

# 语义特征造型系统中特征模型转换的研究

陈立伟<sup>1,2</sup>, 韩磊<sup>3</sup>, 王远志<sup>4</sup>, 孙立镛<sup>5</sup>

CHEN Li-wei<sup>1,2</sup>, HAN Lei<sup>3</sup>, WANG Yuan-zhi<sup>4</sup>, SUN Li-juan<sup>5</sup>

1.西南科技大学 计算机科学与技术学院,四川 绵阳 621010

2.西南交通大学 CAD 工程中心,成都 610031

3.山东服装职业学院 信息工程系,山东 泰安 271000

4.安庆师范学院 计算机系,安徽 安庆 246011

5.哈尔滨理工大学 计算机科学与技术学院,哈尔滨 150080

1.College of Computer Science and Technology,Southwest University of Science and Technology,Mianyang,Sichuan 621010,China

2.CAD Engineering Center,Southwest Jiaotong University,Chengdu 610031,China

3.Department of Information Engineering,Shandong Vocational College of Clothing,Tai'an,Shandong 271000,China

4.Computer Department,Anqing Normal College,Anqing,Anhui 246011,China

5.School of Computer Science and Technology,Harbin University of Science and Technology,Harbin 150080,China

**CHEN Li-wei,HAN Lei,WANG Yuan-zhi,et al.Research on feature conversion in semantic feature modeling systems. Computer Engineering and Applications,2010,46(12):149-152.**

**Abstract:** This paper analyzes the semantic feature modeling of new generation, consults research results of Bidarra etc, uses validity criterion, and establishes methods of feature conversion to semantic feature modeling. Based on the mathematical methods, this paper addresses the problem how to convert the design feature representation into machining feature representation in a mathematical model. Design features in the design domain are represented by a set of faces of each feature geometry and a set of attributes such as dimensions and material feature. Machining features in the manufacturing domain are represented by a number of faces and relationships between these faces that are meaningful for the process operations. Using a mathematical description of the feature mapping process, machining features can be deduced and formed by the set operation, and the difficult problem of feature interaction can be described mathematically and converted in theory, thus to make product model editing easier.

**Key words:** semantic feature modeling; feature conversion; feature recognition

**摘要:**通过对新一代的语义特征模型的分析,参考 Bidarra 等人的研究成果,运用有效性标准,确立语义特征造型中特征转换的方法,在采用数学方法基础上,提出了怎样在数学模型中把设计特征表示转换成加工特征表示。设计过程中的设计特征由一组具有几何特征的面和一组属性(包括维数和具体特征)表示。加工过程中的加工特征由许多面和这些加工操作中面面之间有意义的关系来表示。特征转换中采用数学方法,能够在集合运算中形成加工特征,特征相交这种困难问题也可用数学描述,并且理论上能够转换,从而提高产品模型的可编辑性和易编辑性。

**关键词:**语义特征造型;特征转换;特征识别

**DOI:**10.3778/j.issn.1002-8331.2010.12.044 **文章编号:**1002-8331(2010)12-0149-04 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP301

## 1 引言

CAD/CAM 集成的早期研究体现在从实体模型中提取加工特征,也就是特征识别技术。随着基于特征的设计方法的提出和发展,人们开始从如下两个角度来实现设计与加工的集成:一是直接用加工特征进行设计,但这样限制了设计人员的创造

性,因设计人员更应从功能要求(设计特征)出发进行设计;二是设计人员以设计特征进行设计建立设计特征模型,再由设计特征模型转换生成加工特征模型,这就是特征转换或特征映射<sup>[1-3]</sup>。特征转换可通过对由设计特征模型生成的结果物体(实体模型)进行特征识别得到加工特征模型,但这样做的结果是

**基金项目:**国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60173055);四川省教育厅自然科学基金(the Natural Science Project of Sichuan Province Education Department of China under Grant No.2006C076);安徽省教育厅自然科学基金(the Natural Science Project of Anhui Province Education Department of China under Grant No.KJ2008A18ZC);安徽省教育厅青年资助基金(the Young Scholars Project of Anhui Province Education Department No.2006jq1208)。

**作者简介:**陈立伟(1974-),男,博士研究生,讲师,研究方向为图像信息处理、智能 CAD;韩磊(1972-),男,讲师,工程师,研究方向为计算机应用与机电一体化;孙立镛(1944-),男,教授,博士生导师,主要研究领域为计算机图形学与 CAD。

