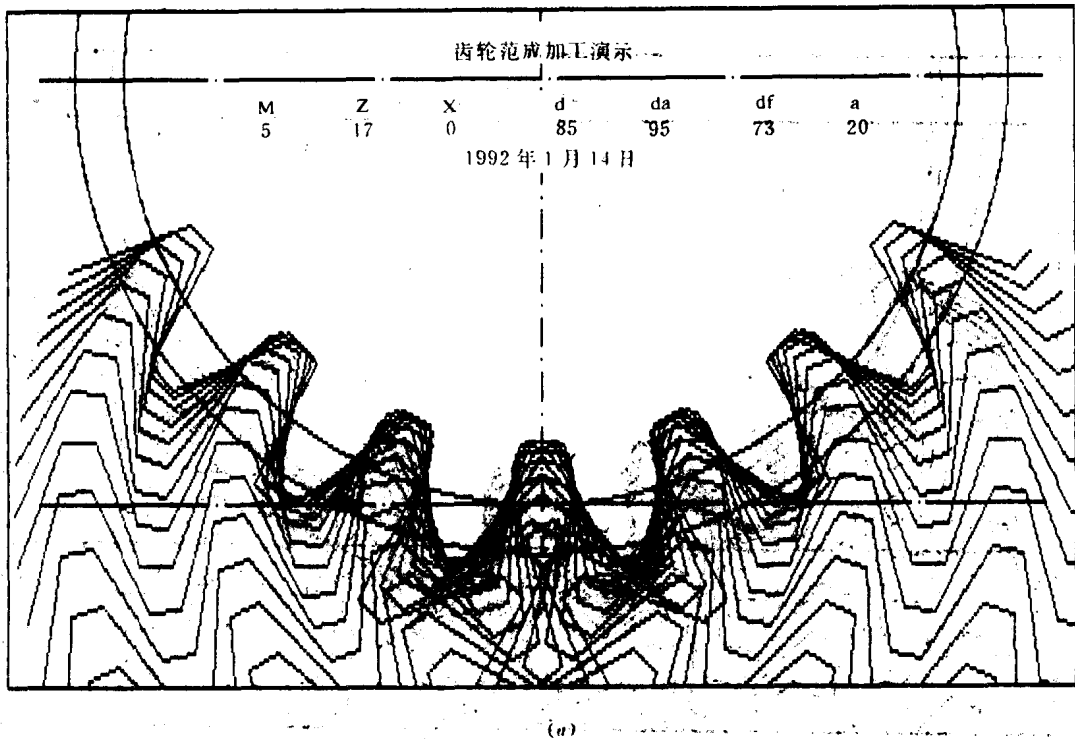
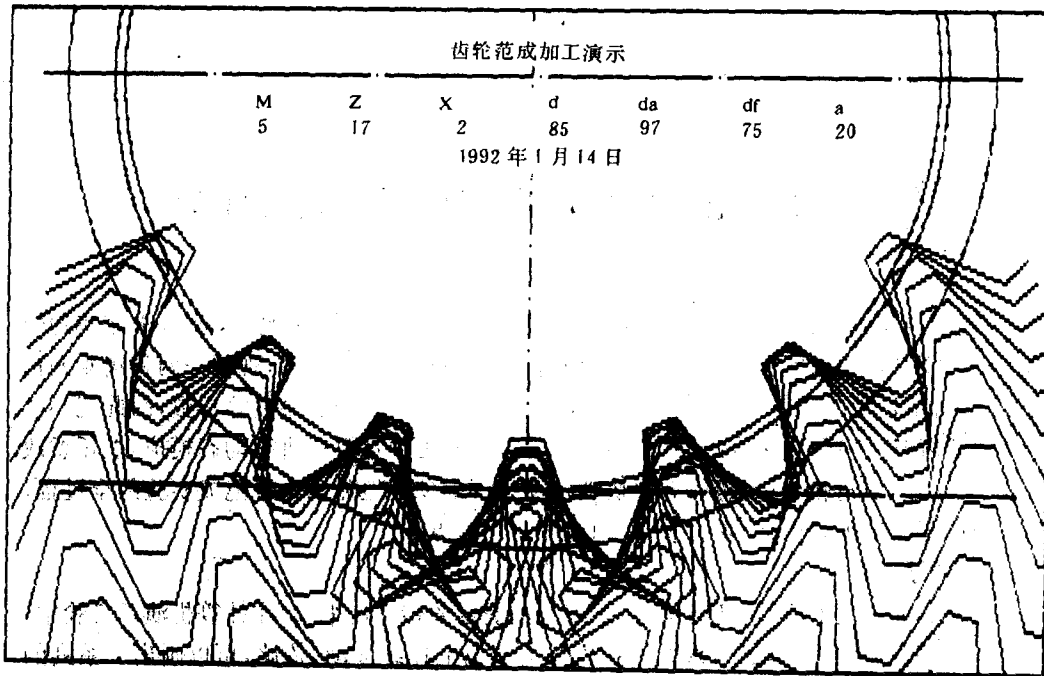


图 3-3 计算机打印的齿轮范成图形

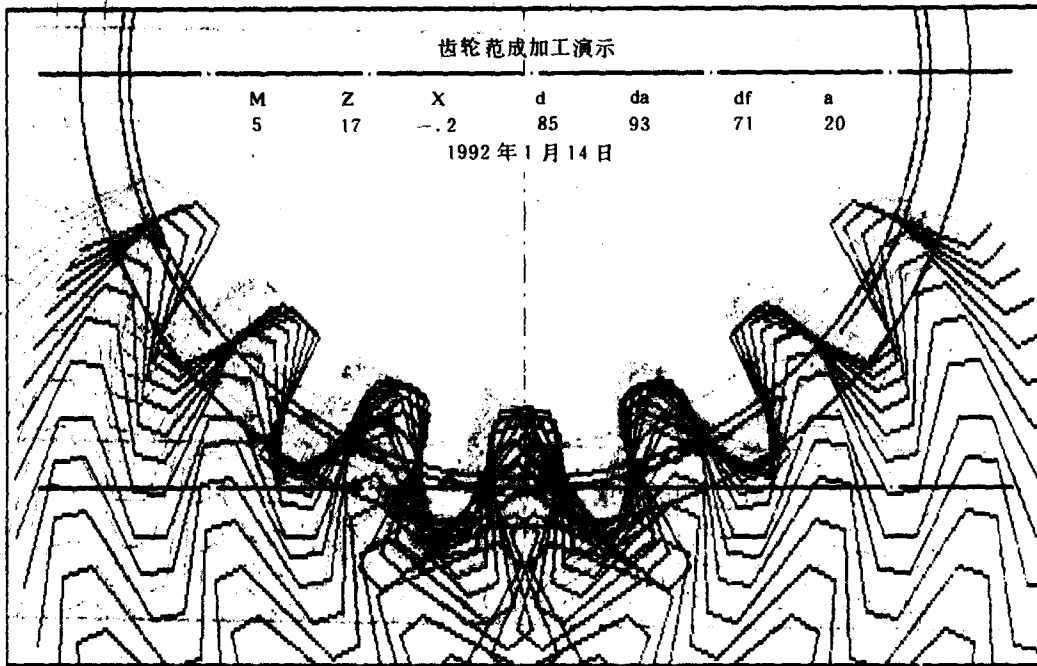
◁—标准齿轮





(b)

图 3-3 计算机打印的齿轮范成图形  
b—正变位



(c)

图 3-3 计算机打印的齿轮范成图形  
c—负变位