

文章编号: 1671-0444(2018)04-0532-09

面向工序建模的特征 MBD 设计信息提取方法

刘世民¹, 王海超², 鲍劲松¹, 张小龙³, 郭国强³, 金永乔³, 郭具涛³

- (1. 东华大学 机械工程学院, 上海 201620;
2. 上海交通大学 智能制造与信息工程研究所, 上海 200240;
3. 上海航天精密机械研究所, 上海 201600)

摘要: 为提供工序建模时所需的特征 MBD(model based definition)设计信息, 提出了面向工序建模的设计信息提取算法。以 MBD 模型为唯一依据, 获取模型中的设计信息, 搜寻设计信息的依附元素所在特征, 依据其关联的特征将其分类为独立标注、关联标注与形状尺寸, 最后以特征为单位输出相关的设计信息。试验表明, 该方法能有效获取工序建模所需的特征 MBD 设计信息。

关键词: 基于模型的定义; 标注提取; 标注分类; 工序建模

中图分类号: TH 166 **文献标志码:** A

Method of Extracting MBD Design Information in Feature for Process Modeling

LIU Shimin¹, WANG Haichao², BAO Jinsong¹, ZHANG Xiaolong³,
GUO Guoqiang¹, JIN Yongqiao³, GUO Jutao³

- (1. College of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China; 2. Institute of Intelligent Manufacturing and Information Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;
3. Shanghai Research Institute of Precise Aerospace Machinery, Shanghai 201600, China)

Abstract: An algorithm of extracting design information was proposed in the process-oriented modeling to provide the necessary MBD(model based definition) design information while modeling process. This method takes MBD model as the only basis to get the design information in the model and search design information which depends on the features of the elements. It was classified into independent labels, associated labels and shape dimensions according to their associated features. Finally, the related design information was outputted based on the features. Experimental verification shows that this method can effectively obtain the feature's MBD design information required for process modeling.

Key words: model based definition; annotation extraction; annotation classification; process modeling

基于模型的定义 (model based definition, MBD) 是一种采用全三维实体模型的方式来完整表达产品定义信息的技术。基于 MBD 的工艺可以从产品设计贯穿到制造过程, 相比传统二维图纸

的工艺, 它通过三维实体模型来对产品信息进行集成、组织和表达, 保证了数据的一致性与继承性, 可更加直接指导制造生产过程^[1]。工序 MBD 模型是 MBD 工艺模型的重要核心部分, 其能完整表

收稿日期: 2017-11-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51475301); 军委装备发展部科研订购局“十三五”装备预研共用技术课题资助项目(41423010101)

作者简介: 刘世民(1994—), 男, 江苏盐城人, 硕士研究生, 研究方向为智能制造与测控, E-mail: 857996258@qq.com

鲍劲松(联系人), 男, 副教授, E-mail: Bao@dhu.edu.cn

达零件从毛坯、粗加工、半精加工直至精加工的演变过程,并按照 MBD 单一数据源理念建立各工序模型间的关联,指导现场工艺^[1]。而工序 MBD 模型的生成是极为复杂的,其生成过程针对识别的制造特征,依托三维模型软件创建设计特征来生成工序模型,所以既需要通过 MBD 模型进行制造特征识别获取几何信息,同时也要进行设

计信息提取以获取其非几何数据信息。特征的几何信息主要通过特征识别算法获取^[2],其可作为创建工序模型时的几何参照,而特征的非几何信息要通过设计信息提取算法获取,其不仅可作为工序模型的数据源,并且对工序路线的制定有着重要参考意义。制造特征的 MBD 信息数据集如图 1 所示。

