

摆动活齿传动的中心齿轮 3D 设计及虚拟加工

丁 茹, 刘静凯

(沈阳理工大学, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要:文中基于 Pro/NC 给出了摆动活齿传动的主要零件——中心齿轮的 3D 设计及虚拟加工, 解决了中心齿轮复杂齿廓加工问题, 显著缩短了摆动活齿减速器产品的开发周期。

关键词:摆动活齿传动; 中心齿轮; 3D 设计; 虚拟加工

中图分类号: TP391.72

文献标识码: A

文章编号: 1002-2333(2005)10-0107-03

3D Design and virtual manufacture about Center Gear of Swing Oscillating Tooth Drive

DING Ru, LIU Jing-kai

(Shenyang Ligong University, Shenyang 110168, China)

Abstract: The authors gave 3D design and virtual manufacture about center gear of swing oscillating tooth drive based on Pro/NC, solved manufacture problems about complex flank profile of center gear. the exploit period are shortened remarkably of swing oscillating tooth reducing device.

Key words: swing oscillating tooth drive; center gear; 3D design; virtual manufacture

1 引 言

摆动活齿传动是一种新型高性能传动元件, 它利用摆动活齿与中心齿轮齿形的啮合来实现同轴间回转运动, 突破了齿轮机构的传统结构, 具有结构紧凑、传动比大、传动效率高、多齿啮合、承载能力大等突出优点, 广泛应用于冶金、矿山、汽车、化工、纺织、通信、轻工等行业中。图 1 所示为摆动活齿传动的传动原理: 当驱动力由输入轴输入后, 它带动激波器偏心凸轮以等角速度 ω_1 顺时针转动, 激波器的曲线轮廓通过与摆动活齿内侧面组成的高副, 推动活齿绕活齿轴转动, 迫使活齿外侧沿着中心齿轮的工作齿廓滚动, 通过与中心齿轮组成的高副, 推动活齿以角速度 ω_2 转动, 于是摆动活齿齿轮副完成了转速变换。

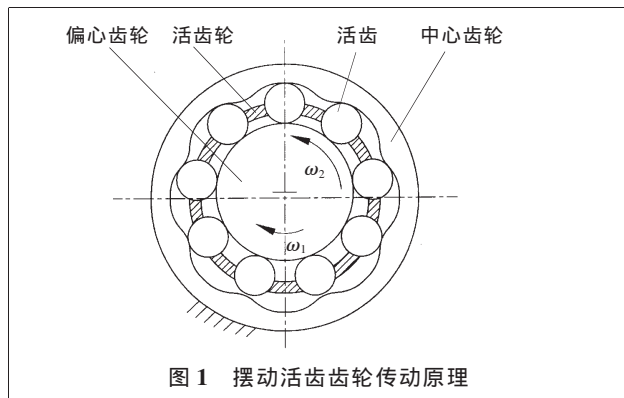


图 1 摆动活齿齿轮传动原理

为了将理论研究开发转化成新产品, 在设计摆动活齿减速器时, 尽可能使基本构件的结构形状简单、工艺性好、加工方便。比如, 激波器采用双排结构的偏心圆, 活齿圈采用活齿圈上均布柱销及滚柱等结构。只有中心齿轮的齿形曲线为摆动活齿按一定运动规律运动的包络曲线, 其形状随着相关参数的变化而复杂多变, 笔者曾介绍

过在普通的金属切削机床上展成加工中心齿轮齿形的方法, 但是随着数控机床的普及和三维 CAD/CAM 软件问世, 采用数控机床精确、快速的加工中心齿轮复杂齿廓已成为必然。为了达到加工制造流程最佳化的目的, 预测误差, 减少废料的产生及避免加工失败, 在进行实际数控加工之前要虚拟加工, 从而验证刀具走刀路线是否合理, 检查是否发生过切、碰撞、干涉等现象, 得到适用于实际加工制造所需的特定机床数控代码。

