

一种基于形状特征的建模方法*

韩 凌 董金祥 李海龙

(浙江大学人工智能研究所 杭州 310027)

摘要 特征建模近年来受到国内外的广泛重视,成为实现新一代 CAD 系统的有效途径.本文在给出特征形式化定义的基础上,提出了一种基于形状特征的形体表示方法,并给出了作者所研制的实用性造型系统中一种重要的模型,即形状特征建模.

关键词 特征,特征建模,形状特征,约束.

基于特征的产品信息表示对于新一代 CAD 系统是必不可少的,特征的引入使传统的 CAD 系统固有的一些问题得以改善,也是目前 CAD 系统向智能化、实用化方向发展的一个有效途径.目前,基于特征的建模得到了广泛的重视和发展.^[1]

迄今为止,对特征的定义和分类还存在不同的看法,但基本上已形成共识,即特征是一组具有特定属性的实体,它反映一个实际工程零件或部件的特定几何形状和特定加工的功能要求.在设计过程中,产品的形状、外观与布局是设计人员设计思维的最直接体现,也是影响产品质量的关键因素之一.因此,以形状特征为基础,辅之以其它特征(如功能特征等)进行特征建模,能够为设计人员提供高层次的符合设计人员设计思维的系统人机交互语言.

1 特征的形式化定义

因为对于特征本身还缺少一个明确的形式化定义,不同的应用观点形成了特征的不同定义.所以,我们引入一种基于约束的描述方法来给出特征的形式化定义.

定义 1. 特征:特征是满足某些约束关系的特征元素,主要包括特征元素 *feature_element* 和对特征元素的某些约束 *constraint*, 记为:

$$feature := (feature_element, constraint)$$

如一个圆柱体、某个零部件上的孔或槽都可以看作是一个特征,如图 1 所示.

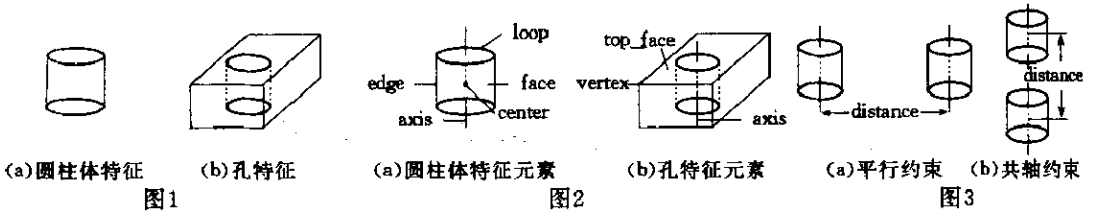
定义 2. 特征元素:特征元素是指人们考虑某一特征问题时所关心的一系列属于该特征的客观或主观实体.特征元素包括特征的几何拓扑元素以及它的内部属性,记为:

$$feature_element := geometric_or_topological_element \mid property_of_feature$$

* 作者韩凌,1971年生,硕士生,主要研究领域为实体造型及曲面造型,计算机辅助设计,计算机图形学.董金祥,1945年生,教授,主要研究领域为计算机图形学,计算机集成系统,工程数据库.李海龙,1970年生,博士生,主要研究领域为 CIMS 环境集成,实体造型,计算机图形学.

本文通讯联系人:韩凌,杭州 310027,浙江大学 369 信箱

本文 1995-10-05 收到修改稿



geometric_or_topological_element := geometric_element | topological_element

*geometric_element := coordinate_system | vector | point | curve | surface
| shape*

topological_element := vertex | edge | loop | face | shell | solid

*property_of_feature := center_of | axis_of | top_face_of | center_line_of
| ...*

几何拓扑元素是特征的内部表示,其中拓扑元素是构造特征的基本模型,是特征的物理表示,如顶点、边、环、表面等;几何元素是建立在拓扑元素基础上的对特征的几何信息的描述,是特征的几何表示,如点、线、面等.内部属性则是对特征定位信息的描述,如圆柱体的中心、中轴线方向,孔的顶面位置、中轴线方向等,如图2所示.