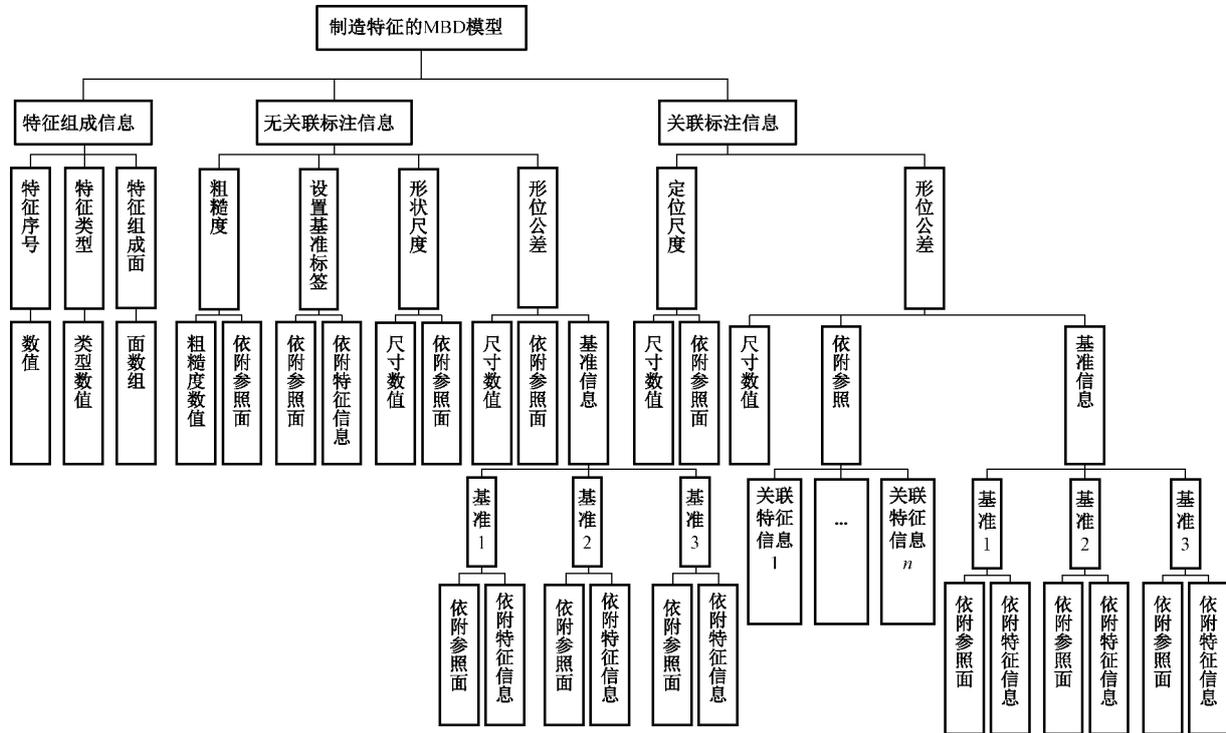


图 1 制造特征的 MBD 信息数据集

Fig. 1 MBD information dataset based on manufacturing feature

特征的非几何信息主要包含无关联的标注信息与关联标注信息,前者是描述制造特征本身的信息,后者则是与特征相关的信息,包括基准在当前特征外的形位公差与尺寸公差中的定位尺寸等。无关联标注信息可作为生成三维工序模型的数据源,关联标注信息可作为加工工序制定的参考因素,这些都是工序 MBD 模型生成的主要基础。而 MBD 非几何信息的标注种类繁多、标注方式各异,其主要有 4 种:粗糙度、基准、形位公差与尺寸公差。这些标注的类型、方式和参照类型不仅增加了标注的获取难度,还增加了三维标注各自的分类难度。其中,多基准的几何公差与边-边尺寸公差提取分类最为复杂,如图 2 所示。因此,亟需一种完备的 MBD 模型设计信息的获取方法。

MBD 模型中设计信息的提取一直是众多数字化制造学者们的研究热点。赵金才^[3]通过调用库函数访问 Pro/E 数据库实现了尺寸信息、公差项目等

非几何信息的获取;方忆湘等^[4]依据测量软件的测量要求,从 MBD 模型中获取了三维标注信息存储整理检测信息;简建帮等^[5]针对数控程序生成所需的加工特征设计信息,获取了对应的特征信息用于数控程序生成;杨萍等^[6]通过三维标注提取方法获得其对应的设计信息,满足了加工领域的信息需求;闫帅等^[7]针对工艺信息审查模块,直接获取了三维标注信息之后生成审查报告。纵观上述三维标注的获取方法,其都无法满足工序 MBD 模型生成要求。由于未根据特征对设计信息进行详细的分类,导致无法直接获取与制造特征相关的设计信息,使得提取的数据信息无法作为 MBD 工序模型生成的参照与数据源。

为了全面并准确地获取制造特征的设计信息,本文提出一种面向工序 MBD 模型生成的特征 MBD 设计信息提取算法。本算法不仅可以收集零件 MBD 模型中所有的标注信息,同时还可以将标注依

