

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2019.04.008

基于加工特征的轴类零件三维建模方法

黎寿山¹, 游雨龙², 刘杰¹, 周枫林²

(1. 中国航发南方工业有限公司, 湖南 株洲 412002; 2. 湖南工业大学 机械工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 提出一种基于加工特征的三维建模方法, 增强模型特征与加工工艺之间的关联性, 以期形成轴类零部件的建模规范。通过确立特征独立性、基于加工顺序建模的两个基本建模要求, 将工艺知识以建模规范的形式嵌入三维建模过程中, 降低工艺人员对三维模型的辨识难度。最后, 对机械轴进行三维建模, 验证了该方法的可行性和有效性。

关键词: 机械工程; 三维建模; 特征建模; 工序模型; 轴类零件

中图分类号: TH16

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2019)04-0042-05

引文格式: 黎寿山, 游雨龙, 刘杰, 等. 基于加工特征的轴类零件三维建模方法[J]. 湖南工业大学学报, 2019, 33(4): 42-46.

3D Modeling Method for Shaft Parts Based on Machining Features

LI Shoushan¹, YOU Yulong², LIU Jie¹, ZHOU Fenglin²

(1. China National South Aviation Industry Co., Ltd., Zhuzhou Hunan 412002, China;

2. College of Mechanical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: A three-dimensional modeling method based on machining features has been proposed to enhance the correlation between model features and processing technology so as to form the modeling specification of shaft parts. By establishing two basic modeling requirements of feature independence and machining sequence modeling, process knowledge is embedded into the three-dimensional modeling process in the form of modeling specification, thus reducing the difficulty of model identification on the part of technical personnel. Finally, a three-dimensional modeling of the mechanical shafts is carried out to verify the feasibility and validity of the proposed method.

Keywords: mechanical engineering; 3D modeling; characteristic modeling; processing model; shaft part

1 研究背景

随着《中国制造 2025》国家重大发展战略的颁布与施行, 以三维数据为核心的设计制造模式在制造业企业中得到了大力推广, 它可以明显提高企业已

有资源的共享率, 并且将其作为计算机辅助工艺设计 (computer aided process planning, CAPP) 与计算机辅助制造 (computer aided manufacturing, CAM) 的模型数据来源^[1]。比如最具代表性的是美国波音公司, 在对其波音 787 飞机的研制过程中, 全面采用包含

收稿日期: 2018-03-23

基金项目: 湖南省战略性新兴产业科技攻关基金资助项目 (2016GK4024)

作者简介: 黎寿山 (1981-), 男, 湖南醴陵人, 中国航发南方工业有限公司高级工程师, 主要从事 MBD 技术和数字化工艺方面的研究, E-mail: freshingli@126.com

通信作者: 周枫林 (1986-), 男, 湖南邵阳人, 湖南工业大学讲师, 主要从事高性能数值计算和实时计算方法的教学和研究, E-mail: edwal0zhou@163.com

了产品几何结构信息和产品制造信息的 MBD (model based definition) 模型, 舍弃了二维工程图。在其对产品的 MBD 模型设计中, 三维工序模型是重要组成部分, 它对加工工艺的表达与工艺人员的顺畅交流有直接意义。三维工序模型是指产品从原材料形态到最终成品的过程中, 反映零件模型加工过程所对应的模式状态, 它形象地表达了零件从毛坯到成品的生产加工制造过程中各工序的动态变化^[2]。

然而, 在实际产品设计和生产制造环节, 由于设计人员缺乏工艺知识, 而工艺员的三维设计知识往往不足, 两个环节信息交互存在障碍, 导致三维工艺设计的推广举步维艰。由于当前轴类零件三维建模规范或标准缺失, 设计人员在设计制图过程中并不会重点考虑产品的加工工艺过程, 所生成的设计模型与机加工工艺过程缺少对应关系, 进而导致三维零件模型向三维工序模型转化出现诸多问题。

围绕上述问题, 孟彪等^[3]采用基于去除特征识别的顺序建模方法实现中间工序模型生成, 但其识别方法复杂, 需要较多的人工交互操作。石云飞等^[4]从二维工序卡片出发, 提出了工艺语义驱动的三维重建领域, 实现制造毛坯序列三维建模的构建, 但不符合以三维工艺模型为依据的工艺设计思路。万能等^[1]通过在机加工工艺本体与三维建模本体之间建立本体映射关系, 实现设计模型到工序模型的转换, 但该方法对于含较多相角特征的复杂零件适用性不强。王宗彦等^[5]、彭志等^[6]研究了由零件三维 CAD 模型倒推零件制造的工序模型的方法, 该方法需要大量的人机交互以及工艺设计知识库和制造特征库的支持, 缺乏实用性。

