

固有误差对圆弧齿轮组输出速度的影响研究

彭进明 朱翔 程忍贵

(马鞍山钢铁股份有限公司 安徽 马鞍山 243002)

摘要: 本文研究了固有误差因素对圆弧齿轮组输出速度的影响, 分别进行数学建模分析, 得出固有误差因素对齿轮实际输出速度的影响从而通过改变输入速度使输出速度更接近于理论输出速度, 以此来提高减径机的生产质量效率。本文实现了转速模型的分析, 得到了能够近似描述系统的模型, 但由于考虑到的因素是单一的, 所以得到的数据分析误差稍大, 需要结合各种因素综合考虑, 并经过各种模型的实验, 采取合适的方法, 不断地调整分析, 得到较为接近标准的传动输出速度。但是, 圆弧齿轮的研究道路还依旧漫长深远, 需要进一步研究的问题还有很多。

关键词: 减径机组; 圆弧齿轮; 误差分析

1 固有误差

齿轮的固有误差也称为齿轮的加工误差, 顾名思义为齿轮在制造过程中因制造误差引起的一系列的误差, 如齿轮几何重心的偏移, 运动中心的偏移以及周节尺寸、齿形形状、齿节厚度发生变化等造成的误差。本文主要分析齿轮在制造过程中, 由于工艺流程误差, 使齿轮的基圆圆心与标准圆心有所偏差, 从而造成几何偏心对输出速度产生影响。

2 固有误差的模型建立和分析

2.1 基本假设

- (1) 从动轮是一个完全没有传动误差的理想齿轮;
- (2) 主动轮除偏心误差外无其他误差。

2.2 动力学模型

齿轮基圆圆心的偏移, 指的是以回转中心为标准中心, 基圆圆心相对于回转中心所偏移的距离和角度。在研究齿轮基圆圆心的偏移对齿轮组输出速度的误差影响时, 先从齿轮组转动的四个特殊位置开始分析:

如图1所示 O_1 为主动轮的回转中心, O_1' 为主动轮的基圆圆心, $O_1'O_1=e$ 为主动轮的几何中心与其回转中心之间的距离, 即几何偏心与运动偏心的偏移距离, r_1 是主动轮的半径, r_2 是从动轮的半径, O 为公共啮合点, 输入齿轮按照逆

时针方向转动, 输出齿轮以顺时针方向转动。

根据齿轮组的转动理论, 可知道角速率与线速率之间的关系为:

$$v = \omega \times r \quad (1)$$

其中:

角速率为 ω , 线速率为 v

即:

$$v_1 = \omega_1 r_1, v_2 = \omega_2 r_2 \quad (2)$$

其中, v_1 是主动轮线速率; v_2 是从动轮的线速率; ω_1 是主动轮角速率; ω_2 是从动轮的角速率。

在圆弧齿轮组转动的过程中当主、从动轮的啮合点为 O 点时, 根据齿轮组转动的物理特性可知, 输入齿轮相对于输出齿轮在 O 点的线速率 v 大小是相等的, 即:

$$v_1 = v_2 \quad (3)$$

即:

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 \quad (4)$$

简化得:

$$\omega_2 = (\omega_1 r_1) / r_2 \quad (5)$$

由于几何偏心所引起的误差, 造成 r_1 并不是主动轮转动时的运动半径, 此时运动半径应当是图1中的 $O_1'O$, 下列设 $O_1'O = r$

即:

$$\omega_2 = r / r_2 \quad (6)$$

如图2所示为一对齿轮刚开始转动时的状态, 即处于偏心角度为 0° 啮合状态图, 也是线段 $O_1'O_1$ 和线段 $O_1'O_2$ 的夹角是 0° , 因为受偏心量 e 的影响, 此时 $r = O_1'O_2 = r_1 - e$

当输入齿轮按逆时针方向转动 90° (即总偏心角度为 90°) 时, 啮合情况如图3所示, 即线段 $O_1'O_1$ 和线段 $O_1'O_2$ 的夹角为 90° , 因为受偏心量 e 的影响, 而此时 $r = O_1'O_2 = \sqrt{r_1^2 + e^2}$

当主动轮继续按逆时针方向转动 90° (即总偏心角度 180°) 后, 啮合情况如图4所示, 因为受偏心量 e 的影响, 此时 $r = O_1'O_2 = r_1 + e$

