

Logix 齿条中各参数对齿轮齿形的影响及选择

李荣刚¹, 李剑峰², 冯显英²

(1. 山东轻工业学院 轻化与环境工程学院, 山东 济南 250100;

2. 山东大学 机械工程学院, 山东 济南 250061)

摘要: Logix 齿轮除具有渐开线齿轮所具有的基本参数以外, 还有一些自己特有的参数。本文研究了 Logix 齿条中各参数对齿轮齿形的影响, 并提出了各参数的选取原则。

关键词: 齿轮; Logix 齿形; 参数

中图分类号: TH132 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4280(2003)04-0020-04

20 世纪 80 年代后期, 为了满足对齿轮高速重载和小型化的要求, 日本学者小守勉用新的齿形理论, 提出了名为 Logix 齿轮的新型齿轮^[1,2], 其齿形由许多微段渐开线连接而成, 采用对称的凸凹啮合形式, 且微段渐开线的结合点在啮合时的相对曲率为零。和渐开线齿轮相比, Logix 齿轮的承载能力和耐磨性显著提高。Logix 齿轮的另一突出优点是可以设计成少齿数齿轮, 易于实现产品的小型化, 紧凑化。

Logix 齿条的基准齿形决定被加工的 Logix 齿轮的齿形, 它对 Logix 齿轮的啮合性能、强度、耐磨性都有重要影响。Logix 齿条除具有渐开线齿条所具有的基本参数以外, 还有一些自己特有的参数, 包括初始压力角 α_0 、相对压力角 δ 、和初始基圆半径 G_0 等^[3]。这些参数的选择将直接影响到齿条的齿形以及对应齿轮的强度。本文研究了 Logix 齿条中各参数对齿轮齿形的影响, 并提出了各参数的选取原则。

1 初始压力角 α_0 的影响

因为在 $\alpha_0 = 0^\circ$ 时, Logix 齿轮的根切齿数会很大, 将导致齿轮在分度圆处被刀具切入。由此在 Logix 齿条的节线附近, α_0 不能取为 0° 。并且 α_0 越小, 齿轮根切的齿数越大, 发生根切的可能性越大, 所以 α_0 不仅不能取为 0° , 取 α_0 过小也是危险的。通过计算, 得出对于基本的 Logix 齿条, α_0 取 $2^\circ \sim 12^\circ$ 是比较合适的。图 1 所示为 α_0 变化对 Logix 齿条齿形弯曲程度的影响, 由图可知, α_0 越大, 齿条齿形就越弯曲, 反

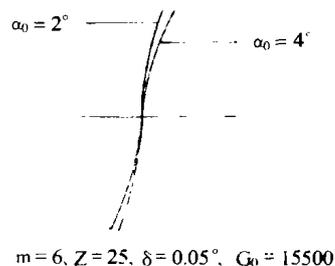


图 1 α_0 的变化对 Logix 齿条齿形的影响

收稿日期: 2003-06-05

作者简介: 李荣刚(1972-), 男, 山东省广饶县人, 工学硕士, 山东轻工业学院讲师, 主要从事机械传动方面的研究。

之, α_0 越小则齿形就越直。因为齿条的模数越大, 其齿顶高 $h_c = h_a^* m$ 就越大, 由图 1 显示可知, 若此时 α_0 取得太大会使得齿顶厚度变得很小而出现齿顶变尖甚至被削掉。所以, 对模数较大的齿条, α_0 的取值应较小, 模数较小的齿条, α_0 的取值可较大。

2 初始基圆半径 G_0 的影响

在计算齿条、齿轮齿廓曲线时, 有一个参数为基圆半径 G_i 。经过试算, 我们得到一个计算 G_i 的经验公式: $G_i = G_0[1 - \sin(0.6\alpha_i)]$ 。

这个公式主要用于一般的 Logix 齿条的齿形。由公式可知, G_i 受两个参数的影响, 一是初始基圆半径 G_0 , 一是压力角 α_i 。 G_0 是初值, 而使 G_i 的变化受到 α_i 的影响是因为若 $G_i = G_0$ 不变, 则对齿形的弯曲程度有一定的影响。给出 α_i 这个修正系数, 可以调整齿形的弯曲程度。

图 2 是当 α_0 和 δ 的值一定时, G_0 的取值对 Logix 齿条齿形弯曲程度的影响。由图可知, 随着 G_0 的增大, 齿条的齿形将变得较直, 反之, 随着 G_0 的减小, 齿条的齿形将变得更弯曲。因此, 对模数较大的齿条, 应取较大的 G_0 值, 反之, 模数较小的齿条应取较小的 G_0 值。