定义3. 约束:约束是特征元素之间必须满足的关系,分为几何约束和非几何约束.几何约束包括特征几何拓扑元素之间必须满足的一系列约束,而非几何约束是诸如功能等方面的约束,记为:

constraint := geometric_constraint | non_geometric_constraint

geometric_constraint := (geometric_constraint_type, feature_element)

*geometric_constraint_type := parallel | coaxial | adjacent |
have_distance_with | ...*

non_geometric_constraint := functional_constraint | ...

如2个孔特征之间可以通过平行、共轴、间距等约束来相互定义,如图3所示.

上述特征定义具有较强的应用意义,直接可作为应用系统实现特征表示处理的统一框架.下面的基于形状特征的形体表示方法即是上述特征定义的一个具体应用.

2 基于形状特征的形体表示方法

形状特征是指形体表示满足一定几何拓扑关系或者通过特定构造手段而形成的局部形状.形状特征可通过类型 *type*、定形参数 *size_parameters* 以及定位参数 *position_parameters* 来定义,即 *form_feature := (type size_parameters position_parameters)*

其中类型隐含了形状特征内部几何拓扑元素必须满足的约束关系,同时也隐含了对形状特征中内部参数的语义解释.内部参数包括形状特征的定形参数以及定位参数.定形参数规定了形状特征内部某些几何尺寸的度量,而定位参数则规定了该形状特征相对于整个产品外形的位.在 ZD-MCADII 系统中,我们将形状特征具体地表示为:

```

feature {
    FeatureType    type;          /* 特征类型 */
    EntityID      id;            /* 特征码,唯一标识特征 */

```

```

Char      * name;          /* 特征名 */
Entity    * location;     /* 特征定位信息 */
Entity    * description;  /* 特征几何、尺寸描述 */
int       num;           /* 关联个数 */
feature_node * association; /* 特征关联 */
    }
    
```

为下面叙述方便,除特殊说明外,特征即指形状特征.

每个特征都具有一个由系统自动给出的 *code* 唯一标记该特征. 特征的定位信息由结构中的 *location* 域给出,而 *description* 域则是描述针对各种不同类型特征的几何尺寸描述,如通孔类特征,它记录入口面、出口面、孔半径等信息.

由于特征的定位是相对于其它特征的,因而特征之间存在着某种相互引用关系,即存在着特征之间的关联. 上述结构中的 *association* 域记录与该特征相关联的其他特征. 这种关联有可能出现某一特征同时与 2 个或 2 个以上的并列特征发生依赖关系,因而所有特征的关联可对应于一个依赖网. 由于整个设计过程是基于特征的,而且设计过程是有序的,即每个特征的创建是有序的,所以该依赖网不可能构成环,即是半序的,这个性质对网的遍历来说相当重要. 特征依赖网中每个节点对应一个特征,而依赖网中的有向弧则代表特征的引用及依赖关系(图 4).

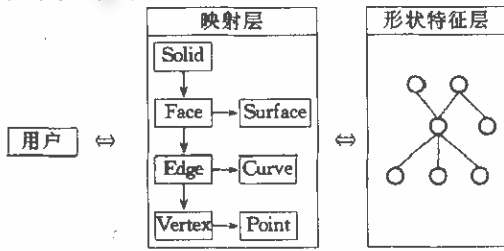


图4 形状特征建模方式

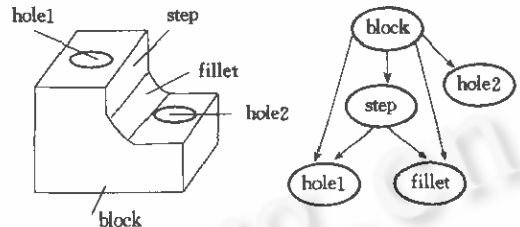


图5 零件的特征依赖网

在 ZD-MCADII 中该依赖网可以形式化定义为: $net = (N, E, R, O)$

其中 N : 特征节点; E : 有向边, 由主特征指向副特征(某一特征的定形参数和定位参数等通过实体的面、边、点依赖于另一个特征或多个特征,前者称为副特征,后者称为主特征. 某一特征既可以是主特征,同时又可以是副特征); R : 建立特征之间依赖关系的规则; O : 对依赖网的操作,包括增加一个节点、删除一个节点,遍历整个网等.