为此, 本文提出一种基于加工特征快速、高效的三维建模方法, 对轴类零件的形状特征按照其依附位置关系进行分类, 并对轴类零件三维模型的创建提出规范, 固化其建模规则, 使三维模型能有效地实现加工过程可视化, 并在模型中包含一部分工艺信息, 为实现设计-制造链中的三维数据贯通奠定了基础^[7-9]。

2 轴类零件工序建模

轴类零件工序建模的定义是从毛坯模型到设计模型过程中反映零件模型加工过程的模型状态。虽然当前增材制造是研究热点, 但是对于轴类零件的实际制造加工, 制造技术主要是采用去除材料来实现成型。所以在建模过程中, 对毛坯模型采用“布尔差”命令特征逐步生成设计模型, 以更加贴合实际加工制造, 从而使建模过程中生成的工序模型与实际加工中的工序产品保持近似一致。对工艺人员来说, 只需对

设计模型进行逆序抑制特征, 模型便能退回毛坯状态, 便于其对加工特征的理解。轴类零件毛坯模型与设计模型之间的关系如图 1 所示。

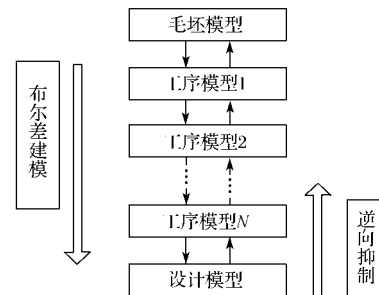


图 1 零件毛坯模型与设计模型之间的关系

Fig. 1 Relationship between part blank model and design model

3 轴类零件模型特征和分类

轴类零件形状特征是一组与零件形状描述相关的有意义的信息集合。不同的形状特征对于构成零件形状, 满足零件功能要求或制造要求所起的作用是不同的。对轴类零件形状特征进行分类, 可以让工艺人员更清晰、系统地认识零件, 并且对接下来的建模顺序规划有良好的指导作用, 对将来的工艺信息数据采集也有帮助。所以根据对轴类零件特征的依附关系, 将轴类零件中的特征分为主特征和辅特征, 其中辅特征是依附于主特征之上的, 如附图 1 所示。

3.1 主特征

主特征用于描述零件的基本几何形状和构成轴类零件的主体结构。根据空间位置关系, 它分为外部主特征和内部主特征。外部主特征用于描述毛坯外表面所反映的几何形状, 如圆柱体、十字体、T 字体等。内部主特征主要指沿轴线方向组成的通孔或腔等。

3.2 辅特征

辅特征主要依附于主特征之上, 局部修饰主特征, 反映零件的细微结构, 如倒角、键槽等。根据其依附位置, 也分为外部辅特征和内部辅特征两种。外部辅特征依附于外部主特征中的特征, 主要是指孔、螺纹、台阶、花键、倒角、槽等。内部辅特征依附于内部主特征上, 主要是指倒角、槽、花键、螺纹等。

4 轴类零件 MBD 模型的基本要求

轴类零件 MBD 模型应该具备以下两个基本要求: 1) 特征独立性; 2) 基于加工顺序建模。

4.1 特征独立性

工序模型在建模过程中由于模拟的是加工切除材料, 对每一步的建模过程可以看作实际制造过程中

工件的一次加工切除材料，所以在建模时应该保持模型特征的独立性，对避免产生干涉具有重要意义，只有这样才能正确反映以毛坯到成品的加工制造过程中每一步工序的变化，最终实现模型逆序删除回到毛坯状态。

MBD 模型采用布尔差式建模方式模拟切除材料的实际加工，因为在进行 MBD 建模时应尽量保证每一步建模特征的独立性，即每一步建模的基准平面不依附之前的零件部位，而是尽量采用公共基准平面。这样建立的 MBD 模型在进行逆向抑制特征时才不会报错或者干涉情况产生。因此，在进行 MBD 建模时应该在工作区的默认基准坐标轴上建立三个互相垂直的公共基准平面作为接下来建模中要使用的定位基准和基准平面。