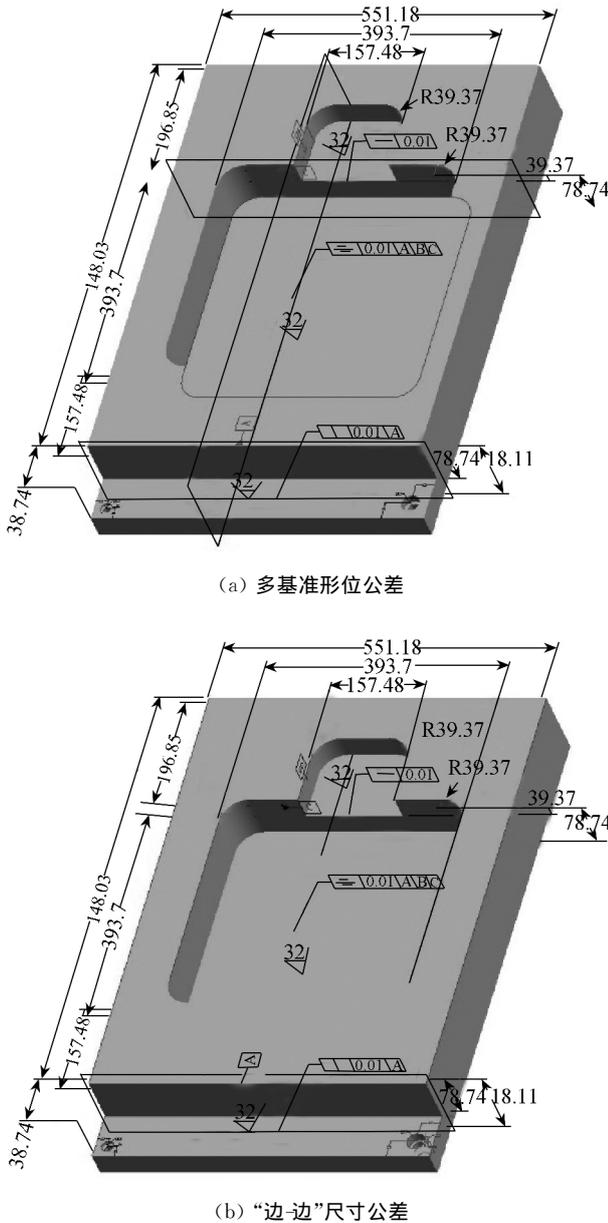


图 2 三维标注样例图

Fig. 2 Example of 3D-annotation diagram

附的几何信息与制造特征包含的几何信息进行比较,获取标注信息关联的特征信息,最后根据依附特征信息的不同将尺寸公差分类为总体尺寸、定位尺寸及特征形状尺寸,将形位公差分为关联公差与独立公差。

1 零件 MBD 模型中设计信息的获取与分类

1.1 算法整体流程

特征 MBD 设计信息提取算法总体流程如图 3 所示,其中,白点表示相关信息未获取,黑点表示相关信息已获取。首先从零件 MBD 模型中获取

所有标注信息,将其依附元素转换成统一的几何元素信息,并与特征几何信息进行匹配,获取标注关联的特征信息;然后再通过标注关联的特征信息,进行三维标注类别划分,将尺寸标注分类为定位尺寸与形状尺寸,将公差标注信息分类为关联公差与独立公差;最后制定特征形状尺寸信息定义规则,基于特征将标注信息进行更详细的划分输出。标注信息提取分类完毕后,将其存储到对应的特征数据结构中。

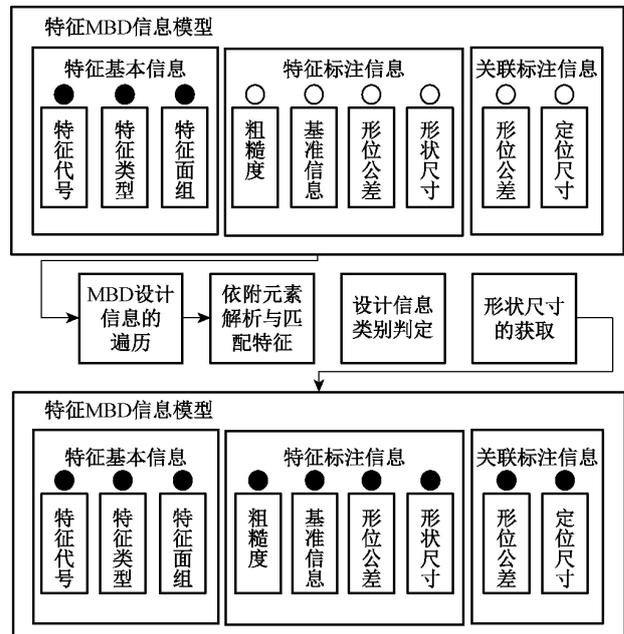


图 3 特征 MBD 设计信息提取算法总体流程

Fig. 3 Overall process of annotation-extraction algorithm

1.2 MBD 设计信息的遍历

设计信息分类之前,需要在零件中获取与工序 MBD 模型相关的设计信息,其主要包括粗糙度、基准标签、形位公差和尺寸公差信息。由于标注方法的不同,标注放置所依附的参照元素不同,因此需要对这 4 种标注分别进行提取。三维标注设计信息模型提取方法如图 4 所示,其中,白点表示相关信息未获取,黑点表示相关信息已获取。

设计信息提取算法的主要步骤如下:

(1) 创建设计信息模型对应的数据结构。

(2) 通过直接访问数据解析函数来直接访问 MBD 数据模型中标注信息部分,然后对标注信息结构树进行解析,获取对应标注的主要信息。粗糙度标注包括粗糙度数值与依附元素;基准标签信息包括基准代号与依附元素;形位公差包括三维标注的公差数值、公差类型以及公差基准;尺寸公差包括公差数值、公差类别与依附元素。

