

# 渐开线圆柱齿轮的误差项目及其检测方法

黄秀芳

(盐城工学院机械工程系, 盐城, 224003)

在机械产品中, 齿轮传动的应用是极为广泛的。凡有齿轮传动的机器或仪器, 其工作性能、承载能力、使用寿命及工作精度等都与齿轮本身的制造精度有着密切的关系。

随着生产和科学技术的发展, 要求机械产品在降低自身重量的前提下, 传动功率越来越大, 转速也越来越快。有些机械对工作精度的要求越来越高, 从而对齿轮传动的精度提出了更高的要求。因此, 研究齿轮误差对使用性能的影响, 提高测量精度的途径, 具有重大意义。

各种机械上所用齿轮, 对齿轮传动的要求因用途不同而异, 归纳起来, 有以下四个方面: (1) 传动的准确性; (2) 传动的平稳性; (3) 载荷分布的均匀性; (4) 传动侧隙。

根据齿轮误差对齿轮传动使用性能的主要影响, 通常将齿轮误差分为三组: (1) 主要影响传递运动准确性的误差项目; (2) 主要影响传动平稳性的误差项目; (3) 主要影响载荷分布均匀性的误差项目。

## 一、主要影响传递运动准确性的误差项目及其检测

### 1、切向综合误差 $\Delta F'_t$

切向综合误差  $\Delta F'_t$  是被测齿轮与理想精确的测量齿轮单面啮合传动时, 在被测齿轮一转内的实际转角与公称转角之差的总幅度值, 以分度圆弧长计值,  $\Delta F'_t$  反映齿轮一转的转角误差, 它说明齿轮运动的不均匀性。它是几何偏心、运动偏心及各项短周期误差综合影响的结果。切向综合误差由单面啮合仪测量。

### 2、齿距累积误差 $\Delta F_p$

齿距累积误差  $\Delta F_p$  是分度圆上任意两个同侧齿面间的实际弧长与公称弧长之差的最大绝对值。它主要是切齿过程中几何偏心和运动偏心所致。测量齿距累积误差通常有相对法和绝对法两种方法。

相对法是利用万能测齿仪测量, 见图1。首先以被测齿轮上任一实际齿距作为基准, 将仪器指示表调零, 然后沿整个齿圈依次测出其它实际齿距与作为基准的齿距的差值, 即指示表读数与初始读数的代数差, 称为相对齿距差。利用“圆周封闭原则”进行数据处理, 求出各个“相对齿距差”与“相对齿距差平均值”的代数差, 即得到各个齿距的误差, 将它们逐个累积, 各个累积值之间的最大代数差的绝对值为齿距累积误差。

需要说明的是, 由于测量时允许在齿高中部进行, 使测量圆周并不与分度圆完全吻合, 而

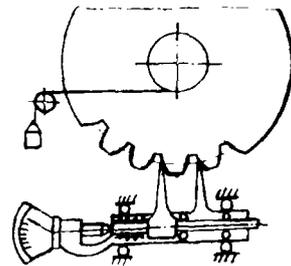


图1 齿距累积误差测量

且实际测得的只是有限数目(与齿数  $Z$  相等)的各点的误差, 然后进行累加处理, 才能得到齿距累积误差, 故用它来评定齿轮的传递运动准确性尚不够充分和确切。

绝对测量法是利用精密分度、定位装置准确控制被测齿轮每次转过一个或  $K$  个齿距角, 测取其实际转角与理论转角之差, 即可得齿距偏差和齿距累积误差。

### 3、齿圈径向跳动 $\Delta F_r$

齿圈径向跳动  $\Delta F_r$  是在齿轮一转范围内, 测头在齿槽中与齿高中部双面接触, 测头相对于齿轮轴线的最大变动量。

齿圈径向跳动通常在齿轮跳动检查仪上测得, 测头选用  $40^\circ$  的圆锥测头或球形测头。为了保证测头与齿面接触点在分度圆上, 球测头的直径  $d_s$  通常取:  $d_s = 1.68m$  ( $m$  为模数)。

### 4、径向综合误差 $\Delta F''_r$

径向综合误差  $\Delta F''_r$  是被测齿轮与理想精确的测量齿轮双面啮合时, 在被测齿轮一转内的双啮中心距的最大变动量, 用双面啮合仪测量, 误差曲线如图所示。

用双啮仪测量径向综合误差时, 测量齿轮的轮齿相似于测量齿圈径向跳动  $\Delta F_r$  的测头。  $\Delta F''_r$  反映被测齿轮一转中所有啮合点的径向误差, 故可代替  $\Delta F_r$ , 此外也包括了基节误差与齿形误差。所以  $\Delta F''_r$  是评定齿轮传递运动准确性的一项较好的指标。用双啮仪测径向综合误差, 效率高, 操作方便, 适用于成批和大量生产。



