

文章编号: 1007-6492(1999)03-0054-03

摆线轮齿形的组合修正方式及其优化设计

姜涛¹, 孙利民¹, 刘凯²

(1. 郑州工业大学数理力学系, 河南 郑州 450002; 2. 郑州工业大学机械与电子工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 针对齿形已经确定的摆线轮, 在修正方式及修正量未知的情况下, 利用改进的复合形法对摆线轮齿形修正方式及修正量进行了优化分析。同时, 采用工艺过程简单的“等距+移距”修正方式代替工艺过程较复杂的转角修正方式, 使用该方法计算等距和移距修正量速度快, 与传统的计算方法相比较, 工作效率明显提高。计算结果表明: 在摆线轮齿形的各种修正方式中, “正等距+负移距”修正方式是较理想的摆线轮齿形修正方式。这种修正方式具有理想齿形, 加工工艺简单, 在设计与制造中有一定的推广使用价值。

关键词: 摆线轮; 复合形法; 齿形修正

中图分类号: TH 132.414 **文献标识码:** A

1 摆线轮齿形的修正方式^[1]

与标准针轮相啮合, 而没有啮合间隙的摆线轮齿廓为理论齿廓或标准齿廓。但由于摆线轮理论齿廓没有考虑齿侧间隙, 故只能作为理论分析使用。在实际的摆线针轮减速器中, 为了在啮合面间形成油膜, 补偿温升引起的热膨胀和制造误差, 同时为了便于装拆, 避免啮合摩擦增大, 啮合齿面易发生胶合等问题, 在摆线轮和针齿之间应有一定的齿侧间隙。因此, 实际的摆线轮不能采用理论齿形, 都必须经过修正。根据摆线针轮行星传动的啮合与加工原理, 目前摆线轮齿形的修正方式一般采用以下3种修正方法及其组合: (1) 移距修正法; (2) 等距修正法; (3) 转角修正法。

以上3种齿形修正方法, 除转角修正法不能单独使用外, 其他两种方法既可与其他修正方法联合使用, 也可单独使用。概括上述前2种修正方法的通用摆线轮实际齿廓方程式为

$$\begin{cases} X = (R_2 - \Delta R_2)(\sin \Psi - K_1' / Z_b \cdot \sin(Z_b \Psi)) \\ \quad + (r_2 + \Delta r_2) \cos \gamma' ; \\ Y = (R_2 - \Delta R_2)(\cos \Psi - K_1' / Z_b \cdot \cos(Z_b \Psi)) \\ \quad - (r_2 + \Delta r_2) \sin \gamma' . \end{cases} \quad (1)$$

摆线轮齿形修正方式的选择及修正量的大小对摆线轮的啮合情况及受力分布情况有重要的影响。对于一个具体的摆线轮, 针轮半径 R_2 、针齿套半径 r_2 、偏心距 A 、针轮齿数 Z_b 都是可以准确掌握的数据, 而齿形修正方式及修正量的大小不易确定。

本文就以下两个问题进行了摆线轮齿廓修正方式的优化:

(1) 对于一个齿形已经确定的摆线轮, 在其修正方式及修正量未知的情况下, 如何确定该摆线轮的修正方式及修正量。

(2) 用工艺过程简单的“等距+移距”修正方法代替工艺过程较复杂的转角修正方法时, 如何确定等距及移距修正量的大小。

通过最优化方法对上述两个问题进行计算, 即可找出摆线轮齿形修正方式及修正量的大小。

2 优化数学模型及优化方法

2.1 优化变量的确定

对以上两个问题进行分析, 本文选定移距修正量 ΔR_2 和等距修正量 Δr_2 作为优化搜寻变量。

2.2 优化目标函数的确定及计算

首先, 需要知道摆线轮齿廓曲线上 m 个点的

收稿日期: 1999-03-03; 修订日期: 1999-04-14

作者简介: 姜涛(1969-), 男, 河南省郑州市人, 郑州工业大学助教, 硕士, 主要从事塑料机械方面的研究。

坐标 (XP_i, YP_i) , m 以 $20 \leq m \leq 100$ 为宜,并且要求这 m 个点大致均布于摆线轮一个齿根到齿顶之间,这 m 个点称为待拟合点.由这 m 个点组成的曲线称为待拟合曲线.显然,待拟合曲线即为需要求得修正值的原摆线轮齿廓曲线.然后,当指定一组 $(\Delta R_z, \Delta r_z)$ 以后,由方程式(1)就可以得到一条与 $(\Delta R_z, \Delta r_z)$ 相对应的摆线轮齿廓曲线.该齿廓曲线与待拟合曲线存在整体平均偏差 ξ ,当 ΔR_z 与 Δr_z 取值不同时, ξ 亦不同,即 ξ 为 ΔR_z 与 Δr_z 的函数,简记为