同理分析可知: 当主动轮继续按逆时针方向转动 90° (即总偏心角度 270°) 时, 如图5所示。因为受偏心量 e

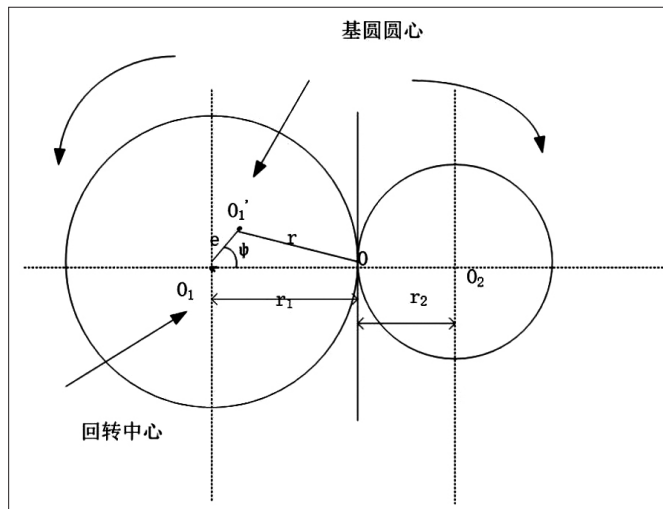


图1 偏心角度为 ψ° 的啮合图

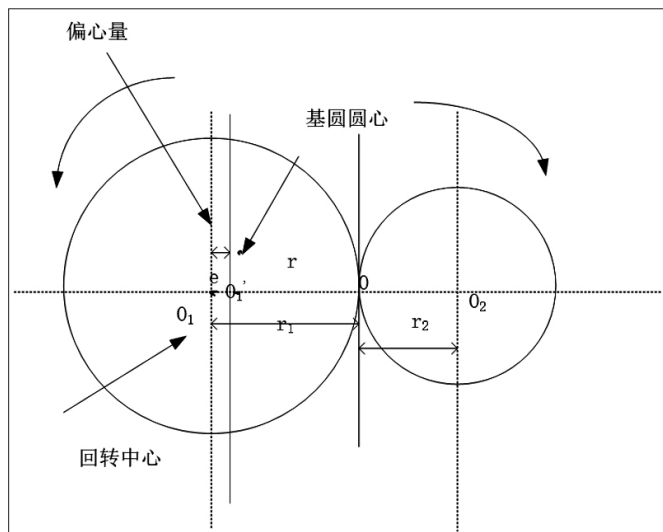


图 2 偏心角度为 0° 的啮合图

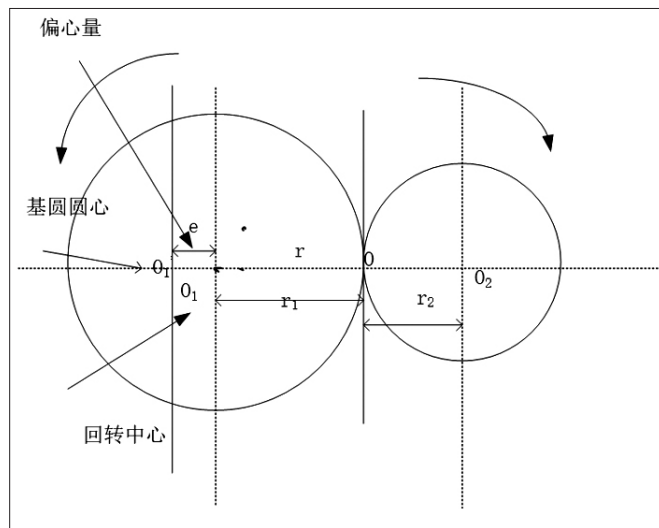


图 4 偏心角度为 180° 的啮合图

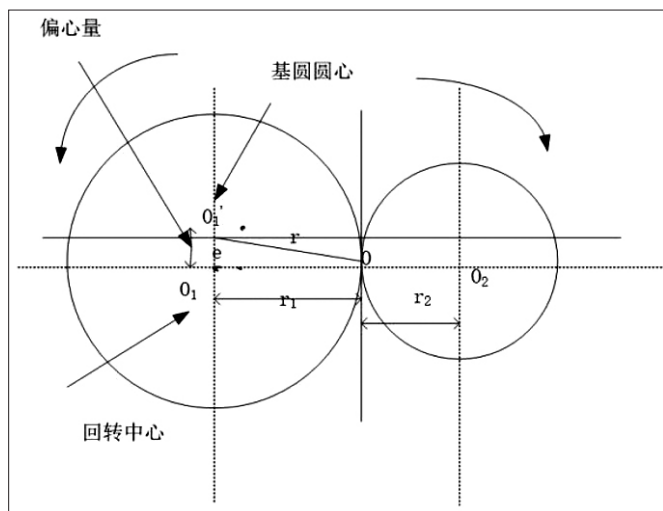


图 3 偏心角度为 90° 的啮合图

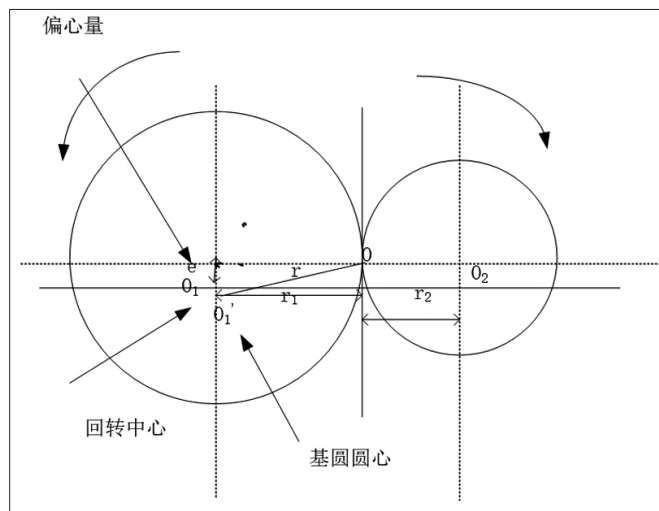


图 5 偏心角度为 270° 的啮合图

的影响, 则 $r = O_1' O_2 = \sqrt{r_1^2 + e^2}$

最后当主动轮按逆时针继续转动 90°, 回到图 2 开始状态。

分析完特殊状态, 研究普通状态。当 $O_1' O_1$ 和 $O_1 O$ 的夹角为 ψ° (如图 1 所示), 因为受偏心量 e 的影响, 运动半径发生改变, 此时运动半径为 $O_1' O$, 在三角形 $O_1' O O_1$ 中, $O_1 O_1'$ 为 e , $O_1 P$ 为 r_1 , 角 $O_1' O_1 O$ 为 ψ° 。运用余弦定理可知:

$$r = O_1' O = \sqrt{e^2 + r_1^2 - 2 * e * r_1 * \cos \psi} \quad (7)$$

