

阿基米德螺线超越离合器的楔角研究

张永岗, 姚文席

(北京机械工业学院 机械工程系, 北京 100085)

摘要: 简要分析了阿基米德螺线型外星轮式超越离合器的楔角及楔角函数, 并讨论了极角、滚子半径、超越离合器结构尺寸、磨损等因素对楔角的影响。该研究为超越离合器的结构设计提供了理论依据。

关键词: 阿基米德螺线; 超越离合器; 楔角; 楔角函数

中图分类号: TH133.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-2333(2007)11-0017-02

Survey of Wedge Angle of the Archimedean Spiral Overrunning Clutch

ZHANG Yong-gang, YAO Wen-xi

(Department of Mechanical Engineering Beijing Institute of Machinery, Beijing 100085, China)

Abstract: This paper briefly analyzes wedge angle and function of wedge angle of the Archimedean out star wheel overrunning clutch, discussing effect of polar angle, roller radius, structure size of the overrunning clutch, wear on wedge angle. This survey also provides theoretical according for design of the overrunning clutch.

Key words: archimedean spiral; overrunning clutch; wedge angle; function of wedge angle

超越离合器是一种随速度的变化或回转方向的变换而能自动接合或脱开的离合器。在机械传动中被广泛地用作速度转换装置、逆转装置和间歇运动装置^[1]。特别是由于滚柱式超越离合器传动精度高、响应迅速、定位准确而普遍应用于印刷、纺织、包装、机床等行业。

本文以阿基米德螺线外星轮式超越离合器的型面为研究对象, 分析了螺线极角 θ 、圆柱滚子半径 r 、离合器结构尺寸 R/r 以及磨损等因素对楔角的影响。

1 超越离合器的工作原理

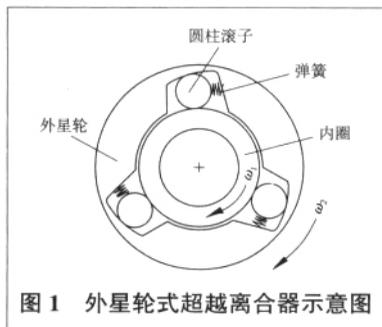


图1 外星轮式超越离合器示意图

图1为外星轮式超越离合器示意图。超越离合器的工作原理是: 当外星轮主动时, 其速度 ω_2 大于内圈的速度 ω_1 时, 二者以 ω_2 一起转动并传递扭矩。当内圈的速度 ω_1 大于

等于外星轮速度 ω_2 时二者自动脱开。同理, 内圈也可以做主动轮, 外星轮也可以做从动轮。

2 阿基米德螺线及其性质

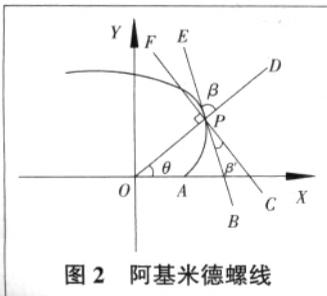


图2 阿基米德螺线

阿基米德螺线, 亦称“等速螺线”。如图2所示, 当一点P沿着射线OP作等速度运动时, 该射线又以等角速度绕O点旋转, 点P的运动轨迹称为“阿基米德螺线”。

阿基米德螺线的极坐标方程为 $\rho = \rho_0 + a\theta$ (1)

式中: ρ 为极径, 即 OP ; ρ_0 为初始极径, 即 OA ; a 为变化速度系数 ($a > 0$); θ 为极角。

由微分几何知识知, 曲线在点P的切线BE与向量半径OP的夹角 β 为 $\tan\beta = \frac{\rho}{\rho} = \frac{a\theta + \rho_0}{a} = \theta + \frac{\rho_0}{a}$ (2)

而BE与OP的垂线FC的夹角为 β

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha \quad \tan\beta = \tan\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \frac{a}{\rho_0 + a\theta} \quad (3)$$