**收稿日期:**2008-10-10 **修回日期:**2009-08-06

忽略了大量可以利用的设计特征信息。

特征转换是一个复杂的、困难的过程,尤其在特征相交的情况下。毫无疑问,进一步研究从设计过程到加工过程的特征映射机制是重要的。详述了一种新的通过数学集合运算进行特征转换的过程,能够更清晰地描述特征映射前后的几何变换,因此,可使人们理解特征相交过程,有助于在设计和加工系统集成中形成一种特征转换法则<sup>[4-6]</sup>。

通过在设计过程中和加工过程中对特征的描述,介绍了一种形状特征映射的数学模型,也论述了相交特征这个难题。然后,给出了形状特征映射的推导步骤,其中包括特征相交的转换<sup>[7-9]</sup>。

## 2 特征表示

### 2.1 设计过程中的特征

在设计过程中,设计特征是一种几何抽象,这种抽象能够表示设计意图,能够用来构成部件的形状。换句话说,在图1中列出的那些设计特征都能定义为抽象形状特征(纯几何特征和其他应用没有关系)和设计意图的组合。可以用数学公式表示为:

$$DF^i = F_d^i \cup I_d^i \quad (1)$$

其中: $DF^i$ 表示第*i*个设计特征, $F_d^i$ 表示设计过程中一种抽象形状特征,是几个面的合成,可表示为: $F_d^i = \bigcup_{j=1}^p f_j^i$  ( $j=1, 2, \dots, p$ , 面数); $I_d^i$ 表示设计意图,包括精确特征 $F_p^i$ (如几何尺寸、公差、表面粗糙度)、功能特征 $F_f^i$ (如中心线、对称轴、孔槽等)和具体特征 $F_a^i$ 。

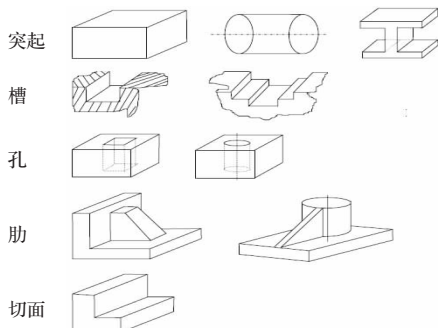


图1 简单的抽象形状特征分类

这样,设计过程中的特征 $DF^i$ 一般可表示为:

$$DF^i = F_d^i \cup (F_{p1}^i \cup F_{p2}^i \cup \dots \cup F_{ps}^i) \cup (F_f^i \cup F_{f2}^i \cup \dots \cup F_{fi}^i) \cup F_a^i = F_d^i \cup \left( \bigcup_{l=1}^s F_{pl}^i \right) \cup \left( \bigcup_{q=1}^t F_{fq}^i \right) \cup F_a^i \quad (2)$$

因为设计特征是基于它们的合成面描述的,所以对于具体的几何体来说这些面之间的关系是不确定的。图2中列举了这种特征几何的不确定性。即使三种设计特征称为槽特征,由于不同的面和几何体它们也是截然不同的。加工特征需要描述这些特征面之间的关系,这就说明了计划加工系统不能直接包含加工信息的原因。

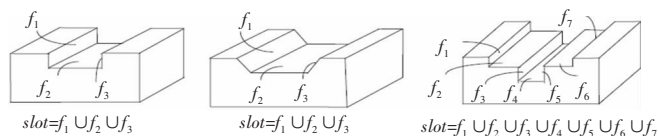


图2 由不同面构成的槽特征在几何上是不同的

### 2.2 加工过程中的特征

在加工过程中,加工特征被定义为相关固定几何体的一个

信息集,是和某种加工过程意图有关联的。在加工过程意图定义中,包括加工操作和加工属性,比如尺寸、公差和表面粗糙度。根据这种定义,加工特征的数学表示可写为:

$$MF^i = F_m^i \cup I_p^i = F_m^i \cup \left( \bigcup_{u=1}^p A_{mu}^i \right) \cup \left( \bigcup_{v=1}^q M_{mv}^i \right) \quad (3)$$

