

平面包络环面蜗杆 SOLIDWORKS 建模

何高峰^{1,2} 吴拥华^{1,2}

1 苏州施必牢精密紧固件有限公司, 江苏苏州, 215400;

2 九江科技职业大学, 江西九江, 332020;

摘要:平面包络环面蜗杆于加工工艺、加工精度等方面相较于普通的圆柱蜗杆要复杂,但它具有多齿啮合、承载能力大、效率高及良好的瞬时特性等优点。文章旨在探讨如何利用 Solidworks 软件进行平面包络环面蜗杆的三维建模,从而为蜗杆的设计及相关力学计算提供几何模型。通过详细分析蜗杆的螺旋线公式,利用 Solidworks 的建模功能,实现平面包络环面蜗杆的参数化建模,简化复杂的建模过程,提高设计效率。

关键词:平面包络;螺旋线方程;Solidworks

DOI: 10.69979/3041-0673.26.05.023

引言

在实际工作过程中,较多的工程师面对环面蜗杆的建模束手无策。平面包络环面蜗杆是一种具有特殊几何形状和优良性能的传动元件,广泛应用于各种机械设备中。其结构复杂,传统的建模方法难以达到高效、准确的目的。文章引入一款功能强大的 Solidworks 三维设计软件。将结合工作中的经验,详细介绍如何利用 Solidworks 三维软件进行平面包络环面蜗杆的三维建模,平面包络环面蜗杆有多种建模方式,包括包络的方式建模和切除的方式建模,均用到螺旋线公式,文章以切除的方法进行建模,此建模方式对后续的加工制作比较友好,还可为相关研究和应用提供参考。

1 平面包络环面蜗杆的基本结构

平面包络环面蜗杆由蜗杆体和蜗杆齿两部分组成。蜗杆是一个具有环面形状的螺旋形轴,其表面有蜗纹。蜗纹与环面蜗轮的齿槽相互配合,实现动力的传递。蜗杆的特殊之处在于其齿槽形状,这是通过平面二次包络的方式形成的,意味着齿槽的剖面曲线是由虚线通过两个实线所形成的。

环面蜗轮则是一个圆柱形的齿轮,其外表面上有一系列与蜗纹相配合的齿槽。这些齿槽也是通过平面二次包络的方式形成的,与蜗杆的齿槽形状相匹配。

当输入轴驱动蜗杆旋转时,蜗纹与环面蜗轮的齿槽相互啮合。由于蜗杆的螺旋形状,每转动一周,环面蜗轮只会沿着轴线方向移动一定距离,这就是蜗杆减速机的减速原理。平面包络环面蜗杆减速机具有紧凑的结构,将蜗杆和环面蜗轮组合在一个密封的壳体内,这使得减

速机体积小,适用于有限的安装空间,并且有助于减少噪音和振动。

此外,平面包络环面蜗杆传动通常具有较高的传动效率,通常在 85%到 95%之间,能够有效地将输入轴的动力传递到输出轴,减少能量损失。

2 平面包络环面蜗杆的螺旋线公式

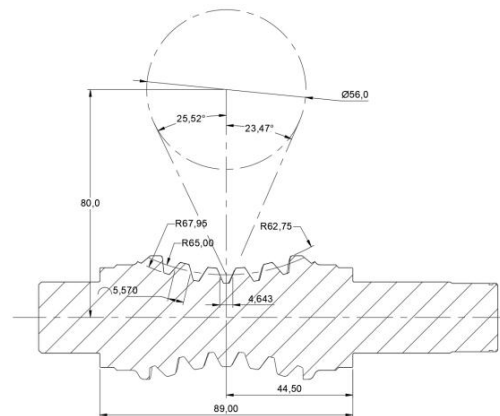


图 1. 环面蜗杆

平面包络环面蜗杆的螺旋线是其几何形状的关键,文章以减速机上的环面蜗杆为例(如图 1. 环面蜗杆),其公式如下:

$$x = (A - d * \cos(\pi / z * t)) * \cos(2 * \pi * t)$$

$$y = (A - d * \cos(\pi / z * t)) * \sin(2 * \pi * t)$$

$$z = d * \sin(2 * \pi * t)$$

其中:

A 为中心距离 80mm

d 为涡轮节半径 65mm

z 为涡轮齿数 20 个

t1 为起始角-3.5

t2 为结束角 3.5

3 SOLIDWORKS 建模

3.1 绘制蜗杆体

首先,利用 SOLIDWORKS 的拉伸或旋转命令绘制蜗杆体的外形,然后根据蜗杆体的几何形状和尺寸,设置拉伸或旋转的参数,生成蜗杆体的三维模型。

3.2 绘制螺旋线

接下来,利用 SOLIDWORKS 的螺旋线命令绘制蜗杆齿的扫描路径。根据螺旋线的公式和参数,设置螺旋线的中心距、蜗轮节半径、齿数(根据减速比计算)、起始角、终止角等参数,生成螺旋线的三维模型。具体步骤:点击工具条上的“草图”,出现“草图绘制”,点击开下拉菜单选择“3D 草图”;然后点击工具条上“工具(T)”,出现下拉菜单选择“草图绘制实体(K)”,进入后出现下拉菜单,点击“方程式驱动的曲线”,出现“方程式驱动的曲线”对话框。此时,我们需要建立两条螺旋线,一条作为路径,半径为 65mm;另一条作为引导线,半径为 67.95mm。“方程式”下面“xt、yt、zt”后面分别输入:

$$\begin{aligned} &(80 - 65 * \cos(\pi / 20 * t)) * \cos(2 * \pi * t); \\ &(80 - 65 * \cos(\pi / 20 * t)) * \sin(2 * \pi * t); \\ &65 * \sin(\pi / 20 * t); \end{aligned}$$

“参数”下面“t1、t2”分别输入:“-3.5、3.5”,点击确定。同样的方法,绘制蜗轮节半径为 67.95mm 的螺旋线,点击确定即出现螺旋线。

3.3 绘制蜗杆齿槽

然后,利用 SOLIDWOTKS 的扫描切除命令绘制蜗杆齿。首先,需要在螺旋线上选择一个点作为扫描的起点,然后绘制一个与螺旋线垂直的平面,并在该平面上绘制蜗杆齿槽的截面形状。蜗杆齿槽截面如何绘制?

为方便描述,此处引入 AUTOCAD 作为辅助。先来计算牙距: $2 * \pi * r / 40 = 10.21\text{mm}$,因减速比为 2:1,蜗轮为 40 个齿,蜗杆为 20 个齿。用 AUTOCAD 绘制出蜗杆体,然后沿喉部的垂直向绘制矩形,宽度 4.639mm,牙距减去法向弦齿厚 $10.21 - 5.571$,沿分度圆与中心距垂直的交点,做与中心距夹角 25.52° (为压力角)的线,此时从中心距向刚做的线做垂线,长度即是基圆的半径,然后绘制基圆。从绘制的宽为 4.639mm 的矩形一边与分度圆的交点处向基圆做

切线,然后延长此线,与齿根圆相交(如图 2.蜗杆齿槽绘制),此线以中心距做做镜像,修剪后即是蜗杆齿槽,如图 3.蜗杆齿槽,夹角为 23.47° 。

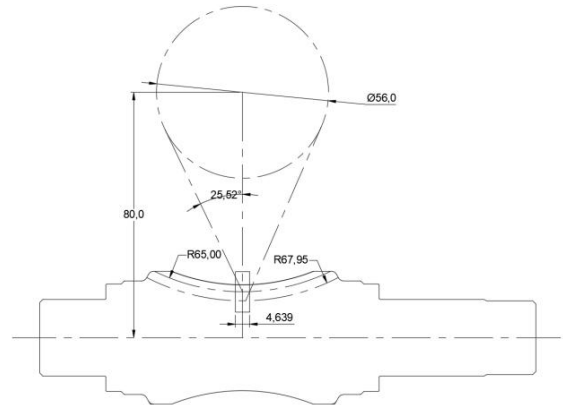


图 2. 蜗杆齿槽绘制

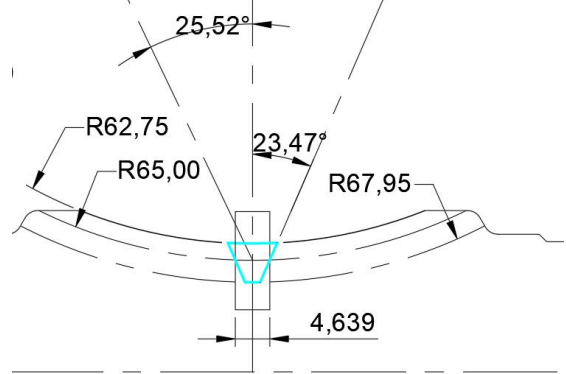


图 3. 蜗杆齿槽

此时已经算出需要的数据, SOLIDWORKS 中选择平面,文章使用的是“上视基准面”,从绘图中心做中心距为 80mm 的虚线,用虚线连接中心距的一端与螺旋线起点,从螺旋路径与此线的交点做垂线,长为 2.3195mm,即是 $4.639/2$,在接下来的约束中,让线段等于圆弧长度,是齿槽正确的关键。再分别以中心距的一端做齿根圆、分度圆和齿顶圆。以螺旋路径线的起点为中心做图 3 齿槽截面,即可做出图 4.齿槽截面,点击确认。

