

# 与历史无关的模型重建中基于规则的特征排序\*

唐少辉<sup>1</sup>, Ma Y S<sup>2</sup>, Chen G<sup>3</sup>

(1. 广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006; 2. 加拿大阿尔伯塔大学 机械系, 加拿大爱德蒙顿 AB T6G 2G8;  
3. 新加坡南洋理工大学 机械与宇航工程学院, 新加坡 639798)

**摘要:**动态维护模型中特征的顺序是与历史无关模型重建方法的关键。文中提出并应用基于规则的方法,在造型过程中产生唯一的特征顺序。文中描述并着重应用实例详细分析所提出的规则。最后给出产生特征顺序的算法,并用实例来进行分析验证。

**关键词:**特征; 与历史无关; 模型重建; 基于规则

**中图分类号:** TP391.72; TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2354(2008)07-0060-03

目前几乎所有的基于特征造型系统都是基于模型历史的。模型修改时按照模型历史,顺序地重新执行被修改特征(包括该特征)之后的所有特征操作。尽管基于历史的模型重建具有简单、易于操控等优点,但它同时有计算量大、存储量大、且有时不能达到设计者设计意图等缺点。因此 Bidarra 等人提出了基于单元模型(Cellular model)的与历史无关的模型重建方法<sup>[1]</sup>。该方法的核心在于单元模型能够完整地保留特征元素,即可以通过对特征元素的操作实现对特征的操作。实现该方法的关键在于在特征操作的过程中,能动态地维护特征之间的顺序。由于文献[1]中所提出的方法并不能保证特征顺序的唯一性,文中提出基于规则的方法在特征造型过程中产生唯一的特征顺序,以支持基于单元模型、与历史无关的模型重建方法。

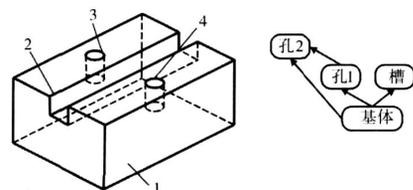
$S_{LLP}$ 来表示。

定义:

(1)路径。图中从起始节点,经过不重复的中间节点,到达目标节点的路线。

(2)路径的长度。图中组成路径的边的数目。

图 1 所示为实例模型(图 1a)及模型的特征依赖关系图(图 1b)。孔 2 有两个依赖的特征,即基体和孔 1(孔 2 和基体之间有附着、定位约束,孔 2 和孔 1 之间有定位约束)。根据规则 2,孔 1 的路径长度大于基体的路径长度,所以特征的顺序为基体组(槽和孔 1) 孔 2。槽和孔 1 之间的顺序可以由规则 3 来确定。



(a)实例模型

(b)模型的特征依赖关系图

1 基体; 2 槽; 3 孔 1; 4 孔 2; 方向由特征指向依赖该特征的特征

图 1 具有多依赖特征

## 1 检验规则

特征之间的先后顺序是由特征关系图中的有依赖关系特征顺序和没有依赖关系的特征顺序决定的。

定义:特征之间的依赖关系,如果特征  $f_1$  在附加、定位和约束中需要参照特征  $f_2$ ,则  $f_1$  依赖于  $f_2$ 。

特征依赖关系可以由特征关系图来描述(如图 1b 所示),其实质是简化的约束图。下面给出并分析检验规则。

### 1.1 检验具有依赖关系的特征规则

规则 1<sup>[1]</sup>:对于两个有依赖关系的特征,如果特征  $f_2$  依赖特征  $f_1$ ,则两特征之间有  $f_1$  先于  $f_2$ 。

推论:由规则 1 容易得到,对于  $n$  个有依赖关系的特征,如果:

$$f_1 \quad f_2 \quad f_3 \quad \dots \quad f_n$$

则有:  $O_1 < O_2 < O_3 < \dots < O_n$

式中:  $f_i \quad f_j$ ——特征  $f_i$  依赖特征  $f_j$ ;

$O_i$ ——特征  $f_i$  在特征排序中的位置;

