



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103267108 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201310177399. 6

CN 203248661 U, 2013. 10. 23,

(22) 申请日 2013. 05. 13

CN 102374273 A, 2012. 03. 14,

(73) 专利权人 浙江大学

US 2011/0113911 A1, 2011. 05. 19,

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路  
38号

EP 1873420 A1, 2008. 01. 02,

专利权人 浙江双环传动机械股份有限公司

CN 1544814 A, 2004. 11. 10,

审查员 马娟娟

(72) 发明人 冯兰兰 金亭亭 汪久根 吴长鸿

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公  
司 33200

代理人 林怀禹

(51) Int. Cl.

F16H 55/17(2006. 01)

F16H 55/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101526129 A, 2009. 09. 09,

CN 202048161 U, 2011. 11. 23,

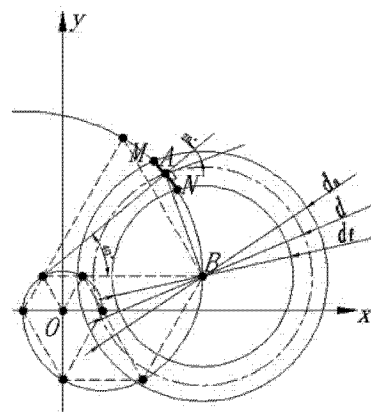
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮

(57) 摘要

本发明公开了一种具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮。该斜齿圆柱齿轮从齿根圆到齿顶圆的端面齿形为巴都万螺旋线齿形,即压力角  $\alpha = 17^\circ \sim 28^\circ$  的一段为巴都万螺旋线。齿轮的轮心位于巴都万螺线上  $\theta = 0^\circ$  的位置。齿轮的节圆经过轮心所在的那段巴都万螺线上  $\theta = 40^\circ$  的位置。齿根圆和齿顶圆之间的那段巴都万螺线作为齿形。该齿形的曲率半径随  $n$  取值的不同而不同,大小为  $P_n$ 。本发明较渐开线而言,齿根厚度增加。由于巴都万螺旋线齿形较渐开线齿形而言曲率半径增大,则齿根厚度也增加,因此齿根弯曲疲劳强度提高,在高速重载条件下齿轮使用寿命延长;巴都万螺旋线齿形通过对齿宽的限定,能提高其重合度,保证齿轮的连续啮合条件,同时也增大啮合接触面积,提高齿轮承载能力。



1. 一种具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮,其特征在于:所述的斜齿圆柱齿轮从齿根圆到齿顶圆的端面齿形为巴都万螺旋线齿形,即压力角  $\alpha = 17^\circ \sim 28^\circ$  的一段为巴都万螺旋线;

所述的巴都万螺旋线由以下的公式确定;

$$\text{当 } n = 0, 1, 2 \text{ 时, } \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_0' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_0' \end{cases}, \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

$$\text{当 } n = 3 \text{ 时, } \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_1' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_1' \end{cases}, \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

$$\text{当 } n \geq 4 \text{ 时, } m = n, \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_{m-3}' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_{m-3}' \end{cases}, \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

其中:

$$\text{当 } m = 0 \text{ 时, } \begin{cases} x_m' = 0 \\ y_m' = 0 \end{cases}$$

$$\text{当 } m = 1 \text{ 时, } \begin{cases} x_m' = P_0 \\ y_m' = P_0 \sin 60^\circ \end{cases}$$

$$\text{当 } m \geq 2 \text{ 时, } \begin{cases} x_m' = P_0 + \left[ \sum_{i=0}^{m-2} P_i \times (-1)^{(i+1)} \right] \times \cos 60^\circ - \left[ \sum_{j=0}^{m-3} P_{3j+1} \times (-1)^{3j} \right] (\cos 60^\circ + 1) \\ y_m' = \sin 60^\circ \times \left[ P_0 + \sum_{i=1}^{m-2} P_i \times (-1)^{(i+1)} + \sum_{j=0}^{m-3} P_{3j+1} \times (-1)^{(3j+1)} + 2 \times \sum_{k=1}^{m-2} P_{3k} \times (-1)^{3k} \right] \end{cases}$$

