

# 测头的调整对齿向精度测量结果的影响<sup>\*</sup>

黄 富 贵

(华侨大学机电工程系, 泉州 362011)

**摘要** 分析在万能工具显微镜上测头接触高度位置的调整误差,对斜齿轮分度圆螺旋角误差和齿向误差测量结果的影响.理论和实验结果表明:测头接触高度位置的变化对分度圆螺旋角误差测量结果没有影响,而对齿向误差测量结果有影响.

**关键词** 齿向误差,螺旋角,万能工具显微镜

**分类号** TG 86

齿向精度是评定齿轮在传动中载荷分布均匀性的重要精度指标之一.在高速、重载以及噪声要求低的机械中的齿轮配件,如汽车、摩托车、摇摆器上的齿轮,对该项误差有较严格的要求.因此,如何减小齿向误差一直是齿轮工程技术人员关注的热点之一.控制齿向误差必须从测量入手,只有精确测量出齿向误差,才能根据误差大小和变化规律为调整切齿机床和修磨刀具等提供依据.

斜齿圆柱齿轮齿向误差的测量方法有两种<sup>[1]</sup>.一种是标准轨迹法,它是由仪器形成标准的螺旋运动与被测齿轮的螺旋线进行比较测量,利用此方法测量的仪器有导程测量仪、螺旋线测量仪和渐开线齿形测量仪等;另一种方法是坐标测量法,利用此方法的仪器有万能工具显微镜、齿轮测量中心、三坐标测量机等.无论哪一种测量方法,都存在测头在齿面接触高度的调整问题.

在导程仪上或在万能工具显微镜上利用灵敏杠杆、分度头等辅件可以实现对斜齿轮齿向误差的测量,但灵敏杠杆测头应该准确接触在分度圆位置,还是应该在分度圆附近高度位置接触,文献众说不一<sup>[2~4]</sup>.本文从齿向误差定义入手,分析在万能工具显微镜上测量齿向误差时测头的接触位置变化对测量结果的影响,并在 19JA 型万能工具显微镜上对  $m_n=2, Z=9, \beta=43^\circ54'$  的斜齿轮齿向误差和螺旋角误差进行实际测量.所得的理论分析和实验结果吻合良好.

## 1 测头位置的变化对齿向精度测量的影响

齿向误差( $\Delta F_\beta$ )是指在分度圆柱面上,齿宽有效部分范围内(端部倒角部分除外)包容实际齿向线的两条设计齿向线之间的端面距离<sup>[5]</sup>.齿向误差包括齿向线的方向偏差( $\Delta F_{\beta_2}$ )和形状偏差( $\Delta F_{\beta_1}$ ).

<sup>\*</sup> 本文 1997-01-24 收到

将斜齿轮沿分度圆柱面展开,齿向线和齿向误差如图 1 所示.斜齿轮齿向误差的形状偏差主要是由加工过程中工艺系统的振动和刀具磨损引起,方向偏差主要是由刀具的制造误差和切齿机床工艺参数调整误差引起.一般情况下,测量齿向误差大小以反映斜齿轮的齿向精度.但当齿面形状偏差较小时,斜齿轮齿向精度用分度圆螺旋角误差  $\Delta\beta$  表示,测量时只要测量出斜齿轮分度圆实际螺旋角.

下面以在万能工具显微镜上利用灵敏杠杆和分度头测量齿向精度为例,分析测头位置的变化对测量结果的影响.

在万能工具显微镜上利用灵敏杠杆和分度头等辅件,既可以测量斜齿轮分度圆螺旋角,也可以测量齿向误差.测头高度位置不同,对这两者的影响也不同.