其中, $MF^i$ 表示第*i*个加工特征; $F_m^i$ 表示加工过程中的形状特征; $I_p^i$ 表示加工处理意图; $A_{mu}^i$ 表示加工属性; $M_{mv}^i$ 表示加工操作。

加工特征 $F_m^i$ 能表示为特征面集和它们的约束关系的组合,也就是:

$$F_m^i = (f_1^i \cup f_2^i \cup \dots \cup f_s^i) \cup (R_1^i \cup R_2^i \cup \dots \cup R_l^i) = \left( \bigcup_{k=1}^s f_k^i \right) \cup \left( \bigcup_{l=1}^l R_l^i \right) \quad (4)$$

其中, $f_k^i$ 表示第*i*个特征的一组合成面,包括平面、圆柱面; $R_l^i$ 表示一组特征面之间的约束关系。 $R_l^i \in R, R = \{R_{perp}, R_{par}, R_{ang}, R_{adj}\}$ ,  $R_{perp}, R_{par}, R_{ang}$ 和 $R_{adj}$ 分别指的是垂直关系、平行关系、夹角关系和邻接关系。

## 3 特征转换的特征表示

假设 $U$ 是设计过程中抽象形状特征的一个域集, $V$ 是加工过程中形状特征的一个域集, $P(U)$ 和 $P(V)$ 分别是 $U$ 和 $V$ 的指数集。这就意味着 $P(U)$ 和 $P(V)$ 是 $U$ 和 $V$ 的所有子集的整个集合。显然,设计过程中的特征集 $SF_d$ 和加工过程中的特征集 $SF_m$ 应当是 $U$ 和 $V$ 的点集,即: $SF_d \in P(U), SF_m \in P(V)$ 。

假设存在一种法则 $g_{d-m}$ ,通过这种法则,对每个特征元素 $x \in SF_d$ ,都能产生一个相应的特征元素 $y \in SF_m$ ,这种法则 $g_{d-m}$ 称为从设计过程 $SF_d$ 到加工过程 $SF_m$ 的形状特征映射函数,可表示为: $g_{d-m}: SF_d \rightarrow SF_m$ 。其中, $SF_d$ 称为 $g_{d-m}$ 的定义域,可表示为 $dom g_{d-m} = SF_d; SF_m$ 称为 $g_{d-m}$ 的值域,可表示为 $val g_{d-m} \subseteq SF_m$ 。

假如元素 $y$ 是元素 $x$ 在 $g_{d-m}$ 作用下的象,那么通常可表为: $y = g_{d-m}(x)$ 或 $g_{d-m}: x \rightarrow y$ ,其中 $x$ 指的是元素 $y$ 的逆象。

总之,从设计过程中的抽象形状特征集到加工过程中加工特征集的特征映射的数学模型为:

$$g_{d-m}: SF_d \rightarrow SF_m \\ x \mapsto y = g_{d-m}(x) \quad (5)$$

### 3.1 形状特征映射函数 $g_{d-m}$

形状特征映射的过程可分为两个阶段(如图3所示)。第一个阶段是通过一个加工映射函数 $g_1$ ,把抽象形状特征 $F_d$ 变成过渡特征 $F_g$ ,第二个阶段是通过加工映射函数 $g_2$ ,把过渡特征 $F_g$ 变成加工形状特征 $F_m$ 。在第二阶段,涉及到四种特征映射:一对一映射、一对二映射、二对一映射和多对多映射。因此,形状特征映射函数 $g_{d-m}$ 是函数 $g_1$ 和 $g_2$ 的复合,可表示为:

$$g_{d-m} = g_2 \circ g_1: F_d \rightarrow F_m \quad (6)$$

其中,符号 $\circ$ 表示函数 $g_1$ 和 $g_2$ 的复合映射。

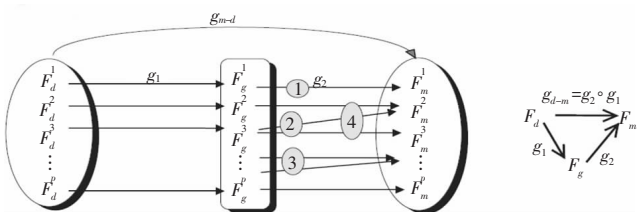


图3 映射函数 $g_{d-m}: F_d \rightarrow F_m$

### 3.2 加工映射函数 $g_1$

假设  $F_d = \{F_d^i, i=1, 2, \dots, p\}$  是一个抽象形状特征集, 并且  $F_g = \{F_g^i, i=1, 2, \dots, p\}$  是相对应于特征集  $F_d$  的元素的一个面集。假如  $dom g_1 = F_d, val g_1 \subseteq F_g$ , 那么  $g_1$  是从  $F_d$  到  $F_g$  的一种加工映射函数, 可表示为:

$$g_1: F_d \rightarrow F_g, x_i \mapsto y_i = g_1(x_i) \quad (7)$$

其中,  $x_i \in F_d, y_i \in F_g, x_i$  是  $y_i$  的逆象,  $y_i$  是  $x_i$  在函数  $g_1$  作用下的象。

加工映射函数  $g_1$  习惯于提取形状特征的拓扑元素, 如面、轴、环和边元素。

(1) 当  $F_d^i \cap F_d^j = \phi (i \neq j)$  时, 形状特征间不存在相交, 加工可描述为:

$$g_1(F_d) = g_1(F_d^1 \cup F_d^2 \cup \dots \cup F_d^p) = F_g^1 \cup F_g^2 \cup \dots \cup F_g^p \quad (8)$$

(2) 当  $F_d^i \cap F_d^j \neq \phi (i \neq j)$  时, 表示形状特征间存在特征相交。两个相交特征  $F_d^i$  和  $F_d^j$  的拓扑元素可能会改变, 从而导致原始特征类和几何体二者选其一。假如当两种特征  $F_d^i$  和  $F_d^j$  相交, 集合运算异或  $\oplus$  应用到这些特征元素中, 那么  $F_d^i$  和  $F_d^j$  的拓扑元素的改变可以通过加工映射函数  $g_1$  来推出。

假定  $F_d^i = \bigcup_{s=1}^{i1} f_s^i, F_d^j = \bigcup_{t=1}^{j2} f_t^j$ , 并且  $F_d^i \cap F_d^j \neq \phi (i \neq j), f_u^i \in f_s^i, f_v^j \in f_t^j$ , 假如由于特征  $F_d^i$  和  $F_d^j$  的相交, 两个面  $f_u^i$  和  $f_v^j$  是相交的, 并且这两个相交特征的其他面保持不变。那么就可以得到:

$$g_1(F_d^i \cup F_d^j) = \left( \bigcup_{s=1, s \neq u}^{i1} f_s^i \right) \cup (f_u^i \oplus f_v^j) \cup \left( \bigcup_{t=1, t \neq v}^{j2} f_t^j \right) \quad (9)$$

其中,  $f_u^i \oplus f_v^j$  表示两个相交面  $f_u^i$  和  $f_v^j$  的异或。在集合运算中异或  $\oplus$  的结果分析如下:

在集合运算中, 有下面的法则:

$$(1) (A \oplus B) = (A \cup B) - (A \cap B)$$

$$(2) (A \oplus B) = (A - B) \cup (B - A)$$

根据这些, 可以得到下面的运算:

$$(f_u^i \oplus f_v^j) = (f_u^i \cup f_v^j) - (f_u^i \cap f_v^j) \quad (10)$$

$$(f_u^i \oplus f_v^j) = (f_u^i - f_v^j) \cup (f_v^j - f_u^i) \quad (11)$$

特征相交的四种情况可以描述如下:

(1) 如果  $f_u^i \subseteq f_v^j$  (如图 4(a) 所示), 则集合运算  $f_u^i \oplus f_v^j$  给出:

$$\begin{aligned} f_u^i \cup f_v^j &= f_v^j, f_u^i \cap f_v^j = f_u^i, f_v^j - f_u^i = f_v^j - f_u^i \\ \therefore f_u^i \oplus f_v^j &= (f_u^i \cup f_v^j) - (f_u^i \cap f_v^j) = f_v^j - f_u^i = f_v^j - f_u^i \end{aligned} \quad (12)$$

(2) 如果  $f_u^i \supseteq f_v^j$ , 则得到:

$$f_u^i \oplus f_v^j = (f_u^i \cup f_v^j) - (f_u^i \cap f_v^j) = f_u^i - f_v^j = f_u^i - f_v^j \quad (13)$$

