

LogX 齿廓非圆齿轮的根切原理研究

聂一彪, 王英杰

(广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510090)

摘要: logX 齿轮是依据全新的齿形理论所提出的一种新型齿轮. 当 logX 齿廓应用于非圆齿轮时, 能扩大非圆齿轮的应用领域. 本文从共轲齿形的根切原理出发, 依据 logX 圆齿轮的根切原理, 推导了 logX 齿廓非圆齿轮不发生根切的条件表达式. 为少齿数 logX 齿廓非圆齿轮的设计提供了设计依据.

关键词: logX 齿廓; 非圆齿轮; 根切

中图分类号: TH 132

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2006)03-0081-04

1990年, 日本学者小守勉用微段渐开线构造齿廓曲线, 获得了一种高承载能力、高耐磨性和小型化的齿轮, 命名为逻辑齿轮 (logic gear)^[1]. 该齿轮采用对称凹、凸啮合形式, 齿廓曲线上有成千上万接触点的相对曲率为零, 因此具有很高的接触强度. 研究表明, 其接触强度是渐开线齿轮的 3 倍, 弯曲强度是渐开线齿轮的 3.3 倍. 在设计计算时, 微段渐开线通常用微段直线段替代, 因此这种齿轮也被称为微线段齿轮. 微线段齿廓对于非圆齿轮具有重要意义. 非圆齿轮节曲线的曲率半径是随啮合位置变化的, 齿轮的齿厚也随啮合位置变化. 一般, 在曲率半径较小的区段齿厚较小, 根切的倾向也比较强烈, 齿轮的强度被显著削弱. 采用微线段齿廓, 则能够增大齿厚、减小或消除根切, 进而提高非圆齿轮的负载能力, 扩大非圆齿轮的应用领域. 因此, 弄清 logX 齿廓非圆齿轮的根切原理, 推导出根切条件表达式就很有必要. 本文在深刻理解 logX 齿轮形成原理^[2]的基础上, 探讨了 logX 齿廓非圆齿轮的根切现象, 提出了最小根切齿数的计算方法.

1 共轲齿形根切界限点的确定

如果对齿形 2 上的某个点, 对应的共轲齿形 1 的曲率为无穷大 ($k_1 = \infty$), 即曲率半径 $\rho = 0$, 这就表示齿形 1 上出现了尖点. 如图 1 所示, ajb 是已知的齿形 2, qjd 是和它共轲的齿形 1, 齿形 2 的 aj 段与齿形 1 的 qj 段啮合, 而齿形 2 的 jb 段与齿形 1 的 jd 段啮合, j 是齿形 1 的尖点. 如果齿形 2 的轮齿实体是在 ajb 的左侧, 则 jd 就在轮齿的实体内部, 它当然是无法实现的. 不仅如此, 如果齿形 2 确实由 j 延伸到 b 处的话, 齿形 jb 与 jd 共轲时, b 点的运动轨迹还会与齿形 1 的 qj 段相交而产生干涉. 如果 ab 是一把刀具的刀刃, 它就会把齿形 1 上 e 点以下的部分切去, 形成图中虚线 eb 的形状, 这种现象就称为根切.

根切界限点的条件即为 $\rho = 0$ 由非圆齿轮共轲齿廓曲率半径公式^[3]

收稿日期: 2005-12-05

作者简介: 聂一彪 (1981-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为非圆齿轮、齿轮动力学.

$$\rho_1 = r_p + \frac{\sin \alpha}{\frac{1}{\rho_1} - \cos \alpha \frac{d\alpha}{dr_p}} \tag{1}$$

非圆齿轮根切界限点的条件表达式为:

$$r_p = - \frac{\sin \alpha}{\frac{1}{\rho_1} - \cos \alpha \frac{d\alpha}{dr_p}} \tag{2}$$

式中, r_p 为啮合点齿形法线与节曲线交点 P 至啮合点 M 的距离; α 为压力角; ρ_1 为齿轮 1 节曲线曲率半径.

2 LogX 齿轮的根切分析^[4]

图 1 根切界限点图

在用基本齿条包络成形 LogX 齿轮时 (即范成法), 如果齿轮的齿数特别少, LogX 齿轮也会发生根切现象. LogX 齿轮的根切在本质上与渐开线齿轮的根切相同, 也是齿条刀具的齿顶部把被加工齿轮的齿廓曲线切去一部分. 在误差允许的范围内, 可以把 LogX 齿条上的微段渐开线用微段直线来代替, 这样, 就可以将 LogX 齿条看作是由很多段压力角不同的渐开线齿条连接而成.