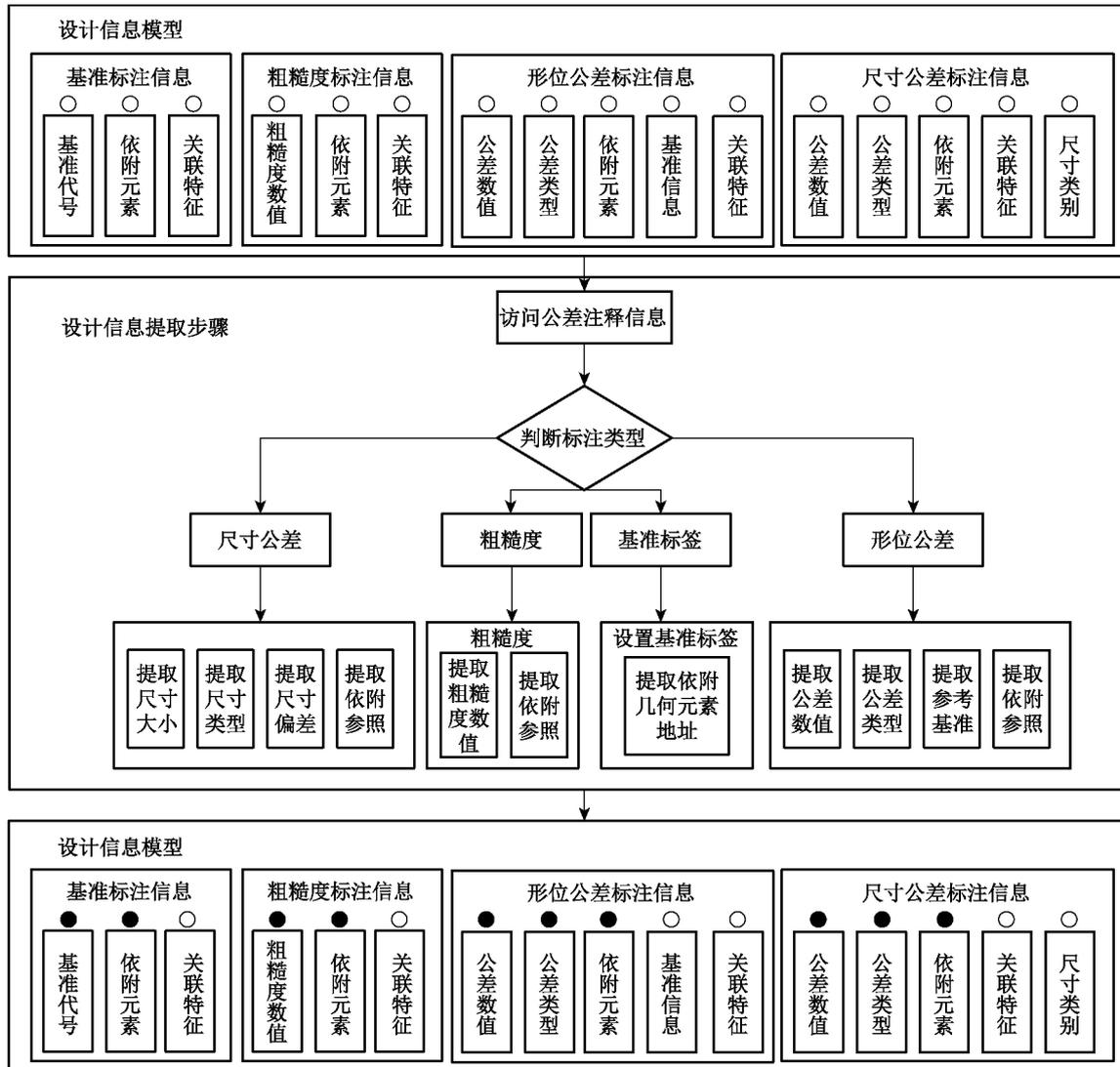


图 4 三维标注设计信息提取方法

Fig. 4 Method of 3D-annotation extracting design information

(3) 访问完所有的标注信息后, 存储获取的数据, 用于下阶段特征匹配。

1.3 依附元素解析与匹配特征

由于工序模型建模需要的非几何信息是基于特征传递的, 获取的设计信息要输入到各个特征的数据结构中才能作为工序建模的数据源。特征与设计信息的匹配是指将设计信息关联的几何信息与特征中的几何信息进行比较, 两者相同则此特征便是设计信息所关联的特征。设计信息依附元素信息为几何信息, 类型主要有中心线、边、面和设计特征。由于其大部分与特征的几何信息不同, 在特征匹配之前, 要先将不同依附元素信息进行解析与转换, 统一转换成与特征几何信息相同的几何信息。针对不同的标注类型、方式以及依附元素, 笔者设计了一种通用的匹配全局特征的方法, 可获取设计信息相关的