图 5 是一个零件的特征依赖网(创建序列为 $block \rightarrow step \rightarrow hole2 \rightarrow hole1 \rightarrow fillet$),从图中我们可以看出 $hole2$ 与 $step$ 具有并列关系,那么它们的操作顺序无严格要求,只要当它们的主特征($block$)被创建后,它们即可随后创建;而 $hole1$ 与 $fillet$ 由于还依赖于 $step$,所以只有在创建了 $step$ 之后,它们才满足创建的条件.

这种形状特征建模方式已被我们的实用性系统 ZD-MCADII 采用,证明是切实可行的.

3 形状特征建模

特征建模是获取主要零件的特征信息并加以分析的过程. 在 ZD-MCADII 系统中我们

采用 CSG 模型和 Brep 模型相结合的混合模型来表示特征进行特征建模. CSG 模型是通过布尔操作实现对零件的形体增减,这种方式具有表达简洁、操作方便、特征与 CSG 树之间转换简单的优点,但存在模型不唯一及缺乏低级元素的表示能力的缺点;Brep 模型的优点是几何和拓扑信息显式地给出,非几何信息如材料、公差等连接方便,但缺少与特征体素和相关特征的连接,而且对于特征操作来说比较困难.有鉴于此,用 CSG 与 Brep 相结合的方法来表示特征对于系统的实现更为合适.

对于形状特征有 2 个重要的特点:①形状特征本身具有一定的模式,可以通过一定的规则来生成.②形状特征是属于整个形体的,相对于整个形体它是局部的,在整体中其位置可以通过某种方式规定.根据形状特征的这 2 个特点,形状特征建模的基本方式由 2 个规则组成:即局部生成规则和全局定位规则.

3.1 特征的局部生成规则

特征的局部生成规则是抽象的特征隐式表示方式,它规定了某一个特征的具体生成方法.由于同一个特征可以有多种生成方法,因而用户可选择认为最方便的生成规则来生成特征.特征的局部生成规则包括拉伸规则、过渡规则、形变规则、组合规则,其实际含义分别为:

(1) 拉伸规则

拉伸规则是指特征的局部形状是通过空间——轮廓线沿空间——曲线扫荡而形成的.拉伸规则分为线性拉伸、环形拉伸、广义拉伸以及带形变因子的线性拉伸(图 6).

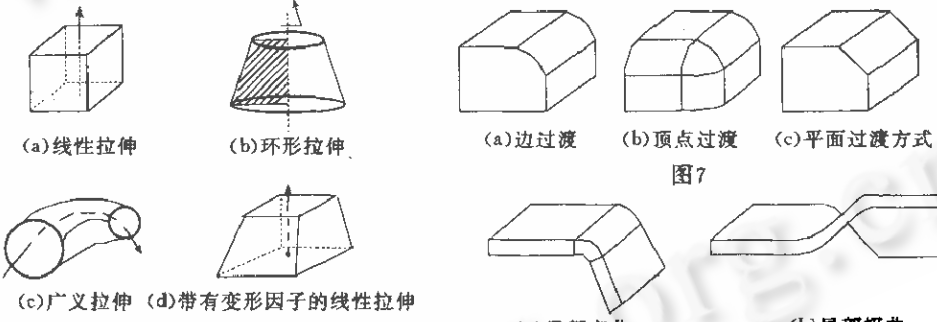


图6

图7

图8

(2) 过渡规则

过渡规则是为了实现 2 个面或多个面的光滑而形成的形状,包括边过渡和顶点过渡,过渡质量有光滑过渡和平面过渡 2 种类型(图 7).

(3) 形变规则

形变规则反映了形体局部因形变而形成的特有的局部形状,形变规则主要有弯曲规则和扭曲规则(图 8).

(4) 组合规则

组合规则是同一特征按一定组合关系多处出现在原有形体的表面,常见的组合关系有线性组合、阵列组合以及环形组合(图 9).