上述  $xoy$  坐标系以曲率半径为  $P_0$  的巴都万螺旋线的曲率中心为坐标原点,以该坐标原点与巴都万螺旋线的起点的连线为横坐标轴,具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮的圆心为巴都万螺旋线上  $\theta = 0^\circ$  处的点,而  $\theta$  为任意点  $A(x_n, y_n)$  和曲率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线的曲率中心点的连线构成的直线与曲率半径为  $P_{n-1}$  的巴都万螺旋线的曲率中心点和曲率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线的曲率中心点构成的直线之间的夹角,  $x_n$ 、 $y_n$  分别表示曲率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线上任意点  $A(x_n, y_n)$  的横坐标与纵坐标值,  $x_m'$ 、 $y_m'$  分别表示巴都万螺旋线的第  $m$  个曲率中心的横坐标与纵坐标值,  $P_n$  表示第  $n$  个巴都万数,  $m$ 、 $n$  均为自然数。

2. 根据权利要求 1 所述的一种具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮,其特征在于:所述的巴都万螺旋线齿形的齿宽  $b$  满足下列公式;其中,  $P_x$  为轴向齿距,  $\beta$  为螺旋角,  $m_n$  为法向模数,  $\varepsilon_\beta$  轴向重合度;

$$\varepsilon_\beta = \frac{b}{P_x} = \frac{b \sin \beta}{\pi m_n} \geq 1.25 \quad \circ$$

## 具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种齿轮,尤其是涉及一种具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮。

### 背景技术

[0002] 随着生产的发展,齿轮传动的功率日益增大,速度也越来越高,于是齿轮齿廓曲线的选择就显得十分重要。目前应用得最广泛的齿形是渐开线齿形,虽然渐开线齿形已经发展相当完善,但也存在一些缺陷:如:啮合齿廓曲率半径受限,接触强度差,尤其在一些重载场合使用寿命短。因此为了满足齿轮传动高速、重载的要求,如何克服渐开线齿轮传动的缺点,延长齿轮使用寿命迫在眉睫。

[0003] 巴都万数列(Padovan Sequence)是一个整数数列,由起始数值  $P_0 = P_1 = P_2 = 1$  和递归关系  $P_n = P_{n-2} + P_{n-3}$  定义,  $P_n$  是第  $n$  个巴都万数。由此可列举出巴都万数列的前 20 个数为:1, 1, 1, 2, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 16, 21, 28, 37, 49, 65, 86, 114, 151。用  $p$  表示塑性数,其值约为 1.324718,即相邻巴都万数的比例,比如  $49/37$  或  $151/114$ ,得到的值近似于塑性数。巴都万数列可以创建由等边三角形组成的螺旋系统。如图 1 所示,三角形依次按逆时针方向形成螺旋,三角形的边长依次为巴都万数  $P_n (n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots)$ 。巴都万螺旋线曲率半径较大,如何利用巴都万螺旋线设计齿形,延长高速重载条件下齿轮使用寿命是解决问题的关键。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮,由于巴都万螺旋线曲率半径较大,以一段巴都万螺旋线作为齿轮的端面齿廓曲线,较渐开线齿形而言可以增大啮合齿廓曲率半径,增加齿根厚度,从而提高齿轮接触疲劳强度,增大齿根弯曲疲劳强度,在高速重载的工作条件下延长齿轮使用寿命。

[0005] 本发明采用的技术方案是:

[0006] 发明的斜齿圆柱齿轮从齿根圆到齿顶圆的端面齿形为巴都万螺旋线齿形,即压力角  $\alpha = 17^\circ \sim 28^\circ$  的一段为巴都万螺旋线。

[0007] 所述的巴都万螺旋线由以下公式确定:

$$[0008] \quad \text{当 } n = 0, 1, 2 \text{ 时, } \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_0' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_0' \end{cases} \quad \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

$$[0009] \quad \text{当 } n = 3 \text{ 时, } \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_1' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_1' \end{cases} \quad \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

$$[0010] \quad \text{当 } n \geq 4 \text{ 时, } m = n, \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_{m-3}' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_{m-3}' \end{cases} \quad \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