$$\xi = f(\Delta R_z, \Delta r_z). \quad (2)$$

选择适当的 ΔR_z 与 Δr_z ,就会使 ξ 取得最小值,这时的 ΔR_z 与 Δr_z 即为所求的摆线轮齿廓修正量.使 ξ 取得最小值的 ΔR_z 与 Δr_z 称为修正量的最优值,记为 $(\Delta R_z^*, \Delta r_z^*)$.

ξ 的具体计算过程如下:

指定一组 $(\Delta R_z, \Delta r_z)$ 以后,利用方程(1),对于摆线轮上的半个齿,当参数 $\Psi = 0^\circ, 1^\circ/Z_a, 2^\circ/Z_a, \dots, 180^\circ/Z_a$ 时,计算出该方程曲线上181个点的坐标(称为拟合点)

$$(X_i, Y_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, 181.$$

对于某一待拟合点 (XP_j, YP_j) ,从181个拟合点中找出满足条件

$$\min_{1 \leq i \leq 181} |XP_j - X_i|$$

的拟合点,设所得到的该拟合点序号为 i , ($1 \leq i \leq 181$).根据 i 取值的不同分以下3种情况处理.

(1) 当 $i = 1$ 时,取以下3点:

$$(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3);$$

(2) 当 $2 \leq i \leq 180$ 时,取以下3点:

$$(X_{i-1}, Y_{i-1}), (X_i, Y_i), (X_{i+1}, Y_{i+1});$$

(3) 当 $i = 181$ 时,取以下3点:

$$(X_{179}, Y_{179}), (X_{180}, Y_{180}), (X_{181}, Y_{181}).$$

通过所取的3个拟合点作一条抛物线,根据抛物线插值公式,求出当 $X = XP_j$ 时的 Y 坐标值:

$$YP_j' = \frac{(XP_j - X_i)(XP_j - X_{i+1})}{(X_{i-1} - X_i)(X_{i-1} - X_{i+1})} Y_{i-1} + \frac{(XP_j - X_{i-1})(XP_j - X_{i+1})}{(X_i - X_{i-1})(X_i - X_{i+1})} Y_i + \frac{(XP_j - X_{i-1})(XP_j - X_i)}{(X_{i+1} - X_{i-1})(X_{i+1} - X_i)} Y_{i+1}.$$

计算绝对偏差值:

$$\Delta YP_j = |YP_j - YP_j'|.$$

对每一待拟合点进行上述计算,最后对 ΔYP_j ($1 \leq j \leq m$)求和,得到 ξ 的具体的表达式为

$$\xi = f(\Delta R_z, \Delta r_z) = \left(\sum_{j=1}^m \Delta YP_j \right) / m, \quad (3)$$

上式即是所建立的优化目标函数.

2.3 优化的数学模型

根据式(3),即可建立优化数学模型如下:

$$\min f(\Delta R_z, \Delta r_z).$$

$$\text{s.t. } \Delta R_z + \Delta r_z > 0,$$

$$-1.5 \leq \Delta R_z \leq 1.5,$$

$$-1.0 \leq \Delta r_z \leq 2.0.$$

2.4 优化方法

本文采用复合形法^[2]作为搜寻摆线轮移距修正量和等距修正量的优化方法.由于优化变量只有2个,复合形顶点数取为4,本文对传统的复合形法进行了一些特殊处理.

3 算例

利用本文编制的程序³,对几条转角修正曲线进行了曲线拟合,用移距加等距修正的方法加工摆线轮齿廓.

算例: $Z_p = 1$, $R_z = 75$ mm, $r_z = 7$ mm,

$$A = 1.5$$
 mm, $Z_b = 24$, $\delta = 0.005$ rad.