(3) 如果  $f_u^i = f_v^j$ , 则

$$f_u^i \oplus f_v^j = f_u^i - f_u^i = \phi \quad (14)$$

(4) 如果  $f_u^i \not\subseteq f_v^j$  (如图 4(b) 所示), 有:

$$\begin{aligned} f_u^i - f_v^j &= f_u^i, f_v^j - f_u^i = f_v^j \\ \therefore f_u^i \oplus f_v^j &= (f_u^i - f_v^j) \cup (f_v^j - f_u^i) = f_u^i \cup f_v^j \end{aligned} \quad (15)$$

其中,  $f_u^i$  和  $f_v^j$  分别表示它们相交前的两个特征面,  $f_u^i$  和  $f_v^j$  表示它们相交后的两个特征面。

显然, 加工映射函数  $g_1$  不仅用来提取孤立特征的拓扑元

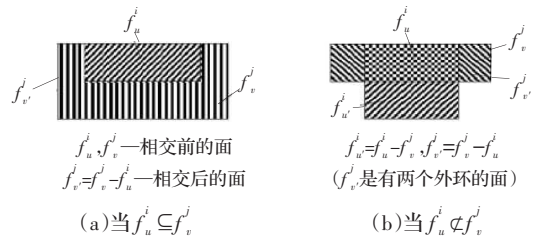


图 4 相交特征面的运算  $f_u^i \oplus f_v^j$

素, 而且能够识别相交特征的拓扑元素。所以设计特征集里的形状特征表示能转化为加工特征模型中相应的面表示。这种面表示是实体模型中存在的许多真实面的组合物。例如, 图 5 图解说明了特征加工的过程和对于实体特征加工的结果状态。在设计过程中, 实例部件的抽象形状特征集  $F_d$  由突起 (protrusion)、槽 (slot)、切面 (cut) 组成, 并且特征集  $F_d$  表示成这些特征的一个交集。

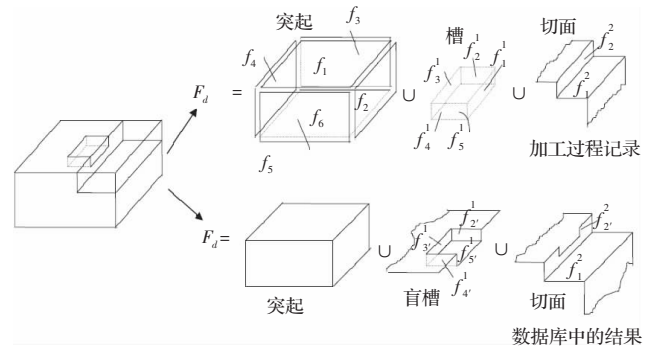


图 5 加工过程中的特征和加工后存储在数据库中的特征

$$F_d = protrusion \cup slot \cup cut$$

$$protrusion = f_1 \cup f_2 \cup f_3 \cup f_4 \cup f_5 \cup f_6$$

$$slot = f_1^1 \cup f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1$$

$$cut = f_1^2 \cup f_2^2$$

因为槽和切面之间的特征相交, 相对应于加工结果的形状特征集  $F_d'$  不同于用过的原始特征集  $F_d$ 。有:

$$F_d' = protrusion \cup blindslot \cup cut$$

$$blindslot = f_5^1 \cup f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1$$

$$cut = f_1^2 \cup f_2^2$$

显然, 不仅这个例子中的特征类改变了 (从槽特征变成了盲槽特征), 而且特征的合成面也变了。来自于加工映射函数  $g_1$  的推导过程可表示为:

$$\begin{aligned} g_1(F_d) &= g_1(protrusion \cup slot \cup cut) = \\ &= (f_1 \cup f_2 \cup f_3 \cup f_4 \cup f_5 \cup f_6) \cup \\ &= (f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1 \cup (f_1^1 \oplus f_2^2) \cup f_1^2) \end{aligned}$$

其中,  $f_1^1 \oplus f_2^2 = f_2^2$ , 因为  $f_1^1 \subseteq f_2^2$ 。

通过加工映射函数  $g_1$ , 可以确立特征相交中有关特征的变化, 从而可以获得这些特征的正确表示。

### 3.3 加工映射函数 $g_2$

假设  $F_g = \{F_g^i, i=1, 2, \dots, p\}$  是加工映射函数  $g_1$  得到的形状特征的一个面集。设  $F_m = \{F_m^j, j=1, 2, \dots, q\}$  是一组加工特征。