[0011] 其中:

$$[0012] \quad \text{当 } m = 0 \text{ 时, } \begin{cases} x'_m = 0 \\ y'_m = 0 \end{cases}$$

$$[0013] \quad \text{当 } m = 1 \text{ 时, } \begin{cases} x'_m = P_0 \\ y'_m = P_0 \sin 60^\circ \end{cases}$$

$$[0014] \quad \text{当 } m \geq 2 \text{ 时, } \begin{cases} x'_m = P_0 + \left[ \sum_{i=0}^{m-2} P_i \times (-1)^{(i+1)} \right] \times \cos 60^\circ - \left[ \sum_{j=0}^{\frac{m-3}{3}} P_{3j+1} \times (-1)^{3j} \right] (\cos 60^\circ + 1) \\ y'_m = \sin 60^\circ \times \left[ P_0 + \sum_{i=1}^{m-2} P_i \times (-1)^{(i+1)} + \sum_{j=0}^{\frac{m-3}{3}} P_{3j+1} \times (-1)^{(3j+1)} + 2 \times \sum_{k=1}^{\frac{m-2}{3}} P_{3k} \times (-1)^{3k} \right] \end{cases}$$

[0015] 上述 xoy 坐标系以曲率半径为  $P_0$  的巴都万螺旋线的曲率中心为坐标原点, 以该坐标原点与巴都万螺旋线的起点的连线为横坐标轴, 具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮的圆心为巴都万螺旋线上  $\theta = 0^\circ$  处的点, 而  $\theta$  为任意点  $A(x_n, y_n)$  和曲率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线的曲率中心点的连线构成的直线与曲率半径为  $P_{n-1}$  的巴都万螺旋线的曲率中心点和曲率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线的曲率中心点构成的直线之间的夹角,  $x_n, y_n$  分别表示曲率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线上任意点  $A(x_n, y_n)$  的横坐标与纵坐标值,  $x'_m, y'_m$  分别表示巴都万螺旋线的第  $m$  个曲率中心的横坐标与纵坐标值,  $P_n$  表示第  $n$  个巴都万数,  $m, n$  均为自然数。

[0016] 所述的巴都万螺旋线齿形的齿宽  $b$  满足下列公式; 其中,  $P_x$  为轴向齿距,  $\beta$  为螺旋角,  $m_n$  为法向模数,  $\varepsilon_\beta$  轴向重合度;

$$[0017] \quad \varepsilon_\beta = \frac{b}{P_x} = \frac{b \sin \beta}{\pi m_n} \geq 1.25 \quad .$$

[0018] 本发明具有的有益效果是:

[0019] 1、巴都万螺旋线齿形较渐开线而言, 啮合曲率半径增大。因为渐开线齿形节圆直径与齿廓节点曲率半径的关系为  $d = \frac{2\rho}{\sin 20^\circ}$ , 巴都万螺旋线齿形节圆直径与齿廓节点曲率半

径的关系为  $d' = 4\rho' \sin 20^\circ$ , 当节圆取相等时, 即  $d = d'$ , 则  $\rho' = \frac{\rho}{2 \sin^2 20^\circ} = 4.274\rho$

。由此可见曲率半径明显增大, 因此接触疲劳强度提高, 在高速重载条件下齿轮使用寿命延长。

[0020] 2、巴都万螺旋线齿形较渐开线而言, 齿根厚度增加。由于巴都万螺旋线齿形较渐开线齿形而言曲率半径增大, 则齿根厚度也增加, 因此齿根弯曲疲劳强度提高, 在高速重载条件下齿轮使用寿命延长。

[0021] 3、巴都万螺旋线齿形通过对齿宽的限定, 能提高其重合度, 保证齿轮的连续啮合条件, 同时也增大啮合接触面积, 提高齿轮承载能力。

## 附图说明

[0022] 图 1 是巴都万螺旋线示意图。

[0023] 图 2 是巴都万螺旋线齿形示意图。

[0024] 图 3 是巴都万螺旋线齿形齿轮啮合示意图。

## 具体实施方式

[0025] 下面将结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

[0026] 如图 2 所示,本发明的斜齿圆柱齿轮从齿根圆到齿顶圆的端面齿形为巴都万螺旋线齿形,即压力角  $\alpha = 17^\circ \sim 28^\circ$  的一段为巴都万螺旋线。