特征信息, 便于后续类别的判定。标注依附元素信息解析与特征匹配流程如图 5 所示。

标注依附元素信息解析与特征匹配的具体流程如下:

(1) 首先解析依附元素。将标注的依附元素信息转换成面信息, 其中, 中心线对应的是圆柱的曲面, 边对应的为其邻面, 设计特征可通过分解设计特征来获取特征的所有面组。

(2) 然后匹配特征。将依附元素解析获得的所有面, 逐个与特征面进行比对, 记录与其相同面的特征的序号。若未匹配到特征, 记录当前依附元素为非特征内几何元素。

(3) 最后存储特征信息。粗糙度与基准标注, 直接存储关联的特征基本信息; 形位公差, 先获取依附元素的特征信息, 后获取基准依附的基本特征信

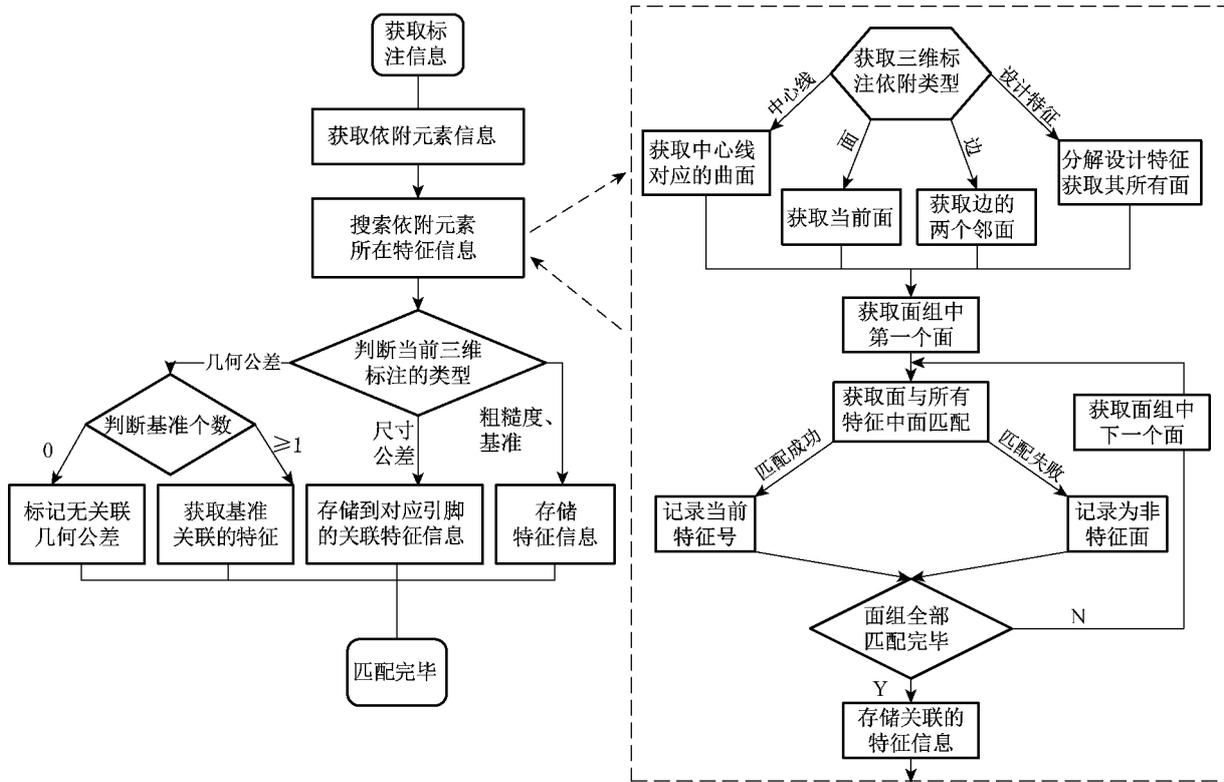


图 5 标注依附元素信息解析与特征匹配流程

Fig. 5 Process of parsing the attached element information of 3D annotation and feature matching

息;尺寸公差将每个引脚关联的特征分别存储。

1.4 设计信息类别判定

设计信息匹配后,4种标注中粗糙度标注和基准标注的分类方法简单,依附元素单一,所以无需更多的判定方式,而形位公差与尺寸公差标注具有特殊性,其可关联多个特征信息。例如,形位公差的基准信息依附的特征与放置依附的特征之间存在不同,基准的放置依附元素可能同时属于两个制造特征,多基准标注情况下基准间的关联特征存在不同;尺寸公差依附元素关联的不同特征情况,决定了其是否为特征的形状尺寸信息或定位尺寸信息。这些信息对工序 MBD 模型创建是非常重要的,因此需要一种详细的方法,既对形位公差进行分析判别,又对尺寸公差进行详细分类。