如图 2 所示, 图中 m_{i-1} , m_i 和 m_{i+1} 是 LogX 齿条上相邻的 3 个 NP 点, 分别用微段直线 $m_{i-1}m_i$, m_im_{i+1} 代替微段渐开线 $m_{i-1}m_i$, m_im_{i+1} , 延长 m_im_{i-1} 交节线于 s_i 点, 延长 $m_{i+1}m_i$ 交节线于 s_{i+1} 点, 再分别过 m_i , m_{i+1} 点作节线的平行线 m_it_i , $m_{i+1}t_{i+1}$. 在此, 可把 s_mit_i 看作是一个渐开线齿条, 而 $m_{i-1}m_it_i$ 则是该渐开线齿条的一部分. 同理, $s_{i+1}m_{i+1}t_{i+1}$ 也可看作是一个渐开线齿条, 而 $m_im_{i+1}t_{i+1}$ 是该渐开线齿条的一部分. $m_{i-1}m_i$, m_im_{i+1} 两段齿条在齿轮上将切出两段相连的渐开线. 对于渐开线齿条 s_mit_i 来说, 如果它切制的齿轮产生了根切, 则齿条上的切入部分应该是它的齿顶部分, 既 m_i 附近的部分. 如果能证明它所切制的齿轮不发生根切, 那么作为齿条一部分的 $m_{i-1}m_i$, 显然也不会切入齿轮. 所以, 如果 LogX 齿条齿廓上每一个微段直线所构成的渐开线齿条所切制的齿轮都不发生根切现象, 则可以认为 LogX 齿条所加工的齿轮也不会产生根切现象.

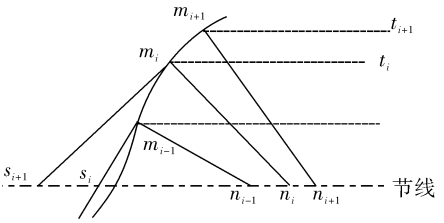


图 2 LogX 齿轮的根切原理图

3 logX 齿廓非圆齿轮的根切

由上述可知加工 logX 非圆齿轮时, 齿条刀具也可看作很多段压力角不同的渐开线齿条连接而成. 对于每段渐开线而言, 直廓的 α 是常值 $\alpha = \alpha_0$, $d\alpha = 0$ 所以齿廓的曲率半径 ρ 可由式 (1) 得到, 即

$$\rho = r_p + \rho_1 \sin \alpha_0 \tag{3}$$

图 3 表示了式 (3) 的几何意义: 当工具齿条与齿轮齿廓在一个任意 M 相切时, 设该瞬时的节点为 P , P 点处节曲线的曲率半径为 ρ_1 , 曲率中心为 O . 由 O 向 MP 作垂线, 垂足为 N , 则 MN 就是 M 点齿廓的曲率半径 ρ 由图 3 很容易证明这一点.

$$MN = MP + PN = r_p + \rho_1 \sin \alpha_0 = \rho \tag{4}$$

由于齿条齿廓上的根切界限点条件为 $\rho = 0$ 即 $r_p = -\rho_1 \sin \alpha_0$. 它的几何意义见图 4 图中的 $r_p = MP$ 是负的. 此式表示, 假如齿廓的 γ_3 的绝对值, 比 N 点的纵坐标绝对值还要大时, 就会