3.2 特征的全局定位规则

特征的全局定位规则是用于确定特征的局部形状在整个形体中的相对位置.特征的全局定位规则,使得通过特征局部生成规则生成的孤立局部形状与整体有机地组合起来.对于

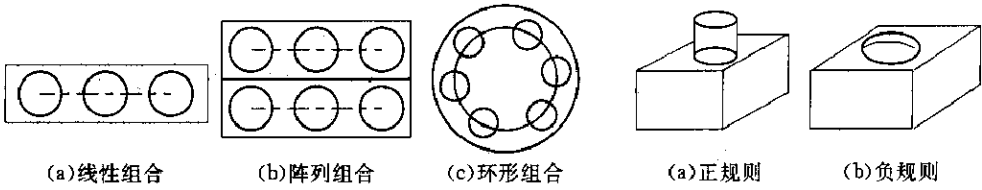


图10

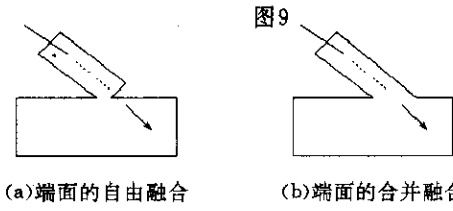


图11

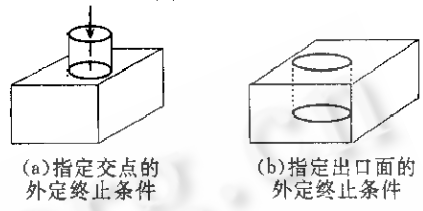


图12

通过过渡规则和形变规则生成的形状特征其定位比较简单,可通过需要过渡的面或点以及发生形变的区域来定位.对于通过拉伸规则生成的形状特征,其定位规则相对较复杂,包括拉伸体正负规则、边界融合规则以及拉伸终止规则,这些规则的实际含义分别为:

(1) 拉伸体正负规则

规定该特征生成后新形体相对于原形体体积是否增加或减少,若是正规则,新形体体积增加;若是负规则,则体积减少(图 10).

(2) 边界融合规则

规定了拉伸体端面与原形体的融合条件,包括自由融合条件和合并融合条件,自由融合条件在拉伸结束条件满足后只简单地将特征与原形体粘合,而合并融合条件则在拉伸结束条件满足后继续作形体延伸,直到拉伸体与原形体有机地结合(图 11).

(3) 拉伸终止规则

规定了拉伸的终止条件,包括内定终止规则和外定终止规则.内定终止规则是由用户事先规定了拉伸的度量,如用户规定孔的长度.外定终止规则是用户事先没有给出拉伸的度量,而是通过规定与原形体有关的条件来确定拉伸的终止条件(图 12).

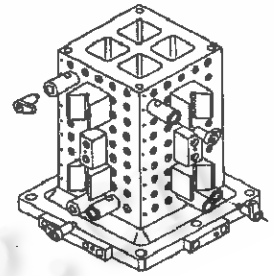


图 13 孔系组合夹具的造型实例

4 结束语

本文给出了基于约束的特征形式化定义,在此基础上提出了用形状特征来表示形体的方法,并给出形状特征建模的模型.该模型已在我们开发的实用性造型系统 ZD-MCADII 中实现,图 13 是用 ZD-MCADII 系统实现的造型实例.该系统在 1995 年 3 月北京举行的“第 2 届全国自主知识产权 CAD 软件测试评比”中获得第 1 名,现已开始在浙江省的 CIMS 工程中推广应用.

参考文献

1 Dixon J R, Cunningham J J, Simmons M K. Research in design with features in intelligent CAD I. Proc. of the I-FIP TC 5/WG5. 2 Workshop on Intelligent CAD, 1987. 137~148.

A MODELLING METHOD BASED ON FORM FEATURE

Han Ling Dong Jinxiang Li Hailong

(Artificial Intelligence Institute Zhejiang University Hangzhou 310027)

Abstract Feature modelling has been received wide respect in recent years, and is becoming the efficient method to achieve the new generation of CAD. This paper firstly gives the formal definition of feature, then offers a form feature based representations of objects, at last provides an important model in the applied modelling system, namely form feature modelling.

Key words Feature, feature modelling, form feature, constraint.