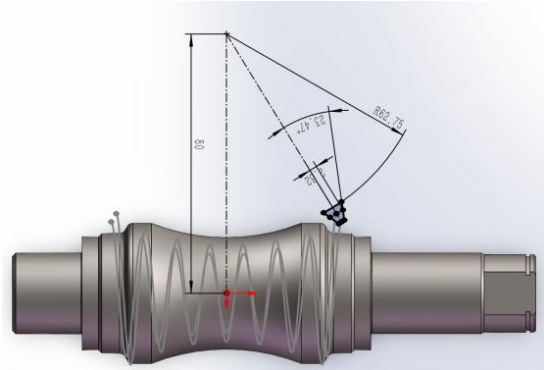


图 4. 齿槽截面

4 实例验证

为验证文章提出的建模方法的正确性和可行性，本文以此例的平面包络环面蜗杆进行建模和分析。并利用建好的 3D 图形导入专用软件生成加工程序，先用 VERICUT 进行模拟加工，确保没有问题后，在某一款数控车床上加工出来后再进行啮合，齿形包络在 85%左右（如图 5. 环面蜗杆啮合），经过上设备测量，齿形在要求范围内，如图 6. 齿形报告。



图 5. 环面蜗杆啮合

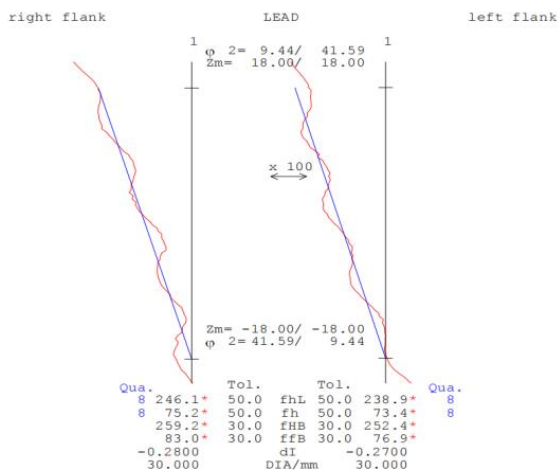


图 6. 齿形报告

然而，还存在一些不足之处。例如，在建模过程中，我们主要关注了蜗杆齿的形状和分布等几何特征，而忽

略了蜗杆的材料、热处理等工艺因素对传动性能的影响。此外，文章的建模方法主要是单头蜗杆。

经过上述步骤，我们得到了平面包络环面蜗杆的三维模型。通过观察和分析该模型，可以发现蜗杆齿沿着螺旋线均匀分布，形状和尺寸符合设计要求。同时，该模型还可以用于后续的力学计算和优化设计。

5 结论与展望

文章利用 SOLIDWORKS 软件对平面包络环面蜗杆进行了三维建模研究。通过详细分析蜗杆的螺旋线公式建模方法，实现了平面包络环面蜗杆的三维建模。该模型具有准确、高效、易于修改等优点，为蜗杆的设计、制造和优化提供了有力支持。

参考文献

[1] 黄义. 一种环面蜗轮滚刀刀齿及其顶后角面数控磨削方法[P]. 重庆长安汽车股份有限公司, 2022

[2] 陈永洪、杨正霖、灵犀、罗文军、陈兵奎. 渐开线包络环面蜗杆齿面的柔性加工系统及其加工方法[P]. 重庆大学, 2024

[3] 王竹平、张欣林、罗春. 齿轮、发动机和车辆[P]. 奇瑞汽车股份有限公司, 2025

[4] 王丹. 基于UG和VERICUT的五轴加工碰撞分析与刀路优化研究[J]. 今日制造与升级, 2023(08)

[5] 程锦、叶虎强、谭建荣、刘振宇、楼亦斌、王荣. 三维CAD技术研究进展及其发展趋势综述[J]. 机械工程学报, 2023(23)

作者简介：何高峰（1979-）、男、汉族、河南虞城人、中级工程师、学士、研究方向是紧固件和机械加工。
 通讯作者：吴拥华（1976-）、男、汉族、江西高安人、高级工程师、教授、研究方向高等职业教育。