假设  $dom g_2 = F_g, val g_2 \subseteq F_m$ , 那么函数  $g_2$  称为从  $F_g$  到  $F_m$  的加工映射函数, 记为:

$$g_2 : F_g \rightarrow F_m, y_1 \mapsto y_2 = g_2(y_1) \quad (16)$$

其中,  $y_1 \in F_g, y_2 \in F_m, y_1$  是  $y_2$  的逆象,  $y_2$  是函数  $g_2$  作用下的象。

根据函数  $g_1$  获得的形状特征的组成面, 加工映射函数是用来搜索和推导面的隐藏属性(如它们的向量和类型), 用来识别面之间的约束关系(如垂直和平行关系), 用来推导出与预定义的特征近似的形状特征的描述法。这样最后就能得到从设计到加工的形状特征映射。

假设用来推导属性和约束关系的函数称为搜索函数, 可表示为符号  $g_{21}$ 。进一步假设用来重组特征面、检查它们之间关系的函数称为约束函数, 可表示为符号  $g_{22}$ 。于是加工映射函数  $g_2$  就是搜索函数  $g_{21}$  和约束函数  $g_{22}$  的复合, 表示为:

$$g_2 = g_{22} \circ g_{21} : F_g \rightarrow F_m, y_1 \mapsto y_2 = g_2(y_1) = g_{22}(g_{21}(y_1)) \quad (17)$$

其中  $\circ$  表示两个函数  $g_{21}$  和  $g_{22}$  的复合。

搜索函数  $g_{21}$  的结果包括两项: 一个是面集的描述, 面集包含它们的向量环和类型; 另一个是这些特征面的约束关系的描述。

假设  $REL$  是约束关系域(集合), 换句话说,  $REL$  就是一组垂直关系、平行关系、夹角关系、邻接关系和共面关系。 $REL$  可写为  $REL = \{R_{perp}, R_{par}, R_{ang}, R_{adj}, R_{coface}\}$ 。

$P(REL)$  是  $REL$  的一个指数集, 包括除了空集的所有子集, 即  $P(REL) \neq \emptyset$ 。所以, 搜索函数  $g_{21}$  的结果是面集和特征约束关系的组合。因此, 函数  $g_{21}$  能表示为:

$$g_{21}(y_1) = \bigcup_{i=1}^p \left( \bigcup_{j=1}^l f_j^i \cup P(REL) \right) \quad (18)$$

其中,  $i=1, 2, \dots, p$  是设计中有关的形状特征数;  $j=1, 2, \dots, l$  是相对应于设计中形状特征  $F_d^i$  的合成面数。

把公式(18)代入公式(17), 则函数  $g_2$  就变成:

$$g_2(y_1) = g_{22}(g_{21}(y_1)) = F_m^1 \cup F_m^2 \cup \dots \cup F_m^q = \bigcup_{i=1}^q F_m^i \quad (19)$$

公式(19)表示从  $F_g$  到  $F_m$  的特征映射过程可以通过加工映射函数  $g_2$  实现,  $g_2$  是  $g_{21}$  和  $g_{22}$  的复合。结合这两个加工映射函数  $g_1$  和  $g_2$ , 从设计到加工的形状特征映射函数  $g_{d-m}$  可表示为:

$$g_{d-m} = g_2 \circ g_1 : F_d \rightarrow F_m \quad (20)$$

$$y_2 = g_{d-m}(x_1) = g_2(g_1(x_1)) = g_{22}(g_{21}(g_1(x_1)))$$

### 4 转换实例

按照上文的介绍, 将此方法应用于 HUST-CAIDS(自主开发的计算机辅助工业造型系统)。图 6 说明一个设计中槽特征和切面特征的特征相交的实例。

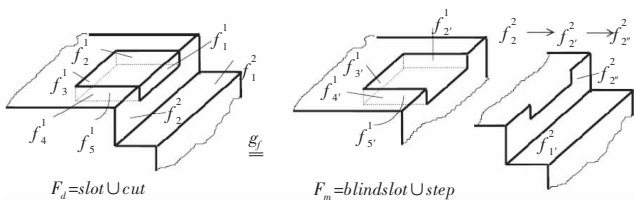


图 6 槽特征和切面特征相交时的特征的映射

两个设计特征通过形状特征映射函数  $g_{d-m}$  转换成两个加工特征盲槽(blindslot)和台阶(step)。映射过程表示为:

$$g_{d-m}(slot \cup cut) = g_{22}(g_{21}(g_1(slot \cup cut))) = g_{22}(g_{21}(f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1 \cup (f_1^1 \oplus f_2^2) \cup f_1^2)) =$$

$$g_{22}((f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1 \cup f_2^2 \cup f_1^2) \cup R_{per}((f_2^1, f_3^1), (f_2^1, f_5^1), (f_4^1, f_3^1), (f_4^1, f_5^1), (f_3^1, f_5^1), (f_4^1, f_3^1), (f_4^1, f_5^1), (f_3^1, f_5^1), (f_2^2, f_1^2)) \cup R_{par}(f_2^1, f_4^1) \cup R_{adj}((f_2^1, f_3^1, f_5^1), (f_4^1, f_3^1, f_5^1), (f_2^2, f_1^2))) = ((f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1) \cup R_{per}((f_2^1, f_3^1), (f_2^1, f_5^1), (f_4^1, f_3^1), (f_4^1, f_5^1), (f_3^1, f_5^1))) \cup R_{par}(f_2^1, f_4^1) \cup R_{adj}((f_2^1, f_3^1, f_5^1), (f_4^1, f_3^1, f_5^1))) \cup ((f_2^2, f_1^2) \cup R_{per}(f_2^2, f_1^2) \cup R_{adj}(f_2^2, f_1^2)) = (f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1 \cup R_{per} \cup R_{par} \cup R_{adj}) \cup (f_2^2 \cup f_1^2 \cup R_{per} \cup R_{adj}) = F_{m-blindslot} \cup F_{m-step}$$

### 5 结束语

用数学模型描述特征转换过程, 并用两个加工映射函数  $g_1$  和  $g_2$  来表示。函数  $g_1$  用来提取形状特征的拓扑元素信息, 其中包括相交特征的拓扑信息。函数  $g_2$  借助于搜索函数  $g_{21}$  和约束函数  $g_{22}$  来定义映射加工特征, 其中搜索函数完成推导特征的属性和关系的功能, 约束函数重构特征并检查与加工特征相对应的关系。

通过自主开发的模拟实验证明, 通过这些功能, 即使是某种情况下遇到相交特征, 所有相关的设计特征信息能够提取并转换成加工特征。假如一种特征和其他特征相交, 那么特征的原始类型可能会改变, 总之, 变成不同的特征类型。经过分析数学模型, 形状特征的这种改变能够观测到, 能够正确产生加工特征。因此, 所提到的研究成果可以为不同应用领域中分析特征表示和转换起到重要作用。通过模型分析, 尤其是特征相交, 能够粗略地形成特征转换法则。

### 参考文献:

- [1] Subramani S, Rao Nalluri S R P, Gurumoorthy B. 3D clipping algorithm for feature mapping across domains[J]. Computer-Aided Design, 2004, 36(8): 701-721.
- [2] Wang C L C. Parameterization and parametric design of mannequins[J]. Computer-Aided Design, 2005, 37(1): 83-98.
- [3] Wang C L C, Tang Kai. Non-self-overlapping Hermite interpolation mapping: A practical solution for structured quadrilateral meshing[J]. Computer-Aided Design, 2005, 37(2): 271-283.
- [4] Bidarra R, Bronsvort W F. Semantic feature modelling[J]. Computer-Aided Design, 2000, 32(3): 201-225.
- [5] Bronsvort W F, Bidarra R, Noort A. Semantic and multiple-view feature modeling: Towards more meaningful product modelling[M]// Kimura F. Geometric Modelling: Theoretical and Computational Basis towards Advanced CAD Applications. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001: 69-84.
- [6] Reiff-Marganec S, Turner K J. Feature interaction in policies[J]. Computer Networks, 2004, 45(5): 569-584.
- [7] Zheng D T. The study on feature mapping for components from design domain to manufacturing domain[D]. Tsinghua University, 1997.
- [8] Gao J, Zheng D T. Representation on inverse image feature and image feature of feature mapping in the environment of integration[J]. J Comput Integration Manufac System, 1998, 3.