2 中心齿轮的 3D 设计

以二自由度双曲柄等效机构对应的中心齿轮为例, 进行 Pro/ENGINEER 3D 模型设计, 为后续的 Pro/NC 设计及实际数控加工奠定基础。

2.1 创建辅助特征

首先创建由 3 个互相垂直的基准平面 (DTM1、DTM2、DTM3) 构成的坐标系 (DEFAULT)。选择 [PART] → [Feature] → [Create] → [Datum] → [Plane] → [Default] 选项, 即可建立系统缺省的基准面。

2.2 创建基本特征

基本特征一般是指零件 3D 建模设计时创建的第一个实体特征, 作为零件的基本结构要素, 它代表零件最基本的形状, 零件其他特征的创建往往依赖于基本特征。根据中心齿轮的形状特点, 以圆为草绘特征, 经 [Feature] → [Create] → [Solid] → [Protrusion] → [Extrude] → [Solid] → [Done] 等选项形成拉伸特征, 设计出圆盘形基本特征。在创建基本特征时还要考虑是否方便后续其他特征的创建。

2.3 创建齿廓曲面构造特征

构造特征是指基本特征以外的其他特征, 以中心齿轮齿廓曲面的 3D 设计为例。设计分两步: ①基准曲线设计; ②形成齿廓扫描特征。由于中心齿轮的齿廓曲线为形

状复杂的包络曲线,由相关参数和齿形方程式决定,因此要利用 Pro/ENGINEER 的高级开发功能 [Feature] → [Create] → [Datum] → [Curve] → [From Equation] → [Done],在“记事本”上由齿形方程式创建基准曲线。然后选择 [Feature] → [Create] → [Datum] → [Curve] → [Sketch] → [Done] 等选项,以上述基准曲线的偏移线(偏移距离为摆动活齿半径)为轨迹线,以减料特征扫描形成中心齿轮的齿廓曲面。此外利用放置特征完成中心齿轮的其它结构如倒角等。图 2 所示为中心齿轮 3D 设计流程图。

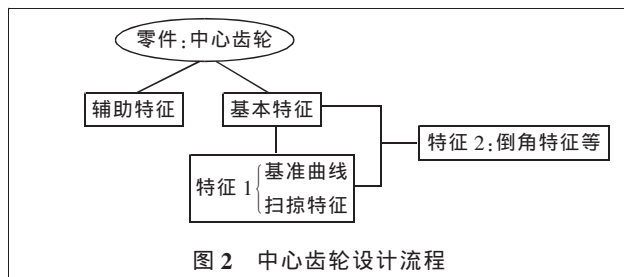


图 2 中心齿轮设计流程

2.4 程序化设计

在 3D 设计中增加关系式以关联尺寸,并利用 Pro/

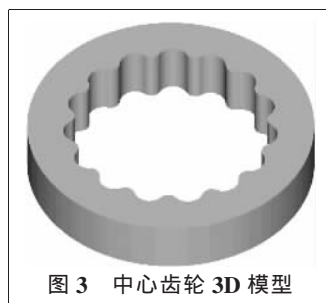


图 3 中心齿轮 3D 模型

ENGINEER 的高级语言 Program 模块进行程序化编程设计,控制中心齿轮的几何造型,设计出系列中心齿轮。由于篇幅所限,这里仅给出连杆长 80 mm、偏心距 3 mm、传动比 14、齿数 15 的中心齿轮 3D 模型,见图 3 所示。

3 中心齿轮的虚拟加工

3.1 设计加工流程

与实际加工的思维逻辑相似,中心齿轮在 Pro/NC 模块上加工设计的设定流程为:①建立加工所需的模型。包括产品设计及工件坯料设计;②设计加工所需的数据及加工操作环境。如选择加工机床、设计夹具、挑选加工刀具等;③设定加工程序;④刀具路径设计,生成 CL DATA 数据;⑤后处理程序,转换成 NC CODE 码。如图 4 所示。