化简 (7) 得:

$$r = O_1' O = \sqrt{e^2 + r_1^2 - 2 * e * r_1 * \cos \psi} \quad (8)$$

把 (8) 代入 (6) 得:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 \sqrt{e^2 + r_1^2 - 2 * e * r_1 * \cos \psi}}{r_2} \text{ rad} \quad (9)$$

即 (9) 为齿轮组在几何偏心误差下的输出速度。

3 结语

本文从固有误差方面对齿轮的传动误差进行分析, 建

立转速模型。建立模型之后, 赋予输入速率, 经过一系列的误差分析, 得到不同的输出速率并与理论输出速率相比较。通过模型的建立可以知道, 固有误差不可避免, 只能在更可能实现的状态下使误差达到更小, 使输出速率更加接近理论误差。同时一组转速模型的不足之处在于考虑的误差因素比较单一, 在现实状态下几种因素是同时发生的, 以至于得出的数据与实际输出速率还是有所出入, 模型还有继续完善的必要。

参考文献:

- [1] 刘朝彤, 陈晓明, 张本练. 减定径机振动分析及改进 [J]. 中国工程设备, 2006, S1: 27.
- [2] 宗冬芳. 齿轮传动效率的各种影响因素 [D]. 浙江: 浙江交通技术学院, 2017.

作者简介: 彭进明 (1984.01-), 男, 汉族, 安徽淮南人, 本科, 研究方向: 轧钢工艺及设备。