[0027] 如图 1、图 2 所示,巴都万螺旋线为一系列以巴都万数列为半径值的六分之一圆弧前后连接而成。所述的巴都万螺旋线由以下公式确定:

$$[0028] \quad \text{当 } n = 0, 1, 2 \text{ 时, } \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_0' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_0' \end{cases} \quad \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

$$[0029] \quad \text{当 } n = 3 \text{ 时, } \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_1' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_1' \end{cases} \quad \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

$$[0030] \quad \text{当 } n \geq 4 \text{ 时, } m=n, \begin{cases} x_n = P_n \cos \theta \cos(n \times 60^\circ) - P_n \sin \theta \sin(n \times 60^\circ) + x_{m-3}' \\ y_n = P_n \cos \theta \sin(n \times 60^\circ) + P_n \sin \theta \cos(n \times 60^\circ) + y_{m-3}' \end{cases} \quad \left( 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \right)$$

[0031] 其中:

$$[0032] \quad \text{当 } m = 0 \text{ 时, } \begin{cases} x_m' = 0 \\ y_m' = 0 \end{cases}$$

$$[0033] \quad \text{当 } m = 1 \text{ 时, } \begin{cases} x_m' = P_0 \\ y_m' = P_0 \sin 60^\circ \end{cases}$$

$$[0034] \quad \text{当 } m \geq 2 \text{ 时, } \begin{cases} x_m' = P_0 + \left[ \sum_{i=0}^{m-2} P_i \times (-1)^{(i+1)} \right] \times \cos 60^\circ - \left[ \sum_{j=0}^{m-3} P_{3j+1} \times (-1)^{3j} \right] (\cos 60^\circ + 1) \\ y_m' = \sin 60^\circ \times \left[ P_0 + \sum_{i=1}^{m-2} P_i \times (-1)^{(i+1)} + \sum_{j=0}^{m-3} P_{3j+1} \times (-1)^{(3j+1)} + 2 \times \sum_{k=1}^{m-2} P_{3k} \times (-1)^{3k} \right] \end{cases}$$

[0035] 上述  $xoy$  坐标系以曲率半径为  $P_0$  的巴都万螺旋线的曲率中心为坐标原点,以该坐标原点与巴都万螺旋线的起点的连线为横坐标轴,具有巴都万螺旋线齿形的斜齿圆柱齿轮的圆心为巴都万螺旋线上  $\theta = 0^\circ$  处的点,而  $\theta$  为任意点  $A(x_n, y_n)$  和曲率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线的曲率中心点的连线构成的直线与曲率半径为  $P_{n-1}$  的巴都万螺旋线的曲率中心点和曲率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线的曲率中心点构成的直线之间的夹角,  $x_n$ 、 $y_n$  分别表示曲

率半径为  $P_n$  的巴都万螺旋线上任意点  $A(x_n, y_n)$  的横坐标与纵坐标值,  $x_m'$ 、 $y_m'$  分别表示巴都万螺旋线的第  $m$  个曲率中心的横坐标与纵坐标值,  $P_n$  表示第  $n$  个巴都万数,  $m$ 、 $n$  均为自然数。

[0036] 如图 1 所示, 所述的齿轮的节圆经过轮心所在的那段巴都万螺旋线上  $\theta = 40^\circ$  的位置。如图 1 中过任一点  $A$  作该点的压力角  $\alpha$ , 因为当节圆压力角为  $20^\circ$  时齿轮传动效果最佳, 所以令  $\alpha = 20^\circ$ , 由几何关系得  $\theta = 2\alpha = 40^\circ$ 。

[0037] 如图 3 所示, 所述的巴都万螺旋线齿形的齿宽  $b$  满足如下公式。其中,  $P_x$  为轴向齿距,  $\beta$  为螺旋角,  $m_n$  为法向模数,  $\varepsilon_\beta$  轴向重合度。通过对齿宽的限定, 能提高其重合度, 保证齿轮的连续啮合条件, 同时也增大接触面积, 提高齿轮承载能力。

$$[0038] \quad \varepsilon_\beta = \frac{b}{P_x} = \frac{b \sin \beta}{\pi m_n} \geq 1.25$$

[0039] 最后, 需要补充的是, 当设计重载齿轮时,  $n$  取大值, 当设计轻载齿轮时,  $n$  取小值, 其中  $n \geq 0$ 。

[0040] 上述具体实施方式用来解释说明本发明, 而不是对本发明进行限制, 在本发明的精神和权利要求的保护范围内, 对本发明作出的任何修改和改变, 都落入本发明的保护范围。