优化搜寻结果为:

移距修正量 $\Delta R_z = -0.8091$ mm;

等距修正量 $\Delta r_z = 0.8847$ mm.

优化得出的“移距+等距”修形曲线与被拟合的转角修正曲线在主要承载区相重合,如图1所示.

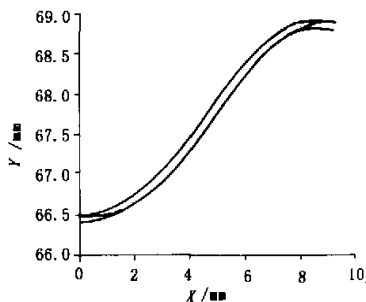


图1 摆线轮齿形优化结果

4 结论

从图1中可以看出,曲线拟合效果非常理想.优化结果表明,“负移距+正等距”修正方式是非常理想的摆线轮齿廓修形方法.这种修形方法一方面可保持转角修形曲线在主要承载区的理想齿廓,同时又能在齿顶及齿根处形成一定的间隙.从

工艺上看,这种修形方法的工艺比较简单,在摆线磨床上同时调整出 ΔR_e 和 Δr_e 后,在一次展成工序中即可完成对摆线轮的加工.因此,这种修形方法在设计与制造中有一定的推广使用价值.

参考文献:

[1] 张少名.行星传动[M].西安:陕西科学技术出版社,

1988.

[2] 周承高,廖 园.优化方法及其程序设计[M].北京:中国铁道出版社,1989.

[3] 谭浩强,田淑清.FORTRAN 77 结构化程序设计[M].北京:清华大学出版社,1990.

Compound Modification Method and Its Optimizational Design of Cycloid Disk Tooth Profile

JIANG Tao¹, SUN Li-min¹, LIU Kai²

(1. Department of Mathematics, Physics & Mechanics, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. College of Mechanical & Electronic Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Under the condition that the modification method and amount of the cycloid disk whose tooth profile is assured are all unknown, the improved complex method is used to optimally analyse the modification and to calculate the modification amount of the cycloid disk. Meanwhile, using the same method, the equidistant and mobile modification amount are rapidly obtained in the process of that the "isometric plus shift" modification method is employed instead of the rotational angle modification method, whose technological process is more sophisticated than the former. Compared with the old traditional calculation method, the work efficiency can be improved considerably. Computational results show that "positive isometric plus negative shift" modification method is an ideal modification method of the cycloid disk among all possible methods. With very ideal tooth profile and simple machining procedure, it is worthy to be extended and employed in design and manufacture of the cycloid disk.

Key words: cycloid disk; complex method; tooth profile modification

郑州工业大学建筑系建筑学专业顺利通过国家教育评估

1999 年 5 月 10 日至 13 日,全国高校建筑学专业教育评估小组来我校进行建筑学专业视察,分别采取座谈会、随机听课、实地考察等形式,对建筑系的办学条件和专业建设等情况进行了考察,并经国家建筑学专业评估委员会投票,该专业五年制本科顺利通过评估.此次评估合格有效期为四年,即 1999 年 6 月至 2003 年 5 月.

在 5 月 10 日上午召开的评估小组与校、系领导及部分教授座谈会上,评估小组组长、东南大学鲍家声教授向校领导通报了这次视察的目的、日程安排和主要内容.校长董其伍教授简要汇报了学校对专业评估的态度、采取的措施,表示学校将以评促改、以评促建,全面促进学校教学、管理等工作,提高人才培养质量.副校长闫家杰教授向评估小组介绍了我校的基本概况,重点汇报了学校的教学机构设置办学思想、教学改革取得的成绩.建筑系主任王鲁民教授汇报了该系专业设置、师资队伍建设、课程建设、实践教学环节及学校与建筑学专业相关的其他专业教学情况.

评估小组与有关教师、学生、用人单位进行座谈,进行了随机听课,考察了实验室的硬件建设及其他办学设施.评估报告认为:郑州工业大学校系领导和全系师生对这次评估高度重视,校系领导办学思想明确,建筑学专业有良好的办学条件和环境;教学计划科学完整,教学管理严格;学生工作有特色,学生素质全面,富有创意,受到用人单位欢迎.总之我校建筑学专业达到专业教育评估基本要求,能够满足社会对建筑学人才的需要.