



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102954153 B

(45) 授权公告日 2016.01.20

(21) 申请号 201210449290.9

1-4.

(22) 申请日 2012.11.12

US 3701287 A, 1972.10.31, 全文.

(73) 专利权人 华南理工大学

CN 101324265 A, 2008.12.17, 全文.

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381号

CN 102135167 A, 2011.07.27, 全文.

JP 特開 2002-306880 A, 2002.10.22, 全文.

(72) 发明人 陈扬枝 吕月玲

审查员 郑焕程

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

F16H 1/12(2006.01)

F16H 55/08(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101782129 A, 2010.07.21, 说明书第  
52-54段及说明书附图1-7.

CN 202883889 U, 2013.04.17, 权利要求

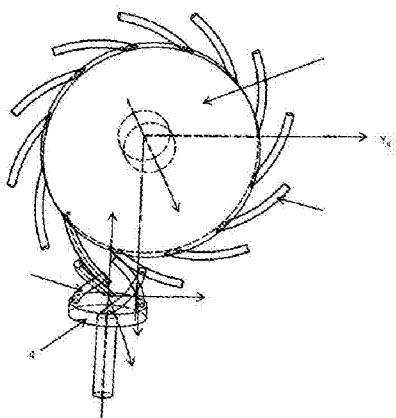
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种空间交错轴齿轮机构

(57) 摘要

本发明涉及一种空间交错轴齿轮机构，该机构包括主动轮、从动轮、主动钩杆和从动钩杆，主动钩杆均匀布置在主动轮端部圆柱体上底面上的圆周上，从动钩杆均匀布置在从动轮端部圆柱体侧面的圆周上，主动轮和从动轮组成一对传动副，主动轮轴线和从动轮轴线间交错角为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 中的任意值。本发明通过主动钩杆和从动钩杆上的主动接触线和从动接触线间的点接触啮合，实现该空间交错轴齿轮机构的平稳传动。本发明可以实现类似蜗轮蜗杆机构的大传动比传动；且两个轮轴位于不同的平面，两轴之间的交错角可为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 中的任意角度值；该机构同时具有结构简单、空间尺寸较小，应用范围更大，且易于加工等优点，特别适合于微小机械的交错轴传动中。



1. 一种空间交错轴齿轮机构，其特征在于该机构包括主动轮、从动轮、主动钩杆和从动钩杆，主动钩杆均匀布置在主动轮端部圆柱体上底面的圆周上，从动钩杆均匀布置在从动轮端部圆柱体侧面的圆周上，主动轮和从动轮组成一对传动副，主动轮轴线和从动轮轴线间为异面上的空间交错，且空间交错角为  $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的空间交错轴齿轮机构，其特征在于所述主动钩杆和从动钩杆是分别以任意形状的封闭曲线为母线沿以主动接触线和从动接触线为导线运动而成的实体，所述主动接触线和从动接触线为符合空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程的一对共轭空间曲线。

3. 根据权利要求 2 所述的空间交错轴齿轮机构，其特征在于主动轮和从动轮通过主动钩杆和从动钩杆上的一对共轭的主动接触线和从动接触线间的点接触啮合，实现该空间交错轴齿轮机构的传动。

4. 根据权利要求 2 所述的空间交错轴齿轮机构，其特征在于所述空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程由如下确定： $o-xyz$ 、 $o_p-x_p y_p z_p$  与  $o_q-x_q y_q z_q$  是三个空间笛卡尔直角坐标系， $o$  为  $o-xyz$  坐标系原点， $x, y, z$  是  $o-xyz$  坐标系的三个坐标轴， $o_p$  为  $o_p-x_p y_p z_p$  坐标系原点， $x_p, y_p, z_p$  是  $o_p-x_p y_p z_p$  坐标系的三个坐标轴， $o_q$  为  $o_q-x_q y_q z_q$  坐标系原点， $x_q, y_q, z_q$  是  $o_q-x_q y_q z_q$  坐标系的三个坐标轴，平面  $xoz$  与平面  $x_p o_p z_p$  在同一平面内， $o_p$  点到  $z$  轴的距离为  $|a|$ ， $o_p$  点到  $x$  轴的距离为  $|b|$ ， $o_q-x_q y_q z_q$  是在  $o_p-x_p y_p z_p$  的基础上沿着  $y_p$  方向平移一个距离  $|c|$  得到的，且记  $z$  和  $z_p$  两轴夹角的补角为  $\theta$ ， $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ ， $\theta$  等于  $z$  与  $z_q$  两轴夹角的补角，空间笛卡尔坐标系  $o_1-x_1 y_1 z_1$  与主动轮固联， $o_1$  为  $o_1-x_1 y_1 z_1$  坐标系原点， $x_1, y_1, z_1$  是  $o_1-x_1 y_1 z_1$  坐标系的三个坐标轴，空间笛卡尔坐标系  $o_3-x_3 y_3 z_3$  与从动轮固联， $o_3$  为  $o_3-x_3 y_3 z_3$  坐标系原点， $x_3, y_3, z_3$  是  $o_3-x_3 y_3 z_3$  坐标系的三个坐标轴，且主动轮与从动轮起始啮合处为起始位置，在起始位置，坐标系  $o_1-x_1 y_1 z_1$  和  $o_3-x_3 y_3 z_3$  分别与坐标系  $o-xyz$  及  $o_q-x_q y_q z_q$  重合，在任意时刻，原点  $o_1$  与  $o$  重合， $z_1$  轴与  $z$  轴重合，原点  $o_3$  与  $o_q$  重合， $z_3$  轴与  $z_q$  轴重合，当  $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$  时，主动轮以匀角速度  $\varpi_1$  绕  $z$  轴旋转，主动轮角速度方向为  $z$  轴负方向，主动轮绕  $z$  轴转过的角度为  $\varphi_1$ ；从动轮以匀角速度  $\varpi_2$  绕  $z_q$  轴旋转，从动轮角速度方向为  $z_q$  轴负方向，从动轮绕  $z_q$  轴转过的角度为  $\varphi_3$ ，则空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程：

$$\begin{aligned} & y_M^{(1)} \varpi_1 \beta_x^{(1)} + y_M^{(1)} \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(1)} - \varpi_2 \cos \theta c \beta_x^{(1)} \cos \varphi_1 - x_M^{(1)} \varpi_1 \beta_y^{(1)} - x_M^{(1)} \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(1)} - \varpi_2 \cos \theta c \beta_y^{(1)} \sin \varphi_1 \\ & + (z_M^{(1)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_x^{(1)} \sin \varphi_1 + a \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(1)} \sin \varphi_1 - (z_M^{(1)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_y^{(1)} \cos \varphi_1 - a \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(1)} \cos \varphi_1 \\ & + (-x_M^{(1)} \sin \varphi_1 + y_M^{(1)} \cos \varphi_1 - c) \varpi_2 \sin \theta \beta_z^{(1)} = 0 \end{aligned}$$

其中， $\begin{cases} x_M^{(1)} = x_M^{(1)}(t) \\ y_M^{(1)} = y_M^{(1)}(t) \\ z_M^{(1)} = z_M^{(1)}(t) \end{cases}$  是主动轮的主动接触线在  $o_1-x_1 y_1 z_1$  坐标系下的方程， $t$  为参变

