

机械基础实验报告

实验 2: 齿轮范成原理与齿轮参数测定

班级	2019级自动化1班
姓名	方亮
学号	190410102
所在学院	机电工程与自动化学院
同组人员	邹文星
指导教师	李小鹏
实验日期	2021年11月16日
实验成绩	

编写: 杨晓钧



哈尔滨工业大学 (深圳)

渐开线齿轮范成原理

(1) 实验的目的 (5分)

1. 掌握使用范成法加工渐开线齿轮的基本原理
2. 了解渐开线齿轮产生根切现象的原因和避免根切的方法。
3. 分析和比较标准齿轮和变位齿轮的异同点。

(2) 实验设备及切削刀具的主要参数: m, α, h_a^*, c^* 以及不发生根切的最少齿数 Z_{\min} (5分)

实验设备: 齿轮范成仪

主要参数: $m=16\text{mm}$; $\alpha=20^\circ$; $h_a^*=1$; $c^*=0.25$

最少齿数 $Z_{\min}=10$

(3) 被加工齿轮基本参数以及最小变位系数 x_{\min} (3+2=5分)

基本参数

模数 $m=20\text{mm}$

齿廓角 $\alpha=20^\circ$

齿顶高系数 $h_a^*=1$

径向间隙系数 $c^*=0.25$

齿数 $Z=12$

$$\begin{aligned}\text{最小变位系数 } x_{\min} &= h_a^* \frac{Z_{\min} - Z}{Z_{\min}} \\ &= 1 \times \frac{10 - 12}{10} \\ &= -\frac{1}{5}\end{aligned}$$

(4) 被加工齿轮齿数及主要几何尺寸 (标准和正负变位三种情况) (10分)

被加工齿轮参数: $m = 20$ 、 $\alpha = 20^\circ$ 、 $h_a^* = 1$ 、 $c^* = 0.25$ 、 $Z = 12$

表1 标准齿轮参数表

序号	名称	公式及计算数据
1	分度圆直径	$d = mz = 240 \text{ mm}$
2	基圆直径	$d_b = d \cos \alpha = 225.526 \text{ mm}$
3	齿顶高	$h_a = (h_a^* + x)m = 20$
4	齿顶圆直径	$d_a = d + 2m(h_a^*) = 280 \text{ mm}$
5	齿根高	$h_f = (h_a^* + c^*)m = 25 \text{ mm}$
6	齿根圆直径	$d_f = d - 2h_f = 190 \text{ mm}$
7	分度圆齿厚	$s = \frac{\pi m}{2} = 10\pi = 31.416 \text{ mm}$

表2 正变位齿轮参数表

1	变位系数	$x = 0.5$
2	齿条刀具变位量	$xm = 10 \text{ mm}$
3	分度圆直径	$d = mz = 240 \text{ mm}$
4	基圆直径	$d_b = d \cos \alpha = 225.526 \text{ mm}$
5	齿顶高	$h_a = (h_a^* + x)m = 30$
6	齿顶圆直径	$d_a = d + 2h_a = 300 \text{ mm}$
7	齿根高	$h_f = (h_a^* + c^* - x)m = 15 \text{ mm}$
8	齿根圆直径	$d_f = d - 2h_f = 210 \text{ mm}$
9	分度圆齿厚	$s = \left(\frac{\pi}{2} + 2xtg\alpha\right)m = 38.695 \text{ mm}$

表3 负变位齿轮参数表

1	变位系数	$x = -0.5$
2	齿条刀具变位量	$xm = -10 \text{ mm}$
3	分度圆直径	$d = mz = 240 \text{ mm}$
4	基圆直径	$d_b = d \cos \alpha = 225.526 \text{ mm}$
5	齿顶高	$h_a = (h_a^* + x)m = 10$

6	齿顶圆直径	$d_a = d + 2h_a = 260 \text{ mm}$
7	齿根高	$h_f = (h_a^* + c^* - x)m = 35 \text{ mm}$
8	齿根圆直径	$d_f = d - 2h_f = 170 \text{ mm}$
9	分度圆齿厚	$s = \left(\frac{\pi}{2} + 2x \tan \alpha\right)m = 24.137 \text{ mm}$

(5) 实验结果比较

1、比较标准渐开线齿轮和正变位渐开线齿轮的齿形不同并分析原因，哪些尺寸发生了变化并分析原因？（5分）

标准齿轮和正变位齿轮的基圆直径相同，都是由同一基圆产生的渐开线，只是所取位置不同；正变位齿轮齿形曲率半径变大，齿厚大于齿槽宽，齿肥大，齿顶变尖。

齿顶圆直径，齿顶高，齿根高，齿根圆直径，分度圆齿厚都发生了变化。由于加工时刀具产生了远离齿轮的变化量，而分度圆保持不变，故齿顶高增大，引起齿顶圆直径增大，齿根高减小引起齿根圆直径增大。