形位公差的信息判定算法如图 6 所示。

(1) 特征依附元素与基准同时关联特征的情况下:无基准的形位公差的依附元素存在关联的特征,此公差就是该特征的独立形位公差;单一基准的形位公差,若其基准的关联特征与其依附元素的关联特征相同,此公差为该特征的独立形位公差,若不同,则为特征间的关联公差;多基准的形位公差,若其依附元素的关联特征与基准间的关联特征都相同,则此公差为该特征的独立形位公差,若存在不

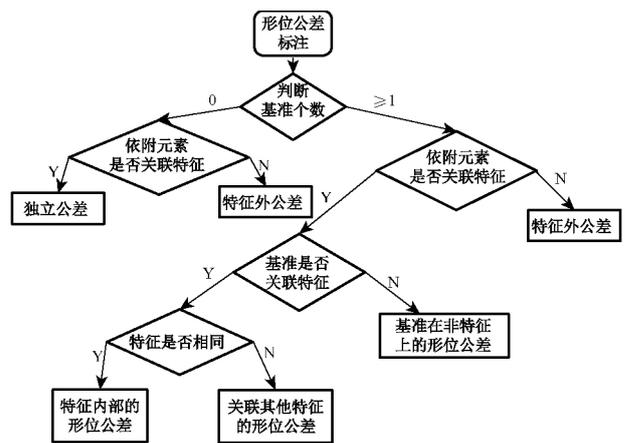


图 6 形位公差信息类别判定算法

Fig. 6 Algorithm of determining classification of shape and position tolerance information

同,则为这些特征间的关联公差。

(2) 特征依附元素与基准存在不关联特征的情况下:公差的依附元素不关联特征,该公差为特征外的形位公差;公差的基准不关联特征,该公差则为基准在特征外的形位公差。

尺寸公差的信息判定算法如图 7 所示。

(1) 单一标注的尺寸公差中:若标注关联特征,其为关联特征的形状尺寸;若关联的特征超过一个,其为定位尺寸。

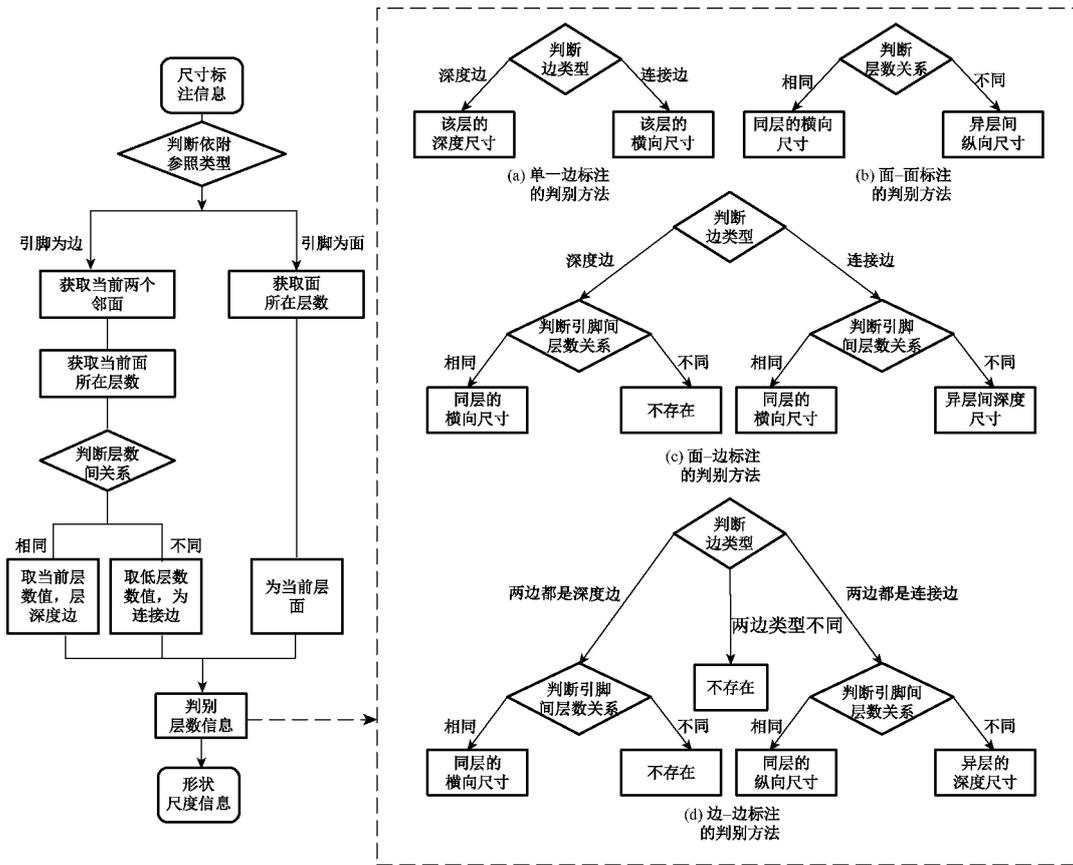


图 9 形状尺寸信息分类方法
Fig. 9 Method of classifying shape-size information

(1) 首先,判定边与面的所在层。面可获取其所在层的数值;边可获取其两个邻面所在层的数值,若两者数值不同,该边为此两层间的连接边,取较小的层数为该边所在层,若两者数值相同,其为该层的深度边。