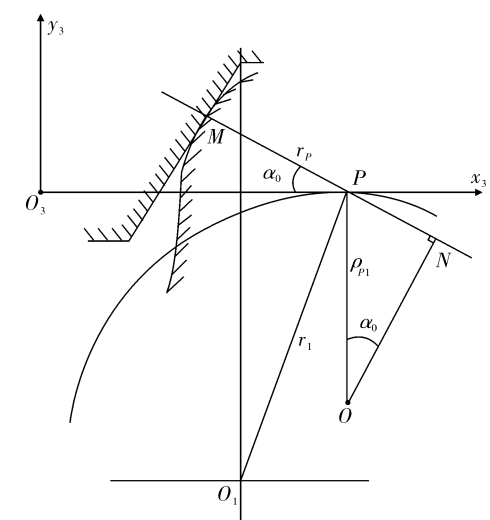


图 3 齿廓曲率半径的几何意义

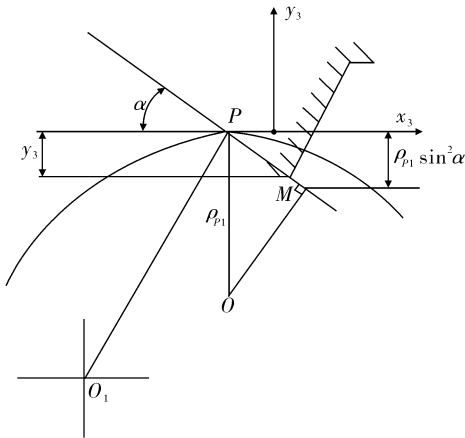


图 4 工具齿条的根切界限点

产生根切. 不产生根切的条件是

$$|y_3| \leq \rho_{p1} \sin^2 \alpha_0 \tag{5}$$

在加工标准非圆齿轮时, y_3 就是齿条刀具的齿顶 $h_a^* m$, 对于 $\log X$ 齿廓齿条刀, 由图 2 可知, 每一微段渐开线的 h_a^* 和 α 都不同, 其数值分别为

$$h_a^*(i) = \frac{h_a}{m} = \frac{y_3}{m} = \frac{y_3(i)}{m}, \tag{6}$$

式中, m 为非圆齿轮相应齿的当量模数, 而 $\alpha(i)$ 即为 NP 点在 m_i 处的压力角, y_3 为 $\log X$ 齿条在节线以上齿廓的纵坐标. 由 (5)、(6) 式有

$$h_a^*(i)m \leq \rho_{p1} \sin^2 \alpha(i), \tag{7}$$

对于整个齿轮来说, ρ_{p1} 最小的地方最容易根切, 因此校验根切的条件式为

$$h_a^*(i)m' \leq \rho_{p1min} \sin^2 \alpha(i), \tag{8}$$

式中 m' 为节曲线曲率半径最小处相应齿的当量模数.

由 (7) 式还可得 $\log X$ 非圆齿轮不发生根切的最小齿数为

$$z_{min} = \frac{2y_3(i)}{m' \sin^2 \alpha(i)} \tag{9}$$

用 (9) 式可计算每一微段直线对应的最小齿数, 只要 $\log X$ 齿轮齿数大于其中最大的一个就不会发生根切现象.

4 结论

通过对 $\log X$ 齿廓非圆齿轮的根切原理分析可知, 在非圆齿轮的节曲线曲率半径最小处最容易发生根切. 在设计 $\log X$ 齿廓非圆齿轮时, 计算每一微段直线对应的最小齿数, 只要 $\log X$ 齿轮出数大于其中最大的一个就不会产生根切.

参考文献:

[1] Komeri T, Arita Y, Nagata S. A new gear profile having zero relative curvature at any contact points [J]. Transac-

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

tions of the ASME, 1990, 12(3): 430-436

[2]赵韩, 梁锦华, 刘红雨, 等. 微线段齿廓的形成原理及特性 [J]. 机械工程学报, 1997, 33(5): 7-11

[3]吴序堂, 王贵海. 非圆齿轮及非匀速比传动 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.

[4]李荣刚, 李剑锋, 冯显英. LogX 齿轮的根切原理研究 [J]. 山东轻工业学院学报, 2001, 15(4): 30-33

Study on Undercut Principle of Non-circular Gear with LogX Profile

N IE Y ì b i a o W A N G Y i n g - j i e

(Faculty of Electromechanical Engineering Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090 China)

Abstract LogX gear is a new gear based on new tooth profile theory. When used in non-circular gear, logX tooth profile can enlarge the gears' application area. This paper, based on the undercut theory of conjugate tooth profile, according to undercut theory of logX circular gear, deduces condition expressions of logX tooth profile non-circular gear under the condition that undercut is avoided. It provides the foundation for the design of the gear with small number of teeth.

Key words logX tooth profile; non-circular gear; undercut

(上接第 66 页)

The Elasto-plastic In-plane Ultimate Load Analysis for CFST Structures

W A N G W e i - q i n¹, C H E N Y u - w e n²

(1. Huizhou Municipal Planning Design and Research Institute, Huizhou 516001, China

2. Huizhou Highway Survey & Design Institute, Huizhou 516001, China)

Abstract In the paper, according to the principle of the non-linear FEM, based on the fiber model of beam structure and the geometric and material non-linearity of the CFST structures, an approach is presented for the ultimate load capacity analysis of CFST structures with dumbbell sections. Then the limit loads of CFST columns with dumbbell section are computed, and the results verify the validity and accuracy of the proposed method. With the comparison of the limit loads of CFST columns under various influential parameters, slender proportion-limit load curves are obtained.

Key words concrete-filled steel tube with dumbbell sections; ultimate load; elasto-plastic analysis