如图 2 所示，将右端轴段直径从 25 mm 改到 30 mm，模型除此轴段直径发生改变，无任何变化，也没有报错和干涉情况，实现了此特征与轴其余特征的独立性。

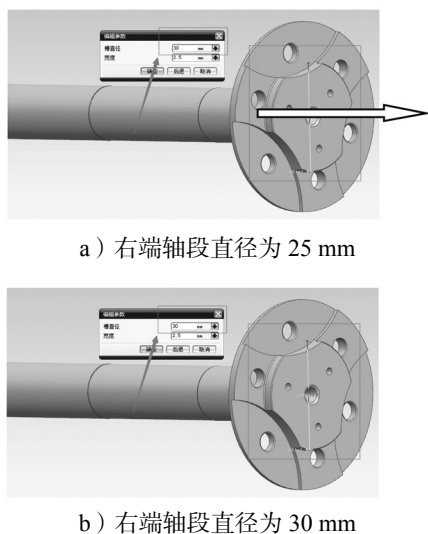


图 2 改变轴颈数据，对于其他特征无影响
Fig. 2 changes the journal data and has no effect on other features

4.2 基于加工顺序建模

由于实际加工制造过程中遵循先粗后精、先主后次、先面后孔等顺序原则^[6, 9]，该原则也应体现在建模顺序中，具体为：

- 1) 所有基本特征完成后，才进行成型特征的建模，如边倒圆、倒角放到最后；
- 2) 如果空心轴模型，应该优先进行轴内通孔；
- 3) 轴外进行建模时，先进行表面切除材料的建模，再进行打孔建模；
- 4) 如需进行螺纹建模，应将螺纹建模放在相应的倒圆、倒角之后。

详细建模流程如图 3 所示。

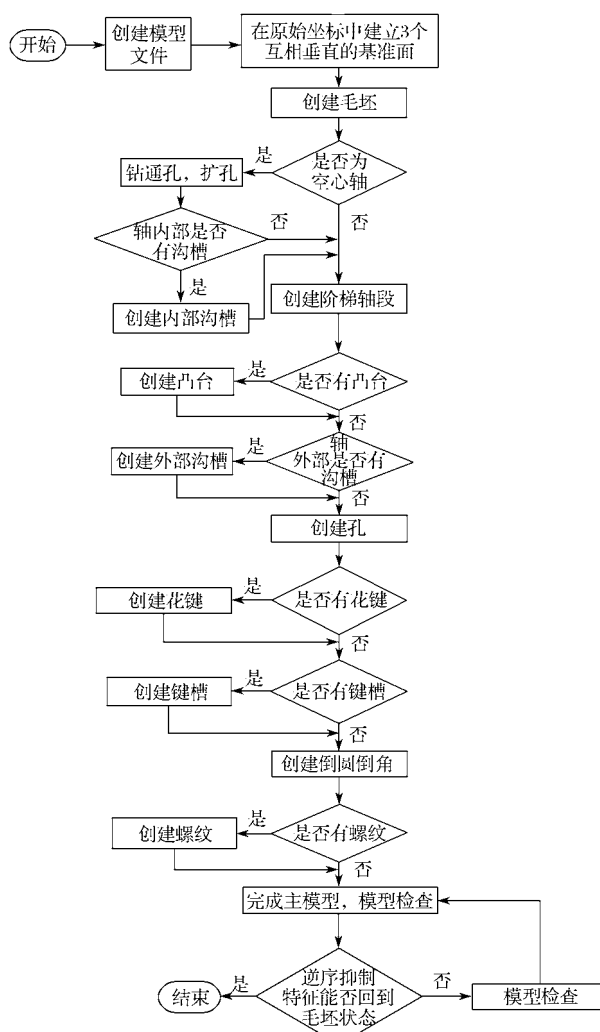


图 3 轴类零件 MBD 建模流程图

Fig. 3 MBD modeling flow chart for shaft parts

5 MBD 模型生成实例

通过保持建模过程中建模顺序和加工顺序相对应，以某产品传动轴为例进行建模，在 NX7.5 平台工作区的默认坐标轴上建立 3 个互相垂直的基准平面，运用回转生成带颈毛坯，如图 4 所示。