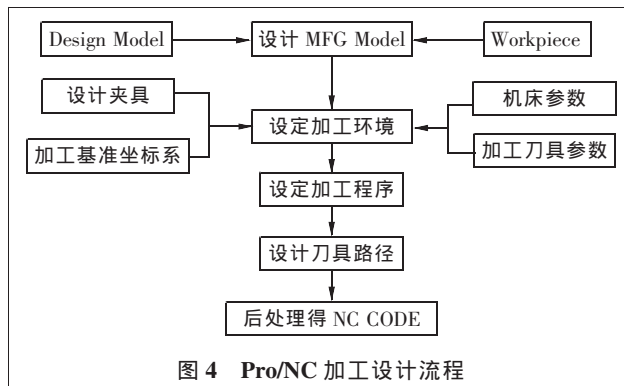


图 4 Pro/NC 加工设计流程

3.2 交互式图形编程及虚拟加工

尽管不同编程系统的命令不完全相同,但编程的过

程基本相似。下面是中心齿轮在 Pro/NC 模块上进行交互式图形编程与虚拟加工的主要过程。

(1) 提取零件模型

进行加工制造前,首先须考虑要达到的加工目标及所使用的材料等数据。因此在 Pro/NC 中首先提取前述 Pro/ENGINEER 中设计的中心齿轮零件模型,并显示在屏幕,如图 3 所示。其次是坯料设计,由于坯料几何形状简单,则直接在 Pro/NC 的 Manufacture model 中以绘图模式创建 Workpiece 的几何参数。

(2) 加工环境设定

包括加工工艺名称、使用的加工机床类型、加工基准坐标系统等一个工艺作业名称对应零件的一道加工工序,图 3 所示中心齿轮的加工需要多道工序,这里我们只讨论齿廓曲面的加工方式。

Pro/NC 支持的数控加工类型有 3~5 轴加工中心、2~4 轴车床、2~4 轴电火花线切割等,可进行铣、车、钻镗、电火花等方式加工。其中铣削加工包括 Face、Volume、Profile、Local Mill、Pocketing、Countersink 等多种加工方式,根据中心齿轮零件的形状特征及加工程序选择适用的加工机床,如加工中心齿轮齿廓曲面可选择 Milling 方式下的轮廓铣 Profile。

加工基准坐标系是一项相当重要的内容,因为设计加工程序后所产生的刀具路径为相对于加工基准坐标的位置与运动关系数据,所以加工基准的设定与实际的测量准确度非常重要。由于在 Workpiece Model 中已存在合适的坐标系,则直接定义它为加工基准坐标系即可。

加工刀具的铣削运动是以加工坐标系为基准的,因此要设计夹具来固定工件,保持其在整个加工坐标系中的位置,并确保不随加工过程中的切削力而产生位移或造成破坏。

(3) 加工刀具设定及参数选择

在设计整个加工工艺的各要素中,刀具信息是一项重要要素,要根据数控几何模型的形状特点和加工工艺,选择所需加工刀具。如铣削加工工艺,根据粗、中、精铣选择适宜铣刀,并设置所需的刀具参数。由于中心齿轮齿廓曲线是摆动活齿按一定运动规律运动的包络曲线,所以确定刀具几何参数直径时要格外注意,以避免造成加工设计上的错误。

(4) 设定加工几何模型

加工几何是零件模型中需要数控加工的几何元素。在加工过程中,要给每一过程定义加工几何范围,使加工范围内的材料从坯料上切除,如中心齿轮齿廓曲面的加工几何可直接从屏幕上拾取相应的几何元素,作为该工序所需的计算加工刀具路径的参考信息。

(5) 设定加工参数,生成刀具路径

铣削加工参数设定。在 [SITE TYPE] → [Mill] 参数设定窗口,根据工艺要求设定 CUT_FEED、STEP_DEPTH、PROF_STOCK_ALLOW、ROUGH_STOCK_ALLOW、BOTTOM_STOCK_ALLOW、CUT_ANGLE、SCAN_TYPE、

基于虚约束的平面连杆机构运动副合理设计与配置

李纯金, 王明强, 朱永梅

(江苏科技大学 机械与动力工程学院, 江苏 镇江 212003)

摘要:平面连杆机构中广泛存在着虚约束导致机械系统众多的缺陷,已经受到机械结构设计者的充分重视。文中分析了平面机构中虚约束存在的几种形式及其虚约束数的计算,并提出一些对平面连杆机构运动副的合理设计与配置具有指导意义的原则。

