

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

自动化2班

姓名

李鸣航

学号

190320229

所在学院

机电工程与自动化学院

同组人员

—

指导教师

实验日期

2021.11.16

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)

- (1) 实验设备: 齿轮范成仪。
- (2) 实验用品: 铅笔、橡皮、直尺、圆规等。
- (3) 切削刀具主要参数:

$$m = 16 \text{ mm.}$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$h_a^* = 1$$

$$c^* = 0.25$$

$$z > z_{min} = 17$$

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

$$m = 20$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$h_a^* = 1$$

$$c^* = 0.25$$

$$z = 12$$

$$x_{min} = h_a^* \cdot \frac{z_{min} - z}{z_{min}} = 0.294$$

(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 | $d = mz = 240$ |
| 2 | 基圆直径 | $d_b = d \cos \alpha = 225.5$ |
| 3 | 齿顶高 | $h_a = (h_a^* + x)m = 20$ |
| 4 | 齿顶圆直径 | $d_a = d + 2m(h_a^*) = 280$ |
| 5 | 齿根高 | $h_f = (h_a^* + c^*)m = 25$ |
| 6 | 齿根圆直径 | $d_f = d - 2h_f = 190$ |
| 7 | 分度圆齿厚 | $s = \frac{\pi m}{2} = 31.4$ |

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 | $xm = 10$ |
| 3 | 分度圆直径 | $d = mz = 240$ |
| 4 | 基圆直径 | $d_b = d \cos \alpha = 225.5$ |
| 5 | 齿顶高 | $h_a = (h_a^* + x)m = 30$ |
| 6 | 齿顶圆直径 | $d_a = d + 2h_a = 300$ |
| 7 | 齿根高 | $h_f = (h_a^* + c^* - x)m = 15$ |
| 8 | 齿根圆直径 | $d_f = d - 2h_f = 210$ |
| 9 | 分度圆齿厚 | $s = \left(\frac{\pi}{2} + 2xtg\alpha\right)m = 38.7$ |

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 | $xm = -10$ |
| 3 | 分度圆直径 | $d = mz = 240$ |
| 4 | 基圆直径 | $d_b = d \cos \alpha = 225.5$ |
| 5 | 齿顶高 | $h_a = (h_a^* + x)m = 10$ |

| | | |
|---|-------|---|
| 6 | 齿顶圆直径 | $d_a = d + 2h_a = 260$ |
| 7 | 齿根高 | $h_f = (h_a^* + c^* - x)m = 35$ |
| 8 | 齿根圆直径 | $d_f = d - 2h_f = 170$ |
| 9 | 分度圆齿厚 | $s = \left(\frac{\pi}{2} + 2xtg\alpha\right)m = 24.1$ |

(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）

正变位渐开线齿轮齿形更大，齿顶高变大，齿顶圆直径变大，齿根高变小，齿根圆直径变大，分度圆直径变大。

原因：正变位时，渐开线的齿廓取远离基圆的部分，齿廓更平直。

2、试分析决定齿廓形状的参数有哪些？（5分）

1. 基圆直径大小(主要因素)
2. 齿顶圆和齿根圆直径
3. 变位系数
4. 齿数, 模数, 压力角.

渐开线齿轮参数测定实验

(1) 实验的目的 (5分)

- (1) 掌握使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、参数及渐开线性质。

(2) 实验设备及用品 (5分)

- (1) 实验设备: 被测齿轮、游标卡尺
- (2) 实验用品: 计算器(自备)

(3) 测量结果记录 (5分) (单位mm)

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 | 24.42 | 24.44 | 24.40 | 24.42 |
| W_{k+1} | 37.86 | 37.88 | 37.84 | 37.86 |

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 | 103.62 | 80.44 |
| 2 | 103.58 | 80.46 |
| 3 | 103.60 | 80.42 |
| 平均值 | 103.60 | 80.44 |

李小明

表 6 奇数齿数

| 测量序号 | 齿顶圆直径 d_a | | | 齿根圆直径 d_f | | |
|------|----------------|----------------|--------------------------------------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| | $d_{\text{孔}}$ | $H_{\text{顶}}$ | $d_a = d_{\text{孔}} + 2H_{\text{顶}}$ | $d_{\text{孔}}$ | $H_{\text{根}}$ | $d_f = d_{\text{孔}} + 2H_{\text{根}}$ |
| 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

$$P_b = 37.86 - 24.42 = 13.44$$

查表, 得: $m = 4.5, \alpha = 20^\circ$

2、基圆齿厚: $S_b = kW_k - (k-1)W_{k+1}$

$$\begin{aligned} S_b &= 2 \times 24.42 - 37.86 \\ &= 10.98 \end{aligned}$$

3、变位系数: $x = \frac{S_b \frac{\pi}{2} - Z \operatorname{inv} \alpha}{2 \operatorname{tg} \alpha}$

$$\begin{aligned} x &= \frac{10.98}{4.5 \times \cos 20^\circ} - \frac{\pi}{2} - 18 \times (\tan 20^\circ - 20^\circ) \\ &= 1.04 \end{aligned}$$

4、全齿高: $h = \frac{1}{2}(d_a - d_f)$

$$\begin{aligned} h &= \frac{1}{2} \times (103.60 - 80.44) \\ &= 11.58 \end{aligned}$$

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

$$h_a^* = \frac{1}{2} \times \left(\frac{103.6}{4.5} - 18 - 2 \times 1.04 \right) = 1.47$$

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

$$C^* = \frac{11.58}{4.5} - 2 \times 1.47$$

$$= -0.37$$

(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) 人为因素：测量时游标卡尺使用方法不当，游标卡尺读数有误差。

(2) 齿轮本身磨损造成的误差。

2、简述基圆齿距如何测量？

(1) 用游标卡尺跨k个尺，两尺卡脚与渐开线齿廓相切，测量齿廓间的法向距离 W_k ，多次几组取平均值。

(2) 同上，跨k+1个尺，测出 W_{k+1} 。

(3) 代入 $P_b = W_{k+1} - W_k$ 即可得到基圆齿距