量，主动轮的圆柱体上底面所在平面为通过主动接触线起始点并平行平面  $xoy$  的平面，主动轮的圆柱体上底面圆心为坐标原点  $o$  在主动轮圆柱体上底面所在平面上的投影点， $\beta^{(1)} = \beta_x^{(1)} \mathbf{i}^{(1)} + \beta_y^{(1)} \mathbf{j}^{(1)} + \beta_z^{(1)} \mathbf{k}^{(1)}$  为该齿轮机构主动接触线在啮合点处的单位主法矢， $\mathbf{i}^{(1)}$ 、 $\mathbf{j}^{(1)}$ 、

$k^{(1)}$ 是  $x_1, y_1, z_1$  轴的单位向量, 从动轮的从动接触线在  $o_3-x_3y_3z_3$  坐标系下的方程为:

$$\begin{cases} x_M^{(3)} = (-\cos \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta + \sin \varphi_1 \sin \varphi_3) x_M^{(1)} + (-\sin \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta - \cos \varphi_1 \sin \varphi_3) y_M^{(1)} \\ \quad -\cos \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (-a \cos \varphi_3 \cos \theta + b \cos \varphi_3 \sin \theta + c \sin \varphi_3) \\ y_M^{(3)} = (-\cos \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \cos \varphi_3) x_M^{(1)} + (-\sin \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \cos \varphi_3) y_M^{(1)} \\ \quad -\sin \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (-a \sin \varphi_3 \cos \theta + b \sin \varphi_3 \sin \theta - c \cos \varphi_3) \\ z_M^{(3)} = \cos \varphi_1 \sin \theta x_M^{(1)} + \sin \varphi_1 \sin \theta y_M^{(1)} - \cos \theta z_M^{(1)} + (a \sin \theta + b \cos \theta) \end{cases}$$

其中,  $\varpi_2 = i_{21}\varpi_1, \varphi_3 = i_{21}\varphi_1$ ,  $i_{21}$ 为主动轮与从动轮的传动比,

当  $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$  时, 主动轮以匀角速度  $\varpi_1$  绕  $z$  轴旋转, 主动轮角速度方向为  $z$  轴负方向, 此时从动轮以大小为  $\varpi_2$ 、方向为  $z_q$  轴正方向的角速度绕  $z_q$  轴旋转, 主动轮绕  $z$  轴转过的角度为  $\varphi_1$ , 从动轮绕  $z_q$  轴转过的角度为  $-\varphi_3$ , 则, 该机构的空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程为:

$$\begin{aligned} & y_M^{(1)} \varpi_1 \beta_x^{(1)} - y_M^{(1)} \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(1)} + \varpi_2 \cos \theta c \beta_x^{(1)} \cos \varphi_1 - x_M^{(1)} \varpi_1 \beta_y^{(1)} + x_M^{(1)} \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(1)} + \varpi_2 \cos \theta c \beta_y^{(1)} \sin \varphi_1 \\ & - (z_M^{(1)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_x^{(1)} \sin \varphi_1 - a \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(1)} \sin \varphi_1 + (z_M^{(1)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_y^{(1)} \cos \varphi_1 + a \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(1)} \cos \varphi_1 \\ & + (x_M^{(1)} \sin \varphi_1 - y_M^{(1)} \cos \varphi_1 + c) \varpi_2 \sin \theta \beta_z^{(1)} = 0 \end{aligned}$$

其中,  $\begin{cases} x_M^{(1)} = x_M^{(1)}(t) \\ y_M^{(1)} = y_M^{(1)}(t) \\ z_M^{(1)} = z_M^{(1)}(t) \end{cases}$  是主动轮的主动接触线在  $o_1-x_1y_1z_1$  坐标系下的方程,  $t$  为参变量

$\beta^{(1)} = \beta_x^{(1)} \mathbf{i}^{(1)} + \beta_y^{(1)} \mathbf{j}^{(1)} + \beta_z^{(1)} \mathbf{k}^{(1)}$  为该齿轮机构主动接触线在啮合点处的单位主法矢,  $\mathbf{i}^{(1)}, \mathbf{j}^{(1)}$ 、 $\mathbf{k}^{(1)}$  是  $x_1, y_1, z_1$  轴的单位向量, 从动轮的从动接触线在  $o_3-x_3y_3z_3$  坐标系下的方程为:

$$\begin{cases} x_M^{(3)} = (-\cos \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \sin \varphi_3) x_M^{(1)} + (-\sin \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \sin \varphi_3) y_M^{(1)} \\ \quad -\cos \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (-a \cos \varphi_3 \cos \theta + b \cos \varphi_3 \sin \theta - c \sin \varphi_3) \\ y_M^{(3)} = (\cos \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \cos \varphi_3) x_M^{(1)} + (\sin \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \cos \varphi_3) y_M^{(1)} \\ \quad + \sin \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (a \sin \varphi_3 \cos \theta - b \sin \varphi_3 \sin \theta - c \cos \varphi_3) \\ z_M^{(3)} = \cos \varphi_1 \sin \theta x_M^{(1)} + \sin \varphi_1 \sin \theta y_M^{(1)} - \cos \theta z_M^{(1)} + (a \sin \theta + b \cos \theta) \end{cases}$$

其中  $\varpi_2 = i_{21}\varpi_1, \varphi_3 = i_{21}\varphi_1$ ,  $i_{21}$ 为主动轮与从动轮的传动比, 从动轮的圆柱体上底面所在平面为通过从动接触线终止点并平行于平面  $x_q o_q y_q$  的平面, 从动轮的圆柱体上底面圆心为坐标原点  $o_q$  在从动轮圆柱体上底面所在平面上的投影点。

## 一种空间交错轴齿轮机构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及技术领域为机械传动和微机电系统，具体是一种空间交错轴空间曲线啮合传动齿轮机构。

### 背景技术

[0002] 科学技术的迅猛发展及社会生活水平的不断提高，促使微小机械得到越来越多的需求。而微机电系统中，微传动机构是不可缺少的组成部分，其性能特征对微机械系统的整体性能有决定性影响，因此，对于微传动机构的研究就变得尤为重要。尽管现在对于微小机械传动的研究有着很大的进步，但是在交错轴传动方面却不是很多。所以对运用于交错轴的微小机械传动方法和机构的研究成为机械传动和微机电系统领域的关键课题。

[0003] 目前，运用于交错轴的传统机械传动类型有：半交叉带传动、有导轮的角度带传动、螺旋摩擦轮传动、准双曲面齿轮传动、交错轴斜齿圆柱齿轮传动、蜗杆传动、多级齿轮系传动、凸轮式间歇运动机构等传动机构。然而这些传动仍存在各种不足之处，如机构自身的局限：带传动和摩擦轮传动由于滑动而不能保证准确的传动比，缓和冲击的能力很小，摩擦副材料均为钢且无润滑时，噪声较大；并且，这些传动机构也存在一定的应用限制，如蜗轮蜗杆传动只能用于垂直交错轴间的传动。

[0004] 在微机械中，如果对传统机械传动机构进行直接缩小，运用于微传动中，这些传动机构的结构特性和力学特性都发生变化，产生微观效应和多物理场耦合效应，从而对微机械的传动产生影响；同时，虽然经过十余年的飞速发展，国内外在微细电火花加工、光刻电铸加工、能束加工和特种精密加工等制造工艺上取得了很大进步，已经制造出如微齿轮、微蜗杆、微轴承、微连杆等传动机构，但这些机构的加工技术仍需进一步提高；并且，对于微传动机构的许多重要的基础研究仍不足，如微观条件下微齿轮的运动规律、物理特性及其力学特性等并没有解决，造成不能对微齿轮的性能进行评价和预测。