关键词:虚约束;平面连杆机构;运动副

中图分类号:TH112

文献标识码:A

文章编号:1002-2333(2005)10-0109-03

Rational Design and Arrangement of Kinematic Pair for Planar Linkages Based on Redundant Constraint

LI Cun-jing, WANG Ming-qiang, ZHU Yong-mei

(Department of Mechanical and Dynamical Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: The widely existed overconstraints in planar linkages lead to machinery system having numerous defects, which have subjected to more and more attention by designers of machine structure. In this paper, several existing forms of overconstraints and the method for calculating the number of overconstraints in machinery system were analyzed, and some principles for rational design and arrangement of kinematic pair for planar linkages were proposed.

Key words: overconstraints; planar linkages; kinematic pair

1 引言

机构中运动副设计和配置的不合理将产生虚约束,所谓虚约束是指在机构中,有些运动副所带入的约束,对机构的运动起重复约束作用,这类约束又称之为过约束或消极约束。虚约束是在特定的几何条件下才存在的,若

这些条件不能满足,则原先认为对运动不起作用的约束将成为实际有效的约束,从而影响机构的运动。平面连杆机构是机械产品中应用最为广泛的一种基本结构型式,平面连杆机构以平面约束结构为基础,以保证其实现平面运动。这种人为的强制平面约束,使得平面机构广泛存

ROUGH_OPTION、SPINDLE_SPEED、COOLANT_OPTION、CLEAR_DIST 等参数。完成各项加工参数设置后系统会根据设置,计算出加工刀具路径,并在 CL DATD 设置程序中将所得加工刀具路径参数做进一步的整理,输出及检查加工路径结果。

(6) 虚拟加工过程

在完成加工刀具路径参数设计后,利用 NC Check 并配合 Workpiece、Reference Model 的空间关系,模拟实体加工过程,观察切削情况,精确改善刀具路径,提高刀具路径参数的加工可行性,从而减少测试加工所耗费的人力、物力,避免不必要的加工失败。虚拟加工过程见图 5 所示,图中省略了夹具、工作台等。

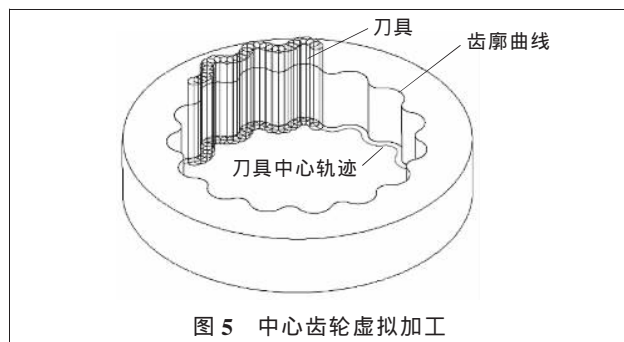


图 5 中心齿轮虚拟加工

(7) 加工后处理

将 CL DATA 数据经 Pro/NC post 进行转换,得到适用于实际加工所需的机械控制码 (NC CODE 或 G CODE),从而实现所设计的加工工艺。

4 结论

对于摆动活齿传动的推广,其中心齿轮的加工是个难点。笔者应用 Pro/NC 进行了中心齿轮的实体建模、数控编程及虚拟切削加工,观察切削状况,预测误差及过切,得到了可应用于实际的 NC CODE 或 G CODE 控制码,从而可减少中心齿轮实际加工中废料的产生,提高生产率,降低成本。

[参考文献]

- [1] 曲继方.活齿传动理论.北京:机械工业出版社,1993.
- [2] 丁茹.摆动活齿传动内齿轮齿形综合及齿形参数分析[J].沈阳工业学院学报,1996,(1):30-36.
- [3] 黄圣杰,等.Pro/ENGINEER 2001 高级开发实例[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [4] 王俊祥,等.Pro/NC 三轴铣床加工秘籍[J].北京:机械工业出版社,2002.

(编辑 昊天)

作者简介:丁茹(1962-),女,硕士,副教授,研究方向为机械学、CAD 等。

收稿日期:2005-06-06