2、试分析决定齿廓形状的参数有哪些？（5分）

主要是基圆（直径大小）决定的，另外，齿根圆，齿顶圆直径的大小，决定了两圆所夹渐开线的位置、区间形状。

具体到齿轮参数：齿数，模数，压力角，齿顶圆直径，齿根圆直径。而齿根圆，齿顶圆直径，会受到变位系数影响。

渐开线齿轮参数测定实验

(1) 实验的目的 (5分)

1) 掌握用游标卡尺测量渐开线直齿圆柱齿轮基本参数的方法。

2) 进一步熟悉齿轮的各部分尺寸、参数关系及渐开线性质。

(2) 实验设备及用品 (5分)

1) 设备: 被测齿轮、游标卡尺

2) 用品: 计算器

(3) 测量结果记录 (5分) 齿数 $z \rightarrow 18$

表4 公法线长度 (5分)

齿轮号数: 3	齿数 $z = 18$			
	第1次	第2次	第3次	平均值
W_k 2齿	23.10 mm	24.17 mm	24.33 mm	23.86 mm
W_{k+1} 3齿	38.57 mm	38.39 mm	38.40 mm	38.44 mm

表5 偶数齿数

测量序号	齿顶圆直径 d_a	齿根圆直径 d_f
1	103.56 mm	79.67 mm
2	103.40 mm	79.72 mm
3	103.60 mm	79.75 mm
平均值	103.52 mm	79.71 mm

表6 奇数齿数 无奇数齿(未测)选择偶数齿

测量序号	齿顶圆直径 d_a			齿根圆直径 d_f		
	$d_{孔}$	$H_{顶}$	$d_a = d_{孔} + 2H_{顶}$	$d_{孔}$	$H_{根}$	$d_f = d_{孔} + 2H_{根}$
1						
2						
3						
平均值						

(4) 齿轮参数及尺寸计算 (20分)

- 1、基圆齿距: $P_b = W_{k+1} - W_k$, 查表附录1 (《机械基础实验》P130, 续附表1), 确定 m , α

$$P_b = 38.44 - 23.86 = 14.58 \text{ mm}$$

查表得 $m = 5$, $\alpha = 22.5^\circ$, $P_b = 14.512$; $m = 5$, $\alpha = 20^\circ$, $P_b = 14.76 \text{ mm}$

此处取 $m = 5$, $\alpha = 20^\circ$

- 2、基圆齿厚: $S_b = kW_k - (k-1)W_{k+1}$

$$S_b = kW_k - (k-1)W_{k+1} = 2 \times 23.86 - 1 \times 38.44 \text{ mm} = 9.28 \text{ mm}$$

- 3、变位系数: $x = \frac{S_b \frac{\pi}{2} Z \sin \alpha}{m \cos \alpha \cdot 2 \tan \alpha}$

$$x = \frac{\frac{9.28}{5 \cos 20^\circ} - \frac{\pi}{2} - 18 \left(\tan 20^\circ - \frac{20}{180} \cdot \pi \right)}{2 \cdot \tan 20^\circ} = 0.187$$

- 4、全齿高: $h = \frac{1}{2}(d_a - d_f)$

$$h = \frac{1}{2}(d_a - d_f) = 11.91 \text{ mm}$$

- 5、齿顶高系数: $h_a^* = \frac{1}{2} \left(\frac{d_a}{m} - Z - 2x \right)$

$$h_a^* = \frac{1}{2} \left(\frac{d_a}{m} - Z - 2x \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{103.52}{5} - 18 - 2 \times 0.187 \right) = 1.165$$

6、径向间隙系数: $C^* = \frac{h}{m} - 2h_a^*$

$$C^* = \frac{h}{m} - 2h_a^* = \frac{11.91}{5} - 2 \times 1.165 = 0.052$$

(5) 实验结果分析: (5*2=10 分)

1、试分析影响测量精度的因素?

- ① 测量读数出现的偶然误差.
- ② 齿轮在使用过程中可能有所磨损带来误差.
- ③ 基圆齿距测量时, 没有正对齿轮带来的些许误差.

2、简述基圆齿距如何测量?

用游标卡尺测跨过两齿间距 W_k , 测跨三齿间距 W_{k+1}
则基圆齿距为 $P_b = W_{k+1} - W_k$



