

提高斜齿圆柱齿轮齿向加工精度新方法*

黄 富 贵

(华侨大学精密机械工程系, 泉州 362011)

摘要 在应用无差动法滚切斜齿圆柱齿轮的基础上,通过理论推导和实验验证,得出进一步减少斜齿轮齿向误差的可行的挂轮选配新方法.

关键词 滚齿机,螺旋角,齿向误差

分类号 TG 612

滚齿是国内外应用最广泛的切齿方法,一些国家滚齿机的拥有量占有所有齿轮加工机床总量的40%~50%.我国齿轮生产技术仅相当于发达国家60年代中期的水平,齿轮加工行业目前主要存在的问题是制造精度低和生产效率低.据了解,我国目前圆柱齿轮加工仍普遍使用Y38和Y3150型等老式滚齿机.按一般加工方法,这些滚齿机加工的齿轮连8级精度都难以保证,而全面更新设备却为我国目前的经济条件所制约.因此,要使老式的滚齿机重新焕发活力,如何进一步提高加工精度已成为迫切需要解决的课题.

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.

斜齿轮齿向误差主要反映在分度圆螺旋角误差上,而分度圆螺旋角误差的直接原因是挂轮计算误差.近年来,不少单位开展减小齿向误差方面的研究工作^[1~3].其主要方法是采用无差动滚切斜齿轮或进行挂轮误差补偿,这样可减小齿向误差.本文在无差动法滚切斜齿轮的基础上推导出挂轮计算误差与分度圆螺旋角误差的定量计算关系,并找到无差动法滚切斜齿轮进给挂轮和分齿挂轮最佳挂轮选配,从而实现在老式滚齿机上加工斜齿轮时,齿向精度可进一步提高到7级.

1 无差动法挂轮配比^[4,5]

无差动法滚切斜齿圆柱齿轮以传动链少等优点得到了广泛的应用.该方法进给挂轮和分齿挂轮传动比可按下式计算,即

$$i_1 = A_1 \cdot K / (Z \mp f_s \cdot \sin \beta / m_n \cdot \pi), \quad (1)$$

式中 i_1 为分齿挂轮传动比, A_1 为机床分齿挂轮定数, K 为滚刀头数, Z 为工件齿轮齿数, f_s 为

* 本文 1996-08-01 收到

机床轴向进给量($\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$), β 为工件齿轮分度圆螺旋角($^\circ$), m_n 为工件齿轮法向模数(mm). 符号规定为:逆铣时,滚刀与工件同旋向为负,滚刀与工件异旋向为正;顺铣时,滚刀与工件同旋向为正,滚刀与工件异旋向为负.

$$i_2 = A_2 \cdot f_s, \quad (2)$$

式(2)中 A_2 为机床进给挂轮常数.

一般认为,无差动法滚切斜齿轮时,只要提高分齿挂轮的计算精度即可减小螺旋角误差. 其实不然,仅靠提高分齿挂轮的计算精度并不能减少螺旋角误差.

2 无差动法滚切斜齿轮挂轮选配新方法

从式(1),(2)中可看出,进给挂轮和分齿挂轮传动比若存在误差,必然导致工件齿轮产生螺旋角误差. 因此,仅靠提高分齿挂轮计算精度不能减小螺旋角误差. 必须靠同时提高分齿挂轮和进给挂轮的计算精度(提高挂轮计算精度是有限的,因机床挂轮数量有限且安装挂轮时中心距受到一定限制),或使分齿和进给挂轮计算误差符合某种关系才行. 将式(1)变换为

$$\beta = F(i_1, i_2) = \arcsin\left(\pm \frac{A_2 \cdot m_n \cdot \pi(A_1 \cdot K - i_1 \cdot Z)}{i_1 \cdot i_2}\right), \quad (3)$$

将式(3)变分,可得

$$\Delta\beta = \frac{1}{\sqrt{1-I^2}}\left(\frac{\partial I}{\partial i_2} \cdot \Delta i_2 + \frac{\partial I}{\partial i_1} \cdot \Delta i_1\right), \quad (4)$$

式中 $\partial I/\partial i_1 = \pm A_1 \cdot A_2 \cdot K \cdot m_n \cdot \pi/i_1^2 \cdot i_2$; $\partial I/\partial i_2 = \pm A_2 \cdot m_n \cdot \pi(A_1 \cdot K - i_1 \cdot Z)/i_1 \cdot i_2^2$; $I = \pm A_2 \cdot m_n \cdot \pi(A_1 \cdot K - i_1 \cdot Z)/i_1 \cdot i_2$.