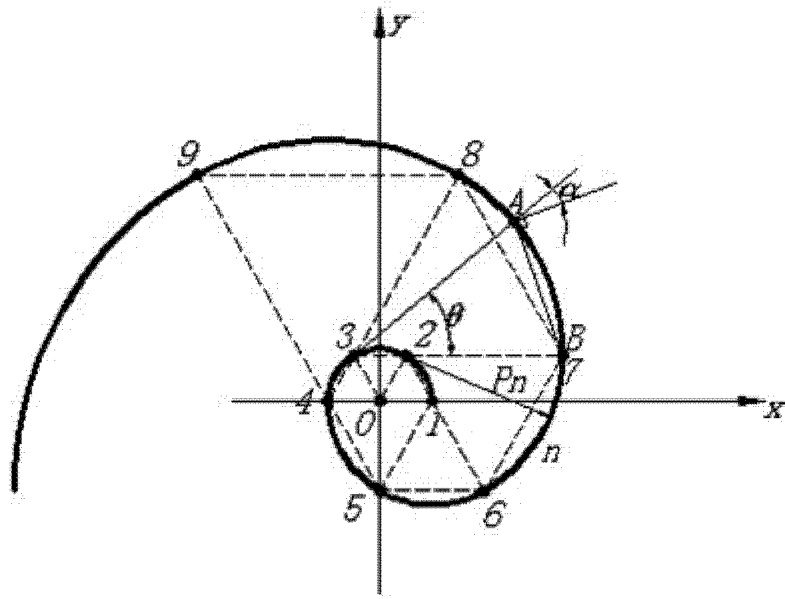


图 1

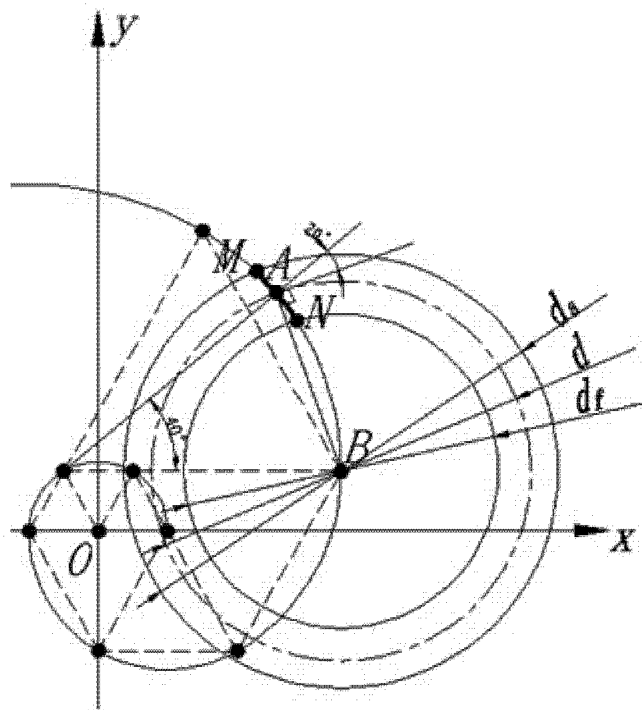


图 2

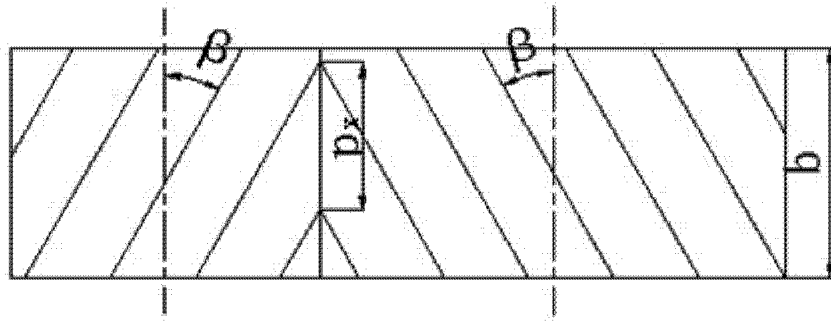


图 3