[0005] 目前，运用于交错轴传动的微机械传动则只有微斜齿轮传动、微轮系传动和微蜗杆传动，这些机构的研究也还不是很完善，且对于交错轴的角度有一定的要求。

### 发明内容

[0006] 本发明针对现有交错轴传动在微小机械传动领域应用中存在的问题，提出能够为微小机械装置提供连续稳定啮合的空间交错轴齿轮机。本发明的空间交错轴齿轮机构的主动轮轴线和从动轮轴线间交错角可以为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 中的任意角度，且质量小，制造简单，造价低廉特别便于在微机电领域的应用。本发明通过如下技术方法实现。

[0007] 一种空间交错轴齿轮机构，该机构包括主动轮、从动轮、主动钩杆和从动钩杆，主动钩杆均匀布置在主动轮端部圆柱体上底面上的圆周上，从动钩杆均匀布置在从动轮端部圆柱体侧面的圆周上，主动轮和从动轮组成一对传动副，主动轮轴线和从动轮轴线间交错角为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

[0008] 进一步的，所述主动钩杆和从动钩杆是分别以任意形状的封闭曲线为母线沿以主

动接触线和从动接触线为导线运动而成的实体,所述主动接触线和从动接触线为符合空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程的一对共轭空间曲线。

[0009] 进一步的,主动轮和从动轮通过主动钩杆和从动钩杆上的一对共轭的主动接触线和从动接触线间的点接触啮合,实现该空间交错轴齿轮机构的传动。

[0010] 进一步的,所述空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程由如下确定: $o-xyz$ 、 $o_p-x_p y_p z_p$ 与 $o_q-x_q y_q z_q$ 是三个空间笛卡尔直角坐标系, $o$ 为 $o-xyz$ 坐标系原点, $x$ 、 $y$ 、 $z$ 是 $o-xyz$ 坐标系的三个坐标轴, $o_p$ 为 $o_p-x_p y_p z_p$ 坐标系原点, $x_p$ 、 $y_p$ 、 $z_p$ 是 $o_p-x_p y_p z_p$ 坐标系的三个坐标轴, $o_q$ 为 $o_q-x_q y_q z_q$ 坐标系原点, $x_q$ 、 $y_q$ 、 $z_q$ 是 $o_q-x_q y_q z_q$ 坐标系的三个坐标轴,平面 $xoz$ 与平面 $x_p o_p z_p$ 在同一平面内, $o_p$ 点到 $z$ 轴的距离为 $|a|$ , $o_p$ 点到在 $x$ 轴的距离为 $|b|$ , $o_q-x_q y_q z_q$ 是在 $o_p-x_p y_p z_p$ 的基础上沿着 $y_p$ 方向平移一个距离 $|c|$ 得到的,且记 $z$ 和 $z_p$ 两轴夹角的补角为 $\theta$ , $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ , $\theta$ 等于 $z$ 与 $z_q$ 两轴夹角的补角,空间笛卡尔坐标系 $o_1-x_1 y_1 z_1$ 与主动轮固联, $o_1$ 为 $o_1-x_1 y_1 z_1$ 坐标系原点, $x_1$ 、 $y_1$ 、 $z_1$ 是 $o_1-x_1 y_1 z_1$ 坐标系的三个坐标轴,空间笛卡尔坐标系 $o_3-x_3 y_3 z_3$ 与从动轮固联, $o_3$ 为 $o_3-x_3 y_3 z_3$ 坐标系原点, $x_3$ 、 $y_3$ 、 $z_3$ 是 $o_3-x_3 y_3 z_3$ 坐标系的三个坐标轴,且主动轮与从动轮起始啮合处为起始位置,在起始位置,坐标系 $o_1-x_1 y_1 z_1$ 和 $o_3-x_3 y_3 z_3$ 分别与坐标系 $o-xyz$ 及 $o_q-x_q y_q z_q$ 重合,在任意时刻,原点 $o_1$ 与 $o$ 重合, $z_1$ 轴与 $z$ 轴重合,原点 $o_3$ 与 $o_q$ 重合, $z_3$ 轴与 $z_q$ 轴重合,当 $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ 时,主动轮以匀角速度 $\varpi_1$ 绕 $z$ 轴旋转,主动轮角速度方向为 $z$ 轴负方向,主动轮绕 $z$ 轴转过的角度为 $\varphi_1$ ;从动轮以匀角速度 $\varpi_2$ 绕 $z_q$ 轴旋转,从动轮角速度方向为 $z_q$ 轴负方向,从动轮绕 $z_q$ 轴转过的角度为 $\varphi_3$ ,则空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程:

[0011]

$$y_M^{(1)}\varpi_1\beta_x^{(1)} + y_M^{(1)}\varpi_2\cos\theta\beta_x^{(1)} - \varpi_2\cos\theta c\beta_x^{(1)}\cos\varphi_1 - x_M^{(1)}\varpi_1\beta_y^{(1)} - x_M^{(1)}\varpi_2\cos\theta\beta_y^{(1)} - \varpi_2\cos\theta c\beta_y^{(1)}\sin\varphi_1$$

[0012]

$$+ (z_M^{(1)} - b)\varpi_2\sin\theta\beta_x^{(1)}\sin\varphi_1 + a\varpi_2\cos\theta\beta_x^{(1)}\sin\varphi_1 - (z_M^{(1)} - b)\varpi_2\sin\theta\beta_y^{(1)}\cos\varphi_1 - a\varpi_2\cos\theta\beta_y^{(1)}\cos\varphi_1$$

[0013]

$$+ (-x_M^{(1)}\sin\varphi_1 + y_M^{(1)}\cos\varphi_1 - c)\varpi_2\sin\theta\beta_z^{(1)} = 0$$

[0014] 其中,  $\begin{cases} x_M^{(1)} = x_M^{(1)}(t) \\ y_M^{(1)} = y_M^{(1)}(t) \\ z_M^{(1)} = z_M^{(1)}(t) \end{cases}$  是主动轮的主动接触线在 $o_1-x_1 y_1 z_1$ 坐标系下的方程,t为参

变量主动轮的圆柱体上底面所在平面为通过主动接触线起始点并平行平面 $xoy$ 的平面,主动轮的圆柱体上底面圆心为坐标原点 $o$ 在主动轮圆柱体上底面所在平面上的投影点, $\beta^{(1)} = \beta_x^{(1)}\mathbf{i}^{(1)} + \beta_y^{(1)}\mathbf{j}^{(1)} + \beta_z^{(1)}\mathbf{k}^{(1)}$ 为该机构主动接触线在啮合点处的单位主法矢, $\mathbf{i}^{(1)}$ 、 $\mathbf{j}^{(1)}$ 、 $\mathbf{k}^{(1)}$ 是 $x_1$ 、 $y_1$ 、 $z_1$ 轴的单位向量,从动轮的从动接触线在 $o_3-x_3 y_3 z_3$ 坐标系下的方程为:

[0015]

$$\left\{ \begin{array}{l} x_M^{(3)} = (-\cos \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta + \sin \varphi_1 \sin \varphi_3) x_M^{(1)} + (-\sin \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta - \cos \varphi_1 \sin \varphi_3) y_M^{(1)} \\ -\cos \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (-a \cos \varphi_3 \cos \theta + b \cos \varphi_3 \sin \theta + c \sin \varphi_3) \\ y_M^{(3)} = (-\cos \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \cos \varphi_3) x_M^{(1)} + (-\sin \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \cos \varphi_3) y_M^{(1)} \\ -\sin \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (-a \sin \varphi_3 \cos \theta + b \sin \varphi_3 \sin \theta - c \cos \varphi_3) \\ z_M^{(3)} = \cos \varphi_1 \sin \theta x_M^{(1)} + \sin \varphi_1 \sin \theta y_M^{(1)} - \cos \theta z_M^{(1)} + (a \sin \theta + b \cos \theta) \end{array} \right.$$