$O_i < O_j$ ——特征  $f_i$  排在特征  $f_j$  之前。

规则 2:如果在特征关系图中某特征依赖两个或者两个以上的其他特征,则该特征应该排在它所依赖的特征中具有最长路径的特征之后。这里的路径指的是从特征关系图的初始节点开始,到达某特征所在节点的路线。文中最长路径长度用

### 1.2 检验无依赖关系的特征规则

规则 3:两个没有依赖关系的特征,如果它们之间先后顺序无法通过其他规则确定,则默认由特征的创建顺序来确定。

规则 4:对于两个没有依赖关系的特征,如果它们不重叠,则它们之间的先后顺序由两特征的  $S_{LLP}$  决定。如果  $S_{LLP_1} < S_{LLP_2}$ ,则  $O_1 < O_2$ 。当  $S_{LLP_1} = S_{LLP_2}$  时,先后顺序由规则 3 确定。

图 2 所示模型中,孔和凸台之间无依赖,无重叠,因  $S_{LLP}$  相同,它们之间顺序由规则 3 确定。

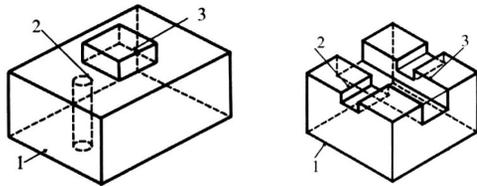
规则 5:对于两个没有依赖关系且具有相同本质(同时为加或同时为减)的特征,如果两特征发生重叠,那么特征之间的顺序由特征关系图中两特征的路径长度来决定。如果  $S_{LLP_1} < S_{LLP_2}$ ,则  $O_1 < O_2$ 。当  $S_{LLP_1} = S_{LLP_2}$  时,两特征顺序由规则 3 来确定。

定义:特征本质。指获得特征的方法(即加还是减)。如是

\* 收稿日期:2007-01-16;修订日期:2007-05-08

作者简介:唐少辉(1971-),男,湖南零陵人,讲师,博士,研究方向:几何造型,协同设计,数据库应用。

指特征的获得是通过在零件上添加材料。减是指特征的获得是通过在零件上去除材料。



1 基体; 2 孔; 3 凸台  
1 基体; 2 槽 1; 3 槽 2

图 2 无依赖关系无重叠特征 图 3 无依赖关系有重叠同本质特征

图 3 所示模型中,槽 1 和槽 2 无依赖,有重叠,同本质(该例中同为减特征),由于  $S_{LLP}$  相等,特征顺序由规则 3 确定。

规则 6<sup>[1]</sup>:对于两个没有依赖关系且具有不同本质的特征,如果两特征的重叠由特征  $f_2$  的操作引起,则特征  $f_1$  先于特征  $f_2$ 。规则分析见第 3 节“实例分析”。

## 2 排序算法

### 2.1 排序算法

按照上述规则,图 4 详细地分析了在不同情况下如何应用规则来确定特征之间的顺序。

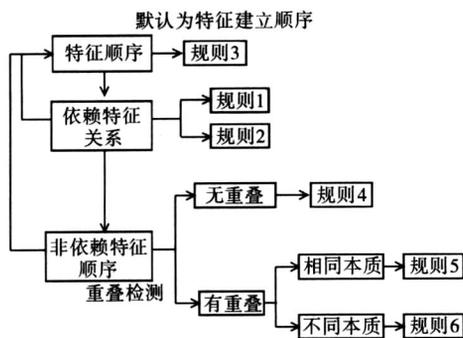


图 4 规则应用

每加入一个新的特征,图 5 中所示算法可以得到唯一新的特征顺序。具体如下:

- (1) 把所有的特征加入到一个列表中。这个列表是对于前一特征操作的已排序列表。
- (2) 应用规则 1 和 2 来检查新加入特征和已有特征之间的有依赖特征顺序。
- (3) 应用规则 4, 5, 6 来检查新特征和已有特征之间的非依赖特征顺序。检查过程中需要作重叠检测。检测方法见文献 [1]。
- (4) 对于不能确定的特征顺序应用规则 3 来确定。