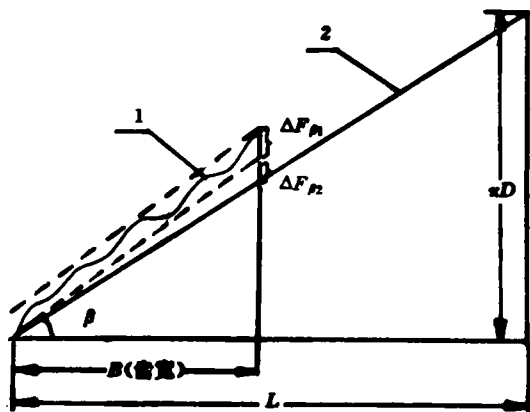


图 1 齿向线与齿向误差示意图

1. 实际齿向线; 2. 理论齿向线

当测头在斜齿轮分度圆半径附近  $r_x$  高度与齿面接触时,根据螺旋线形成原理(图 2).若测

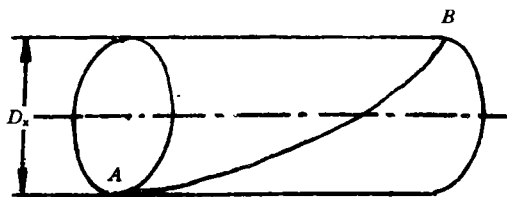
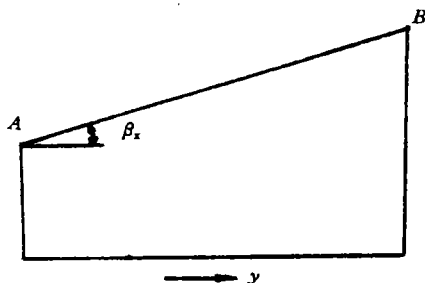


图 2 螺旋线形成原理简图

头沿  $y$  轴移动  $y_i$ , 要使测头与  $r_x$  (测头接触位置) 处的理论螺旋线接触, 分度头应转过的角度 (斜齿轮旋向不同, 则分度头转向相反) 为

$$\varphi = \frac{y_i \cdot \tan \beta_x}{D_x \cdot 2^{-1}} \quad (1)$$

斜齿轮不同直径处螺旋角与直径的关系如图 3 所示. 由以下式(2), (3)可得式(4)的结果.

$$\tan \beta_x = \frac{\pi \cdot D_x}{L}, \quad (2)$$

$$L = \pi D \cdot \cot \beta = \frac{\pi m_n \cdot Z}{\cos \beta} \cdot \frac{\cos \beta}{\sin \beta} = \frac{\pi m_n \cdot Z}{\sin \beta}, \quad (3)$$

$$\varphi = \frac{y_i \cdot \tan \beta_x}{D_x \cdot 2^{-1}} = \frac{2y_i \cdot \sin \beta}{m_n \cdot Z}, \quad (4)$$

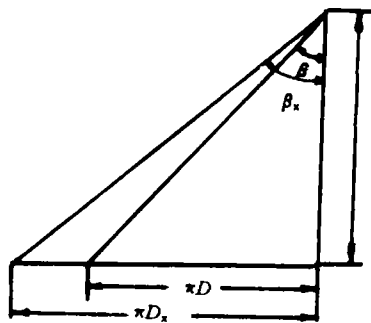


图 3 螺旋角与直径关系图

上式中  $L$  为导程,  $m_n$  为斜齿轮法面模数 (mm),  $Z$  为齿数,  $\beta$  为分度圆螺旋角 ( $^\circ$ ),  $D$  为分度圆直径 (mm),  $\beta_x$  为非分度圆位置螺旋角 ( $^\circ$ ),  $D_x$  为非分度圆直径 (mm).

测量出  $y_i$  和  $\varphi_i$  即可得出斜齿轮分度圆螺旋角  $\beta$ 。从式(4)可以看出,测头高度位置的变化对分度圆螺旋角的测量结果没有影响。

若要直接测量出斜齿轮的齿向误差  $\Delta F_\beta$ ,测量方法与上述相同。只是当灵敏杠杆测头沿纵向移动  $y_i$  值时,将分度头转过  $\varphi_i = \frac{2y_i \cdot \sin\beta}{m_n \cdot Z}$  (rad),然后在万能工具显微镜横向坐标测出目镜视场内双刻线与分划板水平刻线的相对变化量即  $\Delta F_\beta$ 。但必须注意,这时测头应准确接触在分度圆高度位置。如果测头不在分度圆高度位置接触,则测头相对齿面所走的螺旋线为非分度圆位置螺旋线,测量所得结果不是齿向误差,而是非分度圆处的齿向误差(图 4)。

当测头在分度圆附近位置与齿面接触,测量所得非分度圆齿向误差与实际齿向误差相差较小。因此,在对精度较低的斜齿轮齿向误差进行测量时,可以用分度圆附近位置的齿向误差代替齿向误差,这样能避免测头准确调整的麻烦。