[0016] 其中  $\varpi_2 = i_{21} \varpi_1$ ,  $\varphi_3 = i_{21} \varphi_1$ ,  $i_{21}$  为主动轮与从动轮的传动比,

[0017] 当  $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$  时, 主动轮以匀角速度  $\varpi_1$  绕 z 轴旋转, 主动轮角速度方向为 z 轴负方向, 此时从动轮以大小为  $\varpi_2$ 、方向为  $z_q$  轴正方向的角速度绕  $z_q$  轴旋转, 主动轮绕 z 轴转过的角度为  $\varphi_1$ , 从动轮绕  $z_q$  轴转过的角度为  $-\varphi_3$ , 则, 该机构的空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程为:

[0018]

$$y_M^{(1)} \varpi_1 \beta_x^{(1)} - y_M^{(1)} \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(1)} + \varpi_2 \cos \theta c \beta_x^{(1)} \cos \varphi_1 - x_M^{(1)} \varpi_1 \beta_y^{(1)} + x_M^{(1)} \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(1)} + \varpi_2 \cos \theta c \beta_y^{(1)} \sin \varphi_1$$

[0019]

$$-(z_M^{(1)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_x^{(1)} \sin \varphi_1 - a \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(1)} \sin \varphi_1 + (z_M^{(1)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_y^{(1)} \cos \varphi_1 + a \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(1)} \cos \varphi_1$$

[0020]

$$+ (x_M^{(1)} \sin \varphi_1 - y_M^{(1)} \cos \varphi_1 + c) \varpi_2 \sin \theta \beta_z^{(1)} = 0$$

[0021] 其中,  $\begin{cases} x_M^{(1)} = x_M^{(1)}(t) \\ y_M^{(1)} = y_M^{(1)}(t) \\ z_M^{(1)} = z_M^{(1)}(t) \end{cases}$  是主动轮的主动接触线在  $o_1-x_1y_1z_1$  坐标系下的方程,  $t$  为参变量  $\beta^{(1)} = \beta_x^{(1)} \mathbf{i}^{(1)} + \beta_y^{(1)} \mathbf{j}^{(1)} + \beta_z^{(1)} \mathbf{k}^{(1)}$  为该齿轮机构主动接触线在啮合点处的单位主法矢,  $\mathbf{i}^{(1)}, \mathbf{j}^{(1)}, \mathbf{k}^{(1)}$  是  $x_1, y_1, z_1$  轴的单位向量, 从动轮的从动接触线在  $o_3-x_3y_3z_3$  坐标系下的方程为:

[0022]

$$\left\{ \begin{array}{l} x_M^{(3)} = (-\cos \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \sin \varphi_3) x_M^{(1)} + (-\sin \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \sin \varphi_3) y_M^{(1)} \\ -\cos \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (-a \cos \varphi_3 \cos \theta + b \cos \varphi_3 \sin \theta - c \sin \varphi_3) \\ y_M^{(3)} = (\cos \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \cos \varphi_3) x_M^{(1)} + (\sin \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \cos \varphi_3) y_M^{(1)} \\ + \sin \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (a \sin \varphi_3 \cos \theta - b \sin \varphi_3 \sin \theta - c \cos \varphi_3) \\ z_M^{(3)} = \cos \varphi_1 \sin \theta x_M^{(1)} + \sin \varphi_1 \sin \theta y_M^{(1)} - \cos \theta z_M^{(1)} + (a \sin \theta + b \cos \theta) \end{array} \right.$$

[0023] 其中  $\varpi_2 = i_{21} \varpi_1$ ,  $\varphi_3 = i_{21} \varphi_1$ ,  $i_{21}$  为主动轮与从动轮的传动比。从动轮的圆柱体上底面所在平面为通过从动接触线终止点并平行于平面  $x_q o_q y_q$  的平面, 从动轮的圆柱体上底面圆心为坐标原点  $o_q$  在从动轮圆柱体上底面所在平面上的投影点。

[0024] 本发明中的主动接触线和从动接触线为符合空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程的一对共轭空间曲线, 不同于传统的空间曲面啮合交错轴齿轮机构, 也不同于申请人已申请的基于空间曲线啮合原理的适用于正交轴传动的空间曲线啮合轮和适用于交叉轴传动

的空间曲线啮合斜交齿轮。本发明实现轴线的交错，从而导致空间曲线啮合方程的改变，而若主动接触线为空间螺旋线时，从动轮的从动接触线则为与其共轭的空间曲线。

[0025] 本发明与现有技术相比具有如下的优点：

[0026] (1) 实现交错角为任意角度值的两交错轴间传动：本发明是基于空间曲线啮合原理设计的，该机构能够实现空间交错的两轴之间的传动，且两交错轴间的交错角可以是 $0^\circ \sim 180^\circ$  中的任意角度值，根据不同的交错角，可得到不同的齿轮机构。因此，可以根据需要设计出实现空间上任意两轴任意位置传动的机构，比只能实现垂直交错传动的微蜗杆传动应用更广泛。

[0027] (2) 传动比大：基于单级就能达到较大的传动比，比现有的其它交错轴微传动机构(如，微带传动机构)传动比大；能实现传统微小型变速机构(如微小行星齿轮机构)实现的传动比，而且可以实现轮系任意位置的传动。

[0028] (3) 结构简单：主动轮和从动轮构成一对传动副，与传统微小型变速机构(如微小行星齿轮机构)相比，该传动系结构十分简单，重量轻、体积小；与微斜齿轮相比，空间曲线啮合齿轮制造和安装更简单，安装更方便，成本更低廉。

[0029] (4) 不同传动比、不同方向的多轴输出：一个主动轮，如若配合几个从动轮，可直接获得不同传动比、不同方向的多输出，实现现有的传统变速机构的传动比和传动方向改变的功能，且比微轮系传动结构更简单。

[0030] (5) 传动连续稳定，振动和噪声小。

## 附图说明

[0031] 图 1 是实施方式中空间啮合坐标系示意图。

[0032] 图 2 是实施方式中钩杆导线和母线示意图。

[0033] 图 3 是实施方式中主动轮及其钩杆示意图。

[0034] 图 4 是实施方式中从动轮及其钩杆示意图。

[0035] 图 5 是实施方式中主、从动轮啮合示意图。

## 具体实施方式

[0036] 以下结合附图对本发明的实施作进一步说明，对本领域技术人员来说，本发明已经作了充分的说明，且本发明的保护范围不限于如下内容。

[0037] 本发明中的主动接触线和从动接触线的空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程符合空间曲线啮合理论。