3 超越离合器静态楔合时的楔角及其分析

3.1 阿基米德螺线超越离合器的楔角及其函数

图3所示是超越离合器静态楔合时的情况, 圆柱滚子分别与阿基米德螺线型面、内圈相切。依据定义, 可知角 φ 就是楔角。由对应边垂直得:

$$\angle GO_2O_1 = \angle PCA = \varphi$$

在 O_1O_2P 中,

$$\varphi = \beta + \alpha$$

$$\beta \text{ 由式 (3) 可求得: } \beta = \arctan\left(\frac{a}{\rho_0 + a\theta}\right)$$

在 O_1O_2P 中, 由正弦定理可得到

$$\sin\alpha = \frac{r \sin\beta}{r+R} \quad (4)$$

$$\text{所以 } \varphi = \arctan\left(\frac{a}{\rho_0 + a\theta}\right) + \arcsin\left(\frac{r \sin\beta}{r+R}\right)$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{a}{\rho_0 + a\theta}\right) + \arcsin\left(\frac{1}{\left(1 + \frac{R}{r}\right) \sqrt{1 + \left(\frac{\theta + \frac{\rho_0}{a}}{1}\right)^2}}\right) \quad (5)$$

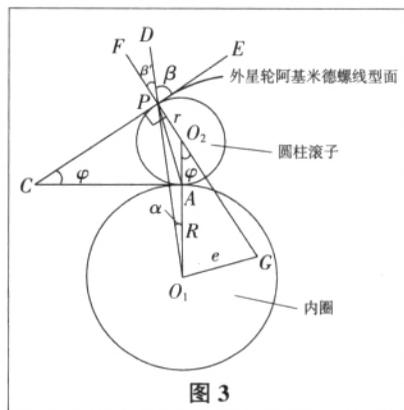


图3

式(5)就是楔角函数,由此式可以看出,楔角不仅与阿基米德螺线的参数 ρ_0 、 a 、 θ 有关,而且与超越离合器的结构尺寸 R 、 r 有关。

3.2 极角 θ 对楔角的影响

当其它参数不变时, φ 是极角 θ 的单值函数。对 φ 求 θ 的偏导数可得到

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \theta} = \frac{1}{(\theta + \frac{\rho_0}{a})^2 + 1} \cdot \frac{(\theta + \frac{\rho_0}{a})}{[1 + (\theta + \frac{\rho_0}{a})^2] \sqrt{(1 + \frac{R}{r})^2 [1 + (\theta + \frac{\rho_0}{a})^2] - 1}}$$

$$\rho_0 > 0, a > 0, \frac{\partial \varphi}{\partial \theta} < 0$$

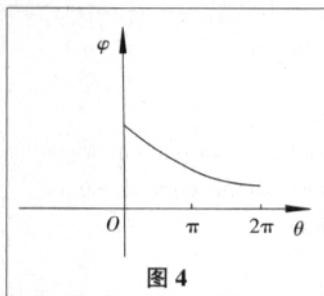


图4

式中: φ 是关于 θ 的递减函数,如图4所示。

楔角 φ 对超越离合器的工作性能有显著影响, φ 小则楔合容易,但过小则脱开力过大,甚至不能脱开; φ 大时承载能力高,但过大不容易楔合,楔合后也容易在工作时打滑^[1]。当工作面为阿基米德螺线面时, φ 可取 $7^\circ \sim 10^\circ$ 。

因此设计阿基米德螺线型面时,在其它参数已经确定的前提下,要由 φ 的设计要求定 θ 的区间。

3.3 楔角的稳定性问题

楔角的稳定性问题是指当超越离合器内圈半径 R 与圆柱滚子半径 r 变化(R/r 变化)时,楔角所发生的变化情况。

设 $k=R/r$,式(5)对 k 求导可得到

$$\frac{\partial \varphi}{\partial k} = \frac{1}{[1+k] \sqrt{(1+k)^2 [1 + (\theta + \frac{\rho_0}{a})^2] - 1}} \quad (6)$$

由上式来估计楔角 φ 的稳定性。由机械设计手册可以查得比值 k 一般在 $5 \sim 10$ 之间,由式(6)的数值计算可知 $\partial \varphi / \partial k$ 变化仅仅在 5% 以内,这说明楔角 φ 是比较稳定的,其受磨损和制造尺寸误差的影响要小,可见超越离合器具有较高的可靠性和稳定的工作性能^[3]。