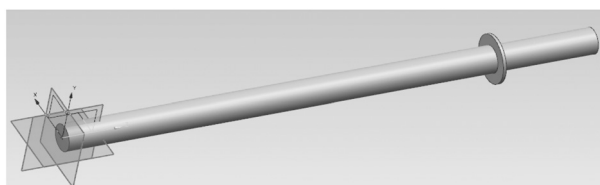


图 4 工序模型 - 预成形毛坯

Fig. 4 Process mode-preform blank diagram

根据图 4 的轴类零件建模基于工序建模流程图，将轴零件加工顺序和建模顺序对应，进行基于工序的特征建模，详见表 1。

模型建立完毕，以 MBD 方法完成的产品模型和

图 5 所示。

表 1 基于工序建模表

Table 1 Process modeling table

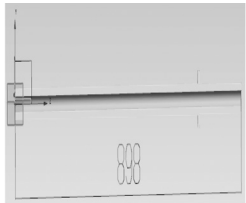
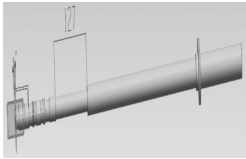
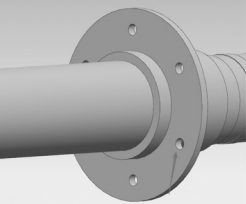
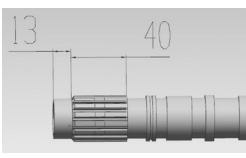
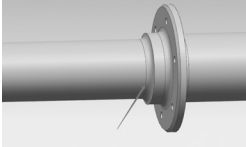
工序号	工序内容	建模特征	建模实例图
110	钻孔	内孔	
120	车削	矩形槽	
130	钻孔	外孔	
140	滚花键	花键	
150	磨外圆	倒圆	



图 5 轴类零件 MBD 模型图

Fig. 5 MBD pattern of shaft parts

模型建立完毕后, 以图 6 所示的左侧箭头方向进行逆序抑制 (或删除) 各特征, 模型能够顺利回溯至毛坯状态, 能看到各个工序模型的变化。



图 6 逆序抑制特征, 模型能够回到毛坯状态, 无报错现象

Fig. 6 Inverse order restraint features of the model with a capability to return to the blank state free of errors

6 结语

本研究对轴类零件特征进行梳理、分类和定义, 实现了轴类零件特征的阶梯划分, 便于设计人员的识别和掌握。通过模拟轴类零件实际加工制造, 规范和提炼了轴类零件的 MBD 建模, 确定了建模过程中的特征独立性和基于加工顺序建模的两个基本要求, 总结归纳了一种基于加工特征的三维建模方法。实例表明, 对模型特征进行逆向抑制, 能够清晰地反映出各加工环节的初始工件状态, 验证了该方法的正确性和有效性。该方法不仅有助于提升轴类零件的设计制造效率, 又能成功反映实际加工制造过程中毛坯到成品各个工序的变化。即加工过程可视化, 便于设计人员与机加工工艺人员的相互交流, 既达到了设计产品, 又让产品尽量满足工艺的重复使用。

参考文献:

- [1] 万能, 赵杰, 莫蓉. 三维机加工序模型辅助生成技术 [J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(10): 2112-2118.
WAN Neng, ZHAO Jie, MO Rong. Three Dimensional Machining Procedure Model Creation Methods[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2011, 17(10): 2112-2118.
- [2] 刘华昌. 基于 MBD 的集成式 CAPP 技术研究与系统开发 [D]. 镇江: 江苏科技大学, 2014.
LIU Huachang. The Technology Research and System Development of Integrated CAPP Based on Model Based Definition[D]. Zhenjiang: Jiangsu University of Science and Technology, 2014.
- [3] 孟彪, 杜宝瑞, 杨野光, 等. 基于去除特征识别的三维机加工序模型顺序建模方法: 中国, CN201210578397.3 [P]. 2013-04-03.
MENG Biao, DU Baorui, YANG Yeguang, et al. A Sequential Modeling Method for 3D Machining Model Based on Removal of Feature Recognition: China, CN201210578397.3[P]. 2013-04-03.
- [4] 石云飞, 张树生, 成彬, 等. 工艺语义驱动的序列三维模型构建系统 [J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(11): 2133-2139.
SHI Yunfei, ZHANG Shusheng, CHENG Bin, et al. Sequence Three-Dimensional Model Construction System Driven by Process Semantic[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2009, 15(11): 2133-2139.
- [5] 王宗彦, 吴淑芳, 秦慧斌. 零件的设计模型向毛坯模型转换技术研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10(6): 620-624.
WANG Zongyan, WU Shufang, QIN Huibin.