[0038] 图 1 描绘了一种空间交错轴齿轮机构的空间啮合坐标系示意图。 $o-xyz$ 、 $o_p-x_p y_p z_p$  与  $o_q-x_q y_q z_q$  是三个空间笛卡尔直角坐标系， $o$  为  $o-xyz$  坐标系原点， $x$ 、 $y$ 、 $z$  是  $o-xyz$  坐标系的三个坐标轴， $o_p$  为  $o_p-x_p y_p z_p$  坐标系原点， $x_p$ 、 $y_p$ 、 $z_p$  是  $o_p-x_p y_p z_p$  坐标系的三个坐标轴， $o_q$  为  $o_q-x_q y_q z_q$  坐标系原点， $x_q$ 、 $y_q$ 、 $z_q$  是  $o_q-x_q y_q z_q$  坐标系的三个坐标轴，平面  $xoz$  与平面  $x_p o_p z_p$  在同一平面内， $o_p$  点到  $z$  轴的距离为  $|a|$ ， $o_p$  点到在  $x$  轴的距离为  $|b|$ ， $o_q-x_q y_q z_q$  是在  $o_p-x_p y_p z_p$  的基础上沿着  $y_p$  方向平移一个距离  $|c|$  得到的，且记  $z$  和  $z_p$  两轴夹角的补角为  $\theta$  ( $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ )， $\theta$  等于  $z$  与  $z_q$  两轴夹角的补角，空间笛卡尔坐标系  $o_1-x_1 y_1 z_1$  与主动轮固联， $o_1$  为  $o_1-x_1 y_1 z_1$  坐标系原点， $x_1$ 、 $y_1$ 、 $z_1$  是  $o_1-x_1 y_1 z_1$  坐标系的三个坐标轴，空间笛卡

尔坐标系  $o_3-x_3y_3z_3$  与从动轮固联,  $o_3$  为  $o_3-x_3y_3z_3$  坐标系原点,  $x_3$ 、 $y_3$ 、 $z_3$  是  $o_3-x_3y_3z_3$  坐标系的三个坐标轴, 且主动轮与从动轮起始啮合处为起始位置, 在起始位置  $o_1-x_1y_1z_1$  和  $o_3-x_3y_3z_3$  分别与坐标系  $o-xyz$  及  $o_q-x_qy_qz_q$  重合, 在任意时刻, 原点  $o_1$  与  $o$  重合,  $z_1$  轴与  $z$  轴重合; 原点  $o_3$  与  $o_q$  重合,  $z_3$  轴与  $z_q$  轴重合, 主动轮以匀角速度  $\varpi_1$  绕  $z$  轴旋转, 主动轮角速度方向如图 1 所示; 从动轮以匀角速度  $\varpi_2$  绕  $z_q$  轴旋转, 从动轮角速度方向如图 1 所示。从起始位置经过一段时间后,  $o_1-x_1y_1z_1$  和  $o_3-x_3y_3z_3$  两个坐标分别运动到图所示的位置, 主动轮绕  $z$  轴转过的角度为  $\varphi_1$ , 从动轮绕  $z_q$  轴转过的角度为  $\varphi_3$ 。

[0039] 利用微分几何和空间曲线啮合理论的知识, 则, 可得公式(1):

[0040]

$$\begin{aligned} & y_M^{(1)} \varpi_1 \beta_x^{(1)} - y_M^{(1)} \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(1)} + \varpi_2 \cos \theta c \beta_x^{(1)} \cos \varphi_1 - x_M^{(1)} \varpi_1 \beta_y^{(1)} + x_M^{(1)} \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(1)} + \varpi_2 \cos \theta c \beta_y^{(1)} \sin \varphi_1 \\ & - (z_M^{(1)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_x^{(1)} \sin \varphi_1 - a \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(1)} \sin \varphi_1 + (z_M^{(1)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_y^{(1)} \cos \varphi_1 + a \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(1)} \cos \varphi_1 \\ & + (x_M^{(1)} \sin \varphi_1 - y_M^{(1)} \cos \varphi_1 + c) \varpi_2 \sin \theta \beta_z^{(1)} = 0 \\ & x_M^{(1)} = x_M^{(1)}(t) \\ & y_M^{(1)} = y_M^{(1)}(t) \\ & z_M^{(1)} = z_M^{(1)}(t) \\ & \varpi_2 = i_{21} \varpi_1 \\ & \varphi_3 = i_{21} \varphi_1 \\ & x_M^{(3)} = (-\cos \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \sin \varphi_3) x_M^{(1)} + (-\sin \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \sin \varphi_3) y_M^{(1)} \\ & - \cos \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (-a \cos \varphi_3 \cos \theta + b \cos \varphi_3 \sin \theta - c \sin \varphi_3) \\ & y_M^{(3)} = (\cos \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \cos \varphi_3) x_M^{(1)} + (\sin \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \cos \varphi_3) y_M^{(1)} \\ & + \sin \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (a \sin \varphi_3 \cos \theta - b \sin \varphi_3 \sin \theta - c \cos \varphi_3) \\ & z_M^{(3)} = \cos \varphi_1 \sin \theta x_M^{(1)} + \sin \varphi_1 \sin \theta y_M^{(1)} - \cos \theta z_M^{(1)} + (a \sin \theta + b \cos \theta) \end{aligned}$$

(1)

[0041] 其中,

[0042]

$$y_M^{(0)} \varpi_1 \beta_x^{(0)} - y_M^{(0)} \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(0)} + \varpi_2 \cos \theta c \beta_x^{(0)} \cos \varphi_1 - x_M^{(0)} \varpi_1 \beta_y^{(0)} + x_M^{(0)} \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(0)} + \varpi_2 \cos \theta c \beta_y^{(0)} \sin \varphi_1$$

[0043]

$$-(z_M^{(0)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_x^{(0)} \sin \varphi_1 - a \varpi_2 \cos \theta \beta_x^{(0)} \sin \varphi_1 + (z_M^{(0)} - b) \varpi_2 \sin \theta \beta_y^{(0)} \cos \varphi_1 + a \varpi_2 \cos \theta \beta_y^{(0)} \cos \varphi_1 \quad (2)$$

[0044]

$$+ (x_M^{(0)} \sin \varphi_1 - y_M^{(0)} \cos \varphi_1 + c) \varpi_2 \sin \theta \beta_z^{(0)} = 0$$

[0045] 式(2)是空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程。

$$\begin{cases} x_M^{(1)} = x_M^{(1)}(t) \\ y_M^{(1)} = y_M^{(1)}(t) \\ z_M^{(1)} = z_M^{(1)}(t) \end{cases}$$

[0046]  $\begin{cases} x_M^{(1)} = x_M^{(1)}(t) \\ y_M^{(1)} = y_M^{(1)}(t) \\ z_M^{(1)} = z_M^{(1)}(t) \end{cases}$  为主动接触线在  $o_1-x_1y_1z_1$  坐标系下的方程,  $t$  为参变量;

[0047]  $\beta^{(1)}$  为主动接触线在啮合点处的单位主法矢, 即,  $\beta^{(1)} = \beta_x^{(1)} \mathbf{i}^{(1)} + \beta_y^{(1)} \mathbf{j}^{(1)} + \beta_z^{(1)} \mathbf{k}^{(1)}$ ,

$i^{(1)}$ 、 $j^{(1)}$ 、 $k^{(1)}$ 是  $x_1$ 、 $y_1$ 、 $z_1$  轴的单位向量。

[0048] 其中：

[0049]

$$\beta_x^{(1)} = \frac{x_M^{(1)''}(t)[x_M^{(1)'}(t)^2 + y_M^{(1)'}(t)^2 + z_M^{(1)'}(t)^2] - x_M^{(1)'}(t)[x_M^{(1)''}(t)x_M^{(1)'}(t) + y_M^{(1)''}(t)y_M^{(1)'}(t) + z_M^{(1)''}(t)z_M^{(1)'}(t)]}{[x_M^{(1)'}(t)^2 + y_M^{(1)'}(t)^2 + z_M^{(1)'}(t)^2]^2}$$