3.4 圆柱滚子半径 r 对楔角的影响

在图3中,圆柱滚子与阿基米德螺线型面的接触点 P 处的曲率半径为 PG 。设 $PG=R_p$

计算可得 $R_p = \rho_0 + a\theta$

在 PO_1G 中, $PO_1=PG$, PO_1G 是等腰三角形

所以 $e = 2(\rho_0 + a\theta) \sin \frac{\beta}{2}$

式中: e 与 r 无关。

在 O_2O_1G 中,根据余弦定理有

$$\cos \varphi = \frac{(R_p - r)^2 + (R + r)^2 - e^2}{2(R_p - r)(R + r)} \quad (7)$$

式(7)对 r 求导,得到: $\frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{(R_p - R - 2r)(1 + \cos \varphi)}{(R_p - r)(R + r) \sin \varphi}$

$$\text{令 } \frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0, \text{ 得到 } R_p = R + 2r \quad (8)$$

式(8)为圆柱滚子半径 r 的变化对楔角 φ 影响最小的条件。也就是说在设计阿基米德螺线超越离合器结构尺寸时,要考虑满足这个条件。

3.5 磨损对楔角的影响

在离合器的工作工程中,圆柱滚子分别与阿基米德螺线型面、内圈表面相互作用,作用力相近,在接触点的相对运动速度相同。随着磨损的加剧,会使螺线型面接触点的曲率半径 R_p 变小,而使内圈半径 R 也变小。

对式(7)全微分得到:

$$d\varphi = -\frac{1}{\sin \varphi} \left[\frac{\partial \cos \varphi}{\partial R_p} dR_p + \frac{\partial \cos \varphi}{\partial R} dR + \frac{\partial \cos \varphi}{\partial r} dr + \frac{\partial \cos \varphi}{\partial e} de \right]$$

则螺线型面接触点的曲率半径 R_p 变化 ΔR_p 导致的楔角的变化量 $\Delta \varphi_1$:

$$\Delta \varphi_1 = \frac{\cos \varphi - 1}{(R_p - r) \sin \varphi} \Delta R_p$$

内圈半径 R 尺寸变化 ΔR 导致的变化量 $\Delta \varphi_2$:

$$\Delta \varphi_2 = \frac{\cos \varphi - 1}{(R_p - r) \sin \varphi} \Delta R$$

由于 ΔR_p 、 ΔR 对楔角 φ 影响的程度相同,又根据式(8)可知两者的变化规律都是向着减小的趋势。所以在满足式(8)的条件下,螺线型面与内圈的磨损对楔角 φ 的影响可以相互补偿。

因此,在满足式(6)的条件下磨损造成的圆柱滚子半径 r 的变化对楔角 φ 的影响最小。

4 结论

(1) 楔角对超越离合器的工作性能有重要影响。为了能确定合适的楔角,应该在极角靠前的区间内拟定方程。

(2) 当 k 变化时楔角的变化不大,范围在 5% 以内。说明楔角是比较稳定的。

(3) 应按 $R_p = R + 2r$ 进行阿基米德螺线超越离合器的结构尺寸设计,以保证圆柱滚子半径 r 的变化对楔角的影响最小。

(4) 使阿基米德螺线型面、内圈外表面和圆柱滚子表面具有相同的材料和表面特性,以保证它们之间的磨损对楔角的影响互相抵消、补偿。

(5) 阿基米德螺线超越离合器的工作点位置准确,可提高型面工作点附近和内圈外表面的耐磨性以防过度磨损导致型面的曲率半径和内圈半径的变化。

[参考文献]

- [1] 胡大国.对数螺线超越离合器的楔角计算[J].火炮发射与控制学报,1996(1):23-33.
- [2] 王钧.偏心圆弧超越离合器楔角散布分析[J].机械设计,2006(3):36-37. (编辑 启迪)

作者简介:张永岗(1974-),男,工程师,在读硕士生,研究方向为机械传动学。

姚文席(1946-),博士,教授,研究方向为机械传动与振动。

收稿日期:2007-08-10