要满足理论上 $\Delta\beta=0$, 必须使

$$\frac{\partial I}{\partial i_1} \cdot \Delta i_1 + \frac{\partial I}{\partial i_2} \cdot \Delta i_2 = 0, \quad (5)$$

式中

$$\Delta i_1 = i'_1 - i_1, \Delta i_2 = i'_2 - i_2, \quad (6)$$

其中 i'_1 和 i'_2 分别为实际分齿挂轮传动比和实际进给挂轮传动比.

3 举例

例如,在 Y3150 型滚齿机上加工 $m_n=1.5$, $Z=57$, $\alpha_n=20^\circ$, $\beta=20^\circ 39'$ 的左旋斜齿轮(齿宽为 10 mm),其进给挂轮和分齿挂轮可按如下方法选配.

设进给量 $f_s=0.4 \text{ mm} \cdot \text{r}^{-1}$, 根据 Y3150 机床说明书,可知进给箱手柄应调到位置 I, 进给挂轮可选为 26/52. 分齿挂轮传动比按式(1)计算得 $i_1 = A_1 \cdot K/(Z - f_s \cdot \sin\beta/m_n \cdot \pi) = 0.421\,273\,87$. 选分齿挂轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = \frac{30}{47} \times \frac{33}{50}$. 按以上所选进给挂轮和分齿挂轮验算工件齿轮分度圆螺旋角为 $20^\circ 49' 06''$, 齿向误差为 0.029 mm.

根据新方法,首先,确定进给挂轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2} = \frac{30}{54} \times \frac{26}{52}$, 然后,根据式(6)可算得 $\Delta i_2 = i'_2 - i_2 = 0.001\,466$. 再将 Δi_2 值代入式(5),可得 $i'_1 = i_1 + \Delta i_1 = 0.421\,275\,31$. 最后根据 i'_1 值选分齿挂

轮为 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = \frac{35}{53} \times \frac{37^{(6)}}{58}$. 按式(4)验算工件分度圆螺旋角为 $20^{\circ}42'36''$, 齿向误差为 0.010 5 mm.

根据以上所计算的挂轮用无差动法和新方法各加工 5 个齿轮,并在 19-JA 型万能工具显微镜上测量齿向误差,结果如附表所示 .

4 结论

(1) 本文在无差动法滚切斜齿轮的基础上给出了使齿向误差最小的进给挂轮和分齿挂轮选配新方法,其理论验算和实验结果基本吻合 .

(2) 按新方法计算的挂轮进行加工,齿向误差明显减小,齿向精度接近或达到 7 级精度 .
本文为校科研基金资助项目 .

附表 齿向误差值(mm)		
齿号	无差动法	新方法
1	0.026	0.016
2	0.031	0.012
3	0.029	0.010
4	0.030	0.014
5	0.031	0.011

参 考 文 献

1 马金奎 . 无差动法滚切斜齿圆柱齿轮挂轮的精度分析 . 机械制造,1994,(8):13~14
2 田兴善 . 挂轮误差及滚齿机传动链的精确调整 . 机械制造,1994,(10):25~26
3 张宝俊 . 误差补偿法计算挂轮 . 机械制造,1994,(10):16~18
4 蒋君侠 . 不用差动机构滚切斜齿轮的新算法 . 机械工艺师,1995,(9):28~29
5 李 洪,宫冶平,郝春水 . 机械加工技术手册 . 北京:北京出版社,1993. 535~536
6 金福贵,赵淑芳 . 精密通用比值挂轮表 . 北京:机械工业出版社,1987. 799~800

A New Method for Improving Precision of Tooth Curve
Machining of Cylindrical Gear with Oblique Teeth
Huang Fugui

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

Abstract As a basis of present work, a non-differential method is applied to the milling of cylindrical gear with oblique teeth. Through theoretical derivation and experimental verification, a new method is obtained for further reducing tooth curve error of oblique gear and for choosing feed gear wheel.
Keywords gear hobbing machine, helix angle, tooth curve error