(2) 随后,结合尺寸公差的不同标注方式对形状尺度进行详细分类。尺寸公差被判定为形状尺寸有两个必要条件:一是尺寸公差标注所有依附元素必定在当前特征中;二是不存在两层间的共有面。因此,形状尺寸分类规则如表 1 所示。

表 1 形状尺寸分类表
Table 1 Classification of shape-size information

标注方式	引脚 A 关联信息		引脚 B 关联信息		引脚层数是否相同	标注类别
	依附元素类型	边类型(若依附元素为面则为空)	依附元素类型	边类型(若依附元素为面则为空)		
单引脚标注	面					该层的横向尺寸
	边	深度边				该层的深度尺寸
	边	连接边				该层的横向尺寸
双引脚标注	面	面			相同	同层间的横向尺寸
	面	面			不同	异层间的纵向尺寸
	边	深度边	面		相同	该层的横向尺寸

(续 表)

标注方式	引脚 A 关联信息		引脚 B 关联信息		引脚层数是否相同	标注类别
	依附元素类型	边类型(若依附元素为面则为空)	依附元素类型	边类型(若依附元素为面则为空)		
双引脚标注	边	连接边	面		相同	该层的纵向尺寸
	边	深度边	面		不同	不存在
	边	连接边	面		不同	异层间的深度尺寸
	边	深度边	边	深度边	相同	该层的横向尺寸
	边	连接边	边	连接边	相同	该层的深度尺寸
	边	深度边	边	连接边	相同	不存在
	边	深度边	边	深度边	不同	不存在
	边	连接边	边	连接边	不同	异层间的深度尺寸
	边	深度边	边	连接边	不同	不存在

标注为单引脚的边标注:若依附的边为深度边,则该标注为此层的深度;若为连接边,则该标注为此层的横向尺寸;单引脚的面独立标注为半径标注,为横向尺寸标注。标注为“面-面”的双引脚尺寸标注:若两依附面层数相同,则该标注为该层的横向尺寸;若两依附面层数不同,则该标注为两层间的深度尺寸。标注为“边-面”的双引脚尺寸标注:其依附边的层数与依附面的层数相同时,当此依附边为深度边时该标注为此层的横向尺寸,当此依附边为连接边时为该层的深度尺寸;而其依附边层数与依附面层数不同时,该标注则为两层间深度尺寸。标注为“边-边”的双引脚尺寸标注:其两依附边层数相同时,若两依附边都是深度边则此标注为横向尺寸,若两依附边为连接边则此标注为该层的深度尺寸;而两依附边的层数不同时,此标注为两层间的深度尺寸。

根据以上的分类规则,以典型的多层复杂特征“退出阶梯孔”为例,对其特征进行分层分析,分层示意图如图 10 所示。其中,“退出阶梯孔”的尺寸标注可通过获取依附几何元素所在该特征中的层数来判断,由此可知某层的深度或直径信息。

2 实例验证

以 Pro/E 环境下建立的零件 MBD 模型为例,利

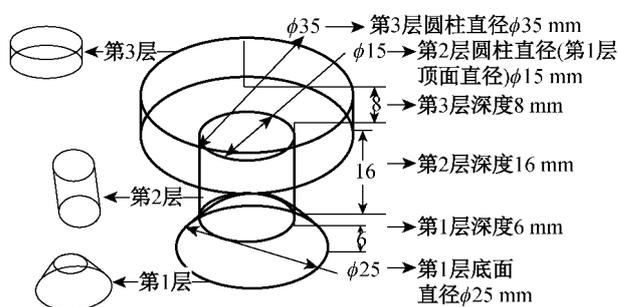


图 10 “退出阶梯孔”分层示意图
Fig. 10 Sketch map of “out of step hole”

用二次开发工具 Pro/toolkit^[8],以 Visual C++ 2008 为平台进行三维标注信息的获取与分类,最后将获取的信息输出。利用本文提出的设计信息获取程序,其部分信息提取界面如图 11 所示。获取的信息主要包括形状尺寸信息、独立标注信息(粗糙度、基准信息)和关联标注信息(定位尺寸与关联形位公差信息)。