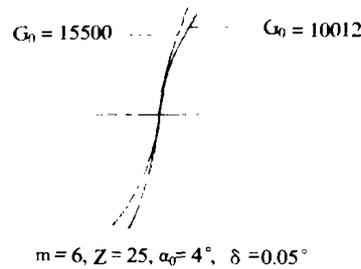


图 2 G_0 的变化对 Logix 齿条齿形的影响

3 相对压力角 δ 的影响

相对压力角 δ 对于 Logix 齿条齿廓上相对曲率为零的点 ($N - P$ 点) 的数目有重要的影响。压力角增量 δ 越小, $N - P$ 点数量就越多, δ 越大, 则 $k\delta + \sum_{i=1}^k \delta_i$ 就越大, 在初始压力角和最大压力角确定的情况下, k 值就会减少, 即 $N - P$ 点减少。

通过 Borland C++ 5.0 编制的一个程序, 输入不同的参数 δ , 在起始压力角为 4° 和最大压力角为 35° 的情况下, 可得到表 1。它表明了 δ 与 $N - P$ 点数量之间的关系, 由表可知, δ 值越小, 则 $N - P$ 点的数量越大。当 δ 为 0.001° 时, $N - P$ 点的数目可以达到几万个, 而 $N - P$ 点的数量越大, 齿轮在啮合时相对曲率为零的点越多, 齿轮间相对滑动的时间越少, 相对滚动的时间越多, 从而减少了齿面的磨损, 增加了齿轮的寿命和承载能力。

表 1 δ 和 $N - P$ 点数量的关系

δ (deg)	$N - P$ 点的数量
1	30
0.1	310
0.01	3100
0.001	31000
0.0005	62000
0.0001	310,000
0.00001	3,100,000

从下面的数据可以看出, $N - P$ 点的变化很有规律。表 2 列出了当 $\delta = 0.001^\circ = 1.74533e - 5$ 时所得到的部分 δ_i 值。可见 δ_i 的值一直接近于 δ 的值, 从表 2 中发现, δ_i 和 δ 的误差最大不超过 8.6%, 并且计算发现, δ 到值越小, δ_i 就越接近 δ , 即 $\delta_i \xrightarrow{\delta \rightarrow 0} \delta$ 。所以可以认为 $\delta_i \approx \delta$ 。

表2 δ_i 取值变化表

($\alpha_0 = 0, \alpha_{max} = 35, \delta = 0.001^\circ = 1.74533e - 5$)

$\delta[583] = 1.74383e - 05$	$\delta[9328] = 1.74524e - 05$	$\delta[4664] = 1.74514e - 05$	$\delta[13409] = 1.74527e - 05$
$\delta[1166] = 1.74458e - 05$	$\delta[9911] = 1.74524e - 05$	$\delta[5247] = 1.74516e - 05$	$\delta[13992] = 1.74527e - 05$
$\delta[1749] = 1.74483e - 05$	$\delta[10494] = 1.74525e - 05$	$\delta[5830] = 1.74518e - 05$	$\delta[14575] = 1.74527e - 05$
$\delta[2332] = 1.74496e - 05$	$\delta[11077] = 1.74525e - 05$	$\delta[6413] = 1.7452e - 05$	$\delta[15158] = 1.74528e - 05$
$\delta[2915] = 1.74503e - 05$	$\delta[11660] = 1.74526e - 05$	$\delta[6996] = 1.74521e - 05$	$\delta[15741] = 1.74528e - 05$
$\delta[3498] = 1.74508e - 05$	$\delta[12243] = 1.74526e - 05$	$\delta[7579] = 1.74522e - 05$	$\delta[16324] = 1.74528e - 05$
$\delta[4081] = 1.74512e - 05$	$\delta[12826] = 1.74527e - 05$	$\delta[8162] = 1.74523e - 05$	$\delta[16907] = 1.74528e - 05$
		$\delta[8745] = 1.74523e - 05$	$\delta[17490] = 1.74529e - 05$

由公式 $\alpha_k = \alpha_0 + k\delta + \sum_{i=1}^k \delta_i^{[3]}$ (在此 $\alpha_k = \alpha_{max}$) 可得:

$$\alpha_{max} - \alpha_0 = k\delta + \sum_{i=1}^k \delta_i \approx 2k\delta \quad (1)$$