应用上述方法,可以在造型过程中产生唯一的特征排序,以支持与历史无关的模型重建。关于与历史无关的模型重建方法,请参考文献 [1]。

### 2.2 算法分析

图 5 中所应用的算法在一般情况下其算法复杂度为  $O(n^2)$ 。在该应用中,由于每次排序是基于上次的排序结果,所以特征排序是递增排序,算法的实际复杂度为  $O(n)$ 。

## 3 实例分析

下面应用实例来说明所提出的规则和排序方法。图 6 所示为

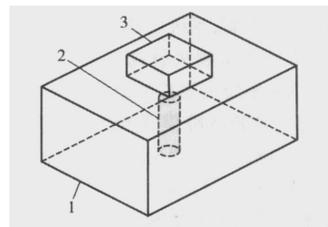
一仅有 3 特征的简单零件。特征的创建顺序为:基体 盲孔 凸台。(注意:盲孔的起始平面在基体下底面。在以后的设计中,设计者希望增加盲孔的深度,以达到孔和凸台有重叠。)

```

(For i=1; i<n-1; i++)
{ (for j=i+1, j<n; j++)
  { if (Pxj>Pxi)
    { Xm= Xj;
      Xi=Xi;
      Xj=Xm;
    }
  }
}
这里:
Xi 代表特征集中的任意特征;
Xj 代表 Xi 所依赖的特征;
Pxj 代表特征 Xi 在特征列表中的位置。

```

图 5 排序算法<sup>[2]</sup>

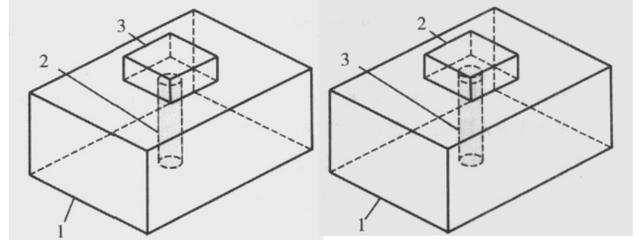


1 基体; 2 盲孔; 3 凸台

图 6 实例零件

应用基于历史的模型重建方法,由于盲孔和凸台之间特征顺序无法改变,盲孔的深度会被基体减短。设计者意图无法实现。模型重建结果如图 7 所示。

应用与历史无关的模型重建方法,在增加盲孔的深度后,特征重新排序。排序中重叠检测发现孔与凸台发生重叠。由于孔与凸台的重叠由增加孔深度的操作引起,此时应用规则 6,盲孔和凸台的顺序改变。特征重新排序后,特征顺序由基体盲孔 凸台,改变为基体 凸台 盲孔。模型重建结果如图 8 所示。这样可以实现设计者增加孔深的设计意图。



1 基体; 2 盲孔; 3 凸台  
1 基体; 2 凸台; 3 盲孔

图 7 盲孔被基体减短 图 8 特征顺序重排后达到设计意图

文中所提出的基于规则的方法被应用在一个面向特征的分布式协同设计环境中。数据库服务器 (ORACLE9i) 在南洋理工大学 CAD/CAM 实验室,应用服务器和客户端在 ADAM (advanced design and modeling) 实验室。客户端和服务器之间通过传递操作<sup>[2]</sup>来减少数据传输量。该系统的详细说明请参阅文献 [3, 4]。

## 4 结论

提出了基于规则的特征动态排序法。应用该方法,在特征造型过程中可以动态产生唯一的特征排序。动态的特征排序

# 基于可靠性单元的网络系统可靠性简化算法\*

贺国光<sup>1</sup>,周良生<sup>1,2</sup>

(1. 天津大学 管理学院,天津 300072; 2 总后军事交通运输研究所,天津 300161)

**摘要:**针对网络的复杂度和单元的可靠度等背景问题,从网络树的角度分析网络系统,首先综合定性分析可靠性估算方法:最小割集法和最小路集法,提出可靠性估算方法的选择原则;然后基于可靠性单元,建立了网络系统可靠性简化算法;最后运用该算法对某一输水泵站系统进行了可靠性计算。结果表明,该方法可行而有效。