与传统方法^[3-7]获取的设计信息对比结果如图 12 所示。本算法获取三维标注信息后,将三维标注进一步详细分类,获取了与特征相关的所有标注信息,并将与特征相关的所有设计信息详细地进行输出,解决了工序 MBD 模型生成所需的设计信息数据问题。相比之前的提取分类算法,该方法能输出与制造特征相关的所有设计信息,满足了创建工序模型的信息要求。

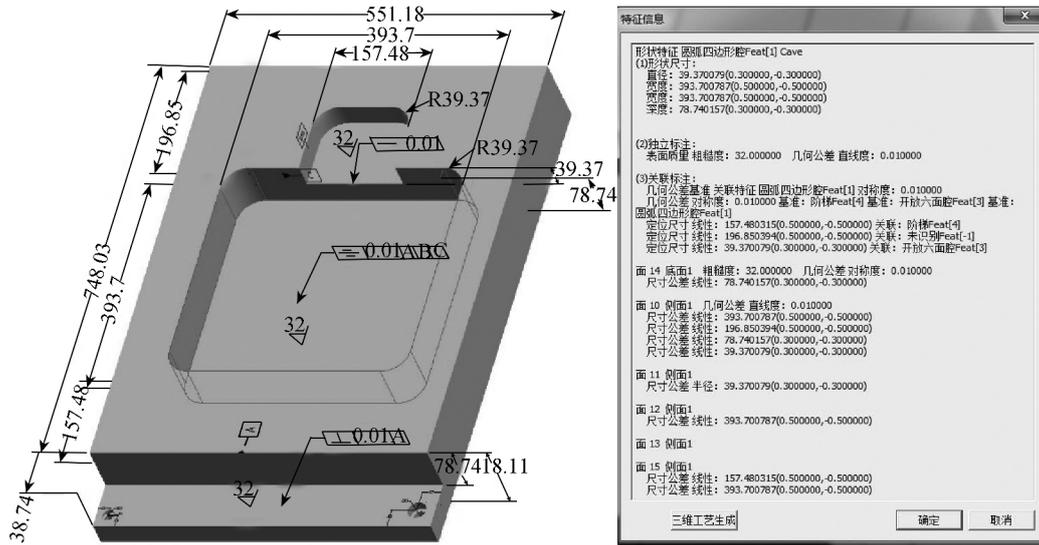


图 11 试验验证图

Fig. 11 Test verification chart

尺寸				
序号	公差数值	公差类型	上偏差	下偏差
1	157.48	线性标注	0.5	0.5
3	39.37	线性标注	0.3	0.3
...
形位公差				
序号	公差数值	公差类型	依附元素	基准信息
1	0.01	直线度	面	无
...
粗糙度				
序号	粗糙度数值			
1	32			
...	...			

(a) 传统方法获取设计信息

特征 3	开放六面腔		
形状尺度			
类型	数值	上偏差	下偏差
宽度	157.48	0.5	0.5
深度	39.37	0.3	0.3
独立标注			
类型	数值		
粗糙度	32		
直线度	0.01		
关联标注			
类型	关联特征	特征类型	数值
几何公差	特征 1	圆弧四边形腔	B
定位尺寸	特征 1	圆弧四边形腔	39.37

(b) 本方法获取的设计信息

图 12 试验结果对比图

Fig. 12 Comparison chart of test results

3 结语

本文以特征识别算法为基础,提出了面向工序建模的 MBD 设计信息提取法,对特征的设计信息进行获取与完善,为后续工序建模提供数据支持。试验表明,本算法可准确获取零件 MBD 模型的设计信息,并且对获取的标注信息进行详细的分类,满足了工序 MBD 模型生成所需的数据要求,为工艺路线的制定提供了参照。

参考文献

[1] 吴容. 基于 MBD 的数控加工工艺模型及设计系统研究[D]. 南京: 南京航空航天大学机电学院, 2016.

[2] 周亚平, 张洁, 秦威. 大型航天薄壁结构件特征识别方法[J]. 计算机集成制造系统, 2016, 22(11): 2505-2512.

[3] 赵金才. 坐标测量系统零件信息提取与位姿自动识别的研究[D]. 天津: 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 2005.

[4] 方忆湘, 高婷, 黄风山. Pro/E 环境下零件 MBD 模型检测信息的获取[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2013, 55(9): 80-84.

[5] 简建帮, 洪建胜, 李迎光. 基于 MBD 和特征的飞机结构件数控加工方法[J]. 机械科学与技术, 2011, 30(5): 756-760.

[6] 杨萍, 杨迎春. 基于特征提取的三维标注技术[J]. 制造技术与机床, 2014, 64(11): 169-171.

[7] 闫帅, 王宗彦, 郑江, 等. MBD 设计模型的工艺性审查研究[J]. 现代制造工程, 2016, 38(2): 99-102.

[8] Pro/engineer wildfire5. 0-Pro /toolkit user's guide[CP/DK]. US America: Parametric Technology Corporation, 2010.

(责任编辑: 郭小敏)