Transformation Technology from Part Design Model to Blank Model[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2004, 10(6): 620-624.

[6] 彭志, 徐世新, 郑联语. CAD/CAPP 集成系统中工序图的自动生成方法 [J]. 航空精密制造技术, 2005, 41(1): 42-44.

PENG Zhi, XU Shixin, ZHENG Lianyu. The Automatic Generation of Operation Drawing Under CAD/CAPP Integration System[J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2005, 41(1): 42-44.

[7] 杨毅. 三维 CAPP 系统中基于特征的工艺信息模型研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.

YANG Yi. Research on Feature Based Process Information Model in 3D CAPP System[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2011.

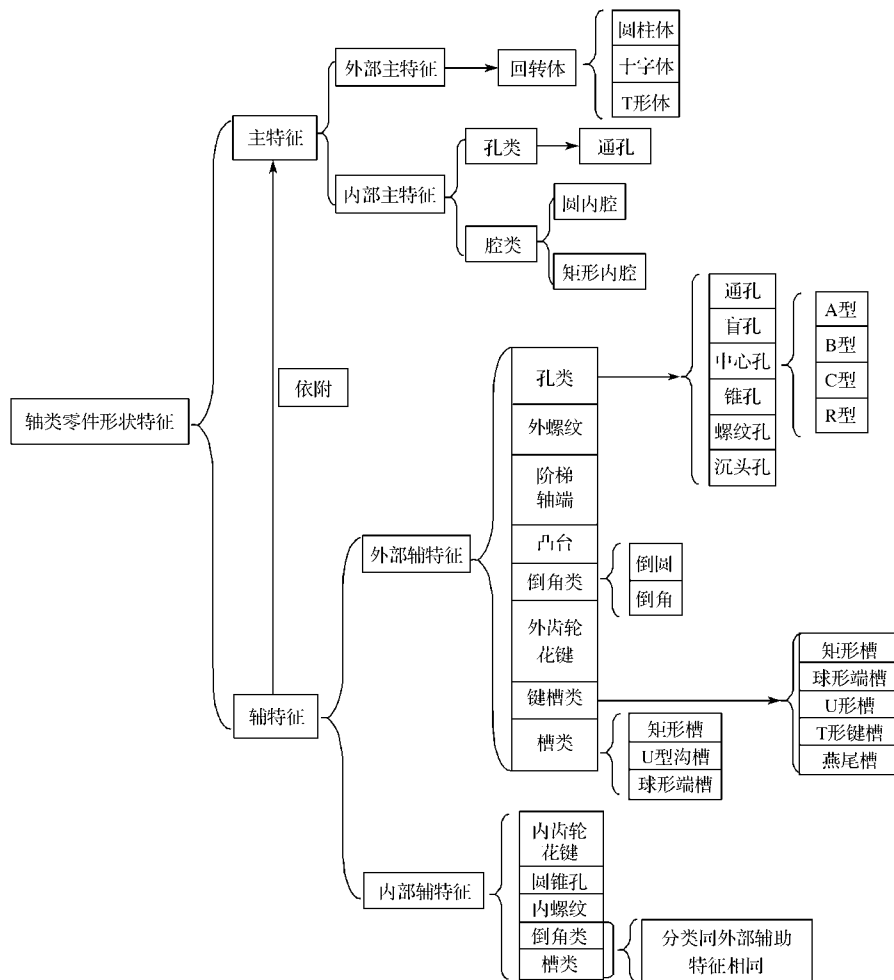
[8] 房文林, 闫崇京, 年丽云, 等. 结果导向的三维中间工序模型快速生成 [J]. 机械设计与制造工程, 2014, 43(10): 32-36.

FANG WenLin, YAN Chongjing, NIAN Liyun, et al. The Rapid Generation Methods of Results-Oriented 3D Intermediate Procedure Model[J]. Mechanical Design and Manufacturing Engineering, 2014, 43(10): 32-36.

[9] 王杰, 李方信, 肖素梅. 机械制造工程学 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004: 43-44.

WANG Jie, LI Fangxin, XIAO Sumei. Machinery Manufacturing Engineering[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2004: 43-44.

(责任编辑: 申剑)



附图 1 轴类零件的特征及分类

Fig. 1 Characteristic and classification Diagram of shaft parts