[0050]

$$\beta_y^{(1)} = \frac{y_M^{(1)''}(t)[x_M^{(1)'}(t)^2 + y_M^{(1)'}(t)^2 + z_M^{(1)'}(t)^2] - y_M^{(1)'}(t)[x_M^{(1)''}(t)x_M^{(1)'}(t) + y_M^{(1)''}(t)y_M^{(1)'}(t) + z_M^{(1)''}(t)z_M^{(1)'}(t)]}{[x_M^{(1)'}(t)^2 + y_M^{(1)'}(t)^2 + z_M^{(1)'}(t)^2]^2}$$

[0051]

$$\beta_z^{(1)} = \frac{z_M^{(1)''}(t)[x_M^{(1)'}(t)^2 + y_M^{(1)'}(t)^2 + z_M^{(1)'}(t)^2] - z_M^{(1)'}(t)[x_M^{(1)''}(t)x_M^{(1)'}(t) + y_M^{(1)''}(t)y_M^{(1)'}(t) + z_M^{(1)''}(t)z_M^{(1)'}(t)]}{[x_M^{(1)'}(t)^2 + y_M^{(1)'}(t)^2 + z_M^{(1)'}(t)^2]^2}$$

[0052]

$$\left\{ \begin{array}{l} x_M^{(3)} = (-\cos \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \sin \varphi_3)x_M^{(1)} + (-\sin \varphi_1 \cos \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \sin \varphi_3)y_M^{(1)} \\ \quad - \cos \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (-a \cos \varphi_3 \cos \theta + b \cos \varphi_3 \sin \theta - c \sin \varphi_3) \\ y_M^{(3)} = (\cos \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta - \sin \varphi_1 \cos \varphi_3)x_M^{(1)} + (\sin \varphi_1 \sin \varphi_3 \cos \theta + \cos \varphi_1 \cos \varphi_3)y_M^{(1)} \\ \quad + \sin \varphi_3 \sin \theta z_M^{(1)} + (a \sin \varphi_3 \cos \theta - b \sin \varphi_3 \sin \theta - c \cos \varphi_3) \\ z_M^{(3)} = \cos \varphi_1 \sin \theta x_M^{(1)} + \sin \varphi_1 \sin \theta y_M^{(1)} - \cos \theta z_M^{(1)} + (a \sin \theta + b \cos \theta) \end{array} \right. \quad (3)$$

[0053] 式(3)为与主动接触线空间共轭的从动接触线在  $o_3-x_3y_3z_3$  坐标系下的方程；

[0054] 式中 :a, b, c-0<sub>q</sub>点在空间坐标系 o-xyz 的三个坐标分值(如图 1) ;  $\varpi_1, \varpi_2$  - 主动轮与从动轮转动的角速度大小；

[0055]  $i_{21}$ - 主动轮与从动轮的传动比。

[0056] 当  $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$  时, 从动轮的角速度  $\omega_2$  的方向和图 1 所示的方向相反, 且  $\varphi_3$  的方向也和图 1 方向相反, 因此,  $\varpi_2, \varphi_3$  以负值代入式子(2)和(3)中, 即可得到该  $\theta$  角度下的空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程、主动接触线方程和从动接触线方程, 如式(4) :

[0057]

$$\left\{ \begin{array}{l} y_M^{(1)}\varpi_1\beta_x^{(1)}+y_M^{(1)}\varpi_2\cos\theta\beta_x^{(1)}-\varpi_2\cos\theta c\beta_x^{(1)}\cos\varphi_1-x_M^{(1)}\varpi_1\beta_y^{(1)}-x_M^{(1)}\varpi_2\cos\theta\beta_y^{(1)}-\varpi_2\cos\theta c\beta_y^{(1)}\sin\varphi_1 \\ +\left(z_M^{(1)}-b\right)\varpi_2\sin\theta\beta_x^{(1)}\sin\varphi_1+a\varpi_2\cos\theta\beta_x^{(1)}\sin\varphi_1-\left(z_M^{(1)}-b\right)\varpi_2\sin\theta\beta_y^{(1)}\cos\varphi_1-a\varpi_2\cos\theta\beta_y^{(1)}\cos\varphi_1 \\ +\left(-x_M^{(1)}\sin\varphi_1+y_M^{(1)}\cos\varphi_1-c\right)\varpi_2\sin\theta\beta_z^{(1)}=0 \\ x_M^{(1)}=x_M^{(1)}(t) \\ y_M^{(1)}=y_M^{(1)}(t) \\ z_M^{(1)}=z_M^{(1)}(t) \\ \varpi_2=i_{21}\varpi_1 \\ \varphi_3=i_{21}\varphi_1 \\ x_M^{(3)}=\left(-\cos\varphi_1\cos\varphi_3\cos\theta+\sin\varphi_1\sin\varphi_3\right)x_M^{(1)}+\left(-\sin\varphi_1\cos\varphi_3\cos\theta-\cos\varphi_1\sin\varphi_3\right)y_M^{(1)} \\ -\cos\varphi_3\sin\theta z_M^{(1)}+\left(-a\cos\varphi_3\cos\theta+b\cos\varphi_3\sin\theta+c\sin\varphi_3\right) \\ y_M^{(3)}=\left(-\cos\varphi_1\sin\varphi_3\cos\theta-\sin\varphi_1\cos\varphi_3\right)x_M^{(1)}+\left(-\sin\varphi_1\sin\varphi_3\cos\theta+\cos\varphi_1\cos\varphi_3\right)y_M^{(1)} \\ -\sin\varphi_3\sin\theta z_M^{(1)}+\left(-a\sin\varphi_3\cos\theta+b\sin\varphi_3\sin\theta-c\cos\varphi_3\right) \\ z_M^{(3)}=\cos\varphi_1\sin\theta x_M^{(1)}+\sin\varphi_1\sin\theta y_M^{(1)}-\cos\theta z_M^{(1)}+\left(a\sin\theta+b\cos\theta\right) \end{array} \right.$$

(4)

[0058] 当  $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$  时, 从动轮的角速度  $\omega_2$  的方向和图 1 所示的方向相同, 且  $\varphi_3$  的方向也和图 1 方向相同, 可得到该  $\theta$  角度下的主动接触线和从动接触线方程就是方程 (1) 所示。

[0059] 根据空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程, 选择不同的角度  $\theta$  和主动接触线方程, 可以得到  $\varphi_1$  和  $t$  之间的关系, 再根据  $\theta$  值, 选择式(3) 或者式(4) 中的从动接触线的方程, 则可分别得到主动钩杆和从动钩杆的导线, 并由封闭曲线为母线, 母线分别沿着两导线运动, 所得到的实体即为主动钩杆和从动钩杆, 再由通过主动接触线起始点并平行平面  $xoy$  的平面为主动轮的圆柱体上底面所在平面, 坐标原点  $o$  在该平面上的投影点为主动轮的圆柱体上底面圆心, 主动轮的圆柱体上底面半径和主动轮圆柱体高度可根据需要确定, 而得到主动轮; 从动轮圆柱体上底面所在平面为通过从动接触线终止点并平行于平面  $x_qo_qy_q$  的平面, 从动轮的圆柱体上底面圆心为坐标原点  $o_q$  在该平面上的投影点, 从动轮的圆柱体上底面半径和从动轮圆柱体高度也可根据需要确定。