**关键词:**网络系统;可靠性;最小割集法;最小路集法;可靠性单元

**中图分类号:**TK246 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2354(2008)07-0062-04

随着工程技术和电子技术的发展,一方面工程系统或机械系统日益复杂化;另一方面,系统的作业环境、载荷等也越来越复杂,对系统的可靠性要求越来越高。因此,对复杂大系统进行可靠性评估,特别是系统可靠性的定量评估,具有重要意义。定量评估通常涉及到系统故障模式的确定及其对应概率的计算和系统故障概率的确定。从理论上,一般系统可看作是由各故障模式组成的串联系统,可用串联系统的概率计算方法来计算系统的故障概率。但由于大型网络系统的基本元件众多,故障模式多而复杂,且这些故障模式与一些共同的基本元件有关,因而,这些故障模式可能存在相关性。这种相关性的存在,使系统的可靠性定量计算变得复杂,尤其是大型网络系统的可靠性定量分析,通常计算量很大。因而,系统故障概率计算方法的快速性非常重要<sup>[1]</sup>。文中提出网络树分析的概念,分析了网络系统的特点,对比近似估算方法,运用简化算法对实例进

行了分析。

## 1 网络树分析

网络结构是一种常见的系统可靠性框图,各类能源和信息系统均是其典型的背景问题,例如输油管道系统中的输油泵站系统,泵站的输油设备往往是以网络形式运行的。网状运行的特点是可靠性高、成本低、维修费用低。对这类工程系统进行可靠性分析,它的每个元件均以网状形式运行。由于每个元件发生故障的原因比较复杂,往往不是单一因素造成,实际上形成一棵故障树,这样自然出现了网络树的概念。网络树可定义为:以网状形式运行的工程系统,且该系统的元件失效事件为一故障树。它具有如下特点:(1)工程系统是以网状形式运行的;(2)元件的失效事件为一棵故障树;(3)系统可靠性分析即

可以支持基于单元模型、与历史无关的模型重建方法。由于文中讨论的特征排序只分析每两个特征之间的关系,所以模型的复杂程度不影响方法的一般性。

## 参考文献

- [1] Bidarra R, Bronsvoort W F. Semantic feature modeling[J]. Computer-Aided Design, 2000, 32: 201 - 225.
- [2] Chen J Y, Ma Y S, Wang C L, et al. Collaborative design environment with multiple CAD systems[J]. Computer-Aided Design & Applications, 2005, 2(1-4): 367 - 376.
- [3] Tang S H, Ma Y S, Chen G. A feature-oriented database framework for web-based CAX applications[J]. Computer-Aided Design & Applications, 2004, 1(1-4): 117 - 125.
- [4] Ma Y S, Tang S H, Chen G. A fine-grain and feature-oriented product database for collaborative engineering[M]. England: Collaborative Product Design & Manufacturing Methodologies and Applications, 2007: 109 - 136.

**Rule based characteristics ordering in the history independent models reconstruction**

TANG Shao-hui<sup>1</sup>, Ma Y S<sup>2</sup>, CHEN G<sup>3</sup>

(1. School of Electro-Mechanical Engineering, Guangdong Polytechnic University, Guangzhou 510006, China; 2. Department of Mechanical Engineering, Alberta University of Canada, Edmonton AB T6G 2G8, Canada; 3. School of Mechanical and Space Flight Engineering, Nanyang Science and Engineering University of Singapore, Singapore 639798, Singapore)

**Abstract:** The characteristics order in the dynamic maintenance model is the key of reconstruction method for history independent model. The method based on rules was advanced and being applied in this paper, the unique characteristics order was produced in the course of modeling. The rules being advanced in this paper were described and emphatically analyzed in detail by applying living examples. Finally the algorithm that produces the characteristics order was presented and the analytical verification was carried out with living examples.

**Key words:** character; history independent; model reconstruction; based on rules

Fig 8 Tab 0 Ref 4

"Jixie Sheji" 7409

\* 收稿日期:2007-01-16;修订日期:2007-05-08

作者简介:贺国光(1942-),男,湖南常德人,教授,博士生导师,研究方向:系统工程。