图2 径向综合误差曲线

### 5、公法线长度变动 $\Delta F_w$

公法线长度变动  $\Delta F_w$  是齿轮一周范围内, 实际公法线长度的最大值与最小值之差。它主要是因分齿不均匀所致, 属于切向误差。通常用公法线千分尺测得。测量时, 跨齿数  $K = \frac{z}{9} + 0.5$ , 取整数

## 二、主要影响传动平稳性的误差及其测量

### 1、一齿切向综合误差 $\Delta f'_t$

一齿切向综合误差  $\Delta f'_t$  是指被测齿轮与理想精确的测量齿轮单面啮合时, 在被测齿轮一齿距角内的实际转角与公称转角之差的最大限度值, 以分度圆弧长计值。一齿切向综合误差也在单面啮合仪上测得。

### 2、一齿径向综合误差 $\Delta f''_r$

一齿径向综合误差  $\Delta f''_r$  是指被测齿轮与理想精确的测量齿轮双面啮合时, 在被测齿轮一齿距角内的双啮中心距的最大变动量。见图2。

### 3、齿形误差 $\Delta f_f$

齿形误差是在齿轮的端截面上, 齿形工作部分内包容齿形且距离为最小的两条设计齿形间的法向距离。齿形误差主要是由于刀具的制造误差、安装误差及机床的传动链误差引起的。

齿形误差  $\Delta f_f$  在专用的渐开线检查仪上测得。

### 4、基节误差

基节误差定义为实际基节与公称基节之差, 见图3。产生基节偏差的主要原因是切齿刀具

的制造误差。在啮合过程中,无论是主动轮基节大于从动轮基节,还是从动轮基节大于主动轮基节,都会导致瞬间传动比变化,从而影响传动平稳性。基节偏差用基节仪测量。

### 5、齿距偏差 $\Delta f_p$

齿距偏差是指分度圆上实际齿距与公称齿距之差。公称齿距是指所有实际齿距的平均值。齿距偏差一定程度上反映基节偏差与齿形误差,故可用齿距偏差来评定齿轮工作平稳性。齿距偏差的测量在万能测齿仪上进行,详见齿距累积误差测量一节。

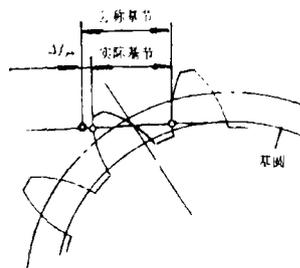


图3 基节误差

## 三、主要影响载荷分布均匀性的误差项目及其检测

影响载荷分布均匀性误差项目之一是齿向误差  $\Delta F_\beta$ 。齿向误差是在分度圆柱面上,齿宽有效部分范围内包容实际齿线且距离为最小的两条设计齿线之间的端面距离。齿向误差主要是由齿坯端面跳动和刀架导轨倾斜引起的。直齿轮的齿向误差  $\Delta F_\beta$  可在顶尖座上进行测量,见图4。被测齿轮装在心轴上,而心轴装在两顶尖上或等高的V形块上,在齿槽内放入精密小圆柱(直径  $d_p = 1.68m$ ,  $m$  为模数),以保证在分度圆附近接触。移动表架,测量小圆柱两端A、B处的高度差  $\Delta h$ 。若被测齿宽为  $b$ ,则得齿向误差为  $\Delta F_\beta = \frac{b}{l} \Delta h$ 。此外,还有影响齿轮侧隙的两个误差项目,一是齿厚偏差,二是公法线平均长度偏差。

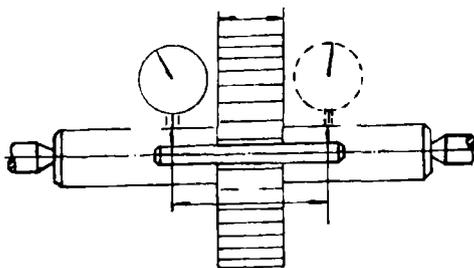


图4 齿向误差的测量

### 1、齿厚偏差 $\Delta E$

齿厚偏差是指分度圆柱面齿厚实际值与公称值之差。齿厚偏差常用齿厚游标卡尺测量。测量时,应尽量使量爪与齿面在分度圆上接触,因此要调整好定位弦齿高值。

### 2、公法线平均长度偏差 $\Delta E_{mn}$

公法线平均长度偏差是在齿轮一周内,公法线长度平均值与公称值之差。公法线实际长度可用公法线千分尺测量。

以上是对影响齿轮使用性能的各项误差进行分类以及它们的测量方法的介绍。齿轮测量工作者目前正在继续对动态总体误差测量技术进行深入的研究,以攀登齿轮测量技术这个领域的更高峰。

## 参考文献

- 1 于永芳主编. 互换性与测量技术基础. 中国科学技术出版社. 1994
- 2 于永芳主编. 互换性与测量技术基础实验. 吉林大学出版社. 1992
- 3 廖念钊主编. 互换性与技术测量. 中国计量出版社. 1985