[0060] 母线可以为任意形状的封闭曲线, 是因为要钩杆实体在力学性能允许范围内, 只要求保证钩杆接触线在每一个啮合点处满足啮合运动学规律, 而对钩杆实体本身没有具体的形状要求。即如图 2 所示, 图 2 中 1 表示主动接触线, 2 表示从动接触线, M 点表示主动接触线和从动接触线的啮合点, 而 3 表示主动钩杆的母线, 3 如果为椭圆, 沿着 1 运动, 这可以得到主动钩杆, 如果 3 为圆或者其他形状的封闭曲线, 一样能得到主动钩杆, 从动钩杆同理。在确保主动钩杆和从动钩杆不发生干涉情况则可以实现主动钩杆和从动钩杆间的连续平稳啮合。

[0061] 若主动轮的主动接触线为空间螺旋线, 在  $o_1-x_1y_1z_1$  坐标系中满足式(5):

[0062]

$$\begin{cases} x_M^{(1)} = m \cos t \\ y_M^{(1)} = m \sin t \quad \left( -\pi \leq t \leq -\frac{\pi}{2} \right) \\ z_M^{(1)} = n\pi + nt \end{cases} \quad (5)$$

[0063] 则当  $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$  时, 都可得到空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程, 如式(6):

[0064]

$$\varpi_2 \cos \theta \cos(\varphi_1 - t)c - \varpi_2 \cos \theta \sin(\varphi_1 - t)a - (n\pi + nt - b)\varpi_2 \sin \theta \sin(\varphi_1 - t) = 0 \quad (6)$$

[0065] 设初始量为  $m=5\text{mm}$ ,  $n=4\text{mm}$ ,  $a=13\text{mm}$ ,  $b=22\text{mm}$ ,  $c=6\text{mm}$ ,  $\theta=90^\circ$  和  $i_{21}=1/3$

[0066] 代入公式(1), 有主动接触线在  $o_1-x_1y_1z_1$  坐标系下方程为:  $\begin{cases} x_M^{(1)} = 5 \cos t \\ y_M^{(1)} = 5 \sin t \\ z_M^{(1)} = 4\pi + 4t \end{cases}$ , 而由式

(6) 空间交错轴齿轮空间曲线啮合方程, 可得:  $\varphi_1 = t + \pi$ 。由式(3)得从动接触线在  $o_3-x_3y_3z_3$  坐标系下方程为:

[0067]

$$\begin{cases} x_M^{(3)} = -(4\pi + 4t - 22) \cdot \cos \frac{t + \pi}{3} - 6 \cdot \sin \frac{t + \pi}{3} \\ y_M^{(3)} = (4\pi + 4t - 22) \cdot \sin \frac{t + \pi}{3} - 6 \cdot \cos \frac{t + \pi}{3} \\ z_M^{(3)} = \cos \varphi_1 m \cos t + \sin \varphi_1 m \sin t + a = -5 + 13 = 8 \end{cases}$$

[0068] 再以  $0.6\text{mm}$  为半径的圆形为母线沿以上面所述的主动接触线和从动接触线为导线运动而形成主动钩杆和从动钩杆实体。在 PRO/E 三维 CAD 软件进行建模, 即得到主动钩杆和从动钩杆, 并通过主动接触线起始点并平行平面  $xoy$  的平面为主动轮圆柱体上底面所在平面, 坐标原点  $o$  在该平面上的投影点为主动轮圆柱体上底面圆心, 主动轮圆柱体上底面半径为  $12\text{mm}$ 、主动轮圆柱体高度为  $2\text{mm}$ , 而得到主动轮; 从动轮圆柱体上底面所在平面为通过从动接触线终止点并平行于平面  $x_qo_qy_q$  的平面, 从动轮圆柱体的上底面圆心为坐标原点  $o_q$  在该平面上的投影点, 从动轮圆柱体上底面半径为  $33\text{mm}$ 、从动轮圆柱体高度为  $2\text{mm}$ 。并进行主动轮轴和从动轮轴的绘制。由此可以得到主动轮及其钩杆示意图如图 3 所示, 从动轮及其钩杆示意图如图 4 所示, 主动轮和从动轮啮合示意图如图 5 所示, 图 5 中的 4 是主动轮、5 是主动钩杆、6 是从动轮、7 是从动钩杆。

[0069] 本发明为微小机械装置提供了一种能够连续稳定啮合传动的方法与机构。该机构能够极大地简化了微机械传动装置的结构, 实现空间交错轴传动, 缩小几何尺寸, 减小质量, 提高操作的灵活性, 且制作简单, 造价低廉, 便于在微机电领域的应用。