理论分析表明:测量齿向精度时,测头接触高度位置的变化对分度圆螺旋角测量结果没有影响,而对齿向误差的测量结果有影响。

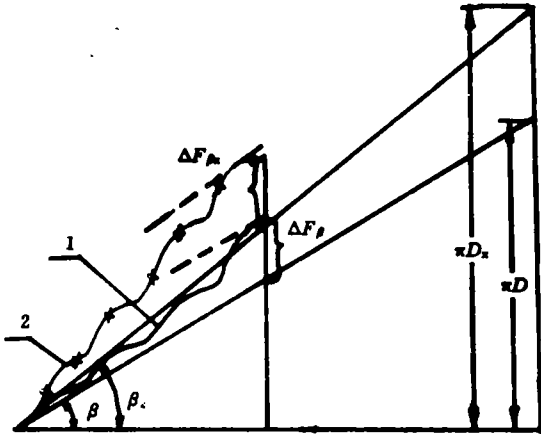


图 4 非分度圆位置齿向误差简图

1. 分度圆位置实际齿向线;2. 非分度圆位置实际齿向线

附表 测量结果

齿号	位别	$r_x/\text{mm}$	$\beta_{\text{实}}/^\circ$	$\Delta F_\beta/\text{mm}$
1	分度圆	12.49	43°52'	0.016 0
	非分度圆	13.00	43°51'	0.018 0
		12.00	43°53'	0.017 5
2	分度圆	12.49	43°55'	0.015 0
	非分度圆	13.00	43°54'	0.018 5
		12.00	43°55'	0.018 0
3	分度圆	12.49	43°55'	0.015 5
	非分度圆	13.00	43°55'	0.018 0
		12.00	43°54'	0.017 0
4	分度圆	12.49	43°51'	0.016 0
	非分度圆	13.00	43°52'	0.019 0
		12.00	43°51'	0.017 5
5	分度圆	12.49	43°52'	0.017 0
	非分度圆	13.00	43°52'	0.019 0
		12.00	43°52'	0.018 5

为验证理论分析结果,在 19JA 型万能工具显微镜上利用自制测头对模数  $m_n=2\text{ mm}$ ,齿数  $Z=9$ ,分度圆螺旋角  $\beta=43^\circ54'$  的斜齿轮分度圆螺旋角和齿向误差进行测量。测头接触位

置和测量结果见附表,其中  $\beta_{\text{实}}$  为实际分度圆螺旋角。

从测量结果可以看出,实际测量结果和理论分析吻合良好。

## 2 结论

(1) 用斜齿轮分度圆螺旋角误差来评定齿向精度时,测头在斜齿轮分度圆附近(工作齿高内)接触对分度圆螺旋角的测量结果没有影响。

(2) 测量斜齿轮齿向误差时,按 ISO1328 规定,测头应准确在分度圆高度位置接触,否则将导致齿向误差的测量误差。

(3) 当对测量精度要求不严时,可以用分度圆附近位置的齿向误差代替齿向误差。

本文为校科研基金资助项目。

## 参 考 文 献

- 1 花国梁. 精密测量技术. 北京:中国计量出版社,1996. 5~60
- 2 焦明星,李 娟. 斜齿圆柱齿轮齿向误差在万能工具显上的精确测量. 计量技术,1994,(1):7~10
- 3 叶克明,石凤山,许洪基. 齿轮手册(下册). 北京:机械工业出版社,1992. 1~10
- 4 徐孝恩,朴大植. 工厂精密测量指南. 北京:中国计量出版社,1985. 825~828
- 5 廖念钊,古莹菴,莫雨松等. 互换性与技术测量. 北京:中国计量出版社,1991. 212~213

# Effect of Adjustment Error of Gauge Head Position on the Measuring Result of Tooth Curve Precision

Huang Fugui

(Dept. of Mech. & Electr. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** An universal tool-maker's microscopical analysis is given to the effect of the adjustment error of gauge head position. As shown by theoretical and experimental results, the position change of contacting height of gauge head influences the measuring result of tooth curve error; but it shows no effect on the measuring result of angle error of indexing circular helix.

**Keywords** tooth curve error, helix angle, universal maker's microscope