所以 $N - P$ 点的数目

$$n = 2k \approx \frac{\alpha_{max} - \alpha_0}{\delta} \quad (2)$$

$N - P$ 点的数量是 Logix 齿轮传动质量的重要保证, 以(2)式可以估算 $N - P$ 点的数目。表3即是由(2)式所估算的结果, 从表1和表3所得结果所示, 估算的结果是相当准确的。由此只要给定初始压力角和最大压力角, 以及相对压力角, 就能知道该齿轮齿廓上 $N - P$ 点的数目。

可以发现, $N - P$ 点的数量只与 α_0 、 δ 和 α_{max} 有关, 与初始基圆半径 G_0 无关。图3是 δ 的变化对齿形的影响。由图可知, δ 的变化可引起齿形的变化, 通过分析齿条坐标公式, 可以发现, 在给定最大压力角后, $N - P$ 点的数量也就决定了, 在给定规律下, 基圆半径也在发生变化, 但 $N - P$ 点的个数决定了基圆半径的变化幅度, 而各点的曲率半径 $\rho_{mk} = \sum_{i=1}^k r_{bi} (\delta - \delta_i)$ 又是由每个 $N - P$ 点的基圆半径决定的, δ 越小, $N - P$ 点的个数越多, 基圆半径变化幅度越大, 曲率半径 ρ_{mk} 变化幅度越大, 所以造成曲线越弯曲。可知模数越大的齿条在满足计算精度和使用要求前提下应选用 δ 较大的值。

由于 δ 值越小, 则齿形越弯曲, 反之则越平直。在 δ 较小时, 为了使齿廓平直一些, 则对相同模数的齿条要取更大的 G_0 值。 δ 值越小齿轮的性能越好, 但考虑到制造加工方面的限制, 在此取 $\delta = 0.05^\circ$ 。

表3 δ 和 $N - P$ 点数量的关系(计算估得)

δ (deg)	$N - P$ 的数量
1	31
0.1	310
0.01	3100
0.001	31,000
0.0005	62,000
0.0001	310,000
0.00001	3,100,000

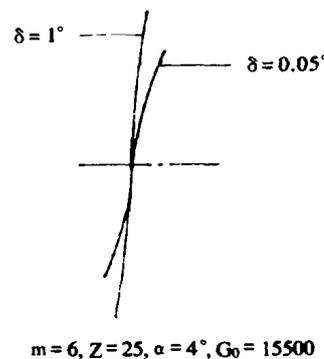


图3 δ 的变化对 Logix 齿条齿形的影响

4 结论

(1) Logix 齿条除具有渐开线齿条所具有的基本参数以外, 还有一些自己特有的参数, 包括初始压力角 α_0 、初始基圆半径 G_0 和相对压力角 δ 等。这些参数的选择将直接影响到齿条的齿形以及对应齿轮的强度。

(2) 初始压力角 α_0 越大, 齿形越弯曲; 初始基圆半径 G_0 越小, 齿形越弯曲; 相对压力角 δ 越小, 齿形越弯曲。

(3) 齿轮的模数越大, 初始压力角 α_0 取值应越小, 初始基圆半径 G_0 取值应越大。相对压力角 δ 取值越小则齿轮的啮合性能越好, 但是为了便于制造加工应合理地选取相对压力角的数值。

参考文献:

- [1] Komori T, Nagata S. A new gear profile of relative curvature being zero at contact points. Proc of Inter Conf on Gearing[D]. China, CMES[A], 1988(1):39-42.
- [2] Komori T, Ariga Y, Nagata S. A new gear profile having zero relative curvature at many contact points[J]. Trans of the ASME, 1990, 12(3):430-436.
- [3] 李荣刚, 李剑峰, 冯显英. Logix 齿轮的形成原理研究[J]. 山东轻工业学院学报, 2002, 16(1):38-43.

Influences of Logix Rack's parameters on tooth profile and their selection

LI Rong-gang, LI Jian-feng, FENG Xian-ying

(1. School of Light Chemical and Environmental Engineering, Shandong Institute of Light Industry, Jinan 250100, China; 2. School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: Logix rack has its unique parameters apart from the basic parameters shared by involute rack. The influences of Logix rack profile parameters on tooth profile, along with the selection of these parameters, are discussed in this paper.

Key words: gear; Logix tooth profile; parameters