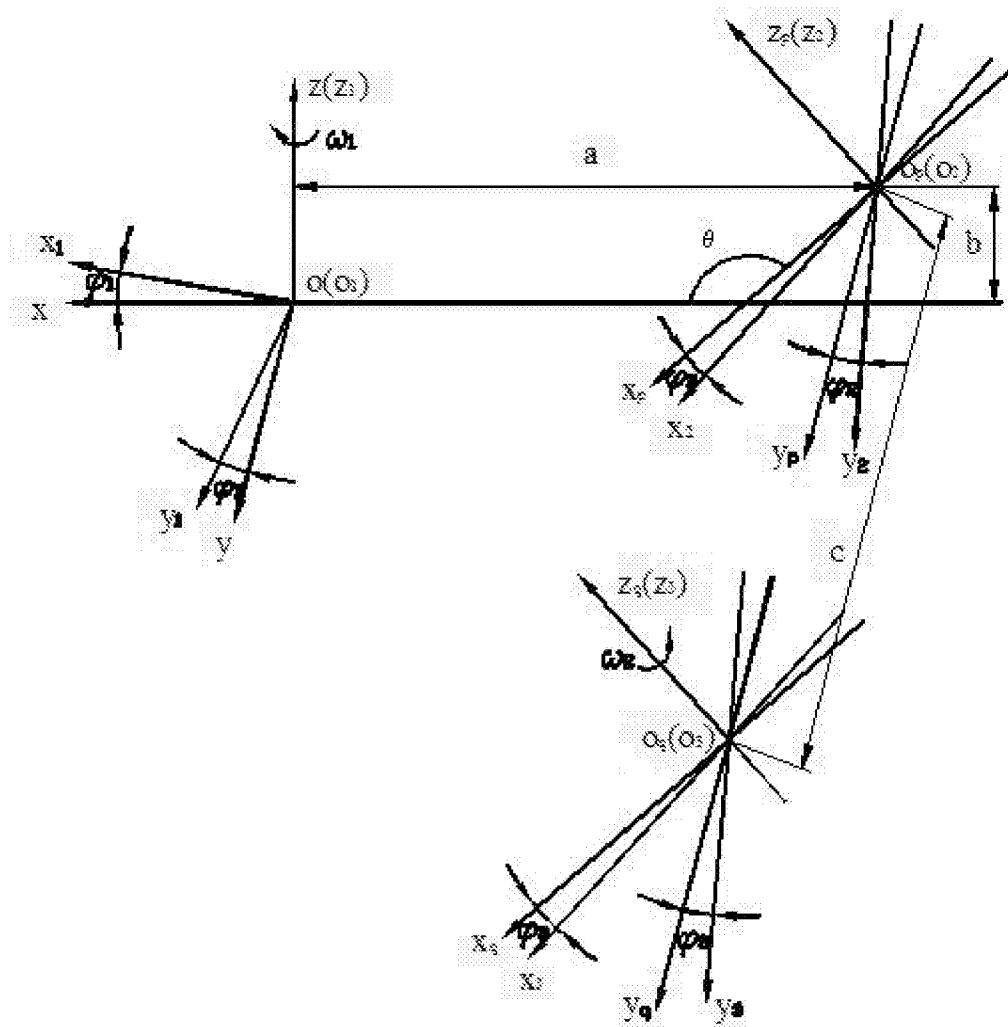


图 1

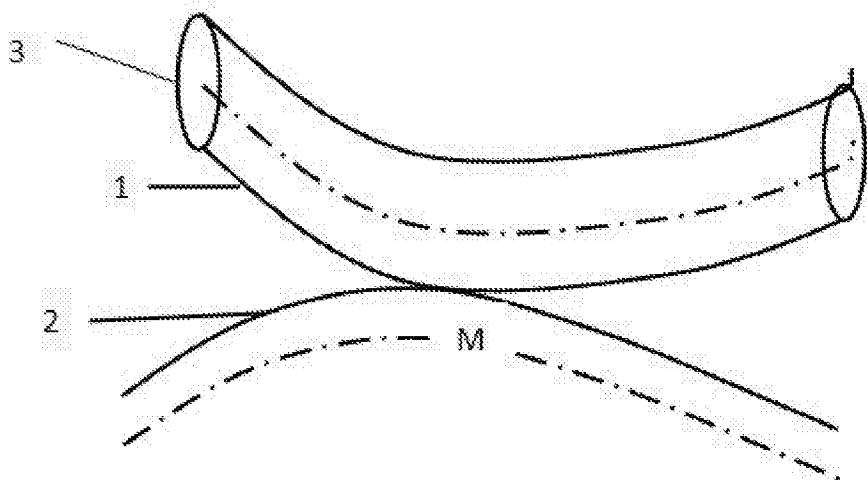


图 2

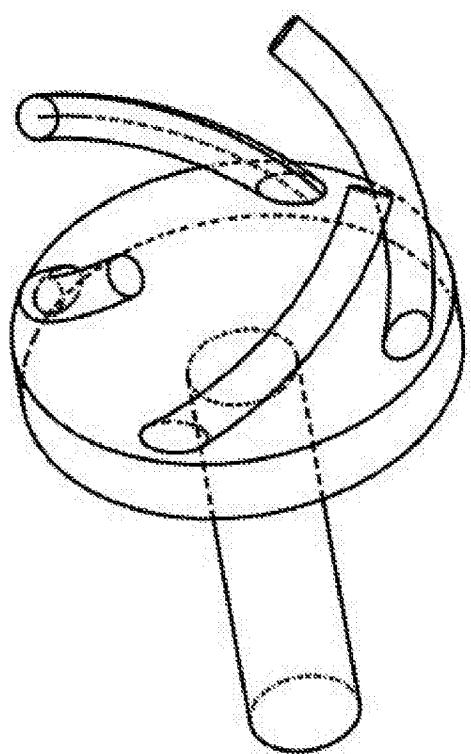


图 3

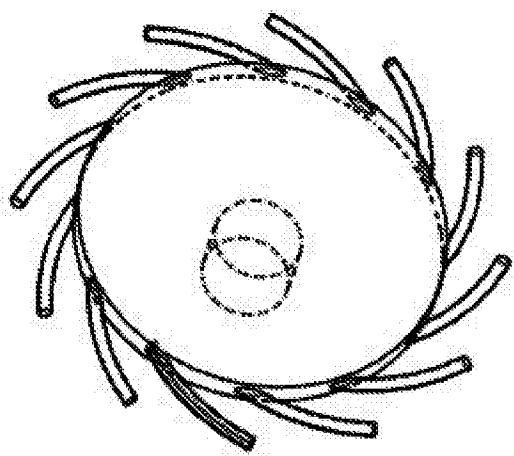


图 4

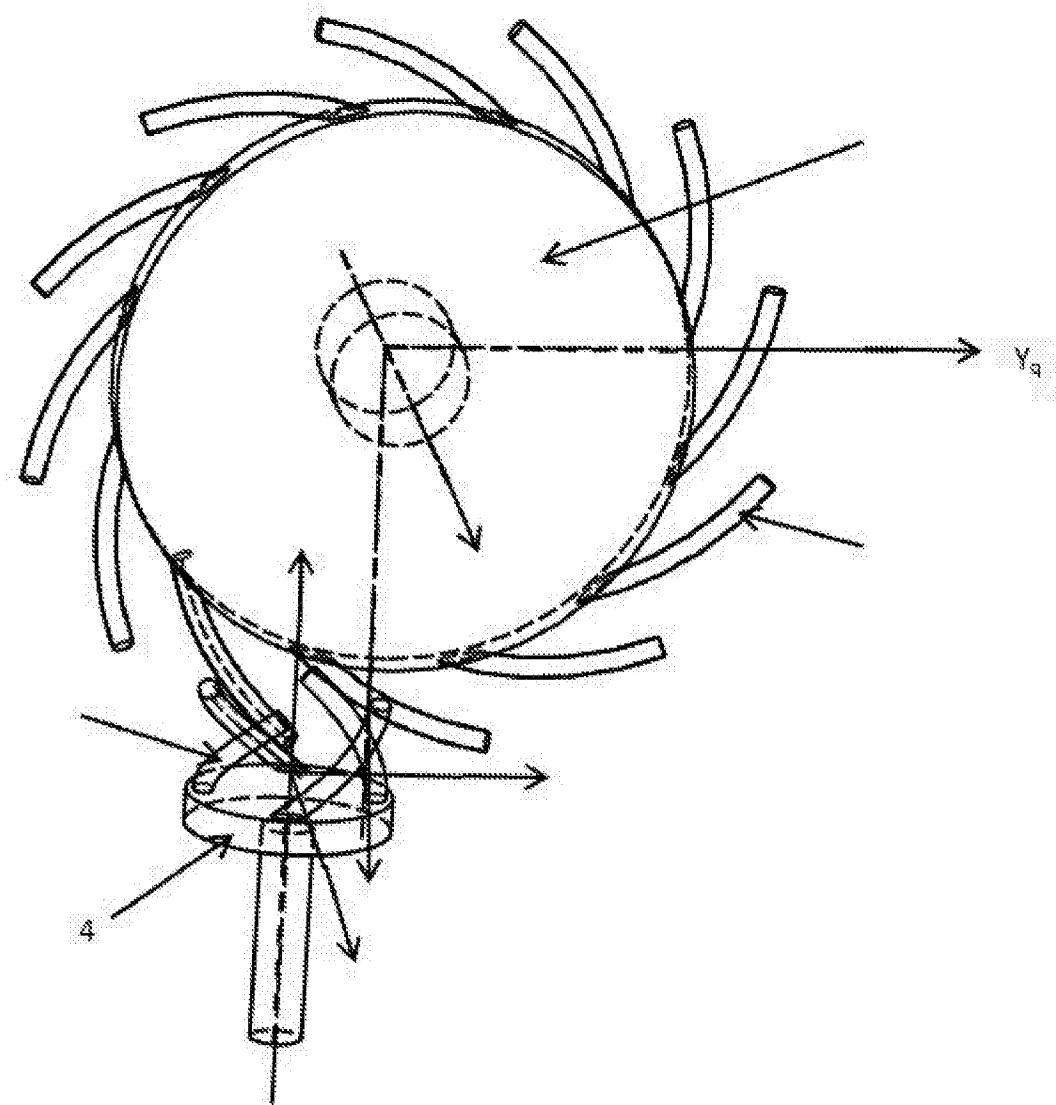


图 5